وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الخرسانة المسلحة(٢)


وقل رب زدني علما
Damascus University

منشورات جامعة دمشق
كلية الهندسة المدنية

الخرسانة المسلحة (٢)

د.م محمد فريز عابدين
أستاذ مساعد في قسم الهندسة الإنشائية

د.م عصام مالك
أستاذ مساعد في قسم الهندسة الإنشائية

د.م زهير عامر
مدرس في قسم الهندسة الإنشائية

جامعة دمشق

١٤٣٣-١٤٣٤هـ
٢٠١٢-٢٠١٣م


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفهرس

المقدمة	١٥
الفصل الأول	١٩
١-١- مقدمة	٢١
١-٢- أنواع التسليح لمقاومة الإجهادات الشادة القطرية	٢٣
١-٣- دراسة إجهادات القص (الإجهادات المماسية)	٢٣
١-٣-١- الإجهادات في المرحلة الأولى من عمل المقطع (ما قبل التشقق)	٢٤
١-٣-٢- الإجهادات في المرحلة الثانية من عمل المقطع (ما بعد التشقق)	٢٦
١-٤- إجهادات القص بطريقة حالات الحدود	٢٩
١-٤-١- انكسار الجوائز البيتونية المسلحة على القص	٢٩
١-٤-٢- حساب التسليح اللازم لمقاومة إجهادات القص	٣٠
١-٤-٣- مراحل حساب المقاطع المعرضة لقوى القص	٣٤
١-٤-٣-١- تحديد المقاطع الحرجة على القص	٣٤
١-٤-٣-٢- عرض المقطع المقاوم للقص	٣٦
١-٤-٣-٣- حساب الإجهادات القاصة الحدية المسموحة والعظمى	٣٧
١-٤-٣-٤- حساب التسليح الخاص بالقص	٣٨
١-٤-٣-٥- اشتراطات التسليح بموجب الكود العربي السوري	٣٩
١-٥- مثال	٤١

الفصل الثاني	٤٧
٢-١- مقدمة	٤٩
٢-١-١- أنواع الفتل المطبق على العناصر	٥٢
٢-١-٢- أنواع الإجهادات الناتجة عن الفتل	٥٤
٢-٢- حساب التسليح المقاوم لعزوم الفتل	٥٥
٢-٢-١- التسليح في الحالة العامة (قضبان مائلة باتجاه الإجهادات الشادة الرئيسية)	٥٥
٢-٢-٢- التسليح المستخدم على شكل قضبان طولية وأساور عرضية مطوقة	٥٨
٢-٣-مراحل حساب المقاطع المعرضة لعزوم الفتل وقوى القص معاً	٦٠
٢-٣-١- مقدمة	٦٠
٢-٣-٢- حساب الإجهادات القاصة الفعلية	٦٠
٢-٣-٣- حساب الإجهادات القاصة والأعظمية المسموحة و للقص والفتل معاً	٦٤
٢-٣-٤- حساب التسليح الخاص بالفتل بوجود القص	٦٥
٢-٣-٥- شروط التسليح الخاص بالفتل	٦٦
٢-٤- مثال	٦٧
الفصل الثالث	٧٣
أ- تصميم الأعمدة الطويلة	٧٥
٣-١- مقدمة	٧٥

٣-٢- تعاريف	٧٦
٣-٢-١- التحليل الإنشائي من الدرجة الأولى	٧٦
٣-٢-٢- التحليل الإنشائي من الدرجة الثانية	٧٧
٣-٢-٣- ملاحظات	٧٧
٣-٣- حساب الأعمدة الطويلة	٧٨
٣-٣-١- مقدمة	٧٨
٣-٣-٢- دراسة الأعمدة الطويلة بحسب قيمة (λ)	٧٨
٣-٤- الانعطاف المركب في الأعمدة الطويلة	٨٢
٣-٥- شروط التسليح	٨٢
٣-٦- مثال	٨٣
ب- تصميم عناصر البيتون المسلح المعرضة للشد اللامركزي	٨٧
٣-١- مقدمة	٨٧
٣-٢- حالة اللامركزية الكبيرة	٨٧
٣-٣- حالة اللامركزية الصغيرة	٨٩
الفصل الرابع	٩١
الجوائز (الكمرات) البسيطة و المستمرة	٩٣
٤-١ مقدمة و تعاريف	٩٣
٤-٢ تصميم الجوائز البسيطة	٩٥
٤-٢-١ المجاز الفعال (الحسابي) L	٩٦
٤-٢-٢ تقدير الحمولات	٩٨

٤-٢-٣ إيجاد مخطط عزم الانعطاف و مخطط قوى القص	١٠١
٤-٢-٤ بعض الاشتراطات المتعلقة بحساب المقاطع	١٠٢
٤-٢-٥ تحديد ارتفاع المقطع و حساب التسليح ، و ترتيب التسليح في المقطع	١٠٤
٤-٢-٦ تكسيح أو إيقاف بعض قضبان الشد الرئيسية استناداً لمخطط العزم	١٠٧
٤-٢-٧ دراسة الجائز على القص و توزيع التسليح العرضي بما يناسب مخطط قوى القص	١١٦
٤-٢-٨ قضبان طولية أخرى	١١٧
٤-٣ الجوائز البسيطة ذات الأظفار و مفهوم مغلف العزوم و مغلف قوى القص	١١٩
٤-٤ حساب و تصميم الجوائز المستمرة	١٢٣
٤-٤-١ أفكار أساسية	١٢٤
٤-٤-٢ مراحل تصميم جائز مستمر (الطريقة الدقيقة)	١٣١
٤-٤-٣ طرق مبسطة لحساب الجوائز المستمرة و تصميمها	١٣٨
٤-٥ بعض التفصيلات الإنشائية و الملاحظات الإضافية	١٤٣
٤-٥-١ التسليح اللازم إضافته في منطقة استناد جائز ثانوي على جائز آخر رئيسي	١٤٣
٤-٥-٢ تأمين الاستقرار العرضي للجوائز المقلوبة ضد التحنيب	١٤٤
٤-٥-٣ كيفية إعداد الرسومات الإنشائية للجوائز	١٤٥
أمثلة عددية لحساب الجوائز	١٤٧
المثال الأول	١٤٧
المثال الثاني	١٥٢
المثال الثالث	١٦٠

الفصل الخامس	١٦٧
البلاطات البيتونية المليئة (المصمتة)	١٦٩
- تمهيد حول أنواع البلاطات البيتونية المسلحة	١٦٩
٥-١ مقدمة و تعاريف	١٧١
٥-٢ دراسة البلاطات المليئة	١٧٢
٥-٢-١ تعريف البلاطات المليئة العاملة باتجاه واحد و البلاطات المليئة العاملة باتجاهين	١٧٢
٥-٢-٢ دراسة أولية تبين سبب إهمال دور البعد الطويل b للبلاطة في حمل الحمولات عندما تكون نسبة بعدي البلاطة هي $\frac{b}{a} \geq 2$	١٧٣
٥-٢-٣ حساب و تصميم البلاطات المليئة العاملة باتجاه واحد	١٧٦
٥-٢-٣-١ الخطوات المتبعة في عملية تصميم البلاطات التي تعمل باتجاه وحد	١٧٦
٥-٢-٣-٢ القواعد التي يجب التقيد بها عند حساب البلاطات التي تعمل باتجاه واحد و تصميمها	١٨١
٥-٢-٤ دراسة البلاطات المليئة التي تعمل باتجاهين	١٨٥
٥-٢-٤-١ تمهيد	١٨٥
٥-٢-٤-٢ نظرة إلى أهم النتائج التجريبية المتعلقة بسلوك البلاطات المليئة	١٨٨
٥-٢-٤-٣ معالجة البلاطات المستمرة	١٩٠
٥-٢-٤-٤ طرائق الكود السوري في تصميم البلاطات التي تعمل باتجاهين	١٩١
٥-٢-٤-٥ القواعد التي يجب التقيد بها عند حساب البلاطات المليئة العاملة باتجاهين و تصميمها ، مع القواعد المتعلقة بالأظفار و الفتحات	٢٠٣

٥-٣ أمثلة عددية	٢٠٨
٥-٣-١ مثال على تصميم بلاطة تعمل باتجاه واحد	٢٠٨
٥-٣-٢ مثال على تصميم بلاطة مصمتة تعمل باتجاهين	٢١٣
الفصل السادس	٢٢١
٦-١- تعريف البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد، مزاياهاوعيوبها	٢٢١
٦-٢- أشكال البلاطات المفرغة باتجاه واحد	٢٢١
٦-٣- العناصر الإنشائية والاشتراطات البعدية واشتراطات التسليح	٢٢٢
٦-٤- ملاحظات حول اختيار الجملة الإنشائية المناسبة	٢٢٦
٦-٥- الحساب الإنشائي	٢٢٧
٦-٥-١- بلاطة التغطية	٢٢٧
٦-٥-٢- الأعصاب المتكررة	٢٢٧
٦-٥-٣- الأعصاب العريضة	٢٢٩
٦-٥-٤- الجوائز	٢٢٩
٦-٦- التحقق من الثقب	٢٣١
٦-٧- الفتحات في البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد	٢٣٢
٦-٨- أحمال القواطع على البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد	٢٣٣
٦-٨-١- الحمل الإضافي المكافئ للقواطع الخفيفة على الأسقف المسلحة	٢٣٣
٦-٨-٢- الحمل الإضافي المكافئ للقواطع الثقيلة على الأسقف المسلحة	٢٣٤
٦-٩- مثال عددي	٢٣٥
٦-٩-١- بلاطة التغطية	٢٣٧
٦-٩-٢- الأعصاب المتكررة	٢٣٨
٦-٩-٢-١- الجملة الإنشائية	٢٣٨

٦-٩-٢-٢- تحديد الحمولات	٢٣٨
٦-٩-٢-٣- التحليل الإنشائي	٢٣٩
٦-٩-٢-٤- حساب التسليح الطولي	٢٣٩
٦-٩-٢-٥- حساب التسليح العرضي	٢٤١
٦-٩-٣-حساب الجائز وفق المحور ٣-٣	٢٤٢
٦-٩-٣-١- الجملة الإنشائية	٢٤٢
٦-٩-٣-٢- تحديد الحمولات	٢٤٢
٦-٩-٣-٣-التحليل الإنشائي، وتصميم المقاطع	٢٤٣
الفصل السابع	٢٤٥
٧-١- تعريف	٢٤٥
٧-٢- أشكال البلاطات المفرغة ذات الأعصاب بالاتجاهين	٢٤٥
٧-٣- البلاطات المفرغة ذات الأعصاب باتجاهين، بتباعد أقل من متر واحد (النوع الأول)	٢٤٦
٧-٣-١- العناصر الإنشائية والاشتراطات البعدية واشتراطات التسليح	٢٤٦
٧-٣-٢- الحساب الإنشائي	٢٤٨
٧-٤- البلاطات ذات الجوائز المتصالبة بتباعد أكبر من متر واحد، (النوع الثاني)	٢٥٠
٧-٤-١- العناصر الإنشائية والاشتراطات البعدية واشتراطات التسليح	٢٥٠
٧-٤-٢- الحساب الإنشائي	٢٥٢
٧-٥- الفتحات في البلاطات المفرغة ذات الأعصاب بالاتجاهين	٢٥٤
٧-٦- الأحمال المكافئة للقواطع فوق البلاطات المعصبة	٢٥٥

٧-٧- مثال عددي	٢٥٥
٧-٧-١- الحل الأول	٢٥٦
٧-٧-١- الحل الثاني	٢٥٩
الفصل الثامن	٢٦٧
٨-١- تعريف	٢٦٧
٨-٢- الاشتراطات البعدية واشتراطات التسليح	٢٦٨
٨-٢-١- الاشتراطات البعدية	٢٦٨
٨-٢-٢- اشتراطات وترتيبات التسليح في البلاطة الفطرية	٢٦٩
٨-٢-٣- تسليح تيجان أعمدة البلاطات الفطرية	٢٧٠
٨-٣- الحساب الإنشائي للبلاطات الفطرية	٢٧١
٨-٣-١- حساب البلاطات الفطرية كهياكل (إطارات مستمرة)	٢٧١
٨-٣-٢- الحساب الافتراضي للبلاطات الفطرية المعرضة لأحمال منتظمة التوزيع	٢٧٤
٨-٤- القص في البلاطات الفطرية	٢٧٧
٨-٥- الفتحات في البلاطات الفطرية	٢٧٨
٨-٦- مثال عددي	٢٨٠
٨-٦-١- تحديد سمك البلاطة وأبعاد تيجان الأعمدة	٢٨٠
٨-٦-٢- تحديد الحمولات	٢٨٢
٨-٦-٣- حساب العزوم بالاتجاه الطويل	٢٨٢
٨-٦-٤- التحقق من القص بجوار عمود وسطي	٢٨٤

٨-٦-٥- حساب عزوم الانعطاف والقوى الناظمية التصميمية لعمود وسطي في الطابق السفلي	٢٨٥
الفصل التاسع	٢٨٩
٩-١- تعريف	٢٨٩
٩-٢- تصنيف الأدراج	٢٨٩
٩-٢-١- الأدراج الجائزية العاملة بالاتجاه الطويل	٢٨٩
٩-٢-٢- الأدراج الجائزية العاملة بالاتجاه القصير	٢٩٣
٩-٢-٣- الأدراج الظفرية	٢٩٤
٩-٢-٤- الأدراج العاملة بالاتجاهين	٢٩٥
٩-٢-٥- الأدراج الحرة (البارزة)	٢٩٥
٩-٢-٦- الأدراج الحلزونية	٢٩٦
٩-٣- مثال عملي	٢٩٧
٩-٣-١-الجملة الإنشائية	٢٩٧
٩-٣-٢- حساب الحمولات	٢٩٨
٩-٣-٢-حساب الحمولات	٢٩٩
٩-٣-٣- حساب عزوم الانعطاف	٢٩٩
٩-٣-٤- حساب التسليح	٣٠٠
ملحق	٣٠٣
المصطلحات العلمية	٣١٣
المراجع العلمية	٣٢١

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

مقدمة

تعتبر مقررات الخرسانة المسلحة من المواضيع الرئيسية في دراسات الهندسة الإنشائية بكلية الهندسة المدنية ، فهي تعطى خلال أربعة فصول دراسية اعتباراً من السنة الثالثة . ومن الناحية التطبيقية العملية فإن هذه المقررات ذات أهمية كبيرة في الدراسات الإنشائية للأبنية والجسور والخزانات والمنشآت الصناعية وغيرها من التطبيقات المباشرة التي يواجهها المهندس بشكل دائم .

يغطي هذا الكتاب مواضيع مقرر الخرسانة المسلحة ٢ في كلية الهندسة المدنية بجامعة دمشق ، الذي يعطى في الفصل الدراسي الأول من السنة الرابعة، بواقع أربع ساعات نظرية وساعتين عمليتين أسبوعياً. لذلك فهو يتناول في الفصل الأول منه موضوع تصميم عناصر البيتون المسلح المعرضة لقوى القص ، وفي الفصل الثاني يتطرق إلى موضوع تصميم العناصر المعرضة لعزوم الفتل ، أما في الفصل الثالث فيتناول موضوعي تصميم الأعمدة الطويلة وتصميم عناصر البيتون المسلح المعرضة للشد اللامركزي .

في الفصل الرابع يقدم الكتاب عرضاً مفصلاً لموضوع دراسة وتصميم الجوائز (الكَمرات) البسيطة والمستمرة . وفي الفصل الخامس يتناول بالتفصيل موضوع دراسة وتصميم البلاطات البيتونية المليئة (المصمتة).

في الفصل السادس يقدم الكتاب عرضاً مفصلاً لموضوع دراسة وتصميم البلاطات المفرغة باتجاه واحد، أو ما تدعى بلاطات الهوردي. ويتناول الفصل السابع بالتفصيل موضوع دراسة وتصميم البلاطات المفرغة ذات الأعصاب بالاتجاهين (البلاطات المعصبة بنوعيها).

أما في الفصل الثامن فيتناول الكتاب موضوع البلاطات المستوية التي تستند مباشرة إلى الأعمدة (البلاطات الفطرية). وتناول الفصل التاسع موضوع الأدراج الخرسانية المسلحة، تصنيفها من الناحية الإنشائية وكيفية حساب الأدراج الأكثر استعمالاً في الحياة العملية.

نظراً للأهمية التي يتصف بها هذا المقرر فقد تم شرح مواضيعه في هذا الكتاب بشكل يناسب طلاب السنة الرابعة ، من جهة، ويفيد أيضاً في الدراسات التصميمية العملية من جهة أخرى .

ولقد تم عرض مختلف فصول هذا الكتاب بشكل بسيط وواضح من دون إسهاب ، مراعين بذلك الحدود والتعليمات الخاصة بطباعة الكتب الجامعية . وتم اعتماد قواعد الكود العربي السوري لعام ٢٠٠٤ . ووضحنا ، عند عرض كل موضوع ، كيفية إجراء حساباته على حالة الحد الأقصى ، ودعمنا الشرح النظري في كل فصل بعدد كاف من الأمثلة العددية .

لقد اعتمدنا في أثناء الشرح على ما تعلمه الطالب من مواضيع في مقرر الخرسانة المسلحة (١) ، فعلى الطالب العودة إلى ذلك المقرر كلما دعت الحاجة إلى ذلك .

على كل حال ، وضعنا في نهاية كتابنا هذا ملحقاً لخّصنا فيه القوانين اللازمة لحساب المقاطع البيتونية المسلّحة الخاضعة للانعطاف البسيط (التي تشكل إحدى المواضيع المعطاة في مقرر الخرسانة "١" ، لكي نجعل هذه القوانين أقرب تناولاً إلى القارئ) .

قام بتأليف الفصول الأول و الثاني و الثالث الدكتور عصام مالك . و قام بتأليف الفصلين الرابع و الخامس وملحق حساب المقاطع الخاضعة للانعطاف الـــدكتور محمد فريز عابدين . و قام بتأليف الفصول السادس و والسابع والثامن والتاســـع الدكتور زهير عامر .

نأمل أن يحقق هذا الكتاب الفائدة الجيدة للطلاب خلال دراستهم الجامعية، وبعد تخرجهم في التطبيقات العملية، و أن يكون عوناً لهم في المستقبل إن شـــاء الله ، و الله من وراء القصد .

الدكتور المهندس محمد فريز عابدين دكتور دولة–أستاذ مساعد في الخرسانة المسلحة والمسبقة الإجهاد	الدكتور المهندس عصام مالك دكتور مهندس–أستاذ مساعد في الخرسانة المسلحة والمسبقة الإجهاد	الدكتور المهندس زهير عامر دكتور مهندس– مدرس في الخرسانة المسلحة

دمشق في ٢٠١٢/٢/١٠


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الأول

تصميم عناصر البيتون المسلح المعرضة لقوى القص

Design elements of reinforced concrete exposed to shear forces

١ -١ - مقدمة .

١ -٢ - أنواع التسليح لمقاومة الإجهادات الشادة القطرية .

١ -٣ - دراسة إجهادات القص (الإجهادات المماسية) .

١ -٣ -١ - الإجهادات في المرحلة الأولى من عمل المقطع (ما قبل التشقق) .

١ -٣ -٢ - الإجهادات في المرحلة الثانية من عمل المقطع (ما بعد التشقق) .

١ -٤ - إجهادات القص بطريقة حالات الحدود .

١ -٤ -١ - انكسار الجوائز البتونية المسلحة على القص .

١ -٤ -٢ - حساب التسليح اللازم لمقاومة إجهادات القص (الإجهادات المماسية) .

١ -٤ -٣ - مراحل حساب المقاطع المعرضة لقوى القص .

١ -٤ -٣ -١ - تحديد المقاطع الحرجة على القص .

١ -٤ -٣ -٢ - عرض المقطع المقاوم للقص .

١ -٤ -٣ -٣ - حساب الإجهادات القاصة الحدية المسموحة (τ_{cu}) والعظمى ($\tau_{u\max}$).

١ -٤ -٣ -٤ - حساب التسليح الخاص بالقص .

١ -٤ -٣ -٥ - اشتراطات التسليح بموجب الكود العربي السوري .

١ -٥ - مثال عملي .

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الأول

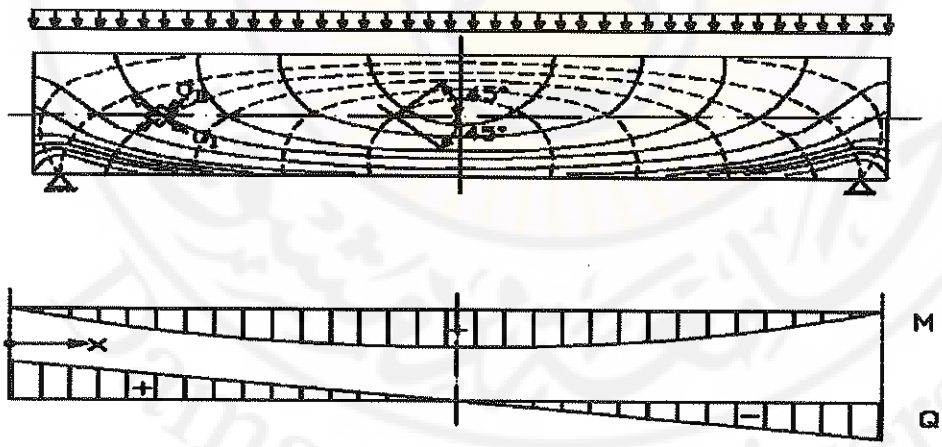
تصميم عناصر البيتون المسلح المعرضة لقوى القص

Design elements of reinforced concrete exposed to shear forces

١ -١ - مقدمة:

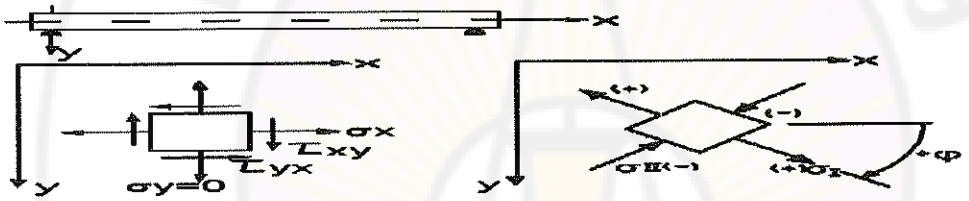
بعد تصميم عناصر البيتون المسلح لمقاومة عزوم الانعطاف Bending Moments لابد من التحقق أيضا لمقاومتها لإجهادات القص Shear Stresses التي تتعرض لها من خلال حساب التسليح اللازم لتحملها إذا كانت هذه الإجهادات تفوق قيمة معينة مسموحة أو الاكتفاء بنسبة تسليح إنشائية إذا كانت هذه الإجهادات أقل من قيمة الإجهادات المسموحة أو تساويها .

مع ملاحظة أن تغير العزم على طول الجائز $M_X \neq constant$ مقرون دوماً بوجود قوة قص مرافقة له $Q_{(x)} = \frac{dMx}{dx}$.

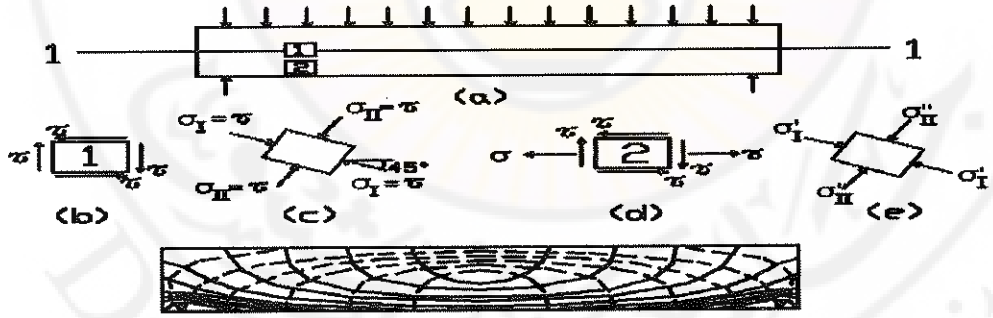


الشكل (١ -١)

إذا اعتبرنا الجائز البسيط الموضح في الشكل (١ -١) من البيتون المسلح الذي يتعرض لحمولة شاقولية فقط ، نجد أن مخططات العزم والقص الناتجة عنها تنتج في الجائز وعلى طوله إجهادات ناظمية (σ_x) Normal Stresses وإجهادات قاصة (إجهادات مماسية Tangential Stresses) (τ) وإجهادات رئيسية شادة (σ_I) وضاغطة (σ_{II}) Diagonal Tensile and Compressive Stresses شكل (١ -٢) ، وبدراسة عنصر صغير منه (١) عند المحور السليم (١ -١) كما هو مبين في الشكل (١ -٣) نجد أن الإجهادات المطبقة على هذا العنصر هي إجهادات قص (τ) فقط نظرا لانعدام الاجهاد الناظمي (σ_x) عند المحور السليم (١ -١) وعليه يكون إجهادا الشد (σ_I) والضغط (σ_{II}) الرئيسيان عند العنصر (١) يصنعان زاوية $135^\circ, 45^\circ$ على التوالي مع محور الجائز وبالتالي يبدو من دراسة هذا العنصر الصغير إنه ينتج عن إجهادات القص إجهادات شادة وضاغطة مساوية لها في القيمة حيث إن ($\sigma_I = \sigma_{II} = \tau$) عند المحور السليم .



الشكل (١ -٢)



الشكل (١ -٣)

ولما كانت مقاومة البيتون على الشد أقل بكثير من مقاومته على القص أو الضغط ، يتضح أن تصميم عناصر البيتون المسلح إنما يتم لمقاومة الإجهادات الشادة القطرية الناتجة عن القص وليس لمقاومة إجهادات القص نفسها .

١ -٢ - أنواع التسليح لمقاومة الإجهادات الشادة القطرية(Diagonal Tension Stresses):

يتم تحميل الإجهادات الشادة الرئيسية والناتجة عن إجهادات القص باستعمال تسليح عرضي من واحد أو أكثر من الأنواع الآتية:

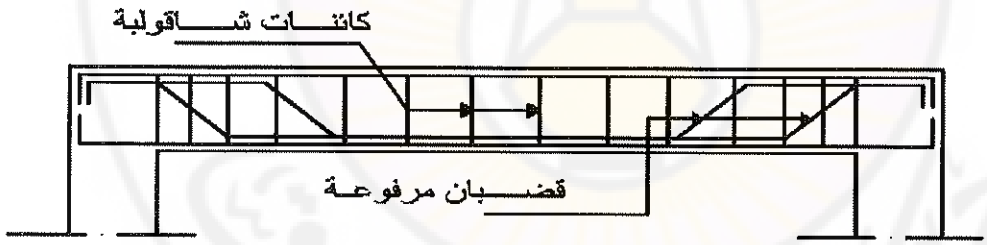
١ - القضبان المكسحة (المرفوعة) بزاوية لا تقل عن (30°) عن محور الجائز .

٢ - الأساور العمودية على محور الجائز أو المائلة بزاوية لا تقل عن (30°) عن محور الجائز .

٣ - الأساور الحلزونية المستمرة على طول الجائز .

أما الأساور فتكون على نوعين ، النوع الأول المفتوح بشكل حرف U والنوع الثاني المغلق الذي يطوق كامل المقطع ، ويفضل عادة استعمال النوع الثاني في عناصر البيتون المسلح وننصح باستعماله إلزاميا إذا كان المقطع معرضاً لعزم فتل .

وحيث إنه يتم تصميم المقاطع على القص بعد تحديد أبعادها وتسليحها اللازم لمقاومة عزم الانعطاف ، وكما سيتبين فيما بعد، فإن جزءاً من التسليح الطولي يكسح عادة في المناطق التي لا حاجة له فيها ليشكل تسليحا عاملا يشارك في مقاومة الإجهادات الشادة القطرية (الإجهادات القاصة)الشكل (١ -٤)



الشكل (١ -٤)

١ -٣ - دراسة إجهادات القص Shearing Stresses(الإجهادات المماسية Tangential Stresses):

للوصول إلى فهم كامل عن تأثير الإجهادات الشادة القطرية في مقاطع البيتون المسلح فإنه من المفيد دراسة توزيع إجهادات القص و ثم الإجهادات الشادة الرئيسية الناتجة عنها في مقاطع البيتون المسلح في مراحل العمل الأساسية للمقطع ، وهذه المراحل هي : المرحلة الأولى (مرحلة ما قبل التشقق) والمرحلة الثانية(مرحلة ما بعد التشقق) .

١ -٣ -١ - الإجهادات في المرحلة الأولى من عمل المقطع (ما قبل التشقق) :

في هذه المرحلة يكون المقطع معرضاً إلى عزم انعطاف متغير ينتج عنه إجهادات ناظمية موزعة بشكل خطي على كامل ارتفاع المقطع وتكون قيمة هذه الإجهادات متناسبة مع البعد عن المحور السليم كما هو الحال في المقاطع الإنشائية المتجانسة فتكون الإجهادات الناظمية الشادة أقل من مقاومة البيتون على الشد عند الانعطاف وبالتالي يكون البيتون على كامل المقطع عاملا لأن البيتون في القسم المشدود لم يتشقق بعد وينتج عن ذلك أن الإجهادات الناظمية في المقطع تحسب بالقانون نفسه المستعمل لحالة مقاطع الجوائز المتجانسة على أن تستبدل مساحة التسليح (As) بمساحة مكافئة من البيتون تساوي ($n \cdot As$) مركزة على محور التسليح ، حيث أن ($n = \frac{Es}{Ec}$)يدعى بعامل التكافؤ وهو ناتج عن تساوي التشوهات في البيتون والتسليح في نقاط التصاقها ، أي أن :

$$\varepsilon_s = \varepsilon_c = \frac{\sigma_s}{E_s} = \frac{\sigma_c}{E_c} \quad .....(1-1)$$

ومنه نجد :

أن قيمة إجهاد الشد في التسليح أكبر ب (n) مرة من قيمة الإجهاد في البيتون المتلاصق معه وعليه فالتسليح (A_s) يكافئ مساحة من البيتون تساوي ($(n-1)A_s$) أو بدقة كافية تساوي (nA_s) وبالتالي فإن علاقة الإجهادات الناظمية في أي نقطة تبعد مسافة (y) عن المحور السليم أو المحايد نتيجة تأثير عزوم الانعطاف هي :

$$\sigma_x = \frac{M}{Ie} y \quad (N/mm^2) \quad .....(1-2)$$

والإجهادات القاصة المتولدة في هذه النقطة نتيجة تأثير قوة القص تعطى بالعلاقة :

$$\tau = \frac{Q \cdot Se}{Ie \cdot b} \quad (N/mm^2) \quad .....(1-3)$$

حيث إن :

Se - العزم الستاتيكي للمساحة التي تعلو النقطة المعتبرة حول المحور المار بمركز ثقل المقطع المكافئ (m^3) .

Ie - عزم عطالة المقطع المكافئ حول محور مار بمركز ثقله (الذي ينطبق على المحور السليم عندما يتعرض المقطع لعزم انعطاف بسيط) (m^4) .

Y - بعد النقطة عن المحور السليم (m).

b - عرض المقطع عند الارتفاع y عن المحور السليم (m) .

ومن ملاحظة المعادلتين (٢-١) (٣-١) نلاحظ إن الإجهادات القاصة تكون أعظمية عند المحور السليم حيث إن Se=max Se وإن الإجهادات الناظمية تكون مساوية للصفر ($\sigma_x = 0$) .

أما الإجهادات الرئيسية الشادة والضاغطة عند نقطة معينة فتعطى بالعلاقة :

$$\sigma_{I,II} = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{(\frac{\sigma_x}{2})^2 + \tau^2} \quad .....(1-4)$$

حيث إن :

σ_x - الاجهاد الناظمي عند النقطة المعتبرة

τ - اجهاد القص عند النقطة نفسها

وتصنع الإجهادات الرئيسية ($\sigma_{I,II}$) مع محور الجائز الزاوية α

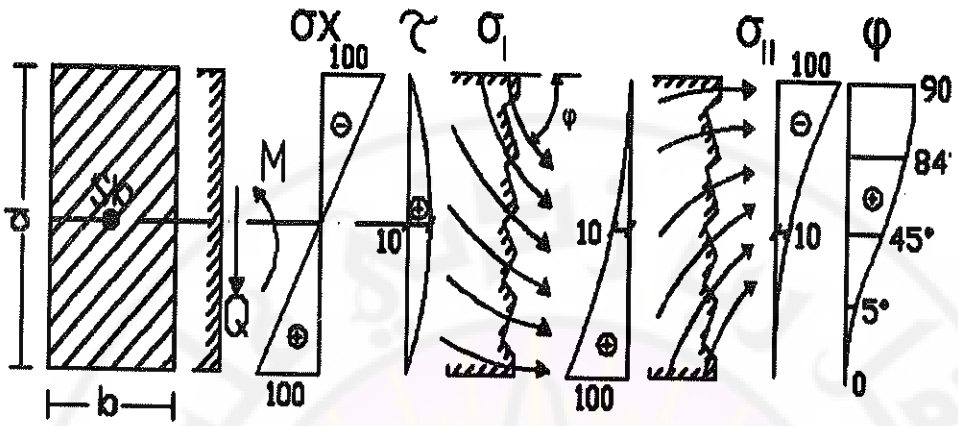
$$Tg\ (2a) = \frac{2\tau}{\sigma_x} \quad .....(1-5)$$

حيث تبلغ قيمة $a = \pm 45^\circ$ عند المحور السليم .

وكما نلاحظ من العلاقة (١-٤) فإن قيمة الإجهادات الرئيسية الشادة ($\sigma_I = \tau_{max}$) عند المحور السليم ومائلة بزاوية 45° أو 135° عن محور الجائز وتصغر كلما ارتفعنا فوق المحور السليم نتيجة تعرض الجزء العلوي من المقطع لإجهادات ضغط وتزداد تحت المحور السليم نتيجة تعرض الجزء السفلي من المقطع لإجهادات شد فهي تزيد أو تصغر عن (τ_{max}) حسب قيمة إجهاد الشد الناظمي (σ_x) ، انظر الشكل (١-٥) الذي يوضح أنواع الإجهادات لمقطع متجانس وغير متشقق .

وحيث إنه لا يتم استعمال عناصر البيتون المسلح في المرحلة الاولى من عملها نظرا لعدم فعالية التسليح في هذه المرحلة وبالتالي ليس هناك من أهمية عملية لدراسة الإجهادات الشادة

الرئيسية في هذه المرحلة ، ويجب دراسة هذه الإجهادات في المرحلة الثانية من عمل المقطع.

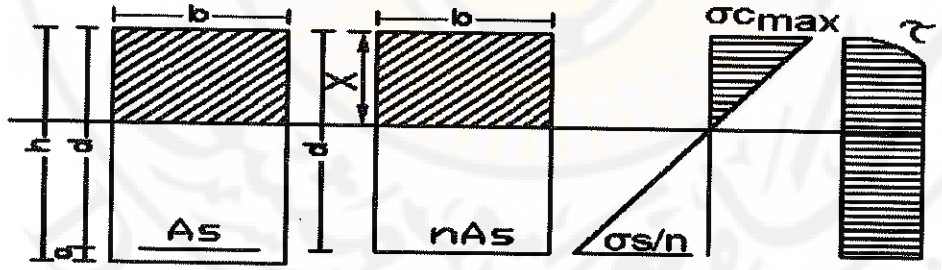


الشكل (١ -٥)

١ -٣ -٢ - الإجهادات في المرحلة الثانية من عمل المقطع(ما بعد التشقق) :

عندما تزيد الإجهادات الناظمية الشادة عما هي عليه في المرحلة الأولى من عمل المقطع فإنها تؤدي إلى تشقق البيتون في القسم المشدود الذي يعتبر عندها خارجا عن العمل ويتحمل التسليح الطولي نتيجة ذلك كامل قوى الشد .

أما توزع الإجهادات الناظمية والقاصة في المقطع فهي كما هو موضح في الشكل (١ -٦)



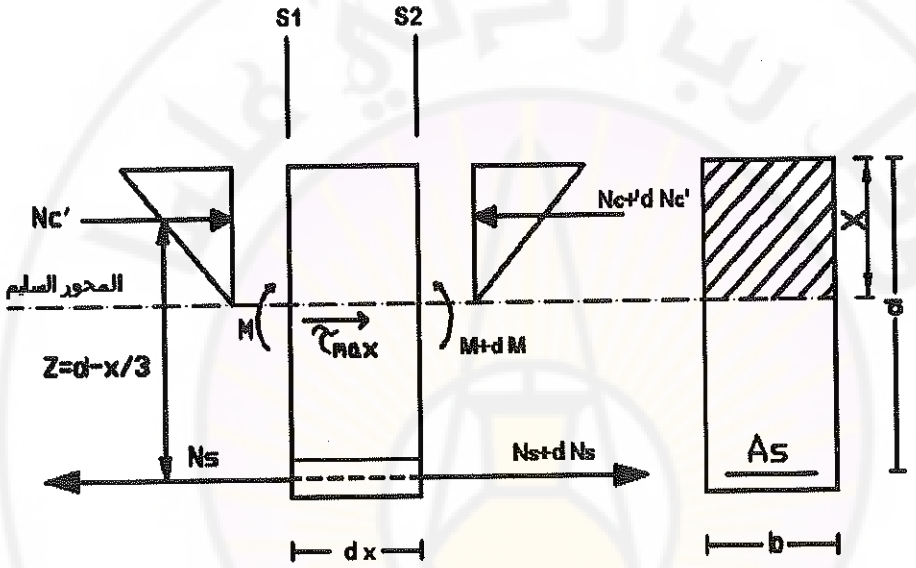
اجهادات القص الاجهادات الناظمية

$\tau_{u\max}$ σ_x

الشكل (١ -٦)

ولأن الحساب يجري في المرحلة الثانية من عمل المقطع أي ما بعد التشقق فإن الإجهادات القاصة الثابتة تحت المحور المحايد هي الإجهادات القاصة الأعظمية ($\tau_{u\max}$) والتي تساوي الإجهادات الشادة الرئيسية (σ_1)

ومن أجل حساب قيمة الإجهادات القاصة الأعظمية ($\tau_{u\max}$) في المرحلة التشققية ، نتبع مايأتي:



الشكل (١ -٧)

لنقتطع من الجائز عنصراً بطول (dx) الشكل (١ -٧) الذي يخضع للقوى الموضحة من اليسار واليمين ، ومن معادلة توازن العزوم (حسب الطريقة الكلاسيكية) :

على يسار العنصر $$M = N_S .z = N_C .z \quad .....(1-6)$$

على يمين العنصر $$M + dM = (N_S + dN_S).z = (N_C + dN_C)z \quad .....(1-7)$$

أي أن :

$$dN_S = dN_C = \frac{dM}{z} \quad .....(1-8)$$

حيث إن :

Z - ذراع المزدوجة الداخلية.

dM - تزايد عزم الانحناء.

dN_s - تزايد القوة الشادة في التسليح .

dN_c - تزايد القوة الضاغطة في البيتون .

تسعى القوتان (dN_s و dN_c) إلى فصل منطقة الضغط عن منطقة الشد عبر المحور المحايد (السليم) لكن هذا الانسحاب المتبادل بالاتجاه الأفقي يصطدم بمقاومة البيتون على القص أي إن:

$$b.dx.\tau_{max} = dN_s = dN_c \quad .....(1-9)$$

وبملاحظة العلاقة (٨-١) ينتج أن :

$$\sigma_I = \tau_{max} = \frac{dM}{dx}.\frac{1}{b.z} = \frac{V}{b.z} \quad .....(1-10)$$

عند الحساب بالطريقة الحدية يؤخذ ذراع المزدوجة الداخلية(z)مساوياً نحو (0.85 d)حيث (d) الارتفاع الفعال للمقطع العرضي وهذا يعني :

$$\sigma_I = \tau_{umax} = \frac{V_u}{0.85.b.d} \quad .....(1-11)$$

في الجوائز ذات المقاطع المتغيرة تحدد الإجهادات الشادة الرئيسية بالعلاقة (١٢-١) :

$$\sigma_I = \tau_{umax} = \frac{V_u}{0.85.b.d} \pm \frac{M_u}{0.85.b.d^2} tg\delta \quad .....(1-12)$$

حيث إن:

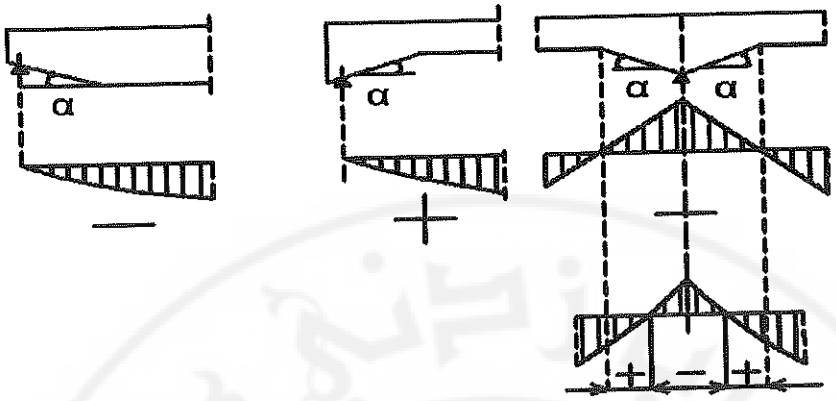
V_u - قوة القص الحسابية (MN)

M_u - عزم الانحناء الحسابي (MN.m)

$\delta = \alpha$ - زاوية ميل الشطفة (درجة) ويجب أن تكون $tg\delta \le 1/3$

b.d - مقطع الجائز الفعال (m^2) وفي المقطع T يؤخذ $b_w.d$

تؤخذ إشارة(-)عندما يتزايد عزم الانحناء بالقيمة المطلقة مع تزايد الارتفاع الكلي للمقطع وتؤخذ الإشارة(+)عندما يتزايد عزم الانحناء بالقيمة المطلقة مع تناقص الارتفاع الكلي للمقطع الشكل (١ -٨)



الشكل (١ -٨)

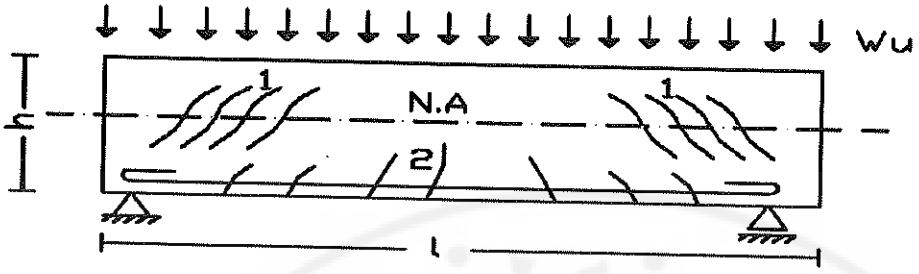
١ -٤ - إجهادات القص بطريقة حالات الحدود :

حيث أن البيتون مادة مرنة – لدنة وغير متجانسة فلا يمكن بشكل عملي إيجاد توزيع إجهادات القص بشكل دقيق عند انهيار العنصر نتيجة لظهور الشقوق المائلة الناتجة عن إجهادات الشد الرئيسية وعليه ففي حالة الحد الأقصى يعتبر إجهاد القص الذي يتسبب في انكسار الجائز غير المسلح للقص مساوياً إلى :

$$\tau_u = \frac{V_u}{0.85.b.d} \quad .....(1-11)$$

١ -٤ -١ - انكسار الجوائز البيتونية المسلحة على القص :

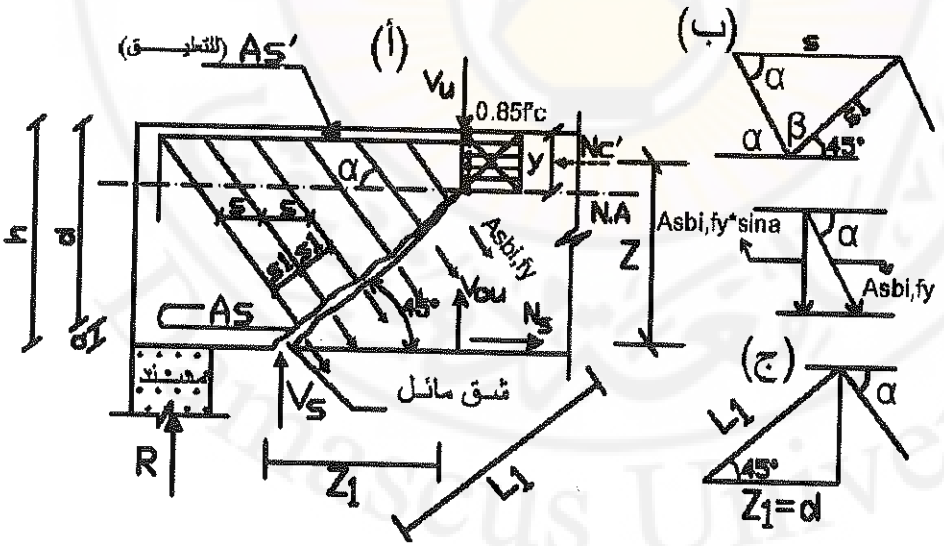
يبين الشكل (١ -٩) التشققات الناتجة عن تأثير عزوم الانحناء وقوى القص في جائز بسيط يخضع لأحمال موزعة بانتظام، فالتشققات (٢) الناتجة عن العزم بشكل أساسي تكون عمودية تقريباً على محور الجائز الطولي.أما قرب المساند فتكون التشققات (١) مائلة عن محور الجائز الطولي بسبب تأثير الإجهادات الشادة الرئيسية (σ_1) الناتجة عن قوى القص بشكل رئيسي .وفي هذه الحالة فإن جزءاً من إجهادات القص يقاوم بالتسليح العرضي والجزء الآخر يساهم البيتون في مقاومته ، ونوضح فيمايأتي كيفية حساب مقاومة التسليح العرضي لإجهادات القص ومقدار مساهمة البيتون في تحملها .



الشكل (١ -٩)

١ -٤ -٢ - حساب التسليح اللازم لمقاومة إجهادات القص (الإجهادات المماسية) :

لنفترض بشكل عام إن التسليح المستخدم لمقاومة الإجهادات الشادة الرئيسية أو القاصة الناتجة عن القص هو قضبان مائلة بزاوية (α) بالنسبة لمحور الجائز الطولي (المحور الافقي) ومتوضعة في عدة مستويات تباعدها بالاتجاه الأفقي (S) وبالاتجاه الموازي للشق المائل بزاوية ($\alpha = 45^{\circ}$) تتباعد بمسافة (S1) ونفرض أيضاً أن المقطع الكلي للقضبان في كل مستو يساوي ($A_{sbi} = A_{sb}$) وعدد هذه المستويات (m) الشكل (١ -١٠) .



الشكل (١ -١٠)

لنسقط القوى الخارجية المطبقة والقوى الداخلية الناتجة على المحور الشاقولي فنجد إن قيمة (V_u) بعد إهمال قوة القص التي يقاومها التسليح الطولي المشدود (V_s) تحدد بالعلاقة الآتية :

$$V_u = \Omega(V_{ou} + \sum_{i=1}^{m} A_{sbi}\, fy.\sin\alpha) \quad .....(1-13)$$

حيث إن :

V_u - قوة القص الحسابية في المقطع المار بنقطة تطبيق محصلة إجهادات الضغط في البيتون (النقطة c).

V_{ou} - قوة القص الحدية التي يقاومها البيتون وحده في المنطقة غير المتشققة (منطقة الضغط)

Ω - معامل تخفيض المقاومة على القص ويؤخذ مساوياً (0.85).

ولإن المقادير (A_{sbi}, α, s) ثابتة حسب الفرض نجد إن :

$$\sum_{i=1}^{m} A_{sbi}\, fy.\sin\alpha = m.A_{sb}.f_y \sin\alpha \quad .....(1-14)$$

يمكن حساب المسافة ($S1$) باستخدام علاقة الجيوب المعروفة في المثلثات :

$$s_1 = s\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{s.\sin\alpha}{\sin(\alpha + 45^{\circ})} \quad .....(1-15)$$

أي أن :

$$s_1 = s\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{s.\sqrt{2}.\sin\alpha}{\sin(\alpha + \cos\alpha)} \quad .....(1-16)$$

وبفرض إن مسقط طول الشق المائل على المستوى الأفقي يساوي الارتفاع الفعال للمقطع لحظة الإنكسار ($z_1 \approx d$) نجد إن طول الشق المائل يساوي :

$$l_1 = \frac{Z_1}{\cos 45^\circ} = d.\sqrt{2} \quad .....(1-17)$$

بالعودة إلى العلاقة (١٤-١) نجد بعد ملاحظة العلاقتين (١٥-١) (١٦-١) إن :

$$m = \frac{L_1}{s_1} = \frac{d}{s.\sin\alpha}(\sin\alpha + \cos\alpha).....(1-18)$$

وبعد التبديل بالعلاقة (١٣-١) والتقسيم على $(\Omega.b.d)$ نحصل على :

$$\tau_u = \tau_{ou} + \frac{A_{sb}.fy}{b.s}(\sin\alpha + \cos\alpha).....(1-19)$$

حيث إن :

τ_u - تمثل الإجهاد القاص الحسابي المقاوم بالتسليح والبيتون معاً .

τ_{ou} - تمثل الإجهاد القاص الحدي المقاوم بالبيتون وحده .

$\frac{A_{sb}.fy}{b.s}(\sin\alpha + \cos\alpha)$ - تمثل الإجهاد القاص الحدي الذي يقاومه التسليح المائل بزاوية (α) عن محور الجائز الطولي وهنا نميز حالتين :

أولاً - $\alpha = 90^\circ$:

يكون التسليح العرضي المستخدم لمقاومة القص في هذه الحالة على شكل أساور عمودية على محور الجائز الطولي ومقطع هذه الأساور في المستوي الواحد يساوي :

$$A_{sv} = n.a_{s_t} \quad .....(1-20)$$

حيث إن :

n - عدد فروع الأسوارة الواحدة

a_{st} - المقطع العرضي للأسوارة الواحدة .

ويكون الإجهاد القاص الذي تقاومه الأساور العمودية في المستوي الواحد :

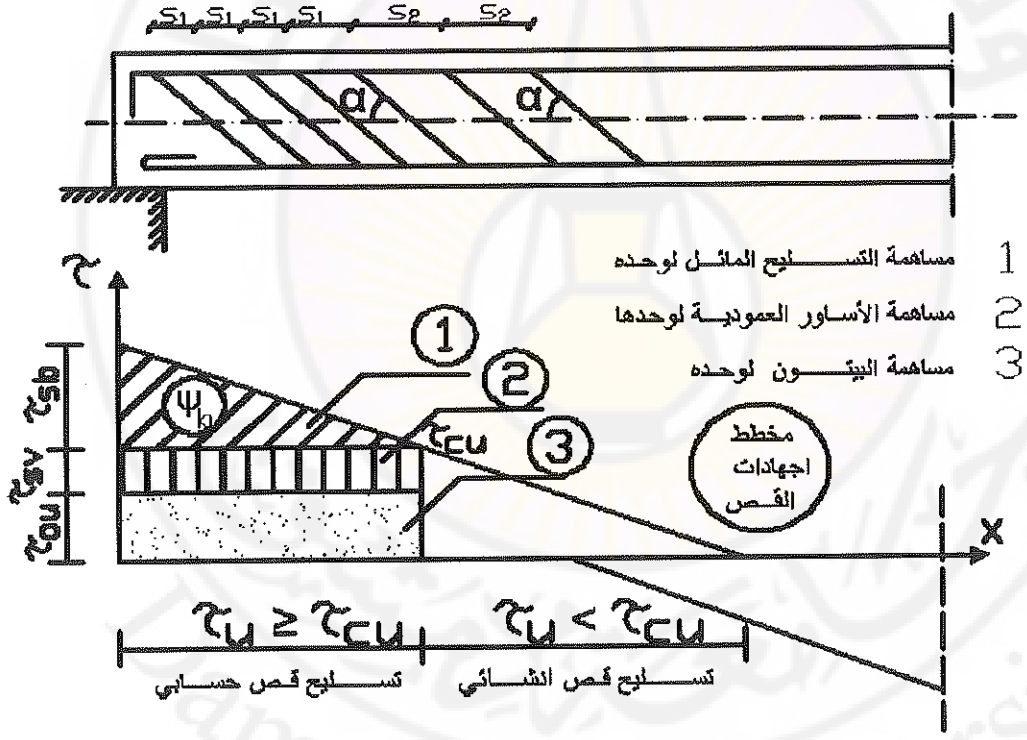
$$\tau_{sv} = \frac{n.a_{st}.fy}{b.s} \quad .....(1-21)$$

ثانياً - $\alpha = 45^{\circ}$:

يكون التسليح العرضي في هذه الحالة قضباناً تميل بزاوية 45° على محور الجائز الطـولي (قضبان منفردة أو مكسحة من منطقة الشد) إذ يقاوم هذا التسليح إجهاداً قاصاً قدره :

$$\tau_{sb} = A_{sb}.fy.\sqrt{2}/b.s \quad .....(1-22)$$

وفي الحالة العامة وعندما لايكون التباعد بين القضبان المائلة أو الأساور العادية ثابتاً ، كمـا افترضنا سابقاً ، أو عندما لا يكون مقطع القضبان في كل مستو ثابتاً ، شكل (١ -١١) .



الشكل(١ -١١)

وبفرض إن القضبان المائلة موزعة على مستويات مختلفة التباعد $(s_1, s_2, \ldots)$ بحيث إن :

A_{sb1} - مقطع القضبان المائلة المتوضعة في المستوي الواحد من المستويات ذات التباعد s_1 .

A_{sb2} - مقطع القضبان المائلة المتوضعة في المستوي الواحد من المستويات ذات التباعد s_2 .

A_{sbi} - مقطع القضبان المائلة المتوضعة في المستوي الواحد من المستويات ذات التباعد s_i .

نجد إن :

$$A_{sb} = A_{sb1} + A_{sb2} + \ldots\ldots + A_{sbi} \quad \ldots\ldots(1-23)$$

$$= \frac{b}{fy.\sqrt{2}} (\tau_{sb1}.s_1 + \tau_{sb2}.s_2 + \ldots. + \tau_{sbi}.s_i) \quad \ldots\ldots(1-24)$$

$$= \frac{b}{fy.\sqrt{2}} \sum_{i=1}^{m} \tau_{sbi}.s_i = \frac{b\psi_b}{fy.\sqrt{2}} \quad \ldots\ldots(1-25)$$

إن العلاقة $\psi_b = \sum_{i=1}^{m} \tau_{sbi}.s_i$ تمثل مساحة الجزء من مغلف إجهادات القص (τ_u) الواجب مقاومته بوساطة القضبان المائلة فقط أي أننا بعد حساب ما يتحمله البيتون وحده وما تتحمله الأساور العمودية وحدها نحسب القسم المتبقي من مساحة المغلف ونحمله للقضبان ثم نحدد المقطع (A_{sb}) بعد معرفة (ψ_b) من العلاقة الأخيرة .

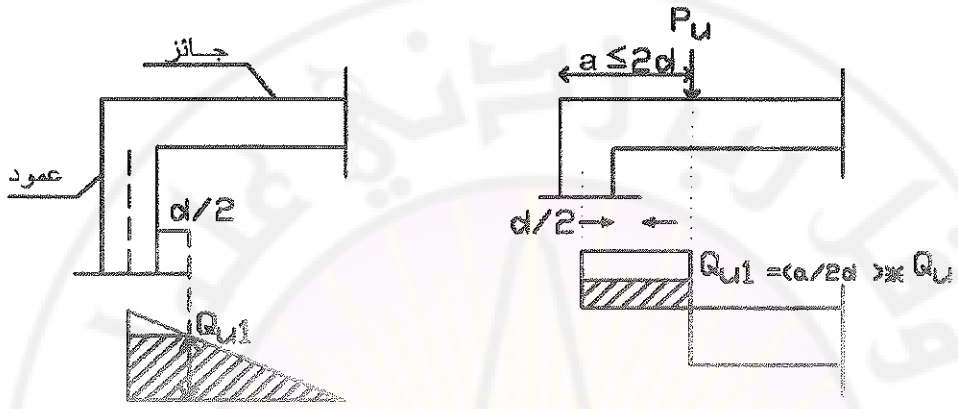
١ -٤ -٣ مراحل حساب المقاطع المعرضة لقوى القص :

١ -٤ -٣ -١ - تحديد المقاطع الحرجة على القص:

١ - في الجوائز:

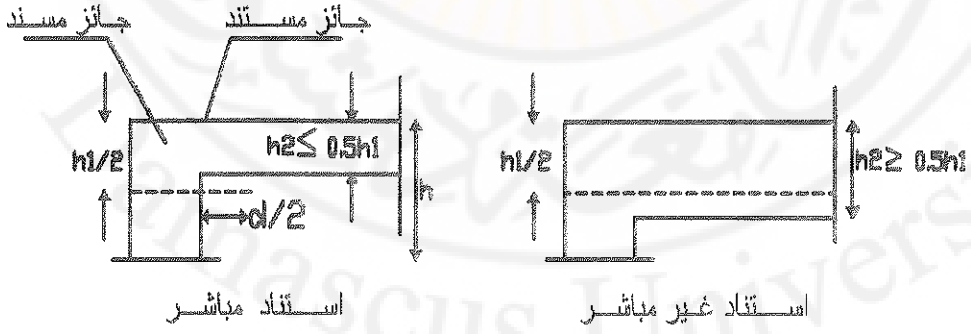
عندما تكون الجوائز مستندة استناداً مباشراً على ركائزها بحيث يتولد نتيجة هذا الارتكاز إجهادات ضغط عند الحافة السفلية للجائز عندها نعتبر إن قوة القص العظمى هي تلك المحسوبة على بعد (0.5d) من الوجه الداخلي للركيزة حيث أن (d) الارتفاع الفعال ونعتبر

عندها إن قوة القص ثابتة في المسافة بين المقطع المدروس ووجه الركيزة . وعند وجود حمل مركز على بعد (a) من محور الاستناد يقل عن (2d) أو يساويها عندها تخفض مساهمة هذا الحمل في حساب قوة القص الحدية بضربها بالعامل ($\frac{a}{2d}$) شكل (١ -١٢) .



الشكل(١ -١٢)

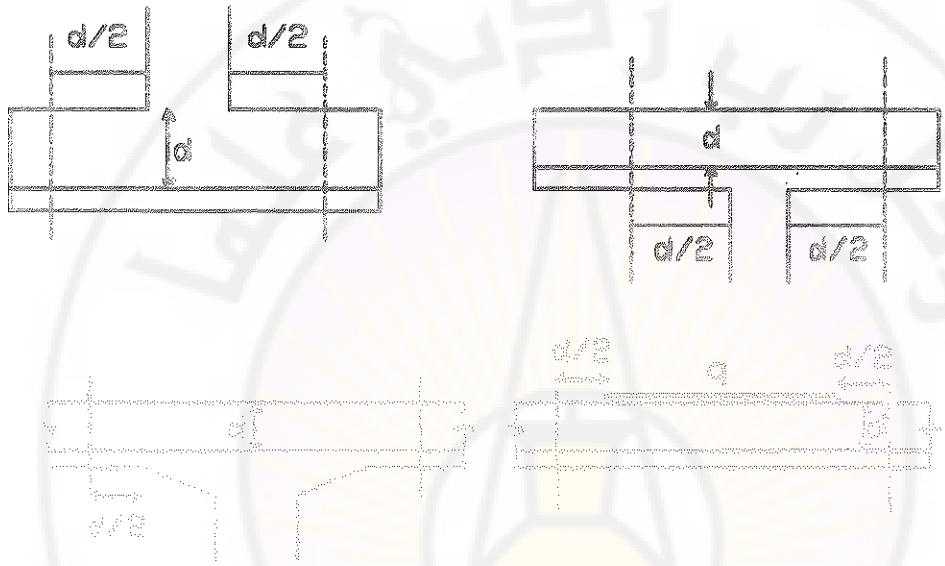
أما في الحالات الأخرى مثل الجوائز المعلقة أو المحمولة على جوائز متعامدة معها وبالارتفاع نفسه فتعتبر قوة القص العظمى عندها عند وجه الاستناد مباشرة ولا تخفض قوة القص الناتجة عن حمل مركز بالقرب من وجه الاستناد شكل (١ -١٣) .



الشكل(١ -١٣)

٢ - في البلاطات:

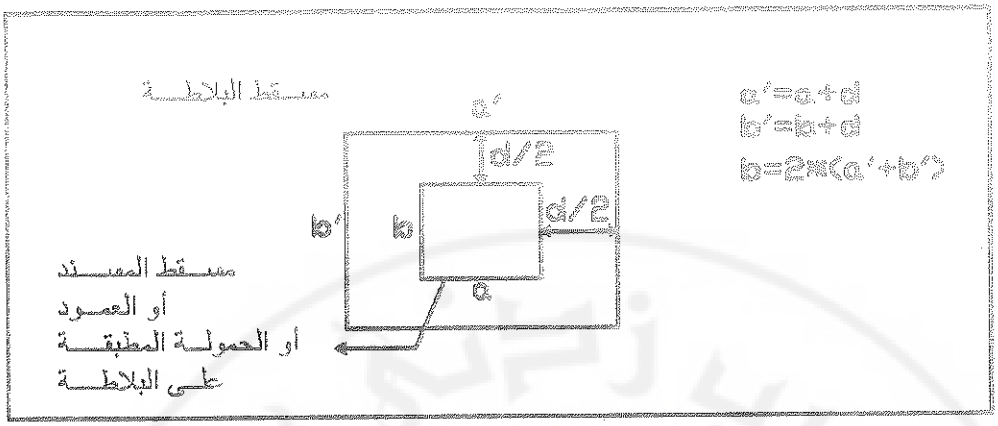
في البلاطات المسطحة تؤخذ المقاطع الحرجة للقص بجوار الأحمال أو ردود الأفعال المركزة على بعد 0.5d من نقاط الارتكاز شكل (١-١٤) .



الشكل(١-١٤)

١-٤-٣-٢- عرض المقطع المقاوم للقص:

بحالة الجوائز يؤخذ مساوي لعرض المقطع المستطيل (b) ولعرض الجسد (bw) في المقاطع (T) ،أما في البلاطات وقواعد الأساسات يؤخذ العرض (b) مساوي إلى محيط مسقط المقطع العرضي الذي يبعد مسافة (0.5d) من المحيط الخارجي للمسند أو الحمل المركز شكل (١-١٥) .



الشكل(١ -١٥)

١ -٤ -٣ -٣ - حساب الإجهادات القاصة العنية المسموحة (τ_{cu}) والعظمى($\tau_{u\,max}$):

أ- حساب (τ_{cu}) :

- في حالة الإنحناء البسيط أو المركب:

- البلاطات والقواعد:

$$\tau_{cu} = 0.16\sqrt{fc'} + 18\mu_w \cdot \frac{Qu \cdot d}{Mu} \le 0.3\sqrt{fc'} \quad .....(1-26)$$

(البلاطة المفرغة)

$$\tau_{cu} = 0.23\sqrt{fc'} \quad .....(1-27)$$

(في الحياة العملية)

٢ - حالة البلاطات والأساسات:

$$\tau_{cu} = (0.16 + \frac{a}{3b})\sqrt{fc'} \le 0.3\sqrt{fc'} \quad .....(1-28)$$

٣ - إذا ترافق القص مع قوة ناظمية شادة أو ضاغطة أو عزوم فتل عندها يجب العودة إلى العلاقات الأساسية المناسبة لكل حالة لحساب (τ_{cu}) بموجب تعليمات الكود العربي السوري .

ثانياً – حساب ($\tau_{u\max}$) :

(أتاري شاقولية):

$$\tau_{cumax} = 0.65\sqrt{fc'} \quad .....(1-29)$$

(قضبان مرفوعة + أتاري شاقولية) :

$$\tau_{cumax} = 0.80\sqrt{fc'} \quad .....(1-30)$$

١ -٤ -٣ - ٤ - حساب التسليح الخاص بالقص:

١ - إذا كانت ($\tau_u > \tau_{umax}$) عندها يجب تغير أبعاد المقطع .

٢ - إذا كانت ($\tau_u = \frac{Qu}{0.85b \cdot d} \le \tau_{cu}$) عندها نستخدم تسليح قص إنشائي يحدد من العلاقة الآتية:

$$\rho_{stmin} = \frac{A_{stmin}}{b \cdot s} = \frac{n \cdot a_{stmin}}{b \cdot s} = \frac{0.35}{fy} \quad .....(1-31)$$

٣ - إذا كانت ($\tau_{cu} < \tau_u \le \tau_{umax}$) عندها نستخدم تسليح قص حسابي ، ولدينا الحالتان الآتيتان :

أولاً: عندما تكون ($\alpha = 90^\circ$) نستخدم أساور شاقولية .

$$A_{st} = n \cdot a_{st} = \frac{\tau_u - \tau_{ou}}{fy} bw.s \quad .....(1-32)$$

تحدد قيمة (τ_{ou}) شكل (١-١٦) بموجب الشرطين الآتيين:

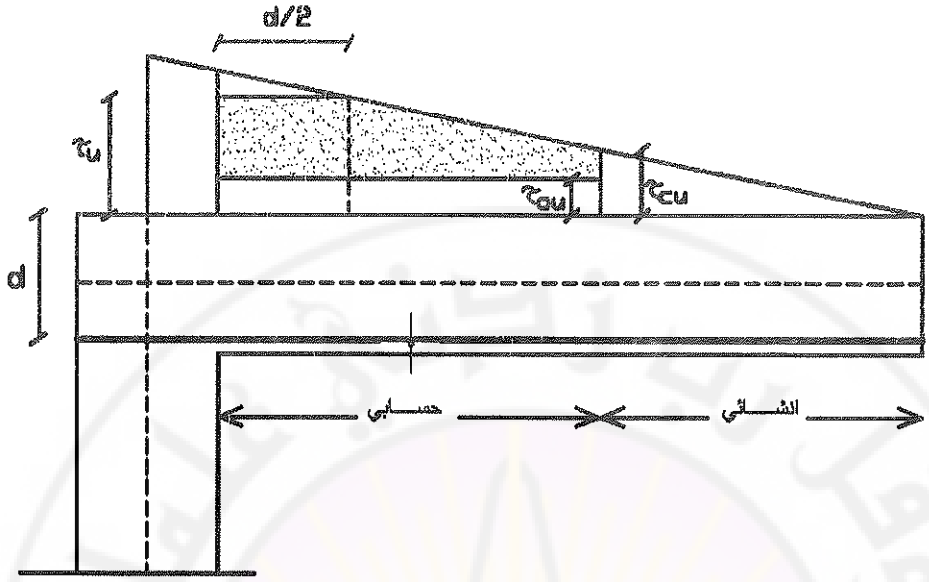
١ - تقاطع المقطع المدروس مع فاصل صب .

٢ - إيقاف التسليح المشدود في المجاز .

* في حال تحقق الشرطين معاً تكون ($\tau_{ou} = 0$).

* في حال تحقق شرط واحد فقط تكون ($\tau_{ou} = 0.35\tau_{cu}$).

* في حال عدم تحقق الشرطين معاً تكون ($\tau_{ou} = 0.7\tau_{cu}$).



الشكل(١ -١٦)

ثانياً: عندما تكون $\alpha = 45^{\circ}$ نستخدم قضبان مكسحة (مرفوعة) أو أتاري مائلة

$$A_{st} = \frac{\tau u - \tau ou}{fy \cdot \sqrt{2}} .bw.s \quad .....(1-33)$$

١ -٤ -٣ -٥ -اشتراطات التسليح بموجب الكود العربي السوري :

أولاً: عندما نجد أن قطر الأسوارة اللازم أكبر من 12mm وخطوة الأساور ($S \le S_{min}$) نلجأ إلى استخدام القضبان المكسحة (المرفوعة) بجانب الأتاري الشاقولية

$$Smin = 7cm$$

$$Smax = \begin{Bmatrix} 0.5d \\ 30cm \\ b \end{Bmatrix} \quad .....(1-34)$$

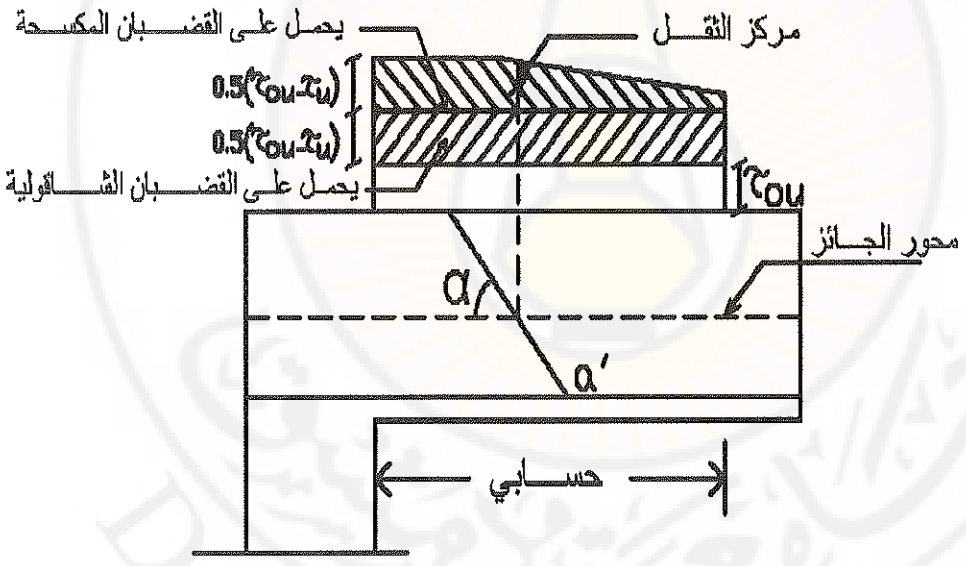
(نختار القيمة الأصغر)

ثانياً : في حال استخدام قضبان مكسحة لتحمل الإجهادات القاصة يمكن تحميل الأساور الشاقولية قيمة لا تقل عن $0.5(\tau_u - \tau_{ou})$ أما الباقي يحمل على القضبان المكسحة ، ويفضل عملياً عدم الاعتماد على تكسيح القضبان الطولية المستخدمة أصلاً لمقاومة عزوم الانعطاف بغية مقاومة القص ولا نلجأ إلى القضبان المكسحة (A_{sb}) إلا عند الضرورة حيث يكون الاعتماد على الأساور العمودية فقط قد أدى إلى كثافة تسليح شاقولي غير مقبولة.

تحدد مساحة القضبان المكسحة بالعلاقة الأتية :

$$(\alpha = 45^{\circ}) \qquad A_{sb} = \frac{\tau_b \cdot S}{fy \cdot \sqrt{2}}.b \quad .....(1-35)$$

$(\tau_b.S)$ تمثل مساحة المخطط الذي تغطيه القضبان المكسحة شكل (١ -١٧) .



الشكل(١ -١٧)

(a`) نقطة رفع القضبان المستخدمة لتحمل عزوم الانعطاف .

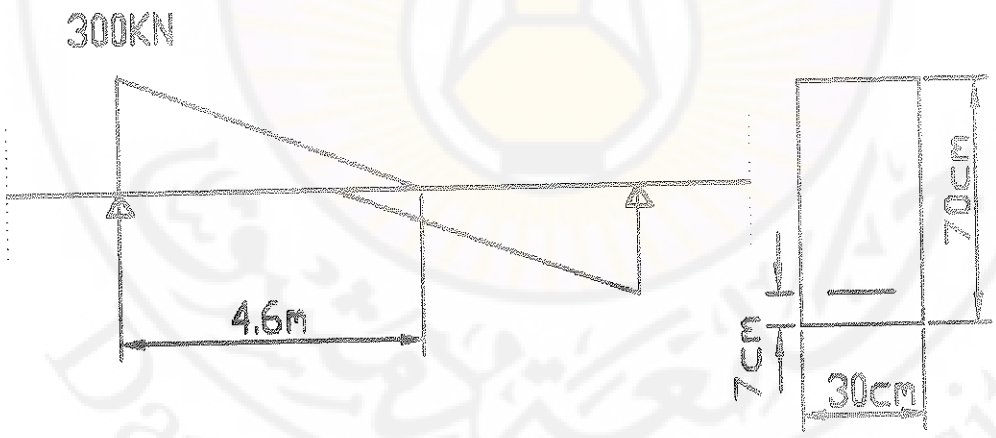
١ - ٥ - مثال:

لدينا مغلف القص الموضح في الشكل حيث القص أعظمي (300kn) وعرض العمود (30cm) ومقطع الجائز (70 * 30) و (a = 7) والمطلوب:
حساب التسليح اللازم للقص باعتبار ($fy = 240N/mm^2$) للأساري والقضبان ($fc` = 18N/mm^2$) وذلك في الحالتين:

١ - باستخدام أساري شاقولية فقط .

٢ - باستخدام أساري شاقولية وقضبان مكسحة على ألا تزيد حصة القضبان المكسحة عن $0.5(\tau_u - \tau_{ou})$.

علماً أن $\tau_{ou} = 0.35\tau_{cu}$ وأن $\tau_{cu} = 0.23\sqrt{fc`}$



الحل:

أولاً: الأتاري المستخدمة شاقولية فقط:

$$\tau_u \max = 0.65\sqrt{fc'} = 0.65\sqrt{18} = 2.758N/mm^2$$
$$\tau_{cu} = 0.23\sqrt{fc'} = 0.23\sqrt{18} = 0.976N/mm^2$$
$$\tau_{ou} = 0.35\tau_{cu} = 0.35*0.976 = 0.341N/mm^2$$

كون الاستناد مباشراً نعتمد قيمة τ_u على بعد 0.5d من وجه المسند:

$$\frac{B}{2}+\frac{d}{2}=\frac{30}{2}+\frac{63}{2}=46.5cm$$

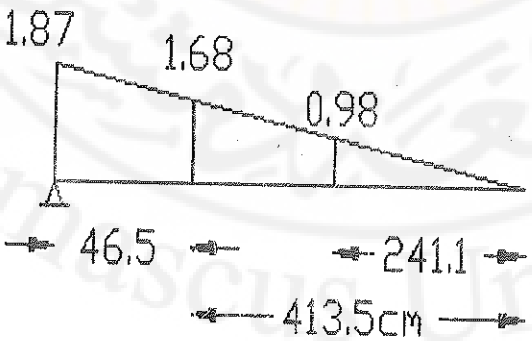
نوجد τ_u عند المحور :

$$\tau_u = \frac{300*10^3}{0.85*300*630} = 1.867N/mm^2$$

نوجد τ_u على بعد 0.5d من وجه المسند :

$$\frac{1.867}{460} = \frac{\tau_u}{413.5} \Rightarrow \tau_u = 1.678N/mm^2$$

$\tau_u = 1.678N/mm^2 < \tau_u \max = 2.758N/mm^2 \Rightarrow OK$



حساب التسليح الإنشائي في المجال $\tau_u \le \tau_{cu}$:

$$n*ast = \frac{0.35}{fy} bw*S \Rightarrow S = \frac{n*ast*fy}{0.35bw}$$

$$n = 4 \qquad \phi = 6mm \Rightarrow S = \frac{4*0.25*\pi*6^2*240}{0.35*300*10} = 25.85cm$$

$$\Rightarrow S = 25cm$$

$$Smin = 7cm$$

$$Smax = \min\begin{Bmatrix} 0.5d = 0.5*63 = 31.5cm \\ 30cm \end{Bmatrix} = 30cm$$

$$7cm < S = 25cm < 30cm \Rightarrow OK$$

وبالتالي يكون التسليح الإنشائي $2\phi 6/25cm$

- حساب التسليح الحسابي في المجال $\tau_u > \tau_{cu}$:

$$\tau_S = \tau_u - \tau_{ou} = 1.678 - 0.341 = 1.337 N/mm^2$$

$$n*ast = \frac{\tau_S}{fy} bw*S$$

$$n = 4 \qquad \phi = 8mm \Rightarrow S = \frac{4*0.25*\pi*8^2*240}{1.337*300*10} = 12.03cm$$

$$\Rightarrow S = 12cm \Rightarrow OK$$

وبالتالي يكون التسليح الحسابي $2\phi 8/12cm$

* يمكن اختيار $S = 10cm$ بالحياة العملية إذا وجدنا أن هذا الاختيار يسرّ عملية التنفيذ ويسرعها وبالتالي يصبح التسليح الحسابي $2\phi 8/10cm$

ثانياً: الأثاري المستخدمة شاقولية + قضبان مرفوعة:

- التسليح الإنشائي يبقى نفسه
- **حساب الأثاري الشاقولية:**

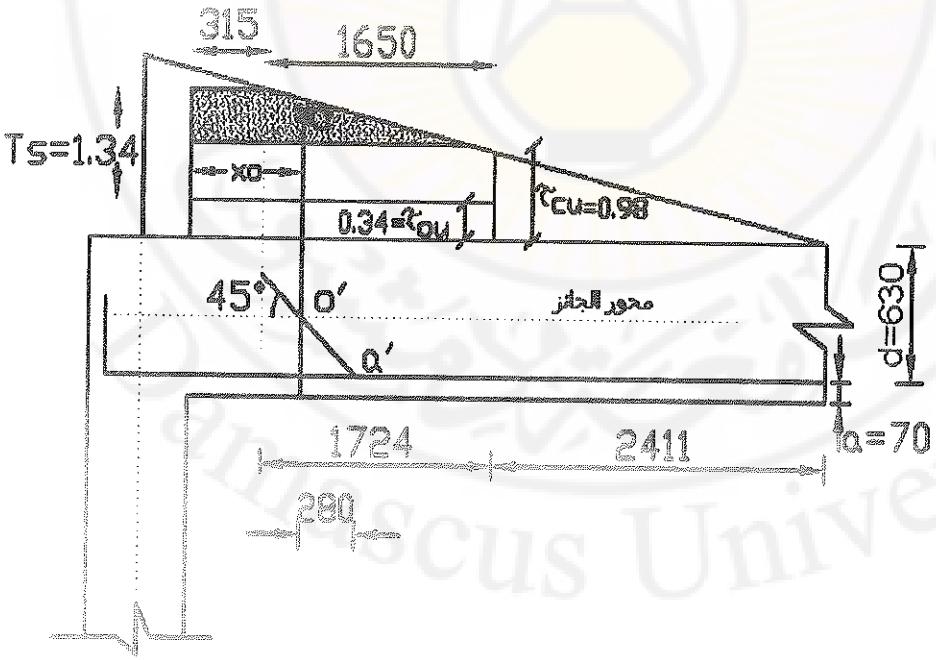
$$n*ast=\frac{0.5\tau_s}{fy}bw*S$$

$$n=4 \qquad \phi=8mm \Rightarrow S=\frac{4*0.25*\pi*8^2*240}{0.5*1.337*300*10}=24.06cm$$

$$\Rightarrow S=24cm \Rightarrow OK$$

وبالتالي تكون الأثاري الشاقولية $2\phi8/24cm$

- حساب القضبان المرفوعة:



$$Asb = \frac{\tau_b . S}{\sqrt{2} * fy} bw$$

$$\tau_b * S = (315*0.67) + (0.5*0.67*1650) = 763.8 N/mm$$

$$Asb = \frac{763.8*300}{\sqrt{2}*240*100} = 6.75 cm^2 = 4\phi 16 = 8.04 cm^2$$

لنوجد الآن xo بعد مركز ثقل المساحة المنقطة عن المحور الشاقولي المار من وجه المسند

$$xo = \frac{(315*0.67*157.5) + (0.5*1650*0.67*865)}{(315*0.67) + (0.5*1650*0.67)} = 669.5 mm$$

وبالتالي نقطة رفع القضبان 'a تبعد بمقدار 94.95cm من وجه المسند .

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثاني

تصميم العناصر المعرضة لعزوم الفتل

Design Elements of reinforced Concrete exposed to Torsion Moments

٢ -١ - مقدمة .

٢ -١ -١ - أنواع الفتل المطبق على العناصر .

٢ -١ -٢ - أنواع الإجهادات الناتجة عن الفتل .

٢ -٢ - حساب التسليح المقاوم لعزوم الفتل .

٢ -٢ -١ - التسليح في الحالة العامة (قضبان مائلة باتجاه الإجهادات الشادة الرئيسية) .

٢ -٢ -٢ - التسليح المستخدم على شكل قضبان طولية وأساور عرضية مطوقة .

٢ -٣ - مراحل حساب المقاطع على الفتل والقص معاً .

٢ -٣ -١ - مقدمة .

٢ -٣ -٢ - حساب الإجهادات القاصة (المماسية) الفعلية (τ_{tu}).

٢ -٣ -٣ - حساب الإجهادات القاصة (المماسية) والأعظمية المسموحة (τ_{tcu})و (τ_{cu})و $(\tau_{tcu\max})$.

٢ -٣ -٤ - حساب التسليح الخاص بالفتل بوجود القص.

٢ -٣ -٥ - شروط التسليح الخاص بالفتل .

٢ -٤ - مثال .

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

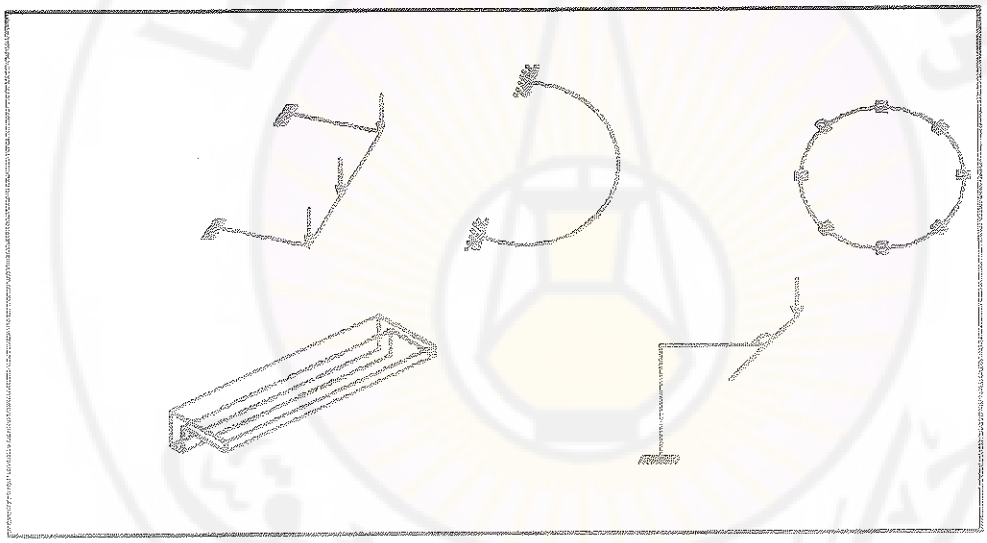
الفصل الثاني

تصميم العناصر المعرضة لعزوم الفتل

Design Elements of reinforced Concrete exposed to Torsion Moments

٢ - ١ - مقدمة:

أ - تمثل العناصر الإنشائية المبينة في الشكل (٢ - ١) أمثلة لعدد من العناصر الخاضعة لعزوم الفتل .



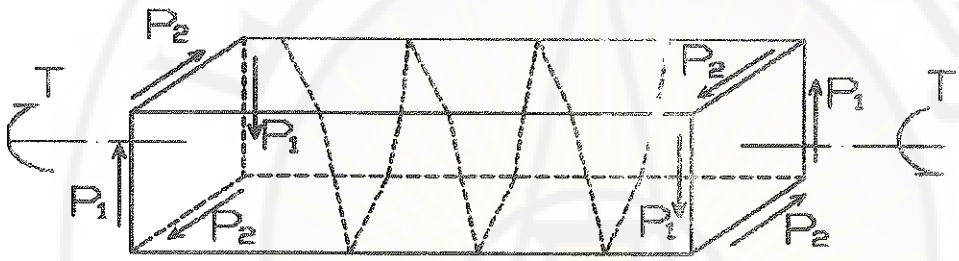
شكل (٢ - ١)

ب - يتولد عزم الفتل في العناصر التي تؤثر بها إجهادات شادة رئيسية تميل بزاوية (45°) على محور العنصر ويكون لها مساراً حلزونياً على طول العنصر ويرافق هذه الإجهادات الشادة إجهادات ضاغطة متعامدة معها ولها القيمة نفسها وبالتالي فإن تصميم العناصر الخاضعة للفتل هو عبارة عن إيجاد التسليح اللازم لمقاومة الإجهادات الشادة بينما يمكن للبيتون تحمل الإجهادات الضاغطة كما في حالة تصميم العناصر الخاضعة للقص .

ج- إن أكثر العناصر الإنشائية مهما كان شكلها بسيطاً تكون معرضة لعزوم الفتل على أننا عادة نأخذ هذه العزوم بعين الاعتبار عندما يكون لها دور رئيسي في توازن العنصر كما في الأمثلة المبينة بالشكل (٢-١) ويمكن في أكثر الأحيان إهمال تأثير عزوم الفتل في الحالات الأخرى حين يكون توازن العناصر محققاً بالقوى وعزوم الانعطاف المؤثرة عليها .

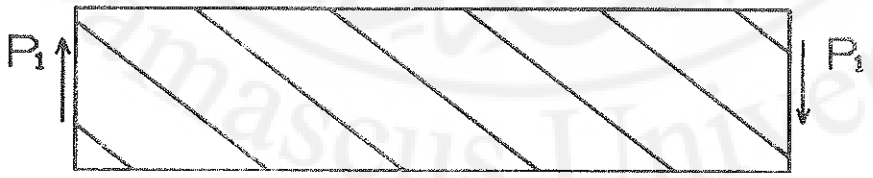
د- يجب الاهتمام بشكل كبير بتصميم العناصر الخاضعة للفتل ، نظراً لأن انكسار العناصر الناتج عن عزوم الفتل يكون بشكل مفاجئ ومماثل لانكسار الجوائز على القص من حيث الأسباب وهي تأثير الإجهادات الشادة ذات المسار الحلزوني .

ه- لنتصور مسار الإجهادات الشادة الناتجة عن الفتل في العنصر المبين في الشكل (٢-٢) والمعرض لعزوم فتل T عند نهايتيه .



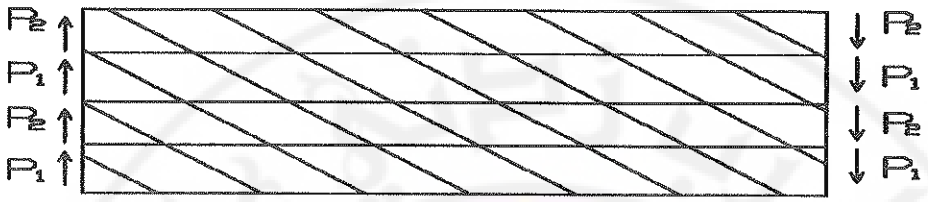
شكل (٢-٢)

يمكننا تحليل هذا العزم (أي استبداله) عند كل طرف بأربع قوى تؤثر في المقطعين النهائيين بحيث يكون تأثير كل منها على أحد وجوه العنصر ، بأخذ كل وجه للجائز ودراسته لوحده مع إعطائه سماكة صغيرة (أي بفرض إن المقطع مفرغ من الداخل واعتبار العنصر مؤلفاً من مجموعة أسطح فقط) بذلك يصبح الوجه الأمامي مثلاً عبارة عن جائز بسيط يتعرض لقوى قص فقط كما في الشكل (٢-٣) وبالتالي يكون اتجاه الإجهادات الشادة الرئيسية كماهو مبين في ذلك الشكل لها إشارة موجبة وثابتة القيمة على طول الجائز .



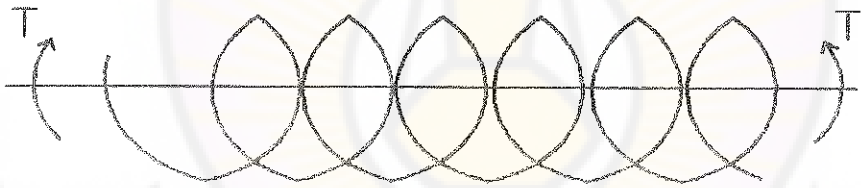
شكل (٢-٣)

وبالمثل يتعين اتجاه الإجهادات الشادة على الوجوه الأخرى وينتج لدينا مسار هذه الإجهادات على طول الجائز كماهو مبين بالشكل (٢ -٤) فإذا فردنا سطوح الجائز الاربعة فإننا نحصل على الشكل الآتي :



شكل(٢ -٤)

ويكون مسار الإجهادات الشادة الرئيسية في داخل العنصر المعتبر مساراً حلزونياً يتبع نوعيته (يساري أو يميني) إلى اتجاه عزوم الفتل المطبقة في نهايتي العنصر ويجب مراعاة هذه النوعية في حال استخدام التسليح الحلزوني .



شكل (٢ -٥)

و - تقاوم الإجهادات الشادة الرئيسية الناتجة عن عزم الفتل باستعمال تسليح حلزوني أو أساور حلزونية باتجاه الإجهادات الشادة في الحالات الممكنة أو باستعمال أساور مغلقة عمودية على محور الجائز مع تسليح طولي وفي حال تعرض العنصر إلى عزم فتل متناوب وعند استخدام التسليح الحلزوني يجب أخذ حلزونين الأول يميني والآخر يساري وهذه التسليح الحلزوني غير مرغوب به من الناحية العملية ويفضل الاعتماد على التسليح الطولي والأساور العمودية.

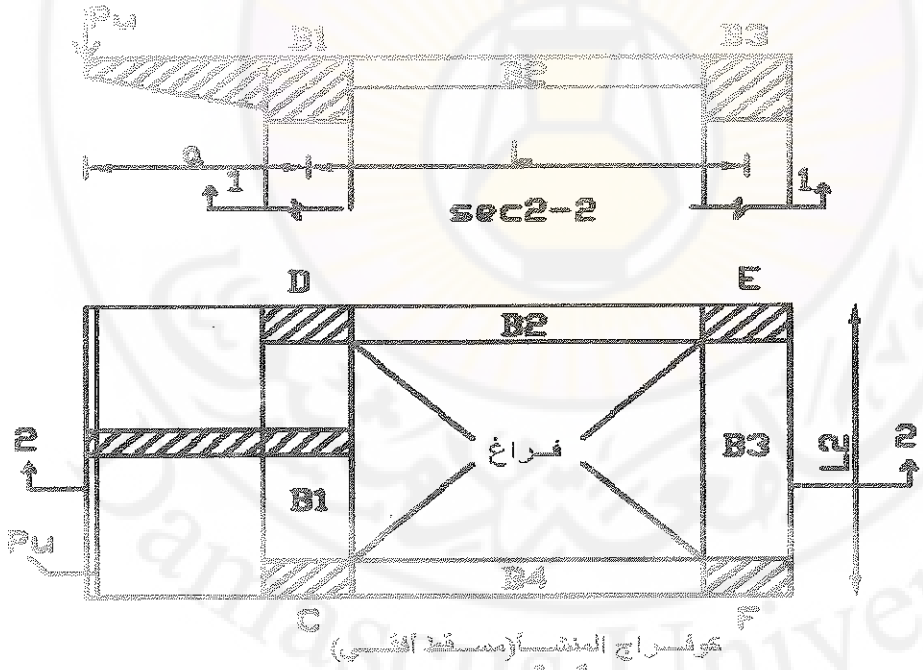
٢-١-٦ - أنواع الفتل المطبق على العناصر:

لدينا نوعان رئيسيان:

الفتل الرئيسي : وهو الحالة التي يكون فيها استقرار المنشأ أو جزء منه معتمداً على مقاومة عناصره أو بعضاً منها للفتل،وكما هو موضح بالشكل (٢-٦) لدينا منشأة بسيطةوهي عبارة عن أربعة جوائز(B1 – B2 – B3 – B4) تستند استناداً بسيطاً إلى أربعة أعمدة D-E-F-C مع وجود ظفر موثوق مع الجائز B1 محمل بحمولة مصعدة(Pu) موزعة بانتظام عند حافة الظفر.

الجائز (B1) في هذا المنشأ خاضع لحالة عزوم فتل رئيسية بجانب عزوم الانعطاف وقوى القص.

ملاحظة : يعامل عزم الفتل المطبق على جائز ما معاملة القوة الخارجية في حساب ردود الأفعال ورسم مخطط العزم الناتج عنه .

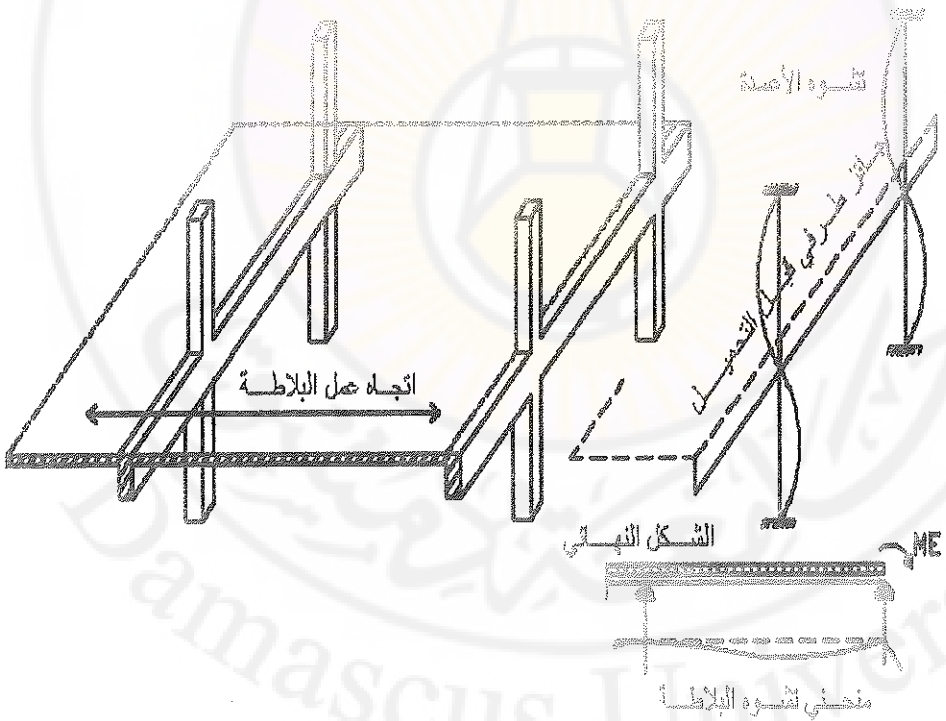


هو فراغ المنشأ(مسقط أفقي)

الشكل (٢-٦)

ب- الفتل الثانوي : وهو الحالة التي يكون فيها عزم الفتل ناتجاً عن الاستمرار الفراغي لعناصر المنشأ أو عدم تناظر الأحمال الحية وذلك في بعض المنشآت غير المقررة ستاتيكياً لاسيما الفراغية وفي هذه الحالة تكون مقاومة الفتل في عناصرها غير ضرورية للتوازن باعتبارها حداً غير مقرر ونذكر كمثال عليها الجوائز المتصالبة والجوائز المحيطية الخارجية في البلاطات ولاسيما عند تعرضها لردود أفعال الجوائز الثانوية وفي هذه الحالة يمكن عموماً إهمال تأثير الفتل شريطة استخدام التسليح وفق الاحتياجات الخاصة بالقص على إن يزود المقطع دوماً بأساور خارجية مغلقة مع تسليح طولي إضافي إنشائي على محيط المقطع وبالقيم نفسها المقترحة لتسليح التقلص .

إذاً هو فتل غير مقصود ناتج عن عدم مركزية الحمل أو قد ينتج عن حمولات حية شطرنجية وهو فتل غير أساسي لتوازن المنشأ شكل(٢-٧) .

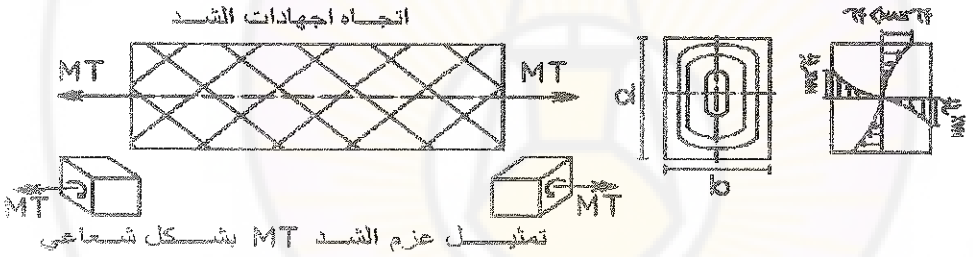


الشكل (٢-٧)

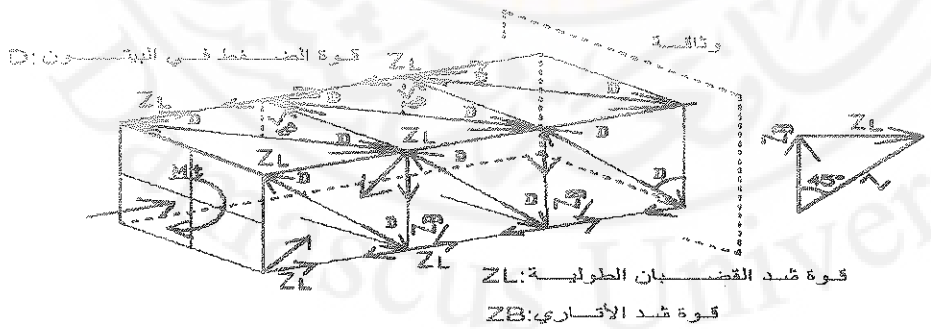
٢ -١ -٢ - أنواع الإجهادات الناتجة عن الفتل:

عطفاً على ماورد في مقدمة البحث ، يولد عزم الفتل في العناصر التي يؤثر فيها اجهادات شادة رئيسية تميل بزاوية $(\alpha = 45^{\circ})$ عن محور العنصر الطولي ويكون لها مسار حلزوني على طول هذا العنصر ويرافق هذه الإجهادات الشادة إجهادات ضاغطة متعامدة معها ولها القيمة نفسها وبالتالي فإن تصميم العناصر الخاضعة للفتل هوعبارةعن إيجاد التسليح اللازم لمقاومة الإجهادات الشادة الرئيسية ويمكن للبيتون تحمل الإجهادات الضاغطة الرئيسية كما في حالة العناصر الخاضعة للانعطاف .

تقاوم هذه الإجهادات الشادة الرئيسية في هذه الحالة باستعمال تسليح حلزوني موازي لها ويفضل عملياً استخدام أساور مغلقة عمودية على محور الجائز الطولي مع تسليح طولي موزع بانتظام على محيط المقطع وذلك لامتصاص المركبات الأفقية والشاقولية الناتجة عن محصلة القوى الماثلة الشادة الموازية للإجهادات الرئيسية الشادة شكل(٢ -٨) .



الشكل (٢ -٨)



الشكل (٢ -٨)

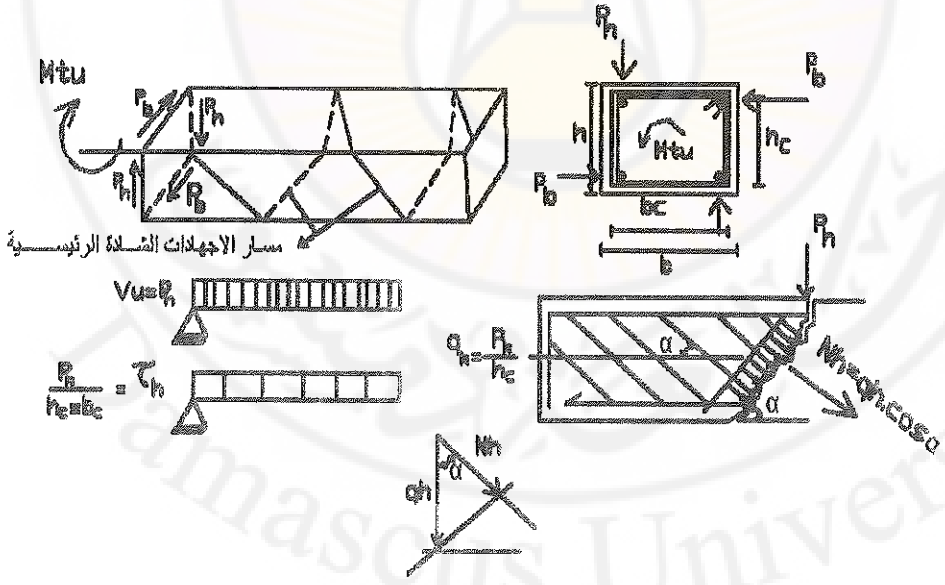
٢ -٢ - حساب التسليح المقاوم لعزوم الفتل :

يحسب التسليح لمقاومة الإجهادات المماسية الأعظمية ($\max\tau_{tu}$) التي تساوي الإجهادات الشادة الرئيسية عندما لاتكفي أبعاد المقطع العرضي للعنصر غير المسلح لمقاومة هذه الإجهادات ويكون هذا التسليح إما مائلاً باتجاه الإجهادات الشادة الرئيسية (متعامداً مع اتجاه التشققات المائلة المحتملة) أو قضباناً طولية توزع بانتظام على محيط العنصر الخاضع للفتل مترافقة مع تسليح عرضي على شكل أساور عرضية تطوق كامل المقطع العرضي ، الشكل(٢ -٩)

٢ -٢ -١ - التسليح في الحالة العامة (قضبان مائلة باتجاه الإجهادات الشادة الرئيسية) :

لحساب التسليح اللازم لمقاومة الفتل يهمل عمل البيتون في مقاومة الإجهادات الشادة الرئيسية وتحمل هذه الإجهادات كاملة لهذا التسليح .

ليكن الشكل(٢ -٩) الذي يبين جائز بيتوني يتعرض لعزم فتل بقيمة ثابتة (Mtu) حيث يراد حساب التسليح الخاص بمقاومة الفتل كي يضاف إلى التسليح الأصلي المحسوب لمقاومة عزوم الانحناء والقص الموجود أصلاً .



الشكل(٢ -٩)

يمكن التعويض عن عزم الفتل (M_{tu}) بمزدوجتين من القوى المطبقة في مستويات التسليح كما رأينا في الفقرة (٢-١) ، تنتج المزدوجة الأولى من القوتين المؤثرتين باتجاه عرض المقطع (b) وهما (P_b) أي بالاتجاه الأفقي وتنتج المزدوجة الثانية من تأثير القوتين (P_h) المؤثرتين باتجاه ارتفاع المقطع (h) أي بالاتجاه الشاقولي ومن الواضح إن:

$$M_{tu} = P_h b_c + P_b h_c \quad .....(2-1)$$

حيث b_c ، h_c عرض وارتفاع نواة المقطع المحصورة بالتسليح .
تتساوى قوى القص المؤثرة في الوجهين الشاقوليين P_h وقوى القص المؤثرة في الوجهين الأفقيين P_b وتسبب قوى القص هذه تشكل إجهادات مماسية بالاتجاهين الشاقولي والأفقي وهي إجهادات موزعة بانتظام وقدرها :

$$\left.\begin{aligned}\tau_h &= \frac{P_b}{h_c . b_c}\\ \tau_b &= \frac{P_h}{h_c . b_c}\end{aligned}\right\} \quad .....(2-2)$$

تسبب الإجهادات المماسية (τ_b) و (τ_h) تأثير قوى شادة موزعة بانتظام فمثلاً يتعرض الوجهان الشاقوليان إلى :

$$q_h = \tau_h . b_c = \frac{P_h}{h_c} \quad .....(2-3)$$

وينتج عن ذلك قوى شادة منتظمة مائلة بزاوية (α) تساوي زاوية ميل الشق المحتمل على محور الجائز الطولي أي :

$$N_h = q_h . \cos\alpha = \frac{P_h}{h_c} \cos\ \alpha \quad .....(2-4)$$

وبالطريقة نفسها نجد قيمة القوة الشادة الموزعة بانتظام على وجهي الجائز بالاتجاه الأفقي أي :

$$N_b = q_b . \cos\alpha = \frac{P_b}{b_c} \cos\ \alpha \quad .....(2-5)$$

وبملاحظة إن $(N_b = N_h)$ ينتج :

$$P_b = \frac{P_h . b_c}{h_c} \quad .....(2-6)$$

وبالعودة إلى العلاقة (١-٢) نجد إن :

$$M_{tu} = 2P_h b_c = 2P_b h_c \quad .....(2-7)$$

ويمكن كتابة المعادلتين (٥-٢),(٤-٢) كما يأتي :

$$N_h = N_b = \frac{M_{tu}}{2b_c . h_c} \cos \alpha \quad .....(2-8)$$

إن التسليح الذي يطلب حسابه يجب أن يقاوم القوى الشادة الناتجة المائلة بزاوية (α) وهي القوى (N_b , N_h).

التسليح المستخدم يميل بزاوية $(\alpha = 45^\circ)$:

هذا التسليح عبارة عن أسوارة حلزونية توضع بميل قدره $(\alpha = 45^\circ)$ على محور الجائز الطولي حيث يساوي مقطعها العرضي $(a_{sp} = N_h / \gamma . fy)$ وبعد العودة إلى العلاقة (٨-٢) نجد إن:

$$a_{sp} = \frac{M_{tu}}{2A_o . fy . \gamma \sqrt{2}} \quad .....(2-9)$$

حيث إن : $(A_o = b_c h_c)$

γ - معامل أمان يحسب بالعلاقة التجريبية :

$$\gamma = \left[0.33 + 0.165 \left(\frac{y_1}{x_1} \right) \right] \le 0.75 \quad .....(2-10)$$

حيث إن :

y_1 - طول أسوارة التسليح المستطيلة .

x_1 - عرض أسوارة التسليح المستطيلة .

إن مقطع الأسواره المحدد بالعلاقة (٩-٢) قد حسب من أجل قوة شادة تؤثر في المتر الطولي من الجائز أي عندما توضع الأسوارة الحلزونية بخطوة تساوي (1m) ومن أجل خطوة (s) يكون :

$$a_{sp} = \frac{s . M_{tu}}{2\sqrt{2} . A_o . fy . \gamma} \quad .....(2-11)$$

هذا من أجل المقاطع العرضية المستطيلة (مقطع النواة $A_o = b_c h_c$) ومن أجل المقاطع الأخرى تستبدل (A_o) بقيمتها الموافقة ، مثلاً :

- من أجل المقطع الدائري : $A_o = 0.25\pi d_k^2$

- من أجل المقطع الحلقي : $A_o = 0.25\pi (d_k - d_i)^2$

حيث إن :

d_k - قطر النواة .

d_i - القطر الداخلي (قطر الفراغ الدائري) .

٢-٢-٢ - التسليح المستخدم على شكل قضبان طولية وأساور عرضية مطوقة :

تقاوم الأساور العرضية هنا المركبة الشاقولية للقوة الشادة المائلة ، والقضبان الطولية تقاوم المركبة الأفقية لهذه القوة . فمثلاً على الوجهين الشاقولين تقاوم المركبة الشاقولية للقوة (N_h) بالأساور والمركبة الأفقية بالقضبان الطولية ويعمم ذلك على الوجهين الآخرين الأفقيين ولذلك يمكن أن نجد محصلة القوى التي تقاوم بالأساور العمودية على الوجوه الأربعة للجائز :

لدينا :

$$N_y = N_{h'y} + N_{by} \quad .....(2-12)$$

ولأن:

$$N_{h'y} = N_{by} = N_h \cos 45^\circ = \frac{M_{tu}.\cos 45^\circ}{2b_c.h_c}\cos 45^\circ = \frac{M_{tu}}{4b_c.h_c} \quad .....(2-13)$$

تصبح المحصلة الشاقولية للقوة الشادة المائلة مساوية :

$$N_y = \frac{M_{tu}}{2b_c.h_c} .....(2-14)$$

ولأن مقطع الأساور على محيط الكمرة ثابت نجد إن :

$$a_{sv} = \frac{N_y}{\gamma.fy} = \frac{M_{tu}}{2\gamma.b_c.h_c fy} .....(2-15)$$

حيث (a_{sv}) في العلاقة (٢-١٥) تمثل مقطع الأساور المخصصة لكل متر طولي من الجائز ومن أجل تباعد ثابت لهذه الأساور مقداره (s) يكون مقطع الأسوارة في المستوى الواحد :

$$a_{sv} = \frac{M_{tu}}{2\gamma\, b_c . h_c f_y} \quad .....(2-16)$$

و بالطريقة السابقة نفسها نجد محصلة القوى الأفقية (الطولية) التي يجب مقاومتها بقضبان تسليح طولية (على كامل محيط المقطع) :

$$N_x = N_{hx} + N_{bx} = \frac{M_{tu}}{2b_c . h_c} \quad .....(2-17)$$

ويكون مقطع القضبان الطولية اللازمة على مسافة 1m من محيط المقطع :

$$A_{sl} = \frac{N_x}{\gamma . f_y} = \frac{M_{tu}}{2\gamma\, b_c . h_c f_y} \quad .....(2-18)$$

ويكون المقطع اللازم على كامل المحيط / $u_c = 2(b_c + h_c)$ / :

$$A_{sl} = \frac{M_{tu} . u_c}{2\gamma . b_c h_c f_y} \quad .....(2-19)$$

وعند وضع هذه القضبان على تباعد (s) كما هو مطلوب :

$$A_{sl} = \frac{M_{tu} . S}{2\gamma\, b_c . h_c f_y} \quad .....(2-20)$$

ونتوه هنا على أن العلاقات المذكورة أعلاه تخص الجوائز مستطيلة المقطع ومن أجل المقاطع الأخرى يجب حساب مقطع النواة (A_o) الموافق ونشير هنا أيضاً إلى أن عزم الفتل (M_{tu}) الوارد في العلاقات السابقة هو العزم الحسابي الكلي الناتج عن الفتل ولذلك يجب الأخذ بالحسبان مساهمة البيتون في مقاومة هذا العزم (M_{tc}) ونحصل بالتالي على قيمة عزم الفتل الذي يقاومه التسليح (M_{ts}) :

$$M_{ts} = M_{tu} - M_{tc} \quad .....(2-21)$$

ويحدد العزم المقاوم بالبيتون فقط بالعلاقة الآتية :

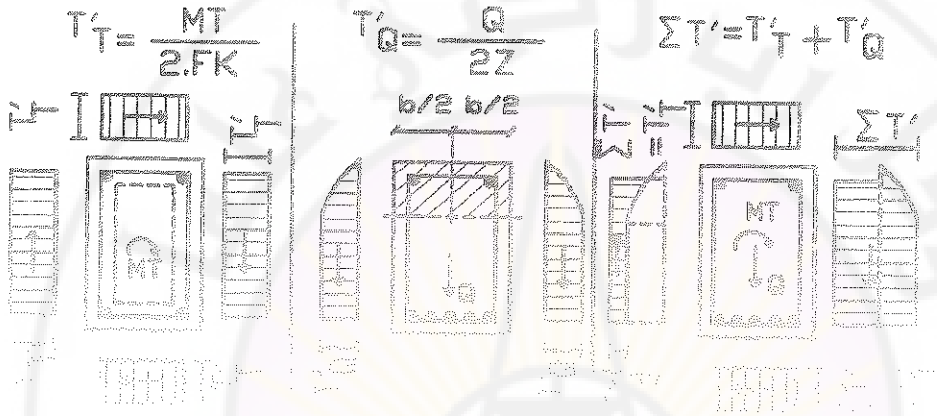
$$\left.\begin{aligned} M_{tc} &= \frac{\tau_{tc} . h . b^2}{3} \\ \tau_{tc} &= 0.13\sqrt{f_c} \end{aligned}\right\} \quad .....(2-22)$$

حيث تمثل (τ_{tc}) الإجهاد المماسي الافتراضي المسموح مقاومته بالبيتون بوجود تسليح إنشائي فقط .

٢-٣ مراحل حساب المقاطع المعرضة لعزوم الفتل وقوى القص معاً :

٢-٣-١ - مقدمة :

الشكل(٢-١٠) يوضح توزيع الإجهادات القاصة (المماسية) الناتجة من عزوم الفتل وقوى القص في المقطع المستطيل .



الشكل(٢-١٠)

٢-٣-٢ - حساب الإجهادات القاصة (المماسية) الفعلية (τ_{tu}) :

أ - مقاطع مستطيلة : شكل (٢-١١)

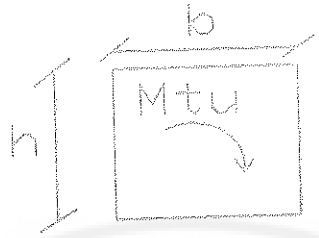
$$\left.\begin{array}{l} \tau_{tu} = \dfrac{Mtu}{Wt} \quad ; Wt = \dfrac{It}{b} \\ It = \alpha.b^3.h \qquad Wt = \alpha.b^2.h \quad ; \alpha = \dfrac{1}{3} \end{array}\right\}$$

Wt : العزم المقاوم للفتل للمقطع المستطيل

It : عزم العطالة المقاوم للفتل

بالتعويض نجد :

$$\tau_{tu} = \frac{3Mtu}{b^2.h} \quad .....(2-23)$$



الشكل(٢ -١١)

ب - مقاطع T أو L:

$$\tau_{tu} = \frac{3Mtu}{\sum bi^2 . hi} \quad .....(2-24)$$



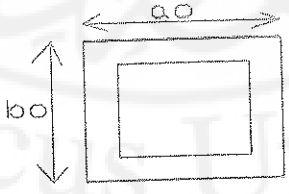
الشكل (٢ -١٢)

ج - مقاطع دائرية أو مستطيلة مفرغة:

$$\tau_{tu} = \frac{Mtu}{2.Ao.do} \quad : Ao = ao * bo \quad .....(2-25)$$

Ao : المساحة الداخلية للشكل المرسوم في منتصف السماكة do

do: سمك القطاع في النقطة المحسوب فيها الإجهاد



الشكل (٢ -١٣)

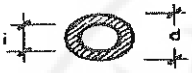
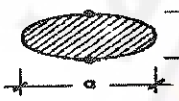
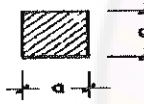
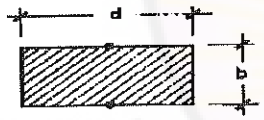
د - مقاطع دائرية مليئة:

Dk: قطر نواة القطاع

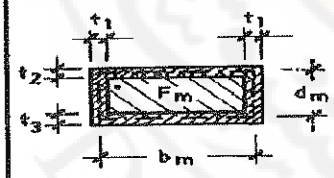
$$\tau_{tu} = \frac{3.2Mtu}{Dk^3} \quad .....(2-26)$$

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

٥ - جدول(٢-١) يوضح الإجهادات المماسية (τ_t)وعزوم عطالة المقاطع على الفتل (J_t) لبعض المقاطع المميزة .

Querschnitt	$\max \tau_T = \frac{M_T}{W_T}$	J_T
	$\frac{16}{\pi} \frac{M_T}{d^3}$	$\frac{\pi d^4}{32}$
	$\frac{16}{\pi} \frac{d}{d^4 - d_i^4} M_T$	$\frac{\pi}{32} (d^4 - d_i^4)$
	$\sim \frac{2}{\pi} \frac{M_T}{t d_m^2}$	$\sim \frac{\pi t d_m^3}{4}$
	$\frac{16}{\pi} \frac{M_T}{a \cdot b^2}$	$\frac{\pi}{16} \frac{a^3 \cdot b^3}{a^2 + b^2}$
	$4{,}81 \frac{M_T}{a^3}$	$0{,}141 \; a^4$
	$\beta \frac{M_T}{b^2 d}$	$\alpha \; b^3 d$

d / b	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	10,0	∞
α	0,196	0,229	0,263	0,281	0,299	0,307	0,313	0,333
β	4,33	4,07	3,74	3,55	3,35	3,28	3,20	3,00

	Bredt'sche Formel beliebiger Hohlquerschnitt $\frac{M_T}{2 F_m \cdot \min t}$	$\frac{4 \cdot F_m^2}{\sum_i \frac{s_i}{t_i}}$
$F_m = b_m \cdot d_m$	rechteckiger Hohlquerschnitt $\frac{M_T}{2 b_m \cdot d_m \cdot \min t}$	$\frac{4 \cdot b_m \cdot d_m}{\frac{2}{b_m \cdot t_1} + \frac{1}{d_m \cdot t_2} + \frac{1}{d_m \cdot t_3}}$
	$\sim 5{,}32 \frac{M_T}{d^3}$	$0{,}133 \; d^4$
	$\sim 5{,}41 \frac{M_T}{d^3}$	$0{,}130 \; d^4$

جدول (٢-١)

٢-٣-٣- حساب الإجهادات القاصة (المماسية) والأعظمية المسموحة (τ_{tcu}) و (τ_{cu}) و (τ_{tcumax}) للقص والفتل معاً :

$$\tau_u = \frac{Qu}{0.85bw.d} \qquad \tau_{tu} = \frac{3Mtu}{\sum bi^2.hi}$$

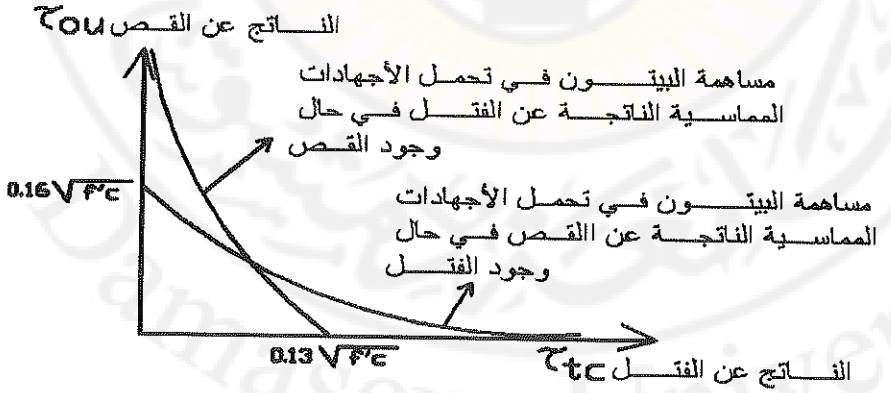
$$\tau_{tcu} = \frac{0.16\sqrt{fc`}}{\sqrt{1+(1.2\frac{\tau_u}{\tau_{tu}})^2}} \quad .....(2-27)$$

$$\tau_{cu} = \tau_{ou} = \frac{0.16\sqrt{fc`}}{\sqrt{1+(\frac{\tau_{tu}}{1.2\tau_u})^2}} \quad .....(2-28)$$

$$\tau_{tcumax} = \frac{0.8\sqrt{fc`}}{\sqrt{1+(1.2\frac{\tau_u}{\tau_{tu}})^2}} \quad .....(2-29)$$

لاحظ الشكل الآتي:

المنحني (١) يمثل مساهمة البيتون في تحمل الإجهادات المماسية الناتجة عن الفتل في حال وجود القص والمنحني (٢) يمثل مساهمة البيتون في تحمل الإجهادات المماسية الناتجة عن القص في حال وجود الفتل .



الشكل (٢-١٤)

٢ -٣- ٤ - حساب التسليح الخاص بالفتل بوجود القص:

١ - عندما $\tau_{tu} > \tau_{tu}max$ عندها يجب تغيير أبعاد المقطع .

٢ - عندما $\tau_{tu} \le 0.13\sqrt{fc`}$:

في هذه الحالة لاحاجة لتسليح طولي أو عرضي خاص بالفتل ويسمح للبيتون بمقاومة هذه الإجهادات الناتجة عن الفتل .

٣ - عندما $0.13\sqrt{fc`} < \tau_{tu} \le \tau_{tcu}$:

نكتفي بتسليح طولي وعرضي إنشائي لمقاومة عزم الفتل تحدد قيمة هذا التسليح بالفقرة (٢ -٣- ٥) اللاحقة .

٤ - عندما $\tau_{tcu} < \tau_{tu} \le \tau_{tu}max$:

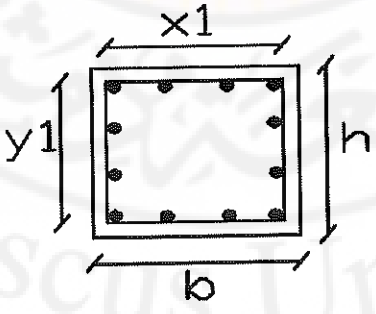
نحتاج إلى تسليح حسابي خاص بالفتل شكل(٢ -١٦) .

$$ast = \frac{(\tau_{tu} - \tau_{tc})S.\sum b^2.h}{3\alpha_t.x_1.y_1.fy}$$

$$\alpha_t = (0.66 + 0.33\frac{y_1}{x_1}) \le 1.5$$

$$Asl = 2 * ast * \frac{x_1 + y_1}{S}$$

S : تباعد الأساور الخاصة بالفتل والجدير بالذكر إن الأسوارة الخاصة بالفتل هي أسوارة ذات فرعين فقط ولا نضع أساور داخلية لأن الفتل يتطلب أسوارة خارجية مطوقة للقطاع .



الشكل (٢ -١٦)

ملاحظة هامة :

نزود المقطع بالتسليح اللازم للفتل كماجرى حسابه أعلاه مضافاً إليه التسليح اللازم لمقاومة القص والانعطاف والقوى الناظمية ويمكن أن يدمج التسليح الخاص بالفتل مع التسليح اللازم للمؤثرات الأخرى شريطة أن يكون التسليح المستخدم في المقطع يساوي على الأقل مجموع مساحات التسليح اللازم للمؤثرات المختلفة بصورة إفرادية على أن يتم مراعاة الشروط الخاصة بالتباعد وتوضع التسليح بالشكل الصحيح بموجب الكود للمؤثرات المختلفة .

٢ -٣ -٥ - شروط التسليح الخاص بالفتل:

١ - عندما يكون $\tau_{tuc} \geq \tau_{tu} > 0.13\sqrt{fc`}$ في هذه الحالة نكتفي بنسبة تسليح عرضي إنشائية لمقاومة عزم الفتل والقيمة الخاصة بالأتاري هي الآتية:

$$\mu_{st}min = \frac{2*ast}{b.s} = \frac{0.35}{fy}$$

وفي هذه الحالة نعتبر إن التسليح العرضي الأصغري لمقاومة القص محقق أما التسليح الطولي في هذه الحالة:

$$Aslmin = \frac{0.35}{fy} b*(x_1 + y_1)$$

ويجب الانتباه إلى إنه لا نجمع التسليح الطولي المقاوم للفتل مع التسليح الطولي المستخدم لمقاومة التقلص بل يؤخذ الأكبر منهما .

٢ - لاتزيد المسافة بين الأساور المحيطية المغلقة المحسوبة لمقاومة الفتل عن الأصغر بين القيمتين الآتيتين:

$$25cm \quad or \quad 0.25(x_1 + y_1)$$

ولاتقل المسافة S عن 7cm

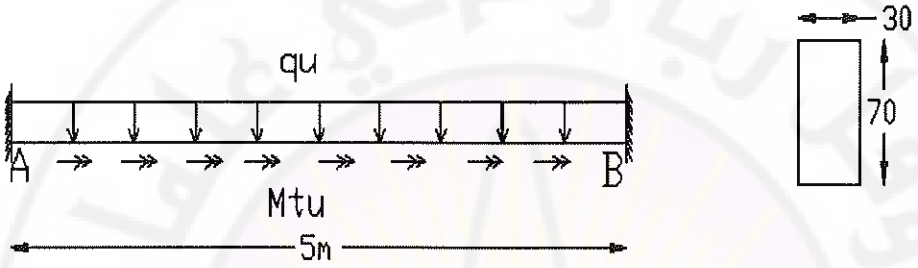
٣ - يجب ألا يقل قطر القضبان المستعملة بالتسليح الطولي لمقاومة الفتل عن (12mm) ولاتتجاوز المسافة بين هذه القضبان (30cm) وأن تزود كل زاوية من زوايا المقطع بقضيب طولي واحد على الأقل .

٤ - أطوال التماسك المطلوبة في القضبان المقاومة للفتل يجب أن تمتد إلى مسافة لاتقل عن (b+d) بعد آخر مقطع يستوجب هذا التسليح مقاساً على محور العنصر حيث (d) الارتفاع الفعال للمقطع .

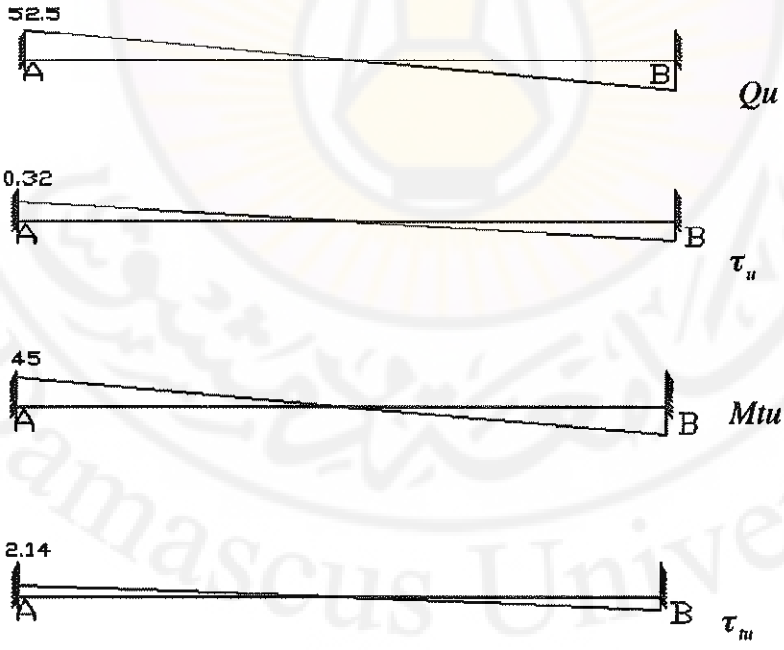
٢ - ٤ - مثال:

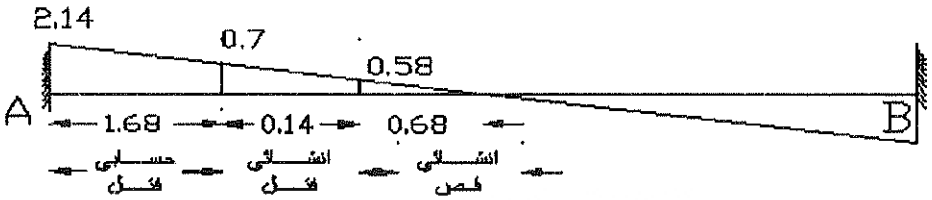
في الجائز الموضح في الشكل يطلب حساب التسليح الخاص بالقص والفتل معاً ورسم المقطع العرضي موضحاً عليه توزيع التسليح علماً إنه محمل بحمولة موزعة بانتظام ومصعدة وتشمل الوزن الذاتي qu = 21KN/m وعزم فتل موزع بانتظام مصعد Mtu = 18KN.m/m وأن الجائز موثوق من طرفيه

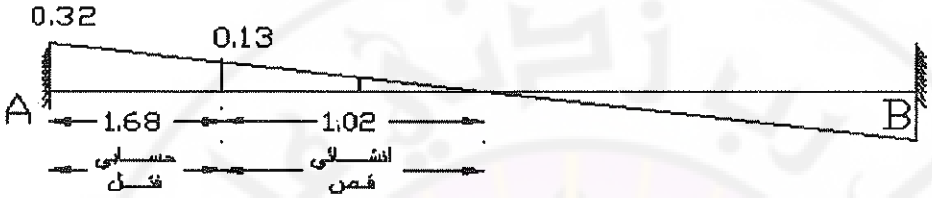
$(fc` = 20N/mm^2) - (fyt = 240N/mm^2) - (fy = 400N/mm^2)$



الحل: نرسم مخططات Qu - τ_u - Mtu - τ_{tu}:







بملاحظة الأشكال السابقة نقرر ولسهولة التنفيذ تعميم التسليح الحسابي للقص والفتل حتى مسافة 1.82m وضمن المسافة 0.68m نضع تسليح قص إنشائي هو الآتي:

$$n*ast=\frac{0.35}{fy}bw*S$$

$$n=4 \qquad \phi=6mm \Rightarrow S=\frac{4*0.25*\pi*6^2*240}{0.35*300*10}=25.85cm$$

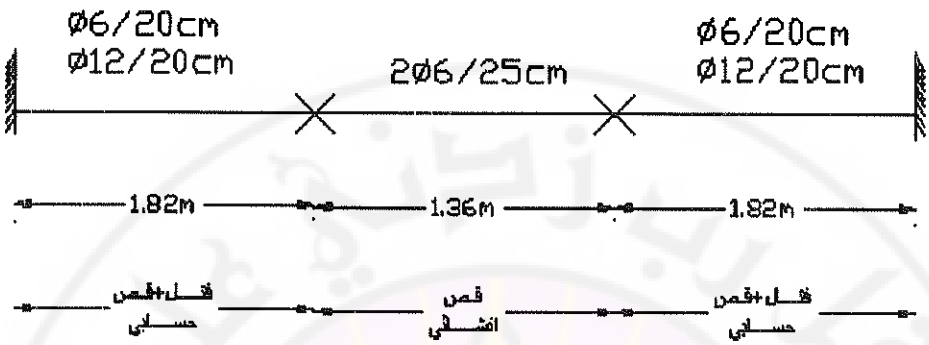
$$\Rightarrow S=25cm$$

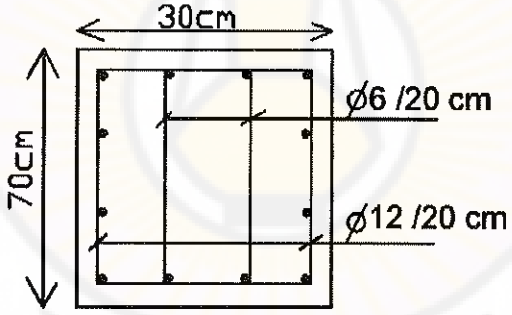
$$Smin=7cm$$

$$Smax=\min\begin{Bmatrix}0.5d=0.5*63=31.5cm\\30cm\end{Bmatrix}=30cm$$

$$7cm<S=25cm<30cm \Rightarrow OK$$

وبالتالي يكون التسليح الإنشائي $2\phi 6/25cm$





Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثالث

أ - تصميم الأعمدة الطويلة

Design Long Columns

٣-١ - مقدمة .

٣-٢ - تعاريف .

٣-٢-١ - التحليل الإنشائي من الدرجة الأولى .

٣-٢-٢ – التحليل الإنشائي من الدرجة الثانية .

٣-٢-٣ - ملاحظات .

٣-٣ - حساب الأعمدة الطويلة .

٣-٣-١ - مقدمة .

٣-٣-٢ - دراسة الأعمدة الطويلة بحسب قيمة (λ).

٣-٤ - الانعطاف المركب في الأعمدة الطويلة .

٣-٥ - شروط التسليح .

٣-٦ - مثال .

ب - تصميم عناصر البيتون المسلح المعرضة للشد اللامركزي

Design Elements of reinforced Concrete exposed to Eccentric Tension

٣-١ مقدمة.

٣-٢ حالة اللامركزية الكبيرة.

٣-٣ حالة اللامركزية الصغيرة.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثالث

أ - تصميم الأعمدة الطويلة

Design Long Columns

٣ -١ - مقدمة:

تعتبر ظاهرة التحنيب من أهم المواضيع التي يجب أخذها في الحسبان أثناء دراسة العناصر الخاضعة للضغط وعادة تكون العناصر الخاضعة للضغط على أنواع:

١ - عناصر خاضعة للضغط المركزي كما في الشكل(٣ -١) وفي هذه الحالة تنطبق القوة الضاغطة على محور العمود .

٢ - عناصر خاضعة للضغط اللامركزي وفي هذه الحالة تخضع العناصر إلى ضغط من جراء حمولات ناظمية لاتنطبق على محاور الأعمدة كما في الشكل (٣ -٢) أو وجود ضغط مع عزم إنعطاف في المقطع المدروس كما في الشكل (٣ -٣) .

نعلم من مقاومة المواد إن العنصر الخطي الخاضع للضغط البسيط يحنب تحت تأثير حمولة أويلر الحرجة:

$$Ncr = \frac{\pi^2 . E.I}{Lo^2} \quad .....(3-1)$$

EI : صلابة المقطع بالاتجاه المدروس .

Lo : الطول الحسابي للتحنيب بالاتجاه المدروس على التحنيب وتتعلق قيمته بالأمرين الآتيين:

١ - طبيعة ارتباط نهايتي العمود مع عناصر المنشأ الأخرى(مفصل – وثاقة – وثاقةجزئية).

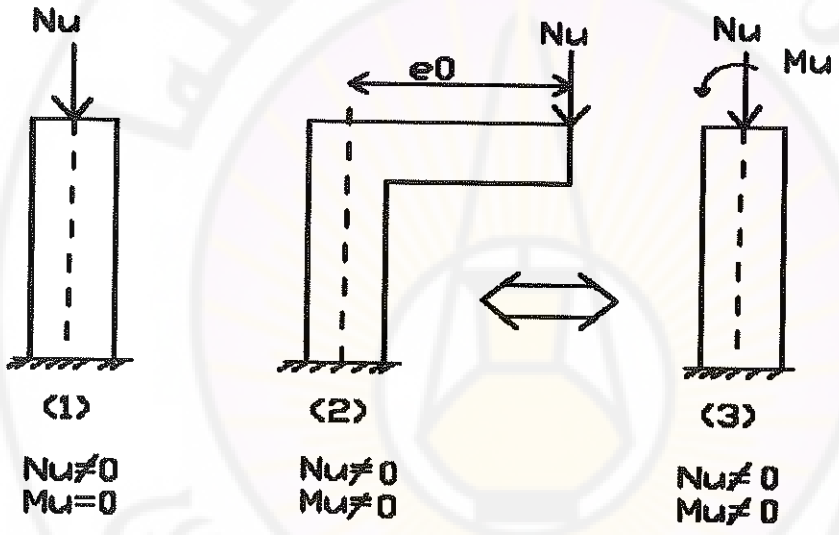
٢ - وجود العمود في هيكل مسند جانباً أو في هيكل غير مسند جانباً .

عند دراسة الأعمدة البيتونية المسلحة الخاضعة للضغط البسيط كما في الشكل (٣ -١) نميز عادة ما بين:

١ - الأعمدة القصيرة: وهنا تكون $(\lambda \leq 40)$نسبة النحافة ، وفي هذه الحالة يهمل تأثير التحنيب في حساب العمود وتكون قيمة Nu العظمى أقل من قيمة الحمولة الحرجة Ncr وفي

هذه الحالة يحدث الانكسار من جراء تهشم البيتون تحت الضغط قبل أن يتعرض العمود للتحنيب .

٢ - الأعمدة الطويلة: وهنا تكون $(\lambda > 40)$ نسبة النحافة ، وفي هذه الحالة يؤخذ تأثير التحنيب بالاعتبار في تصميم العناصر وتكون قيمة (Nu) العظمى أكبر من قيمة الحمولة الحرجة (Ncr) وفي هذه الحالة يتعرض العمود إلى التحنيب عندما تصبح الحمولة الناظمية (Nu=Ncr) وعندها يحدث الانكسار من جراء الضغط اللامركزي قبل وصول الحمولة الناظمية إلى حمولة الانكسار.



ضغط مركزي — الشكل (٣ -١)

ضغط لا مركزي — الشكل (٣ -٢)

ضغط لا مركزي — الشكل (٣ -٣)

٣ -٢ - تعاريف:

٣ -٢ -١ - التحليل الإنشائي من الدرجة الأولى :

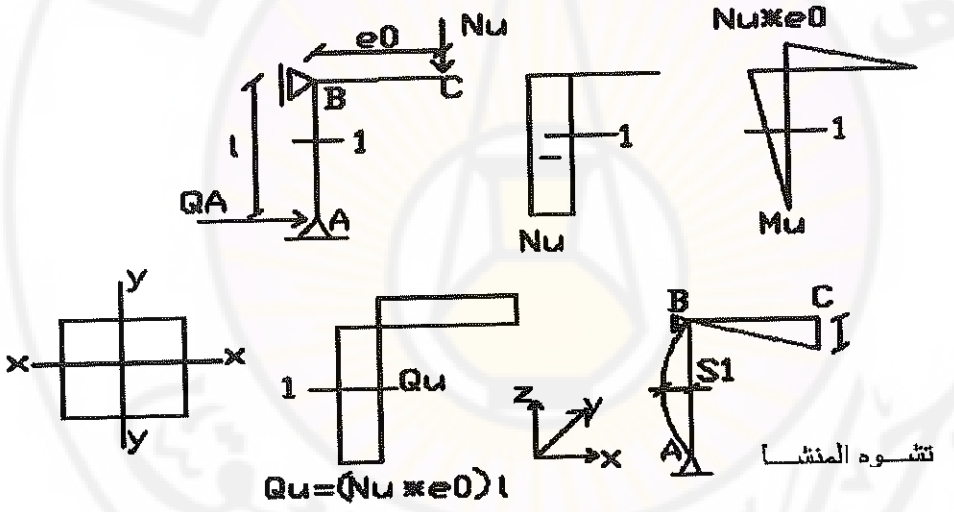
وهو بالتعريف حساب العزوم والقوى الناظمية التصميمية في المقطع المطلوب كماجرت عليه العادة في حساب الإنشاءات وهو أيضاً حساب التشوهات في العنصر المدروس متمثلة بالسهوم والانتقالات والدورانات من جراء الحمولات الخارجية .

٣ -٢ -٢ - التحليل الإنشائي من الدرجة الثانية :

وهو تحليل أدق من التحليل السابق يأخذ بالاعتبار بالإضافة للعزوم والقوى الناتجة من التحليل السابق قوى القص الإضافية الناتجة عن تأثير القوى والعزوم في تشوهات المنشأ وبالتالي يصبح العزم الكلي للمقطع (١)على العمود (AB) الواقع في منتصف المجال شكل (٣ -٤) يساوي:

$$Mua = Nu * (\frac{e_0}{2} + \delta 1) = M_{u1} + M_{u2} \quad .....(3-2)$$

حيث إن (M_{u1}) العزم الناتج من التحليل الإنشائي من الدرجة الأولى و(M_{u2}) العزم الناتج من التحليل الإنشائي من الدرجة الثانية وتحدد $(\delta 1)$ فيما بعد بموجب اشتراطات الكود العربي السوري.



الشكل (٣ -٤)

٣ -٢ -٣ - ملاحظات:

١ - عندما تكون $(e_0 = 0)$ تنشأ في العمود عزوم (M_{u2}) من الدرجة الثانية ناتجة عن تأثير الحمولة الناظمية (Nu) في الانحرافات الابتدائية لشكل العمود(عيوب التصنيع) ، وتنتج أيضاً عزوم (M_{u2})من تأثير (Nu) في موقع تطبيق الحمولة الشاقولية بحالة اللامركزية غير مقصودة ، كما إن سيلان البيتون وسلوكه غير المرن سيزيدان من قيمة التشوهات

والانحرافات الحاصلة تحت تأثير الحمولة المصعدة Nu مما يؤدي إلى زيادة قيم العزوم من الدرجة الثانية .

٢ - إن قيم (M_{u2}) تتناسب طرداً مع نسبة النحافة (λ) وعندما تكون $(\lambda \leq 40)$ تكون (M_{u2}) صغيرة ومهملة .

* الخلاصة :

بناء على ماسبق نقول إن دراسة الأعمدة الطويلة ستؤول في جميع الأحوال إلى دراسة هذه العناصر على الضغط اللامركزي وتعتبر مقاومة هذه الأعمدة محققة لأثر التحنيب إذا حسبت مقاطعها بحيث تقاوم حالة الضغط اللامركزي التي ستخضع لها .

ونلفت النظر إلى إنه عند حساب أي عمود طويل يجب التحقق من مقاومة هذا العمود للتحنيب في كل اتجاه من الاتجاهين الرئيسين على حدا .

٣ -٣ - حساب الأعمدة الطويلة:

٣ -٣ -١ - مقدمة :

يؤخذ التحنيب في الأعمدة الطويلة بعين الاعتبار بمساعدة عزم إنحناء إضافي يعطى بالعلاقة الآتية:

$$Mu = Nu * e_c \quad .....(3-3)$$

حيث إن (e_c) تمثل اللامركزية الإضافية الناشئة عن تشوه العمود في المقطع الحرج من جراء التحنيب وتحسب كما هو وارد في الكود العربي السوري انظر العلاقة (٥-٣) أدناه .

ويجب ألا تزيد نسبة النحافة (λ) عن (150) وإلا يجب تغير أبعاد المقطع .

٣ -٣ -٢ - دراسة الأعمدة الطويلة بحسب قيمة (λ) :

١ - عندما تكون $(100 < \lambda \leq 150)$ في هذه الحالة نستخدم طرقاً دقيقة تعتمد على البرامج الحاسوبية تأخذ بالاعتبار العزوم والقوى الداخلية الناتجة عن التحليل الإنشائي الدقيق من الدرجة الثانية ويتوجب عندها اعتماد قيم واقعية لصلابة العناصر الإنشائية تأخذ في الحسبان أثر التشقق والسلوك غير المرن بالإضافة إلى أثر الأحمال طويلة الأمد .

إن هذا التحليل الإنشائي الدقيق لا يمكن إجراؤه يدوياً نظراً لكمية الحسابات التي نحتاجها لذلك نلجأ إلى استخدام برامج جاهزة تعتمد على الحاسب الإلكتروني وتصلح هذه الطريقة العامة لكافة قيم (λ) مابين $(0,150)$

٢ - عندما تكون $(40<\lambda\leq 100)$ وهنا نميز حالتين:

٢ -١ - عناصر خاضعة لضغط لا مركزي كما في الأشكال (٣ -٢)و(٣ -٣) السابقة ويحسب العزم الكلي في المقطع المدروس من العلاقة:

$$Mua = Nu * (e_c + e_o) \qquad .....(3-4)$$

حيث إن :

e_c : اللامركزية الإضافية .

$(e_c + e_o) \geq 0.08h$

e_o : اللامركزية المفروضة .

و تحدد اللامركزية الإضافية (e_c)من العلاقات الآتية:

$$e_c = \frac{\beta.\lambda^2.(e_o + h)}{30000} \leq \frac{\beta.\lambda^2.h}{15000} \qquad .....(3-5)$$

h : بعد المقطع بالاتجاه المدروس .

في حال كان الجو جافاً $\beta = 1.65 - 0.65\alpha$

في حال كان الجو رطباً $\beta = 1.30 - 0.33\alpha$

تحدد قيمة (α) بموجب الكود العربي السوري .

أما (e_o) تمثل اللامركزية الأصلية المطبقة على العمود وضمنها اللامركزية الطارئة (غير المقصودة) وتحسب من العلاقة الآتية:

$$e_o = \frac{Mui}{Nui} \geq e_a \qquad .....(3-6)$$

e_a : اللامركزية غير المقصودة وتؤخذ وفق الآتي:

$$e_a = \begin{Bmatrix} 0.05h \\ 25.5cm \\ lo/250 \end{Bmatrix} \qquad .....(3-7)$$

(نختار القيمة الأكبر)

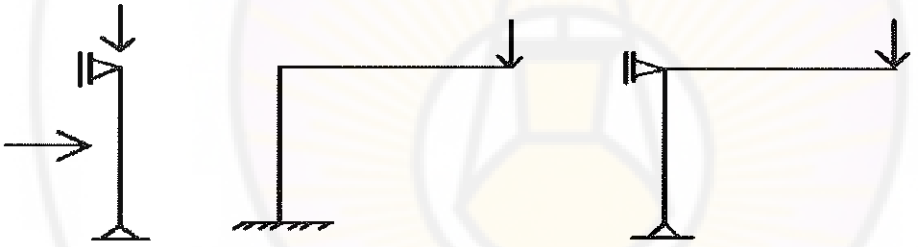
إن (Mui) تمثل عزم الانعطاف الحدي الأصلي المطبق في المقطع الحرج الناتج من التحليل الإنشائي من الدرجة الأولى تحت تأثير حالة التحميل المدروسة وتحدد قيمته كما يأتي:

١ - عندما يكون العمود مسنوداً جانبياً وخاضعاً لأحمال عرضية بين طرفيه كمافي الشكل (٣-٥) أو عندما يكون العمود غير مسنود جانبياً كمافي الشكل (٣-٦)عندها تحدد (Mui) كقيمة عظمى من التحليل الإنشائي على المنشأ من الدرجة الأولى .

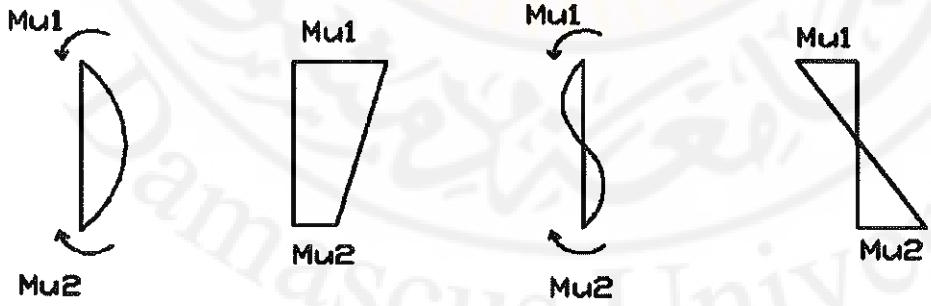
٢ - عندما تكون الأعمدة مسنودة جانبياً ولاتخضع لأحمال عرضية كمافي الشكل (٣-٧) عندها تحدد (Mui) من العلاقة الآتية:

$$Mui = 0.6M_{u1} + 0.4M_{u2} \geq 0.4M_{u1} \quad .....(3-8)$$

حيث إن (M_{u1})تمثل العزم الأكبر بالقيمة المطلقة والمطبق على أحد طرفي العمود ويؤخذ بإشارة موجبة دوماً ، أما (M_{u2})تمثل العزم الأصغر بالقيمة المطلقة والمطبق على الطرف الآخر للعمود وتؤخذ(M_{u2}) موجبة إذا كان العمود ينحني باتجاه واحد شكل (٣-٨) وسالبة إذا كان العمود ينحني باتجاهين شكل (٣-٩) .



الشكل (٣-٥) الشكل (٣-٦) الشكل (٣-٧)



عمود مسند منحني باتجاه واحد عمود مسند منحني باتجاهين

الشكل (٣-٨) الشكل (٣-٩)

٢-٢ - عناصر خاضعة لضغط محوري بسيط شكل (٣-١٠) حيث يكون في هذه الحالة :

$$Nui \neq 0 \qquad Mui = 0 \qquad e_o = 0$$

عندها نأخذ $e_o = e_a$

$$e_a = \begin{Bmatrix} 0.05h \\ 25.5cm \\ lo/250 \end{Bmatrix} \quad .....(3-9)$$ (نختار القيمة الأكبر)

$$Mui = Nui * (e_c + e_a) \quad .....(3-10)$$

حيث $(e_c + e_o) \geq 0.08h$

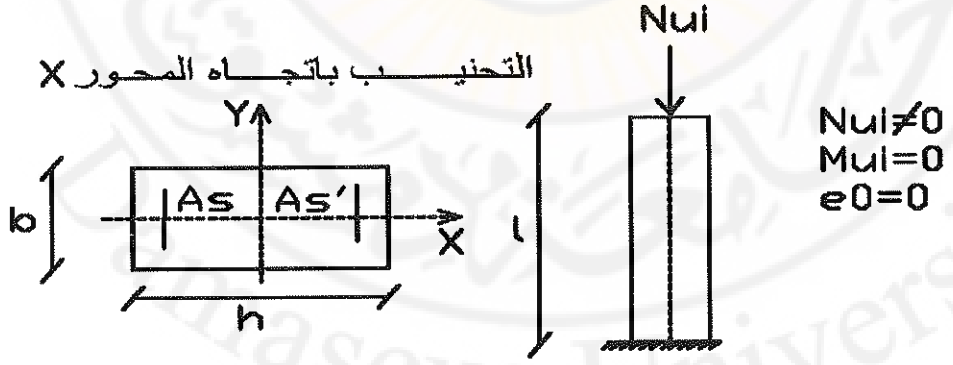
نأخذ :

$$e_c = \frac{\beta.\lambda^2.(e_o + h)}{30000} \leq \frac{\beta.\lambda^2.h}{15000} \quad .....(3-11)$$

و باعتبار $(\alpha = 0)$ فإن قيم (β) كالتالي :

في حال كان الجو جافاً $\beta = 1.65$

في حال كان الجو رطباً $\beta = 1.30$



الشكل (٣-١٠)

٣ - عندما تكون $(40 < \lambda \leq 80)$ يمكن اتباع الطريقة الآتية لحساب العمود الطويل إذا تحققت الشروط الآتية:

١ - إن يكون المقطع المضغوط مربعاً أو مستطيلاً أو متناظراً .
٢ - ألا تقل مساحة التسليح الموجودة في كل طرف من طرفي القطاع بالاتجاه المقاوم للتحنيب عن 0.003 من مساحة القطاع الكلية شكل (٣-١٠) ، عندها نحسب العمود على الضغط البسيط المركزي ويؤخذ أثر التحنيب في الحساب عن طريق تخفيض المقاومة القصوى للعمود على الضغط البسيط بمعامل يدعى Kb وتحسب كما هو وارد في الكود العربي السوري ، وتصبح علاقات الضغط المركزي كما يأتي :

في حالة التسليح العادي:

$$Nur = \frac{0.8\Omega}{Ke.Kb}(0.85fc`.Ac`+As.fy) \quad .....(3-12)$$

في حالة التسليح الحلزوني:

$$Nur = \frac{0.85\Omega}{Ke.Kb}(0.85fc`.Ak`+As`.fy+2.5fyp.Asp) \quad .....(3-13)$$

٣ -٤ - الانعطاف المركب في الأعمدة الطويلة:

تطبق الاشتراطات الواردة في الكود العربي السوري .

٣ -٥ - شروط التسليح:

تطبق شروط التسليح على حسب الحالة المدروسة بالعودة إلى الكود العربي السوري .

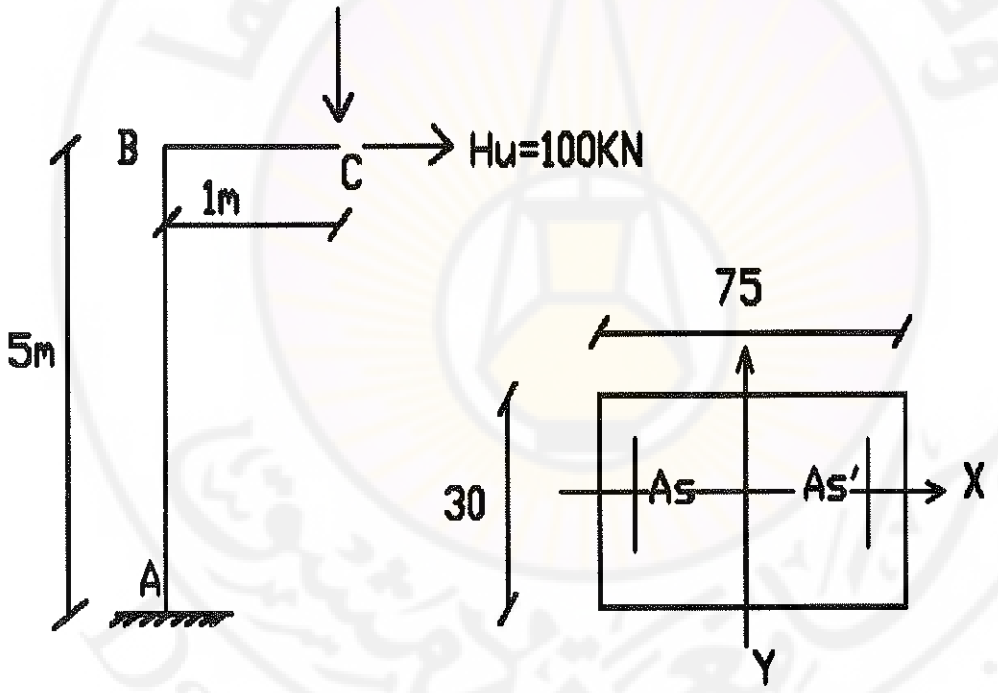
٣ -٦ - مثال:

يطلب التحقق من المقطع الحرج للعمود المبين بالشكل (٣ -١١) علماً إن الأبعاد والتسليح معطاة حسب الشكل والتحنيب فقط حول المحور y باتجاه المحور x فقط

$$(fc` = 20N/mm^2) - (fy = 400N/mm^2)$$

$$a = a` = 40mm \qquad As = As` = 4\phi 28$$

$$fc` = 20N/mm^2 \qquad fy = 400N/mm^2$$



الشكل (٣ -١١)

الحل:

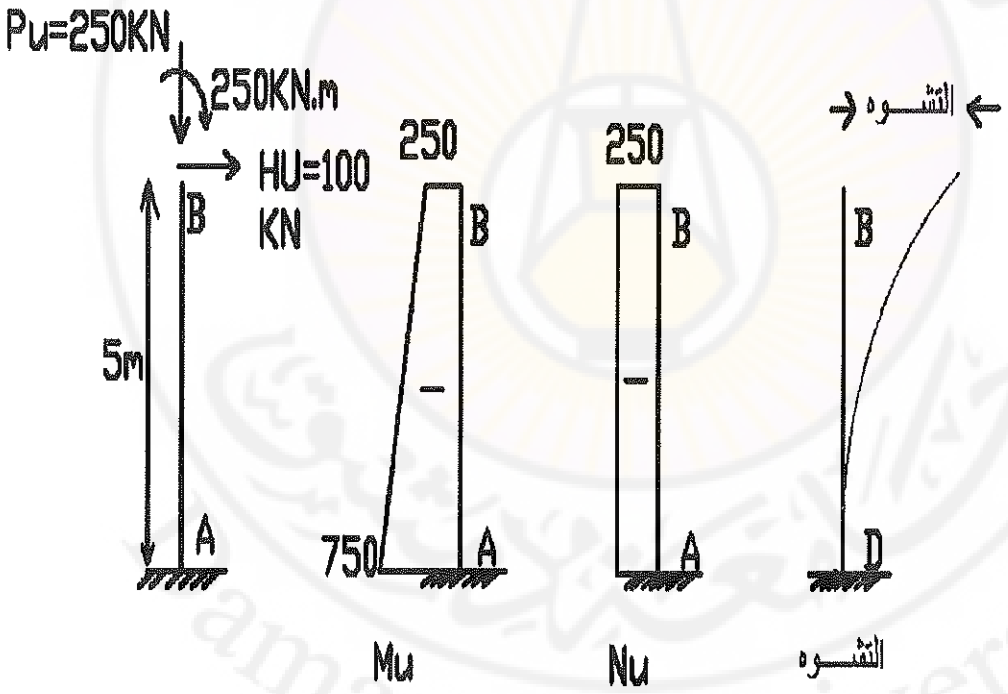
نحسب نسبة النحافة للعمود AB حول المحور y باتجاه المحور x :

$$\lambda y = \frac{Lo_y}{i_y} = \frac{2L}{(\frac{Iy}{A})^{0.5}} = \frac{2*5}{(\frac{(0.3*0.75^3)/12}{0.3*0.75})^{0.5}} = 46.19 > 40$$

$$40 < \lambda y < 100$$

العمود طويل بالاتجاه x .

التحليل الإنشائي من الدرجة الأولى:



بملاحظة الأشكال نجد إن المقطع الحرج للعمود AB هو عند الوثاقة وبالتالي لنوجد الثنائية (Mu,Nu) عند هذا المقطع

$$Nu = 250KN$$

$$Mu = Nu(eo + ec)$$

$$eo = \frac{Mui}{Nui} \geq ea$$

$$ea = \max\left\{\begin{array}{l} 25mm \\ h/20 = 750/20 = 37.5mm \\ Lo_y/250 = 10000/250 = 40mm \end{array}\right\} \Rightarrow ea = 40mm$$

العمود غير مستند جانبياً وبالتالي Mui هي أكبر عزم بالقيمة المطلقة في مخطط Mu للعزم

$$Mui = 750KN.m$$

$$eo = \frac{750}{250} = 3m > 0.04 \Rightarrow OK$$

لاحظ إن eo زادت عن 1m بسبب وجود قوة أفقية تزيد من العزم

من أجل حساب ec وبفرض إن الجو رطب

$$\beta = 1.3$$

$$ec = \frac{\beta.\lambda y^2.(eo + h)}{30000} = \frac{1.3 * 46.19^2 (3 + 0.75)}{30000} = 0.35m$$

$$ec = \frac{\beta.\lambda y^2.h}{15000} = \frac{1.3 * 46.19^2 * 0.75}{15000} = 0.14m$$

$$ec = \min(0.35, 0.14) = 0.14m$$

$$eo + ec = 3 + 0.14 = 3.14m > 0.08h = 0.06 \Rightarrow OK$$

$$Mu = 250(3 + 0.14) = 785KN.m$$

والآن أصبح المطلوب التحقق من تحمل المقطع المفروض للثنائية :

$$Nua = 250KN \qquad Mua = 785KN.m$$

ولو رسمنا مخطط الترابط لهذا المقطع نجد إن النقطة تقع خارج مخطط الترابط وبالتالي المقطع غير محقق .

ب - تصميم عناصر البيتون المسلح المعرضة للشد اللامركزي

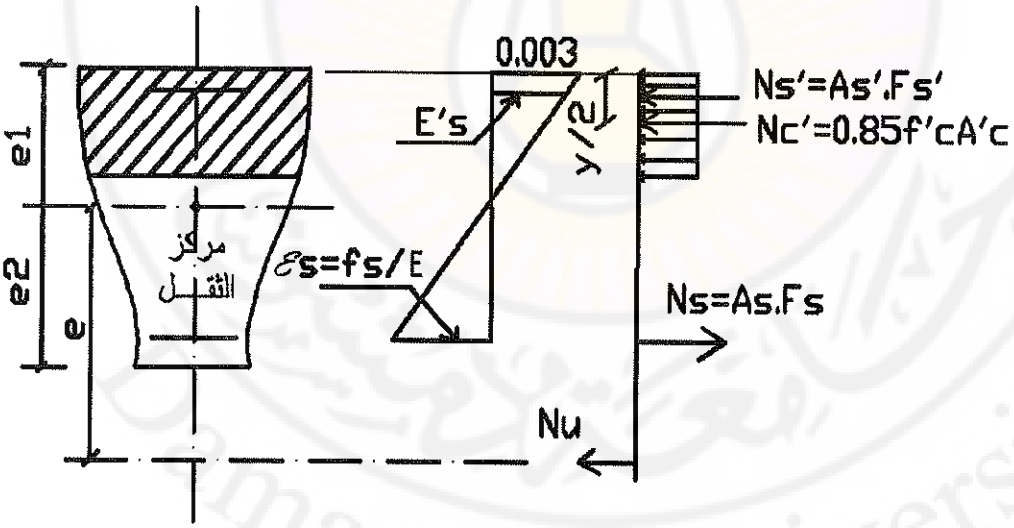
Design Elements of reinforced Concrete exposed to Eccentric Tension

٣ - ١ المقدمة:

إن الفرضيات الأساسية التي تطبق في هذه الحالة هي الفرضيات الأساسية الخاصة بالطريقة الحدية المعتمدة في حساب هذه المقاطع وفي هذا البحث نميز بين حالة اللامركزية الكبيرة واللامركزية الصغيرة .

٣ - ٢ حالة اللامركزية الكبيرة :

في حال اللامركزية الكبيرة تقع القوة الشادة خارج المنطقة المحددة بالقضبان المحيطية ويتعرض المقطع لإجهادات ضغط وشد كما في حالات الضغط البسيط والضغط اللامركزي"لامركزية كبيرة" انظر الشكل(١ -٤) .



الشكل (١-٤)

مقطع معرض لقوة شد مطبقة خارجه (لامركزية كبيرة)

العلاقات الاساسة هي الآتية :

$$\sum Nu = 0$$

$$Nu = \Omega * [Ns - Nc' - Ns'] \dots\dots\dots (4-1)$$

$$\sum Mu = 0$$

$$Mu = Nu * e = \Omega * \left[Nc * (e1 - \frac{y}{2} + Ns' * (e1 - a') + Ns * (e2 - a)\right] \dots\dots\dots (4-2)$$

$$fs = \frac{0.85 * d - y}{y} * 630 \leq fy \dots\dots (4-3)$$

$$fs' = \frac{y - 0.85 * d}{y} * 630 \leq fy \dots\dots (4-4)$$

ا- حالة التصميم

في حالة التصميم تكون Mua & Nua & b & h معلومة والمطلوب حساب As & A's

h , b ,Nua ,Mua $\longrightarrow$ As ,A's

نأخذ مجموع العزوم بالنسبة لمركز الثقل للتسليح المشدود بالعلاقة الآتية :

$$Mua = Nu * [e - e2 + a] \dots\dots\dots (4-5)$$

وتؤخذ fs = fy وتؤخذ f's من العلاقة رقم (٤-٤)

وبعد حساب As من العلاقة السابقة نضيف الى هذه القيمة القيمة الآتية

$$As1 = \frac{Nu}{\Omega} : \Omega = 0.9 \dots\dots\dots (4-6)$$

ب- حالة التحقيق:

باستخدام المعادلات السابقة من (١-٤) الى (٤-٤) حيث تكون الأبعاد والتسليح معلومة يجري التحقق من القوة المطبقة على المقطع .

٣ -٣ حالة اللامركزية الصغيرة:

وهنا تقع القوة الشادة بين مركزي ثقل التسليح المشدود وتحسب As1 & As2 بأخـذ العزوم على التوالي حول مركز ثقل As1 & As2 والبيتون هنا متشقق وخارج عن العمـل وتؤخذ قيمة $\Omega = 0.9$

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الرابع

الجوائز (الكَمَرات) البسيطة و المستمرة

تأليف

الدكتور المهندس محمد فريز عابدين

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الرابع

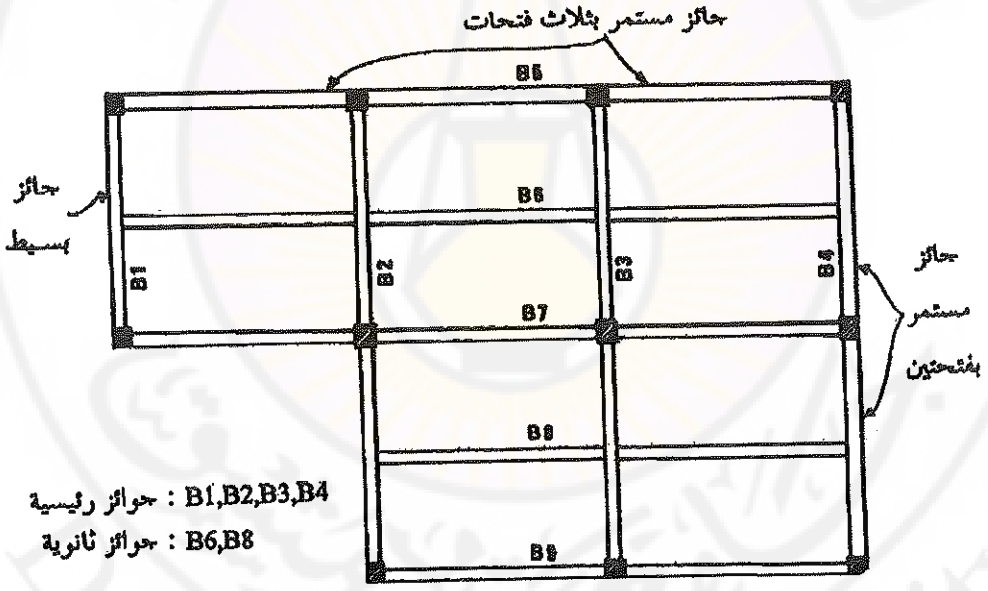
الجوائز (الكَمَرات) البسيطة والمستمرة

تأليف :

الدكتور المهندس محمد فريز عابدين

٤-١- مقدمة وتعاريف :

تتألف السقوف البيتونية المسلحة في أغلب الأحيان من بلاطات مستندة على مجموعة من الجوائز الرئيسية والثانوية ، حيث تقوم هذه الجوائز بنقل الحمولات من البلاطات إلى الأعمدة ، انظر الشكل (4-1) ، وحسبما يكون موقع الجائز في السقف فإن هذا الجائز قد يكون بسيطاً (بفتحة واحدة) أو مستمراً (بعدة فتحات) . وتكون الجوائز في هذه الحالة (أي في السقوف) ملتحمة بالبلاطات المجاورة لها .

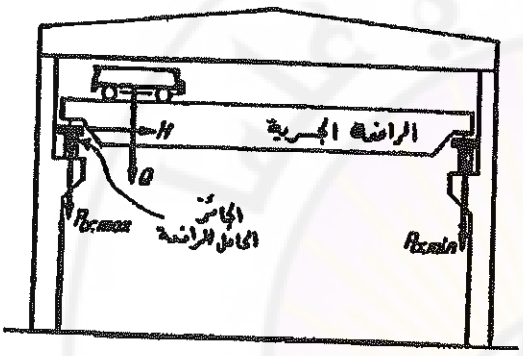


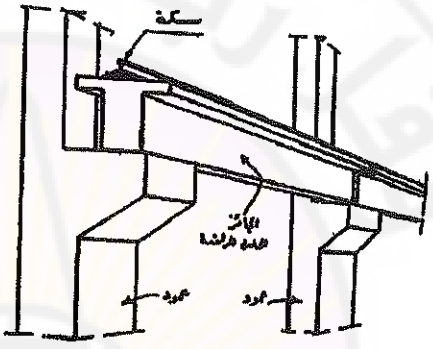
الشكل (4-1)

غير أن الجوائز البيتونية قد تستخدم في بعض الأحيان منفردة ، كما هي حال الجوائز الحاملة للرافعات الجسرية مثلاً في الأبنية الصناعية ، انظر الشكل (4-2) .

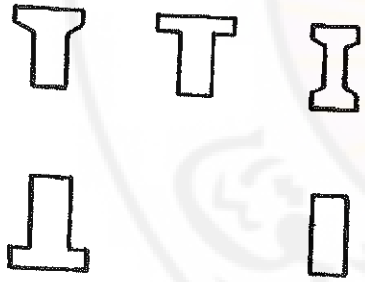
تأخذ مقاطع الجوائز في السقوف عادة الأشكال المبينة على الشكل (4-3) وذلك حسب موقع الجائز في المسقط (داخلي أو طرفي) وحسب كونه متدلياً تحت البلاطات أو بارزاً عنها من الأعلى (حيث يدعى في هذه الحالة الأخيرة جائزاً مقلوباً) .

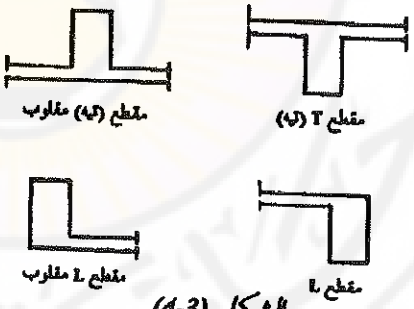
أما الجوائز البيتونية التي تستخدم منفردة (أي غير المتصلة ببلاطات) فإن مقاطعها تصنع بالشكل الذي يختاره المصمم . ويبين الشكل (4-4) عدداً من نماذج المقاطع المستخدمة في الجوائز المنفردة .





الشكل (4-2)





الشكل (4-3)

الشكل (4-4)

يتعرض الجائز في المنشأ إلى نوعين من الحمولات : الحمولات الميتة والحمولات الإضافية (أو الحية) . نعني بالحمولات الميتة (Dead loads) مجموعة الأوزان الثابتة (الدائمة) كالوزن الذاتي للجائز نفسه ووزن الجزء من السقف الذي يحمله هذا الجائز ، وأوزان طبقات الإكساء كالزريقة (الطينة) والبلاط والرمل ، وأوزان الجدران والقواطع والتمديدات الصحية والكهربائية وغيرها من المواد المختلفة المستعملة في الإنشاء . أما الحمولات الحية (Live loads) فتعني كافة الأوزان المتحركة

والحمولات غير الدائمة التي يتعرض لها العنصر كأوزان الأثاث والسكان في الأبنية السكنية ، وكالبضائع المخزونة في المستودعات وفي الأبنية التجارية المختلفة ، وكحمولات الثلج على الأسطحة ... الخ .

عند دراسة جائز ما تطبق الحمولات الميتة على كافة مجازاته ، أما الحمولات الحية فيجري تطبيقها بأوضاع معينة بحيث تعطي ـ مع الميتة ـ أسوأ (أخطر) التأثيرات في المقاطع المختلفة من الجائز. وسنبين ذلك بالتفصيل في فقرات قادمة .

تشتمل عملية تصميم الجوائز على الخطوات الرئيسية التالية :

١- تطبيق الأحمال بالوضعيات المناسبة و إيجاد مخططات عزوم الانعطاف الأعظمية و قوى القص الأعظمية و مختلف التأثيرات الأخرى التي سيتعرض لها الجائز .

٢- حساب التسليح اللازم (الطولي والعرضي) لمقاومة العزوم وقوى القص المتوقعة في مختلف المقاطع .

٣- توزيع قضبان التسليح الطولي بما يتلاءم مع مخطط العزوم ، والتسليح العرضي بما يتلاءم مع مخطط قوى القص (والفتل في حال وجوده) وباتباع قواعد فنية محددة .

علماً بأن بعض الخطوات التفصيلية المتفرعة عن هذه المراحل الرئيسية ستختلف في حالة الجوائز المستمرة عنها في حالة الجوائز البسيطة وعلى الأخص فيما يتعلق بالتعامل مع الحمولات الحية ، كما سنرى في فقرات قادمة .

٤-٢- *تصميم الجوائز البسيطة :*

عندما نعرّف الجائز البسيط نظرياً نقول أنه هو الجائز المسند على مسندين بسيطين نقطيين (يسمحان بالدوران الحر لنهايتي الجائز) أحدهما ثابت والآخر متدحرج .

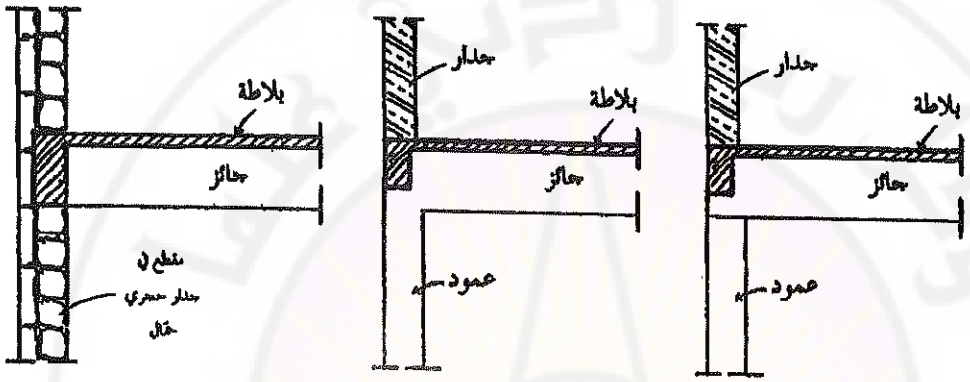
غير أننا إذا نظرنا لأنواع المساند في منشآت البيتون المسلح فإننا نجد أنها تختلف (تبعاً لطبيعتها وشكلها) من حيث قدرتها على تأمين الدوران الحر أو الدوران مع الانزلاق للجوائز التي تستند عليها .

ففي الأبنية العادية عموماً تستند الجوائز على رؤوس الأعمدة مباشرة أو على الجدران الحمالة (انظر الشكل 5-4) ويكون سطح الاستناد في هذه الحالة عريضاً نسبياً . وإن التصاق بيتون الجائز مع المسند يؤدي إلى تشكل وثاقة جزئية لنهاية الجائز . وإذا ما وجد أيضاً فوق نهاية الجائز عمود علوي أو جدار أو أية حمولة أخرى فإن هذا يؤدي إلى زيادة هذه الوثاقة الجزئية ، التي تتولد فيها عند تحميل الجائز عزوم ثانوية سالبة (ندعوها عزوماً اعتبارية) .

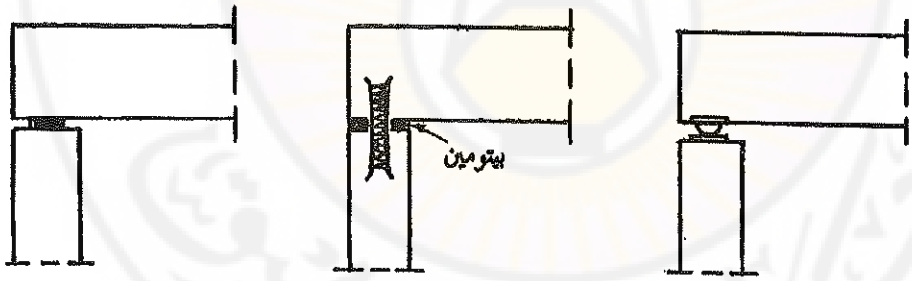
أما في المنشآت ذات الحمولات الكبيرة والمجازات الكبيرة (كجسور الطرق أو جسور السكك مثلاً) فتستخدم عادة مساند خاصة معدنية أو بيتونية أو مطاطية (نيوبرين) كالمبينة بالشكل (4-6)

ويمكن في هذه الحالة اعتبار الجائز حر الدوران عند هذه المساند دون ارتكاب خطأ كبير .

على كل حال ، تتم دراسة الجوائز " البسيطة " البيتونية المسلحة ، عادة ، على أساس أنها ذات استنادات بسيطة فعلاً حتى ولو كان استنادها كما في الشكل (4-5) . وتسلح في المجاز لمقاومة العزم الموجب الناتج عن هذه الدراسة . ثم تطبق بعد ذلك بعض القواعد التي تمكّن من تحديد التسليح العلوي اللازم وضعه عند نهايتي الجائز لمقاومة العزوم السالبة الثانوية الموجودة هناك .



الشكل (4-5)



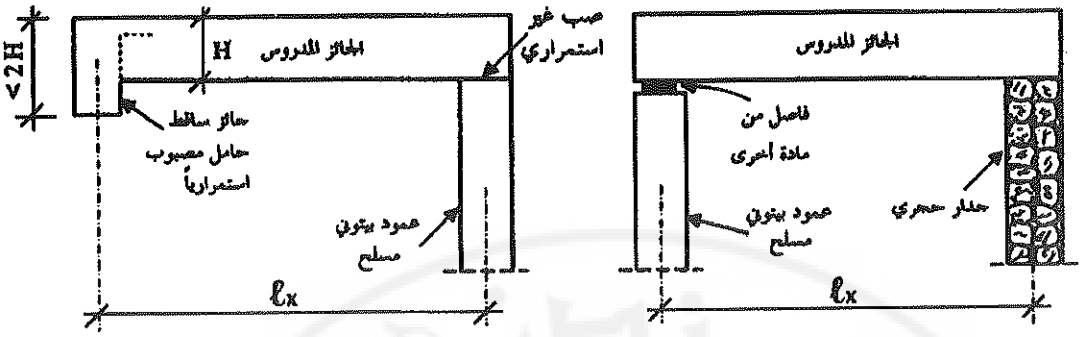
الشكل (4-6)

٤-٢-١- المجاز الفعال (الحسابي) L :

إن المجاز الفعّال (الحسابي) هو المجاز الذي يستخدم لحساب العزوم والجهود المتولدة في الجائز .

تحدد قيمة المجاز الفعال (حسبما ورد في الطبعة الأخيرة – الثالثة من الكود العربي السوري)، كما يلي :

أ- في الحالات التي يستند فيها الجائز على مساند من الأنواع المبينة في الشكل (4-7-a) تؤخذ قيمة المجاز الفعال L مساوية إلى lx حيث lx هي المسافة بين محوري مسندي الجائز .



في مثل هذه الحالات من الاستناد يؤخذ $L = \ell_x$

الشكل (4-7-a)

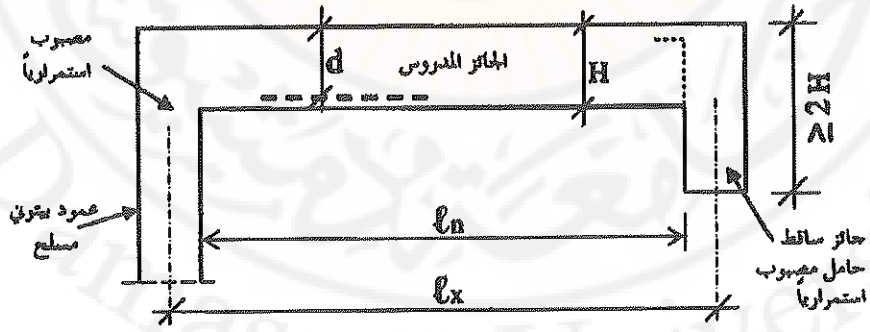
ب- أما في الحالات التي يستند فيها الجائز على مساند بيتونية مسلحة و تتحقق الشروط المذكورة في الشكل (4-7-b) فتؤخذ قيمة المجاز الفعال L مساوية للقيمة الأدنى بين القيم الثلاث التالية :

$$L = \min \begin{cases} l_x \\ l_n \times 1{,}05 \\ l_n + d \end{cases}$$

حيث : l_x هي المسافة بين محوري المسندين .

l_n هي المسافة الحرة بين الوجهين الداخليين للمسندين المتقابلين ، وتسمى أحياناً " الضوء " .

d الارتفاع الفعال لمقطع الجائز .



الشكل (4-7-b)

ملاحظة : في حال تخشين السطح بين المسند و الجائز المحمول و من ثم تنظيفه و تنفيذ روبة اسمنتية فوقه عند الصب فيمكن تصنيفه مصبوب استمرارياً .

٤-٢-٢- تقدير الحمولات :

تصمم الجوائز البسيطة باعتبارها خاضعة إلى مجموع الحمولات الميتة والإضافية ، ويحسب العزم الأعظمي في الجائز نتيجة لكافة الأوزان المؤثرة على المجاز . يجري تقدير قيم الحمولات على النحو التالي :

٤-٢-٢-١- تقدير قيمة الوزن الذاتي :

قد يكون ارتفاع مقطع الجائز محدداً سلفاً كما هي الحال عندما تكون هناك قيمة لـ H مفروضة معمارياً ويطلب الالتزام بها . ولكن في معظم الأحيان لا يكون الارتفاع محدداً لذلك نبدأ بإعطاء قيمة أولية تقديرية له ليجري على أساسها تقدير الوزن الذاتي . تؤخذ القيمة التقديرية (التقريبية) للارتفاع H مساوية إلى ($H_o = \frac{L}{8} \rightarrow \frac{L}{10}$) حيث L هو مجاز الجائز .

يعتمد تقدير الارتفاع التقريبي لمقطع الجائز على خبرة المهندس وممارسته لأعمال التصميم المختلفة ، وقد يجد المهندس المبتدئ بعض الصعوبة في تحديد الأبعاد التقريبية للمقطع ، ولكن يمكن للمصمم أن يحدد بدقة هذه الأبعاد بعد خبرة عملية مناسبة . فإذا كانت الحمولات التي يتعرض لها الجائز كبيرة وكان مجازه كبيراً وكانت مقاومة البيتون منخفضة نسبياً فيجب أن يكون ارتفاع مقطعه كبيراً نسبياً لذلك نعتبر القيمة الأولية للارتفاع مساوية تقريباً إلى $\frac{L}{8}$. أما في حالة الحمولات الصغيرة والجوائز ذات المجازات القصيرة و مقاومة البيتون العالية نسبياً فيمكن اعتبار القيمة الأولية للارتفاع مساوية إلى حوالي $\frac{L}{10}$ أو أقل .

يتم التحقق من هذا الفرض فيما بعد عند تعيين الارتفاع المقاوم للعزم الأعظمي في الجائز . وتجدر الإشارة إلى أن القيمة المعطاة للارتفاع الكلي للمقطع يجب أن تكون رقماً مدوراً ومن أمثال 5cm وذلك لأسباب عملية . أما عرض المقطع b_w فيؤخذ عادة مساوياً إلى $\frac{H}{3} \rightarrow \frac{H}{2}$ على أن يكون رقماً مدوراً أيضاً ومن أمثال 5cm .

استناداً إلى هذه الأبعاد الأولية يتم حساب الوزن الذاتي لواحدة الطول من الجائز . حيث نفترض في هذا الحساب أن الوزن الحجمي للبيتون المسلح هو $25\ kN/m^3$.

٤-٢-٢-٢- الحمولات الميتة الأخرى ، والحمولات الإضافية :

آ - تقدير شدة الحمولات الموزعة :

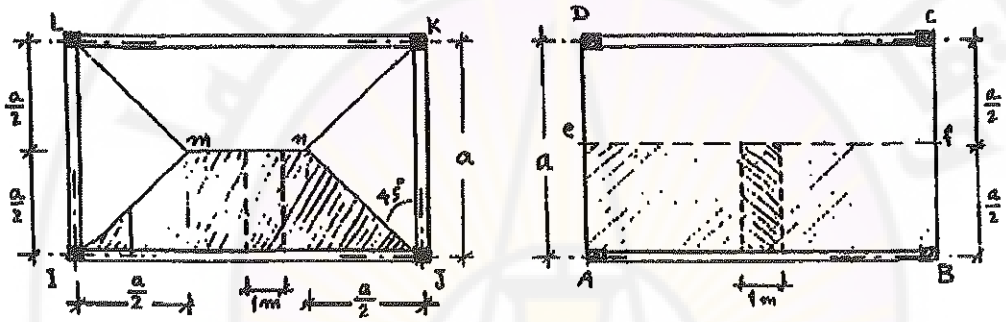
يبين الشكل (4-8-a) بلاطة ABCD مسنودة على جائزين متقابلين AB وDC . لنقسم البلاطة إلى نصفين بالمستقيم ef الموازي للجائزين . إن النصف المهشر AefB من البلاطة وما عليه من حمولات يحمله الجائز AB ، أما النصف الآخر فسيحمله الجائز DC . لنفرض أن شدة الحمولة الميتة المؤثرة على متر

مربع واحد من سطح البلاطة هي W_g kN/m^2 . إن كل قطعة من الجائز طولها 1m تخضع لحمولة ميتة (قادمة إليها من البلاطة) مقدارها هو : $g = 1 \times \frac{a}{2} \times W_g$

وبتعبير آخر نقول أن الجائز AB يخضع لحمولة ميتة موزعة بانتظام (قادمة إليه من البلاطة) شدتها هي : $g = \frac{a \cdot W_g}{2}$ kN/m

وبأسلوب مشابه ، وبفرض أن شدة الحمولة الحية المؤثرة على 1m^2 من البلاطة هي W_q ، نستنتج أن الجائز AB يخضع لحمولة حية موزعة بانتظام شدتها هي :

$$q = \frac{a \cdot W_q}{2} \quad kN/m$$



الشكل (8-4)

لنأخذ الآن الحالة التي تكون فيه البلاطة محاطة بأربعة حوائز كما هي حالة البلاطة IJKL المبينة بالشكل (4-8-b) . يقسم سطح البلاطة في مثل هذه الحالة على النحو المبين بالشكل ، (تبدأ عملية التقسيم هذه برسم المستقيمات التي تنصّف زوايا البلاطة) .

بالاعتماد على هذا التقسيم نستنتج الحمولات التالية :

● على الجائز IJ :

- الحمولة الميتة القادمة من البلاطة على الجائز IJ هي حمولة موزعة بشكل شبه منحرف ، شدتها في المناطق الوسطى هي $g = \frac{a \cdot W_g}{2}$ ، وتبدأ هذه الشدة بالتناقص اعتباراً من النقطتين m و n الواقعتين على مسافة $\frac{a}{2}$ من المساند .
- الحمولة الحية القادمة من البلاطة على هذا الجائز هي حمولة موزعة بشكل شبه منحرف أيضاً ، وشدتها هي $q = \frac{a \cdot W_q}{2}$ ، وتبدأ هذه الشدة بالتناقص اعتباراً من النقطتين m و n الواقعتين على

مسافة $\frac{a}{2}$ من المساند .

● على الجائز KJ :

- الحمولة الميتة القادمة إليه من البلاطة هي حمولة موزعة بشكل مثلثي ، شدتها العظمى في المنتصف هي $g=\frac{a.W_g}{2}$.
- الحمولة الحية القادمة إليه من البلاطة هي حمولة مثلثية أيضاً ، وشدتها العظمى في المنتصف هي $q=\frac{a.W_q}{2}$.

ملاحظة : الحمولات على الجائز KL مماثلة لحمولات الجائز IJ ، والحمولات على الجائز IL مماثلة لحمولات الجائز JK .

ب - الحمولات المركزة :

* يمكن أن يخضع أي جائز أيضاً لحمولة مركزة R (أو أكثر) كما هي الحال مثلاً عندما يستند على الجائز المعتبر جائز ثانوي (أو أكثر) متعامد معه .

إن الحمولة المركزة R هي رد فعل الجائز الثانوي على الجائز المعتبر . ومن المعلوم أن رد الفعل هذا يتضمن جزئين هما :

R_g هو الجزء ، من رد الفعل ، الناتج عن الحمولات الميتة التي يخضع لها الجائز الثانوي ،

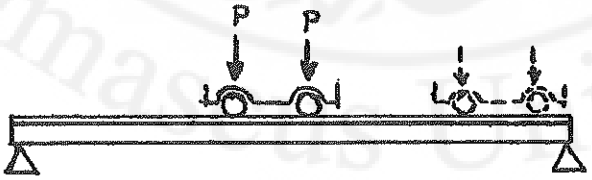
R_q هو الجزء ، من رد الفعل ، الناتج عن الحمولات الحية التي يخضع لها الجائز الثانوي .

لذلك فإن الحمولة المركزة R المؤثرة على الجائز المعتبر تكون عادة متغيرة الشد :

قيمتها الأصغرية هي : $R_{min}=R_g$

وقيمتها الأعظمية هي : $R_{max}=R_g+R_q$

* قد تكون الحمولات المركزة على الجائز هي حمولات متنقلة . فالجائز الحامل للرافعة الجسرية الذي تحدثنا عنه في مقدمة الفصل والمبين في الشكل (2-4) يتعرض لحمولتين مركزتين يطبقهما عليه دولابا الرافعة الجسرية اللذان يسيران عليه ، انظر الشكل (9-4) . إن الحمولات المركزة في مثل هذه الحالة تكون متغيرة الموقع ومتغيرة الشدة أيضاً .

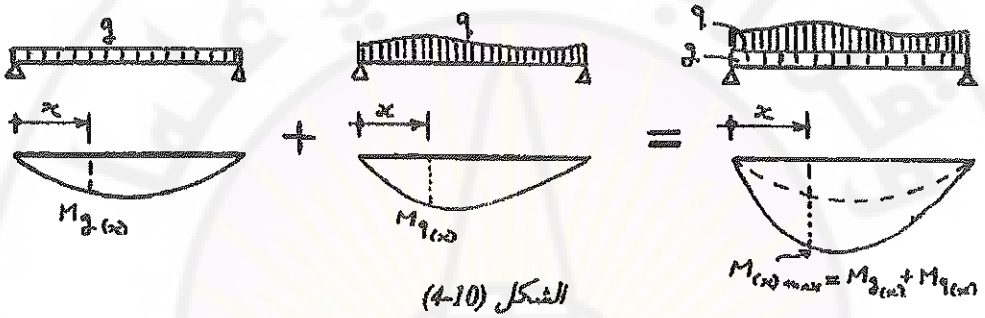


الشكل (9-4)

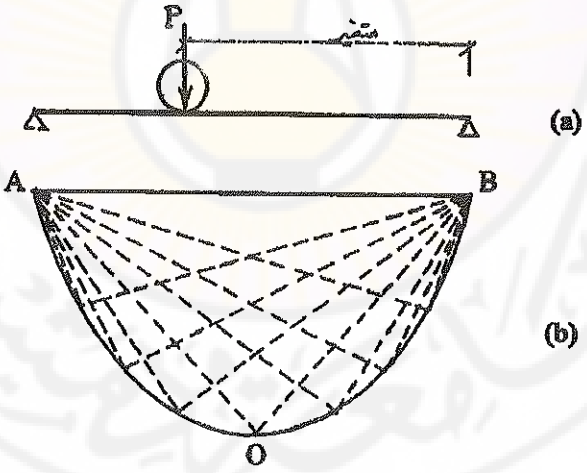
٤ـ٢ـ٣ـ إيجاد مخطط عزم الانعطاف ومخطط قوى القص :

عند تصميم أي مجاز على الانعطاف يجب أن نجعل كل مقطع فيه قادراً على تحمل أكبر قيمة عزم انعطاف يمكن أن ترد على هذا المقطع .

إن أخطر مخطط عزم انعطاف لجائز بسيط هو المخطط الأعظمي الذي ينتج عن تحميل هذا الجائز بكافة حمولاته الحية والميتة في آن معاً . وتكون قيمة عزم الانعطاف عند أي مقطع (x) في هذا المخطط هي أكبر قيمة عزم انعطاف يمكن أن تؤثر في ذلك المقطع (x). انظر الشكل (4-10) . كذلك فإن أخطر مخطط لقوى القص ينتج عن تحميل الجائز البسيط بكافة حمولاته الحية والميتة في آن معاً .



الشكل (4-10)



الشكل (4-11)

ملاحظة هامة :

عندما يكون لدينا حمولة حية متنقلة على طول الجائز (كما في الشكل 4-11-a) يجب عدم الاكتفاء بمخطط العزم AOB (الناتج عن وضع الحمولة المركزة في منتصف المجاز) عند تصميم مقاطع الجائز ،

و إنما يجب أن نعتبر عدة وضعيات للحمولة و أن نوجد من أجل كل وضعية قيمة العزم الأعظمي الناتج عن الحمولة في تلك الوضعية . ويكون مخطط العزم M_p المطلوب هو المغلف لجميع قيم العزوم الحية الأعظمية الناتجة عن وضعيات التحميل المتعددة ، كما هو موضح في الشكل (4-11-b) . إن كل مثلث منقط في الشكل (4-11-b) هو مخطط عزم يقابل وضعية معينة للحمولة . والمغلف المار بالنقاط الأعظمية لهذه المخططات هو منحني بشكل قطع مكافئ ، وهو المخطط M_p المطلوب . ويجمع المخطط M_p مع المخطط M_g الناتج عن الحمولات الميتة نحصل على مخطط العزوم الأعظمية M_{max} الذي نصمم مقاطع الجائز بموجبه .

إن كل ما تقدم ينطبق أيضاً على عملية إيجاد مخطط قوى القص V_q الناتج عن الحمولة الحية المتنقلة .

٤-٧-٤- بعض الاشتراطات المتعلقة بحساب المقاطع :

قبل الانتقال إلى موضوع تعيين ارتفاع مقطع الجائز وحساب تسليحه لابد أن نذكّر ببعض القواعد الأساسية الخاصة بتصميم المقاطع على الانعطاف . وعلى الطالب مراجعة جميع القواعد المتعلقة بحساب المقاطع .

(١)- العرض الفعال لطاولة الضغط b_f لمقطع بشكل (تيه) :

آ - للجوائز ذات المقطع بشكل (تيه) العائدة للسقوف (راجع الشكل 4-3) :

يشترط أن تكون البلاطة (الجناح) متصلة اتصالاً وثيقاً مع العصب (بالصب صباً استمرارياً وبتشريك التسليح) و ألا تقل سماكة الجناح عن $\frac{1}{10}$ الارتفاع الكلي للمقطع . يسمى عندئذ القسم من البلاطة الذي يعمل بالفعل مع العصب : العرض الفعال لطاولة الضغط ، ويرمز له بـ b_f ، (انظر الشكل 12-4).

يوجد العرض الفعال لطاولة الضغط مساوياً للقيمة الدنيا من الأبعاد التالية :

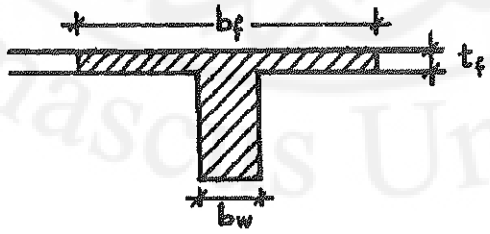
$\frac{L}{4}$ في حالة الجوائز المعرضة ، بشكل رئيسي ، لحمولات موزعة .

$\frac{L}{5}$ في حالة الجوائز المعرضة ، بشكل رئيسي ، لحمولات مركزة .

$(12t_f + b_w)$ حيث t_f هو سمك البلاطة و b_w عرض العصب .

D المسافة بين محوري جائزين متجاورين .

حيث L هو مجاز الجائز البسيط ، أو هو المسافة بين نقطتي انعدام العزم في الجوائز المستمرة .



الشكل (12-4)

ب ـ للجوائز المنفردة المصنوعة خصيصاً بشكل (تيه) (راجع الشكل 4-4) :

يؤخذ العرض الفعال مساوياً لعرض الجناح شريطة ألا يزيد عن ($5b_w$) وبحيث يكون ($t_f \geq \frac{b_w}{2}$) .

(٢)ـ حساب المقاطع بشكل L :

يهمل تأثير جناح منطقة الضغط في المقاطع بشكل L ، وتحسب كما يحسب مقطع مستطيل .

(٣)ـ مساحات التسليح الدنيا والعظمى :

١ـ يجب ألا تقل مساحة تسليح الشد الرئيسي في كل مقطع مستطيل عن القيمة :

$$A_{smin} = \frac{0,9}{f_y}.b.d$$

ويجب ألا تقل في المقاطع بشكل (تيه) عن القيمة :

$$A_{smin} = \frac{0,9}{f_y}.b_w.d$$

٢ـ يجب ألا تزيد مساحة تسليح الشد الرئيسي في المقاطع أحادية التسليح (أي المسلحة عل الشد فقط) عن القيمة : $A_{smax} = 0,5A_{sb}$

حيث : A_{sb} هي المساحة التوازنية المعرفة أدناه .

ويمكن في حالات خاصة زيادة مساحة تسليح الشد العظمى في المقاطع أحادية التسليح إلى ($0,75A_{sb}$) شريطة حساب السهم ووضع تسليح ضغط لا يقل عن 20% من تسليح الشد .

ـ مساحة التسليح التوازنية :

أ ـ لمقطع مستطيل مسلح على الشد فقط : $A_{sb} = \frac{455}{630 + f_y}\frac{f'_c}{f_y}b.d$

ب ـ لمقطع مستطيل مسلح على الشد والضغط : $A_{sb} = [\frac{455}{630 + f_y}\frac{f'_c}{f_y} + \frac{A'_s}{b.d}\frac{f'_s}{f_y}]b.d$

حيث : A'_s مساحة تسليح الضغط .

$f'_s = 630\ [1 - \frac{d'}{d}\frac{630 + f_y}{630}] \leq f_y$: إجهاد تسليح الضغط f'_s

d' تغطية تسليح الضغط .

جـ ـ لمقطع بشكل (تيه) مسلح على الشد فقط :

ـ إذا تحقق الشرط التالي : $t_f \geq \frac{630}{630 + f_y}d$ فإن A_{sb} تساوي : $A_{sb} = [\frac{455}{630 + f_y}\frac{f'_c}{f_y}\frac{b_f}{b_w}]b_w.d$

ـ وإلا فتحسب A_{sb} من العلاقة : $A_{sb} = \frac{b_w}{b_f}[\frac{455}{630 + f_y}\frac{f'_c}{f_y} + \frac{0,85f'_c(b_f - b_w)t_f}{b_w.d.f_y}]b_f.d$

٤-٢-٥- تحديد ارتفاع المقطع وحساب التسليح ، وترتيب التسليح في المقطع :

قد يكون ارتفاع مقطع الجائز محدداً سلفاً كما هي الحال عندما يطلب التقيد بارتفاع معين لأسباب معمارية . ولكن في معظم الأحيان لا يكون ارتفاع المقطع مفروضاً فنقوم بتحديده استناداً إلى أكبر قيمة لعزم الانعطاف M_{max} في الجائز .

٤-٢-٥-١- تحديد ارتفاع المقطع H :

آ - إذا كان المقطع مستطيلاً :

تطبق العلاقات التالية للحصول على الارتفاع الفعال d للمقطع :

نختار نسبة تسليح بين μ_{max} و μ_{min} ، و إن النسبة المفضلة هي :

$$\mu_{pr} = \frac{0,18f'_c}{f_y}$$

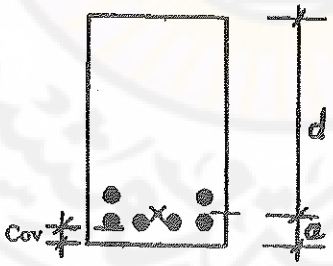
إن استخدام نسبة تسليح مساوية لهذه النسبة المفضلة (أو أقل منها) يعطي مقطعاً يحقق شرطي المقاومة و السهم معاً : نحسب :

$$\alpha = \mu_s \frac{f_y}{0,85f'_c}$$

$$r_o = \frac{1}{\sqrt{\alpha(1-0,5\alpha)}}$$

$$d = r_o \sqrt{\frac{M_{umax}}{0,9 \times 0,85b.f'_c}}$$

نضيف للارتفاع الفعال d مسافة تغطية a لأسياخ التسليح مقدارها حوالي $\frac{d}{10} \rightarrow \frac{d}{12}$ فنحصل على قيمة الارتفاع الكلي H اللازم حسابياً (انظر الشكل 14-4) . علماً بأن القيمة H التي نحصل عليها يجب أن ندورها نحو الأعلى ونجعلها من أمثال 5cm .



الشكل (14-4)

ملاحظة :

تعرف مسافة التغطية a بأنها المسافة من مركز مساحة مقاطع التسليح المشدود إلى حافة (طرف) المقطع البيتوني (انظر الشكل 14-4) و يلاحظ أن المسافة a تحوي ضمنا سماكة الغطاء البيتوني Cov التي يجب أن تكون كافية لتأمين حماية التسليح من عوامل التآكل . يجب ألا تقل سماكة هذا الغطاء البيتوني Cov في الجوائز عن :

2,5cm للجوائز غير المعرضة للتأثيرات الجوية (كالجوائز الداخلية في المنشأ أو الجوائز الخارجية المحمية بالإكساء)

3cm للجوائز الخارجية المعرضة مباشرة لتأثيرات جوية و تزاد إلى 4cm إذا كان الجو الخارجي محتوياً على رطوبة ملحية .

ب - إذا كان المقطع بشكل تيه :

$$\mu_u \le \mu_{w} = \frac{0{,}18 f'_c}{f_y}\frac{b_w}{b_f}$$ نفرض نسبة التسليح

$$\alpha = \mu_u \frac{f_y}{0{,}85 f'_c}$$ نحسب

$$y \le t_f$$ نتحقق من أن

$$r_0 = \frac{1}{\sqrt{\alpha(1-0{,}5\alpha)}}$$ ثم نحسب

$$d = r_0\sqrt{\frac{M_u}{0{,}9\times b_f(0{,}85 f'_c)}}$$

وللحصول على قيمة الارتفاع الكلي H نضيف الى الارتفاع الفعال d مسافة تغطية $a \approx \frac{d}{10} \rightarrow \frac{d}{12}$

ونلور القيمة المحصول عليها نحو الأعلى و نجعلها من أمثال 5cm .

- بعد تحديد الارتفاع الكلي (اللازم حسابياً) للمقطع الذي لدينا (سواء كان مستطيلاً أو بشكل تيه) يجب أن نتحقق من أمرين اثنين :

1- يجب أن نقارن الارتفاع المحسوب H مع الارتفاع التقديري H_0 (الذي استخدمناه لحساب الوزن الذاتي) ، فإذا كانت القيمتان متساويتان أو كان الفرق بينهما أقل من 15% فإن حسابات التصميم هذه تكون مقبولة . و إلا نكون أمام إحدى الحالتين :

$H > 1{,}15H_0$(المحسوب) : يجب عندئذ إعادة حساب الوزن الذاتي و تصميم الجائز بموجب الحمولة الميتة الجديدة و العزم الأعظمي الجديد . (لأن هذه الحالة تعني أن هناك نقصاً كبيراً في قيمة الوزن الذاتي ، فيجب إذن تصحيح الوزن الذاتي باستخدام القيمة المحسوبة للارتفاع H) .

$H < 0{,}85H_0$(المحسوب) : يفضل عندئذ إعادة حساب الوزن الذاتي و تصميم الجائز بموجب العزم الأعظمي الجديد . (لأن هذه الحالة تعني أن هناك زيادة كبيرة في تقدير الوزن الذاتي ، وهي - و إن كانت إلى جانب الأمان- غير مرغوبة لأنها ستؤدي إلى بعض الهدر في المواد)

2- إذا كانت قيمة μ_u المستخدمة في تحديد ارتفاع المقطع أكبر منμ_w (أكبر من النسبة المفضلة) فيجب أن نقارن الارتفاع المحسوب H مع القيمة H_{min} التي من أجلها يمكن اعتبار شرط السهم محققاً في الجائز البسيط . و تؤخذ القيمة الأكبر بين H (الارتفاع المحسوب) و H_{min} . علماً بأن

قيمة H_{min} هي : للجوائز العادية (المتدلية أو البارزة) : $\frac{L}{14}$

للعوائز المخفية (في بلاطات الموردي) : $\frac{L}{16}$

أما إذا كانت قيمة μ_s المستخدمة في تحديد ارتفاع المقطع أصغر من μ_{gr} أو مساوية لها فلا حاجة لمقارنة H المحسوب مع H_{min} لأن المقاطع المحسوبة باستخدام $\mu_s \leq \mu_{gr}$ تعتبر محققة لشرط السهم .

٤-٢-٥-٢- إيجاد التسليح للمقطع الخاضع للعزم الأعظمي (المقطع الحرج) :

- تحسب مساحة مقطع التسليح اللازم للمقطع الخاضع للعزم الأعظمي باستخدام العلاقات المعروفة في بحث " حساب المقاطع الخاضعة للانعطاف " . فمثلاً : في حالة مقطع مستطيل مسلح على الشد فقط تكون العلاقة هي :

$$\gamma_o = 1 - 0,3\alpha$$

$$A_s = \frac{M_u}{0,9\gamma_o d.f_y}$$

ملاحظة : إذا كان ارتفاع المقطع مفروضاً فيجب التحقق أولاً من أنه لا يحتاج لتسليح ضغط ، فإذا كان يحتاج لتسليح ضغط يصمم باستخدام قوانين حساب المقاطع ثنائية التسليح . (على الطالب أن يراجع كيفية حساب التسليح للمقاطع التي تعمل على الانعطاف في جميع حالاتها).

- في جميع الأحوال يجب ألاّ تقل مساحة التسليح As في المقطع عن Asmin وألاّ تزيد عن Asmax . [قيم Asmin و Asmax معطاة في البند (٣) من الفقرة السابقة ٤-٢-٤] .

- اختيار القضبان : يتم اختيار عدد من قضبان التسليح بحيث تكون مساحة مقطعها الإجمالية مساوية (أو أكبر بقليل) من مساحة التسليح النظرية المطلوبة A_s . وتجدر الإشارة إلى أن قطر القضبان المختارة كتسليح رئيسي في الجوائز يجب ألا يقل عن 12mm .

إن أقطار قضبان الفولاذ المتوفرة عادة تتدرج على النحو التالي :

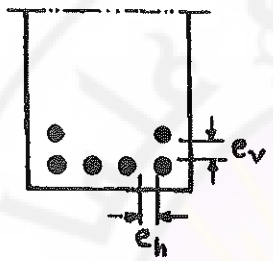
12 14 16 18 20 (22) 25 30 (32) 35 (mm)

وكثيراً ما نرغب بالجمع بين قضبان من أقطار مختلفة بحيث تتطابق مساحتها الكلية مع المساحة المطلوبة A_s تطابقاً جيداً (حتى لايحصل هدر) . في هذه الحالة يجب أن تكون القضبان المختارة ذات أقطار قريبة من بعضها (لا يزيد الفرق بينها عن درجتين) . فمن غير المناسب من الناحية العملية أن نخلط ، مثلاً ، قضباناً قطرها 20mm مع قضبان بقطر 12mm ، بينما من الممكن أن نجمع بين

قضبان ذات قطر 20mm وقضبان ذات قطر 16mm . ويفضل عملياً أن نقلل ما أمكن من عدد أقطار القضبان الرئيسية المستخدمة في عنصر ما . أي علينا ألا نفرط في تنويع أقطار القضبان المستخدمة .

- المسافات بين قضبان التسليح في المقطع : يراعى أن تكون المسافات بين قضبان التسليح (داخل المقطع) كافية لتأمين مرور البيتون بين القضبان عند الصب بترك مسافات كافية بينها ، لكي يملأ البيتون كامل المقطع دون بقاء أية جيوب أو فراغات . لذلك يجب ألا يقل الفراغ الأفقي e_h المتروك بين القضبان عن القيمة الأكبر بين القيم الثلاث التالية (الشكل 15-4) :

$$e_h \geq \max \begin{cases} 2{,}5\ \text{cm} \\ \text{قطر أكبر سيخ مستخدم} \\ 1{,}5\times \text{قطر أكبر حبة حصوية في الخلطة} \end{cases}$$

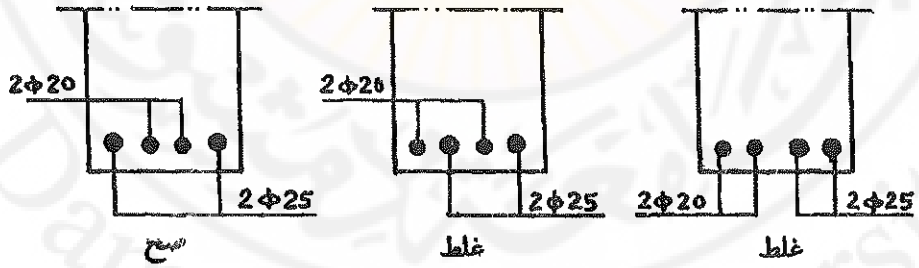


الشكل (4-15)

كما يجب ألا يقل الفراغ الشاقولي e_v بين القضبان عن القيمة الأكبر بين القيم الثلاث التالية :

$$e_v \geq \max \begin{cases} 2\ \text{cm} \\ 0{,}75\times \text{قطر أكبر سيخ مستخدم} \\ \text{قطر أكبر حبة حصوية في الخلطة} \end{cases}$$

- تناظر القضبان في المقطع : يجب أن توضع القضبان في المقطع بشكل متناظر بالنسبة للمحور الشاقولي للمقطع (انظر الشكل 16-4) .



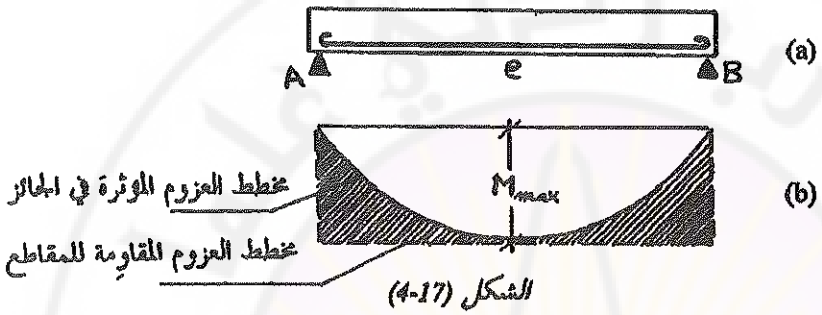
الشكل (4-16)

٤-٢-٦- تكسيح أو إيقاف بعض قضبان الشد الرئيسية استناداً لمخطط العزوم :

لننظر للجائز المبين بالشكل (4-17-a) . استناداً لما ذكرناه في الفقرات السابقة قمنا بإيجاد مخطط العزوم الأعظمية في الجائز ثم حددنا ارتفاع مقطع الجائز استناداً لقيمة أكبر عزم في المخطط نفسه .

وحسبنا بعد ذلك التسليح اللازم للمقطع الحرج e (أي للمقطع الخاضع لأكبر عزم) . لنفرض أن مساحة التسليح النظرية اللازمة لهذا المقطع هي $A_s = 16cm^2$ ، وأننا قمنا بالتالي باختيار ثمانية قضبان بقطر $\phi 16mm$. (إن مجموع مساحة مقاطع هذه القضبان هو : $8\phi 16 \Rightarrow 16,08cm^2$) .

نظراً لأن أبعاد المقطع ثابتة على طول الجائز فإن قيمة العزم المقاوم لكل مقطع من مقاطع الجائز ستتعلق فقط بمقدار التسليح المار (الموجود) في ذلك المقطع .



الشكل (4-17)

لنفرض أننا سنبقي جميع القضبان الثمانية ممتدة على كامل طول الجائز . إن هذا يعني أن جميع مقاطع الجائز ستكون لها نفس قيمة العزم المقاوم كما في المقطع الأوسط . إن المخطط المنقط في الشكل (4-17-b) هو مخطط العزوم المقاومة لمقاطع الجائز ، وهو في هذه الحالة خط مستقيم مواز للمحاور لأنه يعبر عن القيمة الثابتة للعزم المقاوم على طول الجائز .

يلاحظ أنه في الوقت الذي تنخفض فيه قيم مخطط العزم المؤثر في الجائز كلما اتجهنا نحو المساند أبقينا مخطط العزم المقاوم ثابتاً (على قيمة أعظمية) بسبب مدّنا لجميع قضبان التسليح على كامل طول الجائز .

إن المساحة المهشرة الواقعة بين مخطط عزم الانعطاف المؤثر ومخطط العزوم المقاومة لمقاطعه تعبر عن الهدر الحاصل في الفولاذ نتيجة المحافظة على نفس التسليح ممتداً على كامل طول الجائز .

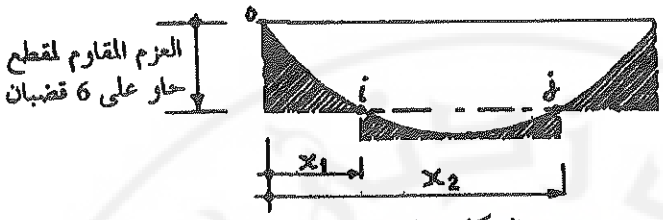
يمكن أن نقلل هذا الهدر بجعل العزم المقاوم للمقاطع البعيدة عن منتصف الجائز أقل من العزم المقاوم للمقطع الأوسط ، ويتم ذلك بتقليل عدد القضبان في تلك المقاطع . أي يمكن مثلاً أن نجعل عدد القضبان ستة بدلاً من ثمانية في المقاطع التي يكفي فيها التسليح بستة قضبان فقط .

لتحديد النقاط النظرية التي يمكن الاستغناء فيها عن قضيبين (من أصل ثمانية) والاكتفاء بستة قضبان نقوم بما يلي (انظر الشكل 18-4) :

تخطيطياً :

نحسب العزم المقاوم للمقطع الحاوي على ستة قضبان . ونرسم فوق مخطط العزم المؤثر خطاً مستقيماً مواز للمحاور يبعد بمقدار قيمة هذا العزم المقاوم . إن نقطتي التقاطع (ز ، ز) لهذا المستقيم مع

مخطط عزم الانعطاف المؤثر هما النقطتان اللتان يمكن عندهما نظرياً الاستغناء عن قضيبين 16φ وإبقاء ستة قضبان (6φ16) مستمرة لحو المساند لأن قيم عزوم الانعطاف المؤثرة في الجائز على يمين j وعلى يسار i أقل من قيمة العزم المقاوم لمقطع يحوي على ستة قضبان .

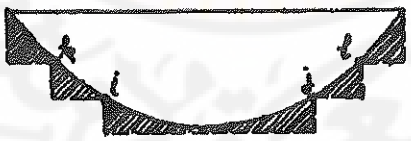


الشكل (4-18)

تحليلياً :

إن تحديد النقطتين i و j لا يتم عادة تخطيطياً وإنما يتم تحليلياً بكتابة معادلة مخطط عزم الانعطاف المؤثر في الجائز ومعادلة المستقيم الموازي للجائز وهي : قيمة ثابتة = M ، (حيث القيمة الثابتة هي قيمة العزم المقاوم للمقطع الحاوي على 6 قضبان) ، ومقاطعتهما مع بعضهما عن طريق كتابة أن المعادلة الأولى تساوي المعادلة الثانية فنحصل من ذلك على معادلة من الدرجة الثانية يعطي حلها قيمتين x_1 و x_2 تحددان بعدي النقطتين i و j عن نقطة المبدأ o .

يلاحظ من الشكل (4-18) أن مساحة المنطقة المهشرة (المعبرة عن الهدر) قد قلّت بسبب إنهاء عمل قضيبين ابتداء من i و j . يمكن تقليل المساحة المهشرة أكثر (انظر الشكل 19-4) إذا استغنينا عن قضيبين آخرين عند النقطتين k و l باتباع نفس الأسلوب الموضح سابقاً . وبشكل عام يمكن أن ننهي عمل عدد من القضبان على عدة مراحل بحيث نقلل ما أمكن من الهدر . غير أن الكود السوري يشترط إبقاء نصف القضبان على الأقل مستمراً للمساند .



الشكل (4-19)

إن القضبان التي نستغني عنها (التي لم تعد ضرورية لمقاومة العزوم المؤثرة) إما أن نكسحها نحو الأعلى (عادة بزاوية 45°)(*) أو نوقفها دون تكسيح . ويفضل (خاصة في الجوائز الكبيرة) تكسيح القضبان بدلاً عن إيقافها للاستفادة منها في مقاومة قوى القص ولمقاومة العزوم السالبة الثانوية (الاعتبارية).

(*) أحياناً يتم التكسيح بزاوية 60° وخاصة في الجوائز الكبيرة الارتفاع .

لقد قلنا فيما تقدم أن النقاط i و j و k و l هي النقاط التي يمكن عندها نظرياً الاستغناء عن القضبان المذكورة . أما عملياً فإننا يجب ألا نكسح (أو نوقف) القضبان عند هذه النقاط تماماً وإنما يجب أن نبتعد عن مخطط العزم مسافة أفقية مقدارها Δ قبل أن نكسح أو نوقف القضبان (سنحدد قيمة Δ بعد قليل) . أي أننا يجب أن نعطي القضبان قبل تكسيحها أو إيقافها مسافة إضافية بعد i و j و k و l مقدارها Δ باتجاه المسند . إن قيمة هذه المسافة هي التالية :

Δ = الأكبر بين $\begin{cases} 12\phi \\ d \end{cases}$ إذا استعملت مساهمة البيتون τ_0 (أو τ_{0u}) عند حساب تسليح القص

Δ = الأكبر بين $\begin{cases} 12\phi \\ \frac{d}{2} \end{cases}$ إذا أهملت مساهمة البيتون τ_0 (أو τ_{0u}) عند حساب تسليح القص

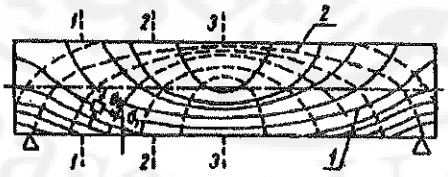
حيث : d هو الارتفاع الفعال لمقطع الجائز .

٤-٢-٦-١- بيان سبب مد القضبان بالمسافة الإضافية Δ (تأثير الشقوق المائلة الناتجة عن القص على قيمة الشد في التسليح الطولي الرئيسي للجائز) :

لتوضيح سبب مد القضبان بالمسافة الإضافية Δ لابد أن نذكّر أولاً ببعض الأمور التي سبق شرحها في بحث القص :

لنتطلق أولاً من الحالة التي تكون فيها الحمولات المؤثرة في الجائز لاتزال صغيرة (أقل بكثير من حمولات الاستثمار) وإجهادات الشد المتولدة عنها في البيتون صغيرة أيضاً وأقل من مقاومة البيتون على الشد . يبقى البيتون في هذه الحالة متماسكاً غير متشقق .

يمكن في هذه المرحلة (قبل التشقق) إيجاد مرتسمات الإجهادات الرئيسية الضاغطة والشادة في الجائز باستخدام العلاقات المعروفة في نظرية مقاومة المواد الخاصة بالجوائز المتجانسة . يبين الشكل (20-4) مرتسمات الإجهادات الرئيسية في الجائز البسيط قبل التشقق .



1 : المخطوط المستمرة : مرتسمات إجهادات الشد الرئيسية .

2 : المخطوط المنقطة : مرتسمات إجهادات الضغط الرئيسية .

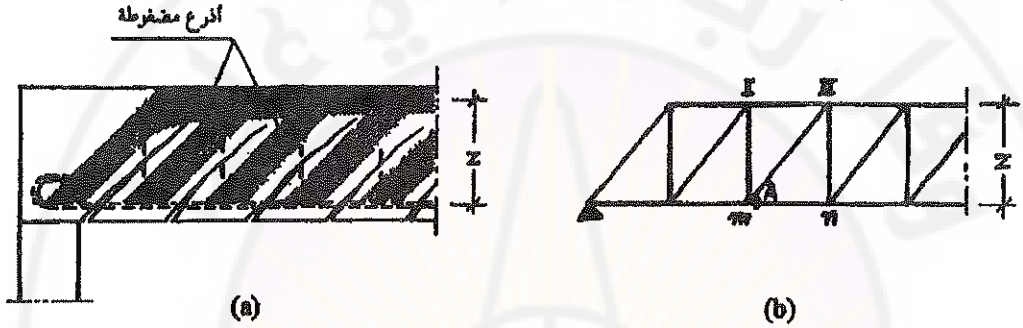
الشكل (20-4)

عندما تزداد الحمولات تزداد قيم الإجهادات الرئيسية في مختلف مناطق الجائز . وعندما تبلغ إجهادات الشد الرئيسية في المناطق المختلفة قيماً أكبر من مقاومة البيتون على الشد تتولد الشقوق في

البيتون ، ويكون اتجاه الشق في أية نقطة متعامداً مع إجهاد الشد المسبب له (أي موازياً لإجهاد الضغط الرئيسي في تلك النقطة) .

تتراوح زوايا ميل التشققات بين 30° و 45° تبعاً للعديد من العوامل التي لا نرى مجالاً لذكرها الآن ، (ماعدا المناطق الوسطى من الجائز حيث تكون التشققات شاقولية لأنها ناتجة عن عزم الانعطاف فقط) .

على كل حال ، تقسم هذه التشققات الجائز إلى أذرع بيتونية مضغوطة بإجهادات الضغط الرئيسية ، كما في الشكل (21-4) .

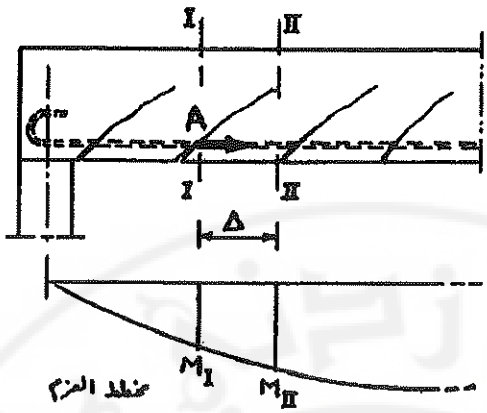


الشكل (21-4)

لقد بين الألماني (مورش MÖRSCH) أنه يمكن تمثيل عمل الجائز البيتوني المسلح المتشقق بجائز شبكي تتكون عناصره الأفقية العلوية المضغوطة من منطقة الضغط العليا من الجائز (فوق المحور السليم) ، أما العناصر الشاقولية المشدودة فهي التسليح العرضي (الأساور الشاقولية) ، والعناصر المائلة المضغوطة هي الأذرع البيتونية المضغوطة المائلة بزاوية قدرها حوالي 45° ، والعناصر الأفقية المشدودة هي التسليح السفلي المشدود للجائز .

لننتقل الآن للشكل (22-4) ، ولنعتبر النقطة A من التسليح الطولي للجائز ، الواقعة عند المقطع I-I من الجائز حيث يؤثر العزم M_I . لقد دلت الدراسات المستندة إلى تمثيل الجائز البيتوني بجائز شبكي ، والتي أكدتها الأبحاث التجريبية ، على أن القيمة الفعلية لقوة الشد التي تؤثر في النقطة A من التسليح الطولي تنتج في الواقع من قيمة عزم الانعطاف M_{II} الذي يؤثر في الجائز عند المقطع II-II ، ($M_{II} > M_I$) ، لامن قيمة عزم الانعطاف M_I .

يمكن أن ندرك ذلك بسهولة بالعودة إلى الشكل (4-21-b) فالنقطة A هي نقطة تابعة للعنصر mn ، وإن قيمة قوة الشد في هذا العنصر تحدد بقطع هذا العنصر وأخذ توازن العزوم حول العقدة II لا حول العقدة I .

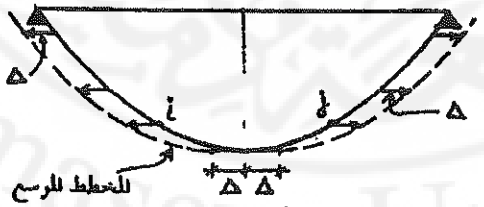


الشكل (4-22)

بتعبير آخر نقول أن مساحة التسليح المشدود اللازمة عند A في الجائز البيتوني المسلح يجب أن تحسب استناداً لقيمة عزم الانعطاف M_{II} (وليس M_I) . كما بينت الدراسات أن قيمة المسافة Δ (أي البعد بين المقطع I حيث توجد النقطة A والمقطع II الذي يجب أن نوخذ قيمة العزم عنده) هي حوالي $z \rightarrow \frac{z}{2}$ حيث z هو ذراع المزدوجة في المقطع ، وتتغير قيمة Δ تبعاً لميل الشقوق الناتجة عن القص التي تتعلق بدورها بكمية التسليح العرضي الموجود في العنصر .

لقد أعدت أنظمة (كودات) البيتون المسلح المختلفة هذه الناحية بعين الاعتبار بأحد الأسلوبين المتكافئين التاليين :

- فقد أوصت بعض الأنظمة (كالكود الفرنسي BAEL والكود الألماني DIN) بأن يتم توسيع مخطط عزم الانعطاف (أفقياً) بالمقدار Δ قبل استخدامه في حساب التسليح ، كما في الشكل (4-23) . وأعطت قيمة Δ اللازم استخدامها لتوسيع مخطط العزم بموجبها . يمكن في هذه الحالة تكسيح القضبان مباشرة عند النقاط التي يبين المخطط الموسع أنها لم تعد ضرورية لمقاومة العزم .



الشكل (4-23)

- أما بعض الأنظمة الأخرى (كالكود الأميركي والكود السوري) فلم تطلب توسيع مخطط العزم وإنما أوصت بدلاً عن ذلك بأن تمدد القضبان المراد تكسيحها ، (والتي يتبين من مخطط العزم " غير الموسع "

أنها لم تعد ضرورية عند النقطة i مثلاً) أن تمدد - قبل تكسيحها - مسافة إضافية مقدارها Δ باتجاه المسند الأقرب . وأعطت قيمة Δ التي ذكرناها سابقاً .

٤-٢-٦-٣-٢- الاشتراطات والقواعد المتعلقة بالتسليح الطولي الرئيسي المشدود :

(I) - الشروط الواجب تحقيقها في المجاز :

١ً- يجب ألا يقل قطر قضبان تسليح الشد الرئيسي في الجوائز عن 12mm .

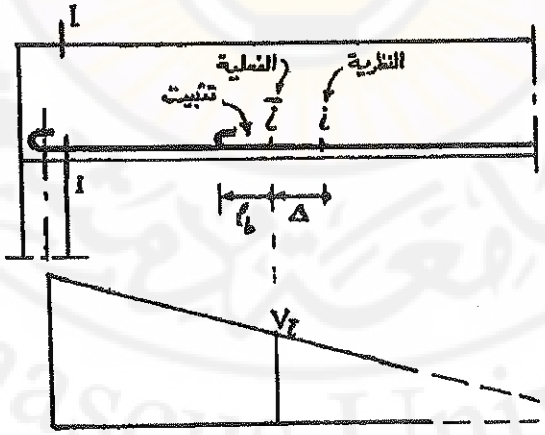
٢ً- قضبان التسليح الطولي التي يتبين عند النقطة i عدم الحاجة لها لمقاومة عزم الانعطاف والتي يراد تكسيحها يجب أن تستمر مسافة إضافية Δ قبل تكسيحها . حيث :

الأكبر بين $\Delta = \begin{cases} 12\phi \\ d \end{cases}$ إذا استخدمت مساهمة البيتون τ_c (أو τ_{cu}) عند حساب تسليح القص

الأكبر بين $\Delta = \begin{cases} 12\phi \\ \frac{d}{2} \end{cases}$ إذا أهملت مساهمة البيتون τ_c (أو τ_{cu}) عند حساب تسليح القص

٣ً- قضبان التسليح الطولي التي يتبين عند النقطة i عدم الحاجة لها لمقاومة عزم الانعطاف والتي يراد قطعها (إنهاءها) في منطقة الشد بدلاً عن تكسيحها يجب أن تستمر بعد i مسافة إضافية هي $(\Delta + l_b)$ حيث l_b هو طول التثبيت(*) . كما يجب ألا توقف في تلك المنطقة إلا إذا تحقق أحد الشرطين التاليين :

آ - أن يكون جهد القص المؤثر في المقطع الواقع عند نقطة الإيقاف الفعلية $\bar{i}$ (انظر الشكل 4-24) لا يتجاوز ثلثي جهد القص الذي يمكن أن يقاومه هذا المقطع .



الشكل (4-24)

(*) من أجل تحديد قيمة l_b انظر الفقرة ٤-٢-٦-٣

ب ـ أو أن تكون مساحة مقطع التسليح الذي سيستمر بعد النقطة $\bar{i}$ (أي مساحة القضبان التي لن توقف) لا تقل عن ضعف المساحة المطلوبة نظرياً في المقطع الموافق للنقطة $\bar{i}$.

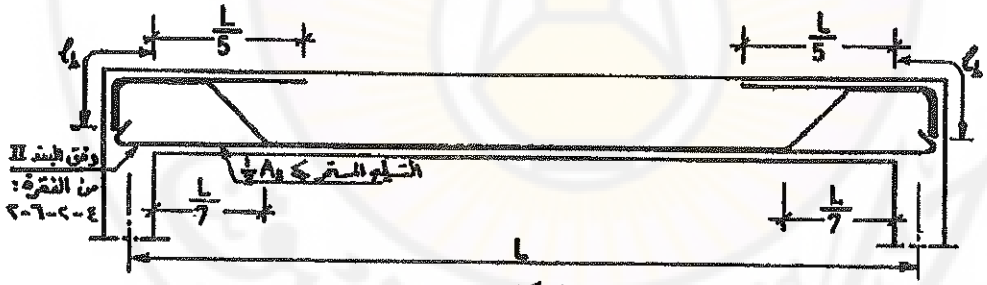
٤ـ وعلى كل حال ، يجب أن يستمر (في الجوائز البسيطة) نصف التسليح السفلي (الرئيسي المشدود) على الأقل إلى المساند ، (مع أخذ طول دخول معين فوق المساند سيحدد في الفقرة (II) القادمة).

٥ـ يراعى أن تكون القضبان المكسحة من القضبان الداخلية في المقطع العرضي وأن تبقى القضبان متناظرة في المقطع بعد التكسيح .

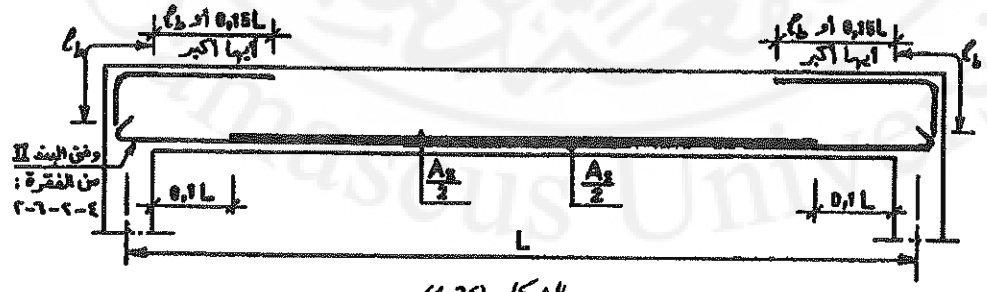
ملاحظة :

إن طريقة التكسيح ـ والإيقاف ـ التي شرحناها أعلاه هي الطريقة الأساسية والدقيقة وهي الوحيدة التي نص عليها الكود العربي السوري . وعلى الرغم من أن هذه الطريقة طويلة فإنه لابد من استخدامها عند تصميم الجوائز المستمرة ذات الفتحات الكبيرة والحمولات المتنوعة والكبيرة .

أما عند تصميم جوائز الأبنية العادية التي تكون بحازاتها وحمولاتها غير كبيرة ، فيتم اللجوء عادة إلى بعض الطرق العملية السريعة التي تحدد بموجبها أماكن التكسيح ـ أو أماكن الإيقاف ـ دون العودة لمخطط العزم .



الشكل (4-25)



الشكل (4-26)

يوضح الشكل (4-25) الطريقة العملية للتكسيح الواردة في الكود الأمريكي ACI كما يوضح الشكل (4-26) الطريقة العملية للإيقاف .

(II) – الشروط الواجب تحقيقها فوق المساند :

(1-) يجب أن تحقق القضبان الموجبة الداخلة فوق المسند الشرط التالي :

$$\frac{M_u}{V_u} + l_a \geq l_b$$

حيث : M_u هو العزم المقاوم الأقصى للمقطع الملاصق للمسند (المقطع I-I في الشكل 24-4) بافتراض أن إجهاد الشد في القضبان المستمرة في المسند هو f_y .

V_u قوة القص الحدية القصوى المؤثرة في المقطع المذكور .

وحيث : l_a هو طول الاستمرار المستقيم للقضبان بعد وجه المسند وهو الذي سيحدد من العلاقة السابقة بكتابة : $l_a \geq l_b - \frac{M_u}{V_u}$ و لكن يشترط أيضاً ألا تقل قيمة l_a عن القيمة الأكبر بين القيم الثلاث التالية :

$$\begin{cases} 12\phi + \frac{b_a}{2} \\ 12\phi + \frac{d}{2} \\ 30\phi \end{cases}$$

حيث : d الارتفاع الفعال للمقطع و b_a عرض المسند و l_b هو طول التثبيت

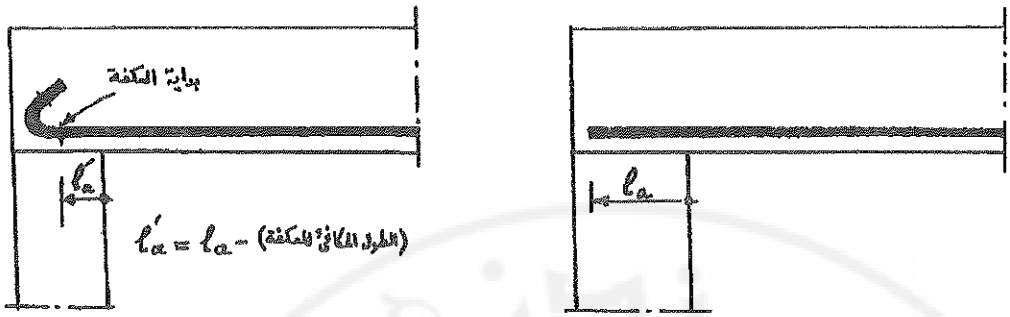
ويسمح الكود باحتساب الطول المكافئ للعكفات النظامية عند حساب طول الاستمرار l_a (انظر الشكل 27-4) ، ونذكّر بأن الطول المكافئ للعكفة في حالة التسليح عالي المقاومة هو : $\lambda = 24\phi$ ويحتسب هذا الطول ابتداء من بداية انحناء العكفة ، (راجع الفصل المتعلّق بالتماسك وطول التثبيت والعكفات النظامية).

(2-) يمكن الاستغناء عن التحقق من الشرط الوارد في البند(1)أعلاه إذا تحقق الشرطان التاليان معاً:

أ – أن تكون مساحة التسليح الداخل فوق المسند كافية لتحمل قوة شد مساوية لقيمة قوة القص المؤثرة في المقطع الملاصق للمسند ، أي :

$$A_s \geq \frac{V_u}{0{,}9f_y} \qquad \text{(التسليح الداخل فوق المسند)}$$

ب – أن تنتهي أسياخ التسليح ضمن المسند بعكفة نظامية تبدأ استدارتها بعد محور المسند . أو (في حال عدم استخدام هذه العكفة) ألا يقل طول الإرساء المستقيم لهذه الأسياخ ضمن المسند عن 25ϕ ابتداء من وجه المسند .



في حال عدم وجود كنفة — في حال وجود كنفة نظامية

الشكل (4-27)

٤-٢-٧- دراسة الجائز على القص وتوزيع التسليح العرضي بما يناسب مخطط قوى القص :

لدراسة الجائز على القص يتم تطبيق ما ورد في بحث القص المعطى سابقاً .

وعند توزيع التسليح العرضي يجب مراعاة عدد من القواعد والاشتراطات ، وهي التي سنذكرها في الفقرة التالية :

٤-٢-٧-١- قواعد واشتراطات تتعلق بترتيب التسليح العرضي :

١ - يجب ألا تقل مساحة التسليح العرضي (الأساور) عن :

$$(A_s)_{min} = \frac{0,35}{f_y} b_w . S$$

حيث : b_w هو عرض مقطع الجائز المستطيل أو عرض العصب في المقاطع المجنحة .

S تباعد الأساور .

٢ - يجب ألا تزيد تباعدات الأساور عن d/2 أو 30cm أيهما أصغر . (ماعدا الجوائز التي يزيد عرضها عن 3 أمثال ارتفاعها ، كالجوائز المخفية لبلاطات الهوردي ، فيمكن أن تصل تباعدات الأساور إلى d ، كما يمكن تخفيض $(A_s)_{min}$ المطلوبة للتسليح العرضي إلى : 1,33 × مساحة التسليح العرضي الحسابي) .

٣ - يجب ألا تزيد المسافة بين كل فرعين متجاورين للتسليح العرضي عن 30cm .

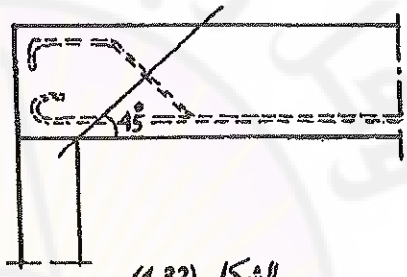
٤ - في حالة الجوائز المسلحة على الضغط يجب أن تطوق الأساور كامل المقطع وألا تزيد تباعدات الأساور عن 15×قطر السيخ المضغوط أو 20cm أيهما أقل ، وذلك لضمان عدم تخيب قضبان التسليح المضغوطة .

٥ - لا يقل قطر التسليح العرضي (الأساور) عن 1/3 أكبر قطر للتسليح الطولي المرتبط به ، وعن 6 mm .

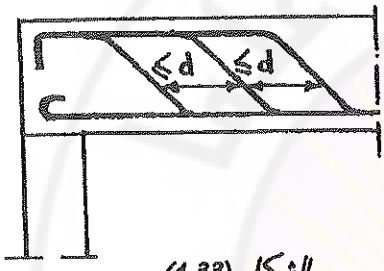
٦ ـ في حال استخدام أسياخ مكسحة أو أساور مائلة لمقاومة القص فيجب أن يحتوي الخط المائل بزاوية 45° والمرسوم في الجائز اعتباراً من الطرف الداخلي للمسند على أسوارة أو سيخ مكسح . (انظر الشكل 32-4) .

٧ ـ في حال استخدام قضبان مكسحة لمقاومة القص فيجب ألا تزيد المسافة بين كل صفين من القضبان المكسحة عن d (الارتفاع الفعال للمقطع) إذا كانت إجهادات القص $\tau_u \geq 1{,}5\tau_{cu}$ (انظر الشكل 33-4) . أما إذا قلت إجهادات القص عن ذلك فيمكن زيادة المسافة المذكورة إلى 1,5d .

ملاحظة : يبدأ وضع أول أسوارة عادة على بعد 5 cm من وجه المسند .



الشكل (32-4)



الشكل (33-4)

٤-٢-٨- قضبان طولية أخرى :

إن هذه القضبان هي :

١ ـ التسليح العلوي عند نهايات الجائز لمقاومة العزوم الثانوية السالبة (الاعتبارية) .

٢ ـ قضبان التعليق .

٣ ـ قضبان التقلص .

وسنتحدث فيما يلي عن كل منها :

٤-٢-٨-١- التسليح العلوي عند نهايات الجائز لمقاومة العزوم الثانوية السالبة (الاعتبارية) :

يجب أن يتوفر في المناطق القريبة من المساند الطرفية تسليح علوي كافٍ لمقاومة العزوم الثانوية السالبة التي تقدر قيمتها بحوالي نصف عزم وثاقة الجائز فيما لو افترض موثوقاً ، $\frac{M_f}{2}$ فمثلاً إذا كانت حمولة الجائز موزعة بانتظام فإن قيمة العزم الثانوي السالب هي : $\frac{M_f}{2} = \frac{-(g+q)L^2}{24}$.

عملياً ، نؤخذ مساحة مقطع التسليح العلوي فوق المسند الطرفي مساوية إلى ثلث مقطع التسليح الرئيسي (الموجب في وسط الجاز المدروس).

قد تكفي القضبان المكسحة مع قضبان التعليق لمقاومة العزم السالب الاعتباري ، أو قد يضاف لهم قضبان

إضافية " شابو " . وفي هذه الحالة تمتد هذه القضبان الإضافية مسافة $\frac{L_n}{5}$ اعتباراً من الوجه الداخلي للمسند (حسب الشكل 4-25) أو بمقدار ($0{,}15l_n \geq l_b$) حسب الشكل (4-26) .

٤-٢-٨-٢- قضبان التعليق :

تستخدم قضبان طولية ، في المنطقة العلوية من الجائز ، لتعليق الأساور عليها . يجب أن تحقق هذه القضبان الشروط التالية (انظر الشكل 4-34) :

١ - يجب ألا يقل عددها عن عدد فروع الأساور المستخدمة .

٢ - يجب ألا يقل قطرها عن 1/2 قطر أكبر سيخ طولي رئيسي ، أو 8mm أيهما أكبر .

٣ - يجب ألا يقل مجموع مساحات مقاطعها عن 0,15 × مساحة التسليح الرئيسي .

٤-٢-٨-٣- قضبان التقلص :

عندما يزيد ارتفاع الجائز عن 60 cm أو عندما تزيد مساحة المقطع البيتوني عن $2000cm^2$ فيجب إضافة قضبان طولية على الوجهين الجانبيين للعنصر ، تسمى قضبان التقلص . يجب أن تحقق هذه القضبان الشروط التالية (انظر الشكل 4-34) :

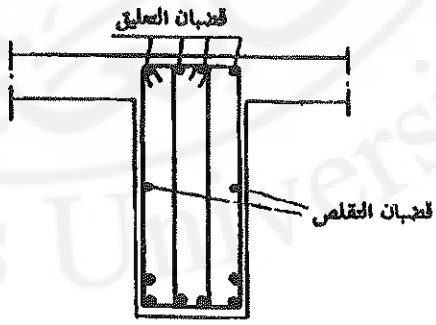
١ - ألا يقل قطرها عن 1/2 قطر أكبر سيخ طولي رئيسي ، أو عن 10mm أيهما أكبر .

٢ - ألا تزيد المسافات الشاقولية بينها عن 30 cm .

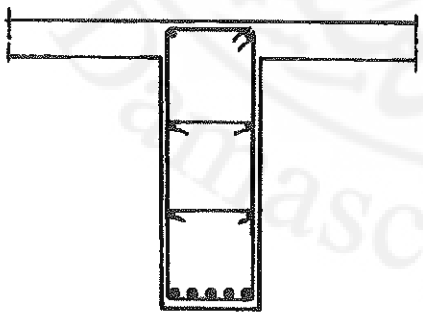
٣- ألا تقل مساحة تسليح التقلّص عن 1/1000 من المساحة الفعّالة للمقطع: $0{,}001\ b_w.d \leq$ مساحة تسليح التقلّص

٤-٧-٨-٤- ملاحظة :

عندما يكون ارتفاع الجائز كبيراً ، قد تتعرض الفروع الشاقولية للأساور (خلال أعمال التنفيذ) للتحنيب إما بسبب وزن القضبان الطولية العلوية أو عند صب ورج البيتون. لتفادي ذلك (أي لإعطاء القفص المكوّن من القضبان الطولية و الأساور المتانة الكافية) يمكن ربط قضبان التقلّص المتقابلة بشناكل أفقية ($\phi 5$ أو $\phi 6$ mm) كما هو موضّح في الشكل (4-35) .



الشكل (4-34)



الشكل (4-35)

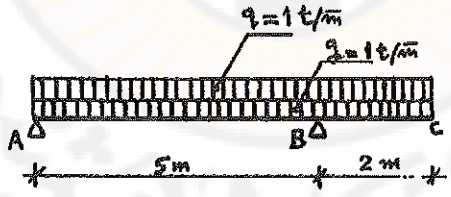
٤-٣- الجوائز البسيطة ذات الأظفار ومفهوم مغلف العزوم ومغلف قوى القص :

ذكرنا سابقاً (في الفقرة ٤-٢-٣ من هذا الفصل) أن عملية تصميم أي مقطع من مقاطع الجائز يجب أن تتم اعتماداً على أكبر قيمة عزم انعطاف يمكن أن يتعرض لها هذا المقطع نتيجة تطبيق الأحمال على الجائز . ويمكن أن نقول كلاماً مشابهاً بالنسبة لعملية التصميم على القص .

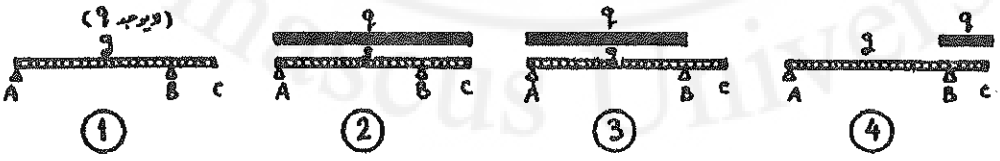
ولقد رأينا في حالة الجوائز البسيطة أنه يمكن الحصول على العزوم الأعظمية وقوى القص الأعظمية في كافة مقاطع الجائز البسيط إذا طبقت جميع الحمولات الميتة والحية معاً على كامل الجائز (إذا لم يكن ينتهي بأظفار) .

إن الأمر يختلف بالنسبة للجوائز البسيطة ذات الأظفار (وبالنسبة للجوائز المستمرة) حيث سنرى من المثال الذي سنقدمه فيما يلي أن تطبيق كامل الحمولة الحية (إلى جانب الحمولة الميتة) على كامل العنصر لا يعطي بالضرورة قيماً أعظمية للعزوم في جميع مقاطع الجائز ، وإنما هناك أوضاعاً أخرى للحمولة الحية تعطي عزوماً أعظمية في مناطق أخرى من نفس الجائز .

لنعتبر الجائز ABC المبين في الشكل (4-42) والذي يستند استناداً بسيطاً عند A و B ويمتد ظفرياً من B إلى C . المجاز الحسابي للفتحة AB هو L=5m أما طول الظفر فهو l=2m . يخضع هذا الجائز لحمولة ميتة موزعة بانتظام شدتها $g = 1t/m$ ولحمولة حية موزعة بانتظام شدتها $q = 1t/m$. إن الحمولة الميتة تؤثر طبعاً على كامل العنصر (أي على المجاز وعلى الظفر معاً) أما الحمولة الحية فهناك عدة وضعيات ممكنة لها على الجائز هي المبينة على الشكل (4-43) .



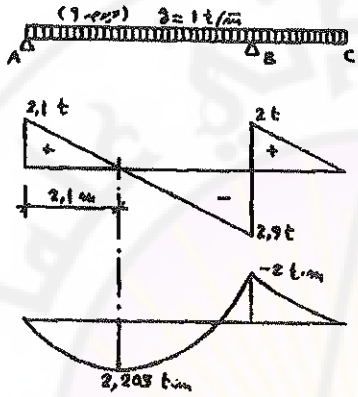
الشكل (4-42)



الشكل (4-43)

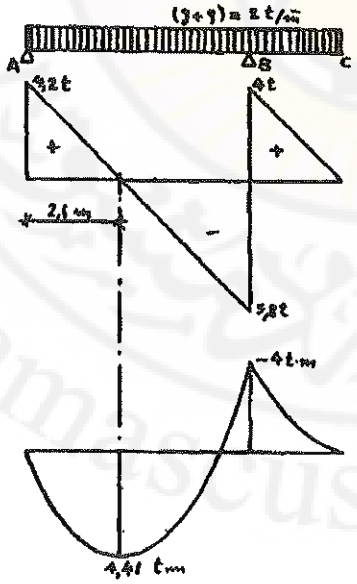
سنعطي فيما يلي مخطط قوى القص ومخطط عزم الانعطاف الناتجين عن كل حالة من حـالات التحميل الأربع المبينة :

في الحالة (1) :



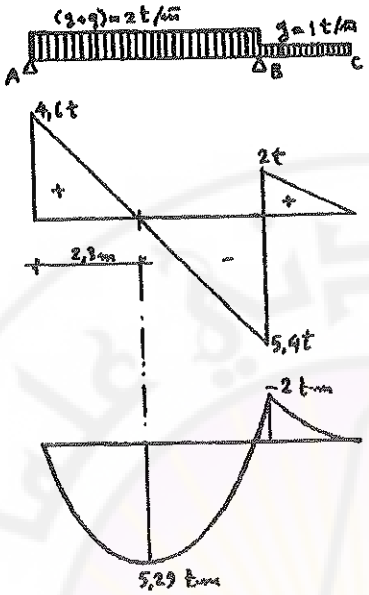
الشكل (4-44-a)

في الحالة (2) :



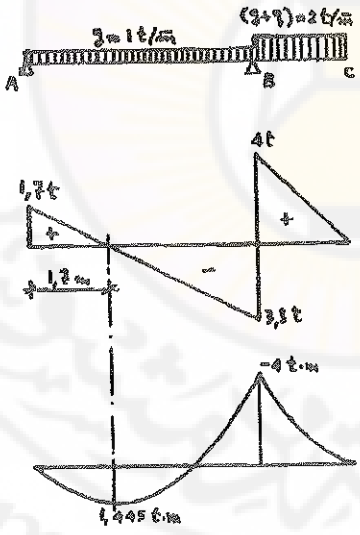
الشكل (4-44-b)

في الحالة (3) :



الشكل (4-44-c)

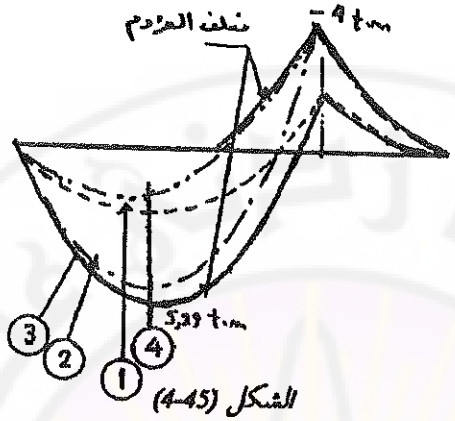
في الحالة (4) :



الشكل (4-44-d)

لنطبق مخططات العزوم الناتجة عن حالات التحميل المختلفة على بعضها (انظر الشكل 4-45) . إن المنحني الذي يغلف من الخارج جميع مخططات العزوم الناتجة عن حالات التحميل المختلفة يدعى مغلف العزوم .

إن عملية حساب التسليح الطولي لمقاطع الجائز وعمليات إيقاف أو تكسيح القضبان يجب أن تتم استناداً لمغلف العزوم إذ أنه يحتوي على قيم العزوم الأعظمية الموجبة والسالبة لجميع مقاطع الجائز .



الشكل (4-45)

نلاحظ في الشكل (4-45) ما يلي :

١ ـ إن حالة التحميل بالحمولة الإضافية على كامل الجائز (وهي الحالة 2) ليست هي التي أعطت العزم الأعظمي الموجب .

٢ ـ العزم الأعظمي الموجب حصلنا عليه من الحالة (3) أي عندما حمّلنا الفتحة و لم نحمّل الظفر .

٣ ـ العزم الأعظمي السالب فوق المسند نتج في الحالتين (2) و (4) حيث حُمّل الظفر بالحمولتين g و q معاً ، فلكي نحصل على العزم الأعظمي للظفر يكفي إذن تحميله بكامل حمولاته بصرف النظر عما نفعل في الجاز المجاور له .

٤ ـ حالة التحميل (4) كبّرت امتداد منطقة العزوم السالبة كثيراً ويجب الاعتماد عليها من أجل تحديد مكان إيقاف التسليح العلوي المقاوم للعزوم السالبة .

٥ ـ حالة التحميل (3) كبرت امتداد منطقة العزوم الموجبة .

لنطبق الآن مخططات قوى القص الناتجة عن حالات التحميل المختلفة على بعضها (انظر الشكل 46-4) ولنرسم مغلف قوى القص ، وهو المنحني الذي يغلف من الخارج جميع مخططات قوى القص الناتجة عن حالات التحميل المختلفة .

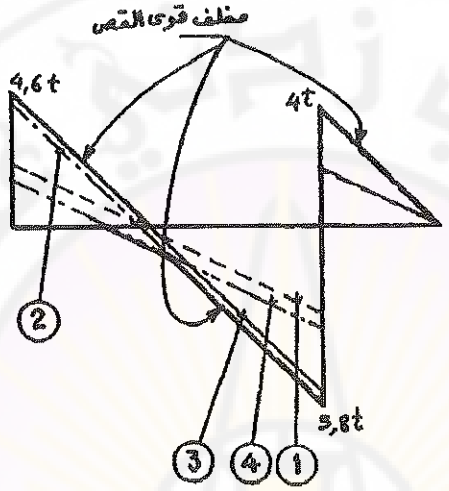
إن عملية حساب التسليح العرضي للجائز يجب أن تتم استناداً لمغلف قوى القص .

نلاحظ من الشكل (4-46) ما يلي :

١ ـ إن حالة التحميل لكامل الجائز بالحمولة الإضافية مع الميتة (الحالة 2) ليست هي التي أعطت أكبر

قيم لقوى القص في جميع المقاطع وإنما حصلنا على قيم عظمى لقوى القص في المقاطع المختلفة من حالات تحميل مختلفة .

٢ - ونلاحظ أن قيم ردود الأفعال اختلفت من حالة لأخرى من حالات التحميل ، فيجب الانتباه لهذا الأمر عند تقدير الحمولات التي ستصمم بموجبها الأعمدة .



الشكل (4-46)

في ختام هذه الفقرة نقول ، إن فكرة مغلف العزوم ومغلف قوى القص هي من الأفكار الأساسية التي تقوم عليها دراسة الجوائز المستمرة كما سنرى في الفقرة القادمة . وإن الملاحظات والاستنتاجات التي توصلنا إليها هامة وأساسية ويجب ألا تغيب عن ذهن المهندس المصمم عند تحديد قيم العزوم والجهود المؤثرة في مقاطع العنصر ، فهي التي ستمكن المصمم من وضع التسليح بالكمية المناسبة وفي المكان المناسب دون زيادة ولا نقصان . فالزيادة في مواد البناء تعني الهدر والنقصان فيها يعني عدم تحقيق الأمان . في حين أن عمل المهندس يجب أن يحقق الاقتصاد والأمان في آن واحد .

٤-٤- حساب وتصميم الجوائز المستمرة :

تستخدم الجوائز المستمرة بكثرة في المنشآت ، ويؤدي استخدامها (بدلاً عن استخدام مجموعة من الجوائز البسيطة المنفصلة المتتالية) إلى الفوائد التالية :

آ - تحقيق وفر في مواد البناء يقدر بحوالي ١٥٪ - ٢٠٪ بالمقارنة مع كلفة الجوائز البسيطة المتتالية .

ب - زيادة قدرة تحمل المنشأ تحت تأثير الأفعال والحمولات فوق العادية ، نظراً لإمكانية حصول

إعادة توزع للعزوم ولقوى القص في الجوائز المستمرة .

جـ ـ كما أن للجوائز المستمرة أثراً إيجابياً في تحقيق ترابط المنشأ واستقراره بالمقارنة مع حالة الجوائز البسيطة المنفصلة .

إن مراحل تصميم جائز مستمر تشبه إلى حد ما مراحل تصميم الجوائز البسيطة التي شرحناها سابقاً . وإن أوجه الاختلاف الرئيسية (بين حالة الجائز البسيط وحالة الجائز المستمر) تكمن فيما يلي :

١ً ـ أنه يتوجب علينا ، عند دراسة جائز مستمر ، أن نميز بين الحمولة الميتة والحمولة الحية ، وأن نعتبر عدة حالات تحميل مختلفة لكي نستنتج منها مغلف عزوم الانعطاف ومغلف قوى القص .

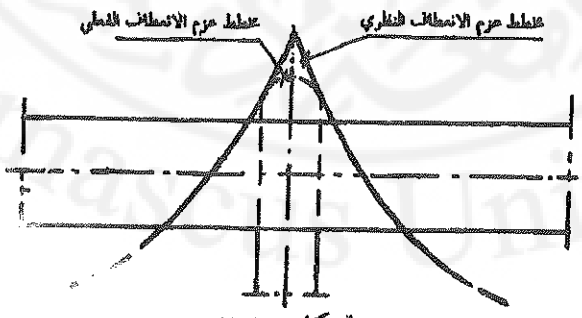
٢ً ـ نظراً لأن الجائز المستمر هو عنصر غير مقرر توازنياً فإننا نحتاج عند دراسته (تحت حالة تحميل ما) إلى استخدام إحدى طرق حساب الإنشاءات التي تمكّن من حل الحمل غير المقررة ، كمعادلة العزوم الثلاثة (كلابيرون) أو طريقة توزيع العزوم (هاردي كروس) أو غيرها من الطرق العديدة المعروفة ...

٤ـ٤ـ١ـ أفكار أساسية :

● تعديل المخططات النظرية لعزوم الانعطاف وقوى القص :

تفترض طرق حساب الإنشاءات السالفة الذكر (أي معادلة العزوم الثلاثة وغيرها من الطرق العائدة لنظرية المرونة) أن الجائز المستمر يستند على مساند نقطية (عرضها صفر) ، وأن المادة مرنة متجانسة ومثالية .

غير أن المسند الذي يستند عليه الجائز البيتوني المسلح في الواقع لا يكون نقطياً وإنما يكون سطحاً عرضه عرض رأس العمود أو عرض جدار الاستناد ، مما يجعل شكل مخطط العزم فوق المسند مباشرة منحنياً انسيابياً القيمة العظمى فيه أدنى من القيمة العظمى للمخطط النظري المذنب (انظر الشكل 47-4) .

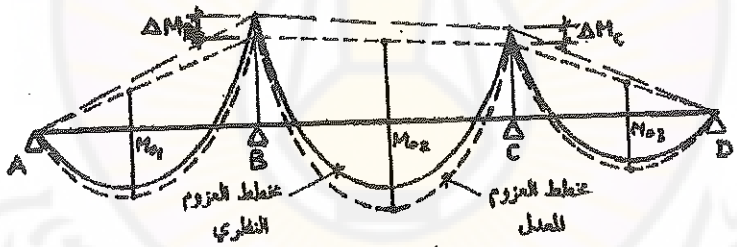


الشكل (47-4)

كما أن عدم انسجام سلوك مادة البيتون المسلح مع فرضيات نظرية المرونة الخطية يودي هو أيضاً إلى انخفاض قيم العزوم السالبة فوق المساند الداخلية عن القيم النظرية الناتجة عن طرق التحليل الخطي المرن ؛ لأن سهلان مادة البيتون والسلوك غير الخطي لهذه المادة يسببان حدوث دورانات إضافية فوق المساند لا تلحظها طرق التحليل المرن .

إن انخفاض القيم الحقيقية للعزوم السالبة فوق المساند الداخلية عن القيم النظرية يودي إلى ازدياد قيم العزوم الموجبة في المجازات عن قيمها النظرية ، وذلك بفضل حصول إعادة توزع للعزوم في الجائز المستمر Redistribution of Moments ، وتتوافق " إعادة توزع العزوم " بالطبع مع " إعادة لتوزع قوى القص " أيضاً .

لذا تنصح أنظمة البيتون المسلح بتعديل القيم النظرية لعزوم الانعطاف المحصول عليها من طرق المرونة بتخفيض قيم العزوم السالبة فوق المساند بنسبة تقريبية وسطية حوالي (15%) وبزيادة العزوم الموجبة في المجازات بما يتناسب مع هذا التخفيض[٥] ، أي بحيث يبقى مجموع العزوم السالبة والموجبة المؤثرة على أية فتحة مساوياً للعزم Mo الذي يؤثر في تلك الفتحة فيما لو كانت بسيطة الاستناد ، (انظر الشكل 48-4) .



الشكل (48-4)

ولقد اشترط الكود العربي السوري ألا تتجاوز نسبة تعديل العزوم النسبة التالية :

$$\Delta M\% = 30\left(1 - \frac{A_s - A'_s}{A_{sb}}\right)$$

حيث : A_s مساحة تسليح الشد في المقطع عند المسند .

A'_s مساحة تسليح الضغط في المقطع عند المسند .

A_{sb} مساحة تسليح الشد التوازنية للمقطع أحادي التسليح عند المسند .

---

[٥] وبتعبير آخر : يتم تخفيض قيم العزوم السالبة بنسبة حوالي 15% ثم يتم استنتاج العزوم الموجبة في كل مجاز على أساس أن قيم العزوم السالبة المؤثرة على طرفي الفتحة هي العزوم المخفضة .

وبحيث $(A_s - A'_s)$ لا تتجاوز $0{,}5A_s$.

يجب أن يتم إجراء تعديل قيم العزوم لكل حالة تحميل على حدة ، وأن يؤخذ تأثير قيم العزوم المعدلة في حساب قوى القص وردود الأفعال .

● مبدأ التحميل الشطرنجي وإيجاد مغلف العزوم ومغلف قوى القص :

تؤثر الحمولة الميتة على جميع بحازات الجائز المستمر في آن واحد وبشكل دائم . أما الحمولات الحية فيمكن أن تؤثر في فتحة واحدة فقط أو فتحتين معاً أو أكثر ؛ وهذا يتعلق في احتمالات وجودها تبعاً لاستعمالات المنشأ المختلفة .

ومن الطبيعي ، عند دراسة وتصميم جائز مستمر ، أن تُدرس حالات التحميل المختلفة للوصول إلى أكبر قيم للعزوم ولقوى القص في المقاطع المختلفة .

إن تطبيق الحمولة الحية إلى جانب الحمولة الميتة على جميع البحازات في آن واحد لا يؤدي إلى الحصول على العزوم وقوى القص الأعظمية في جميع مقاطع الجائز ـ خلافاً لما قد يظن من الوهلة الأولى .

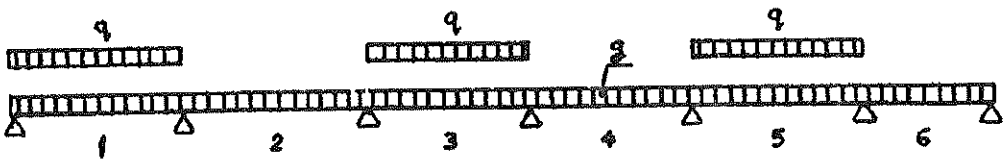
يمكن البرهان (عن طريق خطوط التأثير مثلاً) أنه للحصول على العزم الموجب الأعظمي في فتحة ما من الجائز المستمر رقمها فردي فيجب وضع الحمولة الحية على هذه الفتحة وعلى جميع الفتحات الأخرى ذات الأرقام الفردية (كما هو مبين بالشكل 49-4) . وللحصول على العزم الموجب الأعظمي في فتحة ما رقمها زوجي فيجب وضع الحمولة الحية على هذه الفتحة وعلى جميع الفتحات الأخرى ذات الأرقام الزوجية ، (الشكل 50-4) .

كما يمكن البرهان أيضاً على أنه للحصول على أكبر عزم سالب فوق مسند ما (i) فإنه يجب تحميل الفتحتين الواقعتين مباشرة على يمين ويسار هذا المسند ثم تحميل الفتحات البعيدة بشكل متناوب كما هو موضح في الشكل (51-4) .

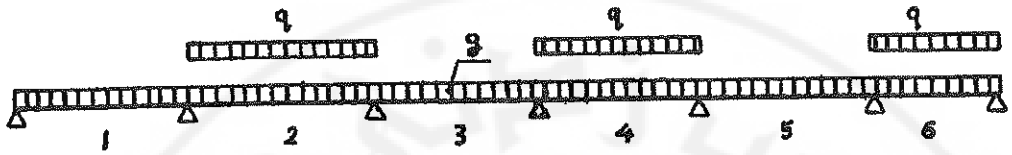
ولقد تبين أن وضعية التحميل التي تعطي العزم السالب الأعظم فوق مسند داخلي ما هي التي تعطي قوى القص الأعظميتين (بالقيمة المطلقة) على يمين ويسار هذا المسند ، ورد الفعل الأعظم تحت هذا المسند .

إن مبدأ التحميل هذا يسمى مبدأ التحميل الشطرنجي ، والغاية منه كما أسلفنا هي الحصول على العزوم الأعظمية الموجبة والسالبة في جميع مقاطع الجائز المستمر ، والحصول على قوى القص الأعظمية . مما يمكننا بالتالي من رسم مغلف عزوم الانعطاف ومغلف قوى القص للجائز المستمر .

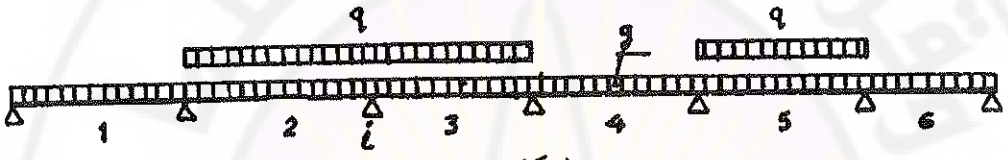
قد يكون الجائز المدروس منتهياً بظفر في إحدى نهايتيه أو بظفرين (ظفر في كل نهاية) . فعند تحديد حالات التحميل الشطرنجي للجائز المستمر في هذه الحالة نعامل الظفر ـ من حيث تحميله أو عدم



الشكل (4-49)

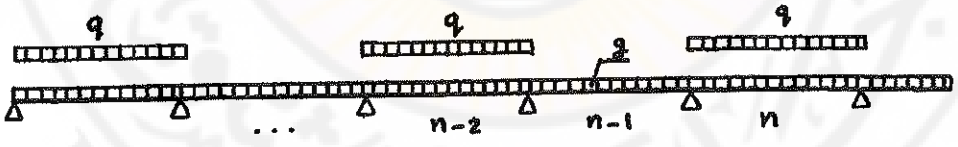


الشكل (4-50)

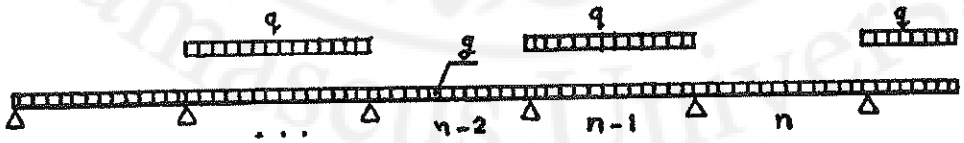


الشكل (4-51)

تحميله بالحمولات الحية ـ وكأنه فتحة . وبالتالي فللحصول على العزم الأعظم الموجب في الفتحة n المجاورة للظفر وفي الفتحات n-2 وn-4 ... الخ (الشكل 4-52) فإننا لا نُحمّل الظفر بالحمولة الحية . وللحصول على العزم الأعظم الموجب في الفتحات n-1 وn-3 ... الخ (الشكل 4-53) فإننا نُحمّل الظفر بكافة حمولاته الحية والميتة .



الشكل (4-52)



الشكل (4-53)

● إمكانية إهمال التحميل الشطرنجي عندما تكون الحمولات الحية صغيرة :

إذا كانت الحمولة الحية صغيرة بالمقارنة مع الحمولة الميتة ، وتحديداً إذا كانت :

$$\frac{\text{الحمولة الحية المصعدة}}{\text{الحمولة الميتة المصعدة}} \leq \frac{1}{3}$$

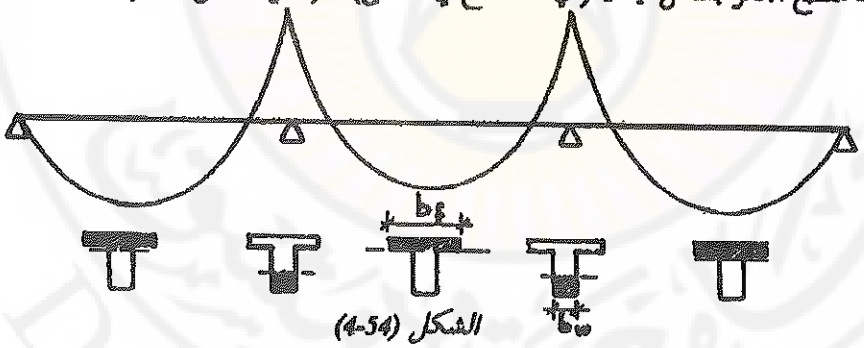
تكون الفائدة من التحميل الشطرنجي ضئيلة ومهملة . وبالتالي لا حاجة في مثل هذه الحالة لإجراء تحميل شطرنجي ، وإنما تؤخذ حالة تحميل واحدة تطبق فيها كافة الحمولات الحية والميتة على جميع المجازات . ويستخدم مخطط العزم ومخطط قوى القص الناتجين عن حالة التحميل المذكورة (بعد تعديلهما طبعاً) في عملية تصميم مقاطع الجائز .

● كيفية عمل المقاطع العرضية تبعاً لموقعها في الجائز :

تولد الحمولات المؤثرة في الجائز المستمر عزوم انعطاف موجبة في المجازات وسالبة عند المساند[*] . ومن الواضح أن العزوم الموجبة في المجازات تؤدي إلى انضغاط الألياف العلوية وإلى شد الألياف السفلية . بينما تؤدي العزوم السالبة فوق المساند إلى انضغاط الألياف السفلية وشد العلوية ،

سنوضح فيما يلي كيفية عمل مقطع الجائز عند المساند وفي المجازات وذلك في كل من الحالات التالية : أ ـ عندما يكون مقطع الجائز بشكل تيه T . ب ـ عندما يكون مقطع الجائز بشكل تيه مقلوب ⊥ . جـ ـ عندما يكون مقطع الجائز مستطيل الشكل .

(أ) ـ مقطع الجائز بشكل تيه T (أي له جناح في الأعلى) : (انظر الشكل 4-54)



الشكل (4-54)

• عمل المقطع عند المساند : إن المقاطع T الواقعة عند المساند (أي الواقعة في مناطق العزوم السالبة) تعمل كمقاطع مستطيلة عرضها عرض العصب b_w لأن الألياف المضغوطة من المقطع هي الألياف السفلية التي عرضها هو عرض العصب b_w . أي أن المقاطع الواقعة عند المساند لا تستفيد

[*] وذلك بفرض أن الحمولات المطبقة شاقولية ومتجهة نحو الأسفل ، وهذا هو الواقع في معظم الأحيان .

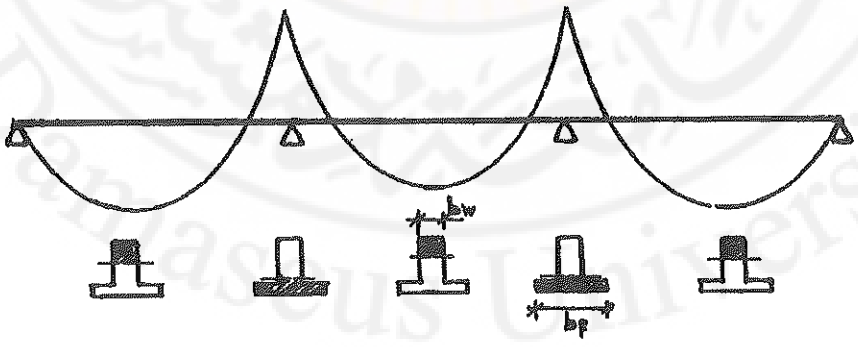
من الجناح العلوي نظراً لأنه موجود في المنطقة العليا المشدودة من المقطع . يتم تصميم المقاطع الواقعة في مناطق العزوم السالبة إذن ، بقوانين المقاطع المستطيلة ويعتبر عرض المقطع هو b_w .

• عمل المقطع في المجازات : تعمل المقاطع T الواقعة في المجازات والخاضعة لعزوم موجبة كمقاطع تيه فعلاً ، لأن الجناح يكون واقعاً في المنطقة العلوية المضغوطة . يتم تصميم هذه المقاطع إذن باستخدام القوانين الخاصة بمقاطع الـ (تيه) .

(ب) مقطع الجائز بشكل (تيه مقلوب) ⊥ (أي له جناح في الأسفل) : (انظر الشكل 55-4)

• عمل المقطع عند المساند : إن المقاطع ذات الشكل ⊥ (تيه مقلوب) والواقعة عند المساند (أي الواقعة في مناطق العزوم السالبة) تعمل كمقاطع (تيه) لأن الجناح يكون واقعاً في المنطقة السفلية المضغوطة . يتم تصميم هذه المقاطع إذن باستخدام القوانين الخاصة بمقاطع الـ (تيه) .

• عمل المقطع في المجازات : تعمل المقاطع ذات الشكل ⊥ الواقعة في المجازات والخاضعة لعزوم موجبة كمقاطع مستطيلة عرضها هو عرض العصب b_w لأن الألياف المضغوطة من المقطع هي الألياف العلوية التي عرضها هو عرض العصب b_w . أي أن هذه المقاطع لا تستفيد من الجناح السفلي نظراً لأنه موجود في المنطقة السفلية المشدودة . يتم تصميم المقاطع ⊥ الواقعة في مناطق العزوم الموجبة إذن ، بقوانين المقاطع المستطيلة ويعتبر عرض المقطع هو b_w .



الشكل (55-4)

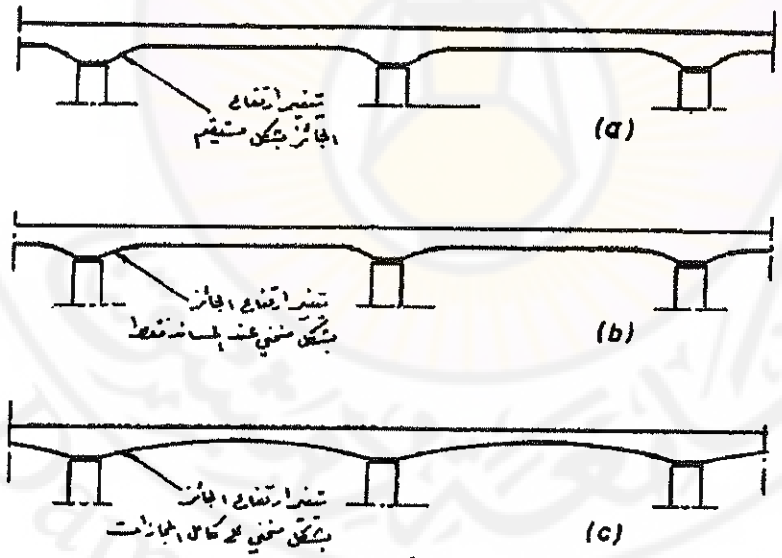
(جـ) مقطع الجائز بشكل مستطيل (أي ليس له أي جناح) :

من البديهي أن المقطع يعمل في هذه الحالة بشكل مستطيل سواء كان فوق المسند أو في المجازات . غير أن المنطقة المضغوطة في المقطع المستطيل تكون واقعة في الأسفل عند المساند ، أما في المجازات ـ حيث تؤثر العزوم الموجبة ـ فتكون المنطقة المضغوطة واقعة في أعلى المقطع المستطيل .

● الجوائز المستمرة ذات المقطع المتغير :

إن قيم العزوم السالبة فوق مساند الجائز المستمر هي أكبر عادة من العزوم الموجبة في المجازات ، لهذا فإن العزم السالب يتحكم في ارتفاع مقطع الجائز المستمر (إذا كان المقطع بشكل مستطيل أو بشكل T تيه غير مقلوب) . وهذا ما يؤدي في كثير من الأحيان إلى ارتفاعات كبيرة خاصة إذا كانت فتحات الجائز كبيرة وحمولاته كبيرة .

يمكن تقليل الارتفاع اللازم للجائز بالاستعانة بالفولاذ المضغوط في مناطق العزم السالب الأعظم . أو يمكن تصميم الجائز بحيث يكون ارتفاع مقطعه متغيراً وفي هذه الحالة يتم التصميم بزيادة الارتفاع عند المساند كما هو مبين في الشكل (4-56-a,b,c) . يوضح الشكل بعض الأشكال التي يمكن للمصمم إعطاءها للجائز المستمر المتغير المقطع بحيث تناسب التصميم المعماري .



الشكل (4-56)

الأشكال الشائعة للجوائز المستمرة ذات المقطع المتغير

إن حل هذه الجوائز يجب أن يتم باستخدام إحدى طرق حساب الإنشاءات غير المقررة التي تأخذ بالاعتبار العطالة المتغيرة للعناصر .

٤-٤-٢-مراحل تصميم جائز مستمر (الطريقة الدقيقة) :

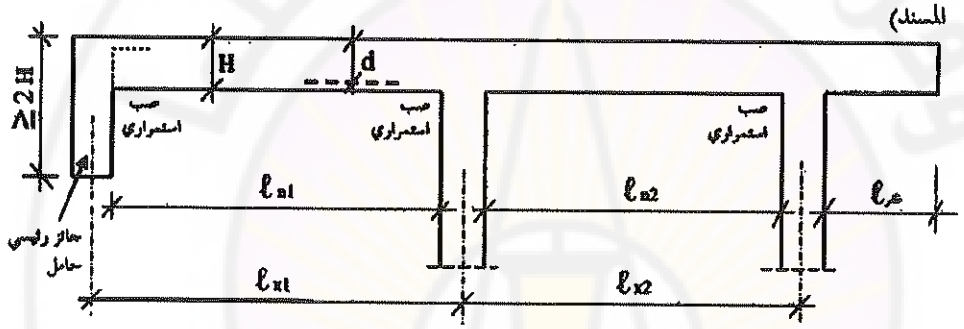
I – تحديد المجازات الفعالة (الحسابية) :

إن المجازات الحسابية اللازم اعتبارها للجائز المستمر تعتمد على طبيعة مسانده :

(آ)- إذا كان الجائز مستنداً على أعمدة أو على جدران بيتونية مسلّحة ومصبوب استمرارياً معها ، أو كان الجائز مستنداً على جوائز متعاملة معه لا يقل ارتفاع مقطعها عن مثلي ارتفاع الجائز ومصبوب استمرارياً معها . في هذه الحالة يحدد المجاز الفعال لكل فتحة i من فتحات الجائز المستمر بتطبيق القاعدة التالية :

$$L_i = \text{الأصغر بين} \begin{cases} L_{xi} \\ l_{ni} \times 1{,}05 \\ l_{ni} + d \end{cases}$$ انظر الشكل (آ)

ويؤخذ مجاز الطرف مساوياً إلى المسافة من طرفه الحر حتى وجه المسند (شريطة أن يكون عرض الطرف < عرض المسند)

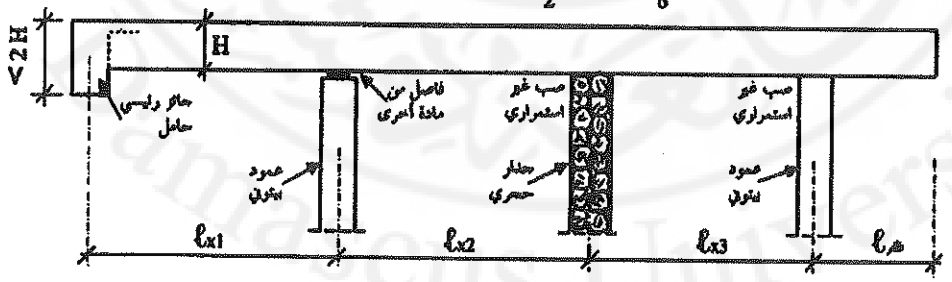


الشكل (آ)

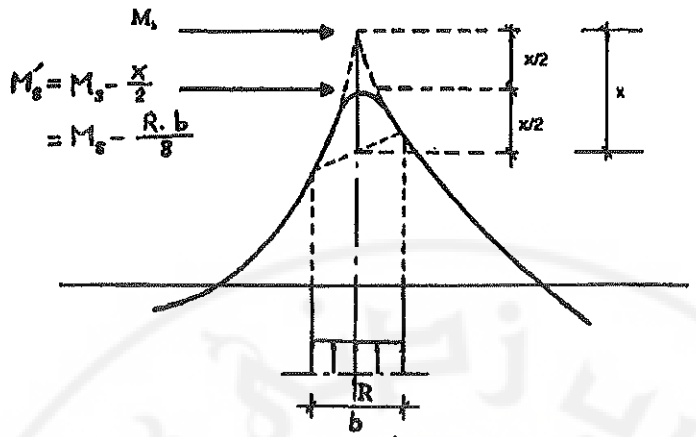
(ب)-في الحالات الأخرى (كحالة استناد الجائز على جدران حجرية مثلاً ، أو عند استناده على أعمدة أو جدران بيتونية مسلّحة ولكن مع وجود فاصل من مادة أخرى ، أو إذا لم يكن مصبوباً استمرارياً معها):

تعتبر المجازات الفعالة مساوية للمسافات Lxi بين محاور المساند ، انظر الشكل (ب) . ويعتبر مجاز الطرف مساوياً للمسافة من طرفه الحر حتى محور المسند . و يؤخذ تأثير عرض المسند في تعديل قيمة العزم السالب بالطريقة التالية :

(انظر الشكل 57-4) : $M'_s = M_s - \frac{x}{2} = M_s - \frac{R.b}{8}$



الشكل (ب)



الشكل (4-57)

II ـ تقدير الحمولات :

(آ) ـ الوزن الذاتي :

عندما لا تكون قيمة ارتفاع مقطع الجائز H مفروضة معمارياً (لضرورات معمارية) ، نبدأ بإعطاء قيمة أولية تقديرية H_0 ليجري على أساسها تقدير الوزن الذاتي .

تؤخذ هذه القيمة التقديرية (التقريبية) عادة ـ في حالة الجوائز المستمرة ـ مساوية إلى $\frac{L}{10} \rightarrow \frac{L}{12}$ حيث L هو مجاز الفتحة الأكبر في الجائز(*) . ويراعى أن تكون القيمة المأخوذة من أمثال 5cm . أما عرض المقطع b_w فيؤخذ عادة مساوياً إلى $\frac{H}{2} \rightarrow \frac{H}{3}$ على أن يكون أيضاً رقماً مدوراً ومن أمثال 5cm . ويفضل في جميع الأحوال أن يكون عرض المقطع b_w ثابتاً لجميع مجازات الجائز (حتى لو تغير الارتفاع H من مجاز لآخر) لتسهيل دخول التسليح من فتحة ما إلى الفتحة المجاورة لها .

(ب) ـ الحمولات الميتة الأخرى والحمولات الإضافية :

تحسب الحمولات الميتة والحية المنقولة من البلاطة إلى أية فتحة من فتحات الجائز المستمر بنفس الأسلوب الذي تم شرحه في الفقرة ٤ـ٢ـ٢ـ٢ .

ويتم التمييز بين الحمولات الميتة والحمولات الحية بهدف تحميل الجائز بأوضاع تحميل مختلفة .

III ـ تحميل الجائز :

(آ) ـ إذا وجدنا أن : $\frac{\text{الحمولة الحية المصعدة}}{\text{الحمولة الميتة المصعدة}} > \frac{1}{3}$

(*) هذا إذا كنا نريد أن يكون للجائز مقطعاً ثابتاً لكافة المجازات ، وهذا ما يحصل عملياً في أغلب الأحيان . أما إذا أردنا أن نجعل ارتفاع المقطع يختلف من فتحة إلى أخرى فيمكن أن نأخذ H_{0i} في كل فتحة i مساوية إلى ($\frac{L_i}{10} \rightarrow \frac{L_i}{12}$) .

فإننا نأخذ حالات التحميل المختلفة (حسب مبدأ التحميل الشطرنجي) التي تعطي كل منها قيماً عظمى للعزوم أو لقوى القص في أماكن مختلفة من الجائز المستمر .

(ب) ـ أما إذا وجدنا أن : $\frac{\text{الحمولة الحية المصعدة}}{\text{الحمولة الميتة المصعدة}} \leq \frac{1}{3}$

فلا حاجة للتحميل الشطرنجي . نكتفي بأخذ حالة تحميل واحدة وهي الحالة التي تطبق فيها كافة الحمولات الحية والميتة على جميع الحازات في آن واحد .

IV ـ إيجاد مخططات العزوم ومخططات قوى القص واستنتاج مغلف العزوم ومغلف قوى القص :

- من أجل كل حالة تحميل نقوم بما يلي :
  - نحسب الجائز المستمر بإحدى طرق حساب الإنشاءات (مثلاً : معادلة العزوم الثلاثة) ونوجد العزوم السالبة فوق المساند .
  - نخفض العزوم السالبة النظرية ، المحصول عليها ، بنسبة 15% .
  - نستنتج مخططات العزوم في الحازات على أساس أن العزوم السالبة المؤثرة على طرفي كل فتحة هي العزوم السالبة المخفضة .

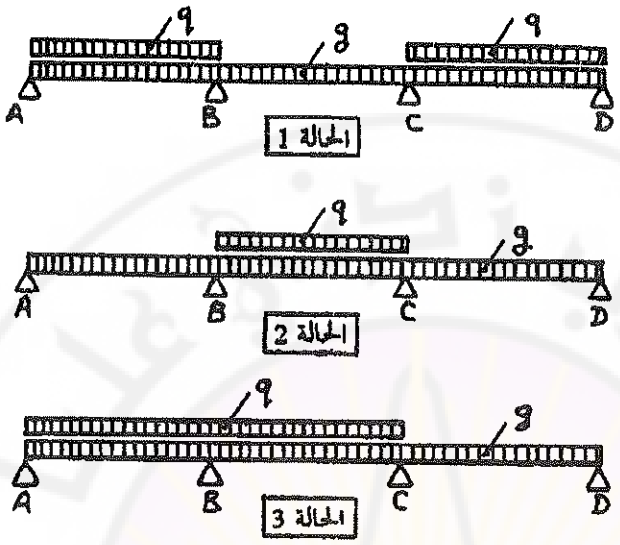
    (يجب أن نحدد المعادلة التي تعطي قيمة العزم في أية نقطة في الفتحة بدلالة الفاصلة x لتلك النقطة) .

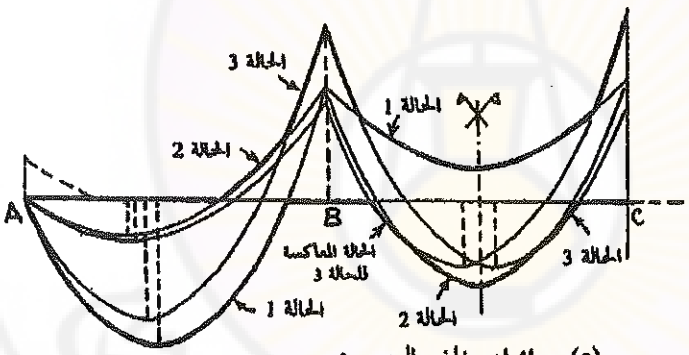
    ونرسم مخطط عزوم الانعطاف العائد لحالة التحميل المعتبرة .
  - نعتمد قيم قوى القص وردود الأفعال المحسوبة على أساس أن العزوم السالبة المؤثرة على طرفي الفتحة هي العزوم المخفضة . ونرسم مخطط قوى القص العائد لحالة التحميل المعتبرة .
- نطبق مخططات العزوم (العائدة لحالات التحميل المختلفة) على بعضها ، ونستنتج مغلف العزوم . (انظر الشكل a-58-4) .
- نعتبر وجود عزم سالب ثانوي (اعتباري) فوق المساند الطرفية[٥] (لنفس الأسباب التي تحدثنا عنها في بداية الفقرة ٤ـ٢) ، قيمته حوالي نصف عزم الوثاقة التامة للفتحة الطرفية فيما لو افترضت موثوقة من الطرفين . فإذا كانت حمولات هذه الفتحة موزعة بانتظام كانت قيمة العزم الاعتباري المذكور هي : $\frac{M_r}{2} = \frac{(g+q)L^2}{24}$.
- نطبق مخططات قوى القص (العائدة لحالات التحميل المختلفة) على بعضها ، ونستنتج مغلف قوى القص . (انظر الشكل b-58-4) .

---

[٥] وذلك في حال عدم وجود ظفر في نهاية الجائز المعتبرة .

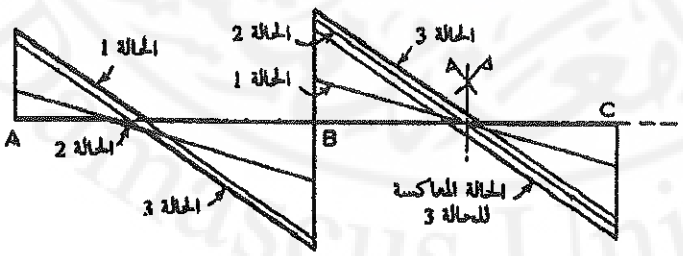
ملاحظة : يجب أن نحدد المعادلات التي تعطي قيم مغلف العزوم وقيم مغلف القص بدلالة الفاصلة x في كل فتحة ، لأنها ستلزم لاحقاً (في المرحلتين VI و VII) .





(a) – إيجاد مغلف العزوم :

المغلف متناظر حول المحور الشاقولي المار بمنتصف الجائز



(b) – إيجاد مغلف قوى القص :

الشكل (58-4)

V ـ تحديد الارتفاع اللازم لمقطع الجائز :

بعد أن ننهي عملية حساب العزوم وقوى القص المؤثرة في الجائز ، على النحو المبين في الفقرة IV السابقة ، ننتقل إلى عملية تحديد الارتفاع اللازم للمقطع (ما لم يكن هذا الارتفاع محدداً سلفاً بقيمة معينة يطلب التقيد بها ـ لأسباب معمارية مثلاً ـ) .

يفضل عادة استخدام ارتفاع كاف لمقطع الجائز بحيث لا يحتاج هذا الجائز لتسليح ضغط في أي من مقاطعه(*) .

لتأمين ذلك يجري تحديد ارتفاع المقطع بواسطة العلاقة التالية التي سبق أن أوردناها في الفقرة (٤ـ٢ـ٥ـ١) :

$$d = r_o \sqrt{\frac{M_{u\,max}}{0,9 \times 0,85 f'_c b}}$$

يراعى عند التعويض في هذه العلاقة ما يلي :

آ ـ إذا كان مقطع الجائز المستمر مستطيلاً :

إن كون المقطع مستطيلاً (أي بدون أجنحة) يعني أن المنطقة المضغوطة فيه سيكون لها ذات العرض سواء كانت علوية (العزم المؤثر موجب) أو سفلية (العزم المؤثر سالب) . لذلك يتم حساب ارتفاع المقطع في هذه الحالة استناداً إلى قيمة أكبر عزم انعطاف نجده في المغلف ، سواء كان هذا العزم موجباً أو سالباً .

ب ـ إذا كان مقطع الجائز المستمر هو بشكل T (تيه) أي له جناح في الأعلى :

يتم حساب ارتفاع مقطع الجائز في هذه الحالة استناداً إلى قيمة أكبر(**) عزم انعطاف سالب نجده في المغلف . وتؤخذ قيمة b في العلاقة مساوية إلى b_w .

(*) إلا في بعض الحالات التي يرى فيها المصمم أنه من الأفضل استخدام تسليح ثنائي في منطقة ما من الجائز لأسباب يراها منطقية ، كما في حالة الجائز المستمر على عدة فتحات الذي تكون فيه ـ لسبب ما ـ قيمة العزم ، في إحدى الفتحات أو فوق أحد المساند ، أعلى من قيم العزوم المؤثرة في سائر الفتحات والمساند الأخرى ، فقد يرى المصمم في هذه الحالة أنه من الأفضل استخدام تسليح ثنائي في تلك المنطقة ذات العزم الكبير بدلاً من زيادة ارتفاع المقطع لجميع فتحات الجائز .

(**) بالقيمة المطلقة .

حـ - إذا كان مقطع الجائز المستمر بشكل ⊥ (تيه مقلوب) أي له جناح من الأسفل :

يتم حساب ارتفاع مقطع الجائز في هذه الحالة استناداً إلى قيمة أكبر عزم انعطاف موجب نجده في المغلف . وتؤخذ قيمة b في العلاقة مساوية إلى b_w .

بعد الحصول على الارتفاع الفعال d من العلاقة السابقة نضيف له مسافة تغطية $a \approx \frac{d}{10} \rightarrow \frac{d}{12}$ وندور القيمة المحصول عليها نحو الأعلى ونجعلها من أمثال 5cm فنحصل على الارتفاع الكلي H اللازم حسابياً .

نقارن الارتفاع الكلي المحسوب H مع الارتفاع التقديري H_0 (الذي استخدمناه لحساب الوزن الذاتي) فإذا كان الفرق بينهما أقل من 15% فإن حسابات التصميم تعتبر مقبولة ويهمل الاختلاف في الوزن الذاتي . أما إذا كان الفرق بين الارتفاعين أكبر من 15% فيجب إعادة النظر في الوزن الذاتي وفي تصميم الجائز . (راجع ما ذكرناه في الفقرة ٤-٢-٥-١). وإذا كنا قد استخدمنا $\mu_w > \mu_0$ فيجب أن نقارن الارتفاع المحسوب H مع القيمة H_{min} التي من أجلها يمكن اعتبار شرط السهم محققاً . تؤخذ قيمة H_{min} من الجدول التالي الذي يمكن استخدامه إذا كانت $f'_c \geq 20\ MPa$.

جدول قيم H_{min} لفتحات الجوائز المستمرة (*) ($f'_c \geq 20\ MPa$)

	فتحة مستمرة من طرف واحد	فتحة مستمرة من الطرفين	ظفر
الجوائز العادية المسلحة أو البارزة	$\frac{L}{15}$	$\frac{L}{16}$	$\frac{L}{6}$
الجوائز المخففة	$\frac{L}{18}$	$\frac{L}{20}$	$\frac{L}{8}$

ملاحظة : تصلح قيم هذا الجدول للحالات التي لا تزيد فيها المجازات عن 15m .

فإذا وجدنا أن $H<H_{min}$ فيجب زيادة الارتفاع H وجعله مساوياً إلى H_{min} على الأقل(**) .

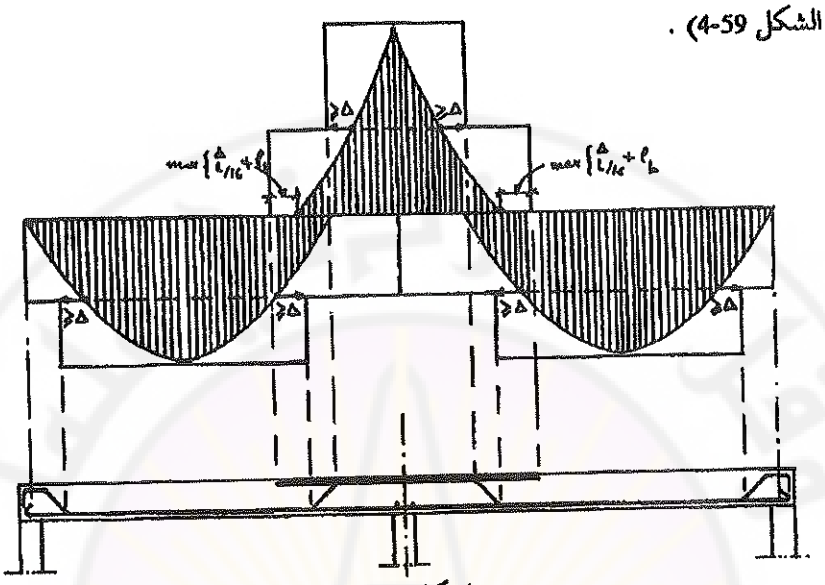
VI - حساب التسليح الطولي وتوزيع القضبان وفق مغلف العزوم :

نحسب أولاً التسليح اللازم للمقاطع الخاضعة للعزوم الأعظمية الموجبة والسالبة ، ونتنبه إلى تحقيق الشرط $A_{s\,min} \leq A_s \leq A_{s\,max}$ في كل من هذه المقاطع . ثم نختار القضبان ونرتبها في المقطع العرضي مع مراعاة كافة الملاحظات التي ذكرناها في الفقرة (٤-٢-٥-٢) المتعلقة باختيار القضبان وترتيبها في المقطع . نقوم بعد ذلك بعملية توزيع (أي تكسيح أو إيقاف) القضبان في المجازات المختلفة

(*) يوجد في الكود جدول آخر للحالات حيث $f'_c < 20\ MPa$

(**) في حال عدم الرغبة بالتقيد بالقيمة H_{min} المعطاة في الجدول وأخذ ارتفاع H أقل من H_{min} يترتب على المصمم إجراء حساب للسهم والتحقق من أنه لا يزيد عن السهم الحدي المسموح . (حالة حد التشكل) .

وفوق المساند استناداً لمغلف العزوم باتباع نفس الطريقة التي شرحناها في الفقرة (٤-٢-٦) ، مع مراعاة مد القضبان - التي يتبين عدم الحاجة إليها في نقطة ما - مسافة إضافية Δ قبل تكسيحها (انظر الشكل 59-4) .



الشكل (59-4)

أي يتم التقيد بالاشتراطات والقواعد المتعلقة بالتسليح الطولي الرئيسي المشدود التي ذكرناها في البند (I) من الفقرة (٤-٢-٦-٢) ، ويضاف لها الشروط التالية :

١ - في الفتحات الداخلية : يجب أن يستمر ثلث التسليح السفلي على الأقل إلى المساند ، وأن تدخل هذه القضبان السفلية (التي استمرت إلى المساند) مسافة لا تقل عن l_b + 15 cm فوق المسند .

٢ - في الفتحات الطرفية : يجب أن يستمر نصف التسليح السفلي على الأقل إلى المساند . وتطبق على القضبان السفلية المستمرة إلى المسند الطرفي نفس الشروط المتعلقة بدخول التسليح فوق المسند التي ذكرناها سابقاً في البند (II) من الفقرة (٤-٢-٦-٢) حين تحدثنا عن الجوائز البسيطة .

٣ - يجب أن يستمر ثلث التسليح السالب على الأقل إلى ما بعد نقطة انعدام العزم بمسافة تعادل القيمة الأكبر بين Δ أو 1/16 من المسافة بين المسندين المتجاورين ، ويضاف بعدها l_b .

ملاحظة : بعد أن تم حساب التسليح أصبح بالإمكان التحقق من أن نسبة تخفيض العزوم التي أُخذت مساوية لـ (15%) لم تتجاوز النسبة المسموحة المعطاة بالعلاقة : $\Delta M\% \le 30[1-\frac{A_s-A'_s}{A_{sb}}]$.

VII - حساب التسليح العرضي وتوزيعه وفق مغلف قوى القص :

تؤخذ قيم قوى القص المؤثرة في المقاطع المدروسة من مغلف القص ويحسب التسليح العرضي

بالأسلوب الـــذي تم إعطـــاؤه في بحـــث القـــص ، مـع الانتبـاه إلى استخدام قيمة τ_o (أو τ_{cu}) الموافقة لقيمة Δ التي اعتمدت عند تكسيح (أو إيقاف) القضبان الطولية .

وتطبق الشروط والقواعد المتعلقة بترتيب التسليح العرضي التي ذكرناها في الفقرة (٤-٢-٧-١) من هذا الفصل .

VIII - تحديد قضبان التعليق وقضبان التقلص والتسليح العلوي المقاوم للعزوم الثانوية السالبة (الاعتبارية) :

يطبق ما ذكرناه سابقاً في الفقرة (٤-٢-٨) من أجل تحديد ما يلزم مـن هـذه القضبان الطولية الإضافية .

٤-٤-٣- *طرق مبسطة لحساب الجوائز المستمرة وتصميمها :*

لاشك أن الطريقة الدقيقة التي شرحنا مراحلها في الفقرة السابقة (٤-٤-٢) هي طريقة طويلة ، غير أنه لابد من استخدامها خاصة عندما يكون الجائز المراد تصميمه خاضعاً لحمولات كبيرة ومتنوعة ، وتكون $\frac{1}{3} < \frac{q_u}{g_u}$ وتكون أطوال فتحاته مختلفة عن بعضها بأكثر من 25% .

يمكن الاستعانة بالحاسوب ، في حال توفره ، لتنفيذ الحسابات العائدة لهذه الطريقة نظراً لفائدته الكبيرة في اختصار الكثير من الجهد والوقت ، شريطة التأكد من صحة البرامج المستخدمة .

أما إذا كانت مجازات الجائز متساوية (أو لا تختلف بأكثر مـن 20%) فيمكـن للمصمم اختصار الحسابات اللازمة لإيجاد العزوم وقوى القص وذلك بالاستعانة ببعض الجداول المنشورة في بعض المراجـع لهذه الغاية . تعطي تلك الجداول قيم العزوم وقوى القص التي تنتج عن كل وضعية من أوضـاع التحميـل الشطرنجي التي يمكن أن يتعرض لها الجائز ، مما يمكّن المصمم من إنشاء مغلف العزوم ومغلف قوى القـص لجوائز مستمرة مؤلفة من فتحتين أو أكثر ... حتى خمس فتحات . يتابع المصمم بعد ذلك عملية التصميم (أي : حساب المقاطع وتوزيع التسليح وفق المغلف) كالعادة بالطريقة الدقيقة . ولكـن لابـد أن نشير إلى أن الجداول المذكورة تعطي نتائج التحليل الإنشائي للجوائز كما هي دون أي تخفيض أو تعديل لذلك يترتب على المصمم - قبل حساب المقاطع وتوزيع التسليح - إجراء التخفيض اللازم (15%) على قيم العزوم السالبة المقروءة في الجداول وزيادة العزوم الموجبة بما يناسب ذلك التخفيض .

من المفيد أن نذكر أن تلك الجداول لم تقتصر على دراسة حالات التحميل بحمولات موزعة بانتظام فقط وإنما درست حالات التحميل بأنواع عديدة من الحمولات (الأكثر وروداً في الحياة العملية) .

على كل حال ، يبحث المهندسون عادة عن طرق مبسطة وسريعة لاستخدامها عنـد تصميم جوائز الأبنية السكنية العادية .

إن جميع الطرق المبسطة المتوفرة تالياً - في الواقع - عن الطريقة الدقيقة (الأساسية) وتهدف إلى اختصار عمليات الحساب الطويلة العائدة للمرحلة VI (مرحلة توزيع التسليح) أو لكلا المرحلتين IV وVI (مرحلة حساب العزوم وقوى القص ومرحلة توزيع التسليح) من الطريقة الدقيقة . غير أن مجال صلاحية الطرق المبسطة يقتصر على الجوائز المستمرة التي لا تختلف مجازاتها بأكثر من 25% ← 20% من المجاز الأكبر . كما أن هذه الطرق - نظراً لكونها تقريبية لجانب الأمان - تؤدي إلى بعض الزيادة في استهلاك مواد البناء .

نبين فيما يلي بعض الطرق المبسطة الواردة في بعض مراجع وكودات البيتون المسلح :

الطريقة الأولى :

تطبق هذه الطريقة على الجوائز المستمرة الخاضعة لحمولات متنوعة ، شريطة أن تكون الحمولات الأساسية هي حمولات موزعة بانتظام .

في هذه الطريقة يكتفى ، عند حساب العزوم ، بإيجاد قيم العزوم الأعظمية الموجبة في المجازات وقيم العزوم السالبة الأعظمية (بالقيمة المطلقة) فوق المساند ، أي لا حاجة لإيجاد كامل مخطط العزوم .

يحسب بعد ذلك التسليح الطولي اللازم لمقاطع الجائز الخاضعة لهذه العزوم الأعظمية . أما توزيع القضبان[5] (تكسيحها أو إيقافها) فيتم بتطبيق إحدى القاعدتين العمليتين المبينتين على الشكل (4-60-ط) .

أخيراً ، يحسب التسليح العرضي ويوزع كما ذكرنا سابقاً في الطريقة الدقيقة ، وتضاف قضبان التعليق . كما تضاف قضبان التقلص عند اللزوم .

ملاحظة : إذا لم يزد الاختلاف بين مجازات الجائز عن 20% يمكن الاستعانة بالجداول التي تحدثنا عنها سابقاً وأخذ قيم العزوم الأعظمية الموجبة والسالبة منها مباشرة . على أن يتم تخفيض قيم تلك العزوم السالبة بمقدار 15% وزيادة الموجبة بما يناسب ذلك .

الطريقة الثانية :

تستخدم هذه الطريقة لتصميم الجوائز المستمرة التي تحقق الشروط التالية معاً :

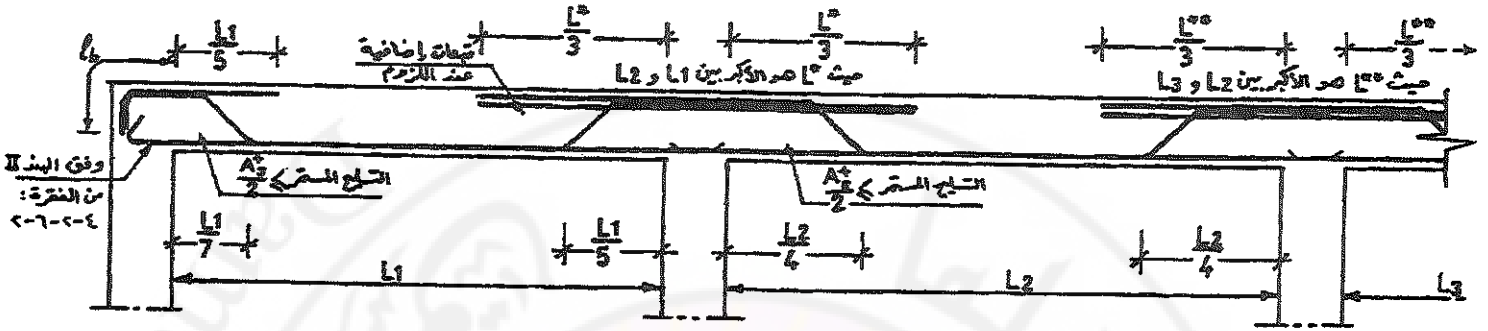
١ - الجائز محمل بحمولات موزعة بانتظام فقط .

٢ - لا تزيد الحمولة الحية المصعدة عن ضعفي الحمولة الميتة المصعدة $q_L \leq 2g_u$.

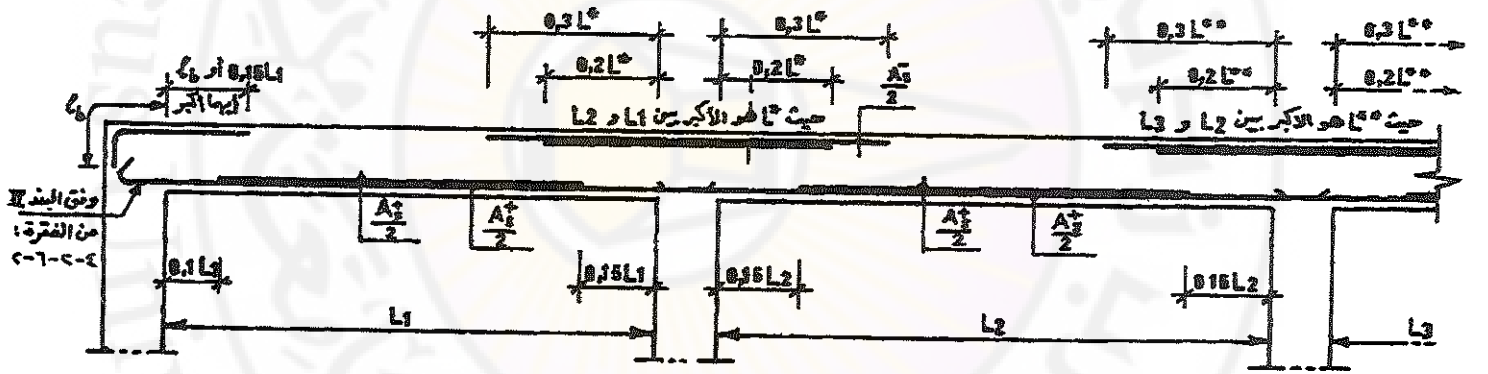
٣ - لا يختلف كل مجازين متجاورين عن بعضهما بنسبة تزيد عن (25%) من المجاز الأكبر .

---

[5] لم يعط الكود العربي السوري أية قواعد عملية تقريبية لتكسيح أو إيقاف القضبان في الجوائز . وقد تم استقاء هذه القواعد وفق ما ورد في بعض مراجع وكودات البيتون المسلح .



الشكل (4-60-a) الطريقة العملية للتكسيح



الشكل (4-60-b) الطريقة العملية للإيقاف

ملاحظة: L1، L2، ... Li هي المجازات الصافية بين الوجوه الداخلية للمساند.

فإذا كانت جميع هذه الشروط محققة في الجائز المستمر يمكن تعيين قيم العزوم الأعظمية فيه وقوى القص وردود الأفعال باستخدام طريقة العوامل التقريبية التي أعطاها الكود العربي السوري ، والتي نبين خطواتها فيما سيأتي .

تجدر الإشارة إلى أن هذه الطريقة لا تحتاج لإجراء عملية تحميل شطرنجي لأن قيم العزوم والقوى المعطاة فيها أخذت بعين الاعتبار ضمناً نتائج حالات التحميل المختلفة . كما أننا لسنا بحاجة إلى إجراء عملية تخفيض للعزوم السالبة وزيادة الموجبة لأن القيم المعطاة معدّلة وجاهزة .

يجري التصميم وفق الخطوات التالية :

١ ـ تحدد المجازات الحسابية .

٢ ـ تحسب شدة الحمولة الكلية الموزعة بانتظام w التي تخضع لها كل فتحة على حده . وذلك بدمج الحمولتين ، الميتة g والحية q ، المؤثرتين في تلك الفتحة : $w = g + q$. (في حال الحساب على حالة الحد الأقصى نأخذ $w_u = g_u + q_u$) .

٣ ـ تؤخذ قيم العزوم الأعظمية وقوى القص وردود الأفعال للجائز من أحد الشكلين (4-61) أو (4-62) تبعاً لعدد فتحات الجائز المستمر المدروس :

ـ فإذا كان الجائز مؤلفاً من فتحتين فقط تؤخذ القيم المذكورة من الشكل (4-61) .

ـ أما إذا كان الجائز مؤلفاً من ثلاث فتحات أو أكثر فتؤخذ القيم من الشكل (4-62) .

في حال عدم تساوي قيم w و L لمجازات الجائز المختلفة تؤخذ قيم w و L التالية :

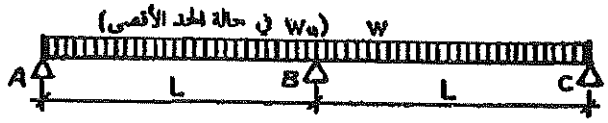
w :

* عند حساب العزم الموجب وقوة القص في مجاز ما : w هي الحمولة الكلية (g+q) الموزعة بانتظام على المجاز المعتبر .
* عند حساب العزم السالب ورد الفعل لمسند ما : w هي متوسط الحمولتين w_i و w_{i+1} للمجازين المتجاورين i و i+1 الواقعين على يمين ويسار المسند المعتبر .

L :

* عند حساب العزم الموجب في فتحة ما : L هو المجاز الحسابي (الفعال) للفتحة المعتبرة .
* عند حساب العزم السالب فوق مسند ما : L هو المجاز الحسابي الأكبر بين المجازين الحسابيين L_i و L_{i+1} للفتحتين i و i+1 الواقعتين على يمين ويسار المسند المعتبر .
* عند حساب رد الفعل لمسند ما : L هو متوسط المجازين الحسابيين L_i و L_{i+1} للفتحتين i و i+1 الواقعتين على يمين ويسار المسند المعتبر .

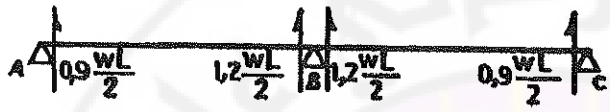
جائز مستمر بفتحتين:



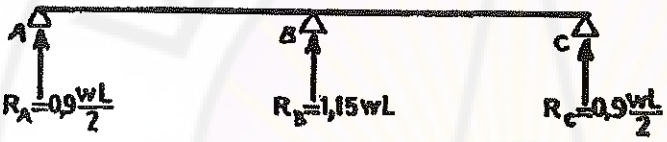
قيم العزوم الأعظمية



قيم قوى القص

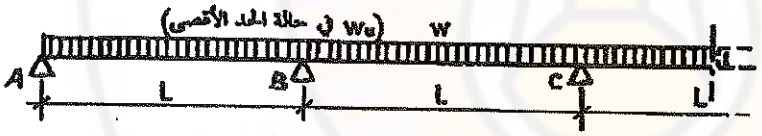


قيم ردود الأفعال

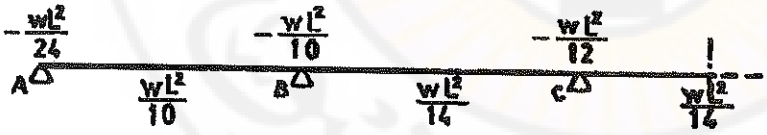


الشكل (4-61)

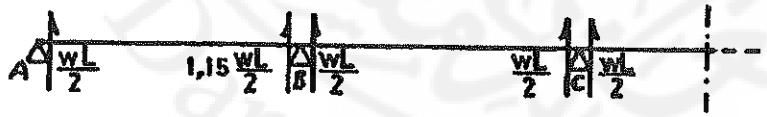
جائز مستمر بثلاث فتحات أو أكثر:



قيم العزوم الأعظمية



قيم قوى القص



قيم ردود الأفعال



الشكل (4-62)

٤ ـ يحسب الارتفاع اللازم للمقطع (إذا لم يكن مفروضاً) ، ثم يحسب التسليح اللازم للمقاطع الخاضعة للعزوم الأعظمية .

٥ ـ يجري توزيع القضبان الطولية في الجائز باستخدام قاعدة التكسيح العملية المبينة سابقاً على الشكل (4-60-a) أو باستخدام قاعدة الإيقاف العملية المبينة على الشكل (4-60-b) .

٦ ـ يحسب التسليح العرضي ويوزع على طول الجائز ، وتضاف قضبان التعليق . كما تضاف قضبان التقلص عند اللزوم .

٤ـ٥ـ بعض التفصيلات الإنشائية والملاحظات الإضافية :

في ختام حديثنا عن تصميم الجوائز البسيطة والمستمرة نرى من الضروري إضافة الملاحظات والتفصيلات الإنشائية التالية .

٤ـ٥ـ١ـ التسليح اللازم إضافته في منطقة استناد جائز ثانوي على جائز آخر رئيسي :

عندما يستند جائز ما على الجزء السفلي من جائز آخر خاضع لعزم موجب فيجب اتخاذ الإجراء المناسب لنقل المحمولة إلى الجزء العلوي (المضغوط) من الجائز الحامل . يتم ذلك عادة باستخدام تسليح خاص (علاّقات) يضاف لتسليح الجائز الحامل في منطقة استناد الجائز الآخر .

يمكن أن يأخذ هذا التسليح المضاف أحد الشكلين التاليين :

آ ـ إما أن يكون على شكل أساور شاقولية إضافية توزع على امتداد المنطقة ab في الجائز الحامل ، كما هو مبين في الشكل (4-63-a) . ويلاحظ من الشكل أن المسافة $\overline{ab}$ تساوي : $\overline{ab} = b_{w2} + 2(d_1 - H_2)$ تحسب هذه الأساور بحيث يكون مجموع مقاطع أذرعها الشاقولية كافياً لتحمل كامل رد فعل الجائز المحمول .

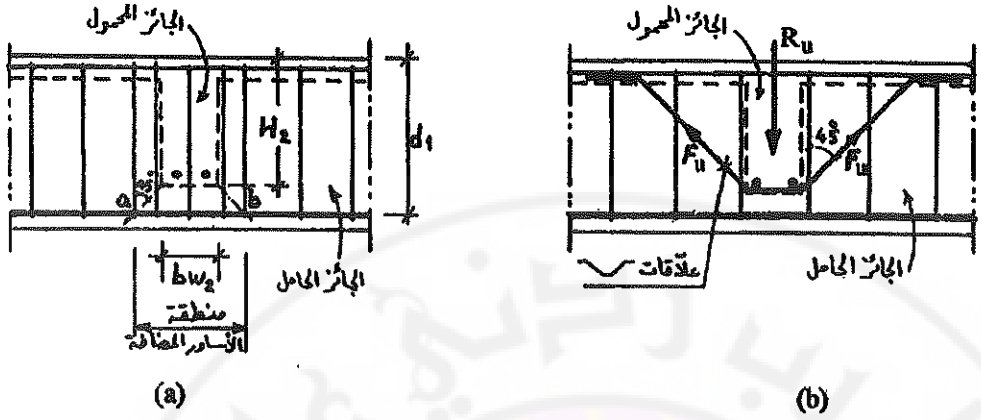
ب ـ أو أن يكون التسليح المضاف على شكل قضبان مثنية بشكل V كما في الشكل (4-63-b) لا يقل عددها عن اثنان . وفي هذه الحالة يتم حساب مساحة مقطع هذا التسليح كما يلي :

باعتبار أن R_u هو رد الفعل الأعظمي للجائز المحمول ، يلاحظ من الشكل أن لدينا :

$$2F_u \cos 45^\circ = R_u$$

$$F_u = \frac{R_u}{2\cos 45^\circ}$$

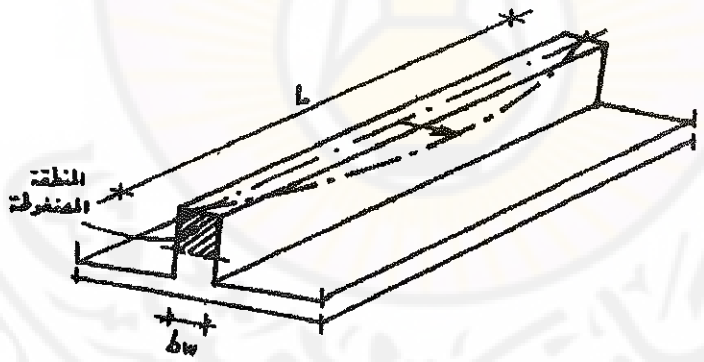
$$A_s = \frac{F_u}{0{,}9 f_y}$$



الشكل (4-63)

٤-٥-٢- تأمين الاستقرار العرضي للجوائز المقلوبة ، ضد التحنيب :

في الجوائز البسيطة ، وفي مجازات الجوائز المستمرة ، تكون المنطقة المضغوطة من المقطع المقلوب واقعة في أعلى العصب . فإذا كان عرض العصب نحيفاً ($\frac{L}{b_w} > 30$) يمكن أن يحدث التحنيب العرضاني للعصب ويفقد استقراره قبل أن يصل المقطع إلى طاقة تحمله على الانعطاف الشاقولي ، انظر الشكل (4-64) .



الشكل (4-64)

من أجل تأمين الاستقرار العرضي ضد التحنيب يجب ألا يزيد المجاز الصافي للجائز (أو ألا تزيد المسافة الصافية بين الروابط العرضية للجائز في حال وجود روابط) عن القيمة الأدنى بين القيمتين التاليتين :

$$\begin{cases} (30b_w) \\ 250\frac{b_w^2}{d} \end{cases}$$

حيث : b_w هو عرض العصب (الجسد) المضغوط في منتصف الفتحة الحرة .

d هو الارتفاع الفعال لمقطع الجائز في منتصف الفتحة .

تذكر بعض المراجع طريقة أخرى لتأمين الاستقرار العرضي لعصب الجائز المقلوب . حيث يتم ذلك بتخفيض الإجهادات المسموح بها على الانعطاف في البيتون تبعاً للنسبة $\frac{L}{b_w}$. أي يؤخذ تأثير التحنيب العرضي بتخفيض طاقة تحمل المقطع على الانعطاف .

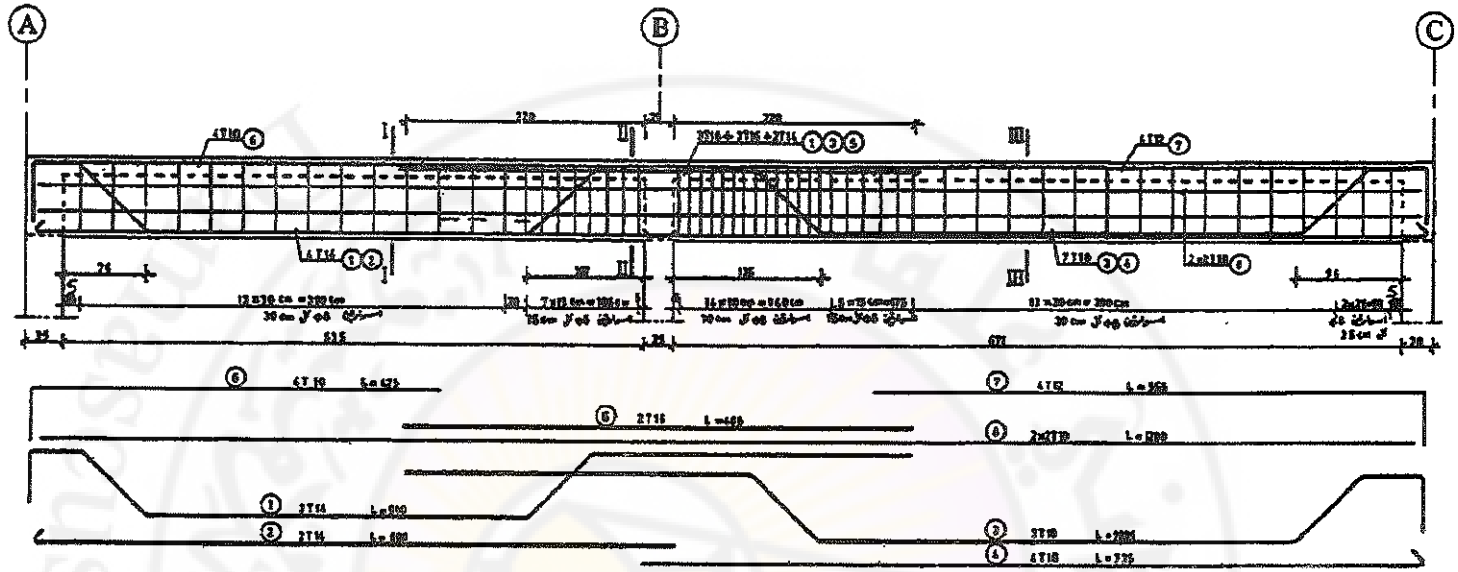
يبين الجدول التالي قيم معامل التخفيض الواجب استخدامه تبعاً لنسبة النحافة $\frac{L}{b_w}$:

نسبة النحافة $\frac{L}{b_w}$	30	40	50	60
معامل تخفيض الإجهادات المسموح بها	1	0,75	0,50	0,25

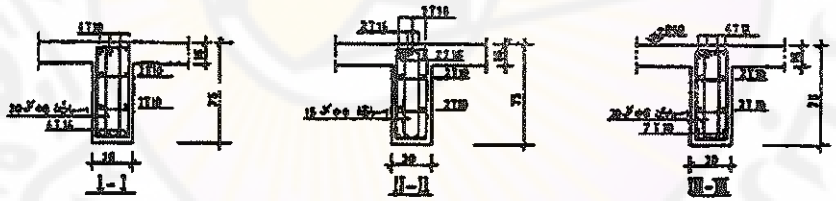
٤-٥-٣- *كيفية إعداد الرسومات الإنشائية للجوائز :*

يتم توضيح أبعاد الجائز ومسانده وتفاصيل تسليحه عن طريق رسم مقطع طولي للجائز (بمقياس 1/25 عادة) ، مع مقاطع عرضية في عدد من المواقع الهامة (بمقياس 1/20 أو 1/25) . يبين الشكل (4-65) الرسومات المعدة لجائز مستمر .

* * *



مقطع طولي في البلاطة B2 - المقياس $\frac{1}{25}$



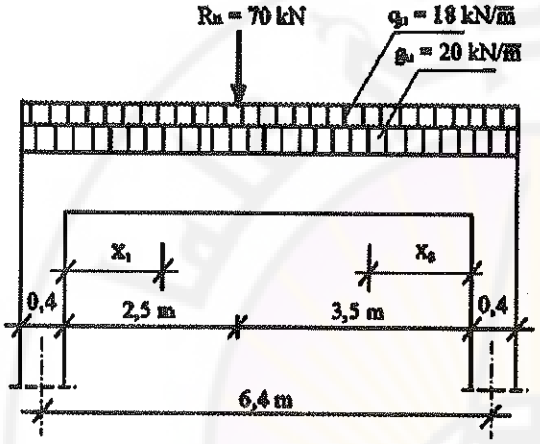
مقاطع عرضية - المقياس $\frac{1}{20}$

البلاطة B2

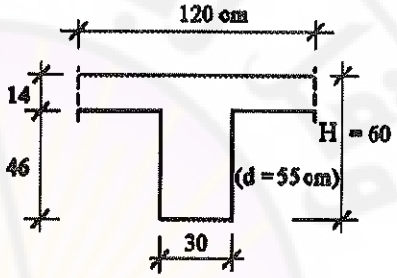
الشكل (4-65)

أمثلة عددية لحساب الجوائز

المثال الأول :



الشكل (1-a)



الأبعاد بالـ cm

الشكل (1-b)

(الجوائز البسيطة : حساب التسليح على الانعطاف و إيقاف بعض القضبان)

للجائز الموضح على الشكل (1) ، و باستخدام $f'_c = 18\ MPa$ و $f_y = 360\ MPa$ المطلوب :

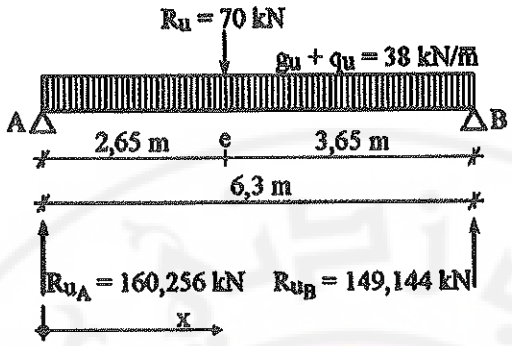
١- احسب التسليح الطولي اللازم لمقاومة العزم الأعظم في الجاز ، و اختر القضبان اللازمة (من قطر 18 mm) .

٢- حدد بالطريقة الدقيقة (أي اعتماداً على مخطط العزم) المسافتين X_1 و X_2 اللتين يمكن عندهما فعلياً إيقاف قضيبين من القضبان المحسوبة في الطلب الأول . افترض أن أحوال التنفيذ عادية ($\tau_{ou} = 0$) .

حساب الجاز الفعال :

$$L = \text{الأصغر بين} \begin{cases} \ell_x = 6,4\ m \\ \ell_n \times 1,05 = 6 \times 1,05 = 6,3\ m \\ \ell_n + d = 6 + 0,55 = 6,55\ m \end{cases}$$

ردود الأفعال :



$$R_{u_A} = 38 \times \frac{6,3}{2} + 70 \frac{3,65}{6,3} = 119,7 + 40,555 = 160,256 \text{ kN}$$

$$R_{u_B} = 38 \times \frac{6,3}{2} + 70 \frac{2,65}{6,3} = 119,7 + 29,444 = 149,144 \text{ kN}$$

معادلتي العزوم :

$$\begin{cases} 0 < x \le 2,65 \\ M^{+}_{u_{(x)}} = 160,256.x - 38 \dfrac{x^2}{2} \end{cases} \quad \text{..... (1) في المجال}$$

$$\begin{cases} 2,65 < x \le 6,3 \\ M^{+}_{u_{(x)}} = 160,256.x - 38 \dfrac{x^2}{2} - 70\ (x - 2,65) \end{cases} \quad \text{..... (2) في المجال}$$

حساب قيمة العزم الأعظم في المجاز :

(1) في المجال $V_{u_{(x)}} = 160,256 - 38\ x = 0 \Rightarrow x = \dfrac{160,256}{38} = 4,21$ m (خارج المجال)

(2) في المجال $V_{u_{(x)}} = 160,256 - 38\ x - 70 = 0 \Rightarrow x = \dfrac{90,256}{38} = 2,375$ m (خارج المجال)

نفهم من ذلك أن : العزم الأعظم يقع تحت الحمولة المركزة و قيمته هي :

$$M_{u_{max}}^{+} = 160,256\ (2,65) - 38\frac{(2,65)^2}{2} = 291,2509\ \text{kN.m}$$

حساب تسليح المقطع :

لكي نعرف هل المحور السليم واقع ضمن الجناح أم ضمن العصب . نرى فيما إذا كانت المتراجحة التالية محققة :

$$M_u \overset{?}{\leq} 0,9\ (0,85\ f'c)\ t_f b_f (d - \frac{t_f}{2})$$

$$M_u \overset{?}{\leq} 0,9\ (0,85\times 18)\ 140\times 1200\ (550-70)\times 10^{-6}$$

$$291,2509 < 1110,41$$

فالمحور السليم يقع في الجناح ، لذلك نتعامل معه كمقطع مستطيل عرضه b_f

$$A_0 = \frac{M_u}{0,9\ (0,85\ f'c)\ b.d^2} \Rightarrow A_0 = \frac{291,2509\times 10^6}{0,9\ (0,85\times 18)\ 1200\ (550)^2} = 0,05827$$

$$\alpha = 1-\sqrt{1-2\ A_0} \overset{?}{<} \alpha_{max}$$

$$\Rightarrow \alpha = 1-\sqrt{1-2\ (0,05827)} = 0,0601 < \alpha_{max} = \frac{267,75}{630+360} = 0,2705$$

$$\gamma_0 = 1-0,5\ \alpha \Rightarrow \gamma_0 = 1-0,5\ \alpha = 0,970$$

$$\Rightarrow A_s = \frac{291,2509\times 10^6}{0,9\times 0,97\times 550\times 360} = 1684,95\ \text{mm}^2 = 16,58\ \text{cm}^2$$

$$\boxed{7T18}$$

سنوقف قضيبين من أصل 7 قضبان ، أي سيبقى مستمراً 5T18 باتجاه المسند :

$$5T18 \Rightarrow A_s = 12,72\ \text{cm}^2 = 1272\ \text{mm}^2$$

سنوجد قيمة العزم المقاوم الأقصى للمقطع الحاوي على 5T18 .

هل المحور السليم يمر في الجناح ؟

$$A_s.f_y \overset{?}{\leq} 0,85\ f'c\ b_f t_f$$

$$1272\times 360 \overset{?}{\leq} 0,85\times 18\times 1200\times 140$$

$$457920 < 2570400$$

إذن المحور السليم يمر في الجناح : المقطع يعمل كمستطيل عرضه b_f

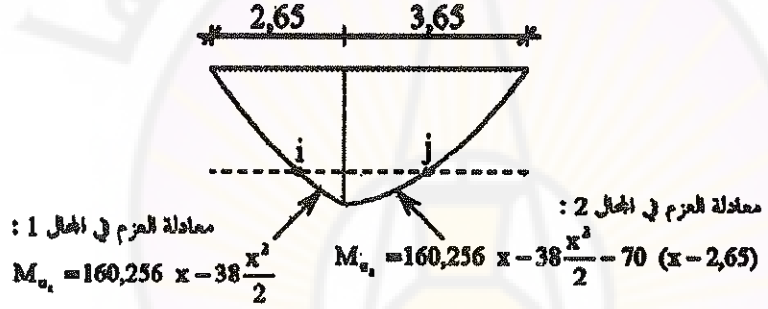
علاقة حساب العزم المقاوم في هذه الحالة :

$$M_{u_r} = 0{,}9 \left[1 - 0{,}59 \frac{A_s}{b_f . d} \frac{f_y}{f'c} \right] A_s . f_y . d$$

$$M_{u_r} = 0{,}9 \left[1 - 0{,}59 \frac{1272}{1200 \times 550} \frac{360}{18} \right] 1272 \times 360 \times 550 \times 10^{-6}$$

$$= 221{,}516 \text{ kN.m}$$

نقاطع قيمة M_{u_r} مع مخطط عزم الانعطاف المؤثر .



إيجاد النقطة i :

$$221{,}516 = 160{,}256\ x - 38\ \frac{x^2}{2}$$

$$19\ x^2 - 160{,}256\ x + 221{,}516 = 0$$

$$x_i = \frac{160{,}256 \pm \sqrt{25681{,}99 - 4 \times 19 \times 221{,}516}}{38} = \begin{cases} 1{,}742 \text{ m} & \text{مقبولة} \\ 6{,}69 \text{ m} & \text{مرفوضة (خارج المجال)} \end{cases}$$

إيجاد النقطة j :

$$221{,}516 = 160{,}256\ x - 38\ \frac{x^2}{2} - 70\ (x - 2{,}65)$$

$$221{,}516 = 90{,}256\ x - 19\ x^2 + 185{,}5$$

$$19\ x^2 - 90{,}256\ x + 36{,}016 = 0$$

$$x_j = \frac{90{,}256 \pm \sqrt{8146{,}146 - 4 \times 19 \times 36{,}016}}{38} = \begin{cases} 0{,}44\ \text{m} & \text{مرفوضة (خارج المجال)} \\ 4{,}31\ \text{m} & \text{مقبولة} \end{cases}$$

بفرض أن أحوال التنفيذ عادية يكون بالتالي $\tau_{cu} = 0$ و :

$$\Delta = \begin{matrix} \text{الأكبر} \\ \text{بين} \end{matrix} \begin{cases} 12\ \phi = 12 \times 1{,}8 = 21{,}6\ \text{cm} \\ \frac{d}{2} = \frac{55}{2} = 27{,}5\ \text{cm} \end{cases}$$

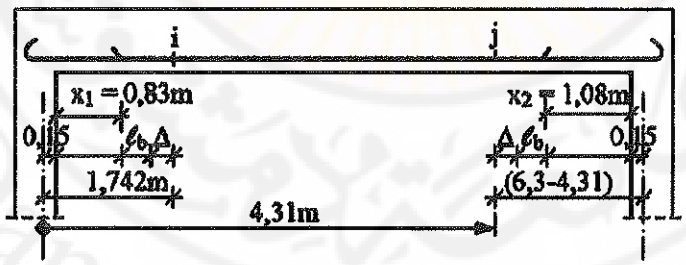
$$\ell_b = \max \begin{cases} 0{,}016\ \frac{f_y}{\sqrt{f'c}}\phi^2 = 439{,}9\ \text{mm} \\ 0{,}075\ \phi\ f_y = 486\ \text{mm} \\ 300\ \text{mm} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \ell_b = 48{,}6\ \text{cm}$$

في حالة الإيقاف يكون لدينا :

$$x_1 = 1{,}742 - 0{,}15 - 0{,}275 - 0{,}486 = 0{,}83\ \text{m}$$

$$x_2 = (6{,}3 - 4{,}31) - 0{,}15 - 0{,}275 - 0{,}486 = 1{,}08\ \text{m}$$



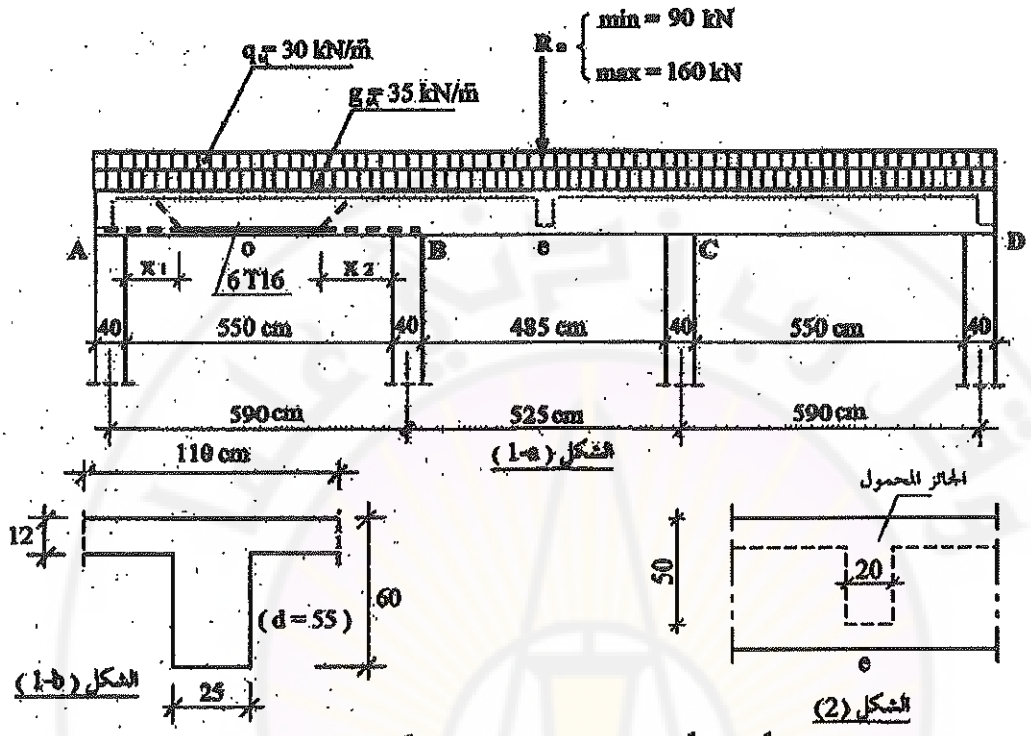
ملاحظة :

لو كان المطلوب هو التكسيح (و ليس الإيقاف) لكان لدينا :

$$x_1 = 1{,}742 - 0{,}15 - 0{,}275 = 1{,}317\ \text{m} \approx 1{,}3\ \text{m}$$

$$x_2 = (6{,}3 - 4{,}31) - 0{,}15 - 0{,}275 = 1{,}565\ \text{m} \approx 1{,}56\ \text{m}$$

المثال الثاني :



الشكل (1-a)

الشكل (1-b)

الشكل (2)

يوضّح الشكل (1-a) جائزاً مستمراً A B C D من البيتون المسلّح ، كما يوضّح القيم المصعّدة للحمولات الحية و الميتة المؤثرة فيه ، (الحمولة الميتة تتضمّن الوزن الذاتي ، و الحمولة المركزة عند النقطة e هي رد فعل جائز ثانوي مستند على الجائز المدروس) . المقطع العرضي للجائز مبيّن في الشكل (1-b) . بفرض أن أحوال التنفيذ عادية ($\tau_{ou} = 0$) ، و أن مقاومات المواد هي : $f'_c = 20$ MPa و $f_y = 400$ MPa ، المطلوب :

١- أوجد قيمة العزم الموجب الأعظم في الجاز AB . و إذا علمت أن المقطع الخاضع لهذا العزم الأعظم مسلح على الشد فقط بـ 6T16 و أننا نريد أن نكسح قضيبين من هذه القضبان الستة فأوجد بالطريقة الدقيقة المسافتين x_2 و x_1 (المبينتين على الشكل) اللذين يمكن عندهما فعلياً تكسيح القضيبين .

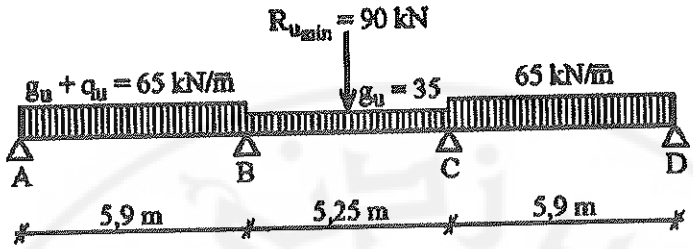
٢- احسب قيمة العزم السالب الأعظم فوق المسند B .

٣- إذا علمت أن القضبان الواصلة للمسند A هي 4T16 ، حقق شروط دخول هذه القضبان إلى المسند المذكور .

٤- يمثل الشكل (٢) منطقة استناد الجائز الثانوي على الجائز المدروس . ارسم شكل التسليح الخاص اللازم وضعه في هذه المنطقة ، و احسب مساحة مقطع هذا التسليح .

• الصب غير استمراري ⇐ المحازات الفعالة هي الأبعاد بين المحاور .

١ – إيجاد العزم الموجب الأعظم :



$$O + 2M_{B_o}(5,9+5,25) + M_{C_o}(5,25)$$

(1)... $$= -6\left[\frac{65\ (5,9)^3}{24} + \frac{35\ (5,25)^3}{24} + \frac{90\ (5,25)^2}{16}\right]$$

(2)... $$M_{C_o} = M_{B_o}$$

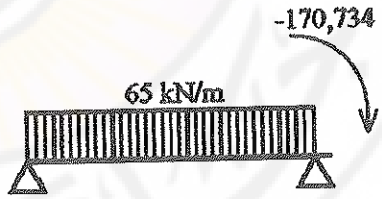
نعوض (2) في (1):

$$2M_{B_o}(11,15) + M_{B_o}(5,25) = -6\ [556,235 + 211,025 + 155,039]$$

$$27,55M_{B_o} = -5533,794$$

$$M^-_{B_o} = -200,8637 \text{ kN.m}$$

$$M^-_{B_o \text{ المخفض}} = 0,85\ (-200,8637) = -170,734 \text{ kN.m}$$



$$M^+_{ux} = 162,812\ (x) - 65\frac{(x)^2}{2}$$

$$V_{ux} = 162,812 - 65\ x = 0$$

$$\Rightarrow \bar{x} = \frac{162,812}{65} = 2,5048 \text{ m}$$



$$M^+_{u_{AB\ max}} = 162,812\ (2,5048) - 65\frac{(2,5048)^2}{2}$$

$$M^+_{u_{AB\ max}} = 203,906 \text{ kN.m}$$

• حساب العزم المقاوم الأقصى لمقطع يحوي 4T16 :

$4T16 \equiv A_s = 8{,}04 \ cm^2$

$A_s.f_y \overset{?}{\leq} 0{,}85 \ f'c.b_f.t_f$

$8{,}04\times10^2\times400 \overset{?}{\leq} 0{,}85\times20\times1100\times120$

$321600 < 2244000$

$b_f = 110 \ cm$ فالمقطع يعمل كمستطيل عرضه هو

$$M_{u_r} = 0{,}9\left[1-0{,}59\frac{8{,}04\times10^2}{1100\times550}\frac{400}{20}\right]8{,}04\times10^2\times400\times550\times10^{-6}$$

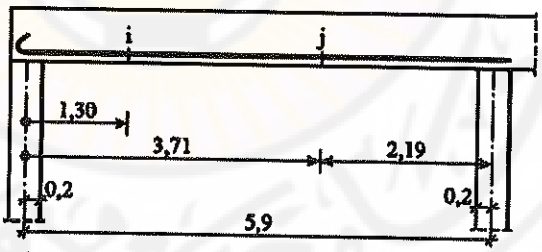
$$= 0{,}9\ [1-0{,}01568]\ 176{,}88 = 156{,}696 \ kN.m$$

إيجاد نقطتي التكسيح :

$$156{,}696 = 162{,}812\ x - 65\frac{x^2}{2}$$

$$32{,}5\ x^2 - 162{,}812\ x + 156{,}696 = 0$$

$$x = \frac{162{,}812 \pm \sqrt{26507{,}747 - 20370{,}48}}{65} = \begin{cases} 1{,}30m \\ 3{,}71m \end{cases}$$



$x_1 = x - 0{,}2 - \Delta$

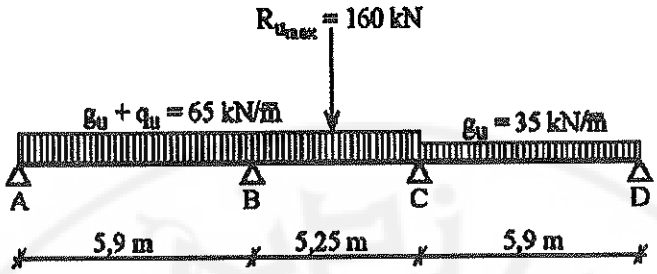
$x_2 = 2{,}19 - 0{,}2 - \Delta$

$\tau_{ou} = 0 \Rightarrow \Delta = $ الأكبر بين $\begin{cases} 12\phi = 1{,}2\times1{,}6 = 19{,}2 \ cm \\ \frac{d}{2} = \frac{55}{2} = 27{,}5 \ cm \end{cases}$

$x_1 = 1{,}3 - 0{,}2 - 0{,}275 = 0{,}825 \ m$

$x_2 = 2{,}19 - 0{,}2 - 0{,}275 = 1{,}715 \ m$

٢- حساب قيمة العزم السالب الأعظم فوق المسند B :



$$(1)\ldots 0 + 2M_{Bu}(5,9+5,25) + M_{Cu}(5,25) = -6\left[\frac{65(5,9)^3}{24} + \frac{65(5,25)^3}{24} + \frac{160(5,25)^2}{16}\right]$$

$$22,3\ M_{Bu} + 5,25\ M_{Cu} = -6\ [556,235 + 391,904 + 275,625]$$

$$(1')\ldots 22,3\ M_{Bu} + 5,25\ M_{Cu} = -7342,584$$

$$(2)\ldots M_{Bu}(5,25) + 2M_{Cu}(5,25+5,9) + 0 = -6\left[\frac{65(5,25)^3}{24} + \frac{160(5,25)^2}{16} + \frac{35(5,9)^3}{24}\right]$$

$$5,25\ M_{Bu} + 22,3\ M_{Cu} = -6\ [391,904 + 275,625 + 299,511]$$

$$(2')\ldots 5,25\ M_{Bu} + 22,3\ M_{Cu} = -5802,242$$

نضرب المعادلة (1') بـ : $\frac{22,3}{5,25} = 4,24762$

$$(1'')\ldots 94,7219\ M_{Bu} + 22,3\ M_{Cu} = -31188,5$$

نطرح (2') من (1'')

$$89,4719\ M_{Bu} + 0 = -25386,258$$

$$M^-_{B_u} = -283,734\ \text{kN.m}$$

$$M^-_{Bu_{max}} = 0,85\ (-283,734) = -241,174\ \text{kN.m}$$

المعطى

بالتعويض في المعادلة (2') :

$$5,25\ (-283,734) + 22,3\ M_{Cu} = -5802,242$$

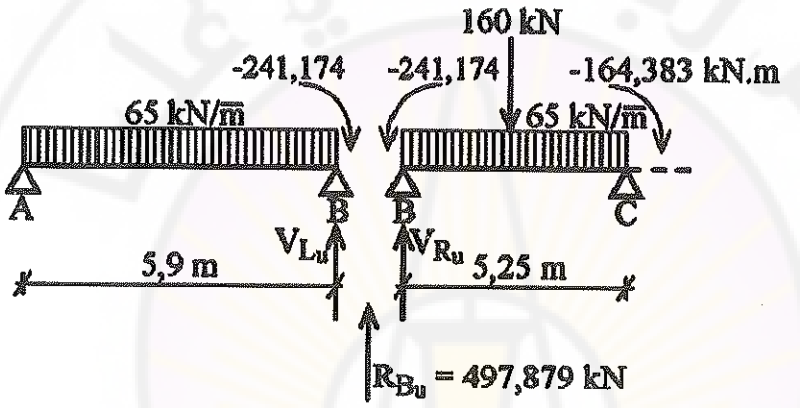
$$-1489{,}604 + 22{,}3\ M_{Cu} = -5802{,}242$$

$$22{,}3\ M_{Cu} = -4312{,}639$$

$$M_{Cu} = -193{,}392\ \text{kN.m}$$

$$M_{Cu}^{\text{المخفض}} = 0{,}85\ (-193{,}392) = -164{,}383\ \text{kN.m}$$

حساب رد الفعل R_{Bu} من أجل حالة التحميل المدروسة :



$$V_{L_u} = \frac{65 \times 5{,}9}{2} + \frac{241{,}174}{5{,}9} = 191{,}75 + 40{,}877 = 232{,}627\ \text{kN}$$

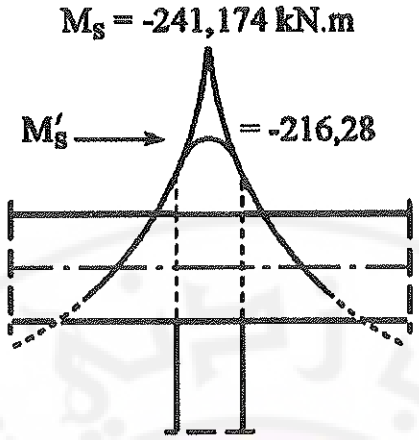
$$V_{R_u} = \frac{65 \times 5{,}25}{2} + \frac{160}{2} + \frac{241{,}174}{5{,}25} - \frac{164{,}383}{5{,}25} = 170{,}625 + 80 + 45{,}938 - 31{,}311$$
$$= 265{,}252\ \text{kN}$$

$$R_{Bu} = V_{L_u} + V_{R_u} = 232{,}627 + 265{,}252 = 497{,}879\ \text{kN}$$

• تدوير العزم السالب الأعظم فوق المسند B :

$$M'_S = -\left[241{,}174 - \frac{497{,}879 \times 0{,}4}{8}\right]$$

بعد التدوير $M^{-}_{Bu_{adj}} = M'_S$ [illegible] kN.m



٣- جواب الطلب الثالث :

يجب أن تحقق القضبان الداخلة فوق المسند الطرفي الشروط التالية :

طريقة ١ :

١- ألا تقل عن نصف عدد القضبان الموجودة في وسط الجاز ، (و هذا محقق) .

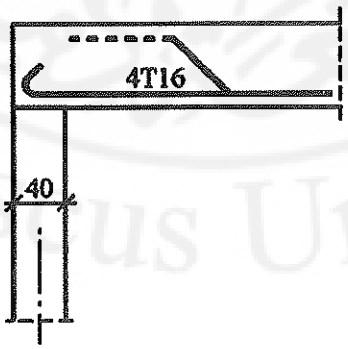
٢- أن تحقق مساحة مقطعها الشرط :

$$A_s \geq \frac{V_{ul}}{0,9\ f_y} \approx \frac{R_{Au}}{0,9\ f_y}$$

$$8,04\times10^2 \overset{?}{>} \frac{162,812\times10^3}{0,9\times400}$$

$$804 > 452,26\ mm^2$$

٣- يجب أن تمتد فوق المسند مسافة مستقيمة 25ϕ $[25\times1,6=40\ cm]$ و نظراً لأن عرض المسند لا يتسع لذلك (لا يبقى تغطية) فإننا ننهي الأسياخ بكفة نظاميـــة تبدأ استدارتها بعد محور المسند .



طريقة ٢ :

ألا تقل عن نصف عدد القضبان الموجودة في وسط المحاز .

$$① \ \ell_a \geq \ell_b - \frac{M_u}{V_u}$$

$$A_s = 4T16 = 8{,}04 \ cm^2$$

$$\left.\begin{array}{l} \phi = 16 \ mm \\ f'c = 20 \\ f_y = 400 \end{array}\right\} \Rightarrow \ell_b = 48 \ cm$$

$$V_u \approx R_{A_u} = 162{,}8 \ kN$$

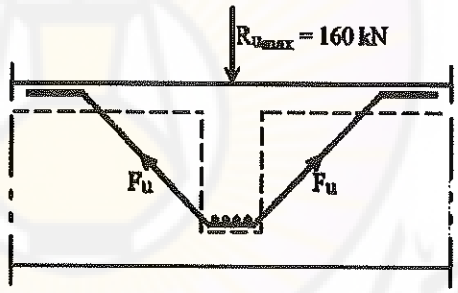
$$M_u = A_s.f_y \ (0{,}9 \ d) = 8{,}04 \times 10^2 (400) \ (0{,}9 \times 550) \ 10^{-6} = 159{,}2 \ kN.m$$

$$\ell_a \geq \ell_b - \frac{M_u}{V_u} = 0{,}48 - \frac{159{,}2}{162{,}8} = 0{,}48 - 0{,}978 = -0{,}498 \ m$$

$$② \ 12\phi + \frac{d}{2} = 12 \times 1{,}6 + \frac{55}{2} = 46{,}7 \ cm$$

$$③ \ 12\phi + \frac{b_s}{2} = 12 \times 1{,}6 + 20 = 39{,}2 \ cm$$

$$④ \ 30\phi = 48 \ cm$$



٤ – جواب الطلب الرابع :

طريقة ١ :

باستخدام علاّقات بشكل V .

$$F_u = \frac{R_u}{2\cos 4s^\circ} = \frac{160}{2\cos 4s^\circ} = 113{,}137 \ kN$$

$$A_s = \frac{F_u}{0{,}9 \ f_y} = \frac{113{,}137 \times 10^3}{0{,}9 \times 400} = 314{,}27 \ mm^2 = 3{,}143 \ cm^2$$

نستخدم ٣ علاّقات بقطر 12 m لأن : $3T12 = 3{,}39 > 3{,}143$

طريقة ٢ :

باستخدام أساور إضافية :

$$A_{s_t} = \frac{R_{u_{max}}}{0,9\ f_{y_t}} = \frac{160\times10^3}{0,9\times240} = 740,74\ mm^2 = 7,41\ cm^2$$

نستخدم خمسة صفوف في كل صف أسوارة $\phi 10$ لأن

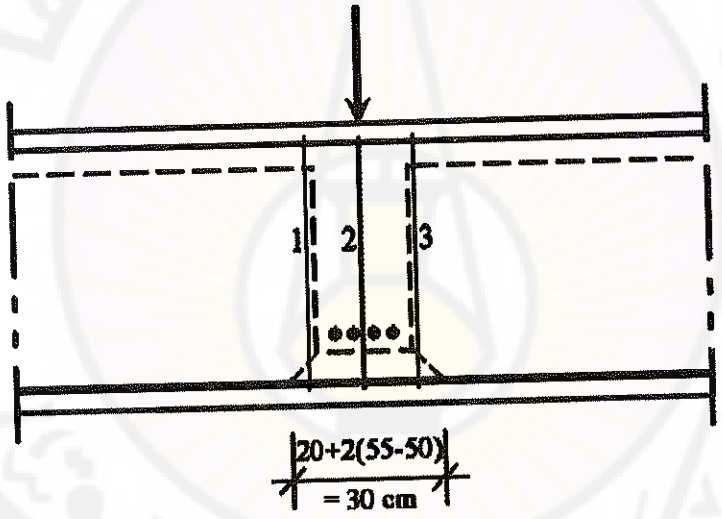
$$5\times \overset{\text{فروع}}{2}\ (0,78) = 7,85\ cm^2 > 7,41\ cm^2$$

توزع ضمن المسافة a b .

أو ، (كخيار بديل) ، نستخدم ثلاثة صفوف في كل صف أسوارتين $\phi 10$ لأن

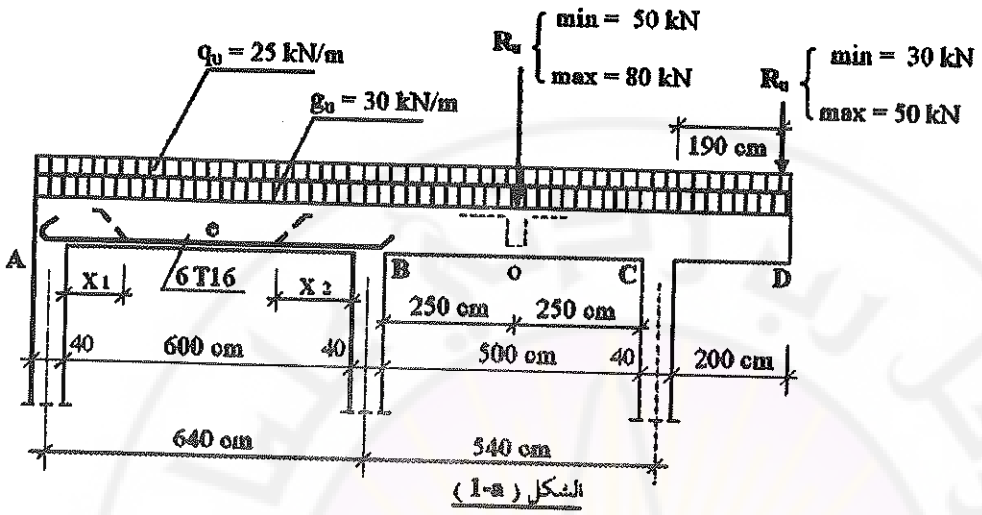
$$3\times \overset{\text{فروع}}{4}\ (0,78) = 9,36\ cm^2 > 7,41\ cm^2$$

توزع ضمن المسافة a b . انظر الشكل



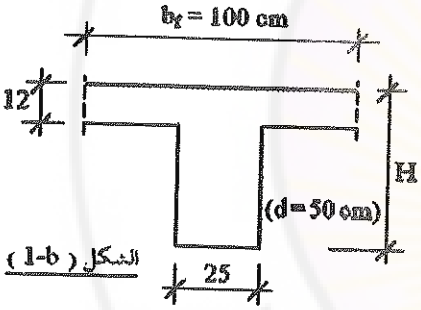
Damascus University

المثال الثالث :



الشكل (1-a)

يوضّح الشكل (1-a) حائزاً مستمراً ممتـــداً ظفرياً A B C D من البيتون المسلّح كمـــا يوضّح القيم المصعّدة للحمولات الحية و الميتة المؤثرة فيه ، (الحمولة الميتة تتضمّن الـــوزن الذاتي) . المقطع العرضـــي للحائز بشـــكل (تيه) و هو مبيّن في الشكل (1-b).



الشكل (1-b)

بفرض أن أحوال التنفيـــذ عاديـــة ($\tau_{ou} = 0$) ، و أن مقاومات المـــواد هي: $f'_c = 20$ MPa و $f_y = 400$ MPa ، المطلوب :

١- ارســـم حالـــة التحميل التي تعطي العزم الســـالب الأعظم فوق المسند B ، وضع على الرســـم قيم الحمولات .

٢- ارسم حالة التحميل التي تعطي العزم الموجب الأعظم في المجاز BC ، وضع على الرسم قيم الحمولات.

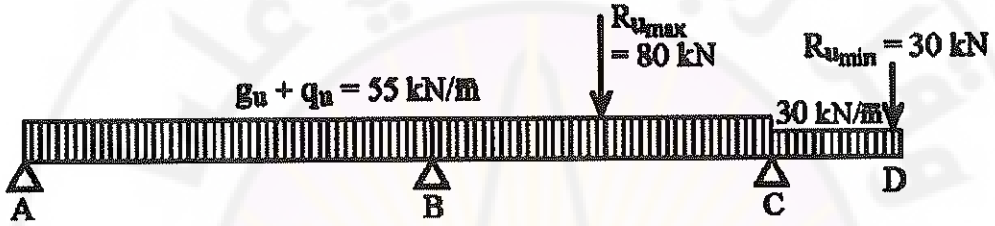
٣- ارسم حالة التحميل التي تعطي العزم الموجب الأعظم في المجاز AB ، وضع على الرسم قيم الحمولات، ثم احسب قيمة هذا العزم . وإذا علمت أن المقطع الخاضع لهذا العزم الأعظم مســـلّح على الشـــد فقط بـــ 6T16 و أننا نريد أن نكسّح قضيبين من هذه القضبان الستة ، أوجد بالطريقة الدقيقة المســـافتين x1 و x 2 (المبينتين على الشكل) اللتين يمكن عندهما فعلياً تكسيح القضيبين .

٤- احسب العزم السالب الأعظم للظفر CD و احسب التسليح اللازم لمقاومة هذا العزم .

٥- ارسم التسليح الخاص اللازم وضعه في منطقة استناد الجائز الثانوي على الجائز المدروس عند النقطة o .
و احسب مساحة مقطع هذا التسليح . افترض عند اللزوم أن أبعاد مقطع الجائز الثانوي (المحمول) هي: h=50 cm و bw=20 cm .

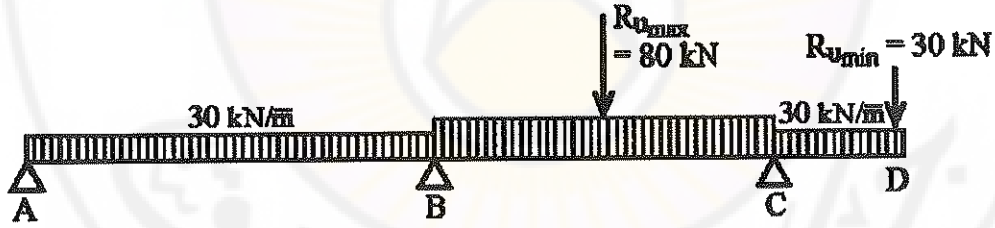
١- *جواب الطلب الأول :*

حالة التحميل التي تعطي العزم السالب الأعظم فوق المسند B .

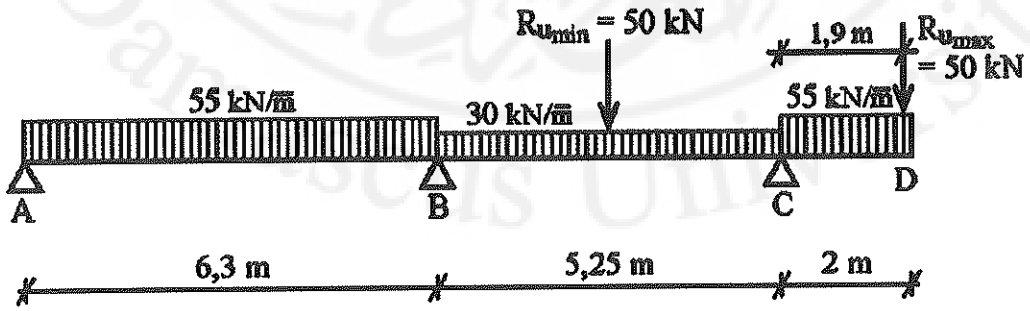


٢- *جواب الطلب الثاني :*

حالة التحميل التي تعطي العزم الموجب الأعظم في الجاز BC .



٣- *جواب الطلب الثالث :*



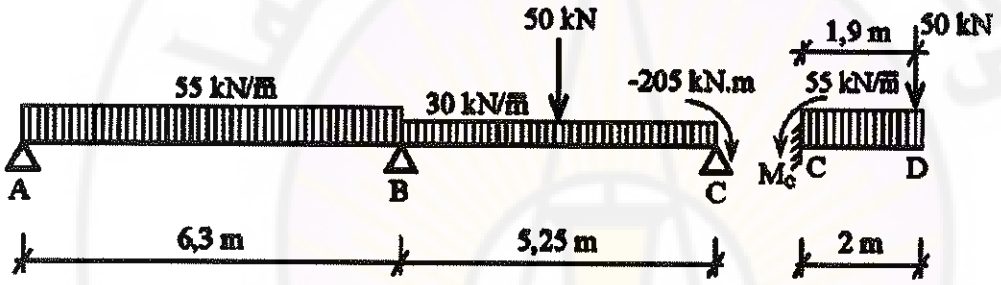
تحديد المجازات الفعالة :

الصب استمراري ، و بالتالي :

$$L_{AB} = \begin{cases} \text{الأصغر} & 640 \text{ cm} \\ & 600\times 1{,}05 = 630 \text{ cm} \\ \text{بين} & 600+50 = 650 \text{ cm} \end{cases}$$

$$L_{BC} = \begin{cases} \text{الأصغر} & 540 \text{ cm} \\ & 500\times 1{,}05 = 525 \text{ cm} \\ \text{بين} & 500+50 = 550 \text{ cm} \end{cases}$$

$$L_{CD} = 200 \text{ cm}$$



$$M_{C_{max}} = \frac{55\ (2)^2}{2} + 50\times 1{,}9 = 205 \text{ kN.m}$$

$$0 + 2M_B(6{,}3+5{,}25) - 205(5{,}25) = -6\left[\frac{55(6{,}3)^3}{24} + \frac{30(5{,}25)^3}{24} + \frac{50(5{,}25)^2}{16}\right]$$

$$23{,}1\ M_B - 1076{,}25 = -6\ [573{,}02+180{,}88+86{,}133] = -5040{,}197$$

$$23{,}1\ M_B = -3963{,}947 \Rightarrow M_B^- = -171{,}60 \text{ kN.m}$$

تخفيض العزم :

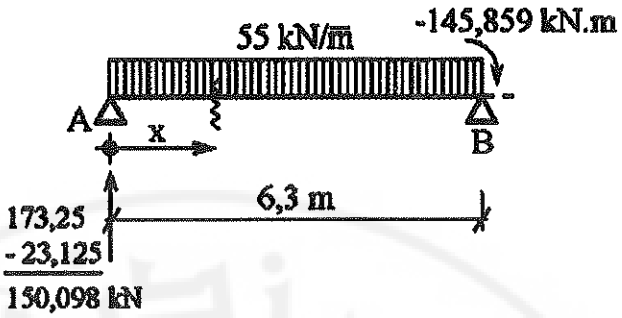
$$M_B^- = 0{,}85\ (-171{,}60) = -145{,}859 \text{ kN.m} \qquad \ldots (1)$$

• حساب العزم الموجب الأعظم :

$$M_x = 150{,}098\ x - 55\frac{x^2}{2}$$

$$V_x = 150{,}098 - 55\ x = 0$$

$$\Rightarrow x = 2{,}729\ m$$



$$M^{+}_{AB_{max}} = 150{,}098\ (2{,}729) - 55\frac{(2{,}729)^2}{2}$$

$$= 409{,}617 - 204{,}805 = 204{,}81\ kN.m \quad \ldots (2)$$

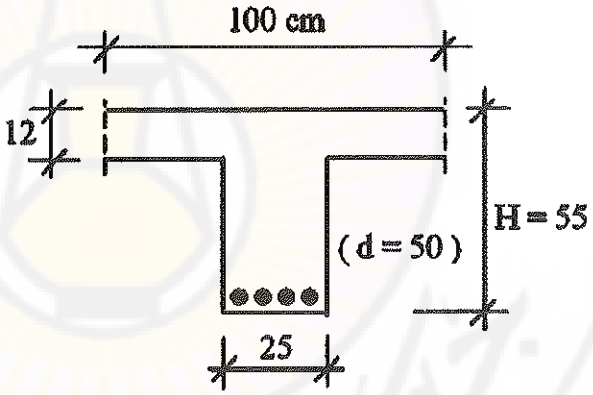
• حساب العزم المقاوم الأقصى للمقطع الحاوي على 4T16

$4T16 = 8{,}042\ cm^2 = 804{,}2\ mm^2$

$$A_s.f_y \overset{?}{\leq} 0{,}85\ f'c\ b_f.t_f$$

$$804{,}2 \times 400 \overset{?}{\leq} 0{,}85 \times 20 \times 1000 \times 120$$

$$321680 < 2040000$$



فالمحور السليم يقع في الجناح ⇐ المقطع يعمل كمستطيل عرضه $b_f = 100\ cm$

$$M_w = 0{,}9\left[1 - 0{,}59\frac{A_s}{b_f.d}\frac{f_y}{f'c}\right] A_s.f_y.d$$

$$= 0{,}9\left[1 - 0{,}59\frac{804{,}2}{1000 \times 500}\frac{400}{20}\right] 804{,}2 \times 400 \times 500 \times 10^{-6}$$

$$= 142{,}009\ kN.m$$

• إيجاد x_1 و x_2 :

$$142,009 = 150,098\ x - 55\frac{x^2}{2}$$

$$27,5\ x^2 - 150,098\ x + 142,009 = 0$$

$$\bar{x} = \frac{150,098 \pm \sqrt{(150,098)^2 - 4 \times 27,5 \times 142,009}}{55} = \begin{cases} 1,218\ m \\ 4,240\ m \end{cases}$$

$$\tau_{ou} = 0 \Rightarrow \Delta = \text{الأكبر بين} \begin{cases} 12\phi = 12 \times 1,6 = 19,2\ cm \\ \frac{d}{2} = \frac{50}{2} = 25\ cm \end{cases}$$

$$\frac{L - \ell_n}{2} = \frac{630 - 600}{2} = 15\ cm$$

$$x_1 = 1,218 - 0,25 - 0,15 = 0,818\ m$$

$$x_2 = (6,30 - 4,240) - 0,25 - 0,15 = 1,66\ m$$

٤- جواب الطلب الرابع :

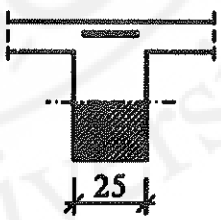
• إن العزم السالب الأعظم للظفر CD : هو العزم الذي ينتج عن تحميله بجميع حمولاته الميتة و الحية . و قد سبق حسابه في الطلب الثالث و هو $M_{C=}^{-} = 205\ kN.m$ و لم نخفض هذا العزم لأن الظفر هو عنصر مقرر .

• حساب التسليح :

$$A_0 = \frac{M_u}{0,9\ (0,85\ f'c)\ b.d^2} = \frac{205 \times 10^6}{0,9\ (0,85 \times 20)\ 250\ (500)^2} = 0,21438$$

$$\alpha = 1 - \sqrt{1 - 2\ A_0} = 1 - \sqrt{1 - 2\ (0,21438)} = 0,244195$$

$$\alpha_{max} = \frac{267,75}{630 + f_y} = \frac{267,75}{630 + 400} = 0,25995$$



يلاحظ أن : $\alpha < \alpha_{max}$ أي أنه يكفي تسليح أحادي .

$$\gamma_0 = (1-0,5\ \alpha) = \left|1-0,5\ (0,244195)\right| = 0,8779$$

$$A_s = \frac{M_u}{0,9.\gamma_0.d.f_y} = \frac{205\times10^6}{0,9\times0,8779\times500\times400} = 1297,3\ mm^2 = 12,973\ cm^2$$

$$7T16 = 14,07\ cm^2$$

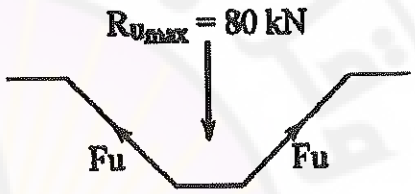
٥- جواب الطلب الخامس :

الحل يتم بإحدى الطريقتين التاليتين :

الطريقة ١ :

$$80 = 2\ F_u\ \cos 45^\circ$$

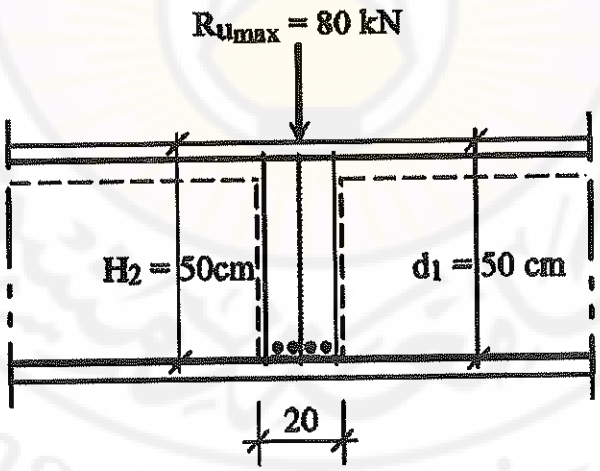
$$F_u = \frac{80}{2\ \cos 45^\circ} = 56,57\ kN$$



$$A_s = \frac{56,57\times10^3}{0,9\times400} = 157,13\ mm^2 = 1,57\ cm^2$$

$$2T10 = 1,57\ cm^2$$

الطريقة ٢ :



يلاحظ أن $H_2 = d_1 = 50\ cm$

أي نضع الأساور الشاقولية ضمن منطقة مساوية لعرض الجائز الثانوي .

$$A_s = \frac{80\ kN}{0{,}9\ f_y} = \frac{80\times10^3}{0{,}9\times240} = 370\ mm^2 = 3{,}7\ cm^2$$

نختار إما ثلاث أساور : $3\phi10$ أساور ٦ فروع $\phi10$ = 4,71

أو أربع أســـاور : $4\phi8$ أساور ٨ فروع $\phi8$ = 4,01

Damascus University

الفصل الخامس

البلاطات البيتونية المليئة (المصمتة)

تأليف

الدكتور المهندس محمد فريز عابدين


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الخامس

البلاطات البيتونية المليئة (المصمتة)

تمهيد، حول أنواع البلاطات البيتونية المسلحة :

البلاطات هي عناصر إنشائية مستوية رقيقة ، أي أن سماكتها أصغر بكثير من بعديها الآخرين .

تستخدم البلاطـــات بشكل واسع كسقوف في المباني و المنشـــآت حيث يتم بواسطتها تغطية المساحات و القاعات . كما تستخدم في الجسور .

تعمل البلاطات بشكل أساسي على الانعطاف فتنقل الحمولات المؤثـــرة فيها إلى الجوائز الحاملة لها ، أو إلى الأعمدة مباشرة في حال عدم وجود جوائز .

نميز عادة بين أنواع مختلفة من البلاطات تبعاً لشكلها و لطريقة عملها الإنشائي ، وهي :

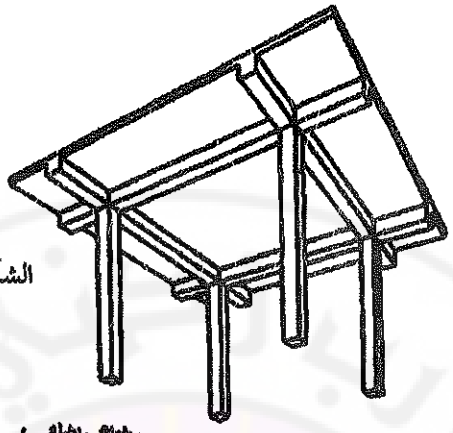
١- البلاطات المليئة (المصمتة) ، الشكل (1)

٢- البلاطات المعصبة باتجاه واحد ، الشكل (2)

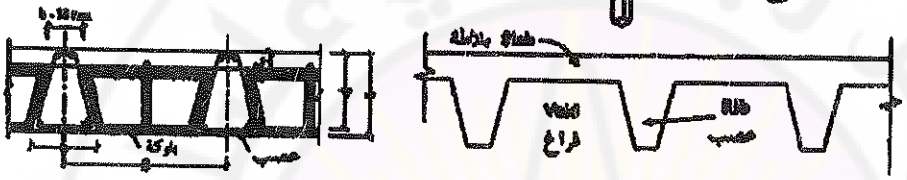
٣- البلاطات المعصبة باتجاهين ، الشكل (3)

٤- البلاطات المستوية و الفطرية ، الشكل (4) .

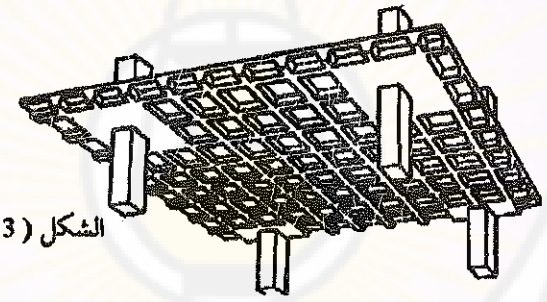
ندرس في هذا الفصل **البلاطات المليئة (المصمتة)** .



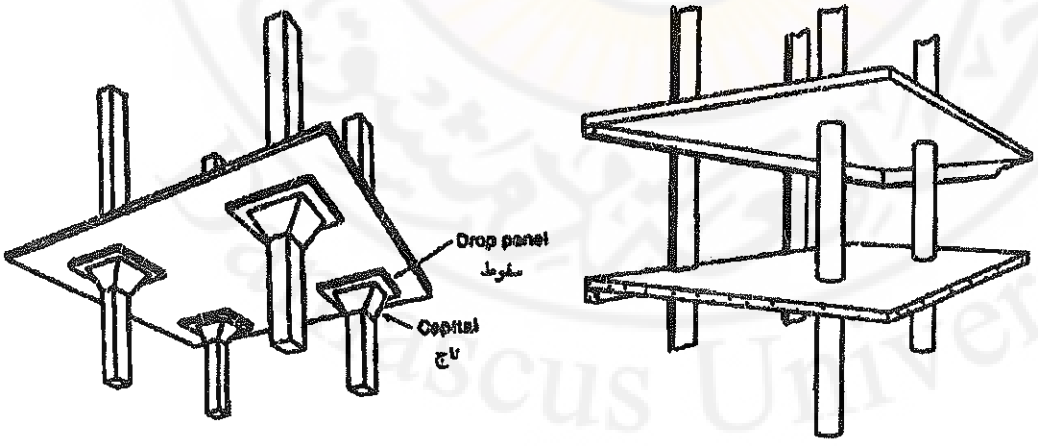
الشكل (1) : بلاطة ماينة (مصمتة)



الشكل (2) : بلاطات مفرغة (معصبة) باتجاه واحد



الشكل (3) : بلاطة مفرغة (معصبة) باتجاهين



ب- بلاطة فطرية

أ- بلاطة مستوية

الشكل (4)

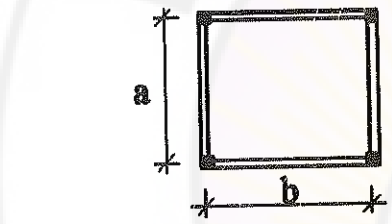
البلاطات البيتونية المليئة (المصمتة)

Reinforced Concrete Solid Slabs

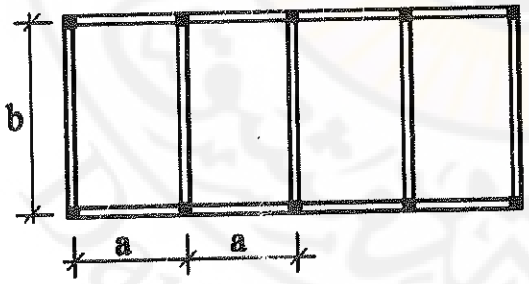
٥-١- مقدمة و تعاريف :

هي بلاطات مصمتة تحملها مجموعة من الجوائز الرئيسية و الثانوية . يجري انتقال الحمولات من البلاطات إلى الجوائز و من ثم إلى الأعمدة (التي تشكل نقاط استناد للجوائز الرئيسية) كما هو مبين في الشكلين (1) و (5) .

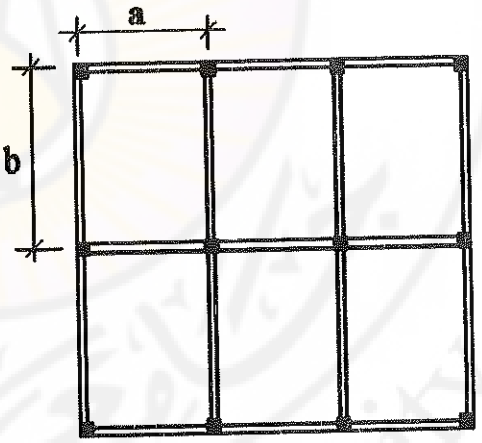
يمكن أن تكون البلاطة المليئة منفردة (مثلاً: حالة سقف لغرفة واحدة منعزلة)كما في الشكل (5-a) ، أو أن تكون البلاطات مستمرة كما في الشكين (5-b) و (5-c) على سبيل المثال .



(5-a) : بلاطة منفردة



(5-b) : بلاطة مستمرة



(5-c) : بلاطة مستمرة

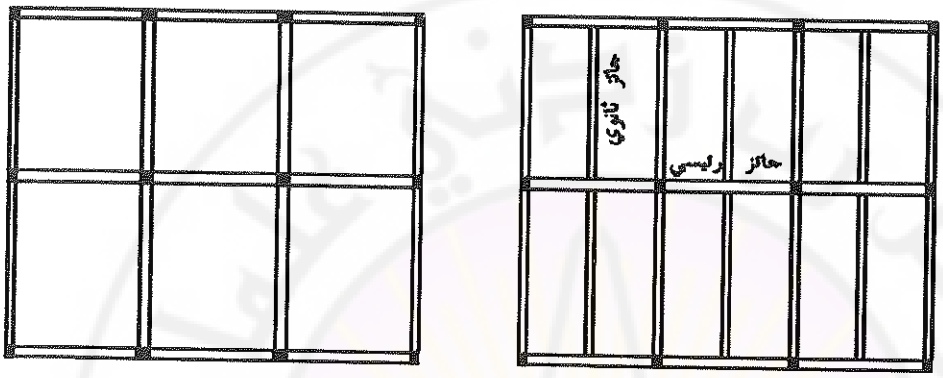
الشكل (5)

نرمز عادة للبعد القصير للبلاطة بالرمز a و نرمز لبعدها الطويل بـــ b (انظر الشكل 5). فإذا كانت البلاطة مربعة كان لدينا $\frac{a}{b}=1$.

يقسم هذا النوع من البلاطات ، تبعاً لأوضاع و تباعدات الجوائز ، إلى نوعين فرعيين هما :

- البلاطات الملبنة التي تعمل باتجاه واحد ، (الشكل 6-a) .
- البلاطات الملبنة التي تعمل بالاتجاهين ، (الشكل 6-b) .

(وسيتم توضيح ذلك في الفقرة ٥-٢-١ القادمة) .



(a) (b)

الشكل (6)

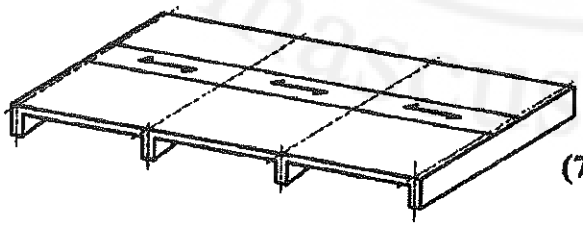
٥-٢- دراسة البلاطات الملبنة

٥-٢-١ تعريف البلاطات الملبنة العاملة باتجاه واحد والبلاطات الملبنة العاملة باتجاهين :

إن لطريقة استناد البلاطة الملبنة و لنسبة بعديها $\frac{a}{b}$ تأثيراً كبيراً في كيفية عمل البلاطة على الانعطاف تحت تأثير الحمولات . فالبلاطة الملبنـــة تعمل على الانعطاف باتجاه واحد فقط (بطريقة مشابهة لعمل الجوائز) في الحالات التالية :

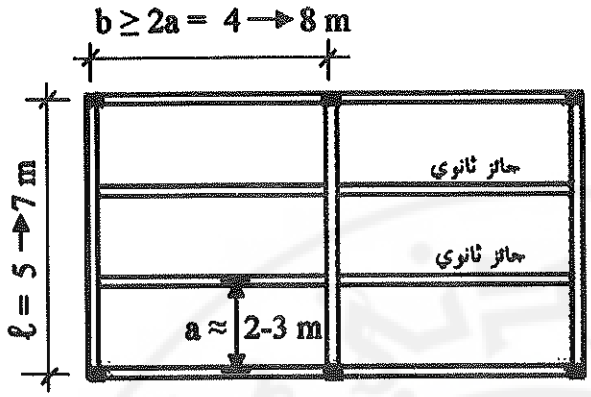
آ- إذا كانت مسنودة من طرفين متقابلين فقط ، كما في الشكل (7-a) .

ب- أو إذا كانت مسنودة من أطرافها الأربعة ولكن كانت نسبة بعديها تحقق الشرط $b \geq 2a$ (أي إذا كان طولها يساوي ضعف عرضها أو أكبر)كما في الشكل (7-b) .



(7- a)

الشكل (7) : بلاطات تعمل باتجاه واحد



(7- b)

في هذه الحالة يعدّ الاتجاه القصير a هو الاتجاه العامل (أي يحمل وحده كامل الحمولة) و يُهمل دور الاتجـاه الآخر b . و سنبين في الفقرة القادمة (٥-٢-٢) سبب إهمال دور الاتجاه الطويل b عندما يكون $b \geq 2a$.

أما إذا كانت البلاطة مستندة من الجهات الأربع و كان طولها أقل من ضعف عرضها $b < 2a$ ، (أي $\frac{a}{b} > 0,5$) ، فإنها تعمل على الانعطاف بالاتجاهين .

نعطي فيما يلي فكرة عن الأبعاد و السماكات المستخدمة عادة في البلاطات المليئة :

• *ففي حالة البلاطات التي تعمل باتجاه واحد :*

- يكون المجاز a للبلاطة (أي تباعد جوائزها الثانوية) حوالي 2-3 m ، (و قد يصل في بعض الأحيان إلى 4 أمتار) .
- و يكون طول مجاز الجائز الثانوي الحامل للبلاطة حوالي 4 إلى 6 أمتار ، وقد يصل إلى 8 أمتار .
- و طول فتحة الجائز الرئيسي الحامل للجوائز الثانوية يتراوح من 5 إلى 7 أمتار .
- وتكون سماكة البلاطة حوالي 8 إلى 14 سم حسب الحاجة .

• *أما في البلاطات التي تعمل بالاتجاهين :*

- فإن بعدي البلاطة a و b يتراوحان من 4 إلى 6 أمتار .
- وسماكة البلاطة بحدود 8 إلى 16 سم حسب الحاجة .

٥-٢-٢- دراسة أولية تبين سبب إهمال دور البعد الطويل b للبلاطة في حمل الحمولات عندما تكون نسبة بعدي البلاطة هي $b/a \geq 2$:

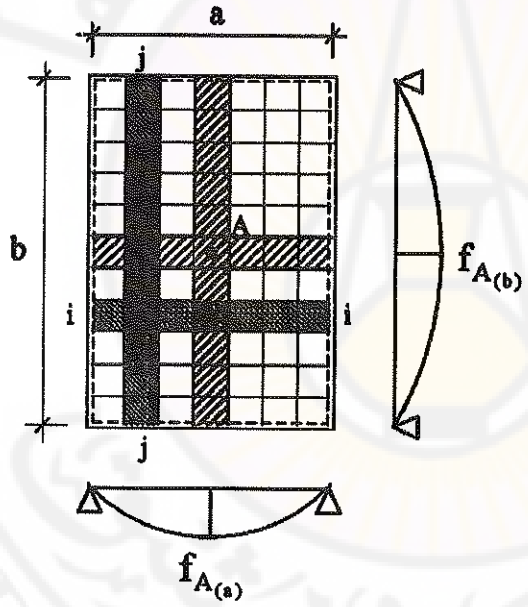
يبين الشكل (8) بلاطة مليئة مستطيلة مستندة استناداً بسيطاً عند حوافها الأربعة . لنفترض أن هذه البلاطة ستخضع لحمولة موزعة بانتظام على كامل سطحها ، شدتها هي $q\ kN/m^2$.

نهدف في دراستنا إلى تحديد مقدار إسهام كل من الاتجاهين القصير (a) و الطويل (b) في حمل الحمولة المطبقة q .

سنعتبر في هذه الدراسة أن البلاطة مولفة من مجموعة من الشرائح المتعامدة ،كما هو موضح في الشكل (8) .

عند تطبيق الحمولة الموزعة q على البلاطة فإن كل شريحة من هذه الشرائح ستعاني سهماً مختلفاً عن السهم الحاصل في الشريحة المجاورة .

لتحديد مقدار إسهام كل من الاتجاهين a و b في حمل الحمولة q المطبقة سنعتمد على المبدأ الأساسي المعروف في البلاطات المليئة وهو أن السهم في نقطة ما من البلاطة (كالنقطة C مثلاً في الشكل 8) يكون واحداً في كل من شريحتي البلاطة ، الطولية j-j والعرضية i-i ، المارتين من تلك النقطة .



الشكل (8)

لتكن q_a هي شدة الحمولة التي ستؤثر في الاتجاه القصير a ولتكن q_b هي شدة الحمولة التي ستؤثر في الاتجاه الطويل b . ومن الطبيعي أن يكون $q_a + q_b = q$.

لتحديد q_a و q_b سنطبق مبدأ تساوي السهوم للشرائح المتعامدة في نقاط تلاقيها الذي ذكرناه آنفاً :

لنأخذ الشريحتين الوسطيتين اللتين تلتقيان في النقطة A (مركز البلاطة) . نعلم من أبحاث مقاومة المواد أن السهم f في منتصف حائز بسيط خاضع إلى حمولة موزعة بانتظام هو :

$$f = \frac{5q\ell^4}{384\,EI}$$

وبالتالي يكون لدينا :

السهم الحاصل عند النقطة A في الشريحة القصيرة a هو :

$$f_{A(a)} = \frac{5q_a a^4}{384\ EI}$$

السهم الحاصل عند النقطة A في الشريحة الطويلة b هو :

$$f_{A(b)} = \frac{5q_b b^4}{384\ EI}$$

ونظراً لأن سهمي الشريحتين عند النقطة A يجب أن يكونا متساويين ، نكتب :

$$f_{A(a)} = f_{A(b)}$$

ومنه نجد :

$$\frac{q_a}{q_b} = \frac{b^4}{a^4}$$

مناقشة :

- عندما تكون البلاطة مربعة ، أي $a = b$ ، تعطي العلاقة السابقة :

$$\frac{q_a}{q_b} = 1 \qquad \text{أي :} \qquad q_a = q_b$$

أي أنه عندما تكون البلاطة مربعة فإن كلا الاتجاهين سيسهمان بالتساوي في حمل الحمولة q المطبقة على البلاطة ، (وهذه نتيجة منطقية) .

- عندما يكون طول الضلع الطويل b للبلاطة مساوياً إلى ضعف طول ضلعها القصير a ، أي :

$\frac{b}{a} = 2$ نجد :

$$\frac{q_a}{q_b} = \frac{(2a)^4}{a^4} = (2)^4 = 16$$

وهذا يعني أن الحمولة الموزعة في الاتجاه الطويل ستكون ، في هذه الحالة ، مساوية إلى 1/16 فقط من الحمولة الموزعة في الاتجاه القصير .

لنتابع و لنحسب العزوم في الشريحتين :

$$M_a = \frac{q_a (a)^2}{8} \qquad M_b = \frac{q_b (b)^2}{8}$$

- من أجل الحالة الخاصة $b = 2a$ يكون :

$$q_a = 16\, q_b$$

وبالتالي يكون :

$$M_a = q_a \frac{a^2}{8} = 16\, q_b \frac{a^2}{8} = 2\, q_b\, a^2$$

$$M_b = q_b \frac{b^2}{8} = q_b \frac{(2a)^2}{8} = q_b \frac{4a^2}{8} = \frac{1}{2} q_b\, a^2$$

ومنه نجد (من أجل الحالة $b = 2a$) : $M_b = \frac{1}{4} M_a$

أي أنه عندما تكون نسبة بعدي البلاطة هي $\frac{b}{a} = 2$ يكون عزم الانعطاف المؤثر في الاتجاه الطويل للبلاطة مساوياً -فقط- إلى ربع عزم الانعطاف المؤثر في الاتجاه القصير .

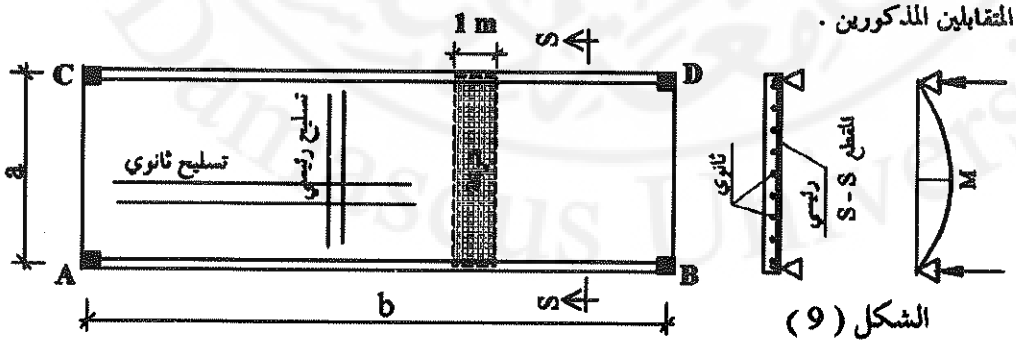
لهذا السبب يمكن اعتبار البلاطة المليئة الطويلة (أي التي يزيد طولها b على ضعف عرضها a) أنها تعمل باتجاه واحد هو الاتجاه القصير a ، حيث تحمّل شرائح البلاطة الممتدة وفق هذا الاتجاه القصير بكامل الحمولة ، و يحسب التسليح الرئيسي اللازم لهذا الاتجاه .

أما الاتجاه الطويل b (الثانوي) فيهمل دوره كلياً في حمل الحمولات نظراً لصغر هذا الدور ، و يسلّح بتسليح طولي إنشائي لا يقل عن ربع التسليح المستخدم في الاتجاه القصير (الرئيسي) .

٥-٢-٣ حساب و تصميم البلاطات المليئة العاملة باتجاه واحد :

٥-٢-٣-١ الخطوات المتبعة في عملية تصميم البلاطات التي تعمل باتجاه واحد :

نظراً لأن هذه البلاطات تعمل على الانعطاف باتجاه واحد (هو الاتجاه القصير) فمن الطبيعي أن تجري دراستها بصورة مشابهة تماماً لدراسة الجوائز . و كمثال على هذا النوع من البلاطات يمكن اعتبار الشكل (9) الذي يبين بلاطة مستطيلة الشكل و مسنودة من الطرفين المتقابلين AB و CD . فإذا كانت الحمولة التي تؤثر في البلاطة موزعة بانتظام يمكن حساب البلاطة و تصميمها باعتبارها جائزاً بسيطاً مسنوداً على الطرفين المتقابلين المذكورين .



الشكل (9)

و بصورة عامة نأخذ شريحة بعرض متر واحد و خاضعة إلى الحمولة الإضافية الموزعة q مضافاً إليها الوزن الذاتي g (بشكل تقديري) . تحسب العزوم في وسط البلاطة (و في مساندها لو كانت موثوقة من الطرفين) باستخدام المجاز الحسابي L المعرّف في البند (آ) من الفقرة (٥-٢-٣-٢) القادمة ، و بعد الحصول على قيم العزوم يحسب الارتفاع اللازم للمقطع حيث نفرض نسبة تسليح :

$$\mu_s = (\frac{3}{1000} \rightarrow \frac{8}{1000})$$

و نحسب الثوابت :

$$\alpha = \mu_s \frac{f_y}{0,85 f'_c} \quad , \quad A_o = \alpha(1-0,5\alpha)$$

$$r_o = \sqrt{\frac{1}{A_o}} \quad , \quad \gamma_o = (1-0,5\alpha)$$

ثم نحسب d من المعادلة :

$$d = r_0 \sqrt{\frac{M_{u_{max}}}{0,9\ (0,85\ f'c)\ b}}$$

حيث يؤخذ b (عرض مقطع الشريحة) : $b = 1000\ mm$

وبالتالي يكون الارتفاع اللازم لمقطع الشريحة (أي سماكة البلاطة) : $H = d + a$

حيث a هي مسافة التغطية ، (سيتم تحديدها فيما سيأتي) .

نسلح البلاطة بشكل أساسي بالاتجاه المتعامد مع أطراف الاستناد المتقابلة (انظر الشكل 9) حيث تتحمل هذه القضبان كامل قوى الشد المتولدة في البلاطة . و تمتد إلى داخل أطراف الاستناد المتقابلة .

يحسب مقطع الفولاذ المشدود من المعادلة المعروفة :

$$A_s = \frac{M_u}{0,9\ \gamma_0 d\ f_y}$$

تمثل قيمة A_s مقطع الفولاذ اللازم في شريحة عرضها 1 m ، و بما أن الحمولة المعتبرة في هذه الدراسة موزعة بانتظام على كامل البلاطة فيكرر هذا التسليح بشكل منتظم على جميع الشرائح المتجاورة على كامل البلاطة .

بعد ذلك تحسب السماكة الكلية H للبلاطة انطلاقاً من قيمة d المحسوبة ، حيث :

$$H = d + a = d + \frac{\phi}{2} + cov.$$

بحيث لا تقل سماكة الغطاء البيتوني (cov.) الذي يغطي الأسياخ عن (3 cm - 2) كما هو مبين في البند (هـ) من الفقرة (٥-٢-٣-٢) القادمة . تدور H نحو الأعلى إلى أقرب رقم من :

8 cm 10 12 14 15 16 18 ..

يصادف أن تكون قيمة H اللازمة حسابياً صغيرة في بعض الأحيان لذلك يجب الانتباه ألا تقل السماكة H المعتبرة عن السماكة الدنيا المحددة في البند (ب) من الفقرة ٥-٢-٣-٢ القادمة.

تزود البلاطة المصمتة العاملة باتجاه واحد بتسليح عمودي على التسليح الرئيسي يسمى بالتسليح الثانوي و الغاية منه حفظ البلاطة من التشققات المختلفة الناتجة عن الحرارة و التقلص (الانكماش) إضافة إلى توزيع الحمولات بصورة عرضية في الاتجاه الثانوي . يجب ألا تقل مساحة مقطع التسليح الثانوي عن $\frac{1}{4}$ مساحة مقطع التسليح الرئيسي ، و عن القيمة المحددة في البند (د) من الفقرة (٥-٢-٣-٢) تبعاً لنوع الفولاذ .

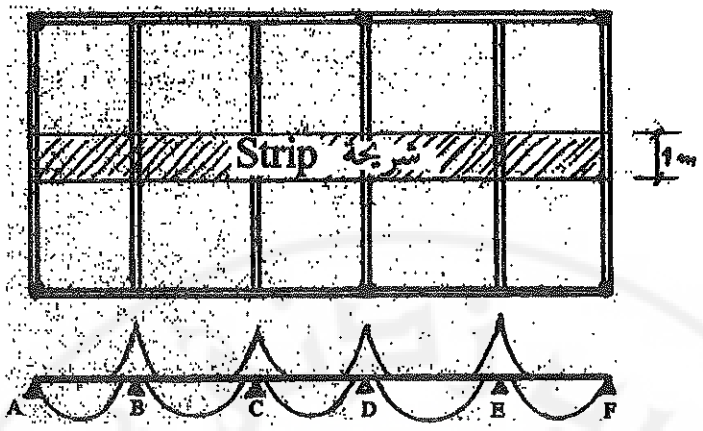
يجب ألا تقل نسبة التسليح الرئيسي عن النسبة الدنيا μ_{min} المعرفة في الفقرة (ج) .

و تراعى، عند وضع التسليح ، جميع القواعد المتعلقة بتباعدات القضبان و أقطارها و أماكن تكسيحها المذكورة في البند (ج) و (د) من الفقرة (٥-٢-٣-٢) و في الشكل (12) القادم .

توضع عادة قضبان التسليح الثانوي فوق قضبان التسليح الرئيسي لتأمين قيمة كبيرة للارتفاع الفعال d في اتجاه التسليح الرئيسي الحامل للبلاطة ، و ذلك كما هو مبين في المقطع s-s من الشكل (9) .

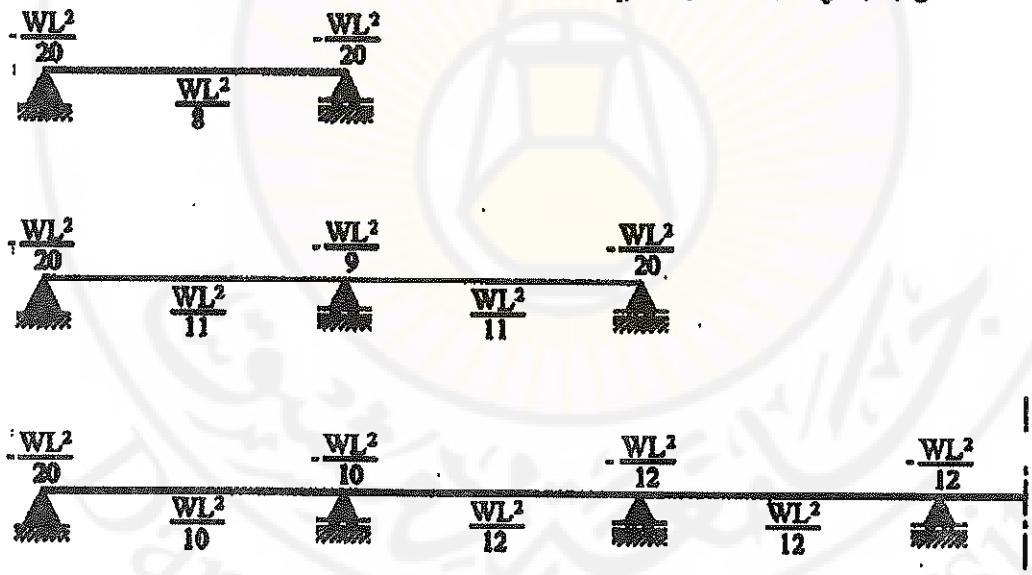
في حال كون البلاطات التي تعمل باتجاه واحد مستمرة فوق عدد من المساند المتجاورة كما في الشكل (10) ، يتم حساب البلاطة بطريقة مشابهة تماماً لطريقة حساب الجائز المستمر حيث تعتبر شريحة بعرض 1 m ممتدة فوق المساند و تعامل كجائز مستمر ، و يؤخذ المجاز الحسابي لكل فتحة حسبما هو وارد في البند (آ) من الفقرة (٥-٢-٣-٢) القادمة ، و تحسب العزوم في الشريحة كما يلي :

• في الحالة العامة ، عندما تختلف أطوال المجازات بأكثر من 25% : تُحمّل الشريحة المستمرة بالحمولة الميتة و بالحمولة الإضافية (الحية) المطبقة شطرنجياً و بأوضاع مختلفة و يجري حساب العزوم لحالات التحميل وفقاً لطرق حساب الإنشاءات (مثلاً : معادلة العزوم الثلاثة) بحيث نحصل منها أخيراً على العزوم الأعظمية الموجبة و السالبة في جميع المجازات و المساند المختلفة . ينصح في أثناء ذلك بأن يتم تخفيض العزوم السالبة بمقدار 15% على أن نزيد العزوم الموجبة بما يتناسب مع هذا التخفيض .



الشكل (10)

• في الحالة الخاصة : عندما تكون المجازات متساوية (أو لا يزيد الفرق بين كل مجازين متجاورين عن 25% من المجاز الأكبر) و تكون الحمولات موزعة بانتظام ، و لا يزيد مقدار الحمولة الحية المصعدة عن ضعف الحمولة الميتـــة المصعدة ، يمكن اعتماد قيم العزوم الأعظمية الموجبة و السالبة الجاهزة المبينة على الشكل (11) التي يقترحها الكود العربي السوري .



الشكل (11)

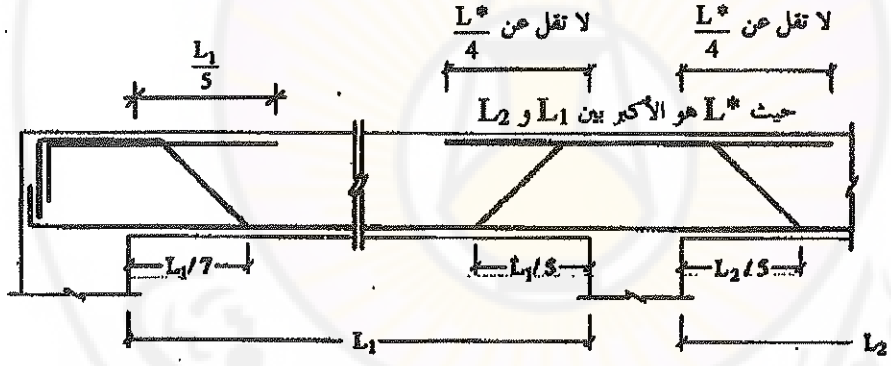
و في جميع الأحوال ، سواء كانت البلاطة منفردة أو مستمرة ، يجب أن نلحظ وجود عزم " اعتباري " سالب فوق المساند الطرفيـــة التي تستند عندها البلاطـــة استناداً بسيطاً ، مقدار هذا العزم الاعتباري هو

$-\frac{W.L^2}{20}$. كما يؤخذ عزم سالب اعتباري في نهاية الطرف الطويل (في حال وجود حائر هناك) مقداره :

$-\frac{W.L^2}{35}$ حيث L هو المجاز في الاتجاه القصير .

كما يجب ألا تقل قيمة العزم الموجب المعتبر في أية فتحة من فتحات الشريحة عن $\frac{M_0}{2}$.

بعد حساب العزوم في الشريحة المستمرة نعمد إلى حساب الارتفاع الفعال $d = r_0\sqrt{\frac{M_u}{0,9\ (0,85\ f'c)\ b}}$ انطلاقاً من قيمة أكبر عزم في الشريحة و بفرض أن $\mu_s = \frac{3}{1000} \rightarrow \frac{8}{1000}$ ثم نُحسب الارتفاع H مع مراعاة القاعدة (هـ) المتعلقة بالتغطية و القاعدة (ب) المتعلقة بالسماكة الدنيا المذكورتين في الفقرة (٥-٢-٣-٢) . ثم يحسب التسليح في مختلف مقاطع الشريحة وفقاً لقيم العزوم الموجبة و السالبة و يحدد عدد القضبان و أقطارها و تباعدها حسب الشروط (ج) و (د) المتعلقة بالتسليح المذكورة في الفقرة القادمة . و يتم تكسيح القضبان حسبما هو وارد في الشكل (12) .



الشكل (12) : تكسيح التسليح في البلاطات المستمرة ذات المجازات المتقاربة .

ملاحظة : يؤكد المؤلف على أن القيمة $\frac{L^*}{4}$ هي الحد الأدنى لمد القضبان العلوية ، وينصح بأخذ قيمة لمد هذه القضبان واقعة بين $\frac{L^*}{4}$ و $\frac{L^*}{3}$.

يعمم (يكرر) التسليح المصمم لهذه الشريحة على جميع الشرائح المجاورة لها في البلاطة .

إن من النقاط الأساسية التي يجب مراعاتها في البلاطات التي تعمل باتجاه واحد هو وضع التسليح الرئيسي بالنسبة للتسليح الثانوي ، إذ يجب أن يعطى للتسليح الرئيسي الارتفاع الفعال الأعظم سواء كان المقطع المعتبر واقعاً فوق المسند أو في المجاز . و هذا يجعل الارتفاع الفعال للتسليح الثانوي دائماً أقل من الارتفاع الفعال

للتسليح الرئيسي . إن هذه الناحية هامة و يجب ملاحظتها دائماً سواء عند التنفيذ أو عند حساب التسليح بواسطة العلاقة $A_s = \frac{Mu}{0,9\ \gamma_0 d\ f_y}$ بالتعويض عن d بالقيمة المناسبة .

و أخيراً ، لا بد من الإشارة إلى أن قيمة إجهادات القص في البلاطات العادية الخاضعة لحمولات موزعة بانتظام تكون عادة صغيرة و يمكن الاعتماد على البيتون فقط في مقاومة هذه الإجهادات . غير أن الأمر يختلف عن ذلك في البلاطات الخاضعة لحمولات مركزة (بلاطات الجسور مثلاً) و في البلاطات الفطرية حيث يمكن أن تكون إجهادات القص كبيرة و لا بد من إجراء الدراسة المناسبة للقص في هذه الحالات .

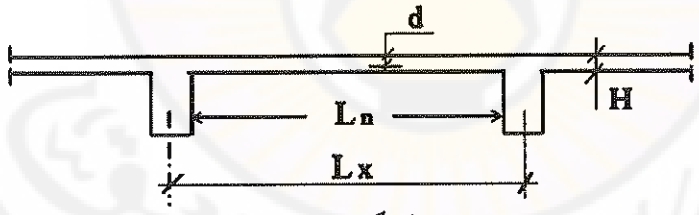
٥-٢-٣-٢ القواعد التي يجب التقيد بها عند حساب البلاطات التي تعمل باتجاه واحد و تصميمها :

آ- طول الفتحة (المحاز) الحسابي L :

يؤخذ المحاز الحسابي مساوياً للقيمة الصغرى بين القيم الثلاث التالية (انظر الشكل 13) :

- البعد بين المحاور L_x .
- الطول الصافي (الضوء) L_n مضروباً بـ 1,05 .
- الطول الصافي (الضوء) L_n مضافاً إليه d الارتفاع الفعال لمقطع البلاطة أي :

$$L = \text{الأصغر بين} \begin{cases} L_x \\ L_n \times 1,05 \\ L_n + d \end{cases}$$



الشكل (13)

ب- السماكة الدنيا للبلاطة :

يجب ألا تقل سماكة البلاطة عن القيمة التي يحددها الشرطان التاليان :

- الشرط الأول :

(يتعلق بجودة التنفيذ و بطبيعة الحمولات المطبقة) :

- إذا كانت البلاطة مصبوبة في المكان :
  - 8 cm إذا كانت ستحمل حمولات ستاتيكية (حمولات منزلية ، مكاتب .. إلخ) .
  - 12 cm إذا كانت ستحمل حمولات ديناميكية (آلات اهتزازية ، مكابس .. إلخ) .

• إذا كانت البلاطة مسبقة الصنع :

لا تقل سماكة البلاطة عن 4 cm إذا كانت ستحمل حمولات ستاتيكية .

(السماكة هنا أقل نظراً للنوعية العالية التي تتمتع بها ، بشكل عام ، العناصر مسبقة الصنع).

• الشرط الثاني :

(يتعلق بالسهم) :

لكي يكون السهم الحاصل مقبولاً يجب ألا تقل سماكة البلاطة عما هو وارد في الجدول التالي :

البلاطة غير مستمرة (استناد بسيط)	مستمرة من طرف واحد	مستمرة من الطرفين	طرفية
$\frac{L}{25}$	$\frac{L}{27}$	$\frac{L}{30}$	$\frac{L}{10}$

ج- نسبة التسليح الدنيا و أقطار القضبان و تباعداتها في الاتجاه الرئيسي :

١- يجب ألا يقل مقطع التسليح الرئيسي عن القيمة الأكبر بين القيمتين التاليتين :

• في حالة التسليح عالي المقاومة :

$\frac{2}{1000}$ من المقطع البيتوني المطلوب حسابياً لتأمين المقاومة .

أو $\frac{1,2}{1000}$ من المقطع الفعلي للبيتون (أي من المقطع المستخدم فعلاً ، و هو عادة أكبر من المقطع المطلوب حسابياً) .

• في حالة التسليح الطري الأملس :

$\frac{2,5}{1000}$ من المقطع البيتوني المطلوب حسابياً لتأمين المقاومة .

أو $\frac{1,5}{1000}$ من المقطع الفعلي للبيتون (أي من المقطع المستخدم فعلاً ، و هو عادة أكبر من المقطع المطلوب حسابياً) .

٢- يجب ألا يقل قطر قضبان التسليح الرئيسية عن 6 mm للقضبان المستقيمة (السفلية) و عن 8 mm للقضبان العلوية أو المكسحة .

٣- لا يزيد قطر قضبان التسليح (الرئيسي أو الثانوي) عن $\frac{1}{10}$ سماكة البلاطة .

٤- يجب ألا يزيد التباعد بين قضبان التسليح الرئيسي عن القيمة الأصغر بين :

(ضعف سماكة البلاطة أو 20 cm) .

٥- لا يقل التباعد بين قضبان التسليح عن 8 cm .

د- نسبة التسليح الدنيا و تباعدات القضبان في الاتجاه الثانوي :

١- يجب ألا تقل مساحة التسليح الثانوي عن $\frac{1}{4}$ مساحة التسليح الرئيسي ، و ألا تقل أيضاً عن :

• في حالة التسليح عالي المقاومة :

$\frac{1}{1000}$ من المقطع الفعلي للبيتون .

• في حالة التسليح الطري الأملس :

$\frac{1,2}{1000}$ من المقطع الفعلي للبيتون .

٢- يجب ألا يزيد التباعد بين قضبان التسليح الثانوي عن القيمة الأصغر بين :

(3 أمثال سماكة البلاطة أو 25 cm) .

٣- إذا كانت سماكة البلاطة 20 cm أو أكثر يجب وضع شبكة تسليح علوية بنسبة دنيا .

هـ- سماكة الغطاء البيتوني :

يجب ألا تقل سماكة الغطاء البيتوني (أي سماكة طبقة البيتون التي تغطي أسياخ التسليح في البلاطات) عما يلي :

1,5 cm للبلاطات الداخلية غير المعرضة للأحوال الجوية .

2 cm للبلاطات الخارجية المعرضة للأحوال الجوية .

و بالتالي فإن مسافة التغطية a تساوي :

$$a = \frac{\phi}{2} + cov. = 2 \rightarrow 3 \text{ cm}$$

حيث ϕ : قطر أكبر سيخ مستخدم .

و- البلاطات التي تنتهي بأظفار :

• إذا وجد في نهاية الشريحة المدروسة ظفر (بلكون) فإن العزم التصميمي للظفر (الذي نسلح الظفر وفقه) هو العزم الأعظم الناتج عن تحميل الظفر بجميع الحمولات الحية و الميتة التي يمكن أن تَرِدَ عليه .

• غير أننا نذكر ، من جهة أخرى ، أنه للحصول على العزم الموجب الأعظمي في الفتحة المجاورة للظفر يجب ألا نحمل الظفر بالحمولات الحية .

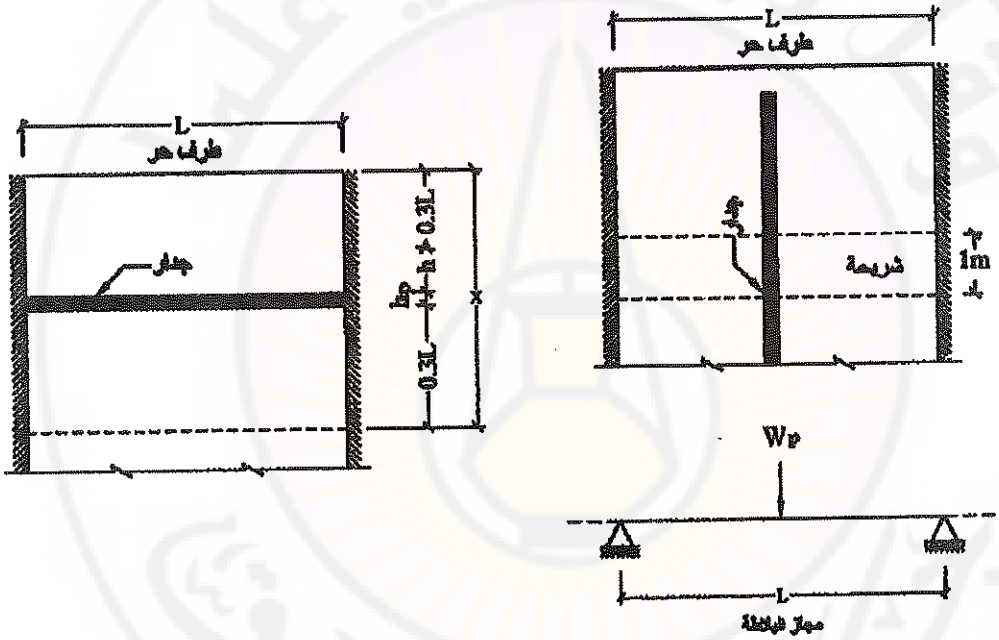
• و أخيراً ، إذا كانت سماكة البلاطة المتصلة بالظفر أقل من $\frac{3}{4}$ سماكة الظفر فيجب عندئذ دراسة الجائز الواقع بينهما على الفتل .

ز- أوزان الجدران (القواطع) على البلاطات المصمتة التي تعمل باتجاه واحد :

يمكن أن يكون الجدار (القاطع) متوضعاً في الاتجاه المتعامد مع اتجاه شرائح البلاطة ،كما في الحالة (١) من الشكل (14) ، أو يمكن أن يكون الجدار موازياً لشرائح البلاطة كما في الحالة (٢) من الشكل المذكور .

* في الحالة (١) : تحمّل كل شريحة من البلاطة بحمولة مركزة (Wp) تمثل وزن شريحة الجدار الواقعة فوق شريحة البلاطة .

* أما في الحالة (٢) فتوزع حمولة الجدار - بالتساوي - على جميع شرائح البلاطة الواقعة ضمن المسافة X المعرّفة في الشكل (14 ، الحالة ٢) .



الحالة (١) : الجدار عمودي على الشرائح

(في هذه الحالة تحمّل كل شريحة من البلاطة شريحة الجدار الواقعة فوقها) .

الحالة (٢) : الجدار موازي للشرائح

(في هذه الحالة توزع حمولة الجدار بالتساوي على جميع الشرائح الواقعة ضمن المسافة X المبينة في الشكل) .

الشكل (14)

٥-٢-٤ دراسة البلاطات المليئة التي تعمل باتجاهين :

٥-٢-٤-١ تمهيد :

رأينا سابقاً (في الفقرتين ٥-٢-١ و ٥-٢-٢) أنه إذا كانت البلاطة المليئة مستندة من الجهات الأربع وكان طولها أقل من ضعف عرضها $b < 2a$ ، (أي $\frac{a}{b} > 0.5$) ، فإنها تعمل على الانعطاف بالاتجاهين .

وأنه كلما ازدادت النسبة $\frac{a}{b}$ و أصبحت أقرب إلى الواحد كلما ازداد إسهام الاتجاه الطويل في تحمل الحمولات بالاشتراك مع الاتجاه القصير .

و عندما يكون $a = b$ (أي عندما تكون البلاطة مربعة) فإن كلا الاتجاهين يسهمان بالتساوي في حمل الحمولات المطبقة على البلاطة .

لقد توصلنا إلى هذه النتائج عن طريق إجراء دراسة أولية تقريبية تستند على مبدأ تساوي السهوم للشرائح المتعامدة :

$$f_{A_{(a)}} = f_{A_{(b)}}$$

$$\frac{5\ q_a \cdot a^4}{384\ EI} = \frac{5\ q_b \cdot b^4}{384\ EI}$$

إن هذه الدراسة أعطت فكرة عن مقدار مساهمة كل من الاتجاهين في تحمل الحمولة المؤثرة في البلاطة ، غير أننا لا بد أن نذكر أنها دراسة أولية تقريبية لأننا لم نأخذ فيها بالحسبان وجود عزم ثالث في البلاطة ، هو عزم الفتل، الذي يحصل بسبب اختلاف سهوم الشرائح المتجاورة .

إن مسألة التحديد الدقيق لإسهام كلا الاتجاهين a و b في تحمل الحمولات المؤثرة في البلاطة هي مسألة غير مقررة يمكن حلها اعتماداً على نظرية المرونة و بصورة خاصة على " نظرية الصفائح " . لقد أوجد " لاغرانج " المعادلة التفاضلية للسهم في بلاطة ما خاضعة إلى أي نوع من الحمولات و هي المعادلة التالية:

$$\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2\frac{\partial^4 W}{\partial x^2 . \partial y^2} + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} = -\frac{q}{D}$$

حيث تمثل :

W الانتقال الشاقولي (السهم) لنقطة ما من السطح الوسطي للبلاطة .

q الحمولة المطبقة على وحدة السطح .

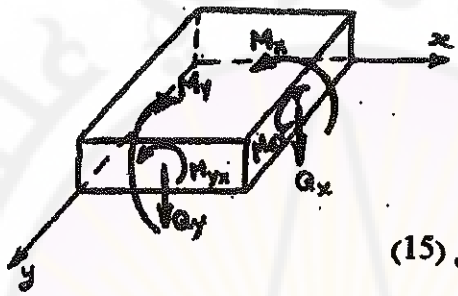
D قساوة البلاطة و تساوي : $D = \frac{EH^3}{12\ (1-\nu^2)}$

E معامل المرونة (يونغ) .

H سماكة البلاطة .

ν عامل بواسون .

تحل هذه المعادلة التفاضلية مع استخدام الشروط الحدية الخاصة بالحالة المدروسة ، و بعد تحديد السهم W (بدلالة x و y) يمكن تحديد قيم العزوم M_x و M_y و M_{xy} في النقاط المختلفة من البلاطة ، و كذلك قيم قوى القص ، بواسطة العلاقات التالية :



الشكل (15)

عزم انعطاف في الاتجاه x :

$$M_x = -D\left[\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \nu\frac{\partial^2 W}{\partial y^2}\right]$$

عزم انعطاف في الاتجاه y :

$$M_y = -D\left[\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \nu\frac{\partial^2 W}{\partial x^2}\right]$$

عزم فتل :

$$M_{xy} = D\,(1-\nu)\frac{\partial^2 W}{\partial x \,.\, \partial y} = -M_{yx}$$

قوة قص :

$$Q_x = -D\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \nu\frac{\partial^2 W}{\partial y^2}\right]$$

قوة قص :

$$Q_x = -D\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \nu\frac{\partial^2 W}{\partial y^2}\right]$$

قوة قص :

$$Q_y = -D\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \nu\frac{\partial^2 W}{\partial x^2}\right]$$

إن معادلة " لاغرانج " هي معادلة عامة يمكن عن طريقها الحصول على قيم العزوم و الجهود لأي بلاطة مهما كان شكلها (مستطيلة ، دائرية أو مثلثية ...إلخ) و مهما كانت شروط استنادها و مهما كان نوع

الحمولات التي تخضع لها (مركزة ، موزعة بانتظام أو مثلثية ...إلخ) ، غير أن إيجاد الحل الرياضي لهذه المعادلة عملية شاقة و معقدة مما يحول دون استعدامها المباشر في أعمال التصميم اليومية .

لقد عكف عدد كبير من الباحثين على إيجاد الحلول الرياضية للمعادلة التفاضلية من أجل عدد كبير من أشكال البلاطات و حالات التحميل و الاستناد و تمكنوا من إيجاد الحلول بعد أن وضعوا بعض الفرضيات التبسيطية و استعانوا بطرق الحساب العددي الخاصة بالمعادلات التفاضلية ، و قدموا نتائج حلولهم على شكل جداول أو منحنيات و بيّنوا كيفية استعدامها في عمليات التصميم .

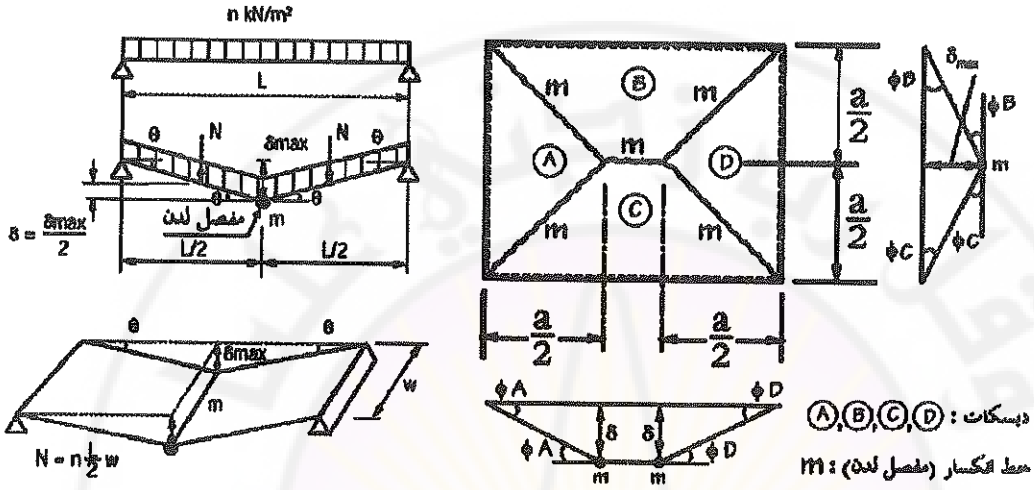
و كمثال على ذلك نذكر : منحنيات " بيجو " الفرنسي التي تستخدم لحل البلاطات المستطيلة المستندة استناداً بسيطاً على حوافها الأربع و الخاضعة لحمولة مركزة على مستطيل صغير في وسط البلاطة ، و منحنيات " بوخر " الألماني التي تستخدم لحل البلاطات المستطيلة أو الدائرية بحالات استنادها المختلفة و الخاضعة لحمولة مركزة ، و جداول " باريه " التي تغطي حالياً أكبر عدد من الحالات إذ أنها تقدم الحلول للبلاطات المستطيلة و المثلثية و شبه المنحرفية و الدائرية في حالات استنادها المتنوعة و الخاضعة لحمولات موزعة كلياً أو جزئياً أو لحمولات خطية أو مركزة .

غير أن عدداً آخر من الباحثين سلك في دراسته للبلاطات المليئة البيتونية المسلحة نهجاً آخر . فلقد أجرى هؤلاء الباحثون العديد من التجارب لتوضيح السلوك الحقيقي للبلاطات البيتونية ، خاصة و أن مادة البيتون المسلح هي مادة غير مرنة تماماً و غير متجانسة ، و استعاضوا عن حل المعادلة التفاضلية لنظرية الصفائح بمبادئ نظرية مبسطة ، و أعطوا بالنتيجة طرقاً جديدة أو جداول عددية تعبّر بشكل أفضل عن حقيقة سلوك البلاطات البيتونية المسلحة ، و قد تركزت أعمالهم بصورة أساسية على البلاطات المستطيلة الخاضعة لحمولات موزعة بانتظام نظراً لأهمية الموضوع و تطبيقاته العديدة .

و لكي نعطي فكرة عن المبادئ النظرية التي قامت عليها هذه الطرق نذكر أن بعضها قام على فكرة اعتبار البلاطة مؤلفة من مجموعة من الشرائح المتعامدة ثم طبق مبدأ تساوي السهم لكل شريحتين متقاطعتين في نقطة تقاطعهما (انظر الشكل 13) مع إدخال بعض العوامل التي تأخذ بعين الاعتبار دور عزم الفتل الذي يحصل بسبب اختلاف سهوم الشرائح المتجاورة ، حيث يؤدي وجود عزم الفتل إلى تخفيف قيم العزمين M_a و M_b . و قد أجرى " ماركوس " دراسة أعطى بنتيجتها معاملاً γ (قيمته أصغر من الواحد) تصغّر بواسطته قيم M_a و M_b فيؤخذ بذلك تأثير وجود عزم الفتل .

كما أن من أهم الطرائق و أحدثها طريقة " التوازن الحدي " التي تدعى أيضاً " طريقة خطوط الانكسار "،

و هي تقوم على دراســة الوضعية التي تفقد فيها البلاطة قدرتها على التحمل تحت تأثير الحمولات الخارجية و تفترض من أجل ذلك أن البلاطة تعمل في مرحلة التوازن الحدي كحملة ديسكات (صفائح) مرتبطة ببعضها بعضاً بمفاصل لدنة على طول خطوط الانكسار المبينة في الشكل (14) .



أ- حالة بلاطة عاملة باتجاهين ب- حالة بلاطة عاملة باتجاه واحد

الشكل (14) : تطبيق طريقة خطوط الانكسار

على كل حال ، من المستحيل إعطاء دراسة تفصيليــة كاملة لطرائق حل جميع أنواع البلاطات لذلك سنكتفي بإعطاء الطرائق التي اعتمدها الكود العربي السوري لحســاب البلاطات المربعــة و المســتطيلة و الخاضــعة إلى حمولات موزعة بانتظام و ذلك في الفقرة (٥-٢-٤-٤) ، و هي :

- طريقة الجداول .
- طريقة الشرائح .
- الطريقة المبسطة .

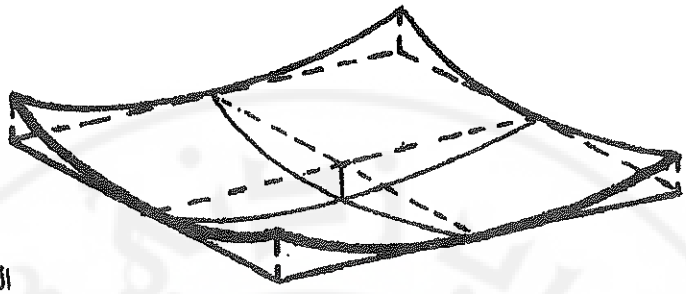
علماً بأن الكود الســوري أشار أيضاً إلى طريقــة خطوط الانكسار (التوازن الحدي) دون أن يقدم تفاصيل عنها .

٥-٢-٤-٢ نظرة إلى أهم النتائج التجريبية المتعلقة بسلوك البلاطات [illegible]

من المفيد ، في هذه المرحلة من حديثنا عن البلاطات المليئة [illegible] ، إعطاء فكرة عن سلوكها

الحقيقي الملاحظ تجريبياً. لقد بينت التجارب العديدة المجراة على بلاطات مليئة ذات أبعاد مختلفة ، ما يلي :

١- إن البلاطـــة تنحني تحت تأثير الأحمال المطبقة و تحاول زواياها في أثناء ذلك أن ترتفع عن المساند (انظر الشكل 17) .



الشكل (17)

و لذلك يكون رد فعل البلاطة على المساند المحيطة أعظمياً عند منتصفات أضلاع المحيط .

٢- عندما تزداد الحمولات عن حد معين تظهر تشققات على الوجه السفلي للبلاطة و يلاحظ أن هذه التشققات تنصف زوايا البلاطة فهي تأخذ مثلاً الشكل (18-a) في حالة البلاطة المربعة ، و الشكل (18-b) في حالة البلاطة المستطيلة ، و كلما ازدادت الحمولات بعد ذلك ازدادت الشقوق عدداً و اتساعاً .

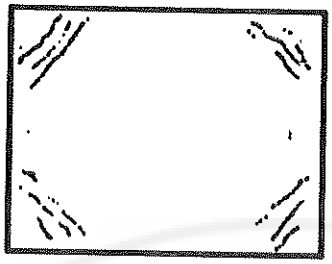
(ملاحظة : أن الخطوط المتقطة المبينة في الشكل (18-b) هي خطوط الانكسار التي تحدثنا عنها في الفقرة السابقة) .



(a) (b)

الشكل (18)

٣- تحت الحمولات الكبيرة و قبيل الانهيار ، تظهر تشققات على الوجـــه الآخر (العلوي) للبلاطـــة و ذلك عند الزوايا و بشكل متعامد مع الأقطار ، إذا كانت زوايا البلاطـــة ممنوعـــة من الارتفاع (انظر الشكل 19) .



الشكل (19)

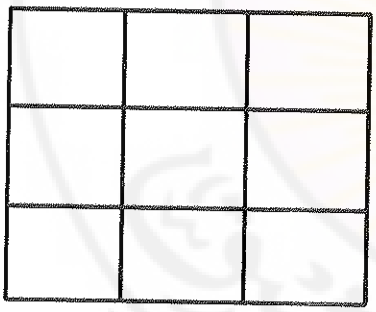
٥-٢-٤-٣ معالجة البلاطات المستمرة :

إن حديثنا عن البلاطات التي تعمل بالاتجاهين اقتصر حتى الآن على حالة البلاطة المنفردة ، و ذكرنا أنه أجريت دراسات لها من أجل جميع حالات استنادها الممكنة .

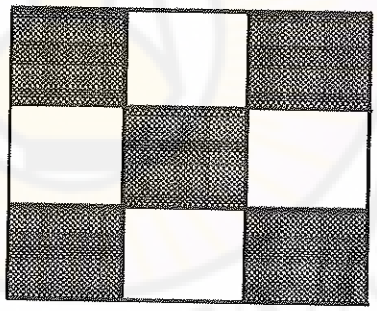
غير أن البلاطات يمكن أن تكون أيضاً مستمرة (كما في الشكل 20) و في مثـــل هذه الحالة يترتب علينا :

١- إيجاد طريقة لتحديد قيم عزوم الاستمرار بين البلاطات (فوق المساند) بالإضافة لقيم العزوم الموجبة M_a^+ و M_b^+ في المجازات .

٢- معرفـــة قيم العزوم الأعظمية الموجبة و السالبة التي تحصل في البلاطات فيما لو تم تحميلها شطرنجياً (انظر الشكل 21) .



الشكل (20)



الشكل (21)

إن طرائق الحســـاب التي اعتمدها بعض " الكودات " كانت تتطلب فعلاً تحميل البلاطـــة شـــطرنجياً بالحمولة الحية و بوضعيات تحميل مختلفة و استنتاج قيم العزوم الأعظمية الموجبة و السالبة ، و لا شك أن هذا يتطلب عملاً طويلاً .

غير أن طريقة جداول الكود العربي السوري ، التي سنقدمها في الفقرة التاليـــة ، لا تتطلب عمل تحميل شـــطرنجي لأنها أخذت بالاعتبار تأثير التحميل الشطرنجي بشكل غير مباشر عن طريق اســـتخدام عوامل خاصة بالحمولة الحية (هي α_{LL}) أكبر من العوامل (α_{DL}) الخاصة بالحمولة الثابتة .

٥-٢-٤-٤- طرائق الكود السوري في تصميم البلاطات التي تعمل باتجاهين :

١- *طريقة الجداول :*

أ- يستند حساب البلاطات بطريقة الجداول على نظريات المرونة بشرط أن تتوافر المستلزمات الكافية لضمان وضع التسليح المقاوم لعزوم الانحناء السالبة ، في مكانه الصحيح أثناء الصب .

ب- تقتصر صلاحية هذه الجداول على بلاطات المباني العادية التي لا تتجاوز الأحمال الحيّة عليها القيمة $5\ kN/m^2$ ($500\ kgf/m^2$) على أنه يمكن استعمالها لحالة أحمال حية أكبر ، شريطة مراعاة احتمال تغير إشارة العزم في وسط المجاز و عند المسند (نشوء عزم سالب في وسط المجاز و عزم موجب عند المسند) .

ج- فيما عدا ذلك ، مثل بلاطات المستودعات و الخزانات والجسور ... إلخ ، تُصمم طبقاً للاشتراطات الخاصة بها .

د- تنطبق الجداول على البلاطات التي ليس فيها ترتيبات لمقاومة الفتل أو ارتفاع الزوايا .

سنبين فيما يلي كيفية حساب البلاطة وفق هذه الطريقة عندما تكون البلاطة منفردة و عندما تكون البلاطات مستمرة .

أ- حساب البلاطة المنفردة :

لقد أخذ الكود السوري بالاعتبار جميع حالات الاستناد الممكنة للبلاطة ، و هي الحالات التسع المبينة في رأس كل من الجداول رقم (١) و (٢) و (٣) .

فتبعاً لشكل استناد البلاطة و لنسبة بعديها $\frac{a}{b}$ يمكن أن نقرأ في الجداول المعطاة قيم العوامل اللازمة لحساب العزوم في البلاطة :

$$\alpha_{A_{ل}} \ , \ \alpha_{B_{ل}} \ , \ \alpha_{A_{ق}} \ , \ \alpha_{B_{ق}} \ , \ \alpha_{A}^{-} \ , \ \alpha_{B}^{-}$$

نحسب بعد ذلك قيم العزوم في البلاطة باستخدام العلاقات التالية :

• العزوم الموجبة :

$$M_a^+ = \left(\alpha_{A_{ل}} .g + \alpha_{A_{ق}} .P\right) a^2$$

$$M_b^+ = \left(\alpha_{B_{ل}} .g + \alpha_{B_{ق}} .P\right) b^2$$

• العزوم السالبة في الوثاقات :

$$M_a^- = -\alpha_A^- \ . \ W.a^2$$

$$M_b^- = -\alpha_B^- \ . \ W.b^2$$

حيث : $W = g + P$

g هي الحمولة الميتة على المتر المربع من البلاطة .

P هي الحمولة الحية على المتر المربع من البلاطة .

(أو نأخذ : P_u و g_u و $W_u = g_u + P_u$ عنـــد الحساب على حالة الحد الأقصى) .

قال رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الجدول رقم (١)

المعاملات المعتمدة في العزوم السالبة للبلاطات

نسبة $\frac{a}{b}$		حالة ١ 	حالة ٢ 	حالة ٣ 	حالة ٤ 	حالة ٥ 	حالة ٦ 	حالة ٧ 	حالة ٨ 	حالة ٩ 
1.00	α_A^-		0.045	0.076	0.050	0.075	0.071	0.071	0.033	0.061
	α_B^-		0.045		0.050				0.061	0.033
0.95	α_A^-		0.050	0.072	0.055	0.079	0.075	0.067	0.038	0.065
	α_B^-		0.041		0.045				0.056	0.029
0.90	α_A^-		0.055	0.070	0.060	0.080	0.079	0.062	0.043	0.068
	α_B^-		0.037		0.040				0.052	0.025
0.85	α_A^-		0.060	0.065	0.066	0.082	0.083	0.057	0.049	0.072
	α_B^-		0.031		0.034				0.046	0.021
0.80	α_A^-		0.065	0.061	0.071	0.083	0.086	0.051	0.055	0.075
	α_B^-		0.027		0.029				0.041	0.017
0.75	α_A^-		0.069	0.056	0.076	0.085	0.088	0.044	0.061	0.078
	α_B^-		0.022		0.024				0.036	0.014
0.70	α_A^-		0.074	0.050	0.081	0.086	0.091	0.038	0.068	0.081
	α_B^-		0.017		0.019				0.029	0.011
0.65	α_A^-		0.077	0.043	0.085	0.087	0.093	0.031	0.074	0.083
	α_B^-		0.014		0.015				0.023	0.008
0.60	α_A^-		0.081	0.035	0.089	0.088	0.095	0.024	0.080	0.085
	α_B^-		0.010		0.011				0.018	0.006
0.55	α_A^-		0.084	0.028	0.092	0.089	0.096	0.019	0.085	0.086
	α_B^-		0.007		0.008				0.014	0.005
0.50	α_A^-		0.086	0.022	0.094	0.090	0.097	0.014	0.089	0.088
	α_B^-		0.006		0.006				0.010	0.003

$M_A^- = \alpha_A^- \cdot w \cdot a^2$
$M_B^- = \alpha_B^- \cdot w \cdot b^2$

$w = g + p$
$w_u = g_u + p_u$

الجدول رقم (٢)

المعاملات المعتمدة في العزوم الموجبة بتأثير الأحمال الثابتة للبلاطات

$\frac{a}{b}$ نسبة		حالة١ 	حالة٢ 	حالة٣ 	حالة٤ 	حالة٥ 	حالة٦ 	حالة٧ 	حالة٨ 	حالة٩ 
1.00	$\alpha_A DL$	0.036	0.018	0.018	0.027	0.027	0.033	0.027	0.020	0.023
	$\alpha_B DL$	0.036	0.018	0.027	0.027	0.018	0.027	0.033	0.023	0.020
0.95	$\alpha_A DL$	0.040	0.020	0.021	0.030	0.028	0.036	0.031	0.022	0.024
	$\alpha_B DL$	0.033	0.016	0.025	0.024	0.015	0.024	0.031	0.021	0.017
0.90	$\alpha_A DL$	0.045	0.022	0.025	0.033	0.029	0.039	0.035	0.025	0.026
	$\alpha_B DL$	0.029	0.014	0.024	0.022	0.013	0.021	0.028	0.019	0.015
0.85	$\alpha_A DL$	0.050	0.024	0.029	0.036	0.031	0.042	0.040	0.029	0.028
	$\alpha_B DL$	0.026	0.012	0.022	0.019	0.011	0.017	0.025	0.017	0.013
0.80	$\alpha_A DL$	0.056	0.026	0.034	0.039	0.032	0.045	0.045	0.032	0.029
	$\alpha_B DL$	0.023	0.011	0.020	0.016	0.009	0.015	0.022	0.015	0.010
0.75	$\alpha_A DL$	0.061	0.028	0.040	0.043	0.033	0.048	0.051	0.036	0.031
	$\alpha_B DL$	0.019	0.009	0.018	0.013	0.007	0.012	0.020	0.013	0.007
0.70	$\alpha_A DL$	0.068	0.030	0.046	0.046	0.035	0.051	0.058	0.040	0.033
	$\alpha_B DL$	0.016	0.007	0.016	0.011	0.005	0.009	0.017	0.011	0.006
0.65	$\alpha_A DL$	0.074	0.032	0.054	0.050	0.036	0.054	0.065	0.044	0.034
	$\alpha_B DL$	0.013	0.006	0.014	0.009	0.004	0.007	0.014	0.009	0.005
0.60	$\alpha_A DL$	0.081	0.034	0.062	0.053	0.037	0.056	0.073	0.048	0.036
	$\alpha_B DL$	0.010	0.004	0.011	0.007	0.003	0.006	0.012	0.007	0.004
0.55	$\alpha_A DL$	0.088	0.035	0.071	0.056	0.038	0.058	0.081	0.052	0.037
	$\alpha_B DL$	0.008	0.003	0.009	0.005	0.002	0.004	0.009	0.005	0.003
0.50	$\alpha_A DL$	0.095	0.037	0.080	0.059	0.039	0.061	0.089	0.056	0.038
	$\alpha_B DL$	0.006	0.002	0.007	0.004	0.001	0.003	0.007	0.004	0.002

$M^{+}_{ADL} = \alpha_{ADL} \cdot g \cdot a^2$

$M^{+}_{BDL} = \alpha_{BDL} \cdot g \cdot b^2$

g = الحمل الميت (الثابت) (أو g_s)

الجدول رقم (٣)

المعاملات المعتمدة في العزوم الموجبة تحت تأثير الأحمال المتغيرة للبلاطات

$\frac{a}{b}$	نسبة	حالة ١	حالة ٢	حالة ٣	حالة ٤	حالة ٥	حالة ٦	حالة ٧	حالة ٨	حالة ٩
1.00	$\alpha_A LL$	0.036	0.027	0.027	0.032	0.032	0.035	0.032	0.028	0.030
	$\alpha_B LL$	0.036	0.027	0.032	0.032	0.027	0.032	0.035	0.030	0.028
0.95	$\alpha_A LL$	0.040	0.030	0.031	0.035	0.034	0.038	0.036	0.031	0.032
	$\alpha_B LL$	0.033	0.025	0.029	0.029	0.024	0.029	0.032	0.027	0.025
0.90	$\alpha_A LL$	0.045	0.034	0.035	0.039	0.037	0.042	0.040	0.035	0.036
	$\alpha_B LL$	0.029	0.022	0.027	0.026	0.021	0.025	0.029	0.024	0.022
0.85	$\alpha_A LL$	0.050	0.037	0.040	0.043	0.041	0.046	0.045	0.040	0.039
	$\alpha_B LL$	0.026	0.019	0.024	0.023	0.019	0.022	0.026	0.022	0.020
0.80	$\alpha_A LL$	0.056	0.041	0.045	0.048	0.044	0.051	0.051	0.044	0.042
	$\alpha_B LL$	0.023	0.017	0.022	0.020	0.016	0.019	0.023	0.019	0.017
0.75	$\alpha_A LL$	0.061	0.045	0.051	0.052	0.047	0.055	0.056	0.049	0.046
	$\alpha_B LL$	0.019	0.014	0.019	0.016	0.013	0.016	0.020	0.016	0.013
0.70	$\alpha_A LL$	0.068	0.049	0.057	0.057	0.051	0.060	0.063	0.054	0.050
	$\alpha_B LL$	0.016	0.012	0.016	0.014	0.011	0.013	0.017	0.014	0.011
0.65	$\alpha_A LL$	0.074	0.053	0.064	0.062	0.055	0.064	0.070	0.059	0.054
	$\alpha_B LL$	0.013	0.010	0.014	0.011	0.009	0.010	0.014	0.011	0.009
0.60	$\alpha_A LL$	0.081	0.058	0.071	0.067	0.059	0.068	0.077	0.065	0.059
	$\alpha_B LL$	0.010	0.007	0.011	0.009	0.007	0.008	0.011	0.009	0.007
0.55	$\alpha_A LL$	0.088	0.062	0.080	0.072	0.063	0.073	0.085	0.070	0.063
	$\alpha_B LL$	0.008	0.006	0.009	0.007	0.005	0.006	0.009	0.007	0.006
0.50	$\alpha_A LL$	0.095	0.066	0.088	0.077	0.067	0.078	0.092	0.076	0.067
	$\alpha_B LL$	0.006	0.004	0.007	0.005	0.004	0.005	0.007	0.005	0.004

$M^+_{LL} = \alpha_{LL} \cdot pa^2$

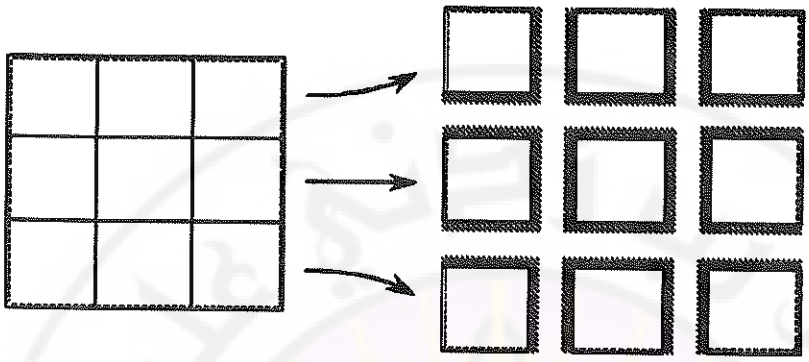
$M^+_{LL} = \alpha_{LL} \cdot pb^2$

p = الحمل الحي (المتغير) (أو p_s)

ب- حساب البلاطات المستمرة :

تتبّع في حساب البلاطات المستمرة الخطوات التالية :

١- نعتبر مبدئياً أن استناد البلاطة من جهة الاستمرار وثاقة تامة ، كما في الشكل (22) .



الشكل (22)

٢- نأخذ قيم العوامل اللازمة لحساب العزوم في كل بلاطة بمفردها من جداول الكود تبعاً لحالة استنادها و لقيمة النسبة $\frac{a}{b}$ فيها .

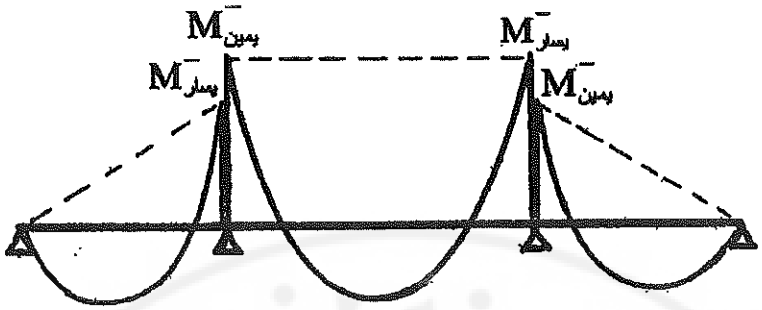
٣- تحسب العزوم السالبة في الوثاقات و العزوم الموجبة في المجازات لكل بلاطة بمفردها .

٤- نأخذ شرائح طولية و شرائح عرضية على كامل السقف و نضع عليها العزوم الموجبة و عزوم الوثاقات التي حسبت في كل بلاطة باعتبارها منفردة .

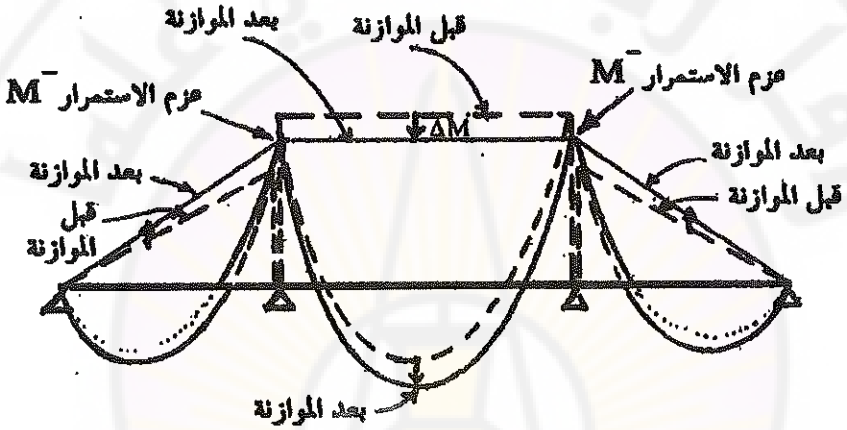
٥- في حال اختلاف عزمي الوثاقة لبلاطتين متجاورتين في الشريحة نجري عملية موازنة للعزمين حيث نحسب عزم الاستمرار كما يلي :

$$M^{-} = \frac{M^{-}_{\text{يمين}} + M^{-}_{\text{يسار}}}{2}$$

٦- نعدل العزم الموجب تبعاً لتغير قيمة العزم السالب لكل بلاطة مع ملاحظة أننا نزيد العزم الموجب في البلاطة التي انخفض عزمها السالب ، و لكن لا ننقص العزم الموجب في البلاطة التي ازداد عزمها السالب ، (انظر الشكل 23) .



قبل الموازنة



الشكل (23)

٧- بعد انتهاء عملية موازنـــة العزوم السالبة و تعديل الموجبة في الشريحة ، تخفض العزوم السالبة بحدود 20% و تزيد العزوم الموجبة بما يناسب ذلك .

٨- نعتبر وجود عزم سالب " اعتباري " فوق المساند الطرفية (البسيطة) مقداره $-\frac{M^+}{3}$ حيث M^+ هو العزم الموجب النهائي في الفتحة الطرفية .

٢- *طريقة الشرائح :*

أ- تقتصر صلاحية هذه الطريقة ، على بلاطات المباني العاديـــة التي لا تتجاوز الأحمال الحيـــة عليها القيمة 5 kN/m² (500 kgf/m²) ، على أنه يمكن استعمالها لحالة أحمال حيـــة أكبر شريطة مراعاة احتمال تغير إشارة العزم في وسط المجاز و عند المسند (نشوء عزم سالب في وسط المجاز و عزم موجب عند المسند) .

ب- فيما عـــدا ذلك مثـــل بلاطـــات المســـتودعات و الخزانات و الجســـور ... إلخ ، تُصمم طبقاً

للاشتراطات الخاصة بها .

ج- تنطبق هذه الطريقـــة على البلاطات التي تستند على حوائز محيطيـــة ذات عمق لا يقل عن مثلي سماكة البلاطة و مصبوبة استمرارياً مع البلاطة ذات الترتيبات المعيّنة لمقاومة الفتل و ارتفاع الزوايا و التي تعدّ محققة بوجود حديد تسليح علوي إنشائي عند المسند .

د- تحسب عزوم الانحناء لشرائح باتجاهين ، إذ يُوزّع الحمل الكلي باتجاهين ، حسبما يلي :

- الحمل w_1 (بالاتجاه الطويل) $w_1 = \alpha_1 w$

- الحمل w_2 (بالاتجاه القصير) $w_2 = \alpha_2 w$

حيث : α_1 ، α_2 هما معاملان تؤخذ قيمهما من الجدول (٤) التالي ، ثم تستعمل من أجل حساب عزوم الانحناء ، نفس القواعد المذكورة في البند (8-4-1) للبلاطات ذات الاتجاه الواحد ، و لكن مع استعمال w_1 (أو w_2) عوضاً w .

الجدول رقم (٤)

معاملات توزيع الأحمال في البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين

نسبة الاستطالة r						0.76	0.80	0.90	1.00
α_1						0.52	0.48	0.40	0.33
α_2						0.19	0.21	0.27	0.33
نسبة الاستطالة r	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	∞
α_1	0.28	0.23	0.19	0.16	0.14	0.12	0.08	0.06	0.00
α_2	0.39	0.45	0.51	0.57	0.61	0.66	0.79	0.89	1.00

- تعرّف نسبة (درجة) الاستطالة (r) للبلاطة : بأنها نسبة المسافـــة بين خطي الانقلاب (أي خطي انعدام عزم الانعطاف) في الاتجاه الطويل ، إلى المسافـــة بين خطي الانقلاب في الاتجاه القصير ، عندما تكون البلاطـــة المدروســـة فقط محمّلة . تُحسب هذه المسافة بالتحليل الإنشائي طبقاً لنظرية المرونة ، إذا كان :

L_1 = المحاز الفعّال بالاتجاه الطويل للبلاطة .

L_2 = المحاز الفعّال بالاتجاه القصير للبلاطة .

m_1 = نسبة المسافة بين خطي الانقلاب (أي خطي انعدام عزم الانعطاف) في شريحة محملة من البلاطة في اتجاه المحاز L_1 ذاته .

m_2 = نسبة المسافة بين خطي الانقلاب (أي خطي انعدام عزم الانعطاف) في شريحة محملة من البلاطة في اتجاه المحاز L_2 ذاته .

فتكون نسبة (درجة) الاستطالة (r) محسوبة من : $r = \frac{m_1 L_1}{m_2 L_2}$

- بالنسبة للبلاطات المستمرة المستعملة في المباني العادية ، ذات الأحمال الحيّة الموزعة بانتظام و الصغيرة (لا تتعدى $5\ kN/m^2$) ، و عندما يكون المحاز L_1 و L_2 لا يقلّ عن $\frac{2}{3}$ المحاز أو المحازات المجاورة ، و لا يزيد عن 1,5 منه ، يمكن استعمال قيم لـ m_1 و m_2 مساوية إلى 0,87 للفتحات الطرفية ، و 0,76 للفتحات الداخلية ، بينما تؤخذ قيمة الواحد للفتحات غير المستمرة من الجانبين .

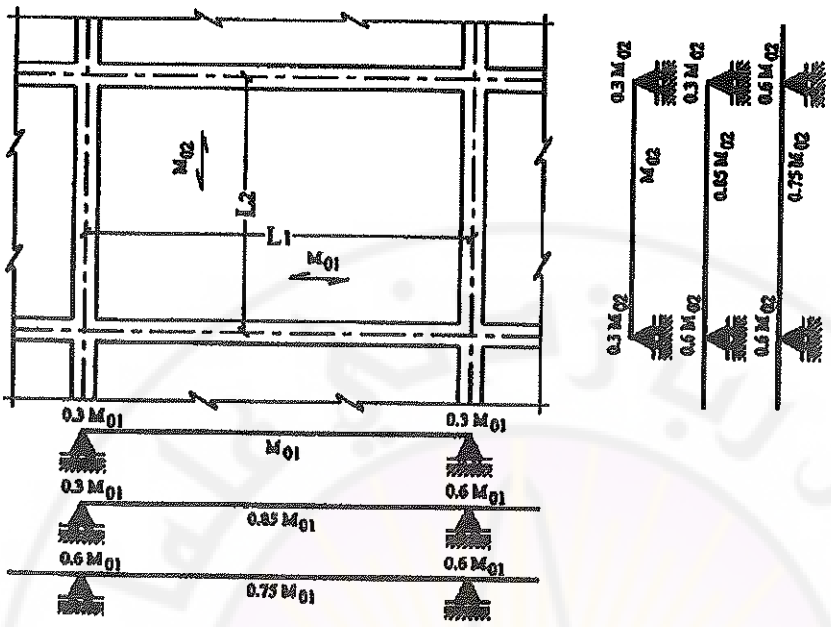
- بالنسبة للبلاطات المستمرة التي لا تحقق الشروط الواردة في (د) أعلاه ، تستنتج قيم m_1 و m_2 بالتحليل و بافتراض المحاز المدروس هو المحمّل فقط .

٣- *الطريقة المبسّطة* :

أ- تقتصر صلاحية هذه الطريقة ، على بلاطات المباني العادية التي لا تتجاوز الأحمال الحية الاستثمارية عليها $5\ kN/m^2$ ($500\ kgf/m^2$) ، و الموزّعة بانتظام ، على أنه يمكن استعمالها لحالة أحمال حية أكبر شريطة مراعاة احتمال تغير إشارة العزم في وسط المحاز و عند المسند (نشوء عزم سالب في وسط المحاز و عزم موجب عند المسند) .

ب- تنطلق هذه الطريقة في الحسابات ، من بلاطة بسيطة الاستناد عند أطرافها الأربعة .

لتكن البلاطة المبينة في الشكل (24) ، و هي بلاطة تعمل باتجاهين ، ذات المحازين L_1 و L_2 ، حيث : L_1 المحاز الأكبر . تتعرّض هذه البلاطة لحمولة موزّعة بانتظام على كامل سطحها ، شدّتها w .



الشكل (24)

ج- تحدد عزوم الانحناء (الناتجة عن الحمولة) في مركز البلاطة بالاتجاهين كالآتي :

١) باتجاه المحاز القصير L_2 : $M_{o2} = \mu_2 \; w \; L_2^2$

٢) باتجاه المحاز الطويل L_1 : $M_{o1} = \mu_1 \; M_{o2}$

حيث : تُحدد قيم العاملين μ_1 ، μ_2 من الجدول (٥) ، أو من الشكل (25) المرفق تبعاً لقيمة النسبة $\left(0{,}5 \le \rho = \frac{L_2}{L_1} \le 1\right)$

و تؤخذ عزوم الانحناء سالبة عند المساند في البلاطة بسيطة الاستناد ، لا تقلّ قيمتها عن $0{,}3\; M_{o1}$ في الاتجاه L_1 ، و عن $0{,}3\; M_{o2}$ في الاتجاه L_2 .

$\rho = \frac{L_2}{L_1}$	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
μ_2	.09073	0.0911	0.0849	0.0787	0.0728	0.0670	0.0615	0.0561	0.0511	0.0465	0.0423
μ_1	0.328	0.377	0.435	0.492	0.550	0.612	0.681	0.757	0.831	0.915	1.00

الجدول (٥)

د- إذا كانت البلاطة مستمرة من طرف ، و مستندة استناداً بسيطاً من الطرف الآخر ، تعتمد القيم التالية لعزوم الانحناء :

في المحازات :

بالاتجاه L_1 $0,85\ M_{o1}$

بالاتجاه L_2 $0,85\ M_{o2}$

عند المساند الطرفية (عزم سالب) :

بالاتجاه L_1 $0,3\ M_{o1}$

بالاتجاه L_2 $0,3\ M_{o2}$

عند المساند الداخلية (عزم سالب) :

بالاتجاه L_1 $0,6\ M_{o1}$

بالاتجاه L_2 $0,6\ M_{o2}$

هـ- إذا كانت البلاطة مستمرة من الطرفين ، تعتمد القيم التالية لعزوم الانحناء :

في المحازات :

بالاتجاه L_1 $0,75\ M_{o1}$

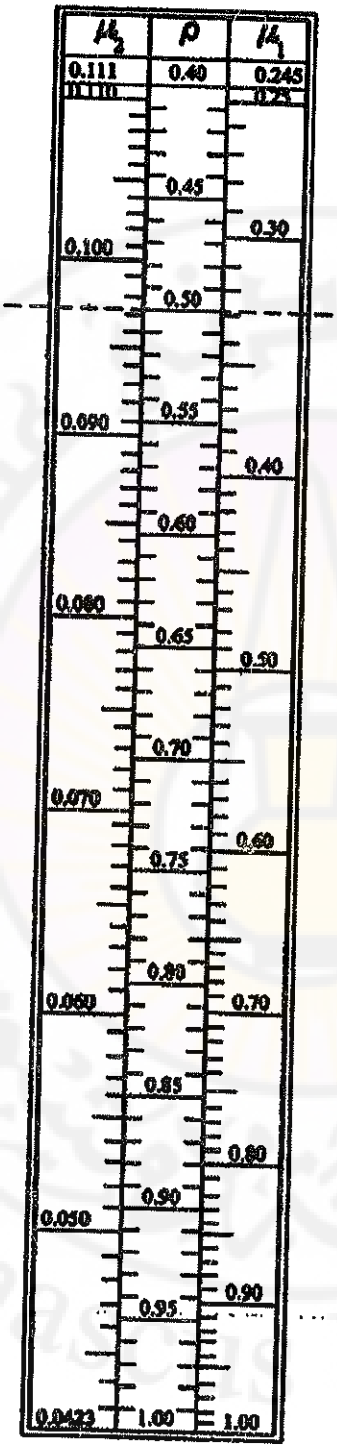
بالاتجاه L_2 $0,75\ M_{o2}$

عند المساند الداخلية (عزم سالب) :

بالاتجاه L_1 $0,6\ M_{o1}$

بالاتجاه L_2 $0,6\ M_{o2}$

و- يُؤخذ العزم السالب لبلاطة مستمرة متوسط القيمتين عند يسار و يمين المسند .


μ_2
ρ
μ_1
0.111
0.40
0.245
0.45
0.30
0.100
0.50
0.55
0.090
0.40
0.60
0.080
0.65
0.50
0.70
0.070
0.60
0.75
0.80
0.060
0.70
0.85
0.80
0.90
0.050
0.90
0.95
0.0423
1.00
1.00

الشكل (25)

٥-٢-٤-٥- القواعد التي يجب التقيد بها عند حساب البلاطات المليئة العاملة باتجاهين و تصميمها، مع القواعد المتعلقة بالأظفار و الفتحات :

١- المحاز الحسابي (الفعّال) :

يحـــدد المحاز الحسابي في كل اتجاه بنفس طريقة حساب المحاز الحسابي لبلاطة باتجاه واحـــد . (عملياً نستخدم الأبعاد بين محاور الجوائز الحاملة للبلاطة) .

٢- السماكة الدنيا للبلاطة :

يجب ألا تقـــل السماكة عن 8 cm ، كما يجب أن تحقق الشرط التالي (شرط السهم) :

$$H \geq \frac{\text{المحيط المكافئ للبلاطة}}{140}$$

حيث المحيط المكافئ للبلاطة العاملة باتجاهين هو مجموع الأطوال المكافئة لأضلاع البلاطـــة ، علماً بأن :

- الطول المكافئ لضلع ما يؤخذ مساوياً للطول الفعلي لهذا الضلع إذا كانت البلاطـــة ذات استناد بسيط عنده ،
- و الطول المكافئ لضلع ما يؤخذ مساوياً إلى 0,76 من الطول الفعلي لهذا الضلع إذا كانت البلاطة مستمرة عنده .

٣- يمكن حساب وزن الجدران (القواطع) المبنية فوق البلاطات و ضربه بـــ 1,5 و توزيع هذه الحمولة على البلاطة للحصول على حمولة مكافئة موزعة بانتظام تضاف إلى الحمولات الميتة الأخرى .

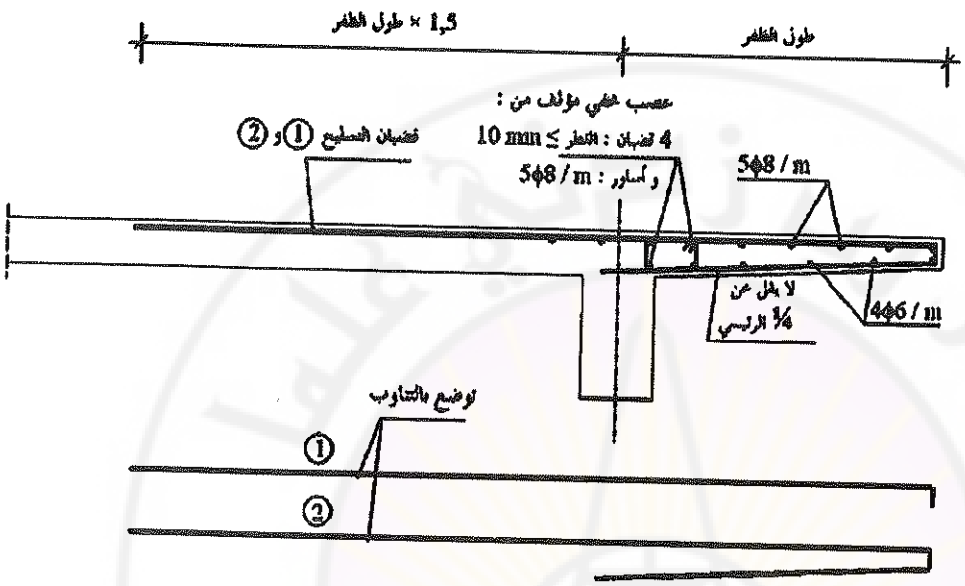
٤- تطبق على البلاطات المليئة العاملة باتجاهين نفس القواعد المتعلقة بنسب التسليح الدنيا و أقطار القضبان و تباعداتها وسماكة الغطاء البيتوني التي وردت في البندين (ج) و (هـــ) من الفقـــرة ٥-٢-٣-٢ ، كما تطبق في كل اتجاه طريقة ترتيب التسليح المبينة سابقاً في الشكل (12).

٥- تسليح الأظفار :

- يجب أن يسلّح الظفر ، بالإضافة إلى تسليحه العلوي الرئيسي ، بتسليح سفلي لا يقل عن ربع التسليح الرئيسي العلوي . (انظر الشكل 26) .
- يسلّح الظفر في الاتجاه الثانوي بتسليح إنشائي (للتوزيع) على الشكل التالي :

- تسليح علوي (تحت التسليح العلوي الرئيسي و متعامداً معه) 5ϕ8/m .
- تسليح سفلي (فوق التسليح السفلي الموازي للرئيسي و متعامد معه) لا يقـــل عن 4ϕ6/m .

• يستخدم عصب مخفي مؤلف من أربع قضبان T 10 و أساور ϕ8/20 cm ، و بحيث يوضع العصب بشكل متعامد مع التسليح العلوي للظفر و قريباً من المسند .



الشكل (26)

٦- نظراً لأن الأظفار القصيرة لا تؤمّن وثاقة كافية للبلاطة المتصلة معها ، فيجب أن نطبّق عند دراسة البلاطات المتصلة بأظفار ما يلي :

أ- إذا كان طول الظفر أقل من $\frac{1}{3}$ بحاز البلاطة بنفس الاتجاه فتعتبر البلاطة عنده مستندة استناداً بسيطاً (عند حساب عزوم البلاطة) . و بعد انتهاء تصميم البلاطة يصمم الظفر و يدخل تسليحه في داخل البلاطة بمقدار 1,5 طوله . (انظر الشكل 26) .

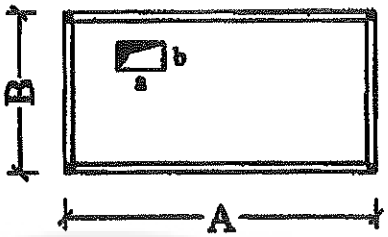
ب- إذا كان طول الظفر أكبر من $\frac{1}{3}$ بحاز البلاطة بنفس الاتجاه فيعتبر استناد البلاطة عنده وثاقة تامّة (عند حساب عزوم البلاطة) . و يتابع التصميم كما ذكرنا سابقاً .

٧- الفتحات الصغيرة في البلاطات الملبنة :

تعدّ الفتحة في البلاطة صغيرة إذا كانت وحيدة و كانت نسبتا بُعدي الفتحة في الاتجاهين إلى بحازي البلاطة في الاتجاهين الموازيين لا تتعدى $\frac{1}{4}$.

أي : $\frac{a}{A} \le \frac{1}{4}$ و $\frac{b}{B} \le \frac{1}{4}$ ، كما هو موضح في الشكل (27) .

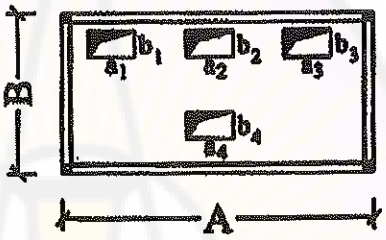
$$\frac{a}{A} \le \frac{1}{4}$$
$$\frac{b}{B} \le \frac{1}{4}$$



الشكل (27)

و في حال وجود عدة فتحات في نفس البلاطة ، تعدُّ هذه الفتحات صغيرة ، إذا كانت نسبة مجموع أبعادها في كل من الاتجاهين إلى مجازي البلاطـــة بالاتجاهين الموازيين لا تتعدى $\frac{1}{4}$ ، كما هو واضح في الشكل (28) .

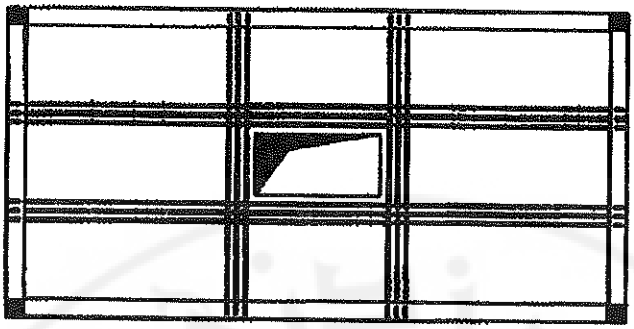
$$\frac{b_4 + [(b_3)أو(b_2)أو(b_1)]}{B} \le \frac{1}{4}$$



الشكل (28)

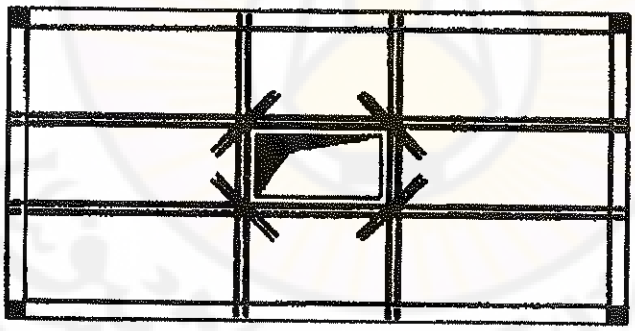
في حال وجود فتحة صغيرة في البلاطة (حسب تعريفها المذكور أعلاه) ، يمكن إهمال تأثير وجود هذه الفتحة عند دراسة البلاطة و لكن بشرط أن تقوّى حوانب الفتحة بإحدى الطريقتين التاليتين :

أ- الطريقة الأولى : من أجل كل اتجاه على حـــده ، يؤخذ مقطع التسليح المقطوع (بسبب الفتحة) في الاتجاه المعتبر و يضرب بـــ 1,5 ثم يوزّع بالتساوي على طرفي الفتحة في ذلك الاتجاه . على أن لا يقـــل التسليح عند كل طرف عن 12 ϕ 2 . و تُمد قضبان التقوية هذه (الموضوعة على حوانب الفتحة) بحيث تصـــل إلى ضمن مساند البلاطـــة، كما هو موضح في الشكل (29) .



الشكل (29)

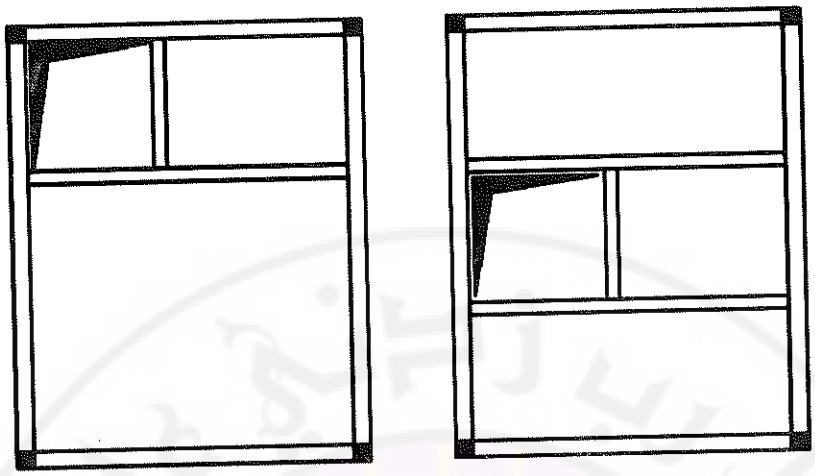
ب- الطريقة الثانية، (يضاف فيها تسليح قطري) : من أجل كل اتجاه على حده ، يوضع مقطع التسليح المقطوع (بسبب الفتحة) في الاتجاه المعتبر و يوزّع بالتساوي على طرفي الفتحة في ذلك الاتجـــاه (دون ضربه بـــ 1,5) ، على أن لا يقل التســـليح عنـــد كل طرف عن 12 ϕ 2 . و تُمد قضبان التقوية هـــذه (الموضوعة على حوانب الفتحة) بحيث تصل إلى ضمن مساند البلاطة . ثم تضاف قضبان تسليح قطريـــة عند زوايا الفتحة بحيث لا تقل عن 10 ϕ 2 عند كل زاوية كما هو موضّح في الشكل (30) .



الشكل (30)

٨- الفتحات الكبيرة في البلاطات الملبنة :

في حال وجود فتحة كبيرة في البلاطة توضع حوائز تقوية على محيط الفتحة ، و يتم توصيل تلك الجوائز حتى مساند البلاطة ، (انظر الشكل 31) . وبالتـــالي تتحول دراسة البلاطة إلى دراسة عدد من البلاطات الصغيرة المتجاورة ، ودراسة حوائز التقوية الواقعة بينها .



بلاطات مليئة ذات فتحات كبيرة

الشكل (31)

Damascus University

٥-٣- أمثـــلة عدديـــة :

٥-٣-١ مثال على تصميم بلاطة تعمل باتجاه واحد

المطلوب : تصميم سقف المبنى الصناعي المبين بالشكل (32)

المعطيات :

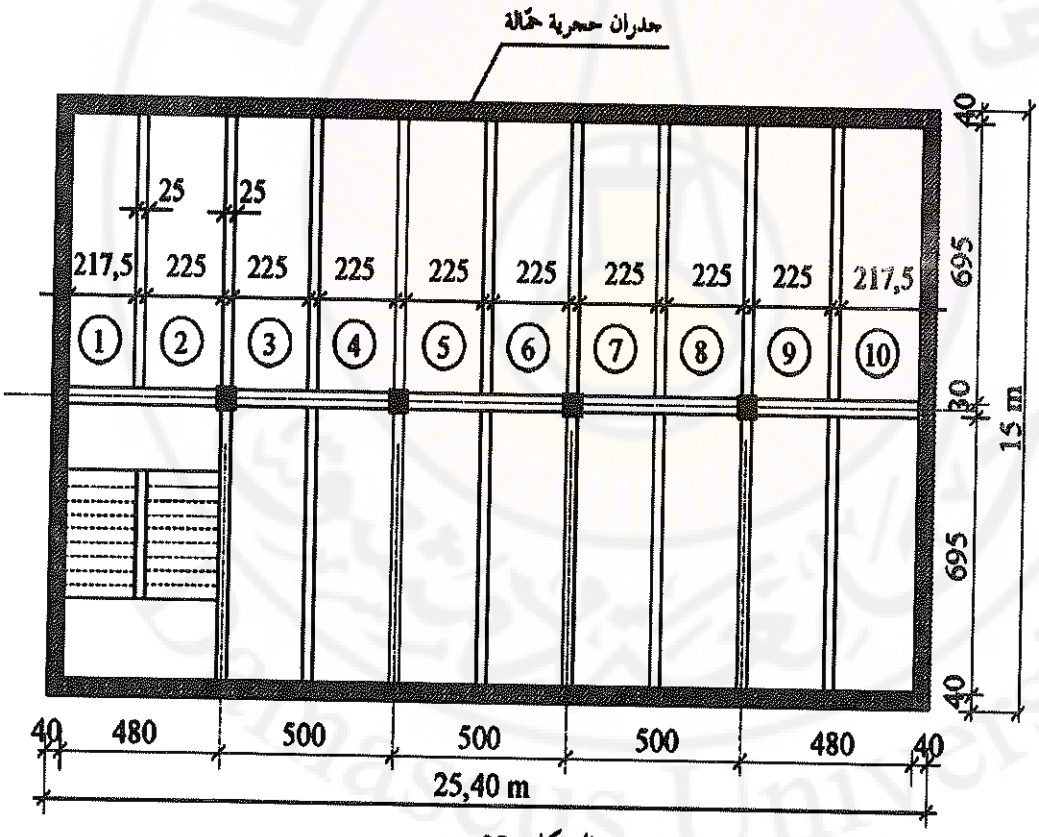
الحمولات الاستمارية (بدون تصميد) :

وزن التغطية $g_{\text{تغطية}} = 2\ kN/m^2\ (0{,}200\ t/m^2)$

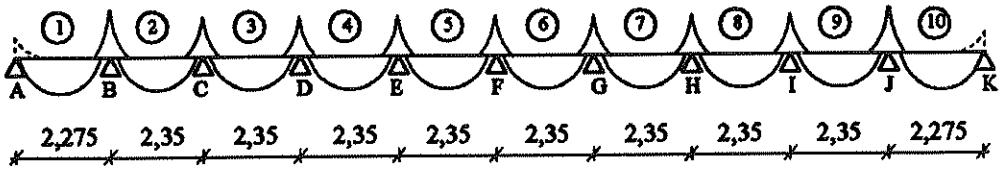
الحمولة الحية $q = 7{,}5\ kN/m^2\ (0{,}750\ t/m^2)$

وهي حمولة موزعة بانتظام ، غير ديناميكية (بضائع و مواد أولية) .

مقاومات المواد : $f'c = 18\ MPa$ $f_y = 360\ MPa$



الشكل (32)



الشكل (33)

المجازات الفعالة :

$$L_1 = L_{10} = \min\begin{cases} 217,5+12,5+20 = 250 \\ 217,5\times 1,05 = 228,4 \text{ cm} \\ 217,5+10 = 227,5 \text{ cm} \end{cases}$$

$$L_2 = \ldots\ L_9 = \min\begin{cases} 250 \\ 225\times 1,05 = 236,3 \\ 225+10 = 235 \text{ cm} \end{cases}$$

(الفرق بين المجازات هو فقط 3,2% (أصغر بكثير من 25%) ، إذن يمكن تطبيق طريقة عوامل الكود للبلاطات) .

تحديد السماكة :

١- شرط السهم :

(من المجازات الطرفية) : $H_{\min} = \frac{227,5}{27} = 8,4 \text{ cm}$

(من المجازات الداخلية) : $H_{\min} = \frac{235}{30} = 7,8 \text{ cm}$

إذن شرط السهم للمجازات الطرفية هو الحاكم = 8,4 cm

⇐ السماكة التقديرية لحساب الوزن الذاتي :

$$H_0 = 8,4+2 = 10,4 \text{ cm}$$

$$g_{\text{ذاتي}} = 0,12\times 1^2 \times 25 = 3 \text{ kN/m}^2 \ (0,300 \text{ t/m}^2)$$

$$g_{\text{البنية الكلية}} = g_{\text{تغطية}} + g_{\text{ذاتي}} = 2+3 = 5 \text{ kN}$$

تصعيد الحمولات $\left.\begin{matrix} g_u = 5\times 1{,}5 = 7{,}5\ \text{kN/m}^2 \\ q_u = 7{,}5\times 1{,}8 = 13{,}5\ \text{kN/m}^2 \end{matrix}\right\} \Rightarrow$ نلاحظ أن $\dfrac{q_u}{g_u} = \dfrac{13{,}5}{7{,}5} = 1{,}8 < 2$

$$W_u = g_u + q_u = 7{,}5 + 13{,}5 = 21\ \text{kN/m}^2\ (2{,}1\ \text{t/m}^2)$$

حساب العزوم في الشريحة :

$$M_1^+ = M_{10}^+ = \frac{W_u L_1^2}{10} = \frac{21\ (2{,}275)^2}{10} = 10{,}869\ \text{kN.m}$$

$$M_B^- = M_y^- = -\frac{21\left(\dfrac{2{,}275+2{,}35}{2}\right)^2}{10} = -11{,}23\ \text{kN.m}$$

$$M_2 = M_3 = \ldots\ M_9 = \frac{21\ (2{,}35)^2}{12} = 9{,}664\ \text{kN.m}$$

$$M_C^- = M_D^- = \ldots\ = M_I^- = -\frac{21\ (2{,}35)^2}{12} = -9{,}664\ \text{kN.m}$$

$$M_A^- = M_R^- = -\frac{W_u L^2}{20} = -\frac{21\ (2{,}275)^2}{20} = -5{,}434\ \text{kN.m}$$

حساب السماكة الفعالة اللازمة :

يتم تحديدها من أكبر عزم :

$M_{u_{max}} = M_{B_u} = -11{,}23\ \text{kN.m}$ (علماً بأن $\mu_{s_{max}} = 2‰$ تسليح عالي المقاومة)

نفرض μ_s

$\mu_s = \dfrac{4}{1000} \rightarrow \dfrac{8}{1000}$ نختار مثلاً $\mu_s = \dfrac{5}{1000}$ (إذ لا يوجد تفاوت كبير بين أطوال المحازات)

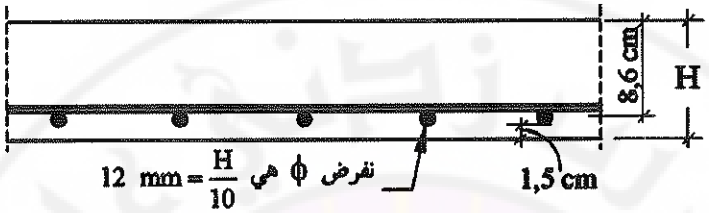
$$\alpha = \mu_s \frac{f_y}{0{,}85\ f'_c} = \frac{5}{1000}\frac{360}{0{,}85\times 18} = 0{,}11765$$

$$A_0 = \alpha\ (1 - 0{,}5\ \alpha) = 0{,}11073$$

$$r_0 = \sqrt{\frac{1}{A_0}} = 3{,}005$$

$$d = r_0 \sqrt{\frac{M_{u_{max}}}{0,9\ (0,85\ f'c)\ b}} = 3,005 \sqrt{\frac{11,23 \times 10^6}{0,9\ (0,85 \times 18)\ \underbrace{1000\ mm}_{100\ cm}}}$$

$$= 85,82\ mm = 8,6\ cm$$



الشكل (34)

$$H_{\text{النظرية اللازمة}} = 8,6 + \underbrace{0,6}_{\frac{\phi}{2}} + 1,5 = 10,7\ cm$$

$H_{\text{الفعلية اللازمة}} = 12\ cm$ ندورها نحو الأعلى

• من الأفضل أن نصحح قيمة d : (لأن الفرق كبير بين $H_{\text{الحسابية}} = 10,7$ و $H_{\text{المدورة}} = 12\ cm$)

$$d_{\text{الفعلية}} = 12 - 0,6 - 1,5 = \underbrace{9,9\ cm}_{\text{كانت } 8,6}$$

$$A_0 = \frac{M_u}{0,9\ (0,85\ f'c)\ b.d^2} = \frac{M_u \times 10^6}{0,9 \times 0,85 \times 18 \times 1000\ (99)^2} = 0,00741\ M_u$$

$$\alpha = 1 - \sqrt{1 - 2\ A_0}$$

$$\gamma_0 = 1 - 0,5\ \alpha$$

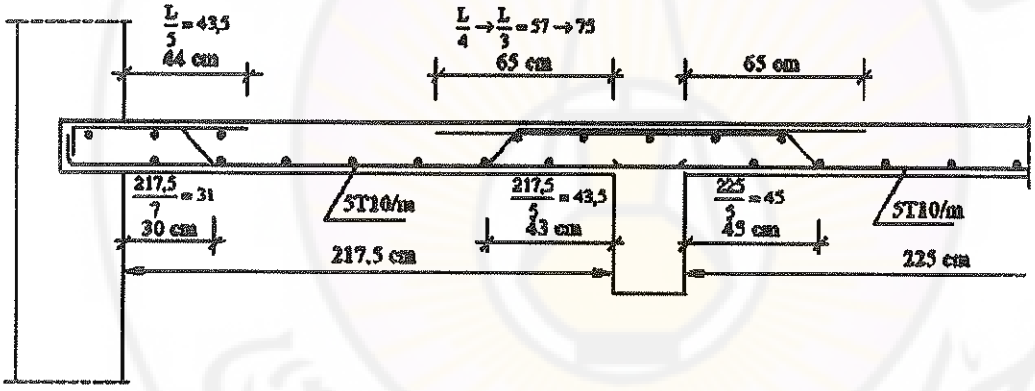
$$A_s = \frac{M_u}{0,9\ \gamma_0\ d\ f_y} = \frac{M_u \times 10^6}{0,9 \times 99 \times 360\ \gamma_0} = 31,176\ \frac{M_u}{\gamma_0} = \frac{1,2}{1000} \times 12 \times 100$$

M_u	A_0	α	γ_0	A_s	نختار	$A_{s_{min}}$
10,869	0,08054	0,08407	0,958	$353,7\ mm^2$ $=3,54\ cm^2$	$5T10/\overline{m}$ $=3,92\ cm^2$	$1,44\ cm^2$
11,23	0,08321	0,0870	0,9565	$366\ mm^2$ $=3,66\ cm^2$	$5T10/\overline{m}$ $=3,92\ cm^2$	$\frac{2}{1000}\times12\times100$ $=2,4\ cm^2$
9,664	0,07161	0,07437	0,9628	$312,9\ mm^2$ $=3,13\ cm^2$	$5T10/\overline{m}$ $=3,92\ cm^2$	$1,44\ cm^2$

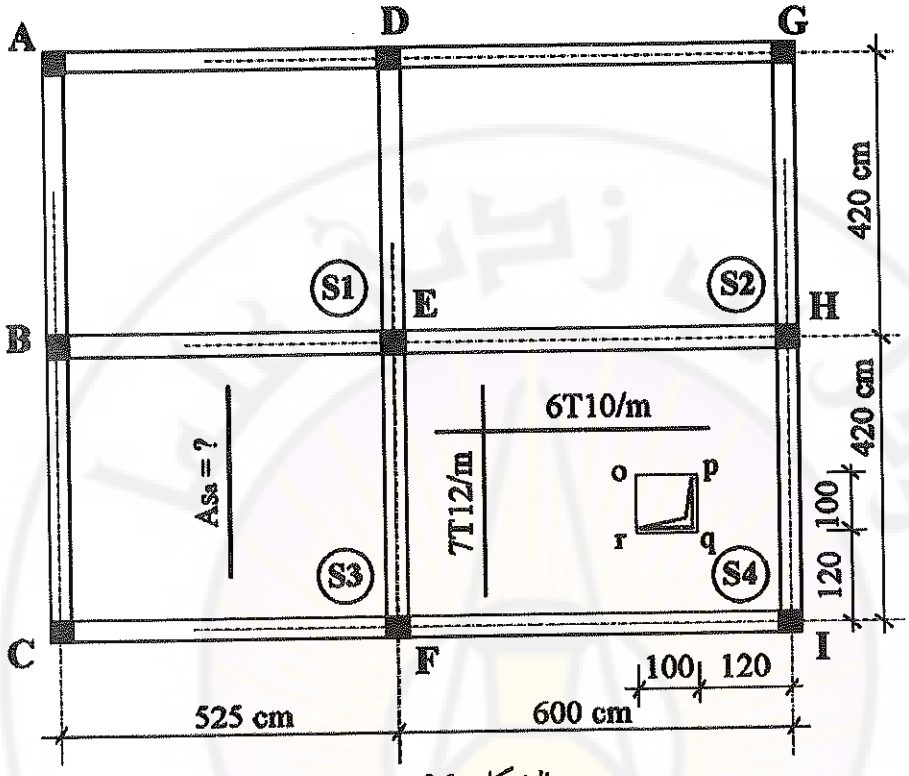
التسليح بالاتجاه الثانوي :

1- $$\frac{3,66\ cm^2}{4}=0,915\ cm^2/\overline{m}$$

2- $$\frac{0,8}{1000}\times12\times100=0,96\ cm^2\Rightarrow 5T6/\overline{m}=1,41\ cm^2$$



الشكل (35) : ترتيب التسليح في البلاطة



الشكل (36)

يبين الشكل (36) سقفاً من البيتون المسلح مؤلفاً من أربع بلاطات مليئة (هي S_1 ، S_2 ، S_3 ، S_4) مستندة على الجوائز ABC ، DEF ، GHI ، ... إلخ . أبعاد هذه البلاطات مبينة في الشكل . (يمكن أن نفترض – للسهولة – أن محاور البلاطات مساوية للأبعاد بين محاور الجوائز الحاملة) . البلاطة S_4 تحوي فتحة (o,p,q,r) كما هو موضح في الشكل .

يتعرض هذا السقف للحمولات القصوى التالية :

– حمولة ميتة ، موزعة بانتظام على السقف ، شدتها هي $g_u = 8,25\,kN/m^2$ ، (بما في ذلك الوزن الذاتي للبلاطة) .

– حمولة حية ، موزعة بانتظام على السقف ، شدتها هي $P_u = 5,40\,kN/m^2$.

المطلوب :

١– استخدم جداول العوامل α_{ADL} و α_{ALL} ، ... إلخ المعطاة في الكود العربي السوري لتحديد قيم

العزوم التصميمية (النهائية) المؤثرة في البلاطات .

٢- إذا علمت أن $f'_c = 20\ MPa$ و $f_y = 360\ MPa$ ، و أن سماكة البلاطات تساوي 14 cm :

أ – احسب فولاذ التسليح اللازم عند منتصف البلاطة S_3 في الاتجاه القصير فقط .

ب– احسب و ارسم التسليح اللازم وضعه لتقوية حوانب الفتحة (o,p,q,r) في البلاطة S_4 .

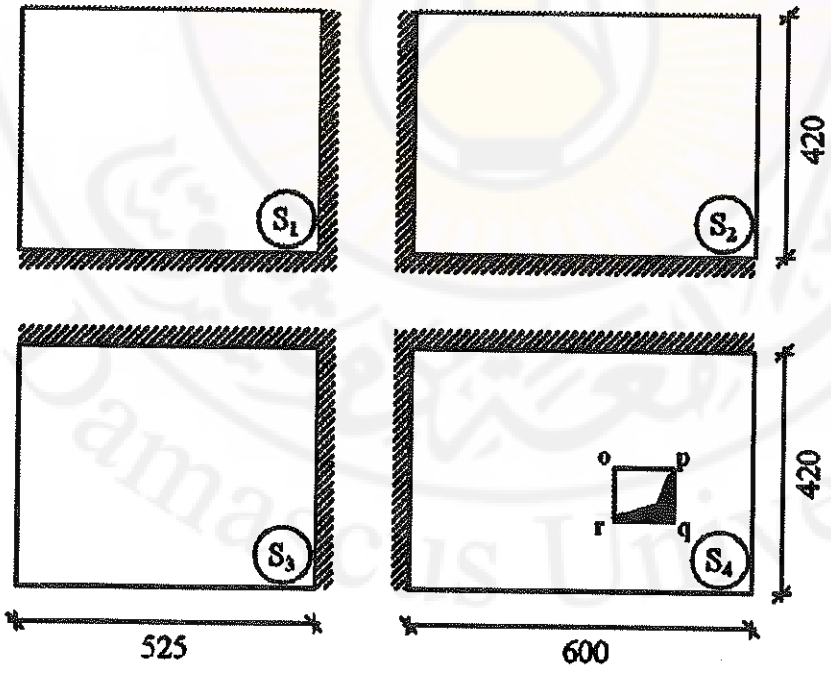
الحل :

لدينا $\left.\begin{array}{l}\frac{420}{4}=105>100\\ \frac{600}{4}=150>100\end{array}\right\}$

إذاً الفتحة صغيرة : يمكن إهمالها عند دراسة البلاطات على أن تقوى حوانبها بالتسليح اللازم حسب الكود

المجازات الفعالة :

يمكن للسهولة استخدام الأبعاد بين محاور الجوائز الحاملة للبلاطات بدلاً عن المجازات الفعالة :



حساب العزوم :

البلاطة S_1 : توافق الحالة 4

$$\frac{a}{b}=\frac{4,2}{5,25}=0,8$$

$$\left.\begin{matrix}\alpha_A^- = 0,071\\ \alpha_B^- = 0,029\end{matrix}\right\} \quad \left.\begin{matrix}\alpha_{A_{DL}} = 0,039\\ \alpha_{B_{DL}} = 0,016\end{matrix}\right\} \quad \left.\begin{matrix}\alpha_{A_{LL}} = 0,048\\ \alpha_{B_{LL}} = 0,020\end{matrix}\right\}$$

$$W_u = g_u + p_u = 8,25 + 5,40 = 13,65\ kN/m^2$$

$$M_{u_a}^+ = (0,039\times 8,25 + 0,048\times 5,40)\,(4,2)^2 = 10,248\ kN.m$$

$$M_{u_b}^+ = (0,016\times 8,25 + 0,020\times 5,40)\,(5,25)^2 = 6,615\ kN.m$$

$$M_{u_a}^- = -0,071\times 13,65\,(4,2)^2 = -17,096\ kN.m$$

$$M_{u_b}^- = -0,029\times 13,65\,(5,25)^2 = -10,9106\ kN.m$$

البلاطة S_2 : توافق الحالة 4 أيضاً

$$\frac{a}{b}=\frac{4,2}{6}=0,7$$

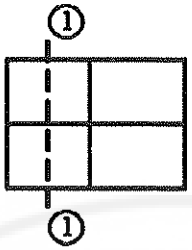
$$\left.\begin{matrix}\alpha_A^- = 0,081\\ \alpha_B^- = 0,019\end{matrix}\right\} \quad \left.\begin{matrix}\alpha_{A_{DL}} = 0,046\\ \alpha_{B_{DL}} = 0,011\end{matrix}\right\} \quad \left.\begin{matrix}\alpha_{A_{LL}} = 0,057\\ \alpha_{B_{LL}} = 0,014\end{matrix}\right\}$$

$$M_{u_a}^+ = (0,046\times 8,25 + 0,057\times 5,40)\,(4,2)^2 = 12,124\ kN.m$$

$$M_{u_b}^+ = (0,011\times 8,25 + 0,014\times 5,40)\,(6)^2 = 5,989\ kN.m$$

$$M_{u_a}^- = -0,081\times 13,65\,(4,2)^2 = -19,504\ kN.m$$

$$M_{u_b}^- = -0,019\times 13,65\,(6)^2 = -9,3366\ kN.m$$



الشريحة 1 :

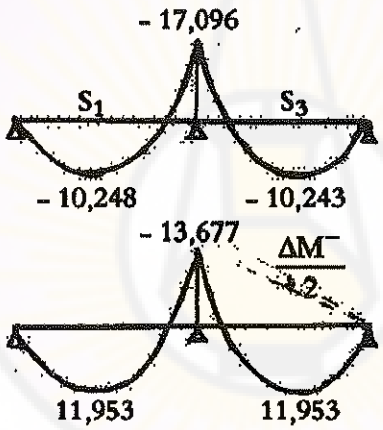
العزمين السالبين متوازنين للتناظر

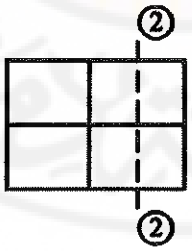
يجري تخفيض للعزوم 20 %

$$M_{u\ \text{المخفض}}^{-} = -17,096 \times 0,8 = -13,677\ \text{kN.m}$$

$$\frac{\Delta M^{-}}{2} = \frac{17,096 - 13,677}{2} = 1,7095\ \text{kN.m}$$

$$M_u^{+} = 10,243 + 1,7095 = 11,953\ \text{kN.m} \qquad \text{(نهائي)}$$





الشريحة 2 :

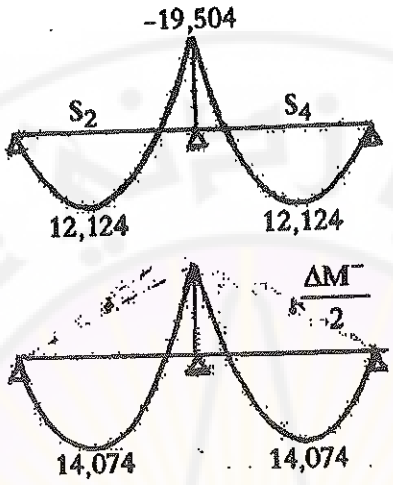
العزمين السالبين متوازنين للتناظر

يجري تخفيض للعزوم 20 %

$$M_{u\ \text{المخفض}}^{-} = -19,504 \times 0,8 = -15,603\ \text{kN.m}$$

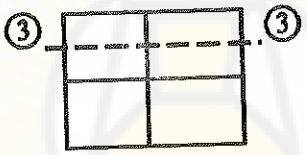
$$\frac{\Delta M^-}{2} = \frac{19,504 - 15,603}{2} = 1,9504 \text{ kN.m}$$

$$M_u^+ = 12,124 + 1,9504 = 14,074 \text{ kN.m} \qquad \text{(نهائي)}$$



الشريحة 3 :

عملية موازنة للعزوم



$$M_u^- = \frac{-(10,9106 + 9,3366)}{2}$$

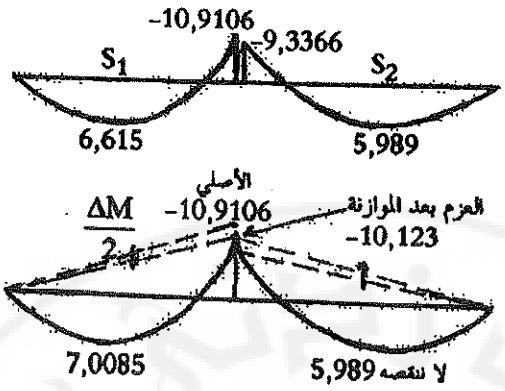
عزم الاستمرار $= -10,1236 \text{ kN.m}$

زيادة العزم الموجب للمحاز الذي هبط عزمه السالب :

مقدار هبوط العزم السالب للبلاطة S_1

$$\Delta M = 10,9106 - 10,1236 = 0,787 \text{ kN.m}$$

$$M_{S_1}^+ = 6,615 + \frac{\Delta M}{2} = 7,0085$$



يتبع : عملية تخفيض العزوم

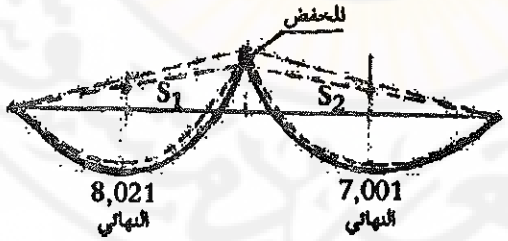
$$M_{u\ \text{المخفض}}^{-} = 0{,}8\,(-10{,}1236) = -8{,}099\ \text{kN.m}$$

$$\Delta M^{-} = (10{,}1236 - 8{,}099) = 2{,}0247\ \text{kN.m}$$

$$\frac{\Delta M^{-}}{2} = \frac{2{,}0247}{2} = 1{,}01236$$

$$M_{S_1}^{+} = 7{,}0085 + 1{,}01236 = 8{,}021\ \text{kN.m}$$

$$M_{S_2}^{+} = 5{,}989 + 1{,}01236 = 7{,}001\ \text{kN.m}$$



جواب الطلب 2-a :

حساب التسليح اللازم في وسط بحاز البلاطة S_3 في الاتجاه القصير فقط من الشريحة 1 نجد أن قيمة العزم الموجب النهائي هي $M_u^{+} = 11{,}953\ \text{kN.m}$

الاتجاه المعتبر هو الاتجاه القصير للبلاطة إذاً :

$$d_a = 14 - 1{,}5 - 0{,}6 = 11{,}9\ \text{cm}$$

$$M_{u_a}^{+} = 11{,}953\ \text{kN.m}$$

$$A_0 = \frac{M_u}{0{,}9\,(0{,}85\,f'_c)\,b\cdot d^2} = \frac{11{,}953\times10^6}{0{,}9\,(0{,}85\times20)\,1000\,(119)^2} = 0{,}05517$$

$$\alpha = 1-\sqrt{1-2A_0} = 0{,}05678$$

$$\alpha = 0{,}05678 < \alpha_{max} = \frac{267{,}75}{630+360} = 0{,}27045$$

فالسماكة كافية لاستخدام تسليح أحادي

$$\gamma_0 = 1-0{,}5\,\alpha = 1-\frac{0{,}05678}{2} = 0{,}97161$$

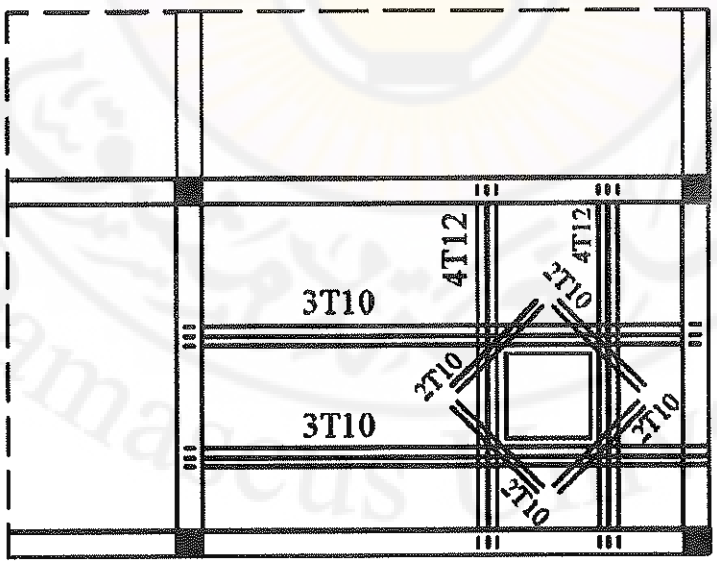
$$A_{S_a} = \frac{M_u}{0{,}9\ \gamma_0\cdot d\cdot f_y} = \frac{11{,}953\times10^6}{0{,}9\times0{,}97161\times119\times360} = 319{,}08\ \text{mm}^2/\text{m}$$

$$= 3{,}19\ \text{cm}^2/\text{m}$$

$$\text{use } 5T10/\text{m} = 3{,}92\ \text{cm}^2/\text{m}$$

جواب الطلب 2-b :

حساب و رسم تسليح التقوية حول الفتحة :



وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل السادس

البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد (هوردي)
One-way ribbed slab

٦-١- تعريف البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد، مزاياها وعيوبها:

هي عبارة عن بلاطات عاملة باتجاه واحد يكون فيها التباعد بين الجوائز الثانوية (الأعصاب) صغيراً. وتتميز البلاطات المفرغة باتجاه من بقية أنواع البلاطات بما يأتي:

- سهولة تنفيذ القالب الخشبي، في حالة استخدام جوائز مخفية.
- والعزل الجيد للصوت والحرارة.
- وإمكانية تنفيذ القواطع فوقها في مواقع واتجاهات مختلفة.

أما عيوب هذا النوع من البلاطات فهي:

- زيادة وزن المنشأ بشكل عام.
- وزيادة الكلفة، مقارنة مع البلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد.

٦-٢- أشكال البلاطات المفرغة باتجاه واحد:

تشتمل البلاطات المفرغة على البلاطات الآتية:

أ- بلاطات مفرغة ذات قوالب مؤقتة، وتتألف من أعصاب باتجاه واحد فوقها بلاطة تغطية، ويتم صب الخرسانة على هذه القوالب التي يتم نزعها بعد تصلب الخرسانة.

ب- وبلاطات مفرغة ذات قوالب دائمة، وهي مثل السابقة، غير أن القوالب تكون من القرميد أو الآجر المفرغ، وتبقى بصورة دائمة، لتصبح جزءاً من البلاطة.

ج- وبلاطات مفرغة مسبقة الصنع، وهي بلاطات خرسانية مسلحة تحتوي في وسطها فراغات طولية دائرية أو مستطيلة أو بيضوية أو كل شكل آخر. الشكل (٦-١).

٦-٣- العناصر الإنشائية والاشتراطات البعدية واشتراطات التسليح:

تحدد السماكة الكلية الدنيا للبلاطة المفرغة باتجاه واحد، من شرط السهم وفق الكود العربي السوري، وبحيث لا تقل عن القيم الواردة في الجدول (٦-١).

نوع الاستناد		استناد بسيط	مستمر من طرف واحد	مستمر من الطرفين	ظفر
العمق الكلي	حالة أ	L/20	L/22	L/25	Lc/8
	حالة ب	L/16	L/18	L/20	Lc/8

حالة أ: بلاطات مفرغة ذات اتجاه واحد، لا يزيد التباعد بين محاور الأعصاب فيها على 700mm وتستند إلى جدران حاملة، أو إلى جوائز يزيد ارتفاعها على ضعفي سمك البلاطة.

حالة ب: بلاطات مفرغة ذات اتجاه واحد، لا يزيد التباعد بين محاور الأعصاب فيها على 700 mm وتستند إلى جوائز من سمك البلاطة ذاته.

الجدول (٦-١) : السمك الأدنى للبلاطات المفرغة باتجاه واحد

تتألف البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد من العناصر الإنشائية الآتية، الشكل(٦-٢):

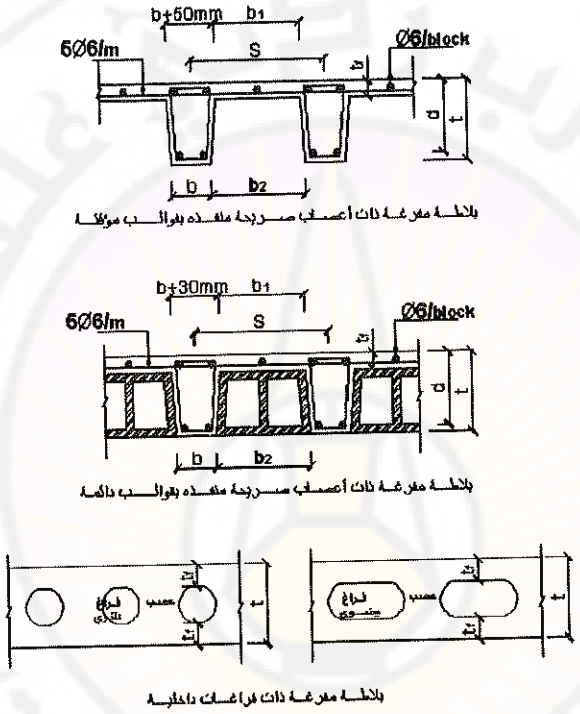
أ- بلاطة التغطية:

هي بلاطة عاملة باتجاه واحد، مجازها هو التباعد بين محاور الأعصاب S. لا يقل سمك بلاطة التغطية t_f عن الكبر من القيم الآتية:

- $\frac{1}{10}$ المسافة بين محاور الأعصاب S.
- 60mm في حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب المؤقتة.
- 50mm في حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب الدائمة.

لا يتم حساب بلاطة التغطية إنشائياً، إنما تسلح كما يأتي:

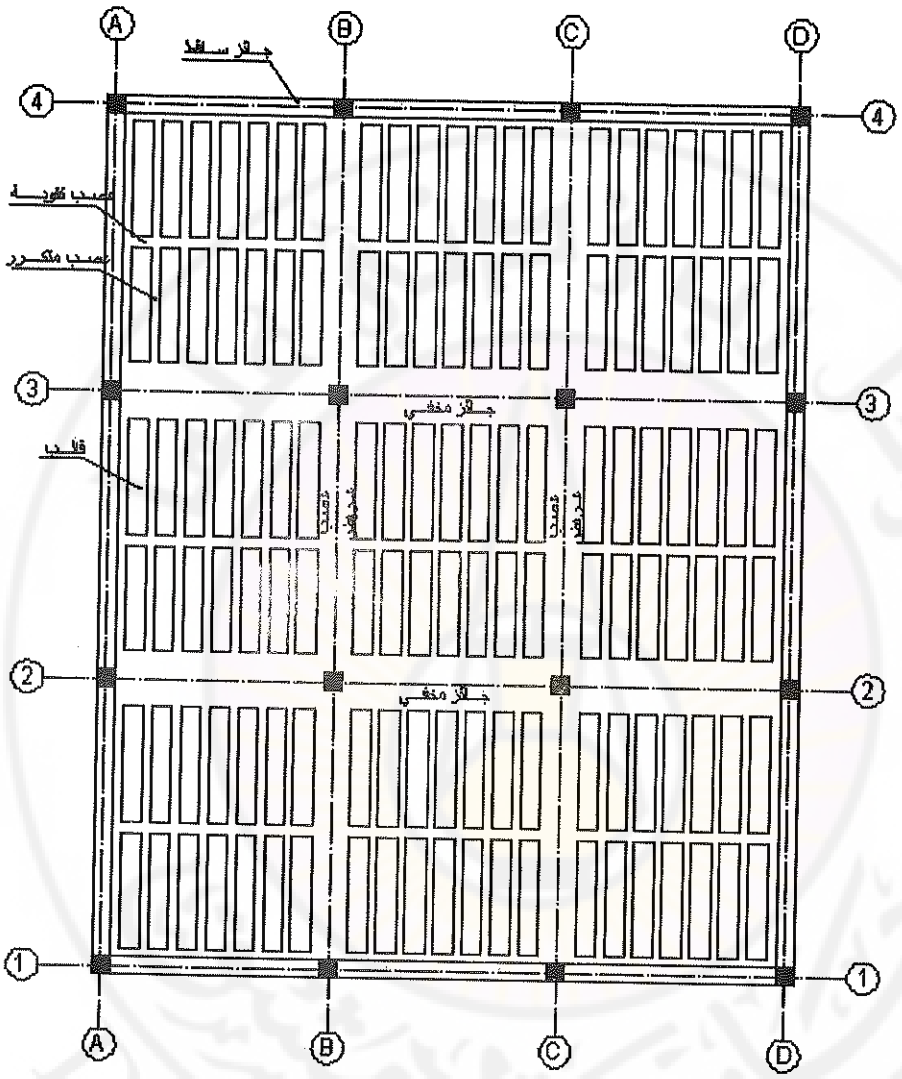
- قضبان تسليح متعامدة مع اتجاه الأعصاب مساحتها $\frac{1}{5}$ مساحة التسليح الرئيسي في المتر، وبحد أدنى Φ6/200 mm . الشكل (٦-١).
- قضبان تسليح موازية لاتجاه الأعصاب، بواقع بلوكة/Φ6.



الشكل (٦-١) : أشكال البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد

ب- الأعصاب المتكررة:

- لا يقل الارتفاع الكلي للعصب في البلاطات المفرغة، عن سمك بلاطة التغطية زائد 100 mm.
- لا يقل العرض الأدنى للعصب عن 100mm ، أو $\frac{1}{3}$ العمق الكلي، أيهما أكبر.



الشكل (٦-٢): العناصر الإنشائية للبلاطة المفرغة ذات الاتجاه الواحد

- عندما تستند الأعصاب إلى جائز ساقط أو مقلوب، أو إلى جدار، يجب أن يكون الجزء الموازي للمسند مليئاً، بعرض لا يقل عن 150mm.

- تكون مساحات التسليح الدنيا و القصوى للأعصاب في البلاطات المفرغة، كما هو مذكور للجوائز.
- تكون ترتيبات التسليح الطولي والعرضي للأعصاب الرئيسة، كما في الجوائز مع التعديلات الآتية:
  - القطر الأدنى لتسليح الشد الرئيسي 8 mm .
  - يمكن أن تزاد المسافة الدنيا بين الأساور، بحيث لا تتعدى الارتفاع الفعّال d، أو مسافة 300 mm، أيهما أصغر.
  - لا يقل قطر قضبان التعليق عن $\frac{1}{2}$ أكبر قطر لقضبان التسليح الطولية، أو عن 2Φ6mm أيهما اكبر، ويمكن الاكتفاء، بقضيب تعليق واحد في العصب، على أن لا يقل قطره عن 8 mm .

ج- الأعصاب العريضة:

مثل الأعصاب الرئيسة، إنما عرضها أكبر.

د- الأعصاب العرضية (أعصاب التقوية):

- تزود البلاطة المفرغة ذات الاتجاه الواحد بعصب تقوية (عرضي) كما يأتي:

* إذا كان مجاز العصب الحامل، أقل من 4m يمكن الاستغناء عن عصب التقوية المتعامد مع العصب الحامل.
* إذا كان مجاز العصب الحامل بين 4m و 6m يوضع عصب تقوية واحد في منتصف المجاز للعصب الحامل. الشكل (٦-٢).
* إذا كان مجاز العصب الحامل يزيد على 6m وحتى 10m يوضع ثلاثة أعصاب تقوية بتباعدات متساوية.
* إذا كان مجاز العصب الحامل أكبر من 10m ، توضع أعصاب تقوية بحيث لا تقل عن ثلاثة أعصاب، و لا تزيد المسافة بين محوري عصبين متجاورين على 3 m.

- لا يقل عرض قطاع عصب التقوية، عن قطاع الأعصاب الرئيسية المرتبط معها.
- يسلح عصب التقوية تسليحاً متناظراً، لا تقل قيمته (السفلي أو العلوي) عن $\frac{3}{4}$ مساحة التسليح الرئيسي للأعصاب الرابطة لها، باستثناء الأعصاب الطرفية الرابطة لنهايات

الأعصاب الظفرية حيث يجب أن لا تقل مساحة التسليح المتناظر في كل طرف منها عن ثلث مساحة التسليح الرئيسي العلوي للأعصاب الظفرية الرابطة لها.

هـ- قوالب البلوك أو الآجر المفرغ:

- لا يؤخذ البلوك أو الآجر المفرغ (المستعمل كقالب دائم) في الحسبان، عند حساب البلاطة ستاتيكياً.
- إذا كان القالب المفرغ ذا عرضين مختلفين، يمكن وضعه بطريقة يكون فيها البعد الأكبر في الأعلى أو الأسفل وفقاً لما يراه المهندس المصمم أكثر ملائمة.
- يوقف وضع القوالب المفرغة على بعد 150mm على الأقل من الوجه الداخلي للجوائز البارزة أو الجدران الحاملة، بحيث يكون هذا القسم من البلاطة مصمتاً وذلك لمقاومة العزوم الحانية السالبة وقوى القص.
- لا تقل المقاومة المميزة للقوالب المفرغة (اعتماداً على المساحة الصافية) على الكسر بالضغط عن $7N/mm^2$ ، عندما تحمل محورياً باتجاه يوازي الاجهادات الضاغطة في البلاطة.

و- الجوائز:

تكون هذه الجوائز إما بارزة (ساقطة) أو مخفية، وتنطبق عليها جميع الاشتراطات البعدية واشتراطات التسليح الخاصة بالجوائز العادية.

٦-٤- ملاحظات حول اختيار الجملة الإنشائية المناسبة:

يراعى عند اختيار اتجاه الأعصاب الأمور التالية، التي تحقق اقتصادية المنشأ:

أ- يتم اختيار الأعصاب باتجاه البعد الطويل للبلاطة.

ب-عند تقارب المجازين L1 و L2 في كلا الاتجاهين مع تعدد الفتحات، فيتم اختيار الجائز الرئيس، باتجاه عدد الفتحات الأكثر للحصول على أقل عزم ممكن.

ج- يمكن اختيار الجوائز الرئيسة بالاتجاه المسموح به معمارياً للجوائز الساقطة.

د- يمكن اختيار اتجاه الأعصاب باتجاه الظفر في حال كان طول الظفر Le أكبر أو يساوي 1,6m .

هـ- يراعى عند اختيار اتجاه الأعصاب أن تكون متعامدة مع اتجاه الجدران الثقيلة، وإلا فيلزم تقوية العصب الواقع تحت الجدار وكذلك الأعصاب المجاورة.

٦-٥- الحساب الإنشائي:

بعد اختيار الجملة الإنشائية المناسبة (اختيار اتجاه الأعصاب واتجاه الجوائز الحاملة لها)، وبعد اختيار الأبعاد الهندسية لعناصر البلاطة الإنشائية وفق توصيات الكود العربي السوري، تحسب العناصر الإنشائية كما يأتي:

٦-٥-١- بلاطة التغطية:

لا تحسب هذه البلاطة إنشائياً لصغر مجازها (400mm حتى 700mm)، ويتم اختيار سمكها وتسليحها وفق ما ورد في الفقرة (٦-٣-أ).

٦-٥-٢- الأعصاب المتكررة:

أ- الجملة الإنشائية:

تحدد الجمل الإنشائية للأعصاب المتكررة من المسقط الإنشائي للبلاطة.

ب- تحديد الحمولات:

تحسب الحمولات على متر مربع من سطح البلاطة وتشمل:

ب-١- حمولات ميتة، وتشمل:

- وزن ذاتي لبلاطة التغطية: $g_1 = t_f \cdot \gamma$

- وحمولة التغطية: وفق طبقات الإكساء g_2

- و وزن الأعصاب: $g_3 = \frac{t - t_f}{s} \cdot \frac{b_1 + b_2}{2} \cdot \gamma$

- و وزن البلوك: $g_4 = \frac{w}{s} \cdot 5$

حيث w وزن البلوكة المستعملة.

مجموع الحمولات الميتة: $g = g_1 + g_2 + g_3 + g_4$

ب-٢- حمولات حية، حسب الوظيفة الاستثمارية للمنشأ ونؤخذ من الكود العربي السوري: p'

بعد ذلك تحسب حصة العصب الواحد من الحمولات كما يأتي:

$$g = g' \cdot s$$

$$p = p' \cdot s$$

ج- التحليل الإنشائي، وتصميم المقاطع:

يتم تحليل الأعصاب المتكررة بأية طريقة إنشائية معروفة، ثم تصمم المقاطع الحرجة على العزم وقوى القص، مع الانتباه إلى ما يأتي:

- يصمم مقطع العصب في وسط المجاز، على أنه بشكل T مع اعتماد عرض الجناح مساوياً التباعد بين محاور الأعصاب S.
- يصمم مقطع العصب فوق المسند، بعده مقطعاً مستطيلاً عرضه S ومعرضاً لعزم انعطاف سالب قيمته مخفضة بتأثير عرض المسند (حالة الجائز المخفي). حيث تحدد قيمة العزم السالب المخفض بالعلاقة:

$$M = M_s - \frac{R \cdot B}{8} \qquad (1-6)$$

حيث: M_s - عزم الانعطاف السالب عند محور الاستناد.

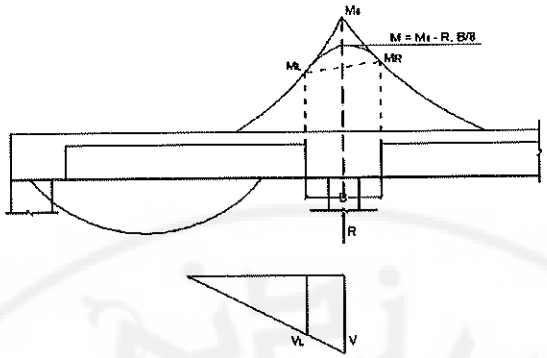
R - رد الفعل عند المسند.

B - عرض المسند. الشكل (٦-٣).

- يتم التحقق من المقاطع عند نهاية الجزء المصمت بعده مستطيلاً، عرضه العرض الأدنى للعصب ومعرضاً لعزم سالب قيمته:

$$M_R = M_s - V_R \cdot \frac{B}{2}$$

$$M_L = M_s - V_L \cdot \frac{B}{2} \qquad (2-6)$$



الشكل (٦-٣): تأثير عرض المسند على عزم الانعطاف السالب

٦-٥-٣- الأعصاب العريضة:

تحسب الأعصاب العريضة بالأسلوب نفسه، المتبع في حساب الأعصاب المتكررة، مع إمكانية تعرض العصب العريض لحمولات الجدار، في حالة وجوده فوق هذا العصب.

٦-٥-٤- الجوائز:

أ- الجملة الإنشائية: تحدد الجمل الإنشائية للجوائز من المسقط الإنشائي للبلاطة.

ب- تحديد الحمولات:

ب-١- حمولات ميتة، وتشمل:

- وزن ذاتي إضافي للجائز (حسب شكل المقطع العرضي له) g_1
- الحمولة الميتة المنقولة من الأعصاب المستندة إليه: $g_2 = R_g / s$

حيث R_g : رد فعل ميت للعصب المستند إلى الجائز في موقع الاستناد

- وزن الجدار، إن وجد، ويحدد كما يأتي: g_3

* في الحالة العادية عندما يكون الجدار محاطاً بأعمدة من الجانبين، يمكن عد حمولة الجدار المنقولة إلى الجائز مساوية:

$$g_3 = 0{,}85 \cdot \overline{\beta} \cdot H$$

حيث:

$\overline{\beta}$ – وزن المتر المربع من الجدار [KN/m^2] ويُؤخذ من الجدول (٦-٢).

H– الارتفاع الحر للجدار [m].

سمك الجدار [mm]	وزن المتر المربع $\overline{\beta}$ [KN/m^2]	
	بدون طينة	مع طينة وجهين
100	1,5	2,3
150	2,2	3,0
200	3,0	3,8

الجدول (٦-٢) : وزن المتر المربع من الجدار $\overline{\beta}$

تعد هذه الطريقة تقريبية وهناك طريقة أكثر دقة.

• الطريقة الدقيقة: تحدد حمولة الجدار المنقولة إلى الجائز تبعاً للنسبة $\frac{L}{1,15 \cdot H}$ من الجدول (٦-٣).

	L/1,15H			
	2 ≥ ≥ 1	2 〈	〈 1	
العوامل المساعدة	$\alpha = 1 - \frac{1}{3}(\frac{1,15H}{L})^2$ $\beta = 1 - \frac{1}{2}(\frac{1,15H}{L})$	———	$\alpha = \frac{2}{3}$ $\beta = \frac{1}{2}$	
الحمولات المنقولة المكافئة للعزم	$g_{3m} = \alpha \cdot \overline{\beta} \cdot H$	$g_3 = \overline{\beta} \cdot H$	$g_{3m} = \alpha \cdot \overline{\beta} \cdot 0,87 \cdot L$	
للقص	$g_{3s} = \beta \cdot \overline{\beta} \cdot H$		$g_{3s} = \beta \cdot \overline{\beta} \cdot 0,87 \cdot L$	

الجدول (٦-٣) : حمولة الجدار المنقولة للجائز بالطريقة الدقيقة

مجموع الحمولات الميتة: $g = g_1 + g_2 + g_3$

ب–٢– حمولات حية، الحمولة الحية المنقولة من الأعصاب المستندة إليه:

$$p = R_p / s$$

حيث R_p : رد فعل حي للعصب المستند إلى الجائز في موقع الاستناد

ج– التحليل الإنشائي، وتصميم المقاطع:

يتم تحليل الجوائز بأية طريقة إنشائية معروفة، ومن ثم تصمم المقاطع الحرجة على العزم وقوى القص.

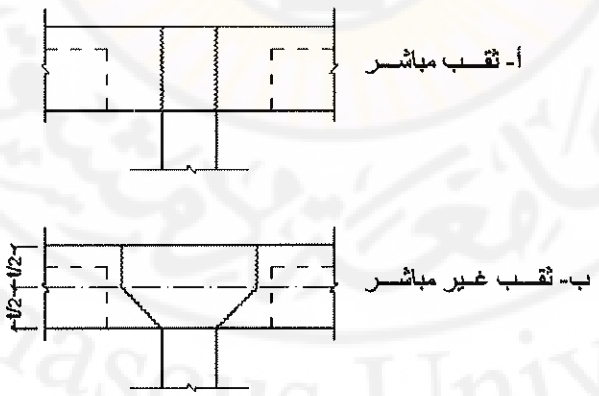
٦–٦– التحقق من الثقب:

في حال استخدام الجوائز المخفية، يلزم التحقق من الثقب بجوار الأعمدة. ونميز بين نوعين من الثقب:

أ– الثقب المباشر: ويحدث عندما يثقب العمود مباشرة البلاطة، كما في الشكل (٦–٤–أ). في هذه الحالة يتم التحقق من القص عند وجه العمود مباشرة.

ب– الثقب غير المباشر (المائل): ويحدث عندما يثقب العمود البلاطة، كما في الشكل (٦–٤–ب). في هذه الحالة يتم التحقق من القص على بعد d/2 من وجه العمود.

في معظم الأحيان تكزن حالة الثقب غير المباشر، هي الحرجة حيث يخترق العمود البلاطة بزاوية 45° عن الأفق، كما تترافق إجهادات ضاغطة مع إجهادات القص عند الجهة السفلية.



الشكل (٦–٤): أشكال الثقب في البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد

يحسب الإجهاد المماسي الناجم عن قوة القص من العلاقة:

$$\tau_u = \frac{V_u}{0{,}85 \cdot b_o \cdot d} \qquad (3-6)$$

حيث Vu – قوة القص الحدية على بعد $\frac{d}{2}$ من وجه المسند وتساوي:

$$V_u = R - q_u \cdot (a+d) \cdot (b+d) \qquad (4-6)$$

a,b – أبعاد مقطع المسند (العمود).

R – رد الفعل عند المسند.

d – الارتفاع الفعال للجائز.

q_u – الحمولة الحدية المطبقة على متر مربع.

b_o – محيط القص الحدية على بعد $\frac{d}{2}$ من وجه المسند، ويساوي:

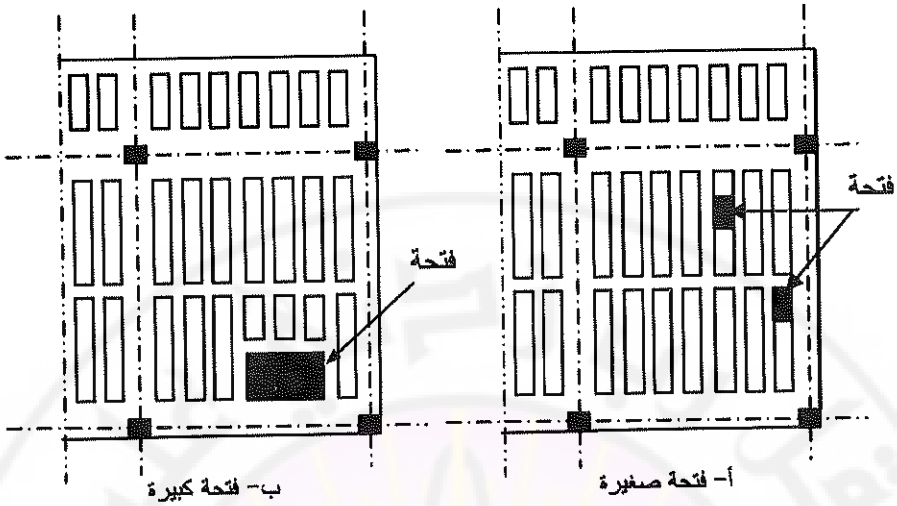
$$b_o = 2 \cdot (a+b+2d) \qquad (5-6)$$

ويجب ألا تزيد الإجهادات المماسية الحدية τ_u على الإجهادات المماسية المسموح مقاومتها بالخرسانة وفق معطيات الكود العربي السوري.

٦-٧- الفتحات في البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد:

في حال كانت أبعاد الفتحة صغيرة، أي طولها وعرضها أقل من أبعاد القالب. عندها يمكن عمل هذه الفتحة بحيث تكون واقعة بالكامل ضمن القالب المفرغ المستخدم. (انظر الشكل ٦-٥-أ).

أما إذا كانت أبعاد الفتحة أكبر من أبعاد القالب المفرغ، عندها يلزم إضافة عناصر إنشائية بجوار الفتحة وظيفتها تحويل مسار الأحمال على جانبي الفتحة. (أنظر الشكل ٦-٥-ب).



الشكل (٦-٥): الفتحات في البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد

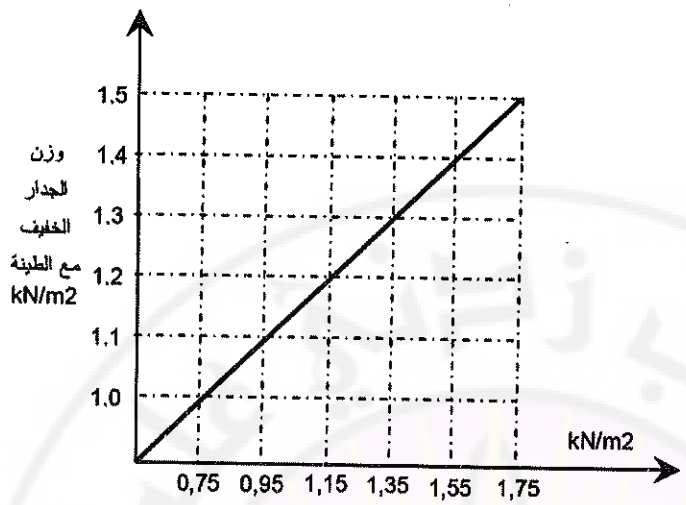
٦-٨- أحمال القواطع على البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد:

يُقصد بالقواطع، الجدران الداخلية الموجودة على البلاطات المسلحة. وقد تكون خفيفة أو ثقيلة.

٦-٨-١- الحمل الإضافي المكافئ للقواطع الخفيفة على الأسقف المسلحة:

تُعد الجدران الفاصلة الداخلية الموجودة على البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد خفيفة، إذا كانت أوزانها لا تزيد على 1,5kN لكل متر مربع من مساحة الجدار. ويمكن الاستعاضة عن حمل الجدار الخفيف المركز على خط طولي بحمل مكافئ موزع بانتظام على مساحة السقف المسلح الموجود عليها.(أنظر الشكل ٦-٦).

إذا كان الحمل الحي أكبر من $6\ kN/m^2$ يهمل الوزن المكافئ للجدران الخفيفة المتوضعة على هذه المساحة.



الشكل (٦-٦): الحمل الإضافي المكافئ للقواطع الخفيفة

٦-٨-٢- الحمل الإضافي المكافئ للقواطع الثقيلة على الأسقف المسلحة:

تُعد الجدران الفاصلة الداخلية الموجودة على البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد ثقيلة، إذا كانت أوزانها تزيد على 1,5kN لكل متر مربع من مساحة الجدار. ويمكن الاستعاضة عن حمل الجدار الثقيل المركز على خط طولي بحمل مكافئ موزع بانتظام على مساحة السقف المسلح الموجود عليها، ويحدد الحمل الإضافي المكافئ للجدران الثقيلة على البلاطات المفرغة باتجاه واحد، تماماً كما سبق لحالة البلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد، شريطة تحقق ما يلي:

أ- لا يزيد العرض الفعّال e على ثلاثة أمتار ويحسب وفق إحدى العلاقتين:

$$e(m) = h_p + 0{,}3L + h \le h_p + 0{,}6L$$
$$e(m) = h + 0{,}3L \le 0{,}6L \qquad (6-6)$$

ب- يتوجب لحظ عصب تقوية كما ورد سابقاً.

٦-٩- مثال عددي:

يبين الشكل (٦-٧) التباعد بين محاور الأعمدة على المسقط الأفقي لطابق متكرر في مبنى سكني مؤلف من أربعة طوابق، والمطلوب حساب وتصميم عناصر السقف المتكرر باختيار الحل الإنشائي " بلاطة مفرغة باتجاه واحد (هوردي) ".

- **المعطيات:**

- أبعاد الأعمدة (300x300 mm)
- التباعد بين محاور الأعمدة بالاتجاه الأفقي 4,0 m
- التباعد بين محاور الأعمدة بالاتجاه الشاقولي 5,0 m
- تقع الجدران الخارجية على محيط المبنى بسماكة (150 mm)
- الجدران الداخلية واقعة على المحاور 2-2 , 3-3 , B-B بسماكة (100 mm)
- توجد تصوينة عند نهاية الظفر وزنها (1,0kN/m`).

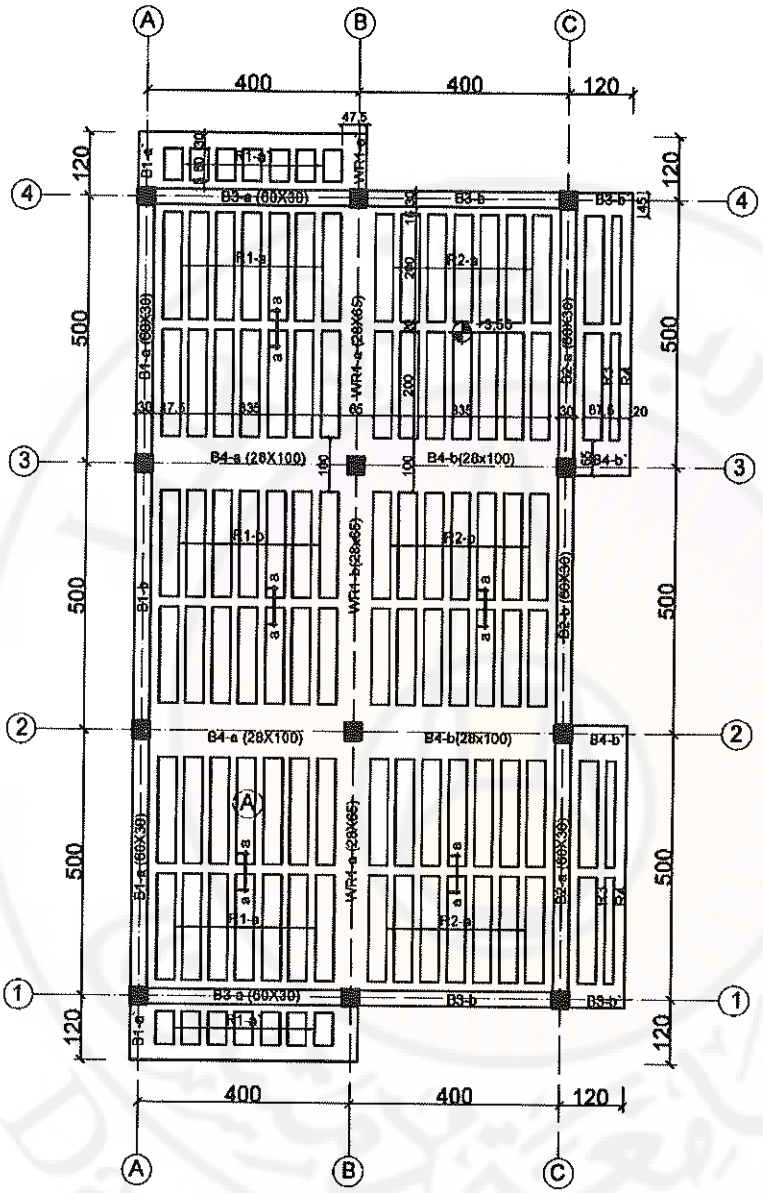
- **الحمولات:**

- حمولة التغطية : 2,5 kN/m² .
- حمولة حية على البلاطات الداخلية : 2,5 kN/m² .
- حمولة حية على الأظفار : 4,0 kN/m² .

- **مواصفات المواد:**

- المقاومة المميزة للبيتون : $f_c^{`} = 20\ N/mm^2$
- حد السيلان للفولاذ المستخدم : $f_y = 360\ N/mm^2$
- حد السيلان للفولاذ المستخدم في الأساور: $f_y = 240\ N/mm^2$

تؤخذ باقي المعطيات من الشكل (٦-٧).



الشكل (٦-٧): المسقط الإنشائي للبلاطة المفرغة باتجاه واحد

بعد اختيار الجملة الإنشائية المناسبة وتحديد اتجاه الأعصاب ، نحدد سمك بلاطة الهوردي من شرط السهم وفق الكود العربي السوري، (الفقرة ٧-٣-٤-١).

نوع الاستناد		استناد بسيط	مستمر من طرف واحد	مستمر من الطرفين	ظفر
العمق الكلي للأعصاب	حالة أ	L/20	L/22	L/25	Lc/8
	حالة ب	L/16	L/18	L/20	Lc/8
تحقيق شرط سمك الجائز		L/16	L/18	L/20	Lc/8

حالة أ: بلاطات مفرغة ذات اتجاه واحد، لا يزيد التباعد بين محاور الأعصاب فيهـا علـى 700mm وتستند إلى جدران حاملة، أو إلى جوائز يزيد ارتفاعها على ضعفي سمك البلاطة.

حالة ب: بلاطات مفرغة ذات اتجاه واحد، لا يزيد التباعد بين محاور الأعصاب فيها على 700 mm وتستند إلى جوائز من سمك البلاطة ذاته.

سمك البلاطة الكلي :

$$t = \frac{L}{16} = \frac{5000}{16} = 312{,}5\,mm$$

أو

$$t = \frac{L}{18} = \frac{5000}{18} = 277{,}77\,mm$$

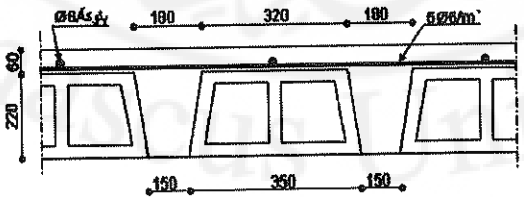
نعتبر السمك الكلي هو:

$$t = 280\,mm$$

وبعد توزيع الأعصاب واختيار الأبعاد الهندسية لعناصر البلاطة الإنشائية وفق توصيات الكود العربي السوري، تحسب العناصر الإنشائية كما يأتي:

٦-٩-١- بلاطة التغطية:

هي بلاطة عاملة باتجاه واحد، مجازها هو التباعد بين محاور الأعصاب S لا يقل سمك بلاطة التغطية t_f عن الكبر من القيم الآتية:



الشكل (٦-٨): مقطع عرضي في البلاطة

- $\frac{1}{10}$ المسافة بين محاور الأعصاب S.
- 60 mm في حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب المؤقتة.
- 50 mm في حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب الدائمة.

نعتبر $t_f = 60$ mm

لا يتم حساب بلاطة التغطية إنشائياً، إنما تسلح كما يأتي:

- قضبان تسليح متعامدة مع اتجاه الأعصاب مساحتها $\frac{1}{5}$ مساحة التسليح الرئيسي في المتر، وبحد أدنى Φ6/200 mm .
- قضبان تسليح موازية لاتجاه الأعصاب، بواقع بلوكة/Φ6 أو بلوكة/2Φ6.

٦-٩-٢- الأعصاب المتكررة:

٦-٩-٢-١- الجملة الإنشائية:

العصب R_1 :



الشكل (٦-٩): الجملة الإنشائية للعصب المتكرر R_1

٦-٩-٢-٢- تحديد الحمولات: (تحسب الحمولات على متر مربع)

أ- الحمولات الميتة، وتشمل:

- وزن ذاتي لبلاطة التغطية: $g_1 = t_f \cdot \gamma = 1{,}5\,kN/m^2$
- حمولة التغطية: وفق طبقات الإكساء $g_2 = 2{,}5\,kN/m^2$
- وزن الأعصاب: $g_3 = \frac{t - t_f}{s} \cdot \frac{b_1 + b_2}{2} \cdot \gamma = 1{,}82\,kN/m^2$
- وزن البلوك: $g_4 = \frac{w}{s} \cdot 5 = 1{,}0\,kN/m^2$

حيث w وزن البلوكة المستعملة.

مجموع الحمولات الميتة: $g' = 6{,}82 kN/m^2$

ب- حمولات حية، حسب الوظيفة الاستثمارية للمنشأ وتؤخذ من الملحق الأول في الكود العربي السوري : $p' = 2{,}5 kN/m^2$

بعد ذلك تحسب حصة العصب الواحد من الحمولات كما يأتي:

$$g = g' \cdot s = 3{,}41 kN/m'$$

$$p = p' \cdot s = 1{,}25 kN/m'$$

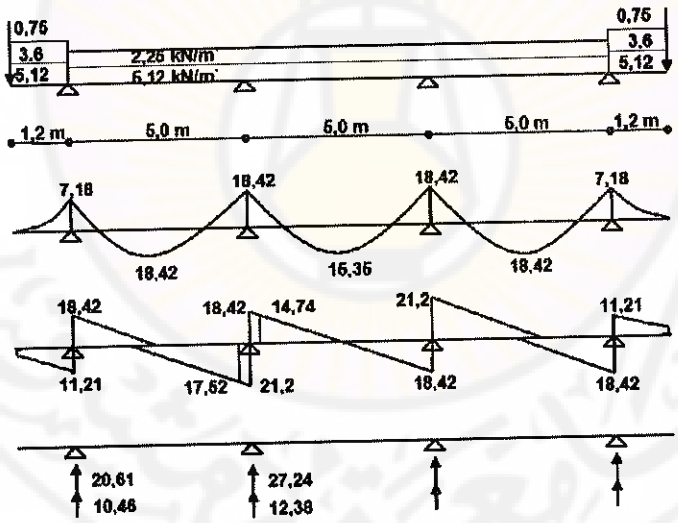
بعد ذلك تحسب حصة العصب الواحد من الحمولات المصعدة:

$$g_u = 5{,}12 \ kN/m'$$

$$p_u = 2{,}25 \ kN/m'$$

٦-٩-٢-٣- التحليل الإنشائي:

يتم تحليل الأعصاب المتكررة بأية طريقة إنشائية معروفة



الشكل (٦-١٠)

٦-٩-٢-٤- حساب التسليح الطولي:

تصمم المقاطع الحرجة على العزم ، مع الانتباه إلى ما يأتي:

- يصمم مقطع العصب في وسط المجاز، على أنه بشكل T مع اعتماد عرض الجناح مساوياً التباعد بين محاور الأعصاب S.
- يصمم مقطع العصب فوق المسند، بعده مقطعاً مستطيلاً عرضه S ومعرضاً لعزم انعطاف سالب قيمته مخفضة بتأثير عرض المسند (حالة الجائز المخفي). حيث تحدد قيمة العزم السالب المخفض بالعلاقة:

$$M = M_s - \frac{R \cdot B}{8} = 13{,}47\,kN.m$$

حيث: M_s – عزم الانعطاف السالب عند محور الاستناد.

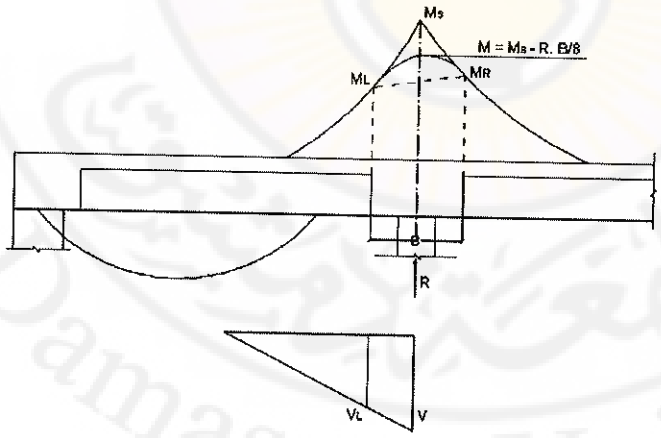
R – رد الفعل عند المسند.

B – عرض المسند.

- يتم التحقق من المقاطع عند نهاية الجزء المصمت بعده مستطيلاً، عرضه العرض الأدنى للعصب ومعرضاً لعزم سالب قيمته:

$$M_R = M_s - V_R \cdot \frac{B}{2} = 11{,}05\,kN.m$$

$$M_L = M_s - V_L \cdot \frac{B}{2} = 9{,}66\,kN.m$$



الشكل (٦-١١): تخفيض العزم السالب عند المسند

اسم المقطع	العزم	شكل منطقة الضغط	التسليح		ملاحظات
			محسوب	مختار	
2 & 3	-13,47		169,5	2T12	علوي
1 & 4	-9,21		116	2T10	علوي
1 – 2 3 - 4	+18,42		232	2T12	سفلي
2 - 3	+15,35		193,3	2T12	سفلي

$$A_{s\min} = \frac{0,9}{f_y}.b_w.d = 93,75\ mm^2$$

و هنا يلزم التحقق من العصب عند نهاية الجزء المصمت بعده مستطيلاً، عرضه العرض الأدنى للعصب:

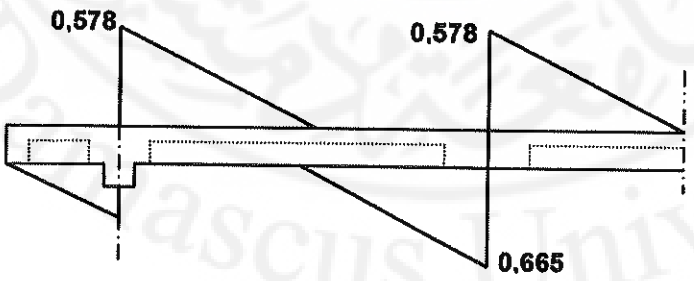
$$\mu = \frac{A_s}{b_{min}.d} = 0,00603 \Rightarrow \alpha = 0,1276 \Rightarrow A_0 = 0,1195$$

$$M_u = 17,14\,kN.m \rangle M_R \text{ or } M_L \quad \text{ok.}$$

٦-٩-٢-٥- حساب التسليح العرضي:

تحسب الإجهادات المماسية الناجمة عن قوة القص بالعلاقة:

$$\tau_u = \frac{V_u}{0,85.b.d}$$



الشكل (٦-١٢): مخطط الإجهادات المماسية

$$\tau_{cu} = 0{,}23.\sqrt{f_c'} = 1{,}028\,N/mm^2$$

التسليح إنشائي على طول العصب

$$A_{st(min)} = n.a_s = \frac{0{,}35}{f_y}.b_w.s$$

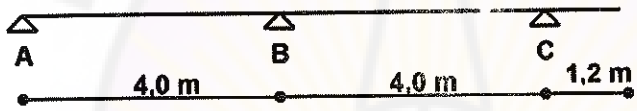
$$\phi 6 \Rightarrow s = 258{,}51mm$$

use : $\phi 6 / 200\,mm$

٦-٩-٣- حساب الجائز وفق المحور 3 – 3 :

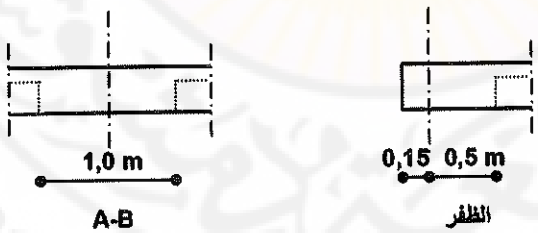
٦-٩-٣-١- الجملة الإنشائية:

تحدد الجمل الإنشائية للجـائز من المسقط الإنشائي للبلاطة.



الشكل (٦-١٣): الجملة الإنشائية للجائز

تحدد الأبعاد الهندسية لمقطع الجائز من المسقط الإنشائي للبلاطة:



الشكل (٦-١٤): شكل المقطع العرضي للجائز

٦-٩-٣-٢- تحديد الحمولات:

أ- حمولات ميتة، وتشمل:

- وزن ذاتي إضافي للجائز(حسب شكل المقطع العرضي له)

في الفتحة A – B :

$$g_{u1} = 1{,}5.[(t - t_f).\gamma - (g_3 + g_4)]B = 4{,}02\ kN/m`$$

في الفتحة B – C وفي الظفر :

$$g_{u1} = 1{,}5.[(t - t_f).\gamma - (g_3 + g_4)]\frac{B}{2} + 1{,}5.0{,}15.t.\gamma = 3{,}58\ kN/m`$$

- الحمولة الميتة المنقولة من الأعصاب المستندة إليه:

في الفتحة A – B :

$$g_{u2} = R_{gu} / s = 27{,}24 / 0{,}5 = 54{,}48 kN/m`$$

في الفتحة B – C :

$$g_{u2} = R_{gu} / s = 28{,}16 / 0{,}5 = 56{,}32 kN/m`$$

حيث R_{gu} : رد فعل ميت للعصب المستند إلى الجائز في موقع الاستناد

في فتحة الظفر:

$$g_{u2} = R_{gu} / s = 12{,}8 / 0{,}5 = 25{,}6 kN/m`$$

- وزن الجدار،

في الفتحة A – B و في الفتحة B – C :

$$g_{u3} = 1{,}5.0{,}85.\bar{\beta}.H = 9{,}44\ kN/m`$$

حيث $\bar{\beta}$: وزن المتر المربع من الجدار مع الإكساء

في فتحة الظفر: $g_{u3} = 1{,}5\ kN/m`$

ب- حمولات حية، الحمولة الحية المنقولة من الأعصاب المستندة إليه:

في الفتحة A – B و في الفتحة B – C :

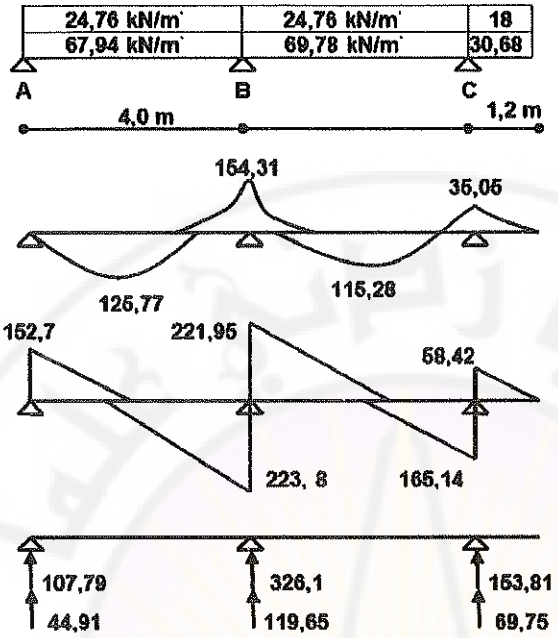
$$p_u = R_{pu} / s = 12{,}38 / 0{,}5 = 24{,}76 kN/m`$$

حيث R_{pu} : رد فعل ميت للعصب المستند إلى الجائز في موقع الاستناد

في فتحة الظفر: $p_u = R_{pu} / s = 9 / 0{,}5 = 18\ kN/m`$

٦-٩-٣-٣-التحليل الإنشائي، وتصميم المقاطع:

يتم تحليل الجائز بأية طريقة إنشائية معروفة، ومن ثم تصمم المقاطع الحرجة على العزم وقوى القص.



الشكل (٦-١٥)

اسم المقطع	العزم	شكل منطقة الضغط	التسليح		ملاحظات
			محسوب	مختار	
A	-41,92		625	4T16	علوي
B	-154,31		2090	11T16	علوي
C	-35,05		446	4T16	علوي
A - B	+125,77		1671	9T16	سفلي
B - C	+115,28		1521	8T16	سفلي

$$A_{smin} = \frac{0,9}{f_y}.b_w.d = 625\ mm^2$$

$$A_{smin} = \frac{0,9}{f_y}.b_w.d = 406\ mm^2 \qquad \text{للظفر}$$

الفصل السابع

البلاطات المفرغة ذات الأعصاب بالاتجاهين
(البلاطات المعصبة)
Waffle slab

٧-١- تعريف:

هي بلاطات عاملة بالاتجاهين، فُرغت أجزاءً منها في كلا الاتجاهين. لذلك تدعى غالباً البلاطات المفرغة ذات الأعصاب بالاتجاهين.

٧-٢- أشكال البلاطات المفرغة ذات الأعصاب بالاتجاهين:

تصادف هذه البلاطات على نوعين:

أ- بلاطات مفرغة ذات الأعصاب بالاتجاهين، لا يزيد التباعد بين محاور أعصابها على متر واحد. ويسمى هذا النوع هوردي بالاتجاهين، حيث يمكن استعمال قوالب دائمة من البلوك المفرغ أو قوالب مؤقتة من الأترنيت أو البلاستيك، من أجل إنشاء هذا النوع. يستعمل هذا النوع من البلاطات لسقف مجازات تتراوح بين (6m - 8m) وقد تصل في بعض الحالات، عندما تكون الأحمال خفيفة نوعاً ما، إلى 12 m.

ب- بلاطات مفرغة ذات الأعصاب بالاتجاهين، التباعد بين محاور أعصابها أكبر من متر واحد. وتدعى أيضاً البلاطات ذات الجوائز المتصالبة. ويستعمل لإنشاء هذا النوع من البلاطات قوالب مؤقتة صنّعت خصيصاً لهذا الغرض.

يستعمل هذا النوع من البلاطات لسقف مجازات كبيرة تتراوح بين (6 m - 20 m).

٧-٣- البلاطات المفرغة ذات الأعصاب باتجاهين، بتباعد أقل من متر واحد (النوع الأول):

٧-٣-١- العناصر الإنشائية والاشتراطات البعدية واشتراطات التسليح:

تحدد السماكة الكلية الدنيا للبلاطة المفرغة ذات الأعصاب بالاتجاهين، التي لا يزيد التباعد بين محاور أعصابها على متر واحد، والمستندة إلى جدران أو جوائز يزيد عمقها على مثلي سماكة البلاطة، كما ورد للبلاطات المصمتة ذات الاتجاهين.
أي يُؤخذ السمك الأدنى بحيث لا يقل عن:

$$t \geq \text{المحيط المكافئ}/120 \qquad (1\text{-}7)$$

وإلا فيلزم التحقق من السهم. حيث يعرف المحيط المكافئ بأنه مجموع الأطوال المكافئة لأضلاع البلاطة. يُؤخذ الطول المكافئ لضلع ما من البلاطة، مساوياً إلى طوله الفعلي عند الوجه الداخلي للاستناد، إذا كانت البلاطة مستندة استناداً بسيطاً إلى هذا الضلع، و 0,76 من الطول الفعلي عند الوجه الداخلي للاستناد، إذا كانت البلاطة مستمرة عند هذا الضلع.
أما إذا كان ارتفاع الجوائز الحاملة للبلاطة، يقل عن مثلي سمك البلاطة، يُؤخذ السمك الأدنى للبلاطة بفرضها مستندة إلى الأعمدة مباشرة، كما هو وارد في الجدول (٧-١).

موقع المجاز	المجازات الداخلية دون سقوط	المجازات الداخلية مع سقوط	المجازات الطرفية دون سقوط	المجازات الطرفية مع سقوط
t	L/27	L/30	L/24	L/27

حيث: L – المتوسط الحسابي للمسافتين بين محاور الأعمدة في الاتجاهين المتعامدين

الجدول (٧-١) : السمك الأدنى للبلاطات المفرغة ذات الأعصاب بالاتجاهين (النوع الأول)، المستندة على جوائز عمقها يقل عن مثلي سمك البلاطة

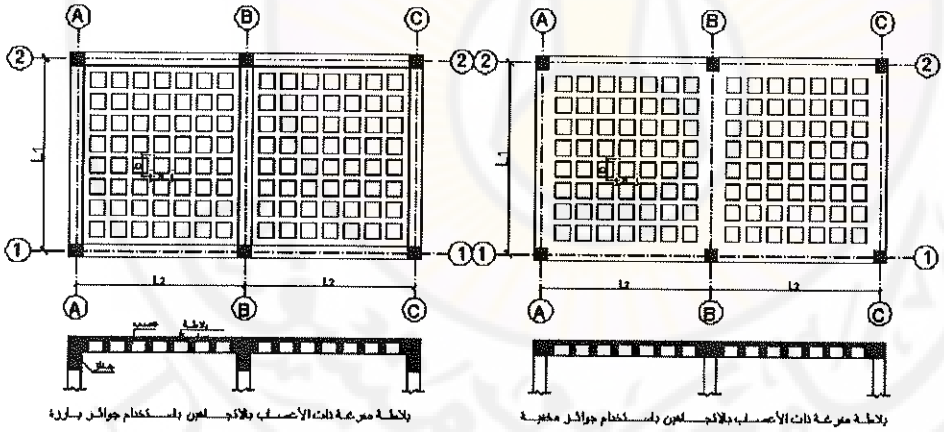
تتألف البلاطات المعصبة من النوع الأول من العناصر الإنشائية الآتية، الشكل (٧-١):

أ- بلاطة التغطية:

يُؤخذ سمك بلاطة التغطية t_f بحيث لا يقل عن الأكبر من القيم الآتية:

- $\frac{1}{10}$ المسافة بين محاور الأعصاب a أو b ، أيهما أكبر.
- 60 mm في حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب المؤقتة.
- 50 mm في حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب الدائمة.

لا يتم حساب بلاطة التغطية إنشائياً، وتسلح بالاتجاهين بحيث لا يقل التسليح في كل اتجاه عن (5Φ6/m). و يراعى عند وضع التسليح الترتيبات نفسها الواردة في البلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد.



الشكل (٧-١): بلاطات معصبة من النوع الأول

ب- الأعصاب المتصالبة:

- يجب ألا يقل العمق الكلي للعصب في البلاطات المفرغة عن القيم الواردة في الجدول (٧-١)، وبحيث لا يقل عن سمك بلاطة التغطية مضافاً إليه (100 mm).
- لا يقل العرض الأدنى للعصب عن (100 mm) أو $\frac{1}{3}$ العمق الكلي له، أيهما أكبر.
- عندما تستند الأعصاب إلى جائز أو جدار، فيجب ألا يقل عرض الجزء المصمت الموازي للمسند عن $\frac{1}{3}$ عرض المسند أو عن (150 mm) ، أيهما أكبر.
- تكون مساحات التسليح الدنيا والقصوى للأعصاب في البلاطات المعصبة من النوع الأول، كما سبق ذكره للجوائز.
- تكون ترتيبات التسليح في الأعصاب، كما سبق ذكره للأعصاب في البلاطات المفرغة باتجاه واحد.

ج- الجوائز:

تكون الجوائز في البلاطات المعصبة على شكلين، إما مخفية أو بارزة (ساقطة)، انظر الشكل (٧-١)، وتطبق عليها الاشتراطات البعدية واشتراطات التسليح و ترتيبات التسليح نفسها الخاصة بالجوائز العادية.

٧-٣-٢- الحساب الإنشائي:

أ- بلاطة التغطية:

هي بلاطة عاملة باتجاهين ولا يتم حساب هذه البلاطة لصغر أبعادها في كلا الاتجاهين. وتسلح إنشائياً في الاتجاهين كما سبق ذكره أعلاه.

يلزم ملاحظة الحمولات المركزة إن وجدت فوق هذه البلاطة، بحيث لا تسبب ثقباً لها.

ب- الأعصاب المتصالبة:

ب-١- تحديد الحمولات: يتم حساب الحمولات على متر مربع من سطح البلاطـــة، وتشمل:

* الحمولات الميتة، وهي:

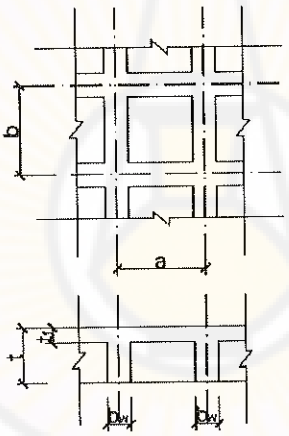
- وزن ذاتي لبلاطة التغطية: $g_1 = t_f \cdot \gamma$

- حمولة التغطية، حسب التفاصيل المعمارية: g_2

- وزن الأعصاب : $g_3 = \frac{(t - t_f)}{a \cdot b} \cdot \gamma \cdot [b_w \cdot a + b_w(b - b_w)]$

- وزن البلوك، في حال استعماله كقوالب دائمة.

* الحمولات الحية: p



الشكل (٧-٢)

ب-٢- عزوم الانعطاف والتسليح:

يتم حساب عزوم الانعطاف بأخذ شرائح وسطية في كلا الاتجاهين، عرض الشريحة الواحدة في كل اتجاه هو التباعد بين محاور الأعصاب في الاتجاه ذاته. و تحـــدد حصة العصب الوسطي من الحمولات، وذلك في كل اتجاه حسب ما يأتي:

- الحمل في الاتجاه القصير: $q_2 = \alpha_2 \cdot q \cdot b$
- الحمل في الاتجاه الطويل: $q_1 = \alpha_1 \cdot q \cdot a$

حيث α_2, α_1 هما معاملان تُؤخذ قيمهما تبعاً لدرجة الاستطالة r من الجدول (٨-٩) في الكود العربي السوري، من أجل البلاطات التي تستند إلى جدران أو جوائز ساقطة يزيد سمكها على مثلي سمك البلاطة، ومن الجدول (٨-١٠) من أجل البلاطات التي تستند إلى جوائز من السمك نفسه للبلاطات.

بعد ذلك يتم حساب العزوم استناداً إلى مبدأ الشرائح في كلا الاتجاهين، ويحسب التسليح اللازم، ويركز ضمن العصب في كل اتجاه. ويعمم هذا التسليح على باقي الأعصاب غير الوسطية في الاتجاه ذاته.

في هذا النوع من البلاطات يطلب فقط التحقق من القص عند نهاية الأجزاء المصمتة.

ج- الجوائز:

يتم نقل الحمولات إلى الجوائز الرئيسة الحاملة للبلاطات المفرغة ذات الاتجاهين، تماماً كما هو الحال بالنسبة للجوائز الحاملة للبلاطات المصمتة ذات الاتجاهين.

٧-٤- البلاطات ذات الجوائز المتصالبة بتباعد أكبر من متر واحد، (النوع الثاني):

٧-٤-١- العناصر الإنشائية والاشتراطات البعدية واشتراطات التسليح:

تحدد السماكة الكلية الدنيا للبلاطة من هذا النوع بحيث لا تقل عن:

$$t \geq \frac{L}{20 \rightarrow 25} \qquad (2-7)$$

حيث تُؤخذ L في هذه الحالة مساوية المتوسط الحسابي للمسافتين بين محاور الأعمدة في الاتجاهين المتعامدين.

يُؤخذ الارتفاع الجوائز المتصالبة ثابتاً بالاتجاهين وذلك لتسهيل عملية التنفيذ.

الجدول (٨-٩)

معاملات توزيع الأحمال في البلاطات المفرغة باتجاهين عندما تكون الجوائز الرئيسة ساقطة

نسبة الاستطالة r						0.76	0.80	0.90	1.00
α_1						0.614	0.575	0.481	0.396
α_2						0.207	0.237	0.316	0.396
نسبة الاستطالة r	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	∞
α_1	0.323	0.262	0.212	0.172	0.140	0.113	0.077	0.053	0.000
α_2	0.473	0.543	0.606	0.660	0.706	0.746	0.806	0.819	1.000

الجدول (٨-١٠)

معاملات توزيع الأحمال في البلاطات ذات الجوائز المتصالبة أو البلاطات المفرغة باتجاهين عندما تكون الجوائز الرئيسة مخفية

نسبة الاستطالة r						0.76	0.80	0.90	1.00
α_1						0.747	0.707	0.604	0.500
α_2						0.253	0.293	0.396	0.500
نسبة الاستطالة r	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	∞
α_1	0.405	0.328	0.258	0.203	0.166	0.131	0.086	0.059	0.000
α_2	0.595	0.672	0.742	0.797	0.834	0.869	0.914	0.941	1.000

أرقام الجداول وفق ما وردت في الكود السوري

تتألف البلاطة المعصبة من النوع الثاني، من العناصر الإنشائية الآتية:

أ- بلاطة التغطية:

يُؤخذ السمك الأدنى لهذه البلاطة كما سبق ذكره في البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين، وتطبق على هذه البلاطات اشتراطات وترتيبات التسليح نفسها الواردة في البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين أيضاً.

ب- الجوائز المتصالبة:

يتراوح التباعد بين هذه الجوائز من متر واحد إلى مترين وتطبق عليها اشتراطات وترتيبات التسليح نفسها، المطبقة على الجوائز العادية.

ج- الجوائز الرئيسة:

وتستند هذه الجوائز إلى الأعمدة وتنطبق عليها الاشتراطات البعدية نفسها واشتراطات التسليح الخاصة بالجوائز العادية أيضاً.

٧-٤-٢- الحساب الإنشائي:

أ- بلاطة التغطية:

يتم حساب هذه البلاطة كما هو الحال في البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين، حيث تحسب عزوم الانعطاف السالبة والموجبة في كلا الاتجاهين بإحدى الطرائق المتبعة، وبعدها يُحسب التسليح السفلي لهذه البلاطات في الاتجاهين. أما التسليح العلوي فوق المساند فيمكن الاستغناء عنه لصغر العزوم المؤثرة، ويمكن فقط التحقق من عدم تجاوز إجهادات الشد الناجمة عن عزوم الانعطاف في تلك المنطقة، قيمة مقاومة البيتون على الشد.

ب- الجوائز المتصالبة:

ب-١- تحديد الحمولات: يتم حساب الحمولات على متر مربع من سطح البلاطة، وتشمل:

* الحمولات الميتة، وهي:

- وزن ذاتي لبلاطة التغطية: $g_1 = t_f \cdot \gamma$

- وحمولة التغطية، حسب التفاصيل المعمارية: g_2

- ووزن الأعصاب : $g_3 = \frac{(\varepsilon - t_f)}{b} \cdot \gamma \cdot [b_w \cdot a + b_w(b - b_w)]$

* الحمولات الحية: p

ب-٢- عزوم الانعطاف والتسليح:

يتم حساب عزوم الانعطاف بأخذ شرائح وسطية في كلا الاتجاهين، عرض الشريحة الواحدة في كل اتجاه هو التباعد بين محاور الأعصاب في الاتجاه ذاته. و تحدد حصة العصب الوسطي من الحمولات، وذلك في كل اتجاه حسب ما يأتي:

- الحمل في الاتجاه القصير: $q_2 = \alpha_2 \cdot q \cdot b$
- الحمل في الاتجاه الطويل: $q_1 = \alpha_1 \cdot q \cdot a$

حيث α_2, α_1 هما معاملان تُؤخذ قيمهما تبعاً لدرجة الاستطالة r من الجدول (٨-١٠) في الكود العربي السوري.

يتم بعد ذلك حساب العزوم استناداً إلى مبدأ الشرائح في كلا الاتجاهين، ويحسب التسليح اللازم، مع امكان تخفيض العزوم بمقدار 20% نظراً للصلابة الكبيرة التي تتمتع بها هذه البلاطة، ولكن لا يمكن تخفيض قوى القص.

أما بالنسبة للجوائز التي لا تقع في وسط البلاطة، فتكون كمية التسليح اللازمة لها أقل ، ويمكن تقديرها وفق الجدول (٨-١١) في الكود العربي السوري تبعاً لعدد الجوائز المتصالبة في كل اتجاه من العلاقة:

$$A_{sj} = \alpha_{ij} \cdot A_s \qquad (3-7)$$

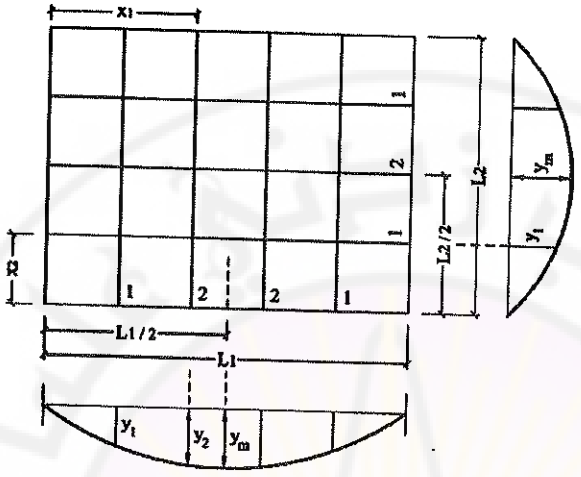
حيث: A_{sj} – كمية تسليح الجائز في الصف j .

α_{ij} – عامل يُؤخذ من الجدول (٨-١١) في الكود العربي السوري.

A_s – كمية تسليح الجائز الوسطي المحسوب أعلاه.

ج- الجوائز:

يتم نقل الحمولات إلى الجوائز الرئيسة الحاملة للبلاطات المفرغة ذات الاتجاهين، تماماً كما هو الحال بالنسبة للجوائز الحاملة للبلاطات المصمتة ذات الاتجاهين.



مسقط أفقي لبلاطة ذات جوائز متصالبة

الجدول (٨-١١)

حدد الجوائز بالاتجاه L_2 أو L_1	نسب عزوم الجوائز غير الوسطية إلى عزم الجائز الوسطي					
	رقم العصب المدروس					
	1	2	3	4	5	6
1	1.00	–	–	–	–	–
2	0.869	–	–	–	–	–
3	0.712	1.000	–	–	–	–
4	0.594	0.952	–	–	–	–
5	0.506	0.869	1.000	–	–	–
6	0.440	0.787	0.976	–	–	–
7	0.388	0.712	0.928	1.000	–	–
8	0.347	0.648	0.869	0.986	–	–
9	0.314	0.590	0.812	0.952	1.000	–
10	0.286	0.547	0.748	0.914	0.992	–
11	0.262	0.506	0.712	0.869	0.967	1.000
12	0.242	0.470	0.667	0.822	0.935	0.993

الشكل (٧-٣): أرقام الجداول وفق ما وردت في الكود السوري

٧-٥- الفتحات في البلاطات المفرغة ذات الأعصاب بالاتجاهين:

يمكن عمل فتحات في البلاطات المعصبة بنوعيها، ويراعى عند ذلك أن تقع الفتحة بالكامل ضمن جزء القالب. وفي حال تعذر وضع الفتحة بالكامل ضمن حدود القالب، عندها

يلزم معالجتها كالفتحة الكبيرة في البلاطات المصمتة ، أي يجب أن تحلل البلاطة وفقاً للمبادئ الهندسية المعتمدة، أو بوضع جوائز تقوية على محيط الفتحة، تمتد حتى مساند البلاطة.

٧-٦- الأحمال المكافئة للقواطع فوق البلاطات المقصبة:

تحدد الأحمال المكافئة لأوزان القواطع الخفيفة والثقيلة، كما هو الحال في البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين.

٧-٧- مثال عددي:

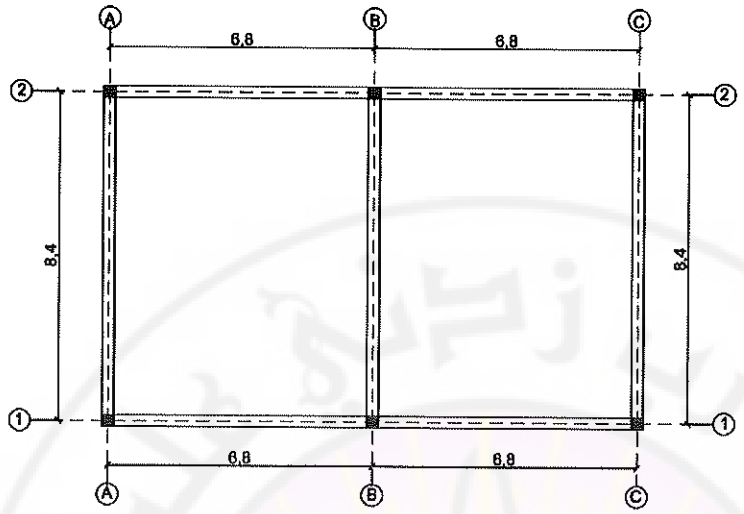
يبين الشكل (٧-٤) مسقطاً لبلاطة سقف. والمطلوب حساب العناصر الإنشائية لهذه البلاطة باختيار الحل الإنشائي:

1- بلاطة مفرغة ذات الأعصاب باتجاهين، بتباعد أقل من متر واحد (النوع الأول).

2- بلاطة مفرغة ذات الأعصاب باتجاهين، بتباعد أكبر من متر واحد (النوع الثاني).

المعطيات:

- أبعاد الأعمدة : $300x300\ mm^2$.
- يستخدم جوائز ساقطة فوق محاور الأعمدة، سمكها الكلي يزيد على مثلي سمك البلاطة.
- الحمولات: حمولة التغطية $2,0\ kN/m^2$ ، الحمولة الحية $3,0\ kN/m^2$.
- مواصفات المواد: المقاومة المميزة للبيتون $f'_c=20\ N/mm^2$.
- حد مرونة الفولاذ $f_y=400\ N/mm^2$.
- تؤخذ بقية الأبعاد من الشكل.



الشكل (٧-٤): مسقط البلاطة

٧-٧-١- الحل الأول:

تحدد السماكة الكلية الدنيا للبلاطة المفرغة ذات الأعصاب بالاتجاهين، التي لا يزيد التباعد بين محاور أعصابها على متر واحد، والمستندة إلى جدران أو جوائز يزيد عمقها على مثلي سماكة البلاطة، كما ورد أعلاه.

أي يُؤخذ السمك الأدنى بحيث لا يقل عن:

$t \geq$ المحيط المكافئ/120 = 236,53 mm

نعتمد : t =280 mm

بعد اختيار الجملة الإنشائية المناسبة كما في الشكل (٧-٥) يتم حساب عناصر البلاطة.

أ- بلاطة التغطية:

هي بلاطة عاملة باتجاهين ولا يتم حساب هذه البلاطة لصغر أبعادها في كلا الاتجاهين. وتسلح إنشائياً في الاتجاهين كما سبق ذكره أعلاه.

يُؤخذ سمك بلاطة التغطية t_f بحيث لا يقل عن الأكبر من القيم الآتية:

- $t_f = \frac{1}{10} a, or\, b = 80\,mm$ ، أيهما أكبر.
- 60 mm في حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب المؤقتة.
- 50 mm في حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب الدائمة.

نعتمد $t_f = 80\,mm$

وتسلح هذه البلاطة بالاتجاهين بحيث لا يقل التسليح في كل اتجاه عن (5Φ6/m). و يراعى عند وضع التسليح الترتيبات نفسها الواردة في البلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد.

ب- الأعصاب المتصالبة:

ب-١- تحديد الحمولات: يتم حساب الحمولات على متر مربع من سطح البلاطة، وتشمل:

* الحمولات الميتة، وهي:

- وزن ذاتي لبلاطة التغطية: $g_1 = t_f \cdot \gamma = 2{,}0\,kN/m^2$
- وحمولة التغطية، حسب التفاصيل المعمارية: $g_2 = 2{,}0\,kN/m^2$
- ووزن الأعصاب :

$$g_3 = \frac{(t - t_f)}{a \cdot b} \cdot \gamma \cdot [b_w \cdot a + b_w (b - b_w)] = 2{,}2\,kN/m^2$$

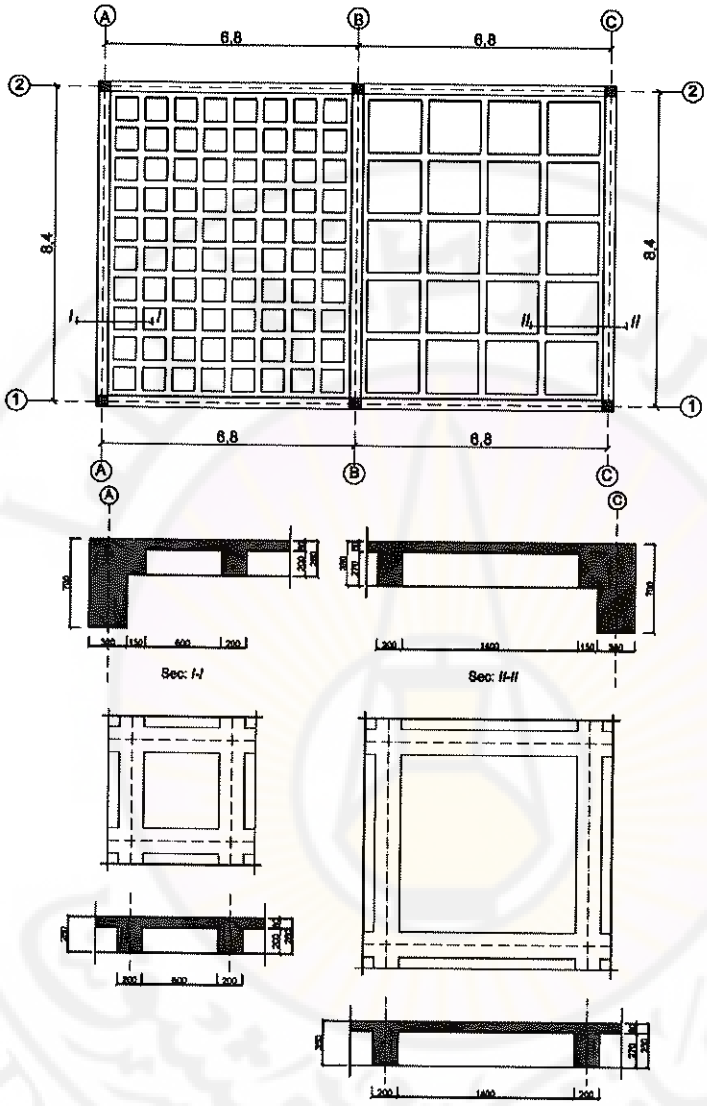
الحمولات الميتة، ككل: $g = 6{,}2\,kN/m^2$

* الحمولات الحية: $p = 3{,}0\,kN/m^2$

* **والحمولات الحدية:** $q_u = 9{,}3 + 5{,}4 = 14{,}7\,kN/m^2$

ب-٢- عزوم الانعطاف والتسليح:

يتم حساب عزوم الانعطاف بأخذ شرائح وسطية في كلا الاتجاهين، عرض الشريحة الواحدة في كل اتجاه هو التباعد بين محاور الأعصاب في الاتجاه ذاته. و تحدد حصة العصب الوسطي من الحمولات، وذلك في كل اتجاه حسب ما يأتي:



الحل الأول

الحل الثاني

الشكل (٧-٥): المسقط الإنشائي للبلاطة

- الحمل في الاتجاه القصير: $q_{u2} = \alpha_2 \cdot q_u \cdot b = 7{,}87\,kN/m'$

- الحمل في الاتجاه الطويل: $q_{u1} = \alpha_1 \cdot q_u \cdot a = 1{,}95\,kN/m'$

حيث α_2, α_1 هما معاملان تُؤخذ قيمهما تبعاً لدرجة الاستطالة r من الجدول (٨-٩) في الكود العربي السوري، كون البلاطات تستند إلى جوائز ساقطة يزيد سمكها على مثلي سمك البلاطة.

$$r = \frac{m_1 L_1}{m_2 L_2} = 1{,}42 \Rightarrow \begin{matrix} \alpha_1 = 0{,}1656 \\ \alpha_2 = 0{,}6692 \end{matrix}$$

بعد ذلك يتم حساب العزوم استناداً إلى مبدأ الشرائح في كلا الاتجاهين، ويحسب التسليح اللازم، ويركز ضمن العصب في كل اتجاه. ويعمم هذا التسليح على باقي الأعصاب غير الوسطية في الاتجاه ذاته. الشكل(٧-٦).

في هذا النوع من البلاطات يطلب فقط التحقق من القص عند نهاية الأجزاء المصمتة.

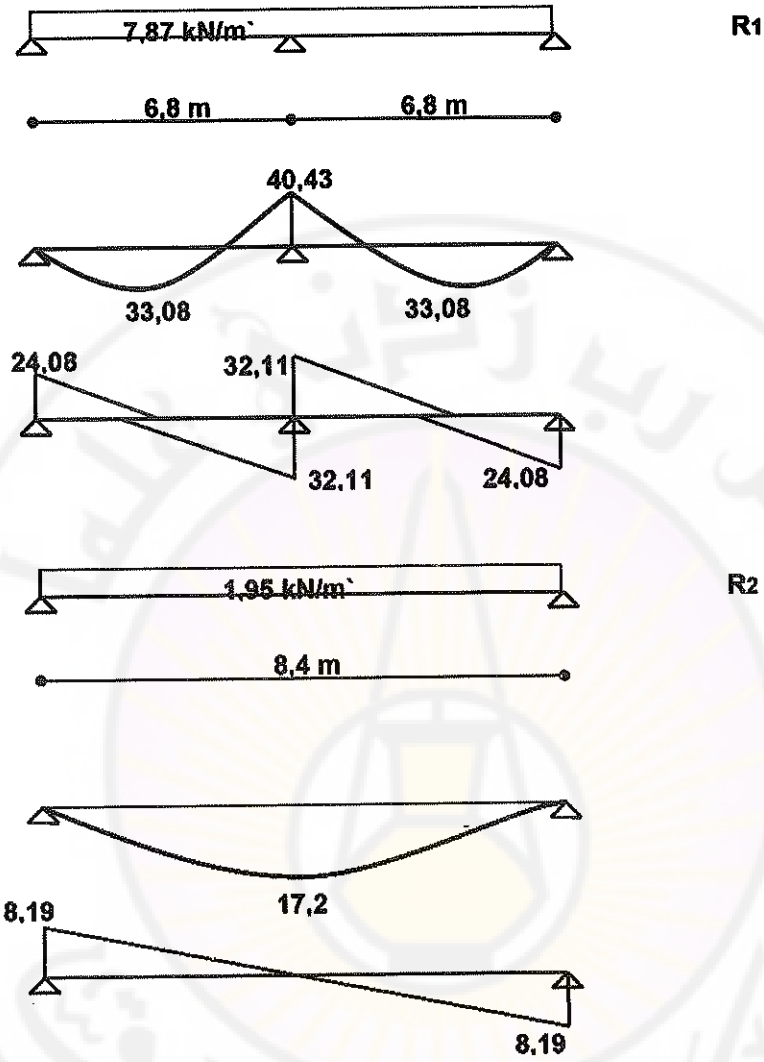
٧-٧-١- الحل الثاني:

تحدد السماكة الكلية الدنيا للبلاطة من هذا النوع بحيث لا تقل عن:

$$t \geq \frac{L}{20 \to 25} = 304 \;\to\; 380\,mm$$

نعتمد: $t = 350\,mm$

بعد اختيار الجملة الإنشائية المناسبة كما في الشكل (٧-٥) يتم حساب عناصر البلاطة.



الشكل (٧-٦): قيم العزوم وقوى القص التصميمية في الأعصاب الوسطية

أ- بلاطة التغطية:

هي بلاطة عاملة باتجاهين أبعادها 1,6x1,6 m ، و يتم حسابها تماماً كما سبق ذكره في البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين.

يُؤخذ سمك بلاطة التغطية t_f بحيث لا يقل عن:

$t_f \geq$ المحيط المكافئ/140

نعتمد: $t_f = 80\,mm$

أ-١- تحديد الحمولات: (تحسب على متر مربع من سطح البلاطة)

* الحمولات الميتة، وهي:

- وزن ذاتي لبلاطة التغطية: $g_1 = t_f \cdot \gamma = 2{,}0\,kN/m^2$

- حمولة التغطية، حسب التفاصيل المعمارية: $g_2 = 2{,}0\,kN/m^2$

الحمولات الميتة، ككل: $g = 4{,}0\,kN/m^2$

* الحمولات الحية: $p = 3{,}0\,kN/m^2$

* **الحمولات الحدية:** $q_u = 6{,}0 + 5{,}4 = 11{,}4\,kN/m^2$

أ-٢- حساب عزوم الانعطاف التصميمية في البلاطات:

سيتم استخدام الطريقة المبسطة في حساب عزوم الانعطاف التصميمية.

تنطلق هذه الطريقة في الحسابات، من بلاطة بسيطة الاستناد عند أطرافها الأربعة. الشكل (٧-٧).

تحدد عزوم الانعطاف المتولدة عن الأحمال في مركز البلاطة بالاتجاهين كالآتي:

- باتجاه المجاز القصير L_2 :

$$M_{02} = \mu_2 \cdot q_u \cdot L_2^2 = 1{,}23\,kN.m$$

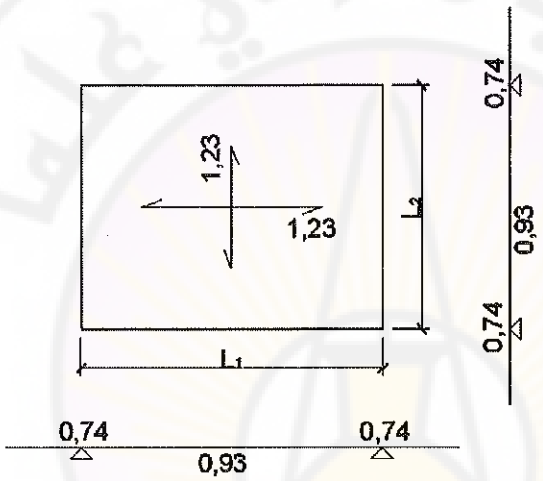
- باتجاه المجاز الطويل L_1 :

$$M_{01} = \mu_1 \cdot M_{02} = 1{,}23\,kN.m$$

حيث تُحدد قيم المعاملين μ_1, μ_2 من الجدول (٨-٨) في الكود العربي السوري، تبعاً لقيمة النسبة ($0{,}5 \le \rho = \frac{L_2}{L_1} \le 1$).

$$\rho = \frac{L_2}{L_1} = 1{,}0 \Rightarrow \begin{matrix} \mu_2 = 0{,}0423 \\ \mu_1 = 1{,}0 \end{matrix}$$

و تُؤخذ عزوم انعطاف سالبة عند المساند في البلاطة بسيطة الاستناد، لا تقل قيمها عن $0,3M_{01}$ في الاتجاه L_1، وعن $0,3M_{02}$ في الاتجاه L_2 .
إذا كانت البلاطة مستمرة من طرف أو من الطرفين، تعتمد قيم عـزوم الانعطاف الموجبة والسالبة الواردة في الشكل (٧-٧).
و يُؤخذ العزم السالب لبلاطة مستمرة متوسط القيمتين عند يسار ويمـين المسند.



الشكل (٧-٧): قيم العزوم السالبة والموجبة في البلاطة كنسب من العزمين M_{01} , M_{02} للبلاطة بسيطة الاستناد

يُحسب التسليح السفلي لهذه البلاطات في الاتجاهين. أما التسليح العلوي فوق المساند فيمكن الاستغناء عنه لصغر العزوم المؤثرة، ويمكن فقط التحقق من عـدم تجـاوز إجهادات الشد الناجمة عن عزوم الانعطاف في تلك المنطقة، قيمة مقاومة البيتـون على الشد.

$$M_u^- = 0,74\,kN.m \Rightarrow M^- = 0,45\,kN.m$$

$$\sigma_t = \frac{M^-}{I}.y \le f_{ct}$$

ب- الأعصاب المتصالبة:

ب-١- تحديد الحمولات: يتم حساب الحمولات على متر مربع من سطح البلاطـــة، وتشمل:

* الحمولات الميتة، وهي:

- وزن ذاتي لبلاطة التغطية: $g_1 = t_f \cdot \gamma = 2{,}0\,kN/m^2$

- حمولة التغطية، حسب التفاصيل المعمارية: $g_2 = 2{,}0\,kN/m^2$

- وزن الأعصاب :

$$g_3 = \frac{(t - t_f)}{a \cdot b} \cdot \gamma \cdot [b_w \cdot a + b_w(b - b_w)] = 1{,}58\,kN/m^2$$

الحمولات الميتة، ككل: $g = 5{,}58\,kN/m^2$

* الحمولات الحية: $p = 3{,}0\,kN/m^2$

* الحمولات الحدية: $q_u = 8{,}37 + 5{,}4 = 13{,}77\,kN/m^2$

ب-٢- عزوم الانعطاف والتسليح:

يتم حساب عزوم الانعطاف بأخذ شرائح وسطية في كلا الاتجاهين، عرض الشريحة الواحدة في كل اتجاه هو التباعد بين محاور الأعصاب في الاتجاه ذاته. و تحـــدد حصة العصب الوسطي من الحمولات، وذلك في كل اتجاه حسب ما يأتي:

- الحمل في الاتجاه القصير: $q_{u2} = \alpha_2 \cdot q_u \cdot b = 17{,}72\,kN/m'$

- الحمل في الاتجاه الطويل: $q_{u1} = \alpha_1 \cdot q_u \cdot a = 4{,}31\,kN/m'$

حيث α_2, α_1 هما معاملان تُؤخذ قيمهما تبعاً لدرجة الاســـتطالة r مـــن الجدول (٨-١٠) في الكود العربي السوري، كون البلاطات معصبة من النوع الثاني.

$$r = \frac{m_1 L_1}{m_2 L_2} = 1{,}42 \Rightarrow \begin{matrix} \alpha_1 = 0{,}1956 \\ \alpha_2 = 0{,}8044 \end{matrix}$$

بعد ذلك يتم حساب العزوم استناداً إلى مبدأ الشرائح في كلا الاتجـاهين، ويحـسب التسليح اللازم، بعد تخفيض قيم العزوم السالبة والموجبة فقط بمقـدار 20% نظـراً للصلابة الكبيرة للبلاطة. الشكل(٧-٨) والشكل(٧-٩).

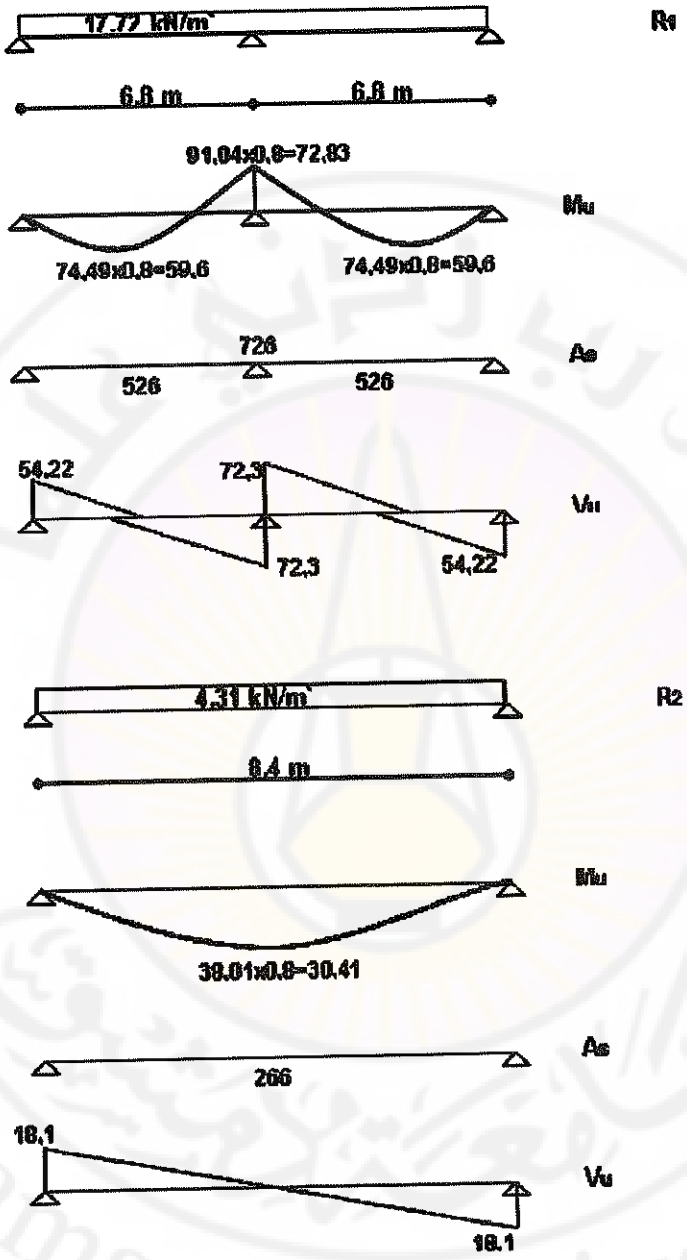
أما بالنسبة للجوائز التي لا تقع في وسط البلاطة، فتكون كمية التسليح اللازمة لهـا أقل ، ويمكن تقديرها وفق الجدول (٨-١١) في الكود العربي السوري تبعـاً لعـدد الجوائز المتصالبة في كل اتجاه من العلاقة:

$$A_{sj} = \alpha_{ij} \cdot A_s$$

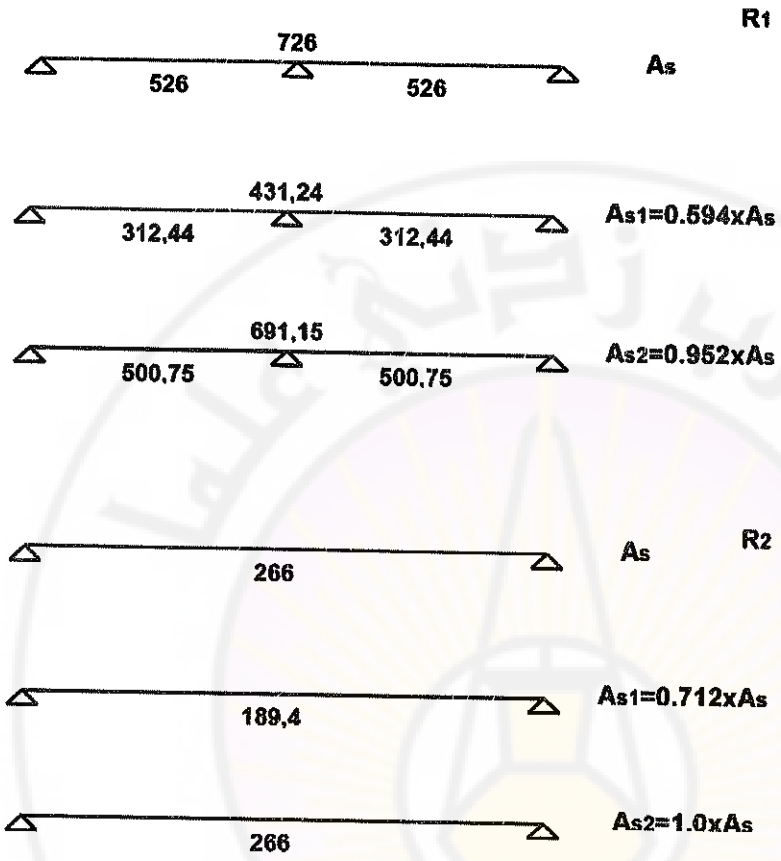
حيث: A_{sj} – كمية تسليح الجائز في الصف j .

α_{ij} – عامل يُؤخذ من الجدول (٨-١١) في الكود العربي السوري.

A_s – كمية تسليح الجائز الوسطي المحسوب أعلاه.



الشكل (٧-٨): قيم العزوم وقوى القص التصميمية والتسليح الطولي في الجوائز الوسطية



الشكل (٧-٩): قيم التسليح الطولي في الجوائز غير الوسطية

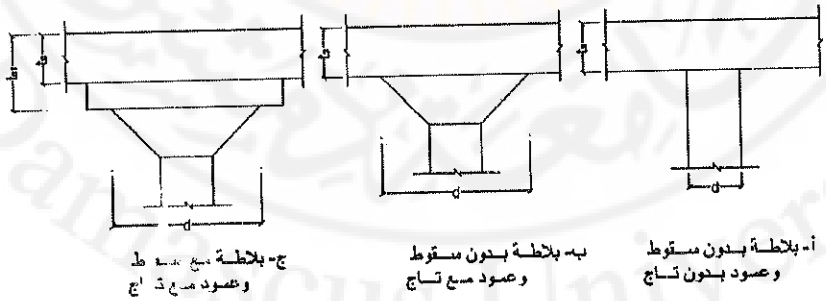
الفصل الثامن

البلاطات المستندة إلى الأعمدة
(البلاطات القطرية)
Flat slab

٨-١- تعريف:

هي بلاطات مستوية مصمتة (ملئية) غالباً، تستند مباشرة إلى أعمدة مع تيجان أو بدونها، الشكل (٨-١). وتتميز البلاطات القطرية من بقية أنواع البلاطات بما يأتي:

- سهولة تنفيذ القالب الخشبي.
- سهولة تنفيذ الأعمال الميكانيكية و الكهربائية .
- إمكانية تغيير الوظيفة الاستثمارية للمنشأ دون صعوبات.
- الاستثمار الأمثل لكامل الارتفاع الطابقي.
- عدم اضطراب حركة الهواء تحت السقف، وهذا ما يجعل هذه البلاطات مناسبة للاستعمال في سقف منشآت التبريد.



الشكل (٨-١): أشكال استناد البلاطات القطرية على الأعمدة

٨-٢- الاشتراطات البعدية واشتراطات التسليح:

٨-٢-١- الاشتراطات البعدية:

أ- يجب أن لا تتعدى النسبة بين طول وعرض البلاطة القيمة $\frac{4}{3}$ ، أي $\frac{L_1}{L_2} \leq \frac{4}{3}$.

ب- يجب ألا يقل أدنى سمك كلي t_s للبلاطة، بأي حال عن أكبر القيم الآتية:

- $\frac{L}{32}$ للفتحات الطرفية دون سقوط.
- $\frac{L}{35}$ للفتحات الداخلية المستمرة بالكامل دون سقوط أو للمجازات الطرفية التي لها سقوط.
- $\frac{L}{38}$ للفتحات الداخلية المستمرة بالكامل والتي لها سقوط.
- كما يجب أن لا يقل السمك عن 150 mm .

حيث تُؤخذ L مساوية إلى المتوسط الحسابي للمقاسين L_1, L_2 .

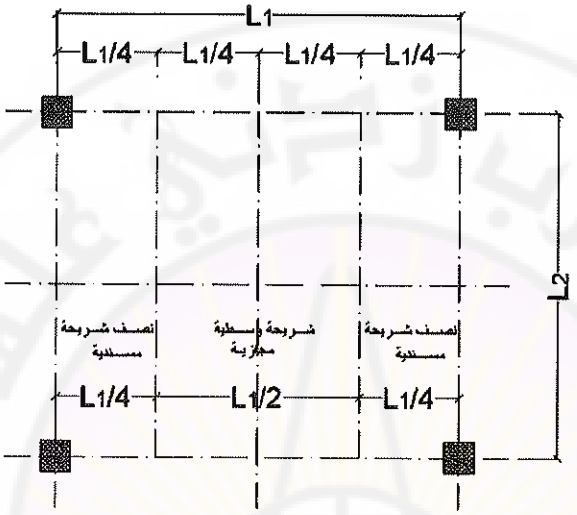
ج- يجب ألا يقل قطر العمود (الدائري القطاع، أو طول كل من جانبي العمود المستطيل القطاع)، عن أكبر القيم التالية:

- $\frac{1}{20}$ من طول المجاز في الاتجاه المدروس.
- $\frac{1}{15}$ من ارتفاع الطابق الكلي.
- 350 mm ويمكن تخفيضه إلى 300 mm في حال وجود أخرى مقاومة للزلازل.

د- في الحالات التي تزود فيها الأعمدة بتيجان، يجب أن تتحقق المتطلبات التالية، وذلك بالنسبة لتيجان الأعمدة الداخلية، وكذلك أجزاء تيجان الأعمدة الخارجية الواقعة في حدود المبنى:

- إذا زادت زاوية أقصى ميل للتاج مع الاتجاه الرأسي على 45^0 ، يكون فقط الجزء من التاج المحصور بالزاوية 45^0 ، هو الفعّال.
- إذا زاد قطر تاج العمود على ربع طول الفتحة، يعد القطر الفعّال لتاج العمود d فقط ربع طول الفتحة ($\frac{L}{4}$).

هـ- يفترض تقسيم فتحات البلاطات الفطرية إلى شرائح وسطية و شرائح مسندية ونصف شريحة مسندية طرفية، كما هو مبين بالشكل (٨-٢).



الشكل (٨-٢): توزيع الشرائح للبلاطات الفطرية

٨-٢-٢- اشتراطات وترتيبات التسليح في البلاطة الفطرية:

أ- تُؤخذ مساحات التسليح الدنيا والقصوى للبلاطات الفطرية، كما هو للبلاطات المليئة ذات الاتجاه الواحد.

ب- يجب أن تسلح البلاطات الفطرية ويرتب التسليح، بحيث تسلح كل شريحة بعرضها الكامل.

ج- يجب أن يمتد على الأقل نصف التسليح الموجب لكل شريحة، في الجزء الأسفل من البلاطة، لما بعد الخط الواصل بين محاور الأعمدة بما لا يقل عن 100mm و عند استعمال القضبان المستقيمة للتسليح الموجب في الفتحة الطرفية، يجب أن يمتد التسليح إلى ما بعد محور المسند الطرفي بما لا يقل عن 150 mm.

د- يجب أن يستمر التسليح السالب في أعلى البلاطة، داخل المجـــازات المجـــاورة، لمسافة لا تقل عن ربع طول المجاز الأكبر من المجازين المتجاورين، مقيـــسة من الخط الواصل بين مراكز الأعمدة.

هـ- يجب أن يُحتفظ بمساحة التسليح السالب بأكملها، لمسافة لا تقل عن خمس طول المجاز على كل جانب من الخط الواصل بين مراكز الأعمدة. كمـــا يجـــب أن يُحتفظ بمساحة التسليح الموجب بأكملها، لمسافة لا تقل عن ربع طول المجـــاز، على كل جانب من محور المجاز في حال استعمال القضبان المكسحة، أو 35% من طول المجاز في حال استعمال القضبان المستقيمة.

و- في حالة البلاطات الفطرية المستندة إلى أعمدة بدون تيجان، أو عندما يكون قطر التاج أقل من ضعف البعد الأدنى (أو القطر المكافئ) لأعلـــى العمـــود، يجـــب تجميع ثلثي كمية التسليح اللازمة لمقاومة العزوم السالبة للشريحة المسندية، في عرض يساوي نصف عرض هذه الشريحة، على أن تكون متمركزة مع العمود، ويُوزع باقي التسليح على العرض المتبقي من الشريحة المسندية.

ز- يجب أن يمتد التسليح الموجب والسالب قي البلاطات غير المستمرة الأطـــراف، للحصول على الإرساء المناسب، لمقاومة الإجهادات في القطاعات الطرفية.

٨-٢-٣- تسليح تيجان أعمدة البلاطات الفطرية:

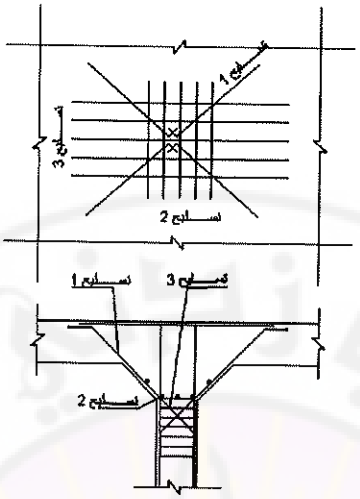
يجب أن تسلح تيجان الأعمدة بقضبان تسليح، كالمبين في الشكل (٨-٣)، ويجب ألا تقل المساحة الكلية لهذا التسليح في كل اتجاه عما يأتي:

أ- عندما يكون قطاع تاج العمود مستطيلاً:

$\frac{1}{25}$ من مساحة التسليح السالب في المتر، للشريحة المسندية في الاتجاه المعتمد، مضروباً في طول الفتحة في الاتجاه المتعامد مع هذا التسليح.

ب- عندما يكون قطاع تاج العمود مستديراً:

يُوزع مجموع التسليحين (2) و (3) المبين في الشكل (٨-٣) السابق إيجادهما للاتجاهين، على محيط التاج.



الشكل (٨-٣): تسليح تيجان الأعمدة للبلاطات الفطرية

٨-٣- الحساب الإنشائي للبلاطات الفطرية:

في حال عدم اعتماد طريقة دقيقة للتحليل، تُحسب عزوم الانعطاف في البلاطات الفطرية بإحدى الطريقتين الآتيتين:

٨-٣-١- حساب البلاطات الفطرية كهياكل (إطارات مستمرة):

أ- يمكن حساب عزوم الانعطاف وقوى القص بتحليل المنشأة كهيكل (إطار) مستمر، بالاعتماد على نظرية المرونة، ومع أخذ الافتراضات الآتية بالحسبان:

١) تعد المنشأة مقسمة طولياً وعرضياً إلى هياكل (إطارات)، مكوّنة من صف من الأعمدة وشريحة من البلاطات الواقعة على جانبي صف الأعمدة، بعرض يساوي المسافة بين محاور المجازات.

٢) يمكن تحليل كل هيكل مستمر كهيكل مستقل، مكون من شريحة من البلاطة والأعمدة أعلاها وأسفلها، باعتماد نهايات الأعمدة البعيدة موثوقة (أو مفصلية إذا كان اتصال الأعمدة مع الأساسات مفصلياً).

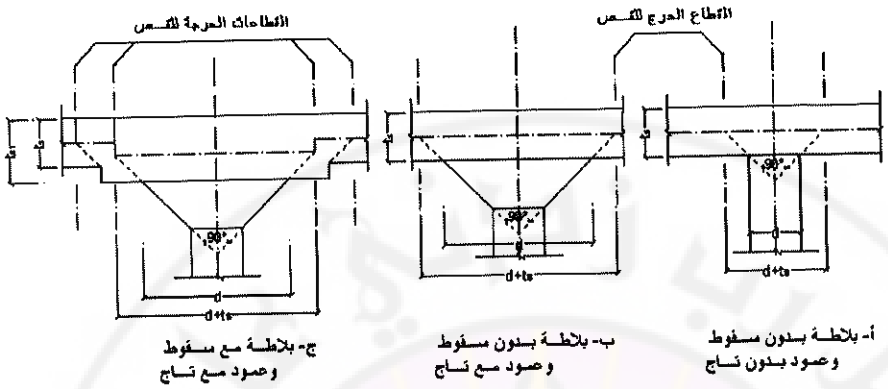
٣) إذا كانت طبيعة المنشأة تفرض أن الأحمال الحية لن توجد إلا على كامل المجازات في آن واحد، أو إذا كان من الممكن وجود الأحمال الحية على

بعض المجازات دون بعضها الآخر، وكانت قيمتها لا تتجاوز $\frac{3}{4}$ الحمل الميت، يمكن حساب الهيكل (الإطار) على حالة تحميل واحدة تطبق فيها كامل الأحمال الحية والميتة في آن واحد، أما في الحالات الأخرى، فيجب وضع الحمل الحي في المواقع التي تعطي أقصى قوة داخلية في الأعضاء المختلفة للهيكل.

٤) تُؤخذ المجازات التي تستعمل في هذا التحليل، مساوية للمسافات بين محاور الأعمدة، كما يجب أخذ اختلاف عزوم العطالة لأعضاء الهيكل في الحسبان. وفي حال استعمال تيجان للأعمدة، يمكن أخذ أجزاء الأعضاء الواقعة ضمن الجزء الحسابي من التاج بعزم عطالة قيمته لا نهائية ($I=\infty$).

ب- تُحسب البلاطة عند كل قطاع لعزوم الانعطاف المحسوبة كما سبق، إلا أنه لا يلزم اعتماد عزوم انعطاف سالبة أكبر من تلك الموجودة عند القطاعات الحرجة على حدود القطر الفعّال d ، وفق الشكل (٨-٤)، ويُحقق العزم أيضاً، على محيط السقوط إن وجد.

ج- تقسم عزوم الانعطاف التي وُجدت بإتباع الطريقة السابقة، بين الشرائح المسندية والشرائح المجازية بالنسب المئوية المبينة في الجدول (٨-١٢) في الكود العربي السوري. عندما تُؤخذ شريحة العمود مساوية لعرض السقوط، ويزاد تبعاً لذلك عرض الشريحة المجازية لقيمة أكبر من نصف عرض المجاز، يجب زيادة العزوم التي تقاومها الشريحة المجازية، على القيم المعطاة في الجدول (٨-١٢) بالتناسب مع الزيادة في عرضها. ويمكن تخفيض العزوم التي تقاومها الشريحة المسندية عن القيم المعطاة في الجدول (٨-١٢).



الشكل (٨-٤): القطاعات الحرجة للقص

الجدول (٨-١٢)

تَوَزّع عزوم الانحناء بين الشرائح المختلفة، عند الحساب بطريقة الهياكل (كنسب مئوية) من عزوم الانحناء الكلية (السالبة والموجبة)

الشريحة / القطاع		الشريحةالمسندية	الشريحة الوسطية (المجازية)	نصف الشريحة المسندية الطرفية	
				A	B
العزوم السالبة عند المساند الداخلية		75	25	38	19
للعزوم الموجبة		55	45	28	14
عزوم سالبة عند المسند الخارجي	C	80	20	40	20
	D	60	40	30	15

A = دون جوائز محيطية موازية لنصف الشريحة المسندية الطرفية.

B = مع جوائز محيطية موازية لنصف الشريحة المسندية الطرفية.

C = دون جوائز محيطية عمودية على الشريحة المحسوبة.

D = مع جوائز محيطية عمودية على الشريحة المحسوبة، على ألا يقل عمق الجوائز المحيطية عن ثلاثة أمثال سماكة البلاطة.

رقم الجدول وفق ما ورد في الكود العربي السوري

د- عند حساب القطاع المعرض لعزم انعطاف سالب في شريحة مسندية تحتوي على سقوط، يُؤخذ العرض الحسابي للقطاع مساوياً إلى عرض السقوط، كما يُؤخذ الارتفاع الفعّال للقطاع، مساوياً إلى الارتفاع الفعّال للسقوط.

هـ- يراعى في توزيع التسليح العلوي ضمن الشريحة المسندية ما يلي:

في حال وجود تيجان، يوزع ما لا يقل عن نصف تسليح الشريحة المسندية ضمن القطر الفعّال d .

٨-٣-٢- الحساب الافتراضي للبلاطات القطرية المعرضة لأحمال منتظمة التوزيع:

أ- حدود استعمال الطريقة:

١) أن تحتوي البلاطات القطرية على مجموعة من البلاطات المستطيلة ذات السمك الثابت تقريباً، والمرتبة في ثلاثة صفوف على الأقل في اتجاهين متعامدين، وعلى ألا تزيد نسبة طول كل بلاطة إلى عرضها، عن $\frac{4}{3}$.

٢) ألا تختلف أطوال وعروض كل بلاطتين متجاورتين في كل مجموعة بأكثر من 10% من أكبر طول أو عرض، وعلى ألا تختلف المجازات المتباعدة بعضها عن بعض في المجموعة بأكثر من 20% من المجاز الأكبر. يجوز أن تكون المجازات الطرفية أقصر من المجازات الداخلية، ولا يجوز أن تكون أطول منها. في حال اختلاف المجازات المتجاورة يجب دائماً أخذ طول المجاز الأكبر في حساب عزوم الانعطاف السالبة فوق المساند.

٣) ألا يقل السقوط (إن وجد) في كل اتجاه، عن $\frac{1}{3}$ طول المجاز في الاتجاه ذاته. وألا يزيد سمك السقوط من السطح العلوي للبلاطة على مرة ونصف سمك البلاطة، وألا يقل عن مرة وربع سمكها.

ب- القطاعات الحرجة:

تعد العزوم الموجبة المحسوبة بهذه الطريقة، مطبقة على القطاعات الحرجة المشار إليها في البند (٨-٣-١-د)، وتستعمل قيم العزوم في حساب هذه القطاعات دون تعديل.

ج- عزوم الانعطاف في البلاطات الفطرية:

تحسب قيمة عزم الانعطاف الكلي M_0 في الاتجاه L_1 في كل مجاز من العلاقة الآتية:

$$M_0 = \frac{w \cdot L_2}{8} \cdot \left[L_1 - \frac{2d}{3}\right]^2 \qquad (1-8)$$

حيث: w – الحمل الكلي على متر مربع من سطح البلاطة.

L_1 – طول البلاطة.

L_2 – عرض البلاطة.

d – قطر تاج العمود أو قطر أكبر دائرة يمكن رسمها داخل قطاع التاج.

أما في الاتجاه L_2، فتحسب قيمة العزم من علاقة مشابهة، تستبدل فيها L_2 بـ L_1 و L_1 بـ L_2.

بعد ذلك يتم تقسيم M_0 بين الشرائح الوسطية و المسندية في الاتجاه المعتمد، بالنسب المئوية المعطاة في الجدول (٨-١٣) في الكود العربي السوري.

د- عند حساب المقطع المعرض لعزم انعطاف سالب في الشريحة المسندية، يُراعى ما يأتي:

١) يُؤخذ العرض الحسابي للمقطع، مساوياً إلى $\frac{3}{4}$ عرض الشريحة، في حال عدم وجود سقوط، أو إلى عرض السقوط إن وجد.

٢) يُؤخذ الارتفاع الفعال للمقطع مساوياً إلى الارتفاع الفعّال للبلاطة، في حال عدم وجود سقوط أو إلى الارتفاع الفعّال للسقوط، إن وجد.

الجدول (٨-١٣)

توزيع عزوم الانحناء في وحدات البلاطات القطرية كنسبة مئوية من (M_s)

الشريحة	تاج العمود	نوع الارتكاز الطرفي *	الباكية الخارجية		الباكية الداخلية	
			عزم سالب	عزم موجب	عزم سالب	عزم موجب
الشريحة المسندية	بسقوط	A	45	25	50	20
		B	35			
	دون سقوط	A	40	30	45	25
		B	30			
الشريحة المجازية	بسقوط	A	10	20	15	15
		B	20			
	دون سقوط	A	10	20	15	15
		B	20			

* أنواع الارتكازات الطرفية:

A دون جوائز.

B جوائز بعمق كلي يساوي أو أكبر من ثلاثة أمثال سمك البلاطة.

ملاحظة: عندما تكون المجازات الطرفية أقصر من المجازات الداخلية، يمكن تعديل العزوم المعطاة في الجدول (٨-١٣) تعديلاً مناسباً يأخذ بالحسبان تأثير انخفاض العزوم الموجبة في المجاز نتيجة زيادة العزوم السالبة.

رقم الجدول وفق ما ورد في الكود العربي السوري

هـ- عزوم الانعطاف المطبقة على الأعمدة:

١) تحسب الأعمدة الداخلية والخارجية على القوى الناظمية المطبقة عليها، إضافة إلى عزوم انعطاف تساوي قيمتها ما يأتي:

$$M = \frac{w \cdot L_b - w_d \cdot L_s}{f} \qquad (2-8)$$

حيث: w – الحمل الكلي على وحدة البلاطة ذات المجاز الأكبر على طرفي العمود المدروس.

w_d – الحمل الميت على وحدة البلاطة ذات المجاز الأصغر على طرفي العمود المدروس.

L_b – المجاز الأكبر على طرفي العمود المدروس.

L_s – المجاز الأصغر على طرفي العمود المدروس، ويُؤخذ مساوياً الصفر في حالة العمود الطرفي.

f – 30 في حالة العمود الطرفي، أو 40 في حالة العمود الداخلي.

٢) في الأعمدة الخارجية الحاملة لأجزاء من الأسقف والجدران بصفة أحمال ظفرية، يمكن خفض عزوم الانعطاف المحسوبة كما في الفقرة السابقة بمقدار العزم الناتج عن الحمل الميت المؤكد وجوده على الجزء الظفري.

و- عزوم الانعطاف في نصف الشريحة المسندية الطرفية:

عندما ترتكز البلاطة على جائز طرفي لا يقل عمقه الكلي عن ثلاثة أمثال سمك البلاطة، يُحسب الجائز على حمل كلي موزع بانتظام مساوٍ إلى ربع الحمل الكلي على الوحدة المجاورة للجائز. وتُؤخذ عزوم الانعطاف المؤثرة على نصف الشريحة المسندية الطرفية المحاذية للجائز مساوية إلى ربع القيم المعطاة في الجدول (٨-١٣) بالنسبة لشريحة مسندية عادية، وكذلك الأمر بالنسبة لنصف الشريحة المسندية المحاذية لطرف البلاطة، في حال استناد هذا الطرف على جدار مصبوب بشكل مستمر مع البلاطة. أما في الحالات الأخرى التي يكون استناد طرف البلاطة فيها إلى جدار غير مستمر مع البلاطة، أو عندما يكون هذا الطرف حراً غير مسنود، فتُؤخذ عزوم الانعطاف على نصف الشريحة المسندية الطرفية المحاذية لهذا الطرف، مساوية نصف القيم المعطاة في الجدول (٨-١٣) بالنسبة لشريحة مسندية عادية.

٨-٤- القص في البلاطات الفطرية:

تحقق القطاعات الحرجة على القص المبينة في الشكل (٨-٤)، وبحيث لا تتعدى قيمة الإجهادات المماسية الناتجة عن القيمة الحدية للقص، القيمة المسموح مقاومتها بالبيتون:

$$\text{الإجهاد المماسي الحدي} \quad \tau_u = \frac{V_u}{0{,}85 \cdot b_o \cdot d} \le \tau_{cu} \qquad (3-8)$$

حيث: V_u - قوة القص القصوى (الحدية).

b_o - محيط القص.

d – الارتفاع الفعّال.

τ_{cu} – تُؤخذ من العلاقة:

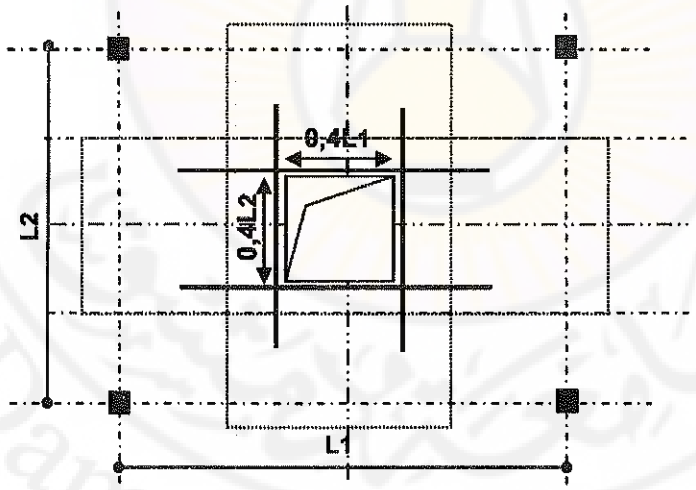
$$\tau_{cu} = \left(0{,}16 + \frac{a}{3b}\right) \cdot \sqrt{f_c'} \le 0{,}31\sqrt{f_c'} \qquad (4-8)$$

a,b – بعدا تاج العمود.

٨-٥- الفتحات في البلاطات الفطرية:

يمكن السماح بوجود فتحات دون جوائز تقوية، ضمن الحالات الآتية:

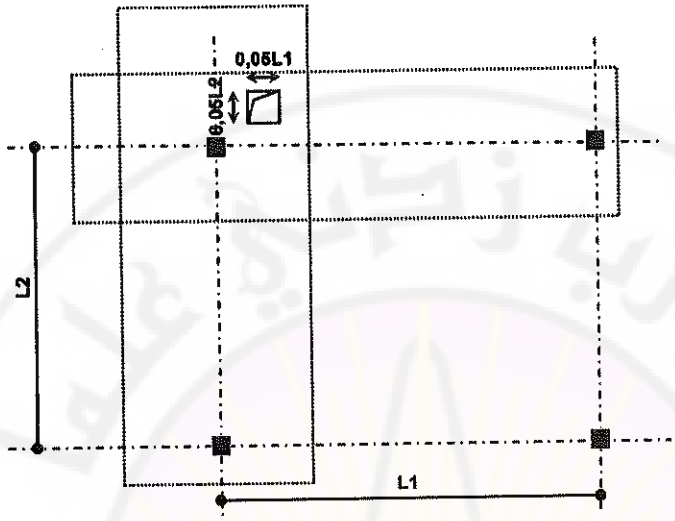
١) في منطقة تقاطع شريحتين وسطيتين، يمكن عمل فتحة، بحيث لا يزيد كل بعد من أبعادها على 0,4L ، حيث L مجاز البلاطة الفطرية في الاتجاه ذاته. و يُشترط أيضاً أن يُوضع التسليح الكلي الموجب والسالب اللازم للشريحة الوسطية، ضمن ما تبقى من عرض الشريحة.



الشكل (٨-٥): فتحة في منطقة تقاطع شريحتين وسطيتين

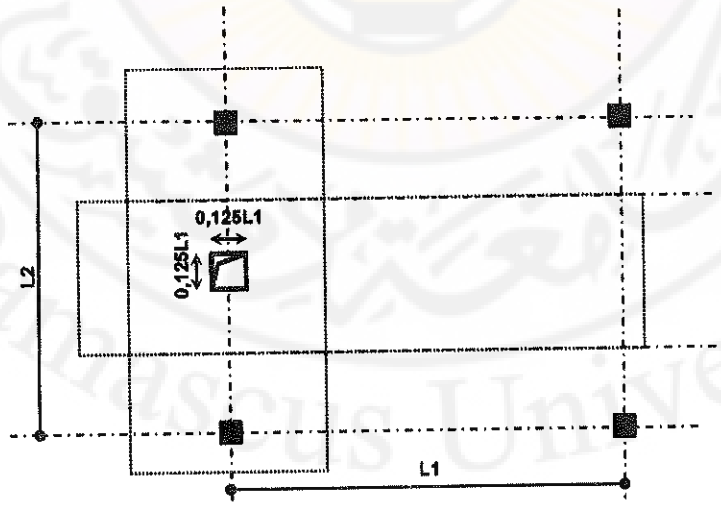
٢) في منطقة تقاطع شريحتين مسنديتين، يمكن عمل فتحة، بحيث لا يزيد كل بعد من أبعادها على 1/10 عرض الشريحة المسندية في الاتجاه ذاته. ويُشترط أيضاً أن

يُوضع التسليح الكلي الموجب والسالب اللازم للشريحة المسندية، ضمن ما تبقى من عرض الشريحة.



الشكل (٨-٦): فتحة في منطقة تقاطع شريحتين مسنديتين

٣) في منطقة تقاطع شريحة مسندية مع شريحة وسطية، يمكن عمل فتحة، بحيث لا يزيد كل بعد من أبعادها على 1/4 عرض الشريحة المسندية. و يُشترط أيضاً أن يُوضع التسليح الكلي الموجب والسالب اللازم للشريحة ضمن ما تبقى من عرض الشريحة.



الشكل (٨-٧): فتحة في منطقة تقاطع شريحة مسندية مع شريحة وسطية

٨-٦- مثال عددي:

يبين الشكل (٨-٨) التباعد بين محاور الأعمدة لموقف سيارات سياحية مؤلف من ثلاثة طوابق. يراد تغطية السقف باختيار الحل الإنشائي " بلاطة فطرية " باستخدام تيجان دون سقوط، والمطلوب:

١- حساب العزوم في شرائح البلاطة الفطرية بالاتجاه الطويل.

٢- التحقق من القص بجوار عمود وسطي.

٣- حساب عزوم الانعطاف والقوى الناظمية التصميمية لعمود وسطي في الطابق السفلي.

<u>المعطيات:</u>

- أبعاد الأعمدة: 300x300 mm .
- وارتفاع الطابق الأرضي: 3,60 m .
- وارتفاع بقية الطوابق: 3,0 m .
- ويوجد جائز ساقط على محيط المبنى عرضه 400 mm ، ومتمحور مع العمود.
- وحمولة التغطية: $0,7\ kN/mm^2$ (مدة إسمنتية شاب سماكة 30 mm).
- والحمولة الحية: $6,0\ kN/mm^2$.
- والمقاومة المميزة للبيتون: $f'_c=20\ N/mm^2$.
- وحد مرونة الفولاذ: $f_y=400\ N/mm^2$.
- وتؤخذ بقية الأبعاد من الشكل.

٨-٦-١- تحديد سمك البلاطة وأبعاد تيجان الأعمدة:

يجب التحقق من أبعاد البلاطة

$$\frac{L_1}{L_2}=\frac{8,0}{7.0}=1,14\le\frac{4}{3}=1.33 \quad ok$$

يحدد السمك الكلي للبلاطة كما ورد في الفقرة (٨-٢-١):

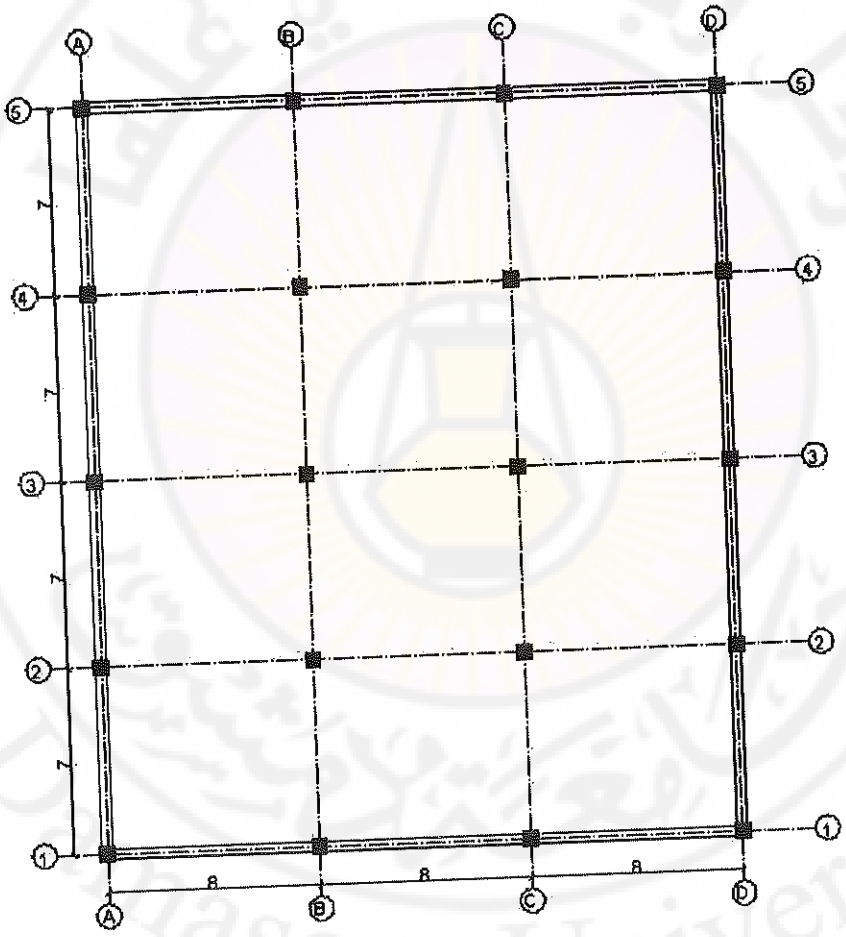
$$t_s \geq \frac{L}{32} = \frac{7500}{32} = 234{,}4\,mm$$

or $t_s \geq 150\,mm$

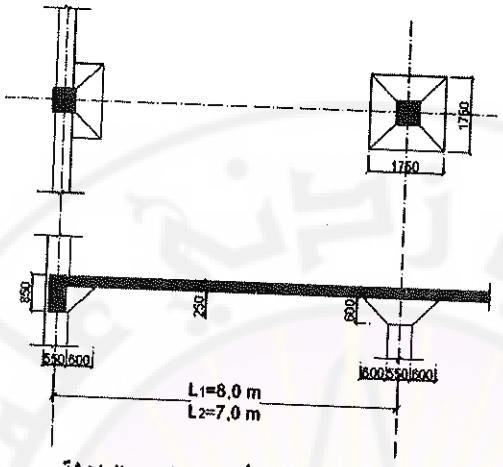
نعتمد: t_s=250 mm

أبعاد التاج في كلا الاتجاهين:

$$\frac{L_2}{4} = \frac{7000}{4} = 1750\,mm$$



الشكل (٨-٨): مسقط البلاطة



الشكل (٨-٩): أبعاد عناصر البلاطة

٨-٦-٢- تحديد الحمولات:

أ- الحمولات الميتة، وتشمل:

- وزن ذاتي للبلاطة: $g_1 = t_s \cdot \gamma = 6,25 kN/m^2$

- وحمولة التغطية: $g_2 = 0,7 kN/m^2$

مجموع الحمولات الميتة: $g = 6,95 kN/m^2$

ب- حمولات حية، حسب الوظيفة الاستثمارية للمنشأ وتؤخذ من الملحق الأول في الكود العربي السوري : $p = 6,0 kN/m^2$

ج- الحمولات التصميمية: $w_u = 10,4 + 10,8 = 21,2 kN/m^2$

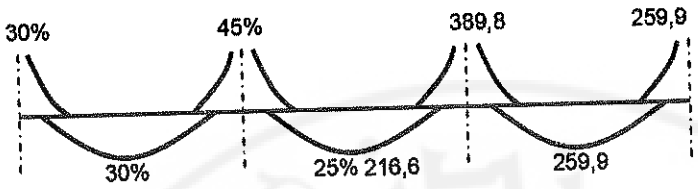
٨-٦-٣- حساب العزوم بالاتجاه الطويل:

وفق طريقة الحساب الافتراضي" الكود العربي السوري"

$$M_{01} = \frac{w_u \cdot L_2}{8} \cdot \left[L_1 - \frac{2d}{3}\right]^2 = 866,2 kN.m$$

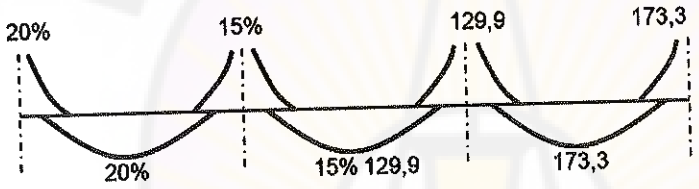
يوزع هذا العزم بين الشرائح المسندية والمجازية حسب الجدول (٨-١٣) في الكود العربي السوري.

أ- الشريحة المسندية بعرض 3,5 m : تيجان دون سقوط، نوع الاستناد الطرفي B .



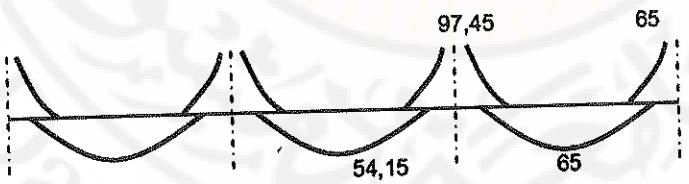
الشكل (٨-١٠): العزوم التصميمية في شريحة مسندية

ب- الشريحة المجازية بعرض 3,5m : تيجان دون سقوط، نوع الاستناد الطرفي B



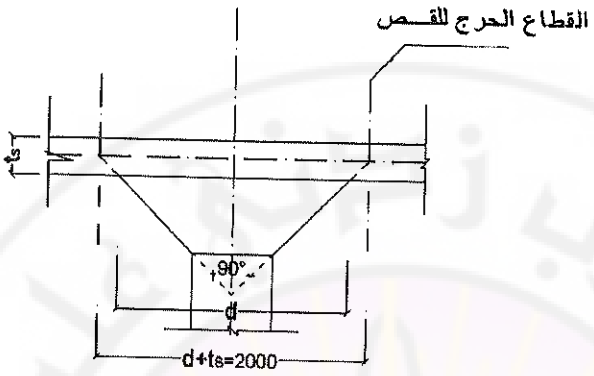
الشكل (٨-١١): العزوم التصميمية في شريحة مجازية

ج- الشريحة نصف المسندية الطرفية :



الشكل (٨-١٢): العزوم التصميمية في نصف شريحة مسندية طرفية

٨-٦-٤- التحقق من القص بجوار عمود وسطي:



الشكل (٨-١٣) : القطاع الحرج على القص

يحقق القطاع الحرج على القص المبين في الشكل (٨-١٣)، وبحيث لا تتعدى قيمة الإجهادات المماسية الناتجة عن القيمة الحدية للقص، القيمة المسموح مقاومتها بالبيتون:

الإجهاد المماسي الحدي $\tau_u = \dfrac{V_u}{0{,}85 \cdot b_o \cdot d} \le \tau_{cu}$

حيث: V_u – قوة القص القصوى (الحدية) عند القطاع الحرج على القص وتساوي:

$$V_u = w_u.[L_1.L_2 - (d+t_s)^2] = 1102{,}4 \text{ kN}$$

b_o – محيط القص، ويساوي:

$$b_0 = 4.(d+t_s) = 8000 \text{ mm}$$

d – الارتفاع الفعّال.

τ_{cu} – تُؤخذ من العلاقة، أيهما أصغر:

$$\tau_{cu} \left(0{,}16 + \frac{a}{3b}\right) \cdot \sqrt{f_c'} \le 0{,}31\sqrt{f_c'} = 2{,}2 \le 1{,}389$$

$\Rightarrow \tau_{cu}$ [illegible] N/mm^2

a,b – بعدا تاج العمود.

$$\tau_u = \frac{V_u}{0{,}85 \cdot b_o \cdot d} = 0{,}772\ N/mm^2 \le 1{,}389\ N/mm^2\ \ OK$$

٨-٦-٥- حساب عزوم الانعطاف والقوى الناظمية التصميمية لعمود وسطي في الطابق السفلي:

أ- الحمولات الناظمية:

تحسب حمولة العمود في كل طابق كما يلي:

اسم الطابق	نوع الحمولة			
	حمولة البلاطة	وزن التاج	وزن العمود	المجموع
الأخير	1187,2	32,46	24,4	
الأول	1187,2	32,46	24,4	
الأرضي	1187,2	32,46	31,2	
المجموع	3561,6	97,38	80,0	3739

حجم تاج العمود: $V = \frac{h}{3}(A + \sqrt{A.a} + a)$

ب- عزوم الانعطاف المطبقة على الأعمدة:

تحسب عزوم الانعطاف كما يلي:

$$\Delta M_u = \frac{w_u \cdot L_b - w_d \cdot L_s}{f}$$

حيث: w_u – الحمل الكلي المصعد على وحدة البلاطة ذات المجاز الأكبر على طرفي العمود المدروس.

w_d – الحمل الميت على وحدة البلاطة ذات المجاز الأصغر على طرفي العمود المدروس.

L_b – المجاز الأكبر على طرفي العمود المدروس.

L_s – المجاز الأصغر على طرفي العمود المدروس، ويُؤخذ مساوياً الصفر في حالة العمود الطرفي.

f – 30 في حالة العمود الطرفي، أو 40 في حالة العمود الداخلي.

$$\Delta M_u = \frac{21{,}2.7.8.8 - 10{,}4.7.8.8}{40} = 121\ kN.m$$

قيمة العزم على العمود السفلي:

$$M_u = \Delta M_u . \frac{\frac{E.I_1}{H_1}}{\frac{E.I_1}{H_1} + \frac{E.I_2}{H_2}} = 55\ kN.m$$

يترافق هذا العزم مع قوة ناظمية مخفضة بمقدار الحمولة الحية على طرف واحد من العمود في الطابق الذي يعلوه مباشرة، أي:

$$N_u = 3739 - \frac{10{,}8.7.8}{2} = 3436{,}6\ kN$$

ج– بعض حالات التصميم:

١) حالة أكبر قوة ناظمية دون وجود عزم انعطاف مرافق:

$$N_u = 3739\ kN$$

يصمم مقطع العمود في هذه الحالة على الضغط المركزي.

٢) حالة أكبر قوة ناظمية مع وجود عزم انعطاف مرافق:

$$N_u = 3739 - \frac{10{,}8.7.8}{2} - 31{,}2 = 3405{,}4\ kN$$

$$M_u = 55\ kN.m$$

$$e = \frac{M_u}{N_u} = 0{,}01615 \le 0{,}05.0{,}55 = 0.0275\,m$$

تهمل اللامركزية ويصمم مقطع العمود في هذه الحالة على الضغط المركزي. حالة ١) أعلاه.

٣) حالة أصغر قوة ناظمية مع وجود عزم انعطاف مرافق:

$$N_u = 3739 - \frac{10,8.7.8}{2} - 2.10,8.7.8 - 31,2 = 2195,8\ kN$$

$$M_u = 55\ kN.m$$

$$e = \frac{M_u}{N_u} = 0,025 \le 0,05.0,55 = 0.0275\,m$$

تهمل اللامركزية ويصمم مقطع العمود في هذه الحالة على الضغط المركـــزي.
حالة ١) أعلاه.

ويترك للطالب مناقشة الحالات الأخرى.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل التاسع

الأدراج
Stairs

٩-١- تعريف:

الأدراج هي منشآت حاملة فراغية تستخدم لربط مناسيب الطوابق بعضها مع البعض الآخر.

٩-٢- تصنيف الأدراج:

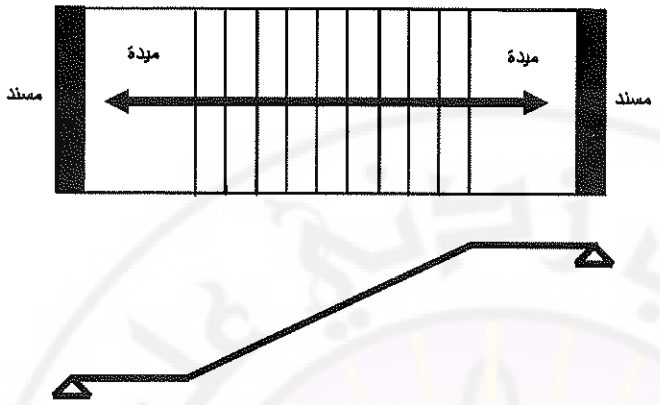
يمكن تصنيف الأدراج معمارياً (أي حسب شكلها)، كما يمكن تصنيفها إنشائياً. و ما يهمنا هنا التصنيف الإنشائي ، حيث نميز بين الأنواع الآتية:

٩-٢-١- الأدراج الجائزية العاملة بالاتجاه الطويل:

تكون هذه الأدراج بشاحط واحد أو ذات شاحطين.

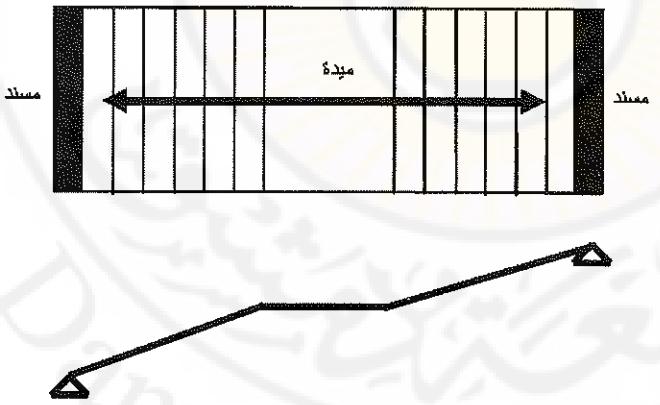
أ- الأدراج الجائزية العاملة بالاتجاه الطويل ذات الشاحط الوحيد:

وتتكون عادة من شاحط حامل للدرجات إضافة للميدات الطابقية. تنتقل الحمولات باتجاه المسندين المتقابلين(جدارين أو جائزين)، أي بالاتجاه الطويل. الشكل (٩-١).



الشكل (٩-١): درج جائزي عامل بالاتجاه الطويل ذات شاطح واحد

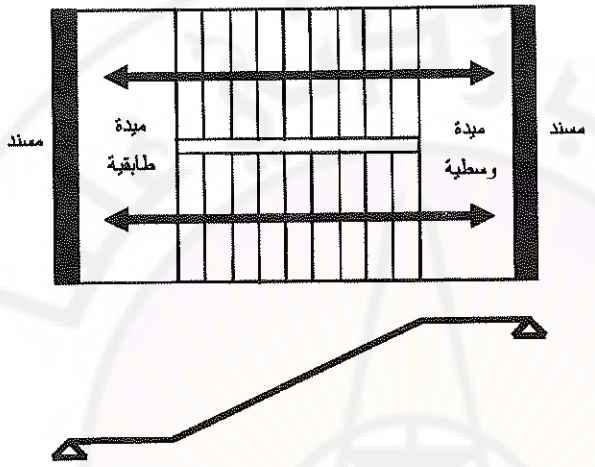
الشكل (٩-٢) يبين نوعاً آخر من الأدراج الجائزية العاملة بالاتجاه الطويل ذات الشاطح الوحيد.



الشكل (٩-٢): درج جائزي عامل بالاتجاه الطويل ذات شاطح واحد

ب- الأدراج الجائزية العاملة بالاتجاه الطويل ذات الشاحطين:

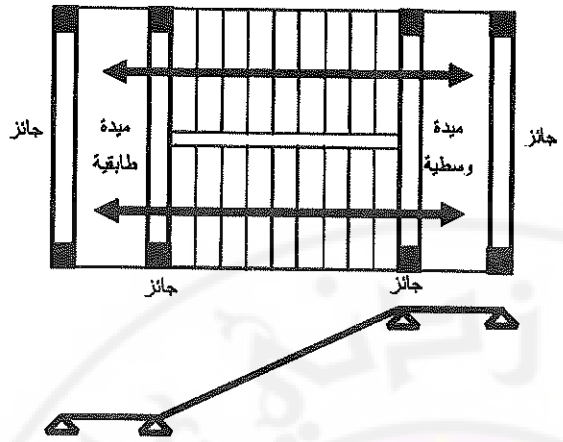
يتألف هذا النوع من الأدراج، من شاحطين يبدأ الشاحط الأول بميدة طابقية عند المنسوب الأدنى وينتهي بميدة وسطية. ويبدأ الشاحط الثاني بميدة وسطية و ينتهي بميدة طابقية في المنسوب الأعلى.



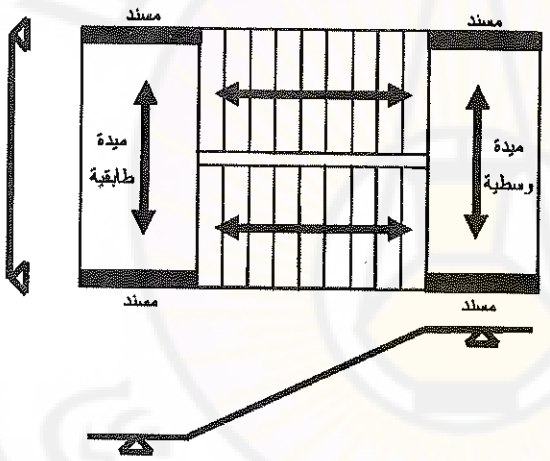
الشكل (٩-٣): درج جائزي عامل بالاتجاه الطويل ذات شاحطين

تنتقل الحمولات في كل شاحط باتجاه المسندين المتقابلين(جدارين أو جائزين)، أي بالاتجاه الطويل. الشكل (٩-٣).

عندما تكون المسافة بين المسندين المتقابلين الحاملين للدرج كبيرة، بحيث ينتج عن ذلك سمك كبير للدرج وتسليح كبير أيضاً. في هذه الحالة يمكن إضافة جوائز عند مناطق التقاء الشواحط مع الميدات، للتخفيف من السماكة. الشكل (٩-٤).



الشكل (٩-٤): درج جائزي عامل بالاتجاه الطويل ذات شاحطين

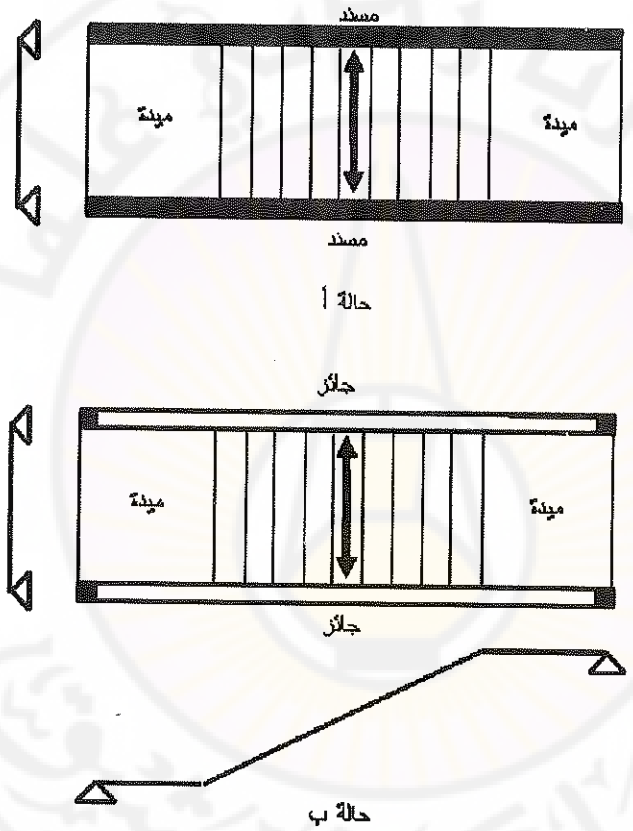


الشكل (٩-٥): درج جائزي عامل بالاتجاه الطويل ذات شاحطين

الشكل (٩-٥) يبين جملة إنشائية أخرى للأدراج الجائزية العاملة بالاتجاه الطويل ذات الشاحطين. في هذه الحالة تنقل الشواحط حمولاتها بالاتجاه الطويل إلى الميدات، وتنقل الميدات حمولاتها إلى المساند الجانبية للدرج.

٩-٢-٢- الأدراج الجائزية العاملة بالاتجاه القصير:

تتألف غالباً من شاحط وحيد ، يستند إلى جدران حاملة أو جـوائز محاذيـة للاتجاه الطويل. ينقل الشاحط الحمولات بالاتجاه القصير إلى الجدار الحامل (حالة أ)، أو إلى الجائز، الذي ينقل حمولاته إلى الأعمدة (حالة ب).

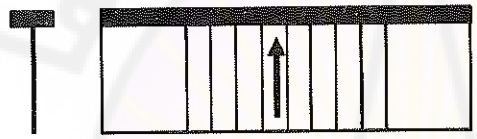


الشكل (٩-٦): درج جائزي عامل بالاتجاه القصير

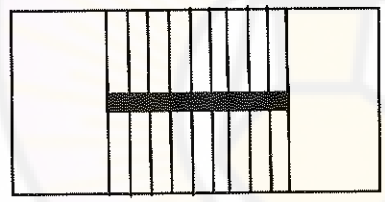
٩-٢-٣- الأدراج الظفرية:

تصادف الأدراج الظفرية على شكلين. فقد يكون مسقطها مستطيلاً ، ذات شاحط أو شاحطين، وقد يكون مسقطها دائرياً. الشكل (٩-٧).

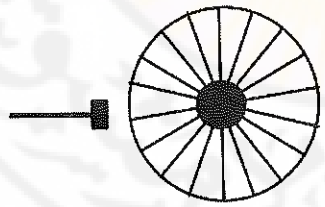
تنتقل حمولات الأدراج الظفرية بمختلف أشكالها باتجاه واحد، أي باتجاه المسند. يصمم مقطع الدرجة الواحدة ويكون شكل مقطعها شبه منحرف أو مستطيل. ويجب الانتباه في هذا النوع من الأدراج إلى تصميم الجوائز الحاملة على عزوم الفتل التي تنتج إضافة إلى باقي التأثيرات.



درج ظفري ذات شاحط وحيد



درج ظفري ذات شاحطين

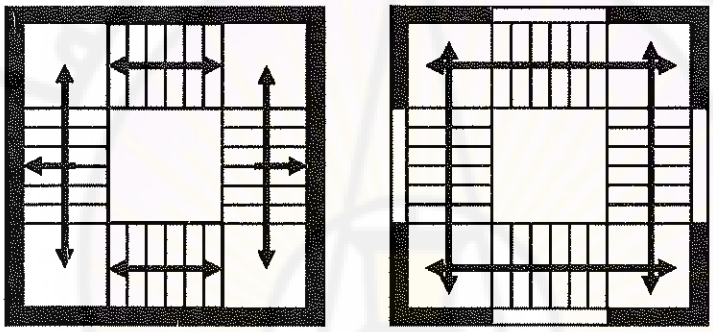


درج ظفري دائري

الشكل (٩-٧): أشكال الأدراج الظفرية

٩-٢-٤- الأدراج العاملة بالاتجاهين:

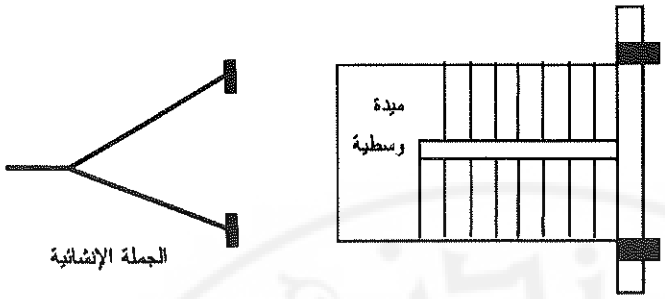
يكون المسقط الأفقي لهذه الأدراج مربعاً أو مستطيلاً، وتتألف من ثلاثة أو أربعة شواحط. تنقل عناصر الدرج حمولاتها في كلا الاتجاهين إلى العناصر المحيطة بالدرج. تحلل هذه الأدراج وفق المبادئ الهندسية المعروفة، ويمكن تبسيط عملية التحليل باستبدال جملة الدرج الفراغية بجمل أخرى أقل تعقيداً، مثل الجمل المستوية أو الخطية، بحيث يمكن تحليلها بسهولة.



الشكل (٩-٨): الأدراج المتعددة الشواحط

٩-٢-٥- الأدراج الحرة (البارزة):

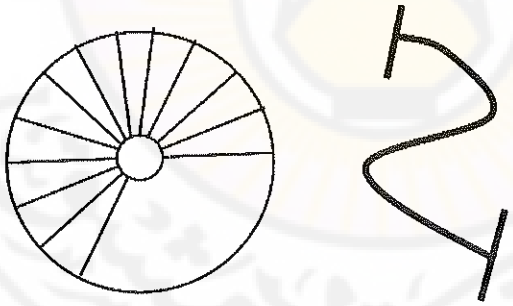
هي الأدراج التي تكون فيها الشواحط و الميدة الوسطية بارزة عن البناء، كما في الشكل (٩-٩). حيث يكون الاستناد فقط عند طرف الدرج العلوي لأحد الشاحطين والطرف السفلي للشاحط الآخر. وتحلل هذه الأدراج وفقاً لأشكال ووضعية استنادها في الأعلى و الأسفل بالعودة إلى المراجع الخاصة بها.



الشكل (٩-٩): الأدراج الحرة (البارزة)

٩-٢-٦- الأدراج الحلزونية:

هي الأدراج التي يكون فيها الشاحط على شكل حلزوني، كما في الشكل (٩-١٠). حيث يكون الاستناد فقط عند طرف الدرج العلوي والسفلي للشاحط. وتحلل هذه الأدراج وفقاً لأشكال ووضعية استنادها في الأعلى والأسفل بالعودة إلى المراجع الخاصة بها.

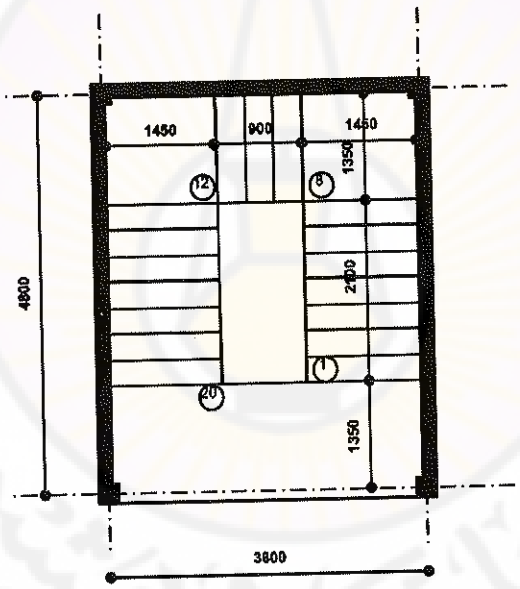


الشكل (٩-١٠): الأدراج الحلزونية

٩-٣- مثال عملي:

يبين الشكل (٩-١١) مسقطاً لدرج عامل بالاتجاهين والمطلوب حسابه إنشائياً وفق المعطيات الآتية:

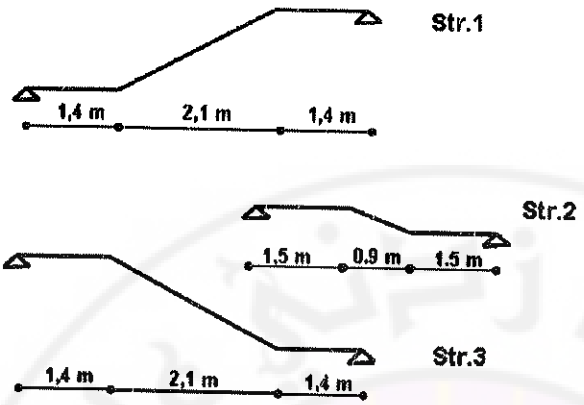
- الارتفاع الطابقي: 3,5 m
- وارتفاع الدرجة: 0,175 m وعرض الدرجة: 0,3 m
- وحمولة التغطية: $2,0\ kN/m^2$ والحمولة الحية: $4,0\ kN/m^2$
- وحمولة درابزين: 1,5 kN/m`
- والمقاومة المميزة للبيتون: $f`c=20N/mm^2$
- وحد مرونة الفولاذ: $fy=360\ N/mm^2$



الشكل (٩-١١): مسقط الدرج

٩-٣-١- الجملة الإنشائية:

يتم اختيار الجملة الإنشائية لعناصر الدرج من المسقط. حيث تم تبسيطاً استبدال الجملة الفراغية بجمل خطية.



الشكل (٩-١٢): الجملة الإنشائية لعناصر الدرج

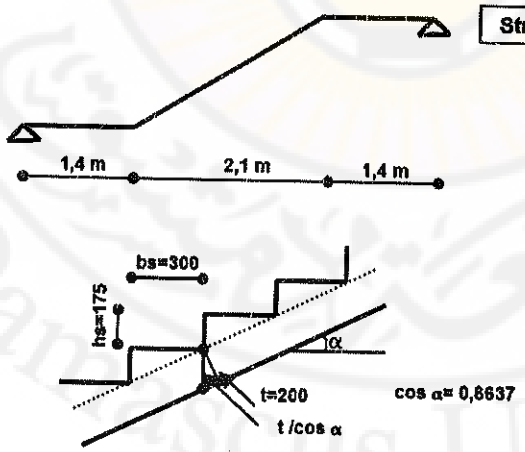
٩-٣-٢- حساب الحمولات:

سيتم دراسة الشاحط Str.1.

نحدد سمك الميدة والشاحط باعتباره جائزي عامل بالاتجاه الطويل

t=L/20 – 25=4900/25=196 mm

نعتبر : t=200 mm



الشكل (٩-١٣): الجملة الإنشائية للشاحط المدروس

٩-٣-٢- حساب الحمولات:

تحسب الحمولات على متر مربع من المسقط الأفقي للدرج، وتشمل:

أ - حمولات ميتة:

- الوزن الذاتي للشاحط: $g_1=(t/\cos\alpha).\gamma = 5,79\ kN/m^2$
- الوزن الذاتي للدرجات: $g_2=(hs/2).\gamma = 2,19\ kN/m^2$
- حمولة التغطية: $g_3= 2,0\ kN/m^2$
- وزن الدرابزين: $g_4= 1,5 / B =1,07\ kN/m^2$

الحمولة الميتة على الشاحط: $g = 11,05\ kN/m^2$

الحمولة الميتة على الميدة: $g = t.\gamma + g3=7,0\ kN/m^2$

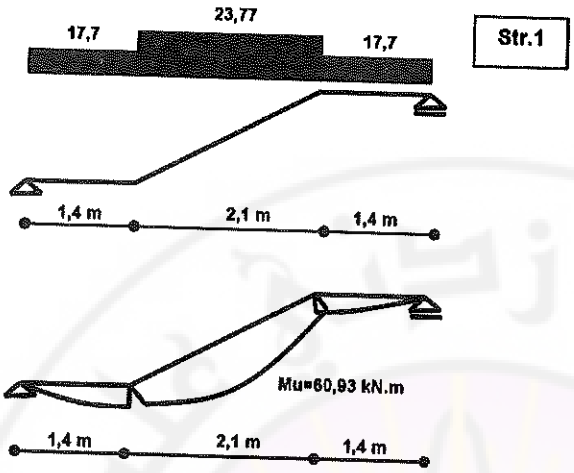
ب - حمولات حية: $p = 4,0\ kN/m^2$

ج - حمولات حدية:

- على الشاحط: $qu = 16,57+7,2=23,77\ kN/m^2$
- على الميدة: $qu = 10,5+7,2=17,7\ kN/m^2$

٩-٣-٣- حساب عزوم الانعطاف:

يمكن تحليل الشاحط بأية طريقة إنشائية معروفة. إلا أننا سنبسط عملية التحليل بالسماح لأحد المساند بالانزياح الجانبي. ستنشأ في الشاحط نتيجة ذلك عزوم انعطاف موجبة فقط وتكون قيمتها أكبر من الحقيقية. حيث يتم بموجبها حساب التسليح السفلي، على أن يوضع تسليح علوي في العقد لمقاومة العزوم السالبة التي قد تنجم نتيجة الإعاقة الأفقية للانزياح الجانبي.



الشكل (٩-١٤): عزوم الانعطاف في الشاحط

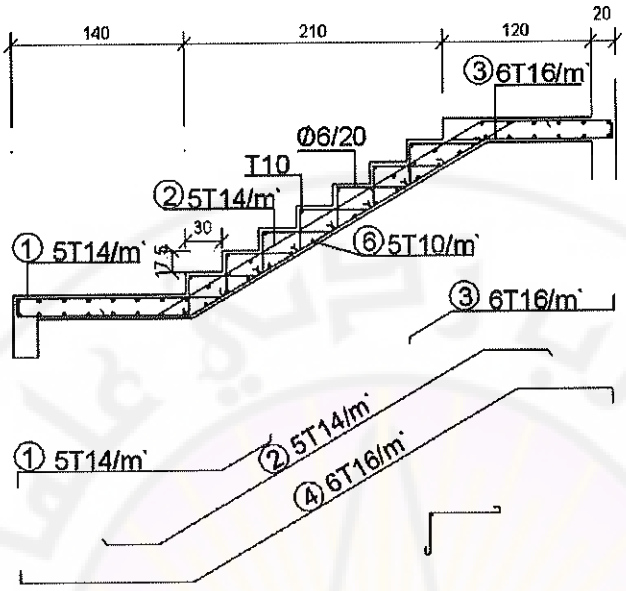
٩-٣-٤- حساب التسليح:

Mu=60,93kN.m —» As=1118,23mm^2

نختار التسليح الرئيسي: Use: 6T16/m` —»As=1206,37 mm^2

نختار التسليح الثانوي: As1=0,25. As= 280 mm^2 , Use: 5T10/m`

الشكل (٩-١٥) يبين تفاصيل تسليح الدرج.



الشكل (٩-١٥): تفاصيل تسليح الدرج


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

ملحق

قوانين حساب المقاطع الخاضعة للانعطاف البسيط على حالة الحد الأقصى

تأليف

الدكتور المهندس محمد فريز عابدين

ملحق

قوانين حساب المقاطع الخاضعة للانعطاف البسيط على حالة الحد الأقصى

(الواحدات : N ، MPa ، mm)

إعداد : د. محمد فريز عابدين

١ـ المقاطع المستطيلة :

١ـ١ـ المقاطع المستطيلة المسلحة على الشد فقط :

١ـ١ـ١ـ تصميم مقطع مستطيل مسلح على الشد فقط :

(I) ـ ارتفاع المقطع H غير معطى :

- المعطيات :
  - العزم الأقصى المؤثر : M_u
  - عرض المقطع : b
  - مقاومات المواد : f'_c و f_y
- المطلوب : تحديد ارتفاع المقطع H ومساحة التسليح A_s
- الحـــل :

• نبدأ بفرض أية نسبة تسليح بين μ_{smin} و μ_{smax} حيث :

$$\mu_{smin} = \frac{0,9}{f_y}$$

$$\mu_{smax} = \frac{2275}{630+f_y}\frac{f'_c}{f_y}$$

وإن النسبة " المفضلة " هي : $\mu_{spr} \le 0,18\frac{f'_c}{f_y}$

• نحسب الثوابت :

$$\alpha = \mu_s \frac{f_y}{0,85f'_c} \quad , \quad A_o = \alpha(1-0,5\alpha) \quad , \quad r_o = \sqrt{\frac{1}{A_o}} \quad , \quad \gamma_o = (1-0,5\alpha)$$

(يمكن الاستعانة بالجدول (١) المعطى في نهاية الفقرة الحالية ١ـ١) .

• نحسب الارتفاع الفعال : $d = r_o\sqrt{\frac{M_u}{0,9.b.0,85.f'_c}}$

- نضيف مسافة تغطية a : $H_{تسبير} = d + a$

- نقدر قيمة ($H_{تسبير}$) نحو الأعلى ونجعلها من أمثال 5cm لنحصل على ($H_{تسبير}$) .

- نستنتج قيمة d الفعلية : $d_{تسبير} = H_{تسبير} - a$

• نحسب التسليح : $A_s = \frac{M_u}{0,9.\gamma_o.d_{تسبير}.f_y} \geq A_{s\,min}$

(II) - ارتفاع المقطع H مفروض :

● المعطيات :

- العزم الأقصى المؤثر : M_u

- ارتفاع المقطع : H (وبالتالي : d)

- عرض المقطع : b

- مقاومات المواد : f'_c و f_y

● المطلوب : حساب التسليح اللازم A_s

● الحـــل :

• نحسب الثوابت :

$$A_o = \frac{M_u}{0,9(0,85f'_c)b.d^2} \quad , \quad \alpha = 1-\sqrt{1-2A_o}$$

$$\gamma_o = 1-0,5\alpha \quad , \quad \alpha_{max} = \frac{267,75}{630+f_y}$$

• إذا وجدنا أن $\alpha > \alpha_{max}$ فإن هذا يعني أن المقطع بحاجة لتسليح ضغط . إذهب للفترة (1-2) .

• أما إذا وجدنا أن $\alpha \leq \alpha_{max}$ فيلزم تسليح على الشد فقط ، يحسب من العلاقة :

$$A_s = \frac{M_u}{0,9.\gamma_o.d.f_y}$$

1-1-2- تحليل المقطع المستطيل المسلح على الشد فقط (حساب العزم المقاوم الأقصى M_{us}) :

● المعطيات :

- ارتفاع المقطع : H (وبالتالي : d)

- عرض المقطع : b

- مساحة التسليح : A_s

- مقاومات المواد : f'_c و f_y

● المطلوب : حساب العزم المقاوم الأقصى M_u

● الحـــل :

• نحسب الثوابت :

$$\alpha = \frac{A_s}{b.d}\frac{f_y}{0{,}85f'_c} \quad , \quad A_o = \alpha(1-0{,}5\alpha) \quad , \quad \gamma_o = 1-0{,}5\alpha$$

• نطبق إحدى العلاقتين التاليتين :

إما : $M_u = 0{,}9(0{,}85f'_c)b.d^2.A_o$

أو : $M_u = 0{,}9.\gamma_o.f_y.A_o.d$

الجدول (١)

α	γ_o	A_o	r_o	α	γ_o	A_o	r_o
0,01	0,995	0,010	10,025	0,26	0,870	0,226	2,103
0,02	0,990	0,020	7,107	0,27	0,865	0,234	2,069
0,03	0,985	0,030	5,817	0,28	0,860	0,241	2,038
0,04	0,980	0,039	5,051	0,29	0,855	0,248	2,008
0,05	0,975	0,049	4,529	0,30	0,850	0,255	1,980
0,06	0,970	0,058	4,145	0,31	0,845	0,262	1,954
0,07	0,965	0,068	3,848	0,32	0,840	0,269	1,929
0,08	0,960	0,077	3,608	0,33	0,835	0,276	1,905
0,09	0,955	0,086	3,411	0,34	0,830	0,282	1,882
0,10	0,950	0,095	3,244	0,35	0,825	0,289	1,861
0,11	0,945	0,104	3,102	0,36	0,820	0,295	1,841
0,12	0,940	0,113	2,977	0,37	0,815	0,302	1,821
0,13	0,935	0,122	2,868	0,38	0,810	0,308	1,802
0,14	0,930	0,130	2,771	0,39	0,805	0,314	1,785
0,15	0,925	0,139	2,685	0,40	0,800	0,320	1,768
0,16	0,920	0,147	2,606	0,41	0,795	0,326	1,752
0,17	0,915	0,156	2,536	0,42	0,790	0,332	1,736
0,18	0,910	0,164	2,471	0,43	0,785	0,338	1,721
0,19	0,905	0,172	2,412	0,44	0,780	0,343	1,707
0,20	0,900	0,180	2,357	0,45	0,775	0,349	1,693
0,21	0,895	0,188	2,307	0,46	0,770	0,354	1,680
0,22	0,890	0,196	2,260	0,47	0,765	0,360	1,668
0,23	0,885	0,204	2,216	0,48	0,760	0,365	1,656
0,24	0,880	0,211	2,176	0,49	0,755	0,370	1,644
0,25	0,875	0,219	2,138	0,50	0,750	0,375	1,633

١-٢- حساب المقاطع المستطيلة المسلحة على الشد والضغط :

١-٢-١- تصميم مقطع مستطيل مسلح على الشد والضغط :

- المعطيات :
  - العزم الأقصى المؤثر : M_u
  - ارتفاع المقطع : H (وبالتالي : d)
  - عرض المقطع : b
  - مقاومات المواد : f'_c و f_y
- المطلوب : حساب التسليح .
- الحـــل :

• نريد أن نعرف أولاً هل المقطع بحاجة لتسليح ضغط أم لا ، يتم ذلك كما يلي :

- نحسب الثوابت :

$$A_o = \frac{M_u}{0,9(0,85f'_c)b.d^2}$$

$$\alpha = 1-\sqrt{1-2A_o}$$

$$\gamma_o = 1-0,5\alpha$$

- نقارن قيمة α مع قيمة α_{max} حيث :

$$\alpha_{max} = \frac{267,75}{630+f_y}$$

• فإذا وجدنا أن $\alpha \le \alpha_{max}$ فالمقطع لا يحتاج لتسليح ضغط عندئذ نحسب تسليح الشد من القانون :

$$A_s = \frac{M_u}{0,9\gamma_o.d.f_y}$$

وبذلك يكون قد انتهى الحل .

• أما إذا وجدنا أن $\alpha > \alpha_{max}$ يكون المقطع بحاجة لتسليح ثنائي (للضغط والشد) ، وفي هذه الحالة نتبع الخطوات التالية :

- نعتبر $\alpha = \alpha_{max}$ ونحسب القيم التالية :

$$A_{omax} = \alpha_{max}(1-0,5\alpha_{max})$$

$$\gamma_o = 1-0,5\alpha_{max}$$

$$y_{max} = \alpha_{max}.d$$

- نحسب $(M_{ul})_{max}$ و M'_u حيث :

$$(M_{ul})_{max} = 0,9(0,85f'_c)A_{\omega max}.b.d^2$$

$$M'_u = M_u - (M_{ul})_{max}$$

- نحسب تسليح الضغط وتسليح الشد :

(للضغط) $$A'_s = \frac{M'_u}{0,9f'_s(d-d')}$$

$$f'_s = 630\frac{y_{max} - 0,85d'}{y_{max}} \le f_y$$

(للشـــد) $$A_s = \frac{(M_{ul})_{max}}{0,9\gamma_o.d.f_y} + A'_s\frac{f'_s}{f_y}$$

١-٢-٢- تحقق القطع المستطيل المسلح على الشد والضغط (حساب العزم المقاوم الأقصى M_{ur}) :

- المعطيات :
  - ارتفاع المقطع : H (وبالتالي : d)
  - عرض المقطع : b
  - مساحتي التسليحين : A_s و A'_s
  - مقاومات المواد : f'_c و f_y
- المطلوب : حساب العزم المقاوم الأقصى M_{ur} .
- الحـــل :

إن العزم المقاوم المطلوب يساوي :

$$M_{ur} = M_{ul} + M'_u$$

حيث :

$$M'_u = 0,9A'_s.f_y(d-d')$$

$$M_{ul} = 0,9(A_s - A'_s)f_y.d\left[1 - 0,59\frac{(A_s - A'_s)}{b.d}\frac{f_y}{f'_c}\right]$$

شريطة التحقق من وصول التسليح المضغوط إلى إجهـاد الخضـوع f_y ، ويكـون هـذا الشـرط محققاً إذا تحققت المتراجحة التالية :

$$\frac{(A_s - A'_s)}{b.d} \ge \frac{0,85f'_c}{f_y}\frac{535,5}{630 - f_y}\frac{d'}{d}$$

في حال عدم تحقق هذه المتراجحة ، يفترض أن الإجهاد في التسليح المضغوط A'_s أقل من f_y ، ويتم الحساب استناداً للمبادئ الأساسية .

٢- المقاطع بشكل (تيه) T :

٢-١- المقاطع بشكل (تيه) المسلحة على الشد فقط :

٢-١-١- تصميم مقطع بشكل (تيه) مسلح على الشد فقط :

- المعطيات :
  - العزم لأقصى المؤثر : M_u
  - ارتفاع المقطع : H (وبالتالي : d)
  - عرض الجناح : b_f
  - سماكة الجناح : t_f
  - عرض العصب : b_w
  - مقاومات المواد : f'_c و f_y
- المطلوب : التسليح A_s .
- الحل :
  - نرى فيما إذا كانت المتراجحة التالية محققة :

$$M_u \le 0{,}9(0{,}85f'_c)t_f.b_f(d-\frac{t_f}{2})$$

  - إذا تحققت المتراجحة السابقة يعني ذلك أن المحور السليم واقع ضمن الجناح المضغوط .

في هذه الحالة يحسب المقطع بشكل (تيه) كمقطع مستطيل عرضه b_f وبالطريقة الواردة في البند (II) من الفقرة (١-١-١) .

  - إذا لم تتحقق المتراجحة السابقة فإن هذا يعني أن المحور السليم واقع ضمن العصب . وفي هذه الحالة يصمم المقطع بالطريقة التالية :
    - نحسب العزم الذي يتحمله بيتون الأجنحة :

$$M_{u1} = 0{,}9(0{,}85f'_c)(b_f - b_w)t_f(d-\frac{t_f}{2})$$

ونحسب بالتالي التسليح A_{s1} المقابل لهذا العزم من العلاقة التالية :

$$A_{s1} = \frac{M_{u1}}{0{,}9f_y(d-\frac{t_f}{2})}$$

    - نحسب العزم الباقي : $M_{u2} = M_u - M_{u1}$

إن هذا العزم الباقي يتحمله العصب باعتباره مقطعاً مستطيلاً عرضه b_w وارتفاعه

الفعال هو d . يتم حساب التسليح A_{s2} لهذا المقطع بالطريقة الواردة في البند (II) من الفقرة (١-١-١) .

- وبالتالي يكون التسليح الكلي للمقطع بشكل (تيه) هو :

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

- يجب ألا يقل هذا التسليح A_s عن مساحة التسليح الدنيا A_{smin} وألا يزيد عن مساحة التسليح العظمى A_{smax} المحددتين للمقاطع بشكل (تيه) في البند (٤) من الفقرة ٤-٢-٤ (في الفصل الرابع) .

٢-١-٢- تحقيق المقطع بشكل (تيه) المسلح على الشد فقط (حساب العزم المقاوم الأقصى M_{ur}) :

- المعطيات :
  - ارتفاع المقطع : H (وبالتالي : d)
  - عرض الجناح : b_f
  - سماكة الجناح : t_f
  - عرض العصب : b_w
  - مقاومات المواد : f'_c و f_y
  - مساحة التسليح A_s
- المطلوب : العزم المقاوم الأقصى M_{ur}
- الحل :
  - إذا تحققت المتراجحة : $A_s.f_y \le 0,85f'_c.b_f.t_f$

فإن المقطع يعمل كمستطيل عرضه b_f ، ويكون العزم المقاوم المطلوب هو :

$$M_{ur} = 0,9[1-0,59\frac{A_s}{b_f.d}.\frac{f_y}{f'_c}].A_s.f_y.d$$

  - أما إذا كان : $A_s.f_y > 0,85f'_c.b_f.t_f$

فإن المحور السليم يكون واقعاً في العصب . ويكون العزم المقاوم المطلوب في هذه الحالة هو :

$$M_{ur} = 0,9[A_{s1}.f_y(d-\frac{t_f}{2}) + A_{s2}.f_y(d-\frac{y}{2})]$$

حيث :

$$A_{s1} = \frac{b_f - b_w}{f_y} t_f (0,85f'_c)$$

$$A_{s2} = A_s - A_{s1}$$

$$y = \frac{A_{s2}}{b_w}.\frac{f_y}{0,85f'_c}$$

٢-٣-١- تصميم مقطع بشكل (تيه) مسلح على الشد فقط : (ارتفاع المقطع H غير معطى)

- المعطيات :
  - العزم الأقصى المؤثر : M_u
  - عرض الجناح : b_f
  - سماكة الجناح : t_f
  - عرض العصب : b_w
  - مقاومات المواد : f'_c و f_y
- المطلوب : ارتفاع المقطع H و التسليح A_s .
- الحل :

• نبدأ بفرض $\mu_{spr} = 0,18 \frac{f'_c}{f_y} \cdot \frac{b_w}{b_f}$

• نحسب $\alpha = \mu_{spr} \frac{f_y}{0,85 f'_c}$

• نتحقق من أن $y \leq t_f$

ثم نحسب :

$$A_o = \alpha(1-0,5\alpha) \quad , \quad r_o = \sqrt{\frac{1}{A_o}} \quad , \quad \gamma_o = (1-0,5\alpha)$$

• نحسب الارتفاع الفعال : $d = r_o \sqrt{\frac{M_u}{0,9.b_f 0,85.f'_c}}$

- نضيف مسافة تغطية a : $H_{مسبق} = d + a$
- ندور قيمة ($H_{مسبق}$) نحو الأعلى ونجعلها من أمثال 5cm فنحصل على ($H_{المنفذ}$) .
- نستنتج قيمة d الفعلية : $d_{فعلية} = H_{المنفذ} - a$

• نحسب التسليح : $A_s = \frac{M_u}{0,9.\gamma_o.d_{فعلية}.f_y}$

ملاحظة : إذا كانت $y > t_f$ يجب العودة للعلاقات الأساسية .


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المصطلحات العربية والأجنبية

- أ -

إجهاد ..... Stress

إجهاد البيتون ، إجهاد الخرسانة ..... Concrete stress

إجهاد التلاحم ، إجهاد التماسك ..... Bond stress

إجهاد التلاحم الموضعي ، إجهاد التماسك الموضعي ..... Local bond stress

إجهاد التلاحم الوسطي ، إجهاد التماسك الوسطي ..... Average bond stress

إجهاد شد ..... Tensile stress

إجهاد الفولاذ ..... Steel stress

إجهاد مسموح ، إجهاد مقبول ..... Allowable stress , permessible stress

إختبار ..... Test

إختبارات أولية ..... Preliminary tests

إختبار المكعبات ..... Cube test

إرتفاع ، عمق ..... Hight , depth

إرتفاع فعال ، عمق فعال ..... Effective depth

أساس ..... Foundation

أساس على حصيرة عامة ..... Raft foundation

أساس مستمر تحت الجدران ..... Wall footing

أساس مشترك ..... Combined footing

أساس منعزل ..... Isolated footing

أساور ، كانات ..... Stirrups

استقرار ، توازن ..... Stability

إسمنت سريع التصلب ..... Quick cement

إضافات ..... Additives

أعمدة مزودة بأساور (أو كانات) حلزونية ..... Spiral column

إلتحام ، إلتصاق ، تماسك ..... Bond

انبعاج ، تحنيب ..... Buckling

Swelling ..... انتفاخ

Skeleton structure ..... إنشاء هيكلي

Strain ..... انفعال ، تشوه نسبي

Rupture ..... القطاع ، الكسار ، انهيار

- ب -

Gravel ..... بحص ، حصى ، زكام

Slab ..... بلاطة

Landing slab ..... بلاطة أرضية الدرج ، بسطة ، عتبة

One way slab ..... بلاطة باتجاه وحيد

Two way slab ..... بلاطة باتجاهين

Enterior panel ..... بلاطة داخلية

Exterior panel ..... بلاطة خارجية

Long slab ..... بلاطة طويلة

Mushroom slab ..... بلاطة فطرية

Short slab ..... بلاطة قصيرة

Flat slabs ..... بلاطات مستوية

Ribbed slab ..... بلاطة معصبة

One way ribbed slab ..... بلاطة معصبة باتجاه وحيد

Two way ribbed slab ..... بلاطة معصبة باتجاهين

Concrete ..... بيتون ، خرسانة

Reinforced concrete ..... بيتون مسلح ، خرسانة مسلحة

- ث -

Infleuence ..... تأثير

Capital ..... تاج

Test ..... تجربة ، اختبار

Buckling ..... تحنيب ، انبعاج

Lapping ..... تداخل ، تركيب

Reinforcement ..... تسليح

Two way reinforcement ..... تسليح باتجاهين

Four way reinforcement ..... تسليح بأربع اتجاهات

Shear reinforcement ..... تسليح القص

Tensile reinforcement ..... تسليح مشدود

Compressive reinforcement ..... تسليح مضغوط

Hooping ..... تسوير ، تطويق

Elongation ..... تطاول

Deformations ..... تغيرات ، تشوهات

Deformations of concrete ..... تشوهات البيتون ، تشوهات الخرسانة

Bond ..... تماسك ، التحام ، التصاق

Equilibrium ..... توازن

Stability ..... توازن ، استقرار

- ج -

Beam , Girder ..... جائز ، كمرة

Simply supported beam ..... جائز بسيط ، كمرة بسيطة

Stringer beam ..... جائز خيطي ، كمرة خيطية

Lattice beam ..... جائز شبكي ، كمرة شبكية

Marginal beam ..... جائز طرفي ، كمرة طرفية

Longitudinal beam ..... جائز طولي ، كمرة طولية

Cross beam ..... جائز عرضاني ، كمرة عرضانية

Continuous beam ..... جائز مستمر ، كمرة مستمرة

Partition , wall ..... جدار

Retaining wall ..... جدار استنادي

- ح -

Limit state ..... حالة حد

Stone ..... حجر

Limit ..... حد

Limit of elasticity ..... حد المرونة

Spiral ..... حلزون

Load ..... حمولة

Safe load ..... حمولة الأمان

Rupture load ..... حمولة الانهيار ، حمولة الانكسار

Live load ..... حمولة حية

Eccentric load ..... حمولة غير محورية

Rolling load ..... حمولة متحركة

Concentric load ..... حمولة محورية

Concentrated load ..... حمولة مركزة

Distributed load ..... حمولة موزعة

Uniformly distributed load ..... حمولة موزعة بانتظام

Dead load ..... حمولة ميتة

- خ -

Concrete ..... خرسانة ، بيتون

Reinforced concrete ..... خرسانة مسلحة ، بيتون مسلح

Infleuence line ..... خطوط التأثير

Mixing ..... خلط ، مزج

Mixture ..... خليط

- د -

Stairs ..... درج

Helical stair ..... درج حلزوني ، درج لولبي

Pier ..... دعامة ، مسند

- ر -

Column head ..... رأس العمود

Reaction ..... رد الفعل

Moisture ..... رطوبة

Pier ..... ركيزة ، دعامة

Support ..... ركيزة ، مسند

Sand ..... رمل

- س -

Thickness ..... سماكة

Deflection ..... سهم

- ش -

شاقولي ..... Vertical

شد ..... Tension

شداد ..... Tie

شريحة بلاطة ..... Strip panel

شريحة عمود ..... Column strip

شريحة وسطية ..... Middle strip

شطبة (تغير ارتفاع الجوائز عند المساند) ..... Gusset

- ص -

صب البيتون ، صب الخرسانة ..... Moulding of concrete

صفيحة مستوية ..... Flat plate

صلابة ..... Rigidity , stiffness

صلب طري ..... Mild steel

صلب عالي المقاومة ..... High tensile steel

- ض -

ضغط ..... Pressure

الضغط المقبول ..... Premessible pressure

- ط -

طابق ..... Story , floor

طول ..... Length

طول الالتحام ..... Bond length , Development length

- ع -

عامل ، معاير ..... Modulus , Coefficient

عامل بواسون ، نسبة بواسون ..... Poisson's ratio

عامل المرونة ، معاير المرونة ..... Modulus of elasticity

عامل يونغ ، معاير يونغ ..... Young's Modulus

عرض ..... Breadth

عزم ..... Moment

عزم أصغري ..... Minimum moment

عزم أعظم ..... Maximum moment

Bending moment ..... عزم انعطاف ، عزم انحناء

Negative moment ..... عزم سالب

Moment of inertia ..... عزم عطالة

Torsional moment ..... عزم فتل ، لي

Positive moment ..... عزم موجب

Rib ..... عصب

Inertia ..... عطالة

Hook ..... عكفة

Effective depth ..... عمق فعال ، ارتفاع فعال

Column , pillar ..... عمود

Spiral column ..... عمود حلزوني

External column ..... عمود خارجي

Internal column ..... عمود داخلي

Specimens ..... عينات ، نماذج

- ف -

Joint ..... فاصل

Torsion ..... فتل ، لي

Steel ..... فولاذ

High tensile steel ..... فولاذ عالي المقاومة ، صلب عالي المقاومة

Mild steel ..... فولاذ مرن ، فولاذ مطاوع ، صلب طري

Veranda ..... فيراندا ، شرفة ، بلكون

- ق -

Mould ..... قالب (لمكعبات الخرسانة)

Form ..... قالب خشبي

Dome ..... قبة

Shear ..... قص

Rod ..... قضيب

Force ..... قوة

External forces ..... قوى خارجية

Internal forces ..... قوى داخلية

- ك -

Beam , Girder ..... كمرة ، جائز

Simply supported beam ..... كمرة بسيطة ، جائز بسيط

Stringer beam ..... كمرة محيطية ، جائز محيطي

Lattice beam ..... كمرة شبكية ، جائز شبكي

Marginal beam ..... كمرة طرفية ، جائز طرفي

Longitudinal beam ..... كمرة طولية ، جائز طولي

Cross beam ..... كمرة عرضانية ، جائز عرضاني

Continuous beam ..... كمرة مستمرة ، جائز مستمر

Cantilever ..... كابولي ، ظفر

- ل -

Plasticity ..... لدانة

Fibre ..... ليف

- م -

Water ..... ماء

Span ..... مجاز ، بحر

Axis ..... محور

Neutral axis ..... محور سليم

Perimeter ..... محيط

Punching cone ..... مخروط الثقب أو القص

Diagram ..... مخطط

Bending moment diagram ..... مخطط عزم الانعطاف ، مخطط عزم الانحناء

Plan ..... مسطح ، مستو

Permessible ..... مسموح ، مقبول

Pier ..... مسند ، دعامة

Equation , formula ..... معادلة

Modulus ..... معاير ، عامل

Modulus of elasticity ..... معاير المرونة

Young's modulus ..... معاير يونغ

Strength ..... مقاومة

Tensile strength ..... مقاومة الشد

Compressive strength ..... مقاومة الضغط

Shear strength ..... مقاومة القص

Section ..... مقطع

(L) section ..... مقطع بشكل (L)

Rectangular section ..... مقطع مستطيل

Mortar ..... مونه ، طين

- ن -

Ratio ..... نسبة

Percentage of reinforcement ..... نسبة التسليح

Modular ratio ..... نسبة مغيارية

Theory ..... نظرية

Specimens ..... نماذج ، عينات

- و -

Pile ..... وتد

Weight ..... وزن

المراجع العلمية

١ -المراجع العربية:

[١] الكود العربي السوري لتصميم و تنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحةنقابة المهندسين - دمشق٢٠٠٤.

[٢] د.محمود نوفل، د.أسامة النحاس

"نظريات البيتون المسلح -الجزء الأول" - دمشق ١٩٨٣.

[٣] د.محمود نوفل، د.أسامة النحاس

"نظريات البيتون المسلح -الجزء الثاني" - دمشق ١٩٨٢.

[٤] د.أسامة النحاس، د.أحمد الحسن، د.زياد الجابري

"دليل تصميم و تحليل المنشآت والمقاطع الخرسانية المسلحة"، الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية -١٩٨٦.

[٥] د.م. محمد فريز عابدين ، د.م. نادر نبيل أنيس

" منشآت البيتون المسلّح (٢) " ، منشورات جامعة حلب ، ١٩٩٦

[٦] د.م. محمد فريز عابدين

" منشآت البيتون المسلّح (٣) " ، منشورات جامعة حلب ، ١٩٨٩

[٧] د.م.غسان محمود،د.م.ميادة الكوسا

" حساب وتصميم العناصر الإنشائية المسلحة"، دمشق، ١٩٩٩

[٨] د.م.أسامة النحاس، د.م.زهير عامر ،د.م.هيثم زرزور

"منشآت البيتون المسلح(٤)" قسم الإدارة الهندسية والإنشاء ،منشورات جامعة دمشق، ٢٠٠٠

[٩] د.م. غسان محمود، د.م.قاسم الزحيلي، د.م.سليمان ناصيف

"الخرسانة المسلحة(١)" ،منشورات جامعة دمشق، ٢٠١٠.

[١٠] د.م.أسامة النحاس، د.م.عصام مالك ،د.م.هيثم زرزور

"منشآت البيتون المسلح(٤)" قسم الجيوتكنيك ،منشورات جامعة دمشق، ٢٠٠٠

[١١] د.م. أسامة النحاس، د.م. يوسف الرغبان، د.م. زهير عامر

" منشآت البيتون المسلح (١)، منشورات جامعة دمشق، ١٩٩٦.

٢ -المراجع الأجنبية:

[1] FRITZ, LEONHARDT

Vorlesungen über Massivbau , Stuttgart,1978.

[2] OTTO WOMMELSDORFF

Stahlbetonbau Bemessung und konstruktion, Teil 1, Vierte Auflage ,1977.

[3] OTTO WOMMELSDORFF

Stahlbetonbau Bemessung und konstruktion, Teil 2, Vierte Auflage ,1977.

[4] Darwin, Charles w.Dolan, Mc Graw Hill

Design of Concrete Structures,13th Edition, Arther h.nilson, David, New York,2003.

[5] M. ALBIGES , M.MINGASSON

" Théorie et Pratique du Béton Armé aux Etat Limites" , Eyrolles , Paris , 1981

[6] J. PERCHAT

" Règlements Etrangers de Béton Armé " , Eyrolles , Paris , 1982

[7] C.E. REYNOLDS

" Reinforced Concrete Designer's Handbook " , Concrete Publications Limited , London , 2005

[8] R. PARK , T. PAULAY

" Reinforced Concrete Structures " , J. Wiley & Sons ,1975

[9] C.K. WANG , C.G SALMON , J.A. PINCHEIRA

" Reinforced Concrete Design " , , J. Wiley & Sons , 2007

اللجنة العلمية

الدكتور المهندس
هيثم زرزور

الدكتور المهندس
شريف برقاوي

الدكتورة المهندسة
ميادة الكوسا

المدقق اللغوي
الدكتور
عمر مصطفى

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University