الباب الأول

CHAPTER I

توزيع الأحمال و حساب مؤثرات القوى الداخلية

Load Distribution & Determination Of Straining Actions

المسلسل	البند	رقم الصفحة
١ — ١	توزيع الأحمال Load distribution	٤
١ — ٢	نظام توزيع الكمرات بالأسقف Statical System	٧
١ — ٣	ردود الأفعال ومؤثرات القوي الداخلية Reactions and Straining actions	٧
١ — ٤	حالات التحميل Cases of loading	١٠
١ — ٥	حساب الأحمال لكل متر مربع Loads / m^2	١١
١ — ٦	حساب الحمل لكل متر طولي Loads / m	١١
١ — ٦ — ١ : الحمل الخاص بالكمرة نفسها Own weight		١٨
١ — ٦ — ٢ : أحمال الحوائط Wall weight		١٨
١ — ٧	مثـــــــــــال	٢٣٠

١ - ١ توزيع الأحمال: Load Distribution : -

المقصود بتوزيع الأحمال هو تحديد نصيب كل عنصر خرساني في تحمل الأحمال التي يتعرض لها المنشأ ككل .

فلو اعتبرنا منشأ صغيراً (شكل ١) يقف على سقفه إنسان فإن وزن هذا الإنسان يسرى أولاً في جسم البلاطة الخرسانية و منها ينتقل إلى الكمرات المحيطة بهذه البلاطة ثم إلى الأعمدة التي ترتكز عليها تلك الكمرات ثم تنقل هذه الأعمدة أحمالها إلى الأساسات و التي تنقله بدورها إلى التربة بأسفلها .

ومما لا شك فيه أن نصيب كل عنصر من الأحمال يعتمد على قربه أو بعده عن مكان الحمل و كذلك نوعية الحمل من حيث إنه موزع أو مركز و أيضاً يعتمد على الشكل الهندسي للبلاطة الخرسانية نفسها (مستطيل - مربع - مثلث .....الخ) .

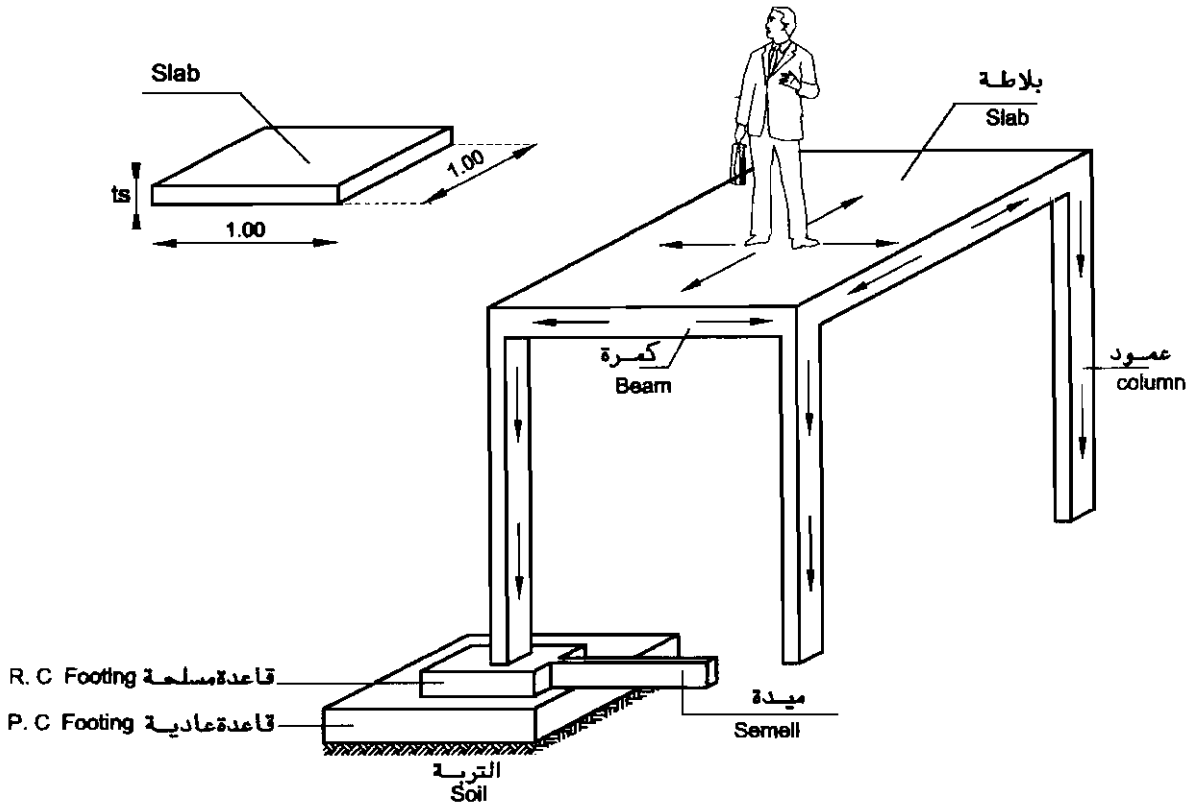
وتنقسم الأحمال المطلوب توزيعها عادة إلى نوعين (أحمال ثابتة و أخرى متحركة) Dead & Live Loads ، حيث تشمل الأحمال الثابتة (أوزان البلاطة الخرسانية نفسها و ما فوقها من تغطيات بطبقات العزل و الرمل و المونة و البلاط أو الرخام أو الخشب....الخ)، كما تشمل الأحمال الحية أو المتحركة (أوزان الأشخاص و الأثاث و المنقولات أو المخزونات التي يمكن أن تُرفع من مكان إلى مكان بعد حين من الزمن) .

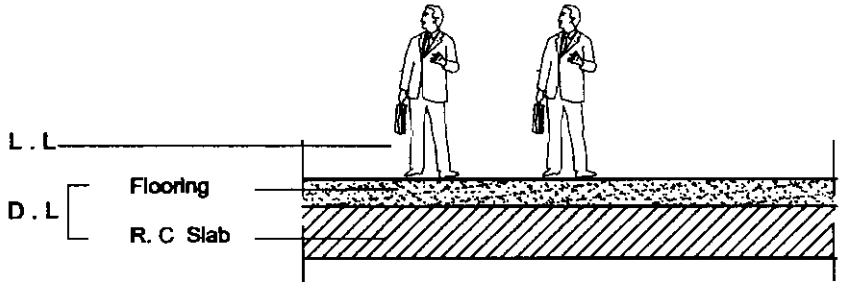
و في العادة يتم جمع الحملين الثابت و المتحرك و اعتبارهما حملاً و احداً ، و في بعض نظريات التصميم يتم جمعهما بعد ضرب كلٍ منهما فى معاملات معينة تعتمد على نوعية الأحمال و طبيعة المنشأ .

الشكل رقم (٢) يوضح طريقة توزيع الأحمال فى حالتين مختلفتين حيث يجب مراعاة بعض القواعد نلخصها فيما يلي :

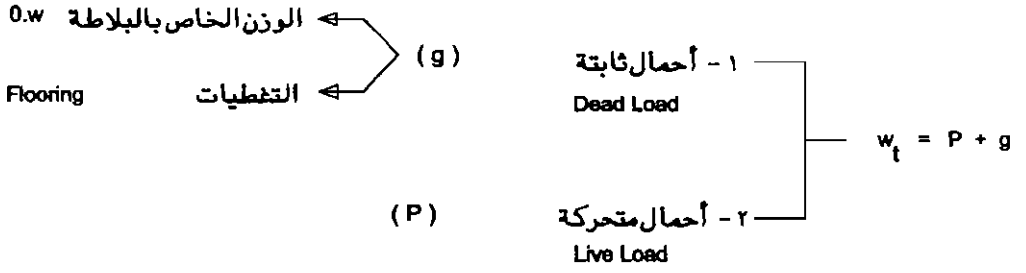
تتحمل الكمرات أوزان البلاطات طبقاً للأشكال الهندسية التى تتكون بمد خطوط من أركان البلاطات على زوايا ٤٥° (فى حالة البلاطات ذات الاتجاهين 2-ways slabs) أو تقسيم البلاطات طولياً مناصفةً (فى حالة البلاطات ذات الاتجاه الواحد One-way slab) .

شكل رقم (٢) يوضح أيضاً نصيب كل من الكمرات $B_1, 2, 3$ من الأحمال. وهنا تظهر مشكلة حيث يجب تحويل الأحمال غير المنتظمة ذات الأشكال المثلثة أو أشباه المنحرف إلى أحمال موزعة توزيعاً منتظماً (علي شكل مستطيل) حتى يسهل التعامل معها . **و يتم ذلك بحيث ينتج عن هذه الأحمال الجديدة نفس القيمة القصوى للقوى الداخلية الناتجة عن الأشكال الأصلية للأحمال .**





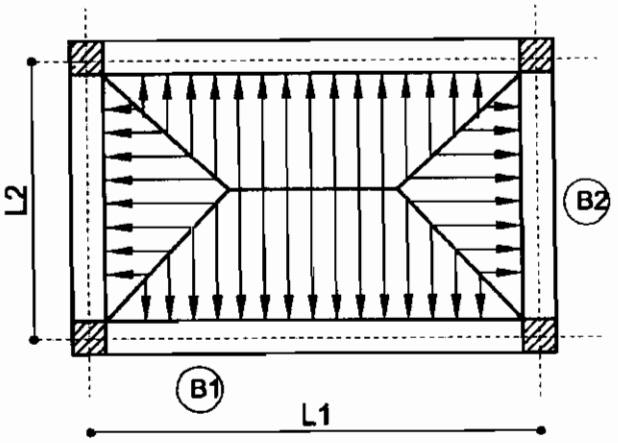
كما يتضح من الاشكال السابقة فان الاحمال فوق الاسقف يمكن أن تكون :



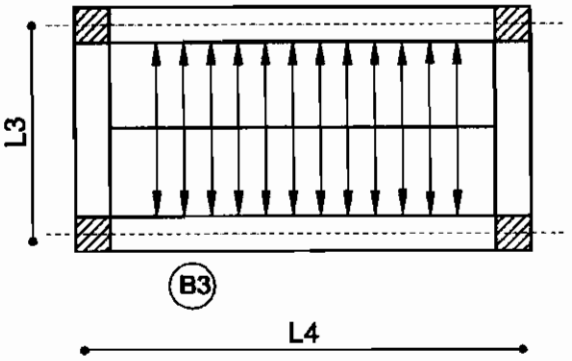
شكل (١)

عناصر المنشأ وطريقة انتقال الاحمال

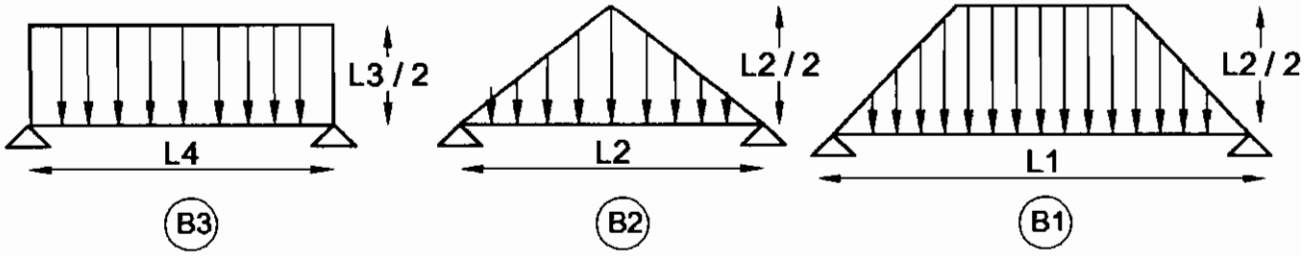
Two way slab
(L1/L2) <2
حيث تنتقل الاحمال فى الاتجاهين



One way slab
(L4/L3) ≥2
حيث تنتقل الاحمال فى اتجاه واحد



Types of slabs



Loads from slabs to beams

شـكل (٢)

كيفية انتقال الاحمـال من البلاطات الى الكمـرات

و يمكن بقليل من الجهد عمل تحليل إنشائى و بعض المعادلات الرياضية التى ينتج عنها استخدام معاملات (β,α) تستخدم فى عملية تحويل الحمل غير المنتظم إلى حمل منتظم أحدهما يحقق نفس عزم الانحناء والآخر يحقق نفس قوي القص حيث ثبت من التحليل أن قيم ردود الأفعال التي تعطي نفس قيم عزوم الانحناء ليست بالضرورة هي نفسها التي تعطي نفس قيم قوي القص ، حيث تستخدم α فى حالة توزيع أحمال العزوم و تستخدم β فى حالة توزيع أحمال القص. و تعتمد قيمة $\beta،\alpha$ على قيمة استطالة البلاطة الخرسانية طبقاً لما هو موضح بالشكل رقم (٣) و الجدول رقم (١) .

١ – ٢ : نظام توزيع الكمرات بالأسقف Statical System

الشكل رقم (٤) يوضح نظاماً كمرياً لأحد الأسقف البسيطة ومنه يظهر أن هناك كمرات ترتكز على أعمدة مباشرة و أن هناك كمرات أخرى ترتكز على كمرات مشابهة لها حيث لا توجد أعمدة عند طرفيها و تسمى الكمرات المحمولة بالكمرات الثانوية Secondary Beams و تسمى الكمرات الحاملة بالكمرات الرئيسية Main Beams .

١ – ٣ : ردود الأفعال و مؤثرات القوى الداخلية:

بطبيعة الحال فإن الأحمال بعد توزيعها يترتب عليها قيماً لردود الأفعال عند الركائز و بالتبعية قيماً محددة لمؤثرات القوى الداخلية Straining Actions و المقصود بذلك هى قيم كل من :
Normal Force, Shearing Force & Bending Moment Diagrams.
هنا يجب التعرف على حالات التحميل المختلفة التى يحتاجها المهندس المصمم فى التصميم .

الحالة الأولى:

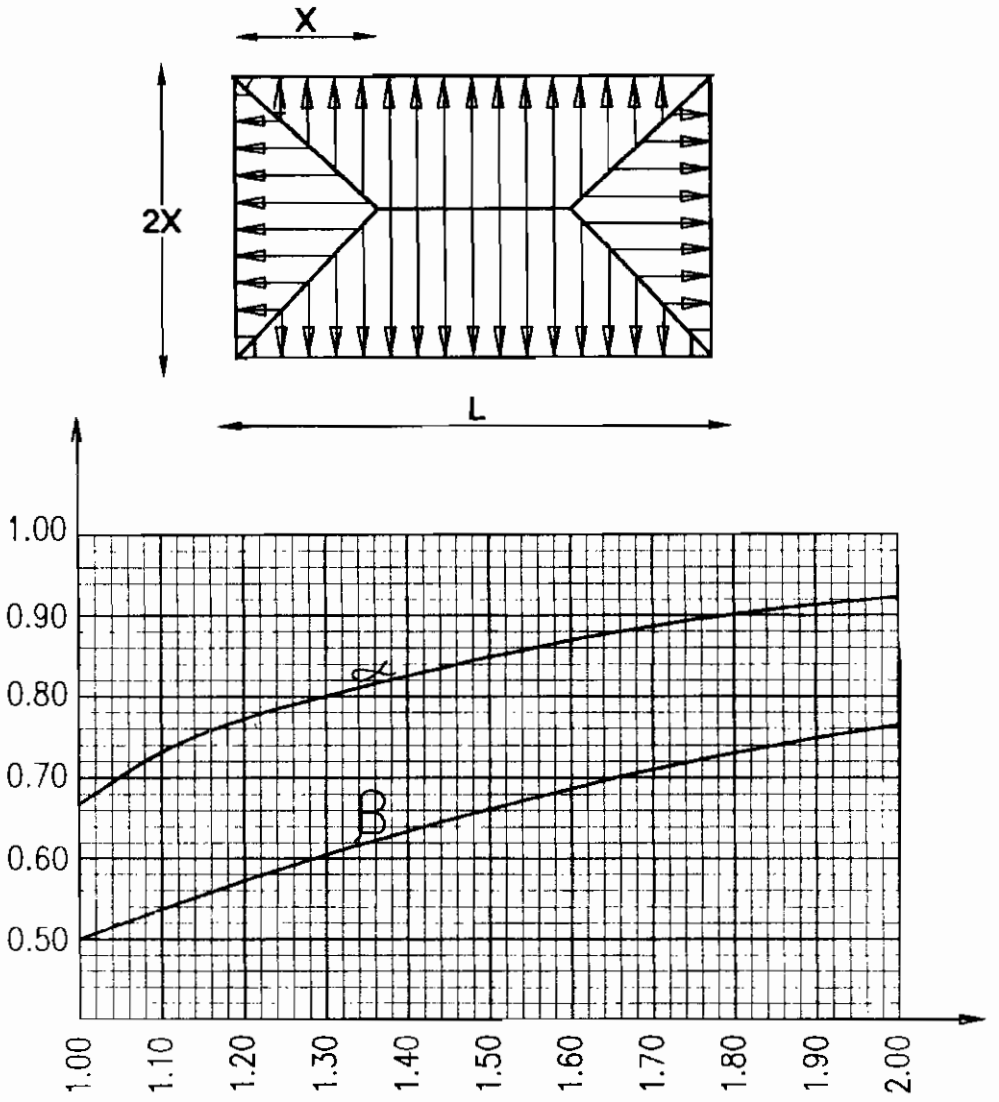
الأحمال من أجل العزوم Loads For Bending

وهى تلك الأحمال التى نستعين بها في تحديد قيم عزوم الانحناء حيث يتم تحويل الحمل غير المنتظم إلي حمل منتظم له نفس قيم العزوم باستخدام المعامل α ثم يتم تحديد قيم ردود الأفعال و منها يتم حساب قيم العزوم التى نحتاجها فى تصميم القطاع أي تحديد أبعاد القطاع الخرساني و كمية تسليحه .

الحالة الثانية :

الأحمال من أجل القص Loads For Shear

وهى تلك الأحمال التى نستعين بها فى تحديد قيم ردود الأفعال عند الركائز (أحمال الأعمدة) حيث يتم تحويل الحمل غير المنتظم إلي حمل منتظم له نفس قيم قوي القص باستخدام معاملβ

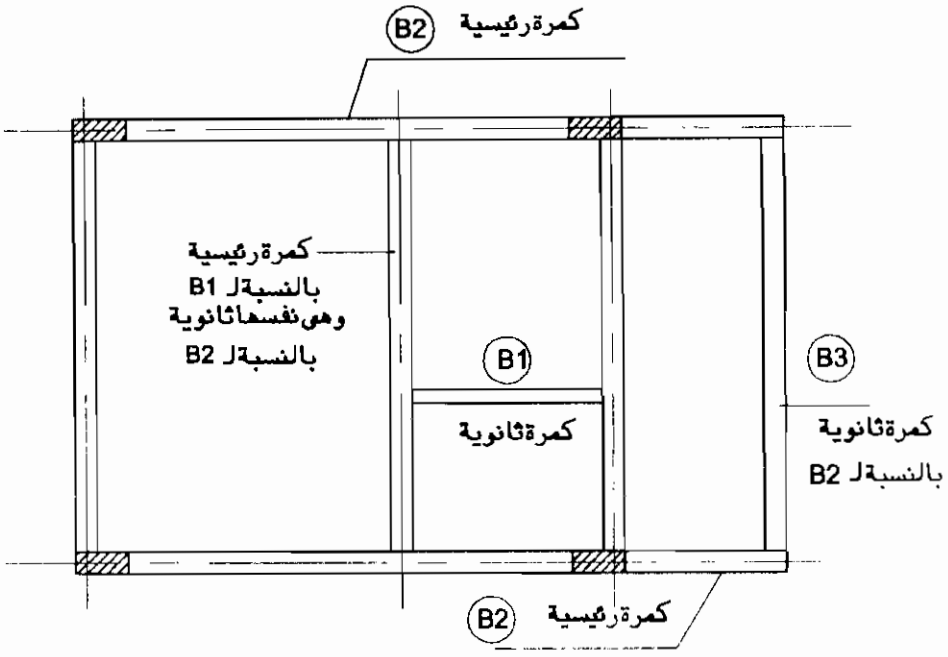


شـــكل (٣)

معاملات تقدير الحمل المكافئ على الكمرات التي تحمل بلاطات ذات اتجاهين

جـــدول (١)

r = L\ 2X	١,٠	١,١	١,٢	١,٣	١,٤	١,٥	١,٦	١,٧	١,٨	١,٩	٢,٠
α	٠,٦٦٧	٠,٧٢٥	٠,٧٦٩	٠,٨٠٣	٠,٨٣٠	٠,٨٥٢	٠,٨٧٠	٠,٨٨٥	٠,٨٩٧	٠,٩٠٨	٠,٩١٧
β	٠,٥٠٠	٠,٥٤٥	٠,٥٨٣	٠,٦١٥	٠,٦٤٣	٠,٦٦٧	٠,٦٨٨	٠,٧٠٦	٠,٧٢٢	٠,٧٣٧	٠,٧٥٠

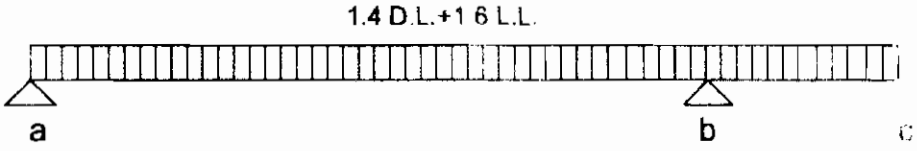


شـــكل (٤)

الكمـرات الرئيسية و الكمـرات الثانوية

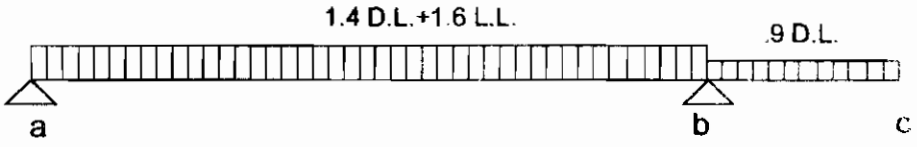
Case (1) :

Max.-ve moment at b

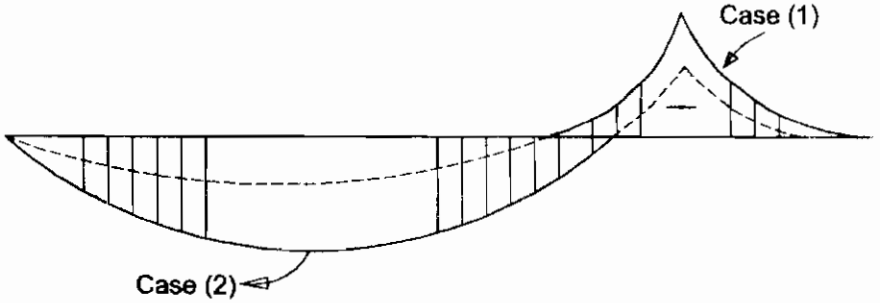


Case (2) :

Max.+ve moment bet. a , b



Max. B.M.D



Cases of loading for bending

in over - hanging beams

شـــكل (٥-أ)

حالات التحميل وقيم العزوم التصميمية

لكمرة ذات كابولى

١ – ٤ : حالات التحميل Cases of Loading

نعود إلى موضوع حالات التحميل المختلفة Cases Of Loading حيث يجب التعرف على حالات معينة للتحميل و هى : –

أولاً: أحمال من أجل العزوم و لها قيمتان :

- قيمة تحسب من واقع الأحمال الثابتة $g_{bending}$
- قيمة تحسب من واقع الأحمال المتحركة $p_{bending}$

ثانياً : أحمال من أجل القص و لها قيمتان :

- قيمة تحسب من واقع الأحمال الثابتة g_{shear}
- قيمة تحسب من واقع الأحمال المتحركة p_{shear}

وهنا يظهر سؤال : لماذا نجزئ قيم الأحمال هكذا و نجعلها أربع قيم بدلاً من قيمة واحدة ؟

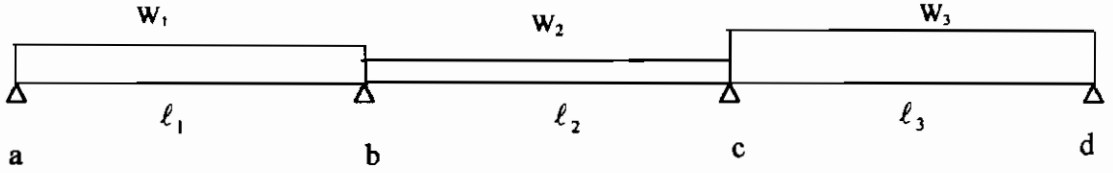
والإجابـــــة :

التقسيم إلى نوعين عزم و قص Bending (b) & shear (Sh) سبق بيانه .

و التقسيم إلى نوعين (حمل ثابت و آخر متحرك) Dead (g) & Live (P) سببه يرجـــع لنفـس الأسباب التى سبق دراستها فى نظرية الإنشاءات فيما يسمى خطوط التأثير و الأحمال المتحركة Influence Line & Moving Loads حيث تذكر أننا كنا ندرس حالات تحميل مختلفة من أجـــل الحصول على أكبر قيمة للعزم أو القص عند قطاعات معينة وكنا وقتها نتعامل مع الحمل الثـابت وحده والحمل المتحرك وحده .

وتوضح الأشكال أرقام (٦،٥) هذه الفكرة و منها يظهر أن الفصل بيـــن g,p أمـــر مفيـــد فـــى الحصول على أقصى عزم أو قص عند قطاع معين و عليه يصبح لدينا أربعـــة أصنـــاف مـــن الأحمال هى: g_b, g_{sh}, p_b, p_{sh} .

وكما هو معلوم يمكن إيجاد العزوم عند الركائز المتوسطة مثل (b ، c) باســـتخدام معـــادلات العزوم الثلاثية (Three Moment Equations) كما يأتي : –



– بتطبيق المعادلة عند الركيزة b : –

$$M_a(L_1)+2M_b(L_1+L_2)+M_c(L_2)=-6\left(\frac{W_1L_1^3}{24}+\frac{W_2L_2^3}{24}\right)$$

- أيضا بتطبيق المعادلة عند الركيزة C : -

$$M_b(L_2)+2M_c(L_2+L_3)+M_d(L_3)=-6\left(\frac{W_2L_2^3}{24}+\frac{W_3L_3^3}{24}\right).$$

وبحل المعادلتين السابقتين آنيا يمكن الحصول علي (M_b, M_c) .

مثال : - ارسم شكل عزم الانحناء المطلق Absolute bending Moment للكمرة ذات الطـرف الممتد الموضحة بشكل (٥ – ب) Overhanging beam .

1 – Case Of Max + ve M : -

$w_1 = 1.4g + 1.6p = 1.4*2.0 + 1.6*1.0 = 4.4t/m^-.$

$w_2 = 0.9g = 0.9*2.0 = 1.8t/m^-.$

M_{max} at zero Shear .

$10.28 = 4.4\ x$.

$$X = \frac{10.28}{4.4} = 2.336m$$

$$M_x = R*X - \frac{4.4X^2}{2}$$

$$= 10.28*2.336 - \frac{4.4(2.336)^2}{2} = 12.0\ mt = M_{max}.$$

$$M_b = \frac{1.8(2)^2}{2} = 3.6mt$$

2 – Case Of Max - ve : -

$$M_b = \frac{4.4(2)^2}{2} = 8.8$$

١ – ٥ : حساب الحمل لكل متر مربع : -

نلاحظ أن كلا من g,p تقاس بالكيلوجرام لكل متر مربع إلا أن g تمثل جزأين :

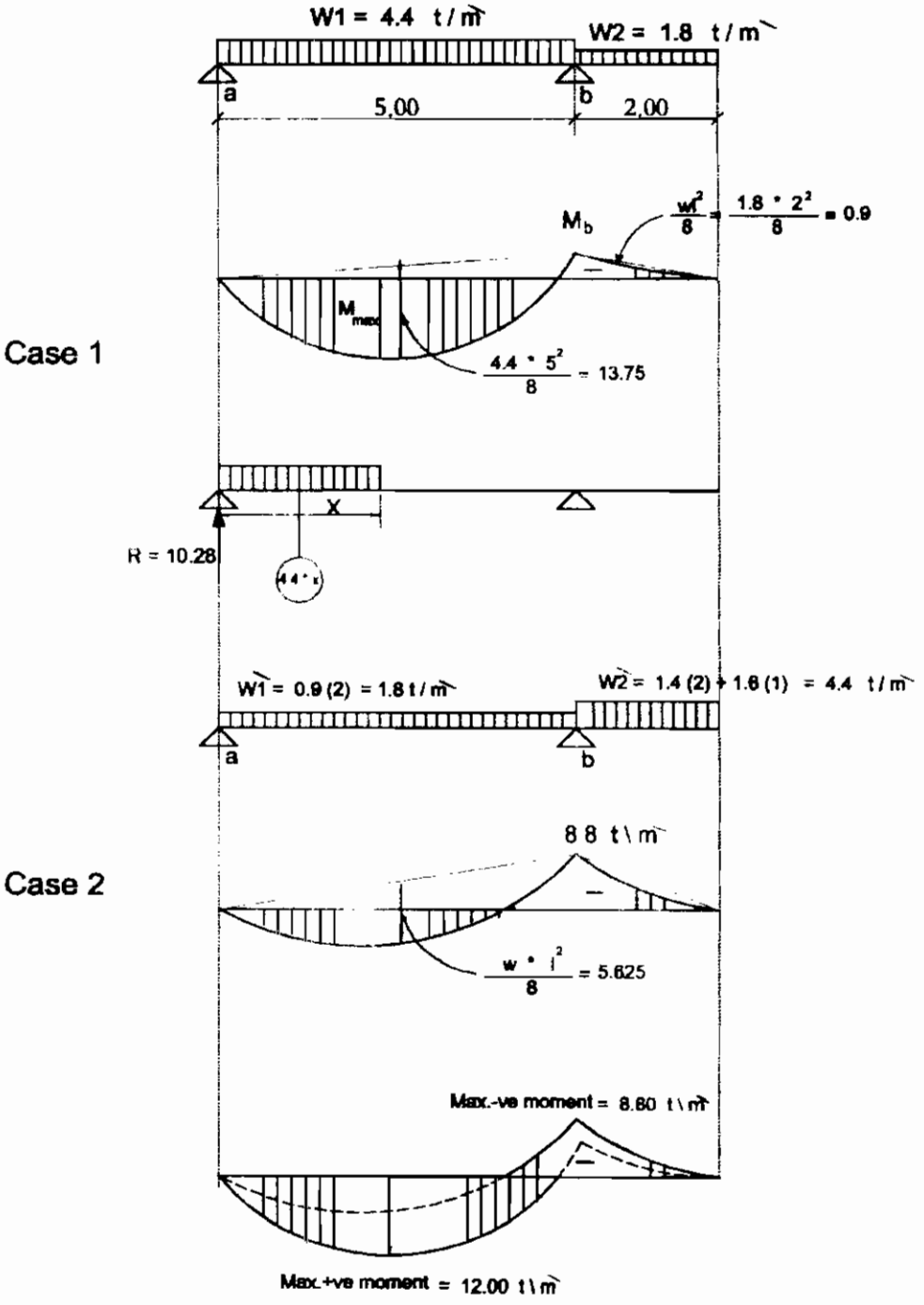
الأول : وزن البلاطة نفسها وهى = γ t حيث سمك البلاطة = t وكثافة الخرسانة = γ شكل (٧)

وحاصل ضربهما يمثل وزن المتر المربع من الخرسانة نفسها. أما وزن التغطيات فهي تختلف من نـوع إلى آخر طبقا للجدول رقم (٢) الموضح بالملحق و كذلك قيمة الحمل الحي (المتحرك) تختلف بـاختلاف نوع المبنى و طبيعة الأحمال طبقا للجدول رقم (٣) الموضح بالملحق أيضا .

١ – ٦ : حساب الحمل لكل متر طولي :

- يوضح شكل (٩) كيفية حساب الحمل لكل متر طولي للكمرات وبصفة عامة يجـب عنـد تصميم الكمرات حساب أحمالها لكل متر طولي من بحرها، و يتم ذلك كما يلي :

الحمل لكل متر طولي (من أجل العزوم) = حمل البلاطة لكل متر مربـع × ارتفـاع الشـكل الهندسي للحمل × المعامل α .



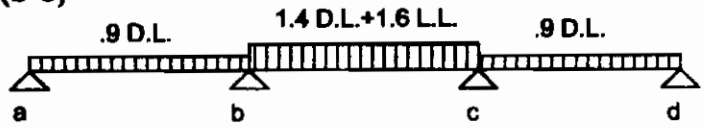
شـــكل (٥-ب)

عزوم الانحناء المطلقة على كمرة ذات

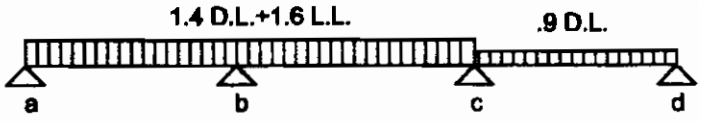
طرف ممتد (كابولى)

Absolute bending moment
on over - hanging beams

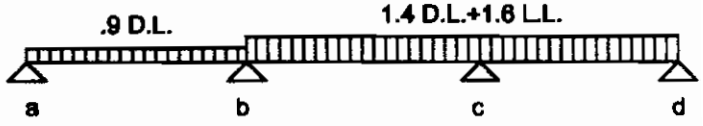
1-Max. +ve moment at mid span (b-c)



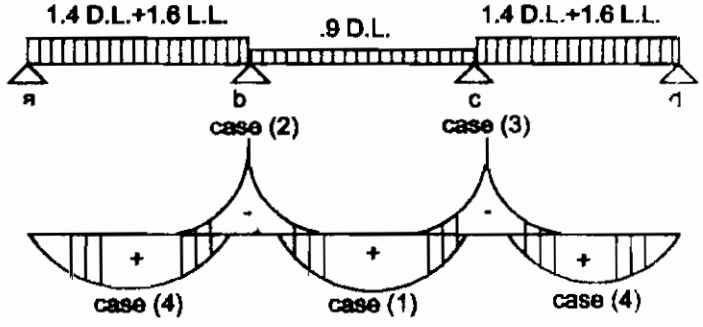
2-Max. -ve moment at b



3-Max. -ve moment at c



4-Max. +ve moment at spans (a-b) , (c-d)

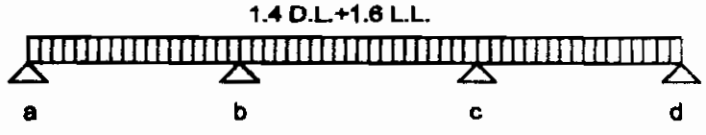


* Straining Actions

Max. B.M.D

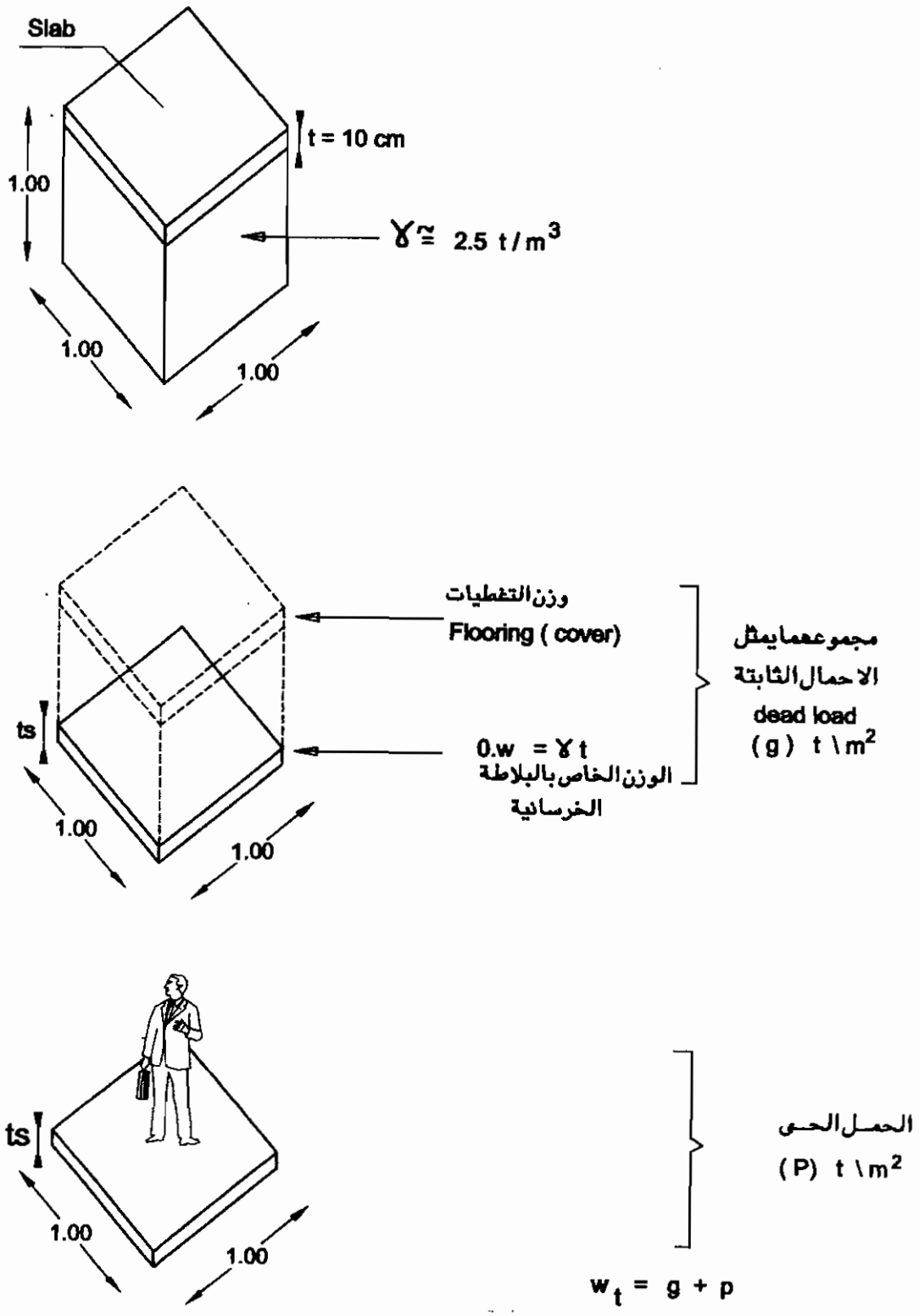
Cases of loading for bending

For simplicity



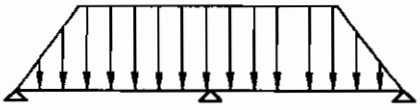
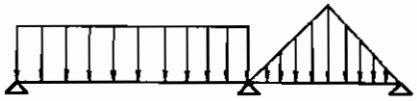
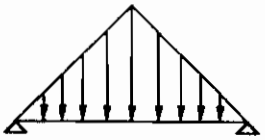
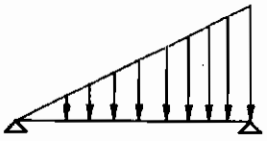
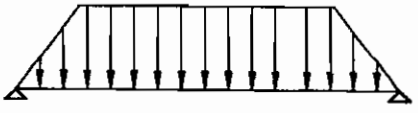
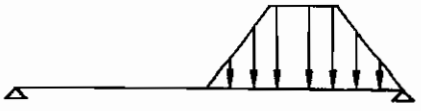
Cases of loading for shear
in continuous beams

شـــكل (٦)
حالات التحميل وقيم العزوم التصميمية
لكمرة مســـتمـرة



شـــكل (٧)

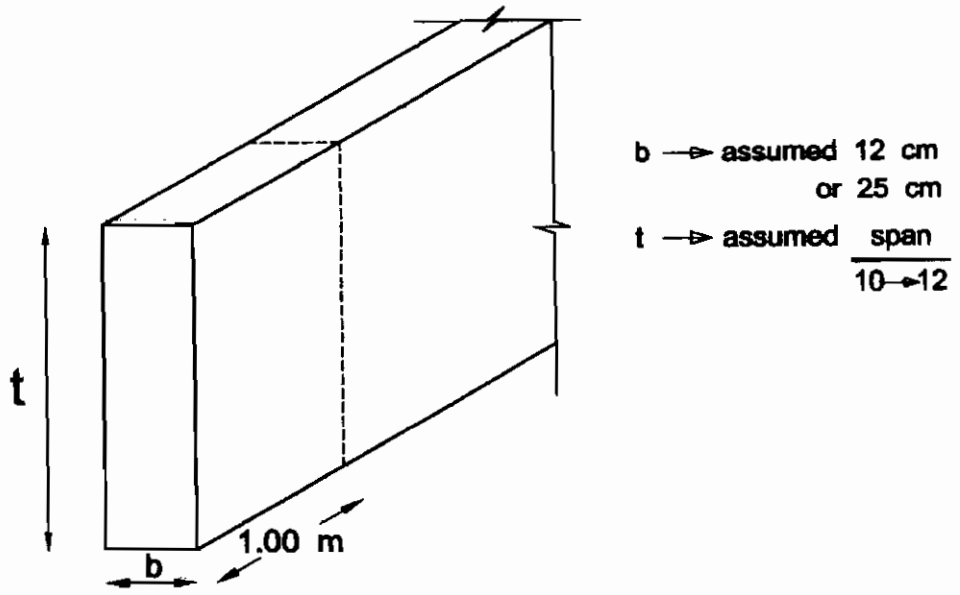
وزن المـتر المـربع من البلاطـة الخرسانيـة

الحالة العامة	الحالة الخاصة
كل بحر له حمله الخاص	 الحمل موزع على البحرين
 نهايات الاحمال عند الركائز	نهايات الاحمال ليست عند الركائز
 القيمة القصوى للحمل في منتصف البحر	 القيمة القصوى للحمل ليست في منتصف البحر
 الاحمال تغطي كل البحر	 الاحمال تغطي جزءاً من البحر

شـــكل (٨)

الحالات التي يمكن استخدام معاملات الحمل المكافىء (α, β) (الحالة العامة)

والتي لا يمكن استخدامها فيها (الحالة الخاصة)



Loads on beams

١ - من الكمرة نفسها

$$w\ t\backslash m = \overbrace{b * t * 1.0}^{\text{volume}} * \gamma_c$$

٢ - من البلاطات المحيطة بالكمرة

$$w\ t\backslash m = g\ \ t\backslash m \qquad \text{Or} \qquad P\ \ t\backslash m$$

٣ - من الحوائط المرتكزة عليها

$$w\ t\backslash m = w_{wall}\ t\backslash m$$

شـــكل (٩)

الاحمـال على كل مـتر طـولى من الكـــمرة

- الحمل لكل متر طولى (من أجل القص) = حمل البلاطة لكل متر مربع × ارتفاع الشكل الهندسي للحمل × المعامل β ، ومع أن هذه الطريقة تغطي معظم حالات حساب الأحمال إلا أن هناك حالات خاصة ، ويوضح شكل (٨) الحالات التي يمكن استخدام معاملات الحمل المكافئ (α, β) والحالات الخاصة التي لا يصبح استخدامها فيها .

كما يوضح شكل (١٢) كيفية حساب الحمل الناتج من الحوائط لكل متر طولي .

دعنا الآن ندرس حالة كمرة مستمرة لها بحور مختلفة وأحمال مختلفة لكل باكية (حالة عامة) ، حيث يمكن تحديد قيم أحمال الانحناء كما يأتي :

$$g_{1_{bending}} = density\ of\ g * \ell_{1/2} * \alpha_1$$
$$g_{2_{bending}} = density\ of\ g * \ell_{2/2} * \alpha_2$$
$$g_{3_{bending}} = density\ of\ g * \ell_{3/2} * \alpha_3$$

وتتحدد قيم $P_{1(b)}, P_{2(b)}, P_{3(b)}$ بنفس الطريقة و لكن بالتعويض بقيم P بدلا من g.

$$p_{1_{bending}} = density\ of\ p * \ell_{1/2} * \alpha_1$$
$$p_{2_{bending}} = density\ of\ p * \ell_{2/2} * \alpha_2$$
$$p_{3_{bending}} = density\ of\ p * \ell_{3/2} * \alpha_3$$

كذلك تتحدد قيم أحمال القص كما يلي :

$$g_{1_{shear}} = density\ of\ g * \ell_{1/2} * \beta_1$$
$$g_{2_{shear}} = density\ of\ g * \ell_{2/2} * \beta_2$$
$$g_{3_{shear}} = density\ of\ g * \ell_{3/2} * \beta 3$$

$$p_{1_{shear}} = density\ of\ p * \ell_{1/2} * \beta_1$$
$$p_{2_{shear}} = density\ of\ p * \ell_{2/2} * \beta_2$$
$$p_{3_{shear}} = density\ of\ p * \ell_{3/2} * \beta_3$$

حالة خاصة : - الطريقة المشروحة سابقا و التى يمكن من خلالها حساب قيم الأحمال لا يجوز استخدامها فى الحالات الموضحة بالشكل رقم (٨) ، حينئذ نتبع طريقة أخرى كما يلي : -

$$g_{bending} = g_{shear} = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{L_1 + L_2 + L_3} = \frac{\Sigma Area}{Span} * g$$

$$p_{bending} = p_{shear} = \frac{\Sigma Area}{Span} * p$$

ويجب أن نلاحظ أن كل ما تم شرحه سابقا ينطبق على الأحمال الموزعة أما الأحمال المركزة فتوضع بقيمتها المحسوبة من أحمال القص (Loads For Shear) و في مكانها المحدد ، وتوضح الأشكال ١٠ ، ١١ مثالين لكيفية توزيع أحمال البلاطات علي الكمرات تمهيدا لتصميمها .

١ - ٦ - ١ :الحمل الخاص بالكمرة نفسها :-

من الطبيعى أن تصمم الكمره كى تحمل نفسها أولا ثم تحمل باقى الأحمال التى يمكن أن تتعرض لها. و الوزن الخاص للكمره أو ما يسمى بـ own weight يحسب لكل متر طولى من بحر الكمرة حيث يتم ذلك بحساب حجم الخرسانة في طول = ١م و يضرب فى كثافة الخرسانة المسلحة التي =٢,٥٠ طن/م^٣ تقريبا شكل (٩) .

شكل رقم (١٠،١١) يبين تطبيقا على كيفية توزيع أحمال البلاطات على الكمرات من خلال سقف خرساني حيث تم توزيع الأحمال على الكمرات ثم تم فصل بعض الكمرات كل على حده و عليها شكل الأحمال المعرضة لها .

١ - ٦ - ٢ : أحمال الحوائط : -

شكل رقم (١٢) يبين حائطا مرتكزا على إحدى الكمرات و الكمره بدورها مرتكزة على عمودين عند طرفيها .

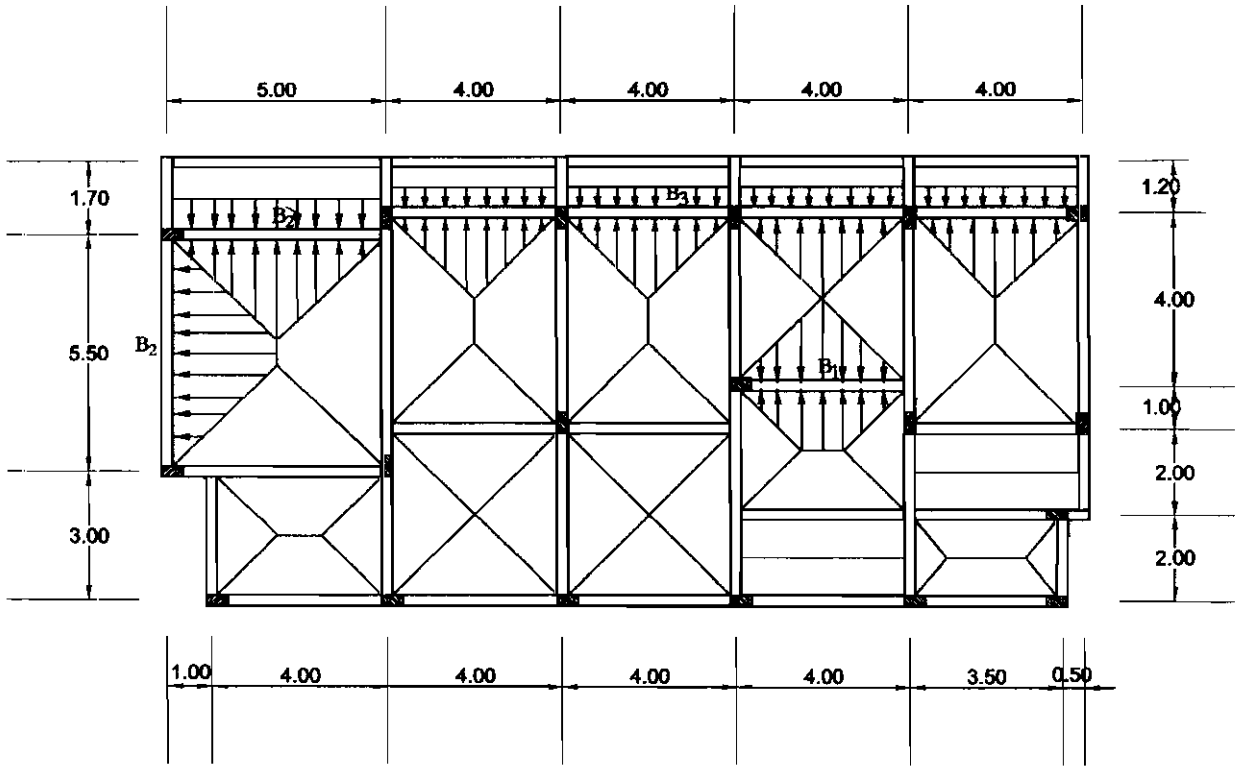
وقد جرت العادة على أن يتم اعتبار الحمل المحصور بين الخطوط التى تميل ٦٠° على محور الكمره فى حساب قوى القص و العزوم بالكمره ، بينما يؤخذ الحمل كاملا عند حساب ردود الأفعال على الأعمدة أو في حساب ردود الأفعال المنقولة من الكمرات الثانوية إلى الرئيسية .

ويتم تحويل هذا الشكل (شبه المنحرف) إلى شكل منتظم (مستطيل) أي من حمل

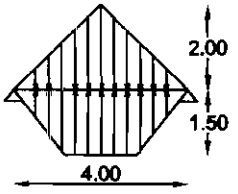
غير منتظم إلى حمل مكافئ منتظم باستخدام معاملات α ، β جدول (١) .

نلاحظ أنه لحساب أوزان الحوائط على الكمرات يتم اعتبار فعالية نظام العقدArch Action حيث يتكون مثلثين فى أقصى اليمين و أقصى اليسار لباكيه الحائط و التي يقوم بحملها العمودان المحيطان بالحائط ذات اليمين و ذات الشمال و يبقى الشكل شبه المنحرف الذي يمثل نصيب الكمره فقط من وزن الحائط و عليه يجب إضافة قيمة الشكل المثلث الذي يحمله العمود على قيمة رد الفعل الحادث عند العمود ويصبح رد الفعل الكلى حاصل جمع القيمتين سوياً .

ورغم انتشار هذه الطريقة إلا أنى أري أنه من الأفضل أن تحمل الكمره كل وزن الحائط دون تجزئة و تصبح قيمة المعامل β=1.0 حتى لو كان الحائط به فتحات و الذي قد يفسره البعض أنه أدعى لاعتبار فعالية نظام العقد Arch Action .

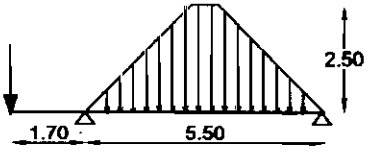


كمرة بسيطة
Simple beam



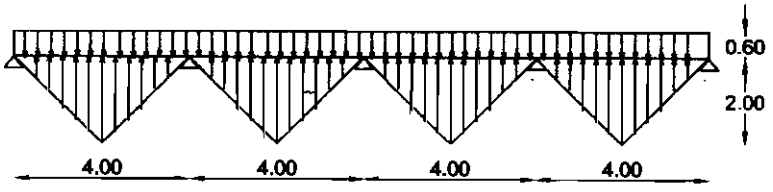
B_1

كمرة كابولية
cantilever beam



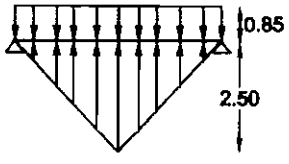
B_2

كمرة مستمرة
continous beam
equal span



B_3

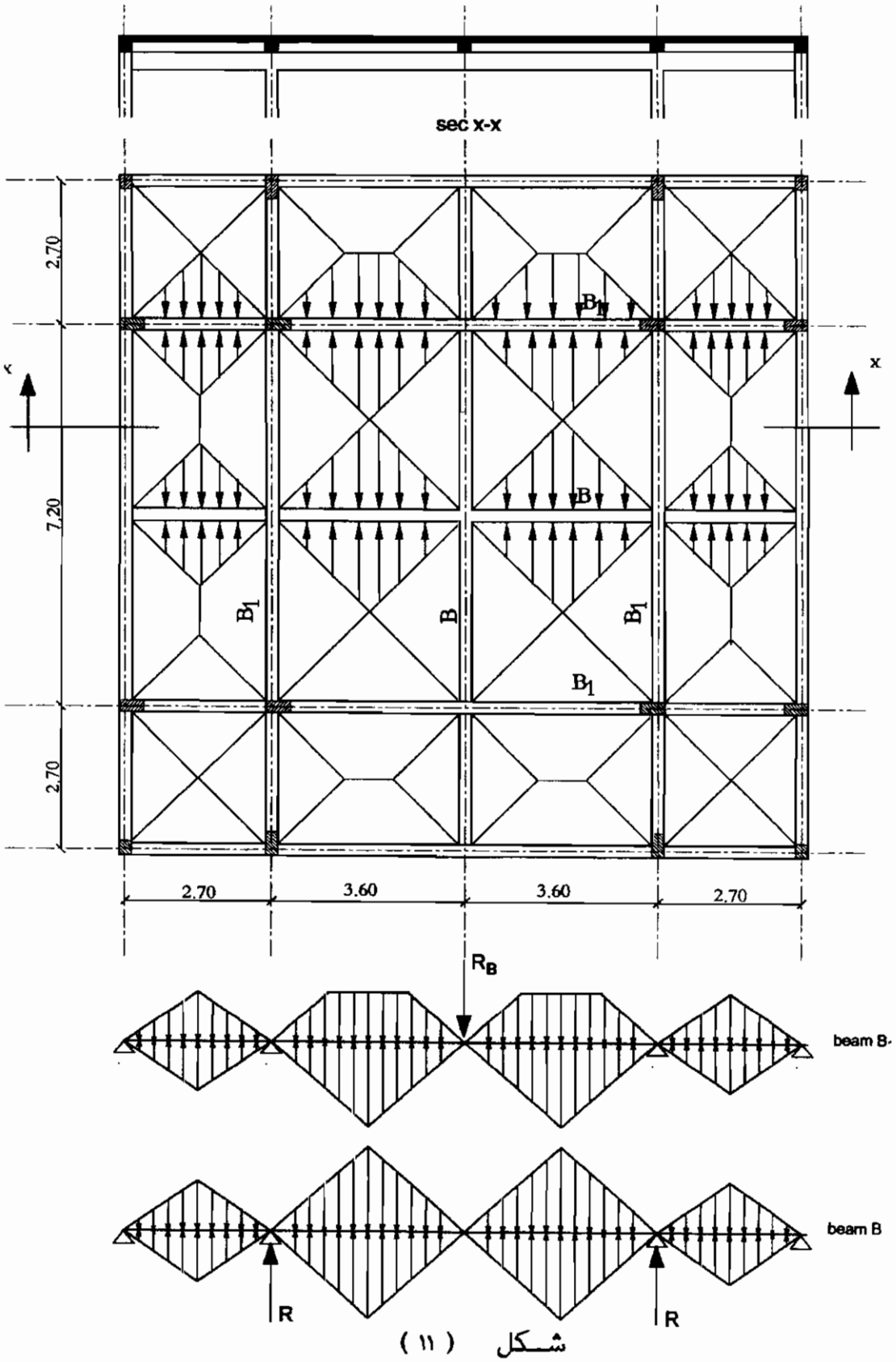
كمرة بسيطة
Simple beam



$\hat{B_2}$

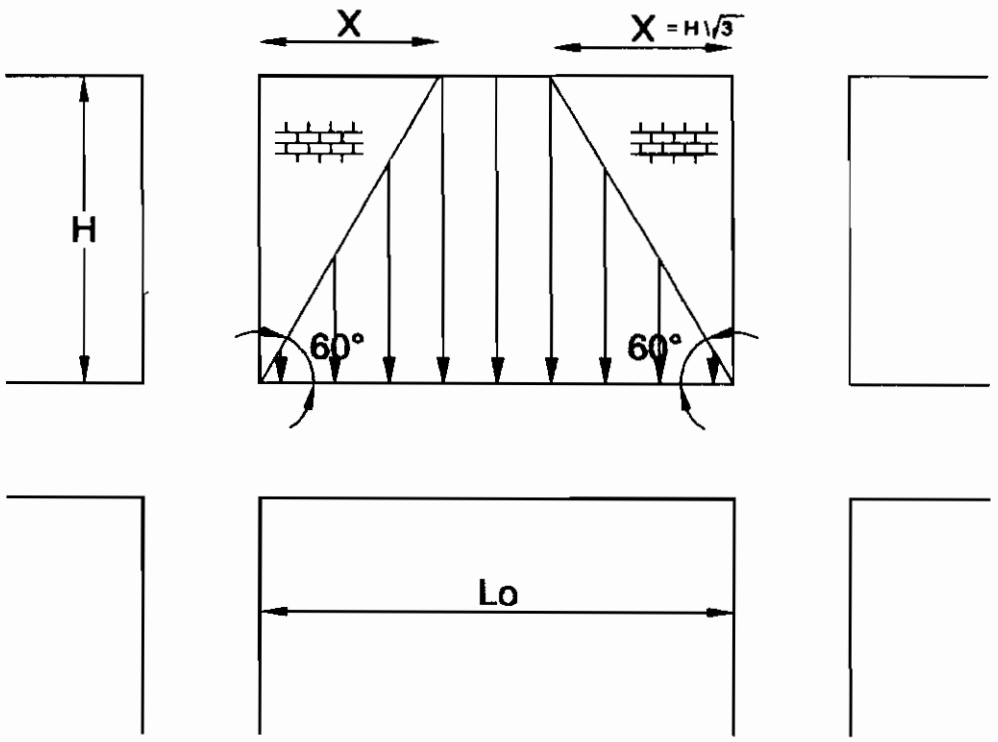
شكل (١٠)

توزيع أحمال البلاطات على الكمرات



شـــكل (١١)

تطبيق على كيفية توزيع أحمـال البلاطات على الكمـرات



$$W_{bending} = \alpha * H * \alpha$$

$$W_{shear} = \alpha * H * \beta$$

α = intensity / m^2

= intensity / m^3 * t

where t = wall thickness

شـــكل (١٢)

الحمل المنقول من حائط مبانى للكمرة والذى يسبب
عزوما و قوى قص بها

١ – ٧ : مثـــــــــال : –

فيما يلي دراسة مفصلة لمنشأ صغير ، شكل رقم (١٣) نبين من خلاله تسلسل خطـــوات الحل الإنشائى، حيث يعبر عن مسقط أفقي لمبنى سكنى مكون من عدة طوابق وقـــد تـــم توزيع مواضع الأعمدة بما يتناسب مع التصميم وإليك المعلومات الآتية :

Data:-

- Ground floor height = 4.5 m — ارتفاع الدور الأرضي
- Typical floor height = 3.0 m — ارتفاع الدور المتكرر
- Exterior wall thickness = 25 cm — سمك الحوائط الخارجية
- Interior wall thickness =12cm — سمك الحوائط الداخلية
- Wall intensity =1500Kg/m^3 — كثافة الحوائط
- Flooring =150 Kg/m^2 — وزن التغطيات فوق البلاطة
- Wall cover intensity = 40 Kg/m^2/side — وزن بياض الحوائط
- Weight of handrail =150 Kg/m — وزن سور السطح (الكوبسته)

و المطلوب — *It is required to:-*

١) تصميم نظام الكمرات الرئيسية و الثانوية

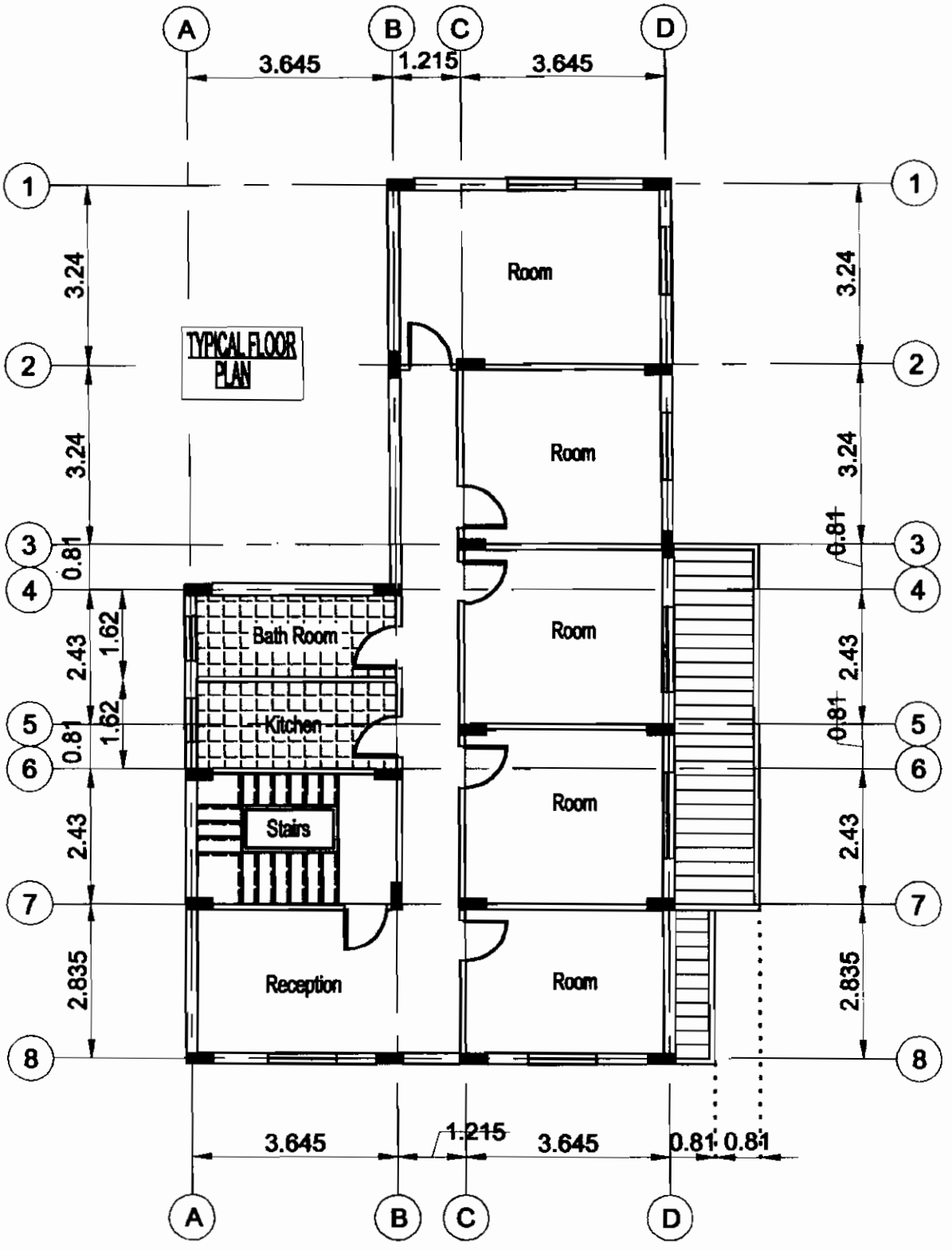
1) Draw a structural plan showing the system of main and secondary beams.

٢) تصميم توزيع الأحمال على الكمرات المقترحة.

2) Sketch the load distribution on the proposed structural plan.

٣) حساب الأحمال المكافئة على الكمرات سواء من أحمال العزوم أو أحمال القـص و التى تؤثر على الكمرات B1, 2, 3, 4 and 5 .

3) Calculate the equivalent loads for bending moments and for shearing forces acting on beams B1, B2, B3, B4 and B5.



شـــكل (١٣)

مسقـــط أفقي للـــدور المتكـــرر لمنشأ صغيـــر

Solution:- *الحل*

Slab load:- *أحمال البلاطات*

Assume slab thickness = 10 cm. (minimum thickness of slabs will be given later in the design of R.C. solid slabs) .

بفرض أن سمك البلاطة الخرسانية = ١٠سم و هو الحد الأدنى لسمك البلاطات كما سيتم توضيحه عند شرح تصميم البلاطات .

$g_s = \gamma_c \times ts + flooring$ الحمل الثابت من أجل القص

$g_s = 2.5 \times 0.1 + 0.15 = 0.4 t/m^2$

p_s = Live Load = 0.2t/m2 for rooms (For Residential Buildings)

الحمل المتحرك من أجل القص

$p_s = 0.3 t/m^2$ for balconies (Code for loads ....., table (4-1)

Wall load:- *أحمال الحوائط*

$g_w = \gamma_w \times tw$ + wall cover intensity الحمل الثابت للحائط

$g_w = 1.5 \times 0.12 + 0.08 = 0.26 t/m^2$ (for interior walls) للحوائط الداخلية

$g_w = 1.5 \times 0.25 + 0.08 = 0.46 t/m^2$ (for exterior walls) للحوائط الخارجية

- الشكل رقم (١٤) يبين طريقة توزيع أحمال البلاطات علي الكمرات كما سبق شرحه

Beam B1: Along Axis (5) Between (C,D) - Fig (15) : -

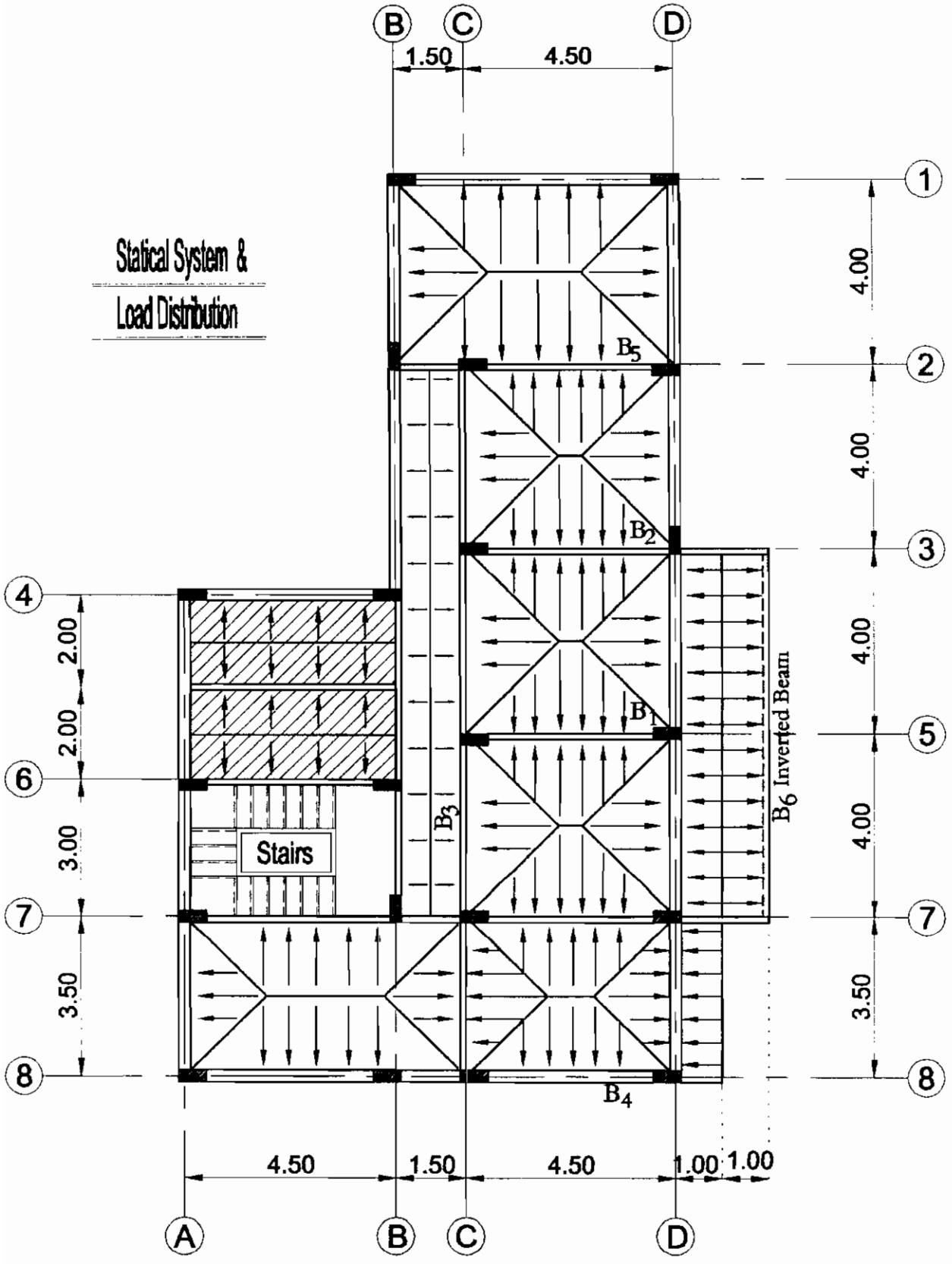
وبعد تحديد القيم المجردة للأحمال لنبدأ بالكمره B1 حيث نفترض عرضاً لقطاع الكمره=عرض الحائط الذى أسفله و من المعلوم أن ارتفاع هذا الحائط = ارتفاع الدور مطروحاً منه عمق الكمرات

Assume the width of the beam = the thickness of the wall

b = 12 cm

, The thickness $t \cong \frac{span}{10} = \frac{450}{10} = 45cm$

$\therefore h_{wall}$ = Floor Height - Beam Thickness = 3.00 - 0.45 = 2.55 m


Statical System &
Load Distribution
B
C
D
1.50
4.50
1
2
3
4
5
6
7
8
4.00
4.00
4.00
4.00
4.00
2.00
2.00
3.00
3.50
3.50
B5
B2
B1
B3
B4
B6 Inverted Beam
Stairs
4.50
1.50
4.50
1.00
1.00
A
B
C
D

شـــكل (١٤)

Slab load:- حمل البلاطة على الكمرةB1 (شكل ١٥)

$gs = 0.4t/m^2$, $ps = 0.2t/m^2$

$L/2x = 4.5/4 = 1.125$ نسبة الاستطالة لهذه البلاطة

Using Table (1) :

$\therefore \alpha_1 = 0.736$, $\beta_1 = 0.555$

Wall load:- حمل الحائط على الكمرةB1 (شكل ١٥)

$g_w = 0.26t/m^2$

$$L/2x = \frac{4.5}{(2x2.55x\tan 30^o)} = 1.528$$

Using Table (1)

$\therefore \alpha_2 = 0.857$, $\beta_2 = 0.673$ Fig (3)

Load on beam:-

g_b = O.W. + Slab load + Wall load

$g_b = (\gamma_c \times b \times t_b) + 2 (g_s \times X \times \alpha_1) + (g_w \times h_w \times \alpha_2)$

$g_b = (2.5x0.12x0.45)+2(0.4x2x0.736)+(0.26x2.55x0.857) = 1.88t/m$

p_b = Slab load

$p_b = 2 (p_s \times X \times \alpha_1)$

$p_b = 2 (0.2 \times 2 \times 0.736) = 0.59$ t/m

g_{sh} = O.W. + Slab load + Wall load

$g_{sh} = (\gamma_c \times b \times t_b) + 2 (g_s \times X \times \beta_1) + (g_w \times h_w \times \beta_2)$

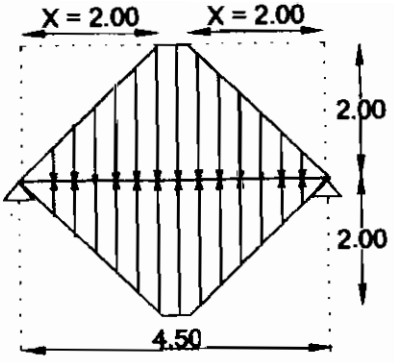
$g_{sh} = (2.5x0.12x0.45)+2(0.4x2x0.555)+(0.26x2.55x0.673) = 1.47t/m$

p_{sh} = Slab load

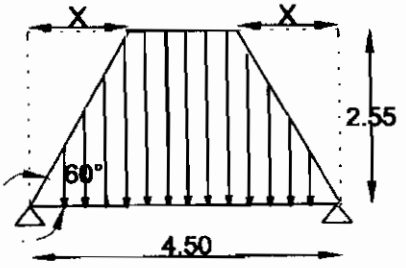
$p_{sh} = 2 (p_s \times X \times \beta_1)$

$p_{sh} = 2 (0.2 \times 2 \times 0.555) = 0.44$ t/m

Loads on beam B1 will be as Shown in Fig (15).



Beam B1 - slab Load



Beam B1 - wall Load

P_b = 0.59 t\m`

g_b = 1.88 t\m`

4.50

Load for Bending

P_{sh} = 0.44 t\m`

g_{sh} = 1.47 t\m`

4.50

Load for Shear

شـكل (١٥)

الاحمـال علىالكمـرة B1

Beam B2: Along Axis (3) Between (C,D) – Fig (16) : -

Assume the width of the beam b = 12cm

, the thickness $t \cong \frac{span}{12} = \frac{450}{12} = 40cm$

$\therefore h_{wall} = 3.00 - 0.40 = 2.60m$

Slab load:-

$gs = 0.4t/m^2$, $ps = 0.2t/m^2$

$L/2x = 4.5/4 = 1.125$

Using Table (1))

$\therefore \alpha_1 = 0.736$, $\beta_1 = 0.555$

Wall load:-

$g_w = 0.26t/m^2$

$x = 2.6 \times \tan 30 = 1.5m$

$$L/2x = \frac{4.5}{(2x1.5)} = 1.5$$

Using Table (1)

$\therefore \alpha_2 = 0.853$, $\beta_2 = 0.667$

Load on beam:-

g_b = O.W. + Slab load + Wall load

a) Beam

$g_b = (\gamma_c \times b \times t_b) + 2 (g_s \times X \times \alpha_1) + (g_w \times h_w \times \alpha_2)$

$g_{b1} = (2.5x0.12x0.4)+2(0.4x2x0.736)+(0.26x2.60x0.853)= 1.87t/m$

p_b = Slab load = $2 (p_s \times X \times \alpha_1)$

$p_{b1} = 2 (0.2 \times 2 \times 0.736) = 0.59$ t/m

$g_{sh1} = (2.5x0.12x0.4)+2(0.4x2x0.555)+(0.26x2.55x0.667)=1.46t/m$

$p_{sh1} = 2 (0.2 \times 2 \times 0.555) = 0.44$ t/m

b) Cantilever Part

g_{b2} = O.W. + Slab load + Handrail load

g_{b2} = (2.5x0.12x0.4)+(0.0)+(0.15)=0.27t/m

p_{b2} = p_{sh2} = (0.0)

g_{sh2} = (2.5x0.12x0.4)+(0.0)+(0.15)=0.27t/m

The concentrated load from the balcony (Beam B6):-

Assume the width of the beam b = 12cm

, the thickness $t \cong \frac{span}{12} = \frac{800}{12} = 80cm$

Slab load:-

gs = 0.4t/m^2, ps = 0.3t/m^2

L/2x = 8.0/2 = 4>2.0 (one way slab) $\therefore \alpha_3 = 1.0$, $\beta_3 = 1.0$

Wall load:-

g_w = weight of the handrail = 0.15t/m

Load on beam:-

g_{sh} = (2.5x0.12x0.8)+(0.4x1.0x1.0)+(0.15)=0.79t/m

p_{sh} = (0.30 x 1.0 x 1.0) = 0.3t/m

G = 0.79 x 8.0/2 = 3.16ton

P = 0.30 x 8.0/2 = 1.20ton

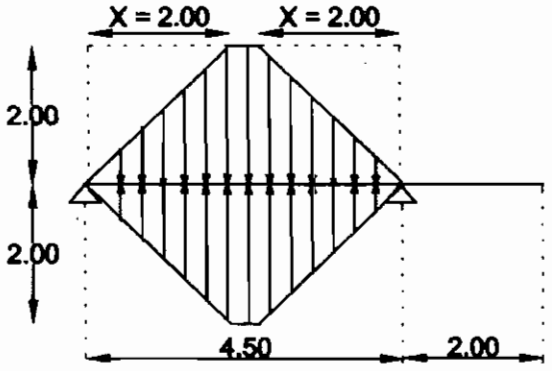
Loads on beam B2 will be as Shown in Fig (16) : -

Beam B3: Along Axis (C) Between (2,8) – Fig (17) : -

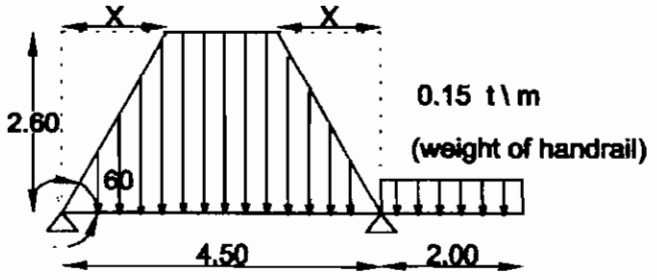
b = 12cm

$t \cong \frac{span}{12} = \frac{400}{12} = 40cm$

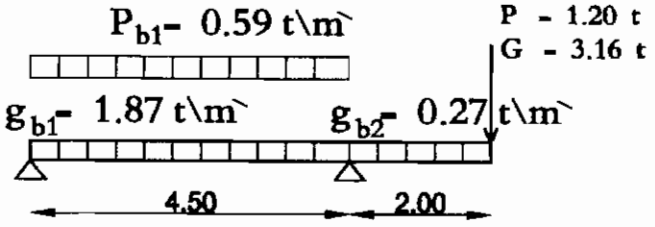
$\therefore h_{wall}$ = 3.00 - 0.40 = 2.60m



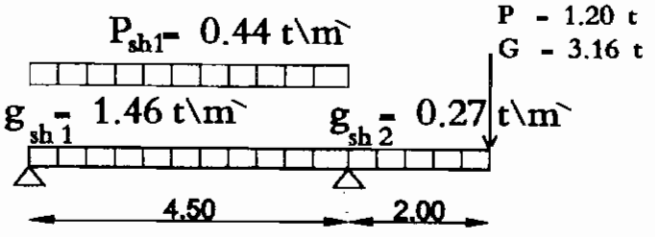
Beam B2 - slab Load



Beam B2 - wall Load



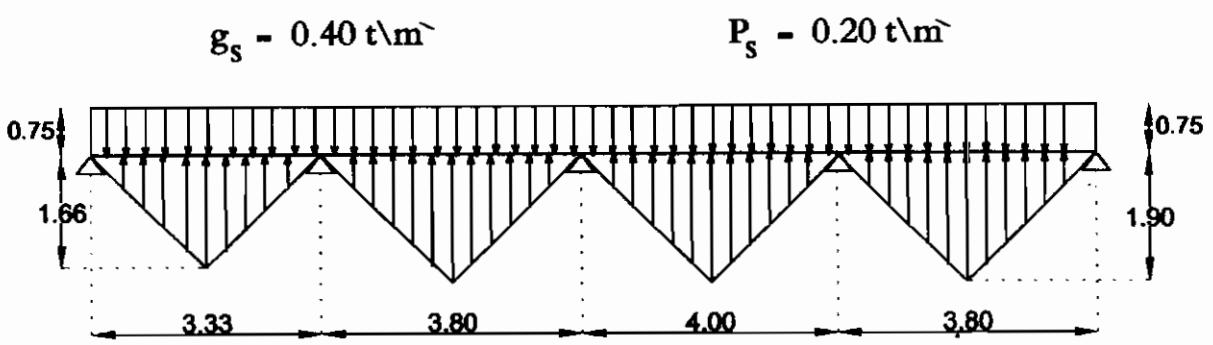
Load for Bending



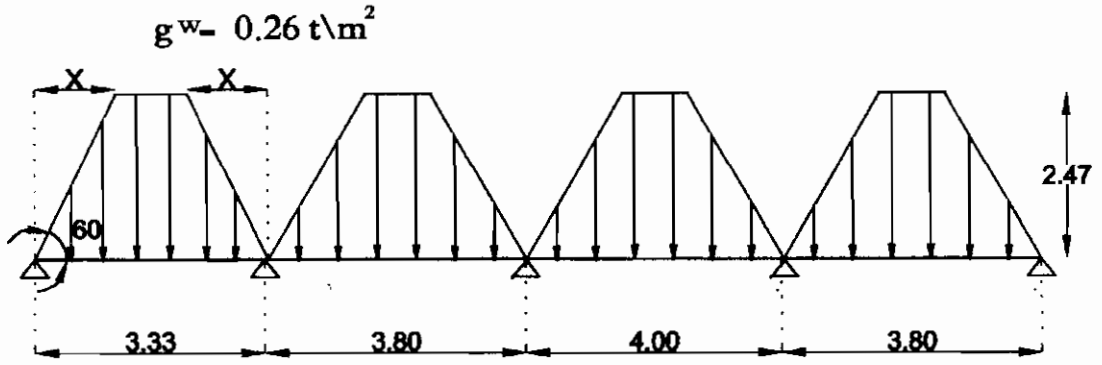
Load for Shear

شـكل (١٦)

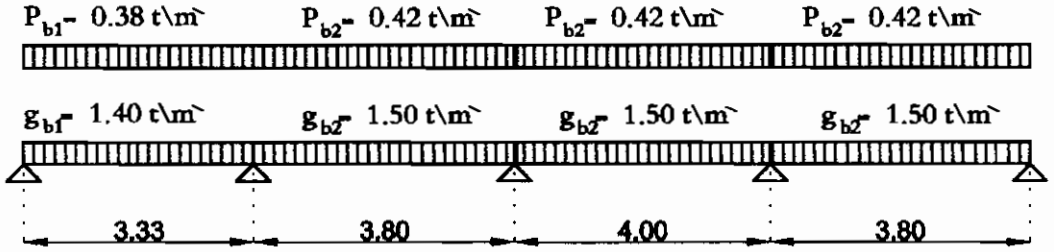
الاحمال على الكمـرة B2



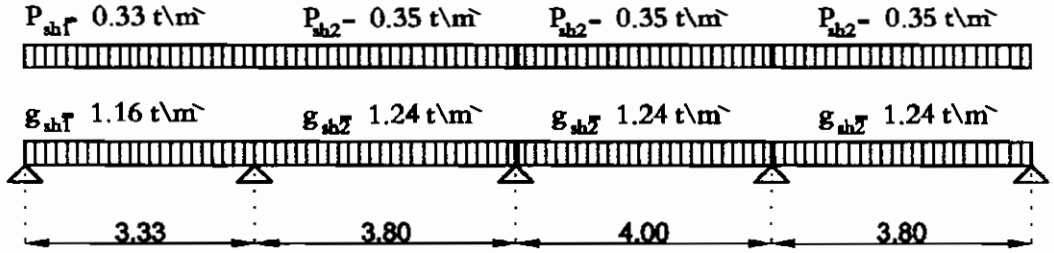
Beam B3 - slab Load



Beam B3 - Wall Load



Load for Bending



Load for Shear

شـكل (١٧)

الاحمـال علىالكمـرة B3

Slab load:-

$gs = 0.4t/m^2$, $ps = 0.2t/m^2$

For triangular load (L/2x = 1.0) $\alpha_1=2/3$, $\beta_1=0.5$

For rectangular load $\alpha_2=1.0$, $\beta_2=1.0$

Wall load:-

$g_w = 0.26t/m^2$

$$L1/2x = \frac{3.5}{(2x2.6x\tan 30^\circ)} = 1.167$$

Using Table (1)

$\therefore \alpha_3 = 0.754$, $\beta_3 = 0.573$

$$L_2/2x = \frac{4.0}{(2x2.6x\tan 30^\circ)} = 1.330$$

Using Table (1)

$\therefore \alpha_4 = 0.810$, $\beta_4 = 0.620$

Load on beam:-

a) First Span (L=3.50m):-

g_b = O.W. + Slab load + Wall load

$g_b = (\gamma_c \times b \times t_b) + \Sigma (g_s \times X \times \alpha) + (g_w \times h_w \times \alpha)$

$g_{b1} = (2.5x0.12x0.40)+(0.4x0.75x1.0+0.4x1.75x2/3)+(0.26x2.6x0.754)$

$= 1.40t/m$

p_b = Slab load

$p_b = \Sigma (p_s \times X \times \alpha)$

$p_{b1} = (0.2x0.75x1.0+0.2x1.75x2/3) = 0.38t/m$

g_{sh} = O.W. + Slab load + Wall load

$g_{sh} = (\gamma_c \times b \times t_b) + \Sigma (g_s \times X \times \beta) + (g_w \times h_w \times \beta)$

$g_{sh1} = (2.5x0.12x0.40)+(0.4x0.75+0.4x1.75x0.5)+(0.26x2.6x0.573)$

$= 1.16t/m$

p_{sh} = Slab load

$p_{sh} = \Sigma (p_s \times X \times \beta)$

$p_{sh1} = (0.2x0.75+0.2x1.75x0.5) = 0.33$ t/m

b) Second, Third & Fourth Spans (L=4.0m):

g_{b2} = (2.5x0.12x0.40)+(0.4x0.75+0.4x2.0x2/3)+(0.26x2.6x0.810)

= 1.50t/m

p_{b2} = (0.2x0.75+0.2x2.0x2/3) =0.42t/m

g_{sh2} = (2.5x0.12x0.40)+(0.4x0.75+0.4x2.0x0.5)+(0.26x2.6x0.62)

= 1.24t/m

p_{sh2} = (0.2x0.75+0.2x2.0x0.5) =0.35t/m

Loads on beam B3 will be as Shown in Fig (17) :-

Beam B4: Along Axis (8) Between (A,D) Fig (18) :-

Assume the width of the beam = the thickness of the wall

b = 25cm

, the thickness $t \cong \frac{span}{12} = \frac{450}{12} = 40cm$

$\therefore h_{wall} = 3.00 - 0.40 = 2.60m$

Slab load:-

gs = 0.4t/m^2, ps = 0.2t/m^2

L/2x = 4.5/(2x1.75) = 1.286

Using Table (1))

$\therefore \alpha_1 = 0.80$, $\beta_1 = 0.61$

Wall load:-

$g_w = 1.5 \times 0.5 + 0.08 = 0.46t/m^2$

$$L/2x = \frac{4.5}{(2x2.60x\tan 30^o)} = 1.5$$

$\therefore \alpha_2 = 0.853$, $\beta_2 = 0.667$

For intermediate bay hw = 0.75 tan 60 = 1.30m

$\therefore \alpha_3 = 2/3$, $\beta_3 = 0.50$ (For triangular load)

Load on beam:-

g_b = O.W. + Slab load + Wall load

$g_{b1} = (\gamma_c \times b \times t_b) + (g_s \times X \times \alpha_1) + (g_w \times h_w \times \alpha_2)$

g_{b1} = (2.5x0.25x0.40)+(0.4x2x1.75x0.80)+(0.46x2.60x0.853)= 1.83 t/m

p_b = Slab load

p_{b1} = $(p_s \times X \times \alpha_1) = (0.2 \times 1.75 \times 0.80) = 0.28t/m$

g_{sh} = O.W. + Slab load + Wall load

g_{sh1} = $(\gamma_c \times b \times t_b) + (g_s \times X \times \beta_1) + (g_w \times h_w \times \beta_2)$

g_{sh1} = $(2.5x0.25x0.40)+(0.4x1.75x0.61)+(0.46x2.6x0.667)=1.47t/m$

p_{sh} = Slab load

p_{sh1} = $(p_s \times X \times \beta_1) = (0.2 \times 1.75 \times 0.61) = 0.21t/m$

g_{b2} = $(\gamma_c \times b \times t_b) + (g_w \times h_w \times \alpha_3)$

g_{b2} = $(2.5x0.25x0.40)+(0.0)+(0.46x1.300x2/3)=0.65t/m$

p_{b2} = $p_{sh2} = (0.0)$

g_{sh2} = $(2.5x0.25x0.40)+(0.0)+(0.46x1.30x0.5) = 0.55$ t/m

Loads on beam B4 will be as Show In Fig (18) :-

Beam B5: Along Axis (2) Between (B,D) Fig (19) :-

Assume the width of the beam = the thickness of the wall

b = 12cm

, the thickness $t \cong \frac{span}{12} = \frac{450}{12} = 40cm$

$\therefore h_{wall} = 3.00 - 0.40 = 2.60m$

Slab load:-

$gs = 0.4t/m^2$, $ps = 0.2t/m^2$

$L/2x = 4.5/(4) = 1.125$

Using Table (1))

$\therefore \alpha_1 = 0.736$, $\beta_1 = 0.555$

Wall load:-

$g_w = 0.26t/m^2$

For first bay hw = 0.75 tan 60 = 1.30m

$\therefore \alpha_2 = 2/3$, $\beta_2 = 0.50$

(For triangular load)

For second bay x = 2.6 tan 30 = 1.5m

$L/2x = 1.5$

Using Table (1)

$\therefore \alpha_3 = 0.853$, $\beta_3 = 0.667$

Load on beam:

g_b = O.W. + Slab load + Wall load

$g_{b1} = (\gamma_c \times b \times t_b) + (g_s \times X \times \frac{area}{span}) + (g_w \times h_w \times \alpha_2)$

g_{b1} = (2.5x0.12x0.40)+0.4 x (0.5x1.5x1.5)/1.5+(0.26x1.30x2/3)

= 0.645t/m

$g_{sh1} = (\gamma_c \times b \times t_b) + (g_s \times X \times \frac{area}{span}) + (g_w \times h_w \times \beta_2)$

g_{sh1} = (2.5x0.12x0.40)+0.4 x (0.5x1.5x1.5)/1.5+(0.26x1.30x0.5)

=0.59t/m

$p_{b1} = p_{sh1}$ = 0.2 x (0.5 x 1.5 x 1.5)/1.5 = 0.15t/m

$g_{b2} = (\gamma_c \times b \times t_b) + (g_s \times X \times \alpha_1 + g_s \times \frac{area}{span}) + (g_w \times h_w \times \alpha_3)$

g_{b2} = (2.5x0.12x0.40)+(0.4x2x0.736+0.4({2+6}x2/2-1.5^2/2) /4.5 +

(0.26x2.6x0.853)=1.90t/m

p_{b2} = (0.2x2x0.736+0.2({2+6}x2/2-1.5^2/2)/4.5=0.6t/m

$g_{sh2} = (\gamma_c \times b \times t_b) + (g_s \times X \times \beta_1 + g_s \times \frac{area}{span}) + (g_w \times h_w \times \beta_3)$

g_{sh2} = (2.5x0.12x0.40)+(0.4x2x0.555+0.4({2+6}x2/2-1.5^2/2) /4.5 +

(0.26x2.6x0.0.667)=1.63t/m

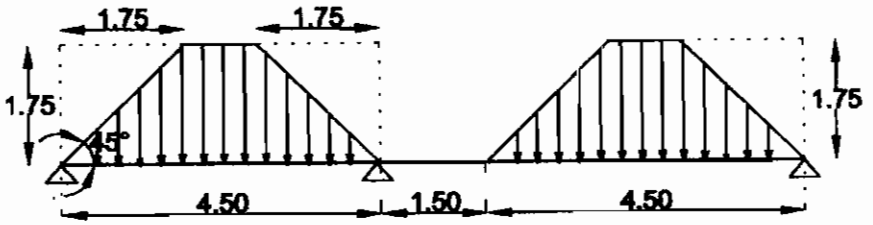
p_{sh2} = (0.2x2x0.555+0.2({2+6}x2/2-1.5^2/2)/4.5=0.53t/m

Loads on beam B5 will be as Shown in Fig (19) :-

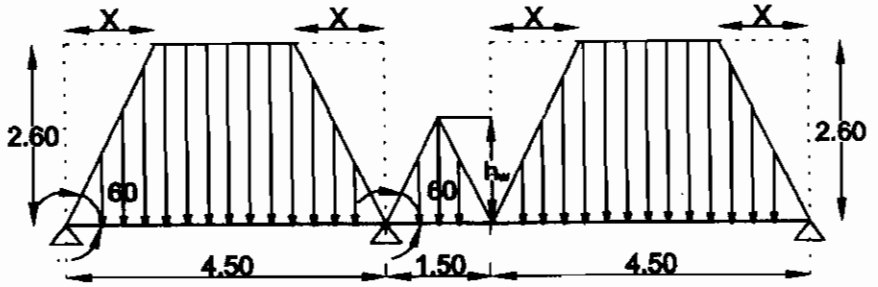
ملحوظة :

يجب الالتفات إلي أننا أدخلنا في حسابات أحمال الحوائط علي الكمرات تـــأثير فعاليـــة نظـــام العقـــد (arch action) حيث تم اعتبار أن الكمرة تحمل شبه منحرف وأن كلا المثلثين الأيمـــن والأيسر يدخلان في حساب أحمال الأعمدة التي ترتكز عليها الكمرة وكما ذكرنا آنفـــاً أنـــه مـــن الجائز عند حساب ردود الأفعال تحميل كل حمل الحائط للكمرة أي باعتبار أن قيمة B=1.0 .

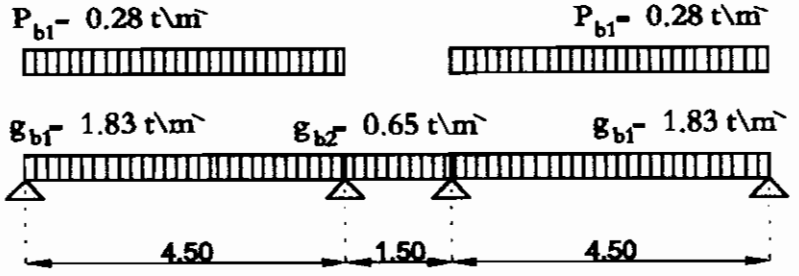
أما في حالة وجود فتحات في الحائط فيجب عدم استخدام نظام فعالية نظام العقد بل نعتـــبر كـــل الأحمال منقولة بالفعل للكمرات دون الأعمدة واعتبار أن قيمة B = 1.0 .



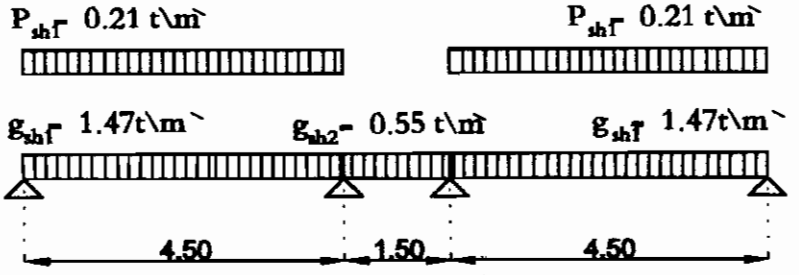
Beam B4 - slab Load



Beam B4 - Wall Load



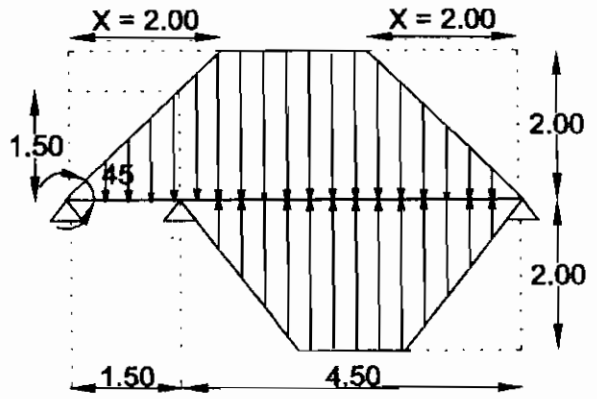
Load for Bending



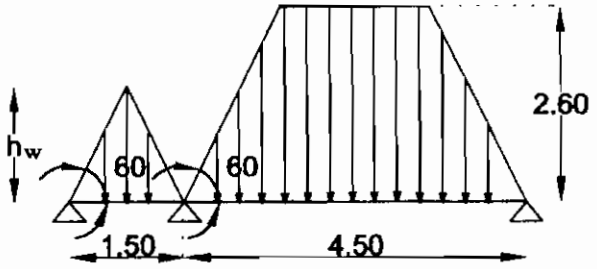
Load for Shear

شـكل (١٨)

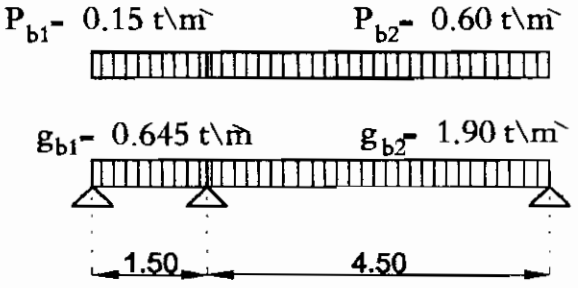
الاحمـال علىالكمـرة B4



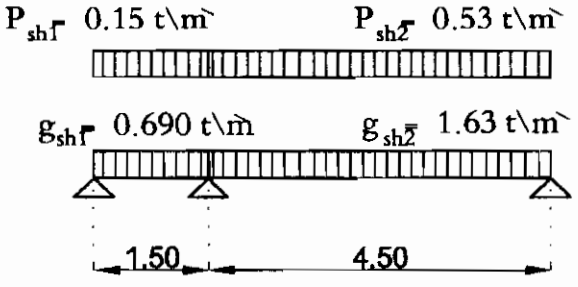
Beam B5 - slab Load



Beam B5 - Wall Load



Load for Bending



Load for Shear

شـــكل (١٩)

الاحمـال علـى الكمـرة B5