مبادئ الخرسانة المسلحة

كلية الهندسة المعمارية

السنة الرابعة

فصل دراسي أول

مبادئ الخرسانة المسلحة

جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

منشورات جامعة حلب

كلية الهندسة المعمارية

مبادئ الخرسانة المسلحة

الدكتور المهندس

أديب أحمد أعرج

لطلاب السنة الرابعة–كلية الهندسة المعمارية

قسم علوم البناء والتنفيذ

مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية

١٤٣٨هـ–٢٠١٧ م

جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الفهرس Index

الفصل	البحث	الرقم
الفصل الأول	**الفرضيات الأساسية لسلوك الخرسانة المسلحة**	**١٩**
١-١	مقدمة	١٩
١-٢	الفولاذ الصلب	٢٢
١-٣	الخواص الميكانيكية لفولاذ التسليح	٢٣
١-٣-١	الرسم البياني للفولاذ	٢٤
١-٣-٢	الأقطار المستعملة	٢٥
١-٤	الاسمنت المستخدم في أعمال الخرسانة المسلحة	٢٥
١-٥	الركام المستخدم في أعمال الخرسانة المسلحة	٢٥
١-٦	الماء المستخدم في أعمال الخرسانة المسلحة	٢٥
١-٧	تحديد المقاومة المميزة للخرسانة في الضغط والشد	٢٥
١-٨	قوام الخرسانة	٢٥
١-٩	تحديد المقاومة المميزة للخرسانة في الضغط والشد	٢٦
١-١٠	تصنيف درجات جودة الخرسانة	٢٦
١-١١	مقاومة الشد المميزة المحتملة	٢٨
١-١٢	تصحيح نتائج الاختبار لأشكال العينات وأعمار الخرسانة	٢٨
١-١٢-١	التصحيح لأشكال العينات في اختبارات الضغط	٢٨
١-١٢-٢	التصحيح لأعمار الخرسانة في اختبارات الضغط	٢٩
١-١٢-٣	قيم عوامل التصحيح لنتائج اختبارات الشد لعينات من الخرسانة ذات أعمار مختلفة	٣٠

١-١٢-٤	الأسباب التي تتطلب هامشا إضافيا للأمان	٣٠
١-١٣	تقدير الحمولات الحية والميتة المؤثرة على المنشآت الخرسانية المسلحة	٣٠
الفصل الثاني	**حالات الحدود القصوى (الطريقة الحدية)**	**٣٥**
٢-١	مقدمة	٣٥
٢-٢	تحقيق الأمان الحد في حالة الأقصى	٣٥
٢-٣	تحديد الأفعال القصوى	٣٦
٢-٤	معامل خفض المقاومة	٣٧
٢-٥	العناصر المنعطفة	٣٨
٢-٥-١	التصرف المرن والمقطع غير متشقق	٣٨
٢-٥-٢	التصرف المرن والمقطع متشقق	٣٩
٢-٥-٣	التصرف اللدن (الحدي)	٣٩
٢-٥-٤	إيجاد موقع المحور الحيادي	٤٢
٢-٥-٥	إيجاد العزم الذي يتحمله الفولاذ المشدود	٤٢
٢-٥-٦	إيجاد العزم الذي تتحمله الخرسانة المضغوطة	٤٣
٢-٥-٧	انهيار المقطع الخرساني	٤٣
٢-٥-٧-١	بفرض أن الانهيار يحصل في الفولاذ	٤٣
٢-٥-٧-٢	بفرض أن الانهيار يحصل في الخرسانة	٤٤
٢-٥-٨	نسبة التسليح التوازنية μ_b	٤٥
٢-٥-٩	نسبة التسليح العظمى μ_{max}	٤٦
٢-٦	تطبيقات عملية	٤٧

الفصل الثالث	تصميم المقاطع المنعطفة	٤٩
٣-١	مقدمة	٤٩
٣-٢	المقاطع المستطيلة المسلحة على الشد	٥٠
٣-٢-١	تحقيق المقاطع المستطيلة المسلحة على الشد فقط (حساب كفاءة المقطع)	٥١
٣-٢-١-١	تعيين موقع المحور المحايد	٥١
٣-٢-١-٢	حساب العزم الذي يتحمله الفولاذ	٥١
٣-٢-١-٣	حساب العزم الذي تتحمله الخرسانة	٥٢
٣-٢-٢	تصميم المقاطع المستطيلة المسلحة على الشد فقط	٥٢
٣-٢-٣	الوسائل المساعدة في تصميم المقاطع المستطيلة المنعطفة بالطريقة الحدية	٥٢
٣-٢-٣-١	استخدام الجداول العددية	٥٢
٣-٢-٣-٢	طريقة الكود العربي السوري	٥٥
٣-٢-٤	نسبة التسليح العظمى والصغرى في المقاطع المستطيلة المسلحة على الشد	٥٨
٣-٢-٥	تطبيقات عملية	٥٩
٣-٣	المقاطع المستطيلة ثنائية التسليح (المسلحة على الشد والضغط)	٦١
٣-٣-١	حساب العزم الذي يتحمله المقطع الخرساني المسلح	٦٢
٣-٣-١-١	تحديد موقع المحور المحايد	٦٣
٣-٣-١-٢	حساب العزم الذي يتحمله المقطع	٦٤
٣-٣-١-٣	تحقيق الإجهاد في الفولاذ المضغوط	٦٥

٣-٣-١-٤	إيجاد نسبة التسليح التوازنية في المقاطع المستطيلة ثنائية التسليح	٦٥
٣-٣-٢	حساب التسليح في المقاطع المستطيلة المسلحة على الشد والضغط	٦٧
٣-٣-٣	تطبيقات عملية	٦٩
٣-٤	المقاطع ذات الأجنحة (T)	٧٣
٣-٤-١	حساب كفاءة المقطع إذا كان المقطع معلوم الأبعاد والتسليح	٧٨
٣-٤-٢	تصميم المقاطع العرضية ذات الشكل T والمعرضة لعزم انعطاف	٨٠
٣-٤-٢-١	المحور المحايد يقع في طاولة الضغط	٨١
٣-٤-٢-٢-	المحور المحايد يقع في جسد المقطع T	٨٣
٣-٤-٣	مساحة التسليح العظمى والصغرى للمقاطع T	٨٥
٣-٤-٤	تطبيقات عملية	٨٦
الفصل الرابع	**إجهادات القص**	**٩٣**
٤-١	مقدمة	٩٣
٤-٢	إجهادات القص	٩٦
٤-٣	مقاومة القص	١٠٠
٤-٤	الحساب الافتراضي لإجهاد القص	١٠٢
٤-٥	الإجهاد المماسي المسموح في الخرسانة والناتج عن القوى القاطعة	١٠٣
٤-٦	تصميم التسليح العرضي اللازم لمقاومة القص	١٠٧

٤-٦-١	في حال استعمال أساور شاقولية عمودية على التسليح الطولي	١٠٧
٤-٦-٢	في حال استعمال تسليح مائل	١٠٨
٤-٧	اشتراطات الكود العربي السوري للتسليح العرضي	١١٠
٤-٨	تطبيقات عملية	١١٢
٤-٩	أطوال التثبيت الأساسية	١١٥
٤-٩-١	في حالة الشد	١١٥
٤-٩-١-١	القضبان الفولاذية الملساء	١١٥
٤-٩-١-٢	القضبان الفولاذية عالية التماسك	١١٥
٤-٩-٢	في حالة الضغط	١١٦
٤-٩-٢-١	القضبان الفولاذية الملساء	١١٦
٤-٩-٢-٢	القضبان الفولاذية عالية التماسك	١١٦
٤-١٠	استعمال العكفات النظامية في تأمين طول تثبيت التسليح	١١٦
٤-١١	وصل القضبان بالتراكب	١١٨
الفصل الخامس	**تصميم الجوائز الخرسانية المسلحة**	**١١٩**
٥-١	مقدمة	١١٩
٥-٢	مراحل تصميم الجوائز الخرسانية المسلحة	١٢٠
٥-٢-١	تحديد طول الجائز	١٢٠
٥-٢-١-١	الحالة الأولى (عندما يكون المسند عمودا أو جدارا أو جائزا متدليا)	١٢٠
٥-٢-١-٢	الحالة الثانية (عندما يكون المسند جائزا مخفيا)	١٢١

٥-٢-١-٣	الحالة الثالثة (حالات العنصر الظفري)	١٢١
٥-٢-٢	حساب الحمولات	١٢٣
٥-٢-٣	تقدير الأبعاد التقريبية للمقطع العرضي للجائز	١٢٣
٥-٣	الجوائز البسيطة	١٢٤
٥-٣-١	حساب عزوم الانعطاف والقوى القاطعة	١٢٥
٥-٣-٢	توزيع قضبان التسليح	١٢٦
٥-٣-٣	تحقيق المساند الطرفية (غير المستمرة)	١٢٩
٥-٤	الجوائز المستمرة	١٣٢
٥-٤-١	التحميل الشطرنجي وإيجاد مغلفات عزوم الانعطاف والقوى القاطعة	١٣٣
٥-٤-٢	تعديل مخططات عزوم الانعطاف والقوى القاطعة	١٣٨
٥-٤-٣	إيقاف ورفع القضبان في الجوائز المستمرة	١٣٩
٥-٥	ترتيبات التسليح الرئيسي (الطولي والعرضي) للجوائز	١٤٠
٥-٦	ترتيبات التسليح الثانوي للجوائز	١٤٠
٥-٧	التسليح اللازم إضافته في حال وجود أحمال مركزة أو معلقة	١٤١
٥-٨	تأمين الاستقرار العرضي للجوائز المقلوبة ضد التحنيب	١٤٥
٥-٩	المسافات بين قضبان التسليح	١٤٦
٥-١٠	الغطاء الخرساني للتسليح	١٤٧
٥-١١	تطبيقات عملية	١٤٧
الفصل السادس	**تصميم البلاطات**	**١٥٩**

٦-١	مقدمة	١٦٠
٦-٢	أنواع البلاطات	١٦٠
٦-٢-١	البلاطات المليئة	١٦٠
٦-٢-٢	البلاطات المفرغة أو المعصبة	١٦١
٦-٢-٣	البلاطات الفطرية	١٦١
٦-٣	البلاطات المليئة	١٦٢
٦-٣-١	البلاطات وحيدة الاتجاه	١٦٣
٦-٣-١-١	تحليل البلاطات المليئة وحيدة الاتجاه	١٦٤
٦-٣-١-٢	مساحات التسليح الدنيا والقصوى للبلاطات	١٦٦
٦-٣-١-٣	ترتيبات التسليح للبلاطات	١٦٧
٦-٣-١-٤	نقل الحمولات الى الجوائز	١٧٠
٦-٣-١-٥	تطبيق عملي	١٧١
٦-٣-٢	البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين	١٧٧
٦-٣-٢-١	الاشتراطات البعدية للبلاطات ذات الاتجاهين	١٧٧
٦-٣-٢-٢	تسليح البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين	١٧٧
٦-٣-٢-٣	تحليل البلاطات المليئة ثنائية الاتجاه	١٧٧
٦-٣-٣	في حال وجود فتحات في البلاطات المليئة	١٨٠
٦-٣-٤	نقل الأحمال للجوائز	١٨٢
٦-٣-٥	تطبيقات عملية	١٨٣
٦-٤	البلاطات المفرغة وحيدة الاتجاه (الهوردي)	٢١٢
٦-٤-١	الاشتراطات البعدية للبلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد	٢١٤

٦-٤-٢	تسليح البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد	٢١٧
٦-٤-٣	الأعصاب العرضية (أعصاب التقوية)	٢١٨
٦-٤-٤	قوالب البلوك أو الآجر المفرغ	٢١٨
٦-٤-٥	تحليل البلاطات المفرغة باتجاه واحد	٢١٩
٦-٤-٥-١	حساب العزوم في البلاطات المفرغة باتجاه واحد لتحقيق المقاومة الانعطافية	٢٢١
٦-٤-٥-٢	حساب مقاومة القص في البلاطات المفرغة وحيدة الاتجاه	٢٢٣
٦-٤-٦	توزيع الحمولات على الجوائز المحيطية	٢٢٢
٦-٥	تطبيقات عملية	٢٢٤
٦-٦	في حال وجود قاطع فوق البلاطة	٢٣٤
٦-٦-١	الحوائط الخفيفة	٢٣٤
٦-٦-٢	الحمل الإضافي المكافئ للجدران الثقيلة على الأسقف المسلحة	٢٣٥
٦-٦-٢-١	البلاطات المصمتة باتجاه وحيد	٢٣٥
٦-٦-٢-٢	البلاطات المصمتة الظفرية	٢٣٧
٦-٦-٢-٣	البلاطات المصمتة باتجاهين	٢٣٨
٦-٦-٢-٤	البلاطات المفرغة	٢٣٨
٦-٧	القوى الأفقية المؤثرة على حواجز الشرفات	٢٣٩
الفصل السابع	**الضغط المحوري البسيط (الأعمدة)**	**٢٤١**
٧-١	مقدمة	٢٤٢
٧-٢	دراسة ظاهرة التحنيب	٢٤٥
٧-٢-١	تحديد الطول الحسابي للتحنيب	٢٤٦

٧-٣	حساب العناصر القصيرة المعرضة للضغط البسيط	٢٥٠
٧-٣-١	في حالة الأساور العادية	٢٥٣
٧-٣-٢	في حالة الأساور الحلزونية	٢٥٤
٧-٤	الاشتراطات البعدية للأعمدة	٢٥٥
٧-٥	مساحات التسليح الطولي للأعمدة	٢٥٥
٧-٥-١	اشتراطات التسليح الطولي في الأعمدة	٢٥٧
٧-٥-٢	اشتراطات التسليح العرضي في الأعمدة	٢٥٧
٧-٥-٢-١	التسليح العرضي في الأعمدة غير المطوقة	٢٥٧
٧-٥-٢-٢	التسليح العرضي في الأعمدة المطوقة بأساور حلزونية	٢٥٩
٧-٦	حساب المقاطع المضغوطة النحيفة	٢٦٠
٧-٧	أمثلة تطبيقية	٢٦٩
الملاحق	المراجع العربية والأجنبية	٢٧٥
	معجم المصطلحات العلمية	٢٧٧
	جداول الواحدات العالمية	٢٨٣
	جدول التسليح	٢٨٥

جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة: preface

يهدف هذا الكتاب إلى تعريف المهندس المعماري بالمبادئ الأساسية التي يعتمد عليها المهندس الإنشائي في تحليل وحساب المنشآت الخرسانية المسلحة المختلفة منطلقين من مبدأ التكامل التام والمشترك بين العلوم الهندسية وخاصة في المجالين المعماري والإنشائي والذي لابد للمهندس المعماري من الإحاطة به بهدف توسيع مداركه العلمية والعملية بهدف الربط بين التصميم والتخطيط والتنفيذ من جهة وبين العلوم الإنشائية ومبادئ الخرسانة المسلحة من جهة أخرى بهدف إعطاء المهندس المعماري أرضية هندسية يستطيع من خلالها بناء ومحاكاة المفاهيم المعمارية بأسلوب علمي سليم.

يتم الاعتماد على مبادئ حساب الإنشاءات في تصميم جميع المنشآت الهندسية المبنية من الحجر أو البيتون المسلح أو الفولاذ أو الخشب، لذلك لابد للمهندس المعماري من الإحاطة والمعرفة الأولية بهذه المبادئ التي يعتمد عليها أثناء تصميم وتنفيذ هذه المنشآت.

لقد تم عرض هذه المادة بشكل مبسط من خلال الأمثلة العملية الكثيرة والمتعددة التي توضح المفاهيم الأساسية للعناصر الخرسانية التي يتألف منها المنشأ وخاصة الجوائز والبلاطات والأعمدة، حيث شاع استعمال المنشآت غير المقررة في العالم مطلع القرن العشرين مع إدخال الخرسانة المسلّحة كمادة رئيسة للبناء، فمن شأن هذه المادة أن تعطي المنشأ استمرارا continuity طبيعيا بحيث يعمل كوحدة متكاملة ويصبح غير مقرر، فاشتدت الحاجة منذ ذلك الحين لتسهيل حل مثل هذه المنشآت،

من أجل تبسيط عرض مواضيع هذا الكتاب فقد تم تقسيمه إلى سبعة فصول، حيث استعرضنا في الفصل الأول الفرضات الأساسية لسلوك الخرسانة المسلحة والتي تم استعراض اهم الاعتبارات والمفاهيم الأساسية الخاصة بسلوك المواد المشكلة لعناصر الخرسانة المسلحة ومقاومات الخرسانة على الشد والضغط.

أما الفصل الثاني فقد تم استعراض احدى اهم حالات حساب المقاطع الخرسانية المسلحة وهي حالات الحدود القصوى (الطريقة الحدية) وقد تم لعوامل زيادة الحمولات

وزيادة الجهود المؤثرة على العناصر الخرسانية حيث تم إيجاد نسبة التسليح التوازنية ومناقشة احتمالات انهيار المقطع الخرساني، وكذلك فرضيات توزع الإجهادات الناظمية الناتجة عن الانعطاف ورسم مخطط الانفعالات للمقاطع العرضية.

أما الفصل الثالث فقد تم استعراض تصميم المقاطع الخرسانية المستطيلة المسلحة على الشد من جهة والمسلحة على الشد والضغط من جهة أخرى إضافة لتحليل المقاطع المجنحة وذلك بتحقيق وتصميم هذه المقاطع بالطريقة الحدية بعد تبسيط مخطط الإجهادات المؤثرة على المقاطع العرضية، وفي نهاية كل فقرة يتم اللجوء الى وضع امثلة عملية محلولة لكي تكون عونا مرشدا في طريق الحل الصحيح، وذلك بالاعتماد على الطرائق التحليلية أو الاستعانة بالجداول العددية بغية تسهيل الحل.

أما الفصل الرابع فقد تم استعراض الإجهادات المماسية الناتجة عن القوى القاطعة وكيفية مقاومة إجهادات الشد القطرية الناتجة عن هذه الإجهادات باستخدام الأساور العرضية (الكانات) أو التسليح المائل أو كليهما، وقد تم استعراض اطوال الارساء والتثبيت لفولاذ التسليح في حالتي الشد والضغط

وقد استعرضنا في الفصل الخامس الإجراءات المتبعة في تصميم الجوائز الخرسانية المسلحة معتمدين على التوصيات الواردة في الكود العربي السوري لعام ٢٠١٢ من تخفيض للعزوم السالبة وإيقاف ورفع القضبان الفولاذية والاحتياطات الواجب اخذها بالحسبان أثناء التصميم، إضافة الى التحنيب الجانبي للجوائز والاحتياطات الواجب ملاحظتها أثناء الدراسة في الجوائز المقلوبة.

أما الفصل السادس فقد تم استعراض البلاطات الخرسانية المسلحة لنوعين فقط من البلاطات وهي البلاطات المليئة والبلاطات المفرغة (الهوردي) وحيدة الاتجاه وكيفية نقل الحمولات الى الجوائز المحيطة بها، وتم استعراض الحمولات المكافئة للقواطع الموجودة فوق البلاطات وماهي الإجراءات والاحتياطات الواجب أخذها بالحسبان.

وقد استعرضنا في الفصل السابع أنواع الأعمدة الطويلة منها والقصيرة، معتمدين في ذلك على ظاهرة التحنيب في الأعمدة الخرسانية المسلحة، إضافة الى استعراض الأعمدة

المطوقة حلزونيا والأعمدة ذات الأساور العادية وكيفية حساب التسليح الطولي والعرضي لهذه الأعمدة.

وفي حال التعمق في دراسة العناصر الخرسانية يمكن الرجوع الى المراجع المختصة المتوفرة في المكتبة العربية والعالمية إضافة للكود العربي السوري في تصميم منشآت الخرسانة المسلحة

وفي النهاية أتمنى لأبنائنا الطلبة وزملائنا المهندسين الاستفادة من هذه المساهمة العلمية المتواضعة في مجال تحليل المنشآت الخرسانية المسلحة، والله ولي التوفيق.

الدكتور المهندس

أديب أحمد أعرج

جامعة حلب ١٩٥٨ UNIVERSITY OF ALEPPO

جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الفصل الأول

الفرضيات الأساسية لسلوك الخرسانة المسلحة

١-١ مقدمة

١-تتوازن القوى الداخلية (عزوم الانعطاف والقوى القاطعة والإجهادات القاصة والإجهادات المحورية) مع تأثير القوى الخارجية في أي مقطع من مقاطع المنشأ، وهذا الاقتراح ليس افتراضيا بل هو حقيقيا لأن كل عنصر من عناصر المنشأة يكون متوازنا بعد تطبيق الحمولات الخارجية عليه والا فانه سوف ينهار حتما.

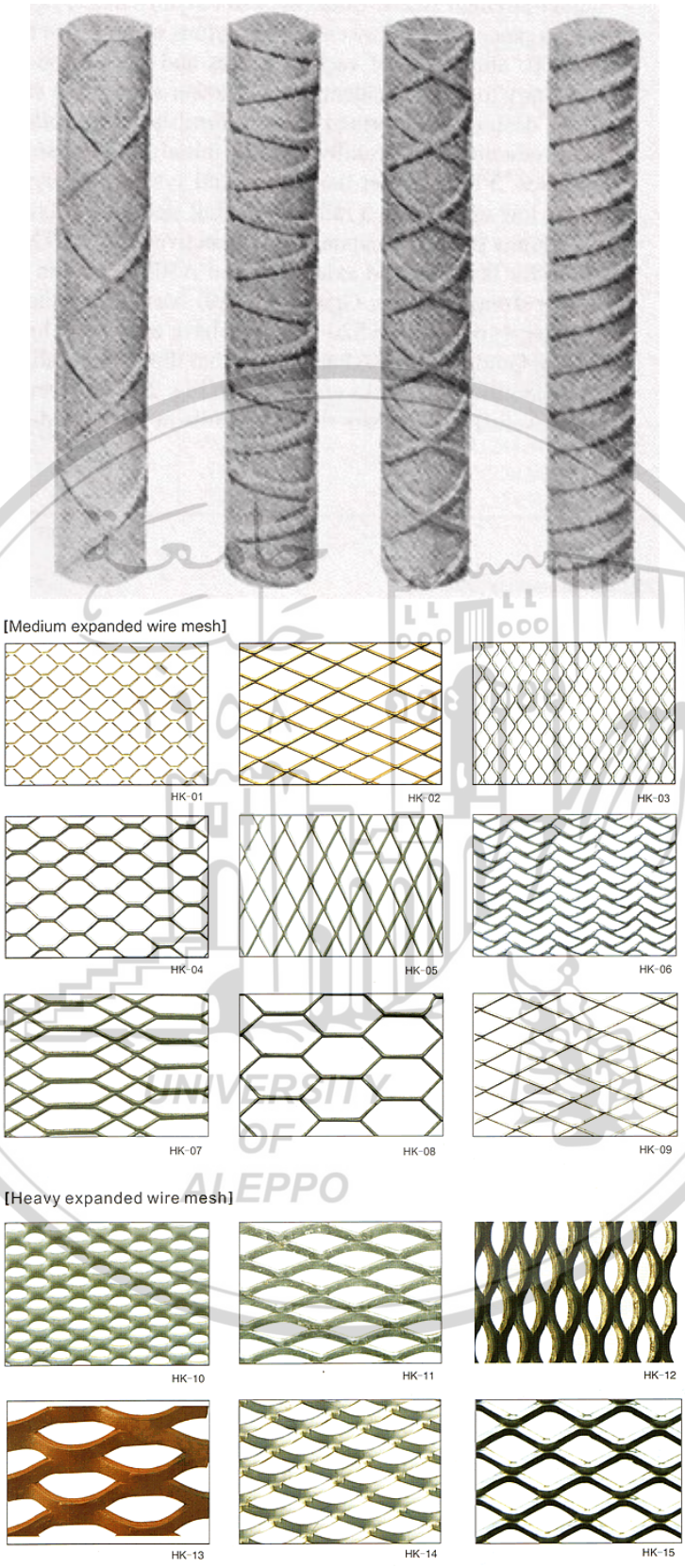
٢-يتساوى الانفعال المشدود أو المضغوط في الفولاذ الموجود في المقطع الخرساني مع الانفعال في الخرسانة المحيطة به والذي من المفترض أن يكون التلاحم تاما بين الفولاذ والخرسانة المحيطة به ونتيجة لذلك فانه من المفترض الا يحصل اي انزلاق بين هاتين المادتين والتي تؤدي بدورها الى تساوي قيم التشوه في كل من الفولاذ والخرسانة للمقطع

الواحد، حيث تم في الآونة الأخيرة إعطاء أشكالا متنوعة لسطوح القضبان الفولاذية الموضحة في الشكل رقم (١-١) والتي تؤمن تماسكا جيدا بين هاتين المادتين مما يجعل هذه الفرضية قريبة للواقع قدر الإمكان.

٣-تكون المقاطع مستوية قبل تطبيق الحمولات وتبقى مستوية بعد تطبيقها، وقد أظهرت القياسات بأن هذه الفرضية لا تكون دقيقة عندما يكون المقطع العرضي قريبا من مرحلة الانهيار والذي تم اثباته عمليا من خلال التجارب التي أجريت على المقاطع الخرسانية والذي يمكن تجاهله.

٤-يكون إجهاد الشد في الخرسانة ضعيفا إذا ما قورن بإجهاد الضغط ويعزى سبب هذا الضعف الى تشقق الخرسانة في المناطق المشدودة وتكون هذه التشققات عبارة عن تشققات شعرية يصعب رؤيتها بالعين المجردة في المقاطع المصممة بشكل سليم ونتيجة لهذه التشققات لا يمكن للمنطقة المتشققة مقاومة الإجهادات الشادة، وتسهل هذه الافتراضية الحالة الفعلية التي تكون قريبة جدا من الواقع الا أن تصرف الخرسانة قبل التشقق وكذلك الخرسانة الموجودة بين الشقوق بعد التشقق يساهم بمقاومة الإجهادات الشادة بشكل قليل مما يمكننا من الاستفادة منه في مقاومة إجهادات الشد الناتجة عن القص.

٥-تم تطبيق هذه النظرية بالاعتماد على العلاقة الفعلية بين الإجهاد والانفعال وخصائص مقاومة المادتين المشكلتين للخرسانة المسلحة، وفي الحقيقة ينعكس التصرف غير المرن في النظريات الحديثة عند افتراض أن الخرسانة غير فعالة في الشد وأن العمل المشترك للمادتين سوف يؤخذ بالحسبان أثناء التحليل، الا أن هذا العمل المشترك بين هاتين المادتين يعتبر أكثر تعقيدا وتحديا من العناصر المؤلفة من مادة واحدة مرنة.



الشكل رقم (١-١) الأشكال المتنوعة لسطوح القضبان الفولاذية

تسمح هذه الافتراضات الخمسة باستنباط النظريات ومبادئ الحساب الخاصة بالعناصر الخرسانية المسلحة، وفي حقيقة الأمر يكون العمل المشترك بين هاتين المادتين أكثر تعقيدا مما نتصور بحيث لا يمكننا السيطرة عليه او الإحاطة به بشكل مطلق أثناء قيامنا بالمعالجة التحليلية لهذه العناصر، ومن أجل هذا السبب تعددت طرائق التصميم والتحليل واستخدام فرضيات خاصة بالمقاطع الخرسانية والتي تم وضعها بالاعتماد على النتائج المخبرية والأبحاث التي أنجزت على هذه العناصر والتي تم تطبيقها كبراهين وتجارب إضافية ممكنة التطبيق.

تؤخذ خواص المواد من نصوص المواصفات والمقاييس المعترف بها قانونا، وفي حال عدم وجودها تعتمد النصوص الآتية لكل من الفولاذ والخرسانة.

١-٢ الفولاذ (الصلب)

يتالف الفولاذ من عدة أنواع وفقا لنسبة الكربون التي يحتويها ووفقا للحالة التي تمت معالجته بها والذي يقسم الى أحد الأنواع الآتية:

أ- فولاذ طري، عادي المقاومة ذو سطح أملس.

ب-فولاذ طري، متوسط المقاومة ذو نتوءات.

ج-فولاذ طري، عالي المقاومة، مدلفن على البارد أو على الساخن ذو نتوءات.

د- فولاذ قاس، عالي المقاومة، معالج على البارد.

ويتوفر بعدة أشكال وذلك حسب طريقة الدرفلة التي تم تحضيره أو حسب تشكيله والتي يمكن تقسيمها الى الأقسام الآتية:

أ- القضبان الملساء.

ب-القضبان ذات النتوءات.

ج-الشبكات الملحومة

ويشترط في جميع أنواع الفولاذ التي تم ذكرها، عدا الفولاذ الطري العادي المقاومة، ألا يكون سطحها أملس، وأن يكون به من النتوءات ما يكفي لإحداث التماسك اللازم مع الخرسانة.

ويرمز لقضبان التسليح بالرموز الآتية:

Φ - الفولاذ الطري، العادي المقاومة، ذو السطح الأملس .

H - الفولاذ الطري، المتوسط المقاومة، ذوالنتوءات .

T - الفولاذ الطري، العالي المقاومة، ذو النتوءات .

Y - الفولاذ المعالج على البارد، العالي المقاومة، ذو النتوءات .

M - الشبكات الملحومة

تتكون الشبكات الملحومة إجمالا من قضبان الفولاذ نصف القاسي، المتشابكة بعضها ببعض، والملحومة على الكهرباء في نقاط التشابك، وُتستعمل في القشريات والبلاطات الرقيقة.

١-٣ الخواص الميكانيكية لفولاذ التسليح

تحدد الخواص الميكانيكية لفولاذ التسليح بالعناصر الآتية:

١- إجهاد الخضوع f_y أو إجهاد الضمان (إجهاد الخضوع الاصطلاحي) الذي يترك 0,2 % من الانفعالات الدائمة.

٢- مقاومة الشد القصوى (f_{su})

٣- النسبة المئوية للاستطالة عند الانقطاع.

الجدول رقم (١-١) الخواص الميكانيكية لأنواع الفولاذ (الصلب) الأكثر استعمالا

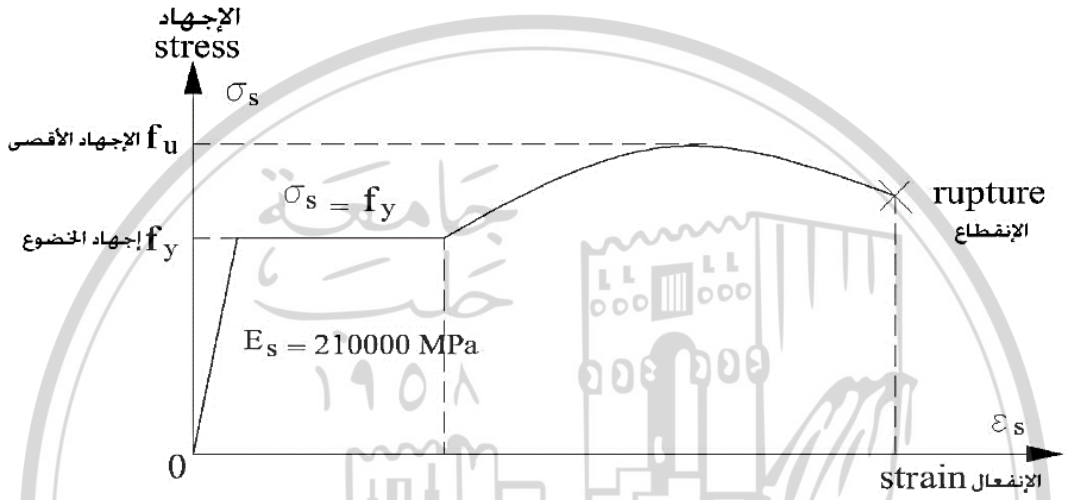
الأسياخ أو القضبان	نوع الفولاذ والرمز	الحد الأدنى لمقاومة الشد (الانقطاع) f_{su} MPa	الحد الأدنى لاجهاد الخضوع أو 0.2% إجهاد الضمان MPa	النسبة المئوية الدنيا للاستطالة عند الانقطاع
ملساء	فولاذ طري Φ	370	240	20
ذات نتوءات (ذات أضلاع)	فولاذ طري متوسط المقاومة H	440	300	16
عالية المقاومة ذات نتوءات	فولاذ طري عالي المقاومة T	500	400	12
عالية المقاومة ذات نتوءات	فولاذ قاس معالج على البارد Y	500	400	10

ملاحظة ١ :اعتمدت هذه القيم على طول أصلي من العينة قبل الاختبار مقداره خمسة أمثال قطرها.

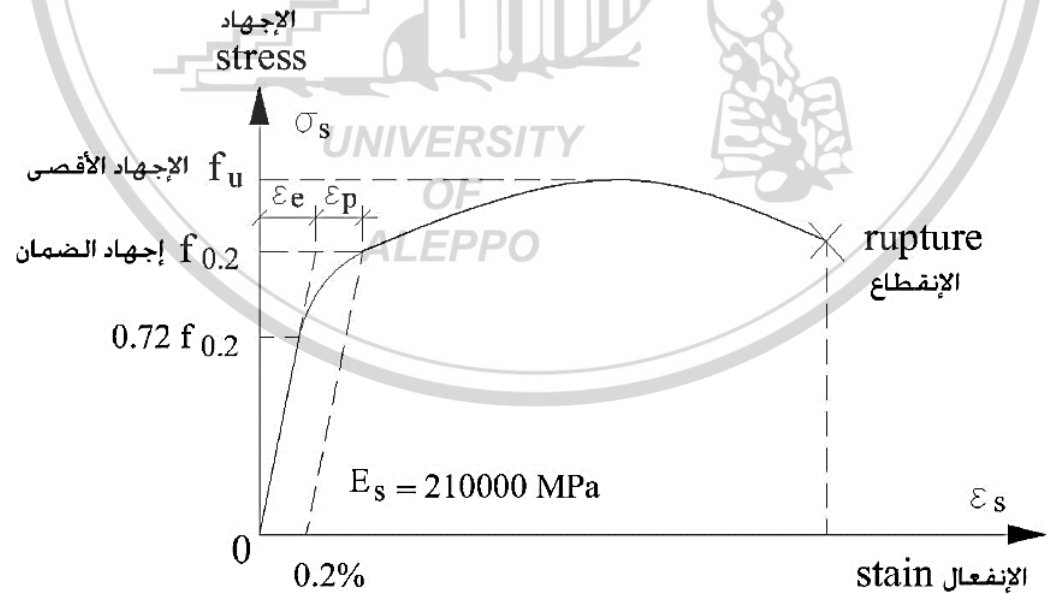
ملاحظة ٢ :قد يتوفر أحيانا في الأسواق فولاذ ذو إجهاد خضوع *fy = 280MPa* أملس و *fy = 360MPa* ذي نتوءات.

١-٣-١الرسم البياني للفولاذ (مخطط الإجهاد- الانفعال)

يؤخذ الرسم البياني للفولاذ الناتج عن الاختبارات .وفي حال عدم وجود اختبارات، يؤخذ وفقا للمواصفات المعمول بها، أو يؤخذ الرسمان البيانيان في الشكلين الآتيين:



الشكل رقم (١-٢) المنحني الافتراضي للإجهاد والانفعال للفولاذ الطري العادي والعالي المقاومة المعالج على الساخن في الشد (وبشكل متناظر عكسيا في الضغط)



الشكل رقم (١-٣) المنحني الافتراضي للإجهاد والانفعال للفولاذ المعالج على البارد في الشد (وبشكل متناظر عكسيا في الضغط)

١-٣-١٢الأقطار المستعملة

١-تستعمل الأقطار الآتية مقدرة بالميليمتر:

5، 6 ، 8 ، 10 ، 12 ،14، 16 ،18، 20 ، 22، 25 ،28 ، 30 ، 32 ،40

٢-عند استعمال قضبان ذات نتوءات، يؤخذ القطر النظري للدائرة التي تعطي الوزن ذاته للمتر الطولي، إذا كانت النتوءات مستمرة، وإذا كانت النتوءات متقطعة يؤخذ أصغر مقطع للقضيب.

١-٤ الإسمنت المستخدم في أعمال الخرسانة المسلحة: انظر الباب الرابع من الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة

١-٥ الركام المستخدم في أعمال الخرسانة المسلحة: انظر الباب الرابع من الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة

١-٦ الماء المستخدم في أعمال الخرسانة المسلحة: انظر الباب الرابع من الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة

١-٧ تحديد المقاومة المميزة للخرسانة في الضغط والشد: انظر الباب الرابع من الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة

١-٨ قوام الخرسانة:

يمثل قوام الخرسانة الخاصة التي تحدد قابليتها للتشغيل، ودرجة حركتها، وطراوتها عند صبها في مكانها، ويتعلق قوام الخرسانة بجملة من العوامل أهمها:

أ-نسبة ماء الخلط إلى الأسمنت.

ب-نوعية الركام المستعمل :تركيبه الحبي، درجة نعومته، مقاسه الأعظمي،

ويتعلق اختيار قوام الخرسانة بعدة عوامل، أهمها:

١-الوسائط المستعملة في رج الخرسانة وصبها في مكانها.

٢-أبعاد العناصر المراد صبها أو رجها.

٣-كثافة التسليح وتوضعه في المنشأة.

ويتحدد قوام الخرسانة من اختبار الهبوط القياسي على مخروط ناقص ارتفاعه 300mm وقطره العلوي 100 mm والسفلي 200 mm (مخروط أبرامز)، أو باستعمال اختبارات أخرى مثل طاولة الانسياب أو معامل الرص، أو تجربة VEBE وفي حالة عدم وجود قيم أخرى من الاشتراطات المحلية، أو الشروط الخاصة بالمشروع، يمكن الاسترشاد بالقيم الآتية المبينة في الجدول الآتي:

الجدول رقم (١-٢) الحد الأعلى لهبوط المخروط القياسي

الرقم	نوع العنصر الانشائي الخرساني	الحد الأعلى للهبوط (mm)
١	الأجزاء الخرسانية السميكة والأرضيات	١٠٠
٢	بلاطات الطرق بالخرسانة دون تسليح	٧٥
٣	الأساسات والجدران بالخرسانة دون تسليح	١٢٥
٤	جدران وركائز الأساسات بالخرسانة المسلحة	٧٥
٥	البلاطات والجيزان والأعمدة والجدران بالخرسانة المسلحة	٧٥

١-٩ تحديد المقاومة المميزة للخرسانة في الضغط والشد:

تحدد المقاومة المميزة للخرسانة في الضغط والشد من نتائج اختبارات الضغط والشد والانفلاق على عينات قياسية عمرها 28 يوما، محفوظة تحت الماء في درجة حرارة 2± 22 درجة مئوية .ويجب ألا يزيد عدد الاختبارات المحتمل أن تنخفض مقاومتها عن المقاومة المميزة، على 10 % ، طبقا للمعايير الإحصائية. من أجل لمعرفة المزيد من المعلومات حول تحديد المقاومة المميزة للخرسانة في الضغط والشد راجع D الباب الرابع من الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة

١-١٠ تصنيف درجات جودة الخرسانة

يقوم المهندس المصمم للمنشأة باختيار جودة الخرسانة، التي تمثل المقاومة الاسطوانية المميزة لها بالضغط *(f'c)* وبما يتناسب مع طبيعة المنشأة المراد تنفيذها وبصورة عامة يمكن تصنيف درجات جودة الخرسانة واستعمالاتها على سبيل المثال في الجدول رقم (١-٣)

الجدول رقم (١-٣) درجات جودة الخرسانة واستعمالاتها المناسبة

درجة الجودة	C5	C8	C10	C12
المقاومة المميزة بالضغط f'c MPa	5	8	10	12
مجال الاستعمال	ردم	نظافة تحت الأساسات	خرسانة عادية (أساسات – جدران .....الخ)	

درجة الجودة	C15	C18	C20	C25	C30	C35	C40	C45
المقاومة المميزة بالضغط f'c MPa	15	18	20	25	30	35	40	45
مجال الاستعمال	خرسانة مسلحة				خرسانة مسلحة وخرسانة مسبقة الاجهاد			

الجدول رقم (١-٤) أ-مقاومة الضغط المميزة المحتملة في حالة الخرسانة المراقبة بشكل دقيق

كمية الاسمنت kg/m3	300	350	400				450*	
درجة جودة الاسطوانة	C18	C20	C25	C30	C35	C40	C45	
المقاومة المميزة بالضغط f'c MPa	18	20	25	30	35	40	45	

ب-مقاومة الضغط المميزة المحتملة في حالة الخرسانة غير المراقبة بشكل دقيق

كمية الاسمنت kg/m3	100	150	200	250	300	350	400	450*
درجة جودة الاسطوانة	C5	C8	C10	C12	C15	C18	C20	C25
المقاومة المميزة بالضغط MPa f'c	5	8	10	12	15	18	20	25
مجال الاستعمال	ردم	نظافة تحت الأساسات	خرسانة عادية		خرسانة مسلحة			

*مع ضرورة إضافة ملدنات عالية الجودة super plasticizer وسيلكا فوم silca fume. ويمكن استعمال مقاومات أعلى لأغراض انشائية خاصة وبشرط اجراء اختبارات خاصة وأن يتم تدقيقها من جهة مختصة والتأكد من ضمان استمرارية المحافظة على الجودة أثناء التنفيذ

١-١١ مقاومة الشد المميزة المحتملة

تؤخذ مقاومة الضغط في هذه الحالة أساسا لحساب مقاومة الشد، ويمكن اتخاذ العلاقة الآتية أساسا للتقدير: $f_{ct} = 0.44\sqrt{f_c'} \quad MPa$

الجدول رقم (١-٥) مقاومة الشد المميزة المحتملة MPa

درجة جودة الخرسانة	C10	C12	C15	C18	C20	C25	C30	C35	C40	C45
المقاومة المحتملة للخرسانة في الشد	1.4	1.5	1.7	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6

١-١٢ تصحيح نتائج الاختبار لأشكال العينات وأعمار الخرسانة

١-١٢-١-التصحيح لأشكال العينات في اختبارات الضغط

عند إجراء الاختبار على أشكال أخرى من القوالب غير الاسطوانية القياسية (قطر 150 mm بارتفاع 300 mm) لأعمال الخرسانة المسلحة، يجب ضرب قيم المقاومات الناتجة بمعامل التصحيح الواردة في الجدول للأشكال المختلفة لعينات الاختبار وذلك قبل إجراء أي معالجة إحصائية، أو مقارنة لهذه المقاومات.

الجدول رقم (١-٦) قيم معاملات التصحيح للأشكال المختلفة لعينات الاختبار

شكل العينة	أبعاد العينة / سم	معامل التصحيح
الأسطوانة	ارتفاع 30 x قطر 15	1.00
	ارتفاع 20 x قطر 10	0.97
	ارتفاع 50 x قطر 25	1.05
الموشور	15x15x30	1.00
	15x15x45	1.05
	20x20x60	1.05
المكعب	10x10x10	0.78
	15x15x15	0.80
	20x20x20	0.83
	30x30x30	0.90

١-١٢-٢ التصحيح لأعمار الخرسانة في اختبارات الضغط

عند إجراء الاختبار لأعمال الخرسانة عند عمر يقل عن 28 يوما بعد الصب يتم تعديل قيم المقاومة الناتجة قبل إدخالها في الحسابات باستعمال قيم التصحيح الواردة في الجدول رقم(١-٧) شريطة أن يحقق الاسمنت المواصفات المعتمدة من حيث سرعة التصلب الأولي والنهائي.

أ ما عند إجراء الاختبار لأعمال الخرسانة عند عمر يزيد على 28 يوما بعد الصب فتؤخذ نتائج المقاومة المميزة الفعلية الناجمة عن الاختبارات وتعالج وفقاالجدول رقم (١-٧)، ويمكن أيضا الاعتماد على العلاقة رقم (4-1) في إيجاد مقاومة الخرسانة لأعمار مختلفة بالاعتماد على المقاومة بعد سبعة أيام.

الجدول رقم (١-٧) قيم عوامل التصحيح لنتائج اختبارات الضغط لعينات من الخرسانة ذات أعمار مختلفة

عمر الخرسانة باليوم	3	7	28	60	90	360 أو أكثر
اسمنت بورتلاندي عادي	2.50	1.50	1.00	0.95	0.90	0.80
اسمنت بورتلاندي سريع التصلب	1.80	1.30	1.00	0.97	0.95	0.90

ويمكن إيجاد المقاومة بعد ٢٨ يوما باستخدام العلاقة الآتية:

$$[7]\quad f'_n = f'_7\left[2.920 - \frac{1.770}{\sqrt{Logn}}\right] \quad (1\text{-}4)$$

حيث:

f'_n : المقاومة بعد n يوما

f'_7 : المقاومة بعد 7 يوما

Log n: اللغارتم العشري لعدد الأيام n

١-١٢-٣ قيم عوامل التصحيح لنتائج اختبارات الشد لعينات من الخرسانة ذات أعمار مختلفة

الجدول رقم (١-٨) قيم عوامل التصحيح لنتائج اختبارات الشد لعينات من الخرسانة ذات أعمار مختلفة

عمر الخرسانة باليوم	3	7	28	90	360 أو أكثر
اسمنت بورتلاندي عادي	2.00	1.40	1.00	0.95	0.90
اسمنت بورتلاندي سريع التصلب	1.50	1.20	1.00	0.95	0.90

١-١٢-٤ الأسباب التي تتطلب هامشا إضافيا للأمان

١. قد تختلف شدة الحمولات الفعلية عن الحمولات التصميمية

٢. قد تختلف توزيع الحمولات الفعلية عن الحمولات التصميمية

٣. قد تختلف الجهود المؤثرة فعلا عن الجهود التصميمية نتيجة الافتراضيات والتسهيلات

٤. قد يختلف سلوك المنشأة الفعلي عن السلوك التصميمي نتيجة المعرفة غير التامة

٥. قد يختلف ابعاد العناصر الفعلية عن الأبعاد التصميمية

٦. قد لايكون فولاذ التسليح في موقعه الفعلي

٧. قد تختلف مواصفات المواد الفعلية عن المواد المقترحة

١-١٣ تقدير الحمولات الحية والميتة المؤثرة على المنشآت الخرسانية المسلحة:

يتم تقدير الحمولات الميتة الناتجة عن حمولات التغطية وحمولات الوزن الذاتي للمنشأة والتي يتم حسابها بالاعتماد على الجدول رقم (١-٩) الذي يبين الأوزان الحجمية للمواد المستخدمة في المنشآت الخرسانية المسلحة، والذي يمكن الاستعانة بالقيم الواردة في الجدول بعد معرفة السماكات الفعلية للمواد التي تتالف منها المنشأة حيث نقوم بأخذ شريحة مربعة من هذه المواد ونضربها بالسماكة والوزن الحجمي لهذه المادة.

في حال عدم القيام بحساب دقيق، تؤخذ حمولة التغطية مساوية إلى $2\ kN/m^2$ عند عدم وجود تمديدات مطمورة تحت البلاط، وتؤخذ $3\ kN/m^2$ عند وجود تمديدات مطمورة تحت البلاط، أما تغطية السطح النهائي فيجب حسابها على ألا تقل عن $.3\ kN/m^2$ وتضاف الى حمولة التغطية حمولة الوزن الذاتي للعناصر الانشائية المختلفة.

أما الحمولات الحية فيتم تقديرها بالاعتماد على الجدول رقم (١-١٠) بعد معرفة نوع المنشأ وطبيعة استخدام فراغات هذا المنشأ

الجدول رقم (١-٩) الأوزان الحجمية لبعض المواد الأكثر استعمالا

المادة	الوزن الحجمي (kN / m^3)
الخرسانة العادية دون التسليح	24
الفولاذ	78.5
الخرسانة المسلحة (نسبة تسليح 1%)	25
الحجر البازلتي (حجم ملئ)	30
الحجر الغرانيتي (حجم ملئ)	28
الحجر الكلسي (حجم ملئ)	27
الحجر الرملي (حجم ملئ)	23
البلوك (الطوب) المجوف	19 -14
البحص الزلط (حجم طبيعي غير مدكوك)	18 – 15
الرمل (حجم طبيعي غير مدكوك)	18 – 15
الأسمنت (فلت)	12 – 10
البناء العادي بالمونة	20 – 18
الخرسانة الخفيفة الوزن	20 – 12
البناء بالحجر المجوف الخرساني	14
البناء بالبلوك (الطوب) المجوف	14
بلاط الرخام والسيراميك	25 – 24
الطينة (بحيث لا يقل سمك الطين عن 2 cm من كل جهة من الجدار)	20
المجبول الإسفلتي	23

UNIVERSITY OF ALEPPO

الجدول رقم (١-١٠) الأحمال الإضافية غير الديناميكية الموزعة بانتظام والمركزة على المنشأة

الغرض من استعمال البناء			شدةالحمل الموزع kN/m^2	الحمل المركز المطبق على مربع ضلعه 300 مم (١)
السطوح	غير مستعملة (لا يمكن الوصول إليها)	أفقية أو مائلة حتى 10درجات	1	
		مائلة أكثر من 10درجات	0.5	
	مستعملة (يمكن الوصول إليها)		مثل الطابق المتكرر ولا تقل عن 2	
الشرفات		أبنية خاصة	4	
		أبنية عامة	5	
الأبنية السكنية		غرف	2	1.4
		ممرات خارجية وأدراج	3	1.8
الفنادق		غرف نوم	2.5	1.8
		ممرات خارجية وأدراج	5	4.5
المدارس		غرف صفوف وإدارة	3	2.7
		ممرات وأدراج	5	4.5
المشافي		غرف نوم	2.5	1.8
		ممرات خارجية وأدراج	4	4.5
		غرف عمليات	تحسب (2) ولاتقل عن 3	4.5
المكاتب	غرف	أبنية عامة	3	2.7
		أبنية خاصة	2	2.7
		أضابير	تحسب ولاتقل عن5	تحسب
		غرف حاسوب	تحسب ولاتقل عن4	تحسب
	ممرات خارجية	أبنية عامة	4	4.5
		أبنية خاصة	3	4.5

	وأدراج		
المكتبات	غرف مطالعة دون تخزين كتب	3	4.5
	غرف مطالعة مع تخزين كتب	5	4.5
الصالات (القاعات والمدرجات)	مقاعد ثابتة	5	
	مقاعد متحركة	6	3.6
	رقص وجنباظ *	6*	3*
	غرف إسقاط	6	3.6
	مدرجات رياضية *	6*	3*
	منصة مسرح *	6*	3.6*
	متاحف وقاعات فن وعرض	تحسب ولاتقل عن 5	تحسب
المخازن والمستودعات	مخزن وسلع (عرض وبيع)	5	3.6
	مخازن كتب	2.40لكل متر ارتفاع ولاتقل عن7	4.5
	مخازن ورق وقرطاسية للمطابع	تحسب ولاتقل عن 4 لكل متر ارتفاع	تحسب
	برادات خزن	5 لكل متر ارتفاع ولاتقل عن15	تحسب
	مستودعات مصانع وأبنية مشابهة	5-10 حسب المواد والآلات	تحسب
أماكن التجمع العامة	دور عبادة	5	4.5
	أبهاء عامة، فسحات	5	4.5
	مسارح، سينما	5	4.5
الورشات ومرائب السيارات	ورش تصليح	تحسب ولاتقل عن 6	أسوأ وضع ممكن لأحمال العجلات
	مواقف وممرات سيارات ومنحدرات لسيارات أقل من 25 kN	6	9

جامعة حلب ١٩٥٨ UNIVERSITY OF ALEPPO

	مواقف وممرات سيارات ومنحدرات لسيارات أكثر من 25 kN	تحسب ولاتقل عن 6	تحسب ولا تقل عن 9
استعمالات مختلفة	مرافق صحية	2	–
	مطابخ عامة، مختبرات	تحسب ولاتقل عن 3	–
	مصابغ، غرف غسيل	تحسب ولاتقل عن 3	4.5
	غرف سخانات ومضخات مراجل	7.5	4.5
	أستوديو	4	تحسب
	مطابع	تحسب ولا تقل عن 20	تحسب

*يمكن الرجوع الى الفصل الخامس من الكود العربي السوري للاطلاع على الملاحظات المشار اليها في الجدول

57 th -Street-Skyline

الفصل الثاني

حالات الحدود القصوى (الطريقة الحدية)

٢-١ مقدمة

لقد تم اعتماد الطريقة الحدية في الآونة الأخيرة نظرا لتحقيق الأمان الواضح والصريح في الجهود الداخلية والحمولات الخارجية وكذلك التوفير الملاحظ في معظم الحالات للمقاطع الخرسانية وكذلك التوفير الملحوظ في مقدار الفولاذ المضغوط، حيث يتحقق الأمان عندما تكون المقاومة الداخلية للمواد المستعملة في العناصر المختلفة للإنشاءات الخرسانية وهي الخرسانة وفولاذ التسليح أكبر بنسبة محددة من القوى الداخلية الناجمة عن الأحمال والأفعال الأخرى المباشرة أو غير المباشرة المتوقعة، وبحيث تبقى المنشأة في كل جزء من أجزائها صالحة للإستثمار أثناء وطوال الفترة المفترضة تصميميا لبقائها قيد الاستثمار.

٢-٢ تحقيق الأمان الحد في حالة الأقصى

١. يعد الأمان محَققا في حالة الحد الأقصى عندما تكون المقاومة المميزة للعنصر أو لكل مقطع منه R_u مضروبة بمعامل تخفيض المقاومة Ω، لاتقل عن القوة الداخلية الناجمة

عن الأفعال القصوى U أي الأفعال المميزة مضروبة بمعاملات تصعيد الأفعال وفق المتراجحة الآتية:(a)..... $U \leq \Omega R_u$

وتحسب R_u استنادا الى المقاومات المميزة للمواد

٢. يتوجب تصميم المقاطع الحرجة في العناصر بحيث يكون نمط انهيارها مطاوعا، أي أن يسبق مرحلة الانهيار، ظهور علامات إنذار وتشوهات ملحوظة تنذر بالخطر مسبقا إن كان ذلك ممكنا .ويتوجب بالآتي تحاشي التصميم الذي ينجم عنه نمط انهيار هش ومفاجئ لا يسبق مرحلة الانهيار فيه ظهور علامات إنذار وتشوهات ملحوظة.

٣. يكون الانهيار مطاوعا في العناصر أو المقاطع المعرضة لانحناء بسيط أو قوى لا محورية، إذا كان الانفعال الفعلي في فولاذ التسليح المشدود، في مرحلة الانكسار للمقطع الحرج للعنصر أكبر من المقاومة المميزة للفولاذ في الشد مقسومة على معامل مرونة الفولاذ $(\varepsilon_s > \frac{f_y}{E_s})$

٤. يكون الانهيار هشا ومفاجئا في العناصر أو القطاعات المعرضة لانحناء بسيط أو قوى لا محورية إذا كان الانفعال الفعلي في فولاذ التسليح المشدود في مرحلة الانكسار للمقطع الحرج للعنصر أصغر من المقاومة المميزة للفولاذ في الشد مقسومة على معامل مرونة الفولاذ $(\varepsilon_s \leq \frac{f_y}{E_s})$

٥. يكون الانهيار هشا في العناصر أو المقاطع المعرضة لإجهادات ضغط على كامل سطح المقطع أو معظمه، وكذلك المقاطع المعرضة للقص والفتل أو أحدهما، إذا لم تكن هذه المقاطع مزودة بالتسليح المناسب .ويمكن في هذه الحالات تحسين نمط الانهيار الهش والمفاجئ بالالتزام بمساحات ونسب التسليح الطولي والعرضي الدنيا المعتمدة في نصوص الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة $\mu_s \geq \mu_{s\,min}$

٢-٣ تحديد الأفعال القصوى

يتم تحديد قيم الأفعال القصوى U وتراكيبها المأخوذة في التصميم كما يلي: عندما يقتصر تأثير الأفعال على الحمولات الثابتة D والإضافية L متضمنة العامل الحركي (الديناميكي) إن وجد حيث تحسب الأفعال القصوى وفق التركيبين الآتيين:

U=1.4D

$$U=1.4D+1.7L \quad (1\text{-}2)$$

٢-٤ معامل خفض المقاومة

يحدد عامل خفض المقاومة كما يلي:

١. للمقاطع المعرضة للانعطاف البسيط أو لقوى شد محورية أو لامحورية $\Omega=0.9$

٢. للمقاطع المعرضة للضغط البسيط $\Omega=0.65$

٣. للقص أو الفتل أو أحدهما $\Omega=0.75$

٤. للمقاطع المعرضة لقوى ضغط لامحورية $0.65 \leq \Omega = 0.9 - 0.5\,(N_u/N_c) \leq 0.9$

حيث:

N_u= قوة الضغط المصعدة المطبقة على المقطع العرضي.

Nc = مقاومة المقطع الخرساني لوحده ($0.85\,f'c\,Ac$) ويمكن كبديل عن العلاقة الواردة أعلاه تحديد قيمة Ω كما يلي:

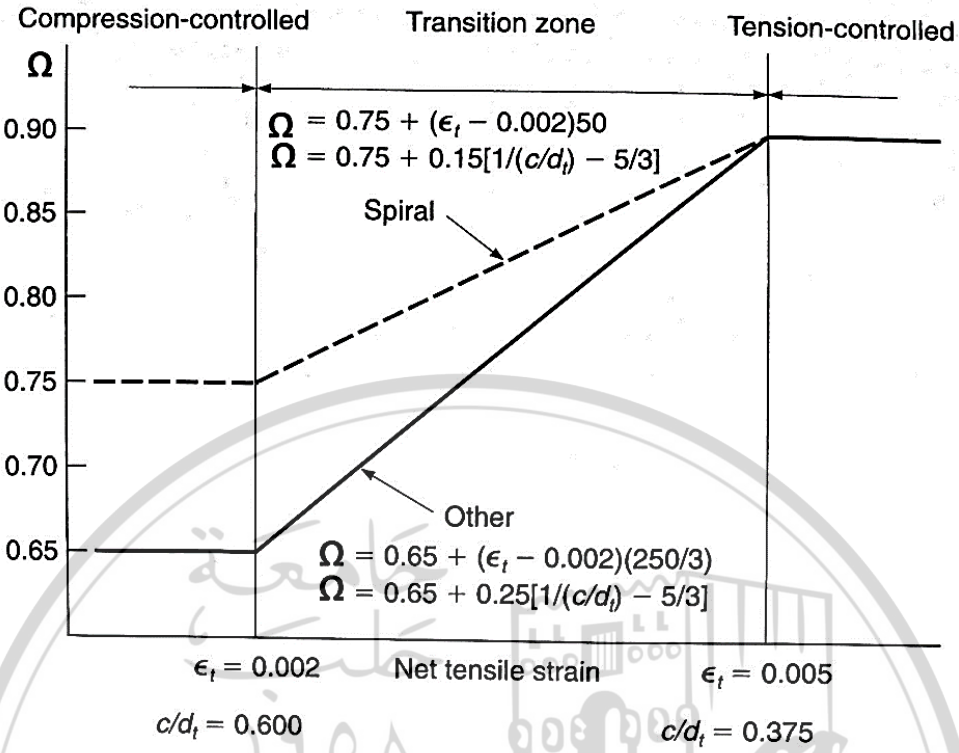
عندما تزيد قوة الضغط المحورية Nu المطبقة على المقطع على ($0.1\,Ac\,f'c$) تؤخذ Ω مساوية الى 0.65

وعندما تنخفض قوة الضغط المحورية Nu المطبقة على المقطع عن ($0.1\,Ac\,f'c$) الى الصفر يمكن زيادة عامل خفض المقاومة Ω خطيا من 0.65 الى 0.9 بالنسبة والتناسب.

إن اختلاف عامل تخفيض المقاومة يتعلق بانفعال الشد الصافي في الفولاذ حسب الكود الأمريكي ACI-318

يجب زيادة قيم الجهود الحدية (العزوم والقوى) U الناتجة عن الحمولات الحدية Pu بقسمتها على معامل خفض المقاومة Ω لنحصل على الجهود الاسمية او التصميمية التي نعتمد عليها في التصميم وبذلك يمكننا كتابة العلاقة الآتية:

$$U_n = \frac{U}{\Omega} \quad (2-2)$$

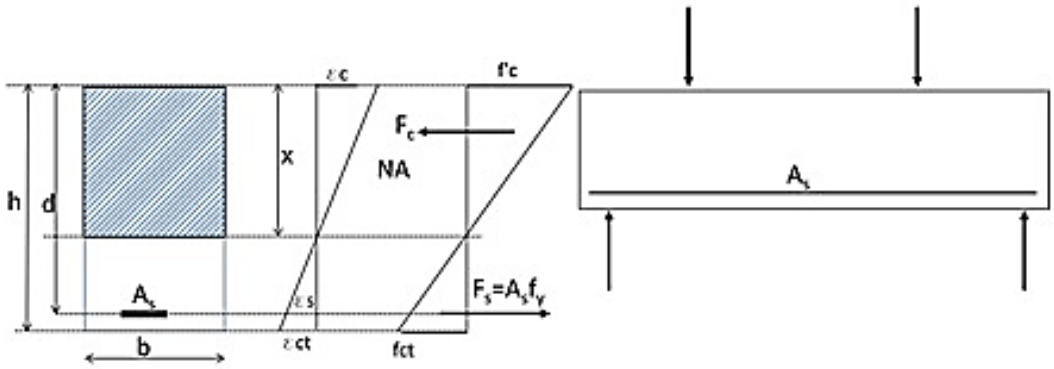


الشكل رقم (٢-١) الذي يبين اختلاف عامل تخفيض المقاومة الذي يتعلق بانفعال الشد الصافي في الفولاذ حسب الكود الأمريكي ACI-318

٢-٥ العناصر المنعطفة

٢-٥-١ التصرف المرن والمقطع غير متشقق:

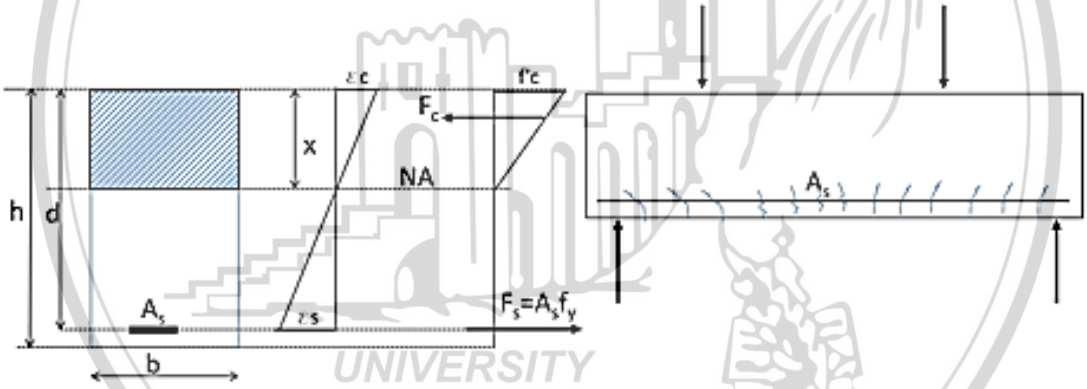
في مراحل الإجهادات القليلة أي عندما تساوي مقاومة الخرسانة لنصف المقاومة الأسطوانية $\frac{f`c}{2}$ تتصرف الخرسانة قريبامن التصرف المرن كما هو مبين في الشكل رقم (٢-٢) حسب قانون هوك لكل من الفولاذ والخرسانة $f_c = E_c.\varepsilon_c$ و $f_s = E_s.\varepsilon_s$ ، والذي يعني أن الانفعال في كل من الفولاذ والخرسانة يساوي نسبة من الإجهاد $\varepsilon c = \frac{fc}{Ec}$ و $\varepsilon s = \frac{f\,s}{Es}$ بحيث يكون الانفعال في الخرسانة المضغوطة تحت تأثير أي حمولة مساويا لإنفعال الفولاذ المضغوط والذي يمكن التعبير عنه $\varepsilon c = \varepsilon s$ ⇦ $fs = \frac{Es}{Ec} * fc =$ $n * fc$ يسمى العامل n بأمثال التعادل



الشكل رقم (٢-٢) مخطط الإجهادات والانفعالات الذي يعبر عن التصرف القريب من التصرف المرن للمقطع الخرساني

٢-٥-٢ التصرف المرن والمقطع متشقق:

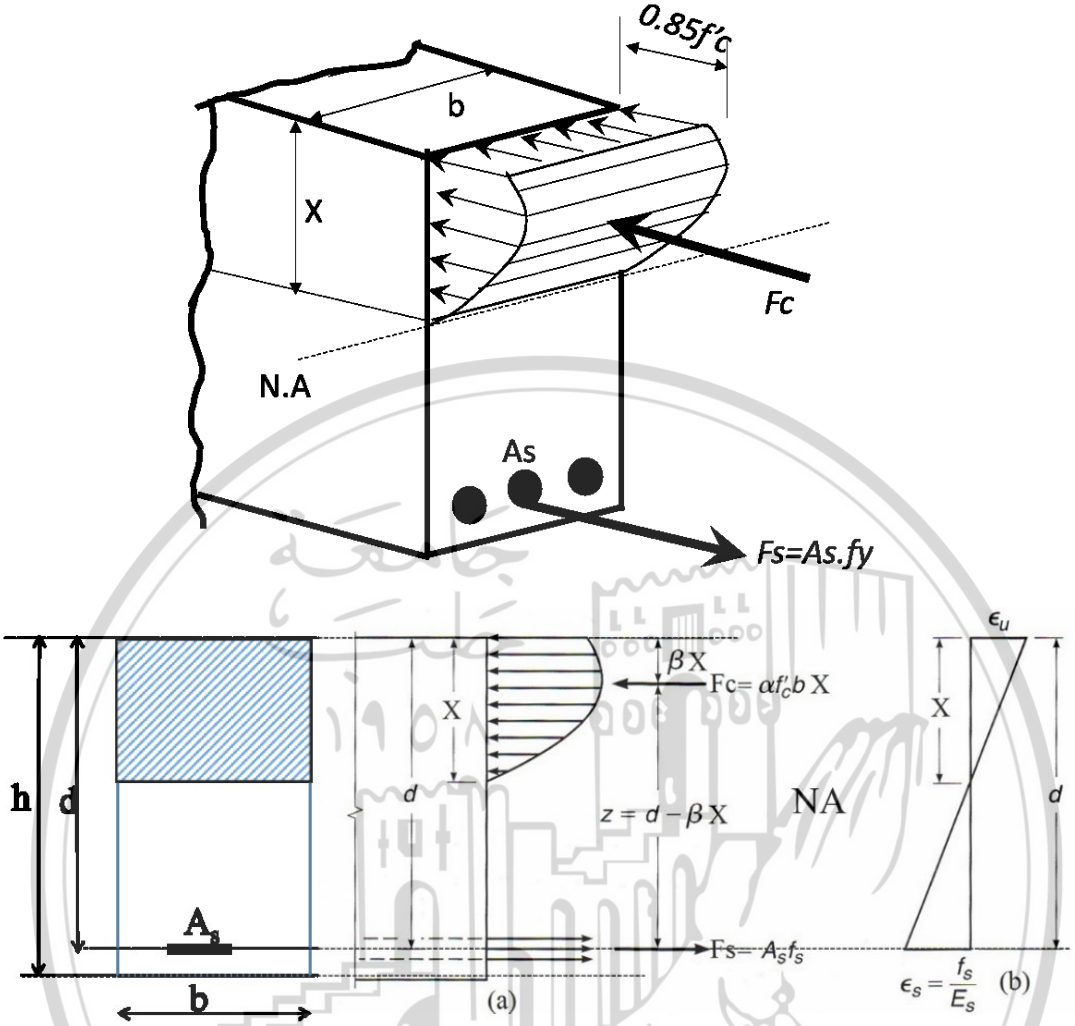
عندما يزيد إجهاد الشد *fct* عن حدود التشقق تتشكل الشقوق وتهمل الخرسانة المتشققة ويصبح المقطع يعمل فقط في المناطق الخرسانية المضغوطة إضافة للفولاذ المشدود كما هو مبين في الشكل رقم (٢-٣):



الشكل رقم (٢-٣) مخطط الإجهادات والانفعالات الذي يعبر عن التصرف المرن للمقطع الخرساني

٢-٥-٣ التصرف اللدن (الحدي):

عندما لايتناسب الإجهاد مع الانفعال وعندما تصبح الحمولات كبيرة يقترب المقطع من حالة الانهيار ويصبح مخطط الإجهاد كما هو مبين في الشكل رقم (٢-٤):



الشكل رقم (٢-٤)

وبالتالي المدلولين المعياريين لإنهيار كل من الفولاذ والخرسانة هما: أن يكون انفعال الخرسانة مساويا لـ 0.003 $(\varepsilon_c = 0.003)$ و إجهاد الفولاذ يساوي لإجهاد الخضوع ($fs = fy$) وتكون محصلة القوى التي تتحملها الخرسانة المضغوطة Fc هي:

$Fc = \alpha \,.\, f`c \,.\, b \,.\, x \ldots$ وتبعد نقطة تأثير محصلة القوة الضاغطة للخرسانة عن الليف العلوي بمقدار β.x حيث:

$f`c$. هي المقاومة المميزة الاسطوانية للخرسانة

b. عرض المقطع المدروس في المنطقة المضغوطة

x. ارتفاع المنطقة المضغوطة أو مايسمى بموقع المحور الحيادي

α:معامل تكافؤ المساحة وتدل التجارب المخبرية على قيمته على النحو الآتي:

من أجل قيمة $f`c \leq 28MPa$ تكون قيمة α تساوي 0.72

من أجل قيمة $f`c \geq 56\text{MPa}$ تكون قيمة α تساوي 0.56

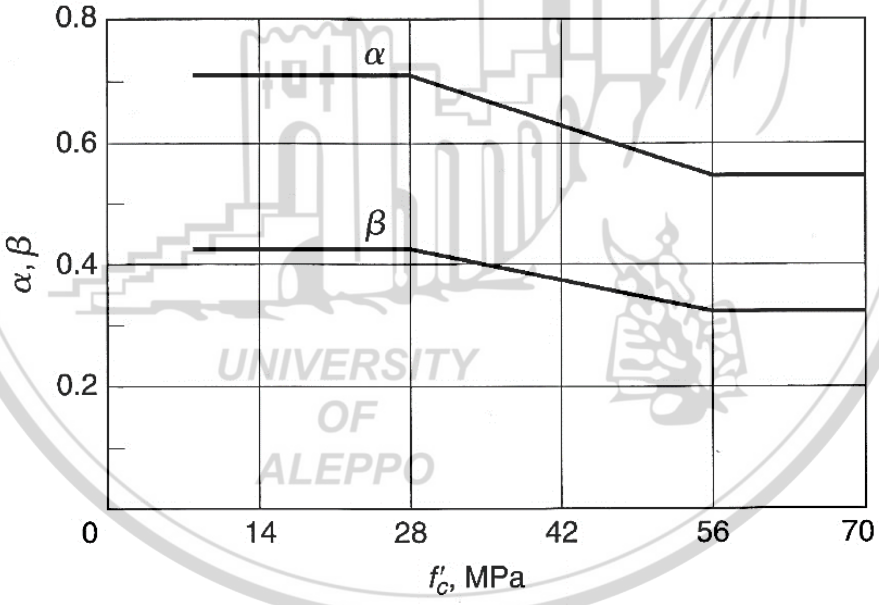
وتنقص قيمة α بمقدار 0.04 كل 7MPa وفق المخطط المبين في الشكل رقم (٢-٥).

β: معامل تكافؤ موقع القوة الضاغطة عن الليف العلوي وتدل التجارب المخبرية أن قيمته وفق الآتي:

من أجل قيمة $f`c \leq 28MPa$ تكون قيمة β تساوي 0.425

من أجل قيمة $f`c \geq 56MPa$ تكون قيمة β تساوي 0.325

وتنقص قيمة β بمقدار 0.025 كل 7MPA وفق المخطط المبين في الشكل رقم (٢-٥).



الشكل رقم (٢-٥) قيم العوامل α و β حسب المقاومة الاسطوانية للبيتون

ويعود سبب تناقص قيمة α و β بسبب أن الخرسانة عالية المقاومة تصبح أكثر تقصفا التي تنهار بشكل مفاجئ نظرا لصغر المنطقة الأفقية في مخطط الإجهاد–الانفعال.

الجدول رقم (٢-١) قيم العوامل α و β حسب المقاومة الاسطوانية للبيتون

f'_c	MPa				
	≤ 28	35	42	49	≥ 56
α	0.72	0.68	0.64	0.60	0.56
β	0.425	0.400	0.375	0.350	0.325
$\beta_1 = 2\beta$	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65
$\gamma = \alpha/\beta_1$	0.85	0.85	0.85	0.86	0.86

*ملاحظة: عندما تزيد المقاومة المميزة f'c على 30 MPa فيلزم تخفيض ارتفاع منطقة الضغط بمقدار 0,05 من أجل كل زيادة بمقدار 7 MPa أو أجزائها، وفي هذه الحالة ستتغير جميع العلاقات المتعلقة بـ y أو X

$$0,85 \geq \beta_1 = 0,85 - \frac{(f'_c - 28)}{7}.0,05 \geq 0,65$$

لذلك سوف نحاول إيجاد المجاهيل التي تتحكم بتصرف المقطع الخرساني وهي:

١-إيجاد موقع المحور الحيادي

٢-إيجاد العزم الذي يتحمله الفولاذ المشدود

٣-إيجاد العزم الذي تتحمله الخرسانة المضغوطة

٢-٥-٤ إيجاد موقع المحور الحيادي

لإيجاد موقع المحور الحيادي نطبق معادلة التوازن الأولى من مخطط الإجهاد الموضح في الشكل رقم (٢-a٤):

$$\sum Fx = 0 \Rightarrow Fc = Fs \Rightarrow \alpha . f`c . b . x = As . fs \Longrightarrow$$

$$(3-2)\quad fs = \frac{\alpha . f`c . b . x}{As} \text{ أو } x = \frac{As . fs}{\alpha . f`c . b}$$

٢-٥-٥ إيجاد العزم الذي يتحمله الفولاذ المشدود

لإيجاد العزم الذي يتحمله الفولاذ المشدود نطبق معادلة توازن العزوم حول مركز تطبيق القوة الضاغطة بالاعتماد على مخطط الإجهاد الموضح في الشكل رقم (٢-a٤) فنحصل على العلاقة الآتية:

$$(٤-٢) \quad \Sigma Mc = 0 \Rightarrow Ms = As\,.fs\,(d - \beta x)$$

٢-٥-٦ إيجاد العزم الذي تتحمله الخرسانة المضغوطة

لإيجاد العزم الذي تتحمله الخرسانة المضغوطة نطبق معادلة توازن العزوم حول الفولاذ المشدود بالاعتماد على مخطط الإجهاد الموضح في الشكل رقم (٢-٤a) فنحصل على العلاقة الآتية:

$$(٥-٢) \quad \Sigma Ms = 0 \Rightarrow Mc = \alpha\,.f`c\,.b\,.x\,(d - \beta x)$$

٢-٥-٧ انهيار المقطع الخرساني:

يتم انهيار المقطع الخرساني بانهيار احدى مكوناته الذي يتعلق بانهيار الفولاذ أو الخرسانة أو كليهما معا لذلك سوف نناقش انهيار المقطع الخرساني في الفقرات الآتية:

٢-٥-٧-١ بفرض أن الانهيار يحصل في الفولاذ:

فإذا فرضنا أن الانهيار سوف يحصل عند وصول الفولاذ الى إجهاد الخضوع ($fs = fy$) فإنه يمكننا الحصول موقع المحور المحايد من العلاقة رقم (٢-٣)

$$(6-2) \quad x = \frac{As\,.fy}{\alpha\,.f`c\,.b}$$

وبفرض أن نسبة التسليح $\mu = \frac{As}{b.d}$ ⇦ فإن As =μ. b.d

$$(6-2) \quad x = \frac{\mu.d\,.fy}{\alpha\,.f`c}$$

بعد حصولنا على موقع المحور المحايد يمكننا الحصول على العزم الإسمي الذي يتحمله الفولاذ والناتج عن حدوث الانهيار الشاد بتعويض قيمة x الواردة في العلاقة رقم (٢-٦) في معادلتي العزم السابقتين (٢-٤) و (٢-٥):

$$(7-2) \quad M_{sn} = As.fy.d(1 - \beta\frac{\mu.fy}{\alpha\,.f`c})$$

بفرض أن المقاومة المميزة للبيتون $f'_c \leq 28\,MPa$ نعوض قيمة α=0,72 و β=0,425 وبتعويض قيمة As=$\boldsymbol{\mu}$.b.d

$$M_{sn} = As.fy.d(1 - 0{,}425\frac{\mu.fy}{0{,}72\,.f`c})$$

$$M_{sn} = As.fy.d(1 - 0{,}59\frac{\mu.fy}{f`c})$$

$$(8-2)\quad M_{sn} = \mu.b.fy.d^2(1 - 0{,}59\frac{\mu.fy}{f`c})$$

٢-٥-٧-٢ بفرض أن الانهيار يحصل في الخرسانة:

في حال وجود نسبة تسليح عالية فأن الفولاذ لايصل الى مرحلة الخضوع أثناء الانهيار عندها يصبح الانفعال في الخرسانة مساويا الى $\varepsilon_c = 0{,}003$ و يكون إجهاد الفولاذ الفعلي *fs* إصغر من إجهاد الخضوع *fy* حيث يمكننا الحصول على قيمة إجهاد الفولاذ الفعلي *fs* من الشكل رقم (٢-٤b) بالاعتماد على تشابه المثلثات:

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_s} = \frac{x}{d-x} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\frac{f_s}{E_s}} \Rightarrow$$

$$(9-2)\quad f_s = \frac{\varepsilon_{cu}.E_s.(d-x)}{x}$$

بمساواة العلاقة رقم (9-2) مع العلاقة رقم (3-2) نحصل على علاقة موقع المحور المحايد:

$$\frac{\alpha.f`c.b.x}{As} = \frac{\varepsilon_{cu}.E_s(d-x)}{x}$$

$$As.\varepsilon_{cu}E_s(d-x) = \alpha.f`c.b.x^2$$

$$As.\varepsilon_{cu}.Es.d - As.\varepsilon_{cu}.E_s.x = \alpha.f`c.b.x^2$$

وهي معادلة من الدرجة الثانية بالنسبة لـ x

$$(10-2)\quad \alpha.f`c.b.x^2 + As.\varepsilon_{cu}.E_s.x - As.\varepsilon_{cu}.E_s.d = 0$$

بحل هذه المعادلة نوجد قيمة x موقع المحور المحايد (بالنسبة لجائز معلوم الأبعاد والتسليح).

بعد إيجاد موقع المحور المحايد يمكننا إيجاد قيمة الإجهاد الفعلي للفولاذ fs من العلاقة رقم (٢-٣) ومن ثم يمكننا إيجاد العزم الذي يتحمله المقطع بالإعتماد على العلاقتين رقم (٢-٤) و (٢-٥) فيكون العزم الإسمي الذي يتحمله الفولاذ المشدود

$$M_{sn} = As\ .fs\ (d - \beta.x)$$

والعزم الاسمي الذي تتحمله الخرسانة المضغوطة

$$M_{cn} = \alpha\ .\ f`c\ .\ b\ .\ x\ (d - \beta.x)$$

فإذا كان الانهيار سوف يحصل في الفولاذ المشدود تكون قيمة $fs = fy$ ومنه نستنتج موقع المحور المحايد من العلاقة رقم (2-3)، أما إذا كان الانهيار سوف يحصل في الخرسانة المضغوطة فإننا نحسب موقع المحور المحايد من المعادلة رقم (2-10) ونحسب قيمة fs من العلاقة رقم (2-3) ومن ثم نحسب قيمة العزم الذي يتحمله المقطع من العلاقتين رقم (2-4) و (2-5) بمعرفة كل من x و fs يمكننا إيجاد العزم الإسمي للجائز وذلك بفرض أن الانهيار يحصل بتحطم الخرسانة من المعادلات السابقة سواء إذا وصل الفولاذ أو لم يصل الى إجهاد الخضوع أثناء الانهيار.

٢-٥-٨ نسبة التسليح التوازنية μ_b

لمعرفة حالة الفولاذ هل وصل الى مرحلة الخضوع أم لا فانه يجب علينا تحديد نسبة التسليح التوازنية μ_b (والتي تعبر عن التسليح اللازم لكي يتم الانهيار بتحطم الخرسانة ε_{cu}=0,003 مع وصول الفولاذ الى حد الخضوع بآن واحد) والتي يمكننا الحصول على هذه النسبة من حساب موقع المحور المحايد من تشابه المثلثات لمخطط الانفعالات الوارد في الشكل رقم (٢-٤b) وتعويض قيمة ε_{cu} =0,003 و $\varepsilon_s = \varepsilon_y$ كما هو مبين أدناه:

$$\left[\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_y} = \frac{x}{d-x}\right] \Rightarrow \varepsilon y.x = \varepsilon_{cu}(d-x) = \varepsilon_{cu}.d - \varepsilon_{cu}.x$$

$$\varepsilon_y\ .x + \varepsilon_{\mathrm{cu}}.x = \varepsilon_{\mathrm{cu}}.d \Longrightarrow x = \frac{\varepsilon_{\mathrm{cu}}}{\varepsilon_y + \varepsilon_{\mathrm{cu}}}d = \frac{0{,}003}{\varepsilon_y + 0{,}003}d$$

بمساواة قيمة x الواردة في العلاقة السابقة مع قيمة x الواردة في العلاقة رقم (2-5) وتعويض نسبة التسليح بنسبة التسليح التوازنية $\mu_b = \mu$ نحصل على علاقة تعطينا نسبة التسليح التوازنية:

$$\frac{\mu_b . d . fy}{\alpha . f`c} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon y + \varepsilon_{cu}} d$$

$$\mu_b = \frac{\alpha . f`c}{fy} \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon y + \varepsilon_{cu}} = \alpha . \frac{\mathrm{f`c}}{fy} \frac{0{,}003}{\frac{fy}{Es} + 0{,}003}$$

وبفرض أن قيمة $Es=2{,}1.10^5\ MPa$ وأن المقاومة المميزة للخرسانة أصغر أو تساوي 28MPa وبالتالي تكون قيمة $\alpha = 0{,}72$ نعوض هذه القيم بالعلاقة السابقة تصبح نسبة التسليح التوازنية

$$\mu_b = \frac{0{,}72.0{,}003.2{,}1.10^5}{0{,}003.2{,}1.10^5 + fy} \frac{f`c}{fy}$$

وبعد الإصلاح تصبح العلاقة

$$\mu_b = \frac{453.6}{630 + fy} \frac{f`c}{fy}$$

ويعتمد الكود السوري العلاقة الآتية

$$(11-2)\ \mu_b = \frac{455}{630 + fy} \frac{f`c}{fy}$$

٢-٥-٩ نسبة التسليح العظمى μ_{max}

لقد اعتمدت الأنظمة العالمية نسبة التسليح العظمى μ_{max} نسبة من نسبة التسليح التوازنية μ_b توخيا للحيطة والأمان لضمان حدوث الانهيار يبدأ بسيلان الفولاذ.

١. اعتمد الكود الأمريكي ACI-318 نسبة التسليح العظمى تساوي ثلاثة أرباع نسبة التسليح التوازنية

$$\mu_{max} = 0{,}75\mu_b$$

٢. أما الكود العربي السوري فقد اعتمد نسبة التسليح العظمى تساوي نصف نسبة التسليح التوازنية

$$(12-2) \qquad \mu_{max} = 0{,}5\mu_b$$

لذلك سوف نعتمد القيمة الواردة في الكود العربي السوري.

ويسمح الكود العربي السوري بأن تكون قيمة $\mu_{max} = 0{,}75\mu_b$ ضمن شروط محددة في هذا الكود.

٢-٦ تطبيقات عملية

مثال (١):

لدينا جائز ذو مقطع مستطيل أبعاده 250x650 ومسلح على الشد فقط بثلاثة قضبان قطر 25 mm (3T25) فإذا علمت أن المقاومة المميزة الاسطوانية للخرسانة $f`c$=28MPa وإجهاد الخضوع للفولاذ المستخدم fy= 420MPa وأن تغطية الفولاذ المشدود تساوي 50mm

المطلوب:

١.حساب العزم الاسمي الذي يتحمله المقطع،

٢.حساب موقع المحور المحايد.

ان مساحة قضبان التسليح 3T25=1472,62mm^2 وأن الارتفاع الفعال يساوي 600mm لذلك يمكننا حساب نسبة التسليح في المقطع الخرساني.

$$\mu = \frac{As}{b.d} = \frac{1472{,}62}{250.600} = 0{,}0098$$

نحسب نسبة التسليح التوازنية

$$\mu_b = \frac{455}{630 + 420}\ \frac{28}{420} = 0{,}0288$$

$$\mu < \mu_{max} = \frac{\mu b}{2} = 0{,}0144$$

بما أن نسبة التسليح أصغر من نسبة التسليح العظمى فإن الانهيار سوف يكون بخضوع الفولاذ وأن المقطع مسلحا على الشد فقط ويكون العزم الإسمي

$$M_n = \mu.b.d^2.fy\ (1 - 0{,}59\frac{\mu.fy}{f`c})$$

$$M_n = 0{,}0098.250.600^2.420\left(1 - 0{,}59\frac{0{,}0098.420}{28}\right) = 338{,}3\text{kN.m}$$

ويحسب موقع المحور المحايد من العلاقة

$$x = \frac{\mu . d . fy}{\alpha . f`c} = \frac{0{,}0098.600.420}{0{,}72.28} = 122{,}5mm$$

مثال (٢):

جائز من الخرسانة المسلحة مقطعه بشكل مستطيل أبعاده (450x200mm) ومسلح على الشد بـ 4T18، احسب العزم الذي يتحمله المقطع إذا علمت أن $f`c$=38MPa وإجهاد خضوع *fy*= 480MPa وأن تغطية الفولاذ المشدود تساوي 50mm

الحل: نحسب قيمة As وقيمة α،β :

$$\alpha = 0{,}72 - 0{,}06 = 0{,}66 \quad \text{و} \quad \beta = 0{,}3875 \quad \text{و} \quad As = 1017{,}876$$

ثم نحسب نسبة التسليح التوازنية ونسبة التسليح الفعلية ونقارنها مع نسبة التسليح العظمى

$$\mu = \frac{As}{b.d} = \frac{1017{,}876}{200.400} = 0{,}0127$$

$$\mu_b = \frac{455}{630 + fy} \frac{f`c}{fy} = \frac{455}{630 + 480} \frac{38}{480} = 0{,}032$$

نقارن نسبة التسليح μ مع نسبة التسليح العظمى (والتي تساوي نصف نسبة التسليح التوازنية) μb : $\mu < \mu_{max} = \frac{\mu b}{2} = 0{,}016$ لذلك يمكننا ان نقبل أن هذا المقطع مسلح على الشد فقط وبذلك نحسب موقع المحور المحايد:

$$x = \frac{\mu . d . fy}{\alpha . f`c} = \frac{As . fy}{\alpha . f`c . b} = \frac{1017{,}876.480}{0{,}66.38.\ 200} = 97{,}4mm$$

ثم العزم الذي يتحمله الفولاذ:

$M_{sn} = As\ .fs\ (d - \beta.x) = 1017{,}876\ .480(400 - 0{,}3875\ ,\ 97{,}4 \approx 177KN.m$

أو العزم الذي تتحمله الخرسانة:

$M_{cn} = a.f'c.\ b.\ x\ (d - \beta.x) = 0{,}66.38.200.97{,}4(400\text{-}0{,}3875.97{,}4) \approx 177kN.m$

الفصل الثالث

تصميم المقاطع المنعطفة

٣-١ مقدمة

تعتبر المقاطع العرضية للجوائز أو البلاطات الخرسانية التي تتعرض لتأثير إجهادات ناظمية ناتجة عن عزم الانعطاف (وخاصة حالة الانعطاف البسيط) هي العناصر الأكثر استخداما في المنشآت الهندسية التي تخص المهندس المعماري دون الغوص في المقاطع التي تتعرض لتأثير عزوم أخرى أو تتعرض لتأثير انعطاف مركب أو ماشابه ذلك، وخاصة المقاطع المستطيلة أو المقاطع ذات الأجنحة والتي سوف نستعرضها في هذا الفصل منطلقين من المبادئ التي تم استعراضها في الفصل السابق مع تبسيط لمخطط الإجهادات الناظمية الناتجة عن عزم الانعطاف.

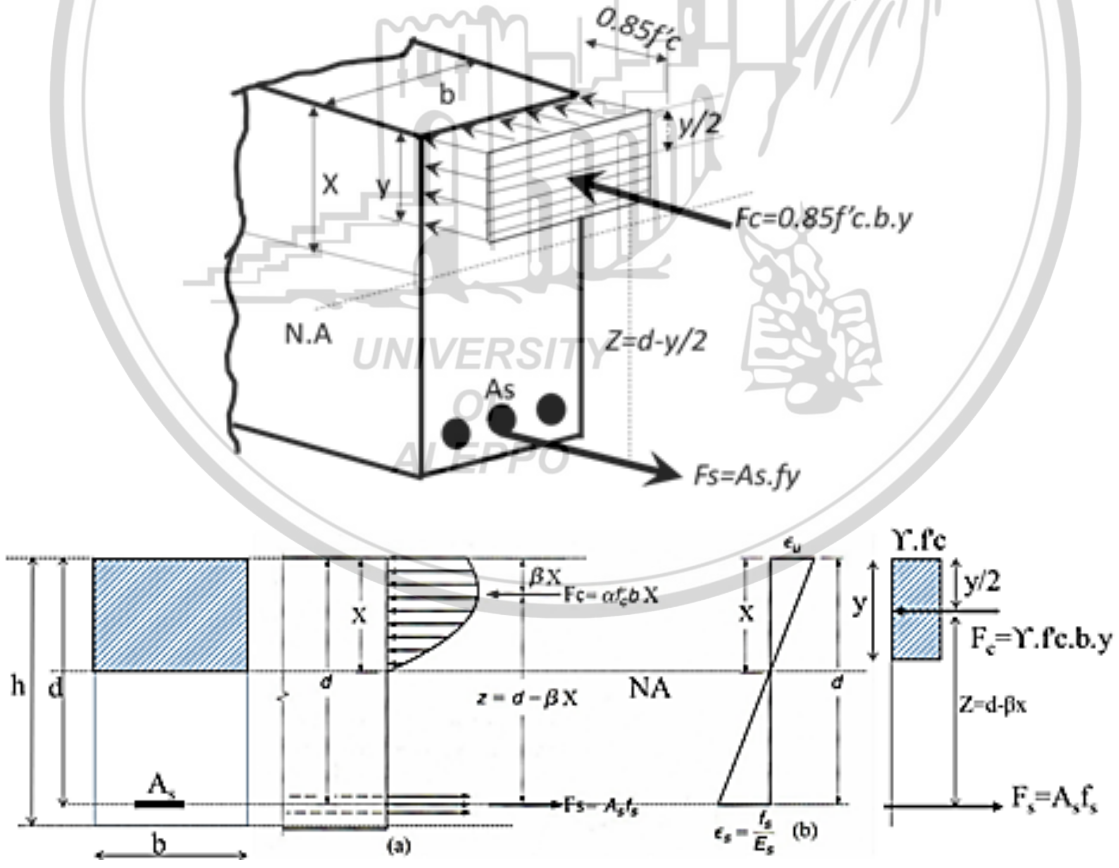
لقد تم عرض هذا الفصل في عدة فقرات أهمها هي المقاطع المستطيلة المسلحة على الشد والمقاطع المستطيلة المسلحة على الشد والضغط إضافة للمقاطع ذات الأجنحة

معتمدين على العلاقات الأساسية في التوازن واستخدام بعض الجداول الخاصة المساعدة في تصميم وتحقيق المقاطع الخرسانية.

٣-٢ المقاطع المستطيلة المسلحة على الشد

لتصميم المقاطع المستطيلة المسلحة على الشد فقط نستطيع تبسيط القوانين المذكورة في الفصل السابق بعد تبسيط مخطط الإجهادات ليصبح توزع مخطط الإجهادات بشكل مستطيل بدلا من القطع المكافئ حيث سمح الكود العربي بذلك على أن يحقق الشرطين الآتيين:

١. يجب أن تتساوى مساحة مخطط الإجهاد المستطيل المعدل مع مخطط الإجهاد الفعلي للقطع المكافئ.
٢. يجب أن يكون بعد محصلة الإجهادات عن الليف المضغوط العلوي متساويا في كلا الحالتين.



الشكل رقم (٣-١) مخطط الإجهاد المكافئ والانفعال لمقطع مستطيل مسلح على الشد فقط

لتحقيق الشرطين السابقين نكتب:

من أجل الشرط الثاني نكتب: $\beta.x = \frac{y}{2} \Rightarrow y = 2\beta x$

بفرض أن $2\beta=\beta_1$ فتصبح قيمة $y= \beta_1.x$ (1-3)

ومن أجل الشرط الأول نكتب:

$$\alpha . f`c. x. b = \gamma. f`c . y. b \Rightarrow \alpha. x = \gamma. y \Rightarrow$$

$$\gamma = \frac{\alpha. x}{y} = \frac{\alpha. x}{2\,\beta. x} = \frac{\alpha}{2\,\beta} \quad (2-3)$$

نسمي العامل γ بعامل شدة الإجهاد والذي يتعلق بالمقاومة المميزة الأسطوانية وتساوي قيمته $\gamma = \frac{0,72}{2.0,425}$=0,85 عندما تكون المقاومة الاسطوانية للبيتون أصغر أو تساوي 28MPa وبالتالي تصبح شدة محصلة القوة في المخطط المعدل تساوي: $Fc = 0,85. f`c . y.b$ وارتفاع مخطط الإجهاد $y= 0,85x$.

$$f'_c \leq 28MPa \Rightarrow \beta_1 = 0,85 \text{ ، } \gamma = 0,85 \quad (3-3)$$

٣-٢-١ تحقيق المقاطع المستطيلة المسلحة على الشد فقط (حساب كفاءة المقطع)

٣-٢-١-١تعيين موقع المحور المحايد

من مخطط الإجهادات المكافئ وبالإسقاط على المحور الأفقي نكتب:

$$As. fs = 0,85. f`c. y. b \Rightarrow y = \frac{As. fs}{0,85. f`c. b}$$

بفرض أن الانهيار يحصل عندما يصل إجهاد الفولاذ الى إجهاد الخضوع مع انهيار الخرسانة يكون:

$$y = \frac{As. fy}{0,85. f`c. b} = \frac{\mu. fy. d}{0,85. f`c} \quad (4-3)$$

٣-٢-١-٢ حساب العزم الذي يتحمله الفولاذ

$$\Sigma Mc=0 \Rightarrow Mn= As . fy . (d- y/2) \quad (5-3)$$

نعوض قيمة y (إرتفاع المنطقة المضغوطة المكافئة) بما يساويها من العلاقة رقم (4-3)

٣-٢-١-٣ حساب العزم الذي تتحمله الخرسانة

$$\Sigma Ms=0 \Rightarrow Mn=\gamma . f`c . y . b\ (d- y/2) \quad (6\text{-}3)$$

نعوض قيمة y (إرتفاع المنطقة المضغوطة المكافئة) بما يساويها من العلاقة رقم (4-3)

٣-٢-٢ تصميم المقاطع المستطيلة المسلحة على الشد فقط

لتصميم المقاطع المستطيلة المسلحة على الشد فقط نستخدم نفس العلاقات السابقة مع حساب حجم المنطقة المضغوطة بدلالة As، وكذلك نحسب العزم الذي يتحمله الفولاذ ثم نعوض قيمة y (إرتفاع المنطقة المضغوطة المكافئة) بما يساويها من العلاقة رقم (4-3) تصبح قيمة العزم الاسمي Mn تساوي

$$Mn = AS . fy . (d - \frac{y}{2}) \Rightarrow Mn = As . fy . d\,(1 - 0{,}59\frac{\mu . fy}{f`c})$$

نعوض قيمة $As = \mu . b . d$ تصبح العلاقة كما يلي:

$$M_n = \mu . fy . b . d^2(1 - 0{,}59\frac{\mu . fy}{f`c}) \quad (7-3)$$

يتم تخفيض العزم الإسمي الذي يتحمله المقطع بعامل تخفيض المقاومة Ω ويساوي الى 0,9 فتصبح العلاقة السابقة: $Mu = \Omega . \mu . fy . b . d^2(1 - 0{,}59\frac{\mu . fy}{f`c})$ ويسمى العزم الحدي

٣-٢-٣ الوسائل المساعدة في تصميم المقاطع المستطيلة المنعطفة بالطريقة الحدية:

يحتاج المهندس الإنشائي الى وسائل عملية تمكنه بسرعة وبدقة مقبولة عمليا من حساب مقاطع الخرسانة المسلحة، ومن هذه الوسائل استخدام الجداول العددية التي سوف نوضحها فيما يلي:

(٣-٢-٣-١) استخدام الجداول العددية

لنعد الى المعادلة رقم (٣-٧) ونكتبها ثانية فنجد:

$$M_n = \mu . fy . b . d^2(1 - 0{,}59\frac{fy}{f`c}\ \mu)$$

بتحويل بعض الحدود الى الجهة اليسرى وبتقسيم طرفي العلاقة على الحد $f'c$ نحصل على العلاقة الآتية:

$$\frac{M_n}{b.d^2.f'_c} = \mu.\frac{fy}{f'_c}.(1 - 0{,}59\,\frac{fy}{f'c}\mu) \qquad (8-3)$$

بفرض أن النسبة:

$$q = \mu.\frac{fy}{f'_c} \qquad (9-3)$$

تصبح العلاقة السابقة بالشكل الآتي:

$$\frac{M_n}{b.d^2.f'_c} = q(1 - 0{,}59\,q) \qquad (10-3)$$

وإذا أعطينا للنسبة q عدة قيم والموجودة في الحد الأيمن من العلاقة رقم (3-10) نحصل على قيم مقابلة للحد الأيسر $\frac{M_n}{b.d^2.f'_c}$ حيث يتم تنظيم النتائج في الجدول رقم (٣-١).

<u>لحساب التسليح نتبع الخطوات الآتية:</u>

١. نحسب النسبة $\frac{M_n}{b.d^2.f'_c}$ ولتكن مثلا 0,1465

٢. نفتش في الجدول عن القيمة 0.1465 المحسوبة حيث نستنتج قيمة q المقابلة لها وهي 0.162

٣. نعوض قيمة q في الحد $q = \mu.\frac{fy}{f'_c}$ فنستنتج نسبة التسليح μ

٤. يجب أن تكون قيمة $\mu \le \mu_{max}$

٥. إذا كانت قيمة $\mu > \mu_{max}$ يحتاج المقطع لتسليح مضغوط ومشدود أو نغير أبعاد المقطع العرضي

٦. يمكننا أيضا تحقيق المقاطع المستطيلة المسلحة على الشد فقط بالاعتماد على الجدول رقم (٣-١) أيضا وذلك باتباع الخطوات الآتية:

a. يتم حساب النسبة $q = \mu.\frac{fy}{f'_c}$

b. من الجدول رقم (٣-١) يتم إيجاد النسبة $\frac{M_n}{b.d^2.f'_c}$ المقابلة للنسبة q وبالتالي يمكننا إيجاد العزم الاسمي Mn الذي يتحمله المقطع

c. نخفض العزم الاسمي بضربه بعامل تخفيض المقاومة Ω فنحصل على العزم الحدي M_u

الجدول رقم (٣-١) تصميم المقاطع المستطيلة المسلحة على الشد فقط

q	0	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009
	$M_n/b.d^2.f'_c$									
0.000	0.0000	0.0010	0.0020	0.0030	0.0040	0.0050	0.0060	0.0070	0.0080	0.0090
0.010	0.0099	0.0109	0.0119	0.0129	0.0139	0.0149	0.0158	0.0168	0.0178	0.0188
0.020	0.0198	0.0207	0.0217	0.0227	0.0237	0.0246	0.0256	0.0266	0.0275	0.0285
0.030	0.0295	0.0304	0.0314	0.0324	0.0333	0.0343	0.0352	0.0362	0.0371	0.0381
0.040	0.0391	0.0400	0.0410	0.0419	0.0429	0.0438	0.0448	0.0457	0.0466	0.0476
0.050	0.0485	0.0495	0.0504	0.0513	0.0523	0.0532	0.0541	0.0551	0.0560	0.0569
0.060	0.0579	0.0588	0.0597	0.0607	0.0616	0.0625	0.0634	0.0644	0.0653	0.0662
0.070	0.0671	0.0680	0.0689	0.0699	0.0708	0.0717	0.0726	0.0735	0.0744	0.0753
0.080	0.0762	0.0771	0.0780	0.0789	0.0798	0.0807	0.0816	0.0825	0.0834	0.0843
0.090	0.0852	0.0861	0.0870	0.0879	0.0888	0.0897	0.0906	0.0914	0.0923	0.0932
0.100	0.0941	0.0950	0.0959	0.0967	0.0976	0.0985	0.0994	0.1002	0.1011	0.1020
0.110	0.1029	0.1037	0.1046	0.1055	0.1063	0.1072	0.1081	0.1089	0.1098	0.1106
0.120	0.1115	0.1124	0.1132	0.1141	0.1149	0.1158	0.1166	0.1175	0.1183	0.1192
0.130	0.1200	0.1209	0.1217	0.1226	0.1234	0.1242	0.1251	0.1259	0.1268	0.1276
0.140	0.1284	0.1293	0.1301	0.1309	0.1318	0.1326	0.1334	0.1343	0.1351	0.1359
0.150	0.1367	0.1375	0.1384	0.1392	0.1400	0.1408	0.1416	0.1425	0.1433	0.1441
0.160	0.1449	0.1457	0.1465	0.1473	0.1481	0.1489	0.1497	0.1505	0.1513	0.1521
0.170	0.1529	0.1537	0.1545	0.1553	0.1561	0.1569	0.1577	0.1585	0.1593	0.1601
0.180	0.1609	0.1617	0.1625	0.1632	0.1640	0.1648	0.1656	0.1664	0.1671	0.1679
0.190	0.1687	0.1695	0.1703	0.1710	0.1718	0.1726	0.1733	0.1741	0.1749	0.1756
0.200	0.1764	0.1772	0.1779	0.1787	0.1794	0.1802	0.1810	0.1817	0.1825	0.1832
0.210	0.1840	0.1847	0.1855	0.1862	0.1870	0.1877	0.1885	0.1892	0.1900	0.1907
0.220	0.1914	0.1922	0.1929	0.1937	0.1944	0.1951	0.1959	0.1966	0.1973	0.1981
0.230	0.1988	0.1995	0.2002	0.2010	0.2017	0.2024	0.2031	0.2039	0.2046	0.2053
0.240	0.2060	0.2067	0.2074	0.2082	0.2089	0.2096	0.2103	0.2110	0.2117	0.2124
0.250	0.2131	0.2138	0.2145	0.2152	0.2159	0.2166	0.2173	0.2180	0.2187	0.2194
0.260	0.2201	0.2208	0.2215	0.2222	0.2229	0.2236	0.2243	0.2249	0.2256	0.2263
0.270	0.2270	0.2277	0.2283	0.2290	0.2297	0.2304	0.2311	0.2317	0.2324	0.2331
0.280	0.2337	0.2344	0.2351	0.2357	0.2364	0.2371	0.2377	0.2384	0.2391	0.2397
0.290	0.2404	0.2410	0.2417	0.2423	0.2430	0.2437	0.2443	0.2450	0.2456	0.2463
0.300	0.2469	0.2475	0.2482	0.2488	0.2495	0.2501	0.2508	0.2514	0.2520	0.2527
0.310	0.2533	0.2539	0.2546	0.2552	0.2558	0.2565	0.2571	0.2577	0.2583	0.2590

0.320	0.2596	0.2602	0.2608	0.2614	0.2621	0.2627	0.2633	0.2639	0.2645	0.2651
0.330	0.2657	0.2664	0.2670	0.2676	0.2682	0.2688	0.2694	0.2700	0.2706	0.2712
0.340	0.2718	0.2724	0.2730	0.2736	0.2742	0.2748	0.2754	0.2760	0.2765	0.2771
0.350	0.2777	0.2783	0.2789	0.2795	0.2801	0.2806	0.2812	0.2818	0.2824	0.2830
0.360	0.2835	0.2841	0.2847	0.2853	0.2858	0.2864	0.2870	0.2875	0.2881	0.2887
0.370	0.2892	0.2898	0.2904	0.2909	0.2915	0.2920	0.2926	0.2931	0.2937	0.2943
0.380	0.2948	0.2954	0.2959	0.2965	0.2970	0.2975	0.2981	0.2986	0.2992	0.2997
0.390	0.3003	0.3008	0.3013	0.3019	0.3024	0.3029	0.3035	0.3040	0.3045	0.3051
0.400	0.3056	0.3061	0.3067	0.3072	0.3077	0.3082	0.3087	0.3093	0.3098	0.3103
0.410	0.3108	0.3113	0.3119	0.3124	0.3129	0.3134	0.3139	0.3144	0.3149	0.3154
0.420	0.3159	0.3164	0.3169	0.3174	0.3179	0.3184	0.3189	0.3194	0.3199	0.3204
0.430	0.3209	0.3214	0.3219	0.3224	0.3229	0.3234	0.3238	0.3243	0.3248	0.3253
0.440	0.3258	0.3263	0.3267	0.3272	0.3277	0.3282	0.3286	0.3291	0.3296	0.3301
0.450	0.3305	0.3310	0.3315	0.3319	0.3324	0.3329	0.3333	0.3338	0.3342	0.3347

(٣-٢-٣-٢) الطريقة الواردة في الكود العربي السوري

لنعد الى المعادلة رقم (٣-٤) الناتجة عن علاقة إسقاط القوى المحورية ونكتبها ثانية:

$$y = \frac{As.fs}{0{,}85.f'c.b} = \frac{As.fy}{0{,}85.f'c.b}$$

بتقسيم طرفي العلاقة على d نجد:

$$\frac{y}{d} = \frac{As.fy}{0{,}85.f'c.b.d}$$

وكذلك الحال بالنسبة للعلاقة رقم (٣-٥) والناتجة من علاقة التوازن الخاصة بالعزوم

$$Mn = AS.fy.\left(d - \frac{y}{2}\right) = AS.fy.\mathrm{d}\,(1 - 0{,}5\frac{y}{\mathrm{d}})$$

من علاقة الإسقاط (٣-٤) نوجد قيمة As والتي تساوي:

$$(I) \qquad As = \frac{y}{d}.\frac{0{,}85.f'c}{fy}\,b.d$$

ونعوضها في العلاقة (٣-٥)

$$(II) \qquad Mn = \frac{y}{d}\,(1 - 0{,}5\frac{y}{d})\,0{,}85.f'c.b.d^2$$

$$\frac{Mn}{0{,}85.f'c.b.d^2} = \frac{y}{d}\,(1 - 0{,}5\frac{y}{d})$$

بفرض:

$$(III) \qquad A_0 = \frac{Mn}{0{,}85.f'c.b.d^2} \qquad \text{و} \quad \alpha = \frac{y}{d}$$

فتصبح العلاقة السابقة على النحو الآتي:

$$\alpha^2\text{-}2\alpha+2A_0=0 \qquad A_0=\alpha(1\text{-}0{,}5\alpha)$$

وهي معادلة من الدرجة الثانية، بحل هذه المعادلة نحصل على قيمة α والتي تساوي قيمتها الى:

$$(IV) \qquad \alpha = 1 - \sqrt{1 - 2A_0}$$

نعوض قيمة α في العلاقة (I) فنحصل على قيمة التسليح المطلوب:

$$As = \alpha \,.\frac{0{,}85.f'c}{fy}\, b.d$$

من المعادلة (III) يمكننا إيجاد قيم الارتفاع الفعال d بالعلاقة الآتية:

$$d = \sqrt{\frac{M_n}{0{,}85.f'_c.b.A_0}}$$

$$(V) \qquad r = \frac{1}{\sqrt{A_0}} \qquad \text{بفرض}$$

$$(VI) \qquad d = r\sqrt{\frac{M_n}{0{,}85.f'_c.b.}}$$

$$(VII) \qquad \gamma = 1 - \frac{\alpha}{2} \quad \text{بفرض أن}$$

من المعادلة (٣-٥) نستطيع إيجاد التسليح بالعلاقة الآتية:

$$(VIII) \qquad A_s = \frac{M_n}{f_y.d.\gamma}$$

ولكي نقوم بانجاز الحل بسرعة مقبولة فإنه سوف يتم تنظيم الجدول رقم (٣-٢) الآتي:

الجدول رقم (٣-٢) تصميم المقاطع المستطيلة المسلحة على الشد فقط وفق الطريقة الواردة في الكود العربي السوري

γ	r	A_0	α	γ	r	A_0	α
0.860	2.04	0.241	0.28	0.995	10.03	0.010	0.01
0.855	2.01	0.248	0.29	0.990	7.11	0.020	0.02
0.850	1.98	0.255	0.3	0.985	5.82	0.030	0.03
0.845	1.95	0.262	0.31	0.980	5.05	0.039	0.04
0.840	1.93	0.269	0.32	0.975	4.53	0.049	0.05
0.835	1.91	0.276	0.33	0.970	4.15	0.058	0.06
0.830	1.88	0.282	0.34	0.965	3.85	0.068	0.07
0.825	1.86	0.289	0.35	0.960	3.61	0.077	0.08
0.820	1.84	0.295	0.36	0.955	3.41	0.086	0.09
0.815	1.82	0.302	0.37	0.950	3.24	0.095	0.1
0.810	1.80	0.308	0.38	0.945	3.10	0.104	0.11
0.805	1.78	0.314	0.39	0.940	2.98	0.113	0.12
0.800	1.77	0.320	0.4	0.935	2.87	0.122	0.13
0.795	1.75	0.326	0.41	0.930	2.77	0.130	0.14
0.790	1.74	0.332	0.42	0.925	2.68	0.139	0.15
0.785	1.72	0.338	0.43	0.920	2.61	0.147	0.16
0.780	1.71	0.343	0.44	0.915	2.54	0.156	0.17
0.775	1.69	0.349	0.45	0.910	2.47	0.164	0.18
0.770	1.68	0.354	0.46	0.905	2.41	0.172	0.19
0.765	1.67	0.360	0.47	0.900	2.36	0.180	0.2
0.760	1.66	0.365	0.48	0.895	2.31	0.188	0.21
0.755	1.64	0.370	0.49	0.890	2.26	0.196	0.22
0.750	1.63	0.375	0.5	0.885	2.22	0.204	0.23
0.745	1.62	0.380	0.51	0.880	2.18	0.211	0.24
0.740	1.61	0.385	0.52	0.875	2.14	0.219	0.25
0.735	1.60	0.390	0.53	0.870	2.10	0.226	0.26
0.730	1.59	0.394	0.54	0.865	2.07	0.234	0.27
0.725	1.58	0.399	0.55				

لحساب التسليح نتبع الخطوات الآتية:

نحسب النسبة $A_0 = \frac{M_n}{b.d^2.0{,}85.f'_c}$ ولتكن $0{,}147$

١. نفتش في الجدول عن القيمة $0{,}147$ المحسوبة حيث نستنتج قيمة α المقابلة لها وهي $0{,}16$ و قيمة r المقابلة لها وهي $2{,}61$ و قيمة γ المقابلة لها وهي $0{,}920$

٢. نعوض قيمة r في العلاقة $d = r\sqrt{\frac{M_n}{0{,}85.f'_c.b.}}$ فنستنتج قيمة الارتفاع الفعال d اللازم، يجب أن تكون قيمة الارتفاع الفعال d أكبر من القيمة المفروضة وإلا وجب علينا زيادة الارتفاع المفروض أو التسليح بقضبان مضغوطة اضافة للقضبان المشدودة.

٣. نعوض قيمة γ في العلاقة $A_S = \frac{M_n}{f_y.d.\gamma}$ فنستنتج قيمة التسليح اللازم، يجب أن تكون قيمة التسليح أصغر من $\frac{1}{2}A_{sb}$ وإلا وجب علينا زيادة الارتفاع المفروض أو التسليح بقضبان مضغوطة اضافة للقضبان المشدودة.

ملاحظة:

١. *عندما تزيد المقاومة الاسطوانية المميزة $f'c$ عن $28\ MPa$ فيلزم أخذ قيمة ارتفاع وشدة منطقة الضغط متناسبا مع المقاومة الاسطوانية المميزة $f'c$ والموضحة في الجدول رقم (٢-١)، وفي هذه الحالة ستتغير جميع العلاقات المتعلقة بـ y نتيجة تغير قيم α و β الموضحة في الشكل رقم (٢-٥).

٢. ويمكن للتبسيط استعمال العلاقات السابقة ذاتها مع اخذ مقاومة مميزة مكافئة تساوي 0,93 من المقاومة المميزة المعتمدة في التصميم كما هو وارد في الكود العربي السوري.

٣-٢-٤ نسبة التسليح العظمى والصغرى للجوائز ذات المقاطع المستطيلة المسلحة على الشد فقط

- لا تقل مساحة تسليح الشد الرئيسي في كل مقطع عن $\frac{0{,}9}{fy}$ من مساحة القطاع الفعال

$$As_{\min} = \frac{0{,}9}{fy}.b.d \quad (11\text{-}3)$$

- يمكن تخفيض المساحة الدنيا في الجوائز إذا كانت مساحة التسليح الفعلية تزيد بمقدار 1,33 عن مساحة التسليح المطلوبة بحيث تصبح مساحة التسليح الدنيا:

$$As_{\min} = \frac{0,6}{fy}.b.d \geq 1,33.A_s \quad (12\text{-}3)$$

لا تزيد مساحة تسليح الشد الرئيسي في المقاطع أحادية التسليح على 50% من المساحة التوازنية حيث:($As_{max}=0,50\ A_{sb}$)

٣-٢-٥ تطبيقات عملية:

مثال رقم (١):

لدينا جائز من الخرسانة المسلحة مقطعه بشكل مستطيل أبعاده 300*650mm يتعرض لتأثير عزم انعطاف حدي مقداره Mu=220KN.m والمطلوب حساب التسليح اللازم إذا علمت أن قيمة:

$f`c = 22MPa$ وأن fy= 360MPa وأن تغطية الفولاذ المشدود d'=50mm

وبالتالي تكون قيمة d=650-50=600mm

يمكننا حساب العزم الاسمي Mn

$$M_n = \frac{M_u}{\Omega} = \frac{220}{0,9} = 244,44kN.m$$

أولا ـ نحسب المقدار

$$\frac{Mu}{0,9.b.d^2.f`c} = \frac{220.10^6}{0,9.22.300.600^2} = 0,1029$$

من الجداول نجد قيمة $q = 0,110$ نعوض في العلاقة لنحسب قيمة μ :

$$\mu = \frac{q.f`c}{fy} = \frac{0,11.22}{360} = 0,00672$$

نضرب قيمة μ بمساحة المقطع نحصل على مساحة التسليح:

$As = 0,00672 . 300.600 = 1210\ mm^2$

نحسب نسبة التسليح التوازنية:

$$\mu b = \frac{455}{630 + fy}\ \frac{f`c}{fy} = \frac{455}{630 + fy}\ \frac{22}{360} = 0,028$$

ومنه نحسب قيمة التسليح العظمى :

$$\mu_{max} = 0{,}50\mu b = 0{,}014$$

نسبة التسليح الصغرى : $\mu_{min} = \frac{0{,}9}{fy} \Leftarrow \mu_{min} = 0{,}0025$

وبالتالي تكون نسبة التسليح اللازمة $\mu_{max} > \mu > \mu_{min}$ وهي محققة وبذلك نحسب مساحة التسليح $As=\mu.b.d$. اللازمة $As=0{,}00672*300*600=1209{,}6mm^2$

من جدول التسليح يمكننا اختيار عدد وقطر قضبان التسليح اللازمة As=8T14 As الفعلية $=1231{,}5mm^2$

<u>مثال رقم (٢):</u>

<u>المطلوب حل المثال السابق باستخدام الطريقة الواردة في الكود العربي السوري</u>

<u>أولا ـ نحسب المقدار A0</u>

$$A_0 = \frac{Mn}{0{,}85.f'c.b.d^2} = \frac{244{,}44.10^6}{0{,}85.22.300.600^2} = 0{,}121$$

من الجدول رقم (٣−٢) يمكننا إيجاد الثوابت الآتية:

$\boldsymbol{\alpha}$=0,13 . A_0=0,122 . r=2,87 . γ=0,935

نحسب الارتفاع الفعال لنتأكد أن المقطع لايحتاج الى تسليح مضغوط من العلاقة:

$$d = r\sqrt{\frac{M_n}{0{,}85.f'_c.b.}} = 2.87\sqrt{\frac{244{,}44.10^6}{0{,}85*22*300}} = 208{,}74 < 600$$

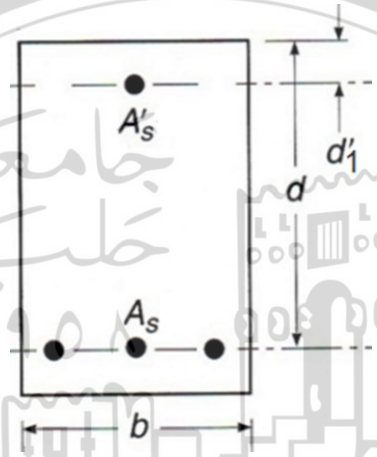
فالمقطع لايحتاج لتسليح مضغوط لذلك نحسب التسليح المشدود من العلاقة:

$$A_s = \frac{M_n}{f_y.d.\gamma} = \frac{244{,}44.10^6}{360*600*0{,}935} = 1210{,}36mm^2$$

وهي نفس القيمة التي حصلنا عليها من المثال السابق

٣-٣ المقاطع المستطيلة ثنائية التسليح (المسلحة على الشد والضغط)

إذا كان المقطع العرضي محدودا لأسباب معمارية أو أسباب أخرى، وتكون القوة الضاغطة الناتجة عن الخرسانة المضغوطة غير كافية لمقاومة عزم الانعطاف المؤثر، فإننا نضطر الى وضع فولاذ التسليح في المنطقة المضغوطة من الخرسانة اضافة الى الفولاذ المشدود في المنطقة المشدودة، فيصبح المقطع مسلحا على الشد والضغط معا أو مايسمى بالمقطع ذو التسليح الثنائي.



الشكل رقم (٣-٢) مقطع مستطيل ثنائي التسليح (مسلح على الشد والضغط)

إذا كانت نسبة التسليح المشدود أقل من μ_{max} يكون المقطع مسلحا على الشد فقط نظرا لأن الانهيار سيبدأ بسيلان الفولاذ المشدود أما إذا كانت نسبة الفولاذ المشدود أكبر من μ_{max} فإن دراسة المقطع تتطلب حلا أطول من الحل الخاص بالمقاطع المستطيلة المسلحة على الشد فقط.

ليكن المقطع المستطيل المبين في الشكل رقم (٣-٢) عرضه b وارتفاعه الفعال d مسلحا على الشد بـ As وعلى الضغط بـ As، مركزا على ارتفاع d'1 من الوجه المضغوط حيث تم فرض أن كلا من الفولاذ المضغوط والفولاذ المشدود يخضعان لإجهاد الخضوع fy عند الانهيار. يخضع هذا المقطع لتأثير عزم انعطاف إسمي مقداره Mn. لذلك سوف نقوم بدراسة هذا المقطع وفق الحالتين الآتيتين:

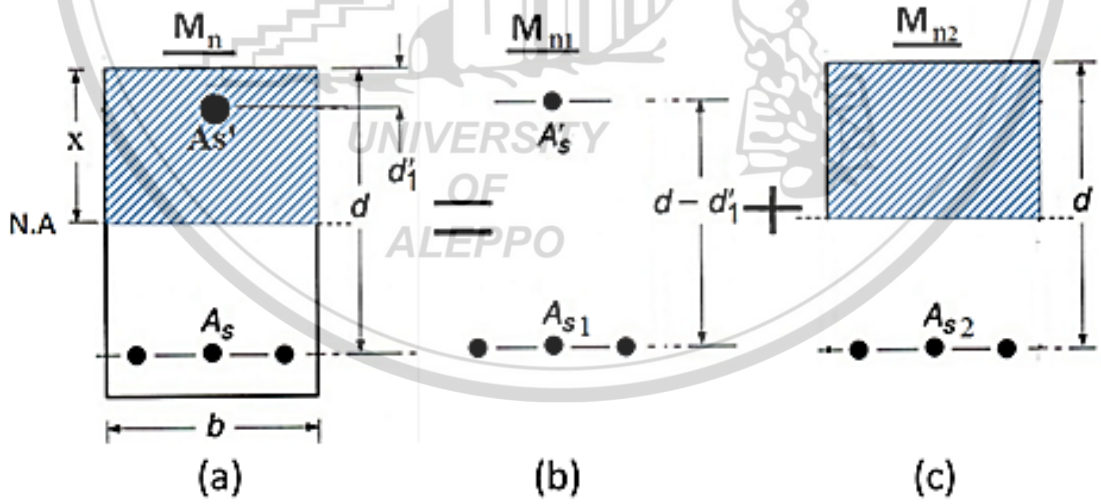
الحالة الأولى: دراسات التحقيق أو التأكد من صلاحية المقطع لمقاومة الحمولات الخارجية.

في هذه الدراسة تكون قيم أبعاد المقطع العرضي معلومة وكذلك الحال بالنسبة لفولاذ التسليح الطولي إضافة للحمولات الخارجية وقيم عزوم الانعطاف السالبة والموجبة، نقوم في هذه الحالة بحساب العزم الذي يقاومه المقطع M_n ونقارنه مع العزم الخارجي M_u/Ω

الحالة الثانية: دراسات التصميم وفيه يتم تقدير أبعاد المقطع العرضي وحساب التسليح الطولي اللازم لمقاومة عزوم الانعطاف الموجبة والسالبة

٣-٣-١: حساب العزم الذي يتحمله المقطع الخرساني المسلح

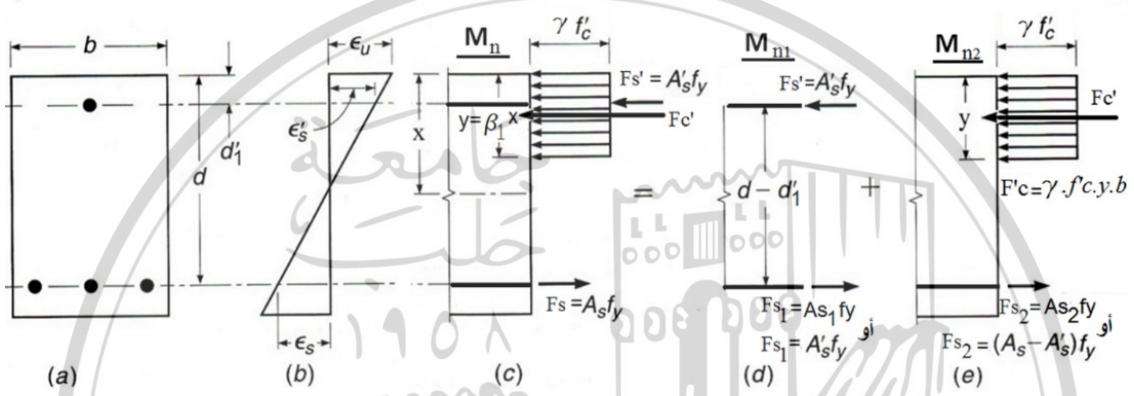
لاشتقاق العلاقات اللازمة لتحقيق المقطع الخرساني الموضح في الشكل رقم (3-3) المسلح على الشد As وعلى الضغط 'As، ويتعرض لتأثير عزم انعطاف إسمي M_n كما هو مبين في الشكل رقم (3-3a)، نفترض أن المقطع مكون من مجموع مقطعين وهميين مكافئين للمقطع الأصلي، يتألف المقطع الوهمي الأول من فولاذ شد A_{s1} وحديد ضغط 'As، ويتعرض لتأثير عزم انعطاف إسمي M_{n1} كما هو مبين في الشكل رقم (3-3b) ومقطع وهمي ثاني الذي يتألف من فولاذ شد A_{s2} وخرسانة مضغوطة ويتعرض لتأثير عزم انعطاف إسمي M_{n2} كما هو مبين في الشكل رقم (3-3c)



الشكل رقم (3-3) مقطع مستطيل ثنائي التسليح (مسلح على الشد والضغط)

يعبر الشكل رقم (3-4b) عن مخطط الانفعالات للمقطع المستطيل المسلح على الشد والضغط، ويعبر الشكل رقم (3-4c) عن مخطط الإجهادات للمقطع المستطيل المسلح

على الشد والضغط، يمكننا تجزئة مخطط الإجهادات الى جزأين وهميين (الذي ناقشناه في هذه الفقرة) يخضع الجزء الوهمي الأول لتأثير عزم انعطاف إسمي مقداره M_{n1} الذي يتم مقاومته بالفولاذ المضغوط As' الذي يتعرض لتأثير قوة ضاغطة مقدارها $F'_s = A'_s . f_y$ و قسم من الفولاذ المشدود A_{s1} الذي يتعرض لتأثير قوة شادة مقدارها $F_{s1} = A_{s1} . f_y$ كما هو مبين في الشكل رقم (3-4d) ، باستخدام معادلة توازن القوى الأفقية في هذا الجزء نلاحظ أن $A'_s = A_{s1}$ وبالتالي تصبح القوة المتولدة في الفولاذ المشدود $F_{s1} = A'_s . f_y$



الشكل رقم (٣-٤) الإجهادات والانفعالات في مقطع مستطيل مسلح على الشد والضغط

أما الجزء الوهمي الثاني المبين في الشكل رقم (3-4e) يتعرض لتأثير عزم انعطاف إسمي مقداره $M_{n2}=M_n-M_{n1}$ تتم مقاومته بالخرسانة المضغوطة والفولاذ المشدود $As_2=As-As'$ وتتولد في الخرسانة المضغوطة قوة ضاغطة مقدارها $F'_C = \gamma . f'_c . y . b$ وكذلك تتولد في الفولاذ المشدود قوة شادة مقدارها $F_{S2} = A_{s2} . f_y = (A_s - A'_s) . f_y$ كما هو مبين في الشكل رقم (3-4e)

لذلك يتوجب علينا تحديد موقع المحور المحايد وحساب العزم الذي يتحمله المقطع والذي سوف نناقشه في الفقرة الآتية:

٣-٣-١-١تحديد موقع المحور المحايد:

لإيجاد موقع المحور المحايد نطبق معادلة التوازن الأولى على المقطع الوهمي الثاني الموضح في الشكل رقم (٣-٤e):

$$\Sigma Fx = 0 \Rightarrow \gamma . f`_c . y . b = (As - As`) fy \Rightarrow \quad (13-3)$$

$$y = \frac{(As - As`) fy}{\gamma . f`c . b} ، \quad x = \frac{y}{\beta_1}$$

٣-٣-١-٢حساب العزم الذي يتحمله المقطع

نحسب قيمة العزم الاسمي الذي يتحمله المقطع الأول بتطبيق معادلة توازن العزم حول مركز ثقل الفولاذ المشدود أو المضغوط حيث يمكننا كتابة العلاقة الآتية بالاعتماد على الشكل رقم (3-4d):

$$M_{n1}= As`.f`y.(d- d`_1)$$

ونحسب قيمة العزم الاسمي الذي يتحمله المقطع الثاني بتطبيق معادلة توازن العزم حول مركز ثقل الخرسانة المضغوط حيث يمكننا كتابة العلاقة الآتية من الشكل رقم (3-4e):

$$M_{n2} = (As- As`). fy .(d-\frac{y}{2})$$

ثم نحسب العزم الاسمي الذي يتحمله المقطع وذلك بجمع العلاقتين السابقتين فنحصل على قيمة العزم الاسمي [M_n]

$$[M_n]= M_{n1}+ M_{n2}= [A_s`.fy.(d- d`_1) + (As- As`) f_y (d-\frac{y}{2})] \quad (14\text{-}3)$$

بادخال عامل التخفيض Ω الذي ينص عليه الكود العربي السوري والذي تساوي قيمته 0.9 نحصل على العزم الحدي الذي يتحمله المقطع وتصبح العلاقات السابقة على النحو الآتي:

$$M_{u1}=\Omega\ As`.f`_y.(d- d`_1)$$

$$M_{u2} =\Omega\ (As- As`) f_y (d-\frac{y}{2})$$

$$[M_u]= M_{u1}+ M_{u2}=\Omega\ [As`.f_y.(d- d`_1) + (As- As`) f_y (d-\frac{y}{2})] \quad (15\text{-}3)$$

نقارن العزم الذي يتحمله المقطع [M_u] مع العزم الحدي الناتج عن الحمولات الخارجية M_u فإذا كانت قيمة [M_u]<M_u فان المقطع مرفوض ولا يحقق الغاية التي وجد من أجلها، أما إذا كانت قيمة [M_u]>M_u يكون المقطع محقق للغاية التي وجد من أجلها والمقطع سليم، لذلك يتوجب علينا تحقيق الإجهاد في الفولاذ المضغوط من أجل التأكد من قيمة الإجهاد والذي يكون أقل من إجهاد الخضوع في حالات عديدة او التحقق من نسبة التسليح التوازنية.

٣-٣-١-٣تحقيق الإجهاد في الفولاذ المضغوط

يكون إجهاد الفولاذ المضغوط أقل من إجهاد الخضوع في حالات عديدة في كل من الجوائز العريضة ذات الارتفاع القليل والجوائز ذات التغطية الكبيرة لفولاذ الضغط والجوائز ذات تسليح الشد القليل، حيث يكون إجهاد ضغط الفعلي في الفولاذ أخفض من إجهاد الخضوع لذلك يلزمنا علاقات إضافية لمعرفة قيمة إجهاد الضغط الفعلي في الفولاذ عند وصول المقطع للإنهيار بالإنعطاف.

إن وصول الفولاذ المضغوط الى مرحلة الخضوع عند الانهيار سوف يتم تحديده من تشابه مثلث الانفعالات المبين في الشكل رقم ((3-4b)):

$$\frac{\varepsilon_u}{x} = \frac{\varepsilon`_s}{x - d`_1} \Rightarrow \varepsilon`_s . x = \varepsilon_u . x - \varepsilon_u . d`_1$$

$$\varepsilon_u . x - \varepsilon`_s . x = \varepsilon_u . d`_1 \Rightarrow x = \frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_u - \varepsilon_s`} d`_1$$

$$x = \frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_u - \varepsilon'_s} d`_1 \quad ، \varepsilon'_s = \frac{f'_s}{E_S} \qquad (16-3)$$

بفرض قيمة انفعال الخرسانة عند الانهيار ε_u=0,003 وقيمة عامل المرونة الطولاني للفولاذ Es=2,1.10^{5}MPa نلاحظ ان هذه العلاقة تحتوي على مجهول وحيد وهو ε'_s وذلك بعد تعويض قيمة x من العلاقة رقم (3-13) ومنه يمكننا إيجاد إجهاد ضغط الفولاذ من العلاقة (16-3)

٣-٣-١-٤إيجاد نسبة التسليح التوازنية في المقاطع المستطيلة ثنائية التسليح

لكي يحصل وصول الفولاذ المضغوط الى الخضوع مع انهيار الخرسانة بآن واحد نعوض ε_u =0,003 و $f'_s = f_y$ و Es=2,1.10^{5}MPa وبذلك نحصل على موقع المحور المحايد بالاعتماد على العلاقة رقم (٣-١٦) وذلك بحساب موقع المحور المحايد باعتبار أن $\varepsilon`_s = \varepsilon_y$ ⇦ نعوض قيمة $x = \frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_u - \varepsilon_y} d`_1$ في العلاقة السابقة $\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_S}$ فنحصل على موقع المحور المحايد من العلاقة الآتية $x = \frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_u - \frac{f_y}{E_S}} d`_1$

$$x = \frac{0,003}{0,003 - \frac{fy}{2,1.10^5}} d`_1$$

لنكتب محصلة القوى بالخرسانة المضغوطة على النحو $\Upsilon.f`c\ .\beta_1.x.b$ ومن كامل المقطع العرضي الذي يتعرض لتأثير العزم الاسمي Mn يمكننا كتابة معادلة التوازن الأولى كما هو مبين في الشكل رقم (3-4c):

$$\Sigma Fx = 0 \Rightarrow As.fy = As`.fy + \Upsilon.\beta_1.f`c\ .\ x.\ b$$
$$\mu.\ fy.b.d = \mu`\ .\ fy\ .b.d + \Upsilon.\beta_1.f`c\ .\ x.\ b$$

نقسم طرفي العلاقة على fy .b.d

$$\mu = \mu` + \Upsilon.\beta_1.\frac{f`c}{fy}\ \frac{x}{d}$$
$$\mu - \mu` = \Upsilon.\beta_1.\frac{f`c}{fy}\ \frac{x}{d}$$

نعوض x بما يساويها فتصبح العلاقة السابقة على الشكل:

$$\mu - \mu` = \Upsilon.\beta_1\ \frac{\mathrm{f`c}}{\mathrm{fy}}.\frac{d_1`}{d}.\frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_u - \varepsilon_y}$$

لكي يصل الانهيار بوصول الفولاذ الى إجهاد الخضوع $\boldsymbol{\varepsilon_y = \frac{fy}{2{,}1.10^5}}$ ووصول الخرسانة الى انفعال حدي مقداره $\varepsilon_u = 0.003$ نعوض هذه القيم في العلاقة السابقة فنحصل على نسبة التسليح الآتية:

$$\mu - \mu` = \Upsilon.\beta_1.\frac{f`c}{fy}.\frac{d_1`}{d}.\frac{0{,}003}{0{,}003 - \frac{fy}{2{,}1.10^5}}$$

$$\mu - \mu` = \Upsilon.\beta_1\frac{f`c}{fy}.\frac{d_1`}{d}.\frac{630}{630 - fy} \qquad (17-3)$$

وقدتم اشتقاق هذه المعادلة على اساس أن فولاذ الشد والضغط يبدآن بالسيلان معا قبل حدوث الإنكسار في الخرسانة المضغوط فإذا كانت قيمة $\left(\boldsymbol{\mu - \mu` \geq \Upsilon.\beta_1\ \frac{\mathrm{f`c}}{\mathrm{fy}}.\frac{d_1`}{d}.\frac{630}{630-\mathrm{fy}}}\right)$ فان السيلان في الفولاذ المضغوط يحصل قبل انهيار الخرسانة، أما إذا كانت قيمة $\left(\boldsymbol{\mu - \mu` < \Upsilon.\beta_1\ \frac{\mathrm{f`c}}{\mathrm{fy}}.\frac{d_1`}{d}.\frac{630}{630-\mathrm{fy}}}\right)$ فإن فولاذ الضغط يكون إجهاده أقل من حد السيلان في هذه الحالة أما أن نهمل فولاذ الضغط أو أن نجري الحسابات بشكل دقيق موافق للإنفعال الحقيقي للفولاذ المضغوط $\boldsymbol{(\varepsilon`_s)}$ وليس $\boldsymbol{(\varepsilon_y)}$

ويعطي الكود العربي السوري العلاقة الآتية لحساب نسبة التسليح التوازنية في حال المقطع المسلح على الشد والضغط لحدوث السيلان في الفولاذ المضغوط أولا بتحقيق نسبة التسليح الأعظمية في المقطع من العلاقة الآتية:

$$\mu - \mu` \frac{f_s'}{f_y} \leq \frac{1}{2}\overline{\mu_b} \qquad (18-3)$$

حيث $\boldsymbol{\mu}$ هي نسبة التسليح المشدود و $\boldsymbol{\mu`}$ هي نسبة التسليح المضغوط و $\boldsymbol{\overline{\mu_b}}$ هي النسبة التوازنية لمقطع مسلح على الشد والضغط والمعطاة بالعلاقة الآتية:

$$\overline{\mu_b} = \frac{455}{630 + f_y} \frac{f'_c}{f_y} + \mu` \frac{f`_s}{f_y} \qquad (19-3)$$

أما إجهاد الفولاذ المضغوط فيعطى بالعلاقة الآتية:

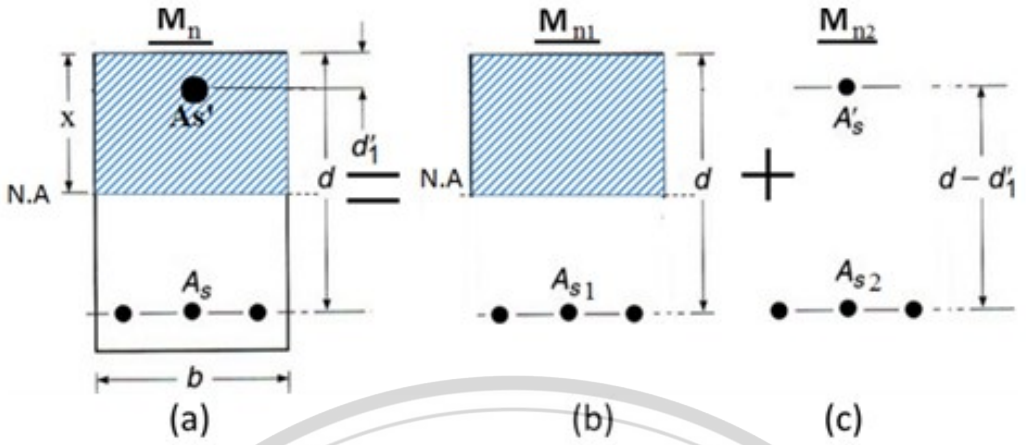
$$f`s = 630\left[1 - \frac{d`_1}{d}.\frac{630 + fy}{630}\right] \leq fy \qquad (20-3)$$

<u>٣-٣-٢ حساب التسليح في المقاطع المستطيلة المسلحة على الشد والضغط</u>

لاشتقاق العلاقات اللازمة لتصميم المقاطع الخرسانية المستطيلة المسلحة على الشد والضغط (حساب التسليح) نفترض أن المقطع مكون من مجموع مقطعين وهميين مكافئين للمقطع الأصلي هو موضح في الشكل رقم (3-5) ، يتألف المقطع الأول من فولاذ شد مقداره As_1 وبيتون مضغوط ويتحمل عزما اسميا مقداره M_{n1} كما هو مبين في الشكل رقم (3-5b)،ويتكون المقطع الوهمي الثاني من فولاذ شد مقداره $As_2 = (As - As_1)$ وفولاذ ضغط مقداره As' كما هو موضح في الشكل رقم (3-5c) ويتعرض لعزم إسمي مقداره M_{n2} ، نفرض ان المقطع الأول مسلحا على الشد فقط بنسبة تسليح عظمى حيث نفرض قيمة $As_1 = As_{max}$ وتكون قيمة التسليح العظمى معطاة بالعلاقة:

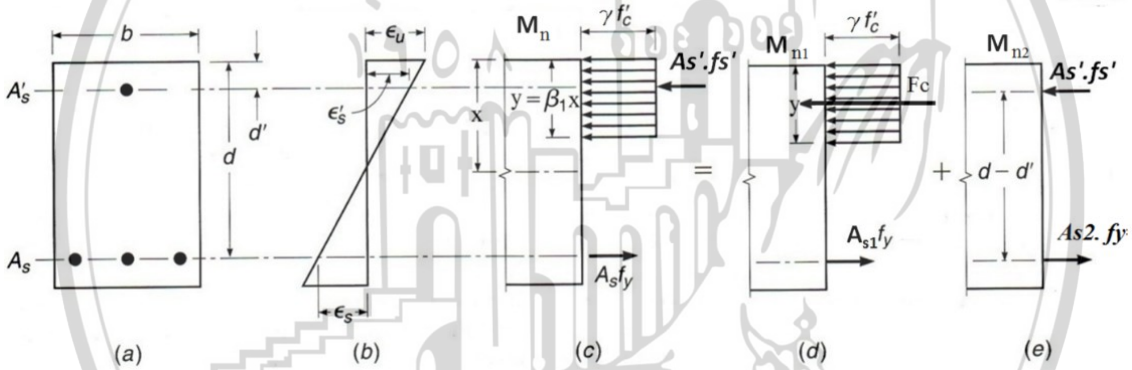
$$A_{smax} = \frac{1}{2}\left(\frac{455}{630 + f_y} \frac{f'_c}{f_y}\right) bd$$

ونحسب العزم الاسمي M_{n1} الذي يتحمله المقطع المسلح بنسبة التسليح العظمى.



الشكل رقم (3-5) تصميم المقاطع المستطيلة المسلح على الشد والضغط

لحساب العزم الاسمي M_{n1} الذي يتحمله المقطع نستخدم معادلة العزوم حول محور الفولاذ المشدود أو الخرسانة المضغوطة الموضحة في الشكل رقم (3-6d)



الشكل رقم (3-6) الإجهادات في مقطع مستطيل مسلح على الشد والضغط

$$M_{n1} = \gamma . f_c' . y . b . \left(d - \frac{y}{2}\right) = A_{s1} . f_y . \left(d - \frac{y}{2}\right) \qquad (21-3)$$

لذلك لابد من إيجاد موقع المحور المحايد حيث نستخدم معادلة الإسقاط على المحور الأفقي للقوى الواردة في الشكل رقم (٣-d٦):

$$\gamma . f_c' . \beta_1 . x . b = A_{s1} . f_y$$

$$x = \frac{A_{s1} . f_y}{\gamma . f_c' . \beta_1 . b} \Rightarrow y = \frac{A_{s1} . f_y}{\gamma . f_c' . b} \qquad (22-3)$$

ثم نستنتج قيمة العزم M_{n2} من العلاقة الآتية: $M_{n2}=M_n-M_{n1}$ وبتطبيق معادلة توازن العزوم حول محور الفولاذ المضغوط الوارد في الشكل رقم (3-6e) نستنتج مساحة التسليح A_{s2} اللازمة للمقطع الوهمي الثاني

$$(23-3) \qquad M_{n2} = A_{s2}.f_y\left(d-d_1^{`}\right) \Longrightarrow A_{s2} = \frac{\mathrm{M}_{n2}}{f_y.\left(d-d_1^{`}\right)}$$

وتساوي مساحة تسليح الشد الاجمالية $As=As_1+As_2$

أما مساحة التسليح المضغوط فتحسب من معادلة توازن العزوم حول محور الفولاذ المشدود الوارد في الشكل رقم (٣-e٦)

$$(24-3) \qquad M_{n2} = A'_s.f'_s\left(d-d_1^{`}\right) \Longrightarrow A'_s = \frac{\mathrm{M}_{n2}}{f'_s.\left(d-d_1^{`}\right)}$$

في هذه الحالة يجب حساب الإجهاد في الفولاذ المضغوط $f'_s = E_s.\varepsilon'_s$ بالاعتماد على تشابه مثلث الانفعالات الموضح في الشكل رقم (٣-b٦) يمكننا كتابة العلاقة الآتية:

$$(25-3) \qquad \frac{\varepsilon_u}{x} = \frac{\varepsilon^{`}{}_s}{x-d^{`}} \Longrightarrow \varepsilon^{`}{}_s = \varepsilon_u.\frac{x-d_1^{`}}{x}$$

بفرض قيمة ε_u=0,003 و Es=2,1.10^{5}MPa نستنتج قيمة $f'_s = E_s.\varepsilon'_s$وتعويض موقع المحور المحايد x من العلاقة رقم (3-22)

ملاحظات عامة

- يجب ألا تتجاوز مساحة التسليح المضغوط A's مساحة التسليح المشدود As وفي حال زيادته يجب تغيير أبعاد المقطع العرضي. (أما النسبة المفضلة يجب ألا تتجاوز مساحة التسليح المضغوط A's 1/2 مساحة التسليح المشدود As)
- ملاحظة :عندما تزيد المقاومة المميزة f'c 28MP فيلزم أخذ قيمة ارتفاع منطقة الضغط مساويا إلى : y = 0,80 x وفي هذه الحالة ستتغير جميع العلاقات . ويمكن للتبسيط استعمال العلاقات السابقة ذاتها، مع أخذ مقاومة مميزة مكافئة . المتعلقة بـy تساوي 0,93 من المقاومة المميزة المعتمدة في التصميم.

٣-٣-٣ تطبيقات عملية

مثال رقم (١):

جائز من الخرسانة المسلحة مقطعه بشكل مستطيل أبعاده 500x250 mm يتعرض لتأثير عزم انعطاف حدي موجب مقداره Mu=287kN.m فإذا علمت أن المقاومة المميزة الاسطوانية للبيتون تساوي 28 MPa وأن إجهاد الخضوع للفولاذ المستخدم تساوي 420MPa

وأن تغطية الفولاذ المشدود تساوي 75mm وأن تغطية الفولاذ المضغوط تساوي 50mm والمطلوب حساب التسليح اللازم لهذا المقطع الخرساني.

بما أن f'c=28MPa فان قيمة كل من β_1=0,85 و ϒ=0,85

نحسب التسليح اللازم باعتبار ان المقطع مسلح على الشد فقط

$$\frac{\text{Mu}}{\Omega.b.d^2.f`c} = \frac{287.10^6}{0{,}9.250.28.425^2} = 0{,}2522$$

من الجدول رقم (٣-١) نجد قيمة $q = 0.383$ نعوض في العلاقة رقم (3-9) لنحسب قيمة μ :

$$\mu = \frac{q.f`c}{fy} = \frac{0{,}383.28}{420} = 0.0255$$

نحسب نسبة التسليح التوازنية:

$$\mu b = \frac{455}{630 + fy}\frac{f`c}{fy} = \frac{455}{630 + fy}\frac{28}{420} = 0{,}02889$$

ومنه نحسب قيمة التسليح العظمى:

$$\mu max \leq 0{,}50\mu b = 0{,}0144$$

نلاحظ ان نسبة التسليح اللازمة أكبر من نسبة التسليح العظمى فالمقطع بحاجة لتسليح ثنائي.

لحساب مساحة التسليح نفرض أن المقطع مؤلف من مقطعين افتراضيين، المقطع الأول وهو المقطع المسلح على الشد بنسبة تسليح عظمى $\mu_{max} = 0{,}0144$

لنحسب العزم الذي يتحمله المقطع المسلح بنسبة تسليح عظمى

$$\mu = \frac{q.f`c}{fy} = \frac{q.28}{420} = 0{,}0144 \implies q = 0{,}2167$$

من الجدول رقم (٣-1) يمكننا إيجاد قيمة النسبة:

$$\frac{Mn1}{b.d^2.f`c}$$

$$\frac{M_{n1}}{b.d^2.f`c} = \frac{M_{n1}}{250.28.425^2} = 0{,}189 \Longrightarrow M_{n1} = 239kN.m$$

حساب قيمة العزم الفائض M_{n2} الذي يحتاج لتسليح مضغوط

$$\mathrm{M_n = M_{n1} + M_{n2} = \frac{M_u}{\Omega} = 319\ kN.m}$$

$$\mathrm{M_{n2} = 319 - 239 = 80\ kN.m}$$

يجب مقاومة هذا العزم بتسليح شد As_2 وتسليح ضغط As،

أولا: حساب مساحة التسليح المشدود

$$A_{s_2} = \frac{\mathrm{M}_{n2}}{f_y.(d-d')} = \frac{80.10^6}{420.(425-50)} = 508\ mm^2$$

وتصبح قيمة التسليح المشدود As=As1+As2

As1=0,0144.250.425=1530 mm^2

As =1530+508=2038 mm^2

نختار 7T20=2199,11→$\boldsymbol{\mu}$=0,0207

ثانيا: حساب مساحة التسليح المضغوط

$$A'_s = \frac{\mathrm{M}_{n2}}{f'_s.(d-d')} = \frac{80.10^6}{f'_s.(425-50)}$$

لذلك يجب حساب إجهاد الفولاذ المضغوط الفعلي f'_s والتي يمكن إيجادها من مخطط الانفعالات بعد إيجاد موقع المحور السليم وفرض قيمة لكل من انفعال الخرسانة الحدي ε_u=0,003 وعامل مرونة الفولاذ Es=2.10^5MPa:

$$x = \frac{A_{s1}.f_y}{\gamma.f'_c.\beta_1.b} = \frac{1530{,}420}{0{,}85.28.0{,}85.250} = 127{,}06mm$$

$$\frac{\varepsilon_u}{x} = \frac{\varepsilon`_s}{x-d`}$$

$$\varepsilon`_s = \varepsilon_u.\frac{x-d`}{x} = 0{,}003\frac{(127.06-50)}{127{,}06} = 0{,}001819$$

fs'=Es.εs'=$2{,}1.10^5$*0,001819=382MPa < 420 MPa

$$A'_s = \frac{M_{n2}}{f'_s.(d-d')} = \frac{80\,.\,10^6}{382.(425-50)} = 558{,}5\ mm^2$$

نختار 3T16=603,2 وبالتالي تكون نسبة التسليح المضغوط μ'=0,005677

حساب نسبة التسليح التوازنية

$$\overline{\mu_b} = \frac{455}{630 + f_y}\frac{f'_c}{f_y} + \mu`\frac{f`_s}{f_y} = \frac{455}{630 + 420}\frac{28}{420} + 0{,}005677\frac{382}{420}$$
$$= 0{,}034$$

$$\frac{\overline{\mu_b}}{2} = 0{,}017$$

لكي يحصل الانهيار في الفولاذ المضغوط قبل الخرسانة المضغوط يجب أن تتحقق العلاقة الآتية:

$$\mu - \mu`\frac{f'_s}{f_y} \le \frac{1}{2}\overline{\mu_b} \Longrightarrow$$

$$0{,}0207 - 0{,}005677\frac{382}{420} = 0{,}0155 < 0{,}017\ ok$$

مثال رقم (٢)

مقطع من الخرسانة المسلحة مستطيل الشكل بأبعاد 600x300mm مسلح على الشد بـ 10T20 وعلى الضغط بـ 4T12 احسب العزم الذي يتحمله المقطع إذا علمت أن *f'c=28MPa* وأن *fy=400MPa*

حساب مساحة قضبان التسليح As=10T20=3141,59 ، As' =4T12=452,39

١-حساب موقع المحور المحايد

$$y = \frac{(As - As`)fy}{\gamma.f`c\,.b} = \frac{(3141{,}59 - 452{,}39).400}{0{,}85.28\,.300} = 150{,}655mm \Longrightarrow$$

$$x = \frac{150{,}655}{0{,}85} = 177{,}24mm$$

٢-حساب العزم الذي يتحمله المقطع

$$M_n = M_{n1} + M_{n2} = [As`.fy.(d - d`) + (As - As`)\,fy(d - \frac{y}{2})$$

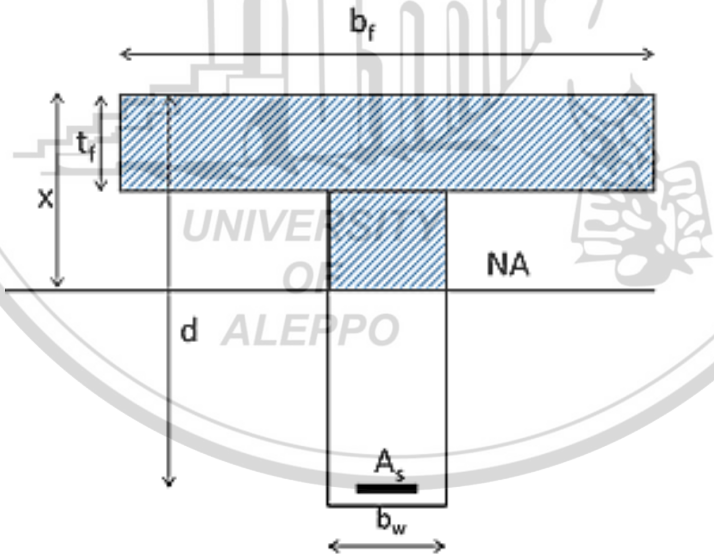
$$M_n = [452{,}39.400.(525-50) + (3141{,}59 - 452{,}39).400.\left(525 - \frac{150{,}655}{2}\right) = 85{,}95 + 483{,}7 = 569{,}6565 \text{kN.m}$$

$M_u = \Omega . M_n = 512{,}685 \text{kN.m}$

٣-٤ المقاطع ذات الأجنحة (T)

رأينا سابقا أن عزم الانعطاف البسيط M يولد إجهادات ناظمية شادة أو ضاغطة في المقاطع العرضية الموجودة في مستويات عمودية على محاور العناصر الموشورية والإنشائية وتتناسب شدتها مع البعد عن المحور المحايد الذي يتصف بأن الإجهادات الناظمية فيه معدومة.

فمثلا في جائز بسيط يستند على مسندين ويتحمل حمولة شاقولية متجهة إلى الأسفل وتمر من محوره الأفقي يتولد عزم انعطاف بسيط موجب يؤدي إلى ظهور إجهادات ناظمية في كل مقطع عرضي فيه، وتكون هذه الإجهادات ضاغطة في الجزء العلوي وشادة في الجزء السفلي منه.



الشكل رقم (٣-٧) مصطلحات المقطع ذو الأجنحة

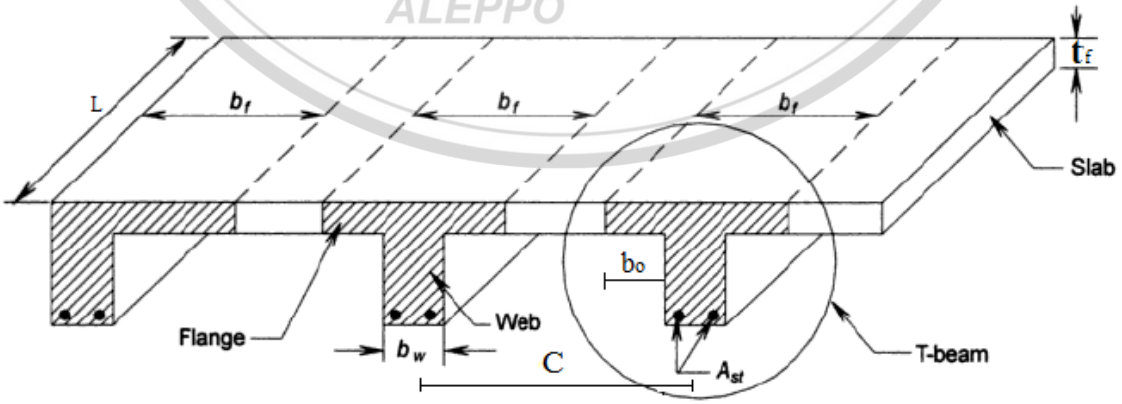
وتكون الجوائز التي هي بشكل T على نوعين:

- نوع أول يكون في المسطحات المؤلفة من جوائز عادية متصلة اتصالا وثيقا مع البلاطات المحمولة عليها كما هو مبين في الشكل رقم (٣-٨) ويكون ذلك بالصب استمراريا ومع

تشريك التسليح بحيث يكون الجائز والبلاطة المضغوطة فوقه مترابطين ارتباطا فعالا فيؤلفان وحدة متماسكة من الوجهة الإنشائية بحيث يسلكان سلوكا موحدا تحت تأثير الأحمال المطبقة ويسمى الجائز الأصلي (جسدا) والبلاطة فوقه (طاولة الضغط) أو جناح الضغط.

- نوع ثاني يكون في القطاعات المصنوعة خصيصا بشكل (T) لإعداد طاولة ضغط خاصة.

وعمليا نجد أن السقوف الخرسانية المسلحة الكبيرة تتألف من بلاطات أفقية تستند على جسور حاملة لها في الاتجاهين أحيانا. إن صب البلاطات الخرسانية المسلحة يتم مع صب الجسور الحاملة لها بآن واحد. أي أن الجسور والبلاطات تشترك مع بعضها البعض في مقاومة الحمولات واستمرار واستقرار السقوف. إن ذلك يعني أن الجسور والبلاطات تعمل معا لمقاومة الحمولات الخارجية. وعندما تقع البلاطة الخرسانية في منطقة الإجهادات الناظمية الضاغطة في الجسور فإنها بالطبع تساعد في تخفيف العبء عن القسم المضغوط من المقطع العرضي للجسر. وبتعبير أخر إذا اتصلت البلاطات مع القسم العلوي من الجسور الحاملة لها فإنها تعمل معها في تحمل الإجهادات الناظمية الضاغطة المتولدة من عزوم الانعطاف الموجبة. بينما لا يكون لها أي أثر عندما تتصل هذه البلاطات في الأجزاء المشدودة مع المقاطع العرضية للجسور. وهذا ما يمثله اتصال البلاطات في الأقسام العلوية من مقاطع عرضية تتحمل عزم انعطاف سالب الإشارة. يحدث ذلك عادة في مساند الجوائز المستمرة عندما تكون هذه الجوائز متدلية.

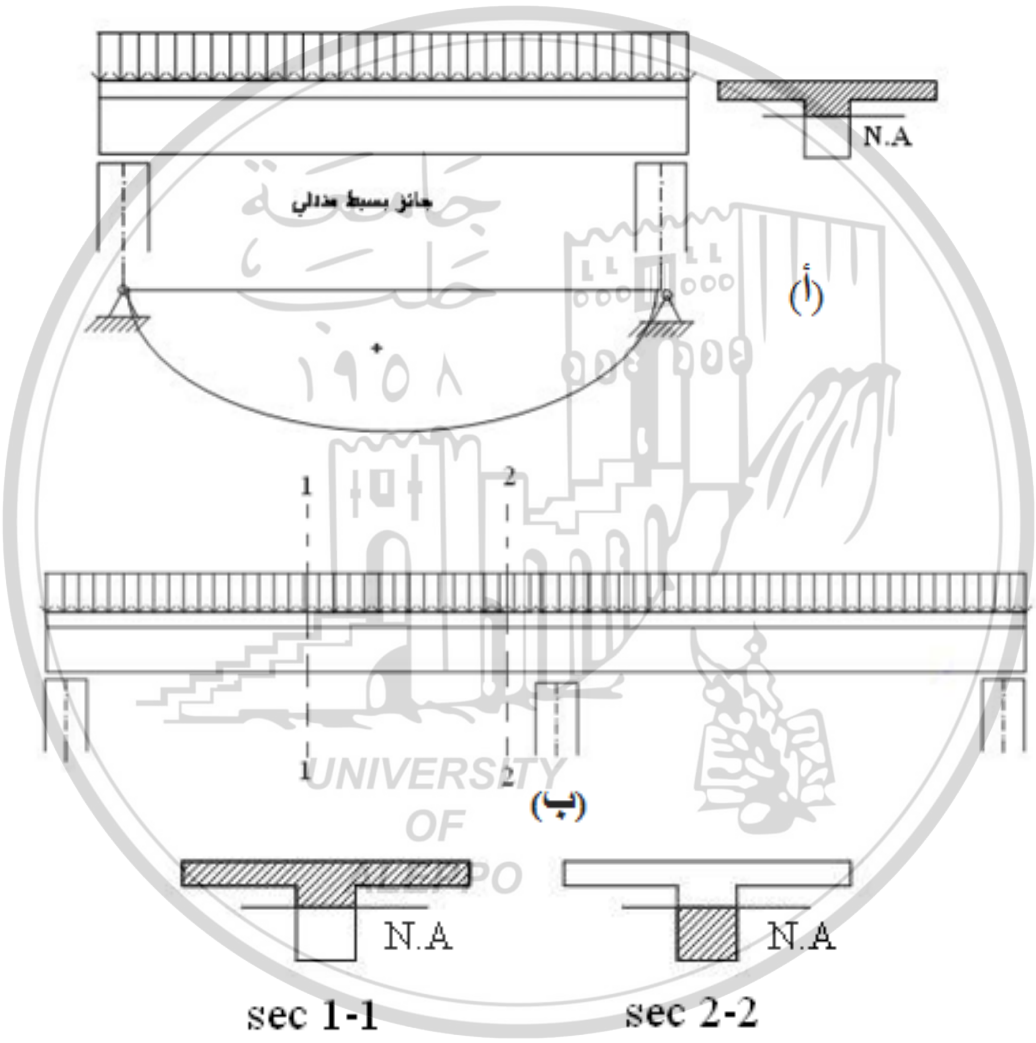


الشكل رقم (٣-٨) مواقع المقاطع ذات الأجنحة

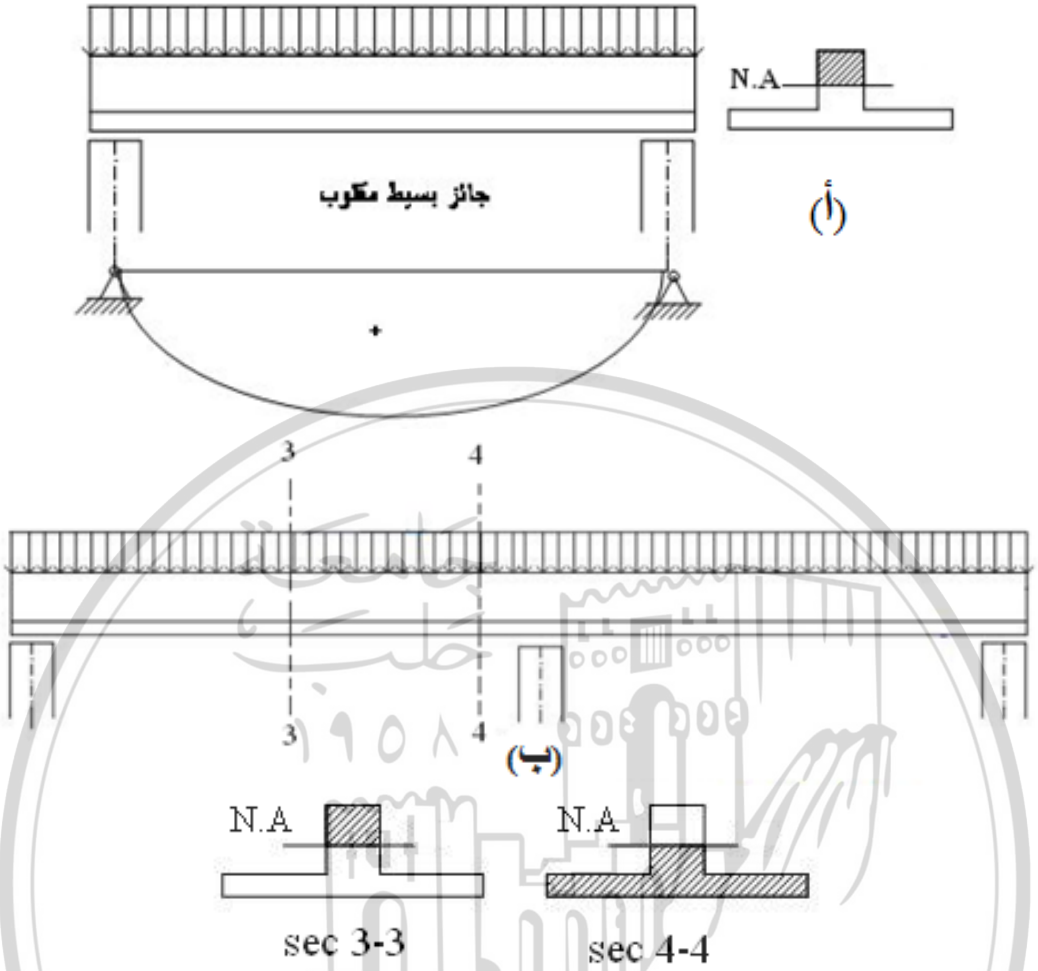
يبين الشكلان رقم (٣-٩) و(٣-١٠) توضيحا للمقاطع العرضية في حالة جائز بسيط وجائز مستمر ذو فتحتين مع بيان الأجزاء المضغوطة من هذه المقاطع وهي المظللة وذلك في حالتين:

ا -الجائز متدلي والبلاطة من الأعلى، الشكل رقم (٣-٩).

ب-الجائز مقلوب والبلاطة من الأسفل. الشكل رقم (٣-١٠).



الشكل رقم (٣-٩) الجائز متدلي والبلاطة من الأعلى (ا-جائز بسيط ٢-جائز مستمر بفتحتين)



الشكل رقم (٣-١٠) الجسر مقلوب والبلاطة من الأسفل (١-جائز بسيط ٢-جائز مستمر بفتحتين)

يسمى الجزء المتدلي من المقطع العرضي للجائز بشكل T بالجسد أو الجزع وتسمى البلاطة العلوية العريضة للمقطع بالجناح.

إن عرض الجناح b_f الذي يدخل في حسابات المقطع العرضي T قد تم تحديده نظريا وتجريبيا لضمان العمل المشترك للجناح مع الجسد في مقاومة الجهود، وهذا العرض له علاقة بطول الجائز والمسافة بين جائز وأخر وبسماكة البلاطة، ونوع الحمولات موزعة ووجود شطفات بين الجناح والجسد وغيرها.

لقد حددت تعليمات الكود العربي السوري الطبعة الرابعة لعام ٢٠١٥ العرض الفعال لطاولة الضغط bf /الجناح/ في المقطع T بحيث يساوي للقيمة الدنيا من القيم الآتية:

أ) ١- L/4 إذا كانت الحمولات موزعة بانتظام

و L/5 إذا كانت الحمولات مركزة.

حيث:

L=المسافة بين نقطتي انعدام العزم التي يمكن قياسها من مخطط عزم الانعطاف أو تؤخذ (0,76 من المجاز في الفتحات الداخلية من الجوائز المستمرة ذات المجازات المتقاربة و0,87 من المجاز للفتحات الطرفية)

ب) عرض الجذع b_w مضافا إليه 12 مرة سماكة البلاطة t_f

$$b_f = b_w + 12t_f$$

ج) المسافة بين محوري جائزين متوازيين متجاورين C الموضحة في الشكل رقم (٣-٨)

وإضافة لتحديد أبعاد المقاطع العرضية T فقد وردت تعليمات في الكود العربي السوري تخص الشروط المتوفرة لإمكانية إدخال بلاطة الضغط (الجناح) في الحساب، ولقيامها بعبء المساعدة في امتصاص إجهادات الضغط في الخرسانة، وهذه الشروط هي:

١.السمك الأدنى للجناح:

- في حالة الجوائز المتصلة مع البلاطات، يجب ألا يقل سمك الجناح (سمك البلاطة عمليا) عن العمق الكلي للقطاع، وإلا يعد الجائز ذا قطاع مستطيل بعرض يساوي عرض الجسد b_w.
- في الجوائز بشكل T التي يوجد فيها بلاطة مستقلة لتأمين الضغط يجب ألا يقل سمك هذه البلاطة المستقلة عن نصف عرض قطاع الجسد.

٢.اشتراطات خاصة بتسليح القطاعات بشكل حرف T

- لا يعد قسما من البلاطة، طاولة ضغط لجذع الجائز، إلا إذا استمرت قضبان التسليح للطاولة ضمن جذع الجائز للجهتين وعلى ألا تقل مساحة مقاطع القضبان المستمرة عن

$$A_{ct} = 1{,}7\frac{V}{d.f_y}.\frac{b_o}{b_f}$$

<u>حيث:</u>

A_{ct} =مساحة مقاطع قضبان التواصل في المتر الطولي من الجائز التي تخترق الجذع على طول بلاطة الضغط (قضبان العزم السالب للبلاطة) ويمكن أن يحسب ضمنها تمديدات قضبان العزم الموجبة في البلاطة.

V =قوة القص في قطاع الجائز الناتجة عن الحمولات الخارجية

d=الارتفاع الفعال لقطاع الجائز

f_y=إجهاد الخضوع لفولاذ قضبان تسليح التواصل

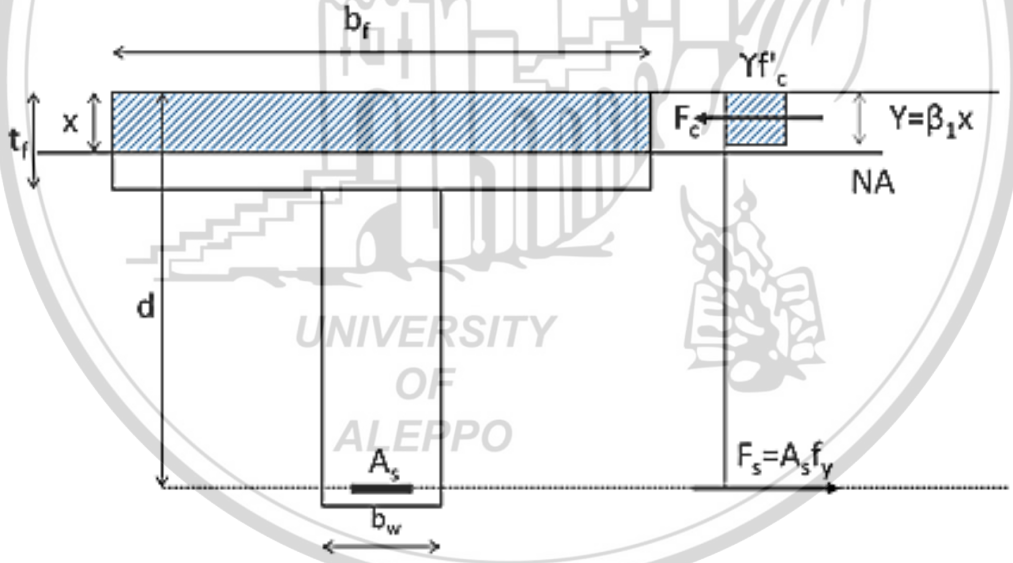
b_f=العرض الفعال لطاولة الضغط

b_o=العرض الفعال لجزء الجناح الواقع على أحد طرفي الجذع

- إضافة للشرط السابق يجب ألا تقل مساحة القطاعات العرضية لقضبان التواصل (قضبان التسليح السالب والموجب لبلاطة الضغط) عن 0,3% من مساحة قطاع البلاطة الطولي.

٣-٤-١: حساب كفاءة المقطع إذا كان المقطع معلوم الأبعاد والتسليح

لدراسة هذا المقطع يجب معرفة موقع المحور المحايد، لذلك نفرض أن موقع المحور المحايد يقع ضمن بلاطة الضغط كما هو مبين بالشكل رقم (٣-11)



الشكل رقم (٣-١١) توزع الإجهادات في المقطع T عندما يكون المحور المحايد واقعا في البلاطة

ونحسب قيمة x فإذا كانت قيمة $x \leq t_f$ يدرس المقطع بشكل مستطيل عرضه b_f وإذا كانت قيمة $x > t_f$ يدرس المقطع بشكل T باستخدام معادلة التوازن الأولى (معادلة الإسقاط) يمكننا إيجاد موقع المحور المحايد:

$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow \gamma . f'_c . \beta_1 . x . b_f = A_s f_y \Rightarrow x = \frac{A_s . f_y}{\gamma . \beta_1 . f'_c . b_f} \qquad (26-3)$$

إذا كان إجهاد الخرسانة أقل أو تساوي 28 MPa فإن قيمة β_1=0,85 وكذلك قيمة Υ=0,85 والمبينة في الجدول رقم (٢-١) وبالتالي تصبح العلاقة السابقة بالشكل

$$x = \frac{A_s . f_y}{0{,}85^2 . f'_c . b_f} \qquad (27-3)$$

أولا: إذا كانت x ≤ tf يدرس بشكل مستطيل

ارتفاعه الفعال d وعرضه b_f نعود لدراسة المقاطع المستطيلة التي مرت معنا في الفقرات السابقة

ثانيا: إذا كانت x > tf يدرس المقطع بشكل T

نفرض أن المقطع العرضي للجائز مؤلفا من قسمين كما هو مبين في الشكل رقم (٣-١٢)

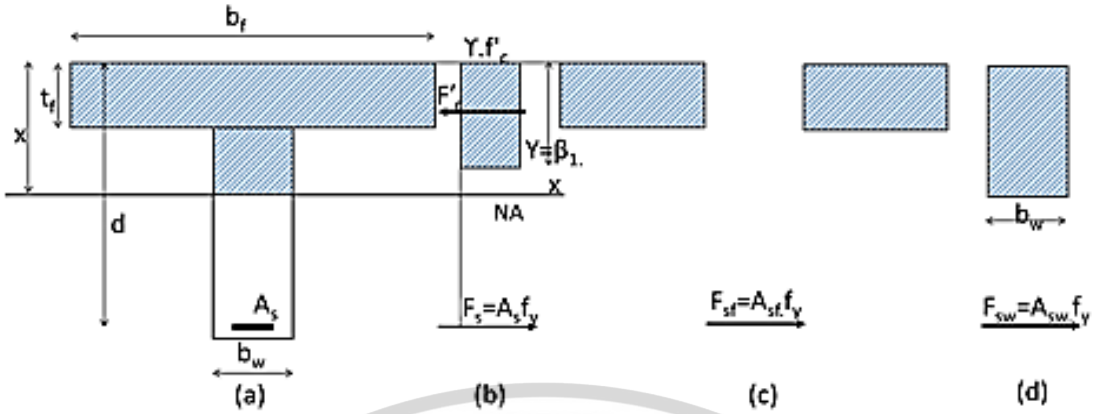
القسم الأول: يمثل الجناحين الأيمن والأيسر بالإضافة الى جزء من تسليح الشد الذي يوازن قوة ضغط الجناحين كما هو مبين في الشكل رقم (٣-١٢c)

القسم الثاني: يمثل الجذع أو الجسد بالإضافة الى الجزء المتبقى من تسليح الشد الذي يوازن قوة ضغط الجزء المضغوط من الجذع، والذي يعبر عن القسم الشاقولي للمقطع الممتد من المحور المحايد حتى أبعد ليف خرساني مضغوط كما هو مبين في الشكل رقم (٣-١٢d)

من القسم الأول المبين في الشكل رقم (٣-١٢c) يمكننا إيجاد جزء من تسليح الشد الذي يوازن قوة ضغط الجناحين

$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow A_{sf} . f_y = \gamma . f'_c . t_f . (b_f - b_w) \Rightarrow$$

$$A_{sf} = \frac{\gamma . f'_c . t_f . (b_f - b_w)}{f_y} \qquad (28-3)$$



الشكل رقم (٣-١٢) توزع الإجهادات في المقطع T عندما يكون المحور المحايد واقعا في الجذع

ويمكننا حساب العزم الذي تتحمله الأجنحة بأخذ العزم حول محور الفولاذ المشدود في القسم الأول المبين في الشكل رقم (٣-١٢c)

$$M_{fn} = \gamma . f'_c . t_f . (b_f - b_w) . (d - \frac{t_f}{2}) \qquad (29-3)$$

بعد معرفة جزء من تسليح الشد الذي يوازن قوة ضغط الجناحين يمكننا حساب الجزء المتبقى من تسليح الشد الذي يوازن قوة ضغط الجزء المضغوط من الجذع وهو $A_{sw}=A_s-A_{sf}$

من القسم الثاني المبين في الشكل رقم (٣-١٢d) يمكننا أيضا كتابة معادلة الإسقاط الأولى

$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow A_{sw} . f_y = \gamma . f'_c . y . b_w \Rightarrow y = \frac{A_{sw} . f_y}{\gamma . f'_c . b_w} \qquad (30-3)$$

يمكننا حساب العزم الذي يتحمله الجذع بأخذ العزم حول محور الفولاذ المشدود في القسم الثاني المبين في الشكل رقم (٣-١٢d).

$$M_{wn} = \gamma . f'_c . b_w . y \left(d - \frac{y}{2}\right) = A_{sw} . f_y \left(d - \frac{y}{2}\right) \qquad (31-3)$$

ومنه يمكننا حساب مقدار العزم الاسمي M_n والذي يساوي الى مجموع العزمين اللذين تتحملانهما كل من البلاطة والجسد $M_n=M_{fn}+M_{wn}$

٣-٤-٢ تصميم المقاطع العرضية ذات الشكل T والمعرضة لعزم انعطاف

يمكن تصميم المقاطع العرضية ذات الشكل T والمعرضة لعزم انعطاف بسيط بطريقة مشابهة للطريقة التي مر ذكرها سابقا والخاصة بالمقاطع ذات الشكل المستطيل. والفارق

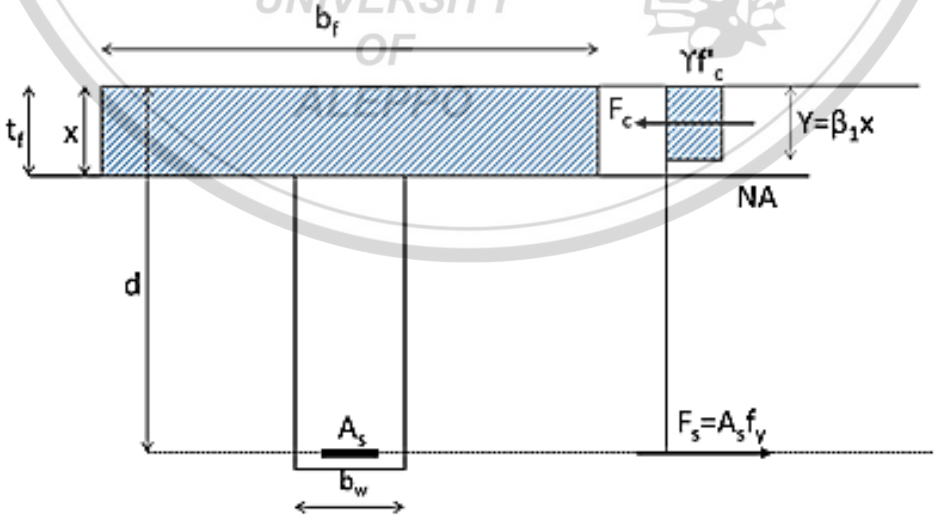
الوحيد بين المقطعين كما ذكرنا أن المقاطع بشكل T تحتوي على مساحة كبيرة من الخرسانة وهي طاولة الضغط التي تساهم في تحمل إجهادات الضغط الناتج من الانعطاف البسيط، لذلك يندر تسليح المقاطع T بفولاذ مضغوط، أما قضبان الفولاذ المشدود الموجودة في الطرف الآخر من جسد المقطع T أي في المنطقة المشدودة منه فهي الوحيدة التي تتحمل كافة إجهادات الشد وتتناسب مساحة هذه القضبان عكسا مع الارتفاع الفعال للمقطع العرضي.

- *لحساب القطاعات بشكل حرف (L) يهمل تأثير جناح الضغط في القطاعات بشكل حرف (L) وتحسب كما يحسب المقطع المستطيل
- أما لتصميم المقاطع العرضية بشكل T يجب التفريق بين حالتين مختلفتين حسب موقع المحور المحايد وهما:

- المحور المحايد يقع في طاولة الضغط $x \le t_f$
- المحور المحايد يقع في جسد المقطع أي $x > t_f$

٣-٤-٢-١المحور المحايد يقع في طاولة الضغط

لمعرفة موقع المحور المحايد نفرض أن المحور المحايد يكون مماسا لطاولة الضغط من الأسفل كما هو مبين في الشكل رقم (٣-١٣) نحسب العزم $\overline{Mn}$ الذي تتحمله طاولة الضغط بالاعتماد على مخطط الإجهادات كما هو موضح في الشكل رقم (٣-١٣)



الشكل رقم (٣-١٣) توزع الإجهادات في المقطع T عندما يكون المحور المحايد مماسا لطاولة الضغط من الأسفل

$$\overline{Mn} = \gamma . f_c' . \beta_1 . x . b_f . \left(d - \frac{\beta_1 . x}{2} \right) \qquad (32-3)$$

بتعويض قيمة $x=t_f$ وتعويض قيم الثوابت γ وβ_1 حسب المقاومة المميزة للبيتون والمبينة في الشكل رقم (٢-٥) أو الجدول رقم(٢-١)، وعندما تكون المقاومة المميزة للبيتون أصغر أو تساوي 28 MPa فان قيمة هذين الثابتين تساويان الى ,٨٥٠ وتصبح العلاقة السابقة على النحو الآتي:

$$\overline{Mn} = 0{,}85^2 . f_c' . t_f . b_f . \left(d - \frac{0{,}85 . t_f}{2} \right) \qquad (33-3)$$

نقارن العزم الذي تتحمله طاولة الضغط مع العزم M_n الناتج عن الحمولات الخارجية للمقطع المدروس فإذا كان $Mn \le \overline{Mn}$ فالمحور المحايد يكون واقعا ضمن طاولة الضغط وبالتالي يدرس المقطع كمقطع مستطيل ارتفاعه d وعرضه b_f

أما إذا كان العزم $M_n > \overline{M}_n$ فيكون المحور المحايد واقعا في الجذع وبالتالي يجب دراسة هذا المقطع كمقطع T كما هو وارد في الفقرة الآتية.

<u>طريقة ثانية: لحساب موقع المحور المحايد إذا كانت الأجنحة مضغوطة</u>

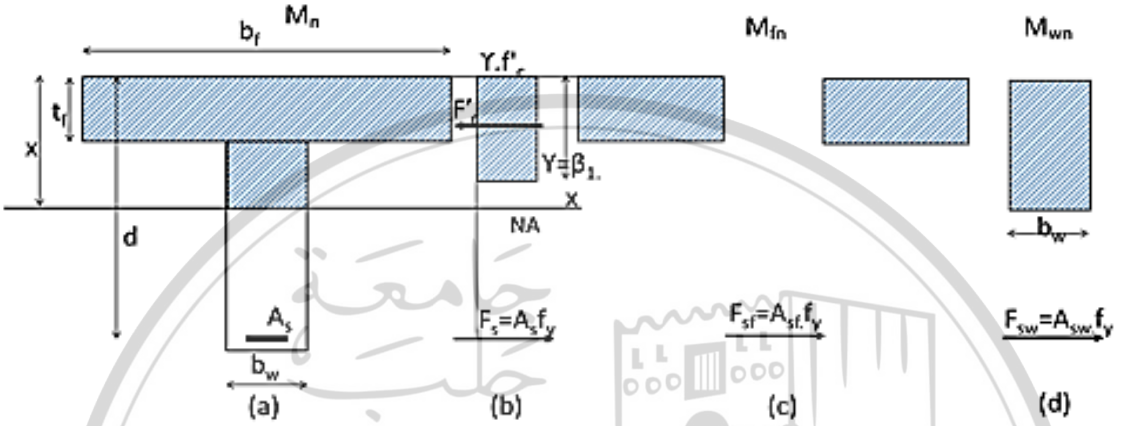
نفرض أن المحور المحايد يقع ضمن طاولة الضغط كما هو مبين في الشكل رقم (٣-١٣) ثم نحسب مساحة التسليح As اللازمة لمقاومة عزم الانعطاف باعتباره مقطعا مستطيلا مسلحا على الشد فقط عرضه b_f وارتفاعه الفعال d ثم نحسب موقع المحور المحايد x من العلاقة رقم (٢-٣):

$$x = \frac{As . fy}{\alpha . f`c . b} = \frac{As . fy}{\gamma . \beta_1 . f'c . b}$$

ونقارنها مع ارتفاع الأجنحة t_f فإذا كانت $x \le t_f$ يكون موقع المحور المحايد ضمن الأجنحة ويدرس مقطع مستطيل عرضه عرض طاولة الضغط، أما إذا كانت $x \ge t_f$ يكون موقع المحور المحايد ضمن الجذع ويدرس مقطع T

٣-٤-٢-٢-المحور المحايد يقع في جسد المقطع T:

ليكن المقطع T المبين في الشكل رقم (3-14) الخاضع لتأثير عزم انعطاف إسمي Mn فإذا عرفنا أن المحور المحايد واقعا في الجذع (الجسد) أمكن رسم مخطط توزع الإجهادات الناظمية في المقطع كما هو موضح في الشكل رقم (3-14)

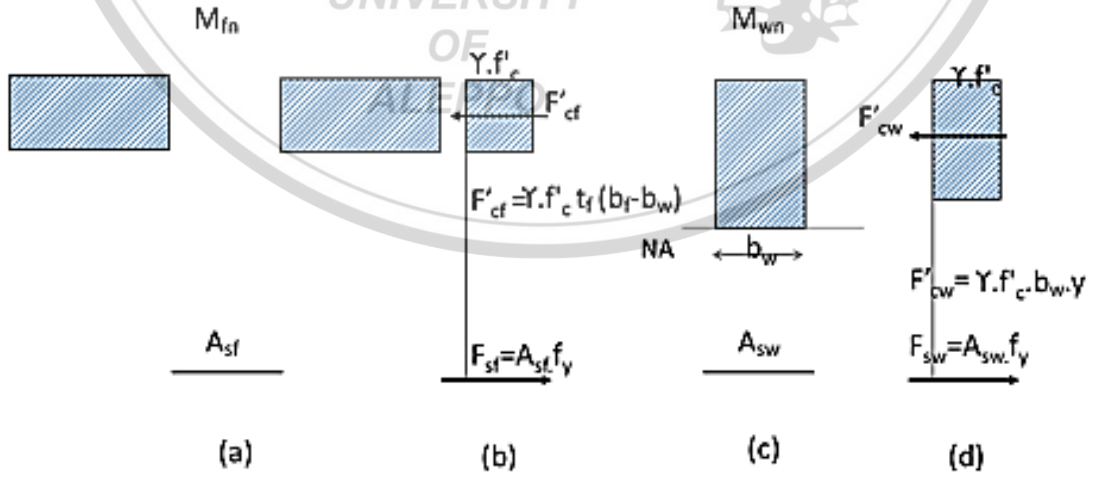


الشكل رقم (3-14) توزع الإجهادات في المقطع T عندما يكون المحور المحايد واقعا في الجذع

يمكننا تقسيم المقطع الخرساني المضغوط إلى قسمين:

القسم الأول: وهي منطقة الأجنحة وتبدأ من أسفل بلاطة الضغط وصولا إلى أقصى ليف بيتوني مضغوط والموضحة في الشكل رقم (3-14c)

القسم الثاني: وهي منطقة الجذع وتبدأ من المحور المحايد وصولا إلى أقصى ليف بيتوني مضغوط والموضحة في الشكل رقم (3-14d)



الشكل رقم (3-15) توزع الإجهادات في المقطع T عندما يكون المحور المحايد واقعا في الجذع

من القسم الأول يمكننا كتابة معادلة الإسقاط الأولى المبينة في الشكل رقم (3-15b)

$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow A_{sf}.f_y = \gamma.f'_c.t_f.(b_f - b_w) \Rightarrow \quad (34-3)$$

$$A_{sf} = \frac{\gamma.f'_c.t_f.(b_f - b_w)}{f_y}$$

كما يمكننا حساب العزم الذي تتحمله الأجنحة بأخذ العزم حول محور الفولاذ المشدود في القسم الأول من الشكل رقم (3-15b)

$$M_{fn} = \gamma.f'_c.t_f.(b_f - b_w).(d - \frac{t_f}{2}) \quad (35-3)$$

من القسم الثاني يمكننا أيضا كتابة معادلة الإسقاط الأولى من اجل إيجاد موقع المحور المحايد والموضحة في الشكل رقم (3-15d)

$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow A_{sw}.f_y = \gamma.f'_c.\beta_1.x.b_w \Rightarrow x = \frac{A_{sw}.f_y}{\gamma.f'_c.\beta_1.b_w} \quad (36-3)$$

يمكننا حساب العزم الذي يتحمله الجذع بأخذ العزم حول محور الفولاذ المشدود في القسم الثاني والموضحة في الشكل رقم (3-15d)

$$M_{wn} = \gamma.f'_c.b_w.y\left(d - \frac{y}{2}\right) \quad (37-3)$$

من الشكل رقم (3-14) يمكننا إيجاد قيمة العزم الذي يتحمله الجذع Mwn بالاعتماد على المتراجحة الآتية: $M_n=M_{fn}+M_{wn}$ ومنه $M_{wn}=M_n-M_{fn}$. وبالتالي يمكننا إيجاد قيمة y بحل المعادلة رقم (٣-٣٧) وهي معادلة من الدرجة الثانية.

أما لإيجاد مساحة الفولاذ المشدود A_{sw} التي تساهم مع الجذع في مقاومة جزء من الجهود الخارجية حيث نقوم بتطبيق معادلة الإسقاط الأولى بالاعتماد على الشكل رقم (d١٥-٣)

$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow A_{sw}.f_y = \gamma.f'_c.y.b_w \Rightarrow A_{sw} = \frac{\gamma.f'_c.y.b_w}{f_y} \quad (38-3)$$

لكي نبتعد عن حل معادلة من الدرجة الثانية والابتعاد عن الأخطاء التي تواجهنا أثناء الحل يمكننا اللجوء الى وسيلة أخرى تمكننا من إيجاد مساحة التسليح A_{sw} وذلك بتطبيق معادلة العزوم حول مركز ثقل مخطط إجهادات الخرسانة المضغوطة بالاعتماد

على الشكل رقم ((3-15d)) نحصل على مساحة الفولاذ المشدود A_{sw} التي تساهم مع الجذع في مقاومة جزء من الجهود الخارجية

$$M_{wn} = A_{sw}.f_y\left(d - \frac{y}{2}\right)$$

$$x = \frac{A_{sw}.f_y}{\gamma.f_c'.\beta_1.b_w} \Rightarrow y = \beta_1.x = \frac{A_{sw}.f_y}{\gamma.f_c'.b_w}$$

$$M_{wn} = A_{sw}.f_y\left(d - \frac{y}{2}\right) = A_{sw}.f_y\left(d - \frac{A_{sw}.f_y}{2.\gamma.f_c'.b_w}\right)$$

$$A_{sw} = \mu_w.b_w.d$$

$$M_{wn} = \mu_w.b_w.d.f_y\left(d - \frac{\mu_w.b_w.d.f_y}{2.\gamma.f_c'.b_w}\right) = \mu_w.b_w.d^2.f_y\left(1 - \frac{\mu_w.f_y}{2.\gamma.f_c'}\right)$$

إذا كانت المقاومة المميزة الاسطوانية أصغر أو تساوي 28 MPa فان العلاقة السابقة تصبح على النحو الآتي:

$$M_{wn} = \mu_w.b_w.d^2.f_y\left(1 - 0{,}59.\mu_w\frac{f_y}{f_c'}\right)$$

بفرض أن الحد

$$q_w = \mu_w\frac{f_y}{f_c'}$$

$$\frac{M_{wn}}{b.d^2.f'_c} = q_w(1 - 0{,}59\,q_w)$$

وإذا أعطينا للنسبة q_w عدة قيم نحصل على قيم مقابلة للحد الأيسر

$$\frac{M_{wn}}{b.d^2.f'_c}$$

ونلاحظ أن هذه العلاقة مطابقة تماما لحالة مقطع مستطيل مسلح على الشد فقط، حيث يمكننا الاعتماد على الجدول رقم (٣-١) في إيجاد مساحة الفولاذ المشدود.

٣-٤-٣ مساحة التسليح العظمى والصغرى للمقاطع T

تؤخذ مساحة التسليح الصغرى للمقاطع المجنحة T كما هو الحال في المقاطع المستطيلة على أن يعوض عرض المقطع بعرض الجذع (الجسد) وبذلك يصبح العلاقة على النحو الآتي:

$$As_{\min} = \frac{0,9}{fy}.b_w.d$$

أما مساحة التسليح العظمى فتعتمد على النسبة التوازنية للتسليح والتي تساوي $As_{max}=0,5\ As_b$

حيث تؤخذ نسبة التسليح التوازنية للمقطع T مع وجود تسليح شد فقط إذا تحقق الشرط الآتي بالاعتماد على التوصيات الواردة في الكود العربي السوري:

تحسب نسبة التسليح التوازنية من العلاقة الآتية:

$$\mu_{sb} = \left[\frac{455}{630+fy}.\frac{fc'}{fy}.\frac{b_f}{b_w}\right] \quad (39\text{-}3)$$

إذا تحقق الشرط الآتي: $$t_f \geq 0,85.\frac{630}{630+fy}d \quad (40\text{-}3)$$

وإذا لم يتحقق الشرط الوارد في العلاقة رقم(3-40) فيتم حساب نسبة التسليح التوازنية من العلاقة الآتية:

$$\mu_{sb} = \left[\frac{455}{630+fy}.\frac{fc'}{fy} + \frac{0,85.fc'(b_f-b_w).t_f}{b_w.d.fy}\right] \quad (41\text{-}3)$$

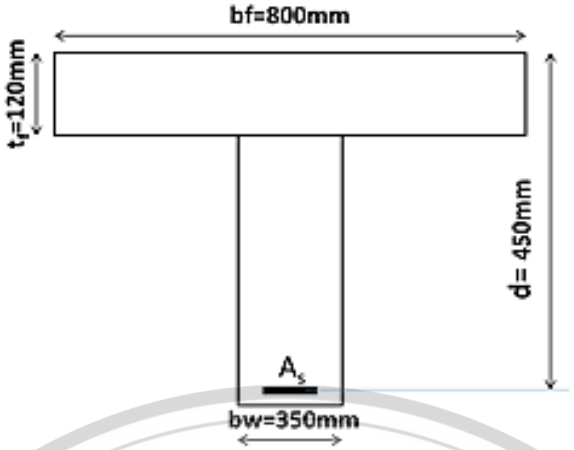
٣-٤-٤ تطبيقات عملية:

جائز من الخرسانة المسلحة مقطعه العرضي بشكل T كما هو موضح بالشكل رقم (٣-١٦) يتعرض الجائز لتأثير عزم انعطاف حدي M_u= 650kN.m والمطلوب حساب التسليح اللازم في الحالتين الآتيتين:

١.حالة العزم الموجب M_u=650kN.m

٢.حالة العزم السالب M_u=-650kN.m

إذا كانت المقاومة المميزة الاسطوانية للبيتون f'c=26 MPa وإجهاد الخضوع للفولاذ المستخدم fy=380MPa ، وأن تغطية الفولاذ المضغط d_1=50mm



الشكل رقم (٣-١٦)

بما أن العزم موجب يجب تعيين موقع المحور المحايد

يمكن تعيين موقع المحور المحايد بطريقتين

الطريقة الأولى: لحساب المحور المحايد بالاعتماد على حساب العزم الذي تتحمله البلاطة ومقارنته مع العزم الاسمي الناتج عن الحمولات الخارجية:

$$\overline{M}_{\text{n}} = 0{,}85^2 . f'_c . t_f . b_f . \left(d - \frac{0{,}85 . t_f}{2} \right)$$

$$\overline{M}_{\text{n}} = 0{,}85^2 . 26 . 120 . 800 . \left(450 - \frac{0{,}85 . 120}{2} \right) = 719{,}55\ kN.m$$

أما العزم الاسمي الذي يتعرض له المقطع فيساوي الى

$M_n=M_u/\Omega=650/0{,}9=722{,}22$ kN.m

إن قيمة $\overline{Mn} < \frac{M_U}{\Omega}$ وبالتالي يعمل المقطع كمقطع T

الطريقة الثانية: يمكننا حساب موقع المحور الحيادي بطريقة ثانية وهي بفرض أن المقطع مستطيل عرضه عرض طاولة الضغط وارتفاعه الفعال d

أولا ـ نحسب المقدار

$$\frac{Mn}{f'c . b . d^2} = \frac{722.22 . 10^6}{26 * 800 * 450^2} = 0{,}171$$

من الجداول نجد قيمة $q = 0{,}193$ نعوض في العلاقة لنحسب قيمة μ :

$$\mu = \frac{q . f'c}{fy} = \frac{0{,}193 * 26}{380} = 0{,}0132$$

نضرب قيمة μ بمساحة المقطع نحصل على مساحة التسليح:

$$As = 0{,}0132.\ 800.450 = 4753{,}9\ mm^2$$

$$x = \frac{As\ .fy}{\alpha\ .f`c\ .b} = \frac{4753{,}9.380}{0{,}72\ .26\ .800} = 120{,}6 > 120$$

$$x = \frac{As.fy}{\gamma.\beta_1.f`c.b} = \frac{4753{,}9.380}{0{,}85.0{,}85\ .26\ .800} = 120{,}2 > 120$$

وبالتالي يعمل المقطع كمقطع T

١-حساب التسليح اللازم مقاومته بالاجنحة

$$A_{sf} = \frac{\gamma.f_c'.t_f.(b_f - b_w)}{f_y} = \frac{0{,}85.26.120.(800-350)}{380} = 3140{,}52mm^2$$

٢-حساب العزم الذي تقاومه الاجنحة لنتمكن من حساب العزم الذي يقاومه الجذع

$$M_{nf} = \gamma.f_c'.t_f.(b_f - b_w).\left(d - \frac{t_f}{2}\right)$$

$$M_{nf} = 0{,}85.26.120.(800-350).\left(450 - \frac{120}{2}\right) = 465{,}44\ kN.m$$

$$M_n = M_{nf} + M_{nw} \Longrightarrow M_{nw} = M_n - M_{nf}$$

$$M_{nw} = 722{,}22 - 465{,}44 = 256{,}77kN.m$$

وبالتالي تتم دراسة الجذع كمقطع مستطيل يتعرض لتأثير العزم الاسمي M_{nw}

$$\frac{M_{nw}}{b_w.d^2.f'_c} = \frac{256{,}77\ .10^6}{350.450^2.26} = 0{,}1393 \rightarrow q_w = 0{,}153$$

$$q_w = \mu_w \frac{f_y}{f_c'} \rightarrow \mu_w = q_w \frac{f_c'}{f_y} = 0{,}153\frac{26}{380} = 0{,}0104 \Longrightarrow$$

$$A_{sw} = 1648{,}77mm^2$$

$$As = A_{sf} + A_{sw} = 3140{,}52 + 1648{,}77 = 4789{,}3mm^2$$

٣-نحسب نسبة التسليح العظمى والصغرى

تعطى نسبة التسليح العظمى بالاعتماد على نسبة التسليح التوازنية المعطاة بالعلاقة الآتية:

$$0{,}85.\frac{630}{630+fy}d = 0{,}85\frac{630}{630+380}450 = 238{,}6mm > t_f$$

لذلك يتم حساب مساحة التسليح التوازنية من العلاقة الآتية:

$$As_b = \left[\frac{455}{630+fy}.\frac{fc'}{fy} + \frac{0{,}85.fc'(b_f - b_w).t_f}{b_w.d.fy}\right]b_w.d =$$

$$\left[\frac{455}{630+380}.\frac{26}{380} + \frac{0{,}85.26(800-350).120}{350.450.380}\right]350.450 = 7995{,}21mm^2$$

$As_{max}=A_{sb}/2=3997{,}9mm^2$

المقطع يحتاج الى تسليح مضغوط أو نغير أبعاد المقطع

<u>الطلب الثاني</u>

بما أن العزم سالب فالأجنحة تكون مشدودة وبالتالي يكون سلوك المقطع هو سلوك المقطع المستطيل عرضه 350 mm وارتفاعه الفعال 450 mm

$$\frac{M_{nw}}{b_w.d^2.f'_c} = \frac{722{,}22\,.\,10^6}{350.450^2.26} = 0{,}392$$

يقع هذا الرقم خارج حدود الجدول رقم (٣-١) لذلك يحتاج المقطع الى تسليح مشدود ومضغوط لذلك نقوم بحساب نسبة التسليح التوازنية والعظمى

$$\mu_b = \left[\frac{455}{630+fy}.\frac{fc'}{fy}\right].b_w.d = \frac{455}{630+380}.\frac{26}{380} = 0{,}0308$$

$\mu_{max}=\mu_{sb}/2=0{,}0154 \Rightarrow A_{smax}=2427{,}34mm^2$

لحساب مساحة التسليح نفرض أن المقطع مؤلف من مقطعين افتراضيين

المقطع الأول وهو المقطع المسلح على الشد بنسبة تسليح عظمى $\mu_{max} = 0{,}0154$

لنحسب العزم الذي يتحمله المقطع المسلح بنسبة تسليح عظمى وهو عبارة عن مقطع مستطيل مسلح على الشد فقط والمسلح بنسبة تسليح عظمى وذلك بالاعتماد على الجدول رقم (٣-١):

$$\mu = \frac{q.f`c}{fy} = \frac{q.26}{380} = 0{,}0154 \Rightarrow q = 0{,}2251$$

من الجدول رقم (٣-١) يمكننا إيجاد قيمة النسبة $\frac{Mn1}{b.d^2.f`c}$ والتي تساوي 0,1951

$$\frac{M_{n1}}{b.d^2.f`c}=\frac{M_{n1}}{350.26.450^2}=0{,}1951 \Longrightarrow M_{n1}=359{,}52kN.m$$

حساب قيمة العزم الفائض M_{n2} الذي يحتاج لتسليح مضغوط

$$\mathrm{M_n}=\mathrm{M_{n1}}+\mathrm{M_{n2}}=722{,}22\ \mathrm{kN.m}$$

$$\mathrm{M_{n2}}=722{,}22-359{,}52=362{,}7\ \mathrm{kN.m}$$

يجب مقاومة هذا العزم بتسليح شد A_{s2} وتسليح ضغط A_s،

أولا: حساب مساحة التسليح المشدود

$$A_{s_2}=\frac{\mathrm{M}_{n2}}{f_y.(d-d_1{}')}=\frac{362{,}7.10^6}{380.(450-50)}=2386{,}18mm^2$$

وتصبح قيمة التسليح المشدود $A_s=A_{s1}+A_{s2}$

$A_s=2427{,}34+2386{,}18=4813{,}52\ mm^2 \rightarrow \boldsymbol{\mu}=0{,}0312$

نختار 10T25=4908,74

ثانيا: حساب مساحة التسليح المضغوط

$$A_s'=\frac{\mathrm{M}_{n2}}{f_s'.(d-d')}=\frac{362{,}7.10^6}{f_s'.(450-50)}$$

لذلك يجب حساب إجهاد الفولاذ المضغوط الفعلي f_s' والتي يمكن إيجادها من مخطط الانفعالات بعد إيجاد موقع المحور المحايد وفرض قيمة لكل من انفعال الخرسانة الحدي ε_u=0,003 وعامل مرونة الفولاذ Es=2,1.10^{5}MPa:

$$x=\frac{A_{s1}.f_y}{\gamma.f_c'.\beta_1.b}=\frac{2427{,}34.380}{0{,}85.26.0{,}85.350}=140{,}3mm$$

$$\frac{\varepsilon_u}{x}=\frac{\varepsilon`_s}{x-d`}$$

$$\varepsilon`_s=\varepsilon_u.\frac{x-d1`}{x}=0{,}003\frac{(140{,}3-50)}{140{,}3}=0{,}00193$$

$$f_s'=\mathrm{Es}.\varepsilon'\mathrm{s}=2{,}1.10^5*0{,}00193=405{,}3\mathrm{MPa}\ >\ 380\ \mathrm{MPa}$$

لذلك نعتمد قيمة $fy=f_s'$ =380 MPa

$$A'_s = \frac{M_{n2}}{f'_s.(d-d1')} = \frac{362{,}7.10^6}{380.(450-50)} = 2386{,}18\ mm^2$$

نختار $8T20=2513{,}27mm^2$ وبالتالي تكون نسبة التسليح المضغوط

$\boldsymbol{\mu'}$ =0,016

حساب نسبة التسليح التوازنية

$$\overline{\mu_b} = \frac{455}{630+f_y}\frac{f'_c}{f_y} + \mu`\frac{f`_s}{f_y} = \frac{455}{630+380}\frac{26}{380} + 0{,}016\frac{380}{380} = 0{,}0468$$

$$\frac{\overline{\mu_b}}{2} = 0{,}0234$$

لكي يحصل الانهيار في الفولاذ المضغوط قبل الخرسانة المضغوط يجب أن تتحقق العلاقة الآتية:

$$\mu - \mu` \frac{f'_s}{f_y} \leq \frac{1}{2}\overline{\mu_b} \Longrightarrow$$

$$0{,}0312 - 0{,}016 = 0{,}0152 < 0{,}0234 ok$$

South Wacker Drive

جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الفصل الرابع

إجهادات القص SHEAR STRESSES

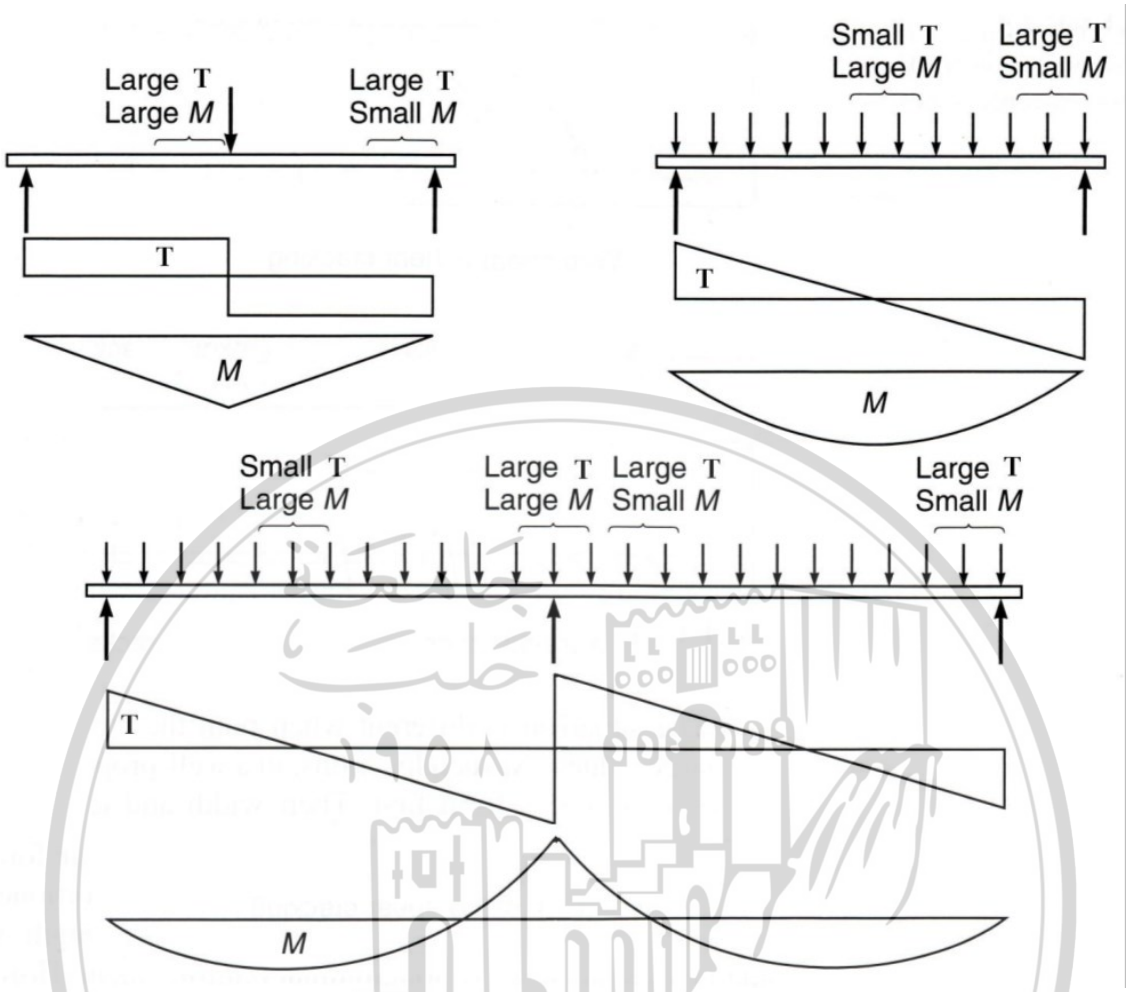
KHLIFA TOWER IN DUBAI

٤-١ مقدمة:

تتولد إجهادات القص العظمى المتولدة عن القوى القاطعة عند مساند الجوائز البسيطة والمستمرة كما هو مبين في الشكل رقم (٤-١).

تولد القوى القاطعة إجهادات قطرية مائلة والتي ينشأ عنها إجهادات شد وإجهادات ضغط تؤدي إلى انهيار هذه الجوائز كما هو مبين في الشكل رقم (٤-٢).

حيث تتولد في المقاطع العرضية المختلفة للعناصر الإنشائية قوى مماسية وقوى قطرية تضاف إلى الإجهادات الناظمية الناتجة عن الانعطاف والتي تمت دراستها في الفصل السابق، ونصادف نوعين من الإجهادات:

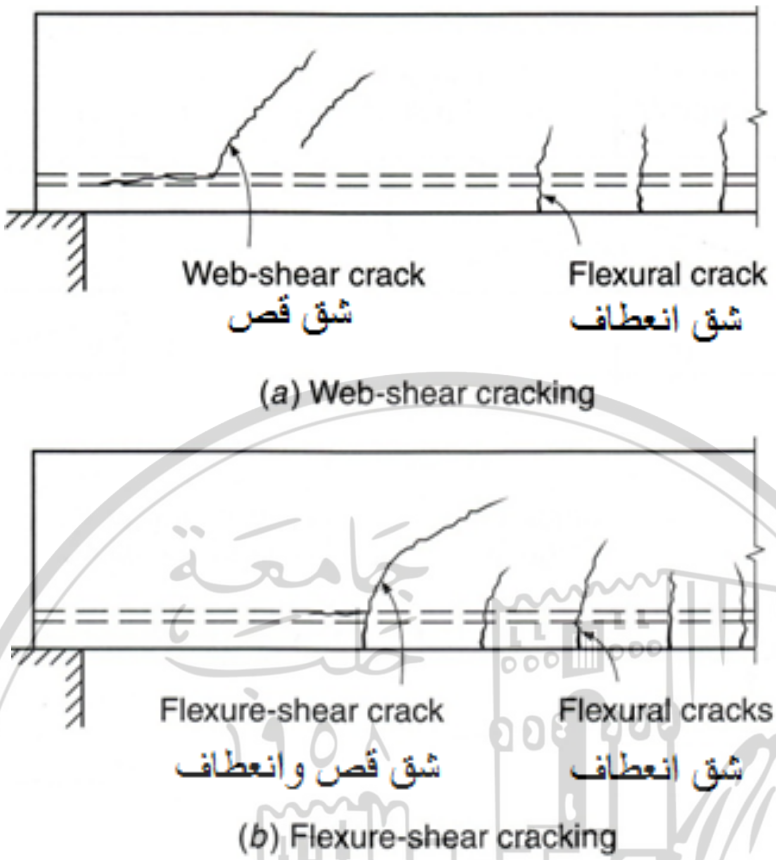


الشكل رقم (٤-١) القوى القاطعة في مساند الجوائز البسيطة والمستمرة

١. إجهادات قص تسبب انزلاق مستويات الخرسانة أفقيا وشاقوليا كما هو مبين في الشكل (٤-٣)

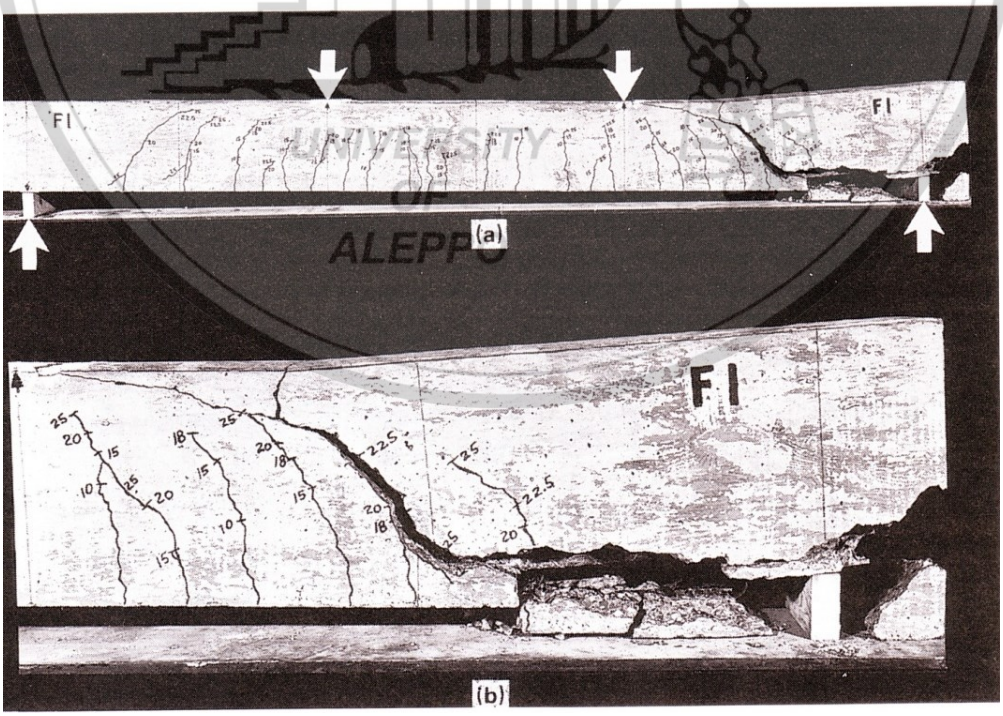
٢. إجهادات شد وضغط قطرية ناتجة عن إجهادات القص التي تسبب تشققات مائلة على محور الجائز الطولي.

UNIVERSITY OF ALEPPO



(a)انهيار قصي (b) انهيار انعطافي

الشكل رقم (٤-٢) الانهيارات القصية والانعطافية في الجيزان

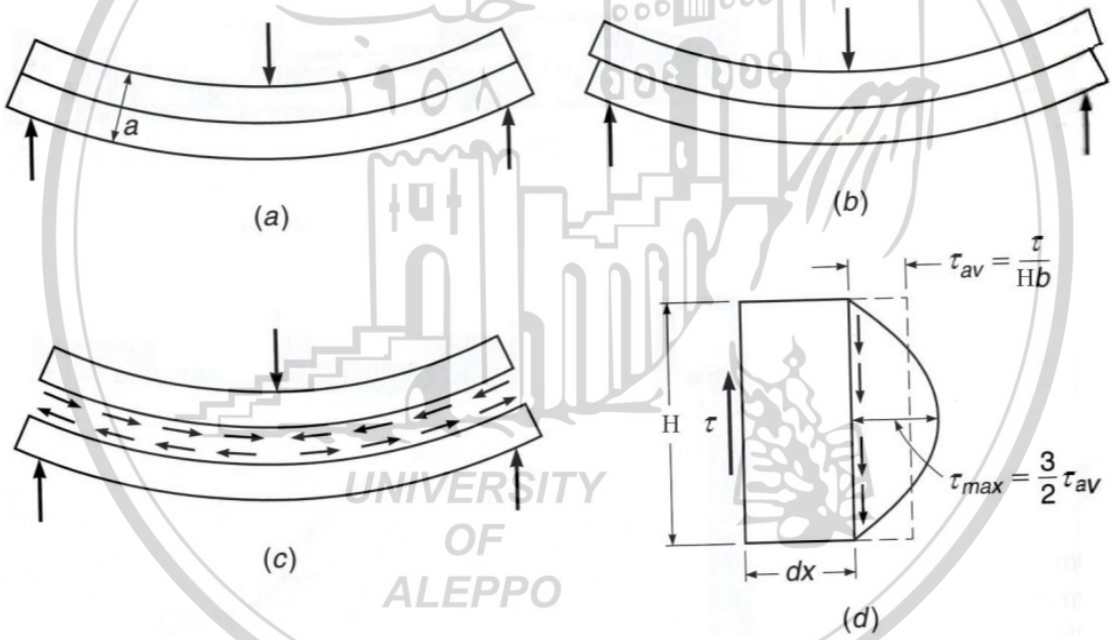


الانهيارات القصية في الجيزان

٤-٢ إجهادات القص:

ليكن لدينا الجائز المبين في الشكل رقم (٤-٣) المؤلف من عدة صفائح مثبتة بحيث يسمح لها بالانزلاق الأفقي الحر، عند تحميل هذا الجائز بحمولة شاقولية فإن هذه الصفائح تنزلق أفقيا وكأن كل صفيحة تعمل بشكل مستقل عن الأخرى وتخضع كل منها إلى إجهادات شد وضغط منفصلة عن الصفائح الأخرى.

لنفرض أنه تم تثبيت هذه الصفائح بمواد لاصقة أو ببراشيم شاقولية فان الانزلاق لا يعود حرا حيث تعاكس المواد اللاصقة أو البراشيم الشاقولية هذا الانزلاق الأفقي، مما يؤدي إلى تعرض العناصر التي منعت الانزلاق الأفقي لتأثير إجهادات أفقية تعرف بإجهادات القص.



الشكل رقم (٤-٣) انزلاق المستويات الأفقية الناتجة عن القوى القاصة وإجهادات القص المتولدة في المستوي الشاقولي

وتتولد هذه الإجهادات في أي جائز والناتجة عن استمرارية المادة المشكلة للجائز، بالإضافة إلى هذا فهناك جهود قص تسعى للانزلاق الشاقولي بين المستويات المتجاورة وتتصف بأنها ذات طبيعة واحدة، والتي تساوي الإجهادات الأفقية في أي مقطع من مقاطع الجائز المدروس، كما هو مبين في الشكل رقم (٤-٤).

يتولد عن القوى القاطعة إجهادات قص تعطى للمقاطع المتجانسة وفق الدستور الآتي بالاعتماد على مبادئ مقاومة المواد:

$$\tau = \frac{V.Sz}{b.Iz}$$

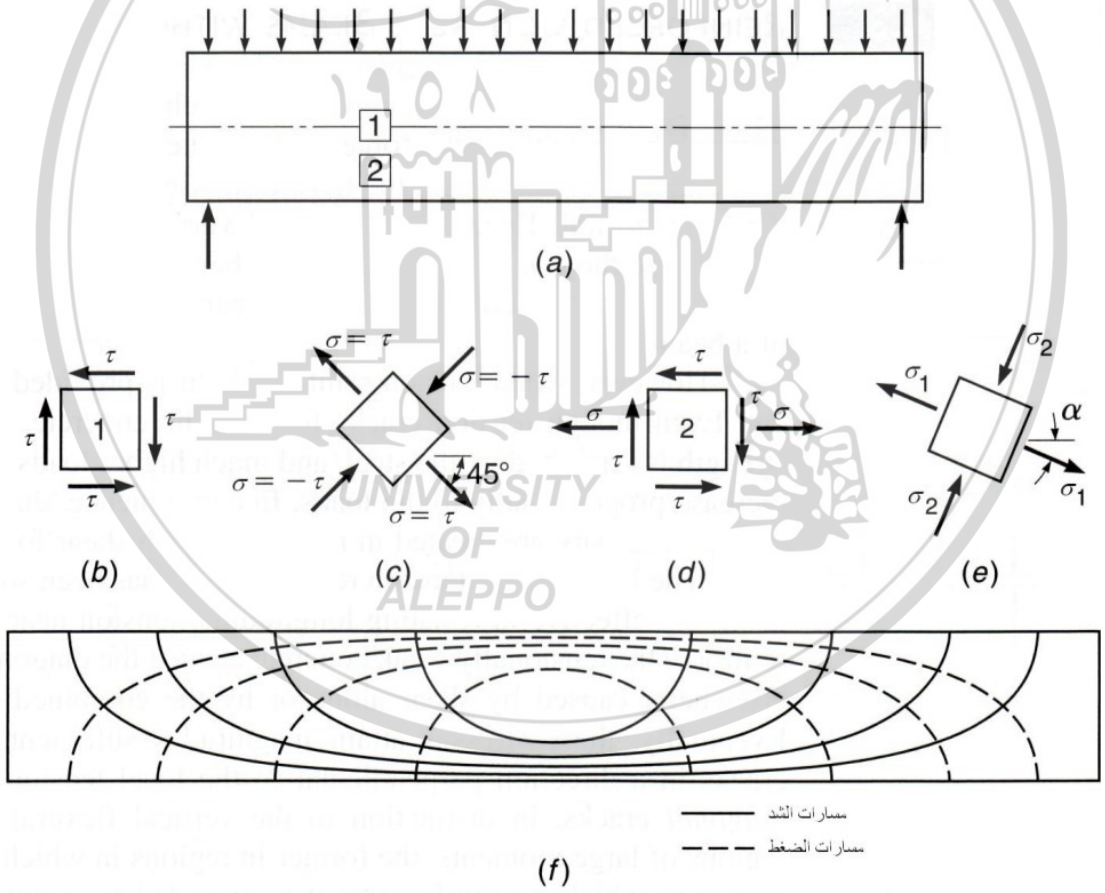
حيث:

V= القوة القاطعة في المقطع المدروس

Sz=العزم الستاتيكي لشريحة من المنطقة المضغوطة حول المحور المحايد

b= عرض المقطع العرضي الموازي للمحور Z

Iz= عزم العطالة للمقطع العرضي بالنسبة للمحور المحايد



الشكل رقم (٤-٤) الإجهادات في الجائز ذي المقطع المستطيل

فإذا كان المقطع العرضي مستطيلا تعطى قيمة إجهاد القص الأعظمي بالعلاقة الآتية:

$$\tau_{\max} = \frac{3}{2}.\frac{V}{b.H}$$

حيث تعبر H عن ارتفاع المقطع العرضي.

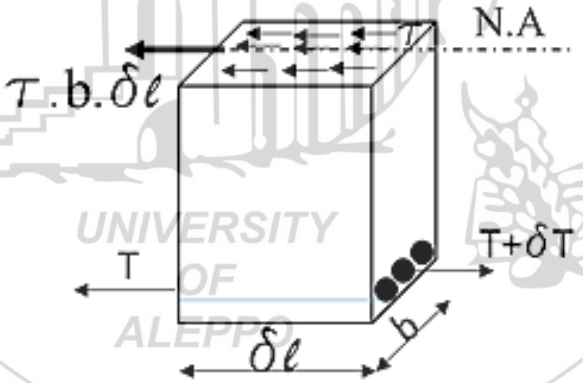
أما إذا كان المقطع العرضي دائريا تعطى قيمة إجهاد القص الأعظمي بالعلاقة الآتية:

$$\tau_{\max} = \frac{4}{3}.\frac{V}{A}$$

حيث تعبر A عن مساحة المقطع العرضي.

أما في الجوائز الخرسانية المسلحة فيمكننا حساب إجهاد القص المرافقة لعزم الانعطاف لذلك سوف نأخذ مقطعا عند المحور المحايد حيث تتولد إجهادات قص أفقية مقدارها τ التي تتوازن مع قوة الشد المتولدة في فولاذ التسليح كما هو مبين في الشكل رقم (٤-٥) التي يمكننا كتابة معادلة توازن القوى الأفقية على النحو الآتي:

$$\delta T = \tau.b.\delta l \Rightarrow \tau = \frac{\delta T}{b.\delta l} \qquad (1-4)$$



الشكل رقم (٤-٥) العلاقة بين إجهاد القص والقوى المحورية

مهمتنا إيجاد علاقة تربط بين إجهاد القص والقوة القاطعة لذلك لابد من إيجاد علاقة تربط بين القوة المتولدة في القضبان الفولاذية والقوة القاطعة بالاعتماد على الشكل رقم (٤-٦c) وبتطبيق معادلات توازن العزم حول محور الفولاذ المشدود أوتطبيق معادلات توازن العزم حول مركز الخرسانة المضغوطة نجد:

$$\delta M = \delta F.Z = \delta T.Z \Rightarrow \delta T = \frac{\delta M}{Z} \qquad (2\text{-}4)$$

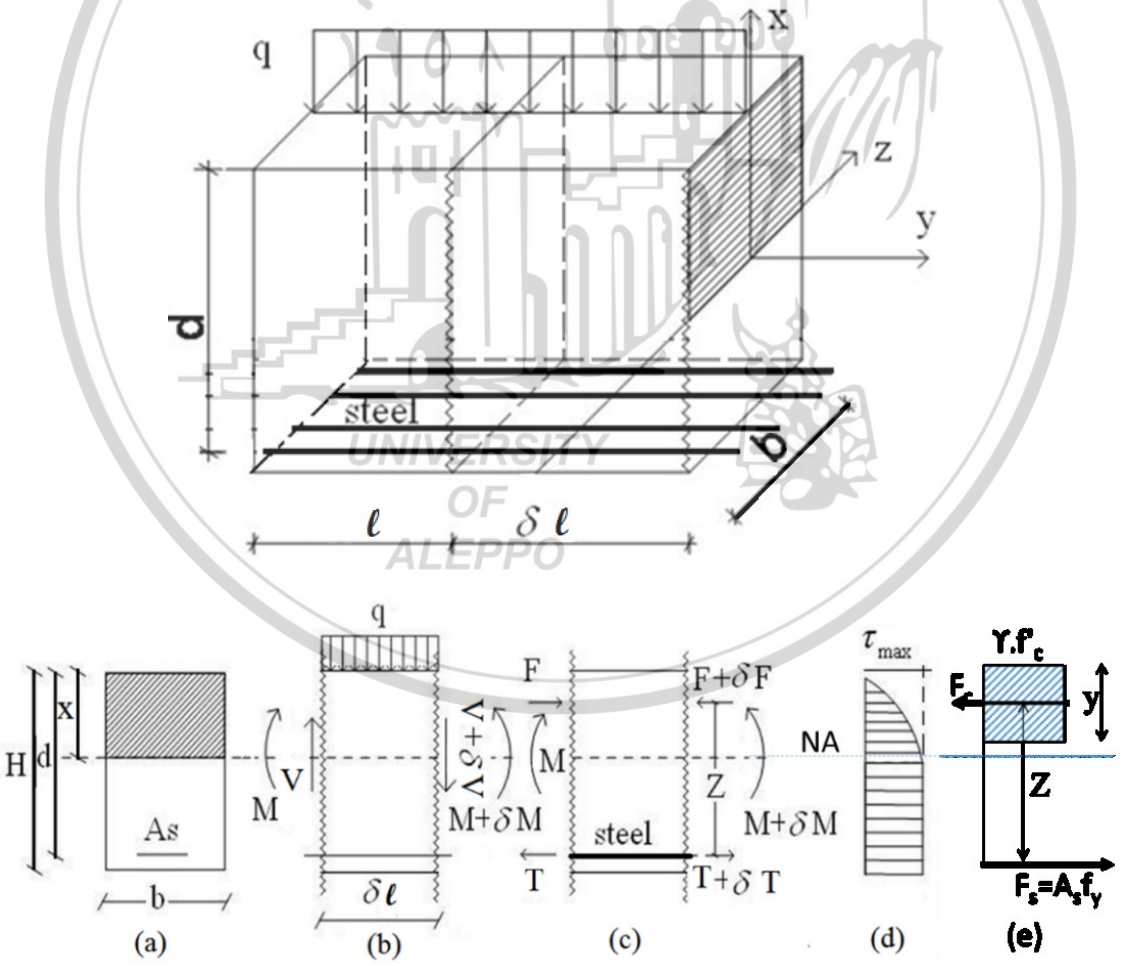
فالتغير في عزم الانعطاف δM يستدعي تغيرا في قوة الضغط على الخرسانة δF وتغيرا في قوة شد الفولاذ δT وهذا التغير في القوى يخلق إجهادات قصية أفقية.

ونحن نعلم من مبدأ مقاومة المواد العلاقة بين القوة القاطعة وعزم الانعطاف والتي يمكن إيجادها بالاعتماد على الشكل رقم (٤-٦b) وبتطبيق معادلات توازن العزم في الوجه الأيمن للمقطع نجد:

$$M + V.\delta l = q\frac{\delta l^2}{2} + M + \delta M$$

بإهمال اللامتناهيات في الصغر من الدرجة الثانية والاختصار نجد:

$$V = \frac{\delta M}{\delta l} \Rightarrow \delta M = V.\delta l \quad (3\text{-}4)$$



الشكل رقم (٤-٦) العلاقة بين القوى القاطعة والقوى المحورية وعزم الانعطاف

بتعويض العلاقتين رقم (٤-٢) و (٤-٣) في العلاقة رقم (٤-١) نجد:

$$\tau = \frac{\delta T}{b.\delta l} = \frac{\delta M}{Z.b.\delta l} = \frac{V.\delta l}{Z.b.\delta l} = \frac{V}{b.Z}$$

بفرض أن قيمة Z (ذراع الرافعة) تساوي تقريبا 0.85d وهي المسافة بين محصلة القوى الخرسانية الضاغطة ومحور قوى الشد في الفولاذ والتي تمثل القيمة d-y/2، وعندما يحتوي المقطع على أجنحة يؤخذ عرض الجذع b_w كما هو موضح بالعلاقة الآتية:

$$\tau_u = \frac{V_u}{b_w.Z} = \frac{V_u}{0,85.b_w.d}$$

وهي العلاقة الواردة في الكود العربي السوري.

أما علاقة إجهاد القص الحدي في الكود الأمريكي فتكون على النحو الآتي:

$$\tau_u = \frac{V_u}{b_w.d}$$

ولإدخال عامل تخفيض المقاومة بالحسبان فانه يمكننا كتابة علاقة إجهاد القص الحدي وفق العلاقة الآتية:

$$\tau_u = \frac{V_u}{\Omega.b_w.d} = \frac{V_u}{0,75.b_w.d} \qquad (4\text{-}4)$$

والتي يتم من خلالها حساب إجهاد القص الناتج عن القوى القاطعة للجوائز الخرسانية.

وتؤخذ قيمة V_u القوة القاطعة الحدية المؤثرة على المقطع المدروس على مسافة d من الوجه الداخلي للمسند.

٤-٣ مقاومة القص:

إن مقاومة أي عنصر إنشائي خاضع لتأثير قوة قاطعة يجب تأمينها بما يلي:

١. مقاومة الخرسانة للإجهادات المماسية

٢. أساور أو كانات عمودية على التسليح الرئيسي للشد كما هو مبين في الشكل رقم (٤-٧)

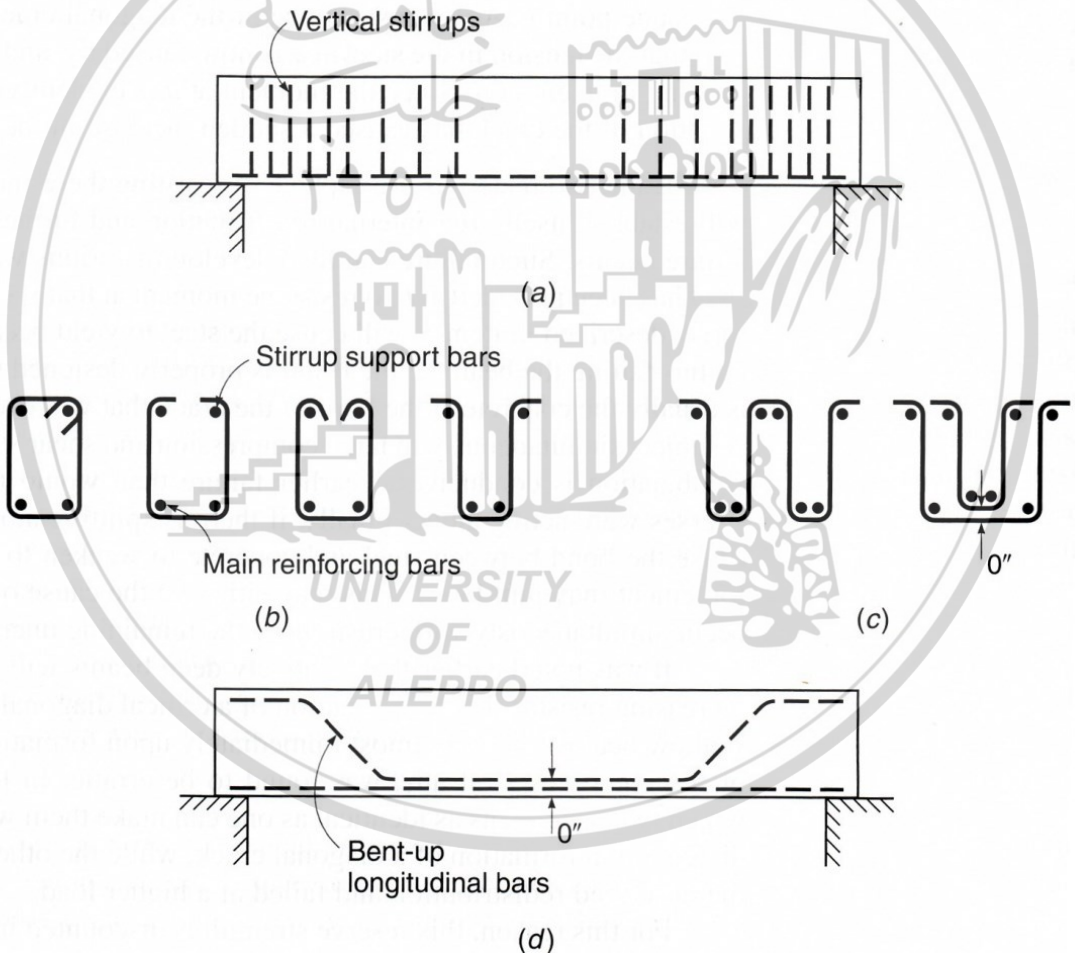
٣. أساور أو كانات مائلة بزاوية تتراوح من 30o الى 60o على التسليح الرئيسي للشد

٤. قضبان فولاذية مكسحة تميل بزاوية تتراوح من 30o الى 60o (وغالبا ما تكون هذه الزاوية 45o)

٥. وأحيانا يستعمل نوعين أو أكثر من الأنواع السابقة للتسليح العرضي لمقاومة قوى القص.

٦. لحساب إجهادات القص تؤخذ أكبر قيمة للقوة القاطعة في الجائز والمحسوبة عند أوجه الركائز.

٧. أما في حالة استناد الجوائز على المساند مباشرة حيث يتولد انضغاط عمودي على الحافة السفلى للجائز نتيجة هذا الارتكاز لذلك نعتمد قيمة القوة القاطعة المؤثرة على بعد d/2 من الوجه الداخلي للمسند كما هو مبين في الشكل رقم (٤-٨)



الشكل رقم (٤-٧) عناصر مقاومة إجهادات القص في الجوائز الخرسانية المسلحة

٤-٤ الحساب الافتراضي لإجهاد القص

أولا: للجوائز ذات الارتفاع الثابت

يحسب إجهاد القص الحدي τ_u من العلاقة الآتية:

$$\tau_u = \frac{V_u}{0.85.b_w.d}$$

حيث:

V_u القوة القاطعة الحدية المؤثرة على المقطع المدروس وتؤخذ على مسافة d/2 من الوجه الداخلي للمسند

b_w عرض جسد المقطع المدروس

d الارتفاع الفعال للمقطع المدروس

ثانيا: للجوائز متغيرة الارتفاع

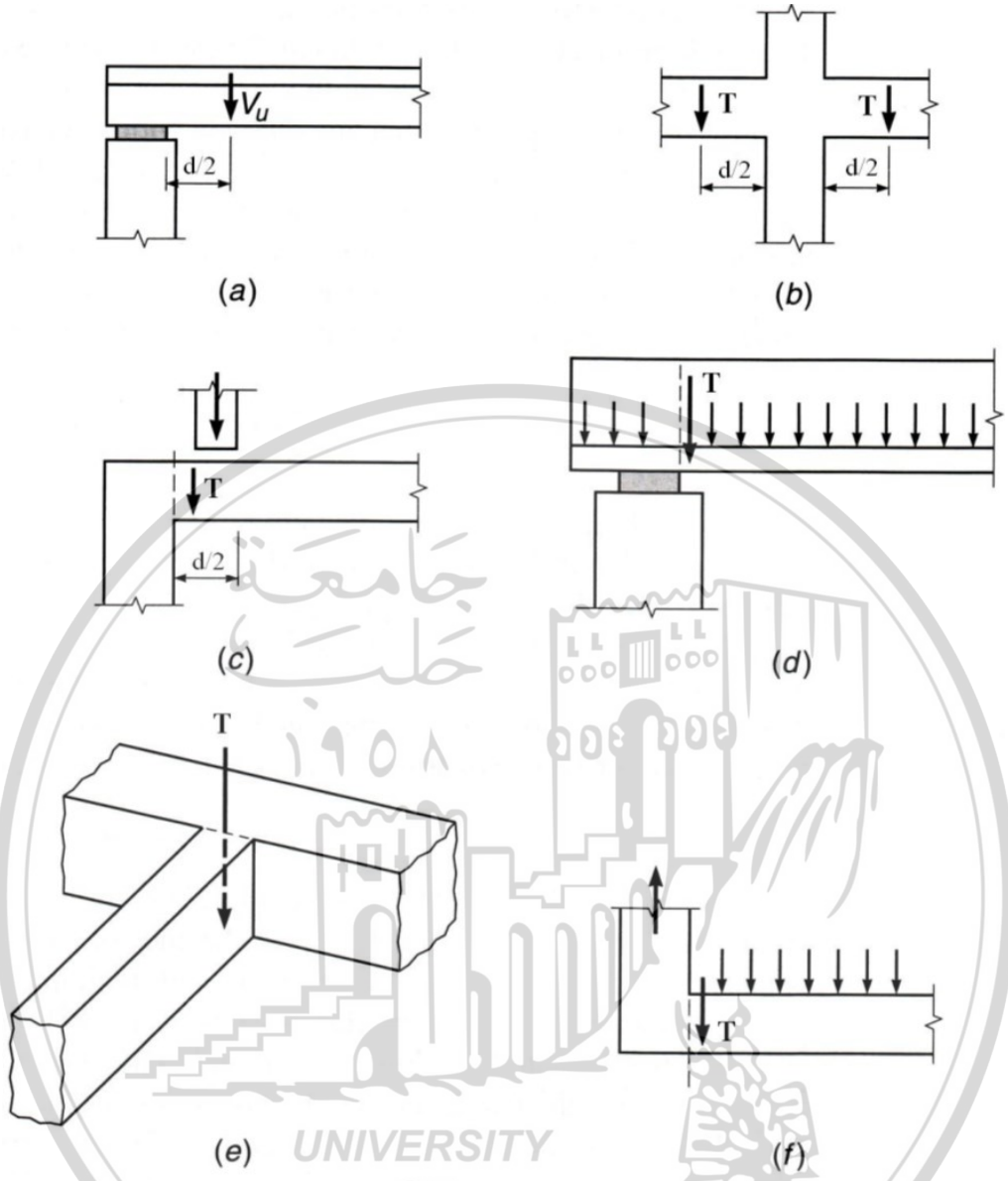
نستعيض عن القوة V_u بالقوة V_{ru} والتي تساوي:

$$V_{ru} = V_u - \frac{(M_u.\tan\beta)}{d} \quad (5\text{-}4)$$

حيث:

$\tan\beta$ ميل الشطفة على أن تكون قيمة الميل $\tan\beta \le \frac{1}{3}$

يفترض في هذه المعادلة أن ارتفاع المقطع يزيد مع زيادة عزوم الانعطاف، أما في حالة صغر ارتفاع المقطع مع زيادة عزم الانعطاف فيستعاض عن إشارة الـ (−) بإشارة (+)



الشكل رقم (٤-٨) المقطع الحرج لحساب القوى القاطعة في عناصر الخرسانة المسلحة

٤-٥ الإجهاد المماسي المسموح في الخرسانة والناتج عن القوى القاطعة(MPa)

أولا: في العناصر المعرضة للانعطاف والقص معا سواء كانت في العناصر الخطية أو البلاطات التي يزيد سمكها عن 20 سم (ماعدا البلاطات أو الأساسات المعرضة لقوى أو ردود أفعال مركزة) وغير المعرضة لعزم فتل رئيسي أو قوة ناظمية حيث يسمح للبيتون بمقاومة إجهادات مماسية تساوي:

$$\tau_{cu} = 0{,}16\sqrt{f'_c} + 18\mu_w \frac{V_u.d}{M_u} \leq 0{,}31\sqrt{f'_c} \qquad (6-4)$$

حيث:

τ_{cu} = الإجهاد المماسي الذي تقاومه الخرسانة واناتج عن القص الحدي مقدرا بـ (MPa)

f'_c = المقاومة المميزة للخرسانة في الضغط مقدرة بـ (MPa)

μ_w = نسبة التسليح الطولي المشدود في المقطع محسوبة على أساس عرض الجسد

d= الارتفاع الفعال للمقطع العرضي

M_u . V_u = قوة القص الحدية وعزم الانعطاف الحدي على المقطع شرط أن لا يزيد $\frac{V_u.d}{M_u} \leq 1{,}0$ وإلا يؤخذ مساويا 1,0

ويمكن الاستغناء عن العلاقة السابقة والاستعاضة عنها بالعلاقة الآتية:

$$\tau_{cu} = 0.23\sqrt{fc'} \qquad (7\text{-}4)$$

ثانيا: في البلاطات والأساسات بجوار الحمل أو رد الفعل المركز يسمح للبيتون مقاومة إجهادات مماسية τ_{cu} تساوي:

$$\tau_{cu} = \left[0{,}16 + \frac{a}{3b}\right]\sqrt{fc'} \leq 0{,}31\sqrt{fc'} \qquad (8\text{-}4)$$

حيث:

a=طول الضلع الأقصر لمساحة الحمل أو رد الفعل المركز

b=طول الضلع الأطول لمساحة الحمل أو رد الفعل المركز

ثالثا: عندما يترافق القص مع قوة محورية ضاغطة حدية مقدارها N_u يسمح للخرسانة مقاومة إجهادات مماسية افتراضية تساوي:

$$\tau_{cu} = \left[1 + 0{,}07\frac{N_u}{Ac}\right].0{,}16\sqrt{fc'} \qquad (9\text{-}4)$$

حيث:

Ac=مساحة المقطع الخرساني الإجمالية

رابعا: عندما يترافق القص مع قوة محورية شادة حدية مقدارها N_u يسمح للخرسانة مقاومة إجهادات مماسية افتراضية تساوي:

$$\tau_{cu} = \left[1 - 0{,}3\frac{N_u}{Ac}\right] 0{,}16\sqrt{fc'} \geq 0 \quad (10\text{-}4)$$

حيث:

Ac=مساحة المقطع الخرساني الإجمالية

إذا كان الإجهاد المماسي الحدي المحسوب τ_u الناتج عن الحمولات الخارجية أصغر أو يساوي τ_{cu} لا يحسب التسليح العرضي ويكتفي بنسبة التسليح الدنيا، أما إذا زادت القيمة τ_u على τ_{cu} فتؤخذ قيمة الإجهاد المماسي الافتراضي الذي تقاومه الخرسانة في هذا المقطع بقيمة عظمى تحدد كما يلي:

١. تساوي الصفر إذا كان المقطع المدروس يتقاطع أو ينطبق مع فاصل صب أفقي أو شاقولي أو مائل وعندما يكون جزء من التسليح الرئيسي المشدود الموجب منتهيا ضمن المجاز وفي منطقة الشد ($\tau_{ou} = 0$)

٢. في حال غياب أحد الشرطين السابقين يمكن أخذ قيمة τ_{ou} لاتزيد على ($\tau_{ou} = 0{,}35.\tau_{cu}$).

٣. في حال غياب الشرطين السابقين (أي في الحالة المثالية للتصميم والتنفيذ) تؤخذ قيمة τ_{ou} بحيث لاتزيد عن ($\tau_{ou} = 0{,}70.\tau_{cu}$).

٤. في حال تعرض العنصر إلى قوى شد تتسبب في وقوع المحور المحايد خارج المقطع العرضي يصمم التسليح العرضي لمقاومة الإجهادات المماسية τ_u المحسوبة مهما كانت قيمتها (لايوجد مقاومة للخرسانة).

ويبين الشكل رقم (٤-٩) كيفية حساب إجهادات القص التصميمية اللازمة لحساب التسليح العرضي

٥. لا يجوز في حال من الأحوال أن تزيد قيمة الإجهادات المماسية τ_u المحسوبة عن:

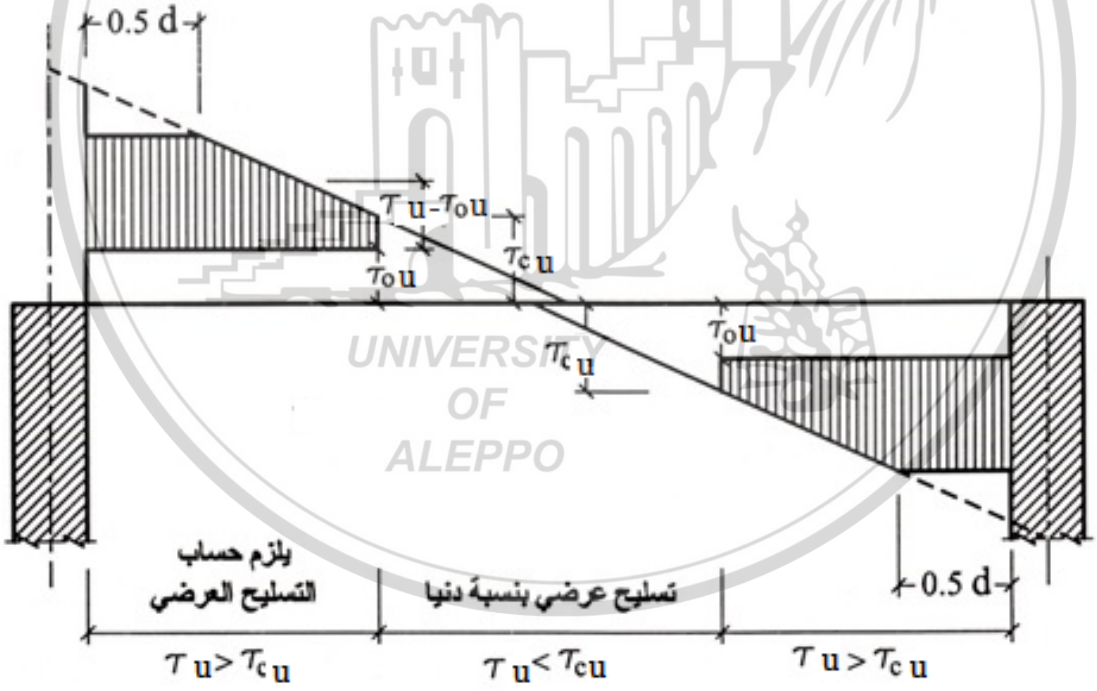
$\tau_{u\max} = 0{,}65\sqrt{fc'}$ في حال استعمال أساور شاقولية فقط

$\tau_{u\max} = 0{,}80\sqrt{fc'}$ في حال استعمال أساور شاقولية وقضبان تسليح مائلة بزاوية 45^o مع التسلح الطولي، (أو في حال استعمال أساور شاقولية وأساور مائلة)

أما إذا كان التسليح مؤلفا من عدة أنواع يكون مقطع التسليح الأدنى مساويا مجموع مقاطع الأنواع المختلفة على أن تؤخذ مقاومة الخرسانة τ_{ou} مرة واحدة في هذه الحسابات.

أما في الجوائز التي يزيد عرضها على ارتفاعها يمكن تخفيض مسلحة التسليح العرضي الواردة أعلاه شريطة أن لا تقل مساحة التسليح العرضي عن 1,33 مرة مساحة التسليح الحسابي على أن تهمل مقاومة الخرسانة τ_{ou} في الحسابات كليا وتعتمد القيمة الأدنى بين القيمتين الواردتين أعلاه.

تؤخذ نسبة التسليح الدنيا للتسليح العرضي (الأساور) $Ast_{\min} = \frac{0{,}35}{fy} b_w . S$



الشكل رقم (٤-٩) إجهادات القص التصميمية اللازمة لحساب التسليح العرضي

٤-٦ تصميم التسليح العرضي اللازم لمقاومة القص

٤-٦-١ في حال استعمال أساور شاقولية عمودية على التسليح الطولي

تتألف القضبان الشاقولية في جوائز الخرسانة المسلح من أساور أو إطارات تحيط بقضبان التسليح السفلية وتثبت حول القضبان العلوية، لنفرض أن تباعد الأساور في الاتجاه الطولي للجائز S ولتكن قيمة القوة القاطعة الاسمية التي يخضع لها المقطع Vn.

لحساب التسليح اللازم سوف نفرض أن تشققات القص المتوقع حدوثها في الجائز تميل بزاوية 45^o على المحور الأفقي للجائز، وليكن CD هو أحد الشقوق المائلة كما هو مبين في الشكل رقم (٤-١٠a).

إن عدد الأساور الشاقولية التي يقطعها المستقيم CD هو n، وقيمة القوة المؤثرة في كل صف من الأساور تساوي إلى "Fs والموضحة في العلاقتين الآتيتين:

$$Fs" = Ast.f_{y_s} \qquad n = \frac{d - d_1'}{S}$$

حيث:

A_{st} تمثل مساحة مقطع الأساور في الصف الواحد (مجموع المقاطع العرضية للأساور الشاقولية في الصف الواحد)

fys تمثل قيمة إجهاد الخضوع لفولاذ الأساور

أما قيمة القوة المؤثرة على امتداد طول الشق تساوي "Fs= n. Fs

لنكتب معادلة توازن القوى الشاقولية على طول الشق المائل المستنتجة من الشكل رقم (4-10a)

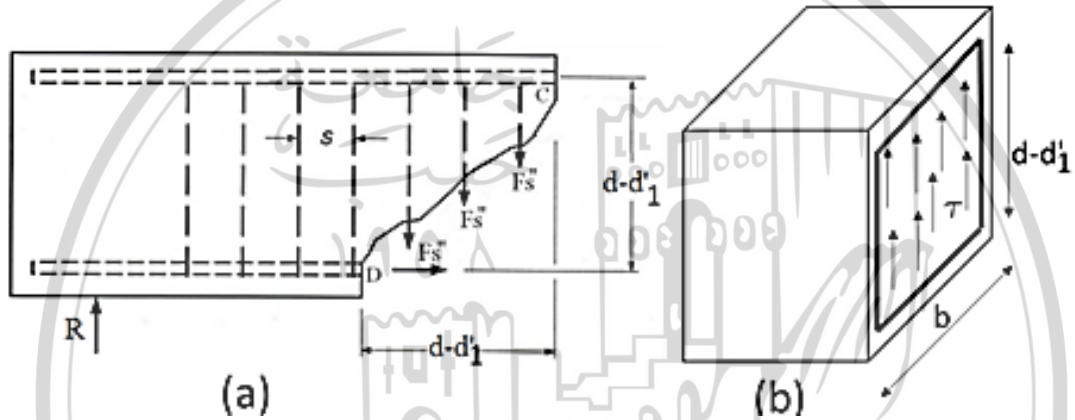
$$V_n = A_{st}.f_{ys}.\frac{d - d_1'}{S}$$

ومن الشكل رقم (4-10b) نقوم بحساب محصلة القوة الناتجة عن القوة القاطعة في المقطع العرضي والتي تساوي $V_n = \tau.b.(d - d_1')$ ونعوضها في العلاقة السابقة لنحصل على مساحة التسليح اللازم لمقاومة القوى القاطعة

$$A_{st}.f_{ys}.\frac{d-d_1'}{S}=\tau_u.b.(d-d_1')\Rightarrow A_{st}=\frac{\tau_u.b.S}{f_{ys}}$$

بفرض أن القوة القاطعة المؤثرة على الشق تساوي V_n وأن الخرسانة يقاوم جزءا من هذه القوة القاطعة مقداره $\tau_0.b.d=V_0$ لذلك يجب على الأساور أن تقاوم جزءا من القوة القاطعة مقداره $(\tau-\tau_0).b.d=V-V_0$ وبذلك تصبح العلاقة السابقة

$$A_{st}=\frac{(\tau_u-\tau_{0u}).b_w.S}{f_{ys}} \qquad (11\text{-}4)$$



الشكل رقم (10-4) القوى في أحد الشقوق القطرية للجوائز المسلحة بواسطة أساور شاقولية

b_w=عرض القطاع المستطيل للجائز أو عرض الجسد في القطاعات المجنحة

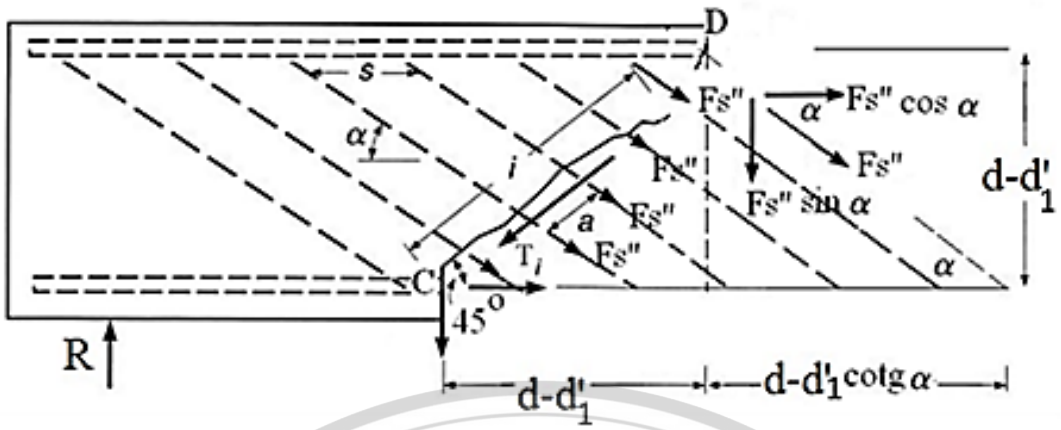
s= التباعد بين صفوف الأساور على طول المحور الطولي للجائز

A_{st}=مساحة مقطع الأساور في الصف الواحد

٤-٦-٢ في حال استعمال تسليح مائل

في حال استعمال أساور عرضية مائلة أو تسليح مكسح يميل على محور التسليح الرئيسي الطولي بزاوية α يمكن حساب مقطع وتباعد التسليح المائل بالاعتماد على الشكل رقم (٤-١١)

UNIVERSITY OF ALEPPO



الشكل رقم (٤-١١) القوى في أحد الشقوق القطرية للجوائز المسلحة بواسطة أساور مائلة

لحساب التسليح اللازم سوف نفرض أن تشققات القص المتوقع حدوثها في الجائز تميل بزاوية 45° على المحور الأفقي للجائز، وليكن CD هو أحد الشقوق المائلة.

إن عدد القضبان المائلة التي يقطعها شق القص المائل هو:

$$n = \frac{(d - d_1')(1 + \cot g\alpha)}{S}$$

باستخدام معادلة التوازن الشاقولية يمكننا كتابة:

$$V = n.Fs''.\sin\alpha$$

بتعويض قيمة n و"Fs بما يعادلها في المعادلة نستنتج قيمة التسليح المائل المطلوب والذي يساوي:

$$A_{st} = \frac{\tau_u.b_w.S}{f_{ys}(\sin\alpha + \cos\alpha)}$$

وبذلك يدرج الكود العربي السوري العلاقة السابقة بشكل آخر بعد أن يقوم بإعطاء الخرسانة مساهمة في مقاومة الإجهاد المماسي وتساوي إلى τ_o التي مر ذكرها سابقا وبذلك يؤخذ الحد الأدنى لمقطع التسليح المائل من العلاقة الآتية:

$$A_{st} = \frac{(\tau_u - \tau_{ou}).b_w.S}{f_{ys}(\sin\alpha + \cos\alpha)} \qquad (12\text{-}4)$$

ولسهولة التعامل مع العلاقة رقم (12-4) نفرض قيمة لمساحة الفولاذ المتوفرة Ast حيث يمكننا إيجاد التباعد بين قضبان التسليح مباشرة.

$$S = \frac{A_{st} f_{ys}}{(\tau_u - \tau_{ou}).b_w}(\sin\alpha + \cos\alpha)$$

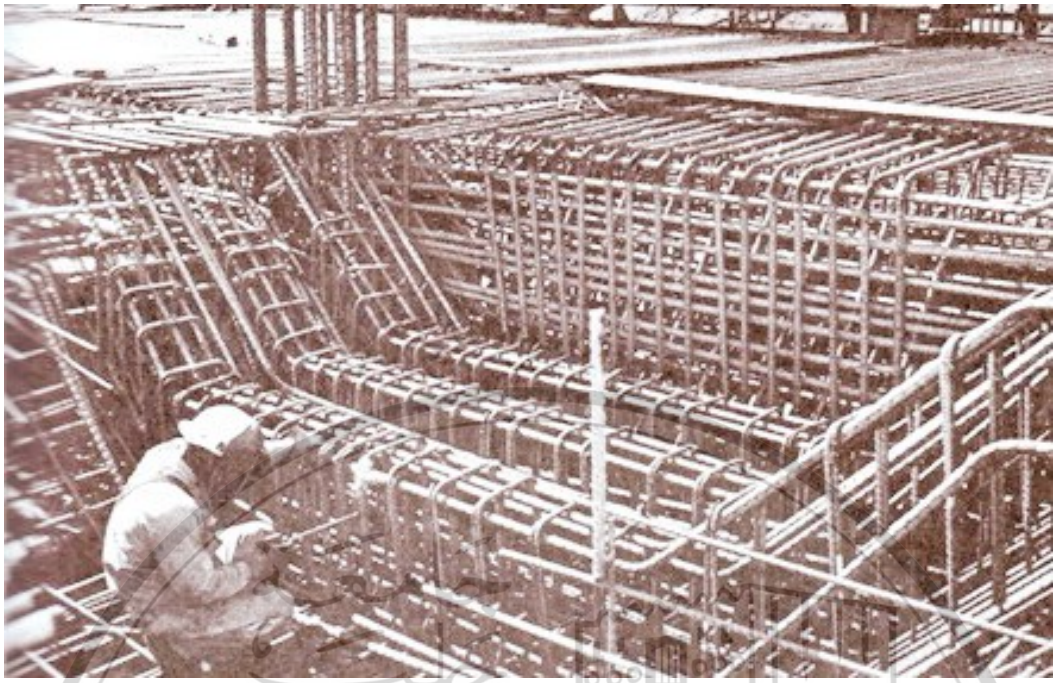
وإذا كانت α =45° فتصبح العلاقة السابقة:

$$A_{st} = \frac{(\tau_u - \tau_{ou}).b_w.S}{f_{ys}\sqrt{2}} \quad \text{أو} \quad S = \frac{A_{st}.f_{ys}}{(\tau_u - \tau_{ou}).b_w}\sqrt{2} \qquad (13\text{-}4)$$

٤-٧ اشتراطات الكود العربي السوري للتسليح العرضي

- تؤخذ القوة القاطعة الحرجة على بعد d/2 من الوجه الداخلي للمسند
- توضع الاسوارة الأولى على مسافة لاتزيد عن 50 مم من وجه المسند
- لا يقل قطر التسليح العرضي عن 1/3 أكبر قطر للتسليح الطولي مع حد أدنى 6mm
- لا تزيد المسافة بين كل فرعين متجاورين للتسليح العرضي في الصف الواحد عن 300mm.
- لا يقل التباعد بين الأساور على طول محور الجائز عن 100mm
- لا تتجاوز المسافة بين الأساور (على طول محور الجائز) نصف الارتفاع الفعال d/2 مع حد أقصى 300mm عدا حالة الجوائز المخفية الحاملة للبلاطات الهوردي والجوائز التي يزيد عرضها ثلاثة أمثال ارتفاعها حيث يسمح أن تصل هذه المسافة إلى d

UNIVERSITY OF ALEPPO



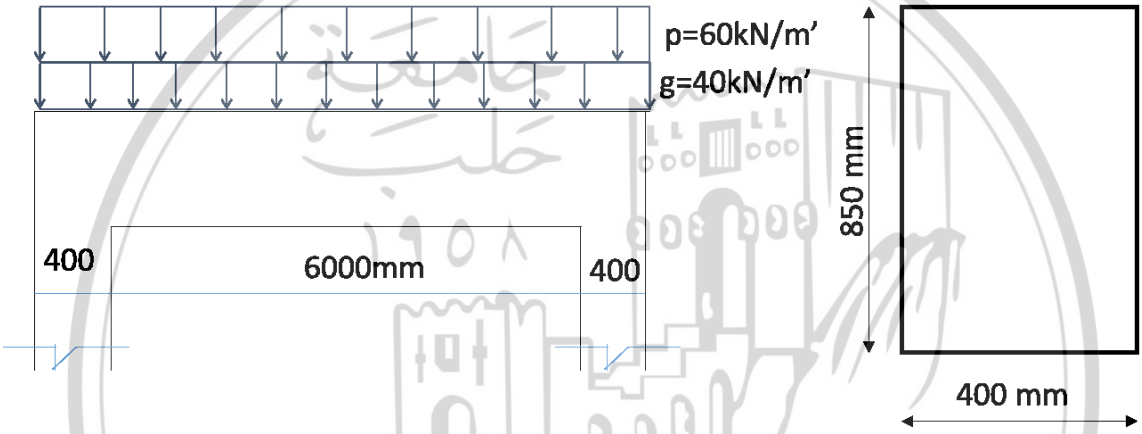
الشكل رقم (٤-١٢) يبين فولاذ التسليح المائل لمقاومة إجهادات القص عند المساند

- في حال الجوائز المسلحة على الشد والضغط يجب أن تطوق الأساور كامل القطاع وألا تزيد المسافة بينهما عن 15 مرة قطر القضيب المضغوط أو 200mm أيهما أقل وذلك ضمانا لعدم تحنيب قضبان التسليح الطولي.
- في حالة الضرورة لوضع تسليح عرضي لمقاومة الإجهادات المماسية الناتجة عن الفتل، تكون الأساور من النوع الذي يطوق القطاع بكامله.
- في حال استعمال أساور مائلة أو قضبان طولية مكسحة فيجب أن يحتوي الخط المائل بزاوية ٤٥ على محور العنصر والمرسوم من أسفل الوجه الداخلي للركيزة على اسوارة أو قضيب مكسحز
- في حال استعمال قضبان مكسحة لمقاومة القص يجب ألا تزيد المسافة بين القضبان عن عمق الجائز الفعال d إذا كانت $\tau_u > 1.5\overline{\tau_{cu}}$، أما إذا كانت $\tau_u < 1.5\overline{\tau_{cu}}$ فيمكن زيادة المسافة إلى (1.5d).
- يراعى أن تكون قضبان التسليح المكسحة من القضبان الداخلية وأن تكون متناظرة بالنسبة للقطاع العرضي للعنصر، وألا تقاوم أكثر من نصف الإجهادات المماسية.

٤-٨ تطبيقات عملية

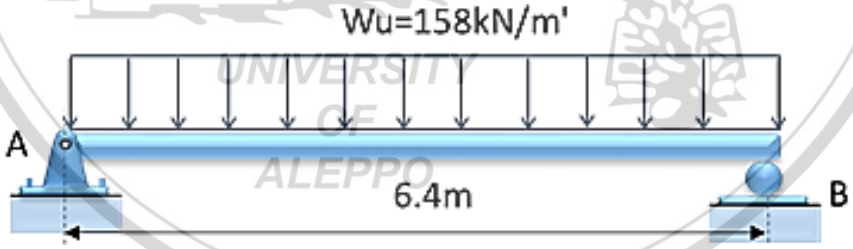
جائز من الخرسانة المسلحة مقطعه بشكل مستطيل أبعاده 850x400mm وطوله الصافي 6000mm موضحة بالشكل رقم(٤-١٣) يتعرض لتأثير حمولة موزعة بانتظام حمولة ميتة شدتها g=40 kN/m، وحمولة حية شدتها p=60 kN/m، والمطلوب حساب التسليح العرضي اللازم لمقاومة القوة القاطعة على كامل طول الجائز (أساور شاقولية) إذا علمت أن fy=280 MPa،f'c=22 MPa

واعتماد المجاز الحسابي هي الأبعاد المحورية



حساب الحمولة الحدية P_u

$$P_u=1,4g+1,7p=1,4.40+1,7.60=158kN/m$$



$$R_u=W_u.L/2=158.6,4/2=505,6kN$$

نحسب قيمة القوة القاطعة الحرجة على بعد d/2 من الوجه الداخلي للمسند، لذلك نكتب معادلة القوة القاطعة بدلالة x ($V_u=R_u-W_u.x$) ونعوض قيمة x بـ(d/2 + بعد وجه المسند عن المحور الحسابي) في مسألتنا تكون قيمة X=400+200=600mm=0,6m ثم نعوض الحدود الواردة في المعادلة بقيمها فنحصل على قيمة القوة القاطعة على بعد d/2 من الوجه الداخلي للمسند.

$$V_u=505,6-158.0,6=410,8kN$$

$$\tau_u = \frac{V_u}{0.85.b_w.d} = \frac{410800}{0,85.400.800} = 1,51MPa$$

$$\tau_{cu} = 0,23\sqrt{f'_c} = 0,23\sqrt{22} = 1,08MPa$$

$$\tau_{u\max} = 0,65\sqrt{f'_c} = 0,65\sqrt{22} = 3,05MPa$$

نلاحظ أن $\tau_{u\max} > \tau_u > \tau_{cu}$ لذلك يجب حساب التسليح العرضي اللازم

$A_{st} = \frac{(\tau_u - \tau_{0u}).b_w.S}{f_{ys}} = \frac{1,51.400.100}{280} = 215,71mm^2$ بفرض أن التباعد بين الأساور يساوي 100mm، لذلك نختار ٤ أذرع قطر ١٠ مم (والتي تعبر عن اسوارتين) Ast=314,16mm أو اسوارتين مختلفتي القطر قطر الأسوارة الخارجية 10mm وقطر الأسوارة الداخلية 8mm وبالتالي تصبح مساحة الأسوارتين 157,08+100,53=257,61mm^2 وهما محققتين للمساحة المطلوبة.

أو نفرض التسليح Ast ونستنتج التباعد S فلو فرضنا أن Ast=4T10mm=314,16 لحصلنا على قيمة التباعد اللازمة من علاقة حساب التسليح S=145.64 mm

***<u>تحديد نقطة إيقاف التسليح المحسوب والبدء بتسليح أصغري</u>**

يمكن تحديد نقطة إيقاف التسليح المحسوب والبدء بتسليح أصغري بالاعتماد على مقاومة الخرسانة لإجهادات القصτ_c

أولا: نستنتج مقدار القوة القاطعة المسموحة Vcu الموافقة للإجهاد المماسي الذي تقاومه الخرسانة τ_{cu} حيث نعوضها في معادلة الإجهاد المماسي فنستنتج مقدار القوة القاطعة الحدية Vcu على النحو الآتي:

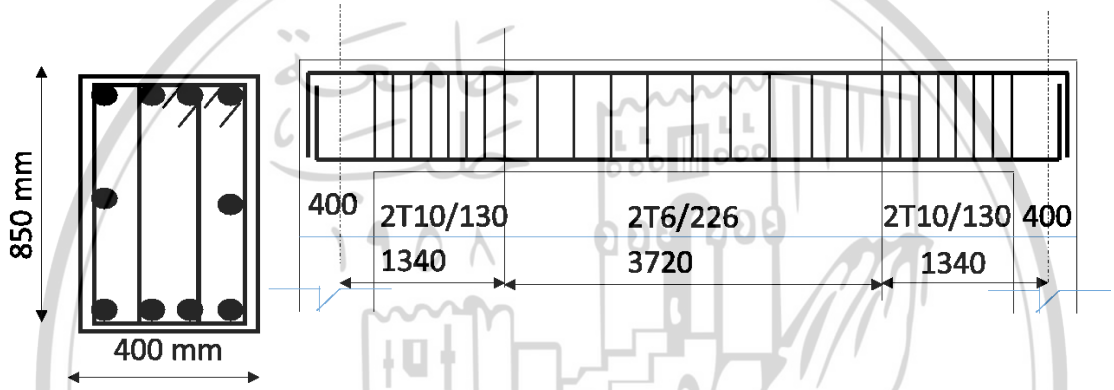
$$\tau_{cu} = \frac{V_{cu}}{0.85.b_w.d} = 1,08 \Rightarrow$$

$$V_{cu} = 0,85.400.800 = 293760N = 293,76kN$$

نعوض قيمة Vcu في معادلة القوة القاطعة فنستنتج قيمة x (Vcu=505,6-158.x=293,76) من هذه العلاقة يمكننا إيجاد قيم x والتي تساوي

$x = \frac{505,6 - 293,76}{158} = 1,34m$ وهي المسافة من محور الجائز حتى المقطع الني يتم فيها إيقاف التسليح المحسوب والبدء بتسليح أصغري

التسليح الأصغري يساوي $Ast_{\min} = \frac{0,35}{fy} b_w.S = \frac{0,35}{280} 400.S$ بفرض أن Smax=300mm ⇐ Astmin=150mm^2 لذلك نضع 4T6/300 أو نضع قيمة التسليح الأصغري ولتكن 4T6mm=113,1mm^2 ونوجد قيمة التباعد بين الأساور S=226mm ونمثل هذه القيم على الشكل الآتي:



UNIVERSITY OF ALEPPO

٤-٩ أطوال التثبيت الأساسية

٤-٩-١: في حالة الشد

٤-٩-١-١: القضبان الفولاذية الملساء

يؤخذ طول التماسك الأصغر أكبر القيم الآتية:

$$MinL_b = 0{,}79\frac{fy}{\sqrt{f'c}}\Phi$$

$$MinL_b = 0{,}15fy\Phi \qquad (14\text{-}4)$$

$$MinL_b = 300mm$$

تقدر Φ و L_b بالمليمتر (mm) وتقدر f'_c و f_y بالميغاباسكال (MPa)

على أن لايزيد قطر القضيب عن 25mm

٤-٩-١-٢: القضبان الفولاذية عالية التماسك

يؤخذ طول التماسك الأصغر أكبر القيم الآتية:

$$MinL_b = 0{,}016\frac{fy}{\sqrt{fc'}}\Phi^2$$

$$MinL_b = 0{,}075fy.\Phi \qquad (15\text{-}4)$$

$$MinL_b = 300mm$$

تقدر Φ و L_b بالمليمتر (mm) وتقدر f'_c و f_y بالميغاباسكال (MPa)

على أن لايزيد قطر القضيب عن 35mm

*يعدل الطول الأساسي المذكور في الفقرتين أعلاه بضربه بعامل الموقع (f_b) حسب توضع فولاذ التسليح ونوعيته والمعطاة في الجدول رقم (٤-١) الآتي:

الجدول رقم (٤-١) قيمة المعامل fb لأطوال التثبيت

نوعية قضيب التسليح ومكان استعماله	المعامل f_b
قضيب علوي (يزيد سمك الخرسانة تحته عن 300 مم)	1,4
كل قضيب في رزمة مؤلفة من قضيبين	1,2
كل قضيب في رزمة مؤلفة من ثلاثة قضبان	1,4
قضبان تزيد مساحة مقطعها على متطلبات العزم الحالي (المنعطف)	1,1 x مساحة قطاع التسليح اللازم/ مساحة قطاع التسليح السفلي
كل قضيب خلاف ذلك	1,00

٤-٩-٢: في حالة الضغط

٤-٩-٢-١: القضبان الفولاذية الملساء

يؤخذ طول التماسك الأصغر للقضبان الفولاذية المضغوطة بما يساوي ثلثي طول التماسك الأصغر للقضبان الفولاذية المشدودة ($Min\ L'_b = 2/3\ Min\ L_b$)

٤-٩-٢-٢: القضبان الفولاذية عالية التماسك

يؤخذ طول التماسك الأصغر للقضبان الفولاذية المضغوطة أكبر القيم الآتية:

$$Min L'_b = 0,253 \frac{fy}{\sqrt{fc'}} \Phi$$

$$Min L'_b = 0,05 fy . \Phi \qquad (16\text{-}4)$$

٤-١٠: استعمال العكفات النظامية في تأمين طول تثبيت التسليح:

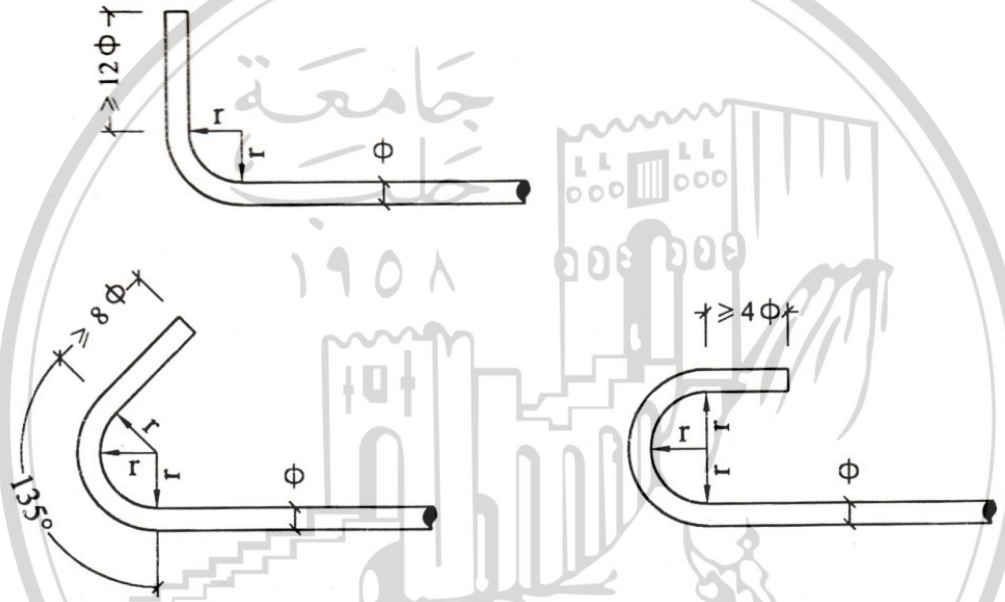
يؤخذ طول التثبيت (λ) المكافئ للعكفة النظامية لنهاية القضبان المشدودة من الجدول رقم (٤-٢)

وبالتالي يصبح طول التثبيت في حال وجود عكفة إلى ($L_b - \lambda$)

* لا تستخدم العكفات في القضبان المضغوطة

الجدول رقم (٤-٢) طول التثبيت المكافئ للعكفات النظامية

نوع العكفة	فولاذ أملس طري		فولاذ ذو نتوءات عالي المقاومة	
90° أو 135°	قضيب علوي	10 Φ	قضيب علوي	12-20 Φ
	قضيب سفلي	15 Φ	قضيب سفلي	18-24 Φ
180°	20 Φ			



الشكل رقم (٤-١٣) أشكال العكفات النظامية

جامعة حلب ١٩٥٨ UNIVERSITY OF ALEPPO

٤-١١: وصل القضبان بالتراكب:

يتم وصل القضبان بالتراكب التي لا يزيد قطرها عن 32 مم كما هو وارد في الجدول رقم (٤-٣) الآتي:

الجدول رقم (٤-٣) أطوال التراكب

	التسليح المستعمل/ التسليح المطلوب	طول التراكب	الحد الأدنى للتراكب
حالة الشد	أقل من 2	1,3 Lb	35Φ+10cm
	أكثر أو تساوي 2	1,0 Lb	30Φ+10cm
حالة الضغط	جميع الحالات	1,3 Lb	25Φ+15cm

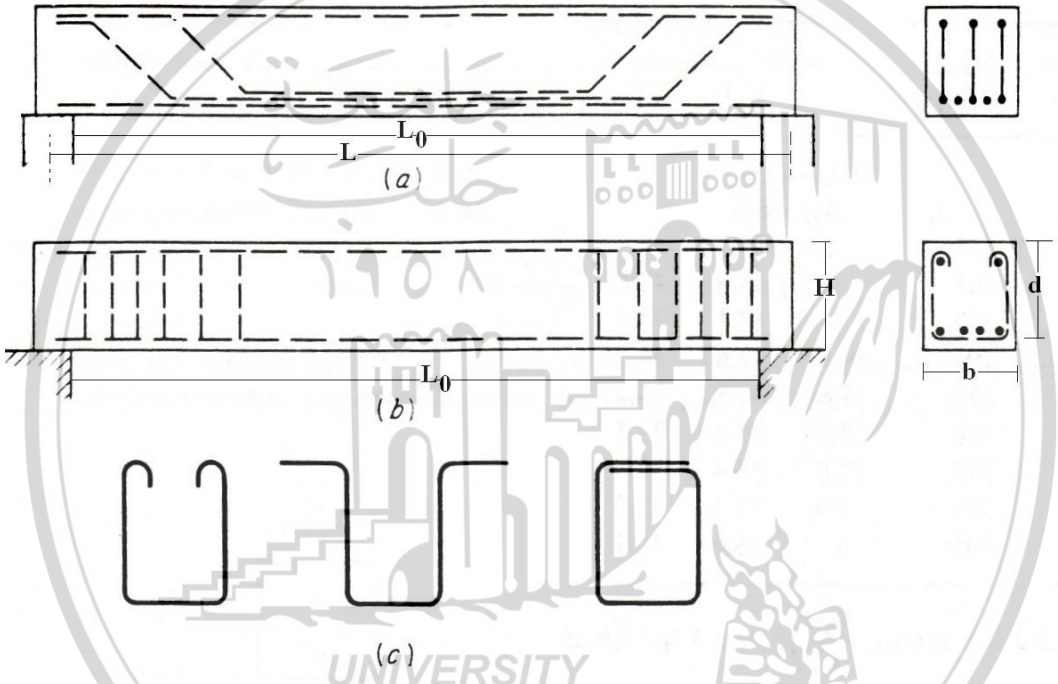
UNIVERSITY OF ALEPPO

الفصل الخامس

تصميم الجوائز الخرسانية المسلحة

٥-١ مقدمة:

الجوائز الخرسانية المسلحة هي عناصر موشورية تحمل السقوف والأرضيات في المنشآت المختلفة وتنقل حمولاتها إلى الأعمدة أو الجدران الحاملة.



الشكل رقم (٥-١) الجوائز الخرسانية المسلحة

تتعرض الجوائز الخرسانية المسلحة لتأثير الحمولات التي تنقل إليها من البلاطات إضافة إلى وزنها الذاتي كحمولات مثلثية أو موزعة بانتظام، ويمكن أن تتعرض لتأثير حمولات مركزة ناتجة عن استناد الجوائز الثانوية عليها.

تقسم الحمولات التي تتعرض لها الجوائز إلى نوعين:

١. حمولات دائمة (g): وهي الأوزان الذاتية للجائز وما يتحمله من وزن ذاتي للبلاطات إضافة إلى وزن طبقات الإكساء من بلاط ورمل وطينة إسمنتية وزريقة إسمنتية وتمديدات التدفئة والتمديدات الصحية وأوزان القواطع بين الغرف، ويتم حساب الحمولات المصعدة

الناتجة عن الحمولات الدائمة لحالات الحد الأقصى (الطريقة الحدية) بضربها بعامل تكبير يساوي 1,4 وبالتالي تصبح الحمولة المصعدة الناتجة عن الحمولة الدائمة تساوي G=1,4g

٢. حمولات إضافية(p): وهي تعبر عن كافة الأوزان المتحركة التي يمكن أن يتعرض لها الجائز كحمولات السكان والأثاث في الأبنية السكنية وأوزان المواد وغيرها في الأبنية التجارية والتي مر ذكرها سابقا. ويتم حساب الحمولات المصعدة الناتجة عن الحمولات الإضافية لحالات الحد الأقصى (الطريقة الحدية) بضربها بعامل تكبير يساوي 1,7 وبالتالي تصبح الحمولة المصعدة الناتجة عن الحمولة الإضافية تساوي P=1,7p

٥-٢ مراحل تصميم الجوائز الخرسانية المسلحة:

٥-٢-١ تحديد طول الجائز

قبل البدء بتعين أبعاد المقطع العرضي وحساب الحمولات المؤثرة على الجائز لابد لنا من تحديد طول فتحة الجائز الحسابية التي سوف يتم اعتمادها أثناء حساب الجهود المؤثرة على الجائز من قوى قاطعة وعزوم انعطاف.

يميز الكود العربي السوري بين عدة حالات لتعيين المجاز الحسابي الفعال لطول الجائز.

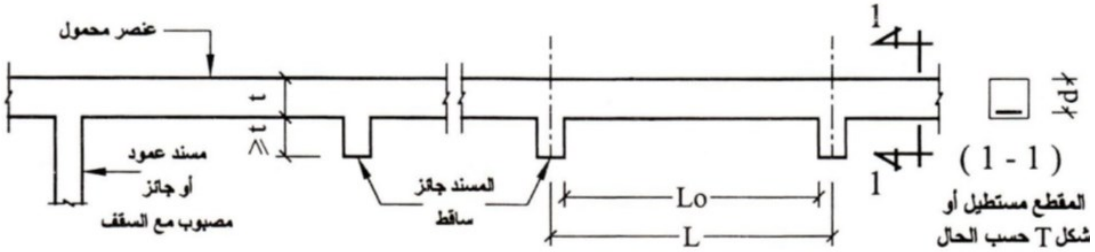
٥-٢-١-١ الحالة الأولى (عندما يكون المسند عمودا أو جدارا أو جائزا متدليا) :

إذا كان المسند مصبوب بشكل مستمر مع العنصر المحمول، ويكون المسند عمودا أو جدارا أو جائزا متدليا ذو ارتفاع لا يقل عن مثلي ارتفاع العنصر المحمول، حيث يؤخذ المجال الفعال لكل فتحة من الجائز أو العصب أو البلاطة حسب الحال (سواء كان الاستناد بسيطا أم مستمرا) مساويا للقيمة الأدنى من القيم الثلاث الآتية كما هو مبين في الشكل رقم(٥-٢):

١) المسافة بين محوري الاستناد (L)

٢) المسافة الحرة بين المسندين (L0) مضافا إليها العمق الفعال d

٣) المسافة الحرة بين المسندين مضروبة بالمعامل 1,05



الشكل رقم (٥-٢) مجاز الجائز المستند على أعمدة أو جوائز متدلية ذات ارتفاع لا تقل عن مثلي ارتفاع الجائز المحمول

٥-٢-١-٢ الحالة الثانية (عندما يكون المسند جائزا مخفيا) :

١) إذا كان المسند هو جائز مصبوب بشكل مستمر مع العنصر المحمول وذو ارتفاع يقل عن مثلي ارتفاع العنصر المحمول أو جائزا مخفيا.

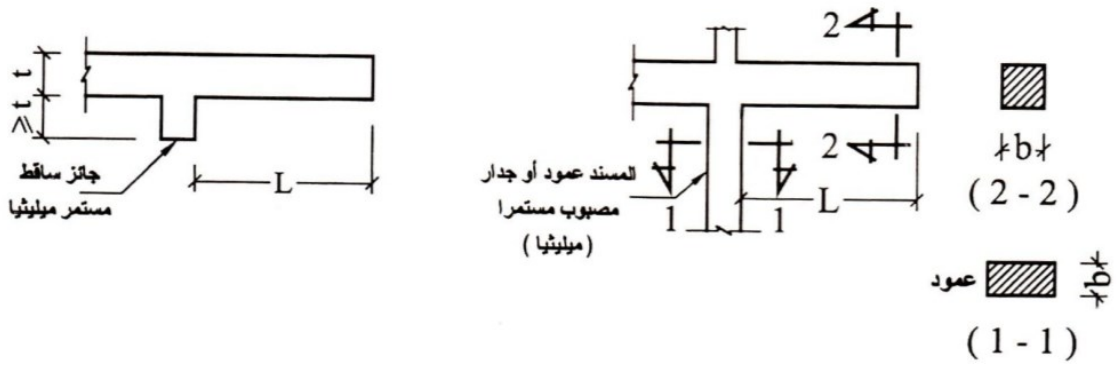
٢) المسند هو عمودا أو جدارا أو جائزا متداليا غير مصبوب بشكل مستمر مع العنصر المحمول.

يؤخذ المجال الفعال لكل فتحة من الجائز أو العصب أو البلاطة حسب الحال (سواء كان الاستناد بسيطا أم مستمرا) مساويا للمسافة بين محوري المسندين كما هو مبين في الشكل رقم(٥-٣).

الشكل رقم (٥-٣) مجاز الجائز المستند على أعمدة غير مصبوبة معه أو جوائز مخفية أو متدلية ذات ارتفاع تقل عن مثلي ارتفاع الجائز المحمول

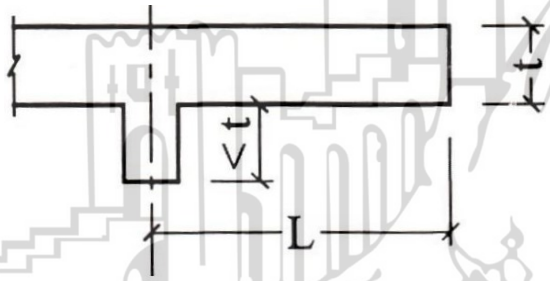
٥-٢-١-٣ الحالة الثالثة (حالات العنصر الظفري):

١) إذا كان المسند مصبوب بشكل مستمر مع العنصر الظفري المحمول، ويكون المسند عمودا عرضه نفس عرض العنصر المحمول أو جدارا أو جائزا متداليا ذو ارتفاع لا يقل عن مثلي ارتفاع العنصر المحمول، حيث يؤخذ المجال الفعال لفتحة الجائز أو العصب أو البلاطة مساويا إلى المسافة بين الوجه الحر ووجه المسند كما هو مبين في الشكل رقم (٥-٤).



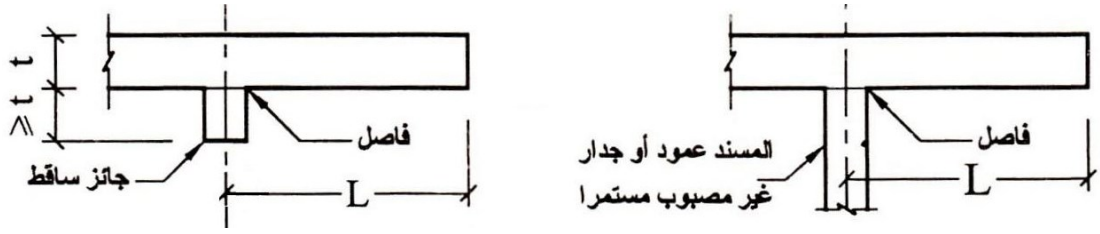
الشكل رقم (٥-٤) مجاز الظفر المستند على عمود أو جدار مصبوب معه أو على جائز متدلي ذات ارتفاع لا تقل عن مثلي ارتفاع الظفر المحمول

٢) إذا كان المسند مصبوب بشكل مستمر مع العنصر الظفري المحمول، ويكون المسند جائزا متدليا ذو ارتفاع يقل عن مثلي ارتفاع العنصر المحمول أو جائزا مخفيا، حيث يؤخذ المجال الفعال لكل فتحة من الجائز أو العصب أو البلاطة مساويا إلى المسافة بين الوجه الحر إلى محور المسند كما هو مبين في الشكل رقم (٥-٥).



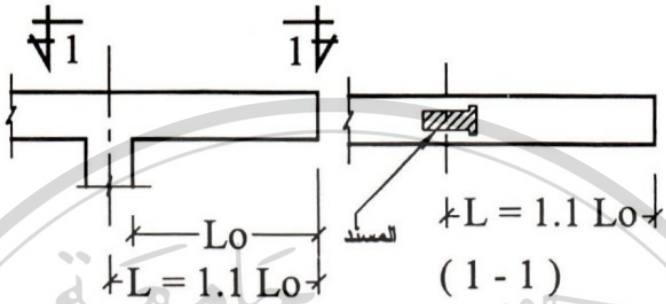
الشكل رقم (٥-٥) مجاز الظفر المستند على جائز مخفي أو جائز متدلي بارتفاع يقل عن مثلي ارتفاع الظفر المحمول

٣) إذا كان المسند غير مصبوب بشكل مستمر مع العنصر الظفري المحمول، ويكون المسند عمودا أو جدارا أو جائزا، حيث يؤخذ المجال الفعال لكل فتحة من الجائز أو العصب أو البلاطة مساويا إلى المسافة بين الوجه الحر محور المسند كما هو مبين في الشكل رقم (٥-٦).



الشكل رقم (٥-٦) مجاز الظفر المستند على عمود أو جدار أو جائز متدلي غير مصبوب معه

٤) إذا كان المسند مصبوب بشكل مستمر مع العنصر الظفري المحمول، ويكون المسند عمودا عرضه أقل من 0,7 من عرض العنصر الظفري المحمول، حيث يؤخذ المجاز الفعال لفتحة الجائز الظفري أو العصب أو البلاطة مساويا إلى المسافة بين الوجه الحر إلى وجه المسند L_0 مضروبا بـ 1,1 كما هو مبين في الشكل رقم (٥-٧).



الشكل رقم (٥-٧) مجاز الظفر المستند على مسند ذي عرض يقل عن 70% من عرض الظفر

٥-٢-٢ حساب الحمولات

تحسب الحمولات المؤثرة على طول الجائز بعد اختيار نوع وأبعاد البلاطات الخرسانية التي تحملها الجوائز، يمكن الرجوع إلى بحث البلاطات لتحديد كيفية توزيع حمولات البلاطات على الجوائز الحاملة لها.

٥-٢-٣ تقدير الأبعاد التقريبية للمقطع العرضي للجائز:

يعتمد تقدير الأبعاد التقريبية للجائز على خبرة المصمم وممارسته لأعمال التصميم المختلفة. حيث يجد صعوبة أولية في بدء العمل حين يقدر الأبعاد اللازمة للمقاطع العرضية ولكن هذه الصعوبة لابد أن تضعف وتتلاشى مع زيادة خبرته.

يجب أن يحقق الارتفاع الكلي الاشتراطات البعدية الواردة في الكود العربي السوري للجوائز التي لا يزيد مجازها الفعال عن 15 متر ذات المقطع المستطيل المتدلية والمخفية الشروط الواردة في الجدولين رقم (٥-١) و (٥-٢)

الجدول رقم (٥-١) الارتفاع الأدنى للجوائز التي لا يزيد مجازها عن 15 مترا ولا تقل مقاومتها المميزة عن 20 MPa

نوع استناد الجائز	غير مستمر من الطرفين	مستمر من طرف واحد	مستمر من طرفين	ظفر
جائز متدلي	L/14	L/15	L/16	L/6
جائز مخفي	L/16	L/18	L/20	L/8

الجدول رقم (٥-٢) الارتفاع الأدنى للجوائز التي لا يزيد مجازها عن 15 مترا و تقل مقاومتها المميزة عن 20 MPa

نوع استناد الجائز	غير مستمر من الطرفين	مستمر من طرف واحد	مستمر من طرفين	ظفر
جائز متدلي	L/12	L/13	L/14	L/6
جائز مخفي	L/14	L/16	L/18	L/8

أما عرض الجائز b فيؤخذ عادة متناسبا مع الارتفاع الكلي المفروض على أن يتسع لقضبان التسليح المشدودة ويفضل أن يكون $\frac{L}{b} \leq 30$ وكذلك يفضل أن تكون b ضمن الحدود ($\frac{H}{3} - \frac{2H}{3}$).

في الأبنية السكنية والتي تكون فيها الحمولات الكلية الإضافية والدائمة قليلة بالنسبة للحمولات في المنشآت الأخرى وخاصة الصناعية، فإنه يمكن تقدير عرض الجائز b بالقيم الآتية وذلك نسبة لأطوال هذه الجوائز كما هو موضح في الجدول رقم (٥-٣).

الجدول رقم (٥-٣) قيم عرض الجوائز b نسبة لطولها في الأبنية السكنية

قيم L (طول الجائز)	(3-4)m	(4-5)m	أكبر من 5m
قيم b (عرض الجائز)	20 -25 cm	25 – 30 cm	30 – 40 cm

يمكن حساب الوزن الذاتي في المتر الطولي للجائز بعد تقدير الأبعاد الأولية له بفرض كثافة الخرسانة تساوي $25\ kN/m^3$.

٥-٣ الجوائز البسيطة

وهي الجوائز المسنودة على مسندين بسيطين ويكون الدوران حرا في نقاط الاستناد، ولكن تختلف مساند الجوائز الخرسانية المسلحة عن حالة المساند المثالية والتي يفترض فيها أن المسند حر الدوران، لكنه في المساند الخرسانية ونتيجة التصاق الخرسانة مع المسند يولد نوعا من الاحتكاك التي تعرض بدورها أطراف الجوائز إلى عزوم جزئية سالبة.

٥-٣-١ حساب عزوم الانعطاف والقوى القاطعة

درسنا في علم مقاومة المواد وحساب الإنشاءات أساليب إيجاد قيم الجهود الداخلية (عزوم الانعطاف والقوى القاطعة) في الجوائز البسيطة والمستمرة وبالتالي مخططات تغير هذه الجهود، ولسنا هنا في صدد بيان طرائق إيجاد مخططات الجهود الداخلية، إذ يفضل العودة في ذلك إلى المراجع المختصة في إيجادها.

هنا يجب التفريق بين نوعين من الجوائز وهي الجوائز البسيطة والجوائز المستمرة، وعلى كل حال فان قيم العزوم الاعتبارية السالبة ضئيلة نسبة لقيم العزوم الأعظمية الموجبة والتي تكون هي المعتبرة في تصميم الجوائز البسيطة.

تختلف قيم العزوم الاعتبارية السالبة عند المساند بحسب ارتكاز الجوائز على جدران حجرية حمالة أو خرسانية أو خرسانية مسلحة أو على أعمدة خرسانية مسلحة أو على جوائز رئيسية أو وجود جدران علوية في نهايات هذه الجوائز، لذلك وجب على المصمم اعتبار هذه العزوم الجزئية في التصميم وتحقيق المقاطع العرضية للخرسانية والفولاذ من أجلها.

تعطي الأنظمة العالمية قيما مقبولة لعزوم الانعطاف الموجبة الأعظمية في وسط المجاز والعزوم الاعتبارية عند المساند الطرفية، وفي حالة الحمولة الموزعة بانتظام على كامل طول الجائز L فيما إذا كانت الحمولة الإضافية لاتزيد عن ضعف الحمولة الدائمة فيعطي الكود العربي السوري القيمتين الآتيتين:

عزم الانعطاف الموجب الأعظمي في وسط المجاز $M_u = +\frac{W_u . L^2}{8}$

عزم الانعطاف السالب الاعتباري عند المساند الطرفية $M_u = -\frac{W_u . L^2}{24}$

حيث تمثل W_u الحمولات الدائمة والإضافية المصعدة والموزعة بانتظام على كامل طول الجائز البسيط.

وفي حال التأكد من وجود إعاقات فعلية لدورانات المساند البسيطة الطرفية كارتكاز الجوائز على أعمدة خرسانية مسلحة أو وجود جدران على أطراف هذه الجوائز يمكن تخفيض قيمة العزم الموجب في وسط المجاز في حالة الحمولة الموزعة بانتظام على كامل طول

الجائز البسيط لتصبح $M_u = +\frac{W_u . L^2}{10}$ ، على أنه يجب تحقيق المقطع في المساند على قيمة العزم السالب الاعتباري $M_u = -\frac{W_u . L^2}{24}$.

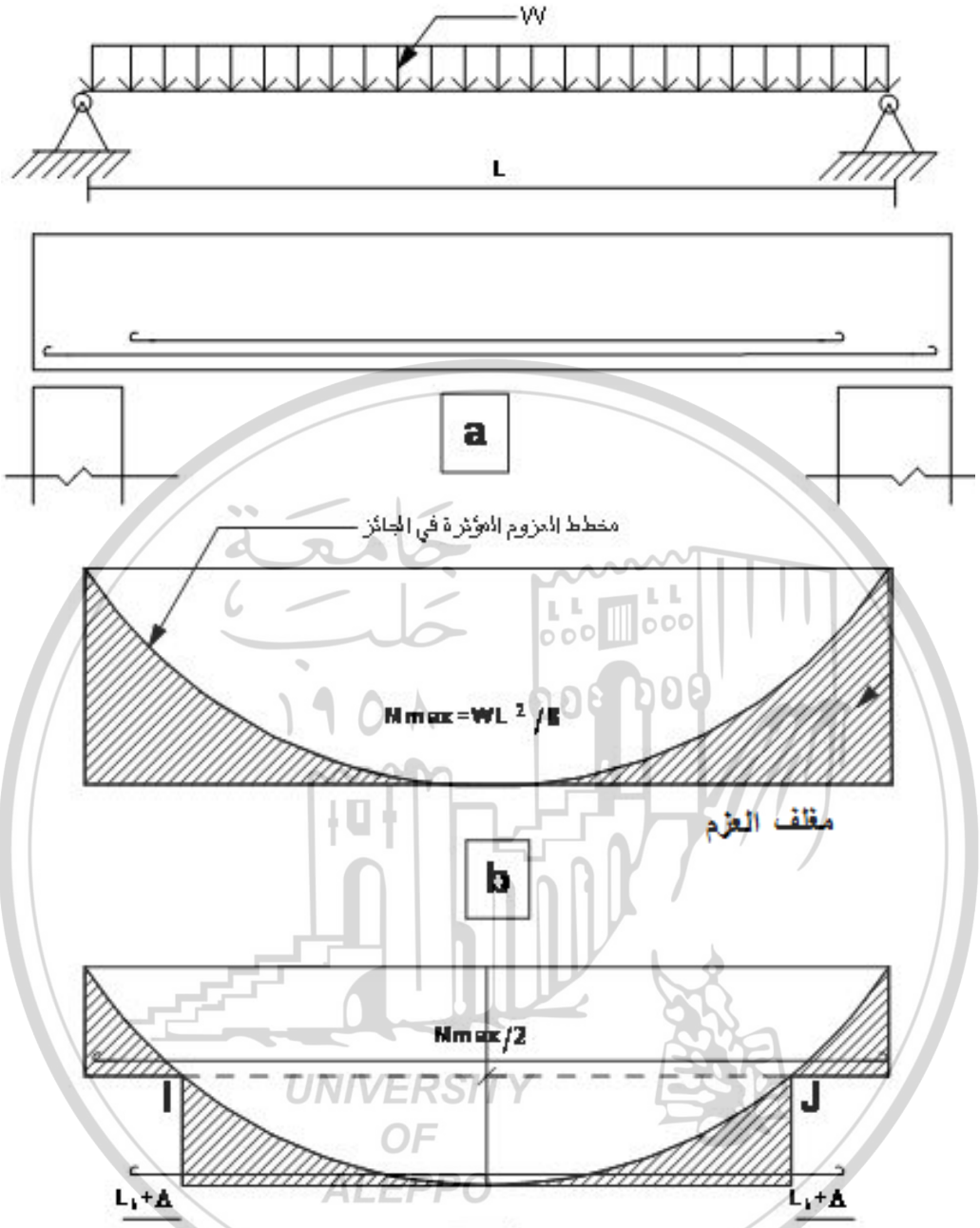
وفي حال وجود حمولات موزعة بانتظام مختلفة على الجائز يؤخذ العزم السالب الاعتباري يساوي إلى 1/3 العزم الموجب الأعظمي. (يؤخذ 50% من عزم الوثاقة)

٥-٣-٢ توزيع قضبان التسليح

يتم حساب التسليح في الجوائز البسيطة المقاوم للعزم الأعظمي الموجب ويضاف في المساند عزما سالبا اعتباريا لمقاومة العزوم السالبة الاعتبارية منعا لدوران المساند كما رأينا سابقا.

تتحول العزوم الأعظمية من قيم أعظمية في المجاز إلى أن تنعدم عند المساند، لذلك يمكن دراسة توزيع قضبان التسليح بالاعتماد على مخطط عزم الانعطاف للجائز حيث يمكن إيقاف أو رفع بعضا من قضبان التسليح الموجبة نظرا لأن مقطع الجائز ثابتا على كامل طول الجائز وبالتالي يكون المتحول الوحيد في هذه الحالة هو مقطع قضبان التسليح، فإذا استمرت جميع قضبان التسليح إلى المساند فإننا نقاوم عزما يساوي إلى قيمة العزم الأعظمي وبالتالي فانه يوجد فائض في مساحة قضبان التسليح الممتدة إلى المساند، لأن قيمة عزم الانعطاف تنخفض كلما اتجهنا إلى المساند.

يعبر المخطط المستطيل المبين في الشكل رقم (٥-b٨) عن العزم المقاوم الذي تقاومه قضبان التسليح اللازمة لمقاومة العزم الأعظمي والذي نطلق عليه مخطط العزم المقاوم، أما المخطط المنحني فهو يعبر عن مخطط عزم الانعطاف الفعلي الناتج عن تأثير الحمولات الخارجية (حمولة موزعة بانتظام)، أما المساحة المظللة الواقعة بين مخطط عزم الانعطاف الفعلي والعزم المقاوم فتعبر عن الهدر الحاصل في مساحة قضبان التسليح فيما لو استمرت جميع القضبان اللازمة لمقاومة العزم الأعظمي إلى المساند.



الشكل رقم (٥-٨) مخطط إيقاف القضبان في الجوائز البسيطة

يمكن أن نقلل من الهدر الحاصل في مساحة قضبان التسليح بتصغير مساحة العزم المقاوم أو المساحة المظللة المبينة في الشكل رقم (٥-٨c) وذلك بتخفيض عدد القضبان المستمرة إلى المساند بما يتناسب مع قيمة عزم الانعطاف المؤثر عند المقاطع المدروسة (I و J)، لكن إيقاف قضبان التسليح عند هذين المقطعين يعبر عن مسافة الإيقاف النظرية لقضبان التسليح لكنه في الواقع يجب أن تستمر القضبان المقطوعة لمسافة لاتقل عن $L_b+\Delta$ بعد نقاط الإيقاف النظرية والتي تعبر عن المسافة الفعلية حيث:

L_b= طول التثبيت اللازم حسب موقع ونوعية قضبان التسليح المقطوعة

Δ= d أو 12Φ أيهما أكبر إذا استخدمنا مساهمة الخرسانة τ_{ou} أثناء حساب تسليح القص

Δ= d/2 أو 12 Φ أيهما أكبر إذا أهملنا مساهمة الخرسانة τ_{ou} أثناء حساب تسليح القص($\tau_{ou} = 0$)

إضافة إلى تحقيق الشرطين الآتيين:

١) يجب ألا يتوقف جزء من قضبان التسليح الطولي لمقطع ما في منطقة الشد – عند تبين عدم الحاجة إليه بموجب الرسم البيانية لعزم الانعطاف – إلا إذا كان جهد القص في هذا المقطع، لا يتجاوز 2/3 جهد القص الأعظمي الذي يمكن أن يقاومه هذا المقطع.

٢) إذا كانت مساحة التسليح المستمر بعد نقطة الإيقاف، لاتقل عن ضعف المساحة المطلوبة نظريا، في المقطع المطابق للنقطة المذكورة.

أما عند تصميم الجوائز البسيطة في الأبنية العادية أو السكنية التي تكون حمولاتها معتدلة وموزعة بانتظام ومجازاتها متقاربة يتم اللجوء إلى وسائل تقريبية وسريعة في إيجاد نقاط إيقاف القضبان دون العودة إلى مخطط عزم الانعطاف حيث توصي معظم الكودات العالمية باتباع هذه الوسيلة عندما تتحقق الشروط الآتية:

١. أن تكون الحمولات المؤثرة هي حمولات موزعة بانتظام

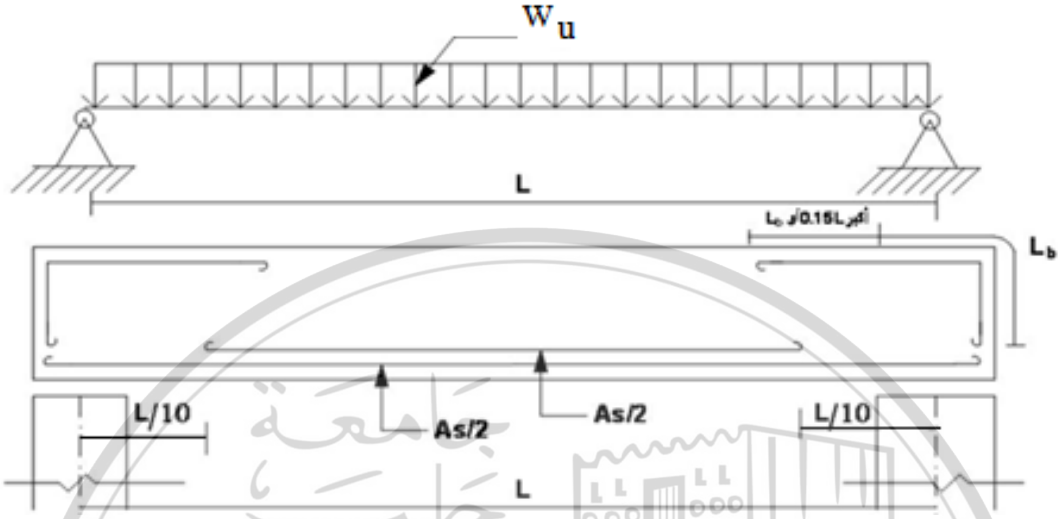
٢. لا يزيد الحمل الحي المصعد على ضعفي الحمل الميت المصعد

٣. أن لايقل طول المجاز عن 10 متر

يوضح الشكل رقم (٥-٩) الطريقة العملية والسريعة لإيقاف قضبان التسليح وفق قواعد الكود الأمريكي ACI.

أما في حالة القضبان المرفوعة فإننا نطبق نفس الأفكار الواردة في إيقاف القضبان باستثناء المسافة الفعلية لاستمرار القضبان والتي تصبح مساوية للقيمة Δ قبل رفعها (بدلا من $L_b+\Delta$) كما هو موضح في الشكل رقم (٥-١٠).

وكذلك يوجد طريقة عملية وسريعة من أجل إيجاد مسافات رفع القضبان في الجوائز البسيطة والمبينة في الشكل رقم (٥-١١) إذا تحققت نفس الشروط الواردة في فقرة إيقاف القضبان.



الشكل رقم (٥-٩) الطريقة العملية والسريعة لإيقاف قضبان التسليح وفق قواعد الكود الأمريكي ACI

٥-٣-٣ تحقيق المساند الطرفية (غير المستمرة)

يجب أن تحقق القضبان الواصلة إلى المساند الطرفية الشروط الآتية:

١) يجب أن تستمر نصف القضبان على الأقل إلى المساند الطرفية إلى ما لا يقل عن 150 mm داخل المسند، مع أخذ أطوال التثبيت اللازمة بالحسبان أيضا.

٢) يجب أن تحقق مساحة القضبان الموجبة الداخلة في المسند وثخانتها، الشرط الآتي:

$$La \geq Lb - \frac{M}{T}$$

حيث:

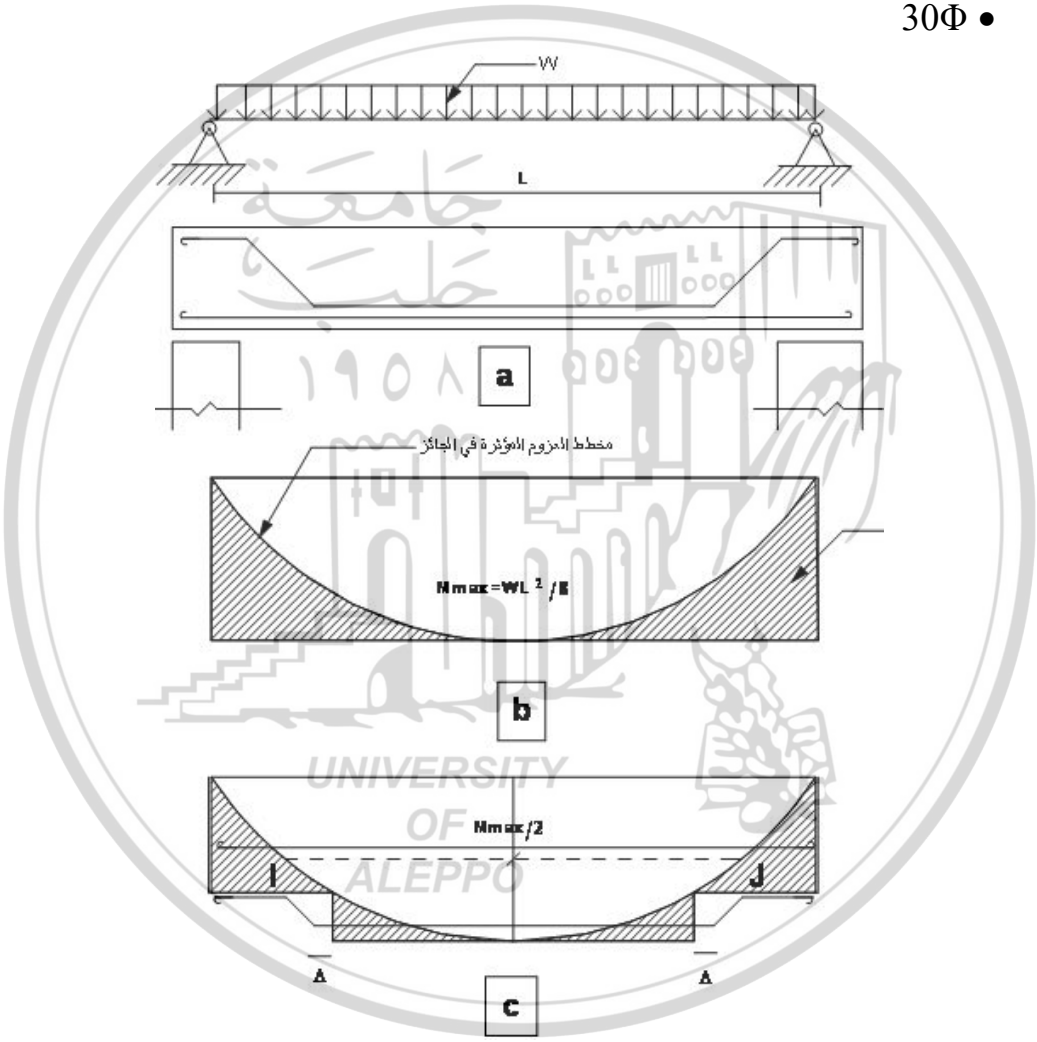
M= طاقة المقطع عند المسند على تحمل عزوم الانعطاف الموجبة ، بافتراض أن إجهاد الشد في القضبان المستمرة في محور المسند مساو لـ $\overline{fs}$.

T= قوة القص عند محور المسند.

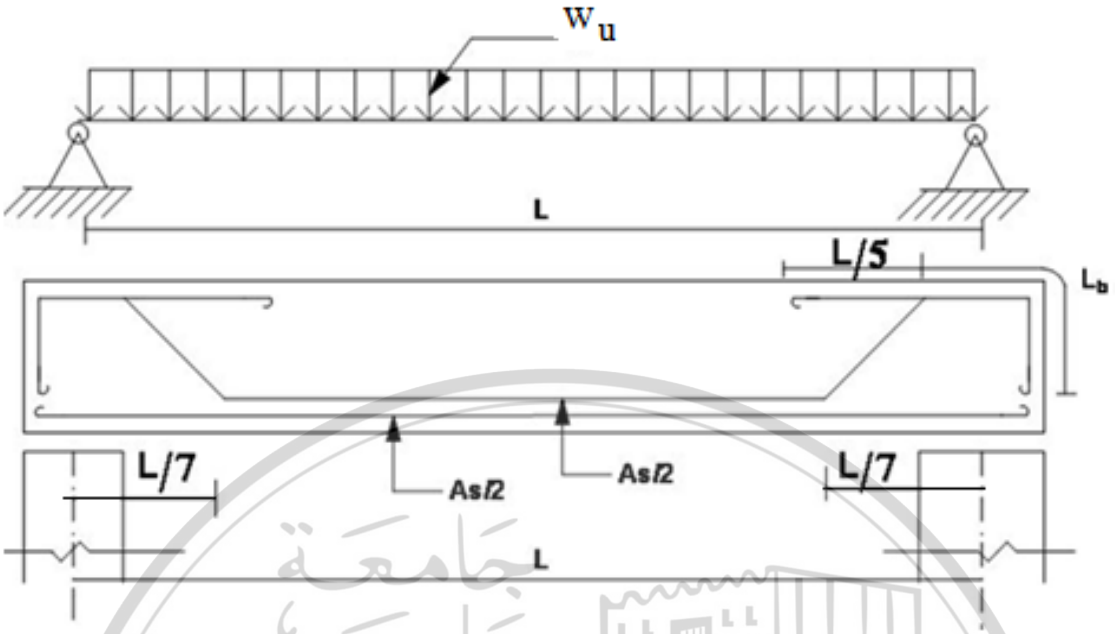
L_b= طول التثبيت

L_a= طول الاستمرار المستقيم للقضبان الموجبة ما بعد المسند. ويسمح بحساب الطول المكافئ للعكفات والثنيات عند حساب L_a، على أن تؤخذ قيمة L_a بما لا يقل عن إحدى القيم الآتية:

- نصف عرض المسند (باتجاه الجائز) $+12\Phi$
- $(12\Phi+d/2)$
- 30Φ



الشكل رقم (٥-١٠) مخطط رفع قضبان التسليح



الشكل رقم (٥-١١) المخطط العملي لإيقاف قضبان التسليح للأبنية السكنية العادية

ويمكن الاستغناء عن التحقق من الشرط الوارد في الفقرة أعلاه، إذا تحقق الشرطان الآتيان معا:

١. أن لاتقل مساحة قضبان التسليح الداخلة ضمن المسند غير المستمر عن ($\frac{V_u}{fy}$)

حيث:

V_u= القوة القاطعة الحدية عند المقطع الواقع على وجه المسند.

– أن تنتهي قضبان التسليح الموجبة الداخلة ضمن المسند بعكفة نظامية، تبدأ استدارتها بعد محور المسند، وأن لايقل طول الإرساء المستقيم لهذه القضبان ضمن المسند عن 25 مرة قطرها ابتداء من وجه المسند (وذلك في حال عدم وجود عكفة نظامية).

٢. يستثنى مما سبق، النهايات الطرفية للجوائز التي تشكل جزءا من الهياكل (الإطارات) المصمتة، لتحمل القوى الأفقية ذات الطبيعة المتناوبة كالرياح والهزات الأرضية، وذلك عندما يبين التحليل الإنشائي إمكانية تعرض التسليح السفلي في هذه الجوائز لقوى شادة عند العقد الطرفية، تحت تأثير كل حالة من حالات التحميل التي تشمل تأثير القوى

الأفقية، وفي هذه الحالة يجب تأمين إرساء كامل للتسليح السفلي ضمن المسند لايقل طوله عن طول التثبيت L_b بدءا من وجه المسند.

٥-٤ الجوائز المستمرة

تعرف الجوائز المستمرة بأنها جوائز مسنودة استنادا بسيطا على أكثر من مسندين ودوراناتها حرة فوق نقاط الاستناد، ونتيجة لصب الخرسانة المستمر وامتداد قضبان التسليح بين المجازات المتجاورة فإننا نصادف بشكل واسع مجموعة من الجوائز المستمرة المترابطة وليس مجموعة من الجوائز المنفصلة.

إن استخدام الجوائز المستمرة عوضا عن الجوائز البسيطة تقدم مجموعة من الميزات والفوائد أهمها:

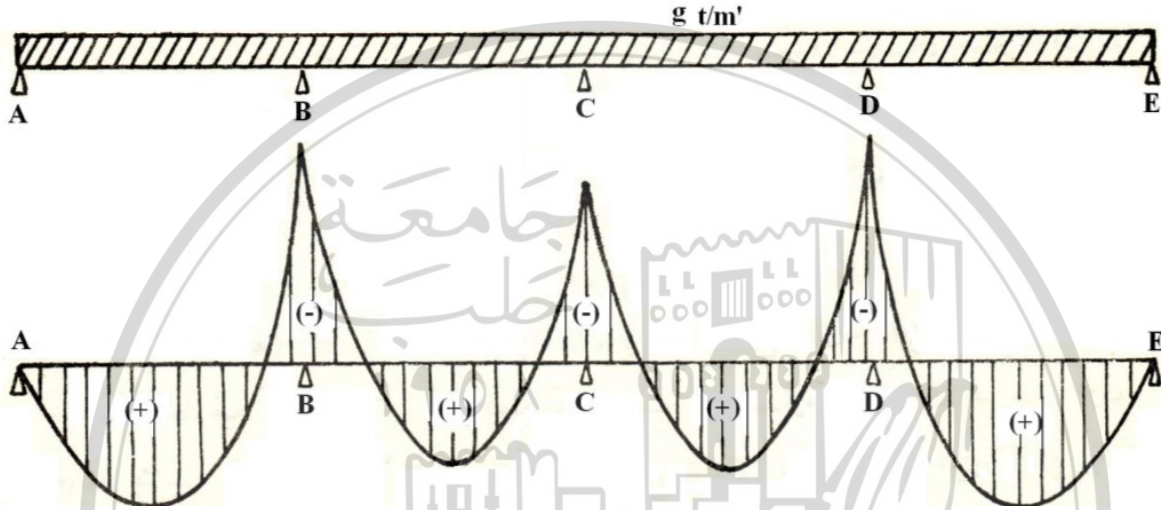
١. تحقيق وفر في مواد البناء يتراوح بين 15% و 20% بالمقارنة مع كلفة الجوائز البسيطة المتتالية.
٢. زيادة قدرة تحمل المنشأ تحت تأثير الأفعال والحمولات غير العادية نظرا لإمكانية إعادة توزيع العزوم وقوى القص فيها.
٣. للجوائز المستمرة أثرا ايجابيا في تحقيق ترابط المنشأ واستقراره بالمقارنة مع حالة الجوائز البسيطة.

إن مراحل تصميم الجوائز المستمرة تشبه إلى حد ما مراحل تصميم الجوائز البسيطة مع وجود بعض الاختلافات التي نوردها فيما يلي:

١. يتوجب علينا الفصل بين الحمولات الحية والميتة، لكي تتم دراسة حالات التحميل المختلفة في إيجاد القوى القاطعة وردود الأفعال وعزوم الانعطاف الموجبة والسالبة.
٢. إن الجائز المستمر هو عنصر غير مقرر توازنيا لذلك يتم حساب قيم العزوم والقوى القاطعة وردود الأفعال بالاعتماد على نظريات حساب الإنشاءات في حل الجمل غير المقررة.

٥-٤-١ التحميل الشطرنجي وإيجاد مغلفات عزوم الانعطاف والقوى القاطعة

تؤثر الحمولة الميتة g على الجائز بشكل دائم، لذا يفترض بأن تكون هذه الحمولة مؤثرة على جميع الفتحات نظرا لدوام تأثيرها لذلك يتم حساب قيم القوى القاطعة وردود الأفعال وعزوم الانعطاف الناتجة عن الحمولة الميتة g كما هو مبين في الشكل رقم (٥-١٢)



الشكل رقم (٥-١٢) مخطط عزم الانعطاف الناتج عن الحمولة الميتة المؤثرة على الجائز المستمر

أما الحمولات الحية الإضافية p فتكون متحركة ومتغيرة حيث تكون موزعة على المجازات وفقا لاحتمالات وجود الحمولات الإضافية الحية، ونعني بهذا أنه من الممكن أن تكون الحمولات الإضافية مؤثرة على مجاز واحد فقط أو مجازين أو أكثر وذلك تبعا لاستعمالات المنشأ المدروس. إذ يمكن الحصول على قيم عديدة ومختلفة لعزوم الانعطاف في مختلف مقاطع الجائز فيما إذا أثرت الحمولات على بعض مجازات معينة دون المجازات الأخرى، ومن الطبيعي أن ندرس أكبر العزوم الممكن حصولها في مختلف مقاطع الجائز وتصميم الجائز لمقاومة هذه العزوم.

لندرس على سبيل المثال الجائز المستمر المبين في الشكل (٥-١٤) ولنفرض أننا نصمم المقطع الذي يتعرض لأكبر عزم موجب، لذلك يتم تحميل الفتحة المدروسة بالحمولات الإضافية الحية وتحميل المجازات المتناوبة أيضا حسب مبدأ التحميل الشطرنجي.

أما من أجل الحصول على العزوم السالبة الأعظمية فإننا نحمل الفتحتين المجاورتين للمسند بالحمولات الحية ونستمر بالتحميل بشكل شطرنجي كما هو مبين في الشكل رقم (٥-١٣).

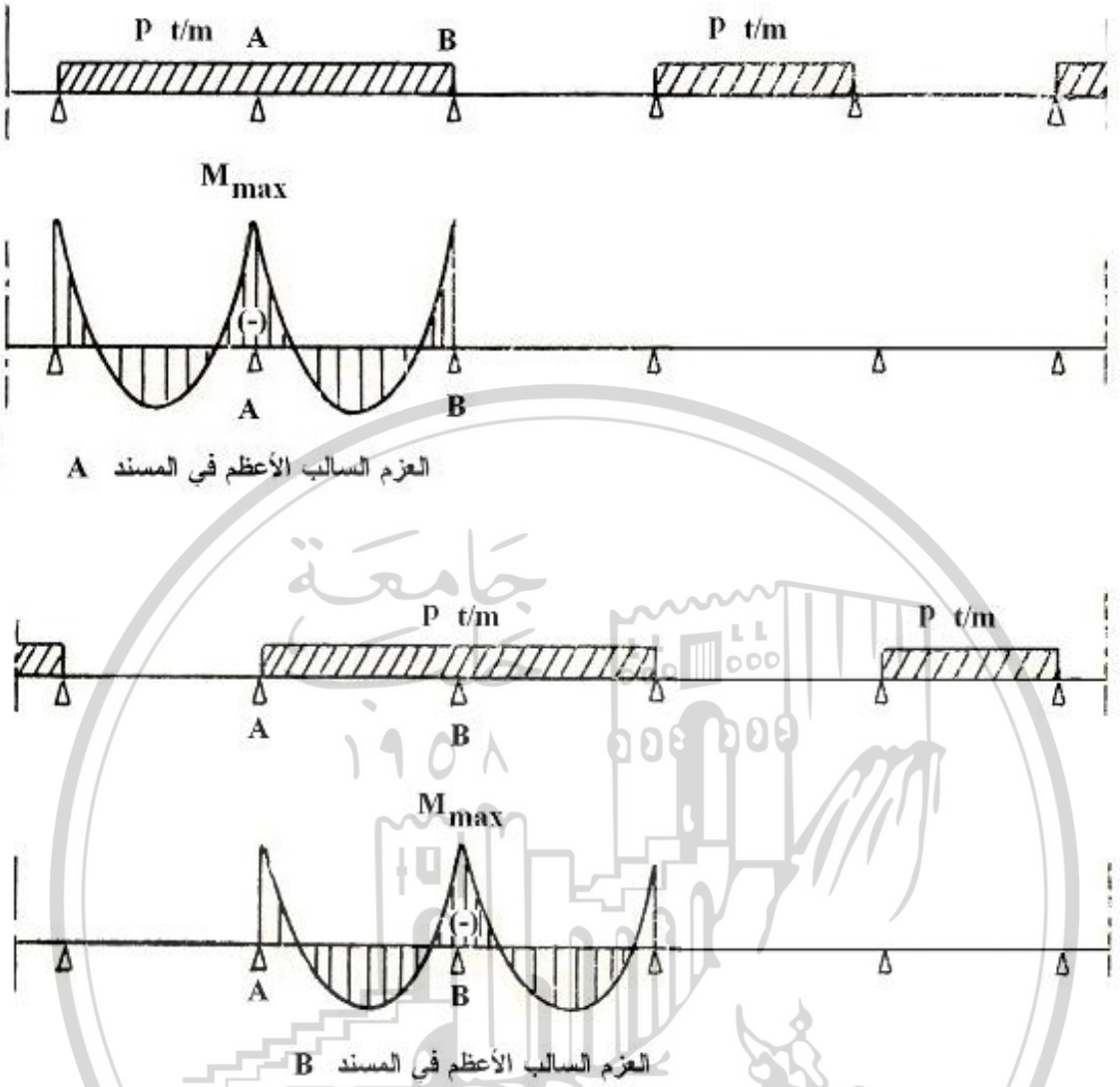
إذا يمكن دراسة وحساب أكبر العزوم الموجبة في المجازات والسالبة في المساند، حيث تمثل قيم عزوم الانعطاف الموجبة والسالبة بهذه الطريقة أكبر العزوم الممكن حصولها في الجائز المستمر مهما كان توزيع الحمولات الإضافية وهذا ما يسمى بمغلف مخطط العزم الأعظمي كما هو مبين في الشكل رقم (٥-١٥).

أما من أجل الحصول على أكبر قيمة لردود الأفعال والقوى القاطعة في المساند فانه يمكن اعتماد حالة مغلف العزوم السالبة واعتمادها لإيجاد ردود الفعل والقوى القاطعة العظمى للمسند المدروس.

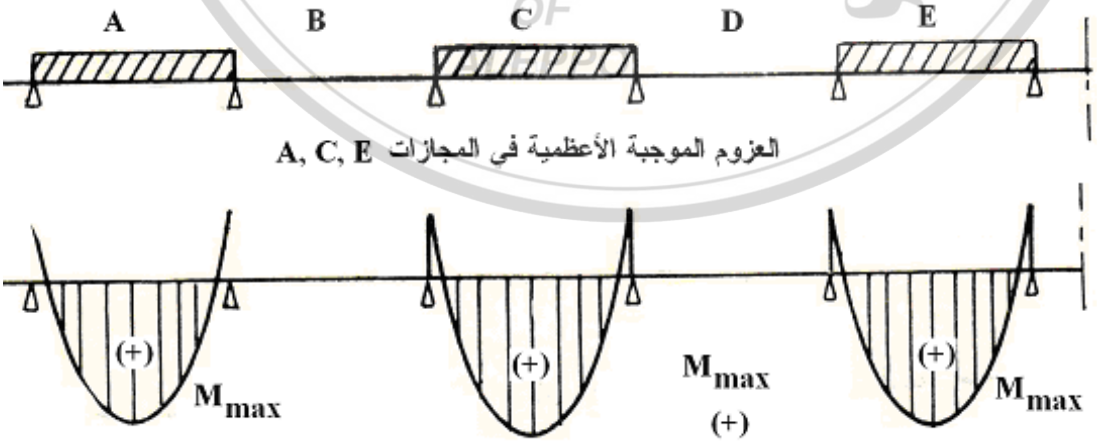
أما في الأبنية العادية أو السكنية التي تكون حمولاتها معتدلة وموزعة بانتظام ومجازاتها متقاربة يتم اللجوء إلى وسائل تقريبية وسريعة في إيجاد قيم عزوم الانعطاف الموجبة والسالبة دون العودة إلى طرائق حساب الإنشاءات حيث توصي معظم الكودات العالمية بإتباع هذه الوسيلة عندما تتحقق الشروط الآتية:

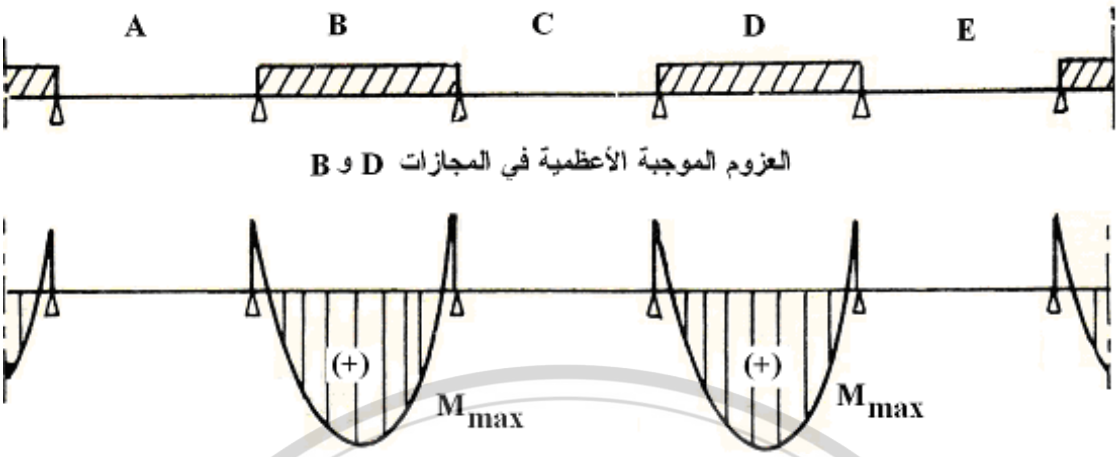
a. أن تكون الحمولات المؤثرة هي حمولات موزعة بانتظام
b. لا يزيد الحمل الحي المصعد على ضعفي الحمل الميت المصعد
c. أن تكون المجازات والحمولات المتجاورة متقاربة ولا تتفاوت بأكثر من 25% من القيمة الأكبر منهما.

يوضح الشكل رقم (٥-١٦) الطريقة العملية والسريعة لحساب القوى القاطعة وردود الأفعال وعزوم الانعطاف الموجبة والسالبة وفق قواعد الكود العربي السوري لجائز مستمر بفتحتين، ويبين الشكل رقم (٥-١٧) قيم القوى القاطعة وردود الأفعال وعزوم الانعطاف الموجبة والسالبة وفق قواعد الكود العربي السوري لجائز مستمر بثلاث فتحات أو أكثر.

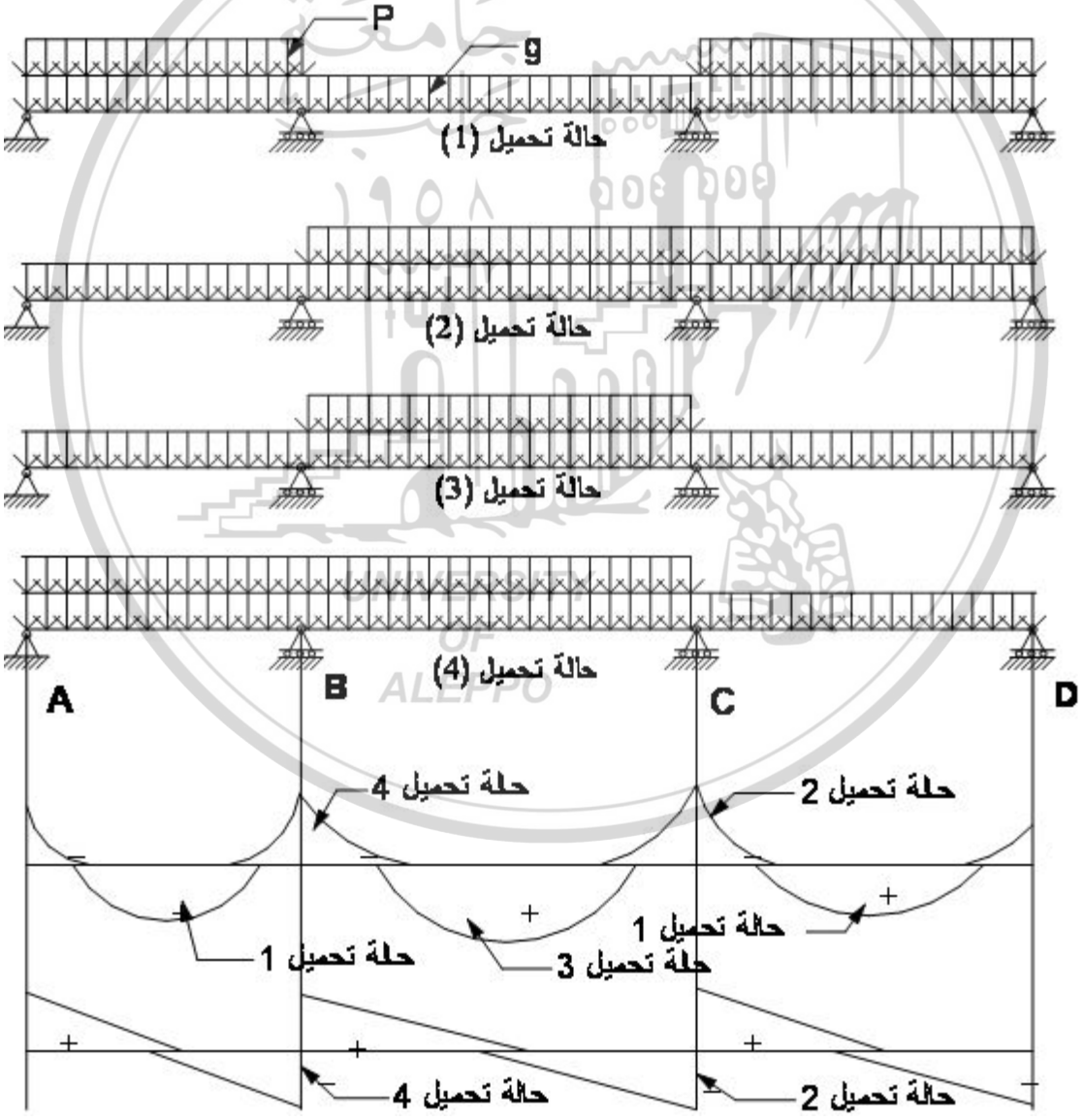


الشكل رقم (٥-١٣) توزيع الحمولات الإضافية للحصول على العزوم السالبة في مساند الجائز المستمر

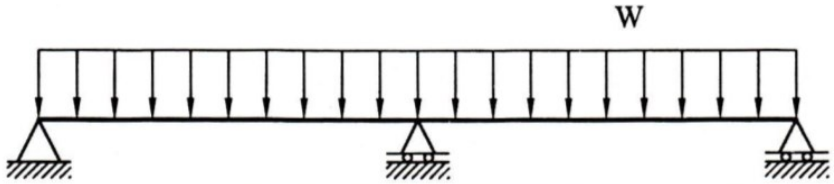




الشكل رقم (٥-١٤) توزيع الحمولات الإضافية للحصول على العزوم الموجبة في مجازات الجائز المستمر

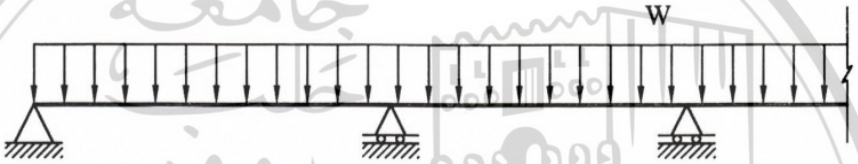


الشكل رقم (٥-١٥) مخطط مغلف عزوم الانعطاف الموجبة والسالبة والقوى القاطعة



العزوم	$-\frac{wl^2}{24}$	$+\frac{wl^2}{11}$	$-\frac{wl^2}{9}$		$+\frac{wl^2}{11}$	$-\frac{wl^2}{24}$
قوى القص	$\frac{0.9wl}{2}$		$1.2\frac{wl}{2}$	$1.2\frac{wl}{2}$		$\frac{0.9wl}{2}$
ردود الأفعال	0.45 wl		1.15 wl			0.45 wl

الشكل رقم (٥-١٦) قيم القوى القاطعة وردود الأفعال وعزوم الانعطاف في الجوائز المستمرة بفتحتين



العزوم	$-\frac{wl^2}{24}$	$+\frac{wl^2}{10}$	$-\frac{wl^2}{10}$		$+\frac{wl^2}{14}$	$-\frac{wl^2}{12}$		$+\frac{wl^2}{14}$
قوى القص	$\frac{wl}{2}$		$1.15\frac{wl}{2}$	$\frac{wl}{2}$		$\frac{wl}{2}$	$\frac{wl}{2}$	
ردود الأفعال	$\frac{wl}{2}$		1.1 wl			1.0 wl		

الشكل رقم (٥-١٧) قيم القوى القاطعة وردود الأفعال وعزوم الانعطاف في الجوائز المستمرة بثلاث فتحات أو أكثر

UNIVERSITY OF ALEPPO

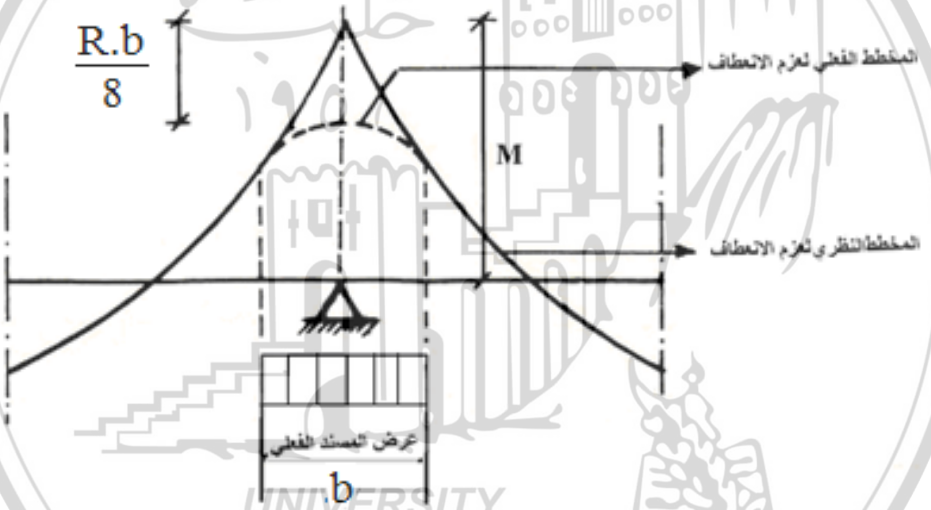
حيث:

W=الحمولة الكلية (حية وميتة) على وحدة الطول من الجائز عند حساب العزم الموجب وقوة القص، أو متوسط الحمولتين الكليتين للمجازين المتجاورين عند حساب العزم السالب ورد الفعل.

l= الطول الفعال للجائز عند حساب العزم الموجب وقوة القص، والطول الفعال الأكبر بين المجازين المتجاورين عند حساب العزم السالب فوق المسند، ومتوسط الطولين المتجاورين عند حساب رد الفعل.

٥-٤-٢ تعديل مخططات عزوم الانعطاف والقوى القاطعة.

تنصح الأنظمة العالمية بتعديل القيم النظرية لعزوم الانعطاف السالبة في المساند الداخلية وعزوم الانعطاف الموجبة في المجالات، حيث تفرض الحسابات النظرية لحساب الإنشاءات أن المساند الداخلية والخارجية عبارة عن مساند نقطية، إلا أنه في الواقع تكون المساند ذات عرض غير مهمل لذلك يتم تخفيض العزوم السالبة بمقدار ($\frac{R.b}{8}$) حيث تعبر R عن رد الفعل في المسند و b عن عرض المسند، لذلك يمكن تعديل قيم العزوم السالبة عند المساند باعتبار رد الفعل موزعا على عرض المسند بصورة منتظمة مما يسبب عزما معاكسا للعزم السالب فوق المسند بحيث يصبح تغير العزم على عرض المسند بشكل قطع مكافئ كما هو موضح في الشكل رقم (٥-١٧).



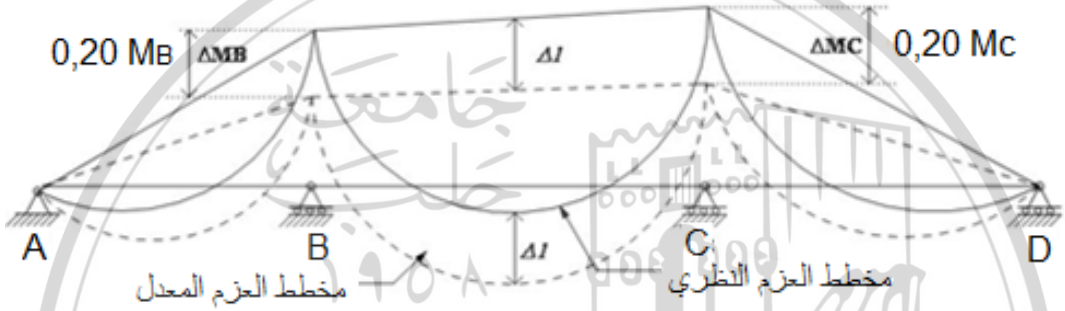
الشكل رقم (٥-١٧) تخفيض قيم عزوم الانعطاف السالبة في المساند الداخلية للجوائز المستمرة الناتجة عن عرض المسند

ولوجود حادثة الجريان في الخرسانة التي تؤدي إلى انخفاض قيم العزوم السالبة في المساند مع مرور الزمن وزيادة العزوم الموجبة، لهذه الأسباب جميعها فان قيم العزوم السالبة الحقيقية في المساند تكون أقل من القيم النظرية والتي تعتبر أن مادة الخرسانة هي مادة متجانسة ومرنة ومثالية.

يعبر هذا التعديل بانخفاض قيم العزوم السالبة في المساند بقيمة تقريبية وسطية تساوي 20% عن القيم المحسوبة من تطبيق قوانين حساب الإنشاءات والذي يرافقه زيادة في قيمة

العزوم الموجبة في المجازات بما يتناسب مع هذا التخفيض كما هو مبين في الشكل رقم (٥-١٨).

أي بحيث يبقى مجموع العزوم الموجبة والسالبة المؤثرة على أية فتحة مساويا للعزم الكلي الذي يؤثر في تلك الفتحة فيما لو كانت بسيطة الاستناد ويكون هذا التوزيع ناتج عن إعادة توزيع العزوم في الجوائز المستمرة والتي ينتج عنها أيضا إعادة توزيع للقوى القاطعة في هذه الجوائز.



الشكل رقم (٥-١٨) إعادة توزيع العزوم السالبة والموجبة في الجوائز المستمرة

٥-٤-٣ إيقاف ورفع القضبان في الجوائز المستمرة:

يتم إيقاف أو رفع القضبان في الجوائز المستمرة كما هو مبين في الشكل رقم (٥-١٩) بالاعتماد على مخطط مغلف عزوم الانعطاف والتي تمت دراستها في فقرة الجوائز البسيطة بحيث تحقق الشروط الواردة في هذه الفقرة من حيث مسافات الاستمرار في نقاط العزم الأعظمي وإجهادات الشد العظمى إضافة لتحقيق الشروط الآتية:

d. يجب أن يستمر 1/3 التسليح السفلي على الأقل إلى المساند الداخلية ويتم إيقافه عند الوجه البعيد للمسند بالنسبة للفتحة.

e. يجب أن يستمر 1/3 التسليح السالب على الأقل، إلى ما بعد نقطة انعدام العزم بمسافة تعادل 12 Φ أو 1/16 من البعد بين المسندين المتجاورين، أو d، أيهم أكبر.

٥-٥ ترتيبات التسليح الرئيسي (الطولي والعرضي) للجوائز:

يقصد بالتسليح الرئيسي: التسليح الناتج عن الحساب، وفي القطاعات التي يبين التحليل ضرورة وجود مثل هذا التسليح فيها، والتي لا تقل مساحتها عن المساحات الدنيا للتسليح.

f. لا يقل قطر قضبان تسليح الشد الرئيسي في الجوائز عن 12mm ويراعى عند اختيار قطرين مختلفين ألا يزيد الفرق بين هذين القطرين بحدود 2mm-4mm مثلا (Φ 18 و Φ 14)

١. لا تزيد المسافة بين محوري كل قضيبين عن 300mm

٢. لا يقل قطر التسليح العرضي عن ثلث (1/3) أكبر قطر للتسليح الطولي وعن 6mm

٣. لا تزيد المسافة بين كل فرعين متجاورين للتسليح العرضي عن 300mm .

٤. لا تتجاوز المسافة بين الأربطة العرضية (الأساور، الكانات) نصف الارتفاع الفعال للقطاع (d/2) مع حد أقصى 300mm ، باستثناء الجوائز المخفية الحاملة لبلاطات مفرغة (الهوردي) ، والجوائز التي يزيد عرضها على 3 أمثال ارتفاعها ، حيث يسمح أن تصل إلى d

٥. في حالة ضرورة وضع تسليح عرضي لإجهادات مماسية ناتجة عن الفتل، تكون الكانات (الأساور) من النوع الذي يطوق القطاع بكامله.

٥-٦ ترتيبات التسليح الثانوي للجوائز:

يقصد بالتسليح الثانوي: التسليح غير المحسوب، ويوضع للتعليق، أو للتقلص، أو للتوزيع، أو ماشابه ذلك.

١. تستعمل قضبان تعليق طولية في منطقة الضغط في الجائز، ويمكن إهمال أثر قضبان التعليق هذه في حساب المقاومة.

٢. لا يقل عدد قضبان التعليق، عن عدد فروع الأساور المستعملة إلا إذا كانت اسوارة داخلية حول قضيب واحد، ولا يقل هذا العدد عن قضيبين في جميع الحالات.

٣. لا يقل قطر قضبان التعليق، عن نصف قطر قضبان التسليح الطولي الأكبر، أو عن 10 mm ، أيهما أكبر .

٤. لا تقل مساحة قضبان التعليق الكلية عن 0,20 من مساحة تسليح الشد الرئيسي
٥. عندما يزيد ارتفاع العنصر على 600mm ، أو تزيد مساحة قطاعه على $0.20m^2$ يجب إضافة قضبان طولية على الوجهين الخارجيين للعنصر (تسمى قضبان التقلص)، حيث لا يقل قطر قضبان التقلص، عن نصف قطر قضبان التسليح الطولي الأكبر، أو عن 10mm، أيهما أكبر .
٦. لا يزيد تباعد قضبان التقلص على 300mm ، ولا تقل نسبة مساحة تسليح التقلص عن واحد بالألف من المساحة الفعالة للقطاع ($0,001\ b_w.d$).

٥-٧ التسليح اللازم إضافته في حال وجود أحمال مركزة أو معلقة

١. في حال تحميل جائز ما بحمل مركز أو أكثر (حالة استناد جائز ثانوي على جائز رئيسي) يجب اتخاذ الإجراءات اللازمة لنقل الحمولات إلى الجزء المضغوط من الجائز الحامل، يتم ذلك باستخدام تسليح خاص يضاف لتسليح الجائز الحامل في منطقة استناد الجائز الثانوي ويمكن أن يأخذ هذا التسليح الإضافي أحد الشكلين الآتيين:

a. أساور شاقولية إضافية توضع على امتداد المنطقة ab المبينة في الشكل رقم (٥-٢٠) في الجائز الحامل الرئيسي ويلاحظ من الشكل أن المسافة ab تساوي:

$$ab = b_{w2} + 2(d_1 - H_2)$$

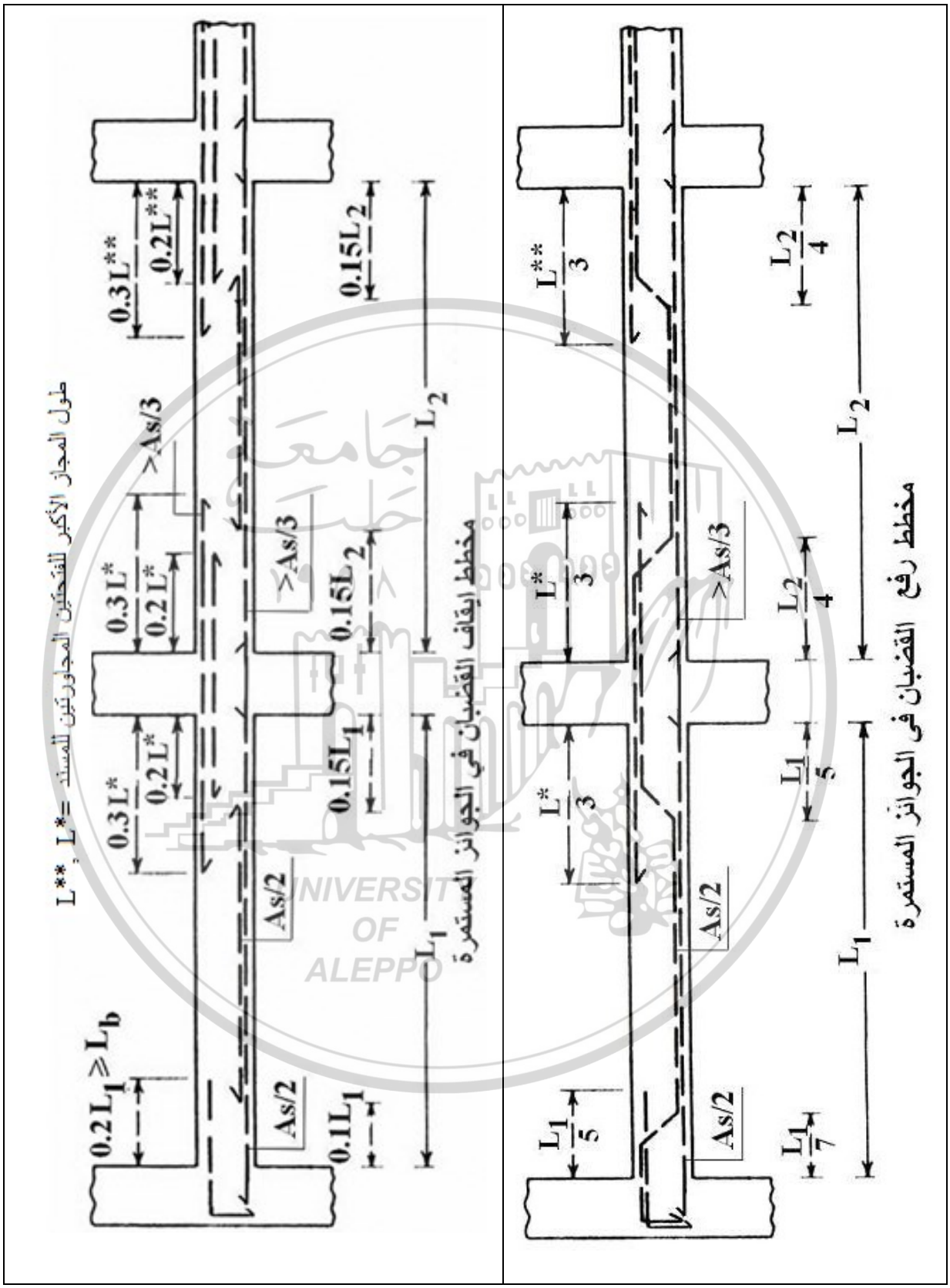
حيث:

b_{w2}= عرض الجائز الثانوي

d_1=الارتفاع الفعال للجائز الرئيسي الحامل

H_2=الارتفاع الكلي للجائز الثانوي

UNIVERSITY OF ALEPPO



الشكل رقم (٥-١٩) مخطط إيقاف ورفع قضبان التسليح للجوائز المستمرة في الأبنية السكنية

وتحسب مساحة الأساور الشاقولية في المنطقة ab من العلاقة الآتية:

$$As = \frac{R_u}{2\Omega f_y}$$

حيث:

R_u= رد الفعل الحدي للجائز الثانوي في منطقة الاستناد

f_y= إجهاد الخضوع لفولاذ الأساور الإضافية

Ω= عامل تخفيض المقاومة ويساوي 0.9

الشكل **رقم (٥-٢٠) التسليح اللازم إضافته في حال ارتكاز جائز ثانوي على جائز رئيسي باستخدام أساور شاقولية**

b. قضبان مائلة على طرفي الجائز الثانوي (على شكل كرسي) كما هو مبين في الشكل رقم (٥-٢١)، على ألا يقل عددها عن اثنين ويتم حساب مساحة مقطع القضبان المائلة من العلاقة الآتية:

$$As = \frac{R_u}{2.\Omega.f_y.\cos\alpha}$$

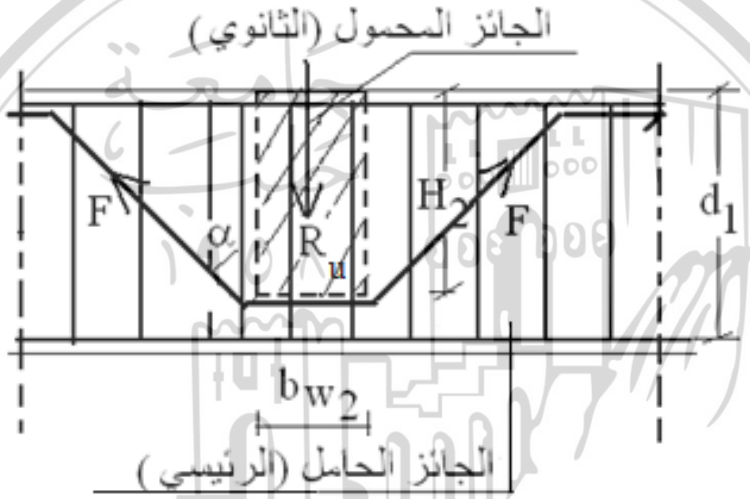
حيث:

α=زاوية ميل القضبان الإضافية على الشاقول

٢. إذا كانت الأحمال معلقة بأسفل الجائز (جائز مقلوب)، يجب إضافة تسليح عرضي إضافي لنقل الحمولات الشادة لهذا الجائز لتأمين هذا التعليق كما هو مبين في الشكل رقم (٥-٢٢).

يتم حساب التسليح العرضي الإضافي اللازم لنقل الحمولات الشادة بالاعتماد على العلاقة الآتية:

$$As = \frac{W_u}{\Omega f_y}$$

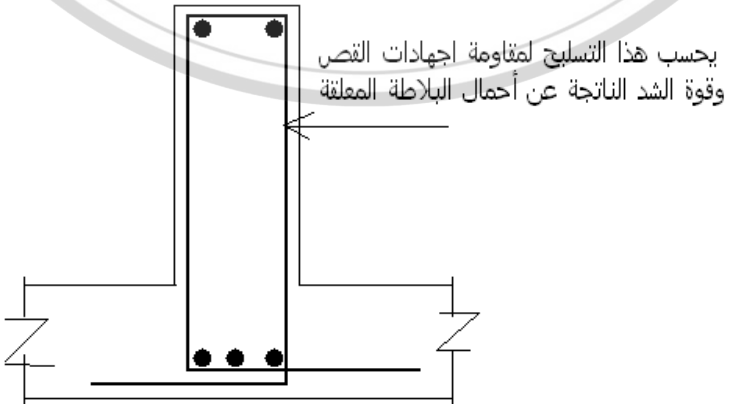


الشكل رقم (٥-٢١) التسليح اللازم إضافته في حال ارتكاز جائز ثانوي على جائز رئيسي باستخدام قضبان مائلة

حيث:

W_u= مجموع الحمولات المصعدة المعلقة على الجائز بالمتر الطولي

f_y= إجهاد الخضوع لفولاذ الأساور

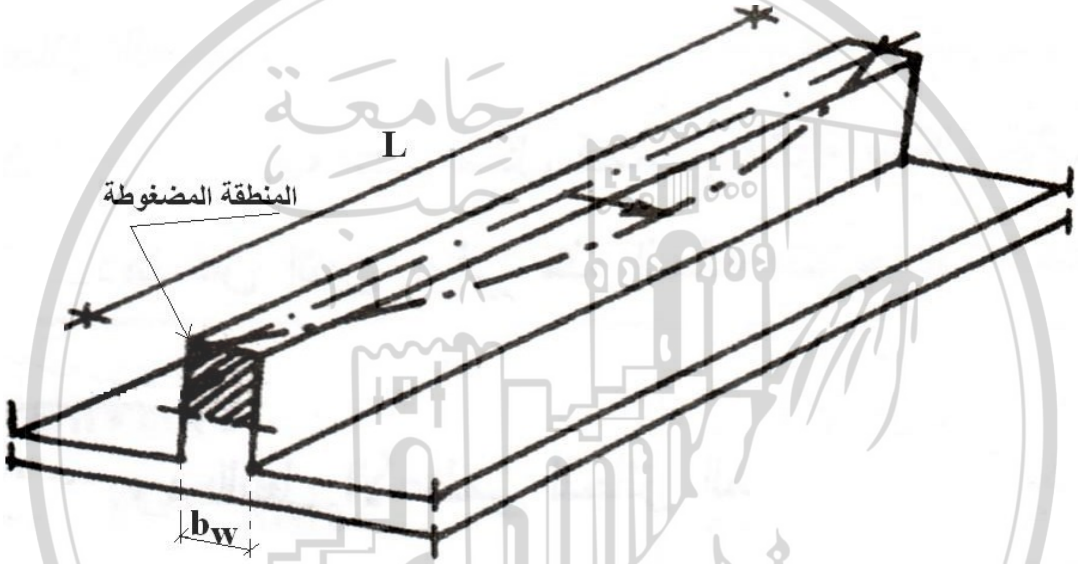


الشكل رقم (٥-٢٢) تسليح التعليق في الجائز المقلوب

UNIVERSITY OF ALEPPO

٥-٨ تأمين الاستقرار العرضي للجوائز المقلوبة ضد التحنيب

تقع منطقة الضغط في الجوائز المستمرة في الأعلى (في الجذع) عندما يكون عزم الانعطاف موجبا لذلك تخضع الجوائز المقلوبة البسيطة والمستمرة لحدوث ظاهرة التحنيب إذا كان عرض الجائز أو العصب نحيفا أي إذا كانت النسبة $\frac{L}{b_w} > 30$ يمكن أن تحدث ظاهرة التحنيب العرضاني للجائز ويفقد استقراره قبل أن يصل الجائز إلى طاقة تحمل على الانعطاف كما هو مبين في الشكل رقم (٥-٢٣).



الشكل رقم (٥-٢٣) التحنيب الجانبي للجوائز المقلوبة

وكذلك من أجل تأمين الاستقرار العرضي ضد التحنيب في الجوائز البسيطة والمستمرة غير المربوطة في المنطقة المضغوطة، نخفض قدرة تحمل المقطع تبعا للنسبة L/b_w بعامل التخفيض المبين في الجدول رقم (٥-٤) الآتي:

حيث:

L المسافة الصافية بين الروابط العرضية للجوائز

b_w عرض قطاع الجائز في منطقة الضغط في منتصف المنطقة الحرة

الجدول رقم (٥-٤) عوامل التخفيض في الخرسانة لتأمين الاستقرار الجانبي للجوائز المقلوبة

نسبة النحافة $\frac{L}{b_w}$	30	35	40	45	50	55	60
عوامل التخفيض	1	0,875	0.75	0,625	0.50	0,375	0.25

يمكن التغاضي عن موضوع التحنيب إذا لم تزد المسافة الصافية بين الروابط العرضية للجوائز عن القيمة الأدنى من القيمتين الآتيتين:

$$(250\frac{b_w^{\,2}}{d} \text{ أو } 30b_w)$$

حيث:

b_w= عرض الجائز أو العصب المضغوط في منتصف الفتحة الحرة

d= الارتفاع الفعال للجائز أو العصب في منتصف الفتحة الحرة.

*من أجل الظفر يؤخذ الطول L في النسبة L/b_w مساويا ضعف طول الظفر من وجه المسند.

٥-٩ المسافات بين قضبان التسليح:

يراعى أن تكون المسافات بين قضبان التسليح – داخل المقطع – كافية لتسمح بتنفيذ غير معيب لأعمال الخرسانة، وتسمح بدمك الخرسانة، وتجنب الانفصال الحبيبي لها، ويجب ألا تقل المسافة الرأسية المتروكة بين القضبان عن المسافة الأكبر من القيم الآتية:

- 20 mm
- 0,75 من أكبر قطر للقضبان.
- القياس (الأبعاد) الافتراضي الأكبر للركام.

ويجب ألا تقل المسافة الأفقية المتروكة بين القضبان عن المسافة الأكبر من القيم الآتية:

- 25 mm
- أكبر قطر للقضبان.
- 1,5 مرة القياس الافتراضي للركام.

٥-١٠ الغطاء الخرساني للتسليح

١. يجب أن يكون الغطاء الخرساني لقضبان التسليح كافيا ليسمح بمرور الخرسانة، ولتوفير الحماية اللازمة للتسليح ضد عوامل التآكل، ويكون السمك الأدنى للغطاء الخرساني هو 15mm للبلاطات والجدران، و 25mm للجوائز والأعمدة بالنسبة للمنشآت الداخلية التي لا تتعرض مباشرة للتأثيرات الجوية أو المنشآت الخارجية المحمية من هذه التأثيرات بالإكساء.

٢. أما بالنسبة للمنشآت الخارجية المعرضة مباشرة لتأثيرات جوية فيجب ألا يقل سمك الغطاء الخرسانة عن 20mm للبلاطات والجدران، و 30mm للجوائز والأعمدة، وتزداد هذه القيم إلى 30mm و 40mm على التوالي إذا كان الجو الخارجي حاويا على رطوبة ملحية.

٣. يجب ألا يقل سمك الغطاء الخرساني للأعمال الخرسانية المعرضة لتماس مع التربة بشكل مستمر عن 70-75mm. ولا داعي لاستعمال الشبكة في هذا الغطاء الخرساني الملامس للتربة.

٤. يحدد سمك الغطاء الخرساني المناسب للمنشآت المعرضة لتأثير العوامل الكيميائية حسب كل حالة، على ألا يقل هذا السمك عن 75mm. كذلك يجب استعمال الاسمنت المقاوم للكبريتات في حالة العناصر المعرضة باستمرار لتربة تحتوي على مواد كبريتية.

٥. إذا زاد سمك الغطاء الخرساني عن 40mm في السطوح المكشوفة وغير المطمورة يجب استعمال تسليح شبكي خفيف لحمايته من التشقق ولا يدخل في الحسابات الستاتيكية.

٥-١١ تطبيقات عملية

مثال ١:

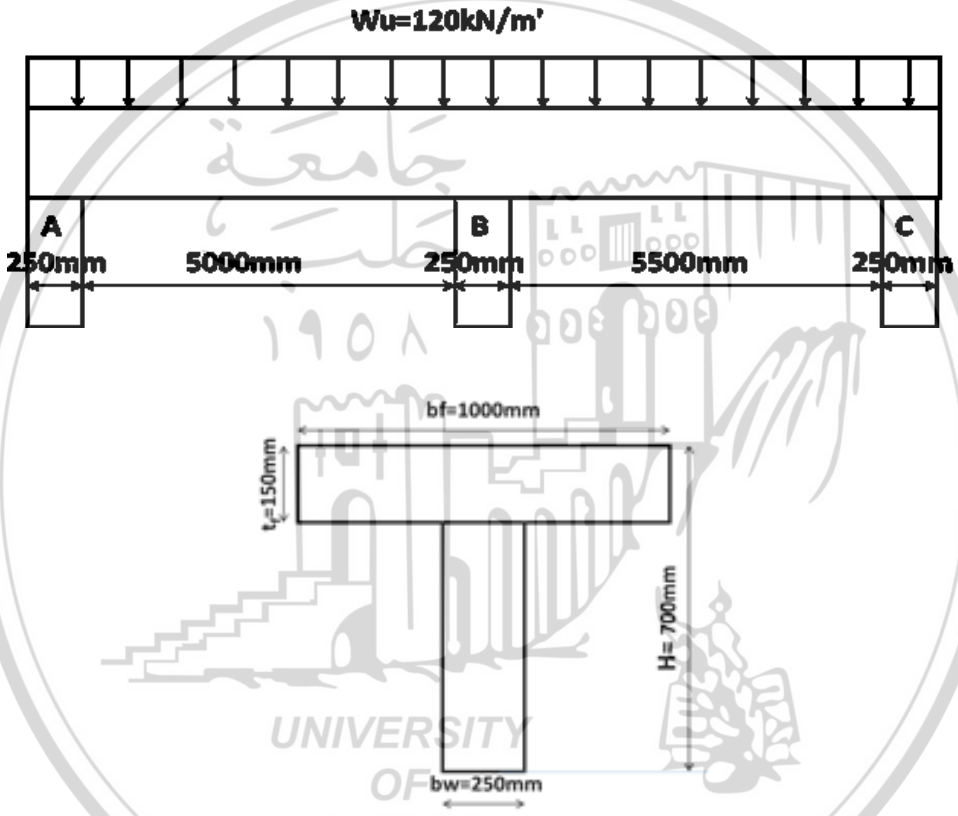
جائز من الخرسانة المسلحة ABC موجود في بناء سكني يتعرض لتأثير حمولات حية وميتة (مصعدة) W_u شدتها 120kN/m' والمبينة على الشكل رقم (٥-٢٤)، وأن مقطعه T أبعاده موضحة على الشكل رقم (٥-٢٤) والمطلوب:

١. إيجاد العزوم السالبة والموجبة في مساند وفتحات الجائز باستخدام طريقة الكود العربي السوري

٢. إيجاد التسليح اللازم في الفتحة BC والمسند C

٣. ارسم مقطعا طوليا وعرضيا للجائز تبين فيه موقع وعدد قضبان التسليح الطولي المحسوب في الطلب السابق إذا كان قطر الفولاذ المستخدم 25 مم، مع ذكر مسافات الإيقاف

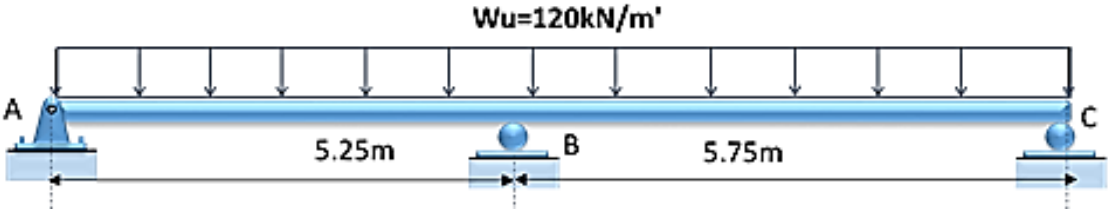
المعطيات: $fy = 240MPa$ و $f'c = 18MPa$ وتغطية الفولاذ في الجوائز 50mm



الشكل رقم (٥-٢٤)

الحل: أولا حساب المجاز الفعال

يؤخذ المجاز الفعال أصغر القيم الآتية:	الفتحة الأولى	الفتحة الثانية
المسافة بين المحاور	575cm	525cm
المسافة بين الأوجه الداخلية مضافا اليه الارتفاع الفعال	615	565
المسافة بين الأوجه الداخلية مضروبا بـ 1,05	577,5	525



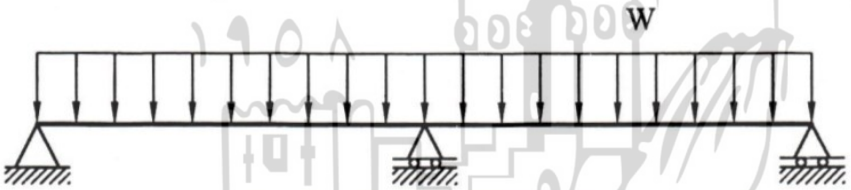
$$M_A = -\frac{w_u l^2}{24} = -\frac{120.5{,}25^2}{24} = -137{,}81\ kN.m$$

$$M_B = -\frac{w_u . l_{max}^2}{9} = -\frac{120.5{,}75^2}{9} = -440{,}83$$

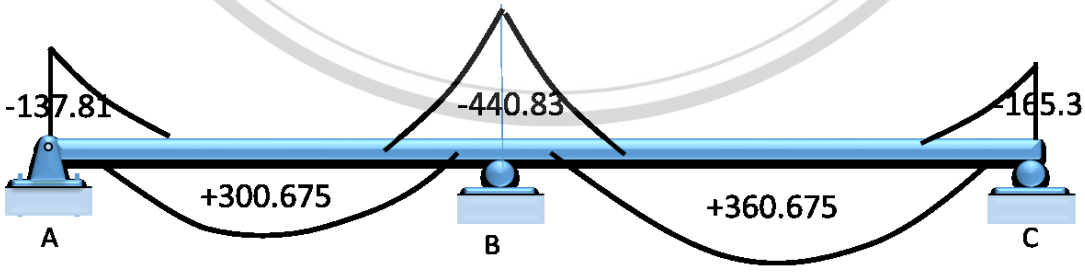
$$M_{uc} = -\frac{w_u l^2}{24} = -\frac{120.5{,}75^2}{24} = -165{,}3 \Rightarrow M_{nc} = -183{,}67$$

$$M_{AB} = \frac{w_u l^2}{11} = \frac{120.5{,}25^2}{11} = 300{,}675$$

$$M_{uBc} = \frac{w_u l^2}{10} = \frac{120.5{,}75^2}{11} = 360{,}675 \Rightarrow M_{nBc} = 400{,}75 kN.m$$



العزوم	$-\frac{wl^2}{24}$	$+\frac{wl^2}{11}$	$-\frac{wl^2}{9}$	$+\frac{wl^2}{11}$	$-\frac{wl^2}{24}$
قوى القص	$\frac{0.9wl}{2}$		$1.2\frac{wl}{2}$ $1.2\frac{wl}{2}$		$\frac{0.9wl}{2}$
ردود الأفعال	0.45 wl		1.15 wl		0.45 wl



الشكل رقم (٥-٢٥) يبين مغلف مخطط عزم الانعطاف

نحسب نسبة التسليح التوازنية:

$$\mu_{\mathrm{b}} = \frac{455}{630 + f_y}\,\frac{f'_c}{f_y} = \frac{455}{630 + 240}\,\frac{18}{240} = 0{,}039224$$

و نحسب نسبة التسليح العظمى:

$$\mu_{max} \leq 0{,}50\mu_b = 0{,}0196$$

ونحسب نسبة التسليح الصغرى:

$$\mu_{\min} = \frac{0{,}9}{\mathrm{fy}} = 0{,}00375$$

١-حساب التسليح في الفتحة BC

أولا حساب العزم الذي تتحمله بلاطة الضغط العلوية باعتبار أن العزم موجب

$$\overline{\mathrm{M_n}} = \gamma.f_c'.\beta_1.x.b_f.\left(d - \frac{\beta_1.x}{2}\right)$$

$$\overline{\mathrm{M_n}} = 0{,}85.18.0{,}85.150.1000\left(650 - \frac{0{,}85.150}{2}\right) = 1143{,}62kN.m$$

وهو أكبر من العزم $\mathrm{Mn_{BC}}$ لذلك يكون عمل المقطع بشكل مستطيل عرضه عرض المنطقة المضغوطة ويساوي bf=1000mm ،لحساب التسليح نحسب النسبة:

$$\frac{M_{nBC}}{b.d^2.f`c} = \frac{400{,}75.10^6}{1000.650^2.18} = 0{,}0527$$

من الجداول نجد قيمة $q = 0{,}0543$ نعوض في العلاقة لنحسب قيمة $\boldsymbol{\mu}$:

$$\mu = \frac{q.f`c}{fy} = \frac{0{,}0543.18}{240} = 0{,}00407$$

نضرب قيمة $\boldsymbol{\mu}$ بمساحة المقطع نحصل على مساحة التسليح:

$$\mathrm{As} = 0{,}00407.\ 650.\ 1000 = 2648{,}6\ \mathrm{mm^2}$$

نختار 6T25mm والتي تساوي مساحته 2945,24 مم حيث يستمر نصف القضبان الى المساند ونوقف النصف الآخر من الطرفين، ويمكن ايجاز طريقة حساب التسليح وفق الجدول رقم (٥-٥):

٢-حساب التسليح في المسند C

بما أن العزم سالب والبلاطة مشدودة فالمقطع يدرس بشكل مستطيل عرضه عرض المنطقة المضغوطة (الجذع) ويساوي 250mm ، لحساب التسليح نحسب النسبة

$$\frac{M_{nC}}{b.d^2.f`c} = \frac{183{,}67.10^6}{250.650^2.18} = 0{,}00966$$

من الجداول نجد قيمة $q = 0{,}1029$ نعوض في العلاقة لنحسب قيمة $\boldsymbol{\mu}$:

$$\mu = \frac{q.f`c}{fy} = \frac{0{,}1029.18}{240} = 0{,}00771$$

نضرب قيمة $\boldsymbol{\mu}$ بمساحة المقطع نحصل على مساحة التسليح:

$As = 0{,}771.650.250 = 1254mm^2$ ، نختار 3T25mm

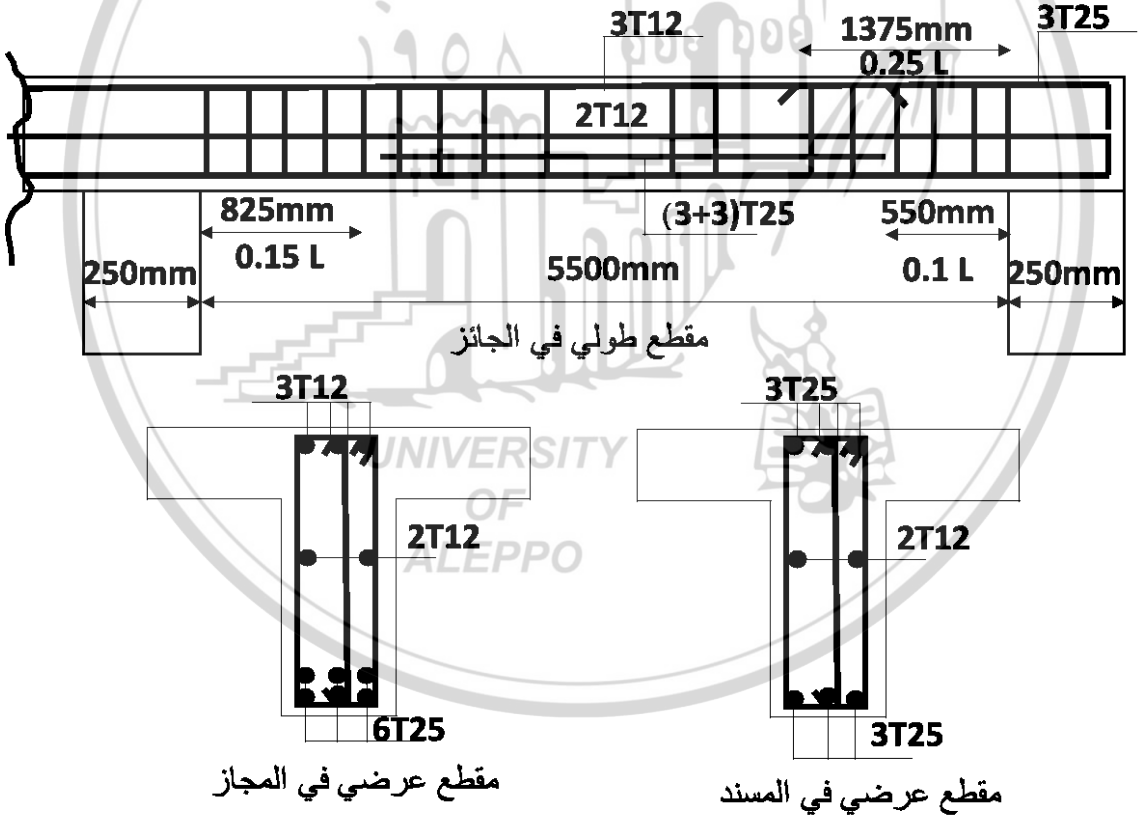
ويمكن ايجاز طريقة حساب التسليح وفق الجدول رقم (٥-٦)، ويمكن أيضا رسم المقاطع الطولية والعرضية للجائز ABC موضحا قيم وتباعد التسليحين الطولي والعرضي للجائز وتحديد مسافات الإيقاف والموضح في الشكل رقم (٥-٢٦).

الجدول رقم (٥-٥) حساب التسليح الموجب في الفتحة BC

حساب التسليح				
650	d		700	hight H
0.052695595	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		1000	width B
0.0543	q		50	cover tens
0.0040725	u		18	fc
2647.125	As		240	fy
41.52352941	y		0.85	β1
48.85121107	x		0.85	ϒ
0.039224138	ub		400.75	Mn
0.019612069	umax			
0.00375	Umin			

الجدول رقم (٥-٦) حساب التسليح السالب في المسند C

حساب التسليح				
650	d		700	hight H
0.096604865	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		250	width B
0.1029	q		50	cover tens
0.0077175	u		18	fc
1254.09375	As		240	fy
78.68823529	y		0.85	β1
92.57439446	x		0.85	ϒ
0.039224138	ub		183.67	Mn
0.019612069	umax			
0.00375	Umin			



الشكل رقم (٥-٢٦) قيم وتباعد التسليحين الطولي والعرضي للجائز

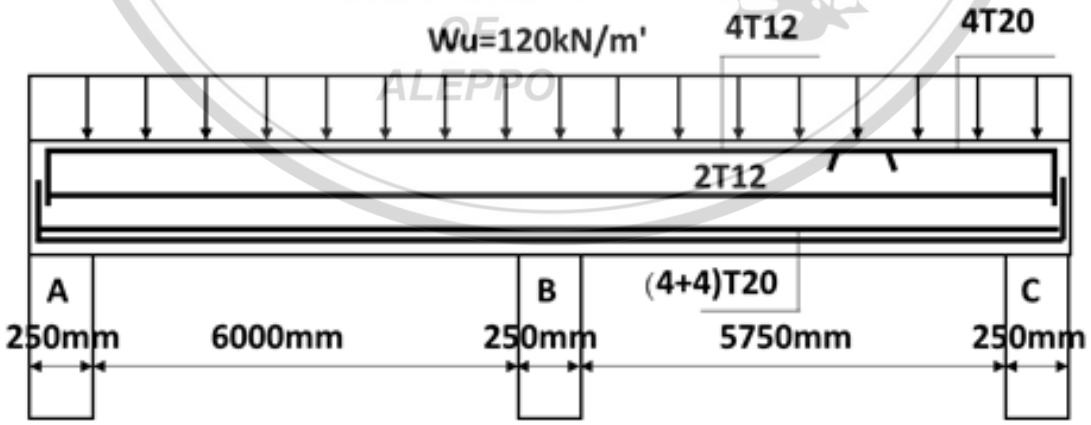
مثال ٢:

حل المسألة الأولى للدورة الفصلية الأولى ٢٠١٥-٢٠١٦

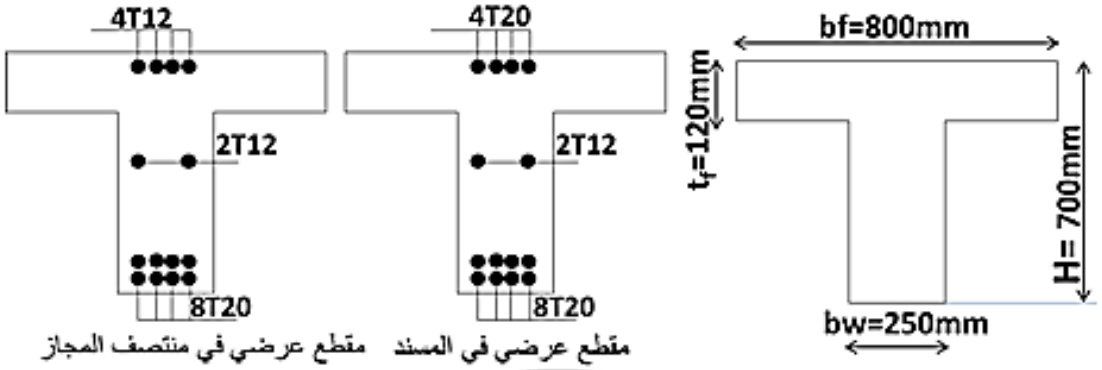
تعتمد الثوابت في جميع المسائل كثافة الخرسانة $\gamma_c=25kN/m^3$	$f'c = 22MPa$ $fy = 350MPa$	تغطية الفولاذ في الجوائز = 50mm تغطية الفولاذ في البلاطات= 20mm
تؤخذ مساهمة الخرسانة في القص $\tau_o=0$	يحدد عامل خفض المقاومة كما يلي للقص $\Omega=0.75$، للانعطاف البسيط $\Omega=0.9$ للضغط البسيط $\Omega=0.65$	

جائز من الخرسانة المسلحة ABC مصبوب بشكل مستمر مع مسانده وموجود في بناء سكني يتعرض لتأثير حمولات حية وميتة (مصعدة) W_u شدتها 120kN/m' والمبينة على الشكل رقم (٥-٢٧)، وأن مقطعه T أبعاده موضحة على الشكل رقم (٥-٢٨) والمطلوب:

١. إيجاد ردود الأفعال والقوى القاطعة في المساند باستخدام طريقة الكود العربي السوري
٢. إيجاد التسليح العرضي اللازم في الفتحة BC (من المسند C حتى منتصف الفتحة BC)
٣. ارسم مقطعا طوليا وعرضيا للجائز تبين فيه التسليح العرضي من المسند C حتى منتصف الفتحة BC إذا كان قطر فولاذ الأساور المستخدم 8 و 6 مم.



الشكل رقم (٥-٢٧)

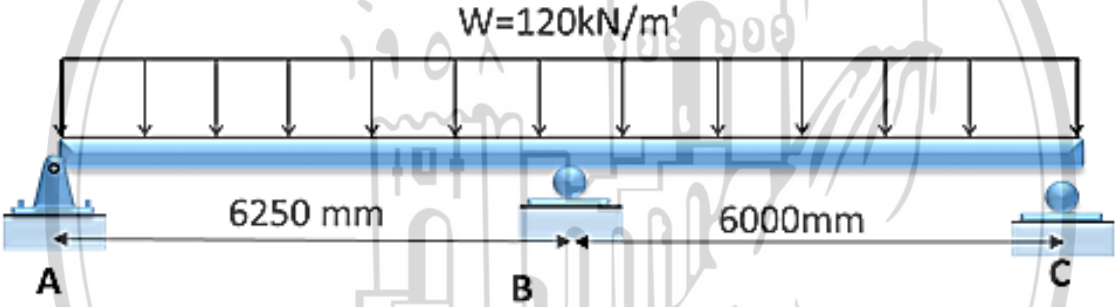


الشكل رقم (٥-٢٨)

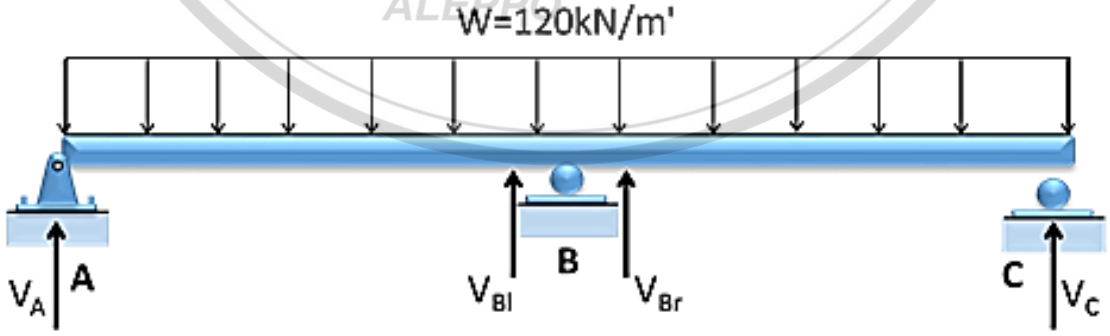
أولا: حساب المجاز الفعال: يؤخذ المجاز الفعال أصغر القيم الآتية:

١-الفتحة AB (6300-6650 – **6250**)

٢- الفتحة BC (6037,5-6400 **6000**)



حساب القوى القاطعة	
$V_A = 0,9 \frac{WL1}{2} = 337,5$ KN	$V_C = 0,9 \frac{WL2}{2} = 324$
$V_{Bl} = 0,6\ WL_1 = 450$	$V_{Br} = 0,6\ wl_2 = 432$



حساب ردود الأفعال	
RC =0,9 $\frac{WL2}{2}$ = 324	RA = 0,9 $\frac{WL1}{2}$ = 337,5 KN
RB = 1,15 W ($\frac{L1+L2}{2}$) = 845,25 KN	

حساب التسليح العرضي اللازم للفتحة BC

$$\tau_{cu} = 0{,}23\sqrt{fc} = 1{,}08 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{u(max)} = 0{,}65\sqrt{fc} = 3{,}048 \text{ MPa}$$

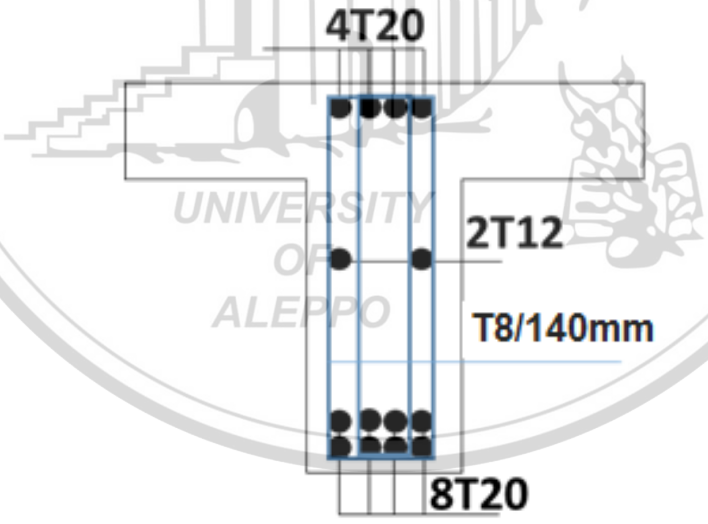
$$V_{cr} = 324 - 120\,(0{,}125 + 0{,}325) = 270$$

$$\tau_u = \frac{270 \cdot 10^3}{250.650 \cdot 0{,}85} = 1{,}95 \text{ MPa}$$

$$A_{st} = \frac{(\tau_u - \tau_0)\, bw.s}{fy} = \frac{1{,}95 \cdot 250.S}{350} = 1{,}393.S$$

بفرض اننا اخترنا اسوارتين (4 أذرع) قطر 8mm وبذلك تكون $Ast=201mm^2$

4T8(201)=1,393S→ S=144,3mm ≈140mm

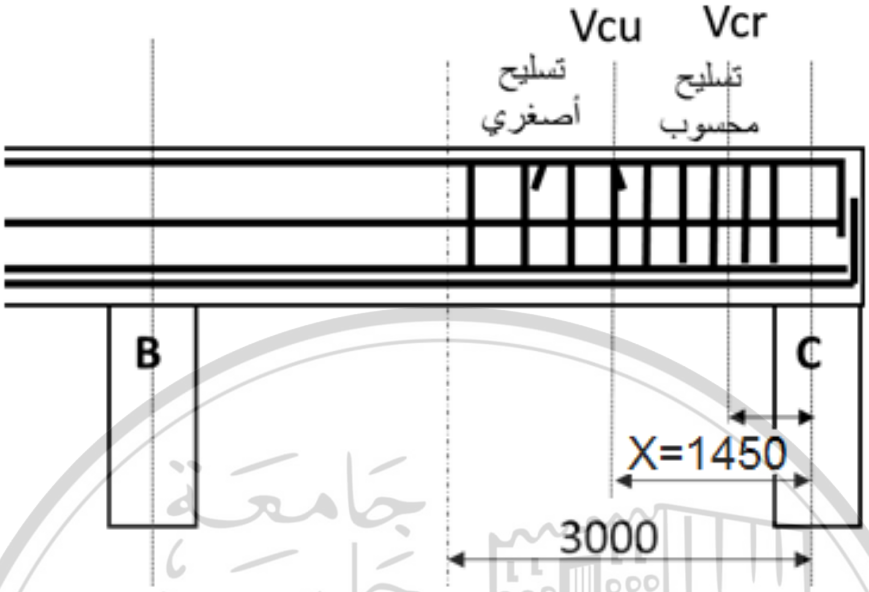


حساب مسافة إيقاف التسليح المحسوب والبدء بتسليح أصغري

$\tau_{cu}=V_{cu}/b_w.d.0{,}85 \rightarrow Vcu=1{,}08.\ 250.650.0{,}85=149{,}17$ Mpa

نعوض في معادلة القوى القاطعة فنستنتج قيمة x

149,17=324 – 120.X→x=1,45m



$$\text{Ast(min)} = \frac{0{,}35.\,bw.\,S_{max}}{fy} = 0{,}25.\,S_{max} = 0{,}25.300 = 75\text{mm}^2$$

نختار 4T6/300mm

مثال ٣:

المسألة الأولى للدورة الفصلية الثانية ٢٠١٥-٢٠١٦

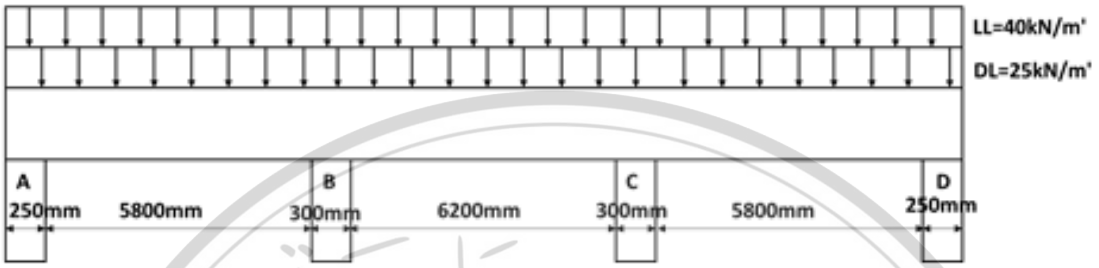
تعتمد الثوابت في جميع المسائل كثافة الخرسانة γ_c=25kN/m^3	$f'c = 26MPa$ $fy = 380MPa$	تغطية الفولاذ في الجوائز = 50mm تغطية الفولاذ في البلاطات= 20mm
تؤخذ مساهمة الخرسانة في القص τ_o=0	يحدد عامل خفض المقاومة كما يلي للقص Ω=0.75، للانعطاف البسيط Ω=0.9 للضغط البسيط Ω=0.65	

جائز من الخرسانة المسلحة ABCD موجود في بناء سكني يتعرض لتأثير حمولات حية وميتة (التي تشمل الوزن الذاتي للجائز) المبينة في الشكل رقم (١)، مقطعه T أبعاده موضحة في الشكل رقم (٢) والمطلوب:

١. إيجاد التسليح الطولي اللازم في المسند C مع بيان عدد القضبان المستخدمة إذا كان قطر التسليح المستخدم 20 مم.

٢. إيجاد التسليح العرضي اللازم للمقطع الحرج الواقع على يمين المسند C مع بيان عدد القضبان المستخدمة إذا كان قطر فولاذ الأساور المستخدم 8 مم.

٣. ارسم مقطعا عرضيا للجائز يمين المسند C تبين فيه التسليح العرضي والطولي المحسوبين



الشكل رقم (١)

الشكل رقم (٢)

Woolworth Building And One World Trade Centre Close Up From New York City Hall Park In New York Financial District

جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الفصل السادس

تصميم البلاطات

٦-١ مقدمة

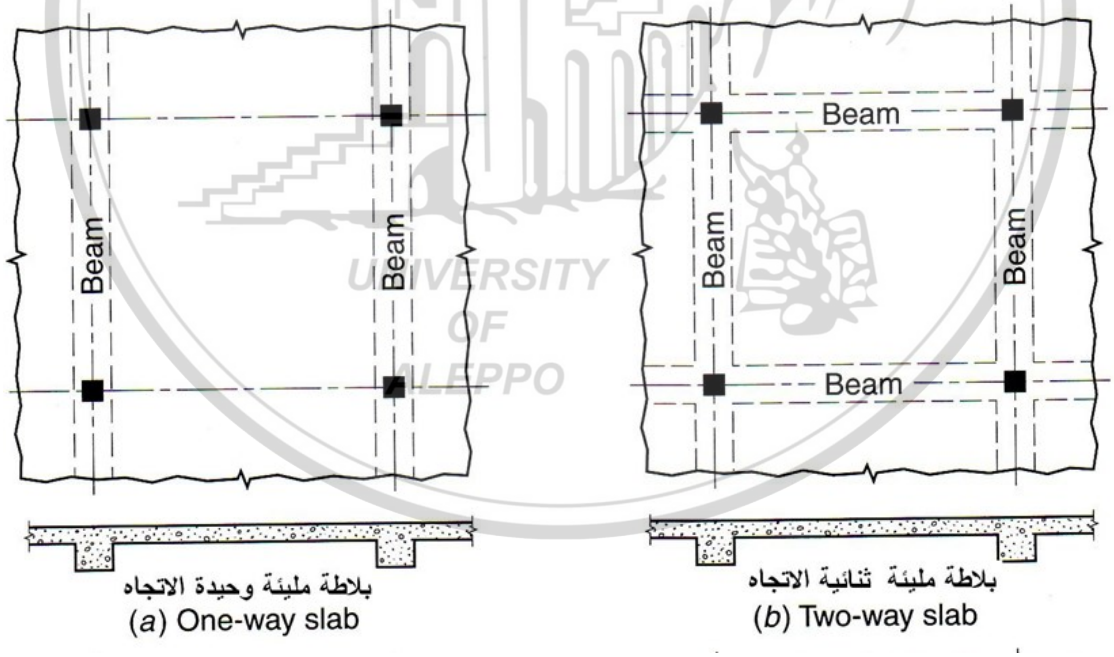
البلاطات هي عناصر انشائية ذات ثلاثة أبعاد وتتميز بصغر بعدها الثالث (وهو السماكة) مقارنة بالبعدين الآخرين (الطول والعرض)، وتكون وظيفة البلاطة نقل الحمولات المتعامدة مع مستويها الى الجيزان المحيطة بها حيث تنقل هذه الجيزان الحمولات الى الأعمدة أو الركائز أو الجدران.

٦-٢ أنواع البلاطات

يمكن تقسيم البلاطات حسب طبيعة تكوينها الى عدة أنواع من البلاطات نذكر منها:

٦-٢-١ البلاطات المليئة

وتتالف هذه البلاطات من كتلة من الخرسانة المسلحة المصبوب على كامل مساحتها ذات سماكات قليلة محددة، وتكون هذه البلاطات محمولة على الجوائز المحيطة بها، وقد تكون هذه البلاطات محمولة على جائزين أو ثلاثة جوائز أو أربعة جوائز محيطية حسب طبيعة التصميم الانشائي لها، وتستخدم في الأبنية السكنية ذات المجازات البسيطة.

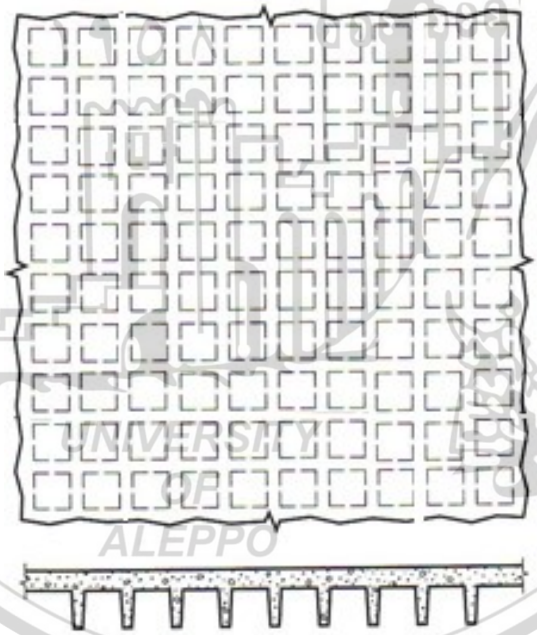


الشكل رقم (٦-١) البلاطات المليئة

٦-٢-٢ البلاطات المفرغة أو المعصبة

تستخدم هذه البلاطات عندما تكون المجازات المطلوبة كبيرة أو عندما نريد أن نوفر عزلا صوتيا وحراريا وكذلك تساعدنا في إخفاء تمديدات صرف المياه المالحة ضمن الشقق السكنية في حال الحاجة لها، حيث يرصف البلوك المفرغ بجانب بعضه البعض وتترك فراغات مناسبة بينها لوضع فولاذ التسليح وتسمى هذه الفراغات بالأعصاب ثم يتم صب بلاطة رقيقة من الخرسانة المسلحة بسماكة لاتتجاوز8 سم. تتم دراسة هذا النوع من البلاطات بدراسة عدد من الجوائز المتجاورة والممثلة بالأعصاب وتسلح وفقا لقيم العزوم والقوى القاطعة التي تؤثر فيها.

ونصادف عادة نوعين من هذه البلاطات النوع الأول وهو البلاطات المفرغة باتجاه واحد، والنوع الثاني البلاطات المفرغة باتجاهين.



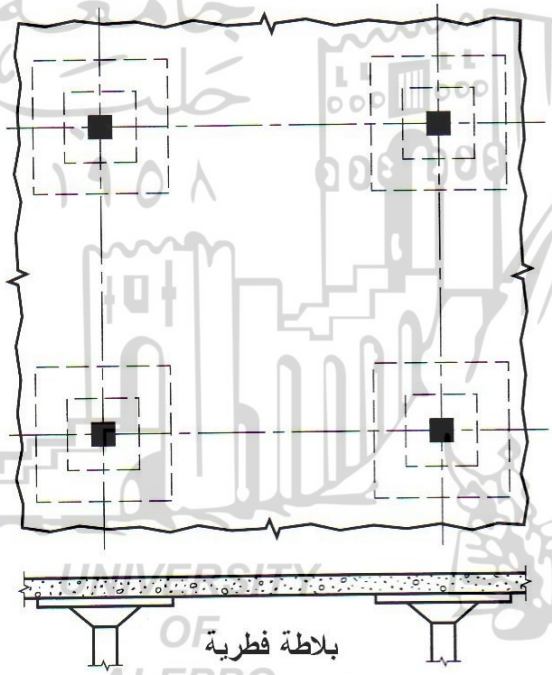
الشكل رقم (٦-٢) البلاطات المعصبة بالاتجاهين

٦-٢-٣ البلاطات الفطرية

تستخدم هذه البلاطات عندما تكون الارتفاعات المطلوبة كبيرة أو الارتفاع الموجود قليلا لذلك حيث تحذف الجسور المتدلية الحاملة للبلاطات والواصلة بين الأعمدة حيث يستند هذا النوع من البلاطات على الأعمدة مباشرة، لذلك يكون هذا النوع من البلاطات ذو فوائد إنشائية ومعمارية عديدة فهي تمكننا من الاستفادة من أكبر قدر ممكن من الارتفاع،

وكذلك الشكل المعماري الجيد الذي يرغب فيه المهندس المعماري وذلك بالتقليل قدر الإمكان من الجسور المتصالبة والمتدلية للحصول على الجمال المعماري المرغوب في كثير من الصالات والقاعات.

أما من الناحية الإنشائية، تتعرض هذه البلاطات لتأثير إجهادات قص كبيرة في نقاط استنادها على الأعمدة التي تؤدي لحدوث الثقب في المنطقة المحيطة بالعمود، لهذا توسع منطقة الاستناد هذه بإعطاء العمود شكل التاج أو شكل الفطر، ولهذا سميت هذه البلاطات بالبلاطات الفطرية، وقد تأخذ هذه التيجان أشكالا وزخارف معمارية جميلة تكون مرغوبة من قبل المصمم المعماري.



الشكل رقم (٦-٣) البلاطات الفطرية

٦-٣ البلاطات المليئة

يصادف المهندس عددا كبيرا من البلاطات المليئة بأشكال وحمولات عدة لكننا سوف نقوم بدراسة البلاطات المليئة ذات الشكل المربع أو المستطيل والخاضعة لتأثير حمولة موزعة بانتظام فقط.

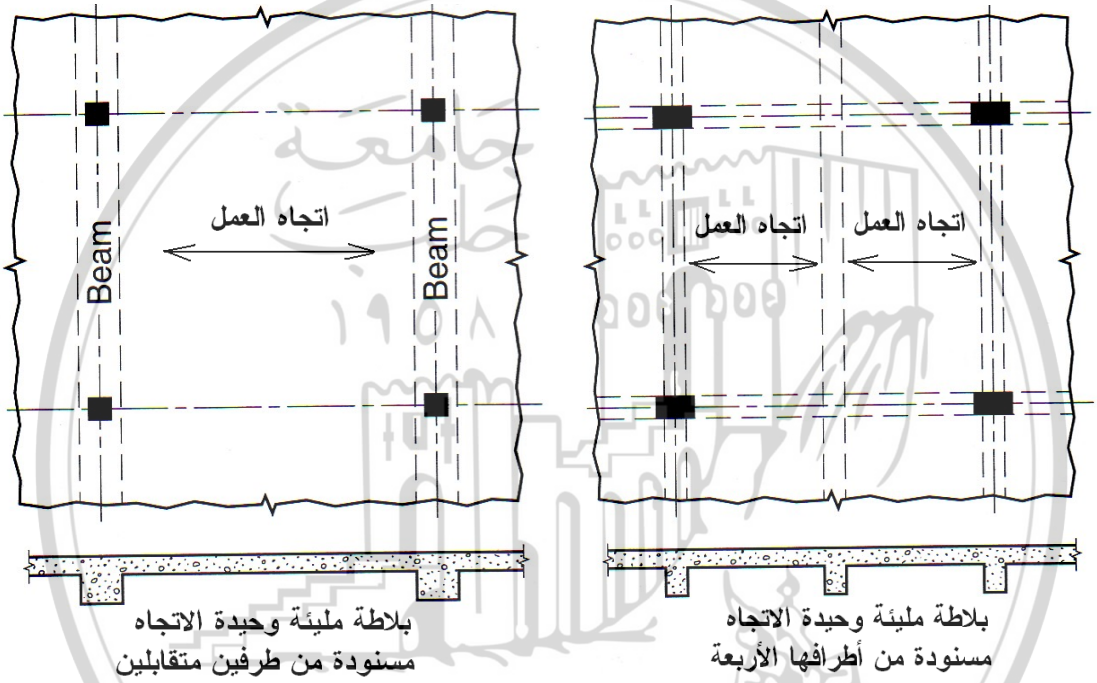
تقسم البلاطات المليئة من حيث طبيعة عملها إلى نوعين:

النوع الأول: وهو البلاطات وحيدة الاتجاه

النوع الثاني: وهو البلاطات ثنائية الاتجاه

٦-٣-١ البلاطات وحيدة الاتجاه

يتميز هذا النوع من البلاطات بأنه يستند على طرفين متقابلين فقط أو يستند على الأطراف الأربعة بحيث يكون أحد الطرفين (الطرف الطويل) أكبر من الطرف الآخر (الطرف القصير) بأكثر من الضعف، وبمعنى أدق أن تكون درجة استطالتها أكبر من 2 كما هو مبين في الشكل رقم (٦-٤).



الشكل رقم (٦-٤) البلاطات المليئة وحيدة الاتجاه

تحسب البلاطات ذات الاتجاه الوحيد على أساس شرائح بعرض 1 متر في اتجاه المجاز الفعال بين المسندين المتقابلين في حال استنادها من الطرفين المتقابلين أو بالاتجاه القصير في حال استنادها من الأطراف الأربعة.

الاشتراطات البعدية:

١. تحدد السماكة الدنيا للبلاطات وحيدة الاتجاه بما لايقل عن القيم الواردة في الجدول رقم (٦-١)، إلا إذا تم حساب السهم الوارد في الكود العربي السوري.

الجدول رقم (٦-١) السماكة الدنيا للبلاطات المليئة وحيدة الاتجاه

نوع الاستناد	استناد بسيط	مستمرة من طرف	مستمرة من طرفين	ظفرية
السماكة الدنيا t	L/25	L/27	L/30	L/10

٢. في حال استناد البلاطة على جوائز بارزة يجب أن لايقل الارتفاع الكلي لكل جائز عن مثلي سمك البلاطة، إلا إذا تم حساب السهم الوارد في الكود العربي السوري.

٣. في جميع الأحوال يشترط أن لايقل سمك البلاطة عن القيم الآتية:

- 8 سم بالنسبة لبلاطات مصبوبة في الموقع معرضة لأحمال ستاتيكية (ساكنة)
- 12 سم بالنسبة لبلاطات مصبوبة في الموقع معرضة لأحمال ديناميكية (متحركة)
- 4 سم للبلاطات مسبقة الصب والمعرضة لحمولات ستاتيكية.

٤. يؤخذ المجاز الفعال لكل فتحة من العصب أو البلاطة (حسب الحال) سوا ء كان الاستناد بسيطا أو مستمرا (مساويا القيمة الأدنى من القيم الثلاث الآتية)

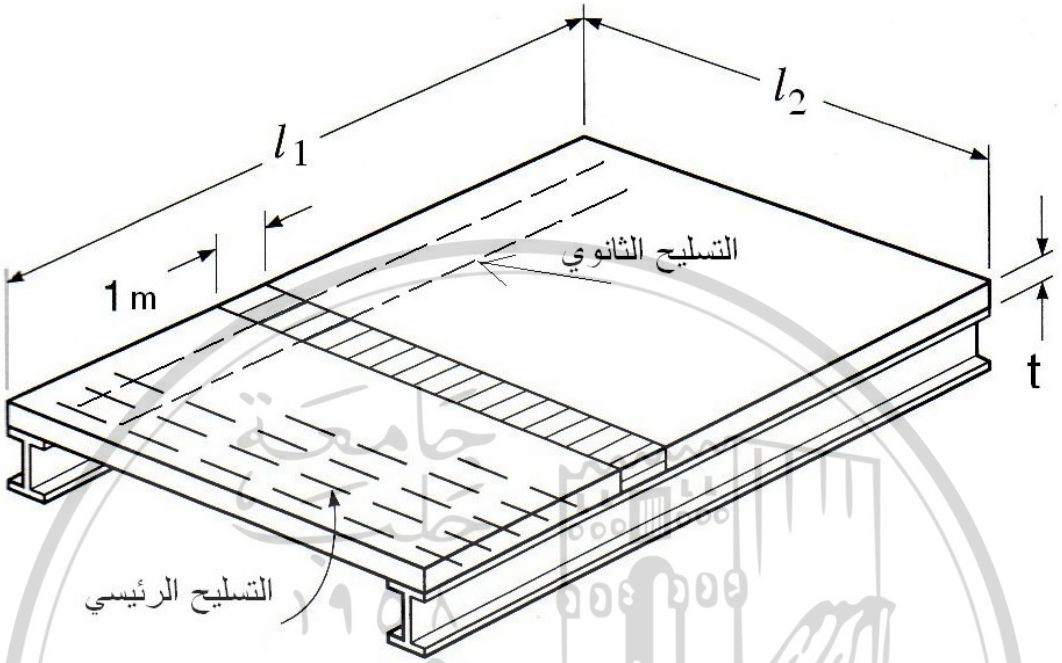
- المسافة بين محوري الركيزتين
- المسافة الحرة بين الركيزتين L مضافا إليها العمق الفعال d
- المسافة الحرة بين المسندين مضروبة بالمعامل1,05

٦-٣-١-١: تحليل البلاطات المليئة وحيدة الاتجاه

يتم تحليل البلاطة المليئة وحيدة الاتجاه بالاعتماد على نظريات ومبادئ مقاومة المواد وحساب الإنشاءات التي مرت معنا في السنوات السابقة، حيث يتم دراسة شريحة عرضها واحدة الأطوال (واحد متر مثلا) باتجاه الاستناد إذا كانت البلاطة مسنودة من طرفين متقابلين فقط كما هو مبين في الشكل رقم (٦-٥). أو بالاتجاه القصير إذا كانت البلاطة مسنودة باتجاهاتها الأربعة.

حيث يتم حساب التسليح اللازم لمقاومة العزم الأعظمي لشريحة بعرض واحد متر باتجاه العمل ويعمم التسليح على كامل طول البلاطة باتجاه العمل، أما في الاتجاه الآخر المتعامد مع اتجاه العمل فيتم وضع فولاذ تسليح ثانوي، الغاية منه حفظ البلاطة من التشققات المختلفة الناتجة عن الحرارة والانكماش، إضافة إلى توزيع الحمولات في الاتجاه الثانوي.

ويمكن الاعتماد على عوامل الكود العربي السوري في حساب العزوم السالبة والموجبة للبلاطات المليئة المستمرة وحيدة الاتجاه إذا تحققت الاشتراطات الآتية:



الشكل رقم(٦-٥) تحليل وتسليح البلاطة وحيدة الاتجاه

١. الحمولات موزعة بانتظام

٢. لايزيد الحمل الحي المصعد عن ضعفي الحمل الميت المصعد

٣. لايزيد الاختلاف بين كل مجازين متجاورين عن 25% من المجاز الأكبر

يتم حساب عزم الانعطاف في الأبنية السكنية من العلاقة الآتية:

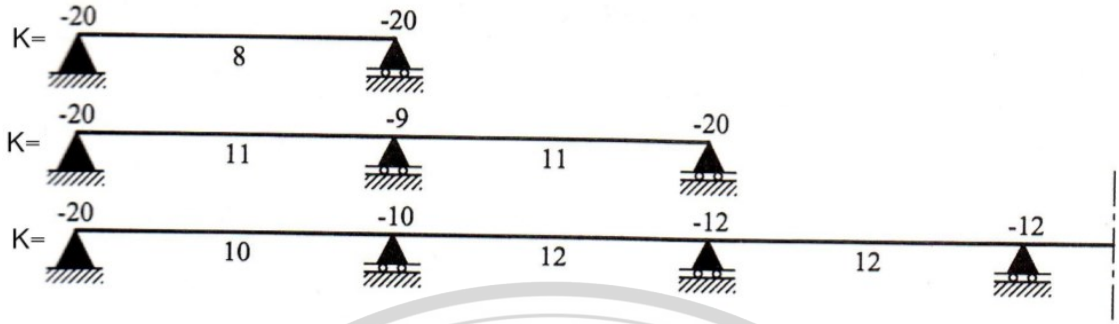
$$M = \frac{w_u . L^2}{k}$$

حيث:

w_u= مجموع الحمولات الحية والميتة المصعدة المؤثرة على البلاطة بما فيها الوزن الذاتي للبلاطة عند حساب العزوم الموجبة، أما بالنسبة لحساب العزوم السالبة فتؤخذ قيمة w_u مساوية لمتوسط حملي البلاطتين المتجاورتين.

L= طول مجاز البلاطة عند حساب العزم الموجب والقص، ومتوسط طولي المجازين المتجاورين عند حساب العزم السالب وردود الأفعال.

K= معامل يؤخذ من الشكل رقم (٦-٦)



الشكل رقم (٦-٦) قيم العامل k للبلاطات المليئة المستمرة وحيدة الاتجاه

أما في حالة الأظفار المستمرة مع البلاطة، يؤخذ العزم السالب فوق المسند بين البلاطة والظفر مساويا لعزم الظفر دون تنقيص، أما العزم السالب والموجب للبلاطة المجاورة للظفر يمكن حسابهما بافتراض أن الاستمرار مع الظفر هو وثاقة تامة إذا كان مجاز الظفر لايقل عن 1/3 مجاز البلاطة، بينما يعد استنادا بسيطا إذا كان مجاز الظفر أقل من 1/3 مجاز البلاطة في الاتجاه ذاته، إلا أنه يجب زيادة رد فعل المسند الطرفي نتيجة لوجود الظفر.

يؤخذ عزم سالب بنهاية الطرف الطويل للبلاطة ذات الاتجاه الواحد (عند وجود جائز في هذه النهاية) مساويا إلى $w_u L^2/35$ حيث:

w_u = مجموع الحمولات الحية والميتة المصعدة المؤثرة على البلاطة بما فيها الوزن الذاتي للبلاطة

L= طول المجاز في الاتجاه القصير للبلاطة

٦-٣-١-٢: مساحات التسليح الدنيا والقصوى للبلاطات:

أولا: في حال استعمال تسليح أملس من الفولاذ العادي المقاومة يجب ألا تقلّ مساحة التسليح في الاتجاه الرئيسي عن 0,0025 من مساحة القطاع الخرساني المطلوب حسابيا لتأمين المقاومة، وألا تقلّ أيضا عن 0,0015 من المساحة الفعلية للقطاع المتعامد مع هذا التسليح. أما عند استعمال تسليح شبكات، أو تسليح عالي المقاومة وذي نتوءات، فيمكن تخفيض مساحة التسليح الدنيا، بحيث لاتقلّ عن 0,002 من مساحة القطاع الخرساني المطلوب حسابيا، كما لا تقلّ عن 0,0012 من المساحة الفعلية للقطاع.

ثانيا: يجب أن لا تقلّ مساحة التسليح في الاتجاه الثانوي للبلاطات وحيدة الاتجاه عن 1/4 مساحة التسليح في الاتجاه الرئيسي، وأن لا تقلّ عن 0,0012 من المساحة الفعلية للقطاع الخرساني المتعامد مع هذا التسليح، وذلك في حالة التسليح الأملس من الفولاذ الطري، أو لا تقلّ عن0,001 من المساحة الفعلية للقطاع الخرساني المتعامد مع التسليح، في حالة التسليح العالي المقاومة ذي النتوءات، وتسليح الشبكات.

ثالثا: لا تزيد مساحة التسليح في كل اتجاه، على نصف المساحة التوازنية (0,5 Asb) في الاتجاه ذاته.

٦-٣-١-٣: ترتيبات التسليح للبلاطات- :

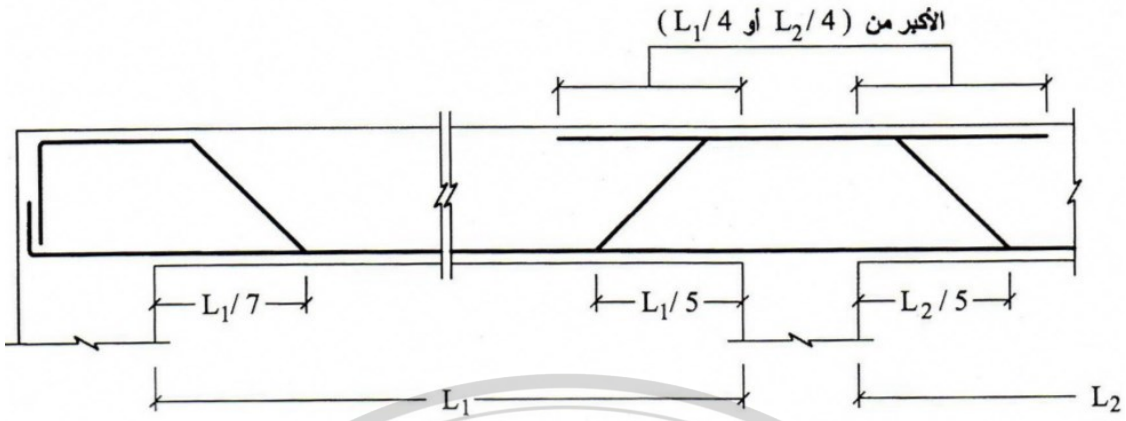
أ) يرتب التسليح بحيث يغطي جميع مناطق الشد، ويمتد بعد نهاياتها مسافة تساوي طول التثبيت اللازم زائد (12Φ أو d)

ب) في البلاطات المستمرة التي تتساوى أو تتقارب فيها أطوال المجازات بفرق لا يزيد على 25%من المجاز الأكبر، وتحت ظروف التحميل العادية، يمكن تكسيح نصف ا لتسليح الرئيسي السفلي على الأكثر، عند 1/5 المجاز الصافي من وجه المسند، ويمتد في المجاز المجاور إلى مسافة تساوي 1/4 أكبر المجازين المتجاورين، كما هو مبين في الشكل رقم (٧-١)، وذلك إذا لم تكن القضبان قد رتبت طبقا لما جاء في الفقرة (أ) السابقة. وفي الحالات المعقدة يتم ترتيب التسليح حسب مغلفات العزوم. ويمكن أن يوضع التسليح السفلي مستمرا وتوضع شبكة علوية عند المساند بحيث تستمر بعد المسند في كل طرف مسافة لا تقل عن 0,25 أكبر المجازين، وتستعمل مساند (كراسي) لتثبيت الشبكة العلوية.

ج) أكبر مسافة بين قضبان التسليح الرئيسي في منتصف المجاز، لا تتعدى مثلي سمك البلاطة، وبحيث لا تزيد على 200 mm.

د) لا تزيد المسافة بين قضبان التسليح في الاتجاه الثانوي، على 3 أمثال سمك البلاطة، وبحيث لا تزيد عن 250 mm.

هـ) لا يقلّ التباعد بين قضبان التسليح عن 80mm، إلا في حالة تسليح الشبكات.



الشكل رقم (٦-٧) مسافات تكسيح القضبان في البلاطات المليئة ذات المجازات المتقاربة

و) يجب ألا تقلّ مساحة قطاع قضبان التسليح والممتدة إلى المساند، عن ١/٢ مساحة قطاع التسليح الموجب المستعمل في منتصف المجاز.

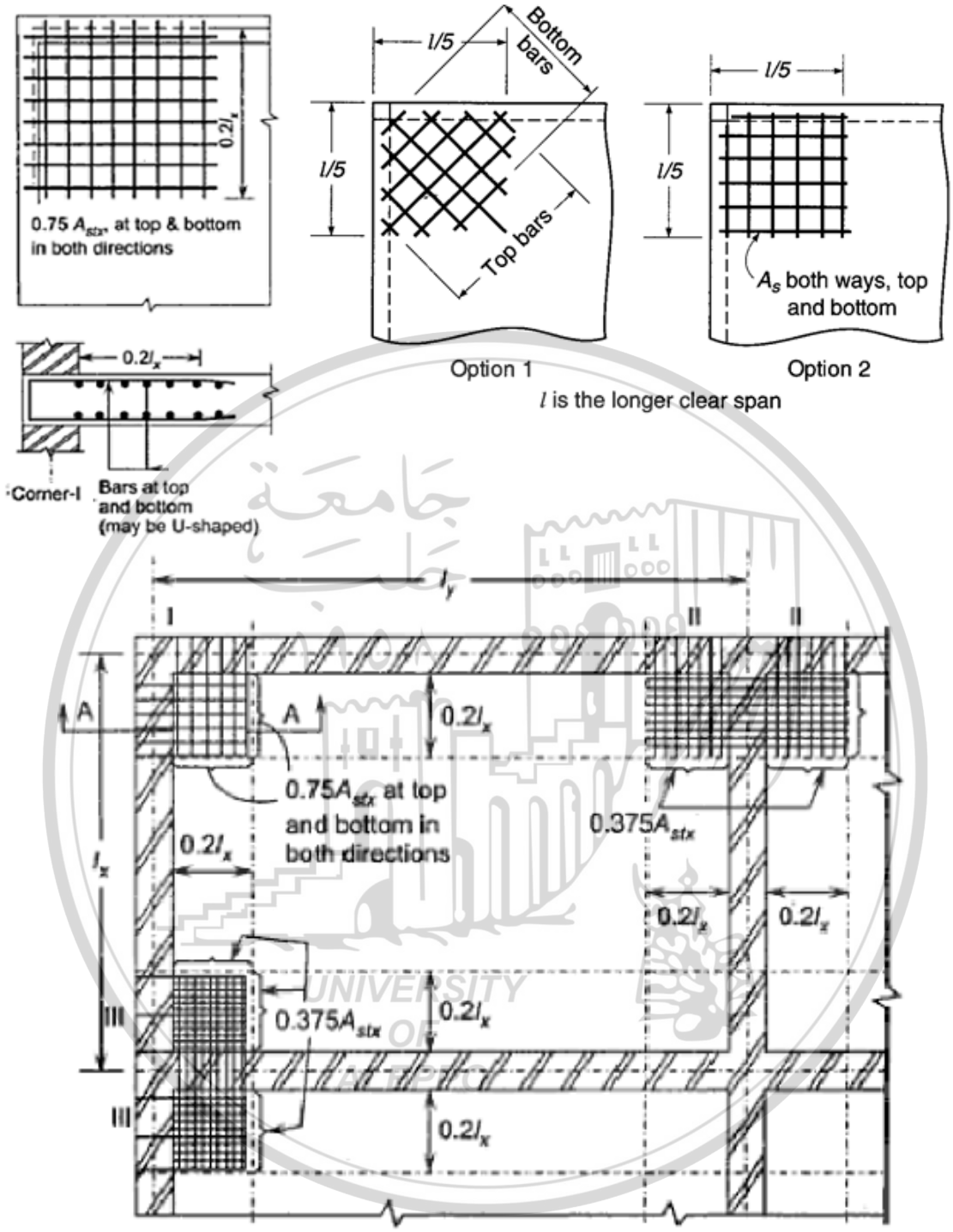
ز) أصغر قطر للقضبان الرئيسية هو 6mm للقضبان المستقيمة و 8mm للقضبان المكسحة ويمكن استعمال قضبان ذات قطر أصغر في البلاطات التي لا تتعرض سوى لإجهادات ضعيفة، أو في البلاطات المسبقة الصب، أو في حالة تسليح الشبكات.

ح) أصغر قطر لقضبان التوزيع الثانوية هو 6mm، ويمكن استعمال قضبان ذات قطر أصغر في الحالات الخاصة المذكورة في الفقرة السابقة.

ط) لا يزيد قطر قضبان التسليح على 10/ 1 سمك البلاطة.

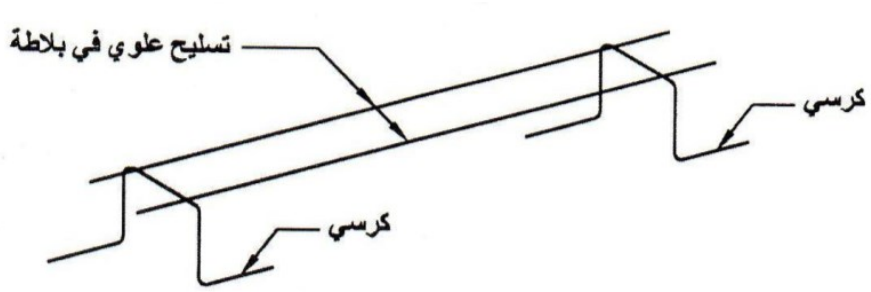
ي) في البلاطات التي يساوي سمكها أو يزيد على 200mm يلزم استعمال شبكة تسليح علوية بنسبة تسليح دنيا إذا لم تثبت الحسابات الحاجة إلى أكبر من هذه النسبة.

ك) تتم مقاومة العزوم السالبة بزوايا البلاطات بالتسليح العلوي بالاتجاهين كما هو مبين في الشكل رقم (٦-٨)



الشكل رقم (٦-٨) التسليح الخاص في الزوايا الخارجية للبلاطات ثنائية الاتجاه

ل) يجب المحافظة على وضع التسليح العلوي في البلاطات في مكانه التصميمي باستعمال كراسي بأقطار لا تقل عن 10mm وبتباعد لا يزيد 1000mm، وبحيث يحمل قضيبين متجاورين فقط، كما هو مبين في الشكل رقم (٦-٩)



الشكل رقم (٦-٩) طريقة المحافظة على مكان التسليح العلوي في البلاطة

م) أما في حالة الأظفار فيجب المحافظة على وضع التسليح العلوي بسنده على تسليح عصب مخفي مؤلف من أربعة قضبان بقطر لا يقل عن 10mmوأساور لا يقل قطرها عن 8mm كل 200mm وفق الشكل رقم (٦-١٠) بحيث يكون موقعه متعامدا مع اتجاه التسليح العلوي وقريبا من المسند. ويجب رسم تفاصيل الجوائز والعصب المخفي في المخططات.

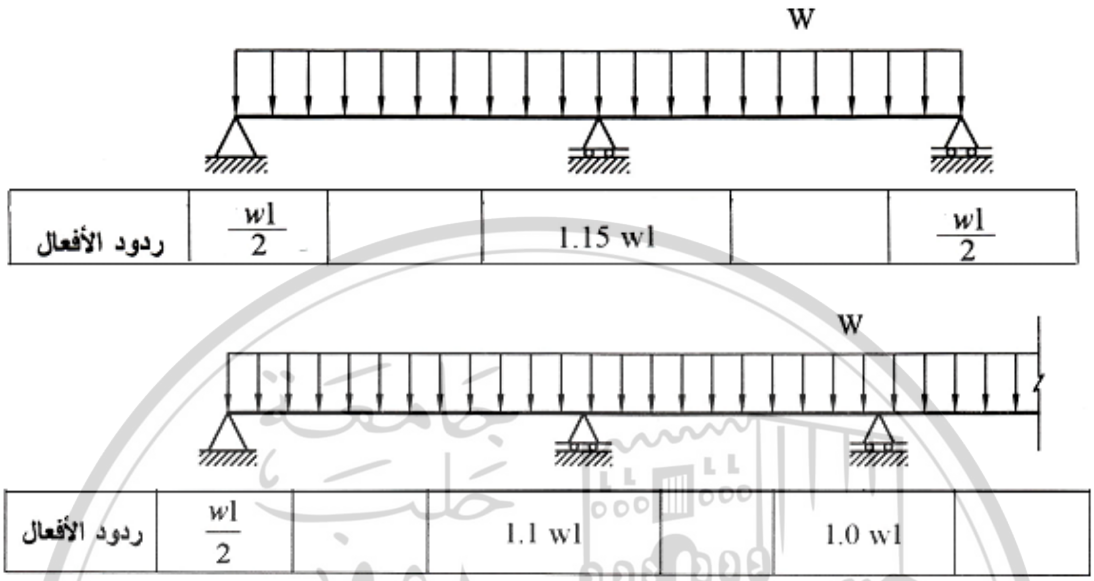
الشكل رقم (٦-١٠) الأعصاب المخفية لحمل التسليح العلوي في البلاطات المصمتة الظفرية

٦-٣-١-٤ نقل الحمولات الى الجوائز

أ) بالنسبة للجوائز الحاملة لبلاطات ذات اتجاه واحد (مليئة أو مفرغة) ، تؤخذ ردود أفعال البلاطات أو الأعصاب بصفتها أحمالا على الجوائز، مع مراعاة إدخال أثر الاستمرار في حال استعمال الطرائق المبسطة.

ب) عند حساب البلاطات ذات الاتجاه الواحد (مصمتة أو مفرغة)، بطريقة العوامل التقريبية تؤخذ ردود الأفعال مساوية إلى ردود الأفعال الناتجة عن افتراض البلاطة مستندة استنادا بسيطا على الجائز، مع زيادة رد الفعل على المسند الداخلي الأول بمقدار 10%، إذا كان

عدد المجازات لا يقلّ عن ثلاثة، و 15 % في حالة الجائز المؤلف من مجازين فقط كما هو مبين في الشكل رقم (٦-١١)، أو تعتمد القيم الناتجة عن التحليل الإنشائي.



الشكل رقم (٦-١١) ردود أفعال البلاطات المليئة وحيدة الاتجاه الى الجوائز المحيطة بها للبلاطات ذات الفتحتين أو ثلاث فتحات أو أكثر

٦-٣-١-٥ تطبيق عملي

مثال: الدورة الإضافية للعام الدراسي ٢٠١٥-٢٠١٦

تعتمد الثوابت في جميع المسائل كثافة الخرسانة $\gamma_c=25kN/m^3$	$f'c = 25MPa$ $fy = 350MPa$	تغطية الفولاذ في الجوائز = 50mm تغطية الفولاذ في البلاطات= 20mm
تؤخذ مساهمة الخرسانة في القص $\tau_o=0$	يحدد عامل خفض المقاومة كما يلي للقص $\Omega=0,75$، للانعطاف البسيط $\Omega=0,9$ للضغط البسيط $\Omega=0,65$	

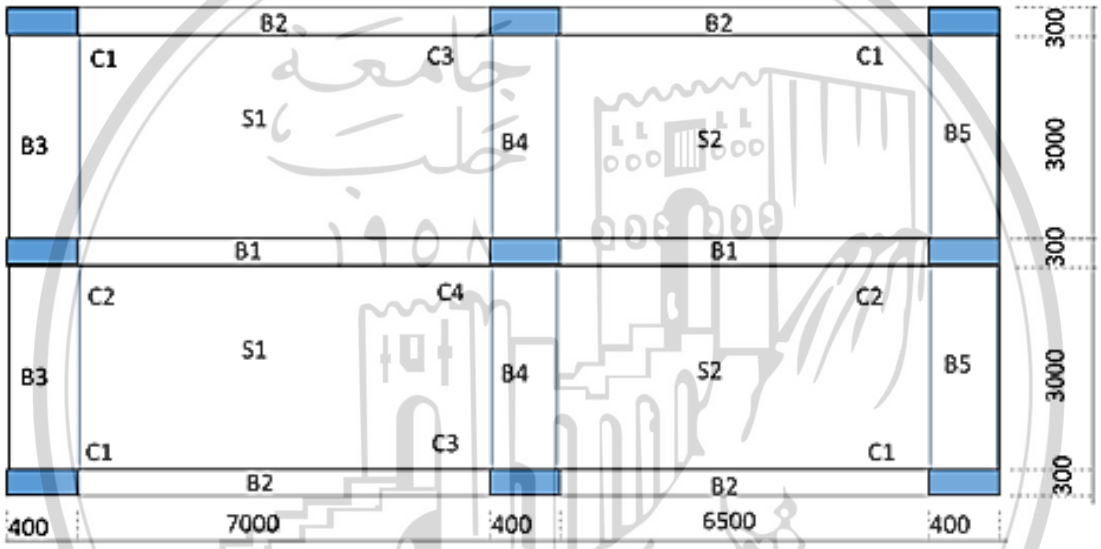
السؤال الثاني (٤٠ درجة): (تعتمد الأبعاد المحورية في جميع الحسابات) الأبعاد بالمليمتر

سقف من الخرسانة المسلحة مؤلف من عدة بلاطات مليئة موجود في بناء سكني يتعرض لتأثير الحمولات الآتية: حمولة حية شدتها $6kN/m^2$ وحمولة تغطية شدتها $2,5kN/m^2$ والمطلوب:

١. حساب سماكة البلاطات الحسابية والتنفيذية مع حساب الوزن الذاتي

٢. إيجاد العزوم السالبة والموجبة في البلاطة S2 وإيجاد التسليح اللازم لمقاومة العزم الموجب، وارسم مسقطا أفقيا للبلاطة توضح عليه توزع فولاذ التسليح ومقدار وتوزع الحمولات المنقولة من البلاطات الى الجوائز.

٣. بفرض أن العمود C4 متمفصل من طرف وموثوق وثاقة جزئية من طرف آخر وموجود في الطابق الأرضي، المطلوب حساب التسليح الطولي والعرضي اللازم إذا علمت أنه يتعرض لتأثير حمولة حدية والتي تشمل الوزن الذاتي للعمود مقدارها 1500kN وأن طوله الصافي يساوي 4000mm مع رسم مقطع طولي وعرضي



الطلب الأول: حساب سماكة البلاطات

لحساب سماكة البلاطات يجب معرفة عمل البلاطات لذلك نقوم بحساب نسبة الطول الى العرض في كل بلاطة

البلاطة s_1: $\frac{7400}{3300} = 2.42 > 2$ تعمل باتجاه واحد

البلاطة s_2: $\frac{6900}{3300} = 2.09 > 2$ تعمل باتجاه واحد

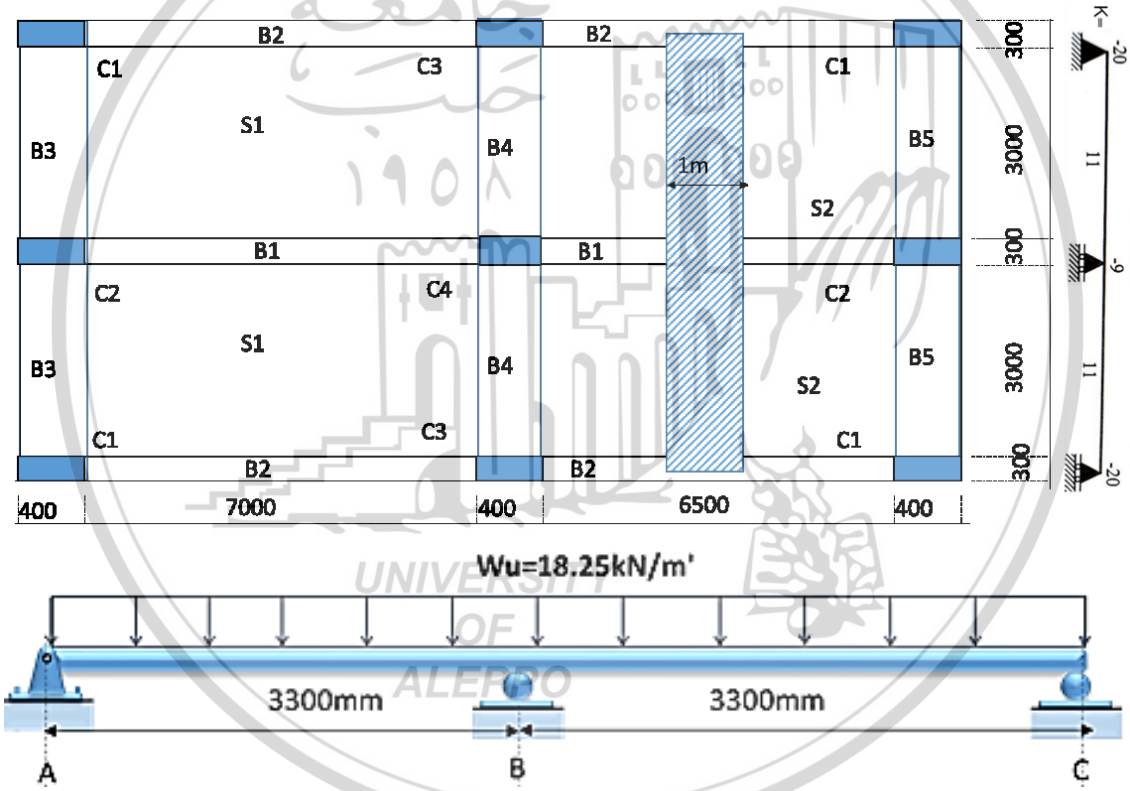
حساب السماكة: البلاطة S_1 و S_2 مستمرة من طرف واحد لذلك تحسب السماكة من الجدول رقم(٦-١) وتساوي L/27 =3300/27= 122,22mm وهي السماكة الحسابية أما السماكة التنفيذية =130mm حيث نقرب الرقم الى أقرب 10mm

حساب الوزن الذاتي: $0,13.25.1.1=3,25kN/m^2$

تحديد الحمولات الحدية: الحمولات الحية = $6kN/m^2$ أما الحمولات الميتة فتساوي $2,5+3,25= 5,75kN/m^2$ وبالتالي تكون الحمولة الحدية$5,75.1,4+6.1,7=18,25kN/m^2$

<u>الطلب الثاني</u>: إيجاد العزوم السالبة والموجبة في البلاطة S2 وذلك بالاعتماد على الشكل رقم (٦-٦)

لذلك نأخذ شريحة بعرض 1m باتجاه العمل ونحسب العزوم السالبة والموجبة كما هو مبين في الشكل رقم (٦-١٢) وبذلك تصبح الحمولة الحدية بالمتر الطولي 18,25kN/m' وبعد ذلك يمكننا حساب العزوم السالبة والموجبة المؤثرة على البلاطة.



الشكل رقم(٦-١٢) الحمولات المؤثرة على شريحة بعرض واحد متر

$$M_A = M_c = -\frac{w_u L^2}{20} = -\frac{18,25.3,3^2}{20} = -9,94kN.m$$

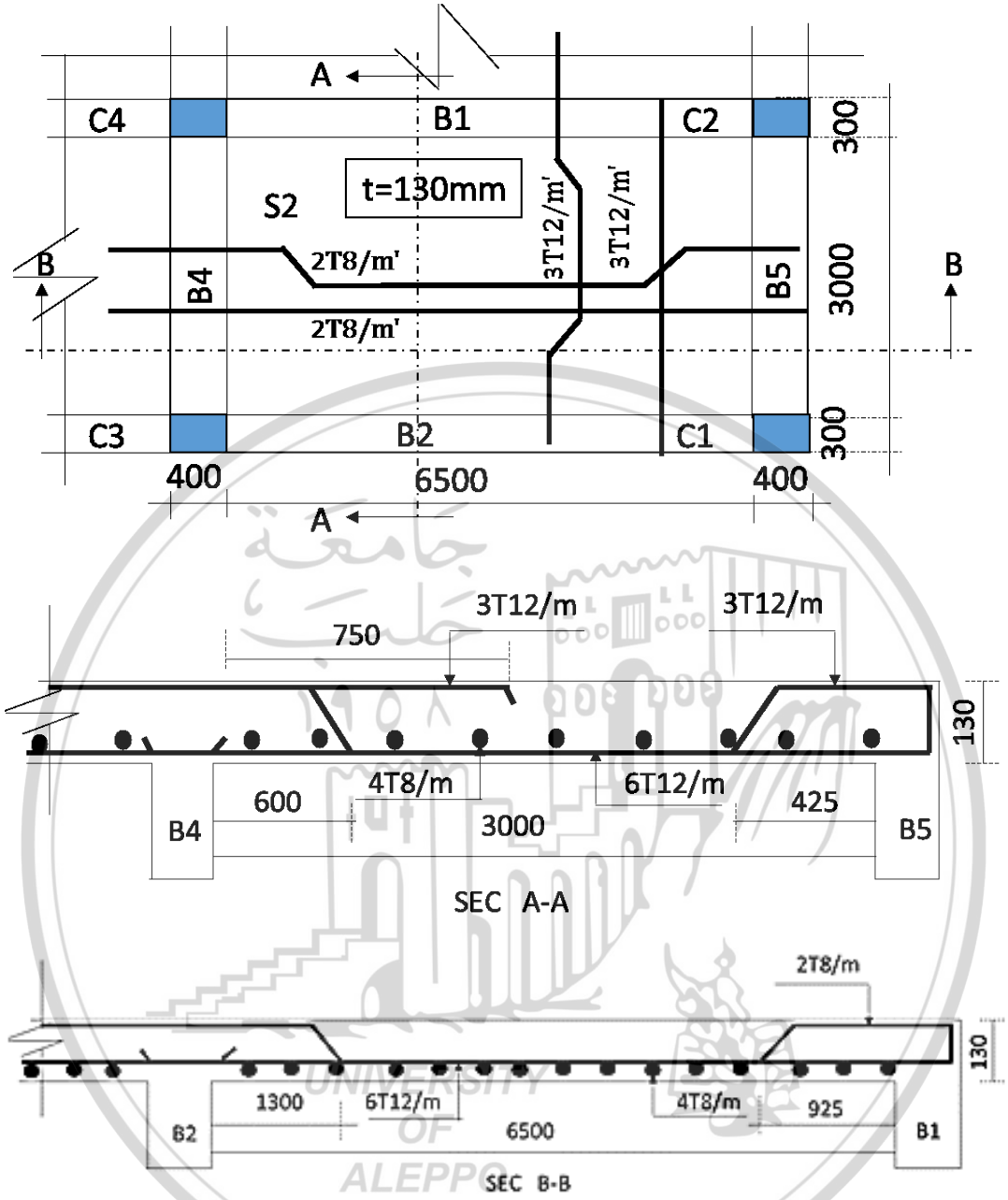
$$M_B = -\frac{w_u L^2}{9} = -\frac{18,25.3,3^2}{9} = -22,08kN.m$$

$$M_{AB} = M_{BC} = \frac{w_u L^2}{11} = \frac{18,25.3,3^2}{11} = 18,07kN.m$$

الجدول رقم (٦-٢) حساب التسليح الموجب في الفتحة الأولى

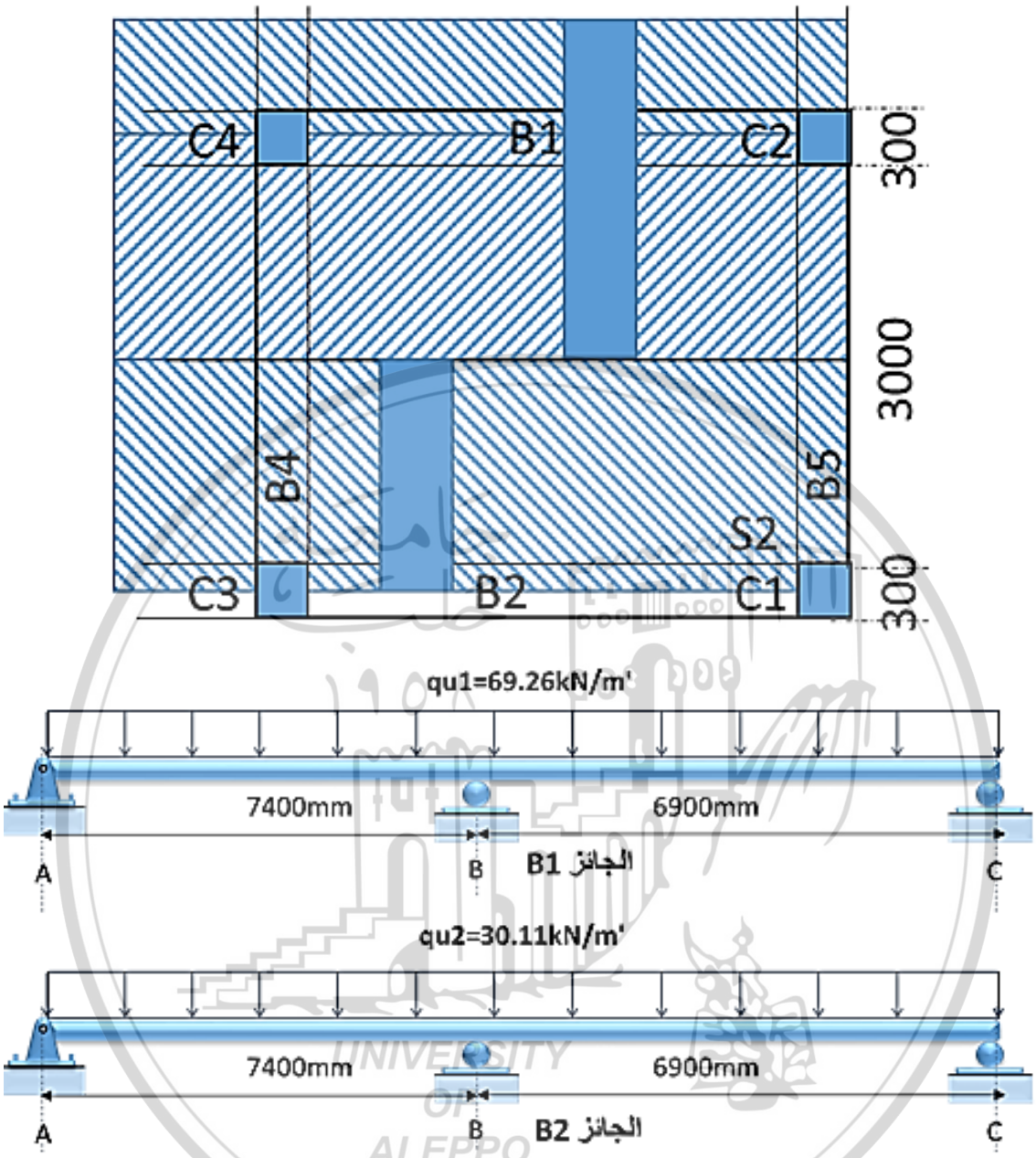
حساب التسليح				
110	d		130	hight H
0.066372819	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		1000	width B
0.079	q		20	cover tens
0.005642857	u		25	fc
620.7142857	As		350	fy
10.22352941	y		0.85	β1
12.02768166	x		0.85	ϒ
0.033163265	ub		18.07	Mu
0.016581633	Umax		20.07777778	Mn
0.002571429	Umin beam		0.0015	Umin slab
			195	

لإيجاد التسليح اللازم لمقاومة العزم الموجب نعتمد على إيجاد التسليح المقطع مستطيل مسلح على الشد فقط ارتفاعه الفعال يساوي الى سماكة البلاطة مطروحا منها سماكة تغطية الفولاذ والتي تساوي 20mm في البلاطات ويساوي 110mm وعرضه يساوي 1000mm كما هو موضح بالجدول رقم (٦-٢) والذي يوضح طريقة الحساب وإيجاد التسليح اللازم الذي يساوي $620,7mm^2$ لذلك سوف نستخدم 6T12/m' حيث يستمر نصف القضبان (ثلاثة قضبان) ونرفع النصف الآخر (ثلاثة قضبان)، أما التسليح الثانوي فيؤخذ نسبة من التسليح الرئيسي (يجب أن لايقل عن 0,25 من مساحة التسليح الرئيسية أو 0,001 من مساحة القطاع الفعلي أيهما أكبر) وبالتالي تكون مساحة التسليح الثانوي $620,7/4=155,75mm^2$ أو $130mm^2$ نختار الأكبر وتساوي 4T8/m'



الشكل رقم (٦-١٢) يبين مسقطا افقيا للبلاطة S2 ومقاطع عرضية تبين توزيع وأقطار ومسافات إيقاف قضبان التسليح الرئيسية والثانوية

أما توزيع الحمولات على الجوائز فيتم توضيحه بالشكل رقم (٦-١٣) حيث يتم توزيع الحمولات على الجوائز B1 و B2 المتعامدة مع اتجاه العمل



الشكل رقم (٦-١٣) توزيع الحمولات على الجوائز المحيطة بكل بلاطة

يخضع الجائز B_2 لتأثير حمولة حدية موزعة بانتظام منقولة من البلاطة شدتها

$$q_{u2}=W_u.L_1/2=18,25.3,3/2=30,11kN/m'$$

أما الجائز B_1 يخضع لتأثير حمولة حدية منقولة من البلاطة و موزعة بانتظام شدتها q_{u1}

$$q_{u1}=1,15.W_u.(L_1+L_2)/2=1,15.18,25.(3,3+3,3)/2=69,26kN/m'$$

أما الجوائز B_3 و B_4 و B_5 فلا تخضع لتأثير أي حمولة منقولة من البلاطات

٦-٣-٢ البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين:

٦-٣-٢-١: الاشتراطات البعدية للبلاطات ذات الاتجاهين

أ) في حال البلاطات المليئة ذات الاتجاهين المستندة على جدران أو جوائز تزيد أعماقها على مثَلي سمك البلاطة، يجب ألا يقلّ سمك البلاطة عن محيطها المكافئ مقسوما على 140، وإلا فيلزم التحقق من السهم، حيث يعرف المحيط المكافئ بأنه مجموع الأطوال المكافئة لأضلاع البلاطة .يؤخذ الطول المكافئ لضلع ما من البلاطة، مساويا إلى:

- طوله الفعلي عند الوجه الداخلي للاستناد، إذا كانت البلاطة مستندة استنادا بسيطا على هذا الضلع،

- ويساوي 0,76 من الطول الفعلي عند الوجه الداخلي للاستناد، إذا كانت البلاطة مستمرة عند هذا الضلع.

ب) إذا كان ارتفاع الجوائز الحاملة للبلاطة، يقلّ عن مثلي سمك البلاطة، يؤخذ السمك الأدنى للبلاطة بفرضها مستندة على الأعمدة مباشرة،

٦-٣-٢-٢ تسليح البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين

أ) تؤخذ مساحات التسليح الدنيا والقصوى، كما ذكر لحالة البلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد.

ب) وبالنسبة لموضوع ترتيبات التسليح، يرجع إلى ما ذكر في حالة البلاطات المليئة ذات الاتجاه الواحد أيضا.

٦-٣-٢-٣ تحليل البلاطات المليئة ثنائية الاتجاه

يوجد العديد من الطرائق لتحليل البلاطات المليئة ثنائية الاتجاه، نذكر منها:

١.طريقة خطوط الانكسار

٢.طريقة الشرائح

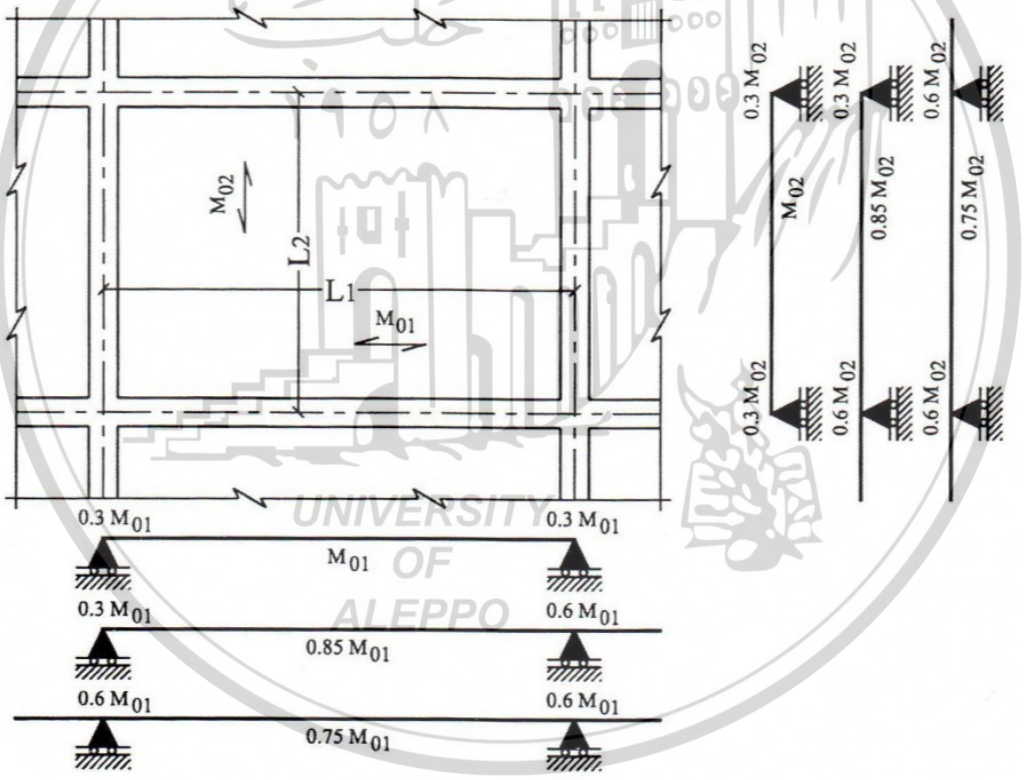
٣.الطريقة المبسطة

سوف نعتمد الطريقة المبسطة في حساب عزوم الانعطاف الموجبة والسالبة للبلاطات المليئة ثنائية لاتجاه

الطريقة المبسطة:

أ) تقتصر صلاحية هذه الطريقة، على بلاطات المباني العادية التي لا تتجاوز الأحمال الحية الاستثمارية عليها والموزعة بانتظام عن $5\ kN/m^2$ ، على أنه يمكن استعمالها لحالة أحمال حية أكبر شريطة مراعاة احتمال تغير إشارة العزم في وسط المجاز وعند المسند (نشوء عزم سالب في وسط المجاز وعزم موجب عند المسند)

ب)تنطلق هذه الطريقة في الحسابات، من بلاطة بسيطة الاستناد عند أطرافها الأربعة. لتكن البلاطة المبينة في الشكل رقم (٦-١٤)، بلاطة تعمل باتجاهين وذات المجازين L_1 و L_2 حيث L_1 المجاز الأكبر تتعرض هذه البلاطة لحمل موزع بانتظام على كامل سطحها، شدته W_u



الشكل رقم (٦-١٤) قيم العزوم الموجبة والسالبة في البلاطات المليئة المستمرة ثنائية الاتجاه كنسب من العزمين Mo1 و Mo2 للبلاطة بسيطة الاستناد

ج) تحدد عزوم الانحناء المتولدة عن الأحمال في مركز البلاطة بالاتجاهين كالآتي:

باتجاه المجاز القصير L_2 : $M_{o2} = \mu_2 . W_u . L_2^2$

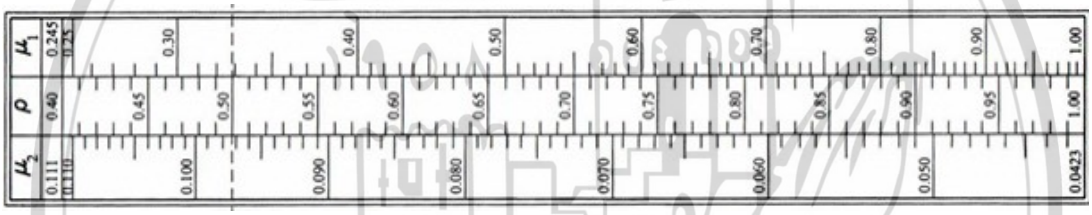
باتجاه المجازالطويل L_1 : $M_{o1} = \mu_1 . M_{o2}$

حيث تحدد قيم المعاملين μ_1 و μ_2 من الجدول رقم (٦-٣) أو الشكل رقم (٦-١٥) المرفق تبعا لقيمة النسبة $(0{,}5 \le \rho = \frac{L_2}{L_1} \le 1)$

وتؤخذ عزوم انحناء سالبة عند المساند في البلاطة بسيطة الاستناد، لا تقلّ قيمتها عن $0{,}3M_{o1}$ في الاتجاه L1 . وعن $0{,}3M_{o2}$ في الاتجاه L_2

الجدول رقم (٦-٣) قيم المعاملين المعاملين μ_1 و μ_2 تبعا لقيمة نسبة الاستطالة ρ

$\rho = \frac{L_2}{L_1}$	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,8	0,85	0,90	0,95	1,00
μ_2	0,0973	0,0911	0,0849	0,0787	0,0728	0,0670	0,615	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



الشكل رقم (٦-١٥) تحديد قيم المعاملين μ1 و μ2 تبعا لقيمة نسبة الاستطالة ρ

إذا كانت البلاطة مستمرة من طرف، ومستندة استنادا بسيطا من الطرف الآخر، تعتمد القيم الآتية لعزوم الانحناء:

في المجازات	بالاتجاه L_1	$0{,}85M_{o1}$
	بالاتجاه L_2	$0{,}85M_{o2}$
عند المساند الطرفية (عزم سالب)	بالاتجاه L_1	$0{,}3M_{o1}$
	بالاتجاه L_2	$0{,}3M_{o2}$
عند المساند الداخلية (عزم سالب)	بالاتجاه L_1	$0{,}6M_{o1}$
	بالاتجاه L_2	$0{,}6M_{o2}$

إذا كانت البلاطة مستمرة من طرفين، تعتمد القيم الآتية لعزوم الانحناء:

في المجازات	بالاتجاه L_1	$0,75M_{o1}$
	بالاتجاه L_2	$0,75M_{o2}$
عند المساند الداخلية (عزم سالب)	بالاتجاه L_1	$0,6M_{o1}$
	بالاتجاه L_2	$0,6M_{o2}$

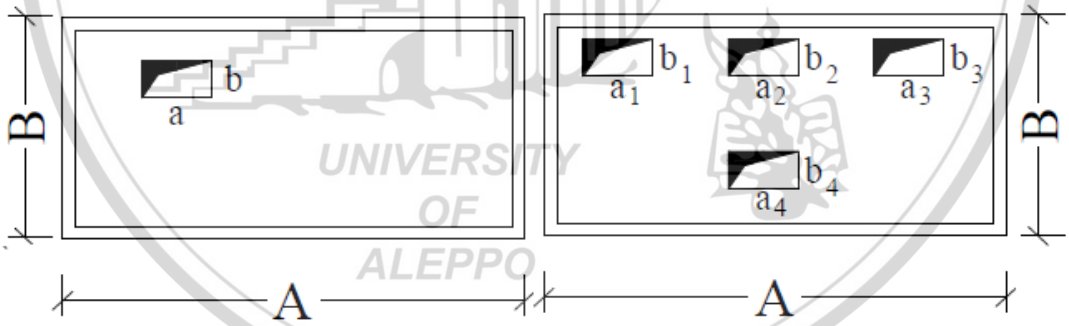
يؤخذ العزم السالب لبلاطة مستمرة متوسط القيمتين عند يسار ويمين المسند.

٦-٣-٣ في حال وجود فتحات في البلاطات المليئة

i. تعتبر الفتحة صغيرة إذا كان طول الفتحة لايزيد عن ¼ طول الضلع في الاتجاه الأول أو الثاني كما هو مبين في الشكل رقم (٦-١٦)

في حال وجود عدة فتحات فانه تكون هذه الفتحات صغيرة عندما لايزيد مجموع اضلاعها في كل اتجاه عن L/4 كما هو مبين في الشكل رقم (٦-١٦)

تسلح هذه الفتحات الصغيرة بـ 0,75 As من كل طرف حيث تعبر As عن مساحة الفولاذ المقطوع من كل اتجاه على ألا تقل عن 2T12 من كل طرف ويوضع تسليح 2T10 في الزوايا الأربعة كما هو مبين في الشكل رقم (٦-١٧)

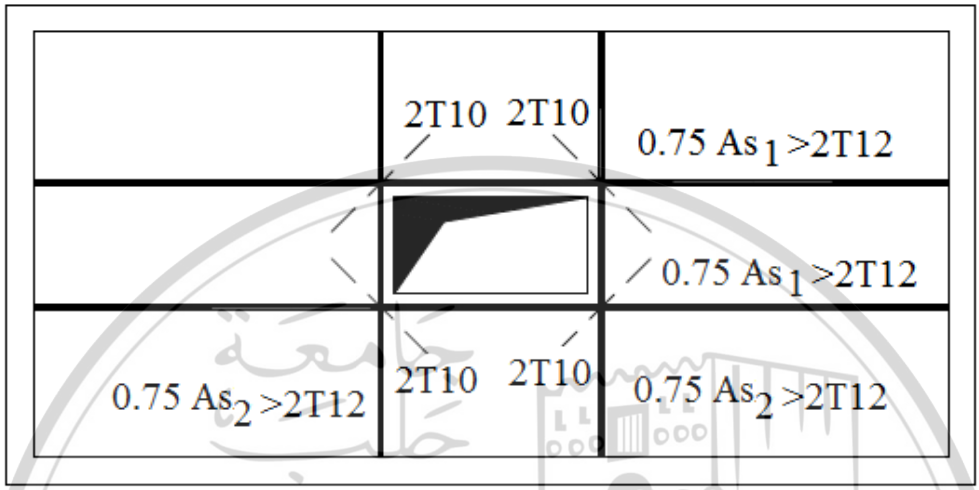


$$\frac{a}{A} \le \frac{1}{4}; \quad \frac{b}{B} \le \frac{1}{4} \quad \frac{b_4 + [(b_3) \text{ او } (b_2) \text{ او } (b_1)]}{B} \le \frac{1}{4}$$

الشكل رقم (٦-١٦) الفتحات الصغيرة ومثلها للاتجاه A

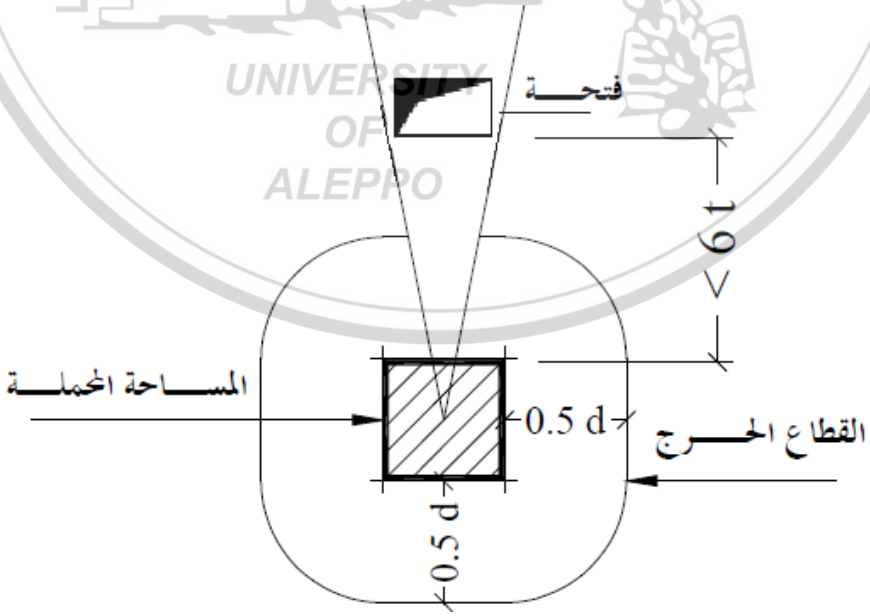
في حالة الفتحات الكبيرة، يجب أن تحلل وفقا للمبادئ الهندسية المعتمد ة، أو بوضع جوائز تقوية على محيط الفتحة، وتوصيل تلك الجوائز حتى مساند البلاطة، ثم تحليل هذه الجوائز

طبقا للأسس الهندسية السليمة .في حال الجوائز الطرفية المخفية يلزم عادة تسليح ثنائي، فيراعى ربط هذا التسليح بشكل محكم بأساور كافية لمقاومة القص ومنع التحنيب.



الشكل رقم (٦-١٧) التسليح حول الفتحة الصغيرة في البلاطات المليئة

عندما تكون الفتحة في البلاطة موجودة على مسافة تقلّ عن 6 مرات سمك البلاطة من حافة حمل مركز (رد فعل) كما هو مبين في الشكل رقم (٦-١٨) فإن جزءا من محيط القطاع الحرج، المحصور بين المستقيمين الواصلين من مركز الحمل المركز حتى طرف الفتحة، يعد غير فعال.



الشكل رقم (٦-١٨) القطاع الحرج حول الحمل مركز في حال وجود فتحة قريبة

٦-٣-٤ نقل الأحمال للجوائز

i. بالنسبة للبلاطات التي تعمل باتجاهين (مصمتة أو مفرغة)، والمستندة على جوائز محيطية، تنتقل الأحمال من البلاطات للجوائز المحيطية، وفق منصفات الزوايا، كما هو مبين بالشكل رقم (٦-١٩) ويمكن استبدال الأحمال المثلثية وشبه المنحرفة، بأحمال مكافئة موزعة بانتظام، تحسب كما يلي:

$$W_{e1} = \alpha . W . L_x / 2$$

$$W_{e2} = \beta . W . L_x / 2$$

حيث:

W_{e1}= الحمل المكافئ الموزع بانتظام، لحساب العزم الأعظمي في الجائز البسيط .

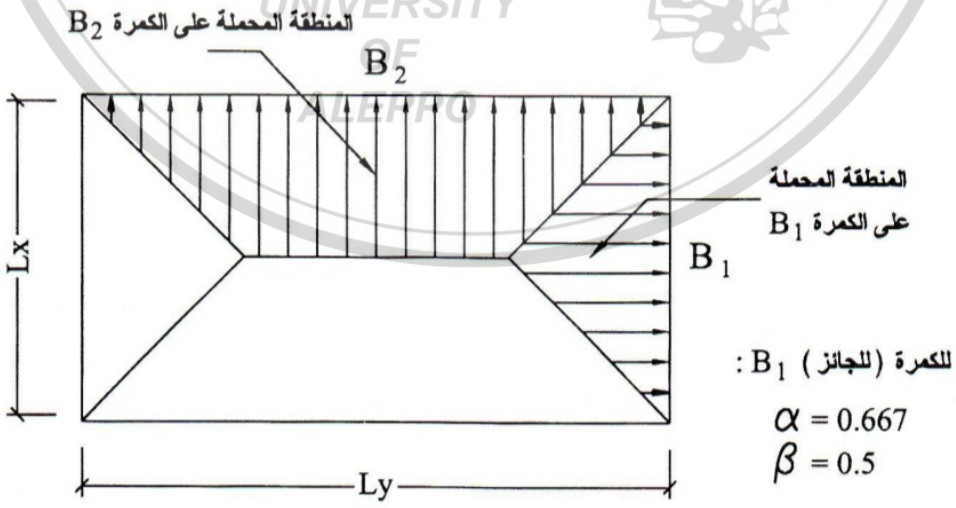
W_{e2}= الحمل المكافئ الموزع بانتظام، لحساب قوى القص وردود الأفعال في الجائزالبسيط.

α و β = معاملات تؤخذ من الجدول رقم (٦-٤) بالنسبة للجائز B_2 أما بالنسبة للجائز B_1 فقيم المعاملات مبينة في الشكل رقم (٦-١٩)،

L_x =البعد القصير للبلاطة

L_y =البعد الطويل للبلاطة

w = الحمل الموزع بانتظام على البلاطة في حالات حدود الاستثمار، و w_u في حالات حد الانهيار.



الشكل رقم (٦-١٩) نقل الأحمال من البلاطة للجوائز

الجدول رقم (٦-٤) معاملات توزيع أحمال البلاطات على الجوائز

L_y/L_x	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
α	0,667	0,725	0,767	0,802	0,830	0,851	0,870	0,885	0,897	0,908	0,917
β	0,50	0,545	0,583	0,615	0,642	0,667	0,688	0,706	0,722	0,737	0,750

ii. يضاف إلى أحمال الجوائز وزنها الذاتي والأحمال المطبقة عليها مباشرة، كحمل الجدران، أو العناصر المعمارية والتزيينية الأخرى.

iii. عندما يعمل الجائز مسندا لجائز آخر، يؤخذ رد فعل الجائز المحمول، بصفة حمل مركز على الجائز الحامل.

iv. تصمم الجوائز الحاملة لبلاطة ظفرية لحمولة البلاطة الظفرية مضافا إليها M / L

حيث:

M = عزم البلاطة الظفرية .

L = مجاز البلاطة المجاورة للبلاطة الظفرية، أو يحسب الحمل الإضافي بطريقة أكثر دقة.

٦-٣-٥ تطبيقات عملية:

مثال (١) حل المسألة الثانية للدورة الفصلية الأولى ٢٠١٥-٢٠١٦

تعتمد الثوابت في جميع المسائل كثافة الخرسانة $\gamma_c=25kN/m^3$	$f'c=22MPa$ $fy=350MPa$	تغطية الفولاذ في الجوائز = 50mm تغطية الفولاذ في البلاطات= 20mm
تؤخذ مساهمة الخرسانة في القص $\tau_o=0$	يحدد عامل خفض المقاومة كما يلي للقص $\Omega=0,75$ للانعطاف البسيط $\Omega=0,9$ للضغط البسيط $\Omega=0,65$	

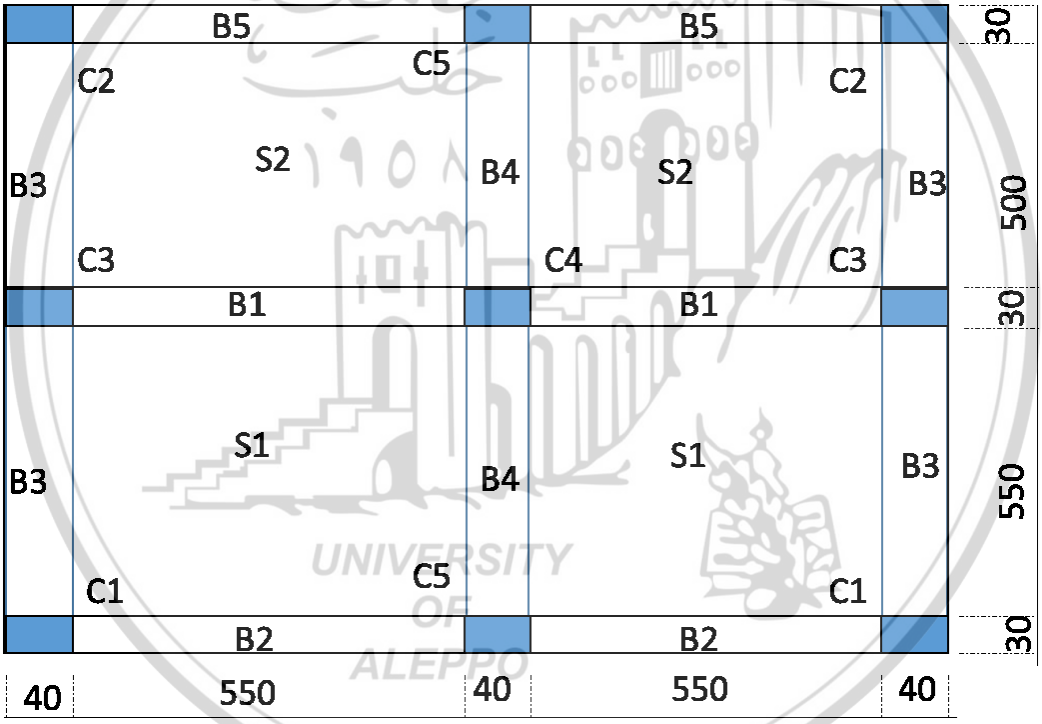
سقف من الخرسانة المسلح مؤلف من عدة بلاطات مليئة موجود في بناء سكني يحتوي على عشرة طوابق متكررة (أرضي وتسعة طوابق) ارتفاع الطابق أربعة أمتار يتعرض لتأثير الحمولات الآتية: حمولة حية شدتها 5kN/m' وحمولة تغطية شدتها 3kN/m' والمطلوب:

١. حساب سماكة البلاطات الحسابية والتنفيذية مع حساب الوزن الذاتي

٢. إيجاد العزوم السالبة والموجبة في البلاطة S1 وإيجاد التسليح اللازم لمقاومة العزم الموجب مع رسم مسقط أفقي تبين فيه التسليح اللازم

٣. ارسم مسقطا أفقيا للبلاطة توضح عليه مقدار وتوزع الحمولات المنقولة من البلاطات الى الجوائز.

٤. بفرض أن العمود C1 متمفصل من الأسفل وموثوق وثاقة جزئية من الأعلى وموجود في الطابق الأرضي، المطلوب حساب التسليح الطولي والعرضي اللازم إذا علمت أنه يتعرض لتأثير حمولة حدية والتي تشمل الوزن الذاتي للعمود مقدارها 1200kN وأن طوله الصافي يساوي 380cm مع رسم مقطع طولي وعرضي



الطلب الأول :

تحديد عمل البلاطة

البلاطة S1 تعمل باتجاهين S1 = 590/580 =1,017

البلاطة S2 تعمل باتجاهين S1 = 590/530 =1,11

$$S1 = \frac{550 + 550 + (550 + 550)\ 0{,}76}{140} = 13{,}83 \approx 14$$

$$S2 = \frac{550 + 550 + (500 + 500)\ 0{,}76}{140} = 13{,}2 \approx 14$$

نفرض سماكة السقف الكلية 14cm

الوزن الذاتي $0{,}14 \times 25 \times 1 \times 1 = 3{,}5 kN/m^2$

الحمولات الميتة $3+3{,}5=6{,}5$

الحمولات الحدية $6{,}5 \times 1{,}4 + 5 \times 1{,}7 = 17{,}6\ KN/m^2$

<u>الطلب الثاني:</u>

تحديد المجاز الحسابي :

يحدد المجاز الحسابي للبلاطة S_1

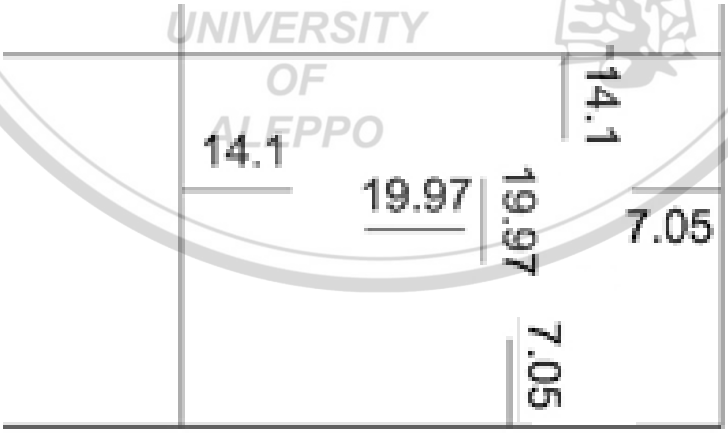
الاتجاه الأول (562 - 577,5 - 590) الاتجاه الثاني (562 - 577,5 - 580)

حساب العزوم الموجبة والسالبة في البلاطة S_1

$$\frac{L_2}{L_1} = 1 \rightarrow \mu_2 = 0{,}0423\ , \quad \mu_1 = 1$$

$$M_{O1} = M_{O2} = \mu_2 \cdot W \cdot L_2^2 = 0{,}0423 \cdot 17{,}6 \cdot 5{,}62^2 = 23{,}5\ KN.m$$

$M_{o2} = 23{,}5$ KN.m	$0{,}85\ M_{o2} = 19{,}975$
$0{,}3\ M_{o2} = 7{,}05$	$0{,}6\ M_{o2} = 14{,}1$



مخطط يبين قيم عزوم الانعطاف الموجبة والسالبة في البلاطة S_2

UNIVERSITY OF ALEPPO

حساب التسليح :

حساب التسليح				
120	d		140	hight H
0.070058221	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		1000	width B
0.0731	q		20	cover tens
0.004594857	u		22	fc
551.3828571	As		350	fy
10.32	y		0.85	β1
12.14117647	x		0.85	ϒ
0.029183673	ub		19.975	Mu
0.014591837	Umax		22.19444444	Mn
0.002571429	Umin beam		0.0015	Umin slab
			210	

$$\frac{Mn}{f`c\,.\,b\,.\,d^2} = 0{,}07006 \rightarrow \text{q} = 0{,}0731$$

نقارن نسبة التسليح المحسوبة مع نسبة التسليح العظمى $\mu = \text{q}\frac{f`c}{fy} = 0{,}004595$ والصغرى لذلك نحسب نسبة التسليح التوازنية

$$\mu_b = \frac{455}{630 + fy}\frac{f`c}{fy} = 0{,}0292$$

$$\mu_{min} = 0{,}0015, \quad \mu_{max} = \frac{1}{2}\mu_b = 0{,}0146$$

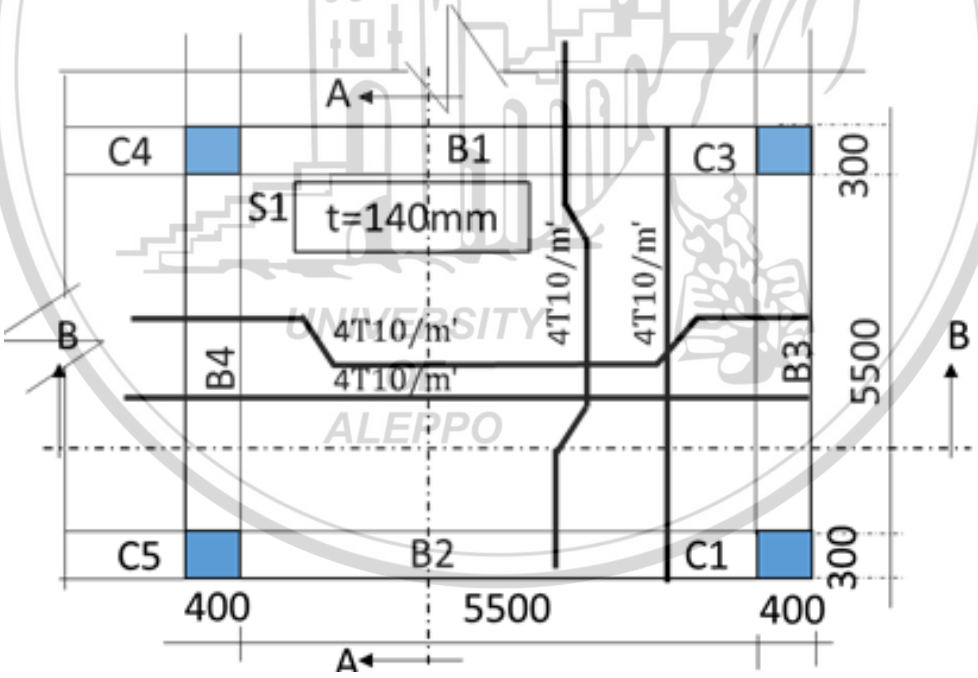
لذلك نحسب التسليح $\mu\,(\min) < \mu < \mu\,(\max)$ $\text{As} = \mu\,.\,b\,.\,d = 551{,}383\text{mm}^2$

نختار $\text{As} = 5\ \text{T}\ 12$ أو $\text{As} = 8\ \text{T}\ 10$

حساب التسليح الموجب في الاتجاه الثاني والذي يختلف عن الاتجاه الأول باختلاف الارتفاع الفعال وذلك لكون البلاطة مربعة وذلك لاختلاف تغطية الفولاذ والتي تساوي ٣٠ مم والموضحة في الجدول الآتي:

حساب التسليح				
110	d		140	hight H
0.083375073	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		1000	width B
0.088	q		30	cover tens
0.005531429	u		22	fc
608.4571429	As		350	fy
11.38823529	y		0.85	β1
13.39792388	x		0.85	ϒ
0.029183673	ub		19.975	Mu
0.014591837	Umax		22.19444444	Mn
0.002571429	Umin beam		0.0015	Umin slab
			210	

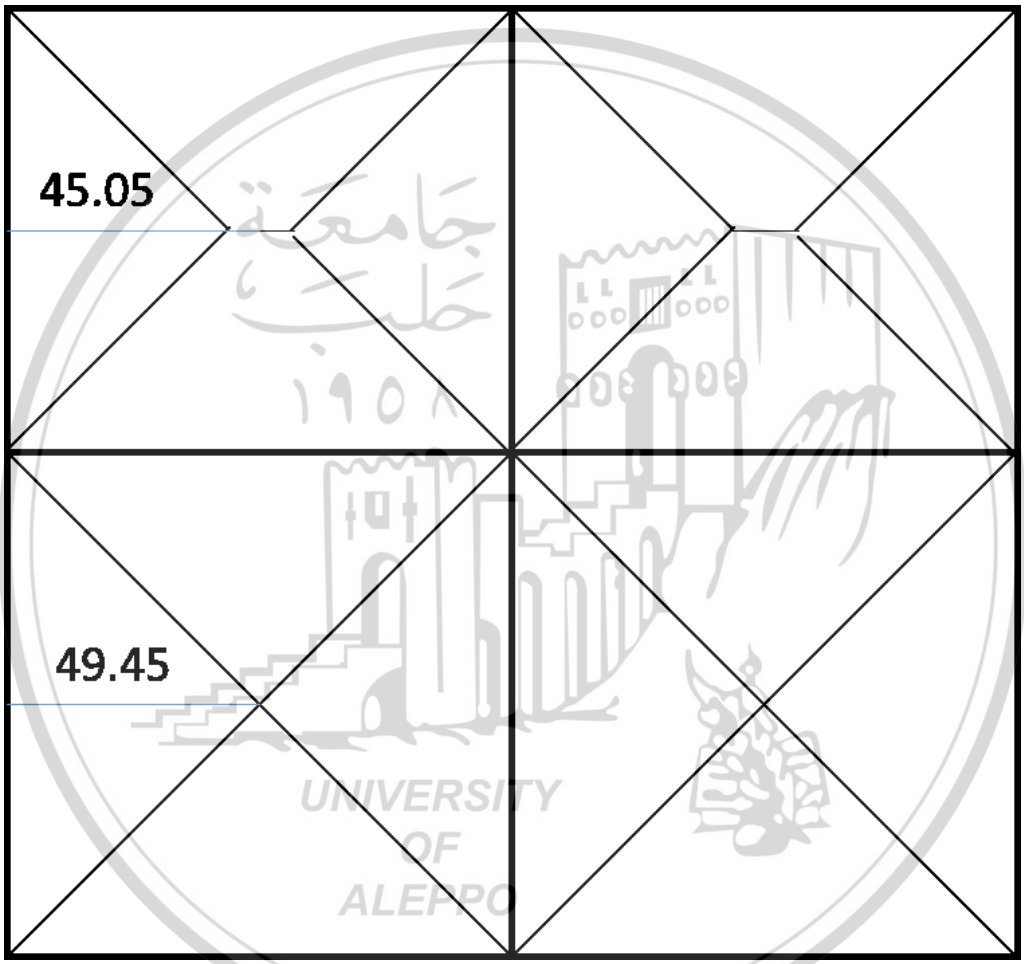
لذلك نختار 8T10/m أيضا



الطلب الثالث: نحدد المجاز الحسابي للبلاطة S2

الاتجاه الأول (512 - 577,5 - 590) الاتجاه الثاني (512 - 525 - 530)

شدة الحمولات المنقولة من البلاطة S_1	$\frac{w \cdot a_1}{2} = \frac{17,6 \times 5,62}{2} = 49,45$
شدة الحمولات المنقولة من البلاطة S_2	$\frac{w \cdot a_2}{2} = \frac{17,6 \times 5,12}{2} = 45,05$



الطلب الرابع : هذا الطلب تابع لبحث الأعمدة

دراسة التحنيب :

$L_o = 0,85\ L = 0,85 \cdot 380 = 323$

$\frac{323}{30} = 10,77 < 11,5$ لايوجد تحنيب

باعتبار أن العمود C_1 هو عمود ركني فانه يمكننا إيجاد عامل التكافؤ K_e الخاص بهذه المسألة من الجداول رقم (3-5) ويساوي $K_e = 1,2$

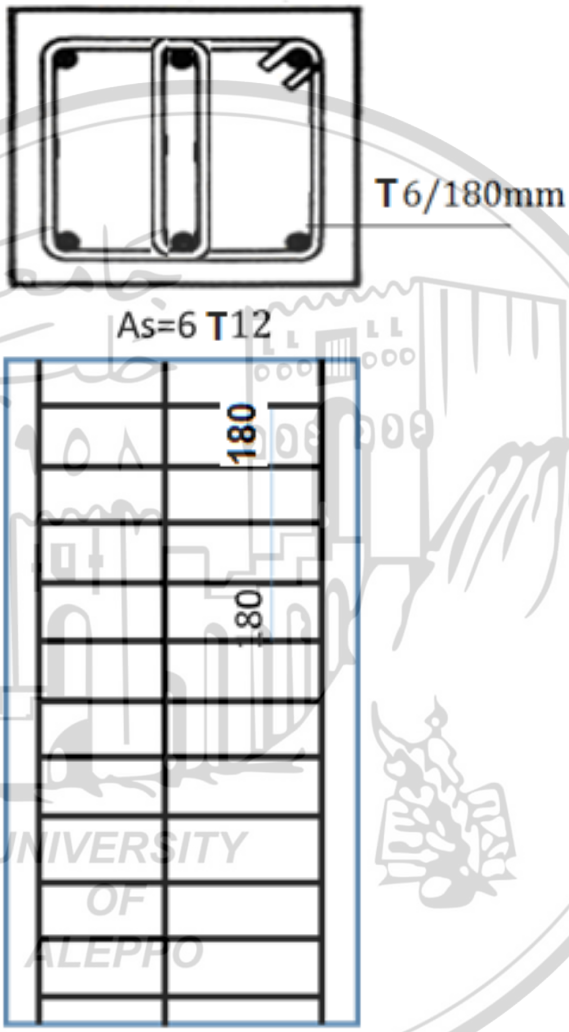
$$N_u = 0{,}8\ \Omega\ (\ 0{,}85\ .\ f`c\ .\ Ac`\ +\ fy\ .\ As`\ )/K_e$$

$$1200\ .\ 10^3 = 0{,}8\ .\ 0{,}65\ (\ 0{,}85 \times 22 \times 400 \times 300 + 350\ As`\ )/1{,}2 \rightarrow$$

$$As' = 1500\ mm^2\ (6T12)$$

نختار الأساور باتباع اشتراطات التسليح العرضي في الأعمدة الواردة في بحث الأعمدة

وبذلك نختار T6/180mm



مثال (٢): السؤال الثاني (٤٠ درجة):

تعتمد الثوابت في جميع المسائل كثافة الخرسانة $\gamma_c=25kN/m^3$	$f'c = 26MPa$ $fy = 380MPa$	تغطية الفولاذ في الجوائز = 50mm تغطية الفولاذ في البلاطات= 20mm
تؤخذ مساهمة الخرسانة في القص $\tau_o=0$	يحدد عامل خفض المقاومة كما يلي للقص $\Omega=0,75$، للانعطاف البسيط $\Omega=0,9$ للضغط البسيط $\Omega=0,65$	

سقف من الخرسانة المسلح مؤلف من عدة بلاطات مليئة موجود في بناء سكني يحتوي على خمسة طوابق متكررة (أرضي وأربعة طوابق) ارتفاع الطابق ثلاثة أمتار ونصف يتعرض لتأثير الحمولات الآتية: حمولة حية شدتها $6kN/m^2$ وحمولة تغطية شدتها $2,5kN/m^2$ والمطلوب:

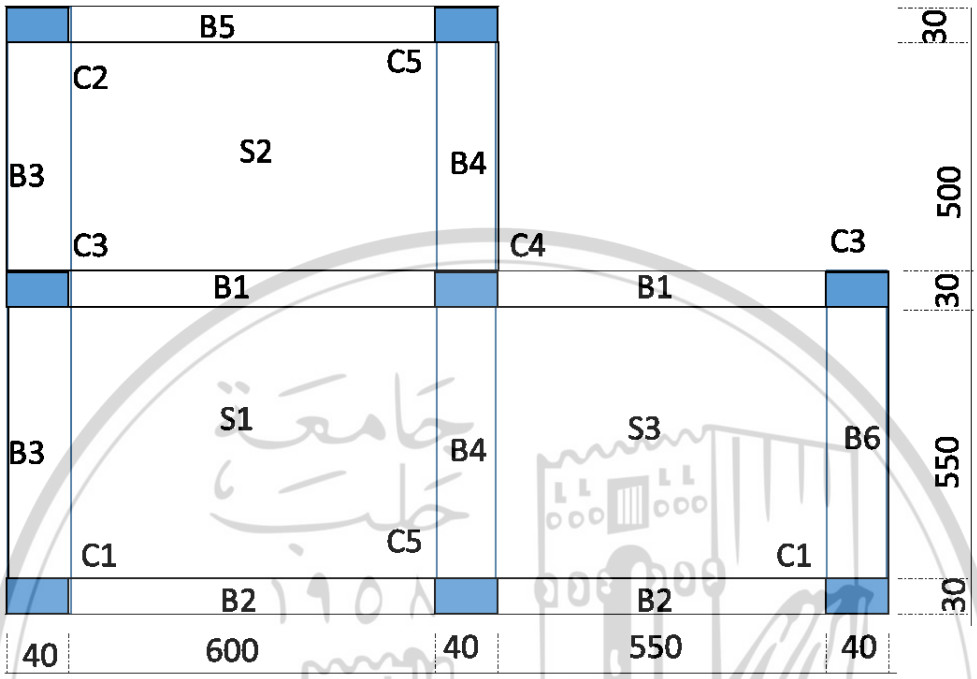
١. حساب سماكة البلاطات الحسابية والتنفيذية مع حساب الوزن الذاتي
٢. إيجاد العزوم السالبة والموجبة في البلاطة S2 وإيجاد التسليح اللازم لمقاومة العزم الموجب. (تعتمد الأبعاد المحورية في حساب العزوم)
٣. ارسم مسقطا أفقيا للبلاطة توضح عليه مقدار وتوزع الحمولات المنقولة من البلاطات الى الجوائز.
٤. بفرض أن العمود C_4 متمفصل من الأسفل وموثوق وثاقة تامة في الأعلى وموجود في الطابق الأرضي، المطلوب حساب التسليح الطولي والعرضي اللازم إذا علمت أنه يتعرض لتأثير حمولة حدية والتي تشمل الوزن الذاتي للعمود مقدارها 1500kN وأن طوله الصافي يساوي 3500mm مع رسم مقطع طولي وعرضي

<u>الطلب الأول: حساب سماكة البلاطات</u>

لحساب سماكة البلاطات يجب معرفة عمل البلاطات لذلك نقوم بحساب نسبة الطول الى العرض لكل بلاطة.

١. البلاطة S_1: $\frac{6400}{5800} = 1,1 < 2$ تعمل باتجاهين
٢. البلاطة S_2 : $\frac{6400}{5300} = 1,2 < 2$ تعمل باتجاهين

٣.البلاطة S_3 : $\frac{5900}{5800} = 1,01 < 2$ تعمل باتجاهين



حساب السماكة: تحسب السماكة الحسابية بالاعتماد على المحيط المكافئ لجميع البلاطات

$$\frac{6400 + 5800 + 6400.0,76 + 5800.0,76}{140} = 153,37 \quad S_1 \text{ البلاطة}$$

$$\frac{6400 + 5300 + 6400.0,76 + 5300}{140} = 156,17 \quad S_2 \text{ البلاطة}$$

$$\frac{5900 + 5900 + 5800 + 5800.0,76}{140} = 157,2 \quad S_3 \text{ البلاطة}$$

أما السماكة التنفيذية =160mm حيث نقرب اكبر قيمة الى أقرب 10mm

حساب الوزن الذاتي: $0,16.25.1.1=4kN/m^2$

تحديد الحمولات الحدية: الحمولات الحية = $6kN/m^2$ أما الحمولات الميتة فتساوي $2,5+4= 6,5kN/m^2$ وبالتالي تكون الحمولة الحدية $6,5.1,4+6.1,7=19,3kN/m^2$

<u>الطلب الثاني</u>: إيجاد العزوم السالبة والموجبة في البلاطة، بما أن البلاطة S2 تعمل باتجاهين يكون الاتجاه 2 القصير مستمرا من طرف واحد، والاتجاه 1 الطويل غير مستمر

لذلك نأخذ شريحة بعرض 1m بالاتجاهين ونحسب العزوم السالبة والموجبة وبذلك تصبح الحمولة الحدية بالمتر الطولي '19,3kN/m

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{5300}{6400} = 0{,}828 \rightarrow \quad \mu_2 \; = \; 0{,}0586\,, \qquad \mu_1 \; = 0{,}721$$

$M_{O2} = \mu_2 \,.\, W \,.\, L_2^2 = 0{,}0586 \,.19{,}3 \,.\, 5{,}3^2 = 31{,}77$ kN.m

$M_{O1} = \mu_1 \,.M_{O2} = 0{,}721.31{,}77 = 22{,}9$kN.m

$M_{o2} = 31{,}77$ kN.m	$0{,}85\ M_{o2} = 27$
$0{,}3\ M_{o2} = 9{,}53$	$0{,}6\ M_{o2} = 19{,}06$
$M_{o1} = 22{,}9$ kN.m	$0{,}3\ M_{o1} = 6{,}87$

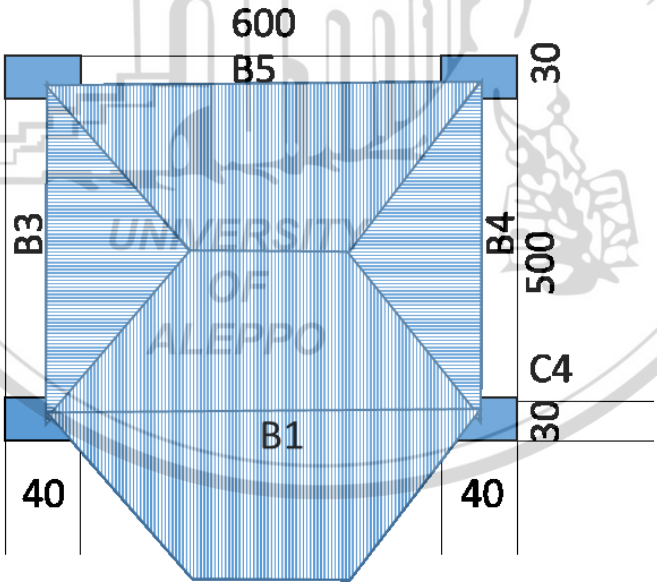
أولا: حساب التسليح بالاتجاه القصير

حساب التسليح				
140	d		160	hight H
0.058869702	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		1000	width B
0.0601	q		20	cover tens
0.004112105	u		26	fc
575.6947368	As		380	fy
9.898823529	y		0.85	β1
11.64567474	x		0.85	ϒ
0.030823345	ub		27	Mu
0.015411673	Umax		30	Mn
0.002368421	Umin beam		0.0015	Umin slab
			240	

ثانيا: حساب التسليح بالاتجاه الطويل

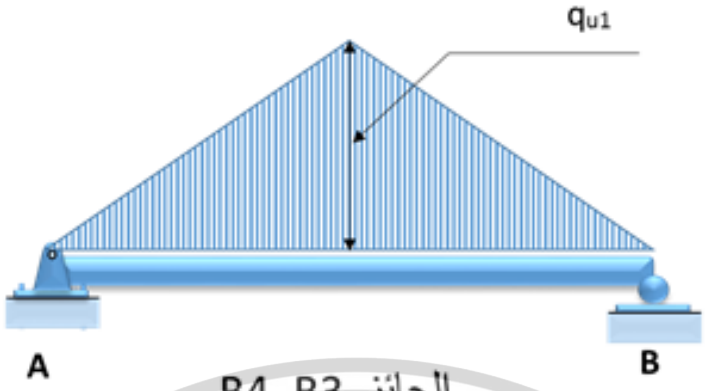
حساب التسليح				
130	d		160	hight H
0.057907247	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		1000	width B
0.06	q		30	cover tens
0.004105263	u		26	fc
533.6842105	As		380	fy
9.176470588	y		0.85	β1
10.79584775	x		0.85	ϒ
0.030823345	ub		22.9	Mu
0.015411673	Umax		25.44444444	Mn
0.002368421	Umin beam		0.0015	Umin slab
			240	

ثالثا: رسم مسقط أفقي للبلاطة نوضح عليه مقدار وتوزع الحمولة المنقولة من البلاطات الى الجوائز المحيطة بها



شدة الحمولات المنقولة من البلاطة S_2 الى الجائزين B_3 و B_4 وهي عبارة عن حمولة مثلثية شدتها

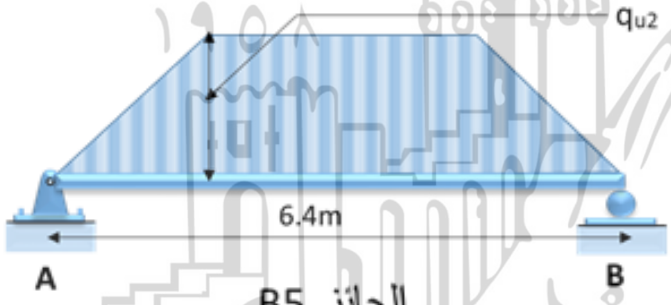
$$q_{u1} = \frac{w \cdot a}{2} = \frac{19{,}3 \times 5{,}3}{2} = 51{,}145$$



الجائز B4 ,B3

أما شدة الحمولات المنقولة من البلاطة S2 الى الجائز B5 وهي عبارة عن حمولة شبه منحرفة شدتها

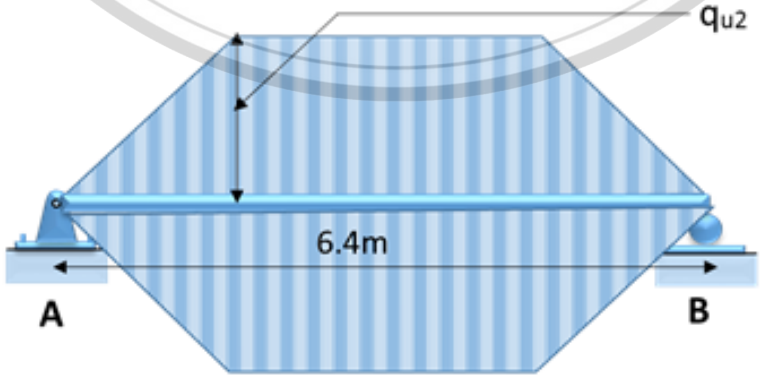
$$q_{u2} = \frac{w \cdot a}{2} = \frac{19{,}3 \times 5{,}3}{2} = 51{,}145$$



الجائز B5

أما شدة الحمولات المنقولة من البلاطة S2 الى الجائز B1 وهي عبارة عن حمولتين شبه منحرفة شدة الواحدة منها تساوي:

$$q_{u2} = \frac{w \cdot a}{2} = \frac{19{,}3 \times 5{,}3}{2} = 51{,}145$$



الجائز B1

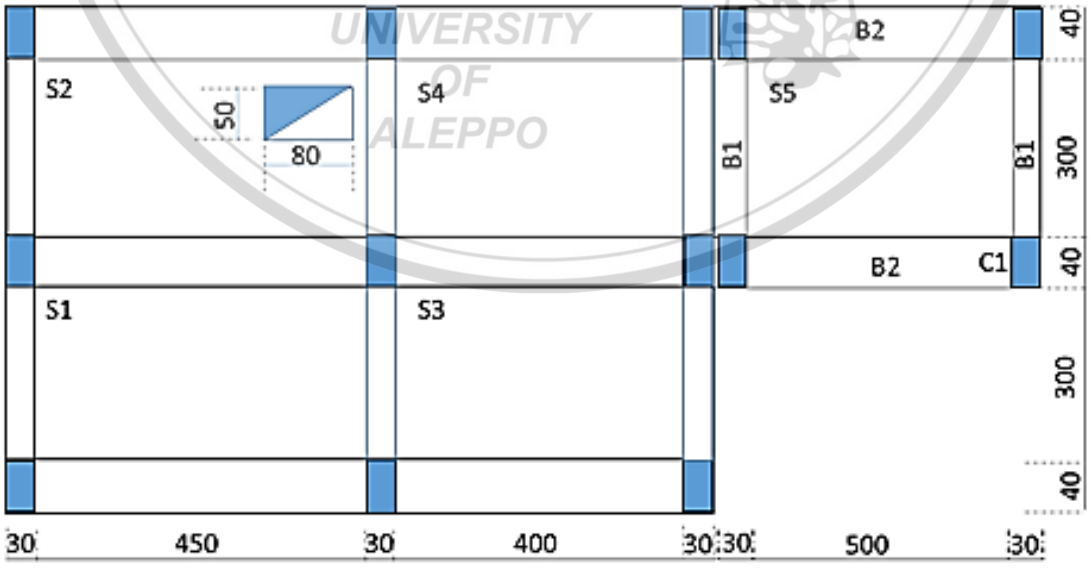
مثال (٣): سقف من الخرسانة المسلحة مؤلفا من عدة بلاطات مليئة S_1،S_2،S_3،S_4 يفصل بينها وبين S_5 فاصل تمدد شاقولي كما هو مبين في الشكل وتحتوي البلاطة S_2 على فتحة بأبعاد 50x80 cm تتعرض البلاطات لتأثير الحمولات الآتية:

- حمولة تغطية شدتها $2kN/m^2$
- حمولة حية شدتها $4kN/m^2$

والمطلوب:

١. حساب سماكة البلاطات الحسابية والتنفيذية
٢. حساب العزوم السالبة والموجبة
٣. حساب التسليح اللازم لمقاومة العزوم السالبة والموجبة
٤. حساب الحمولات المؤثرة على الجوائز
٥. حساب التسليح اللازم للجائز B_1 إذا علمنا أن الجائز مصبوب بشكل مستمر مع المساند الخاصة به.
٦. تصميم العمود C_1 الموجود بالطابق الأخير باعتباره موثوقا وثاقة جزئية من الأعلى ومتمفصلا من الأسفل.

إذا علمت أن $f'c = 24MPa$ وأن $fy = 360MPa$ وأن $\gamma c = 25\ kN/m^3$



UNIVERSITY OF ALEPPO

الحل:

أولا: حساب سماكة البلاطات

تعتبر جميع البلاطات المصمتة تعمل باتجاهين لأن البلاطة S_5 وهي ذات النسبة الكبيرة لأضلاعهاوالتي تساوي 1,67<2 لذلك سوف نقوم بحساب سماكة جميع البلاطات ونعمم السماكة الأكبر

البلاطة	المحيط المكافئ/140	السماكة التنفيذية	ملاحظات
S1	9,42	10	نتيجة وجود فاصل تمدد فانه يمكننا اعتبار سماكة البلاطة S5 تختلف عن باقي البلاطات، أما في حال عدم وجود فاصل تمدد فاننا نعمم السماكة الأكبر على جميع البلاطات
S2	9,42	10	
S3	8,8	10	
S4	8,8	10	
S5	11,42	12	

ثانيا: حساب الحمولات المؤثرة على البلاطات

حساب الوزن الذاتي للبلاطة S_5 ويساوي $0,12.1.1.25=3kN/m^2$ أما باقي البلاطات فيساوي $2,5kN/m^2$ وبذلك تكون الحمولات الميتة المؤثرة على البلاطة S5 تساوي $5kN/m^2$ أما باقي البلاطات $4,5kN/m^2$ وبذلك تكون مجموع الحمولات الحدية على البلاطة S5 يساوي $W_{u1}=5.1,4+4.1,7=13,8kN/m^2$

أما البلاطات الأخرى فتكون $W_{u2}=4,5.1,4+4.1,7=13,1kN/m^2$

ثالثا: حساب العزوم المؤثرة على البلاطات

لحساب العزوم يجب إيجاد المجاز الحسابي لجميع البلاطات والذي يؤخذ أصغر القيم الآتية:

- المسافة بين المحاور
- المسافة بين الأوجه الداخلية للمساند مضروبا بـ 1,05
- المسافة بين الأوجه الداخلية للمساند مضافا اليه الارتفاع الفعال

البلاطة	الطول الفعال بالاتجاه 2 L_2	الطول الفعال بالاتجاه 1 L_1
S_5	340 -315-**310**	530-525-**510**
S_2،S_1	340-315-**308**	430-420-**408**
S_4،S_3	340-315-**308**	480-472,5-**458**

١-البلاطة S_5

١) باتجاه المجاز القصير L_2: $M_{o2} = \mu_2 \, w \, L_2^2$

٢) باتجاه المجاز الطويل L_1: $M_{o1} = \mu_1 \, M_{o2}$

$r=L_2/L_1=310/510=0,608 \leftarrow \mu_2=0,0839$ و $\mu_1=0,445$

$M_{o2}=0,0839.13,8.3,1^2=11,126kN.m$ و $M_{o1}=0,445.11,126=4,95kN.m$

أما العزوم السالبة فتساوي (في الاتجاه القصير $0,3M_{o2}=0,3.11,126=3,34$) أما الاتجاه الطويل فتساوي $0,3M_{o1}=0,3.4,95=1,485$

٢-البلاطتين S_1 وS_2

قبل حساب العزوم يجب معرفة نوع الفتحة الموجودة في البلاطة S_2 $80>114,5=458/4$ و $50<77=308/4$ وبالتالي تعتبر هذه الفتحة صغيرة لذلك نتابع الحل بإيجاد الثوابت الخاصة بحساب العزوم

$r=L_2/L_1=308/408=0,755 \leftarrow \mu_2=0,0665$ و $\mu_1=0,619$

$M_{o2}=0,0665.13,1.3,08^2=8,26kN.m$ و $M_{o1}=0,619.8,26=5,11kN.m$

أما العزوم السالبة في المساند الطرفية فتساوي (في الاتجاه القصير $0,3Mo2=0,3.8,26=2,48$) أما الاتجاه الطويل فتساوي $0,3Mo1=0,3.5,11=1,53$

أما العزوم السالبة في المساند الداخلية فتساوي (في الاتجاه القصير $0,60Mo2=0,60.8,26=4,96$) أما الاتجاه الطويل فتساوي $0,6Mo1=0,6.5,11=3,07$

أما العزوم الموجبة فتساوي (في الاتجاه القصير $0,85Mo2=0,85.8,26=7,02$) أما الاتجاه الطويل فتساوي $0,85Mo1=0,85.5,11=4,34$

٣-البلاطتين S_3 وS_4

$$r=L_2/L_1=308/458=0,672 \rightarrow \mu_2=0,075 \text{ و } \mu_1=0,52$$

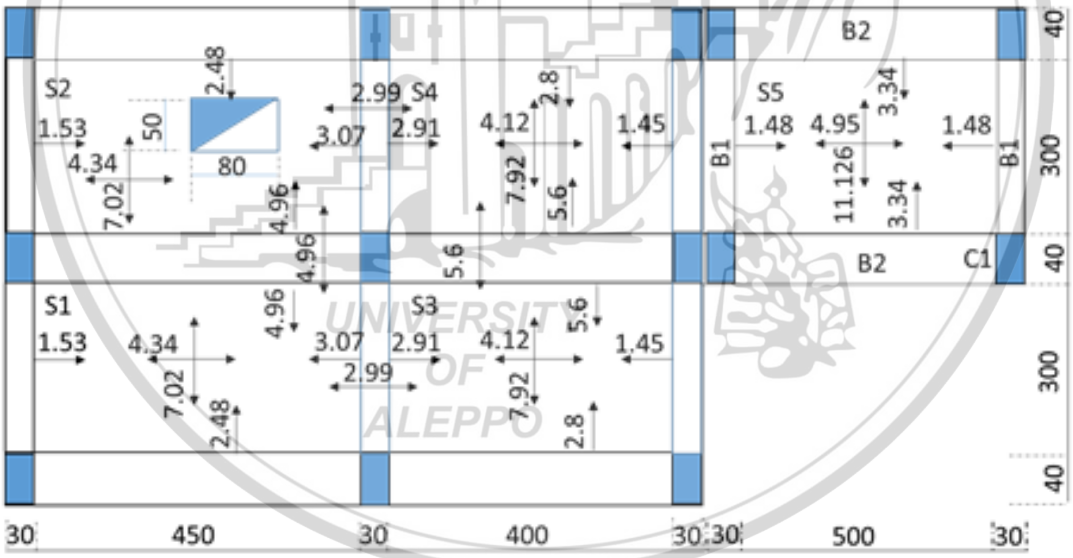
$$Mo2=0,075.13,1.3,08^2=9,32kN.m \text{ و } Mo1=0,52.9,32=4,85kN.m$$

أما العزوم السالبة في المساند الخارجية فتساوي (في الاتجاه القصير $0,3M_{o2}=0,3.9,32=2,8$) أما الاتجاه الطويل فتساوي $0,3M_{o1}=0,3.4,85=1,455$

أما العزوم السالبة في المساند الداخلية فتساوي (في الاتجاه القصير $0,60M_{o2}=0,60.9,32=5,6$) أما الاتجاه الطويل فتساوي $0,6M_{o1}=0,6.4,85=2,91$

أما العزوم الموجبة فتساوي (في الاتجاه القصير $0,85M_{o2}=0,85.9,32=7,92$) أما الاتجاه الطويل فتساوي $0,85M_{o1}=0,85.4,85=4,12$

بعد حساب قيم العزوم السالبة والموجبة نقوم بتدوينها على المسقط الأفقي للبلاطات كما هو موضح بالشكل الآتي:



ثم نقوم بحساب التسليح اللازم من العلاقات التي مرت معنا سابقا في المقاطع المستطيلة وبذلك يمكننا تنظيم الجداول الآتية:

حساب التسليح في البلاطة S_5

أولا: حساب التسليح الموجب بالاتجاه القصير

حساب التسليح				
100	d		120	hight H
0.051509259	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		1000	width B
0.0532	q		20	cover tens
0.003546667	u		24	fc
354.6666667	As		360	fy
6.258823529	y		0.85	β1
7.363321799	x		0.85	ϒ
0.030639731	ub		11.126	Mu
0.015319865	Umax		12.36222222	Mn
0.0025	Umin beam		0.0015	Umin slab
			180	

نختار 8T8/m'

ثانيا: حساب التسليح الموجب بالاتجاه الطويل

حساب التسليح				
90	d		120	hight H
0.028292181	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		1000	width B
0.0288	q		30	cover tens
0.00192	u		24	fc
172.8	As		360	fy
3.049411765	y		0.85	β1
3.587543253	x		0.85	ϒ
0.030639731	ub		4.95	Mu
0.015319865	Umax		5.5	Mn
0.0025	Umin beam		0.0015	Umin slab
			180	

نختار 5T8/m'

ثالثا: حساب التسليح السالب بالاتجاه القصير

حساب التسليح				
100	d		120	hight H
0.015462963	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		1000	width B
0.0258	q		20	cover tens
0.00172	u		24	fc
172	As		360	fy
3.035294118	y		0.85	β1
3.570934256	x		0.85	ϒ
0.030639731	ub		3.34	Mu
0.015319865	Umax		3.711111111	Mn
0.0025	Umin beam		0.0015	Umin slab
			180	

نختار التسليح الأصغري 5T8/m'

رابعا: حساب التسليح السالب بالاتجاه الطويل

حساب التسليح				
100	d		120	hight H
0.006851852	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		1000	width B
0.00686	q		20	cover tens
0.000457333	u		24	fc
45.73333333	As		360	fy
0.807058824	y		0.85	β1
0.949480969	x		0.85	ϒ
0.030639731	ub		1.48	Mu
0.015319865	Umax		1.644444444	Mn
0.0025	Umin beam		0.0015	Umin slab
			180	

نختار التسليح الأصغري 5T8/m'

حساب التسليح في البلاطتين S_1 و S_2

أولا: حساب التسليح الموجب بالاتجاه القصير

حساب التسليح				
80	d		100	hight H
0.05078125	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		1000	width B
0.0522	q		20	cover tens
0.00348	u		24	fc
278.4	As		360	fy
4.912941176	y		0.85	β1
5.779930796	x		0.85	ϒ
0.030639731	ub		7.02	Mu
0.015319865	Umax		7.8	Mn
0.0025	Umin beam		0.0015	Umin slab
			150	

نختار التسليح 6T8/m'

ثانيا: حساب التسليح الموجب بالاتجاه الطويل

حساب التسليح				
70	d		100	hight H
0.041005291	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		1000	width B
0.042	q		30	cover tens
0.0028	u		24	fc
196	As		360	fy
3.458823529	y		0.85	β1
4.069204152	x		0.85	ϒ
0.030639731	ub		4.34	Mu
0.015319865	Umax		4.822222222	Mn
0.0025	Umin beam		0.0015	Umin slab
			150	

نختار التسليح 5T8/m'

ثالثا: حساب التسليح السالب بالاتجاه القصير في المساند الطرفية

حساب التسليح				
80	d		100	hight H
0.017939815	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		1000	width B
0.0182	q		20	cover tens
0.001213333	u		24	fc
97.06666667	As		360	fy
1.712941176	y		0.85	β1
2.015224913	x		0.85	ϒ
0.030639731	ub		2.48	Mu
0.015319865	Umax		2.755555556	Mn
0.0025	Umin beam		0.0015	Umin slab
			150	

نختار التسليح الأصغري 5T8/m'

رابعا: حساب التسليح السالب بالاتجاه القصير في المساند الداخلية

حساب التسليح				
80	d		100	hight H
0.03587963	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		1000	width B
0.0366	q		20	cover tens
0.00244	u		24	fc
195.2	As		360	fy
3.444705882	y		0.85	β1
4.052595156	x		0.85	ϒ
0.030639731	ub		4.96	Mu
0.015319865	Umax		5.511111111	Mn
0.0025	Umin beam		0.0015	Umin slab
			150	

نختار التسليح 5T8/m'

خامسا: حساب التسليح السالب بالاتجاه االطويل في المساند الخارجية

حساب التسليح				
80	d		100	hight H
0.011067708	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		1000	width B
0.0122	q		20	cover tens
0.000813333	u		24	fc
65.06666667	As		360	fy
1.148235294	y		0.85	β1
1.350865052	x		0.85	ϒ
0.030639731	ub		1.53	Mu
0.015319865	Umax		1.7	Mn
0.0025	Umin beam		0.0015	Umin slab
			150	

نختار التسليح الأصغري 5T8/m'

سادسا: حساب التسليح السالب بالاتجاه االطويل في المساند الداخلية

حساب التسليح				
80	d		100	hight H
0.021629051	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		1000	width B
0.022	q		20	cover tens
0.001466667	u		24	fc
117.3333333	As		360	fy
2.070588235	y		0.85	β1
2.435986159	x		0.85	ϒ
0.030639731	ub		2.99	Mu
0.015319865	Umax		3.322222222	Mn
0.0025	Umin beam		0.0015	Umin slab
			150	

نختار التسليح الأصغري 5T8/m'

حساب التسليح في البلاطتين S_3 و S_4

أولا: حساب التسليح الموجب بالاتجاه القصير

حساب التسليح				
80	d		100	hight H
0.057291667	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		1000	width B
0.0596	q		20	cover tens
0.003973333	u		24	fc
317.8666667	As		360	fy
5.609411765	y		0.85	β1
6.599307958	x		0.85	ϒ
0.030639731	ub		7.92	Mu
0.015319865	Umax		8.8	Mn
0.0025	Umin beam		0.0015	Umin slab
			150	

نختار التسليح 7T8/m'

ثانيا: حساب التسليح الموجب بالاتجاه الطويل

حساب التسليح				
70	d		100	hight H
0.038926682	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		1000	width B
0.0399	q		30	cover tens
0.00266	u		24	fc
186.2	As		360	fy
3.285882353	y		0.85	β1
3.865743945	x		0.85	ϒ
0.030639731	ub		4.12	Mu
0.015319865	Umax		4.577777778	Mn
0.0025	Umin beam		0.0015	Umin slab
			150	

نختار التسليح 5T8/m'

ثالثا: حساب التسليح السالب بالاتجاه القصير في المساند الطرفية

حساب التسليح				
80	d		100	hight H
0.02025463	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		1000	width B
0.0205	q		20	cover tens
0.001366667	u		24	fc
109.3333333	As		360	fy
1.929411765	y		0.85	β1
2.269896194	x		0.85	ϒ
0.030639731	ub		2.8	Mu
0.015319865	Umax		3.111111111	Mn
0.0025	Umin beam		0.0015	Umin slab
			150	

نختار التسليح الأصغري 5T8/m'

رابعا: حساب التسليح السالب بالاتجاه القصير في المساند الداخلية

حساب التسليح				
80	d		100	hight H
0.040509259	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		1000	width B
0.0415	q		20	cover tens
0.002766667	u		24	fc
221.3333333	As		360	fy
3.905882353	y		0.85	β1
4.595155709	x		0.85	ϒ
0.030639731	ub		5.6	Mu
0.015319865	Umax		6.222222222	Mn
0.0025	Umin beam		0.0015	Umin slab
			150	

نختار التسليح 5T8/m'

خامسا: حساب التسليح السالب بالاتجاه االطويل في المساند الخارجية

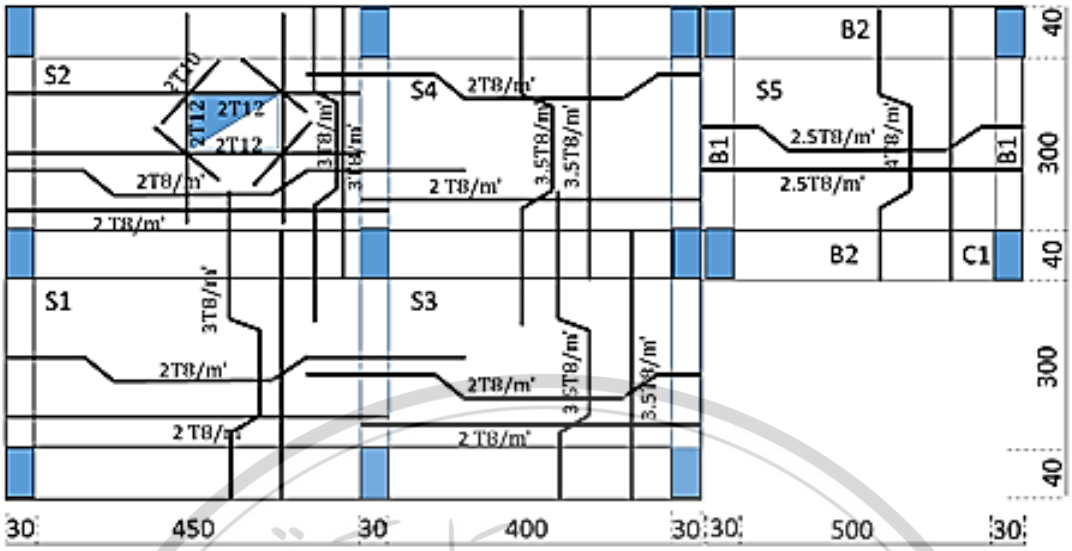
حساب التسليح				
80	d		100	hight H
0.010489005	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		1000	width B
0.0105	q		20	cover tens
0.0007	u		24	fc
56	As		360	fy
0.988235294	y		0.85	β1
1.162629758	x		0.85	ϒ
0.030639731	ub		1.45	Mu
0.015319865	Umax		1.611111111	Mn
0.0025	Umin beam		0.0015	Umin slab
			150	

نختار التسليح الأصغري 5T8/m'

وبما أن الفتحة صغيرة فانه يمكننا تدعيم جوانب الفتحة بـ 0,75 من مساحة الفولاذ المقطوع من كل طرف على أن لايقل عن 2T12 من كل طرف ويسلح بفولاذ يميل بزاوية 45 درجة في الزوايا وقيمته 2T10 من كل زاوية

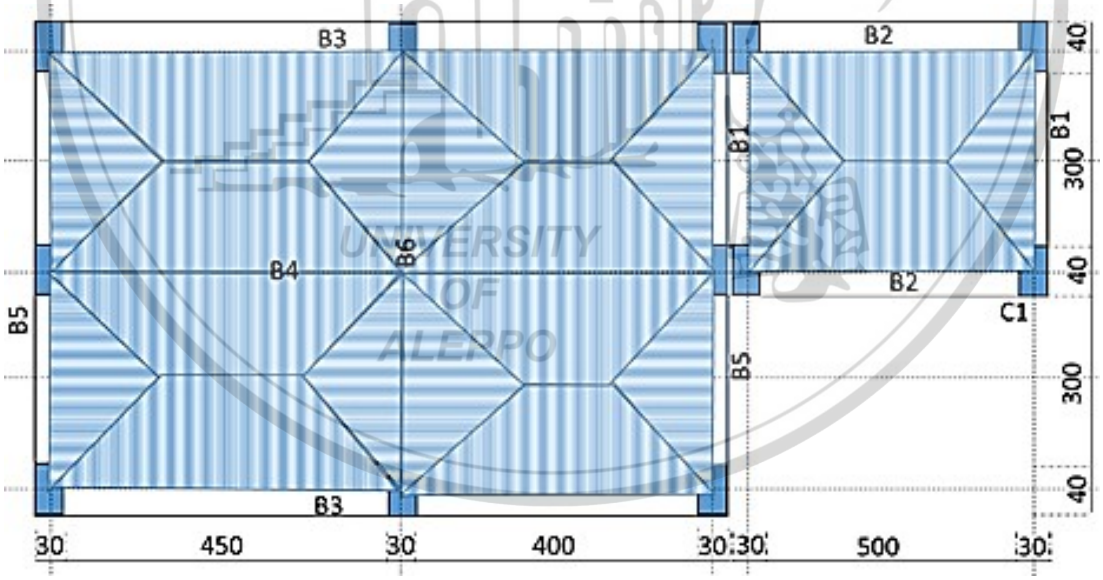
أما في الاتجاه القصير فانه يتم قطع (4T8) ولمسافة 50cm أي تكون مساحة القضبان اللازمة لهذا الاتجاه (4.0,5.0,75)T8=1,5T8 على أن لايقل عن 2T12 لذلك نختار 2T12.

و في الاتجاه الطويل فانه يتم قطع (6T8) ولمسافة 80cm أي تكون مساحة القضبان اللازمة لهذا الاتجاه (6.0,8.0,75)T8=3,6T8 على أن لايقل عن 2T12 لذلك نختار 2T12 ويمكننا رسم مخطط التسليح للبلاطات مع تسليح الفتحة كما هو مبين في الشكل الآتي:

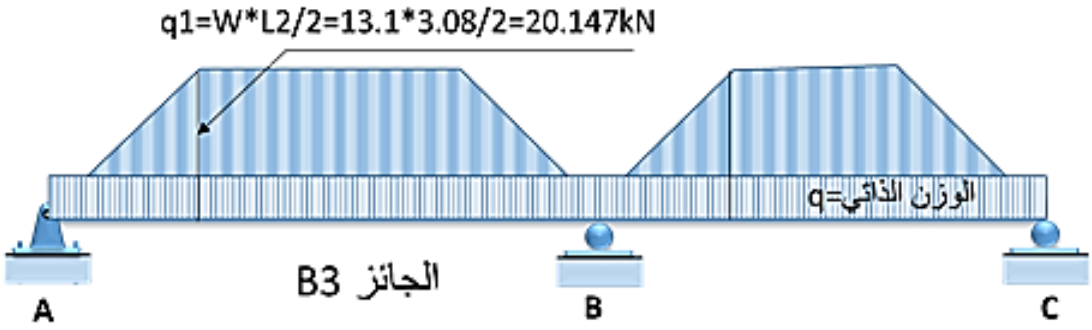


حساب الحمولات المؤثرة على الجوائز:

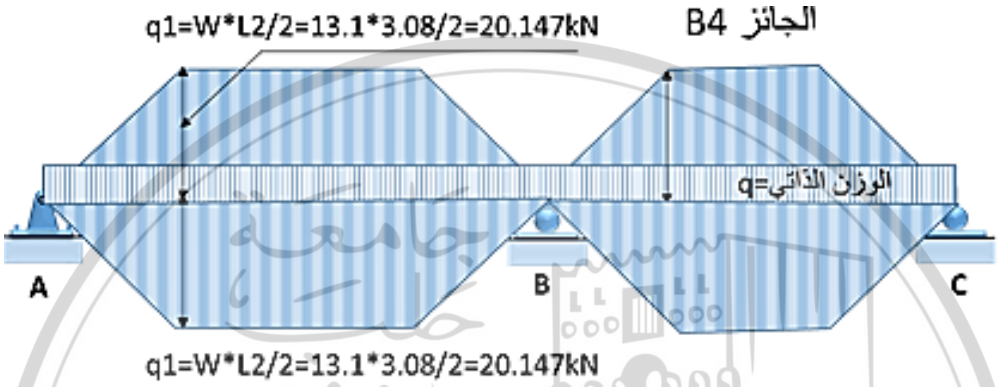
تتعرض الجوائز المحيطة بالبلاطات المليئة ذات الاتجاهين لتأثير حمولات مثلثية أو شبه منحرفة أو كليهما حسب خطوط الانكسار للبلاطات والتي تميل بزاوية 45 درجة إضافة الى وزنها الذاتي كما هو موضح بالشكل الآتي:



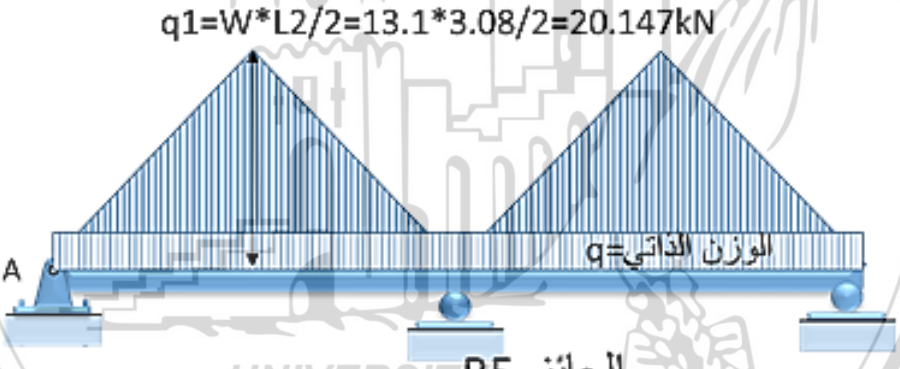
يتم حساب الوزن الذاتي للجوائز كحمولة موزعة بانتظام للجزء المتدلي فقط



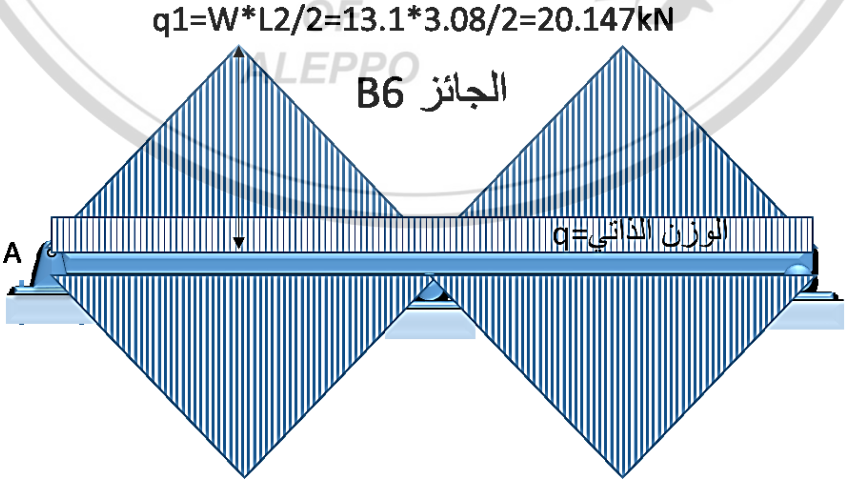
الجائز B3



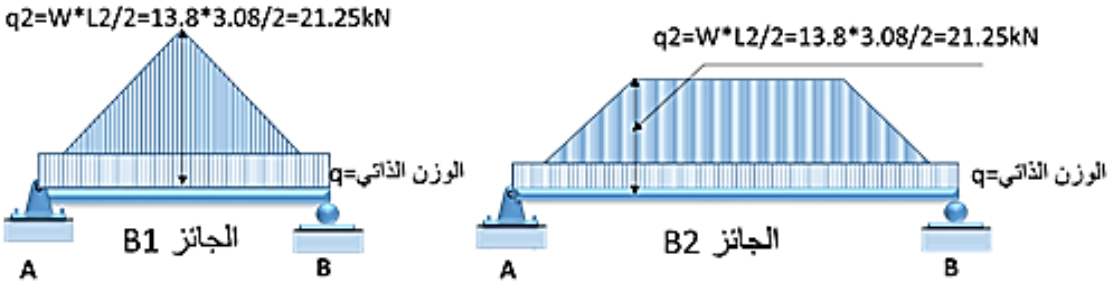
الجائز B4



الجائز B5



الجائز B6



دراسة الجائز B_1

يتعرض الجائز B_1 لتأثير الحمولات الآتية:

١.حمولات منقولة من البلاطات (البلاطة) المجاورة وهي حمولة مثلثية شدتها q_2=21,25kN

٢.الوزن الذاتي للجائز

إيجاد الارتفاع الفعال بالاعتماد على الجداول الخاصة التي مرت معنا في بحث تصميم الجوائز L/14=340/14=25 cm أما العرض فنفرضه يساوي الى عرض العمود ويساوي 30cm وبالتالي يكون وزن التدلي يساوي الى 0,13.0,3.1.25=0,975kN/m

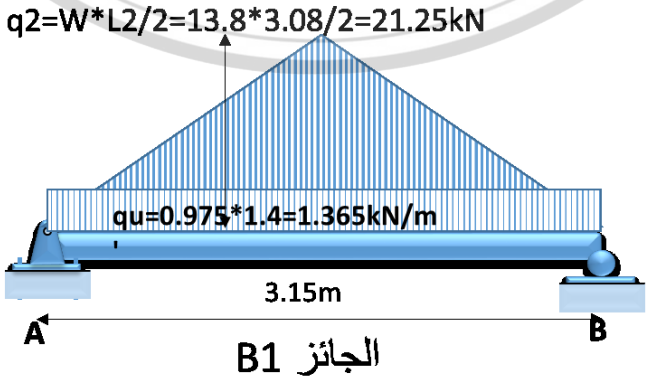
إيجاد المجاز الحسابي:

بما أن الجائز مصبوب مع المساند بشكل مستمر، يؤخذ المجاز الحسابي أصغر القيم الآتية:

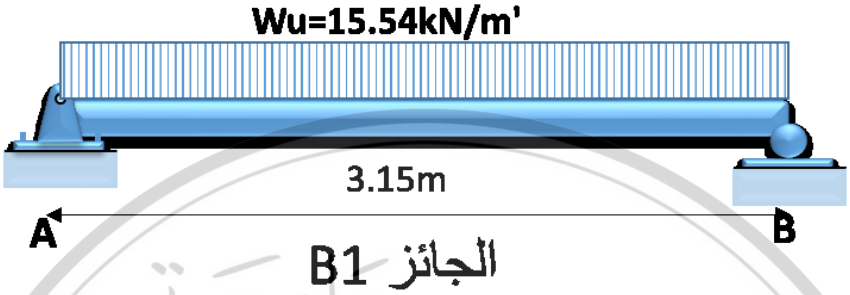
البعد بين المحاور ويساوي 340cm

البعد بين الأوجه الداخلية مضروبا بـ 1,05 ويساوي 315cm

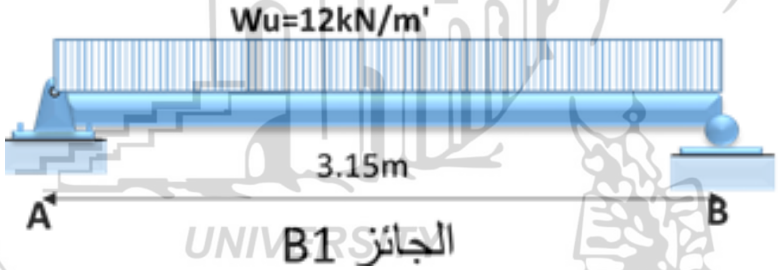
البعد بين الأوجه الداخلية مضافا اليه الارتفاع الفعال ويساوي 320cm



من أجل حساب العزوم يمكننا أن نكافئ الحمولة المثلثية بحمولة موزعة بانتظام كما هو موضح بالجدول حيث نضرب الحمولة q_2 بـ 0,667 وبالتالي تصبح شدة الحمولة الموزعة بانتظام 21,25.0,667+1,365=15,54 kN/m وقيمة عزم الانعطاف الأعظمي $Mn=qL^2/8=15,54.3,15^2/8=19,27kN.m$



ومن أجل حساب القوة القاطعة وردود الأفعال الناتجة عن الحمولة المثلثية يمكننا أن نكافئ الحمولة المثلثية بحمولة موزعة بانتظام كما هو موضح بالجدول حيث نضرب الحمولة q_2 بـ 0,50 وبالتالي تصبح شدة الحمولة الموزعة بانتظام 21,25.0,50+1,365=12 kN/m وقيمة رد الفعل في المساند تساوي $R_a=R_b=qL/2=12.3,15/2=18,9kN$



دراسة الجائز B2

يتعرض الجائز B2 لتأثير الحمولات الآتية:

١.حمولات منقولة من البلاطات (البلاطة) المجاورة وهي حمولة شبه منحرفة شدتها $q_2=21,25kN$

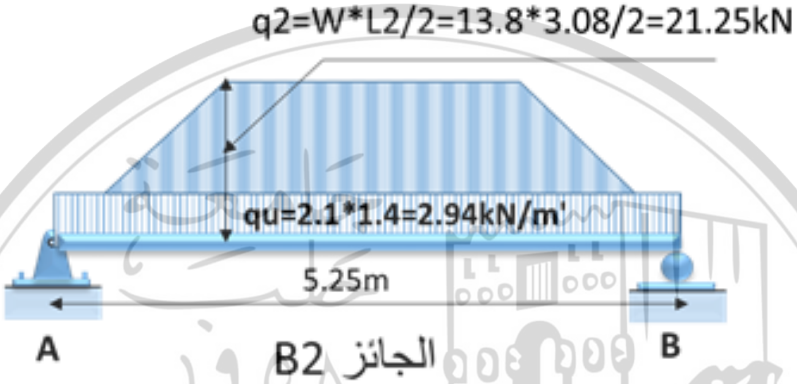
٢.الوزن الذاتي للجائز

إيجاد الارتفاع الفعال بالاعتماد على الجداول الخاصة التي مرت معنا في بحث تصميم الجوائز L/14=530/14=37,86≈40 cm أما العرض فنفرضه يساوي الى 30cm وبالتالي يكون وزن التدلي يساوي الى 0,28.0,3.1.25=2,1kN/m

إيجاد المجاز الحسابي:

يؤخذ المجاز الحسابي أصغر القيم الآتية:

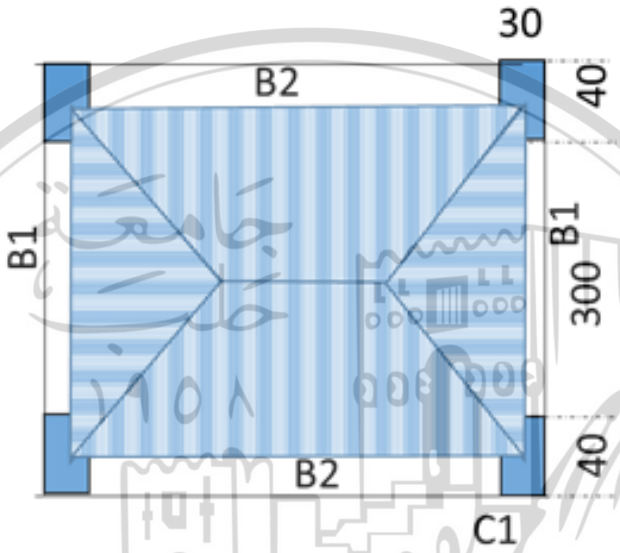
- البعد بين المحاور ويساوي 530cm
- البعد بين الأوجه الداخلية مضروبا بـ 1,05 ويساوي 525cm
- البعد بين الأوجه الداخلية مضافا اليه الارتفاع الفعال ويساوي 535cm



من أجل حساب العزوم يمكننا أن نكافئ الحمولة شبه المنحرف بحمولة موزعة بانتظام كما هو موضح بالجدول حيث نحسب النسبة L1/L2=525/315=1,67 ومنه نوجد العامل α الخاص بحساب العزم والذي يساوي تقريبا 0,88 وبالتالي تصبح شدة الحمولة الموزعة بانتظام 21,25.0,88+2,94=21,64 kN/m وقيمة عزم الانعطاف الأعظمي $Mn=qL^2/8=21,64.5,25^2/8=74,55kN.m$

ومن أجل حساب القوة القاطعة وردود الأفعال الناتجة عن الحمولة شبه المنحرفة يمكننا أن نكافئ الحمولة شبه المنحرفة بحمولة موزعة بانتظام كما هو موضح بالجدول حيث نضرب الحمولة q_2 بـ β والتي تساوي تقريبا 0,7 وبالتالي تصبح شدة الحمولة الموزعة بانتظام 21,25.0,70+2,94=17,815 kN/m وقيمة رد الفعل في المساند تساوي $R_a=R_b=qL/2=17,815.5,25/2=46,76kN$

حساب الحمولات المؤثرة على العمود C_1



يخضع العمود C_1 لتأثير القوى الآتية:

- رد فعل الجائز B_1 ويساوي 18,9kN
- رد فعل الجائز B_2 ويساوي 46,76kN
- الوزن الذاتي للعمود باعتبار أبعاده 30x40cm وطوله الصافي 350cm وبذلك يكون وزنه الذاتي 0,3.0,4.3,5.25=10,5kN أما الحمولة المصعدة الناتجة عن الوزن الذاتي فتساوي 10,5.1,4=14,7kN وبالتالي تكون مجموع الحمولات المؤثرة على العمود في الطابق الواحد تساوي 18,9+46,7+14,7=80,3kN

٦-٤ البلاطات المفرغة وحيدة الاتجاه (الهوردي)

تتألف البلاطة الهوردي وحيدة الاتجاه من سلسلة متوازية ومتقاربة من الجوائز الخرسانية المسلحة ذات المقطع T والتي نطلق عليها اسم الأعصاب المصبوبة مع جوائز خرسانية مسلحة ومحمولة عليها والتي بدورها يتم حملها على أعمدة البناء، وتتشكل الجوائز T (الأعصاب) من الفراغات إضافة الى البلاطة المليئة التي تعلوها ويتم تشكيل هذه

الفراغات باستخدام قوالب فولاذية او بلاستيكية مؤقتة كما هو موضح بالشكل رقم (٦-٢٠) أو قوالب دائمة من البلوك الاسمنتي أو من الآجر

الشكل رقم (٦-٢٠) سقف هوردي وحيد الاتجاه

حيث يتم صب الخرسانة بين القوالب لتشكل الأعصاب ويستمر الصب حتى أعلى الأعصاب والقوالب مشكلة بلاطة مليئة رقيقة، والتي تشكل أجنحة المقطع T.

ونتيجة لضعف مقاومة الخرسانة للقوى الشادة والتي يتم اهمالها وتفريغها باستخدام قوالب مؤقتة أو دائمة التي توفر قسما كبيرا لايستهان به من مادة الخرسانة وبالتالي توفيرا في الوزن والكلفة الاقتصادية مع تغيير بسيط في الشكل الانشائي للبلاطة، وتعتبر الأسقف المعصبة اقتصادية للأبنية السكنية والمكاتب والفنادق والمشافي عندما تكون الحمولات الحية قليلة والمجازات كبيرة قليلا وأنها غير مناسبة للمنشآت الثقيلة ذات الحمولات المركزة كالمستودعات والمباني الصناعية الثقيلة والمطابع ومرائب السيارات.

تشتمل البلاطات المفرغة على البلاطات الآتية:

أ) بلاطات مفرغة ذات قوالب مؤقتة، وتتألف من أعصاب باتجاه واحد فوقها بلاطة تغطية، ويتم صب الخرسانة على هذه القوالب التي يتم نزعها بعد تصلب الخرسانة كما هو مبين في الشكل رقم (٦-٢١).

يمكن استعمال البلوكات المصنوعة من مادة الستيريوبور كقوالب مؤقتة فقط، أي يلزم نزع هذه البلوكات بعد تصلب البيتون، ولا يسمح أبدا باستعمال بلوكات الستيريوبور استعمالا دائما لخطورة ذلك .ومن أجل منع غرز قضبان التسليح في بلوكات الستيريوبور، يلزم تقوية السطح العلوي للبلوكات بطبقة من المونة الإسمنتية، بحيث تسمح بوضع التسليح على مباعدات (بسكوتات) لا تنغرس في الستيريوبور، وذلك للحفاظ على تأمين طبقة حماية خرسانية لقضبان التسليح، مع التأكيد على الاستعمال المؤقت لهذه البلوكات ويُنصح من أجل ذلك، بتغليف جميع سطوح البلوك (الستيريوبور) بورق نايلون(جيلاتين) ليسهل فكه ونزعه بعد تصلب الخرسانة.

ب) بلاطات مفرغة ذات قوالب دائمة، وهي مثل السابقة، غير أن القوالب تكون من القرميد أو الآجر المفرغ، وتبقى بصورة دائمة، لتصبح جزءا من البلاطة في الشكل رقم (٦-٢٢).

ج) بلاطات مفرغة مسبقة الصنع، وهي بلاطات خرسانية مسلحة تحوي في وسطها فراغات طولية دائرية أو مستطيلة أو بيضوية أو أي شكل آخر في الشكل رقم (٦-٢٣).

د) في حالة عدم استعمال طينة اسمنتية تحت أسفل الأعصاب (مثل حالة استعمال سقف مستعار غير مقاوم للحريق) ، فيلزم زيادة سماكة التغطية الخرسانية أسفل قضبان التسليح لتصبح 25mm .

٦-٤-١ الاشتراطات البعدية للبلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد

أ) بلاطات مفرغة ذات اتجاه واحد، ولا يزيد التباعد بين محاور الأعصاب فيها على 700mm إذا استعملت قوالب دائمة، أو بلاطات مفرغة مسبقة الصنع، لا يزيد عرض الفراغ الواحد على 500 mm، وتستند البلاطات على جدران، أو على جوائز يزيد ارتفاعها على ضعفي سمك البلاطة، تؤخذ قيم السماكة الدنيا بحيث لاتقل عن القيم الواردة في الجدول رقم (٦-٥) لحالة الجوائز المتدلية.

ب) بلاطات مفرغة ذات اتجاه واحد مع قوالب دائمة، ولا يزيد التباعد بين محاور الأعصاب 700، أو بلاطات مفرغة مسبقة الصنع لا يزيد عرض الفراغ الواحد فيها على 500 mm

، وتستند البلاطات على جوائز من سمك البلاطة ذاته، تؤخذ قيم السماكة الدنيا بحيث لاتقل عن القيم الواردة في الجدول رقم (٦-٥) لحالة الجوائز المخفية.

الجدول رقم (٦-٥) السماكة الدنيا للبلاطات المفرغة وحيدة الاتجاه

استناد البلاطة	نوع الاستناد	استناد بسيط	مستمرة من طرف واحد	مستمرة من طرفين	ظفرية
جوائز متدلية	السماكة الدنيا t	L/20	L/22	L/25	L/8
جوائز مخفية	السماكة الدنيا t	L/16	L/18	L/20	L/8

ج) لا يقلّ سمك بلاطة التغطية عن الأكبر من القيم الآتية:

١. 1/10 المسافة بين محاور الأعصاب.

٢. 60 mm في حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب المؤقتة

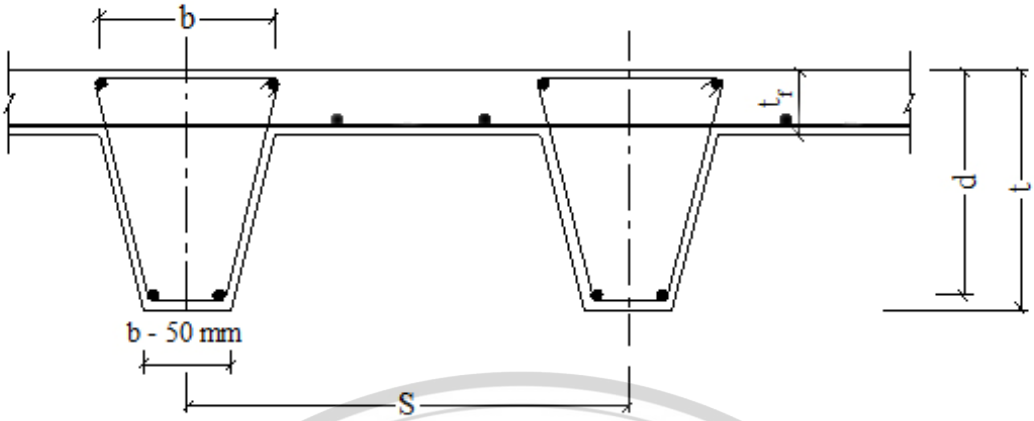
٣. 50 mm في حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب الدائمة من القرميد أو الآجر

٤. 50 mm في حالة البلاطات المفرغة مسبقة الصنع

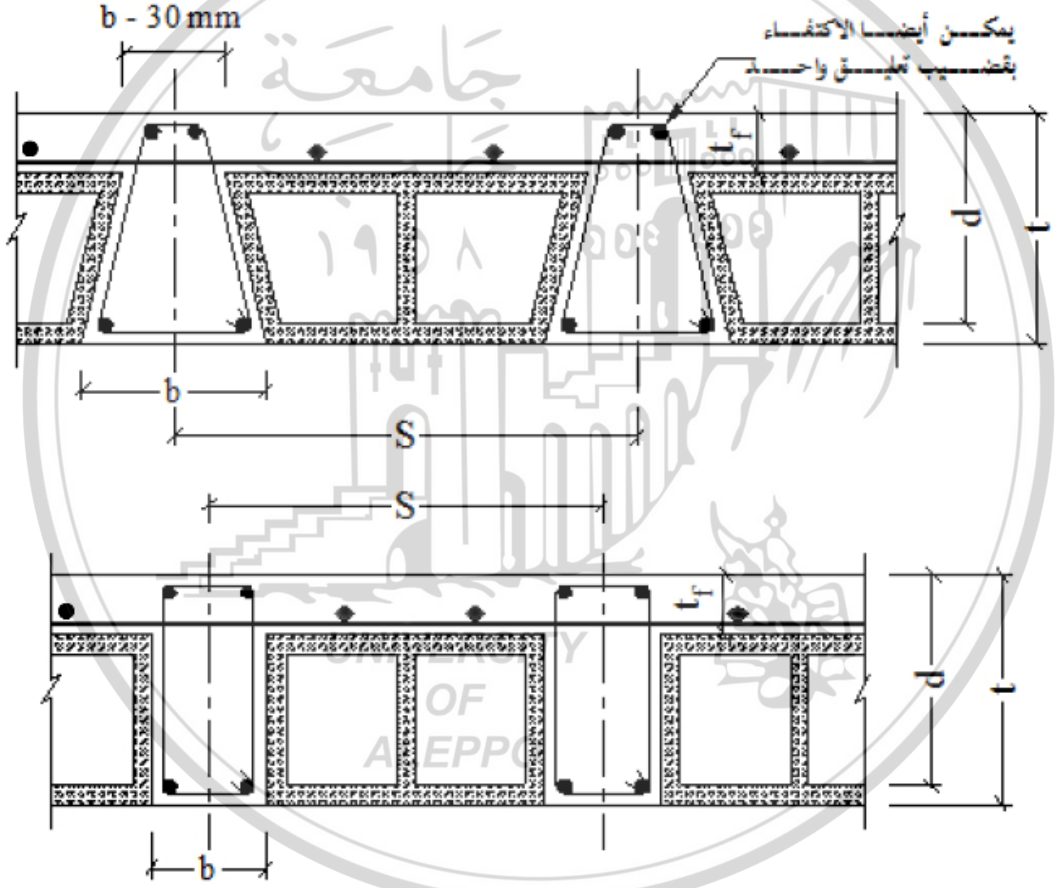
د) لا يقلّ الارتفاع الكلي للعصب في البلاطات المفرغة، عن سمك بلاطة التغطية زائد 100 mm

هـ) لا يقلّ العرض الأدنى للعصب عن 100 mm أو 1/3 العمق الكلي، أيهما أكبر.

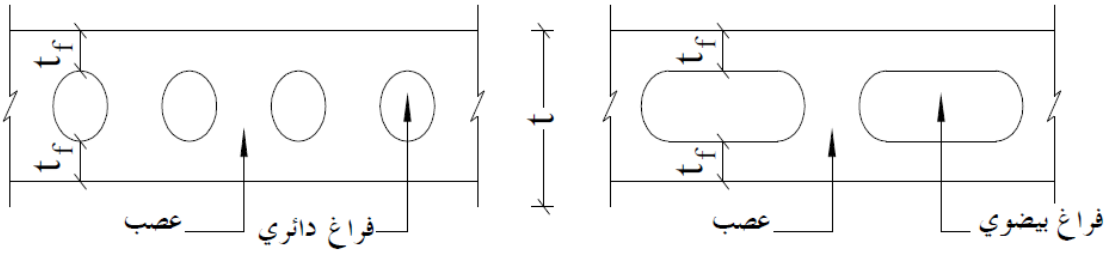
و) عندما تستند الأعصاب على جائز ساقط أو مقلوب، أو على جدار، يجب أن يكون الجزء الموازي للمسند مليئا (مصمتا)، بعرض لا يقلّ عن 150mm



الشكل رقم (٦-٢١) بلاطة مفرغة ذات أعصاب صريحة منفذة بقوالب مؤقتة



الشكل رقم (٦-22) بلاطة مفرغة ذات أعصاب صريحة منفذة بقوالب دائمة



الشكل رقم (٦-23) بلاطة مفرغة ذات فراغات داخلية

٦-٤-٢ تسليح البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد

أ) تكون مساحات التسليح الدنيا والقصوى للأعصاب في البلاطات المفرغة، كما هو مذكور للجوائز مع اعتماد القطاع العرضي للعصب مساويا إلى . b_w . d وذلك في الأعصاب الصريحة المبينة في الشكل رقم (٦-٢٢)، حيث يعبر d عن الارتفاع الفعال للعصب . و b_w عرض جسد العصب،

ب) تكون مساحات التسليح الدنيا والقصوى للبلاطات المفرغة ذات الأعصاب غير الصريحة المبينة في الشكل رقم (٦-٢٣) كما هو مذكور للبلاطات المليئة ذات الاتجاه الواحد وتهمل مساحات الفراغات عند حساب كمية التسليح.

ج) تكون مساحة قطاع قضبان التوزيع العمودية على الأعصاب في المتر 1/5 مساحة قطاع التسليح الرئيسي في المتر وبحد أدنى Φ6mm كل 200mm

د) تكون أقل كمية لقضبان التوزيع الموازية للأعصاب (ضمن بلاطة التغطية) هي 2Φ 6mm على أن يوضع قضيبان بقطر 2Φ6mm بين كل عصبين متجاورين كما هو مبين في الشكل رقم (٦-٢١) والشكل رقم (٦-٢٢) وفي حالة التأكد التام من عدم وجود أحمال مركزة من قواطع بلوك أو غيرها، فُيمكن تخفيض الحد الأدنى فوق كل بلوكة، إلى1Φ 6mm، أو بين كل عصبين، إلى1Φ 6 mm عوضا عن 2Φ 6 mm

هـ) تكون ترتيبات التسليح الطولي والعرضي للأعصاب الرئيسية، كما في الجوائز مع الأخذ بالحسبان التعديلات الآتية:

١. القطر الأدنى لتسليح الشد الرئيسي 8 mm

٢. يمكن أن تزاد المسافة الدنيا بين الأساور، بحيث لا تتعدى الارتفاع الفعال d أو مسافة 300 mm، أيهما أصغر .

٣. لا يقلّ قطر قضبان التعليق عن 1/2 أكبر قطر لقضبان التسليح الطولية، أو عن 2φ6mm أيهما أكبر، ويمكن الاكتفاء، بقضيب تعليق واحد في العصب، على ألا يقلّ قطره عن 8mm.

٦-٤-٣ الأعصاب العرضية (أعصاب التقوية)

أ) تزود البلاطة المفرغة ذات الاتجاه الواحد بعصب تقوية (عرضي يتعامد مع الأعصاب الرئيسية) كما يلي:

١. إذا كان مجاز العصب الحامل، أقل من 4m يمكن الاستغناء عن عصب التقوية المتعامد مع العصب الحامل.

٢. إذا كان مجاز العصب الحامل بين 4m و 6m يوضع عصب تقوية واحد في منتصف المجاز للعصب الحامل.

٣. إذا كان مجاز العصب الحامل بين 6m وحتى 10m يوضع ثلاثة أعصاب تقوية بتباعدات متساوية

٤. إذا كان مجاز العصب الحامل، أكثر من 10m توضع أعصاب تقوية بحيث لا تقل عن ثلاثة أعصاب، ولا تزيد المسافة بين محوري عصبين متجاورين عن 3m

ب) لا يقلّ عرض قطاع العصب العرضي، عن قطاع الأعصاب الرئيسية المرتبط معها.

ج) يسّلح عصب التقوية تسليحا متناظرا، لا تقلّ قيمته (السفلي أو العلوي (عن 3/4 مساحة التسليح الرئيسي للأعصاب الرابطة لها، باستثناء الأعصاب الطرفية الرابطة لنهايات الأعصاب الظفرية حيث يجب ألا تقل مساحة التسليح المتناظر في كل طرف منها عن ثلث مساحة التسليح الرئيسي العلوي للأعصاب الظفرية الرابطة لها.

٦-٤-٤ قوالب البلوك أو الآجر المفرغ-

أ) لا يؤخذ البلوك المفرغ أو الآجر المفرغ (المستعمل كقالب دائم) في الحسبان، عند حساب البلاطة ستاتيكيا.

ب)إذا كان القالب المفرغ ذا عرضين مختلفين، يمكن وضعه بطريقة يكون فيها البعد الأكبر في الأعلى أو الأسفل وفقا لما يراه المهندس المصمم أكثر ملاءمة.

ج) يوقف وضع القوالب المفرغة على بعد 150mmعلى الأقل من الوجه الداخلي للجوائز البارزة أو الجدران الحاملة، بحيث يكون هذا القسم من البلاطة مصمتا وذلك لمقاومة عزوم الانعطاف السالبة وقوى القص.

د) لا تقلّ المقاومة المميزة للقوالب المفرغة (اعتمادا على المساحة الصافية) على الكسر بالضغط عن7N/mm2، عندما تحمل محوريا باتجاه يوازي الإجهادات الضاغطة في البلاطة.

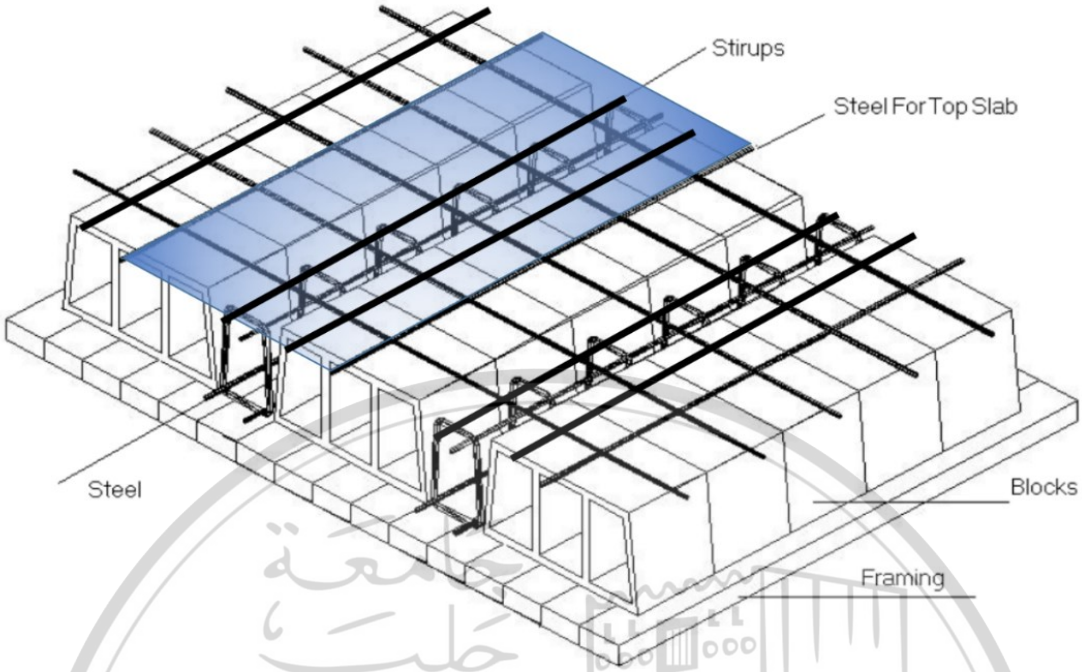
هـ) عندما تختلف أبعاد القالب بين الأعلى والأسفل يؤخذ عرض العصب الوسط الحسابي بين الأعلى والأسفل من أجل حساب التسليح الخاص لمقاومة عزم الانعطاف ويؤخذ العرض الأصغر من أجل التسليح الخاص لمقاومة القوى القاطعة.

٦-٤-٥ تحليل البلاطات المفرغة باتجاه واحد

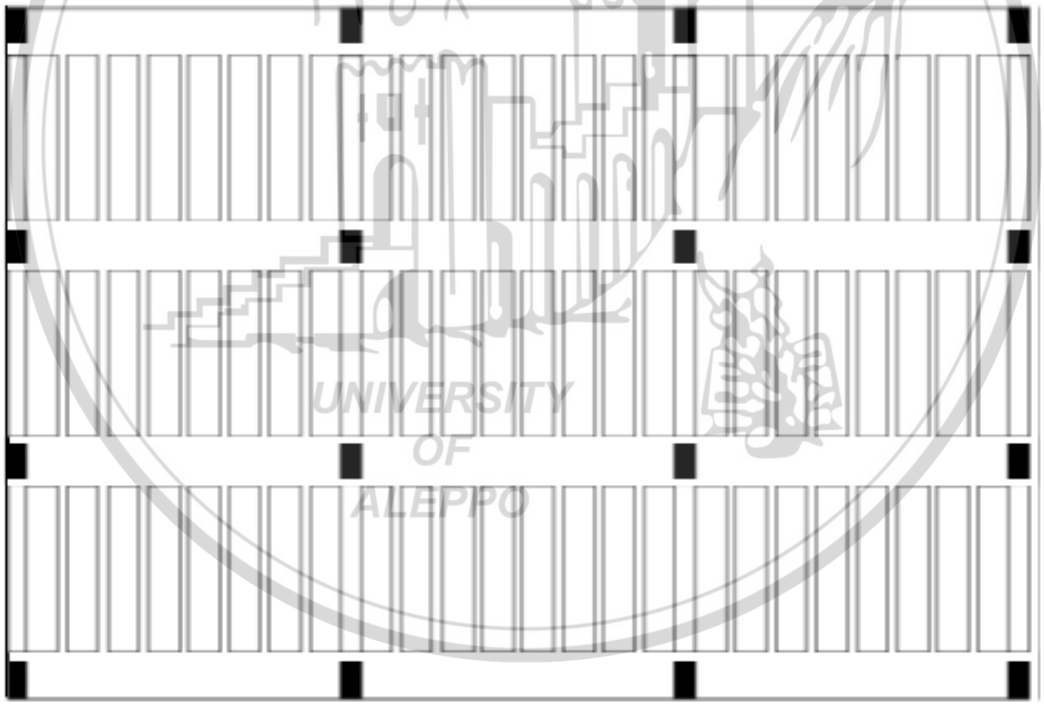
يتم تحليل البلاطة المفرغة وحيدة الاتجاه بالاعتماد على نظريات ومبادئ مقاومة المواد وحساب الإنشاءات التي مرت معنا في السنوات السابقة، حيث يتم دراسة شريحة البلاطة بالعرض المساوي للمسافة بين محاور الأعصاب المتتالية باتجاه الاستناد كما هو مبين في الشكل رقم (٦-٢٤). ويمكن اختيار العصب بالاتجاه الطويل أو بالاتجاه القصير وذلك حسب الحالة الدراسية.

الحالة الأولى: يفضل اختيار الاتجاه القصير للعصب إذا كانت الجوائز الحاملة لها (المتعامدة مع اتجاه الأعصاب) ذات مجازات صغيرة أو يمكن قبول تدلي الجوائز الحاملة وهي الحالة الاقتصادية المفضلة كما هو مبين في الشكل رقم (٦-٢٥a) والتي ينتج عنها التقليل في مساحة فولاذ التسليح بالاعصاب بينما تكون كمية التسليح في الجوائز الحاملة أكبر مع وجود انتقال أكبر.

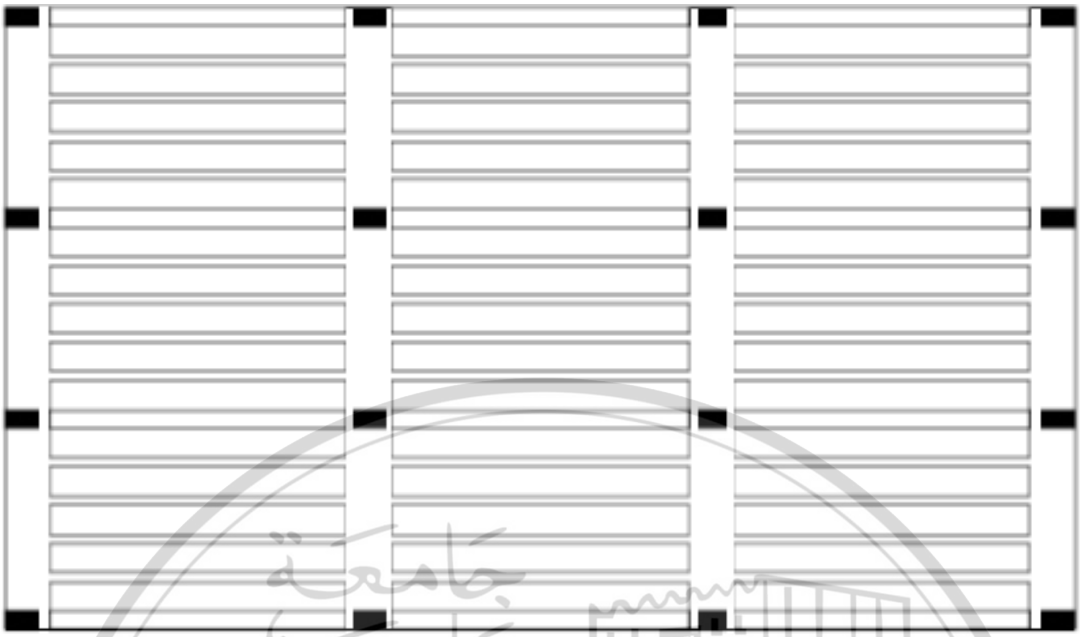
الحالة الثانية: يمكن اختيار الاتجاه الطويل للعصب إذا كانت الجوائز الحاملة لها (المتعامدة مع اتجاه الأعصاب) ذات مجازات كبيرة أو لايمكن قبول التدلي الكبير للجوائز الحاملة المترافقة كما هو مبين في الشكل رقم (٦-٢٥b) والتي ينتج عنها كبر مساحة فولاذ التسليح بالاعصاب بينما تكون كمية التسليح في الجوائز الحاملة أصغر مع وجود انتقال أقل مقارنة بالحالة السابقة.



الشكل رقم(٦-٢٤) تحليل وتسليح البلاطة المفرغة وحيدة الاتجاه



(a)



(b)

الشكل رقم(٦-٢٥) تحليل وتسليح البلاطة المفرغة وحيدة الاتجاه

لذلك فان هذه الأعصاب تعمل بحكم استنادها كجائز مسنود على مسندين، والاستناد قد يكون بسيطا أو موثوقا أو مستمرا حسب نوعية الاستمرار لهذه الأعصاب عند نهاياتها فوق المساند، حيث يتم حساب الارتفاع الفعال والتسليح باعتبارها جائزا ارتفاعه الفعال d التي تساوي t-20mm وعرضه b_w كما مر في بحث الانعطاف البسيط للمقاطع المستطيلة المسلحة على الشد فقط او المقاطع ذات الأجنحة T.

٦-٤-٥-١ حساب العزوم في البلاطات المفرغة باتجاه واحد لتحقيق المقاومة الانعطافية

يتم حساب التسليح اللازم لمقاومة العزم الأعظمي للعصب الواحد باعتباره جائزا ذو مقطع مستطيل في مناطق العزوم السالبة عند المساند، وجائز ذو مقطع T في مناطق عزوم الانعطاف الموجبة الواقعة بين المساند ويعمم التسليح على بقية الأعصاب الموازية له، أما البلاطة الرقيقة العلوية فيتم وضع فولاذ تسليح اعتباري الغاية منه حفظ البلاطة من التشققات المختلفة الناتجة عن الحرارة والانكماش، إضافة إلى توزيع الحمولات في كافة الاتجاهات.

ويمكن الاعتماد على عوامل الكود العربي السوري في حساب العزوم السالبة والموجبة للبلاطات المفرغة وحيدة الاتجاه إذا تحققت الاشتراطات الآتية:

١.الحمولات موزعة بانتظام

٢.لايزيد الحمل الحي المصعد عن ضعفي الحمل الميت المصعد

٣.لايزيد الاختلاف بين كل مجازين متجاورين عن 25% من المجاز الأكبر

يتم حساب عزم الانعطاف في الأبنية السكنية من العلاقة الآتية:

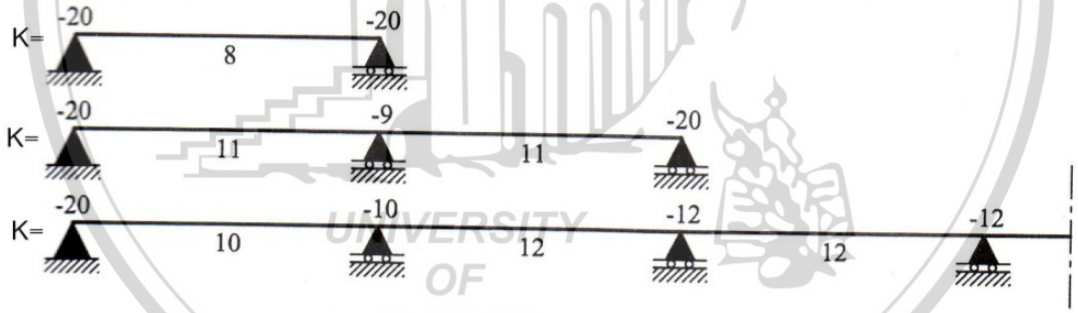
$$M = \frac{w_u . L^2}{k}$$

حيث:

w_u= مجموع الحمولات الحية والميتة المصعدة المؤثرة على العصب بما فيها الوزن الذاتي للبلاطة والعصب .

L= طول مجاز العصب عند حساب العزم الموجب والقص، ومتوسط طولي المجازين المتجاورين عند حساب العزم السالب وردود الأفعال.

K= معامل يؤخذ من الشكل رقم (٦-٢٦)



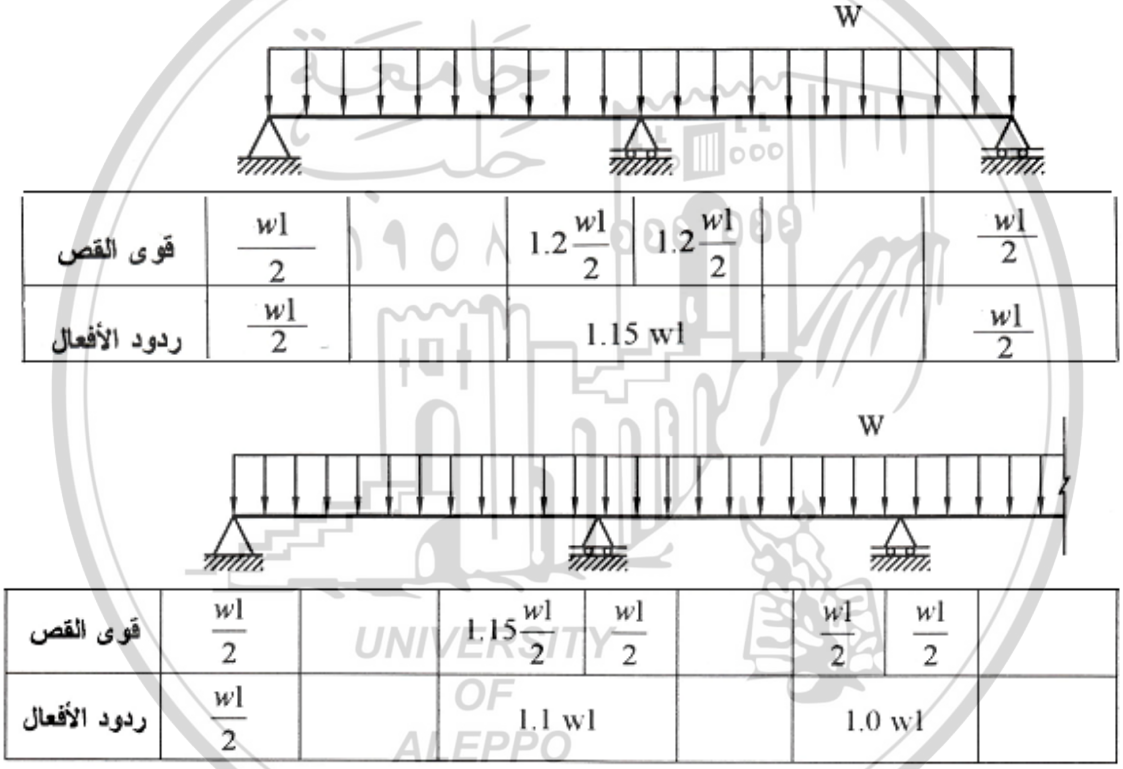
الشكل رقم (٦-٢٦) قيم العامل k للبلاطات المفرغة المستمرة وحيدة الاتجاه

أما في حالة الأظفار المستمرة مع البلاطة، يؤخذ العزم السالب فوق المسند بين البلاطة والظفر مساويا لعزم الظفر دون تنقيص، أما العزم السالب والموجب للبلاطة المجاورة للظفر يمكن حسابهما بافتراض أن الاستمرار مع الظفر هو وثاقة تامة إذا كان مجاز الظفر لايقل عن 1/3 مجاز البلاطة، بينما يعد استنادا بسيطا إذا كان مجاز الظفر أقل من 1/3 مجاز البلاطة في الاتجاه ذاته، إلا أنه يجب زيادة رد فعل المسند الطرفي نتيجة لوجود الظفر.

٦-٤-٥-٢ حساب مقاومة القص في البلاطات المفرغة وحيدة الاتجاه

حسب توصيات الكود الأمريكي فانه يمكن زيادة تحمل بيتون الأعصاب لإجهادات القص بمقدار 10% عن الجوائز، وهذا ناتج عن استخدام تسليح القص في الأعصاب، او بزيادة عرض نهايات الأعصاب (إيقاف البلوك). وفي معظم الأحوال فانه لانحتاج لتسليح قص في الأعصاب، وينصح عادة باستخدام اساور بقطر 6mm كل 25cm.

ويمكن الاعتماد على الشكل رقم (٦-٢٧) في حساب القوى القاطعة، ثم نحسب قيمة القوة القاطعة عند وجه البلوك



الشكل رقم (٦-٢٧) قيم القوى القاطعة في الأعصاب المستمرة بفتحتين وثلاث فتحات أو أكثر

حيث:

W=الحمولة الكلية المصعدة (حية وميتة) على وحدة الطول من الجائز عند حساب العزم الموجب وقوة القص.

l= الطول الفعال للجائز عند حساب قوة القص.

٦-٤-٦ توزيع الحمولات على الجوائز المحيطية

١-بالنسبة للجوائز الحاملة لبلاطات ذات اتجاه واحد (مليئة أو مفرغة)، تؤخذ ردود أفعال البلاطات أو الأعصاب بصفتها أحمالا على الجوائز، مع مراعاة إدخال أثر الاستمرار في حال استعمال الطرائق المبسطة.

عند حساب البلاطات ذات الاتجاه الواحد (مصمتة أو مفرغة)، بطريقة العوامل التقريبية تؤخذ ردود الأفعال مساوية إلى ردود الأفعال الناتجة عن افتراض البلاطة مستندة استنادا بسيطا على الجائز، مع زيادة رد الفعل على المسند الداخلي الأول بمقدار 10%، إذا كان عدد المجازات لا يقلّ عن ثلاثة، و 15 % في حالة الجائز المؤلف من مجازين فقط، أو تعتمد القيم الناتجة عن التحليل الإنشائي.

٢-يتم اعتبار الحمولات المنقولة من الأعصاب الى الجوائز المحيطية هي حمولات موزعة بانتظام تعطي شدتها بالعلاقة الآتية:

$$q = \frac{R}{a}$$

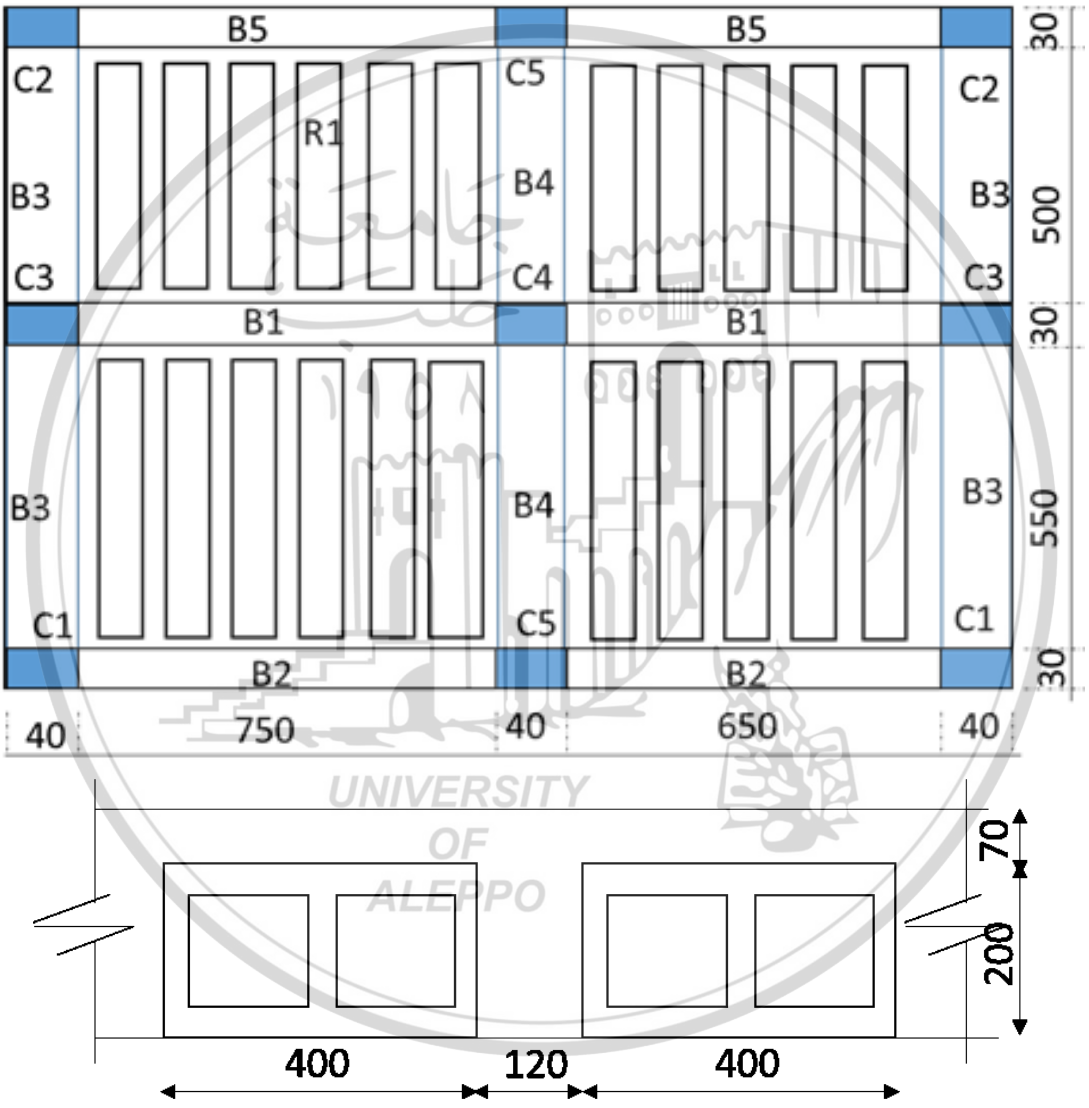
حيث تعبر R عن ردود أفعال الأعصاب المذكورة في الفقرة (أ) حيث يتم اعتبار ردود أفعال الأعصاب الواردة في الشكل رقم (٦-٢٧)

وتعبر a عن المسافة بين محاور الأعصاب بالمتر

٦-٥تطبيقات عملية:

تعتمد الثوابت في جميع المسائل كثافة الخرسانة ϒc=25kN/m3	$f'c = 26MPa$ $fy = 380MPa$	تغطية الفولاذ في الجوائز = 50mm تغطية الفولاذ في البلاطات= 20mm
تؤخذ مساهمة الخرسانة في القص τo=0	يحدد عامل خفض المقاومة كما يلي: للقص Ω=0,75، للانعطاف البسيط Ω=0,9، للضغط البسيط Ω=0,65	

سقف من الخرسانة المسلحة مؤلف من عدة بلاطات مفرغة باتجاه واحد كما هو مبين في الشكل الآتي، موجود في بناء سكني يحتوي على خمسة طوابق متكررة (أرضي وأربعة طوابق) ارتفاع الطابق ثلاثة أمتار ونصف يتعرض لتأثير الحمولات الآتية: حمولة حية شدتها $6kN/m^2$ وحمولة تغطية شدتها $2,5kN/m^2$ بفرض أن وزن البلوكة يساوي 0,15kN والمطلوب: (تعتمد الأبعاد المحورية في الحساب)



١. حساب الحمولات المؤثرة على العصب

٢. إيجاد العزوم السالبة والموجبة في العصب R وإيجاد التسليح اللازم لمقاومة العزوم الموجبة والسالبة.

٣. ارسم مسقطا أفقيا للبلاطة توضح عليه مقدار وتوزع الحمولات المنقولة من البلاطات الى الجوائز.

<u>أولا: حساب الحمولات المؤثرة على العصب الواحد في المتر الطولي</u>

حساب الوزن الذاتي للبلاطة العلوية $0,07.25.1.1=1,75\ kN/m^2$

حساب الوزن الذاتي للعصب (التدلي فقط) $0,12.0,2.1.25=0,6\ kN/m'$

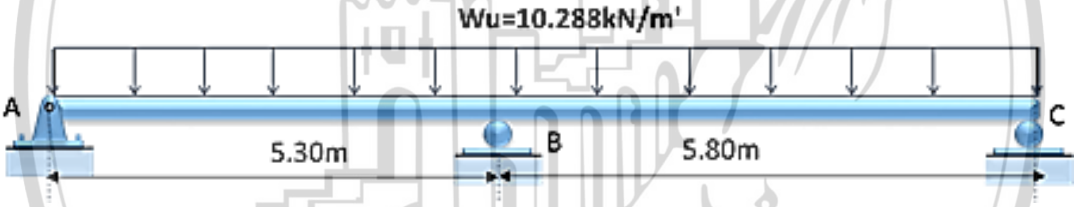
حساب الوزن الذاتي للبلوك (حيث يوجد خمسة بلوكات في المتر الطولي) $0,15.5=0,75kN/m'$

١.الحمولات الحية $6.0,52=3,12kN/m'$

٢.الحمولات الميتة $0,6+0,75+1,75.0,52+2,5.0,52=3,56kN/m'$

٣.الحمولة الحدية $1,4.3,56+1,7.3,12=10,288kN/m'$

حساب العزوم السالبة والموجبة



$$M_A = -\frac{w_u L^2}{20} = -\frac{10,288.5,3^2}{20} = -14,45kN.m$$

$$M_c = -\frac{w_u L^2}{20} = -\frac{10,288.5,8^2}{20} = -17,3kN.m$$

$$M_B = -\frac{w_u L^2}{9} = -\frac{10,288.5,55^2}{9} = -35,21kN.m$$

$$M_{AB} = \frac{w_u L^2}{11} = \frac{10,288.5,3^2}{11} = 26,27kN.m$$

$$M_{BC} = \frac{w_u L^2}{11} = \frac{10,288.5,8^2}{11} = 31,46kN.m$$

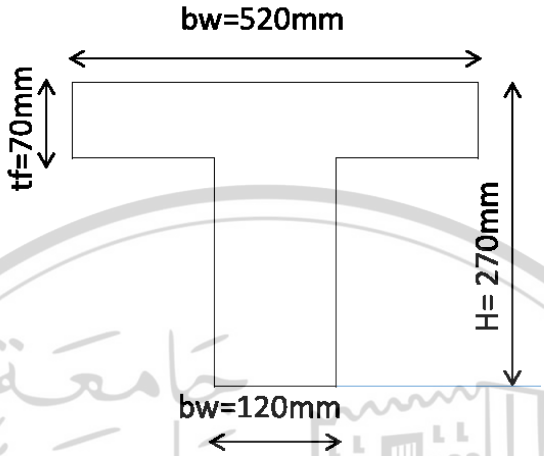
<u>حساب التسليح اللازم للعزم الموجب</u>

نحسب العزم الذي تتحمله البلاطة

$$\overline{Mn} = 0,85^2.f_c'.t_f.b_f.\left(d - \frac{0,85.t_f}{2}\right)$$

$$\overline{Mn} = 0{,}85^2 * 26 * 70 * 520 * \left(250 - \frac{0{,}85 * 70}{2}\right) = 150{,}6kN.m$$

يدرس مقطع مستطيل عرضه عرض طاولة 520mm



حساب التسليح في الفتحة AB (MAB=26,27kN.m)

حساب التسليح				
250	d		270	hight H
0.034543064	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		520	width B
0.0352	q		20	cover tens
0.002408421	u		26	fc
313.0947368	As		380	fy
10.35294118	y		0.85	β1
12.1799308	x		0.85	ϒ
0.030823345	ub		26.27	Mu
0.015411673	Umax		29.18888889	Mn
0.002368421	Umin beam		0.0015	Umin slab
			210.6	

نختار 3T12mm من الأسفل و 2T6 mm من الأعلى

حساب التسليح في الفتحة BC (MBC=31,46kN.m)

حساب التسليح				
250	d		270	hight H
0.041367521	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		520	width B
0.0423	q		20	cover tens
0.002894211	u		26	fc
376.2473684	As		380	fy
12.44117647	y		0.85	β1
14.6366782	x		0.85	ϒ
0.030823345	ub		31.46	Mu
0.015411673	Umax		34.95555556	Mn
0.002368421	Umin beam		0.0015	Umin slab
			210.6	

نختار 3T14mm من الأسفل وقضبان تعليق 2T8mm من الأعلى

حساب التسليح في المسند B (M_B=35,21kN.m)

بما أن العزم سالب في المساند فان المقطع يعمل بشكل مستطيل عرضه عرض الجذع ونتيجة لايقاف البلوك عند المساند فيكون العرض المدروس هو البعد بين المحاور ويساوي 520 مم وارتفاعه الكلي 270mm

UNIVERSITY OF ALEPPO

حساب التسليح				
250	d		270	hight H
0.046298488	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		520	width B
0.0475	q		20	cover tens
0.00325	u		26	fc
422.5	As		380	fy
13.97058824	y		0.85	β1
16.43598616	x		0.85	ϒ
0.030823345	ub		35.21	Mu
0.015411673	Umax		39.12222222	Mn
0.002368421	Umin beam		0.0015	Umin slab
			210.6	

نختار 4T12mm من الأعلى

حساب التسليح في المسند A (MA=14,45kN.m)

حساب التسليح				
250	d		270	hight H
0.019000657	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		520	width B
0.0192	q		20	cover tens
0.001313684	u		26	fc
170.7789474	As		380	fy
5.647058824	y		0.85	β1
6.643598616	x		0.85	ϒ
0.030823345	ub		14.45	Mu
0.015411673	Umax		16.05555556	Mn
0.002368421	Umin beam		0.0015	Umin slab
			210.6	

نختار 2T12mm من الأعلى وهو التسليح الأصغري

حساب التسليح في المسند C (M_C=17,3kN.m)

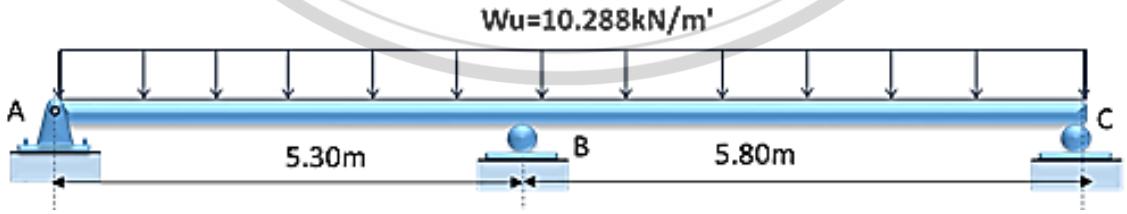
حساب التسليح				
250	d		270	hight H
0.022748192	$\frac{M_n}{b.d^2.f`c}$		520	width B
0.023	q		20	cover tens
0.001573684	u		26	fc
204.5789474	As		380	fy
6.764705882	y		0.85	β1
7.958477509	x		0.85	ϒ
0.030823345	ub		17.3	Mu
0.015411673	Umax		19.22222222	Mn
0.002368421	Umin beam		0.0015	Umin slab
			210.6	

نختار 2T12mm من الأعلى وهو التسليح الأصغري

أما تسليح البلاطة العلوية نضع 5T6mm في المتر في الاتجاه المتعامد مع الأعصاب ونضع 2T6mm فوق كل بلوكة في الاتجاه الموازي للأعصاب

حساب القوى القاطعة في العصب

يتم حساب القوى القاطعة بالاعتماد على الشكل رقم (٦-٢٧)



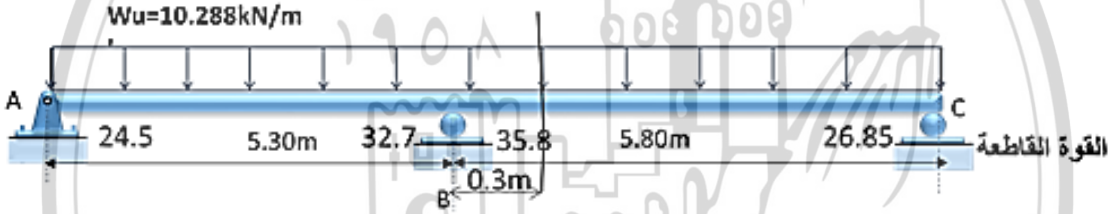
$$V_A = \frac{w_u L}{2} = \frac{10,288.5,3}{2} = 27,26kN$$

$$V_c = \frac{w_u L}{2} = \frac{10,288.5,8}{2} = 29,83kN.$$

$$V_{Bl} = \frac{1,2w_u L}{2} = \frac{1,2.10,288.5,3}{2} = 32,7kN$$
$$V_{Br} = \frac{1,2w_u L}{2} = \frac{1,2.10,288.5,8}{2} = 35,8kN$$

نحقق إجهاد القص عند المنطقة الواقعة عند أكبر قيمة للقوة القاطعة وهي يمين المسند B فإذا تحققت مقاومة إجهادات القص كان العصب محققا على مقاومة إجهادات القص بالكامل.

لنحسب قيمة القوة القاطعة عند نقطة إيقاف البلوك والتي تبعد 150mm عن وجه المسند وكذلك البعد بين المحور والوجه الداخلي للمسند يساوي الى ١/٢ عرض المسند ويساوي أيضا 150mm فاصبحت المسافة الكلية من المحور حتى منطقة إيقاف البلوك تساوي 300mm



لنكتب معادلة القوة القاطعة للفتحة اليمنى

$$V_u = 35,8 - 10,288.0,3 = 32,7kN$$

ثم نحسب إجهاد القص τ الفعلي الناتج عن هذه القوة

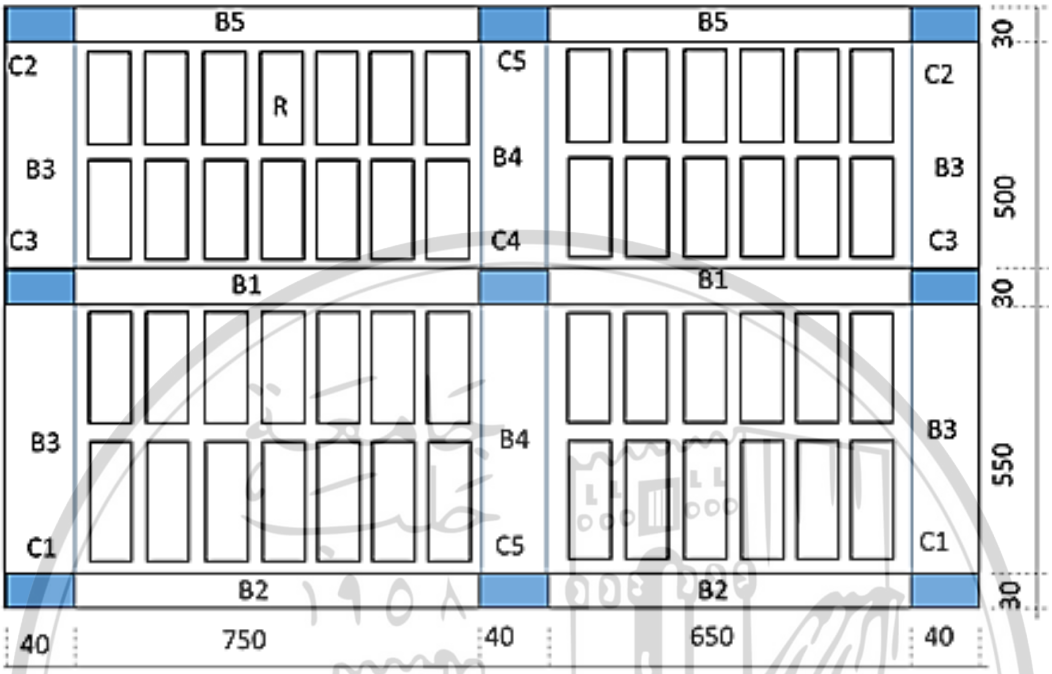
$$\tau = \frac{V_u}{0,85.b_w.d} = \frac{32700}{0,85.520.250} = 0,29MPa$$

$$\tau_{cu} = 0,23\sqrt{fc'} = 0,23\sqrt{26} = 1,17MPa$$

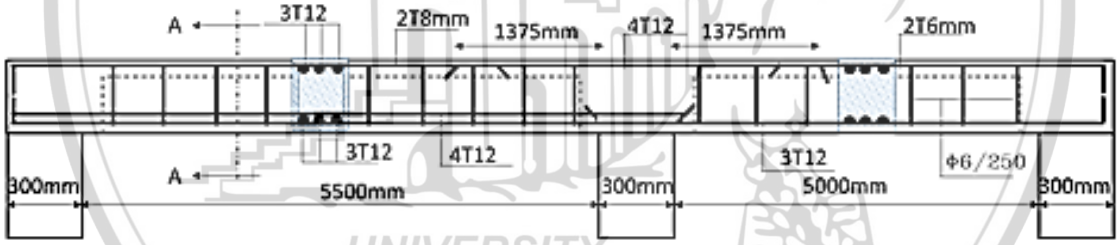
فالمقطع محقق وبالتالي تتحقق إجهادات القص على طول العصب لذلك نضع اساور بقطر 6mm كل 250 mm

إذا كان مجاز العصب يقع بين الأربعة والستة أمتار نضع عصب تقوية واحد يقع في منتصف المجاز ويتعامد مع الأعصاب الرئيسية، تساوي أبعاده أبعاد العصب الرئيسي ويسلح بـ 75% من قيمة التسليح للعصب الرئيسي في الأسفل والأعلى وتساوي $376,24x0,75=282,18\ mm^2$ كما هو موضح في الأشكال رقم (٦-٢٨) (٦-٢٩) و

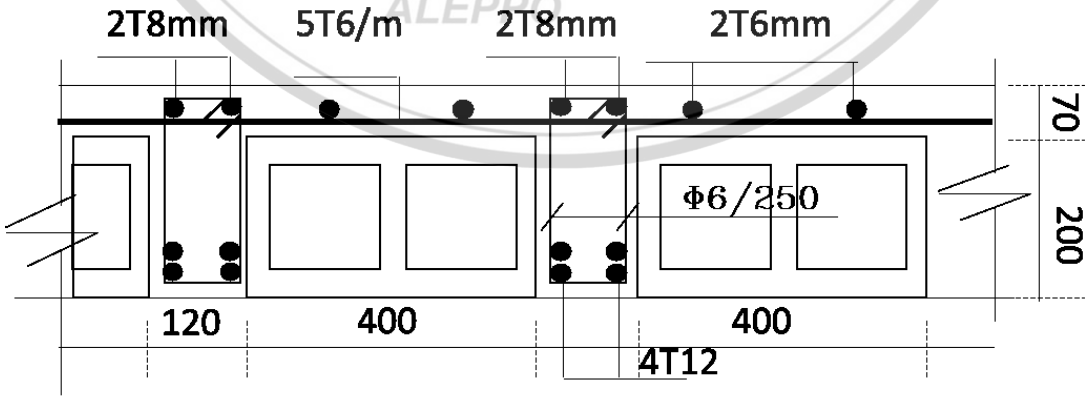
(٦-٣٠) وبالتالي تكون مساحة فولاذ عصب التقوية مساوية لـ 0,75 من مساحة الفولاذ لكلا العصبين والتي تكافئ 3T12 وبالتالي تكون الأساور Φ6/250mm



الشكل رقم (٦-٢٨) مسقط أفقي للبلاطة المعصبة ويبين فيه موقع عصب التقوية



الشكل رقم (٦-٢٩) مقطع طولي في العصب R



الشكل رقم (٦-٣٠) مقطع عرضي A-A في العصب R

توزيع الحمولات على الجوائز المحيطية

يتم اعتبار الحمولات المنقولة من الأعصاب الى الجوائز المحيطية هي حمولات موزعة بانتظام تعطي شدتها بالعلاقة الآتية

$$q = \frac{R}{a}$$

حيث:

تعبر R عن ردود أفعال الأعصاب

وتعبر a عن المسافة بين محاور الأعصاب

بالاعتماد على الشكل رقم (٦-٢٧) يمكننا إيجاد ردود أفعال العصب

$$R_A = \frac{w_u L}{2} = \frac{10,288.5,3}{2} = 27,26kN$$

$$R_c = \frac{w_u L}{2} = \frac{10,288.5,8}{2} = 29,83kN$$

$$R_B = 1,15 w_u L = 1,15.10,288.5,55 = 65,66kN$$

وبالتالي تكون الحمولات المنقولة من البلاطة الى الجائز B5 تساوي

$$q_5 = \frac{R_A}{0,52} = \frac{27,26}{0,52} = 52,4kN/m'$$

وبالتالي تكون الحمولات المنقولة من البلاطة الى الجائز B2 تساوي

$$q_2 = \frac{R_C}{0,52} = \frac{29,83}{0,52} = 57,36kN/m'$$

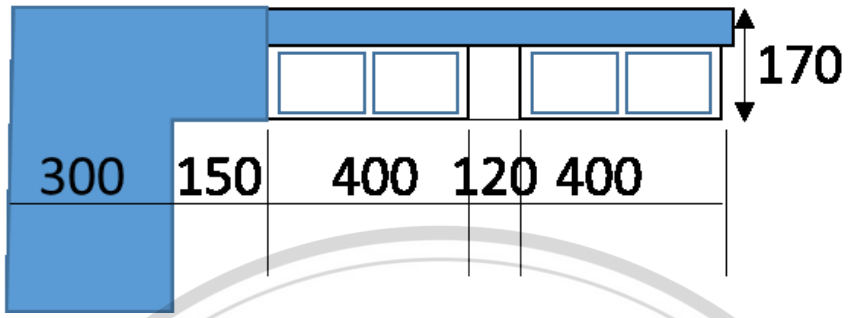
وبالتالي تكون الحمولات المنقولة من البلاطة الى الجائز B1 تساوي

$$q_1 = \frac{R_B}{0,52} = \frac{65,66}{0,52} = 126,27kN/m'$$

دراسة الجوائز الحاملة للبلاطة

لدراسة الجوائز الحاملة للبلاطة يجب معرفة أبعاد هذه الجوائز فالجوائز الطرفية يكون مقطعها بشكل L ، عرض الجناح العلوي يساوي الى ٤٥٠ مم والناتج عن إيقاف البلوك كما هو مبين في المناقشة الآتية:

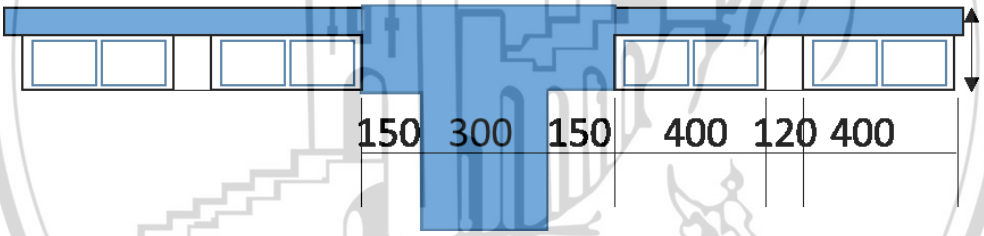
يتم إيقاف البلوك على بعد 150mm من وجه الجائز الحامل للعصب من كل طرف وبالتالي يكون مقطع الجائز عند المسند A يساوي 150+300=450mm



الشكل رقم (٦-٣١) مقطع عرضي في الجائز الطرفي

أما الجائز الوسطي B1 يكون مقطعه بشكل T ، عرض الجناح العلوي يساوي الى 650mm والناتج عن إيقاف البلوك كما هو مبين في المناقشة الآتية:

يتم إيقاف البلوك على بعد 150mm من وجه الجائز الحامل للعصب من كل طرف وبالتالي يكون مقطع الجائز عند المسند B يساوي 150+300+150=600mm



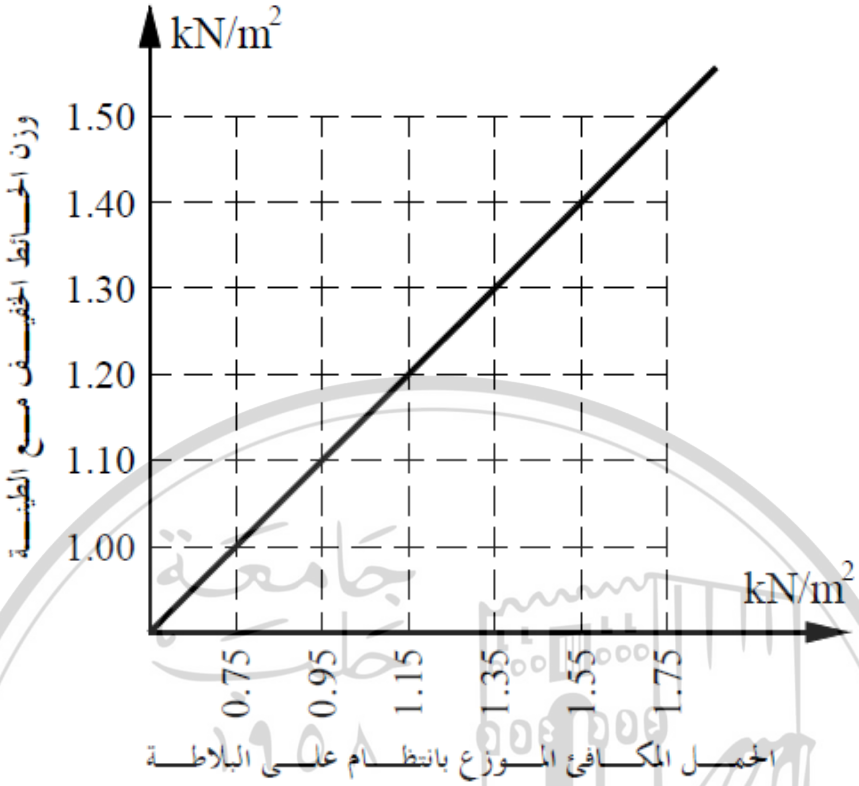
الشكل رقم (٦-٣٢) مقطع عرضي في الجائز الوسطي

٦-٦ في حال وجود قاطع فوق البلاطة

٦-٦-١الحوائط الخفيفة:

تعد الجدران الداخلية المرتكزة على القواطع ثقيلة إذا كانت اوزانها تزيد عن $1,5kN/m^2$ لكل متر مربع من مساحة الجدار . ويمكن الاستعاضة عن حمل الجدار الخفيف المركز على خط طولي بحمل مكافئ موزع بانتظام على مساحة السقف المسلح الموجود عليها، بعد الأخذ بالحسبان وزن الحائط الفعلي تبعا لمادته وسمكه وطوله وارتفاعه كما هو مبين في الشكل رقم (٦-٣٣)، ويمكن اهمال اوزان القواطع الخفيفة إذا كان الحمل الحي المؤثر على البلاطة أكبر من $6kN/m^2$.

UNIVERSITY OF ALEPPO



الشكل رقم (٦-٣٣) الحمل المكافئ من القواطع الخفيفة

٦-٦-٢ الحمل الإضافي المكافئ للجدران الثقيلة على الأسقف المسلحة

تعد الجدران الفاصلة الداخلية الموجودة على البلاطات المسلحة ثقيلة، إذا كانت أوزانها تزيد عن $1,5kN/m^2$ لكل متر مربع من مساحة الجدار .ويمكن الاستعاضة عن حمل الجدار الثقيل المر كز على خط طولي، بحمل مكافئ موزع بانتظام على مساحة البلاطة المسلحة الموجود عليها، وفق كل حالة من الحالات الآتية:

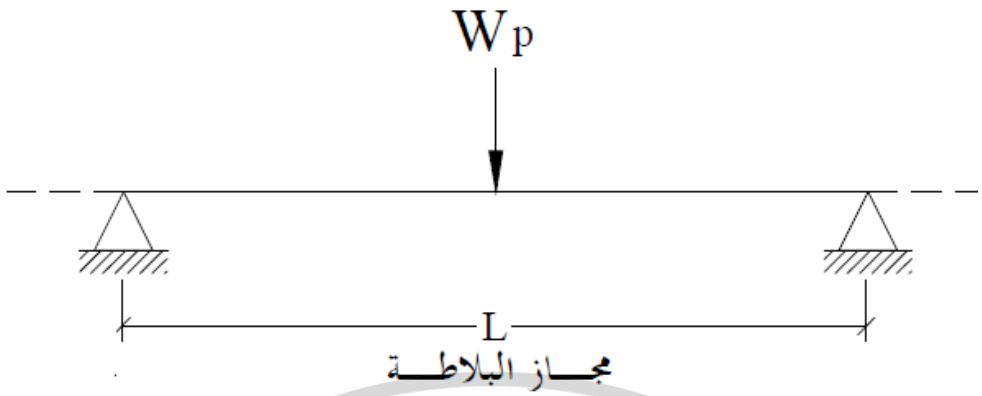
٦-٦-٢-١البلاطات المصمتة باتجاه وحيد

١-الجدران تتوضع بصورة متعامدة مع اتجاه عمل البلاطة كما هو موضح بالشكل رقم (٦-٣٤) حيث نميز الحالات الآتية:

a.البلاطة بسيطة الاستناد $W_e=2W_p/L$

b.البلاطة بسيطة الاستناد من طرف ومستمرة من طرف آخر $W_e=1,75W_p/L$

c.البلاطة مستمرة من الطرفين $W_e=1,5W_p/L$



الشكل رقم (٦-٣٤) الجدار متعامد مع مجاز البلاطة

حيث:

W_p= وزن الجدار كاملا بما فيه سماكة الطينة

L= المجاز الحسابي للبلاطة

W_e=الحمل المكافئ لوزن الجدار kN/m^2

٢-يتوضع الجدار بصورة موازية لاتجاه عمل البلاطة

حيث يكون طرف البلاطة القريب الموازي للجدار حرا أو مستندا على جدار أو جائز ساقط يبعد أكثر من0,3L عن موقع الجدار كما هو مبين في الشكل رقم (٦-٣٥)

يحسب العرض الفعال e الواجب اخذه بالحسبان لحساب الحمل الإضافي على الشكل الآتي:

$$e(m)=h_p+0,3L+h\leq h_p+0,6L$$

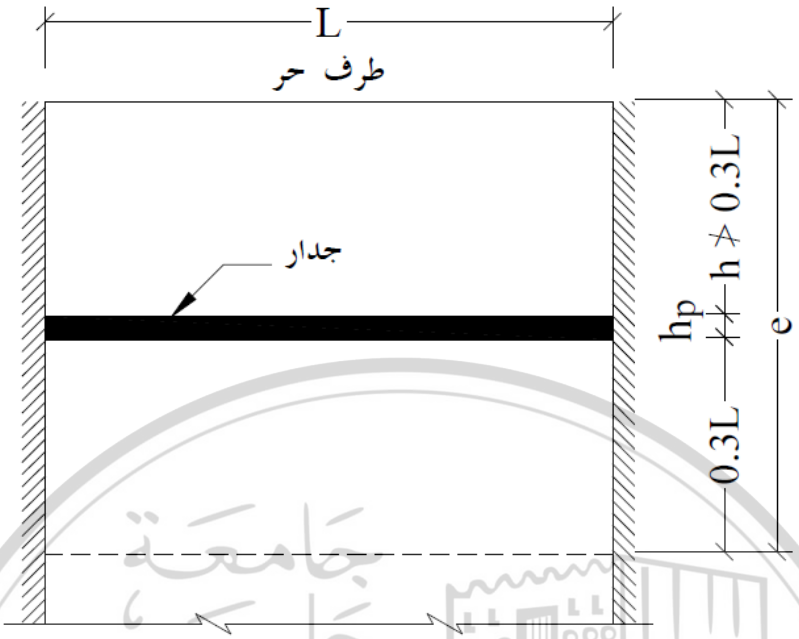
حيث:

h=بعد الجدار عن الطرف الحر للبلاطة

h_p=سماكة الجدار مقدرة بالمتر.

ويحدد الحمل الإضافي المكافئ للجدران الثقيلة على الأسقف المسلحة مقدراkN/m^2 بالعلاقة الآتية:

$$W_e=W_p/e$$



الشكل رقم (٦-٣٥) جدار محمل قريبا من طرف حر لبلاطة

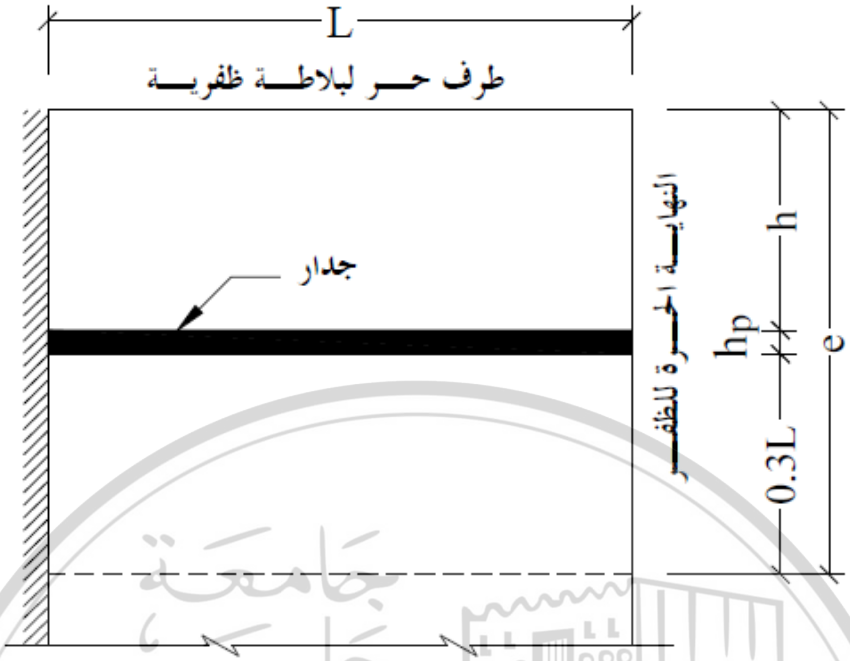
٦-٦-٢-٢ البلاطات المصمتة الظفرية

١) إذا كان الجدار متعامدا مع اتجاه عمل الظفر يؤخذ حملا مركزا كما هو مبين في الشكل رقم (٦-٣٦)

الشكل رقم (٦-٣٦) الجدار متعامدا مع اتجاه عمل الظفر

٢) إذا كان الجدار موازيا لعمل الظفر كما هو مبين في الشكل رقم (٦-٣٧) يعطى الحمل المكافئ بالعلاقة الآتية: $W_e=W_p/e$ حيث $e(m)=h_p+0,3L+h\leq h_p+0,6L$

h = المسافة بين الجدار والطرف الحر الجانبي للبلاطة الظفرية على ألاتزيد على 0,3L



الشكل رقم (٦-٣٧) الجدار موازيا لعمل الظفر

٦-٦-٢-٣البلاطات المصمتة باتجاهين

يؤخذ وزن جميع الجدران المتوضعة على البلاطة، وبضمنها أوزان الأحمال الميتة المطبقة أو المعلقة على هذه الجدران، ويضرب بمعامل تكبير مقداره 1,5 ، ثم يحدد الحمل الإضافي المكافئ الموزع بانتظام بتقسيم الناتج على مساحة البلاطة بين خطوط الاستناد.

٦-٦-٢-٤البلاطات المفرغة

يحدد الحمل الإضافي المكافئ للجدران الثقيلة على الأسقف المسلحة على شكل بلاطات مفرغة هوردي باتجاه واحد تماما كما هو مبين في الفقرتين السابقتين ١و٢ شريطة تحقق مايلي:

١) لا يزيد العرض الفعال e عن ثلاثة أمتار ويحسب وفق إحدى العلاقتين الآتيتين:

$$e(m)=h_p+0,3L+h\leq h_p+0,6L$$

$$e(m)=h+0,3L\leq 0,6L$$

٢) يتوجب لحظ عصب تقوية (رابط) لأعصاب البلاطة المفرغة باتجاه واحد،

٣) أما في حالة البلاطات المفرغة باتجاهين فيحدد الحمل الإضافي المكافئ كما سبق لحالة البلاطات المصمتة ثنائية الاتجاه.

٦-٧ القوى الأفقية المؤثرة على حواجز الشرفات

١) يجب أن تتحمل حواجز حماية الشرفات (درابزين) قوى أفقية عرضية مطبقة في أعاليها تساوي '1kN/m في الأبنية العادية، وتساوي إلى 3 kN/m في الحواجز الواقية في منافذ الهروب (Panic Barries)

٢) يجب ألا يقلّ معامل الأمان ضد الانقلاب عن1,5

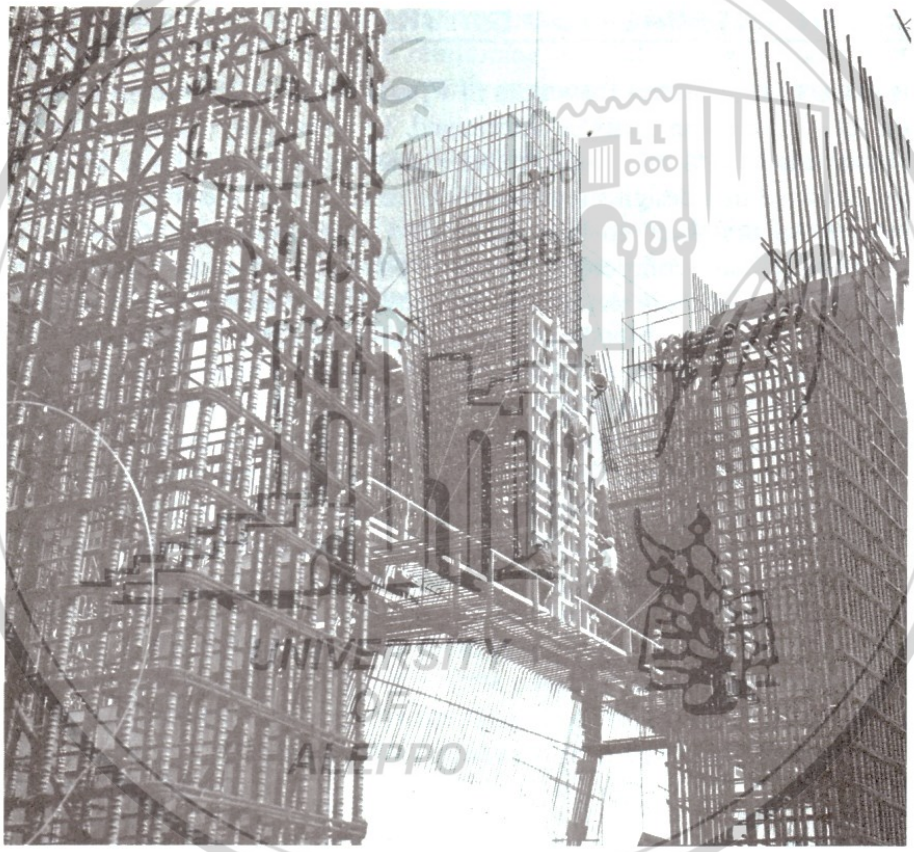
جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الفصل السابع

الضغط المحوري البسيط (الأعمدة)

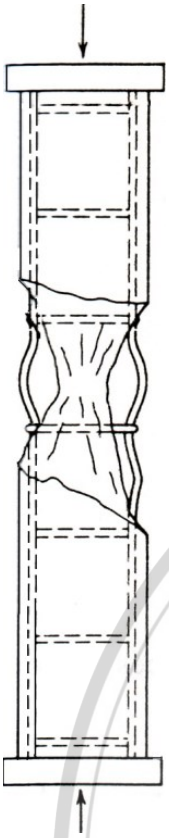
٧-١ مقدمة

يعتبر عنصرا إنشائيا خاضعا للضغط البسيط فيما إذا كانت محصلة القوى الضاغطة المؤثرة عليه تؤثر في مركز ثقل المقطع العرضي للعنصر دون وجود عزوم انعطاف والتي تؤدي لتولد إجهادات ضغط منتظمة على كامل المقطع العرضي وبما أن الخرسانة ذو مقاومة جيدة لإجهادات الضغط فمن الممكن الاعتماد كليا على الخرسانة لمقاومة القوى المحورية الضاغطة، كما ويمكن تزويد المقطع بتسليح طولي يتحمل قسما من القوى المحورية التي يتعرض لها المقطع.



الشكل رقم (٧-١) الأعمدة الخرسانية المسلحة

وتحتوي الأعمدة المضغوطة أيضا على أساور عرضانية تثبت قضبان التسليح الطولية وتمنعها من التحنيب العرضاني، إذ إن القوى المحورية التي يتعرض لها الفولاذ الطولي قد تسبب في تحنيب القضبان وانهيار العناصر الحاملة نتيجة لتحنيب الفولاذ، لهذا تزود الأعمدة بأساور عرضانية تمنع تحنيب القضبان وتزيد في عامل الأمان.



هناك فائدة ثانية من هذه الأساور العرضانية، فكما هو معروف في جميع العناصر الإنشائية إذا تعرض أي عنصر لتأثير قوة ضاغطة فانه يتقاصر في الاتجاه الطولي ويتطاول في الاتجاه العرضي فإذا فرضنا أن العنصر كان مطوقا بتسليح عرضي مؤلفا من مجموعة من الأساور المتقاربة فان مقدار التطاول العرضي يكون صغيرا مما يزيد في مقاومة العمود وتحمله للقوى الخارجية،

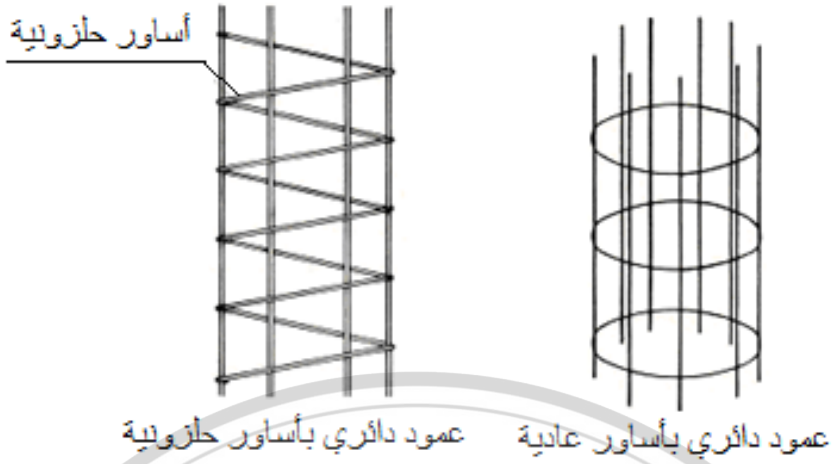
تقسم العناصر المضغوطة من حيث طرائق تسليحها إلى قسمين كما هو مبين في الشكل رقم (٧-٢):

١. أعمدة يتم تسليحها بقضبان طولية توازي محور العنصر وأخرى عرضية (أساور عادية)

٢. أعمدة يتم تسليحها بقضبان طولية توازي محور العنصر وأخرى حلزونية كثيفة (أساور حلزونية)

عمود مستطيل بأساور عادية

الشكل رقم (٧-٢) أشكال وأنواع التسليح الطولي والعرضي المستخدم في تسليح الأعمدة المستطيلة



الشكل رقم (٧-٢) أشكال وأنواع التسليح الطولي والعرضي المستخدم في تسليح الأعمدة الدائرية

فالعناصر المضغوطة القصيرة ذات الطول القصير والمقطع العرضي الكبير تتحمل قوى ضاغطة أكبر من تلك العناصر الطويلة التي تكون أبعاد مقطعها العرضي صغيرة وطولها كبيرا، حيث تتعرض هذه الأعمدة الخاضعة لتأثير تشوهات ناتجة عن نحافتها والتي تدعى بظاهرة التحنيب لهذه الأعمدة والذي يجب أن نأخذ تأثيره بالحسبان أثناء دراسة الأعمدة.

لذلك تقسم العناصر الموشورية المضغوطة من حيث أبعاد مقطعها العرضي وطولها وطبيعة استناداتها إلى قسمين وهما:

١. الأعمدة النحيفة أو الطويلة (وجود تحنيب): وهي العناصر التي تزيد نسبة نحافتها λ عن 40 أو إذا زادت نسبة أحد طوليها الحسابيين بالاتجاهين المتعامدين على سماكة قطاعها في الاتجاه المعتمد عن 12 بالنسبة لعمود ذو مقطع مستطيل أو مربع و 10 بالنسبة للعمود ذو القطاع الدائري

٢. الأعمدة القصيرة (عدم وجود تحنيب): وهي العناصر التي لا تزيد نسبة نحافتها λ عن 40 أو إذا لم تزيد النسبة عن القيم المحددة أعلاه بالنسبة للمقطع المستطيل والدائري والمربع

ملاحظة:

يجب ألا تزيد نسبة النحافة عن القيمة العظمى المسموحة في كل اتجاه عن 100 إلا في الحالتين الآتيتين:

- عندما يجري تحليل حسابي للمنشأة بالطرائق الدقيقة مع أخذ الأفعال من الدرجة الثانية بالحسبان (تأثير P-Δ أو N-Δ) كما هو مبين في الشكل رقم (٧-٣)
- في العناصر المضغوطة ذات الأهمية الثانوية كالعناصر التزيينية أو المتقاربة
- وفي كل الأحوال يجب ألا تزيد نسبة النحافة للعنصر المضغوط في كل اتجاه عن 150
- تكون قابلية تشوه الأعمدة النحيفة كبيرة لذلك يجب إدخال أثر التشوه أثناء تعرض الأعمدة للتحنيب

٧-٢ دراسة ظاهرة التحنيب

إن انهيار الأعمدة النحيفة يختلف عن انهيار الأعمدة القصيرة، حيث تنهار الأعمدة القصيرة بشكل عام بتأثير الحمولات الخارجية (في حال تجاوزها الحمولة المسموحة للعمود) أما في الأعمدة النحيفة فان العمود يمكن أن ينهار قبل الوصول إلى الحمولة المسموحة وذلك تحت تأثير التحنيب لأنه تتولد عزوما إضافية ناتجة عن ظاهرة التحنيب نتيجة تعرضها لانحناء جانبي يساوي δ وبالتالي M=N.δ كما هو مبين في الشكل رقم (٧-٣).

الشكل رقم (٧-٣) ظاهرة التحنيب في العناصر النحيفة

لذلك يمكننا الحكم على عمود أنه مستقر أو غير مستقر من خلال تعرضه لانحناء جانبي صغير، فعندما يعود العمود إلى شكله الأصلي بعد إزالة القوى يكون العمود في هذه الحالة مستقرا. ولكن عندما يكون العمود حساسا جدا لأي تغير خارجي في استقامته تسمى هذه الحالة بحالة الوضع غير المحدد وتسمى هذه الحالة بالحالة الحدية، فالعمود لا يعود إلى شكله الأصلي بعد إزالة القوة التي سببت التشوه لكنه لن ينهار.

وفي حال زيادة التشوه بعد إزالة القوة المسببة له أو عندما ينهار العنصر بسبب تلك القوة نقول عن العنصر أنه غير مستقر، لذلك يجب عدم الوصول إلى حالة عدم الاستقرار في الأعمدة إضافة لعدم تجاوز حدود المقاومة المستخدم أو حمولة العمود المسموحة.

نقول عن الأعمدة أنها تتعرض لظاهرة التحنيب إذا زادت نسبة نحافتها λ عن 40 كما ورد سابقا حيث:

λ= نسبة النحافة ويعبر عنها بالعلاقة $\lambda = \frac{L_0}{i}$

L_0=طول التحنيب أو الطول الحسابي للعنصر المضغوط

i= نصف قطر العطالة للمقطع العرضي ويعبر عنه بالعلاقة $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$

I= عزم عطالة المقطع العرضي في الاتجاه المدروس

A= مساحة المقطع العرضي

٧-٢-١ تحديد الطول الحسابي للتحنيب L_0

يختلف طول التحنيب في العناصر المضغوطة حسب طبيعة استناد هذه العناصر حيث يختلف طول التحنيب في العنصر المتمفصل من طرفيه عن العنصر الموثوق و المتمفصل، وبمعنى آخر يرتبط طول التحنيب في العنصر المضغوط بنوع الارتباط في طرفي هذا العنصر سواء أكان هذا العنصر قابلا للدوران أو الانتقال.

ويفرق الكود العربي السوري في حساب أطوال التحنيب بين نوعين من هذه العناصر هما:

١. عناصر مضغوطة معرضة للتحنيب في الهياكل المقواة

٢. عناصر مضغوطة معرضة للتحنيب في الهياكل غير المقواة

ويقصد بالهياكل المقواة، تلك الهياكل التي تقاوم القوى الأفقية الناتجة عن دفع الرياح والهزات الأرضية باستخدام عناصر خاصة في مقاومتها مثل الجدران القصية أو وضع نواة مركزية من الخرسانة المسلحة أو استخدام عناصر إنشائية متصالبة ....

أما الهياكل غير المقواة فهي تلك الهياكل التي تقاوم القوى الأفقية دون الاستعانة بأي عنصر إنشائي خاص حيث تقوم الأعمدة بمقاومة القوى الأفقية وبذلك تعاني من

الدورانات والانتقالات في أطرافها، وبالتالي فان أطوال التحنيب لها تكون اكبر من أطوال التحنيب في الهياكل المقواة.

ونبين فيما يلي أطوال التحنيب في الأعمدة المضغوطة اعتمادا على نوع الهياكل.

يكون طول التحنيب في الهياكل المقواة (المسندة جانبيا) تابعا لطبيعة الاستناد كما هو مبين في الشكل رقم (٧-٤)

$L_0=L$ إذا كان العنصر متمفصلا من الطرفين

$L_0= 0,85\ L$ إذا كان العنصر متمفصلا من طرف وموثوقا من طرف آخر (وثاقة جزئية)

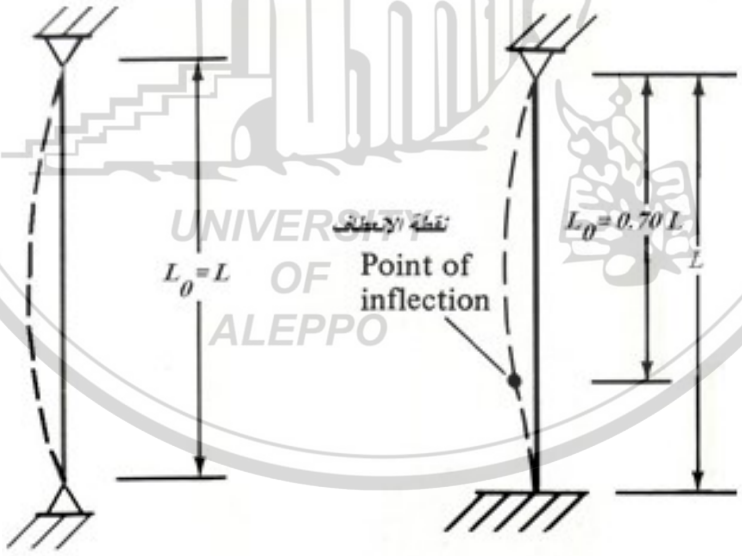
$L_0= 0,70\ L$ إذا كان العنصر متمفصلا من طرف وموثوقا من طرف آخر (وثاقة تامة)

$L_0= 0,70\ L$ إذا كان العنصر موثوقا من الطرفين(وثاقة جزئية)

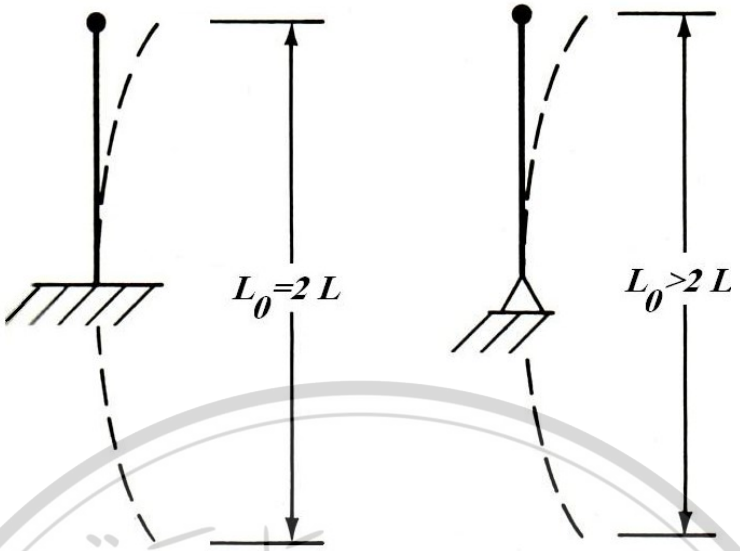
$L_0= 2\ L$ إذا كان العنصر موثوقا من طرف(وثاقة تامة) وحرا من طرف آخر

$L_0> 2\ L$ إذا كان العنصر موثوقا من طرف(وثاقة جزئية) وحرا من طرف آخر

ويؤخذ الطول L (الطول الفعلي الحر للعنصر) بالاعتماد على الشكل رقم (٧-٥)



UNIVERSITY OF ALEPPO



الشكل رقم (٧-٤) أطوال التحنيب في الهياكل المقواة

أما العناصر غير المقواة يؤخذ الطول الحسابي للتحنيب من العلاقة الآتية:

$$L_0=\alpha. L \text{ or } L_0=K.L_u$$

ويمكن بدلا من حساب L_0 اعتماد التحليل الإنشائي من الدرجة الثانية الذي يأخذ بالحسبان تأثير P-Δ (أي يتم حساب القوى الداخلية والعزوم الإضافية الناتجة عن الإنزياحات الجانبية وتأثير الأحمال الشاقولية عليها)

حيث:

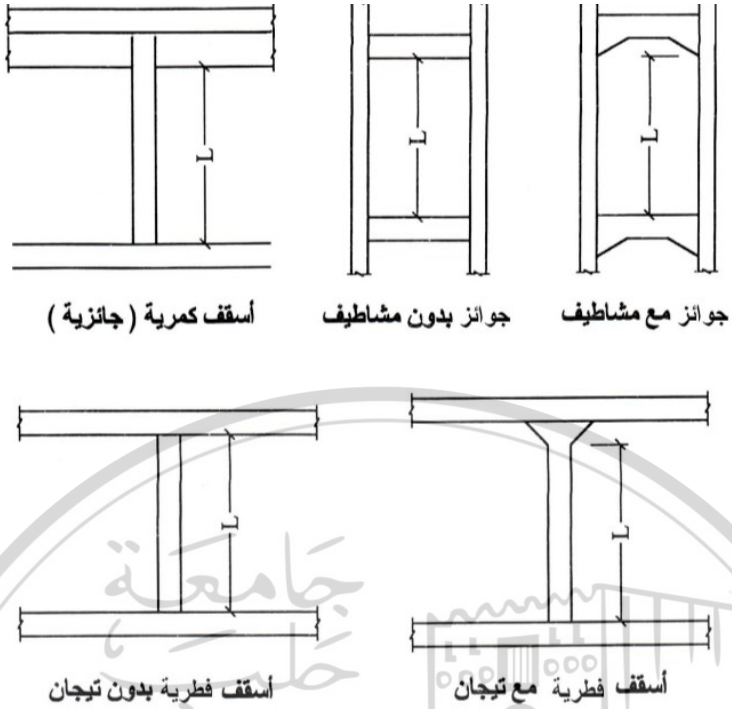
α=معامل التحنيب ويؤخذ من الشكل رقم (٧-٦) ويعتمد على قيم العوامل Ψ_A و Ψ_B

Ψ_A = مجموع صلابات الأعمدة مقسومة على مجموع صلابات الجوائز لأحد طرفي العنصر (الطرف العلوي)

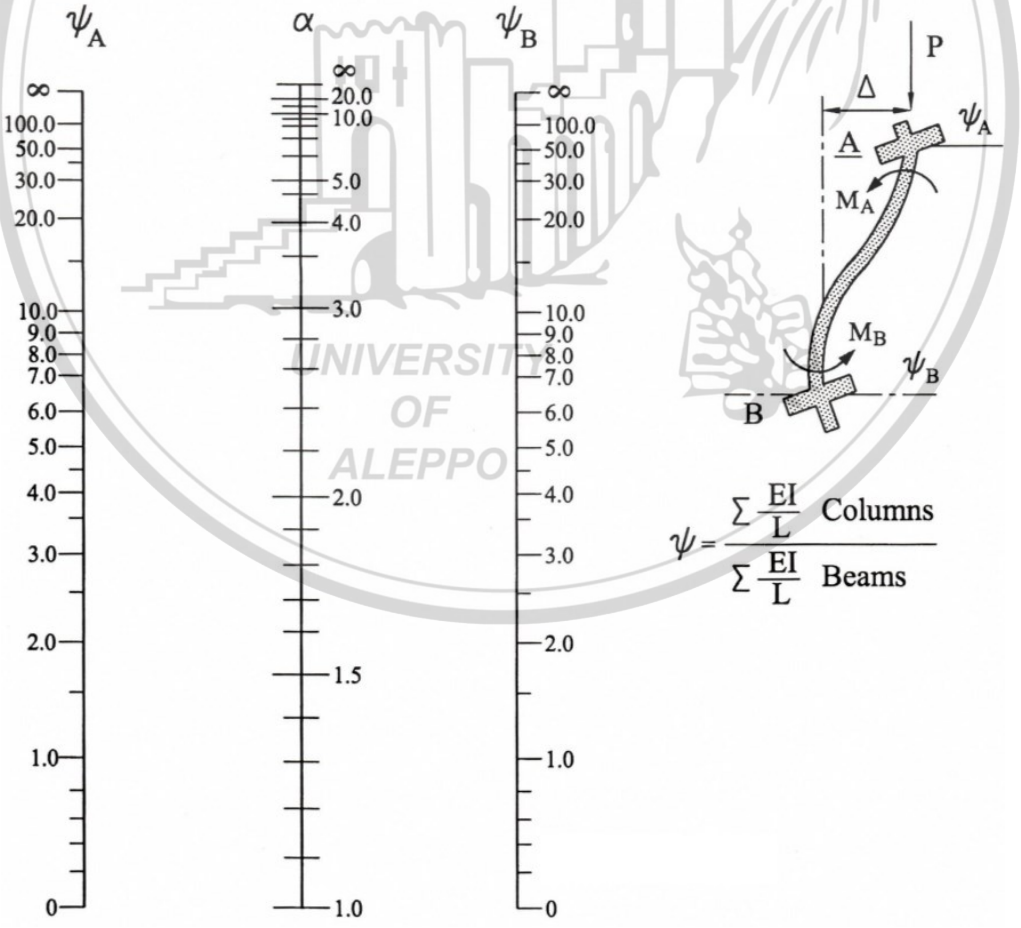
Ψ_B= مجموع صلابات الأعمدة مقسومة على مجموع صلابات الجوائز للطرف الآخر من العنصر (الطرف السفلي)

مع التذكير بتخفيض عزم عطالة الجائز بالقيمة 0.6 لأخذ تأثير التشقق بالحسبان

UNIVERSITY OF ALEPPO



الشكل رقم (٧-٥) أطوال تحنيب الأعمدة



الشكل رقم (٧-٦) قيم المعامل Ψ لحساب قيم α في الأعمدة غير المسندة جانبيا (غير المقواة)

٧- ٣ حساب العناصر القصيرة المعرضة للضغط البسيط

تحدد قيمة الضغط التي يتعرض لها العمود القصير غير خاضع لتأثير التحنيب اعتمادا على الفرضيات الخاصة في حسابات الخرسانة المسلحة وعلى المقاومة المميزة الاسطوانية للبيتونfc' وإجهاد الخضوع للفولاذ fy في حالة الضغط البسيط في كل من الخرسانة والفولاذ التي مرت سابقا، ويعتبر العنصر الإنشائي خاضعا للضغط البسيط إذا انطبقت محصلة القوى المؤثرة عليه في مركز ثقل المقطع العرضي، وتعتبر هذه الحالة مثالية لذلك اعتبر الكود العربي السوري بأن تحسب العناصر المضغوطة أنها خاضعة لتأثير ضغط بسيط ولو كان العنصر يخضع لتأثير عزم انعطاف ناجم عن لامركزية لا تتجاوز $e \le 0{,}05.h$ حيث h بعد العنصر في الاتجاه المدروس.

عندئذ يهمل عزم الانعطاف في الاتجاه المدروس ويصمم العمود وكأنه خاضع لتأثير ضغط بسيط كما ورد في الكود العربي السوري لعام ٢٠١٥.

- لحساب القوى الناظمية المؤثرة على الأعمدة تؤخذ ردود الأفعال الجوائز، إذا كانت محسوبة بطرق حساب الإنشاءات في التحليل الإنشائي، أما إذا كانت محسوبة بالطرائق المبسطة المسموح استعمالها، فيؤخذ الاستمرار بالحسبان، على أن لايقل رد الفعل دوما عن رد فعل الجائز البسيط الاستناد عند المساند الداخلية.
- يمكن أيضا ومن أجل الحساب الأولي، حساب الأحمال بتحديد المساحات الطابقية التي تغذي العمود بالأحمال (مع أخذ الخطوط المنصفة للمسافات بين الأعمدة بالحسبان)، وفي هذه الحالة يجب لحظ أثر الاستمرار بزيادة الحمل الناتج عن الطابق المدروس بمقدار 10% عن كل اتجاه يكون فيه العمود أول عمود داخلي إذا كان عدد المجازات بالاتجاه المدروس يزيد على اثنين، و 15% إذا كان عدد المجازات بالاتجاه المدروس اثنين فقط
- يسمح بتخفيض الحمولات الإضافية (الحية) على عناصر الارتكاز، كالجدران والأعمدة والأساسات في الأبنية المعدة للسكن ذات الطوابق المتعددة (أكثر من 5 طوابق) وفي حال تحملها بأحمال إضافية (حية) متساوية، وفق الجدول رقم (٧-١)

الجدول رقم (٧-١) تخفيض الأحمال الإضافية (الحية) في الأبنية متعددة الطوابق

موقع السقف	قيمة الحمل الإضافي(الحي)
السقف الأعلى أو السطح	P
السقف الأول تحت السطح	P
السقف الثاني تحت السطح	0,9 P
السقف الثالث تحت السطح	0,8 P
السقف الرابع تحت السطح	0,7 P
السقف الخامس تحت السطح	0,6 P
السقف السادس تحت السطح وما دون	0,5 P

ملاحظة: لا يسمح بأخذ عامل التخفيض إذا كان عدد الطوابق لا يزيد عن 5 طوابق، أو إذا كانت الطوابق تستخدم مستودعات أو مخازن أو مشاغل أو مدارس أو أماكن عامة.

- في الحالة العامة يجب حساب عزوم الانحناء على الأعمدة مع أخذ أسوأ وضعية تحميل للأحمال الحية بالحسبان ويمكن اعتماد نماذج مبسطة للحساب
- إذا يبين التحليل الانشائي أن العمود غير خاضع لعزم انحناء في أخطر حالات التحميل أوخاضع لعزم انحناء بلامركزية e لاتزيد على 0,05 من الارتفاع الكلي لمقطع العمود في الاتجاه المدروس، يمكن اهمال تأثير العزم وحساب مقطع العمود وتسليحه بافتراضه معرضا للضغط البسيط
- يمكن اعتبار الأعمدة الوسطية التي ترتكز عليها الجوائز أو البلاطات ذات المجازات المتقاربة بمثابة أعمدة خاضعة للضغط البسيط من الأحمال الشاقولية ولا يطلب حساب العزوم المؤثرة عليها ويستثنى من ذلك الأعمدة الحاملة للبلاطات الفطرية.
- استثناء مما ورد أعلاه يمكن للمصمم (اعتمادا على تقديره) وفي حالة الأبنية الهيكلية الطابقية ذات المجازات المألوفة في الأبنية السكنية والتجارية وما شابهها، إهمال تأثير عزوم الانعطاف من الحمولات الشاقولية، وحساب مقاطع الأعمدة على الضغط البسيط مع إدخال أثر العزوم الطارئة بصورة ضمنية باعتماد عامل التكافؤ K_e الوارد في الجدول

رقم (٧-٢) حيث يتم تقسيم الطرف الأيمن من العلاقة رقم (7-1) على قيمة عامل التكافؤ K_e حسب موقع العمود.

الجدول رقم (٧-٢)عامل التكافؤ Ke

موقع العمود / الطابق	الأعمدة الوسطية	الأعمدة الطرفية	الأعمدة الركنية
الطابق الأخير	1,3	1,6	2,0
الطابق تحت الأخير	1,1	1,4	1,7
باقي الطوابق	1,0	1,15	1,3

ملاحظة: لا يدخل أثر عامل التكافؤ K_e في حساب أحمال الأساسات أو الجدران التي ترتكز عليها الأعمدة في حال وجودها

- في حالة الأعمدة الطرفية أو الركنية الحاملة لبلاطات ظفرية مصمتة أو بلاطات مصمتة (مليئة) مع جوائز أو مفرغة فيمكن تخفيض عامل التكافؤ K_e الوارد في الجدول رقم (٧-٢) بحيث لاتقل عن القيم الواردة في الجدول رقم (٧-٣)

الجدول رقم (٧-٣) عامل التكافؤ Ke للأعمدة الحاملة لبلاطات مليئة أو مفرغة

موقع العمود / الطابق	الأعمدة الوسطية	الأعمدة الطرفية	الأعمدة الركنية
الطابق الأخير	1,3	1,5	1,6
الطابق تحت الأخير	1,1	1,3	1,4
باقي الطوابق	1,0	1,1	1,2

يمكن حساب مقاومة العمود وفق العلاقات الواردة أدناه إذا كانت الأحمال المضغوطة مطبقة على نحو محوري، الا أنه يجب أن تؤخذ في الحسبان لامركزية لاتقل عن 25mm أو 0,08 من أبعاد المقطع في الاتجاه المدروس (أيهما أكبر) يمكن في حالات الأعمدة القصيرة الخاضعة لأحمال محورية اهمال تأثير هذه اللامركزية الطارئة وذلك باستعمال

العلاقات الواردة أدناه ويجدر التنويه على أن العامل 0,8 أو 0,85 يأخذ بالحسبان اللامكزية الطارئة من الصنع حصرا ولا يأخذ بالحسبان اللامركزيات الأخرى الواردة في العامل Ke يحدد الحمل الأقصى للعنصر القصير بالعلاقة الآتية:

٧-٣-١ في حالة الأساور العادية

$$N_U = \frac{0{,}8.\Omega.(0{,}85.f'c.A'c + fy.A's)}{Ke} \qquad (1\text{-}7)$$

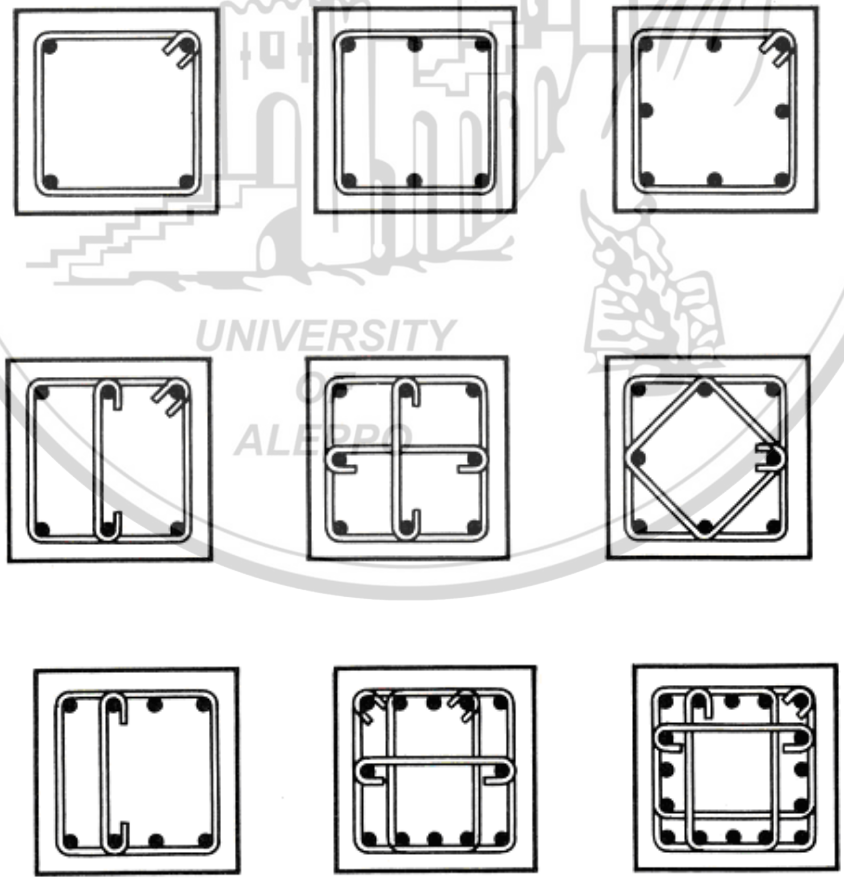
حيث:

f'c=المقاومة المميزة للبيتون

fy= إجهاد الخضوع للتسليح الطولي

Ac' = المساحة الكلية للمقطع العرضي الخرساني المضغوط

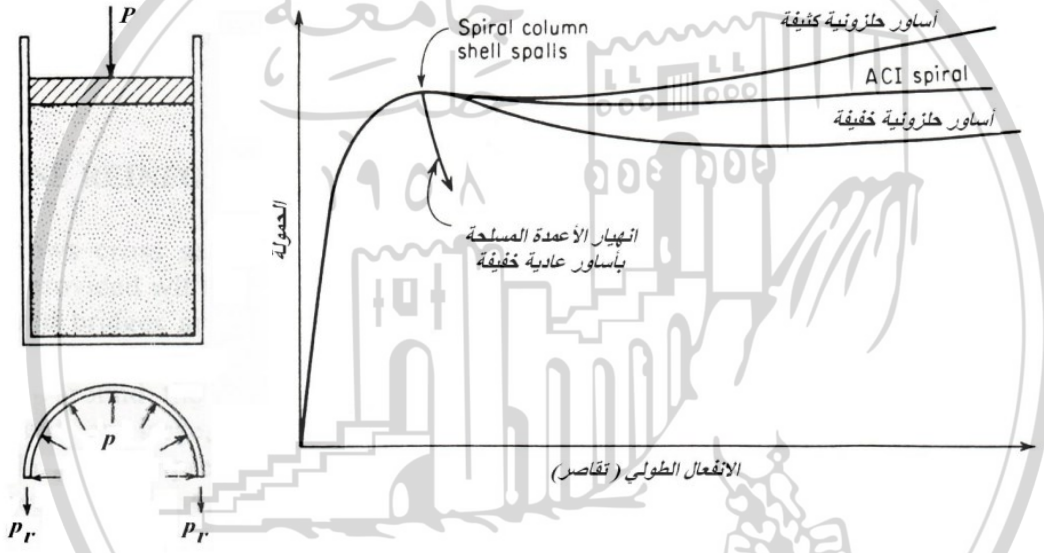
As'= مساحة التسليح الطولي المضغوط



الشكل رقم (٧-٧) شكال الأساور العادية المستخدمة في التسليح العرضي للعناصر المضغوطة

٧-٣-٢-في حالة الأساور الحلزونية

تستخدم الأساور الحلزونية لزيادة قدرة الأعمدة على تحمل الحمولات المحورية حيث تزيد الأساور الحلزونية من طاقة تحمل المقطع للقوى الضاغطة، وبالتالي من أجل قوة ضاغطة واحدة يكون مقطع العمود المسلح بأساور حلزونية أصغر من المقطع الذي نحصل عليه لتحمل نفس القوة إذا كان تسليحه العرضي مسلحا بأساور عادية، والسبب في ذلك هو أن التسليح الحلزوني الذي يغلف النواة الخرسانية الداخلية للعمود يزيد من تحمل الخرسانة للضغط لكونه يجعل العمود يتحمل ضغطا جانبيا إضافة للضغط المحوري كما هو موضح في الشكل رقم (٧-٨)



الشكل رقم (٧-٨) زيادة تحمل العمود نتيجة تطويق التسليح بأساور حلزونية

يحسب الضغط الذي يتحمله العمود القصير المسلح بأساور حلزونية باستخدام العلاقة الآتية:

$$N_u = 0{,}85.\Omega(0{,}85.f'c.A'_k + fy.A's + 2{,}5.f_{yp}.A_{sp}) \qquad (2-7)$$

حيث:

f'c=المقاومة المميزة للبيتون

fy=إجهاد الخضوع للتسليح الطولي

f_{yp}=إجهاد الخضوع للتسليح الحلزوني

A'_k=مساحة مقطع النواة الداخلية للحلزون

A's=مساحة التسليح الطولي المضغوط

A_{sp}= المساحة الفرضية المكافئة للأساور الحلزونية وتساوي إلى:

$$Asp = \frac{\pi . d_k . a_s}{s}$$

حيث:

d_k= قطر النواة

a_s= مقطع تسليح قضبان الحلزون

s= خطوة الحلزون

Ω=معامل تخفيض المقاومة وتؤخذ قيمته 0,65 في حالة الضغط البسيط

ولتوفير أمان كاف ضد انهيار الغطاء الخرساني في العناصر المسلحة حلزونيا يجب ألا تزيد مقاومة المقطع المسلح بأساور حلزونية عن 1,5 مرة مقاومة المقطع المسلح بأساور عادية وذلك بتحقيق قيمة $(Asp)_{max}$

٧- ٤ الاشتراطات البعدية للأعمدة

١. لايقل أصغر بعد لكل عمود مستطيل عن 200mm ولا تقل مساحته عن $0,09m^2$

٢. لايقل قطر كل عمود دائري عن 350mm

٣. يستثنى من الفقرتين ١و٢ الواردتين أعلاه الأعمدة غير الحاملة والأعمدة الحاملة المتقاربة ذات الطبيعة المعمارية شبه التزيينية (كواسر الشمس الشاقولية مثلا) على أن لا يزيد الحمل الحدي المطبق عليها على نصف طاقتها القصوى بعد أخذ تأثير التحنيب بالحسبان.

٧-٥ مساحات التسليح الطولي للأعمدة

١. تحدد مساحات التسليح العظمى للأعضاء المضغوطة محوريا بـ 0,025A'c إذا كانت المقاومة المميزة للبيتون تقل عن 30MPa (أما إذا كانت المقاومة المميزة للبيتون لاتقل

عن 30MPa فيمكن زيادة مساحة التسليح العظمى الى 0,035A'c كما يمكن زيادتها الى 0,04A'c بشرط استعمال وصلات ميكانيكية) أينما كان موقع العمود

٢. في حالات الاضطرار الاستثنائي يمكن زيادة تحمل قطاع العمود بتطويقه معدنيا أو باستعمال قطاعات معدنية داخله.

٣. تحدد مساحة التسليح الدنيا للقطاع المطلوب حسابيا A'_{cr} للأعضاء المضغوطة محوريا كالآتي:

$0,01\ A_{cr}$ سواء أكان العنصر المضغوط عمودا وسطيا أو طرفيا أو ركنيا

٤. في الأعمدة التي تزيد مساحة قطاعها عن المطلوب حسابيا يمكن حساب مساحة التسليح الدنيا بأخذ مساحة التسليح الواردة في الفقرة ٣ الواردة أعلاه على أن لاتقل مساحة التسليح الدنيا المستعملة عن $0,006\ A'c$ حيث $A'c=b.h$ وهي مساحة القطاع الفعلي للعمود، أينما كان موقع العمود.

٥. في جميع الأحوال يجب أن لاتزيد مساحة التسليح الطولي في منطقة اتصال عمودين متتاليين عن $0,06\ A'c$ إذا كانت المقاومة المميزة للبيتون تقل عن 30MPa (أما إذا كانت المقاومة المميزة للبيتون لاتقل عن 30MPa فيمكن زيادة مساحة التسليح الى $(0,07'A\ c$

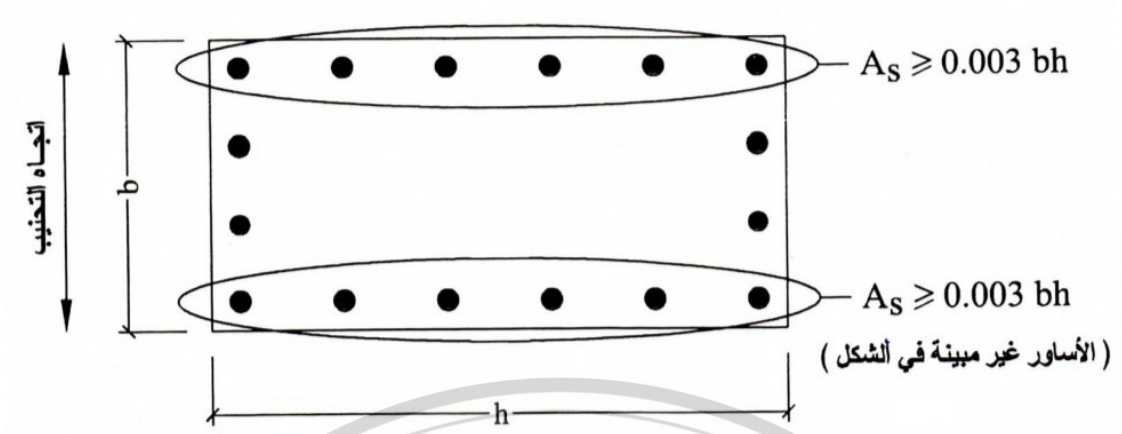
٧-٥-١ اشتراطات التسليح الطولي في الأعمدة

١. لا يقل التسليح الطولي في كل عمود مضلع عن قضيب واحد في كل زاوية وفي الأعمدة الدائرية عن ستة قضبان

٢. لايقل قطر التسليح الطولي عن 12mm

٣. لايزيد التباعد بين قضبان التسليح الطولي المتجاورة عن 30cm أو أصغر بعد للعمود (أيهما أصغر)

٤. في الأعمدة المربعة والمستطيلة النحيفة التي تساوي أو تزيد نحافتها λ عن 40 (في حال وجود تحنيب) يشترط أن لاتقل مساحة التسليح الموجودة في كل من طرفي القطاع بالاتجاه المعرض للتحنيب عن 0,3% من مساحة القطاع الكلية كما هو موضح في الشكل رقم (٧-٩)

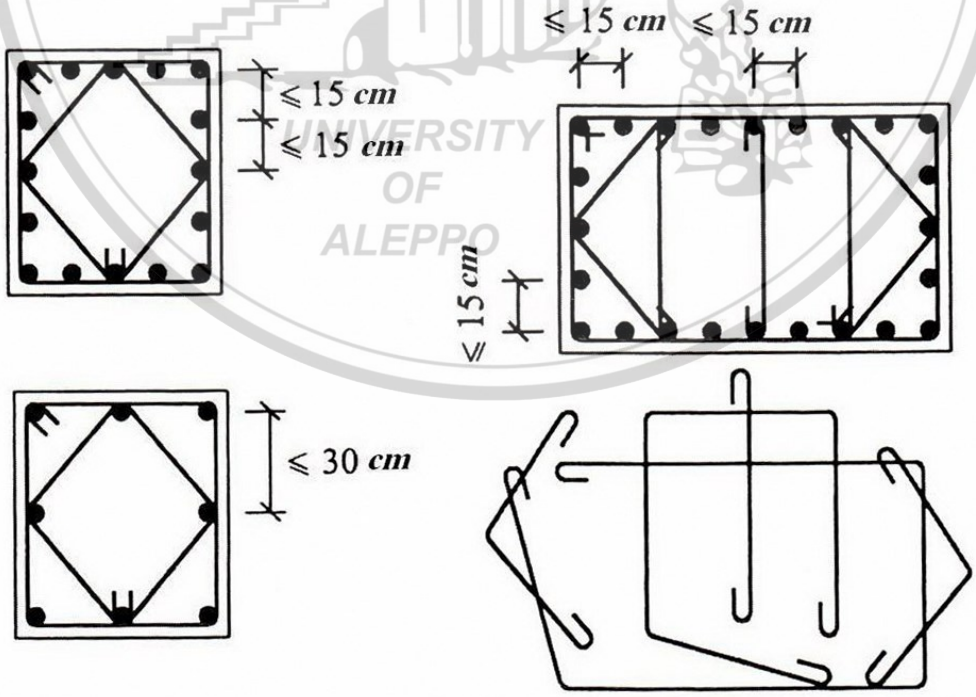


الشكل رقم (٧-٩) مساحة التسليح الدنيا في القطاعات المستطيلة للأعمدة النحيفة

٧-٥-٢ اشتراطات التسليح العرضي في الأعمدة

٧-٥-٢-١ التسليح العرضي في الأعمدة غير المطوقة

١. في الأعمدة المستطيلة، يتم تركيب التسليح العرضي بحيث يربط كل قضيب طولي بفرعي اسوارة لاتزيد الزاوية بينهما عن 135 درجة إلا إذا كان التباعد بين قضبان التسليح أقل من 150mm فيمكن أن يكتفى بتحقيق هذا الشرط على قضبان الزوايا ومن ثم على القضبان الوسطية بالتناوب كما هو موضح في الشكل رقم (٧-١٠) وإذا زاد أي من بعدي العمود على 300mm فيلزم إضافة أساور وسطية.



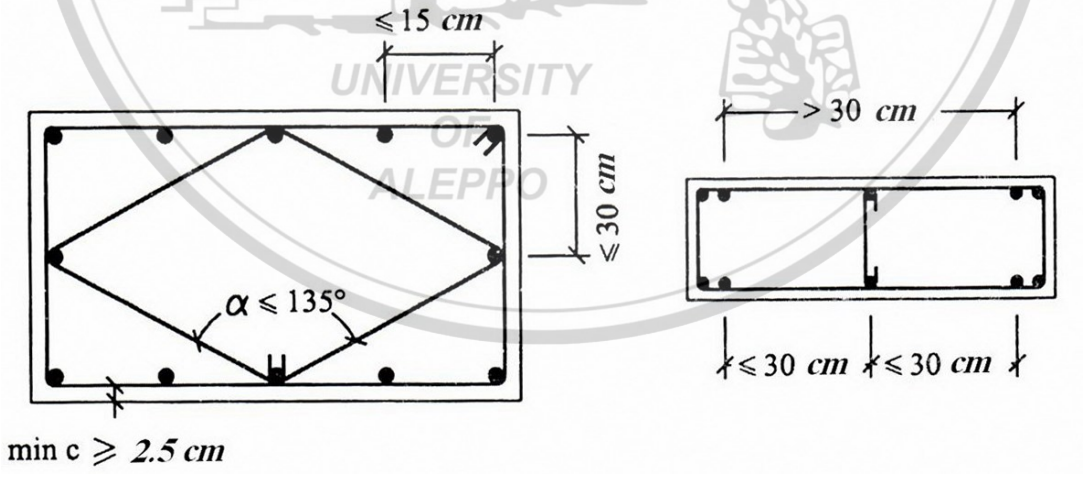
الشكل رقم (٧-١٠) ترتيب الأساور في القطاعات المستطيلة للأعمدة

٢. في الأعمدة الدائرية تستعمل أساور حلقية على شكل دائرة مغلقة مع تحقيق طول التماسك الكافي كما هو مبين في الشكل رقم (٧-١١)، وإذا زاد قطر العمود عن 40cm يفضل استعمال شناكل أو أساور مربعة أو مستطيلة إضافة للأساور الحلقية لأن الأساور الحلقية قد لاتكون كافية في مثل هذه الحالات لتحمل الشد الناتج عن تحنيب قضبان التسليح.

الشكل رقم (٧-١١) شكل اسوارة الأعمدة الدائرية ذات الأقطار التي لا تتعدى 40cm

٣. لايقل قطر الأساور عن ثلث قطر قضبان التسليح الطولي أو 6mm أيهما أكبر ولا يزيد على 12mm. ويزاد القطر الأدنى إلى 8mm إذا زادت مساحة مقطع العمود على $0,25m^2$

٤. لايقل تباعد الأساور عن 10cm ولا يزيد عن 15 مرة أصغر قطر قضيب تسليح مربوط بالاسوارة ولا على عرض العمود ولا على 30cm كما هو مبين في الشكل رقم (٧-١٢)



الشكل رقم(٧-١٢) التباعدات بين الأساور

٥. تكثف الأساور في مناطق وصل القضبان بحيث لايزيد التباعد بين الأساور في هذه المناطق على 150mm.

٦. في الإطارات العزمية وهي الإطارات الخاضعة لتأثير انعطاف مركب يتم تكثيف الأساور في مناطق اتصال الجوائز مع الأعمدة (في الجائزين يمين ويسار الوصلة وفي الأعمدة أسفل وأعلى الوصلة) بحيث يتم تكثيف الأساور في هذه المناطق كما هو موضح في الأشكال (٧-١٦) و (٧-١٧) و(٧-١٨) للمناطق الزلزالية التي تقل عن 3 مع ضرورة عدم تنفيذ وصلات الأساور على خط شاقولي واحد. وتكثف الأساور في حالة عمود منفرد وفي حالة الأعمدة المخفية لجدران القص.

٧. في المناطق الزلزالية C، B،A (2.3.4) يتوجب استعمال نسبة تسليح عرضي دنيا في جميع أشكال مقاطع الأعمدة كما في حالة الجوائز بحيث لاتقل مساحة التسليح العرضي (الأساور والشناكل) عن:

$$As_{\min} = \frac{0,35}{fy}.b.s.....or...(d.s)$$

حيث نختار البعد الأكبر للعمود

٧-٥-٢-٢ التسليح العرضي في الأعمدة المطوقة بأساور حلزونية

يفضل استعمال التسليح العرضي بأساور حلزونية لزيادة طاقة المقطع في تحمل الأحمال الشاقولية ويستعمل عادة عندما تصل نسبة التسليح الشاقولي إلى حوالي 2%

١. لايقل قطر التسليح الحلزوني في الأعمدة المطوقة والتي أدخل أثر التطويق العرضي في حساب طاقتها على تحمل القوى الناظمية عن 8mm

٢. لاتزيد خطوة الحلزون عن 8cm أو خمس (1/5) قطر نواة القطاع أيهما أقل

٣. لاتقل خطوة الحلزون عن 4cm

٤. يجب الاحتفاظ بالخطوة ثابتة، وتتم وصلات الحلزون عن طريق التراكب بمقدار 1,5 لفة على الأقل

٥. لاتقل المساحة المكافئة لتسليح التطويق العرضي (Asp) عن:

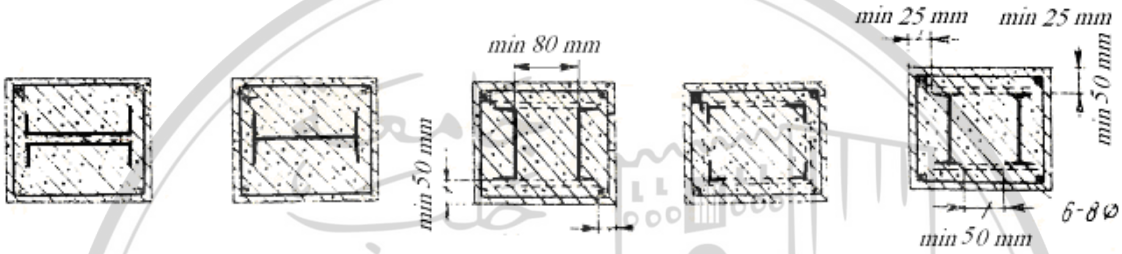
$$(Asp)_{\min} = 0,45\left[\frac{A'_c}{A'_k} - 1\right]\frac{f'_c}{f_{yp}}A'_k$$

٦.

٧. لاتزيد المساحة المكافئة لتسليح التطويق العرضاني على:

$$(Asp)_{\max} = 0{,}34\left[\left[1{,}412\frac{A'_c}{A'_k} - 1\right]\frac{f'_c}{f_{yp}} + 0{,}484\frac{A'_s}{A'_k}\frac{f_y}{f_{yp}}\right]A'_k$$

٨. إذا تبين نتيجة الحساب ضرورة استعمال تسليح عرضي تزيد مساحته المكافئة على $(A_{sp})_{max}$ وجب تعديل التصميم بزيادة التسليح الطولي أو أبعاد المقطع الخرساني أو كليهما معا بما يحقق الشرط $A_{sp} \le (A_{sp})\max$ أو تطويق المقطع معدنيا واستعمال مقاطع معدنية داخل العمود كما هو موضح في الشكل رقم (٧-١٣).



الشكل رقم (٧-١٣) استعمال مقاطع معدنية داخل العمود (المنشآت المختلطة)

٧ -٦ حساب المقاطع المضغوطة النحيفة

يؤخذ أثر التحنيب في المقاطع المضغوطة النحيفة التي تزيد نحافتها λ بالنسبة لمحور الانعطاف بالاتجاه المدروس عن 40 بإحدى الطريقتين الآتيتين:

الطريقة الأولى: تنصح بعض الأنظمة طرقا عملية وعلاقات تقريبية سهلة الاستعمال من جهة وتعطي نتائج مقبولة في تصميم كافة إنشاءات الخرسانة المسلحة من جهة ثانية.

يعتمد الكود العربي السوري على تخفيض الحمل الأقصى الذي يتحمله العمود في الأعمدة المحسوبة من العلاقات رقم (7-1) و (7-2) وذلك بتقسيم الطرف الأيمن على عامل التحنيب K_b والوارد في الجدول رقم (٧-٤) التابع لعامل النحافة λ.

الجدول رقم (٧-٤) قيم عامل التحنيب

$\lambda = \frac{L_0}{i}$	40	42	44	46	48	50	55	60	65	70	75	80
المقطع المستطيل L_0/b	11,5	12,1	12,7	13,3	13,9	14,4	15,9	17,3	18,8	20,2	21,7	23,1
المقطع الدائري L_0/d	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13,7	15	16,2	17,5	18,7	20
K_b	1	1,02	1,04	1,07	1,1	1,13	1,2	1,35	1,6	1,95	2,4	3

حيث b هو بعد العمود في الاتجاه القصير.

الطريقة الثانية: في الأعمدة النحيفة التي لاتزيد نسبة نحافتها عن 100 يتم أخذ تأثير التحنيب في هذه الحالة بتطبيق عزم انعطاف إضافي M_{cu} كما هو مبين في الشكل رقم (٧-١٤) و تعطى قيمته بالعلاقة:

$$M_{cu}=N_u.(e_c+e_o)$$

حيث:

N_u=القوة المحورية الحدية المؤثرة على العمود

e_o= اللامركزية الأصلية المطبقة على العمود والناجمة عن الأحمال والتأثيرات الخارجية، وبضمنها اللامركزية الطارئة، وتحسب وفق العلاقة الآتية:

$$e_o = \frac{M_{u1}}{N_{u1}} \geq e_a$$

e_a= اللامكزية الطارئة وتؤخذ الأكبر من $\frac{L_o}{250}, \frac{h}{20}, 25mm$

على أن لاتقل اللامركزية (e_c+e_o) عن 0,08h حتى في حال انعدام e_c

L_o= الطول الحسابي الحر للعمود على أن لايقل عن الطول الحقيقي الصافي بين العناصر المرتبطة به.

h = البعد الكلي لقطاع العمود في اتجاه التحنيب المدروس

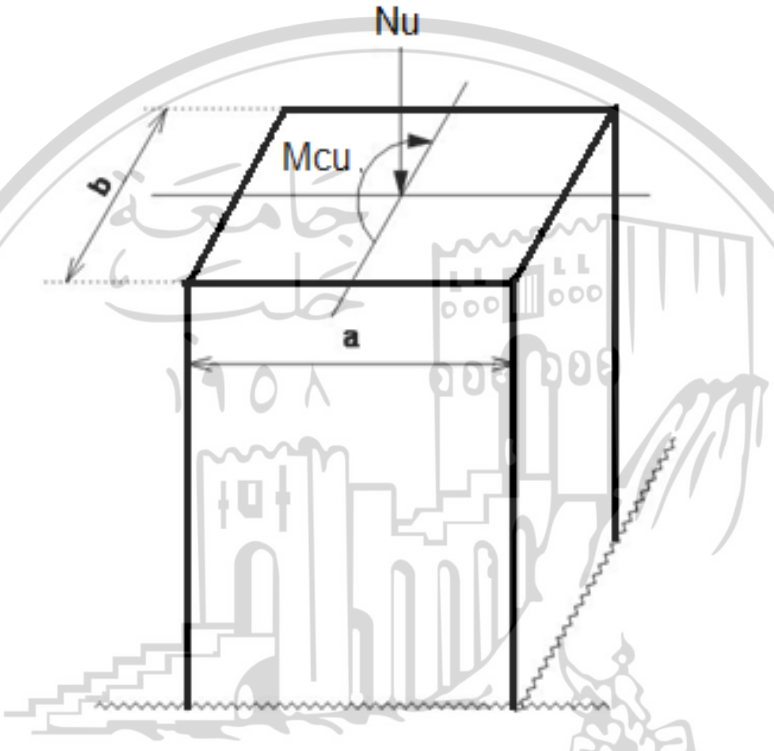
e_c= لامركزية إضافية ناتجة عن أثر التحنيب وتحسب من العلاقة:

تحسب قيمة اللامركزية الإضافية e_c كما يلي:

$$e_c = \frac{\beta.\lambda^2.(e_a + h)}{30000} \leq \frac{\beta.\lambda^2.h}{15000}$$

$\beta = 1{,}65$ في حالة الجو الجاف

$\beta = 1{,}3$ في حالة الجو الرطب



الشكل رقم (٧-١٤) تطبيق عزم انعطاف إضافي M_{cu} ناتج عن التحنيب

تحسب قيمة اللامركزية الإضافية e_c في حالة وجود عزم أصلي مطبق كما يلي:

$$e_c = \frac{\beta.\lambda^2.(e_0 + h)}{30000} \leq \frac{\beta.\lambda^2.h}{15000}$$

$\beta = 1{,}65 - 0{,}65\alpha$ في حالة الجو الجاف

$\beta = 1{,}3 - 0{,}33\alpha$ في حالة الجو الرطب

$$\alpha = \frac{M_{us}}{M_{ui}} \leq 1{,}00$$

فإذا كانت قيمة $\alpha \leq 0$ نعتمد قيمتها المطلقة في العلاقتين السابقتين لهذه الحالة بما لايزيد على 1

فإذا كانت قيمة $0 \le \alpha$ نعتمد قيمتها المطلقة في العلاقتين السابقتين لهذه الحالة بما لايزيد على 1

حيث M_{us}= الجزء من M_{ui} الناتج عن الأحمال الآنية، وتشمل: أحمال الرياح والهزات الأرضية وأحمال المركبات أو الآلات المتحركة (وبضمنها الأثر الديناميكي)، والحمل الحي المطبق على السطوح ذات الاستعمال القليل أو النادر.

أما في الحالات التي تكون فيها قيمة α أكبر من الصفر، فيجب التحقق من طاقة تحمل العضو المضغوط لحالة تحميل لاتشمل الأحمال الآنية المشار اليها أعلاه، مع افتراض قيمة α تساوي الصفر

يبين الجدول رقم (٧-٥) قيم النسبة $\frac{\lambda^2}{30.000}$ التي يمكن اعتمادها في حساب اللامركزية الإضافية e_c

الجدول رقم (٧-٥) قيم النسبة $\frac{\lambda^2}{30.000}$

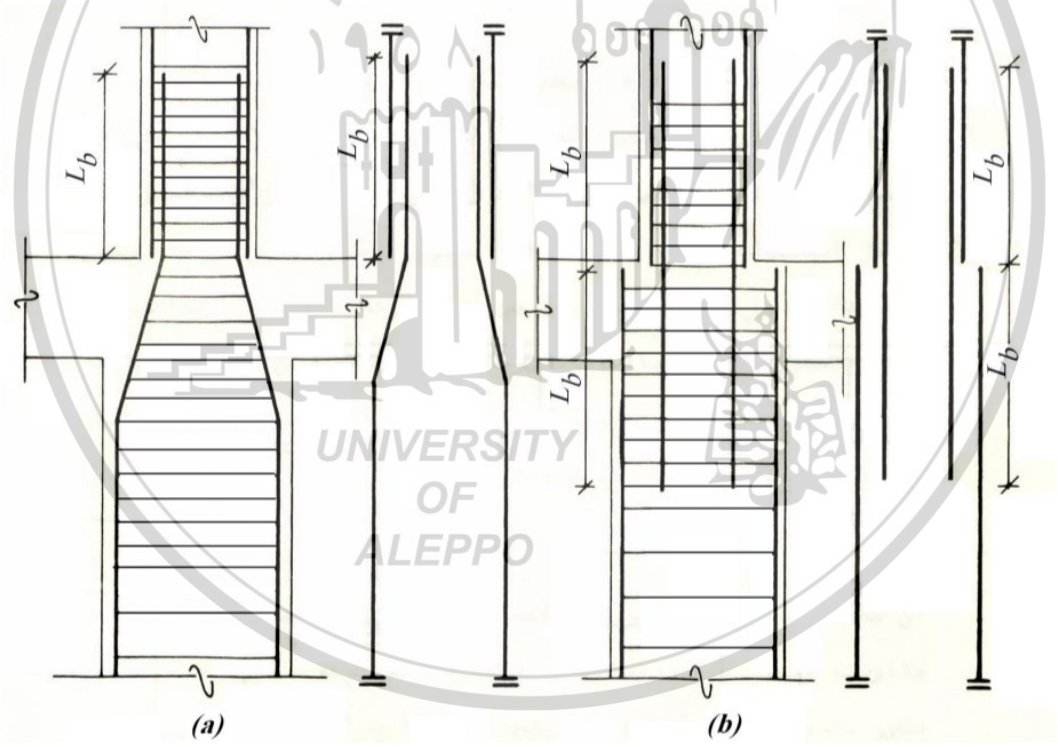
$\lambda = \frac{L_0}{i}$	42	50	55,4	62,2	69	76	83	90	97	100
المقطع المستطيل L_0/b	12	14	16	18	20	22	24	26	28	28,87
المقطع الدائري L_0/d	10,1	12,1	13,9	15,6	17,3	19,1	20,8	22,5	24,3	25
$\frac{\lambda^2}{30.000}$	0,059	0,083	0,102	0,129	0,159	0,193	0,23	0,27	0,314	0,33

ويظهر مما سبق أن التحنيب يظهر في الأعمدة ذات المقطع المستطيل عندما تصل النسبة L_0/b إلى 12 أو تزيد. وفي الأعمدة ذات المقطع الدائري عندما تصل النسبة L_0/d إلى 10,1 أو تزيد.

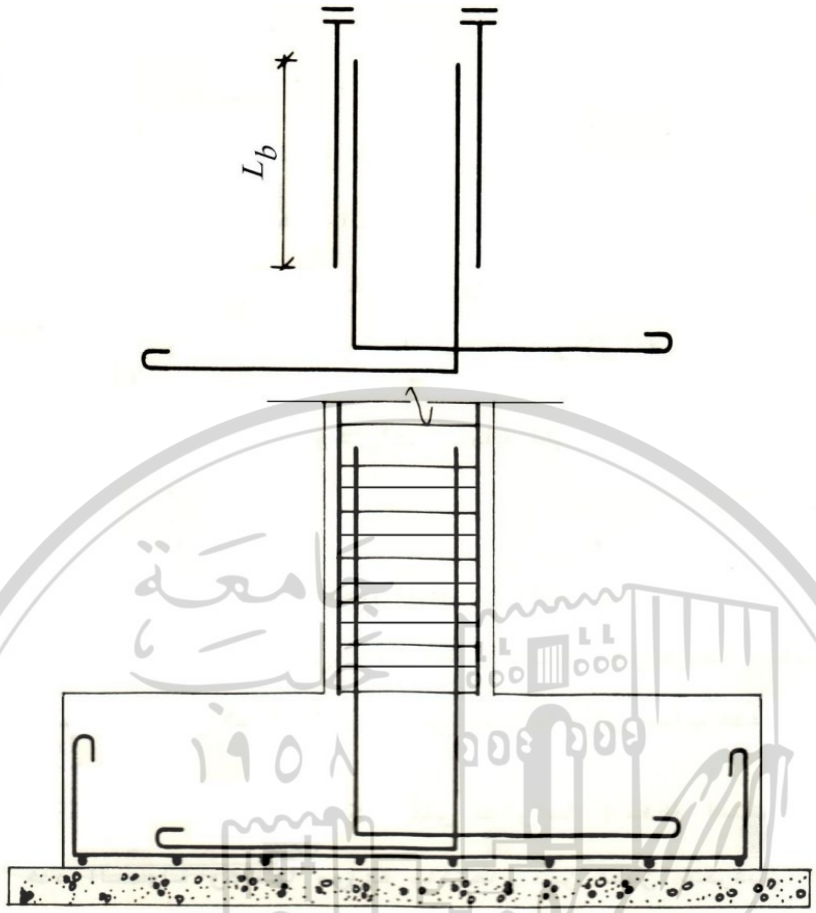
وتعود مسألة حساب الأعمدة الطويلة المعرضة للضغط البسيط إلى حالة انعطاف مركب (ضغط بسيط + عزم انعطاف) حيث يتحمل المقطع العرضي لهذه الأعمدة ضغطا محوريا حديا N_u وعزم انعطاف حدي إضافي M_{uc}.

يبين الشكل رقم (٧-١٥) بعض الملاحظات الإنشائية الخاصة بوصل التسليح الطولي في أعمدة الطوابق المتكررة، تستعمل الحالة (a) عندما يكون الاختلاف صغيرا في أبعاد الأعمدة، أما الحالة (b) يفضل استعمالها عندما يكون مقطع العمود السفلي أكبر من مقطع العمود العلوي بشكل واضح، ويبين الشكل رقم (٧-١٦) تفاصيل اتصال تسليح الأعمدة بالأساسات وذلك بوضع رقبات من قضبان التسليح يتم ثنيها داخل الأساسات لمقاومة الجهود المختلفة التي تنتقل من العمود إلى الأساس.

وتبين الأشكال ذات الأرقام و (٧-١٧) و (٧-١٨) و (٧-١٩) عملية تكثيف الأساور في مناطق وصل القضبان بحيث يتضاعف عدد الأساور في هذه المناطق مع عدم تنفيذ وصلات الأساور على خط شاقولي واحد، وتكثف الأساور في حالة عمود منفرد وفي حالة الأعمدة المخفية للجدران القصية.

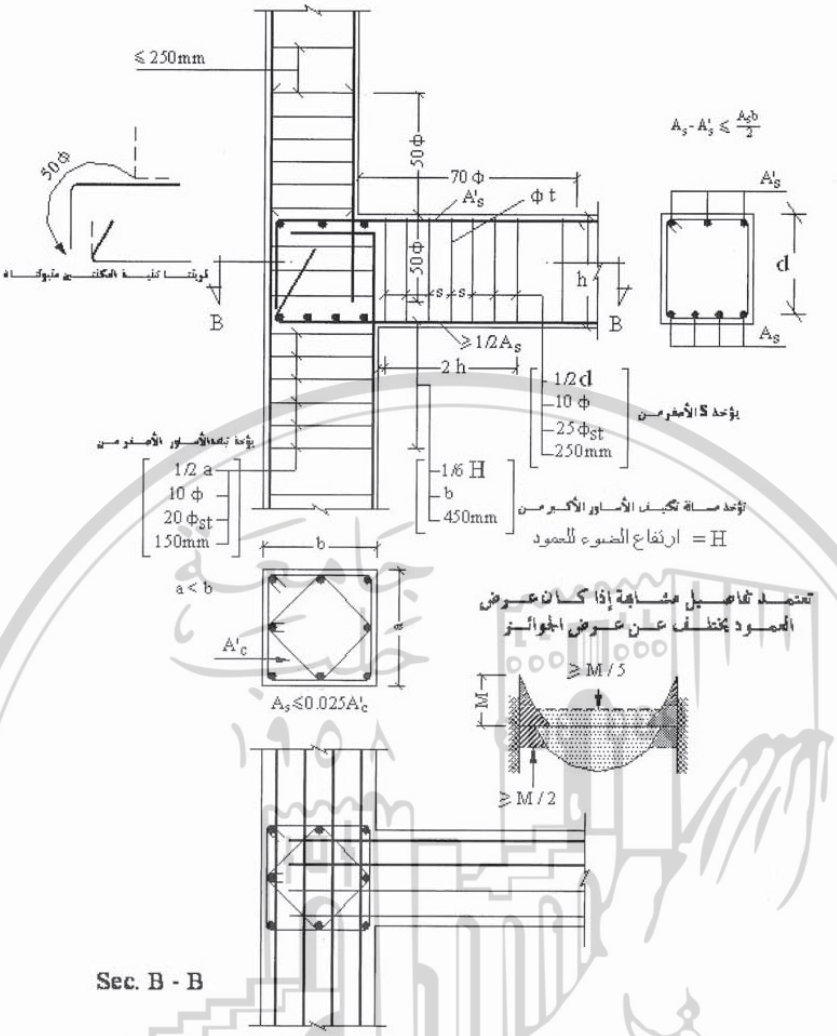


الشكل رقم (٧-١٥) وصل التسليح الطولي في أعمدة الطوابق المتكررة



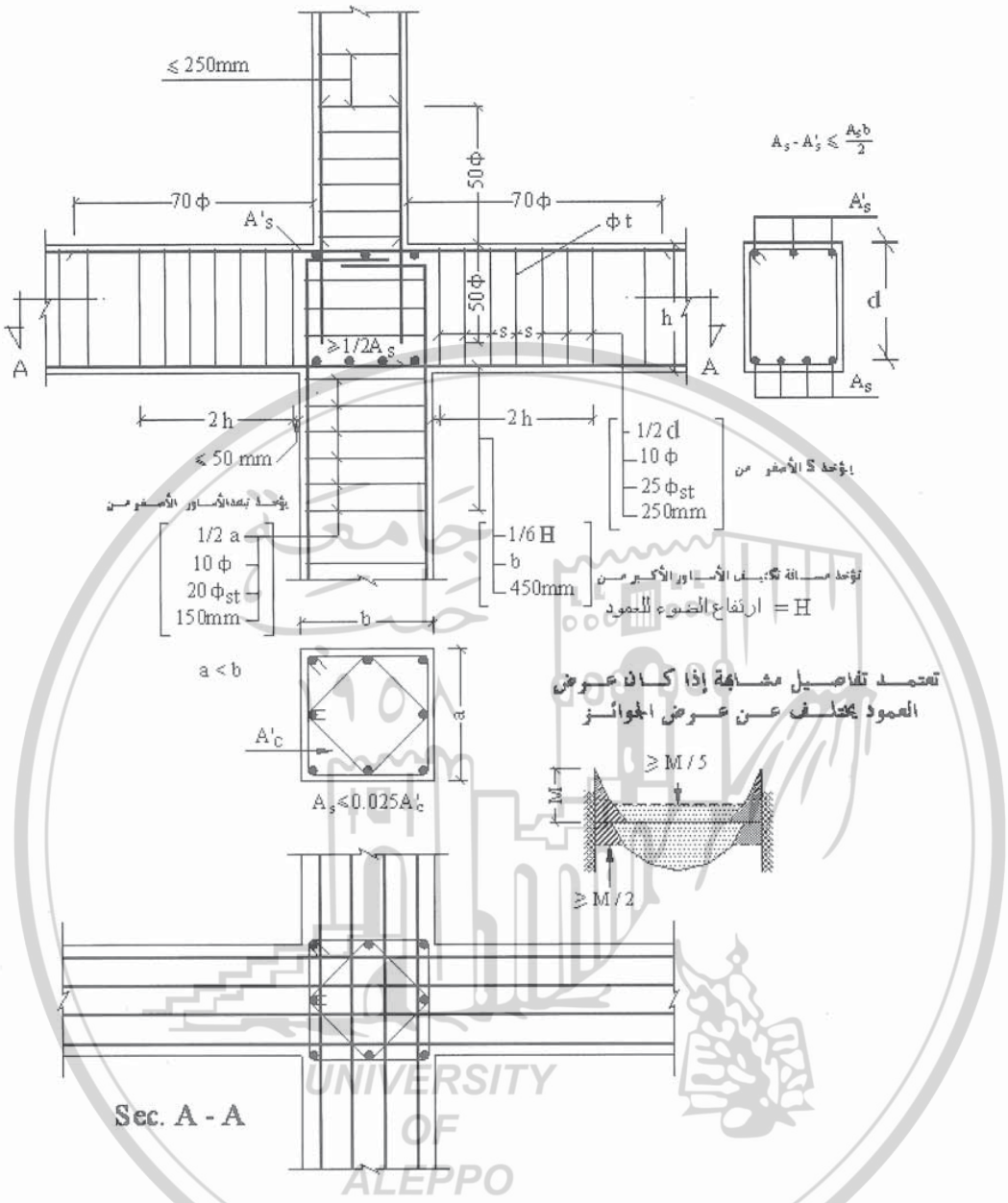
الشكل رقم (٧-١٦) تفاصيل اتصال تسليح الأعمدة بالأساسات

UNIVERSITY
OF
ALEPPO

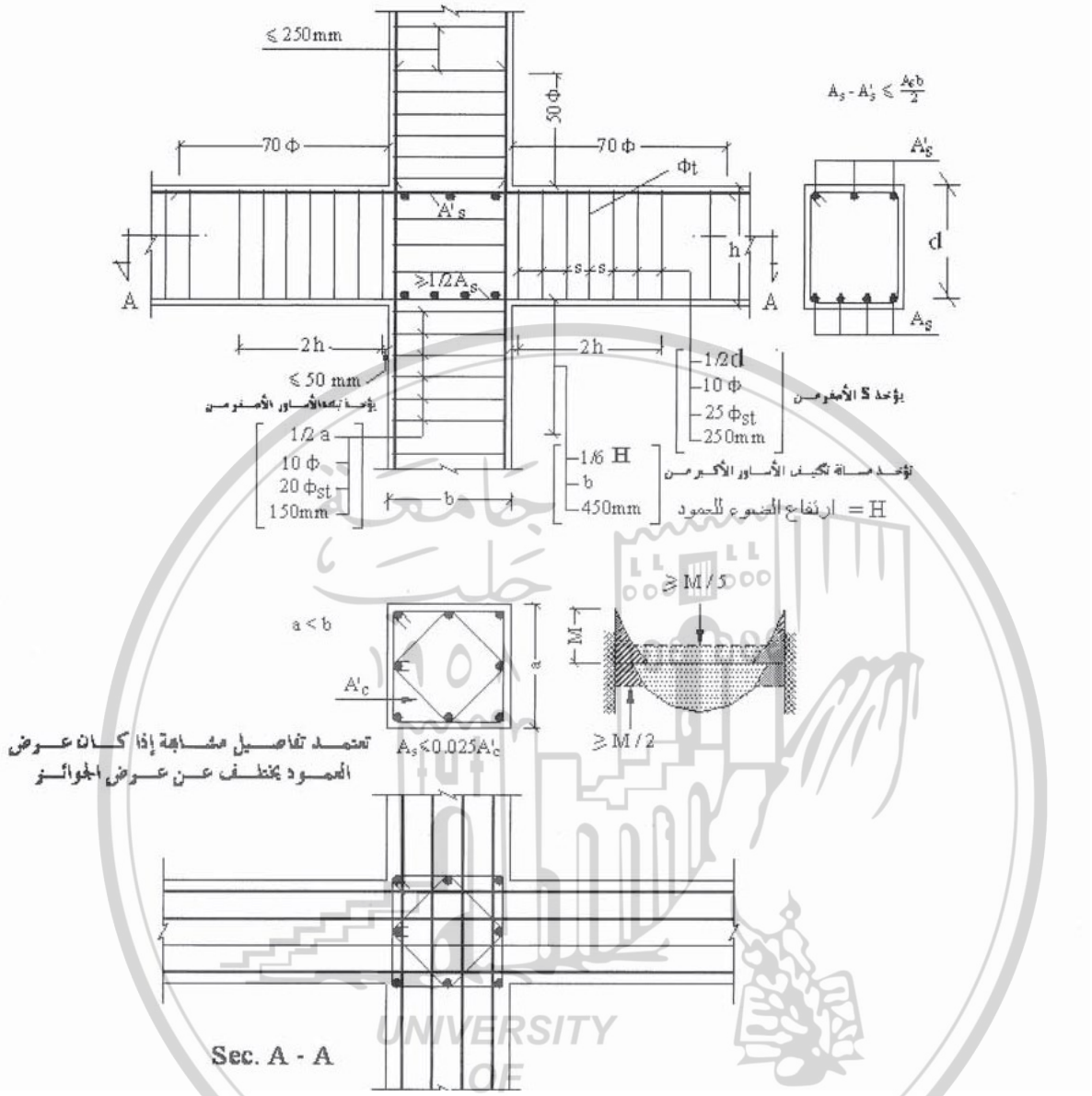


الشكل رقم (٧-١٧) تفاصيل تسليح العقدة الطرفية في الإطار إذا كان العمود العلوي أصغر من السفلي

UNIVERSITY OF ALEPPO



الشكل رقم (٧-١٨) تفاصيل عقدة اتصال وسطية للاطارات إذا كان بعد العمود السفلي أكبر من بعد العمود العلوي



الشكل رقم (٧-١٩) تفاصيل عقدة اتصال وسطية للاطارات إذا كانت أبعاد الأعمدة ثابتة

٧-٧ أمثلة تطبيقية

مثال (١):

عمود **طرفي** من الخرسانة المسلحة موجود في الطابق **الأخير** من بناء سكني متمفصل من الطرفين طوله الصافي يساوي ٣,٢٥متر ومقطعه العرضي ٣٠x٣٠ سم يتعرض لتأثير حمولة حدية منقولة من الجوائز مقدارها800 kN.

المطلوب حساب التسليح الطولي والعرضي اللازمين إذا علمت أن f'c =24MPa وأن fy=360MPa

أولا: دراسة التحنيب

325/30=10,83<11,5 لايوجد تحنيب

ثانيا: حساب التسليح الطولي اللازم

بما أن العمود طرفي موجود في الطابق الأخير فانه بالاعتماد على الجدول رقم (٧-٣) يمكننا إيجاد عامل التكافؤ K_e=1,5

ويتم تحديد الحمولة المؤثرة على العمود بإضافة الوزن الذاتي للعمود الى الحمولة الحمولة المنقولة من الجوائز.

0,3.0,3.25.3,25=7,3125kN وبالتالي تصبح الحمولة الحدية الاجمالية

N_u=800+7,3125.1,4=810,24 kN

يتم حساب التسليح الطولي من العلاقة الآتية:

$$N_u = \frac{0,8\Omega(0,85.f'c.A'c + fy.A's)}{K_e} = \frac{0,8.0,65.(0,85.24.300.300 + 360.A's)}{1,5}$$

N_u=0,3466(1836000+360A's)

$2337,23.10^3$=1836000+360As'

As'=501230/360=1392,3mm^2

نقارن هذه القيمة مع نسبة التسليح العظمى والصغرى

As_{max}=0,025Ac'=0,025.300.300=2250 mm^2

As_{min}=0,006Ac'=0,006.300.300=540 mm^2

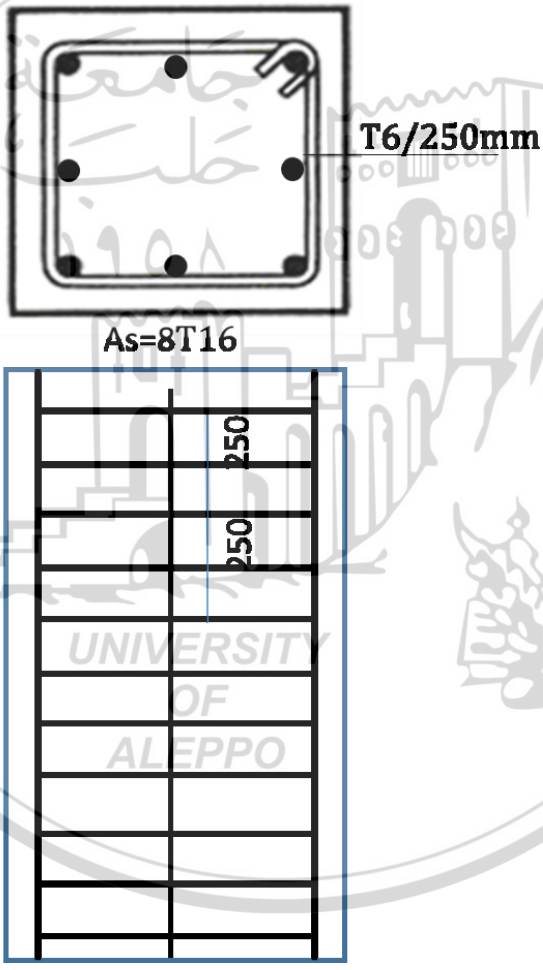
نختار8T16=1608,50 ولا يقل عن 4T12

أما الأساور يجب اتباع الارشادات الآتية:

١. لايقل قطر الأساور عن ثلث قطر قضبان التسليح الطولي أو 6mm أيهما أكبر ولا يزيد على 12mm. ويزاد القطر الأدنى إلى 8mm إذا زادت مساحة مقطع العمود على $0,25m^2$

٢. لايقل تباعد الأساور عن 10cm ولا يزيد عن 15 مرة أصغر قطر قضيب تسليح مربوط بالاسوارة ولا على عرض العمود ولا على 30cm كما هو مبين في الشكل المرفق

لذلك يمكننا اختيار قطر الاسوارة 6mm وبتباعد 250mm



مقطع طولي وعرضي في العمود

مثال (٢):

عمود ركني من الخرسانة المسلحة موجود في الطابق الأرضي من بناء سكني مؤلف من أربعة طوابق متكررة (أرضي وثلاثة طوابق) موثوق وثاقة جزئية من طرفيه طوله الصافي

يساوي ٣متر ومقطعه العرضي ٤٠x٥٠ سم ثابت على كامل الطوابق يتعرض لتأثير حمولة حية مقدارها 100kN وحمولة ميتة مقدارها 75kN في الطابق الواحد المطلوب حساب التسليح الطولي والعرضي اللازمين إذا علمت أن fc'=24MPa وأن fy=360MPa وتنتهي الجوائز بوجود ظفر

أولا: دراسة التحنيب

0,7 300/40=5,25<11,5 لايوجد تحنيب

ثانيا: حساب الحمولات المؤثرة على العمود

حساب الوزن الذاتي 0,4.0,5.3.25=15kN

حساب الحمولة الحدية في الطابق (75+15).1,4+100.1,7=296kN

حساب الحمولة الحدية الاجمالية 296.4=1184kN

ثالثا: حساب التسليح الطولي اللازم

يتم حساب التسليح الطولي من العلاقة الآتية:

$$N_u = \frac{0,8\Omega.(0,85.f'c.A'c + fy.A's)}{K_e} = \frac{0,8.0,65.(0,85.24.400,500 + 360.A's)}{1.2}$$

N_u= 0,433 (4080000+360As')

1184.10^3=0,433 (4080000+360As')

2734,411=4080000+360As'

بما أن القيمة سالبة (لايحتاج لتسليح حسابي) لذلك نضع تسليح أصغري

As_{min}=0,006Ac'=0,006.400.500=1200mm^2

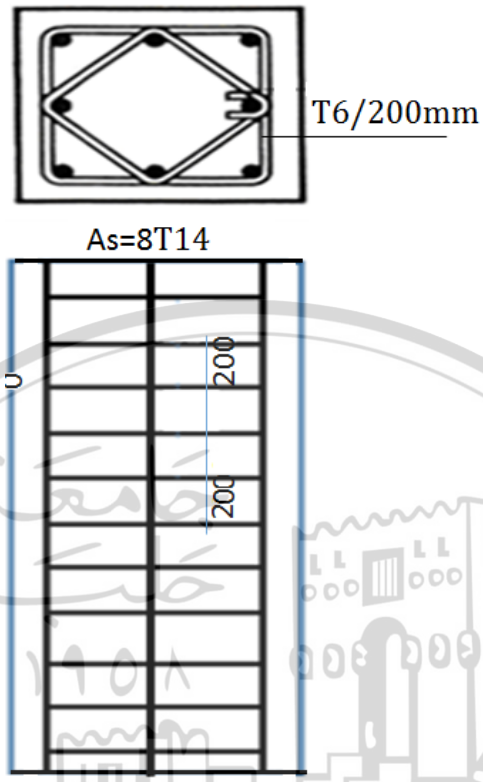
نختار 8T14= 1231,50 ولا يقل عن 8T12

أما الأساور يجب اتباع الارشادات الآتية:

١. لايقل قطر الأساور عن ثلث قطر قضبان التسليح الطولي أو 6mm أيهما أكبر ولا يزيد على 12mm. ويزاد القطر الأدنى إلى 8mm إذا زادت مساحة مقطع العمود على 0,25m2

٢. لايقل تباعد الأساور عن 10cm ولا يزيد عن 15 مرة أصغر قطر قضيب تسليح مربوط بالاسوارة ولا على عرض العمود ولا على 30cm كما هو مبين في الشكل المرفق

لذلك يمكننا اختيار قطر الاسوارة 6mm وبتباعد 200mm



مقطع طولي وعرضي في العمود

مثال (٣):

عمود وسطي من الخرسانة المسلحة موجود في الطابق السابع من بناء سكني مؤلف من تسعة طوابق متمفصل من الطرفين طوله الصافي يساوي ٤,٢٥متر ومقطعه العرضي ٣٠x٣٠ سم في جميع الطوابق يتعرض لتأثير حمولة حية مقدارها 125kN وحمولة ميتة مقدارها 100kN في الطابق الواحد المطلوب حساب التسليح الطولي والعرضي اللازمين إذا علمت أن fc'=24MPa وأن fy=360MPa

أولا: دراسة التحنيب

425/30=14,167>11,5 يوجد تحنيب

ثانيا: حساب الحمولات المؤثرة على العمود

حساب الوزن الذاتي 0,30.0,30.25.4,25=9,56kN

حساب الحمولة الحدية في الطابق (100+9,56).1,4+125.1,7.0,9=344,6kN

حساب الحمولة الحدية الاجمالية 344,6.3=1033,9kN

ثانيا: حساب التسليح الطولي اللازم

يتم حساب التسليح الطولي من العلاقة الآتية:

$$N_u = \frac{0{,}8\Omega.(0{,}85.f'c.A'c + fy.A's)}{K_e.K_b} = \frac{0{,}8.0{,}65.(0{,}85.24.300.300 + 360.A's)}{1.1{,}125}$$

$$N_u = 0{,}4622(1836000 + 360As')$$

$$1033{,}9.10^3 == 0{,}4622(1836000 + 360As')$$

$$2236802{,}9 = 1836000 + 360As'$$

$$As' = 400802{,}88/360 = 1113{,}34mm^2$$

نقارن هذه القيمة مع نسبة التسليح العظمى والصغرى

$$As_{max} = 0{,}025Ac' = 0{,}025.300.300 = 2250$$

$$As_{min} = 0{,}006Ac' = 0{,}006.300.300 = 540$$

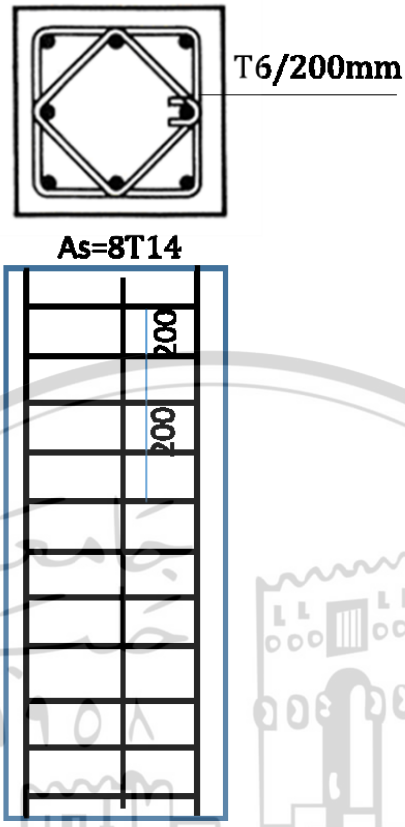
نختار 8T14= 1231,50 ولا يقل عن 4T12

أما الأساور يجب اتباع الارشادات الآتية:

١. لايقل قطر الأساور عن ثلث قطر قضبان التسليح الطولي أو 6mm أيهما أكبر ولا يزيد على 12mm. ويزاد القطر الأدنى إلى 8mm إذا زادت مساحة مقطع العمود على 0,25m2

٢. لايقل تباعد الأساور عن 10cm ولا يزيد عن 15 مرة أصغر قطر قضيب تسليح مربوط بالاسوارة ولا على عرض العمود ولا على 30cm كما هو مبين في الشكل المرفق

لذلك يمكننا اختيار قطر الاسوارة 6mm وبتباعد 200mm



UNIVERSITY
OF
ALEPPO

المراجع العربية والأجنبية

[1] H. Nilson. David Darwen & Charles W. Dolan, 2010- Design of Concrete Structures, Mc Graw Hill, 14th edition, New York, 795 pages.

[2] Jack C. McCormac & Russell H. Brown, 2014- Design of Reinforced Concrete, John Wiley & Sons, 9th edition, United States of America, 714 pages.

[3] Edward G. Nawy, 2009- Reinforced Concrete a fundamental approach, Pearson Prentice Hall, 6th edition, New jersy, 914 pages.

[4] Charles E. Reynolds. James C. Steedman & Anthony J. Threlfall, 2008- Reynolds's Reinforced Concrete Designer's Handbook, Taylor&Francis Group, 11th edition, London, 401 Pages.

[5] Jack C. McCormac& JamesK. Nelson, 2005- Design of Reinforced Concrete, John Wiely & Sons Inc, 7th edition, United States of America, 721 pages

[6] نقابة المهندسين السوريين، ٢٠١٥- الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة. الطبعة الرابعة المنقحة، دمشق، ٤٠٤ صفحة

[7] د. فؤاد المدرس، ١٩٨١- البيتون المسلح (١). الطبعة الأولى، منشورات مديرية الكتب والمطبوعات بجامعة حلب، حلب، ٢٧٥ صفحة

[8] د. علاء الدين ناصر، ٢٠١٦- الخرسانة المسلحة (٣) ، الطبعة الأولى، منشورات مديرية الكتب والمطبوعات بجامعة حلب، حلب، ٥٨٩ صفحة

[9] د. علاء الدين ناصر، ٢٠١٧- تصميم العناصر الخرسانية المسلحة ، الطبعة الأولى، منشورات نقابة المهندسين السوريين، حلب، ٢٩٩ صفحة

جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

جدول المصطلحات العلمية

انجليزي – عربي

Action	فعل
Additives	إضافات
Aggregates	حصويات
Allowable Stress	الإجهاد المسموح أو الإجهاد المقبول
Average Bond Stress	إجهاد التلاحم الوسطي
Axis	محور
Beam	جائز
Bending	انعطاف
Bending Moment	عزم الانعطاف – عزم الانحناء
Bond	الالتحام – تماسك
Bond Length	طول الالتحام – طول
Width	عرض
Bucklling	تحنيب – انبعاج
Cantilever	ظفر كابولي
Capital	تاج – قبعة
Cement	اسمنت
Coefficient	معامل – عامل
Column	عمود
Column Head	رأس العمود
Column Strip	شريحة عمود

Combined Footing	أساس مشترك
Compression	ضغط
Compressive Reinforcement	تسليح مضغوط
Compressive Strength	مقاومة الضغط
Concrete	خرسانة
Contra Flexure Points	نقاط انعدام عزم الانحناء
Cover	التغطية
Creep	الزحف أو الجريان
Critical Section	المقطع الحرج
Cube Test	اختبار مكعبات
Dead Load	الحمولة الميتة – الحمولة الدائمة
Deflection	سهم
Deformation	التغير – التشوه
Deformed Bars	قضبان ذات نتوءات
Development Length	طول التماسك
Diagram	مخطط
Eccentric Load	حمولة غير مركزية
Effective Depath	الارتفاع المفيد
Effective Span	المجاز الفعال
Elongation	تطاول
Equivalent	مكافيء
Expansion Joint	فاصل تمدد

External Column	عمود خارجي
Failure	انهيار
Fibre	ليف
Fibre Strain	تغير ليفي – انفعال ليفي
Floor	طابق
Force	قوة
Formula	علاقة
Four Ways Reinforcement	تسليح وفق أربعة اتجاهات
Girder	جائز رئيسي
Gravel	بحص – حصى
Gusset	تغير في ارتفاع الجائز عند المسند (شطفه)
Height	ارتفاع
High Tensile Steel	فولاذ عالي المقاومة
Homogenius	متجانس
Hook	عكفة
Hooping	فعل التطويق
Horizontal	أفقي
Inertia	عطالة
Influence	تأثير
Influence Lines	خطوط التأثير
Instaneous Modulus Elasricity	عامل المرونة الآني

Internal Forces	قوى داخلية
Internal Pane	بلاط داخلية
Isolated Footing	أساس منعزل – قاعد معزولة
Joint	فاصل
L.Section	مقطع بشكل L
Landing	عتبة الدرج – الشاحط الأفقي للدرج
Lapping	ركوب – تداخل – وصل القضبان
Lattice Beam	جائز شبكي
limit	حد الانقطاع
Limit Of Elasticity	حد المرونة
Limit State	حالة حدية
Load	حمولة
Loading	تحميل
Local Bond Stress	إجهاد التلاحم الموضعي
Middle Strip	شريحة داخلية
Mild Steel	فولاذ مطاوع لين
Mixing	مزج – خلط
Mixture	خليط
Modulus Of Elasticity	عامل المرونة
Moisture	رطوبة
Mold	قالب
Moment Of Inertia	عزم العطالة

Mortar	مونة اسمنتية
Mushroom Slab	بلاطة فطرية
Negative Moment	العزم السالب
Neutral Axis	المحور المحايد – المحور السليم
One Way Ribbed Slab	بلاطة معصبة باتجاه وحيد
One Way Slab	بلاطة باتجاه وحيد
Panel	شريحة من بلاطة
Partition Wall	جدار قاطع
Perimeter	محيط
Permissible Pressure	الضغط المسموح
Permissible Stress	الإجهاد المسموح
Pile	وتد
Pile Foundation	أساس على أوتاد
Plain Bars	قضبان ملساء
Poisson's Ratio	عامل بواسون
Prestressed Concrete	خرسانة مسبقة الإجهاد
Prefabricated Concrete	خرسانة مسبقة الصنع
Precast Concrete	خرسانة مسبقة الصب
Prmissible	مسموح
Radius	نصف قطر
Raft foundation	أساس حصيرة
Reinforcement	تسليح

Safety	أمان
Sand	رمل
Shrinkage	انكماش
Slab	بلاطة
Span	مجاز
Specified Compression Strength Of Concrete	المقاومة المميزة للخرسانة على الضغط
Stirrups	أساور
Stair	درج
Strain	انفعال
Stress	إجهاد
Structure	منشأة
Support	مسند
Yield Strength	حد السيلان
Yield Strength Of Steel	إجهاد الخضوع للفولاذ

جامعة حلب ١٩٥٨ UNIVERSITY OF ALEPPO

جدول الواحدات العالمية

Quantity	Unit	Symbol
Length	meter	m
Area	square meter	m^2
Volume	cubic meter	m^3
Force	newton	N
Weight	newton per cubic meter	N/m^3

Quantity	Unit	Symbol
Stress	pascal (N/m^2)	Pa
Moment	newton meter	$N \cdot m$
Work	newton meter	Nm
Density	kilogram per cubic meter	kg/m^3
Mass	kilogram	kg

مضاعفات وأجزاء الواحدات العالمية

Pre/Exname	Symbol	Multiplication factor
tera	T	$10^{12} = 1\,000\,000\,000\,000$
giga	G	$10^{9} = 1\,000\,000\,000$
mega	M	$10^{6} = 1\,000\,000$
kilo	k	$10^{3} = 1\,000$
hecto	h	$10^{2} = 100$
deca	da	$10^{1} = 10$
deci	d	$10^{-1} = 0.100$
centi	c	$10^{-2} = 0.010$
milli	m	$10^{-3} = 0.001$
micro	μ	$10^{-6} = 0.000\,001$
nano	n	$10^{-9} = 0.000\,000\,001$
pico	p	$10^{-12} = 0.000\,000\,000\,001$

UNIVERSITY OF ALEPPO

جدول التحويل بين الواحدات الأمريكية والعالمية

Customary U.S. units	SI units
1 in.	25.400 mm = 0.025 400 m
1 in.^{2}	645.16 mm^2 = 6.451 600 m^2 × 10^{-4}
1 ft	304.800 mm = 0.304 800 m
1 lb	4.448 222 N
1 kip	4 448 222 N = 4.448.222 kN
1 psi	6.894 757 kN/m^2 = 0.006 895 MN/m^2 = 0.006 895 N/mm^2
1 psf	47.880 N/m^2 = 0.047 800 kN/m^2
1 ksi	6.894 757 MN/m^2 = 6.894 757 MPa
1 in.-lb	0.112 985 N · m
1 ft-lb	1.355 818 N · m
1 in.-k	112.985 N · m
1 ft-k	1 355.82 N · m = 1.355 82 kN · m

١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

جدول التسليح (مساحة القضبان بالميليمتر)														
عدد القضبان													الوزن	القطر
13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	كغ/م	مم
367.57	339.29	311.02	282.74	254.47	226.19	197.92	169.65	141.37	113.10	84.82	56.55	28.27	0.22	6
653.45	603.19	552.92	502.65	452.39	402.12	351.86	301.59	251.33	201.06	150.80	100.53	50.27	0.4	8
1021.02	942.48	863.94	785.40	706.86	628.32	549.78	471.24	392.70	314.16	235.62	157.08	78.54	0.62	10
1470.27	1357.17	1244.07	1130.97	1017.88	904.78	791.68	678.58	565.49	452.39	339.29	226.19	113.10	0.89	12
2001.19	1847.26	1693.32	1539.38	1385.44	1231.50	1077.57	923.63	769.69	615.75	461.81	307.88	153.94	1.21	14
2613.81	2412.74	2211.68	2010.62	1809.56	1608.50	1407.43	1206.37	1005.31	804.25	603.19	402.12	201.06	1.58	16
3308.10	3053.63	2799.16	2544.69	2290.22	2035.75	1781.28	1526.81	1272.35	1017.88	763.41	508.94	254.47	2	18
4084.07	3769.91	3455.75	3141.59	2827.43	2513.27	2199.11	1884.96	1570.80	1256.64	942.48	628.32	314.16	2.47	20
4941.73	4561.59	4181.46	3801.33	3421.19	3041.06	2660.93	2280.80	1900.66	1520.53	1140.40	760.27	380.13	2.99	22
6381.36	5890.49	5399.61	4908.74	4417.86	3926.99	3436.12	2945.24	2454.37	1963.50	1472.62	981.75	490.87	3.86	25
8004.78	7389.03	6773.27	6157.52	5541.77	4926.02	4310.27	3694.51	3078.76	2463.01	1847.26	1231.50	615.75	4.85	28
9189.16	8482.30	7775.44	7068.58	6361.73	5654.87	4948.01	4241.15	3534.29	2827.43	2120.58	1413.72	706.86	5.56	30
10455.22	9650.97	8846.72	8042.48	7238.23	6433.98	5629.73	4825.49	4021.24	3216.99	2412.74	1608.50	804.25	6.33	32
11802.96	10895.04	9987.12	9079.20	8171.28	7263.36	6355.44	5447.52	4539.60	3631.68	2723.76	1815.84	907.92	7.15	34
12507.47	11545.35	10583.24	9621.13	8659.01	7696.90	6734.79	5772.68	4810.56	3848.45	2886.34	1924.23	962.11	7.57	35
13232.39	12214.51	11196.64	10178.76	9160.88	8143.01	7125.13	6107.26	5089.38	4071.50	3053.63	2035.75	1017.88	8.01	36
14743.49	13609.38	12475.26	11341.15	10207.03	9072.92	7938.80	6804.69	5670.57	4536.46	3402.34	2268.23	1134.11	8.93	38
16336.28	15079.64	13823.01	12566.37	11309.73	10053.10	8796.46	7539.82	6283.19	5026.55	3769.91	2513.27	1256.64	9.89	40
18010.75	16625.31	15239.87	13854.42	12468.98	11083.54	9698.10	8312.65	6927.21	5541.77	4156.33	2770.88	1385.44	10.9	42

دقق علميا من قبل

الدكتور المهندس	الدكتور المهندس	الدكتور المهندس
علاء الدين ناصر	أحمد حمصي	يوسف الرغبان

دقق لغويا من قبل

الدكتور أحمد دواليبي

حقوق الطبع والنشر محفوظة

لصالح مديرية الكتب والمطبوعات في جامعة حلب