



جامعة تشرين.

كلية الهندسة المدنية.

قسم الهندسة الإنشائية.

دراسة استجابة المنشآت على الحمولات النبضية وبرمجة الحل التحليلي الديناميكي وفق تكامل ديوهامل بواسطة الحاسب.

رسالة علمية أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية
اختصاص الإنشائية .

إعداد المهندسة:
شهناز ياسين مرشان.

بإشراف:

أ . د . عصام ناصر .

د . عبد الرحمن السرحان بجبوج .

العام الدراسي

٢٠١٣-٢٠١٤ م.

قُدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير في قسم الهندسة
الإنشائية من كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين .

**This thesis has been submitted as a partial fulfillment of the
requirement for the degree of Master in Structural
Engineering at the Faculty of Civil Engineering, Tishreen
University.**

تصريح

أصرح بأن هذا البحث "دراسة استجابة المنشآت على الحملات النبضية وبرمجة الحل التحليلي الديناميكي وفق تكامل ديوهامل بواسطة الحاسب." لم يسبق أن قُبل للحصول على شهادة، ولا هو مُقدّم حالياً للحصول على شهادة أخرى.

اسم المرشح

شهناز ياسين مرشان



تاريخ: ٢٠١٤/٤/٢

DECLARATION

This is to declare that, this work " Investigate the Response of Structures to impulsive loads And Programming of the dynamic analytical solution according to Duhamel's integration by Computer" has not been being submitted concurrently for any other degree.

Candidate name

Shahnaz Yassin Marshan

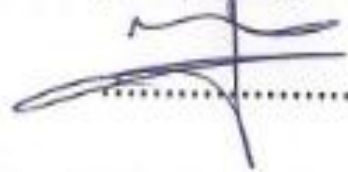
Date: 2 / 4 / 2014

نوقشت رسالة الماجستير بعنوان 'دراسة استجابة المنشآت على الحملات النبضية وبرمجة الحل التحليلي الديناميكي وفق تكامل ديوهامل بواسطة الحاسب'. بتاريخ ٢٠١٤ / ٤ / ٢ وأجيزت.

وقد قامت المهندسة شهناز ياسين مرشان بإجراء كافة التعديلات المطلوبة من قبل لجنة الحكم.

لجنة الحكم:

الدكتور عصام ناصر



المرتبة العلمية : أستاذ، قسم الهندسة الإنشائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين.

الدكتور زكائي طريفي



المرتبة العلمية : أستاذ مساعد، قسم الهندسة الإنشائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين.

الدكتور نعمان عيسى



المرتبة العلمية : مدرس، قسم الهندسة الإنشائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين.

شهادة

نشهد بأن هذا العمل الموصوف في هذه الرسالة " دراسة استجابة المنشآت على الحمولات النبضية وبرمجة الحل التحليلي الديناميكي وفق تكامل ديوهامل بواسطة الحاسب." هو نتيجة بحث علمي قامت به المرشحة السيدة شهناز ياسين مرشان بإشراف الدكتور عصام ناصر (أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية، كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين، اللاذقية، سورية) والدكتور عبد الرحمن السرحان بجبوج (مدرس في قسم الهندسة الإنشائية، كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين، اللاذقية، سورية)، وإن أي مرجع ورد في هذه الرسالة موثق في النص.

بإشراف

المرشحة

د. عبد الرحمن السرحان

أ. د. عصام ناصر

م. شهناز ياسين مرشان

بجبوج



تاريخ: ٢٠١٤ / ٤ / ٢

CERTIFICATION

It is hereby certified that, the work described in this thesis " Investigate the Response of Structures to impulsive loads And Programming of the dynamic analytical solution according to Duhamel's integration by Computer " is the results of Ms. Shahnaz Marshan own investigations under the supervision of Dr. Issam Nasser (Professor, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, SYRIA), and Dr. Abdul Rahman Bajabuj (Assistant Professor, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, SYRIA), and any reference of other researchers work has been duly acknowledged in the text.

Candidate

Supervisors

Shahnaz Marshan

Dr. Issam Nasser

Dr. Abdul Rahman



Bajabuj

Date: 2 / 4 / 2014

بجامعة تشرين

كلية الآداب والعلوم الإنسانية

قسم اللغة العربية

السيد الدكتور عميد كلية الهندسة بالمدية

بجامعة تشرين

عملاً بقرار مجلس قسم اللغة العربية رقم / ١١٩ / تاريخ ١٨ / ٣ / ٢٠١٤ المتضمن

مدققاً لغوياً لرسالة الماجستير لمؤلفها الطالبة ~~شهرناز عرسجان~~

وهي بعنوان (دراسة استيعابية المنشآت على المحولات البنيوية ومرمجة
الحل التحليلي لديناميكي وضعفها على ديوها على براسطة الجاهزة).

وتم تصويب الرسالة وتدقيقها بعد المناقشة النهائية ، كما تم الالتزام بملاحظات المدقق اللغوي
أصلاً

وتفضلوا بقبول الاحترام

اسم المدقق وتوقيعه: د. ~~منال محمد شرف~~



رئيس قسم اللغة العربية



كلمة شكر

ACKNOWLEDGMENT

أتقدم بالشكر لإدارة كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين لكل ما قدمته في سبيل إنجاز

هذا البحث و أخص بالشكر أستاذي المشرف :

الأستاذ الدكتور عصام ناصر.

و المشرف المساعد:

الدكتور عبد الرحمن السرحان بجبوج.

اللذان تفضلا مشكورين بالإشراف على هذا البحث فكان لملاحظتهما و توجيهاتهما الدور

الكبير في إتمام هذا البحث و إخرجه على هذا النحو.

فهرس المحتويات

رقم الصفحة

- المقدمة 9
- الفصل الأول: الدراسات المرجعية 11
- الفصل الثاني: أشكال الحملات النبضية ومصادرها.
- 2-1- مصادر الحملات النبضية 19
- 2-2- أشكال الحملات النبضية 25
- الفصل الثالث: دراسة تأثير الحملات النبضية بأشكالها المختلفة في المنشآت (SDF) وتعيين الاستجابات الديناميكية (الدراسة التحليلية)..... 28
- 3-1- النبض الثابت المستمر 29
- 3-2- النبض المتزايد المستمر 30
- 3-3- النبض المثلي المتناقص 37
- 3-4- النبض المثلي المتزايد 42
- 3-5- النبض مثلي متزايد متناقص 48
- 3-6- النبض المستطيل 59
- 3-7- النبض المربع 64
- 3-8- النبض المستمر المتناقص 66
- 3-9- النبض متزايد ثابت متناقص 75
- 3-10- النبض بشكل نصف موجة 87
- 3-11- العلاقات النظرية المستخدمة في تحويل الإطار بطابقين المتعدد الفتحات إلى جملة مكافئة 96
- 3-12- العلاقات النظرية المستخدمة في تحويل الإطار بثلاثة طوابق المتعدد الفتحات إلى جملة مكافئة 99
- الفصل الرابع: برمجة علاقات الاستجابة الديناميكية للحملات النبضية وفق تكامل ديوهامل بواسطة برنامج MATLAB .
- 4-1- برمجة حالة حمولة نبضية بشكل ثابت مستمر 102

105.....	4-2- برمجة حالة حمولة نبضية بشكل متزايد مستمر.....
110.....	4-3- برمجة حالة حمولة نبضية بشكل مثلثي متناقص.....
115.....	4-4- برمجة حالة حمولة نبضية بشكل مثلثي متزايد.....
121.....	4-5- برمجة حالة حمولة نبضية بشكل مثلثي متزايد متناقص.....
128.....	4-6- برمجة حالة حمولة نبضية بشكل مستطيل.....
133.....	4-7- برمجة حالة حمولة نبضية بشكل مربع.....
134.....	4-8- برمجة حالة حمولة نبضية بشكل مستمر متناقص.....
141.....	4-9- برمجة حالة حمولة نبضية بشكل متزايد ثابت متناقص.....
149.....	4-10- برمجة حالة حمولة نبضية بشكل نصف موجة.....
155.....	4-11- برمجة الواجهة النهائية للبرنامج.....

• الفصل الخامس: تعيين الانتقالات الديناميكية وعامل الحمولة الديناميكي DLF تبعاً للزمن (التطبيق العملي للبرنامج).

156.....	5-1- تطبيق <1>.....
191.....	5-2- تطبيق <2>.....
201.....	5-3- تطبيق <3>.....
214.....	5-4- تطبيق <4>.....

• الفصل السادس: الاستنتاجات و التوصيات

218.....	6-1- الاستنتاجات.....
219.....	6-2- التوصيات.....

- الملخص باللغة العربية..... 220.....
- الملخص باللغة الإنكليزية..... 221.....
- المراجع..... 222.....

المقدمة

هدف البحث: يمكن تلخيص الهدف من البحث بما يلي:

* دراسة تأثير الحمولات النبضية على الجمل الخطية الممتلئة بدرجة حرية واحدة، وتعيين معادلة الاستجابة الديناميكية وفق تكامل ديوهامل والمتمثلة بالانتقال مع الزمن، وذلك بإهمال تأثير التخادم، في حال انعدام الشروط الأولية للحركة وعند إدخال تأثير هذه الشروط في المعادلة، حيث يمثل تأثير أي حمولة نبضية بمخطط يربط بين الحمولة والزمن، وقد تمت دراسة الحمولات النبضية الممتلئة بالأشكال التالية: ثابت مستمر، متزايد مستمر، مثلثي متناقص، مثلثي متزايد، مستطيل، مربع، مثلث متزايد متناقص والحالة الخاصة من أجل مثلث متساوي الساقين، مستمر متناقص، شبه منحرف، القطع.

* برمجة المعادلات الناتجة والخاصة بالاستجابة الديناميكية لكل شكل من أشكال الحمولة النبضية بواسطة برنامج MATLAB.

* إنشاء برنامج حاسوبي يحسب بواسطته الانتقال تبعاً للزمن بعد إدخال مواصفات الحمولة النبضية المطلوبة ومن ثم رسم المخطط البياني الذي يربط بين الانتقال والزمن وفق خطوة زمنية معينة، وكذلك تحديد الانتقال الأعظمي من خلال رسم المخطط البياني الخاص بعامل الحمولة الديناميكي الأعظمي (DLFmax) بالعلاقة مع نسبة زمن تأثير النبض t_d إلى الدور الأساسي للاهتزاز T.

أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في إنشاء البرنامج الحاسوبي واستخدامه في تحديد الاستجابة الديناميكية المتمثلة بالانتقالات مع الزمن للمنشآت المعرضة لأي حمولة نبضية بهدف تبسيط الحل كون الحل اليدوي معقداً ويحتاج إلى إجراء تكاملات عديدة مضمّنة ويتطلب دقة متناهية في الحساب وخاصةً عند إدخال تأثير الشروط الأولية للحركة والتي تحوّل التكاملات الرياضية إلى تكاملات معقدة و صعبة الحل بالطريقة اليدوية بشكل دقيق، وأيضاً في حال الحمولات النبضية ذات الأشكال متعددة المجالات الزمنية، كشبه المنحرف مثلاً إذ يتطلب الأمر تقسيمه إلى أربعة مجالات زمنية، إضافة إلى أنه سيفتح المجال للحصول على حلول من أجل حمولات نبضية ذات أشكال مختلفة أخرى هي عبارة عن تجميع للأشكال الأساسية المدروسة.

نتائج البحث:

* تعيين الاستجابة الديناميكية المتمثلة بالانتقال للجمل وحيدة درجة الحرية (SDF) المعرضة لتأثير الحمولات النبضية بأشكالها المختلفة، كما ورد أعلاه، باستخدام تكامل ديوهامل ورسم منحنيات الانتقال تبعاً للزمن وتحديد الانتقال الأعظمي ورسم المخطط البياني لعامل الحمولة الديناميكي الأعظمي (DLFmax) للجمل خلال فترة تأثير الحمولة النبضية فيها.

* تم استنتاج علاقات الاستجابة الديناميكية بالحل اليدوي بطريقة تكامل ديوهامل المباشرة لتابع القوة المؤثرة مع الزمن مع مراعاة الشروط الأولية للحركة وفي حال انعدامها، ومن ثم تمت برمجة هذه العلاقات

بمساعدة برنامج MATLAB للحصول على قيم الانتقالات الديناميكية تبعاً للزمن و استنتاج المخطط البياني لعامل الحمولة الديناميكي DLF نظراً لصعوبة الحل بالطريقة اليدوية وعدم تضمين البرامج الهندسية المستخدمة في الحل التحليلي الديناميكي (..,sap, st aad)برامجاً جزئية لحساب الحمولات النبضية ذات شروط أولية للحركة.

* قمنا بإجراء تطبيق عملي على مجموعة من الجمل الإطارية الممثلة بدرجة حرية واحدة وعلى الجمل المتعددة درجات الحرية بعد تحويلها إلى جمل مكافئة بدرجة حرية واحدة كي يتسنى لنا استخدام تكامل ديوهامل للحصول على قيم الاستجابة الديناميكية ومن ثم تعيين الاستجابة الديناميكية بطريقة الجذر التربيعي لمجموع مربعات القيم (SRRS) أو الجذر التربيعي التام.
* أكدت نتائج البحث تطابق نتائج الحل اليدوي مع الحل الآلي لكافة الجمل المدروسة.

يبين الجدول التالي نتائج الاختبار من أجل عينات مختلفة من الشحنات :

	Charge stand off (m) بعد الشحنة عن الصفحة	Pulse arrival time (msec) زمن وصول تأثير النبض	Peak pressure (bar) قيمة الضغط عند الذروة	Duration of impulse (ms) مدة تأثير النبض	Specific impulse (bar msec) مقدار الشحنة
Cylindrical charge شحنة اسطوانية	0.8	0.56	12.26	0.36	1.14
	1.2	1.38	1.54	0.50	0.27
	1.6	2.32	1.07	0.70	0.26
	2.4	4.42	0.44	1.53	0.21
Curved side-hem.sph. charge شحنة نصف كروية منحنية	0.8	0.52	11.05	0.44	0.95
	1.2	1.36	3.35	0.50	0.63
	1.6	2.20	1.25	0.76	0.37
	2.4	4.34	0.63	0.58	0.13
Flat side-hem.sph. charge شحنة نصف كروية مستوية	0.8	0.36	29.94	0.28	2.40
	1.2	1.04	4.88	0.52	0.64
	1.6	1.90	1.14	0.78	0.30
	2.4	4.12	0.37	1.76	0.22

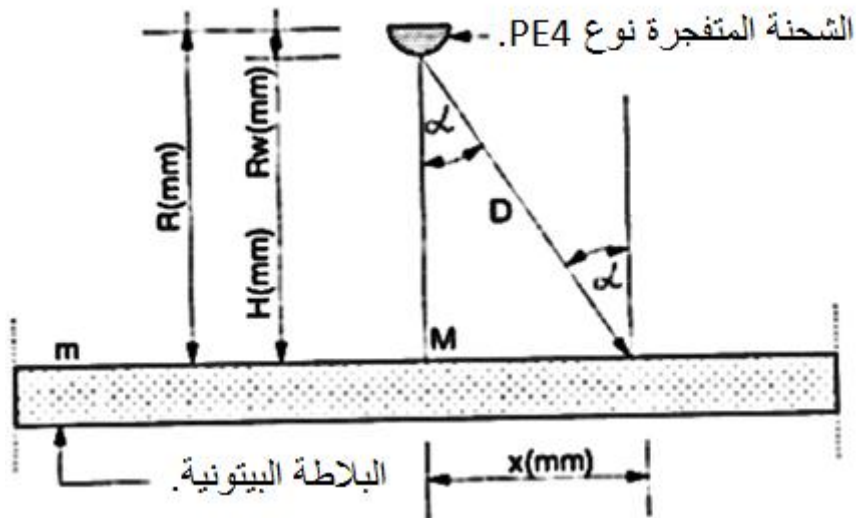
جدول (1): الضغط الناتج عن اختبار شحنات متفجرة أسطوانية ونصف كروية بوزن 78g نوع PE4 .

يعطى ضغط الذروة النظري $P(m)$ استناداً إلى Henrych في نقطة ما حسب α من العلاقة:

$$P(m) = P_{det} \left(\frac{R_w}{R} \right)^A \cos^2 \alpha$$

حيث إن :

P_{det} : ضغط الشحنة المتفجرة، R_w (mm) نصف قطر الشحنة، R (mm) البعد عن الصفحة، A : عامل متعلق بشكل الشحنة، α : زاوية ميل النقطة المطلوب حساب الضغط عندها وتؤخذ كما هو مبين بالشكل (1-2) .



الشكل (1-2): آلية الاختبار.

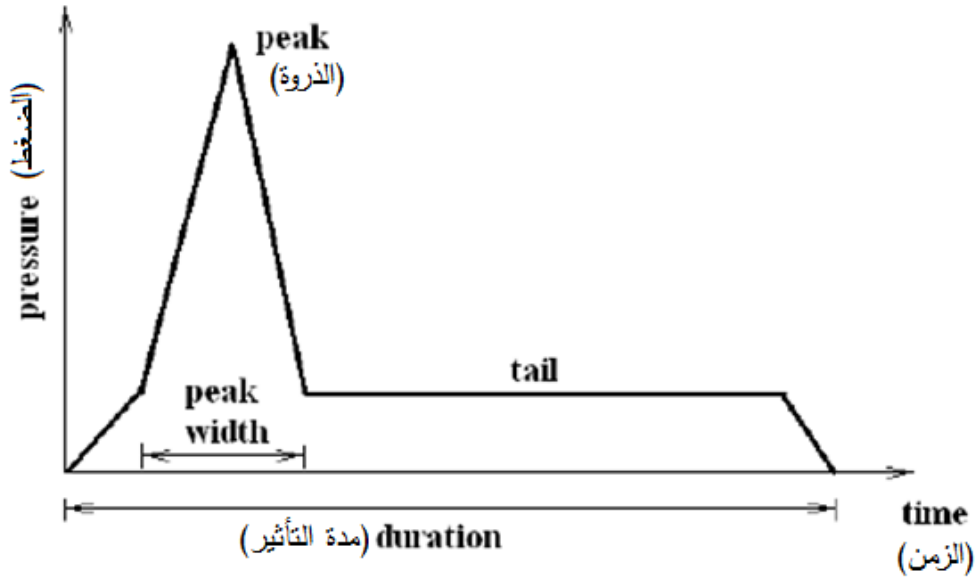
وفي نهاية الاختبارات توصل الباحثون إلى النتائج التالية:

- تفوق أجهزة قياس الضغط ذات الإطار المعدني من حيث النتائج عند الاختبار على مثيلاتها ذات الإطار السيليكوني.

- ضرورة تعديل العلاقات الرابطة بين الزمن والمسافة والضغط المستخدمة من أجل شحنات متفجرة كروية و اسطوانية لنتناسب مع الشحنات نصف الكروية.

- قَدّرت حمولة الذروة في الاختبارات من رتبة $17000\text{bar}/\text{microsec}$. [13]

3 - تعتبر عملية تصميم المنشآت البحرية وخاصة السفن لمقاومة الحمولات الناتجة عن الاصطدام بالمرافئ، اصطدام السفن مع بعضها البعض، الاصطدام بالقعر، الانفجارات تحت الماء، عملية معقدة على الباحثين في مجال تصميم السفن والهندسة البحرية، إضافة إلى ارتفاع تكاليف إصلاح هذه المنشآت عند تضررها. وانطلاقاً من أهمية هذه المنشآت صدر عن المؤتمر السابع عشر للجنة الدولية للسفن والمنشآت البحرية والشاطئية تقريراً تم فيه دراسة التحميل النبضي للمنشآت البحرية وتقييم الاستجابات الناتجة عن مثل هذه الأنواع من الحمولات، كما تم استعراض نتائج استخدام تقنيات مختلفة للتنبؤ بقيمة الحمولات النبضية من خلال محاكاة توليد هذه الحمولات على السفن، إضافة إلى استعراض طرق التضرر المحتملة ومقارنتها مع القواعد العالمية المسموحة. كما وتم وضع مخطط يربط الضغط مع زمن التأثير بالنسبة لمعظم المؤثرات المائية كما هو مبين في الشكل (1-3). [16]



الشكل(1-3): مخطط الضغط - الزمن الخاص بالحمولات النبضية الناتجة عن المؤثرات البحرية.

4- تعتمد معظم الطرق المستخدمة في حل المسائل غير الخطية على تقسيم المجال الزمني إلى خطوات زمنية صغيرة بحيث يمكن اعتبار المجال ضمنها خطياً، ومن ثم يمكن تطبيق طرق مختلفة للحصول على الاستجابة لكل مجال زمني "خطوة" بافتراض أن خصائص المنشأة تبقى ثابتة خلال هذه الخطوة الزمنية والتي تؤخذ صغيرة بما فيه الكفاية، وتكون الاستجابة الكلية عبارة عن مجموع هذه الاستجابات الجزئية الصغيرة. نستعرض من أبرز الطرق المستخدمة في حساب الاستجابات مايلي:

4-1 - طريقة نيومارك 's Method [8],[14],[7]:

قدّم نيومارك في عام 1959 جملة من الخطوات لحل المسائل الانشائية الديناميكية، حيث انطلق من معادلة التوازن الديناميكية في المجال الخطي:

$$[M]\{\ddot{y}_t\} + [C]\{\dot{y}_t\} + [K]\{y_t\} = \{F_t\}$$

حيث إن، M: مصفوفة الكتلة، C: مصفوفة التخماد، K: مصفوفة الصلابة.

•: تسارع في اللحظة t، •: السرعة في اللحظة t، •: تسارع الانتقال في اللحظة t.

وبعد اجراء سلسلة من العمليات الرياضية على المعادلة السابقة تنتج المعادلة العامة:

$$\{y_t\} = \{y_{t-\Delta t}\} + \Delta t \cdot \{\dot{y}_{t-\Delta t}\} + \left(\frac{1}{2} - \beta\right) \Delta t^2 \cdot \{\ddot{y}_{t-\Delta t}\} + \beta \cdot \Delta t^2 \cdot \{\ddot{y}_t\}$$

$$\{\dot{y}_t\} = \{\dot{y}_{t-\Delta t}\} + (1 - \gamma) \Delta t \cdot \{\ddot{y}_{t-\Delta t}\} + \gamma \cdot \Delta t \cdot \{\ddot{y}_t\}$$

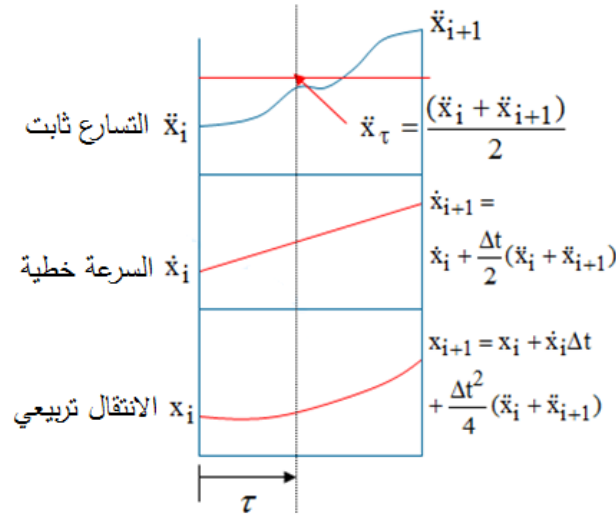
و، γ ثابت نيومارك، وهنا ميّز نيومارك طريقتين:

a- طريقة التسارع الوسطي: وفيها $\gamma = \frac{1}{2}$ و $\beta = \frac{1}{4}$.

تصبح علاقة كلاً من التسارع و الانتقال كما هو مبين:

$$\{\ddot{y}_t\} = \frac{\{\ddot{y}_t\} + \{\ddot{y}_{t-\Delta t}\}}{\Delta t}$$

$$\{y_t\} = \{y_{t-\Delta t}\} + \Delta t \cdot \{\dot{y}_{t-\Delta t}\} + \frac{\Delta t^2}{4} \cdot (\{\ddot{y}_t\} + \{\ddot{y}_{t-\Delta t}\})$$



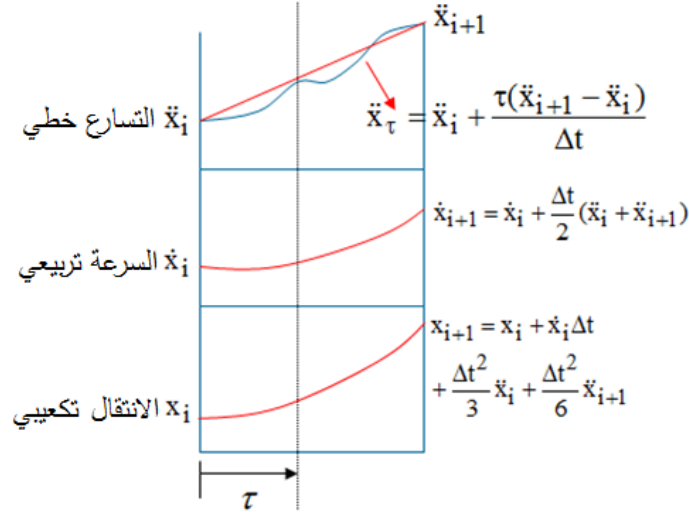
الشكل (1-4): مخطط الانتقال - الزمن في حالة طريقة التسارع الوسطي.

b- طريقة التسارع الخطي: وفيها $\gamma = \frac{1}{2}$ و $\beta = \frac{1}{6}$.

علاقة كلاً من التسارع و الانتقال بالشكل:

$$\{\ddot{y}_t\} = \frac{\tau(\{\ddot{y}_t\} - \{\ddot{y}_{t-\Delta t}\})}{\Delta t}$$

$$\{y_t\} = \{y_{t-\Delta t}\} + \Delta t \cdot \{\dot{y}_{t-\Delta t}\} + \frac{\Delta t^3}{3} \cdot \{\ddot{y}_{t-\Delta t}\} + \frac{\Delta t^2}{6} \cdot \{\ddot{y}_t\}$$



الشكل(1-5): مخطط الانتقال - الزمن في حالة طريقة التسارع الخطي.

يبين الجدول(2) ملخصاً لطريقة نيومارك مع ومن دون أخذ تأثير التخماد بعين الاعتبار، حيث إن δ عامل التخماد.

الطريقة	γ	β	δ	$\frac{\Delta t}{T_{min}}$	الدقة
الفرق المحدد	1/2	0	0	0.3183	مثالية من أجل Δt صغيرة غير مستقرة من أجل Δt كبيرة.
التسارع الخطي	1/2	1/6	0	0.5513	جيدة جداً من أجل Δt صغيرة غير مستقرة من أجل Δt كبيرة.
التسارع الوسطي	1/2	1/4	0	∞	جيدة من أجل Δt صغيرة ولا يوجد تبديد للطاقة.
التسارع الوسطي المعدل	1/2	1/4	$\frac{\Delta t}{\pi}$	∞	جيدة من أجل Δt صغيرة مع تبديد للطاقة من أجل Δt كبيرة .

جدول(2): ملخص طريقة نيومارك عند الأخذ بعين الاعتبار التخماد وعند إهماله.

2-4- عامل ويلسون Wilson's factor: [7].

قام ويلسن في عام 1973 بإضافة العامل θ إلى معادلات نيومارك لجعلها أكثر استقراراً حيث :

$$\Delta t' = \theta \cdot \Delta t$$

وبالتالي يصبح تابع الانتقال بالشكل:

$$y_t = y_{t-\Delta t} + \Delta t \cdot y_{t-\Delta t}'' + \frac{\Delta t^2(1-2\beta)}{2} \cdot \{y_{t-\Delta t}''\} + \beta \cdot \{y_t''\}$$

والحمولة :

$$F_{t'} = F_{t-\Delta t} + \theta \cdot (F_t - F_{t-\Delta t})$$

حيث أن $\theta \geq 1$.

4-3- طريقة هيلبر-هيويز-تايلور Hilber , Hughes & Taylor Method [7]:

بإضافة عامل التصحيح α الخاص بهذه الطريقة تصبح معادلة التوازن بالشكل:

$$[M]\{\ddot{y}_t\} + (1 + \alpha)[C]\{\dot{y}_t\} + (1 + \alpha)[K]\{y_t\} = (1 + \alpha)\{F_t\} - \alpha\{F_t\} + \alpha[C]\{y_{t-\Delta t}\} + \alpha[K]\{y_{t-\Delta t}\}$$

وعندما تصبح $\alpha = 0$ ، تؤول الطريقة إلى طريقة نيومارك ذي التسارع الثابت.

4-4- طريقة نيوتن رافسون Newton-Raphson Method [4]:

بأخذ عامل تكرر $k=2,3,4,5,6,\dots$ فإن معادلة التوازن كالتالي:

$$[M^{t+\Delta t}]\{\ddot{y}_t^k\} + [C^{t+\Delta t}]\{\dot{y}_t^k\} + [K^{t+\Delta t}]\{y_t^k\} = \{F_t^{t+\Delta t}\}$$

ومعادلة الانتقال:

$$\{y^{t+\Delta t}\} = \{y^{t+\Delta t}\} + \{\Delta y^k\}$$

5- طريقة ديوهامل Duhamel's Method [4], [5], [6], [8].

لا يكون التأثير الديناميكي في كثير من الحالات، وخاصة الانفجارات الذرية، توافقياً أو دورياً، لذا يختص تكامل جان ماري ديوهامل بحل المسائل المتعلقة بحساب الاستجابة الديناميكية للجمل ذات درجة الحرية الواحدة (SDF) والواقعة تحت تأثير الحمولات المتغيرة بشكل غير منتظم مع الزمن مثل المعادلات الممثلة للتغيرات الحرارية، الرياح، الأمواج.

وقد تم تطوير آلية عامة لتحليل استجابة الجمل SDF والمعرضة لقوة $p(t)$ متغيرة مع الزمن، مما يسمح بالتقييم التحليلي للاستجابة بتأثير قوى توصف بتتابع بسيطة متعلقة بالزمن، وذلك انطلاقاً من المعادلة التفاضلية للحركة:

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = p(t)$$

حيث إن m : الكتلة، c مصفوفة التخماد، k مصفوفة الصلابة، \ddot{u} التسارع، \dot{u} السرعة، u الانتقال. والشروط الأولية للحركة معدومة أي:

$$\dot{u}(0) = 0 \quad u(0) = 0$$

تعرف القوة $p(t)$ بأنها عبارة عن سلسلة من النبضات المؤثرة خلال مدة زمنية متناهية في الصغر، ويعبر عن استجابة الجملة بتأثير هذه القوة بمجموع الاستجابات الناتجة عن كل نبض عند تأثيره بشكل مفرد، هذه الاستجابات الفردية يمكن وبسهولة جمعها رياضياً لتمثل الاستجابة الكلية الجملة SDF.

عندما تؤثر قوة كبيرة جداً خلال فترة زمنية قصيرة جداً لا تجزأ تدعى بالحمولة النبضية، يبين الشكل (1-6-a) القوة $p(t) = \frac{1}{\epsilon}$ خلال فترة زمنية ϵ ، تبدأ عند اللحظة $t = \tau$. وعندما تقترب ϵ من الصفر تصبح القوة كبيرة جداً وتقترب من اللانهاية، يمكن في هذه الحالة حساب مقدار النبض من خلال مكاملة القوة $p(t)$ مع الزمن، تدعى مثل هذه القوة في حالات محددة عندما $\epsilon \rightarrow 0$ بالوحدة النبضية. يعرف تابع ديرك الرياضي $\delta(t - \tau)$ الوحدة النبضية عندما $t = \tau$. واستناداً إلى قانون نيوتن الثاني للحركة فإنه وعندما تؤثر القوة p في جسم كتلته m فإن معدل تغير كمية الحركة للجسم تساوي القوة المطبقة أي:

$$\frac{d}{dt}(m\dot{u}) = p \quad (1-1)$$

ومن أجل كتلة ثابتة للجسم تصبح المعادلة السابقة بالشكل:

$$p = m\ddot{u} \quad (1-2)$$

بأخذ التكامل المحدود بلحظتين زمنيتين للطرفين:

$$\int_{t_1}^{t_2} p dt = m(\dot{u}_2 - \dot{u}_1) = m \Delta \dot{u} \quad (1-3)$$

يمثل الجزء اليساري من المعادلة مقدار النبض، ويمثل حاصل ضرب السرعة مع الكتلة كمية الحركة. تصلح هذه النتيجة للتطبيق على الجمل SDF مثل جملة نابض-كتلة أو مخمد-كتلة عندما لا يكون للنابض أو المخمد أي تأثير أو عند تأثير قوة خلال مدة زمنية متناهية في الصغر، حيث تمنح الوحدة النبضية الكتلة m لـ $t = \tau$ السرعة التالية:

$$\dot{u}(\tau) = \frac{1}{m} \quad (1-4)$$

ولكن الانتقال من البداية وحتى لحظة تأثير النبض معدوم أي:

$$u(\tau) = 0 \quad (1-5)$$

تسبب الوحدة النبضية اهتزازاً حراً للجملة وحيدة درجة الحرية SDF بسبب الانتقال والسرعة الناتجين عن المعادلتين (1-4)، (1-5).

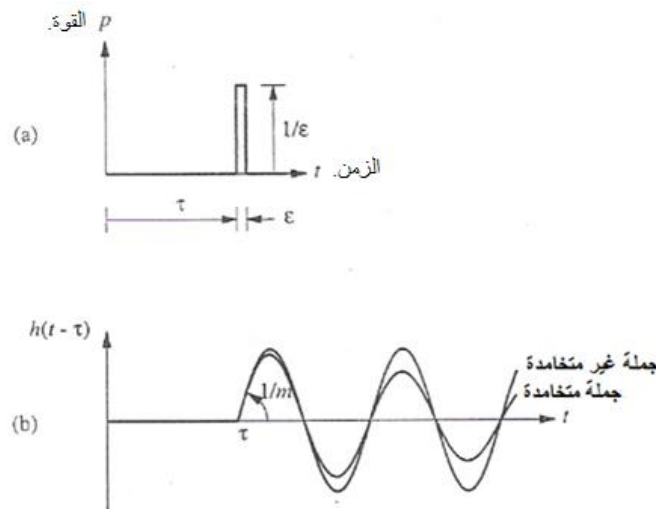
من أجل الجمل غير المتخامدة:

$$h(t - \tau) = u(t) = \frac{1}{m\omega_n} \sin[\omega_n(t - \tau)] \quad t \geq \tau \quad (1-6)$$

ومن أجل الجمل المتخامدة:

$$h(t - \tau) = u(t) = \frac{1}{m\omega_D} e^{-\zeta\omega_n(\tau-t)} \sin[\omega_D(t - \tau)] \quad t \geq \tau \quad (1-7)$$

نرمز لتابع الاستجابة الناتج عن الوحدة النبضية بـ $h(t - \tau)$ ، كما هو مبين في الشكل (1-6-b).



الشكل(1-6): -a- الوحدة النبضية . -b- الاستجابة عن الوحدة النبضية.

استجابة الجملة الديناميكية الخطية لأحد هذه الوحدات النبضية عند الزمن τ للحجم $p(\tau)d(\tau)$ هي عبارة عن مقدار النبض مضروباً بتابع الاستجابة:

$$du(t) = [p(\tau)d\tau]h(t - \tau) \quad (1 - 8)$$

استجابة الجملة عند الزمن t هي مجموع الاستجابات لكافة الوحدات النبضية حتى هذه اللحظة.

$$u(t) = \int_0^t p(\tau)h(t - \tau)d\tau \quad (1 - 9)$$

بتبديل المعادلة (1 - 9) الخاصة بالجمال SDF بالمعادلة (1 - 7) من أجل تابع استجابة الوحدة النبضية نحصل على تكامل ديوهامل:

$$u(t) = \frac{1}{m\omega_D} \int_0^t p(\tau)e^{-\zeta\omega_D(\tau-t)} \sin[\omega_D(t - \tau)]d\tau \quad (1 - 10)$$

ومن أجل الجملة غير المتخامدة يكون تكامل ديوهامل بالشكل:

$$u(t) = \frac{1}{m\omega_n} \int_0^t p(\tau)\sin[\omega_n(t - \tau)]d\tau \quad (1 - 11)$$

حيث إن:

$u(t)$: الانتقال الكلي (الاستجابة الكلية) الذي أحدثته القوة المحرصة $p(\tau)$.

ω_n : التردد الزاوي الطبيعي للجملة .

يوفر تكامل ديوهامل حلاً عاماً لتقييم الاستجابة للجمال الخطية وحيدة درجة الحرية SDF تحت تأثير القوى المتغيرة كفيلاً مع الزمن، وتعتبر هذه النتيجة فعالة للجمال الخطية باعتبارها تعتمد على مبدأ تنضد الآثار، وبالتالي لا يمكن تطبيقها على المنشآت المشوهة خارج نطاق المرحلة الخطية (المرنة) أي ذات التشوه في المرحلة اللدنة.

وفي حال شروط ابتدائية غير معدومة يكون تكامل ديوهامل من أجل جمال متخامدة:

$$u(t) = u_0 \cos(\omega_D t) + \frac{u_0}{\omega_D} \sin(\omega_D t) + \frac{1}{m\omega_D} \int_0^t p(\tau)e^{-\zeta\omega_D(\tau-t)} \sin[\omega_D(t - \tau)]d\tau \quad (1 - 12)$$

ومن أجل الجملة غير المتخامدة:

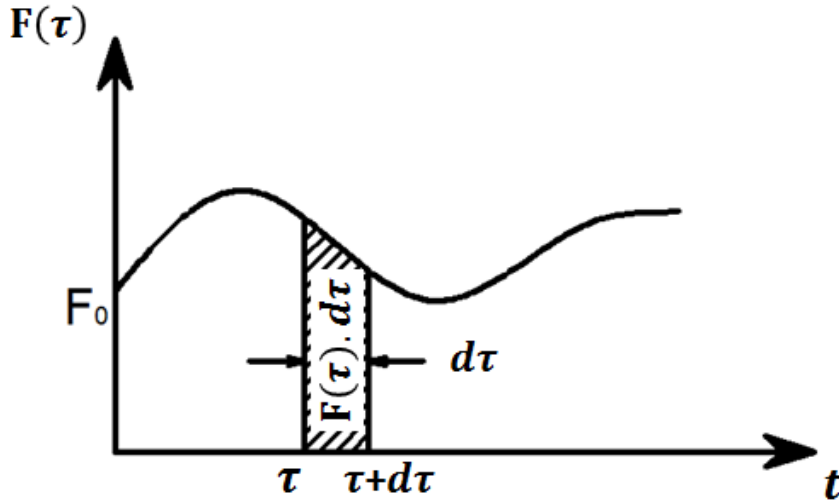
$$u(t) = u_0 \cos(\omega_n t) + \frac{u_0}{\omega_n} \sin(\omega_n t) + \frac{1}{m\omega_n} \int_0^t p(\tau)\sin[\omega_n(t - \tau)]d\tau \quad (1 - 13)$$

الفصل الثاني

أشكال الحمولات النبضية ومصادرها

يعدُّ تحديد أنواع الحمولات المؤثرة في البناء وشداتها من أهم الخطوات في عملية التصميم الإنشائي، حيث يتعرض الهيكل الإنشائي في أثناء عملية البناء و الاستثمار إلى أنواع مختلفة من الحمولات الإستاتيكية و الديناميكية.

تعتبر الحمولة النبضية حمولة ديناميكية وتعرف بأنها الحمولة المطبقة خلال فترة زمنية قصيرة جداً، أما النبض الموافق لها فهو عبارة عن ناتج القوة بزمناً التأثير ويعطى رياضياً ، $F(\tau) \cdot d\tau$ [11]:



الشكل(2-1): مخطط الحمولة - الزمن.

2-1-1 مصادر الحمولات النبضية [15]

تتعدد مصادر الحمولات النبضية وتختلف من حيث درجة الأهمية، نذكر منها :

2-1-1-1 الزلازل: تُسجل الزلازل عن طريق شبكة رصد زلزالية تقوم برصد الحركات والاهتزازات الأرضية في مواقعها المختلفة، تحدث هذه الاهتزازات بفعل الطاقة المحررة والتي تتسبب في انضغاط الطبقات الصخرية مع بعضها البعض محدثة الحركة الاهتزازية والتي تنتقل عبر هذه الطبقات إلى السطح.

و نميز نوعين من الأمواج الزلزالية:

a- الأمواج الجسمية: وهي التي تجوب جسم الأرض الداخلي حتى تصل إلى السطح وتقسّم إلى نوعين

حسب خصائص هذه الأمواج وطبيعتها:

a-1- الأمواج الأولية: أمواج سريعة تقوم بدفع الصخور وسحبها باتجاه حركتها أي بطريقة تضاغية

وهي مشابهة للأمواج الصوتية في الحركة والانتقال ولها القدرة على اختراق المواد الصلبة والسائلة والغازية،

أي أن هذه الأمواج تعمل على تغيير حجم المواد المتحركة عبرها، وهي أول الأمواج التي تصل

إلى أجهزة الرصد لذلك فكلما كان تسجيلها دقيقاً وواضحاً كلما كان لذلك أثر كبير في فهم ذلك الزلزال

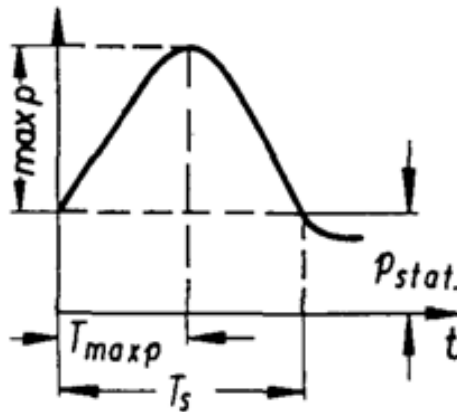
وتحديد موقعه.

2-a-الأأمواج الثانوية: وتسمى أيضا أمواج القص أو الأمواج المستعرضة وهي أمواج تعمل على هز الصخور باتجاه عمودي على اتجاه حركتها أو مسارها، وعلى عكس الأمواج الأولية فإن الأمواج الثانوية لا تؤثر في حجم المواد بل في شكلها، وبما أن المواد السائلة والغازية لا تقاوم التغير في الشكل وهذا يعني عدم سماحها للأمواج الثانوية بالمرور خلالها، تصل الأمواج الثانوية بعد الأمواج الابتدائية وتكون سرعتها سدس سرعة الأمواج الأولية وعادة ما يستعمل الفارق الزمني بينها وبين الأمواج الابتدائية لتحديد بعد الزلزال عن محطة التسجيل.

b- الأمواج السطحية: تتحرك على سطح الأرض دون الدخول إلى باطنها وهي آخر الأمواج وصولاً وأكثرها تدميراً.

2-1-2- الرياح: لا يمكن تقدير قيمة القوى الناتجة عن الرياح القوية بشكل دقيق وإنما بالاعتماد على القيم الاحصائية من محطات الرصد، وبالتالي لا يمكن معرفة الضغط الحقيقي المتولد و المؤثر في البناء إلا بافتراض المكونات الديناميكية الإستاتيكية للرياح من أجل الحصول على الحمولة النبضية المكافئة للواقع، فعلى سبيل المثال، تم قياس سرعة الرياح القصوى على مدة ١٦ عاماً في محطة رصد ألمانية، ذات منسوب 1486m عن سطح البحر، فكانت 57 m/s. (Casper(1970).

وهذا يكافئ ضغطاً مكافئاً بقيمة 2000 N/m^2 إلى 1100 N/m^2 . وبمعرفة مثل هذه البارامترات و بالاستعانة بالمخطط الخاص بتقسيم الرياح إلى مكونات ديناميكية واستاتيكية والمعدّ من قبل (Konig & Zilch (1970) نحصل على قيمة الضغط في الذروة وهي 1820 N/m^2 متراكبة مع ضغط استاتيكي ذي قيمة تبلغ في هذه الحالة 1280 N/m^2 ، أما زمن التأثير فيقدر ب 2 sec إلى 20sec. (Casper(1970). و بالتالي يمكن اعتبار ضغط الرياح على المنشآت و الناجم عن العواصف أو عن الانفجارات كأحمال نبضية يمكن تمثيلها بشكل أساسي كنبض مفرد كما في الشكل(2-2) :



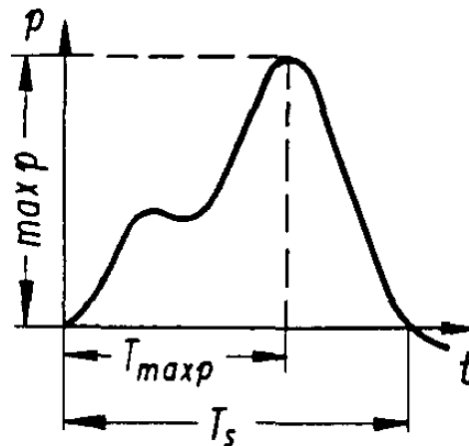
الشكل(2-2): تحريض نبضي مفرد.

3-1-2- الأمواج العالية: يمكن اعتبار الأمواج ذات تأثير ملحوظ على البناء حسب خواصه الديناميكية، ففي بعض الأحيان قد تؤثر الأمواج العالية سلبياً (في المرافئ، كاسرات الأمواج، والأبنية الأخرى المجاورة للبحر) بحمولات نبضية بحيث يجب أخذ تأثيرها بعين الاعتبار في حال كانت النسبة بين التردد الطبيعي للموجة و زمن تأثيرها أكبر من $0.4 \leftarrow 1$. مثلاً: تم قياس موجة على ساحل بحر الشمال في ألمانيا بارتفاع $3.5m$ خلال زمن $10sec$. (Struck, Limbererg & Eifler (1973). فكانت الحمولة الأعظمية الموضعية لمثل هذه الموجة المتكسرة على كاسرة الأمواج $193kn/m^2$ ، مع العلم أن فرصة تكرار مثل هذه الموجة هي مرة كل قرن.

4-1-2- الانفجارات الغازية "الصدمة اللاكتلي": نميز نوعين من الانفجارات الغازية : داخلية و خارجية.

a- الانفجارات الغازية الداخلية: وهي الانفجارات الناتجة عن تسرب الغازات في المناجم أو من أنابيب النقل الأرضية أو من الأجهزة المنزلية بسبب الإهمال. وعلى الرغم من استحالة منع مثل هذه الانفجارات إلا أنه من الممكن التخفيف من أثارها عن طريق توفير التهوية للتخفيض من الضغط الناتج، الأمر الذي لا يؤثر على شدة القوة المتولدة والتي يجب أخذها بعين الاعتبار في أثناء التصميم بحيث لا ينهار المنشأ بفعل الانفجار.

على سبيل المثال يتوقع أن تصل القيمة الأعظمية للضغط الناتج عن انفجار غازي إلى $700kn/m^2$ عند احتراق كامل المزيج هواء - غاز بغض النظر عن طبيعة الغاز المتفجر، ولكن عملياً فإن إمكانية الوصول إلى هذه القيمة حتى لو تم الاشتعال في مكان مغلق، وذلك لأنه وفي قيمة ضغط أقل من تلك القيمة بكثير ستتحطم النوافذ والأبواب وبالتالي ستوفر ما يشبه التنفيس للضغط، ويكون مخطط الحمولة - زمن التأثير كما هو مبين في الشكل (2-3) :



الشكل (2-3): مخطط الحمولة - زمن التأثير في حالة الانفجارات الغازية الداخلية.

ولهذا السبب نادراً ما تتجاوز قيمة القوة الأعظمية $70kn/m^2$ إلا في حال حدوث الانفجار في الأقبية تحت الأرض أو ما شابه ذلك. (Mainstone (1973,1974).

b- الانفجارات الغازية الخارجية: تتعرض المصانع الكيماوية ومصافي النفط إلى أضرار لا يمكن تلافيها

بسبب أمواج الضغط الناتجة عن انفجار مزيج الغازات في الهواء، وعلى الرغم من التوصيات العالمية في مجال التصنيع والنقل والتعامل مع المواد المتفجرة إلى أنه من الصعب منع حدوث التسريبات الصلبة والسائلة والغازية. فعلى سبيل المثال أدى تسرب 50m^3 من مادة الإيثيلين السائل من حاوية بعد حادث إلى تشكل سحابة بكمية متساوية من الهواء والغاز بقطر 1.2m وارتفاع 56m ومن ثم انفجارها، وكانت القيم تبعاً للبعد عن مركز الانفجار كما هو مبين في الجدول (2-a):

البعء عن المركز	قيمة الضغط الأعظمية	الحمولة النبضية	زمن الذروة
150 m	100 kN/m^2	4900N/m^2	0.12 sec
1500 m	4 kn/m^2	49 N/m^2	0.42 sec

(2-a)

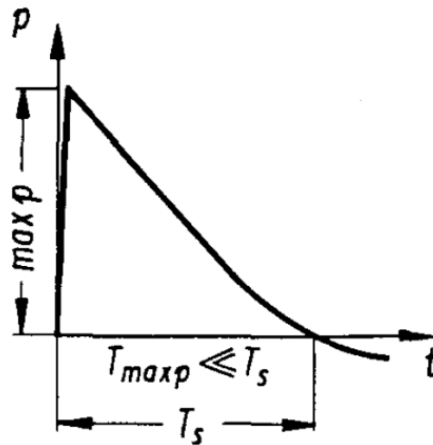
وذلك حسب (Bam (1972).

كما أدى انفجار شحنة متفجرة وزنها 1 kg مركبة من كمية متساوية من مادتي الهيكسوجين و الترينيتروتولول إلى النتائج المبينة في الجدول (2-b) تبعاً للبعد عن مركز الانفجار:

البعء عن المركز	قيمة الضغط الأعظمية	الحمولة النبضية	زمن الذروة
1 m	2 MN/m^2	250N/m^2	0.34 Msec
10 m	20 kN/m^2	33 N/m^2	4.5 Msec
100 m	1.5 kN/m^2	3.2 N/m^2	5.5 Msec

(2-b)

وذلك حسب (Schardin , Molitz&Schoner (1954)، ويكون مخطط الحمولة - زمن التأثير كما هو مبين في الشكل (2-4) :



الشكل (2-4):مخطط الحمولة - زمن التأثير في حالة الانفجارات الغازية الخارجية.

2-1-5- الأجسام المتأرجحة والمتساقطة في أثناء عملية البناء: تتولد الحمولة النبضية بفعل الأجسام

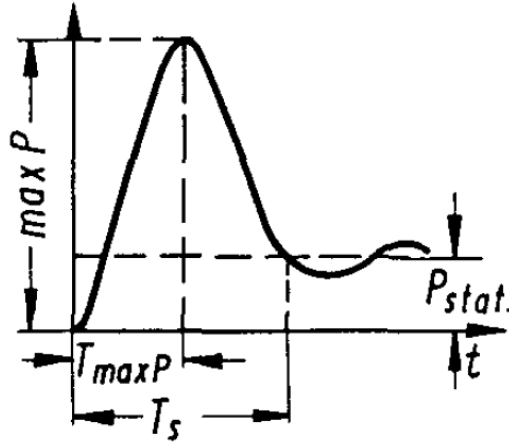
المتساقطة والمتأرجحة في أثناء عملية البناء كما يلي :

- الصدم الأفقي للأعمدة والجدران على ارتفاعات مختلفة بواسطة الرافعات أو بواسطة العناصر الانشائية المحمولة بواسطتها.

- الصدم الشاقولي للجوائز والبلاطات بسبب ارتطام العناصر الساقطة من الرافعات أو العناصر المحمولة بواسطتها أو من الانهيار الجزئي المحلي في موقع البناء.

- الصدم المائل المؤثر في الجوائز و البلاطات والأعمدة و الجدران نتيجة الاستخدام الخاطئ للمثبتات وعناصر الربط، كما أن انهيار أحد عناصر البناء بسبب الحمولة النبضية يؤثر في العناصر الأخرى المحيطة بحمولة نبضية ثانوية أيضاً.

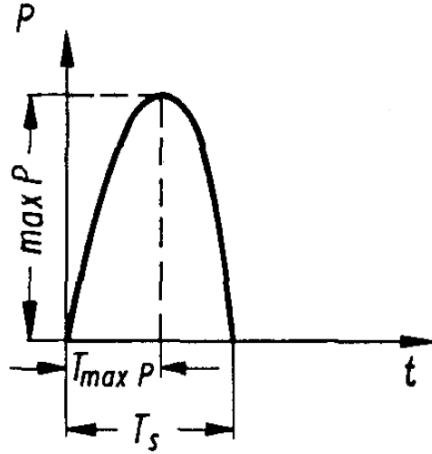
على سبيل المثال، عند اصطدام رافعة محملة بجدار وزنه $2t$ مع عمود، مساحة الاصطدام $0.04m^2$ وبسرعة $1 m/sec$ (Struck (1972)، قد تقتصر النتائج على انهيار العمود فقط، ولكن هذا الانهيار سيؤثر بقوة نبضية على العناصر الانشائية الأخرى المثبتة مع هذا العمود، ويتعلق مدى الضرر تبعاً للقوة الإستاتيكية التي كانت في العمود قبل الانهيار. Perry, Burns & Perry (1965) Perry, Burns & Thompson (1967), Mavis & Richards (1955). يبلغ الزمن عند الذروة من مضاعفات $10^{-2} sec$ ، ويمكن اعتبار زمن الذروة للعمود هو نفسه للعناصر الأخرى المتأثرة بانهيائه، أما مخطط الحمولة - الزمن كما هو مبين في الشكل (2-5) :



الشكل(2-5):مخطط الحمولة - زمن التأثير للحمولة الناتجة عن صدم عمود برافعة محملة بجدار وزنه $2t$.

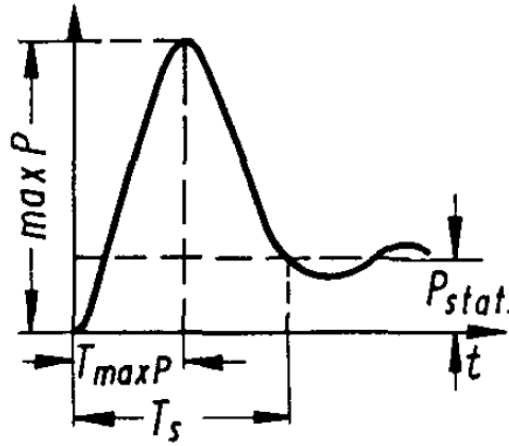
2-1-6- حوادث اصطدام الطائرات: أدت زيادة الحركة الملاحية الجوية إلى مزيد من الاهتمام بالآثار الناتجة عن حوادث اصطدام الطائرات في المنشآت وخاصة المنشآت الصناعية وخزانات تجميع المياه و منشآت توليد الطاقة و المنشآت النووية وغيرها من المنشآت والتي يؤدي تضررها إلى نتائج كارثية على البيئة المحيطة. كما أن ازدياد التوجه نحو استخدام الطائرات المروحية في الأماكن المأهولة وإنشاء مهابط لهذه الطائرات على سطوح الأبنية يجعل من الهام حماية هذه المهابط من الحوادث والهبوط الاضطراري.

على سبيل المثال، قام Riera(1960) بإعطاء بعض القيم المنطقية لنتائج حادثة ارتطام طائرة بوبينغ 707-320، فكانت سعة القوة الأعظمية $90 MN$ ، زمن الذروة $0.2 sec$ ، زمن تأثير النبض $0.35 sec$. وكان مخطط الحمولة - الزمن كما هو مبين بالشكل(2-6) :



الشكل(2-6):مخطط الحمولة - زمن التأثير في حالة ارتطام طائرة البوينغ بالمنصة.

أُجري اختبار لمحاكاة حالة هبوط اضطراري لمروحية من النوع WS55 وزنها الإجمالي 3.3 t تسقط سقوطاً حراً على المنصة بسرعة بلغت عند الاصطدام 6 m/sec ، فكانت سعة القوة عند الذروة والتي سببت انهيار المنصة 240 kN ، التردد الطبيعي للمنصة 7.7 Hz و يتراوح الزمن عند الذروة من 0.05 sec إلى 0.15 sec ، وقد تم اعتماد الحمولة الاستاتيكية عند الزمن 0.25 sec بعد حدوث الاصطدام من أجل التصميم [Mainstone (1966)]. وكان مخطط الحمولة - الزمن كما هو مبين بالشكل(2-7) :

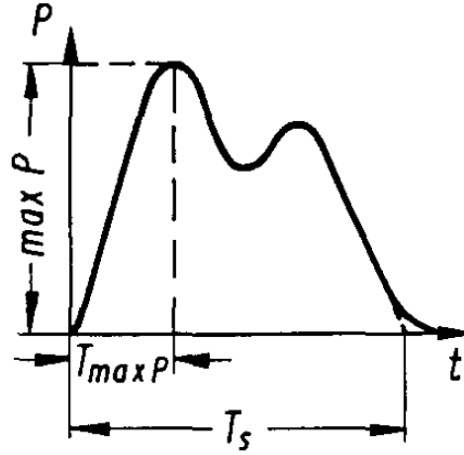


الشكل(2-7):مخطط الحمولة - زمن التأثير في حالة هبوط مروحية WS55 بشكل اضطراري.

2-1-7- الحوادث المرورية: مع تزايد الكثافة المرورية على الطرقات يزداد التأثير المحتمل للعربات في الطرق والعقد الطرقية بفعل الصدم، وبالتالي يصبح من الهام معرفة قيم القوى المؤثرة للتصميم وخاصة القوى النبضية ذات التأثير المتكرر في المساند و الأعمدة وكافة العناصر الانشائية المستخدمة في بناء الجسور . فعلى سبيل المثال، عند اصطدام شاحنة وزنها 18 t بعمود من البيتون المسلح ذي مقطع T أبعاده 400mm x 450mm ، كانت سعة القوة عند الذروة 1.2 MN عند زمن يتراوح من 0.01sec إلى 0.1sec ، Popp (1961).

2-1-8- النشاط البشري: يؤثر الإنسان في أثناء حركته اليومية (مشي، ركض، جر ونقل الأثاث، إلخ)

في البناء كحمولة نبضية، ومع ازدياد التوجه إلى استخدام مواد خفيفة الوزن في عمليات البناء (وخاصة في البلاطات) واستخدام الزجاج والمواد البلاستيكية الهشة في الإكساء، وهي مواد ذات مقاومة ضعيفة، يصبح من الضروري عدم إهمال الحمولة النبضية التي يولدها الإنسان. على سبيل المثال عندما اصطدام رجل وزنه 89 kg بواسطة كتفه بقاطع خفيف بسرعة 1.52 m/sec، بلغ الوزن الفعال المؤثر من وزن الرجل 30 kg، وكان رد فعل القاطع في نقطة الاصطدام بصلابة بلغت 140 kN/m. وتم قياس الحمولة النبضية في منطقة التماس بين الرجل و القاطع عند الذروة 1.4 kN، وزمن الذروة 0.04 sec وزمن تأثير النبض 0.16 sec، (Struck (1974). وكان مخطط الحمولة - الزمن كما هو مبين بالشكل (2-8):

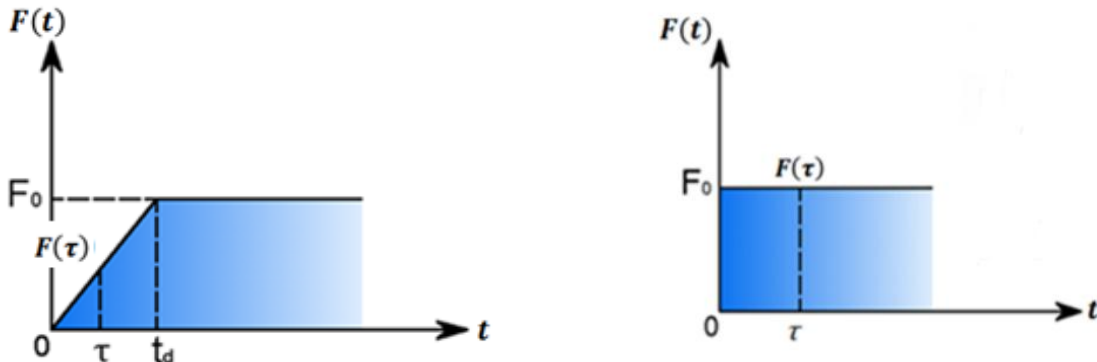


الشكل (2-8): مخطط الحمولة - زمن التأثير في حالة اصطدام رجل بالحائط.

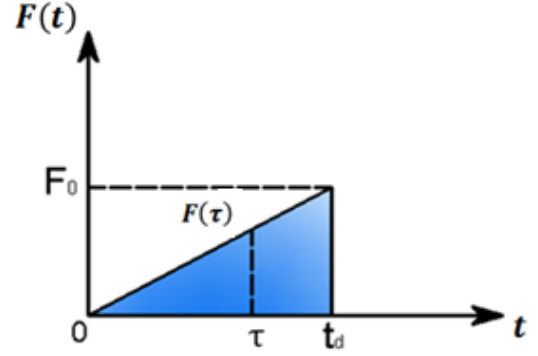
إن المخططات السابقة بين الحمولة و الزمن يمكن تقريبها إلى أشكال مبسطة كحمولة مستطيلة، مثلثية وقطعية، وباستخدام معادلات رياضية خاصة تحسب الاستجابات الناتجة عن هذه الحمولات في كل مجال من مجالات التأثير، وبالاعتماد على مبدأ تتضد الآثار تكون الاستجابة الكلية عبارة عن مجموع الاستجابات الناتجة.

2-2- أشكال الحمولات النبضية.

من أكثر الأشكال المستخدمة في التعبير عن الحمولة النبضية: النبض المستمر الثابت، المتزايد المستمر، الثابت المتناقص، شبه المنحرف، المستطيل والمربع، المثلث بأنواعه المختلفة المتزايد والمتناقص والمتزايد متناقص، القطع، كما هو مبين في الشكل (2-9).

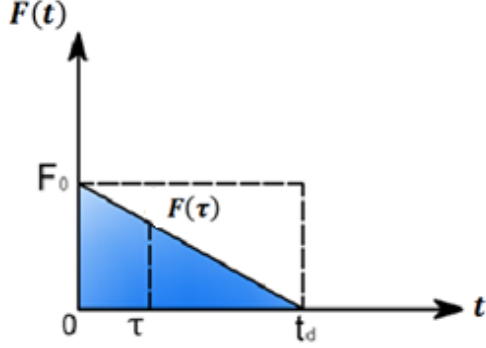


حمولة نبضية بشكل ثابت مستمر.

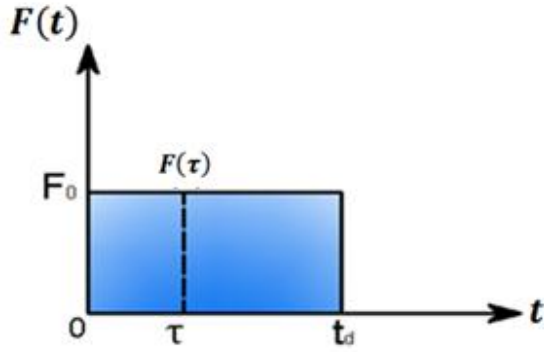


حمولة نبضية بشكل مثلثي متزايد.

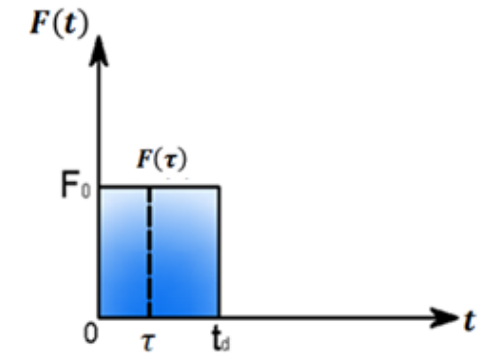
حمولة نبضية بشكل متزايد مستمر.



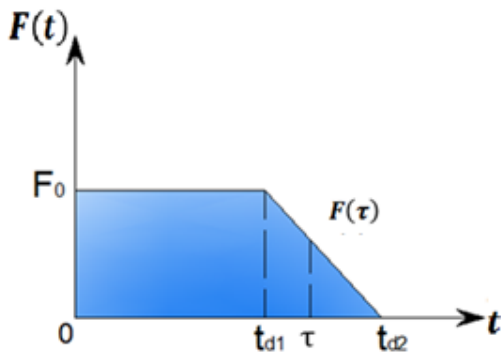
حمولة نبضية بشكل مثلثي متناقص.



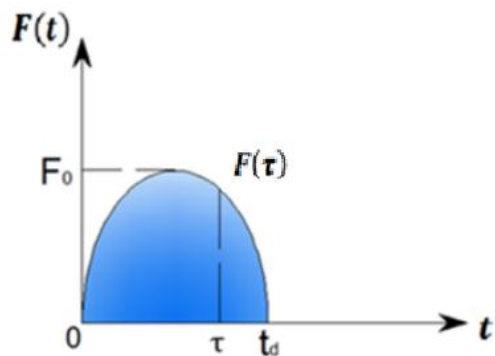
حمولة نبضية بشكل مثلثي متزايد متناقص.



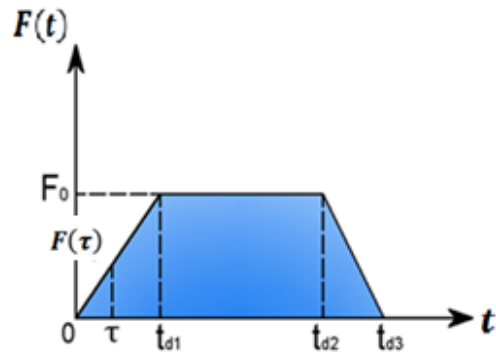
حمولة نبضية بشكل ثابت متناقص.



حمولة نبضية بشكل مربع.



حمولة نبضية بشكل قطعي.



حمولة نبضية بشكل شبه منحرف.

الشكل (2-9) : أشكال الحمولات النبضية

الفصل الثالث

دراسة تأثير الحمولات النبضية بأشكالها المختلفة في المنشآت (SDF) وتعيين الاستجابات الديناميكية. (الدراسة التحليلية)

يعتمد مبدأ استخدام تكامل ديوهامل عند حساب الاستجابة الديناميكية على اعتبار أن التحميل الذي تولده الحمولة النبضية يعبر عنه بسلسلة من النبضات القصيرة الأمد والمتعاقبة وفق تزايد زمني مقداره $d\tau$ ، ولكل نبض استجابة تقاضلية عند الزمن t .

يحسب الانتقال الكلي الموافق للزمن t والناتج من استمرار تأثير حمولة كيفية في جملة خطية بدرجة حرية واحدة (SDF) مع أخذ الشروط الأولية للحركة بعين الاعتبار من علاقة تكامل ديوهامل في الحالة العامة بالشكل:

$$y(t) = y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{1}{m \omega} \int_0^t F(\tau) \sin[\omega(t - \tau)] d\tau \quad (2 - 1)$$

حيث إن:

$y(t)$: الانتقال الكلي الذي أحدثته القوة المحرصة $F(\tau)$.

y_0 : الانتقال الأولي.

ω : التردد الزاوي الطبيعي للجملة ويعطى بالعلاقة $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ ، k : صلابة المنشأة، m : كتلة المنشأة.

v_0 : السرعة الابتدائية.

t : زمن التأثير.

وعند انعدام الشروط الابتدائية للحركة تصبح علاقة ديوهامل Duhamel's integral السابقة بالشكل:

$$y(t) = \frac{1}{m \omega} \int_0^t F(\tau) \sin[\omega(t - \tau)] d\tau \quad (2 - 2)$$

هذا التكامل يقتصر تطبيقه على الجمل الخطية وحيدة درجة الحرية التي يمكن تطبيق مبدأ التتضد عليها.

أما عامل الحمولة الديناميكي Dynamic Load Factor (DLF) فهو عبارة عن النسبة بين الانتقال

الديناميكي عند لحظة زمنية ما $y(t)$ إلى الانتقال الناتج عن التطبيق الإستاتيكي للقوة $F(\tau)$:

$$DLF = \frac{y(t)}{y_{st}} \quad (2 - 3)$$

حيث إن:

$y(t)$: الانتقال الديناميكي المحسوب من علاقة ديوهامل.

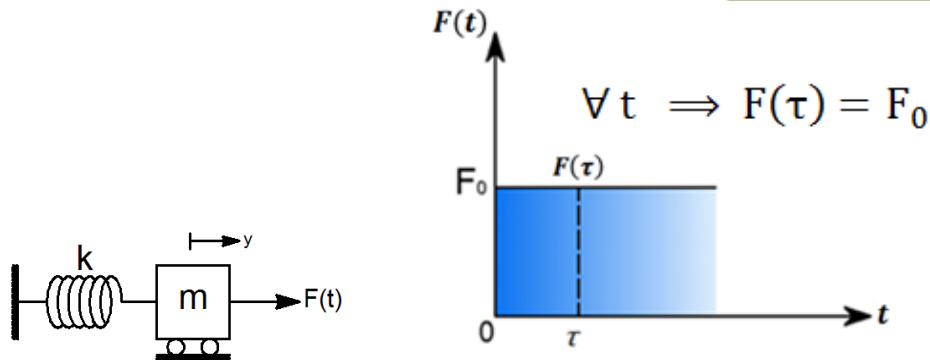
y_{st} : الانتقال الإستاتيكي، ويحسب من العلاقة: $y_{st} = \frac{F_0}{K}$ ، حيث F_0 سعة القوة و k صلابة المنشأة.

نقوم بتعيين الاستجابة الناتجة عن كل شكل من أشكال النبض المختلفة (ثابت مستمر، متزايد مستمر، مثلثي متناقص، مثلثي متزايد متناقص، مستطيل، مربع، مستمر متناقص، شبه منحرف، قطعي) و الـ DLF الخاص به وذلك من أجل حركة غير متخامدة، من أجل شروط أولية معدومة للحركة و من ثم شروط أولية غير معدومة. ونظراً لصغر زمن تأثير الحمولة النبضية فإننا سنهمل تأثير التخماد في حركة الجملة علماً أن معادلة الاستجابة (تكامل ديوهامل) للجمال المتخامدة (Damped Systems) تعطى بالشكل:

$$y(t) = \frac{1}{m \omega_D} \int_0^t F(\tau) e^{-\alpha \omega(t-\tau)} \sin[\omega_D(t-\tau)] d\tau \quad (2-4)$$

حيث إن ω_D تردد الجملة المتخامدة، و α نسبة التخماد.

3-1- النبض الثابت المستمر



الشكل (b): النموذج الرياضي.

الشكل (a): نبض مستمر.

الشكل (3-1)

3-1-1- حالة شروط ابتدائية معدومة للحركة ($y_0 = v_0 = 0$)

a- تعيين معادلة الاستجابة.

لا يوجد في هذه الحالة سوى مجال واحد مهما تكن قيمة τ . القوة المحرصة $F(\tau)$ عند اللحظة الزمنية

τ ثابتة وتساوي F_0 :

$$F(\tau) = F_0 \quad (2-5)$$

حيث أن F_0 سعة القوة و t_d زمن تأثير النبض.

يعطى تكامل ديوهامل لحالة شروط ابتدائية معدومة للحركة بالشكل :

$$y(t) = \frac{1}{m \omega} \int_0^t F(\tau) \sin[\omega(t-\tau)] d\tau \quad (2-6)$$

نعوض (2-5) بـ (2-6)

$$y(t) = \frac{F_0}{\omega m} \int_0^t \sin[\omega(t-\tau)] \cdot d\tau$$

وبعد إجراء التكامل و التبديل بحدوده نجد:

$$y(t) = \frac{F_0}{m\omega^2} [1 - \cos(\omega t)]$$

وبمراعاة أن الانتقال الإستاتيكي يعطى بالعلاقة: $y_{st} = \frac{F_0}{m \cdot \omega^2} = \frac{F_0}{k}$ ، يمكن كتابة المعادلة السابقة بالشكل:

$$y(t) = y_{st}[1 - \cos(\omega t)]$$

وبالتالي تكون المعادلة التي نحصل من خلالها على الاستجابة في حال عدم وجود شروط ابتدائية للحركة:

$$y(t) = y_{st}[1 - \cos(\omega t)] \quad (2-7)$$

3-1-2- حالة شروط ابتدائية غير معدومة للحركة ($y_0 \neq 0, v_0 \neq 0$)

a- تعيين معادلة الاستجابة.

يعطى تكامل ديوهامل في حالة شروط ابتدائية للحركة غير معدومة كما يلي:

$$y(t) = y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{1}{m \omega} \int_0^t F(\tau) \sin[\omega(t - \tau)] d\tau \quad (2-8)$$

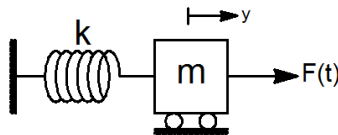
نعوض (2-5) بـ (2-8)

$$y(t) = y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{F_0}{\omega m} \int_0^t \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

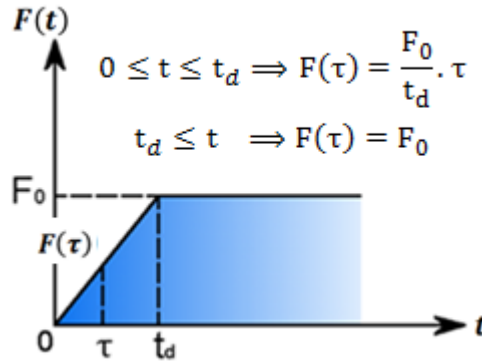
$$y(t) = y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + y_{st}(1 - \cos(\omega t))$$

$$y(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + y_{st} \quad (2-9)$$

3-2- النبض المتزايد المستمر



الشكل (b): النموذج الرياضي.



الشكل (a): نبض متزايد مستمر.

الشكل (3-2)

تم دراسة استجابة المنشأة في المجالين الأول لما $0 \leq t \leq t_d$ ، والمجال الثاني لما $t_d \leq t$.

نطبق تكامل ديوهامل وذلك من أجل حالتين، أولاً في حالة شروط أولية معدومة للحركة و من ثم في حال شروط ابتدائية للحركة غير معدومة.

3-2-1- حالة شروط ابتدائية معدومة للحركة ($y_0 = v_0 = 0$)

a- تعيين معادلة الاستجابة.

1-1- المجال الأول: $0 \leq t \leq t_d$

تحسب القوة المحرصة $F(\tau)$ في هذا المجال بالشكل :

$$\frac{F(\tau)}{F_0} = \frac{\tau}{t_d} \Rightarrow F(\tau) = \frac{F_0}{t_d} \cdot \tau \quad (2-10)$$

حيث إن F_0 سعة القوة و t_d زمن تأثير النبض.

نعوض (2-10) بعلاقة تكامل ديوهامل في حالة شروط ابتدائية معدومة للحركة (2-2):

$$y_1(t) = \frac{1}{m \omega} \int_0^t \frac{F_0}{t_d} \tau \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

$$y_1(t) = \frac{F_0}{m \omega t_d} \int_0^t \tau \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

نجري التكامل بالتجزئة،

$$\int u \cdot dv = u \cdot v - \int v \cdot du$$

$$u = \tau \Rightarrow du = d\tau$$

$$v = \frac{1}{\omega} \cos[\omega(t - \tau)] d\tau \Leftarrow dv = \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

وبعد التبديل و إجراء التكامل والتعويض بحدوده ينتج:

$$y_1(t) = \frac{F_0}{m \omega t_d} \left(\frac{t}{\omega} - \frac{1}{\omega^2} \sin(\omega t) \right)$$

أو بالشكل:

$$y_1(t) = \frac{F_0}{m \omega^2} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right)$$

وبمراعاة أن $y_{st} = \frac{F_0}{m \cdot \omega^2} = \frac{F_0}{k}$ تكون المعادلة التي نحصل من خلالها على الاستجابة في المجال الأول حيث إن الشروط الأولية للحركة معدومة:

$$y_1(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right) \quad (2-11)$$

2-1- المجال الثاني: $t_d \leq t$

$$t = t - t_d \quad \text{والزمن} \quad F(\tau) = F_0$$

إضافة إلى الاستجابة في هذا المجال تضاف حالة اهتزاز حر حيث إن الشروط الابتدائية للحركة هي

الانتقال y_{t_d} والسرعة v_{t_d} عند الزمن $t = t_d$ وفق الصيغة:

$$y_2(t) = y_{t_d} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_d}}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{F_0}{m \omega} \int_0^t \sin[\omega(t - \tau)] d\tau \quad (2-12)$$

نحسب كلاً من y_{td} و v_{td} حيث نعوض $t = t_d$ في العلاقة (2-11) لحساب y_{td} ونشتق $y_1(t)$ ونعوض بالصيغة الناتجة $t = t_d$ لحساب v_{td} .

$$y_{td} = y_{st} \left(1 - \frac{1}{\omega \cdot t_d} \sin(\omega t_d) \right) \quad (a)$$

$$y_{td} = v_{td} = y_{st} \left(\frac{1}{t_d} - \frac{\omega}{\omega \cdot t_d} \cos(\omega t_d) \right)$$

$$v_{td} = y_{st} \left(\frac{1}{t_d} - \frac{1}{t_d} \cos(\omega t_d) \right) \quad (b)$$

نعوض (a) و (b) بالمعادلة (2-12) حيث أن $y_{st} = \frac{F_0}{K}$ ، نجد :

$$y_2(t) = y_{st} \left(1 - \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t_d) \right) \cos(\omega t) + y_{st} \left(\frac{1}{t_d} - \frac{1}{t_d} \cos(\omega t_d) \right) \frac{\sin(\omega t)}{\omega} + \frac{F_0}{m \omega} \int_0^t \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

وبعد إجراء التكامل والإصلاح ينتج،

$$y_2(t) = y_{st} \left(\cos(\omega t) - \frac{\sin(\omega t_d) \cos(\omega t)}{\omega t_d} + \frac{\sin(\omega t)}{\omega t_d} - \frac{\sin(\omega t) \cos(\omega t_d)}{\omega t_d} + 1 - \cos(\omega t) \right)$$

وإمراعاة أن:

$$\sin(x \pm y) = \sin x \cos y \pm \cos x \sin y$$

نكتب،

$$y_2(t) = y_{st} \left(1 + \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) - \frac{1}{\omega t_d} \sin[\omega(t + t_d)] \right)$$

ولكن $t = t - t_d$ ، بالتالي:

$$y_2(t) = y_{st} \left(1 + \frac{1}{\omega t_d} \sin[\omega(t - t_d)] - \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right) \quad (2-13)$$

وهي معادلة الاستجابة في المجال الثاني في حال عدم وجود شروط ابتدائية للحركة.

b- تعيين معادلة DLFmax.

يعطى عامل الحمولة الديناميكي DLF عند لحظة ما t بالعلاقة:

$$DLF = \frac{y(t)}{y_{st}}$$

بعد الدراسة وجدنا أن عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي يوافق المجال الثاني للحركة أي لما $t_d \leq t$.

$$DLF = \frac{y_2(t)}{y_{st}} = 1 + \frac{1}{\omega t_d} \sin[\omega(t - t_d)] - \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t)$$

$$DLF = 1 + \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega(t - t_d)) - \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t)$$

نعوض $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ، حيث إن T هي الدور الأساسي للحركة .

$$DLF = 1 + \frac{1}{2\pi \frac{t_d}{T}} \sin\left(2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{t_d}{T}\right)\right) - \frac{1}{2\pi \frac{t_d}{T}} \sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) \quad (2-14)$$

نفرض من أجل سهولة الحل أن $x = \frac{t_d}{T}$ و $z = \frac{t}{T}$ ، تصبح المعادلة (2-14) بالشكل:

$$DLF = 1 + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)] - \frac{1}{2\pi x} \sin(2\pi z) \quad (2-15)$$

من أجل تعيين قيم DLF_{max} نقوم باشتقاق المعادلة (2-15) بالنسبة لـ z ونساويه بالصفر، وبالتالي عند كل فرض أي قيمة لـ x نحصل بالمقابل على قيمة لـ z ، و بالتعويض عند كل من x و z في المعادلة (2-15) نتحدد لدينا نقطة (DLF_{max}, x) ، مجموعة هذه النقاط تؤلف المنحني الخاص بـ DLF_{max} بالعلاقة مع النسبة $\frac{t_d}{T}$.

$$DLF'_z = 0 + \frac{2\pi}{2\pi x} \cos[2\pi(z - x)] - \frac{2\pi}{2\pi x} \cos(2\pi z) = 0$$

$$\frac{1}{x} \cos[2\pi(z - x)] - \frac{1}{x} \cos(2\pi z) = 0$$

أو بالشكل:

$$\cos[2\pi(z - x)] - \cos(2\pi z) = 0$$

بعد الاستعاضة عن قيمة الحد الأول ينتج:

$$\cos(2\pi z)\cos(2\pi x) + \sin(2\pi z)\sin(2\pi x) - \cos(2\pi z) = 0$$

$$[\cos(2\pi x) - 1]\cos(2\pi z) + \sin(2\pi x)\sin(2\pi z) = 0$$

نفرض أن :

$$\left. \begin{aligned} a &= \cos(2\pi x) - 1 \\ b &= \sin(2\pi x) \end{aligned} \right\}$$

فتأخذ العلاقة السابقة الشكل التالي:

$$a \cdot \cos(2\pi z) + b \cdot \sin(2\pi z) = 0$$

نقسم طرفي المساواة على $\sqrt{a^2 + b^2} \neq 0$

$$\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cos(2\pi z) + \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \sin(2\pi z) = 0$$

نفرض أن : $\cos(\theta) = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ ، $\sin(\theta) = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ فيكون:

$$\cos(2\pi z)\cos(\theta) + \sin(2\pi z)\sin(\theta) = 0$$

$$\cos(2\pi z - \theta) = 0$$

أي أن:

$$\left. \begin{aligned} 2\pi z - \theta &= \frac{\pi}{2} \Rightarrow z = \frac{\theta}{2\pi} + 0.25 \\ \theta &= \arcsin \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \text{ حيث أن} \end{aligned} \right\} \quad (2-16)$$

وبالتالي لرسم المنحني الممثل لعامل الحمولة الديناميكي الأعظمي بالنسبة لعلاقته مع النسبة $\frac{t_d}{T}$ ، نفرض قيمة لـ x ، ثم نحسب كلاً من a ، b وبالتالي نستطيع حساب الزاوية θ ، بالتعويض في العلاقة

(16 - 2) نحصل على قيمة z ، ثم نعوض كلاً من x و z بالعلاقة (15 - 2) فتكون القيمة الناتجة هي قيمة عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي عند النسبة $x = \frac{t_d}{T}$ ، نعيّن النقطة $(DLF_{maz} - x)$ ، وبأخذ قيمة جديدة لـ x وحساب DLF_{max} الموافقة وتعيين النقطة على المخطط فإن مجموع هذه النقاط ومن ثم الوصل بينها يتشكل المنحني المطلوب.

2-2-3- حالة شروط ابتدائية غير معدومة للحركة ($y_0 \neq 0, v_0 \neq 0$)

a- تعيين معادلة الاستجابة.

a-1- المجال الأول: $0 \leq t \leq t_d$

نبدل الصيغة (10-2) بالعلاقة العامة لتكامل ديوهامل (8-2) فنجد:

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{1}{m \omega} \int_0^t \left(\frac{F_0}{t_d} \tau \right) \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

$$= y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{F_0}{m \omega t_d} \int_0^t \tau \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

وبعد إجراء تكامل الحد الأخير بالتجزئة كما هو موضح سابقاً ينتج:

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{F_0}{m \omega t_d} \left(\frac{t}{\omega} - \frac{1}{\omega^2} \sin(\omega t) \right)$$

وبالتالي تكون المعادلة التي نحصل من خلالها على الاستجابة في المجال الأول في حال وجود شروط ابتدائية للحركة هي من الشكل:

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) + y_{st} \frac{t}{t_d} \quad (2 - 17)$$

a-2- المجال الثاني: $t_d \leq t$

$$t = t - t_d \quad \text{و الزمن} \quad F(\tau) = F_0$$

نضيف إلى الاستجابة في المجال الثاني الاستجابة الناتجة عن الاهتزاز الحر من المجال الأول .

$$y_2(t) = y_{t_d} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_d}}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{F_0}{m \omega} \int_0^t \sin[\omega(t - \tau)] d\tau \quad (2 - 18)$$

نحسب كلاً من v_{t_d} و y_{t_d} ، و نبدل في الصيغة (17 - 2) كل t بـ t_d

$$y_{t_d} = y_0 \cos(\omega t_d) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t_d) + y_{st} \quad (2 - 19)$$

$$v_{t_d} = v_{t_d} = -\omega y_0 \sin(\omega t_d) + \omega \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \cos(\omega t_d) + y_{st} \frac{1}{t_d}$$

$$v_{t_d} = -\omega y_0 \sin(\omega t_d) + \omega \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \cos(\omega t_d) + y_{st} \frac{1}{t_d} \quad (2 - 20)$$

نعوض (19-2) و (20-2) في المعادلة (18-2) ونجري تكامل الحد الأخير من هذه المعادلة، نجد:

$$y_2(t) = \left(y_0 \cos(\omega t_d) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t_d) + y_{st} \right) \cos(\omega t) \\ + \left(-\omega y_0 \sin(\omega t_d) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \cos(\omega t_d) + \frac{y_{st}}{t_d} \right) \sin(\omega t) + \frac{F_0}{m \omega^2} (1 - \cos(\omega t))$$

بعد فك الأقواس ينتج،

$$y_2(t) = y_0 \cos(\omega t_d) \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t_d) \cos(\omega t) + y_{st} \cos(\omega t) \\ - y_0 \sin(\omega t_d) \sin(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \cos(\omega t_d) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \sin(\omega t) + y_{st} \\ - y_{st} \cos(\omega t)$$

بعد الفك والإصلاح والأخذ بعين الاعتبار المتطابقات التالية:

$$\sin(x \pm y) = \sin x \cos y \pm \cos x \sin y \\ \cos(x \pm y) = \cos x \cos y \mp \sin x \sin y$$

نجد

$$y_2(t) = y_0 \cos[\omega(t + t_d)] + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin[\omega(t + t_d)] + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \sin(\omega t) + y_{st}$$

ولكن $t = t - t_d$ بالتالي تصبح العلاقة السابقة:

$$y_2(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \sin[\omega(t - t_d)] + y_{st} \quad (2 - 21)$$

وهي معادلة الاستجابة في المجال الثاني في حال عدم وجود شروط ابتدائية للحركة.

b- تعيين معادلة DLFmax.

بعد مقارنة القيم بين المجال الأول و الثاني نجد أن قيم DLFmax تقع في المجال الثاني وبالتالي

نعتمد هذا المجال في رسم مخطط DLFmax، وذلك بتقسيم حدود المعادلة (2 - 21) على y_{st}

حيث $t_d \leq t$.

$$DLF = \frac{y_2(t)}{y_{st}}$$

$$DLF = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{y_{st} \omega} - \frac{1}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) + \frac{1}{\omega t_d} \sin[\omega(t - t_d)] + 1$$

نعوض $\omega = \frac{2\pi}{T}$ و $x = \frac{t_d}{T}$ و $z = \frac{t}{T}$ فينتج،

$$DLF = \frac{y_0}{y_{st}} \cos\left(\frac{2\pi}{T} t\right) + \left(\frac{v_0 \cdot T}{y_{st} 2\pi} - \frac{1}{2\pi t_d} \right) \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right) + \frac{1}{2\pi t_d} \sin\left[\frac{2\pi}{T} (t - t_d)\right] + 1 \quad (2 - 22)$$

بعد الأخذ بعين الاعتبار أن $x = \frac{t_d}{T}$ و $z = \frac{t}{T}$ نكتب:

$$DLF = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 \cdot T}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)] + 1 \quad (2 - 23)$$

نشق المساواة الناتجة بالنسبة لـ z ونساوي الناتج بالصفر،

$$DLF'_z = -2\pi \frac{y_0}{y_{st}} \sin(2\pi z) + 2\pi \left(\frac{v_0 \cdot T}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \cos(2\pi z) + \frac{2\pi}{2\pi x} \cos[2\pi(z - x)] + 0 = 0$$

$$-2\pi \frac{y_0}{y_{st}} \sin(2\pi z) + \left(\frac{v_0 \cdot T}{y_{st}} - \frac{1}{x} \right) \cos(2\pi z) + \frac{1}{x} \cos[2\pi(z-x)] = 0$$

أو بالشكل،

$$-2\pi \frac{y_0}{y_{st}} \sin(2\pi z) + \left(\frac{v_0 \cdot T}{y_{st}} - \frac{1}{x} \right) \cos(2\pi z) + \frac{1}{x} [\cos(2\pi z) \cos(2\pi x) + \sin(2\pi z) \sin(2\pi x)] = 0$$

بعد الفك والإصلاح،

$$\left(\cos(2\pi x) + \frac{v_0 T x}{y_{st}} - 1 \right) \cos(2\pi z) + \left(\sin(2\pi x) - 2\pi x \frac{y_0}{y_{st}} \right) \sin(2\pi z) = 0$$

نفرض أن :

$$\left. \begin{aligned} a &= \cos(2\pi x) + \frac{v_0 T x}{y_{st}} - 1 \\ b &= \sin(2\pi x) - 2\pi x \frac{y_0}{y_{st}} \end{aligned} \right\}$$

تصبح الصيغة السابقة بالشكل:

$$a \cdot \cos(2\pi z) + b \cdot \sin(2\pi z) = 0$$

نقسم طرفي المساواة على $\sqrt{a^2 + b^2} \neq 0$

$$\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cos(2\pi z) + \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \sin(2\pi z) = 0$$

بفرض أن : $\cos(\theta) = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ ، $\sin(\theta) = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ نكتب،

$$\cos(2\pi z) \cos(\theta) + \sin(2\pi z) \sin(\theta) = 0$$

$$\left. \begin{aligned} \cos(2\pi z - \theta) = 0 &\Rightarrow 2\pi z - \theta = \frac{\pi}{2} \Rightarrow z = \frac{\theta}{2\pi} + 0.25 \\ \theta &= \arcsin \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \text{ حيث أن} \end{aligned} \right\} (2-24)$$

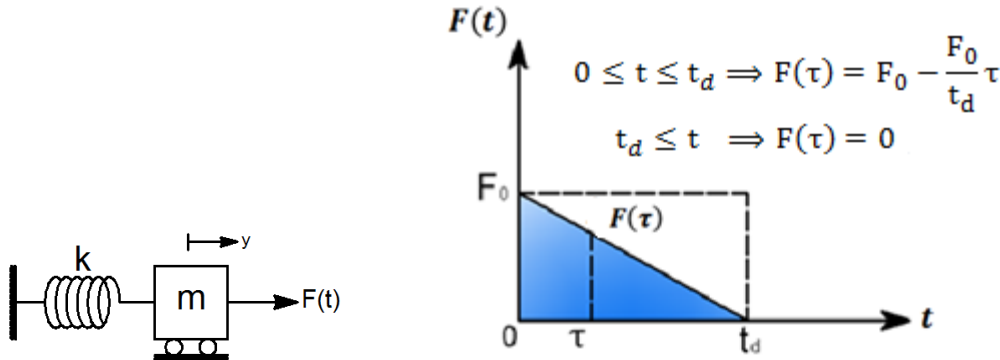
نفرض قيمة لـ x و نحسب كلاً من a , b وبالتالي حساب الزاوية θ ، نعوض في العلاقة (2-23)

لتحديد قيمة z ، ثم نعوض كلاً من x و z بالعلاقة (2-23) فنحصل على قيمة عامل الحمولة الديناميكي

الأعظمي عند النسبة $x = \frac{t_d}{T}$ ، نعيّن النقطة $(DLF_{maz} - x)$ ، وبأخذ قيمة جديدة لـ x و حساب

الـ DLF_{max} الموافقة وتعيين مجموعة هذه النقاط على المخطط والوصل بينها نرسم المنحني.

3-3- النبض المثلي المتناقص



الشكل (3-3)

الشكل (a): نبض مثلي متناقص.

الشكل (b): النموذج الرياضي.

ندرس الاستجابة في المجالين، المجال الأول لما $0 \leq t \leq t_d$ حالة تأثير النبض والثاني $t_d \leq t$ حالة الاهتزاز الحر. نطبق تكامل ديوهامل لأجل حالتين: حالة عدم وجود شروط ابتدائية و من ثم في حال وجود شروط ابتدائية للحركة.

3-3-1- حالة شروط ابتدائية معدومة للحركة. ($y_0 = v_0 = 0$)

a- تعيين معادلة الاستجابة.

a-1- المجال الأول: $0 \leq t \leq t_d$

تعطى القوة المحرصة $F(\tau)$ عند اللحظة الزمنية τ بالشكل :

$$\frac{F(\tau)}{F_0} = \frac{t_d - \tau}{t_d} \Rightarrow F(\tau) = F_0 - \frac{F_0}{t_d} \tau \quad (2-25)$$

نعوض (2-25) بتكامل ديوهامل الصيغة (2-1)،

$$y_1(t) = \frac{1}{m \cdot \omega} \int_0^t \left(F_0 - \frac{F_0}{t_d} \tau \right) \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

وبعد تجزئة التكامل:

$$y_1(t) = \frac{F_0}{m \omega} \int_0^t \sin[\omega(t - \tau)] d\tau - \frac{F_0}{m \omega t_d} \int_0^t \tau \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

بإجراء التكامل للحد الأول والحد الثاني بالتجزئة ينتج:

$$y_1(t) = \frac{F_0}{m \omega^2} (1 - \cos(\omega t)) - \frac{F_0}{m \omega t_d} \left(\frac{t}{\omega} - \frac{1}{\omega^2} \sin(\omega t) \right)$$

وبالتالي تكون المعادلة التي نحصل من خلالها على الاستجابة في المجال الأول في حال عدم وجود شروط ابتدائية للحركة:

$$y_1(t) = y_{st} \left(1 - \frac{t}{t_d} - \cos(\omega t) + \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right) \quad (2-26)$$

2-a- المجال الثاني: $t_d \leq t$

بعد انقضاء زمن تأثير النبض يكون تابع القوة $F(\tau) = 0$ و الزمن $t = t - t_d$ حالة الاهتزاز حر ومعادلة الحركة هي من الشكل:

$$y_2(t) = y_{t_d} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_d}}{\omega} \sin(\omega t) \quad (2-27)$$

نحسب كلاً من y_{t_d} و v_{t_d} بالتبديل في الصيغة (2-26) ومشتقتها بالنسبة للزمن وتبديل كل t بـ t_d .

$$y_{t_d} = y_{st} \left(1 - 1 - \cos(\omega t_d) + \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t_d) \right)$$

$$y_{t_d} = y_{st} \left(-\cos(\omega t_d) + \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t_d) \right) \quad (2-28)$$

$$y_{t_d} = v_{t_d} = y_{st} \left(0 - \frac{1}{t_d} + \omega \sin(\omega t_d) + \frac{\omega}{\omega t_d} \cos(\omega t_d) \right)$$

$$v_{t_d} = y_{st} \left(-\frac{1}{t_d} + \omega \sin(\omega t_d) + \frac{\omega}{\omega t_d} \cos(\omega t_d) \right) \quad (2-29)$$

نعوض (2-28) و (2-29) في المعادلة (2-27):

$$y_2(t) = y_{st} \left(-\cos(\omega t_d) + \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t_d) \right) \cos(\omega t)$$

$$+ y_{st} \left(-\frac{1}{t_d} + \omega \sin(\omega t_d) + \frac{\cos(\omega t_d)}{t_d} \right) \frac{\sin(\omega t)}{\omega}$$

بفك الأقواس:

$$y_2(t) = y_{st} \left(-\cos(\omega t_d) \cos(\omega t) + \frac{\sin(\omega t_d) \cos(\omega t)}{\omega t_d} - \frac{\sin(\omega t)}{t_d \omega} + \sin(\omega t_d) \sin(\omega t) \right)$$

$$+ \frac{\cos(\omega t_d) \sin(\omega t)}{\omega t_d}$$

بمراعاة الصيغتين التاليتين،

$$\sin(x \pm y) = \sin x \cos y \pm \cos x \sin y$$

$$\cos(x \pm y) = \cos x \cos y \mp \sin x \sin y$$

تصبح العلاقة السابقة بالشكل:

$$y_2(t) = y_{st} \left(-\cos[\omega(t + t_d)] + \frac{1}{\omega t_d} \sin[\omega(t + t_d)] - \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right)$$

بعد التبديل $t = t - t_d$ ينتج،

$$y_2(t) = y_{st} \left(\frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) - \cos(\omega t) - \frac{1}{\omega t_d} \sin[\omega(t - t_d)] \right) \quad (2-30)$$

وهي معادلة الاستجابة في المجال الثاني في حال عدم وجود شروط ابتدائية للحركة.

b- تعيين معادلة DLFmax.

بعد مقارنة القيم بين المجال الأول و الثاني نجد أن قيم DLFmax تقع في المجال الأول أي
لما $0 \leq t \leq t_d$.

$$DLF = \frac{y_1(t)}{y_{st}} = 1 - \frac{t}{t_d} - \cos(\omega t) + \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t)$$

نعوض $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ، حيث إن T هي الدور الأساسي للحركة .

$$DLF = 1 - \frac{t}{t_d} - \cos\left(2\pi \frac{t}{T}\right) + \frac{1}{2\pi \frac{t_d}{T}} \sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right)$$

نفرض من أجل سهولة الحل أن $x = \frac{t_d}{T}$ و $z = \frac{t}{T}$ ، فينتج:

$$DLF = 1 - \frac{z}{x} - \cos(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin(2\pi z) \quad (2 - 31)$$

نشتق بالنسبة لـ z ونساوي المعادلة مع الصفر،

$$DLF'_z = 0 - \frac{1}{x} + 2\pi \sin(2\pi z) + \frac{2\pi}{2\pi x} \cos(2\pi z) = 0$$

أو بالشكل:

$$+2\pi \sin(2\pi z) + \frac{1}{x} \cos(2\pi z) = \frac{1}{x}$$

$$2\pi x \cdot \sin(2\pi z) + \cos(2\pi z) = 1$$

$$\cos(2\pi z) + 2\pi x \cdot \sin(2\pi z) = 1$$

نفرض أن :

$$\left. \begin{array}{l} a = 1 \\ b = 2\pi \cdot x \end{array} \right\}$$

نكتب العلاقة السابقة بالشكل:

$$a \cdot \cos(2\pi z) + b \cdot \sin(2\pi z) = 1$$

نقسم طرفي المساواة على $\sqrt{a^2 + b^2} \neq 0$

$$\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \cos(2\pi \cdot z) + \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \sin(2\pi \cdot z) = \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

نفرض أن : $\cos(\theta) = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ ، $\sin(\theta) = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ ، $\cos(g) = \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}}$

ومنه نكتب:

$$\cos(2\pi \cdot z) \cdot \cos(\theta) + \sin(2\pi \cdot z) \cdot \sin(\theta) = \cos(g)$$

أي أن:

$$\cos(2\pi \cdot z - \theta) = \cos(g)$$

$$2\pi \cdot z - \theta = g \quad \Rightarrow \quad z = \frac{g + \theta}{2\pi}$$

$$\left. \begin{array}{l} g = \arccos \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}}, \quad \theta = \arcsin \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \text{ حيث إن} \end{array} \right\} \quad (2 - 32)$$

لرسم المنحني، نفرض قيمة لـ x و نحسب كلاً من a , b وبالتالي حساب الزاوية θ و g ، نعوض في العلاقة (2-32) لتحديد قيمة z ، ثم نعوض كلاً من x و z بالعلاقة (2-31) فنحصل على قيمة عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي عند النسبة $x = \frac{t_d}{T}$ ، نعيّن النقطة $(DLF_{maz} - x)$ ، وبأخذ قيمة جديدة لـ x و حساب DLF_{max} الموافقة وتعيين مجموعة هذه النقاط على المخطط والوصل بينها نحصل على المنحني المطلوب.

2-3-3- حالة شروط ابتدائية غير معدومة للحركة. ($y_0 \neq 0, v_0 \neq 0$)

a- تعيين معادلة الاستجابة.

1- المجال الأول: $0 \leq t \leq t_d$

نعوض (2-25) بـ (2-1)، ونجزئ التكامل،

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{F_0}{m} \int_0^t \sin[\omega(t - \tau)] d\tau - \frac{F_0}{m \omega t_d} \int_0^t \tau \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

نكتب نتيجة التكاملات كما في السابق فنجد:

$$\begin{aligned} y_1(t) &= y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{F_0}{m \omega^2} (1 - \cos(\omega t)) - \frac{F_0}{m \omega t_d} \left(\frac{t}{\omega} - \frac{1}{\omega^2} \sin(\omega t) \right) \\ &= y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + y_{st} \left(1 - \cos(\omega t) - \frac{t}{t_d} + \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right) \end{aligned}$$

وبالتالي تكون المعادلة النهائية التي نحصل من خلالها على الاستجابة في المجال الأول في حال وجود شروط ابتدائية للحركة:

$$y_1(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) + y_{st} \frac{t_d - t}{t_d} \quad (2-33)$$

2- المجال الثاني: $t_d < t$

$$t = t - t_d \quad \text{و الزمن} \quad F(\tau) = 0$$

نحسب كلاً من y_{t_d} و v_{t_d} وذلك بالتبديل في الصيغة (2-33) ومشتقتها بالنسبة للزمن كل t بـ t_d :

$$y_{t_d} = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t_d) + \left(\frac{v_0}{\omega} + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t_d) \quad (2-34)$$

$$v_{t_d} = -\omega(y_0 - y_{st}) \sin(\omega t_d) + \omega \left(\frac{v_0}{\omega} + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \cos(\omega t_d) - y_{st} \frac{1}{t_d} \quad (2-35)$$

نعوض (2-34) و (2-35) بمعادلة الاهتزاز الحر التالية والموافقة لهذا المجال:

$$y_2(t) = y_{t_d} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_d}}{\omega} \sin(\omega t) + 0$$

$$\begin{aligned} y_2(t) &= \left((y_0 - y_{st}) \cos(\omega t_d) + \left(\frac{v_0}{\omega} + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t_d) \right) \cos(\omega t) \\ &+ \left(-(y_0 - y_{st}) \sin(\omega t_d) + \left(\frac{v_0}{\omega} + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \cos(\omega t_d) - \frac{y_{st}}{t_d} \right) \sin(\omega t) \end{aligned}$$

$$y_2(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t_d) \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) \cos(\omega t) \\ - (y_0 - y_{st}) \sin(\omega t_d) \sin(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \cos(\omega t) \sin(\omega t) - y_{st} \frac{\sin(\omega t)}{\omega t_d}$$

بعد الفك والإصلاح وبمراعاة المتطابقات المثلثية السابقة نجد :

$$y_2(t) = (y_0 - y_{st}) \cos[\omega(t + t_d)] + \left(\frac{v_0}{\omega} + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin[\omega(t + t_d)] - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \sin(\omega t)$$

نعوض $t = t - t_d$ فنجد:

$$y_2(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \sin[\omega(t - t_d)] \quad (2 - 36)$$

وهي معادلة الاستجابة في المجال الثاني في حال وجود شروط ابتدائية للحركة غير معدومة.

-b تعيين معادلة DLFmax.

بعد مقارنة القيم بين المجال الأول و الثاني نجد أن قيم DLFmax تقع في المجال الثاني.

$$DLF = \frac{y_2(t)}{y_{st}} \\ DLF = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega y_{st}} + \frac{1}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) - \frac{1}{\omega t_d} \sin[\omega(t - t_d)]$$

نعوض $\omega = \frac{2\pi}{T}$

$$DLF = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \cos\left(2\pi \frac{t}{T}\right) + \left(\frac{v_0 T}{2\pi y_{st}} + \frac{1}{2\pi \frac{t_d}{T}} \right) \sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) - \frac{1}{2\pi \frac{t_d}{T}} \sin\left(2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{t_d}{T}\right)\right)$$

ولدينا $x = \frac{t_d}{T}$ و $z = \frac{t}{T}$ فيكون:

$$DLF = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T}{2\pi y_{st}} + \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) - \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)] \quad (2 - 37)$$

نشق بالنسبة لـ z ونساوي المشتق مع الصفر:

$$DLF'_z = -2\pi \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \sin(2\pi z) + 2\pi \left(\frac{v_0 T}{2\pi y_{st}} + \frac{1}{2\pi x} \right) \cos(2\pi z) - \frac{2\pi}{2\pi x} \cos[2\pi(z - x)] = 0$$

أو بالشكل:

$$-2\pi \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \sin(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T}{y_{st}} + \frac{1}{x} \right) \cos(2\pi z) - \frac{1}{x} (\cos(2\pi z) \cos(2\pi x) - \sin(2\pi z) \sin(2\pi x)) = 0$$

بعد الفك والإصلاح ينتج:

$$\left(\frac{v_0 T x}{y_{st}} - \cos(2\pi x) + 1 \right) \cos(2\pi z) + \left(-2\pi x \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) - \sin(2\pi x) \right) \sin(2\pi z) = 0$$

نفرض أن :

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{v_0 T x}{y_{st}} - \cos(2\pi x) + 1 \\ b &= -2\pi x \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) - \sin(2\pi x) \end{aligned} \right\}$$

فتصبح العلاقة السابقة بالشكل:

$$a. \cos(2\pi z) + b. \sin(2\pi z) = 0$$

نقسم طرفي المساواة على $\sqrt{a^2 + b^2} \neq 0$

$$\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \cos(2\pi z) + \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \sin(2\pi z) = 0$$

نفرض أن: $\cos(\theta) = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ ، $\sin(\theta) = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ وبالتالي:

$$\cos(2\pi z)\cos(\theta) + \sin(2\pi z)\sin(\theta) = 0$$

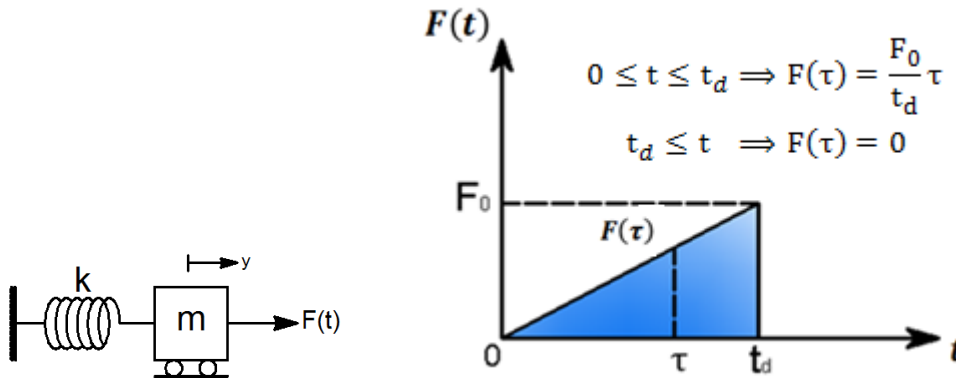
$$\cos(2\pi \cdot z - \theta) = 0$$

أي أن:

$$\left. \begin{aligned} 2\pi \cdot z - \theta &= \frac{\pi}{2} \Rightarrow z = \frac{\theta}{2\pi} + 0.25 \\ \theta &= \arcsin \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \text{ حيث أن} \end{aligned} \right\} (2-38)$$

وكما سبق لرسم المنحني، نفرض قيمة لـ x ، نحسب كلاً من a ، b ، نحسب الزاوية θ و g ، نعوض في العلاقة (2-38) لتحديد قيمة z ، ثم نعوض كلاً من z و x بالعلاقة (2-37) فنحصل على قيمة عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي عند النسبة $x = \frac{t_d}{T}$ ، وبأخذ قيمة جديدة لـ x و حساب الـ DLF_{max} الموافقة وتعيين مجموعة هذه النقاط ($DLF_{maz} - x$) على المخطط والوصل بينها نحصل على المنحني المطلوب.

3-4- النبض المثلي المتزايد



الشكل (b): النموذج الرياضي.

الشكل (a): نبض مثلي متزايد.

الشكل (3-4)

ندرس قيم الاستجابة الديناميكية في المجالين التاليين: المجال الأول لما $0 \leq t \leq t_d$ ، والمجال الثاني حيث يكون الاهتزاز حراً لما $t_d \leq t$. نطبق تكامل ديوهامل كما في دراساتنا السابقة في حالتين، أولاً حالة عدم وجود شروط ابتدائية و من ثم عدم وجود شروط ابتدائية للحركة.

3-4-1- حالة شروط ابتدائية معدومة للحركة ($y_0 = v_0 = 0$)

a- تعيين معادلة الاستجابة.

a-1- المجال الأول: $0 \leq t \leq t_d$

تعطى القوة المحرصة $F(\tau)$ عند اللحظة الزمنية t بالشكل :

$$\frac{F(\tau)}{F_0} = \frac{\tau}{t_d} \Rightarrow F(\tau) = \frac{F_0}{t_d} \cdot \tau \quad (2-39)$$

نعوض (2-39) بتكامل ديوهامل في حال انعدام الشروط الابتدائية (2-2)،

$$y_1(t) = \frac{F_0}{m \omega t_d} \int_0^t \tau \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

بعد إجراء التكامل بالتجزئة والتعويض بحدود التكامل ينتج:

$$y_1(t) = \frac{F_0}{m \omega t_d} \left(\frac{t}{\omega} - \frac{1}{\omega^2} \sin(\omega t) \right)$$

وبالتالي تكون المعادلة التي نحصل من خلالها على الاستجابة في المجال الأول في حال عدم وجود شروط ابتدائية للحركة:

$$y_1(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right) \quad (2-40)$$

2-a- المجال الثاني: $t_d < t$

تابع القوة $F(\tau) = 0$ و الزمن $t = t - t_d$.

حالة الاهتزاز الحر بعد زوال القوة المحرصة، معادلة الحركة في هذا المجال:

$$y_2(t) = y_{t_d} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_d}}{\omega} \sin(\omega t) + 0 \quad (2-41)$$

نحسب كلاً من v_{t_d} و y_{t_d} بالتبديل بالصيغة (2-40) ومشتقتها بالنسبة للزمن كل $t = t_d$.

$$y_{t_d} = y_{st} \left(1 - \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t_d) \right) \quad (2-42)$$

$$v_{t_d} = y_{st} \left(\frac{1}{t_d} - \frac{\omega}{\omega t_d} \cos(\omega t_d) \right) \quad (2-43)$$

نعوض (2-42) و (2-43) في المعادلة (2-41):

$$y_2(t) = y_{st} \left(1 - \frac{\sin(\omega t_d)}{\omega t_d} \right) \cos(\omega t) + y_{st} \left(\frac{1}{t_d} - \frac{\cos(\omega t_d)}{t_d} \right) \frac{\sin(\omega t)}{\omega}$$

بإخراج y_{st} كعامل مشترك :

$$y_2(t) = y_{st} \left(\cos(\omega t) - \frac{\sin(\omega t_d) \cos(\omega t)}{\omega t_d} + \frac{\sin(\omega t)}{\omega t_d} - \frac{\cos(\omega t_d) \sin(\omega t)}{\omega \cdot t_d} \right)$$

بعد الفك والإصلاح و الاعتماد على المتطابقات الهندسية الشهيرة السابقة نجد :

$$y_2(t) = y_{st} \left(\cos(\omega t) + \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) - \frac{1}{\omega t_d} \sin[\omega(t + t_d)] \right)$$

نعوض $t = t - t_d$:

$$y_2(t) = y_{st} \left(\cos[\omega(t - t_d)] + \frac{\sin[\omega(t - t_d)]}{\omega t_d} - \frac{\sin(\omega t)}{\omega t_d} \right) \quad (2 - 44)$$

وهي معادلة الاستجابة في المجال الثاني في حال عدم وجود شروط ابتدائية للحركة.

b- تعيين معادلة DLFmax.

بعد الدراسة نجد أن قيم DLFmax تحدد من المجال الأول أي لما $0 \leq t \leq t_d$.

$$DLF = \frac{y_{st}}{y_{st}} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right)$$

نعوض $\omega = \frac{2\pi}{T}$

$$DLF = \frac{t}{t_d} - \frac{1}{2\pi \frac{t_d}{T}} \sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) \quad (2 - 45)$$

و نعوض $x = \frac{t_d}{T}$ و $z = \frac{t}{T}$

$$DLF = \frac{z}{x} - \frac{1}{2\pi x} \sin(2\pi z) \quad (2 - 46)$$

نشتق بالنسبة لـ z ونساوي المشتق مع الصفر،

$$DLF'_z = \frac{1}{x} - \frac{2\pi}{2\pi \cdot x} \cos(2\pi z) = 0$$

$$\frac{1}{x} - \frac{1}{x} \cos(2\pi z) = 0$$

$$\cos(2\pi z) = 1$$

أي أن :

$$z = 2\pi k$$

وبالتالي لصعوبة تحديد علاقة بين x و z ، سنرسم المنحني بين عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي و

النسبة $\frac{t_d}{T}$ بالاستعانة بحالة شروط ابتدائية غير معدومة، حيث نوجد العلاقة الرابطة بين x و z ونحدد النقاط

(DLF_{maz} - x) ونرسم المنحني.

2-4-3- حالة شروط ابتدائية غير معدومة للحركة ($v_0 \neq 0, y_0 \neq 0$)

a- تعيين معادلة الاستجابة.

1-1- المجال الأول: $0 \leq t \leq t_d$

نبدل قيمة تابع القوة من الصيغة (39 - 2) في العلاقة العامة لتكامل ديوهامل (1 - 2).

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{F_0}{m\omega t_d} \int_0^t \tau \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

بإجراء التكاملات اللازمة ينتج:

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{F_0}{m\omega t_d} \left(\frac{t}{\omega} - \frac{1}{\omega^2} \sin(\omega t) \right)$$

أو نكتب بالشكل:

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + y_{st} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right)$$

وبالتالي تكون المعادلة التي نحصل من خلالها على الاستجابة الديناميكية في المجال الأول في حال وجود شروط ابتدائية للحركة هي:

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) + y_{st} \frac{t}{t_d} \quad (2-47)$$

2-a- المجال الثاني : $t_d < t$

لدينا $F(\tau) = 0$ و $t = t - t_d$.

تعطى الاستجابة في المجال الثاني بالصيغة التالية:

$$y_2(t) = y_{t_d} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_d}}{\omega} \sin(\omega t) + 0 \quad (2-48)$$

نبدل بالصيغة (2-47) ومشتقها بالنسبة للزمن لحساب كلاً من v_{t_d} و y_{t_d} ونبدل كل t بـ t_d ،

$$y_{t_d} = y_0 \cos(\omega t_d) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t_d) + y_{st} \quad (2-49)$$

$$v_{t_d} = -\omega y_0 \sin(\omega t_d) + \omega \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \cos(\omega t_d) + \frac{y_{st}}{t_d} \quad (2-50)$$

نعوض (2-49) و (2-50) بالمعادلة (2-48) فنجد:

$$\begin{aligned} y_2(t) &= \left(y_0 \cos(\omega t_d) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t_d) + y_{st} \right) \cos(\omega t) \\ &\quad + \left(-\omega y_0 \sin(\omega t_d) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \cos(\omega t_d) + \frac{y_{st}}{t_d} \right) \sin(\omega t) \\ y_2(t) &= y_0 \cos(\omega t_d) \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t_d) \cos(\omega t) + y_{st} \cos(\omega t) \\ &\quad - y_0 \sin(\omega t_d) \sin(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \cos(\omega t_d) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \sin(\omega t) \end{aligned}$$

بعد الفك والإصلاح والاستعانة بالمتطابقات السابقة نكتب:

$$y_2(t) = y_0 \cos[\omega(t + t_d)] + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin[\omega(t + t_d)] + y_{st} \cos(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \sin(\omega t)$$

نعوض $t = t - t_d$:

$$y_2(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) + y_{st} \cos[\omega(t - t_d)] + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \sin[\omega(t - t_d)] \quad (2-51)$$

وهي معادلة الاستجابة في المجال الثاني في حال وجود شروط ابتدائية للحركة.

b- تعيين معادلة DLFmax.

بعد مقارنة القيم بين المجالين الأول والثاني وجدنا أن قيم DLFmax توافق المجال الثاني.

$$DLF = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{y_{st} \omega} - \frac{1}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) + \cos[\omega(t - t_d)] + \frac{1}{\omega t_d} \sin[\omega(t - t_d)]$$

نعوض $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ومن ثم نعوض $x = \frac{t_d}{T}$ و $z = \frac{t}{T}$ كما سبق،

$$DLF = \frac{y_0}{y_{st}} \cos\left(2\pi \frac{t}{T}\right) + \left(\frac{v_0 T}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi \frac{t_d}{T}}\right) \sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) + \cos\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{t_d}{T}\right)\right] + \frac{1}{2\pi \frac{t_d}{T}} \sin\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{t_d}{T}\right)\right]$$

$$DLF = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x}\right) \sin(2\pi z) + \cos[2\pi(z-x)] + \frac{\sin[2\pi(z-x)]}{2\pi x} \quad (2-52)$$

نشتق بالنسبة لـ z ونعدم المشتق:

$$DLF'_z = -2\pi \frac{y_0}{y_{st}} \sin(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T}{y_{st}} - \frac{1}{x}\right) \cos(2\pi z) - 2\pi \sin[2\pi(z-x)] + \frac{\cos[2\pi(z-x)]}{x} = 0$$

ومنه نكتب:

$$-2\pi \frac{y_0}{y_{st}} \sin(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T}{y_{st}} - \frac{1}{x}\right) \cos(2\pi z) - 2\pi \sin[2\pi(z-x)] + \frac{\cos[2\pi(z-x)]}{x} = 0$$

بالتعويض عن قيم \sin و \cos حسب المتطابقات السابقة نجد:

$$\begin{aligned} & -2\pi \frac{y_0}{y_{st}} \sin(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T}{y_{st}} - \frac{1}{x}\right) \cos(2\pi z) \\ & - 2\pi(\sin(2\pi z)\cos(2\pi x) - \cos(2\pi z)\sin(2\pi x)) \\ & + \frac{1}{x}(\cos(2\pi z)\cos(2\pi x) - \sin(2\pi z)\sin(2\pi x)) = 0 \end{aligned}$$

بعد الفك والإصلاح:

$$\begin{aligned} & \left(\frac{v_0 T}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} + \sin(2\pi x) + \frac{1}{2\pi x} \cos(2\pi x)\right) \cos(2\pi z) \\ & + \left(\frac{y_0}{y_{st}} - \cos(2\pi x) + \frac{1}{2\pi x} \sin(2\pi x)\right) \sin(2\pi z) = 0 \end{aligned}$$

نفرض أن :

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{v_0 T}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} + \sin(2\pi x) + \frac{1}{2\pi x} \cos(2\pi x) \\ b &= \frac{y_0}{y_{st}} - \cos(2\pi x) + \frac{1}{2\pi x} \sin(2\pi x) \end{aligned} \right\}$$

$$a \cdot \cos(2\pi \cdot z) + b \cdot \sin(2\pi \cdot z) = 0$$

نقسم طرفي المساواة على $\sqrt{a^2 + b^2} \neq 0$

$$\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \cos(2\pi \cdot z) + \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \sin(2\pi \cdot z) = 0$$

نفرض أن : $\cos(\theta) = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ ، $\sin(\theta) = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ فيكون:

$$\cos(2\pi \cdot z) \cdot \cos(\theta) + \sin(2\pi \cdot z) \cdot \sin(\theta) = 0$$

$$\cos(2\pi \cdot z - \theta) = 0$$

$$2\pi \cdot z - \theta = \frac{\pi}{2} \Rightarrow z = \frac{\theta}{2\pi} + 0.25$$

$$\theta = \arcsin \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \text{ حيث أن}$$

(2-53)

و يتم رسم المنحني بالآلية المذكورة سابقاً.

سنقوم بتحديد العلاقات اللازمة لرسم المنحني من أجل حالة انعدام الشروط الابتدائية باعتبار أن قيم الـ DLFmax في حالة انعدام الشروط الابتدائية توافق المجال الأول.

معادلة الحركة في المجال الأول في حال شروط ابتدائية غير معدومة هي :

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) + y_{st} \frac{t}{t_d}$$

$$DLF = \frac{y_1(t)}{y_{st}} = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{y_{st}\omega} - \frac{1}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) + \frac{t}{t_d}$$

نعوض $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ومن ثم نعوض $x = \frac{t_d}{T}$ و $z = \frac{t}{T}$ كما سبق،

$$DLF = \frac{y_0}{y_{st}} \cos\left(2\pi \frac{t}{T}\right) + \left(\frac{T v_0}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi \frac{t_d}{T}} \right) \sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) + \frac{t}{t_d}$$

$$DLF = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{T v_0}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) + \frac{z}{x} \quad (2 - I)$$

نشتق بالنسبة لـ z ونعدم المشتق:

$$DLF'_z = -2\pi \frac{y_0}{y_{st}} \sin(2\pi z) + 2\pi \left(\frac{T v_0}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \cos(2\pi z) + \frac{1}{x} = 0$$

$$+2\pi \frac{y_0}{y_{st}} \sin(2\pi z) - 2\pi \left(\frac{T v_0}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \cos(2\pi z) = \frac{1}{x}$$

$$+2\pi x \frac{y_0}{y_{st}} \sin(2\pi z) + \left(1 - \frac{T v_0 x}{y_{st}} \right) \cos(2\pi z) = 1$$

نفرض أن :

$$\left. \begin{aligned} a &= 1 - \frac{v_0 T}{y_{st}} x \\ b &= 2\pi x \frac{y_0}{y_{st}} \end{aligned} \right\}$$

$$a \cdot \cos(2\pi z) + b \cdot \sin(2\pi z) = 1$$

نقسم طرفي المساواة على $\sqrt{a^2 + b^2} \neq 0$

$$\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \cos(2\pi \cdot z) + \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \sin(2\pi \cdot z) = \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

$$\cos(g) = \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}}, \quad \sin(\theta) = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}, \quad \cos(\theta) = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} : \text{نفرض أن}$$

ومنه نكتب:

$$\cos(2\pi \cdot z) \cdot \cos(\theta) + \sin(2\pi \cdot z) \cdot \sin(\theta) = \cos(g)$$

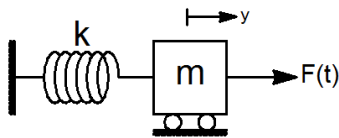
أي أن:

$$\cos(2\pi \cdot z - \theta) = \cos(g)$$

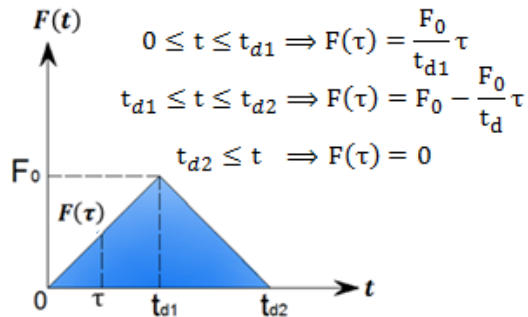
$$\left. \begin{aligned} 2\pi.z - \theta = g &\Rightarrow z = \frac{g + \theta}{2\pi} \\ g = \arccos \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}}, \theta = \arcsin \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} &\text{حيث أن} \end{aligned} \right\} (2 - II)$$

نفرض قيمة لـ x ، نحسب كلاً من a ، b ، نحسب الزاوية θ و g ، نعوض في العلاقة (2 - II) لتحديد قيمة z ، ثم نعوض كلاً من x و z بالعلاقة (2 - I) فنحصل على قيمة عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي عند النسبة $x = \frac{t_d}{T}$ ، و هكذا نعيّن مجموعة نقاط $(DLF_{maz} - x)$ على المخطط وبالوصل بينها نحصل على المنحني المطلوب، مع الأخذ بعين الاعتبار أن $y_0 = 0$ و $v_0 = 0$ عند التعويض في علاقات حساب a ، b والعلاقة (2 - I) .

3-5- النبض المثلثي المتزايد المتناقص



الشكل (b): النموذج الرياضي.



الشكل (a): نبض مثلثي متزايد متناقص.

الشكل (3-5)

تتم دراسة ثلاثة مجالات الأول لما $0 \leq t \leq t_{d1}$ ، والمجال الثاني لما $t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$ ، والمجال الثالث لما $t \geq t_{d2}$ ويمثل حالة الاهتزاز الحر بعد زوال تأثير القوة المحرصة نهائياً.

3-5-1 حالة شروط ابتدائية معدومة للحركة ($y_0 = v_0 = 0$)

a- تعيين معادلة الاستجابة.

a-1 المجال الأول: $0 \leq t \leq t_{d1}$

تعطى القوة المحرصة $F(\tau)$ في هذا المجال كما في حالة النبض المثلثي المتزايد :

$$\frac{F(\tau)}{F_0} = \frac{\tau}{t_{d1}} \Rightarrow F(\tau) = \frac{F_0}{t_{d1}} \cdot \tau \quad (2 - 54)$$

نعوض (2-54) بتكامل ديوهامل في حال انعدام الشروط الابتدائية (2-2)،

$$y_1(t) = \frac{F_0}{m \omega t_{d1}} \int_0^t \tau \sin[\omega(t - \tau)] dt$$

بإجراء التكامل بالتجزئة كما سبق والتبديل بحدود التكامل ينتج:

$$y_1(t) = \frac{F_0}{m \omega t_{d1}} \left(\frac{t}{\omega} - \frac{1}{\omega^2} \sin(\omega t) \right)$$

وبالتالي تكون المعادلة التي نحصل من خلالها على الاستجابة في المجال الأول في حال عدم وجود شروط ابتدائية للحركة موافقة للمعادلة (2-40) مع استبدال t_d بـ t_{d1} .

$$y_1(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_{d1}} - \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin(\omega t) \right) \quad (2-55)$$

2-a- المجال الثاني: $t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$

$$\frac{F(\tau)}{F_0} = \frac{(t_{d2} - t_{d1}) - \tau}{t_{d2} - t_{d1}} \Rightarrow F(\tau) = F_0 - \frac{F_0}{t_d} \cdot \tau$$

حيث إن:

$$t = t - t_{d1} \quad \text{و} \quad t_d = t_{d2} - t_{d1}$$

معادلة الاهتزاز في هذا المجال تعطى بالصيغة التالية:

$$y_2(t) = y_{t_{d1}} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_{d1}}}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{1}{m\omega} \int_0^t \left(F_0 - \frac{F_0}{t_d} \tau \right) \sin[\omega(t - \tau)] d\tau \quad (2-56)$$

نضيف تأثير الاهتزاز الحر من المجال الأول حيث نحسب كلاً من $v_{t_{d1}}$ و $y_{t_{d1}}$ من الصيغة (2-55) ومشتقها بالنسبة للزمن بعد التبديل كل t بـ t_{d1} .

$$y_{t_{d1}} = y_{st} \left(1 - \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin(\omega t_{d1}) \right) \quad (2-57)$$

$$v_{t_{d1}} = y_{st} \left(\frac{1}{t_{d1}} - \frac{1}{t_{d1}} \cos(\omega t_{d1}) \right) \quad (2-58)$$

نعوض (2-57) و (2-58) بالمعادلة (2-56).

نرمز بـ:

$$I = y_{t_{d1}} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_{d1}}}{\omega} \sin(\omega t)$$

$$II = + \frac{1}{m\omega} \int \left(F_0 - \frac{F_0}{t_d} \tau \right) \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

نحسب I:

$$I = y_{st} \left(1 - \frac{\sin(\omega t_{d1})}{\omega t_{d1}} \right) \cos(\omega t) + y_{st} \left(\frac{1}{t_{d1}} - \frac{\cos(\omega t_{d1})}{t_{d1}} \right) \frac{\sin(\omega t)}{\omega}$$

$$I = y_{st} \left(\cos(\omega t) - \frac{\sin(\omega t_{d1}) \cos(\omega t)}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} - \frac{\cos(\omega t_{d1}) \sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} \right)$$

باستخدام المتطابقات الهندسية السابقة تصبح المعادلة:

$$I = y_{st} \left(\cos(\omega t) + \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin(\omega t) - \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t + t_{d1})] \right)$$

نعوض $t = t - t_{d1}$ فينتج:

$$I = y_{st} \left(\cos[\omega(t - t_{d1})] + \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] - \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin(\omega t) \right)$$

نحسب II:

$$II = + \frac{1}{m \omega} \int_0^t \left(F_0 - \frac{F_0}{t_d} \tau \right) \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

$$II = \frac{F_0}{m \omega} \int_0^t \sin[\omega(t - \tau)] d\tau - \frac{F_0}{m \omega t_d} \int_0^t \tau \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

بإجراء التكامل والتبديل بحدود التكامل نجد:

$$II = y_{st}(1 - \cos(\omega t)) - y_{st} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right)$$

$$II = y_{st} \left(1 - \cos(\omega t) - \frac{t}{t_d} + \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right)$$

نعوض $t = t - t_{d1}$ ، و $t_d = t_{d2} - t_{d1}$ فنجد:

$$II = y_{st} \left(1 - \cos[\omega(t - t_{d1})] - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} + \frac{1}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d1})] \right)$$

نعوض I و II في معادلة الاستجابة الكلية:

$$\begin{aligned} y_2(t) &= I + II \\ y_2(t) &= y_{st} \left(\cos(\omega(t - t_{d1})) + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} - \frac{\sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} \right) \\ &+ y_{st} \left(1 - \cos[\omega(t - t_{d1})] - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right) \\ y_2(t) &= y_{st} \left(\cos[\omega(t - t_{d1})] + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} - \frac{\sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} + 1 \right. \\ &\left. - \cos[\omega(t - t_{d1})] - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right) \end{aligned}$$

وتكون المعادلة النهائية للاستجابة الديناميكية في المجال الثاني في حالة شروط أولية معدومة للحركة بالشكل:

$$y_2(t) = y_{st} \left(1 - \frac{\sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} \right) \quad (2 - 59)$$

3-a- المجال الثالث: $t_{d2} < t$

حالة الاهتزاز الحر حيث معادلة الاستجابة:

$$y_3(t) = y_{t_{d2}} \cos(\omega t) + \frac{V_{t_{d2}}}{\omega} \sin(\omega t) + 0 \quad (2 - 60)$$

نحسب $y_{t_{d2}}$ و $v_{t_{d2}}$ بالتبديل في الصيغة (59 - 2) ومشتقتها بالنسبة للزمن والتبديل كل t بـ t_{d2} .

$$y_{t_{d2}} = y_{st} \left(1 - \frac{\sin(\omega t_{d2})}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} - 1 \right)$$

أو بالشكل:

$$y_{t_{d2}} = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega t_{d2})}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right) \quad (2-61)$$

$$v_{t_{d2}} = y_{st} \left(0 - \frac{\omega \cos(\omega t_{d2})}{\omega t_{d1}} + \frac{\omega \cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} + \frac{\omega \cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{1}{t_{d2} - t_{d1}} \right)$$

$$v_{t_{d2}} = y_{st} \left(\frac{\cos(\omega t_{d2})}{t_{d1}} + \frac{\cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} + \frac{\cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{1}{t_{d2} - t_{d1}} \right) \quad (2-62)$$

نعوض (2-61) و (2-62) بالمعادلة (2-60) فنجد:

$$y_3(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega t_{d2})}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right) \cos(\omega t) \\ + y_{st} \left(-\frac{\cos(\omega t_{d2})}{t_{d1}} + \frac{\cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{t_{d1}} + \frac{\cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{1}{t_{d2} - t_{d1}} \right) \frac{\sin(\omega t)}{\omega}$$

بعد فك الأقواس نكتب:

$$y_3(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega t_{d2}) \cos(\omega t)}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \cos(\omega t)}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \cos(\omega t)}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right. \\ \left. - \frac{\cos(\omega t_{d2}) \sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} + \frac{\cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} + \frac{\cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \sin(\omega t)}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right. \\ \left. - \frac{\sin(\omega t)}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right)$$

بعد الفك والإصلاح والاستعانة بالمتطابقات السابقة ينتج:

$$y_3(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin[\omega(t - t_{d2})]}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t + t_{d2} - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} + \frac{1}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right. \\ \left. - \frac{\sin[\omega(t + t_{d2} - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin(\omega t) \right)$$

نعوض $t = t - t_{d2}$:

$$y_3(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{\sin(\omega t)}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right)$$

وتكون معادلة الاستجابة في المجال الثالث في حال شروط أولية معدومة بالشكل:

$$y_3(t) = y_{st} \left(\frac{\{-\sin(\omega t) + \sin[\omega(t - t_{d1})]\}}{\omega t_{d1}} + \frac{\{\sin[\omega(t - t_{d1})] - \sin[\omega(t - t_{d2})]\}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right) \quad (2-63)$$

وكحالة خاصة عندما يكون النبض المثالي متناظراً أي عندما:

$$t_{d2} = t_d \quad , \quad t_{d1} = \frac{t_d}{2}$$

تأخذ العلاقات (2-55)، (2-59)، (2-63) على الترتيب الشكل التالي:

$$y_1(t) = y_{st} \left\{ 2 \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right) \right\} \quad 0 \leq t \leq \frac{t_d}{2} \quad (2-64)$$

$$y_2(t) = y_{st} \left\{ 2 \left[1 - \frac{t}{t_d} + \frac{\left(2 \sin \left[\omega \left(t - \frac{t_d}{2} \right) \right] - \sin(\omega t) \right)}{\omega t_d} \right] \right\} \quad \frac{t_d}{2} \leq t \leq t_d \quad (2-65)$$

$$y_3(t) = y_{st} \left\{ \frac{2}{\omega t_d} \left(2 \sin \left[\omega \left(t - \frac{t_d}{2} \right) \right] - \sin[\omega(t - t_d)] - \sin(\omega t) \right) \right\} \quad t \leq t_d \quad (2-66)$$

b- تعيين معادلة DLFmax من أجل حالة النبض المثلثي المتناظر:

إن تحديد عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي مرتبط بتحديد المجال الذي تكون فيه الاستجابة أعظمية، لذا سنقوم برسم المنحني بين DLFmax من أجل كلٍّ من مجالي الاهتزاز الحر والقسري ومن ثم تحديد المنحني الممثل للقيم الأعظمية.

نحصل على الاستجابة العظمى خلال الاهتزاز الحر من إيجاد القيمة الأعظمية للعلاقة (2-66) والاستجابة العظمى خلال الاهتزاز القسري يتم تحديدها من القيمة الأكبر للعلاقة (2-65) والتي هي دائماً أكبر من القيم الكبرى التي تعطيها الصيغة (2-64).

وتكون الاستجابة العظمى بشكل عام هي الأكبر بين القيمتين الأعظمتين المحددتين بشكل منفصل لكلٍّ من طوري الاهتزاز القسري و الحر.

عندما يكون $t_d > \frac{T}{2}$ ، فإن الاستجابة العظمى عموماً هي الذروة الأكبر التي تنشأ خلال فترة تأثير النبض، وفي حال كانت $t_d < \frac{T}{2}$ فإن الاستجابة العظمى عموماً هي استجابة الذروة التي تحدث خلال طور الاهتزاز الحر، ولأجل $t_d = \frac{T}{2}$ فإن الاستجابة العظمى لحالتي الاهتزاز الحر والقسري متساوية.

من تجميع هذه الحالات الأعظمية نحصل على مخطط طيف الصدمة لنبض مثلثي متناظر، وسنورد فيما يلي العلاقات التفصيلية.

* من أجل $\frac{t_d}{T} < \frac{1}{2} \Rightarrow t_d < \frac{T}{2}$ ، توافق قيم DLFmax مجال الاهتزاز الحر.

$$DLF = \frac{y_3(t)}{y_{st}}$$

$$DLF = \frac{2}{\omega t_d} \left(2 \sin \left[\omega \left(t - \frac{t_d}{2} \right) \right] - \sin[\omega(t - t_d)] - \sin(\omega t) \right)$$

نعوض $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ومن ثم نعوض $x = \frac{t_d}{T}$ و $z = \frac{t}{T}$ كما سبق،

$$DLF = \frac{2}{2\pi \frac{t_d}{T}} \left(2 \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{t_d}{2T} \right) \right] - \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{t_d}{T} \right) \right] - \sin \left(2\pi \frac{t}{T} \right) \right)$$

$$DLF = \frac{2}{2\pi x} \left(2\sin \left[2\pi \left(z - \frac{x}{2} \right) \right] - \sin[2\pi(z - x)] - \sin(2\pi z) \right)$$

أو بالشكل:

$$DLF = \frac{1}{\pi x} \left(2\sin \left[2\pi \left(z - \frac{x}{2} \right) \right] - \sin[2\pi(z - x)] - \sin(2\pi z) \right) \quad (2 - 67)$$

نشتق بالنسبة لـ z ونعدم المشتق:

$$DLF'_z = \frac{1}{\pi x} \left(4\pi \cos \left[2\pi \left(z - \frac{x}{2} \right) \right] - 2\pi \cos[2\pi(z - x)] - 2\pi \cos(2\pi z) \right) = 0$$

أو بالشكل:

$$2 \cos \left[2\pi \left(z - \frac{x}{2} \right) \right] - \cos[2\pi(z - x)] - \cos(2\pi z) = 0$$

بالتعويض عن قيم \sin و \cos حسب المتطابقات السابقة نجد:

$$2(\cos(2\pi z)\cos(\pi x) + \sin(2\pi z)\sin(\pi x)) - (\cos(2\pi z)\cos(2\pi x) + \sin(2\pi z)\sin(2\pi x)) - \cos(2\pi z) = 0$$

بعد الفك والإصلاح:

$$(2\cos(\pi x) - \cos(2\pi x) - 1)\cos(2\pi z) + (2\sin(\pi x) - \sin(2\pi x)) \sin(2\pi z) = 0$$

نفرض أن:

$$\left. \begin{aligned} a &= 2\cos(\pi x) - \cos(2\pi x) - 1 \\ b &= 2\sin(\pi x) - \sin(2\pi x) \end{aligned} \right\} \\ a \cdot \cos(2\pi \cdot z) + b \cdot \sin(2\pi \cdot z) = 0$$

نقسم طرفي المساواة على $\sqrt{a^2 + b^2} \neq 0$

$$\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \cos(2\pi \cdot z) + \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \sin(2\pi \cdot z) = 0$$

نفرض أن: $\cos(\theta) = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ ، $\sin(\theta) = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ فيكون:

$$\cos(2\pi \cdot z) \cdot \cos(\theta) + \sin(2\pi \cdot z) \cdot \sin(\theta) = 0$$

$$\cos(2\pi \cdot z - \theta) = 0$$

$$2\pi \cdot z - \theta = \frac{\pi}{2} \Rightarrow z = \frac{\theta}{2\pi} + 0.25$$

$$\theta = \arcsin \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad \text{حيث أن}$$

(2 - 68)

* من أجل $\frac{t_d}{T} > \frac{1}{2} \Rightarrow t_d > \frac{T}{2}$ ، توافق قيم DLF_{max} مجال الاهتزاز القسري لما $\frac{t_d}{2} \leq t \leq t_d$.

$$DLF = \frac{y_2(t)}{y_{st}}$$

$$DLF = 2 \left[1 - \frac{t}{t_d} + \frac{\left(2\sin \left[\omega \left(t - \frac{t_d}{2} \right) \right] - \sin(\omega t) \right)}{\omega t_d} \right]$$

نعوض $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ومن ثم نعوض $x = \frac{t_d}{T}$ و $z = \frac{t}{T}$ كما سبق،

$$DLF = 2 \left[1 - \frac{t}{t_d} + \frac{\left(2\sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{t_d}{2T} \right) \right] - \sin \left(2\pi \frac{t}{T} \right) \right)}{2\pi \frac{t_d}{T}} \right]$$

$$DLF = 2 \left[1 - \frac{z}{x} + \frac{\left(2\sin \left[2\pi \left(z - \frac{x}{2} \right) \right] - \sin(2\pi z) \right)}{2\pi x} \right]$$

أو بالشكل:

$$DLF = 2 \left[1 - \frac{z}{x} + \frac{2\sin \left[2\pi \left(z - \frac{x}{2} \right) \right]}{2\pi x} - \frac{\sin(2\pi z)}{2\pi x} \right] \quad (2 - 69)$$

نشتق بالنسبة لـ z ونعدم المشتق:

$$DLF'_z = 0 - \frac{1}{x} + 2\pi \frac{2\cos \left[2\pi \left(z - \frac{x}{2} \right) \right]}{2\pi x} - 2\pi \frac{\cos(2\pi z)}{2\pi x} = 0$$

$$2\cos \left[2\pi \left(z - \frac{x}{2} \right) \right] - \cos(2\pi z) = 1$$

بالتعويض عن قيم الـ \sin والـ \cos حسب المتطابقات السابقة نجد:

$$2(\cos(2\pi z)\cos(\pi x) + \sin(2\pi z)\sin(\pi x)) - \cos(2\pi z) = 0$$

بعد الفك والإصلاح:

$$(2\cos(\pi x) - 1)\cos(2\pi z) + (2\sin(\pi x))\sin(2\pi z) = 0$$

نفرض أن :

$$\left. \begin{aligned} a &= 2\cos(\pi x) - 1 \\ b &= 2\sin(\pi x) \end{aligned} \right\}$$

$$a \cdot \cos(2\pi \cdot z) + b \cdot \sin(2\pi \cdot z) = 1$$

نقسم طرفي المساواة على $\sqrt{a^2 + b^2} \neq 0$

$$\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \cos(2\pi \cdot z) + \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \sin(2\pi \cdot z) = \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

نفرض أن : $\cos(\theta) = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ ، $\sin(\theta) = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ فيكون:

$$\cos(2\pi z)\cos(\theta) + \sin(2\pi z)\sin(\theta) = \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

$$\cos(2\pi \cdot z - \theta) = \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

ومنه:

$$\left. \begin{aligned} 2\pi \cdot z - \theta &= \arccos \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}} = g \Rightarrow z = \frac{\theta + g}{2\pi} \\ g &= \arccos \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}}, \theta = \arcsin \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \end{aligned} \right\} \text{حيث أن } (2-70)$$

بالتالي لرسم طيف الصدمة نفرض قيمة لـ x ، إذا كانت هذه القيمة أصغر من 0.5، نحسب كلاً من a ، b والزاوية θ ، ثم نعوض في العلاقة (2-68) لتحديد قيمة z ثم نعوض كلاً من x و z بالعلاقة (2-67) فنحصل على قيمة عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي عند النسبة $x = \frac{t_d}{T}$. أما إذا كانت x أكبر من الـ 0.5، نحسب كلاً من a ، b والزاوية θ و g ، نعوض بعدها في العلاقة (2-70) لتحديد قيمة z ثم نعوض كلاً من x و z بالعلاقة (2-69) فنحصل على قيمة عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي عند النسبة $x = \frac{t_d}{T}$ ، ولما $x = 0.5$ فإن الناتج واحد سواء حسب العلاقة (2-67) أو من العلاقة (2-69). وهكذا نعيّن مجموعة نقاط $(DLF_{maz} - x)$ على المخطط وبالوصل بينها نحصل على طيف الصدمة المطلوب.

2-5-3- حالة شروط ابتدائية غير معدومة للحركة ($y_0 \neq 0, v_0 \neq 0$)

a- تعيين معادلة الاستجابة.

1-a- المجال الأول: $0 \leq t \leq t_{d1}$

تعطى القوة المحرّضة $F(\tau)$ في هذا المجال بالعلاقة (2-54):

$$F(\tau) = \frac{F_0}{t_d} \cdot \tau$$

نعوض هذه الصيغة بتكامل ديوهامل في حال شروط ابتدائية غير معدومة (2-1)،

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{1}{m \omega} \int_0^t \frac{F_0}{t_d} \tau \sin[\omega(t - \tau)] \cdot d\tau$$

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{F_0}{m \omega t_{d1}} \int_0^t \tau \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

بعد إجراء التكامل ينتج:

$$\begin{aligned} y_1(t) &= y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{F_0}{m \omega t_{d1}} \left(\frac{t}{\omega} - \frac{1}{\omega^2} \sin(\omega t) \right) \\ &= y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + y_{st} \left(\frac{t}{t_{d1}} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin(\omega t) \right) \end{aligned}$$

وبالتالي تكون المعادلة التي نحصل من خلالها على الاستجابة في المجال الأول في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega \cdot t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + y_{st} \frac{t}{t_{d1}} \quad (2-71)$$

2-a- المجال الثاني: $t_{d1} < t < t_{d2}$

تابع القوة معطى بالصيغة:

$$F(\tau) = F_0 - \frac{F_0}{t_d} \cdot \tau$$

$$t = t - t_{d1} \text{ و } t_d = t_{d2} - t_{d1}$$

معادلة الاستجابة في هذا المجال :

$$y_2(t) = y_{t_{d1}} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_{d1}}}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{1}{m \omega} \int_0^t \left(F_0 - \frac{F_0}{t_d} \tau \right) \sin[\omega(t - \tau)] d\tau \quad (2-72)$$

نحسب كلاً من $y_{t_{d1}}$ و $v_{t_{d1}}$ بالتبديل بالصيغة (2-71) ومشتقتها بالنسبة للزمن كل t بـ t_{d1} .

$$y_{t_{d1}} = y_0 \cos(\omega t_{d1}) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t_{d1}) + y_{st} \quad (2-73)$$

$$v_{t_{d1}} = -\omega y_0 \sin(\omega t_{d1}) + \omega \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \cos(\omega t_{d1}) + \frac{y_{st}}{t_{d1}} \quad (2-74)$$

نعوض العلاقتين (2-73) و (2-74) بالمعادلة (2-72).

نفرض أن:

$$I = y_{t_{d1}} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_{d1}}}{\omega} \sin(\omega t)$$

$$II = + \frac{1}{m \omega} \int_0^t \left(F_0 - \frac{F_0}{t_d} \tau \right) \sin(\omega(t - \tau)) d\tau$$

نحسب I:

$$I = \left(y_0 \cos(\omega t_{d1}) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t_{d1}) + y_{st} \right) \cos(\omega t)$$

$$+ \left(-\omega y_0 \sin(\omega t_{d1}) + \omega \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \cos(\omega t_{d1}) + \frac{y_{st}}{t_{d1}} \right) \frac{\sin(\omega \cdot t)}{\omega}$$

$$I = y_0 \cos(\omega t_{d1}) \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t_{d1}) \cos(\omega t)$$

$$+ y_{st} \cos(\omega t) - y_0 \sin(\omega t_{d1}) \sin(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega \cdot t_{d1}} \right) \cos(\omega t_{d1}) \sin(\omega t)$$

$$+ \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin(\omega t)$$

بعد الفك والإصلاح ومراعاة المتطابقات الهندسية نجد،

$$I = y_0 \cos[\omega(t + t_{d1})] + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin[\omega(t + t_{d1})] + y_{st} \cos(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin(\omega t)$$

نعوض $t = t - t_{d1}$:

$$I = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + y_{st} \cos[\omega(t - t_{d1})] + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})]$$

نحسب الآن II :

$$II = + \frac{1}{m \omega} \int_0^t \left(F_0 - \frac{F_0}{t_d} \tau \right) \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

نجزئ التكامل ونحسب:

$$II = \frac{F_0}{m \omega} \int_0^t \sin[\omega(t - \tau)] d\tau - \frac{F_0}{m \omega t_d} \int_0^t \tau \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

$$II = y_{st}(1 - \cos(\omega t)) - y_{st} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right)$$

$$II = y_{st} - y_{st} \cos(\omega \cdot t) - y_{st} \frac{t}{t_d} + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \sin(\omega t)$$

نعوض $t = t - t_{d1}$ ، و $t_d = t_{d2} - t_{d1}$

$$II = y_{st} - y_{st} \cos[\omega(t - t_{d1})] - y_{st} \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d1})]$$

أو بالشكل:

$$II = -y_{st} \cos[\omega(t - t_{d1})] + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d1})] + y_{st} \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}}$$

نعوض I و II في العلاقة:

$$y_2(t) = I + II$$

$$\begin{aligned} y_2(t) = & y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) \\ & + y_{st} \cos[\omega(t - t_{d1})] + \frac{y_{st} \sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} + \frac{y_{st} \sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \\ & - y_{st} \cos[\omega(t - t_{d1})] + y_{st} \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}} \end{aligned}$$

وتكون معادلة الاستجابة في المجال الثاني في حال عدم وجود شروط ابتدائية للحركة بالشكل:

$$\begin{aligned} y_2(t) = & y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] \\ & + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d1})] + y_{st} \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}} \end{aligned} \quad (2 - 75)$$

3-a-المجال الثالث: $t_{d2} < t$

حالة الاهتزاز الحر ومعادلة الاستجابة هي من الشكل:

$$y_3(t) = y_{t_{d2}} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_{d2}}}{\omega} \sin(\omega t) + 0 \quad (2 - 76)$$

نحسب $y_{t_{d2}}$ و $v_{t_{d2}}$ بالتبديل في الصيغة (2-75) ومشتقتها بالنسبة للزمن كل $t_{d2} = t$.

$$y_{t_{d2}} = y_0 \cos(\omega t_{d2}) + \left(\frac{V_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t_{d2}) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})] + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})] + 0$$

$$y_{t_{d2}} = y_0 \cos(\omega t_{d2}) + \left(\frac{V_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t_{d2}) + \frac{y_{st} \sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} + \frac{y_{st} \sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \quad (2-77)$$

$$v_{t_{d2}} = -\omega y_0 \sin(\omega t_{d2}) + \omega \left(\frac{V_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \cos(\omega t_{d2}) + \frac{y_{st} \cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} + \frac{y_{st} \cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{y_{st}}{t_{d2} - t_{d1}} \quad (2-78)$$

نعوض العلاقتين (2-77) و (2-78) بالمعادلة (2-76) :

$$y_3(t) = \left(y_0 \cos(\omega t_{d2}) + \left(\frac{V_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t_{d2}) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})] + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \right) \cos(\omega t) + \left(-\omega y_0 \sin(\omega t_{d2}) + \omega \left(\frac{V_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \cos(\omega t_{d2}) + \frac{y_{st}}{t_{d1}} \cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})] + \frac{y_{st}}{(t_{d2} - t_{d1})} \cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})] - \frac{y_{st}}{t_{d2} - t_{d1}} \right) \frac{\sin(\omega t)}{\omega}$$

بعد فك الأقواس تأخذ الصيغة الشكل التالي:

$$y_3(t) = y_0 \cos(\omega t_{d2}) \cos(\omega t) + \left(\frac{V_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t_{d2}) \cos(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \cos(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \cos(\omega t) - y_0 \sin(\omega t_{d2}) \sin(\omega t) + \left(\frac{V_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \cos(\omega t_{d2}) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \sin(\omega t) - \frac{y_{st}}{t_{d2} - t_{d1}} \frac{\sin(\omega t)}{\omega}$$

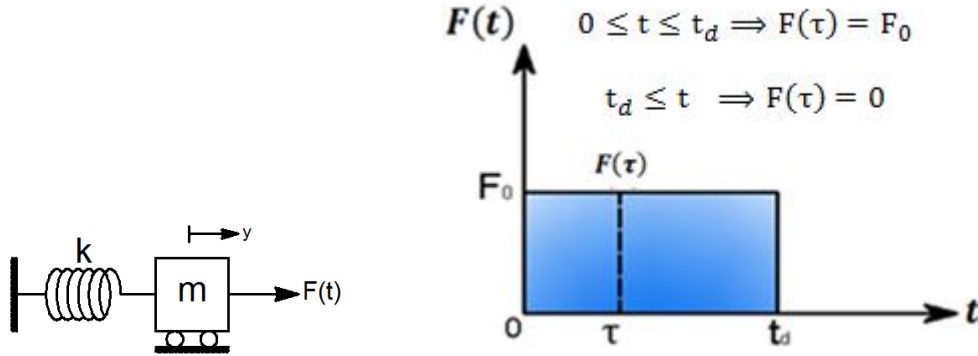
بعد الفك والإصلاح وبمساعدة المتطابقات الهندسية السابقة والتعويض $t = t - t_{d2}$ نكتب:

$$y_3(t) = y_0 \cos[\omega(t + t_{d2})] + \left(\frac{V_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin[\omega(t + t_{d2})] + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t + t_{d2} - t_{d1})] + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t + t_{d2} - t_{d1})] - \frac{y_{st}}{t_{d2} - t_{d1}} \frac{\sin(\omega)}{\omega}$$

$$y_3(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] \\ + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d1})] - \frac{y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d2})] \quad (2 - 79)$$

وهي معادلة الاستجابة في المجال الثالث بعد زوال القوة المحرصة.

3-6- النبض المستطيل



الشكل (b): النموذج الرياضي.

الشكل (a): نبض مثلي مستطيل.

الشكل (3-6)

تتم دراسة استجابة المنشأة في المجالين الأول لما $0 \leq t \leq t_d$ ، والمجال الثاني لما $t_d \leq t$ بعد زوال القوة المحرصة. نطبق تكامل ديوهامل وذلك من أجل حالة عدم وجود شروط ابتدائية و من ثم في حال وجود شروط ابتدائية للحركة.

3-6-1- حالة شروط ابتدائية معدومة للحركة ($y_0 = v_0 = 0$)

a- تعيين معادلة الاستجابة.

a-1- المجال الأول: $0 < t < t_d$

تحسب القوة المحرصة $F(\tau)$ للمجال الزمني $d\tau$ بالشكل :

$$F(\tau) = F_0 \quad (2 - 80)$$

نعوض (2-80) بعلاقة تكامل ديوهامل في حالة شروط ابتدائية معدومة للحركة (2-1)،

$$y_1(t) = \frac{1}{m \omega} \int_0^t F_0 \sin[\omega(t - \tau)] d\tau = \frac{F_0}{m \omega} \int_0^t \sin[\omega(t - \tau)] d\tau \\ = \frac{F_0}{m \omega^2} (1 - \cos(\omega.t))$$

وبالتالي تكون المعادلة التي نحصل من خلالها على الاستجابة في المجال الأول في حال عدم وجود شروط ابتدائية للحركة هي:

$$y_1(t) = y_{st}(1 - \cos(\omega t)) \quad (2 - 81)$$

a-2- المجال الثاني: $t_d < t$

يعطى تابع القوة بالشكل $F(\tau) = 0$ و الزمن $t = t - t_d$.

حالة اهتزاز حر حيث الشروط الابتدائية للحركة هي الانتقال y_{td} والسرعة v_{td} عند الزمن $t = t_d$. نحسب كلاً من y_{td} و v_{td} من الصيغة (2-81) ومشتقتها بالنسبة للزمن بعد التبديل كل t بـ t_d .

$$y_{td} = y_{st}(1 - \cos(\omega t_d)) \quad (2-82)$$

$$v_{td} = y_{st}\omega \sin(\omega t_d) \quad (2-83)$$

نعوض (2-82) و (2-83) في معادلة الاهتزاز الحر التالية:

$$y_2(t) = y_{td} \cos(\omega t) + \frac{v_{td}}{\omega} \sin(\omega t)$$

$$y_2(t) = y_{st}(1 - \cos(\omega t_d)) \cos(\omega t) + y_{st}\omega \sin(\omega t_d) \frac{\sin(\omega t)}{\omega}$$

$$y_2(t) = y_{st}(\cos(\omega t) - \cos(\omega t_d) \cos(\omega t) + \sin(\omega t_d) \sin(\omega t))$$

بعد الإصلاح نجد :

$$y_2(t) = y_{st}(\cos(\omega t) - \cos[\omega(t + t_d)])$$

نعوض $t = t - t_d$ فنجد:

$$y_2(t) = y_{st}(\cos[\omega(t - t_d)] - \cos(\omega t)) \quad (2-84)$$

وهي معادلة الاستجابة في المجال الثاني في حال عدم وجود شروط ابتدائية للحركة.

b- تعيين معادلة DLFmax.

بعد الدراسة وجدنا أن عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي يحدد في المجال الثاني لَمَّا $t_d < t$.

$$DLF = \frac{y_2(t)}{y_{st}} = \cos[\omega(t - t_d)] - \cos(\omega t)$$

نبدل $\omega = \frac{2\pi}{T}$:

$$DLF = \cos\left(2\pi\left(2\pi\frac{t}{T} - 2\pi\frac{t_d}{T}\right)\right) - \cos\left(2\pi\frac{t}{T}\right)$$

نفرض $x = \frac{t_d}{T}$ و $z = \frac{t}{T}$ فيكون:

$$DLF = \cos[2\pi(z - x)] - \cos(2\pi z) \quad (2-85)$$

نشتق بالنسبة لـ z ونساويه مع الصفر:

$$DLF'_z = -2\pi \sin[2\pi(z - x)] + 2\pi \sin(2\pi z) = 0$$

$$-\sin[2\pi(z - x)] + \sin(2\pi z) = 0$$

$$\sin(2\pi z) - \sin[2\pi(z - x)] = 0$$

بالاستفادة من المتطابقات السابقة نكتب:

$$\sin(2\pi z) - \sin(2\pi z)\cos(2\pi x) + \cos(2\pi z)\sin(2\pi x) = 0$$

بالتجميع:

$$[\sin(2\pi \cdot x)]\cos(2\pi z) + [1 - \cos(2\pi x)]\sin(2\pi \cdot z) = 0$$

نفرض أن :

$$\left. \begin{aligned} a &= \sin(2\pi x) \\ b &= 1 - \cos(2\pi x) \end{aligned} \right\} \\ a \cdot \cos(2\pi \cdot z) + b \cdot \sin(2\pi \cdot z) = 0$$

نقسم طرفي المساواة على $\sqrt{a^2 + b^2} \neq 0$

$$\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \cos(2\pi z) + \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \sin(2\pi z) = 0$$

نفرض أن : $\cos(\theta) = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ ، $\sin(\theta) = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ تصيح العلاقة بالشكل:

$$\cos(2\pi z) \cdot \cos(\theta) + \sin(2\pi z) \cdot \sin(\theta) = 0$$

أي أن:

$$\left. \begin{aligned} \cos(2\pi \cdot z - \theta) &= 0 \\ 2\pi \cdot z - \theta &= \frac{\pi}{2} \Rightarrow z = \frac{\theta}{2\pi} + 0.25 \\ \theta &= \arcsin \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \text{ حيث أن} \end{aligned} \right\} (2 - 86)$$

ويتم رسم المخطط كما في الحالات السابقة من حيث فرض قيمة لـ x ، ثم حساب كلاً من a ، b ، θ ومن ثم التعويض في العلاقة (2 - 86) لتعين قيمة z ، ثم تعويض x و z بالعلاقة (2 - 85) وبالتالي تعيين قيمة عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي عند النسبة $\frac{t_d}{T}$ ، $x = \frac{t_d}{T}$ ، وتعيين مجموعة من النقاط ومن ثم الوصل بينها يتشكل المنحني المطلوب.

2-6-3- حالة شروط ابتدائية غير معدومة للحركة ($y_0 \neq 0, v_0 \neq 0$)

a- تعيين معادلة الاستجابة

1-a- المجال الأول: $0 \leq t \leq t_d$

نعوض العلاقة (2-80) بعلاقة تكامل ديوهامل في حالة شروط ابتدائية غير معدومة للحركة، العلاقة

(2-1).

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{F_0}{m \omega} \int_0^t \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

بإجراء التكامل نحصل على:

$$\begin{aligned} y_1(t) &= y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{F_0}{m \omega^2} (1 - \cos(\omega t)) \\ &= y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + y_{st} (1 - \cos(\omega t)) \end{aligned}$$

وبالتالي تكون المعادلة التي نحصل من خلالها على الاستجابة في المجال الأول في حال وجود شروط ابتدائية للحركة:

$$y_1(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + y_{st} \quad (2 - 87)$$

2-a- المجال الثاني: $t_d \leq t$

$$t = t - t_d \quad F(\tau) = 0$$

لدينا حالة اهتزاز حر معادلته بالشكل:

$$y_2(t) = y_{td} \cos(\omega.t) + \frac{v_{td}}{\omega} \sin(\omega t) + 0 \quad (2-88)$$

نحسب كل من y_{td} و v_{td} من الصيغة (2-87) ومشتقتها بالنسبة للزمن وتبديل كل t بـ t_d .

$$y_{td} = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t_d) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t_d) + y_{st} \quad (2-89)$$

$$v_{td} = -\omega(y_0 - y_{st}) \sin(\omega t_d) + \omega \frac{v_0}{\omega} \cos(\omega t_d) + 0$$

$$v_{td} = -\omega(y_0 - y_{st}) \sin(\omega t_d) + v_0 \cos(\omega t_d) \quad (2-90)$$

نعوض العلاقاتين (2-89) و (2-90) في معادلة الاهتزاز الحر (2-88) :

$$y_2(t) = \left((y_0 - y_{st}) \cos(\omega t_d) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t_d) + y_{st} \right) \cos(\omega t) \\ + \left(-\omega(y_0 - y_{st}) \sin(\omega t_d) + v_0 \cos(\omega t_d) \right) \frac{\sin(\omega t)}{\omega}$$

$$y_2(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t_d) \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t_d) \cos(\omega t)$$

$$+ y_{st} \cos(\omega t) - (y_0 - y_{st}) \sin(\omega t_d) \sin(\omega t) + \cos(\omega t_d) \sin(\omega t) \frac{v_0}{\omega}$$

بعد الإصلاح والاستفادة من المتطابقات السابقة نجد :

$$y_2(t) = (y_0 - y_{st}) \cos[\omega(t + t_d)] + \frac{v_0}{\omega} \sin[\omega(t + t_d)] + y_{st} \cos(\omega t)$$

ولكن $t = t - t_d$:

$$y_2(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + y_{st} \cos[\omega(t - t_d)] \quad (2-91)$$

وهي معادلة الاستجابة في المجال الثاني في حال وجود شروط ابتدائية للحركة.

-b- تعيين معادلة DLFmax.

بعد مقارنة القيم بين المجال الأول و الثاني نجد أن قيم DLFmax في المجال الثاني أكبر من المجال

الأول وبالتالي نعتد هذا المجال في رسم مخطط DLFmax.

$$DLF = \frac{y_2(t)}{y_{st}}$$

$$DLF = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \cos(\omega t) + \frac{v_0}{y_{st} \omega} \sin(\omega t) + \cos[\omega(t - t_d)]$$

نعوض $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ، ثم $x = \frac{t_d}{T}$ و $z = \frac{t}{T}$:

$$DLF = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \cos\left(2\pi \frac{t}{T}\right) + \frac{v_0 \cdot T}{2\pi y_{st}} \sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) + \cos\left(2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{t_d}{T}\right)\right)$$

$$DLF = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \cos(2\pi z) + \frac{v_0 \cdot T}{2\pi y_{st}} \sin(2\pi z) + \cos[2\pi(z - x)] \quad (2-92)$$

نقوم باشتقاق المعادلة (2-92) بالنسبة لـ z ونساويه بالصفر :

$$DLF'_z = -2\pi \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \sin(2\pi z) + 2\pi \frac{v_0 T}{2\pi y_{st}} \cos(2\pi z) - 2\pi \sin[2\pi(z - x)] = 0$$

$$-2\pi \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \sin(2\pi z) + \frac{v_0 \cdot T}{y_{st}} \cos(2\pi z) - 2\pi [\sin(2\pi z) \cos(2\pi x) - \cos(2\pi z) \sin(2\pi x)] = 0$$

بعد الفك والإصلاح والتجميع:

$$\left(\frac{v_0 \cdot T}{y_{st}} + 2\pi \sin(2\pi x) \right) \cos(2\pi z) + \left[-2\pi \cos(2\pi x) - 2\pi \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \right] \sin(2\pi z) = 0$$

نفرض أن :

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{v_0 \cdot T}{y_{st}} + 2\pi \cdot \sin(2\pi \cdot x) \\ b &= -2\pi \cdot \cos(2\pi \cdot x) - 2\pi \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \end{aligned} \right\}$$

$$a \cdot \cos(2\pi \cdot z) + b \cdot \sin(2\pi \cdot z) = 0$$

نقسم طرفي المساواة على $\sqrt{a^2 + b^2} \neq 0$

$$\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \cos(2\pi \cdot z) + \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \sin(2\pi \cdot z) = 0$$

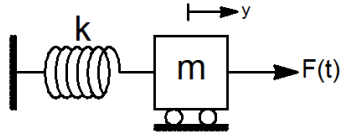
نفرض أن : $\cos(\theta) = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ ، $\sin(\theta) = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ فيكون:

$$\cos(2\pi \cdot z) \cdot \cos(\theta) + \sin(2\pi \cdot z) \cdot \sin(\theta) = 0$$

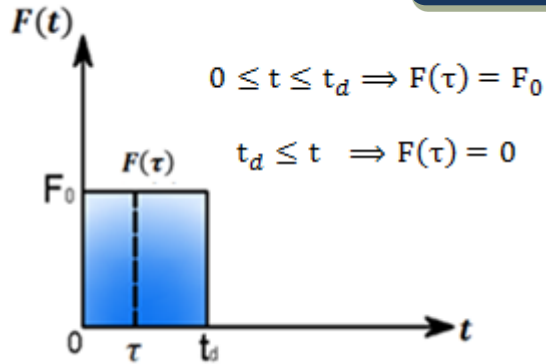
أي أن :

$$\left. \begin{aligned} \cos(2\pi \cdot z - \theta) &= 0 \\ 2\pi z - \theta &= \frac{\pi}{2} \Rightarrow z = \frac{\theta}{2\pi} + 0.25 \\ \theta &= \arcsin \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \text{ حيث أن} \end{aligned} \right\} \quad (2 - 93)$$

ويتم رسم المخطط كما في الحالات السابقة من حيث فرض قيمة لـ x ، ثم حساب كل من a ، b ، θ ومن ثم التعويض في العلاقة (2 - 93) لتعين قيمة z ، ثم تعويض x و z بالعلاقة (2 - 92) وبالتالي تعيين قيمة عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي عند النسبة $\frac{t_d}{T} = x$ ، و تحديد النقطة (DLF_{max} , x) ، وهكذا من أجل باقي نقاط المنحني.



الشكل (b): النموذج الرياضي.



الشكل (a): النبض المربع.

الشكل (3-7)

تعدّ حالة النبض بشكل مربع حالة خاصة من حالة النبض المستطيل، حيث إن معادلات الاستجابة هي ذاتها من حيث الشكل إلا أن $F_0 = t_d$.

3-7-1- حالة شروط ابتدائية معدومة للحركة ($y_0 = v_0 = 0$)

a- تعيين معادلة الاستجابة.

1-a- المجال الأول: $0 \leq t \leq t_d$

$$y_1(t) = y_{st} \cdot (1 - \cos(\omega \cdot t)) \quad (2 - 94)$$

2-a- المجال الثاني: $t_d < t$

$$t = t - t_d \quad F(\tau) = 0$$

$$y_{t_d} = y_{st} \cdot (1 - \cos(\omega \cdot t_d)) \quad (2 - 95)$$

$$v_{t_d} = y_{st} \cdot (\omega \cdot \sin(\omega \cdot t_d)) \quad (2 - 96)$$

$$y_2(t) = y_{st} \cdot (\cos(\omega \cdot (t - t_d)) - \cos(\omega \cdot t)) \quad (2 - 97)$$

وهي معادلة الاستجابة في المجال الثاني في حال عدم وجود شروط ابتدائية للحركة.

b- تعيين معادلة DLF_{max} .

عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي يحدد من المجال الثاني.

علاقة DLF وبعد التبديل بـ $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ،

$$DLF = \cos\left(2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{t_d}{T}\right)\right) - \cos\left(2\pi\frac{t}{T}\right)$$

وبعد التبديل $x = \frac{t_d}{T}$ بـ $z = \frac{t}{T}$ تصبح بالشكل:

$$DLF = \cos(2\pi(z - x)) - \cos(2\pi z) \quad (2 - 98)$$

بإجراء التحويلات المناسبة كما في حالة النبض المستطيل نحصل على الصيغة:

$$DLF'_z = (\sin(2\pi x))\cos(2\pi z) + (1 - \cos(2\pi x))\sin(2\pi z) = 0$$

وبفرض:

$$\left. \begin{aligned} a &= \sin(2\pi \cdot x) \\ b &= 1 - \cos(2\pi \cdot x) \end{aligned} \right\} \\ a \cdot \cos(2\pi \cdot z) + b \cdot \sin(2\pi \cdot z) = 0$$

حيث إن:

$$\left. \begin{aligned} 2\pi z - \theta &= \frac{\pi}{2} \Rightarrow z = \frac{\theta}{2\pi} + 0.25 \\ \theta &= \arcsin \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \text{ حيث أن} \end{aligned} \right\} \quad (2-99)$$

2-7-3- حالة شروط ابتدائية غير معدومة للحركة ($y_0 \neq 0, v_0 \neq 0$)

a- تعيين معادلة الاستجابة.

a-1- المجال الأول: $0 \leq \tau \leq t_d$

المعادلة التي نحصل من خلالها على الاستجابة في المجال الأول في حال وجود شروط ابتدائية للحركة

هي ذات الصيغة (2-87):

$$y_1(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + y_{st} \quad (2-100)$$

a-2- المجال الثاني: $t_d < t$

$$t = t - t_d \quad \text{و} \quad F(\tau) = 0$$

$$y_{t_d} = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t_d) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t_d) + y_{st} \quad (2-101)$$

$$v_{t_d} = -\omega(y_0 - y_{st}) \sin(\omega t_d) + v_0 \cos(\omega t_d) \quad (2-102)$$

$$y_2(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + y_{st} \cos[\omega(t - t_d)] \quad (2-103)$$

وهي معادلة الاستجابة في المجال الثاني في حال وجود شروط ابتدائية للحركة، وهي مطابقة للصيغة

(2-91).

b- تعيين معادلة DLFmax.

نعتمد المجال الثاني في رسم مخطط DLFmax أي لما $t_d \leq t$.

علاقة DLF وبعد التبديل بـ $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ،

$$DLF = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \cos\left(2\pi \frac{t}{T}\right) + \frac{v_0 T}{2\pi y_{st}} \sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) + \cos\left(2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{t_d}{T}\right)\right)$$

وبعد التبديل بـ $x = \frac{t_d}{T}$ و $z = \frac{t}{T}$ أصبح بالشكل:

$$DLF = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \cos(2\pi z) + \frac{v_0 T}{2\pi y_{st}} \sin(2\pi z) + \cos(2\pi(z - x)) \quad (2-104)$$

بإجراء التحويلات المناسبة من اشتقاق وفك وإصلاح واستخدام المتطابقات المناسبة كما في حالة النبض

المستطيل:

$$a \cdot \cos(2\pi \cdot z) + b \cdot \sin(2\pi \cdot z) = 0$$

$$a = \frac{v_0 T}{y_{st}} + 2\pi \sin(2\pi \cdot x)$$

$$b = -2\pi \cos(2\pi x) - 2\pi \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right)$$

حيث إن:

نقسم طرفي المساواة على $\sqrt{a^2 + b^2} \neq 0$

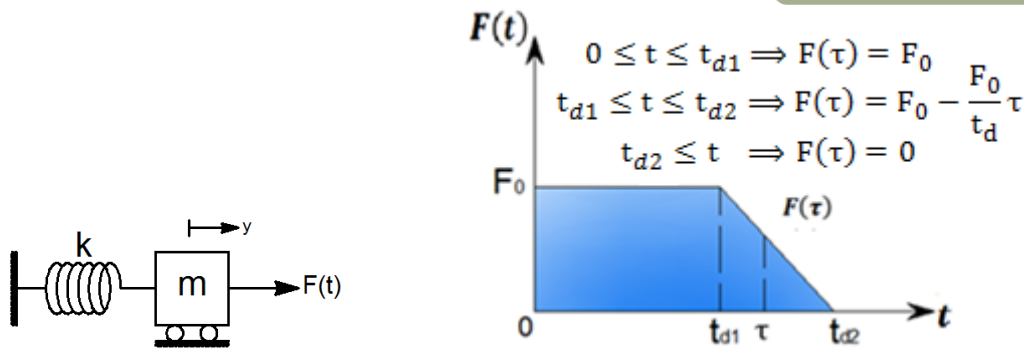
$$\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \cos(2\pi \cdot z) + \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \sin(2\pi \cdot z) = 0$$

حيث إن:

$$\left. \begin{aligned} 2\pi z - \theta &= \frac{\pi}{2} \Rightarrow z = \frac{\theta}{2\pi} + 0.25 \\ \theta &= \arcsin \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \text{ حيث أن} \end{aligned} \right\}$$

ويتم رسم المخطط كما في حالة النبض المستطيل.

3-8- النبض المستمر المتناقص



الشكل (b): النموذج الرياضي.

الشكل (a): نبض مستمر متناقص.

الشكل (3-8)

تتم دراسة ثلاثة مجالات الأول لما $0 \leq t \leq t_{d1}$ ، والمجال الثاني لما $t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$ يضاف إليه تأثير الاهتزاز الحر من المجال الأول لما $t = t_{d1}$ ، و المجال الثالث لما $t \leq t_{d2}$ ويمثل حالة الاهتزاز الحر بعد زوال تأثير القوة المحرصة نهائياً $t = t_{d2}$.

3-8-1 حالة شروط ابتدائية معدومة للحركة ($y_0 = v_0 = 0$)

a- تعيين معادلة الاستجابة.

a-1 المجال الأول: $0 \leq t \leq t_{d1}$

تعطى القوة المحرصة $F(\tau)$ للمجال بالعلاقة (80 - 2) :

$$F(\tau) = F_0 \quad (2 - 105)$$

نعوض (2-105) في معادلة في تكامل ديوهامل في حال انعدام الشروط الابتدائية العلاقة (2-2):

$$y_1(t) = \frac{F_0}{m \omega} \int_0^t \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

وبالتالي تكون المعادلة التي نحصل من خلالها على الاستجابة في المجال الأول في حال عدم وجود شروط ابتدائية للحركة:

$$y_1(t) = y_{st}(1 - \cos(\omega t)) \quad (2 - 106)$$

a-2- المجال الثاني: $t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$

علاقة تابع القوة مطابقة للصيغة (25 - 2) (حالة المثلث المتناقص).

$$\frac{F_0}{F(\tau)} = \frac{t_{d2} - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1} - \tau} \Rightarrow F(\tau) = F_0 - \frac{F_0}{t_d} \cdot \tau$$

$$t = t - t_{d1} \text{ و } t_d = t_{d2} - t_{d1}$$

نضيف تأثير الاهتزاز الحر من المجال الأول حيث نحسب كلاً من $y_{t_{d1}}$ و $v_{t_{d1}}$ كما في حالة النبض المستطيل " العلاقتين (82 - 2) و (83 - 2) ."

$$y_{t_{d1}} = y_{st}(1 - \cos(\omega t_{d1})) \quad (2 - 107)$$

$$v_{t_{d1}} = y_{st} \omega \sin(\omega t_{d1}) \quad (2 - 108)$$

نعوض (2-107) و (2-108) بالمعادلة:

$$y_2(t) = y_{t_{d1}} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_{d1}}}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{1}{m\omega} \int_0^t \left(F_0 - \frac{F_0}{t_d} \tau \right) \sin[\omega(t - \tau)] d\tau \quad (2 - 109)$$

نفرض أن:

$$I = y_{t_{d1}} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_{d1}}}{\omega} \sin(\omega t)$$

$$II = + \frac{1}{m \omega} \int_0^t \left(F_0 - \frac{F_0}{t_d} \tau \right) \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

نحسب I :

$$I = y_{st}(1 - \cos(\omega t_{d1})) \cos(\omega t) + y_{st}(\omega \sin(\omega t_{d1})) \frac{\sin(\omega t)}{\omega}$$

$$I = y_{st}(\cos(\omega t) - \cos(\omega t_{d1}) \cos(\omega t) + \sin(\omega t_{d1}) \sin(\omega t))$$

بعد الفك والإصلاح نجد :

$$I = y_{st}(\cos(\omega t) - \cos[\omega(t + t_{d1})])$$

نعوض بـ $t = t - t_{d1}$ فنجد:

$$I = y_{st}(\cos[\omega(t - t_{d1})] - \cos(\omega t))$$

نحسب الآن II :

$$II = + \frac{1}{m \omega} \int_0^t \left(F_0 - \frac{F_0}{t_d} \tau \right) \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

نجزئ التكامل:

$$II = \frac{F_0}{m \omega} \int_0^t \sin[\omega(t - \tau)] d\tau - \frac{F_0}{m \omega t_d} \int_0^t \tau \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

$$II = y_{st}(1 - \cos(\omega t)) - y_{st} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right)$$

$$II = y_{st} \left(1 - \cos(\omega t) - \frac{t}{t_d} + \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right)$$

نعوض $t_d = t_{d2} - t_{d1}$ ، و $t = t - t_{d1}$

$$II = y_{st} \left(1 - \cos[\omega(t - t_{d1})] - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} + \frac{1}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d1})] \right)$$

نبدل I و II في الصيغة (2-109).

$$y_2(t) = I + II$$

$$y_2(t) = y_{st}(\cos[\omega(t - t_{d1})] - \cos(\omega t))$$

$$+ y_{st} \left(1 - \cos[\omega(t - t_{d1})] - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \left(\cos[\omega(t - t_{d1})] - \cos(\omega t) + 1 - \cos[\omega(t - t_{d1})] - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} \right.$$

$$\left. + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \left(1 - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} - \cos(\omega t) + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right) \quad (2-110)$$

وهي معادلة الاستجابة في المجال الثاني في حال عدم وجود شروط ابتدائية للحركة.

a-3 المجال الثالث: $t_{d2} \leq t$

حالة اهتزاز حر بعد زوال تأثير القوة النبضية. نحسب $y_{t_{d2}}$ و $v_{t_{d2}}$ ، والتي تمثل الشروط الأولية

للحركة في هذا المجال وذلك من الصيغة (2-110) ومشتقتها بالنسبة للزمن بعد التبديل كل $t_{d2} \rightarrow t$.

$$y_{t_{d2}} = y_{st} \left(1 - 1 - \cos(\omega t_{d2}) + \frac{1}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \right)$$

$$y_{t_{d2}} = y_{st} \left(-\cos(\omega t_{d2}) + \frac{1}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \right) \quad (2-111)$$

$$v_{t_{d2}} = y_{st} \left(0 - \frac{1}{t_{d2} - t_{d1}} + \omega \sin(\omega t_{d2}) + \frac{\omega}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \right)$$

$$v_{t_{d2}} = y_{st} \left(-\frac{1}{t_{d2} - t_{d1}} + \omega \cos(\omega t_{d2}) + \frac{\cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{(t_{d2} - t_{d1})} \right) \quad (2-112)$$

نعوض (2-111) و (2-112) بمعادلة الاهتزاز الحر:

$$y_3(t) = y_{t_{d2}} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_{d2}}}{\omega} \sin(\omega t) + 0$$

$$y_3(t) = y_{st} \left(-\cos(\omega t_{d2}) + \frac{1}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \right) \cos(\omega t) \\ + y_{st} \left(-\frac{1}{t_{d2} - t_{d1}} + \omega \sin(\omega t_{d2}) + \frac{\cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{(t_{d2} - t_{d1})} \right) \frac{\sin(\omega t)}{\omega} \\ y_3(t) = y_{st} \left(-\cos(\omega t_{d2}) \cos(\omega t) + \frac{\sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \cos(\omega t)}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right) \\ + y_{st} \left(\frac{-\sin(\omega t)}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} + \sin(\omega t_{d2}) \sin(\omega t) + \frac{\cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \sin(\omega t)}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right)$$

بعد الفك والإصلاح و استخدام المتطابقات السابقة نكتب:

$$y_3(t) = y_{st} \left(-\cos[\omega(t + t_{d2})] + \frac{\sin[\omega(t + t_{d2} - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{\sin(\omega t)}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right) \\ \text{نعوض } t = t - t_{d2} \\ y_3(t) = y_{st} \left(-\cos(\omega t) + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{\sin[\omega(t - t_{d2})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right) \quad (2 - 113)$$

وهي معادلة الاستجابة في المجال الثالث بعد زوال تأثير القوة المحرصة.

b- تعيين معادلة DLFmax.

بعد مقارنة القيم بين المجال الأول و الثاني والثالث نجد أن قيم DLFmax تقع في المجال الثاني

وبالتالي نعتمد هذا المجال في رسم مخطط DLFmax.

$$DLF = \frac{y_2(t)}{y_{st}} \\ DLF = \left(1 - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} - \cos(\omega t) + \frac{1}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d1})] \right) \\ \text{نعوض } \omega = \frac{2\pi}{T} \\ DLF = 1 - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} - \cos\left(2\pi \frac{t}{T}\right) + \frac{1}{2\pi \left(\frac{t_{d2}}{T} - \frac{t_{d1}}{T}\right)} \sin\left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{t_{d1}}{T}\right)\right] \\ \text{لدينا } z = \frac{t}{T} \text{ و } A = \frac{t_{d2}}{T} \text{ و } x = \frac{t_{d1}}{T} \\ DLF = 1 - \frac{z - x}{A - x} - \cos(2\pi z) + \frac{1}{2\pi(A - x)} \sin(2\pi(z - x)) \quad (2 - 114)$$

نشتق بالنسبة لـ z ونساوي المشتق بالصفر:

$$DLF'_z = 0 - \frac{1}{A - x} + 2\pi \sin(2\pi z) + \frac{2\pi}{2\pi(A - x)} \cos(2\pi(z - x)) = 0 \\ 2\pi \sin(2\pi z) + \frac{1}{(A - x)} \cos[2\pi(z - x)] = \frac{1}{A - x}$$

أو يمكن أن نكتب بالشكل:

$$2\pi\sin(2\pi z) + \frac{1}{(A-x)} [\cos(2\pi z)\cos(2\pi x) + \sin(2\pi z)\sin(2\pi x)] = \frac{1}{A-x}$$

بعد الفك والإصلاح:

$$\left(\frac{1}{(A-x)}\cos(2\pi x)\right)\cos(2\pi z) + \left(\frac{1}{(A-x)}\sin(2\pi x) + 2\pi\right)\sin(2\pi z) = \frac{1}{A-x}$$

بالاختصار على $\frac{1}{A-x}$ من طرفي المساواة:

$$(\cos(2\pi x))\cos(2\pi z) + (\sin(2\pi x) + 2\pi(A-x))\sin(2\pi z) = 1$$

نفرض أن :

$$\left. \begin{aligned} a &= \cos(2\pi x) \\ b &= \sin(2\pi x) + 2\pi(A-x) \end{aligned} \right\}$$

تصبح المعادلة:

$$a \cdot \cos(2\pi z) + b \cdot \sin(2\pi z) = 1$$

نقسم طرفي المساواة على $\sqrt{a^2 + b^2} \neq 0$

$$\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cos(2\pi z) + \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \sin(2\pi z) = \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

نفرض أن : $\sin(\theta) = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ ، $\cos(\theta) = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$

$$\cos(2\pi z)\cos(\theta) + \sin(2\pi z)\sin(\theta) = \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

$$\cos(2\pi z - \theta) = \cos(g)$$

$$2\pi \cdot z - \theta = g \Rightarrow z = \frac{\theta + g}{2\pi}$$

$$\left. \begin{aligned} \theta &= \arcsin \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} , g = \arccos \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}} \end{aligned} \right\} \text{حيث أن } (2-115)$$

لرسم المنحني الممثل لعامل الحمولة الديناميكي الأعظمي بالنسبة لعلاقته مع النسبة $\frac{t_d}{T}$ ، نعلم قيمة

$A=0.25$ ثم نفرض قيمة لـ x ، و نحسب كل من a ، b وبالتالي نستطيع حساب الزاوية θ و g ، بالتعويض

في العلاقة (2-115) نحصل على قيمة z ، ثم نعوض كلاً من x و z و A بالعلاقة (2-114) فتكون

القيمة الناتجة هي قيمة عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي عند النسبة $x = \frac{t_d}{T}$ ، وبأخذ قيم جديدة لـ x

وحساب DLF_{max} الموافقة وتعيين النقاط على المخطط و الوصل بينها يتشكل المنحني المطلوب.

3-8-2 حالة شروط ابتدائية غير معدومة للحركة. ($y_0 \neq 0, v_0 \neq 0$)

a- تعيين معادلة الاستجابة.

a-1 المجال الأول: $0 \leq t \leq t_{d1}$

تعطى القوة المحرصة $F(\tau)$ للمجال بالعلاقة (2-105) :

$$F(\tau) = F_0$$

بالتبديل بتكامل ديوهامل في حال شروط ابتدائية غير معدومة علاقة (2-1)،

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{1}{m \omega} \int_0^t F(\tau) \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{F_0}{m \omega t_{d1}} \int \tau \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

$$= y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{F_0}{m \omega^2} (1 - \cos(\omega t))$$

وبالتالي تكون المعادلة التي نحصل من خلالها على الاستجابة في المجال الأول في حال شروط ابتدائية للحركة غير معدومة:

$$y_1(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + y_{st} \quad (2 - 116)$$

a-2- المجال الثاني: $t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$

تابع القوة كما في العلاقة (2 - 25).

$$F(\tau) = F_0 - \frac{F_0}{t_d} \cdot \tau$$

والزمن $t_d = t_{d2} - t_{d1}$ و $t = t - t_{d1}$. نضيف تأثير الاهتزاز الحر من المجال الأول حيث نحسب

$y_{t_{d1}}$ و $v_{t_{d1}}$ من الصيغة (2 - 116) و مشتقتها بالنسبة للزمن مع تبديل كل t بـ t_{d1} .

$$y_{t_{d1}} = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t_{d1}) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t_{d1}) + y_{st} \quad (2 - 117)$$

$$v_{t_{d1}} = -\omega(y_0 - y_{st}) \sin(\omega t_{d1}) + v_0 \cos(\omega t_{d1}) \quad (2 - 118)$$

نعوض الصيغتين (2-117) و (2-118) بالمعادلة:

$$y_2(t) = y_{t_{d1}} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_{d1}}}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{1}{m \omega} \int_0^t \left(F_0 - \frac{F_0}{t_d} \cdot \tau \right) \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

نفرض أن:

$$I = y_{t_{d1}} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_{d1}}}{\omega} \sin(\omega t)$$

$$II = \frac{1}{m \omega} \int_0^t \left(F_0 - \frac{F_0}{t_d} \tau \right) \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

حساب I:

$$I = \left((y_0 - y_{st}) \cos(\omega t_{d1}) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t_{d1}) + y_{st} \right) \cos(\omega t)$$

$$+ \left(-\omega(y_0 - y_{st}) \sin(\omega t_{d1}) + v_0 \cos(\omega t_{d1}) \right) \frac{\sin(\omega t)}{\omega}$$

بعد الفك والإصلاح والاستعانة بالمتطابقات الهندسية الشهيرة المستخدمة سابقاً نجد:

$$I = (y_0 - y_{st}) \cos[\omega(t + t_{d1})] + \frac{v_0}{\omega} \sin[\omega(t + t_{d1})] + y_{st} \cos(\omega t)$$

نعوض $t = t - t_{d1}$ فنجد:

$$I = (y_0 - y_{st})\cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega}\sin(\omega t) + y_{st}\cos[\omega(t - t_{d1})]$$

حساب II:

$$\begin{aligned} II &= + \frac{1}{m\omega} \int_0^t \left(F_0 - \frac{F_0}{t_d} \cdot \tau \right) \sin[\omega(t - \tau)] d\tau \\ II &= \frac{F_0}{m\omega} \int_0^t \sin[\omega(t - \tau)] d\tau - \frac{F_0}{m\omega t_d} \int_0^t \tau \sin[\omega(t - \tau)] d\tau \end{aligned}$$

$$II = y_{st}(1 - \cos(\omega t)) - y_{st} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right)$$

$$II = y_{st} - y_{st}\cos(\omega t) - y_{st} \frac{t}{t_d} + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \sin(\omega t)$$

نعوض $t = t - t_{d1}$ و $t_d = t_{d2} - t_{d1}$ ، وبإصلاح العلاقة:

$$II = -y_{st}\cos[\omega(t - t_{d1})] + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d1})] + y_{st} \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}}$$

نعوض كلاً من I و II في:

$$y_2(t) = I + II$$

$$y_2(t) = (y_0 - y_{st})\cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega}\sin(\omega t) + \frac{y_{st}\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} + y_{st} \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}} \quad (2 - 119)$$

وهي معادلة الاستجابة في المجال الثاني في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة.

3-a- المجال الثالث: $t_{d2} \leq t$

حالة اهتزاز حر من المجال الثاني لما $t = t_{d2}$ ، نحسب $y_{t_{d2}}$ ، $v_{t_{d2}}$ من الصيغة (2 - 119)

ومشتقتها بالنسبة للزمن بعد تبديل كل t بـ t_{d2} .

$$y_{t_{d2}} = (y_0 - y_{st})\cos(\omega t_{d2}) + \frac{v_0}{\omega}\sin(\omega t_{d2}) + \frac{y_{st}\sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \quad (2 - 120)$$

$$v_{t_{d2}} = -\omega(y_0 - y_{st})\sin(\omega t_{d2}) + v_0\cos(\omega t_{d2}) + \frac{y_{st}\cos[\omega(t - t_{d1})]}{(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{y_{st}}{t_{d2} - t_{d1}} \quad (2 - 121)$$

نعوض (2-120) و (2-121) بمعادلة الاهتزاز الحر:

$$y_3(t) = y_{t_{d2}} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_{d2}}}{\omega} \sin(\omega t) + 0$$

$$\begin{aligned} y_3(t) &= \left((y_0 - y_{st})\cos(\omega t_{d2}) + \frac{v_0}{\omega}\sin(\omega t_{d2}) + \frac{y_{st}\sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right) \cos(\omega t) \\ &+ \left(-\omega(y_0 - y_{st})\sin(\omega t_{d2}) + v_0\cos(\omega t_{d2}) + \frac{y_{st}\cos[\omega(t - t_{d1})]}{(t_{d2} - t_{d1})} \right. \\ &\quad \left. - \frac{y_{st}}{t_{d2} - t_{d1}} \right) \frac{\sin(\omega t)}{\omega} \end{aligned}$$

$$y_3(t) = (y_0 - y_{st})\cos(\omega t_{d2}) \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t_{d2}) \cos(\omega t) + \frac{y_{st}\sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \cos(\omega t)}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} - (y_0 - y_{st})\sin(\omega t_{d2})\sin(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \cos(\omega t_{d2})\sin(\omega t) + \frac{y_{st}\cos[\omega(t - t_{d1})]\sin(\omega t)}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{y_{st}\sin(\omega t)}{\omega(t_{d2} - t_{d1})}$$

باستخدام المتطابقات السابقة:

$$y_3(t) = (y_0 - y_{st})\cos[\omega(t + t_{d2})] + \frac{v_0}{\omega} \sin[\omega(t + t_{d2})] + \frac{y_{st}\sin[\omega(t + t_{d2} - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{y_{st}\sin(\omega t)}{\omega(t_{d2} - t_{d1})}$$

نعوض $t = t - t_{d2}$ ، وتكون معادلة الاستجابة في المجال الثالث:

$$y_3(t) = (y_0 - y_{st})\cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d1})] - \frac{y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d2})] \quad (2 - 122)$$

-b- تعيين معادلة DLFmax.

بعد مقارنة القيم بين المجال الأول و الثاني والثالث نجد أن قيم DLFmax في المجال الثاني هي

الأكبر وبالتالي نعتمد المجال الثاني في رسم مخطط DLFmax.

$$DLF = \frac{y_2(t)}{y_{st}}$$

$$DLF = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1\right) \cos(\omega t) + \frac{v_0}{y_{st}\omega} \sin(\omega t) + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} + \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}}$$

نعوض $\omega = \frac{2\pi}{T}$

$$DLF = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1\right) \cos\left(2\pi \frac{t}{T}\right) + \frac{Tv_0}{2\pi y_{st}} \sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) + \frac{1}{2\pi\left(\frac{t_{d2}}{T} - \frac{t_{d1}}{T}\right)} \sin\left(2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{t_{d1}}{T}\right)\right) + \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}}$$

بالتبديل بـ $x = \frac{t_{d1}}{T}$ و $A = \frac{t_{d2}}{T}$ و $z = \frac{t}{T}$ تصبح الصيغة السابقة:

$$DLF = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1\right) \cos(2\pi z) + \frac{v_0 T}{y_{st} \cdot 2\pi} \sin(2\pi z) + \frac{\sin[2\pi(z - x)]}{2\pi(A - x)} + \frac{A - z}{A - x} \quad (2 - 123)$$

نشق بالنسبة لـ z ونعدم المشتق:

$$DLF'_z = -2\pi\left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1\right) \sin(2\pi z) + 2\pi \frac{v_0 T}{y_{st} 2\pi} \cos(2\pi z) + \frac{\cos[2\pi(z - x)]}{(A - x)} - \frac{1}{A - x} = 0$$

$$-2\pi\left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1\right) \sin(2\pi z) + \frac{v_0 T}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \frac{1}{(A - x)} \cos[2\pi(z - x)] = \frac{1}{A - x}$$

نختصر طرفي المساواة على $\frac{1}{A - x}$:

$$-2\pi(A - x) \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \sin(2\pi z) + (A - x) \frac{v_0 T}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \cos[2\pi(z - x)] = 1$$

بعد الفك والإصلاح والاستعانة بالمتطابقات الهندسية السابقة نكتب:

$$-2\pi(A - x) \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \sin(2\pi z) + (A - x) \frac{v_0 T}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \cos(2\pi z) \cos(2\pi x) + \sin(2\pi z) \sin(2\pi x) = 1$$

بالتجميع نكتب:

$$\left((A - x) \frac{v_0 T}{y_{st}} + \cos(2\pi x) \right) \cos(2\pi z) + \left(-2\pi(A - x) \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) + \sin(2\pi x) \right) \sin(2\pi z) = 0$$

نفرض أن :

$$\left. \begin{aligned} a &= (A - x) \frac{v_0 T}{y_{st}} + \cos(2\pi x) \\ b &= -2\pi(A - x) \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) + \sin(2\pi x) \end{aligned} \right\}$$

$$a \cdot \cos(2\pi z) + b \cdot \sin(2\pi z) = 1$$

نقسم طرفي المساواة على $\sqrt{a^2 + b^2} \neq 0$

$$\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \cos(2\pi z) + \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \sin(2\pi z) = \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

نفرض أن : $\sin(\theta) = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ ، $\cos(\theta) = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$

$$\cos(2\pi z) \cos(\theta) + \sin(2\pi z) \sin(\theta) = \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

نفرض أن : $\cos(g) = \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ نكتب:

$$\cos(2\pi z - \theta) = \cos(g)$$

$$2\pi z - \theta = g \Rightarrow z = \frac{\theta + g}{2\pi}$$

$$\left. \begin{aligned} \theta &= \arcsin \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} , g = \arccos \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}} \end{aligned} \right\} \text{حيث أن} \quad (2 - 124)$$

نفرض قيمة لـ x و نحسب كلاً من a , b وبالتالي حساب الزاوية θ ، نعوض في العلاقة (23 - 2)

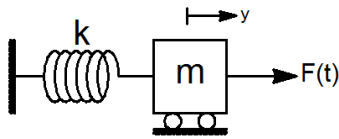
لتحديد قيمة z ، ثم نعوض كلاً من x و z بالعلاقة (23 - 2) فنحصل على قيمة عامل الحمولة الديناميكي

الأعظمي عند النسبة $x = \frac{t_d}{T}$ ، نعين النقطة $(DLF_{maz} - x)$ ، وبأخذ قيمة جديدة لـ x و حساب

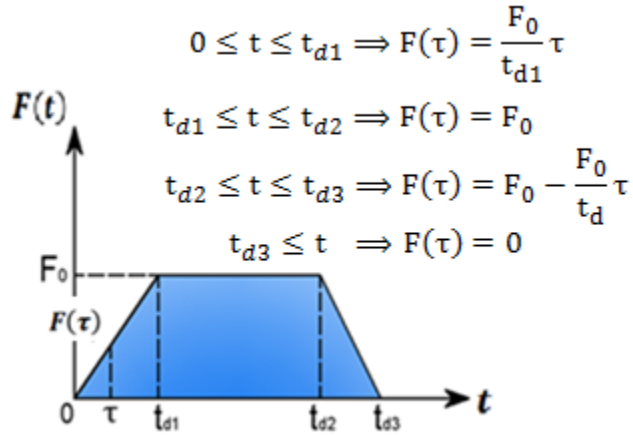
الـ DLF_{max} الموافقة وتعيين مجموعة هذه النقاط على المخطط والوصل بينها نحصل على المنحني

المطلوب.

3-9- النبض متزايد - ثابت - متناقص "شبه منحرف"



الشكل (b): النموذج الرياضي.



الشكل (a): نبض شبه منحرف.

الشكل (3-9)

تتم دراسة أربعة مجالات الأول لما $0 \leq t \leq t_{d1}$ ، والمجال الثاني لما $t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$ يضاف إليه تأثير الاهتزاز الحر من المجال الأول لما $t = t_{d1}$ ، و المجال الثالث لما $t_{d2} \leq t \leq t_{d3}$ يضاف إليه تأثير الاهتزاز الحر من المجال الثاني لما $t = t_{d2}$ ، و المجال الرابع لما $t_{d3} \leq t$ ويمثل حالة الاهتزاز الحر بعد زوال تأثير القوة المحرصة نهائياً $t = t_{d3}$.

3-9-1- حالة شروط ابتدائية معدومة للحركة ($y_0 = v_0 = 0$)

a- تعيين معادلة الاستجابة.

a-1- المجال الأول: $0 \leq t \leq t_{d1}$

تعطى القوة المحرصة $F(\tau)$ للمجال بالعلاقة (2-39) :

$$F(\tau) = F_0 \frac{\tau}{t_{d1}} \quad (2-125)$$

نعوض (2-125) معادلة في تكامل ديوهامل في حال انعدام الشروط الابتدائية (2-1)،

$$\begin{aligned} y_1(t) &= \frac{F_0}{m \omega t_{d1}} \int_0^t \tau \sin[\omega(t - \tau)] d\tau \\ &= \frac{F_0}{m \omega^2} \left(\frac{t}{t_{d1}} - \frac{\sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} \right) \end{aligned}$$

وبالتالي تكون المعادلة التي نحصل من خلالها على الاستجابة في المجال الأول في حال عدم وجود شروط ابتدائية للحركة:

$$y_1(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_{d1}} - \frac{\sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} \right) \quad (2-126)$$

a-2- المجال الثاني: $t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$

$$F(\tau) = F_0$$

نضيف تأثير الاهتزاز الحر من المجال الأول حيث نحسب $y_{t_{d1}}$ و $v_{t_{d1}}$ من الصيغة (2-126) ومشتقها بالنسبة للزمن وتبديل كل t بـ t_{d1} .

$$y_{t_{d1}} = y_{st} \left(1 - \frac{\sin(\omega t_{d1})}{\omega t_{d1}} \right) \quad (2-127)$$

$$v_{t_{d1}} = y_{st} \left(\frac{1}{t_{d1}} - \frac{\cos(\omega t_{d1})}{t_{d1}} \right) \quad (2-128)$$

نعوض كلاً من (2-127) و (2-128) بمعادلة الاستجابة الديناميكية في هذا المجال:

$$y_2(t) = y_{t_{d1}} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_{d1}}}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{1}{m \omega} \int_0^t F_0 \sin \omega(t - \tau) d\tau$$

نفرض أن:

$$I = y_{t_{d1}} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_{d1}}}{\omega} \sin(\omega t)$$

$$II = \frac{1}{m \omega} \int_0^t F_0 \sin \omega(t - \tau) d\tau$$

حساب I:

$$I = y_{st} \left(1 - \frac{\sin(\omega t_{d1})}{\omega t_{d1}} \right) \cos(\omega t) + y_{st} \left(\frac{1}{t_{d1}} - \frac{\cos(\omega t_{d1})}{t_{d1}} \right) \frac{\sin(\omega t)}{\omega}$$

$$I = y_{st} \left(\cos(\omega t) - \frac{\sin(\omega t_{d1}) \cos(\omega t)}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} - \frac{\cos(\omega t_{d1}) \sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} \right)$$

بعد الفك والإصلاح و استخدام المتطابقات السابقة نجد:

$$I = y_{st} \left(\cos(\omega t) - \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t + t_{d1})] + \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin(\omega t) \right)$$

بالتعويض $t = t - t_{d1}$:

$$I = y_{st} \left(\cos[\omega(t - t_{d1})] - \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin(\omega t) + \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] \right)$$

حساب II:

$$II = \frac{1}{m \omega} \int_0^t F_0 \sin \omega(t - \tau) d\tau$$

$$II = \frac{F_0}{m \omega^2} (1 - \cos(\omega t))$$

نعوض $t = t - t_{d1}$:

$$II = y_{st} (1 - \cos[\omega(t - t_{d1})])$$

نعوض I و II بعلاقة $y_2(t)$:

$$y_2(t) = y_{st} \left(\cos[\omega(t - t_{d1})] - \frac{\sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} + 1 - \cos[\omega(t - t_{d1})] \right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \left(1 - \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin(\omega t) + \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] \right) \quad (2 - 129)$$

وهي معادلة الاستجابة في المجال الثاني في حال عدم وجود شروط ابتدائية للحركة.

3-3- المجال الثالث: $t_{d2} \leq t \leq t_{d3}$

علاقة تابع القوة بالشكل:

$$F(\tau) = F_0 - \frac{F_0}{t_d} \cdot \tau$$

والزمن $t_d = t_{d3} - t_{d2}$ و $t = t - t_{d2}$

(2 - نضيف تأثير الاهتزاز الحر من المجال الثاني حيث نحسب كلاً من $v_{t_{d2}}$ و $y_{t_{d2}}$ من الصيغة 129 ومشتقتها بالنسبة للزمن بعد تبديل كل t بـ t_{d2} .)

$$y_{t_{d2}} = y_{st} \left(1 - \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin(\omega t_{d2}) + \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \right) \quad (2 - 130)$$

$$v_{t_{d2}} = y_{st} \left(-\frac{1}{t_{d1}} \cos(\omega t_{d2}) + \frac{1}{t_{d1}} \cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \right) \quad (2 - 131)$$

نعوض (2-130) و (2-131) بمعادلة الاستجابة في هذا المجال $y_3(t)$:

$$y_3(t) = y_{t_{d2}} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_{d2}}}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{1}{m \omega} \int_0^t \left(F_0 - \frac{F_0}{t_d} \tau \right) \sin(\omega(t - \tau)) d\tau$$

نفرض أن:

$$I = y_{t_{d2}} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_{d2}}}{\omega} \sin(\omega t)$$

$$II = \frac{1}{m \omega} \int_0^t \left(F_0 - \frac{F_0}{t_d} \tau \right) \sin(\omega(t - \tau)) d\tau$$

حساب I:

$$I = y_{st} \left(1 - \frac{\sin(\omega t_{d2})}{\omega \cdot t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} \right) \cos(\omega t)$$

$$+ y_{st} \left(-\frac{\cos(\omega t_{d2})}{t_{d1}} + \frac{\cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})]}{t_{d1}} \right) \frac{\sin(\omega t)}{\omega}$$

$$I = y_{st} \left(\cos(\omega t) - \frac{\sin(\omega t_{d2}) \cos(\omega t)}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \cos(\omega t)}{\omega t_{d1}} \right. \\ \left. - \frac{\cos(\omega t_{d2}) \sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} + \frac{\cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} \right)$$

بعد الفك والإصلاح واستخدام المتطابقات السابقة نجد:

$$I = y_{st} \left(\cos(\omega t) - \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t + t_{d2})] + \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t + t_{d2} - t_{d1})] \right)$$

بالتعويض $t = t - t_{d2}$ ينتج:

$$I = y_{st} \left(\cos[\omega(t - t_{d2})] - \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin(\omega t) + \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] \right)$$

حساب II:

$$II = \frac{1}{m \omega} \int_0^t \left(F_0 - \frac{F_0}{t_d} \tau \right) \sin(\omega(t - \tau)) d\tau$$

$$II = \frac{F_0}{m \omega} \int_0^t \sin(\omega(t - \tau)) d\tau - \frac{F_0}{m \omega t_d} \int_0^t \tau \sin(\omega(t - \tau)) d\tau$$

$$II = y_{st}(1 - \cos(\omega t)) - y_{st} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right)$$

$$II = y_{st} - y_{st} \cos(\omega t) - y_{st} \frac{t}{t_d} + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \sin(\omega t)$$

نعوض $t_d = t_{d3} - t_{d2}$ و $t = t - t_{d2}$

$$II = y_{st} - y_{st} \cos[\omega(t - t_{d2})] - y_{st} \frac{t - t_{d2}}{t_{d3} - t_{d2}} + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega(t - t_{d2})]$$

$$II = -y_{st} \cos[\omega(t - t_{d2})] + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega(t - t_{d2})] + y_{st} \frac{t_{d3} - t}{t_{d3} - t_{d2}}$$

نعوض كلاً من I و II بمعادلة الاستجابة $y_3(t)$ التالية:

$$y_3(t) = I + II$$

$$y_3(t) = y_{st} \left(\cos[\omega(t - t_{d2})] - \frac{\sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} - \cos[\omega(t - t_{d2})] \right. \\ \left. + \frac{\sin[\omega(t - t_{d2})]}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} + \frac{t_{d3} - t}{t_{d3} - t_{d2}} \right)$$

$$y_3(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d2})]}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} + \frac{t_{d3} - t}{t_{d3} - t_{d2}} \right) \quad (2 - 132)$$

وهي معادلة الاستجابة في المجال الثالث في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة.

a-4- المجال الرابع: $t_{d3} \leq t$

حالة اهتزاز حر من المجال الثالث لما $t_{d3} = t$ نحسب $y_{t_{d3}}$ ، $v_{t_{d3}}$ من الصيغة (2-132) ومشتقتها

بالنسبة للزمن بعد تبديل كل $t \rightarrow t_{d3}$.

$$y_{t_{d3}} = y_{st} \left(-\frac{1}{\omega t_{d1}} \sin(\omega t_{d3}) + \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t_{d3} - t_{d1})] + \frac{\sin[\omega(t_{d3} - t_{d2})]}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \right) \quad (2-133)$$

$$v_{t_{d3}} = y_{st} \left(-\frac{\cos(\omega t_{d3})}{t_{d1}} + \frac{\cos[\omega(t_{d3} - t_{d1})]}{t_{d1}} + \frac{\cos[\omega(t_{d3} - t_{d2})]}{(t_{d3} - t_{d2})} - \frac{1}{t_{d3} - t_{d2}} \right) \quad (2-134)$$

نعوض (2-133) و (2-134) بمعادلة الاهتزاز الحر في هذا المجال:

$$y_4(t) = y_{t_{d3}} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_{d3}}}{\omega} \sin(\omega t) + 0$$

$$y_4(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega t_{d3})}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t_{d3} - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t_{d3} - t_{d2})]}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \right) \cos(\omega t)$$

$$+ y_{st} \left(-\frac{\cos(\omega t_{d3})}{t_{d1}} + \frac{\cos[\omega(t_{d3} - t_{d1})]}{t_{d1}} + \frac{\cos[\omega(t_{d3} - t_{d2})]}{(t_{d3} - t_{d2})} - \frac{1}{t_{d3} - t_{d2}} \right) \frac{\sin(\omega t)}{\omega}$$

$$y_4(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega t_{d3}) \cos(\omega t)}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t_{d3} - t_{d1})] \cos(\omega t)}{\omega t_{d1}} \right.$$

$$+ \frac{\sin[\omega(t_{d3} - t_{d2})] \cos(\omega t)}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} - \frac{\cos(\omega t_{d3}) \sin(\omega t)}{\omega t_{d1}}$$

$$+ \frac{\cos[\omega(t_{d3} - t_{d1})] \sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} + \frac{\cos[\omega(t_{d3} - t_{d2})] \sin(\omega t)}{\omega(t_{d3} - t_{d2})}$$

$$\left. - \frac{\sin(\omega t)}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \right)$$

بعد الفك والإصلاح والاستعانة بالمتطابقات الهندسية نكتب:

$$y_4(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin[\omega(t + t_{d3})]}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t + t_{d3} - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t + t_{d3} - t_{d2})]}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \right.$$

$$\left. - \frac{\sin(\omega t)}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \right)$$

نعوض $t = t - t_{d3}$ ، وتكون بالتالي معادلة الاستجابة في المجال الرابع:

$$y_4(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d2})]}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} - \frac{\sin[\omega(t - t_{d3})]}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \right) \quad (2-135)$$

وهي معادلة الاستجابة في المجال الرابع.

b- تعيين معادلة DLFmax.

بعد مقارنة القيم بين المجال الأول و الثاني والثالث و الرابع نجد أن قيم DLFmax في المجال الثاني هي الأكبر وبالتالي نعلم في رسم مخطط DLFmax على العلاقة (129 - 2).

$$DLF = \frac{y_2(t)}{y_{st}}$$

$$DLF = \left(1 - \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin(\omega t) + \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] \right)$$

نعوض $\omega = \frac{2\pi}{T}$

$$DLF = 1 - \frac{1}{2\pi \frac{t_{d1}}{T}} \sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) + \frac{1}{2\pi \frac{t_{d1}}{T}} \cdot \sin\left(2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{t_{d1}}{T}\right)\right)$$

ونعوض $x = \frac{t_{d1}}{T}$ و $z = \frac{t}{T}$

$$DLF = 1 - \frac{1}{2\pi x} \sin(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)] \quad (2 - 136)$$

نشتق بالنسبة لـ z ونساوي المشتق مع الصفر:

$$DLF'_z = 0 - \frac{2\pi}{2\pi x} \cos(2\pi z) + \frac{2\pi}{2\pi x} \cos[2\pi(z - x)] = 0$$

$$-\frac{1}{x} \cos(2\pi z) + \frac{1}{x} \cos[2\pi(z - x)] = 0$$

بعد الفك والإصلاح نجد:

$$-\cos(2\pi z) + \cos(2\pi z)\cos(2\pi x) - \sin(2\pi z)\sin(2\pi x) = 0$$

$$(1 - \cos(2\pi x))\cos(2\pi z) + (\sin(2\pi x))\sin(2\pi z) = 0$$

نفرض أن :

$$\left. \begin{aligned} a &= 1 - \cos(2\pi x) \\ b &= \sin(2\pi x) \end{aligned} \right\}$$

$$a \cdot \cos(2\pi z) + b \cdot \sin(2\pi z) = 0$$

نقسم طرفي المساواة على $\sqrt{a^2 + b^2} \neq 0$

$$\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cos(2\pi z) + \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \sin(2\pi z) = 0$$

نفرض أن : $\cos(\theta) = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ ، $\sin(\theta) = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ فيكون:

$$\cos(2\pi z)\cos(\theta) + \sin(2\pi z)\sin(\theta) = 0$$

$$\cos(2\pi z - \theta) = 0$$

أي أن:

$$\left. \begin{aligned} 2\pi z - \theta &= \frac{\pi}{2} \Rightarrow z = \frac{\theta}{2\pi} + 0.25 \\ \theta &= \arcsin \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \text{ حيث أن} \end{aligned} \right\} \quad (2-137)$$

ويتم رسم المنحني الممثل لعامل الحمولة الديناميكي الأعظمي بالنسبة لعلاقته مع النسبة $\frac{t_d}{T}$ بفرض قيمة لـ x ، ثم حساب كلاً من a ، b الزاوية θ ، ثم التعويض في العلاقة (2-137) لتحديد قيمة z ، ثم تعويض x و z بالعلاقة (2-136) لتحديد قيمة عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي عند النسبة $x = \frac{t_d}{T}$ ، فتتعيّن النقطة $(DLF_{maz} - x)$ ، وهكذا وبأخذ قيمة جديدة لـ x وحساب الـ DLF_{max} الموافقة وتعيين النقطة الجديدة على المخطط و الوصل بينها يتشكل المنحني المطلوب.

2-9-3- حالة شروط ابتدائية غير معدومة للحركة ($y_0 \neq 0, v_0 \neq 0$)

a- تعيين معادلة الاستجابة.

1-a- المجال الأول: $0 \leq t \leq t_{d1}$

تعطى القوة المحرصة $F(\tau)$:

$$F(\tau) = F_0 \frac{\tau}{t_{d1}}$$

نعوض بتكامل ديوهامل في حال شروط ابتدائية غير معدومة (2-2)،

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{1}{m \omega} \int_0^t F(\tau) \sin[\omega(t - \tau)] dt$$

$$\begin{aligned} y_1(t) &= y_0 \cdot \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{F_0}{m \omega t_{d1}} \int_0^t \sin[\omega(t - \tau)] d\tau \\ &= y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{F_0}{m \omega^2} \left(\frac{t}{t_{d1}} - \frac{\sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} \right) \\ &= y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + y_{st} \left(\frac{t}{t_{d1}} - \frac{\sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} \right) \end{aligned}$$

وبالتالي تكون المعادلة التي نحصل من خلالها على الاستجابة في المجال الأول في حال شروط ابتدائية للحركة غير معدومة:

$$y_1(t) = y_0 \cdot \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + y_{st} \cdot \frac{t}{t_{d1}} \quad (2-138)$$

2-a- المجال الثاني: $t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$

$$F(\tau) = F_0$$

نضيف تأثير الاهتزاز الحر من المجال الأول حيث نحسب $v_{t_{d1}}$ و $y_{t_{d1}}$ من العلاقة (2-138).

$$y_{t_{d1}} = y_0 \cos(\omega t_{d1}) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t_{d1}) + y_{st} \quad (2-139)$$

$$v_{t_{d1}} = -\omega y_0 \sin(\omega t_{d1}) + \omega \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \cos(\omega t_{d1}) + y_{st} \frac{1}{t_{d1}} \quad (2-140)$$

نعوض (2-139) و (2-140) في معادلة الاستجابة الخاصة بهذا المجال:

$$y_2(t) = y_{t_{d1}} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_{d1}}}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{F_0}{m \omega} \int_0^t \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

نفرض أن:

$$I = y_{t_{d1}} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_{d1}}}{\omega} \sin(\omega t)$$

$$II = + \frac{F_0}{m \omega} \int_0^t \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

نحسب I:

$$I = \left(y_0 \cos(\omega t_{d1}) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t_{d1}) + y_{st} \right) \cos(\omega t) \\ + \left(-\omega y_0 \sin(\omega t_{d1}) + \omega \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \cos(\omega t_{d1}) + \frac{y_{st}}{t_{d1}} \right) \frac{\sin(\omega t)}{\omega}$$

$$I = y_0 \cos(\omega t_{d1}) \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t_{d1}) \cos(\omega t) + y_{st} \cos(\omega t) \\ - y_0 \sin(\omega t_{d1}) \sin(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \cos(\omega t_{d1}) \sin(\omega t) \\ + \frac{y_{st} \sin(\omega t)}{\omega t_{d1}}$$

بعد الفك والإصلاح ومراعاة المتطابقات الهندسية السابقة نكتب :

$$I = y_0 \cos[\omega(t + t_{d1})] + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin[\omega(t + t_{d1})] + y_{st} \cos(\omega t) + y_{st} \frac{\sin(\omega t)}{\omega t_{d1}}$$

نعوض $t = t - t_{d1}$ ،

$$I = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + y_{st} \cos[\omega(t - t_{d1})] + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})]$$

نحسب II:

$$II = + \frac{F_0}{m \omega} \int_0^t \sin[\omega(t - \tau)] d\tau$$

$$II = y_{st} (1 - \cos(\omega t))$$

نعوض $t = t - t_{d1}$:

$$II = y_{st} (1 - \cos[\omega(t - t_{d1})])$$

$$II = y_{st} 1 - y_{st} \cos[\omega(t - t_{d1})]$$

نعوض I و II بمعادلة الاستجابة $y_2(t)$:

$$y_2(t) = I + II$$

$$y_2(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t)$$

$$+ y_{st} \cos[\omega(t - t_{d1})] + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] + y_{st}$$

$$- y_{st} \cos[\omega(t - t_{d1})]$$

$$y_2(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] + y_{st}$$

(2 - 141)

وهي معادلة الاستجابة في المجال الثاني في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة.

3-a-المجال الثالث: $t_{d2} \leq t \leq t_{d3}$

يعطى تابع القوة بالشكل:

$$F(\tau) = F_0 - \frac{F_0}{t_d} \cdot \tau$$

حيث: $t = t - t_{d2}$ و $t_d = t_{d3} - t_{d2}$.

نضيف تأثير الاهتزاز الحر من المجال الثاني حيث نحسب كلاً من $v_{t_{d2}}$ و $y_{t_{d2}}$ من العلاقة (2-141) ومشتقها بالنسبة للزمن وتبديل كل t بـ t_{d2} .

$$y_{t_{d2}} = y_0 \cdot \cos(\omega t_{d2}) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t_{d2}) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})] + y_{st}$$

(2 - 142)

$$v_{t_{d2}} = -\omega y_0 \sin(\omega t_{d2}) + \left(v_0 - \frac{y_{st}}{t_{d1}} \right) \cos(\omega t_{d2}) + \frac{y_{st}}{t_{d1}} \cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})]$$

(2 - 143)

نعوض (2-142) و (2-143) بمعادلة الاستجابة الموافقة لهذا المجال $y_3(t)$:

$$y_3(t) = y_{t_{d2}} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_{d2}}}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{1}{m\omega} \int_0^t \left(F_0 - \frac{F_0}{t_d} \tau \right) \sin(\omega(t - \tau)) d\tau$$

نفرض أن:

$$I = y_{t_{d2}} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_{d2}}}{\omega} \sin(\omega t)$$

$$II = \frac{1}{m\omega} \int_0^t \left(F_0 - \frac{F_0}{t_d} \tau \right) \sin(\omega(t - \tau)) d\tau$$

حساب I:

$$I = \left(y_0 \cos(\omega t_{d2}) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t_{d2}) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})] + y_{st} \right) \cos(\omega t) \\ + \left(-\omega y_0 \sin(\omega t_{d2}) + \left(v_0 - \frac{y_{st}}{t_{d1}} \right) \cos(\omega t_{d2}) \right. \\ \left. + \frac{y_{st}}{t_{d1}} \cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \right) \frac{\sin(\omega t)}{\omega}$$

$$I = y_0 \cos(\omega t_{d2}) \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t_{d2}) \cos(\omega t) \\ + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \cos(\omega t) + y_{st} \cos(\omega t) - y_0 \sin(\omega t_{d2}) \sin(\omega t) \\ + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \cos(\omega t_{d2}) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \cos[\omega(t_{d2} - t_{d1})] \sin(\omega t)$$

بعد الفك والإصلاح وبمراعاة المتطابقات السابقة نكتب:

$$I = y_0 \cos[\omega(t + t_{d2})] + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin[\omega(t + t_{d2})] + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t + t_{d2} - t_{d1})] \\ + y_{st} \cos(\omega t)$$

نعوض $t = t - t_{d2}$ ،

$$I = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] + y_{st} \cos[\omega(t - t_{d2})]$$

حساب II :

$$II = \frac{1}{m\omega} \int_0^t \left(F_0 - \frac{F_0}{t_d} \tau \right) \sin(\omega(t - \tau)) d\tau$$

$$II = \frac{F_0}{m\omega} \int_0^t \sin(\omega(t - \tau)) d\tau - \frac{F_0}{m\omega t_d} \int_0^t \tau \sin(\omega(t - \tau)) d\tau$$

$$II = y_{st}(1 - \cos(\omega t)) - y_{st} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right)$$

$$II = y_{st} - y_{st} \cos(\omega t) - y_{st} \frac{t}{t_d} + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \sin(\omega t)$$

نعوض $t = t - t_{d2}$ و $t_d = t_{d3} - t_{d2}$ ،

$$II = y_{st} - y_{st} \cos[\omega(t - t_{d2})] - y_{st} \frac{t - t_{d2}}{t_{d3} - t_{d2}} + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega(t - t_{d2})]$$

$$II = -y_{st} \cos[\omega(t - t_{d2})] + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega(t - t_{d2})] + y_{st} \frac{t_{d3} - t}{t_{d3} - t_{d2}}$$

نعوض بعلاقة $y_3(t)$:

$$y_3(t) = I + II$$

$$y_3(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] \\ + y_{st} \cos[\omega(t - t_{d2})] - y_{st} \cos[\omega(t - t_{d2})] + \frac{y_{st} \sin[\omega(t - t_{d2})]}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \\ + y_{st} \frac{t_{d3} - t}{t_{d3} - t_{d2}}$$

$$y_3(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] \\ + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \sin(\omega(t - t_{d2})) + y_{st} \frac{t_{d3} - t}{t_{d3} - t_{d2}} \quad (2 - 144)$$

وهي معادلة الاستجابة في المجال الثالث في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة.

a-4- المجال الرابع: $t < t_{d3}$

$$F(\tau) = 0$$

حالة الاهتزاز الحر من المجال الثالث لما $t = t_{d3}$ ، نحسب $y_{t_{d3}}$ و $v_{t_{d3}}$ وذلك بالتعويض بالصيغة (2-144) ومشتقتها بالنسبة للزمن وتبديل كل t بـ t_{d2} .

$$y_{t_{d3}} = y_0 \cdot \cos(\omega t_{d3}) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t_{d3}) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t_{d3} - t_{d1})] \\ + \frac{y_{st} \sin[\omega(t_{d3} - t_{d2})]}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \quad (2 - 145)$$

$$v_{t_{d3}} = -\omega y_0 \sin(\omega t_{d3}) + \left(v_0 - \frac{y_{st}}{t_{d1}} \right) \cos(\omega t_{d3}) + \frac{y_{st}}{t_{d1}} \cos[\omega(t_{d3} - t_{d1})] \\ + \frac{y_{st} \cos[\omega(t_{d3} - t_{d2})]}{(t_{d3} - t_{d2})} - \frac{y_{st}}{t_{d3} - t_{d2}} \quad (2 - 146)$$

نعوض (2-145) و (2-146) بمعادلة الاهتزاز الحر الخاصة بهذا المجال:

$$y_4(t) = y_{t_{d3}} \cos(\omega t) + \frac{v_{t_{d3}}}{\omega} \sin(\omega t)$$

$$y_4(t) = \left(y_0 \cos(\omega t_{d3}) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t_{d3}) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t_{d3} - t_{d1})] \right. \\ \left. + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega(t_{d3} - t_{d2})] \right) \cos(\omega t) \\ + \left(-\omega y_0 \sin(\omega t_{d3}) + \left(v_0 - \frac{y_{st}}{t_{d1}} \right) \cos(\omega t_{d3}) + \frac{y_{st}}{t_{d1}} \cos[\omega(t_{d3} - t_{d1})] \right. \\ \left. + \frac{y_{st}}{(t_{d3} - t_{d2})} \cos[\omega(t_{d3} - t_{d2})] - \frac{y_{st}}{t_{d3} - t_{d2}} \right) \frac{\sin(\omega t)}{\omega}$$

$$\begin{aligned}
y_4(t) = & y_0 \cos(\omega t_{d3}) \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t_{d3}) \cos(\omega t) \\
& + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t_{d3} - t_{d1})] \cos(\omega t) \\
& + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega(t_{d3} - t_{d2})] \cos(\omega t) - y_0 \sin(\omega t_{d3}) \sin(\omega t) \\
& + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \cos(\omega t_{d3}) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \cos[\omega(t_{d3} - t_{d1})] \sin(\omega t) \\
& + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \cos[\omega(t_{d3} - t_{d2})] \sin(\omega t) - \frac{y_{st}}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \sin(\omega t)
\end{aligned}$$

بعد الإصلاح ومراعاة المتطابقات السابقة ينتج:

$$\begin{aligned}
y_4(t) = & y_0 \cos[\omega(t + t_{d3})] + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin[\omega(t + t_{d3})] \\
& + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t + t_{d3} - t_{d1})] + \frac{y_{st} \sin[\omega(t + t_{d3} - t_{d2})]}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \\
& - \frac{y_{st} \sin(\omega t)}{\omega(t_{d3} - t_{d2})}
\end{aligned}$$

نعوض $t = t - t_{d3}$ ، وتكون بالتالي معادلة الاستجابة في المجال الرابع:

$$\begin{aligned}
y_4(t) = & y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] \\
& + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega(t - t_{d2})] - \frac{y_{st}}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega(t - t_{d3})]
\end{aligned} \quad (2 - 147)$$

وهي معادلة الاستجابة في المجال الرابع.

-b تعيين معادلة DLFmax.

بعد مقارنة القيم بين المجال الأول و الثاني والثالث و الرابع نجد أن قيم DLFmax في المجال الثاني

هي الأكبر وبالتالي نعتمد هذا المجال في رسم مخطط DLFmax أي نستخدم الصيغة (2 - 141).

$$\begin{aligned}
DLF = & \frac{y_0}{y_{st}} \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega y_{st}} - \frac{1}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] + 1 \\
& \text{نعوض } \omega = \frac{2\pi}{T} \text{ و } x = \frac{t_{d1}}{T} \text{ و } z = \frac{t}{T} \\
DLF = & \frac{y_0}{y_{st}} \cos\left(2\pi \frac{t}{T}\right) + \left(\frac{v_0 T}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi \frac{t_{d1}}{T}} \right) \sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) + \frac{1}{2\pi \frac{t_{d1}}{T}} \sin\left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{t_{d1}}{T}\right)\right] + 1
\end{aligned}$$

$$DLF = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)] + 1 \quad (2 - 148)$$

نشتق بالنسبة لـ z ونساوي الناتج مع الصفر:

$$DLF'_z = -2\pi \frac{y_0}{y_{st}} \sin(2\pi z) + 2\pi \left(\frac{v_0 T}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \cos(2\pi z) + \frac{\cos[2\pi(z - x)]}{x} = 0$$

$$-2\pi \frac{y_0}{y_{st}} \sin(2\pi z) + \left(\frac{v_0 \cdot T}{y_{st}} - \frac{1}{x} \right) \cos(2\pi z) + \frac{1}{x} \cos[2\pi(z - x)] = 0$$

بعد الفك والإصلاح ينتج:

$$\left(\frac{v_0 T}{y_{st}} - \frac{1}{x} + \frac{1}{x} \cos(2\pi x) \right) \cos(2\pi z) + \left(\frac{1}{x} \sin(2\pi x) - 2\pi \frac{y_0}{y_{st}} \right) \sin(2\pi z) = 0$$

نفرض أن :

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{v_0 \cdot T}{y_{st}} - \frac{1}{x} + \frac{1}{x} \cos(2\pi x) \\ b &= \frac{1}{x} \sin(2\pi x) - 2\pi \frac{y_0}{y_{st}} \end{aligned} \right\}$$

$$a \cdot \cos(2\pi z) + b \cdot \sin(2\pi z) = 0$$

نقسم طرفي المساواة على $\sqrt{a^2 + b^2} \neq 0$

$$\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \cos(2\pi \cdot z) + \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \sin(2\pi \cdot z) = 0$$

بفرض أن : $\cos(\theta) = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ ، $\sin(\theta) = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ نكتب،

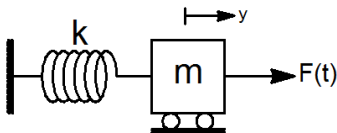
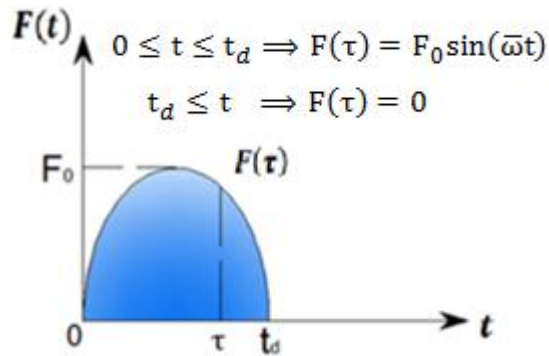
$$\cos(2\pi z) \cos(\theta) + \sin(2\pi z) \sin(\theta) = 0$$

$$\left. \begin{aligned} \cos(2\pi z - \theta) = 0 \Rightarrow 2\pi z - \theta = \frac{\pi}{2} \Rightarrow z = \frac{\theta}{2\pi} + 0.25 \\ \theta = \arcsin \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \text{ حيث أن} \end{aligned} \right\} (2 - 149)$$

ويتم تحديد النقاط كما سبق و ذلك باستخدام العلاقة (2 - 149) لتحديد z بعد فرض قيمة x والعلاقة

(2 - 148) لحساب قيمة DLFmax .

3-10- النبض بشكل نصف موجة " قطع "



الشكل (b): النموذج الرياضي.

الشكل (a): نبض قطعي.

الشكل (3-10)

تتم دراسة استجابة المنشأة في المجالين الأول لما $0 \leq t \leq t_d$ ، والمجال الثاني لما $t_d \leq t$ بعد

زوال القوة المحرصة.

تحسب القوة المحرصة $F(\tau)$ في مجال تأثير القوة أي لِمَا $0 \leq t \leq t_d$ بالشكل :

$$F(\tau) = F_0 \sin(\bar{\omega}t) \quad (2 - 150)$$

حيث يُمثل $\bar{\omega}$ التردد القسري للجملة ويعطى بالعلاقة $\bar{\omega} = \frac{\pi}{t_d}$.

سنعتمد في الحل من أجل الحمولة النبضية بشكل نصف موجة على الطريقة التقليدية "معادلة الحركة".

تعطى المعادلة التفاضلية للحركة بالشكل العام بالشكل:

$$m\ddot{y} + Ky = F(\tau) \quad (2 - 151)$$

ونميز

الحالة العامة:

$$\bar{\omega} = \frac{\pi}{t_d} \neq \omega \quad \text{أو} \quad \frac{t_d}{T} \neq \frac{1}{2}$$

حالة وجود الطنين:

$$\bar{\omega} = \omega \quad \text{أو} \quad \frac{t_d}{T} = \frac{1}{2}$$

3-10-1- دراسة الحالة العامة $\bar{\omega} \neq \omega$

a- تعيين معادلة الاستجابة.

1-a- المجال الأول " طور الاهتزاز القسري " $0 \leq t \leq t_d$

تعطى استجابة الجملة SDF غير المتخامدة بالعلاقة:

$$y(t) = y_c(t) + y_p(t) \quad (2 - 152)$$

حيث إن $y_p(t)$: الحل الخاص.

$y_c(t)$: الحل العام " المتمم " .

* حساب الحل الخاص.

يعطى الحل الخاص بالشكل:

$$y_p(t) = C \cdot \sin(\bar{\omega}t) \quad (2 - 153)$$

نشتق بالنسبة للزمن:

$$y_p(t) = \bar{\omega}C \cdot \cos(\bar{\omega}t)$$

المشتق الثاني بالنسبة للزمن:

$$y_p(t) = -\bar{\omega}^2 C \cdot \sin(\bar{\omega}t)$$

نعوض المشتق الأول و الثاني في المعادلة التفاضلية للحركة (2 - 151)

$$m\ddot{y} + Ky = F(\tau) = F_0 \sin(\bar{\omega}t)$$

$$-m\bar{\omega}^2 C \sin(\bar{\omega}t) + K C \sin(\bar{\omega}t) = F_0 \sin(\bar{\omega}t)$$

نختصر طرفي المساواة على $\sin(\bar{\omega}t)$ ونخرج الثابت C كعامل مشترك،

$$C(-m\bar{\omega}^2 + K) = F_0 \Rightarrow C = \frac{F_0}{(-m\bar{\omega}^2 + K)}$$

$$C = \frac{F_0}{K - m\bar{\omega}^2}$$

نبدل بـ :

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{m}} \Rightarrow m = \frac{K}{\omega^2}$$

$$C = \frac{F_0}{K - \frac{K}{\omega^2} \bar{\omega}^2} = \frac{F_0}{K \left(1 - \left(\frac{\bar{\omega}}{\omega}\right)^2\right)} = \frac{F_0}{K} \frac{1}{\left(1 - \left(\frac{\bar{\omega}}{\omega}\right)^2\right)}$$

نعوض قيمة الثابت C في الحل الخاص علاقة (2-153)،

$$y_p(t) = \frac{F_0}{K} \frac{1}{\left(1 - \left(\frac{\bar{\omega}}{\omega}\right)^2\right)} \sin(\bar{\omega}t) \quad (2-154)$$

* حساب الحل العام.

يعطى الحل العام بالشكل:

$$y_c(t) = A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t) \quad (2-155)$$

تصبح المعادلة النهائية المحددة للاستجابة في هذا المجال:

$$y(t) = A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t) + \frac{F_0}{K} \frac{1}{\left(1 - \left(\frac{\bar{\omega}}{\omega}\right)^2\right)} \sin(\bar{\omega}t)$$

يتم تعيين الثوابت A و B من الشروط الأولية للحركة، وباعتبار أن الشروط الأولية للحركة معدومة أي

$y_0 = v_0 = 0$ ، نعوض $t = 0$ في المعادلة (2-152) :

$$y(0) = A \cos(0) + B \sin(0) + \frac{F_0}{K} \frac{1}{\left(1 - \left(\frac{\bar{\omega}}{\omega}\right)^2\right)} \sin(0) = 0$$

$$A \cos(0) + 0 + 0 = 0 \Rightarrow A = 0$$

$$y'(t) = -\omega A \sin(\omega t) + \omega B \cos(\omega t) + \bar{\omega} \frac{F_0}{K} \frac{1}{\left(1 - \left(\frac{\bar{\omega}}{\omega}\right)^2\right)} \cos(\bar{\omega}t)$$

نعوض $t = 0$ في مشتق العلاقة (2-152) بالنسبة للزمن فنجد،

$$y'(0) = -\omega A \sin(0) + \omega B \cos(0) + \bar{\omega} \frac{F_0}{K} \frac{1}{\left(1 - \left(\frac{\bar{\omega}}{\omega}\right)^2\right)} \cos(0) = 0$$

$$0 + \omega B + \bar{\omega} \frac{F_0}{K} \frac{1}{\left(1 - \left(\frac{\bar{\omega}}{\omega}\right)^2\right)} = 0 \Rightarrow B = -\frac{F_0}{K} \frac{\frac{\bar{\omega}}{\omega}}{\left(1 - \left(\frac{\bar{\omega}}{\omega}\right)^2\right)}$$

نعوض A و B في العلاقة (2-155) فنجد:

$$y_c(t) = 0 \cdot \cos(\omega t) + -\frac{F_0}{K} \frac{\bar{\omega}}{\left(1 - \left(\frac{\bar{\omega}}{\omega}\right)^2\right)} \cdot \sin(\omega t)$$

$$y_c(t) = -\frac{F_0}{K} \frac{\bar{\omega}}{\left(1 - \left(\frac{\bar{\omega}}{\omega}\right)^2\right)} \cdot \sin(\omega t) \quad (2 - 155)$$

نعوض الصيغتين (2 - 154) و (2 - 155) في المعادلة (2 - 152):

$$y_1(t) = -\frac{F_0}{K} \frac{\bar{\omega}}{\left(1 - \left(\frac{\bar{\omega}}{\omega}\right)^2\right)} \cdot \sin(\omega t) + \frac{F_0}{K} \frac{1}{\left(1 - \left(\frac{\bar{\omega}}{\omega}\right)^2\right)} \sin(\bar{\omega} t)$$

باستخدام الصيغ $\bar{\omega} = \frac{\pi}{t_d}$ و $\omega = \frac{2\pi}{T}$ و $y_{st} = \frac{F_0}{K}$ تصبح المعادلة الاستجابة في المجال الأول:

$$y_1(t) = y_{st} \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{T}{2t_d}\right)^2\right]} \left[\sin\left(\pi \frac{t}{t_d}\right) - \frac{T}{2t_d} \sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) \right] \quad (2 - 156)$$

a-2- المجال الثاني " طور الاهتزاز الحر " $t_d \leq t$

تعطى استجابة الجملة SDF غير المتخامدة في طور الاهتزاز الحر للجملة بالعلاقة:

$$y_2(t) = y_{td} \cos(\omega t) + \frac{v_{td}}{\omega} \sin(\omega t) \quad (2 - 157)$$

حيث إن $t = t - t_d$ ، و يحدد كلاً من الانتقال y_{td} والسرعة v_{td} عند نهاية تأثير النبض من الصيغة (2 - 156) بعد استبدال كل t بـ t_d .

$$y_{td} = y_{st} \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{T}{2t_d}\right)^2\right]} \left[\sin(\pi) - \frac{T}{2t_d} \sin\left(2\pi \frac{t_d}{T}\right) \right]$$

$$y_{td} = y_{st} \frac{1}{\left[\left(\frac{T}{2t_d}\right)^2 - 1\right]} \frac{T}{2t_d} \sin\left(2\pi \frac{t_d}{T}\right) \quad (2 - 158)$$

$$v_{td} = y_{st} \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{T}{2t_d}\right)^2\right]} \left[\frac{\pi}{t_d} \cos\left(\pi \frac{t_d}{t_d}\right) - \frac{2\pi}{T} \frac{T}{2t_d} \cos\left(2\pi \frac{t_d}{T}\right) \right]$$

$$v_{td} = y_{st} \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{T}{2t_d}\right)^2\right]} \left[-\frac{\pi}{t_d} - \frac{\pi}{t_d} \cos\left(2\pi \frac{t}{T}\right) \right]$$

$$v_{td} = y_{st} \frac{1}{\left[\left(\frac{T}{2t_d}\right)^2 - 1\right]} \left[\frac{\pi}{t_d} + \frac{\pi}{t_d} \cos\left(2\pi \frac{t}{T}\right) \right] \quad (2 - 159)$$

نعوض الصيغتين (2 - 158) و (2 - 159) في المعادلة (2 - 157) فنجد:

$$y_2(t) = y_{st} \frac{1}{\left[\left(\frac{T}{2t_d}\right)^2 - 1\right]} \frac{T}{2t_d} \sin\left(2\pi \frac{t_d}{T}\right) \cos(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega} \frac{1}{\left[\left(\frac{T}{2t_d}\right)^2 - 1\right]} \left[\frac{\pi}{t_d} + \frac{\pi}{t_d} \cos\left(2\pi \frac{t}{T}\right)\right] \sin(\omega t)$$

بعد الفك والإصلاح والأخذ بعين الاعتبار أن :

$$\sin x + \sin y = 2 \sin \frac{x+y}{2} \cos \frac{x-y}{2}$$

تصبح معادلة $y_2(t)$ بالشكل:

$$y_2(t) = y_{st} \frac{\frac{T}{t_d} \cos\left(\pi \frac{t_d}{T}\right)}{\left[\left(\frac{T}{2t_d}\right)^2 - 1\right]} \sin\left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{t_d}{2T}\right)\right] \quad (2-160)$$

3-10-2- دراسة حالة وجود الظنين $\bar{\omega} = \omega$

a- تعيين معادلة الاستجابة.

1-a- المجال الأول " طور الاهتزاز القسري " $0 \leq t \leq t_d$

* حساب الحل الخاص.

في حال تساوى تردد الاهتزاز القسري مع تردد الاهتزاز الحر للجملة ($\bar{\omega} = \omega$) فإن الحل الخاص المعطى بالصيغة (2-153) يتعذر تبنيه لأنه هو أيضاً جزء من الحل العام المتمم، وفي هذه الحالة نعلم الحل الخاص بالشكل:

$$y_p(t) = C.t.\cos(\omega t)$$

لحساب الثابت C نشق بالنسبة للزمن مرتين ونعوض في المعادلة التفاضلية العامة للحركة (2-151)

$$y_p(t) = C \cos(\omega t) + C t \omega \sin(\omega t)$$

$$y_p(t) = -\omega C \sin(\omega t) - C \omega \sin(\omega t) - C t \omega^2 \cos(\omega t)$$

$$= -2\omega C \sin(\omega t) - C t \omega^2 \cos(\omega t)$$

بالتعويض لـ $y_p(t)$ و $y_p(t)$ في (2-151) نجد،

$$-2 C m \omega \sin(\omega t) - C m t \omega^2 \cos(\omega t) + C K t \sin(\omega t) = F_0 \sin(\bar{\omega} t)$$

$$C(-2 m \omega \sin(\omega t) - m t \omega^2 \cos(\omega t) + K t \sin(\omega t)) = F_0 \sin(\bar{\omega} t)$$

$$C = \frac{F_0 \sin(\bar{\omega} t)}{-2 m \omega \sin(\omega t) - m t \omega^2 \cos(\omega t) + K t \sin(\omega t)}$$

بمراعاة أن $\omega^2 = \frac{K}{m}$

$$C = \frac{F_0 \sin(\bar{\omega} t)}{-2 m \omega \sin(\omega t) - m t \frac{K}{m} \cos(\omega t) + K t \sin(\omega t)}$$

أو بالشكل:

$$C = \frac{\omega F_0 \sin(\bar{\omega} t)}{-2 m \omega^2 \sin(\omega t)} = \frac{\omega F_0 \sin(\bar{\omega} t)}{-2 m \frac{K}{m} \sin(\omega t)}$$

$$C = -\frac{F_0}{2 K} \omega$$

يصبح بالتالي الحل الخاص بالشكل:

$$y_p(t) = -\frac{F_0}{2K} \omega t \cdot \cos(\omega t) \quad (2-161)$$

* حساب الحل العام

يعطى الحل العام كما سبق بالشكل:

$$y_c(t) = A \cdot \cos(\omega t) + B \cdot \sin(\omega t)$$

تصبح المعادلة النهائية المحددة للاستجابة في هذا المجال:

$$y(t) = A \cdot \cos(\omega t) + B \cdot \sin(\omega t) - \frac{F_0}{2K} \omega t \cdot \cos(\omega t)$$

نقوم بتعيين الثوابت A و B بالاستفادة من الشروط الأولية المدمومة للحركة $y_0 = v_0 = 0$.

نعوض $t = 0$ في المعادلة (2-152):

$$y(0) = A \cdot \cos(0) + B \cdot \sin(0) - \frac{F_0}{2K} \omega(0) \cdot \cos(0) = 0$$

$$A + 0 - 0 = 0 \quad \Rightarrow \quad A = 0$$

$$y'(t) = -\omega A \cdot \sin(\omega t) + \omega B \cdot \cos(\omega t) - \frac{F_0}{2K} \omega \cdot \cos(\omega t) + \frac{F_0}{2K} \omega^2 t \cdot \sin(\omega t)$$

نعوض $t = 0$ في المشتق بالنسبة للزمن فنجد،

$$y'(0) = -\omega A \cdot \sin(0) + \omega B \cdot \cos(0) - \frac{F_0}{2K} \omega \cdot \cos(0) + 0 = 0$$

$$0 + \omega B - \frac{F_0}{2K} \omega = 0 \quad \Rightarrow \quad B = \frac{F_0}{2K}$$

نعوض A و B في علاقة $y_c(t)$ فنجد:

$$y_c(t) = 0 \cdot \cos(\omega t) + \frac{F_0}{2K} \cdot \sin(\omega t)$$

$$y_c(t) = \frac{F_0}{2K} \cdot \sin(\omega t) \quad (2-162)$$

نعوض الصيغتين (2-161) و (2-162) في المعادلة (2-152)،

$$y_1(t) = \frac{F_0}{2K} \cdot \sin(\omega t) - \frac{F_0}{2K} \omega t \cdot \cos(\omega t)$$

$$y_1(t) = \frac{F_0}{2K} \cdot (\sin(\omega t) - \omega t \cdot \cos(\omega t))$$

باستخدام الصيغ $\omega = \frac{2\pi}{T}$ و $y_{st} = \frac{F_0}{K}$ تصبح المعادلة الاستجابة في المجال الأول:

$$y_1(t) = \frac{y_{st}}{2} \left[\sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) - 2\pi \frac{t}{T} \cdot \cos\left(2\pi \frac{t}{T}\right) \right] \quad (2-163)$$

2-a- المجال الثاني " طور الاهتزاز الحر " $t_d \leq t$

تعطى الاستجابة بالعلاقة (2-157) حيث أن $t = t - t_d$ ، و نحدد كلاً من الانتقال y_{td} والسرعة

v_{td} عند نهاية تأثير النبض من الصيغة (2-163) بعد استبدال كل t بـ t_d .

$$y_{td} = \frac{y_{st}}{2} \left[\sin\left(2\pi \frac{t_d}{T}\right) - 2\pi \frac{t_d}{T} \cdot \cos\left(2\pi \frac{t_d}{T}\right) \right]$$

$\frac{t_d}{T} = 0.5$ ولكن

$$y_{td} = \frac{y_{st}}{2} \left[\sin\left(2\pi \frac{1}{2}\right) - 2\pi \frac{1}{2} \cdot \cos\left(2\pi \frac{1}{2}\right) \right]$$

$$y_{td} = \frac{y_{st}}{2} [-\pi \cos(\pi)] = y_{st} \frac{\pi}{2} \quad (2 - 164)$$

$$v_{td} = \frac{y_{st}}{2} \left[\frac{2\pi}{T} \cos\left(2\pi \frac{t}{T}\right) - \frac{2\pi}{T} \cdot \cos\left(2\pi \frac{t}{T}\right) + \frac{2\pi}{T} \frac{2\pi t}{T} \cdot \sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) \right]$$

نستبدل $t \rightarrow t_d$:

$$v_{td} = \frac{y_{st}}{2} \left[\frac{2\pi}{T} \cos\left(2\pi \frac{t_d}{T}\right) - \frac{2\pi}{T} \cdot \cos\left(2\pi \frac{t_d}{T}\right) + \frac{2\pi}{T} \frac{2\pi t_d}{T} \cdot \sin\left(2\pi \frac{t_d}{T}\right) \right]$$

ولكن $\frac{t_d}{T} = 0.5$:

$$v_{td} = \frac{y_{st}}{2} \left[\frac{2\pi}{T} \cos\left(2\pi \frac{1}{2}\right) - \frac{2\pi}{T} \cdot \cos\left(2\pi \frac{1}{2}\right) + \frac{2\pi}{T} \frac{2\pi}{2} \cdot \sin\left(2\pi \frac{1}{2}\right) \right]$$

$$v_{td} = \frac{y_{st}}{2} \left[\frac{2\pi}{T} \cos(\pi) - \frac{2\pi}{T} \cdot \cos(\pi) + \frac{2\pi^2}{T} \cdot \sin(\pi) \right] = 0 \quad (2 - 165)$$

نعوض كلاً من (2 - 164) و (2 - 165) في معادلة الاستجابة لهذا المجال (2 - 157)

$$y_2(t) = y_{st} \frac{\pi}{2} \cos(\omega t) + 0$$

ولكن $t = t - t_d$

$$y_2(t) = y_{st} \frac{\pi}{2} \cos(\omega(t - t_d)) = y_{st} \frac{\pi}{2} \cos\left(2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{t_d}{T}\right)\right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \frac{\pi}{2} \cos\left(2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{1}{2}\right)\right) \quad (2 - 166)$$

-b رسم مخطط DLFmax.

سنقوم بتعيين الاستجابة العظمى في طوري الاهتزاز القسري والحر. يعتمد عدد الذرا الموضعية التي تنشأ خلال طور الاهتزاز القسري على النسبة $\frac{t_d}{T}$ ، فكلما ازدادت فترة تأثير النبض تسبب ذلك بظهور عدد أكبر من القيم الاعظمية (الذرا). تحدد الفترة الزمنية t_0 التي تحدث عندها القيم الأعظمية بجعل السرعة الموافقة " مشتق العلاقة (2 - 156) " مساوية للصفر.

$$\frac{y'(t)}{y_{st}} = DLF'_t = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{T}{2t_d}\right)^2\right]} \left[\frac{\pi}{t_d} \cos\left(\pi \frac{t}{t_d}\right) - \frac{2\pi}{T} \frac{T}{2t_d} \cos\left(2\pi \frac{t}{T}\right) \right] = 0$$

ومنه نجد:

$$\cos\left(\pi \frac{t}{t_d}\right) - \cos\left(2\pi \frac{t}{T}\right) = 0$$

أو بالشكل:

$$\cos\left(\pi \frac{t_0}{t_d}\right) = \cos\left(2\pi \frac{t_0}{T}\right) \Rightarrow \pi \frac{t_0}{t_d} = 2\pi \frac{t_0}{T} \mp 2\pi L$$

المعادلة السابقة محققة من خلال:

$$(t_0)_L = \frac{\mp 2L}{1 \mp 2 \frac{t_d}{T}} t_d \quad L = 1, 2, 3, 4, \dots$$

حيث الإشارات السالبة في البسط و المقام مترافقة مع القيم الأصغرية الموضعية و الإشارات الموجبة متوافقة مع القيم الأعظمية، وبالتالي فالقيم الأعظمية تحدث عند اللحظات الزمنية:

$$(t_0)_L = \frac{2L}{1 + 2 \frac{t_d}{T}} t_d \quad L = 1, 2, 3, 4, \dots \quad (2 - 167)$$

على الرغم من أن هذه العلاقة تعطي عدداً غير نهائي من القيم $(t_0)_L$ ، فقط تلك التي لا تزيد عن قيمة t_d تكون مناسبة. لأجل $\frac{t_d}{T} = 3$ تعطي الصيغة (2 - 167) ثلاث قيم مناسبة للفواصل الزمنية $\frac{4}{7} t_d$ ، $\frac{2}{7} t_d$ ، $\frac{6}{7} t_d$ ، ولما $L = 4$ تعطي $\frac{8}{7} t_d$ وهي غير صحيحة لأنها تتجاوز القيمة t_d .

بتبديل القيم $(t_0)_L$ من الصيغة (2 - 167) في المعادلة (2 - 156) نحصل على القيمة الأعظمية الموضعية y_0 . والتي يمكن التعبير عنها بدلالة عامل الحمولة الديناميكي بالشكل:

$$DLF = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{T}{2t_d}\right)^2\right]} \left[\sin\left(\pi \frac{t}{t_d}\right) - \frac{T}{2t_d} \sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) \right]$$

$$t = \frac{2L}{1 + 2 \frac{t_d}{T}} \text{ نعوض}$$

$$DLF = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{T}{2t_d}\right)^2\right]} \left[\sin\left(\pi \frac{2L}{\left(1 + 2 \frac{t_d}{T}\right) t_d}\right) - \frac{T}{2t_d} \sin\left(2\pi \frac{2L}{\left(1 + 2 \frac{t_d}{T}\right) T}\right) \right]$$

بإخراج النسبة $2 \frac{t_d}{T}$ كعامل مشترك من البسط والمقام و اختصارها نجد:

$$DLF = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{T}{2t_d}\right)^2\right]} \left[\sin\left(\frac{2\pi L}{1 + 2 \frac{t_d}{T}}\right) - \frac{T}{2t_d} \sin\left(\frac{2\pi L}{1 + \frac{T}{2t_d}}\right) \right] \quad (2 - 168)$$

في حال كانت $0.5 \leq \frac{t_d}{T} \leq 1.5$ نحصل على ذروة واحدة ($L=1$) في أثناء تأثير قوة النبض، وتتسأ الذروة الثانية عندما $\frac{t_d}{T} \geq 1.5$ ولكنها أصغر من الذروة الأولى في حال $1.5 \leq \frac{t_d}{T} \leq 2.5$ ، وتظهر الذروة الثالثة عندما $\frac{t_d}{T} \geq 2.5$ وتكون قيمة الذروة الثانية أكبر من قيمة الذروتين الأولى والثالثة عندما $2.5 \leq \frac{t_d}{T} \leq 4.5$.

عندما $\frac{t_d}{T} \leq \frac{1}{2}$ ليست لدينا ذروة استجابة في أثناء طور الاهتزاز القسري و هذا يبدو واضحاً من دراسة

زمن الذروة الأولى من المعادلة (2 - 167) حيث $L=1$:

$$t_0 = \frac{2L}{1 + 2 \frac{t_d}{T}} t_d$$

إذا تجاوزت قيمة t_0 هذه قيمة t_d ولأجل $t_d \leq \frac{1}{2} T$ لا تتسأ أية ذروة.

خلال فترة تأثير النبض فإن الاستجابة المعتمدة من القيمة صفر وحتى القيمة $y(t_d)$ تحسب من العلاقة (2 - 156) عندما $t = t_d$.

$$\frac{y(t_d)}{y_{st}} = \text{DLF} = \frac{\frac{T}{2t_d}}{\left(\frac{T}{2t_d}\right)^2 - 1} \sin\left(2\pi \frac{t_d}{T}\right) \quad (2 - 169)$$

وهي القيمة الأعظمية للاستجابة خلال طور الاهتزاز القسري ضمن المجال $0 \leq \frac{t_d}{T} \leq 0.5$ خلال طور الاهتزاز الحر تعطى استجابة الجملة بتابع جيبي من العلاقة (2 - 160) و تكون سعتها:

$$\text{DLF} = \frac{\frac{T}{t_d} \cos\left(\pi \frac{t_d}{T}\right)}{\left[\left(\frac{T}{2t_d}\right)^2 - 1\right]} \quad (2 - 170)$$

لأجل الحالة الخاصة "ظاهرة الطنين" لما $\frac{t_d}{T} = 0.5$ يمكن تعيين الاستجابة العظمى لكل من طوري الاهتزاز القسري و الحر من خلال الصيغتين (2 - 163) و (2 - 166) على الترتيب، حيث إن القيمتين متساويتين :

$$\text{DLF} = \frac{y_0}{y_{st}} = \frac{\pi}{2} \quad (2 - 171)$$

الاستجابة العظمى الكلية هي الأكبر بين القيمة الأعظمية المحددة من طور الاهتزاز القسري و المحددة من طور الاهتزاز الحر. ومن خلال الحل نجد أنه و من أجل $\frac{t_d}{T} > 0.5$ فإن الاستجابة الأعظمية الكلية ستكون موافقة لذروة الاستجابة في أثناء تأثير النبض. ومن جهة أخرى عندما $\frac{t_d}{T} < 0.5$ فإن الاستجابة الأعظمية الكلية تحدد بذروة الاستجابة خلال طور الاهتزاز الحر. أما في الحالة الخاصة عندما $\frac{t_d}{T} = 0.5$ فإن الاستجابة في الحالتين واحدة. وفي النهاية من تجميع هذه المجالات المختلفة ينتج لدينا ما يسمى بطيف الصدم لقوة نبضية ممثلة بنصف موجة.

الخلاصة:

من أجل رسم المنحني بواسطة البرنامج فإن العلاقات المستخدمة بالشكل التالي:

$$z = \frac{t}{T} \text{ و } x = \frac{t_{d1}}{T}$$

$$x \in]0, 0.5[\text{ من أجل }]$$

يحدد DLFmax من المعادلة (2 - 170) بالشكل:

$$\text{DLF} = \frac{\cos(\pi x)}{x \left[\left(\frac{1}{2x}\right)^2 - 1 \right]} \quad (2 - 172)$$

$$x = 0.5 \text{ من أجل }]$$

يحدد DLFmax من الصيغة (2 - 171).

$$\text{DLF} = \frac{\pi}{2} \quad (2 - 173)$$

من أجل $x \in]0.5, 2.5]$

يحدد DLFmax من الصيغة (2 - 168) لما $L=1$.

بالاعتماد على $x = \frac{t_{d1}}{T}$ والتعويض $L=1$ ، تكتب المعادلة (2 - 168) بالشكل التالي:

$$DLF = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{1}{2x}\right)^2\right]} \left[\sin\left(\frac{2\pi}{1+2x}\right) - \frac{1}{2x} \sin\left(\frac{2\pi}{1+\frac{1}{2x}}\right) \right] \quad (2 - 174)$$

من أجل $x \in]2.5, 4.5]$

يحدد DLFmax من الصيغة (2 - 168) لما $L=2$.

بالاعتماد على $x = \frac{t_{d1}}{T}$ والتعويض $L=2$ ، تكتب المعادلة (2 - 168) بالشكل التالي:

$$DLF = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{1}{2x}\right)^2\right]} \left[\sin\left(\frac{4\pi}{1+2x}\right) - \frac{1}{2x} \sin\left(\frac{4\pi}{1+\frac{1}{2x}}\right) \right] \quad (2 - 175)$$

من أجل $x \in]4.5, 6]$

يحدد DLFmax من الصيغة (2 - 168) لما $L=3$.

نعوض $x = \frac{t_{d1}}{T}$ و $L=3$ ، تصبح الصيغة (2 - 168) بالشكل:

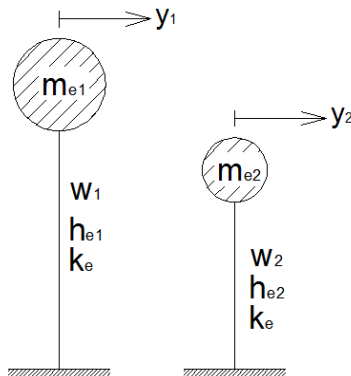
$$DLF = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{1}{2x}\right)^2\right]} \left[\sin\left(\frac{6\pi}{1+2x}\right) - \frac{1}{2x} \sin\left(\frac{6\pi}{1+\frac{1}{2x}}\right) \right] \quad (2 - 176)$$

بتجميع هذه المخططات مع بعضها البعض نحصل على طيف الصدمة المطلوب.

11-3-العلاقات النظرية المستخدمة في تحويل الإطار بطابقيين المتعدد الفتحات إلى الجملة المكافئة.

قبل تطبيق تكامل ديوهامل على الإطارات بطابقيين و المعرضة لحمولة نبضية نقوم بسلسلة من

العمليات لتحويل الإطار إلى جملة مكافئة مؤلفة من جملتين كل واحدة ذات درجة حرية واحدة بالشكل:



الشكل(11-3): الجملة المكافئة لإطار بطابقيين متعدد الفتحات.

ومن ثم نطبق تكامل ديوهامل على كل جملة ونوجد الاستجابة وتكون الاستجابة الكلية الممثلة لاستجابة الإطار عبارة عن الجذر التربيعي لمجموع مربعي الاستجابتين.

للتحويل إلى الجمل المكافئة نقوم بما يلي :

1- حساب الصلابة الطابقية الكلية K:

$$K_e = 2K_1 + (n - 1)K_2$$

حيث إن ، K_1 : صلابة الأعمدة الخارجية، K_2 : صلابة الأعمدة الداخلية، n : عدد فتحات الإطار.

2- حساب الترددات الطبيعية ω :

نحصل عليها من حل جملة المعادلات الناتجة عن العلاقة التالية:

$$\det[[K_e] - \omega^2 \cdot [m]] = 0$$

حيث إن، $[K]$: مصفوفة الصلابة، $[m]$: مصفوفة الكتلة.

$$[K] = \begin{bmatrix} 2K_e & -K_e \\ -K_e & K_e \end{bmatrix} , \quad [m] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix}$$

$$\det \left[\begin{bmatrix} 2K_e & -K_e \\ -K_e & K_e \end{bmatrix} - \omega^2 \cdot \begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \right] = 0$$

$$\det \begin{bmatrix} 2K_e - \omega^2 m_1 & -K_e \\ -K_e & K_e - \omega^2 m_2 \end{bmatrix} = 0$$

بعد الفك والإصلاح نكتب:

$$(m_1 \cdot m_2) \omega^4 - (2K_e \cdot m_2 + K_e \cdot m_1) \omega^2 + K_e^2 = 0$$

نفرض أن:

$$a = (m_1 \cdot m_2)$$

$$b = -(2K_e \cdot m_2 + K_e \cdot m_1)$$

$$c = K_e^2$$

$$\left. \begin{array}{l} a = (m_1 \cdot m_2) \\ b = -(2K_e \cdot m_2 + K_e \cdot m_1) \\ c = K_e^2 \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta = b^2 - 4a \cdot c$$

ومنه:

$$\omega_{11} = \sqrt{\frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a}} , \quad \omega_{22} = \sqrt{\frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a}}$$

3- حساب أنماط الاهتزاز:

يحسب نمطي الاهتزاز من العلاقة:

$$[[K_e] - \omega^2 \cdot [m]] \cdot [\emptyset] = 0$$

حيث إن $[\emptyset]$ تمثل مصفوفة الأنماط.

النمط الأول:

$$\begin{bmatrix} 2K_e - \omega_{11}^2 m_1 & -K_e \\ -K_e & K_e - \omega_{11}^2 m_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \emptyset_{11} \\ \emptyset_{21} \end{bmatrix} = 0$$

$$\begin{aligned} (2K_e - \omega_{11}^2 m_1) \phi_{11} - K_e \cdot \phi_{21} &= 0 \\ -K_e \cdot \phi_{11} + (K_e - \omega_{11}^2 m_2) \cdot \phi_{21} &= 0 \end{aligned}$$

نفرض أن $\phi_{11} = 1$ ونعوض في إحدى المعادلتين السابقتين فنجد:

$$\phi_{21} = \frac{2K_e - \omega_{11}^2 m_1}{k}$$

النمط الثاني:

$$\begin{bmatrix} 2K_e - \omega_{22}^2 m_1 & -K_e \\ -K_e & K_e - \omega_{22}^2 m_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \phi_{12} \\ \phi_{22} \end{bmatrix} = 0$$

$$\begin{aligned} (2K_e - \omega_{22}^2 m_1) \phi_{12} - K_e \cdot \phi_{22} &= 0 \\ -K_e \cdot \phi_{12} + (K_e - \omega_{22}^2 m_2) \cdot \phi_{22} &= 0 \end{aligned}$$

نفرض أن $\phi_{12} = 1$ ونعوض في إحدى المعادلتين السابقتين فنجد:

$$\phi_{22} = \frac{2K_e - \omega_{22}^2 m_1}{K_e}$$

-4 حساب الكتلة النمطية الفعالة m_e و الارتفاع النمطي الفعال h_e لكل جملة:

من أجل النمط n تعطى العلاقات العامة لحساب الخصائص النمطية بالشكل:

$$\left. \begin{aligned} M_n &= \sum_{j=1}^n m_j \cdot \phi_{jn}^2 \\ L_n^h &= \sum_{j=1}^n m_j \cdot \phi_{jn} \\ L_n^\theta &= \sum_{j=1}^n m_j \cdot h_j \cdot \phi_{jn} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} m_{e_n} = \frac{(L_n^h)^2}{M_n} \\ h_{e_n} = \frac{L_n^\theta}{L_n^h} \end{cases}$$

فيكون من أجل النمط الأول:

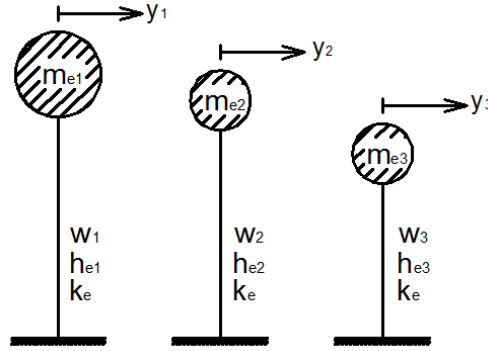
$$\left. \begin{aligned} M_1 &= m_1 \cdot \phi_{11}^2 + m_2 \cdot \phi_{21}^2 \\ L_1^h &= m_1 \cdot \phi_{11} + m_2 \cdot \phi_{21} \\ L_1^\theta &= m_1 \cdot h_1 \cdot \phi_{11} + m_2 \cdot h_2 \cdot \phi_{21} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} m_{e_1} = \frac{(L_1^h)^2}{M_1} \\ h_{e_1} = \frac{L_1^\theta}{L_1^h} \end{cases}$$

ومن أجل النمط الثاني:

$$\left. \begin{aligned} M_2 &= m_1 \cdot \phi_{12}^2 + m_2 \cdot \phi_{22}^2 \\ L_2^h &= m_1 \cdot \phi_{12} + m_2 \cdot \phi_{22} \\ L_2^\theta &= m_1 \cdot h_1 \cdot \phi_{12} + m_2 \cdot h_2 \cdot \phi_{22} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} m_{e_2} = \frac{(L_2^h)^2}{M_2} \\ h_{e_2} = \frac{L_2^\theta}{L_2^h} \end{cases}$$

12-3- العلاقات النظرية المستخدمة في تحويل الإطار بثلاثة طوابق متعدد الفتحات إلى الجملّة المكافئة.

قبل تطبيق تكامل ديوهامل على الإطارات بثلاثة طوابق و المعرضة لحمولة نبضية نقوم بسلسلة من العمليات لتحويل الإطار إلى جملّة مكافئة مؤلفة من ثلاث جمل كل واحدة ذات درجة حرية واحدة بالشكل:



الشكل (3-12): الجملّة المكافئة لإطار بثلاثة طوابق متعدد الفتحات.

ومن ثم نطبق تكامل ديوهامل على كل جملّة ونوجد الاستجابة وتكون الاستجابة الكلية الممثلة لاستجابة الإطار عبارة عن الجذر التربيعي لمجموع مربعات الاستجابات الثلاث. وللتحويل إلى الجملّة المكافئة نقوم بما يلي :

1- حساب الصلابة الطابقية الكلية K:

$$K_e = 2K_1 + (n - 1)K_2$$

حيث إن ، K_1 : صلابة الأعمدة الخارجية، K_2 : صلابة الأعمدة الداخلية، n : عدد فتحات الإطار.

2- حساب الترددات الطبيعية ω :

نحصل عليها من حل جملّة المعادلات الناتجة عن العلاقة التالية:

$$\det[[K_e] - \omega^2 \cdot [m]] = 0$$

حيث إن ، $[K]$: مصفوفة الصلابة، $[m]$: مصفوفة الكتلة.

$$[K] = \begin{bmatrix} 2K_e & -K_e & 0 \\ -K_e & 2K_e & -K_e \\ 0 & -K_e & K_e \end{bmatrix}, \quad [m] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix}$$

$$\det \left[\begin{bmatrix} 2K_e & -K_e & 0 \\ -K_e & 2K_e & -K_e \\ 0 & -K_e & K_e \end{bmatrix} - \omega^2 \cdot \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \right] = 0$$

$$\det \left[\begin{bmatrix} 2K_e - \omega^2 m_1 & -K_e & 0 \\ -K_e & 2K_e - \omega^2 m_2 & -K_e \\ 0 & -K_e & K_e - \omega^2 m_3 \end{bmatrix} \right] = 0$$

بعد الفك والإصلاح نكتب:

$$-(m_1 \cdot m_2 \cdot m_3)(\omega^2)^3 + K_e(2m_2 \cdot m_3 + 2m_1 \cdot m_3 + m_1 \cdot m_2)(\omega^2)^2 - K_e^2(3m_3 + 2m_2 + m_1) + K_e^3 = 0$$

نفرض أن:

$$a = -m_1 \cdot m_2 \cdot m_3$$

$$b = K_e(2m_2 \cdot m_3 + 2m_1 \cdot m_3 + m_1 \cdot m_2)$$

$$c = -K_e^2(3m_3 + 2m_2 + m_1)$$

$$d = K_e^3$$

$$a(\omega^2)^3 + (2m_2 \cdot m_3 + 2m_1 \cdot m_3 + 2m_1 \cdot m_2)(\omega^2)^2 + c \cdot \omega^2 + d = 0$$

ويحل المعادلة نحصل على:

$$\omega_{11} \quad , \quad \omega_{22} \quad , \quad \omega_{33}$$

3- حساب أنماط الاهتزاز

تحسب أنماط الاهتزاز من العلاقة:

$$[[K_e] - \omega^2 \cdot [m]] \cdot [\emptyset] = 0$$

حيث أن $[\emptyset]$ تمثل مصفوفة الأنماط.

النمط الأول:

$$\begin{bmatrix} 2K_e - \omega_{11}^2 m_1 & -K_e & 0 \\ -K_e & 2K_e - \omega_{11}^2 m_2 & -K_e \\ 0 & -K_e & K_e - \omega_{11}^2 m_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \emptyset_{11} \\ \emptyset_{21} \\ \emptyset_{31} \end{bmatrix} = 0$$

$$(2K_e - \omega_{11}^2 m_1) \emptyset_{11} - K_e \cdot \emptyset_{21} = 0$$

$$-K_e \cdot \emptyset_{11} + (K_e - \omega_{11}^2 m_2) \cdot \emptyset_{21} - K_e \cdot \emptyset_{31} = 0$$

$$-K_e \cdot \emptyset_{21} + (K_e - \omega_{11}^2 m_3) \cdot \emptyset_{31} = 0$$

نفرض أن $\emptyset_{11} = 1$ ونعوض في المعادلتين الباقيتين فنجد:

$$\emptyset_{21} = \frac{2K_e - \omega_{11}^2 m_1}{k} \quad , \quad \emptyset_{31} = \frac{2K_e - \omega_{11}^2 m_1}{K_e - \omega_{11}^2 m_3}$$

النمط الثاني:

$$\begin{bmatrix} 2K_e - \omega_{22}^2 m_1 & -K_e & 0 \\ -K_e & 2K_e - \omega_{22}^2 m_2 & -K_e \\ 0 & -K_e & K_e - \omega_{22}^2 m_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \emptyset_{12} \\ \emptyset_{22} \\ \emptyset_{32} \end{bmatrix} = 0$$

نفرض أن $\emptyset_{12} = 1$

$$\emptyset_{22} = \frac{2K_e - \omega_{22}^2 m_1}{k} \quad , \quad \emptyset_{32} = \frac{2K_e - \omega_{22}^2 m_1}{K_e - \omega_{22}^2 m_3}$$

النمط الثالث:

$$\begin{bmatrix} 2K_e - \omega_{33}^2 m_1 & -K_e & 0 \\ -K_e & 2K_e - \omega_{33}^2 m_2 & -K_e \\ 0 & -K_e & K_e - \omega_{33}^2 m_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \emptyset_{13} \\ \emptyset_{23} \\ \emptyset_{33} \end{bmatrix} = 0$$

نفرض أن $\emptyset_{13} = 1$

$$\phi_{23} = \frac{2K_e - \omega_{33}^2 m_1}{k} \quad , \quad \phi_{33} = \frac{2K_e - \omega_{33}^2 m_1}{K_e - \omega_{33}^2 m_3}$$

4- حساب الكتلة النمطية الفعالة me و الارتفاع النمطي الفعال he لكل جملة:

من أجل النمط n تعطى العلاقات العامة لحساب الخصائص النمطية بالشكل:

$$\left. \begin{aligned} M_n &= \sum_{j=1}^n m_j \cdot \phi_{jn}^2 \\ L_n^h &= \sum_{j=1}^n m_j \cdot \phi_{jn} \\ L_n^\theta &= \sum_{j=1}^n m_j \cdot h_n \cdot \phi_{jn} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} me_n = \frac{(L_n^h)^2}{M_n} \\ he_n = \frac{L_n^\theta}{L_n^h} \end{cases}$$

فيكون من أجل النمط الأول:

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= m_1 \cdot \phi_{11}^2 + m_2 \cdot \phi_{21}^2 + m_3 \cdot \phi_{31}^2 \\ L_1^h &= m_1 \cdot \phi_{11} + m_2 \cdot \phi_{21} + m_3 \cdot \phi_{31} \\ L_1^\theta &= m_1 \cdot h_1 \cdot \phi_{11} + m_2 \cdot h_2 \cdot \phi_{21} + m_3 \cdot h_3 \cdot \phi_{31} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} me_1 = \frac{(L_1^h)^2}{M_1} \\ he_1 = \frac{L_1^\theta}{L_1^h} \end{cases}$$

ومن أجل النمط الثاني:

$$\left. \begin{aligned} M_2 &= m_1 \cdot \phi_{12}^2 + m_2 \cdot \phi_{22}^2 + m_3 \cdot \phi_{32}^2 \\ L_2^h &= m_1 \cdot \phi_{12} + m_2 \cdot \phi_{22} + m_3 \cdot \phi_{32} \\ L_2^\theta &= m_1 \cdot h_1 \cdot \phi_{12} + m_2 \cdot h_2 \cdot \phi_{22} + m_3 \cdot h_3 \cdot \phi_{32} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} me_2 = \frac{(L_2^h)^2}{M_2} \\ he_2 = \frac{L_2^\theta}{L_2^h} \end{cases}$$

ومن أجل النمط الثالث:

$$\left. \begin{aligned} M_3 &= m_1 \cdot \phi_{13}^2 + m_2 \cdot \phi_{23}^2 + m_3 \cdot \phi_{33}^2 \\ L_3^h &= m_1 \cdot \phi_{13} + m_2 \cdot \phi_{23} + m_3 \cdot \phi_{33} \\ L_3^\theta &= m_1 \cdot h_1 \cdot \phi_{13} + m_2 \cdot h_2 \cdot \phi_{23} + m_3 \cdot h_3 \cdot \phi_{33} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} me_3 = \frac{(L_3^h)^2}{M_3} \\ he_3 = \frac{L_3^\theta}{L_3^h} \end{cases}$$

الفصل الرابع

برمجة علاقات الاستجابة الديناميكية للحمولات النبضية وفق تكامل ديوهامل بواسطة برنامج MATLAB.

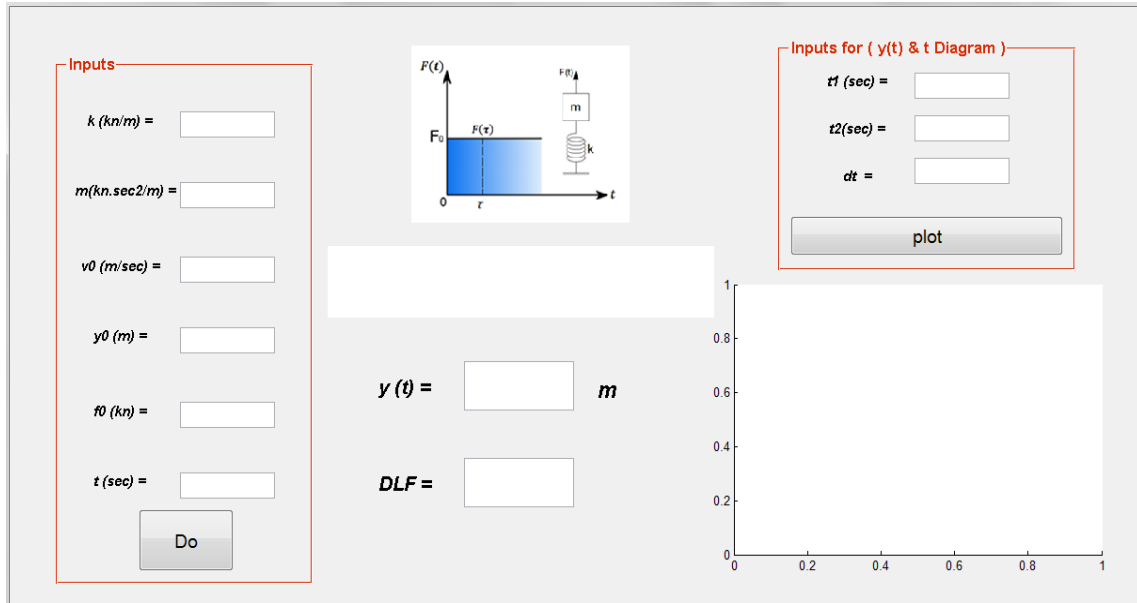
في هذا الفصل يتم وضع البرامج المتعلقة بحساب الاستجابة الديناميكية لأشكال الحمولات النبضية كافة مع وضع العلاقات التي ستتم برمجتها.

بعد إجراء العمليات اللازمة لتحديد العلاقات النهائية المطلوبة لحساب الاستجابة الديناميكية وعامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLFmax نقوم ببرمجة هذه العلاقات باستخدام برنامج MATLAB مع مراعاة تغيير بعض الرموز لزوم البرمجة .

4-1- برمجة حالة حمولة نبضية بشكل ثابت مستمر.

4-1-1- حالة حمولة نبضية بشكل ثابت مستمر تؤثر في جملة ذات درجة حرية واحدة .

- الواجهة :



الشكل(4-1): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل ثابت مستمر مؤثرة في جملة ذات درجة حرية واحدة .

- علاقات الاستجابة التي ستتم برمجتها:

مهما تكن t .

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$y(t) = y_{st} [1 - \cos(\omega t)]$$

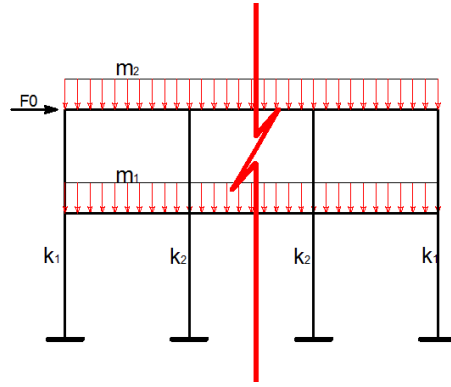
* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$y(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + y_{st}$$

- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف cc1.m في القرص المدمج.

4-1-2- حالة حمولة نبضية بشكل ثابت مستمر تؤثر في إطار بطابقين.



إطار بطابقين بـ n فتحة.

– الواجهة :

Inputs 1 (Frame Properties)

k1 (kn/m) =

k2 (kn/m) =

m1 (kn.sec2/m) =

m2 (kn.sec2/m) =

h1 (m) =

h2 (m) =

Number of Spans =

Inputs 2 (Pulse Properties)

v0 (m/sec) =

y0 (m) =

f0 (kn) =

t (sec) =

Do

Inputs for (y(t) & t Diagram)

t1 (sec) =

t2 (sec) =

dt =

Plot

Output

y1(m) = DLF1 =

y2(m) = DLF2 =

y tot (m) = DLF tot =

الشكل (4-2): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل ثابت مستمر مؤثرة في إطار بطابقين.

– علاقات الاستجابة التي ستم برمجتها:

مهما تكن t.

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$y_1(t) = y_{st} [1 - \cos(\omega_1 t)]$$

$$y_2(t) = y_{st} [1 - \cos(\omega_2 t)]$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$y_1(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_1 t) + \frac{v_0}{\omega_1} \sin(\omega_1 t) + y_{st}$$

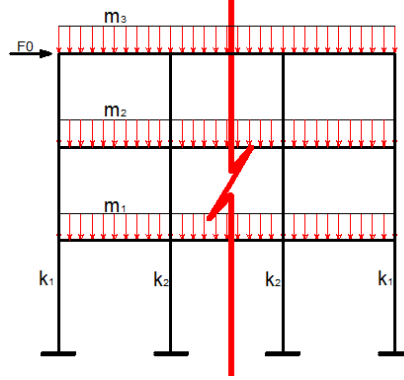
$$y_2(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_2 t) + \frac{v_0}{\omega_2} \sin(\omega_2 t) + y_{st}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف dc1.m في القرص المدمج.

4-1-3- حالة حمولة نبضية بشكل ثابت مستمر تؤثر في إطار ثلاثي طوابق.



إطار ثلاثي الطوابق ذو n فتحة.

- الواجهة:

Inputs 1(Frame Properties)

k1 (kn/m) = m1(kn.sec2/m) = h1 (m) =

k2 (kn/m) = m2(kn.sec2/m) = h2 (m) =

Number of Spans m3(kn.sec2/m) = h3 (m) =

Inputs 2(Pulse Properties)

v0 (m/sec) = t (sec) =

y0 (m) =

f0 (kn) =

Inputs for (y(t) & t Diagram)

t1 (sec) =

t2 (sec) =

dt =

Output

y1 (m) = DLF1 =

y2(m) = DLF2 =

y3 (m) = DLF3 =

y tot (m) = DLF tot =

الشكل(4-3): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل ثابت مستمر مؤثرة في إطار ثلاثي الطوابق.

- علاقات الاستجابة التي ستم برمجتها :

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة، مهما تكن t.

$$y_1(t) = y_{st} [1 - \cos(\omega_1 t)]$$

$$y_2(t) = y_{st} [1 - \cos(\omega_2 t)]$$

$$y_3(t) = y_{st} [1 - \cos(\omega_3 t)]$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة، مهما تكن t.

$$y_1(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_1 t) + \frac{V_0}{\omega_1} \sin(\omega_1 t) + y_{st}$$

$$y_2(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_2 t) + \frac{V_0}{\omega_2} \sin(\omega_2 t) + y_{st}$$

$$y_3(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_3 t) + \frac{V_0}{\omega_3} \sin(\omega_3 t) + y_{st}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

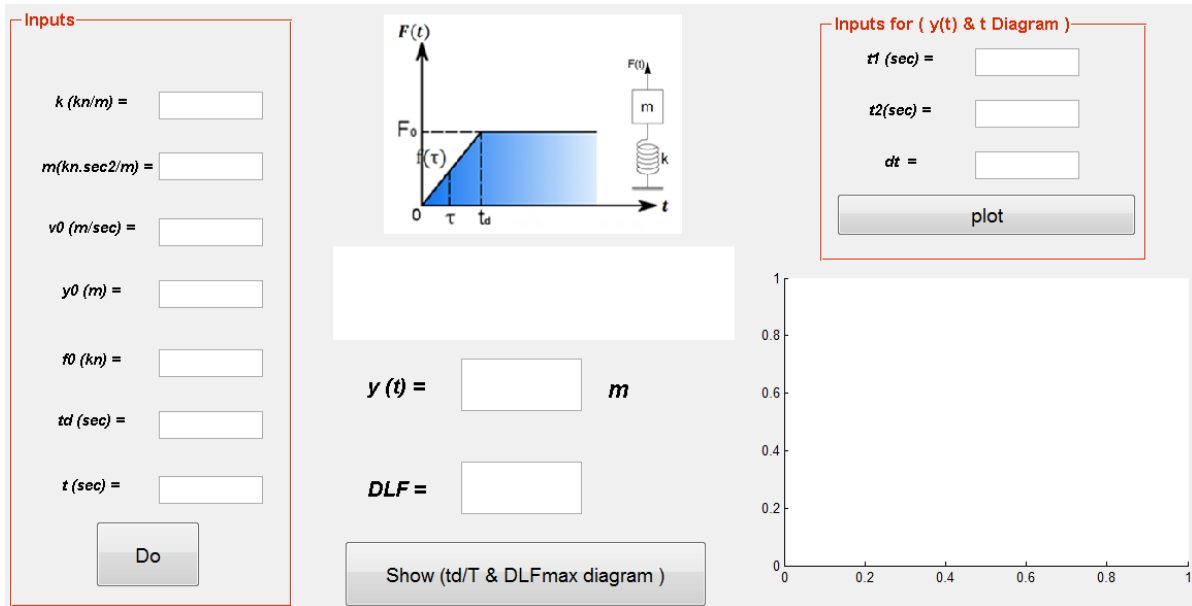
- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف Tc1.m في القرص المدمج.

4-2- برمجة حالة حمولة نبضية بشكل متزايد مستمر .

4-2-1 حالة حمولة نبضية بشكل متزايد مستمر تؤثر في جملة ذات درجة حرية واحدة .

- الواجهة:



الشكل (4-4): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل متزايد مستمر مؤثرة في جملة ذات درجة حرية واحدة.

- علاقات الاستجابة التي ستتم برمجتها:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:
 $0 \leq t \leq t_d$

$$y(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right)$$

. $t_d \leq t$

$$y(t) = y_{st} \left(1 + \frac{1}{\omega t_d} \sin[\omega(t - t_d)] - \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right)$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:
 $0 \leq t \leq t_d$

$$y(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{V_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) + y_{st} \frac{t}{t_d}$$

. $t_d \leq t$

$$y(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \sin[\omega(t - t_d)] + y_{st}$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي التي ستمت برمجتها لرسم منحني DLFmax:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$DLF_{max} = 1 + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)] - \frac{1}{2\pi x} \sin(2\pi z)$$

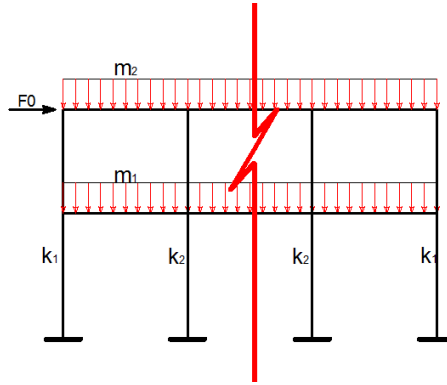
* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$DLF_{max} = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 \cdot T}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)] + 1$$

- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف cc2.m في القرص المدمج.

4-2-2- حالة حمولة نبضية بشكل متزايد مستمر تؤثر في إطار بطابقين .



إطار بطابقين بـ n فتحة.

- الواجهة :

الشكل (4-5): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل متزايد مستمر مؤثرة في إطار بطابقين.

- علاقات الاستجابة التي ستمت برمجتها:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$0 \leq t \leq t_d$$

$$y_1(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega_1 t_d} \sin(\omega_1 t) \right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega_2 t_d} \sin(\omega_2 t) \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

. $t_d \leq t$

$$y_1(t) = y_{st} \left(1 + \frac{1}{\omega_1 t_d} \sin[\omega_1(t - t_d)] - \frac{1}{\omega_1 t_d} \sin(\omega_1 t) \right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \left(1 + \frac{1}{\omega_2 t_d} \sin[\omega_2(t - t_d)] - \frac{1}{\omega_2 t_d} \sin(\omega_2 t) \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

. $0 \leq t \leq t_d$

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_d} \right) \sin(\omega_1 t) + y_{st} \frac{t}{t_d}$$

$$y_2(t) = y_0 \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_d} \right) \sin(\omega_2 t) + y_{st} \frac{t}{t_d}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

. $t_d \leq t$

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_d} \right) \sin(\omega_1 t) + \frac{y_{st}}{\omega_1 t_d} \sin[\omega_1(t - t_d)] + y_{st}$$

$$y_2(t) = y_0 \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_d} \right) \sin(\omega_2 t) + \frac{y_{st}}{\omega_2 t_d} \sin[\omega_2(t - t_d)] + y_{st}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLF_{max} التي ستم برمجتها لرسم

منحني DLF_{max}

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$DLF_{max} = 1 + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)] - \frac{1}{2\pi x} \sin(2\pi z)$$

$$DLF_{max(tot)} = \sqrt{2(DLF_{max})^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$DLF_{max1} = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 \cdot T_1}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)] + 1$$

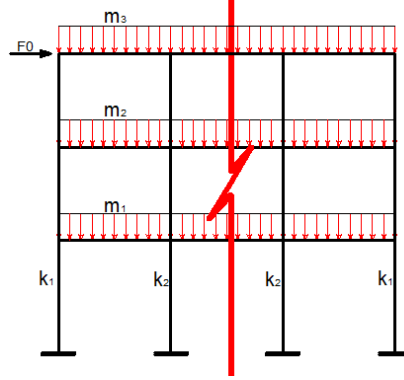
$$DLF_{max2} = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 \cdot T_2}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)] + 1$$

$$DLF_{max(tot)} = \sqrt{(DLF_{max1})^2 + (DLF_{max2})^2}$$

- علاقات البرمجة التفصيلية :

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف dc2.m في القرص المدمج.

4-2-3- حالة حمولة نبضية بشكل متزايد مستمر تؤثر في إطار ثلاثي الطوابق .



إطار ثلاثي الطوابق ذو n فتحة.

- الواجهة:

Inputs 1(Frame Properties)

k1 (kn/m) = m1(kn.sec2/m) = h1 (m) =

k2 (kn/m) = m2(kn.sec2/m) = h2 (m) =

Number of Spans m3(kn.sec2/m) = h3 (m) =

Inputs 2(Pulse Properties)

v0 (m/sec) = td (sec) =

y0 (m) = t (sec) =

f0 (kn) =

Inputs for (y(t) & t Diagram)

t1 (sec) =

t2 (sec) =

dt =

Output

y1(m) = DLF1 =

y2 (m) = DLF2 =

y3 (m) = DLF3 =

y tot (m) = DLF tot =

الشكل(4-6): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل متزايد مستمر مؤثرة في إطار ثلاثي.

- علاقات الاستجابة التي ستتم برمجتها:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$0 \leq t \leq t_d$$

$$y_1(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega_1 t_d} \sin(\omega_1 t) \right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega_2 t_d} \sin(\omega_2 t) \right)$$

$$y_3(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega_3 t_d} \sin(\omega_3 t) \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

. $t_d \leq t$

$$y_1(t) = y_{st} \left(1 + \frac{1}{\omega_1 t_d} \sin[\omega_1(t - t_d)] - \frac{1}{\omega_1 t_d} \sin(\omega_1 t) \right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \left(1 + \frac{1}{\omega_2 t_d} \sin[\omega_2(t - t_d)] - \frac{1}{\omega_2 t_d} \sin(\omega_2 t) \right)$$

$$y_3(t) = y_{st} \left(1 + \frac{1}{\omega_3 t_d} \sin[\omega_3(t - t_d)] - \frac{1}{\omega_3 t_d} \sin(\omega_3 t) \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

. $0 \leq t \leq t_d$

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_d} \right) \sin(\omega_1 t) + y_{st} \frac{t}{t_d}$$

$$y_2(t) = y_0 \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_d} \right) \sin(\omega_2 t) + y_{st} \frac{t}{t_d}$$

$$y_3(t) = y_0 \cos(\omega_3 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_3} - \frac{y_{st}}{\omega_3 t_d} \right) \sin(\omega_3 t) + y_{st} \frac{t}{t_d}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

. $t_d \leq t$

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_d} \right) \sin(\omega_1 t) + \frac{y_{st}}{\omega_1 t_d} \sin[\omega_1(t - t_d)] + y_{st}$$

$$y_2(t) = y_0 \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_d} \right) \sin(\omega_2 t) + \frac{y_{st}}{\omega_2 t_d} \sin[\omega_2(t - t_d)] + y_{st}$$

$$y_3(t) = y_0 \cos(\omega_3 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_3} - \frac{y_{st}}{\omega_3 t_d} \right) \sin(\omega_3 t) + \frac{y_{st}}{\omega_3 t_d} \sin[\omega_3(t - t_d)] + y_{st}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLF_{max} التي ستتم برمجتها لرسم

منحني DLF_{max} .

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$DLF_{max} = 1 + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)] - \frac{1}{2\pi x} \sin(2\pi z)$$

$$DLF_{max(tot)} = \sqrt{3(DLF_{max})^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$DLF_{max1} = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 \cdot T_1}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)] + 1$$

$$DLF_{\max 2} = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 \cdot T_2}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)] + 1$$

$$DLF_{\max 3} = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 \cdot T_3}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)] + 1$$

$$DLF_{\max (tot)} = \sqrt{(DLF_{\max 1})^2 + (DLF_{\max 2})^2 + (DLF_{\max 3})^2}$$

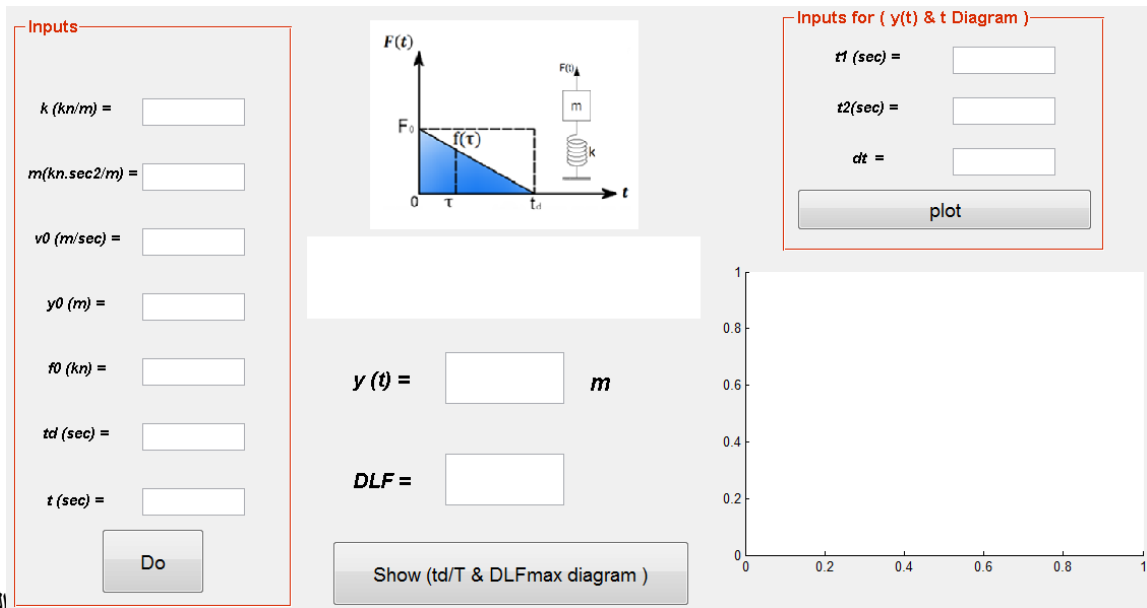
- علاقات البرمجة التفصيلية .

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف Tc2.m في القرص المدمج.

4-3- برمجة حالة حمولة نبضية بشكل مثلثي متناقص.

4-3-1- حالة حمولة نبضية بشكل مثلثي متناقص تؤثر في جملة ذات درجة حرية واحدة .

- الواجهة :



(الشكل-4)

(7:واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل مثلثي متناقص مؤثرة في جملة ذات درجة حرية واحدة.

- علاقات الاستجابة التي ستتم برمجتها:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$0 \leq t \leq t_d$$

$$y(t) = y_{st} \left(1 - \frac{t}{t_d} - \cos(\omega t) + \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right)$$

$$t_d \leq t$$

$$y(t) = y_{st} \left(\frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) - \cos(\omega t) - \frac{1}{\omega t_d} \sin[\omega(t - t_d)] \right)$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$0 \leq t \leq t_d$$

$$y(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) + y_{st} \frac{t_d - t}{t_d}$$

$$.t_d \leq t$$

$$y(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \sin[\omega(t - t_d)]$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLF_{max} التي ستنم برمجتها لرسم

منحنى DLF_{max} :

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$DLF_{max} = 1 - \frac{z}{x} - \cos(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin(2\pi z)$$

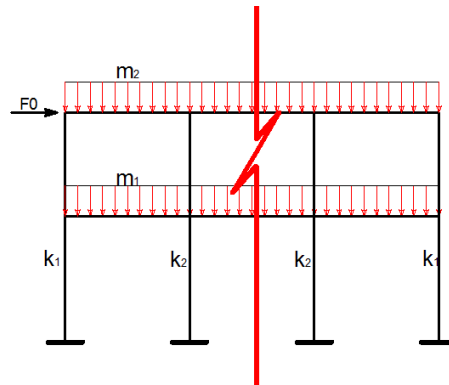
* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$DLF_{max} = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T}{2\pi y_{st}} + \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) - \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)]$$

- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف cc3.m في القرص المدمج.

4-3-2- حالة حمولة نبضية بشكل مثلثي متناقص تؤثر في إطار بطابقين.



إطار بطابقين بـ n فتحة.

- الواجهة:

الشكل (4-8): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل مثلثي متناقص مؤثرة في إطار بطابقين.

- علاقات الاستجابة التي ستتم برمجتها:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$.0 \leq t \leq t_d$$

$$y1(t) = y_{st} \left(1 - \frac{t}{t_d} - \cos(\omega_1 t) + \frac{1}{\omega_1 t_d} \sin(\omega_1 t) \right)$$

$$y2(t) = y_{st} \left(1 - \frac{t}{t_d} - \cos(\omega_2 t) + \frac{1}{\omega_2 t_d} \sin(\omega_2 t) \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y1(t)^2 + y2(t)^2}$$

$$.t_d \leq t$$

$$y1(t) = y_{st} \left(\frac{1}{\omega_1 t_d} \sin(\omega_1 t) - \cos(\omega_1 t) - \frac{1}{\omega_1 t_d} \sin[\omega_1(t - t_d)] \right)$$

$$y2(t) = y_{st} \left(\frac{1}{\omega_2 t_d} \sin(\omega_2 t) - \cos(\omega_2 t) - \frac{1}{\omega_2 t_d} \sin[\omega_2(t - t_d)] \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y1(t)^2 + y2(t)^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$.0 \leq t \leq t_d$$

$$y1(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} + \frac{y_{st}}{\omega_1 t_d} \right) \sin(\omega_1 t) + y_{st} \frac{t_d - t}{t_d}$$

$$y2(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} + \frac{y_{st}}{\omega_2 t_d} \right) \sin(\omega_2 t) + y_{st} \frac{t_d - t}{t_d}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y1(t)^2 + y2(t)^2}$$

$$.t_d \leq t$$

$$y1(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} + \frac{y_{st}}{\omega_1 t_d} \right) \sin(\omega_1 t) - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_d} \sin[\omega_1(t - t_d)]$$

$$y2(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} + \frac{y_{st}}{\omega_2 t_d} \right) \sin(\omega_2 t) - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_d} \sin[\omega_2(t - t_d)]$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y1(t)^2 + y2(t)^2}$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLFmax التي ستتم برمجتها لرسم

منحني DLFmax:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$DLF_{max} = 1 - \frac{z}{x} - \cos(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin(2\pi z)$$

$$DLF_{max(tot)} = \sqrt{2(DLF_{max})^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$DLF_{max1} = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T_1}{2\pi y_{st}} + \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) - \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)]$$

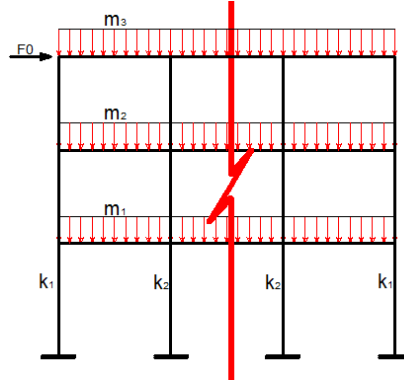
$$DLF_{max2} = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T_2}{2\pi y_{st}} + \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) - \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)]$$

$$DLF_{max(tot)} = \sqrt{(DLF_{max1})^2 + (DLF_{max2})^2}$$

- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف dc3.m في القرص المدمج.

4-3-3 حالة حمولة نبضية بشكل مثلثي متناقص تؤثر في إطار ثلاثي الطوابق.



إطار ثلاثي الطوابق ذو n فتحة.

- الواجهة:

The screenshot shows a software interface with three main input sections and an output section.

1. **Inputs 1 (Frame Properties):** Includes fields for \$k1\$ (kn/m), \$m1\$ (kn.sec2/m), \$h1\$ (m), \$k2\$ (kn/m), \$m2\$ (kn.sec2/m), \$h2\$ (m), Number of Spans, \$m3\$ (kn.sec2/m), and \$h3\$ (m).

2. **Inputs 2 (Pulse Properties):** Includes fields for \$v0\$ (m/sec), \$td\$ (sec), \$y0\$ (m), \$t\$ (sec), and \$f0\$ (kn), with a 'Do' button.

3. **Inputs for (y(t) & t Diagram):** Includes fields for \$t1\$ (sec), \$t2\$ (sec), and \$dt\$, with a 'Plot' button.

4. **Output:** Includes fields for \$y1\$ (m), \$DLF1\$, \$y2\$ (m), \$DLF2\$, \$y3\$ (m), \$DLF3\$, \$y tot\$ (m), and \$DLF tot\$, with a 'Show DLFmax' button.

A small graph in the top right shows the triangular pulse load \$F(t)\$ over time \$t\$, with peak \$F_0\$, duration \$t_0\$, and a mass \$m\$ on a spring \$k\$.

الشكل(4-9): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل مثلثي متناقص مؤثرة في إطار ثلاثي.

- علاقات الاستجابة التي ستم برمجتها:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$. 0 \leq t \leq t_d$$

$$y_1(t) = y_{st} \left(1 - \frac{t}{t_d} - \cos(\omega_1 t) + \frac{1}{\omega_1 t_d} \sin(\omega_1 t) \right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \left(1 - \frac{t}{t_d} - \cos(\omega_2 t) + \frac{1}{\omega_2 t_d} \sin(\omega_2 t) \right)$$

$$y_3(t) = y_{st} \left(1 - \frac{t}{t_d} - \cos(\omega_3 t) + \frac{1}{\omega_3 t_d} \sin(\omega_3 t) \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

. $t_d \leq t$

$$y_1(t) = y_{st} \left(\frac{1}{\omega_1 t_d} \sin(\omega_1 t) - \cos(\omega_1 t) - \frac{1}{\omega_1 t_d} \sin[\omega_1(t - t_d)] \right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \left(\frac{1}{\omega_2 t_d} \sin(\omega_2 t) - \cos(\omega_2 t) - \frac{1}{\omega_2 t_d} \sin[\omega_2(t - t_d)] \right)$$

$$y_3(t) = y_{st} \left(\frac{1}{\omega_3 t_d} \sin(\omega_3 t) - \cos(\omega_3 t) - \frac{1}{\omega_3 t_d} \sin[\omega_3(t - t_d)] \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

. $0 \leq t \leq t_d$

$$y_1(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} + \frac{y_{st}}{\omega_1 t_d} \right) \sin(\omega_1 t) + y_{st} \frac{t_d - t}{t_d}$$

$$y_2(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} + \frac{y_{st}}{\omega_2 t_d} \right) \sin(\omega_2 t) + y_{st} \frac{t_d - t}{t_d}$$

$$y_3(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_3 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_3} + \frac{y_{st}}{\omega_3 t_d} \right) \sin(\omega_3 t) + y_{st} \frac{t_d - t}{t_d}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

. $t_d \leq t$

$$y_1(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} + \frac{y_{st}}{\omega_1 t_d} \right) \sin(\omega_1 t) - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_d} \sin[\omega_1(t - t_d)]$$

$$y_2(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} + \frac{y_{st}}{\omega_2 t_d} \right) \sin(\omega_2 t) - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_d} \sin[\omega_2(t - t_d)]$$

$$y_3(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_3 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_3} + \frac{y_{st}}{\omega_3 t_d} \right) \sin(\omega_3 t) - \frac{y_{st}}{\omega_3 t_d} \sin[\omega_3(t - t_d)]$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLF_{max} التي ستم برمجتها لرسم

منحنى DLF_{max} :

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$DLF_{max} = 1 - \frac{z}{x} - \cos(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin(2\pi z)$$

$$DLF_{\max(\text{tot})} = \sqrt{3(DLF_{\max})^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$DLF_{\max 1} = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1\right) \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T_1}{2\pi y_{st}} + \frac{1}{2\pi x}\right) \sin(2\pi z) - \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)]$$

$$DLF_{\max 2} = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1\right) \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T_2}{2\pi y_{st}} + \frac{1}{2\pi x}\right) \sin(2\pi z) - \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)]$$

$$DLF_{\max 3} = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1\right) \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T_3}{2\pi y_{st}} + \frac{1}{2\pi x}\right) \sin(2\pi z) - \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)]$$

$$DLF_{\max(\text{tot})} = \sqrt{(DLF_{\max 1})^2 + (DLF_{\max 2})^2 + (DLF_{\max 3})^2}$$

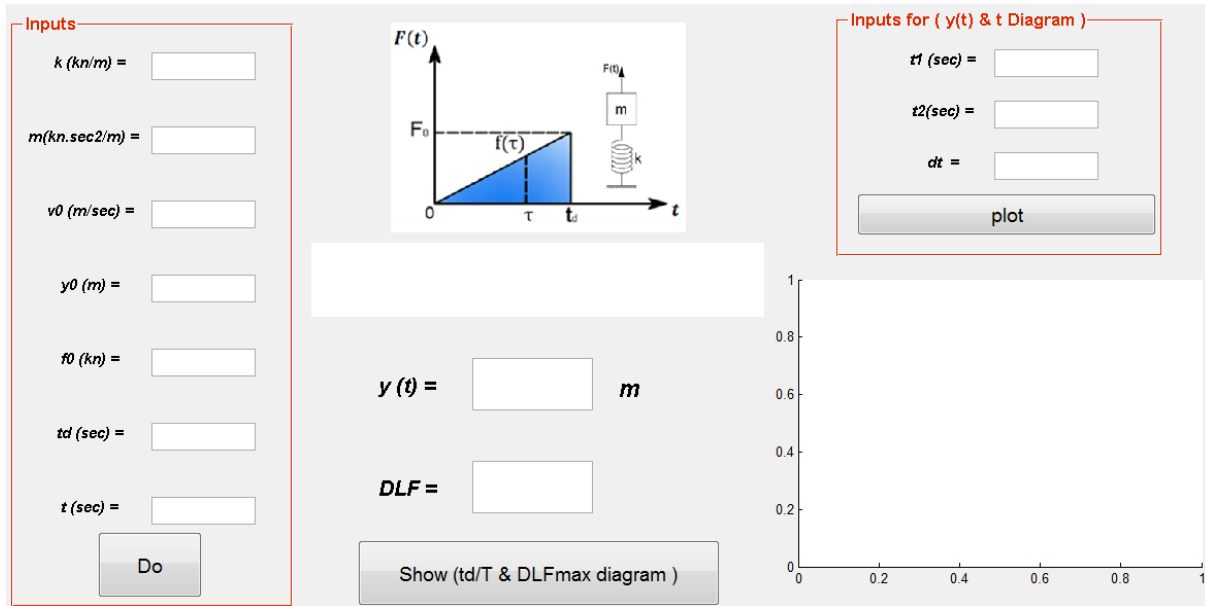
- علاقات البرمجة التفصيلية :

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف Tc3.m في القرص المدمج.

4-4- برمجة حالة حمولة نبضية بشكل مثلثي متزايد.

4-4-1- حالة حمولة نبضية بشكل مثلثي متزايد تؤثر في جملة ذات درجة حرية واحدة .

- الواجهة:



الشكل (4-10): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل مثلثي متزايد مؤثرة في جملة ذات درجة حرية واحدة.

- علاقات الاستجابة التي ستم برمجتها:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$0 \leq t \leq t_d$$

$$y(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right)$$

$$. t_d \leq t$$

$$y(t) = y_{st} \left(\cos[\omega(t - t_d)] + \frac{\sin[\omega(t - t_d)]}{\omega t_d} - \frac{\sin(\omega t)}{\omega t_d} \right)$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$0 \leq t \leq t_d$$

$$y(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) + y_{st} \frac{t}{t_d}$$

$$t_d \leq t$$

$$y(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) + y_{st} \cos[\omega(t - t_d)] + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \sin[\omega(t - t_d)]$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLF_{max} التي ستم برمجتها لرسم

منحنى DLF_{max} :

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$DLF_{max} = \frac{z}{x} - \frac{1}{2\pi x} \sin(2\pi z)$$

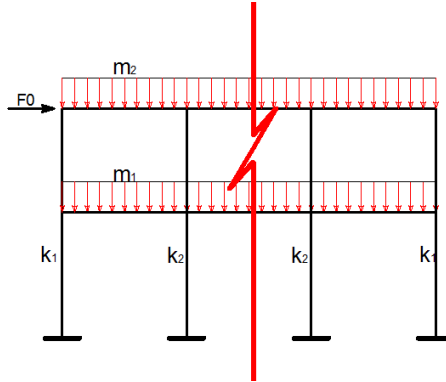
* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$DLF_{max} = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) + \cos[2\pi(z - x)] + \frac{\sin[2\pi(z - x)]}{2\pi x}$$

- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف cc4.m في القرص المدمج.

2-4-4- حالة حمولة نبضية بشكل مثلثي متزايد تؤثر في إطار بطابقين .



إطار بطابقين بـ n فتحة.

- الواجهة:

الشكل (4-11): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل مثلثي متزايد مؤثرة في إطار بطابقين.

- علاقات الاستجابة التي ستم برمجتها:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$0 \leq t \leq t_d$$

$$y_1(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega_1 t_d} \sin(\omega_1 t) \right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega_2 t_d} \sin(\omega_2 t) \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

$$t_d \leq t$$

$$y_1(t) = y_{st} \left(\cos[\omega_1(t - t_d)] + \frac{\sin[\omega_1(t - t_d)]}{\omega_1 t_d} - \frac{\sin(\omega_1 t)}{\omega_1 t_d} \right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \left(\cos[\omega_2(t - t_d)] + \frac{\sin[\omega_2(t - t_d)]}{\omega_2 t_d} - \frac{\sin(\omega_2 t)}{\omega_2 t_d} \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$0 \leq t \leq t_d$$

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_d} \right) \sin(\omega_1 t) + y_{st} \frac{t}{t_d}$$

$$y_2(t) = y_0 \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_d} \right) \sin(\omega_2 t) + y_{st} \frac{t}{t_d}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

$$t_d \leq t$$

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_d} \right) \sin(\omega_1 t) + y_{st} \cos[\omega_1(t - t_d)]$$

$$+ \frac{y_{st}}{\omega_1 t_d} \sin[\omega_1(t - t_d)]$$

$$y_2(t) = y_0 \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_d} \right) \sin(\omega_2 t) + y_{st} \cos[\omega_2(t - t_d)]$$

$$+ \frac{y_{st}}{\omega_2 t_d} \sin[\omega_2(t - t_d)]$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLF_{max} التي ستم برمجتها لرسم

منحني DLF_{max} :

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$DLF_{max} = \frac{z}{x} - \frac{1}{2\pi x} \sin(2\pi z)$$

$$DLF_{max(tot)} = \sqrt{2(DLF_{max})^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$DLF_{max1} = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T_1}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) + \cos[2\pi(z - x)]$$

$$+ \frac{\sin[2\pi(z - x)]}{2\pi x}$$

$$DLF_{max2} = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T_2}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) + \cos[2\pi(z - x)]$$

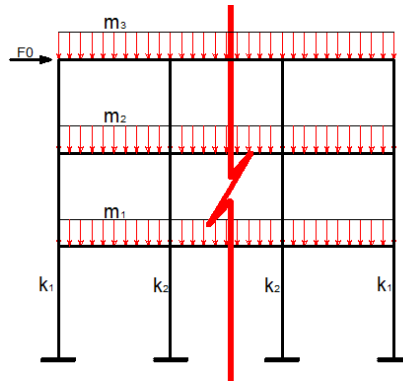
$$+ \frac{\sin[2\pi(z - x)]}{2\pi x}$$

$$DLF_{max(tot)} = \sqrt{(DLF_{max1})^2 + (DLF_{max2})^2}$$

- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف dc4.m في القرص المدمج.

3-4-4- حالة حمولة نبضية بشكل مثلثي متزايد تؤثر في إطار ثلاثي الطوابق.



إطار ثلاثي الطوابق ذو فتحة.

- الواجهة:

الشكل (4-12): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل مثلثي متزايد مؤثرة في إطار ثلاثي الطوابق.

- علاقات الاستجابة التي ستم برمجتها:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$0 \leq t \leq t_d$$

$$y_1(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega_1 t_d} \sin(\omega_1 t) \right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega_2 t_d} \sin(\omega_2 t) \right)$$

$$y_3(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_d} - \frac{1}{\omega_3 t_d} \sin(\omega_3 t) \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

$$t_d \leq t$$

$$y_1(t) = y_{st} \left(\cos[\omega_1(t - t_d)] + \frac{\sin[\omega_1(t - t_d)]}{\omega_1 t_d} - \frac{\sin(\omega_1 t)}{\omega_1 t_d} \right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \left(\cos[\omega_2(t - t_d)] + \frac{\sin[\omega_2(t - t_d)]}{\omega_2 t_d} - \frac{\sin(\omega_2 t)}{\omega_2 t_d} \right)$$

$$y_3(t) = y_{st} \left(\cos[\omega_3(t - t_d)] + \frac{\sin[\omega_3(t - t_d)]}{\omega_3 t_d} - \frac{\sin(\omega_3 t)}{\omega_3 t_d} \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$0 \leq t \leq t_d$$

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_d} \right) \sin(\omega_1 t) + y_{st} \frac{t}{t_d}$$

$$y_2(t) = y_0 \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_d} \right) \sin(\omega_2 t) + y_{st} \frac{t}{t_d}$$

$$y_3(t) = y_0 \cos(\omega_3 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_3} - \frac{y_{st}}{\omega_3 t_d} \right) \sin(\omega_3 t) + y_{st} \frac{t}{t_d}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

. $t_d \leq t$

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_d} \right) \sin(\omega_1 t) + y_{st} \cos[\omega_1(t - t_d)]$$

$$+ \frac{y_{st}}{\omega_1 t_d} \sin[\omega_1(t - t_d)]$$

$$y_2(t) = y_0 \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_d} \right) \sin(\omega_2 t) + y_{st} \cos[\omega_2(t - t_d)]$$

$$+ \frac{y_{st}}{\omega_2 t_d} \sin[\omega_2(t - t_d)]$$

$$y_3(t) = y_0 \cos(\omega_3 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_3} - \frac{y_{st}}{\omega_3 t_d} \right) \sin(\omega_3 t) + y_{st} \cos[\omega_3(t - t_d)]$$

$$+ \frac{y_{st}}{\omega_3 t_d} \sin[\omega_3(t - t_d)]$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLF_{max} التي ستتم برمجتها لرسم

منحني DLF_{max} :

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$DLF_{max} = \frac{z}{x} - \frac{1}{2\pi x} \sin(2\pi z)$$

$$DLF_{max(tot)} = \sqrt{3(DLF_{max})^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$DLF_{max1} = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T_1}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) + \cos[2\pi(z - x)]$$

$$+ \frac{\sin[2\pi(z - x)]}{2\pi x}$$

$$DLF_{max2} = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T_2}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) + \cos[2\pi(z - x)]$$

$$+ \frac{\sin[2\pi(z - x)]}{2\pi x}$$

$$DLF_{\max 3} = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T_3}{2\pi y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) + \cos[2\pi(z - x)] + \frac{\sin[2\pi(z - x)]}{2\pi x}$$

$$DLF_{\max (tot)} = \sqrt{(DLF_{\max 1})^2 + (DLF_{\max 2})^2 + (DLF_{\max 3})^2}$$

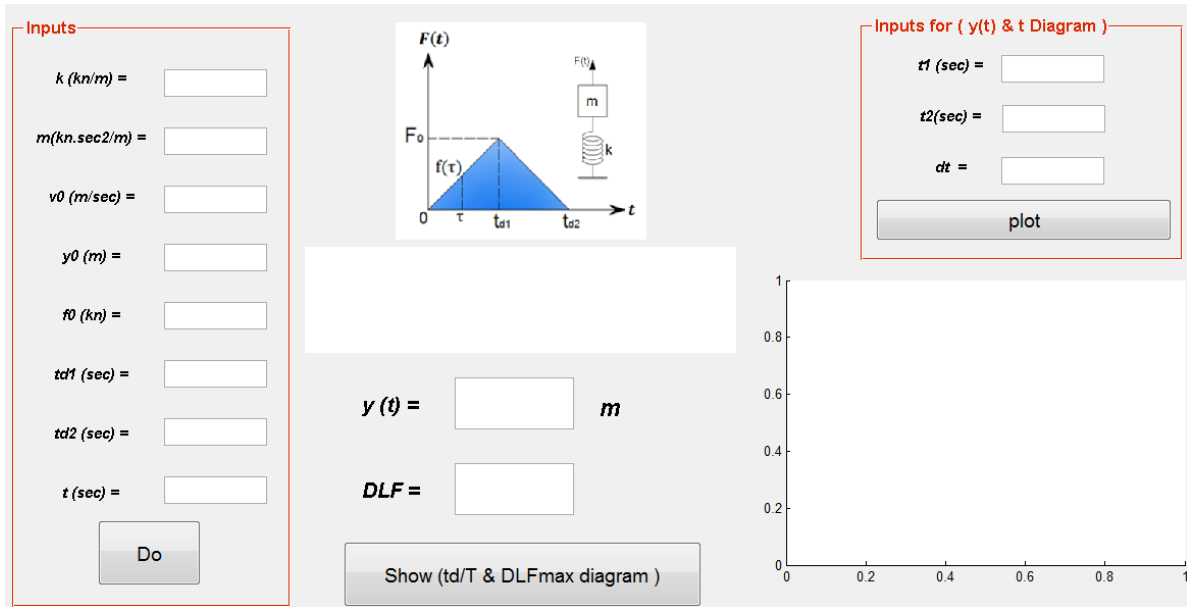
- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف Tc4.m في القرص المدمج.

4-5- برمجة حالة حمولة نبضية بشكل مثلثي متزايد متناقص.

4-5-1- حالة حمولة نبضية بشكل مثلثي متزايد متناقص تؤثر في جملة ذات درجة حرية واحدة.

- الواجهة:



الشكل (4-13): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل مثلثي متزايد متناقص مؤثرة في جملة ذات درجة حرية واحدة.

- علاقات الاستجابة التي ستم برمجتها:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$0 \leq t \leq t_{d1}$$

$$y(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_{d1}} - \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin(\omega t) \right)$$

$$y(t) = y_{st} \left(1 - \frac{\sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} \right) \quad t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$$

$t_{d2} < t$

$$y(t) = y_{st} \left(\frac{\{-\sin(\omega t) + \sin[\omega(t - t_{d1})]\}}{\omega t_{d1}} + \frac{\{\sin[\omega(t - t_{d1})] - \sin[\omega(t - t_{d2})]\}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right)$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$.0 \leq t \leq t_{d1}$$

$$y(t) = y_0 \cos(\omega.t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + y_{st} \frac{t}{t_{d1}}$$

$$.t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$$

$$y(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d1})] + y_{st} \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}}$$

$$.t_{d2} < t$$

$$y(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d1})] - \frac{y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d2})]$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLFmax التي ستم برمجتها لرسم

منحني DLFmax:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة و $t_{d1} = \frac{t_d}{2}$ حيث $t_{d2} = t_d$ و $x = \frac{t_d}{T} < \frac{1}{2}$

$$DLF_{max} = \frac{2}{2\pi x} \left(2\sin \left[2\pi \left(z - \frac{x}{2} \right) \right] - \sin[2\pi(z - x)] - \sin(2\pi z) \right)$$

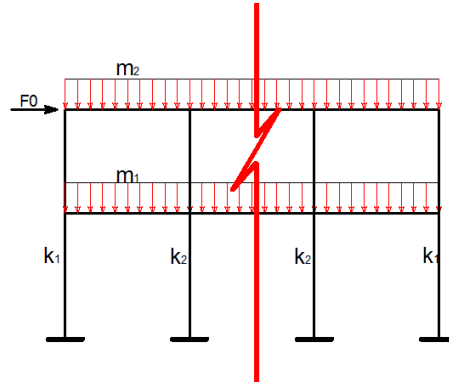
$$x = \frac{t_d}{T} > \frac{1}{2}$$

$$DLF_{max} = 2 \left[1 - \frac{z}{x} + \frac{2\sin \left[2\pi \left(z - \frac{x}{2} \right) \right]}{2\pi x} - \frac{\sin(2\pi z)}{2\pi x} \right]$$

- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف cc5.m في القرص المدمج.

4-5-2- حالة حمولة نبضية بشكل مثلثي متزايد متناقص تؤثر في إطار بطابقين .



إطار بطابقين بـ n فتحة.

– الواجهة:

الشكل (4-14): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل مثلثي متزايد متناقص مؤثرة في إطار بطابقين.

– علاقات الاستجابة التي ستتم برمجتها:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$.0 \leq t \leq t_{d1}$$

$$y_1(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_{d1}} - \frac{1}{\omega_1 t_{d1}} \sin(\omega_1 t) \right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_{d1}} - \frac{1}{\omega_2 t_{d1}} \sin(\omega_2 t) \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

$$y_1(t) = y_{st} \left(1 - \frac{\sin(\omega_1 t)}{\omega_1 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_1(t - t_{d1})]}{\omega_1 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_1(t - t_{d1})]}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} \right) \quad .t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$$

$$y_2(t) = y_{st} \left(1 - \frac{\sin(\omega_2 t)}{\omega_2 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_2(t - t_{d1})]}{\omega_2 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_2(t - t_{d1})]}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

. $t_{d2} < t$

$$y_1(t) = y_{st} \left(\frac{\{-\sin(\omega_1 t) + \sin[\omega_1(t - t_{d1})]\}}{\omega_1 t_{d1}} + \frac{\{\sin[\omega_1(t - t_{d1})] - \sin[\omega_1(t - t_{d2})]\}}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} \right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \left(\frac{\{-\sin(\omega_2 t) + \sin[\omega_2(t - t_{d1})]\}}{\omega_2 t_{d1}} + \frac{\{\sin[\omega_2(t - t_{d1})] - \sin[\omega_2(t - t_{d2})]\}}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$. 0 \leq t \leq t_{d1}$$

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega_1 \cdot t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \right) \sin(\omega_1 t) + y_{st} \frac{t}{t_{d1}}$$

$$y_2(t) = y_0 \cos(\omega_2 \cdot t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \right) \sin(\omega_2 t) + y_{st} \frac{t}{t_{d1}}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

$$. t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$$

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \right) \sin(\omega_1 t) + \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \sin[\omega_1(t - t_{d1})]$$

$$+ \frac{y_{st}}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_1(t - t_{d1})] + y_{st} \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}}$$

$$y_2(t) = y_0 \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \right) \sin(\omega_2 t) + \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \sin[\omega_2(t - t_{d1})]$$

$$+ \frac{y_{st}}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_2(t - t_{d1})] + y_{st} \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

$$. t_{d2} < t$$

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \right) \sin(\omega_1 t) + \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \sin[\omega_1(t - t_{d1})]$$

$$+ \frac{y_{st}}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_1(t - t_{d1})] - \frac{y_{st}}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_1(t - t_{d2})]$$

$$y_2(t) = y_0 \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \right) \sin(\omega_2 t) + \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \sin[\omega_2(t - t_{d1})]$$

$$+ \frac{y_{st}}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_2(t - t_{d1})] - \frac{y_{st}}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_2(t - t_{d2})]$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLF_{max} التي ستم برمجتها لرسم منحني DLF_{max} :

$$x = \frac{t_d}{T} < \frac{1}{2} \text{ في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة و}$$

$$DLF_{max} = \frac{2}{2\pi x} \left(2\sin \left[2\pi \left(z - \frac{x}{2} \right) \right] - \sin[2\pi(z - x)] - \sin(2\pi z) \right)$$

$$x = \frac{t_d}{T} > \frac{1}{2}$$

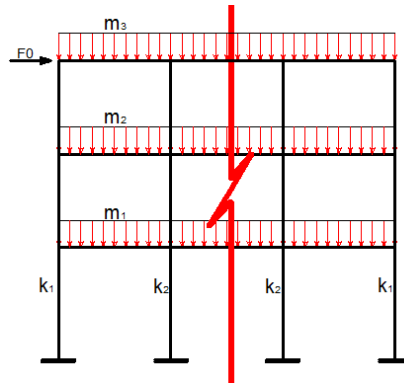
$$DLF_{max} = 2 \left[1 - \frac{z}{x} + \frac{2\sin \left[2\pi \left(z - \frac{x}{2} \right) \right]}{2\pi x} - \frac{\sin(2\pi z)}{2\pi x} \right]$$

$$DLF_{max(tot)} = \sqrt{2(DLF_{max})^2}$$

- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف dc5.m في القرص المدمج.

4-5-3- حالة حمولة نبضية بشكل مثلثي متزايد متناقص تؤثر في إطار ثلاثي طوابق.



إطار ثلاثي الطوابق ذو n فتحة.

- الواجهة :

Inputs 1(Frame Properties)

$k1$ (kn/m) = $m1$ (kn.sec2/m) = $h1$ (m) =

$k2$ (kn/m) = $m2$ (kn.sec2/m) = $h2$ (m) =

Number of Spans $m3$ (kn.sec2/m) = $h3$ (m) =

Inputs 2(Pulse Properties)

$v0$ (m/sec) = $td1$ (sec) =

$y0$ (m) = $td2$ (sec) =

$f0$ (kn) = t (sec) =

Inputs for (y(t) & t Diagram)

$t1$ (sec) =

$t2$ (sec) =

dt =

Output

$y1$ (m) = $DLF1$ =

$y2$ (m) = $DLF2$ =

$y3$ (m) = $DLF3$ =

y_{tot} (m) = DLF_{tot} =

الشكل(4-15): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل مثلثي متزايد متناقص مؤثرة في إطار ثلاثي.

- علاقات الاستجابة التي ستتم برمجتها:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$.0 \leq t \leq t_{d1}$$

$$y1(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_{d1}} - \frac{1}{\omega_1 t_{d1}} \sin(\omega_1 t) \right)$$

$$y2(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_{d1}} - \frac{1}{\omega_2 t_{d1}} \sin(\omega_2 t) \right)$$

$$y3(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_{d1}} - \frac{1}{\omega_3 t_{d1}} \sin(\omega_3 t) \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y1(t)^2 + y2(t)^2 + y3(t)^2}$$

. $t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$

$$y1(t) = y_{st} \left(1 - \frac{\sin(\omega_1 t)}{\omega_1 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_1(t - t_{d1})]}{\omega_1 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_1(t - t_{d1})]}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} \right)$$

$$y2(t) = y_{st} \left(1 - \frac{\sin(\omega_2 t)}{\omega_2 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_2(t - t_{d1})]}{\omega_2 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_2(t - t_{d1})]}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} \right)$$

$$y3(t) = y_{st} \left(1 - \frac{\sin(\omega_3 t)}{\omega_3 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_3(t - t_{d1})]}{\omega_3 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_3(t - t_{d1})]}{\omega_3(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y1(t)^2 + y2(t)^2 + y3(t)^2}$$

. $t_{d2} < t$

$$y1(t) = y_{st} \left(\frac{\{-\sin(\omega_1 t) + \sin[\omega_1(t - t_{d1})]\}}{\omega_1 t_{d1}} + \frac{\{\sin[\omega_1(t - t_{d1})] - \sin[\omega_1(t - t_{d2})]\}}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} \right)$$

$$y2(t) = y_{st} \left(\frac{\{-\sin(\omega_2 t) + \sin[\omega_2(t - t_{d1})]\}}{\omega_2 t_{d1}} + \frac{\{\sin[\omega_2(t - t_{d1})] - \sin[\omega_2(t - t_{d2})]\}}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} \right)$$

$$y3(t) = y_{st} \left(\frac{\{-\sin(\omega_3 t) + \sin[\omega_3(t - t_{d1})]\}}{\omega_3 t_{d1}} + \frac{\{\sin[\omega_3(t - t_{d1})] - \sin[\omega_3(t - t_{d2})]\}}{\omega_3(t_{d2} - t_{d1})} \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y1(t)^2 + y2(t)^2 + y3(t)^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$.0 \leq t \leq t_{d1}$$

$$y1(t) = y_0 \cos(\omega_1 \cdot t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \right) \sin(\omega_1 t) + y_{st} \frac{t}{t_{d1}}$$

$$y2(t) = y_0 \cos(\omega_2 \cdot t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \right) \sin(\omega_2 t) + y_{st} \frac{t}{t_{d1}}$$

$$y3(t) = y_0 \cos(\omega_3 \cdot t) + \left(\frac{v_0}{\omega_3} - \frac{y_{st}}{\omega_3 t_{d1}} \right) \sin(\omega_3 t) + y_{st} \frac{t}{t_{d1}}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y1(t)^2 + y2(t)^2 + y3(t)^2}$$

$$. t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$$

$$y1(t) = y_0 \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \right) \sin(\omega_1 t) + \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \sin[\omega_1(t - t_{d1})]$$

$$+ \frac{y_{st}}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_1(t - t_{d1})] + y_{st} \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}}$$

$$y2(t) = y_0 \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \right) \sin(\omega_2 t) + \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \sin[\omega_2(t - t_{d1})]$$

$$+ \frac{y_{st}}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_2(t - t_{d1})] + y_{st} \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}}$$

$$y3(t) = y_0 \cos(\omega_3 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_3} - \frac{y_{st}}{\omega_3 t_{d1}} \right) \sin(\omega_3 t) + \frac{y_{st}}{\omega_3 t_{d1}} \sin[\omega_3(t - t_{d1})]$$

$$+ \frac{y_{st}}{\omega_3(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_3(t - t_{d1})] + y_{st} \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y1(t)^2 + y2(t)^2 + y3(t)^2}$$

$$. t_{d2} < t$$

$$y1(t) = y_0 \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \right) \sin(\omega_1 t) + \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \sin[\omega_1(t - t_{d1})]$$

$$+ \frac{y_{st}}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_1(t - t_{d1})] - \frac{y_{st}}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_1(t - t_{d2})]$$

$$y2(t) = y_0 \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \right) \sin(\omega_2 t) + \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \sin[\omega_2(t - t_{d1})]$$

$$+ \frac{y_{st}}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_2(t - t_{d1})] - \frac{y_{st}}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_2(t - t_{d2})]$$

$$y3(t) = y_0 \cos(\omega_3 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_3} - \frac{y_{st}}{\omega_3 t_{d1}} \right) \sin(\omega_3 t) + \frac{y_{st}}{\omega_3 t_{d1}} \sin[\omega_3(t - t_{d1})]$$

$$+ \frac{y_{st}}{\omega_3(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_3(t - t_{d1})] - \frac{y_{st}}{\omega_3(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_3(t - t_{d2})]$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y1(t)^2 + y2(t)^2 + y3(t)^2}$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLF_{max} التي ستم برمجتها لرسم

منحنى DLF_{max} :

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة و:

$$x = \frac{t_d}{T} < \frac{1}{2} \quad \text{و} \quad t_{d2} = t_d \quad \text{حيث} \quad t_{d1} = \frac{t_d}{2}$$

$$DLF_{\max} = \frac{2}{2\pi x} \left(2\sin \left[2\pi \left(z - \frac{x}{2} \right) \right] - \sin[2\pi(z - x)] - \sin(2\pi z) \right)$$

$$x = \frac{t_d}{T} > \frac{1}{2}$$

$$DLF_{\max} = 2 \left[1 - \frac{z}{x} + \frac{2\sin \left[2\pi \left(z - \frac{x}{2} \right) \right]}{2\pi x} - \frac{\sin(2\pi z)}{2\pi x} \right]$$

$$DLF_{\max(\text{tot})} = \sqrt{3(DLF_{\max})^2}$$

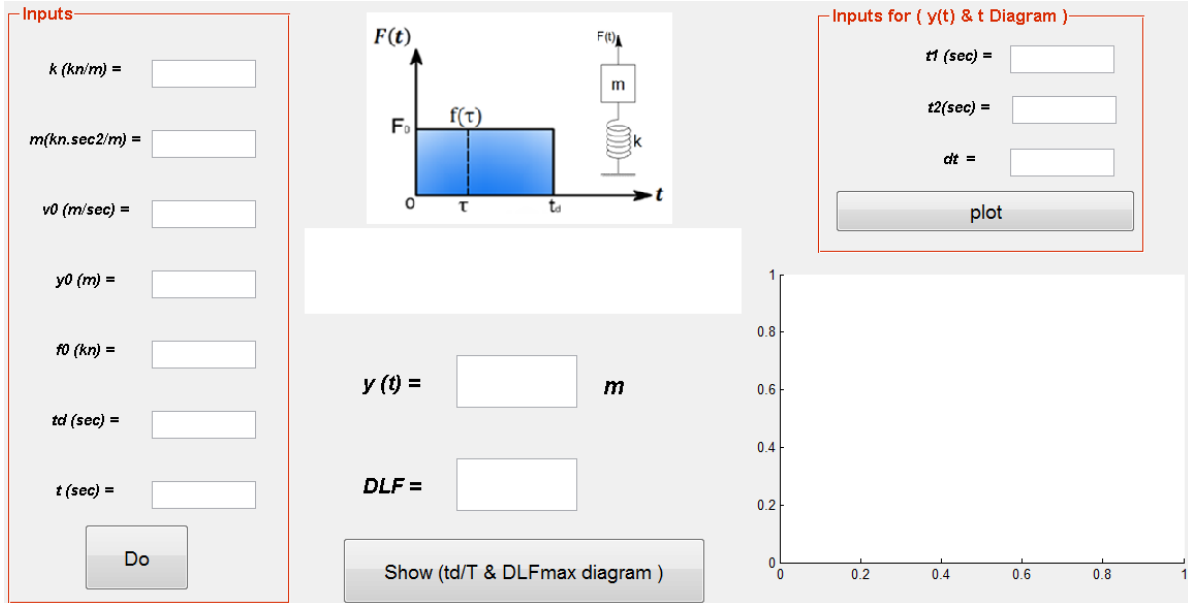
- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف Tc5.m في القرص المدمج.

4-6- برمجة حالة حمولة نبضية بشكل مستطيل.

4-6-1- حالة حمولة نبضية بشكل مستطيل تؤثر في جملة ذات درجة حرية واحدة .

- الواجهة:



الشكل(4-16): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل مستطيل مؤثرة في جملة ذات درجة حرية واحدة.

- علاقات الاستجابة التي ستم برمجتها:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$0 \leq t \leq t_d$$

$$y(t) = y_{st}(1 - \cos(\omega t))$$

$$t_d \leq t$$

$$y(t) = y_{st}(\cos[\omega(t - t_d)] - \cos(\omega t))$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$0 \leq t \leq t_d$$

$$y(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + y_{st}$$

$$. t_d \leq t$$

$$y(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + y_{st} \cos[\omega(t - t_d)]$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLF_{max} التي ستم برمجتها لرسم منحني DLF_{max} :

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

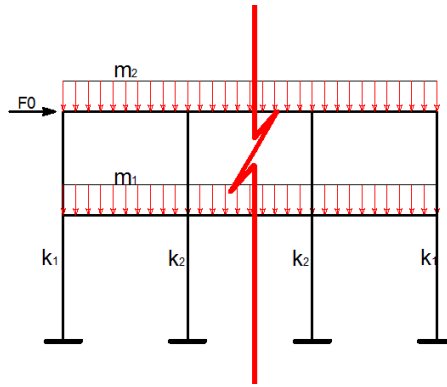
$$DLF_{max} = \cos[2\pi(z - x)] - \cos(2\pi z)$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$DLF_{max} = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \cos(2\pi z) + \frac{v_0 \cdot T}{2\pi y_{st}} \sin(2\pi z) + \cos[2\pi(z - x)]$$

- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف cc6.m في القرص المدمج.
4-6-2- حالة حمولة نبضية بشكل مستطيل تؤثر في إطار بطابقين.



إطار بطابقين بـ n فتحة.

- الواجهة:

الشكل (4-17): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل مستطيل مؤثرة في إطار بطابقين.

- علاقات الاستجابة التي ستتم برمجتها:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$0 \leq t \leq t_d$$

$$y_1(t) = y_{st}(1 - \cos(\omega_1 t))$$

$$y_2(t) = y_{st}(1 - \cos(\omega_2 t))$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

$$t_d \leq t$$

$$y_1(t) = y_{st}(\cos[\omega_1(t - t_d)] - \cos(\omega_1 t))$$

$$y_2(t) = y_{st}(\cos[\omega_2(t - t_d)] - \cos(\omega_2 t))$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$0 \leq t \leq t_d$$

$$y_1(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_1 t) + \frac{v_0}{\omega_1} \sin(\omega_1 t) + y_{st}$$

$$y_2(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_2 t) + \frac{v_0}{\omega_2} \sin(\omega_2 t) + y_{st}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

$$t_d \leq t$$

$$y_1(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_1 t) + \frac{v_0}{\omega_1} \sin(\omega_1 t) + y_{st} \cos[\omega_1(t - t_d)]$$

$$y_2(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_2 t) + \frac{v_0}{\omega_2} \sin(\omega_2 t) + y_{st} \cos[\omega_2(t - t_d)]$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLFmax التي ستتم برمجتها لرسم

منحني DLFmax:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$DLF_{max} = \cos[2\pi(z - x)] - \cos(2\pi z)$$

$$DLF_{max(tot)} = \sqrt{2(DLF_{max})^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$DLF_{max1} = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1\right) \cos(2\pi z) + \frac{v_0 \cdot T_1}{2\pi y_{st}} \sin(2\pi z) + \cos[2\pi(z - x)]$$

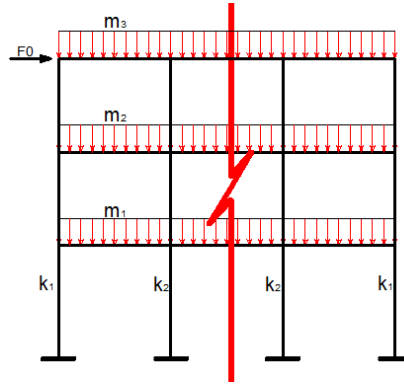
$$DLF_{max2} = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1\right) \cos(2\pi z) + \frac{v_0 \cdot T_2}{2\pi y_{st}} \sin(2\pi z) + \cos[2\pi(z - x)]$$

$$DLF_{max(tot)} = \sqrt{(DLF_{max1})^2 + (DLF_{max2})^2}$$

- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف dc6.m في القرص المدمج.

3-6-4- حالة حمولة نبضية بشكل مستطيل تؤثر في إطار ثلاثي الطوابق.



إطار ثلاثي الطوابق ذو n فتحة.

- الواجهة:

الشكل (4-18): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل مستطيل مؤثرة في إطار ثلاثي الطوابق.

- علاقات الاستجابة التي ستم برمجتها:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$0 \leq t \leq t_d$$

$$y_1(t) = y_{st}(1 - \cos(\omega_1 t))$$

$$y_2(t) = y_{st}(1 - \cos(\omega_2 t))$$

$$y_3(t) = y_{st}(1 - \cos(\omega_3 t))$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

$$. t_d \leq t$$

$$y_1(t) = y_{st}(\cos[\omega_1(t - t_d)] - \cos(\omega_1 t))$$

$$y_2(t) = y_{st}(\cos[\omega_2(t - t_d)] - \cos(\omega_2 t))$$

$$y_3(t) = y_{st}(\cos[\omega_3(t - t_d)] - \cos(\omega_3 t))$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:
 $0 \leq t \leq t_d$

$$y_1(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_1 t) + \frac{v_0}{\omega_1} \sin(\omega_1 t) + y_{st}$$

$$y_2(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_2 t) + \frac{v_0}{\omega_2} \sin(\omega_2 t) + y_{st}$$

$$y_3(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_3 t) + \frac{v_0}{\omega_3} \sin(\omega_3 t) + y_{st}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

$t_d \leq t$

$$y_1(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_1 t) + \frac{v_0}{\omega_1} \sin(\omega_1 t) + y_{st} \cos[\omega_1(t - t_d)]$$

$$y_2(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_2 t) + \frac{v_0}{\omega_2} \sin(\omega_2 t) + y_{st} \cos[\omega_2(t - t_d)]$$

$$y_3(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega_3 t) + \frac{v_0}{\omega_3} \sin(\omega_3 t) + y_{st} \cos[\omega_3(t - t_d)]$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLF_{max} التي ستم برمجتها لرسم
منحني DLF_{max} :

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$DLF_{max} = \cos[2\pi(z - x)] - \cos(2\pi z)$$

$$DLF_{max(tot)} = \sqrt{3(DLF_{max})^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$DLF_{max1} = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1\right) \cos(2\pi z) + \frac{v_0 \cdot T_1}{2\pi y_{st}} \sin(2\pi z) + \cos[2\pi(z - x)]$$

$$DLF_{max2} = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1\right) \cos(2\pi z) + \frac{v_0 \cdot T_2}{2\pi y_{st}} \sin(2\pi z) + \cos[2\pi(z - x)]$$

$$DLF_{max3} = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1\right) \cos(2\pi z) + \frac{v_0 \cdot T_3}{2\pi y_{st}} \sin(2\pi z) + \cos[2\pi(z - x)]$$

$$DLF_{max(tot)} = \sqrt{(DLF_{max1})^2 + (DLF_{max2})^2 + (DLF_{max3})^2}$$

- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف Tc6.m في القرص المدمج.

4-7- برمجة حالة حمولة نبضية بشكل مربع.

4-7-1- حالة حمولة نبضية بشكل مربع تؤثر في جملة ذات درجة حرية واحدة .

- الواجهة :

The interface is divided into several sections:

- Inputs:** Fields for k (kn/m), m (kn.sec²/m), v_0 (m/sec), y_0 (m), f_0 (kn), td (sec), and t (sec). A "Do" button is located below these fields.
- Inputs for (y(t) & t Diagram):** Fields for t_1 (sec), t_2 (sec), and dt . A "plot" button is located below these fields.
- Output:** Fields for $y(t) =$ and $DLF =$, both followed by a unit m . A "Show (td/T & DLFmax diagram)" button is located below these fields.
- Diagram:** A central diagram shows a mass m on a spring k with a rectangular pulse load $f(\tau)$ of height F_0 and duration t_d . A graph of $F(t)$ vs t shows the pulse.
- Plot:** A blank coordinate system with axes from 0 to 1.

الشكل(4-19): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل مربع مؤثرة في جملة ذات درجة حرية واحدة .

علاقات حساب الاستجابة و العلاقات الخاصة بحساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي الـ DLF_{max} ورسمه مماثلة لعلاقات الحمولة النبضية ذات الشكل المستطيل، و علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف cc7.m في القرص المدمج.

4-7-2- حالة حمولة نبضية بشكل مربع تؤثر في إطار بطابقين.

- الواجهة :

The interface is divided into several sections:

- Inputs 1(Frame Properties):** Fields for k_1 (kn/m), k_2 (kn/m), m_1 (kn.sec²/m), m_2 (kn.sec²/m), h_1 (m), h_2 (m), and Number of Spans.
- Inputs 2(Pulse Properties):** Fields for v_0 (m/sec), y_0 (m), f_0 (kn), td (sec), and t (sec). A "Do" button is located below these fields.
- Inputs for (y(t) & t Diagram):** Fields for t_1 (sec), t_2 (sec), and dt . A "Plot" button is located below these fields.
- Output:** Fields for y_1 (m), y_2 (m), y_{tot} (m), DLF_1 , DLF_2 , and DLF_{tot} . A "Show DLFmax" button is located below these fields.
- Diagram:** A central diagram shows a mass m on a spring k with a rectangular pulse load $f(\tau)$ of height F_0 and duration t_d . A graph of $F(t)$ vs t shows the pulse.

الشكل(4-20): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل مربع مؤثرة في إطار بطابقين.

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف dc7.m في القرص المدمج، وهي مماثلة للعلاقات في حالة الحمولة النبضية بشكل مستطيل.

4-7-3- حالة حمولة نبضية بشكل مربع تؤثر في إطار ثلاثي الطوابق.

- الواجهة :

Inputs 1(Frame Properties)

$k1$ (kn/m) = $m1$ (kn.sec2/m) = $h1$ (m) =

$k2$ (kn/m) = $m2$ (kn.sec2/m) = $h2$ (m) =

Number of Spans $m3$ (kn.sec2/m) = $h3$ (m) =

Inputs 2(Pulse Properties)

$v0$ (m/sec) = td (sec) =

$y0$ (m) = t (sec) =

$f0$ (kn) =

Inputs for (y(t) & t Diagram)

$t1$ (sec) =

$t2$ (sec) =

dt =

Output

$y1$ (m) = $DLF1$ =

$y2$ (m) = $DLF2$ =

$y3$ (m) = $DLF3$ =

y tot (m) = DLF tot =

الشكل(4-21): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل مربع مؤثرة في إطار ثلاثي.

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف Tc7.m في القرص المدمج، وهي مماثلة للعلاقات في حالة الحمولة النبضية بشكل مستطيل.

4-8- برمجة حالة حمولة نبضية بشكل مستمر متناقص.

4-8-1- حالة حمولة نبضية بشكل مستمر متناقص تؤثر في جملة ذات درجة حرية واحدة.

- الواجهة :

Inputs

k (kn/m) =

m (kn.sec2/m) =

$v0$ (m/sec) =

$y0$ (m) =

$f0$ (kn) =

$td1$ (sec) =

$td2$ (sec) =

t (sec) =

Inputs for (y(t) & t Diagram)

$t1$ (sec) =

$t2$ (sec) =

dt =

$y(t) =$ m

$DLF =$

الشكل(4-22): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل مستمر متناقص مؤثرة في جملة ذات درجة حرية واحدة

- علاقات الاستجابة التي ستتم برمجتها:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$. 0 \leq t \leq t_{d1}$$

$$y(t) = y_{st}(1 - \cos(\omega t))$$

$$. t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$$

$$y(t) = y_{st} \left(1 - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} - \cos(\omega t) + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right)$$

$$. t_{d2} \leq t$$

$$y(t) = y_{st} \left(-\cos(\omega t) + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{\sin[\omega(t - t_{d2})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right)$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$. 0 \leq t \leq t_{d1}$$

$$y(t) = (y_0 - y_{st})\cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + y_{st}$$

$$. t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$$

$$y(t) = (y_0 - y_{st})\cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{y_{st}\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} + y_{st} \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}}$$

$$. t_{d2} \leq t$$

$$y(t) = (y_0 - y_{st})\cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d1})] - \frac{y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d2})]$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLF_{max} التي ستتم برمجتها لرسم

منحنى DLF_{max} :

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$DLF_{max} = 1 - \frac{z - x}{A - x} - \cos(2\pi z) + \frac{1}{2\pi(A - x)} \sin(2\pi(z - x))$$

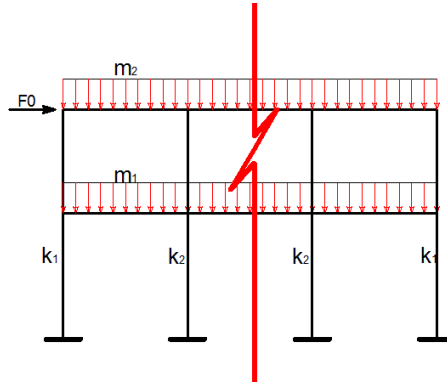
* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$DLF_{max} = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \cos(2\pi z) + \frac{v_0 T}{y_{st} \cdot 2\pi} \sin(2\pi z) + \frac{\sin[2\pi(z - x)]}{2\pi(A - x)} + \frac{A - z}{A - x}$$

- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف cc8.m في القرص المدمج.

4-8-2- حالة حمولة نبضية بشكل مستمر متناقص تؤثر في إطار بطابقين.



إطار بطابقين بـ n فتحة.

- الواجهة :

الشكل (4-23): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل مستمر متناقص مؤثرة في إطار بطابقين.

- علاقات الاستجابة التي ستم برمجتها:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$. 0 \leq t \leq t_{d1}$$

$$y1(t) = y_{st}(1 - \cos(\omega_1 t))$$

$$y2(t) = y_{st}(1 - \cos(\omega_2 t))$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y1(t)^2 + y2(t)^2}$$

$$. t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$$

$$y1(t) = y_{st} \left(1 - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} - \cos(\omega_1 t) + \frac{\sin[\omega_1(t - t_{d1})]}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} \right)$$

$$y2(t) = y_{st} \left(1 - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} - \cos(\omega_2 t) + \frac{\sin[\omega_2(t - t_{d1})]}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y1(t)^2 + y2(t)^2}$$

$$. t_{d2} \leq t$$

$$y1(t) = y_{st} \left(-\cos(\omega_1 t) + \frac{\sin[\omega_1(t - t_{d1})]}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{\sin[\omega_1(t - t_{d2})]}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} \right)$$

$$y2(t) = y_{st} \left(-\cos(\omega_2 t) + \frac{\sin[\omega_2(t - t_{d1})]}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{\sin[\omega_2(t - t_{d2})]}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y1(t)^2 + y2(t)^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$.0 \leq t \leq t_{d1}$$

$$y1(t) = (y_0 - y_{st})\cos(\omega_1 t) + \frac{v_0}{\omega_1} \sin(\omega_1 t) + y_{st}$$

$$y2(t) = (y_0 - y_{st})\cos(\omega_2 t) + \frac{v_0}{\omega_2} \sin(\omega_2 t) + y_{st}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y1(t)^2 + y2(t)^2}$$

$$.t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$$

$$y1(t) = (y_0 - y_{st})\cos(\omega_1 t) + \frac{v_0}{\omega_1} \sin(\omega_1 t) + \frac{y_{st} \sin[\omega_1(t - t_{d1})]}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} + y_{st} \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}}$$

$$y2(t) = (y_0 - y_{st})\cos(\omega_2 t) + \frac{v_0}{\omega_2} \sin(\omega_2 t) + \frac{y_{st} \sin[\omega_2(t - t_{d1})]}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} + y_{st} \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y1(t)^2 + y2(t)^2}$$

$$.t_{d2} \leq t$$

$$y1(t) = (y_0 - y_{st})\cos(\omega_1 t) + \frac{v_0}{\omega_1} \sin(\omega_1 t) + \frac{y_{st}}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_1(t - t_{d1})]$$

$$- \frac{y_{st}}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_1(t - t_{d2})]$$

$$y2(t) = (y_0 - y_{st})\cos(\omega_2 t) + \frac{v_0}{\omega_2} \sin(\omega_2 t) + \frac{y_{st}}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_2(t - t_{d1})]$$

$$- \frac{y_{st}}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_2(t - t_{d2})]$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y1(t)^2 + y2(t)^2}$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLFmax التي ستتم برمجتها لرسم

منحني DLFmax:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$DLF_{max} = 1 - \frac{z - x}{A - x} \cos(2\pi z) + \frac{1}{2\pi(A - x)} \sin(2\pi(z - x))$$

$$DLF_{max(tot)} = \sqrt{2(DLF_{max})^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$DLF_{max} 1 = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \cos(2\pi z) + \frac{v_0 T_1}{y_{st} \cdot 2\pi} \sin(2\pi z) + \frac{\sin[2\pi(z - x)]}{2\pi(A - x)} + \frac{A - z}{A - x}$$

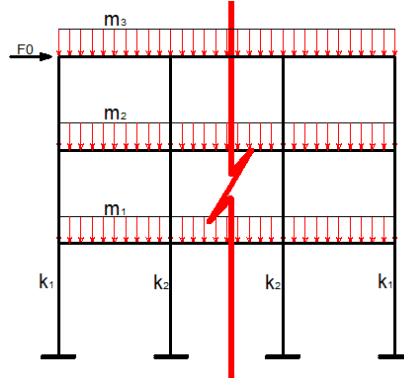
$$DLF_{max2} = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \cos(2\pi z) + \frac{v_0 T_2}{y_{st} \cdot 2\pi} \sin(2\pi z) + \frac{\sin[2\pi(z-x)]}{2\pi(A-x)} + \frac{A-z}{A-x}$$

$$DLF_{max(tot)} = \sqrt{(DLF_{max1})^2 + (DLF_{max2})^2}$$

- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف dc8.m في القرص المدمج.

4-8-3- حالة حمولة نبضية بشكل مستمر متناقص تؤثر في إطار ثلاثي الطوابق.



إطار ثلاثي الطوابق ذو n فتحة.

- الواجهة :

الشكل (4-24): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل مستمر متناقص مؤثرة في إطار ثلاثي الطوابق.

- علاقات الاستجابة التي ستم برمجتها:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$0 \leq t \leq t_{d1}$$

$$y_1(t) = y_{st}(1 - \cos(\omega_1 t))$$

$$y_2(t) = y_{st}(1 - \cos(\omega_2 t))$$

$$y_3(t) = y_{st}(1 - \cos(\omega_3 t))$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

$$\begin{aligned}
& .t_{d1} \leq t \leq t_{d2} \\
y_1(t) &= y_{st} \left(1 - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} - \cos(\omega_1 t) + \frac{\sin[\omega_1(t - t_{d1})]}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} \right) \\
y_2(t) &= y_{st} \left(1 - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} - \cos(\omega_2 t) + \frac{\sin[\omega_2(t - t_{d1})]}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} \right) \\
y_3(t) &= y_{st} \left(1 - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} - \cos(\omega_3 t) + \frac{\sin[\omega_3(t - t_{d1})]}{\omega_3(t_{d2} - t_{d1})} \right) \\
y_{tot}(t) &= \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& .t_{d2} \leq t \\
y_1(t) &= y_{st} \left(-\cos(\omega_1 t) + \frac{\sin[\omega_1(t - t_{d1})]}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{\sin[\omega_1(t - t_{d2})]}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} \right) \\
y_2(t) &= y_{st} \left(-\cos(\omega_2 t) + \frac{\sin[\omega_2(t - t_{d1})]}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{\sin[\omega_2(t - t_{d2})]}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} \right) \\
y_3(t) &= y_{st} \left(-\cos(\omega_3 t) + \frac{\sin[\omega_3(t - t_{d1})]}{\omega_3(t_{d2} - t_{d1})} - \frac{\sin[\omega_3(t - t_{d2})]}{\omega_3(t_{d2} - t_{d1})} \right) \\
y_{tot}(t) &= \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}
\end{aligned}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$\begin{aligned}
& .0 \leq t \leq t_{d1} \\
y_1(t) &= (y_0 - y_{st})\cos(\omega_1 t) + \frac{v_0}{\omega_1} \sin(\omega_1 t) + y_{st} \\
y_2(t) &= (y_0 - y_{st})\cos(\omega_2 t) + \frac{v_0}{\omega_2} \sin(\omega_2 t) + y_{st} \\
y_3(t) &= (y_0 - y_{st})\cos(\omega_3 t) + \frac{v_0}{\omega_3} \sin(\omega_3 t) + y_{st} \\
y_{tot}(t) &= \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& .t_{d1} \leq t \leq t_{d2} \\
y_1(t) &= (y_0 - y_{st})\cos(\omega_1 t) + \frac{v_0}{\omega_1} \sin(\omega_1 t) + \frac{y_{st} \sin[\omega_1(t - t_{d1})]}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} + y_{st} \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}} \\
y_2(t) &= (y_0 - y_{st})\cos(\omega_2 t) + \frac{v_0}{\omega_2} \sin(\omega_2 t) + \frac{y_{st} \sin[\omega_2(t - t_{d1})]}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} + y_{st} \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}} \\
y_3(t) &= (y_0 - y_{st})\cos(\omega_3 t) + \frac{v_0}{\omega_3} \sin(\omega_3 t) + \frac{y_{st} \sin[\omega_3(t - t_{d1})]}{\omega_3(t_{d2} - t_{d1})} + y_{st} \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}} \\
y_{tot}(t) &= \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& .t_{d2} \leq t \\
y_1(t) &= (y_0 - y_{st})\cos(\omega_1 t) + \frac{v_0}{\omega_1} \sin(\omega_1 t) + \frac{y_{st}}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_1(t - t_{d1})] \\
& - \frac{y_{st}}{\omega_1(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_1(t - t_{d2})]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
y_2(t) &= (y_0 - y_{st})\cos(\omega_2 t) + \frac{v_0}{\omega_2} \sin(\omega_2 t) + \frac{y_{st}}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_2(t - t_{d1})] \\
&\quad - \frac{y_{st}}{\omega_2(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_2(t - t_{d2})] \\
y_3(t) &= (y_0 - y_{st})\cos(\omega_3 t) + \frac{v_0}{\omega_3} \sin(\omega_3 t) + \frac{y_{st}}{\omega_3(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_3(t - t_{d1})] \\
&\quad - \frac{y_{st}}{\omega_3(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega_3(t - t_{d2})] \\
y_{tot}(t) &= \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}
\end{aligned}$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي الـ DLFmax التي ستم برمجتها لرسم منحنى DLFmax:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$\begin{aligned}
DLF_{max} &= 1 - \frac{z - x}{A - x} - \cos(2\pi z) + \frac{1}{2\pi(A - x)} \sin(2\pi(z - x)) \\
DLF_{max(tot)} &= \sqrt{3(DLF_{max})^2}
\end{aligned}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$\begin{aligned}
DLF_{max1} &= \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1\right) \cos(2\pi z) + \frac{v_0 T_1}{y_{st} \cdot 2\pi} \sin(2\pi z) + \frac{\sin[2\pi(z - x)]}{2\pi(A - x)} + \frac{A - z}{A - x} \\
DLF_{max2} &= \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1\right) \cos(2\pi z) + \frac{v_0 T_2}{y_{st} \cdot 2\pi} \sin(2\pi z) + \frac{\sin[2\pi(z - x)]}{2\pi(A - x)} + \frac{A - z}{A - x} \\
DLF_{max3} &= \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1\right) \cos(2\pi z) + \frac{v_0 T_3}{y_{st} \cdot 2\pi} \sin(2\pi z) + \frac{\sin[2\pi(z - x)]}{2\pi(A - x)} + \frac{A - z}{A - x} \\
DLF_{max(tot)} &= \sqrt{(DLF_{max1})^2 + (DLF_{max2})^2 + (DLF_{max3})^2}
\end{aligned}$$

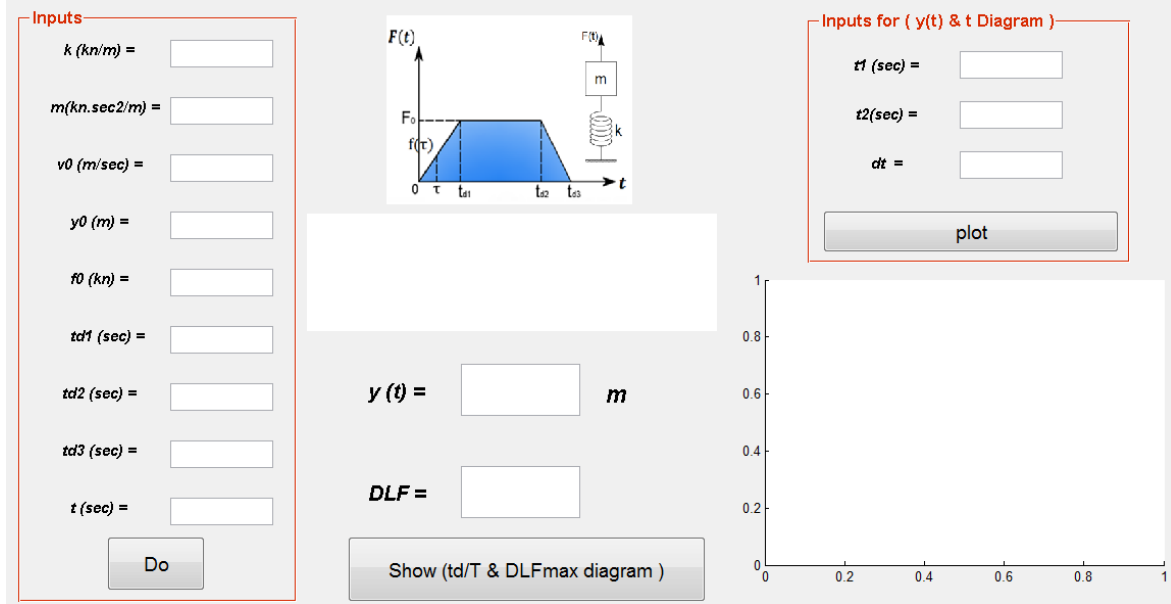
- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف Tc8.m في القرص المدمج.

4-9- برمجة حالة حمولة نبضية بشكل متزايد - ثابت - متناقص "شبه منحرف".

4-9-1- حالة حمولة نبضية بشكل شبه منحرف تؤثر في جملة ذات درجة حرية واحدة.

- الواجهة :



الشكل (4-25): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل شبه منحرف مؤثرة في جملة ذات درجة حرية واحدة .

- علاقات الاستجابة التي ستم برمجتها:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$0 \leq t \leq t_{d1}$$

$$y(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_{d1}} - \frac{\sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} \right)$$

$$. t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$$

$$y(t) = y_{st} \left(1 - \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin(\omega t) + \frac{1}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] \right)$$

$$. t_{d2} \leq t \leq t_{d3}$$

$$y(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d2})]}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} + \frac{t_{d3} - t}{t_{d3} - t_{d2}} \right)$$

$$. t_{d3} \leq t$$

$$y(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d2})]}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} - \frac{\sin[\omega(t - t_{d3})]}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \right)$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$0 \leq t \leq t_{d1}$$

$$y(t) = y_0 \cdot \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + y_{st} \cdot \frac{t}{t_{d1}}$$

$$. t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$$

$$y(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] + y_{st}$$

$$. t_{d2} \leq t \leq t_{d3}$$

$$y(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] \\ + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \sin(\omega(t - t_{d2})) + y_{st} \frac{t_{d3} - t}{t_{d3} - t_{d2}}$$

$$. t_{d3} \leq t$$

$$y(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] \\ + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega(t - t_{d2})] - \frac{y_{st}}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega(t - t_{d3})]$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLF_{max} التي ستم برمجتها لرسم

منحنى DLF_{max} :

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$DLF_{max} = 1 - \frac{1}{2\pi x} \sin(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)]$$

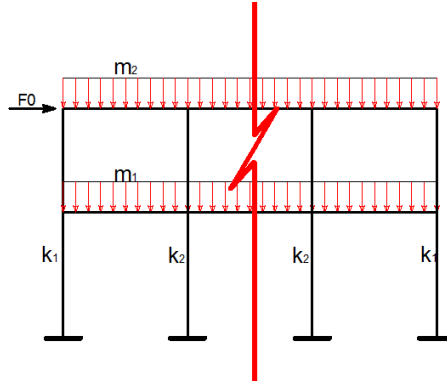
* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$DLF_{max} = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T}{2\pi \cdot y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)] + 1$$

- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف cc9.m في القرص المدمج.

2-9-4- حالة حمولة نبضية بشكل شبه منحرف تؤثر في إطار بطابقين .



إطار بطابقين بـ n فتحة.

- الواجهة:

The screenshot shows a software interface for calculating Dynamic Load Factor (DLF) for a trapezoidal pulse. It includes a graph of force $F(t)$ vs time t , and three input sections: 'Inputs 1 (Frame Properties)', 'Inputs 2 (Pulse Properties)', and 'Inputs for (y(t) & t Diagram)'. The 'Output' section shows fields for $y_1(m)$, $y_2(m)$, $y_{tot}(m)$, DLF_1 , DLF_2 , and DLF_{tot} , along with a 'Show DLFmax' button.

الشكل (4-26): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل شبه منحرف مؤثرة في إطار بطابقين.

- علاقات الاستجابة التي ستم برمجتها:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$.0 \leq t \leq t_{d1}$$

$$y_1(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_{d1}} - \frac{\sin(\omega_1 t)}{\omega_1 t_{d1}} \right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_{d1}} - \frac{\sin(\omega_2 t)}{\omega_2 t_{d1}} \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

$$.t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$$

$$y_1(t) = y_{st} \left(1 - \frac{1}{\omega_1 t_{d1}} \sin(\omega_1 t) + \frac{1}{\omega_1 t_{d1}} \sin[\omega_1(t - t_{d1})] \right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \left(1 - \frac{1}{\omega_2 t_{d1}} \sin(\omega_2 t) + \frac{1}{\omega_2 t_{d1}} \sin[\omega_2(t - t_{d1})] \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

$$.t_{d2} \leq t \leq t_{d3}$$

$$y_1(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega_1 t)}{\omega_1 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_1(t - t_{d1})]}{\omega_1 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_1(t - t_{d2})]}{\omega_1(t_{d3} - t_{d2})} + \frac{t_{d3} - t}{t_{d3} - t_{d2}} \right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega_2 t)}{\omega_2 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_2(t - t_{d1})]}{\omega_2 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_2(t - t_{d2})]}{\omega_2(t_{d3} - t_{d2})} + \frac{t_{d3} - t}{t_{d3} - t_{d2}} \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

$$.t_{d3} \leq t$$

$$y_1(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega_1 t)}{\omega_1 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_1(t - t_{d1})]}{\omega_1 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_1(t - t_{d2})]}{\omega_1(t_{d3} - t_{d2})} - \frac{\sin[\omega_1(t - t_{d3})]}{\omega_1(t_{d3} - t_{d2})} \right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega_2 t)}{\omega_2 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_2(t - t_{d1})]}{\omega_2 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_2(t - t_{d2})]}{\omega_2(t_{d3} - t_{d2})} - \frac{\sin[\omega_2(t - t_{d3})]}{\omega_2(t_{d3} - t_{d2})} \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$.0 \leq t \leq t_{d1}$$

$$y(t) = y_0 \cdot \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \right) \sin(\omega_1 t) + y_{st} \cdot \frac{t}{t_{d1}}$$

$$y_2(t) = y_0 \cdot \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \right) \sin(\omega_2 t) + y_{st} \cdot \frac{t}{t_{d1}}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

$$.t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$$

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \right) \sin(\omega_1 t) + \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \sin[\omega_1(t - t_{d1})] + y_{st}$$

$$y_2(t) = y_0 \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \right) \sin(\omega_2 t) + \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \sin[\omega_2(t - t_{d1})] + y_{st}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

$$.t_{d2} \leq t \leq t_{d3}$$

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \right) \sin(\omega_1 t) + \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \sin[\omega_1(t - t_{d1})] + \frac{y_{st}}{\omega_1(t_{d3} - t_{d2})} \sin(\omega_1(t - t_{d2})) + y_{st} \frac{t_{d3} - t}{t_{d3} - t_{d2}}$$

$$y_2(t) = y_0 \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \right) \sin(\omega_2 t) + \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \sin[\omega_2(t - t_{d1})] + \frac{y_{st}}{\omega_2(t_{d3} - t_{d2})} \sin(\omega_2(t - t_{d2})) + y_{st} \frac{t_{d3} - t}{t_{d3} - t_{d2}}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

$$.t_{d3} \leq t$$

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \right) \sin(\omega_1 t) + \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \sin[\omega_1(t - t_{d1})] + \frac{y_{st}}{\omega_1(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega_1(t - t_{d2})] - \frac{y_{st}}{\omega_1(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega_1(t - t_{d3})]$$

$$y_2(t) = y_0 \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \right) \sin(\omega_2 t) + \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \sin[\omega_2(t - t_{d1})]$$

$$+ \frac{y_{st}}{\omega_2(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega_2(t - t_{d2})] - \frac{y_{st}}{\omega_2(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega_2(t - t_{d3})]$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي الـ DLFmax التي ستم برمجتها لرسم منحنى DLFmax:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$DLF_{max} = 1 - \frac{1}{2\pi x} \sin(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)]$$

$$DLF_{max(tot)} = \sqrt{2(DLF_{max})^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$DLF_{max1} = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T_1}{2\pi \cdot y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)] + 1$$

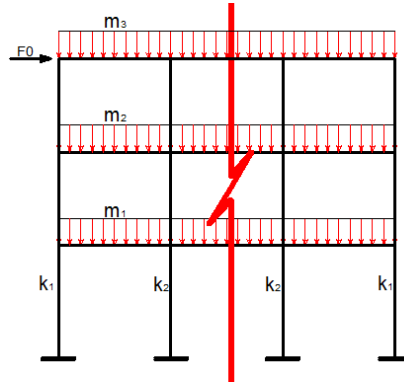
$$DLF_{max2} = \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T_2}{2\pi \cdot y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)] + 1$$

$$DLF_{max(tot)} = \sqrt{(DLF_{max1})^2 + (DLF_{max2})^2}$$

- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف dc9.m في القرص المدمج.

3-9-4- حالة حمولة نبضية بشكل شبه منحرف تؤثر في إطار ثلاثي الطوابق.



إطار ثلاثي الطوابق ذو فتحة.

- الواجهة:

Inputs 1(Frame Properties)

$k1$ (kn/m) = $m1$ (kn.sec2/m) = $h1$ (m) =

$k2$ (kn/m) = $m2$ (kn.sec2/m) = $h2$ (m) =

Number of Spans $m3$ (kn.sec2/m) = $h3$ (m) =

Inputs 2(Pulse Properties)

$v0$ (m/sec) = $td1$ (sec) =

$y0$ (m) = $td2$ (sec) =

$f0$ (kn) = $td3$ (sec) =

t (sec) =

Inputs for (y(t) & t Diagram)

$t1$ (sec) =

$t2$ (sec) =

dt =

Output

$y1$ (m) = DLF1 =

$y2$ (m) = DLF2 =

$y3$ (m) = DLF3 =

y tot (m) = DLF tot =

الشكل (4-27): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل شبه منحرف مؤثرة في إطار ثلاثي الطوابق.

- علاقات الاستجابة التي ستم برمجتها:

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$.0 \leq t \leq t_{d1}$$

$$y1(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_{d1}} - \frac{\sin(\omega_1 t)}{\omega_1 t_{d1}} \right)$$

$$y2(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_{d1}} - \frac{\sin(\omega_2 t)}{\omega_2 t_{d1}} \right)$$

$$y3(t) = y_{st} \left(\frac{t}{t_{d1}} - \frac{\sin(\omega_3 t)}{\omega_3 t_{d1}} \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y1(t)^2 + y2(t)^2 + y3(t)^2}$$

$$.t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$$

$$y1(t) = y_{st} \left(1 - \frac{1}{\omega_1 t_{d1}} \sin(\omega_1 t) + \frac{1}{\omega_1 t_{d1}} \sin[\omega_1(t - t_{d1})] \right)$$

$$y2(t) = y_{st} \left(1 - \frac{1}{\omega_2 t_{d1}} \sin(\omega_2 t) + \frac{1}{\omega_2 t_{d1}} \sin[\omega_2(t - t_{d1})] \right)$$

$$y3(t) = y_{st} \left(1 - \frac{1}{\omega_3 t_{d1}} \sin(\omega_3 t) + \frac{1}{\omega_3 t_{d1}} \sin[\omega_3(t - t_{d1})] \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y1(t)^2 + y2(t)^2 + y3(t)^2}$$

$$.t_{d2} \leq t \leq t_{d3}$$

$$y1(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega_1 t)}{\omega_1 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_1(t - t_{d1})]}{\omega_1 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_1(t - t_{d2})]}{\omega_1(t_{d3} - t_{d2})} + \frac{t_{d3} - t}{t_{d3} - t_{d2}} \right)$$

$$y2(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega_2 t)}{\omega_2 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_2(t - t_{d1})]}{\omega_2 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_2(t - t_{d2})]}{\omega_2(t_{d3} - t_{d2})} + \frac{t_{d3} - t}{t_{d3} - t_{d2}} \right)$$

$$y_3(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega_3 t)}{\omega_3 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_3(t - t_{d1})]}{\omega_3 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_3(t - t_{d2})]}{\omega_3(t_{d3} - t_{d2})} + \frac{t_{d3} - t}{t_{d3} - t_{d2}} \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

$$y(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega_1 t)}{\omega_1 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_1(t - t_{d1})]}{\omega_1 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_1(t - t_{d2})]}{\omega_1(t_{d3} - t_{d2})} - \frac{\sin[\omega_1(t - t_{d3})]}{\omega_1(t_{d3} - t_{d2})} \right)$$

$$y(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega_2 t)}{\omega_2 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_2(t - t_{d1})]}{\omega_2 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_2(t - t_{d2})]}{\omega_2(t_{d3} - t_{d2})} - \frac{\sin[\omega_2(t - t_{d3})]}{\omega_2(t_{d3} - t_{d2})} \right)$$

$$y(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega_3 t)}{\omega_3 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_3(t - t_{d1})]}{\omega_3 t_{d1}} + \frac{\sin[\omega_3(t - t_{d2})]}{\omega_3(t_{d3} - t_{d2})} - \frac{\sin[\omega_3(t - t_{d3})]}{\omega_3(t_{d3} - t_{d2})} \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$.0 \leq t \leq t_{d1}$$

$$y_1(t) = y_0 \cdot \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \right) \sin(\omega_1 t) + y_{st} \cdot \frac{t}{t_{d1}}$$

$$y_2(t) = y_0 \cdot \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \right) \sin(\omega_2 t) + y_{st} \cdot \frac{t}{t_{d1}}$$

$$y_3(t) = y_0 \cdot \cos(\omega_3 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_3} - \frac{y_{st}}{\omega_3 t_{d1}} \right) \sin(\omega_3 t) + y_{st} \cdot \frac{t}{t_{d1}}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

$$.t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$$

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \right) \sin(\omega_1 t) + \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \sin[\omega_1(t - t_{d1})] + y_{st}$$

$$y_2(t) = y_0 \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \right) \sin(\omega_2 t) + \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \sin[\omega_2(t - t_{d1})] + y_{st}$$

$$y_3(t) = y_0 \cos(\omega_3 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_3} - \frac{y_{st}}{\omega_3 t_{d1}} \right) \sin(\omega_3 t) + \frac{y_{st}}{\omega_3 t_{d1}} \sin[\omega_3(t - t_{d1})] + y_{st}$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

$$.t_{d2} \leq t \leq t_{d3}$$

$$y_1(t) = y_0 \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \right) \sin(\omega_1 t) + \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \sin[\omega_1(t - t_{d1})]$$

$$+ \frac{y_{st}}{\omega_1(t_{d3} - t_{d2})} \sin(\omega_1(t - t_{d2})) + y_{st} \frac{t_{d3} - t}{t_{d3} - t_{d2}}$$

$$\begin{aligned}
y_2(t) &= y_0 \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \right) \sin(\omega_2 t) + \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \sin[\omega_2(t - t_{d1})] \\
&\quad + \frac{y_{st}}{\omega_2(t_{d3} - t_{d2})} \sin(\omega_2(t - t_{d2})) + y_{st} \frac{t_{d3} - t}{t_{d3} - t_{d2}} \\
y_3(t) &= y_0 \cos(\omega_3 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_3} - \frac{y_{st}}{\omega_3 t_{d1}} \right) \sin(\omega_3 t) + \frac{y_{st}}{\omega_3 t_{d1}} \sin[\omega_3(t - t_{d1})] \\
&\quad + \frac{y_{st}}{\omega_3(t_{d3} - t_{d2})} \sin(\omega_3(t - t_{d2})) + y_{st} \frac{t_{d3} - t}{t_{d3} - t_{d2}} \\
y_{tot}(t) &= \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}
\end{aligned}$$

. $t_{d3} \leq t$

$$\begin{aligned}
y_1(t) &= y_0 \cos(\omega_1 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \right) \sin(\omega_1 t) + \frac{y_{st}}{\omega_1 t_{d1}} \sin[\omega_1(t - t_{d1})] \\
&\quad + \frac{y_{st}}{\omega_1(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega_1(t - t_{d2})] - \frac{y_{st}}{\omega_1(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega_1(t - t_{d3})] \\
y_2(t) &= y_0 \cos(\omega_2 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_2} - \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \right) \sin(\omega_2 t) + \frac{y_{st}}{\omega_2 t_{d1}} \sin[\omega_2(t - t_{d1})] \\
&\quad + \frac{y_{st}}{\omega_2(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega_2(t - t_{d2})] - \frac{y_{st}}{\omega_2(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega_2(t - t_{d3})] \\
y_3(t) &= y_0 \cos(\omega_3 t) + \left(\frac{v_0}{\omega_3} - \frac{y_{st}}{\omega_3 t_{d1}} \right) \sin(\omega_3 t) + \frac{y_{st}}{\omega_3 t_{d1}} \sin[\omega_3(t - t_{d1})] \\
&\quad + \frac{y_{st}}{\omega_3(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega_3(t - t_{d2})] - \frac{y_{st}}{\omega_3(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega_3(t - t_{d3})] \\
y_{tot}(t) &= \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}
\end{aligned}$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLF_{max} التي ستم برمجتها لرسم منحنى DLF_{max} :

* في حال شروط ابتدائية معدومة للحركة:

$$\begin{aligned}
DLF_{max} &= 1 - \frac{1}{2\pi x} \sin(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)] \\
DLF_{max(tot)} &= \sqrt{3(DLF_{max})^2}
\end{aligned}$$

* في حال شروط ابتدائية غير معدومة للحركة:

$$\begin{aligned}
DLF_{max1} &= \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T_1}{2\pi \cdot y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)] + 1 \\
DLF_{max2} &= \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T_2}{2\pi \cdot y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)] + 1 \\
DLF_{max3} &= \frac{y_0}{y_{st}} \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T_3}{2\pi \cdot y_{st}} - \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)] + 1 \\
DLF_{max(tot)} &= \sqrt{(DLF_{max1})^2 + (DLF_{max2})^2 + (DLF_{max3})^2}
\end{aligned}$$

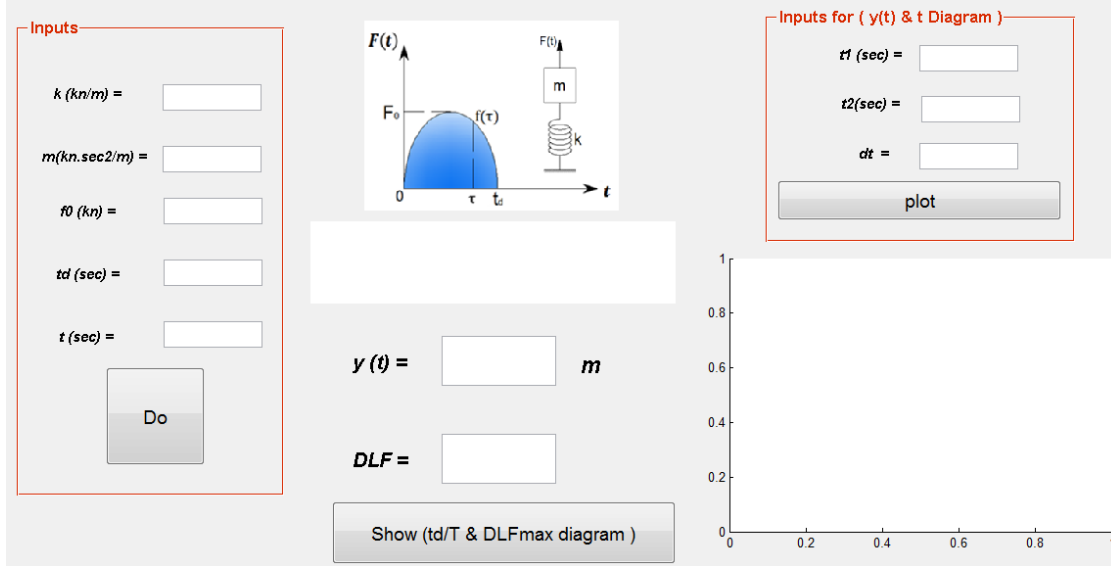
- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف Tc9.m في القرص المدمج.

4-10- برمجة حالة حمولة نبضية بشكل نصف موجة " قطع " .

4-10-1- حالة حمولة نبضية بشكل قطع تؤثر في جملة ذات درجة حرية واحدة .

- الواجهة:



الشكل(4-28): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل قطعي مؤثرة في جملة ذات درجة حرية واحدة .

- علاقات الاستجابة التي ستم برمجتها:

$$: \bar{\omega} \neq \omega^*$$

$$.0 \leq t \leq t_d$$

$$y(t) = y_{st} \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{T}{2t_d}\right)^2\right]} \left[\sin\left(\pi \frac{t}{t_d}\right) - \frac{T}{2t_d} \sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) \right]$$

$$.t_d \leq t$$

$$y(t) = y_{st} \frac{\frac{T}{t_d} \cos\left(\pi \frac{t_d}{T}\right)}{\left[\left(\frac{T}{2t_d}\right)^2 - 1\right]} \sin\left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{t_d}{2T}\right)\right]$$

$$: \bar{\omega} = \omega^*$$

$$.0 \leq t \leq t_d$$

$$y(t) = \frac{y_{st}}{2} \left[\sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) - 2\pi \frac{t}{T} \cdot \cos\left(2\pi \frac{t}{T}\right) \right]$$

$$.t_d \leq t$$

$$y(t) = y_{st} \frac{\pi}{2} \cos\left(2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{1}{2}\right)\right)$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLFmax التي ستم برمجتها لرسم

منحني DLFmax:

من أجل $x \in]0,0.5[$

$$DLF_{\max} = \frac{\cos(\pi x)}{x \left[\left(\frac{1}{2x} \right)^2 - 1 \right]}$$

من أجل $x = 0.5$

$$DLF_{\max} = \frac{\pi}{2}$$

من أجل $x \in]0.5, 2.5]$

$$DLF_{\max} = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{1}{2x} \right)^2 \right]} \left[\sin \left(\frac{2\pi}{1+2x} \right) - \frac{1}{2x} \sin \left(\frac{2\pi}{1 + \frac{1}{2x}} \right) \right]$$

من أجل $x \in]2.5, 4.5]$

$$DLF_{\max} = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{1}{2x} \right)^2 \right]} \left[\sin \left(\frac{4\pi}{1+2x} \right) - \frac{1}{2x} \sin \left(\frac{4\pi}{1 + \frac{1}{2x}} \right) \right]$$

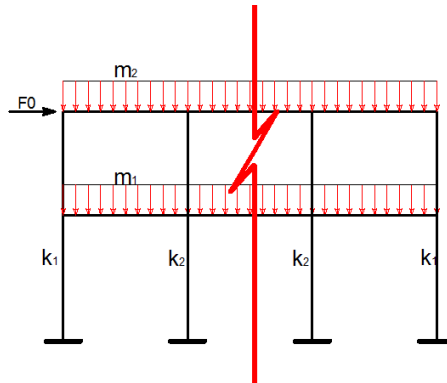
من أجل $x \in]4.5, 6]$

$$DLF_{\max} = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{1}{2x} \right)^2 \right]} \left[\sin \left(\frac{6\pi}{1+2x} \right) - \frac{1}{2x} \sin \left(\frac{6\pi}{1 + \frac{1}{2x}} \right) \right]$$

- علاقات البرمجة التفصيلية :

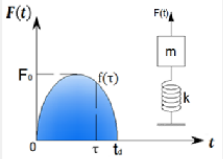
علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف cc10.m في القرص المدمج.

4-10-2- حالة حمولة نبضية بشكل قطعي تؤثر في إطار بطابقين .



إطار بطابقين بـ n فتحة.

- الواجهة :



Inputs 1(Frame Properties)

k1 (kn/m) =

k2 (kn/m) =

m1(kn.sec2/m) =

m2(kn.sec2/m) =

h1 (m) =

h2 (m) =

Number of Spans =

Inputs 2(Pulse Properties)

f0 (kn) =

td (sec) =

t (sec) =

Inputs for (y(t) & t Diagram)

t1 (sec) =

t2 (sec) =

dt =

Output

y1 (m) = DLF1 =

y2 (m) = DLF2 =

y tot (m) = DLF tot =

الشكل(4-29): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل قطعي مؤثرة في إطار ثنائي.

- علاقات الاستجابة التي ستتم برمجتها:

$$: \bar{\omega} \neq \omega^*$$

$$.0 \leq t \leq t_d$$

$$y1(t) = y_{st} \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{T_1}{2t_d}\right)^2\right]} \left[\sin\left(\pi \frac{t}{t_d}\right) - \frac{T_1}{2t_d} \sin\left(2\pi \frac{t}{T_1}\right) \right]$$

$$y2(t) = y_{st} \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{T_2}{2t_d}\right)^2\right]} \left[\sin\left(\pi \frac{t}{t_d}\right) - \frac{T_2}{2t_d} \sin\left(2\pi \frac{t}{T_2}\right) \right]$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y1(t)^2 + y2(t)^2}$$

$$.t_d \leq t$$

$$y1(t) = y_{st} \frac{\frac{T_1}{t_d} \cos\left(\pi \frac{t_d}{T_1}\right)}{\left[\left(\frac{T_1}{2t_d}\right)^2 - 1\right]} \sin\left[2\pi \left(\frac{t}{T_1} - \frac{t_d}{2T_1}\right)\right]$$

$$y2(t) = y_{st} \frac{\frac{T_2}{t_d} \cos\left(\pi \frac{t_d}{T_2}\right)}{\left[\left(\frac{T_2}{2t_d}\right)^2 - 1\right]} \sin\left[2\pi \left(\frac{t}{T_2} - \frac{t_d}{2T_2}\right)\right]$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y1(t)^2 + y2(t)^2}$$

$$: \bar{\omega} = \omega^*$$

$$.0 \leq t \leq t_d$$

$$y1(t) = \frac{y_{st}}{2} \left[\sin\left(2\pi \frac{t}{T_1}\right) - 2\pi \frac{t}{T_1} \cdot \cos\left(2\pi \frac{t}{T_1}\right) \right]$$

$$y2(t) = \frac{y_{st}}{2} \left[\sin\left(2\pi \frac{t}{T_2}\right) - 2\pi \frac{t}{T_2} \cdot \cos\left(2\pi \frac{t}{T_2}\right) \right]$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

$$. t_d \leq t$$

$$y_1(t) = y_{st} \frac{\pi}{2} \cos \left(2\pi \left(\frac{t}{T_1} - \frac{1}{2} \right) \right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \frac{\pi}{2} \cos \left(2\pi \left(\frac{t}{T_2} - \frac{1}{2} \right) \right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2}$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLF_{max} التي ستنم برمجتها لرسم

منحني DLF_{max} :

من أجل $x \in]0,0.5[$

$$DLF_{max} = \frac{\cos(\pi x)}{x \left[\left(\frac{1}{2x} \right)^2 - 1 \right]}$$

من أجل $x = 0.5$

$$DLF_{max} = \frac{\pi}{2}$$

من أجل $x \in]0.5,2.5]$

$$DLF_{max} = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{1}{2x} \right)^2 \right]} \left[\sin \left(\frac{2\pi}{1+2x} \right) - \frac{1}{2x} \sin \left(\frac{2\pi}{1 + \frac{1}{2x}} \right) \right]$$

من أجل $x \in]2.5,4.5]$

$$DLF_{max} = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{1}{2x} \right)^2 \right]} \left[\sin \left(\frac{4\pi}{1+2x} \right) - \frac{1}{2x} \sin \left(\frac{4\pi}{1 + \frac{1}{2x}} \right) \right]$$

من أجل $x \in]4.5,6]$

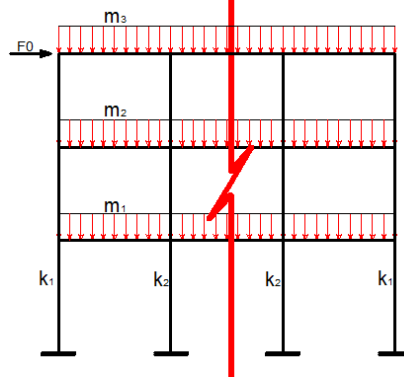
$$DLF_{max} = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{1}{2x} \right)^2 \right]} \left[\sin \left(\frac{6\pi}{1+2x} \right) - \frac{1}{2x} \sin \left(\frac{6\pi}{1 + \frac{1}{2x}} \right) \right]$$

$$DLF_{max(tot)} = \sqrt{2(DLF_{max})^2}$$

- علاقات البرمجة التفصيلية:

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف dc10.m في القرص المدمج.

3-10-4- حالة حمولة نبضية بشكل قطعي تؤثر في إطار ثلاثي الطوابق.



إطار ثلاثي الطوابق ذو n فتحة.

- الواجهة :

الشكل (4-30): واجهة حالة حمولة نبضية ذات شكل قطعي مؤثرة على إطار ثلاثي الطوابق.

- علاقات الاستجابة التي ستم برمجتها:

$$\bar{\omega} \neq \omega^*$$

$$.0 \leq t \leq t_d$$

$$y_1(t) = y_{st} \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{T_1}{2t_d}\right)^2\right]} \left[\sin\left(\pi \frac{t}{t_d}\right) - \frac{T_1}{2t_d} \sin\left(2\pi \frac{t}{T_1}\right) \right]$$

$$y_2(t) = y_{st} \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{T_2}{2t_d}\right)^2\right]} \left[\sin\left(\pi \frac{t}{t_d}\right) - \frac{T_2}{2t_d} \sin\left(2\pi \frac{t}{T_2}\right) \right]$$

$$y_3(t) = y_{st} \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{T_3}{2t_d}\right)^2\right]} \left[\sin\left(\pi \frac{t}{t_d}\right) - \frac{T_3}{2t_d} \sin\left(2\pi \frac{t}{T_3}\right) \right]$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

$$.t_d \leq t$$

$$y_1(t) = y_{st} \frac{\frac{T_1}{t_d} \cos\left(\pi \frac{t_d}{T_1}\right)}{\left[\left(\frac{T_1}{2t_d}\right)^2 - 1\right]} \sin\left[2\pi\left(\frac{t}{T_1} - \frac{t_d}{2T_1}\right)\right]$$

$$y_2(t) = y_{st} \frac{\frac{T_2}{t_d} \cos\left(\pi \frac{t_d}{T_2}\right)}{\left[\left(\frac{T_2}{2t_d}\right)^2 - 1\right]} \sin\left[2\pi\left(\frac{t}{T_2} - \frac{t_d}{2T_2}\right)\right]$$

$$y_3(t) = y_{st} \frac{\frac{T_3}{t_d} \cos\left(\pi \frac{t_d}{T_3}\right)}{\left[\left(\frac{T_3}{2t_d}\right)^2 - 1\right]} \sin\left[2\pi\left(\frac{t}{T_3} - \frac{t_d}{2T_3}\right)\right]$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

: $\bar{\omega} = \omega^*$

. $0 \leq t \leq t_d$

$$y_1(t) = \frac{y_{st}}{2} \left[\sin\left(2\pi \frac{t}{T_1}\right) - 2\pi \frac{t}{T_1} \cdot \cos\left(2\pi \frac{t}{T_1}\right) \right]$$

$$y_2(t) = \frac{y_{st}}{2} \left[\sin\left(2\pi \frac{t}{T_2}\right) - 2\pi \frac{t}{T_2} \cdot \cos\left(2\pi \frac{t}{T_2}\right) \right]$$

$$y_3(t) = \frac{y_{st}}{2} \left[\sin\left(2\pi \frac{t}{T_3}\right) - 2\pi \frac{t}{T_3} \cdot \cos\left(2\pi \frac{t}{T_3}\right) \right]$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

. $t_d \leq t$

$$y_1(t) = y_{st} \frac{\pi}{2} \cos\left(2\pi\left(\frac{t}{T_1} - \frac{1}{2}\right)\right)$$

$$y_2(t) = y_{st} \frac{\pi}{2} \cos\left(2\pi\left(\frac{t}{T_2} - \frac{1}{2}\right)\right)$$

$$y_3(t) = y_{st} \frac{\pi}{2} \cos\left(2\pi\left(\frac{t}{T_3} - \frac{1}{2}\right)\right)$$

$$y_{tot}(t) = \sqrt{y_1(t)^2 + y_2(t)^2 + y_3(t)^2}$$

- علاقات حساب عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLF_{max} التي ستم برمجتها لرسم

منحني DLF_{max} :

$$DLF_{max} = \frac{\cos(\pi x)}{x \left[\left(\frac{1}{2x}\right)^2 - 1 \right]}$$

من أجل $x \in]0, 0.5[$

$$DLF_{max} = \frac{\pi}{2}$$

من أجل $x = 0.5$

من أجل $x \in]0.5, 2.5]$

$$DLF_{\max} = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{1}{2x}\right)^2\right]} \left[\sin\left(\frac{2\pi}{1+2x}\right) - \frac{1}{2x} \sin\left(\frac{2\pi}{1+\frac{1}{2x}}\right) \right]$$

من أجل $x \in]2.5, 4.5]$

$$DLF_{\max} = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{1}{2x}\right)^2\right]} \left[\sin\left(\frac{4\pi}{1+2x}\right) - \frac{1}{2x} \sin\left(\frac{4\pi}{1+\frac{1}{2x}}\right) \right]$$

من أجل $x \in]4.5, 6]$

$$DLF_{\max} = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{1}{2x}\right)^2\right]} \left[\sin\left(\frac{6\pi}{1+2x}\right) - \frac{1}{2x} \sin\left(\frac{6\pi}{1+\frac{1}{2x}}\right) \right]$$

$$DLF_{\max(\text{tot})} = \sqrt{3(DLF_{\max})^2}$$

- علاقات البرمجة التفصيلية :

علاقات البرمجة التفصيلية الخاصة بهذه الحالة مبينة في الملف Tc10.m في القرص المدمج.
بعد برمجة الحالات كافة نقوم بربطها بواجهة واحدة.

4-11- برمجة الواجهة النهائية للبرنامج.

S.D.F	Double Frame	Triple Frame
Shape of the impulsive load		
مستطيل	مستطيل	مستطيل
مربع	مربع	مربع
مستمر متناقص	مستمر متناقص	مستمر متناقص
شبه المنحرف	شبه المنحرف	شبه المنحرف
قطع مكافئ	قطع مكافئ	قطع مكافئ
مستمر ثابت	مستمر ثابت	مستمر ثابت
متزايد مستمر	متزايد مستمر	متزايد مستمر
مثلثي متناقص	مثلثي متناقص	مثلثي متناقص
مثلثي متزايد	مثلثي متزايد	مثلثي متزايد
مثلثي متزايد متناقص	مثلثي متزايد متناقص	مثلثي متزايد متناقص

الشكل (4-31): الواجهة الرئيسية للبرنامج.

بالتالي يكفي النقر على الزر الذي يحمل اسم شكل الحمولة النبضية المطلوبة سواء أكانت مؤثرة على جملة ذات درجة حرية واحدة (S.D.F)، على إطار بطابقين (Double Frame)، بثلاثة طوابق (Triple Frame)، لتظهر الواجهة الخاصة بالحالة المطلوبة يقوم بعدها بإدخال المعطيات اللازمة. آلية البرمجة للواجهة النهائية كما هو موضح في الملف front.m في القرص المدمج.

الفصل الخامس

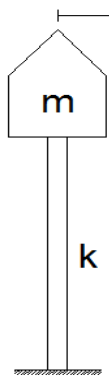
تعيين الانتقالات الديناميكية وعامل الحمولة الديناميكي DLF تبعاً للزمن.

(التطبيق العملي للبرنامج)

من أجل التحقق من البرنامج المعدّ سنقوم بحل بعض الأمثلة العملية بواسطته و التأكد من مطابقة النتائج مع الحل اليدوي الناتج عن العلاقات الرياضية لتكامل ديوهامل.

1-5- تطبيق <1>

يتعرض خزان ماء عالٍ لحمولة ديناميكية نبضية، كتلة الخزان $4.5 \text{KN}\cdot\text{sec}^2/\text{m}$ ، $y(t)$ صلابته الجانبية $7500 \text{KN}/\text{m}$ ، بإهمال التخامد واعتبار أن شروط البدء للحركة معدومة، يطلب حساب :



1- الانتقال الموافق للزمن t .

2- رسم منحنى الاهتزاز من اللحظة t_1 إلى اللحظة t_2 .

3- الانتقال الأعظمي و الزمن الموافق له.

وذلك من أجل كل شكل من أشكال الحمولة النبضية المبينة في الجدول التالي:

مواصفات النبض	شكل الحمولة النبضية	
حمولة الذروة $F_0 = 900 \text{KN}$ زمن تأثير النبض $t_d = 0.25 \text{ sec}$ $t = 0.2 \text{ sec}$ ، $t = 0.3 \text{ sec}$ $t_1 = 0.1 \text{ sec}$ ، $t_2 = 0.3 \text{ sec}$		مستطيلة
حمولة الذروة $F_0 = 900 \text{KN}$ زمن تأثير النبض $t_d = 0.4 \text{ sec}$ $t = 0.3 \text{ sec}$ ، $t = 0.45 \text{ sec}$ $t_1 = 0.3 \text{ sec}$ ، $t_2 = 0.5 \text{ sec}$		مثلث متناقص
حمولة الذروة $F_0 = 900 \text{KN}$ زمن تأثير النبض $t_{d1} = 0.25 \text{ sec}$ $t_{d2} = 0.4 \text{ sec}$ $t = 0.2 \text{ sec}$ ، $t = 0.3 \text{ sec}$ $t_1 = 0.1 \text{ sec}$ ، $t_2 = 0.3 \text{ sec}$		مستمر متناقص
حمولة الذروة $F_0 = 900 \text{KN}$ زمن تأثير النبض $t_d = 0.6 \text{ sec}$ $t = 0.30 \text{ sec}$ ، $t = 0.63 \text{ sec}$ $t_1 = 0.5 \text{ sec}$ ، $t_2 = 0.7 \text{ sec}$		قطع

ومن ثم إعادة ما سبق من أجل الأشكال الثلاثة الأولى مع الأخذ بعين الاعتبار وجود سرعة ابتدائية قبل تأثير النبض مقدارها $v_0 = 0.35 \text{ m/sec}$ ، وانتقال أولي مقداره $y_0 = 0.03 \text{ m}$.

الحل

1- حمولة نبضية ذات شكل مستطيل.

حالة شروط أولية معدومة

* الانتقال عند الزمن $t = 0.2 \text{ sec}$

نختار الشكل مستطيل من الواجهة الأساسية من S.D.F كما هو مبين في الشكل (5-1)،

S.D.F

Shape of the impulsive load

مستطيل	مستمر ثابت
مربع	متزايد مستمر
مستمر متناقص	مثلثي متناقص
شبه المنحرف	مثلثي متزايد
قطع مكافئ	مثلثي متزايد متناقص

Double Frame

Shape of the impulsive load

مستطيل	مستمر ثابت
مربع	متزايد مستمر
مستمر متناقص	مثلثي متناقص
شبه المنحرف	مثلثي متزايد
قطع مكافئ	مثلثي متزايد متناقص

Triple Frame

Shape of the impulsive load

مستطيل	مستمر ثابت
مربع	متزايد مستمر
مستمر متناقص	مثلثي متناقص
شبه المنحرف	مثلثي متزايد
قطع مكافئ	مثلثي متزايد متناقص

الشكل (5-1).

تظهر الواجهة التالية، الشكل (5-2).

Inputs

$k \text{ (kn/m)} =$

$m \text{ (kn.sec}^2/\text{m)} =$

$v_0 \text{ (m/sec)} =$

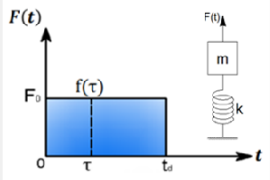
$y_0 \text{ (m)} =$

$f_0 \text{ (kn)} =$

$t_d \text{ (sec)} =$

$t \text{ (sec)} =$

Do



$y(t) =$ m

$DLF =$

Show (td/T & DLFmax diagram)

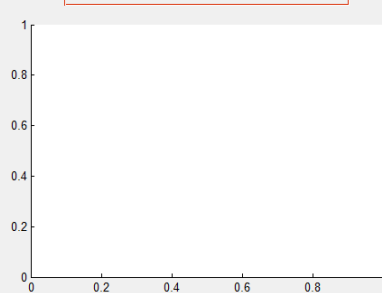
Inputs for (y(t) & t Diagram)

$t_1 \text{ (sec)} =$

$t_2 \text{ (sec)} =$

$dt =$

plot



الشكل (5-2).

نقوم بإدخال مواصفات النبض كما هو مبين في الشكل (5-3):

Inputs

k (kn/m) = 17500

m (kn.sec2/m) = 4.5

v_0 (m/sec) = 0

y_0 (m) = 0

f_0 (kn) = 900

t_d (sec) = 0.25

t (sec) = 0.2

Do

Inputs for ($y(t)$ & t Diagram)

t_1 (sec) =

t_2 (sec) =

dt =

plot

$F(t)$

F_0

$f(\tau)$

t_d

t

$F(t)$

m

k

$y(t) =$ m

$DLF =$

Show (t_d/T & DLF_{max} diagram)

الشكل (5-3).

ثم ننقر Do، باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الأول أي مجال تأثير الاهتزاز القسري، تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة كما هو مبين في الشكل (5-4).

معادلة الاستجابة في المجال الثاني مجال الاهتزاز الحر

قيمة الانتقال عند الزمن $t = 0.2$ sec

قيمة عامل الحمولة الديناميكي الموافق

$F(t)$

F_0

$f(\tau)$

t_d

t

$F(t)$

m

k

$y(t) = Y_{st} * (1 - \cos(\omega * t))$

$y(t) =$ m

$DLF =$

الشكل (5-4).

التأكد من الحل يدوياً

من الدراسة التحليلية وجدنا أن معادلة الاستجابة في المجال الأول لما $0 < t < t_d$ تعطى بالعلاقة:

$$y(t) = y_{st}(1 - \cos(\omega t))$$

$$y_{st} = \frac{F_0}{K} = \frac{900}{17500} = 0.05143 \text{ m}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{m}} = \sqrt{\frac{17500}{4.5}} = 62.361 \text{ rad/sec}$$

$$y(t) = 0.05143(1 - \cos(62.361 \times 0.2)) = 0.00022791 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو مطابق للحل البرمجي.

* الانتقال عند الزمن $t = 0.3 \text{ sec}$

نقوم بتغيير الزمن المطلوب حساب الانتقال عنده إلى 0.3 sec، ثم ننقر Do، باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الثاني أي مجال تأثير الاهتزاز الحر، تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة، كما هو مبين في الشكل (5-5):

الشكل (5-5).

التأكد من الحل يدوياً

من الدراسة التحليلية وجدنا أن معادلة الاستجابة في المجال الثاني لما $t_d < t$ تعطى بالعلاقة:

$$y(t) = y_{st}(\cos[\omega(t - t_d)] - \cos(\omega t))$$

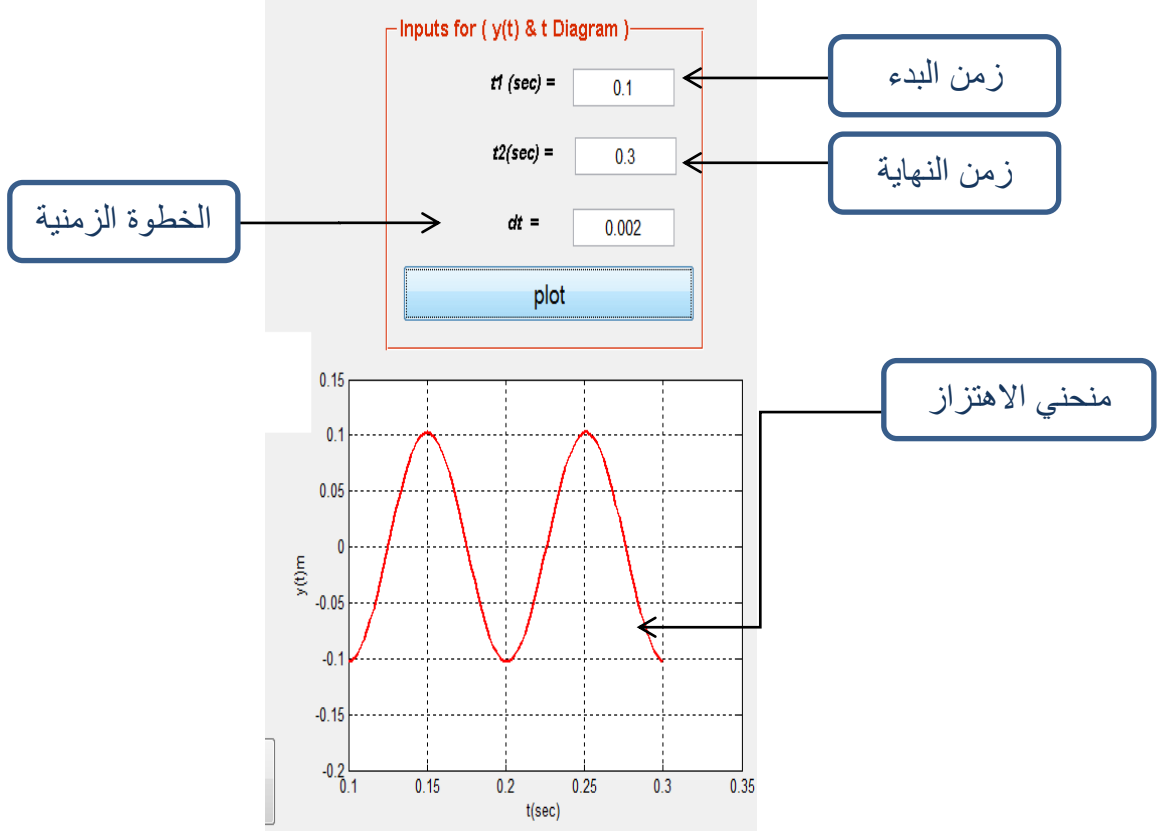
$$y(t) = 0.05143(\cos[62.361(0.3 - 0.25)] - \cos(62.361 \times 0.3))$$

$$y(t) = -0.10233 \text{ m} \quad \text{OK}$$

* رسم منحنى الاهتزاز من اللحظة $t1 = 0.1\text{sec}$ إلى اللحظة $t2 = 0.3\text{sec}$:

من أجل رسم منحنى الاهتزاز من اللحظة $t1$ وحتى اللحظة $t2$ نقوم بإدخال زمن البدء وزمن النهاية ثم

الخطوة الزمنية ومن ثم Plot ، كما هو مبين في الشكل (5-6):



الشكل (5-6).

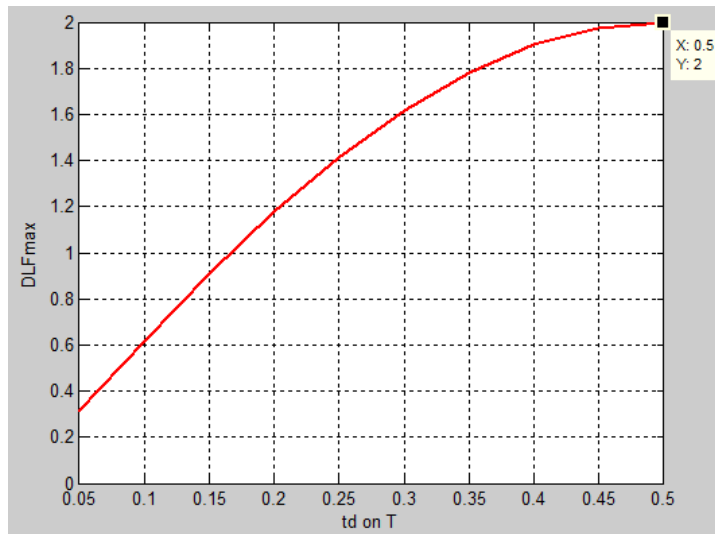
* الانتقال الأعظمي و الزمن الموافق له:

نحصل على مخطط عامل الحمولة الديناميكي

Show (td/T & DLFmax diagram)

بالنقر على الزر

الأعظمي، الشكل (5-7)، ومنه نجد القيمة الأعظمية:



الشكل (5-7).

من المخطط:

$$\begin{aligned} DLF_{\max} &= 2 \\ DLF_{\max} &= \frac{y_{\max}}{y_{st}} \\ y_{\max} &= y_{st} \cdot DLF_{\max} \end{aligned}$$

$$y_{\max} = 0.0514 \times 2 = 0.103 \text{ m}$$

لحساب الزمن الموافق للانتقال الأعظمي، من المخطط نجد أن:

$$x = \frac{t_d}{T} = 0.5$$

نعوض كلاً من DLF_{\max} و $x = \frac{t_d}{T}$ في العلاقة الخاصة بحساب DLF_{\max} في حالة النبض ذو الشكل المستطيل بدون شروط ابتدائية، ثم نحسب قيمة $z = \frac{t}{T}$ ومنها نحصل على الزمن t الموافق للانتقال الأعظمي.

$$\begin{aligned} DLF_{\max} &= \cos[2\pi(z - x)] - \cos(2\pi z) \\ 2 &= \cos[2\pi(z - 0.5)] - \cos(2\pi z) \\ 2 &= \cos(2\pi z - \pi) - \cos(2\pi z) \\ 2 &= \cos(2\pi z)\cos(\pi) + \sin(2\pi z)\sin(\pi) - \cos(2\pi z) \\ 2 &= -\cos(2\pi z) + 0 - \cos(2\pi z) = -2\cos(2\pi z) \\ \cos(2\pi z) &= -1 \\ 2\pi z &= \pi \Rightarrow z = 0.5 = \frac{t}{T} \end{aligned}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{4.5}{17500}} = 0.1 \text{ sec}$$

$$t = 0.5 \times T = 0.5 \times 0.1 = 0.05 \text{ sec}$$

بالتبديل في علاقة حساب الاستجابة في المجال الأول باعتبار أن الزمن الناتج ينتمي إلى المجال الأول نجد:

$$y(t) = y_{st}(1 - \cos(\omega t))$$

$$y(t) = 0.05143(1 - \cos(62.361 \times 0.05)) = 0.1028 \text{ m} \approx 0.103 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو مطابق للحل البرمجي.

حالة شروط أولية غير معدومة

* الانتقال عند الزمن $t = 0.2 \text{ sec}$:

نقوم بتعديل مواصفات النبض بإدخال الشروط الأولية للحركة والزمن المطلوب حساب الانتقال عنده، ثم ننقر Do و باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الأول " اهتزاز قسري" تظهر

معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة، كما يظهر الشكل (5-8) .

السرعة الابتدائية

الانتقال الابتدائي

Inputs

$k (kn/m) =$

$m(kn.sec^2/m) =$

$v_0 (m/sec) =$

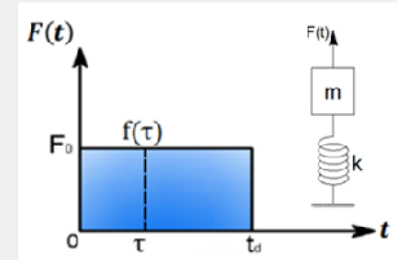
$y_0 (m) =$

$f_0 (kn) =$

$t_d (sec) =$

$t (sec) =$

Do



$y(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + (v_0/\omega) \sin(\omega t) + y_{st}$

$y(t) =$ m

$DLF =$

Show (td/T & DLFmax diagram)

الشكل (5-8).

التأكد من الحل يدوياً

معادلة الاستجابة في المجال الأول في حال شروط أولية للحركة غير معدومة:

$$y(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + y_{st}$$

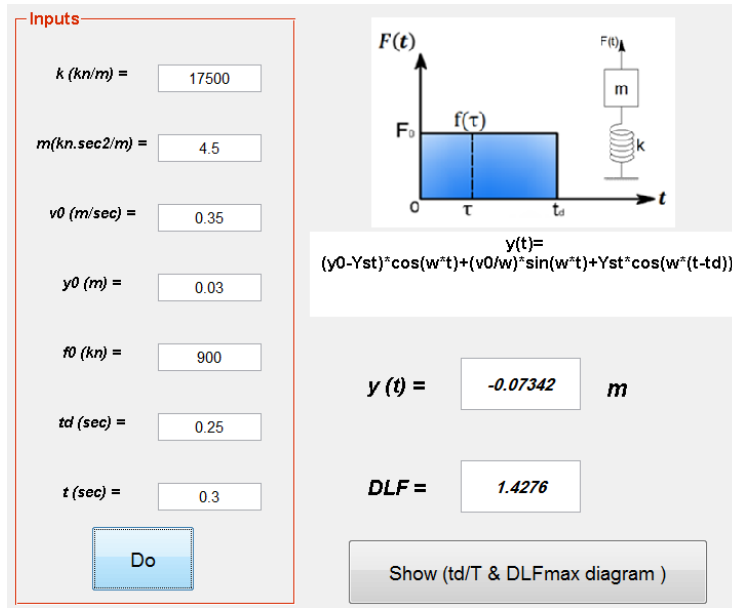
$$y(t) = (0.03 - 0.05143) \cos(62.361 \times 0.2) + \frac{0.35}{62.361} \sin(62.361 \times 0.2) + 0.05143$$

$$y(t) = 0.029567m \quad \text{OK}$$

وهو مطابق للحل البرمجي.

* الانتقال عند الزمن $t = 0.3 \text{ sec}$

نقوم بتعديل الزمن إلى الزمن المطلوب حساب الانتقال عنده، ثم ننقر Do و باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الثاني " اهتزاز حر " تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة، كما هو مبين في الشكل (5-9):



الشكل (5-9).

التأكد من الحل يدوياً

معادلة الاستجابة في المجال الثاني في حال شروط أولية للحركة غير معدومة:

$$y(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \frac{V_0}{\omega} \sin(\omega t) + y_{st} \cos[\omega(t - t_d)]$$

$$y(t) = (0.03 - 0.05143) \cos(62.361 \times 0.3) + \frac{0.35}{62.361} \sin(62.361 \times 0.3) + 0.05143 \cos[62.361(0.3 - 0.25)]$$

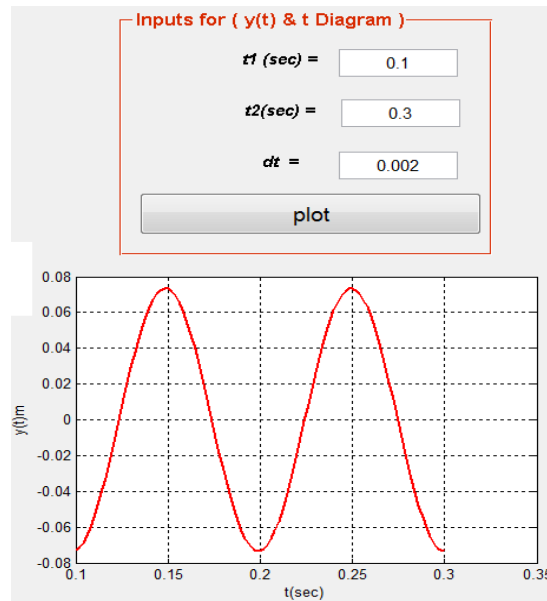
$$y(t) = -0.07342 \text{ m}$$

OK

وهو متوافق مع الحل البرمجي.

* رسم منحنى الاهتزاز من اللحظة $t_1 = 0.1 \text{ sec}$ إلى اللحظة $t_2 = 0.3 \text{ sec}$

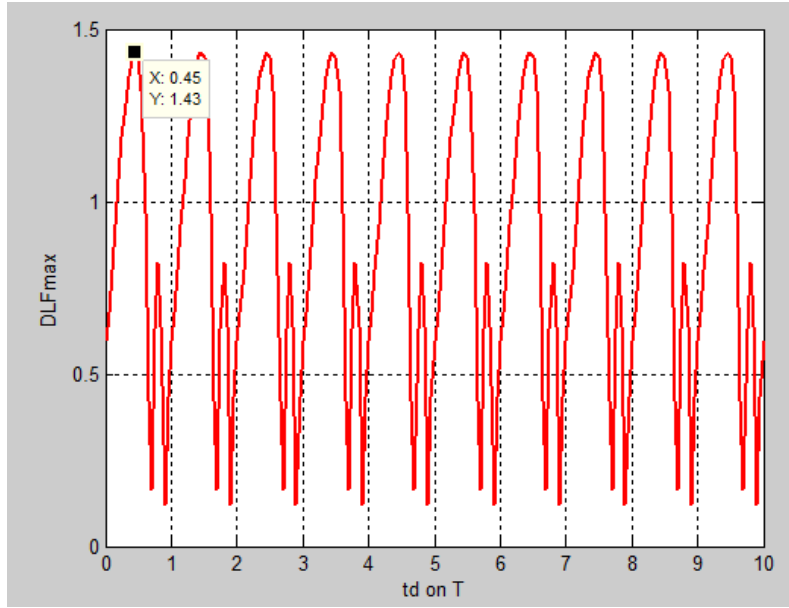
بنفس الآلية السابقة نحصل على منحنى الاهتزاز بين اللحظتين الزمنيةتين كما هو مبين بالشكل (5-10).



الشكل (5-10).

* الانتقال الأعظمي و الزمن الموافق له:

بنفس الآلية السابقة نجد مخطط عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي، الشكل (5-11).



الشكل (5-11).

من المخطط:

$$DLF_{max} = 1.43$$

$$y_{max} = y_{st} \cdot DLF_{max}$$

$$y_{max} = 0.05143 \times 1.43 = 0.073 \text{ m}$$

لحساب الزمن الموافق للانتقال الأعظمي، من المخطط نجد أن:

$$x = \frac{t_d}{T} = 0.45$$

نعوض كلاً من DLF_{max} و $x = \frac{t_d}{T}$ في العلاقة الخاصة بحساب DLF_{max} في حالة النبض ذي الشكل المستطيل مع شروط ابتدائية، ثم نحسب قيمة $z = \frac{t}{T}$ ومنها نحصل على الزمن t الموافق للانتقال الأعظمي.

$$DLF_{max} = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \cos(2\pi z) + \frac{v_0 \cdot T}{2\pi y_{st}} \sin(2\pi z) + \cos[2\pi(z - x)]$$

$$1.43 = \left(\frac{0.03}{0.05143} - 1 \right) \cos(2\pi z) + \frac{0.35 \times 0.1}{2\pi \times 0.05143} \sin(2\pi z) + \cos[2\pi(z - 0.45)]$$

$$1.43 = -0.4166 \cos(2\pi z) + 0.1083 \sin(2\pi z) + \cos(2\pi z) \cos(0.9\pi) + \sin(2\pi z) \sin(0.9\pi)$$

$$1.43 = -0.4166 \cos(2\pi z) + 0.1083 \sin(2\pi z) - 0.95 \cos(2\pi z) + 0.309 \sin(2\pi z)$$

$$0.9563 \cos(2\pi z) - 0.2918 \sin(2\pi z) = -1$$

نفرض أن :

$$\left. \begin{aligned} a &= 0.9563 \\ b &= -0.2918 \end{aligned} \right\}$$
$$a \cdot \cos(2\pi \cdot z) + b \cdot \sin(2\pi \cdot z) = -1$$
$$\sqrt{a^2 + b^2} = 0.9992 = 1$$

نقسم طرفي المساواة على $\sqrt{a^2 + b^2} \neq 0$

نفرض أن : $\sin(\theta) = \frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}}$ ، $\cos(\theta) = \frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}}$ تصبح العلاقة بالشكل:

$$\cos(2\pi z) \cdot \cos(\theta) + \sin(2\pi z) \cdot \sin(\theta) = -1$$

أي أن:

$$\cos(2\pi \cdot z - \theta) = -1$$

$$\cos(2\pi \cdot z - \theta) = \cos(\pi) \Rightarrow 2\pi \cdot z - \theta = \pi \Rightarrow z = \frac{\pi - \theta}{2\pi}$$

$$\theta = \arccos(0.9557) \Rightarrow \theta = 0.2943 \Rightarrow z = \frac{\pi - 0.2943}{2\pi} = 0.453$$

ومنه يكون الزمن الموافق للانتقال الأعظمي:

$$t = 0.453 \times T = 0.453 \times 0.1 = 0.0453 \text{ sec}$$

بالتبديل في علاقة حساب الاستجابة في المجال الأول باعتبار أن الزمن الناتج ينتمي إلى المجال الأول نجد:

$$y(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + y_{st}$$

$$y(t) = (0.03 - 0.05143) \cos(62.361 \times 0.0453) + \frac{0.35}{62.361} \sin(62.361 \times 0.0453) + 0.05143$$

$$y(t) = 0.0735 \text{ m} \approx 0.073 \text{ m} \quad \mathbf{OK}$$

وهو مطابق للحل البرمجي.

2- حمولة نبضية ذات شكل مثلثي متناقص:

حالة شروط أولية معدومة

* الانتقال عند الزمن $t = 0.3 \text{ sec}$

نختار الشكل مثلثي متناقص من الواجهة الأساسية من S.D.F، الشكل (5-12).

S.D.F

Shape of the impulsive load

مستطيل	مستمر ثابت
مربع	متزايد مستمر
مستمر متناقص	مثلثي متناقص
شبه المنحرف	مثلثي متزايد
قطع مكافئ	مثلثي متزايد متناقص

Double Frame

Shape of the impulsive load

مستطيل	مستمر ثابت
مربع	متزايد مستمر
مستمر متناقص	مثلثي متناقص
شبه المنحرف	مثلثي متزايد
قطع مكافئ	مثلثي متزايد متناقص

Triple Frame

Shape of the impulsive load

مستطيل	مستمر ثابت
مربع	متزايد مستمر
مستمر متناقص	مثلثي متناقص
شبه المنحرف	مثلثي متزايد
قطع مكافئ	مثلثي متزايد متناقص

الشكل (5-12).

تظهر الواجهة التالية،

Inputs

$k \text{ (kn/m)} =$

$m \text{ (kn.sec}^2\text{/m)} =$

$v_0 \text{ (m/sec)} =$

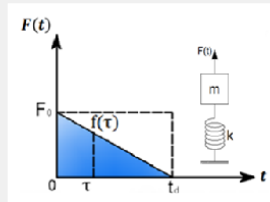
$y_0 \text{ (m)} =$

$f_0 \text{ (kn)} =$

$t_d \text{ (sec)} =$

$t \text{ (sec)} =$

Do



$y(t) =$ m

$DLF =$

Show (td/T & DLFmax diagram)

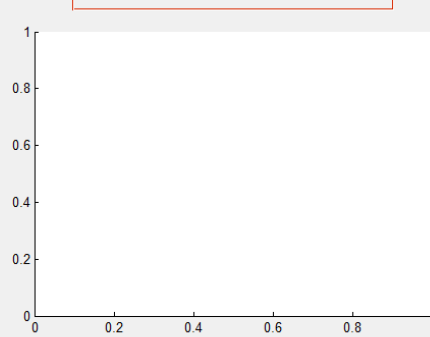
Inputs for (y(t) & t Diagram)

$t_1 \text{ (sec)} =$

$t_2 \text{ (sec)} =$

$dt =$

plot



الشكل (5-13).

نقوم بإدخال مواصفات النبض، ثم ننقر Do، باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الأول أي مجال الاهتزاز القسري، تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة، الشكل (14-5).

Inputs

$k (kn/m) =$

$m(kn.sec^2/m) =$

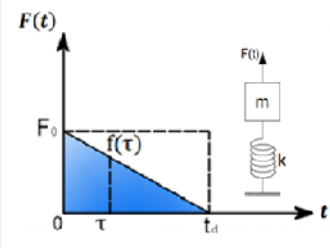
$v_0 (m/sec) =$

$y_0 (m) =$

$f_0 (kn) =$

$t_d (sec) =$

$t (sec) =$



$y(t) = y_{st} \left(1 - \frac{t}{t_d} \cos(\omega t) + \frac{\sin(\omega t)}{\omega t_d} \right)$

$y(t) =$ m

$DLF =$

الشكل (14-5).

التأكد من الحل يدوياً

من الدراسة التحليلية وجدنا أن معادلة الاستجابة في المجال الأول لما $0 < t < t_d$ تعطى بالعلاقة:

$$y(t) = y_{st} \left(1 - \frac{t}{t_d} \cos(\omega t) + \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right)$$

$$y_{st} = \frac{F_0}{K} = \frac{900}{17500} = 0.05143 \text{ m}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{m}} = \sqrt{\frac{17500}{4.5}} = 62.361 \text{ rad/sec}$$

$$y(t) = 0.05143 \left(1 - \frac{0.3}{0.4} \cos(62.361 \times 0.3) + \frac{\sin(62.361 \times 0.3)}{62.361 \times 0.4} \right)$$

$$y(t) = -0.0378 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو مطابق للحل البرمجي.

* الانتقال عند الزمن $t = 0.45 \text{ sec}$:

نقوم بتغيير الزمن المطلوب حساب الانتقال عنده إلى 0.45 sec ، ثم نقر Do، و باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الثاني أي مجال الاهتزاز الحر تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة كما في الشكل (15-5):

الشكل (15-5).

التأكد من الحل يدوياً

من الدراسة التحليلية وجدنا أن معادلة الاستجابة في المجال الثاني لما $t_d < t$ تعطى بالعلاقة:

$$y(t) = y_{st} \left(\frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) - \cos(\omega t) - \frac{1}{\omega t_d} \sin[\omega(t - t_d)] \right)$$

$$y(t) = 0.05143 \left(\frac{\sin(62.361 \times 0.45)}{62.361 \times 0.4} - \cos(62.361 \times 0.45) - \frac{\sin[62.361(0.45 - 0.4)]}{62.361 \times 0.4} \right)$$

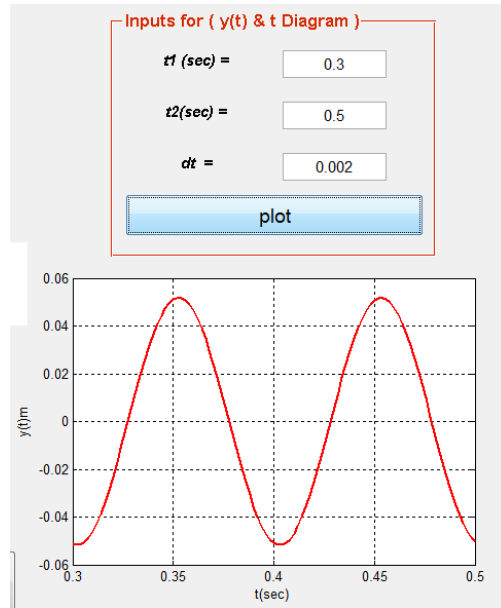
$$y(t) = 0.050664 \text{ m} \approx 0.050663 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو مطابق للحل البرمجي.

* رسم منحنى الاهتزاز من اللحظة $t_1 = 0.3 \text{ sec}$ إلى اللحظة $t_2 = 0.5 \text{ sec}$

نقوم بإدخال زمن البدء وزمن النهاية ثم الخطوة الزمنية ثم Plot، يكون بالتالي مخطط الاهتزاز كما

في الشكل (16-5).



الشكل (5-16).

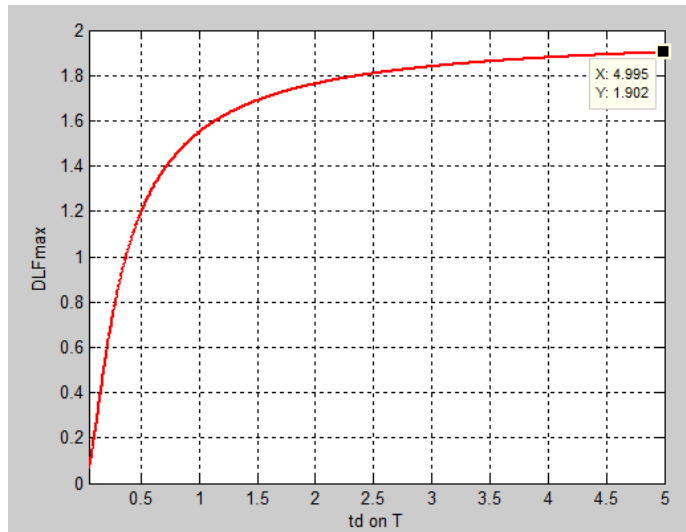
* الانتقال الأعظمي و الزمن الموافق له:

نحصل على مخطط عامل الحمولة الديناميكي

Show (td/T & DLFmax diagram)

بالنقر على الزر

الأعظمي، الشكل (5-17)، ومنه نجد القيمة الأعظمية،



الشكل (5-17).

من المخطط:

$$DLF_{\max} = 1.902$$

$$DLF_{\max} = \frac{y_{\max}}{y_{st}}$$

$$y_{st} = \frac{F_0}{K} = \frac{900}{17500} = 0.05143 \text{ m}$$

$$y_{\max} = y_{st} \cdot DLF_{\max}$$

$$y_{\max} = 0.05143 \times 1.902 = 0.0978 \text{ m}$$

لحساب الزمن الموافق للانتقال الأعظمي، من المخطط نجد أن:

$$x = \frac{t_d}{T} = 4.995$$

نعوض كلاً من DLF_{max} و $x = \frac{t_d}{T}$ في العلاقة الخاصة بحساب DLF_{max} في حالة النبض ذي الشكل المثلثي المتناقص بدون شروط ابتدائية، ثم نحسب قيمة $z = \frac{t}{T}$ ومنها نحصل على الزمن t الموافق للانتقال الأعظمي.

$$DLF_{max} = 1 - \frac{z}{x} - \cos(2\pi z) + \frac{1}{2\pi x} \sin(2\pi z)$$

$$1.902 = 1 - \frac{z}{4.995} - \cos(2\pi z) + \frac{1}{2\pi \cdot 4.995} \sin(2\pi z)$$

$$0.03186 \sin(2\pi z) - \cos(2\pi z) = 0.902 + \frac{z}{4.995}$$

نفرض أن :

$$\left. \begin{array}{l} a = 0.03186 \\ b = 1 \end{array} \right\}$$

$$a \cdot \sin(2\pi \cdot z) - b \cdot \cos(2\pi \cdot z) = 0.902 + \frac{z}{4.995}$$

$$\sqrt{a^2 + b^2} = 1$$

نقسم طرفي المساواة على $\sqrt{a^2 + b^2} \neq 0$

$$0.03186 \sin(2\pi z) - \cos(2\pi z) = 0.902 + \frac{z}{4.995}$$

نفرض أن : $\cos(\theta) = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ ، $\sin(\theta) = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ تصبح العلاقة بالشكل:

$$\sin(2\pi z) \cdot \cos(\theta) - \cos(2\pi z) \cdot \sin(\theta) = 0.902 + \frac{z}{4.995}$$

أي أن :

$$\sin(2\pi \cdot z - \theta) = 0.902 + \frac{z}{4.995}$$

$$\theta = \arccos(0.03186) \Rightarrow \theta = 1.5389$$

وباعتبار أن هذه القيم والرموز تمثل قيم زمنية صغيرة يمكن اعتبار أن :

$$\sin(\beta) = \beta$$

يمكن أن نكتب :

$$2\pi \cdot z - \theta = 0.902 + \frac{z}{4.995}$$

$$30.3845 z = 12.1922 \Rightarrow z = 0.4$$

ومنه يكون الزمن الموافق للانتقال الأعظمي :

$$t = 0.453 \times T = 0.4 \times 0.1 = 0.04 \text{ sec}$$

بالتبديل في علاقة حساب الاستجابة في المجال الأول باعتبار أن الزمن الناتج ينتمي إلى المجال الأول

نجد :

$$y(t) = y_{st} \left(1 - \frac{t}{t_d} - \cos(\omega t) + \frac{1}{\omega t_d} \sin(\omega t) \right)$$

$$y(t) = 0.05143 \left(1 - \frac{0.04}{0.4} - \cos(62.361 \times 0.04) + \frac{1}{62.361 \times 0.4} \sin(62.361 \times 0.04) \right)$$

$$y(t) = 0.0885 \text{ m} \approx 0.0978 \text{ m} \quad \text{OK}$$

حالة شروط أولية غير معدومة

* الانتقال عند الزمن $t = 0.3 \text{ sec}$

نقوم بتعديل مواصفات النبض بإدخال الشروط الأولية للحركة والزمن المطلوب حساب الانتقال عنده، ثم ننقر Do و باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الأول " اهتزاز قسري" تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة، كما هو مبين في الشكل (5-18):

Inputs

$k \text{ (kn/m)} = 17500$

$m \text{ (kn.sec}^2/\text{m)} = 4.5$

$v_0 \text{ (m/sec)} = 0.35$

$y_0 \text{ (m)} = 0.03$

$f_0 \text{ (kn)} = 900$

$td \text{ (sec)} = 0.4$

$t \text{ (sec)} = 0.3$

Do

$F(t)$

$f(\tau)$

F_0

0

τ

t_d

t

$F(t)$

m

k

$y(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} + y_{st} / (\omega t_d) \right) \sin(\omega t) + y_{st} \frac{t_d - t}{t_d}$

$y(t) = -0.0094385 \text{ m}$

$DLF = 0.18353$

Show (td/T & DLFmax diagram)

الشكل (5-18).

التأكد من الحل يدوياً

معادلة الاستجابة في المجال الأول في حال شروط أولية للحركة غير معدومة:

$$y(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) + y_{st} \frac{t_d - t}{t_d}$$

$$y(t) = (0.03 - 0.05143) \cos(62.361 \times 0.3) + \left(\frac{0.35}{62.361} + \frac{0.05143}{62.361 \times 0.4} \right) \sin(62.361 \times 0.3) + 0.05143 \frac{0.4 - 0.3}{0.4}$$

$$y(t) = -0.009439 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو متوافق مع الحل البرمجي.

* الانتقال عند الزمن $t = 0.5 \text{ sec}$

نقوم بتعديل الزمن إلى 0.5 sec ، ثم ننقر Do و باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في مجال الاهتزاز الحر، تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة، كما هو مبين في الشكل (5-19):

Inputs

$k \text{ (kn/m)} = 17500$

$m \text{ (kn.sec}^2\text{/m)} = 4.5$

$v_0 \text{ (m/sec)} = 0.35$

$y_0 \text{ (m)} = 0.03$

$f_0 \text{ (kn)} = 900$

$t_d \text{ (sec)} = 0.4$

$t \text{ (sec)} = 0.5$

Do

$F(t)$

F_0

$f(\tau)$

t_d

$F(t)$

m

k

$y(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} + y_{st} / (\omega t_d) \right) \sin(\omega t) - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \sin[\omega(t - t_d)] - y_{st} \sin(\omega(t - t_d)) / (\omega t_d)$

$y(t) = -0.022531 \text{ m}$

$DLF = 0.43809$

Show (td/T & DLFmax diagram)

الشكل (5-19).

التأكد من الحل يدوياً

معادلة الاستجابة في المجال الثاني في حال شروط أولية للحركة غير معدومة:

$$y(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) - \frac{y_{st}}{\omega t_d} \sin[\omega(t - t_d)]$$

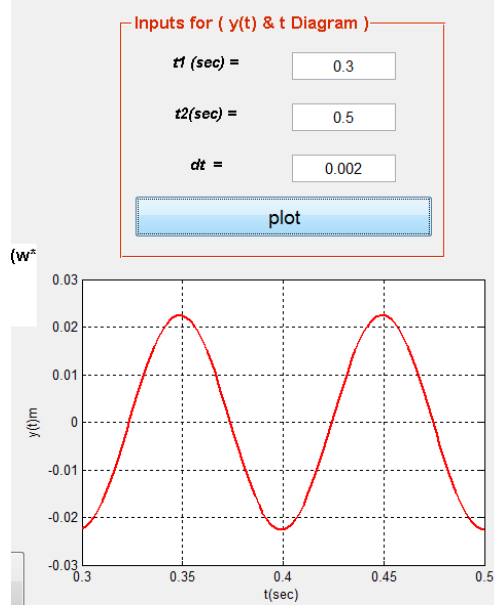
$$y(t) = (0.03 - 0.05143) \cos(62.361 \times 0.5) + \left(\frac{0.35}{62.361} + \frac{0.05143}{62.361 \times 0.4} \right) \sin(62.361 \times 0.5) + \frac{0.05143}{62.361 \times 0.4} \sin[62.361(0.5 - 0.4)]$$

$$y(t) = -0.02272 \text{ m} \approx -0.022531 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو متوافق مع الحل البرمجي.

* رسم منحنى الاهتزاز من اللحظة $t_1 = 0.3\text{sec}$ إلى اللحظة $t_2 = 0.5\text{sec}$:

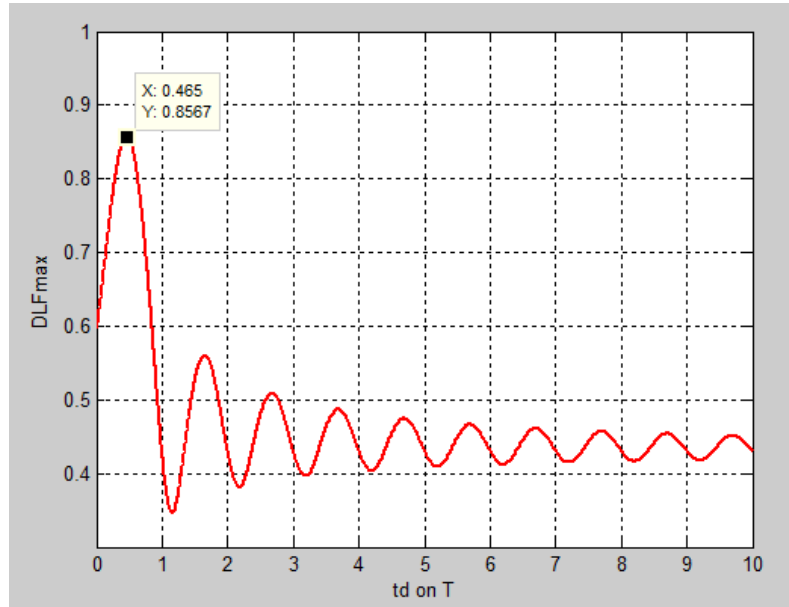
نقوم بإدخال زمن البدء وزمن النهاية ثم الخطوة الزمنية ثم Plot , يكون بالتالي مخطط الاهتزاز كما في الشكل (5-20).



الشكل (5-20).

* الانتقال الأعظمي و الزمن الموافق له:

يبين الشكل (5-21) مخطط عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي ومنه نجد القيمة الأعظمية،



الشكل (5-21).

$$DLF_{\max} = 0.8567$$

$$y_{\max} = 0.0514 \times 0.8567 = 0.044 \text{ m}$$

لحساب الزمن الموافق للانتقال الأعظمي، من المخطط نجد أن:

$$x = \frac{t_d}{T} = 0.465$$

نعوض كلاً من DLF_{max} و $x = \frac{t_d}{T}$ في العلاقة الخاصة بحساب DLF_{max} في حالة النبض ذو الشكل المثلي المتناقص مع شروط ابتدائية، ثم نحسب قيمة $z = \frac{t}{T}$ ومنها نحصل على الزمن t الموافق للانتقال الأعظمي.

$$DLF_{max} = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \cos(2\pi z) + \left(\frac{v_0 T}{2\pi y_{st}} + \frac{1}{2\pi x} \right) \sin(2\pi z) - \frac{1}{2\pi x} \sin[2\pi(z - x)]$$

$$0.8567 = \left(\frac{0.03}{0.05143} - 1 \right) \cos(2\pi z) + \left(\frac{0.35 \times 0.1}{2\pi \times 0.05143} + \frac{1}{2\pi \times 0.465} \right) \sin(2\pi z) - \frac{1}{2\pi \times 0.465} \sin[2\pi(z - 0.465)]$$

بعد الاصلاح:

$$0.8567 = -0.4167 \cos(2\pi z) + 0.45 \sin(2\pi z) + 0.334 \sin(2\pi z) + 0.0746 \cos(2\pi z)$$

$$\begin{aligned} -0.3421 \cos(2\pi z) + 0.784 \sin(2\pi z) &= 0.8567 \\ -0.399 \cos(2\pi z) + 0.915 \sin(2\pi z) &= 1 \end{aligned}$$

نفرض أن :

$$\begin{aligned} a &= -0.399 \\ b &= 0.915 \\ a \cdot \cos(2\pi \cdot z) + b \cdot \sin(2\pi \cdot z) &= 1 \\ \sqrt{a^2 + b^2} &= 0.998 = 1 \end{aligned}$$

نقسم طرفي المساواة على $\sqrt{a^2 + b^2} \neq 0$

$$\begin{aligned} \text{نفرض أن : } \cos(\theta) &= \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}, \quad \sin(\theta) = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \text{ تصبح العلاقة بالشكل:} \\ \cos(2\pi z) \cdot \cos(\theta) + \sin(2\pi z) \cdot \sin(\theta) &= 1 \end{aligned}$$

أي أن:

$$\cos(2\pi \cdot z - \theta) = 1$$

$$\cos(2\pi \cdot z - \theta) = \cos(2\pi) \Rightarrow 2\pi \cdot z - \theta = 2\pi \Rightarrow z = \frac{2\pi + \theta}{2\pi}$$

$$\theta = \arccos(-0.399) \Rightarrow \theta = 1.9814 \Rightarrow z = \frac{2\pi + 1.9812}{2\pi} = 1.315$$

ومنه يكون الزمن الموافق للانتقال الأعظمي:

$$t = 1.315 \times T = 1.315 \times 0.1 = 0.1315 \text{ sec}$$

بالتبديل في علاقة حساب الاستجابة في المجال الأول في حال شروط أولية غير معدومة باعتبار أن الزمن الناتج ينتمي إلى المجال الأول نجد:

$$y_1(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) + y_{st} \frac{t_d - t}{t_d}$$

بالتعويض:

$$y_1(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} + \frac{y_{st}}{\omega t_d} \right) \sin(\omega t) + y_{st} \frac{t_d - t}{t_d}$$

$$y(t) = (0.03 - 0.05143) \cos(62.361 \times 0.1315) + \left(\frac{0.35}{62.361} + \frac{0.05143}{62.361 \times 0.4} \right) \sin(62.361 \times 0.1315) + 0.05143 \frac{0.4 - 0.1315}{0.4}$$

$$y(t) = 0.045 \text{ m} \approx 0.044 \text{ m} \quad \text{OK}$$

3- حمولة نبضية ذات شكل مستمر متناقص

حالة شروط أولية معدومة

نختار الشكل مستمر متناقص من S.D.F كما في الشكل (5-22)،

S.D.F	Double Frame	Triple Frame
Shape of the impulsive load	Shape of the impulsive load	Shape of the impulsive load
مستطيل	مستطيل	مستطيل
مربع	مربع	مربع
مستمر متناقص	مستمر متناقص	مستمر متناقص
شبه المنحرف	شبه المنحرف	شبه المنحرف
قطع مكافئ	قطع مكافئ	قطع مكافئ
مستمر ثابت	مستمر ثابت	مستمر ثابت
متزايد مستمر	متزايد مستمر	متزايد مستمر
مثلثي متناقص	مثلثي متناقص	مثلثي متناقص
مثلثي متزايد	مثلثي متزايد	مثلثي متزايد
مثلثي متزايد متناقص	مثلثي متزايد متناقص	مثلثي متزايد متناقص

الشكل (5-22).

تظهر الواجهة المبينة في الشكل (5-23)،

Inputs

k (kn/m) =

m (kn.sec²/m) =

v0 (m/sec) =

y0 (m) =

f0 (kn) =

td1 (sec) =

td2 (sec) =

t (sec) =

$F(t)$

F_0

$f(t)$

t_{d1} τ t_{d2}

$F(t)$

F_0

m

k

Inputs for (y(t) & t Diagram)

t1 (sec) =

t2(sec) =

dt =

$y(t) =$ m

$DLF =$

الشكل (5-23).

* الانتقال عند الزمن $t = 0.2 \text{ sec}$:

نقوم بإدخال مواصفات النبض، ثم ننقر Do، و باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الأول أي مجال الاهتزاز القسري، تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة، كما هو مبين في الشكل (5-24):

الشكل (5-24).

التأكد من الحل يدوياً

معادلة الاستجابة من الدراسة التحليلية في المجال الأول لما $0 \leq t \leq t_{d1}$ تعطى بالعلاقة:

$$y(t) = y_{st}(1 - \cos(\omega t))$$

$$y_{st} = \frac{F_0}{K} = \frac{900}{17500} = 0.05143 \text{ m}$$

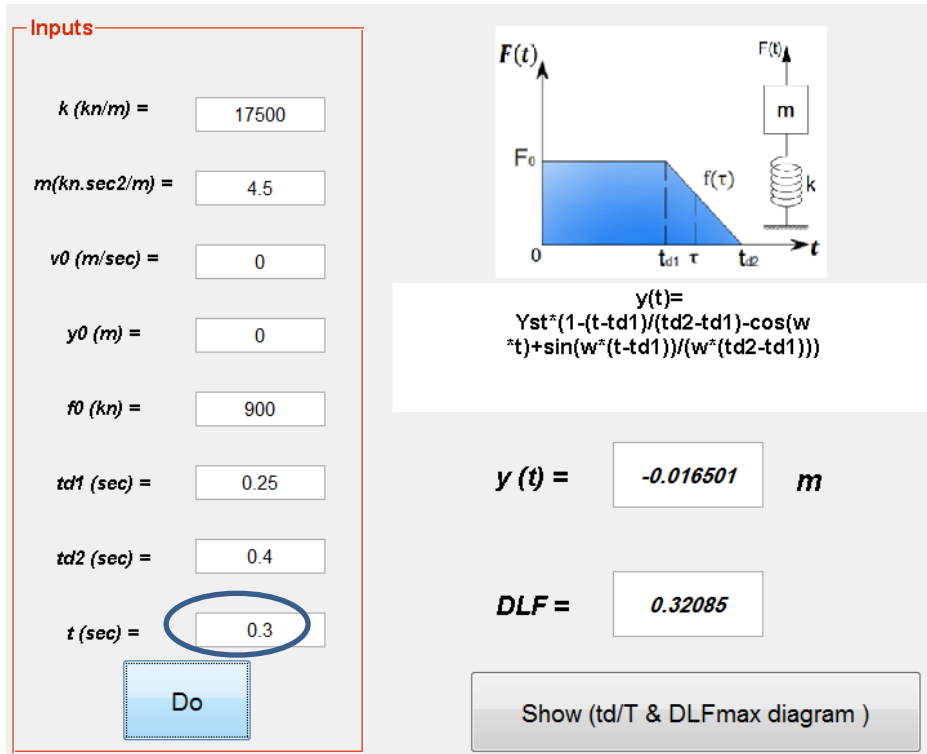
$$\omega = \sqrt{\frac{K}{m}} = \sqrt{\frac{17500}{4.5}} = 62.361 \text{ rad/sec}$$

$$y(t) = 0.05143(1 - \cos(62.361 \times 0.2)) = 0.0002278 \text{ m} \approx 0.0002279 \text{ m} \text{ OK}$$

وهو مطابق للحل البرمجي.

* الانتقال عند الزمن $t = 0.3 \text{ sec}$:

نقوم بتغيير الزمن المطلوب حساب الانتقال عنده إلى 0.3 sec ، ثم ننقر Do، و باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الثاني أي مجال الاهتزاز القسري تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة كما في الشكل (5-25):



الشكل (5-25).

التأكد من الحل يدوياً

معادلة الاستجابة من الدراسة التحليلية في المجال الأول لما $t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$ تعطى بالعلاقة:

$$y(t) = y_{st} \left(1 - \frac{t - t_{d1}}{t_{d2} - t_{d1}} - \cos(\omega t) + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \right)$$

$$y(t) = 0.05143 \left(1 - \frac{0.3 - 0.25}{0.4 - 0.25} - \cos(62.361 \times 0.3) + \frac{\sin[62.361(0.3 - 0.25)]}{62.361(0.4 - 0.25)} \right)$$

$$y(t) = 0.05143 \left(1 - \frac{0.05}{0.15} - \cos(62.361 \times 0.3) + \frac{\sin[62.361(0.05)]}{62.361(0.15)} \right)$$

$$y(t) = -0.016502 \text{ m} \approx -0.016501 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو مطابق للحل البرمجي.

* الانتقال عند الزمن $t = 0.45 \text{ sec}$

نقوم بتغيير الزمن المطلوب حساب الانتقال عنده إلى 0.45 sec ، ثم ننقر Do، و باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الثالث أي مجال الاهتزاز الحر تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة كما في الشكل (5-26):

Inputs

k (kn/m) =

m (kn.sec²/m) =

v_0 (m/sec) =

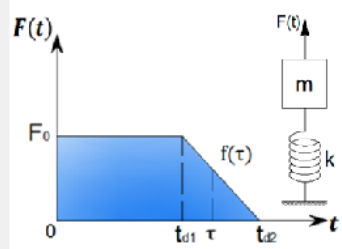
y_0 (m) =

f_0 (kn) =

$td1$ (sec) =

$td2$ (sec) =

t (sec) =



$y(t) = y_{st} \left(-\cos(\omega t) + \frac{\sin(\omega(t-t_{d1}))}{\omega(t_{d2}-t_{d1})} - \frac{\sin(\omega(t-t_{d2}))}{\omega(t_{d2}-t_{d1})} \right)$

$y(t) = 0.049632$ m

$DLF = 0.96506$

الشكل (5-26).

التأكد من الحل يدوياً

معادلة الاستجابة من الدراسة التحليلية في المجال الثالث لما $t \leq t_{d2}$ تعطى بالعلاقة:

$$y(t) = y_{st} \left(-\cos(\omega t) + \frac{\sin[\omega(t-t_{d1})]}{\omega(t_{d2}-t_{d1})} - \frac{\sin[\omega(t-t_{d2})]}{\omega(t_{d2}-t_{d1})} \right)$$

بالتعويض:

$$y(t) = 0.05143 \left(-\cos(62.361 \times 0.45) + \frac{\sin[62.361(0.45-0.25)]}{62.361(0.4-0.25)} - \frac{\sin[62.361(0.45-0.4)]}{62.361(0.4-0.25)} \right)$$

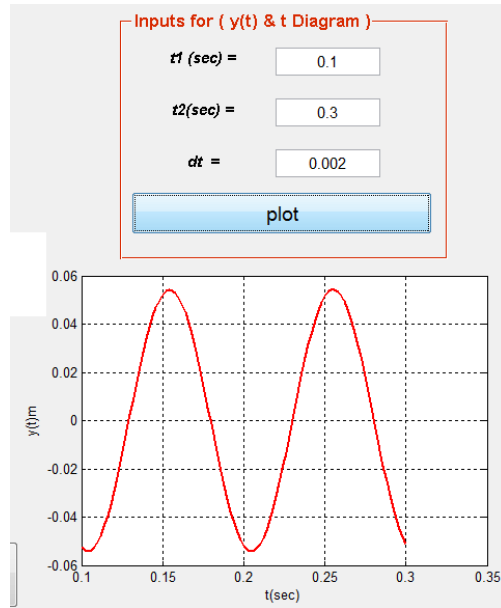
$$y(t) = 0.05143 \left(-\cos(62.361 \times 0.45) + \frac{\sin[62.361(0.2)]}{62.361(0.15)} - \frac{\sin[62.361(0.05)]}{62.361(0.15)} \right)$$

$$y(t) = 0.049633 \text{ m} \approx 0.049632 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو مطابق للحل البرمجي.

* رسم منحنى الاهتزاز من اللحظة $t_1 = 0.1 \text{ sec}$ إلى اللحظة $t_2 = 0.3 \text{ sec}$

نقوم بإدخال زمن البدء وزمن النهاية ثم الخطوة الزمنية ومن ثم Plot . الشكل (5-27).



الشكل (5-27).

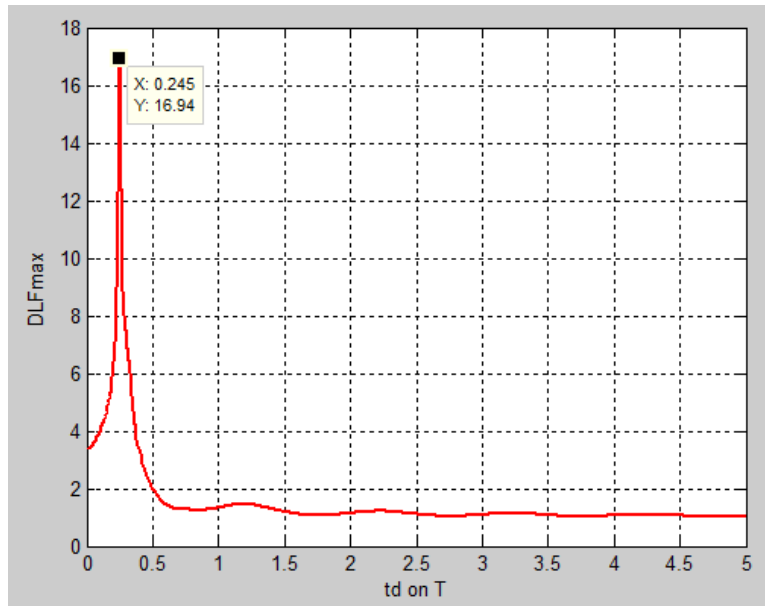
* الانتقال الأعظمي و الزمن الموافق له:

نحصل على مخطط عامل الحمولة الديناميكي

Show (td/T & DLFmax diagram)

بالنقر على الزر

الأعظمي، الشكل (5-28)، ومنه نجد القيمة الأعظمية.



الشكل (5-28).

من المخطط:

$$DLF_{\max} = 16.94$$

$$y_{\max} = 0.05143 \times 16.94 = 0.87 \text{ m}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{4.5}{17500}} = 0.1 \text{ sec}$$

نعوض كلاً من DLF_{\max} و $x = \frac{t_d}{T}$ في العلاقة الخاصة بحساب DLF_{\max} في حالة النبض ذي الشكل المستمر المتناقص دون شروط ابتدائية، ثم نحسب قيمة $z = \frac{t}{T}$ ومنها نحصل على الزمن t الموافق للانتقال الأعظمي.

$$DLF_{\max} = 1 - \frac{z - x}{A - x} - \cos(2\pi z) + \frac{1}{2\pi(A - x)} \sin(2\pi(z - x))$$

حيث إن $A = 0.25$.

$$16.94 = 1 - \frac{z - 0.245}{0.25 - 0.245} - \cos(2\pi z) + \frac{1}{2\pi(0.25 - 0.245)} \sin(2\pi(z - 0.245))$$

$$16.94 = 1 - \frac{z - 0.245}{0.005} - \cos(2\pi z) + \frac{1}{2\pi(0.005)} \sin(2\pi(z - 0.245))$$

$$z - 0.1653 = -0.005 \cos(2\pi z) + \frac{1}{2\pi} [\sin(2\pi z) \cos(2\pi 0.245) - \cos(2\pi z) \sin(2\pi 0.245)]$$

بعد الفك والإصلاح:

$$0.005 \sin(2\pi z) - 0.1641 \cos(2\pi z) = z - 0.1653$$

نفرض أن :

$$\left. \begin{aligned} a &= 0.005 \\ b &= 0.1641 \end{aligned} \right\} \\ a \cdot \sin(2\pi \cdot z) - b \cdot \cos(2\pi \cdot z) = z - 0.1653 \\ \sqrt{a^2 + b^2} = 0.1642$$

نقسم طرفي المساواة على $\sqrt{a^2 + b^2} \neq 0$

$$0.0304 \sin(2\pi z) - 0.999 \cos(2\pi z) = \frac{z}{0.1642} - 1.007$$

نفرض أن : $\cos(\theta) = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ ، $\sin(\theta) = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ تصبح العلاقة بالشكل:

$$\sin(2\pi z) \cdot \cos(\theta) - \cos(2\pi z) \cdot \sin(\theta) = \frac{z}{0.1642} - 1.007$$

أي أن:

$$\sin(2\pi \cdot z - \theta) = \frac{z}{0.1642} - 1.007$$

$$\theta = \arccos(0.0304) \Rightarrow \theta = 1.5404$$

وباعتبار أن هذه القيم والرموز تمثل قيماً زمنية صغيرة يمكن اعتبار أن:

$$\sin(\beta) = \beta$$

و بالتالي يمكن أن نكتب :

$$2\pi \cdot z - \theta = \frac{z}{0.1642} - 1.007$$

$$2\pi \cdot z - 1.5404 = \frac{z}{0.1642} - 1.007$$

بعد الإصلاح نجد:

$$0.0317 z = 0.08758 \Rightarrow z = 2.8$$

ومنه يكون الزمن الموافق للانتقال الأعظمي:

$$t = 2.8 \times T = 2.8 \times 0.1 = 0.28 \text{ sec}$$

حالة شروط أولية غير معدومة

* الانتقال عند الزمن $t = 0.2 \text{ sec}$

نقوم بتعديل مواصفات النبض بإدخال الشروط الأولية للحركة والزمن المطلوب حساب الانتقال عنده، ثم ننقر Do و باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الأول " اهتزاز قسري " تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة، الشكل (5-29).

The screenshot shows a software interface with the following inputs and results:

- Inputs:
 - $k \text{ (kn/m)} = 17500$
 - $m \text{ (kn.sec}^2/\text{m)} = 4.5$
 - $v_0 \text{ (m/sec)} = 0.35$
 - $y_0 \text{ (m)} = 0.03$
 - $f_0 \text{ (kn)} = 900$
 - $td1 \text{ (sec)} = 0.25$
 - $td2 \text{ (sec)} = 0.4$
 - $t \text{ (sec)} = 0.2$
- Graph: Shows force $F(t)$ vs time t . The force is constant at F_0 from $t=0$ to $t=td1$, then decreases linearly to zero at $t=td2$. The displacement $y(t)$ is shown as a blue shaded area under the force curve.
- Equation: $y(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + (v_0/\omega) \sin(\omega t) + y_{st}$
- Results:
 - $y(t) = 0.029567 \text{ m}$
 - $DLF = 0.57492$

الشكل (5-29).

التأكد من الحل يدوياً

معادلة الاستجابة من الدراسة التحليلية في المجال الأول لما $0 \leq t \leq t_{d1}$ تعطى بالعلاقة:

$$y(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + y_{st}$$

بالتعويض:

$$y(t) = (0.03 - 0.05143) \cos(62.361 \times 0.2) + \frac{0.35}{62.361} \sin(62.361 \times 0.2) + 0.05143$$

$$y(t) = 0.029567 \text{ m} = 0.029567 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو مطابق للحل البرمجي.

* الانتقال عند الزمن $t = 0.3 \text{ sec}$:

نقوم بتعديل الزمن إلى 0.3 sec ، ثم ننقر Do و باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الثاني " اهتزاز قسري" تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة، الشكل (5-30).

The screenshot shows a software interface for calculating dynamic response. On the left, there are input fields for various parameters: k (kn/m) = 17500, m (kn.sec²/m) = 4.5, v_0 (m/sec) = 0.35, y_0 (m) = 0.03, f_0 (kn) = 900, td_1 (sec) = 0.25, td_2 (sec) = 0.4, and t (sec) = 0.3. A blue button labeled 'Do' is located below the input fields. On the right, there is a graph showing the force pulse $F(t)$ versus time t . The pulse is a trapezoid starting at $t=0$ with a constant value F_0 until $t=td_1$, then decreasing linearly to zero at $t=td_2$. The area under the pulse is shaded blue. Below the graph, the equation for $y(t)$ is given: $y(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + (v_0/\omega) \sin(\omega t) + y_{st} \left(1 - \frac{(t - td_1)(td_2 - td_1)}{(td_2 - td_1)^2} \right) \sin(\omega(t - td_1))$. The output shows $y(t) = 0.01241 \text{ m}$ and $DLF = 0.2413$. A button labeled 'Show (td/T & DLFmax diagram)' is at the bottom right.

الشكل (5-30).

التأكد من الحل يدويًا

معادلة الاستجابة من الدراسة التحليلية في المجال الثاني لما $t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$ تعطى بالعلاقة:

$$y(t) = (y_0 - y_{st}) \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{y_{st} \sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} + y_{st} \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}}$$

بالتعويض

$$y(t) = (0.03 - 0.05143) \cos(62.361 \times 0.3) + \frac{0.35}{62.361} \sin(62.361 \times 0.3) + \frac{0.05143 \sin[62.361(0.3 - 0.25)]}{62.361(0.4 - 0.25)} + 0.05143 \frac{0.4 - 0.3}{0.4 - 0.25}$$

$$y(t) = 0.012409 \text{ m} = 0.01241 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو مطابق للحل البرمجي.

* الانتقال عند الزمن $t = 0.45 \text{ sec}$:

نقوم بتعديل الزمن إلى 0.45 sec ، ثم ننقر Do و باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الثالث " اهتزاز حر" تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة، الشكل (5-31).

Inputs

k (kn/m) =

m (kn.sec²/m) =

v_0 (m/sec) =

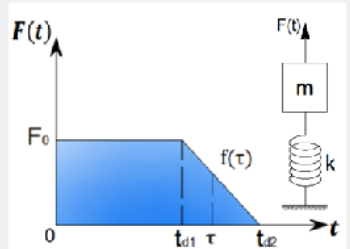
y_0 (m) =

f_0 (kn) =

td_1 (sec) =

td_2 (sec) =

t (sec) =



$y(t) = (y_0 - Y_{st}) \cos(\omega t) + (v_0/\omega) \sin(\omega t) + \frac{Y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d1})] - \frac{Y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d2})]$

$y(t) = 0.021483$ m

$DLF = 0.41773$

الشكل (5-31).

التأكد من الحل يدوياً

معادلة الاستجابة من الدراسة التحليلية في المجال الثالث لما $t_{d2} \leq t$ تعطى بالعلاقة:

$$y(t) = (y_0 - y_{st})\cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{Y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d1})] - \frac{Y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d2})]$$

بالتعويض:

$$y(t) = (0.03 - 0.05143)\cos(62.361 \times 0.45) + \frac{0.35}{62.361} \sin(62.361 \times 0.45) + \frac{0.05143}{62.361(0.4 - 0.25)} \sin[62.361(0.45 - 0.25)] - \frac{0.05143}{62.361(0.4 - 0.25)} \sin[62.361(0.45 - 0.4)]$$

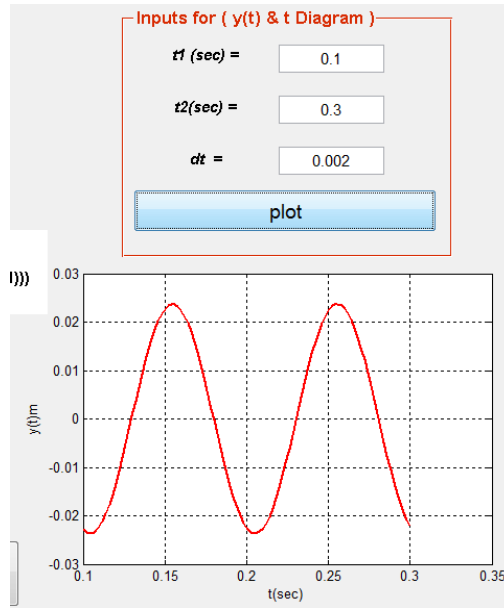
$$y(t) = (-0.02143)\cos(62.361 \times 0.45) + \frac{0.35}{62.361} \sin(62.361 \times 0.45) + \frac{0.05143}{62.361 \times 0.15} \sin[62.361(0.2)] - \frac{0.05143}{62.361 \times 0.15} \sin[62.361(0.05)]$$

$$y(t) = 0.021484 \text{ m} \approx 0.021483 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو متوافق مع الحل البرمجي.

* رسم منحنى الاهتزاز من اللحظة $t_1 = 0.1 \text{ sec}$ إلى اللحظة $t_2 = 0.3 \text{ sec}$

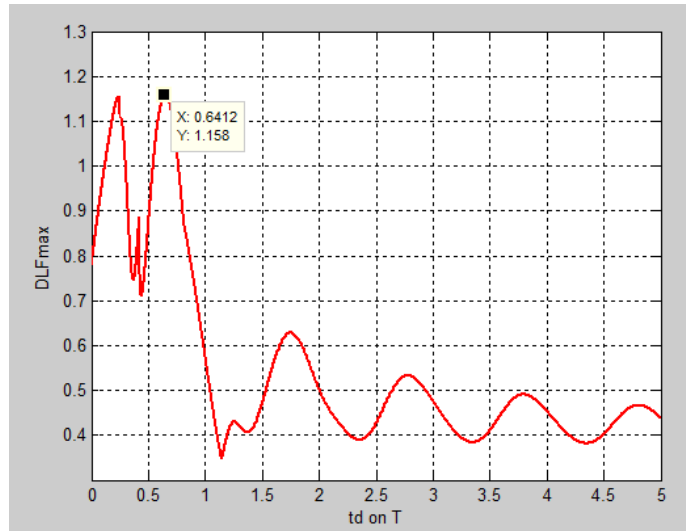
نقوم بإدخال زمن البدء وزمن النهاية ثم الخطوة الزمنية ومن ثم Plot , الشكل (5-32).



الشكل (5-32).

* الانتقال الأعظمي و الزمن الموافق له:

يبين الشكل (5-33) مخطط عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي والذي نحصل عليه بالآلية السابقة.



الشكل (5-33).

من المخطط:

$$DLF_{\max} = 1.158$$

$$y_{\max} = y_{st} \cdot DLF_{\max}$$

$$y_{\max} = 0.05143 \times 1.158 = 0.059 \text{ m}$$

أما الزمن الموافق للانتقال الأعظمي، فمن المخطط نجد أن:

$$x = \frac{t_d}{T} = 0.6412$$

نعوض كلاً من DLF_{\max} و $x = \frac{t_d}{T}$ في العلاقة الخاصة بحساب DLF_{\max} في حالة النبض ذي

الشكل المستمر المتناقص مع شروط ابتدائية، ثم نحسب قيمة $z = \frac{t}{T}$ ومنها نحصل على الزمن t

الموافق للانتقال الأعظمي.

$$DLF_{\max} = \left(\frac{y_0}{y_{st}} - 1 \right) \cos(2\pi z) + \frac{v_0 T}{y_{st} \cdot 2\pi} \sin(2\pi z) + \frac{\sin[2\pi(z - x)]}{2\pi(A - x)} + \frac{A - z}{A - x}$$

حيث إن $A = 0.25$

$$1.158 = \left(\frac{0.03}{0.05143} - 1 \right) \cos(2\pi z) + \frac{0.35 \times 0.1}{0.05143 \times 2\pi} \sin(2\pi z) + \frac{\sin[2\pi(z - 0.6412)]}{2\pi(0.25 - 0.6412)}$$

$$1.158 = -0.4167 \cos(2\pi z) + 0.1083 \sin(2\pi z) - 0.4068 \sin[2\pi(z - 0.6412)] - 0.639 + \frac{0.25 - z}{0.25 - 0.6412}$$

$$1.158 = -0.4167 \cos(2\pi z) + 0.1083 \sin(2\pi z)$$

$$- 0.4068[-0.6316 \sin(2\pi z) + 0.775 \cos(2\pi z)] - 0.639 + \frac{z}{0.3912}$$

$$1.158 + 0.639 - \frac{z}{0.3912} = -0.7321 \cos(2\pi z) + 0.3652 \sin(2\pi z)$$

$$0.3653 \sin(2\pi z) - 0.732 \cos(2\pi z) = 1.797 - \frac{z}{0.3912}$$

$$0.1428 \sin(2\pi z) - 0.2864 \cos(2\pi z) = 0.703 - z$$

نفرض أن :

$$a = 0.1428$$

$$b = 0.2864$$

$$a \cdot \sin(2\pi \cdot z) - b \cdot \cos(2\pi \cdot z) = 0.703 - z$$

$$\sqrt{a^2 + b^2} = 0.32$$

نقسم طرفي المساواة على $\sqrt{a^2 + b^2} \neq 0$

$$0.4462 \sin(2\pi z) - 0.892 \cos(2\pi z) = \frac{0.703 - z}{0.32}$$

نفرض أن : $\sin(\theta) = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ ، $\cos(\theta) = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ ، تصحيح العلاقة بالشكل :

$$\sin(2\pi z) \cdot \cos(\theta) - \cos(2\pi z) \cdot \sin(\theta) = \frac{0.703 - z}{0.32}$$

أي أن :

$$\sin(2\pi \cdot z - \theta) = \frac{0.703 - z}{0.32}$$

$$\theta = \arccos(0.4462) \Rightarrow \theta = 1.108$$

وباعتبار أن هذه القيم والرموز تمثل قيماً زمنية صغيرة يمكن اعتبار أن :

$$\sin(\beta) = \beta$$

و بالتالي يمكن أن نكتب :

$$2\pi \cdot z - \theta = \frac{0.703 - z}{0.32}$$

$$(2\pi \times 0.32 + 1)z = 1.108 \times 0.32 + 0.703 \Rightarrow z = 0.35$$

ومنه يكون الزمن الموافق للانتقال الأعظمي:

$$t = 0.35 \times T = 0.35 \times 0.1 = 0.035 \text{ sec}$$

بالتبديل في علاقة حساب الاستجابة في المجال الأول باعتبار أن الزمن الناتج أصغر من t_{d1} ، نجد:

$$y(t) = (y_0 - y_{st})\cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t) + y_{st}$$

$$y(t) = (0.03 - 0.05143)\cos(62.361 \times 0.035) + \frac{0.35}{62.361} \sin(62.361 \times 0.035) + 0.05143$$

$$y(t) = 0.06 \text{ m} \approx 0.059 \text{ m} \quad \text{OK}$$

4- حمولة نبضية ذات شكل قطعي.

نختار شكل القطع المكافئ من الواجهة الأساسية من S.D.F، الشكل (5-34).

S.D.F

Shape of the impulsive load

مستطيل	مستمر ثابت
مربع	متزايد مستمر
مستمر متناقص	مثلثي متناقص
شبه المنحرف	مثلثي متزايد
قطع مكافئ	مثلثي متزايد متناقص

Double Frame

Shape of the impulsive load

مستطيل	مستمر ثابت
مربع	متزايد مستمر
مستمر متناقص	مثلثي متناقص
شبه المنحرف	مثلثي متزايد
قطع مكافئ	مثلثي متزايد متناقص

Triple Frame

Shape of the impulsive load

مستطيل	مستمر ثابت
مربع	متزايد مستمر
مستمر متناقص	مثلثي متناقص
شبه المنحرف	مثلثي متزايد
قطع مكافئ	مثلثي متزايد متناقص

الشكل (5-34).

تظهر الواجهة المبينة في الشكل (5-35):

Inputs

$k \text{ (kn/m)} =$

$m \text{ (kn.sec}^2\text{/m)} =$

$f_0 \text{ (kn)} =$

$td \text{ (sec)} =$

$t \text{ (sec)} =$

Do

Inputs for (y(t) & t Diagram)

$t1 \text{ (sec)} =$

$t2 \text{ (sec)} =$

$dt =$

plot

$y(t) =$ m

$DLF =$

Show (td/T & DLFmax diagram)

الشكل (5-35).

* الانتقال عند الزمن $t = 0.3 \text{ sec}$:

نقوم بإدخال مواصفات النبض و الزمن المطلوب حساب الانتقال عنده 0.3 sec ، ثم ننقر D_0 ، و باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الأول أي مجال الاهتزاز القسري تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحموله الديناميكي في هذه اللحظة، الشكل (5-36).

The screenshot shows a software interface for calculating the dynamic response of a mass-spring system. On the left, under 'Inputs', there are five input fields: $k \text{ (kn/m)} = 17500$, $m \text{ (kn.sec}^2/\text{m)} = 4.5$, $f_0 \text{ (kn)} = 900$, $t_d \text{ (sec)} = 0.6$, and $t \text{ (sec)} = 0.3$. Below these is a button labeled D_0 . On the right, there is a diagram of a mass m on a spring k with an upward force $F(t)$. Next to it is a graph of the force pulse $F(t)$ versus time t , showing a trapezoidal pulse with peak force F_0 , duration t_d , and a rise time τ . Below the graph is the equation $y(t) = (y_{st}^* (\sin(\omega_f t) - (\omega_f/\omega) \sin(\omega t)) / (1 - (\omega_f/\omega)^2))$. At the bottom right, the calculated results are $y(t) = 0.052406 \text{ m}$ and $DLF = 1.019$. A button labeled 'Show (td/T & DLFmax diagram)' is located at the bottom center.

الشكل (5-36).

التأكد من الحل يدوياً

معادلة الاستجابة من الدراسة التحليلية في المجال الأول لَمَا $0 \leq t \leq t_d$ تعطى بالعلاقة:

$$y(t) = y_{st} \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{T}{2t_d}\right)^2\right]} \left[\sin\left(\pi \frac{t}{t_d}\right) - \frac{T}{2t_d} \sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) \right]$$

$$y_{st} = \frac{F_0}{K} = \frac{900}{17500} = 0.05143 \text{ m}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} = 2\pi \sqrt{\frac{4.5}{17500}} = 0.1 \text{ sec}$$

$$y(t) = \frac{0.05143}{\left[1 - \left(\frac{0.1}{2 \times 0.6}\right)^2\right]} \left[\sin\left(\pi \frac{0.3}{0.6}\right) - \frac{0.1}{2 \times 0.6} \sin\left(2\pi \frac{0.3}{0.1}\right) \right]$$

$$y(t) = 0.05179[1 - 0]$$

$$y(t) = 0.05179(1 - 0) = 0.05179 \text{ m} \approx 0.052406 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو مطابق للحل البرمجي.

* الانتقال عند الزمن $t = 0.63 \text{ sec}$:

نقوم بتبديل الزمن إلى الزمن المطلوب حساب الانتقال عنده 0.63 sec ، ثم ننقر Do، و باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الثاني أي مجال الاهتزاز الحر تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة، الشكل (5-37).

Inputs

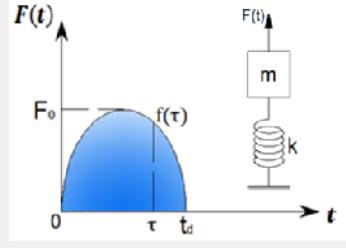
$k \text{ (kn/m)} =$

$m \text{ (kn.sec}^2/\text{m)} =$

$f_0 \text{ (kn)} =$

$t_d \text{ (sec)} =$

$t \text{ (sec)} =$



$y(t) = (2 * Y_{st} * \omega_f / \omega * \sin(\omega * (t - 0.5t_d)) * \cos(0.5\omega * t_d) / ((\omega_f / \omega)^2 - 1))$

$y(t) =$ m

$DLF =$

الشكل (5-37).

التأكد من الحل يدوياً

معادلة الاستجابة من الدراسة التحليلية في المجال الثاني لما $t_d \leq t$ تعطى بالعلاقة:

$$y(t) = y_{st} \frac{\frac{T}{t_d} \cos(\pi \frac{t_d}{T})}{\left[\left(\frac{T}{2t_d} \right)^2 - 1 \right]} \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{t_d}{2T} \right) \right]$$

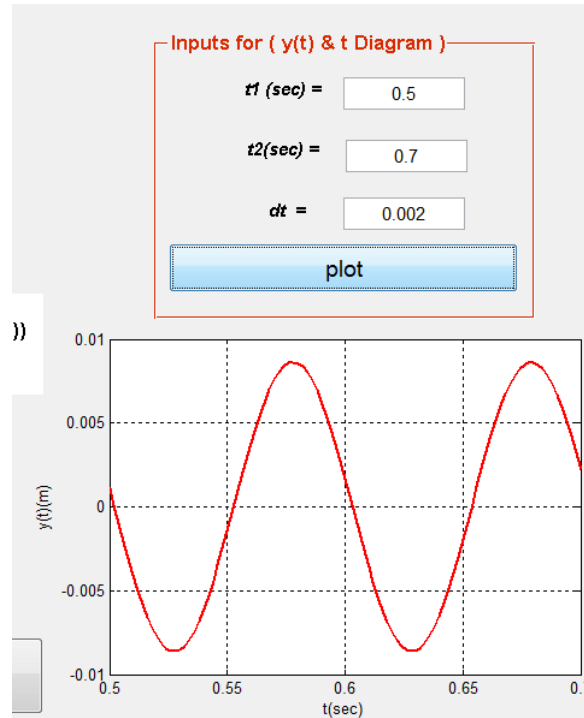
$$y(t) = 0.05143 \frac{\frac{0.1}{0.6} \cos(\pi \frac{0.6}{0.1})}{\left[\left(\frac{0.1}{2 \times 0.6} \right)^2 - 1 \right]} \sin \left[2\pi \left(\frac{0.63}{0.1} - \frac{0.6}{2 \times 0.1} \right) \right]$$

$$y(t) = \frac{0.008571667}{\left[\left(\frac{0.1}{2 \times 0.6} \right)^2 - 1 \right]} 0.951056$$

$$y(t) = -0.0082 \text{ m} \approx 0.0075578 \text{ m} \quad \text{OK}$$

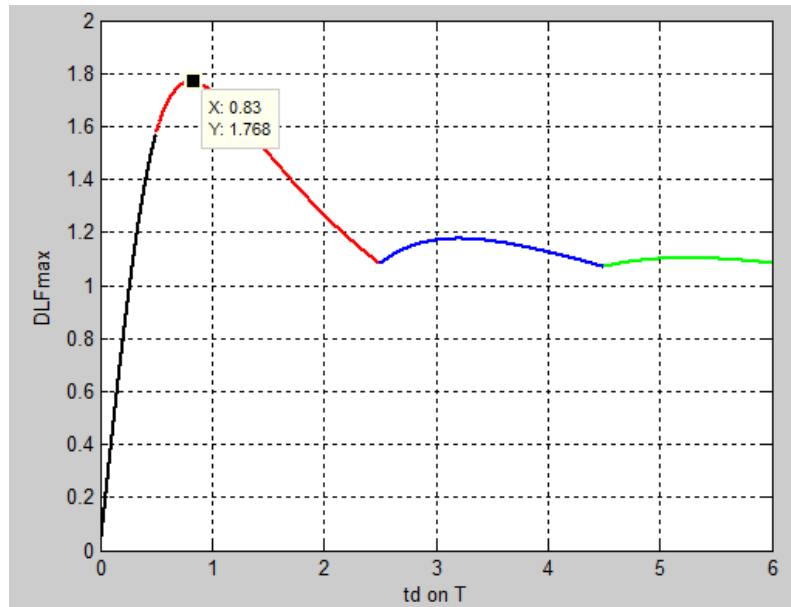
وهو موافق للحل البرمجي.

* رسم منحنى الاهتزاز من اللحظة $t_1 = 0.5\text{sec}$ إلى اللحظة $t_2 = 0.7\text{sec}$:
ندخل زمن البدء وزمن النهاية ثم الخطوة الزمنية ثم Plot يكون منحنى الاهتزاز كما في الشكل
(5-38).



الشكل (5-38).

* الانتقال الأعظمي و الزمن الموافق له:
يبين الشكل (5-39) مخطط عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي،



الشكل (5-39).

من المخطط:

$$DLF_{\max} = 1.768$$

$$y_{\max} = y_{st} \cdot DLF_{\max}$$

$$y_{\max} = 0.05143 \times 1.768 = 0.09 \text{ m}$$

أما الزمن الموافق للانتقال الأعظمي، فمن المخطط نجد أن:

$$x = \frac{t_d}{T} = 0.83$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{4.5}{17500}} = 0.1 \text{ sec}$$

نعوض في العلاقة التالية لحساب الزمن الموافق للانتقال الأعظمي:

$$t = \frac{2L}{1 + 2\frac{t_d}{T}}$$

$$t = \frac{2L}{1 + 2\frac{t_d}{T}} = \frac{2 \times 1}{1 + 2 \times 0.83} = 0.75 \text{ sec}$$

نبدل في علاقة حساب الاستجابة في المجال الثاني باعتبار أن الزمن أكبر من t_d :

$$y_2(t) = y_{st} \frac{\frac{T}{t_d} \cos(\pi \frac{t_d}{T})}{\left[\left(\frac{T}{2t_d}\right)^2 - 1\right]} \sin\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{t_d}{2T}\right)\right]$$

$$y_2(t) = 0.05143 \frac{1.2048 \cos(0.83\pi)}{\left[\left(\frac{1.2048}{2}\right)^2 - 1\right]} \sin\left[2\pi\left(\frac{0.75}{0.1} - \frac{0.83}{2}\right)\right]$$

$$y(t) = 0.075 \text{ m} \approx 0.09 \text{ m} \quad \mathbf{OK}$$

2-5- تطبيق <2>

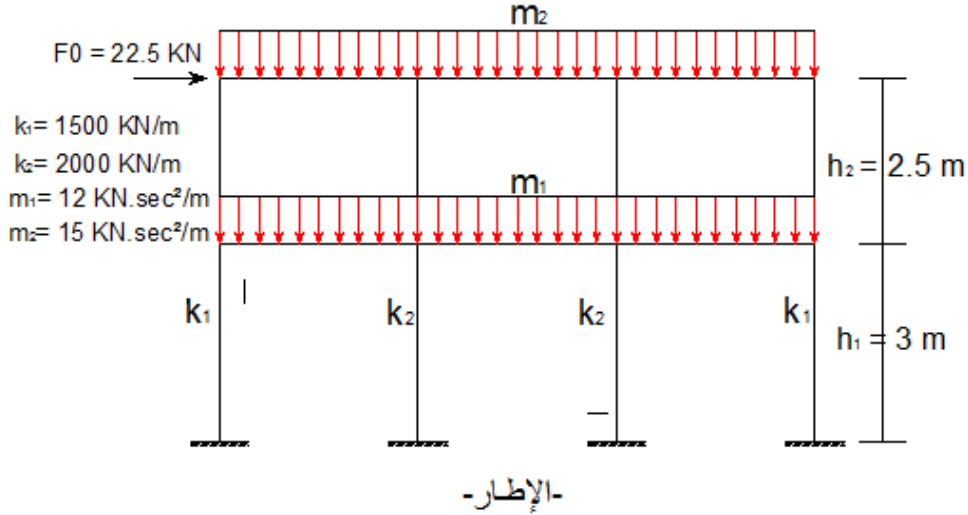
يخضع الإطار المبين في الشكل لقوة أفقية نبضية بشكل شبه منحرف وبإهمال التخامد يطلب:

1- الانتقال الأفقي الموافق للزمن $t = 0.45 \text{ sec}$ و $t = 0.64 \text{ sec}$.

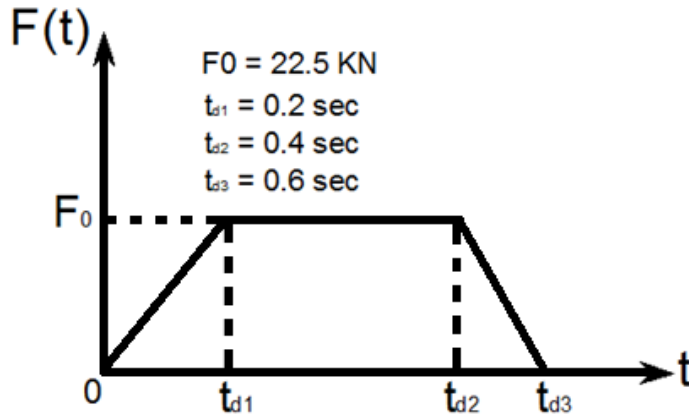
2- رسم منحنى الاهتزاز من اللحظة $t_1 = 0.2 \text{ sec}$ إلى اللحظة $t_2 = 0.4 \text{ sec}$.

وذلك في حال انعدام الشروط الابتدائية للحركة، ومن ثم من أجل شروط أولية للحركة قبل تأثير القوة

مقدارها $v_0 = 0.2 \text{ m/sec}$ ، وانتقال أولي مقداره $y_0 = 0.04 \text{ m}$.



مخطط الحمولة النبضية المؤثرة مع الزمن:



حالة شروط أولية معدومة

* الانتقال عند الزمن $t = 0.45 \text{ sec}$:

نختار الشكل شبه منحرف من الواجهة الأساسية من Double Frame، الشكل (40-5)،

S.D.F		Double Frame		Triple Frame	
Shape of the impulsive load		Shape of the impulsive load		Shape of the impulsive load	
مستطيل	مستمر ثابت	مستطيل	مستمر ثابت	مستطيل	مستمر ثابت
مربع	متزايد مستمر	مربع	متزايد مستمر	مربع	متزايد مستمر
مستمر متناقص	مثلثي متناقص	مستمر متناقص	مثلثي متناقص	مستمر متناقص	مثلثي متناقص
شبه المنحرف	مثلثي متزايد	شبه المنحرف	مثلثي متزايد	شبه المنحرف	مثلثي متزايد
قطع مكافئ	مثلثي متزايد متناقص	قطع مكافئ	مثلثي متزايد متناقص	قطع مكافئ	مثلثي متزايد متناقص

الشكل (5-40).

تظهر الواجهة التالية:

الشكل (5-41).

الانتقال عند الزمن $t = 0.45\text{sec}$

نقوم بإدخال مواصفات النبض والإطار كما في الشكل (5-42)، ثم ننقر Do، يقوم البرنامج بحساب أنماط الاهتزاز و تحويل الجملة الكلية إلى جملتين كل واحدة بدرجة حرية واحدة ذات كتلة مكافئة، ومن ثم تطبيق تكامل ديوهامل على كل جملة و حساب الاستجابة الخاصة بها، وتكون الاستجابة الكلية عبارة عن الجذر التربيعي لمجموع مربعي الاستجابتين SRSS.

Inputs 1(Frame Properties)

- $k1$ (kn/m) = 1500
- $k2$ (kn/m) = 2000
- $m1$ (kn.sec²/m) = 12
- $m2$ (kn.sec²/m) = 15
- $h1$ (m) = 3
- $h2$ (m) = 2.5
- Number of Spans = 3

Inputs 2(Pulse Properties)

- $v0$ (m/sec) = 0
- $y0$ (m) = 0
- $f0$ (kn) = 22.5
- $td1$ (sec) = 0.2
- $td2$ (sec) = 0.4
- $td3$ (sec) = 0.6
- t (sec) = 0.45

Inputs for (y(t) & t Diagram)

- $t1$ (sec) =
- $t2$ (sec) =
- dt =

Buttons: Do, Plot

Arabic labels: مواصفات النبض, مواصفات الإطار, صلابة الأعمدة الخارجية, صلابة الأعمدة الداخلية, عدد فتحات الإطار

الشكل(5-42).

باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الثالث " تأثير اهتزاز قسري"، تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة، وذلك من أجل كل جملة، وتكون النتائج كما في الشكل(5-43).

Output

$$y(t) = Yst\{1 - \sin(w*t)/(w*td1) + \sin(w*(t - td1))/(w*td1) + \sin(w*(t - td2))/(w*(td3 - td2)) - (t - td2)/(td3 - td2)\}$$

$y1$ (m) =	0.0014134	DLF1 =	0.43971
$y2$ (m) =	0.0023144	DLF2 =	0.72002
y tot (m) =	0.0027118	DLF tot =	0.84367

Button: Show DLFmax

Arabic labels: معادلة الاستجابة, انتقال الجملة الاولى, انتقال الجملة الثانية, المحصلة

الشكل(5-43).

التأكد من الحل يدوياً

التحويل إلى الجملة المكافئة:

1- حساب الصلابة الطابقية الكلية K:

$$K_e = 2K_1 + (n - 1)K_2 = 2 \times 1500 + (3 - 1) \times 2000 = 7000 \text{ kN/m}$$

2- حساب الترددات الطبيعية ω :

بعد حل المعادلة التالية:

$$\begin{aligned} \det[[K_e] - \omega^2 \cdot [m]] &= 0 \\ a = m_1 \cdot m_2 &= 12 \times 15 = 180 \\ b = -(2K_e \cdot m_2 + K_e \cdot m_1) &= -(2 \times 7000 \times 15 + 7000 \times 12) \\ &= -294000 \\ c = k^2 &= 7000^2 = 49 \times 10^6 \\ \Delta = 5.1156 \times 10^{10} &\Rightarrow \sqrt{\Delta} = 226176.9219 \end{aligned} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta = b^2 - 4a \cdot c$$

ومنه:

$$\begin{aligned} \omega_{11} &= \sqrt{\frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a}} = \sqrt{\frac{+294000 - 226176.9219}{360}} = 13.7258 \text{ rad/sec} \\ \omega_{22} &= \sqrt{\frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a}} = \sqrt{\frac{+294000 + 226176.9219}{360}} = 38.0123 \text{ rad/sec} \end{aligned}$$

3- حساب أنماط الاهتزاز

النمط الأول:

$$\begin{aligned} \phi_{11} &= 1 \\ \phi_{21} &= \frac{2K_e - \omega_{11}^2 m_1}{k} = \frac{2 \times 7000 - 188.3974 \times 12}{7000} = 1.677 \\ \begin{bmatrix} \phi_{11} \\ \phi_{12} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 1 \\ 1.677 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

النمط الثاني:

$$\begin{aligned} \phi_{12} &= 1 \\ \phi_{22} &= \frac{2K_e - \omega_{22}^2 m_1}{K_e} = \frac{2 \times 7000 - 1444.9359 \times 12}{7000} = -0.477 \\ \begin{bmatrix} \phi_{12} \\ \phi_{22} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 1 \\ -0.477 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

4- حساب الكتلة الفعالة me لكل جملة:

فيكون من أجل النمط الأول:

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= m_1 \cdot \phi_{11}^2 + m_2 \cdot \phi_{21}^2 \\ &= 12 \times 1 + 15 \times 1.677^2 = 54.185 \\ L_1^h &= m_1 \cdot \phi_{11} + m_2 \cdot \phi_{21} \\ &= 12 \times 1 + 15 \times 1.677 = 37.155 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} m_{e1} = \frac{(L_1^h)^2}{M_1} \\ = \frac{37.155^2}{54.185} \\ = 25.4775 \text{KN} \cdot \text{sec}^2/\text{m} \end{cases}$$

ومن أجل النمط الثاني:

$$\left. \begin{aligned} M_2 &= m_1 \cdot \phi_{12}^2 + m_2 \cdot \phi_{22}^2 \\ &= 12 \times 1 + 15 \times (-0.477)^2 = 15.4129 \\ L_2^h &= m_1 \cdot \phi_{12} + m_2 \cdot \phi_{22} \\ &= 12 \times 1 - 15 \times 0.477 = 4.845 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} m_{e2} = \frac{(L_2^h)^2}{M_2} \\ = \frac{4.845^2}{15.4129} \\ = 1.523 \text{KN} \cdot \text{sec}^2/\text{m} \end{cases}$$

معادلة الاستجابة من الدراسة التحليلية في المجال الثالث لما $t_{d2} \leq t \leq t_{d3}$ تعطى بالعلاقة:

$$y(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d2})]}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} + \frac{t_{d3} - t}{t_{d3} - t_{d2}} \right)$$

من أجل النمط الأول:

نعوض بمعادلة الاستجابة من أجل:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{K}{m_{e1}}} = \sqrt{\frac{7000}{25.4775}} = 16.5756 \text{ rad/sec}$$

$$y_{st} = \frac{F_0}{K} = \frac{22.5}{7000} = 0.00321 \text{ m}$$

$$y_1(t) = 0.00321 \left(-\frac{\sin(16.5756 \times 0.45)}{16.5756 \times 0.2} + \frac{\sin[16.5756(0.45 - 0.2)]}{16.5756 \times 0.2} \right. \\ \left. + \frac{\sin[16.5756(0.45 - 0.4)]}{16.5756(0.6 - 0.4)} + \frac{0.6 - 0.45}{0.6 - 0.4} \right)$$

$$y_1(t) = 0.00321 \left(-\frac{\sin(16.5756 \times 0.45)}{16.5756 \times 0.2} + \frac{\sin[16.5756 \times 0.25]}{16.5756 \times 0.2} + \frac{\sin[16.5756 \times 0.05]}{16.5756 \times 0.2} \right. \\ \left. + \frac{0.15}{0.2} \right)$$

$$y_1(t) = 0.001413 \text{ m} \approx 0.0014134 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو متوافق مع الحل البرمجي.

من أجل النمط الثاني:

نعوض بمعادلة الاستجابة من أجل:

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{K}{m_{e2}}} = \sqrt{\frac{7000}{1.5230}} = 67.7952 \text{ rad/sec}$$

$$y_2(t) = 0.00321 \left(-\frac{\sin(67.7952 \times 0.45)}{67.7952 \times 0.2} + \frac{\sin[67.7952(0.45 - 0.2)]}{67.7952 \times 0.2} \right. \\ \left. + \frac{\sin[67.7952(0.45 - 0.4)]}{67.7952(0.6 - 0.4)} + \frac{0.6 - 0.45}{0.6 - 0.4} \right) \\ y_2(t) = 0.00321 \left(-\frac{\sin(67.7952 \times 0.45)}{67.7952 \times 0.2} + \frac{\sin[67.7952 \times 0.25]}{67.7952 \times 0.2} + \frac{\sin[67.7952 \times 0.05]}{67.7952 \times 0.2} \right. \\ \left. + \frac{0.15}{0.2} \right) \\ y_2(t) = 0.002312m \approx 0.0023144m \quad \text{OK}$$

وهو متوافق مع الحل البرمجي.

* الانتقال عند الزمن $t = 0.64 \text{ sec}$

نغير الزمن إلى $t = 0.64 \text{ sec}$ ، ثم ننقر Do، وباعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الرابع "تأثير اهتزاز حر"، تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال وقيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة، وذلك من أجل كل جملة كما في الشكل (44-5).

الشكل (44-5).

التأكد من الحل يدوياً

معادلة الاستجابة من الدراسة التحليلية في المجال الرابع لما $t \leq t_{d3}$ تعطى بالعلاقة:

$$y(t) = y_{st} \left(-\frac{\sin(\omega t)}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d1})]}{\omega t_{d1}} + \frac{\sin[\omega(t - t_{d2})]}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} - \frac{\sin[\omega(t - t_{d3})]}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \right)$$

من أجل النمط الأول:

نعوض بمعادلة الاستجابة من أجل:

$$\omega_1 = 16.5756 \text{ rad/sec}$$

$$y_1(t) = 0.00321 \left(-\frac{\sin(16.5756 \times 0.64)}{16.5756 \times 0.2} + \frac{\sin[16.5756(0.64 - 0.2)]}{16.5756 \times 0.2} \right. \\ \left. + \frac{\sin[16.5756(0.64 - 0.4)]}{16.5756(0.6 - 0.4)} - \frac{\sin[16.5756(0.64 - 0.6)]}{16.5756(0.6 - 0.4)} \right) \\ y_1(t) = 0.00321 \left(-\frac{\sin(16.5756 \times 0.64)}{16.5756 \times 0.2} + \frac{\sin[16.5756(0.44)]}{16.5756 \times 0.2} + \frac{\sin[16.5756(0.24)]}{16.5756(0.2)} \right. \\ \left. - \frac{\sin[16.5756(0.04)]}{16.5756(0.2)} \right) \\ y_1(t) = 0.0004018 \text{ m} \approx 0.000402 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو متوافق مع الحل البرمجي.

من أجل النمط الثاني :

نعوض بمعادلة الاستجابة من أجل:

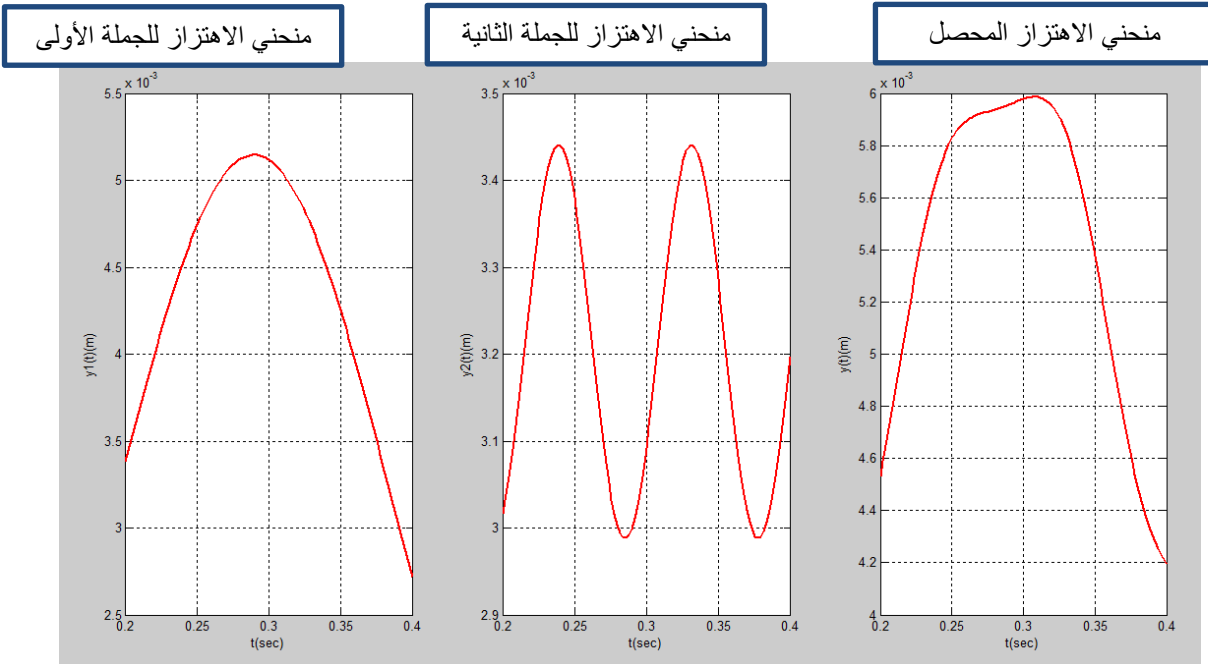
$$\omega_2 = 67.7952 \text{ rad/sec} \\ y_2(t) = 0.00321 \left(-\frac{\sin(67.7952 \times 0.64)}{67.7952 \times 0.2} + \frac{\sin[67.7952(0.44)]}{67.7952 \times 0.2} + \frac{\sin[67.7952(0.24)]}{67.7952(0.2)} \right. \\ \left. - \frac{\sin[67.7952(0.04)]}{67.7952(0.2)} \right) \\ y_2(t) = -0.000329 \text{ m} \approx -0.00033 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو متوافق مع الحل البرمجي.

* رسم منحنى الاهتزاز من اللحظة $t_1 = 0.2 \text{ sec}$ إلى اللحظة $t_2 = 0.4 \text{ sec}$:

نقوم بإدخال زمن البدء وزمن النهاية ثم الخطوة الزمنية ومن ثم Plot . وتكون منحنيات الاهتزاز لكل

جملة و المنحنى المحصل كما في الشكل (5-45)،



الشكل (5-45).

حالة شروط أولية غير معدومة

* الانتقال عند الزمن $t = 0.45 \text{ sec}$

نقوم بتعديل مواصفات النبض بإدخال الشروط الأولية للحركة والزمن المطلوب حساب الانتقال عنده، ثم ننقر Do و باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الثالث " اهتزاز قسري " تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة لكل جملة، كما في الشكل (5-46).

The screenshot shows a software interface with the following sections:

- Inputs 1 (Frame Properties):**
 - $k1 \text{ (kn/m)} = 1500$
 - $k2 \text{ (kn/m)} = 2000$
 - $m1 \text{ (kn.sec}^2/\text{m)} = 12$
 - $m2 \text{ (kn.sec}^2/\text{m)} = 15$
 - $h1 \text{ (m)} = 3$
 - $h2 \text{ (m)} = 2.5$
 - Number of Spans = 3
- Inputs 2 (Pulse Properties):**
 - $v0 \text{ (m/sec)} = 0.2$
 - $y0 \text{ (m)} = 0.04$
 - $f0 \text{ (kn)} = 22.5$
 - $td1 \text{ (sec)} = 0.2$
 - $td2 \text{ (sec)} = 0.4$
 - $td3 \text{ (sec)} = 0.6$
 - $t \text{ (sec)} = 0.45$
- Inputs for (y(t) & t Diagram):**
 - $t1 \text{ (sec)} =$
 - $t2 \text{ (sec)} =$
 - $dt =$
- Output:**
 - $y(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \sin(\omega(t - t_{d2})) + y_{st} \frac{t_{d3} - t}{t_{d3} - t_{d2}}$
 - $y1 \text{ (m)} = 0.02794$ $DLF1 = 8.6924$
 - $y2 \text{ (m)} = 0.024716$ $DLF2 = 7.6894$
 - $y \text{ tot (m)} = 0.037303$ $DLF \text{ tot} = 11.6054$

الشكل (5-46).

لنتأكد من الحل يدوياً

معادلة الاستجابة من الدراسة التحليلية في المجال الثالث من أجل شروط أولية غير معدومة للحركة لما

$t_{d2} \leq t \leq t_{d3}$ تعطى بالعلاقة:

$$y(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \sin(\omega(t - t_{d2})) + y_{st} \frac{t_{d3} - t}{t_{d3} - t_{d2}}$$

من أجل النمط الأول:

نعوض بمعادلة الاستجابة من أجل:

$$\omega_1 = 16.5756 \text{ rad/sec}$$

$$y_1(t) = 0.04 \cos(16.5756 \times 0.45) + \left(\frac{0.2}{16.5756} - \frac{0.00321}{16.5756 \times 0.2} \right) \sin(16.5756 \times 0.45) + \frac{0.00321}{16.5756 \times 0.2} \sin[16.5756(0.45 - 0.2)] + \frac{0.00321}{16.5756(0.6 - 0.4)} \sin(16.5756(0.45 - 0.4)) + 0.00321 \frac{0.6 - 0.45}{0.6 - 0.4}$$

$$y_1(t) = 0.04\cos(16.5756 \times 0.45) + \left(\frac{0.2}{16.5756} - \frac{0.00321}{16.5756 \times 0.2} \right) \sin(16.5756 \times 0.45) \\ + \frac{0.00321}{16.5756 \times 0.2} \sin[16.5756(0.25)] + \frac{0.00321}{16.5756(0.2)} \sin(16.5756(0.05)) \\ + 0.00321 \frac{0.15}{0.2}$$

$$y_1(t) = 0.02794 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو مطابق للحل البرمجي.

من أجل النمط الثاني

نعوض بمعادلة الاستجابة من أجل:

$$\omega_2 = 67.7952 \text{ rad/sec}$$

$$y_2(t) = 0.04\cos(67.7952 \times 0.45) + \left(\frac{0.2}{67.7952} - \frac{0.00321}{67.7952 \times 0.2} \right) \sin(67.7952 \times 0.45) \\ + \frac{0.00321}{67.7952 \times 0.2} \sin[67.7952(0.25)] + \frac{0.00321}{67.7952(0.2)} \sin(67.7952(0.05)) \\ + 0.00321 \frac{0.15}{0.2}$$

$$y_2(t) = +0.02459 \text{ m} \approx 0.02476 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو متوافق مع الحل البرمجي.

* الانتقال عند الزمن $t = 0.64 \text{ sec}$

نغير الزمن إلى $t = 0.64 \text{ sec}$ ، ثم ننقر Do، وباعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الرابع "تأثير اهتزاز حر"، تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال وقيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة، وذلك من أجل كل جملة كما في الشكل (5-47):

The screenshot shows a software interface with the following sections:

- Inputs 1 (Frame Properties):**
 - k1 (kn/m) = 1500
 - k2 (kn/m) = 2000
 - m1 (kn.sec2/m) = 12
 - m2 (kn.sec2/m) = 15
 - h1 (m) = 3
 - h2 (m) = 2.5
 - Number of Spans = 3
- Inputs 2 (Pulse Properties):**
 - v0 (m/sec) = 0.2
 - y0 (m) = 0.04
 - f0 (kn) = 22.5
 - td1 (sec) = 0.2
 - td2 (sec) = 0.4
 - td3 (sec) = 0.6
 - t (sec) = 0.64 (highlighted in a red circle)
- Inputs for (y(t) & t Diagram):**
 - t1 (sec) =
 - t2 (sec) =
 - dt =
- Output:**
 - Mathematical formula for y(t): $y(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - y_{st} \right) \sin(\omega t) + y_{st} \sin(\omega(t - t_{d1})) + \frac{y_{st}}{\omega} \sin(\omega(t - t_{d1})) + y_{st} \sin(\omega(t - t_{d2})) + \frac{y_{st}}{\omega} \sin(\omega(t - t_{d2})) - y_{st} t_{d2} \cos(\omega(t - t_{d3})) + \frac{y_{st}}{\omega} \sin(\omega(t - t_{d3})) - y_{st} \sin(\omega(t - t_{d3})) + \frac{y_{st}}{\omega} \sin(\omega(t - t_{d3}))$
 - y1 (m) = -0.030938
 - y2 (m) = 0.03715
 - y tot (m) = 0.048346
 - DLF1 = 9.6252
 - DLF2 = 11.5579
 - DLF tot = 15.0409

الشكل (5-47).

التأكد من الحل يدوياً

معادلة الاستجابة من الدراسة التحليلية في المجال الرابع لما $t \leq t_{d3}$ تعطى بالعلاقة:

$$y(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + \frac{y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] \\ + \frac{y_{st}}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega(t - t_{d2})] - \frac{y_{st}}{\omega(t_{d3} - t_{d2})} \sin[\omega(t - t_{d3})]$$

من أجل النمط الأول:

نعوض بمعادلة الاستجابة من أجل:

$$\omega_1 = 16.5756 \text{ rad/sec}$$

$$y_1(t) = 0.04 \cos(16.5756 \times 0.64) + \left(\frac{0.2}{16.5756} - \frac{0.00321}{16.5756 \times 0.2} \right) \sin(16.5756 \times 0.64) \\ + \frac{0.00321}{16.5756 \times 0.2} \sin[16.5756(0.64 - 0.2)] \\ + \frac{0.00321}{16.5756(0.6 - 0.4)} \sin[16.5756(0.64 - 0.4)] \\ - \frac{y_{st}}{16.5756(0.6 - 0.4)} \sin[16.5756(0.64 - 0.6)]$$

$$y_1(t) = 0.04 \cos(16.5756 \times 0.64) + \left(\frac{0.2}{16.5756} - \frac{0.00321}{16.5756 \times 0.2} \right) \sin(16.5756 \times 0.64) \\ + \frac{0.00321}{16.5756 \times 0.2} \sin[16.5756(0.44)] + \frac{0.00321}{16.5756(0.2)} \sin[16.5756(0.24)] \\ - \frac{0.00321}{16.5756(0.2)} \sin[16.5756(0.04)]$$

$$y_1(t) = -0.02587 \text{ m} \approx -0.03 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو متوافق مع الحل البرمجي.

من أجل النمط الثاني:

نعوض بمعادلة الاستجابة من أجل:

$$\omega_2 = 67.7952 \text{ rad/sec}$$

$$y_2(t) = 0.04 \cos(67.7952 \times 0.64) + \left(\frac{0.2}{67.7952} - \frac{0.00321}{67.7952 \times 0.2} \right) \sin(67.7952 \times 0.64) \\ + \frac{0.00321}{67.7952 \times 0.2} \sin[67.7952(0.44)] + \frac{0.00321}{67.7952(0.2)} \sin[67.7952(0.24)] \\ - \frac{0.00321}{67.7952(0.2)} \sin[67.7952(0.04)]$$

$$y_2(t) = 0.0312 \text{ m} \approx 0.03715 \text{ m} \quad \text{OK}$$

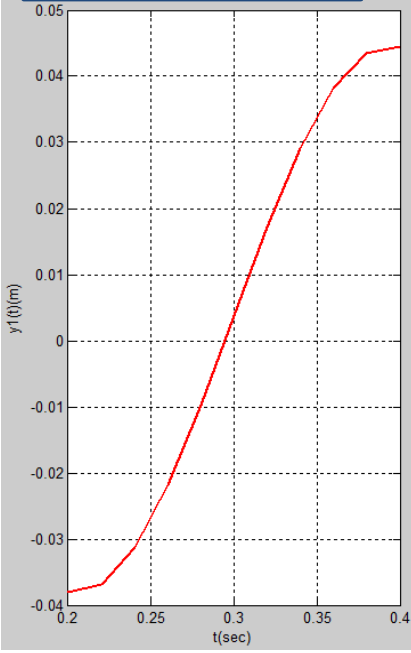
وهو متوافق مع الحل البرمجي.

* رسم منحنى الاهتزاز من اللحظة $t_1 = 0.2 \text{ sec}$ إلى اللحظة $t_2 = 0.4 \text{ sec}$:

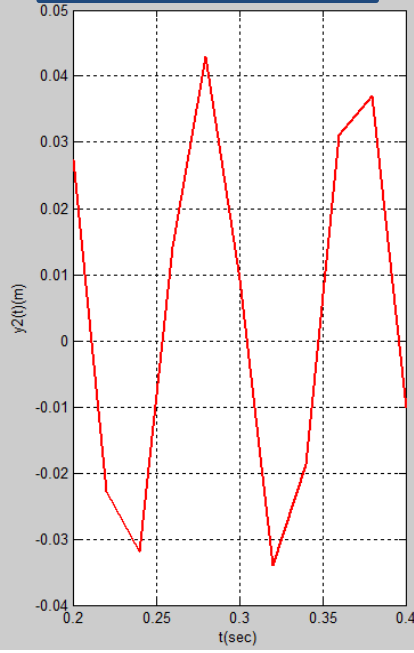
نقوم بإدخال زمن البدء وزمن النهاية ثم الخطوة الزمنية ومن ثم Plot . وتكون منحنيات الاهتزاز لكل

جملة و المنحني المحصل كما في الشكل (48-5):

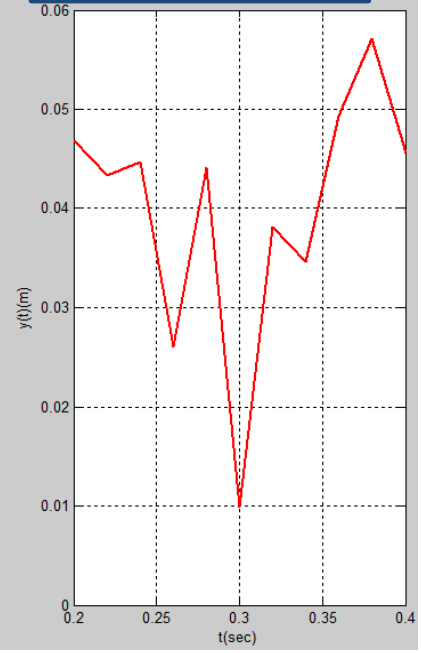
منحني الاهتزاز للجملة الأولى



منحني الاهتزاز للجملة الثانية



منحني الاهتزاز المحصل



الشكل (5-48).

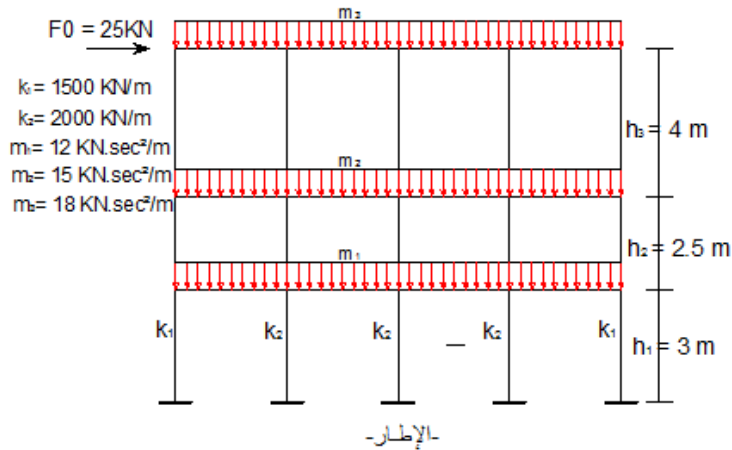
5-3- تطبيق <3>

يخضع الإطار المبين في الشكل لقوة أفقية نبضية بشكل شبه منحرف وبإهمال التخماد يطلب:

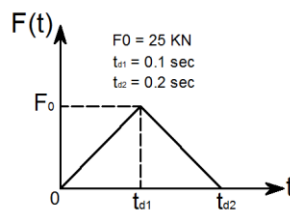
1- الانتقال الأفقي الموافق للزمن $t = 0.15 \text{ sec}$ ، و الزمن $t = 0.25 \text{ sec}$

2- رسم منحني الاهتزاز من اللحظة $t_1 = 0.05 \text{ sec}$ إلى اللحظة $t_2 = 0.25 \text{ sec}$.

وذلك في حال انعدام الشروط الابتدائية للحركة، ومن ثم من أجل شروط أولية للحركة قبل تأثير القوة مقدارها $v_0 = 0.15 \text{ m/sec}^2$ ، وانتقال أولي مقداره $y_0 = 0.03 \text{ m}$.



مخطط الحمولة النبضية المؤثرة مع الزمن:



حالة شروط أولية معدومة

* الانتقال عند الزمن $t = 0.15 \text{ sec}$

نختار الشكل مثلثي متزايد متناقص من الواجهة الأساسية من Triple Frame، كما في الشكل

(5-49).

Single Frame		Double Frame		Triple Frame	
Shape of the impulsive load					
مستطيل	مستمر ثابت	مستطيل	مستمر ثابت	مستطيل	مستمر ثابت
مربع	متزايد مستمر	مربع	متزايد مستمر	مربع	متزايد مستمر
مستمر متناقص	مثلثي متناقص	مستمر متناقص	مثلثي متناقص	مستمر متناقص	مثلثي متناقص
شبه المنحرف	مثلثي متزايد	شبه المنحرف	مثلثي متزايد	شبه المنحرف	مثلثي متزايد
قطع مكافئ	مثلثي متزايد متناقص	قطع مكافئ	مثلثي متزايد متناقص	قطع مكافئ	مثلثي متزايد متناقص

الشكل (5-49).

تظهر الواجهة التالية:

Inputs 1(Frame Properties)

$k1 (kn/m) =$ $m1(kn.sec^2/m) =$ $h1 (m) =$

$k2 (kn/m) =$ $m2(kn.sec^2/m) =$ $h2 (m) =$

Number of Spans $m3(kn.sec^2/m) =$ $h3 (m) =$

Inputs 2(Pulse Properties)

$v0 (m/sec) =$ $td1 (sec) =$

$y0 (m) =$ $td2 (sec) =$

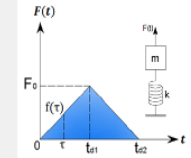
$f0 (kn) =$ $t (sec) =$

Inputs for (y(t) & t Diagram)

$t1 (sec) =$

$t2 (sec) =$

$dt =$



Output

$y1 (m) =$ $DLF1 =$

$y2 (m) =$ $DLF2 =$

$y3(m) =$ $DLF3 =$

$y \text{ tot} (m) =$ $DLF \text{ tot} =$

الشكل (5-50).

نقوم بإدخال مواصفات النبض والإطار، الشكل (5-51).

مواصفات
الإطار

مواصفات
النبض

Inputs 1(Frame Properties)

$k1 (kn/m) = 1500$ $m1(kn.sec^2/m) = 12$ $h1 (m) = 3$

$k2 (kn/m) = 2000$ $m2(kn.sec^2/m) = 15$ $h2 (m) = 2.5$

$Number\ of\ Spans = 4$ $m3(kn.sec^2/m) = 18$ $h3 (m) = 4$

Inputs 2(Pulse Properties)

$v0 (m/sec) = 0$ $td1 (sec) = 0.1$

$y0 (m) = 0$ $td2 (sec) = 0.2$

$f0 (kn) = 25$ $t (sec) = 0.15$

Do

Inputs for (y(t) & t Diagram)

$t1 (sec) =$

$t2 (sec) =$

$dt =$

Plot

الشكل(5-51).

ثم ننقر Do، يقوم البرنامج بحساب أنماط الاهتزاز و تحويل الجملة الكليّة إلى ثلاث جمل كل واحدة منها ذات درجة حرية واحدة و كتلة مكافئة، ومن ثم تطبيق تكامل ديوهامل على كل جملة و حساب الاستجابة باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الثاني " تأثير اهتزاز قسري"، تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة، وذلك من أجل كل جملة. الشكل (5-52).

معادلة الاستجابة

انتقال الجملة الاولى

انتقال الجملة الثانية

انتقال الجملة الثالثة

المحصلة

Output

$$y(t) = Yst * (1 - \sin(w*t)/(w*td1) + \sin(w*(t-td1))/(w*td1) + \sin(w*(t-td1))/(w*(td2-td1)) - (t-td1)/(td2-td1))$$

$y1 (m) = 0.002416$	$DLF1 = 0.86975$
$y2 (m) = 0.001302$	$DLF2 = 0.46873$
$y3 (m) = 0.0010932$	$DLF3 = 0.39354$
$y\ tot (m) = 0.0029542$	$DLF\ tot = 1.0635$

Show DLFmax

الشكل(5-52).

التأكد من الحل يدوياً

التحويل إلى الجملة المكافئة:

1- حساب الصلابة الطابقية الكلية K:

$$K_e = 2K_1 + (n - 1)K_2 = 2 \times 1500 + (4 - 1) \times 2000 = 9000 \text{ kN/m}$$

2- حساب الترددات الطبيعية ω :

بعد حل المعادلة التالية:

$$\det[[K_e] - \omega^2 \cdot [m]] = 0$$

$$a = -m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 = -12 \times 15 \times 18 = -3240$$

$$b = K_e(2m_2 \cdot m_3 + 2m_1 \cdot m_3 + m_1 \cdot m_2) \\ = 9000(2 \times 15 \times 18 + 2 \times 12 \times 18 + 12 \times 15) = 10368000$$

$$c = -K_e^2(3m_3 + 2m_2 + m_1) = -9000^2(3 \times 18 + 2 \times 15 + 12) = -7776 \times 10^6$$

$$d = K_e^3 = 9000^3 = 729 \times 10^9$$

$$-3240(\omega^2)^3 + 10368000(\omega^2)^2 - 7776 \times 10^6 \omega^2 + 729 \times 10^9 = 0$$

عند حل هذه المعادلة وحساب الجذور:

$$(\omega_{11})^2 = 2116.0708 \Rightarrow \omega_{11} = 46 \text{ rad/sec}$$

$$(\omega_{22})^2 = 974.8576 \Rightarrow \omega_{22} = 31.2227 \text{ rad/sec}$$

$$(\omega_{33})^2 = 109.0714 \Rightarrow \omega_{33} = 10.4437 \text{ rad/sec}$$

3- حساب أنماط الاهتزاز:

النمط الأول:

$$\phi_{21} = \frac{2K_e - \omega_{11}^2 m_1}{k} = \frac{2 \times 9000 - 2116.0708 \times 12}{9000} = -0.8214$$

$$\phi_{31} = \frac{2K_e - \omega_{11}^2 m_1}{K_e - \omega_{11}^2 m_3} = \frac{2 \times 9000 - 2116.0708 \times 12}{9000 - 2116.0708 \times 18} = 0.2541$$

$$\begin{bmatrix} \phi_{11} \\ \phi_{21} \\ \phi_{31} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ -0.8214 \\ 0.2541 \end{bmatrix}$$

النمط الثاني:

$$\phi_{22} = \frac{2K_e - \omega_{22}^2 m_1}{k} = \frac{2 \times 9000 - 974.8576 \times 12}{9000} = 0.7$$

$$\phi_{32} = \frac{2K_e - \omega_{22}^2 m_1}{K_e - \omega_{22}^2 m_3} = \frac{2 \times 9000 - 974.8576 \times 12}{9000 - 974.8576 \times 18} = -0.7373$$

$$\begin{bmatrix} \phi_{12} \\ \phi_{22} \\ \phi_{32} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0.7 \\ -0.7373 \end{bmatrix}$$

النمط الثالث:

$$\begin{aligned} \phi_{13} &= 1 \\ \phi_{23} &= \frac{2K_e - \omega^2_{33}m_1}{k} = \frac{2 \times 9000 - 109.0714 \times 12}{9000} = 1.8546 \\ \phi_{33} &= \frac{2K_e - \omega^2_{33}m_1}{K_e - \omega^2_{33}m_3} = \frac{2 \times 9000 - 109.0714 \times 12}{9000 - 109.0714 \times 18} = 2.372 \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} \phi_{13} \\ \phi_{23} \\ \phi_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1.8546 \\ 2.372 \end{bmatrix}$$

4- حساب الكتلة النمطية الفعالة me لكل جملة:

النمط الأول:

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= m_1 \cdot \phi_{11}^2 + m_2 \cdot \phi_{21}^2 + m_3 \cdot \phi_{31}^2 \\ &= 12 \times 1^2 + 15 \times (-0.8214)^2 + 18 \times 0.2541^2 = 23.2826 \\ L_1^h &= m_1 \cdot \phi_{11} + m_2 \cdot \phi_{21} + m_3 \cdot \phi_{31} \\ &= 12 \times 1 - 15 \times 0.8214 + 18 \times 0.2541 = 4.2528 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} me_1 = \frac{(L_1^h)^2}{M_1} \\ = \frac{(4.2528)^2}{23.2826} \\ = 0.7768 \text{KN} \cdot \text{sec}^2/\text{m} \end{cases}$$

النمط الثاني:

$$\left. \begin{aligned} M_2 &= m_1 \cdot \phi_{12}^2 + m_2 \cdot \phi_{22}^2 + m_3 \cdot \phi_{32}^2 \\ &= 12 \times 1^2 + 15 \times 0.7^2 + 18 \times (-0.7373)^2 = 29.1350 \\ L_2^h &= m_1 \cdot \phi_{12} + m_2 \cdot \phi_{22} + m_3 \cdot \phi_{32} \\ &= 12 \times 1 + 15 \times 0.7 - 18 \times 0.7373 = 9.2286 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} me_2 = \frac{(L_2^h)^2}{M_2} \\ = \frac{(9.2286)^2}{29.135} \\ = 2.9232 \text{KN} \cdot \text{sec}^2/\text{m} \end{cases}$$

النمط الثالث:

$$\left. \begin{aligned} M_3 &= m_1 \cdot \phi_{13}^2 + m_2 \cdot \phi_{23}^2 + m_3 \cdot \phi_{33}^2 \\ &= 12 \times 1^2 + 15 \times 1.8546^2 + 18 \times 2.372^2 = 164.868 \\ L_3^h &= m_1 \cdot \phi_{13} + m_2 \cdot \phi_{23} + m_3 \cdot \phi_{33} \\ &= 12 \times 1 + 15 \times 1.8546 + 18 \times 2.372 = 82.515 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} me_3 = \frac{(L_3^h)^2}{M_3} \\ = \frac{(82.515)^2}{164.868} \\ = 41.298 \text{KN} \cdot \text{sec}^2/\text{m} \end{cases}$$

تعطى معادلة الاستجابة من الدراسة التحليلية في المجال الثاني لما $t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$ ، وباعتبار شكل

النبض مثلثي متناظر لأن $t_{d1} = 0.5t_{d2}$ بالشكل:

$$y(t) = y_{st} \left\{ 2 \left[1 - \frac{t}{t_d} + \frac{\left(2 \sin \left[\omega \left(t - \frac{t_d}{2} \right) \right] - \sin(\omega t) \right)}{\omega t_d} \right] \right\}$$

حيث أن: $t_{d2} = t_d = 0.2$.

من أجل النمط الأول:

نعوض بمعادلة الاستجابة من أجل:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{K}{m_{e1}}} = \sqrt{\frac{9000}{0.7768}} = 107.6382 \text{ rad/sec}$$
$$y_{st} = \frac{F_0}{K} = \frac{25}{9000} = 0.00278 \text{ m}$$
$$y1(t) = 0.00278 \left\{ 2 \left[1 - \frac{0.15}{0.2} + \frac{(2\sin[107.6382(0.15 - 0.1)] - \sin(107.6382 \times 0.15))}{107.6382 \times 0.2} \right] \right\}$$
$$y1(t) = 0.001094 \text{ m} \approx 0.0010932 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو يعادل النمط الثالث في البرنامج لأن البرنامج يقوم بترتيب الترددات الطبيعية تصاعدياً، وهو متوافق مع الحل البرمجي.

من أجل النمط الثاني:

نعوض بمعادلة الاستجابة من أجل:

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{K}{m_{e1}}} = \sqrt{\frac{9000}{2.9232}} = 55.4872 \text{ rad/sec}$$
$$y2(t) = 0.00278 \left\{ 2 \left[1 - \frac{0.15}{0.2} + \frac{(2\sin[55.4872(0.15 - 0.1)] - \sin(55.4872 \times 0.15))}{55.4872 \times 0.2} \right] \right\}$$
$$y2(t) = 0.0013028 \text{ m} \approx 0.001302 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو متوافق مع الحل البرمجي.

من أجل النمط الثالث:

نعوض بمعادلة الاستجابة من أجل:

$$\omega_3 = \sqrt{\frac{K}{m_{e2}}} = \sqrt{\frac{9000}{41.298}} = 14.7624 \text{ rad/sec}$$
$$y3(t) = 0.00278 \left\{ 2 \left[1 - \frac{0.15}{0.2} + \frac{(2\sin[14.7624(0.15 - 0.1)] - \sin(14.7624 \times 0.15))}{14.7624 \times 0.2} \right] \right\}$$
$$y3(t) = 0.002417 \text{ m} \approx 0.002416 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو يعادل النمط الأول في البرنامج باعتبار أن البرنامج يقوم بترتيب الترددات الطبيعية تصاعدياً، وهو متوافق مع الحل البرمجي.

* الانتقال عند الزمن $t = 0.25 \text{ sec}$

نقوم بتعديل الزمن إلى 0.25 sec ، ثم ننقر Do و باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الثالث " اهتزاز حر " تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة، كما في الشكل (5-53).

Inputs 1(Frame Properties)

$k1$ (kn/m) = $m1$ (kn.sec²/m) = $h1$ (m) =

$k2$ (kn/m) = $m2$ (kn.sec²/m) = $h2$ (m) =

Number of Spans $m3$ (kn.sec²/m) = $h3$ (m) =

Inputs 2(Pulse Properties)

$v0$ (m/sec) = $td1$ (sec) =

$y0$ (m) = $td2$ (sec) =

$f0$ (kn) = t (sec) =

Inputs for (y(t) & t Diagram)

$t1$ (sec) =

$t2$ (sec) =

dt =

Output

$y(t) = Y_{st} \left\{ \frac{-\sin(\omega t)}{\omega t d1} + \frac{\sin(\omega(t - t_{d1}))}{\omega t d1} + \frac{\sin(\omega(t - t_{d1}))}{\omega(t - t_{d1})} - \frac{\sin(\omega(t - t_{d2}))}{\omega(t - t_{d2})} \right\}$

$y1$ (m) =	<input type="text" value="0.0027263"/>	DLF1=	<input type="text" value="0.98146"/>
$y2$ (m) =	<input type="text" value="0.00023174"/>	DLF2 =	<input type="text" value="0.083425"/>
$y3$ (m) =	<input type="text" value="-0.00026857"/>	DLF3=	<input type="text" value="0.096686"/>
y_{tot} (m) =	<input type="text" value="0.0027493"/>	DLF tot =	<input type="text" value="0.98973"/>

الشكل (5-53).

التأكد من الحل يدوياً

تعطى معادلة الاستجابة من الدراسة التحليلية في المجال الثالث لما $t \leq t_{d2}$ ، وباعتبار شكل النبض مثلثي متناظر لأن $t_{d1} = 0.5t_{d2}$ بالشكل:

$$y(t) = y_{st} \left\{ \frac{2}{\omega t_d} \left(2\sin \left[\omega \left(t - \frac{t_d}{2} \right) \right] - \sin[\omega(t - t_d)] - \sin(\omega t) \right) \right\}$$

من أجل النمط الأول:

نعوض بمعادلة الاستجابة من أجل:

$$\omega_1 = 107.6382 \text{ rad/sec}$$

$$y1(t) = 0.00278 \left\{ \frac{2}{107.6382 \times 0.2} \left(2\sin[107.6382(0.25 - 0.1)] - \sin[107.6382(0.25 - 0.2)] - \sin(107.6382 \times 0.25) \right) \right\}$$

$$y1(t) = 0.00278 \left\{ \frac{2}{107.6382 \times 0.2} \left(2\sin(107.6382 \times 0.15) - \sin(107.6382 \times 0.05) - \sin(107.6382 \times 0.25) \right) \right\}$$

$$y1(t) = -0.0002693 \text{ m} \approx -0.00026857 \text{ m}$$

OK

وهو يعادل النمط الثالث في البرنامج لأن البرنامج يقوم بترتيب الترددات الطبيعية تصاعدياً، وهو متوافق مع الحل البرمجي.

من أجل النمط الثاني:

نعوض بمعادلة الاستجابة من أجل:

$$\omega_2 = 55.4872 \text{ rad/sec}$$

$$y_2(t) = 0.00278 \left\{ \frac{2}{55.4872 \times 0.2} (2 \sin(55.4872 \times 0.15) - \sin(55.4872 \times 0.05)) - \sin(55.4872 \times 0.25) \right\}$$

$$y_2(t) = 0.0002304 \text{ m} \approx 0.00023174 \text{ m}$$

OK

من أجل النمط الثالث :

نعوض بمعادلة الاستجابة من أجل:

$$\omega_3 = 14.7624 \text{ rad/sec}$$

$$y_3(t) = 0.00278 \left\{ \frac{2}{14.7624 \times 0.2} (2 \sin(14.7624 \times 0.15) - \sin(14.7624 \times 0.05)) - \sin(14.7624 \times 0.25) \right\}$$

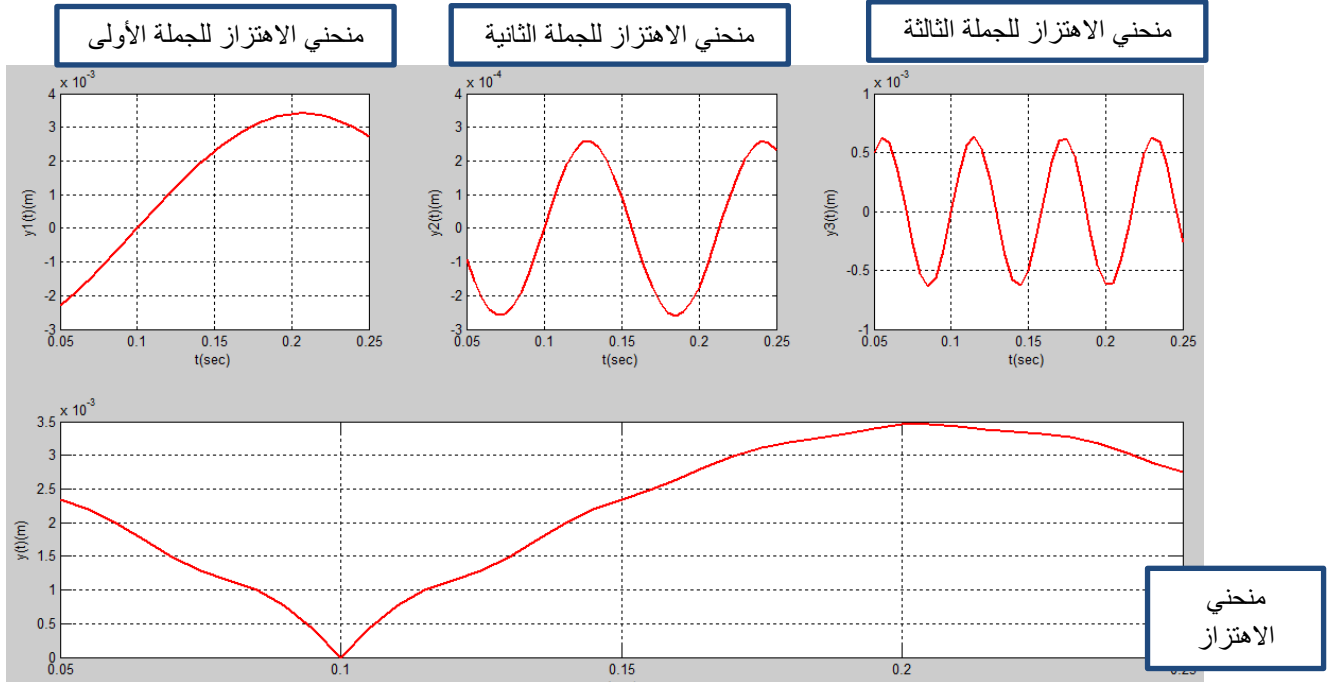
$$y_3(t) = 0.002728 \text{ m} \approx 0.0027263 \text{ m}$$

OK

وهو يعادل النمط الأول في البرنامج باعتبار أن البرنامج يقوم بترتيب الترددات الطبيعية تصاعديا، وهو متوافق مع الحل البرمجي.

* رسم منحنى الاهتزاز من اللحظة $t_1 = 0.05 \text{ sec}$ إلى اللحظة $t_2 = 0.25 \text{ sec}$.

كما سبق من جهة آلية الإدخال تكون منحنيات الاهتزاز كما في الشكل (5-54).



الشكل (5-54).

حالة شروط أولية غير معدومة

* الانتقال عند الزمن $t = 0.15 \text{ sec}$

نقوم بتعديل مواصفات النبض بإدخال الشروط الأولية للحركة والزمن المطلوب حساب الانتقال عنده، ثم ننقر Do و باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الثاني " اهتزاز قسري" تظهر

معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة لكل جملة، كما في الشكل (5-55).

Inputs 1(Frame Properties)

$k1 (kn/m) = 1500$ $m1(kn.sec^2/m) = 12$ $h1 (m) = 3$

$k2 (kn/m) = 2000$ $m2(kn.sec^2/m) = 15$ $h2 (m) = 2.5$

Number of Spans = 4 $m3(kn.sec^2/m) = 18$ $h3 (m) = 4$

Inputs 2(Pulse Properties)

$v0 (m/sec) = 0.15$ $td1 (sec) = 0.1$

$y0 (m) = 0.03$ $td2 (sec) = 0.2$

$f0 (kn) = 25$ $t (sec) = 0.15$

Inputs for (y(t) & t Diagram)

$t1 (sec) =$ $t2 (sec) =$ $dt =$

Output

$y(t) = y_0 \cos(\omega t) + (v_0/\omega - Y_{st}/\omega t_{d1}) \sin(\omega t) + \frac{Y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] + \frac{Y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d1})] + Y_{st} \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}}$

$y1 (m) = -0.0074571$	$DLF1 = 2.6846$
$y2 (m) = -0.0097716$	$DLF2 = 3.5178$
$y3 (m) = -0.027236$	$DLF3 = 9.805$
$y \text{ tot } (m) = 0.029881$	$DLF \text{ tot } = 10.7573$

Show DLFmax

الشكل (5-55).

التأكد من الحل يدوياً

تعطى معادلة الاستجابة من الدراسة التحليلية في المجال الثاني لما $t_{d1} \leq t \leq t_{d2}$ مع وجود شروط أولية للحركة بالشكل:

$$y(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{Y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + \frac{Y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] + \frac{Y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d1})] + Y_{st} \frac{t_{d2} - t}{t_{d2} - t_{d1}}$$

من أجل النمط الأول:

نعوض بمعادلة الاستجابة من أجل:

$$\omega_1 = 107.6382 \text{ rad/sec}$$

$$y1(t) = 0.03 \cos(107.6382 \times 0.15) + \left(\frac{0.15}{107.6382} - \frac{0.00278}{107.6382 \times 0.1} \right) \sin(107.6382 \times 0.15) + \frac{0.00278}{107.6382 \times 0.1} \sin[107.6382(0.15 - 0.1)] + \frac{0.00278}{107.6382(0.2 - 0.1)} \sin[107.6382(0.15 - 0.1)] + 0.00278 \frac{0.2 - 0.1}{0.2 - 0.1}$$

$$y1(t) = 0.03 \cos(107.6382 \times 0.15) + \left(\frac{0.15}{107.6382} - \frac{0.00278}{107.6382 \times 0.1} \right) \sin(107.6382 \times 0.15) + \frac{0.00278}{107.6382 \times 0.1} \sin(107.6382 \times 0.05) + \frac{0.00278}{107.6382 \times 0.1} \sin(107.6382 \times 0.05) + 0.00278 \frac{0.05}{0.1}$$

$$y1(t) = -0.02667 \text{ m} \approx -0.027236 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو يعادل النمط الثالث في البرنامج باعتباره يقوم بترتيب الترددات الطبيعية تصاعدياً، وهو متوافق مع الحل البرمجي.

من أجل النمط الثاني:

نعوض بمعادلة الاستجابة من أجل:

$$\begin{aligned} \omega_2 &= 55.4872 \text{ rad/sec} \\ y_2(t) &= 0.03\cos(55.4872 \times 0.15) + \left(\frac{0.15}{55.4872} - \frac{0.00278}{55.4872 \times 0.1} \right) \sin(55.4872 \times 0.15) \\ &+ \frac{0.00278}{55.4872 \times 0.1} \sin(55.4872 \times 0.05) + \frac{0.00278}{55.4872 \times 0.1} \sin(55.4872 \times 0.05) \\ &+ 0.00278 \frac{0.05}{0.1} \\ y_2(t) &= -0.009848m \approx -0.0097716m \quad \text{OK} \end{aligned}$$

وهو متوافق مع الحل البرمجي.

من أجل النمط الثالث:

نعوض بمعادلة الاستجابة من أجل:

$$\begin{aligned} \omega_3 &= 14.7624 \text{ rad/sec} \\ y_3(t) &= 0.03\cos(14.7624 \times 0.15) + \left(\frac{0.15}{14.7624} - \frac{0.00278}{14.7624 \times 0.1} \right) \sin(14.7624 \times 0.15) \\ &+ \frac{0.00278}{14.7624 \times 0.1} \sin(14.7624 \times 0.05) + \frac{0.00278}{14.7624 \times 0.1} \sin(14.7624 \times 0.05) \\ &+ 0.00278 \frac{0.05}{0.1} \\ y_3(t) &= -0.007455m \approx -0.0074571m \quad \text{OK} \end{aligned}$$

وهو يعادل النمط الأول في البرنامج باعتبار أن البرنامج يقوم بترتيب الترددات الطبيعية تصاعدياً، وهو متوافق مع الحل البرمجي.

* الانتقال عند الزمن $t = 0.25 \text{ sec}$:

نقوم بتعديل الزمن إلى 0.25 sec ، ثم ننقر Do و باعتبار أن الزمن المطلوب حساب الانتقال فيه يقع في المجال الثالث " اهتزاز حر " تظهر معادلة الاستجابة في هذا المجال و قيمة الانتقال و عامل الحمولة الديناميكي في هذه اللحظة، الشكل (5-56).

Inputs 1 (Frame Properties)

$k1$ (kn/m) = 1500 $m1$ (kn.sec²/m) = 12 $h1$ (m) = 3

$k2$ (kn/m) = 2000 $m2$ (kn.sec²/m) = 15 $h2$ (m) = 2.5

Number of Spans = 4 $m3$ (kn.sec²/m) = 18 $h3$ (m) = 4

Inputs 2 (Pulse Properties)

$v0$ (m/sec) = 0.15 $td1$ (sec) = 0.1

$y0$ (m) = 0.03 $td2$ (sec) = 0.2

$f0$ (kn) = 25 t (sec) = 0.25

Inputs for (y(t) & t Diagram)

$t1$ (sec) = $t2$ (sec) = dt = Plot

Output

$y(t) = y_0 \cos(\omega t) + (v_0/\omega - Y_{st}/\omega t_{d1}) \sin(\omega t) + \frac{Y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] + \frac{Y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d1})] - \frac{Y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d2})]$

$y1$ (m) = -0.028167 DLF1 = 10.1403

$y2$ (m) = 0.010838 DLF2 = 3.9017

$y3$ (m) = -0.0049843 DLF3 = 1.7943

y tot (m) = 0.030589 DLF tot = 11.0122

Show DLFmax

الشكل (5-56).

التأكد من الحل يدوياً

تعطى معادلة الاستجابة من الدراسة التحليلية في المجال الثالث لما $t \leq t_{d2}$ مع وجود شروط أولية للحركة بالشكل:

$$y(t) = y_0 \cos(\omega t) + \left(\frac{v_0}{\omega} - \frac{Y_{st}}{\omega t_{d1}} \right) \sin(\omega t) + \frac{Y_{st}}{\omega t_{d1}} \sin[\omega(t - t_{d1})] + \frac{Y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d1})] - \frac{Y_{st}}{\omega(t_{d2} - t_{d1})} \sin[\omega(t - t_{d2})]$$

من أجل النمط الأول:

نعوض بمعادلة الاستجابة من أجل:

$$\omega_1 = 107.6382 \text{ rad/sec}$$

$$y_1(t) = 0.03 \cos(107.6382 \times 0.25) + \left(\frac{0.15}{107.6382} - \frac{0.00278}{107.6382 \times 0.1} \right) \sin(107.6382 \times 0.25) + \frac{0.00278}{107.6382 \times 0.1} \sin[107.6382(0.25 - 0.1)] + \frac{0.00278}{107.6382(0.2 - 0.1)} \sin[107.6382(0.25 - 0.1)] - \frac{0.00278}{107.6382(0.2 - 0.1)} \sin[107.6382(0.25 - 0.2)]$$

$$y_1(t) = 0.03 \cos(107.6382 \times 0.25) + \left(\frac{0.15}{107.6382} - \frac{0.00278}{107.6382 \times 0.1} \right) \sin(107.6382 \times 0.25) + \frac{0.00278}{107.6382 \times 0.1} \sin(107.6382 \times 0.15) + \frac{0.00278}{107.6382 \times 0.1} \sin(107.6382 \times 0.15) - \frac{0.00278}{107.6382 \times 0.1} \sin(107.6382 \times 0.05)$$

$$y_1(t) = -0.00504 \text{ m} \approx -0.0049843 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو يعادل النمط الثالث في البرنامج لأن البرنامج يقوم بترتيب الترددات الطبيعية تصاعدياً، وهو متوافق مع الحل البرمجي.

من أجل النمط الثاني:

نعوض بمعادلة الاستجابة من أجل:

$$\omega_2 = 55.4872 \text{ rad/sec}$$

$$y_2(t) = 0.03\cos(55.4872 \times 0.25) + \left(\frac{0.15}{55.4872} - \frac{0.00278}{55.4872 \times 0.1} \right) \sin(55.4872 \times 0.25)$$

$$+ \frac{0.00278}{55.4872 \times 0.1} \sin(55.4872 \times 0.15) + \frac{0.00278}{55.4872 \times 0.1} \sin(55.4872 \times 0.15)$$

$$- \frac{0.00278}{55.4872 \times 0.1} \sin(55.4872 \times 0.05)$$

$$y_2(t) = 0.00906 \text{ m} \approx 0.010838 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو متوافق مع الحل البرمجي.

من أجل النمط الثالث:

نعوض بمعادلة الاستجابة من أجل:

$$\omega_3 = 14.7624 \text{ rad/sec}$$

$$y_3(t) = 0.03\cos(14.7624 \times 0.25) + \left(\frac{0.15}{14.7624} - \frac{0.00278}{14.7624 \times 0.1} \right) \sin(14.7624 \times 0.25)$$

$$+ \frac{0.00278}{14.7624 \times 0.1} \sin(14.7624 \times 0.15) + \frac{0.00278}{14.7624 \times 0.1} \sin(14.7624 \times 0.15)$$

$$- \frac{0.00278}{14.7624 \times 0.1} \sin(14.7624 \times 0.05)$$

$$y_3(t) = -0.028165 \text{ m} \approx -0.028167 \text{ m} \quad \text{OK}$$

وهو يعادل النمط الأول في البرنامج باعتبار أن البرنامج يقوم بترتيب الترددات الطبيعية تصاعدياً، وهو متوافق مع الحل البرمجي.

* رسم منحنى الاهتزاز من اللحظة $t_1 = 0.05 \text{ sec}$ إلى اللحظة $t_2 = 0.25 \text{ sec}$:

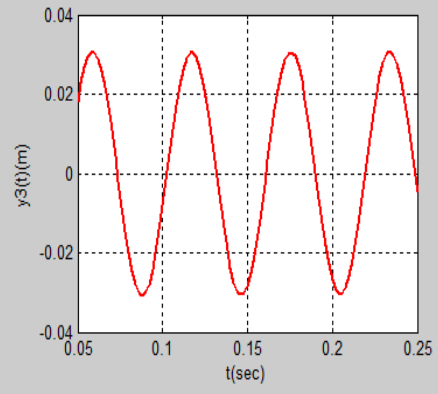
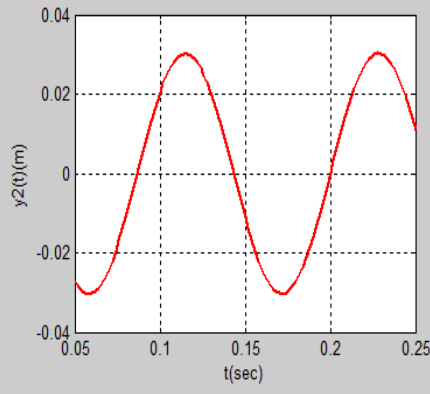
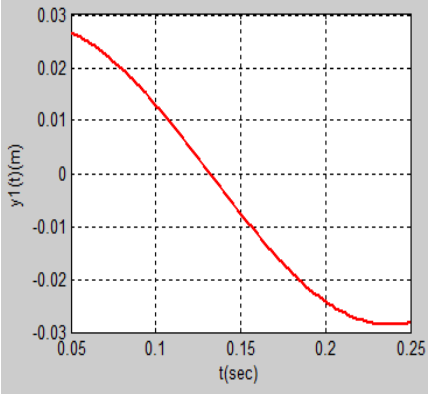
نقوم بإدخال زمن البدء وزمن النهاية ثم الخطوة الزمنية ومن ثم Plot .

وتكون منحنيات الاهتزاز لكل جملة و المنحنى المحصل كما في الشكل (57-5):

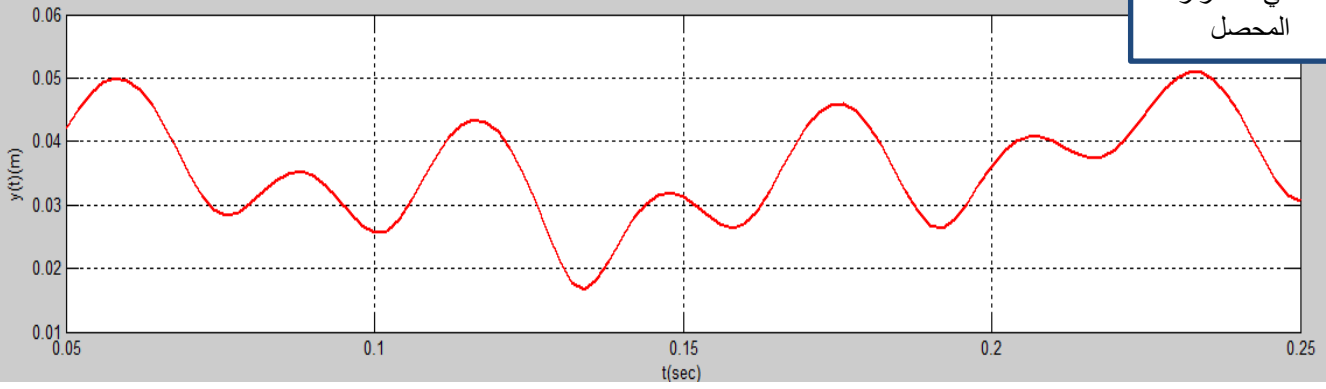
منحنى الاهتزاز للجملة الأولى

منحنى الاهتزاز للجملة الثانية

منحنى الاهتزاز للجملة الثالثة



منحنى الاهتزاز المحصل



الشكل (5-57).

دراسة تأثير تغيير الشروط الابتدائية في عامل الحمولة الديناميكي DLF.

من أجل دراسة تأثير عامل الحمولة الديناميكي DLF وفقاً للشروط الابتدائية للحركة، قمنا باستخدام البرنامج في حساب الـ DLF لأجل قيم مختلفة للشروط الابتدائية:

انتقال أولي y_0 معدوم مع سرعة أولية v_0 معدومة - انتقال أولي معدوم مع سرعة أولية غير معدومة ثم متزايدة - انتقال أولي غير معدوم ثم متزايد مع سرعة أولية معدومة - انتقال أولي غير معدوم مع سرعة أولية غير معدومة - انتقال أولي غير معدوم ثم متزايد مع سرعة أولية غير معدومة ثم متزايدة - انتقال أولي غير معدوم ثم متزايد مع سرعة أولية غير معدومة ثابتة - انتقال أولي غير معدوم ثابت مع سرعة أولية غير معدومة متزايدة. وذلك من أجل المعطيات التالية:

$$K = 28000 \text{ KN/m} , F_0 = 20 \text{ KN} , m = 10 \text{ KN} \cdot \text{sec}^2 / \text{m}$$

وتلخص النتائج في الجداول التالية:

الحمولة النبضية بشكل مستطيل

$y_0 (m)$	$v_0 (m/sec^2)$	$t < t_d = 0.2$ sec	$DLF = \frac{y_t}{y_{st}}$	$t > t_d (sec)$	$DLF = \frac{y_t}{y_{st}}$
0	0		0.453		0.111
0	0.3		6.19		6.454
0	0.4		8.405		8.564
0.03	0		23.439		25.163
0.04	0		31.1		33.589
0.03	0.35	0.1	15.688	0.22	17.768
0.04	0.45		21.135		24.079
0.04	0.3		24.457		27.249
0.05	0.3		32.119		35.674
0.04	0.35		23.35		26.193
0.04	0.45		21.136		24.079

الحمولة النبضية بشكل مثلثي متناقص

$y_0 (m)$	$v_0(m/sec^2)$	$t < t_d = 0.2$ sec	$DLF = \frac{y_t}{y_{st}}$	$t > t_d (sec)$	$DLF = \frac{y_t}{y_{st}}$
0	0	0.1	0.126	0.22	0.7596
0	0.3		6.769		7.099
0	0.4		8.984		9.212
0.03	0		22.859		24.515
0.04	0		30.521		32.94
0.03	0.35		15.109		17.119
0.04	0.45		20.557		23.431
0.04	0.3		23.878		26.601
0.05	0.3		31.54		35.026
0.04	0.35		22.771		25.544
0.04	0.45		20.557		23.431

الحمولة النبضية بشكل مثلثي متزايد

$y_0 (m)$	$v_0(m/sec^2)$	$t < t_d = 0.2$ sec	$DLF = \frac{y_t}{y_{st}}$	$t > t_d (sec)$	$DLF = \frac{y_t}{y_{st}}$
0	0	0.1	0.579	0.22	0.648
0	0.3		6.064		5.961
0	0.4		8.278		7.804
0.03	0		23.565		25.923
0.04	0		31.227		34.348
0.03	0.35		15.814		18.527
0.04	0.45		21.262		24.839
0.04	0.3		24.534		28.009
0.05	0.3		32.246		36.434
0.04	0.35		23.477		26.952
0.04	0.45		21.262		24.839

الحمولة النبضية بشكل متزايد مستمر

y_0 (m)	v_0 (m/sec ²)	$t < t_d = 0.2$ sec	$DLF = \frac{y_t}{y_{st}}$	$t > t_d$ (sec)	$DLF = \frac{y_t}{y_{st}}$
0	0	0.1	0.579	0.22	1.158
0	0.3		6.064		5.181
0	0.4		8.278		7.294
0.03	0		23.565		26.433
0.04	0		31.227		34.858
0.03	0.35		15.814		19.037
0.04	0.45		21.262		25.349
0.04	0.3		24.534		28.518
0.05	0.3		32.246		36.943
0.04	0.35		23.477		27.462
0.04	0.45		21.262		25.349

الحمولة النبضية بشكل مستمر متناقص

y_0 (m)	v_0 (m/sec ²)	$t < t_{d1}$ $t < 0.2$ (Sec)	DLF	t_{d1} 0.2 (Sec)	الحمولة النبضية بشكل شبه منحرف	(Sec)	DLF	
0	0	0.1	0.453	0.22	الحمولة النبضية بشكل شبه منحرف	0.42	0.381	0.815
0	0.3		6.19				5.959	1.108
0	0.4		8.405				8.071	1.163
0.03	0		23.439				25.655	40.409
0.04	0		31.1				34.08	40.409
0.03	0.35		15.814				18.527	53.67
0.04	0.45		21.136				24.572	56.42
0.04	0.3		24.457				27.741	55.504
0.05	0.3		32.119				36.166	69.123
0.04	0.35		23.35				26.685	55.809
0.04	0.45		21.136				24.572	56.42

Y_0 (m)	V_0 (m/sec ²)	$t < t_{d1}$ $t < 0.2$ (Sec)	DLF	$t_{d1} < t < t_{d2}$ $0.2 < t < 0.4$ (Sec)	DLF	$t_{d2} < t < t_{d3}$ $0.2 < t < 0.4$ (Sec)	DLF	$t_{d3} < t$ $0.6 < t$ (Sec)	DLF
0	0		0.579		0.157		0.929		0.273
0	0.3		6.064		5.181		0.905		6.557
0	0.4		8.278		7.29		1.516		9.159
0.03	0		23.565		26.433		39.935		6.241
0.04	0		31.227		34.857		53.556		8.739
0.03	0.35	0.1	15.814	0.22	19.037	0.42	42.074	0.62	15.353
0.04	0.45		21.262		25.349		56.307		20.454
0.04	0.3		24.534		28.518		55.3899		16.549
0.05	0.3		32.246		36.943		69.011		19.048
0.04	0.35		23.477		27.462		55.696		17.851
0.04	0.45		21.262		25.349		56.307		20.454

الفصل السادس

الاستنتاجات والتوصيات

1-6- الاستنتاجات.

استناداً إلى الدراسات التحليلية و التطبيقية وبرمجة الحل التحليلي وفق تكامل ديوهامل تم التوصل إلى النتائج التالية:

1- إن قيم الاستجابات الديناميكية الناتجة وفق البرنامج المستخدم المعد في البحث متوافقة مع قيم الاستجابة التي تعطيها العلاقات الرياضية الناتجة عن تكامل ديوهامل.

2- تطابق المخططات البيانية الخاصة بعامل الحمولة الديناميكي الأعظمي (DLFmax) بالعلاقة مع $\frac{t_d}{T}$ الناتجة عن البرنامج مع تلك التي وردت في المراجع البحثية حيث الشروط الأولية للحركة معدومة. [3],[4].

3- توضع قيم الـ DLFmax ضمن مجال تأثير النبض في حال انعدام الشروط الابتدائية للحركة لكافة حالات النبض المدروسة وخارج هذا المجال عند أخذ الشروط الابتدائية للحركة بعين الاعتبار وذلك لحالة حمولة نبض مثلثي متناقص.

4- ازدياد قيمة عامل الحمولة الديناميكي الأعظمي DLFmax بشكل كبير نسبياً عند إدخال تأثير الشروط الأولية غير المعدومة للحركة من أجل كافة أشكال الحمولة النبضية المدروسة وتناقص هذه القيمة لحالة تأثير النبض المستمر المتناقص.

5- تأثر شكل مخطط (DLFmax) دقته بتغير الخطوة للنسبة $\frac{t_d}{T}$ ، حيث يتوافق هذا المخطط بشكل كبير مع المخططات الناتجة عن الحلول التحليلية بقدر ما تكون الخطوة الزمنية صغيرة، وفي بعض الحالات تظهر حالات عدم تعيين تم إزالتها وفق تحويلات رياضية مناسبة.

6- تضمنت الاستجابة الديناميكية للحمولات النبضية على المنشآت البيتونية الممثلة بدرجة حرية واحدة باستخدام تكامل ديوهامل أخذ الشروط الأولية للحركة أي استخدام تكامل دوهامل في الحالة العامة الأمر الذي لم يتمكن من لحظه في المراجع التي تم الاطلاع عليها قيد البحث حيث اقتصرت الدراسات على اعتبار أن الشروط الأولية للحركة عند بداية الزمن معدومة.

7- إمكانية استخدام الحل البرمجي المقترح لحالة تأثير الحمولات النبضية بأشكالها المختلفة في الجمل الإطارية المتعددة درجات الحرية بعد تحويلها إلى جمل مكافئة بدرجة حرية واحدة واستنتاج قيم الاستجابة الديناميكية وفق الجذر التربيعي لمجموع مربعات القيم (SRSS).

8- يمكن باستخدام الحل البرمجي المقترح إيجاد قيم الانتقالات الديناميكية الناجمة عن تأثير الحملات النبضية في الجمل الانشائية عند أية لحظة زمنية ورسم مخطط الانتقالات تبعاً للزمن و إيجاد قيم الانتقال الأعظمي دون الحاجة إلى إجراء تكاملات رياضية وحسابات معقدة وبالتالي توفير الجهد والوقت اللازمين لذلك وهذا الأمر ينطبق على إيجاد مخطط عامل الحمولة الديناميكي (DLF) ورسمه.

9- نستنتج من الجداول السابقة الواردة في التطبيق -4- مايلي :

- يتناسب عامل الحمولة الديناميكي DLF طرداً مع الانتقال الأولي y_0 من أجل سرعة ابتدائية v_0 معدومة أو ذات قيمة ثابتة مع تغير الانتقال.

- يتناسب عامل الحمولة الديناميكي DLF طرداً مع ازدياد قيمة كلٍّ من الانتقال الأولي y_0 والسرعة الابتدائية v_0 في الوقت ذاته.

- يتناسب عامل الحمولة الديناميكي DLF عكساً مع ازدياد قيمة السرعة الابتدائية v_0 من أجل انتقال أولي ثابت.

- يتناسب عامل الحمولة الديناميكي DLF طرداً مع ازدياد قيمة الانتقال الأولي y_0 من أجل سرعة أولية ثابتة.

وفي كافة الحالات فإن عامل الحمولة الديناميكي في المجال $t > t_d$ أكبر منه في $t < t_d$.

أما من أجل الحمولة النبضية بشكل مستمر متناقص و شبه منحرف فإن عامل الحمولة الديناميكي في المجال $t > t_{d2}$ أكبر منه في المجالات الأخرى في حالة الحمولة النبضية بشكل مستمر متناقص، و من أجل شبه المنحرف فإن أكبر قيم لـ DLF تحدد من علاقات الخاصة بالمجال الزمني عندما $t_{d2} < t < t_{d3}$.

2-6- التوصيات.

1- إمكانية تطوير البرنامج المعدّ بحيث يشمل إيجاد الحلول للجمل المتعددة درجات الحرية بإشكالها المختلفة وذلك باعتماد مبدأ الكتل المكافئة.

2- دراسة إمكانية إدخال تأثير التخامد في البرمجيات المتاحة علماً أن الحملات النبضية ذات زمن تأثير قصير جداً وبالتالي فإن تأثير التخامد لن يكون له الأثر الكبير في قيم الاستجابة الديناميكية.

3- العمل على الاستفادة من البرنامج المعدّ في الحياة العملية في حالات تصميم ودراسة أرضيات المصانع ومهابط الطائرات ومواد الإكساء وغيرها من المواد والأماكن المعرضة لحملات نبضية.

4- الاستفادة من البرنامج المعد في الأطروحة في معالجة تأثير الحملات النبضية في المنشآت في المناهج التدريسية لمقرر ديناميك الإنشاءات.

الملخص

يتناول البحث دراسة تأثير الحمولات النبضية بأشكالها المختلفة (الثابت المستمر، المتزايد المستمر، المثلي المتناقص، المثلي المتزايد، المستطيل، المربع، المثلث المتزايد المتناقص، المستمر المتناقص، شبه المنحرف، القطع) في الجمل الإنشائية وحيدة درجة الحرية، حيث تم تعيين معادلة الاستجابة الديناميكية وفق تكامل ديوهامل و المتمثلة بالانتقال مع الزمن مع الأخذ بعين الاعتبار الشروط الأولية للحركة.

تمت برمجة معادلة الاستجابة لكافة أشكال النبض المدروس باستخدام برنامج الـ MATLAB و الذي تم بواسطته إنشاء برنامج نحصل من خلاله على انتقال الجملة عند لحظة زمنية محددة من قبل المستخدم، ورسم المخطط البياني للانتقال مع الزمن، إضافة إلى المخطط البياني الخاص بعامل الحمولة الديناميكي الأعظمي (DLFmax) بالعلاقة مع نسبة زمن تأثير النبض t_d إلى الدور الأساسي للاهتزاز T، وذلك من أجل الجمل ذات درجة الحرية الواحدة و من أجل الإطارات الثنائية والثلاثية المتعددة درجات الحرية بعد إرجاعها إلى جمل مكافئة بدرجة حرية واحدة بحيث تتمكن من استخدام علاقة ديوهامل في تعيين الاستجابة الديناميكية وفقاً للزمن.

تم اختبار البرنامج من خلال مجموعة من الأمثلة العملية والتحقق من النتائج الحاسوبية بالطرق اليدوية ومن المخططات عن طريق مقارنة المخططات الناتجة من البحث مع مثيلاتها الواردة في المراجع الخاصة بالتحليل الديناميكي.

تم التوصل إلى مجموعة من الاستنتاجات الخاصة باستجابة الإنشائية على الحمولات النبضية من خلال مجموعة من الأمثلة العددية باستخدام الحل اليدوي والحل البرمجي.

ABSTRACT

This research deals with the study of the effect of impulsive loads in its various forms (fixed constant, increasing continuous, triangular declining triangular increasing, rectangle, square, triangular increasing decreasing, continuous declining, trapezoid, Parabola) the sentences of construction and a single degree of freedom, which has been set equation to respond in accordance with the integration of Duhamel and displacement with the times, taking into account the initial conditions of the motion.

It has programming equation respond to all forms of pulse studied using the MATLAB and was waived on the establishment of a program we get through the transition sentence at the moment of time specified by the user, and draw a diagram to move with the times, in addition to chart your factor load dynamic maximum (DLFmax) in relation to the percentage of time the effect of pulse t_d to the fundamental role of vibration T , in order to sentences of degrees of freedom per and for tires bilateral and trilateral multiple degrees of freedom after returned to the sentences equivalent degree of freedom of one so that we can use the relationship of Duhamel's integration in the appointment of the dynamic response in accordance with the time.

The program was tested through a series of practical examples and verify the results of computational methods manual and diagrams by comparing the charts from the search are with those contained in the references for dynamic analysis. It has been reached on a set of conclusions on the structural response to impulsive loads through a set of numerical examples using the solution manual and software solution.

المراجع العلمية.

- 1- Bam, Jahresbericht 1972 der Bundesanstalt für Material, Berlin, Laboratorium 4.23.
- 2- Bruce K. Donaldson, "Introduction to Structural Dynamic", 2012.
- 3- CASPAR, W, " Maximale Windgeschwindigkeiten in der Bundesrepublik Deutschland, Die Bautechnik", 1970.
- 4- Chopra Anil . K , " Dynamic Of Structures , Theory and Applications to Earthquake Engineering ", Prentice Hall. New Jersey, 2006.
- 5- Duhamel's principle, en.wikipedia.org, 2010.
- 6- Duhamel's integral, reference.com.mht, 2010.
- 7- Dynamic Analysis by Numerical Integration, scincdirect.com, 2000.
- 8- Franklin Y. Cheng " Matrix Analysis of Structure Department , Theory and Applications to Earthquake Engineering" , University of Missouri , 2001.
- 9- Mainstone , R.J, " The hazard of internal blast in buildings Building Research Establishment Current, April 1973.
- 10- Mainstone, R.J, " The effects of explosions on buildings Buildings and the hazard of explosion, Proceedings of a Symposium at BRE, BRE 1974.
- 11- Mario Paz , " Structural Dynamics ", New Delhi , 1999, 560 .
- 12- Mavis, F.T, Richard, F.A. " Impulse testing of concrete beams ", J. Amer. Concr. Inst., Vol. 27. 1955.
- 13- N. Duranovic & A . J. Watson, " Transaction on Built Environment ", Vol 8, Impulsive loading on reinforced concrete slabs - blast loading function, 1994.
- 14- Shuenn-Yih Chng, "Studies Of Newmark Method For Solving Nonlinear Systems", " Verification And Guideline", Journal of Chinese Institute of Engineers, 2004.
- 15- W. Struck , W . Voggenreiter , " Materials and Structures ", 1975 , Part2.
- 16- 17th International Ship and Offshore Structures Congress, " Impulsive Pressure Loading and Response Assessment", issc.ac, 2009.

Tishreen University.

Department of Structural Engineering.

Faculty of Civil Engineering.



Investigate the Response of Structures to impulsive loads And Programming of the dynamic analytical solution according to Duhamel's integration by Computer.

Thesis has been submitted for the degree of Master in Structural Engineering Department at the Faculty of Civil Engineering.

**Prepared By:
Shahnaz Yssin Marshan.**

**Supervisors:
Dr. Issam Nasser.
Dr. Abdul Rahman Bajabuj.**

**Academic Year :
2013-2014.**