



الرسالة المساحة (٢)





منشورات جامعة دمشق
كلية الهندسة المدنية

الخرسانة المسلحة (٢)

د.م زهير عامر

د.م عصام مالك

د.م محمد فريز عابدين

أستاذ مساعد في قسم الهندسة الإنشائية مدرس في قسم الهندسة الإنشائية

٩١٤٣٤ - ١٤٣٣

م ٢٠١٣ - ٢٠١٢

جامعة دمشق



الفهرس

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

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

٧٦	٢-٣- تعاريف
٧٦	١-٢-٣- التحليل الإنساني من الدرجة الأولى
٧٧	٢-٢-٣- التحليل الإنساني من الدرجة الثانية
٧٧	٣-٢-٣- ملاحظات
٧٨	٣-٣- حساب الأعمدة الطويلة
٧٨	١-٣-٣- مقدمة
٧٨	٢-٣-٣- دراسة الأعمدة الطويلة بحسب قيمة (λ)
٨٢	٤-٣- الانعطاف المركب في الأعمدة الطويلة
٨٢	٥-٣- شروط التسلیح
٨٣	٦-٣- مثال
٨٧	ب- تصميم عناصر бетон المسلحة المعرضة للشد الامرکزي
٨٧	١-٣- مقدمة
٨٧	٢-٣- حالة الامرکزية الكبيرة
٨٩	٣-٣- حالة الامرکزية الصغيرة
٩١	الفصل الرابع
٩٣	الجوائز (الكمارات) البسيطة و المستمرة
٩٣	٤-٤ مقدمة و تعاريف
٩٥	٤-٤ تصميم الجوائز البسيطة
٩٦	١-٢-٤ المجال الفعال (الحسابي) L
٩٨	٢-٤ تقدير الحمولات

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

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

٢٠٨	٣-٥ أمثلة عدديه
٢٠٨	١-٣-٥ مثال على تصميم بلاطة تعمل باتجاه واحد
٢١٣	٢-٣-٥ مثال على تصميم بلاطة مصممة تعمل باتجاهين
٢٢١	الفصل السادس
٢٢١	٦-١- تعریف البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد، مزاياها وعيوبها
٢٢١	٦-٢- أشكال البلاطات المفرغة باتجاه واحد
٢٢٢	٦-٣- العناصر الإنسانية والاشتراطات البعدية واشتراطات التسلیح
٢٢٦	٦-٤- ملاحظات حول اختيار الجملة الإنسانية المناسبة
٢٢٧	٦-٥- الحساب الإنساني
٢٢٧	٦-٥-١- بلاطة التغطية
٢٢٧	٦-٥-٢- الأعصاب المتكررة
٢٢٩	٦-٥-٣- الأعصاب العريضة
٢٢٩	٦-٤-٥- الجوائز
٢٣١	٦-٦- التحقق من الثقب
٢٣٢	٦-٧- الفتحات في البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد
٢٣٣	٦-٨- أحصار القواطع على البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد
٢٣٣	٦-٨-١- الحمل الإضافي المكافئ لقواطع الخفيفة على الأسف
٢٣٤	٦-٨-٢- الحمل الإضافي المكافئ لقواطع الثقيلة على الأسف
٢٣٤	المسلحة
٢٣٥	٦-٩-٩- مثال عددي
٢٣٧	٦-٩-١- بلاطة التغطية
٢٣٨	٦-٩-٢- الأعصاب المتكررة
٢٣٨	٦-٩-٢-١- الجملة الإنسانية

٢٣٨		٦-٩-٢-٢-٢- تحديد الحمولات
٢٣٩		٦-٩-٢-٣- التحليل الإنسائي
٢٣٩		٦-٩-٢-٤- حساب التسليح الطولي
٢٤١		٦-٩-٢-٥- حساب التسليح العرضي
٢٤٢		٦-٩-٣- حساب الجائز وفق المحور ٣
٢٤٢		٦-٩-٣-١- الجملة الإنسانية
٢٤٢		٦-٩-٢-٣- تحديد الحمولات
٢٤٣		٦-٩-٣-٣- التحليل الإنسائي، وتصميم المقاطع
٢٤٥	الفصل السابع	
٢٤٥		٧-١- تعريف
٢٤٥		٧-٢- أشكال البلاطات المفرغة ذات الأعصاب بالاتجاهين
٢٤٦		٧-٣- البلاطات المفرغة ذات الأعصاب باتجاهين، بتبعاد أقل من متراً واحداً (النوع الأول)
٢٤٦	التسلیح	٧-٣-١- العناصر الإنسانية والاشتراءات البعدية واشتراطات
٢٤٨		٧-٢-٣-٢- الحساب الإنساني
٢٥٠		٧-٤- البلاطات ذات الجوانز المتضادة بتبعاد أكبر من متراً واحداً (النوع الثاني)
٢٥٠	التسلیح	٧-٤-١- العناصر الإنسانية والاشتراءات البعدية واشتراطات
٢٥٢		٧-٤-٢- الحساب الإنساني
٢٥٤		٧-٥- الفتحات في البلاطات المفرغة ذات الأعصاب باتجاهين
٢٥٥		٧-٦- الأحمال المكافئة للقواطع فوق البلاطات المغصبة

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

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



مقدمة

تعتبر مقررات الخرسانة المسلحة من المواضيع الرئيسية في دراسات الهندسة الإنسانية 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 الإنسانية 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 бетон المسلحة لقوى القص ، وفي الفصل الثاني يتطرق إلى موضوع تصميم العناصر المعرضة لعزم الفتل ، أما في الفصل الثالث فيتناول موضوعي تصميم الأعمدة الطويلة وتصميم عناصر бетон المسلحة للشد الامرکزي .

في الفصل الرابع يقدم الكتاب عرضاً مفصلاً لموضوع دراسة وتصميم الجوانز (الكمارات) البسيطة والمستمرة . وفي الفصل الخامس يتناول بالتفصيل موضوع دراسة وتصميم البلاطات бетонية المليئة (المصنفة).

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 يتتصف بها هذا المقرر فقد تم شرح مواضيعه في هذا الكتاب بشكل يناسب طلاب السنة الرابعة ، من جهة، وفيه 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 . ووضمنا ، عند عرض كل موضوع ، كيفية إجراء حساباته على حالة الحد الأقصى ، ودعمنا الشرح النظري في كل فصل بعده 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 لخَصَّنا فيه القوانين الازمة لحساب المقاطع البيتونية المسلحة الخاضعة للانعطاف البسيط (التي تشكل إحدى المواضيع المعطاة في مقرر الخرسانة "١" ، لكي يجعل هذه القوانين أقرب تناولاً إلى القارئ) .

قام بتأليف الفصول الأول و الثاني و الثالث الدكتور عصام مالك . و قام بتأليف الفصلين الرابع و الخامس و ملحق حساب المقاطع الخاضعة لانعطاف الدكتور محمد فريز عابدين . و قام بتأليف الفصول السادس و والسابع والثامن والتاسع الدكتور زهير عامر .

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

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

دمشق في ٢٠١٢/٢/١٠



الفصل الأول

تصميم عناصر бетон المسلحة لقوى القص

Design elements of reinforced concrete exposed to shear forces

- ١- ١- مقدمة .
- ١- ٢- أنواع التسلیح 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 الجوازات الیتونية المسلحة على القص .
- ١- ٤- ٢- حساب التسلیح 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 الفاصلة الحرية المسمومة (τ_{eu}) والعظمى ($\tau_{u_{max}}$) .
- ١- ٤- ٣- ٤- حساب التسلیح الخاص بالقص .
- ١- ٤- ٣- ٥- اشتراطات التسلیح بموجب الكود العربي السوري .
- ١- ٥- مثال عملي .



الفصل الأول

تصميم عناصر бетон المسلحة المعرضة لقوى القص

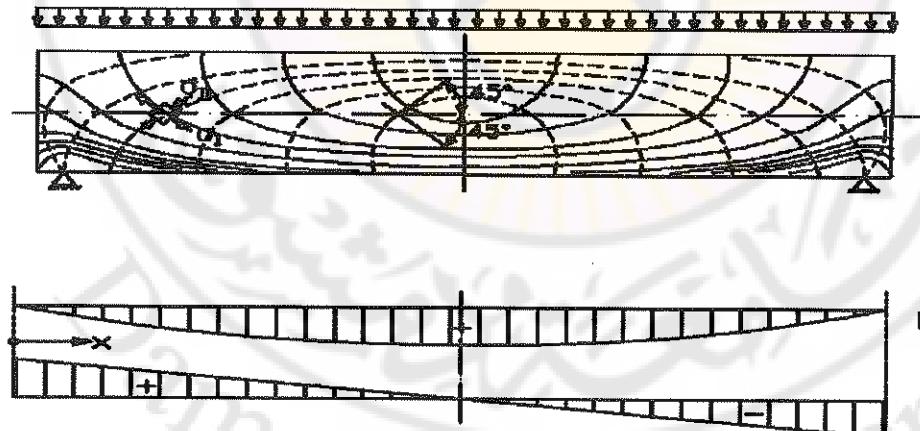
Design elements of reinforced concrete exposed to shear forces

١ - ١ - مقدمة:

بعد تصميم عناصر бетон المسلحة لمقاومة عزوم الانعطاف Bending Moments لابد من التحقق أيضاً لمقاومة لها لاجهادات 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.

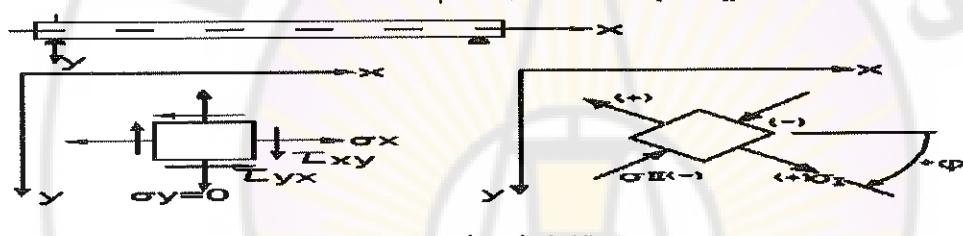
مع ملاحظة أن تغير العزم على طول الجائز $M_x \approx \text{constant}$ مقرن دوماً بوجود قوة قص

$$\cdot Q_{(x)} = \frac{dM_x}{dx} \quad \text{مرافق لـ}$$

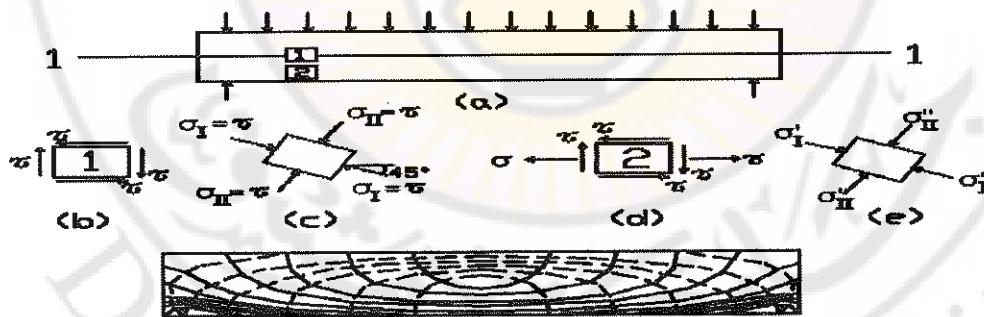


الشكل (١-١)

إذا اعتبرنا الجائز البسيط الموضح في الشكل (١-١) من البيتون المسلح الذي يتعرض لحمولة شاقولية فقط ، نجد أن مخططات العزم والقص الناتجة عنها تنتهي في الجائز وعلى طوله إجهادات ناظمية (σ_x) وإجهادات قاسية (أجهادات مماسية Diagonal Stresses (٢) وإجهادات رئيسية شادة (σ_1) وضاغطة (σ_{11}) (Tangential Stresses Tensile and Compressive Stresses شكل (٢-١) ، 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 نظراً لأنعدام الإجهاد الناظمي (σ_x) عند المحور السليم (١-١) وعليه يكون إجهاداً الشد (σ_1) والضغط (σ_{11}) الرئيسيان عند العنصر (١) يصنعن زاوية 45° على التوالي مع محور الجائز وبالتالي يبيّنون دراسة هذا العنصر الصغير إنه ينتهي عن إجهادات القص إجهادات شادة وضاغطة متساوية لها في القيمة حيث إن ($\sigma_1 = \sigma_{11} = \tau$) عند المحور السليم .



الشكل (٢-١)



الشكل (٣-١)

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 - ٤- أنواع التسلیح لمقاومة الإجهادات الشادة القطرية (Diagonal Tension Stresses)

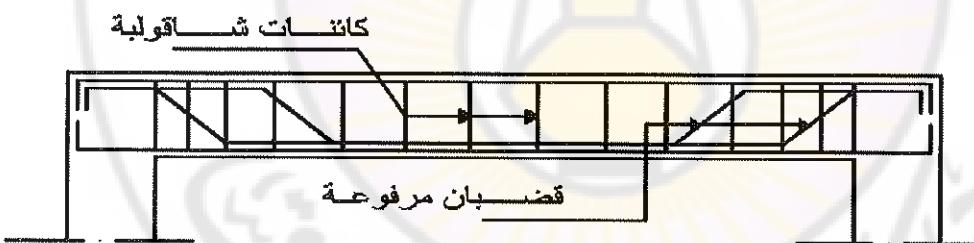
يتم تحمل الإجهادات الشادة الرئيسية والثانوية عن إجهادات القص باستعمال تسلیح عرضي من واحد أو أكثر من الأنواع الآتية:

- ١ - القضبان المكسحة (المرفوعة) بزاوية لا تقل عن (30°) عن محور الجائز .
- ٢ - الأسوار العمودية على محور الجائز أو المائلة بزاوية لا تقل عن (30°) عن محور الجائز .

- ٣ - الأسوار الحلوذنية المستمرة على طول الجائز .

أما الأسوار 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 إلزامياً إذا كان المقطع معرضاً لعزم فنت .

وحيث إنه يتم تصميم المقاطع على القص بعد تحديد أبعادها وتسلیحها اللازم لمقاومة عزم الانعطاف ، وكما سبق فيما بعد، فإن جزءاً من التسلیح الطولي يکسح عادة في المناطق التي لا حاجة له فيها ليشكل تسلیحاً عاملاً يشارك في مقاومة الإجهادات الشادة القطرية (الإجهادات القاسية) (الشكل (٤-١))



الشكل (٤-١)

١ - ٣- دراسة إجهادات القص (Shearing Stresses) (الإجهادات المعاكسية 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 معرضًا إلى عزم انعطاف متغير ينتج عنه إجهادات ناظمية موزعة بشكل خطى على كامل ارتفاع المقطع وتكون قيمة هذه الإجهادات متناسبة مع بعد عن المحور السليم كما هو الحال في المقاطع الإنسانية المتتجانسة فتكون الإجهادات الناظمية الشادة أقل من مقاومة البيتون على الشد عند الانعطاف وبالتالي يكون البيتون على كامل المقطع عاملًا لأن البيتون في القسم المشدود لم يتشقق بعد وينتج عن ذلك أن الإجهادات الناظمية في المقطع تحسب بالقانون نفسه المستعمل لحالة مقاطع الجوانز المتتجانسة على أن تستبدل مساحة التسليح (A_s) بمساحة مكافئة من البيتون تساوي ($n \cdot A_s$) مرکزة على محور التسليح ، حيث أن $\frac{E_s}{E_c} = n$ يدعى بعامل التكافؤ وهو ناتج عن تساوي التشوّهات في البيتون

والتسليح في نقاط التصاقها ، أي أن :

$$\epsilon_s = \epsilon_c = \frac{\sigma_s}{E_s} = \frac{\sigma_c}{E_c} \quad \dots\dots(1-1)$$

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 :

$$\sigma_x = \frac{M}{I_e} y \quad (\text{N/mm}^2) \quad \dots\dots(1-2)$$

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

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

حيث إن :

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

١e - عزم عطلة المقطع المكافى حول محور مار بمراكز ثقله (الذى ينطبق على المحور السليم عندما يتعرض المقطع لعزم انعطاف بسيط) (m^4) .

٢ - بعد النقطة عن المحور السليم (m) .

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

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

أما الإجهادات الرئيسية الشادة والضاغطة عند نقطة معينة فتعطى العلاقة :

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

حيث إن :

σ_x - الإجهاد الناظمي عند النقطة المعتبرة

τ - لجهاد القص عند النقطة نفسها

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

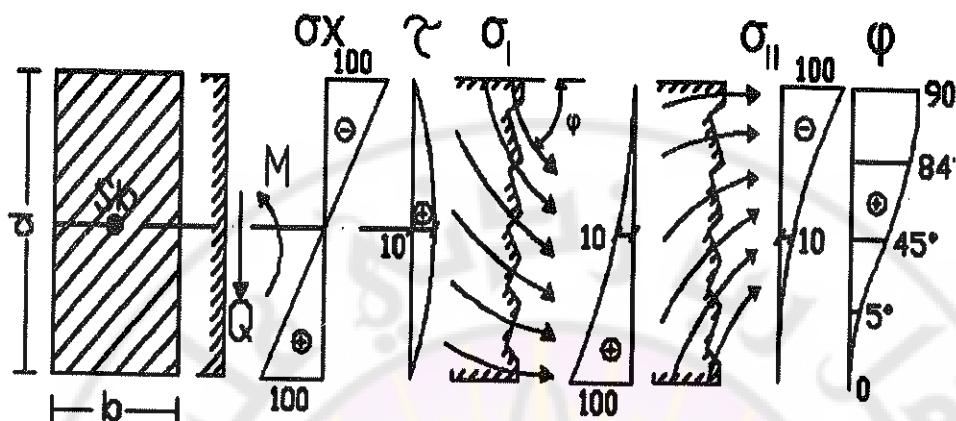
$$Tg(2a) = \frac{2\tau}{\sigma_x} \quad \dots \dots (1-5)$$

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

وكما نلاحظ من العلاقة (١-٤) فإن قيمة الإجهادات الرئيسية الشادة ($\sigma_I = \tau_{max}$) عند المحور السليم ومالئة 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 متباين وغير منتافق .

وحيث إنه لا يتم استعمال عناصر البيتون المسلح في المرحلة الأولى من عملها نظراً 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.

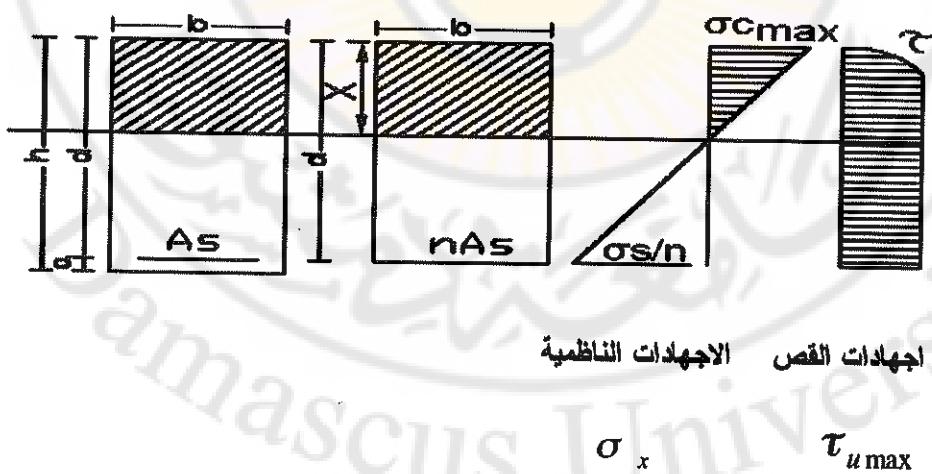


الشكل (١-٥)

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 البeton في القسم المشدود الذي يعتبر عندها خارجا عن العمل ويتحمل التسلیح الطولي نتيجة ذلك كامل قوى الشد .

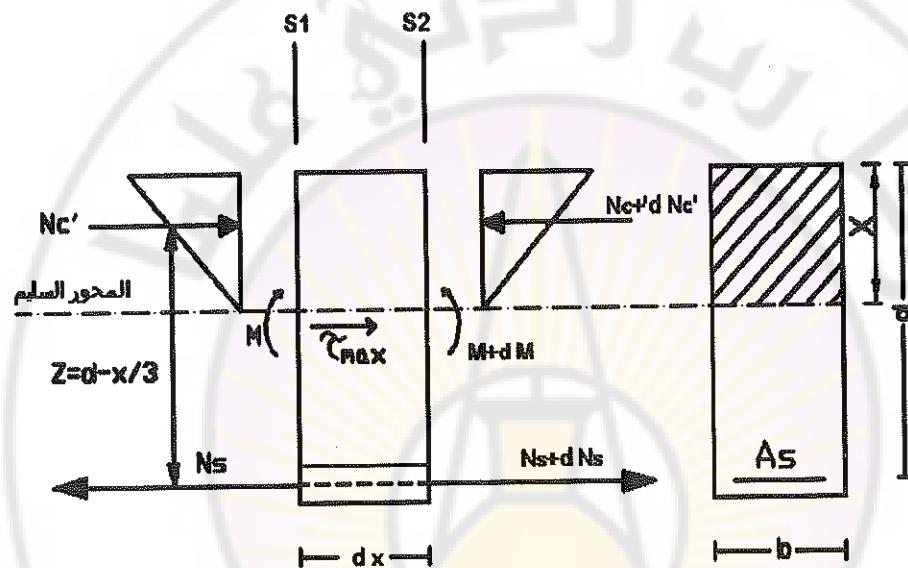
أما توزيع الإجهادات الناظمية والقصبة في المقطع فهي كما هو موضح في الشكل (١-٦)



الشكل (١-٦)

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

ومن أجل حساب قيمة الإجهادات القاسية الأعظمية ($\tau_{u_{max}}$) في المرحلة التشغيلية ، نتبع ملخصاً :



الشكل (١-٧)

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

$$M = N_s \cdot z = N_c \cdot z \quad \dots \dots (1-6)$$

$$M + dM = (N_s + dN_s) \cdot z = (N_c + dN_c) \cdot z \quad \dots \dots (1-7)$$

على يمين العنصر

أي أن :

$$dN_s = dN_c = \frac{dM}{z} \quad \dots \dots (1-8)$$

حيث إن :

Z - نراع المزدوجة الداخلية.

dM - تزايد عزم الانحناء.

dN_s - تزايد القوة الشادة في التسلیح .

dN_c - تزايد القوة الضاغطة في البيرتون .

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

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

وباللحظة العلاقة (1-8) ينتج أن :

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

عند الحساب بالطريقة الحدية يأخذ نراع المزدوجة الداخلية (Z) مساوياً نحو (d) حيث (d) الارتفاع الفعال للمقطع العرضي وهذا يعني :

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

في الجواز ذات المقاطع المتغيرة تحدد الإجهادات الشادة الرئيسية بالعلاقة (1-12) :

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

حيث إن:

V_u - قوة القص الحسابية (MN)

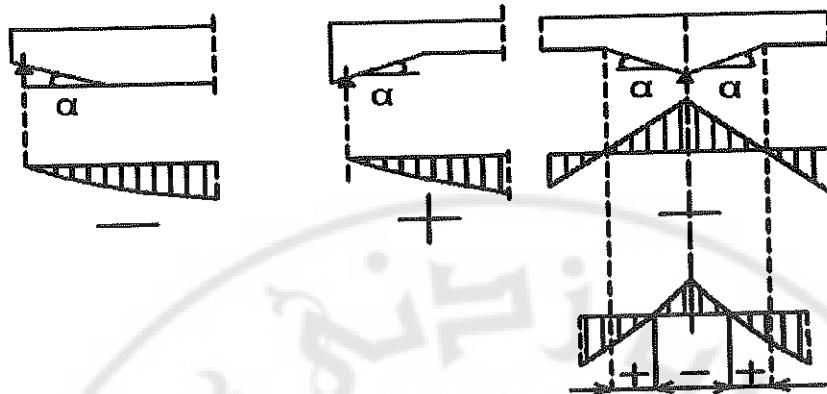
M_u - عزم الانحناء الحسابي (MN.m)

$\delta = \alpha$ - زاوية ميل الشطافة (درجة) ويجب أن تكون $1/3 \leq \operatorname{tg}\delta \leq 1$

b.d - مقطع الجائز الفعال (m²) وفي المقطع T يأخذ d

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

الشكل (1-8)



الشكل (٨-١)

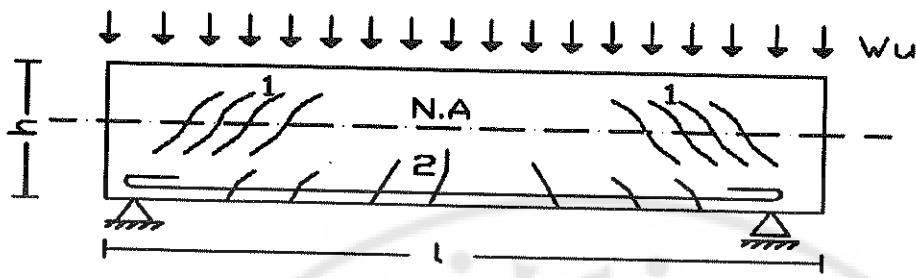
٤-٤- إجهادات القص بطريقة حالات الحدود :

حيث أن البeton مادة مرنة - لينة 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 :

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

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

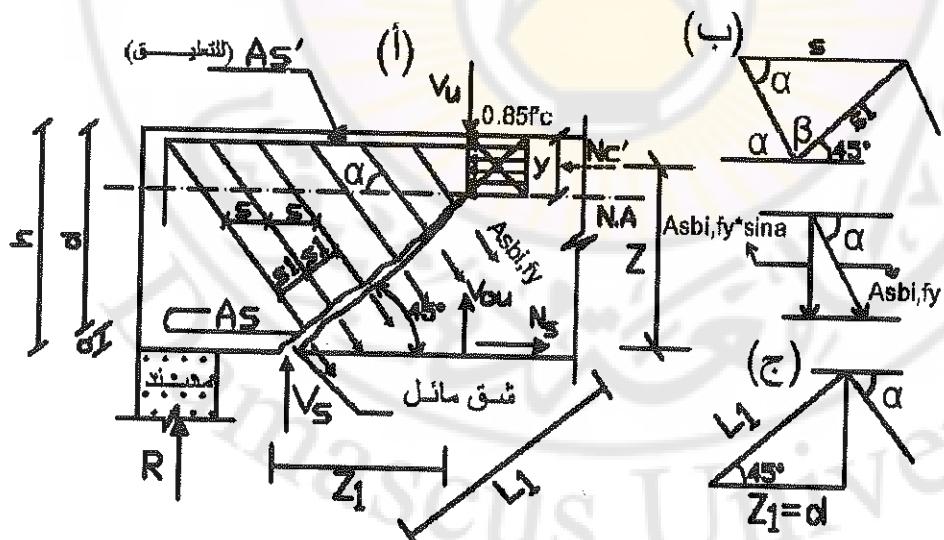
يبين الشكل (٩-١) التشققات الناتجة عن تأثير عزوم الانحناء وقوى القص في جائز يخضع لأحمال موزعة بانتظام، فالتشققات (٢) الناتجة عن العزم بشكل أساسى تكون عمودية تقريباً على محور الجائز الطولى. أما قرب المساند فتكون التشققات (١) مائلة عن محور الجائز الطولى بسبب تأثير الإجهادات الشادة الرئيسية (٥١) الناتجة عن قوى القص بشكل رئيسي. وفي هذه الحالة فإن جزءاً من إجهادات القص يقاوم بالتسليح العرضي والجزء الآخر يساهم البeton في مقاومته ، ونوضح فيما يأتي كيفية حساب مقاومة التسليح العرضي لإجهادات القص ومقدار مساحة البeton في تحملها .



الشكل (٩-١)

١ - حساب التسلیح اللازم لمقاومة إجهادات القص (الإجهادات المماسية) :

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



الشكل (١٠-١)

لنسقط القوى الخارجية المطبقة والقوى الداخلية الناتجة على المحور الشاقولي فنجد إن قيمة (V_u) بعد إهمال قوة القص التي يقاومها التسلیح الطولی المشدود (V_{ou}) تحدد بالعلاقة الآتية :

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

حيث إن :

V_{ou} - 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 المتشقة (منطقة الضغط)

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

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

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

يمكن حساب المسافة (S_1) باستخدام علاقة الجيوب المعروفة في المثلثات :

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

أي أن :

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

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

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

بالعودة إلى العلاقة (1-14) نجد بعد ملاحظة العلاقتين (1-15) و(1-16) إن :

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

وبعد التبديل بالعلاقة (1-13) والتقسيم على $(\Omega b d)$ نحصل على :

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

حيث إن :

τ_u - تمثل الإجهاد القاصل الحسابي المقاوم بالتسليح والبيتون معاً .

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

- تمثل الإجهاد القاصل الحدي الذي يقاومه التسليح المائل بزاوية $\frac{A_{sb} \cdot f_y}{b \cdot s} (\sin \alpha + \cos \alpha)$

: (α) عن محور الجائز الطولي وهذا نميز حالتين :

أولاً - $\alpha = 90^\circ$:

يكون التسليح العرضي المستخدم لمقاومة القص في هذه الحالة على شكل أسوار عمودية على محور الجائز الطولي ومقطع هذه الأسوار في المستوى الواحد يساوي :

$$A_{sv} = n \cdot a_{st} \quad \dots\dots(1-20)$$

حيث إن :

n - عدد فروع الأسوار الواحدة

a_{st} - المقطع العرضي للأسوار الواحدة .

ويبecون الإجهاد القاصل الذي تقاومه الأسوار العمودية في المستوى الواحد :

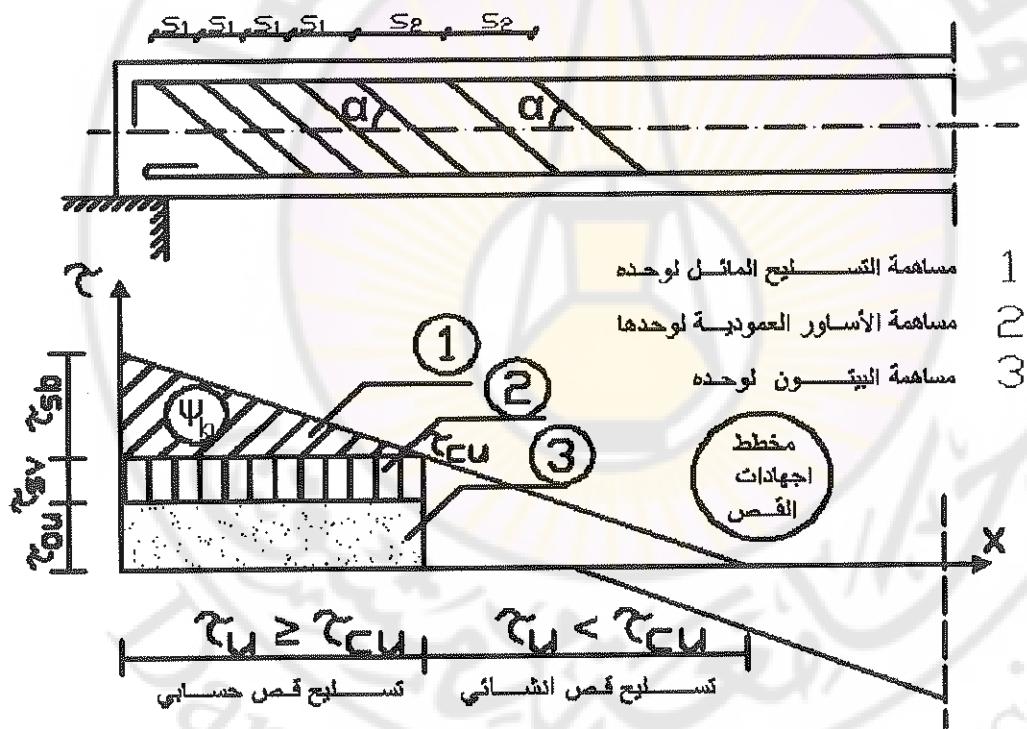
$$\tau_{sv} = \frac{n \cdot a_{st} \cdot f_y}{b \cdot s} \quad \dots\dots(1-21)$$

$$\alpha = 45^\circ \text{ - ثانياً}$$

يكون التسلیح العرضی في هذه الحالة قضباناً تمیل بزاویة 45° على محور الجائز الطولی (قضبان منفردة أو مکسحة من منطقة الشد) إذ يقاوم هذا التسلیح إجهاداً قاساً قدره :

$$\tau_{sb} = A_{sb} \cdot f_y \cdot \sqrt{2/b \cdot s} \quad \dots\dots (1-22)$$

وفي الحاله العامة وعندما لا يكون التباعد بين القضبان المائلة أو الأسوار العادي ثابتاً ، كما افترضنا سابقاً ، أو عندما لا يكون مقطع القضبان في كل مستوى ثابتاً ، شكل (١١-١) .



الشكل (١١-١)

ويفرض إن القصبان المائلة موزعة على مستويات مختلفة التباعد (s_1, s_2, \dots) بحيث إن :

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

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

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

نجد إن :

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

$$= \frac{b}{f_y \sqrt{2}} (\tau_{sb1} \cdot s_1 + \tau_{sb2} \cdot s_2 + \dots + \tau_{sbi} \cdot s_i) \quad \dots \dots \dots (1-24)$$

$$= \frac{b}{f_y \sqrt{2}} \sum_{i=1}^m \tau_{sbi} \cdot s_i = \frac{b \psi_b}{f_y \sqrt{2}} \quad \dots \dots \dots (1-25)$$

إن العلاقة $\psi_b = \sum_{i=1}^m \tau_{sbi} \cdot s_i$ تمثل مساحة الجزء من مخلف إجهادات القص (τ_{ii}) الواجب مقاومته بوساطة القصبان المائلة فقط أي أثنا بعد حساب ما يتحمله البيتون وحده وما تتحمله الأسوار العمودية وحدها نحسب القسم المتبقى من مساحة المخلف ونحمله للقصبان ثم نحدد المقطع (A_{sb}) بعد معرفة (ψ_b) من العلاقة الأخيرة .

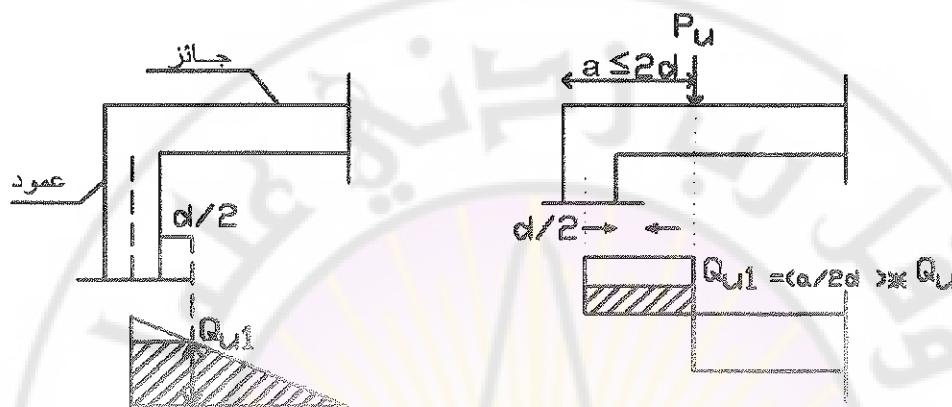
١- ٤- ٣- مراحل حساب المقاطع المعرضة لقوى القص :

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

١- في الجوانز:

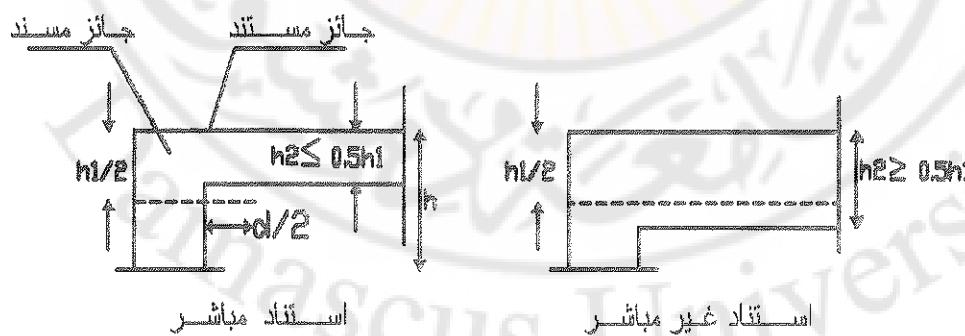
عندما تكون الجوانز مستندة استناداً مباشراً على ركائزها بحيث يتولد نتيجة هذا الارتكاز إجهادات ضغط عند الحافة السفلية للجائز عندما نعتبر إن قوة القص العظمى هي تلك المحسوبة على بعد (d) من الوجه الداخلى للركيزة حيث أن (d) الارتفاع الفعال ونعتبر

عندما 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 $\left(\frac{a}{2d}\right)$ شكل (١٢-١) .



(الشكل ١٢-١)

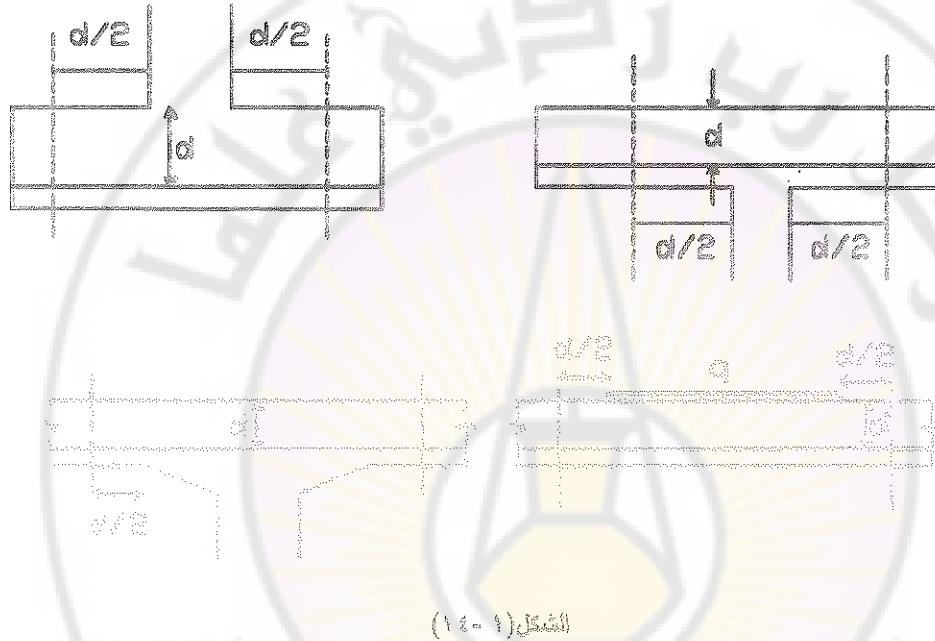
أما في الحالات الأخرى مثل الجوانز المعلقة أو المحمولة على جوانز متعدمة معها وبالارتفاع نفسه فتحتير قوة القص العظمى عندها عند وجه الاستناد مباشرة ولا تخفض قوة القص الناتجة عن حمل مركز بالقرب من وجه الاستناد شكل (١٣-١) .



(الشكل ١٣-١)

٤ - في البلاطات:

في البلاطات المستطيلة تؤخذ المقاطع الهرجية للقص بجوار الأحمال أو ردود الأفعال المركبة على بعد $0.5d$ من نقاط الارتكاز شكل (١٤-٤).

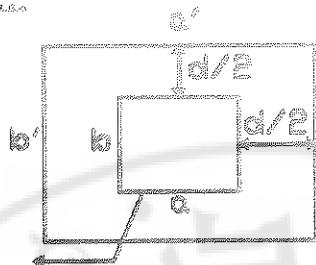


٤-٣-٣- عرض المقطع العلوي للقص:

بحالات الجواز يأخذ مساوي لعرض المقطع المستطيل (b) ولعرض الجسد (bw) في المقاطع (Γ)، أما في البلاطات وقواعد الأساسات يأخذ العرض (b) مساوي إلى محيط مقطع المقطع العرضي الذي يبعد مسافة ($0.5d$) من المحيط الخارجي للمسند أو الحمل المركز شكل (١٥-١).

مقدمة إلى البلاطة

محيط المعنود
أو العمود
أو الحمولة المطبقة
على البلاطة



$$\begin{aligned} e &= e_0 + e' \\ e &= a + b + b' \\ e &= 2a + (b + b') \end{aligned}$$

(1 - 1) التشكيل

١ - حساب الإجهادات الفائدة العربية المسموحة (τ_{cu}) والخطم (τ_{max})

$\tau_{cu} = \tau_{max}$ (1 - 2)

الخطم τ_{max} يتحقق في المحيط (أقصى انتفاخ) عند $e = 0.5a$.

٢ - حساب الإجهادات الفائدة المسموحة (τ_{cu})

$$\tau_{cu} = 0.16\sqrt{f_c} + 18\mu_{sp} \cdot \frac{Q_u \cdot \delta}{M_u} \leq 0.31\sqrt{f_c} \quad \dots\dots(1 - 26) \quad (\text{كتاب المنشآت})$$

$$\tau_{cu} = 0.23\sqrt{f_c} \quad \dots\dots(1 - 27)$$

(٣) الحياة العملية

٣ - حالة البلاطات والأسفلات:

$$\tau_{cu} = \left(0.16 + \frac{a}{3b}\right)\sqrt{f_c} \leq 0.31\sqrt{f_c} \quad \dots\dots(1 - 28)$$

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

ثانياً - حساب ($\tau_{u_{max}}$) :

(أثاري شاقولية):

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

(قضبان مرفوعة + أثاري شاقولية) :

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

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

١ - إذا كانت ($\tau_u > \tau_{u_{max}}$) عندها يجب تغير أحجام المقطع .

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

$$k_{stres} = \frac{A_{stmin}}{bw \cdot s} = \frac{n \cdot a_{stmin}}{bw \cdot s} = \frac{0.35}{f_y} \quad \dots\dots(1-31)$$

٣ - إذا كانت ($\tau_u < \tau_{cu} \leq \tau_{u_{max}}$) عندها نستخدم تسليح قص متسلقي ، ولدينا الحالات الآتية :

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

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

تحدد قيمة (τ) شكل (١٦-١) بموجب الشرطين الآتيين:

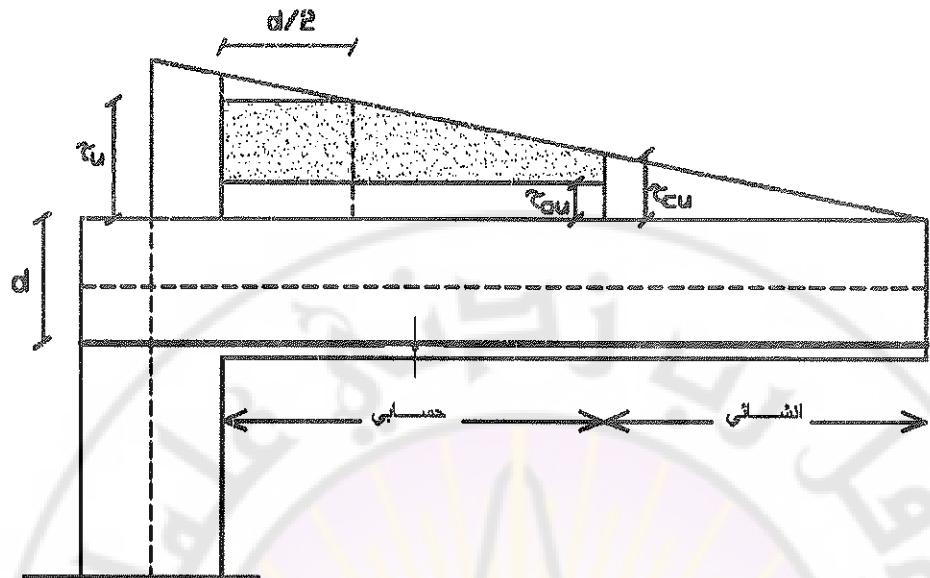
١ - تقاطع المقطع المدروس مع فاصل صلب .

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 تتحقق الشرطين معاً تكون ($\tau_{ou} = 0.7\tau_{cu}$) .



الشكل (١٦-١)

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

$$A_{st} = \frac{\tau_u - \tau_{ou}}{f_y \cdot \sqrt{2}} \cdot b \cdot w \cdot s \quad \dots\dots(1-33)$$

١ - ٤ - ٣ - اشتراطات التسلیح بموجب الكود العربي السوري :

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

$$S_{min} = 7\text{cm}$$

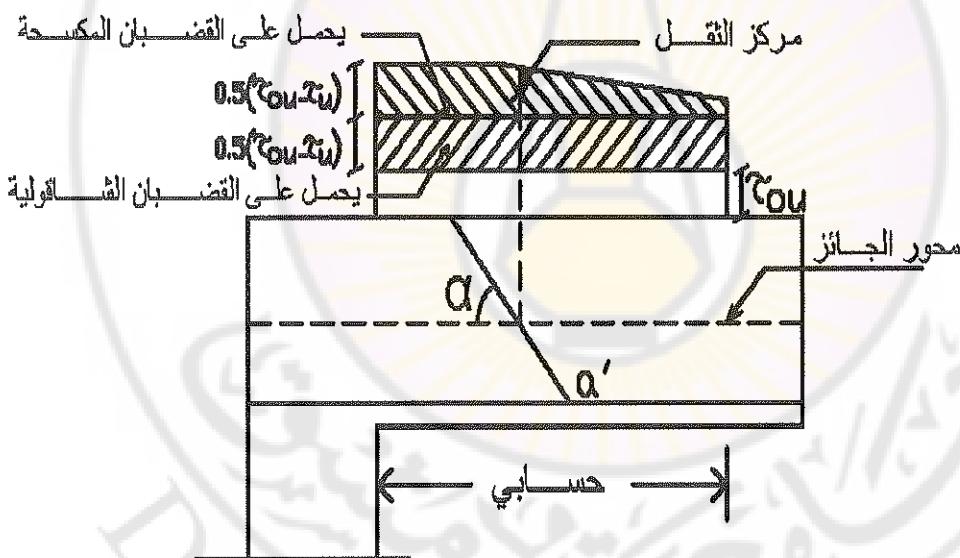
$$S_{max} = \begin{cases} 0.5d \\ 30\text{cm} \\ b \end{cases} \quad \dots\dots(1-34) \quad \text{(نختار القيمة الأصغر)}$$

ثانياً : في حال استخدام قضبان مكسحة لتحمل الإجهادات القاسية يمكن تحميل الأسوار الشاقولية قيمة لا نقل عن $(\tau_{sb} - \tau_c) / 0.5$ أما الباقي يحمل على القضبان المكسحة ، ويفضل عملياً عدم الاعتماد على تكسير القضبان الطولية المستخدمة أصلاً لمقاومة عزوم الانعطاف بغية مقاومة الفص ولا نلتجأ إلى القضبان المكسحة (A_{sb}) إلا عند الضرورة حيث يكون الاعتماد على الأسوار العمودية فقط قد أدى إلى كثافة تسليح شاقولي غير مقبولة .

تحدد مساحة القضبان المكسحة بالعلاقة الآتية :

$$(\alpha = 45^\circ) \quad A_{sb} = \frac{\tau_b \cdot S}{f_y \cdot \sqrt{2}} \quad \dots\dots (1-35)$$

τ_b تمثل مساحة المخطط الذي تغطيه القضبان المكسحة شكل (1-17-S).



الشكل (1-17-a)

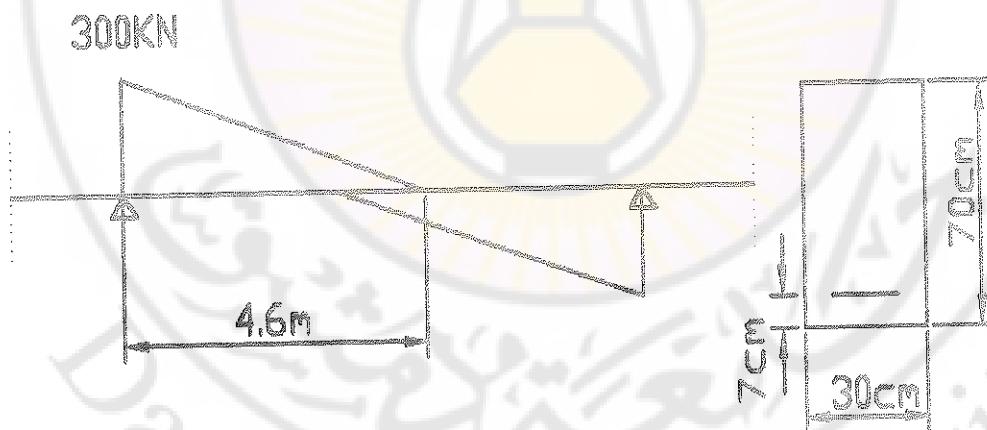
(a) نقطة رفع القضبان المستخدمة لتحمل عزوم الانعطاف .

١ - مثال:

لدينا مغاف القص الموضح في الشكل حيث القص أعظمي (300kN) وعرض العمود (30cm) ومقطع الجائز (30 * 70) و ($a = 7$) والمطلوب: حساب التسلیح اللازم للقص باعتبار ($f_y = 240\text{N/mm}^2$) للأتاري والقضبان ($f_c = 18\text{N/mm}^2$) وذلك في الحالتين:

- ١ - باستخدام أتاري شاقولية فقط .
- ٢ - باستخدام أتاري شاقولية وقضبان مكسحة على لا تزيد حصة القضبان المكسحة عن $0.5(\tau_u - \tau_{ou})$

$$\text{علمًأن } \tau_{cu} = 0.23\sqrt{f_c} \text{ و أن } \tau_{ou} = 0.35\tau_{cu}$$



الحل:

أولاً: الأذاري المستخدمة شاقولية فقط:

$$\tau_{u \max} = 0.65\sqrt{fc} = 0.65\sqrt{18} = 2.758 N/mm^2$$

$$\tau_{cu} = 0.23\sqrt{fc} = 0.23\sqrt{18} = 0.976 N/mm^2$$

$$\tau_{ou} = 0.35\tau_{cu} = 0.35 * 0.976 = 0.341 N/mm^2$$

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

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

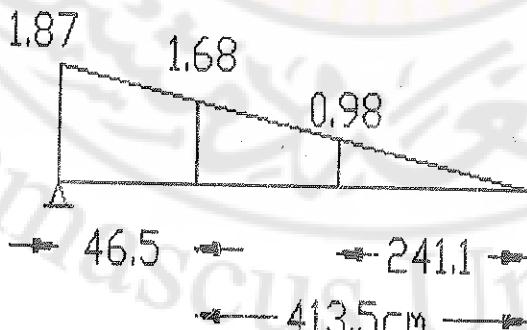
نوجد τ_u عند المحور :

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

نوجد τ_u على بعد $0.5d$ من وجه المسند :

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

$$\tau_u = 1.678 N/mm^2 \cdot \tau_{u \max} = 2.758 N/mm^2 \Rightarrow \text{OK}$$



حساب التسلیح الانشائی فی المجال : $\tau_u \leq \tau_{cu}$

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

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

$$\Rightarrow S = 25\text{cm}$$

$$S_{min} = 7\text{cm}$$

$$S_{max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.5d = 0.5 * 63 = 31.5\text{cm} \\ 30\text{cm} \end{array} \right\} = 30\text{cm}$$

$$7\text{cm} < S = 25\text{cm} < 30\text{cm} \Rightarrow OK$$

وبالتالی يكون التسلیح الانشائی $2\phi 6/25\text{cm}$

* حساب التسلیح الحسابی فی المجال : $\tau_u > \tau_{cu}$

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

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

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

$$\Rightarrow S = 12\text{cm} \Rightarrow OK$$

وبالتالی يكون التسلیح الحسابی $2\phi 8/12\text{cm}$

* يمكن اختيار $S = 10\text{cm}$ بالحياة العملية إذا وجدنا أن هذا الاختيار يسرّع عملية التنفيذ

ويسرّعها وبالتالي يصبح التسلیح الحسابی $2\phi 8/10\text{cm}$

ثانياً، الألاري المستخدمة شائوليا + اهتمان مرفوعة:

- التسلیح الإنشائی يبقى نفسه

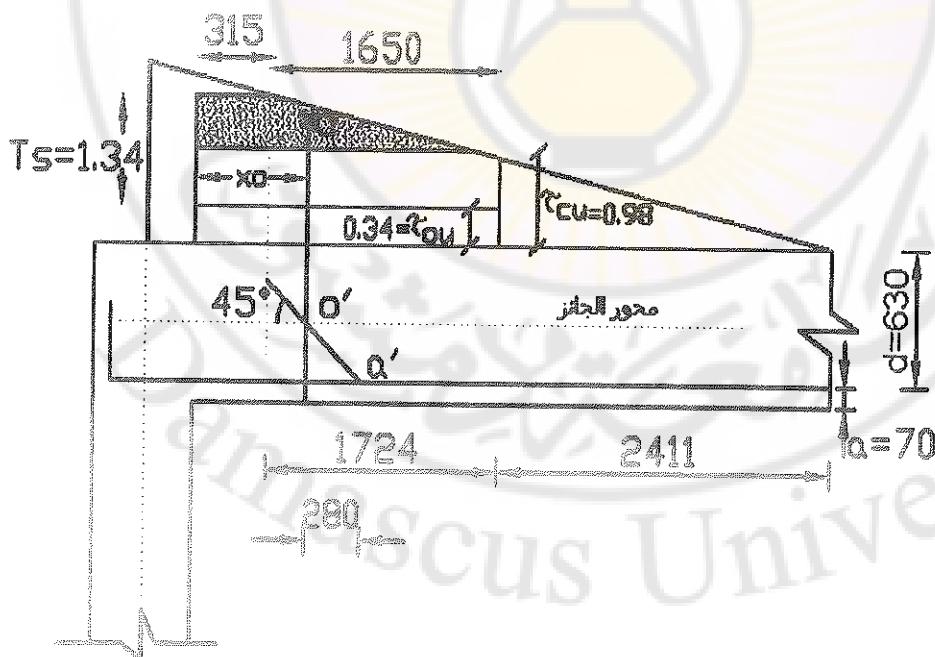
- حساب الألاري الشاقولية:

$$n * ast = \frac{0.5 \tau_s}{f_y} b_w * S$$

$$\begin{aligned} n &= 4 & \phi = 8\text{mm} \Rightarrow S &= \frac{4 * 0.25 * \pi * 8^2 * 240}{0.5 * 1.337 * 300 * 10} = 24.06\text{cm} \\ && \Rightarrow S = 24\text{cm} \Rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

وبالتالي تكون الألاري الشاقولية $248 / 24\text{cm}$

- حساب القصبيان المروفعة:



$$A_{sb} = \frac{\tau_b * S}{\sqrt{2} * f_y}$$

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

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

لوجد الأن x_0 بعد مركز نقل المساحة المنقطة عن المحور الشاقولي المار من وجه المسند

$$x_0 = \frac{(315 * 0.67 * 157.5) + (0.5 * 1650 * 0.67 * 865)}{(315 * 0.67) + (0.5 * 1650 * 0.67)} = 669.5 \text{ mm}$$

وبالتالي نقطة رفع القطبان a تبعد بمقدار 94.95 cm من وجه المسند



الفصل الثاني

تصميم العناصر المعرضة لعزم 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 لعزم الفتل .

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

٢- ٢- ٢- التسليح المستخدم على شكل قضبان طولية وأسوار عرضية مطوفة .

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

٢- ٣- ١- مقدمة .

٢- ٣- ٢- حساب الإجهادات القاخصة (المماسية) الفعلية (τ_{uu}) .

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

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

٢- ٣- ٥- شروط التسليح الخاص بالفلل .

٢- ٤- مثال .



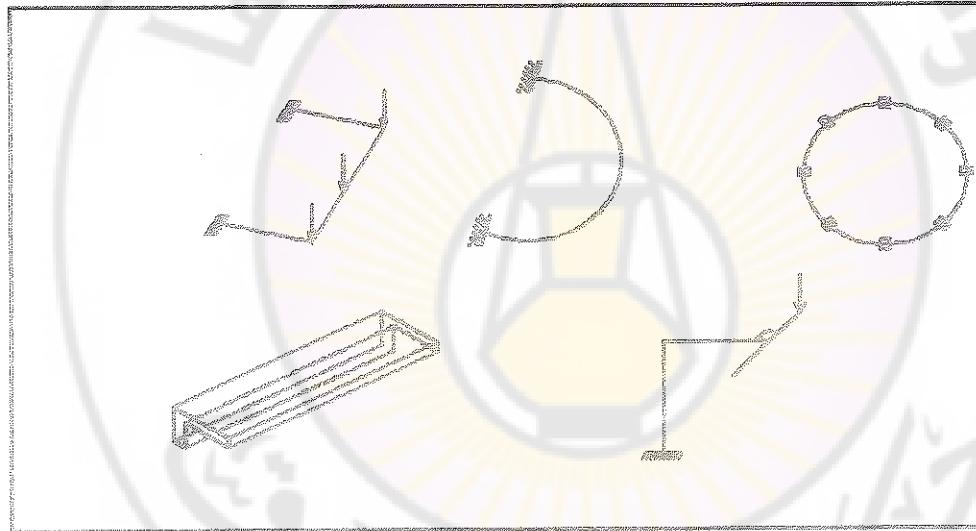
الفصل الثاني

تصميم العناصر المعرضة لعزم الفتل

Design Elements of reinforced Concrete exposed to Torsion Moments

١ - ٢ - مقدمة:

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



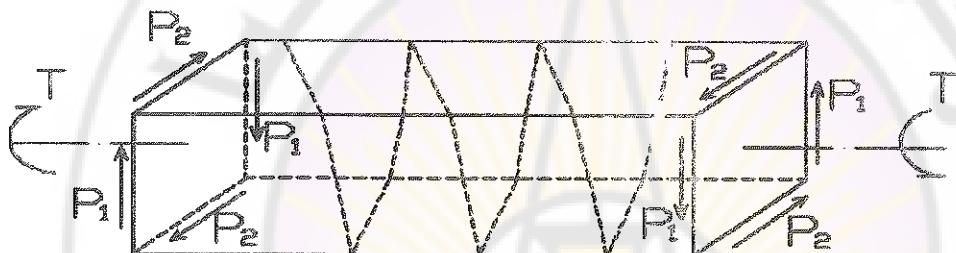
شكل (١-٢)

ب - ينتمي عزم الفتل في العناصر التي تؤثر بها إجهادات شائكة وثوبية تحمل بزاوية (45°) على محور المتصدر ويكون لها مسلماً حلزونياً على طول المتصدر ويرافق هذه الإجهادات الشائكة إجهادات مترادفة معها ولها القوة نفسها وبالتالي فإن التصميم العادي للعنصر الخاضعة لفتل هو عبارة عن إيجاد التسليح الملزم لمقاومة الإجهادات الشائكة بما يمكن للبيتون تحمل الإجهادات الشائكة كما هي حال التصميم العادي للعنصر .

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

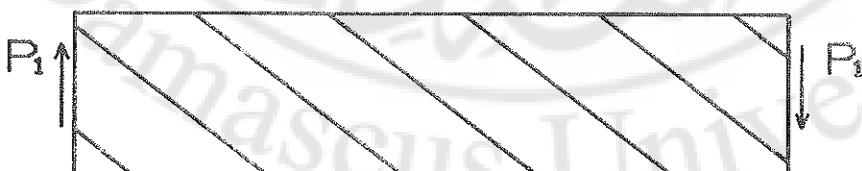
د - يجب الاهتمام بشكل كبير بتصميم العناصر الخاضعة للفتل ، نظراً لأن انكسار العناصر الناتج عن عزوم الفتل يكون بشكل مفاجئ ومماثل لانكسار الجوانز على القص من حيث الأسباب وهي تأثير الإجهادات الشادة ذات المسار الحلزوني .

هـ- لنفترض مسار الإجهادات الشادة الناتجة عن الفتل في العنصر المبين في الشكل (٢-٢) والمعرض لعزوم فتل T عند نهايته .



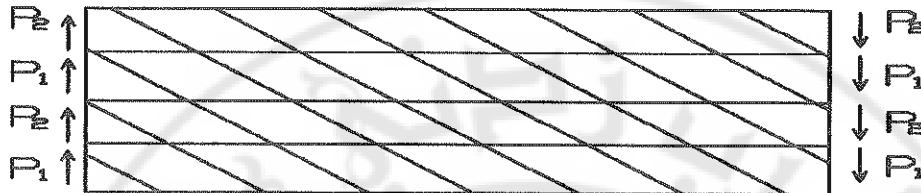
شكل (٢-٢)

يمكننا تطبيق هذا العزم (أي استبداله) عند كل طرف بأربع قوى تؤثر في المقطعين النهايين بحيث يكون تأثير كل منها على أحد جوهر العنصر ، بأخذ كل وجه للجانز و دراسته لوحده مع إعطائه سماكة صغيرة (أي بفرض أن 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 كما هو مبين في ذلك الشكل لها إشارة موجبة وثابتة القيمة على طول الجائز .



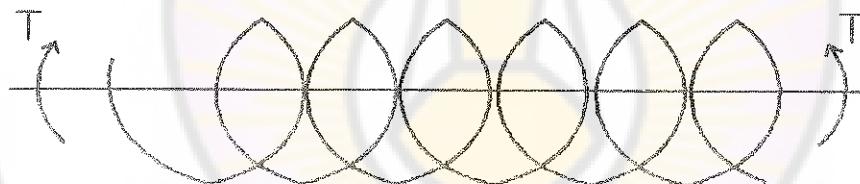
شكل (٢-٣)

وبالمثل يتعين اتجاه الإجهادات الشادة على الوجوه الأخرى وينتظر لدينا مسار هذه الإجهادات على طول الجائز كما هو مبين بالشكل (٤-٤) فإذا فربنا سطوح الجائز الاربعة فإننا نحصل على الشكل الآتي :



شكل (٤-٤)

ويكون مسار الإجهادات الشادة الرئيسية في داخل العنصر المعتبر مساراً حلزونياً يتبع نوعيه (يساري أو يميني) إلى اتجاه حزوم الفتل المطبقة في نهاية العنصر ويجب مراعاة هذه النوعية في حال استخدام التسلیح الحلزوني .



شكل (٤-٥)

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

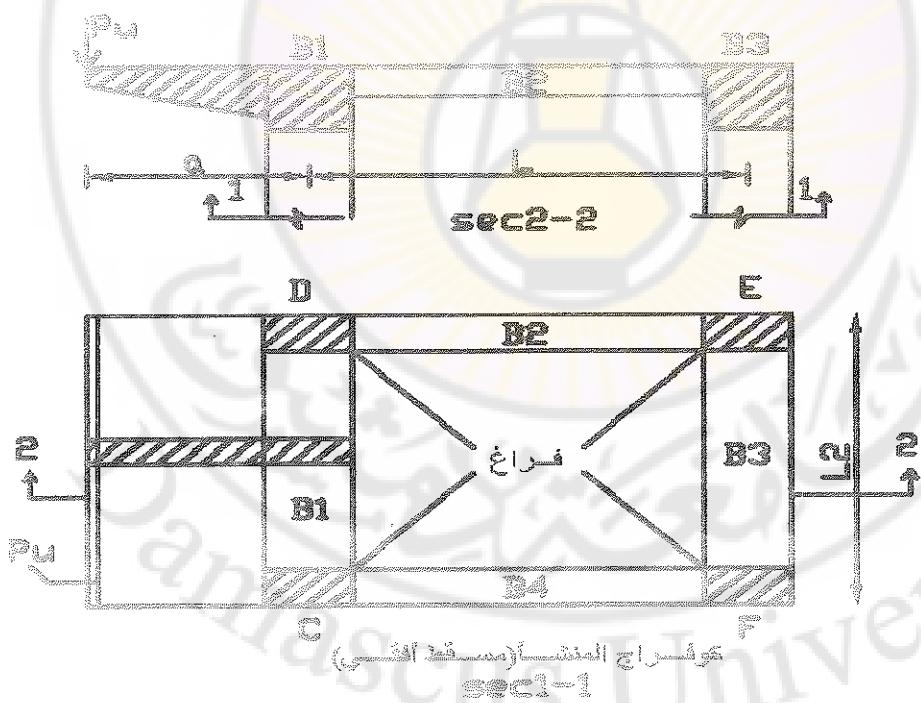
٢-١-٣ - توازن الفيل المطبق على العناصر:

لدينا نوعان رئيسيان:

الفيل الرئيسي: وهو الحالة التي يكون فيها استقرار المنشأ أو جزء منه معتمدًا على مقاومة عناصره أو بعضاً منها للفيل، وكما هو موضح بالشكل (٦-٢) لدينا منشأة بسيطة هي عبارة عن أربعة جوازات (B1 - B2 - B3 - B4) تستند استناداً بسيطًا إلى أربعة أعمدة D-E-F-C مع وجود ظفر موثق مع الجائز B1 محمل بحمولة مصعدة (P_U) موزعة بانتظام عند حافة الظفر.

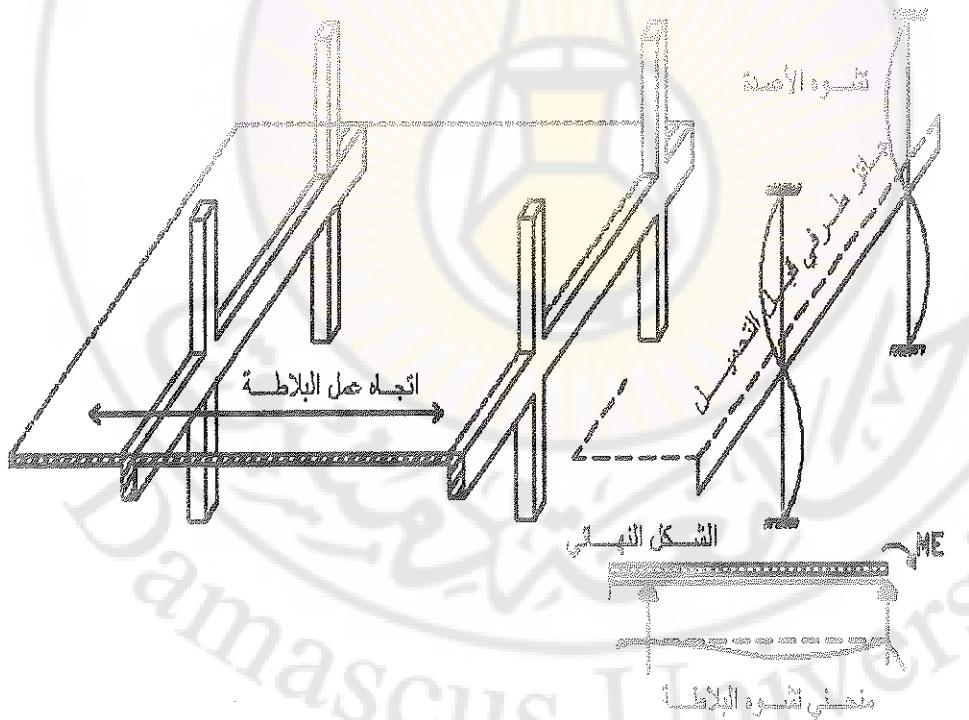
الجاز (B1) في هذا المنشأ خاضع لحالة عزم فيل رئيسي بجانب عزم الأعمدة وقوى التorsi.

الجازات: يعامل عزم الفيل المطبلي على جائز ما معاملة القوة الشاقولية التي تحيي حساب ردد الأسئل ورسم منحني العزم الناتج عن .



- القتل الثاني : وهو الحاله التي يكون فيها حرم القتل دائماً من الانتماء لغاصر المعاش أو عدم تفاظر الأجهزه الحيه وذلك في بعض المعاشات غير المقرره مستثنياً كما لا سيما الفراشيه وفي هذه الحاله تكون مقاومة القتل في عناصرها غير ضروريه للتسارع باعتبارها حداً غير مقرر ونذكر كمثال عليها الجوائز المقصالية والجوائز المحظوظة الخارجيه في البلاطات ولاسيما عند تعرضها لردود فعل الجوائز الثانويه وفي هذه الحاله يمكن عموماً إهمال تأثير القتل شريطة استخدام التسلیح وفق الاحتياجات الخاصة بالقص على ان يزود المقطع دوماً باسوار خارجيّه مغلقة مع تسلیح طولي إضافي إلئامي على محیط المقطع وبالقیم نفسها المقترنة لتشريع التسلیح .

إذاً هو قتل غير مقصود ناتج عن عدم مركزية الحمل أو قد يتبع عن حموات جبة شطرنجيه وهو قتل غير انساني لقوازن المنشآت (شکل ٢ - ٧) .

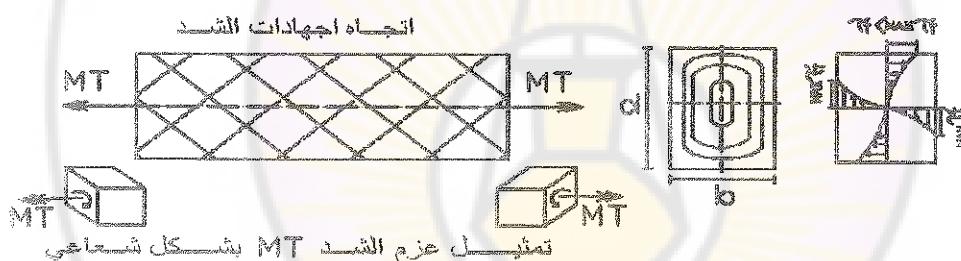


الشكل (٢ - ٧)

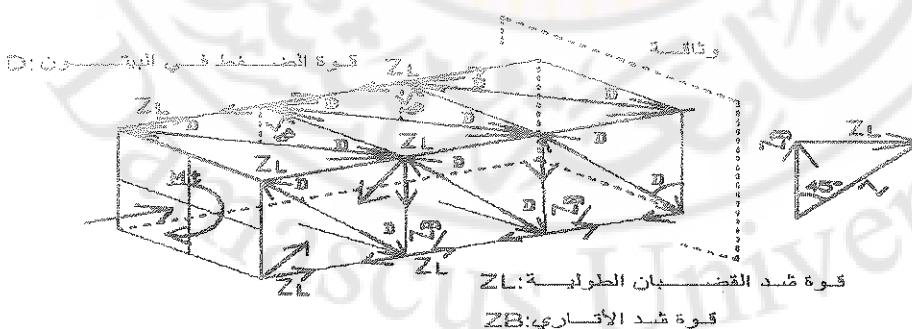
٤-١-٤ - أنواع الإجهادات الناتجة عن الفعل:

عطفاً على ماورد في مقدمة البحث ، يولد عزم الفعل في العناصر التي يؤثر فيها إجهادات شادة رئيسية تميل بزاوية $(\alpha = 45^\circ)$ عن محور العنصر الطولي ويكون لها مسلك حازوني على طول هذا العنصر ويرافق هذه الإجهادات الشادة إجهادات ضاغطة متعامدة معها ولها القيمة نفسها وبالتالي فإن تصميم العناصر الخاضعة للفعل هو عبار عن 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 حازوني موازي لها ويفضل عملياً استخدام أساور مغلقة عمودية على محور الجائز الطولي مع تسليح طولي موزع بالتزامن على محيط المقطع وذلك لامتصاص المركبات الأفقية والشاقولية الناتجة عن محصلة القوى المائة الشادة الموازية للإجهادات الرئيسية الشادة شكل (٤-٢) .



الشكل (٤-٢)



الشكل (٤-٣)

٢ - حساب التسلیح المقاوم لعزم الفتل :

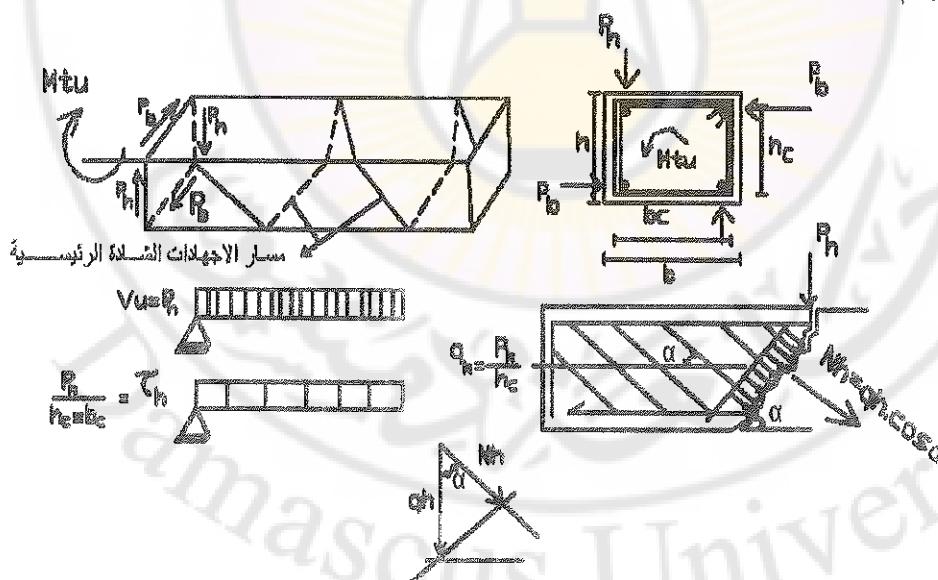
يحسب التسلیح لمقاومة الإجهادات المماسية الأعظمية ($\max \tau_{tu}$) التي تساوی الإجهادات الشادة الرئيسية عندما لا تكفي أبعاد المقطع العرضي للعنصر غير المسلح لمقاومة هذه الإجهادات ويكون هذا التسلیح إما مائلًا باتجاه الإجهادات الشادة الرئيسية (متعمدًا مع اتجاه التشققات المائلة المحتملة) أو قضيبانًا طوليّة توزع بانتظام على محيط عنصر الخاضع للفتل متراافقه مع تسلیح عرضي على شكل أسوار عرضية تطوق كامل المقطع العرضي ،

الشكل (٩-٢)

٣ - التسلیح في الحالة العامة (قضبان مائلة باتجاه الإجهادات الشادة الرئيسية) :

لحساب التسلیح اللازم لمقاومة الفتل يهم عمل البيتون في مقاومة الإجهادات الشادة الرئيسية وتحمل هذه الإجهادات كاملاً لهذا التسلیح .

ليكن الشكل (٩-٢) الذي يبيّن جائز بيتوبي ي تعرض لعزم فتل بقيمة ثابتة (Mtu) حيث يراد حساب التسلیح الخاص بمقاومة الفتل كي يضاف إلى التسلیح الأصلي المحسوب لمقاومة عزم الانحناء والقص الموجود أصلًا .



الشكل (٩-٢)

يمكن التعبير عن عزم الفتل (M_{tu}) بمزدوجتين من القوى المطبقة في مستويات التسلیح كما رأينا في الفقرة (١-٢) ، 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:

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

حيث b_c ، h_c عرض وارتفاع نواة المقطع المحصور بالتسليح .
تساوي قوى القص المؤثرة في الوجهين الشاقوليين P_h وقوى القص المؤثرة في الوجهين الأفقيين P_b وتسبب قوى القص هذه تشكيل إجهادات مماسية بالاتجاهين الشاقولي والأفقي وهي إجهادات موزعة بالنظام وقدرهما :

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

تسبّب الإجهادات المماسية (τ_b) و (τ_h) تأثير قوى شادة موزعة بالنظام θ_m على عرض الوجهان الشاقولييان إلى :

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

وبينج عن ذلك قوى شادة منتقلة ملائمة بزاوية (α) تسلوقي زاوية ميل الشق المحتمل على محور الميلان الطولي أي :

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

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

$$N_b = q_b \cdot \cos \alpha = \frac{P_b}{h_c} \cos \alpha \quad \dots\dots(2-5)$$

ويملاحظة إن ($N_b = N_h$) ينتج :

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

وبالعودة إلى العلاقة (2-1) نجد إن :

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

ويمكن كتابة المعادلتين (2-4) و (2-5) كما يأتي :

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

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

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

هذا التسلیح عبارة عن أسوارة حلزونية توضع بميل قدره ($\alpha = 45^\circ$) على محور الجائز الطولي حيث يساوي مقطعها العرضي ($a_{sp} = N_h / \gamma \cdot f_y$) وبعد العودة إلى العلاقة (2-8) نجد إن:

$$a_{sp} = \frac{M_{tu}}{2A_o \cdot f_y \cdot \gamma \sqrt{2}} \quad \dots\dots(2-9)$$

حيث إن : ($A_o = b_c h_c$)

γ - معامل أمان يحسب بالعلاقة التجريبية :

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

حيث إن :

y_1 - طول أسوارة التسلیح المستطيلة .

x_1 - عرض أسوارة التسلیح المستطيلة .

إن مقطع الأسوار المحدد بالعلاقة (2-9) 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 :

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

هذا من أجل المقاطع العرضية المستطيلة (مقطع النواة $A_c = b_c h_c$) ومن أجل المقاطع الأخرى تستبدل (A_0) بقيمتها المكافئة ، مثلاً :

$$A_0 = 0.25\pi d_k^2$$

$$A_0 = 0.25\pi(d_k - d_i)^2$$

- من أجل المقطع الدائري :
- من أجل المقطع الحلقي :

حيث إن :

- قطر النواة . d_k
- القطر الداخلي (قطر الفراغ الدائري) . d_i

٢-٢-٢ - التسليح المستخدم على شكل قضبان طولية وأسوار عرضية مطوفة :

تقاوم الأسوار العرضية هنا المركبة الشاقولية للقوة الشادة المائلة ، والقضبان الطولية تقاوم المركبة الأفقيّة لهذه القوة . فمثلاً على الوجهين الشاقوليين تقاوم المركبة الشاقولية للقوة (N_h) بالأسوار والمركبة الأفقيّة بالقضبان الطولية ويعتمد ذلك على الوجهين الآخرين الأفقيين ولذلك يمكن أن نجد محصلة القرى التي تقاوم بالأسوار العمودية على الوجه الأربعة للجائز :

لدينا :

$$N_y = N_{hy} + N_{by} \dots \dots (2-12)$$

ولأن:

$$N_{hy} = N_{by} = N_h \cos 45^\circ = \frac{M_u \cdot \cos 45^\circ}{2b_c \cdot h_c} \cos 45^\circ = \frac{M_u}{4b_c \cdot h_c} \dots \dots (2-13)$$

تصبح المحصلة الشاقولية للقوة الشادة المائلة متساوية :

$$N_y = \frac{M_u}{2b_c \cdot h_c} \dots \dots (2-14)$$

ولأن مقطع الأسوار على محيط الكمرة ثابت نجد إن :

$$a_{sv} = \frac{N_y}{\gamma \cdot f_y} = \frac{M_u}{2\gamma \cdot b_c \cdot h_c \cdot f_y} \dots \dots (2-15)$$

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

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

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

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

ويكون مقطع القضبان الطولية اللازمة على مسافة ١م من محيط المقطع :

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

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

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

و عند وضيع هذه القضبان على تباعد (s) كما هو مطلوب :

$$A_{sl} = \frac{M_{tu} \cdot s}{2\gamma b_c h_c f_y} \quad \dots \dots (2-20)$$

ونتوه هنا على أن العلاقات المذكورة أعلاه تخص الجوز مستطيلة المقطع ومن أجل المقاطع الأخرى يجب حساب مقطع النواة (A_0) المواقف ونشير هنا أيضاً إلى أن عزم القتل (M_{tu}) الوارد في العلاقات السابقة هو العزم الحسابي الكلي الناتج عن القتل ولذلك يجب الأخذ بالحساب مساهمة البيتون في مقاومة هذا العزم (M_e) ونحصل وبالتالي على قيمة عزم القتل الذي يقاومه التسليح (M_{ts}) :

$$M_{ts} = M_{tu} - M_{te} \quad \dots \dots (2-21)$$

ويحدد العزم المقاوم بالبيتون فقط بالعلاقة الآتية :

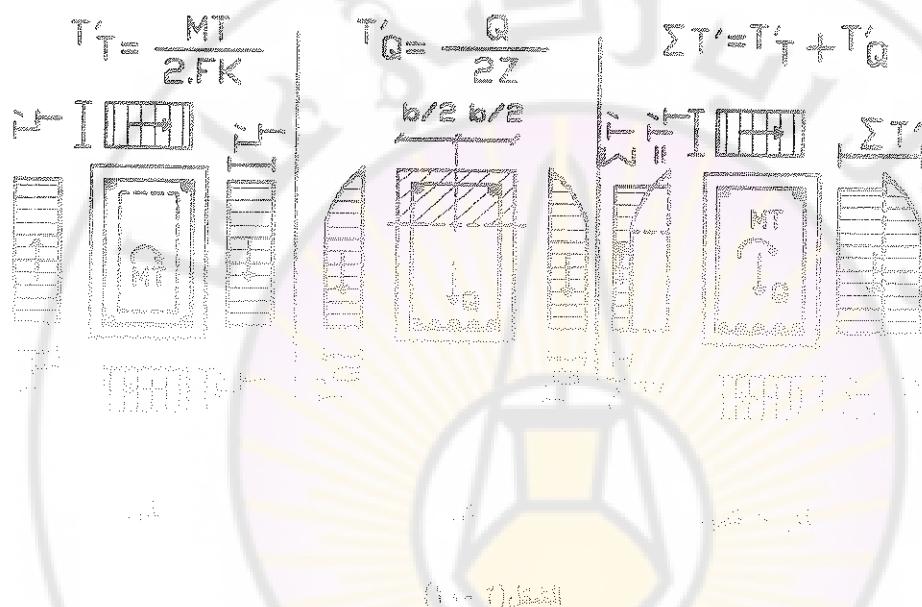
$$\left. \begin{aligned} M_{te} &= \frac{\tau_{tc} \cdot h \cdot b^2}{3} \\ \tau_{tc} &= 0.13\sqrt{f_c} \end{aligned} \right\} \quad \dots \dots (2-22)$$

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

٢ - ٣ - دور نجل حساب المقادير المعرفة لفتح القفل وهي المقادير :

$$A_{\text{eff}} = l - \frac{a}{2} - \frac{b}{2}$$

شكل (٢ - ٤) يوضح تركيز الإجهادات القائمة (المتساوية) التي تؤدي إلى إنشاء نفس في المقطع المستطيل .



٢ - ٤ - حساب الإجهادات القائمة (المتساوية) المطلوبة :

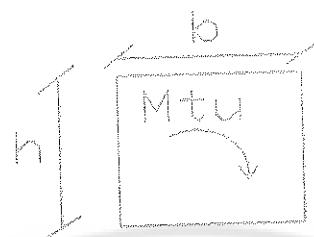
أ - مطابق مستطيلة : شكل (٢ - ٥)

$$\begin{aligned} \tau_{\text{m}} &= \frac{M_{\text{tu}}}{W_t} & W_t &= \frac{I_t}{b} \\ I_t &= a \cdot b^3 \cdot \frac{h}{3} & W_t &= a \cdot b^2 \cdot \frac{h}{3} & : a = \frac{h}{3} \end{aligned}$$

Wt : العزم المقاوم للفتح للمقطع المستطيل

I_t : عزم العطالة المقاوم للفتح

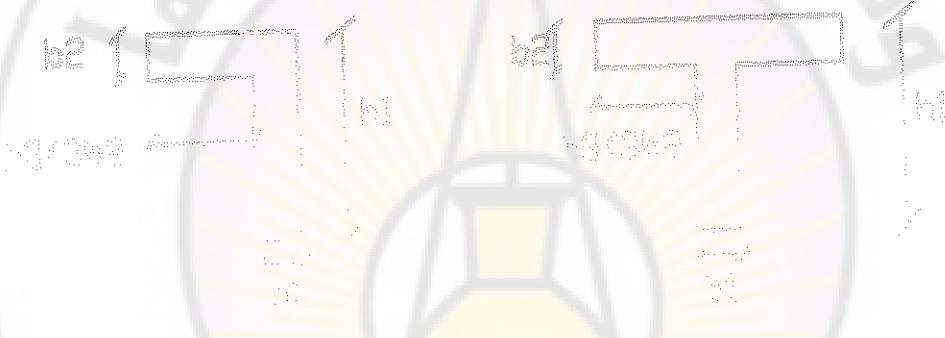
$$\tau_{\text{m}} = \frac{3M_{\text{tu}}}{b^2 \cdot h} \quad \dots \dots (2 - 23)$$



الشكل (١١-٢)

بـ - مقاطع T أو L :

$$\tau_{in} = \frac{3Mtu}{\sum b_i^2 \cdot h_i} \quad \dots \dots (2-24)$$



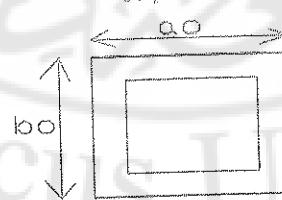
الشكل (١٤-٣)

جـ - مقاطع زائيرية أو مستطيلة مفرغة :

$$\tau_{in} = \frac{Mtu}{2A_0 \cdot do} : A_0 = a_0 \cdot b_0 \quad \dots \dots (2-25)$$

A₀ : المساحة الداخلية للشكل المرسوم في منتصف السمك do

do: سماكة القطاع في النقطة المحسوب فيها الإجهاد



الشكل (١٤-٤)

د - مقاطع دائيرية ملبيّة:

قطر نواة القطاع Dk

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



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

Querschnitt	$\max \tau_t = \frac{M_t}{W_t}$	J_t																											
	$\frac{16}{\pi} \frac{M_t}{d^3}$	$\frac{\pi d^4}{32}$																											
	$\frac{16}{\pi} \frac{d}{d^2 - d_i^2} M_t$	$\frac{\pi}{32} (d^4 - d_i^4)$																											
	$\sim \frac{2}{\pi} \frac{M_t}{t d_m^2}$	$\sim \frac{\pi t d_m^3}{4}$																											
	$\frac{16}{\pi} \frac{M_t}{a \cdot b^2}$	$\frac{\pi}{16} \frac{a^3 \cdot b^3}{a^2 + b^2}$																											
	$4,81 \frac{M_t}{a^3}$	$0,141 a^4$																											
	$\beta \frac{M_t}{b^2 \cdot d}$	$\alpha \cdot b^3 \cdot d$																											
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>d/b</th><th>1,5</th><th>2,0</th><th>3,0</th><th>4,0</th><th>6,0</th><th>8,0</th><th>10,0</th><th>∞</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>α</td><td>0,196</td><td>0,229</td><td>0,263</td><td>0,281</td><td>0,299</td><td>0,307</td><td>0,313</td><td>Q333</td></tr> <tr> <td>β</td><td>4,33</td><td>4,07</td><td>3,72</td><td>3,55</td><td>3,35</td><td>3,26</td><td>3,20</td><td>3,00</td></tr> </tbody> </table>	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	Q333	β	4,33	4,07	3,72	3,55	3,35	3,26	3,20	3,00	
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	Q333																					
β	4,33	4,07	3,72	3,55	3,35	3,26	3,20	3,00																					
	<p><u>Bredt'sche Formel</u> beliebiger Hohlquerschnitt $\frac{M_t}{2 F_m \cdot \min t}$</p>	$\frac{4 \cdot F_m^2}{\sum \frac{s_i}{t_i}}$																											
	<p>rechteckiger Hohlquerschnitt $\frac{M_t}{2 b_m \cdot d_m \cdot \min t}$</p>	$\frac{4 \cdot b_m \cdot d_m}{b_m \cdot t_1 + \frac{1}{d_m \cdot t_2} + \frac{1}{d_m \cdot t_3}}$																											
	$\sim 5,32 \frac{M_t}{d^3}$	$0,133 d^4$																											
	$\sim 5,41 \frac{M_t}{d^3}$	$0,130 d^4$																											

(١-٢) جدول (١-٢)

٣- ٣- ٢ - حساب الإجهادات القاصلة (المماسية) والأعظمية المسموحة (τ_{tu}) و (τ_{tcu}) و (τ_{tcumax}) للقص والقتل معاً :

$$\tau_u = \frac{Qu}{0.85bw.d} \quad \tau_{tu} = \frac{3Mtu}{\sum b_i^2 \cdot h_i}$$

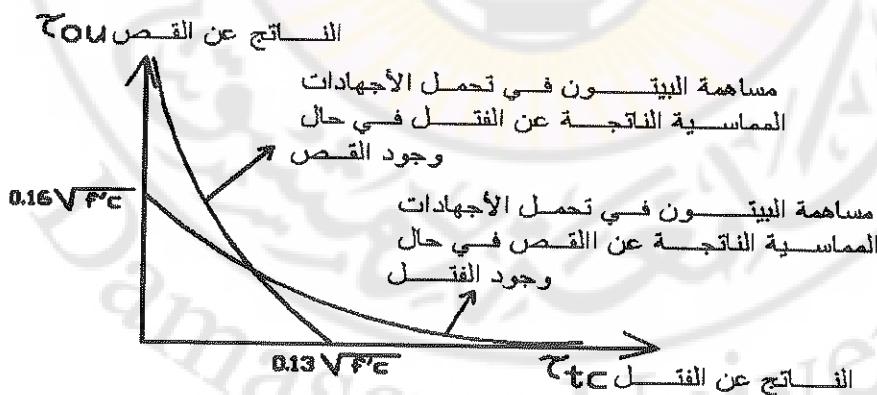
$$\tau_{tcu} = \frac{0.16\sqrt{f_c}}{\sqrt{1 + (1.2 \frac{\tau_u}{\tau_{tu}})^2}} \quad \dots\dots (2-27)$$

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

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

لاحظ الشكل الآتي:

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



الشكل (١٤- ٢)

٢-٣-٤ - حساب التسلیح الخاص بالفلل بوجود القص:

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

٢ - عندما $\tau_{tu} \leq 0.13\sqrt{fc}$

في هذه الحالة لاحاجة لتسلیح طولي أو عرضي خاص بالفلل ويسمح للبيتون بمقارنة هذه الإجهادات الناتجة عن الفتل .

٣ - عندما $\tau_{tu} < \tau_{tu\max} : 0.13\sqrt{fc}$

نكتفي بتسلیح طولي وعرضي إثنانى لمقاومة عزم الفتل تحدد قيمة هذا التسلیح بالفقرة (٢-٣-٥) اللاحقة .

٤ - عندما $\tau_{tu} < \tau_{tu\max}$

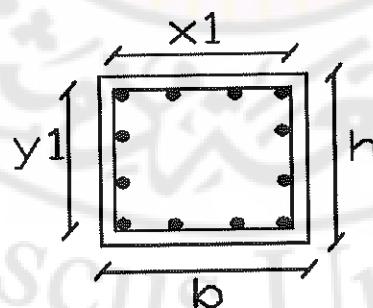
نحتاج إلى تسلیح حسابي خاص بالفلل شكل (١٦-٢) .

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

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

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

S : تباعد الأسوار الخاصة بالفلل والجدير بالذكر إن الأسوار الخاصة بالفلل هي أسوار ذات فرعين فقط ولا نضع أسوار داخلية لأن الفتل يتطلب أسواراً خارجية مطوقة للقطاع .



الشكل (١٦-٢)

ملاحظة هامة :

نزود المقطع بالتسليح اللازم للقتل كما جرى حسابه أعلاه مضافاً إليه التسليح اللازم لمقاومة القص والانعطاف والقوى الناظمية ويمكن أن يدمج التسليح الخاص بالقتل 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 .

٤-٣-٥ - شروط التسليح الخاص بالقتل:

- ١ - عندما يكون $\tau \geq 0.13\sqrt{fc}$ في هذه الحالة نكتفي بنسبة تسليح عرضي إنشائية لمقاومة عزم القتل والقيمة الخاصة بالأكتاري هي الآتية:

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

وفي هذه الحالة نعتبر إن التسليح العرضي الأصغرى لمقاومة القص محقق أما التسليح

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

الطولي في هذه الحالة:

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

- ٢ - لازديد المسافة بين الأسوار المحيطية المغلفة المحسوبة لمقاومة القتل عن الأصغر بين القيمتين الآتىين:

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

ولائق المسافة S عن 7cm

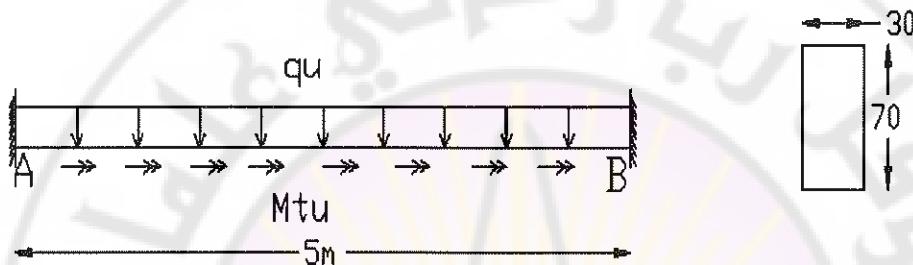
- ٣ - يجب ألا يقل قطر القضبان المستعملة بالتسليح الطولي لمقاومة القتل عن (12mm) ولا تتجاوز المسافة بين هذه القضبان (30cm) وأن تزود كل زاوية من زوايا المقطع بقضيب طولي واحد على الأقل .

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

٤ - مثال:

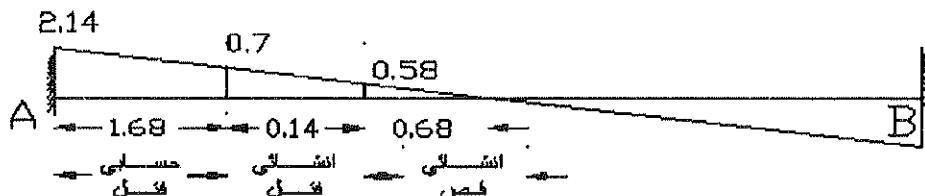
في الجائز الموضح في الشكل يطلب حساب التسليح الخاص بالقص والفتل معاً ورسم المقطع العرضي موضحاً عليه توزيع التسليح علماً إنه محمل بحمولة موزعة بانتظام ومصعدة وتشمل الوزن الذاتي $q_u = 21 \text{ KN/m}$ وعزم فتيل موزع بانتظام مصعد وأن الجائز موثوق من طرفه $M_{tu} = 18 \text{ KN.m/m}$

$$(f_c' = 20 \text{ N/mm}^2) - (f_{yt} = 240 \text{ N/mm}^2) - (f_y = 400 \text{ N/mm}^2)$$



الحل: نرسم مخططات τ_{tu} - Q_u - M_{tu}





بملاحظة الأشكال السابقة نظر وسهولة التنفيذ تعتمد التسليح الحسابي للقص والقتل حتى مسافة 1.82m وضمن المسافة 0.68m نضع تسليح قص إنساني هو الآتي:

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

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

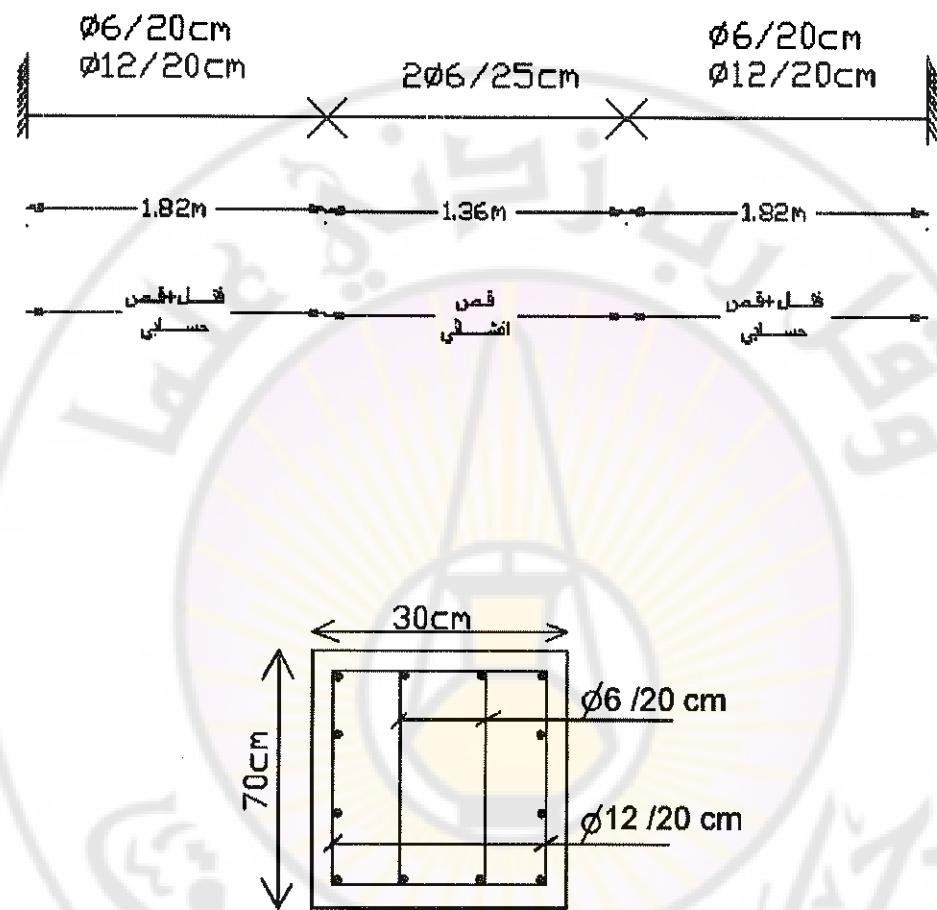
$$\Rightarrow S = 25\text{cm}$$

$$S_{min} = 7\text{cm}$$

$$S_{max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.5d = 0.5 * 63 = 31.5\text{cm} \\ 30\text{cm} \end{array} \right\} = 30\text{cm}$$

$$7\text{cm} < S = 25\text{cm} < 30\text{cm} \Rightarrow OK$$

وبالتالي يكون التسليح الإنساني $2\phi 6 / 25\text{cm}$





الفصل الثالث

أ - تصميم الأعمدة الطويلة

Design Long Columns

- ١-٣ - مقدمة .
- ٢-٣ - تعاريف .
- ١-٢-٣ - التحليل الإنشائي من الدرجة الأولى .
- ٢-٢-٣ - التحليل الإنشائي من الدرجة الثانية .
- ٣-٢-٣ - ملاحظات .
- ٣-٣-٣ - حساب الأعمدة الطويلة .
- ٣-٣-١ - مقدمة .

- ٣-٢-٣ - دراسة الأعمدة الطويلة بحسب قيمة (λ) .
- ٤-٣ - الانعطاف المركب في الأعمدة الطويلة .
- ٥-٣ - شروط التسلیح .
- ٦-٣ - مثال .

ب - تصميم عناصر бетон المسلح المعرضة للشد الامرکزي

Design Elements of reinforced Concrete exposed to Eccentric Tension

- ١-٣ مقدمة .
- ٢-٣ حالة الامرکزية الكبيرة .
- ٣-٣ حالة الامرکزية الصغيرة .



الفصل الثالث

أ - تصميم الأعمدة الطويلة

Design Long Columns

١- مقدمة:

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

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

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

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

$$Ncr = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_o^2} \quad \dots \dots (3-1)$$

EI : صلابة المقطع بالاتجاه المدروس .

L_o : الطول الحسابي للتحبيب بالاتجاه المدروس على التحيب وتعلق قيمته بالأمرتين الآتيتين:

١- طبيعة ارتباط نهايتي العمود مع عناصر المنشأ الأخرى(مفصل - وثاقه - وثاقه جزئية).

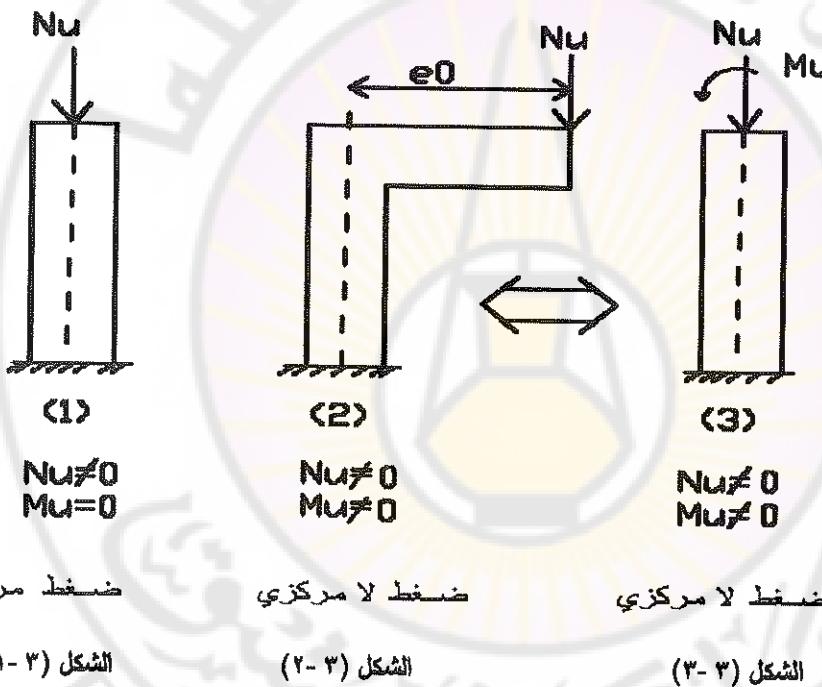
٢- وجود العمود في هيكل مسند جانبياً أو في هيكل غير مسند جانبياً .

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

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

هذه الحالة يحدث الانكسار من جراء تهشم البeton تحت الضغط قبل أن يتعرض العمود للتحبيب .

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



ضغط مرکزي
الشكل (١-٣)

ضغط لا مرکزي
الشكل (٢-٣)

ضغط لا مرکزي
الشكل (٣-٣)

٢- ٣ - تعريف:

٢- ١ - التحليل الإنشائي من الدرجة الأولى :

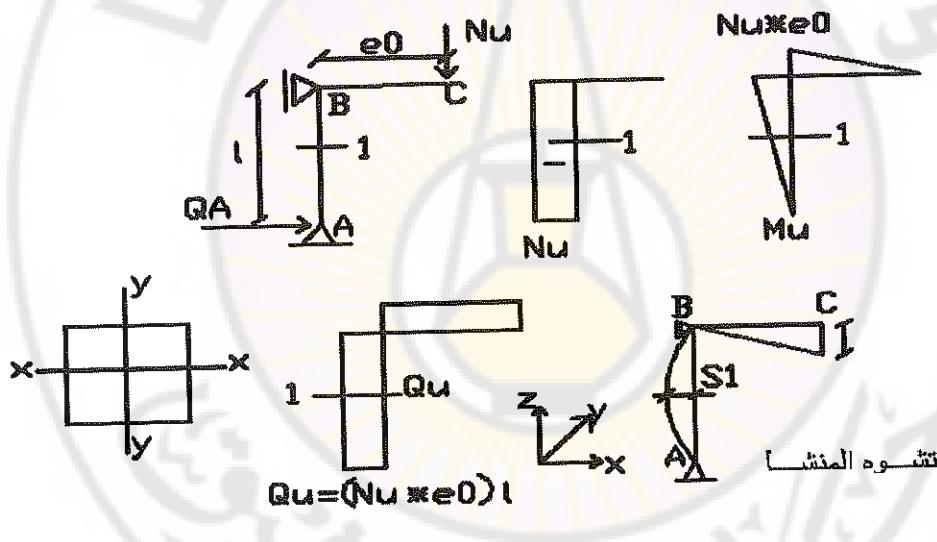
وهو بالتعريف حساب العزوم والقوى الناظمية التصميمية في المقطع المطلوب كما جرت عليه العادة في حساب الإنشاءات وهو أيضاً حساب التشوّهات في العنصر المدروس متمثلة بالسهوم والانتقالات والدورانات من جراء الحمولات الخارجية .

٣-٢-٤ - التحليل الإنشائي من الدرجة الثانية :

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

$$M_{ua} = N_u * \left(\frac{e_0}{2} + \delta l \right) = M_{u1} + M_{u2} \quad \dots \dots (3-2)$$

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



الشكل (٤-٣)

٣-٢-٣ - ملاحظات:

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

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

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

* الخلاصة :

بناء على مasic نقول إن دراسة الأعمدة الطويلة ستتولى في جميع الأحوال إلى دراسة هذه العناصر على الضغط الامرکزي وتعتبر مقاومة هذه الأعمدة محققة لأثر التحنّب إذا حسبت مقاطعها بحيث تقاوم حالة الضغط الامرکزي التي ستختص بها .
ونلتف النظر إلى أنه عند حساب أي عمود طويل يجب التحقق من مقاومة هذا العمود للتحنّب في كل اتجاه من الاتجاهين الرئيسيين على حدا .

٣- ٣ - حساب الأعمدة الطويلة:

٣- ٣- ١ - مقدمة :

يؤخذ التحنّب في الأعمدة الطويلة بعين الاعتبار بمساعدة عزم إثناء إضافي يعطى بالعلاقة الآتية:

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

حيث إن (e_c) تمثل الامرکزية الإضافية الناشئة عن تشوه العمود في المقطع الحرج من جراء التحنّب وتحسب كما هو وارد في الكود العربي للسوري انظر العلاقة (٣-٥) أدناه .
ويجب ألا تزيد نسبة النحافة (λ) عن (150) وإلا يجب تغير المقطع .

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

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

إن هذا التحليل الإنساني الدقيق لا يمكن إجراؤه يدوياً نظراً لكمية الحسابات التي تحتاجها لذلك
نلجأ إلى استخدام برامج حاسوبية تعتمد على الحاسوب الإلكتروني وتصلح هذه الطريقة العامة
لكلفة قيم (λ) مابين $(40,150)$

٢ - عندما تكون $100 \leq \lambda < 40$ وهذا نميز حالتين:

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

$$M_{ua} = N_u * (e_c + e_o) \quad \dots \dots \dots (3-4)$$

حيث إن :

e_c : الامرکزية الإضافية .

e_o : الامرکزية المفروضة .

و تحدد الامرکزية الإضافية (e_c) من العلاقات الآتية:

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

h : بعد المقطع بالاتجاه المدروس .

في حال كان الجو جافا

في حال كان الجو رطباً

تحدد قيمة (α) بموجب الكود العربي السوري .

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

$$e_o = \frac{M_{ui}}{N_{ui}} \geq e_a \quad \dots \dots \dots (3-6)$$

e_a : الامرکزية غير المقصودة وتؤخذ وفق الآتي :

$$e_a = \begin{cases} 0.05h \\ 25.5cm \\ lo/250 \end{cases} \quad \dots \dots \dots (3-7)$$

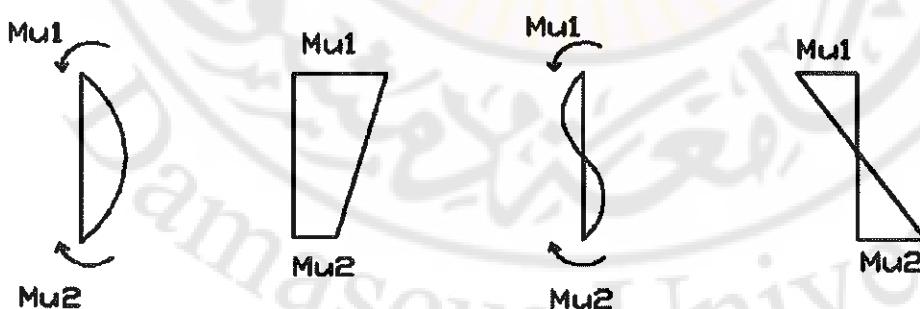
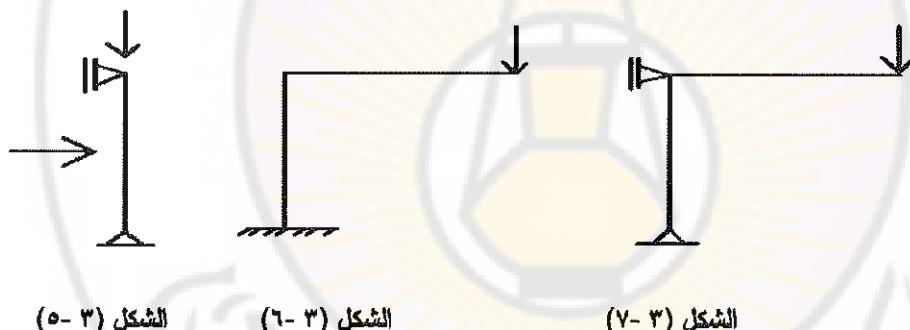
(نختار القيمة الأكبر)

إن (M_{ui}) تمثل عزم الانعطاف الحدي الأصلي المطبق في المقطع الحرج الناتج من التحليل الإنساني 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 (٥-٣) أو عندما يكون العمود غير مسنود جانبياً كمافي الشكل (٦-٣) عندما تحدد (M_{ui}) كقيمة عظمى من التحليل الإنساني على المنشأ من الدرجة الأولى.
- ٢ - عندما تكون الأعمدة مسنودة جانبياً ولا تخضع لأحمال عرضية كمافي الشكل (٧-٣) عندما تحدد (M_{ui}) من العلاقة الآتية:

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

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



عمود مسنود منحني باتجاهين صور معدود ملحوظ باتجاه واحد

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

$$N_{ui} \neq 0$$

$$M_{ui} = 0$$

$$e_o = 0$$

عندما نأخذ $e_o = e_a$

$$e_a = \begin{cases} 0.05h \\ 25.5\text{cm} \\ \frac{10}{250} \end{cases} \quad \dots\dots(3-9) \quad (\text{نختار القيمة الأكبر})$$

$$M_{ui} = N_{ui} * (e_c + e_a) \quad \dots\dots(3-10)$$

حيث $(e_c + e_o) \geq 0.08h$
نأخذ :

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

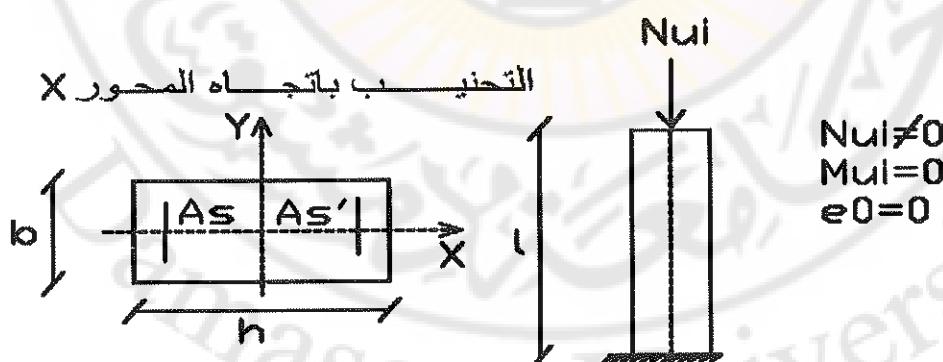
و باعتبار ($\alpha = 0$) فإن قيم (β) كالتالي :

$$\beta = 1.65$$

$$\beta = 1.30$$

في حال كان الجو جافاً

في حال كان الجو رطبأً



الشكل (١٠-٣)

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

- ١ - إن يكون المقطع المصنفوط مربعاً أو مستطيناً أو متوازراً .
- ٢ - لا نقل مساحة التسلیح 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 K_b وتحسب كما هو وارد في الكود العربي السوري ، وتصبح علاقات الضغط المركزي كما يأتي :

في حالة التسلیح العادي:

$$N_{ur} = \frac{0.8\Omega}{K_e K_b} (0.85f_c' A_c + A_s f_y) \quad \dots\dots (3-12)$$

في حالة التسلیح الحازوني:

$$N_{ur} = \frac{0.85\Omega}{K_e K_b} (0.85f_c' A_k + A_s f_y + 2.5f_{ypl} A_{sp}) \quad \dots\dots (3-13)$$

٤ - الانعطاف المركب في الأعمدة الطويلة:

تطبق الاشتراطات الواردة في الكود العربي السوري .

٥ - شروط التسلیح:

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

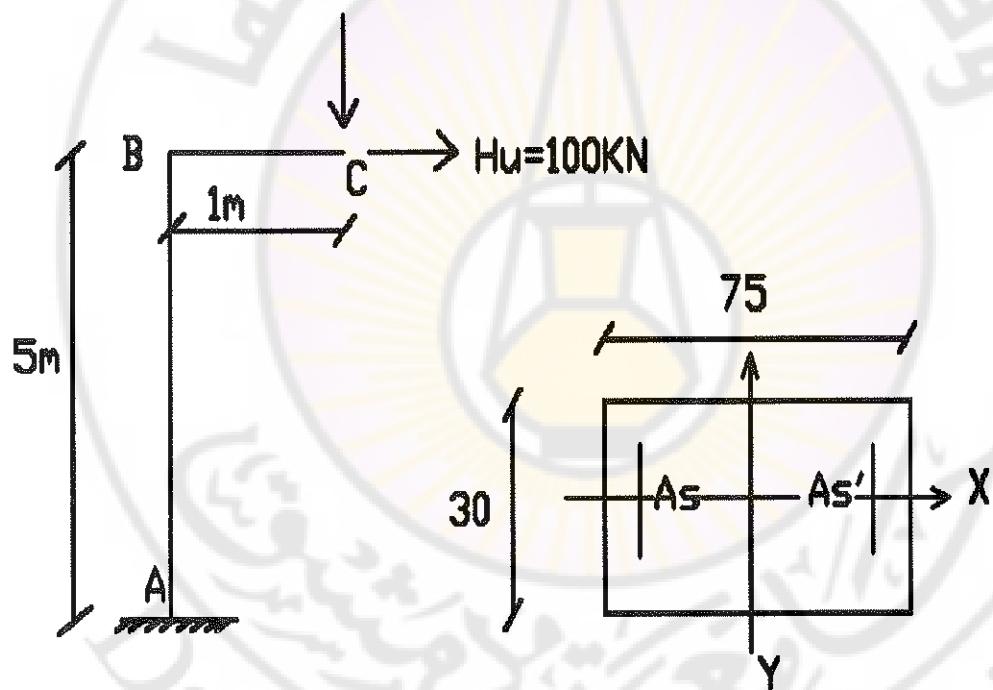
٦ - ٣ - مثال:

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

$$(f_c = 20 \text{ N/mm}^2) - (f_y = 400 \text{ N/mm}^2)$$

$$a = a' = 40 \text{ mm} \quad As = As' = 4\phi 28$$

$$f_c = 20 \text{ N/mm}^2 \quad f_y = 400 \text{ N/mm}^2$$



الشكل (١١-٣)

الحل:

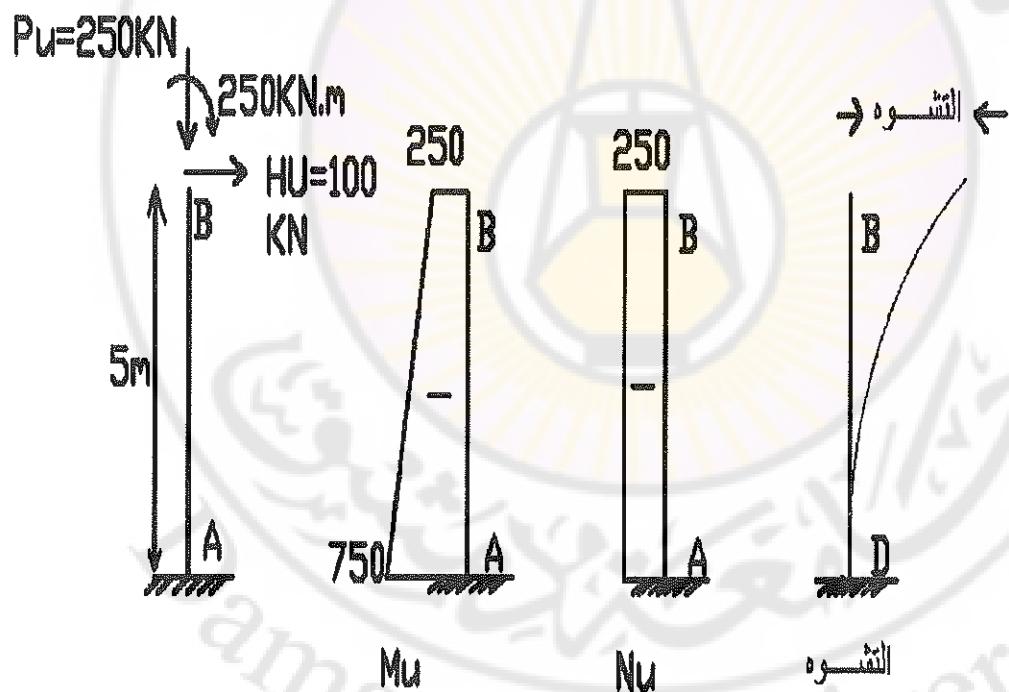
نحسب نسبة النحافة للعمود AB حول المحور y باتجاه المحور x :

$$\lambda_y = \frac{L_{o_y}}{i_y} = \frac{2L}{\left(\frac{I_y}{A}\right)^{0.5}} = \frac{2 * 5}{\left(\frac{(0.3 * 0.75^3)/12}{0.3 * 0.75}\right)^{0.5}} = 46.19 > 40$$

$$40 < \lambda_y < 100$$

العمود طويل باتجاه x .

التحليل الإنثاني من الدرجة الأولى:



بملاحظة الأشكال نجد إن المقطع الحرج للعمود AB هو عند الوثافة وبالتالي لوجود الثانية (Mu,Nu) عند هذا المقطع

$$Nu = 250\text{KN}$$

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

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

$$ea = \max \left\{ \begin{array}{l} 25\text{mm} \\ \frac{h}{20} = \frac{750}{20} = 37.5\text{mm} \\ \frac{L_{oy}}{250} = \frac{10000}{250} = 40\text{mm} \end{array} \right\} \Rightarrow ea = 40\text{mm}$$

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

$$Mui = 750\text{KN.m}$$

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

لاحظ إن eo زادت عن 1m بسبب وجود قوة أفقية تزيد من العزم من أجل حساب ec وبفرض إن الجو رطب

$$\beta = 1.3$$

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

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

$$ec = \min(0.35, 0.14) = 0.14\text{m}$$

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

$$Mu = 250(3 + 0.14) = 785\text{KN.m}$$

والآن أصبح المطلوب التحقق من تحمل المقطع المفروض للثانية :

$$N_{ua} = 250\text{KN}$$

$$M_{ua} = 785\text{KN.m}$$

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

ب - تصميم عناصر бетона المسلحة المعرضة للشد الامرکزي

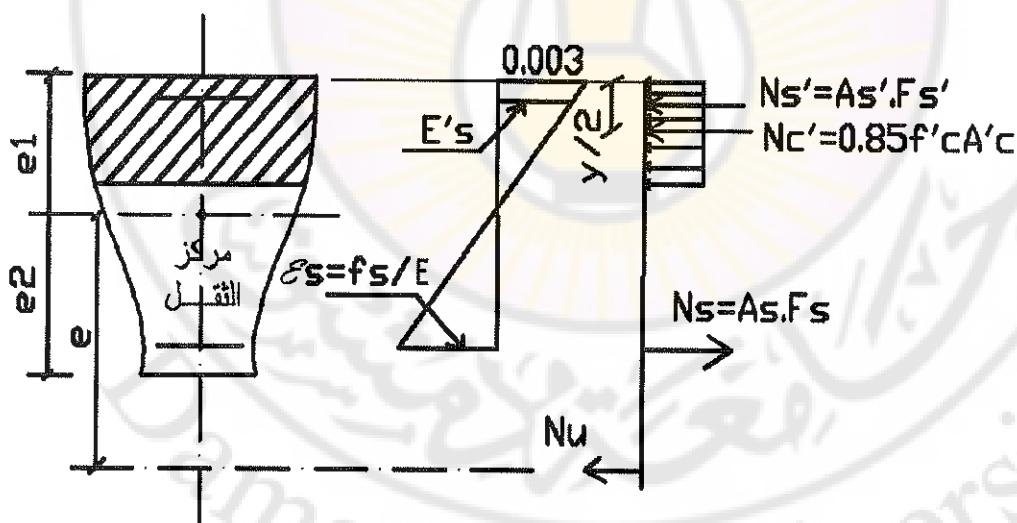
Design Elements of reinforced Concrete exposed to Eccentric Tension

١- ٣ المقدمة:

إن الفرضيات الأساسية التي تطبق في هذه الحالة هي الفرضيات الأساسية الخاصة بالطريقة الحدية المعتمدة في حساب هذه المقاطع وفي هذا البحث تميز بين حالة الامرکزية الكبيرة والامرکزية الصغيرة .

٢- ٣ حالة الامرکزية الكبيرة :

في حال الامرکزية الكبيرة تقع القوة الشادة خارج المنطقة المحددة بالقضبان المحاطية ويتعرض المقطع لاجهادات ضغط وشد كما في حالات الضغط البسيط والضغط الامرکزي "امرکزية كبيرة" انظر الشكل(٤-١) .



الشكل (٤-١)

مقطع معرض لقوة شد مطبقة خارجه (امرکزية كبيرة)

العلاقات الاساسية هي الآتية :

$$\sum Nu = 0$$

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

$$\sum Mu = 0$$

$$Mu = Nu * e = \Omega$$

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

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

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

ا - حالة التصميم

في حالة التصميم تكون Mua & Nua & b & h معلومة والمطلوب حساب

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

نأخذ مجموع العزوم بالنسبة لمركز الثقل للتسليح المشدود بالعلاقة الآتية :

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

وتؤخذ $fs = fy$ وتنفذ fs من العلاقة رقم (4-4)

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

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

ب - حالة التحقيق:

باستخدام المعادلات السابقة من (4-1) إلى (4-4) حيث تكون الأبعاد والتسليح معلومة يجري التحقق من القوة المطبقة على المقطع .

٣- حالة الالامركزية الصغيرة:

وهنا نقع القوة الشادة بين مركزي نقل التسليح المشود وتحسب $\Omega = 0.9$ باخذ العزوم على التوالي حول مركز نقل As1 & As2 والبيتون هنا مشتق وخارج عن العمل

$$\Omega = 0.9$$



الفصل الرابع

الجوائز (الكمّرات) البسيطة و المستمرة

تأليف

الدكتور المهندس محمد فريز عابدين



الفصل الرابع

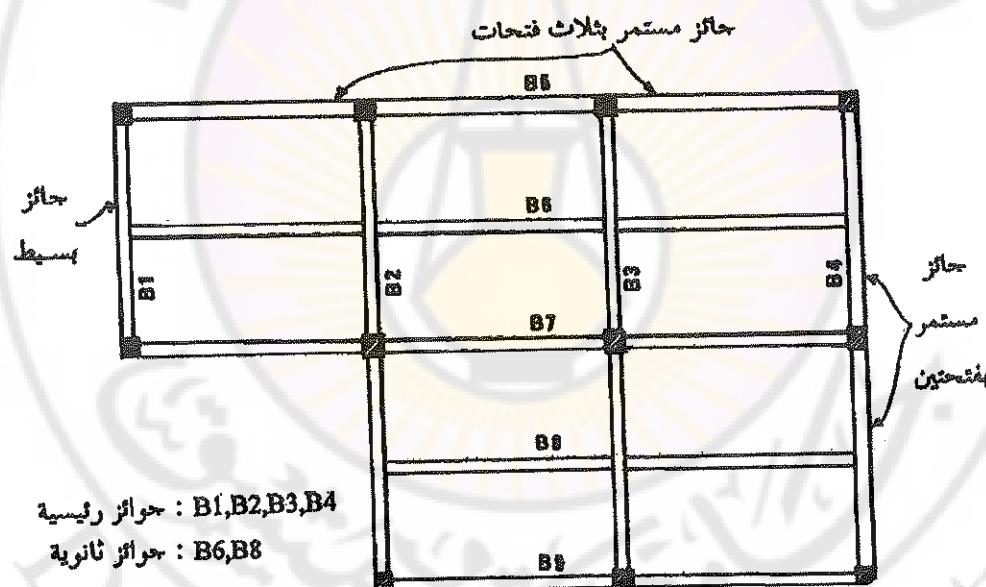
الجوازات (الكمارات) البسيطة المستمرة

تأليف :

الدكتور المهندس محمد فريز عابدين

٤-١- مقدمة وتعريف :

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

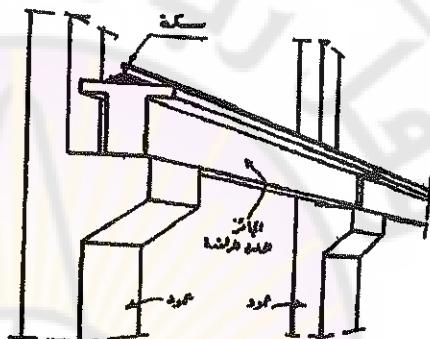
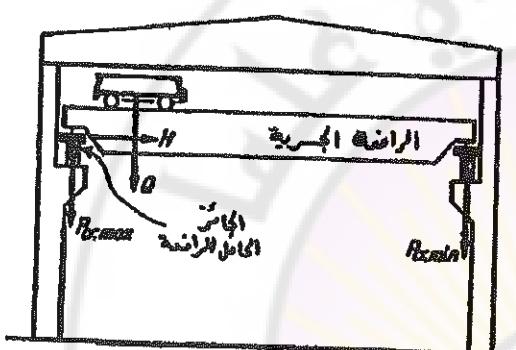


الشكل (4-1)

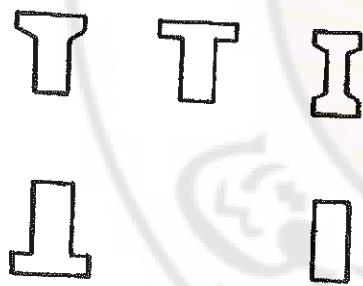
غير أن الجوازات البيتونية قد تستخدم في بعض الأحيان منفردة ، كما هي حال الجوازات الخاملة للرافعات المجنزرة مثلاً في الأبنية الصناعية ، انظر الشكل (4-2) .

تأخذ مقاطع الجواز في السقوف عادة الأشكال المبينة على الشكل (4-3) وذلك حسب موقع الجواز في السقط (داخلي أو طرفي) وحسب كونه متلبساً تحت البلاطات أو بارزاً عنها من الأعلى (حيث يلقي في هذه الحالة الأخيرة جوازاً مقلوباً).

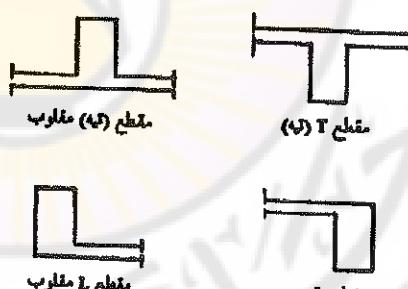
أما الجواز البيترونية التي تستعمل منفردة (أي غير المتصلة ببلاطات) فإن مقاطعها تصنف بالشكل الذي يختاره المصمم . وبين الشكل (4-4) عدداً من نماذج المقاطع المستخدمة في الجوازات المنفردة .



الشكل (4-2)



الشكل (4-4)



الشكل (4-5)

يتعرض الجواز في المنشآت إلى نوعين من الحمولات : الحمولات المئية والحمولات الإضافية (أو الحية) . نعني بالحمولات المئية (Dead loads) مجموعة الأوزان الثابتة (الدائمة) كالوزن الناتجي للجواز نفسه وزن الجزء من السقف الذي يحمله هذا الجواز ، وأوزان طبقات الإكساء كالزينة (الطينية) والبلاط والرمل ، وأوزان المحدران والقواطع والتمديدات الصحية والكهربائية وغيرها من المواد المختلفة المستعملة في الإنشاء . أما الحمولات الحية (Live loads) فتشمل الأوزان المتحركة

والمحولات غير الدائمة التي يتعرض لها العنصر كأوزان الأثاث والسكان في الأبنية السكنية ، وكالبضائع المخزونة في المستودعات وفي الأبنية التجارية المختلفة ، وكمحولات الطرق على الأسطحة ... الخ .

عند دراسة حماز ما تطبق المحولات الميتة على كافة معاييره ، أما المحولات الحية فيجري تطبيقها بأعراض معينة بحيث تعطي - مع الميتة - أسوأ (أخطى) التأثيرات في المقاطع المختلفة من المعايير . وسبعين ذلك بالتفصيل في فقرات قادمة .

تشتمل عملية تصميم الجواز على الخطوات الرئيسية التالية :

- ١- تطبيق الأهمال بالوضعيات المناسبة وإيجاد خطط عزوم الانعطاف الأعظمية وقوى القص الأعظمية و مختلف التأثيرات الأخرى التي سيتعرض لها الجواز .
- ٢- حساب التسليح اللازم (الطولي والعرضي) لمقاومة العزوم وقوى القص للترقة في مختلف المقاطع .
- ٣- توزيع تفاصيل التسليح الطولي بما يتلاءم مع خطوط العزوم ، والتسليح العرضي بما يتلاءم مع خطوط قوى القص (والقتل في حال وجوده) وباتباع قواعد فنية عديدة .

علماً بأن بعض الخطوات التفصيلية المترتبة عن هذه المراحل الرئيسية ستختلف في حالة الجواز المستمرة عنها في حالة الجواز البسيطة وعلى الأخص فيما يتعلق بالتعامل مع المحولات الحية ، كما سترى في فقرات قادمة .

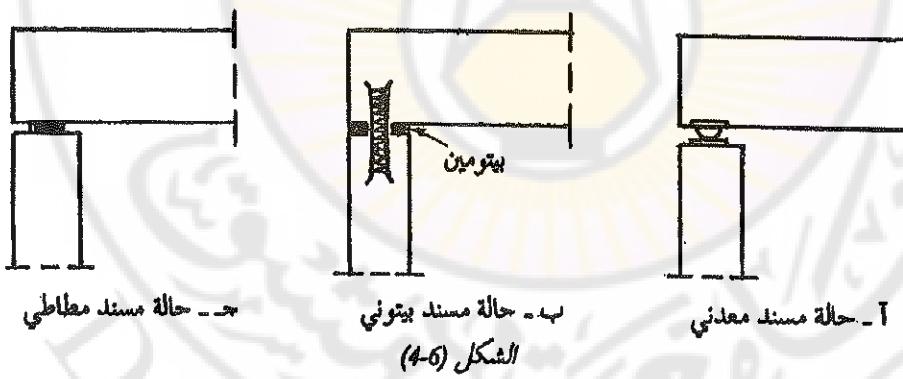
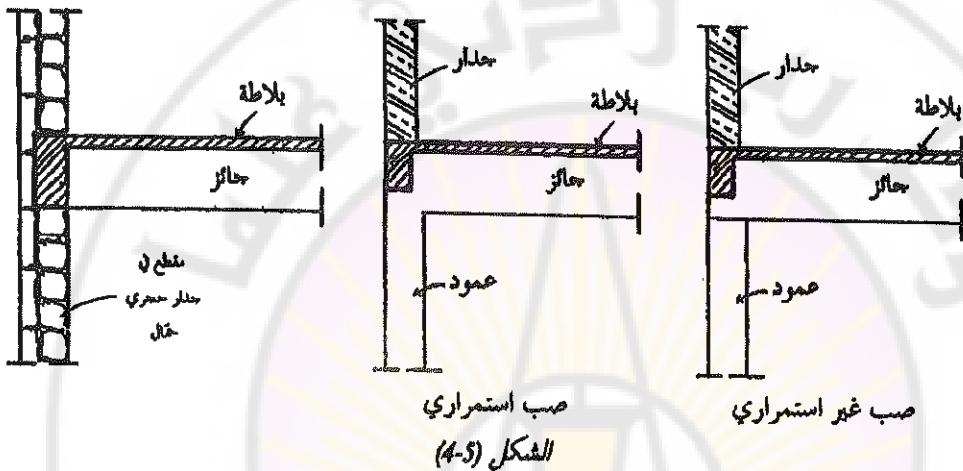
٤- تصميم الجواز البسيطة :

عندما نعرف الجواز البسيط نظرياً نقول أنه هو الجواز المسند على مساندتين بسيطتين (يسعان بالدوران الحر لنهائيتي الجواز) أحدهما ثابت والأخر متدرج .

غير أنها إذا نظرنا لأنواع المسائد في منشآت البeton المسلحة فإذا تمكنا من إثبات (تبعاً لطبيعتها وشكلها) من حيث قدرتها على تأمين الدوران الحر أو الدوران مع الانزلاق للجواز إلى تستند عليها . ففي الأبنية العادية عموماً تستند الجواز على رؤوس الأعمدة مباشرة أو على الجدران الخالية (انظر الشكل 4-5) ويكون سطح الاستناد في هذه الحالة عريضاً نسبياً . وإن النصاق يثنو الجواز مع المستند يؤدي إلى تشكيل وثاقة جزئية ل نهاية الجواز . وإذا ما وجد أيضاً فوق نهاية الجواز عمود علوى أو جدار أو أية حمولة أخرى فإن هذا يؤدي إلى زيادة هذه الوثاقة الجزئية ، التي تولد فيها عند تحمل الجواز عزوم ثانوية سالبة (تلعبها عزوماً اعتبارياً) .

أما في المنشآت ذات المحولات الكبيرة والجهازات الكبيرة (كحسور الطرق أو جسور السكك مثلـ) فتستخدم عادة مساند خاصة معدنية أو بيتونية أو مطاطية (نيوبرين) كالمبينة بالشكل (4-6)

ويمكن في هذه الحالة اعتبار المعاوز حر الدوران عند هذه المسائد دون ارتكاب خطأ كبير . على كل حال ، تتم دراسة المعاوز "البساطة" البيئونية المسلحة ، عادة ، على أساس أنها ذات استنادات بسيطة فعلاً حتى ولو كان استنادها كما في الشكل (4-5) . وتسلح في المعاوز مقاومة العزم الموجب الناتج عن هذه الدراسة . ثم تطبق بعد ذلك بعض القواعد التي تمكن من تحديد التسليح العلوي اللازم وضعه عند نهاية المعاوز مقاومة العزوم السالبة الثانية الموجودة هناك .



٤-٢-١-٣- المعاوز الفعال (الحسابي) I :

إن المعاوز الفعال (الحسابي) هو المعاوز الذي يستخدم لحساب العزوم والجهود المتولدة في المعاوز . تحدد قيمة المعاوز الفعال (حسبما ورد في الطبيعة الأخيرة - الثالثة من الكود العربي السوري)، كما يلي :

- في الحالات التي يستند فيها المعاوز على مساند من الأنواع المبينة في الشكل (4-7-8) توتحد قيمة المعاوز الفعال I مساوية إلى I_1 حيث I_1 هي المسافة بين محوري مسندي المعاوز .

٤-٢-٣. تقدير الحمولات :

تصسم المهازل البسيطة باعتبارها عاضعة إلى جموع الحمولات المية والإضافية ، ويحسب العزم الأعظمي في المهازل نتيجة لكافة الأوزان المؤثرة على المهاز . يجري تقدير قيم الحمولات على النحو التالي :

٤-٢-٣-١. تقدير قيمة الوزن الذاتي :

قد يكون ارتفاع مقطع المهازل محدداً سلفاً كما هي الحال عندما تكون هناك قيمة لـ H مفروضة معمارياً ويطلب الالتزام بها . ولكن في معظم الأحيان لا يكون الارتفاع محدداً للذلك نبدا بإعطاء قيمة أولية تقديرية له ليجري على أساسها تقدير الوزن الذاتي . توعد القيمة التقديرية (التقريبية) للارتفاع H مساوية إلى $\frac{L}{10} \rightarrow H_0$ حيث L هو مهاز المهازل .

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

يتم التتحقق من هذا الفرض فيما بعد عند تعين الارتفاع المقاوم للعزم الأعظمي في المهازل . ويجدر الإشارة إلى أن القيمة المخططة للارتفاع الكلي للمقطع يجب أن تكون وقماً مدوراً ومن أمثال 5cm وذلك لأسباب عملية . أما عرض المقطع w فيتوعد عادة مساوياً إلى $\frac{H}{2} \rightarrow \frac{H}{3}$ على أن يكون رقماً مدوراً أيضاً ومن أمثال 5cm .

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

٤-٢-٣-٢. الحمولات المية الأخرى ، والحملات الإضافية :

آ - تقدير شدة الحمولات الموزعة :

يبين الشكل (4-8-a) بلاطة ABCD مسنددة على مهازلين متقابلين AB و DC . لنقسم البلاطة إلى نصفين بالمستقيم ef الموازي للمهازلين . إن النصف المهيمن AeefB من البلاطة وما عليه من حمولات يحمله المهاز AB ، أما النصف الآخر فسيحمله المهاز DC . لنفرض أن شدة الحمولة المية المؤثرة على سر

مربع واحد من سطح البلاطة هي $W_g \text{ kN/m}^2$. إن كل قطعة من المعاير طولها 1m تخضع لحمولة مئنة قادمة إليها من البلاطة) مقدارها هو :

$$g = 1 \times \frac{a}{2} \times W_g \quad \text{kN/m}$$

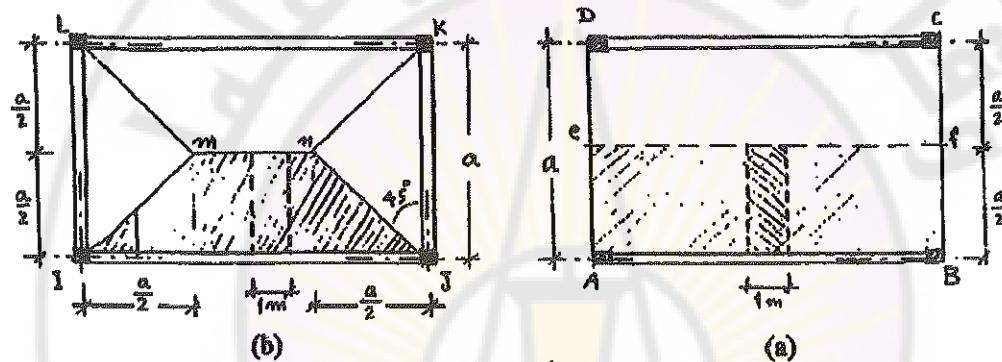
ويعتبر آخر تقول أن المعاير AB يخضع لحمولة مئنة موزعة بالظلام (قادمة إليها من البلاطة)

$$g = \frac{a \cdot W_g}{2} \quad \text{kN/m} \quad \text{شدتها هي :}$$

وبالسلوب مشابه ، وفرض أن شدة الحمولة الحية المؤثرة على 1m² من البلاطة هي W_q ،

نستنتج أن المعاير AB يخضع لحمولة حية موزعة بالظلام شدتها هي :

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



الشكل (4-8)

لأخذ الآن الحالة التي تكون فيه البلاطة محاطة باريحة حواجز كما هي حالة البلاطة IJKL الميبة بالشكل (4-8). يقسم سطح البلاطة في مثل هذه الحالة على النحو المبين بالشكل ، (تبدأ عملية التقسيم هذه برسم المستقيمات التي تنصف زوايا البلاطة) .
بالاعتماد على هذا التقسيم نستخرج الحمولات التالية :

• على المعاير IJ :

- الحمولة المئنة القادمة من البلاطة على المعاير IJ هي حمولة موزعة بشكل شبه منحرف ، شدتها في المناطق الوسطى هي $\frac{a \cdot W_g}{2} = g$ ، وتبدأ هذه الشدة بالتناقص اعتباراً من النقطتين m و n الواقعتين على مسافة $\frac{a}{2}$ من المسار .

- الحمولة الحية القادمة من البلاطة على هذا المعاير هي حمولة موزعة بشكل شبه منحرف أيضاً ، وشدتها هي $\frac{a \cdot W_q}{2} = q$ ، وتبدأ هذه الشدة بالتناقص اعتباراً من النقطتين m و n الواقعتين على

مسافة $\frac{a}{2}$ من المساند .

• على المعاير KL :

- الحمولة الميّة القادمة إليه من البلاطة هي حمولة موزعة بشكل مثلثي ، شدتها العظمى في

$$\text{النصف هي } \cdot g = \frac{a \cdot W_q}{2}$$

- الحمولة الحية القادمة إليه من البلاطة هي حمولة مثلثية أيضاً ، وشدتها العظمى في النصف هي

$$\cdot q = \frac{a \cdot W_q}{2}$$

ملاحظة : الحمولات على المعاير KL مماثلة لحمولات المعاير II ، والحمولات على المعاير II مماثلة لحمولات المعاير JK .

بـ - الحمولات المركبة :

* يمكن أن يتضمن أي حاizer أيضاً حمولة مرکزة R (أو أكثر) كما هي الحال مثلاً عندما يستند على المعاير المتعارض حاizer ثانوي (أو أكثر) متزامن معه .
إن الحمولة المرکزة R هي رد فعل المعاير الثانوي على المعاير المتعارض . ومن المعلوم أن رد الفعل هذا يتضمن جزئين هما :

R_g هو الجزء ، من رد الفعل ، الناتج عن الحمولات الميّة التي يتضمن لها المعاير الثانوي ،

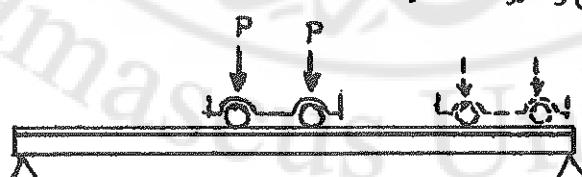
R_q هو الجزء ، من رد الفعل ، الناتج عن الحمولات الحية التي يتضمن لها المعاير الثانوي .

لذلك فإن الحمولة المرکزة R المؤثرة على المعاير المتعارض تكون عادة متغيرة الشدة :

قيمتها الأصغرية هي : $R_{\min} = R_g$

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

* قد تكون الحمولات المرکزة على المعاير هي حمولات متقلبة . فالمعاير الحاصل للرافعة الجسرية الذي تحدثنا عنه في مقدمة الفصل وبين في الشكل (4-2) يتعرض لحمولتين مرکزتين يطبقهما عليه دولايا الرافعة الجسرية اللذان يسيران عليه ، انظر الشكل (4-9) . إن الحمولات المرکزة في مثل هذه الحالة تكون متغيرة الموضع ومتغيرة الشدة أيضاً .

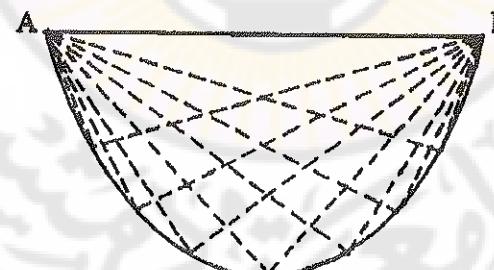
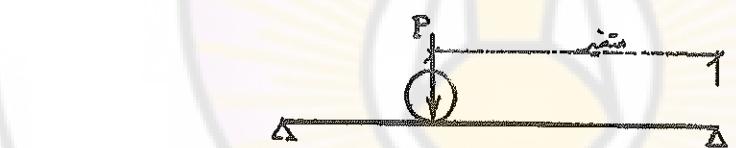
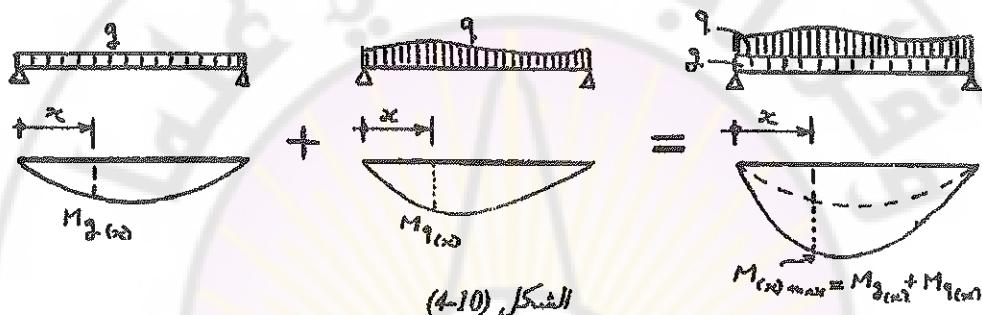


الشكل (4-9)

٤-٢-٣. إيجاد مخطط عزم الانعطاف ونقطة قوى القص :

عند تنصيم أي مجاز على الانعطاف يجب أن يحمل كل مقطع فيه قادرًا على تحمل أكبر قيمة عزم انعطاف يمكن أن ترد على هذا المقطع.

إن أخطر مخطط عزم انعطاف لجاز بسيط هو المخطط الأعظمي الذي يتيح عن تحمل هذا الجاز بكالة حولاً له الحية والمية 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 يتيح عن تحمل الجاز البسيط بكالة حولاً له الحية والمية في آن معاً .



الشكل (4-11)

ملاحظة هامة :

عندما يكون لدينا حولاً حية متقللة على طول الجاز (كما في الشكل a-4-11) يجب عدم الاتساع بمخطط العزم AOB (التابع عن وضع الحمولة المركزية في منتصف المجاز) عند تنصيم مقاطع الجاز ،

وإنما يجب أن نعتبر عدة وضعيات للحمولة وأن نوجد من أجل كل وضعية قيمة العزم الأعظمي الناتج عن الحمولة في تلك الوضعية . ويكون مخطط العزم M_p المطلوب هو الملف جملة قسم 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 . والم ملف المار بالنقاط الأعظمية هذه المخططات هو منطبق بشكل قطع مكاني ، وهو المخطط M_p المطلوب . ويجمع المخطط M_p مع المخطط M_q الناتج عن الحمولات المية لمحصل على مخطط العزوم الأعظمية M_{max} الذي نرسم مقاطع المازير بموجبه .

إن كل ما تقم بهطبق أيضاً على عملية إيجاد مخطط قوى القص V_q الناتج عن الحمولة الحية للتنقلة .

٤-٧-٤. بعض الإشارات المتعلقة بحساب المقاطع :

قبل الانتقال إلى موضوع تعين ارتفاع مقطع المازير وحساب تسليحه لابد أن نذكر بعض القواعد الأساسية الخاصة بتصميم المقاطع على الارتفاع . وعلى الطالب مراجعة جميع القواعد المتعلقة بحساب المقاطع .

(١) العرض الفعال لطاولة الضغط و مقطع بشكل (يه) :

A. للحوائز ذات المقطع بشكل (يه) العائلة للسقفوف (راجع الشكل 4-3) :

يشترط أن تكون البلاطة (المتاح) متصلة أتصالاً وثيقاً مع العصب (بالصعب صباً استمرارياً وبتشريك التسلیح) ولا تقل سمكها المحتاج عن $\frac{1}{10}$ الارتفاع الكلي للمقطع . يسمى عندئذ القسم من البلاطة الذي ي العمل بالفعل مع العصب : العرض الفعال لطاولة الضغط ، ويرمز له بـ b_f ، (انظر الشكل 4-12) . يوحد العرض الفعال لطاولة الضغط مساراً للقيمة الدنيا من الأبعاد التالية :

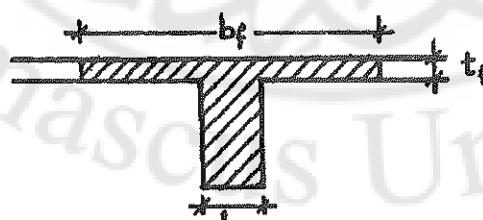
$\frac{L}{4}$ في حالة المحوائز المعرضة ، بشكل رئيسي ، لحملات موزعة .

$\frac{L}{5}$ في حالة المحوائز المعرضة ، بشكل رئيسي ، لحملات مركزية .

$$(12t_f + b_w) \quad \text{حيث } t_f \text{ هو سمك البلاطة و } b_w \text{ عرض العصب .}$$

D المسافة بين محوري حائزين متجاورين .

حيث L هو مجاز المازير البسيط ، أو هو المسافة بين نقطتي انعدام العزم في المحوائز المستمرة .



الشكل (4-12)

بـ - للجراهز المفردة المصووعة خصيصاً بشكل (تي) (راجع الشكل 4-4) :

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

(٢) حساب المقاطع بشكل L :

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

(٣) مساحات التسلیح الدليا والمعظمي :

١. يجب ألا تقل مساحة تسلیح الشد الرئيسي في كل مقطع مستطيل عن القيمة :

$$A_{min} = \frac{0,9}{f_y} \cdot b \cdot d$$

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

$$A_{min} = \frac{0,9}{f_y} \cdot b_w \cdot d$$

٢. يجب ألا تزيد مساحة تسلیح الشد الرئيسي في المقاطع أحادیة التسلیح (أي المساحة على الشد

لقط) عن القيمة : $A_{max} = 0,5A_{fy}$

حيث : A_{fy} هي المساحة التوازنية المعروفة أدناه .

ويمكن في حالات خاصة زيادة مساحة تسلیح الشد العظمي في المقاطع أحادیة التسلیح إلى

شريطة حساب السهم ووضع تسلیح ضغط لا يقل عن 20% من تسلیح الشد .

- مساحة التسلیح التوازنية :

$$A_{sb} = \frac{455}{630 + f_y} \frac{f'_o}{f_y} b \cdot d \quad \text{ـ لقطع مستطيل مسلح على الشد فقط :}$$

$$A_{sb} = \left[\frac{455}{630 + f_y} \frac{f'_o}{f_y} + \frac{A'_s}{b \cdot d} \frac{f'_s}{f_y} \right] b \cdot d \quad \text{ـ لقطع مستطيل مسلح على الشد والضغط :}$$

حيث : A'_s مساحة تسلیح الضغط .

$$f'_s = 630 \left[1 - \frac{d' \cdot 630 + f_y}{d \cdot 630} \right] f_y \quad \text{ـ إجهاد تسلیح الضغط : } f_y \leq []$$

d' تغطية تسلیح الضغط .

ـ لقطع بشكل (تي) مسلح على الشد فقط :

$$A_{sb} = \left[\frac{455}{630 + f_y} \frac{f'_o}{f_y} \frac{b_f}{b_w} \right] b_w \cdot d \quad \text{ـ إذا تحقق الشرط التالي : } t_f \geq \frac{630}{630 + f_y} d$$

$$A_{sb} = \frac{b_w}{b_f} \left[\frac{455}{630 + f_y} \frac{f'_o}{f_y} + \frac{0,85f'_o(b_f - b_w)t_f}{b_w \cdot d \cdot f_y} \right] b_f \cdot d \quad \text{ـ فإذا فتحسب } A_{sb} \text{ من العلاقة :}$$

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

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

٤-٢-٦. تحديد ارتفاع المقطع H :

أ - إذا كان المقطع مستطيلاً :

تطبيق العلاقات التالية للحصول على الارتفاع الفعال d للمقطع :

نختار نسبة تسليح بين α_{max} و α_{min} ، وإن النسبة المفضلة هي :

$$\mu_{sr} = \frac{0,18f_y'}{f_y}$$

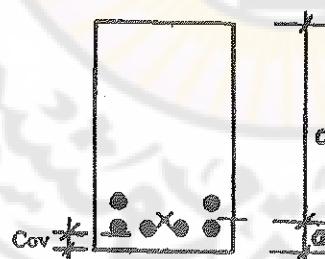
إن استخدام نسبة تسليح مساوية لهذه النسبة المفضلة (أو أقل منها) يعطي مقطعاً يحقق شرطى المقاومة والجهد معاً : فحسب :

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

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

$$d = r_0 \sqrt{\frac{M_{umax}}{0,9 \times 0,85 b f'_c}}$$

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



الشكل (4-14)

ملاحظة :

نعرف مسافة النطبية a بأنها المسافة من مركز مساحة مقاطع التسليح المشود إلى حالة (طرف) المقطع البيئي (انظر الشكل 4-14) و بالاحظ أن المسافة a تجوي ضمان سماكة الخطاء البيئي Cov التي يجب أن تكون كافية لتأمين حماية التسليح من عوامل التأكل . يجب إلا تقل سماكة هذا الخطاء البيئي Cov في المحوال عن :

2,5cm للحواف غير المعرضة للتآثرات الجوية (كالحواف الداخلية في الشدا أو الحواف الخارجية المحصنة بالإكساء) 3cm للحواف الخارجية المعرضة مباشرة للتآثرات جوية و تراد ال 4cm إذا كان الحواف الخارجية محاوياً على رطوبة ملحوظة .

ب - إذا كان المقطع بشكل تيه :

$$\mu_c \leq \mu_{sp} = \frac{0,18f'_c}{f_y} \frac{b_w}{b_f}$$

نفرض نسبة التسلیح

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

تحسب

$$y \leq t_f$$

تحقق من أن

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

ثم تحسب

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

و للحصول على قيمة الارتفاع الكلي H نضيف إلى الارتفاع الفعال d مسافة تخطية $\frac{d}{10} \rightarrow \frac{d}{12}$

ونلور القيمة المحسول 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 تتحقق من أمرين اثنين :

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

$H > 1,15H_0$ (المحسوب) : يجب عند ذلك إعادة حساب الوزن الثاني و تصميم الجائز بموجب المحمولة المية الجديدة و العزم الأعظمي الجديد . (لأن هذه الحالة تعني أن هناك تقصاً كبيراً في قيمة الوزن الذاتي ، فوجب إذن تصحيح الوزن الذاتي باستخدام قيمة المحسوبة للارتفاع H) .

$H < 0,85H_0$ (المحسوب) : يفضل عند ذلك إعادة حساب الوزن الثاني و تصميم الجائز بموجب العزم الأعظمي الجديد . (لأن هذه الحالة تعني أن هناك زيادة كبيرة في تقدير الوزن الذاتي ، وهي - وإن كانت إلى جانب الأمان - غير مرغوبة لأنها متؤدي إلى بعض المطرد في المواد)

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

قيمة H_{min} هي : للجواز العادي (التدليل أو البارزة) $\frac{L}{14}$

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

أما إذا كانت قيمة H_{min} المستخدمة في تحديد ارتفاع القطع أصغر من 14 mm أو مساوية لها فلا حاجة لمقارنة H_{min} المحسوب مع H_{max} لأن المقاطع المحسوبة باستخدام H_{min} تتحقق ممتلكة لشرط السهم ،
٤-٢-٥-٢- إثبات التسليح للمقطع الخاضع للوزن الأعظمي (المقطع الحرج) :

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

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

$$A_s = \frac{M_u}{0,9\gamma_0 d f_y}$$

ملاحظة : إذا كان ارتفاع القطع مفروضاً فيجب التحقق أولاً من أنه لا يحتاج لتسليح ضغط ، فإذا كان يحتاج لتسليح ضغط يحصل 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 ألا تقل مساحة التسليح A_s في المقطع عن A_{min} وألا تزيد عن A_{max} . [قيم A_{min} و A_{max} معطاة في البند (٣) من الفقرة السابقة ٤-٢-٤] .

- اختيار القصبان : يتم اختيار عدد من قضبان التسليح بحيث تكون مساحة مقطعيها الإجمالية مساوية (أو أكبر بقليل) من مساحة التسليح النظرية المطلوبة A_s . وتحلى الإشارة إلى أن قطر القضبان المختار كتسليح رئيسي في الجواز ي يجب ألا يقل عن 12mm .

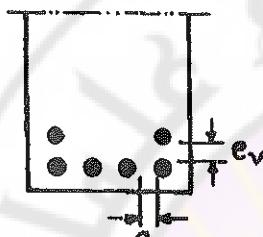
إن أقطار قضبان الفولاذ المترفرفة عادة تتدرج على النحو التالي :

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

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

قضبان ذات قطر 20mm وقضبان ذات قطر 16mm . ويفضل عملياً أن تقلل ما أمكن من عدد الأطرار القضبان الرئيسية المستعملة في عنصر ما . أي علينا ألا نفرط في تنويع أحجام القضبان المستعملة .

- المسافات بين قضبان التسلیح في المقطع : يراعى أن تكون المسافات بين قضبان التسلیح (داخل المقطع) كافية لتأمين مرور البيتون بين القضبان عند الصب بترك مسافات كافية بينها ، لكنكي كما في البيتون كامل المقطع دونبقاء آية حيوب أو فراغات . لذلك يجب ألا يقل الفراغ الأفقي e_v المترك بين القضبان عن القيمة الأكبر بين القيم الثلاث التالية (الشكل 4-15) :



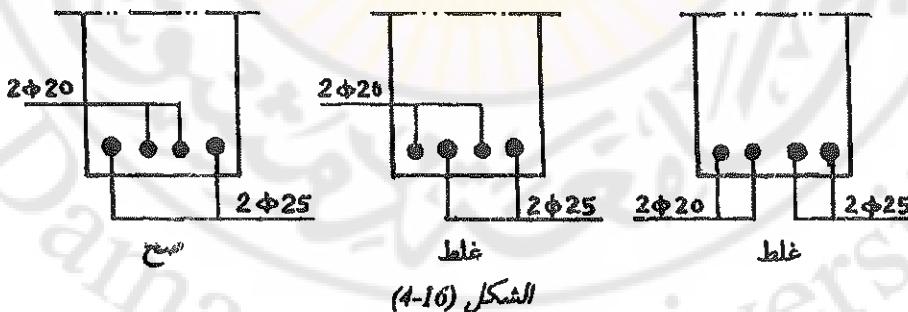
$$e_v \geq \max \begin{cases} 2,5 \text{ cm} \\ \text{قطر أكبر سيخ مستخدم} \\ 1,5 \times \text{قطر أكبر حبة حصوية في الخلطة} \end{cases}$$

الشكل (4-15)

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

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

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

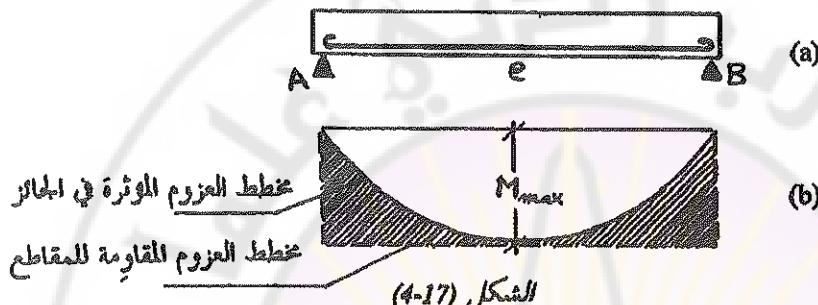


الشكل (4-16)

- ٤-١-٢- تكسير أو إيقاف بعض قضبان الشاند الرئيسية استناداً لخط العزم : لتنظر للحالات المبين بالشكل (4-17-a) . استناداً لما ذكرناه في الفقرات ، الـ **بابقة** قمنا بإيجاد خطوط العزم الأعظمية في الحالات ثم حددنا ارتفاع مقطع الحالات استناداً لقيمة أكبر من ، الـ **خط العزم** .

وحسابنا بعد ذلك التسليح اللازم للمقطع المحرج \square (أي للمقطع الخاضع لأكبر عزم) . لنفرض أن مساحة التسليح النظرية اللازمة لهذا المقطع هي $A_s = 16\text{cm}^2$ ، وأننا قمنا وبالتالي باختيار ثمانية قضبان يقطر $\phi 16\text{mm}$. (إن جمجم مساحة مقاطع هذه القضبان هو : $16,08\text{cm}^2 \Rightarrow 8\phi 16$) .

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



لنفرض أننا سبّبي جميع القضبان الثمانيّة متصلة على كامل طول المجاز . إن هنا يعني أن جميع مقاطع المجاز ستكون لها نفس قيمة العزم القائم كما في المقطع الأوسط . إن المخطط للتنشط في الشكل (b-4) هو مخطط العزم المقاوم لمقاطع المجاز ، وهو في هذه الحالة خط مستقيم مواز للمجاز لأنه يبر عن قيمة ثابتة للعزم القائم على طول المجاز . يلاحظ أنه في الوقت الذي تتحفظ فيه قيم مخطط العزم المؤثر في المجاز كلما اتجهنا نحو السادس أبهينا مخطط العزم المقاوم ثابتاً (على قيمة أعظمية) بسبب مدّنا لجميع قضبان التسليح على كامل طول المجاز .

إن المساحة الم tersha الراقة بين مخطط عزم الانعطاف المؤثر وخطط العزم المقاوم لمقاطعه تغير عن المقدار الحاصل في الفرلاذ نتيجة المحافظة على نفس التسليح متداً على كامل طول المجاز .

يمكن أن نقل هذا المقدار بجعل العزم المقاوم للمقاطع البعيدة عن منتصف المجاز 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 .

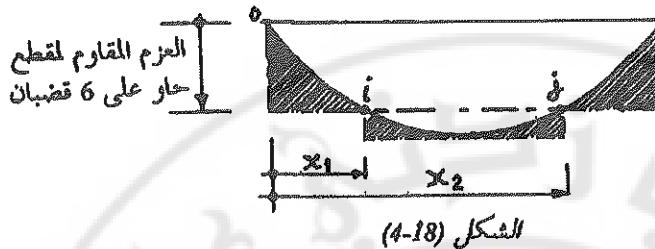
لتحديد النقاط النظرية التي يمكن الاستثناء فيها عن قضيبين (من أصل ثمانية) والاكتفاء بستة

قضبان تقوم بما يلي (انظر الشكل 4-18) :

خططيها :

نحسب العزم المقاوم للمقطع الماري على ستة قضبان . ونرسم فرق مخطط العزم المؤثر خططاً مستقيمة مواز للمجاز يبعد بكمار قيمة هذا العزم المقاوم . إن نقطتي التقاطع (ذروز) لهذا المستقيم مع

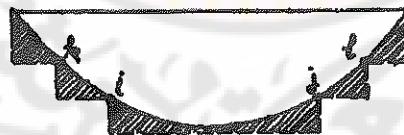
خطط عزم الانعطاف المؤثر هنا النقطتان اللتان يمكن عندهما نظرياً الاستغناء عن قضيبين $\phi 16$ و إبقاء ستة قضبان $(\phi 16)$ مستمرة لحر المسائد لأن قيم عزوم الانعطاف المؤثرة في الجائز على مين ز وعلى يسار ز أقل من قيمة العزم المقاوم لقطع يحوي على ستة قضبان .



تحليلاً :

إن تحديد النقطتين x_1 و x_2 لا يتم عادة تخطيطياً وإنما يتم تحليلياً بكتابية معادلة خطط عزم الانعطاف المؤثر في الجائز ومعادلة المستقيم الموازي للجائز وهي : قيمة ثابتة $= M$ ، حيث القيمة الثابتة هي قيمة العزم المقاوم لقطع 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 تحدان بعدي النقطتين x_1 و x_2 من نقطة المبدأ 0 .

يلاحظ من الشكل (4-18) أن مساحة المنطقة المبشرة (المغيرة عن المدن) قد قلت بسبب إنتهاء حمل قضيبين ابتداء من x_1 و x_2 . يمكن تقليل المساحة المبشرة أكثر (انظر الشكل 4-19) إذا استغناينا عن قضيبين آخرين عند النقطتين x_1 و x_2 باتباع نفس الأسلوب الموضح سابقاً . وبشكل عام يمكن أن ننهي عمل عدد من القضبان على عدة مراحل بحيث تقلل ما أمكن من المدن . غير أن الكود السوري يشترط إبقاء نصف القضبان على الأقل مستمراً للمسائد .



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

^(*) أحياناً يتم التكسبيح بزاوية 60° وخاصة في الجوازات الكبيرة الارتفاع .

لقد قلنا فيما تقدم أن النقاط z و $z+k$ و 1 هي النقاط التي يمكن عندها نظرياً الاستغناء عن القصبيان المذكورة . أما عملياً فإننا يجب ألا نكسح (أو نوقف) القصبيان عند هذه النقاط تماماً وإنما يجب أن نبتعد عن خطط العزم مسافة أقصى مقدارها Δ قبل أن نكسح أو نوقف القصبيان (ستحدده قيمة Δ بعد قليل) . أي أننا يجب أن نعطي القصبيان قبل تكسبيحها أو إيقافها مسافة إضافية بعد z و $z+k$ و 1 مقدارها Δ باتجاه المستند . إن قيمة هذه المسافة هي التالية :

$$\Delta = \begin{cases} d & \text{إذا استعملت مسلمة البيتون } \sigma_c \text{ (أو } 0.05\sigma_u \text{) عند حساب تسليح الفص} \\ \frac{12d}{d} & \text{الأكبر بين} \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{cases} \frac{d}{2} & \text{إذا أهملت مسلمة البيتون } \sigma_c \text{ (أو } 0.05\sigma_u \text{) عند حساب تسليح الفص} \\ \frac{12d}{2} & \text{الأكبر بين} \end{cases}$$

حيث : d هو الارتفاع الفعال لمقطع الجائز .

٤-٢-٢-١: بيان سبب مد القصبيان بالمسافة الإضافية Δ (تأثير الشلقات المثلثة الناتجة عن القص على قيمة الشد في

التسليح الطولي الرئيسي للجائز) :

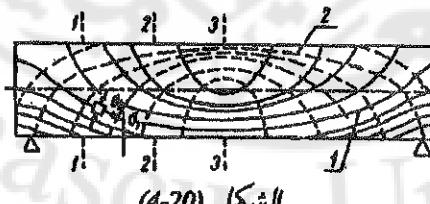
لتوضيح سبب مد القصبيان بالمسافة الإضافية Δ لا بد أن نذكر أولاً بعض الأمور التي سبق

شرحها في بحث الفص :

لتقطلان أولاً من الحالة التي تكون فيها الحمولات المؤثرة في الجائز لارتفاع صغيرة (أقل بكثير من حمولات الاستثمار) وإجهادات الشد المترتبة عنها في البيتون صغيرة أيضاً وأقل من مقاومة البيتون على الشد . يبقى البيتون في هذه الحالة متصلساً غير متشقق .

يمكن في هذه المرحلة (قبل التشقق) إيجاد مرسمات الإجهادات الرئيسية الضاغطة والشادة في الجائز باستخدام العلاقات المعروفة في نظرية مقاومة المواد الخاصة بالجائز التجانسة . بين الشكل (4-20)

مرسمات الإجهادات الرئيسية في الجائز البسيط قبل التشقق .

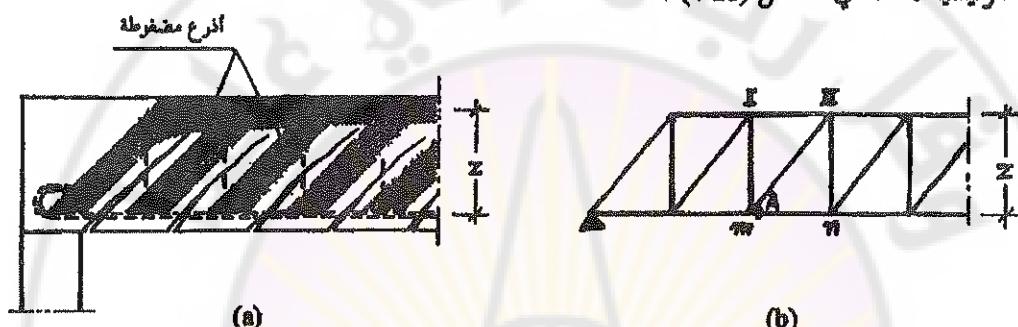


عندما تزداد الحمولات تزداد قيم الإجهادات الرئيسية في مختلف مناطق الجائز . وعندما تبلغ إجهادات الشد الرئيسية في المناطق المختلفة قياماً أكبر من مقاومة البيتون على الشد تولد الشقوق في

البيتون ، ويكون اتجاه الشق في آية نقطة متمامداً مع إجهاد الشد المسبب له (أي موازيًّا لـ إجهاد الضغط الرئيسي في تلك النقطة) .

تزاوج زوايا ميل التشققات بين 30° و 45° تبعاً للعديد من العوامل التي لا نرى بحالاً الذكرها الآن ، (ماعداً المناطق الوسطى من المعاوز حيث تكون التشققات شاقولية لأنها ناتجة عن عزم الانعطاف فقط) .

على كل حال ، تقسم هذه التشققات المعاوز إلى أذرع بيترنية مضغوططة بإجهادات الضغط الرئيسية ، كما في الشكل (4-21) .

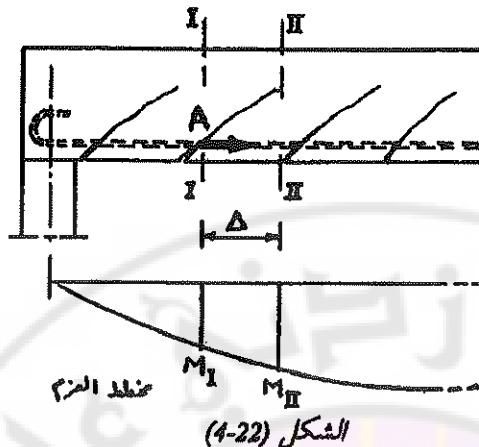


الشكل (4-21)

لقد بين الألماني (مورش MÖRSCH) أنه يمكن تمثيل عمل المعاوز البيتونى المسلح التشقق بـ معاوز شبكي تتكون عناصر الأفقية العلوية المضغوططة من منطقة الضغط العليا من المعاوز (فوق المحور السليم) ، أما العناصر الشاقولية المشبورة فهي التسليح العرضي (الأسوار الشاقولية) ، والعناصر المائلة المضغوططة هي الأذرع البيترنية المضغوططة المائلة بزاوية قدرها حوالي 45° ، والعناصر الأفقية المشبورة هي التسليح السفلي المشبورة للمعاوز .

لتنتقل الآن للشكل (4-22) ، ولنعتبر النقطة A من التسليح الطولي للمعاوز ، الواقعة عند القطع من المعاوز حيث يؤثر العزم M_{II} . لقد دلت الدراسات المستندة إلى تمثيل المعاوز البيتونى بـ معاوز شبكي ، والتي أكملتها 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 المعاوز عند القطع من المعاوز M_I ، لأن قيمة عزم الانعطاف $M_I < M_{II}$.

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 بقطعه هذا العنصر وأخذ توازن العزوم حول العقدة لا حول العقدة I .



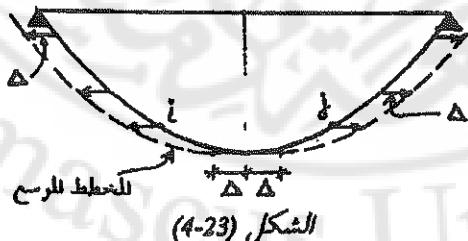
الشكل (4-22)

بعبر آخر تقول أن مساحة التسليع المشود الازمة عند A في المجال البيئي المسلح يجب أن تحسب استناداً لقيمة عزم الانعطاف M_{II} (وليس M_I) . كما بينت الدراسات أن قيمة المسافة Δ (أي البعد بين القطع I حيث توجد النقطة A والمقطع II الذي يجب أن توحد قيمة العزم عنده) هي حوالي $\frac{z}{2}$ حيث z هو ذراع المزدوجة في المقطع ، وتغير قيمة Δ تبعاً لميل الشقوق الناتجة عن القص التي تتعلق بدورها بكمية التسليع العرضي الموجود في العنصر .

لقد أخذت أنظمة (كودات) البيتون المسلح المختلفة هذه الناحية بعين الاعتبار بأحد الأسلوبين

التاليين :

- فقد أوصت بعض الأنظمة (كالكود الفرنسي BABEL والكود الألماني DIN) بأن يتم توسيع خطوط عزم الانعطاف (أفقياً) بالقدر Δ قبل استخدامه في حساب التسليع ، كما في الشكل (4-23) . وأعطت قيمة Δ اللازم استخدامها لتوسيع خطوط العزم بوجهها . يمكن في هذه الحالة تكسير القضبان مباشرة عند النقطة التي بين الخطوط الموسعة أنها لم تعد ضرورية لمقاومة العزم .



الشكل (4-23)

- أما بعض الأنظمة الأخرى (كالكود الأميركي والمكود السوري) فلم تطلب توسيع خطوط العزم وإنما أوصت بدلاً عن ذلك بأن تحدد القضبان المراد تكسيرها ، (والتي يبين من خطوط العزم "غير المرس")

أنها لم تعد ضرورية عند النقطة Δ مثلاً أن تتمدد - قبل تكسيخها - مسافة إضافية مقدارها Δ باتجاه للسند الأقرب . وأعطيت قيمة Δ التي ذكرناها سابقاً .

٤-٦-٢- الاشتراطات والقواعد المتعلقة بالسلع الطولي الرئيسي المشدود :

(١) - الشروط الواجب تحقيقها في المخار :

١- يجب ألا يقل قطر قضبان تسلیح الشد الرئيسي في المخار عن 12mm .

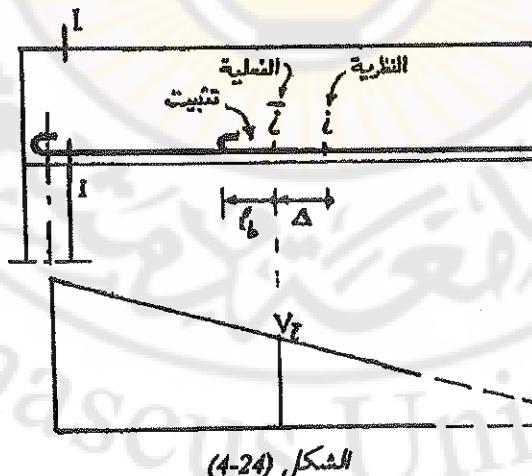
٢- قضبان التسلیح الطولي التي يتین عند النقطة Δ عدم الحاجة لها لمقاومة عزم الانعطاف والتي يراد تكسيخها يجب أن تستمر مسافة إضافية Δ قبل تكسيخها . حيث :

$$\text{إذا استطاعت مساحة ليتون } \frac{d}{2} \text{ (أو } \frac{12}{2} \text{) عند حساب تسلیح القص} \\ \text{الأكبر بين - } \Delta$$

$$\text{إذا ألملت مساحة ليتون } \frac{d}{2} \text{ (أو } \frac{12}{2} \text{) عند حساب تسلیح القص} \\ \text{الأكبر بين - } \Delta$$

٣- قضبان التسلیح الطولي التي يتین عند النقطة Δ عدم الحاجة لها لمقاومة عزم الانعطاف والتي يراد تطعيمها (إيقافها) في منطقة الشد بدلاً عن تكسيخها يجب أن تستمر بعد Δ مسافة إضافية هي $(\Delta + 1_0)$ حيث 1_0 هو طول التثبيت^(*) . كما يجب ألا توقف في تلك النقطة إلا إذا تحقق أحد الشرطين التاليين :

أ- أن يكون جهد القص المؤثر في المقطع الواقع عند نقطة الإيقاف الفعلية Δ (انظر الشكل ٤-٢٤) لا يتجاوز ثلثي جهد القص الذي يمكن أن يقاومه هذا المقطع .

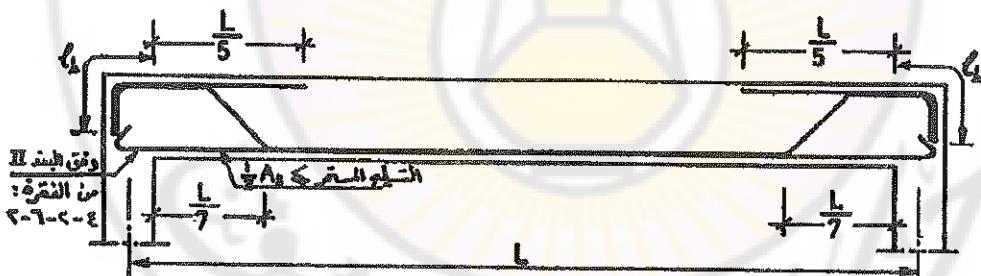


^(*) من أجل تحديد قيمة 1_0 انظر الفقرة ٣-٦-٢-٤

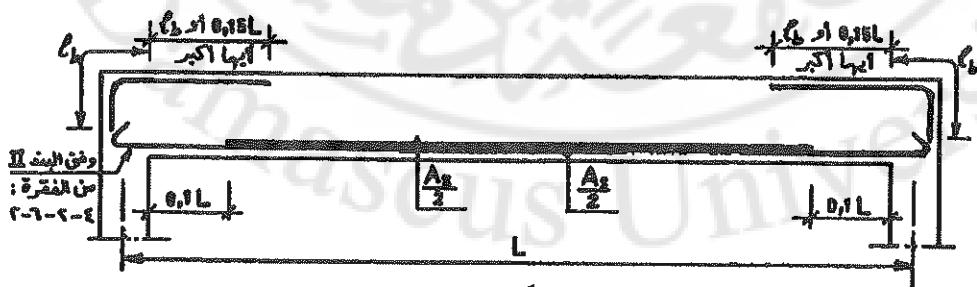
- ب - أو أن تكون مساحة مقطع التسلیح الذي سیستمر بعد النقطة آ (أي مساحة القصبان التي لن توقف) لا تقل عن ضعف المساحة المطلوبة نظریاً في المقطع الموافق للنقطة آ .
- ج - وعلى كل حال ، يجب أن يستمر (في الجوازات البسيطة) نصف التسلیح السفلي (الرئيسي المشدود) على الأقل إلى المساند ، (مع أحد طول دخول معین فوق المساند سيحدّد في الفقرة (II) القادمة).
- د - يراعى أن تكون القصبان المكسحة من القصبان الداخلي في المقطع العرضي وأن تبقى القصبان متناظرة في المقطع بعد التكسیح .

ملاحظة :

إن طريقة التكسیح - والإيقاف . التي شرحناها أعلاه هي الطريقة الأساسية والدقیقة وهي الوحيدة التي نص عليها الكود العجمي السوري . وعلى الرغم من أن هذه الطريقة طويلة فإنه لابد من استخدامها عند تصميم الجوازات الباردة ذات التسخات الكبيرة والحمولات المشتركة والكبيرة . أما عند تصميم جوازات الأبنية لمادية التي تكون بجازاتها وحمولاتها غير كبيرة ، فيتم اللجوء عادة إلى بعض الطرق العملية السريعة التي تحدد بمحاجتها أماكن التكسیح - أو أماكن الإيقاف - دون العودة لمخطط العزم .



الشكل (4-25)



الشكل (4-26)

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

(II) - الشروط الواجب تحقيقها فرق المساند :

(1) - يجب أن تتحقق القضبان الموجبة الداعلة فوق المسند الشرط التالي :

$$\frac{M_s}{V_s} + 1 \geq 1$$

حيث : M_s هو العزم المقاوم الأقصى للمقطع الملافق للمسند (المقطع I-I في الشكل 4-24) بالترافق أن إجهاد الشد في القضبان المستمرة في المسند هو f_s .
 V_s قوة القص الحدية للقصوى المؤثرة في المقطع المذكور .

وحيث : a هو طول الاستمرار المستقيم للقضبان بعد وجه المسند وهو الذي سيحد من العلاقة السابقة بكتابة : $\frac{M_s}{V_s} - 1 \geq 1$ ولكن يشترط أيضاً ألا تقل قيمة a عن القيمة الأكبر بين القيم الثلاث التالية :

$$\begin{cases} 12\phi + \frac{b_1}{2} \\ 12\phi + \frac{d}{2} \\ 30\phi \end{cases}$$

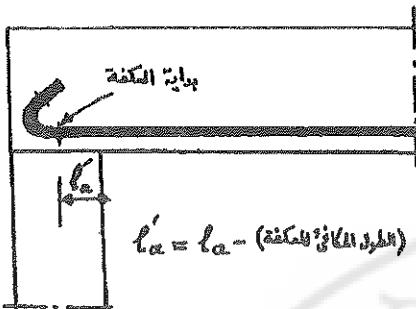
حيث : d الارتفاع الفعال للمقطع و b عرض المسند و a هو طول التثبيت

ويسمح الكود باحتساب الطول المكافئ للعكفات النظامية عند حساب طول الاستمرار a (انظر الشكل 4-27) ، ونذكر بأن الطول المكافئ للعكفة في حالة التسلیح عالي المقاومة هو : $\Phi = 24\phi - \lambda$ ويعتب هذا الطول ابتداء من بداية اغنان العكفة ، (راجع الفصل المتعلق بالتماسك وطول التثبيت والعكفات النظامية).

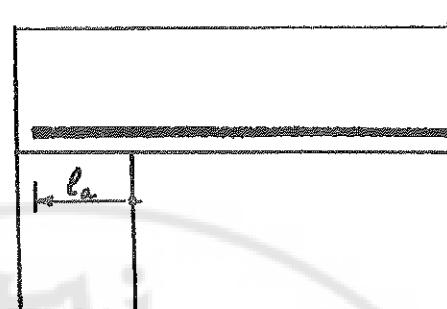
(2) - يمكن الاستغناء عن التحقق من الشرط الوارد في البند (1) أعلاه إذا تحقق الشرطان التاليان معاً :
 أ - أن تكون مساحة التسلیح الداعل فوق المسند كافية لتحمل قوة شد متساوية لقيمة قوة القص المؤثرة في المقطع الملافق للمسند ، أي :

$$A_s \geq \frac{V_s}{0,9f_y} \quad (\text{التسلیح الداعل فوق المسند})$$

ب - أن تنتهي أسياخ التسلیح ضمن المسند بعکفة نظامية تبدأ استدارتها بعد عبور المسند . أو (في حال عدم استخدام هذه العکفة) ألا يقل طول الإراسات المستقيم لسهنة الأسياخ ضمن المسند عن 25 ابتداء من وجه المسند .



في حال وجود عكلة تطامية



في حال عدم وجود عكلة

الشكل (4-27)

٤-٧-٧-٦- دراسة الجماز على القص و توزيع التسلیح العرضي بما يناسب لخط فرى القص :

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

وعند توزيع التسلیح العرضي يجب مراعاة عدد من القواعد والاشتراطات ، وهي التي

ستذكرها في الفقرة التالية :

٤-٧-٧-٧- قواعد وأشتراطات تتعلق بترتيب التسلیح العرضي :

١ - يجب ألا تقل مساحة التسلیح العرضي (الأسوار) عن :

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

حيث : b_w هو عرض مقطع الجماز المستطيل أو عرض العصب في المقاطع المختلفة .

S تباعد الأسوار .

٢ - يجب ألا تزيد تباعدات الأسوار عن $d/2$ أو $30cm$ ليهما أصغر . (ماعدا الجماز الذي يزيد عرضها عن

٣ أمثال لرفاعها ، كالمجاوز المخفية ل بلاطات المرور) ، فيمكن أن تصل تباعدات الأسوار إلى d ، كما

يمكن تخفيض $(A_s)_{min}$ للطلوبة للتسلیح العرضي إلى : $1,33 \times$ مساحة التسلیح العرضي الحسابي) .

٣ - يجب ألا تزيد المسافة بين كل فرعين متباينين للتسلیح العرضي عن $30cm$.

٤ - في حالة الجماز المسلحة على الضغط يجب أن تطوق الأسوار كامل المقطع وألا تزيد تباعدات

الأسوار عن $15 \times$ قطر السينغ المصغّر أو $20cm$ ليهما أقل ، وذلك لضمان عدم تخريب

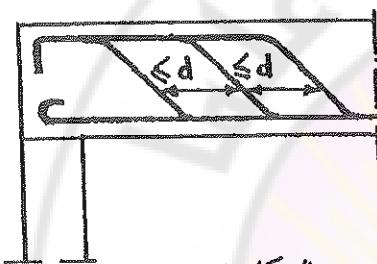
قضبان التسلیح المصغّرة .

٥ - لا يقل قطر التسلیح العرضي (الأسوار) عن $1/3$ أكبر قطر التسلیح الطولي المرتبط به ، وعن $6mm$.

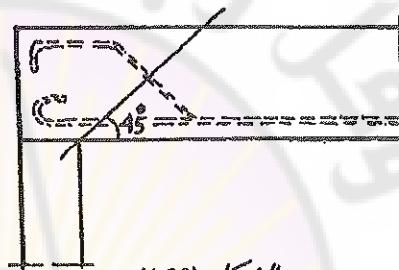
٦ - في حال استخدام أسياخ مكسحة أو أسوار مائلة لمقاومة القص فيجب أن يحتوي الخط للمايل بزاوية 45° وللرسوم في المعايير اعتباراً من الطرف الداخلي للمسند على أسواره أو سينخ مكسح . (انظر الشكل 4-32) .

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

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



الشكل (4-33)



الشكل (4-32)

٤-٢-٣- قضبان طرفية أخرى :
إن هذه القضبان هي :

- ١ - التسلیح العلوي عند نهايات المعايير لمقاومة العزوم الثانوية السالبة (الاعتبارية) .
- ٢ - قضبان التعليق .
- ٣ - قضبان التقلص .

وستحدث فيما يلي عن كل منها :

٤-٢-٤- التسلیح العلوي عند نهايات المعايير لمقاومة العزوم الثانوية السالبة (الاعتبارية) :
يجب أن يتتوفر في المناطق القروية من المسائد الطرفية تسلیح علوي كافٍ لمقاومة العزوم الثانوية السالبة التي تقدر قيمتها بحوالي نصف عزم وثابة المعايير فيما لو افترض موثرقاً ، $M_t = \frac{M_f}{2}$ فمثلاً إذا كانت حمولة المعايير موزعة بانتظام فإن قيمة العزم الثانوي السالب هي :
$$\frac{M_f}{2} = \frac{- (g + q)L^2}{24}$$

عملياً ، توحد مساحة مقطع التسلیح العلوي فوق المسند الطرفي مسارية إلى ثلث مقطع التسلیح الرئيسي (الموجب في وسط المعايير المذكور) .
قد تكفي القضبان المكسحة مع قضبان التعليق لمقاومة العزم السالب الاعتباري ، أو قد يضاف لهم قضبان

إضافية "شابر". وفي هذه الحالة تتم هذه القضايان الإضافية مسافة $\frac{L}{5}$ اعتباراً من الوجه الداخلي للمسند (حسب الشكل 4-25) أو عقدار ($b \geq 1,6 \times 0,151$) حسب الشكل (4-26).

٤-٢-٢-٣. قضبان التعليق :

تستخدم قضبان طولية ، في المنشآة العلوية من المعايير ، لتعليق الأسوار عليها . يجب أن تتحقق هذه القضايان الشروط التالية (انظر الشكل 4-34) :

- ١ - يجب ألا يقل عددهما عن عدد فروع الأسوار المستخدمة .
- ٢ - يجب ألا يقل قطرها عن $1/2$ قطر أكبر سيخ طولي رئيسي ، أو 8mm أيهما أكبر .
- ٣ - يجب ألا يقل حمّر مساحات مقاطعها عن $0,15 \times$ مساحة التسلیح الرئيسي .

٤-٢-٣-٣. قضبان التخلص :

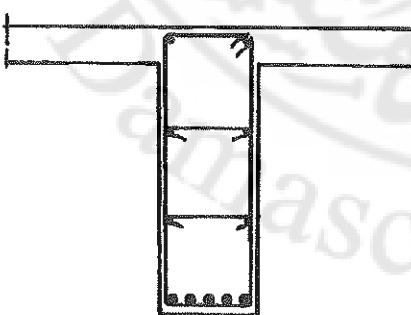
عندما يزيد ارتفاع المعايير عن 60cm أو عندما تزيد مساحة المقطع البيهوني عن 2000cm^2 فيجب إضافة قضبان طولية على الوجهين الجانبيين للمعنصر ، تسمى قضبان التخلص . يجب أن تتحقق هذه القضايان الشروط التالية (انظر الشكل 4-34) :

- ١ - لا يقل قطرها عن $1/2$ قطر أكبر سيخ طولي رئيسي ، أو عن 10mm أيهما أكبر .
- ٢ - لا تزيد المسافات الشاقولية بينها عن 30cm .

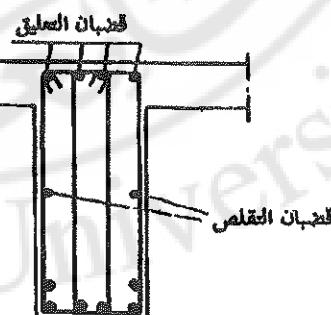
٣- لا تقل مساحة تسلیح التخلص عن $1/1000$ من المساحة الفعالة للمقطع؛ $d \times b \geq 0,001 \text{ bw.d}$

٤-٢-٤-٤-٤. ملاحظة :

عندما يكون ارتفاع المعايير كثيراً ، قد تتعرض الفروع الشاقولية للأسوار (خلال أعمال التفريز) للتخلص إما بسبب وزن القضبان الطولية العلوية أو عند صب ورج البيهون . لتفادي ذلك (أي لإعطاء الفرع المكون من القضبان الطولية والأسوار ثلاثة الكافية) يمكن ربط قضبان التخلص المقابلة بشناكل أفقية (Ø5 mm أو Ø6 mm) كما هو موضح في الشكل (4-35).



الشكل (4-35)



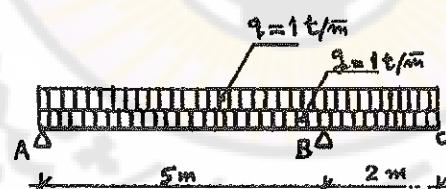
الشكل (4-34)

٤-٣- الجوازات البسيطة ذات الأظفار ومفهوم عزوم ومفهوم قوى القص :

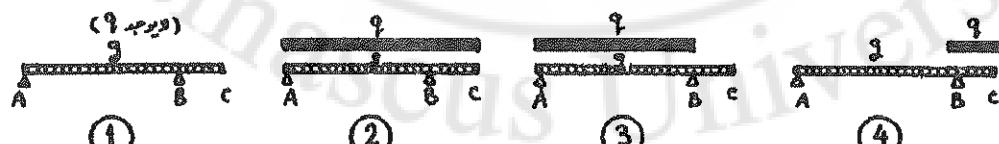
ذكرنا سابقاً (في الفقرة ٤-٢-٤ من هذا الفصل) أن عملية تصميم أي مقطع من مقاطع الجواز يجب أن تتم اعتماداً على أكبر قيمة عزم انعطاف يمكن أن يتعرض لها هذا المقطع نتيجة تطبيق الأحمال على الجواز . ويمكن أن نقول كلاماً مشابهاً بالنسبة لعملية التصميم على القص . ولقد رأينا في حالة الجوازات البسيطة أنه يمكن الحصول على العزوم الأعظمية وقوى القص الأعظمية في كافة مقاطع الجواز البسيط إذا طبقت جميع الحمولات المية والجوية معاً على كامل الجواز (إذا لم يكن ينتهي بأظفار) .

إن الأمر مختلف بالنسبة للجوازات البسيطة ذات الأظفار (وبالنسبة للجوازات المستمرة) حيث سرى من المثال الذي سنقدمه فيما يلي أن تطبق كامل الحمولة الحية (إلى جانب الحمولة المية) على كامل العنصر لا يعطي بالضرورة قيمة أعظمية للعزوم في جميع مقاطع الجواز ، وإنما هناك أوضاعاً أخرى للحمولة الحية تعطي عزوماً أعظمية في مناطق أخرى من نفس الجواز .

لنعتبر الجواز ABC المبين في الشكل (4-42) والذي يستند استناداً بسيطاً عند A وB ويتدلى ظلرياً من C . الجواز الحسابي للفتحة AB هو $L=5m$ أما طول الظفر فهو $l=2m$. يتضمن هذا الجواز حمولة مية موزعة باتظام شدتها $q=1t/m^3$ وحمولة حية موزعة باتظام شدتها $q=1t/m^3$. إن الحمولة المية تؤثر طبعاً على كامل العنصر (أي على الجواز وعلى الظفر معاً) أما الحمولة الحية فهناك عدة وضعيات مختلفة لها على الجواز هي المبينة على الشكل (4-43) .



الشكل (4-42)

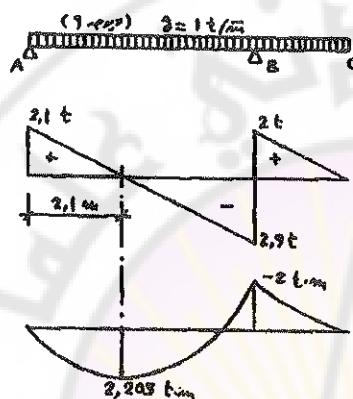


الشكل (4-43)

سنعطي فيما يلي مخطط قوى القص ومتخط عزم الانعطاف الناجين عن كل حالة من حالات

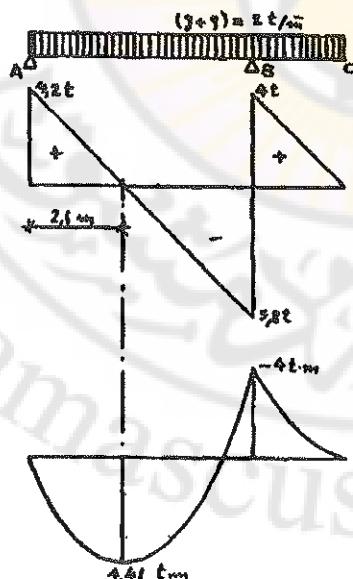
التحميل الأربع المبينة :

في الحالة (1) :



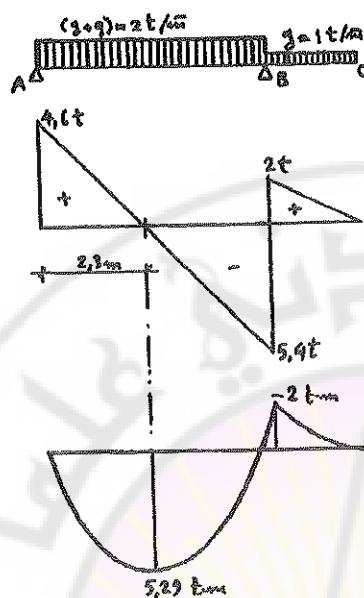
الشكل (4-44-a)

في الحالة (2) :



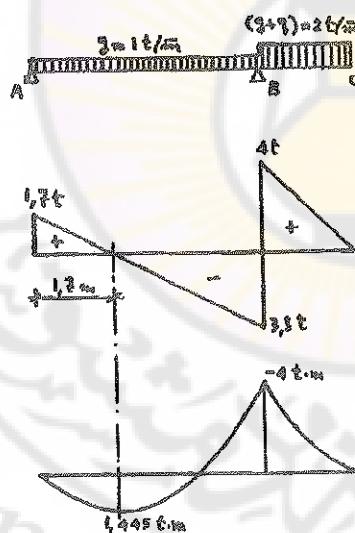
الشكل (4-44-b)

في الحالة (3) :



الشكل (4-44-c)

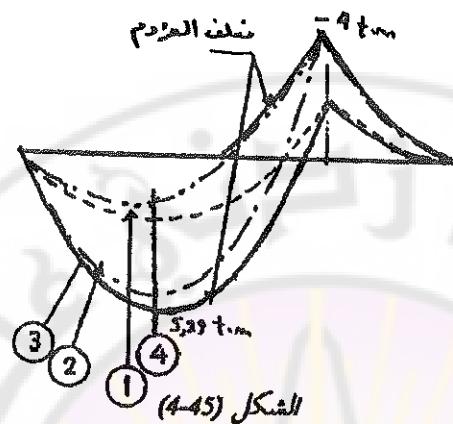
في الحالة (4) :



الشكل (4-44-d)

لنطبق خلطات العزوم الناتجة عن حالات التحميل المختلفة على بعضها (انظر الشكل 4-45). إن التحبي
الذى ينلف من الخارج جميع خلطات العزوم الناتجة عن حالات التحميل المختلفة يدعى مخلف العزوم .

إن عملية حساب التسليع الطولي لمقاطع المعاير وعمليات إيقاف أو تكسير القضايا يجب أن تم استناداً لمخلف العزوم إذ أنه يحتوي على قيم العزوم الأعظمية للوجهة والمسالبة جمجمة مقاطع المعاير .



نلاحظ في الشكل (4-45) ما يلي :

- ١ - إن حالة التحميل بالحملة الإضافية على كامل المعاير (وهي الحالة 2) ليست هي التي أعطت العزوم الأعظمي المرجوب .
- ٢ - العزوم الأعظمي المرجوب حصلنا عليه من الحالة (3) أي عندما حملنا الفترحة ولم نحمل الظفر .
- ٣ - العزوم الأعظمي السالب فوق المسند يقع في الحالتين (2) و (4) حيث حُمِّلَ الظفر بالحملتين ٨ و ٩ مما ، ذلك يحصل على العزوم الأعظمي للظفر يكفي إذن تحميلاً بكامل حمولاته بصرف النظر عما تفعل في المعاير المعاوِر له .
- ٤ - حالة التحميل (4) كثُرت امتداد منطقة العزوم السالبة كثيراً ويفيد الاعتماد عليها من أجل تحديد مكان إيقاف التسليع العلوي للمقايير للعزوم السالبة .
- ٥ - حالة التحميل (3) كثُرت امتداد منطقة العزوم الموجبة .

لتطبيق الآن خططات قوى القص الناجمة عن حالات التحميل المختلفة على بعضها (انظر الشكل 4-46) ولرسم مخلف قوى القص ، وهو المنحنى الذي يختلف من الخارج جمجمة خططات قوى القص الناجمة عن حالات التحميل المختلفة .

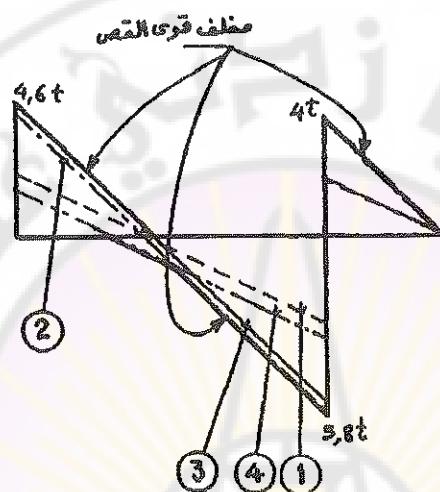
إن عملية حساب التسليع العرضي للمعايير يجب أن يتم استناداً لمخلف قوى القص .

نلاحظ من الشكل (4-46) ما يلي :

- ١ - إن حالة التحميل لكامل المعاير بالحملة الإضافية مع المية (الحالة 2) ليست هي التي أعطت أكبر

قيم لقوى القص في جميع المقطاعات وإنما حصلنا على قيم عظمى لقوى القص في المقطاع المختلفة من حالات تحمل مختلفة .

٢ - ونلاحظ أن قيم ردود الأفعال اختلفت من حالة لأخرى من حالات التحميل ، فيجب الانتباه لهذا الأمر عند تدبر المسؤوليات التي تتضمن بوجهها الأعمدة .



الشكل (٤-٤٦)

في ختام هذه الفقرة نقول ، إن فكرة مخلف العزوم ومختلف قوى القص هي من الأنكار الأساسية التي تقوم عليها دراسة الجواز المستمرة كما سترى في الفقرة القادمة . وإن الالحظات والاستنتاجات التي توصلنا إليها هامة وأساسية و يجب لا تغيب عن ذهن المهندس المصمم عند تحديد قيم العزوم والجهود المؤثرة في مقطاع العنصر ، فهي التي ستمكن المصمم من وضع التسلیح بالكمية المناسبة وفي المكان المناسب دون زيادة ولا نقصان . فالزيادة في مواد البناء تعني المصارد والتقصان فيها يعني عدم تحقيق الأمان . في حين أن عمل المهندس يجب أن يتحقق الاقتصاد والأمان في آن واحد .

٤-٤- حساب وتصميم الجواز المستمرة :

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

- أ - تحقيق وفر في مواد البناء يقدر بحوالي $15\% - 20\%$ بالمقارنة مع كلية الجوازات البسيطة المتالية .
- ب - زيادة قدرة تحمل المنشأ تحت تأثير الأفعال والمسؤوليات فوق العادية ، نظراً لإمكانية حصول

إعادة توزع للعزم ولقوى القص في المهاوز المستمرة .
جـ - كما أن للمهاوز المستمرة أثراً إيجابياً في تحقيق ترابط النشا واستقراره بالمقارنة مع حالة المهاوز البسيطة المنفصلة .

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

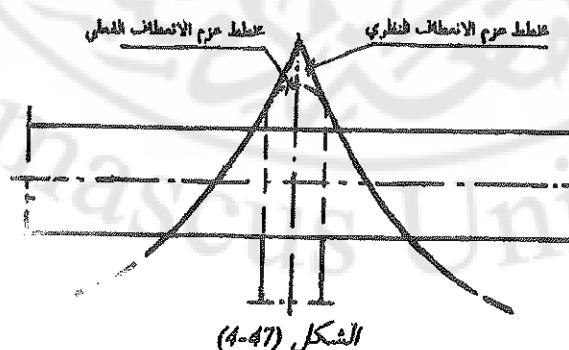
- ١ - أنه يتوجب علينا ، عند دراسة جهاز مستمر ، أن نميز بين المحمولة المية والمحمولة الحية ، وأن تغير عدة حالات تحمل مختلفة لكي نستنتج منها مختلف عزوم الانعطاف ومختلف قوى القص .
- ٢ - نظراً لأن المهاوز المستمر هو عصفر غير مقرر توازنياً فإننا نحتاج عند دراسته (تحت حالة تحمل) إلى استخدام إحدى طرق حساب الإنشاءات التي تمكن من حل الحمل غير المقررة ، كمعادلة العزوم الثلاثة (كلابرونون) أو طريقة توزيع العزوم (ماردي كروس) أو غيرها من الطرق العديدة المعروفة ...

٤-٤-١- الكوار أساسية :

• تتعديل المخططات النظرية لعزوم الانعطاف وقوى القص :

تفرض طرق حساب الإنشاءات السابقة الذكر (أي معادلة العزوم الثلاثة وغيرها من الطرق العائلة لنظرية الرونة) أن المهاوز المستمر يستند على مساند نقطية (عرضها صفر) ، وأن المادة مرنة متجانسة ومثلية .

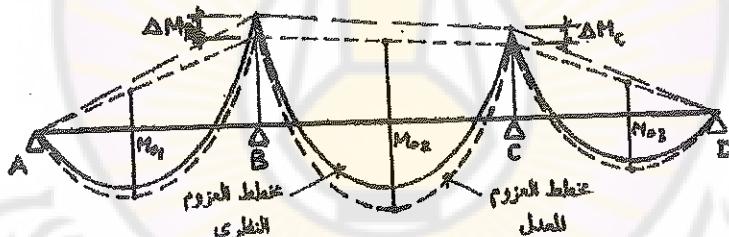
غير أن المسند الذي يستند عليه المهاوز البيني المسلح في الواقع لا يكون نقطياً وإنما يكون مطيناً عرضه عرض رأس العمود أو عرض جدار الاستناد ، مما يجعل شكل خطوط العزم فوق المسند مباشرةً منحنياً انسانياً القيمة العظمى فيه أدنى من القيمة العظمى للمخطط النظري المدبب (انظر الشكل (٤-٤٧) .



كما أن عدم انسجام سلوك مادة البيتون المسلح مع فرضيات نظرية المرونة الخطية يؤدي هو أيضاً إلى انخفاض قيم العزوم السالبة فوق المسائد الداعمة عن القيم النظرية الناتجة عن طرق التحليل الشطلي المرن؛ لأن سلalan مادة البيتون والسلوك غير الخططي لهذه المادة يسبّبان حدوث دورانات إضافية فوق المسائد لا تلحظها طرق التحليل المرن.

إن انخفاض القيم الحقيقية للعزوم السالبة فوق المسائد الداعمة عن القيم النظرية يؤدي إلى ازدياد قيم العزوم المرجحة في المجازات عن قيمها النظرية، وذلك بفضل حصول إعادة توزيع العزوم في المجاز المستمر Redistribution of Moments، وتوافق "إعادة توزيع العزوم" بالطبع مع "إعادة توزيع فوق الفص" أيضاً.

لذا تصبح أنظمة البيتون المسلح بتعديل القيم النظرية لعزوم الانعطاف الحصول عليها من طريق المرونة بتحفيض قيم العزوم السالبة فوق المسائد بنسبة تقريرية وسطية حوالي (15%) وبزيادة العزوم الموجبة في المجازات بما يتناسب مع هذا التحفيض⁽⁴⁾، أي بحيث يبقى جمجمة العزوم السالبة والموجبة المؤثرة على آية فتحة متساوية للعزوم M_0 الذي يؤثر في تلك الفتحة فيما لو كانت بسيطة الاستناد، (انظر الشكل 4-48).



الشكل (4-48)

ولقد أشترط الكود العربي السوري لا تتجاوز نسبة تعديل العزوم النسبة التالية :

$$\Delta M\% = 30 \left(1 - \frac{A_e - A'_e}{A_{et}} \right)$$

حيث : A_e مساحة تسليع الشد في المقطع عند المسند.

A'_e مساحة تسليع الضغط في المقطع عند المسند.

A_{et} مساحة تسليع الشد التوازنية للمقطع أحادي التسليع عند المسند.

⁽⁴⁾ وبغير آخر : يتم تحفيض قيم العزوم السالبة بنسبة حوالي 15% ثم يتم استئصال العزوم المرجحة في كل مجاز على أساس أن قيم العزوم السالبة للؤترة على طرق الفتحة هي العزوم المخفضة.

وحيث $(A_1 - A_2) \leq 0,5A$ لا تتجاوز .

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

● مبدأ التحميل الشطرنجي وإيجاد مخلف العزوم ومختلف قوى القص :

تؤثر الحمولة الميتة على جميع مجازات المعاير المستمرة في آن واحد وبشكل دائم . أما الحمولات الحية فيمكن أن تؤثر في فتحة واحدة فقط أو تؤثرين معاً أو أكثر ؛ وهذا يتعلق في احتمالات وجودها بعأ لاستعمالات المنشآت المختلفة .

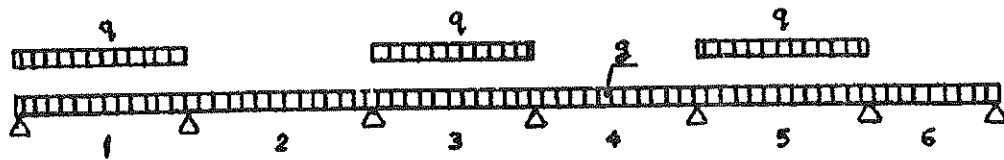
ومن الطبيعي ، عند دراسة وتصميم جهاز مستمر ، أن تدرس حالات التحميل المختلفة للوصول إلى أكبر قيم للعزوم ولقوى القص في المقاطع المختلفة .

إن تطبيق الحمولة الحية إلى جانب الحمولة الميتة على جميع المجازات في آن واحد لا يعود إلى الحصول على العزوم وقوى القص الأعظمية في جميع مقاطع المعاير . علماً لما قد يظن من الوهله الأولى . يمكن البرهان (عن طريق خطوط التأثير مثل) أنه للحصول على العزم الموجب الأعظمي في فتحة ما من المعاير المستمرة رقمها فردي فيجب وضع الحمولة الحية على هذه الفتحة وعلى جميع الفتحات الأخرى ذات الأرقام الفردية (كما هو مبين بالشكل 4-49) . 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 4-50) .

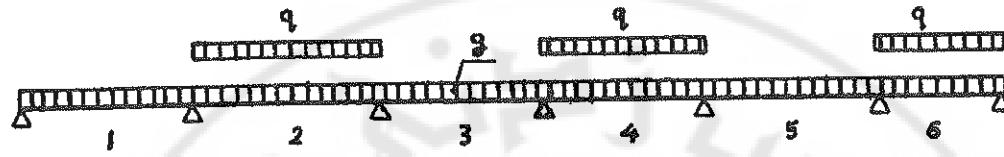
كما يمكن البرهان أيضاً على أنه للحصول على أكبر عزم سالب فرق مسند ما (i) فإنه يجب تحميل الفتحتين الواقعتين مباشرة على يمين ويسار هذا المسند ثم تحميل الفتحات البعيدة بشكل متناوب كما هو موضح في الشكل (4-51) .

ولقد تبين أن وضعية التحميل التي تعطي العزم السالب الأعظم فرق مسند داخلي ما هي التي تعطي قوى القص الأعظمية (بالقيمة المطلقة) على يمين ويسار هذا المسند ، ورد الفعل الأعظم تحت هذا المسند . إن مبدأ التحميل هذا يسمى مبدأ التحميل الشطرنجي ، ولغاية منه كما أسلفنا هي الحصول على العزوم الأعظمية الموجبة والسلبية في جميع مقاطع المعاير المستمرة ، والحصول على قوى القص الأعظمية . مما يمكننا وبالتالي من رسم مخلف عزوم الانعطاف ومختلف قوى القص للجهاز المستمر .

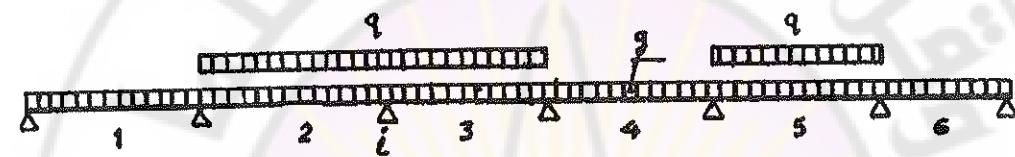
قد يكون المعاير المدروساً متهدأً بظفر في إحدى نهايتيه أو بظفرتين (ظفر في كل نهاية) . فعند تخلص حالات التحميل الشطرنجي المعاير المستمرة في هذه الحالة لعامل الظفر . من حيث تحميله أو عدم



الشكل (4-49)

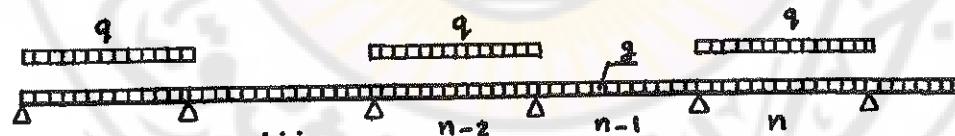


الشكل (4-50)

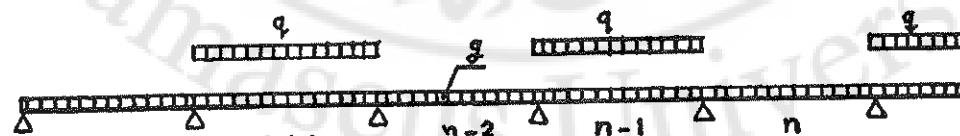


الشكل (4-51)

تحمiele بالحمولات الحية . و كانه فتحة . وبالتالي فالحصول على العزم الأعظم الموجب في النقطة n المعاورة للظفر وفي الفتحات $n-2$ و $n-4$... الخ (الشكل 4-52) فإننا لا نتحمل الظفر بالحملة الحية . وللحصول على العزم الأعظم الموجب في الفتحات $n-1$ و $n-3$... الخ (الشكل 4-53) فإننا نتحمل الظفر بكافة حمولاته الحية والميتة .



الشكل (4-52)



الشكل (4-53)

● إمكانية إهمال التحميل الشرطي بمحى عندما تكون الحمولات الحية صغيرة :

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

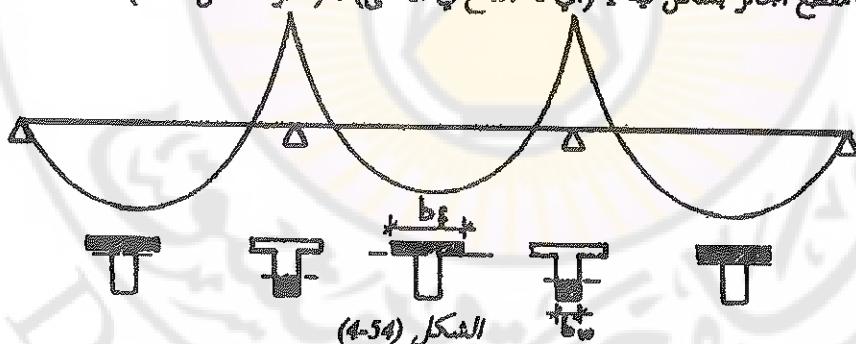
$$\frac{1}{3} \leq \frac{\text{الحمولة الحية المصعدة}}{\text{الحمولة الميتة المصعدة}}$$

تكون الفائدة من التحميل الشرطي ضعيفة ومهملة . وبالتالي لا حاجة في مثل هذه الحالة لإجراء تحميل شرطي بمحى ، وإنما توفر حالة تحميل واحدة تطبق فيها كافة الحمولات الحية والميتة على جميع المهازات . ويستخدم مخطط العزم وخطيط قوى القص الناجين عن حالة التحميل المذكورة (بعد تعليمهما طبعاً) في عملية تصميم مقاطع المهازات .

● كيفية عمل المقاطع العرضية تبعاً لموقعها في المهاز :

توليد الحمولات المؤثرة في المهاز المستتر عزوم انعطاف موجهة في المهازات وسالية عند المسائد^(*) . ومن الوضع أن العزوم الموجهة في المهازات تؤدي إلى انضباط الألياف العلوية وإلى شد الألياف السفلية . بينما تؤدي العزوم السالية لوق المسائد إلى انضباط الألياف السفلية وشد العلوية ، ستروضح فيما يلي كيفية عمل مقاطع المهاز عند المسائد وفي المهازات وذلك في كل من الحالات التالية : آ - عندما يكون مقطع المهاز بشكل ته T . ب - عندما يكون مقطع المهاز بشكل ته مقلوب T . ج - عندما يكون مقطع المهاز مستطيل الشكل .

آ - مقطع المهاز بشكل ته T (أي له حاجن في الأعلى) : (انظر الشكل 4-54)



● عمل المقطع عند المسائد : إن المقطع T الواقعة عند المسائد (أي الواقعة في مناطق العزوم السالية) تعمل كمقاطع مستطيلة عرضها عرض العصب w_a لأن الألياف المضبورة من المقطع هي الألياف السفلية التي عرضها هو عرض العصب w_a . أي أن المقطع الواقعة عند المسائد لا تستفيد

^(*) وذلك بفرض أن الحمولات الطبقية شاقولية ومتوجهة نحو الأسئل ، وهذا هو الواقع في معظم الأحيان .

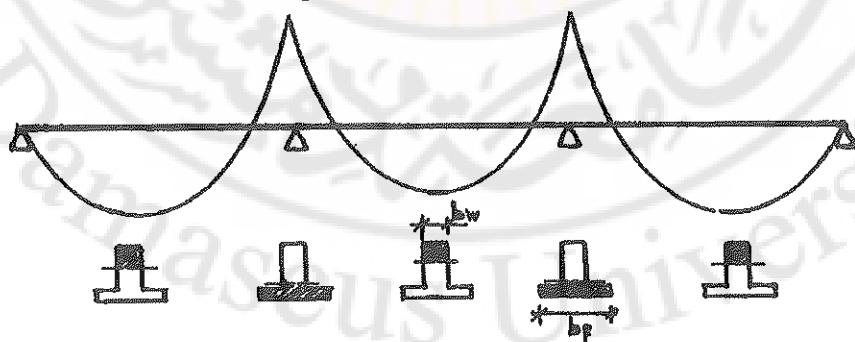
من الجنح العلوي نظراً لأنه موجود في المنطقة العليا المشودة من القطع . يتم تصميم المقاطع الواقعة في مناطق العزوم السالبة إذن ، بقوارين المقاطع المستطيلة ويعتبر عرض القطع هو w_0 .

• عمل القطع في المهازات : تعمل المقاطع T الواقعة في المهازات والخاضعة لعزوم موجبة كمقاطع تيه فعلاً ، لأن الجنح يكون واقعاً في المنطقة العلوية المضفرة . يتم تصميم هذه المقاطع إذن باستخدام القوانين الخاصة بمقاطع الد (تيه) .

(ب) قطع المهاز بشكل (تيه مقلوب) T (أي له جناح في الأسفل) : (انظر الشكل 4-55)

• عمل القطع عند المسائد : إن المقاطع ذات الشكل T (تيه مقلوب) والواقعة عند المسائد (أي الواقعة في مناطق العزوم السالبة) تعمل كمقاطع (تيه) لأن الجنح يكون واقعاً في المنطقة السفلية المضفرة . يتم تصميم هذه المقاطع إذن باستخدام القوانين الخاصة بمقاطع الد (تيه) .

• عمل القطع في المهازات : تعمل المقاطع ذات الشكل T الواقعة في المهازات والخاضعة لعزوم موجبة كمقاطع مستطيلة عرضها هو عرض العصب w_0 لأن الألياف المضفرة من القطع هي الألياف العلوية التي عرضها هو عرض العصب w_0 . أي أن هذه المقاطع لا تستفيد من الجنح السفلي نظراً لأنه موجود في المنطقة السفلية المشودة . يتم تصميم المقاطع T الواقعة في مناطق العزوم الموجبة إذن ، بقوارين المقاطع المستطيلة ويعتبر عرض القطع هو w_0 .



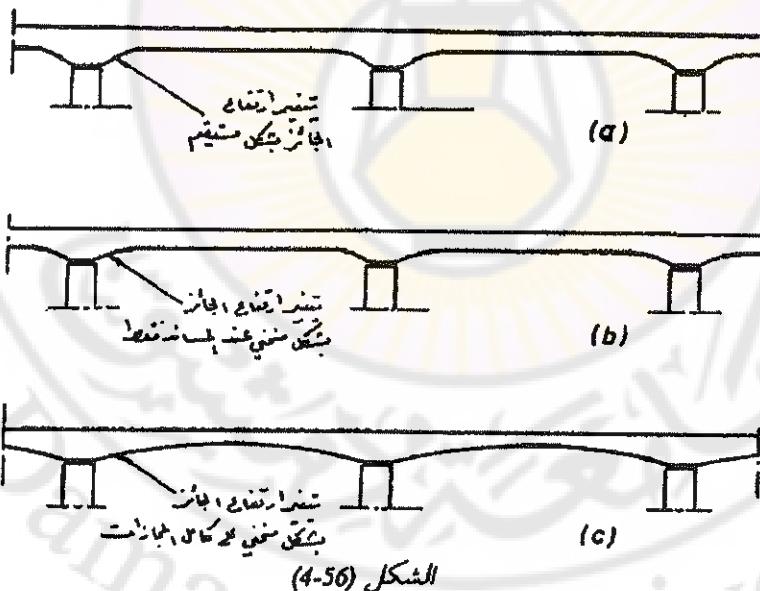
الشكل (4-55)

جـ. مقطع الجائز بشكل مستطيل (أي ليس له أي حناج) :
 من البديهي أن المقطع ي العمل في هذه الحالة بشكل مستطيل سواء كان فوق المسند أو في الجازات ، غير أن المنطقة المضغورة في المقطع المستطيل تكون واقعة في الأسفل عند المسائد ، أما في الجازات - حيث تؤثر العزوم الموجبة - فتكون المنطقة المضغورة واقعة في أعلى المقطع المستطيل .

• الجواز المستمرة ذات المقطع المتغير :

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

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



الأشكال الشائعة للجواز المستمرة ذات المقطع المتغير

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

٤-٤-٣- مراحل تصميم جائز مستمر (الطريقة المذهبة) :

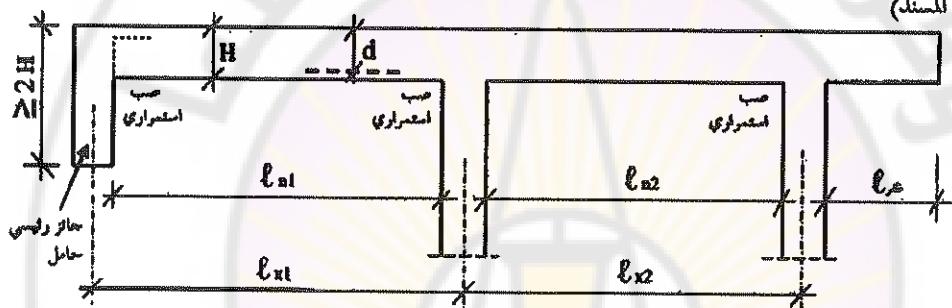
I - تحديد العزارات الفعالة (الحسامية) :

إن العزارات الحساسية اللازم اختيارها للجائز المستمر تعتمد على طبيعة مسانده:

- (آ)- إذا كان الجائز مستندًا على أصلدة أو على جدران بيتونية مسلحة ومصبوب استمرارياً معها ، أو كان الجائز مستندًا على جواز متصلة معه لا يقل ارتفاع مقطعها عن مثلي ارتفاع الجائز ومصبوب استمرارياً معها . في هذه الحالة يحدد الجائز الفعال لكل نقطة α من عزارات الجائز المستمر بتطبيق القاعدة التالية :

$$\text{الأصغر بين} = \begin{cases} L_{x1} \\ L_{x1} \times 1,05 \\ L_{x1} + d \end{cases} \quad \text{انظر الشكل (أ)}$$

ويوحد جائز الظفر مساوياً إلى المسافة من طرفه الحر حتى وجه المسند (شرط أن يكون عرض الظفر $>$ عرض المسند)

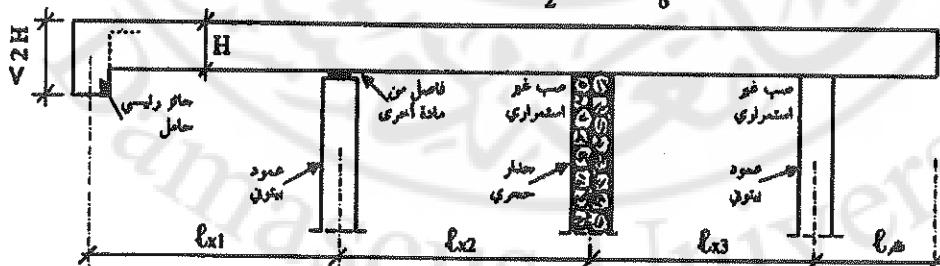


الشكل (أ)

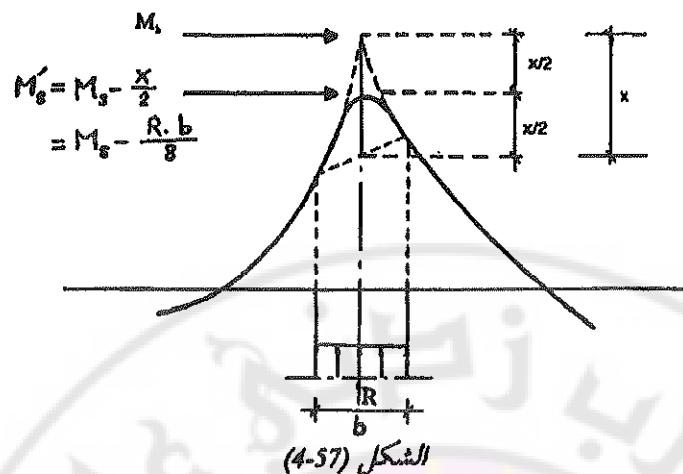
(ب)-في الحالات الأخرى (كحالة استناد الجائز على جدران حجرية مثلاً ، أو عند استناده على أصلدة أو جدران بيتونية مسلحة ولكن مع وجود فاصل من مادة أخرى ، أو إذا لم يكن مصبوباً استمرارياً معها):

- تحتاج العزارات الفعالة متساوية للمسافات L_{x1} بين حاور المسند ، انظر الشكل (ب) . ويختبر جائز الظفر مساوياً للمسافة من طرفه الحر حتى محور المسند . ويعتمد تأثير عرض المسند في تعديل قيمة العزم السالب بالطريقة التالية :

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



الشكل (ب)



II - تقدير الحمولات :

(أ) - الوزن الذاتي :

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

تؤدي هذه القيمة التقديرية (الافتراضية) عادة - في حالة المجاز المستمرة - مسارياً إلى $\frac{L}{10} \rightarrow \frac{L}{12}$ حيث L هو مجاز الفتحة الأكبر في المجاز^(*) . ويراهى أن تكون القيمة المأخوذة من أمثال 5cm . أما عرض المقطع w فيوحد عادة مسارياً إلى $\frac{H}{3} \rightarrow \frac{H}{2}$ على أن يكون أيضاً رقماً مدوراً ومن أمثال 5cm . ويفضل في جميع الأحوال أن يكون عرض المقطع w ثابتاً لجميع مجازات المجاز (حتى لو تغير الارتفاع H من مجاز لأخر) لتسهيل دخول التصنيع من فتحة ما إلى الفتحة المجاورة لها .

(ب) - الحمولات المية الأخرى والحمولات الإضافية :

تحسب الحمولات المية والجوية المنقوله من البلطة إلى أية فتحة من فتحات المجاز المستمر بنفس الأسلوب الذي تم شرحه في الفقرة ٢-٢-٢-٤ .

ويتم التمييز بين الحمولات المية والحمولات الجوية بهدف تحمل المجاز بأوضاع تحمل مختلفة .

III - تحمل المجاز :

(أ) - إذا وجدنا أن :

$$\frac{\text{الحمولة الجوية المصعدة}}{\text{الحمولة المية المصعدة}} > \frac{1}{3}$$

^(*) هنا إذا كنا نريد أن يكون للمجاز مقطعاً ثابتاً لكافة المجازات ، وهذا ما يحصل عملياً فيأغلب الأحيان . أما إذا أردنا أن نحمل ارتفاع المقطع مختلفاً من فتحة إلى أخرى فيمكن أن نأخذ H_0 في كل فتحة متساوية إلى $(\frac{1}{12} \rightarrow \frac{1}{10})$.

فإننا نأخذ حالات التحميل المختلفة (حسب مبدأ التحميل الشطري بمحى) التي تعطي كل منها فيما عظمى للعزم أو قوى القص في أماكن مختلفة من المعاذر المستمر .

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

فلا حاجة للتحميل الشطري بمحى . نكتفي بأحد حالة تحميل واحدة وهي الحالة التي تطبق فيها كافة الحملات الحية والميتة على جميع المعاذرات في آن واحد .

IV - إيجاد عنططات العزم وعوامل قوى القص واستنتاج مختلف العزم ومغلف قوى القص :

- من أجل كل حالة تحميل نقوم بما يلي :

- نحسب المعاذر المستمر بإحدى طرق حساب الإنشاءات (مثلاً : معادلة العزم الثلاثة) ونوجد العزم السالبة فوق المساردة .

- نخفض العزم السالبة النظرية ، الحصول عليها ، بنسبة 15% .

- نستنتج عنططات العزم في المعاذرات على أساس أن العزم السالبة المؤثرة على طرف كل فتحة هي العزم السالبة المخفضة .

(يجب أن تحدد المعادلة التي تعطي قيمة العزم في أية نقطة في الفتحة بدالة الفاصلة × لتلك النقطة) .
ورسم علقطط عزم الانعطاف العائد لحالة التحميل المعتبرة .

- نعتمد قيم قوى القص وردود الأفعال المحسوبة على أساس أن العزم السالبة المؤثرة على طرف الفتحة هي العزم المخفضة . ورسم علقطط قوى القص العائد لحالة التحميل المعتبرة .

● نطبق عوامل العزم (المعادلة لحالات التحميل المختلفة) على بعضها ، ونستنتج مختلف العزم .
(انظر الشكل ٤-٥٨-٤) .

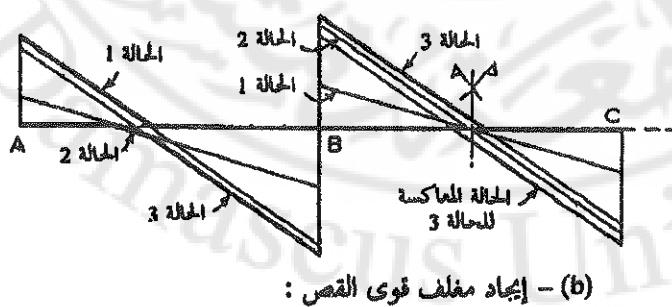
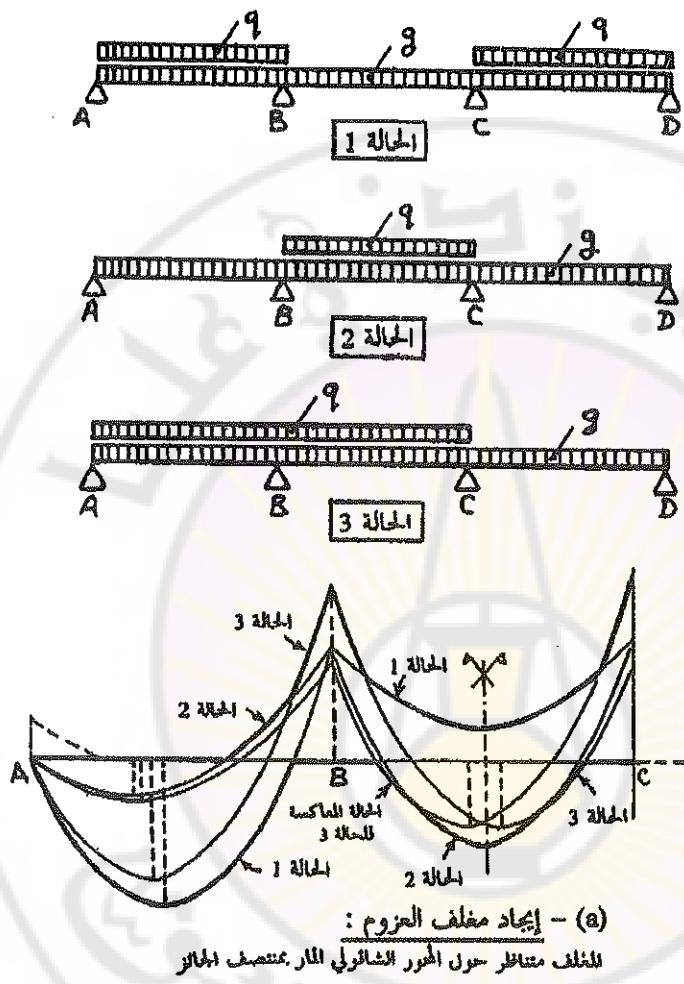
● نعتبر وجود عزم سالب ثالثي (اعتباري) فوق المساردة الطرفية^(٢) (النفس الأسباب التي تحدثنا عنها في بداية الفقرة ٤-٢) ، قيمة حوالى نصف عزم الوثائق التامة للفتحة الطرفية فيما لو انتزعت مؤثراته من الطرفين . فإذا كانت حمولات هذه الفتحة موزعة بانتظام كانت قيمة العزم الاعتباري المذكور هي :

$$\frac{M_f}{2} = \frac{(g+q)L^2}{24}$$

● نطبق علقططات قوى القص (المعادلة لحالات التحميل المختلفة) على بعضها ، ونستنتج مختلف قوى القص . (انظر الشكل ٤-٥٨-٥) .

^(١) وذلك في حال عدم وجود ظفر في نهاية المعاذر المعتبرة .

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



الشكل (4-58)

V - تحديد الارتفاع اللازم لقطع 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 لقطع (ما لم يكن هذا الارتفاع محدداً سلفاً بقيمة معينة يطلب التقيد بها - لأسباب معمارية مثلـ) .

يفضل عادة استخدام ارتفاع كاف لقطع الجائز بحيث لا يحتاج هذا الجائز لتسليح ضغط في أي من مقاطعه^(٢) .

لتثمين ذلك يجري تحديد ارتفاع المقطع بواسطة العلاقة التالية التي سبق أن أوردناها في الفقرة :

$$d = r_0 \sqrt{\frac{M_{unax}}{0,9 \times 0,85 F_o b}}$$

يراعى عند التعرض في هذه العلاقة ما يلي :

آ - إذا كان قطع الجائز المستمر مستطيلاً :

إن كون المقطع مستطيلاً (أي بدون أجنحة) يعني أن المنطقة المضبوطة 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 موجياً أو سالباً .

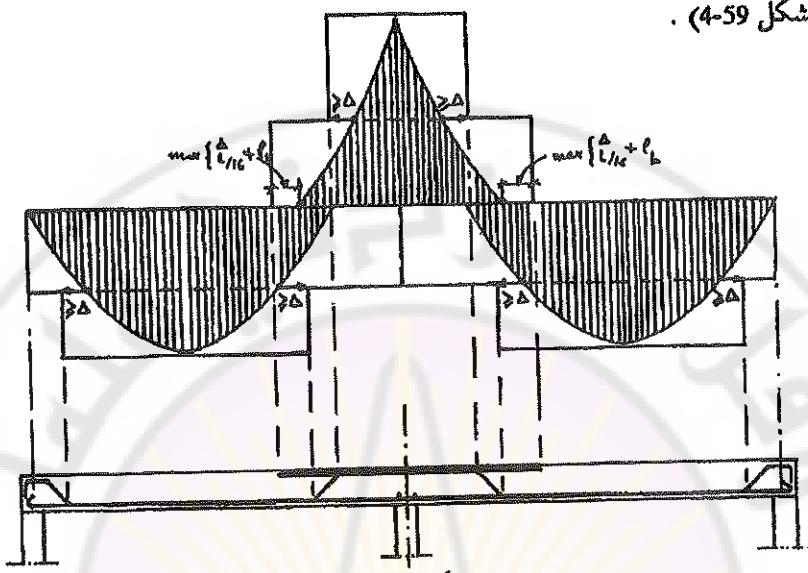
ب - إذا كان قطع الجائز المستمر هو بشكل T (تي) أي له صنان في الأعلى :

يتم حساب ارتفاع قطع الجائز في هذه الحالة استناداً إلى قيمة أكبر^(٣) عزم انعطاف سالب نجده في المغلف . وتؤخذ قيمة T في العلاقة مساوية إلى $\frac{w}{2}$.

^(٢) إلا في بعض الحالات التي يرى فيها المصمم أنه من الأفضل استخدام تسليح ثانوي في منطقة ما من الجائز لأسباب يراها مطلوبة ، كما في حالة الجائز المستمر على عدة فتحات الذي تكون فيه - بسبب ما - قيمة العزم ، في إحدى الفتحات أو فرق أحد المسالك ، أعلى من قيم العزوم المؤثرة في سائر الفتحات والمسالك الأخرى ، فقد يرى المصمم في هذه الحالة أنه من الأفضل استخدام تسليح ثانوي في تلك المنطقة ذات العزم الكبير بدلاً من زيادة ارتفاع المقطع لتحسين فتحات الجائز .

^(٣) بالقيمة للطلاقة .

و فوق المسائد استناداً لمخلف العزوم باتباع نفس الطريقة التي شرحتها في الفقرة (٤-٢-٤) ، مع مراعاة ملء القصبيان - التي يبين عدم الحاجة إليها في نقطة ما - مسافة إضافية Δ قبل تكسيرها (انظر الشكل ٤-٥٩) .



الشكل (4-59)

أي يتم التقيد بالاشراتات والقواعد المتعلقة بالتسليع الطرفي الرئيسي المشدود التي ذكرناها في البند (I) من الفقرة (٤-٢-٤) ، ويضاف لها الشروط التالية :

- ١ - في التحات الداخلية : يجب أن يستمر ثلت التسليع السطلي على الأقل إلى المسائد ، وأن تدخل هذه القصبيان السفلية (التي استمرت إلى المسائد) مسافة لا تقل عن $1/16 + 6$ cm فوق المسند .
- ٢ - في التحات الطرفية : يجب أن يستمر نصف التسليع السفلي على الأقل إلى المسائد . وتطبق على القصبيان السفلية المستمرة إلى المسند الطرفي نفس الشروط المتعلقة بدخول التسليع فوق المسند التي ذكرناها سابقاً في البند (III) من الفقرة (٤-٢-٤) حين تخلتنا عن الجواز البسيطة .
- ٣ - يجب أن يستمر ثلت التسليع السالب على الأقل إلى ما بعد نقطة انعدام العزوم، مسافة تعادل القيمة الأكبر بين Δ أو $1/16$ من المسافة بين المسندين للتحاورين ، ويضاف بعدهما 6 cm .

ملاحظة : بعد أن تم حساب التسليع أصبح بالإمكان التتحقق من أن نسبة تخفيف العزوم التي أخذت مساوية لـ (15%) لم تتجاوز النسبة المسموحة المعلنة بالملaque : $[1 - \frac{A_s - A'_s}{A_{s0}}] \leq 30\%$.

VII - حساب التسليع العرضي وتوزيعه وفق مخلف قوى القص :

تؤخذ قيم قوى القص المؤثرة في المقاطع المدرورة من مخلف القص وبحسب التسليع العرضي

بالأسلوب الذي تم إعطاؤه في بحث الفصل ، مع الاتباع إلى استخدام قيمة Δ (أو ٢٠٠٪) المراقبة لقيمة Δ التي اعتمدت عند تكبيع (أو إيقاف) القضايا الطولية .

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

VIII - تحديد قضبان التعلق وقضبان التخلص والتسلیح العلوي للغروم الثنائي السالبة (الاعتبار):
يطبق ما ذكرناه سابقاً في الفقرة (٨-٢-٤) من أجل تحديد ما يلزم من هذه القضايا الطولية الإضافية .

٤-٣-٣- طرق مبسطة لحساب الجواز المسعدة وتصميمها :

لاشك أن الطريقة الدقيقة التي شرحنا مراجحتها في الفقرة السابقة (٢-٤-٤) هي طريقة طويلة ، غير أنه لا بد من استخدامها خاصة عندما يكون المعاين المراد تصميمه خاضعاً لحمولات كبيرة ومتعرجة ، وتكون $\frac{1}{3} < \frac{\eta}{\eta_0}$ و تكون أطوال فتحاته مختلفة عن بعضها بأكثر من 25% .

يمكن الاستعمال بالحاسوب ، في حال توفره ، لتنفيذ الحسابات العادلة لهذه الطريقة نظرًا للعادلة الكبيرة في اختصار الكثير من المجهد والوقت ، شريطة التأكد من صحة الواقع المستعملة .
أما إذا كانت معاينات المعاين متباينة (أو لا تختلف بأكثر من 20%) فيمكن للمصمم اختيار الحسابات اللازمة لإيجاد الغروم وقوى القص وذلك بالاستعانة ببعض المداول للنشرة في بعض المراجع هذه الغاية . تعطي تلك المحلول قيم الغروم وقوى القص التي تتبع عن كل وضعيه من أوضاع التحميل الشطرنجي التي يمكن أن يتعرض لها المعاين ، مما يمكن المصمم من إنشاء مختلف الغرائم ومختلف قوى القص بجواز مستمرة مولفة من فتحتين أو أكثر ... حتى حس فتحات . يتابع المصمم بعد ذلك عملية التصميم (أي : حساب المقاطع وتوزيع التسلیح وفق المخلف) كالعادة بالطريقة الدقيقة . ولكن لا بد أن نشير إلى أن المداول المذكورة تعطينتائج التحليل الإنثاسي للجواز الثنائي كما هي دون أي تخفيف أو تعديل للملك براتب على المصمم . قبل حساب المقاطع وتوزيع التسلیح . إجراء التخفيف الملائم (15%) على قيم الغروم السالبة المفروضة في المحلول وزيادة الغروم الموجه بما يناسب ذلك التخفيف .

من المفيد أن نذكر أن تلك المحلول لم تقتصر على دراسة حالات التحميل بمحمولات موزعة باتفاق فقط وإنما درست حالات التحميل بأنواع عديدة من الحمولات (الأكثر وروها في الحياة العملية) . على كل حال ، يبحث المهندسون عادة عن طرق مبسطة وسريعة لاستخدامها عند تصميم جواز الأبنية السكنية العادلة .

إن جميع الطرق المبسطة المتوفرة ناتجة - في الواقع - عن الطريقة الدقيقة (الأساسية) وتهدف إلى اختصار عمليات الحساب الطويلة العادة للمرحلة VI (مرحلة توزيع التسليح) أو لكلاً الرحلتين IV وVI (مرحلة حساب العزوم وتلوى القص ومرحلة توزيع التسليح) من الطريقة الدقيقة . غير أن مجال صلاحية الطرق المبسطة يقتصر على الموارز المستمرة التي لا تختلف بجازاتها بأكثر من 25% → 20% من المعايير الأكبر . كما أن هذه الطرق - نظراً لكونها تقريبية بجانب الأمان - تؤدي إلى بعض الزيادة في استهلاك مواد البناء .

نبين فيما يلي بعض الطرق المبسطة الواردة في بعض مراجع وکودات البناء للسلح :

الطريقة الأولى :

تطبق هذه الطريقة على الموارز المستمرة الخاضعة لحمولات متعددة ، شرطية أن تكون الحمولات الأساسية هي حمولات موزعة بانتظام .

في هذه الطريقة يكفي ، عند حساب العزوم ، بإيجاد قيم العزوم الأعظمية المرجحة في المعايير وقيم العزوم السالبة الأعظمية (بالقيمة المطلقة) فرق السادس ، أي لا حاجة لإيجاد كامل خط العزوم . يحسب بعد ذلك التسليح الطولي اللازم لمقاطع المعايير الخاضعة لهذه العزوم الأعظمية . أما توزيع القصبات^(*) (تكسيحها أو لفقللها) فيتم بطريق إحدى التأليفات العلميين الشتتين على الشكل (ط-460) . أخيراً ، يحسب التسليح الفرضي ويوزع كما ذكرنا سابقاً في الطريقة الدقيقة ، وتقاس قصبات العصيلق . كما تقاس قصبات التقلص عند اللزوم .

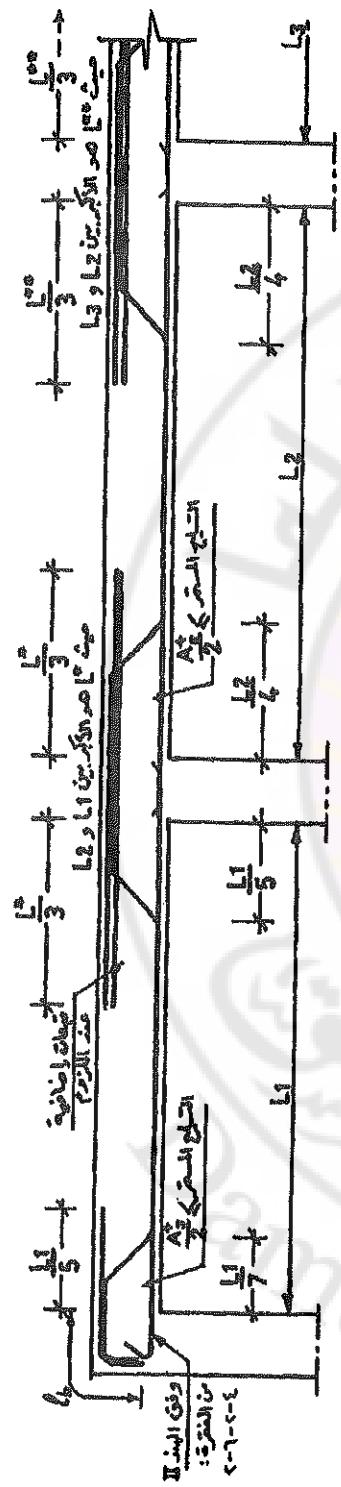
ملاحظة : إنما لم يزيد الاختلاف بين جوزيات المعايير عن 20% يمكن الاستعانة بالحلول التي تحدّثنا عنها سابقاً وأمثلة قيم العزوم الأعظمية المرجحة والسائلة منها مباشرة . على أنه يتم تخفيض قيم تلك العزوم السالبة بمقدار 15% وزيادة المرجحة بما يناسب ذلك .

الطريقة الثانية :

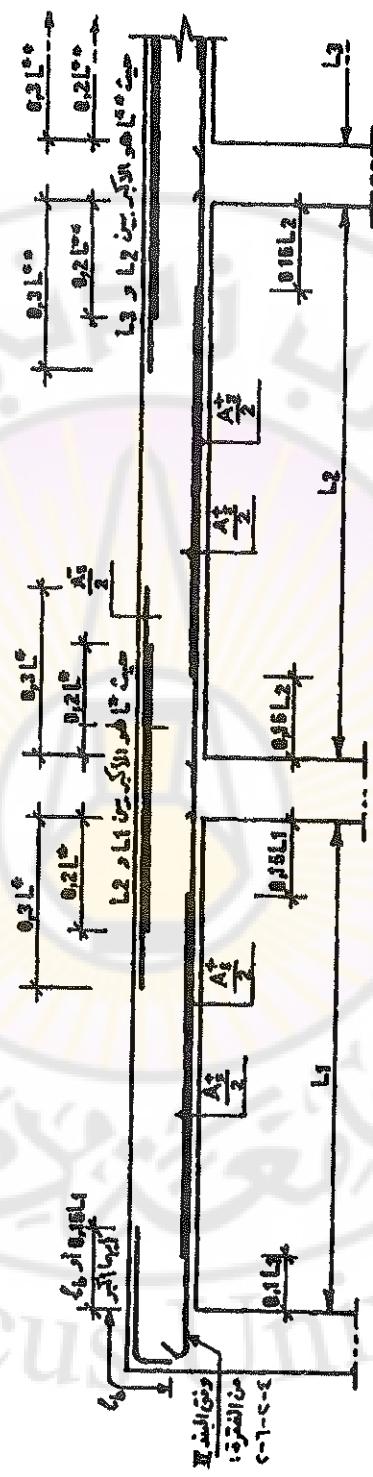
تستخدم هذه الطريقة لتصميم الموارز المستمرة التي تتحقق الشروط التالية مما :

- ١ - المعايير تحمل حمولات موزعة بانتظام فقط .
- ٢ - لا تزيد الحمولة الحية المصعدة عن ضعفي الحمولة الميتة المصعدة $q_1 \leq 2q_2$.
- ٣ - لا يختلف كل جوزيات متتاليتين عن بعضهما بنسبة تزيد عن (25%) من المعايير الأكبر .

^(*) لم يعط الكود العربي السوري آلية قواعد عملية تقريبية لتكسيح أو إيقاف القصبات في الموارز . وقد تم اعتبار هذه القواعد وفق ما ورد في بعض مراجع وکودات البناء للسلح .



الشكل (٥-٦٠-٤) الطريقة العملية للكلس.



الشكل (٥-٦٠-٤) الطريقة العملية للإنفاف.

ملاحظة: لـ L₁, L₂, L₃ ... L_n أي ميزارات المعاينه بما يوجه الداخليه للساند.

فإذا كانت جميع هذه الشروط محققة في المجاز المستمر يمكن تعين قيم العزوم الأعظمية فيه وقوى القص وردود الأفعال باستخدام طرفة العوامل التقريرية التي أعطتها الكود العربي السوري ، والتي نبين خطواتها فيما سيبقى .

نصل إلى الإشارة إلى أن هذه الطريقة لا تحتاج لإجراء عملية تحويل شطريجي لأن قيم العزوم والقوى المطلوبة فيها أخذت بعين الاعتبار ضمناً تائجاً لحالات التحويل المختلفة . كما أنها لست بحاجة إلى إجراء عملية تحفيض للعزوم السالبة وزيادة الموجبة لأن القيم المطلوبة معلنة وجاهزة .

بمجرد التصميم وفق الخطوات التالية :

- ١ - تحديد المجازات الحسابية .
- ٢ - تحسب شدة المحمولة الكلية الموزعة بالتنظيم w التي تخضع لما كل فتحة على حده . وذلك بمراجعة المحمولتين ، المهمة g والمهمة q ، المؤثرتين في تلك الفتحة : $w = g + q$. (في حال الحساب على حالة أحد الأقصى نأخذ $w = g_{ii} + q_{ii}$) .
- ٣ - توحد قيمة العزوم الأعظمية وقوى القص وردود الأفعال للمجاز من أحد الشكلين (4-61) أو (4-62) تبعاً لمقدار فتحات المجاز المستمر المدرس :

 - فإذا كان المجاز مولفاً من فتحتين فقط توحد القيم المذكورة من الشكل (4-61) .
 - أما إذا كان المجاز مولفاً من ثلاثة فتحات أو أكثر فتوحد القيم من الشكل (4-62) .

في حال عدم تساوي قيمة w و L مجازات المجاز المختلفة توحد قيمة w و L التالية :

w

* عند حساب العزم الموجب وقوة القص في مجاز ما : w هي المحمولة الكلية ($g+q$) الموزعة بالتنظيم على المجاز المعتبر .

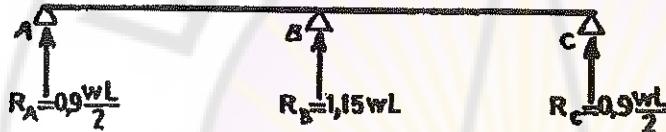
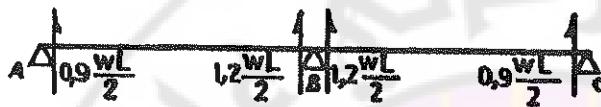
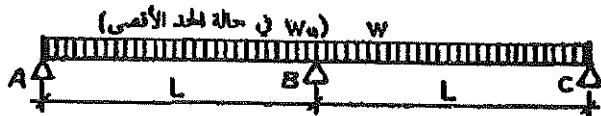
* عند حساب العزم السالب ورد الفعل لمستند ما : w هي متوسط المحمولتين w_{ii} و $w_{i+1,i}$ للمجازين الشجاريين i و $i+1$ الواقعين على يمين ويسار المستند المعتبر .

L

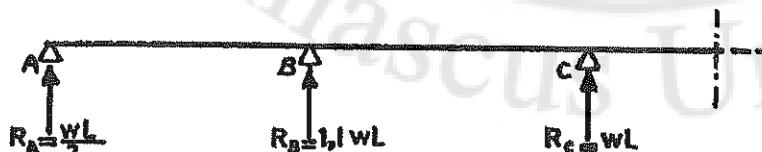
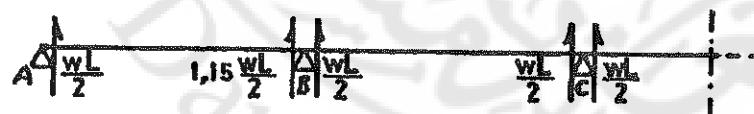
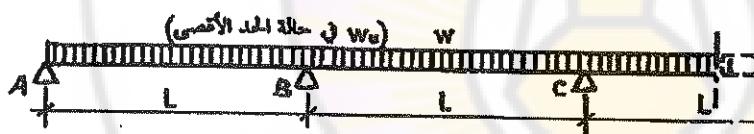
* عند حساب العزم الموجب في فتحة ما : L هو المجاز الحسابي (الفعال) للفتحة المعتبرة .

* عند حساب العزم السالب فوق مستند ما : L هو المجاز الحسابي الأكبر بين المجازين الحسابيين L_i و L_{i+1} للفتحتين i و $i+1$ الواقعتين على يمين ويسار المستند المعتبر .

* عند حساب رد الفعل لمستند ما : L هو متوسط المجازين الحسابيين L_i و L_{i+1} للفتحتين i و $i+1$ الواقعتين على يمين ويسار المستند المعتبر .



الشكل (4-61)



الشكل (4-62)

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

٥ - يجري توزيع القببان الطولية في المعاير باستعداد قاعدة التكسيم العملة المبنية سابقاً على الشكل (4-60-a) أو باستعداد قاعدة الإيقاف العملة المبنية على الشكل (4-60-b) .

٦ - يحسب التسليع العرضي ويوزع على طول المعاير ، وتضاف قببان التعليق . كما تضاف قببان التقلص عند الزروم .

٤-٥-٥. بعض التفصيلات الإنسانية واللاحظات الإضافية :

في ختام حديثنا عن تفصيم المعاير البسيطة المستمرة نرى من الضروري إضافة الملاحظات والتفصيلات الإنسانية التالية .

٤-٥-٥-١. التسليع اللازم إضافة في منطقة استناد جائز ثانوي على جائز آخر رئيس :

عندما يستند جائز ما على الجزء السفلي من جائز آخر خاضع لعزوم موجب فيجب اتخاذ الإجراء المناسب لنقل الحمولة إلى الجزء العلوي (الضغوط) من المعاير الحامل . يتم ذلك عادة باستخدام تسليع خاص (علاقتين) يضاف لتسليع المعاير الحامل في منطقة استناد المعاير الآخر .

يمكن أن يأخذ هذا التسليع المضاف أحد الشكلين التاليين :

أ - بما أن يكون على شكل أساور شاقولية إضافية توزع على امتداد المنطقة R_u (المجاز الحامل ، كما هو مبين في الشكل (4-63-a) . ولاحظ أن المسافة \overline{ab} تسلوي : $\overline{ab} = b_{w2} + 2(d_1 - H_2)$ تم حسب هذه الأسوار بحيث يكون مجموع مقاطع أذرعها الشاقولية كافية لتحمل كامل رد فعل المعاير المحمل .

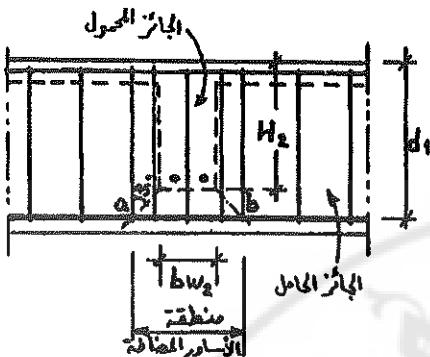
ب - أو أن يكون التسليع المضاف على شكل قببان مثبتة بشكل V كما في الشكل (4-63-b) لا يقل عددها عناثان . وفي هذه الحالة يتم حساب مساحة مقطع هذا التسليع كما يلي :

يأتينا أن R_u هو رد الفعل الأعظمي للمجاز المحمل ، بللاحظ من الشكل أن لدينا :

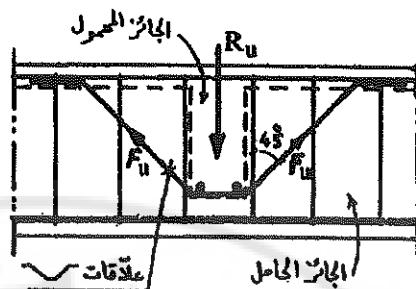
$$2F_u \cos 45^\circ = R_u$$

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

$$A_s = \frac{F_u}{0.9f_y}$$



(a)

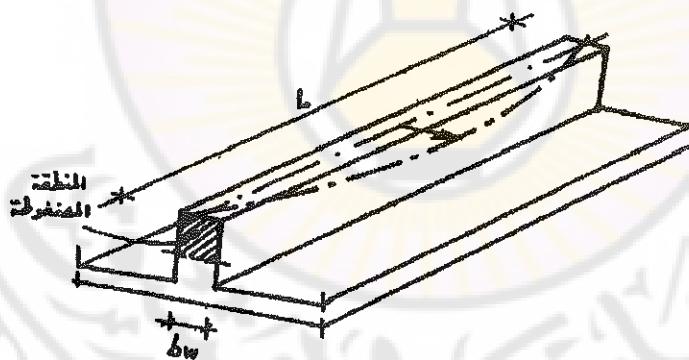


(b)

الشكل (4-63)

٤-٥-٢- تأمين الاستقرار العرضي للجوازات المفلترة ، ضد التحبيب :

في الجوازات البسيطة ، وفي بخارات الجوازات المستمرة ، تكون المنطقة المصفرة من لقطع القلوب واقعة في أعلى العصب . فإذا كان عرض العصب ثيفاً $\frac{L}{b_w} > 30$ يمكن أن يحدث التحبيب العرضي للعصب ويفقد استقراره قبل أن يصل لقطع إلى طاقة تحمله على الانعطاف الشاتولي ، انظر الشكل (4-64) .



الشكل (4-64)

من أجل تأمين الاستقرار العرضي ضد التحبيب يجب ألا يزيد الجاز الصانع للجاز (أو ألا تزيد المسافة الصافية بين الروابط العرضية للجاز في حال وجود روابط) عن القيمة الأدنى بين القيمتين التاليتين :

$$\left\{ \begin{array}{l} (30b_w) \\ \frac{250b_w^2}{d} \end{array} \right.$$

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

d هو الارتفاع الفعال لقطع العصب في منتصف الفتحة .

تذكرة بعض المراجع طريقة أخرى لتأمين الاستقرار العرضي لعصب الجهاز المقلوب . حيث يتم ذلك بتخفيف الإجهادات المسموح بها على الانعطاف في البيتون بـ $\frac{L}{b_w}$. أي يوحـد تأثير التخبيب العرضي بتخفيف طاقة تحمل المقطع على الانعطاف .

يبين الجدول التالي قيم معامل التخفيف الواجب استخدامه بـ $\frac{L}{b_w}$ نسبة النحافة :

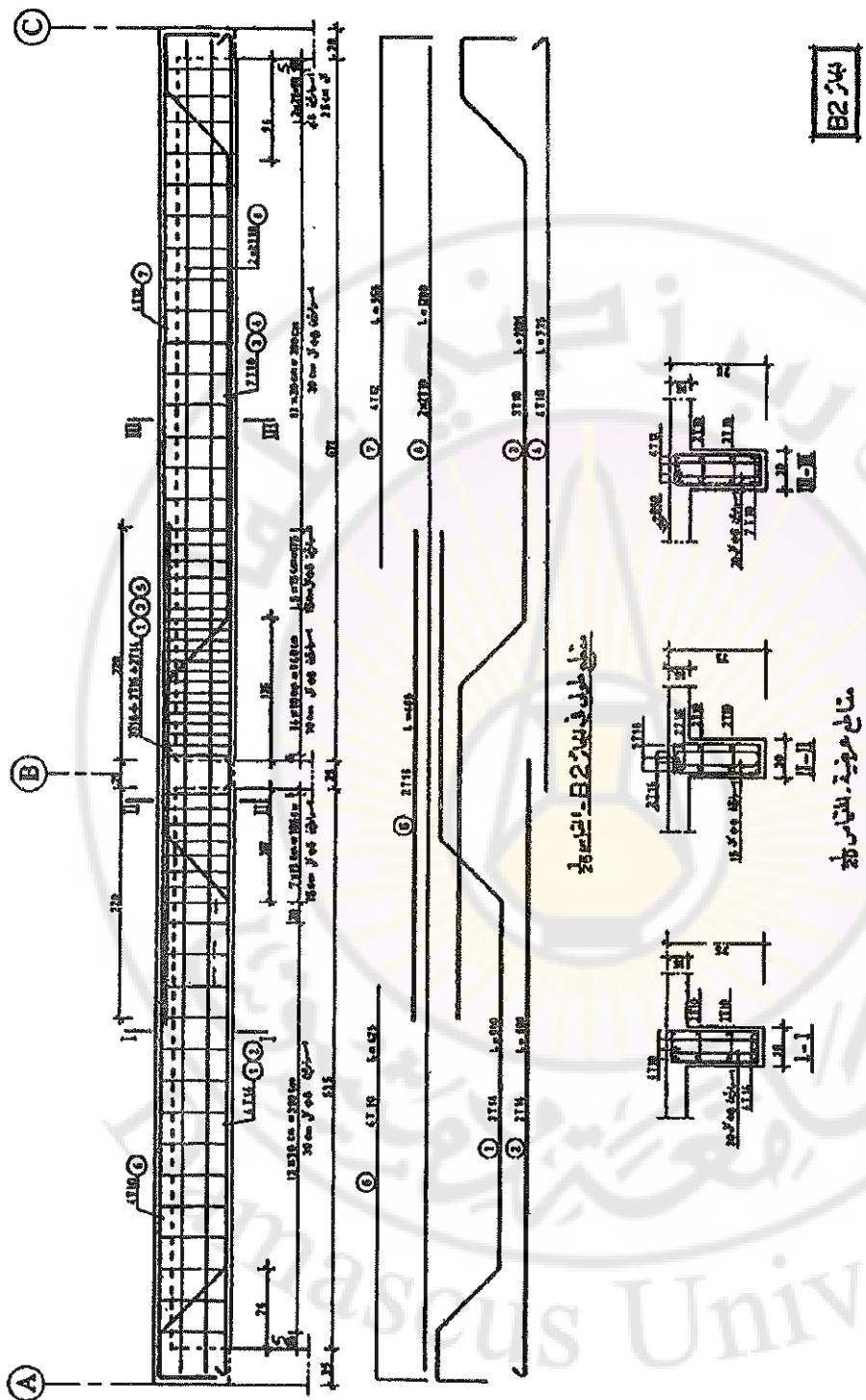
				نسبة النحافة $\frac{L}{b_w}$
60	50	40	30	0,25

معامل تخفيف الإجهادات المسموح بها

٤-٣-٥- كثافة إعداد الرسومات الإنشائية للجهاز :

يتم توضيح أبعاد الجهاز ومسانده وتفاصيل تسليمه عن طريق رسم مقطع طولي للجهاز (مقاييس 1/25 عادة) ، مع مقاطع عرضية لي عدد من المواقع المأمة (مقاييس 1/20 أو 1/25) . يبين الشكل (4-65) الرسومات المعدة لجهاز مستمر .

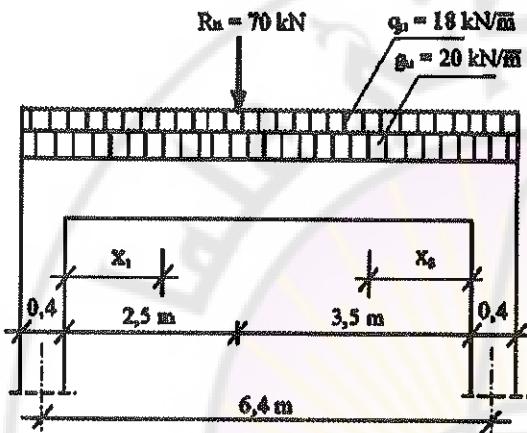
* * *



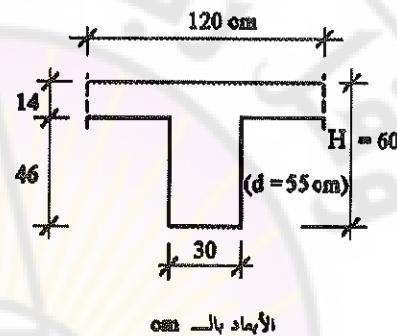
الشكل (4-65)

أمثلة عملية لحساب الجواز

النماذج الأولى :



الشكل (1-a)



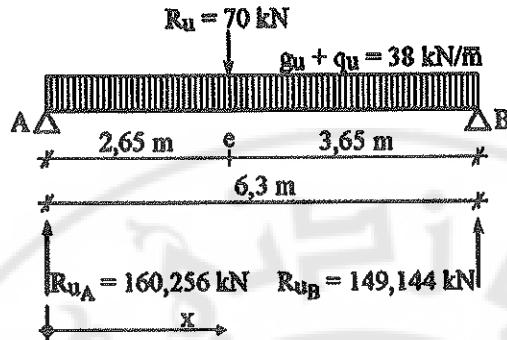
الشكل (1-b)

- (المخازن البسيطة : حساب التسليع على الانعطاف و إيقاف بعض القصبات)
- للمخازن الموضع على الشكل (1) ، و باستخدام $f_y' = 360 \text{ MPa}$ و $f'_c = 18 \text{ MPa}$ و المطلوب :
- ١- احسب التسليع العلوي اللازم مقاومة العزم الأعظم في المخازن ، و اختر القصبات الالزمة (من قطر .) 18 mm
 - ٢- حدد بالطريقة الدقيقة (أي اعتماداً على خطوط العزم) المسافتين X_1 و X_2 اللتين يمكن عندهما فعلياً إيقاف قصبات من القصبات المحسوبة في الطلب الأول . افترض أن أحوال التنفيذ عادية ($\tau_{uu} = 0$) .

حساب المخازن الفعال :

$$L = \begin{cases} \text{الأصغر} & \left\{ \begin{array}{l} l_x = 6,4 \text{ m} \\ l_n \times 1,05 = 6 \times 1,05 = 6,3 \text{ m} \\ l_n + d = 6 + 0,55 = 6,55 \text{ m} \end{array} \right. \\ \text{إن} & \end{cases}$$

ردود الأفعال :



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

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

مقدارى العزوم :

$$\begin{cases} 0 < x \leq 2,65 \\ M_{u(x)}^+ = 160,256.x - 38 \frac{x^2}{2} \end{cases} \quad \dots \dots \quad \textcircled{1} \quad \text{في الحال}$$

$$\begin{cases} 2,65 < x \leq 6,3 \\ M_{u(x)}^+ = 160,256.x - 38 \frac{x^2}{2} - 70(x - 2,65) \end{cases} \quad \dots \dots \quad \textcircled{2} \quad \text{في الحال}$$

حساب قيمة العزم الأعظم في الحال :

$$\textcircled{1} \quad V_{u(x)} = 160,256 - 38x = 0 \Rightarrow x = \frac{160,256}{38} = 4,21 \text{ m} \quad (\text{خارج الحال})$$

$$\textcircled{2} \quad V_{u(x)} = 160,256 - 38x - 70 = 0 \Rightarrow x = \frac{90,256}{38} = 2,375 \text{ m} \quad (\text{خارج الحال})$$

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

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

حساب تسلیح المقطع :

لكي نعرف هل المخور السليم واقع ضمن الخناجم أم ضمن المصب . نرى فيما إذا كانت التراجمة التالية صحيحة :

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

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

$$291,2509 < 1110,41$$

فالمخور السليم يقع في الخناجم ، لذلك نتعامل معه كمقطع مستطيل عرضه b_f

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

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

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

$$\gamma_0 = 1 - 0,5 \alpha \Rightarrow \gamma_0 = 1 - 0,5 \cdot 0,0601 = 0,970$$

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

5T18

ستوقف قضيبين من أصل 7 قضبان ، أي سيقى 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 المخور السليم يمر في الخناجم ؟

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

$$1272 \times 360 \stackrel{?}{\leq} 0,85 \times 18 \times 1200 \times 140$$

$$457920 < 2570400$$

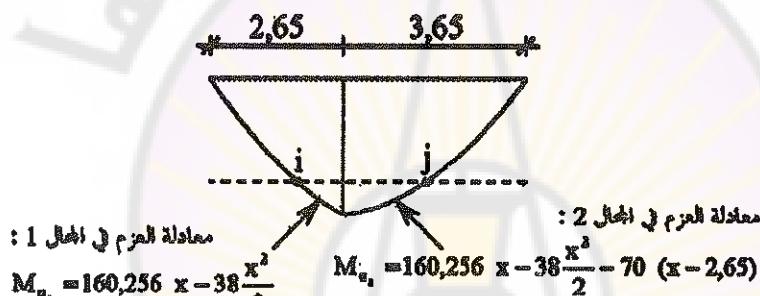
إذن المخور السليم يمر في المجنح : المقطع يعمل كمستطيل عرضه b
علاقة حساب العزم المقاوم في هذه الحالة :

$$M_{u_1} = 0,9 \left[1 - 0,59 \frac{A_s f_y}{b_f d f_c} \right] A_s f_y d$$

$$M_{u_1} = 0,9 \left[1 - 0,59 \frac{1272}{1200 \times 550} \frac{360}{18} \right] 1272 \times 360 \times 550 \times 10^{-6}$$

$$= 221,516 \text{ kN.m}$$

تقاطع قيمة M_{u_1} مع عطّل عزم الانعطاف المؤثر .



إيجاد النقطة i :

$$221,516 = 160,256 x - 38 \frac{x^2}{2}$$

$$19 x^2 - 160,256 x + 221,516 = 0$$

$$x_1 = \frac{160,256 \pm \sqrt{25681,99 - 4 \times 19 \times 221,516}}{38} = \begin{cases} 1,742 \text{ m} \\ 6,69 \text{ m} \end{cases}$$

مقبولة
مرفوضة (خارج المجال)

إيجاد النقطة j :

$$221,516 = 160,256 x - 38 \frac{x^2}{2} - 70 (x - 2,65)$$

$$221,516 = 90,256 x - 19 x^2 + 185,5$$

$$19 x^2 - 90,256 x + 36,016 = 0$$

$$x_j = \frac{90,256 \pm \sqrt{8146,146 - 4 \times 19 \times 36,016}}{38} = \begin{cases} 0,44 \text{ m} \\ 4,31 \text{ m} \end{cases}$$

نفرض أن أحوال التنفيذ عادية يكون وبالتالي $\tau_{\text{av}} = 0$

$$\Delta = \begin{cases} 12 \phi = 12 \times 1,8 = 21,6 \text{ cm} \\ \frac{d}{2} = \frac{55}{2} = 27,5 \text{ cm} \end{cases}$$

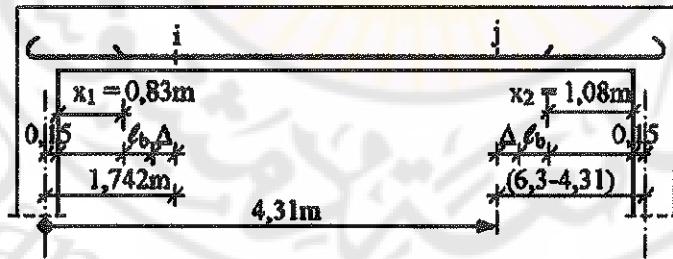
$$\ell_b = \max \begin{cases} 0,016 \frac{f_y}{\sqrt{f'c}} \phi^2 = 439,9 \text{ mm} \\ 0,075 \phi f_y = 486 \text{ mm} \\ 300 \text{ mm} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \ell_b = 48,6 \text{ cm}$$

في حالة الإيقاف يكون لدينا :

$$x_1 = 1,742 - 0,15 - 0,275 - 0,486 = 0,83 \text{ m}$$

$$x_2 = (6,3 - 4,31) - 0,15 - 0,275 - 0,486 = 1,08 \text{ m}$$



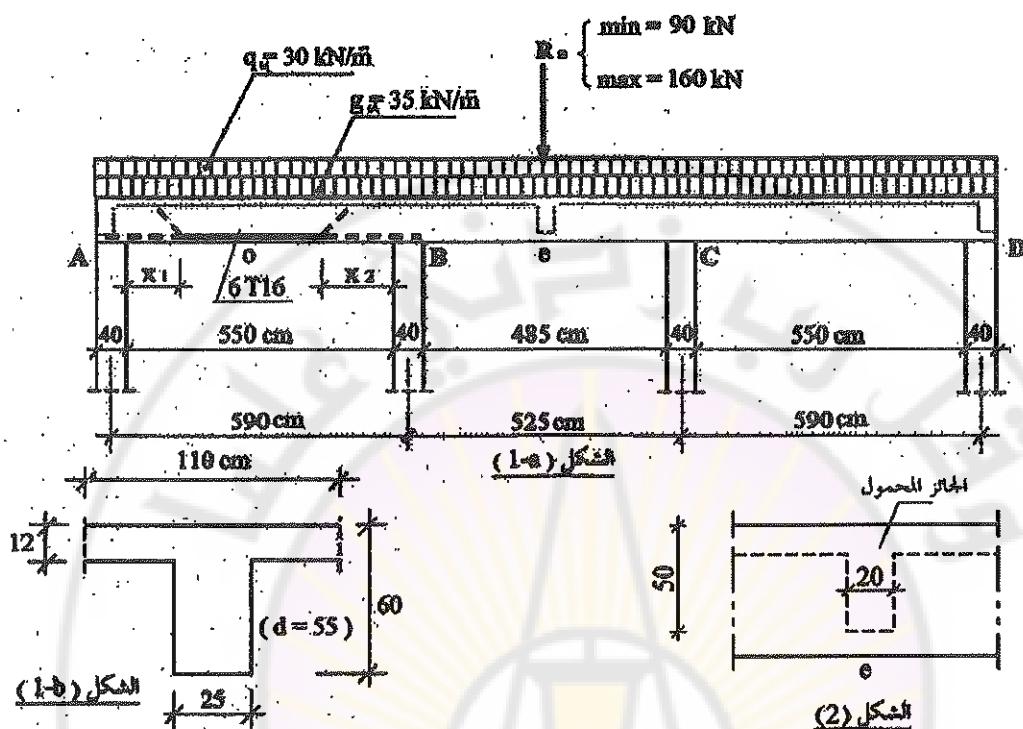
ملاحظة :

لو كان المطلوب هو التكسبيح (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:

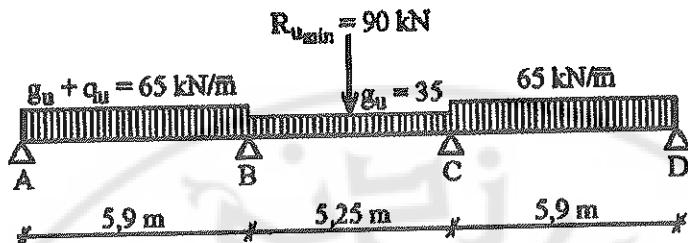


يوضح الشكل (1-a) جائزًا مستمرًا A B C D من البيتون المسلح ، كما يوضح القيم المصنعة للمحمولات الحية والمتة المؤثرة فيه ، (المحولة المية تتضمن الوزن الذاتي ، و المحمولة المركبة عند النقطة C هي رد فعل جائز ثانوي مستند على الجائز المنسوب) . المقطع العرضي للجائز مبين في الشكل (1-b) . بفرض أن أحوال التنفيذ عادية ($\alpha = 0$) ، وأن مقاومات المواد هي : $f_y = 400 \text{ MPa}$ و $f'_c = 20 \text{ MPa}$ ، المطلوب :

- أوجد قيمة العزم المروجب الأعظم في الجاز AB . وإذا علمت أن المقطع الخاضع لهذا العزم الأعظم مسلح على الشد فقط بـ 6T16 وأننا نريد أن نكسع قضيبين من هذه القصبان الستة فاؤخذ بالطريقة الدقيقة المسافتين x_2 و x_1 (المبيتتين على الشكل) اللذين يمكن عندهما فعليًا تكسيع القضيبين .
- احسب قيمة العزم السالب الأعظم فوق المستند B .
- إذا علمت أن القصبان الراصلة للمستند A هي 4T16 ،حقق شرط دخول هذه القصبان إلى المستند المذكور .
- مثل الشكل (2) منطقة استناد الجائز الثانوي على الجائز المنسوب . ارسم شكل التسليع الخاص اللازم وضعه في هذه المنطقة ، و احسب مساحة مقطع هذا التسليع .

• الصب غير استمراري \Leftarrow المعاشرات الفعالة هي الأبعاد بين المعاشر.

١- إيجاد العزم الموجب الأعظم:



$$0 + 2M_{B_u} (5.9 + 5.25) + M_{C_u} (5.25)$$

$$\textcircled{1} \dots = -6 \left[\frac{65 (5.9)^3}{24} + \frac{35 (5.25)^3}{24} + \frac{90 (5.25)^2}{16} \right]$$

$$\textcircled{2} \dots M_{C_u} = M_{B_u}$$

: \textcircled{1} في \textcircled{2} نعرض

$$2M_{B_u} (11.15) + M_{B_u} (5.25) = -6 [556,235 + 211,025 + 155,039]$$

$$27,55M_{B_u} = -5533,794$$

$$M_{B_u}^- = -200,8637 \text{ kN.m}$$

$$M_{B_u}^- = 0,85 (-200,8637) = -170,734 \text{ kN.m}$$

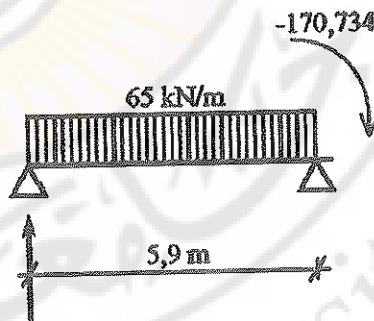
اللائق

$$M_{u_{max}}^+ = 162,812 (x) - 65 \frac{(x)^2}{2}$$

$$V_{ux} = 162,812 - 65 x = 0$$

$$\Rightarrow \bar{x} = \frac{162,812}{65} = 2,5048 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} & \frac{191,75}{162,812} \\ & - \frac{28,936}{162,812} \end{aligned}$$



$$M_{u_{max}}^+ = 162,812 (2,5048) - 65 \frac{(2,5048)^2}{2}$$

$$M_{u_{max}}^+ = 203,906 \text{ kN.m}$$

• حساب العزم المقاوم الأقصى لقطع موري : 4T16

$$4T16 = A_s = 8,04 \text{ cm}^2$$

$$A_s \cdot f_y \leq 0,85 f_t b_f t_f$$

$$8,04 \times 10^2 \times 400 \leq 0,85 \times 20 \times 1100 \times 120$$

$$321600 < 2244000$$

$$b_f = 110 \text{ cm}$$

فإن القطع يحمل كمستطيل عرضه هو

$$M_u = 0,9 \left[1 - 0,59 \frac{8,04 \times 10^2}{1100 \times 550} \frac{400}{20} \right] 8,04 \times 10^2 \times 400 \times 550 \times 10^{-6}$$

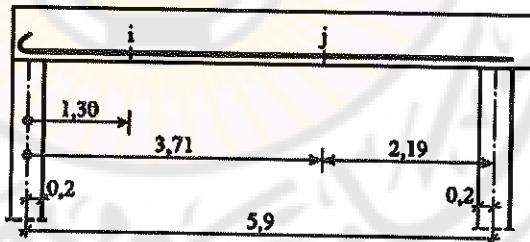
$$= 0,9 [1 - 0,01568] 176,88 = 156,696 \text{ kN.m}$$

إيجاد نقطتي التكسير :

$$156,696 = 162,812 x - 65 \frac{x^2}{2}$$

$$32,5 x^2 - 162,812 x + 156,696 = 0$$

$$x = \frac{162,812 \pm \sqrt{26507,747 - 20370,48}}{65} = \begin{cases} 1,30 \text{m} \\ 3,71 \text{m} \end{cases}$$



$$x_1 = x - 0,2 - \Delta$$

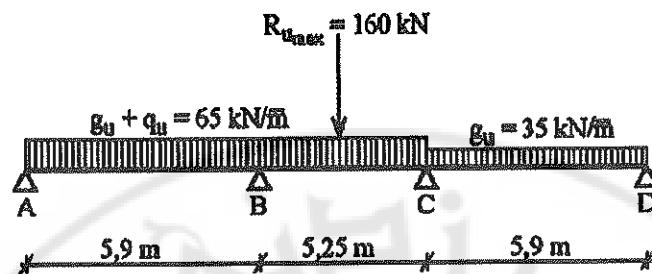
$$x_2 = 2,19 - 0,2 - \Delta$$

$$\tau_{ou} = 0 \Rightarrow \Delta = \begin{cases} \text{الإجهاض} \\ \text{أو} \end{cases} \begin{cases} 12\phi = 1,2 \times 1,6 = 19,2 \text{ cm} \\ \frac{d}{2} = \frac{55}{2} = 27,5 \text{ cm} \end{cases}$$

$$x_1 = 1,3 - 0,2 - 0,275 = 0,825 \text{ m}$$

$$x_2 = 2,19 - 0,2 - 0,275 = 1,715 \text{ m}$$

٤- حساب قيمة العزم المائي الأعظم فوق المتد B :



$$\textcircled{1} \quad 0 + 2M_{Bu}(5,9 + 5,25) + M_{Cu}(5,25) = -6 \left[\frac{65(5,9)^3}{24} + \frac{65(5,25)^3}{24} + \frac{160(5,25)^2}{16} \right]$$

$$22,3 M_{Bu} + 5,25 M_{Cu} = -6 [556,235 + 391,904 + 275,625]$$

$$\textcircled{1'} \quad 22,3 M_{Bu} + 5,25 M_{Cu} = -7342,584$$

$$\textcircled{2} \quad M_{Bu}(5,25) + 2M_{Cu}(5,25 + 5,9) + 0 = -6 \left[\frac{65(5,25)^3}{24} + \frac{160(5,25)^2}{16} + \frac{35(5,9)^3}{24} \right]$$

$$5,25 M_{Bu} + 22,3 M_{Cu} = -6 [391,904 + 275,625 + 299,511]$$

$$\textcircled{2'} \quad 5,25 M_{Bu} + 22,3 M_{Cu} = -5802,242$$

$$\frac{22,3}{5,25} = 4,24762 \quad : \rightarrow \textcircled{1'} \quad \text{نضرب المعادلة}$$

$$\textcircled{1''} \quad 94,7219 M_{Bu} + 22,3 M_{Cu} = -31188,5$$

$$\textcircled{2'} \quad \text{من} \quad \textcircled{1''} \quad \text{نطرح}$$

$$89,4719 M_{Bu} + 0 = -25386,258$$

$$M_{Bu}^- = -283,734 \text{ kN.m}$$

$$\frac{M_{Bu}^-}{\text{المدخل}} = 0,85 (-283,734) = -241,174 \text{ kN.m}$$

$$\textcircled{2'} \quad \text{بالتعريض في المعادلة}$$

$$5,25 (-283,734) + 22,3 M_{Cu} = -5802,242$$

$$-1489,604 + 22,3 M_{Cu} = -5802,242$$

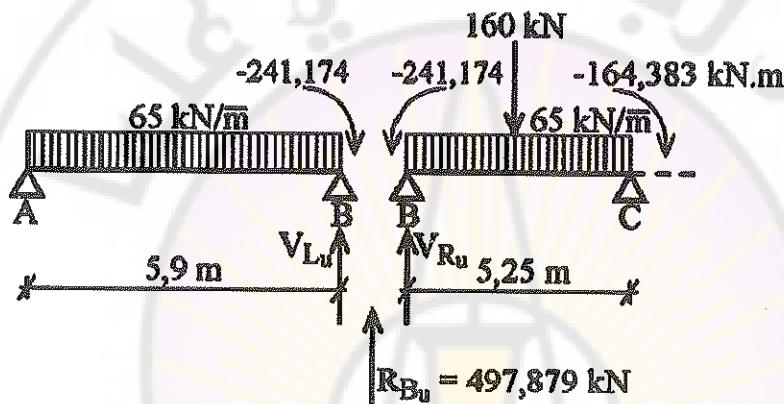
$$22,3 M_{Cu} = -4312,639$$

$$M_{Cu} = -193,392 \text{ kN.m}$$

$$M_{Cu} = 0,85 (-193,392) = -164,383 \text{ kN.m}$$

البعض

حساب رد الفعل R_{Bu} من أحمل حالة التحميل المدروسة :



$$V_{L_u} = \frac{65 \times 5,9}{2} + \frac{241,174}{5,9} = 191,75 + 40,877 = 232,627 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_{R_u} &= \frac{65 \times 5,25}{2} + \frac{160}{2} + \frac{241,174}{5,25} - \frac{164,383}{5,25} = 170,625 + 80 + 45,938 - 31,311 \\ &= 265,252 \text{ kN} \end{aligned}$$

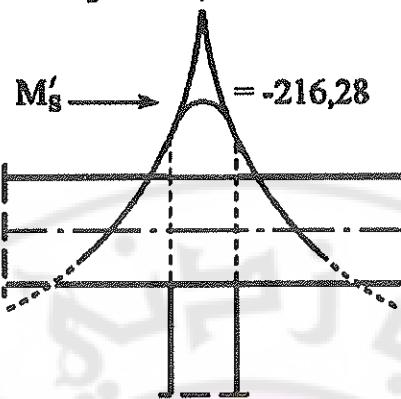
$$R_{Bu} = V_{L_u} + V_{R_u} = 232,627 + 265,252 = 497,879 \text{ kN}$$

• تنوير العزم السالب الأعظم فرق المسند B :

$$M'_s = \left[241,174 - \frac{497,879 \times 0,4}{8} \right]$$

$$M'_{Bu_{max}} = M'_s = 48 \text{ kN.m}$$

$$M_s = -241,174 \text{ kN.m}$$



٣- جواب الطلب الثالث :

يجب أن تتحقق القضبان الداخلة فوق المسند الطرفى الشروط التالية :

طريقة ١ :

١- ألا تقل عن نصف عدد القضبان الموجودة في وسط المجاز ، (و هذا محقن) .

٢- أن تتحقق مساحة مقطعيها الشرط :

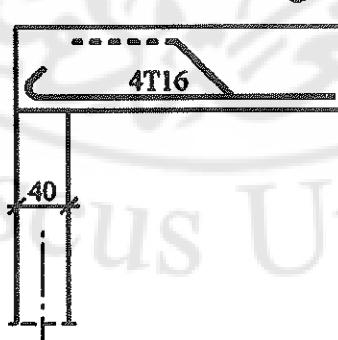
$$A_s \geq \frac{V_{el}}{0,9 f_y} \approx \frac{R_{Au}}{0,9 f_y}$$

$$8,04 \times 10^2 > \frac{162,812 \times 10^3}{0,9 \times 400}$$

$$804 > 452,26 \text{ mm}^2$$

٣- يجب أن تمتد فوق المسند مسافة مستقيمة 25φ [25×1,6 = 40 cm] و نظراً لأن عرض المسند لا يتسع

لذلك (لا يبقى تفطير) فإننا ننهي الأسياخ بعكةفة نظامية تبدأ استدارتها بعد عبور المسند .



طريقة ٢ :

ألا تقل عن نصف عدد القصبات المزجورة في وسط المجاز .

$$\textcircled{1} \quad l_s \geq l_b - \frac{M_u}{V_u}$$

$$A_s = 4T16 = 8,04 \text{ cm}^2$$

$$\left. \begin{array}{l} \phi = 16 \text{ mm} \\ f_c = 20 \\ f_y = 400 \end{array} \right\} \Rightarrow l_b = 48 \text{ cm}$$

$$V_u \approx R_{A_s} = 162,8 \text{ kN}$$

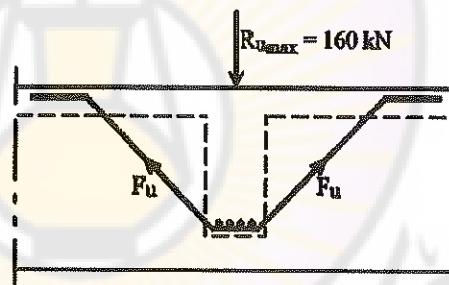
$$M_u = A_s \cdot f_y (0,9 \cdot d) = 8,04 \times 10^2 (400) (0,9 \times 550) 10^{-6} = 159,2 \text{ kNm}$$

$$l_s \geq l_b - \frac{M_u}{V_u} = 0,48 - \frac{159,2}{162,8} = 0,48 - 0,978 = -0,498 \text{ m}$$

$$\textcircled{2} \quad 12\phi + \frac{d}{2} = 12 \times 1,6 + \frac{55}{2} = 46,7 \text{ cm}$$

$$\textcircled{3} \quad 12\phi + \frac{b_s}{2} = 12 \times 1,6 + 20 = 39,2 \text{ cm}$$

$$\textcircled{4} \quad 30\phi = 48 \text{ cm}$$



٤- جواب الطلب الرابع :

طريقة ١ :

باستخدام علاقات بشكل V .

$$F_v = \frac{R_u}{2 \cos 4s^\circ} = \frac{160}{2 \cos 4s^\circ} = 113,137 \text{ kN}$$

$$A_s = \frac{F_v}{0,9 f_y} = \frac{113,137 \times 10^3}{0,9 \times 400} = 314,27 \text{ mm}^2 = 3,143 \text{ cm}^2$$

نستخدم ٣ علاقات بقطع 12 m لأن : $3T12 = 3,39 > 3,143$

طريقة ٢
باستخدام أسوار إضافية :

$$A_{s_i} = \frac{R_{s_{max}}}{0,9 f_{y_i}} = \frac{160 \times 10^3}{0,9 \times 240} = 740,74 \text{ mm}^2 = 7,41 \text{ cm}^2$$

نستخدم خمسة صفوف في كل صف أسوارة ١٥ φ لأن

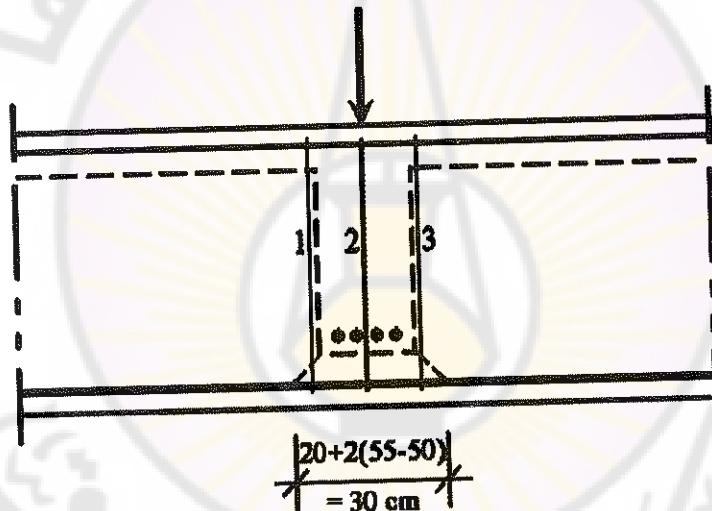
$$5 \times 2 (0,78) = 7,85 \text{ cm}^2 > 7,41 \text{ cm}^2$$

توزيع ضمن المسافة $a+b$.

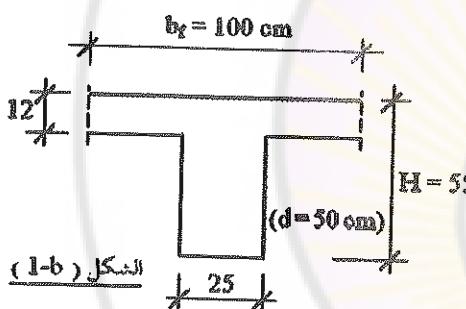
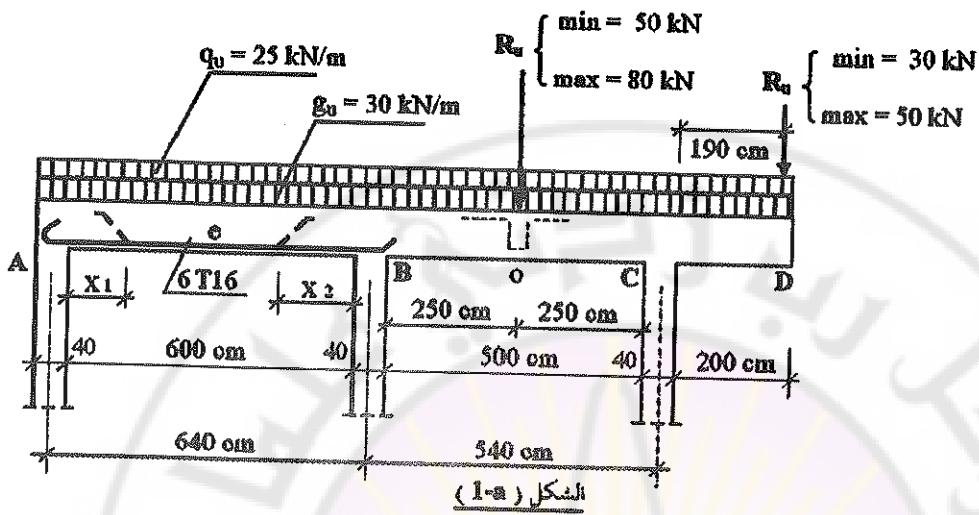
أو ، (كعنيل بديل) ، نستخدم ثلاثة صفوف في كل صف أسوارتين ١٥ φ لأن

$$3 \times 4 (0,78) = 9,36 \text{ cm}^2 > 7,41 \text{ cm}^2$$

توزيع ضمن المسافة $a+b$. انظر الشكل



المثال الثالث :



يوضح الشكل (1-a) حازماً مستمراً متسلماً ظفرياً A B C D من البوتون المسلح كما يوضح القيم المصعدة للحمولات الحية والميغة المؤثرة فيه ، (الحمولة الميغة تضمن الوزن الذاتي) . القطع العرضي للحازم بشكل (تيه) وهو مبين في الشكل (b-1).

نفرض أن أحوال التفہی عاديۃ ($\sigma_u = 0$) ، وأن مقاومات المواد هي: $f_c = 20 \text{ MPa}$ و $f_y = 400 \text{ MPa}$ ، المطلوب :

١- ارسم حالة التحميل التي تعطي العزم السالب الأعظم فرقى المستند B ، وضع على الرسم قيم الحمولات .

٢- ارسم حالة التحميل التي تعطي العزم الموجب الأعظم في الحازم BC ، وضع على الرسم قيم الحمولات.

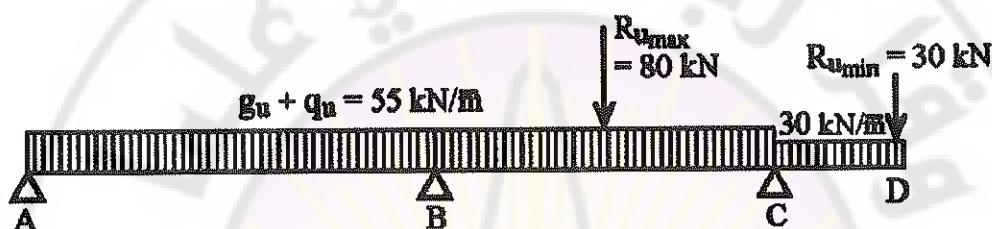
٣- ارسم حالة التحميل التي تعطي العزم الموجب الأعظم في الحازم AB ، وضع على الرسم قيم الحمولات، ثم أحسب قيمة هذا العزم . وإذا علمت أن القطع الخاضع لهذا العزم الأعظم مسلح على الشد فقط بـ 6T16 و أنت تريد أن نكتسح قضيبين من هذه القضبان الستة ، أوجد بالطريقة الدقيقة المسافتين x_1 و x_2 (المبيتين على الشكل) اللتين يمكن عندهما فعلياً تكسح القضيبين .

٤- احسب العزم السالب الأعظم للظفر CD و احسب التسليع اللازم لمقاومة هذا العزم .

- ٥- ارسم التسلیح الخاص اللازم ووضعه في منطقة استناد المعاذر الثانوي على المعاذر المدرس عند النقطة ٥ .
واحسب مساحة مقطع هذا التسلیح . افترض عند التزوم أن أبعاد مقطع المعاذر الثانوي (الحمل) هي : $b_w=20 \text{ cm}$ و $h=50 \text{ cm}$

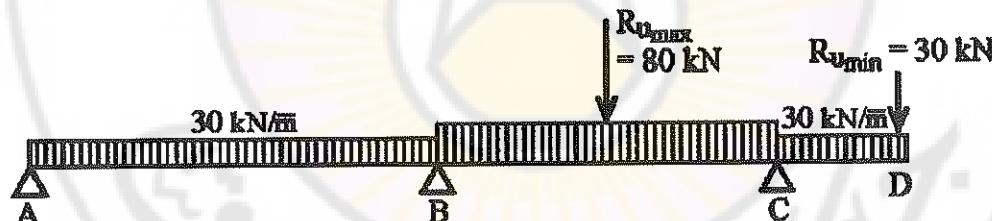
١- جواب الطلب الأول :

حالة التحميل التي تعطي العزم السالب الأعظم فرق المسند B .

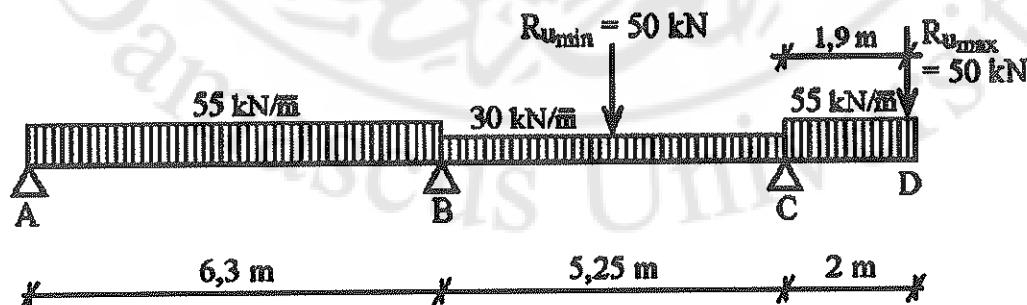


٢- جواب الطلب الثاني :

حالة التحميل التي تعطي العزم المرحوب الأعظم في المعاذر BC .



٣- جواب الطلب الثالث :



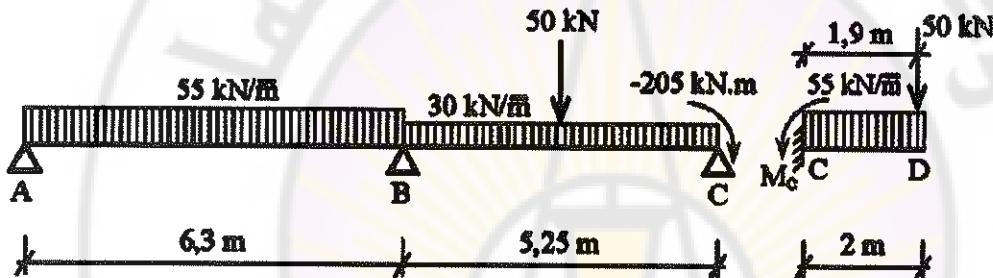
تحديد المعايير الفعالة :

الصلب استمراري ، وبالتالي :

$$L_{AB} = \begin{cases} \text{الأقصى} & 640 \text{ cm} \\ \text{بين} & 600 \times 1,05 = 630 \text{ cm} \\ & 600 + 50 = 650 \text{ cm} \end{cases}$$

$$L_{BC} = \begin{cases} \text{الأقصى} & 540 \text{ cm} \\ \text{بين} & 500 \times 1,05 = 525 \text{ cm} \\ & 500 + 50 = 550 \text{ cm} \end{cases}$$

$$L_{CD} = 200 \text{ cm}$$



$$M_{C_{\text{max}}} = \frac{55(2)^2}{2} + 50 \times 1,9 = 205 \text{ kN.m}$$

$$0 + 2M_B(6,3 + 5,25) - 205(5,25) = -6 \left[\frac{55(6,3)^3}{24} + \frac{30(5,25)^3}{24} + \frac{50(5,25)^2}{16} \right]$$

$$23,1 M_B - 1076,25 = -6 [573,02 + 180,88 + 86,133] = -5040,197$$

$$23,1 M_B = -3963,947 \Rightarrow M_B^- = -171,60 \text{ kN.m}$$

تحلية العزم :

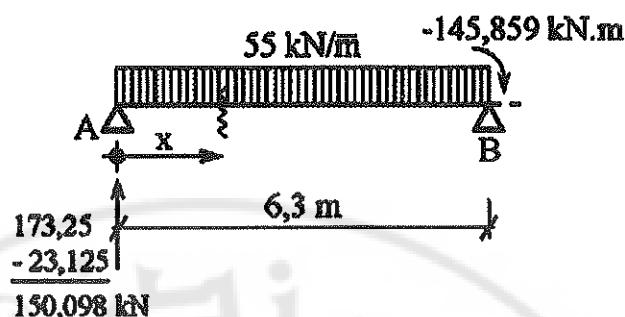
$$M_B^- = 0,85 (-171,60) = -145,859 \text{ kN.m} \quad \dots \textcircled{1}$$

• حساب العزم المروجب الأعظم :

$$M_x = 150,098 - 55 \frac{x^2}{2}$$

$$V_x = 150,098 - 55 x = 0$$

$$\Rightarrow x = 2,729 \text{ m}$$



$$M_{AB}^+ = 150,098 (2,729) - 55 \frac{(2,729)^2}{2}$$

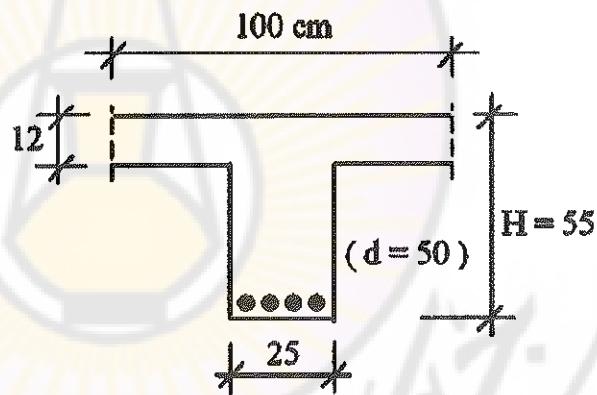
$$= 409,617 - 204,805 = 204,81 \text{ kN.m} \quad \dots (2)$$

• حساب العزم المقاوم الأقصى للمقطع المخاوي على 4T16

$$4T16 = 8,042 \text{ cm}^2 = 804,2 \text{ mm}^2$$

$$A_s f_y \leq 0,85 f'_c b_f t_f$$

$$804,2 \times 400 \leq 0,85 \times 20 \times 1000 \times 120 \\ 321680 < 2040000$$



المحور السليم يقع في المخالب \leftarrow المقطع يعمل كمتطلب عرضه $b_f = 100 \text{ cm}$

$$M_w = 0,9 \left[1 - 0,59 \frac{A_s f_y}{b_f d f'_c} \right] A_s f_y d$$

$$= 0,9 \left[1 - 0,59 \frac{804,2}{1000 \times 500} \frac{400}{20} \right] 804,2 \times 400 \times 500 \times 10^{-6}$$

$$= 142,009 \text{ kN.m}$$

• إيجاد x_1 و x_2 :

$$142,009 = 150,098 x - 55 \frac{x^2}{2}$$

$$27,5 x^2 - 150,098 x + 142,009 = 0$$

$$\bar{x} = \frac{150,098 \pm \sqrt{(150,098)^2 - 4 \times 27,5 \times 142,009}}{55} = \begin{cases} 1,218 \text{ m} \\ 4,240 \text{ m} \end{cases}$$

$\tau_{\text{on}} = 0 \Rightarrow \Delta =$ الأكمان
يبن $\begin{cases} 12\phi = 12 \times 1,6 = 19,2 \text{ cm} \\ \frac{d}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ cm} \end{cases}$

$$\frac{L - \ell_n}{2} = \frac{630 - 600}{2} = 15 \text{ cm}$$

$$x_1 = 1,218 - 0,25 - 0,15 = 0,818 \text{ m}$$

$$x_2 = (6,30 - 4,240) - 0,25 - 0,15 = 1,66 \text{ m}$$

ج - جواب الطلب الرابع:

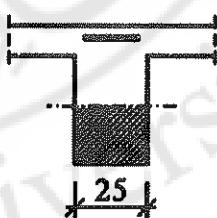
إن العزم السالب الأعظم للظفر CD: هو العزم الذي يتبع عن تحميله بجميع حمولاته المية والجوية.
و قد سبق حسابه في الطلب الثالث وهو $M_c = 205 \text{ kN.m}$ ولم تخض هذا العزم لأن الظفر هو عنصر مقرر.

• 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 يمكن تسليح أحادي.

$$\gamma_0 = (1 - 0,5 \cdot \alpha) = [1 - 0,5 \cdot (0,244195)] = 0,8779$$

$$A_s = \frac{M_u}{0,9 \cdot \gamma_0 \cdot d \cdot f_y} = \frac{205 \times 10^6}{0,9 \times 0,8779 \times 500 \times 400} = 1297,3 \text{ mm}^2 = 12,973 \text{ cm}^2$$

$$7T16 = 14,07 \text{ cm}^2$$

٥- جواب الطلب الخامس :

الحل يتم بإحدى الطريقتين التاليتين :

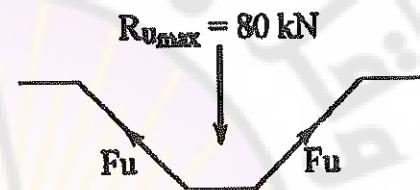
الطريقة ١ :

$$80 = 2 \cdot F_u \cdot \cos 45^\circ$$

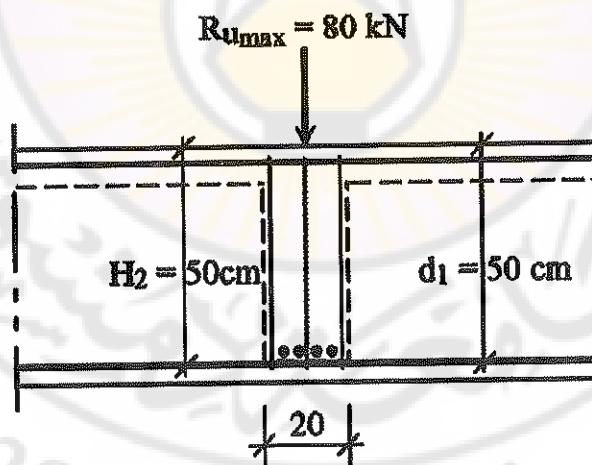
$$F_u = \frac{80}{2 \cdot \cos 45^\circ} = 56,57 \text{ kN}$$

$$A_s = \frac{56,57 \times 10^3}{0,9 \times 400} = 157,13 \text{ mm}^2 = 1,57 \text{ cm}^2$$

$$2T10 = 1,57 \text{ cm}^2$$



الطريقة ٢ :



يلاحظ أن $H_2 = d_1 = 50 \text{ cm}$
أي نضع الأسوار الشاقولية ضمن منطقة متساوية لعرض المعاذر الثاني .

$$A_s = \frac{80 \text{ kN}}{0,9 f_y} = \frac{80 \times 10^3}{0,9 \times 240} = 370 \text{ mm}^2 = 3,7 \text{ cm}^2$$

لختار إما ثلاثة أسوار : ٣Φ١٠ أساور
فروع ٦
أو أربع أساور : ٤Φ٨ أساور
فروع ٨

الفصل الخامس

البلاطات البيتوبية المليئة (المصمتة)

تأليف

الدكتور المهندس محمد فريز عاملين



الفصل الخامس

البلاطات البيتانية الملبنة (المصمتة)

تمهيد، حول أنواع البلاطات البيتانية المصمتة :

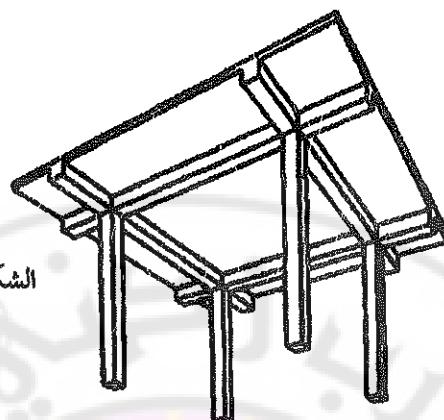
البلاطات هي عناصر إنشائية مستوية رقيقة ، أي أن سمكها أصغر بكثير من بعديها الآخرين . تستخدم البلاطات بشكل واسع كسفرف في المبانى والمنشآت حيث يتم بواسطتها تغطية المساحات والقاعات . كما تستخدم في الجسور .

تعمل البلاطات بشكل أساسى على الانعطاف فتقبل الحمولات المؤثرة فيها إلى الجوانز الخاملة لها ، أو إلى الأعمدة مباشرة في حال عدم وجود جوانز .

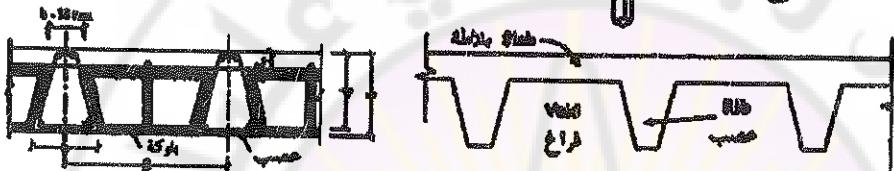
نميز عادة بين أنواع مختلفة من البلاطات تبعاً لشكلها وطريقة عملها الإنشائي ، وهي :

- ١- **البلاطات الملبنة (المصمتة) ، الشكل (١)**
- ٢- **البلاطات المقصبة باتجاه واحد ، الشكل (٢)**
- ٣- **البلاطات المقصبة باتجاهين ، الشكل (٣)**
- ٤- **البلاطات المستوية و الفطرية ، الشكل (٤) .**

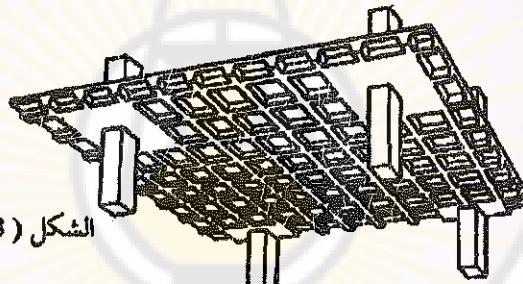
ندرس في هذا الفصل **البلاطات الملبنة (المصمتة)** .



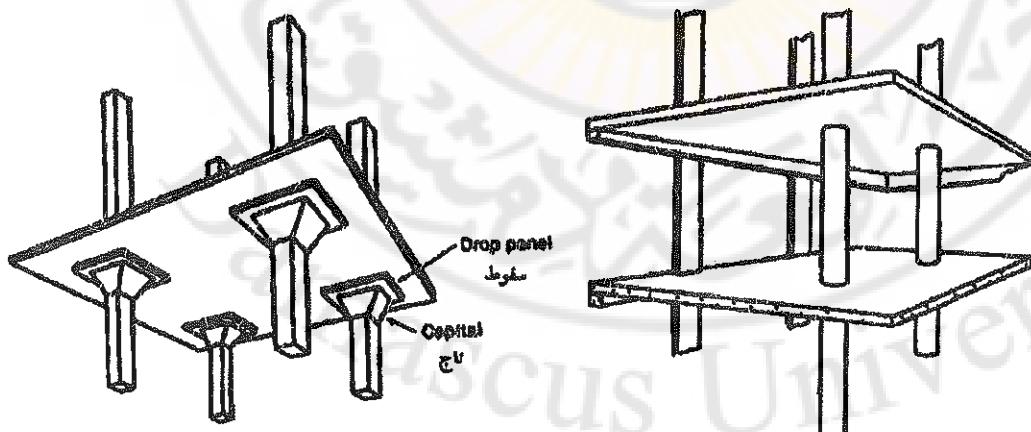
الشكل (1) : بلاطة ملية (معصبة)



الشكل (2) : بلاطات مفرغة (معصبة) باتجاه واحد



الشكل (3) : بلاطة مفرغة (معصبة) باتجاهين



بـ - بلاطة فطرية

أـ - بلاطة مستوية

الشكل (4)

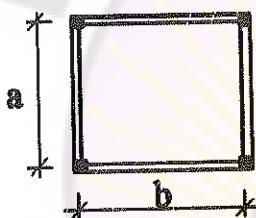
البلاطات البيتولية المليئة (المصممة)

Reinforced Concrete Solid Slabs

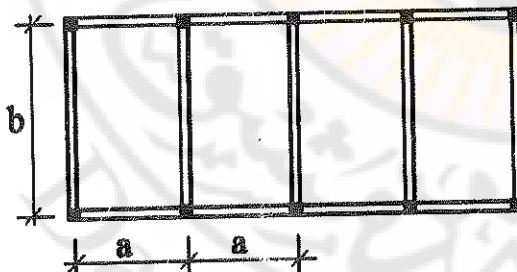
٥-١- مقدمة و تعاريف :

هي بلاطات مصممة تحملها مجموعة من الجوازات الرئيسية والثانوية . يجري انتقال الحمولات من البلاطات إلى الجوازات ومن ثم إلى الأعمدة (التي تشكل نقاط استناد للجوازات الرئيسية) كما هو مبين في الشكلين (١) و (٥).

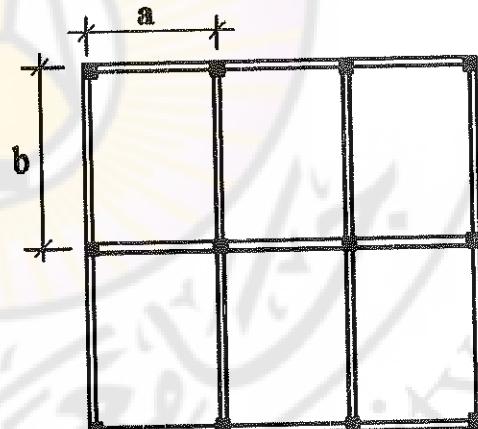
يمكن أن تكون البلاطة مليئة منفردة (مثلاً: حالة سقف لغرفة واحدة منعزلة) كما في الشكل (٥-أ) ، أو أن تكون البلاطات مستمرة كما في الشكلين (٥-ب) و (٥-ج) على سبيل المثال .



(5-أ) : بلاطة منفردة



(5-ب) : بلاطة مستمرة



(5-ج) : بلاطة مستمرة

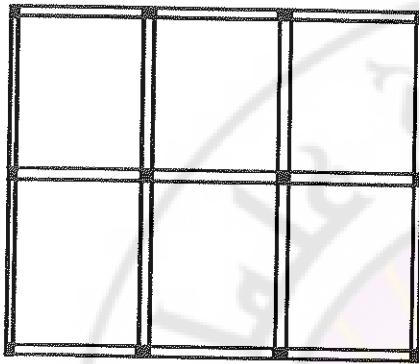
الشكل (5)

نرمز عادة للبعد القصدير للبلاطة بالرمز a و نرمز لبعدها الطويل بـ b (انظر الشكل ٥)، فإذا كانت البلاطة مربعة كان لدينا $\frac{a}{b} = 1$.

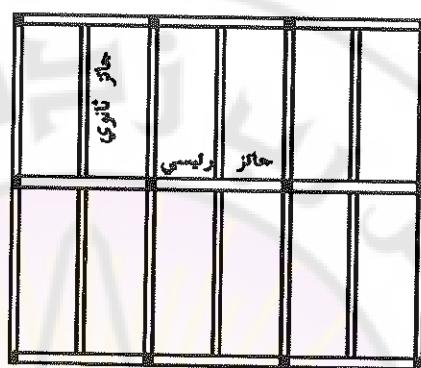
يُقسّم هذا النوع من البلاطات ، تبعاً لأوضاع و تباعدات المحوائز ، إلى نوعين فرعرين هما :

- البلاطات المليئة التي تتحمل بالتجاه واحد ، (الشكل 6-a) .
- البلاطات المليئة التي تتحمل بالاتجاهين ، (الشكل 6-b) .

(وسيتم توضيح ذلك في الفقرة ١-٢-٥ القادمة) .



(a)



(b)

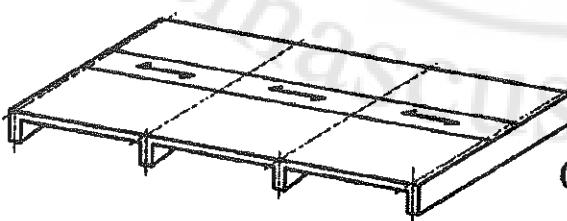
الشكل (6)

٦-٢- دراسة البلاطات المليئة

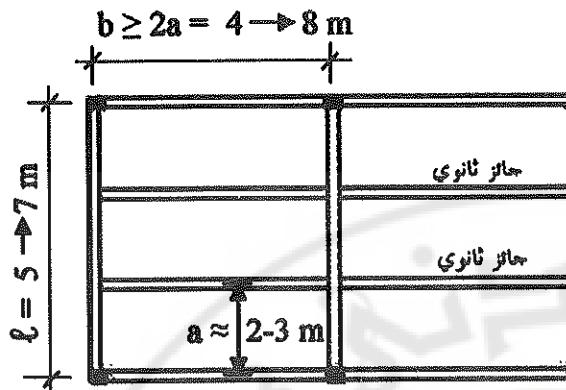
٦-٢-١- تعريف البلاطات المليئة العاملة بالتجاه واحد والبلاطات المليئة العاملة بالاتجاهين :

إن لطريقة استناد البلاطة المليئة ولنسبة بعديها $\frac{a}{b}$ تأثيراً كبيراً في كيفية عمل البلاطة على الانعطاف تحت تأثير الحمولات . فالبلاطة المليئة تعمل على الانعطاف بالتجاه واحد فقط (بطريقة مشابهة لعمل المحوائز) في الحالات التالية :

- أ - إذا كانت مسنودة من طرفيين متقابلين فقط ، كما في الشكل (7-a) .
- ب - أو إذا كانت مسنودة من أطرافها الأربع ولكن كانت نسبة بعديها تحقق الشرط $a \geq 2b$ (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 يعُد الاتجاه القصر a هو الاتجاه العامل (أي يحمل وحده كاملاً الحمولة) ويُهمَل دور الاتجاه الآخر b . و سنتين في الفقرة القادمة (٢-٢-٥) 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 والسمكـات المستخدمة عادة في البلاطـات المـلـبة :

• فـي حـالـة البـلاـطـات الـتـي تـعـمل بـاتـجـاه وـاحـد :

- يكون العـازـر a للـبـلاـطـة (أـي تـبـعد جـواـزـهـا الثـانـوـيـةـ) حـوـالي 2-3 m ، (و قد يـصـلـ في بعض الأـسـيـانـ إلى 4 أـمـتـارـ) .

- و يـكـونـ طـولـ عـازـرـ الجـائزـ الثـانـوـيـ الـحـامـلـ لـلـبـلاـطـةـ حـوـاليـ 4ـ إـلـىـ 6ـ أـمـتـارـ ، وـقـدـ يـصـلـ إـلـىـ 8ـ أـمـتـارـ .

- و طـولـ فـتـحةـ الجـائزـ الرـئـيـسيـ الـحـامـلـ لـلـجـائزـ الثـانـوـيـ يـتـراـوـحـ مـنـ 5ـ إـلـىـ 7ـ أـمـتـارـ .

- وـتـكـونـ سـمـاكـةـ الـبـلاـطـةـ حـوـاليـ 8ـ إـلـىـ 14ـ سـمـ حـسـبـ الـحـاجـةـ .

• أـمـاـ فـيـ الـبـلاـطـاتـ الـتـي تـعـملـ بـالـاتـجـاهـيـنـ :

- فـإـنـ بـعـدـيـ الـبـلاـطـةـ a و b يـتـراـوـحـانـ مـنـ 4ـ إـلـىـ 6ـ أـمـتـارـ .

- وـسـمـاكـةـ الـبـلاـطـةـ يـخـلـودـ 8ـ إـلـىـ 16ـ سـمـ حـسـبـ الـحـاجـةـ .

٢-٢-٣ - دراسة أولية بين سبب إهمال دور البعد الطويل b للـبـلاـطـةـ في حلـ الـحـمـولاتـ عـنـدـماـ تكونـ نـسـبةـ بـعـدـيـ

الـبـلاـطـةـ هيـ $b/a \geq 2$:

بيـنـ الشـكـلـ (8)ـ بـلاـطـةـ مـلـيـةـ مـسـطـوـلـةـ مـسـتـنـدـةـ اـسـتـنـادـاـ بـسـيـطـاـ عـنـدـ حـوـافـهـ الـأـرـبـعـةـ . لـنـفـرـضـ أـنـ هـذـهـ

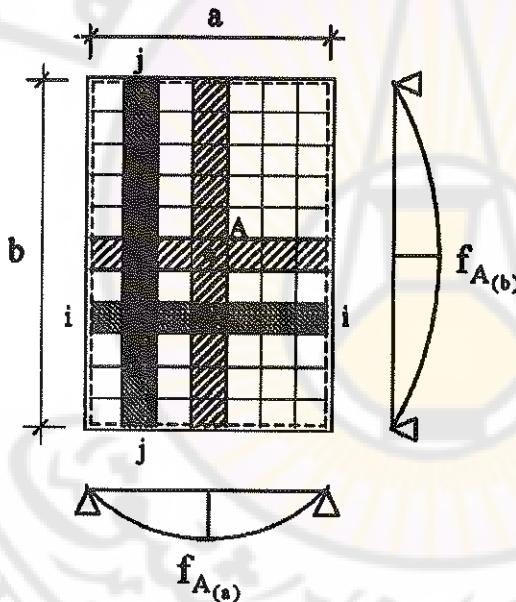
بـلاـطـةـ سـتـخـضـعـ لـحـمـولـةـ مـوزـعـةـ بـاـنـظـامـ عـلـىـ كـامـلـ سـطـحـهـ ، شـدـدـهـ هـيـ q kN/m² .

هدف في دراستنا إلى تحديد مقدار إسهام كل من الاتجاهين القصير (a) والطويل (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 $i-j$ والعرضية $j-i$ ، 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 سنطرق 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 حازل يحيط خاضع إلى حمولة موزعة بانتظام هو:

$$f = \frac{5q\ell^4}{384 EI}$$

وبالتالي يكون لدينا :

السهم الحاصل عند النقطة A في الشرحة القصيرة a هو :

$$f_{A(a)} = \frac{5q_a a^4}{384 EI}$$

السهم الحاصل عند النقطة A في الشرحة الطويلة b هو :

$$f_{A(b)} = \frac{5q_b b^4}{384 EI}$$

ونظراً لأن سهmi الشرفين عند النقطة A يجب أن يكونا متساوين ، نكتب :

$$f_{A(a)} = f_{A(b)}$$

ومنه نجد :

$$\frac{q_a}{q_b} = \frac{b^4}{a^4}$$

متالشة :

- عندما تكون البلاطة مربعة ، أي $a = b$ ، تعطى العلاقة السابقة :

$$q_a = q_b \quad \text{أي :} \quad \frac{q_a}{q_b} = 1$$

أي أنه عندما تكون البلاطة مربعة فإن كلا الاتجاهين سيشهدان 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 :

$$\frac{b}{a} = 2 \quad \text{نجد :}$$

$$\frac{q_a}{q_b} = \frac{(2a)^4}{a^4} = (2)^4 = 16$$

وهذا يعني أن الحمولة الموزعة في الاتجاه الطويل ستكون ، في هذه الحالة ، متساوية إلى $1/16$ فقط من الحمولة الموزعة في الاتجاه القصير .

لتتابع و لتحسب العزوم في الشرفين :

$$M_a = \frac{q_a (a)^2}{8}$$

$$M_b = \frac{q_b (b)^2}{8}$$

- من أحل الحالة الخاصة $b = 2a$ يكون :

$$q_a = 16 q_b$$

وبالتالي يكون :

$$M_a = q_b \frac{a^2}{8} = 16 q_b \frac{a^2}{8} = 2 q_b a^2$$

$$M_b = q_b \frac{b^2}{8} = q_b \frac{(2a)^2}{8} = q_b \frac{4a^2}{8} = \frac{1}{2} q_b a^2$$

$$M_b = \frac{1}{4} M_a \quad : \quad \text{ومنه يجد (من أحل الحالة } b = 2a \text{)} :$$

أي أنه عندما تكون نسبة بعدى البلاطة هي $\frac{b}{a}$ يكون عزم الانعطاف المؤثر في الاتجاه الطويل للبلاطة مساوياً - فقط - إلى ربع عزم الانعطاف المؤثر في الاتجاه القصير .

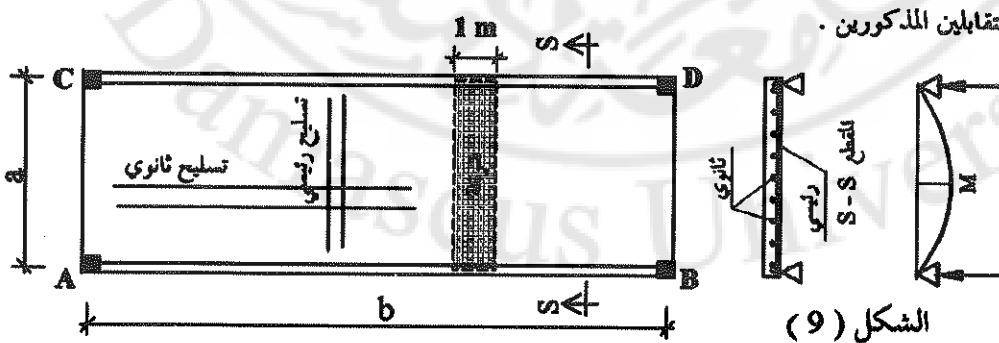
لذا السبب يمكن اعتبار البلاطة المثلثة الطويلة (أي التي يزيد طرفاها a على ضعف عرضها a) أنها تعمل بالاتجاه واحد هو الاتجاه القصير a ، حيث تحمل شرائط البلاطة المتعددة وفق هذا الاتجاه القصير بكامل الحمولة ، وتحسب التسليح الرئيسي اللازم لهذا الاتجاه .

أما الاتجاه الطويل b (الثانوي) فيهمل دوره كلياً في حمل الحمولات نظراً لصغر هذا الدور ، ويسلح تسليح طولي إنشائي لا يقل عن ربع التسليح المستخدم في الاتجاه القصير (الرئيسي) .

٤-٢-٣- حساب و تصميم البلاطات المثلثة العاملة بالاتجاه واحد :

٤-٢-٣- الخطوات المتبعة في عملية تصميم البلاطات التي تعمل بالاتجاه واحد :

نظراً لأن هذه البلاطات تعمل على الانعطاف بالاتجاه واحد (هو الاتجاه القصير) فمن الطبيعي أن تجري دراستها بصورة مشابهة تماماً لدراسة الجوازات . وكمثال على هذا النوع من البلاطات يمكن اعتبار الشكل (٩) الذي بين بلاطة مستطيلة الشكل ومسنودة من الطرفين المتقابلين AB و CD . فإذا كانت الحمولة التي تؤثر في البلاطة موزعة بانتظام يمكن حساب البلاطة و تصميمها باعتبارها جائزاً بسهولة مسنوداً على الطرفين المتقابلين المذكورين .



و بصورة عامة تردد شريحة بعرض متر واحد و مخاضعة إلى الحمولة الإضافية الموزعة q مضافاً إليها الوزن الذاتي g (بشكل تقديرى) . تحسب العزوم في وسط البلاطة (و في مسائدها لو كانت موثقة من الطرفين) باستخدام المعايير L المعروف في البند (آ) من الفقرة (٢-٣-٢-٥) القادمة ، و بعد الحصول على قيم العزوم يحسب الارتفاع اللازم للمقطع حيث نفرض نسبة تسلیع : $\mu_s = \frac{3}{1000} \rightarrow \frac{8}{1000}$

$$\alpha = \mu_s \frac{f_y}{0,85 f'_y} , \quad A_o = \alpha(1 - 0,5\alpha) \quad \text{و تحسب الثوابت :}$$

$$r_0 = \sqrt{\frac{1}{A_o}} , \quad \gamma_0 = (1 - 0,5\alpha)$$

$$d = r_0 \sqrt{\frac{M_{u_{\text{max}}}}{0,9 (0,85 f'_c) b}} \quad \text{ثم تحسب d من المعادلة :}$$

حيث يوجد b (عرض مقطع الشريحة) : $b = 1000 \text{ mm}$

وبالتالي يكون الارتفاع اللازم للمقطع الشريحة (أي سماكة البلاطة) : $H = d + a$:

حيث a هي مسافة التفطير ، (سيتم تحديدها فيما سيأتي) .

نسالع البلاطة بشكل أساسى بالاتجاه المعامد مع أطراف الاستناد المقابلة (انظر الشكل ٩) حيث تتحمل هذه القصبيان كاملاً قوى الشد المتولدة في البلاطة . و تؤدى إلى داخلي أطراف الاستناد المقابلة .
بحسب 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 ، وبما أن الحمولة المعتبرة في هذه الدراسة موزعة بانتظام على كامل البلاطة فيكرر هذا التسلیع بشكل منتظم على جميع الشرائح المتحاورة على كامل البلاطة .

بعد ذلك تحسب السماكة الكلية H للبلاطة انطلاقاً من قيمة A_s المحسوبة ، حيث :

$$H = d + a = d + \frac{\phi}{2} + cov.$$

بحيث لا تقل سماكة القطاع الپیتوئی (۰۰۷) الذي يغطی الأسماخ عن (۳-۲ cm) كما هو مبين في البند (هـ) من الفقرة (۵-۲-۳-۲) القادمة . نلور H هو الأعلى إلى أقرب رقم من :

.. 18 16 15 14 12 10 8 cm

يصادف أن تكون قيمة H اللازمة حسابياً صغيرة في بعض الأحيان لذلك يجب الانتهاء ألا تقل السماكة H المقترنة عن السماكة الدنيا المحددة في البند (ب) من الفقرة ۵-۳-۲-۵ القادمة .

تزود البلاطة المصمتة العاملة باتجاه واحد بالسلع عمودي على التسلیح الرئیسي يسمى بالسلع الثانوي و الغایة منه حفظ البلاطة من التشکقات المختلة الناتجة عن الحرارة والتقلص (الانکماش) إضافة إلى توزيع الحمولات بصورة عرضية في الاتجاه الثنائي . يجب ألا تقل مساحة مقطع التسلیح الثنائي عن $\frac{1}{4}$ مساحة مقطع التسلیح الرئیسي ، وعن القيمة المحددة في البند (د) من الفقرة (۵-۳-۲) تبعاً لنوع الفولاذ .

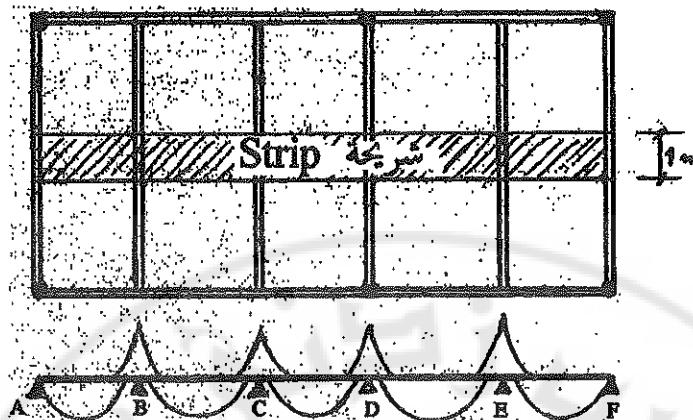
يجب ألا تقل نسبة التسلیح الرئیسي عن النسبة الدنيا $\frac{1}{10}$ المعرفة في الفقرة (ج) .

و تراعي، عند وضع التسلیح ، جبر ، الفوائد المتعلقة ببعادات القضبان وأقطارها وأماكن تكسيرها المذكورة في البند (ج) و (د) من الفقرة (۵-۲-۳) وفي الشكل (12) القادر .

توضع عادة قضبان التسلیح الثنائي فوق قضبان التسلیح الرئیسي لتأمين قيمة كبيرة لارتفاع الفعال h في اتجاه التسلیح الرئیسي الحاصل للبلاطة ، و ذلك كما هو مبين في المقطع ۸-۸ من الشكل (۹) .

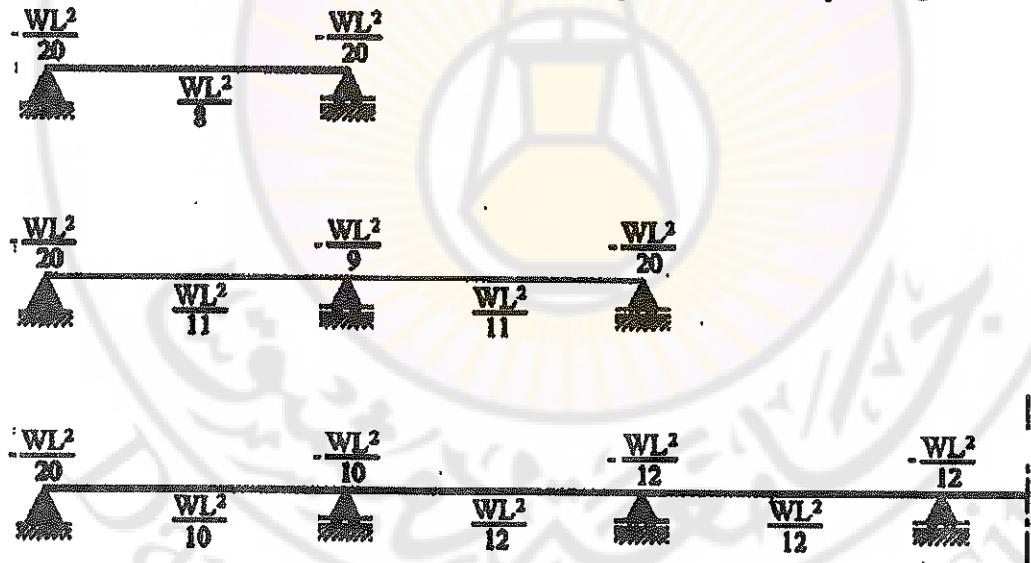
في حال كون البلاطات التي تعمل باتجاه واحد مستقرة فوق عدد من المساند المتحاوره كما في الشكل (10) ، يتم حساب البلاطة بطريقة مشابهة تماماً لطريقة حساب المعاذ المستمر حيث تعتبر شریحة بعرض ۱۱ mm ممتدۃ فوق المساند و تعامل كمعاذ مستمر ، و يوحد المعاذ الحسابي لكل فتحة حسبما هو وارد في البند (آ) من الفقرة (۵-۳-۲) القادمة ، و تحسب العزوم في الشریحة كما يلي :

• في الحالة العامة ، عندما تختلف أطوال المعاذات بأكثر من 25% : تُتحمل الشریحة المستمرة بالحمولة المية وبالحمولة الإضافية (المية) المطلقة شرطيًا و بأوضاع مختلفة و يجري حساب العزوم لحالات التحمل وفقاً لطرق حساب الإنشاءات (مثلاً : معادلة العزوم الثلاثية) بحيث تحصل منها أخيراً على العزوم الأعظمية المرجحة و السالبة في جميع المعاذات و المساند المختلفة . يتضح في أثناء ذلك بأن يتم تخفيض العزوم السالبة بمقدار 15% على أنزيد العزوم المرجحة بما يتاسب مع هذا التخفيف .



الشكل (10)

• في الحالة المعاصرة : عندما تكون المخازن متساوية (أو لا يزيد الفرق بين كل مخازن متاحون عن 25% من المخازن الأكبر) و تكون الحمولات موزعة بانتظام ، ولا يزيد مقدار الحمولة الحية المصعدة عن ضعف الحمولة المئوية المصعدة ، يمكن اعتماد قيم العزوم الأعظمية الموجبة و السالبة المخازنة 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 الطرفية التي تستند إليها البلاطة استناداً بسيطاً ، مقدار هذا العزم الاعتباري هو

كما يوخذ عزم سالب اعتباري في نهاية الطرف الطريل (في حال وجود حائز هناك) مقداره : $\frac{W.L^2}{20}$ - حيث L هو المجاز في الاتجاه القصص . $\frac{W.L^2}{35}$

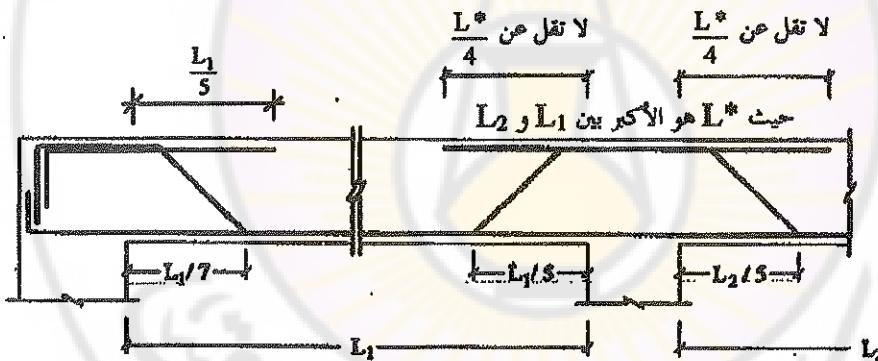
كما يجب ألا تقل قيمة العزم الموجب المعتبر في أية نقطة من فتحات الشريحة عن $\frac{M_0}{2}$.

بعد حساب العزوم في الشريحة المستمرة نعمد إلى حساب الارتفاع الفعال

$$d = r_0 \sqrt{\frac{M_{u_{\text{ش}}}^2}{0,9 (0,85 f_c) b}}$$

$$\mu = \frac{3}{1000} \rightarrow \frac{8}{1000} \text{ ثم نحسب الارتفاع } H \text{ مع مراعاة القاعدة (هـ) المتعلقة بالنقطة و القاعدة (بـ)}$$

(بـ) المتعلقة بالسمك الدنيا المذكورين في الفقرة (٢-٣-٢-٥) . ثم نحسب التسليع في مختلف مقاطع الشريحة وفقاً لقيم العزوم الموجبة و السالبة و يحدد عدد القضبان و أقطارها و تباعدتها حسب الشروط (جـ) و (دـ) المتعلقة بالتسليع المذكورة في الفقرة القادمة . و يتم تكسيع القضبان حسبما هو وارد في الشكل (12) .



الشكل (12) : تكسيع التسليع في البلاطات المستمرة ذات المجازات المتقاربة .

ملاحظة : يؤكد المؤلف على أن القيمة $\frac{L^*}{4}$ هي الحد الأدنى لـ القضبان العلوية ، ويصبح بأ最大限度 قيمة لهذه القضبان واقعة بين $\frac{L^*}{4}$ و $\frac{L^*}{3}$.

يضم (يكبر) التسليع المقصم هذه الشريحة على جميع الشرائط المعاور لها في البلاطة . إن من النقاط الأساسية التي يجب مراعاتها في البلاطات التي تعمل باتجاه واحد هو وضع التسليع الرئيسي بالنسبة للتسليع الثانوي ، إذ يجب أن يعطى للتسليع الرئيسي الارتفاع الفعال الأعظم سواء كان المقطع المعتبر واقعاً فوق المسند أو في المجاز . وهذا يجعل الارتفاع الفعال للتسليع الثانوي دائمًا أقل من الارتفاع الفعال

للتسلیح الرئیسي . إن هذه الناحیة هامة و يجب ملاحظتها دائمًا سواء عند التنفيذ أو عند حساب التسلیح بواسطه العلاقة $A_s = \frac{M_u}{0.9 \gamma_0 d f_y}$ بالتعريض عن d بالقيمة المناسبة .

و أخيراً ، لا بد من الإشارة إلى أن قيمة إجهادات القص في البلاطات العاديّة الخاضعة لحمولات موزعة بانتظام تكون عادة صغيرة و يمكن الاعتماد على البيرتون فقط في مقاومة هذه الإجهادات . غير أن الأمر مختلف عن ذلك في البلاطات الخاضعة لحمولات مرکزة (بلاطات الحسوس مثلاً) و في البلاطات الفطرية حيث يمكن أن تكون إجهادات القص كبيرة و لا بد من إجراء الدراسة المناسبة للقص في هذه الحالات .

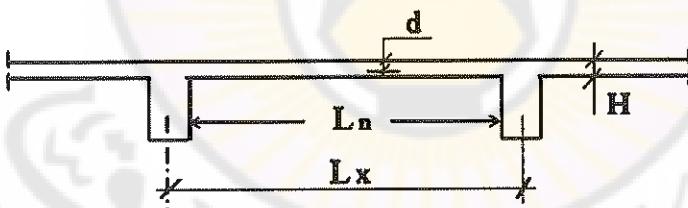
٥-٤-٣-٢- القواعد التي يجب التطبيق في حساب البلاطات التي ت العمل بالتجاه واحد و تفصيلها :

أ- طول الفتحة (الغاز) الحساسي L :

يُوحد المعايير الحساسي مساوياً لـ القيمة الصغرى بين القيم الثلاث التالية (انظر الشكل 13) :

- المعد بين المعاور L_x .
- الطول الصافي (الضوء) L مضروباً بـ 1,05 .
- الطول الصافي (الضوء) L مضافاً إليه d الارتفاع الفعال لقطع البلاطة أي :

$$L = \begin{cases} L_x \\ L_n \times 1,05 \\ L_n + d \end{cases} \text{ الأصغر بين }$$



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 :
- إذا كانت ستحمل حمولات ستاتيكية (حملات مترددة ، مكاتب .. الخ) .
- 8 cm إذا كانت ستحمل حمولات ديناميكية (آلات اهتزازية ، مكابس .. الخ) .
- 12 cm إذا كانت ستحمل حمولات ديناميكية (آلات اهتزازية ، مكابس .. الخ) .

٠ إذا كانت البلاطة مسبقة الصنع :

لا تقل سماكة البلاطة عن 4 cm إذا كانت تحمل حمولات ستابيكية .

(السماكة هنا أقل نظراً للنوعية العالية التي تتمتع بها ، بشكل عام ، العناصر مسبقة الصنع) .

٠ الشرط الثاني :

(يتعلق بالسهم) :

لكي يكون السهم الحاصل مقبولاً يجب ألا تقل سماكة البلاطة عما هو وارد في الجدول التالي :

ظفرية	مستمرة من الطرفين	مستمرة من طرف واحد	البلاطة غير مستمرة (استناد بسيط)
$\frac{L}{10}$	$\frac{L}{30}$	$\frac{L}{27}$	$\frac{L}{25}$

ج- نسبة التسلیح الدنيا و أقطار القصبات و تباعداتها في الاتجاه الرئيسي :

١- يجب ألا يقل مقطع التسلیح الرئيسي عن القيمة الأکبر بين القيمتين التاليتين :

٠ في حالة التسلیح عالي المقاومة :

من المقطع البوتروي المطلوب حسائياً لتأمين المقاومة .

أو $\frac{2}{1000}$ من المقطع النهائي للبيتون (أي من المقطع المستخدم فعلاً ، و هو عادة أكبر من المقطع المطلوب حسائياً) .

٠ في حالة التسلیح الطري الأملس :

من المقطع البوتروي المطلوب حسائياً لتأمين المقاومة .

أو $\frac{1,5}{1000}$ من المقطع الفعلي للبيتون (أي من المقطع المستخدم فعلاً ، و هو عادة أكبر من المقطع المطلوب حسائياً) .

٢- يجب ألا يقل قطر قصبان التسلیح الرئيسي عن 6 mm للقضبان المستقيمة (السفلية) و عن 8 mm للقضبان العلوية أو المكسحة .

٣- لا يزيد قطر قصبان التسلیح (الرئيسي أو الثانوي) عن $\frac{1}{10}$ سماكة البلاطة .

٤- يجب ألا يزيد تباعد بين قصبان التسلیح الرئيسي عن القيمة الأصغر بين :

(ضعف سماكة البلاطة أو 20 cm) .

٥- لا يقل تباعد بين قصبان التسلیح عن 8 cm .

د- نسبة التسليع الدنيا و تبعادات القضايان في الاتجاه الثانوي :

١- يجب ألا تقل مساحة التسليع الثانوي عن $\frac{1}{4}$ مساحة التسليع الرئيسي ، و ألا تقل أيضاً عن :

• في حالة التسليع عالي المقارمة :

$\frac{1}{1000}$ من المقطع الفعلى للبيتون .

• في حالة التسليع الطري الأملس :

$\frac{1,2}{1000}$ من المقطع الفعلى للبيتون .

٢- يجب ألا يزيد التباعد بين قضبان التسليع الثانوي عن القيمة الأصغر بين :

(٣ أمثال سمكية البلاطة أو 25 cm) .

٣- إذا كانت سمكية البلاطة 20 cm أو أكثر يجب وضع شبكة تسليع علوية بنسبة دنيا .

٤- سمكية الغطاء البيتونى :

يجب ألا تقل سمكية الغطاء البيتونى (أي سمكية طبقة البيتون التي تقطع أسياخ التسليع في البلاطات)

عما يلى :

1,5 cm للبلاطات الداخلية غير المعرضة للأحوال الجوية .

2 cm للبلاطات الخارجية المعرضة للأحوال الجوية .

و بالتالى فإن مسافة التقطيع \approx تساوى :

$$a = \frac{\phi}{2} + cov. = 2 \rightarrow 3 cm$$

حيث ϕ : قطر أكبر سبع مستخدم .

٥- البلاطات التي تنتهي بأظفار :

إذا وجدت في نهاية الشريحة المدروسة ظهر (بالكون) فإن العزم التصميمي للظفر (الذي نسلح الظفر وفقه) هو العزم الأعظم الناتج عن تحمل الظفر بجميع الحمولات الحية و الميتة التي يمكن أن تؤدي عليه .

غير أنها تذكر ، من جهة أخرى ، أنه للحصول على العزم الموجب الأعظمي في الفتحة المخوارة للظفر يجب ألا تحمل الظفر بالحملات الحية .

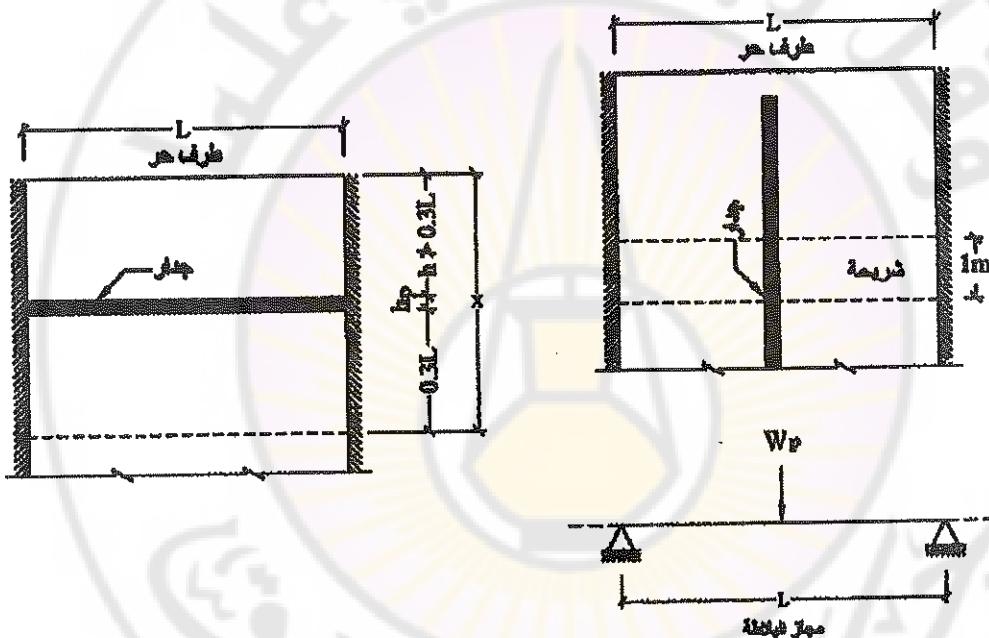
و أخيراً ، إذا كانت سمكية البلاطة المتصالبة بالظفر أقل من $\frac{3}{4}$ سمكية الظفر فيجب عند ذلك دراسة الجائز الواقع بينهما على الفنتل .

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 (1) من الشكل (14) ، أو يمكن أن يكون الجدار موازياً لشريحة البلاطة كما في الحالة (2) من الشكل المذكور .

* **في الحالة (1) :** تحمل كل شريحة من البلاطة بحمولة مرکزة (W_p) تثل وزن شريحة الجدار الواقعة فوق شريحة البلاطة .

* أما في الحالة (2) فتوزع حمولة الجدار - بالتساوي - على جميع شرائح البلاطة الواقعة ضمن المسافة X المعرفة في الشكل (14 ، الحالة 2) .



الحالة (أ) : الجدار عمودي على الشرائح

(في هذه الحالة توزع حمولة الجدار بالتساوي على جميع الشرائح الواقعة ضمن المسافة X المبينة في الشكل) .

الحالة (ب) : الجدار موازي على الشرائح

(في هذه الحالة تحمل كل شريحة من البلاطة شريحة الجدار الواقعة فوقها) .

الشكل (14)

٥-٤ دراسة البلاطات المثلثية التي ت العمل بالاتجاهين :

١-٤-٢-٥ تمهيد :

رأينا سابقاً (في الفقرتين ١-٢-٥ و ٢-٢-٥) أنه إذا كانت البلاطة المثلثية مستندة من الجهات الأربع وكان طولاً أقل من ضعف عرضها $a < 2b$ ، (أي $\frac{a}{b} > 0.5$) ، فلها ت العمل على الانعطاف بالاتجاهين .

وأنه كلما ازدادت النسبة $\frac{a}{b}$ وأصبحت 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 يساهمان بالتساوي في حمل الحمولات المطبقة على البلاطة .

لقد توصلنا إلى هذه النتائج عن طريق إجراء دراسة أولية تقريرية تستند على مبدأ تساوي السهوم للشراح المعادمة :

$$f_{A_{(1)}} = f_{A_{(2)}}$$

$$\frac{5 q_a \cdot a^4}{384 EI} = \frac{5 q_b \cdot b^4}{384 EI}$$

إن هذه الدراسة أعطت فكرة عن مقدار مساهمة كل من الاتجاهين في تحمل الحمولة المؤثرة في البلاطة ، غير أنها لا بد أن نذكر أنها دراسة أولية تقريرية لأننا لم نأخذ فيها بالحسبان وجود عزم ثالث في البلاطة ، هو عزم الفعل ، الذي يحصل بسبب اختلاف سهوم الشراح المعاور .

إن مسألة التحديد الدقيق لأسهام كلا الاتجاهين a و b في تحمل الحمولات المؤثرة في البلاطة هي مسألة غير مقررة يمكن حلها اعتماداً على نظرية المرونة وبصورة خاصة على "نظرية الصفائح". لقد أوجد "لاغرانج" المعادلة التفاضلية للسهم في بلاطة ما خاصة إلى أي نوع من الحمولات وهي المعادلة التالية:

$$\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \cdot \partial y^2} + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} = -\frac{q}{D}$$

حيث تمثل :

W الانحناء الشاقولي (السهم) لنقطة ما من السطح الوسطي للبلاطة .

q الحمولة المطبقة على وحدة السطح .

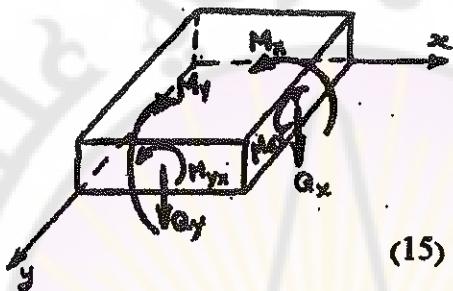
$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \quad D \text{ قساوة البلاطة و تساوي :}$$

E معامل المرونة (يونغ) .

H سماكة البلاطة .

v عامل بواسون .

تحل هذه المعادلة التفاضلية مع استخدام الشروط الحدية الخاصة بالحالة المدروسة ، و بعد تحديد السهم W (بدلالت 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)

$$M_x = -D \left[\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + v \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right] \quad \text{عزم انعطاف في الاتجاه x :}$$

$$M_y = -D \left[\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + v \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right] \quad \text{عزم انعطاف في الاتجاه y :}$$

$$M_{xy} = D (1-v) \frac{\partial^2 W}{\partial x \cdot \partial y} = -M_{yx} \quad \text{عزم فقل :}$$

$$Q_x = -D \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + v \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right] \quad \text{قوة قص :}$$

$$Q_y = -D \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + v \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right] \quad \text{قوة قص :}$$

$$Q_y = -D \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + v \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right] \quad \text{قوة قص :}$$

إن معادلة "لاغرانج" هي معادلة عامة يمكن عن طريقها الحصول على قيم العزوم و المجهود لأي بلاطة مهما كان شكلها (مستطيلة ، دائرية أو مثلثية ... الخ) و مهما كانت شروط استنادها و مهما كان نوع

الحمولات التي تخضع لها (مركزه ، موزعة بانتظام أو مثلثية ... الخ) ، غير أن إيجاد الحل الرياضي لهذه المعادلة عملية شاقة و معقدة مما يجعل دون استخدامها المباشر في أعمال التصميم اليومية .

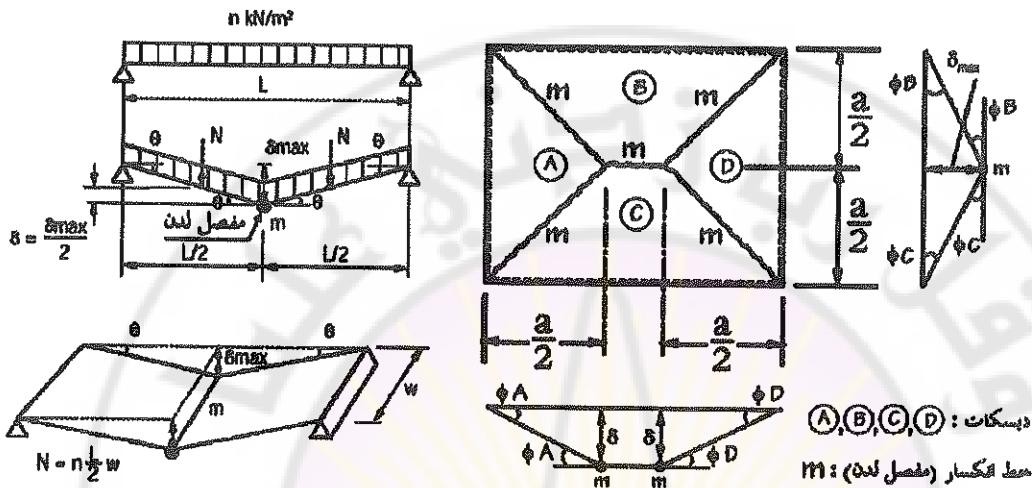
لقد عكف عدد كبير من الباحثين على إيجاد الحلول الرياضية للمعادلة التفاضلية من أجل عدد كبير من أشكال البلاطات و حالات التحميل و الاستناد و تمكنوا من إيجاد الحلول بعد أن وضعوا بعض الفرضيات التبسيطية و استعنوا بطرق الحساب العددي الخاصة بالمعادلات التفاضلية ، و قدموها نتائج حلولهم على شكل حلول أو منحنيات و أيونوا كفاءة استخدامها في عمليات التصميم .

و كمثال على ذلك نذكر : منحنيات "بيجو" الفرنسي التي تستخدم حل البلاطات المستطيلة المستدة استناداً بسيطاً على حوالها الأربع و الخاضعة لحمولة مركزية على مستطيل صغير في وسط البلاطة ، و منحنيات "بوخسر" الألماني التي تستخدم حل البلاطات المستطيلة أو الدائرية بحالات استنادها المختلفة و الخاضعة لحمولة مركزية ، و حداول "باريس" التي تغطي حالياً أكبر عدد من الحالات إذ أنها تقدم الحلول للبلاطات المستطيلة و المثلثية و شبه المترھفة و الدائرية في حالات استنادها المتعددة و الخاضعة لحمولات موزعة كلها أو جزئياً أو حمولات خطية أو مركزية .

غير أن عدداً آخر من الباحثين سلك في دراسته للبلاطات الملبية البيترنية المساحة نفسها آخر . ظلقد أحجرى هؤلاء الباحثون العديد من التجارب لتوضيح السلوك الحقيقي للبلاطات البيترنية ، خاصة و أن مادة البيتون المسلح هي مادة غير مرنة تماماً و غير متغيرة ، و استعاضوا عن حل المعادلة التفاضلية النظرية الصناعي بمبادئ نظرية بسيطة ، و أعطوا بالنتيجة طرقاً جديدة أو حداول عديدة تغير بشكل أفضل عن حقيقة سلوك البلاطات البيترنية المساحة ، و قد تكررت أعمالم 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 مولدة من شرائط متغيرة ثم طبق مبدأ تساوي السهم لكل شريطيتين متقطعتين في نقطة تقاطعهما (انظر الشكل 13) مع إدخال بعض العوامل التي تأخذ بعين الاعتبار دور عزم الفتل الذي يحصل بسبب اختلاف سهوم الشرائط المتحاورة ، حيث يؤدي وجود عزم الفتل إلى تخفيف قيم العزمين M_u و M_v . وقد أحجرى "ماركوس" دراسة أطلق بنتيجتها معامل λ (قيمة أصغر من الواحد) تصرّف بواسطته قيم M_u و M_v فيؤخذ بذلك تأثير وجود عزم الفتل .
كما أن من أهم الطرائق وأحدثها طريقة "التوازن الحدي" التي تدعى أيضاً "طريقة خطوط الانكسار" ،

و هي تقوم على دراسة الوضعية التي تفقد فيها البلاطة قدرها على التحمل تحت تأثير الحمولات الخارجية و تفترض من أجل ذلك أن البلاطة تعمل في مرحلة التوازن الخدي كحملة ديسكات (صفائح) مربطة بعضها بعضًا بتفاصيل لدنة على طول خطوط الانكسار المبينة في الشكل (14) .



أ - حالة بلاطة عاملة باتجاه واحد

الشكل (14) : تطبيق طريقة خطوط الانكسار

على كل حال ، من المستحيل إعطاء دراسة تفصيلية كاملة لطرائق حل جميع أنواع البلاطات لذلك سنكتفي بإعطاء الطرالق التي اعتمدتها الكود العربي السوري لحساب البلاطات المربعة والمستطيلة و

الخاضعة إلى حمولات موزعة بانتظام و ذلك في الفقرة (٤-٢-٥) ، وهي :

- طريقة الجداول .
- طريقة الشرائح .
- الطريقة البسيطة .

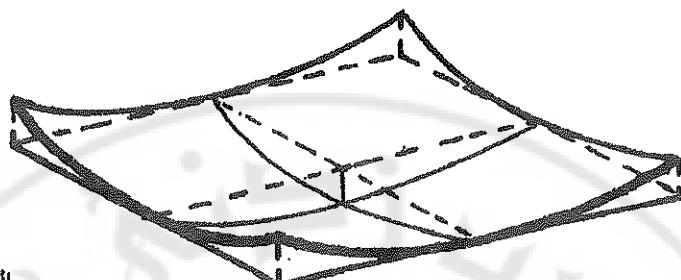
علمًا بأن الكود السوري أشار أيضًا إلى طريقة خطوط الانكسار (التوازن الخدي) دون أن يقلل تفاصيل عنها .

٤-٢-٧ نظرة إلى أهم النتائج التجريبية المتعلقة بسلوك البلاطات

من المفيد ، في هذه المرحلة من حديثنا عن البلاطات المربعة (٣٠-٣١) ، إعطاء فكرة عن سلوكيتها

المحققي الملاحظ تجربياً . لقد بنت التجارب العديدة المبرأة على بلاطات ملية ذات أبعاد مختلفة ، ما يلي :

- ١- إن البلاطة تتحني تحت تأثير الأهمال المطبقة و تحاول زواياها في أثناء ذلك أن ترتفع عن المسائد . (انظر الشكل 17) .

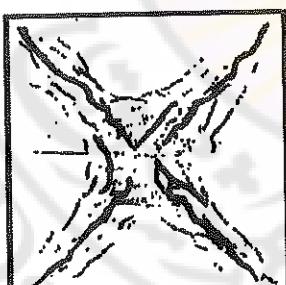


الشكل (17)

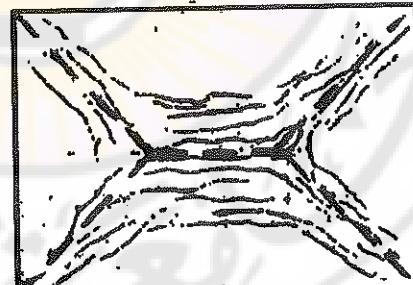
و لذلك يكون رد فعل البلاطة على المسائد المريحة أعظمها عند منصفات أضلاع المربع .

- ٢- عندما تزداد الحمولات عن حد معين تظهر تشيبات على الوجه السفلي للبلاطة و يلاحظ أن هذه التشيبات تتصف 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 الشقوف عدداً و اتساعاً .

(ملاحظة : أن الخطوط المنقطة المبينة في الشكل (18-b) هي خطوط الانكسار التي تحدثنا عنها في الفقرة السابقة) .



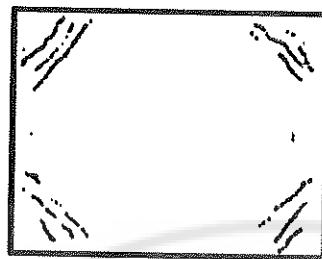
(a)



(b)

الشكل (18)

- ٣- تحت الحمولات الكبيرة و قبيل الانهيار ، تظهر تشيبات على الوجه الآخر (العلوي) للبلاطة و ذلك عند الزوايا و بشكل متعمد مع الأقطار ، إذا كانت زوايا البلاطة متنوعة من الارتفاع (انظر الشكل 19) .



الشكل (19)

٤-٣-٤-٥ معايير البلاطات المستمرة :

إن حدثنا عن البلاطات التي تعمل بالاتجاهين اقتصر حق الآن على حالة البلاطة المفردة ، و ذكرنا أنه أحرىت دراسات لها من أجل جميع حالات استادها الممكنة .

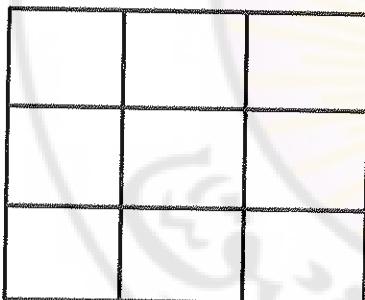
غير أن البلاطات يمكن أن تكون أيضاً مستمرة (كما في الشكل 20) وفي مثل هذه الحالة يترتب علينا :

١- إيجاد طريقة لتحديد قيم عزوم الاستمرار بين البلاطات (فرق المساند) بالإضافة لقيم العزوم المرجحة

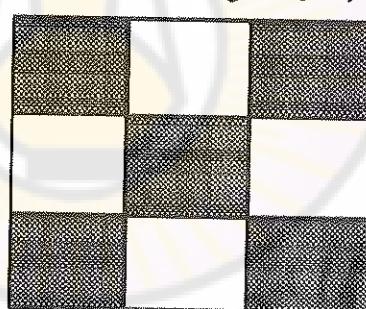
M_e^+ و M_e^- في الممازات .

٢- معرفة قيم العزوم الأعظمية المرجحة و السالبة التي تحصل في البلاطات فيما لو تم تحديدها شطرنجياً

(انظر الشكل 21) .



الشكل (20)



الشكل (21)

إن طرائق الحساب التي اعتملها بعض " الكودات " كانت تتطلب فعلاً تحمل البلاطة شطرنجياً بالحملة الحية و بوضعيات تحمل مختلفة و استنتاج قيم العزوم الأعظمية المرجحة و السالبة ، و لا شك أن هذا يتطلب عملاً طويلاً .

غير أن طريقة حداول الكود العربي السوري ، التي سنقدمها في الفقرة التالية ، لا تتطلب عمل تحمل شطرنجي لأنها أخذت بالاعتبار تأثير التحميل الشطرنجي بشكل غير مباشر عن طريق استخدام عوامل خاصة بالحملة الحية (هي α_{LL}) أكبر من العوامل (α_{DL}) الخاصة بالحملة الثابتة .

٤-٤-٤-٤- طرائق الكود السوري في تصميم البلاطات التي ت العمل بالتجاهين :

١- طريقة الجداول :

- أ- يستند حساب البلاطات بطريقة الجداول على نظرية المرونة بشرط أن توافر المستلزمات الكافية لضمان وضع التسلیح المقاوم لعزم الاختناء السالبة ، في مكانه الصحيح أثناء الصب .
- ب- تقتصر صلاحية هذه الجداول على بلاطات المبني العادي التي لا تتجاوز الأحمال الحية عليها القيمة 5 kN/m^2 (500 kgf/m^2) على أنه يمكن استعمالها لحالات 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 المستردعات والخزانات والمجسورة ... الخ ، تُصمم طبقاً للشروط الخاصة بها .
- د- تطبق الجداول على البلاطات التي ليس فيها ترتيبات مقاومة القفل أوارتفاع الزوايا .
متبعين 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) .
فعماً لشكل استناد البلاطة و لنسبة بعديها $\frac{a}{b}$ يمكن أن تقرأ في الجداول المعطاة قيم العوامل اللازمة لحساب العزوم في البلاطة :

$$\alpha_{A_{ll}} , \alpha_{B_{ll}} , \alpha_{A_{ll}}^- , \alpha_{B_{ll}}^- , \alpha_A^- , \alpha_B^-$$

حسب بعد ذلك قيم العزوم في البلاطة باستخدام العلاقات التالية :

• العزوم الموجبة :

$$M_a^+ = (\alpha_{A_{ll}} g + \alpha_{A_{ll}} P) a^2$$

$$M_b^+ = (\alpha_{B_{ll}} g + \alpha_{B_{ll}} P) b^2$$

• العزوم السالبة في الرئاقات :

$$M_a^- = -\alpha_A^- \cdot W \cdot a^2$$

$$M_b^- = -\alpha_B^- \cdot W \cdot b^2$$

$$W = g + P \quad \text{حيث :}$$

g هي الحمولة المئية على المتر المربع من البلاطة .

P هي الحمولة الحية على المتر المربع من البلاطة .

(أو نأخذ : P_u و g_u و $P_e = g_e$ عند الحساب على حالة الحد الأقصى) .

الجدول رقم (١)

المعلمات المقيدة في المزامن السلبية للبيانات

$\frac{a}{b}$	نسبة	حالة ١ 	حالة ٢ 	حالة ٣ 	حالة ٤ 	حالة ٥ 	حالة ٦ 	حالة ٧ 	حالة ٨ 	حالة ٩ 	حالة ١٠ 
1.00	α_A^-		0.045		0.050	0.075	0.071		0.033	0.061	
	α_B^-		0.045	0.076	0.050			0.071	0.061	0.033	
0.95	α_A^-		0.050		0.055	0.079	0.075		0.038	0.065	
	α_B^-		0.041	0.072	0.045			0.067	0.056	0.029	
0.90	α_A^-		0.055		0.060	0.080	0.079		0.043	0.068	
	α_B^-		0.037	0.070	0.040			0.062	0.052	0.025	
0.85	α_A^-		0.060		0.066	0.082	0.083		0.049	0.072	
	α_B^-		0.031	0.065	0.034			0.057	0.046	0.021	
0.80	α_A^-		0.065		0.071	0.083	0.086		0.055	0.075	
	α_B^-		0.027	0.061	0.029			0.051	0.041	0.017	
0.75	α_A^-		0.069		0.076	0.085	0.088		0.061	0.078	
	α_B^-		0.022	0.056	0.024			0.044	0.036	0.014	
0.70	α_A^-		0.074		0.081	0.086	0.091		0.068	0.081	
	α_B^-		0.017	0.050	0.019			0.038	0.029	0.011	
0.65	α_A^-		0.077		0.085	0.087	0.093		0.074	0.083	
	α_B^-		0.014	0.043	0.015			0.031	0.023	0.008	
0.60	α_A^-		0.081		0.089	0.088	0.095		0.080	0.085	
	α_B^-		0.010	0.035	0.011			0.024	0.018	0.006	
0.55	α_A^-		0.084		0.092	0.089	0.096		0.085	0.086	
	α_B^-		0.007	0.028	0.008			0.019	0.014	0.005	
0.50	α_A^-		0.086		0.094	0.090	0.097		0.089	0.088	
	α_B^-		0.006	0.022	0.006			0.014	0.010	0.003	

$$M_A = \alpha_A^- \cdot w \cdot a^2$$

$$M_B = \alpha_B^- \cdot w \cdot b^2$$

$$w = g + p$$

$$w_a = g_a + p_a$$

الجدول رقم (٢)

المعلمات المقعدة في العزوم الموجهة بتغير الأحمال الثابتة للبيانات

$\frac{a}{b}$	نسبة	حالة ١	حالة ٢	حالة ٣	حالة ٤	حالة ٥	حالة ٦	حالة ٧	حالة ٨	حالة ٩	حالة ١٠
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	

$$M^+_{ADL} = \alpha_{ADL} \cdot g \cdot a^3$$

$$M^+_{BDL} = \alpha_{BDL} \cdot g \cdot b^2$$

(g = الحمل الممتد (الثابت) (٩.٨٣))

الجدول رقم (٣)

المعلمات المحددة في الخصم المرجحة تحت تأثير الأحمال المتفردة للموازنات

$\frac{a}{b}$ نسبة	حالة ١	حالة ٢	حالة ٣	حالة ٤	حالة ٥	حالة ٦	حالة ٧	حالة ٨	حالة ٩
1.00	a_{xLL} 0.036	0.027	0.027	0.032	0.032	0.035	0.032	0.028	0.030
	a_{yLL} 0.036	0.027	0.032	0.032	0.027	0.032	0.035	0.030	0.028
0.95	a_{xLL} 0.040	0.030	0.031	0.035	0.034	0.038	0.036	0.031	0.032
	a_{yLL} 0.033	0.025	0.029	0.029	0.024	0.029	0.032	0.027	0.025
0.90	a_{xLL} 0.045	0.034	0.035	0.039	0.037	0.042	0.040	0.035	0.036
	a_{yLL} 0.029	0.022	0.027	0.026	0.021	0.025	0.029	0.024	0.022
0.85	a_{xLL} 0.050	0.037	0.040	0.043	0.041	0.046	0.045	0.040	0.039
	a_{yLL} 0.026	0.019	0.024	0.023	0.019	0.022	0.026	0.022	0.020
0.80	a_{xLL} 0.056	0.041	0.045	0.048	0.044	0.051	0.051	0.044	0.042
	a_{yLL} 0.023	0.017	0.022	0.020	0.016	0.019	0.023	0.019	0.017
0.75	a_{xLL} 0.061	0.045	0.051	0.052	0.047	0.055	0.056	0.049	0.046
	a_{yLL} 0.019	0.014	0.019	0.016	0.013	0.016	0.020	0.016	0.013
0.70	a_{xLL} 0.068	0.049	0.057	0.057	0.051	0.060	0.063	0.054	0.050
	a_{yLL} 0.016	0.012	0.016	0.014	0.011	0.013	0.017	0.014	0.011
0.65	a_{xLL} 0.074	0.053	0.064	0.062	0.055	0.064	0.070	0.059	0.054
	a_{yLL} 0.013	0.010	0.014	0.011	0.009	0.010	0.014	0.011	0.009
0.60	a_{xLL} 0.081	0.058	0.071	0.067	0.059	0.068	0.077	0.065	0.059
	a_{yLL} 0.010	0.007	0.011	0.009	0.007	0.008	0.011	0.009	0.007
0.55	a_{xLL} 0.088	0.062	0.080	0.072	0.063	0.073	0.085	0.070	0.063
	a_{yLL} 0.008	0.006	0.009	0.007	0.005	0.006	0.009	0.007	0.006
0.50	a_{xLL} 0.095	0.066	0.088	0.077	0.067	0.078	0.092	0.076	0.067
	a_{yLL} 0.006	0.004	0.007	0.005	0.004	0.005	0.007	0.005	0.004

$$M^*_{\text{xx}} = a_{xLL} \cdot p a^2$$

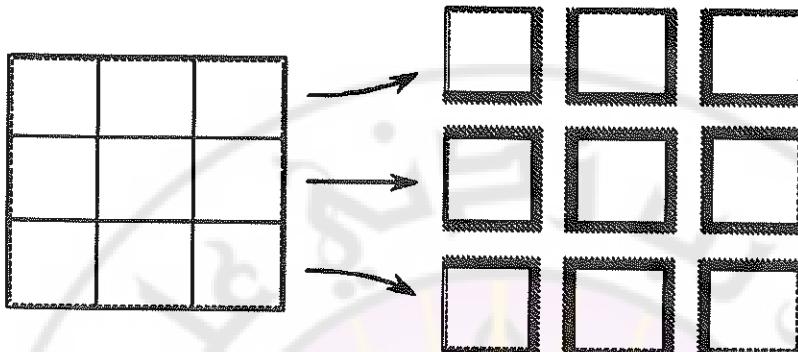
$$M^*_{\text{yy}} = a_{yLL} \cdot p b^2$$

= الحمل الميسي (المتفرد) (P_1) p

بـ- حساب البلاطات المستمرة :

تتبّع في حساب البلاطات المستمرة المخطوات التالية :

- ١- نعتبر مبدئياً أن استناد البلاطة من جهة الاستمرار وثافة تامة ، كما في الشكل (22) .



الشكل (22)

- ٢- نأخذ قيم العوامل الازمة لحساب العزوم في كل بلاطة منفردة من جداول الكود تبعاً لحالات

استنادها و لقيمة النسبة $\frac{a}{b}$ فيها .

- ٣- تحسب العزوم السالبة في الوثاقات و العزوم الموجبة في المجازات لكل بلاطة منفردة .

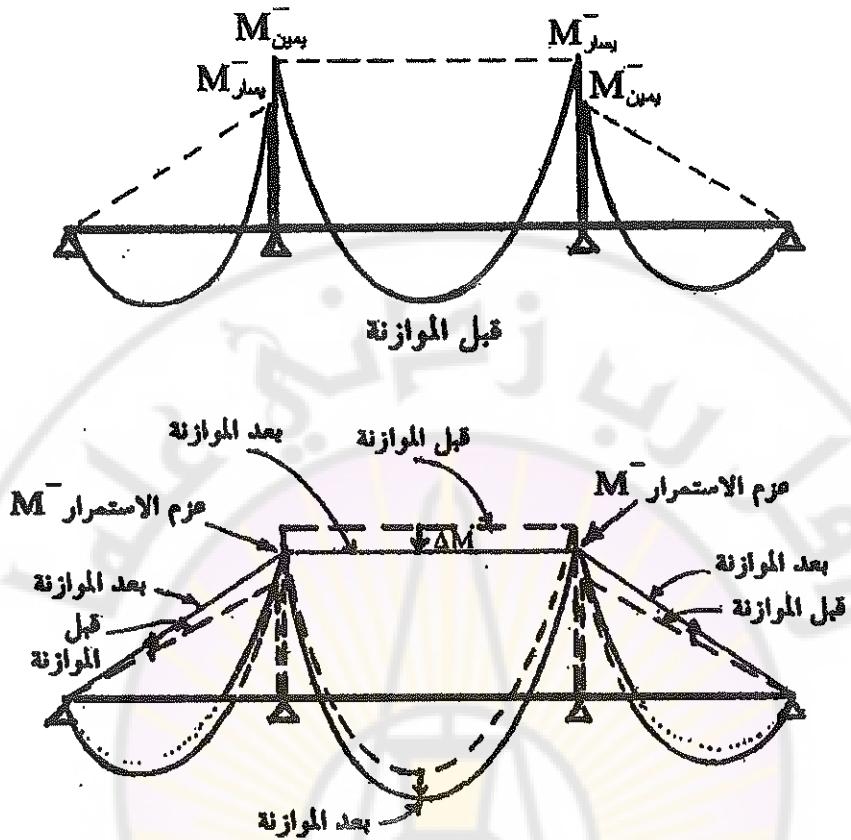
- ٤- نأخذ شرائح طولية و شرائح عرضية على كامل السقف و نضع عليها العزوم الموجبة و عزوم الوثاقات التي حسبت في كل بلاطة باعتبارها منفردة .

- ٥- في حال اختلاف عزمي الوثاقة لبلاطتين متحاورتين في الشرحقة يجري عملية موازنة للعزمين

حيث تحسب عزم الاستمرار كما يلي :

$$M^- = \frac{M_{\text{من}}^- + M_{\text{من}}^+}{2}$$

- ٦- نعدل العزم الموجب تبعاً لتغير قيمة العزم السالب لكل بلاطة من ملاحظة أننا نزيد العزم الموجب في البلاطة التي انخفض عزماها السالب ، و لكن لا ننقص العزم الموجب في البلاطة التي ازداد عزماها السالب ، (انظر الشكل 23) .



الشكل (23)

٧- بعد انتهاء عملية موازنة العزوم السالبة وتعديل الموجة في الشريحة ، خفض العزوم السالبة بحوالى 20% وزيد العزوم الموجة بما يناسب ذلك .

٨- نعتبر وجود عزم سالب " اعتباري " فوق المساند الطرفية (البسيطة) مقداره $\frac{M^+}{3}$ حيث M^+ هو العزم الموجب النهائي في القترة الطرفية .

٩- طرق الشراح :

أ- تقتصر صلاحية هذه الطريقة ، على بلاطات المبانى العادلة التي لا تتجاوز الأحمال الحدية عليها القيمة 5 kN/m^2 (500 kgf/m^2) ، على أنه يمكن استعمالها حالة أحمال حدية أكبر شريطة مراعاة احتمال تغير إشارة العزم في وسط المخاز و عند المسند (نشوة عزم سالب في وسط المخاز و عزم موجب عند المسند) .

ب- فيما عدا ذلك مثل بلاطات المستودعات و الخزانات و الجسور ... إلخ ، تُصمم طبقاً

للاشتراطات الخاصة بها .

ج- تطبق هذه الطريقة على البلاطات التي تستند على جوازات محيطة ذات عمق لا يقل عن مثلي سمكها البلاطة و مصوبوبة استمرارياً مع البلاطة ذات الترتيبات المعينة لمقاومة الفعل و ارتفاع الزوايا و التي تعدّ محققة بوجود حديد تسليح علوي إنشائي عند المسند .

د- تحسب عزوم الانحناء لشرايع بالماهين ، إذ يوزع الحمل الكلي بالماهين ، حسبما يلى :

- 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 تتوارد قيمهما من الجدول (٤) التالي ، ثم تستعمل من أجل حساب عزوم الانحناء ، نفس القواعد المذكورة في البند (١-٤-٨) للبلاطات ذات الاتجاه الواحد ، ولكن مع استعمال w_1 (أو w_2) عوضاً w .

الجدول رقم (٤)

معلمات توزيع الأحمال في البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين

نسبة الاستطالة Γ						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 Γ	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

- تعرف نسبة (درجة) الاستطالة (٢) للبلاطة : بأنها نسبة المسافة بين خطى الانقلاب

(أي خطى انعدام عزم الانعطاف) في الاتجاه الطويل ، إلى المسافة بين خطى الانقلاب

في الاتجاه القصير ، عندما تكون البلاطة المدروسة فقط محملة . تحسب هذه المسافة

بتحليل الإنشائي طبقاً لنظرية المرونة ، إذا كان :

L_1 = الماز الفعال بالاتجاه الطويل للبلاطة .

L_2 = الماز الفعال بالاتجاه القصير للبلاطة .

m_1 = نسبة المسافة بين خطى الانقلاب (أي خطى انعدام عزم الانعطاف) في شريحة محملة من البلاطة في اتجاه المهاز L_1 ذاته .

m_2 = نسبة المسافة بين خطى الانقلاب (أي خطى انعدام عزم الانعطاف) في شريحة محملة من البلاطة في اتجاه المهاز L_2 ذاته .

$$r = \frac{m_1 L_1}{m_2 L_2} \quad \text{فتكون نسبة (درجة) الاستطالة (٢) محسوبة من :}$$

- بالنسبة للبلاطات المستمرة المستعملة في المبانى العادية ، ذات الأهمال الخفيفة المرزعة بانتظام و الصغيرة (لا تتعدي 5 kN/m^2) ، و عندما يكون المهاز L_1 و L_2 لا يقل عن $\frac{2}{3}$ المهاز أو المهازات الحارقة ، و لا يزيد عن 1,5 منه ، يمكن استعمال قيم m_1 و m_2 مساوية إلى 0,87 للفتحات الطرفية ، و 0,76 للفتحات الداخلية ، بينما تؤخذ قيمة الواحد للفتحات غير المستمرة من الجانبيين .

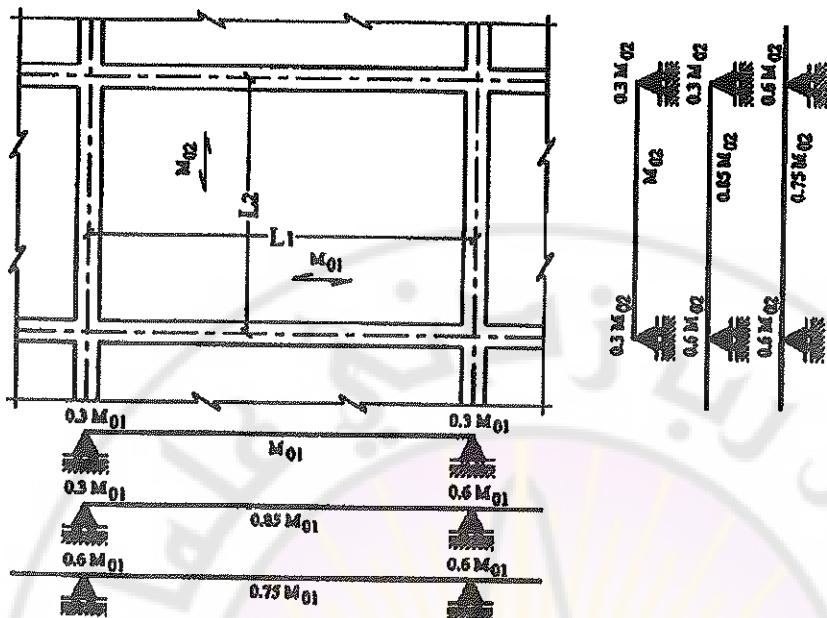
- بالنسبة للبلاطات المستمرة التي لا تتحقق الشروط الواردة في (د) أعلاه ، تستخرج قيم m_1 و m_2 بالتحليل و بافتراض المهاز المدروس هو المثلث فقط .

٣- الطريقة المبسطة :

أ- تقصر صلاحيّة هذه الطريقة ، على بلاطات المبانى العادية التي لا تتجاوز الأهمال المهمة الاستئمارية عليها 5 kN/m^2 (500 kgf/m^2) ، و المرزعة بانتظام ، على أنه يمكن استعمالها لحالة أهمال حية أكبر شرطية مراعاة احتمال تغير إشارة العزم في وسط المهاز و عند المسند (نشره عزم سالب في وسط المهاز و عزم موجب عند المسند) .

ب- تتعلق هذه الطريقة في الحسابات ، من بلاطة بسيطة الاستناد عند أطرافها الأربع .
لتكن البلاطة المبينة في الشكل (24) ، وهي بلاطة تعمل باتجاهين ، ذات المهازين L_1 و L_2 ، حيث : L_1 المهاز الأكبر . تعرّض هذه البلاطة لمحولة موزعة بانتظام على كامل سطحها ،

شكل (٢).



الشكل (24)

ج - تحديد عزوم الانحناء (الناتجة عن الحمولة) في مركز البلاطة بالاتجاهين كالتالي :

$$1) \text{ باتجاه المعاصر القصير } L_2 : M_{02} = \mu_2 w L_2^2$$

$$2) \text{ باتجاه المعاصر الطويل } L_1 : M_{01} = \mu_1 M_{02}$$

حيث : تُحدّد قيم العاملين μ_1 ، μ_2 من الجدول (٥) ، أو من الشكل (25) المرفق تبعاً لقيمة

$$\left(0.5 \leq \rho = \frac{L_2}{L_1} \leq 1 \right) \text{ النسبة}$$

و تُحدّد عزوم الانحناء سالبة عند المساند في البلاطة بسيطّة الاستاد ، لا تقلّ قيمتها عن $0.3 M_{01}$

في الاتجاه L_1 ، و عن $0.3 M_{02}$ 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	0.09073	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 مستقرة من طرف ، و مستندّة استناداً بسيطاً من الطرف الآخر ، تعمّد القيم

التالية لعزوم الانحناء :

في الحالات :

$0,85 M_{el}$ L_1 بالاتجاه

$0,85 M_{el}$ L_2 بالاتجاه

عند المساند الطرفية (عزم سالب) : بالاتجاه L_1

$0,3 M_{el}$ L_2 بالاتجاه

عند المساند الداخلية (عزم سالب) : بالاتجاه L_1

$0,6 M_{el}$ L_2 بالاتجاه

عند المساند الداخلية (عزم سالب) : بالاتجاه L_1

هـ - إذا كانت البلاطة مستمرة من الطرفين ، تتعتمد القيم التالية لعزم الاختناء :

في الحالات :

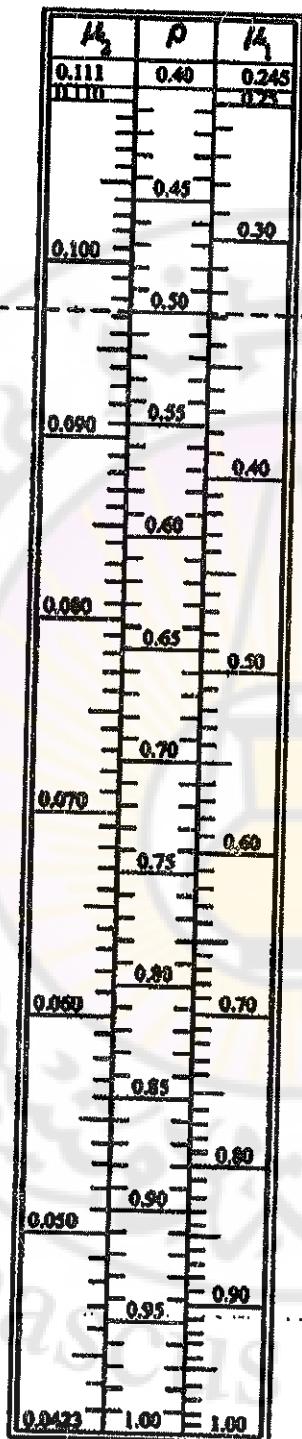
$0,75 M_{el}$ L_1 بالاتجاه

$0,75 M_{el}$ L_2 بالاتجاه

عند المساند الداخلية (عزم سالب) : بالاتجاه L_1

$0,6 M_{el}$ L_2 بالاتجاه

و - يُؤخذ العزم السالب لبلاطة مستمرة متوسط القيمتين عند يسار ويمين المسند .



الشكل (25)

٤-٤-٥- القواعد التي يجب التقيد بما عند حساب البلاطات المليئة العاملة باختاهين و تصميمها، مع القواعد المتعلقة بالأظفار و التسخات :

١- المعايير الحسابي (المعال) :

يحدد المعايير الحسابي في كل اتجاه بنفس طريقة حساب المعايير الحسابي للبلاطة بالاتجاه واحد.

(عملياً يستخدم الأبعاد بين محاور المعايير الخاملة للبلاطة) .

٢- السماكة الدنيا للبلاطة :

يجب ألا تقل السماكة عن 8 cm ، كما يجب أن تتحقق الشرط التالي (شرط السهم) :

$$\frac{\text{المحيط المكافئ للبلاطة}}{140} \geq$$

حيث المحيط المكافئ للبلاطة العاملة باختاهين هو مجموع الأطوال المكافأة لاضلاع البلاطة ،
علماً بأن :

- الطول المكافئ لضلع ما يوحد مساواه للطول الفعلي لهذا الضلع إذا كانت البلاطة ذات استناد بسيط هذه ،

- و الطول المكافئ لضلع ما يوحد مساواه إلى 0,76 من الطول الفعلي لهذا الضلع إذا كانت البلاطة مستحمة عنده .

٣- يمكن حساب وزن المدخلان (القواطع) المبنية فوق البلاطات و ضرره به ١,٥ و توزيع هذه الحمولة على البلاطة المحصل على حمولة مكافأة موزعة بانتظام تضاف إلى المحمولات المبنية الأخرى .

٤- تطبق على البلاطات المليئة العاملة باختاهين نفس القواعد المتعلقة بنسبي التسلیح الدنيا وأظفار التضييقات و تباعداتها و سماكة القطاعات البستون التي وردت في البندين (ج) و (هـ) من الفقرة ٢-٣-٢-٥ ، كما تطبق في كل اتجاه طريقة ترتيب التسلیح المبنية سابقاً في الشكل (12).

٥- تسلیح الأظفار :

- يجب أن يتسع الظفر ، بالإضافة إلى تسلیح العلوی الرئیسي ، بتسلیح سفلی لا يقل عن ربع التسلیح الرئیسي العلوی . (انظر الشکل 26) .

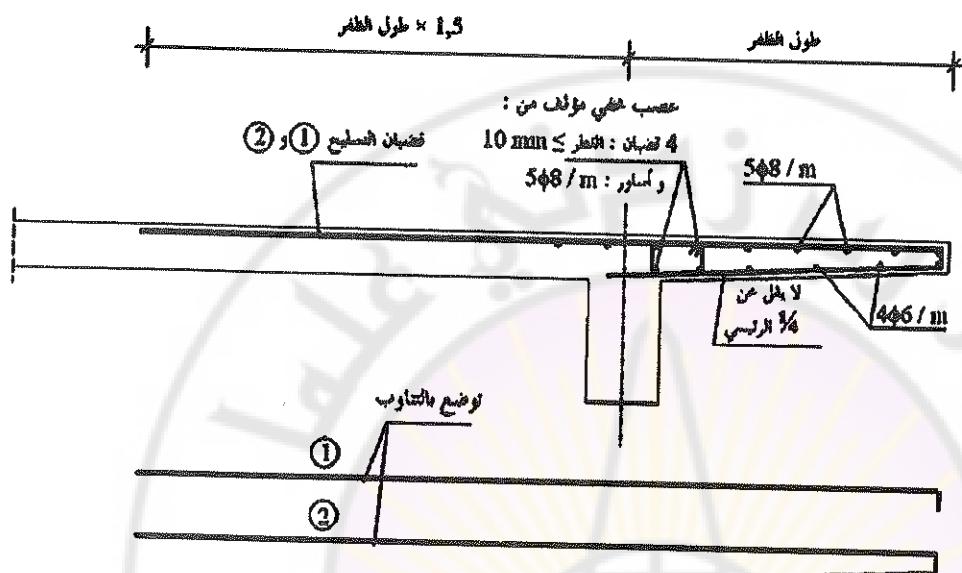
- يتسع الظفر في الاتجاه الثانی بتسلیح إنشائی (للتوزیع) على النحو التالي :

- تسلیح علوی (تحت التسلیح العلوی الرئیسي و متزامناً معه) . $548/m$

- تسلیح سفلی (فوق التسلیح السفلی الموازي للرئیسي و متزامناً معه) لا يقل عن

• $4\phi 6/m$

- يستخدم عصب خلفي مولف من أربع قضبان T 10 و أسوار $\phi 8/20 \text{ cm}$ ، ويحيط بوضع العصب بشكل متعمد مع التسلیح العلوي للظفر و قریباً من المسند .



الشكل (26)

٦- نظراً لأن الأظفار القصيرة لا تومن وثافة كافية للبلاطة المتصلة معها ، فيجب أن تطبق عند

دراسة البلاطات المتصلة بأظفار ما يلي :

أ- إذا كان طول الظفر أقل من $\frac{1}{3}$ بمحاز البلاطة بنفس الاتجاه فتعتبر البلاطة عنده مستقلة استناداً بسيطاً (عند حساب عزوم البلاطة) . وبعد انتهاء تصميم البلاطة يصمم الظفر ويدخل تسلیحه في داخل البلاطة بمقدار 1,5 طوله . (انظر الشكل 26) .

ب- إذا كان طول الظفر أكبر من $\frac{1}{3}$ بمحاز البلاطة بنفس الاتجاه فيعتبر استناد البلاطة عنده وثافة تامة (عند حساب عزوم البلاطة) . و يتبع التصميم كما ذكرنا سابقاً .

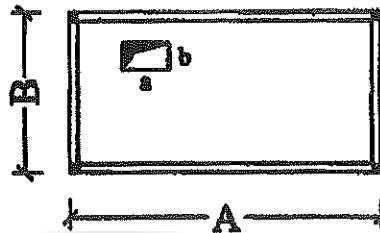
٧- الفتحات الصغيرة في البلاطات الملبية :

تعد الفتاحة في البلاطة صغيرة إذا كانت وحيدة و كانت نسبة يُحدِّي الفتاحة إلى الاتجاهين إلى بمحاري البلاطة في الاتجاهين الموازيين لا تتعدي $\frac{1}{4}$.

$$\text{أي : } \frac{b}{B} \leq \frac{1}{4} \text{ و } \frac{a}{A} \leq \frac{1}{4}, \text{ كما هو موضع في الشكل (27) .}$$

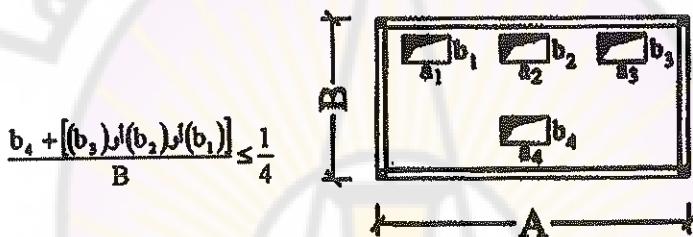
$$\frac{a}{A} \leq \frac{1}{4}$$

$$\frac{b}{B} \leq \frac{1}{4}$$



الشكل (27)

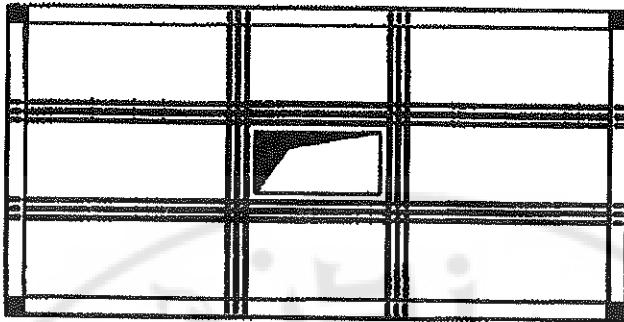
و في حال وجود عدة فتحات في نفس البلاطة ، تعد هذه الفتحات صغيرة ، إذا كانت نسبة مجموع أبعادها إلى كل من الأبعاد إلى مجازي البلاطة بالأبعاد الموزعين لا تتعدي ، $\frac{1}{4}$ كما هو واضح في الشكل (28) .



الشكل (28)

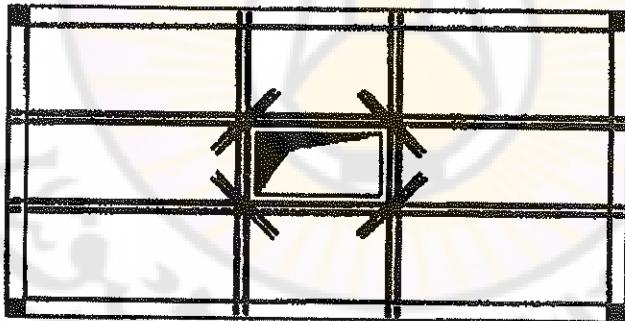
في حال وجود فتحة صغيرة في البلاطة (حسب تعريفها المذكور أعلاه) ، يمكن إهمال تأثير وجود هذه الفتحة عند دراسة البلاطة ولكن بشرط أن تقوّي جوانب الفتحة بأحدى الطرقتين التاليتين :

أـ الطريقة الأولى : من أجل كل اتجاه على حده ، يوضع مقطع التسلیع المقطوع (بسبب الفتحة) في الاتجاه المتر و يضرب بـ 1,5 ثم يوزع بالتساوي على طرفين الفتحة في ذلك الاتجاه . على أن لا يقل التسلیع عند كل طرف عن 12 فـ 2 . و تمد قضبان التقوية هذه (الموضوعة على جوانب الفتحة) بحيث تصل إلى ضمن مساند البلاطة، كما هو موضح في الشكل (29) .



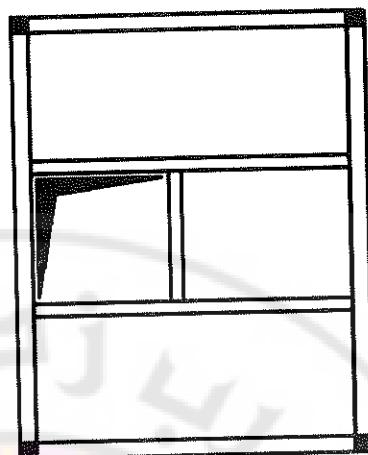
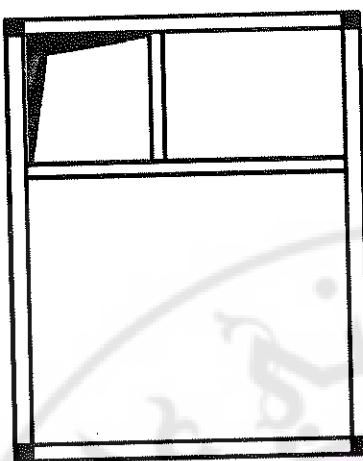
الشكل (29)

بـ- الطريقة الثانية، (يضاف فيها تسليع قطري) : من أجل كل الاتجاه على حده ، يوضع مقطع تسليع المقطوع (بسبب الفتحة) في الاتجاه المعاير و يوزع بالتساوي على طرف الفتحة في ذلك الاتجاه (دون ضربه بـ $1,5$) ، على أن لا تقل التسليع عند كل طرف عن $\phi 12$. و تمد قضبان التقوية هذه (الموضوعة على جوانب الفتحة) بحيث تصل إلى ضمن مساند البلاطة . ثم تضاف قضبان تسليع قطريّة عند زوايا الفتحة بحيث لا تقل عن $\phi 10$ عند كل زاوية كما هو موضح في الشكل (30) .



الشكل (30)

ـ- الفتحات الكبيرة في البلاطات الملية :
في حال وجود فتحة كبيرة في البلاطة توفر حواجز تقوية على حيط الفتحة ، و يتم توصيل تلك الحواجز حق مساند البلاطة ، (انظر الشكل 31) . وبالتالي تحول دراسة البلاطة إلى دراسة عدد من البلاطات الصغيرة المتجاوحة ، ودراسة حواجز التقوية الواقعة بينها .



بلاطات ملبدة ذات فتحات كبيرة

الشكل (31)

أمثلة عدديّة : ٣-٥

١-٣-٥ مثال على تصميم بلاطة تعمل باتجاه واحد

المطلوب : تصميم سقف المبنى الصناعي المبين بالشكل (32)

المعلومات :

الحمولات الاستثمارية (بدون تصعيد) :

$$g = 2 \text{ kN/m}^2 (0,200 \text{ t/m}^2)$$

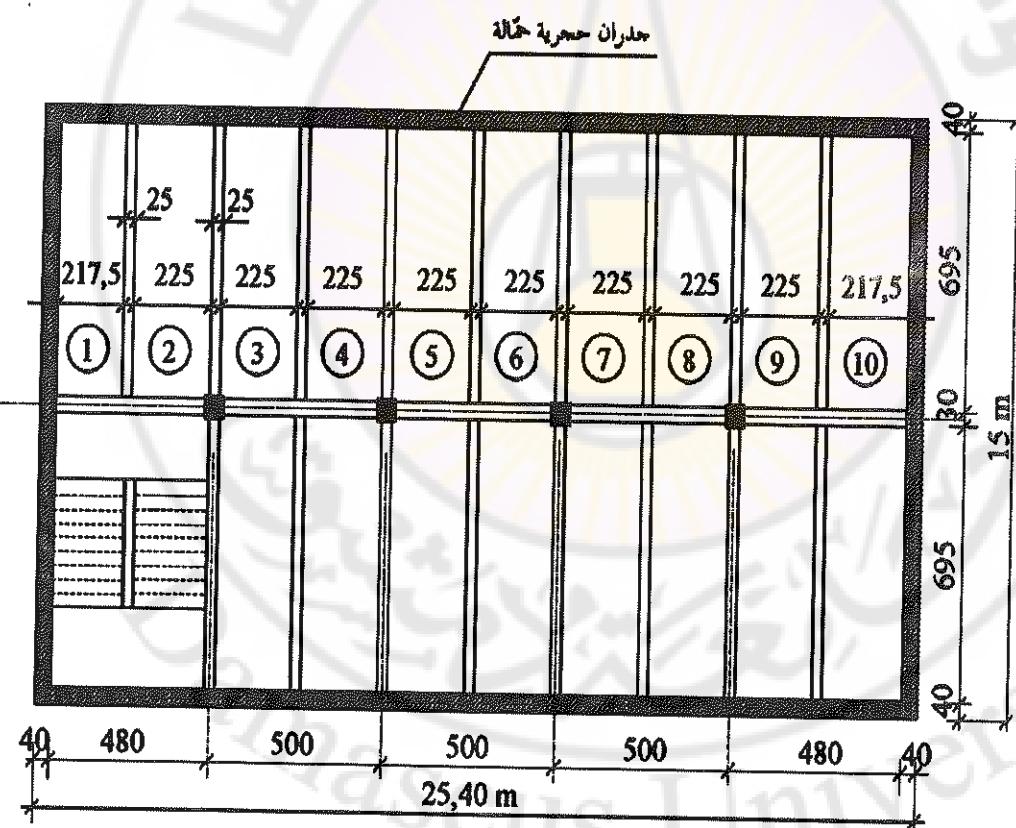
وطبقاً

$$q = 7,5 \text{ kN/m}^2 (0,750 \text{ t/m}^2)$$

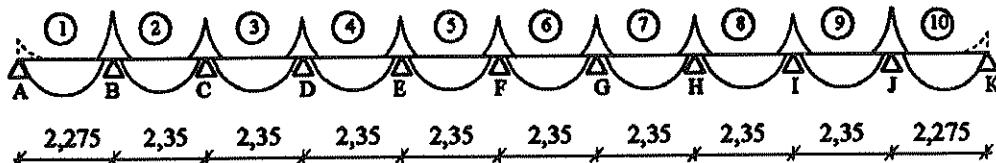
وهي حمولة موزعة بانتظام ، غير ديناميكية (بضائع و مواد أولية) .

$$f_y = 360 \text{ MPa} \quad f'c = 18 \text{ MPa}$$

مقاومة المواد :



الشكل (32)



الشكل (33)

المجازات الفعالة :

$$L_1 = L_{10} = \min \begin{cases} 217,5 + 12,5 + 20 = 250 \\ 217,5 \times 1,05 = 228,4 \text{ cm} \\ 217,5 + 10 = 227,5 \text{ cm} \end{cases}$$

$$L_2 = \dots L_9 = \min \begin{cases} 250 \\ 225 \times 1,05 = 236,3 \\ 225 + 10 = 235 \text{ cm} \end{cases}$$

(الفرق بين المجازات هو فقط 3,2% (أصغر بكثير من 25%) ، إذن يمكن تطبيق طريقة عوامل الكود للبلاطات) .

تحميم السماكة :

1- شرط السهم :

$$(\text{من المجازات الطرفية}) : H_{\min} = \frac{227,5}{27} = 8,4 \text{ cm}$$

$$(\text{من المجازات الداخلية}) : H_{\min} = \frac{235}{30} = 7,8 \text{ cm}$$

إذن شرط السهم للمجازات الطرفية هو الحاكم - 8,4 cm -
= السماكة التقديرية لحساب الوزن الذان :

$$H_0 = 8,4 + 2 = 10,4 \text{ cm}$$

$$g = 0,12 \times 1^2 \times 25 = 3 \text{ kN/m}^2 (0,300 \text{ t/m}^2)$$

$$g_s = g_u + g_c = 2 + 3 = 5 \text{ kN}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} g_u = 5 \times 1,5 = 7,5 \text{ kN/m}^2 \\ q_u = 7,5 \times 1,8 = 13,5 \text{ kN/m}^2 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{نلاحظ أن } \frac{q_u}{g_u} = \frac{13,5}{7,5} = 1,8 < 2$$

$$W_u = g_u + q_u = 7,5 + 13,5 = 21 \text{ kN/m}^2 (2,1 \text{ t/m}^2)$$

حساب المروم في الشرحية :

$$M_1^+ = M_{10}^+ = \frac{W_u L_1^2}{10} = \frac{21 (2,275)^2}{10} = 10,869 \text{ kN.m}$$

$$M_B^- = M_y^- = - \frac{21 \left(\frac{(2,275 + 2,35)}{2} \right)^2}{10} = -11,23 \text{ kN.m}$$

$$M_2 = M_3 = \dots M_9 = \frac{21 (2,35)^2}{12} = 9,664 \text{ kN.m}$$

$$M_C^- = M_D^- = \dots = M_1^- = - \frac{21 (2,35)^2}{12} = -9,664 \text{ kN.m}$$

$$M_A^- = M_R^- = - \frac{W_u L^2}{20} = - \frac{21 (2,275)^2}{20} = -5,434 \text{ kN.m}$$

حساب المسماكة النهاية الالزمه :

يتم تحديدها من أكبر عزم :

$$(عُلِّمَ بِأَنَّ \mu_s = 2\% \quad مُسْلِيْع عَالِيَّ الْمَوْدَةِ) \quad M_{u_{max}} = M_{B_u} = -11,23 \text{ kN.m}$$

نفرض μ_s

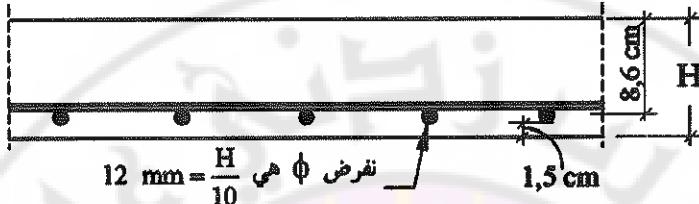
$$\alpha = \mu_s \frac{f_y}{0,85 f_t} = \frac{5}{1000} \frac{360}{0,85 \times 18} = 0,11765 \quad (\text{إذا لا يوجد تفاوت كبير بين أطوال المعاذات}) \quad \mu_s = \frac{4}{1000} \rightarrow \frac{8}{1000}$$

$$\alpha = \mu_s \frac{f_y}{0,85 f_t} = \frac{5}{1000} \frac{360}{0,85 \times 18} = 0,11765$$

$$A_0 = \alpha (1 - 0,5 \alpha) = 0,11073$$

$$r_0 = \sqrt{\frac{1}{A_0}} = 3,005$$

$$d = r_0 \sqrt{\frac{M_{u_{\text{max}}}}{0,9 (0,85 f'_c) b}} = 3,005 \sqrt{\frac{11,23 \times 10^6}{0,9 (0,85 \times 18) \underbrace{1000}_{100 \text{ cm}} \text{ mm}}} \\ = 85,82 \text{ mm} = 8,6 \text{ cm}$$



الشكل (34)

$$H = 8,6 + \underbrace{0,6}_{\frac{1}{2}} + 1,5 = 10,7 \text{ cm}$$

$$H = 12 \text{ cm}$$

من الأفضل أن نصحح قيمة d : لأن الفرق كبير بين $10,7$ و 12 cm

$$d = 12 - 0,6 - 1,5 = \underbrace{9,9}_{8,6 \text{ cm}} \text{ cm}$$

$$A_0 = \frac{M_u}{0,9 (0,85 f'_c) b d^2} = \frac{M_u \times 10^6}{0,9 \times 0,85 \times 18 \times 1000 (99)^2} = 0,00741 M_u$$

$$\alpha = 1 - \sqrt{1 - 2 A_0}$$

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

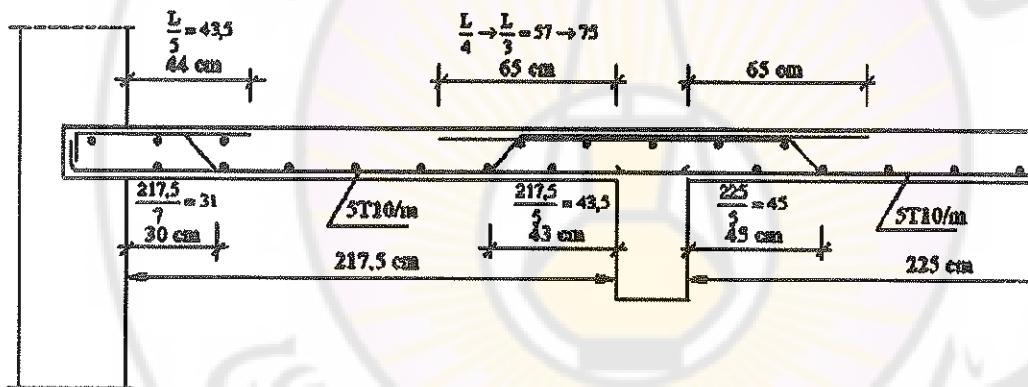
$$A_s = \frac{M_u}{0,9 \gamma_0 d f_y} = \frac{M_u \times 10^6}{0,9 \times 99 \times 360 \gamma_0} = 31,176 \quad \frac{M_u}{\gamma_0} = \frac{1,2}{1000} \times 12 \times 100$$

M_u	A_0	α	γ_0	A_s	نختار	$A_{s_{min}}$
10,869	0,08054	0,08407	0,958	$353,7 \text{ mm}^2$ $= 3,54 \text{ cm}^2$	$5T10/\bar{m}$ $= 3,92 \text{ cm}^2$	$1,44 \text{ cm}^2$
11,23	0,08321	0,0870	0,9565	366 mm^2 $= 3,66 \text{ cm}^2$	$5T10/\bar{m}$ $= 3,92 \text{ cm}^2$	$\frac{2}{1000} \times 12 \times 100$ $= 2,4 \text{ cm}^2$
9,664	0,07161	0,07437	0,9628	$312,9 \text{ mm}^2$ $= 3,13 \text{ cm}^2$	$5T10/\bar{m}$ $= 3,92 \text{ cm}^2$	$1,44 \text{ cm}^2$

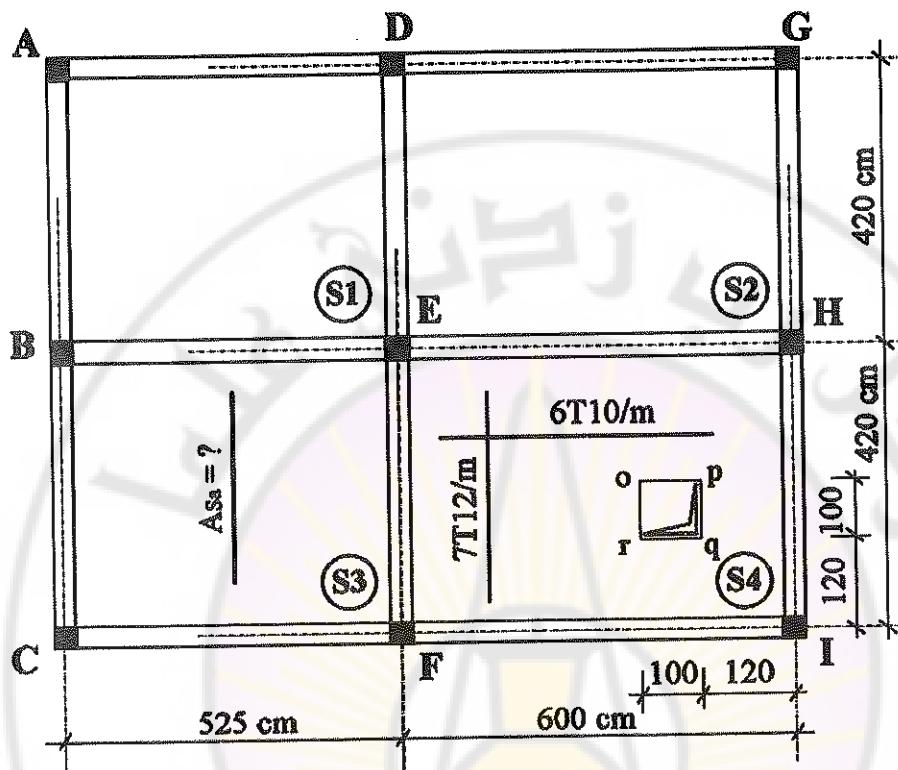
التسلیح بالاتجاه الثانوي :

$$1- \frac{3,66 \text{ cm}^2}{4} = 0,915 \text{ cm}^2/\bar{m}$$

$$2- \frac{0,8}{1000} \times 12 \times 100 = 0,96 \text{ cm}^2 \Rightarrow 5T6/\bar{m} = 1,41 \text{ cm}^2$$



الشكل (35) : ترتيب التسلیح في البلاطة



الشكل (36)

بين الشكل (36) سقفاً من البeton المسلح مؤلفاً من أربع بلاطات ملبة (هي S_4 ، S_3 ، S_2 ، S_1) مستدلة على الجواز ABC ، DEF ، GHI ، ... إلخ . أبعاد هذه البلاطات مبينة في الشكل . (يمكن أن نفترض - للسهولة - أن بجازات البلاطات متساوية للأبعاد بين حماور الجواز الخاملة) . البلاطة S_4 تحوي فتحة (o,p,q,r) كما هو موضح في الشكل .

يتعرض هذا السقف للحمولات القصوى التالية :

- حمولة مئية ، موزعة بانتظام على السقف ، شدتها هي $g_u = 8,25 \text{ kN/m}^2$ ، (بما في ذلك الوزن الذانى للبلاطة) .

- حمولة حية ، موزعة بانتظام على السقف ، شدتها هي $P_u = 5,40 \text{ kN/m}^2$.
المطلوب :

1- استخدم عدادول العوامل α_{ADL} و α_{ALL} ، ... إلخ المعطاة في الكود العربي السوري لتحديد قيم

العروق التصميمية (النهاية) المؤثرة في البلاطات .

- ٢ - إذا علمت أن $f'_c = 20 \text{ MPa}$ و $f_y = 360 \text{ MPa}$ ، وأن سمك البلاطات تساوي 14 cm :
- ١ - احسب فولاذ التسليح اللازم عند منتصف البلاطة S_3 في الاتجاه التصدير فقط .
 - ٢ - احسب وارسم التسليح اللازم وضعه لقرية حوارب الفتحة (r,p,q,x) في البلاطة S_4 .

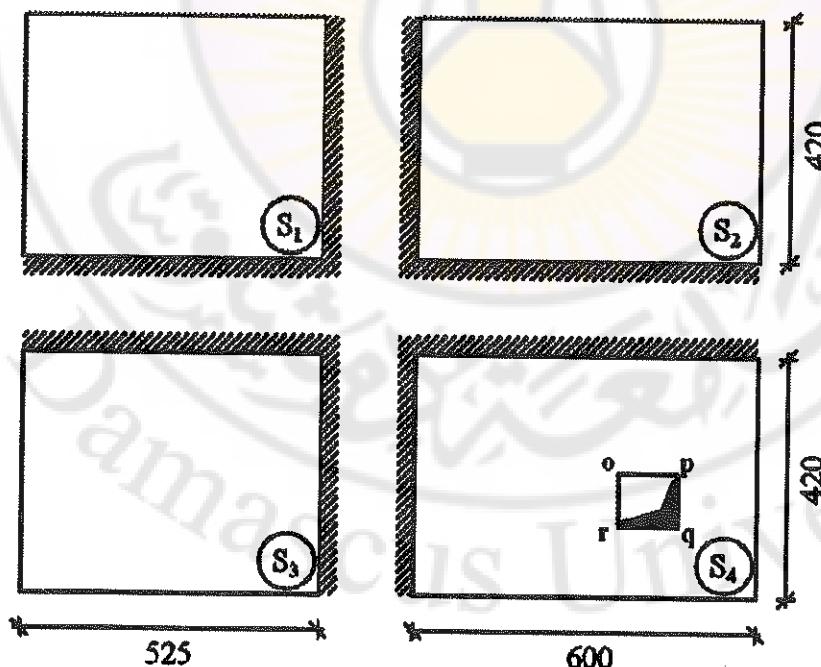
الحل :

$$\left. \begin{array}{l} \frac{420}{4} = 105 > 100 \\ \frac{600}{4} = 150 > 100 \end{array} \right\} \text{لدينا}$$

إذا الفتحة صغيرة : يمكن إهمالها عند دراسة البلاطات على أن تقوى حواربها بالتسليح اللازم حسب الكود

المحاذات الفعالة :

يمكن للسهولة استخدام الأبعاد بين محاذير الحواجز الخاملة للبلاطات بدلاً عن المحاذات الفعالة :



حساب المزوم :

البلطة S₁ : توافق الحالة 4

$$\frac{a}{b} = \frac{4,2}{5,25} = 0,8$$

$$\begin{aligned}\alpha_A^- &= 0,071 \left\{ \begin{array}{l} \alpha_{A_{DL}} = 0,039 \\ \alpha_{B_{DL}} = 0,016 \end{array} \right\} & \alpha_{A_{LL}} &= 0,048 \\ \alpha_B^- &= 0,029 \left\{ \begin{array}{l} \alpha_{B_{DL}} = 0,016 \\ \alpha_{B_{LL}} = 0,020 \end{array} \right\} & W_u &= g_u + p_u \\ &&&= 8,25 + 5,40 = 13,65 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$M_{u_a}^+ = (0,039 \times 8,25 + 0,048 \times 5,40) (4,2)^2 = 10,248 \text{ kN.m}$$

$$M_{u_b}^+ = (0,016 \times 8,25 + 0,020 \times 5,40) (5,25)^2 = 6,615 \text{ kN.m}$$

$$M_{u_a}^- = -0,071 \times 13,65 (4,2)^2 = -17,096 \text{ kN.m}$$

$$M_{u_b}^- = -0,029 \times 13,65 (5,25)^2 = -10,9106 \text{ kN.m}$$

البلطة S₂ : توافق الحالة 4 أيضاً

$$\frac{a}{b} = \frac{4,2}{6} = 0,7$$

$$\begin{aligned}\alpha_A^- &= 0,081 \left\{ \begin{array}{l} \alpha_{A_{DL}} = 0,046 \\ \alpha_{B_{DL}} = 0,011 \end{array} \right\} & \alpha_{A_{LL}} &= 0,057 \\ \alpha_B^- &= 0,019 \left\{ \begin{array}{l} \alpha_{B_{DL}} = 0,011 \\ \alpha_{B_{LL}} = 0,014 \end{array} \right\} & \alpha_{B_{LL}} &= 0,014\end{aligned}$$

$$M_{u_a}^+ = (0,046 \times 8,25 + 0,057 \times 5,40) (4,2)^2 = 12,124 \text{ kN.m}$$

$$M_{u_b}^+ = (0,011 \times 8,25 + 0,014 \times 5,40) (6)^2 = 5,989 \text{ kN.m}$$

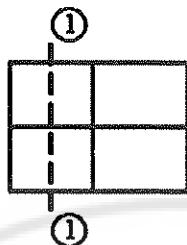
$$M_{u_a}^- = -0,081 \times 13,65 (4,2)^2 = -19,504 \text{ kN.m}$$

$$M_{u_b}^- = -0,019 \times 13,65 (6)^2 = -9,3366 \text{ kN.m}$$

الشريحة 1 :

العزمين السالبين متوازنين للتناظر

بمزي تخفيف للعزم 20 %



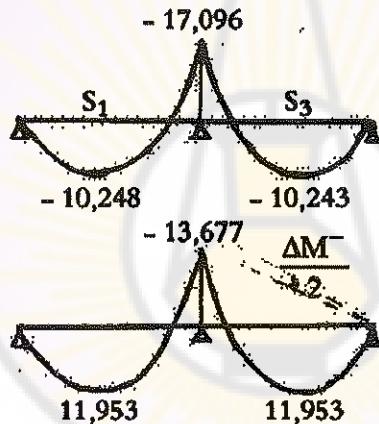
$$M_u^- = -17,096 \times 0,8 = -13,677 \text{ kN.m}$$

المخلص

$$\Delta M^- = \frac{17,096 - 13,677}{2} = 1,7095 \text{ kN.m}$$

$$M_u^+ = 10,243 + 1,7095 = 11,953 \text{ kN.m}$$

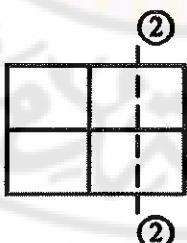
(فاني)



الشريحة 2 :

العزمين السالبين متوازنين للتناظر

بمزي تخفيف للعزم 20 %

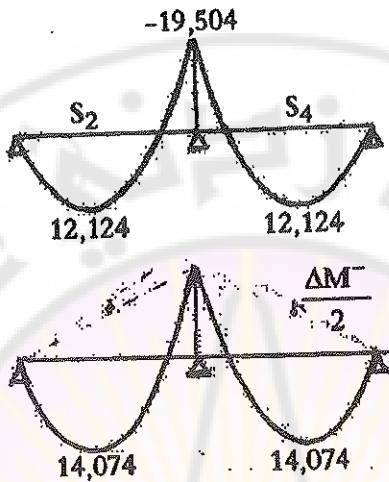


$$M_u^- = -19,504 \times 0,8 = -15,603 \text{ kN.m}$$

المخلص

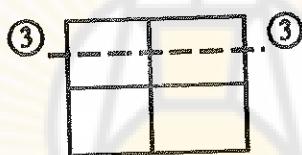
$$\frac{\Delta M^-}{2} = \frac{19,504 - 15,603}{2} = 1,9504 \text{ kN.m}$$

$$M_u^+ = 12,124 + 1,9504 = 14,074 \text{ kN.m} \quad (\text{تمام})$$



الشريحة 3 :

عملية موازنة للعزم



$$M_u^- = \frac{-(10,9106 + 9,3366)}{2}$$

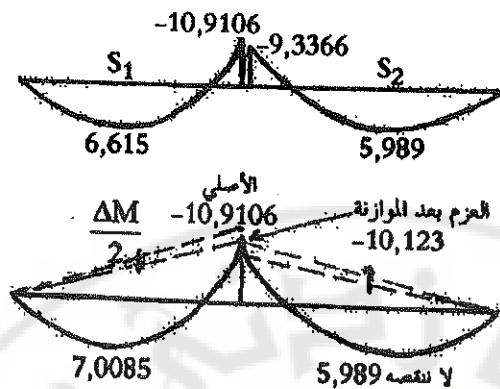
$$= \text{عزم الاستمرار} - 10,1236 \text{ kN.m}$$

زيادة العزم الموجب للصحارى الذى هبط عزمها 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 تخفيف العزوم

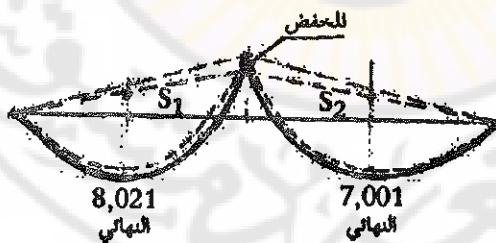
$$M_u^- = 0,8 (-10,1236) = -8,099 \text{ kN.m}$$

$$\Delta M^- = (10,1236 - 8,099) = 2,0247 \text{ kN.m}$$

$$\frac{\Delta M^-}{2} = \frac{2,0247}{2} = 1,01236$$

$$M_{S_1}^+ = 7,0085 + 1,01236 = 8,021 \text{ kN.m}$$

$$M_{S_2}^+ = 5,989 + 1,01236 = 7,001 \text{ kN.m}$$



حواب الطلب 2-a :

حساب التسلیع اللازم في وسط جاز البلاطة S_3 في الاتجاه التصیر فقط من الشرحه 1 نجد أن قيمة العزم

$$M_u^+ = 11,953 \text{ kN.m}$$

الاتجاه المعتبر هو الاتجاه التصیر للبلاطة إذا :

$$d_a = 14 - 1,5 - 0,6 = 11,9 \text{ cm}$$

$$M_{u_a}^+ = 11,953 \text{ kN.m}$$

$$A_0 = \frac{M_u}{0,9(0,85 f'_c) b \cdot d^2} = \frac{11,953 \times 10^6}{0,9(0,85 \times 20) 1000 (119)^2} = 0,05517$$

$$\alpha = 1 - \sqrt{1 - 2A_0} = 0,05678$$

$$\alpha = 0,05678 < \alpha_{\max} = \frac{267,75}{630 + 360} = 0,27045$$

فالسمانة كافية لاستخدام تسلیح أحدی

$$\gamma_0 = 1 - 0,5 \alpha = 1 - \frac{0,05678}{2} = 0,97161$$

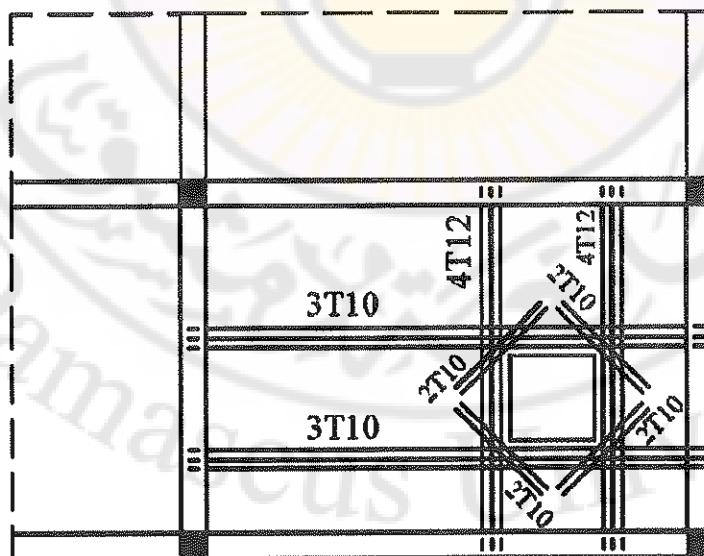
$$A_{S_a} = \frac{M_u}{0,9 \gamma_0 \cdot d \cdot f_y} = \frac{11,953 \times 10^6}{0,9 \times 0,97161 \times 119 \times 360} = 319,08 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$= 3,19 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$\text{use } 5T10 / \text{m} = 3,92 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

جواب الطلب 2-b :

حساب ورسم تسلیح التقویة حول الفتحة :





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 الجوانز الثانوية (الأعصاب) صغيراً. وتنمّي البلاطات المفرغة باتجاه من بقية أنواع البلاطات بما يأتي:

- سهولة تنفيذ قالب الخشبي، في حالة استخدام جوانز مخفية.
- والعزل الجيد للصوت والحرارة.
- وإمكانية تنفيذ القواطع فوقها في موقع 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 فرقها بلاطة تقطيعية، 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 الأجر المفرغ، وتبقى بصورة دائمة، لتصبح جزءاً من البلاطة.

جـ- بـلاطـات مـفرـغـة مـسـبـقـة الصـنـع، وـهـي بـلاطـات خـرـسانـيـة مـسـلـحة تـحـتـوي فـي وـسـطـها فـرـاغـات طـوـلـيـة دائـرـيـة أو مـسـطـيـلـيـة أو بيـضـوـيـة أو كـلـ شـكـل آخـر. الشـكـل (٦-١).

٦-٣- العـاـصـرـاـتـ الـإـشـائـيـةـ وـالـاشـتـراـطـاتـ الـبـعـدـيـةـ وـاـشـتـراـطـاتـ التـسـلـيـعـ:

تـحدـدـ السـمـاكـةـ الـكـلـيـةـ الـدـلـيـلـيـةـ لـلـبـلاـطـةـ المـفـرـغـةـ بـاتـجـاهـ وـاحـدـ، منـ شـرـطـ السـهـمـ وـفقـ الـكـوـدـ الـعـرـبـيـ السـورـيـ، وـبـحـيثـ لـاـ نـقـلـ عـنـ الـقـيـمـ الـوارـدـةـ فـيـ الجـدـولـ (٦-١).

ظـفـرـ	مسـتـمـرـ مـنـ الـطـرـفـينـ	مسـتـمـرـ مـنـ طـرـفـ وـاحـدـ	استـنـادـ بـسـيـطـ	نـوـعـ الـاسـتـنـادـ	
				حـالـةـ أـ	عـمقـ الـكـلـيـ
Lc/8	L/25	L/22	L/20	حـالـةـ أـ	عـمقـ الـكـلـيـ
Lc/8	L/20	L/18	L/16	حـالـةـ بـ	عـمقـ الـكـلـيـ

حـالـةـ أـ: بـلاـطـاتـ مـفـرـغـةـ ذاتـ اـتـجـاهـ وـاحـدـ، لـاـ يـزـيدـ التـبـاعـدـ بـيـنـ مـحاـورـ الـأـعـصـابـ فـيـهاـ عـلـىـ 700mm وـتـسـتـدـ إـلـىـ جـدـرـانـ حـامـلـةـ، لـوـ إـلـىـ جـوـائزـ يـزـيدـ اـرـتـقـاعـهـ عـلـىـ ضـعـفـيـ سـمـكـ الـبـلاـطـةـ.

حـالـةـ بـ: بـلاـطـاتـ مـفـرـغـةـ ذاتـ اـتـجـاهـ وـاحـدـ، لـاـ يـزـيدـ التـبـاعـدـ بـيـنـ مـحاـورـ الـأـعـصـابـ فـيـهاـ عـلـىـ 700 mm وـتـسـتـدـ إـلـىـ جـوـائزـ مـنـ سـمـكـ الـبـلاـطـةـ ذـاتـهـ.

الـجـدـولـ (٦-١): السـمـاكـ الـأـلـيـ لـلـبـلاـطـاتـ المـفـرـغـةـ بـاتـجـاهـ وـاحـدـ

تـتـأـلـفـ الـبـلاـطـاتـ المـفـرـغـةـ ذاتـ الـاتـجـاهـ الـوـاحـدـ مـنـ الـعـاـصـرـاـتـ الـإـشـائـيـةـ، الشـكـلـ (٦-٢):

أـ- بـلاـطـةـ التـغـطـيةـ:

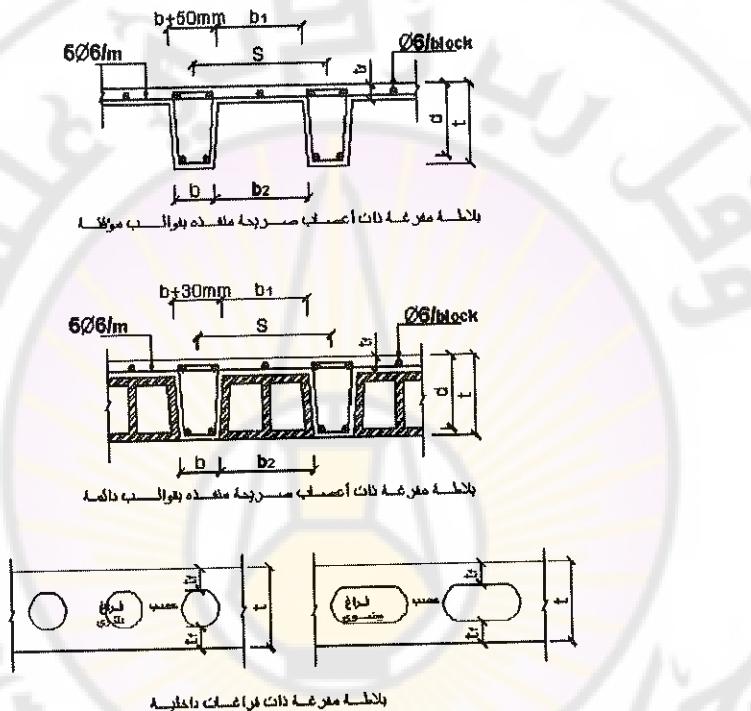
هيـ بـلاـطـةـ عـاـمـلـةـ بـاتـجـاهـ وـاحـدـ، مـجـازـهـ هـوـ التـبـاعـدـ بـيـنـ مـحاـورـ الـأـعـصـابـ Sـ. لـاـ يـقـلـ سـمـكـ بـلاـطـةـ التـغـطـيةـ \varnothing ـ عـنـ الـكـبـرـ مـنـ الـقـيـمـ الـأـلـيـةـ:

$$-\frac{1}{10} \text{ المسـافـةـ بـيـنـ مـحاـورـ الـأـعـصـابـ Sـ}$$

- 60mm فيـ حـالـةـ الـبـلاـطـاتـ المـفـرـغـةـ ذاتـ الـقـوـالـبـ المـؤـقـتـةـ.
- 50mm فيـ حـالـةـ الـبـلاـطـاتـ المـفـرـغـةـ ذاتـ الـقـوـالـبـ الدـائـمةـ.

لا يتم حساب بلاطة التغطية إثنان، إنما تسلح كما يأتي:

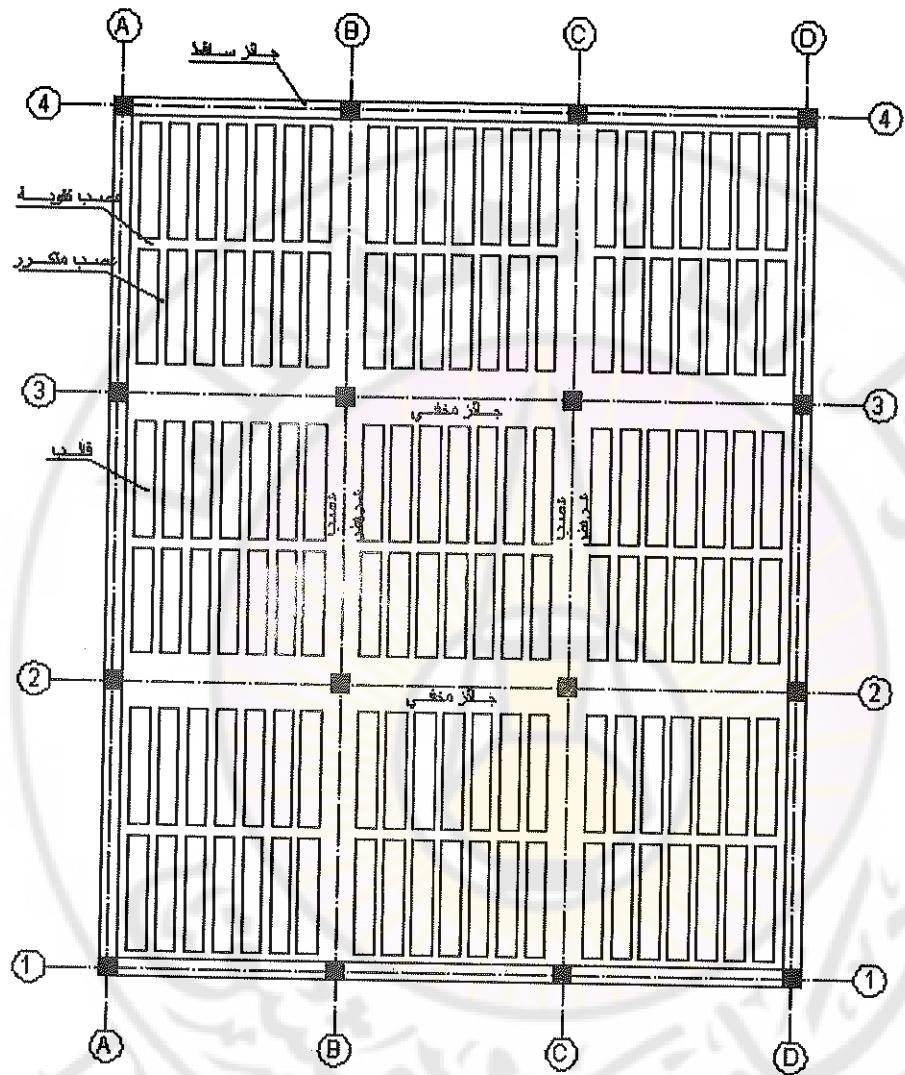
- قضبان تسليح متعمدة مع اتجاه الأعصاب مساحتها $\frac{1}{5}$ مساحة التسليح الرئيسي في المتر، وبحد أدنى $\Phi 6/200 \text{ mm}$. الشكل (١-٦).
- قضبان تسليح موازية لاتجاه الأعصاب، بواقع بلوكة $\Phi 6$.



الشكل (١-٦) : أشكال البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد

بـ- الأعصاب المتكررة:

- لا يقل الارتفاع الكلي للعصب في البلاطات المفرغة، عن سماكة بلاطة التغطية زائد 100 mm .
- لا يقل العرض الأدنى للعصب عن 100mm ، أو $\frac{1}{3}$ العمق الكلي، أيهما أكبر.



الشكل (٢-٦): 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 التسلیح الدنیا و القصوى للأعصاب في البلاطات المفرغة، كما هو متکور للجوائز.
- تكون ترتیبات التسلیح الطولی والعرضی للأعصاب الرئیسیة، كما في الجوائز مع التعديلات الآتیة:
 - القطر الأدنى لتسليح الشد الرئیسي 8 mm .
 - يمكن أن تزداد المسافة الدنیا بين الأسوار، بحيث لا تتعذر الارتفاع الفعال d ، أو مسافة 300 mm، أيهما أصغر.
 - لا يقل قطر قضبان التعليق عن $\frac{1}{2}$ أكبر قطر لقضبان التسلیح الطولیة، أو عن 2Φ6mm أيهما أكبر، ويمكن الاقتقاء، بقضيب تعليق واحد في العصب، على أن لا يقل قطره عن 8 mm .

ج- الأعصاب العريضة:

مثل الأعصاب الرئیسیة، إنما عرضها أكبر.

د- الأعصاب العرضیة (أعصاب التقویة):

- تزود البلاطة المفرغة ذات الاتجاه الواحد بعصب تقویة (عرضی) كما يأتي:
 - * إذا كان مجاز العصب الحامل، أقل من 4m يمكن الاستغناء عن عصب التقویة المعتمد مع العصب الحامل.
 - * إذا كان مجاز العصب الحامل بين 4m و 6m يوضع عصب تقویة واحد في منتصف المجاز للعصب الحامل. الشكل (٢-٦).
 - * إذا كان مجاز العصب الحامل يزيد على 6m وحتى 10m يوضع ثلاثة أعصاب تقویة بتباعدات متساوية.
 - * إذا كان مجاز العصب الحامل أكبر من 10m ، توضع أعصاب تقویة بحيث لا نقل عن ثلاثة أعصاب، و لا تزيد المسافة بين محوري عصبين متجاورین على 3 m.
 - لا يقل عرض قطاع عصب التقویة، عن قطاع الأعصاب الرئیسیة المرتبط معها.
 - يسلح عصب التقویة تسليحاً متاظراً، لا نقل قيمته (السفلي أو العلوي) عن $\frac{3}{4}$ مساحة التسلیح الرئیسي للأعصاب الرابطة لها، باستثناء الأعصاب الطرفیة الرابطة لنهایات

الأعصاب الظرفية حيث يجب أن لا تقل مساحة التسلیح المتراکز في كل طرف منها عن ثلث مساحة التسلیح الرئيسي العلوي للأعصاب الظرفية الرابطة لها.

هـ- قوالب البلاوك أو الأجر المفرغ:

- لا يوخذ البلاوك أو الأجر المفرغ (المستعمل كقالب دائم) في الحسبان، عند حساب البلاطة ستاتيكياً.
- إذا كان القالب المفرغ ذو عرضين مختلفين، يمكن وضعه بطريقة يكون فيها بعد الأكبر في الأعلى أو الأسفل وفقاً لما يراه المهندس المصمم أكثر ملائمة.
- يوقف وضع القوالب المفرغة على بعد 150mm على الأقل من الوجه الداخلي للجوانز البارزة أو الجدران الحاملة، بحيث يكون هذا القسم من البلاطة مصمماً وذلك لمقاومة العزوم الجانبية 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 الإجهادات الضاغطة في البلاطة.

وـ- الجوانز:

تكون هذه الجوانز إما بارزة (ساقطة) أو مخفية، وتتطبق عليها جميع الاشتراطات البعيدة وأشتراطات التسلیح الخاصة بالجوانز العالية.

٦-٤- ملاحظات حول اختيار الجملة الإنشائية المناسبة:

يراعى عند اختيار اتجاه الأعصاب الأمور التالية، التي تحقق اقتصادية المنشآت:

- أـ- يتم اختيار الأعصاب باتجاه بعد الطويل للبلاطة.
- بـ- 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.
- جـ- يمكن اختيار الجائز الرئيس بالاتجاه المسموح به معمارياً للجوانز الساقطة.
- دـ- يمكن اختيار اتجاه الأعصاب باتجاه الظفر في حال كان طول الظفر L أكبر أو يساوي . $1,6\text{m}$

هـ يراعى عند اختيار اتجاه الأعصاب أن تكون متعامدة مع اتجاه الجدران الثقيلة، وإلا فيلزم تقوية العصب الواقع تحت الجدار وكذلك الأعصاب المجاروة.

٦-٥-٦- الحساب الإنشائي:

بعد اختيار الجملة الإنسانية المناسبة (اختيار اتجاه الأعصاب واتجاه الجوانز الحاملة لها)، وبعد اختيار الأبعاد الهندسية لعناصر البلاطة الإنسانية وفق توصيات الكود العربي السوري، تحسب العناصر الإنسانية كما يأتي:

٦-٥-٦-١- بلاطة التغطية:

لا تتحسب هذه البلاطة إنسانياً لصغر مجازها (400mm حتى 700mm)، ويتم اختيار سمكها وتسلیحها وفق ما ورد في الفقرة (٦-٣-٦).

٦-٥-٦-٢- الأعصاب المتكررة:

أ- الجملة الإنسانية:

تحدد الجملة الإنسانية للأعصاب المتكررة من المسقط الإنساني للبلاطة.

ب- تحديد الحمولات:

تحسب الحمولات على متر مربع من سطح البلاطة وتشمل:

ب-١- حمولات ميّنة، وتشمل:

$$g_1 = t \cdot \gamma$$

- وزن ذاتي للبلاطة التغطية:

$$g_2$$

- وحمولة التغطية: وفق طبقات الإكسام

$$g_3 = \frac{t - t_f}{s} \cdot \frac{b_1 + b_2}{2} \cdot \gamma$$

$$g_4 = \frac{W}{s} \cdot 5$$

- وزن الأعصاب:

حيث W وزن البلوك المستعملة.

$$\text{مجموع الحمولات الميّنة: } g = g_1 + g_2 + g_3 + g_4$$

بـ-٢- حمولات حية، حسب الوظيفة الاستثمارية للمنشأ ونحوذ من الكود

p

العربي السوري:

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 مسلياً التابع 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:

$$M = M_s - \frac{R \cdot B}{8} \quad (1-6)$$

حيث: M_s - عزم الانعطاف السالب عند محور الاستناد.

R - رد الفعل عند المسند.

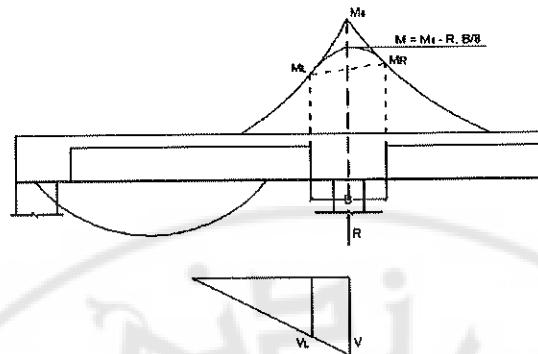
B - عرض المسند. الشكل (٣-٦).

- يتم التحقق من المقاطع عند نهاية الجزء المصمت بعده مستطيلاً، عرضه

العرض الأنفي للعصب ومعرضان لعزم سالب قيمته:

$$M_R = M_s - V_R \cdot \frac{B}{2}$$

$$M_L = M_s - V_L \cdot \frac{B}{2} \quad (2-6)$$



الشكل (٦-٣): تأثير عرض المسند على عزم الانعطاف السالب

٦-٥-٣- الأعصاب العريضة:

تحسب الأعصاب العريضة بالأسلوب نفسه، المتبوع في حساب الأعصاب المتكررة، مع إمكانية تعرض العصب العريض لحمولات الجدار، في حالة وجوده فوق هذا العصب.

٦-٥-٤- الجواز:

أ- الجملة الإنسانية: تحدد الجملة الإنسانية للجواز من المسقط الإنساني للبلطة.

ب- تحديد الحمولات:

ب-١- حمولات ميّة، وتشتمل:

g_1 - وزن ذاتي إضافي للجائز (حسب شكل المقطع العرضي له)

$g_2 = R_g / s$ - الحمولة الميّة المنقوله من الأعصاب المستددة إليه:

حيث R_g : رد فعل ميت للعصب المستددة إلى الجائز في موقع الاستناد

g_3 - وزن الجدار، إن وجد، ويحدّد كما يأتي:

* في الحالة العاديّة عندما يكون الجدار محاطاً بأعمدة من الجانبيين، يمكن عد

حمولة الجدار المنقوله إلى الجائز مسليّة:

$$g_3 = 0,85 \cdot \bar{\beta} \cdot H$$

حيث:

- وزن المتر المربع من الجدار [KN/m²] ويؤخذ من الجدول (٢-٦).

- الارتفاع الحر للجدار [m].

وزن المتر المربع $\bar{\beta}$ [KN/m ²]		سمك الجدار [mm]
بدون طبقة وجهين	مع طبقة وجهين	
2,3	1,5	100
3,0	2,2	150
3,8	3,0	200

الجدول (٢-٦) : وزن المتر المربع من الجدار $\bar{\beta}$

تعد هذه الطريقة تقريبية وهناك طريقة أكثر دقة.

* الطريقة الدقيقة: تحدد حمولة الجدار المنقوله إلى الجائز تبعاً للنسبة

$$\frac{L}{1,15 \cdot H} \text{ من الجدول (٣-٦).}$$

L/1,15H			العوامل المساعدة		
(1)	2 ≥	≥ 1	> 2	للغز	الحمولات المنقوله المكافحة
$\alpha = \frac{2}{3}$	$\alpha = 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1,15H}{L} \right)^2$	—	—	—	—
$\beta = \frac{1}{2}$	$\beta = 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{1,15H}{L} \right)$	—	—	—	—
$g_{3m} = \alpha \cdot \bar{\beta} \cdot 0,87 \cdot L$	$g_{3m} = \alpha \cdot \bar{\beta} \cdot H$	$g_3 = \bar{\beta} \cdot H$	—	—	—
$g_{3s} = \beta \cdot \bar{\beta} \cdot 0,87 \cdot L$	$g_{3s} = \beta \cdot \bar{\beta} \cdot H$	—	—	—	—

الجدول (٣-٦) : حمولة الجدار المنقوله للجازر بالطريقة الدقيقة

$$g = g_1 + g_2 + g_3 \quad \text{مجموع الحمولات المبينة:}$$

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 الإنساني، وتصميم المقاطع:

يتم تحليل الجوانز بأية طريقة إنسانية معروفة، ومن ثم تصميم المقاطع الحرجية على العزم وقوى القص.

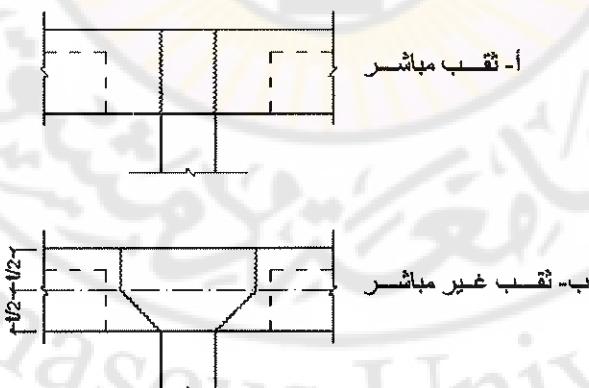
٦-٦- التحقق من الثقب:

في حال استخدام الجوانز المخفية، يلزم التتحقق من الثقب بجوار الأعمدة. ونميز بين نوعين من الثقب:

أ- الثقب المباشر: ويحدث عندما يتقب العمود مباشرةً البلاطة، كما في الشكل (٦-٤-أ). في هذه الحالة يتم التتحقق من القص عند وجه العمود مباشرةً.

ب- الثقب غير المباشر (المائل): ويحدث عندما يتقب العمود البلاطة، كما في الشكل (٦-٤-ب). في هذه الحالة يتم التتحقق من القص على بعد $l/2$ من وجه العمود.

في معظم الأحيان تكون حالة الثقب غير المباشر، هي الحرجية حيث يخترق العمود البلاطة بزاوية 45° عن الأفق، كما تترافق إجهادات ضاغطة مع إجهادات القص عند الجهة السفلية.



الشكل (٦-٤): التكالل الثقب في البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد

يحسب الإجهاد المماسي الناجم عن قوة القص من العلاقة:

$$\tau_u = \frac{V_u}{0,85 \cdot b_0 \cdot d} \quad (3-6)$$

حيث V_u - قوة القص الحدية على بعد $\frac{d}{2}$ من وجہ المسند وتساوي:

$$V_u = R - q_u \cdot (a + d) \cdot (b + d) \quad (4-6)$$

a,b - أبعاد مقطع المسند (العمود).

R - رد الفعل عند المسند.

d - الارتفاع الفعال للجائز.

q_u - لحمولة الحدية المطبقة على متر مربع.

b - محيط القص الحدية على بعد $\frac{d}{2}$ من وجہ المسند، ويساوي:

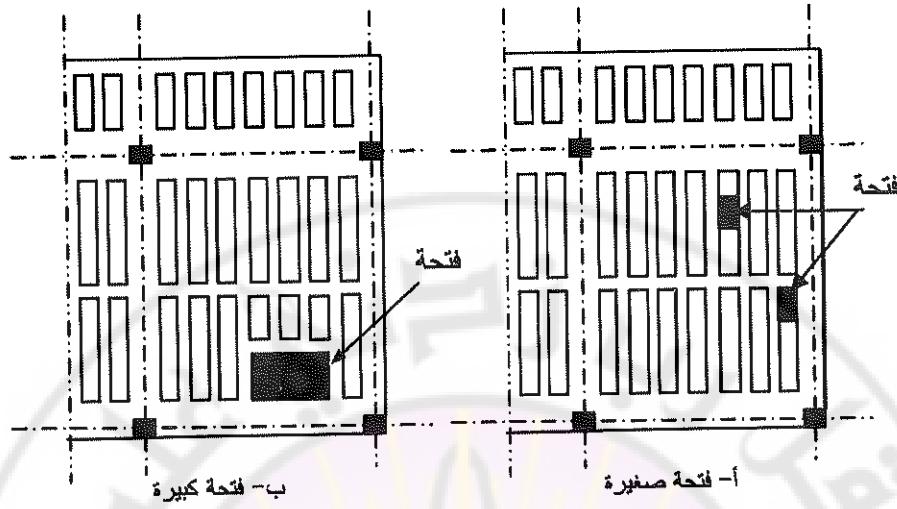
$$b_0 = 2 \cdot (a + b + 2d) \quad (5-6)$$

ويجب ألا تزيد الإجهادات المماسية الحدية τ_u على الإجهادات المماسية المسموح مقاومتها بالخرسانة وفق معطيات الكود العربي السوري.

٧-٦- 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 ٥-٦-١).

أما إذا كانت أبعاد الفتحة أكبر من أبعاد القالب المفرغ، عندها يلزم إضافة عناصر إنشائية بجوار الفتحة وظيفتها تحويل مسار الأحمال على جانبي الفتحة. (انظر الشكل ٥-٦-٢).

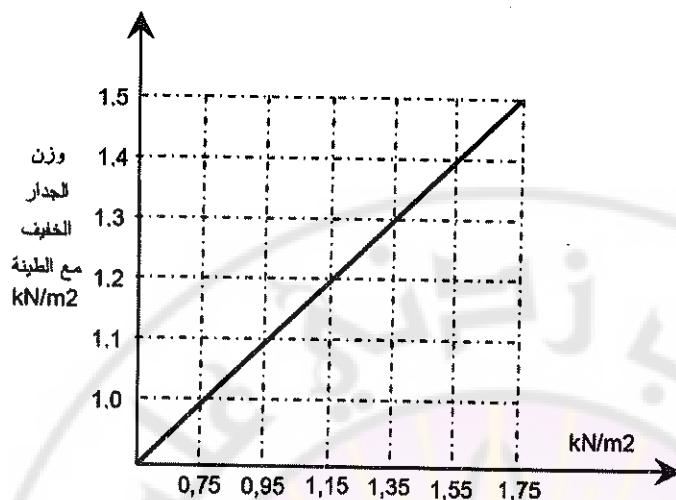


الشكل (٦-٥): الفتحات في البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد

٦-٨-أ- أحصار القواطع على البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد:

يقصد 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 1.5 kN لكل متر مربع من مساحة الجدار. ويمكن الاستعاضة عن حمل الجدار الخيفي 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

٦-٢-٨-٦- 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 $1,5\text{kN}$ لكل متر مربع من مساحة الجدار. ويمكن الاستعاضة عن حمل الجدار التقييل المركب 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 الفعال e على ثلاثة أمتار ويحسب وفق إحدى العلاقات:

$$\begin{aligned} e(m) &= h_p + 0,3L + h \leq h_p + 0,6L \\ e(m) &= h + 0,3L \leq 0,6L \end{aligned} \quad (6-6)$$

ب- يتوجب لحظ عصب ثقوية كما ورد سابقاً.

٦-٩ - مثال عددي:

يبين الشكل (٦-٧) التباعد بين محاور الأعمدة على المقطع الأفقي لطابق متكرر في مبنى سكني مؤلف من أربعة طوابق، والمطلوب حساب وتصميم عناصر السقف المتكرر باختيار الحل الإنساني " 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 بسمك (150 mm)
- الجدران الداخلية واقعة على المحاور 2-2 , 3-3 (100 mm) بسمك (B-B)
- توجد تصوينة عند نهاية الظفر وزنها (1,0kN/m).

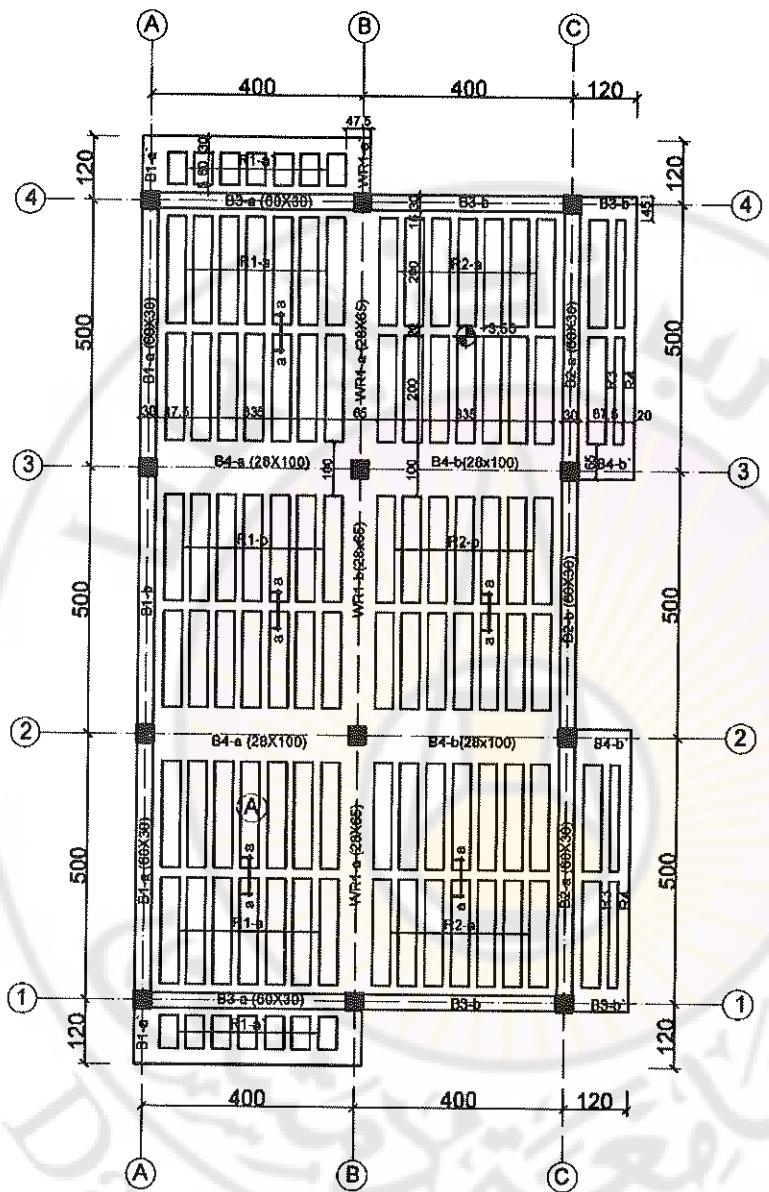
• الحمولات:

- حمولة الخطية : 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 : $f_c' = 20 \text{ N/mm}^2$
- حد السيلان للفولاذ المستخدم : $f_y = 360 \text{ N/mm}^2$
- حد السيلان للفولاذ المستخدم في الأسوار: $f_y = 240 \text{ N/mm}^2$

تؤخذ باقي المعطيات من الشكل (٦-٧).



الشكل (٦-٧) : المسقط الإنشائي للبلاطة المفرغة باتجاه واحد

بعد اختيار الجملة الإنسانية المناسبة وتحديد اتجاه الأعصاب ، نحدد سمك بلاطة الهردي من شرط السهم وفق الكود العربي السوري ، (الفقرة ١-٣-٧) .

ظفر	مستمر من الطرفين	مستمر من طرف واحد	استناد بسيط	نوع الاستناد	
Lc/8	L/25	L/22	L/20	حالة أ	العمق الكلي للأعصاب
Lc/8	L/20	L/18	L/16	حالة ب	
Lc/8	L/20	L/18	L/16	تحقيق شرط سماكة الجائز	

حالة أ: بلاطات مفرغة ذات اتجاه واحد، لا يزيد التباعد بين محاور الأعصاب فيها على 700mm وتنتمي إلى جدران حاملة، أو إلى جواز يزيد ارتفاعها على ضعفي سماكة البلاطة.

حالة ب: بلاطات مفرغة ذات اتجاه واحد، لا يزيد التباعد بين محاور الأعصاب فيها على 700 mm وتنتمي إلى جواز من سماكة البلاطة ذاته.

$$t = \frac{L}{16} = \frac{5000}{16} = 312,5 \text{ mm}$$

أو

$$t = \frac{L}{18} = \frac{5000}{18} = 277,77 \text{ mm}$$

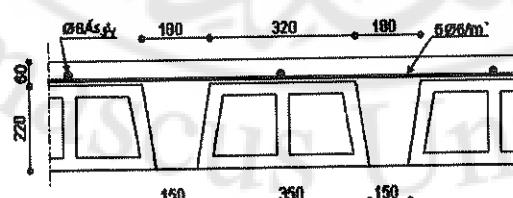
نعتبر السماكة الكلية هو:

وبعد توزيع الأعصاب واختيار الأبعاد الهندسية لعناصر البلاطة الإنسانية وفق توصيات الكود العربي السوري، تحسب العناصر الإنسانية كما يأتي:

٦-٩-١ - بلاطة التغطية:

هي بلاطة عاملة باتجاه واحد، مجازاً هو التباعد بين محاور الأعصاب S

لا يقل سماكة بلاطة التغطية، عن الكبر من القيم الآتية:



الشكل (٦-٨): مقطع عرضي في البلاطة

- $\frac{1}{10}$ المسافة بين محاور الأعصاب S.

- في حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب المؤقتة.

- في حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب الدائمة.

$$t_f = 60 \text{ mm}$$

لا يتم حساب بلاطة التغطية إنسانياً، إنما تسلح كما يأتي:

- قضبان تسليح متعمدة مع اتجاه الأعصاب مساحتها $\frac{1}{5}$ مساحة التسلیح الرئيسي في المتر،

وبحد أدنى mm $\Phi 6/200$.

- قضبان تسليح موازية لاتجاه الأعصاب، بواقع بلوكة/ $\Phi 6$ أو بلوكة/ $2\Phi 6$.

٢-٩-٦ - الأعصاب المتكررة:

١-٢-٩-٦ - الجملة الإنسانية:

: العصب R_1



الشكل (٩-٦): الجملة الإنسانية للعصب المتكرر R_1

٢-٢-٩-٦ - تحديد الحمولات: (تحسب الحمولات على متر مربع)

أ- الحمولات المئية، وتشمل:

- وزن ذاتي لبلاطة التغطية: $g_1 = t_f \cdot \gamma = 1,5 \text{ kN/m}^2$

- حمولة التغطية: وفق طبقات الإكساء $g_2 = 2,5 \text{ kN/m}^2$

- وزن الأعصاب: $g_3 = \frac{t - t_f}{s} \cdot \frac{b_1 + b_2}{2} \cdot \gamma = 1,82 \text{ kN/m}^2$

- وزن البلوك: $g_4 = \frac{W}{s} \cdot 5 = 1,0 \text{ kN/m}^2$

حيث W وزن البلوك المستعملة.

مجموع الحمولات المئية:

$$g = 6,82 \text{ kN/m}^2$$

بـ- حمولات حية، حسب الوظيفة الاستثمارية للمنشأ وتؤخذ من الملحق الأول
في الكود العربي السوري : $p = 2,5 \text{ kN/m}^2$

بعد ذلك تحسب حصة العصب الواحد من الحمولات كما يأتي:

$$g = g \cdot s = 3,41 \text{ kN/m}$$

$$p = p \cdot s = 1,25 \text{ kN/m}$$

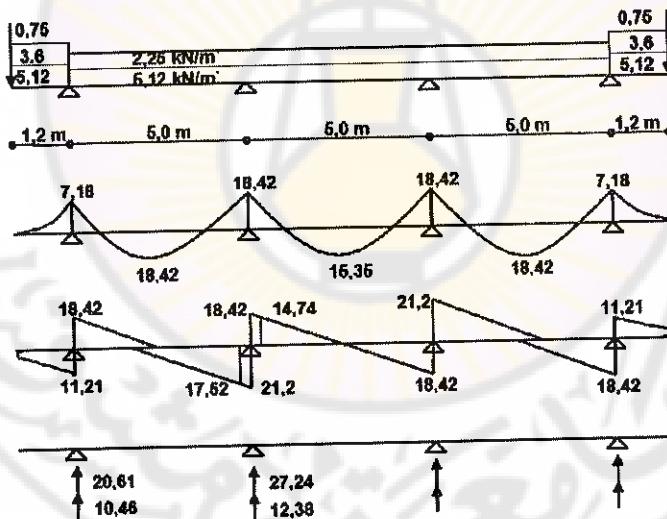
بعد ذلك تحسب حصة العصب الواحد من الحمولات المصعدة:

$$g_u = 5,12 \text{ kN/m}$$

$$p_u = 2,25 \text{ kN/m}$$

٣-٢-٩-٦ - التحليل الإنساني:

يتم تحليل الأعصاب المتكررة بأية طريقة إنسانية معروفة



الشكل (١٠-٦)

٦-٤-٢-٩-٦ - حساب التسلیح الطولی:

تصمم المقاطع الحرجة على العزم ، مع الانتهاء إلى ما يأتي:

- يضم مقطع العصب في وسط المجاز، على أنه بشكل T مع اعتماد عرض الجناح مساوياً للتباعد بين محاور الأعصاب S.
- يضم مقطع العصب فرق المسند، بعده مقطعاً مستطيلاً عرضه S ومعرضياً لعزم انعطاف سالب قيمته مخفضة بتأثير عرض المسند (حالة الجائز المخفي). حيث تحدد قيمة العزم السالب المخفض بالعلاقة:

$$M = M_s - \frac{R \cdot B}{8} = 13,47 \text{ kN.m}$$

حيث: M_s - عزم الانعطاف السالب عند محور الاستناد.

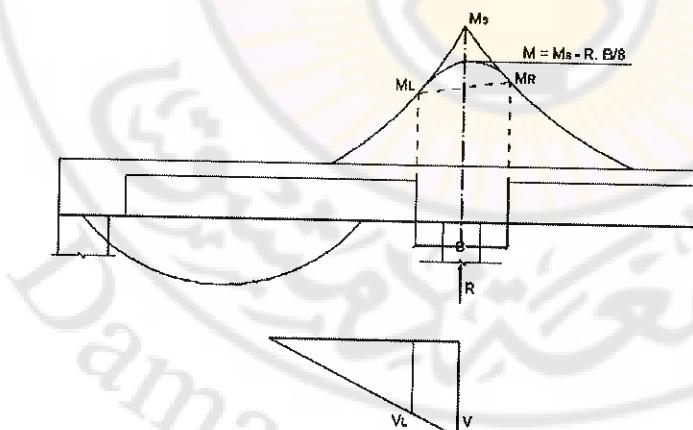
R - رد الفعل عند المسند.

B - عرض المسند.

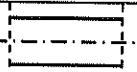
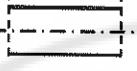
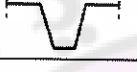
- يتم التحقق من المقاطع عند نهاية الجزء المصمت بعده مستطيلاً، عرضه العرض الأنذى للعصب ومعرضياً لعزم سالب قيمته:

$$M_R = M_s - V_R \cdot \frac{B}{2} = 11,05 \text{ kN.m}$$

$$M_L = M_s - V_L \cdot \frac{B}{2} = 9,66 \text{ kN.m}$$



الشكل (١١-٦): تخفيض العزم السالب عند المسند

اسم المقطع	العرض	شكل منطقة الضغط	التسلیح		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

$$A_{smin} = \frac{0,9}{f_y} \cdot b_w \cdot d = 93,75 \text{ mm}^2$$

و هنا يلزم التحقق من العصب عند نهاية الجزء المصمت بعده مستطيلاً، عرضه العرض الأنفي للعصب:

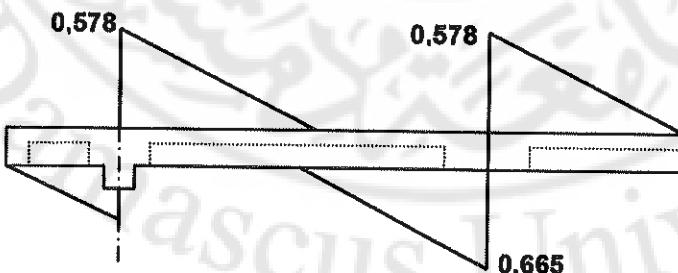
$$\mu = \frac{A_s}{b_{min} \cdot d} = 0,00603 \Rightarrow \alpha = 0,1276 \Rightarrow A_0 = 0,1195$$

$$M_u = 17,14 \text{ kN.m} > M_R \text{ or } M_L \quad \text{ok.}$$

٦-٩-٢-٥- حساب التسلیح العرضي:

تحسب الإجهادات المماسية الناجمة عن قوة القص بالعلاقة:

$$\tau_u = \frac{V_u}{0,85 \cdot b \cdot d}$$



الشكل (٦-١٢): مخطط الإجهادات المماسية

$$\tau_{cu} = 0,23 \cdot \sqrt{f_c} = 1,028 \text{ N/mm}^2$$

التسلیح إنشائی على طول العصب

$$A_{st(min)} = n \cdot a_s = \frac{0,35}{f_y} \cdot b_w \cdot s$$

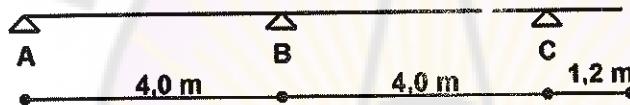
$$\phi 6 \Rightarrow s = 258,51 \text{ mm}$$

use: $\phi 6 / 200 \text{ mm}$

٤-٣-٩-٤ - حساب الجائز وفق المحور ٣ - ٣ :

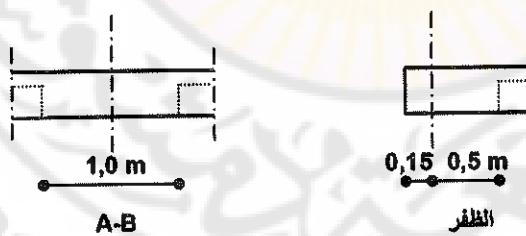
٤-٣-٩-٦ - الجملة الإنشائية:

تحدد الجملة الإنشائية للجائز من المسقط الإنشائي للبلاطة.



الشكل (٤-٣-٦) : الجملة الإنشائية للجائز

تحدد الأبعاد الهندسية لقطع الجائز من المسقط الإنشائي للبلاطة:



الشكل (٤-٦) : شكل المقطع العرضي للجائز

٤-٣-٩-٦ - تحديد الحمولات:

أ- حمولات ميّنة، وتشمل:

- وزن ذاتي إضافي للجائز (حسب شكل المقطع العرضي له)

: A - B في الفتحة

$$g_{u1} = 1,5 \cdot [(t - t_f) \gamma - (g_3 + g_4)] B = 4,02 \text{ kN/m}$$

: في الفتحة C - B وفي الظفر

$$g_{u1} = 1,5 \cdot [(t - t_f) \gamma - (g_3 + g_4)] \frac{B}{2} + 1,5 \cdot 0,15 \cdot t \cdot \gamma = 3,58 \text{ kN/m}$$

- الحمولة الميتة المنقولة من الأعصاب المستند إليه:

: A - B في الفتحة

$$g_{u2} = R_{gu} / s = 27,24 / 0,5 = 54,48 \text{ kN/m}$$

: في الفتحة B - C

$$g_{u2} = R_{gu} / s = 28,16 / 0,5 = 56,32 \text{ kN/m}$$

حيث R_{gu} : رد فعل ميت للعصب المستند إلى الجائز في موقع الاستند

: في فتحة الظفر:

$$g_{u2} = R_{gu} / s = 12,8 / 0,5 = 25,6 \text{ kN/m}$$

- وزن الجدار،

: في الفتحة B - A و في الفتحة B - C

$$g_{u3} = 1,5 \cdot 0,85 \cdot \bar{\beta} \cdot H = 9,44 \text{ kN/m}$$

حيث $\bar{\beta}$: وزن المتر المربع من الجدار مع الإكساء

$$g_{u3} = 1,5 \text{ kN/m}$$
 : في فتحة الظفر:

ب- حمولات حية، الحمولة الحية المنقولة من الأعصاب المستند إليه:

: في الفتحة A - B و في الفتحة B - C

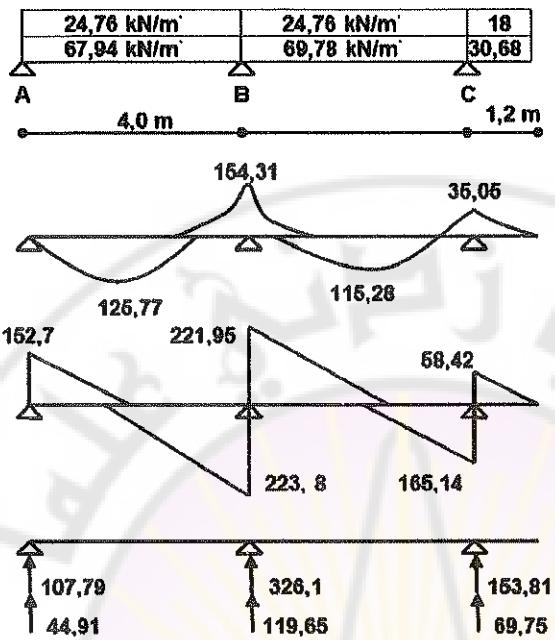
$$p_u = R_{pu} / s = 12,38 / 0,5 = 24,76 \text{ kN/m}$$

حيث R_{pu} : رد فعل ميت للعصب المستند إلى الجائز في موقع الاستند

$$p_u = R_{pu} / s = 9 / 0,5 = 18 \text{ kN/m}$$
 : في فتحة الظفر:

٦-٩-٣-٣- التحليل الإنشائي، وتصميم المقاطع:

يتم تحليل الجائز بأية طريقة إنشائية معروفة، ومن ثم تصمم المقاطع الحرجية على العزم وقوى القص.



الشكل (١٥-٦)

اسم المقطع	العزم	شكل منطقة الضغط	للتسليح		ملاحظات
			محسوب	مختار	
A	-41,92	[Diagram of rectangular stress block]	625	4T16	علوي
B	-154,31	[Diagram of rectangular stress block]	2090	11T16	علوي
C	-35,05	[Diagram of rectangular stress block]	446	4T16	طولي
A - B	+125,77	[Diagram of rectangular stress block]	1671	9T16	سفلي
B - C	+115,28	[Diagram of rectangular stress block]	1521	8T16	سفلي

$$A_{s\min} = \frac{0.9}{f_y} \cdot b_w \cdot d = 625 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\min} = \frac{0.9}{f_y} \cdot b_w \cdot d = 406 \text{ mm}^2 \quad \text{للظفر}$$

الفصل السابع

البلاطات المفرغة ذات الأعصاب بالاتجاهين

(البلاطات المغصبة)

Waffle slab

١-٧ - تعريف:

هي بلاطات عاملة بالاتجاهين، فرغت أجزاء منها في كلا الاتجاهين. لذلك تدعى غالباً **البلاطات المفرغة ذات الأعصاب بالاتجاهين**.

٢-٧ - 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 الأثيرنيت 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 الجواز المنصفالية**. ويستعمل لإنشاء هذا النوع من البلاطات قوالب مؤقتة صنعت خصيصاً لهذا الغرض.

يستعمل هذا النوع من البلاطات لسقف مجازات كبيرة تتراوح بين (6 m - 20 m).

٣-٧- البلاطات المفرغة ذات الأعصاب باتجاهين، بتباعد أقل من متر واحد (النوع الأول) :

١-٣-٧ - العناصر الإنشائية والاشتراطات البعدية واشتراطات التسلیح:

تحدد السماكة الكلية الدنيا للبلاطة المفرغة ذات الأعصاب باتجاهين، التي لا يزيد التباعد بين محاور أعصابها على متر واحد، والمستندة إلى جدران أو جوازات يزيد عمقها على مثلي سماكة البلاطة، كما ورد للبلاطات المصممة ذات الاتجاهين. أي يؤخذ السمك الأدنى بحيث لا يقل عن:

$$t \geq 120/\text{المحيط المكافئ} \quad (1-7)$$

وإلا فيلزم التحقق من السهم. حيث يعرف المحيط المكافئ بأنه مجموع الأطوال المكافئة لأضلاع البلاطة. يؤخذ الطول المكافئ لضلع ما من البلاطة، مسلياً 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 الجواز الحاملة للبلاطة، يقل عن مثلي سمك البلاطة، يؤخذ السمك الأدنى للبلاطة بفرضها مستندة إلى الأعمدة مباشرة، كما هو وارد في الجدول .

موقع المجاز	المجازات الداخلية دون سقوط	المجازات الداخلية مع سقوط	المجازات الطرفية دون سقوط	المجازات الطرفية مع سقوط	المحاذير
t	L/27	L/30	L/24	L/27	L/27

حيث: L - المتوسط الحسابي للمسافتين بين محاور الأعمدة في الاتجاهين المتعامدين

الجدول (١-٧) : السمك الأدنى للبلاطات المفرغة ذات الأعصاب باتجاهين (النوع الأول)، المستندة على جواز عمقها يقل عن مثلي سمك البلاطة

تتألف البلاطات المعصبة من النوع الأول من العناصر الإنشائية الآتية، الشكل (١-٧) :

أ - بلاطة التغطية:

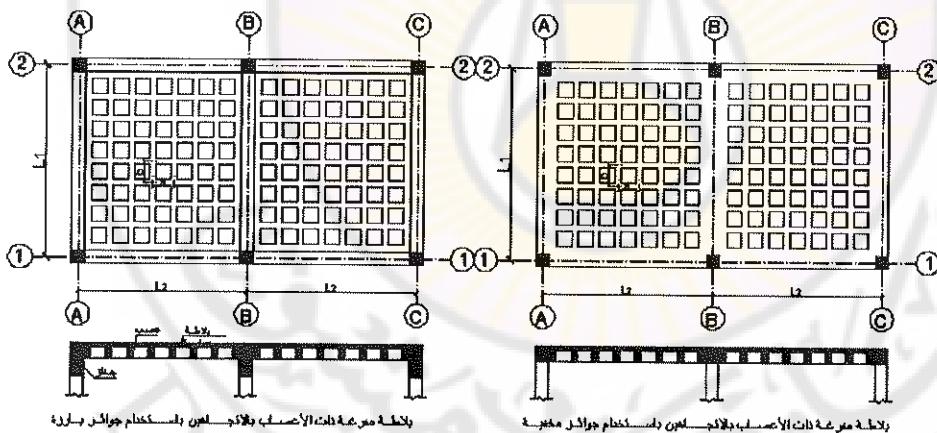
يُؤخذ سمك بلاطة التغطية ، بحيث لا يقل عن الأكبر من القيم الآتية:

- $\frac{1}{10}$ 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 التسلیح في كل اتجاه عن $5\Phi 6/m^2$. ويراعى عند وضع التسلیح الترتيبات نفسها الواردة في البلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد.



الشكل (١-٧) : بلاطات معصبة من النوع الأول

بـ- الأعصاب المتصالبة:

- يجب ألا يقل العمق الكلي للعصب في البلاطات المفرغة عن القيم الواردة في الجدول (١-٧)، 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 التسلیح الدینا والقصوى للأعصاب في البلاطات المعصبة من النوع الأول، كما سبق ذكره للجوائز.
- تكون ترتيبات التسلیح في الأعصاب، كما سبق ذكره للأعصاب في البلاطات المفرغة باتجاه واحد.

جـ- الجوائز:

تكون الجوائز في البلاطات المعصبة على شكلين، إما مخفية أو بارزة (ساقطة)، انظر الشكل (١-٧)، وتنطبق عليها الاشتراطات البعيدة واشتراطات التسلیح وترتيبات التسلیح نفسها الخاصة بالجوائز العاديّة.

٢-٣-٧ - الحساب الإنشائي:

أـ- بلاطة التغطية:

هي بلاطة عاملة باتجاهين ولا يتم حساب هذه البلاطة لصغر أبعادها في كلا الاتجاهين. وتسلح إثنائياً في الاتجاهين كما سبق ذكره أعلاه. يلزم ملاحظة الحمولات المركزية إن وجدت فرق هذه البلاطة، بحيث لا تسبب ثقباً لها.

بـ- الأعصاب المتصالبة:

بـ- ١- تحديد الحمولات: يتم حساب الحمولات على متر مربع من سطح البلاطة، وتشمل:

*** الحمولات المئوية، وهي:**

$$g_1 = t_f \cdot \gamma$$

- وزن ذاتي لبلاطة التغطية:

$$g_2$$

- حمولة التغطية، حسب التفاصيل المعمارية:

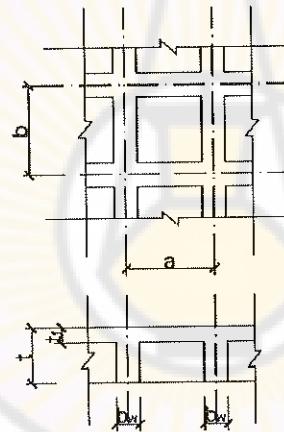
$$g_3 = \frac{(t - t_f)}{a \cdot b} \cdot \gamma \cdot [b_w \cdot a + b_w(b - b_w)]$$

- وزن الأعصاب :

- وزن البلاوك، في حال استعماله كقوالب دائمة.

*** الحمولات الحية:**

p



الشكل (٢-٧)

بـ- ٢- عزوم الانعطاف والتسلیح:

يتم حساب عزوم الانعطاف بأخذ شرائح وسطية في كل 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 ٢ من الجدول (٩-٨) في الكود العربي السوري، من أجل البلاطات التي تستند إلى جدران أو جوانز ساقطة يزيد سمكها على مثلي سمك البلاطة، ومن الجدول (١٠-٨) من أجل البلاطات التي تستند إلى جوانز من السمك نفسه للبلاطات.

بعد ذلك يتم حساب العزوم استناداً إلى مبدأ الشرائح في كلا الاتجاهين، وبحسب 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.

جـ - الجوانز:

يتم نقل الحمولات إلى الجوانز الرئيسة الحاملة للبلاطات المفرغة ذات الاتجاهين، تماماً كما هو الحال بالنسبة للجوانز الحاملة للبلاطات المصمتة ذات الاتجاهين.

٧-٤ - البلاطات ذات الجوانز المتضالبة 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 نقل عن:

$$t \geq \frac{L}{20 \rightarrow 25} \quad (2-7)$$

حيث تُؤخذ L في هذه الحالة مساوية المتوسط الحسابي للمسافتين بين محاور الأعمدة في الاتجاهين المتعامدين.

يُؤخذ الارتفاع الجوانز المتضالبة ثابتاً بالاتجاهين وذلك لتسهيل عملية التنفيذ.

الجدول (٩-٨)

معاملات توزيع الأحمال في البلاطات المفرغة باتجاهين عندما تكون الجواز الرئيسية مساقطة

نسبة الاستقطالية Γ						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 الاستقطالية Γ	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 (١٠-٨)

معاملات توزيع الأحمال في البلاطات ذات الجواز المتضاد أو البلاطات المفرغة باتجاهين عندما تكون الجواز الرئيسية مخفية

نسبة الاستقطالية Γ						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 الاستقطالية Γ	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 الإنسانية الآتية:

أ- بلاطة التغطية:

يُؤخذ السمك الأدنى لهذه البلاطة كما سبق ذكره في البلاطات المصممة ذات الاتجاهين، وتطبق على هذه البلاطات اشتراطات وترتيبات التسلیح نفسها الواردة في البلاطات المصممة ذات الاتجاهين أيضاً.

بـ- الجوازات المتصلبة:

يتراوح التباعد بين هذه الجوازات من متر واحد إلى مترين وتطبق عليها اشتراطات وترتيبات التسلیح نفسها، المطبقة على الجوازات العاديّة.

جـ- الجوازات الرئيسة:

وستند هذه الجوازات إلى الأعمدة وتطبق عليها الاشتراطات البعيدة نفسها واحتياطات التسلیح الخاصة بالجوازات العاديّة أيضًا.

٧-٤-٢- الحساب الإنشائي:

أ- بلاطة التغطية:

يتم حساب هذه البلاطة كما هو الحال في البلاطات المصممة ذات الاتجاهين، حيث تحسب عزوم الانعطاف السالبة والموجبة في كلا الاتجاهين بحدى الطرائق المتبعة، وبعدها يُحسب التسلیح السفلي لهذه البلاطات في الاتجاهين. أما التسلیح العلوي فوق المسائد 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.

بـ- الجوازات المتصلبة:

بـ-١- تحديد الحمولات: يتم حساب الحمولات على متر مربع من سطح البلاطة، وتشمل:

*** الحمولات الميئية، وهي:**

$$g_1 = t_f \cdot \gamma$$

- وزن ذاتي لبلاطة التغطية:

$$g_2$$

- وحمولة التغطية، حسب التفاصيل المعمارية:

$$g_3 = \frac{(-t_f)}{b} \cdot \gamma \cdot [b_w \cdot a + b_w(b - b_w)]$$

*** الحمولات الحية:**

بـ-٢- عزوم الانعطاف والتسلیح:

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:

$$- \text{الحمل في الاتجاه القصير: } q_2 = \alpha_2 \cdot q \cdot b$$

$$- \text{الحمل في الاتجاه الطويل: } q_1 = \alpha_1 \cdot q \cdot a$$

حيث α_1, α_2 هما معاملان تُؤخذ قيمهما تبعاً لدرجة الاستطالة ٢ من الجدول (١٠-٨) 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 الازمة لها أقل ، ويمكن تقديرها وفق الجدول (١١-٨) في الكود العربي السوري تبعاً لعدد الجوائز المتصالبة في كل اتجاه من العلاقة:

$$A_{sj} = \alpha_{ij} \cdot A_s \quad (3-7)$$

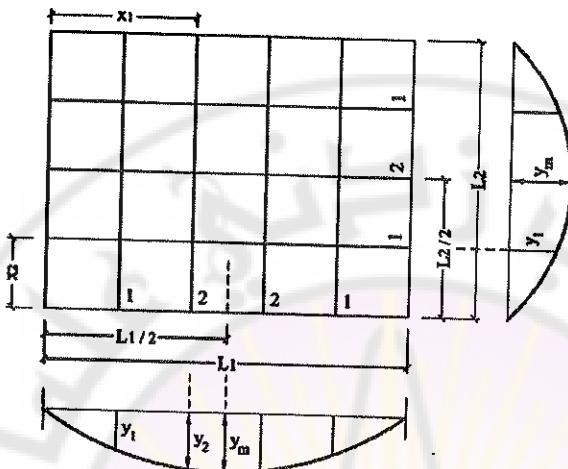
حيث: A_s - كمية تسليح الجائز في الصفر .

α_{ij} - عامل يُؤخذ من الجدول (١١-٨) في الكود العربي السوري.

A_s - كمية تسليح الجائز الوسطي المحسوب أعلاه.

ج- الجوائز:

يتم نقل الحمولات إلى الجوائز الرئيسية الحاملة للبلاطات المفرغة ذات الاتجاهين، تماماً كما هو الحال بالنسبة للجوائز الحاملة للبلاطات المصمتة ذات الاتجاهين.



مخطط تأثير لبلطة ذات جدار متضالبة

الجدول (١١-٨)

عدد الجوارب بالاتجاه L_2 أو L_4	نسبة حزيم الجوارب غير الوسطية إلى حزيم الجوارب الوسطي					
	رقم العصب المدربون					
	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 (٣-٧) : أرقام الجدول وفق ما وردت في الكود الصوري

٥-٧- 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 تعدّر وضع الفتحة بالكامل ضمن حدود القالب، عندها

يلزم معالجتها كالفتحة الكبيرة في البلاطات المصمتة ، أي يجب أن تحل البلاطة وفقاً للمبادئ الهندسية المعتمدة، أو بوضع جوازز تقوية على محيط الفتحة، تمتد حتى مساند البلاطة.

٦-٧ - الأحمال المكافئة للقواعد فوق البلاطات المخصبة:

تحدد الأحمال المكافئة لأوزان القواعدي الخفيفة والتقليلية، كما هو الحال في البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين.

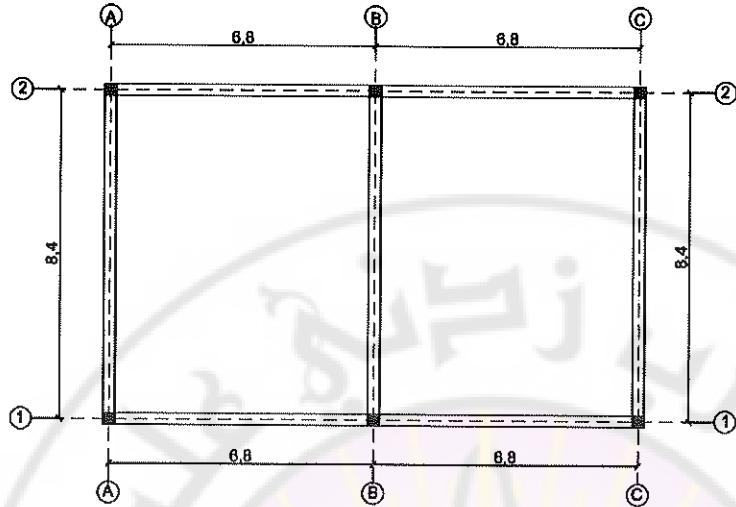
٧-٧ - مثال عددي:

يبين الشكل (٤-٧) مقطعاً لبلاطة سقف، والمطلوب حساب العناصر الإنسانية لهذه البلاطة باختيار الحل الإنساني:

- ١- بلاطة مفرغة ذات الأعصاب باتجاهين، بتباعد أقل من متر واحد (النوع الأول).
- ٢- بلاطة مفرغة ذات الأعصاب باتجاهين، بتباعد أكبر من متر واحد (النوع الثاني).

المعطيات:

- أبعاد الأعمدة : $300 \times 300 \text{ mm}^2$.
- يستخدم جوازز ساقطة فوق محاور الأعمدة، سمكها الكلي يزيد على مثلي سمك البلاطة.
- الحمولات: حمولة التغطية $2,0 \text{ kN/m}^2$ ، الحمولة الحية $3,0 \text{ kN/m}^2$
- مواصفات المواد: المقاومة المميزة للبيتون $f_c = 20 \text{ N/mm}^2$.
- حد مرنة الفولاذ $f_y = 400 \text{ N/mm}^2$.
- تؤخذ بقية الأبعاد من الشكل.



الشكل (٤-٧): مسقط البلاطة

١-٧-٧ - الحل الأول:

تحدد السماكة الكلية الدنيا للبلاطة المفرغة ذات الأعصاب بالاتجاهين، التي لا يزيد التباعد بين محاور أعصابها على متر واحد، والمستدلة إلى جدران أو جوانز يزيد عمقها على مثلي سماكة البلاطة، كما ورد أعلاه.
أي يُؤخذ السمك الأدنى بحيث لا يقل عن:

$$t = \frac{120}{\text{المحيط المكافئ}} = 236,53 \text{ mm}$$

$$t = 280 \text{ mm} \quad \text{نعتمد:}$$

بعد اختيار الجملة الإنسانية المناسبة كما في الشكل (٥-٧) يتم حساب عناصر البلاطة.

أ- بلاطة التقطيع:

هي بلاطة عاملة باتجاهين ولا يتم حساب هذه البلاطة لصغر أبعادها في كلا الاتجاهين. وتسلح إنسانياً في الاتجاهين كما سبق ذكره أعلاه.

يُؤخذ سماك بلاطة التغطية t_f بحيث لا يقل عن الأكبر من القيم الآتية:

$$t_f = \frac{1}{10} a, \text{ or } b = 80 \text{ mm} -$$

- 60 mm في حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب المؤقتة.

- 50 mm في حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب الدائمة.

$$\text{نعتد } t_f = 80 \text{ mm}$$

وتسليح هذه البلاطة بالاتجاهين بحيث لا يقل التسليح في كل اتجاه عن $(5\Phi 6/\text{m})$. ويراعى عند وضع التسليح الترتيبات نفسها الواردة في البلاطات المصنعة ذات الاتجاه الواحد.

ب- الأعصاب المتصالبة:

ب- ١- تحديد الحمولات: يتم حساب الحمولات على متر مربع من سطح البلاطة، وتشمل:

* الحمولات المئنة، وهي:

$$g_1 = t_f \cdot \gamma = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

- وزن ذاتي لبلاطة التغطية:

$$g_2 = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

- وحمولة التغطية، حسب التفاصيل المعمارية:

- وزن الأعصاب :

$$g_3 = \frac{(t - t_f)}{a \cdot b} \cdot \gamma \cdot [b_w \cdot a + b_w(b - b_w)] = 2,2 \text{ kN/m}^2$$

الحمولات المئنة، ككل:

$$g = 6,2 \text{ kN/m}^2$$

* الحمولات الحية:

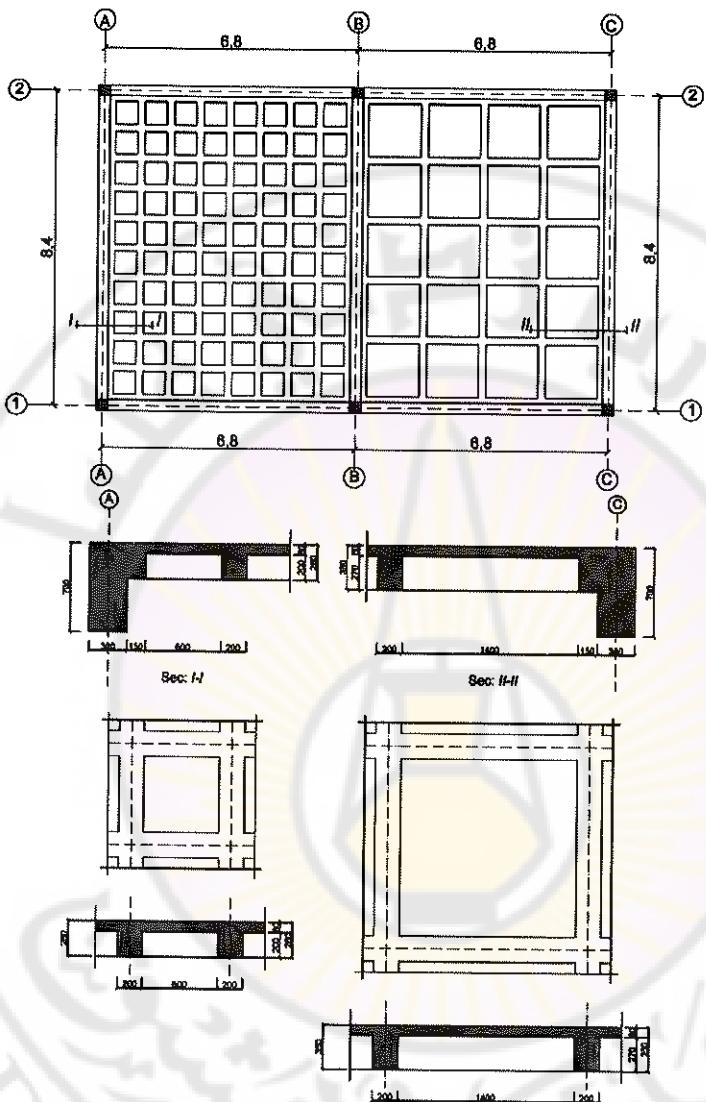
$$p = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

* والحمولات الحدية:

$$q_u = 9,3 + 5,4 = 14,7 \text{ kN/m}^2$$

ب- ٢- عزوم الانعطاف والتسلیح:

يتم حساب عزوم الانعطاف بأخذ شرائح وسطية في كلا الاتجاهين، عرض الشريحة الواحدة في كل اتجاه هو التباعد بين محاور الأعصاب في الاتجاه ذاته. وتحدد حصة العصب الوسطي من الحمولات، وذلك في كل اتجاه حسب ما يأتي:



الحل الأول

الحل الثاني

الشكل (٥-٧) : المسقط الائتماني للبلاطة

- الحمل في الاتجاه القصير: $q_{u2} = \alpha_2 \cdot q_u \cdot b = 7,87 \text{ kN/m}$

- الحمل في الاتجاه الطويل: $q_{u1} = \alpha_1 \cdot q_u \cdot a = 1,95 \text{ kN/m}$

حيث α_1, α_2 هما معاملان تُؤخذ قيمهما تبعاً لدرجة الاستطالة ٢ من الجدول (٩-٨) في الكود العربي السوري، كون البلاطات تستند إلى جوانز ساقطة يزيد سمكها على مثلي سمك البلاطة.

$$r = \frac{m_1 \cdot L_1}{m_2 \cdot L_2} = 1,42 \Rightarrow \begin{cases} \alpha_1 = 0,1656 \\ \alpha_2 = 0,6692 \end{cases}$$

بعد ذلك يتم حساب العزوم استناداً إلى مبدأ الشرائح في كلا الاتجاهين، ويرسم التسلیح اللازم، ويرکز ضمن العصب في كل اتجاه، ويعمم هذا التسلیح على باقي الأعصاب غير الوسطية في الاتجاه ذاته. الشكل (٦-٧). في هذا النوع من البلاطات يطلب فقط التحقق من القص عند نهاية الأجزاء المصمتة.

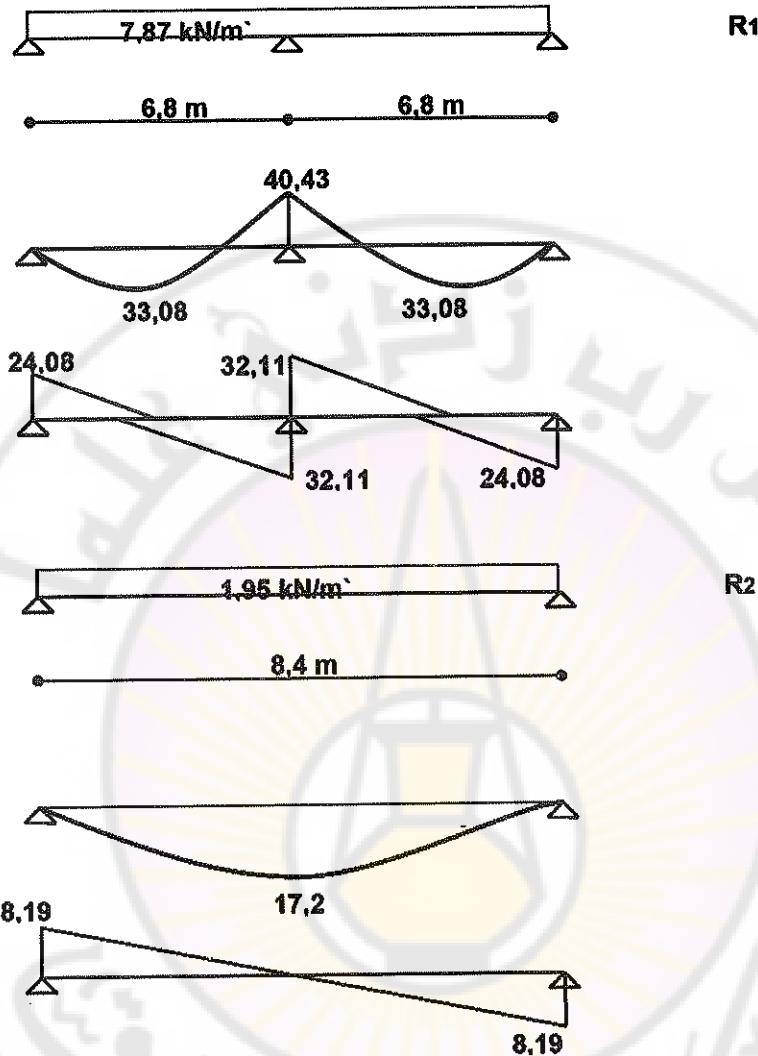
١-٧-٧ - الحل الثاني:

تحدد السماكة الكلية الدنيا للبلاطة من هذا النوع بحيث لا تقل عن:

$$t \geq \frac{L}{20 \rightarrow 25} = 304 \rightarrow 380 \text{ mm}$$

$t = 350 \text{ mm}$ نعتمد:

بعد اختيار الجملة الإنسانية المناسبة كما في الشكل (٥-٧) يتم حساب عناصر البلاطة.



الشكل (٦-٧): قيم العزوم وقوى القص التصميمية في الأعصاب الوسطية

أ- بلاطة التغطية:

هي بلاطة عاملة باتجاهين أبعادها $1,6 \times 1,6$ m ، و يتم حسابها تماماً كما سبق ذكره في البلاطات المصنعة ذات الاتجاهين.

يُؤخذ سمك بلاطة التغطية بما بحيث لا يقل عن:

$$t_f \geq \frac{1}{140} \text{المحيط المكافئ}$$

$$t_f = 80 \text{ mm} \quad \text{نعتمد:}$$

أ-١- تحديد الحمولات: (تحسب على متر مربع من سطح البلاطة)

* الحمولات الميئية، وهي:

$$g_1 = t_f \cdot \gamma = 2,0 \text{ kN/m}^2 \quad \text{- وزن ذاتي لبلاطة التناظرية:}$$

$$g_2 = 2,0 \text{ kN/m}^2 \quad \text{- حمولة التناظرية، حسب التفاصيل المعمارية:}$$

$$g = 4,0 \text{ kN/m}^2 \quad \text{الحمولات الميئية، ككل:}$$

$$p = 3,0 \text{ kN/m}^2 \quad * \text{الحمولات الحية:}$$

$$q_u = 6,0 + 5,4 = 11,4 \text{ kN/m}^2 \quad * \text{الحمولات الحدية:}$$

أ-٢- حساب عزوم الانعطاف التصميمية في البلاطات:

سيتم استخدام الطريقة المبسطة في حساب عزوم الانعطاف التصميمية. تتطلق هذه الطريقة في الحسابات، من بلاطة بسيطة الاستناد عند أطرافها الأربع. الشكل (٧-٧).

تحدد عزوم الانعطاف المتولدة عن الأحمال في مركز البلاطة بالاتجاهين كالآتي:

- باتجاه المجاز القصير L_2 :

$$M_{02} = \mu_2 \cdot q_u \cdot L_2^2 = 1,23 \text{ kN.m}$$

- باتجاه المجاز الطويل L_1 :

$$M_{01} = \mu_1 \cdot M_{02} = 1,23 \text{ kN.m}$$

حيث تُحدد قيم المعاملين μ_1, μ_2 من الجدول (٨-٨) في الكود العربي

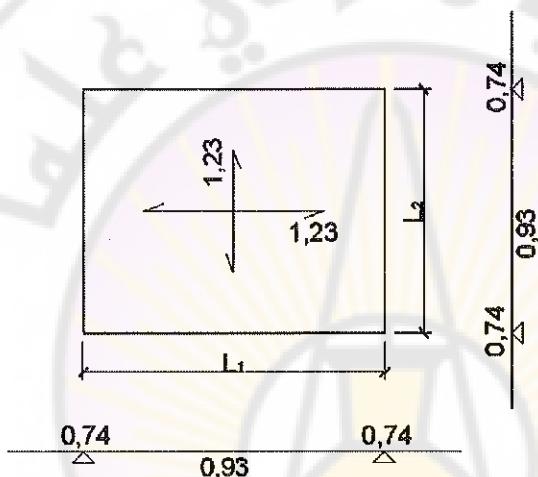
$$\text{السوري، تبعاً لقيمة النسبة } \left(0,5 \leq \rho = \frac{L_2}{L_1} \leq 1 \right).$$

$$\rho = \frac{L_2}{L_1} = 1,0 \Rightarrow \begin{aligned} \mu_2 &= 0,0423 \\ \mu_1 &= 1,0 \end{aligned}$$

و تؤخذ عزوم الانعطاف 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، تتحدد قيم عزوم الانعطاف الموجبة والسلبية الواردة في الشكل (٧-٧).

و يؤخذ العزم السالب للبلاطة مستمرة متوسط القيمتين عند يسار ويمين المسند.



الشكل (٧-٧): قيم العزوم السلبية والموجبة في البلاطة كنسبة من العزومين M_{01} ، M_{02} ، للبلاطة بسيطة الاستناد

يُحسب التسليع السفلي لهذه البلاطات في الاتجاهين. أما التسليع العلوي فوق المساند فيمكن الاستغناء عنه لصغر العزوم المؤثرة، ويمكن فقط التتحقق من عدم تجاوز إجهادات الشد الناجمة عن عزوم الانعطاف في تلك المنطقة، قيمة مقاومة البيتون على الشد.

$$M_u^- = 0,74 \text{ kN.m} \Rightarrow M^- = 0,45 \text{ kN.m}$$

$$\sigma_t = \frac{M^-}{I} \cdot y \leq f_{ct}$$

ب- الأعصاب المتصالبة:

ب-١- تحديد الحمولات: يتم حساب الحمولات على متر مربع من سطح البلاطة، وتشمل:

* الحمولات الميتة، وهي:

$$g_1 = t_f \cdot \gamma = 2,0 \text{ kN/m}^2 \quad \text{- وزن ذاتي لبلاطة التغطية:}$$

$$g_2 = 2,0 \text{ kN/m}^2 \quad \text{- حمولة التغطية، حسب التفاصيل المعمارية:}$$

- وزن الأعصاب :

$$g_3 = \frac{(t - t_f)}{a \cdot b} \cdot \gamma \cdot [b_w \cdot a + b_w(b - b_w)] = 1,58 \text{ kN/m}^2$$

$$g = 5,58 \text{ kN/m}^2 \quad \text{الحمولات الميتة، ككل:}$$

$$p = 3,0 \text{ kN/m}^2 \quad \text{* الحمولات الحية:}$$

$$q_u = 8,37 + 5,4 = 13,77 \text{ kN/m}^2 \quad \text{* الحمولات الحدية:}$$

ب-٢- عزوم الانعطاف والتسلیح:

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:

$$q_{u2} = \alpha_2 \cdot q_u \cdot b = 17,72 \text{ kN/m} \quad \text{- الحمل في الاتجاه القصير:}$$

$$q_{u1} = \alpha_1 \cdot q_u \cdot a = 4,31 \text{ kN/m} \quad \text{- الحمل في الاتجاه الطويل:}$$

حيث α_1, α_2 هما معاملان تُؤخذ قيمهما تبعاً لنرجة الاستطالة ٢ من الجدول (٨-١٠) في الكود العربي السوري، كون البلاطات معصبة من النوع الثاني.

$$r = \frac{m_1 L_1}{m_2 L_2} = 1,42 \Rightarrow \begin{aligned} \alpha_1 &= 0,1956 \\ \alpha_2 &= 0,8044 \end{aligned}$$

بعد ذلك يتم حساب العزوم استناداً إلى مبدأ الشرائح في كلا الاتجاهين، ويحسب التسليح اللازم، بعد تخفيف قيم العزوم السالبة والموجبة فقط بمقدار 20% نظراً للصلابة الكبيرة للبلاطة. الشكل (٨-٧) والشكل (٩-٧).

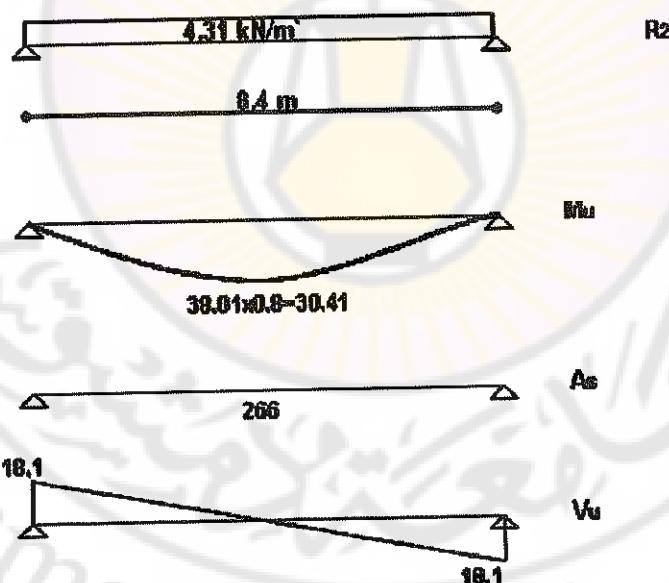
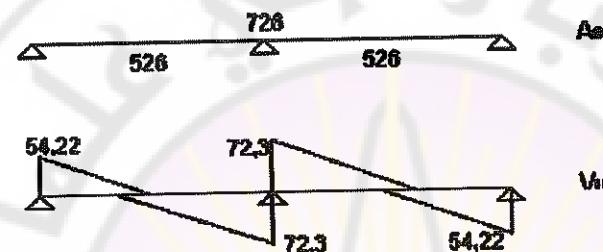
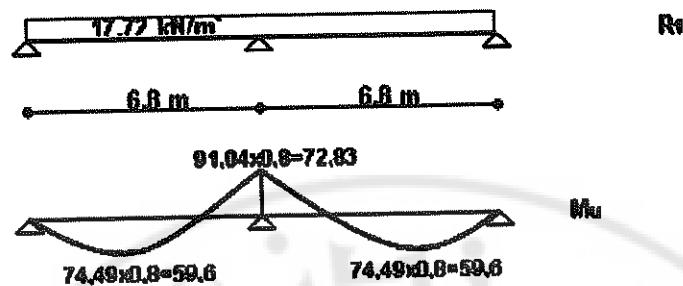
أما بالنسبة للجوازات التي لا تقع في وسط البلاطة، فتكون كمية التسليح اللازم لها أقل ، ويمكن تقديرها وفق الجدول (١١-٨) في الكود العربي السوري تبعاً لعدد الجوازات المتصالبة في كل اتجاه من العلاقة:

$$A_{sj} = \alpha_{jj} \cdot A_s$$

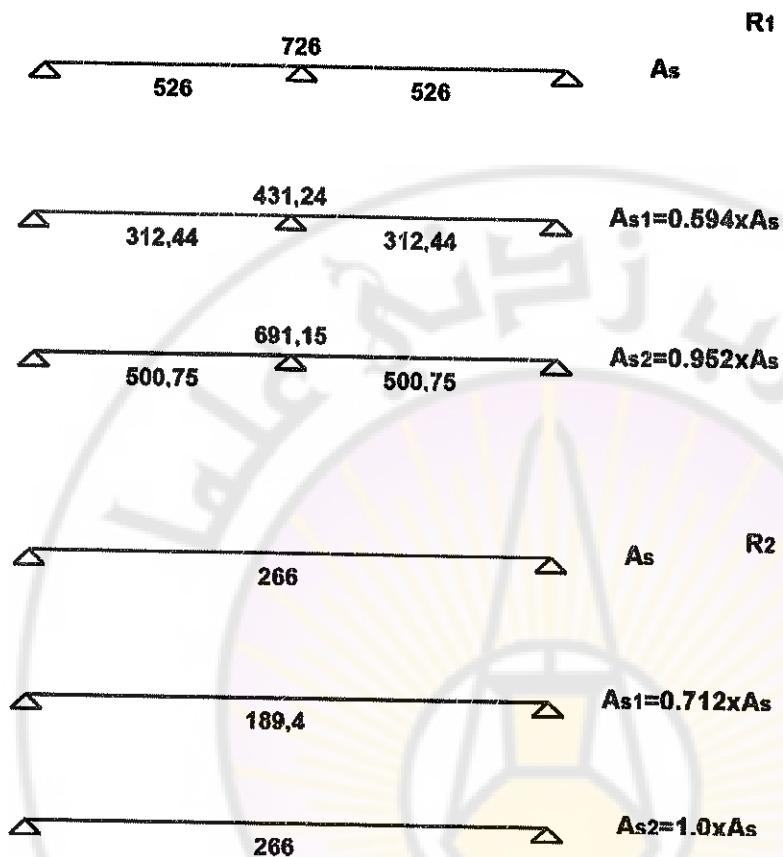
حيث: A_s - كمية تسليح الجائز في الصفر .

α_{jj} - عامل يؤخذ من الجدول (١١-٨) في الكود العربي السوري.

A_s - كمية تسليح الجائز الوسطي المحسوب أعلاه.



الشكل (٨-٧): قيم العزوم وقوى القص التصميمية والتسلیح الطولی في الجوانز الوسطیة



الشكل (٩-٧) : قيم التسليح الطولى في الجوانز غير الوسطية

الفصل الثامن

البلاطات المستندة إلى الأعمدة

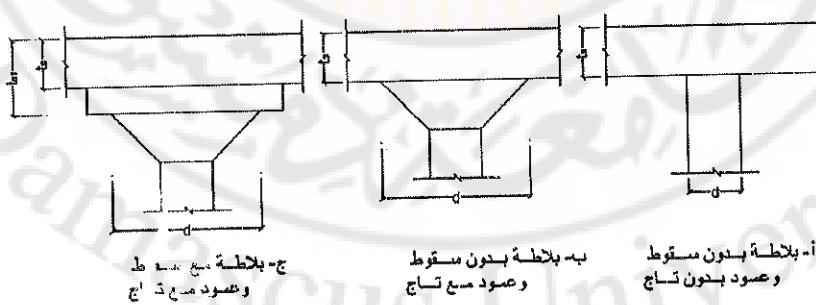
(البلاطات الفطرية)

Flat slab

١-٨ - تعريف:

هي بلاطات مستوية مصممة (ملينة) غالباً، تستند مباشرة إلى أعمدة مع تيجان أو بدونها، الشكل (١-٨). وتتميز البلاطات الفطرية 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 الطبوقي.
- عدم اضطراب حركة الهواء تحت السقف، وهذا ما يجعل هذه البلاطات مناسبة للاستعمال في سقف منشآت التبريد.



الشكل (١-٨): أشكال استناد البلاطات الفطرية على الأعمدة

٤-٢-٨ - الاشتراطات البعدية واحتياطات التسلیح:

١-٢-٨ - الاشتراطات البعدية:

أ- يجب أن لا تتعدي النسبة بين طول وعرض البلاطة القيمة $\frac{4}{3}$ ، أي $\frac{L_1}{L_2} \leq \frac{4}{3}$.

ب- يجب ألا يقل ادنى سماك كلی L 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 تؤخذ L متساوية إلى المتوسط الحسابي للمقاسين L_1, L_2 .

ج- يجب ألا يقل قطر العمود (الداوري القطاعي، أو طول كل من جانبي العمود المستطيل القطاعي)، 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 للزلزال.

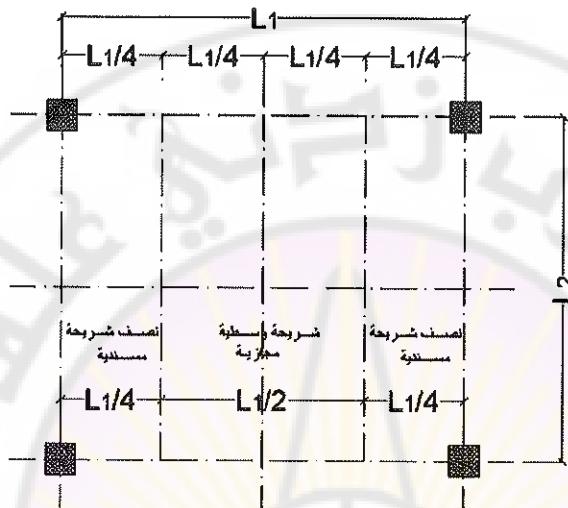
د- في الحالات التي تزود فيها الأعمدة بتيجان، يجب أن تتحقق المتطلبات التالية، وذلك بالنسبة لتيجان الأعمدة الداخلية، وكذلك أجزاء تيجان الأعمدة الخارجية الواقعة في حدود المبني:

- إذا زادت زاوية أقصى ميل للناتج مع الاتجاه الرأسي على 45° ، يكون فقط الجزء من الناتج المحصور بالزاوية 45° ، هو الفعال.

- إذا زاد قطر ناتج العمود على ربع طول الفتحة، يعد القطر الفعال لناتج العمود

ـ فقط ربع طول الفتحة ($\frac{L}{4}$).

هـ- يفترض تقسيم فتحات البلاطات الفطرية إلى شرائح وسطية و شرائح مسنديّة ونصف شريحة مسنديّة طرفية، كما هو مبين بالشكل (٢-٨).



الشكل (٢-٨): توزيع الشرائح لل بلاطات الفطرية

٢-٢-٨- اشتراطات وترتيبات التسلیح في البلاطة الفطرية:

أ- تُؤخذ مساحات التسلیح الدنيا والقصوى لل بلاطات الفطرية، كما هو لل بلاطات المليئة ذات الاتجاه الواحد.

ب- يجب أن تسلح البلاطات الفطرية ويرتّب التسلیح، بحيث تسلح كل شريحة بعرضها الكامل.

ج- يجب أن يمتد على الأقل نصف التسلیح الموجب لكل شريحة، في الجزء الأسفل من البلاطة، لما بعد الخط الواصل بين محاور الأعمدة بما لا يقل عن 100mm و عند استعمال القصبان المستقيمة للتسلیح الموجب في الفتحة الطرفية، يجب أن يمتد التسلیح إلى ما بعد محور المسند الطرفی بما لا يقل عن 150 mm.

د- يجب أن يستمر التسلیح السالب في أعلى البلاطة، داخل المجازات المجاورة، لمسافة لا تقل عن ربع طول المجاز الأكبر من المجازين المجاورين، مقیسة من الخط الواصل بين مراكز الأعمدة.

هـ يجب أن يُحتفظ بمساحة التسلیح السالب بأكملها، لمسافة لا تقل عن خمس طول المجاز على كل جانب من الخط الواصل بين مراكز الأعمدة. كما يجب أن يُحتفظ بمساحة التسلیح الموجب بأكملها، لمسافة لا تقل عن ربع طول المجاز، على كل جانب من محور المجاز في حال استعمال القصبان المكسحة، أو 35% من طول المجاز في حال استعمال القصبان المستقيمة.

و- في حالة البلاطات الفطرية المستندة إلى أعمدة بدون نيجان، أو عندما يكون قطر الناج أقل من ضعف بعد الأننى (أو القطر المكافى) لأعلى العمود، يجب تجميع ثلثي كمية التسلیح الالزام لمقاومة العزوم السالبة للشريحة المستندية، في عرض يساوى نصف عرض هذه الشريحة، على أن تكون متمركزة مع العمود، ويوزع باقی التسلیح على العرض المتبقى من الشريحة المسندية.

ز- يجب أن يمتد التسلیح الموجب والسلالب في البلاطات غير المستمرة الأطراف، للحصول على الإرساء المناسب، لمقاومة الإجهادات في القطاعات الطرفية.

٣-٢-٨ - تسلیح نيجان أعمدة البلاطات الفطرية:

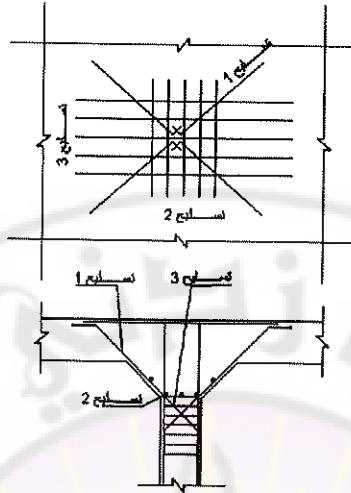
يجب أن تسلح نيجان الأعمدة بقضبان تسلیح، كالمبين في الشكل (٣-٨)، ويجب ألا تقل المساحة الكلية لهذا التسلیح في كل اتجاه عما يأتي:

أ- عندما يكون قطاع تاج العمود مستطيلاً:

$\frac{1}{25}$ من مساحة التسلیح السالب في المتر، للشريحة المسندية في الاتجاه المعتمد، مضروباً في طول الفتحة في الاتجاه المتعامد مع هذا التسلیح.

ب- عندما يكون قطاع تاج العمود مستديراً:

يوزع مجموع التسلیحين (2) و (3) المبين في الشكل (٣-٨) السابق إيجادهما للاتجاهين، على محیط الناج.



الشكل (٣-٨): تسلیح تیجان الأعمدة للبلاطات الفطرية

٣-٨ - الحساب الإنشائي للبلاطات الفطرية:

في حال عدم اعتماد طريقة دقة التحليل، تُحسب عزوم الانعطاف في البلاطات الفطرية بإحدى الطريقتين الآتتين:

١-٣-٨ - حساب البلاطات الفطرية كهيكل (إطار مستمرة):

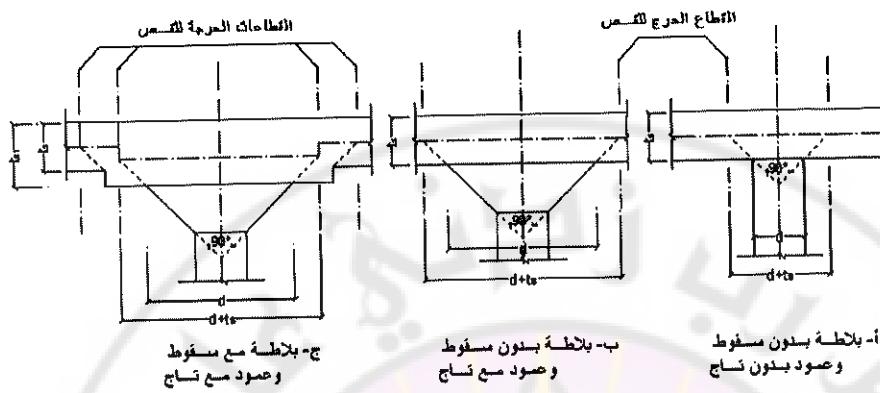
- ١- يمكن حساب عزوم الانعطاف وقوى القص بتحليل المنشأة كهيكل (إطار) مستمر، بالإعتماد على نظرية المرونة، ومعأخذ الافتراضات الآتية بالحساب:
 - ١) تعد المنشأة مقسمة طولياً وعرضياً إلى هيكل (إطار)، مكونة من صف من الأعمدة وشريحة من البلاطات الواقعة على جانبي صف الأعمدة، بعرض يساوي المسافة بين محاور المجازات.
 - ٢) يمكن تحليل كل هيكل مستمر كهيكل مستقل، مكون من شريحة من البلاطة والأعمدة أعلىها وأسفلها، باعتماد نهيات 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 $\frac{3}{4}$ العمل 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 الواقع التي تعطى أقصى قوة داخلية في الأعضاء المختلفة للهيكل.

(٤) تُؤخذ المجازات التي تستعمل في هذا التحليل، مساوية لمسافات بين محاور الأعمدة، كما يجبأخذ اختلاف عزوم العطالة لأعضاء الهيكل في الحسبان. وفي حال استعمال تيجان للأعمدة، يمكنأخذ أجزاء الأعضاء الواقعة ضمن الجزء الحسابي من الناتج بعزم عطالة قيمته لا نهائية $.(1 = \infty)$.

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 الفعال Δ ، وفق الشكل (٤-٨)، ويتحقق العزم أيضاً، على محيط السقوط إن وجد.

ج- تقسم عزوم الانعطاف التي وُجِدت بإتباع الطريقة السابقة، بين الشرائح المستديمة والشرائح المجازية بالنسبة المئوية المبينة في الجدول (١٢-٨) في الكود العربي السوري. عندما تُؤخذ شريحة العمود مساوية لعرض السقوط، ويزداد تبعاً لذلك عرض الشريحة المجازية لقيمة أكبر من نصف عرض المجاز، يجب زيادة العزوم التي تقاومها الشريحة المجازية، على القيم المعطاة في الجدول (١٢-٨) بالتناسب مع الزيادة في عرضها. ويمكن تخفيض العزوم التي تقاومها الشريحة المستديمة عن القيم المعطاة في الجدول (١٢-٨).



الشكل (٨-٤) : القطاعات الحرجية للقص

الجدول (١٢-٦)

توزيع عزوم الانحناء بين الشرائح المختلفة، عند الحصول بطريقة الهياكل (تناسب ملوية)
من عزوم الانحناء الكلية (السلالية والموجية)

نصف الشريحة المستدينة الطرفية		الشريحة الوسطية (المجازية)	الشريحة المستدينة	الشريحة	القطاع
B	A				
19	38	25	75	العزوم السلالية عند المسائد الداخلية	العزوم السلالية عند المسائد الداخلية
14	28	45	55	العزوم الموجية	العزوم الموجية
20	40	20	80	C	عزوم سلالية عند المصدر الخارجي
15	30	40	60	D	uezom سلالية عند المصدر الخارجي

- دون جواز محبيطية موازية لنصف الشريحة المستدينة الطرفية.
- مع جواز محبيطية موازية لنصف الشريحة المستدينة الطرفية.
- دون جواز محبيطية عمودية على الشريحة المحسوبة.
- مع جواز محبيطية عمودية على الشريحة المحسوبة، على الا يقل عمق الجواز المحبيطية عن ثلاثة امثال سمكية البلاطة.

رقم الجدول وفق ما ورد في الكود العربي السوري

- د- عند حساب القطاع المعرض لعزم انعطاف سالب في شريحة مسنديّة تحتوي على سقوط، يُؤخذ العرض الحسابي للقطاع مساوياً إلى عرض السقوط، كما يُؤخذ الارتفاع الفعال للقطاع، مساوياً إلى الارتفاع الفعال للسقوط.
- هـ يراعى في توزيع التسليح العلوي ضمن الشريحة المسنديّة ما يلي:
- في حال وجود تيجان، يوزع ما لا يقل عن نصف تسليح الشريحة المسنديّة ضمن القطر الفعال .

٤-٣-٨ - الحساب الافتراضي للبلاطات الفطرية المعرضة لأحمال منتظمة التوزيع:

- أ- حدود استعمال الطيفات:
- ١) أن تحتوي البلاطات الفطرية على مجموعة من البلاطات المستطيلة ذات السمك الثابت ، قريباً، والمرتبة في ثلاثة صفوف على الأقل في اتجاهين متعمدين، وعلى لا تزيد نسبة طول كل بلاطة إلى عرضها، عن $\frac{4}{3}$.
 - ٢) لا تختلف أطوال وعرض كل بلاطتين متجاورتين في كل مجموعة بأكثر من 10% من أكبر طول أو عرض، وعلى لا تختلف المجازات المتبااعدة 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 دائماًأخذ طول المجاز الأكبر في حساب عزوم الانعطاف السالبة فوق المسائد.
 - ٣) لا 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 (٣-١-٥)، وتستعمل قيم العزوم في حساب هذه القطاعات دون تعديل.

جـ- عزوم الانعطاف في البلاطات الفطرية:

تحسب قيمة عزم الانعطاف الكلي M_0 في الاتجاه L_1 في كل مجاز من العلاقة الآتية:

$$M_0 = \frac{w \cdot L_2}{8} \cdot \left[L_1 - \frac{2d}{3} \right]^2 \quad (1-8)$$

حيث: w - الحمل الكلي على متر مربع من سطح البلاطة.

L_1 - طول البلاطة.

L_2 - عرض البلاطة.

دـ - 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 والمسندية في الاتجاه المعتقد، بالنسبة المئوية المعطاة في الجدول (١٣-٨) في الكود العربي السوري.

دـ- عند حساب المقطع المعرض لعزم انعطاف سالب في الشريحة المسندية، يراعى ما يأتي:

(١) يؤخذ العرض الحسابي للمقطع، مساوياً إلى $\frac{3}{4}$ عرض الشريحة، في حال عدم وجود سقوط، أو إلى عرض السقوط إن وجد.

(٢) يؤخذ الارتفاع الفعال للمقطع مساوياً إلى الارتفاع الفعال للبلاطة، في حال عدم وجود سقوط أو إلى الارتفاع الفعال للسقوط، إن وجد.

الجدول (١٣-٨)

توزيع عزوم الانحناء في وحدات البلاطات الفطرية كنسبة مئوية من (M_e)

الباكيه الداخلية	الباكيه الخارجية	نوع الارتكاز	نافع العمود	الشريحة
حمل سالب	حمل موجب	الطرفين *		
20	50	45 35	A B	الشريحة المسندية
25	45	40 30	A B	
15	15	10 20	A B	الشريحة المجازية
15	15	10 20	A B	

* أنواع الارتكازات الطرفية:

دون جوانز.

A جوانز بعمق كل يساوي أو أكبر من ثلاثة أمثال سمك البلاطة.

ملاحظة: عندما تكون المجازات الطرفية أقصر من المجازات الداخلية، يمكن تعديل العزوم المعلنة

في الجدول (١٣-٨) تمهيداً مناسباً واخذ بالحساب تأثير انخفاض العزوم الموجبة في

المجاز لنتيجة 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:

$$M = \frac{w \cdot L_b - w_d \cdot L_s}{f} \quad (2-8)$$

حيث: w - الحمل الكلي على وحدة البلاطة ذات المجاز الأكبر على طرف العمود المدروس.

w_d - الحمل الميت على وحدة البلاطة ذات المجاز الأصغر على طرف العمود المدروس.

L_b - المجاز الأكبر على طرف العمود المدروس.

L_s - المجاز الأصغر على طرف العمود المدروس، ويؤخذ 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 الأسف و الجدران بصفة أحمال ظرفية، يمكن خفض عزوم الانعطاف المحسوبة كما في الفقرة السابقة بمقدار العزم الناتج عن الحمل الميت المؤكّد وجوده على الجزء الظفري.

و- عزوم الانعطاف في نصف الشريحة المسندية الطرفية:
عندما ترتكز البلاطة على جائز طرفي لا يقل عمقه الكلي عن ثلاثة أمثل سمك البلاطة، يُحسب الجائز على حمل كلي موزع بانتظام مساوٍ إلى ربع الحمل الكلي على الوحدة المجاورة للجاز. وتؤخذ عزوم الانعطاف المؤثرة على نصف الشريحة المسندية الطرفية المحاذية للجاز متساوية إلى ربع القيم المعطاة في الجدول (١٣-٨) بالنسبة لشريحة مسندية عادية، وكذلك الأمر بالنسبة لنصف الشريحة المسندية المحاذية لطرف البلاطة، في حال استناد هذا الطرف على جدار مصوب 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، فتؤخذ عزوم الانعطاف على نصف الشريحة المسندية الطرفية المحاذية لهذا الطرف، متساوية نصف القيم المعطاة في الجدول (١٣-٨) بالنسبة لشريحة مسندية عادية.

٤- القص في البلاطات الفطرية:

تحقق القطاعات الحرجة على القص المبينة في الشكل (٤-٨)، وبحيث لا تتعدي قيمة الإجهادات المماسية الناتجة عن القيمة الحرية للقص، القيمة المسموحة مقاومتها بالبيتون:

$$\tau_u = \frac{V_u}{0,85 \cdot b_0 \cdot d} \leq \tau_{cu} \quad (3-8)$$

حيث: V_u - قوة القص القصوى (الحرية).
 b_0 - محيط القص.

d - الارتفاع الفعال.

τ_{cu} - تُؤخذ من العلاقة:

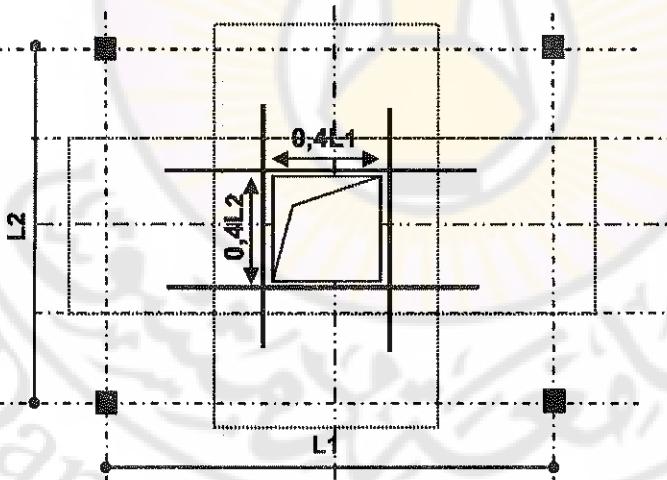
$$\tau_{cu} = \left(0,16 + \frac{a}{3b} \right) \cdot \sqrt{f_c} \leq 0,31 \sqrt{f_c} \quad (4-8)$$

a,b - بعداتاج العمود.

٦-٨ - الفتحات في البلاطات الفطرية:

يمكن السماح بوجود فتحات دون جوانز تقوية، ضمن الحالات الآتية:

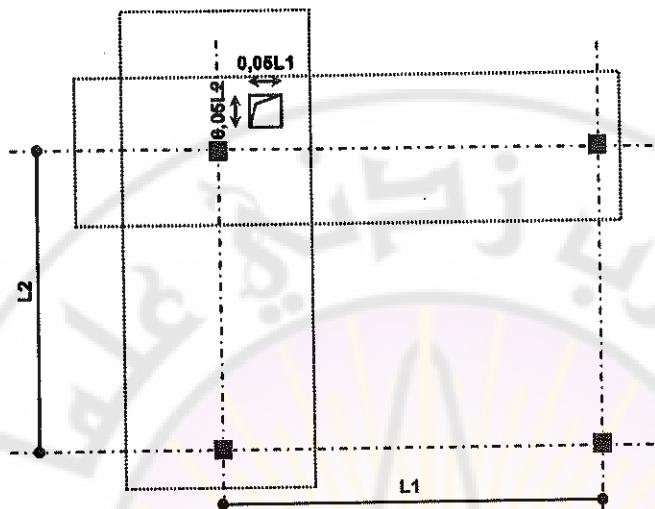
- ١) في منطقة تقاطع شريحتين وسطيتين، يمكن عمل فتحة، بحيث لا يزيد كل بعد من أبعادها على $L/10$ ، حيث L مجاز البلاطة الفطرية في الاتجاه ذاته. ويشترط أيضاً أن يوضع التسلیح الكلي الموجب والسلب اللازم للشريحة الوسطية، ضمن ما تبقى من عرض الشريحة.



الشكل (٦-٨) : فتحة في منطقة تقاطع شريحتين وسطيتين

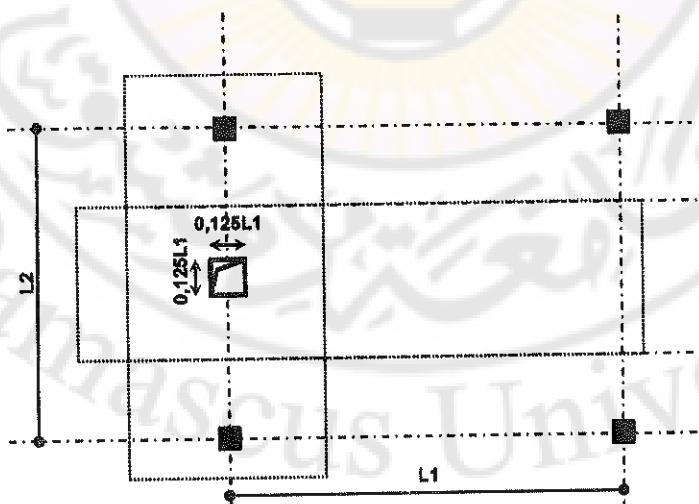
- ٢) في منطقة تقاطع شريحتين مسديتين، يمكن عمل فتحة، بحيث لا يزيد كل بعد من أبعادها على $1/10$ عرض الشريحة المسدية في الاتجاه ذاته. ويشترط أيضاً أن

يُوضع التسليح الكلي الموجب والسلب اللازم للشريحة المسنديّة، ضمن ما تبقى من عرض الشريحة.



الشكل (٦-٨): فتحة في منطقة تقاطع شريحتين مسنديتين

٣) في منطقة تقاطع شريحة مسنديّة مع شريحة وسطية، يمكن عمل فتحة، بحيث لا يزيد كل بعد من أبعادها على $1/4$ عرض الشريحة المسنديّة. ويشترط أيضاً أن يُوضع التسليح الكلي الموجب والسلب اللازم للشريحة ضمن ما تبقى من عرض الشريحة.



الشكل (٧-٨): فتحة في منطقة تقاطع شريحة مسنديّة مع شريحة وسطية

٦-٨ - مثال عددي:

يبين الشكل (٦-٨) التباعد بين محاور الأعمدة لموقف سيارات سياحية مولف من ثلاثة طوابق. يراد تغطية السقف باختيار الحل الإنشائي "بلاطة فطرية" باستخدام تيجان دون سقوط، والمطلوب:

- ١- حساب العزوم في شرائح البلاطة الفطرية بالاتجاه الطوily.
- ٢- التتحقق من القص بجوار عمود وسطي.
- ٣- حساب عزوم الانعطاف والقوى الناظمة التصميمية لعمود وسطي في الطابق السفلي.

المعلومات:

- أبعاد الأعمدة: 300x300 mm
- وارتفاع الطابق الأرضي: 3,60 m
- وارتفاع بقية الطوابق: 3,0 m
- ويوجد جائز ساقط على محيط المبني عرضه 400 mm ، ومتمحور مع العمود.
- وحمولة التغطية: 0,7 kN/mm² (مدة إسمنتية شاب سماكة 30 mm).
- والحمولة الحية: 6,0 kN/mm²
- والمقاومة المميزة للبيتون: f_c=20 N/mm²
- وحد مرنة الفولاذ: f_y=400 N/mm²
- وتؤخذ بقية الأبعاد من الشكل.

٦-١- تحديد سمك البلاطة وأبعاد تيجان الأعمدة:

يجب التتحقق من أبعاد البلاطة

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{8,0}{7,0} = 1,14 \leq \frac{4}{3} = 1,33 \quad \text{ok}$$

يحدد السمك الكلي للبلاطة كما ورد في الفقرة (٦-٢-٨):

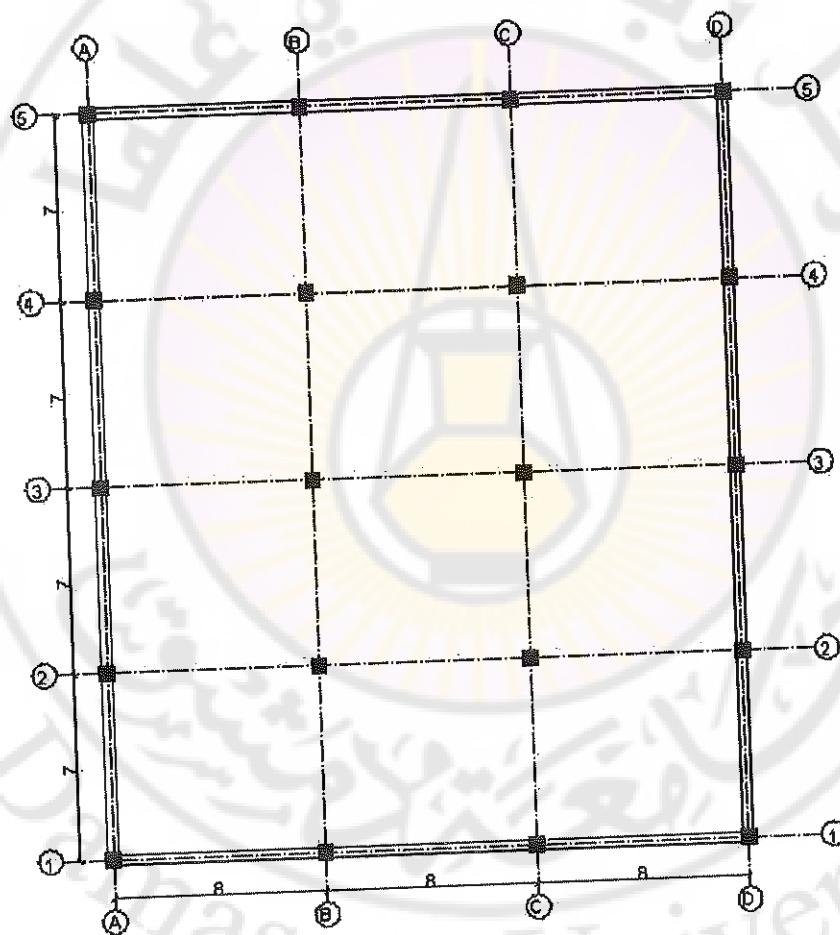
$$t_s \geq \frac{L}{32} = \frac{7500}{32} = 234,4 \text{ mm}$$

or $t_s \geq 150 \text{ mm}$

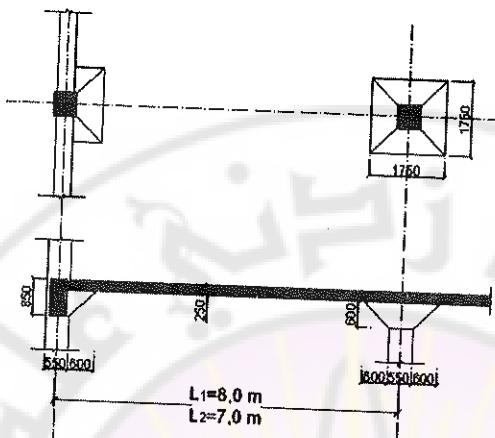
نعتمد: $t_s = 250 \text{ mm}$

أبعاد الناج في كلا الاتجاهين:

$$\frac{L_2}{4} = \frac{7000}{4} = 1750 \text{ mm}$$



الشكل (٨-٨) : مسقط البلاطة



الشكل (٩-٨) : أبعاد عناصر البلاطة

٢-٦-٨ - تحديد الحمولات:

أ- الحمولات المئية، وتشمل:

- وزن ذاتي للبلاطة:

- وحمولة التغطية:

مجموع الحمولات المئية:

$$g_1 = t_s \cdot \gamma = 6,25 \text{ kN/m}^2$$

$$g_2 = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

$$g = 6,95 \text{ kN/m}^2$$

ب- حمولات حية، حسب الوظيفة الاستثمارية للمنشأ وتؤخذ من الملحق الأول في

$$p = 6,0 \text{ kN/m}^2$$

$$w_u = 10,4 + 10,8 = 21,2 \text{ kN/m}^2$$

الكود العربي السوري :

ج- الحمولات التصميمية:

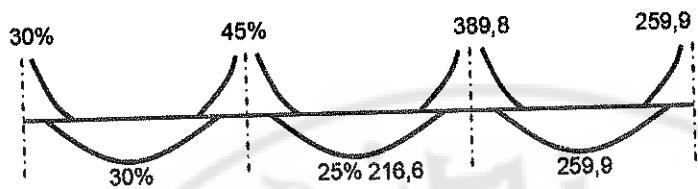
٣-٦-٨ - حساب العزوم بالاتجاه الطوبي:

وفقاً طريقة الحساب الافتراضي "الكود العربي السوري"

$$M_{01} = \frac{w_u \cdot L_2}{8} \cdot \left[L_1 - \frac{2d}{3} \right]^2 = 866,2 \text{ kN.m}$$

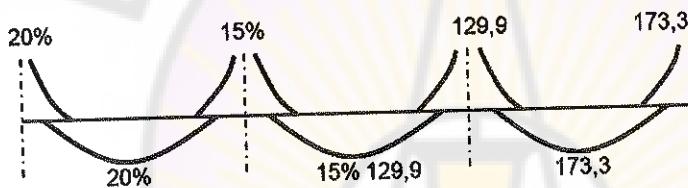
يوزع هذا العزم بين الشرائح المثلثية والمجازية حسب الجدول (١٣-٨) في الكود العربي السوري.

أ- الشريحة المسنديّة بعرض 3,5 m : تيجان دون سقوط، نوع الاستناد الطرفي B



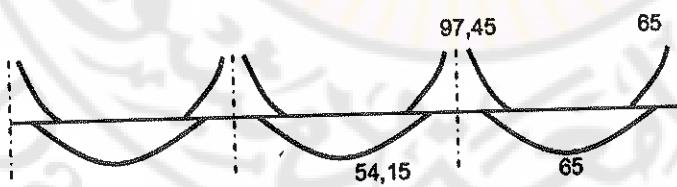
الشكل (١٠-٨) : العزوم التصميمية في شريحة مسنديّة

ب- الشريحة المجازية بعرض 3,5m : تيجان دون سقوط، نوع الاستناد الطرفي B



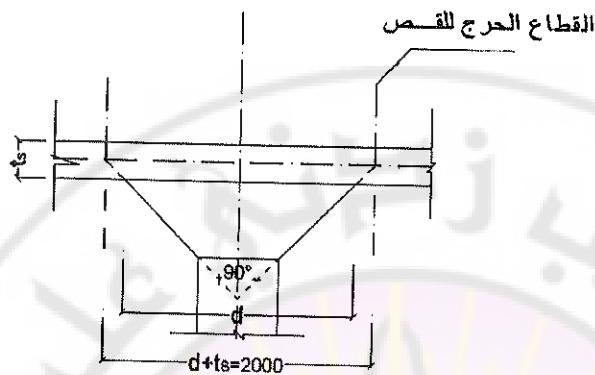
الشكل (١١-٨) : العزوم التصميمية في شريحة مجازية

ج- الشريحة نصف المسنديّة الطرفيّة :



الشكل (١٢-٨) : العزوم التصميمية في نصف شريحة مسنديّة طرفيّة

٨-٦-٤- التحقق من القص بجوار عمود وسطي:



الشكل (١٣-٨) : القطاع الحرج على القص

يتحقق القطاع الحرج على القص المبين في الشكل (١٣-٨)، وبحيث لا تتعذر قيمة الإجهادات المماسية الناتجة عن القيمة الحدية للقص، القيمة المسموح مقلومتها بالبيتون:

$$\tau_u = \frac{V_u}{0,85 \cdot b_0 \cdot d} \leq \tau_{cu}$$

الإجهاد المماسي الحدي

حيث: V_u - قوة القص القصوى (الحدية) عند القطاع الحرج على القص

وتساوي:

$$V_u = w_u \cdot [L_1 L_2 - (d + t_s)^2] = 1102,4 \text{ kN}$$

b_0 - محيط القص، ويساوي:

$$b_0 = 4 \cdot (d + t_s) = 8000 \text{ mm}$$

d - الارتفاع الفعال.

τ_{cu} - تُؤخذ من العلاقة، أيهما أصغر:

$$\tau_{cu} = \sqrt{0,16 + \frac{a}{3b}} \cdot \sqrt{f_c} \leq 0,31 \sqrt{f_c} = 2,2 \leq 1,389$$

$$\Rightarrow \tau_{cu} = 1,389 \text{ mm}^2$$

a,b - بعد تاج العمود.

$$\tau_u = \frac{V_u}{0,85 \cdot b_o \cdot d} = 0,772 \text{ N/mm}^2 \leq 1,389 \text{ N/mm}^2 \text{ OK}$$

٨-٦-٩- حساب عزوم الانعطاف والقوى الناظمة التصميمية لعمود وسطي في الطابق السفلي:

أ- الحمولات الناظمية:

تحسب حمولة العمود في كل طابق كما يلي:

اسم الطابق	نوع الحمولة				المجموع
	حمولة البلاطة	وزن التاج	وزن العمود	وزن العمود	
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	

$$V = \frac{h}{3} (A + \sqrt{A \cdot a} + a)$$

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.

- المجاز الأكبر على طرفي العمود المدروس.
- المجاز الأصغر على طرفي العمود المدروس، ويؤخذ مساوياً الصفر في حالة العمود الطرفي.
- 30 في حالة العمود الطرفي، أو 40 في حالة العمود الداخلي.

$$\Delta M_u = \frac{21,2 \cdot 7,8 \cdot 8 - 10,4 \cdot 7,8 \cdot 8}{40} = 121 \text{ kN.m}$$

قيمة العزم على العمود السفلي:

$$M_u = \Delta M_u \cdot \frac{\frac{EI_1}{H_1}}{\frac{EI_1}{H_1} + \frac{EI_2}{H_2}} = 55 \text{ kN.m}$$

يتافق هذا العزم مع قوة ناظمية مخفضة بمقابل الحمولة الحية على طرف واحد من العمود في الطابق الذي يعلوه مباشرة، أي:

$$N_u = 3739 - \frac{10,8 \cdot 7,8}{2} = 3436,6 \text{ kN}$$

ج- بعض حالات التصميم:

1) حالة أكبر قوة ناظمية دون وجود عزم انعطاف مرافق:

$$N_u = 3739 \text{ kN}$$

يصمم مقطع العمود في هذه الحالة على الضغط المركزي.

2) حالة أكبر قوة ناظمية مع وجود عزم انعطاف مرافق:

$$N_u = 3739 - \frac{10,8 \cdot 7,8}{2} - 31,2 = 3405,4 \text{ kN}$$

$$M_u = 55 \text{ kN.m}$$

$$e = \frac{M_u}{N_u} = 0,01615 \leq 0,05 \cdot 0,55 = 0,0275 \text{ m}$$

تهمل اللامركزية ويصمم مقطع العمود في هذه الحالة على الضغط المركزي.
حالة 1) أعلاه.

٣) حالة أصغر قوة ناظمية مع وجود عزم انعطاف مرافق:

$$N_u = 3739 - \frac{10,8 \cdot 7,8}{2} - 2 \cdot 10,8 \cdot 7,8 - 31,2 = 2195,8 \text{ kN}$$

$$M_u = 55 \text{ kN.m}$$

$$e = \frac{M_u}{N_u} = 0,025 \leq 0,05, 0,55 = 0,0275 \text{ m}$$

تهمل اللامركزية ويصمم مقطع العمود في هذه الحالة على الضغط المركزي.
حالة ١) أعلاه.

ويترك للطالب مناقشة الحالات الأخرى.



الفصل التاسع

الأدراج Stairs

١-٩ - تعريف:

الأدراج هي منشآت حاملة فراغية تستخدم لربط مناسب الطوابق بعضها مع البعض الآخر.

٢-٩ - تصنيف الأدراج:

يمكن تصنيف الأدراج معمارياً (أي حسب شكلها)، كما يمكن تصنيفها إنسانياً، و ما يهمنا هنا التصنيف الإنساني ، حيث نميز بين الأنواع الآتية:

١-٢-٩ - الأدراج الجائزية العاملة بالاتجاه الطوويل:

تكون هذه الأدراج بشاحط واحد أو ذات شاحطين.

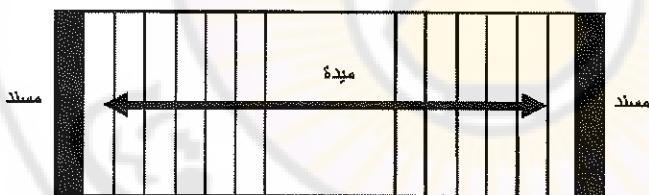
- الأدراج الجائزية العاملة بالاتجاه الطوويل ذات الشاحط الوحد:

وتكون عادة من شاحط حامل للدرجات إضافة للميدات الطابقية. تتقلّ الحمولات باتجاه المسندين المتقابلين (جدارين أو جائزين)، أي بالاتجاه الطوويل. الشكل (١-٩).



الشكل (١-٩) : درج جائزى عامل بالاتجاه الطويل ذات شاحط واحد

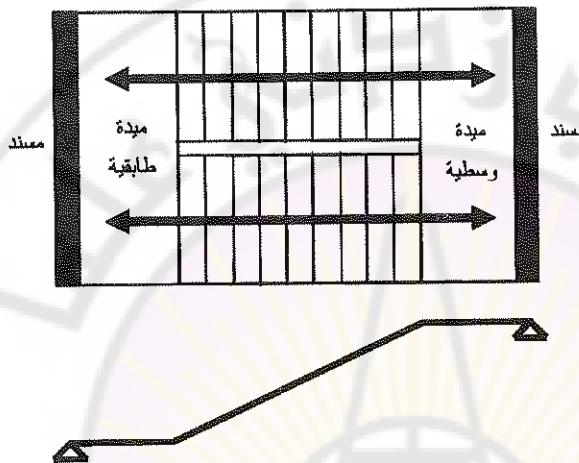
الشكل (٢-٩) يبين نوعاً آخر من الأدراج الجائزية العاملة بالاتجاه الطويل ذات الشاحط الواحد.



الشكل (٢-٩) : درج جائزى عامل بالاتجاه الطويل ذات شاحط واحد

بـ- الأدراج الجلزية العاملة بالاتجاه الطويل ذات الشاحطين:

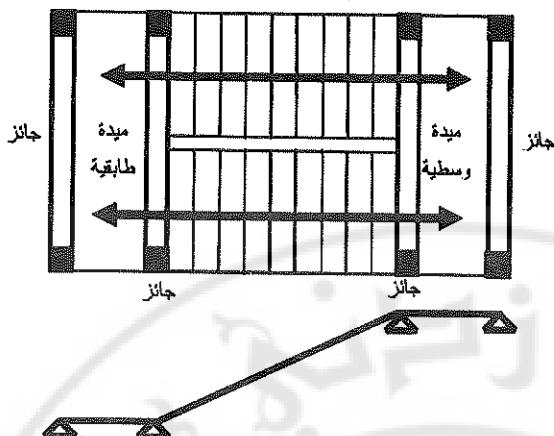
يتتألف هذا النوع من الأدراج، من شاحطين يبدأ الشاحط الأول بميدة طابقية عند المنسوب الأنفي وينتهي بميدة وسطية، ويبدأ الشاحط الثاني بميدة وسطية وينتهي بميدة طابقية في المنسوب الأعلى.



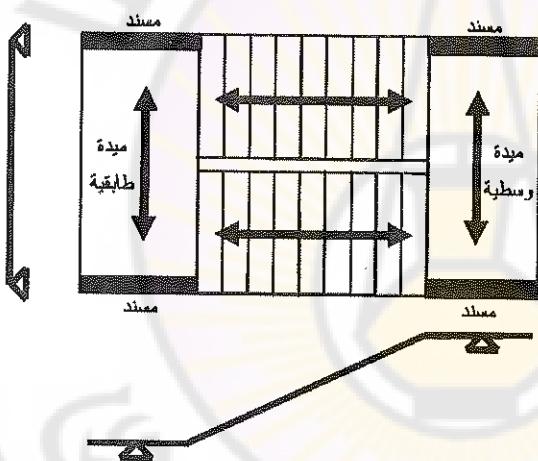
الشكل (٣-٩): درج جائز عامل بالاتجاه الطويل ذات شاحطين

تنقل الحمولات في كل شاحط باتجاه المنسدين المتقابلين (جدارين أو جائزين)، أي بالاتجاه الطويل. الشكل (٣-٩).

عندما تكون المسافة بين المنسدين المتقابلين الحاملين للدرج كبيرة، بحيث ينتج عن ذلك سمك كبير للدرج وتسلیح كبير أيضاً، في هذه الحالة يمكن إضافة جوازز عند مناطق النقاء الشواحط مع الميدات، للتخفيف من السماكة. الشكل (٤-٩).



الشكل (٩-٤): درج جائزى عامل بالاتجاه الطويل ذات شاحطين

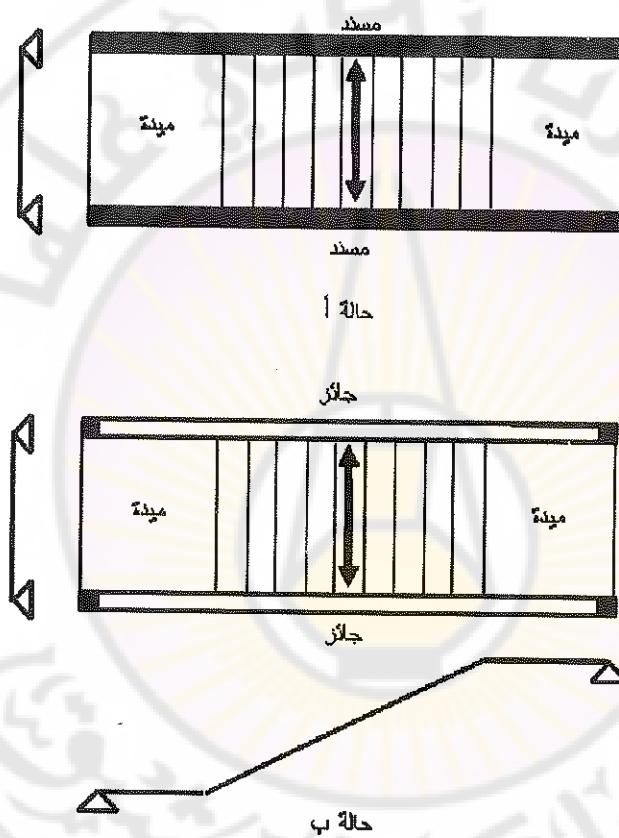


الشكل (٩-٥): درج جائزى عامل بالاتجاه الطويل ذات شاحطين

الشكل (٩-٥) يبين جملة إثنانية أخرى للأدراج الجائزية العاملة بالاتجاه الطويل ذات الشاحطين. في هذه الحالة تنقل الشواحط حمولاتها بالاتجاه الطويل إلى الميدات، وتنقل الميدات حمولاتها إلى المسائد الجانبية للدرج.

٢-٢-٩ - الأدراج الجائزية العاملة بالاتجاه القصير:

تتألف غالباً من شاحط وحيد ، يستند إلى جدران حاملة أو جوانتز محاذية للاتجاه الطويل. ينقل الشاحط الحمولات بالاتجاه القصير إلى الجدار الحامل (حالة أ)، أو إلى الجائز، الذي بنقل حمولاته إلى الأعمدة (حالة ب).

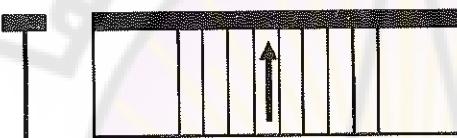


الشكل (٦-٩): درج جائز عامل بالاتجاه القصير

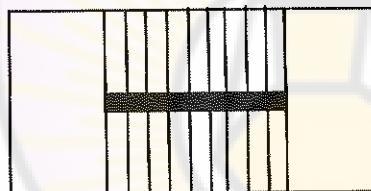
٣-٢-٩ - الأدراج الظفرية:

تصادف الأدراج الظفرية على شكلين. فقد يكون مسقطها مستطيلاً، ذات شاحط أو شاحطين، وقد يكون مسقطها دائرياً. الشكل (٧-٩).

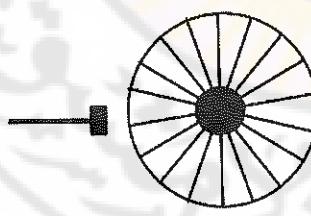
تنقل حمولات الأدراج الظفرية بمختلف أشكالها باتجاه واحد، أي باتجاه المسند. يصمم مقطع الدرجة الواحدة ويكون شكل مقطها شبه منحرف أو مستطيل. ويجب الانتباه في هذا النوع من الأدراج إلى تصميم الجوازات الحاملة على عزوم الفتل التي تنتج إضافة إلى باقي التأثيرات.



درج ظفرى ذات شاحط وحيد



درج ظفرى ذات شاحطين

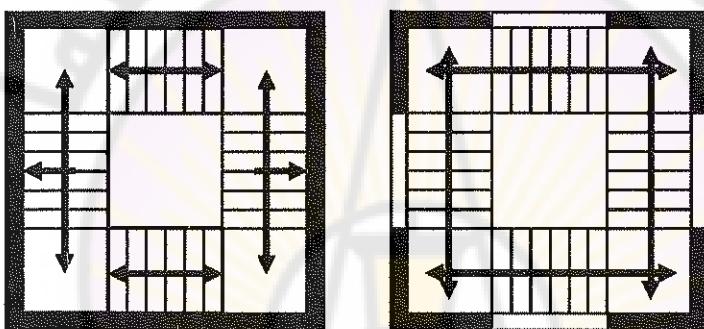


درج ظفرى دائري

الشكل (٧-٩): أشكال الأدراج الظفرية

٤-٢-٩- الأدراج العاملة بالاتجاهين:

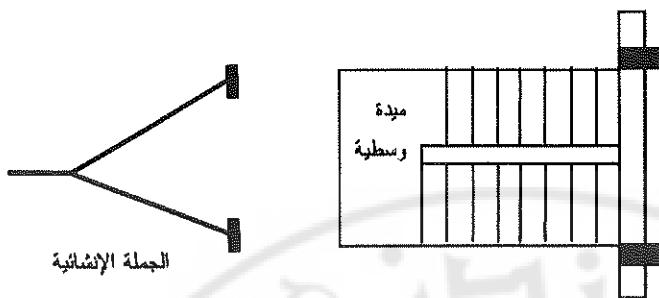
يكون المسقط الأفقي لهذه الأدراج مربعاً أو مستطيلاً، ويتكون من ثلاثة أو أربعة شواحن. تنقل عناصر الدرج حمولاتها في كلا الاتجاهين إلى العناصر المحيطة بالدرج. تحل هذه الأدراج وفق المبادئ الهندسية المعروفة، ويمكن تبسيط عملية التحليل باستبدال جملة الدرج الفراغية بجمل أخرى أقل تعقيداً، مثل الجمل المستوية أو الخطية، بحيث يمكن تحليلها بسهولة.



الشكل (٨-٩): الأدراج المتعددة الشواحن

٥-٢-٩- الأدراج الحرة (البارزة) :

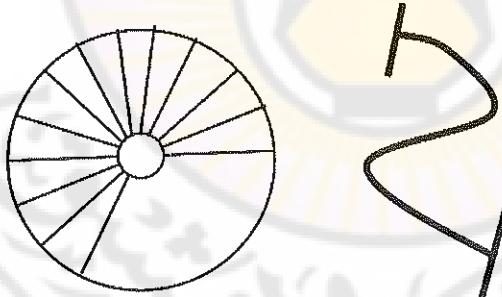
هي الأدراج التي تكون فيها الشواحن والميدة الوسطية بارزة عن البناء، كما في الشكل (٩-٩). حيث يكون الاستناد فقط عند طرف الدرج العلوي لأحد الشاحطين والطرف السفلي للشاحط الآخر. وتحل هذه الأدراج وفقاً لأشكال ووضعيّة استنادها في الأعلى والأسفل بالعودة إلى المراجع الخاصة بها.



الشكل (٩-٩): الأدراج المُحَرَّزة (البارزة)

٦-٢-٩ - الأدراج الحزونية:

هي الأدراج التي يكون فيها الشاحط على شكل حزوني، كما في الشكل (١٠-٩). حيث يكون الاستناد فقط عند طرف الدرج العلوي والسفلي للشاحط. وتحل هذه الأدراج وفقاً لأشكال ووضعية استنادها في الأعلى والأسفل بالعودة إلى المراجع الخاصة بها.

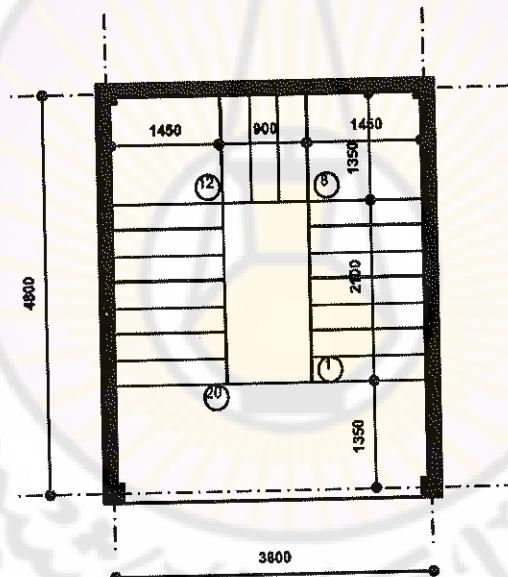


الشكل (١٠-٩): الأدراج الحزونية

٣-٩ - مثال عملي:

يبين الشكل (١١-٩) مسقطاً لدرج عامل بالاتجاهين والمطلوب حسابه إنشائياً وفق المعطيات الآتية:

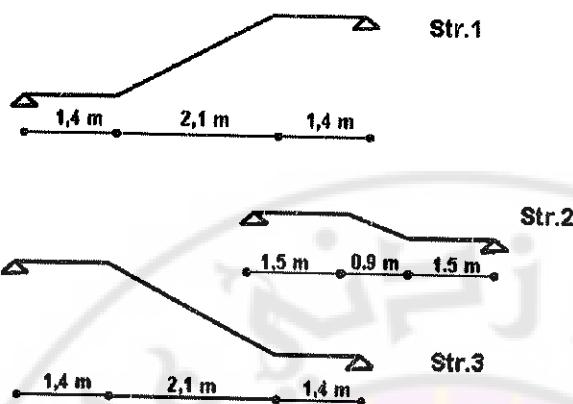
- الارتفاع الطابقى: 3,5 m
- وارتفاع الدرجة: 0,175 m وعرض الدرجة: 0,3 m
- وحمولة التغطية: 2,0 kN/m² ومحصلة الحية: 4,0 kN/m²
- ومحولة درابزين: 1,5 kN/m
- والمقاومة المميزة للبيتون: $f'c=20\text{N/mm}^2$
- وحد مرونة الفولاذ: $f_y=360 \text{ N/mm}^2$



الشكل (١١-٩): مسقط الدرج

١-٣-٩ - الجملة الإنشائية:

يتم اختيار الجملة الإنشائية لعناصر الدرج من المسقط. حيث تم تبسيط استبدال الجملة الفراغية بجمل خطية.



الشكل (١٢-٩) : الجملة الإنشائية لعناصر الدرج

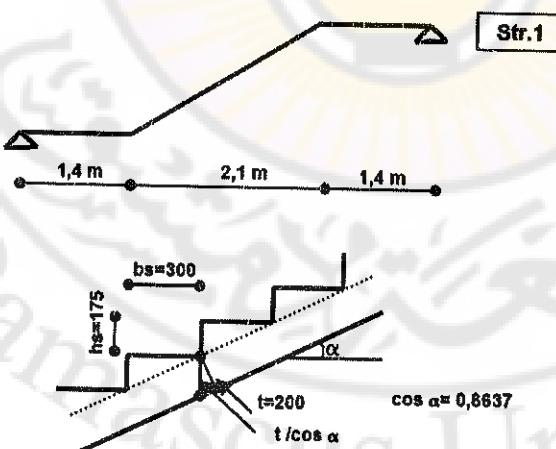
٢-٣-٩ - حساب الحمولات:

سيتم دراسة الشاحط 1.

نحدد سمك الميدة والشاحط باعتباره جائز ي عمل بالاتجاه الطويل

$$t=L/20 = 4900/25 = 196 \text{ mm}$$

نعتبر : $t=200 \text{ mm}$



الشكل (١٣-٩) : الجملة الإنشائية للشاحط المدرس

٢-٣-٩ - حساب الحمولات:

تحسب الحمولات على متر مربع من المسقط الأفقي للدرج، وتشمل:

١ - حمولات ميئية:

- الوزن الذاتي للشاطط: $g_1 = (t/\cos \alpha) \cdot \gamma = 5,79 \text{ kN/m}^2$

- الوزن الذاتي للدرجات: $g_2 = (hs/2) \cdot \gamma = 2,19 \text{ kN/m}^2$

- حمولة التغطية: $g_3 = 2,0 \text{ kN/m}^2$

- وزن الدرابزين: $g_4 = 1,5 / B = 1,07 \text{ kN/m}^2$

الحمولة الميئية على الشاطط: $g = 11,05 \text{ kN/m}^2$

الحمولة الميئية على الميدة: $g = t \cdot \gamma + g_3 = 7,0 \text{ kN/m}^2$

ب - حمولات حية: $p = 4,0 \text{ kN/m}^2$

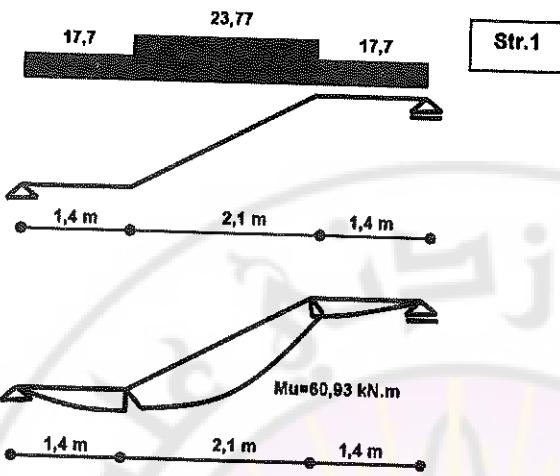
ج - حمولات حدية:

- على الشاطط: $qu = 16,57 + 7,2 = 23,77 \text{ kN/m}^2$

- على الميدة: $qu = 10,5 + 7,2 = 17,7 \text{ kN/m}^2$

٣-٣-٩ - حساب عزوم الانعكاف:

يمكن تحليل الشاطط بأية طريقة إنشائية معروفة. إلا أننا سنبسط عملية التحليل بالسماح لأحد المساند بالأنزياح الجانبي. ستتشكل في الشاطط نتيجة ذلك عزوم انعكاف موجبة فقط وتكون قيمتها أكبر من الحقيقة. حيث يتم بموجها حساب التسليح السفلي، على أن يوضع تسليح علوي في العقد لمقاومة العزوم السالبة التي قد تترجم نتيجة الإعاقبة الأفقية للأنزياح الجانبي.



الشكل (٩-٤) : عزوم الانعطاف في الشاحط

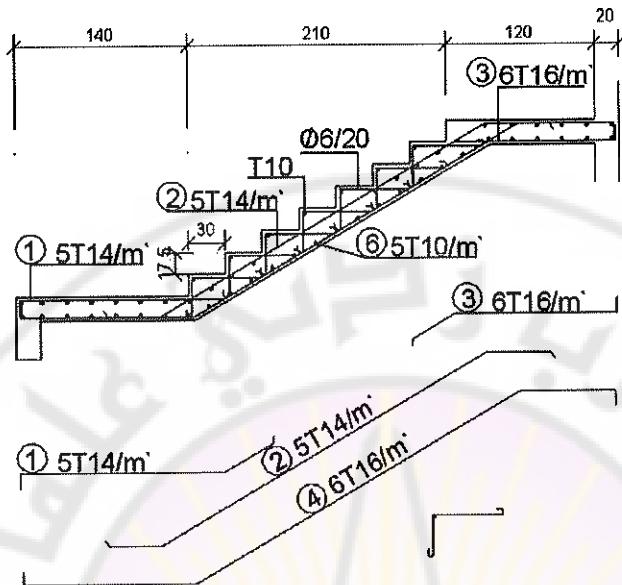
٩-٣-٤ - حساب التسلیح:

$$Mu=60,93 \text{ kN.m} \rightarrow As=1118,23 \text{ mm}^2$$

نختار التسلیح الرئیسي: Use: 6T16/m' → As=1206,37 mm²

نختار التسلیح الثانوي: As1=0,25, As= 280 mm², Use: 5T10/m'

الشكل (٩-٥)) يبيّن تفاصيل تسلیح الدرج.



الشكل (١٥-٩) : تفاصيل تسليح الدرج



ملحق

**قوانين حساب المقاطع الخاضعة للانعطاف البسيط
على حالة الحد الأقصى**

تأليف

الدكتور المهندس محمد فربز عابدين

ملحق

قوالين حساب المقاطع الخاضعة للانعطاف البسيط

على حالة الحد الأقصى

(الوحدات : mm , N , MPa)

إعداد : د. محمد فريح عابدين

١- المقاطع المستطيلة :

١-١- المقاطع المستطيلة المساحة على الشد فقط :

١-١-١- تصميم مقطع مستطيل مسلح على الشد فقط :

(١) - ارتفاع المقطع H غير معطى :

• المعلمات :

- العزم الأقصى المؤثر : M_u

- عرض المقطع : b

- مقاومات المواد : f_y و f'_y

• الملحوظ : تحديد ارتفاع المقطع H ومساحة التسلیح A_s

• المثلث :

• نبدأ بفرض آية نسبة تسلیح بين μ_{min} و μ_{max} حيث :

$$\mu_{min} = \frac{0,9}{f_y}$$

$$\mu_{max} = \frac{2275}{630+f_y} \frac{f'_y}{f_y}$$

$$\mu_{spr} \leq 0,18 - \frac{f'_y}{f_y}$$
 وإن النسبة "المفضلة" هي :

• حسب الترتيب :

$$\alpha = \mu_1 \frac{f_y}{0,85f'_y} , \quad A_s = \alpha(1-0,5\alpha) , \quad r_o = \sqrt{\frac{1}{A_s}} , \quad \gamma_o = (1-0,5\alpha)$$

(يمكن الاستعارة بالجداول (١) المعلى في نهاية الفقرة الحالية (١-١)).

$$d = r_0 \sqrt{\frac{M_u}{0,9 \cdot b \cdot 0,85 \cdot f_y}} \quad * \text{ حساب الارتفاع الفعال :}$$

- نضيف مسافة تقطبة a : $H_{\text{متر}} = d + a$

- ثورر نسبة ($H_{\text{متر}}$) خار الأعلى وجعلها من أمثال 5cm لحصل على ($H_{\text{متر}}$) .

- نستخرج قيمة d الفعلية : $a = H_{\text{متر}} - H_{\text{متر}} = \text{مسافة}$

$$A_s = \frac{M_u}{0,9 \cdot \gamma_0 \cdot d \cdot f_y} \geq A_{\text{min}} \quad * \text{ حساب التسلیح :}$$

(II) - ارتفاع المقطع H مفروض :

* المعلمات :

- العزم الأقصى للثورر : M_u

- ارتفاع للمقطع : H (وبالتالي : d)

- حرض المقطع : b

- مقاومات المراد : f_y و f'_y

* المطلوب : حساب التسلیح اللازم A_s

* الحل :

* حساب التوابت :

$$A_s = \frac{M_u}{0,9(0,85f'_y)b \cdot d^2} \quad , \quad \alpha = 1 - \sqrt{1 - 2A_s}$$

$$\gamma_0 = 1 - 0,5\alpha \quad , \quad \alpha_{\text{max}} = \frac{267,75}{630 + f_y}$$

* إذا وجدنا أن $\alpha > \alpha_{\text{max}}$ فإن هذا يعني أن المقطع يخضع لتسليح ضغط ، إذهب للثمرة (2-1) .

* أما إذا وجدنا أن $\alpha_{\text{max}} \leq \alpha$ فلزم تسليح على الشد فقط ، يحسب من العلاقة :

$$A_s = \frac{M_u}{0,9 \cdot \gamma_0 \cdot d \cdot f_y}$$

2-1-2- تحويل للمقطع المستطيل المسليح على الشد فقط (حساب العزم الملازم الأقصى (M_{ex})) :

* المعلمات :

- ارتفاع للمقطع : H (وبالتالي : d)

- حرض المقطع : b

- مساحة التسلیح : A_s

- مقاومات المراد : f_y و f_c

• المطلوب : حساب العزم المقاوم الأنفسي M_w

• المسلك :

• حساب التراث :

$$\alpha = \frac{A_s}{b.d} \frac{f_y}{0,85f'_c} , \quad A_s = \alpha(1-0,5\alpha) , \quad \gamma_0 = 1-0,5\alpha$$

• تطبق إحدى العلاقات التاليتين :

$$M_w = 0,9(0,85f'_c)b.d^2.A_s \quad \text{إما :}$$

$$M_w = 0,9.\gamma_0.f_y.A_s.d \quad \text{أو :}$$

المدول (1)

α	γ_0	A_s	r_o	α	γ_0	A_s	r_o
0,01	0,995	0,010	10,025	0,26	0,70	0,226	2,103
0,02	0,990	0,020	7,107	0,27	0,165	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

٢٠- حساب المقطع المستطيل المسلح على الشد والضغط :

١-٢-١- تصميم مقطع معطل مسلح على الشد والضغط :

• المعطيات :

- العزم الأقصى المؤثر : M_u

- ارتفاع المقطع : H (وبالتالي : d)

- عرض المقطع : b

- متارمات المراد : f_y و f_c

• المطلوب : حساب التسلیح .

• المسلسل :

◦ نريد أن نعرف أولاً هل المقطع بحاجة لتسليح ضغط أم لا ، يتم ذلك كما يلى :

- حسب الثابت :

$$A_0 = \frac{M_u}{0,9(0,85f'_y)b.d^2}$$

$$\alpha = 1 - \sqrt{1 - 2A_0}$$

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

- نقارن قيمة α مع قيمة α_{max} حيث :

$$\alpha_{max} = \frac{267,75}{630 + f_y}$$

◦ فإذا وجدنا أن $\alpha \leq \alpha_{max}$ فالقطع لا يحتاج لتسليح ضغط عند حساب تسليح الشد من

$$A_0 = \frac{M_u}{0,9\gamma_0 \cdot d \cdot f_y}$$

وبذلك يكون قد انتهى الحل .

+ أما إذا وجدنا أن $\alpha > \alpha_{max}$ يكون المقطع بحاجة لتسليح ثانى (للاضطر و الشد) ، وفي هذه

الحالة نتبع الخطوات التالية :

- نختار $\alpha = \alpha_{max}$ وحسب القيم التالية :

$$A_{0max} = \alpha_{max}(1 - 0,5\alpha_{max})$$

$$\gamma_0 = 1 - 0,5\alpha_{max}$$

$$y_{max} = \alpha_{max} \cdot d$$

- حسب $(M_{ul})_{max}$ و M'_u حيث :

$$(M_{ul})_{max} = 0,9(0,85f'_y)A_{omax} \cdot b \cdot d^2$$

$$M'_u = M_u - (M_{ul})_{max}$$

- حسب تسلیح الضفت و تسلیح الشد :

$$A'_s = \frac{M'_u}{0,9f'_y(d-d')}$$

$$f'_y = 630 \frac{y_{max} - 0,85d'}{y_{max}} \leq f_y$$

$$A_s = \frac{(M_{ul})_{max}}{0,9\gamma_0 \cdot d \cdot f_y} + A'_s \frac{f'_y}{f_y}$$

٢-٢-١. تتحقق المقطع للسطيل للسلح على الشد والضفت (حساب العزم المقاوم الأقصى M_{ur}) :

• المطابقات :

- ارتفاع المقطع : H (وبالتالي : d)

- عرض المقطع : b

- مساحتي التسلیحین : A'_s و A_s

- متارمات المراد : f'_y و f_y

• المطلوب : حساب العزم المقاوم الأقصى M_{ur}

• الحل :

إن العزم المقاوم المطلوب يساوي :

$$M_{ur} = M_{ul} + M'_u$$

حيث :

$$M'_u = 0,9A'_s \cdot f_y(d-d')$$

$$M_{ul} = 0,9(A_s - A'_s)f_y \cdot d [1 - 0,59 \frac{(A_s - A'_s)}{b \cdot d} \frac{f_y}{f'_y}]$$

شريطة التتحقق من وصول التسلیح المضفرت إلى إعماق الخرسانة y_e ، ويكون هذا الشرط

حقيناً إذا تحقق المراجحة التالية :

$$\frac{(A_s - A'_s)}{b \cdot d} \geq \frac{0,85f'_y}{f_y} \frac{535,5}{630-f_y} \frac{d'}{d}$$

في حال عدم تتحقق هذه المراجحة ، يفترض أن الإجهاد في التسلیح المضفرت A'_s أقل من A_s ،
ويتم الحساب استناداً للمبادئ الأساسية .

٢- المقاطع بشكل (بـ) T :

١- المقاطع بشكل (بـ) المساحة على الشد فقط :

١-١- تصميم مقطع بشكل (بـ) مسلح على الشد فقط :

• المطبات :

- العزم لأقصى المؤثر : M_u

- ارتفاع المقطع : H (وبال التالي : d)

- عرض الجناح : b_g

- سمك الجناح : t_g

- عرض العصب : b_w

- مقاومات المواد : f_y و f_c

• المطلوب : التسلیح A_s

• الحل :

◦ نرى فيما إذا كانت المراجحة التالية صحيحة :

$$M_u \leq 0,9(0,85f'_c)(t_g - \frac{t_g}{2})b_g$$

◦ إذا تحققت المراجحة السابقة يعني ذلك أن الخور السليم واقع ضمن الجناح المضغوط .

في هذه الحالة يحسب المقطع بشكل (بـ) كمتقطع مستطيل عرضه b_g وبالطريقة الواردة في البند (II) من الفقرة (١-١-١) .

◦ إذا لم تتحقق المراجحة السابقة فإن هذا يعني أن الخور السليم واقع خارج العصب . وفي هذه الحالة يصمم المقطع بالطريقة التالية :

- تحسب العزم الذي يتحمله يبتون الأجنحة :

$$M_{u1} = 0,9(0,85f'_c)(t_g - b_w - \frac{t_g}{2})$$

وتحسب وبالتالي التسلیح A_s المقابل لهذا العزم من العلاقة التالية :

$$A_{s1} = \frac{M_{u1}}{0,9f_y(d - \frac{t_g}{2})}$$

- تحسب العزمباقيي : $M_{u2} = M_u - M_{u1}$

أن هذا العزمباقيي يتحمله العصب باعتباره متقطعاً مستطيلاً عرضه b_w وارتفاعه

الفعال هو A_{s2} . يتم حساب التسلیح A_{s2} لهذا المقطع بالطريقة المواردة في البند (II) من الفقرة (١-١-١).

- وبالتالي يمكن التسلیح الكلی للمقطع بشكل (٢ٰ) هو :

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

- يجب ألا يقل هذا التسلیح A_s عن مساحة التسلیح الدنيا A_{smin} وألا يزيد عن مساحة التسلیح العلیي A_{smax} المحددة للمقطع بشكل (٢ٰ) في البند (٤) من الفقرة ٤-٢-٤ (في الفصل الرابع).

٢-١٠٣ - تحقيق المقطع بشكل (٢ٰ) المسلح على الشد فقط (حساب العزم المقاوم الأقصى M_{ux}) :

* المعطيات :

- ارتفاع المقطع : H (وبالتالي : d)

- عرض الجناح : b_w

- سمك الجناح : t_f

- عرض العصب : b_w

- مقاومات المرواد : f_y' و f_y

- مساحة التسلیح A_s

* المطلوب : العزم المقاوم الأقصى M_{ux}

* الحل :

+ إذا تحققت المراجحة : $A_s \cdot f_y \leq 0,85f'_c \cdot b_f \cdot t_f$

فإن المقطع يحمل كمستطيل عرضه b_w ، ويكون العزم المقاوم المطلوب هو :

$$M_{ux} = 0,9[1 - 0,59 \frac{A_s \cdot f_y}{b_f \cdot d}] \cdot A_s \cdot f_y \cdot d$$

+ أما إذا كان : $A_s \cdot f_y > 0,85f'_c \cdot b_f \cdot t_f$

فإن المطرور السليم يكون رائعاً في العصب . ويكون العزم المقاوم المطلوب في هذه الحالة هو :

$$M_{ux} = 0,9[A_{s1} \cdot f_y (d - \frac{t_f}{2}) + A_{s2} \cdot f_y (d - \frac{t_f}{2})]$$

$$A_{s1} = \frac{b_f - b_w}{f_y} t_f (0,85f'_c) \quad \text{حيث :}$$

$$A_{s2} = A_s - A_{s1}$$

$$y = \frac{A_{s2} \cdot f_y}{b_w \cdot 0,85f'_c}$$

٢-٣-١- تضمم ملتف شكل (ب) مسلح على الشد فقط : (ارتفاع المقطع H غير معلق)

* المعطيات :

- العزم لأقصى المؤثر : M_u

- عرض الجناح : b_w

- سمك الجناح : t_w

- عرض العصب : b_s

- مقاومات المزاد : f_y و f'_y

* المطلوب : ارتفاع المقطع H والتسلیع A_s .

* الحل :

$$\mu_{spr} = 0,18 \frac{f'_y}{f_y} \cdot \frac{b_w}{b_s}$$

$$\alpha = \mu_{spr} \frac{f_y}{0,85 f'_y}$$

* نتحقق من أن $y \leq t_w$

ثم نحسب :

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

$$d = r_o \sqrt{\frac{M_u}{0,9 \cdot b_s \cdot 0,85 \cdot f'_y}}$$

- نضيف مسافة تقطية a : $H_{spr} = d + a$

- تدور قيمة (H_{spr}) نحو الأعلى ونعملها من أمثال 5cm فنحصل على (H_{spr}) .

- لمعتاش قيمة d الفعلية : $d = H_{spr} - a$

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

ملاحظة : إذا كانت $y > t_w$ يجب العودة للعلاقات الأساسية .



المصطلحات العربية والإنجليزية

٢٠

Stress	إجهاد
Concrete stress	إجهاد البeton ، إجهاد المرونة
Bond stress	إجهاد التلاحم ، إجهاد التماسك
Local bond stress	إجهاد التلاحم الموضعي ، إجهاد التماسك الموضعي
Average bond stress	إجهاد التلاحم الوسطي ، إجهاد التماسك الوسطي
Tensile stress	إجهاد ممد
Steel stress	إجهاد الفولاذ
Allowable stress , permissible stress	إجهاد مسموح ، إجهاد مقبول
Test	اختبار
Preliminary tests	اختبارات أولية
Cube test	اختبار المكعبات
Hight , depth	ارتفاع ، عمق
Effective depth	ارتفاع فعال ، عمق فعال
Foundation	أساس
Raft foundation	أساس على حصيرة عامة
Wall footing	أساس مستمر تحت الجدران
Combined footing	أساس مشترك
Isolated footing	أساس منعزل
Stirrups	أساور ، كائنات
Stability	استقرار ، توازن
Quick cement	مhardt سريع التصلب
Additives	إضافات
Spiral column	أعمدة متزودة بأساور (أو كائنات) حلزونية
Bond	اللتحام ، التصاق ، تماسك
Buckling	البعاج ، تحنيب

Swelling	التوافر
Skeleton structure	هيكل الهيكل
Strain	التوافر ، تغير المدى
Rupture	القطع ، الكسر ، انهيار

- ب -

Gravel	حجارة ، حصى ، ركام
Slab	بلاطة
Landing slab	بلاطة أرضية للدرج ، بسطة ، عتبة
One way slab	بلاطة باتجاه واحد
Two way slab	بلاطة باتجاهين
Exterior panel	بلاطة خارجية
Interior panel	بلاطة داخلية
Long slab	بلاطة طويلة
Mushroom slab	بلاطة قطعية
Short slab	بلاطة قصيرة
Flat slabs	بلاطات مستوية
Ribbed slab	بلاطة مقصبة
One way ribbed slab	بلاطة مقصبة باتجاه واحد
Two way ribbed slab	بلاطة مقصبة باتجاهين
Concrete	بيتون ، خرسانة
Reinforced concrete	بيتون مسلح ، خرسانة مسلحة

- ث -

Influence	تأثير
Capital	تاج
Test	تجربة ، اختبار
Buckling	تحنيب ، انبعاج
Lapping	تلائمه ، ركوب
Reinforcement	تسليح
Two way reinforcement	تسليح باتجاهين
Four way reinforcement	تسليح باتجاهات

Shear reinforcement	تسلیح القص
Tensile reinforcement	تسلیح مُنبلد
Compressive reinforcement	تسلیح مُضفرط
Hooping	تسویف ، تقوییف
Elongation	تمطّل
Deformations	تغيرات ، تشوّهات
Deformations of concrete	تشوهات البتن ، تشوّهات المربّطة
Bond	ثباتك ، التحام ، التصاق
Equilibrium	توازن
Stability	توازن ، استقرار

ج

Beam , Girder	جائز ، كمرة
Simply supported beam	جائز بسيط ، كمرة بسيطة
Stringer beam	جائز خطيٍّي ، كمرة خطية
Lattice beam	جائز شبكيٍّي ، كمرة شبکية
Marginal beam	جائز طرفيٍّي ، كمرة طرفية
Longitudinal beam	جائز طوليٍّي ، كمرة طولية
Cross beam	جائز عرضيٍّي ، كمرة عرضية
Continuous beam	جائز مستمرٍ ، كمرة مستمرة
Partition , wall	جذار
Retaining wall	جذار استئادي

ح

Limit state	حالة حد
Stone	حجارة
Limit	حد
Limit of elasticity	حد المرونة
Spiral	بليزرون
Load	حملة
Safe load	حملة الأمان
Rupture load	حملة الانهيار ، حملة الانكسار

Live load	حمولة حية
Eccentric load	حمولة غير محورية
Rolling load	حمولة متحركة
Concentric load	حمولة محورية
Concentrated load	حمولة مرکزة
Distributed load	حمولة موزعة
Uniformly distributed load	حمولة موزعة بالتسالم
Dead load	حمولة ميتة

- ٤ -

Concrete	خرسانة ، بتن
Reinforced concrete	خرسانة مسلحة ، بتن مسلح
Influence line	خطوط التأثير
Mixing	خلط ، مزج
Mixture	الخليط

- ٥ -

Stairs	درج
Helical stair	درج حلزوني ، درج لولبي
Pier	دعامة ، برج

- ٦ -

Column head	رأس العمود
Reaction	رد الفعل
Moisture	رطوبة
Pier	ركزة ، دعامة
Support	ركزة ، مستند
Sand	رمل

- ٧ -

Thickness	سماكة
Deflection	انحراف

- فن -

Vertical	شاقولي
Tension	شد
Tie	طباد
Strip panel	لترنجة بلاطة
Column strip	لترنجة عمود
Middle strip	لترنجة وسطية
Gusset	شطة (تغير ارتفاع الموارد عند المسالك)

- فن -

Moulding of concrete	صب البeton ، صب الخرسانة
Flat plate	صفحة مستوية
Rigidity , stiffness	صلالية
Mild steel	صلب طري
High tensile steel	صلب عالي المقاومة

- ضغط -

Pressure	ضغط
Premissible pressure	الضغط القابل

- طول -

Story , floor	طابق
Length	طول
Bond length , Development length	طول الالتحام

- C -

Modulus , Coefficient	عامل ، معامل
Poisson's ratio	عامل بيراسون ، نسبة بيراسون
Modulus of elasticity	عامل المرونة ، عامل المرونة
Young's Modulus	عامل يولن ، عامل يولن
Breadth	عرض
Moment	حرم
Minimum moment	حرم اضغر
Maximum moment	حرم اعظم

Bending moment	عزم المطاف ، عزم المُنْعَام
Negative moment	عزم سالب
Moment of inertia	عزم حطاله
Torsional moment	عزم قل ، لي
Positive moment	عزم موجب
Rib	عصيب
Inertia	حطاله
Hook	مكحلة
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 للمقاومة
Mild steel	فولاذ مرن ، فولاذ مطلوع ، صلب طري
Veranda	فيرواندا ، غرفة ، بلكون

- ق -

Mould	قالب (للكعبات المفرشة)
Form	قالب خشبي
Dome	قبة
Shear	قصص
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 عريضة ، جائز عريض
Lattice beam	كمرة شبکية ، جائز شبکي
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	لذانة
Fibre	ليف

- م -

Water	ماء
Span	پجاز ، بحر
Axis	محور
Neutral axis	محور سليم
Perimeter	حيطي
Punching cone	غزروط الثقب أو القص
Diagram	مخطط
Bending moment diagram	مخطط حرم الانحناء ، مخطط حرم الاختواء
Plan	مقطع ، مسندو
Permissible	مسوح ، مقبول
Pier	مسند ، دعامة
Equation , formula	معادلة
Factors	معايير ، عامل
Modulus	معايير للرونة
Modulus of elasticity	معايير بونج
Young's modulus	مقاومة
Strength	مقاومة

Tensile strength	مقاومة التension
Compressive strength	مقاومة المقاومة
Shear strength	مقاومة التمزق
Section	مقطع
(L) section	مقطع بشكل (L)
Rectangular section	مقطع مسطigel
Mortar	مرنة ، طين

- ٦ -

Ratio	نسبة
Percentage of reinforcement	نسبة التسلیح
Modular ratio	نسبة معيارية
Theory	نظريه
Specimens	مماذج ، جهات

- ٧ -

Pile	روت
Weight	وزن

المراجع العلمية

١- المراجع العربية:

- [١] الكود العربي السوري لتصميم و تنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة، نقابة المهندسين - دمشق ٢٠٠٤.
- [٢] د. محمود نوبل، د. أسامة النحاس "نظريات البيتون المسلح -الجزء الأول" - دمشق ١٩٨٣.
- [٣] د. محمود نوبل، د. أسامة النحاس "نظريات البيتون المسلح -الجزء الثاني" - دمشق ١٩٨٢.
- [٤] د.أسامة النحاس، د.أحمد الحسن، د. زياد الجابري "تحليل تصميم و تحليل المنشآت والمقطاعات الخرسانية المسلحة" ، الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية- ١٩٨٦.
- [٥] د.م. محمد فريز عابدين ، د.م. نادر نبيل أنيس " منشآت البيتون المسلح (٢)" ، منشورات جامعة حلب ، ١٩٩٦
- [٦] د.م. محمد فريز عابدين " منشآت البيتون المسلح (٣)" ، منشورات جامعة حلب ، ١٩٨٩
- [٧] د.م. خسان محمود، د.م. ميادة الكوسا " حساب و تصميم 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. خسان 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 الرحباني، 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. ALBAGES , 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

الدكتورة المهندسة
ميساء الكوسا

الدكتور المهندس
شريف برقاوي

الدكتور المهندس
هيثم زرزور

المدقق اللغوي
الدكتور
عمر مصطفى

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات

