



الجمهورية العربية السورية  
جامعة دمشق - كلية الهندسة المدنية  
قسم هندسة النقل والمواصلات

## **التقييم الإنشائي للجسور المبنية من الجوائز المسبقة الصنع والاجهاد مقطع نموذج AASHTO في مقاومة الحمولات الحية التصميمية (حالة دراسية طريق اللاذقية طرطوس)**

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في هندسة النقل والمواصلات

في

جامعة دمشق - كلية الهندسة المدنية

إعداد

**المهندس حسام سليمان حداد**

إشراف

**الدكتور المهندس رأفت أدبي**

دمشق 2015

## شكر

يسرني بعد إنجاز هذا العمل أن أعبر عن شكري وامتناني لكل من قدم المساعدة وساهم في تذليل الصعوبات التي واجهت إتمام هذا العمل في مراحلته المختلفة، ويطيب لي أن أوجه الشكر إلى :

أ.د.م. غسان محمود

م. أحمد أسعد

د.م. محمد مصطفى بطيخة

د.م. بدر الدين العسلي

د.م. أحمد سليمان

م. ماوية رنجوس

معمل بانياس للجوائز المسبقة الاجهاد

المؤسسة العامة للإسكان

مؤسسة الإسكان العسكري

المؤسسة العامة للمواصلات الطرقية

## الاهداء

❖ إلى أسرتي . . . . . أبي، أمي، أختي، أخي . . . . . إلى بيت  
لا تتراح النفس إلا عندما تستلقي بين جنباته

❖ إلى أصدقائي، أحبتي، إلى من كان لي ملجأ في لحظات  
الخواء

❖ لك أنت . . . . . بلا أسم . . . . . بلا ملامح . . . . . بلا عنوان

❖ ونهاية وختام . . . . . كمالاتاً . . . . . عشقا وهياما . . . . . عبادة وتصوفا

أهدي لك هذا العمل

لك سوريا

## المحتويات

2	شكر
3	الاهداء
4	المحتويات
7	ملخص البحث
8	Abstract
10	قائمة الرموز
13	قائمة المصطلحات
17	قائمة الأشكال
20	قائمة الجداول
22	قائمة الملاحق

### الفصل الأول: مقدمة

23	1-1 تمهيد
23	2-1 الهدف من البحث
23	3-1 مجال البحث
24	4-1 الأدوات والمنهج

### الفصل الثاني: مدخل نظري

25	1-2 الجوائز المسبقة الصنع المسبقة الإجهاد المنتجة في معمل بانياس وفق نموذج AASHTO
32	2-2 التوزيع العرضي للحمولات
32	3-2 الطرائق النظرية لحساب معاملات التوزيع العرضي للحمولات
33	1-3-2 طريقة الضغط اللامركزي
33	2-3-2 طريقة كود: AASHTO LRFD Bridge Design Specifications
34	3-3-2 طريقة كود: AASHTO Standard Specification for Highway Bridges
35	4-3-2 طريقة غويون - ماسونيت
37	5-3-2 طريقة كود: Ontario Highway Bridge Design Code (OHBD)

4-2 التصميم البيتوني للجوائز المسبقة الإجهاد في الجسور ذات الجوائز ..... 38

### الفصل الثالث: العوامل المؤثرة في التوزيع العرضي للحمولات

1-3 تأثير موقع الحمولة في المقطع العرضي على التوزيع العرضي للحمولات ..... 42

2-3 تأثير الاستطالة على التوزيع العرضي للحمولات ..... 45

3-3 تأثير عرض البلاطة على التوزيع العرضي للحمولات ..... 49

4-3 تأثير الربط العرضي بين الجوائز على التوزيع العرضي للحمولات ..... 51

1-4-3 تأثير الروابط العرضية على التوزيع العرضي للحمولات الموزعة بانتظام على كامل المقطع

العرضي ..... 56

2-4-3 تأثير الروابط العرضية على التوزيع العرضي لحمولات حاملة الدبابات HK80 ..... 56

3-4-3 تأثير الروابط العرضية على التوزيع العرضي لحمولات المركبات المدنية ..... 60

4-4-3 تأثير الروابط العرضية على التوزيع العرضي للحمولات الخاصة ..... 62

### الفصل الرابع: العمل التجريبي

1-4 تجربة تحميل جسري عقدة دمر الثانية ..... 69

1-1-4 الجسر الأول ..... 69

2-1-4 الجسر الثاني ..... 72

3-1-4 حساب العزوم على جوائز الجسر الأول باستخدام الطرائق النظرية ..... 73

4-1-4 معاملات التوزيع للجسر الثاني حسب الطرائق النظرية ..... 81

5-1-4 المقارنة بين النتائج ..... 81

2-4 تجربة تحميل النموذج البيتوني ..... 84

1-2-4 الجسر الافتراضي الأصلي ..... 84

2-2-4 النموذج ..... 86

3-2-4 الاختبارات ..... 90

4-2-4 حساب معاملات التوزيع العرضي للحمولات ..... 91

5-2-4-5 النتائج ..... 91

### الفصل الخامس: المنحنيات التصميمية لجوائز AASHTO مقطع A

5- المنحنيات التصميمية لجوائز AASHTO مقطع A ..... 94

## الفصل السادس: التقييم الإنشائي لجسور طريق اللاذقية طرطوس

6- التقييم الإنشائي لجسور طريق اللاذقية طرطوس ..... 106

### الفصل السابع: مناقشة النتائج

1-7 العوامل المؤثرة في التوزيع العرضي للحمولات الحية ..... 113

1-1-7 الاستطالة وعرض البلاطة المصبوبة بالمكان ..... 113

2-1-7 الربط العرضي للجوائز ..... 113

2-7 الطرائق النظرية لحساب معاملات التوزيع العرضي للحمولات الحية ..... 114

3-7 المنحنيات التصميمية لجوائز AASHTO مقطع I ..... 115

4-7 التقييم الإنشائي لجسور طريق اللاذقية طرطوس ..... 115

### الفصل الثامن: الاستنتاجات والتوصيات

8- الاستنتاجات والتوصيات ..... 117

### الملاحق

الملحق (1) قيم المعاملات  $K_0, K_1$  الخاصة بطريقة Guyon-Massonnet ..... 118

الملحق (2) المنحنيات الخاصة بطريقة Guyon-Massonnet لحساب المعاملات  $K_0, K_1$  ..... 129

الملحق (3) المخططات التصميمية للجسور التي تم تحقيقها على طريق اللاذقية طرطوس ..... 139

المراجع باللغة الإنكليزية: ..... 146

المراجع باللغة العربية: ..... 147

## ملخص البحث

ظهرت مع الزمن مشاكل عديدة في الجسور البيتونية وخصوصا تلك المتوضعة على محاور الطرق الرئيسية حيث يمكن ملاحظة وجود سهوم وتشققات غير مسموحة. يعود السبب الى تكرار الحمولات الكبيرة كما في الجسور المنشأة على طريق اللاذقية-طرطوس، إضافة إلى ذلك فإن الحسابات الإنشائية لتلك الجسور تمت لأجل حمولات حية ليست كبيرة كفاية وهذا ما ظهر عند دراسة جسر قره قوزاق في محافظة الرقة.

هذا البحث يتناول الجسور المنشأة باستخدام الجوائز المسبقة الصنع مسبقا الاجهاد نموذج AASHTO المنتجة في معمل بانياس، والهدف من هذا البحث كان تحديد المقطع العرضي الأفضل للجسر باستخدام هذه الجوائز من خلال دراسة تأثير مجموعة من العوامل على التوزيع العرضي للحمولات الحية في الجسور المنشأة باستخدام هذه الجوائز، والمقارنة بين مجموعة من الطرائق النظرية التي تحدد هذا التوزيع، إضافة إلى التقييم الإنشائي لمجموعة من الجسور المنشأة على طريق اللاذقية طرطوس.

أظهرت نتائج تجربة تحميل نموذج لجسر بيتوني-تم إعداده لأجل هذا البحث-إضافة إلى نتائج التحليل باستخدام برنامج SAP2000 ان للروابط العرضية دور محدود في تحسين التوزيع العرضي للحمولات الناتجة عن المركبات العسكرية والمدنية لأجل مواقعها التصميمية في المقطع العرضي، في حين أن هذا التأثير كان كبيرا لأجل الحمولات الخاصة التي تعبر متوسطة المقطع العرضي. لذلك خلص هذا البحث الى ضرورة استخدام الروابط العرضية في الجسور التي يتوقع أن تعبرها حمولات خاصة.

خلصت نتائج الدراسة إلى أن طريقة غويون ماسونيت كانت الأكثر دقة من بين الطرائق التي تمت دراستها في هذا البحث، واعتمادا على هذه الطريقة تم انجاز منحنيات تحدد مجال استخدام الجوائز المنتجة في معمل بانياس.

بينت دراسة مجموعة من الجسور على طريق اللاذقية طرطوس أن هذه الجسور محققة تقريبا من أجل الحمولة Class A، ومحققة لأجل حمولة الناقلة الألمانية Goldhofer كحمولة خاصة تعبر متوسطة المقطع العرضي، وأوصى البحث بالتمييز بين صنف الحمولة الحية التصميمية الواجب التصميم على أساسها وذلك تبعاً لصنف الطريق، الأمر الذي لم يتم أخذه بعين الاعتبار عند تصميم جسور طريق اللاذقية طرطوس على محور الطريق أو المستعرضة كما أظهرت الدراسة.

## **Abstract**

Many problems appeared in the concrete bridges especially those located on highway roads, so unallowable cracks and deflections can be noted. The reason of these deformations is the repeating of heavy loads as in bridges constructed on Lattakia–Tartous highway. In addition, the design loads was not big enough, which was clear in Karah Kuzak bridge in Raqqa.

This research is limited to the bridges constructed using the prestressed prefabricated AASHTO beams. The objectives of this research are to determine the best use of these beams through studying the influence of some factors on the lateral distribution of live loads on bridges constructed using these beams, comparison between some theoretical methods that determine this distribution, and the structural evaluation of some bridges established on the Latakia, Tartous highway.

Evaluation of effectiveness of diaphragms depended on results of loading experiment imposed on concrete sample represent a bridge, and results of SAP2000 program. The results showed that the diaphragms had a limited role in improving the lateral distribution of military and civilian vehicles loads, while this effect was significant for special loads that located in the mid of cross section. Therefore, this research recommended that the use of diaphragms is necessity in bridges which are expected to pass special loads.

Guyon–Masonnet method was the most accurate of the methods studied in this research, and depending on this method, curves were performed to determine the range of use of the beams produced by Baniyas factory. The structural evaluation of some bridges on the Lattakia –Tartous highway showed that these bridges are almost

**satisfied for military load Class A, and special load of the German vehicle Goldhofer located in mid cross section. This research recommended adopt design live loads for bridge depending on the class of road, which have not been taken into account in the design the bridges of Tartous– Latakia highway as the study showed.**

## قائمة الرموز

الرمز	الدلالة
A	مساحة مقطع الجائز المسبق الصنع
$A_a$	مساحة التسليح العادي
$A_v$	مساحة التسليح المسبق الاجهاد
a	المسافة بين محور الجائز ومحور نظيره ونظيره في المقطع العرضي
b	نصف العرض الكلي للجسر
$B_i$	الجائز رقم (i)
C	عامل الفعل المشترك بين الكبلات والبيتون ويؤخذ اقل أو يساوي الواحد
$C_f$	معامل تصحيح لحساب معامل التوزيع العرضي وفق كود <i>OHBDC</i>
D	معامل يستخدم في حساب قيمة معامل التوزيع العرضي للحمولات في كود <i>AASHTO Standard Specifications</i> وكود <i>OHBDC</i> وتختلف طريقة حسابه حسب الكود.
$D_d$	معامل لحساب معامل التوزيع العرضي للحمولات الحية وفق كود <i>OHBDC</i>
de	المسافة بين مركز الجائز الطرفي والوجه الداخلي للأطروفة أو الرصيف
DF	معامل التوزيع العرضي للحمولات
$D_x$	الصلابة الطولية على الانحناء في واحدة العرض
$D_{xy}$	الصلابة الطولية على الفتل في واحدة العرض
$D_y$	الصلابة العرضية على الانحناء في واحدة الطول
$D_{yx}$	الصلابة العرضية على الفتل في واحدة الطول
$D_1$	مساهمة صلابة الانحناء العرضية في صلابة الانحناء الطولية في واحدة العرض
$D_2$	مساهمة صلابة الانحناء الطولية في صلابة الانحناء العرضية في واحدة الطول
E	معامل المرونة
e	معامل التصحيح لحساب معامل التوزيع للجائز الطرفي وفق طريقة <i>AASHTO LRFD</i>
ec	اللامركزية في الكبلات المسبقة الإجهاد

البعد بين مركز ثقل الجائز ومركز ثقل البلاطة	$e_g$
السهم	$f$
مساحة المنطقة المضغوطة من المقطع	$F_b$
معايير القص	$G$
عزم العطالة على الانحناء	$I$
عزم عطالة الجائز المركب على الانحناء (الجائز مع جزء البلاطة الذي يخص الجائز)	$I_x$
ثابت القتل للجائز المركب	$J_{xy}$
معامل يتعلق بعزم عطالة الجائز المركب	$K_g$
معامل خاص بطريقة غويون ماسونيت	$K_0$
معامل خاص بطريقة غويون ماسونيت	$K_1$
مجاز الجسر	$L$
العزم على كامل المقطع العرضي للجسر	$M$
العزم المقاوم للتشقق	$M_{cr}$
عزم الوزن الذاتي للجائز المسبق الصنع	$M_g$
العزم على الجائز رقم (i)	$M_i$
العزم الكلي المطبق (بدون تصعيد)	$M_K$
العزم على كامل المقطع العرضي الناتج عن حارة مرور محملة	$M_L$
العزم في الحالة الحديدية الموافقة لسيلان التسليح	$M_{ns}$
العزم في الحالة الحديدية الموافقة لانهييار البيتون على الضغط	$M_{nb}$
مجموع كامل العزوم الاستثنائية (الحية + الميتة) الحاصلة على الجائز باستثناء عزم الوزن الذاتي	$\sum M$
عدد الجوائز	$n$
قوة مركزة	$p$
قوة سبق الإجهاد الأولية	$P_0$
قوة سبق الإجهاد بعد حسم الضياعات طويلة الأمد	$P_\infty$
النسبة المعيارية بين مادة الجائز ومادة البلاطة	$r$
إجهاد السيلان التسليح العادي	$R_a$
الاجهاد الأقصى المسموح على الضغط بالبيتون	$R_b$

المقاومة الوسطية على الشد بالبيتون	$R_{bt}$
إجهاد السيالان للكبلات المسبقة الاجهاد	$R_v$
التباعد بين محاور الجوائز	S
معامل الأمان	SF
سماكة بلاطة الجسر	t
حمولة خط الحمولات بعد إعادة التوزيع وفق طريقة غويون ماسونيت	W
عرض حارة المرور	$W_e$
معامل المقطع للجائز المسبق الصنع لأجل الليف السفلي	$W_b$
معامل المقطع للجائز المركب (الجائز المسبق الصنع + البلاطة المصبوبة بالمكان) لأجل الليف السفلي	$W_{b'}$
معامل المقطع للجائز المسبق الصنع لأجل الليف العلوي	$W_t$
: معامل المقطع للجائز المركب (الجائز المسبق الصنع + البلاطة المصبوبة بالمكان) لأجل الليف العلوي	$W_{t'}$
المسافة بين موقع تطبيق الحمولة ومنتصف المقطع العرضي للجسر	x
ذراع مزدوجة العزم لأجل البيتون المضغوط	Z
ذراع مزدوجة العزم لأجل التسليح العادي	$Z_a$
ذراع مزدوجة العزم لأجل التسليح المسبق الإجهاد	$Z_v$
بارامتر الفتل	$\alpha$
بارامتر الانحناء	$\theta$
نسبة مجاز الجسر إلى عرضه	$\beta$
ثابت السهم	$\xi$
معامل بواسون	$\nu$
الإجهاد المسموح على الضغط	$\bar{\delta}_c$
الإجهاد المسموح على الشد	$\bar{\delta}_t$
عامل تلدن البيتون	$\lambda$

## قائمة المصطلحات

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنكليزية
إجهاد	Stress
إجهاد الخضوع / السبلان/	Yield Stress
إجهادات شادة	Tensile Stress
إجهادات ضاغطة	Compressive Stress
إجهادات مسموح بها	Allowable Stress
إجهاد مماسي	Tangent Stress
انهيار	Failure
بلاطة	Slab
تجربة	Experiment
تجربة تحميل	Loading Experiment
التحليل بالعناصر المحدودة	Finite Element analysis
تحميل	Loading
تشقق	Cracking
تشوه	Strain
تشوه مرن	Elastic Strain
جسر مؤلف من جوائز وبلاطة	Slab on Girders Bridge
حارة مرور	Lane
حالة حدية	Ultimate State
حد	Limit
حساب يدوي	Manual Calculation

حمولة حارة	Lane Load
حمولة حية	Live Load
حمولة خاصة	Special Load
حمولة مركزة	Concentrated load
حمولة موزعة بانتظام	Uniformly Distributed Load
حمولة ميتة	Dead Load
خرسانة مسبقة الإجهاد	Prestressed Concrete
خرسانة مصبوبة بالمكان	Cast in-Stu Concrete
خط حمولات	Load Line
خطي	Linear
رابط عرضي	Diaphragm
سلوك مرن	Elastic Behavior
سهم	Deflection
شد	tension
شريحة	Strip
شد سابق	Pre-tension
شد لاحق	Post-tension
صلابة طولية على الانحناء	Longitudinal Flexural Rigidity
صلابة طولية على الفتل	Longitudinal Torsional Rigidity
صلابة عرضية على الانحناء	Transverse flexural Rigidity
صلابة عرضية على الفتل	Transverse Torsional Rigidity
ضغط	Compression

ضغط لامركزي	Eccentric Compression
طريقة دقيقة	Exact Method
طريقة مبسطة	Simplified Method
طريقة نظرية	Theoretical Method
عزم انعطاف	Bending Moment
عزم العطالة	Moment of Inertia
ثابت الفتل	Torsion Constant
عقدة مرورية	Intersection
علاقة	Relationship
علاقة خطية	Linear Relationship
العناصر المحدودة	Finite Element
قضيب تسليح	Bar
قوة سبق الإجهاد	Prestressed Force
كابل	Cable
مجاز	Span
محور	Axis
مرحلة التنفيذ	Transfer Level
مرحلة الاستثمار	Service Level
مسبق الصنع	Prefabricated
معامل أمان	Safety Factor
معامل المرونة	Modulus of Elasticity
مقطع مركب	Composite Section

منحنی	Curve
نمذج	sample
نمذج اختبار	Test sample

## قائمة الأشكال

الصفحة	الشكل
25.....	الشكل (1-2) الجوائز مقطع AASHTO نموذج
26.....	الشكل (2-2) التسليح العادي العرضي والطولي
27.....	الشكل (3-2) الكبلات المشدودة.....
27.....	الشكل (4-2) الجوائز مقطع A المنتجة في معمل بانياس
28.....	الشكل (5-2) أبعاد الجوائز المنتجة في معمل بانياس.....
29.....	الشكل (6-2) الجوائز نموذج AASHTO TYPE IV المنتج في معمل بانياس.....
30.....	الشكل (7-2) الجوائز نموذج AASHTO TYPE III المنتج في معمل بانياس.....
31.....	الشكل (8-2) الجوائز نموذج AASHTO TYPE II المنتج في معمل بانياس.....
33.....	الشكل (9-2) طريقة الضغط اللامركزي.....
36.....	الشكل (10-2) تقسيم المقطع العرضي للجسر وفق طريقة غويون ماسونيت .....
37.....	الشكل (11-2) معاملات كود (OHBDC) لأجل جسر بحارتي مرور.....
41.....	الشكل (12-2) القوى المؤثرة على المقطع في الحالة الحديدية للانهييار.....
43.....	الشكل (1-3) نموذج رقم (1).....
44.....	الشكل (2-3) قيم معاملات توزيع جوائز النموذج رقم (1) حسب موقع الحمولة.....
48.....	الشكل (3-3) قيم معامل التوزيع للجوائز الطرفي ( $B_1$ ) لأجل النماذج (2,3,4).....
48.....	الشكل (4-3) قيم معامل التوزيع للجوائز الداخلي ( $B_2$ ) لأجل النماذج (2,3,4).....
49.....	الشكل (5-3) قيم معامل التوزيع للجوائز الوسطي ( $B_3$ ) لأجل النماذج (2,3,4).....
50.....	الشكل (6-3) معامل التوزيع للجوائز الطرفي للنموذج (1) والنموذج (2).....
50.....	الشكل (7-3) معامل التوزيع للجوائز الداخلي للنموذج (1) والنموذج (2).....
51.....	الشكل (8-3) معامل التوزيع للجوائز الوسطي للنموذج (1) والنموذج (2).....
54.....	الشكل (9-3) معاملات التوزيع للجوائز الطرفي في النماذج (7),(6),(5) تبعا لموقع الحمولة.....
55.....	الشكل (10-3) معاملات التوزيع للجوائز الداخلي في النماذج (7),(6),(5) تبعا لموقع الحمولة.....
55.....	الشكل (11-3) معاملات التوزيع للجوائز الوسطي في النماذج (7),(6),(5) تبعا لموقع الحمولة.....
57.....	الشكل (12-3) حاملة الدبابات الروسية HK80.....
58.....	الشكل (13-3) معاملات التوزيع للجوائز الطرفي بحسب موقع الحمولة - النموذجين (8),(9).....
60.....	الشكل (14-3) معاملات التوزيع للجوائز الطرفي بحسب موقع الحمولة - النموذجين (10),(11).....
61.....	الشكل (15-3) المركبة المدنية وفق الكود البولوني.....
62.....	الشكل (16-3) معاملات التوزيع لجوائز النموذجين (12,13) لأجل الحمولات المدنية.....

- 62.....الشكل (3-17) المركبة الألمانية Goldhofer
- 63.....الشكل (3-18) المركبة الألمانية Goldhofer
- 64.....الشكل (3-19) معاملات التوزيع لجوائز النموذجين (8)، (9) لأجل حمولة المركبة Goldhofer
- 65...الشكل (3-20) معاملات التوزيع لجوائز النموذجين (10)، (11) لأجل حمولة المركبة Goldhofer
- 65.....الشكل (3-21) المقطع العرضي لجسر قره قوزاق
- 66.....الشكل (3-22) جسر قره قوزاق
- 67...الشكل (3-23) معاملات التوزيع لجوائز النموذجين (14)، (15) لأجل حمولة المركبة Goldhofer
- 68.....الشكل (3-24) المركبة Goldhofer عند مرورها فوق جسر قره قوزاق
- 70.....الشكل (4-1) أبعاد المقطع العرضي للجائز مسبق الصنع بالـ cm
- 70.....الشكل (4-2) المقطع العرضي للجسر الأول وتوضع العربات (الأبعاد كلها بـ cm)
- 71.....الشكل (4-3) المقطع الطولي للجسر الأول وتوضع المركبات (الأبعاد بـ cm)
- 71.....الشكل (4-4) أجهزة القياس المثبتة تحت الجسر الأول لقياس السهم
- 71.....الشكل (4-5) تجربة تحميل الجسر الأول
- 73.....الشكل (4-6) المقطع العرضي للجسر الثاني وتوضع المركبات (الأبعاد بـ cm)
- 74.....الشكل (4-7) نموذج الجسر الأول باستخدام برنامج SAP2000
- 75.....الشكل (4-8) طريقة الضغط للمركزي
- الشكل (4-9) خطوط الحمولات بعد إعادة توزيعها على المواقع
- 78.....المعتبرة وفق طريقة غويون ماسونيت
- 82.....الشكل (4-10) المقارنة بين قيم معاملات التوزيع النظرية والتجريبية للجسر الأول
- 83.....الشكل (4-11) المقارنة بين قيم معاملات التوزيع النظرية والتجريبية للجسر الثاني
- 83.....الشكل (4-12) النسب المئوية للاختلاف بين النتائج النظرية والنتائج التجريبية للجسر الأول
- 84.....الشكل (4-13) النسب المئوية للاختلاف بين النتائج النظرية والنتائج التجريبية للجسر الثاني
- 85.....الشكل (4-14) المقطع العرضي للجسر الأصلي (الأبعاد بالـ cm)
- 85.....الشكل (4-15) تسليح بلاطة الجسر الأصلي
- 85.....الشكل (4-16) أبعاد الجائز المسبق الصنع والرباط العرضي (الأبعاد بالـ cm)
- 87.....الشكل (4-17) مقطع عرضي في النموذج (الأبعاد بالـ cm)
- 87.....الشكل (4-18) التسليح في النموذج
- 88.....الشكل (4-19) مسقط أفقي للنموذج (الأبعاد بالـ cm)
- 90.....الشكل (4-20) نموذج حاملة الدبابات الروسية HK80
- 90.....الشكل (4-21) نموذج الناقل الألمانية Goldhofer
- 92.....الشكل (4-22) نتائج تجارب التحميل من أجل نموذج المركبة HK80

- 93.....Goldhofer الشكل (4-23) نتائج تجارب التحميل من أجل نموذج المركبة
- 94.....class B الشكل (5-1) الحمولة العسكرية
- 96.....Excel المستخدمة لاستخدام طريقة غويون ماسونيت الشكل (5-2) ورقة برنامج
- 97.....Excel المستخدمة لاستخدام طريقة غويون ماسونيت الشكل (5-3) ورقة برنامج
- 98.....AASHTO الشكل (5-4) العلاقة بين المجاز الأعظمي والتباعد بين جوائز
- 99.....Class A وبيتون B60 بدون روابط عرضية الشكل (5-5) العلاقة بين المجاز الأعظمي والتباعد بين جوائز
- 100.....Class B وبيتون B60 بوجود روابط عرضية الشكل (5-6) العلاقة بين المجاز الأعظمي والتباعد بين جوائز
- 101.....Class B وبيتون B60 بوجود روابط عرضية الشكل (5-8) العلاقة بين المجاز الأعظمي والتباعد بين جوائز
- 102.....Class A وبيتون B50 بدون روابط عرضية الشكل (5-9) العلاقة بين المجاز الأعظمي والتباعد بين جوائز
- 103.....Class A وبيتون B50 بوجود روابط عرضية الشكل (5-10) العلاقة بين المجاز الأعظمي والتباعد بين جوائز
- 104.....Class B وبيتون B50 بدون روابط عرضية الشكل (5-11) العلاقة بين المجاز الأعظمي والتباعد بين جوائز
- 105.....Class B وبيتون B50 بوجود روابط عرضية

## قائمة الجداول

الصفحة	الجدول
26.....	الجدول (1-2) مواصفات المواد المستخدمة في معمل بانياس
42.....	الجدول (1-3) معطيات النموذج رقم (1)
43.....	الجدول (2-3) قيم العزوم على جوائز النموذج رقم (1) مقاسة بـ (t.m)
44.....	الجدول (3-3) قيم معاملات توزيع جوائز النموذج رقم (1) حسب موقع الحمولة
45.....	الجدول (4-3) معطيات النماذج (4,3,2)
46.....	الجدول (5-3) العزوم على جوائز النموذج (2) مقاسة بـ (t.m)
46.....	الجدول (6-3) العزوم على جوائز النموذج (3) مقاسة بـ (t.m)
46.....	الجدول (7-3) العزوم على جوائز النموذج (4) مقاسة بـ (t.m)
47.....	الجدول (8-3) معاملات التوزيع لجوائز النموذج (2)
47.....	الجدول (9-3) معاملات التوزيع لجوائز النموذج (3)
47.....	الجدول (10-3) معاملات التوزيع لجوائز النموذج (4)
52.....	الجدول (11-3) معطيات النماذج (5),(6),(7)
52.....	الجدول (12-3) قيم العزوم على الحاصلة على جوائز النموذج (5) مقاسة بـ (t.m)
53.....	الجدول (13-3) قيم العزوم على الحاصلة على جوائز النموذج (6) مقاسة بـ (t.m)
53.....	الجدول (14-3) قيم العزوم على الحاصلة على جوائز النموذج (7) مقاسة بـ (t.m)
53.....	الجدول (15-3) معاملات التوزيع لجوائز النموذج (5)
54.....	الجدول (16-3) معاملات التوزيع لجوائز النموذج (6)
54.....	الجدول (17-3) معاملات التوزيع لجوائز النموذج (7)
56.....	الجدول (18-3) العزوم الناتجة عن الاحمال الميتة - النموذجان (5),(6)
57.....	الجدول (19-3) معطيات النموذجين (8),(9)
	الجدول رقم (20-3) قيم العزوم ومعاملات التوزيع لجوائز النموذجين (8),(9)
58.....	الناتجة عن المركبة HK80
59.....	الجدول (21-3) معطيات النموذجين (10),(11)
	الجدول رقم (22-3) قيم العزوم ومعاملات التوزيع لجوائز النموذجين (10),(11)
59.....	الناتجة عن المركبة HK80
61.....	الجدول (23-3) معطيات النموذجين (12,13)
	الجدول (24-3) العزوم ومعاملات التوزيع لجوائز النموذجين (8),(9) لأجل حمولة المركبة
63 .....	Goldhofer

الجدول (3-25) العزوم ومعاملات التوزيع لجوائز النموذجين (10)،(11) الناتجة عن حمولة المركبة	64.....Goldhofer
الجدول (3-26) معطيات النموذجين (14،15)	66.....
الجدول (3-27) العزوم ومعاملات التوزيع لجوائز النموذجين (14،15) الناتجة عن حمولة المركبة	67.....Goldhofer
الجدول (4-1) السهوم الناتجة عن تجربة تحميل الجسر الأول.....	70.....
الجدول(4-2) العزوم الناتجة عن تجربة تحميل الجسر الأول.....	72.....
الجدول (4-3) قيم السهوم الناتجة عن تجربة تحميل الجسر الثاني.....	73.....
الجدول(4-4) العزوم على جوائز الجسر الأول باستخدام برنامج SAP (t.m).....	74.....
الجدول(4-5) العزوم على جوائز الجسر الأول حسب طريقة الضغط للامركزي.....	75.....
الجدول (4-6) قيم المعاملات $K_0, K_1$ عند المواقع المحددة وفق طريقة غوين ماسونيت وذلك حسب موقع الحمولة في الجسر الأول.....	77.....
الجدول(4-7) قيم المعاملات $K_0, K_1$ عند كل جائز من جوائز الجسر الأول.....	77.....
الجدول(4-8) قيم معاملات التوزيع للجوائز لأجل كل خط أحمال.....	78.....
الجدول(4-9) لعزوم الحاصلة على جوائز الجسر الثاني وفق كل طريقة.....	81.....
الجدول (4-10) الخصائص الهندسية لجائز النموذج.....	86.....
الجدول(4-11) نتائج تجارب التحميل من أجل نموذج المركبة HK80.....	91.....
الجدول(4-12) نتائج تجارب التحميل من أجل نموذج المركبة Goldhofer.....	92.....
الجدول(6-1) القيم المعتمدة لتحقيق الجسور وفق الكود البولوني.....	106.....
الجدول(6-2) نتائج تحقيق الجسر (1) NO لأجل الحمولة العسكرية Class A.....	107.....
الجدول (6-3) نتائج تحقيق الجسر (5) NO لأجل الحمولة العسكرية Class A.....	108.....
الجدول (6-4) نتائج تحقيق الجسر (6) NO لأجل الحمولة العسكرية Class A.....	108.....
الجدول (6-5) نتائج تحقيق الجسر (15) NO لأجل الحمولة العسكرية Class A.....	109.....
الجدول(6-6) نتائج تحقيق الجسر(1) NO لأجل المركبة Goldhofer.....	110.....
الجدول (6-7) نتائج تحقيق الجسر(5) NO لأجل المركبة Goldhofer.....	110.....
الجدول (6-8) نتائج تحقيق الجسر(6) NO لأجل المركبة Goldhofer.....	111.....
الجدول (6-9) نتائج تحقيق الجسر(15) NO لأجل المركبة Goldhofer.....	111.....
الجدول (6-10) نتائج تحقيق الجسر (2) NO لأجل الحمولة العسكرية Class A.....	112.....
الجدول (6-11) نتائج تحقيق الجسر (3) NO لأجل الحمولة العسكرية Class A.....	112.....

## قائمة الملاحق

الصفحة	الملحق
118.....	الملحق (1) قيم المعاملات $K_0, K_1$ الخاصة بطريقة Guyon-Massonnet
129 .....	الملحق (2) المنحنيات الخاصة بطريقة Guyon-Massonnet لحساب المعاملات $K_0, K_1$
139.....	الملحق (3) المخططات التصميمية للجسور التي تم تحقيقها على طريق اللاذقية طرطوس

# الفصل الأول

## مقدمة

### 1-1 تمهيد

تعتبر الجسور منشآت ذات أهمية اقتصادية وخدمية خاصة لما تؤمنه من استمرارية للطرق وتجاوزها للعوائق الطبيعية والاصطناعية. معظم الجسور الموجودة في سوريا هي جسور بيتونية، وقد أنشأت العديد منها باستخدام الجوائز المسبقة الصنع المسبقة الاجهاد (Prefabricated Prestressed Girders) نموذج AASHTO مع بلاطة مصبوبة بالمكان، كالجسور المنشأة على طريق اللاذقية طرطوس، حيث ان الجوائز المسبقة الصنع مسبقة الاجهاد تعتبر كحل انشائي أفضل من الجوائز ذات التسليح العادي المصبوبة بالمكان لاعتبارات عديدة تتعلق بطريقة الانشاء والاستثمار إضافة إلى أن هذه الجوائز متوفرة ومصنعة محلياً في معمل بانياس ومعمل قاسيون. العديد من بلدان العالم اعتمدت كودات محددة لدراسة وتصميم الجسور لكن في سوريا وفي جميع البلدان العربية لا يوجد كود معتمد لهذا الغرض لذلك كان من المهم البحث في التصميم الانشائي لهذه الجسور.

### 2-1 الهدف من البحث

يهدف هذا البحث إلى تحديد تأثير العوامل المختلفة على التوزيع العرضي للحمولات الحية في الجسور ذات الجوائز المسبقة الإجهاد نموذج AASHTO والمقارنة بين مجموعة من الطرائق النظرية التي تحدد هذا التوزيع والخلوص إلى مخططات تساعد في تحديد المقطع العرضي المطلوب للجسر المدروس، إضافة إلى التقييم الإنشائي لمجموعة من الجسور المنشأة على طريق اللاذقية طرطوس.

### 3-1 مجال البحث

هذا البحث يتناول الجسور المستقيمة بسيطة الاستناد المنشأة باستخدام الجوائز المسبقة الصنع المسبقة الاجهاد المنتجة في معمل بانياس بمقطع I وفق نموذج AASHTO مع بلاطة مصبوبة بالمكان

## 1-4 الأدوات والمنهج

اعتمد هذا البحث في سبيل الخلوصل الى النتائج على طريقة العناصر المحدودة (finet element) باستخدام برنامج SAP2000 لتحديد تأثير العوامل المختلفة على التوزيع العرضي للحمولات الحية، وتجربة تحميل لنموذج بيتوني يمثل جسر بيتوني بجوائز نموذج AASHTO لتقييم تأثير الروابط العرضية على التوزيع العرضي للحمولات، أيضاً تم اعتماد نتائج تجريرتي تحميل لجسرين في منطقة دمر لتقييم دقة مجموعة من الطرائق النظرية المستخدمة لدراسة التوزيع العرضي للحمولات، حيث تم الاعتماد على طريقة (Guyon –Massonnet) من بين هذه الطرائق لإنشاء مخططات لتحديد مجال استخدام الجوائز المسبقة الصنع المسبقة الإجهاد التي يتناولها هذا البحث وتقييم مجموعة من الجسور على طريق اللاذقية طرطوس .

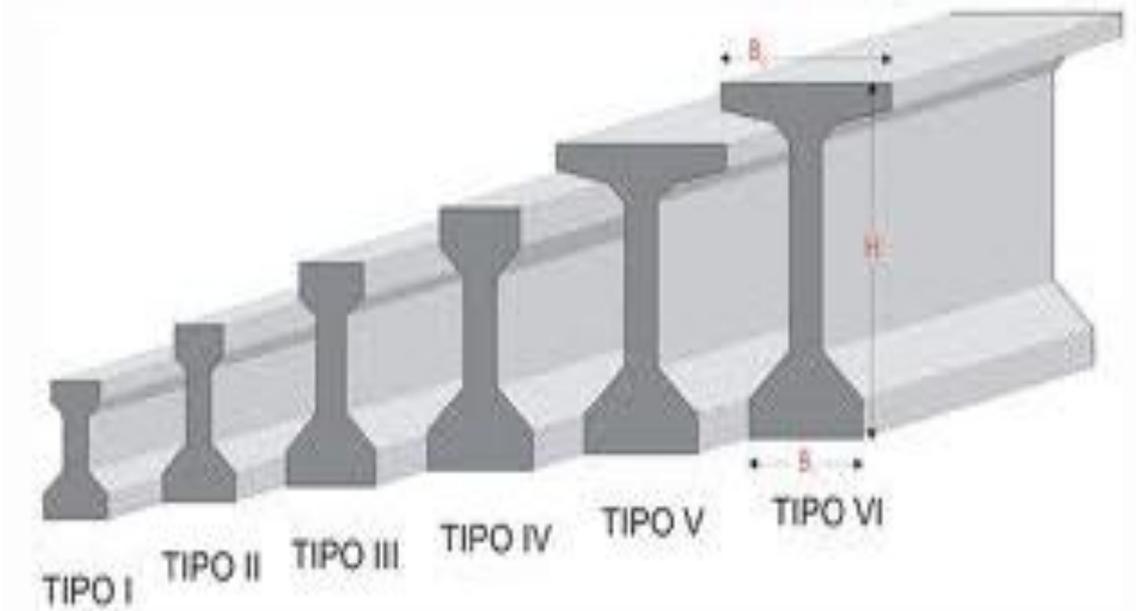
## الفصل الثاني

### مدخل نظري

1-2 الجوائز المسبقة الصنع المسبقة الإجهاد المنتجة في معمل بانياس وفق

#### نموذج AASHTO

هناك العديد من المقاطع النموذجية (standard) للجوائز وفق الـ AASHTO المستخدمة في الجسور. النماذج ذات المقطع بشكل I موضحة بالشكل (1-2)



الشكل (1-2) الجوائز مقطع I نموذج AASHTO

ينتج معمل بانياس النموذج الثاني والثالث والرابع (II, III, IV) مع اختلاف في بعض الأبعاد مع النماذج الأصلية. هذه الجوائز تنتج وفق نظام الشد السابق حيث يستخدم التسليح العادي لمقاومة اجهادات القص التي يتعرض لها المقطع الشكل (2-2) وتستخدم الكبلات المشدودة لمقاومة الاجهادات الناتجة عن قوى عزم الانحناء الشكل (2-3)، قوى سبق الإجهاد يتم تأمينها من خلال شد هذه الكبلات باستخدام اجهزة خاصة ثم يتم صب البيتون، وبعد تصلب البيتون تحرر الكبلات التي تحاول بسبب المرونة العودة الى وضعها الأصلي فتؤثر على المقطع بقوة ضغط موزعة على طول الكبل بسبب التماسك بين الكبلات والبيتون وينتج عن ذلك عزوم معاكسة في الاتجاه للعزوم

المختلفة التي ستؤثر على الجائز في مرحلة الاستثمار. الجدول التالي يوضح مواصفات المواد المستخدمة في صناعة هذه الجوائز:

الجدول (1-2) مواصفات المواد المستخدمة في معمل بانياس

450 kg/cm <sup>2</sup>	مقاومة البيتون المكعبية بعد 28 يوم
17080 kg/cm <sup>2</sup>	إجهاد السيلان للكابل المسبق الإجهاد
18980 kg/cm <sup>2</sup>	إجهاد الإنقطاع للكابل المسبق الأجهاد
0.742 cm <sup>2</sup>	مساحة الكابل المسبق الأجهاد
9840 Kg	قوة سبق الإجهاد الأولية المطبقة على الكابل



الشكل (2-2) التسليح العادي العرضي والطولي

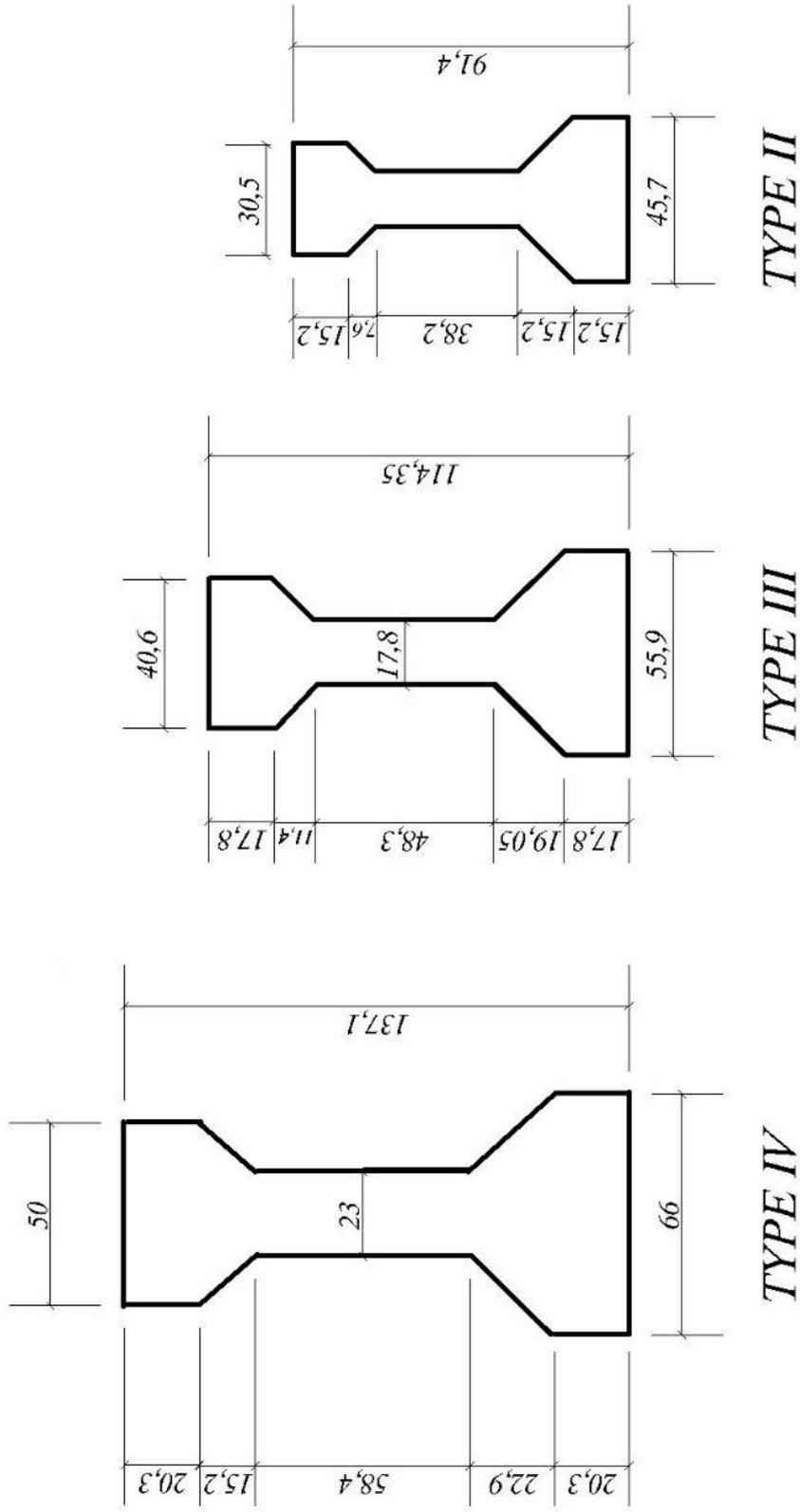


الشكل (2-3) الكبلات المشدودة

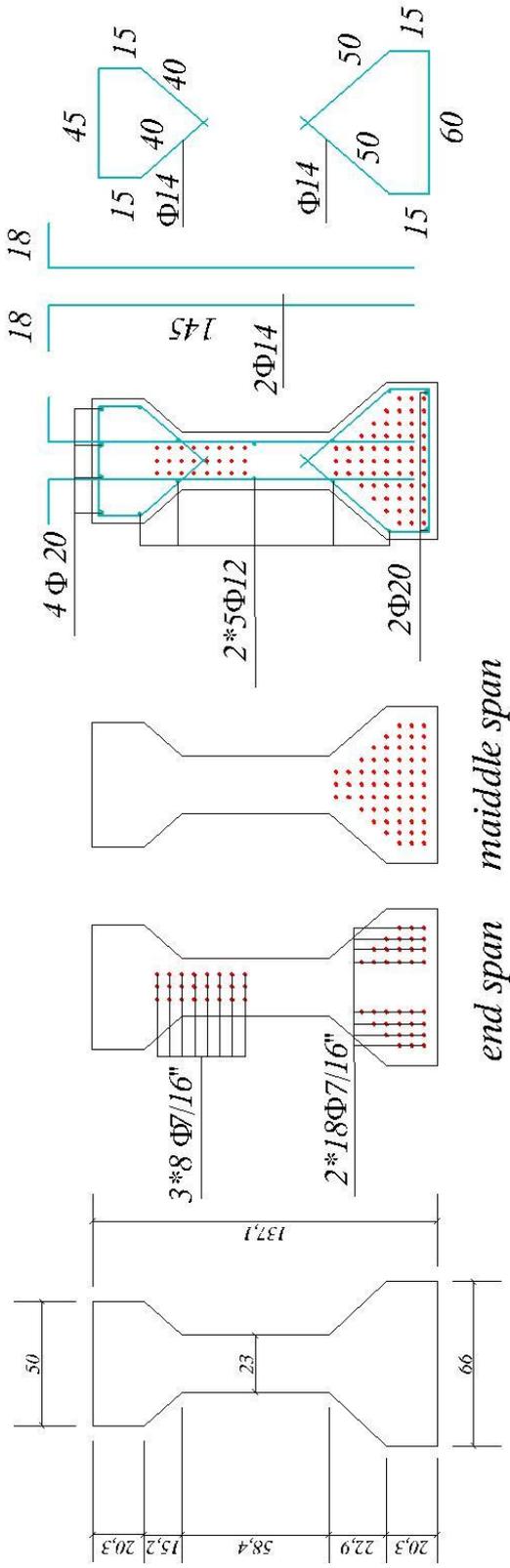
الأشكال التالية توضح أبعاد وتسليح الجوائز المنتجة في المعمل:



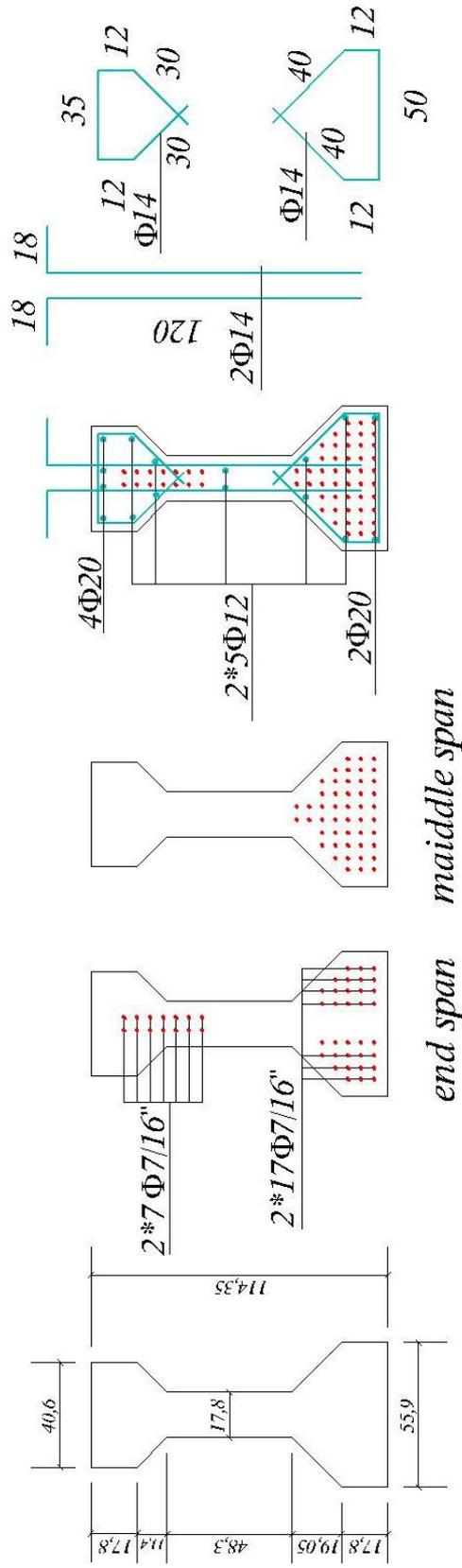
الشكل (2-4) الجوائز مقطع A المنتجة في معمل بانياس



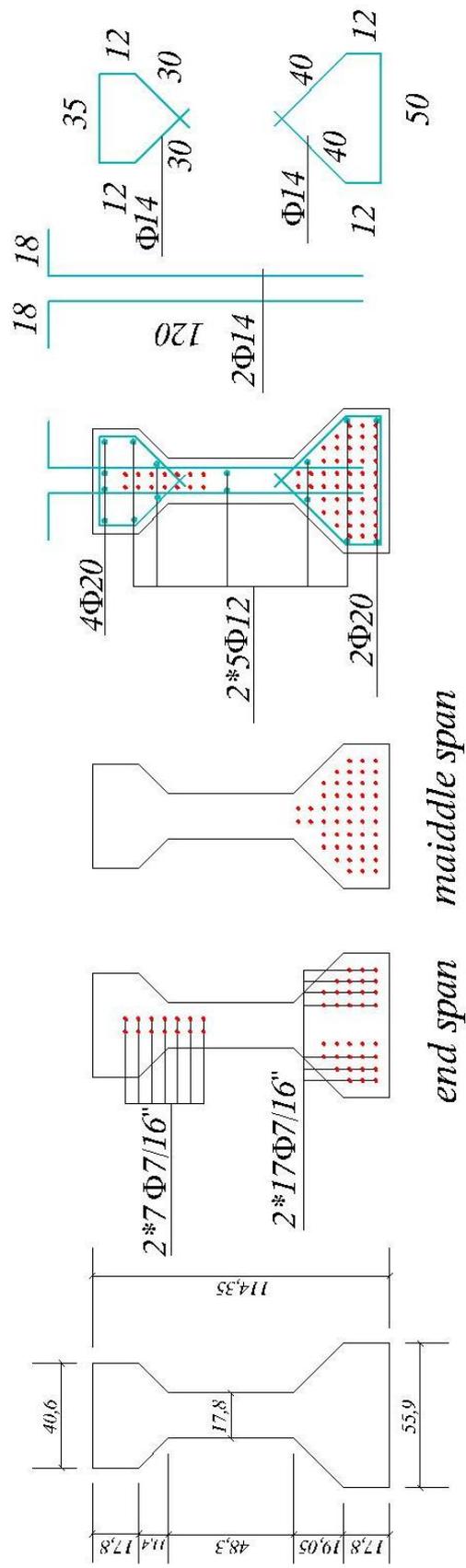
الشكل (2-5) أبعاد الجوائز المنتجة في معمل باتنياس (الأبعاد بالـ cm)



الشكل (6-2) الجائز نموذج AASHTO TYPE IV المنتج في معمل باتيلاس (الأبعاد بالـ cm)



الشكل (7-2) الجانز نموذج AASHTO TYPE III المنتج في معمل باتيلاس (الأبعاد بالـ cm)



الشكل (8-2) الجائز نموذج II AASHTO TYPE II المنتج في معمل باتياس (الأبعاد بالـ cm )

## 2-2 التوزيع العرضي للحمولات

المقصود بالتوزيع العرضي للحمولات (Lateral Distribution of Loads) هو الحمولة المنقولة إلى كل جانز من الحمولة الكلية المطبقة على الجسر. إن عزم الانحناء على كامل المقطع العرضي للجسر الناتج عن الحمولات المطبقة يمكن حسابه بسهولة باعتبار كامل الجسر عبارة عن جانز [3] وقيمته ثابتة لا تتغير بتغير موقع الحمولة في المقطع العرضي أو تغير المقطع العرضي نفسه أو أي بارامتر آخر يؤثر على التوزيع العرضي للحمولات، أما قيمة العزم على كل جانز فهو يتبع للعديد من العوامل ويتغير بتغير موقع الحمولة في المقطع العرضي وهناك طرائق عديدة لحساب هذا العزم الأمر الذي سيتم توضيحه ضمن هذا البحث. يمكن تعريف معامل توزيع الحمولات (Distribution Factor) كمايلي:

معامل توزيع الحمولات (DF) لجانز محدد ( $B_i$ ) هو بالتعريف النسبة بين العزم الأعظمي الحاصل على هذا الجانز ( $M_i$ ) إلى العزم الأعظمي الحاصل على كامل المقطع العرضي للجسر ( $M$ ) كما في العلاقة التالية [3]:

$$DF = \frac{M_i}{M} \quad (1 - 2)$$

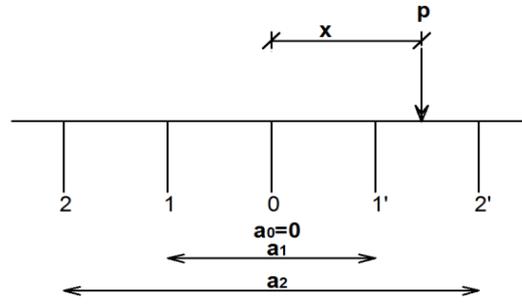
## 2-3 الطرائق النظرية لحساب معاملات التوزيع العرضي للحمولات

هناك العديد من الطرائق النظرية لدراسة توزع الحمولات الحية على القسم العلوي للجسر، والعديد من كودات تصميم الجسور في بلدان العالم اعتمدت طرائق محددة لدراسة توزع الحمولات الحية على القسم العلوي للجسر، لكن في سوريا لا يوجد كود معتمد لتصميم وإنشاء الجسور. هذا البحث يستعرض مجموعة من الطرائق لدراسة توزع الحمولات الحية في الجسور البيتونية ذات الجوائز (slab on girders concrete bridges). الطرائق التي تمت دراستها في هذا البحث هي:

- 1- طريقة العناصر المحدودة finite-element
- 2- طريقة الضغط اللامركزي Eccentric Compression Method
- 3- طريقة غويون ماسونيت Guyon –Massonnet Method
- 4- طريقة كود: AASHTO LRFD Bridge Design Specification
- 5- طريقة كود: AASHTO Standard Specification for Highway Bridges
- 6- طريقة كود: Ontario Highway Bridge Design Code (OHBDC)

### 2-3-1 طريقة الضغط اللامركزي

هذه الطريقة بسيطة وسهلة إلا أنها لا تأخذ بعين الاعتبار كل العوامل المؤثرة على توزيع الحمولات، وهي لا تزال أكثر الطرائق شيوعاً بين المهندسين السوريين وفي الجامعات السورية إن لم تكن الوحيدة. تعطي هذه الطريقة معامل التوزيع لكل جانز اعتماداً على عدد الجوائز وموقعها وموقع الحمولات في المقطع العرضي دون الأخذ بعين الاعتبار أي بارامترات أخرى. وفيما يلي كيفية حساب معاملات التوزيع لجسر بخمس جوائز رئيسية وفق هذه الطريقة لأجل حمولة P [17]، موضحة بالشكل (2-9):



الشكل (2-9) طريقة الضغط اللامركزي

$$DF = \frac{1}{n} \pm \frac{x * a_i}{\sum_{i=0}^n a_i^2} \quad (2 - 2)$$

DF: معامل توزيع للجائز

X: بعد مكان تطبيق الحمولة عن منتصف المقطع العرضي

n: عدد الجوائز الرئيسية

وتكون الإشارة في المعادلة (+) إذا كانت القوة والجائز المدروس يقعان في نصف الجسر ذاته والإشارة (-) إذا كانا في نصفين مختلفين.

### 2-3-2 طريقة كود: AASHTO LRFD Bridge Design Specifications

وفق هذه الطريقة يتم أولاً حساب العزم الأعظمي الكلي على كامل المقطع العرضي الناتج عن تحميل حارة مرور واحدة ( $M_L$ ) ثم يتم حساب معامل التوزيع حسب عدد الحارات المحملة [2]، وينتج العزم الحاصل على الجائز بضرب معامل التوزيع بالعزم ( $M_L$ ). معامل التوزيع يحسب للجوائز الداخلية

من أجل حارة محملة واحدة وفق العلاقة (3-2)، أما من أجل حارتين أو أكثر فإنه يحسب للجوائز الداخلية وفق العلاقة (4-2).

$$DF = 0.06 + \left(\frac{S}{14}\right)^{0.4} \left(\frac{S}{L}\right)^{0.3} \left(\frac{K_g}{12Lt^3}\right)^{0.1} \quad (3 - 2)$$

$$DF = 0.075 + \left(\frac{S}{9.5}\right)^{0.6} \left(\frac{S}{L}\right)^{0.2} \left(\frac{K_g}{12Lt^3}\right)^{0.1} \quad (4 - 2)$$

DF: معامل التوزيع

S: التباعد بين الجوائز الرئيسية (ft)

L: طول المجاز (ft)

$K_g$ : معامل يتعلق بعزم عطالة الجائز المركب يحسب كمايلي

$$K_g = r(I + A e_g^2)$$

r: النسبة المعيارية بين مادة الجائز ومادة البلاطة

I: عزم عطالة الجائز ( $in^4$ )

A: مساحة الجائز ( $in^2$ )

$e_g$ : البعد بين مركز ثقل الجائز ومركز ثقل البلاطة (in)

t: سماكة البلاطة (in).

معامل التوزيع للجائز الطرفي يحسب بضرب قيمة هذا المعامل للجائز الداخلي بمعامل تصحيح يحسب وفق العلاقة التالية [2]

$$e = 0.77 + \frac{d_e}{9.1} \geq 1 \quad (5 - 2)$$

e: معامل التصحيح للجائز الطرفي

$d_e$ : المسافة بين مركز الجائز الطرفي والوجه الداخلي للأطروفة أو الرصيف (ft).

الحساب وفق هذه الطريقة لا يأخذ بعين الاعتبار أبعاد المركبات وموقعها في المقطع العرضي.

### 2-3-3 طريقة كود: AASHTO Standard Specification for

### Highway Bridges

هذه الطريقة هي الطريقة الأبسط بين الطرائق المدروسة حيث يتم حساب معامل التوزيع وفق العلاقة التالية [1]:

$$DF = \frac{S}{D} \quad (6 - 2)$$

S: التباعد بين الجوائز (ft)،

D: تكون قيمة هذا المعامل حسب شكل المقطع العرضي وفق جدول موجود في الكود. لأجل حساب العزم الحاصل على جوائز محدد فإن هذا المعامل يضرب بالعزم الكلي الناتج عن خط واحد من الدواليب. هذه الطريقة تعتبر أن معامل التوزيع هو نفسه لجميع الجوائز. واضح أنه لم يأخذ بعين الاعتبار في هذه الطريقة تأثير العطالات والاستطالة وموقع المركبات في المقطع العرضي.

### 2-3-4 طريقة غويون - ماسونيت

تعتمد هذه الطريقة في التحليل على سلوك البلاطة غير المتجانسة (orthotropic plate)، وهذه الطريقة طويلة جدا لكنها الأكثر إحاطة بالعوامل المؤثرة على توزع الحملات. للحصول على قيمة معامل التوزيع لكل جوائز نحسب أولا العطالات اللابعدية باستخدام المعادلتين التاليتين [3]:

$$\alpha = \frac{D_{xy} + D_{yx} + D_1 + D_2}{2(D_1 * D_2)^{0.5}} \quad (7 - 2)$$

$$\theta = \frac{b}{L} \left[ \frac{D_x}{D_y} \right]^{0.25} \quad (8 - 2)$$

حيث:

$\alpha$ : بارامتر الفتل،  $\theta$ : بارامتر الانحناء

$D_x$ : الصلابة الطولية على الانحناء في واحدة العرض

$D_y$ : الصلابة العرضية على الانحناء في واحدة الطول

$D_{xy}$ : الصلابة الطولية على الفتل في واحدة العرض

$D_{yx}$ : الصلابة العرضية على الفتل في واحدة الطول

$D_1$ : مساهمة صلابة الانحناء العرضية في صلابة الانحناء الطولية في واحدة العرض

$D_2$ : مساهمة صلابة الانحناء الطولية في صلابة الانحناء العرضية في واحدة الطول

b: نصف العرض الكلي للجسر

L: طول الجسر

حيث لأجل الجسور ذات الجوائز (slab on girders bridges) يتم حساب المقادير السابقة

$$D_x = \frac{EI_x}{s} \quad \text{كمايلي:}$$
$$D_y = \frac{E't^3}{12}$$

$$D_{xy} = \frac{GJ_{xy}}{S}$$

$$D_{yx} = \frac{G't^3}{6}$$

$$D_1 = D_2 = \nu D_y$$

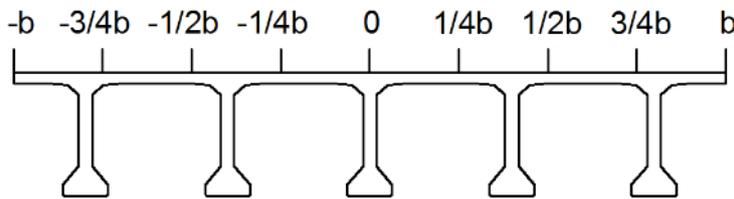
$I_x$ : عزم عطالة الجائز المركب على الانحناء (الجائز مع جزئ البلاطة الذي يخص الجائز)  
 $J_{xy}$ : ثابت الفتل للجائز المركب

حيث  $E, G, \nu$ : هي معامل المرونة ومعايير القص ونسبة بواسون على التوالي  
 بعد حساب قيمة كل من  $\alpha$  و  $\theta$  لدينا مخططات خاصة بهذه الطريقة تعتمد على تقسيم بلاطة الجسر إلى ثمانية شرائح طولية متساوية بحيث نحصل على تسع مواقع على البلاطة ضمن المقطع العرضي الشكل (2-10)، وتعطينا هذه المخططات قيم  $K_0, K_1$  لأجل كل موقع من هذه المواقع عند توضع الحمولة على أحد هذه المواقع والمخططات موضحة بالملحق (1)، حيث القيم على المحور الأفقي تمثل قيم  $\theta$  والقيم على المحور الشاقولي تمثل قيم  $K_0$  أو  $K_1$  ، والقيم على المنحنيات تمثل موقع الحمولة، ووفق هذه المخططات يمكن حساب قيمة معامل التوزيع لكل جائز أياً كان موقعه وموقع الحمولة وذلك باستخدام النسبة والتناسب. علماً أن بعض المراجع تحوي قيم هذه المخططات مجدولة [5],[8] وهي مبينة في الملحق رقم (1). بعد حساب قيمة هذين المعاملين يصبح بالإمكان حساب معامل التوزيع للجائز وفق العلاقة التالية [13]

$$DF = \frac{K_0 + (K_1 - K_0)\sqrt{\alpha}}{n} \quad (9 - 2)$$

حيث  $n$ : عدد الجوائز

هذه الطريقة تأخذ بعين الاعتبار خواص المادة  $(E, G)$  والعطالات على الانحناء والفتل في الاتجاهين الطولي والعرضي إضافة الى نسبة عرض الجسر إلى طوله.



الشكل (2-10) تقسيم المقطع العرضي للجسر وفق طريقة غويون ماسونيت

## Ontario 5-3-2 طريقة كود:

### Highway Bridge Design Code (OHBDC)

هذه الطريقة مثل طريقة غويون ماسونيت تعتمد في التحليل على سلوك البلاطة غير المتجانسة. أولاً يتم

حساب قيم البارامترات  $\alpha$  ،  $\theta$  ثم يتم حساب

المعامل  $D$  ويتم الحصول عليه من مخططات

موجودة في الكود [3]. الشكل (11-2) يوضح قيم

المعامل  $D$  للجوائز الطرفية والداخلية وقيمة معامل

التصحيح  $C_f$ . المعامل  $D_d$  يتم الحصول عليه وفق

العلاقة (10-2).

$$D_d = D * \left[ 1 + \frac{\mu C_f}{100} \right] \quad (10 - 2)$$

$$\mu = \frac{w_e - 3.3}{0.6}$$

$w_e$ : عرض حارة المرور (m)،

ويكون معامل التوزيع:

$$DF = \frac{S}{D_d} \quad (11 - 2)$$

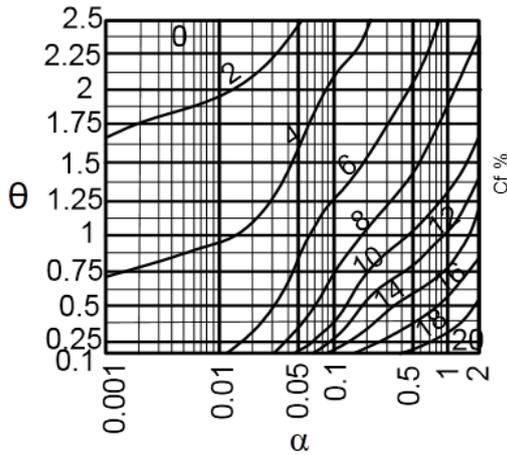
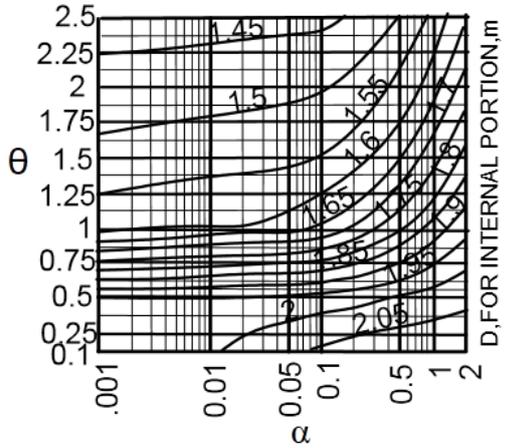
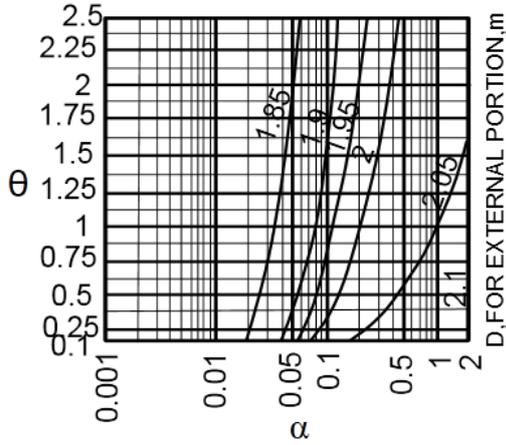
ولحساب العزم النهائي الحاصل على جائز محدد

فإن هذا المعامل يضرب بالعزم الكلي الناتج عن

خط واحد من الدواليب.

أيضاً فإن هذه الطريقة لا تأخذ مواقع الأحمال في

المقطع العرضي بعين الاعتبار



الشكل (11-2) معاملات كود (OHBDC) لأجل

جسر بحارتي مرور

## 2-4 التصميم البيتوني للجوائز المسبقة الإجهاد في الجسور ذات الجوائز

يتم التصميم في البيتون المسبق الإجهاد وفق مرحلتين:

-المرحلة الأولى: تتضمن تحقيق الإجهادات المسموحة في الليف العلوي والليف السفلي في مرحلتي التنفيذ والاستثمار بحيث يتم في هذه المرحلة اختيار أبعاد المقطع ومساحة التسليح اللازم ومسار الكبلات.

-المرحلة الثانية: التحقيق على الحالات الحدية التي تتضمن الحالة الحدية لسيلان الكبلات والحالة الحدية لانهييار البيتون على الضغط والحالة الحدية على التشقق، إضافة إلى تحقيق السهم وإجهادات القص.

وفيما يلي توضيح لخطوات التصميم:

### -التصميم وفق الإجهادات المسموحة:

يتم التصميم باستخدام متراجحات ماغلن [15] في مرحلتي التنفيذ والاستثمار المبينة تالياً:

**مرحلة التنفيذ:**

الليف السفلي:

$$-\frac{p_0}{A} - \frac{p_0 \cdot ec}{W_b} + \frac{M_g}{W_b} \geq \bar{\delta}_c \quad (12 - 2)$$

الليف العلوي:

$$-\frac{p_0}{A} + \frac{p_0 \cdot ec}{W_t} - \frac{M_g}{W_t} \leq \bar{\delta}_t \quad (13 - 2)$$

**مرحلة الاستثمار:**

الليف السفلي:

$$-\frac{p_\infty}{A} - \frac{p_\infty \cdot ec}{W_b} + \frac{M_g}{W_b} + \frac{\sum M}{W_{b'}} \leq \bar{\delta}_t \quad (14 - 2)$$

الليف العلوي:

$$-\frac{p_{\infty}}{A} + \frac{p_{\infty} \cdot ec}{W_t} - \frac{M_g}{W_t} - \frac{\sum M}{W_{t'}} \geq \bar{\delta}_c \quad (15 - 2)$$

حيث:

$P_0$ : قوة سبق الإجهاد الأولية.

$P_{\infty}$ : قوة سبق الإجهاد بعد حسم الضياعات طويلة الأمد.

$A$ : مساحة مقطع الجائز المسبق الصنع.

$ec$ : لامركزية التسليح المسبق الإجهاد

$M_g$ : عزم الوزن الذاتي للجائز المسبق الصنع.

$\sum M$ : مجموع كامل العزوم الاستثمارية (الحية + الميتة) الحاصلة على الجائز باستثناء عزم الوزن الذاتي للجائز المسبق الصنع.

$W_b$ : معامل المقطع للجائز المسبق الصنع لأجل الليف السفلي.

$W_t$ : معامل المقطع للجائز المسبق الصنع لأجل الليف العلوي.

$W_b''$ : معامل المقطع للجائز المركب (الجائز المسبق الصنع + البلاطة المصبوبة بالمكان) لأجل الليف السفلي.

$W_t'$ : معامل المقطع للجائز المركب (الجائز المسبق الصنع + البلاطة المصبوبة بالمكان) لأجل الليف العلوي.

$\bar{\delta}_c$ : الإجهاد المسموح على الضغط.

$\bar{\delta}_t$ : الإجهاد المسموح على الشد.

### -الحالات الحدية للجائز:

#### 1 - الحالة الحدية للتشقق

يعطى العزم المقاوم للتشقق للمقطع البييتوني المسبق الاجهاد من المعادلة التالية [11]:

$$M_{cr} = w_b \left( \frac{p_{\infty}}{A} + \frac{p_{\infty} \cdot e}{w_{b'}} + \lambda R_{bt} \right) \quad (16 - 2)$$

$M_{cr}$ : العزم المقاوم للتشقق.

$R_{bt}$ : المقاومة الوسطية على الشد بالبيتون.

$\lambda$  : معامل تلدن البيتون.

إن شرط الحالة الحديدية للتشقق يجب أن يكون وفق المعادلة التالية [11]:

$$M_{cr}/M_K \geq SF = 1.2 \quad (17 - 2)$$

SF : عامل الأمان.

$M_K$  : العزم المطبق (بدون تصعيد) نتيجة الحمولات الخارجية

2- الحالة الحديدية لسيلان الكبلات:

العزم في الحالة الحديدية الموافقة لسيلان الكبلات يعطى بالعلاقة التالية [11]:

$$M_{ns} = A_v \cdot R_v \cdot Z \cdot C + A_a \cdot R_a \cdot Z_a \quad (18 - 2)$$

Z : ذراع مزدوجة العزم لأجل التسليح المسبق الإجهاد.

$A_v$  مساحة التسليح المسبق الإجهاد.

$R_v$  : مقاومة الكبلات المسبقة الإجهاد.

$Z_a$  : ذراع مزدوجة العزم لأجل التسليح العادي.

$R_a$  : مقاومة التسليح العادي.

$A_a$  مساحة التسليح العادي.

C : عامل الفعل المشترك بين الكبلات و البيتون ويؤخذ اقل أو يساوي الواحد.

إن شرط الحالة الحديدية لمقاومة سيلان الكبلات يعطى وفق المعادلة [11]:

$$M_{ns}/M_K \geq SF = 2 \quad (19 - 2)$$

أي معامل الأمان ضد سيلان الكبلات أكبر أو يساوي 2.

$M_{ns}$  : العزم في الحالة الحديدية الموافقة لسيلان الكبلات.

$M_K$  : العزم المطبق (بدون تصعيد) الخارجي الأعظمي.

3 - الحالة الحديدية لانهايار البيتون على الضغط [11]:

$$M_n = F_b \cdot R_b \cdot Z \quad (20 - 2)$$

$M_n$  : العزم في الحالة الحديدية الموافقة لانهايار البيتون على الضغط.

$F_b$  : مساحة المنطقة المضغوطة من المقطع.

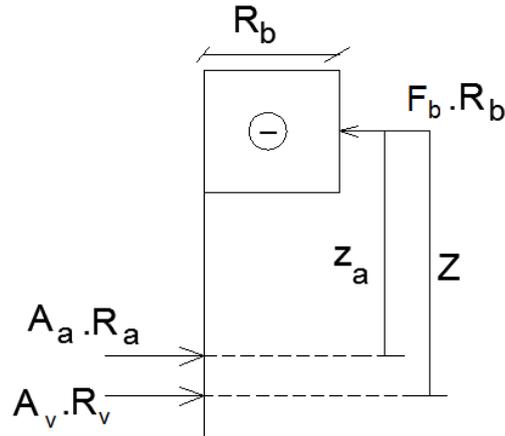
$R_b$  : الاجهاد الأقصى المسموح على الضغط بالبيتون.

$Z$  : ذراع المزوجة.

يبين الشكل (9) توزيع الاجهادات في الحالة الحديدية على الانهيار، علماً أن شرط الحالة الحديدية لمقاومة انهيار البيتون يعطى بالعلاقة التالية [11]:

$$M_{nb}/M_K \geq SF = 2.4 \quad (21 - 2)$$

ويوضح الشكل التالي القوى في الحالة الحديدية للانهيار:



الشكل (2-12) القوى المؤثرة على المقطع في الحالة الحديدية للانهيار

## الفصل الثالث

### العوامل المؤثرة في التوزيع العرضي للحمولات

العوامل التي تمت دراسة تأثيرها على التوزيع العرضي للحمولات هي:

- موقع الحمولة في المقطع العرضي

- الاستطالة

- عرض البلاطة

- الربط العرضي بين الجوائز

الدراسة تمت بالاعتماد على طريقة العناصر المحدودة وعلى اعتبار أن التوزيع العرضي للحمولات لا يتعلق بقيمة هذه الحمولات [3].

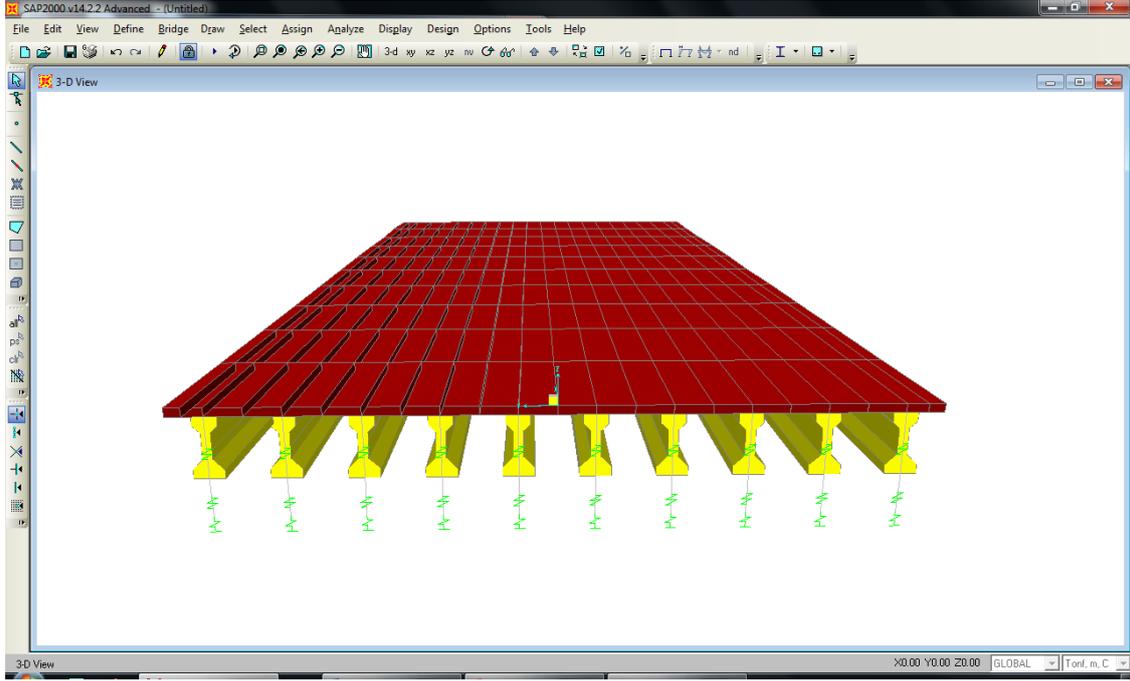
### 3-1 تأثير موقع الحمولة في المقطع العرضي على التوزيع العرضي للحمولات

بغية دراسة تغير قيم معاملات التوزيع بتغير موقع الحمولة في المقطع العرضي فقد تم حساب قيم معاملات التوزيع للجوائز باستخدام برنامج SAP2000 لأجل مواقع متغيرة للحمولة لذلك تم تقسيم المسقط الأفقي للجسر إلى ثمانية شرائح متساوية، عرض كل شريحة هو  $(b/4)$  حيث عرض المقطع العرضي كاملاً هو  $(2b)$  بحيث نحصل على تسعة مواقع متساوية الأبعاد فيما بينها، والجدول (3-1) يوضح معطيات النموذج المنشأ.

الجدول (3-1) معطيات النموذج رقم (1)

رقم النموذج	1
نوع الاستناد	استناد بسيط
المجاز	32m
عدد الجوائز	10
التباعد بين الجوائز	1.6m
نموذج الجوائز	IV
عدد الروابط العرضية	0
سماكة البلاطة المصبوبة بالمكان	20cm
عرض الجسر (2b)	16m

والشكل التالي يوضح النموذج:



الشكل (1-3) نموذج رقم (1)

حيث تم تطبيق حمولة مركزة مقدارها 10t في وسط المجاز وتغير موقع هذه الحمولة عبر المقطع العرضي في كل مرة (مع الاحتفاظ بموقع هذه الحمولة وسط المجاز) حيث تمت الإشارة الى موقع الحمولة ببعدته عن منتصف المقطع العرضي على اعتبار ان عرض الجسر = 2b فكانت النتائج التالية:

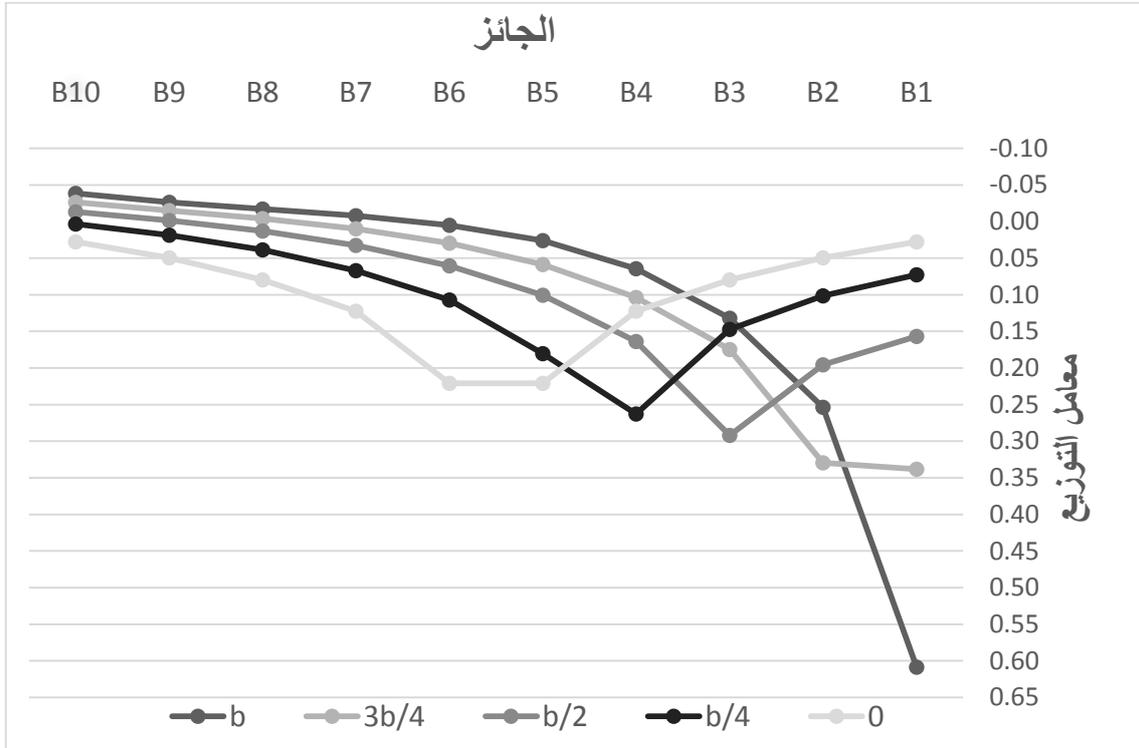
الجدول (2-3) قيم العزوم على جوائز النموذج رقم (1) مقاسة ب (t.m)

موقع الحمولة	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
b	48.54	20.22	10.54	5.13	2.08	0.4	-0.64	-1.38	-2.09	-3.06
3b/4	26.87	26.19	13.9	8.24	4.68	2.35	0.8	-0.31	-1.17	-2.09
b/2	12.5	15.6	23.3	13.06	8.01	4.83	2.61	1.05	-0.13	-1.06
b/4	5.8	8.07	11.74	20.95	14.37	8.55	5.34	3.1	1.47	0.27
0	2.22	3.95	6.33	9.73	17.58	17.58	9.73	6.33	3.95	2.22

وبتقسيم قيمة العزم عند كل جائر على العزم الكلي نحصل على معاملات التوزيع التالية:  
 الجدول (3-3) قيم معاملات توزيع جوائز النموذج رقم (1) حسب موقع الحمولة

موقع الحمولة	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
b	0.61	0.25	0.13	0.06	0.03	0.01	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04
3b/4	0.34	0.33	0.17	0.10	0.06	0.03	0.01	0.00	-0.01	-0.03
b/2	0.16	0.20	0.29	0.16	0.10	0.06	0.03	0.01	0.00	-0.01
b/4	0.07	0.10	0.15	0.26	0.18	0.11	0.07	0.04	0.02	0.00
0	0.03	0.05	0.08	0.12	0.22	0.22	0.12	0.08	0.05	0.03

وفيما يلي التعبير عن النتائج بطريقة تخطيطية حيث كل منحنى يمثل قيم معامل التوزيع لكل جائر لأجل موقع محدد للحمولة مع الإشارة إلى أن قيمة العزم أو معامل التوزيع للجائر  $B_1$  لأجل الحمولة المطبقة في الموقع  $(-b)$  هي نفسها لأجل الجائر  $B_5$  عندما الحمولة مطبقة في الموقع  $(b)$  كذلك بالنسبة للقيم الأخرى من أجل المواقع  $(-b, -3b/4, -b/2, -b/4,)$  كون المقطع العرضي للجسر متناظر:



الشكل (3-2) قيم معاملات توزيع جوائز النموذج رقم (1) حسب موقع الحمولة

بملاحظة النتائج السابقة نجد أن أخطر حالة توزيع كانت لأجل الموقع (b) حيث معامل التوزيع للجائز الطرفي هو الأكبر ووصلت قيمته إلى 0.61. وأفضل حالة توزيع كانت عندما الحمولة في منتصف المقطع العرضي والجائز الأخطر هو الجائز الوسطي وقيمة معامل التوزيع له كانت 0.22. أي أنه كلما ابتعدت الحمولة عن منتصف المقطع العرضي حصلنا على حالة توزيع أخطر للحمولات وبالتالي عزوم أكبر.

### 3-2 تأثير الاستطالة على التوزيع العرضي للحمولات

استطالة الجسر  $\beta$  هي بالتعريف نسبة مجاز الجسر (L) إلى عرضه (2b) [3]. بهدف دراسة تأثير استطالة الجسر على التوزيع العرضي للحمولات تم إنشاء ثلاث نماذج باستخدام برنامج SAP2000 لثلاثة جسور لها نفس المقطع العرضي ومجازات مختلفة أي استطالات مختلفة مع تماثل كل الخصائص الأخرى والجدول التالي يوضح معطيات النماذج المذكورة:

الجدول (3-4) معطيات النماذج (2،3،4)

رقم النموذج	2	3	4
نوع الاستناد	استناد بسيط	استناد بسيط	استناد بسيط
المجاز	16 m	24 m	32 m
عدد الجوائز	5	5	5
التباعد بين الجوائز	1.6m	1.6m	1.6m
نموذج الجائز	IV	IV	IV
عدد الروابط العرضية	0	0	0
سماكة البلاطة المصبوبة بالمكان	20cm	20cm	20cm
عرض الجسر (2b)	8m	8m	8m

حيث تم تطبيق حمولة مركزة مقدارها 10t في وسط المجاز وتغير موقع هذه الحمولة عبر المقطع العرضي في كل مرة والجدول التالي توضح العزوم الحاصلة على الجوائز حسب موقع الحمولة والتي نتجت بعد التحليل:

الجدول (3-5) العزوم على جوائز النموذج (2) مقاسة بـ (t.m)

B5	B4	B3	B2	B1	موقع الحمولة	β=2
-2.52	-1.14	0.82	7.36	35.58	b	
-1.65	0.21	3.26	10.74	27.46	3b/4	
-0.58	1.87	6.37	17.16	15.17	b/2	
0.87	4.28	11.76	15.8	7.3	b/4	
3.16	8.08	17.55	8.08	3.16	0	

الجدول (3-6) العزوم على جوائز النموذج (3) مقاسة بـ (t.m)

B5	B4	B3	B2	B1	موقع الحمولة	β=3
-4.68	-0.74	5.2	15.35	44.77	b	
-2.32	1.82	7.49	17.26	35.76	3b/4	
0.45	4.49	10.34	22.31	22.55	b/2	
3.5	7.65	15.41	20.08	13.37	b/4	
7.58	11.93	21	11.93	7.58	0	

الجدول (3-7) العزوم على جوائز النموذج (4) مقاسة بـ (t.m)

B5	B4	B3	B2	B1	موقع الحمولة	β=4
-5.19	1.77	10	21.63	51.93	b	
-1.8	4.49	11.84	22.8	42.37	3b/4	
2.52	7.53	14.24	27.41	28.61	b/2	
6.9	11.04	19	24.31	18.76	b/4	
12.1	15.69	24.74	15.68	12.09	0	

وتكون معاملات التوزيع الناتجة كما هو مبين في الجداول التالية:

الجدول (3-8) معاملات التوزيع لجوائز النموذج (2)

B5	B4	B3	B2	B1	موقع الحمولة	$\beta=2$
-0.06	-0.03	0.02	0.18	0.89	b	
-0.04	0.01	0.08	0.27	0.69	3b/4	
-0.01	0.05	0.16	0.43	0.38	b/2	
0.02	0.11	0.29	0.39	0.18	b/4	
0.08	0.20	0.44	0.20	0.08	0	

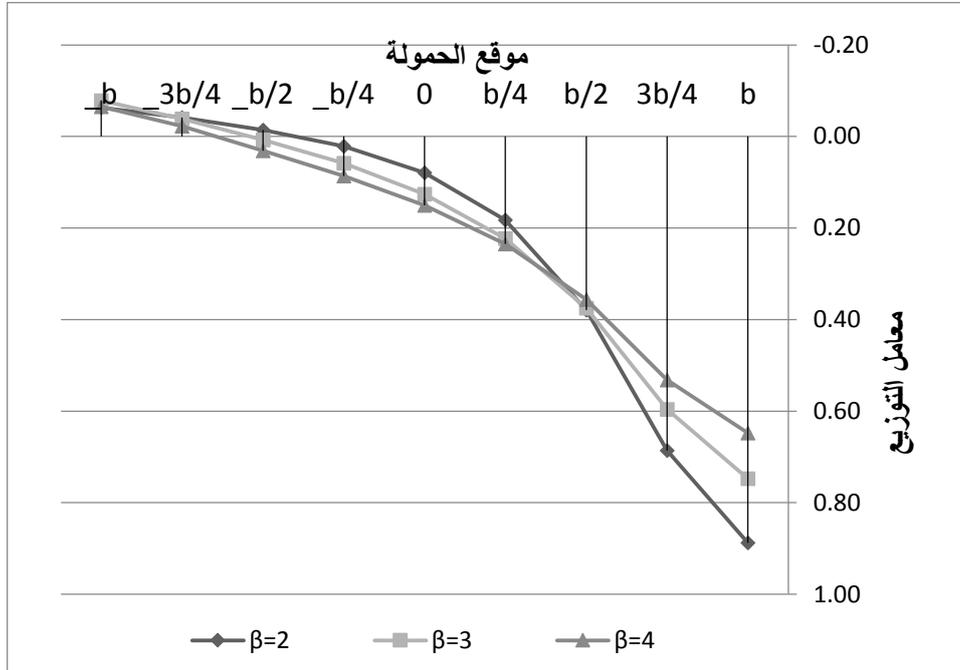
الجدول (3-9) معاملات التوزيع لجوائز النموذج (3)

B5	B4	B3	B2	B1	موقع الحمولة	$\beta=3$
-0.08	-0.01	0.09	0.26	0.75	b	
-0.04	0.03	0.12	0.29	0.60	3b/4	
0.01	0.07	0.17	0.37	0.37	b/2	
0.06	0.13	0.26	0.33	0.22	b/4	
0.13	0.20	0.35	0.20	0.13	0	

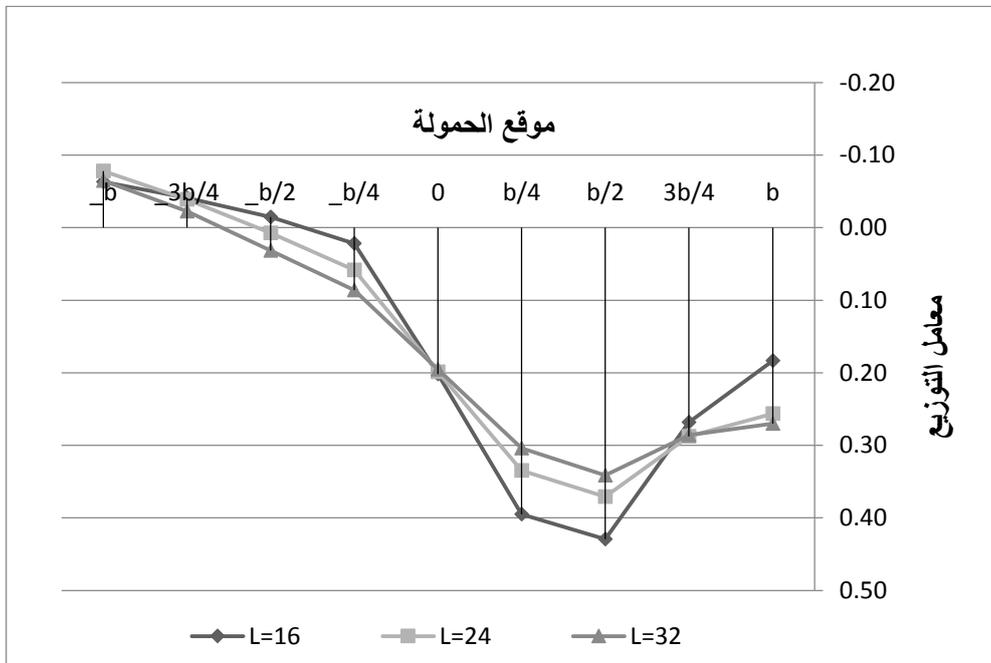
الجدول (3-10) معاملات التوزيع لجوائز النموذج (4)

B5	B4	B3	B2	B1	موقع الحمولة	$\beta=4$
-0.06	0.02	0.12	0.27	0.65	b	
-0.02	0.06	0.15	0.29	0.53	3b/4	
0.03	0.09	0.18	0.34	0.36	b/2	
0.09	0.14	0.24	0.30	0.23	b/4	
0.15	0.20	0.31	0.20	0.15	0	

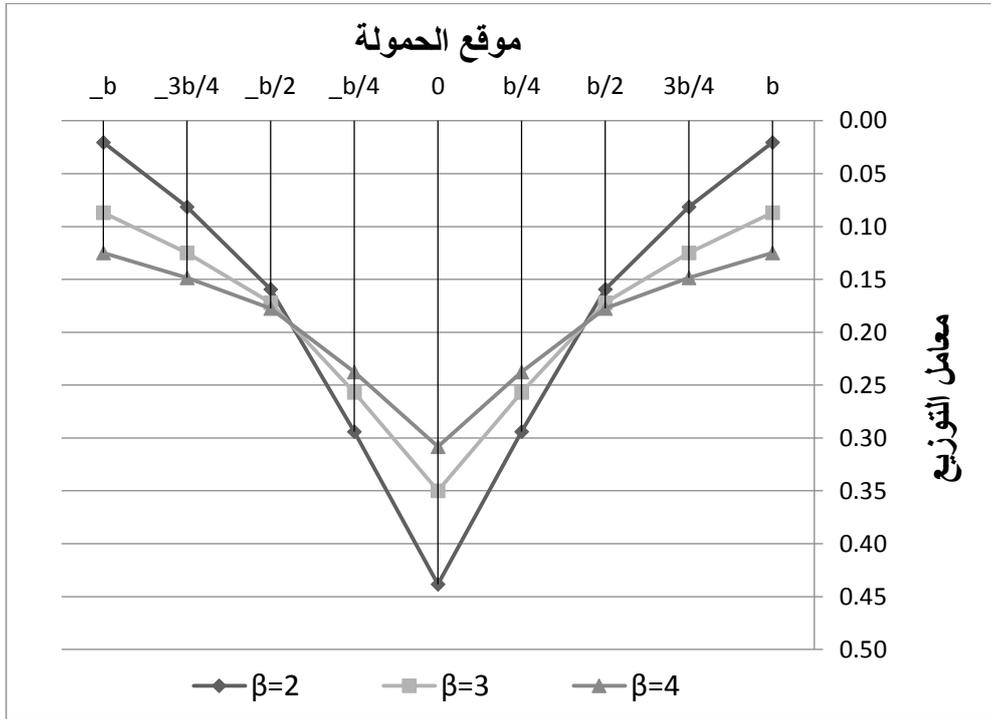
الأشكال التالية توضح المقارنة بين قيم معاملات التوزيع بطريقة تخطيطية للنماذج (2,3,4) لكل من الجوائز الطرفي والداخلي والوسطي  $B_1, B_2, B_3$  :



الشكل (3-3) قيم معامل التوزيع للجائز الطرفي ( $B_1$ ) لأجل النماذج (2,3,4)



الشكل (4-3) قيم معامل التوزيع للجائز الداخلي ( $B_2$ ) لأجل النماذج (2,3,4)



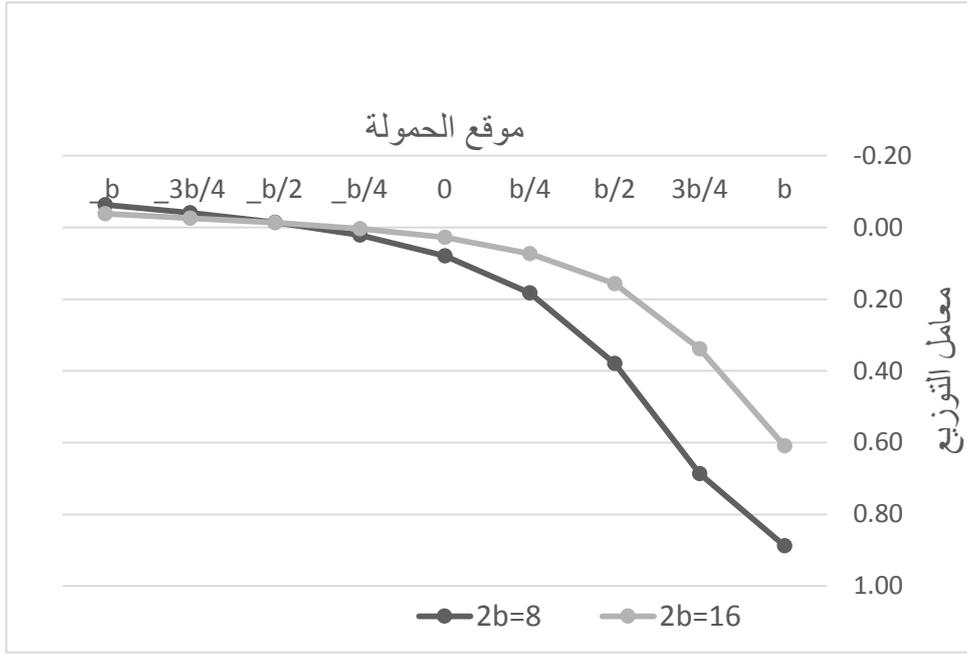
الشكل (3-5) قيم معامل التوزيع للجائز الوسطي ( $B_3$ ) لأجل النماذج (2,3,4)

تبين الأشكال السابقة أن التوزيع العرضي للحمولات كان أفضل لأجل قيم الاستطالة الأكبر.

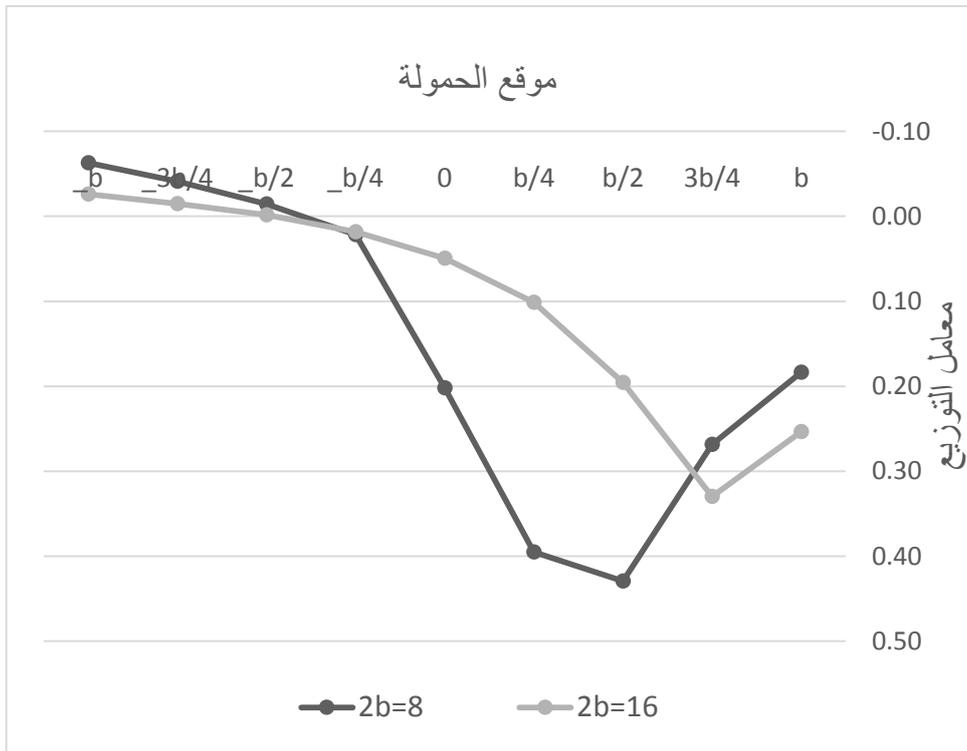
### 3-3 تأثير عرض البلاطة على التوزيع العرضي للحمولات

تمت دراسة تأثير عرض البلاطة على توزيع الحمولات بالمقارنة بين نتائج تحليل النموذج (1) والنموذج (2) التي تم عرضها مسبقاً، حيث لكل من النموذجين نفس الاستطالة ونفس التباعدات بين الجوائز ويختلفان بعرض البلاطة، حيث عرض البلاطة للنموذج (1) هو  $m16$  وللنموذج (2)  $.8m$ .

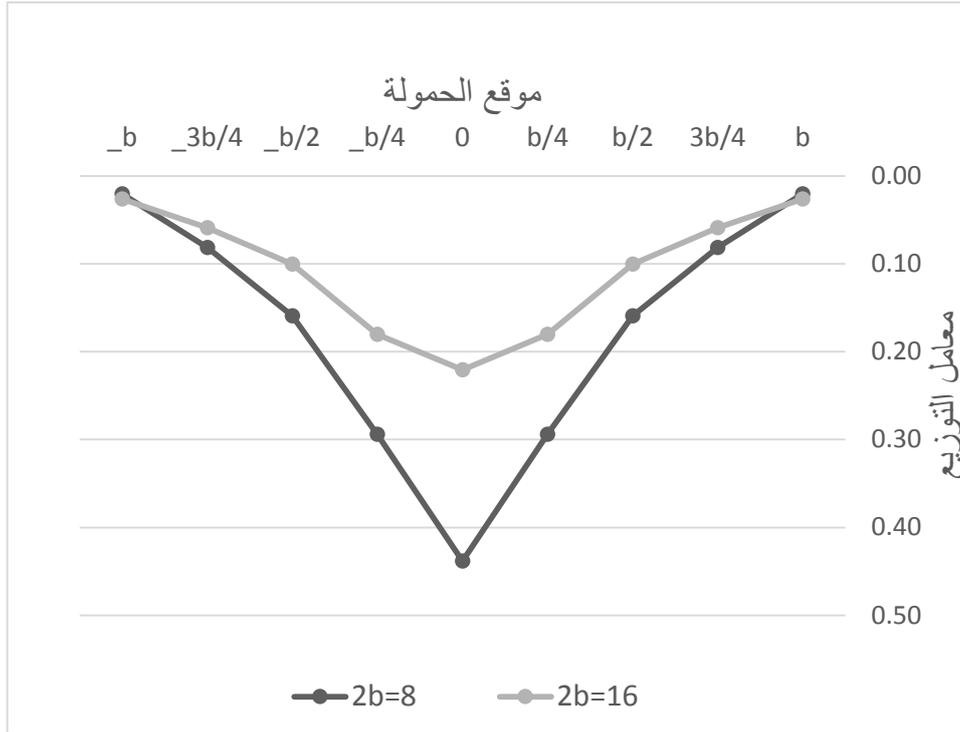
الأشكال التالية توضح المقارنة بين قيم معاملات التوزيع في كل من النموذجين للجائز الطرفي والداخلي والوسطي لأجل حمولة  $10t$  مطبقة في مواقع مختلفة وسط المجاز:



الشكل (3-6) معامل التوزيع للجائز الطرفي للنموذج (1) والنموذج (2)



الشكل (3-7) معامل التوزيع للجائز الداخلي للنموذج (1) والنموذج (2)



الشكل (3-8) معامل التوزيع للجوائز الوسطي للنموذج (1) والنموذج (2)

بملاحظة الأشكال السابقة يتضح أن التوزيع العرضي للحمولات في حالة البلاطة بعرض (2b=16m) أفضل منه لأجل بلاطة بعرض (2b=8m)

### 3-4 تأثير الربط العرضي بين الجوائز على التوزيع العرضي للحمولات

تؤمن البلاطة المصبوبة في المكان الربط العرضي بين الجوائز في الجسور ذات الجوائز مسبقة الصنع مسبقة الاجهاد التي يتناولها هذا البحث إضافة إلى ذلك تستخدم الروابط العرضية المصبوبة بالمكان (Diaphragms) بغية تأمين الربط العرضي وذلك بهدف تحسين التوزيع العرضي للحمولات. لأجل تقييم فعالية البلاطة المصبوبة بالمكان والروابط العرضية في تحسين التوزيع العرضي للحمولات فقد تم إنشاء ثلاث نماذج بواسطة برنامج SAP2000 مختلفة فيما بينها بالربط العرضي من حيث الروابط وسماكة البلاطة مع تماثل كافة المعطيات الأخرى للنماذج ومن ثم المقارنة بين العزوم الناتجة عن مواقع مختلفة للحمولة ضمن المقطع العرضي. الجدول التالي يبين معطيات النماذج المقارن بينها:

الجدول (3-11) معطيات النماذج (5),(6),(7)

7	6	5	رقم النموذج
استناد بسيط	استناد بسيط	استناد بسيط	نوع الاستناد
20 m	20 m	20 m	المجاز
5	5	5	عدد الجوائز
2m	2m	2m	التباعد بين الجوائز
IV	IV	IV	نموذج الجائز
0	5	0	عدد الروابط العرضية
-----	30cm	----	عرض الرابط العرضي
25cm	20cm	20cm	سماكة البلاطة
10m	10m	10m	عرض البلاطة (2b)

حيث تم تطبيق حمولة مركزة مقدارها 10t في وسط المجاز على كل نموذج وتغير موقع هذه الحمولة عبر المقطع العرضي في كل مرة (مع الاحتفاظ بموقع هذه الحمولة وسط المجاز ) فكانت النتائج التالية:

الجدول التالية توضح قيم العزوم على الجوائز حسب موقع الحمولة

الجدول (3-12) قيم العزوم على الحاصلة على جوائز النموذج (5) مقاسة ب (t.m)

B5	B4	B3	B2	B1	موقع الحمولة
-3.05	-1.54	1.14	9.60	43.85	B
-2.02	0.61	5.03	16.04	33.10	3b/4
-0.79	2.90	9.36	22.76	17.64	b/2
1.39	6.28	17.23	19.82	8.50	b/4
3.62	10.20	22.37	10.20	3.62	0

الجدول (3-13) قيم العزوم على الحاصلة على جوائز النموذج (6) مقاسة بـ (t.m)

B5	B4	B3	B2	B1	موقع الحمولة
-9.62	-1.06	7.92	15.50	35.05	B
-5.23	2.00	8.77	16.90	29.03	3b/4
-0.90	4.70	9.95	19.50	20.04	b/2
4.60	7.75	13.03	16.22	13.95	b/4
8.41	10.10	12.97	10.10	8.41	0

الجدول (3-14) قيم العزوم على الحاصلة على جوائز النموذج (7) مقاسة بـ (t.m)

B5	B4	B3	B2	B1	موقع الحمولة
-3.30	-1.56	2.52	11.67	41.90	b
-2.07	0.93	5.59	16.05	31.95	3b/4
-0.64	3.41	9.51	21.49	17.92	b/2
1.87	6.69	16.39	18.75	9.27	b/4
4.31	10.28	20.80	10.28	4.30	0

وينقسم قيمة العزم عند كل جوائز على العزم الكلي نحصل على معاملات التوزيع التالية:

الجدول (3-15) معاملات التوزيع لجوائز النموذج (5)

B5	B4	B3	B2	B1	موقع الحمولة
-0.06	-0.03	0.02	0.19	0.88	b
-0.04	0.01	0.10	0.32	0.66	3b/4
-0.02	0.06	0.19	0.46	0.35	b/2
0.03	0.13	0.35	0.4	0.17	b/4
0.07	0.20	0.45	0.20	0.07	0

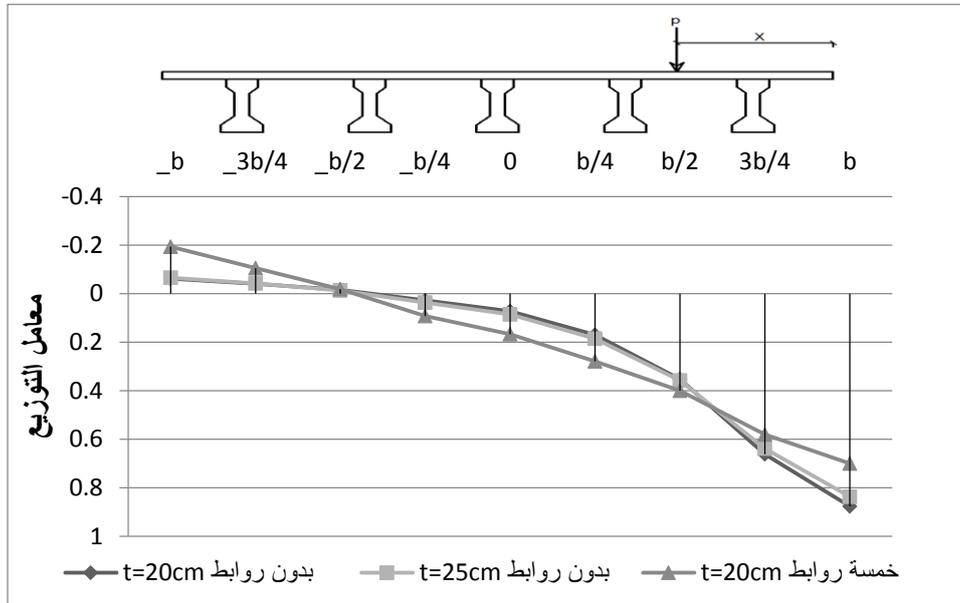
الجدول (3-16) معاملات التوزيع لجوائز النموذج (6)

B5	B4	B3	B2	B1	موقع الحمولة
-0.19	-0.02	0.16	0.39	0.70	b
-0.10	0.04	0.18	0.34	0.58	3b/4
-0.02	0.09	0.20	0.39	0.40	b/2
0.09	0.16	0.26	0.32	0.28	b/4
0.17	0.20	0.26	0.20	0.17	0

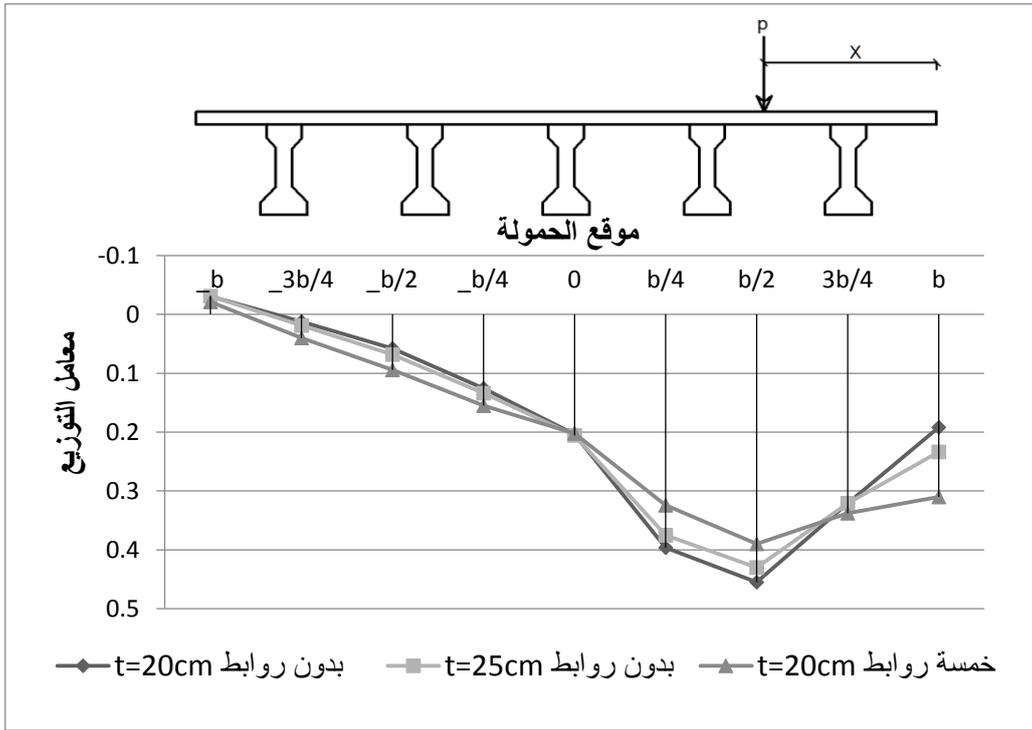
الجدول (3-17) معاملات التوزيع لجوائز النموذج (7)

B5	B4	B3	B2	B1	موقع الحمولة
-0.07	-0.03	0.05	0.23	0.84	b
-0.04	0.02	0.11	0.32	0.64	3b/4
-0.01	0.07	0.19	0.43	0.36	b/2
0.04	0.13	0.33	0.38	0.19	b/4
0.09	0.21	0.42	0.21	0.09	0

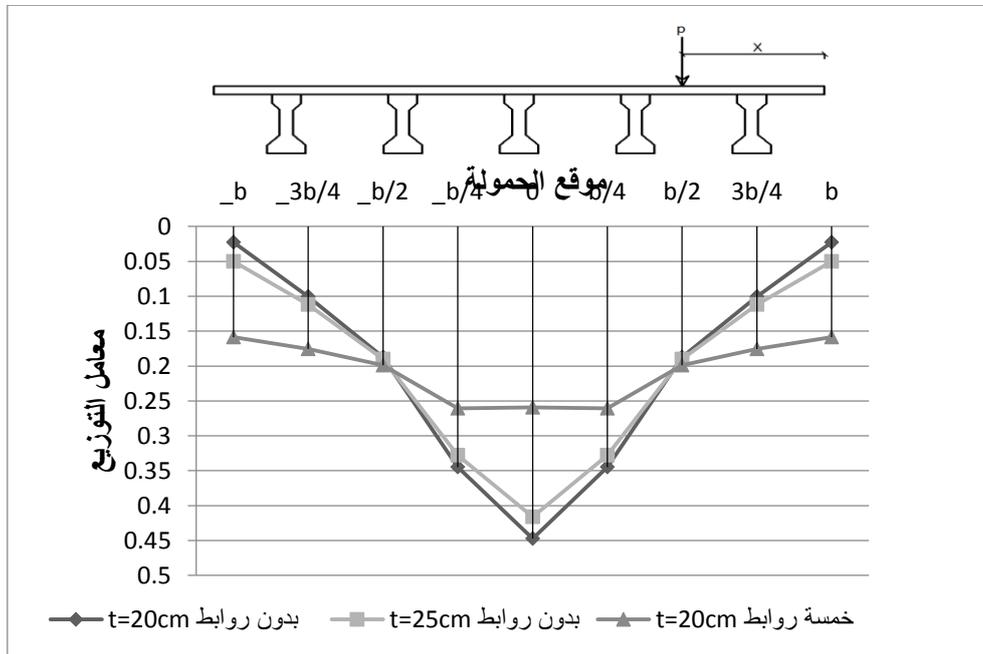
وفيما يلي التعبير عن النتائج بطريقة تخطيطية:



الشكل (3-9) معاملات التوزيع للجوائز الطرفي في النماذج (7), (6), (5) تبعا لموقع الحمولة



الشكل (3-10) معاملات التوزيع للجائز الداخلي في النماذج (5),(6),(7) تبعا لموقع الحمولة



الشكل (3-11) معاملات التوزيع للجائز الوسطي في النماذج (5),(6),(7) تبعا لموقع الحمولة

تبين النتائج ان تأثير زيادة سماكة البلاطة المصبوبة بالمكان على التوزيع العرضي للحمولات كان محدودا جدا في حين أن تأثير الروابط العرضية كان أكبر لذلك تم التركيز في هذا البحث على تأثير الروابط العرضية فقط. يتضح من المخططات أن تأثير الروابط العرضية على كل جائر يتغير حسب مكان الحمولة، فالرابط العرضي يساهم في إنقاص معامل التوزيع للجائر كلما كان مكان تطبيق الحمولة أقرب الى الجائر في حين يتضاءل هذا التأثير كلما ابتعدت الحمولة عن الجائر إلى أن يصبح هذا التأثير عكسيا مع استمرار ابتعاد الحمولة عن الجائر حيث تساهم الروابط في زيادة معامل التوزيع. إذا الروابط العرضية تقوم بنقل جزء من الحمولة الحاصلة على الجوائر القريبة من مكان تطبيق الحمولة إلى الجوائر البعيدة عن هذا المكان، أي تساهم في تحسين توزيع الحمولات ليصبح هذا التوزيع أكثر انتظاما وبالتالي تخفيض العزم التصميمي.

### 3-4-1 تأثير الروابط العرضية على التوزيع العرضي للحمولات الموزعة بانتظام على كامل المقطع العرضي

الجدول التالي يوضح العزوم على الجوائر نتيجة الحمولة الميئة الموزعة بانتظام على عرض البلاطة بعد تحليل النموذجين (6)،(5) تحت تأثير الأوزان الذاتية للجوائر والبلاطة:

الجدول(3-18) العزوم الناتجة عن الاحمال الميئة - النموذجان (6)،(5)

B <sub>5</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	الجائر
109.9	108.8	108.8	108.8	109.9	دون روابط
125.6	125.1	124.5	125.1	125.6	خمس روابط

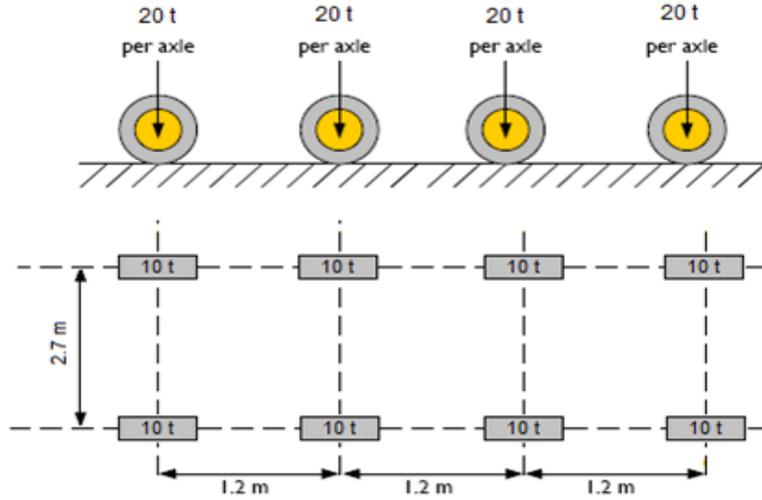
يبين الجدول ان العزوم الناتجة عن الحمولات الميئة الموزعة بانتظام تتوزع بالتساوي بين الجوائر سواء بوجود الربط العرضي أو عدم وجودها لذلك فإن الروابط العرضية ليس لها أي دور في تحسين توزيع العزوم الناتجة عن الاحمال الميئة الموزعة بانتظام كون هذه العزوم موزعة أصلا بالتساوي بين الجوائر.

### 3-4-2 تأثير الروابط العرضية على التوزيع العرضي لحمولات حاملة الدبابات

HK80

يبين الشكل (3-2) أن أكبر عزم تصميمي للجائر ينتج عندما تكون الحمولة في طرف المقطع العرضي وأصغر عزم تصميمي ينتج عندما تكون الحمولة في وسط المقطع، لذلك عند التحقيق

على الحمولة العسكرية HK80 فإن ما يهمنا هو تأثير الروابط العرضية على توزيع العزوم لأجل الحمولات الطرفية، لذلك تمت دراسة تأثير الروابط العرضية في توزيع العزوم في حالتين مختلفتين بعرض البلاطة لأجل حاملة الدبابات الروسية HK80 الموضحة بالشكل (3-12) وذلك بافتراض وجود رصيف بعرض 0.5m والدولاب الخارجي يبعد عن الحافة الداخلية للرصيف مسافة 0.5m.



الشكل (3-12) حاملة الدبابات الروسية HK80

أولا عرض البلاطة 8m:

يوضح الجدول التالي معطيات النموذجين المقارن بينهما:

الجدول (3-19) معطيات النموذجين (8), (9)

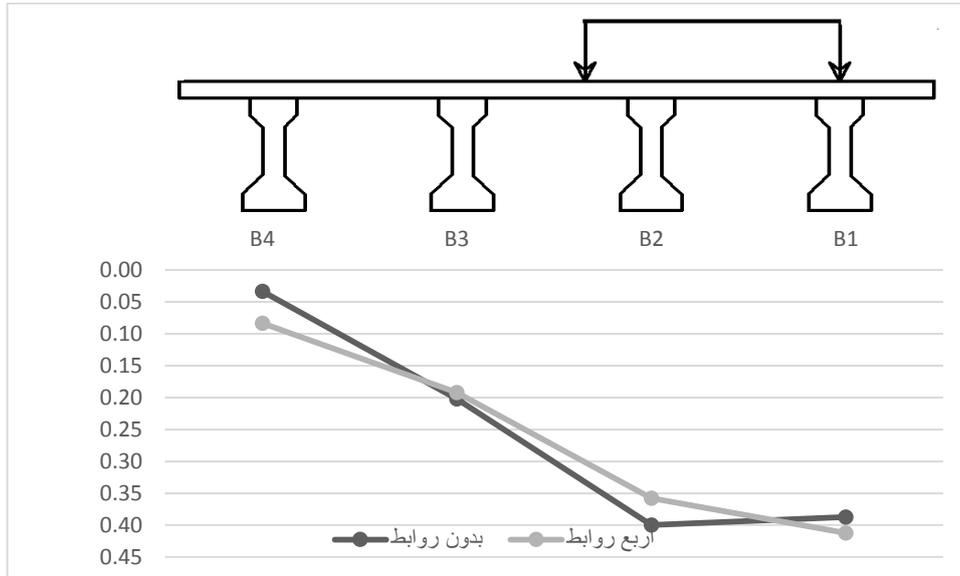
رقم النموذج	8	9
نوع الاستناد	استناد بسيط	استناد بسيط
المجاز	15 m	15 m
عدد الجوائز	4	4
التباعد بين الجوائز	2m	2m
نموذج الجائز	IV	IV
عدد الروابط العرضية	0	4
عرض الرابط العرضي	----	30cm
سماكة البلاطة	20cm	20cm
عرض البلاطة (2b)	8m	8m

التحليل بين أن معامل التوزيع الأكبر للنموذج (8) كان لأجل الجائز الداخلي، أما معامل التوزيع الأكبر للنموذج (9) كان للجائز الطرفي وفقاً للقيم الموضحة في الجدول التالي:  
الجدول رقم (3-20) قيم العزوم ومعاملات التوزيع لجوائز النموذجين (8)، (9)

النتيجة عن المركبة HK80

B4	B3	B2	B1	الجائز	Moments
8.4	50.9	100.7	97.6	بدون روابط	
21.1	48.4	90.11	103.9	أربع روابط	DF
0.03	0.20	0.400	0.39	بدون روابط	
0.08	0.19	0.36	0.412	أربع روابط	

وفيما يلي النتائج بطريقة تخطيطية:



HK80 من أجل المركبة (8)، (9) الشكل (3-13) معاملات التوزيع لجوائز النموذجين

أي أن العزم الأكبر ازداد نتيجة الروابط العرضية بنسبة 3%

ثانياً عرض البلاطة 16m:

تم إعادة نفس العمل السابق من أجل النموذجين (10)، (11) حيث عرض البلاطة 16m،

الجدول التالي يبين معطيات هذين النموذجين:

الجدول (3-21) معطيات النموذجين (10),(11)

11	10	رقم النموذج
استناد بسيط	استناد بسيط	نوع الاستناد
30 m	30 m	المجاز
8	8	عدد الجوائز
2m	2m	التباعد بين الجوائز
IV	IV	نموذج الجائز
7	0	عدد الروابط العرضية
30cm	----	عرض الرابط العرضي
20cm	20cm	سماكة البلاطة
16m	16m	عرض البلاطة (2b)

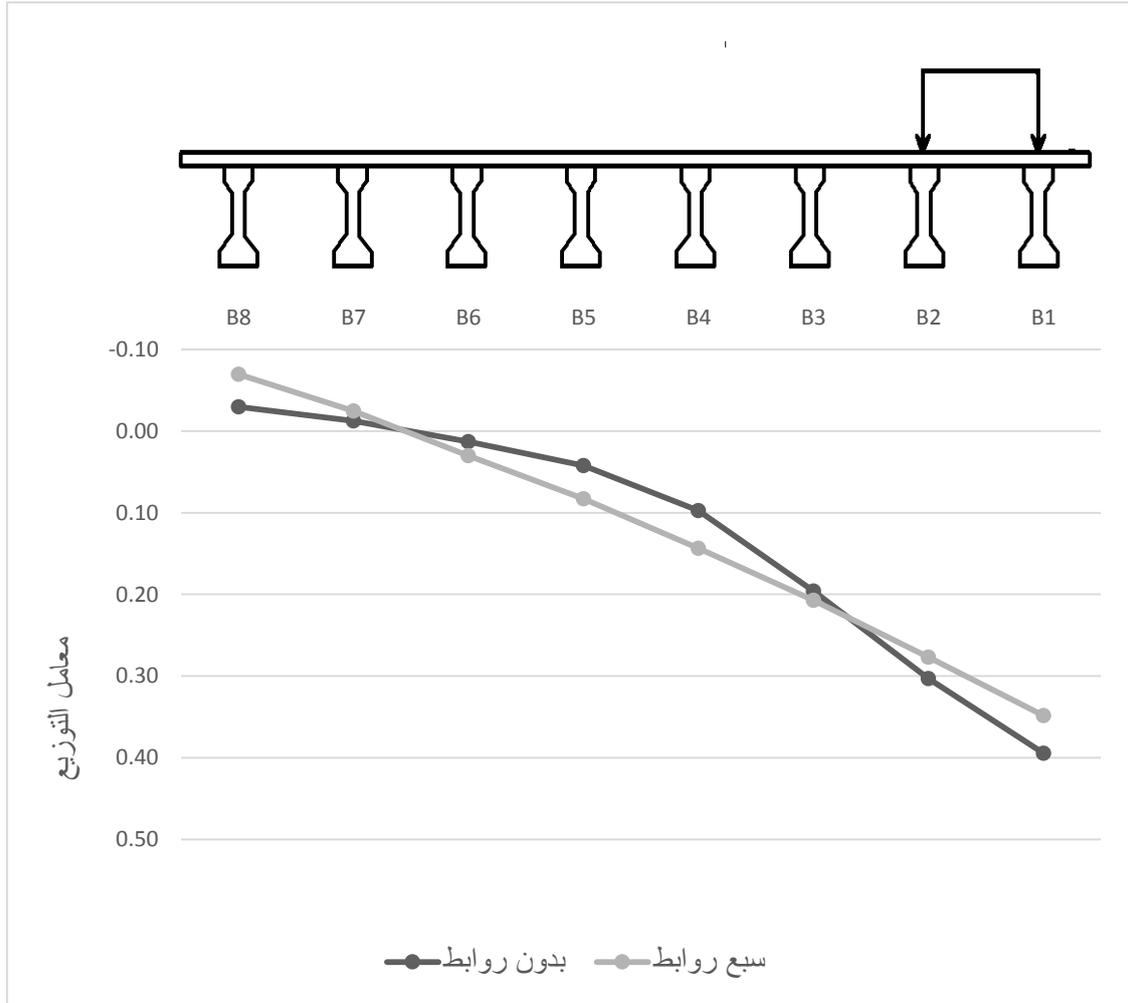
وقد تم أخذ عدد الروابط العرضية والجوائز على هذا النحو بحيث تبقى العطالات الطولية والعرضية في واحدة الطول نفسها اي جائز طولي كل مترين ورابط عرضي كل 5 متر والمجاز 30m بحيث تبقى نسبة العرض الى الطول هي نفسها.  
التحليل بين أن العزم الأكبر للنموذجين كان لأجل الجائز الطرفي وفقا للقيم الموضحة في الجدول التالي:

الجدول رقم (3-22) قيم العزوم ومعاملات التوزيع لجوائز النموذجين (10),(11)

النتيجة عن المركبة HK80

B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	الجائز	
-16.38	-6.8	7.27	23.48	53.78	108.1	167.2	217.8	بدون روابط	Moments
-38.3	-13.5	16.7	45.9	79.3	114.5	152.8	192.3	سبع روابط	
-0.03	-0.01	0.01	0.04	0.1	0.2	0.3	0.39	بدون روابط	DF
-0.07	-0.02	0.03	0.08	0.14	0.21	0.28	0.35	سبع روابط	

الشكل التالي يعبر عن النتائج بطريقة تخطيطية:

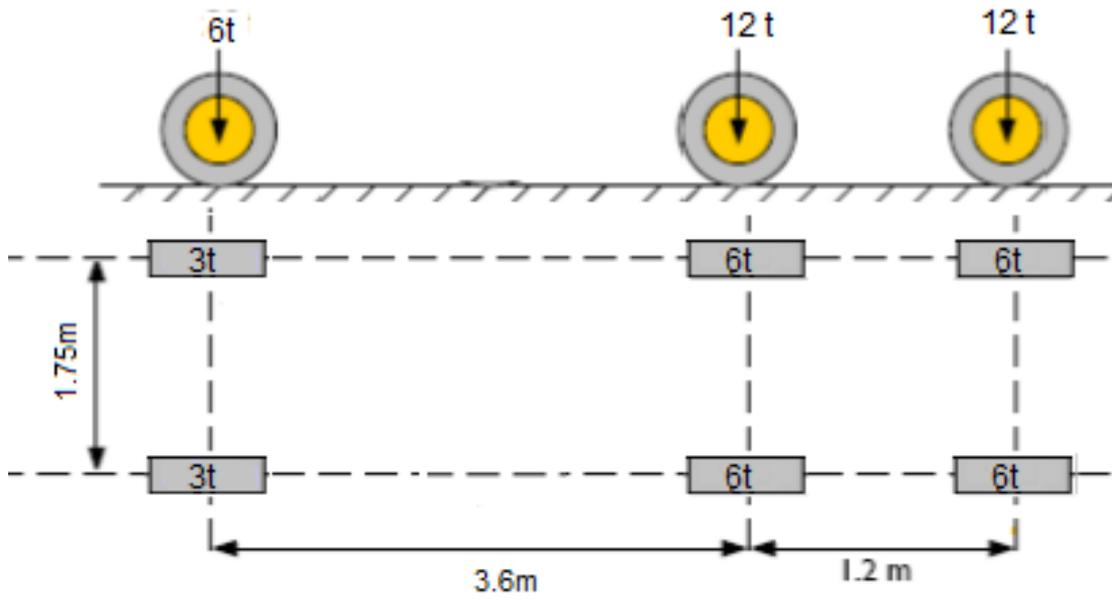


الشكل (3-14) معاملات التوزيع لجوائز النموذجين (10)، (11) لأجل المركبة HK80

ويكون النقصان في العزم نتيجة الروابط العرضية هو بنسبة 10 %.

### 3-4-3 تأثير الروابط العرضية على التوزيع العرضي لحمولات المركبات المدنية

تمت المقارنة بين النموذجين (12)، (13) لأجل حمولة المركبة المدنية الموضحة بالشكل (3-15) (الصورة من الكود البوبوني) على اعتبار أن كل من النموذجين مؤلف من ثلاث حارات مرور (مركبة في كل حارة):

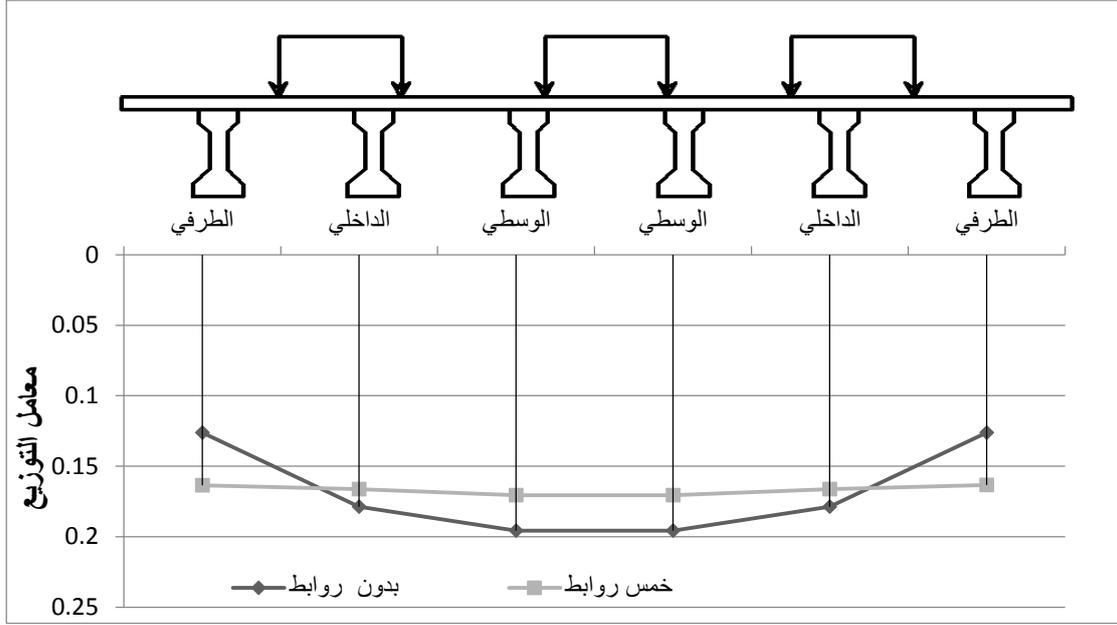


الشكل (3-15) المركبة المدنية وفق الكود البولوني

الجدول (3-23) معطيات النموذجين (12،13)

رقم النموذج	12	13
نوع الاستناد	استناد بسيط	استناد بسيط
المجاز	20 m	20 m
عدد الجوائز	6	6
التباعد بين الجوائز	2.167m	2.167m
نموذج الجائز	IV	IV
عدد الروابط العرضية	0	5
عرض الرابط العرضي	----	30cm
سماكة البلاطة	20cm	20cm
عرض البلاطة (2b)	13m	13m

وبعد التحليل نحصل على معاملات التوزيع للجوائز كما في الشكل التالي:



الشكل (3-16) معاملات التوزيع لجوائز النموذجين (13، 12) لأجل الحمولات المدنية

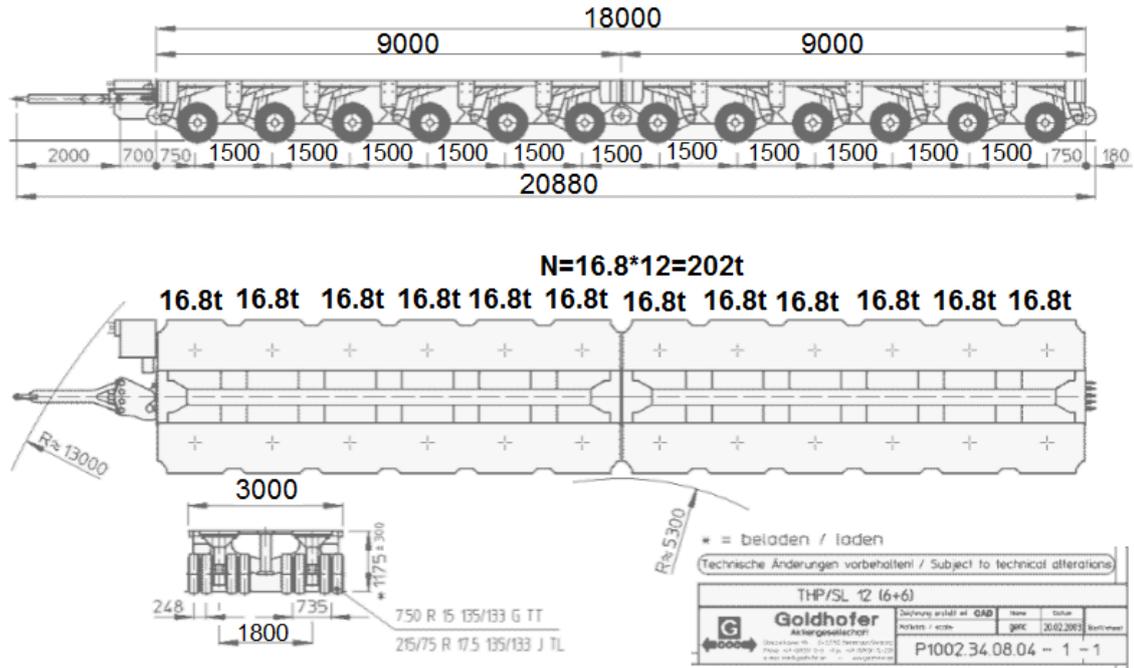
وتكون نسبة التخفيض بالعزم هي 11.3%.

### 3-4-4 تأثير الروابط العرضية على التوزيع العرضي للحمولات الخاصة

تختلف هذه الحمولات عن غيرها كونها يجب أن تعبر الجسر تحت المراقبة بحيث يكون مسارها وسط الجسر عندها سنحصل على أقل عزم ممكن على الجانز الأخطر والذي سيكون هو الجانز الواسطي لذلك تم دراسة تأثير الروابط العرضية على تخفيض العزم على الجانز الواسطي لأجل المركبة الألمانية Goldhofer في وسط الجسر، الأشكال التالية توضح أبعاد وحمولة هذه المركبة:



الشكل (3-17) المركبة الألمانية Goldhofer



الشكل (3-18) المركبة الألمانية Goldhofer (الأبعاد بالـmm)

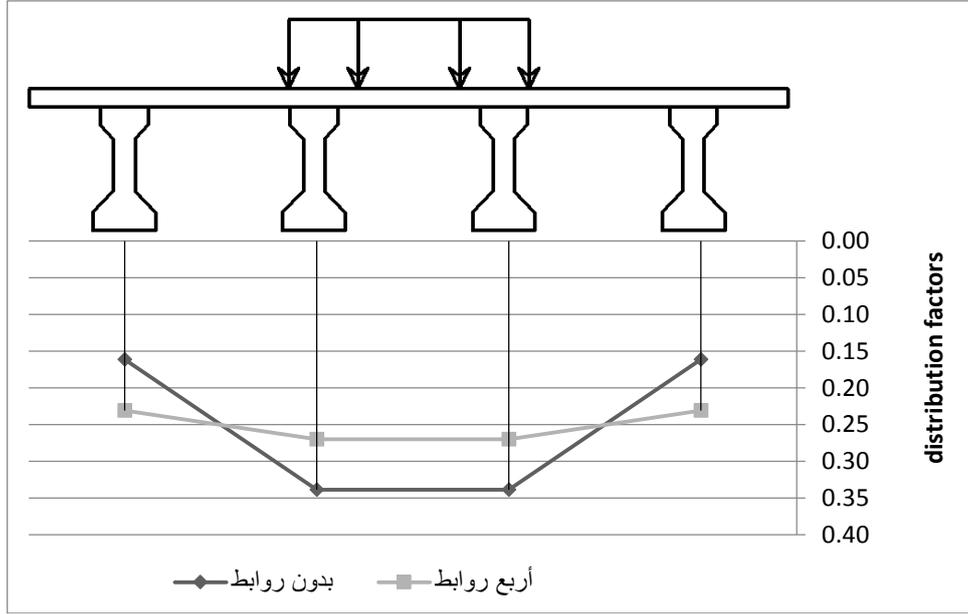
إذا عدنا إلى الشكل (3-11) الذي يوضح تأثير الروابط العرضية على معاملات التوزيع نجد أن فعاليتها في تخفيض العزم على الجائز الوسطي تزداد كلما كانت الحمولة أقرب إلى الجائز الوسطي لذلك تختلف هذه الفعالية باختلاف عرض البلاطة وعرض محور المركبة. لذلك تمت المقارنة أولاً بين النموذج (8) والنموذج (9) أي لأجل عرض بلاطة 8m ثم بين النموذج (10) والنموذج (11) أي لأجل عرض بلاطة 16m وذلك لأجل المركبة المذكورة. بعد النمذجة والتحليل حصلنا على النتائج التالية:

الجدول (3-24) العزوم ومعاملات التوزيع لجوائز النموذجين (8)، (9) لأجل حمولة المركبة

#### Goldhofer

B <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	الجائز
50.3	105.71	105.71	50.3	العزوم بدون روابط عرضية
73.2	85.53	85.53	73.2	العزوم بوجود أربع روابط عرضية
0.16	0.34	0.34	0.16	معاملات التوزيع بدون روابط عرضية
0.23	0.27	0.27	0.23	معاملات التوزيع بوجود أربع روابط عرضية

وفيما يلي النتائج بطريقة تخطيطية:



الشكل (3-19) معاملات التوزيع لجوائز النموذجين (8)، (9) لأجل حمولة المركبة Goldhofer

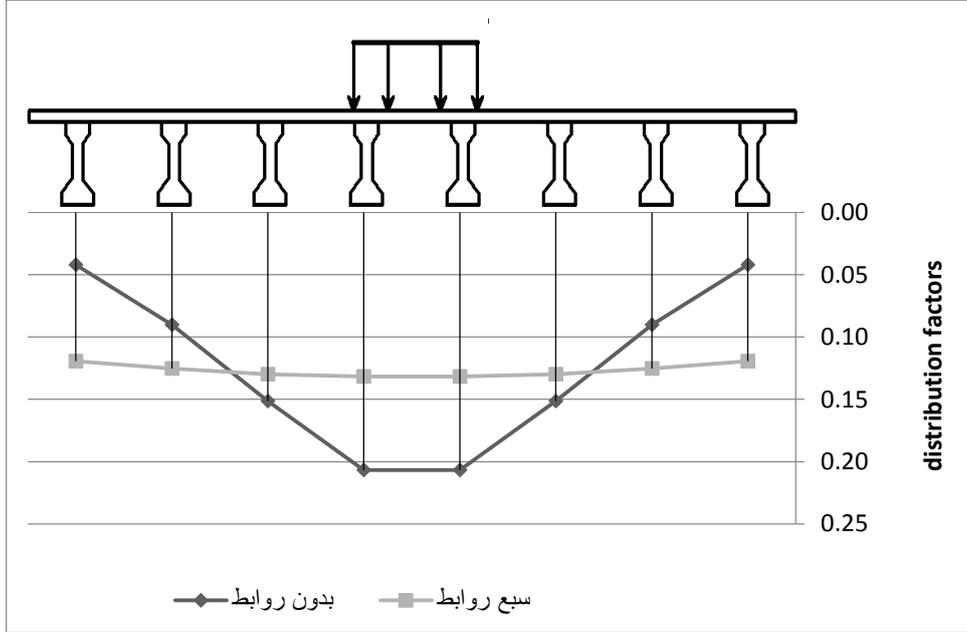
نجد أن العزم على الجائز الوسطي عند عدم وجود روابط عرضية كان 105.71t.m ويوجد الروابط العرضية كان 85.53t.m أي أن نسبة التخفيض في العزم كانت %19.1. وبعد تحليل النموذجين (10)، (11) كانت النتائج التالية:

الجدول (3-25) العزوم ومعاملات التوزيع لجوائز النموذجين (10)، (11) الناتجة عن حمولة المركبة

#### Goldhofer

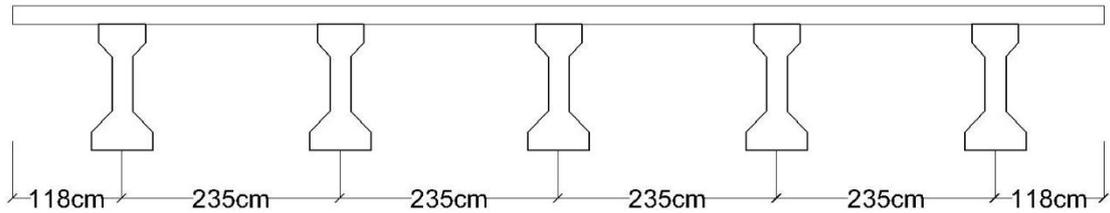
B <sub>8</sub>	B <sub>7</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	الجائز
46	98.6	165.7	226.2	226.2	165.7	98.6	46	العزوم بدون روابط عرضية
128.1	134.2	139.1	141.1	141.1	139.2	134.2	128.1	العزوم بوجود أربع روابط عرضية
0.04	0.09	0.15	0.21	0.21	0.15	0.09	0.04	معاملات التوزيع بدون روابط عرضية
0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	معاملات التوزيع بوجود سبع روابط عرضية

نلاحظ أن العزم على الجائز الوسطي عند عدم وجود روابط عرضية كان  $226.17t.m$  وبوجود الروابط العرضية كان  $141.12t.m$  أي أن نسبة التخفيض في العزم كانت  $36.3\%$ . وفيما يلي النتائج بطريقة تخطيطية حيث نلاحظ أن معاملات التوزيع للجوائز متساوية تقريبا بوجود الروابط العرضية أي أن الحمولات توزعت بالتساوي تقريبا بين الجوائز وهي حالة التوزيع العرضي المثلى للحمولات:



الشكل (3-20) معاملات التوزيع لجوائز النموذجين (10)، (11) لأجل حمولة المركبة Goldhofer

وكمثال واقعي تمت دراسة جسر قره قوزاق في محافظة الرقة لبيان تأثير الربط العرضي على تحسين توزيع الحمولات الناتجة عن المركبة Goldhofer التي عبرت فوق الجسر قادمة من الأراضي التركية حيث الجسر مؤلف من خمس جوائز طولية نموذج AASHTO Type IV وبلطة مصبوبة بالمكان بسماكة  $19\text{ cm}$  بمجاز  $30\text{m}$  وبدون روابط عرضية



الشكل (3-21) المقطع العرضي لجسر قره قوزاق



الشكل (3-22) جسر قره قوزاق

تمت نمذجة جسر قراقوزاق نموذج رقم (14) ثم نمذجة الجسر بعد اضافة سبع روابط عرضية نموذج رقم (15) والمقارنة بين العزوم على الجانز الوسطي في الحالتين بعد تطبيق حمولة المركبة Goldhofer في وسط الجسر، الجدول التالي يبين معطيات النموذجين:

الجدول (3-26) معطيات النموذجين (14،15)

رقم النموذج	14	15
نوع الاستناد	استناد بسيط	استناد بسيط
المجاز	30 m	30 m
عدد الجوائز	5	5
التباعد بين الجوائز	2.35m	2.35m
نموذج الجانز	IV	IV
عدد الروابط العرضية	0	7
عرض الرابط العرضي	----	30cm
سماكة البلاطة	19cm	19cm
عرض البلاطة (2b)	11.75m	11.75m

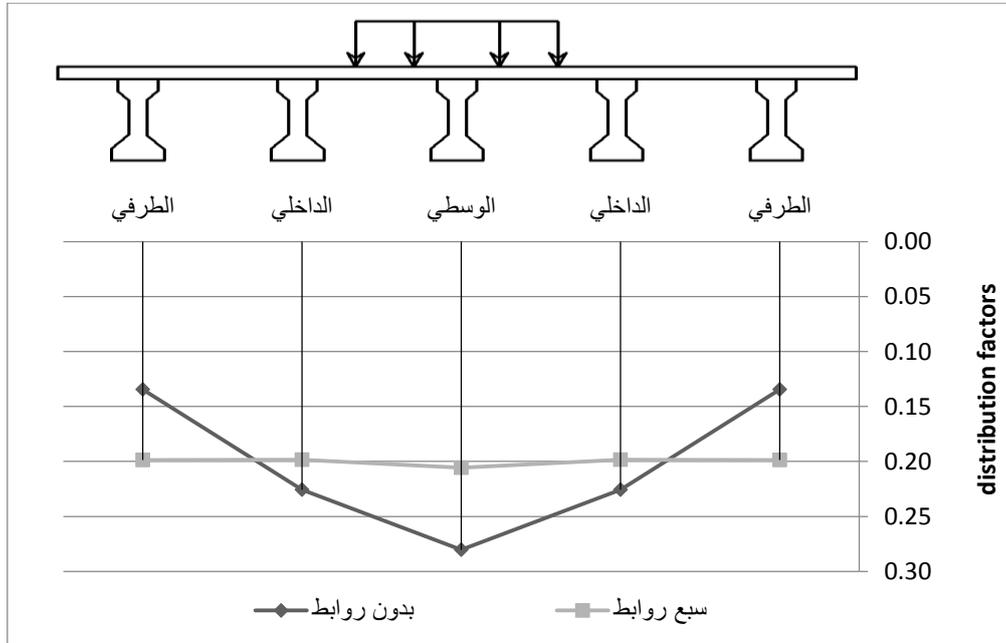
وبعد التحليل نحصل على النتائج التالية :

الجدول (3-27) العزوم ومعاملات التوزيع لجوائز النموذجين (14،15) الناتجة عن حمولة المركبة

### Goldhofer

الجائز	الطرفي	الداخلي	الوسطي	الداخلي	الطرفي
العزوم بدون روابط عرضية	151.6	254.54	316.27	254.54	151.6
العزوم بوجود سبع روابط عرضية	227.57	227.4	235.77	227.42	227.57
معاملات التوزيع بدون وجود روابط عرضية	0.13	0.23	0.28	0.23	0.13
معاملات التوزيع بوجود سبع روابط عرضية	0.198624	0.20	0.21	0.20	0.20

نلاحظ أن العزم بدون روابط عرضية كان 316.27 t.m وبوجود خمس روابط عرضية انخفض إلى 235.77 t.m أي أن نسبة الانخفاض بالعزم كانت % 25.5 .  
وفيما يلي التعبير عن النتائج بطريقة تخطيطية:



الشكل (3-23) معاملات التوزيع لجوائز النموذجين (14)،(15) لأجل حمولة المركبة Goldhofer



الشكل (3-24) المركبة Goldhofer عند مرورها فوق جسر قره قوزاق

## الفصل الرابع

### العمل التجريبي

#### 1-4 تجربة تحميل جسري عقدة دمر الثانية

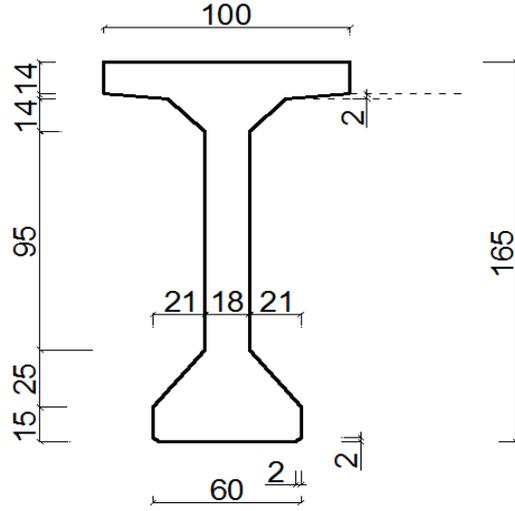
بههدف تقييم دقة الطرائق النظرية لدراسة التوزيع العرضي للحمولات الحية على القسم العلوي، والتي تم عرضها في الفصل الثاني، فقد تمت المقارنة بين نتائج هذه الطرائق والنتائج التجريبية الناتجة عن تجربتي تحميل لجسرين في عقدة دمر الثانية. هذه التجربة قامت بها الجهة المنفذة (مؤسسة الإسكان العسكري) عام 2004. العقدة تحوي جسرين القسم العلوي لكل منهما مؤلف من جوائز مسبقة الصنع مسبقة الاجهاد بسيطة الاستناد وقد استخدم نفس المقطع العرضي للجوائز في كل منهما وهو موضح بالشكل (1-4) ومجاز كل منهما 27m وقد تم وصل أجنحة الجوائز بواسطة خرسانة مصبوبة بالمكان ليشكل مع هذه الأجنحة سطح الجسر حيث كل منهما مؤلف من حارتي مرور. وكل من الجسرين تم تنفيذهما في وقت واحد وبنفس الأسلوب وباستخدام نفس المواد ونوضح فيما يلي النتائج التجريبية التي تم الحصول عليها وكيف تم الحصول عليها:

#### 1-1-4 الجسر الأول

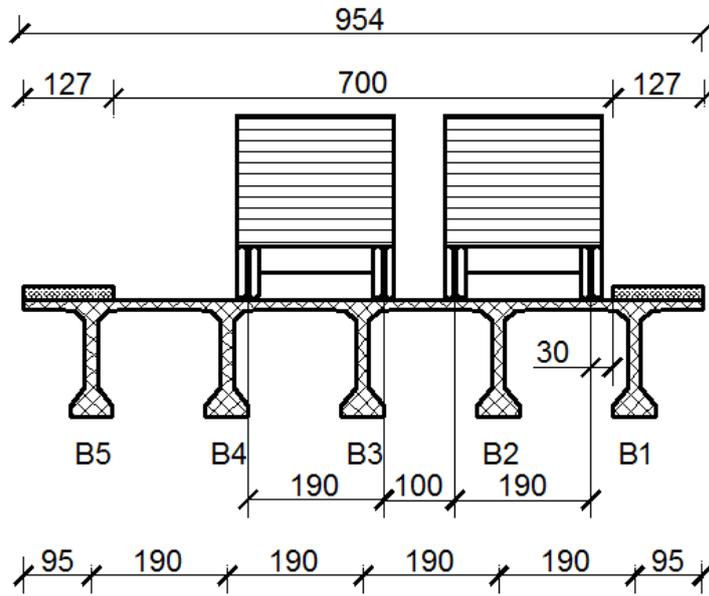
الجسر هو جسر بسيط الاستناد بفتحتين ويتألف من خمس جوائز مسبقة الصنع مسبقة الإجهاد وقد تم تحميل الجسر بأربع مركبات وزن كل مركبة 30t حيث تم وضع مركبتين في الحارة الطرفية بشكل متعاكس ومركبتين مجاورتين لهما أيضا بشكل متعاكس بحيث تكافئ القوى الناتجة عن هذه المركبات القوى الناتجة عن المركبة Hk80 الشكل (4-4) ويوضح الشكلان (2-4)، (3-4) كل من المقطعين الطولي والعرضي في الجسر وكيفية توضع المركبات. تم تعيين السهوم وسط كل جائر من الجوائز الخمسة بعد تطبيق الحمولة لمدة 6 ساعات بواسطة مؤشرات أجهزة القياس لحساب السهوم الشكل (5-4) فكانت النتائج الموضحة بالجدول (1-4). وعند إزالة كل المركبات عن الجسر أعطت المؤشرات القيمة صفر (0) للسهوم لكل الجوائز مما يعني أن السهوم كلها كانت سهوم مرنة.

الجدول (1-4) السهوم الناتجة عن تجربة تحميل الجسر الأول

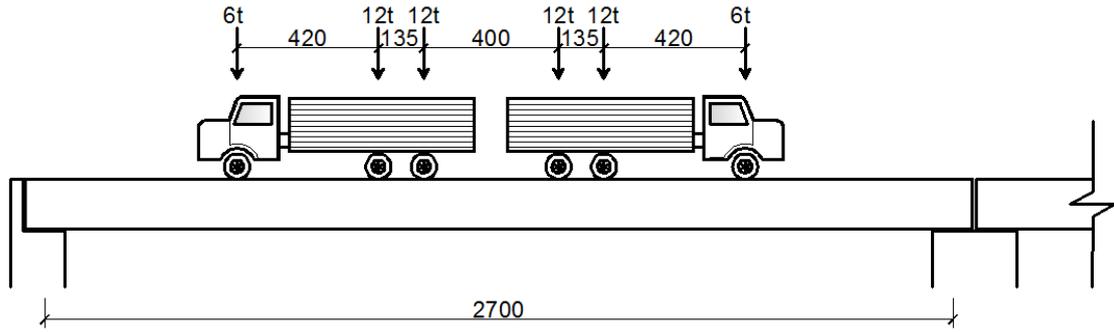
B <sub>5</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	الجائز
3.61	6.31	8.64	9.70	8.45	السهوم (mm)



الشكل (1-4) أبعاد المقطع العرضي للجائز مسبق الصنع (الأبعاد بـ cm)



الشكل (2-4) المقطع العرضي للجسر الأول وتوضع العربات (الأبعاد بـ cm)



الشكل (3-4) المقطع الطولي للجسر الأول وتوضع المركبات (الأبعاد بـ cm)



الشكل (4-4) أجهزة القياس المثبتة تحت الجسر الأول لقياس السهم



الشكل (5-4) تجربة تحميل الجسر الأول

العزم الكلي الأعظمي (M) على كامل مقطع الجسر الناتج عن الحمولة الكلية (120 t) يساوي بعد الحساب 591 t.m. بعد التحقق من أن جميع المقاطع لازالت في الحالة المرنة وبما أن العلاقة بين السهم والعزم هي علاقة خطية في الحالة المرنة وجميع الجوائز لها نفس الأبعاد وبالتالي نفس عزم العطالة فيمكن حساب العزم على كل جائز بضرب العزم الكلي بنسبة سهم الجائز المعتبر إلى مجموع السهوم للجوائز الخمسة، حيث علاقة السهم موضحة في العلاقة التالية:

$$f = \frac{\xi}{E} * \frac{Ml^2}{I} \quad (1-4)$$

$\xi$  : ثابت حساب السهم وتتعلق قيمته بطبيعة الاستناد وشكل الحمولة.

فالعزم على الجائز الطرفي يحسب كما يلي:

$$M_1 = \frac{8.45}{8.45 + 9.7 + 8.64 + 6.31 + 3.6} * 591 = 136.07 \text{ t.m}$$

والعزوم على باقي الجوائز موضحة بالجدول (2-4)

الجدول (2-4) العزوم الناتجة عن تجربة تحميل الجسر الأول

B <sub>5</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	الجائز
57.97	101.61	139.14	156.20	136.07	العزم (t.m)

وبالتعويض في العلاقة (1-4) لأجل الجائز الطرفي نحصل على قيمة  $\frac{\xi}{E}$  كما يلي:

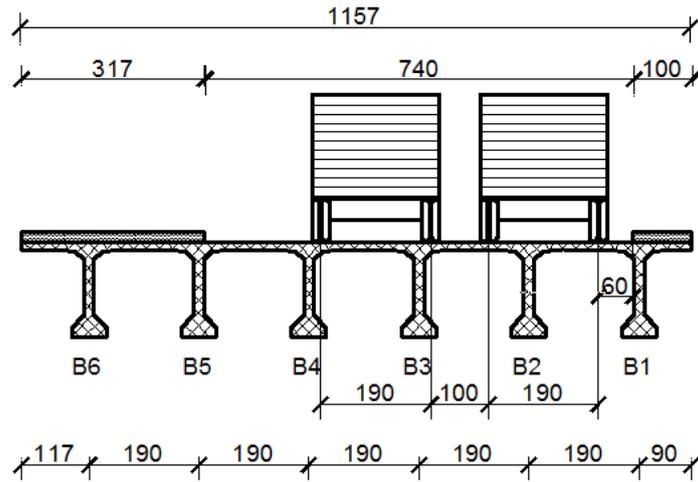
$$8.45 * 10^{-3} = \frac{\xi}{E} * \frac{136.07 * 27^2}{0.2521} \rightarrow$$

$$\frac{\xi}{E} = 2.148 * 10^{-8}$$

وهذه القيمة سيتم استخدامها لأجل حساب العزوم على جوائز الجسر الثاني.

#### 2-1-4 الجسر الثاني

القسم العلوي من الجسر مؤلف من ستة جوائز مسبقة الصنع مسبقة الإجهاد وقد تم استخدام نفس المركبات التي استخدمت لتحميل الجسر الأول ويوضح الشكل (4-6) المقطع العرضي وتوضع المركبات أما المقطع الطولي وتوضع المركبات فيه فهو كما في الجسر الأول الشكل (4-3) وقد تم قياس السهوم للجائزين الطرفي والداخلي B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> فقط، الجدول (4-3) يوضح قيم السهوم الناتجة.



الشكل (4-6) المقطع العرضي للجسر الثاني وتوضع المركبات (الأبعاد بـ cm)

الجدول (3-4) قيم السهوم الناتجة عن تجربة تحميل الجسر الثاني

B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	الجائز
9.14	8.58	السهم (mm)

وحيث أنه لم يتم قياس إلا سهوم الجائزين B<sub>2</sub>, B<sub>1</sub> فإنه ليس بالإمكان استخدام نفس الطريقة التي استخدمناها مع الجسر الأول لحساب العزوم بدلالة السهوم. لذلك وبتطبيق العلاقة (4-1) باستخدام قيمة  $\frac{\xi}{E}$  نحصل على العزوم الحاصلة على الجائزين B<sub>2</sub>, B<sub>1</sub> مع الإشارة هنا إلى أنه لأجل تجريبي التحميل فإن لدينا نفس خواص المادة ونفس حالة التحميل وبالتالي فإن قيمة  $\frac{\xi}{E}$  نفسها في الحالتين.

العزم على B<sub>1</sub>:

$$8.58 * 10^{-3} = 2.148 * 10^{-8} * \frac{M * 27^2}{0.2497}$$

$$M_1 = 136.78 t.m$$

والعزم على B<sub>2</sub>:

$$9.14 * 10^{-3} = 2.148 * 10^{-8} * \frac{M * 27^2}{0.2521}$$

$$M_2 = 147.19 t.m$$

#### 3-1-4 حساب العزوم على جوائز الجسر الأول باستخدام الطرائق النظرية

العزم الكلي الأعظمي على كامل المقطع العرضي للجسر الناتج عن الحمولة الكلية (120t) يساوي بعد الحساب (M=591t.m) والعزم الكلي الناتج عن حارة واحدة هو M/2=295.5t.m

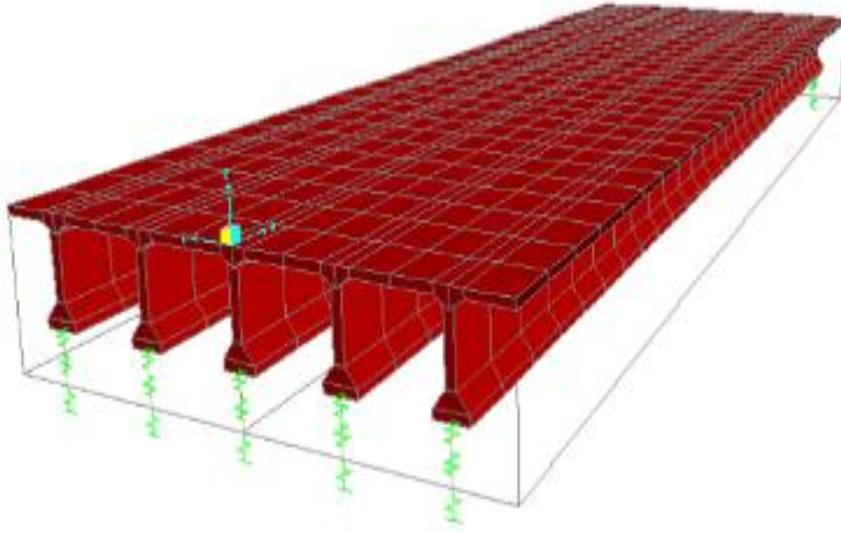
والعزم الكلي الناتج عن خط أحمال (دواليب) واحد  $M/4=147.75 \text{ t.m}$  وسنستعرض فيما يلي كيفية حساب العزوم على الجسر الأول حسب الطرائق النظرية :

#### 1-3-1-4 طريقة العناصر المحدودة

تم إنشاء نموذج للجسر الأول باستخدام برنامج SAP 2000 بما يوافق مواصفات هذا الجسر، ونمذجة الحمولات التي استخدمت في التجربة والموضحة سابقا وباستخدام تقسيمات (mesh) بطول 20cm وبعد التحليل كانت العزوم الموضحة بالجدول (4-4):

الجدول (4-4) العزوم على جوائز الجسر الأول باستخدام برنامج SAP

B <sub>5</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	الجائز
60.7	103.61	139.64	148.41	140.85	العزم (t.m)

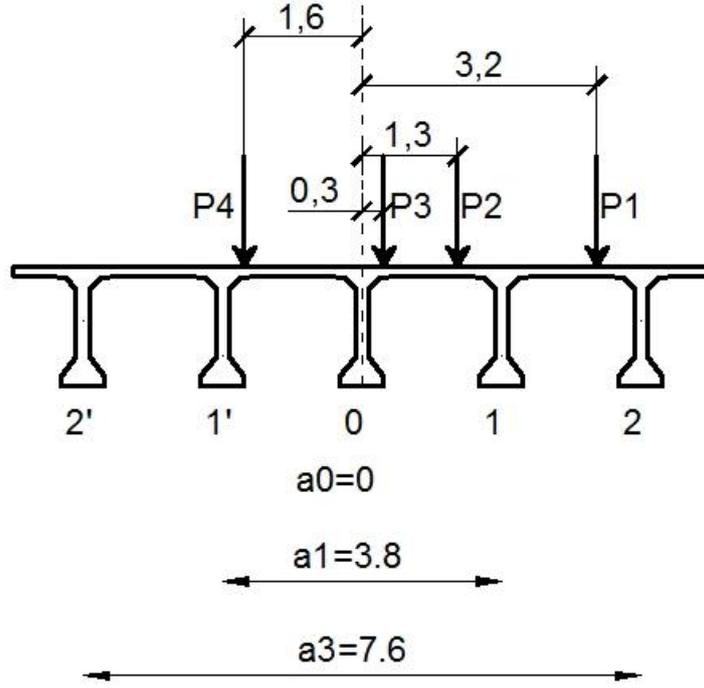


الشكل (4-7) نموذج الجسر الأول باستخدام برنامج SAP2000

#### 2-3-1-4 طريقة الضغط اللامركزي

بتطبيق العلاقة (2-2) في الفصل الثاني نحصل على قيم:

$P_1, P_2, P_3, P_4$  من أجل  $DF_0, DF_1, DF_2, DF_1', DF_2'$



الشكل (4-8) طريقة الضغط اللامركزي

$$DF_2 = \frac{1}{5} + \frac{3.2 \cdot 7.6}{(0^2 + 3.8^2 + 7.6^2)} = 0.537 \quad \text{لأجل } P_1$$

$$DF_2 = \frac{1}{5} + \frac{1.3 \cdot 7.6}{(0^2 + 3.8^2 + 7.6^2)} = 0.337 \quad \text{لأجل } P_2$$

$$DF_2 = \frac{1}{5} + \frac{0.3 \cdot 7.6}{(0^2 + 3.8^2 + 7.6^2)} = 0.232 \quad \text{لأجل } P_3$$

$$DF_2 = \frac{1}{5} - \frac{1.6 \cdot 7.6}{(0^2 + 3.8^2 + 7.6^2)} = 0.032 \quad \text{لأجل } P_4$$

فيكون العزم الحاصل على الجائز الطرفي (B<sub>1</sub>) هو:

$$M_1 = (0.537 + 0.337 + 0.232 + 0.032) \frac{M}{4} = 1.138 * 147.75 \\ = 168.14 \text{ t.m}$$

وينفس الطريقة نحصل على قيم العزوم الحاصلة على باقي الجوائز الموضحة في الجدول (4-5)

الجدول (4-5) العزوم على جوائز الجسر الأول حسب طريقة الضغط اللامركزي

B <sub>5</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	الجائز
68.24	93.15	117.9	142.7	168.14	العزم (t.m)

### 3-3-1-4 طريقة غويون ماسونيت

بداية نحسب قيم  $\alpha$ ،  $\theta$  كمايلي:

$$E = 3.9 * 10^5 t/m^2, G = 1.63 * 10^5 t/m^2, E' = 3.54 * 10^5 t/m^2, \\ G' = 1.48 * 10^5 t/m^2$$

$$\frac{E}{G} = \frac{3.9 * 10^6}{1.63 * 10^6} = 2.4$$

$$D_x = \frac{EI_x}{S} = \frac{0.2481E}{1.9} = 0.1305E, D_y = \frac{E't^3}{12} = 0.0002E$$

$$D_{xy} = \frac{GJ_{xy}}{S} = \frac{0.0107G}{1.9} = 0.0056G = 0.0023E$$

$$D_{yx} = \frac{G't^3}{6} = \frac{0.14^3 G'}{6} = 0.0003G = 0.0001E$$

$$D_1 = D_2 = \nu D_y = 0.2 * 0.00023E = 0.00005E$$

$$\alpha = \frac{0.0023E + 0.0001E + 2 * 0.00005E}{2(0.1305E * 0.0002E)^{0.5}} = 0.24, \theta$$

$$= \frac{4.77}{27} \left[ \frac{0.1305E}{0.0002E} \right]^{0.25} = 0.89$$

حيث  $\nu, G, E$ : هي معامل المرونة ومعايير القص ونسبة بواسون على التوالي لبيتون الجائز المسبق الصنع.

$\nu, G', E'$ : هي معامل المرونة ومعايير القص ونسبة بواسون على التوالي لبيتون البلاطة المصبوبة في المكان.

$I_x$ : عزم العطالة على الاتحناء للجائز المركب بعد الأخذ بعين الاعتبار الاختلاف بين معامل المرونة للجائز والبلاطة

$J_{xy}$ : ثابت القتل للجائز المركب بعد الأخذ بعين الاعتبار الاختلاف بين معامل القص للجائز والبلاطة

$S$ : التباعد بين الجوائز

$t$ : سماكة البلاطة المصبوبة في المكان

بعد حساب قيمة  $\theta$  وباستخدام مخططات غويون ماسونيت نحصل على قيم  $K_1, K_0$  الواردة في الجدول (4-6). القيم في الجدول (4-6) توافق مواقع افتراضية للجوائز وخطوط الحمولات في المقطع العرضي والتي تم توضيحها في الفصل الثاني، لكن مواقع الجوائز ومواقع الحمولات في المقطع العرضي للجسر المدروس لا تتطابق مع هذه المواقع، لذلك سنقوم أولاً بحساب القيم الموافقة لمواقع الجوائز بالنسبة والتناسب فنحصل على القيم الموضحة في الجدول (4-7).

الجدول (6-4) قيم المعاملات  $K_0, K_1$  عند المواقع المحددة وفق طريقة غوين ماسونيت وذلك حسب موقع الحمولة في الجسر الأول

_b	_3b/4	_b/2	_b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	المقطع	
									موقع الحمولة	
-0.41	0.31	1.05	1.74	2.09	1.74	1.05	0.31	-0.41	0	K0
-0.54	-0.04	0.49	1.11	1.74	2.07	1.70	0.99	0.21	b/4	
-0.43	-0.19	0.10	0.49	1.05	1.70	2.15	2.02	1.66	b/2	
-0.24	-0.23	-0.19	-0.04	0.31	0.99	2.02	3.22	4.22	3b/4	
-0.03	-0.24	-0.43	-0.54	-0.41	0.21	1.66	4.22	7.74	b	
0.57	0.73	0.97	1.27	1.47	1.27	0.97	0.73	0.57	0	K1
0.34	0.46	0.64	0.92	1.27	1.52	1.38	1.14	0.96	b/4	
0.20	0.29	0.42	0.64	0.97	1.38	1.71	1.69	1.57	b/2	
0.13	0.19	0.29	0.46	0.73	1.14	1.69	2.22	2.47	3b/4	
0.09	0.13	0.20	0.34	0.57	0.96	1.57	2.47	3.65	b	

الجدول (7-4) قيم المعاملات  $K_0, K_1$  عند كل جائر من جوائز الجسر الأول

B5	B4	B3	B2	B1	الجائر	
					موقع الحمولة	
0.18	1.33	2.09	1.33	0.18	0	K0
-0.14	0.74	1.74	1.85	0.84	b/4	
-0.23	0.26	1.05	1.97	1.96	b/2	
-0.23	-0.13	0.31	1.60	3.41	3b/4	
-0.20	-0.47	-0.41	1.07	4.88	b	
0.70	1.09	1.47	1.09	0.70	0	K1
0.43	0.75	1.27	1.44	1.11	b/4	
0.27	0.51	0.97	1.58	1.67	b/2	
0.18	0.36	0.73	1.47	2.26	3b/4	
0.12	0.43	0.57	1.32	2.69	b	

وبتطبيق العلاقة (2-9) نحصل على قيم معاملات التوزيع لكل جائر لأجل مواقع الحمولات الافتراضية وفق هذه الطريقة كما في الجدول (4-8)

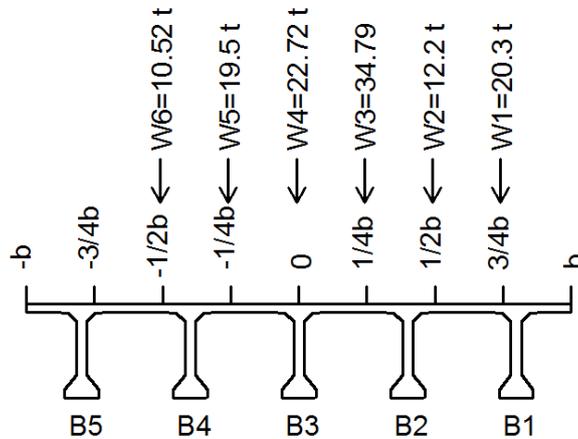
الجدول (4-8) قيم معاملات التوزيع لجوائز الجسر الأول لأجل كل خط أحمال

الجائز					موقع الحمولة	DF
B5	B4	B3	B2	B1		
0.09	0.24	0.36	0.24	0.09	0	
0.03	0.15	0.30	0.33	0.19	b/4	
0.00	0.08	0.20	0.36	0.36	b/2	
-0.01	0.02	0.10	0.31	0.57	3b/4	
-0.01	-0.01	0.01	0.24	0.76	b	

وبسبب عدم تتطابق مواقع خطوط الحمولات مع المواقع الافتراضية للأحمال سنقوم بتوزيع خطوط الحمولات الفعلية على المواقع الافتراضية المعتبرة وفق هذه الطريقة، فمثلا خط الحمولات  $P_1$  يتم توزيعه على الموقعين  $\frac{b}{2}$ ,  $\frac{3b}{4}$  كما يلي:

$$p_{1\frac{3b}{4}} = \frac{80.7}{119.25} * 30 = 20.3 t , \quad p_{1\frac{b}{2}} = \frac{38.6}{119.25} * 30 = 9.71 t$$

حيث القيمتين 80.7 , 38.6 تمثلان بعد خط الحمولات عن الموقعين  $\frac{b}{2}$ ,  $\frac{3b}{4}$  والقيمة 119.25 تمثل التباعد بين الموقعين المذكورين، فتكون خطوط الحمولات على الجسر بعد إعادة توزيعها كما في الشكل (4-9).



الشكل (4-9) خطوط الحمولات بعد إعادة توزيعها على المواقع المعتبرة وفق طريقة غويون ماسونيت

الآن سنحسب العزوم على كامل المقطع الناتجة عن خطوط الحمولات الجديدة كما يلي مع الأخذ بعين الاعتبار أن مواقع الحمولات المركزة (الدواليب) تبقى نفسها في المقطع الطولي:

$$M_{w1} = \frac{w_1}{p_1} * \frac{M}{4} = \frac{20.3}{30} * 147.75 = 99.98 \text{ t.m}$$

حيث:

$W_1$ : حمولة خط الحمولات الجديد

$P_1$ : حمولة خط الحمولات الأصلي

$M/4$ : العزم على كامل مقطع الجسر الناتج عن خط الحمولات الأصلي

وتكون باقي العزوم:

$$M_{w2} = 60.09 \text{ t.m}, \quad M_{w3} = 171.34 \text{ t.m}, \quad M_{w4} = 111.9 \text{ t.m}$$

$$M_{w5} = 96.04 \text{ t.m}, \quad M_{w6} = 51.81 \text{ t.m}$$

وبضرب قيمة DF لكل جائر من أجل كل خط حمولات بالعزم الكلي لخط الحمولات هذا نحصل

على العزم النهائي الحاصل على كل جائر كما يلي:

الجائر  $B_1$  :

$$M_1 = 0.57 * 99.98 + 0.36 * 60.09 + 0.19 * 171.34 + 0.09 * 111.9 +$$

$$0.03 * 96.04 + 0 * 51.81 = 124.13 \text{ t.m}$$

حيث قيمة DF من أجل خط الحمولات  $W_5$  عند الموقع  $(\frac{-b}{4})$  هي نفسها القيمة عند الموقع  $\frac{b}{4}$

لأجل الجائر  $B_5$

وتكون العزوم لباقي الجوائز كما يلي:

$$M_2 = 54.58 \text{ t.m}, \quad M_3 = 152.88 \text{ t.m}, \quad M_4 = 109.71 \text{ t.m}$$

$$M_5 = 53.11 \text{ t.m}$$

#### 4-3-1-4 طريقة كود:

### AASHTO LRFD Bridge Design Specifications

بتطبيق العلاقة (4-2) من أجل الجوائز الداخلية نحصل على النتائج التالية:

$$D = 0.075 + \left(\frac{6.23}{9.5}\right)^{0.6} \left(\frac{6.23}{88.58}\right)^{0.2} \times \left(\frac{891331}{12 * 88.58 * 5.51^3}\right)^{0.1} = 0.611$$

ونحصل على العزم على الجائر الداخلي بضرب قيمة D بالعزم الناتج عن حارة مرور على

المقطع الكلي  $\left(\frac{M}{2}\right)$

$$M_2 = D * \frac{M}{2} = 0.611 * 295.5 = 180.55 \text{ t.m}$$

نحسب معامل التصحيح للجائز الطرفي من العلاقة (5-2):

$$e = 0.77 + \frac{0}{9.1} = 0.77 < 1 \rightarrow e = 1$$

فيكون العزم على الجائز الطرفي مساو للعزم على الجائز الداخلي:

$$M_2 = M_1 = 180.55 \text{ t.m}$$

#### **AASHTO Standard Specification for Highway 5-3-1-4 Bridge**

وفق العلاقة (6-2) يكون لدينا:

$$DF = \frac{6.23}{5.5} = 1.133$$

ونحصل على العزم على الجائز الطرفي والداخلي بضرب قيمة DF بالعزم الناتج عن خط

حمولات واحد (نصف عزم مركبة) على المقطع الكلي  $\left(\frac{M}{4}\right)$ :

$$M_1 = M_2 = 1.133 * 147.75 = 167.40 \text{ t.m}$$

#### **6-3-1-4 طريقة كود:**

#### **Ontario Highway Bridge Design Code (OHBDC)**

بعد أن حسبنا قيمة  $\theta$ ،  $\alpha$  في الفقرة (3-3-1-4) نحدد قيمة D للجائز الطرفي والجائز الداخلي

ومعامل التصحيح  $C_f$  من الشكل (11-2):

الجائز الطرفي:

$$u = \frac{3.5-3.3}{0.6} = 0.33$$

$$D_d = 2.01 * \left(1 + \frac{0.33 * 9.5}{100}\right) = 2.073$$

$$M_1 = \frac{1.9}{2.073} * 147.75 = 135.42 \text{ t.m}$$

الجائز الداخلي:

$$u = 0.33$$

$$D_d = 1.73 * \left(1 + \frac{0.33 * 9.5}{100}\right) = 1.78$$

$$M_2 = \frac{1.9}{1.78} * 147.75 = 157.71 \text{ t.m}$$

#### 4-1-4 معاملات التوزيع للجسر الثاني حسب الطرائق النظرية

يوضح الجدول (4-9) قيم العزوم الحاصلة على جوائز الجسر الثاني وفق الطرائق النظرية والتي تم حسابها كما رأينا بالنسبة للجسر الأول.

الجدول(4-9) لعزوم الحاصلة على جوائز الجسر الثاني وفق كل طريقة(t.m)

B6	B5	B4	B3	B2	B1	الجائز الطريقة
-----	-----	-----	-----	147.19	136.78	تجريبية
18.4	47.68	98.68	141.53	154.31	139.83	العناصر المحدودة
11.820	49.053	102.834	146.568	154.842	129.429	غويون ماسونيت
19.02	50.81	82.60	114.40	146.19	177.99	الضغط اللامركزي
-----	-----	-----	-----	180.85	180.85	AASHTO LRFD
-----	-----	-----	-----	167.25	167.25	AASHTO Standard
-----	-----	-----	-----	156.62	132.38	OHBC

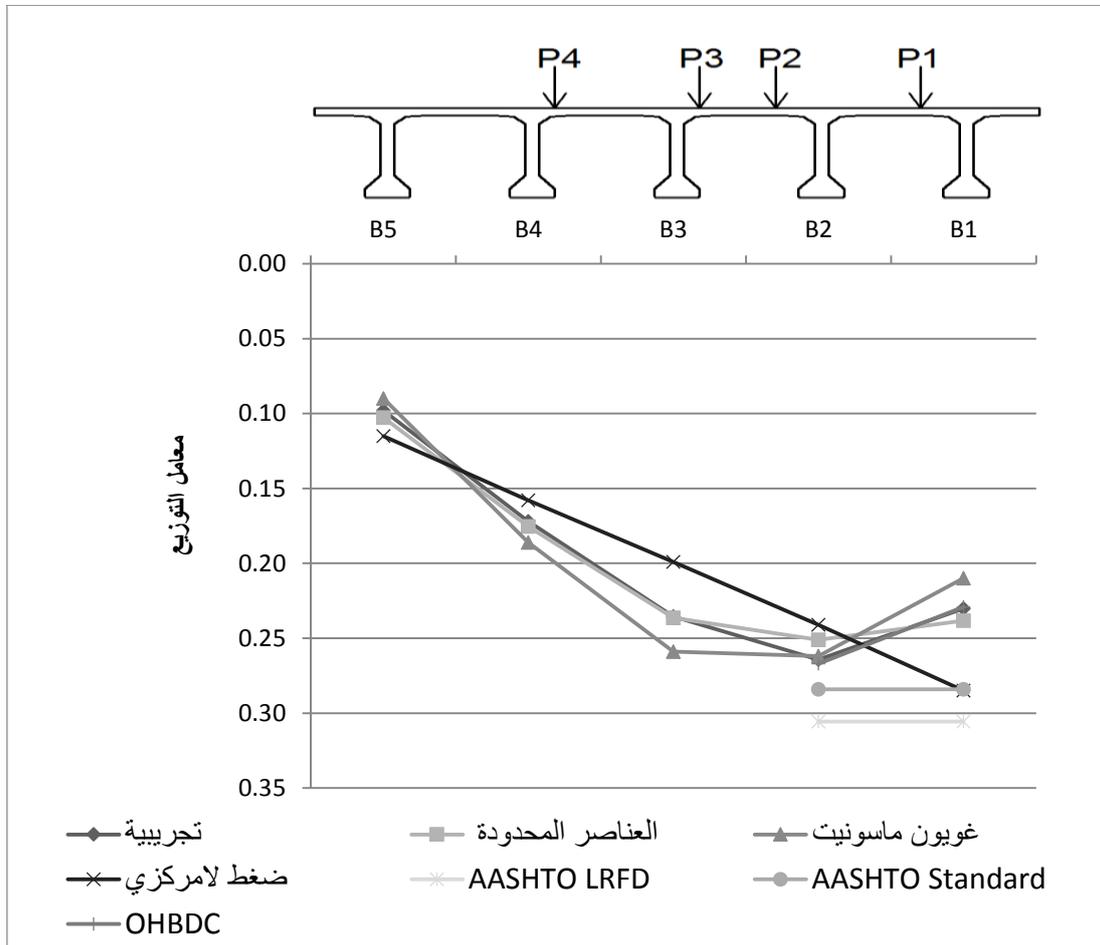
#### 4-1-5 المقارنة بين النتائج

بسبب اختلاف مفهوم معامل التوزيع من طريقة لأخرى وكيفية استخدام هذا المعامل فسنقوم -بغية المقارنة بين الطرائق المدروسة- بحساب قيمة معامل التوزيع كما تم تعريفه سابقا وذلك بتقسيم العزم الحاصل على كل جائز حسب كل طريقة على العزم الكلي (M) الحاصل على كامل المقطع العرضي وبالتعبير عن النتائج بطريقة تخطيطية نحصل على الشكل(4-10) للجسر الأول والشكل (4-11) للجسر الثاني. يوضح الشكلان (4-10)،(4-11) قيمة الفرق بين النتائج النظرية والنتائج التجريبية منسوبا إلى النتائج

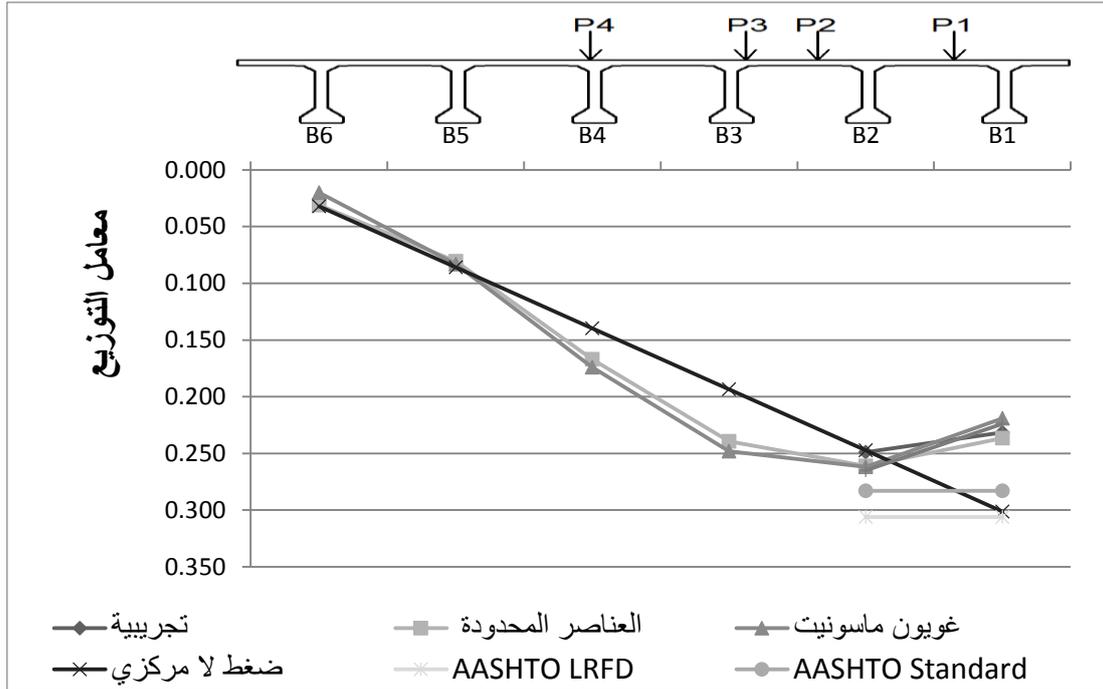
$$\text{التجريبية كنسبة مئوية} = \left( \frac{\text{النتائج النظرية} - \text{النتائج التجريبية}}{\text{النتائج التجريبية}} \right) * 100\%$$

حيث يتضح مايلي:

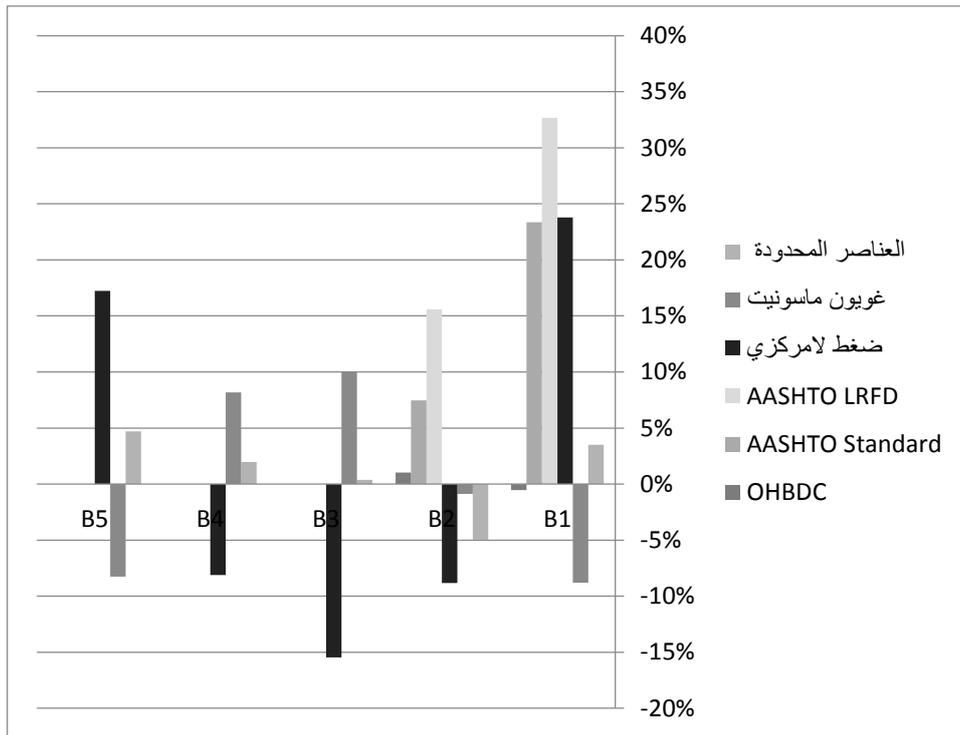
- لم تتجاوز هذه النسبة الـ 5% لطريقة العناصر المحدودة
- الانحراف في طريقة غويون ماسونيت التي تعتمد مبدأ البلاطة غير المتجانسة لم يتجاوز 10%
- الانحراف في طريقة الضغط اللامركزي وصل إلى 30%
- الانحراف في نتائج طريقة كود LRFD وصل إلى 33%
- الانحراف في طريقة كود Standard Specification وصل إلى 23%
- الانحراف في طريقة كود OHBDC التي تعتمد مبدأ البلاطة غير المتجانسة لم يتجاوز 10%.



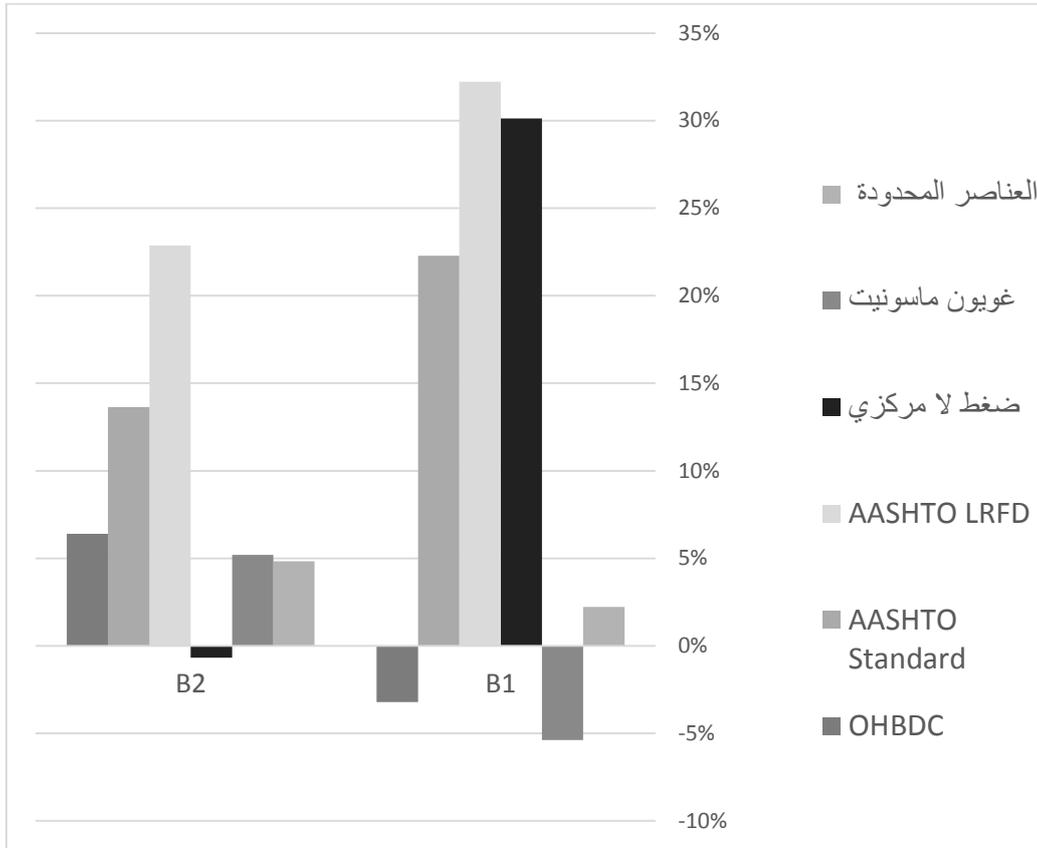
الشكل (4-10) المقارنة بين قيم معاملات التوزيع النظرية والتجريبية للجسر الأول



الشكل (4-11) المقارنة بين قيم معاملات التوزيع النظرية والتجريبية للجسر الثاني



الشكل (4-12) النسب المئوية للاختلاف بين النتائج النظرية والنتائج التجريبية للجسر الأول



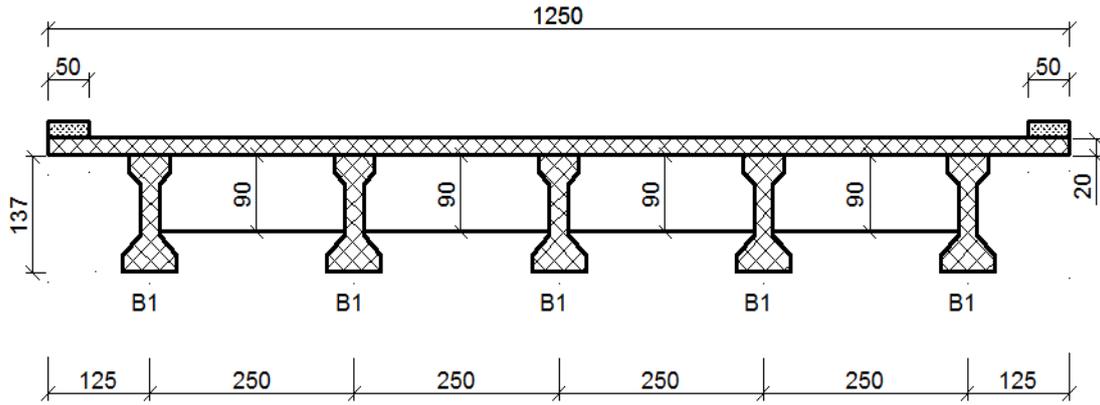
الشكل (4-13) النسب المئوية للاختلاف بين النتائج النظرية والنتائج التجريبية للجسر الثاني

#### 2-4 تجربة تحميل النموذج البيتوني

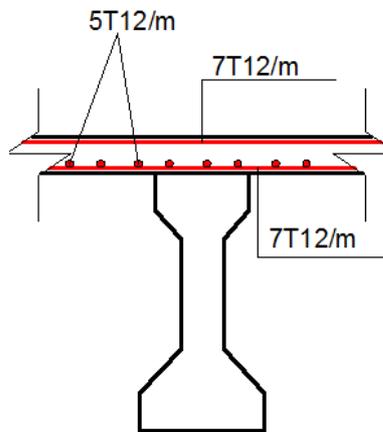
تم إنشاء نموذج من الخرسانة المسلحة لجسر بخمس جوائز يربط فيما بينها إضافة إلى البلاطة ثلاث روابط عرضية طرفيان ووسطي بهدف تقييم تأثير الروابط العرضية على التوزيع العرضي للحمولات، حيث تم إتمام هذا العمل في ضاحية يوسف العظمة جنوب مدينة دمشق في شهر شباط عام 2015، وفيما يلي توضيح لمراحل العمل:

#### 1-2-4 الجسر الافتراضي الأصلي

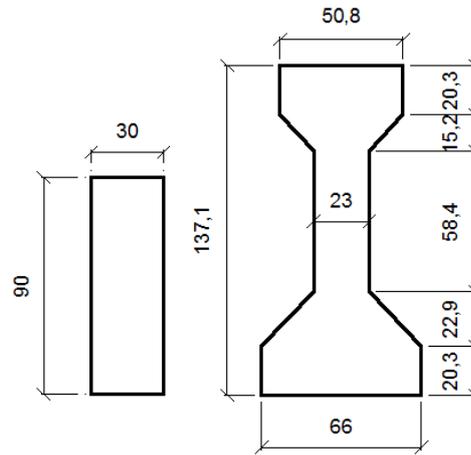
الجسر الافتراضي بسيط الاستناد يحوي ثلاث حارات بعرض كلي 12.5m ومجاز 18m وهو يتألف من خمس جوائز مسبقة الصنع مسبقة الاجهاد نموذج AASHTO IV وبلاطة مصبوبة بالمكان وثلاثة روابط عرضية والأشكال التالية توضح الأبعاد توضح الأبعاد والتسليح.



الشكل (14-4) المقطع العرضي للجسر الأصلي (الأبعاد بالـ cm)



الشكل (15-4) تسليح بلاطة الجسر الأصلي



الجائز الطولي الرباط العرضي

الشكل (16-4) أبعاد الجائز المسبق الصنع والرباط العرضي (الأبعاد بالـ cm)

## 4-2-2-2 النموذج

### 4-2-2-1 مقياس النمذجة (Scale Factor)

لأجل تحديد مقياس النمذجة أخذت بالحسبان الاعتبارات التالية:

- إن المقياس الأفضل للنمذجة من ناحية دقة النتائج هو 1:1 (full scale)
  - كلما كان المقياس أصغر من 1:1 كلما كان العمل المطلوب أقل وأسهل من حيث إنشاء النموذج وتطبيق الحمولات
  - إذا كان المقياس أصغر من حدود معينة فستظهر صعوبات في إنشاء النموذج، حيث بعض الأبعاد ستصبح صغيرة ويصعب تنفيذها بوجود التسليح.
- انطلاقاً من الاعتبارات السابقة فقد تم اختيار المقياس 1:5

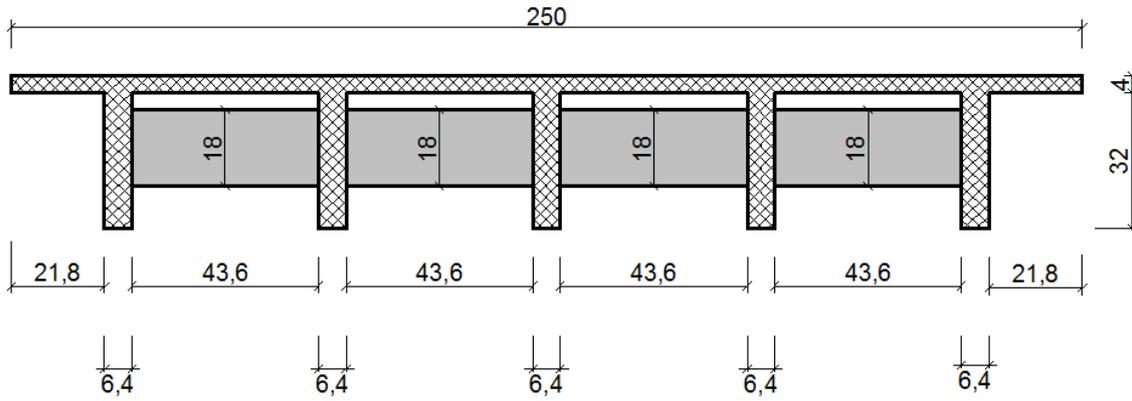
### 4-2-2-2 أبعاد النموذج

أنشأ النموذج بحيث تحقق أبعاده وزواياه وشكله متطلبات النمذجة [16] باستثناء المقطع العرضي للجائز المسبق الصنع، فبسبب صعوبة إنشاء قالب لهذا المقطع ضمن الإمكانيات المتوفرة لهذه التجربة فقد تم نمذجة هذا الجائز بمقطع مستطيل بحيث تكون القيم التي تقيس عزم العطالة وثابت الفتل لهذا المقطع المستطيل المنشأ منسوبة إلى تلك التي تخص الجائز الأصلي محققة للنسبة  $1:5^4$ . الجدول التالي يوضح الخصائص الهندسية للمقطع العرضي لجائز النموذج

الجدول (4-10) الخصائص الهندسية لجائز النموذج

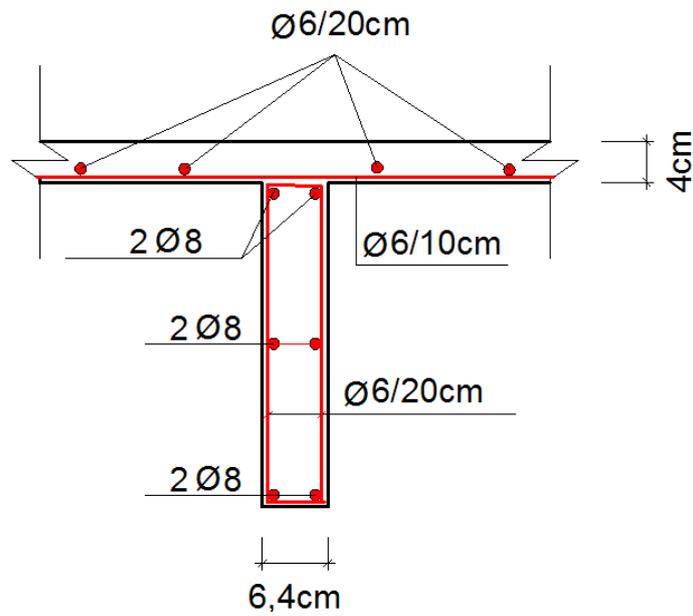
الخاصية	القيمة
الارتفاع	32 cm
العرض	6.4 cm
عزم العطالة على الانحناء	$17476.27 \text{ cm}^4$
ثابت الفتل	$2443.88 \text{ cm}^4$

وتوضح الأشكال التالية النموذج المنشأ وأبعاده:

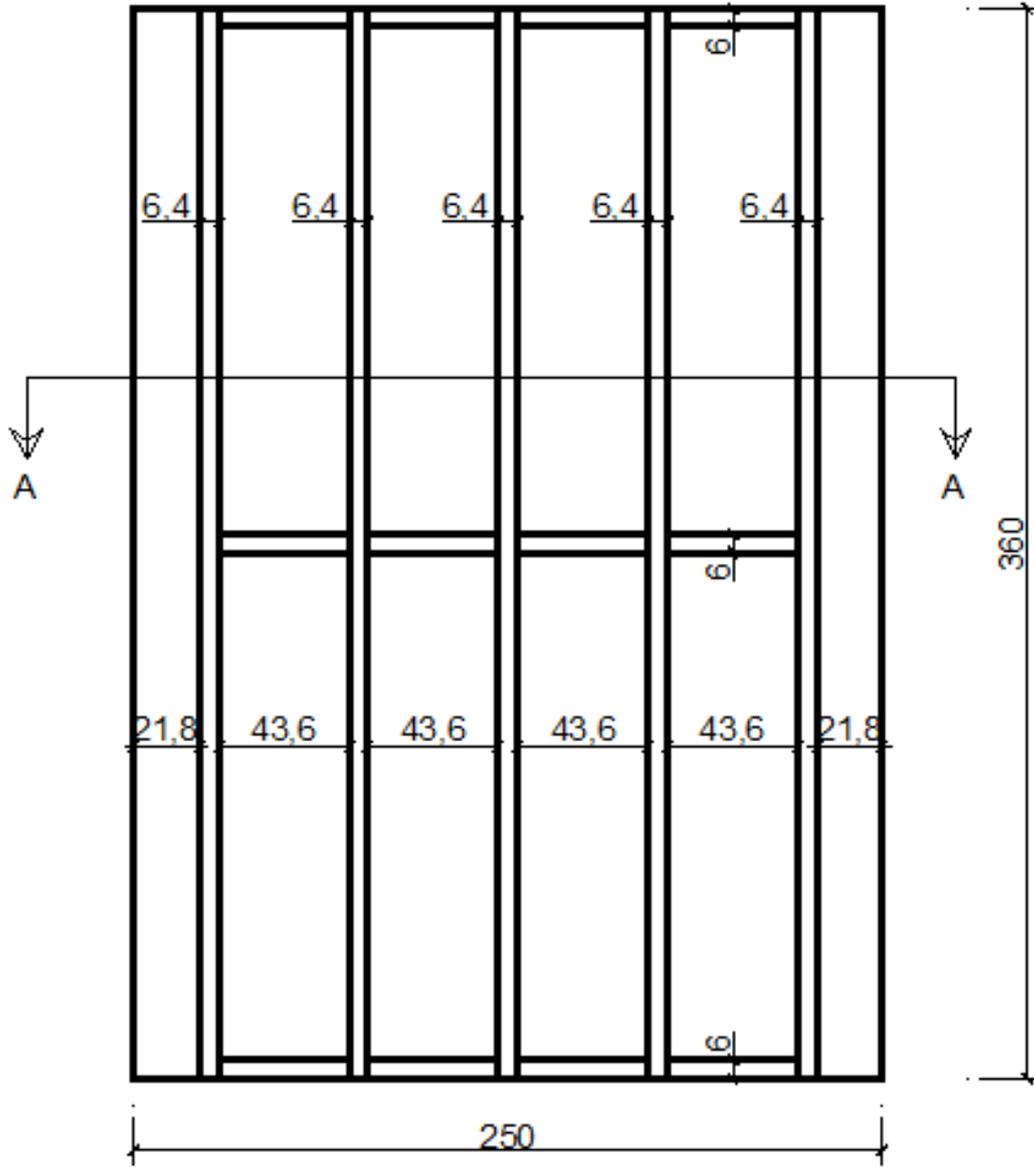


Sec A -A

الشكل (4-17) مقطع عرضي في النموذج (الأبعاد بالـ cm)



الشكل (4-18) التسليح في النموذج



الشكل (4-19) مسقط أفقي للنموذج (الأبعاد بالـ cm)

#### 3-2-2-4 المواد

##### البيتون:

من غير الممكن استخدام بيتون بأبعاد حبيبات تحقق مقياس النمذجة (1:5)، وهو على كل حال أمر يمكن الاستغناء عنه كون مقياس النمذجة المستخدم لنمذجة المقادير التي تقيس خواص مادة البيتون (معامل المرونة، معامل بواسون، معامل القص) هو 1:1، وهذا المقياس محقق كون مادة النموذج هي نفسها مادة الأصل.

## التسليح:

من غير الممكن استخدام نفس أعداد القضبان المستخدمة في الجسر الأصلي وبأقطار محسوبة وفق مقياس النمذجة، لذلك تم اختيار التسليح في النموذج بحيث تكون المساحة الكلية موافقة للمساحة الكلية المحسوبة وفق مقياس النمذجة ما أمكن ذلك، أيضا فإن مواصفات التسليح المستخدم في الجسر الأصلي هي مواصفات عالية غير متوفرة من أجل أقطار صغيرة، والشكل (4-18) يوضح التسليح المستخدم في النموذج. أما قوة سبق الاجهاد المطبقة على التسليح في النموذج الأصلي فقد تم اهمالها لعدم إمكانية تطبيقها، علما أنه ما من تأثير موصوف لهذه القوة على التوزيع العرضي للحمولات في المراجع التي تم الاطلاع عليها وتتناول هذا الموضوع.

## 4-2-2-4 الحمولات

اعتمد في هذه التجربة على حقيقة أن التوزيع العرضي للحمولات لا يتعلق بقيمة الحمولة المطبقة إنما يتعلق بموقع الحمولة [3]. لذلك عند تطبيق الحمولات التي تمثل المركبات المدروسة فإن قيمة هذه الحمولات لم تحدد وفق قوانين النمذجة، بل كانت أصغر في سبيل سهولة العمل أما أبعاد نماذج المركبات فقد تم تحديده وفق مقياس النمذجة (5:1).

تم تطبيق حمولتين كالاتي:

- حمولة مقدارها 245kg تمثل حمولة حاملة الدبابات الروسية HK80 الموضحة سابقا بالشكل (3-12)، والشكل (4-20) يبين النموذج المصنوع لتمثيل هذه المركبة، حيث تم تطبيق هذه الحمولة في الحارة الطرفية وهو الموقع التصميمي لتوضع هذه المركبة.

-حمولة مقدارها 620kg تمثل الناقل الألمانية Goldhofer الموضحة سابقا بالشكل (3-18) والتي تم تطبيقها كحمولة خاصة غير تصميمية تعبر الجسر تحت المراقبة متوسطة المقطع العرضي، والشكل (4-21) يوضح النموذج المنشأ لهذه المركبة.



الشكل (4-20) نموذج حاملة الدبابات الروسية HK80



الشكل (4-21) نموذج الناقل الألمانية Goldhofer

### 3-2-4 الاختبارات

أنجزت التجارب على مرحلتين: المرحلة الأولى بوجود الروابط العرضية والمرحلة الثانية بعد قص الروابط العرضية، حيث تم تحميل النموذج في كل مرحلة بحمولة نموذجي -HK80، Goldhofer. في كل التجارب السابقة تم قياس السهم وسط كل جائر من جوائز النموذج وفي كل مرة كان يعاد

قياس السهم بعد إزالة الحمولة للتحقق أن السهم المتبقي قيمته صفر وبالتالي السهم من، حيث تم القياس باستخدام مؤشرات قياس السهم.

#### 4-2-4 حساب معاملات التوزيع العرضي للحمولات

بما أن جميع السهوم كانت سهوم مرنة فالعلاقة بين السهم والعزم هي علاقة خطية وبما أن جميع الجوائز لها نفس المقطع فسنقوم بحساب معاملات التوزيع كما تم لأجل تجربة جسري عقدة دمر ونستطيع أن نكتب:

$$DF_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad (2-4)$$

$$M_i = const * f_i \quad (3-4)$$

$f_i$ : السهم المقاس للجائز

حيث قيمة الثابت  $const$  هي نفسها لكل الجوائز من أجل نفس حالة التحميل وبتعويض العلاقة (3-4) في العلاقة (2-4) ينتج لدينا بعد الاصلاح العلاقة (4-4):

$$DF_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^n f_i} \quad (4-4)$$

#### 4-2-5- النتائج

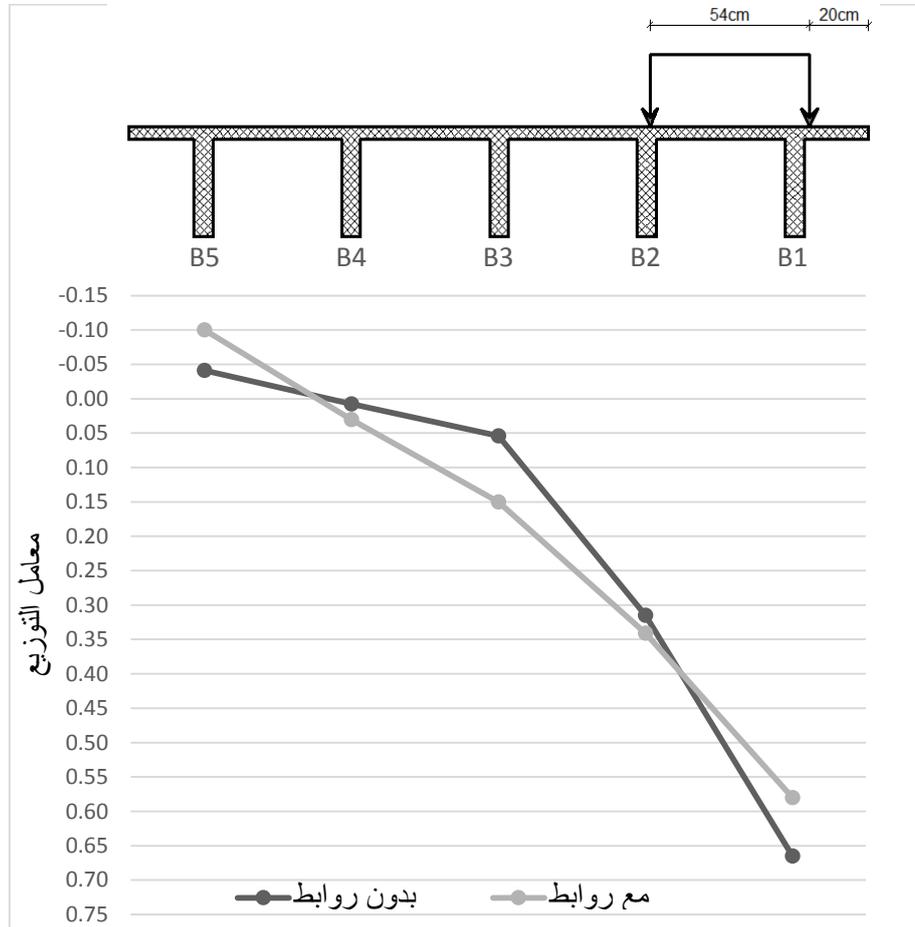
الجدول والأشكال التالية توضح النتائج التي حصلنا عليها من التجارب بعد قياس السهوم وحساب معاملات التوزيع للجوائز وفق العلاقة (4-4):

الجدول (4-11) نتائج تجارب التحميل من أجل نموذج المركبة HK80

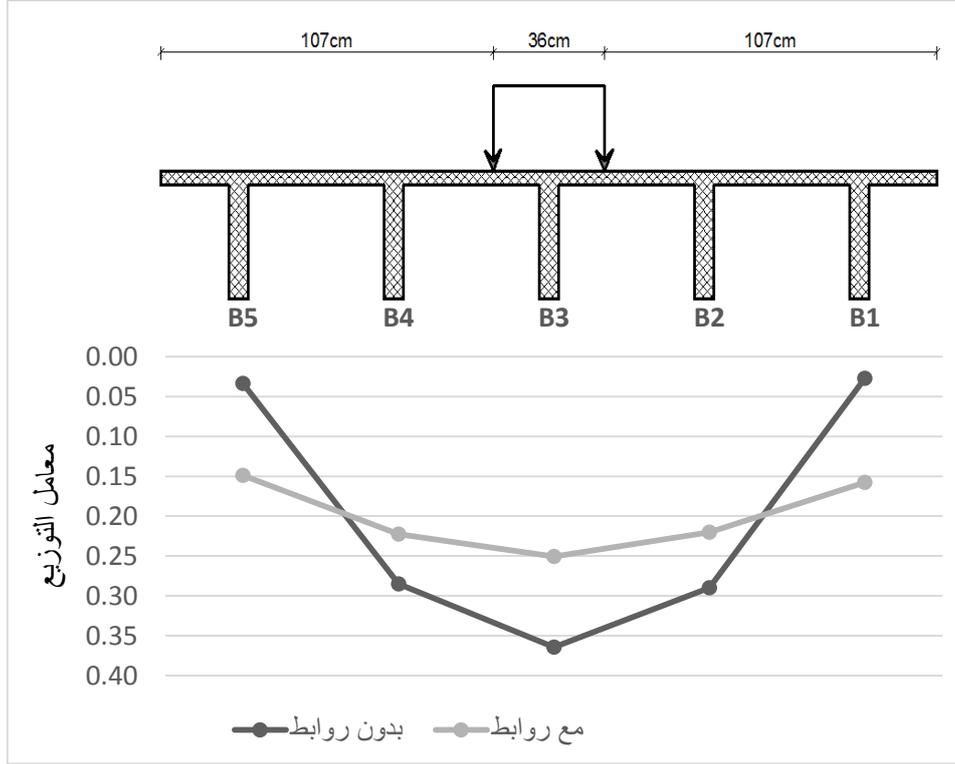
B5	B4	B3	B2	B1	الجائز	
-0.013	0.004	0.019	0.044	0.074	مع روابط	السهم
-0.005	0.001	0.007	0.041	0.087	بدون روابط	المقاس (mm)
-0.100	0.030	0.150	0.341	0.580	مع روابط	معامل التوزيع
-0.041	0.008	0.054	0.315	0.665	بدون روابط	

الجدول (4-12) نتائج تجارب التحميل من أجل نموذج المركبة Goldhofer

B5	B4	B3	B2	B1	الجائز	
					مع روابط	السهم المقاس (mm)
0.024	0.036	0.041	0.036	0.026	مع روابط	معامل التوزيع
0.006	0.052	0.067	0.053	0.005	بدون روابط	
0.149	0.222	0.251	0.220	0.158	مع روابط	معامل التوزيع
0.034	0.285	0.364	0.290	0.027	بدون روابط	



الشكل (4-22) نتائج تجارب التحميل من أجل نموذج المركبة HK80



الشكل (4-23) نتائج تجارب التحميل من أجل نموذج المركبة Goldhofer

النتائج تظهر أن معامل التوزيع الأكبر من أجل المركبة HK80 كان هو معامل الجائز الطرفي حيث كانت قيمته قبل إزالة الروابط العرضية 0.580 وبعد إزالتها 0.665 أي أن الروابط خفضت قيمته بنسبة 13% ، ومن أجل المركبة Goldhofer فإن معامل توزيع الجائز الوسطي كان الأكبر حيث كانت قيمته قبل إزالة الروابط 0.251 وبعد إزالة الروابط كانت قيمة معامل التوزيع كانت 0.364 أي أن الروابط العرضية ساهمت في تخفيض قيمة معامل التوزيع بنسبة 31% . النتائج السابقة تبين أن تأثير الروابط العرضية كان محدودا من أجل المركبة HK80 في حين أن تأثيره كان كبيرا من أجل المركبة Goldhofer.

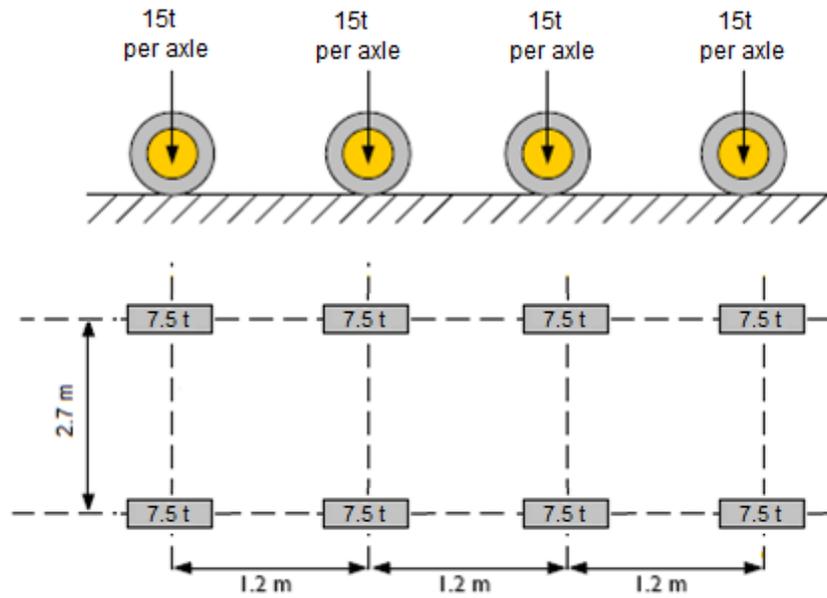
## الفصل الخامس:

### المنحنيات التصميمية لجوائز AASHTO مقطع I

#### 5- المنحنيات التصميمية لجوائز AASHTO مقطع I

بما أن مقاطع الجوائز هي مقاطع ثابتة فإنه من الممكن تحديد المقطع العرضي المطلوب لجسر ما باستخدام مخططات تمثل العلاقة بين التباعد بين الجوائز من جهة والمجاز الأعظمي للجسر المدروس من جهة أخرى. العديد من المراجع تحوي منحنيات تم إنشاؤها لتوافق الأبعاد الأصلية لجوائز الـ AASHTO في المقطع العرضي والتي تختلف عن تلك المنتجة في معمل بانياس إضافة إلى الاختلاف في تفاصيل التسليح وخصائص التسليح والبيتون والمركبات التصميمية، كما أنها انجزت باستخدام طريقة AASHTO LRFD والتي كما تم إيضاحه في الفصل الرابع ليست دقيقة كفاية مقارنة بطريقة غويون ماسونيت. في سياق هذا البحث تم إنشاء مخططات تمثل العلاقة المذكورة لتوافق الجوائز المنتجة محلياً في معمل بانياس وذلك اعتماداً على ما يلي:

- الحمولات الحية التصميمية اعتمدت وفق الكود البولوني وهي الحمولة العسكرية صنف A الموضحة سابقاً في الشكل (3-12)، والحمولة العسكرية صنف B الموضحة في الشكل (5-1) علماً أن هذه الحمولة ترافقها حمولة موزعة بانتظام على كامل حارات المرور مقدارها  $0.3t/m^2$ :



الشكل (5-1) الحمولة العسكرية class B

-تم افتراض وجود أربع حارات مرور ورصيف بعرض 0.5m ليكون عرض المقطع العرضي 16m ، والدولاب الخارجي للمركبة يبعد مسافة 0.5m عن الحافة الداخلية للرصيف أي يبعد عن طرف البلاطة مسافة 1m

-التباعد بين الروابط العرضية إن وجدت لا يزيد عن 5m.

-أبعاد الرابط العرضي المتعمد هي 30cm\*90cm للنموذج IV، 30cm\*75cm للنموذج III، 30cm\*60cm للنموذج II

- سماكة البلاطة المصبوبة بالمكان هي 20cm

-تم الحساب باستخدام برنامج Excel بالاعتماد على طريقة غويون ماسونيت والقيم المجدولة للمخططات الخاصة بهذه الطريقة حيث أن استخدام طريقة العناصر المحدودة لإنشاء هذه المنحنيات يتطلب إنشاء مئات النماذج باستخدام برنامج SAP الامر الذي يحتاج جهد ووقت كبيرين، والشكلان (2-5)،(3-5) يوضحان ورقة الإكسل المستخدمة.

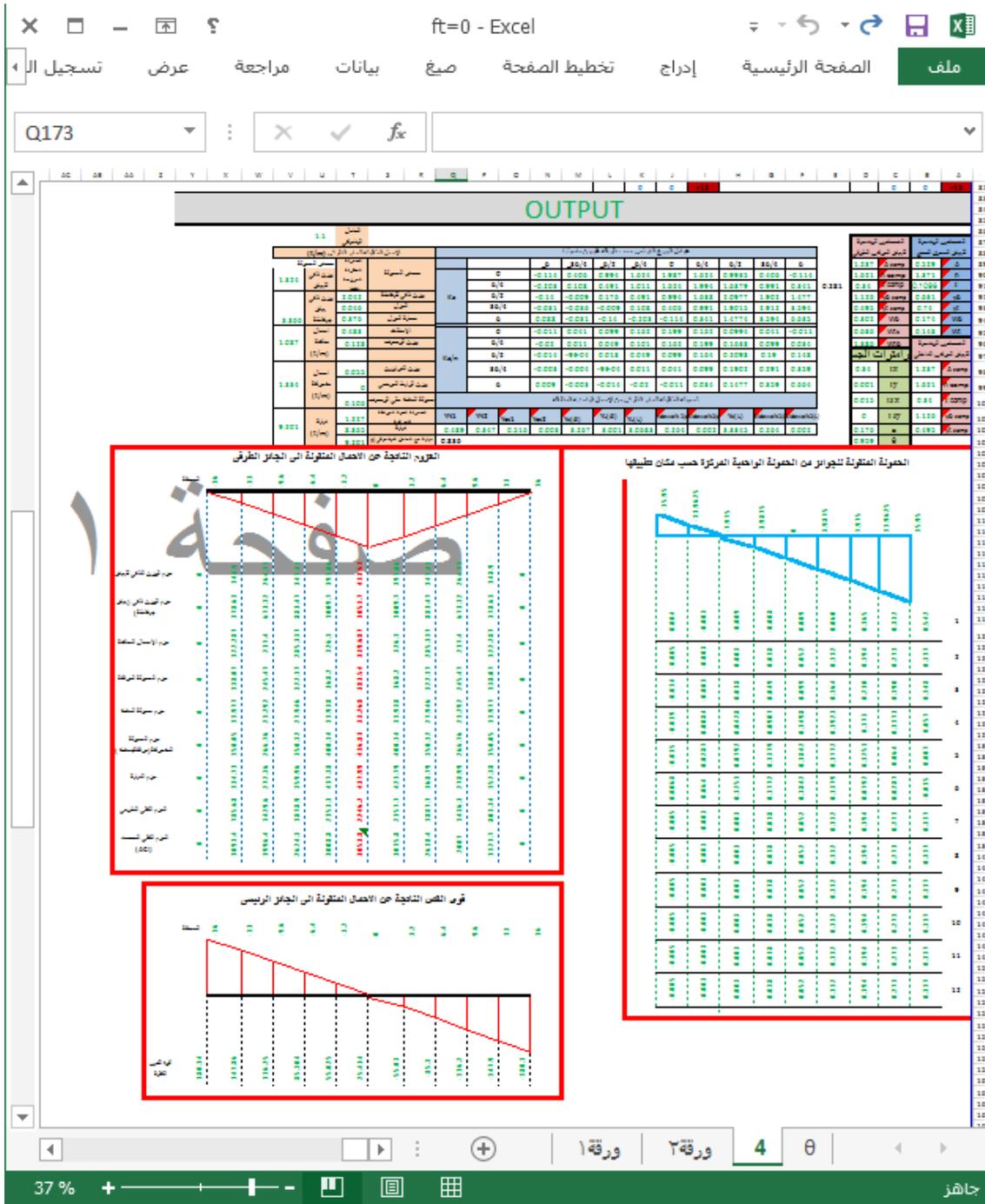
- المنحنيات لأجل البيتون B60 توافق أبعاد المقاطع المنتجة حالياً في معمل بانياس وخصائص المواد وتفاصيل التسليح التي يعتمدها المعمل والتي تم توضيحها في الفصل الثاني إضافة لذلك فقد أنشئت مخططات لأجل البيتون B50 حيث هناك العديد من الجسور المنشأة سابقاً باستخدام هذه الجوائز وذلك باستخدام بيتون صنف B50.

- تم إنجاز هذه المنحنيات على افتراض استخدام جميع الكبلات في الجوائز والموضحة في الفصل الثاني.

-الكود المعتمد في إنشاء هذه المنحنيات هو الكود البولوني حيث تم إنجاز التحقيقات التالية:

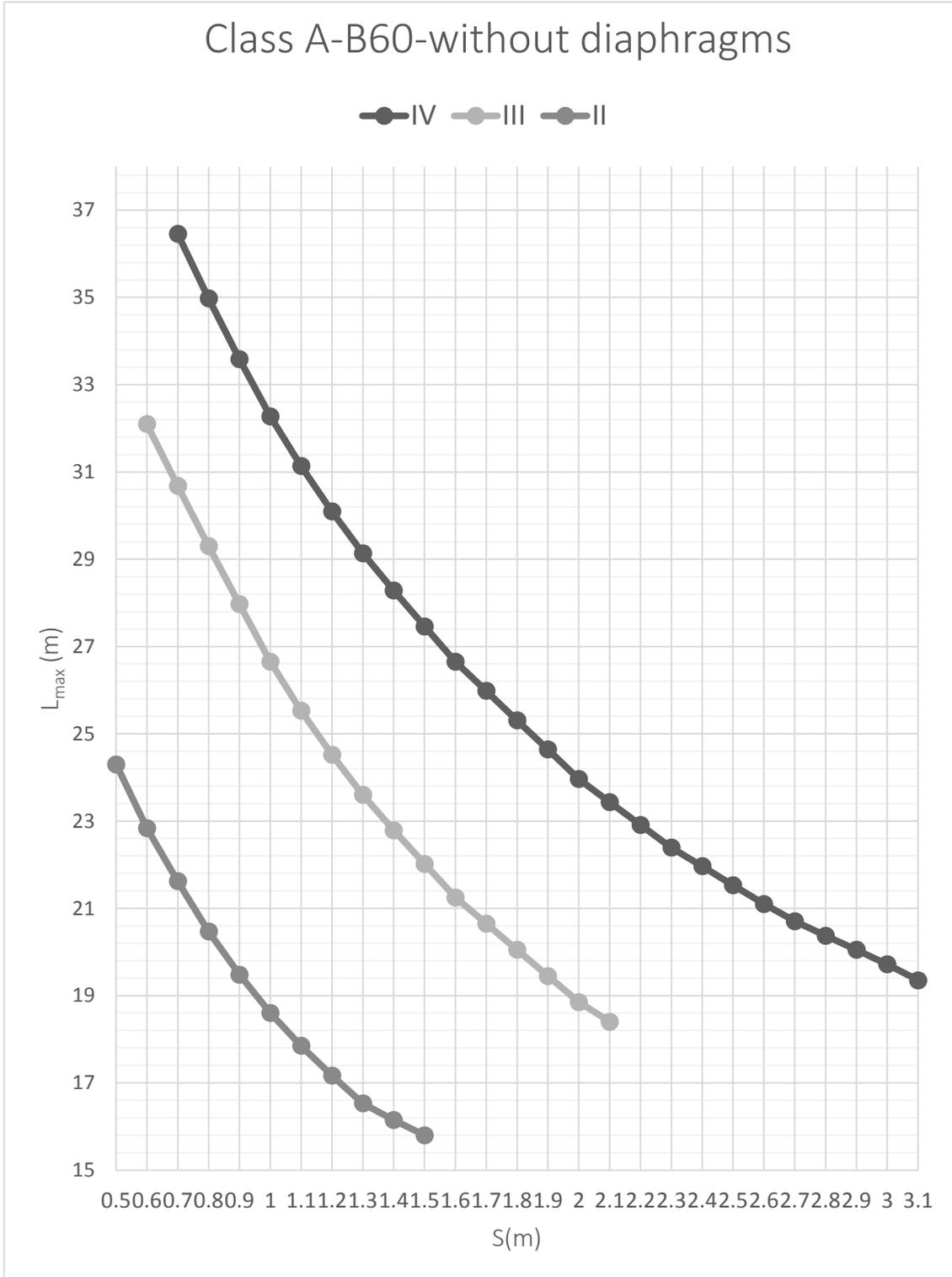
- التحقق من الاجهادات المسموحة في مرحلتي التنفيذ (transfer level) والاستثمار (service level)، حيث لأجل بيتون B60 فإن الاجهاد المسموح على الضغط 346 kg/cm<sup>2</sup> والاجهاد المسموح على الشد 27 kg/cm<sup>2</sup>، أما البيتون B50 فإن الاجهاد المسموح على الضغط 288 kg/cm<sup>2</sup> والاجهاد المسموح على الشد 24 kg/cm<sup>2</sup>
- التحقق وفق الطريقة الحدية على حد انهيار البيتون وحد سيلان الكبلات
- التحقق من التشقق المسموح والسهم المسموح
- التحقق من إجهاد القص الأعظمي المسموح



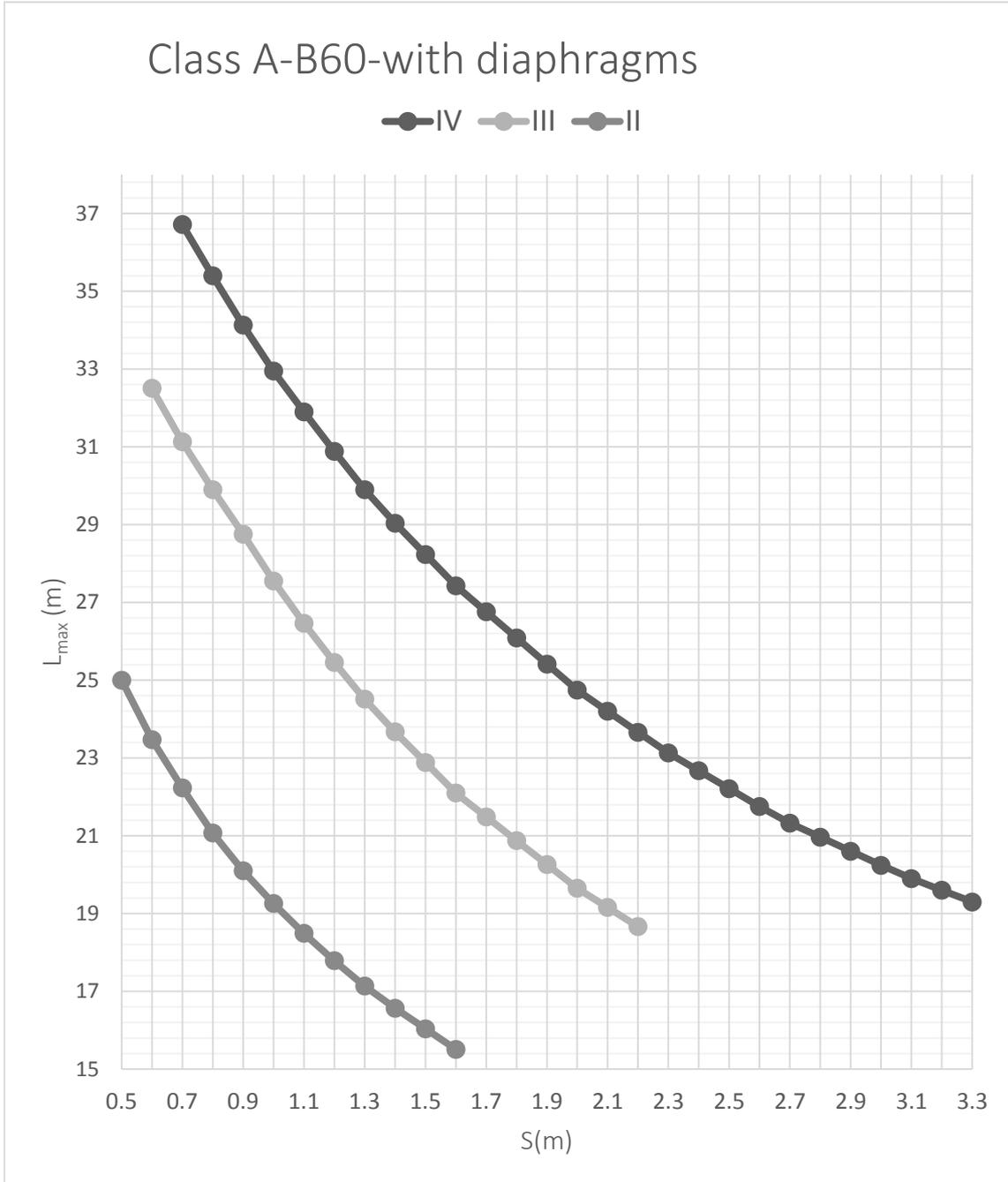


الشكل (3-5) ورقة برنامج Excel المستخدمة للتحقيق باستخدام طريقة غويون ماسونيت

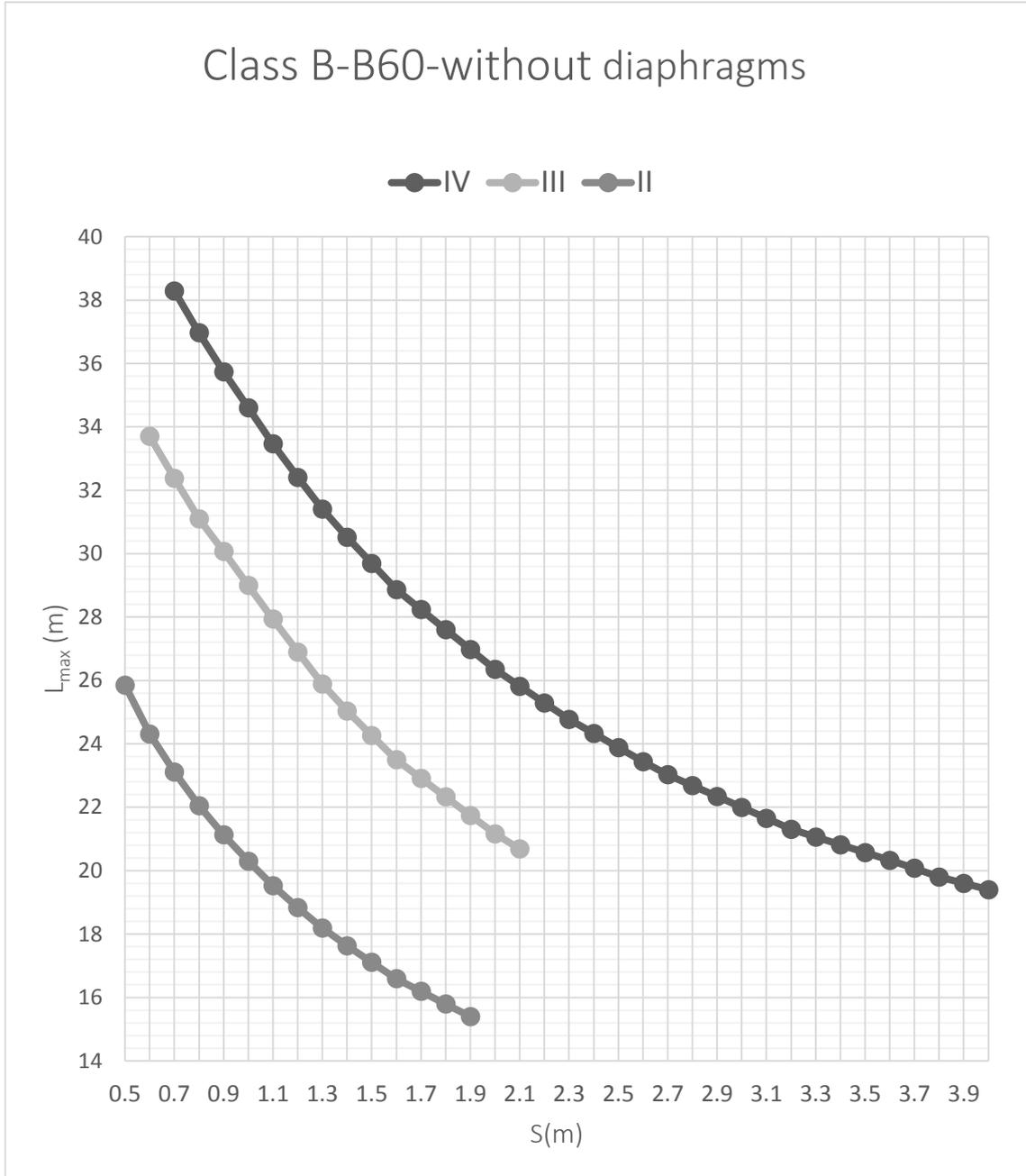
وفيما يلي المنحنيات التي تم إنجازها وفق ما سبق حيث المحور الأفقي يمثل التباعد بين الجوائز مقاسا بالمتر والمحور الشاقولي يمثل المجاز الأعظمي للجسر الذي يحقق التحقيقات السابقة مقاسا بالمتر:



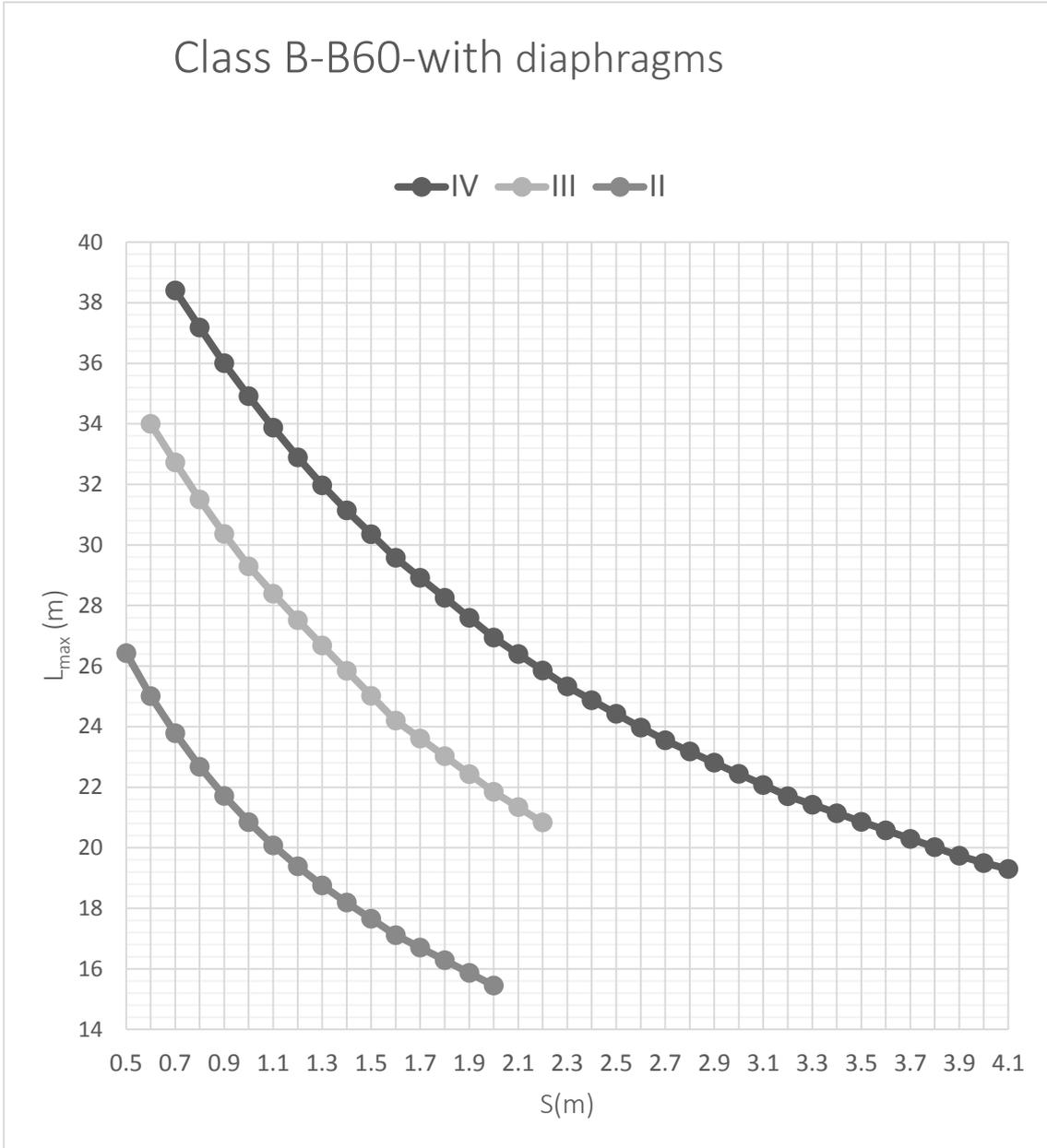
الشكل (4-5) العلاقة بين المجاز الأعظمي والتباعد بين جوائز AASHTO من أجل حمولة Class A وبيتون B60 بدون روابط عرضية.



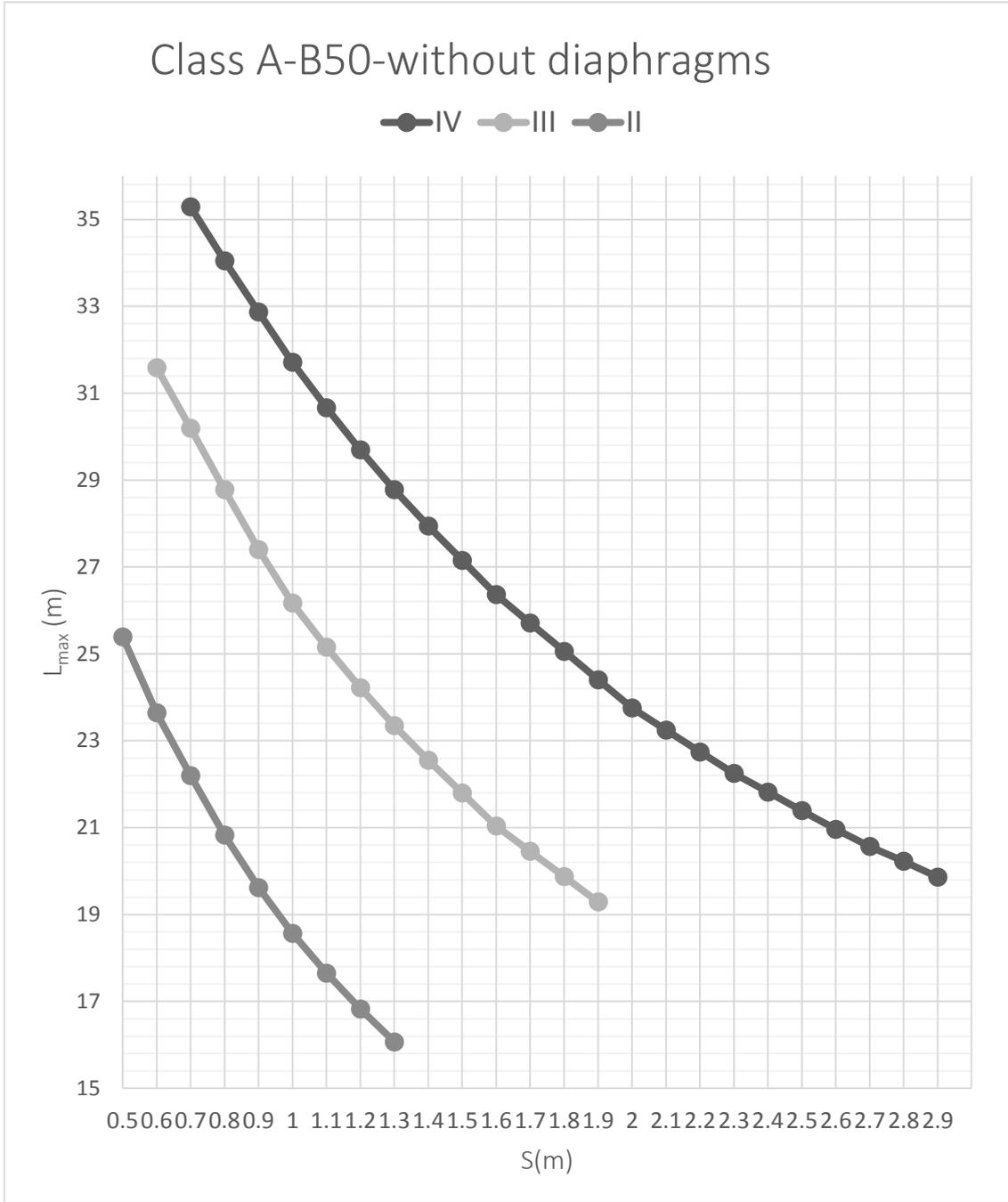
الشكل (5-5) العلاقة بين المجاز الأعظمي والتباعد بين جوائز AASHTO من أجل حمولة Class A وبيتون B60 بوجود روابط عرضية.



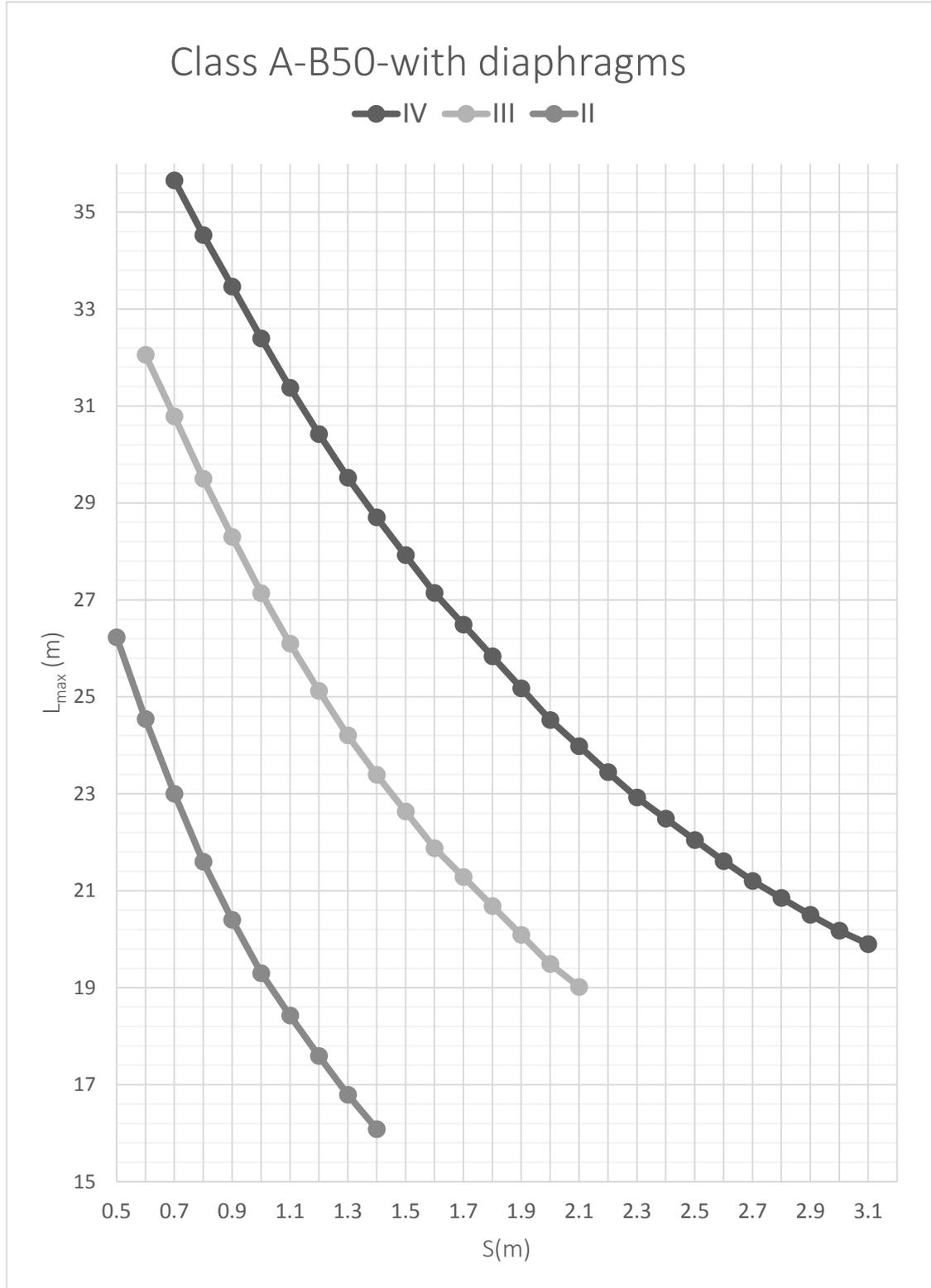
الشكل (5-6) العلاقة بين المجاز الأعظمي والتباعد بين جوائز AASHTO من أجل حمولة Class B وبيتون B60 بدون روابط عرضية.



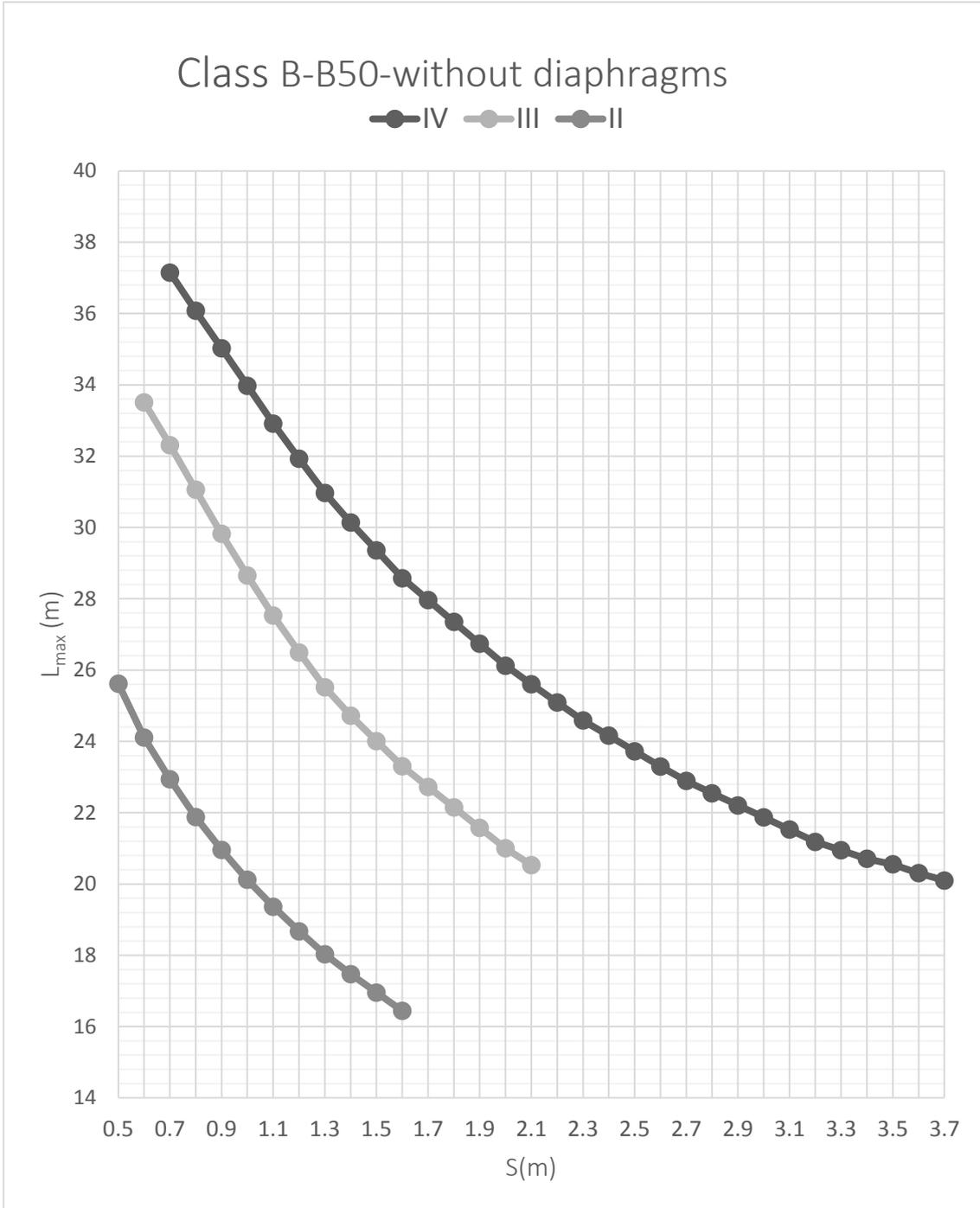
الشكل (5-7) العلاقة بين المجاز الأعظمي والتباعد بين جوائز AASHTO من أجل حمولة Class B وبيتون B60 بوجود روابط عرضية.



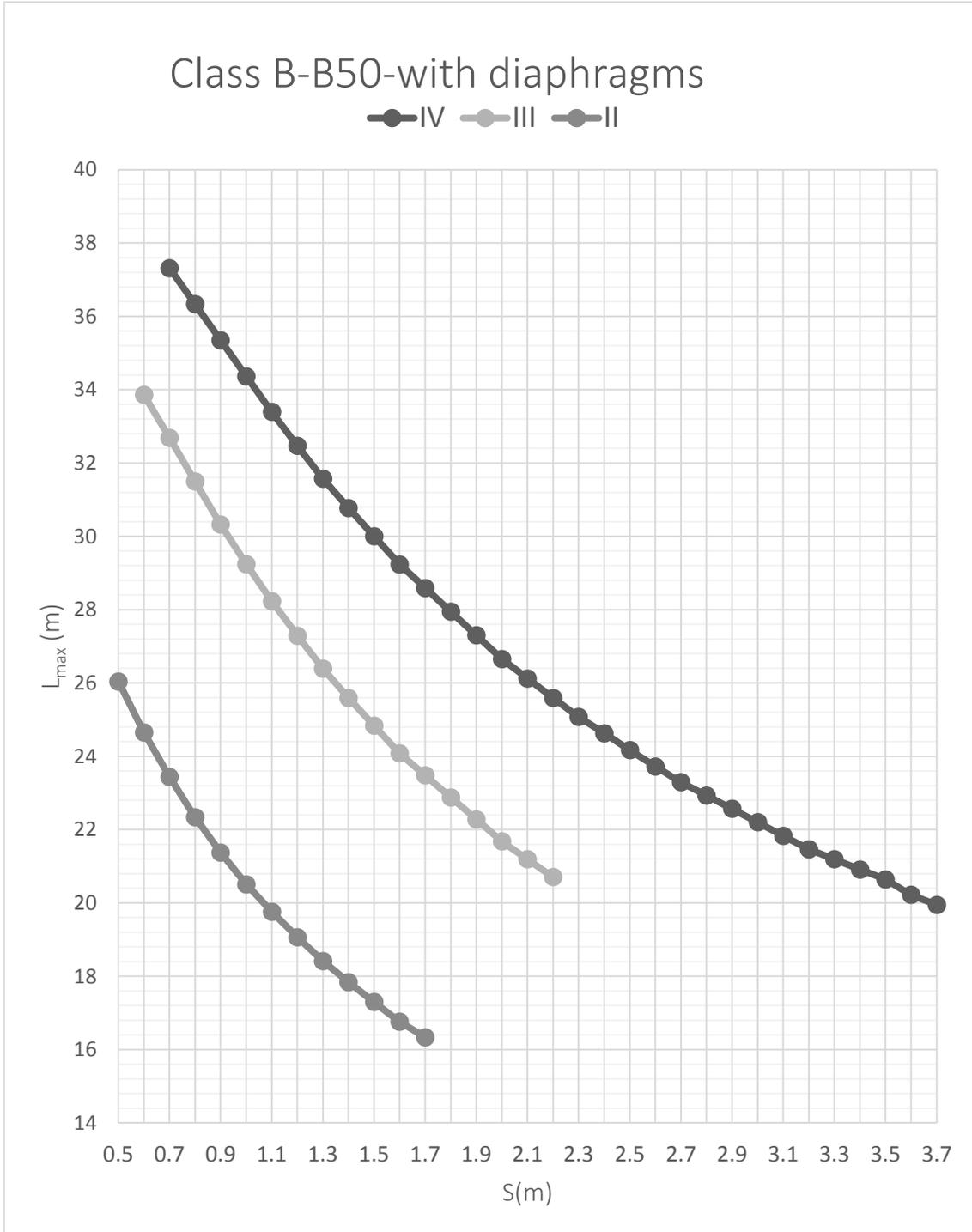
الشكل (5-8) العلاقة بين المجاز الأعظمي والتباعد بين جوائز AASHTO من أجل حمولة Class A وبيتون B50 بدون روابط عرضية.



الشكل (5-9) العلاقة بين المجاز الأعظمي والتباعد بين جوائز AASHTO من أجل حمولة Class A وبيتون B50 بوجود روابط عرضية.



الشكل (5-10) العلاقة بين المجاز الأعظمي والتباعد بين جوائز AASHTO من أجل حمولة Class B وبيتون B50 بدون روابط عرضية.



الشكل (5-11) العلاقة بين المجاز الأعظمي والتباعد بين جوائز AASHTO من أجل حمولة Class B وبيتون B50 بوجود روابط عرضية.

## الفصل السادس

### التقييم الإنشائي لجسور طريق اللاذقية طرطوس

#### 6-التقييم الإنشائي لجسور طريق اللاذقية طرطوس

تم اختيار مجموعة من الجسور على طريق اللاذقية طرطوس وإعادة الدراسة الانشائية للقسم العلوي لهذه الجسور باستخدام طريقة غويون ماسونيت. الدراسة تمت وفق الكود البولوني لأجل الحمولة العسكرية Class A التي هي عبارة عن حاملة الدبابات الروسية HK80 مع حمولة حية مرافقة  $0.4 \text{ t/m}^2$  موزعة على كامل حارات المرور كذلك تم تحقيق هذه الجسور على الناقل الألمانية Goldhofer باعتماد المواصفات والقيم الموضحة بالجدول (1-6)، إضافة إلى ذلك فقد تم تحقيق جسرين من الجسور المستعرضة التي تتقاطع مع محور هذا الطريق.

#### الجدول(1-6) القيم المعتمدة لتحقيق الجسور وفق الكود البولوني

القيمة	المقدار
B50	صنف البيتون
$37.5 \text{ kg/cm}^2$	المقاومة المميزة المكعبية
$288 \text{ kg /cm}^2$	الاجهاد المسموح على الضغط
$24 \text{ kg/cm}^2$	الاجهاد المسموح على الشد
L/600	السهم المسموح
$40\text{kg/cm}^2$	اجهاد القص الأعظمي المسموح
1.2	معامل الأمان على التشقق
2	معامل الأمان على سيلان الكبلات وفق الطريقة الحديدية لأجل الحمولة Class A
1.8	معامل الأمان على سيلان الكبلات وفق الطريقة الحديدية لأجل الحمولة الخاصة
2.4	معامل الأمان على انهيار البيتون على الضغط وفق الطريقة الحديدية لأجل الحمولة Class A
2.1	معامل الأمان على انهيار البيتون على الضغط وفق الطريقة الحديدية لأجل الحمولة الخاصة

الملحق رقم (3) يوضح المخططات التصميمية للجسور التي تم تحقيقها [ ] والتي تم الحصول عليها من أرشيف المؤسسة العامة للمواصلات الطرقية. الجداول التالية توضح نتائج تحقيق الجائز الأخطر في الجسور على محور الطريق لأجل الحمولة Class A الموضحة سابقا حيث كان الجائز الطرفي هو الأخطر لجميع الجسور المدروسة، وأرقام الجسور هي كما وردت في المخططات التصميمية لهذه الجسور في أرشيف المؤسسة العامة للمواصلات الطرقية، مع الإشارة إلى أن إشارة (-) تشير إلى إجهاد الضغط وإشارة (+) تشير إلى إجهاد الشد:

**الجدول (2-6) نتائج تحقيق الجسر NO(1) لأجل الحمولة العسكرية Class A**

القيمة				التحقيق
Span2 (28) IVL@120		Span1(20m) IVC@185*		
OK	-179 kg/cm <sup>2</sup>	OK	-92.9 kg /cm <sup>2</sup>	الاجهاد في الليف العلوي
NOT OK	33.5 kg/cm <sup>2</sup>	OK	-5.37 kg/cm <sup>2</sup>	الاجهاد في الليف السفلي
OK	12.55 mm	OK	5.16 mm	السهم
OK	21.7 kg/cm <sup>2</sup>	OK	23.8 kg/cm <sup>2</sup>	اجهاد القص الأعظمي
NOT OK	1.14	OK	1.53	معامل الأمان على التشقق
OK	2.05	OK	2.45	معامل الأمان على سيلان الكبلات وفق الطريقة الحديدية
NOT OK	2.26	OK	2.72	معامل الأمان على انهيار البيتون على الضغط وفق الطريقة الحديدية

IVC@185\* : تعني أن نموذج الجائز المستخدم في هذا المجاز هو IVC والتباعد بين الجوائز هو 185cm حيث نماذج الجوائز موضحة بالملحق رقم (3)

الجدول (3-6) نتائج تحقيق الجسر NO(5) لأجل الحمولة العسكرية Class A

القيمة				التحقيق
Span2 (24m) IVB@185		Span1(14m) IIIA@185		
OK	-142.8 kg/cm <sup>2</sup>	OK	-62.8 kg/cm <sup>2</sup>	الاجهاد في الليف العلوي
OK	20.8 kg/cm <sup>2</sup>	OK	14.7 kg/cm <sup>2</sup>	الاجهاد في الليف السفلي
OK	9.55 mm	OK	2.61 mm	السهم
OK	26.86 kg/cm <sup>2</sup>	OK	27.3 kg/cm <sup>2</sup>	اجهاد القص الأعظمي
OK	1.23	OK	1.45	معامل الأمان على التشقق
OK	2.09	OK	2.2	معامل الأمان على سيلان الكبلات وفق الطريقة الحديدية
NOT OK	2.29	OK	2.66	معامل الأمان على انهيار البيتون على الضغط وفق الطريقة الحديدية

الجدول (4-6) نتائج تحقيق الجسر NO(6) لأجل الحمولة العسكرية Class A

القيمة		التحقيق
Span1(18m) IIIF@185		
OK	-72.1 kg/cm <sup>2</sup> -	الاجهاد في الليف العلوي
OK	17.7kg/cm <sup>2</sup>	الاجهاد في الليف السفلي
OK	6.33 mm	السهم
OK	32.2kg/cm <sup>2</sup>	اجهاد القص الأعظمي
OK	1.27	معامل الأمان على التشقق
OK	2.13	معامل الأمان على سيلان الكبلات وفق الطريقة الحديدية
OK	2.41	معامل الأمان على انهيار البيتون على الضغط وفق الطريقة الحديدية

الجدول (5-6) نتائج تحقيق الجسر NO(15) لأجل الحمولة العسكرية Class A

القيمة				التحقيق
Span2 (31m) IVR@120		Span1(20m) IVK@240		
OK	-161.7 kg/cm <sup>2</sup>	OK	- 75.5kg/cm <sup>2</sup>	الاجهاد في الليف العلوي
NOT OK	34.1kg/cm <sup>2</sup>	OK	12.2 kg/cm <sup>2</sup>	الاجهاد في الليف السفلي
OK	17.7 mm	OK	6.4 mm	السهم
OK	23.39 kg/cm <sup>2</sup>	OK	27.5 kg/cm <sup>2</sup>	اجهاد القص الأعظمي
NOT OK	1.12	OK	1.33	معامل الأمان على التشقق
OK	2.09	OK	2.16	معامل الأمان على سيلان الكبلات وفق الطريقة الحديدية
NOT OK	2.25	OK	2.39	معامل الأمان على انهيار البيتون على الضغط وفق الطريقة الحديدية

وفيما يلي نتائج التحقيق من أجل الناقله Goldhofer حيث تم التحقيق باعتبار المركبة تعبر متوسطة المقطع العرضي للجسر وبدون أي حمولة مرافقة أو حمولة مشاة على الرصيف على اعتبار أنها حمولة خاصة:

الجدول (6-6) نتائج تحقيق الجسر NO(1) لأجل المركبة Goldhofer

القيمة				التحقيق
Span2 (28) IVL@120		Span1(20m) IVC@185		
OK	-161.2kg/cm <sup>2</sup>	OK	-87.4kg /cm <sup>2</sup>	الاجهاد في الليف العلوي
OK	12.46 kg/cm <sup>2</sup>	OK	-14.2kg/cm <sup>2</sup>	الاجهاد في الليف السفلي
OK	9.21 mm	OK	4.16 mm	السهم
OK	12.64 kg/cm <sup>2</sup>	OK	21.9 kg/cm <sup>2</sup>	اجهاد القص الأعظمي
OK	1.32	OK	1.66	معامل الأمان على التشقق
OK	2.35	OK	2.64	معامل الأمان على سيلان الكبلات وفق الطريقة الحدية
OK	2.59	OK	2.93	معامل الأمان على انهيار البيتون على الضغط وفق الطريقة الحدية

الجدول (6-7) نتائج تحقيق الجسر NO(5) لأجل المركبة Goldhofer

القيمة				التحقيق
Span2 (24m) IVB@185		Span1(14m) IIIA@185		
OK	-131.3 kg/cm <sup>2</sup>	OK	-59.3 kg/cm <sup>2</sup>	الاجهاد في الليف العلوي
OK	1.91 kg/cm <sup>2</sup>	OK	6.5 kg/cm <sup>2</sup>	الاجهاد في الليف السفلي
OK	7.29 mm	OK	2.22 mm	السهم
OK	24.1 kg/cm <sup>2</sup>	OK	24.86 kg/cm <sup>2</sup>	اجهاد القص الأعظمي
OK	1.39	OK	1.58	معامل الأمان على التشقق
OK	2.37	OK	2.4	معامل الأمان على سيلان الكبلات وفق الطريقة الحدية
OK	2.59	OK	2.9	معامل الأمان على انهيار البيتون على الضغط وفق الطريقة الحدية

الجدول (6-8) نتائج تحقيق الجسر NO(6) لأجل المركبة Goldhofer

القيمة		التحقيق
Span1(18m) IIIF@185		
OK	-99 kg/cm <sup>2</sup> -	الاجهاد في الليف العلوي
OK	1.99 kg/cm <sup>2</sup>	الاجهاد في الليف السفلي
OK	5.06 mm	السهم
OK	28.3 kg/cm <sup>2</sup>	اجهاد القص الأعظمي
OK	1.43	معامل الأمان على التشقق
OK	2.4	معامل الأمان على سيلان الكبلات وفق الطريقة الحديدية
OK	2.7	معامل الأمان على انهيار البيتون على الضغط وفق الطريقة الحديدية

الجدول (6-9) نتائج تحقيق الجسر NO(15) لأجل المركبة Goldhofer

القيمة				التحقيق
Span2 (31m) IVR@120		Span1(20m) IVK@240		
OK	-204 kg/cm <sup>2</sup>	OK	-101 kg/cm <sup>2</sup>	الاجهاد في الليف العلوي
OK	12.3 kg/cm <sup>2</sup>	OK	-5.8 kg/cm <sup>2</sup>	الاجهاد في الليف السفلي
OK	12.45 mm	OK	4.76 mm	السهم
OK	22 kg/cm <sup>2</sup>	OK	23.7 kg/cm <sup>2</sup>	اجهاد القص الأعظمي
OK	1.26	OK	1.53	معامل الأمان على التشقق
OK	2.35	OK	2.48	معامل الأمان على سيلان الكبلات وفق الطريقة الحديدية
OK	2.54	OK	2.75	معامل الأمان على انهيار البيتون على الضغط وفق الطريقة الحديدية

وفيما يلي نتيجة تحقيق اثنين من الجسور المستعرضة التي تتقاطع مع محور الطريق المدروس لأجل الحمولة العسكرية Class A:

الجدول (10-6) نتائج تحقيق الجسر NO(2) لأجل الحمولة العسكرية Class A

القيمة				التحقيق
Span2 (23m) IVE@195		Span1(12m) IIII@238		
OK	-155.8 kg/cm <sup>2</sup>	OK	-48.4 kg/cm <sup>2</sup>	الاجهاد في الليف العلوي
NOT OK	32.6 kg/cm <sup>2</sup>	OK	0.2 kg/cm <sup>2</sup>	الاجهاد في الليف السفلي
OK	10.3 mm	OK	2.12 mm	السهم
OK	29.85 kg/cm <sup>2</sup>	OK	31.9 kg/cm <sup>2</sup>	اجهاد القص الأعظمي
NOT OK	1.14	OK	1.6	معامل الأمان على التشقق
NOT OK	1.96	OK	2.4	معامل الأمان على سيلان الكبلات وفق الطريقة الحديدية
NOT OK	2.14	OK	2.86	معامل الأمان على انهيار البيتون على الضغط وفق الطريقة الحديدية

الجدول (11-6) نتائج تحقيق الجسر NO(3) لأجل الحمولة العسكرية Class A

القيمة				التحقيق
Span2 (23.5m) IVE@185		Span1(12m) IIII@238		
OK	-141.7 kg/cm <sup>2</sup>	OK	-53.5 kg/cm <sup>2</sup>	الاجهاد في الليف العلوي
OK	14.3 kg/cm <sup>2</sup>	OK	4.8 kg/cm <sup>2</sup>	الاجهاد في الليف السفلي
OK	9.4 mm	OK	2.18 mm	السهم
OK	26.26 kg/cm <sup>2</sup>	OK	33.05 kg/cm <sup>2</sup>	اجهاد القص الأعظمي
OK	1.27	OK	1.54	معامل الأمان على التشقق
OK	2.18	OK	2.31	معامل الأمان على سيلان الكبلات وفق الطريقة الحديدية
NOT OK	2.38	OK	2.75	معامل الأمان على انهيار البيتون على الضغط وفق الطريقة الحديدية

## الفصل السابع

### النتائج

#### 7-1 العوامل المؤثرة في التوزيع العرضي للحمولات الحية

##### 7-1-1 الاستطالة وعرض البلاطة المصبوبة بالمكان

عند التصميم فإن أبعاد الجسر في المسقط الأفقي عرض البلاطة والاستطالة محددة مسبقاً قبل البدء بالتصميم الإنشائي للقسم العلوي من الجسر، لكن في الجسور المنشأة على الطرق التي فيها حارات ذهاب وإياب يمكن إنشاء بلاطة مصبوبة بالمكان لحارات الذهاب وأخرى لحارات الإياب تعمل كل منهما إنشائياً مستقلة عن الأخرى، وهنا يبرز السؤال أي الحلين هو الأفضل فيما يخص التوزيع العرضي للحمولات. أظهرت الدراسة في هذا البحث باستخدام برنامج SAP2000 أن البلاطة العريضة أفضل في تحسين توزيع الحمولات بالمقابل فإن زيادة الاستطالة تساهم في تحسين هذا التوزيع. الحل الأول (بلاطة واحدة) سيزيد من عرض البلاطة الأمر الذي يساهم في تحسين التوزيع العرضي للحمولات لكنه سينقص الاستطالة وبالتالي توزيع أسوء للحمولات، الحل الثاني (بلاطتين) سيقبل عرض البلاطة ولكنه يزيد الاستطالة، وعليه ففي الحلين لدينا تأثيران متعاكسان على التوزيع العرضي للحمولات وحي تحسين لتوزيع الحمولات ناتج عن استخدام أحد الحلين دون الآخر سيكون محدود. إذا فالأولوية في اختيار الحل الأمثل هي ليست أولوية إنشائية تعتمد على تحسين التوزيع العرضي للحمولات وينبغي إعطاء الأولوية للاعتبارات الأخرى التنفيذية والاستثمارية.

##### 7-1-2 الربط العرضي للجوائز

بينت النتائج باستخدام برنامج SAP2000 أن تأثير زيادة سماكة البلاطة المصبوبة بالمكان كان محدوداً جداً في التوزيع العرضي للحمولات لذلك فإن السماكة المطلوبة للبلاطة يجب أن تحدد بناء على الإجهادات التصميمية التي يتعرض لها مقطع البلاطة في الاتجاهين الأمر الذي لم يخض فيه هذا البحث. تأثير الروابط العرضية كان أكبر على التوزيع العرضي للحمولات وظهرت الدراسة أن فعالية الروابط العرضية في تحسين توزيع الحمولات يتعلق بنوع الحمولة (مدنية-عسكرية-خاصة) وعرض محاور المركبة بالنسبة إلى عرض المقطع العرضي للجسر. نتائج التحليل باستخدام برنامج SAP أظهرت أن الروابط العرضية كان أثرها سلبياً من أجل البلاطات القليلة

العرض بالنسبة لعرض محور المركبة، أي ازداد العزم على الجائز الأخطر، أما من أجل البلاطات العريضة فإن أقصى تخفيض حصلنا عليه للعزم على الجائز الأخطر بلغ 11.3% نتيجة الحمولات المدنية أو العسكرية، كذلك فإن نتائج تجربة التحميل للنموذج البييتوني بينت انخفاض العزم على الجائز الأخطر بنسبة 13% عند تحميل نموذج الحمولة العسكرية HK80 ، وهذا ما يوافق ما خلصت إليه العديد من الأبحاث التي تمت مراجعتها في سبيل إنجاز هذا البحث حيث أوصى بعضها بعدم مبرر استخدام هذه الروابط [14] ومحدودية فعاليتها [9],[6] إلا أن هذه الأبحاث أغفلت البحث في فعالية الروابط العرضية في تحسين توزيع الحمولات الناتجة عن المركبات وسط المقطع العرضي كالحمولات الخاصة للمركبات التي تعبر متوسطة المقطع العرضي للجسر. نتائج التحليل باستخدام برنامج SAP بينت أن تخفيض العزم الحاصل على الجائز الوسطي (الأخطر) والنتائج عن المركبة الألمانية Goldhofar وصل في بعض الحالات إلى 36% ونتائج تجربة تحميل النموذج البييتوني أظهرت انخفاض العزم على الجائز الوسطي بنسبة 31% لأجل نموذج المركبة Goldhofer الأمر الذي يعطي المبرر لاستخدامها في الجسور التي يحتمل أن تعبرها حمولات خاصة. هذه الحمولات الخاصة لا تأخذ بعين الاعتبار أثناء التصميم لذلك فمن المفيد جدا استخدام هذه الروابط في الجسور البييتونية ذات الجوائز في حال كان من المتوقع أن تعبر هذه الجسور حمولات خاصة مثل مركبة Goldhofar الأمر الذي ظهرت أهميته في جسر قره قوزاق الذي عبرته المركبة المذكورة حيث أن هذا الجسر كان بدون روابط عرضية. هذه الروابط استخدمت في الجسور المنشأة على الطريق السريع بين اللاذقية وطرطوس، ومن الجيد جداً أنه تم استخدامها كون هذا الطريق يعد المعبر الرئيسي من الموانئ السورية إلى الداخل السوري وبالتالي معبر للحمولات الخاصة.

## 7-2 الطرائق النظرية لحساب معاملات التوزيع العرضي للحمولات الحية

ان نتائج تجربة تحميل جسري دمر بينت مايلي:

- طريقة غويون ماسونيت أعطت قيم قريبة جدا من القيم التجريبية وهي والأكثر إحاطة بالعوامل المؤثرة على التوزيع العرضي للحمولات، لكنها طويلة الأمر الذي يمكن معالجته باستخدام القيم المجدولة للمخططات واستخدام برامج الحاسب مثل برنامج Excel
- طريقة كود OHBDC أعطت قيم قريبة جدا من القيم التجريبية وهي سهلة الاستخدام إلا أن هذه الطريقة لا تأخذ بالحسبان مواقع الحمولات في المقطع العرضي مما يعني إمكانية انحراف النتائج بقيمة أكبر فيما لو استخدمنا في التجربة مركبات بأبعاد أخرى أو مواقع أخرى في المقطع العرضي.

- مخطط العزم على كامل المقطع العرضي للجسر وفق طريقة الضغط اللامركزي يأخذ شكل مستقيم بميل ثابت أي أن هذه الطريقة تفترض أن جميع النقاط في المقطع العرضي تدور بنفس الزاوية حول محور طولي واحد يكون موقعه حسب موقع الحمولات وهذا ما يوافق سلوك المقطع العرضي للجسر عند وجود روابط عرضية كافية مع استتالة (مجاز الجسر إلى عرضه) كبيرة لذلك فإن صلاحية هذه الطريقة محدودة.
- طريقتي الـ AASHTO وطريقة الضغط اللامركزي سهلة الاستخدام لكنها أقل دقة من طريقة غويون ماسونيت، وبما أنها لا تأخذ بالحسبان جميع العوامل المؤثرة على توزيع الحمولات فإن أي تغير في أحد هذه العوامل (الاستتالة - العطالات - موقع الحمولات في المقطع العرضي) سيؤدي إلى تغير في توزيع الحمولات دون أن تلاحظ هذه الطرائق هذا التغير إن كانت لا تأخذه بالحسبان لذلك فمن الممكن أن يكون الانحراف في النتائج أكبر مما حصلنا عليه في حال المقارنة مع النتائج التجريبية لتجارب تحميل أخرى.
- الطرائق التي لا تأخذ مواقع الحمولات في المقطع العرضي بالحسبان لا يمكن استخدامها لتحديد التوزيع العرضي للحمولات عندما تكون الحمولات في وسط المقطع العرضي (مثل الحمولات الخاصة التي تعبر تحت المراقبة متوسطة الجسر) حيث هذه الطرق تفترض أن الحمولات الحية مطبقة في الحارات الطرفية. لذلك لأجل هذه الحالة فإن الطريقة الأفضل هي طريقة غويون ماسونيت.
- يمكن اعتبار أن طريقة غويون ماسونيت هي طريقة دقيقة للحساب وباقي الطرق هي طرق تقريبية.

### 7-3 المنحنيات التصميمية لجوائز AASHTO مقطع I

أنجزت هذه المنحنيات من أجل عرض رصيف بعرض 0.5m وأي زيادة في عرض الرصيف ستؤدي ابتعاد الموقع التصميمي لحاملة الدبابات HK80 عن طرف المقطع الأمر الذي ينتج عنه توزيع عرضي للحمولات أقل خطورة وبالتالي سنحصل على مجازات أكبر الأمر الذي يجب أخذه بعين الاعتبار. وفي جميع الأحوال من الممكن على الأقل استخدام هذه المخططات لأجل اختيار المقطع العرضي الأولي للجسر ومن ثم التحقق بما يوافق الجسر المدروس.

### 7-4 التقييم الإنشائي لجسور طريق اللاذقية طرطوس الجسور على محور الطريق

تحقيق مجموعة من الجسور على طريق اللاذقية طرطوس بين أن هذه الجسور لم تكن محققة لكل القيم التصميمية وفق الكود البولوني من أجل الحمولة العسكرية Class A لكن هذا الاختلاف كان صغيراً ومن الممكن تجاوزه، لذلك نستطيع القول إن هذه القيم مقبولة من أجل هذه الحمولة كوننا نقوم بعملية تحقيق وليس تصميم. في حين أن هذه الجسور حققت كل القيم التصميمية لأجل حمولة الناقل الألمانية Goldhofer وفق الكود البولوني وذلك على اعتبار أنها حمولة خاصة تعبر متوسطة المقطع العرضي وبدون أي حمولات مرافقة.

#### الجسور المستعرضة المتقاطعة مع محور الطريق

التحقيق أظهر أن هذه الجسور تقريبا محققة على الحمولة Class A كما الجسور على محور الطريق مما يعني أنه أثناء التصميم لم يتم التمييز بين صنف الحمولة تبعاً إلى صنف الطريق حيث يجب أن يكون صنف الحمولة للجسور المتقاطعة مع محور الطريق أخفض منه لتلك التي على محور الطريق، كصنف الحمولة العسكرية B مثلاً الذي تبلغ قيمتها %75 من حمولة الصنف A.

## الفصل الثامن

### التوصيات

#### 8- التوصيات

- 1- استخدام طريقة غويون ماسونيت في حال تم التحليل الإنشائي للقسم العلوي باستخدام الحساب اليدوي، كونها الأكثر دقة من بين الطرائق المدروسة، أو استخدام المنحنيات التي تم إنجازها اعتماداً على هذه الطريقة في حال التوافق بين الفرضيات التصميمية والفرضيات التي أنجزت على أساسها هذه المنحنيات.
- 2- استخدام الروابط العرضية في الجسور التي يتوقع ان تعبرها حمولات خاصة لدورها في تحسين التوزيع العرضي للحمولات من أجل الحمولات وسط المقطع العرضي.
- 3- عند تصميم الجسور باستخدام الجوائز مسبقة الصنع مسبقة الإجهاد لأجل الحمولة العسكرية Class A ينبغي أن يكون التصميم أكثر تحفظاً مما تم على أساسه تصميم جسور طريق اللاذقية طرطوس.
- 4- يجب عند التصميم التمييز بين صنف الحمولة التصميمية الواجب التصميم على أساسها وذلك تبعاً لصنف الطريق، الأمر الذي لم يتم أخذه بعين الاعتبار عند تصميم جسور طريق اللاذقية طرطوس على محور الطريق أو المستعرضة.

## الملاحق

### الملحق (1) قيم المعاملات $K_0, K_1$ الخاصة بطريقة GUYUN-MASSONNET

b	3b/4	b/2	b/4	0	_b/4	_b/2	_3b/4	_b	موقع المقطع		k	$\theta$
									موقع الحمولة			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0			
1.7501	1.5626	1.375	1.1876	1.0001	0.8125	0.6249	0.4375	0.25	b/4			
2.5001	2.1251	1.7502	1.3751	1	0.6249	0.2499	-0.125	-0.5001	b/2	K0		
3.2503	2.6877	2.1252	1.5626	1	0.4374	-0.1251	-0.6876	-1.2501	3b/4			
4.0003	3.2502	2.5002	1.7501	1	0.2499	-0.5001	-1.2501	-2.0001	b			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0			0.05
1.003	1.0023	1.0015	1.0008	1	0.9992	0.9985	0.9978	0.9969	b/4			
1.0061	1.0046	1.0031	1.0015	1	0.9985	0.9969	0.9954	0.9938	b/2	K1		
1.0092	1.0069	1.0046	1.0023	1	0.9978	0.9954	0.9931	0.9908	3b/4			
1.0124	1.0092	1.0061	1.003	1	0.9969	0.9938	0.9908	0.9878	b			
0.9993	0.9997	1.0001	1.0003	1.0055	1.0003	1.0001	0.9997	0.9993	0			
1.7493	1.5622	1.3751	1.1879	1.004	0.8127	0.625	0.4373	0.2495	b/4			
2.4997	2.1249	1.7501	1.3751	1.0001	0.625	0.25	-0.125	-0.5	b/2	K0		
3.2505	2.6877	2.1249	1.5622	0.9997	0.4373	-0.125	-0.6872	-1.2494	3b/4			
4.0014	3.2505	2.1997	1.7493	0.9993	0.2495	-0.5	-1.2494	-1.9988	b			
0.9993	0.9997	1.0001	1.0003	1.0055	1.0003	1.0001	0.9997	0.9993	0			0.1
1.0116	1.009	1.0063	1.0034	1.0003	0.9971	0.9938	0.9906	0.9873	b/4			
1.0241	1.0183	1.0124	1.0063	1.0001	0.9938	0.9877	0.9816	0.9756	b/2	K1		
1.0369	1.0276	1.0183	1.009	0.9997	0.9906	0.9816	0.9728	0.9641	3b/4			
1.0498	1.0369	1.0241	1.0116	0.9993	0.9873	0.9756	0.9641	0.9527	b			
0.9963	0.9983	1.0003	1.0018	1.0025	1.0018	1.0003	0.9983	0.9963	0			
1.7466	1.5612	1.3755	1.1892	1.0018	0.8136	0.625	0.4362	0.2475	b/4			
2.4988	2.1247	1.7504	1.3755	1.0003	0.625	0.2499	-0.1252	-0.5003	b/2	K0		
3.2526	2.6887	2.1247	1.5612	0.9984	0.4363	-0.1252	-0.6864	-1.247	3b/4			
4.0075	3.2526	2.4988	1.7466	0.9963	0.2475	-0.5003	-1.2474	-1.9944	b			
0.9969	0.9986	1.0002	1.0016	1.0021	1.0016	1.0002	0.9986	0.9969	0			0.15
1.0243	1.0194	1.0143	1.0084	1.0016	0.994	0.9862	0.9784	0.9708	b/4			
1.0529	1.0406	1.0279	1.0143	1.0002	0.9862	0.9724	0.959	0.9459	b/2	K1		
1.0825	1.0617	1.0406	1.0194	0.9986	0.9784	0.959	0.9403	0.9219	3b/4			
	1.0825	1.0529	1.0243	0.9969	0.9708	0.9459	0.9219	0.8985	b			

b	3b/4	b/2	b/4	0	_b/4	_b/2	_3b/4	_b	موقع المقطع موقع الحمولة	k	θ
0.9884	0.9948	1.0009	1.0057	1.0078	1.0057	1.0009	0.9948	0.9884	0	K0	0.2
1.7394	1.5584	1.3767	1.1929	1.0037	0.816	0.6251	0.4337	0.2421	b/4		
2.4961	2.1242	1.7514	1.3767	1.0009	0.6251	0.2496	-0.1257	-0.5008	b/2		
3.2581	2.6912	2.1242	1.5583	0.9948	0.4336	-0.1257	-0.9639	-1.2418	3b/4		
4.0236	3.2581	2.4961	1.7394	0.9884	0.2421	-0.5008	-1.2418	-1.9823	b		
0.9912	0.996	1.0006	1.0044	1.0061	1.0044	1.0006	0.996	0.9912	0	K1	0.2
1.0392	1.0328	1.0237	1.0167	1.0044	0.9902	0.9755	0.961	0.9468	b/4		
1.0906	1.0708	1.0496	1.0257	1.0006	0.9735	0.9513	0.9281	0.9058	b/2		
1.1449	1.1086	1.0708	1.0328	0.996	0.961	0.9281	0.8972	0.8674	3b/4		
1.2009	1.1449	1.0906	1.0392	0.9912	0.9468	0.9058	0.8674	0.8305	b		
0.9718	0.9874	1.0021	1.0138	1.0188	1.0138	1.0021	0.9874	0.9718	0	K0	0.25
1.7244	1.5524	1.3791	1.2007	1.0138	0.821	0.6251	0.4281	0.2309	b/4		
2.4905	2.123	1.7535	1.3791	1.0021	0.6251	0.2489	-0.1267	-0.5019	b/2		
3.2696	2.6966	2.123	1.5524	0.9874	0.4281	-0.1267	-0.6789	-1.2302	3b/4		
4.0574	3.2696	2.4905	1.7244	0.9718	0.2309	-0.5019	-1.2302	-1.9571	b		
0.9812	0.9912	1.0012	1.0095	1.0133	1.0095	1.0012	0.9912	0.9812	0	K1	0.25
1.0546	1.0484	1.0407	1.0287	1.0095	0.9862	0.9619	0.9382	0.9156	b/4		
1.1354	1.1079	1.0773	1.0407	1.0012	0.9619	0.9246	0.8899	0.8569	b/2		
1.2225	1.1669	1.1079	1.0484	0.9912	0.9382	0.8899	0.8456	0.8038	3b/4		
1.3133	1.2225	1.1354	1.0546	0.9812	0.9156	0.8569	0.8038	0.7539	b		
0.9423	0.9742	1.0044	1.0283	1.0385	1.0283	1.0044	0.9742	0.9423	0	K0	0.3
1.6975	1.5419	1.3833	1.2146	1.0283	0.8298	0.6252	0.4183	0.2109	b/4		
2.4805	2.1209	1.7572	1.3833	1.0044	0.6252	0.2477	-0.1284	-0.5038	b/2		
3.2901	2.7062	2.1209	1.5419	0.9742	0.4183	-0.1284	-0.6698	-1.2094	3b/4		
4.1177	3.2901	2.4805	1.6974	0.9423	0.2109	-0.5038	-1.2095	-1.9123	b		
0.9664	0.984	1.0018	1.0173	1.0244	1.0173	1.0018	0.984	0.9664	0	K1	0.3
1.0689	1.0652	1.0591	1.0451	1.0173	0.982	0.9453	0.9104	0.8776	b/4		
1.1849	1.1508	1.1108	1.0591	1.0018	0.9453	0.8929	0.8453	0.8012	b/2		
1.3126	1.2351	1.1508	1.0652	0.984	0.9104	0.8453	0.7876	0.7345	3b/4		
1.4474	1.3126	1.1849	1.0689	0.9664	0.8776	0.8012	0.7345	0.6733	b		

b	3b/4	b/2	b/4	0	_b/4	_b/2	_3b/4	_b	موقع المقطع موقع الحمولة	k	θ
0.8954	0.9532	1.0079	1.0514	1.07	1.0514	1.0079	0.9532	0.8954	0	K0	0.35
1.6545	1.525	1.3903	1.2369	1.0514	0.8437	0.6252	0.4027	0.1793	b/4		
2.4642	2.1176	1.7633	1.3903	1.0079	0.6252	0.2457	-0.1311	-0.5067	b/2		
3.3228	2.7215	2.1176	1.525	0.9532	0.4027	-0.1311	-0.6554	-1.1765	3b/4		
4.2142	3.3228	2.4642	1.6545	0.8954	0.1793	-0.5067	-1.1765	-1.8411	b		
0.9466	0.9741	1.0025	1.0279	1.0399	1.0279	1.0025	0.9741	0.9466	0	K1	0.35
1.0808	1.0824	1.0807	1.0659	1.0279	0.9777	0.9261	0.8781	0.834	b/4		
1.2369	1.1984	1.1496	1.0807	1.0025	0.9261	0.8568	0.7958	0.7408	b/2		
1.4123	1.3115	1.1983	1.0824	0.9741	0.8781	0.7958	0.7255	0.6624	3b/4		
1.6001	1.4123	1.2369	0.0808	0.9466	0.834	0.7408	0.6624	0.5926	b		
0.8273	0.9225	1.0129	1.0851	1.116	1.0851	1.0129	0.9225	0.8273	0	K0	0.4
1.5916	1.5005	1.4005	1.2696	1.0851	0.8637	0.625	0.3801	0.1337	b/4		
2.44	2.1128	1.7725	1.4005	1.0129	0.625	0.2426	-0.135	-0.5106	b/2		
3.3701	2.7438	2.1128	1.5005	0.9225	0.3801	-0.135	-0.6344	-1.1286	3b/4		
4.356	3.3702	2.44	1.5916	0.8273	0.1337	-0.5106	-1.1286	-1.7381	b		
0.922	0.9613	1.0031	1.0414	1.0601	1.0414	1.0031	0.9613	0.922	0	K1	0.4
1.0893	1.0994	1.1051	1.0914	1.0414	0.9733	0.9043	0.842	0.7862	b/4		
1.2893	1.2489	1.1931	1.1051	1.0031	0.9043	0.8171	0.7429	0.6778	b/2		
1.5188	1.394	1.2489	1.0994	0.9613	0.842	0.7429	0.6613	0.5903	3b/4		
1.768	1.5188	1.2893	1.0893	0.922	0.7862	0.6778	0.5903	0.5148	b		
0.7355	0.8811	1.0194	1.1304	1.1783	1.1304	1.0194	0.8811	0.7355	0	K0	0.45
1.5059	1.4671	1.4148	1.3144	1.1305	0.8902	0.6242	0.3495	0.073	b/4		
2.4061	2.1063	1.7857	1.4148	1.0194	0.6242	0.238	-0.1402	-0.5152	b/2		
3.434	2.7708	2.1063	1.4671	0.8811	0.3495	-0.1402	-0.606	-1.064	3b/4		
4.5496	3.434	2.4061	1.5059	0.7355	0.073	-0.5152	-1.064	-1.6003	b		
0.8933	0.9458	1.0032	1.0577	1.085	1.0577	1.0032	0.9458	0.8933	0	K1	0.45
1.0938	1.1152	1.1318	1.1214	1.0577	0.9688	0.8804	0.8029	0.7355	b/4		
1.34	1.3013	1.2405	1.1318	1.0032	0.8804	0.7748	0.6881	0.6142	b/2		
1.6291	1.4809	1.3013	1.1152	0.9458	0.8029	0.6881	0.5969	0.5202	3b/4		
1.9476	1.6291	1.34	1.0938	0.8933	0.7355	0.6142	0.5202	0.4418	b		

b	3b/4	b/2	b/4	0	_b/4	_b/2	_3b/4	_b	موقع المقطع موقع الحمولة	k	θ
0.6203	0.8288	1.0273	1.1877	1.2575	1.1877	1.0273	0.8288	0.6203	0	K0	0.5
1.3968	1.425	1.4336	1.3721	1.1877	0.9226	0.6223	0.3111	-0.0021	b/4		
2.3613	2.0981	1.8038	1.4336	1.0273	0.6223	0.2317	-0.1466	-0.5198	b/2		
3.514	2.8125	2.0981	1.425	0.8288	0.3111	-0.1466	-0.5703	-0.9828	3b/4		
4.7981	3.514	2.3613	1.3968	0.6203	-0.0021	-0.5198	-0.9828	-1.4286	b		
0.8609	0.9276	1.0028	1.0767	1.1146	1.0767	1.0028	0.9276	0.8609	0	K1	0.5
1.0937	1.1293	1.1603	1.1557	1.0767	0.9642	0.8547	0.7617	0.6834	b/4		
1.3876	1.3544	1.2911	1.1603	1.0028	0.8547	0.7308	0.6326	0.5516	b/2		
1.7409	1.5704	1.3544	1.1293	0.9276	0.7617	0.6326	0.534	0.4538	3b/4		
2.1362	1.7409	1.3876	1.0937	0.8609	0.6834	0.5516	0.4538	0.3751	b		
0.4848	0.7666	1.036	1.2556	1.3521	1.2556	1.036	0.7666	0.4848	0	K0	0.55
1.2654	1.3746	1.4571	1.4423	1.2556	0.9592	0.6185	0.2657	-0.0883	b/4		
2.3046	2.0885	1.8274	1.4571	1.036	0.6185	0.223	-0.1538	-0.5233	b/2		
3.6081	2.8585	2.0885	1.3746	0.7666	0.2657	-0.1538	-0.5279	-0.8871	3b/4		
5.0997	3.6081	2.3046	1.2654	0.4848	-0.0883	-0.5233	-0.8871	-1.2289	b		
0.8255	0.9069	1.0016	1.0981	1.1489	1.0981	1.0016	0.9069	0.8255	0	K1	0.55
1.0889	1.1411	1.1902	1.194	1.0981	0.9595	0.8275	0.7192	0.6309	b/4		
1.4308	1.4071	1.3443	1.1902	1.0016	0.8275	0.6859	0.5777	0.4916	b/2		
1.852	1.6611	1.4071	1.1411	0.9069	0.7192	0.5777	0.4737	0.3922	3b/4		
2.3314	1.852	1.4308	1.0889	0.8255	0.6309	0.4916	0.3922	0.3153	b		
0.3347	0.6968	1.0447	1.3316	1.4594	1.3316	1.0447	0.6968	0.3347	0	K0	0.6
1.1155	1.3177	1.4853	1.5237	1.3316	0.9977	0.6119	0.2154	-0.1808	b/4		
2.2358	2.0778	1.8575	1.4853	1.0447	0.6119	0.2117	-0.1615	-0.5241	b/2		
3.7122	2.9106	2.0778	1.3177	0.6968	0.2154	-0.1615	-0.4806	-0.7808	3b/4		
5.448	3.7122	2.2358	1.1155	0.3347	-0.1808	-0.5241	-0.7808	-1.0112	b		
0.7878	0.8839	0.9996	1.1215	1.1878	1.1215	0.9996	0.8839	0.7878	0	K1	0.6
1.0792	1.151	1.2207	1.2361	1.1215	0.9545	0.7992	0.6761	0.5792	b/4		
1.4686	1.4582	1.3394	1.2207	0.9996	0.7992	0.641	0.5243	0.4349	b/2		
1.9607	1.7518	1.4582	1.151	0.8839	0.6761	0.5243	0.4171	0.3362	3b/4		
2.5312	1.9607	1.4686	1.0792	0.7878	0.5792	0.4349	0.3362	0.2627	b		

b	3b/4	b/2	b/4	0	_b/4	_b/2	_3b/4	_b	موقع المقطع موقع الحمولة	k	θ
0.1776	0.6223	1.0524	1.4121	1.5752	1.4121	1.0524	0.6223	0.1776	0	K0	0.65
0.952	1.2565	1.518	1.1643	1.4121	1.0347	0.6014	0.1624	-0.2731	b/4		
2.1547	2.0666	1.8946	1.518	1.0524	0.6014	0.1974	-0.169	-0.5207	b/2		
3.8208	2.9669	2.0666	1.2565	0.6223	0.1624	-0.169	-0.4303	-0.6691	3b/4		
5.8938	3.8208	2.1547	0.952	0.1776	-0.2731	-0.5207	-0.6691	-0.7883	b		
0.7485	0.8588	0.9965	1.1468	1.231	1.1468	0.9965	0.8588	0.7485	0	K1	0.65
1.0643	1.1561	1.2516	1.2818	1.1468	0.9493	0.7702	0.633	0.5289	b/4		
1.5005	1.5073	1.4559	1.2516	0.9965	0.7702	0.5966	0.4743	0.3823	b/2		
2.0659	1.8418	1.5073	1.1561	0.8588	0.633	0.4734	0.3648	0.286	3b/4		
2.7342	2.0659	1.5005	1.0648	0.7485	0.5289	0.3823	0.286	0.2171	b		
0.0216	0.5464	1.058	1.4938	1.6955	1.4938	1.058	0.5464	0.0216	0	K0	0.7
0.7809	1.1934	1.5548	1.7118	1.4938	1.067	0.5862	-0.1095	-0.3589	b/4		
2.0618	2.0554	1.9393	1.5548	1.058	0.5862	0.1798	-0.1756	-0.5114	b/2		
3.9283	3.0254	2.0554	1.1934	0.5464	0.1095	-0.1756	-0.3794	-0.5575	3b/4		
6.2464	3.9282	2.0618	0.7809	0.0216	-0.3589	-0.5114	-0.5575	-0.5733	b		
0.708	0.8319	0.9923	1.1737	1.2783	1.1737	0.9923	0.8319	0.708	0	K1	0.7
1.0461	1.1589	1.2824	1.3307	1.1737	0.9437	0.7407	0.5905	0.4808	b/4		
1.5262	1.5539	1.5134	1.2824	0.9923	0.7407	0.5535	0.4253	0.3342	b/2		
2.1668	1.9305	1.5539	1.1589	0.8319	0.5905	0.4253	0.3171	0.2417	3b/4		
2.9395	2.1668	1.5262	1.0461	0.708	0.4808	0.3342	0.2417	0.1782	b		
-0.126	0.4719	1.0606	1.5732	1.8138	1.5732	1.0606	0.4719	-0.126	0	K0	0.75
0.6074	1.1305	1.5951	1.814	1.5732	1.092	0.5657	0.0588	-0.4324	b/4		
1.9577	2.0449	1.9919	1.5951	1.0606	0.5657	0.1589	-0.1809	-0.4953	b/2		
4.0292	3.0841	2.0449	1.1305	0.4719	0.0588	-0.1809	-0.3299	-0.4508	3b/4		
6.6762	4.0292	1.9577	0.6074	-0.126	-0.4324	-0.4953	-0.4508	-0.3776	b		
0.667	0.8035	0.9869	1.2018	1.3294	1.2018	0.9869	0.8035	0.667	0	K1	0.75
1.0233	1.1584	1.3128	1.3825	1.2018	0.9377	0.711	0.549	0.4351	b/4		
1.5456	1.5976	1.5717	1.3128	0.9869	0.711	0.5118	0.3804	0.2906	b/2		
2.2628	2.0174	1.5976	1.1584	0.8035	0.549	0.3804	0.2741	0.203	3b/4		
3.1462	2.2628	1.5456	1.0233	0.667	0.4351	0.2906	0.203	0.1452	b		

b	3b/4	b/2	b/4	0	_b/4	_b/2	_3b/4	_b	موقع المقطع موقع الحمولة	k	θ
-0.2595	0.401	1.0595	1.6478	1.9348	1.6478	1.0595	0.401	-0.2595	0	K0	0.8
0.4362	1.0694	1.6383	1.9191	1.6478	1.1076	0.5394	0.0123	-0.4898	b/4		
1.8428	2.0353	2.0526	1.6383	1.0595	0.5394	0.1348	-0.1844	-0.4719	b/2		
4.1195	3.1419	2.0353	1.0694	0.401	0.0123	-0.1844	-0.2834	-0.353	3b/4		
7.1154	4.1195	1.8428	0.4362	-0.2595	-0.4898	-0.4719	-0.353	-0.2094	b		
0.6259	0.7738	0.9802	1.2308	1.3841	1.2308	0.9802	0.7738	0.6259	0	K1	0.8
0.9971	1.1547	1.3426	1.4371	1.2308	0.9313	0.6812	0.5089	0.3923	b/4		
1.5588	1.6381	1.6305	1.3426	0.9802	0.6812	0.472	0.3389	0.2516	b/2		
2.3534	2.1023	1.6381	1.1547	0.7738	0.5089	0.3389	0.2358	0.1695	3b/4		
3.3539	2.3534	1.5588	0.9971	0.6259	0.3923	0.2516	0.1695	0.1177	b		
-0.3753	0.3351	1.0539	1.7161	2.0439	1.7161	1.0539	0.3351	-0.3753	0	K0	0.85
0.2705	1.0113	1.6839	2.0259	1.7161	1.1126	0.5074	-0.029	-0.5389	b/4		
1.7181	2.0271	2.1214	1.6839	1.0539	0.5074	0.1081	-0.1858	-0.4412	b/2		
4.1963	3.1979	2.0271	1.0113	0.3351	-0.029	-0.1858	-0.2409	-0.2663	3b/4		
7.5588	4.1963	1.7181	0.2705	-0.3753	-0.5289	-0.4412	-0.2663	-0.0733	b		
0.5852	0.7432	0.9723	1.2604	1.442	1.2604	0.9723	0.7432	0.5852	0	K1	0.85
0.9678	1.1478	1.3716	1.4941	1.2604	0.9242	0.6517	0.4703	0.3524	b/4		
1.566	1.6759	1.6897	1.3716	0.9723	0.6517	0.4343	0.3009	0.217	b/2		
2.4385	2.1851	1.6753	1.1478	0.7432	0.4703	0.3009	0.2019	0.1409	3b/4		
3.5623	2.4385	1.566	0.9678	0.5852	0.3524	0.217	0.1409	0.0949	b		
-0.4715	0.2749	1.0436	1.7771	2.1592	1.7771	1.0436	0.2749	-0.4715	0	K0	0.9
0.1129	0.9565	1.7309	2.1334	1.7771	1.107	0.47	-0.0646	-0.5493	b/4		
1.5843	2.0203	2.198	1.7309	1.0436	0.47	0.0792	-0.1851	-0.4042	b/2		
4.2579	3.2519	2.0203	0.9565	0.2749	-0.0646	-0.1851	-0.2028	-0.1919	3b/4		
8.0034	4.2579	1.5843	0.1129	-0.4715	-0.5493	-0.4042	-0.1919	0.0299	b		
0.5452	0.7119	0.9631	1.2903	1.5028	1.2903	0.9631	0.7119	0.5452	0	K1	0.9
0.9359	1.138	1.3996	1.5534	1.2903	0.9164	0.6224	0.4335	0.3155	b/4		
1.5677	1.7094	1.7493	1.3996	0.9631	0.6224	0.3987	0.2663	0.1864	b/2		
2.518	2.2658	1.7094	1.138	0.7119	0.4335	0.2663	0.1722	0.1166	3b/4		
3.771	2.518	1.5677	0.9359	0.5452	0.3155	0.1864	0.1166	0.0762	b		

b	3b/4	b/2	b/4	0	_b/4	_b/2	_3b/4	_b	موقع المقطع موقع الحمولة	k	θ
-0.5476	0.2205	1.0283	1.8308	2.2647	1.8308	1.0283	0.2205	-0.5476	0	K0	0.95
-0.0352	0.9051	1.7788	2.2413	1.8308	1.0911	0.4281	-0.0942	-0.552	b/4		
1.4425	2.0152	2.2821	1.7788	1.0283	0.4281	0.049	-0.1823	-0.361	b/2		
4.3036	3.304	2.0152	0.905	0.2205	-0.0942	-0.1823	-0.1694	-0.1299	3b/4		
8.4478	4.3036	1.4425	-0.0352	-0.5476	-0.552	-0.3619	-0.1299	0.1017	b		
0.5064	0.6801	0.9526	1.3202	1.5662	1.3202	0.9526	0.6801	0.5064	0	K1	0.95
0.9021	1.1255	1.4265	1.6148	1.3202	0.9079	0.5936	0.3985	0.2816	b/4		
1.5641	1.7402	1.8092	1.4265	0.9526	0.5936	0.3654	0.2351	0.1596	b/2		
2.592	2.3445	1.7402	1.1255	0.6801	0.3985	0.2351	0.1463	0.0961	3b/4		
3.98	2.592	1.5641	0.9021	0.5064	0.2816	0.1596	0.0961	0.0608	b		
-0.6044	0.1715	1.008	1.8775	2.3663	1.8775	1.008	0.1715	-0.6044	0	K0	1
-0.1726	0.8567	1.8265	2.3492	1.8775	1.0658	0.3824	-0.1183	-0.5391	b/4		
1.294	2.0116	2.3729	1.8265	1.008	0.3824	0.0184	-0.1774	-0.3161	b/2		
4.3335	3.3546	2.0116	0.8567	0.1715	-0.1183	-0.1774	-0.1402	-0.0796	3b/4		
8.8915	4.3335	1.294	-0.1726	-0.6044	-0.5391	-0.3161	-0.0796	0.146	b		
0.4688	0.6482	0.941	1.3499	1.632	1.3499	0.941	0.6482	0.4688	0	K1	1
0.8667	1.1105	1.4523	1.6781	1.3499	0.8985	0.5652	0.3656	0.2506	b/4		
1.5557	1.7679	1.8696	1.4523	0.941	0.5652	0.3342	0.207	0.1363	b/2		
2.6605	2.4213	1.7679	1.1105	0.6482	0.3656	0.207	0.1239	0.0789	3b/4		
4.1892	2.6605	1.5557	0.8667	0.4688	0.2506	0.1363	0.0789	0.0484	b		
-0.6652	0.088	0.9531	1.9518	2.5621	1.9518	0.9531	0.088	-0.6652	0	K0	1.1
0.4129	0.7675	1.918	2.5643	1.9518	0.9925	0.2842	-0.1515	-0.477	b/4		
0.9824	2.0089	2.5717	1.918	0.9531	0.2842	-0.0403	-0.1626	-0.2209	b/2		
4.3474	3.4539	2.0089	0.7675	0.088	-0.1515	-0.1626	-0.0936	-0.0097	3b/4		
9.778	4.3474	0.9824	0.4129	-0.6652	-0.477	-0.2209	-0.0097	0.1709	b		
0.3985	0.5848	0.9142	1.4075	1.7691	1.4075	0.9142	0.5848	0.3985	0	K1	1.1
0.7931	1.074	1.5003	1.8095	1.4075	0.8771	0.5103	0.3055	0.1969	b/4		
1.5263	1.8145	1.9915	1.5003	0.9142	0.5103	0.2783	0.1593	0.0985	b/2		
2.7813	2.5695	1.8145	1.074	0.5848	0.3055	0.1593	0.0882	0.0527	3b/4		
4.6078	2.7813	1.5263	0.7931	0.3985	0.1969	0.0985	0.0527	0.0303	b		

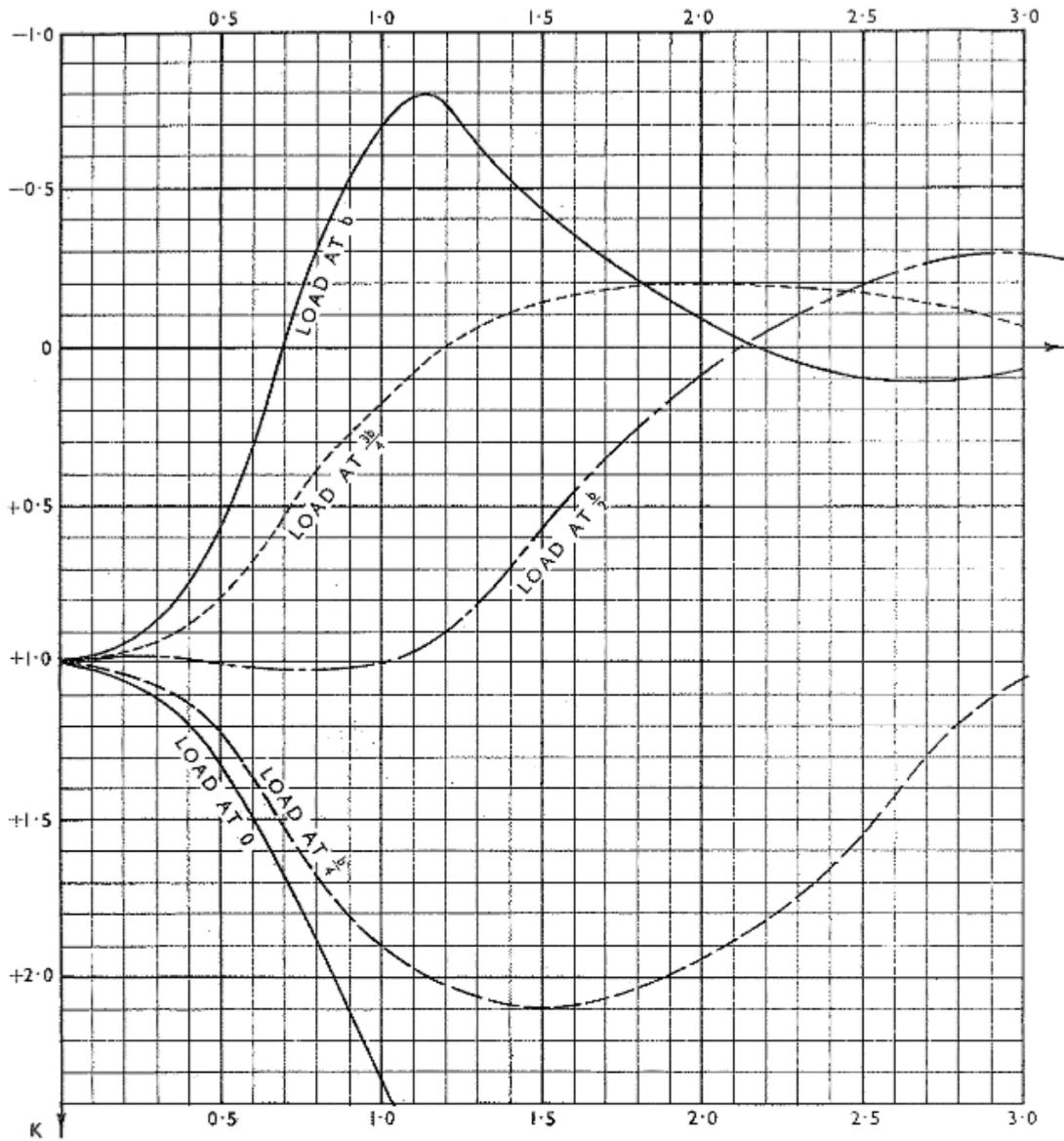
b	3b/4	b/2	b/4	0	_b/4	_b/2	_3b/4	_b	موقع المقطع موقع الحمولة	k	θ
-0.6677	0.0199	0.8805	2.005	2.7541	2.005	0.8805	0.0199	-0.6677	0	K0	1.2
-0.6038	0.6851	1.9987	2.7777	2.005	0.8978	0.1841	-0.1685	-0.3856	b/4		
0.662	2.0114	2.7876	1.9987	0.8805	0.1841	-0.09	-0.1424	-0.1317	b/2		
4.3049	3.5547	2.0114	0.6851	0.0199	-0.1685	-0.1424	-0.0594	0.0279	3b/4		
10.664	4.3049	0.662	-0.6038	-0.6677	-0.3856	-0.1317	0.0279	0.1439	b		
0.3352	0.5233	0.8834	1.4614	1.9124	1.4614	0.8834	0.5233	0.3352	0	K1	1.2
0.7182	1.0306	1.5432	1.9466	1.4614	0.852	0.4582	0.2534	0.1533	b/4		
1.4827	1.8501	2.1156	1.5432	0.8834	0.4582	0.2304	0.1217	0.0706	b/2		
2.8817	2.7114	1.8501	1.0306	0.5233	0.2534	0.1217	0.0621	0.0348	3b/4		
5.0266	2.8817	1.4827	0.7182	0.3352	0.1533	0.0706	0.0348	0.0188	b		
-0.6266	-0.0365	0.7931	2.0413	2.9483	2.0413	0.7931	-0.0365	-0.6266	0	K0	1.3
-0.7438	0.6061	2.0633	2.9888	2.0413	0.7914	0.0898	-0.1733	-0.2848	b/4		
0.3448	2.0173	3.0138	2.0633	0.7931	0.0898	-0.1259	-0.1191	-0.0585	b/2		
4.2119	3.6614	2.0173	0.6061	-0.0365	-0.1733	-0.1191	-0.0348	0.0432	3b/4		
11.552	4.2119	0.3448	-0.7438	-0.6266	-0.2848	-0.0585	0.0432	0.0975	b		
0.2793	0.4648	0.8491	1.5105	2.0601	1.5105	0.8491	0.4648	0.2793	0	K1	1.3
0.6446	0.9823	1.5808	2.0883	1.5101	0.8233	0.4093	0.2086	0.1182	b/4		
1.4282	1.8761	2.2421	1.5808	0.8491	0.4093	0.1898	0.0923	0.0501	b/2		
2.9631	2.8483	1.8761	0.9823	0.4648	0.2086	0.0923	0.0434	0.0228	3b/4		
5.4455	2.9631	1.4282	0.6446	0.2793	0.1182	0.0501	0.0228	0.0115	b		
-0.5558	-0.0833	0.6947	2.0637	3.1479	2.0637	0.6947	-0.0833	-0.5558	0	K0	1.4
-0.8337	0.5281	2.1085	3.1979	2.0637	0.6806	0.0067	-0.1691	-0.1892	b/4		
0.0415	2.0248	3.2447	2.1085	0.6947	0.0067	-0.1461	-0.0948	-0.0058	b/2		
4.0743	3.7775	2.0248	0.5281	-0.0833	-0.1691	-0.0948	-0.0173	0.0445	3b/4		
12.44	4.0743	0.0415	-0.8337	-0.5558	-0.1892	-0.0058	0.0445	0.0525	b		
0.2309	0.4101	0.8126	1.5538	2.2108	1.5538	0.8126	0.4101	0.2309	0	K1	1.4
0.5739	0.9305	1.6136	2.2334	1.5538	0.7913	0.3642	0.1706	0.0905	b/4		
1.36	1.8935	2.3728	1.6136	0.8126	0.3642	0.1572	0.0698	0.0299	b/2		
3.0266	2.981	1.8935	0.9305	0.4101	0.1706	0.0698	0.0301	0.0148	3b/4		
5.8643	3.0266	1.36	0.5739	0.2309	0.0905	0.0299	0.0148	0.007	b		

b	3b/4	b/2	b/4	0	_b/4	_b/2	_3b/4	_b	موقع المقطع موقع الحمولة	k	θ
-0.4676	-0.1217	0.5893	2.0738	3.3538	2.0738	0.5893	-0.1217	-0.4676	0	K0	1.5
-0.8768	0.4499	2.1332	3.4055	2.0738	0.57	-0.062	-0.1583	-0.1076	b/4		
-0.2397	2.0315	3.4761	2.1332	0.5893	-0.062	-0.1516	-0.0711	0.0265	b/2		
3.8974	3.9049	2.0315	0.4499	-0.1217	-0.1583	-0.0711	-0.0053	0.0381	3b/4		
13.329	3.8974	-0.2397	-0.8768	-0.4676	-0.1076	0.0265	0.0381	0.0189	b		
0.1895	0.3597	0.7729	1.5909	2.3637	1.5909	0.7729	0.3597	0.1895	0	K1	
0.5074	0.8769	1.64	2.3815	1.5909	0.7566	0.3215	0.1388	0.0688	b/4		
1.2971	1.9028	2.5032	1.64	0.7729	0.3215	0.127	0.0523	0.0248	b/2		
3.0738	3.1105	1.9028	0.8769	0.3597	0.1288	0.0523	0.0208	0.0095	3b/4		
6.2832	3.0738	1.2971	0.5074	0.1895	0.0688	0.0248	0.0095	0.0042	b		
-0.3723	-0.1521	0.4812	2.0727	3.5656	2.0727	0.4812	-0.1521	-0.3723	0	K0	1.6
-0.879	0.3712	2.1381	3.163	2.0727	0.4624	-0.1152	-0.1429	-0.0437	b/4		
-0.4927	2.035	3.7055	2.1381	0.4812	-0.1152	-0.1451	-0.0495	0.0416	b/2		
3.6864	4.045	2.035	0.3712	-0.1521	-0.1429	-0.0495	0.0025	0.0286	3b/4		
14.217	3.6864	-0.4927	-0.879	-0.3723	-0.0437	0.0416	0.0286	-0.0013	b		
0.1545	0.3139	0.7323	1.6215	2.518	1.6215	0.7323	0.3139	0.1545	0	K1	
0.4458	0.8225	1.6616	2.5318	1.6215	0.7197	0.2829	0.1123	0.0519	b/4		
1.2251	1.9056	2.6378	1.6616	0.7323	0.2829	0.1032	0.039	0.0173	b/2		
3.106	3.2374	1.9056	0.8225	0.3139	0.1123	0.039	0.0142	0.0061	3b/4		
6.7021	3.106	1.2251	0.4458	0.1545	0.0519	0.0173	0.0061	0.0025	b		
-0.2784	-0.1745	0.3742	2.0605	3.7817	2.0605	0.3742	-0.1745	-0.2784	0	K0	1.7
-0.8472	0.2923	2.1251	3.8212	2.0605	0.3594	-0.1533	-0.1245	0.002	b/4		
-0.7136	2.0329	3.9312	2.1251	0.3742	-0.1533	-0.1301	-0.031	0.0444	b/2		
3.4463	4.1981	2.0329	0.2923	-0.1745	-0.1245	-0.031	0.0069	0.0188	3b/4		
15.106	3.4463	-0.7136	-0.8472	-0.2784	0.002	0.0444	0.0188	-0.0104	b		
0.1253	0.2726	0.6909	1.6456	2.6733	1.6456	0.6909	0.2726	0.1253	0	K1	
0.3895	0.7683	1.6779	2.6838	1.6456	0.6813	0.2478	0.0904	0.039	b/4		
1.1512	1.9023	2.7753	1.6779	0.6909	0.2478	0.0836	0.029	0.012	b/2		
3.1244	3.3627	1.9023	0.7683	0.2726	0.0904	0.029	0.0097	0.0039	3b/4		
7.1209	3.1244	1.1512	0.3895	0.1253	0.039	0.012	0.0039	0.0015	b		

b	3b/4	b/2	b/4	0	_b/4	_b/2	_3b/4	_b	موقع المقطع موقع الحمولة	k	θ
-0.2784	-0.1745	0.3742	2.0605	3.7817	2.0605	0.3742	-0.1745	-0.2784	0	K0	1.7
-0.8472	0.2923	2.1251	3.8212	2.0605	0.3594	-0.1533	-0.1245	0.002	b/4		
-0.7136	2.0329	3.9312	2.1251	0.3742	-0.1533	-0.1301	-0.031	0.0444	b/2		
3.4463	4.1981	2.0329	0.2923	-0.1745	-0.1245	-0.031	0.0069	0.0188	3b/4		
15.106	3.4463	-0.7136	-0.8472	-0.2784	0.002	0.0444	0.0188	-0.0104	b		
0.1253	0.2726	0.6909	1.6456	2.6733	1.6456	0.6909	0.2726	0.1253	0	K1	1.7
0.3895	0.7683	1.6779	2.6838	1.6456	0.6813	0.2478	0.0904	0.039	b/4		
1.1512	1.9023	2.7753	1.6779	0.6909	0.2478	0.0836	0.029	0.012	b/2		
3.1244	3.3627	1.9023	0.7683	0.2726	0.0904	0.029	0.0097	0.0039	3b/4		
7.1209	3.1244	1.1512	0.3895	0.1253	0.039	0.012	0.0039	0.0015	b		
-0.192	-0.1889	0.2714	2.0376	4.0009	2.0376	0.2714	-0.1889	-0.192	0	K0	1.8
0.7891	0.214	2.0963	4.0311	2.0376	0.2623	-0.1775	-0.1044	0.031	b/4		
0.9001	2.0233	4.1527	2.0963	0.2714	-0.1775	-0.1101	-0.0161	0.0394	b/2		
3.182	4.3641	2.0233	0.214	-0.1889	-0.1044	-0.0161	0.0088	0.0104	3b/4		
15.994	3.182	-0.9001	-0.7891	-0.192	0.031	0.0394	0.0104	-0.0122	b		
0.101	0.2358	0.6492	1.6633	2.8293	1.6633	0.6492	0.2358	0.101	0	K1	1.8
0.3386	0.715	1.6889	2.8372	1.6633	0.642	0.2161	0.0725	0.0291	b/4		
1.0767	1.8938	2.9154	1.6889	0.6492	0.2161	0.0674	0.0215	0.0083	b/2		
3.1303	3.4868	1.8938	0.715	0.2358	0.0725	0.0215	0.0066	0.0025	3b/4		
7.5398	3.1303	1.0767	0.3386	0.101	0.0291	0.0083	0.0025	0.0009	b		
-0.117	-0.1975	0.1754	2.0042	4.2218	2.0042	0.1754	-0.1975	-0.117	0	K0	1.9
-0.7121	0.1377	2.054	4.2432	3.0042	0.1716	-0.1896	-0.0893	0.0465	b/4		
-1.0512	2.0047	4.3701	2.054	0.1754	-0.1896	-0.0882	-0.005	0.0308	b/2		
2.898	4.5422	2.0047	0.1377	-0.1957	-0.0839	-0.005	0.009	0.0042	3b/4		
16.883	2.898	-1.0512	-0.7121	-0.117	0.0465	0.0308	0.0042	-0.0101	b		
0.0811	0.2032	0.6077	1.6748	2.9857	1.6748	0.6077	0.2032	0.0811	0	K1	1.9
0.2931	0.6632	1.695	2.9916	1.6748	0.6024	0.1877	0.0579	0.0217	b/4		
1.0034	1.8806	3.0578	1.695	0.6077	0.1877	0.0541	0.0159	0.0057	b/2		
3.125	3.6103	1.8806	0.6632	0.2032	0.0579	0.0159	0.0045	0.0016	3b/4		
7.9587	3.125	1.0034	0.2931	0.0811	0.0217	0.0057	0.0016	0.0006	b		

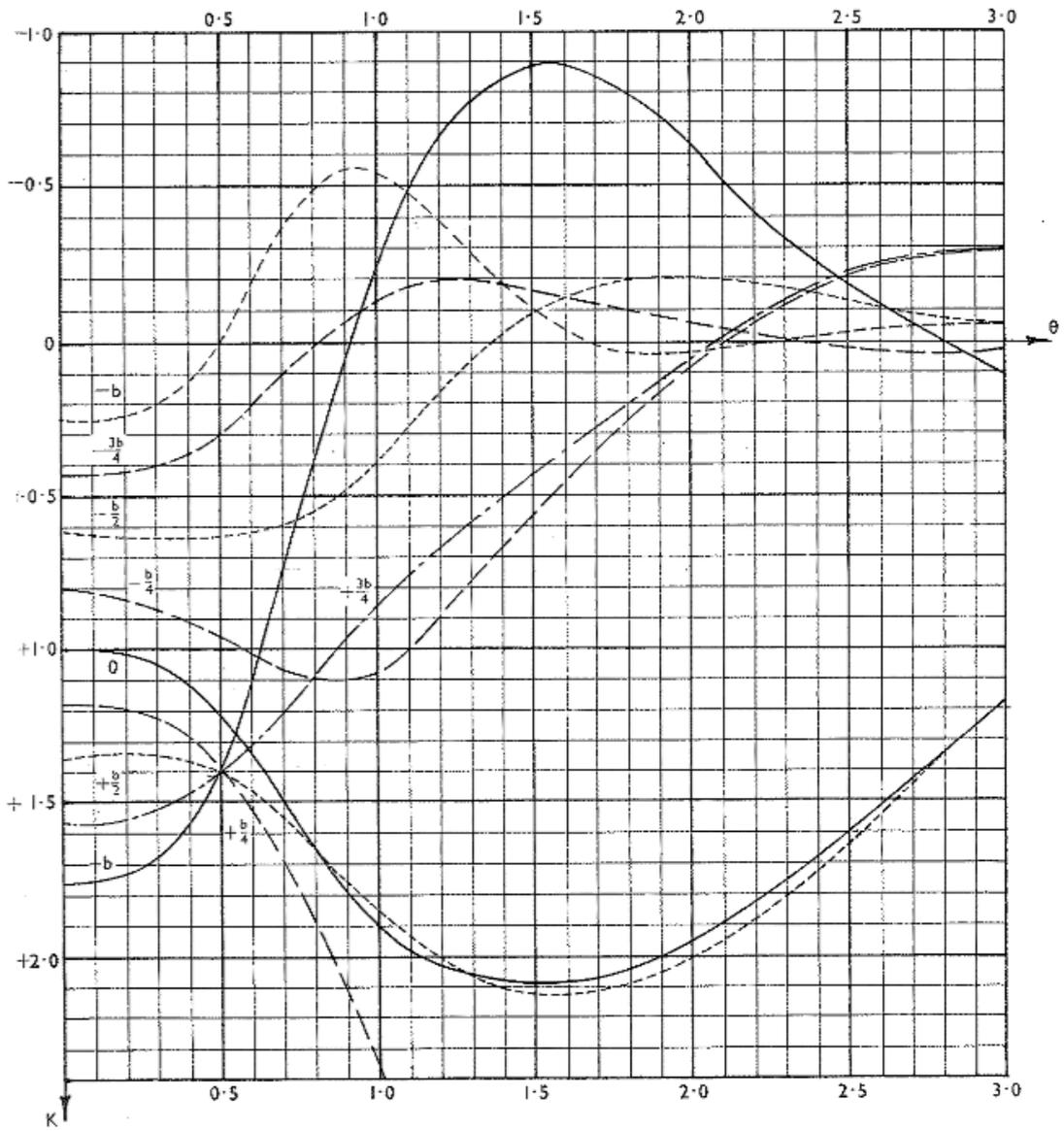
b	3b/4	b/2	b/4	0	_b/4	_b/2	_3b/4	_b	موقع المقطع موقع الحمولة	k	θ
-0.117	-0.1975	0.1754	2.0042	4.2218	2.0042	0.1754	-0.1975	-0.117	0	K0	1.9
-0.7121	0.1377	2.054	4.2432	3.0042	0.1716	-0.1896	-0.0893	0.0465	b/4		
-1.0512	2.0047	4.3701	2.054	0.1754	-0.1896	-0.0882	-0.005	0.0308	b/2		
2.898	4.5422	2.0047	0.1377	-0.1957	-0.0839	-0.005	0.009	0.0042	3b/4		
16.883	2.898	-1.0512	-0.7121	-0.117	0.0465	0.0308	0.0042	-0.0101	b		
0.0811	0.2032	0.6077	1.6748	2.9857	1.6748	0.6077	0.2032	0.0811	0	K1	1.9
0.2931	0.6632	1.695	2.9916	1.6748	0.6024	0.1877	0.0579	0.0217	b/4		
1.0034	1.8806	3.0578	1.695	0.6077	0.1877	0.0541	0.0159	0.0057	b/2		
3.125	3.6103	1.8806	0.6632	0.2032	0.0579	0.0159	0.0045	0.0016	3b/4		
7.9587	3.125	1.0034	0.2931	0.0811	0.0217	0.0057	0.0016	0.0006	b		
-0.0557	-0.1954	0.0878	1.9607	4.4436	1.9607	0.0878	-0.1954	-0.0557	0	K0	2
-0.6232	0.0647	2.0003	4.4575	1.9607	0.0884	-0.1917	-0.0641	0.0515	b/4		
-1.1674	1.9758	4.5839	2.0003	0.0878	-0.1917	-0.0666	0.0027	0.0215	b/2		
2.5986	4.7313	1.9758	0.0647	-0.1954	-0.0641	0.0027	0.008	0.0003	3b/4		
17.772	2.5986	-1.1674	-0.6232	-0.0557	0.0515	0.0215	0.0003	-0.0067	b		
0.0648	0.1745	0.5668	1.6803	3.1423	1.6803	0.5668	0.1745	0.0648	0	K1	2
0.2526	0.6133	1.6962	3.1466	1.6803	0.5629	0.1624	0.0461	0.016	b/4		
0.9307	1.8631	3.2023	1.6962	0.5668	0.1624	0.0433	0.0117	0.0039	b/2		
3.1093	3.7334	1.8631	0.6133	0.1745	0.0461	0.0117	0.003	0.001	3b/4		
8.3776	3.1093	0.9307	0.2526	0.0648	0.016	0.0039	0.001	0.0003	b		

الملحق (2) المنحنيات الخاصة بطريقة Guyon-Massonnet لحساب المعاملات  $K_0, K_1$



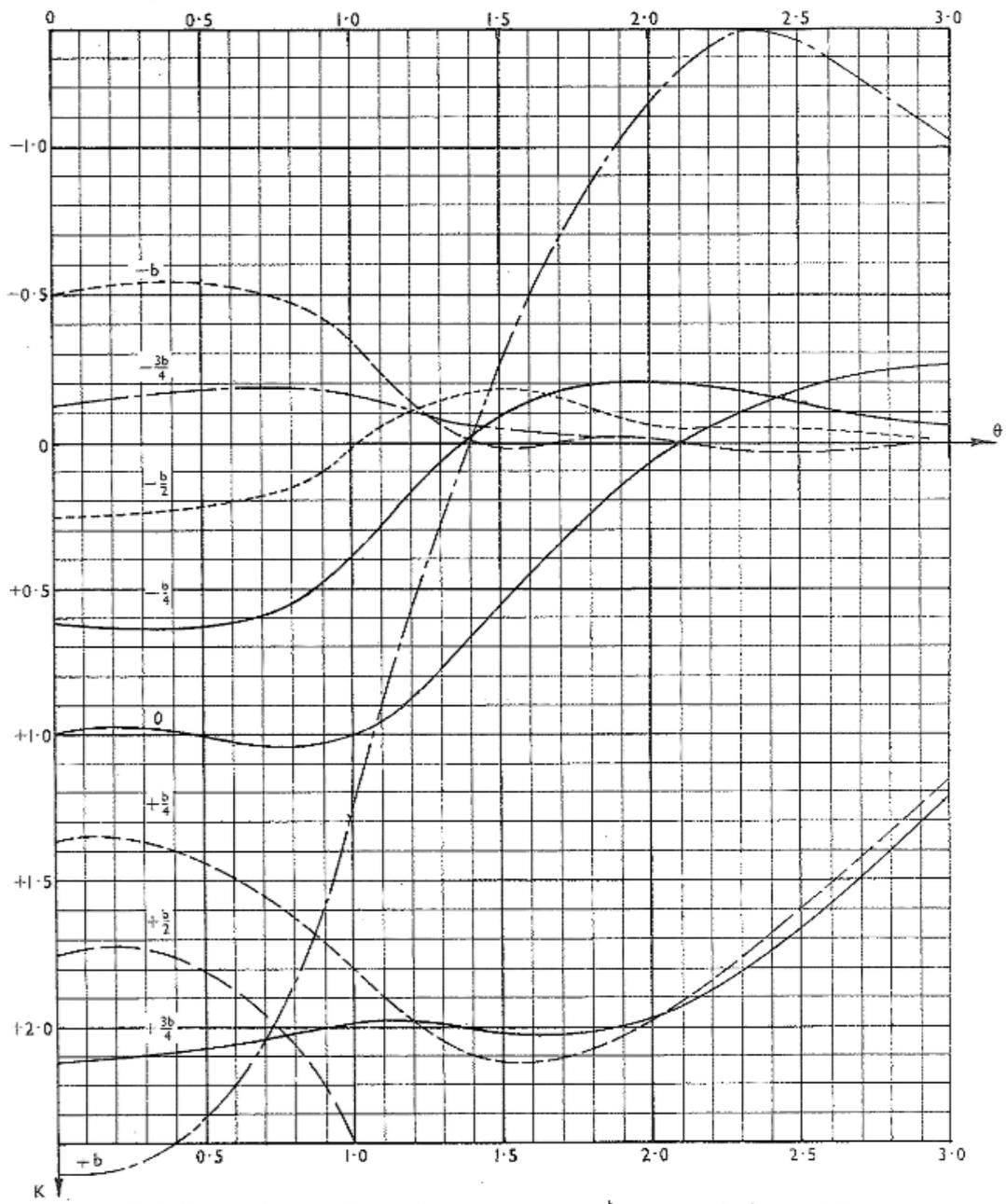
Graph I. Distribution coefficients  $K_0$  at reference station 0 for various load eccentricities.

Distribution coefficients  $K_0$  at reference station 0 for various load eccentricities



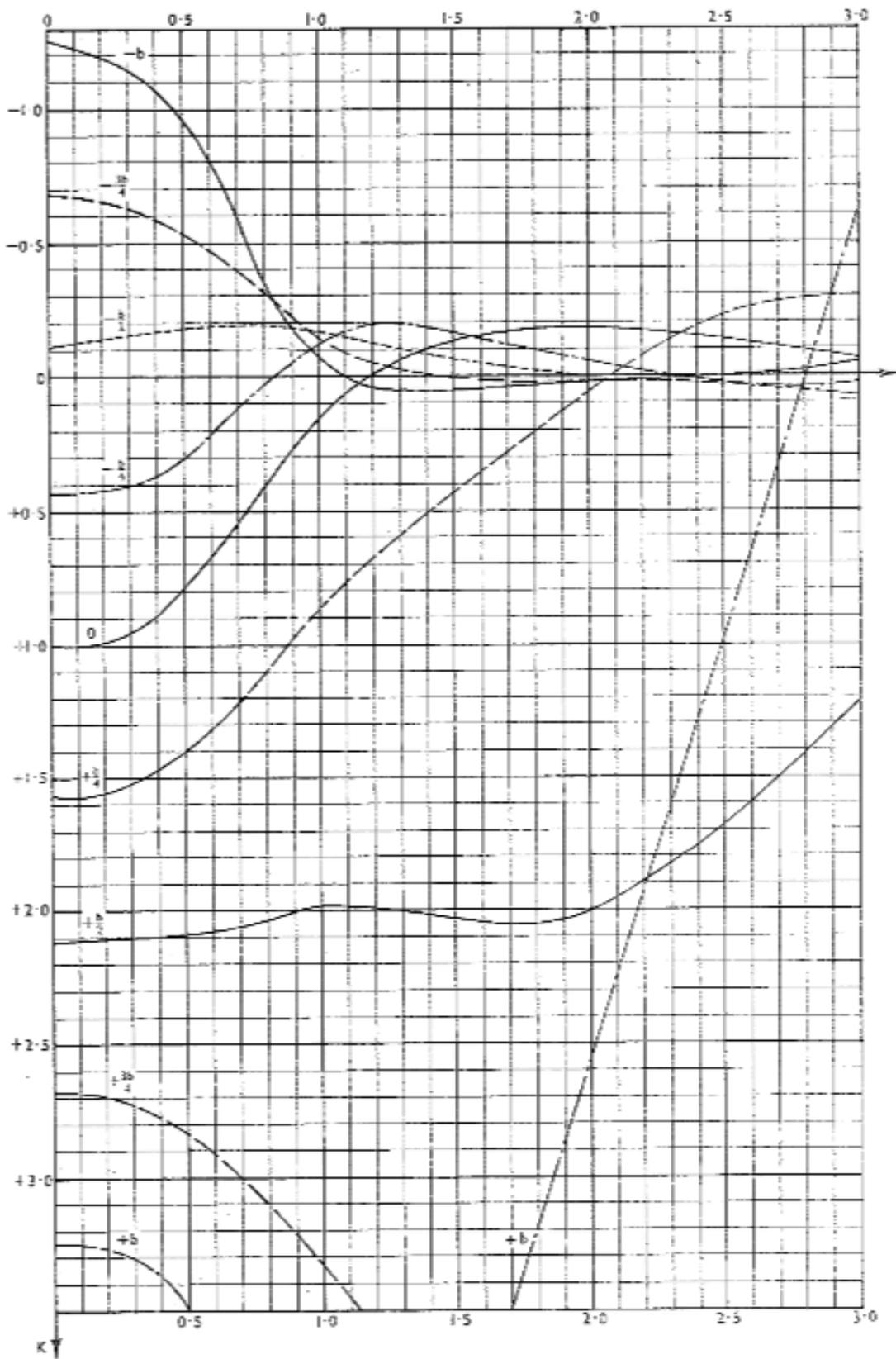
Graph 2. Distribution coefficients  $K_0$  at reference station  $\frac{b}{4}$  for various load eccentricities.

Distribution coefficients  $K_0$  at reference station  $b/4$  for various load eccentricities



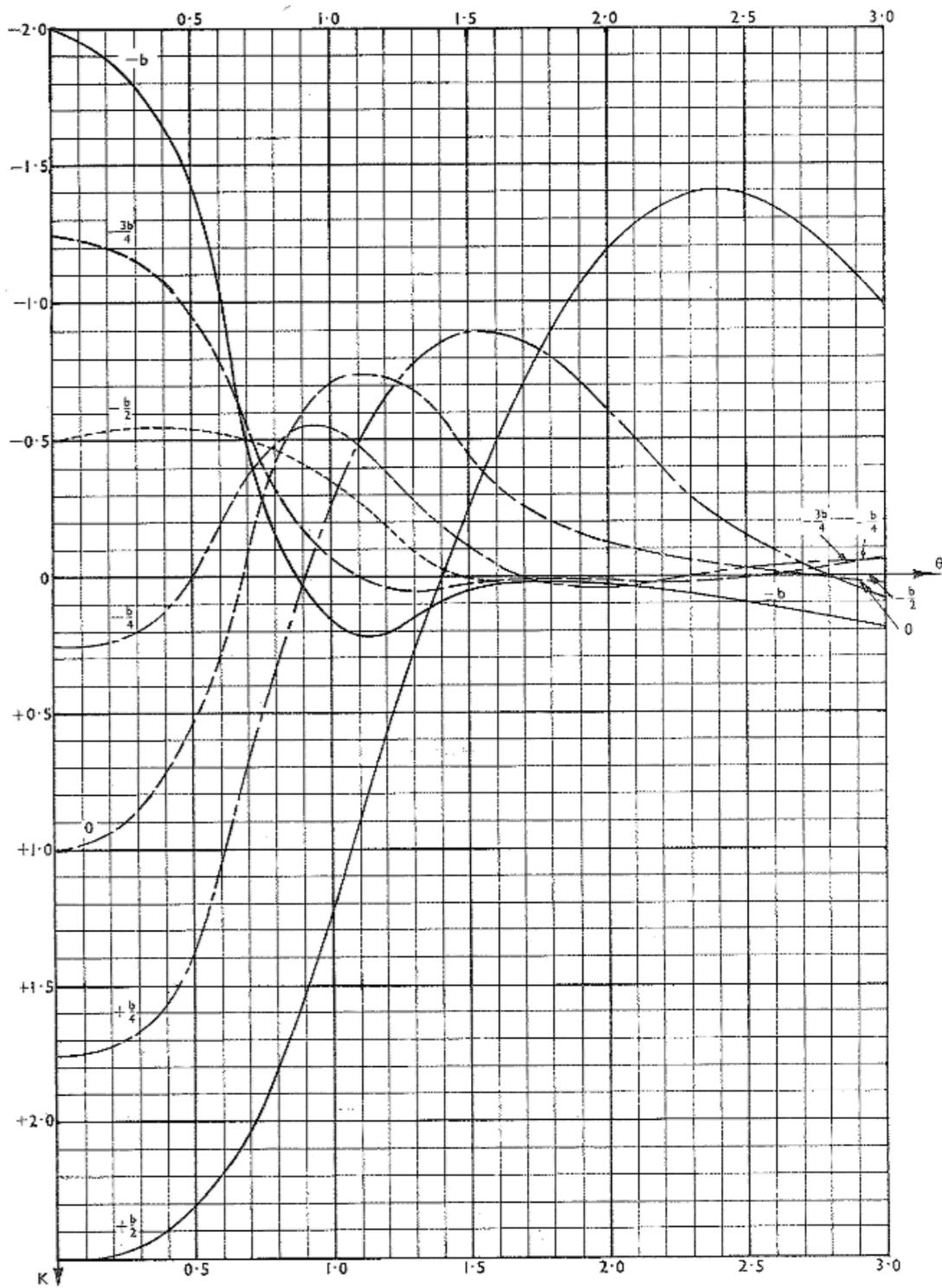
Graph 3. Distribution coefficients  $K_0$  at reference station  $\frac{b}{2}$  for various load eccentricities.

Distribution coefficients  $K_0$  at reference station  $b/2$  for various load eccentricities



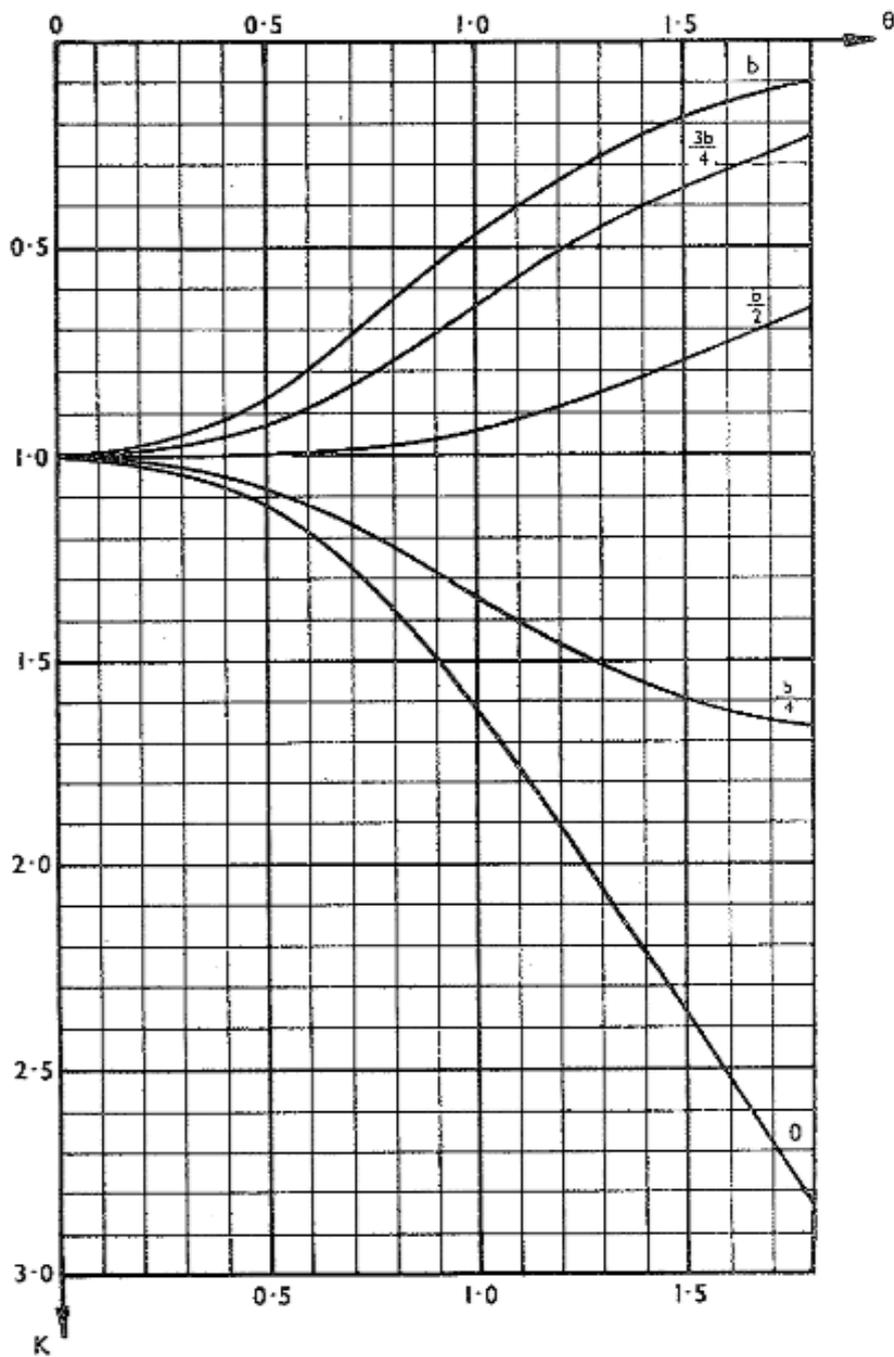
Graph 4. Distribution coefficients  $K_0$  at reference station  $\frac{3b}{4}$  for various load eccentricities.

Distribution coefficients  $K_0$  at reference station  $\frac{3b}{4}$  for various load eccentricities



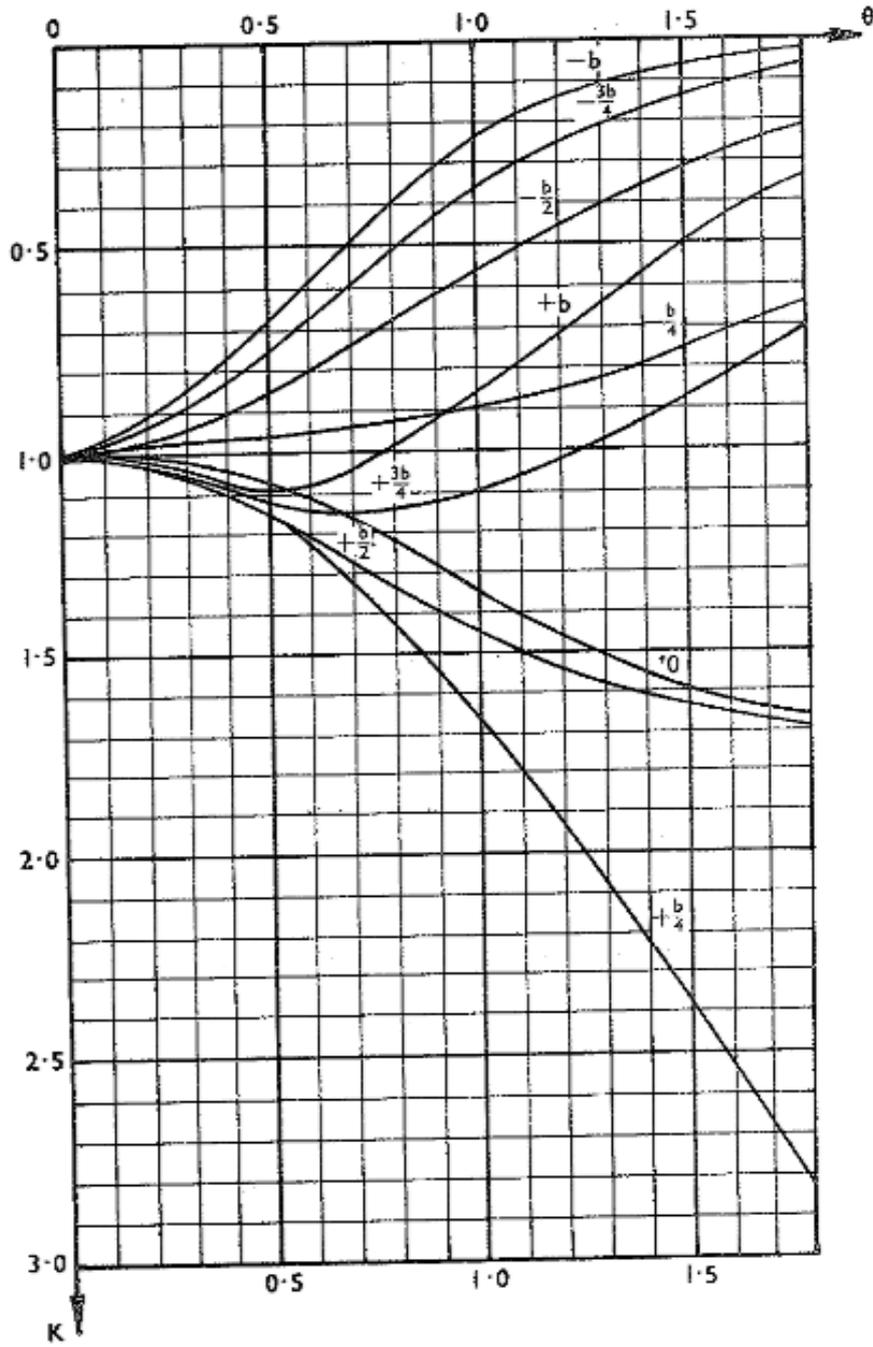
Graph 5. Distribution coefficients  $K_0$  at reference station  $b$  for various load eccentricities.

Distribution coefficients  $K_0$  at reference station  $b$  for various load eccentricities



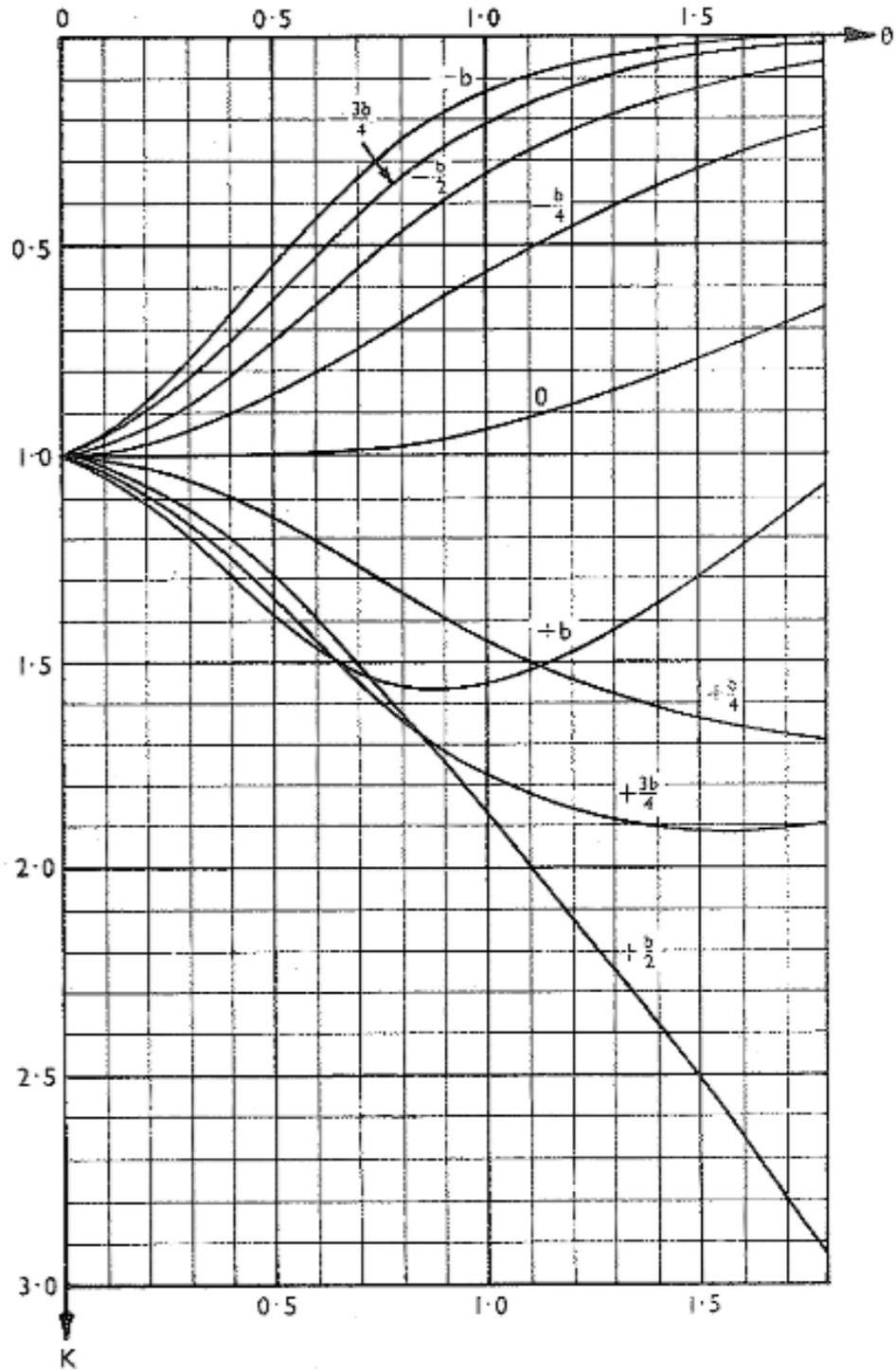
Graph 7. Distribution coefficients  $K_1$  at reference station 0 for various load eccentricities.

Distribution coefficients  $K_1$  at reference station 0 for various load eccentricities



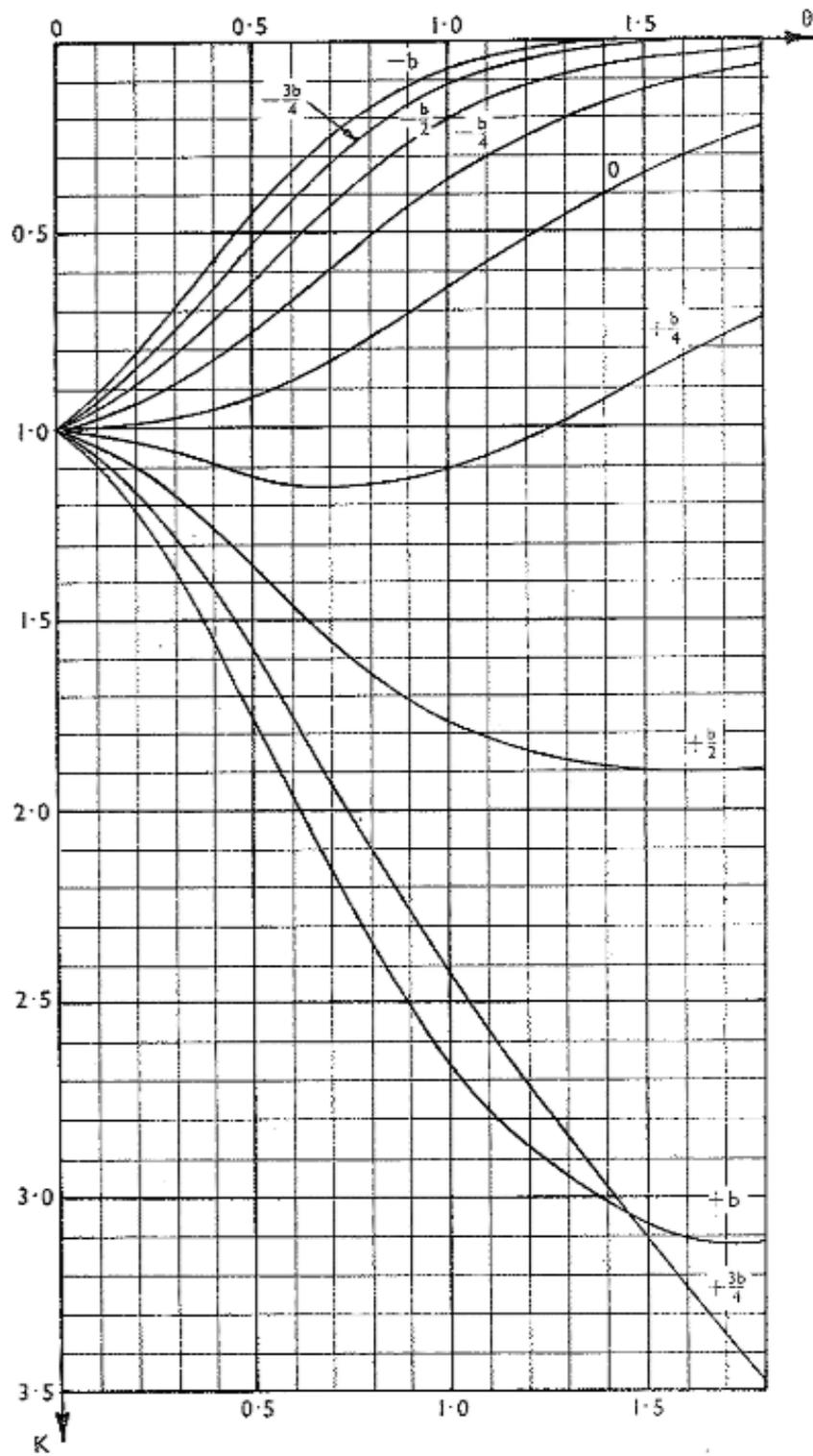
Graph 8. Distribution coefficients  $K_1$  at reference station  $\frac{b}{4}$  for various load eccentricities.

Distribution coefficients  $K_1$  at reference station  $b/4$  for various load eccentricities



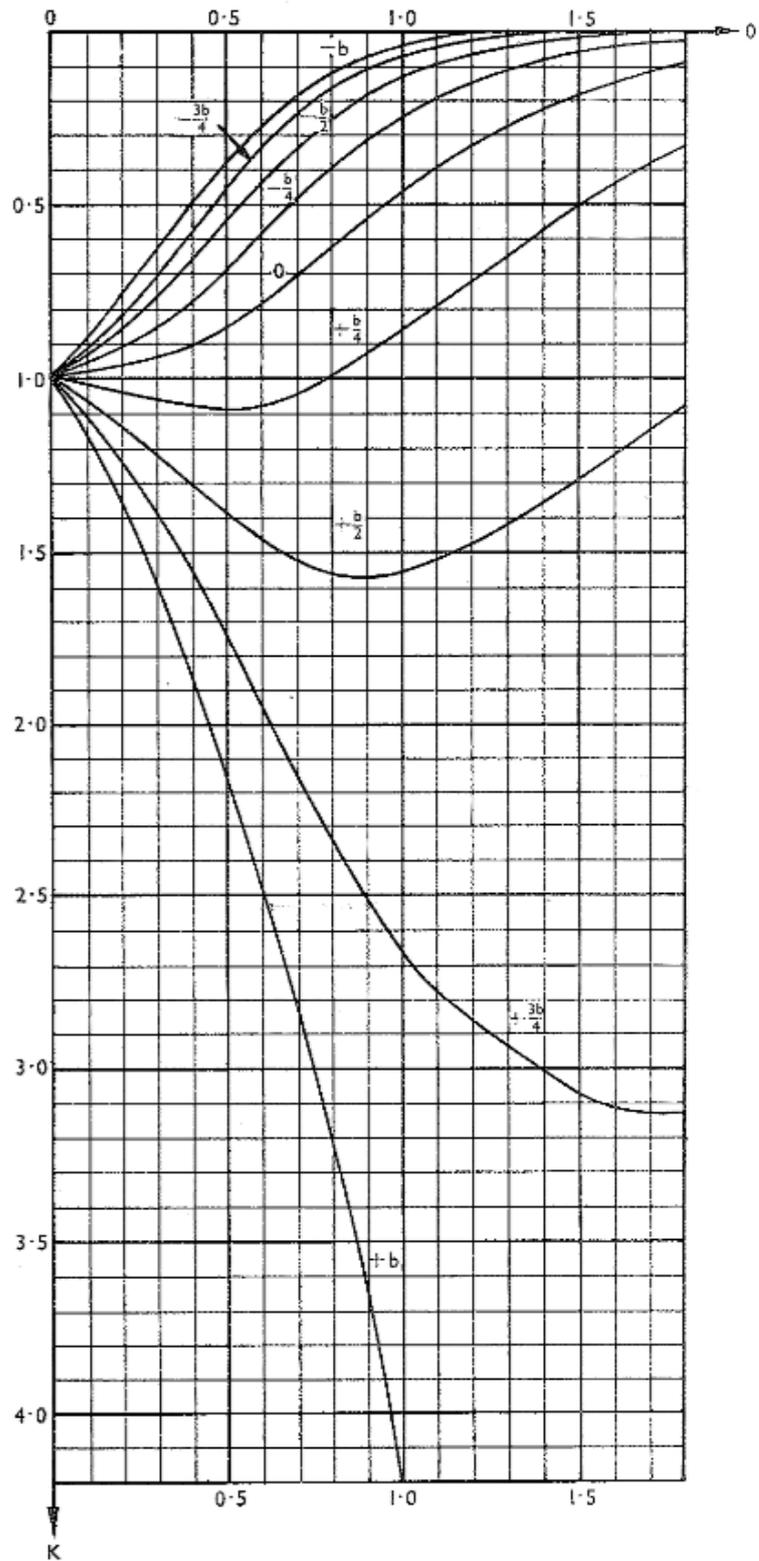
Graph 9. Distribution coefficients  $K_1$  at reference station  $\frac{b}{2}$  for various load eccentricities.

Distribution coefficients  $K_1$  at reference station  $b/2$  for various load eccentricities



Graph 10. Distribution coefficients  $K_1$  at reference station  $\frac{3b}{4}$  for various load eccentricities.

Distribution coefficients  $K_1$  at reference station  $3b/4$  for various load eccentricities



Graph II. Distribution coefficients  $K_1$  at reference station  $b$  for various load eccentricities.

Distribution coefficients  $K_1$  at reference station  $b$  for various load eccentricities