



جامعة حلب  
كلية الهندسة المدنية  
قسم الهندسة الإنشائية

التحليل المرن- اللدن لمقطع مركب من جائر معدني  
بشكل حرف T مقلوب مغلف بالبيتون

رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الإنشائية

إعداد الباحث المهندس

محمد سهل ميره

إشراف الدكتور المهندس

عبد القادر ملحم

أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية

كلية الهندسة المدنية - جامعة حلب



جامعة حلب  
كلية الهندسة المدنية  
قسم الهندسة الإنشائية

## التحليل المرن - اللدن لمقطع مركب من جاذز معدني بشكل حرف T مقلوب مغلف بالبيتون

رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الإنشائية

إعداد الباحث المهندس

محمد سهل ميره

إشراف

الدكتور المهندس عبد القادر ملحم

أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية

كلية الهندسة المدنية - جامعة حلب



جامعة حلب  
كلية الهندسة المدنية  
قسم الهندسة الإنشائية

التحليل المرن - اللدن لمقطع مركب من جانز معدني  
بشكل حرف T مقلوب مغلف بالبيتون

رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الإنشائية

إعداد الباحث المهندس

محمد سهل مبره

إشراف

الدكتور المهندس عبد القادر ملحم

أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية

كلية الهندسة المدنية - جامعة حلب

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير

في الهندسة المدنية - كلية الهندسة المدنية - جامعة حلب.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ اِقْرَأْ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ ﴾

الْفَيْءُ عَلَّمَ بِالْقَلَمِ ﴿ عَلَّمَ

الْإِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ ﴾

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
الْعَظِيمِ

سورة الملق

## تصريح

أصرح بأن هذا البحث:

" التحليل المرن- اللدن لمقطع مركب من جانز معدني بشكل حرف T مقلوب مغلف بالبيتون "

**“Elasto – plastic Analysis of composite section of inverted T steel section Encased in concrete”**

لم يسبق أن قبل للحصول على أي شهادة، ولا هو مقدم حالياً للحصول على شهادة أخرى.

المرشح المهندس

محمد سهل ميره

## شهادة

أشهدُ بأنَّ العمل الموصوف بهذه الرسالة هو نتيجة بحث علمي قام به  
الباحث المهندس المدني محمد سهل ميره تحت إشراف الأستاذ الدكتور المهندس  
عبد القادر ملحم في قسم الهندسة الإنشائية بجامعة حلب  
وأي رجوع لأي بحث آخر في هذا الموضوع موثق في النص.

المشرف الدكتور

عبد القادر ملحم

المرشح المهندس

محمد سهل ميره

نوقشت هذه الرسالة بتاريخ ٢٠١٢/٦/١٤ وأجيزت

## لجنة المناقشة والحكم

رئيس اللجنة

الأستاذ الدكتور

عبد القادر ملحم

عضو

الأستاذ الدكتور

عبد الحكيم شيخو

عضو

الأستاذ الدكتور

ماهر قره

# الفهرس

الصفحة	
	ملخص البحث باللغة العربية.
	ملخص البحث باللغة الأنكليزية.
<b>الفصل الأول: مقدمة البحث وأهدافه ومخططه</b>	
٦	١-١ مقدمة عامة.
٧	١-٢ أهداف البحث وأهميته العلمية
٧	١-٣ مخطط البحث
<b>الفصل الثاني: مقدمة عن المنشآت المختلطة (المركبة)</b>	
١٠	٢-١ المقدمة
١٠	٢-٢ تعريف عن المنشآت المختلطة (المركبة)
١٢	٢-٣ الفوائد والأضرار
١٤	٢-٤ عناصر المنشآت المركبة
١٤	١-٢-٤ بلاطة البيتون المسلح
١٤	٢-٢-٤ الجيزان الفولاذية
١٥	٣-٢-٤ الوصلات القصية
١٥	٢-٥ مخطط الإجهاد - الانفعال لكل من البيتون والفولاذ
١٧	٢-٦ أمثلة واقعية عن منشآت مركبة
١٧	١-٢-٦ برج ميلين يوم (فيننا - استراليا)
١٨	٢-٢-٦ مبنى مواقف للسيارات (أنسبرك - استراليا)
١٩	٣-٢-٦ سيتي بنك ديسبرغ (ألمانيا)
٢٠	٤-٢-٦ برج لاتينيود - سيدني ٢٠٠٥
٢١	٥-٢-٦ برج هيرست - نيويورك ٢٠٠٦
<b>الفصل الثالث: الدراسة النظرية</b>	
٢٣	٣-١ المقدمة

٢٤	٣-٢ استنتاج العلاقات النظرية
٢٤	١-٣-٢ المرحلة المرنة
٢٦	٢-٣-٢ المرحلة اللدنة
<b>الفصل الرابع: الدراسة التجريبية</b>	
٢٩	٤-١ المقدمة
٢٩	٤-٢ البرنامج التجريبي
٣٢	٤-٣ خصائص البيتون
٣٢	٤-٤ خصائص الفولاذ
٣٢	٤-٥ الاختبارات
٣٣	٤-٦ مراحل سير التجربة
<b>الفصل الخامس: النتائج و المناقشة</b>	
٣٦	٥-١ مقدمة
٣٦	٥-٢ دراسة تأثير التغير في سماكة الصفيحة الأفقية $t_f$
٤٢	١-٥-٢ وفق الطريقة المرنة
4٤	٢-٥-٢ وفق الطريقة اللدنة
٤٦	٥-٣ دراسة تأثير التغير في عرض المقطع المركب المغلف b
٥٠	١-٥-٣ وفق الطريقة المرنة
٥٢	٢-٥-٣ وفق الطريقة اللدنة
٥٤	٥-٤ دراسة تأثير التغير في ارتفاع المقطع المركب المغلف H
٥٨	١-٥-٤ وفق الطريقة المرنة
٦٠	٢-٥-٤ وفق الطريقة اللدنة
٦١	٥-٥ دراسة تأثير التغير في مقاومة للبيتون $f'_c$
٦٣	١-٥-٥ وفق الطريقة المرنة
٦٥	٢-٥-٥ وفق الطريقة اللدنة
٦٧	٥-٦ دراسة تأثير التغير في سماكة الصفيحة الشاقولية $t_w$
٦٨	١-٥-٦ وفق الطريقة المرنة
٧٠	٢-٥-٦ وفق الطريقة اللدنة

## الملخص

لقد أضحى استخدام الجوائز المركبة (المغلفة بالبيتون) ضرورياً في العقود الأخيرة، نظراً للميزات الإنشائية التقنية والمهنية المتعددة التي تتمتع بها. ومن أهم هذه الميزات: مقاومة تحمل عالية ومرونة كبيرة وسهولة وسرعة في التنفيذ ومقاومة للحرائق وانخفاض في الكلفة، أضف إلى أن الجوائز المركبة المغلقة بحد ذاتها هي أحد الانجازات المنطقية لعملية فعل مركب بين البيتون والفولاذ.

إن هدف البحث هو إجراء دراسة نظرية وتجريبية لعينة مقطع معدني بشكل T مقلوب مغلف بالبيتون حول تأثير التغير في سماكة الصفائح المشكلة للمقطع المعدني المغلف وتغير في أبعاد المقطع المغلف على سلوك الجائز في المرحلة المرنة وفي المرحلة المرنة - اللدنة واستنتاج العلاقات النظرية والمنحنيات التجريبية.

إن المتغيرات الأساسية في هذه الدراسة: سماكة الصفائح المشكلة للمقطع المعدني المغلف، أبعاد المقطع المغلف، المقاومة الأسطوانية للبيتون على الضغط.

## Abstract

Using of composite beams (Encased Composite Beams) has become flash reality in the last few decades. This is due to numerous professional, technical, and structural aspects those composite beams encompass. The most important characteristics are: high strength, large range ductility, fast & easy construction, fire resistance, low down cost ...etc. Furthermore, the composite encased beams are the logical accomplishment of a composite action between steel and concrete constituents.

The goal of this research is to carry out theoretical and experimental study on the effect of variable thickness of plates that construct the covered steel beam plus dimensions of concrete cover up on elastic & elastic-plastic on the composite beam. Then derivation of theoretical formulas and conclusion of experimental curves are to be made.

The basic changeable in this study are: thickness of plates of steel beam, dimensions of surrounding concrete and compressive strength of concrete.

# الفصل الأول

مقدمة البحث وأهدافه ومخططة

## الفصل الأول

### مقدمة البحث وأهدافه ومخططه

#### ١-١ مقدمة عامة:

مع التطور العمراني والنمو السكاني زادت الحمولات مما أدى ذلك زيادة الحاجة إلى إيجاد مقاطع ذات أبعاد أصغر و بدأ البحث عن بدائل مختلفة للاستعاضة عن البيتون المسلح ، لذا تم الاهتمام بتطوير جوائز بديلة ذات أبعاد أصغر و ذات صلابة أكبر ألا وهي الجوائز المركبة التي زاد الإقبال على استخدامها في مجالات الهندسة المدنية مع التقدم الصناعي. وتستعمل الجوائز المركبة بشكل أساسي في كل من الأبنية والصالات والجسور ودور العبادة..... الخ.

إن استخدام هذا النوع من الجوائز أي (الجوائز المركبة) في الأبنية يقود إلى توفير هام في المواد وزيادة في المجاز مما يؤدي إلى نقص الأعمدة المستخدمة في الجملة الإنشائية وذلك من خلال توفير مساحة إضافية في الطابق الواحد و حرية من الناحية المعمارية.

يتألف الجوائز المركب من مادتين تتركبان مع بعضها للحصول على عنصر إنشائي متين، خفيف الوزن وذلك لمقاومة الحمولات الكبيرة وأكثر المواد استخداماً في هذه الجوائز هي البيتون والفولاذ وذلك نظراً لمطاوعة العناصر الفولاذية ومقاومتها العالية على الشد وصلابة العناصر البيتونية وقدرتها العالية على مقاومة الضغط.

إن صلابة الفولاذ أقوى من صلابة البيتون من 8 إلى 10 أمثال حتى يصل الانفعال في الفولاذ إلى ما بعد نقطة الخضوع، ومن المعروف أن البيتون لا يتقبل إجهادات شد كبيرة حيث يتعرض للتشقق عند وصول الانفعال إلى قيمة اقل من 0.1%. بينما يتحمل انفعال ناتج عن الضغط يصل إلى قيمة تقارب 0.16% إذا لم يكن محاطاً جانبياً وفي حالة كونه محاطاً جانبياً، فإن الانفعال قد يصل إلى قيمة تتراوح بين 0.20% و 0.50% كما هو الحال عليه عندما يكون مركباً مع مقاطع فولاذية [2] .

## ٢-١ أهداف البحث وأهميته العلمية:

إن الهدف من البحث إجراء دراسة نظرية وتجريبية حول السلوك المرن\_اللدن لمقطع معدني بشكل T مقلوب مغلف بالبيتون و إيجاد العلاقات النظرية و ذلك من خلال تغير سماكات الصفائح المشكلة للمقطع المعدني المؤلف للمقطع المركب و تغير في أبعاد المقطع المغلف للجائز و تغير في مقاومة البيتون على الضغط .

ستتم الدراسة في هذا البحث باعتماد أن الجوائز المدروسة تنهار بالإنعطاف حيث تم اختيار أبعاد الجوائز و المقطع العرضي لها و موقع القوى المطبقة على الجائز المختاراعتماداً على هذا المبدأ.

## 🚩 دواعي وأسباب دراسة هذا البحث:

- ١- إن الجوائز المركبة المغلفة مناسبة جداً في المباني السكنية والتجارية والجسور، ولكن استخدامها محدود وخاصة في مناطقنا. ويعود ذلك إلى التخوف من استخدامها، وعدم وجود الثقة لدى المهندسين الإنشائيين في استخدام الجوائز المركبة و ذلك بسبب النقص في المعلومات الحقيقية حول المقاومة والسلوك المرن\_اللدن لتلك الجوائز نتيجة الفصل التقليدي بين فولاذ الإنشاء(المنشآت المعدنية) وتصميم البيتون المسلح.
- ٢- دراسة تأثير التغير في سماكة الصفائح المشكلة للمقطع المعدني المغلف و التغير في أبعاد المقطع البيتوني المركب على الحمولة الحدية .
- ٣- بيان العلاقة بين الفعل المركب للبيتون والفولاذ و الحمولة الحدية للجائز.
- ٤- دراسة آلية الانهيار للمقطع المركب المغلف .

## ٣-١ مخطط البحث:

يتألف البحث من خمسة فصول و هي:

الفصل الأول: مقدمة البحث وأهدافه ومخططه.

الفصل الثاني: مقدمة عن المنشآت المختلطة(المركبة) نسردها فيها لمحة عن هذه المنشآت وأنواعها وأهميتها ونتعرف مزايا استخدامها ومساوئها حيث تشكل الجوائز المركبة أحد عناصرها.

الفصل الثالث: الدراسة النظرية حيث خصص للبحث في الدراسة النظرية لهذا البحث و استنتاج العلاقات النظرية للمقطع المركب المغلف للجائز في الحالة المرنة و الحالة اللدنة للجائز .

الفصل الرابع: الدراسة التجريبية حيث تمت فيه شرح تفصيلي للبرنامج التجريبي و اختيار طول الجائز التجريبي و تحميله بالحمولات اللازمة و اختيار المجموعات التي ستم دراستها في هذا البحث و مراحل تحضير الجوائز للتجربة .

الفصل الخامس: النتائج و المناقشة حيث خصص هذا الفصل لمناقشة النتائج التجريبية و النظرية و دراسة آليات الأنهيال للجوائز التجريبية المدروسة .

أخيراً تم وضع النتائج والتوصيات المستنتجة من هذا البحث.

## الفصل الثاني

مقدمة عن المنشآت المختلطة (المركبة)

## الفصل الثاني

### مقدمة عن المنشآت المختلطة (المركبة)

#### ١-٢ مقدمة:

بما أنّ الجوائز المركبة هي أحد عناصر المنشآت المختلطة (المركبة) الأمر الذي يستوجب تخصيص هذا الفصل الذي يُعرّف المنشآت المختلطة، ويشرح فوائدها وأضرارها، وما هي العناصر التي تتكون منها؟ ثم يعرض أمثلة واقعية على أبنية منشأة من عناصر مختلطة.

#### ٢-٢ تعريف المنشآت المختلطة (المركبة): [2]

غالباً ما تتكون العناصر الإنشائية من مادتين مختلفتين أو أكثر من أجل تحقيق غاية مرغوبة محددة . فعلى سبيل المثال، تستعمل الصفائح الفولاذية لتقوية العناصر المصنوعة من الخشب أو النحاس أو الألمنيوم ... الخ. كما تستعمل القضبان الفولاذية لتسليح الجيزان البيتونية. بعض المواد الإنشائية المستعملة غالباً (كحديد الصلب والبيتون) لا تملك الصلابة نفسها عندما تتعرض للضغط والشد حيث تظهر عوامل مرونة مختلفة في الشد والضغط.

وأفضل المواد الإنشائية التي يمكن تركيبها مع بعضها هي الفولاذ والبيتون وذلك لأنهما تكملان بعضهما على الرغم من وجود اختلاف كبير في طبيعة المادتين حيث:

١- البيتون يتحمل قوى الضغط بشكل كبير في حين الفولاذ يتحمل قوى الشد.

٢- تغليف البيتون للفولاذ يساعده في مقاومة التحنيب الجانبي.

٣- البيتون يحمي الفولاذ من التآكل والأضرار الناتجة عن الحرائق.

٤- الفولاذ يعطي العنصر الإنشائي مطاوعة كبيرة.

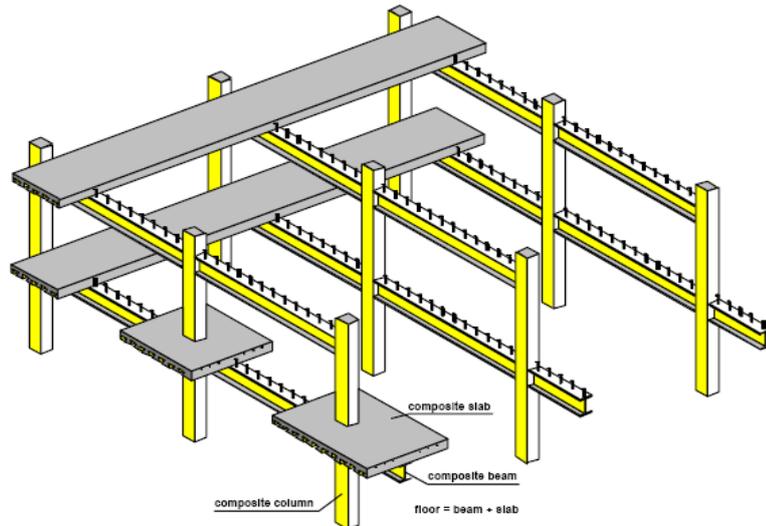
ولقد استعملت منشآت مؤلفة من عناصر فولاذية يحيط بها البيتون سابقاً حيث تم استعمال جيزان فولاذية مغلقة بالبيتون بكثرة في كل من الولايات المتحدة وأوروبا خلال العقود الأخيرة من القرن التاسع عشر، وتم تاريخياً تصميم منشآت مكونة من هياكل فولاذية توضع فوقها بلاطة من البيتون المسلح وتعمل بلاطة البيتون المسلحة بشكل مستقل عن الهياكل الفولاذية في تحمل الحمولات. لقد انتشر استعمال الجيزان الفولاذية المغلقة بالبيتون في أوائل القرن التاسع عشر حيث تم تصميمها بصورة مركبة وغير مركبة (مختلطة وغير مختلطة).

بدأت المنشآت المركبة تلقى استحساناً من قبل المصممين ابتداءً من عام 1940 حتى غدت تدخل في معظم المنشآت الهندسية. وسيتم هنا ذكر تطبيقات المنشآت المركبة في مجالات الهندسة المدنية علماً بأن المنشآت المركبة لا تقتصر على مجال الهندسة المدنية، إذ أنّ الخلائط المعدنية وغير المعدنية المركبة شكلت ولا زالت تشكل تطبيقات هامة في كافة المجالات الصناعية والميكانيكية والكهربائية والإلكترونية ... الخ.

لقد أعطت المواصفات الأمريكية AASHTO لعام 1944 الموافقة المبدئية لإنشاء الجسور بالفعل المركب الذي أخذ بالانتشار اعتباراً من عام 1950 وحتى تاريخه . وكذلك انتشرت الإنشاءات المركبة في تصميم أرضيات الأبنية. ولقد أعطت المواصفات الأمريكية AISC لعام 1952 الموافقة لأول مرة على تصميم المنشآت المركبة.

تجدر الإشارة إلى أنّ المنشآت المركبة لا تقتصر على البيتون والفولاذ فقط وإنما هناك أنواع أخرى كثيرة أهمها:

- البيتون المسبق الصنع مع البيتون ذي الصب المحلي (أو المسبق إجهاد).
  - البيتون المسبق الإجهاد مع البيتون ذي الصب المحلي (أو المسبق الصنع).
  - الخشب مع البيتون ذي الصب المحلي (أو المسبق الصنع أو المسبق الإجهاد).
  - الألمنيوم مع الخشب ومع البيتون ذي الصب المحلي (أو المسبق الصنع أو المسبق الإجهاد).
- ويبين الشكل (١-٢) نموذجاً لهيكل بناء مشكّل من عناصر مركبة. (بلاطة مركبة تستند على جوائز مركبة والأعمدة الحاملة للجملة الإنشائية هي أعمدة مركبة).



الشكل (١-٢) بعض العناصر الإنشائية المركبة [10]

## ٢-٣ الفوائد والأضرار: [2,1]

✚ إن أهم الفوائد الناتجة عن استعمال المنشآت المركبة هي:

### ١- من الناحية المعمارية:

تصميم المنشآت المركبة يعطي العديد من المزايا المعمارية مقارنة مع الأنواع المختلفة للعناصر الإنشائية، حيث بالإضافة إلى إنقاص في أبعاد المقطع العرضي تعطي:

- مجازات أطول: إن المنشآت المركبة اقتصادية لأجل الهياكل المعدنية التي تتراوح مجازاتها بين 10m و 20m. فمن أجل الجسور، تصل المجازات الاقتصادية إلى 20m بالنسبة للجيزان البسيطة و 30m بالنسبة للجيزان المستمرة .

- بلاطات ذات سماكة أقل: إن صلابة البلاطات المركبة أكبر بصورة ملموسة من صلابة البلاطات غير المركبة المستندة على الجيزان الفولاذية (الطولانية والعرضانية).

- أعمدة أقل نحافة: إن النحافة الأقل للأعمدة تعطي فرصاً وبدائل أكبر للمصمم.

### ٢- من الناحية الاقتصادية:

إن استخدام المنشآت المركبة يؤدي إلى توفير كبير وهائل في التكلفة نتيجة لصغر أبعاد المقاطع حيث تتراوح نسبة التوفير في وزن الفولاذ بين 20% و 30% إذا تمَّ استعمال المنشآت المركبة بالشكل المناسب. حيث:

- الإنقاص في ارتفاع العناصر الإنشائية يؤدي إلى إنقاص الارتفاع الكلي للبناء و توفير في مواد الإنشاء والاكساء.

- تعطي المجازات الأكبر مساحة إضافية للغرف والتخفيض من عدد الأعمدة والأساسات.

- كسب طوابق إضافية بارتفاع المبنى نفسه.

- زمن أسرع في التنفيذ والإنشاء مما يضع المبنى تحت الخدمة في فترة زمنية قصيرة.

### ٣- من الناحية الوظيفية:

تحتاج المنشآت المعدنية التقليدية لاحتياطات إضافية لحمايتها من الحرائق في حين أن تغليفها بالبيتون يعطيها حماية من النار وقدرة على ممانعة التحنيط الجانبي.

### ٤- الخدمة والمرونة في الإنشاء:

تعطي المنشآت المركبة تكيِّفاً وسهولة في التعديل خلال حياة البناء حيث من الممكن إنشاء درج بين طابقين بإضافة جوائز بسيطة مقلوبة. ونتيجة للتطورات الحديثة وتكنولوجيا المعلومات قد يحتاج المرء إلى إعادة ترتيب في الخدمة التي يقدمها المنشأ، فمثلا تحويل المنشأ من سكني إلى

تجاري هنا يمكن التعديل وبدون الضرر إلى انتهاك حرمة الجوار، حيث يمكن تمرير كافة التمديدات ضمن السقوف والأرضيات أو صناديق ضمن الجدران ...

#### ٥- من ناحية التنفيذ والتركيب:

تعطي سرعة وبساطة في التنفيذ على الرغم من أنها تحتاج إلى دقة عالية.

لا توجد هناك مساوئ أو أضرار للمنشآت المركبة ولكن توجد بعض الملاحظات التي

يجب تمييزها أهمها:

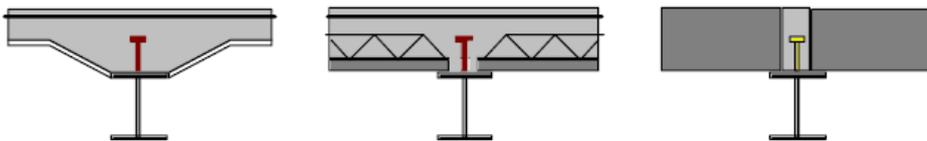
- (١) إنّ قسماً من بلاطة البيتون المسلح المعرض للضغط فعال في مناطق العزوم الموجبة فقط. أما في مناطق العزوم السالبة فنقوم قضبان التسليح الطولية للبلاطة في الجيزان المستمرة بتأمين استمرارية الفعل المركب.
- (٢) التسهم الناتج عن السيلاخ على المدى الطويل.
- (٣) تكاليف تأسيس وتركيب الوصلات القصية.
- (٤) العوامل الإضافية الأخرى: التقلص الحراري التفاضلي حيث يمكن أن يؤدي ارتفاع درجة الحرارة المفاجئ إلى جعل الجائز الفولاذي أكثر سخونة من البلاطة المتصلة معه وانتفاخ البيتون بسبب التغيرات الفيزيائية (التجمد، الذوبان، الرطوبة والجفاف .. الخ) والتغيرات الكيميائية (المواد الكيميائية الموجودة في الإسمنت أو العالقة بالحصى).

#### ٤-٢ عناصر المنشآت المركبة: [6]

إنّ أهم العناصر الإنشائية الأساسية في المنشآت المركبة هي:

#### ٤-٢-١ بلاطة البيتون المسلح:

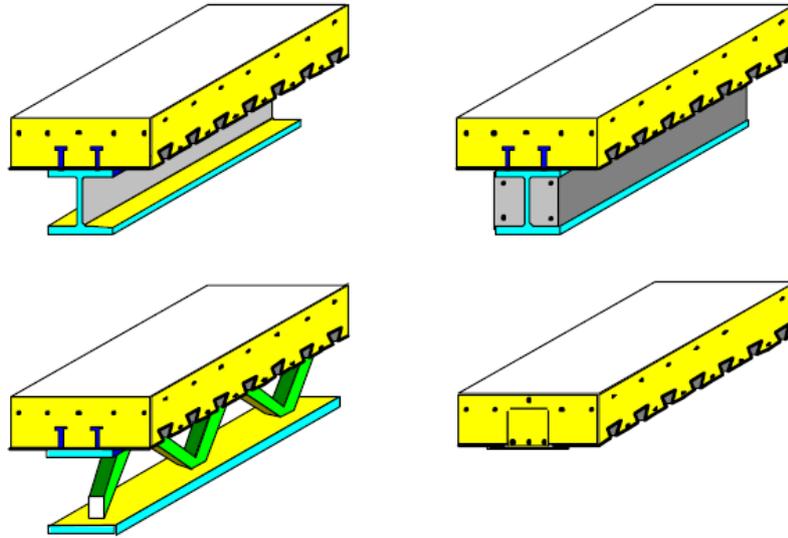
تقوم بوظيفة تأمين غطاء إضافي لجناح الجائز الفولاذي إذا وقعت على الطرف المضغوط من المحور المحايد. ويتم تحديد أبعاد البلاطة استناداً إلى تباعد الجيزان الطولية من جهة ومدى توزيع الحمولة التي تتعرض لها البلاطة عرضياً. ويتم تصميم البلاطة بصورة مستقلة عن الفعل المركب أي بشكل مماثل لمنشآت البيتون المسلح. يوضح الشكل (٢-٢) بعض أشكال البلاطات المركبة.



الشكل (٢-٢) مقطع عرضي لبعض أنواع البلاطات المركبة

#### ٢-٢-٤ الجيزان الفولاذية (أو المسبق الصنع أو المسبق الإجهاد):

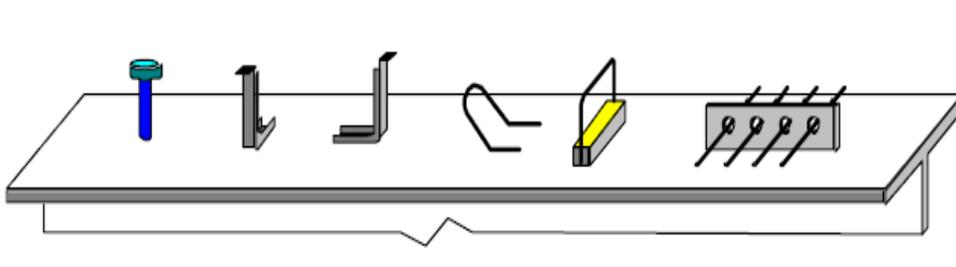
يمكن أن تكون مقاطع فولاذية جاهزة ومسحوبة مع أو بدون صفائح تغطية كما يمكن أن تكون مقاطع صفائحية. وقد تكون غير متناظرة حول المحور X-X حيث مساحة الجناح المشدود أكبر من مساحة الجناح المضغوط إلا أنها متناظرة حول المحور Y-Y. وقد تكون مقاطع هجينة أي مصنوعة من صنوف مختلفة من الفولاذ (إجهاد الخضوع للجناح المشدود أو المضغوط أو للجناحين أكبر من إجهاد الخضوع للجسد). يوضح الشكل (٢-٣) بعض أشكال الجوائز المركبة.



الشكل (٢-٣) بعض الأشكال للجوائز المركبة [7]

#### ٣-٢-٤ الوصلات القصية:

هي قطع صغيرة من مقاطع مختلفة تثبت على السطح العلوي للجيزان الفولاذية وتقوم بنقل قوى القص الأفقية من البلاطة إلى الجيزان الفولاذية وتقوم أيضاً بمنع الانزلاق بين البلاطة البيتونية والجيزان الفولاذية الطولية. يوضح الشكل (٢-٤) مقاطع مختلفة للوصلات القصية



الشكل (٢-٤) بعض نماذج الوصلات القصية [7]

## ٢-٥ مخطط الإجهاد - الانفعال لكل من البيتون والفولاذ: [2]

تعطي العلاقة التالية عامل المرونة للبيتون وفقاً للكودات الأمريكية , AASHTO , ACI ,

AISC اعتماداً على مقاومة البيتون الاسطوانية على الضغط أو :

$$E_c = \gamma_c^{1.5} 0.043 \sqrt{f'_c} \cong 4729.77 \sqrt{f'_c} \text{ MPa} \quad (2-1)$$

حيث :

$$\gamma_c = \text{كثافة البيتون } \text{Kg/m}^3$$

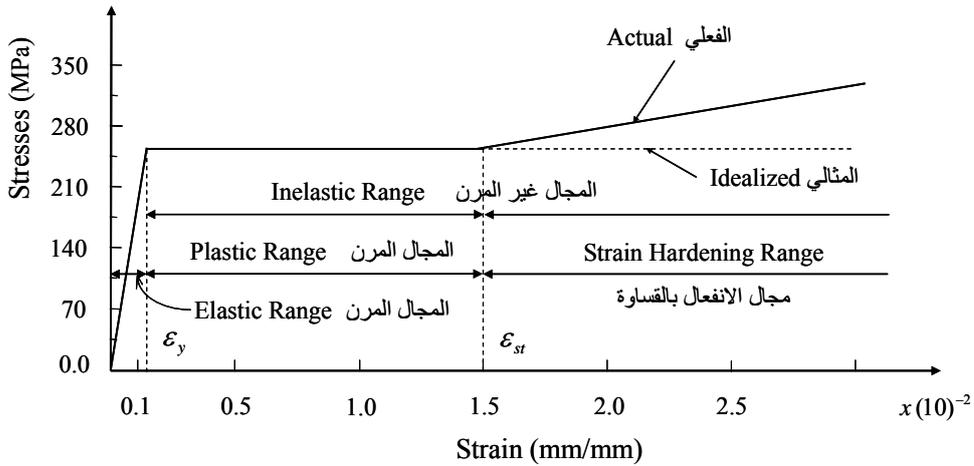
$$f'_c = \text{المقاومة الاسطوانية للبيتون على الضغط بعد 28 يوماً MPa}$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa} \quad \text{أما عامل المرونة للفولاذ فهو}$$

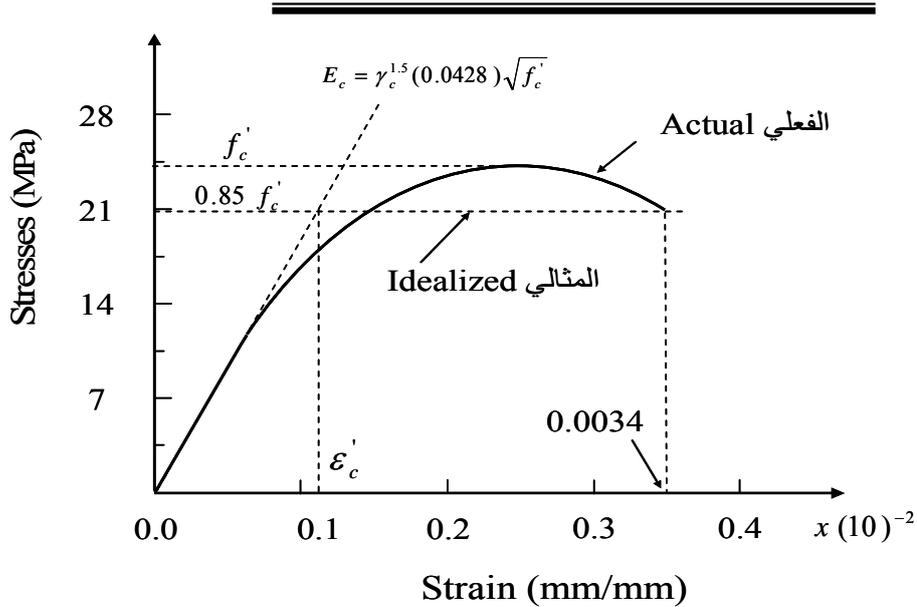
وهكذا نجد قيمة أمثال التعادل :

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{4729.77 \sqrt{f'_c}} \geq 6 \quad (2-2)$$

يبين الشكلين (٢-٥) و (٢-٦) مخطط الإجهاد - الانفعال لكل من مادتي الفولاذ والبيتون .



الشكل (٢-٥) مخططات نموذجية للإجهاد - الانفعال لمادة الفولاذ



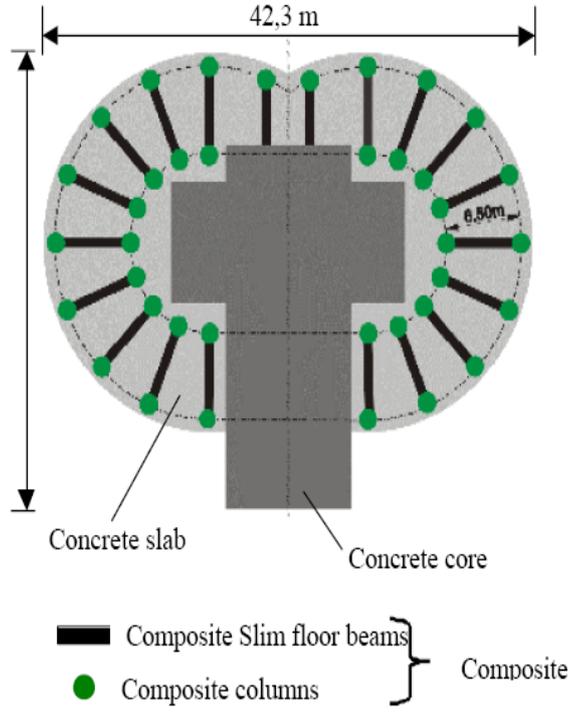
الشكل (٢-٦) مخططات نموذجية للإجهاد - الانفعال لمادة البتوتون

## ٢-٦ أمثلة واقعية عن منشآت مركبة:

### ١-٢-٦ برج ميلينيوم (فيينا- النمسا):

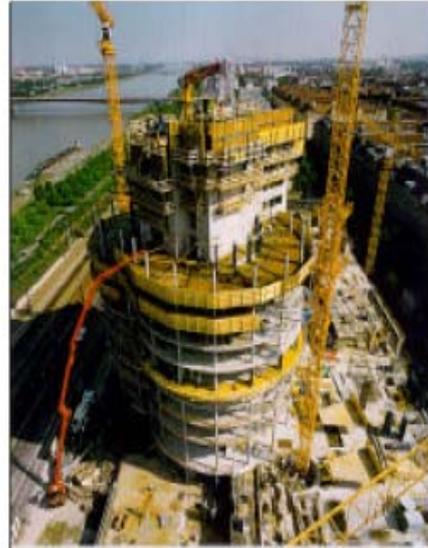
#### Millennium Tower (Vienna – Austria)

هو أحد المنشآت المركبة القائمة التي أنشئت بنجاح ويتألف من (55) طابقاً مساحة للطابق الواحد (1000m<sup>2</sup>) بارتفاع (202m)، كانت فترة التنفيذ 8 أشهر من أيار حتى كانون الأول 1998 بنسبة إنجاز (2-2.5) طابق كل أسبوع. تمّ تصميم نواة بيتونية للبرج وذلك لمقاومة القوى الأفقية، أما الأعمدة الحاملة للبرج أعمدة مركبة أنبوبية ممثلة بالبتوتون. ويوضح الشكل (٢-٧) المسقط الأفقي لهذا البرج موضحاً عليه مكان توزيع الجوائز والأعمدة المركبة، ويوضح الشكل (٢-٨) منظوراً خارجياً للبرج، أما الشكل (٢-٩) فيوضح إحدى مراحل التنفيذ للبرج.



الشكل (٢-٨) منظوراً خارجياً لبرج ميلينيوم

الشكل (٢-٧) المسقط الأفقي لبرج ميلينيوم



الشكل (٢-٩) برج ميلينيوم أثناء الإنشاء

٢-٢-٦ مبنى مواقف للسيارات (أنسبرك - النمسا):

Parking deck "DEZ" (Innsbruck- Austria)

هو منشأ مركب يبين كيف أنّ التكنولوجيا تقود إلى حلول جديدة في التصميم والبناء، يتألف موقف السيارات من أربع طوابق بأبعاد للطابق الواحد (30×60)m . إنّ البلاطة تستند على جوائز مركبة ذات مجازات (10.58m) وتستند الجوائز على أعمدة مركبة أنبوبية قطرها (35.5cm) تنفذ لطابقين بشكل مستمر وتركب البلاطة لكل طابق ممّا يؤدي إلى اختصار الزمن. ويبين الشكل (٢-١٠) منظوراً خارجياً لموقف السيارات وأما الشكل (٢-١١) فيوضح طريقة تنفيذ الأعمدة المركبة.



الشكل (٢-١٠) منظوراً خارجياً لموقف السيارات (النمسا)



الشكل (٢-١١) أثناء تنفيذ الأعمدة المركبة لموقف السيارات

٣-٢-٦ سيتي\_بنك ديسبرغ (ألمانيا):

Citibank Duisburg (Duisburg – Germany)

مبنى مكاتب في ألمانيا تمّ تنفيذه كمنشأ مركب بارتفاع (72m) يتألف من (15) طابقاً مساحة الطابق الواحد (1450m<sup>2</sup>). يبيّن الشكل (٢-١٢) منظوراً خارجياً للبنك أثناء التنفيذ



الشكل (٢-١٢) منظوراً لسيتي\_بنك ديسبرغ (ألمانيا) أثناء التنفيذ

٦-٢-٤ برج لاتيتيود - سيدني 2005:

Latitude Tower, Sydney (2005)

يبلغ ارتفاع هذا البرج (222m) يتألف من (45) طابقاً تمّ تصميم الأعمدة بشكل أنبوبي مركب ذي قطر (50.8cm) ممثلة ببيتون ذي مقاومة (80)MPa يوضح الشكل (١٣-٢) منظور لهذا البرج أثناء التنفيذ:



الشكل (١٣-٢) منظوراً خارجياً لبرج لاتيتيود - سيدني ٢٠٠٥

٥-٢-٦ برج هيرست - نيويورك 2006: [11]

Hearst Tower, New York (2006):

يتألف برج هيرست \_ نيويورك من (46) طابقاً تمّ إنشاؤه من أعمدة مركبة كما هو موضّح بالشكل (٢-١٤)



الشكل (٢-١٤) منظوراً خارجياً لبرج هيرست - نيويورك

## الفصل الثالث

### الدراسة النظرية

#### للبحث

## الفصل الثالث

### الدراسة النظرية

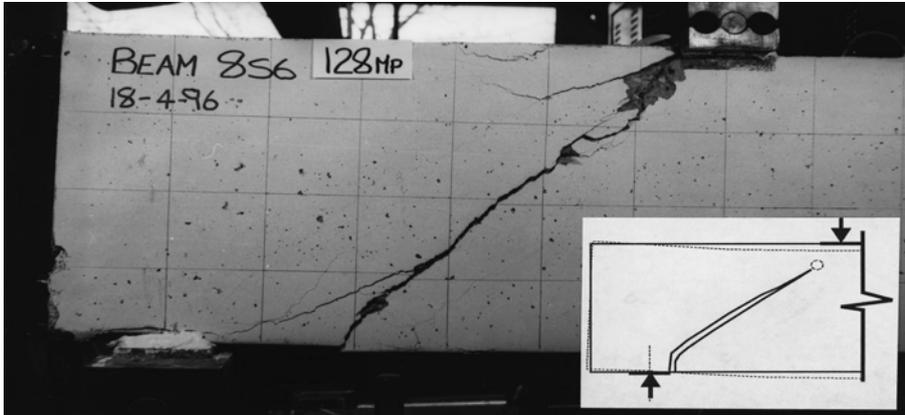
#### ٣-١ مقدمة:

سيتم في هذا الفصل الدراسة النظرية للسلوك المرن و السلوك اللدن للمقطع المركب المغلف و ذلك من خلال أستنتاج العلاقات النظرية في المرحلي المرنة و اللدنة و القوى المقاومة للجائز في كلى الحالتين.

لقد انطلقنا في دراستنا لهذا البحث من منطلق أن الجائز المدروس ينهار بالإنعطاف حيث تم اخيار الجائز بالاعتماد على هذا المبدأ و تم التحقق من أن جميع الجائز المختارة تقاوم قوى القص المتشكل في المقطع حيث يوضح الشكل (٣-١) أحد أشكال الأنهيار بالإنعطاف و يوضح الشكل (٣-٢) شكل انهيار الجائز بقوى القص.



الشكل (3-1) شكل الإنهيار بالإنعطاف [3]



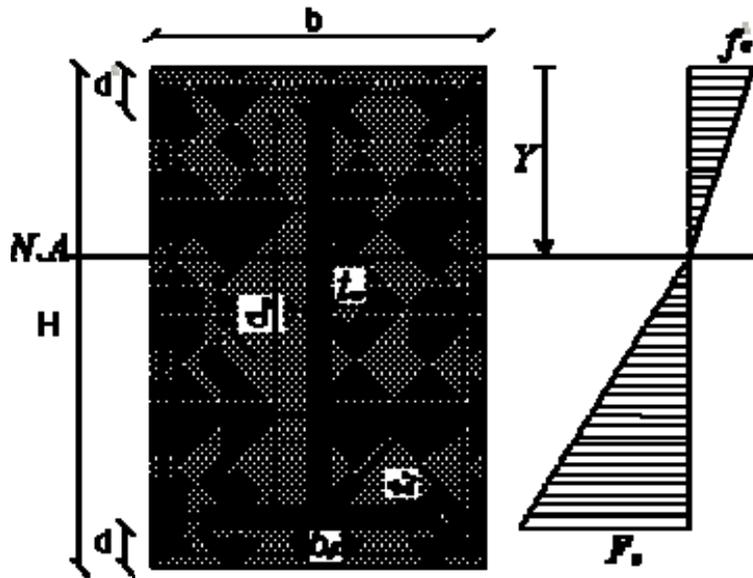
الشكل (3-٢) شكل الإنهيار بالقص [8]

## ٣-٢ استنتاج العلاقات النظرية :

Elastic Case

١-٣-٢ المرحلة المرنة :

نقوم في هذه الحالة باستنتاج العلاقات النظرية للجائز المركب المغلف من خلال تحويل المقطع إلى مقطع مكافئ من البيتون حيث يتم حساب موقع المحور السليم للمقطع و قيمة عزم العطالة المكافئ للمقطع و استنتاج قيم العزم المقاوم و من خلال مخطط الإجهاد الموضح في الشكل (٣-٣) و لقد تم استنتاج العلاقات النظرية لهذا الجائز بالاعتماد على معادلات التوازن العامة لمقطع الجائز المدروسة و اعتماداً على الأشتراطات الخاصة في الكود الأمريكي (AISC).



الشكل (3-٣)

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$A_f = b_f t_f \quad A_w = d_w t_w$$

$$A_{ST} = A_f + A_w$$

$$A = b - t_w \quad B = 2t_w d^1 + 2nA_{ST}$$

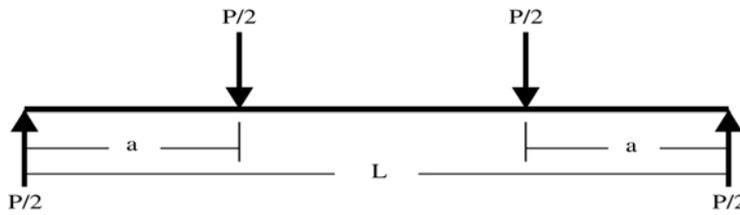
$$C = -t_w d^2 + A_w(-nd_w - 2nd^1) + A_f(-2nH + 2nd + nt_f)$$

$$Y = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$I_{trc} = \frac{bY^3}{3} - \frac{t_w(Y-d')^3}{3} + n \frac{t_w(Y-d')^3}{3} + n \frac{t_w(d_w + d' - Y)^3}{3} + n \frac{b_f t_f^3}{12} + n A_f \left( H - Y - d - \frac{t_f}{2} \right)^2 \quad (3-1)$$

$$M_e = \min \left\{ \begin{array}{l} M_1 = \frac{F_y I_{tr}}{n(H-y-d)} \\ M_2 = \frac{f_c' I_{tr}}{y} \end{array} \right\} \quad (3-2)$$

سيتم حساب الأنتقال على جائز محمل بقوتين متناظرتين تبعد كل منهما بنفس المسافة عن المسند المجاور كما هو موضح في الشكل (٣-٤).



الشكل (٣-٤) جائز محمل بحمليتين متناظرتين

$$\delta_e = \frac{Pa}{48E_C I_{tr}} [4a^2 - 3L^2] \quad (3-3)$$

حيث:  $A_f$  : مساحة الجناح للمقطع الفولاذي.

$A_w$  : مساحة الجسد للمقطع الفولاذي.

$A_{ST}$  : مساحة المقطع الفولاذي.

$A, B, C$  : ثوابت لحساب موقع المحور المحايد.

$Y$  : بعد المحور المحايد عن الليف المضغوط للمقطع المركب المغلف.

$I_{trc}$  : عزم العطالة المكافئ للمقطع المركب المغلف.

$M_e$  : العزم المقاوم المرن للمقطع المركب المغلف.

$n$  : أمثال التعادل.

$d'$  : تغطية البيتون للمقطع المعدني في منطقة الضغط.

$E_s$  : عامل المرونة للفولاذ.

$E_c$  : عامل المرونة للبيتون.

$P$  : الحمولة المطبقة.

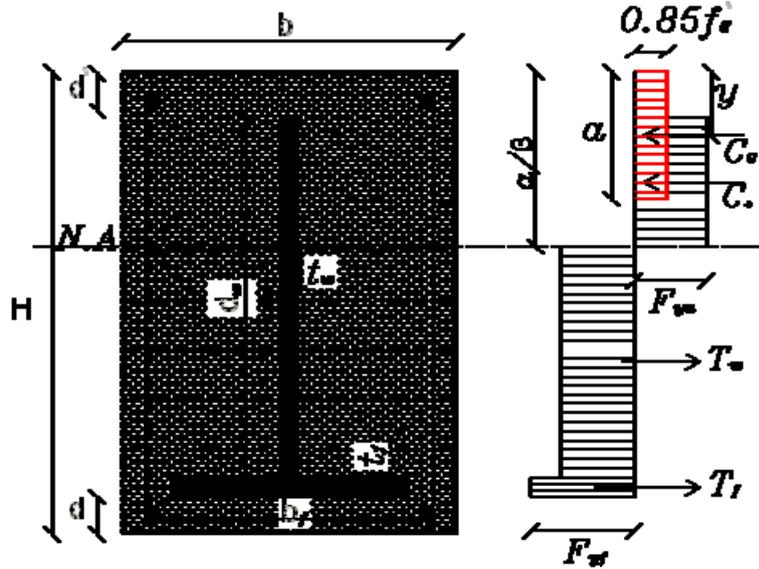
$L$  : طول الجائز.

$a$  : المسافة بين المسند و نقطة تطبيق الحمولة.

plastic Case

٢-٣-٢ المرحلة اللدنة :

يتم في هذه المرحلة حساب القوى المقاومة للجائز و استنتاج العزم المقاوم لللدن للمقطع المركب و لقد تم استنتاج العلاقات النظرية لهذا الجائز بالاعتماد على معادلات التوازن العامة لمقطع الجائز المدروسة و اعتماداً على الأشتراطات الخاصة في الكود الأمريكي (AISC) كما هو موضح في الشكل (٣-٥).



الشكل (٣-٥)

$$A_f = b_f t_f$$

$$A_w = d_w t_w$$

$$A_{ST} = A_f + A_w$$

$$\beta = 0.85 \quad \text{for} \quad f_c' \leq 27.58 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0.85 - \left( \frac{5}{689.5} \right) (f_c' - 27.58) \geq 0.65 \quad \text{for} \quad f_c' \geq 27.58 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0.85 f_c' [a(b - t_w) + d t_w]$$

$$C_s = a_{t3} t_w F_y \quad ; \quad a_{t3} = \frac{a}{\beta} - d$$

$$T_w = (d_w - a_{t3}) t_w F_y \quad T_f = A_f F_y$$

$$a = \frac{d' t_w [2F_y - 0.85 f_c'] + A_w F_y + A_f F_y}{0.85 f_c' (b - t_w) + 2 \left( \frac{t_w}{\beta} \right) F_y} \quad (3-4)$$

$$y = \frac{0.5 [b a^2 - t_w (a^2 - d'^2)]}{a (b - t_w) + d' t_w} \quad (3-5)$$

$$M_u = C_c [H - d - 0.5 t_f - y] + C_s [H - d - d' - 0.5 t_f - 0.5 a_{t3}] - T_w [0.5 (d_w - a_{t3}) + 0.5 t_f] \quad (3-6)$$

حيث:  $A_f$  : مساحة الجناح للمقطع الفولاذي.

$A_w$  : مساحة الجسد للمقطع الفولاذي.

$A_{sT}$  : مساحة المقطع الفولاذي.

$a$  : الإرتفاع المكافئ للبيتون المضغوط.

$y$  : بعد القوة المقاومة للبيتون المضغوط عن الليف العلوي المضغوط.

$M_u$  : العزم المقاوم للبتن للمقطع المركب المغلف.

$d'$  : تغطية البيتون للمقطع المعدني في منطقة الضغط.

## الفصل الرابع

### الدراسة التجريبية

#### للبحث

## الفصل الرابع

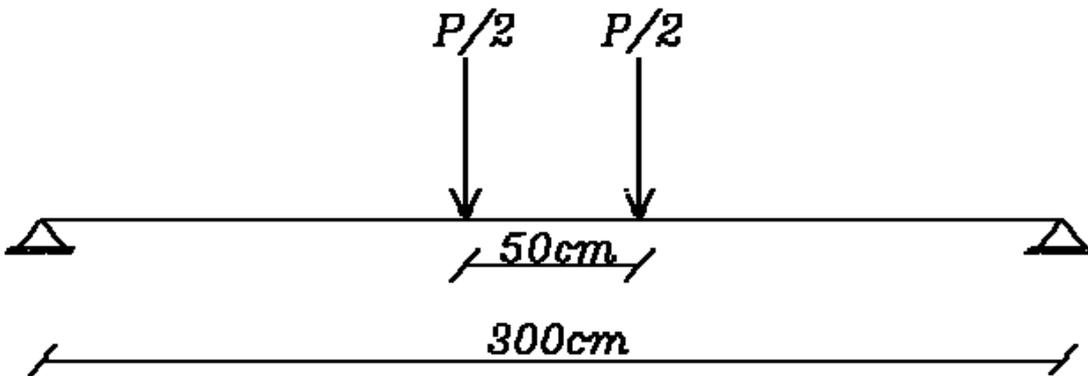
### الدراسة التجريبية

#### ٤-١ مقدمة:

سيتم في هذا الفصل الدراسة التجريبية و ذلك من خلال اختيار المقطع العرضي المناسب للجائز و اختيار المجاز المناسبة لإجراء التجارب عليها .

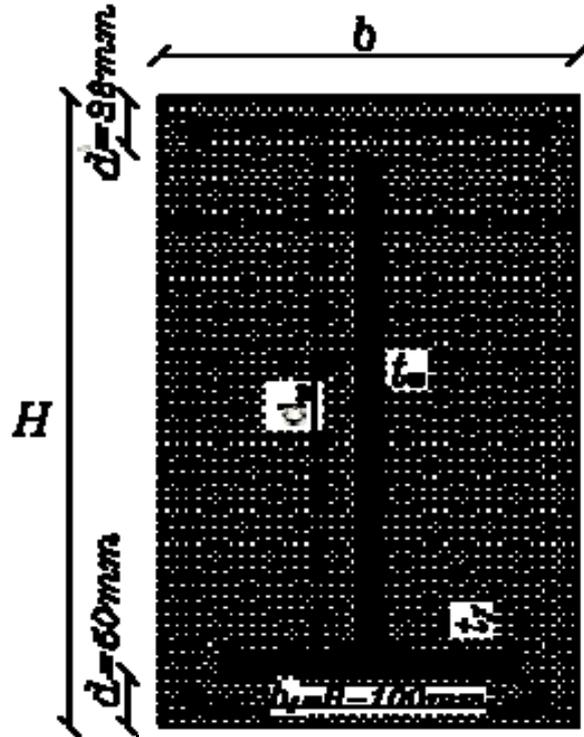
#### ٤-٢ البرنامج التجريبي Experimental program:

حتى يتم دراسة سلوك الجائز المركب المغلف و استنتاج العلاقات التصميمية للمقطع المركب المغلف تم اختبار (15) عينة بسماكات مختلفة للمقطع المعدني المشكل المغلف و بأبعاد مختلفة للمقطع المركب المغلف و بمقاومات متغيرة للبيتون المغلف يبين الجدول (1) خصائص العينات. إن تغطية البيتون المغلف لا تقل عن 38mm (1.5in) من الأعلى و 50mm (2in) من الأسفل و على جانبي الجناح السفلى و ذلك و فق المواصفات الأمريكية (AISC) . تم اختيار جائز بطول (300cm) و تم تجهيز العينات في ورشة عمل مختصة. و يوضح الشكل (4-1) شكل الجائز أما الشكل (4-2) فيبين المقطع العرضي للجائز المركب [1] .



الشكل (4-1) الجائز المدروس

و لقد تم اختيار موقع القوتين بحيث يمكننا من الحصول على أكبر قيمة للعزم أقل قيمة للقوى الناتجة عن التحميل و تم ترك هذه المسافة القليلة بين القوتين لكي نتمكن من إظهار الأماكن التي تتشكل فيها التشققات للجائز و ظهور انسحاق البيتون بشكل واضح [4].



الشكل (4-2) المقطع العرضي للجائز التجريبي وفق الاشتراطات المعتمدة

إنّ اختيار هذا الطول للعينة كان بسبب عدم امكانية اجراء تجارب على مجاز أكبر من (300cm). إن الهدف من اختيار هذا الطول هو إحداث سهم Deflection كبير يؤدي إلى إنهار الجائز بالإنعطاف و ذلك لكي نتمكن من دراسة سلوك و آلية الإنهار للجوائز المختارة.

الجدول (٤-١) يوضح خصائص العينات

المقاومة المميزة للبيبتون $f'_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	إجهاد الخضوع للفولاذ $F_Y$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	سماكة الصفحة الأفقية $t_f$ (mm)	سماكة الصفحة الشاقلوية $t_w$ (mm)	أبعاد الجائز		رمز العينة	اسم المجموعة
				H (cm)	B (cm)		
320	3400	8	8	25	25	B1	G1
		10				B2	
		16				B3	
320	3400	8	10	25	25	B1	G2
		10				B2	
		16				B3	
320	3400	8	16	25	25	B1	G3
		10				B2	
		16				B3	
320	3400	8	8	25	25	B1	G4
					35	B2	
320	3400	16	16	25	25	B1	G5
					35	B2	
320	3400	8	8	25	35	B1	G6
				35		B2	
320	3400	16	16	25	35	B1	G7
				35		B2	
320	3400	8	8	25	25	B1	G8
250						B2	
180						B3	
320	3400	8	8	25	25	B1	G9
			10			B2	
			16			B3	
320	3400	10	8	25	25	B1	G10
			10			B2	
			16			B3	
320	3400	16	8	25	25	B1	G11
			10			B2	
			16			B3	

تم إجراء اختبار العينات في جامعة حلب - كلية الهندسة المدنية - مخبر تجريب المواد.

## ٣-٤ خصائص البيتون Concrete properties:

تم الحصول على المقاومات التالية للمجموعات المراد اختبارها  $\text{Kg/cm}^2$  (320,250,180) تم صبها من أحضارات فراتية مغسولة وفق خطة نظامية مصممة في مجبل خاص وتم اختبارها تجريبياً ويوضح الجدول (٢-٤) كميات الخلطة التي تم تصميمها.

الجدول (٢-٤) خصائص الخلطة البيتونية المستخدمة

المقاومة المميزة الناتجة $\text{Kg/cm}^2$	رمل طبيعي	البحص الفراتي	البحص الفولي	كمية الاسمنت	W/C
320	483 Kg	773 Kg	677 Kg	400 Kg	0,5
250	483 Kg	773 Kg	677 Kg	400 Kg	0,7
180	483 Kg	773 Kg	677 Kg	350 Kg	0,6

أخذ من كل مجموعة ٦ عينات مكعبية بأبعاد  $(10 \times 10 \times 10)$  cm وأجري الاختبار عليها لتتأكد من المقاومة وتم تصحيحها للحصول على المقاومة المميزة.

## 4-4 خصائص الفولاذ Steel properties:

تم استخدام فولاذ صفائح بسماكات مختلفة ، حيث تم أخذ عينة من كل نوع وإجراء تجارب الشد عليه. ويوضح الجدول (٣-٤) مواصفات الفولاذ المستخدم:

الجدول (٣-٤) خصائص الفولاذ

Form	b(mm)	d(mm)	A (mm <sup>2</sup> )	F <sub>y</sub> MPa	Fult MPa
مبسط ٨ mm	52	8	416	356.4	493.1
مبسط 10 mm	51	10	510	352.3	489.9
مبسط 16 mm	51.5	16	824	361.3	498.5

## ٥-٤ الاختبارات Experiments:

أجريت التجارب تدريجياً بفاصل حمولة 0.5Ton ، 1Ton حتى انهيار العينة وأخذت قراءات السهم من مقياس السهم (كلونومتر) بشكل يدوي. ويوضح الشكل (١٥) آلية توضع جهاز قياس السهم بالنسبة للعينة، واستمرار تحميل العينة حتى انهيار الجائز بالكامل وانتهاء الفعل المركب بين البيتون و الفولاذ.

## ٤-٦ مراحل سير التجربة:

توضح الاشكل التالية طريقة قص و تجميع المقطع المعدني و تحضير صفائح الإستناد و التحميل و الصب و التحضير الكامل للتجربة من صب الجوائز و غمرها في الماء .... .



الشكل (4-4) لحام الصفائح لتشكيل المقطع المعدني



الشكل (4-3) قص الصفائح الفولاذية



الشكل (4-6) تحضير صفائح التحميل



الشكل (4-5) تحضير صفائح الأستناد



الشكل (4-8) تجهيز المقطع بحديد لتسليح الإنشائي



الشكل (4-7) تحضير القالب الخشبي



الشكل (4-10) تحضير المقطع المعدني في القالب



الشكل (4-9) تموضع صفائح الإستناد



الشكل (4-12) غمر الجوائز في الماء



الشكل (4-11) صب الجوائز



الشكل (4-14) وضع الجوائز على جهاز التجريب



الشكل (4-13) نقل الجوائز

## الفصل الخامس

### النتائج والمناقشة

## الفصل الخامس

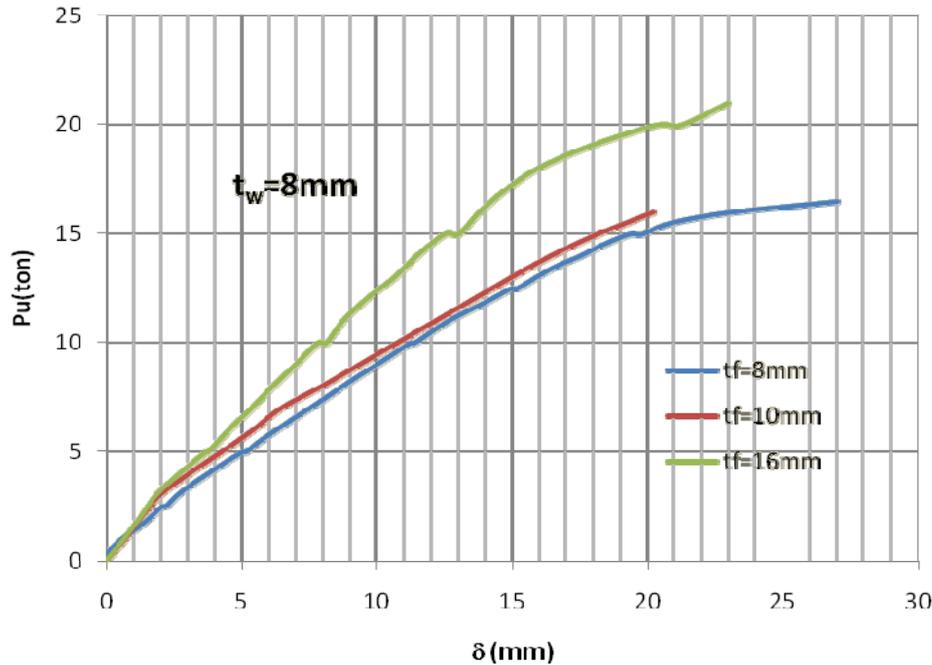
### النتائج و المناقشة

#### ١ - ٥ مقدمة:

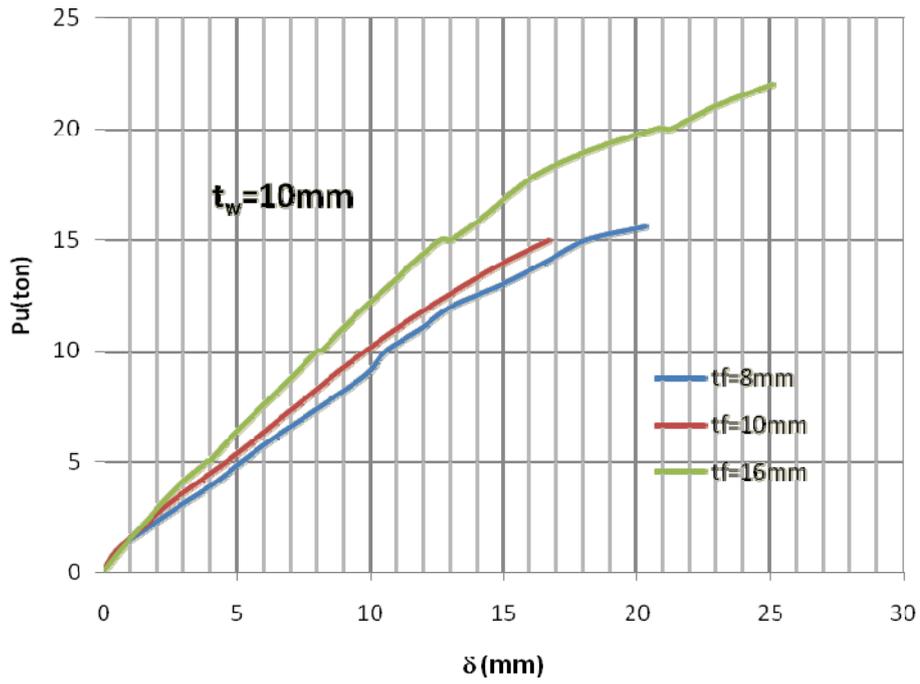
سيتم في هذا الفصل مناقشة النتائج التي تم الحصول عليها من الدراسة النظرية و من التجارب التي تمت على الجائز المختار.

#### ٢ - ٥ دراسة تأثير التغير في سماكة الصفيحة الأفقية $t_f$ :

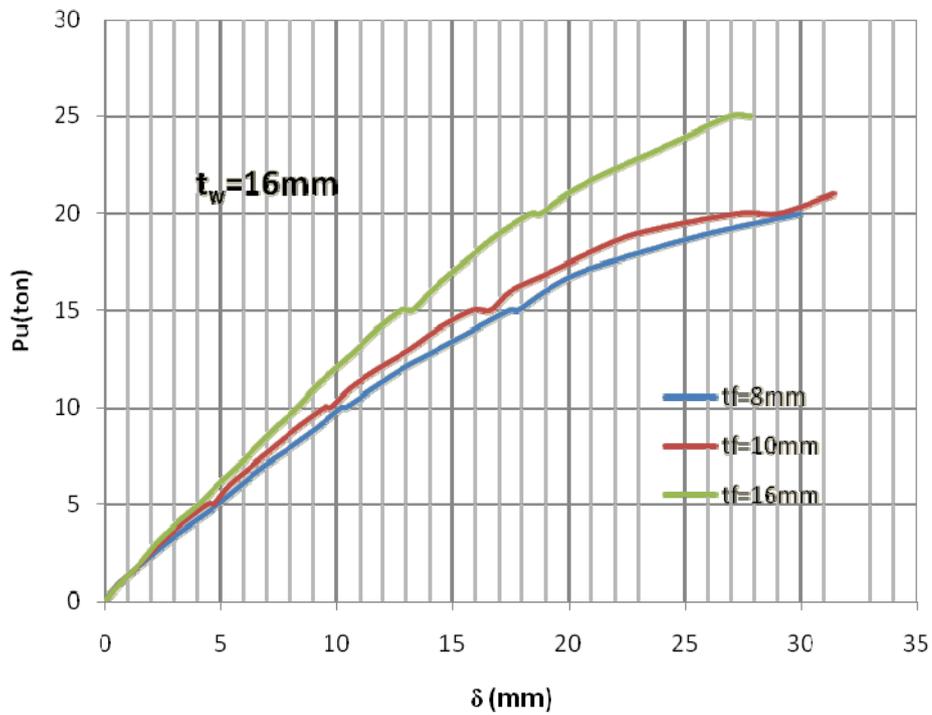
توضح المنحنيات التالية العلاقة بين الحمولة والانتقال لكل مجموعة :



الشكل (5-1) العلاقة بين الحمولة و الانتقال تحت تأثير تغير سماكة الصفيحة  $t_f$  لأجل  $t_w=8mm$  المجموعة (G1)

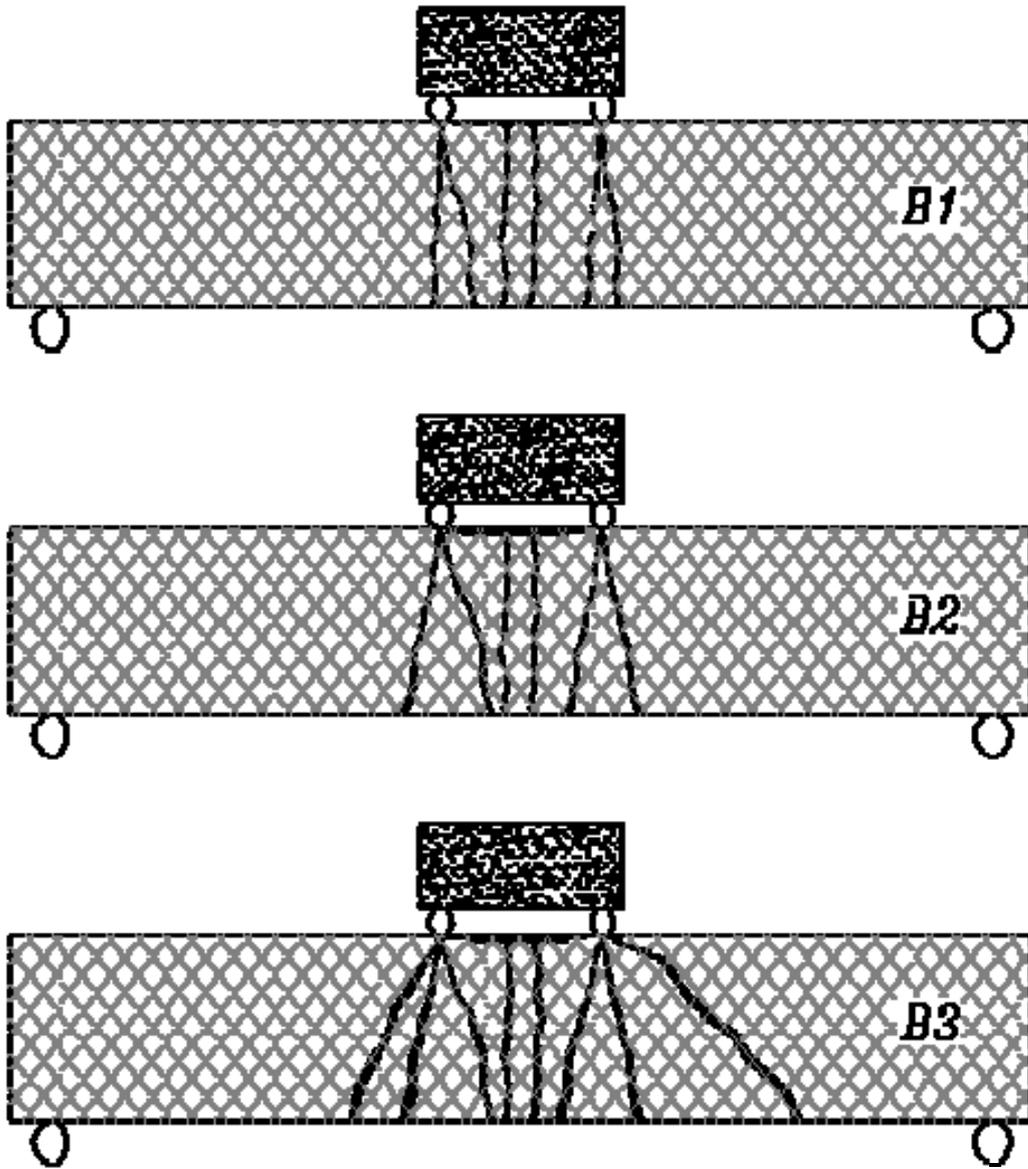


الشكل (5-2) العلاقة بين الحمولة و الأنتقال تحت تأثير  
تغير سماكة الصفيحة  $t_f$  لأجل المجموعة  $t_w=10\text{mm}$  (G2)

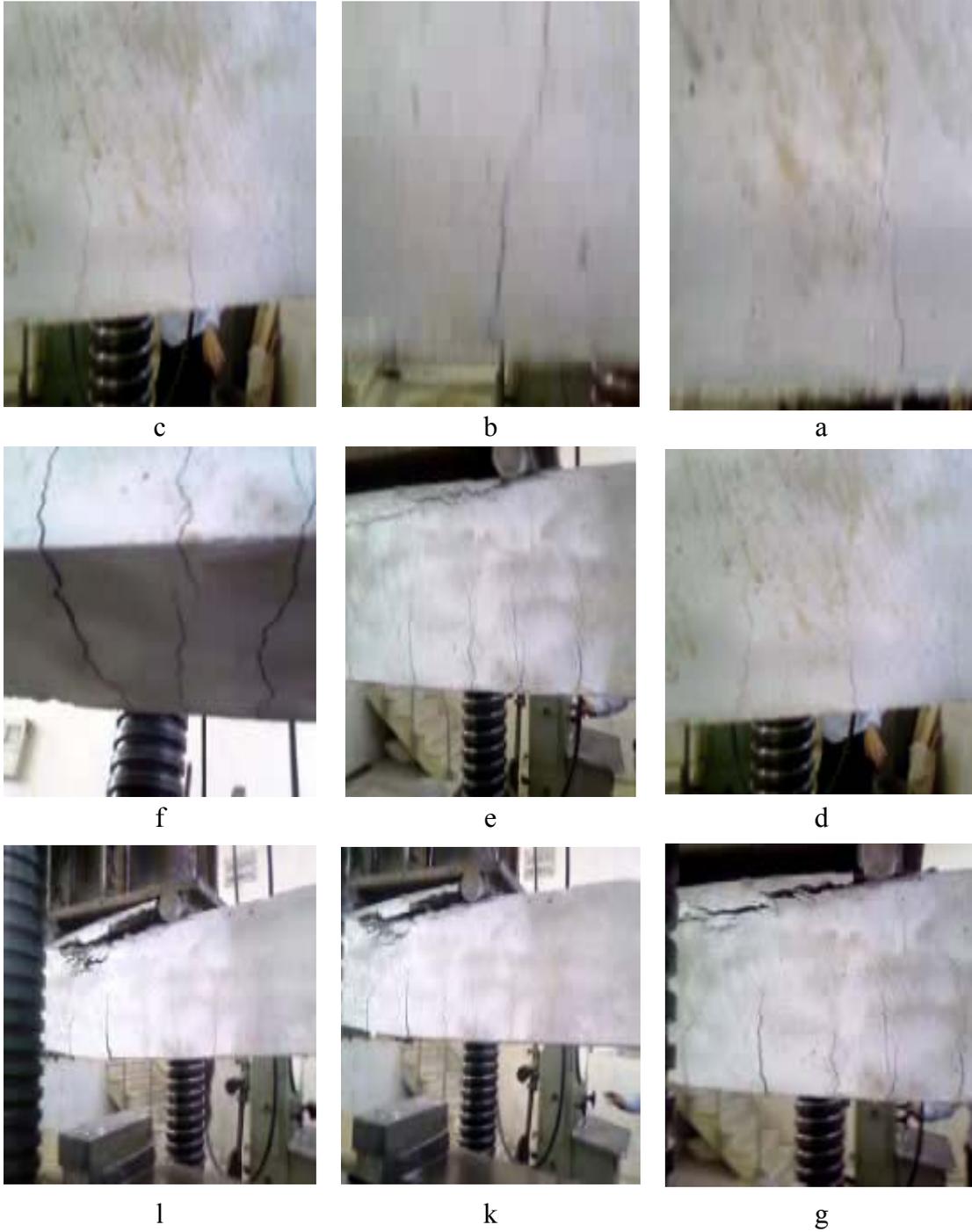


الشكل (5-3) العلاقة بين الحمولة و الأنتقال تحت تأثير  
تغير سماكة الصفيحة  $t_f$  لأجل المجموعة  $t_w=16\text{mm}$  (G3)

نلاحظ من المنحنيات السابقة أن آلية الإنهيار للجوائز باختلاف سمك الصفيحة الأفقية للمقطع المعدني الملفف بالبيتون حيث أنه عندما كانت سماكة الصفيحة  $tf=8\text{mm}$  نلاحظ أن انهيار الجائز حدث بانسحاق البيتون ترافقة ذلك مع ظهور تشققات بسيطة و متمركزة بين نقطتي التحميل و نلاحظ أنه عند زيادة سماكة الصفيحة الأفقية  $tf$  إلى  $10\text{mm}$  فإن عرض التشققات يزداد ازدياد طفيف أما عند الزيادة في السماكة للصفيحة  $tf$  التي وصلت إلى  $16\text{mm}$  فإن التشققات الناتجة يزداد عرضها بشكل كبير و تبدأ بالانتشار على مجال أوسع بقليل كما هو موضح في الشكل (4-5).

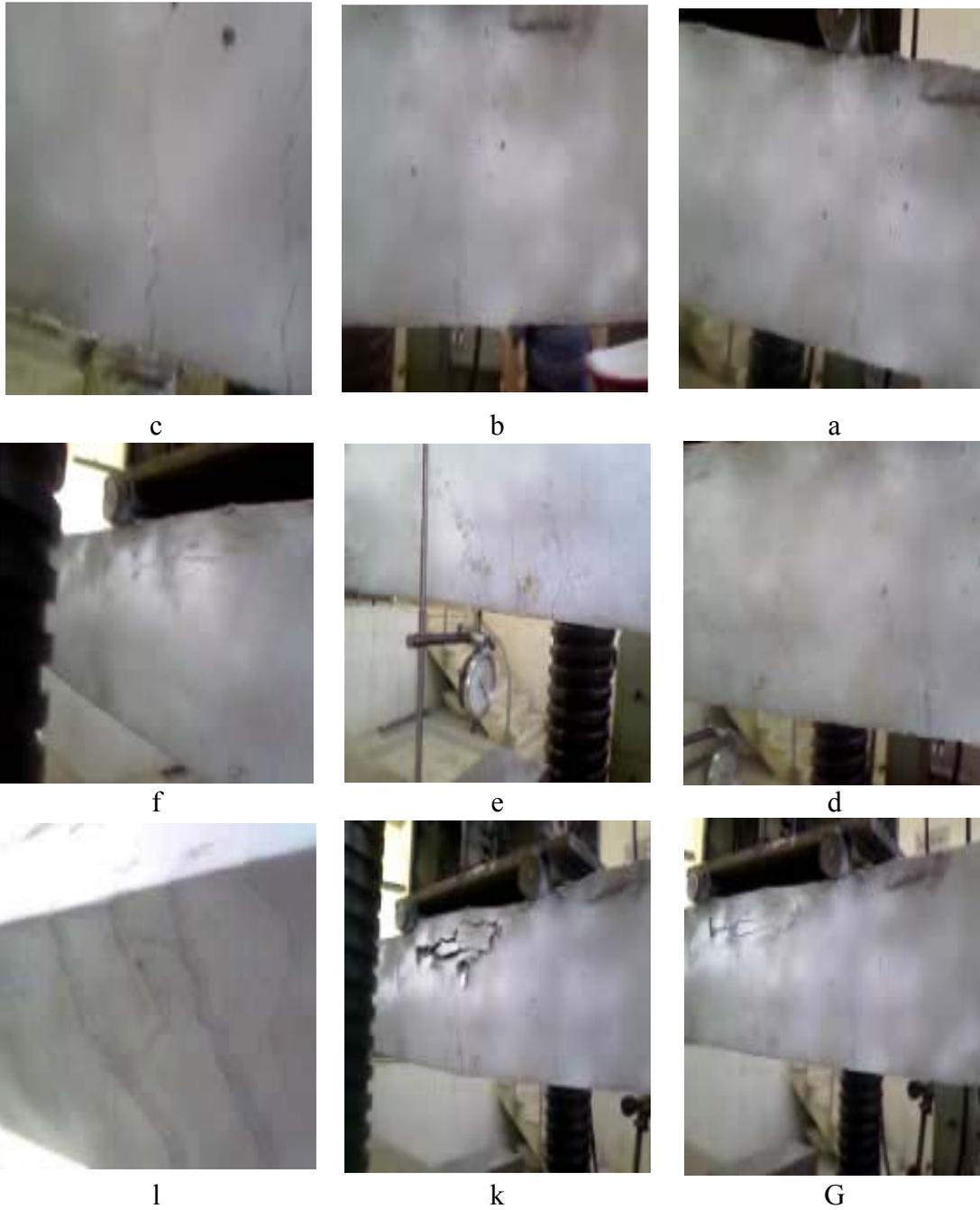


الشكل (5-4) شكل آليات الأنهيار للمجموعات G1, G2, G3



الشكل (5-5) يوضح آلية الأنهيار للجائز B1

يوضح الشكل (5-5) صور آلية الأنهيار للجائز B1 حيث أن التشققات للجائز B1 من المجموعة G1 بدأت تظهر عند الحمولة 4.5 ton و كان الأنتقال 4.37mm و بدأت التشققات بالظهور للجائز B1 من المجموعة G2 عند الحمولة 4.5ton و كان الأنتقال 4.3mm و في الجائز B1 من المجموعة G3 بدأت في الظهور عند الحمولة 5ton و كان الأنتقال 4.8mm كما هو مستنتج من التجارب .



الشكل (5-6) يوضح آلية الأنهيار للجائز B2

يوضح الشكل (5-6) صور آلية الأنهيار للجائز B2 حيث أن التشققات للجائز B2 من المجموعة G1 بدأت تظهر عند الحمولة 5.2 ton و كان الأنتقال 4.86mm و بدأت التشققات بالظهور للجائز B2 من المجموعة G2 عند الحمولة 5.3ton و كان الأنتقال 4.63mm و في الجائز B2 من المجموعة G3 بدأت في الظهور عند الحمولة 5.5ton و كان الأنتقال 4.45mm كما هو ملاحظ من التجارب التي أجريت على الجوائز .



الشكل (5-7) يوضح آلية الأنهيار للجائز B3

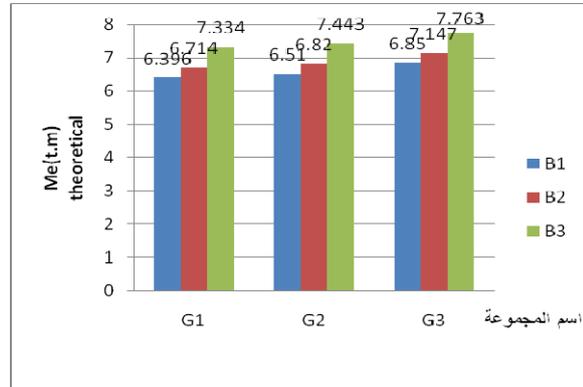
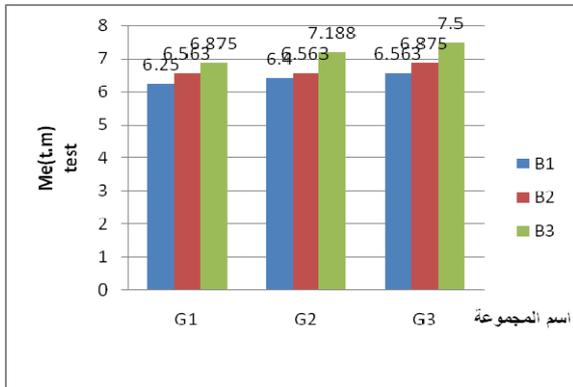
يوضح الشكل (5-7) صور آلية الأنهيار للجائز B3 حيث أن التشققات للجائز B3 من المجموعة G1 بدأت تظهر عند الحمولة 6.3 ton و كان الأنتقال 6.88mm و بدأت التشققات بالظهور للجائز B3 من المجموعة G2 عند الحمولة 6.4ton و كان الأنتقال 5.78mm و في الجائز B3 من المجموعة G3 بدأت في الظهور عند الحمولة 6.6ton و كان الأنتقال 5.33mm كما هو ملاحظ من التجارب التي أجريت على الجوائز .

٢-٥-١ المرحلة المرنة:

يوضح الجدول (١-٥) القيم النظرية و التجريبية لكل من العزم و الانتقال و نسبة زيادة العزم و نسبة نقص الانتقال الناتج عن الزيادة في سماكة الصفيحة الأفقية  $t_f$  للجائز المدروس في المرحلة المرنة .

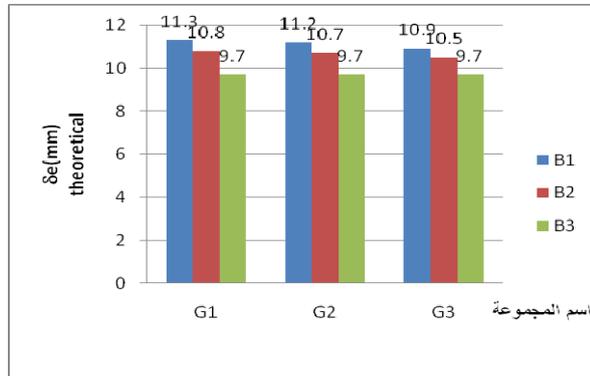
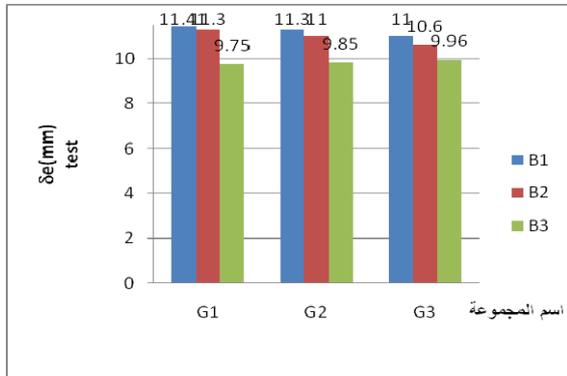
الجدول (١-٥)

المرحلة المرنة								رمز العينة	اسم المجموعة
الدراسة التجريبية				الدراسة النظرية					
نسبة نقص الانتقال %	نسبة زيادة العزم %	$\delta e$ (mm)	Me (t.m)	نسبة نقص الانتقال %	نسبة زيادة العزم %	$\delta e$ (mm)	Me (t.m)		
-	-	١١.٤١	٦.٢٥	-	-	١١.٣	٦.٣٩٦	B1	G1
١	٥	١١.٣	٦.٥٦٣	٤.٤	٥	١٠.٨	٦.٧١٤	B2	
١٤.٥	١٠	٩.٧٥	٦.٨٧٥	١٤.٢	١٥	٩.٧	٧.٣٣٤	B3	
-	-	١١.٣	٦.٤	-	-	١١.٢	٦.٥١	B1	G2
٣	٣	١١	٦.٥٦٣	٤.٥	٤.٨	١٠.٧	٦.٨٢	B2	
١٢.٨	١٢	٩.٨٥	٧.١٨٨	١٣.٤	١٤.٣	٩.٧	٧.٤٤٣	B3	
-	-	١١	٦.٥٦٣	-	-	١٠.٩	٦.٨٥	B1	G3
٤	٥	١٠.٦	٦.٨٧٥	٣.٧	٤.٣	١٠.٥	٧.١٤٧	B2	
٩.٥	١٤	٩.٩٦	٧.٥	١١	١٣.٣	٩.٧	٧.٧٦٣	B3	



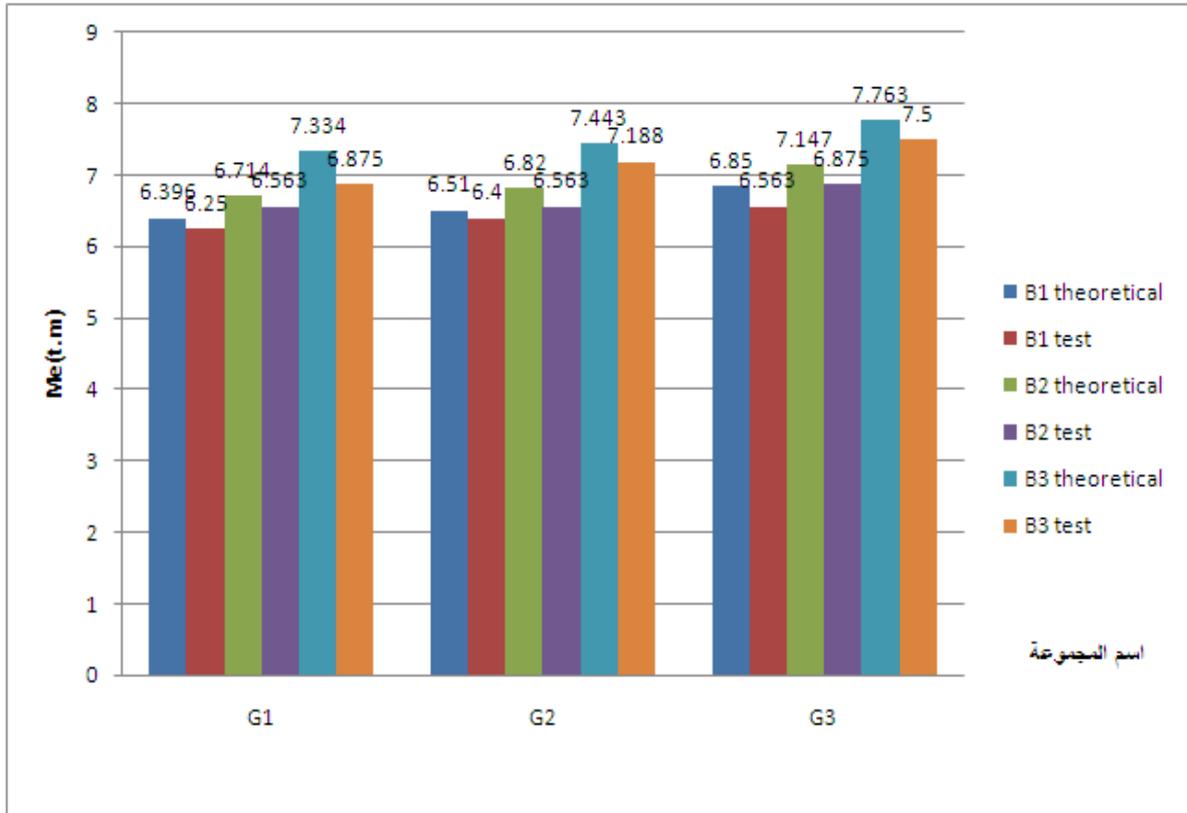
الشكل (5-9) تغيير العزم المرن التجريبي

الشكل (5-8) تغيير العزم المرن النظري

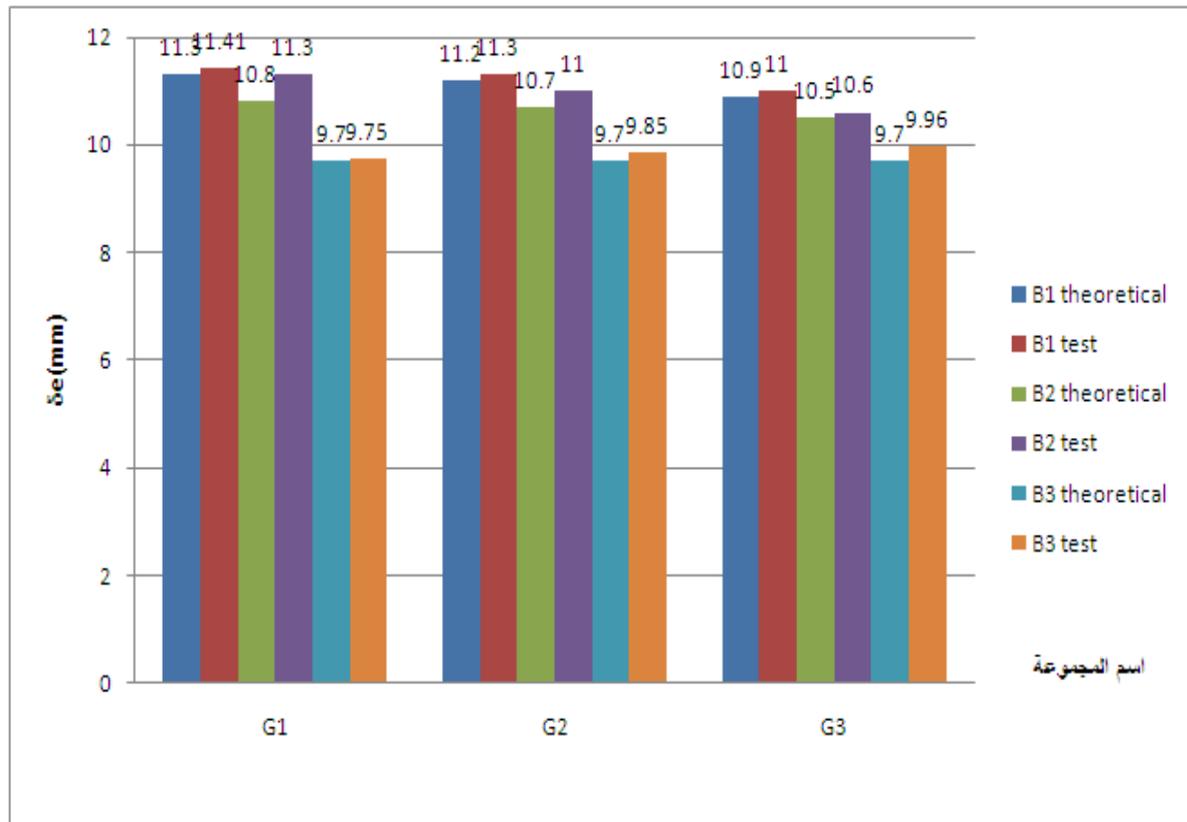


الشكل (5-11) تغيير الانتقال التجريبي

الشكل (5-10) تغيير الانتقال النظري



الشكل (5-12) تغير العزم المرن النظري و التجريبي للمجموعات G1,G2,G3



الشكل (5-13) تغير الأنتقال المرن النظري و التجريبي للمجموعات G1,G2,G3

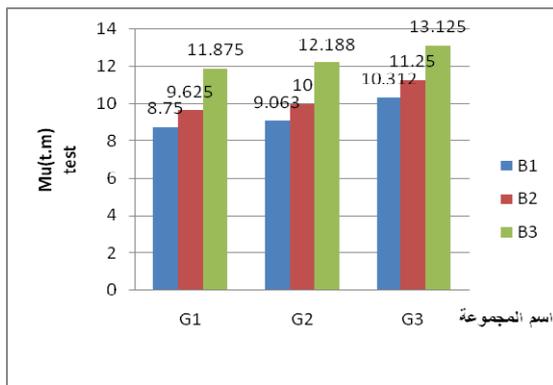
\* نلاحظ من النتائج السابقة إن التغير في سماكة الصفيحة الأفقية  $t_f$  من 8mm إلى 10mm أي بزيادة في السماكة بمعدل 25% مما أدى ذلك إلى زيادة في العزم المقاوم بمعدل 4% تقريباً و رافقه نقص في الإنتقال بمعدل 4% تقريباً و إن زيادة سماكة الصفيحة إلى 16mm أي زيادة بمعدل 100% مما أدى ذلك إلى زيادة في العزم بمعدل 14% تقريباً و أدى إلى نقص في الإنتقال بمعدل 11% تقريباً.

### ٢-٥-٢ المرحلة اللدنة:

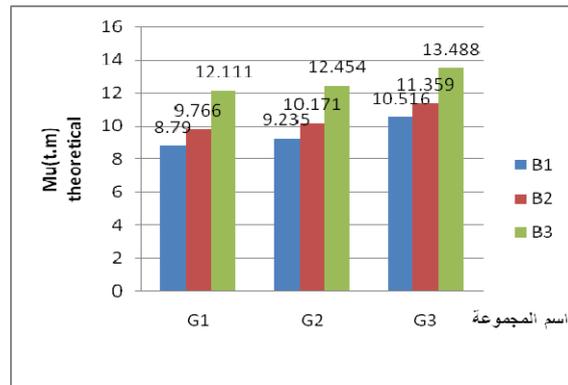
يوضح الجدول (٥-٢) قيم العزم اللدن المستنتج من العلاقات النظرية و من التجارب التي أجريت على الجوائز المختارة .

الجدول(٥-٢)

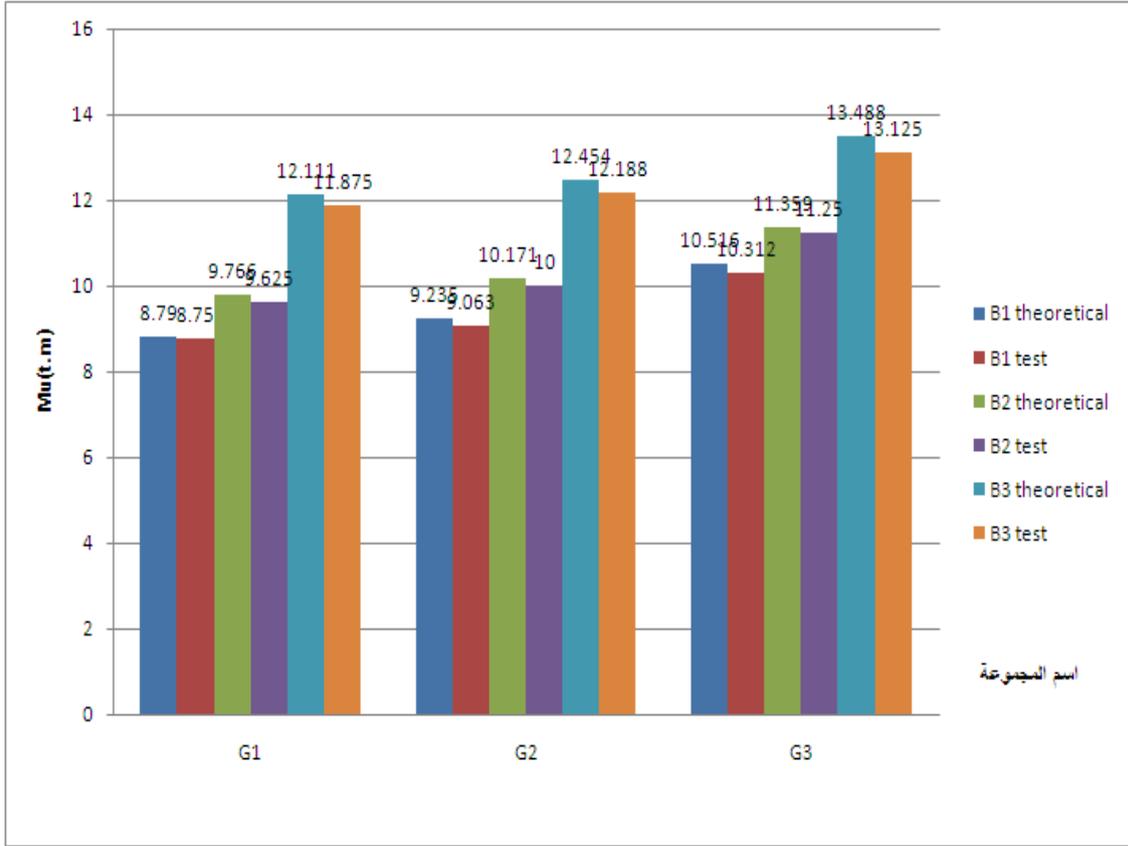
المرحلة اللدنة				رمز العينة	اسم المجموعة
الدراسة التجريبية		الدراسة النظرية			
نسبة زيادة العزم %	Mu (t.m)	نسبة زيادة العزم %	Mu (t.m)		
-	8.75	-	٨.٧٩	B1	G1
١٠	9.625	١١	٩.٧٦٦	B2	
٣٥.٧	11.875	٣٧.٨	١٢.١١١	B3	
-	9.063	-	٩.٢٣٥	B1	G2
١٠	10	١٠	١٠.١٧١	B2	
٣٤.٥	12.188	٣٤.٩	١٢.٤٥٤	B3	
-	10.312	-	١٠.٥١٦	B1	G3
٩	11.25	٨	١١.٣٥٩	B2	
٢٧.٣	13.125	٢٨.٣	١٣.٤٨٨	B3	



الشكل (5-15) تغير العزم اللدن التجريبي للمجموعات G1, G2, G3



الشكل (5-14) تغير العزم اللدن النظري للمجموعات G1, G2, G3



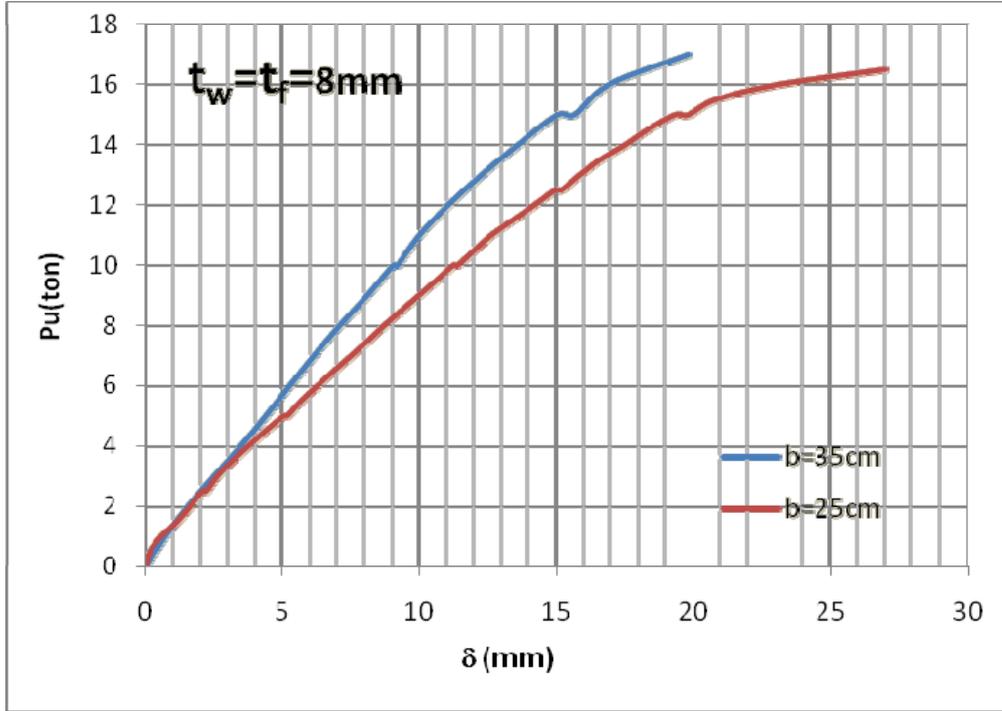
الشكل (5-16) تغير العزم اللدن النظري و التجريبي للمجموعات G1,G2,G3

\* نستنتج من النتائج السابقة في المرحلة اللدنة إن التغير في سماكة الصفيحة الأفقية  $t_f$  من 8mm إلى 10mm مما أدى ذلك إلى زيادة في العزم المقاوم لللدن  $M_u$  بمعدل ١٠% تقريباً و زيادة سماكة الصفيحة إلى 16mm أدى ذلك إلى زيادة في العزم المقاوم لللدن بمعدل ٣٠% تقريباً .

\* نلاحظ أن العزم المقاوم في المرحلة اللدنة كانت زيادته بنسبة أكبر من العزم المقاوم في المرحلة المرنة و ذلك لأن الجائز يخرج من الحالة المرنة عند انهيار إحدى المادتين المركبتين للجائز أما في الحالة اللدنة فيعتمد على مبدأ أن الجائز المركب تتلدن لافة المواد الوئلفة له في آن واحد.

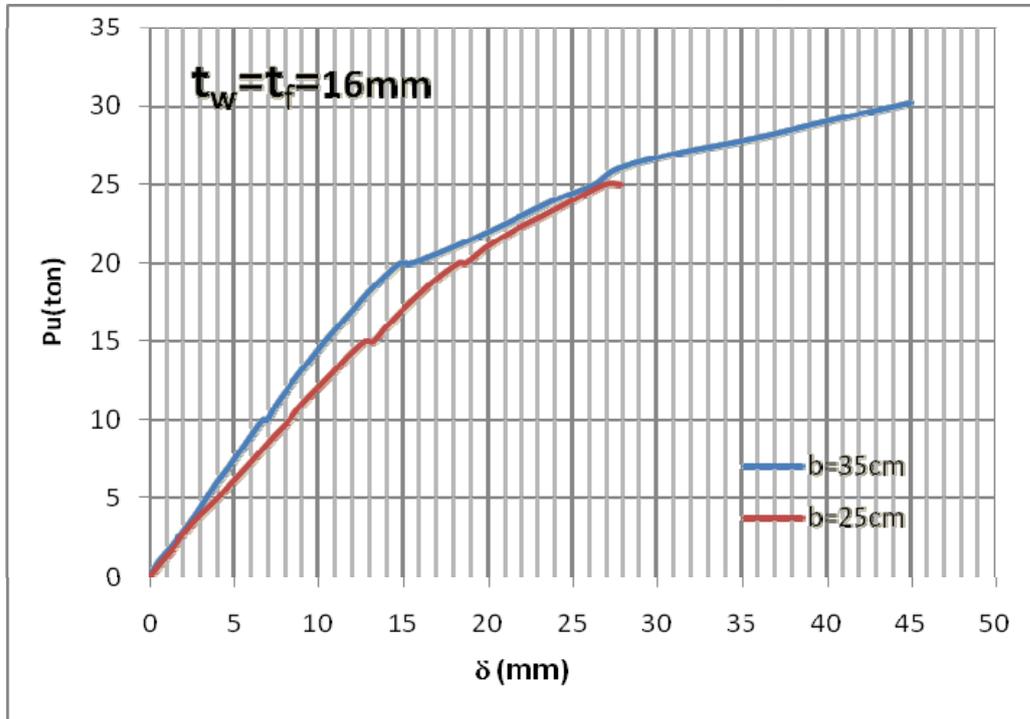
٣-٥ دراسة تأثير التغير في عرض المقطع المركب المغلف **b** :

توضح المنحنيات التالية العلاقات بين القوى المطبقة على الجائز و الأنتقال المتشكل .



الشكل (5-17) العلاقة بين القوة و الأنتقال تحت تأثير تغير

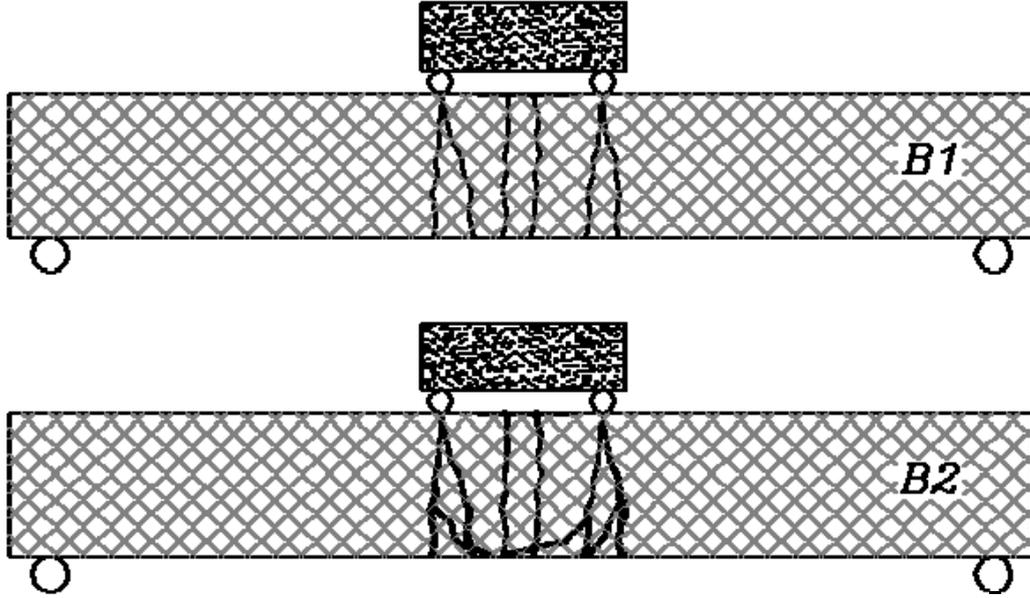
عرض المقطع **b** لأجل  $t_f = t_w = 8\text{mm}$  و  $H=25\text{cm}$  المجموعة (G4)



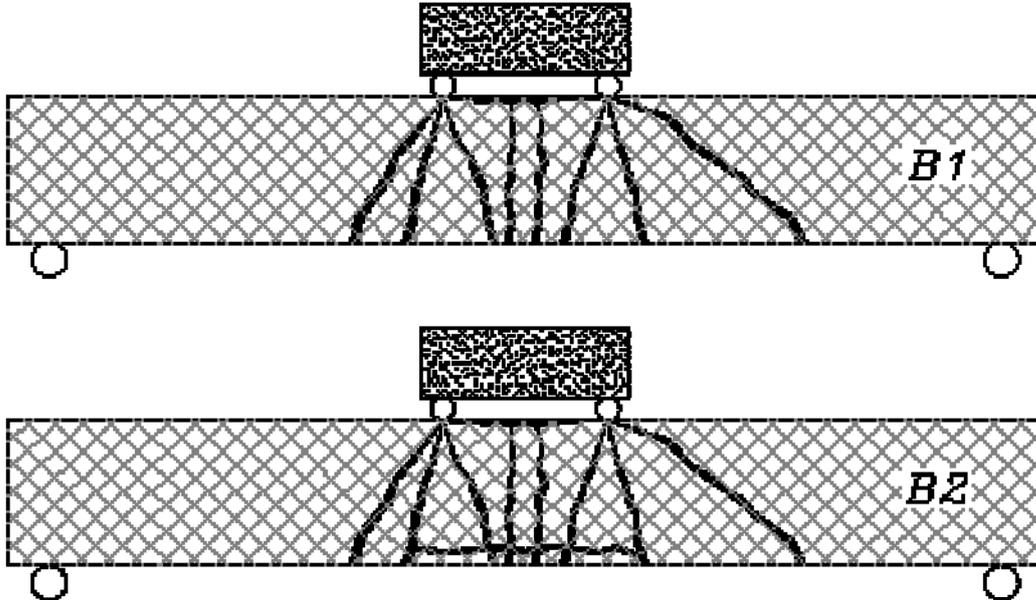
الشكل (5-18) العلاقة بين القوة و الأنتقال تحت تأثير تغير

عرض المقطع **b** لأجل  $t_f = t_w = 16\text{mm}$  و  $H=25\text{cm}$  المجموعة (G5)

نلاحظ من المنحنيات السابقة إن التغير في عرض المقطع المدروس يؤثر في آلية الإنهيار للجائز المركب حيث أن التشققات الطولية المتشكلة في الجائز يزداد عرضها و تبدأ التشققات تأخذ شكل عرضي و تستمر حتى ينهار البيتون في منطقة الشد للجائز كما هو موضح في الشكل (19-5) ، (20-5) .



الشكل (19-5) يوضح آلية الأنهيار للمجموعة G4

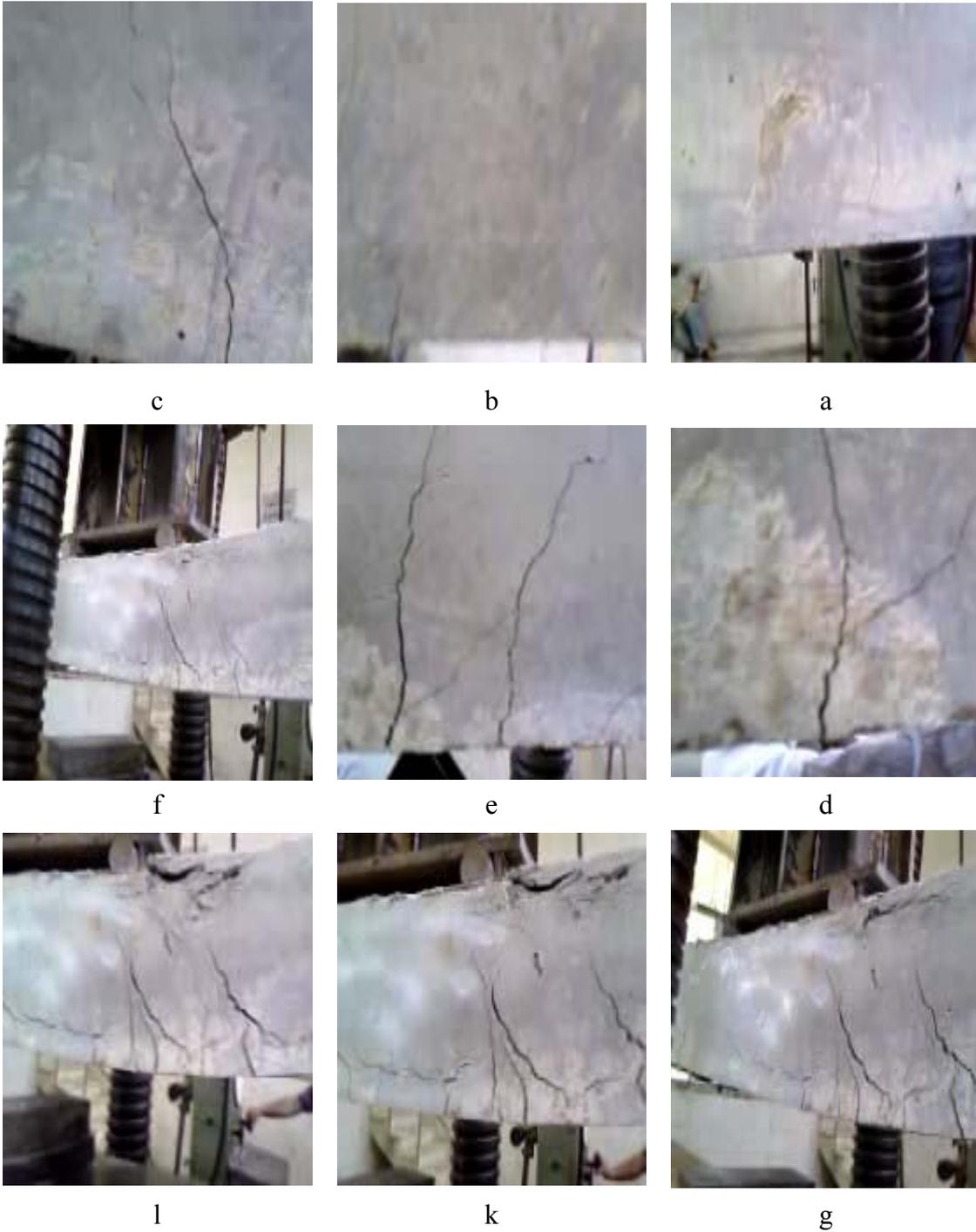


الشكل (20-5) يوضح آلية الأنهيار للمجموعة G5



الشكل (5-21) يوضح آلية الأنهيار للجائز B2 للمجموعة G4

يوضح الشكل (5-5) و الشكل (5-21) آلية الأنهيار للمجموعة G4 حيث تظهر التغير في شكل التشققات المتشكلة في الجائز التجريبي و نلاحظ أن القوة التي يتشقق عندها الجائز B1 من المجموعة G4 هي 4.5ton و كان الأنتقال عندها 4.37mm و القوة التي يتشقق عندها الجائز B2 من المجموعة G4 هي 6.7ton و كان الأنتقال عندها 5.6mm كما هو مستنتج من التجارب.



الشكل (5-22) يوضح آلية الأنهيار للجائز B2 للمجموعة G5

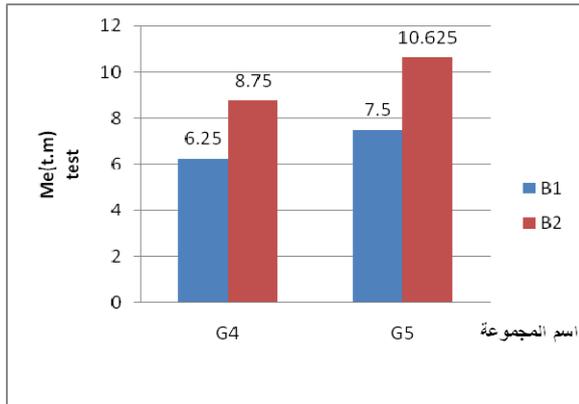
يوضح الشكل (5-7) و الشكل (5-22) شكل آلية الأنهيار للمجموعة G5 و نلاحظ من التجارب التي أجريت على الجوائز أن القوة التي يتشقق عندها الجائز B1 هي 6.6ton و كان الأنتقال 5.33mm و القوة التي تبدأ فيها ظهور التشققات للجائز B2 هي 8.7ton و كان الأنتقال 5.71mm و مما هو ملاحظ من التجارب .

1-5-3 المرحلة المرنة:

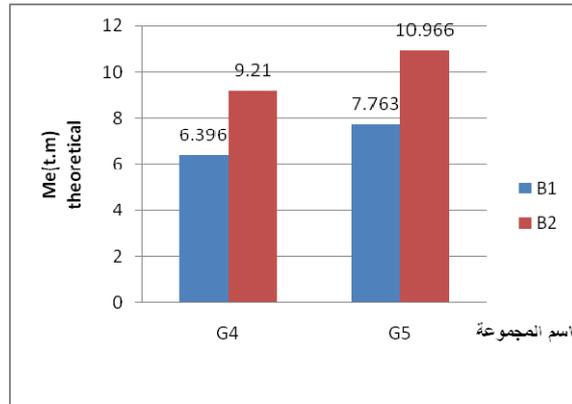
يوضح الجدول (5-3) القيم النظرية و التجريبية لكل من العزم و الأنتقال و نسبة زيادة العزم و نسبة نقص الأنتقال الناتج عن الزيادة في عرض المقطع b للجائز المدروس في المرحلة المرنة .

الجدول (5-3)

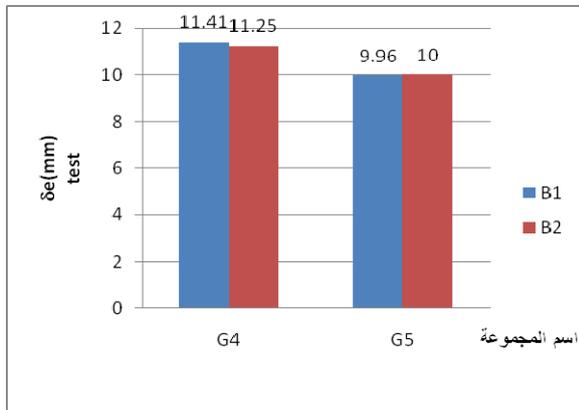
المرحلة المرنة								رمز العينة	اسم المجموعة
الدراسة التجريبية				الدراسة النظرية					
نسبة نقص الأنتقال %	نسبة زيادة العزم %	$\delta e$ (mm)	Me (t.m)	نسبة نقص الأنتقال %	نسبة زيادة العزم %	$\delta e$ (mm)	Me (t.m)		
-	-	11.41	6.25	-	-	11.3	6.396	B1	G4
1.4	40.0	11.25	8.75	3.5	44.0	10.9	9.21	B2	
-	-	9.96	7.5	-	-	9.7	7.763	B1	G5
0.4-	41.7	10	10.63	4.1	41.3	9.3	10.966	B2	



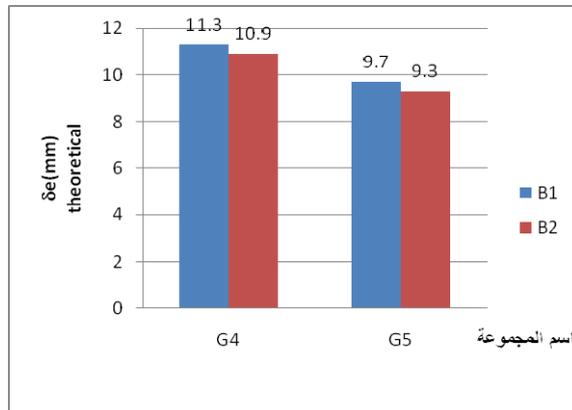
الشكل (5-24) تغيير العزم المرن التجريبي للمجموعات G4,G5



الشكل (5-23) تغيير العزم المرن النظري للمجموعات G4,G5

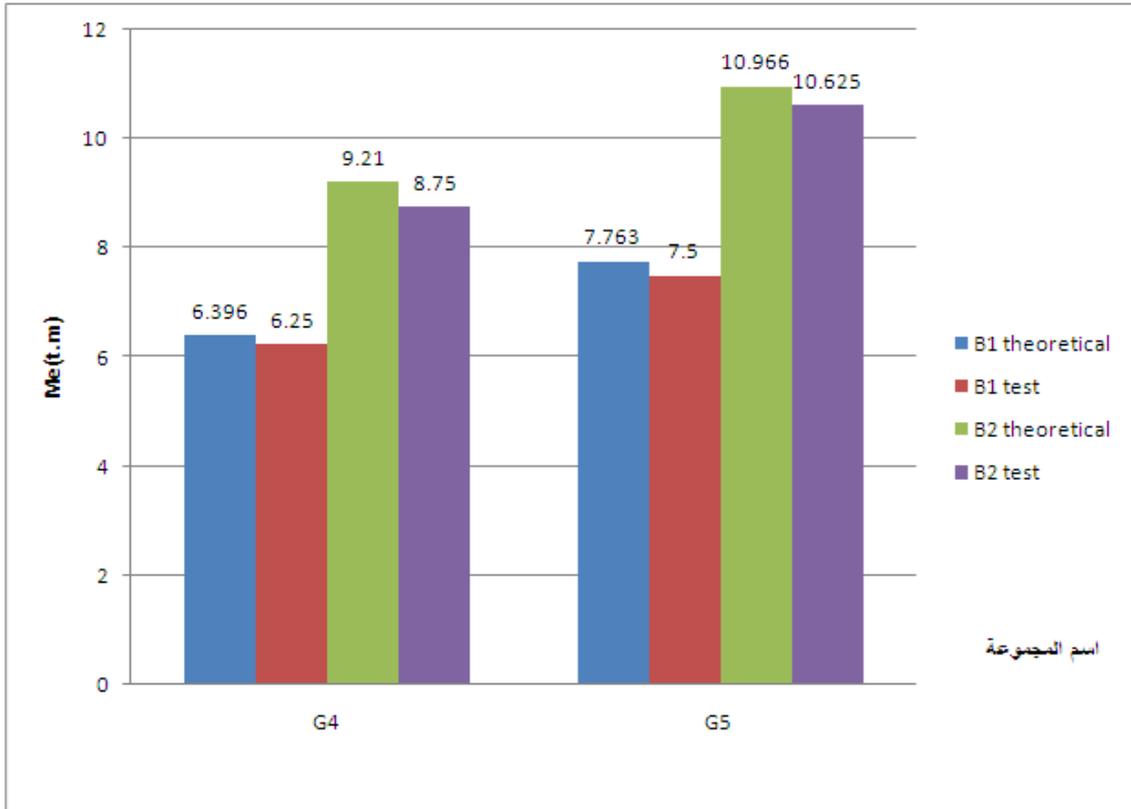


الشكل (5-26) تغيير الأنتقال التجريبي

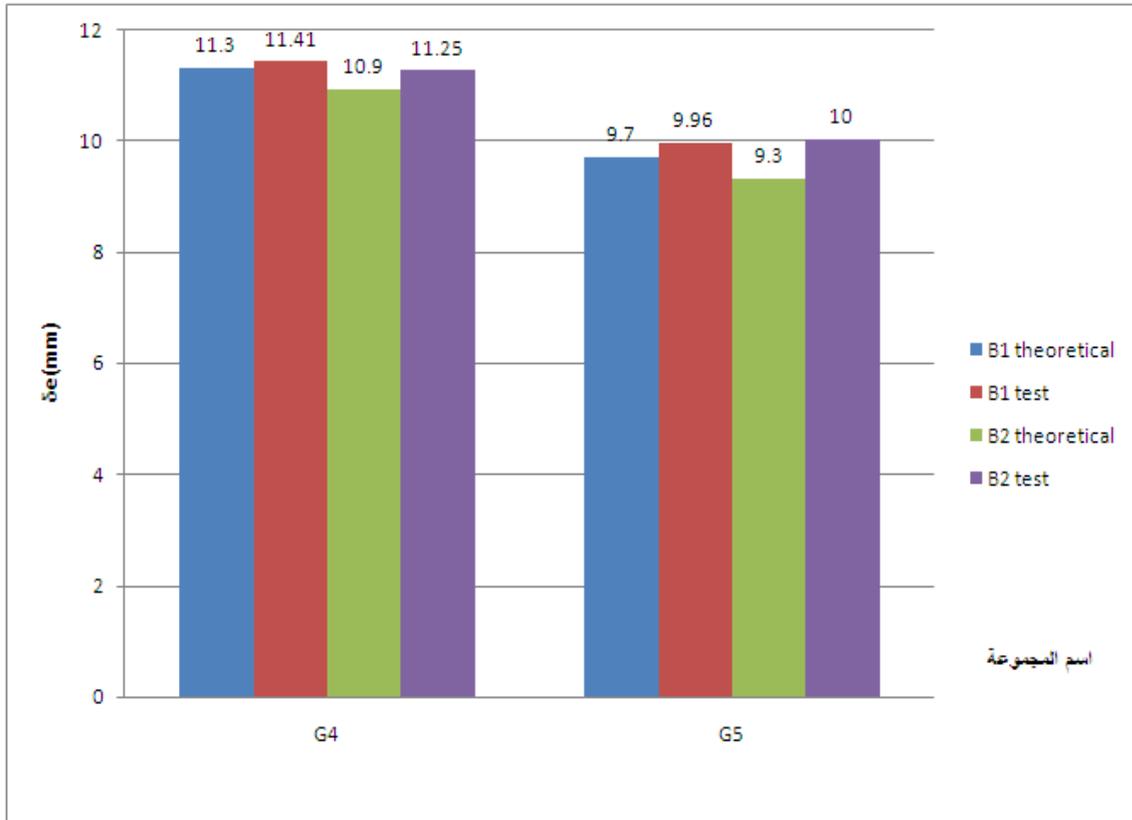


الشكل (5-25) تغيير الأنتقال النظري للمجموعات G4,G5

للمجموعات G4,G5



الشكل (5-27) تغيير العزم المرن النظري و التجريبي للمجموعات G4,G5



الشكل (5-28) تغير الأنتقال النظري و التجريبي للمجموعات G4,G5

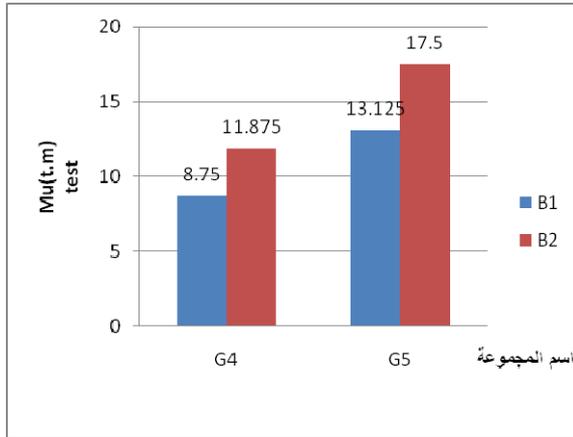
\* نستنتج من الجدول و المنحنيات السابقة أن التغير في عرض المقطع للجائز التجريبي المختار بقدر 10cm أي بمعدل زيادة 40% أدى ذلك إلى زيادة في العزم المقاوم للجائز بنسبة 40% و ترافق ذلك تغير طفيف في الأنتقال الناتج عن الزيادة في عرض الجائز و ذلك في المرحلة المرنة الجائز المدروس .

### 2-5-3 المرحلة اللدنة:

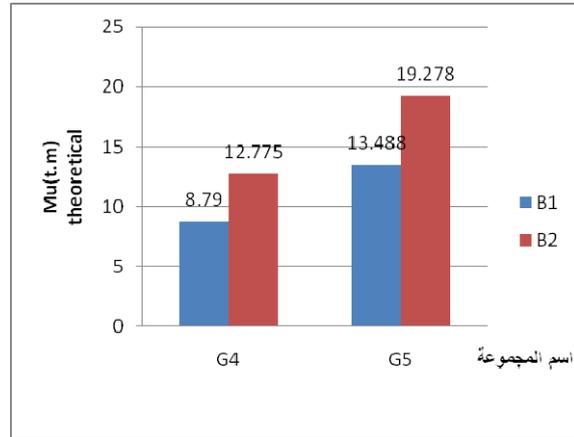
يوضح الجدول (5-4) قيم العزم اللدن المستنتج من العلاقات النظرية و من التجارب التي أجريت على الجوائز المختارة .

الجدول (5-4)

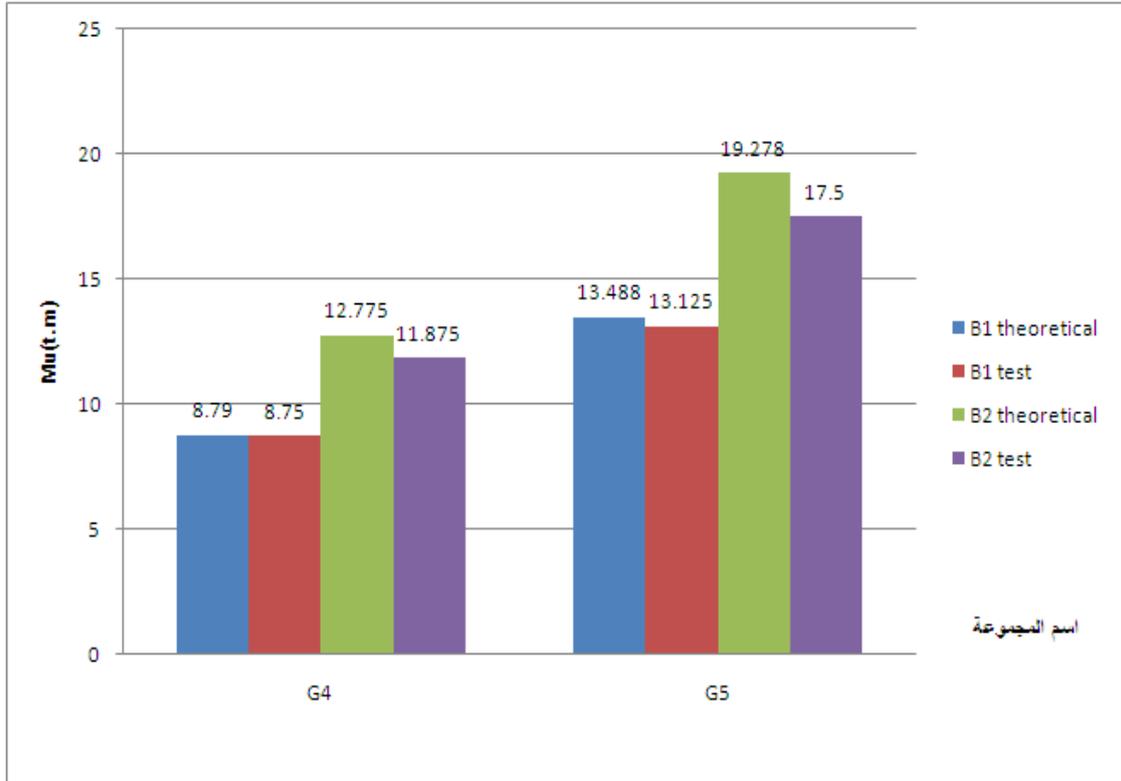
المرحلة اللدنة				رمز العينة	اسم المجموعة
الدراسة التجريبية		الدراسة النظرية			
نسبة زيادة العزم %	Mu (t.m)	نسبة زيادة العزم %	Mu (t.m)		
-	8.75	-	٨.٧٩	B1	G4
٣٥.٧	11.875	٤٥.٣	١٢.٧٧٥	B2	
-	13.125	-	١٣.٤٨٨	B1	G5
٣٣.٣	17.5	٤٢.٩	١٩.٢٧٨	B2	



الشكل (4-30) تغير العزم اللدن التجريبي للمجموعات G4,G5



الشكل (5-29) تغير العزم اللدن النظري للمجموعات G4,G5

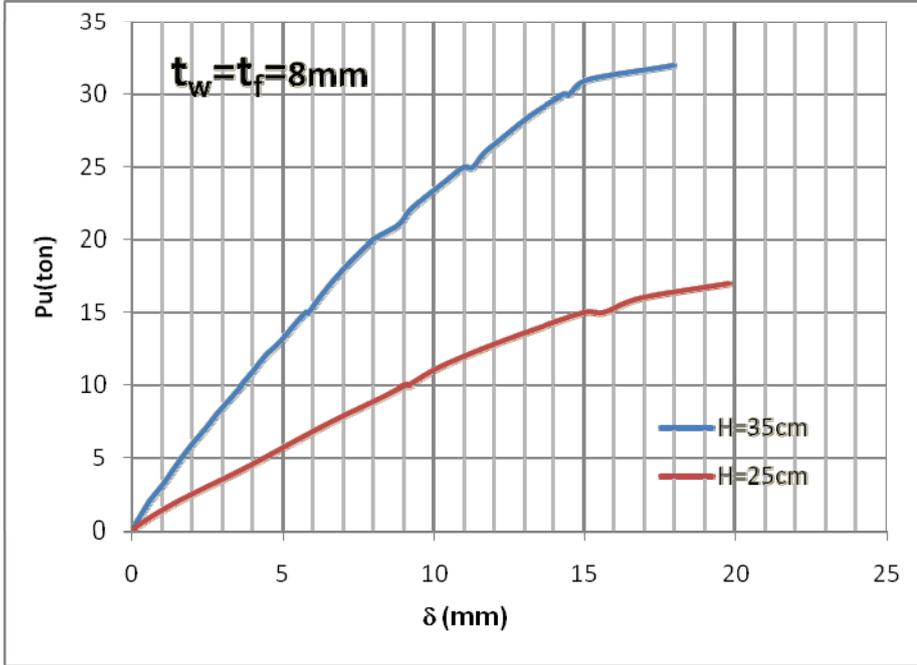


الشكل (4-31) تغيير العزم اللدن النظري و التجريبي للمجموعات G4,G5

\* نلاحظ من النتائج السابقة أن قيمة العزم المقاوم للجائز المركب المغلف تزداد بزيادة عرض المقطع العرضي للجائز فإن زيادة عرض المقطع بنسبة % ٤٠ أدى إلى زيادة في العزم المقاوم بنفس النسبة تقريباً كما هو ملاحظ في الحالة المرنة للجائز المدروس و نستنتج من ذلك أن الزيادة في عرض الجائز أدى إلى زيادة في العزم المقاوم للجائز المدروس بنفس النسبة في الحالتين المرنة و اللدن للجائز .

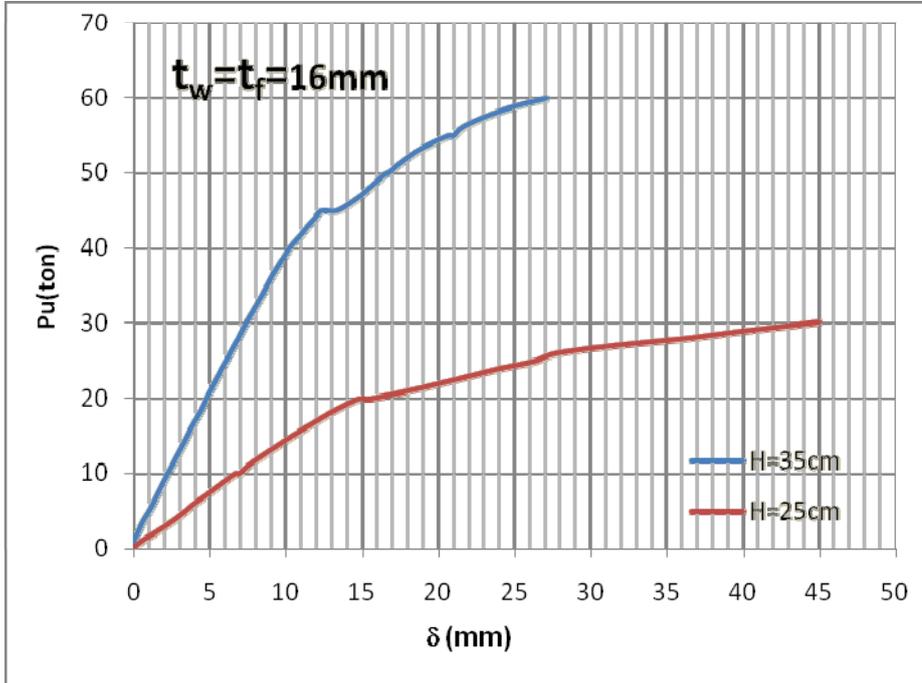
٤-٥ دراسة تأثير التغير في ارتفاع المقطع المركب المغلف  $H$  :

توضح المنحنيات التالية العلاقات بين القوى المطبقة على الجائز و الأنتقال المتشكل .



الشكل (5-32) العلاقة بين القوة و الأنتقال تحت تأثير تغير

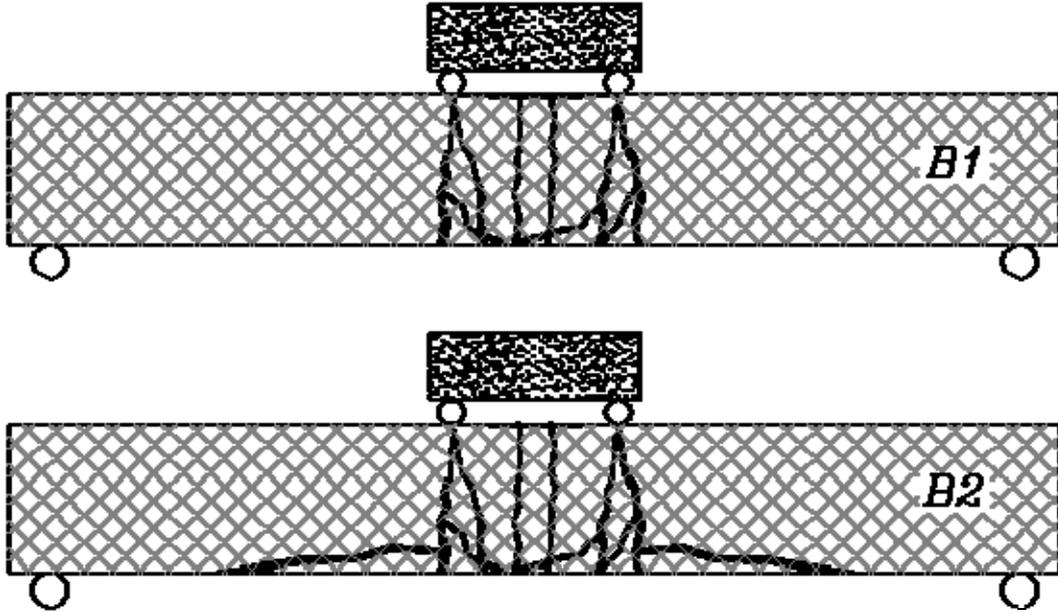
عرض المقطع  $b$  لأجل  $t_f = t_w = 8mm$  و  $b=35cm$  المجموعة (G6)



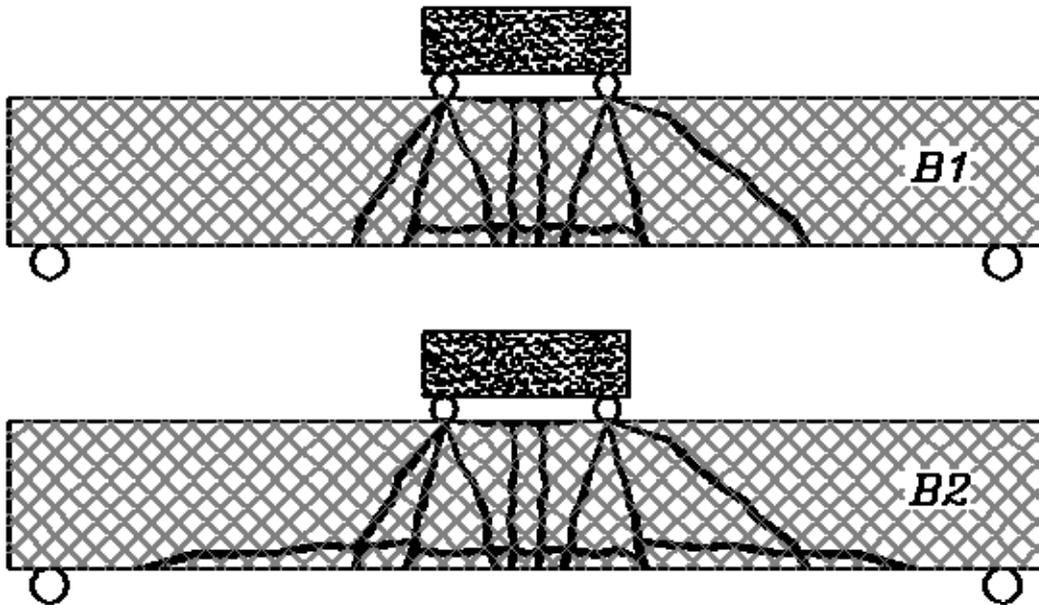
الشكل (5-33) العلاقة بين القوة و الأنتقال تحت تأثير تغير

عرض المقطع  $b$  لأجل  $t_f = t_w = 16mm$  و  $b=35cm$  المجموعة (G7)

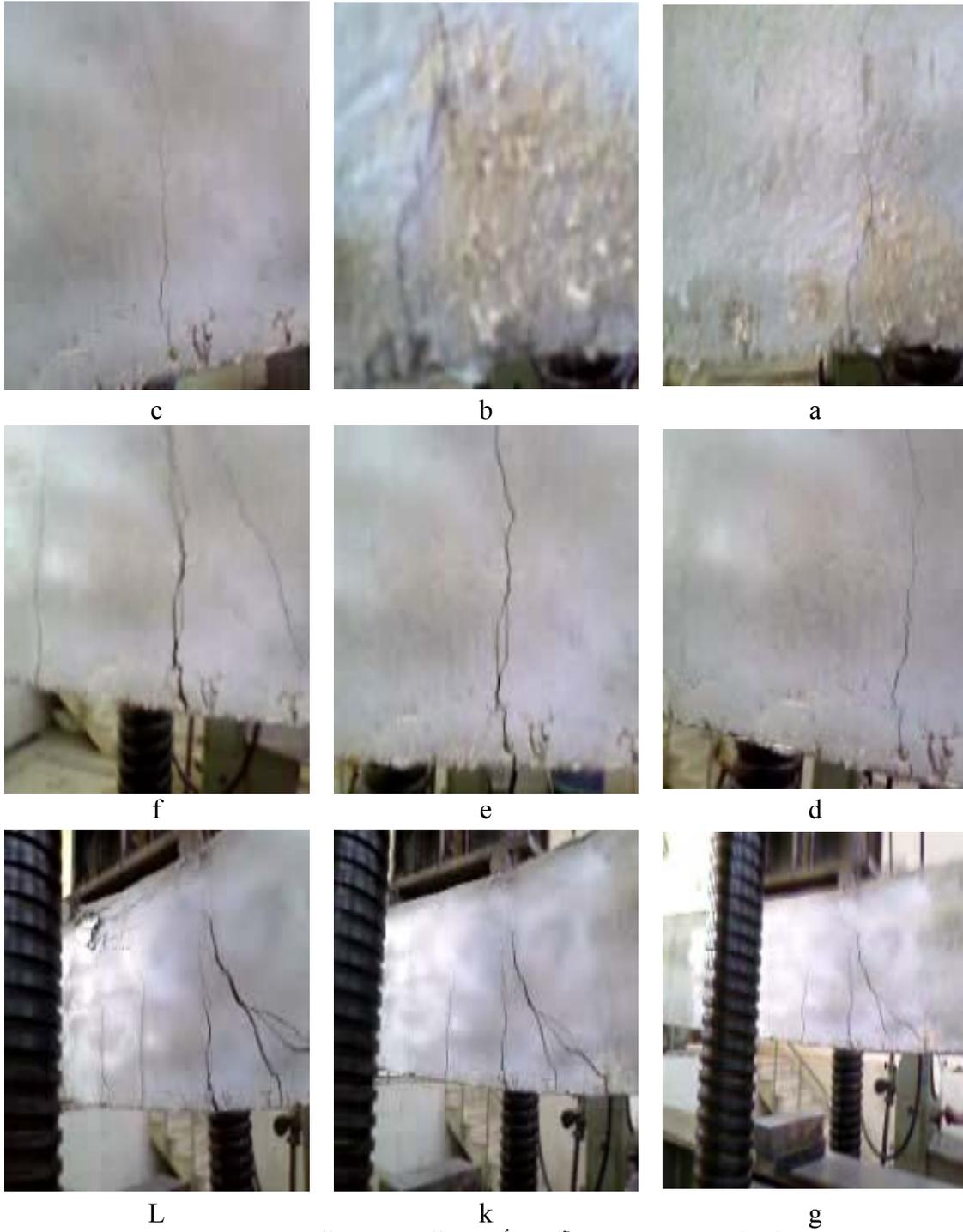
نلاحظ من المنحنيات السابقة أن آلية الأنهيـار للجائز المدروس تختلف بتغير ارتفاع المقطع العرضي للجائز حيث أن التشققات المتشكلة في الجائز B1 للمجموعتين المدروستين G6 و G7 تكون متمركزة بين نقطتي التحميل بينما في الجائز B2 تبدأ بالانتشار على طول الجائز كما هو موضح في الشكل (5-34) و الشكل (5-35) .



الشكل (5-34) يوضح آلية الأنهيـار للمجموعة G6



الشكل (5-35) يوضح آلية الأنهيـار للمجموعة G7



الشكل (5-36) يوضح آلية الأنهييار للجائز B2 للمجموعة G6

نلاحظ من التجارب السابقة أن الجائز B1 من المجموعة G6 بدأت تظهر فيه التشققات عند الحمولة 6.7ton و كان الأنتقال 5.33mm و أن الجائز B2 من نفس المجموعة بدأت التشققات بالظهور عند الحمولة 12ton و كان الأنتقال 4.41mm و نستنتج من ذلك أن الزيادة في ارتفاع الجائز المركب المغلف أدى إلى زيادة في الحمولة التي بدأت فيها التشققات في الظهور و نقص قيمة الأنتقال الناتج .



الشكل (5-37) يوضح آلية الأنهيار للجائز B2 للمجموعة G7

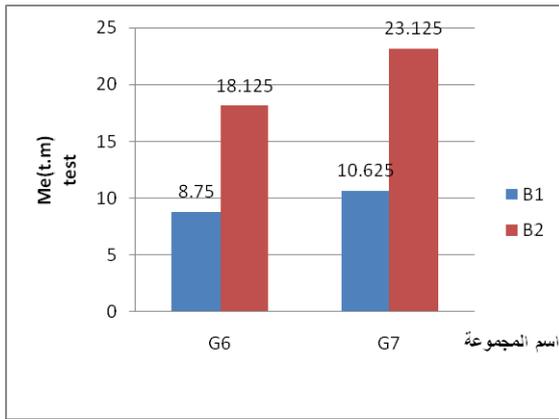
تبيين الأشكال (5-22) و (5-37) مراحل تشكل التشققات في المجموعة G7 للجائز التجريبي المدروس حيث أن التشققات في الجائز B1 بدأت في الظهور عند الحمولة 8.7ton و كان الانتقال 5.71mm أما في الجائز B2 فبدأت في الظهور عند الحمولة 15ton و كان الانتقال 3.55mm أي أن الزيادة في الارتفاع أدى إلى زيادة في القوة المقاومة للتشققات و نقص الانتقال المتشكل .

٤-٥-1 المرحلة المرنة:

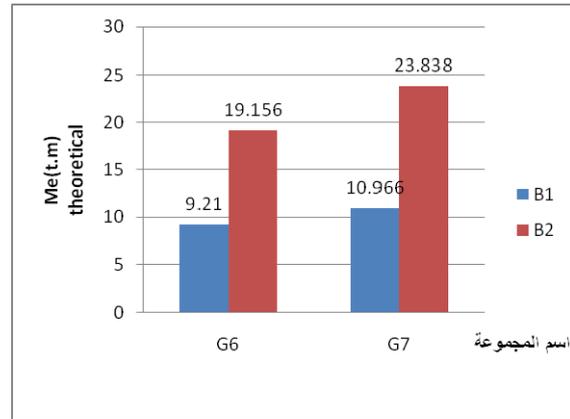
يوضح الجدول (5-5) القيم النظرية و التجريبية لكل من العزم و الأنتقال و نسبة زيادة العزم و نسبة نقص الأنتقال الناتج عن الزيادة في ارتفاع المقطع **H** للجائز المدروس في المرحلة المرنة .

الجدول (٥-٥)

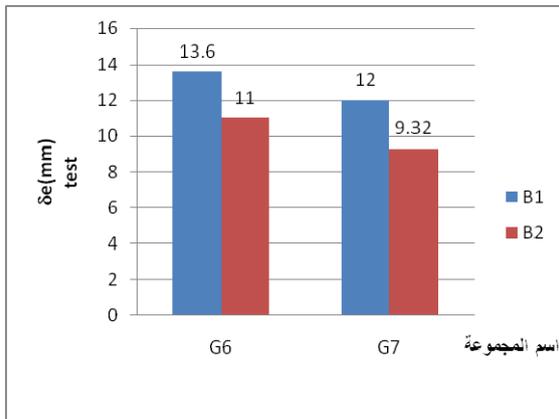
المرحلة المرنة								رمز العينة	اسم المجموعة
الدراسة التجريبية				الدراسة النظرية					
نسبة نقص الأنتقال %	نسبة زيادة العزم %	$\delta e$ (mm)	Me (t.m)	نسبة نقص الأنتقال %	نسبة زيادة العزم %	$\delta e$ (mm)	Me (t.m)		
-	-	١٣.٦	٨.٧٥	-	-	١٠.٩	٩.٢١	B1	G6
١٩.١	١٠٧.١	١١	١٨.١٢٥	٢٥.٧	١٠٨.٠	٨.١	١٩.١٥٦	B2	
-	-	١٢	١٠.٦٢٥	-	-	٩.٣	١٠.٩٦٦	B1	G7
٢٢.٣	١١٧.٦	٩.٣٢	٢٣.١٢٥	٢٦.٩	١١٧.٤	٦.٨	٢٣.٨٣٨	B2	



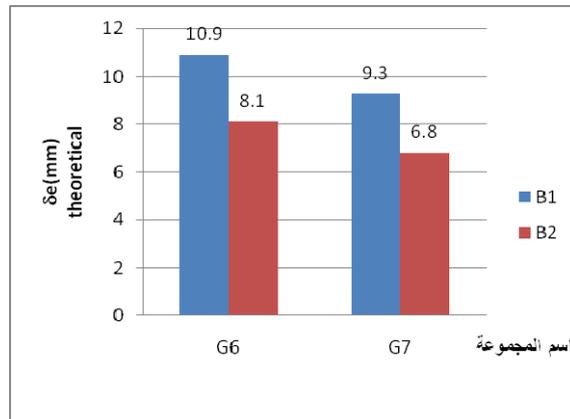
الشكل (5-39) تغير العزم المرن التجريبي للمجموعات G6,G7



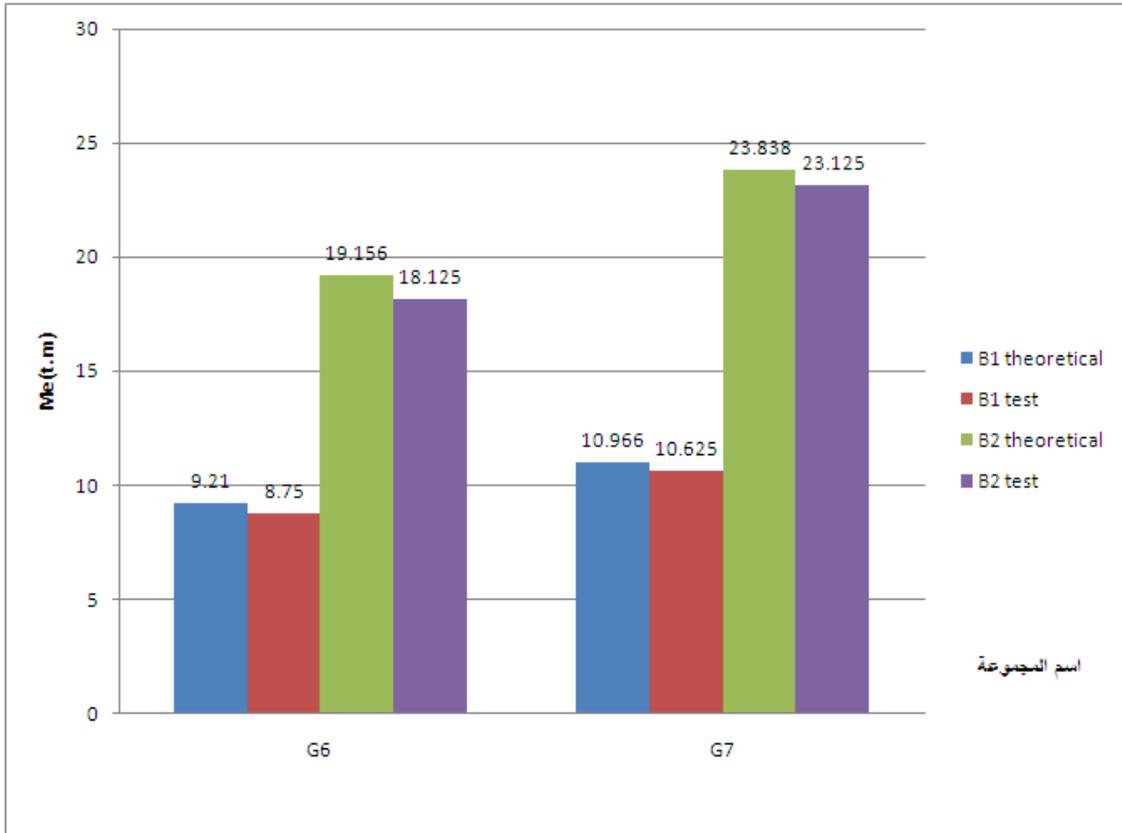
الشكل (5-38) تغير العزم المرن النظري للمجموعات G6,G7



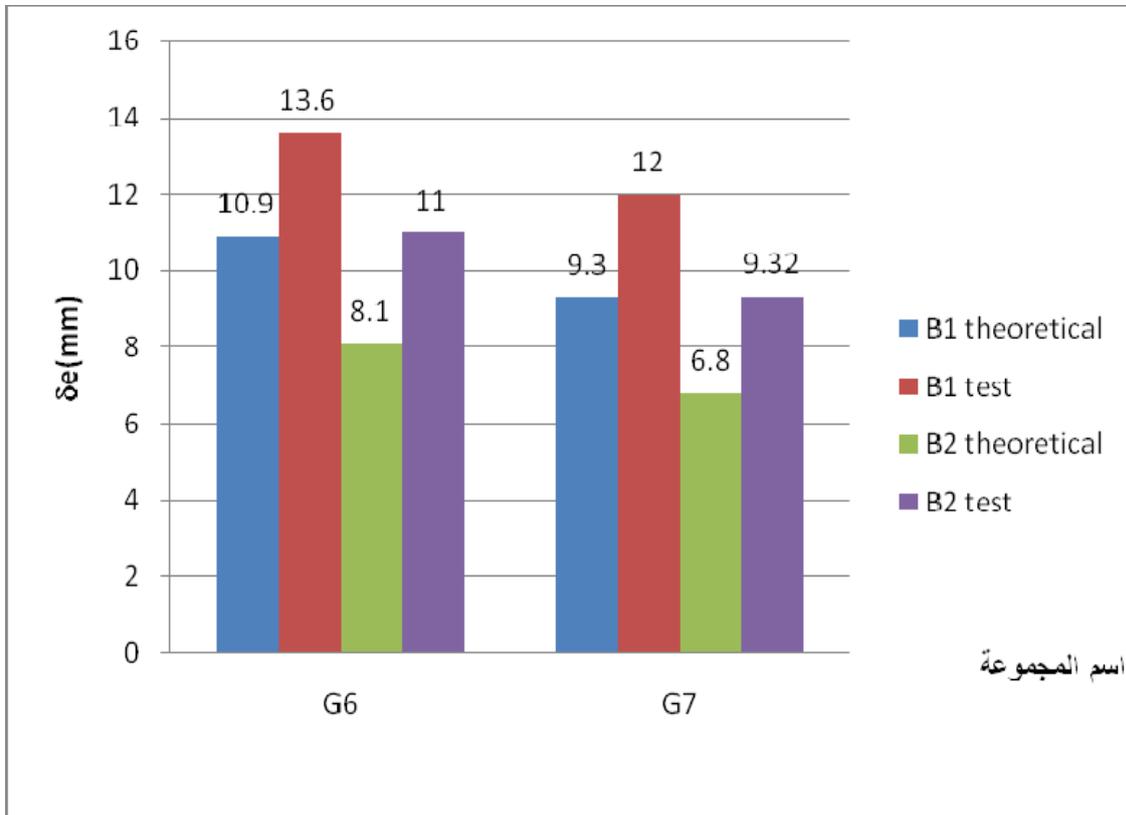
الشكل (5-41) تغير الأنتقال التجريبي للمجموعات G6,G7



الشكل (5-40) تغير الأنتقال النظري للمجموعات G6,G7



الشكل (5-42) تغير العزم المرن النظري و التجريبي للمجموعات G6,G7



الشكل (5-43) تغير الأنتقال النظري و التجريبي للمجموعات G6,G7

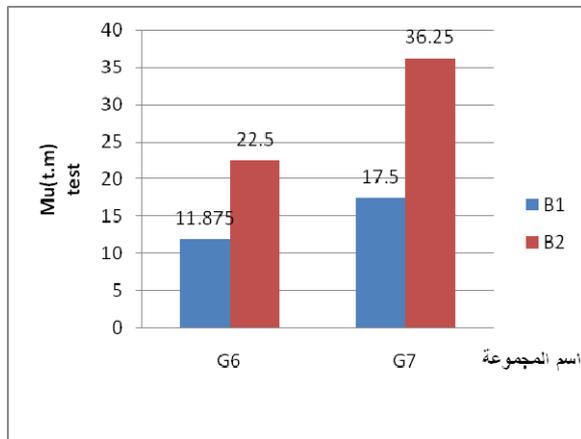
\* نستنتج من الجدول و الرسوم البيانية السابقة أن التغير في ارتفاع المقطع للجائز التجريبي المختار بقدر 10cm أي بمعدل زيادة 40% أدى ذلك إلى زيادة في العزم المقاوم للمقطع المركب للجائز بنسبة تزيد عن 100% و ترافق ذلك نقص في الانتقال الناتج عن الزيادة في ارتفاع المقطع بنسبة تزيد عن 20% تقريباً و ذلك في المرحلة المرنة للجائز المدروس .

#### ٤-٥-2 المرحلة اللدنة:

يوضح الجدول (٥-٦) قيم العزم اللدن المستنتج من العلاقات النظرية و من التجارب التي أجريت على الجوائز المختارة .

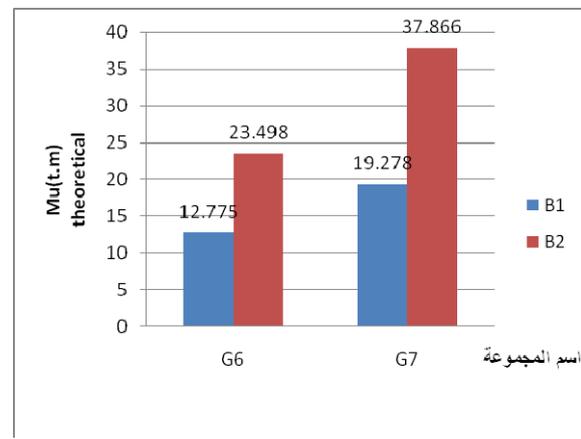
الجدول (٥-٦)

المرحلة اللدنة				رمز العينة	اسم المجموعة
الدراسة التجريبية		الدراسة النظرية			
نسبة زيادة العزم %	Mu (t.m)	نسبة زيادة العزم %	Mu (t.m)		
-	11.875	-	١٢.٧٧٥	B1	G6
٨٩.٥	22.5	٨٣.٩	٢٣.٤٩٨	B2	
-	17.5	-	١٩.٢٧٨	B1	G7
١٠٧.١	36.25	٩٦.٤	٣٧.٨٦٦	B2	



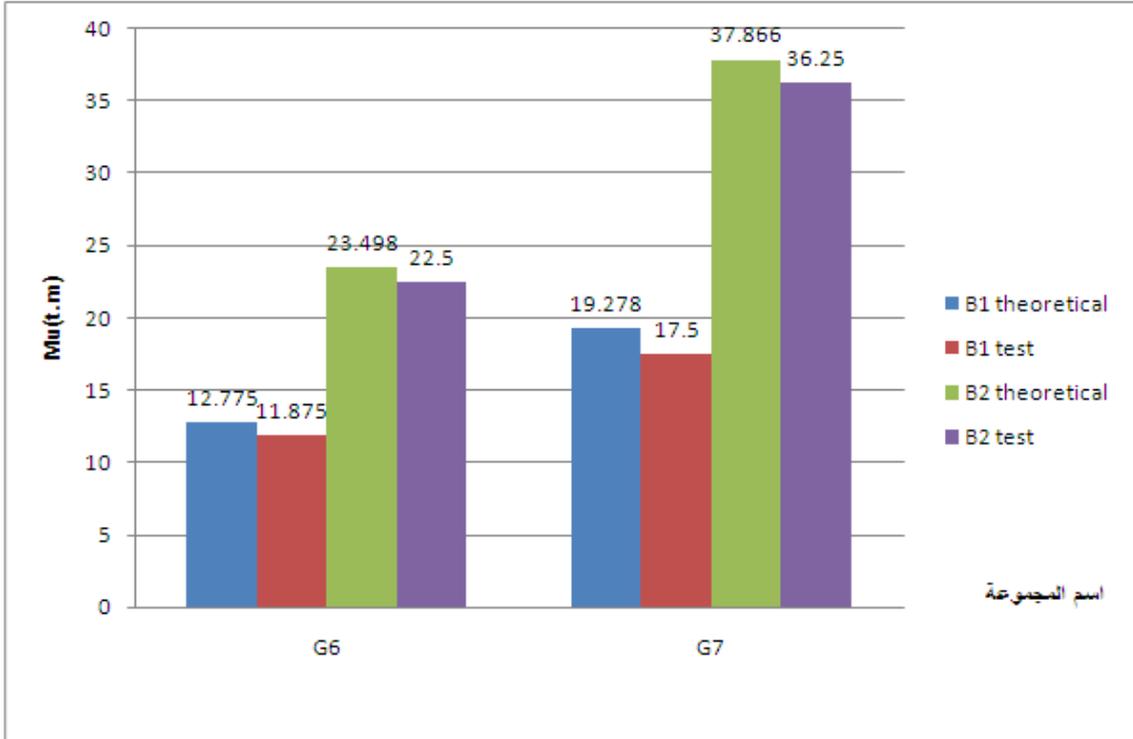
الشكل (5-45) تغير العزم اللدن التجريبي

للمجموعات G6,G7



الشكل (5-44) تغير العزم اللدن النظري

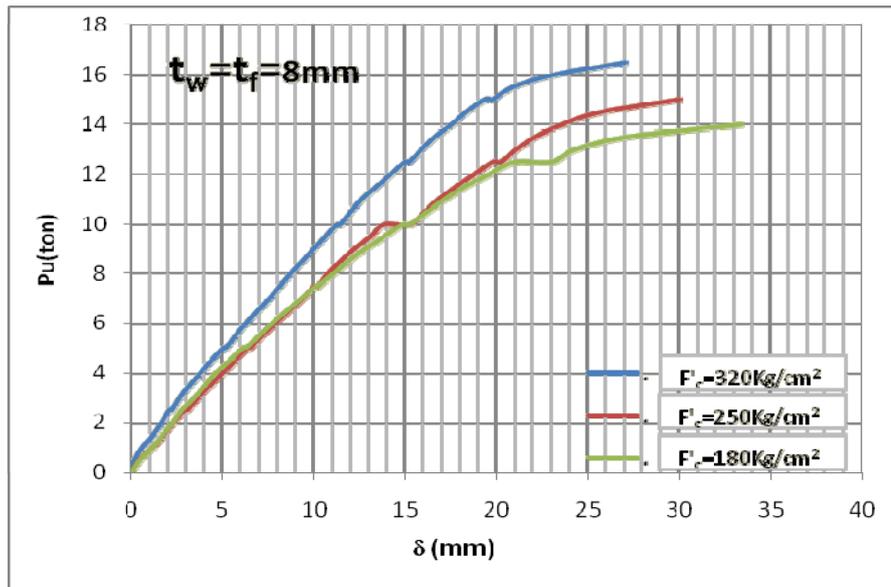
للمجموعات G6,G7



الشكل (5-46) تغير العزم اللدن النظري و التجريبي للمجموعات G6,G7

\* نلاحظ من النتائج السابقة أن قيمة العزم المقاوم للجائز المركب المغلف تتغير بتغير ارتفاع المقطع العرضي للجائز التجريبي حيث أن زيادة ارتفاع المقطع بنسبة ٤٠% نتجى عنه زيادة في العزم في المرحلة اللدنة بنسبة 100% تقريباً.

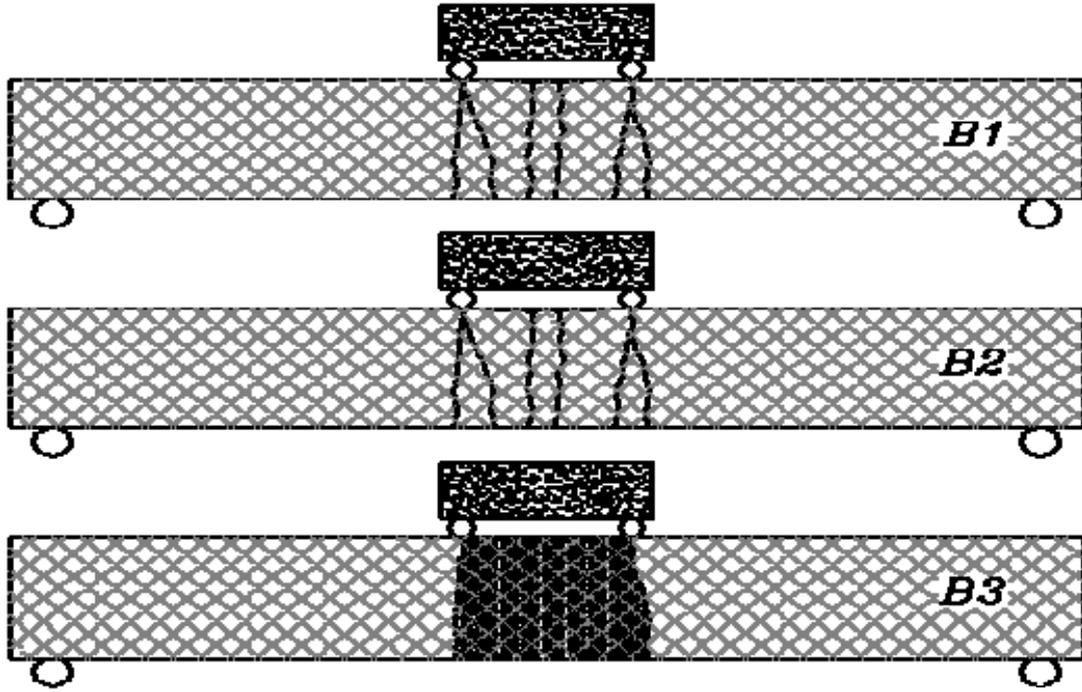
### 5-5 دراسة تأثير التغير في مقاومة للبيتون $f'_c$ :



الشكل (5-47) العلاقة بين القوة و الأنتقال تحت تأثير

تغير مقاومة البيتون  $f'_c$  و  $t_f = t_w = 8\text{mm}$  و  $H=b=25\text{cm}$  المجموعة (G8)

نلاحظ من المنحني الموضح في الشكل (5-47) أن سلوك الجائز المركب المغلف يتغير بتغير مقاومة البيتون المغلف للجائز المعدني و كذلك فإن آلية الأنهيار للجائز تتأثر بتغير مقاومة البيتون المغلف للجائز المعدني و لكن حسب نسبة التغير فإن انخفاض مقاومة البيتون من  $320\text{Kg/cm}^2$  إلى  $250\text{Kg/cm}^2$  لم يكن له تأثير يذكر على آلية الأنهيار أو شكل التشققات المتشكلة في الجائز أما عندما تنخفض مقاومة البيتون إلى  $180\text{Kg/cm}^2$  فإن البيتون ينهار بشكل كامل بين نقطتي تحميل الجائز كما هو موضح في الشكل (5-48) و الشكل (5-49) يوضح شكل الأنهيار للجائز B1 من المجموعة G8 .



الشكل (5-48) شكل آلية الإنهيار للمجموعة G8



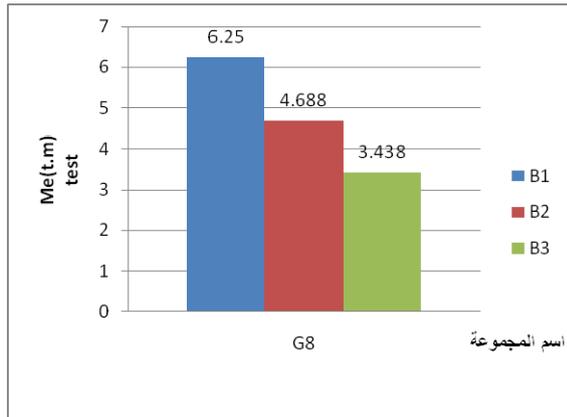
الشكل (5-49) شكل أنهيار الجائز B3 من المجموعة G8

### 5-5-1 المرحلة المرنة:

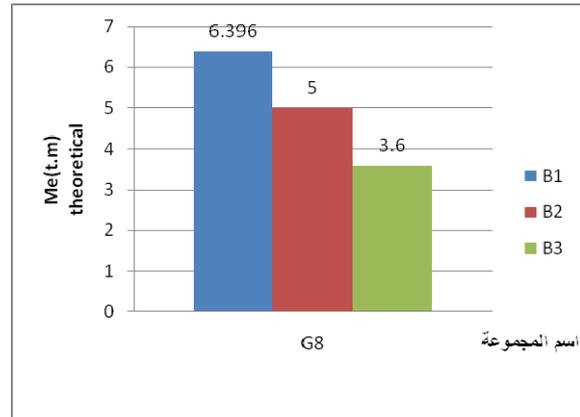
يوضح الجدول (٥-٧) القيم النظرية و التجريبية لكل من العزم و الأنتقال و نسبة نقص العزم و نسبة نقص الأنتقال الناتج عن تغير مقاومة البيتون للجائز المدروس في المرحلة المرنة .

الجدول (٥-٧)

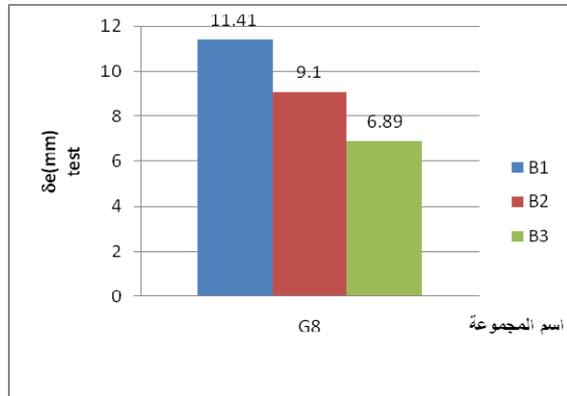
المرحلة المرنة								رمز العينة	اسم المجموعة
الدراسة التجريبية				الدراسة النظرية					
نسبة نقص الأنتقال %	نسبة نقص العزم %	$\delta e$ (mm)	Me (t.m)	نسبة نقص الأنتقال %	نسبة نقص العزم %	$\delta e$ (mm)	Me (t.m)		
-	-	١١.٤	٦.٢٥	-	-	١١.٣	٦.٣٩٦	B1	G8
٢٠	٢٥	٩.١	٤.٦٨٨	٢٢	٢٢	٨.٨	٥	B2	
٣٩.٦	٤٥.٠	٦.٨٩	٣.٤٣٨	٣٩.٨	٤٣.٧	٦.٨	٣.٦	B3	



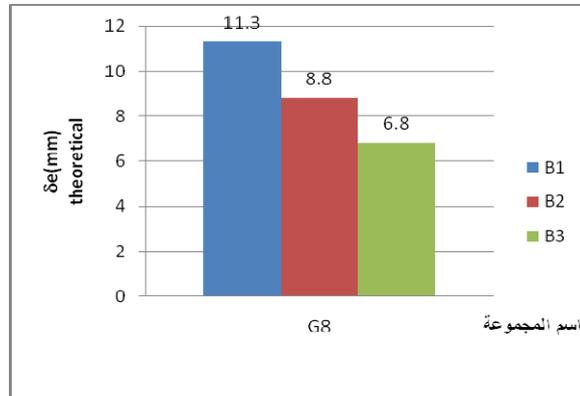
الشكل (5-51) تغير العزم المرن التجريبي للمجموعة G8



الشكل (5-50) تغير العزم المرن النظري للمجموعة G8



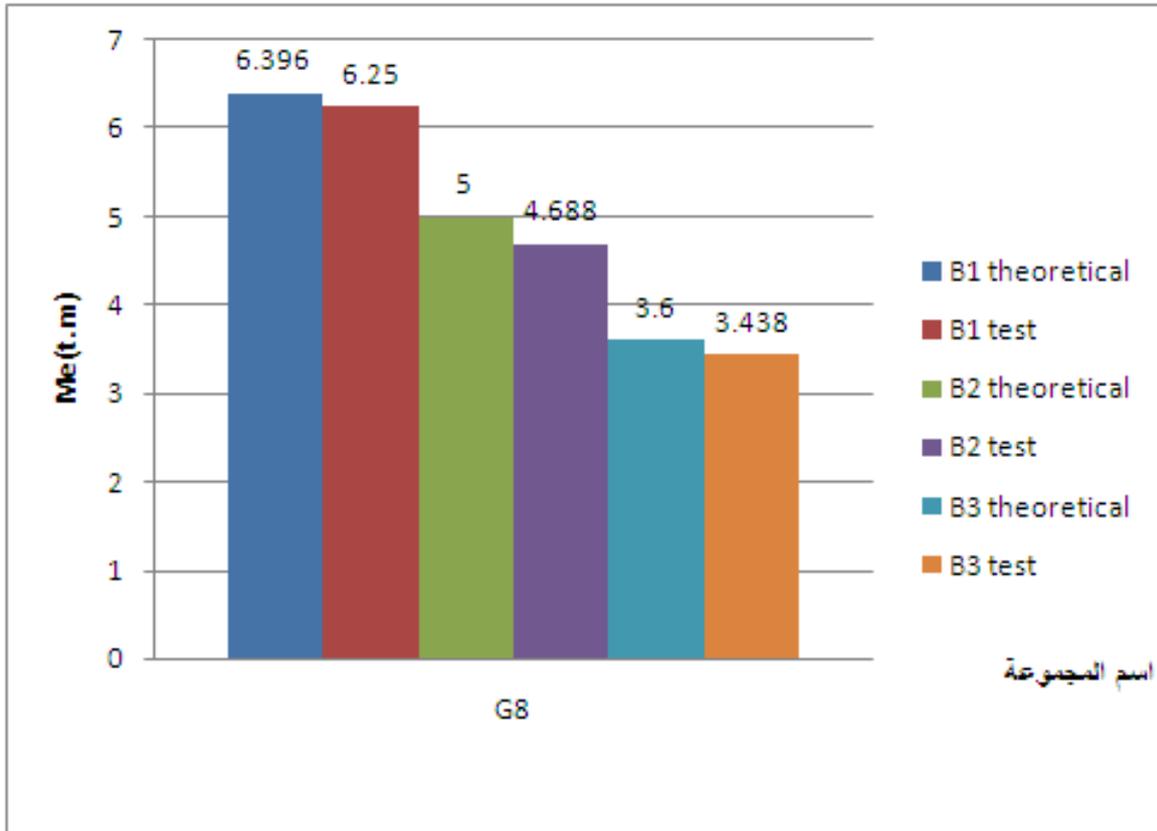
الشكل (5-53) تغير الأنتقال التجريبي للمجموعة



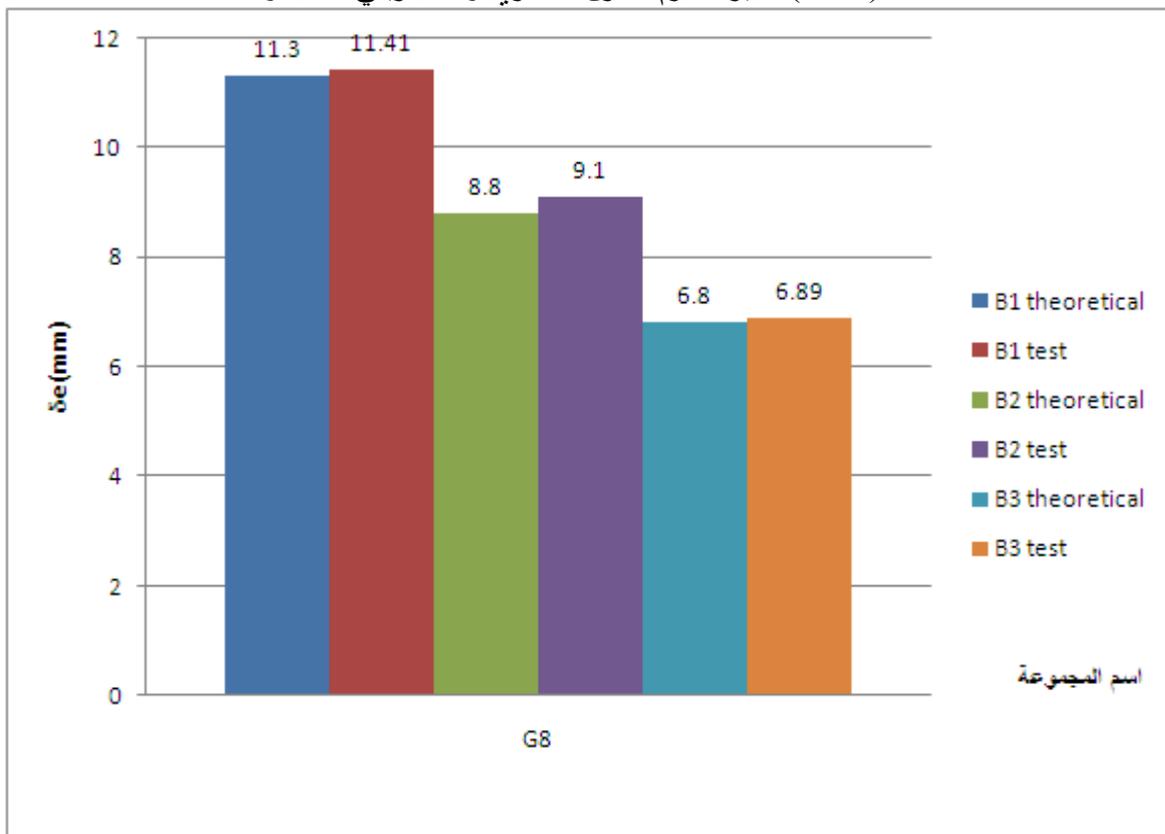
الشكل (5-52) تغير الأنتقال النظري للمجموعة

G8

للمجموعة G8



الشكل (5-54) تغير العزم المرن النظري و التجريبي للمجموعة G8



الشكل (5-55) تغير الأنتقال النظري و التجريبي للمجموعة G8

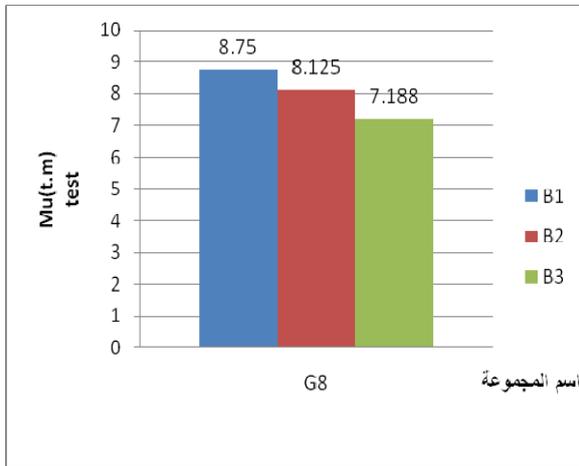
نستنتج من المنحنيات و الجداول السابق أن نقص في مقاومة البيتون من  $320\text{Kg/cm}^2$  إلى  $250\text{Kg/cm}^2$  أي بقيمة  $70\text{Kg/cm}^2$  أدى إلى نقصان في العزم المرن بمقدار  $20\%$  تقريباً أما نقصان مقاومة البيتون من  $320\text{Kg/cm}^2$  إلى  $180\text{Kg/cm}^2$  أي بقيمة  $140\text{Kg/cm}^2$  بنسبة  $44\%$  أدى ذلك إلى نقصان في العزم المقاوم المرن بنسبة  $44\%$  و نلاحظ من هذه النتائج أن النقص في مقاومة البيتون على الضغط أدى إلى نقص العزم المقاومة المرن للجائز المختار بنفس نسبة النقص في مقاومة البيتون.

2-5-5 المرحلة اللدنة:

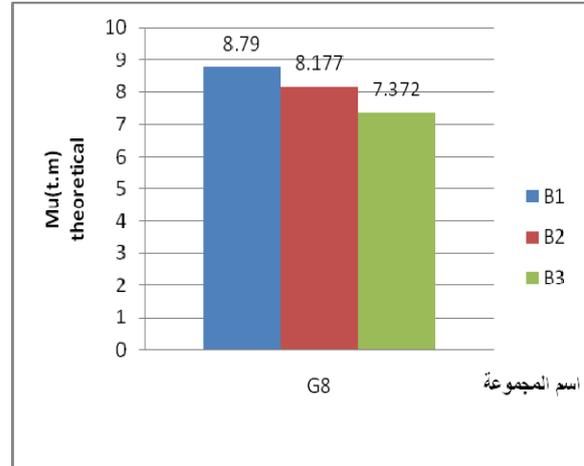
يوضح الجدول (8-5) قيم العزم اللدن المستنتج من العلاقات النظرية و من التجارب التي أجريت على الجوائز المختارة .

الجدول (8-5)

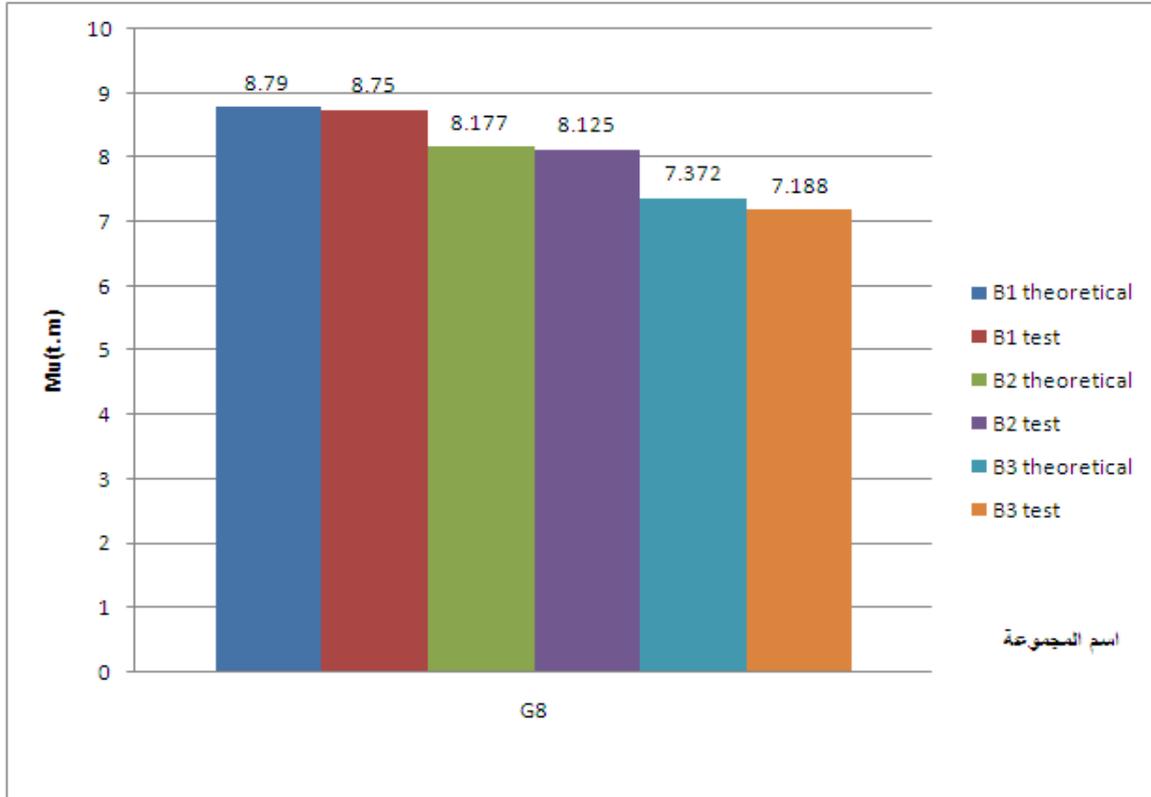
المرحلة اللدنة				رمز العينة	اسم المجموعة
الدراسة التجريبية		الدراسة النظرية			
نسبة نقصان العزم %	Mu (t.m)	نسبة نقصان العزم %	Mu (t.m)		
-	8.75	-	8.79	B1	G8
7	8.125	7	8.177	B2	
17.9	7.188	16.1	7.372	B3	



الشكل (5-57) تغير العزم اللدن التجريبي للمجموعة G8



الشكل (5-56) تغير العزم اللدن النظري للمجموعة G8



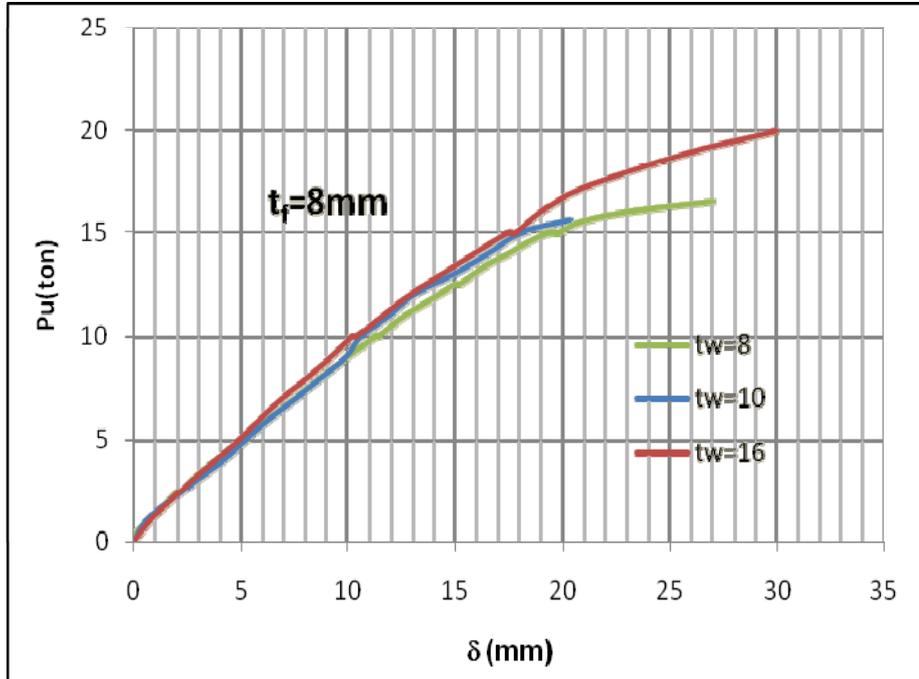
الشكل (5-58) تغير العزم اللدن النظري و التجريبي للمجموعة G8

\* نستنتج من الجدول و المخططات البيانية السابقة أن التغير في مقاومة البيتون للجائز المدروس في المرحلة اللدنة له تأثير طفيف أي أن نقصان مقاومة البيتون من  $320\text{Kg/cm}^2$  إلى  $180\text{Kg/cm}^2$  أي بقيمة  $140\text{Kg/cm}^2$  أدى ذلك إلى نقص في العزم المقاوم بنسبة 16% تقريباً

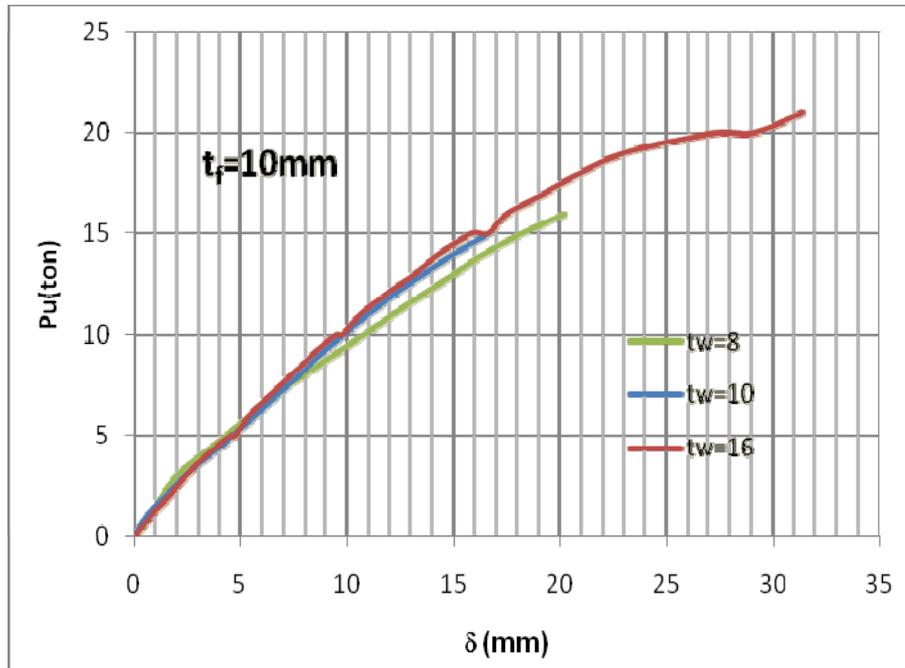
\* نلاحظ من النتائج السابقة أن العزم المقاوم المرن تأثر بنسبة أكبر من العزم اللدن و ذلك لأن الجائز في المرحلة المرنة ينهار عند وصول أي من المواد المكونة للجائز المركبة للإجهاد الأعظمي المسموح أما في الحالة اللدنة فإن الجائز ينهار عندما تتلدن المادتين المكونتين للجائز المركب في آن واحد.

٥-٦ دراسة تأثير التغير في سماكة الصفيحة الشاقولية  $t_w$  :

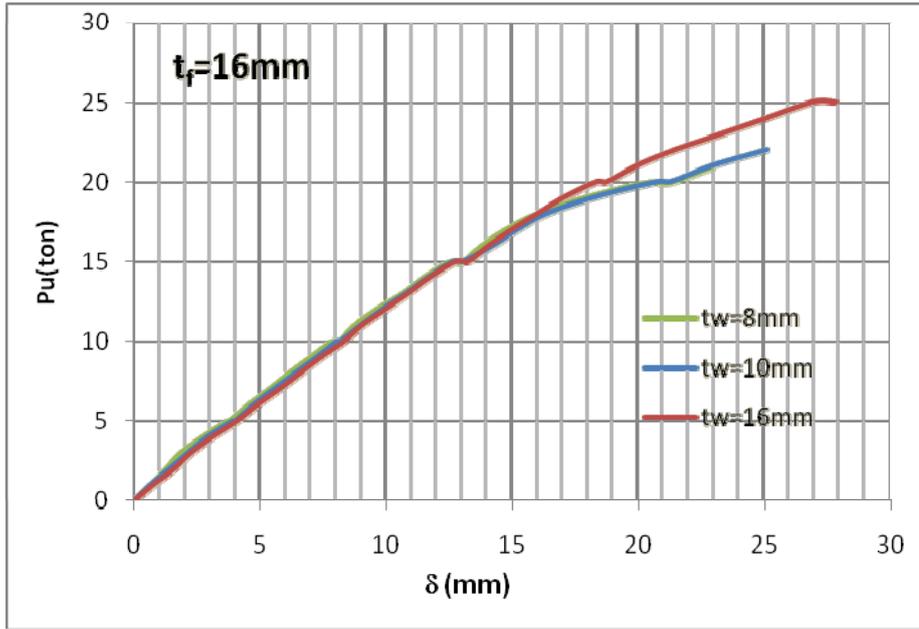
توضح المنحنيات التالية العلاقات بين القوى المطبقة على الجائز و الأنتقال المتشكل .



الشكل (5-59) العلاقة بين القوة المحمولة و الأنتقال تحت تأثير تغير سماكة الصفيحة  $t_w$  لأجل  $t_f=8mm$  المجموعة (G9)



الشكل (5-60) العلاقة بين القوة و الأنتقال تحت تأثير تغير سماكة الصفيحة  $t_w$  لأجل  $t_f=10mm$  المجموعة (G10)



الشكل (5-61) العلاقة بين القوة و الأنتقال تحت تأثير

تغير سماكة الصفيحة  $t_w$  لأجل  $t_f=16mm$  المجموعة (G11)

نستنتج من المنحنيات السابقة أن التغير في سماكة الصفيحة الشاقولية  $t_w$  للمقطع المعدني المغلف بالبيتون ليس له أي تأثير على آلية الأنهيان حيث أن منحنيات العلاقة بين القوة و الأنتقال منطبقة على بعضها البعض تقريباً حيث لا يوجد أي تغير فيها بتغير سماكة الصفيحة  $t_w$ . ٦-

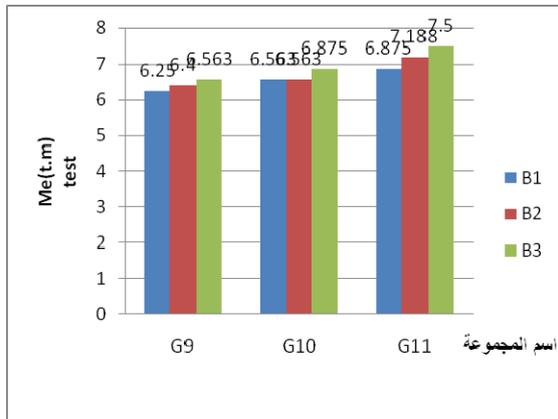
### ٥-1 المرحلة المرنة:

يوضح الجدول (٥-٩) القيم النظرية و التجريبية لكل من العزم و الأنتقال و نسبة زيادة العزم و نسبة نقص الأنتقال الناتج عن الزيادة في سماكة الصفيحة الشاقولية  $t_w$  للجائز المدروس في المرحلة المرنة .

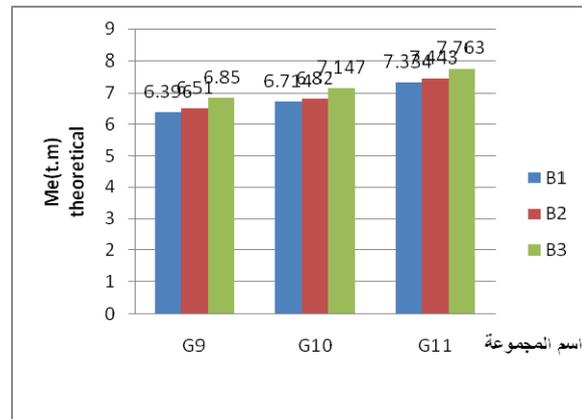
الجدول (٥-٩)

المرحلة المرنة								رمز العينة	اسم المجموعة
الدراسة التجريبية				الدراسة النظرية					
نسبة نقص الأنتقال %	نسبة زيادة العزم %	$\delta_e$ (mm)	Me (t.m)	نسبة نقص الأنتقال %	نسبة زيادة العزم %	$\delta_e$ (mm)	Me (t.m)		
-	-	١١.٤١	٦.٢٥	-	-	١١.٣	٦.٣٩٦	B1	G9
١.٠	٢.٤	١١.٣	٦.٤	٠.٩	١.٨	١١.٢	٦.٥١	B2	
٣.٦	٥.٠	١١	٦.٥٦ ٣	٣.٥	٧.١	١٠.٩	٦.٨٥	B3	
-	-	١١.٣	٦.٥٦ ٣	-	-	١٠.٨	٦.٧١٤	B1	G10
٢.٧	٠.٠	١١	٦.٥٦ ٣	٠.٩	١.٦	١٠.٧	٦.٨٢	B2	
٦.٢	٤.٨	١٠.٦	٦.٨٧	٢.٨	٦.٤	١٠.٥	٧.١٤٧	B3	

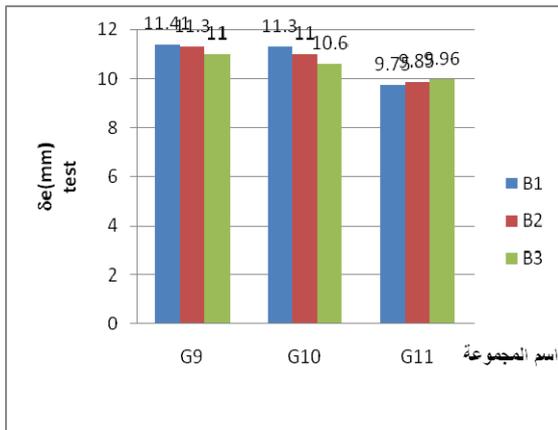
-	-	٩.٧٥	٦.٨٧ ٥	-	-	٩.٧	٧.٣٣٤	B1	G11
-١.٠	٤.٦	٩.٨٥	٧.١٨ ٨	٠.٠	١.٥	٩.٧	٧.٤٤٣	B2	
-٢.٢	٩.١	٩.٩٦	٧.٥	٠.٠	٥.٨	٩.٧	٧.٧٦٣	B3	



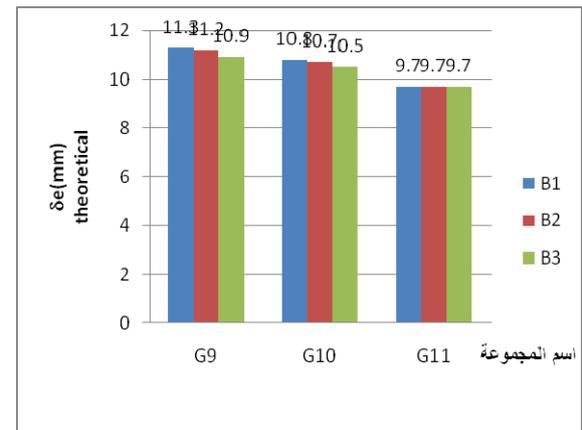
الشكل (5-63) تغير العزم التجريبي للمجموعات G9,G10,G11



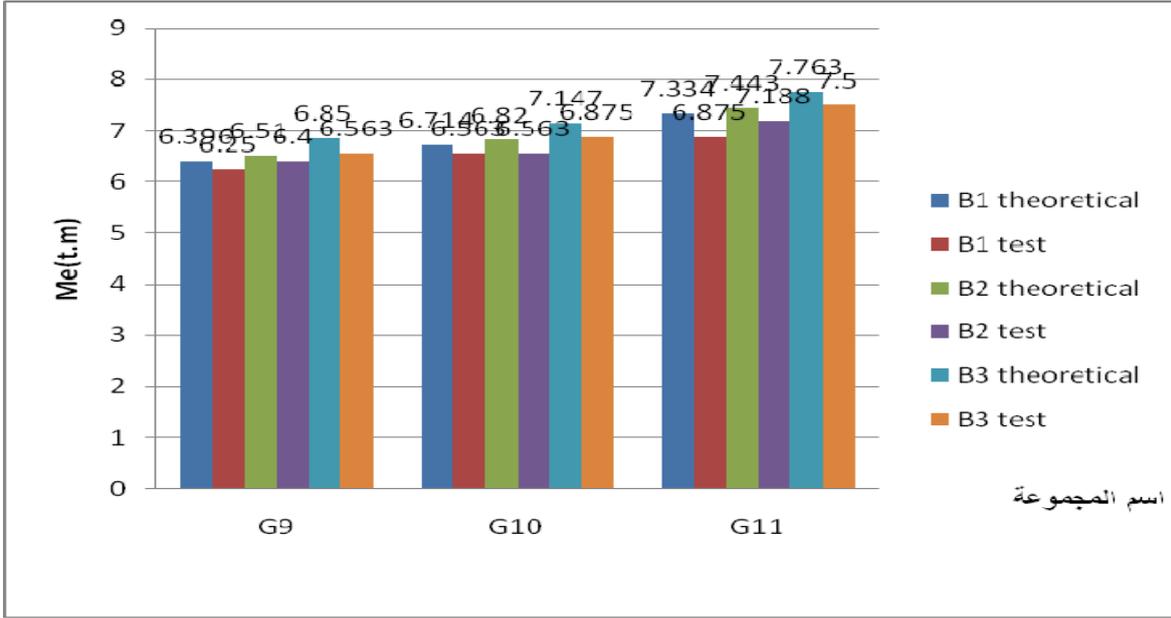
الشكل (5-62) تغير العزم النظري للمجموعات G9,G10,G11



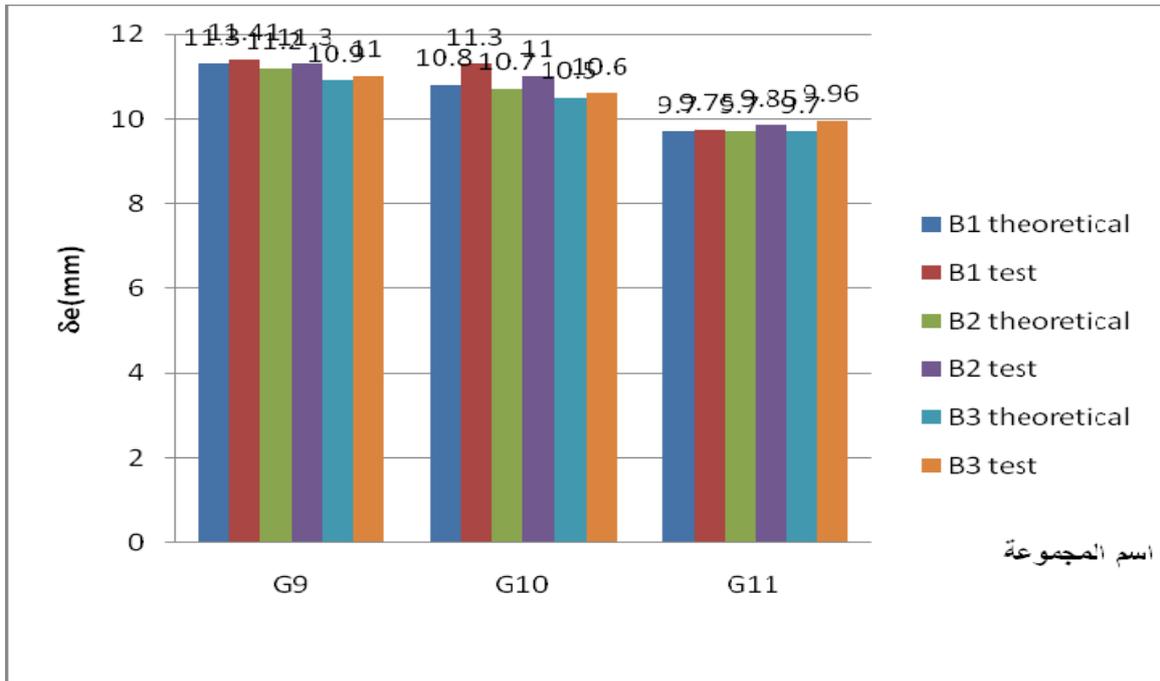
الشكل (5-65) تغير الأنتقال التجريبي للمجموعات G9,G10,G11



الشكل (5-64) تغير الأنتقال النظري للمجموعات G9,G10,G11



الشكل (5-66) تغير العزم النظري و التجريبي للمجموعات G9,G10,G11



الشكل (5-67) تغير الأنتقال النظري و التجريبي للمجموعات G9,G10,G11

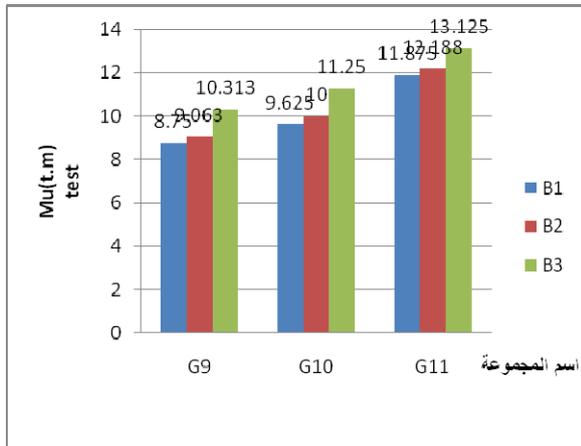
نلاحظ من النتائج السابقة أن تغير سماكة الصفيحة الشاقولية  $t_w$  لم يكن له أي تأثير يذكر على العزم المقاوم و الأنتقال في المرحلة المرنة.

٦-٥-٢ المرحلة اللدنة:

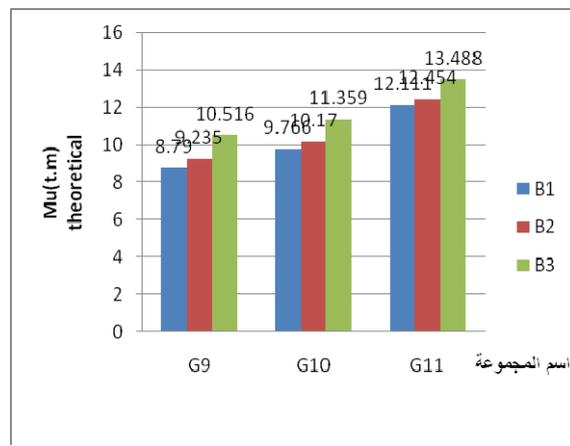
يوضح الجدول (١٠-٥) قيم العزم اللدن المستنتج من العلاقات النظرية و من التجارب التي أجريت على الجوائز المختارة .

الجدول (١٠-٥)

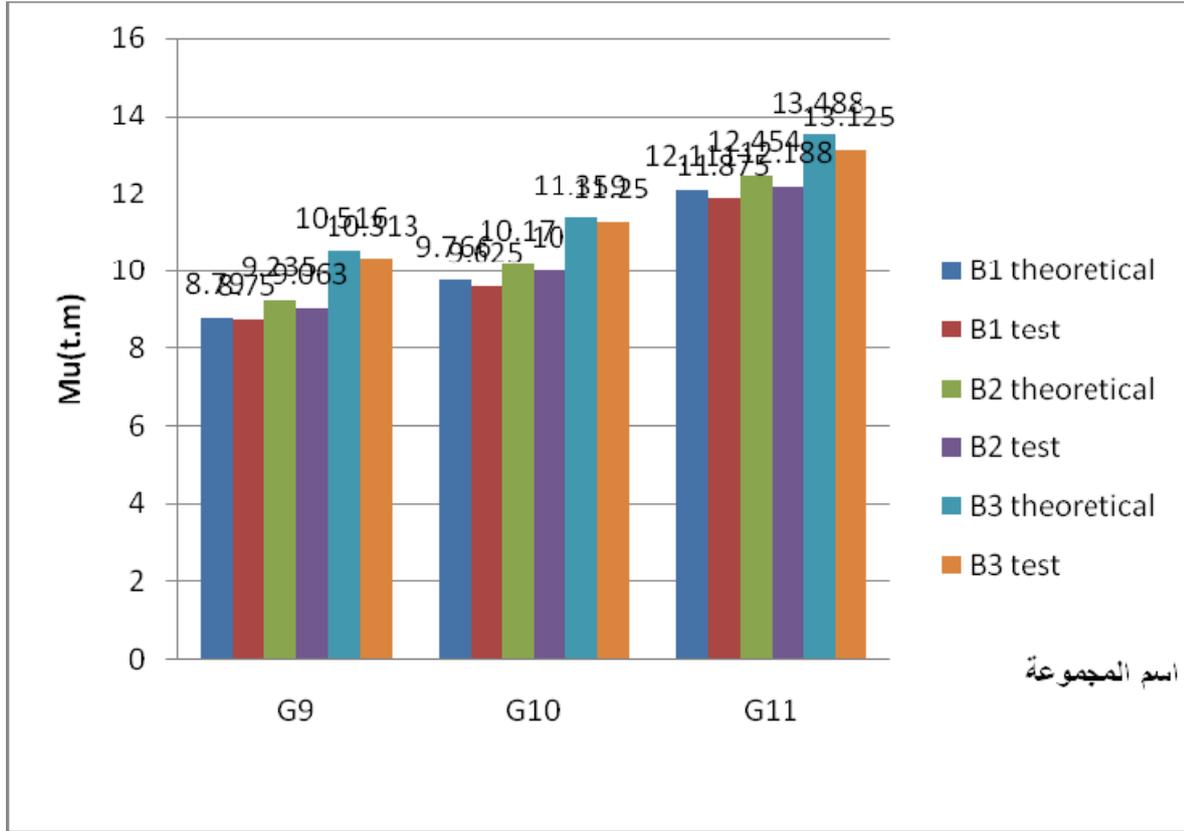
المرحلة اللدنة				رمز العينة	اسم المجموعة
الدراسة التجريبية		الدراسة النظرية			
نسبة زيادة العزم %	Mu (t.m)	نسبة زيادة العزم %	Mu (t.m)		
-	8.75	-	٨.٧٩	B1	G9
٣.٦	9.063	٥.١	٩.٢٣٥	B2	
١٧.٩	10.313	١٩.٦	١٠.٥١٦	B3	
-	9.625	-	٩.٧٦٦	B1	G10
٣.٩	10	٤.١	١٠.١٧	B2	
١٦.٩	11.25	١٦.٣	١١.٣٥٩	B3	
-	11.875	-	١٢.١١١	B1	G11
٢.٦	12.188	٢.٨	١٢.٤٥٤	B2	
١٠.٥	13.125	١١.٤	١٣.٤٨٨	B3	



الشكل (5-69) تغير العزم اللدن التجريبي للمجموعات G9,G10,G11



الشكل (5-68) تغير العزم اللدن النظري للمجموعات G9,G10,G11



الشكل (5-70) تغير العزم اللدن النظري و التجريبي للمجموعات G9,G10,G11  
 نلاحظ من الجداول و المنحنيات السابقة أن الزيادة في سماكة الصفيحة الشاقولية  $t_w$  ل يكن له  
 أي تأثير ملموس على قيمة العزم المقاوم اللدن للجائز المدروس.

## ٥-٧ الاستنتاجات والتوصيات:

بناءً على دراسة هذا البحث يمكن التوصل إلى النتائج والتوصيات التالية:

- ❖ نلاحظ من الدراسة السابقة أن النتائج التجريبية و النتائج النظرية متقاربة جداً و ذلك بسبب أن العينات التي أجريت عليها التجارب تم تجهيزها بعناية فائقة حيث تم تطبيق الشروط المثالية عليها من حيث تجهيز المقطع المعدني وتحضير القالب و الصب و الرج و الحفظ في الماء.... إلخ .
- ❖ إن التسليح الإنشائي الذي تم وضعه في الجائز المركب لم يكن له أي دور في زيادة مقاومة الجائز على الحمولات و لكن كان له دور كبير في الحفاظ على تماسك البيتون المغلف

للمقطع المعدني مع بعضه البعض دون أن ينفصل عنه و كذلك يمكن أن نزيد مقاومة المقطع من خلال استبدال التسليح الإنشائي بفلواذ فعال يساهم في زيادة صلابة المقطع.

❖ ينصح عندما يكون لدينا أبعاد المقطع للجائز ثابت و لا يمكن تغييرها لأي سبب كان و احتجنا إلى الزيادة في مقاومته على الحمولات و الانتقال عنها يفضل أن نزيد سماكة الصفيحة الأفقية  $t_f$  ولا يفضل أن نزيد سماكة الصفيحة الشاقولية  $t_w$  لأنه كما لاحظنا من الدراسة أن الزيادة في سماكة الصفيحة الشاقولية  $t_w$  ليس لها تأثير يذكر على زيادة مقاومة الجائز للحمولات.

❖ ينصح أنه عندما يكون لدينا أمكانية في زيادة ارتفاع المقطع و لو بمقدار ضئيل فيفضل أن نزيد ارتفاعه لأن زيادة ارتفاع المقطع المغلف المركب يزيد في ارتفاع المقطع المعدني المؤلف للمقطع المركب مم يزيد في مقاومة المقطع المركب المغلف على الحمولات.

❖ ينصح أنه عندما لا يمكننا أن نزيد ارتفاع المقطع للجائز المركب فيفضل أن نزيد عرض الجائز إذا كانت الشروط الخاصة في المنشأ تسمح لأن الزيادة في عرض الجائز له تأثير جيد جداً و لكن أقل من تأثير ارتفاع المقطع و لكن لا يفضل في هذه الحالة زيادة سماكة الصفائح المشكلة للمقطع المعدني المكون للجائز المركب المغلف .

❖ نلاحظ من النتائج السابقة للبحث أن القيم التجريبية الناتجة كانت أقل بقيمة قليلة جداً من القيم النظرية و ذلك بسبب أن العلاقات النظرية تعتبر أن المقطع المعدني يكون في تلاحم تام مع البيتون المغلف له و هذا لم يتحقق بشكل كامل لذلك ينصح عند التصميم تخفيض قيمة العزوم المقاومة الناتجة بنسبة 10% و ذلك للحصول على نتائج قريبة جداً من الواقع .

## فهرس الأشكال

الصفحة	الموضوع	الشكل
١٢	بعض العناصر الإنشائية المركبة	٢-١
١٤	مقطع عرضي لبعض أنواع البلاطات المركبة	٢-٢
١٥	بعض الأشكال للجوائز المركبة	٢-٣
١٥	مقاطع مختلفة للوصلات القصية	٢-٤
١٦	مخططات نموذجية للإجهاد - الانفعال لمادة الفولاذ	٢-٥
١٦	مخططات نموذجية للإجهاد - الانفعال لمادة البيتون	٢-٦
١٧	المسقط الأفقي لبرج ميلينيوم	٢-٧
١٧	منظور خارجي لبرج ميلينيوم	٢-٨
١٨	برج ميلينيوم أثناء الإنشاء	٢-٩
١٨	منظور خارجي لموقف السيارات	٢-١٠
١٩	أثناء تنفيذ الأعمدة المركبة لموقف السيارات	٢-١١
١٩	منظور بنك ديسبرغ (ألمانيا) أثناء التنفيذ	٢-١٢
٢٠	منظور لبرج لاتيبيود - سيدني ٢٠٠٥	٢-١٣
٢١	منظور لبرج هيرست - نيويورك	٢-١٤
٢٣	شكل الأنهييار بالإنعطاف	٣-١
٢٣	شكل الأنهييار بالقص	٣-٢
٢٤	المقطع العرضي للجائز مع مخطط الإجهادات في المرحلة المرنة	٣-٣
٢٥	جائز محمل بحملتين متناظرتين	٣-٤
٢٦	المقطع العرضي للجائز مع توزيع القوى المقاومة في المرحلة اللدنة	٣-٥
٢٩	الجائز المدروس	٤-١
٣٠	المقطع العرضي للجائز المدروس و فق الأشرطرات المعتبرة	٤-٢
٣٣	قص الصفائح الفولاذية	٤-٣
٣٣	لحام الصفائح لتشكيل المقطع المعدني	٤-٤
٣٣	تحضير صفائح الأستناد	٤-٥

٣٣	تحضير صفائح التحميل	٤-٦
٣٣	تحضير القالب الخشبي	٤-٧
٣٣	تجهيز المقطع بحديد التسليح الأنشائي	٤-٨
٣٤	تموضع صفائح الأستناد	٤-٩
٣٤	تحضير المقطع المعدني بالقالب	٤-١٠
٣٤	صب الجوائز	٤-١١
٣٤	غمر الجوائز بالماء	٤-١٢
٣٤	نقل الجوائز	٤-١٣
٣٤	وضع الجوائز على جهاز التجريب	٤-١٤
٣٦	العلاقة بين القوة و الانتقال للمجموعة G1	٥-١
3٧	العلاقة بين القوة و الانتقال للمجموعة G2	٥-٢
3٧	العلاقة بين القوة و الانتقال للمجموعة G3	٥-٣
٣٨	شكل آليات الأنهيار للمجموعة G1 G2 G3	٥-٤
3٩	آلية الأنهيار للجائز B1	٥-٥
٤٠	آلية الأنهيار للجائز B2	٥-٦
٤١	آلية الأنهيار للجائز B3	٥-٧
٤٢	تغير العزم المرن النظري للمجموعات G1 G2 G3	٥-٨
٤٢	تغير العزم المرن التجريبي للمجموعات G1 G2 G3	٥-٩
٤٢	تغير الانتقال المرن النظري للمجموعات G1 G2 G3	٥-١٠
٤٢	تغير الانتقال المرن التجريبي للمجموعات G1 G2 G3	٥-١١
٤٣	تغير العزم المرن النظري و التجريبي للمجموعات G1 G2 G3	٥-١٢
٤٣	تغير الانتقال المرن النظري و التجريبي للمجموعات G1 G2 G3	٥-١٣
٤٤	تغير العزم اللدن النظري للمجموعات G1 G2 G3	٥-١٤
٤٤	تغير العزم اللدن التجريبي للمجموعات G1 G2 G3	٥-١٥
٤٥	تغير العزم اللدن النظري و التجريبي للمجموعات G1 G2 G3	٥-١٦
٤٦	العلاقة بين القوة و الانتقال للمجموعة G4	٥-١٧
٤٦	العلاقة بين القوة و الانتقال للمجموعة G5	٥-١٨
٤٧	آلية الأنهيار للمجموعة G4	٥-١٩

٤٧	آلية الأنهييار للمجموعة G5	٥-٢٠
٤٨	آلية الأنهييار للجائز B2 للمجموعة G4	٥-٢١
4٩	آلية الأنهييار للجائز B2 للمجموعة G5	٥-٢٢
٥٠	تغير العزم المرن النظري للمجموعات G4 G5	٥-٢٣
٥٠	تغير العزم المرن التجريبي للمجموعات G4 G5	٥-٢٤
٥٠	تغير الأنتقال المرن النظري للمجموعات G4 G5	٥-٢٥
٥٠	تغير الأنتقال المرن التجريبي للمجموعات G4 G5	٥-٢٦
٥١	تغير العزم المرن النظري و التجريبي للمجموعات G4 G5	٥-٢٧
٥١	تغير الأنتقال المرن النظري و التجريبي للمجموعات G4 G5	٥-٢٨
٥٢	تغير العزم اللدن النظري للمجموعات G4 G5	٥-٢٩
٥٢	تغير العزم اللدن التجريبي للمجموعات G4 G5	٥-٣٠
٥٣	تغير العزم اللدن النظري و التجريبي للمجموعات G4 G5	٥-٣١
٥٤	العلاقة بين القوة و الأنتقال للمجموعة G6	٥-٣٢
٥٤	العلاقة بين القوة و الأنتقال للمجموعة G7	٥-٣٣
٥٥	آلية الأنهييار للمجموعة G6	٥-٣٤
٥٥	آلية الأنهييار للمجموعة G7	٥-٣٥
٥٦	آلية الأنهييار للجائز B2 للمجموعة G6	٥-٣٦
٥٧	آلية الأنهييار للجائز B2 للمجموعة G7	٥-٣٧
٥٨	تغير العزم المرن النظري للمجموعات G7 G6	٥-٣٨
٥٨	تغير العزم المرن التجريبي للمجموعات G7 G6	٥-٣٩
٥٨	تغير الأنتقال المرن النظري للمجموعات G7 G6	٥-٤٠
٥٨	تغير الأنتقال المرن التجريبي للمجموعات G7 G6	٥-٤١
٥٩	تغير العزم المرن النظري و التجريبي للمجموعات G7 G6	٥-٤٢
٥٩	تغير الأنتقال المرن النظري و التجريبي للمجموعات G7 G6	٥-٤٣
٦٠	تغير العزم اللدن النظري للمجموعات G7 G6	٥-٤٤
٦٠	تغير العزم اللدن التجريبي للمجموعات G7 G6	٥-٤٥
٦١	تغير العزم اللدن النظري و التجريبي للمجموعات G7 G6	٥-٤٦
٦١	العلاقة بين القوة و الأنتقال للمجموعة G8	٥-٤٧

٦٢	شكل آلية الأنهييار للمجموعة G8	٥-٤٨
٦٢	أنهييار الجائز B3 للمجموعة G8	٥-٤٩
٦٣	تغير العزم المرن النظري للمجموعة G8	٥-٥٠
٦٣	تغير العزم المرن التجريبي للمجموعة G8	٥-٥١
٦٣	تغير الأنتقال المرن النظري للمجموعة G8	٥-٥٢
٦٣	تغير الأنتقال المرن التجريبي للمجموعة G8	٥-٥٣
٦٤	تغير العزم المرن النظري و التجريبي للمجموعة G8	٥-٥٤
٦٤	تغير الأنتقال المرن النظري و التجريبي للمجموعة G8	٥-٥٥
٦٥	تغير العزم اللدن النظري للمجموعة G8	٥-٥٦
٦٥	تغير العزم اللدن التجريبي للمجموعة G8	٥-٥٧
٦٦	تغير العزم اللدن النظري للمجموعة G8	٥-٥٨
٦٧	العلاقة بين القوة و الأنتقال للمجموعة G9	٥-٥٩
٦٧	العلاقة بين القوة و الأنتقال للمجموعة G10	٥-٦٠
٦٨	العلاقة بين القوة و الأنتقال للمجموعة G11	٥-٦١
٦٩	تغير العزم المرن النظري للمجموعات G9 G10 G11	٥-٦٢
٦٩	تغير العزم المرن التجريبي للمجموعات G9 G10 G11	٥-٦٣
٦٩	تغير الأنتقال المرن النظري للمجموعات G9 G10 G11	٥-٦٤
٦٩	تغير الأنتقال المرن التجريبي للمجموعات G9 G10 G11	٥-٦٥
٦٩	تغير العزم المرن النظري و التجريبي للمجموعات G9 G10 G11	٥-٦٦
٧٠	تغير الأنتقال المرن النظري و التجريبي للمجموعات G9 G10 G11	٥-٦٧
٧١	تغير العزم اللدن النظري للمجموعات G9 G10 G11	٥-٦٨
٧١	تغير العزم اللدن التجريبي للمجموعات G9 G10 G11	٥-٦٩
٧١	تغير العزم اللدن النظري و التجريبي للمجموعات G9 G10 G11	٥-٧٠

## فهرس الجداول

الصفحة	الموضوع	الجدول
٣١	يوضح خصائص العينات التجريبية	٤-١
٣٢	خصائص الخلطة البيتونية المستخدمة	٤-٢
٣٢	خصائص الفولاذ	٤-٣
٤٢	النتائج النظرية و التجريبية للمجموعات G1 G2 G3 في المرحلة المرنة	٥-١
٤٤	النتائج النظرية و التجريبية للمجموعات G1 G2 G3 في المرحلة اللدنة	٥-٢
٥٠	النتائج النظرية و التجريبية للمجموعات G4 G5 في المرحلة المرنة	٥-٣
٥٢	النتائج النظرية و التجريبية للمجموعات G4 G5 في المرحلة اللدنة	٥-٤
٥٨	النتائج النظرية و التجريبية للمجموعات G6 G7 في المرحلة المرنة	٥-٥
٦٠	النتائج النظرية و التجريبية للمجموعات G6 G7 في المرحلة اللدنة	٥-٦
٦٣	النتائج النظرية و التجريبية للمجموعة G8 في المرحلة المرنة	٥-٧
٦٥	النتائج النظرية و التجريبية للمجموعة G8 في المرحلة اللدنة	٥-٨
٦٨	النتائج النظرية و التجريبية للمجموعات G9 G10 G11 في المرحلة المرنة	٥-٩
٧٠	النتائج النظرية و التجريبية للمجموعات G9 G10 G11 في المرحلة اللدنة	٥-١٠

## - المراجع -

- [1]- American Concrete Institute (ACI): Building code requirements for reinforced concrete (ACI 318-02) and Commentary (ACI 318R-02). Farmington Hills, Michigan, USA.
- [2]- ملحم عبد القادر، ٢٠٠٩- المنشآت المختلطة. منشورات جامعة حلب.
- [3]- Wang. Y., Yang .L., Shi. Y.; Zhang ., 2009- Loading capacity of composite slim frame beams, *Journal of Constructional Steel Research* , 65 ,PP 650-661.
- [4]- Nakamura .S., Morishita.H.,2008- Bending strength of concrete-filled narrow-width steel box girder, *Journal of Constructional Steel Research* ,64 ,PP 128-133.
- [5]- Subedi .N. K, Baglin. P.S.,2005- The serviceability criteria for encased-plate concrete beams, *Engineering Structures* ,27 , PP 1633-1641.
- [6]- إبراهيم وليد، ٢٠٠٥- المنشآت المختلطة. منشورات جامعة البعث .
- [7]- EURO CODE 4 ENV., 1994- Design of Composite steel and Concrete Structure. General Rules and Rules for Buildings.
- [8]- Fam .A , Cole .B, Mandal.S., 2007- Composite tubes as an alternative to steel spirals for concrete members in bending and shear, *Construction and Building Materials* , 21, PP 347-355.
- [9]- Hsu. H.-L., Hsieh.J.-C., Juang .J.-L., 2004- Seismic performance of steel-encased composite members with strengthening cross-inclined bars,*Journal of Constructional Steel Research* , 60 ,PP 1663-1679.
- [10]- EURO CODE 4., Structural Steel Work Euro Codes Development Of Transnational Approach.
- [11]- B. UY., 2008 - Stability and ductility of high performance steel sections with concrete infill. *Journal of Constructional Steel Research*(64),. 748-754.