كتاب

حساب الخرسانة المسلحة

في هندسة العمارات وجداولها العملية

تأليف

المهندس عزيز خلاط

مدير أعمال بتفتيش قسم العمارة والتصميمات

بمصلحة المباني الأميرية

obeikandl.com

المقـــدمة

لما تقدم فن العمارة والبناء فى هذا العصر كان من الطبعى أن يطرد هذا التقدم فى طريقة استعمال مواد البناء أيضاً فبعد أن كانت الضخامة فى المواد هى كل ما يلجأ اليه كبار المعماريين أخذت هذه النظرية تتلاشى تدريجياً وحل محلها الاهتمام بالمتانة التماسكية ولما لم تكن هذه وافية بالغرض لتعدد الحالات والأربطة فكر المهندسون فى التغلب عليها ومن هنا ظهرت نظرية التسليح على أنها كانت فى بدايتها بسيطة غير أن سنة التقدم وصلت بها الى ما هى عليه الآن فأصبحنا نرى مبانى تناطح السحب وتضارع الجبال علواً مع ما هى عليه من الفخامة

حساب الخرسانة المسلحة هو نتيجة ابحاث قيمة وتجارب عديدة ارتكزت على قوانين علمى مقاومة المواد والكيمياء وما خلقته الطبيعة من خاصة غريبة هى حب التآلف والتماسك والاتحاد بين عنصرى الحديد والأسمنت والتى اختلفت طريقة التسليح عند علماء الهندسة مما سبب تباين بعض القوانين الوضعية فقد جئت بكتابى هذا بما اتفق عليه كبار من يؤخذ بآرائهم الفنية راجعاً الى المباحث العملية التى أجرتها الحكومة الأفرنسية والى شتى الكتب المختصة بهذا العلم متوخياً السهولة التامة ليتسنى للمهندس وغيره ممن يحتكون بالأعمال المعمارية فهم المراد منها وضربت الأمثال العلمية لكى يتبع الفنى وغيره أيضاً طريقة العمل علاوة على ما أوضحت من جداول عملية قد تساعد الى حد كبير فى استخراج ما يريده المهندس عند عمل التصميمات

ولا يفوتنى فى هذه المقدمة الوجيزة أن أذكر ما لاقيت من تشجيع ومساعدة من حضرة صاحب العزة مصطفى بك فهمى وكيل مصلحة المبانى فقد كان لى من نصائحه الغالية أوضح مرشد لعملى . كما وان ما أمدنى به جناب المسيو ابو ستوليدس المهندس المعمارى من ثاقب فكره من الآراء العلمية والمباحث العمليـة كان لى خير معين وأرجو أن أكون قد وفقت الى عمل قدمت فيه الى مهنتى خدمة والى اخوانى عوناً والى بلادى مصر وفاء

إهداء الكتاب

الى سيدى حضرة صاحب العزة على بك حسن احمد
المدير العام لمصلحة المبانى الأميرية

إن تحلت النفوس فى هذا المعترك العالمى بفضائل العمران وتفاخرت المدنيات بمستحدثات العلم فالفضل كله يرجع الى تلك النفوس الكبيرة التى غذت غيرها بلبان الجد والمثابرة . فإليك أهدى كتابى هذا وشفيعى فى ذلك حسن ظنك بى وأمرك إياى بتأليفه تشجيعاً لغيرى حتى اذا ما وضع كل مخلص الحجر الأول لجديد النظريات العلمية وأتى بعده من أقام عليها صرحاً كان فى ذلك لمصر منه وفاء حقاً وكان فى أمانته لها إخلاص لمليك البلاد (فؤاد الاول) أيّد الله مُلكه

المخلص

عزيز فهلاط

١٤ شوال سنة ١٣٤٧
١٥ مارس سنة ١٩٢٩

obeikandi.com

فهـــرست

كتاب حساب الخرسانة المسلحة

فى هندسة العمـارات وجداوله العملية

صفحة

جدول رقم ١ لوزن وقطاع الأسياخ المبرومة ١

الأعمدة المصنوعة من الخرسانة المسلحة ٢

كيفية حساب الأعمدة القصيرة ٣

جهد الأمن لضغط الخرسانة ٤

تأثير التسليح العرضى على جهد الأمن ٥

نسبة التسليح الطولى ٩

أمثـــلة ١٠

الأعتاب المصنوعة من الخرسانة المسلحة (طابق وكمرات) ١٥

طريقة إيجاد محور الحمول ٢١

أمثـــلة ٢٥

طريقة تحديد سطح التسليح ٣٠

عزم الوحدة ٣٢

نسبة التسليح للشد ٣٢

جداول رقم ٦ ، ٧ ، ٨ لايجاد النسب الآتية :

$(ى)\ ،\ \left(\frac{ر}{د}\right)\ ،\ (هـ)\ ،\ \frac{١}{\sqrt{ما}}\ ،\ هـ \times \frac{١}{\sqrt{ما}}$ ٣٥

أمثـــلة ٣٨

الأعتاب ذات الارتفاع المفروض ٤٣

جدول رقم (٩) خاص لايجاد النسبتين $(ى)\ ،\ \left[\frac{ر}{د}\right]$ ٤٧

متى كان الارتفاع مفروضاً

مثـــال ٥١

obeikandl.com

صفحه

الأعتاب ذات الارتفاع المخفض ٥٣

أمثـــلة ٥٥

الأعتاب ذات التسليح المضاهى ٦٠

جداول رقم ٩ ، ١٠ ، ١١ خاصة بالاعتاب ذات التسليح المضاهى ٦٣

الأحمال القاطعة ٦٧

جهد القطع الأفقى ٦٩

طريقة حساب الـكانات ٦٩

طريقة تحديد موقع الـكانات وإيجاد عددها اللازم ٧٣

الطريقة التقريبية لايجاد عدد الـكانات اللازمة للاعتاب ٧٣

المسافات بين الـكانات ٧٥

مثـال ٧٨

الانزلاق ٧٩

طريقة تصميم الطابق الموزع عليه حمل بانتظام ٨١

جدولين رقم ١٢ ، ١٣ لتقدير سمك الطابق ٨٥

جدول رقم ١٤ لايجاد المعاملين (فا) ، (غا) ٨٧

أمثـــلة ٨٨

الاسقف المكونة من طابق وكمرات ٩٤

طريقة حساب الـكمرات التى من شكل حرف (T) ٩٥

أمثـــلة ٩٦

البلـكونات المصنوعة من الخرسانة المسلحة ١٠٣

أمثـــلة ١٠٣

opeikandi.com

صفحة

الخرجات المصنوعة من الخرسانة المسلحة ١١١

الوسادة المصنوعة من الخرسانة المسلحة لأساسات الحيطان ١١٣

مثـال ١١٥

القواعد المصنوعة من الخرسانة المسلحة لأساسات الأعمدة ١١٨

مثـال ١٢٠

السلالم المصنوعة من الخرسانة المسلحة ١٢٣

جدول معادلات عزم الانثناء والأحمال القاطعة ١٢٦

الجداول العملية

كيفية استعمال الجداول العملية الخاصة بتصميم الاسقف المصنوعة من الخرسانة المسلحة ١٣٦

طريقة استعمال الجدول العملى رقم ١٧ للاعمدة ١٣٨

الجهود المفروضة عند حساب الجداول العملية ١٣٩

جدول عملى للطابق المسلح بالاتجاهين معاً (الحمل العرضى = ٣٠٠ كيلوجراماً) ١٤٠

» » » » » » (الحمل العرضى = ٤٠٠ كيلوجراماً) ١٤٥

» » » » فى اتجاه واحد (الحمل العرضى = ٣٠٠ كيلوجراماً) ١٤٩

» » » » » » » (الحمل العرضى = ٤٠٠ كيلوجراماً) ١٥١

الجداول العملية للكمرات حرف T ١٥٢

الشروط التى يلزم أن تتوفر فى المواد التى تتكون منها الخرسانة المسلحة ١٦٧

obeikandl.com

جـــدول رقم (١)

وزن وقطاع الاسياخ المبرومة

القطر		وزن المتر الطولى بالكيلوجرام	سطح القطاع بالمليمتر للاعداد المذكورة						
بالبوصة	بالمليمتر		١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
١/٢٢	١٫٦٠	٠٫٠١٦	٢٫٠١	٤٫٠٢	٦٫٠٣	٨٫٠٤	١٠٫٠٥	١٢٫٠٦	١٤٫٠٧	١٦٫٠٨
١/٨	٣٫٢٠	٠٫٠٦٣	٨٫٠٤	١٦٫٠٨	٢٤٫١٢	٣٢٫١٦	٤٠٫٢٠	٤٨٫٢٤	٥٦٫٢٨	٦٤٫٣٢
٣/٢٢	٤٫٨٠	٠٫١٤١	١٨	٣٦	٥٤	٧٢	٩٠	١٠٨	١٢٦	١٤٤
١/٤	٦٫٣٥	٠٫٢٣٨	٣٢	٦٤	٩٦	١٢٨	١٦٠	١٩٢	٢٢٤	٢٥٦
٥/٢٢	٧٫٩٠	٠٫٣٨٢	٤٩	٩٨	١٤٧	١٩٦	٢٤٥	٢٩٤	٣٤٣	٣٩٢
٣/٨	٩٫٥٢	٠٫٥٥٠	٧١	١٤٣	٢١٤	٢٨٥	٣٥٧	٤٢٨	٤٩٩	٥٧٠
٧/٢٢	١١٫١٠	٠٫٧٥٧	٩٧	١٩٣	٢٩٠	٣٨٧	٤٨٣	٥٨٠	٦٧٧	٧٧٤
١/٢	١٢٫٧٠	٠٫٩٨٢	١٢٧	٢٥٥	٣٨٠	٥٠٦	٦٣٣	٧٦٠	٨٨٦	١٠١٢
٩/٢٢	١٤٫٣٠	١٫٢٥٦	١٦١	٣٢١	٤٨٢	٦٤٢	٨٠٣	٩٦٤	١١٢٤	١٢٨٤
٥/٨	١٥٫٩٠	١٫٥٣٣	١٩٨	٣٩٧	٥٩٥	٧٩٤	٩٩٣	١١٩٠	١٣٨٩	١٥٨٨
١١/٢٢	١٧٫٤٦	١٫٨٦٤	٢٣٩	٤٧٩	٧١٨	٩٥٧	١١٩٧	١٤٣٦	١٦٧٥	١٩١٤
٣/٤	١٩٫٠٥	٢٫١٨٧	٢٨٥	٥٧٠	٨٥٥	١١٤٠	١٤٢٥	١٧١٠	١٩٩٥	٢٢٨٠
١٣/٢٢	٢٠٫٦٠	٢٫٦١٧	٣٣٣	٦٦٦	٩٩٩	١٣٣٢	١٦٦٥	١٩٩٨	٢٣٣١	٢٦٦٤
٧/٨	٢٢٫٢٠	٣٫٠٠٦	٣٨٧	٧٧٤	١١٦١	١٥٤٨	١٩٣٥	٢٣٢٢	٢٧٠٩	٣٠٩٦
١٥/٢٢	٢٣٫٨٠	٣٫٤٧١	٤٤٥	٨٨٩	١٣٣٤	١٧٧٩	٢٢٢٣	٢٦٦٨	٣١١٣	٣٥٥٨
١	٢٥٫٤٠	٤٫٠٢٩	٥٠٧	١٠١٣	١٥٢٠	٢٠٢٦	٢٥٣٣	٣٠٤٠	٣٥٤٦	٤٠٥٢
١ ١/٨	٢٨٫٥٧	٤٫٩٧١	٦٤١	١٢٨٢	١٩٢٣	٢٥٦٤	٣٢٠٥	٣٨٤٦	٤٤٨٦	٥١٢٦
١ ١/٤	٣١٫٧٥	٦٫١٢٢	٧٩١	١٥٨٣	٢٣٧٤	٣١٦٥	٣٩٥٧	٤٧٤٨	٥٥٣٩	٦٣٣٠
١ ٣/٨	٣٤٫٩٢	٧٫٤١٥	٩٥٧	١٩١٤	٢٨٧١	٣٨٢٩	٤٧٨٥	٥٧٤٢	٦٧٠٠	٧٦٥٨
١ ١/٢	٣٨٫١٠	٨٫٨٣٩	١١٣٩	٢٢٧٩	٣٤١٩	٤٥٥٨	٥٦٩٨	٦٨٣٨	٧٩٧٧	٩١١٦
١ ٥/٨	٤١٫٢٧	١٠٫٣٧٢	١٣٣٧	٢٦٧٤	٤٠١١	٥٣٤٨	٦٦٨٥	٨٠٢٢	٩٣٥٩	١٠٦٩٦
١ ٣/٤	٤٤٫٤٥	١٢٫٠٠٥	١٥٥١	٣١٠٢	٤٦٥٣	٦٢٠٤	٧٧٥٥	٩٣٠٦	١٠٨٥٧	١٢٤٠٨
١ ٧/٨	٤٧٫٦٢	١٣٫٧٥٦	١٧٨٠	٣٥٦١	٥٣٤١	٧١٢١	٨٩٠٢	١٠٦٨٢	١٢٤٦٢	١٤٢٤٢
٢	٥٠٫٧٩	١٥٫٧١٦	٢٠٢٥	٤٠٥٠	٦٠٧٥	٨١٠٠	١٠١٢٥	١٢١٥٠	١٤١٧٥	١٦٢٠٩

الأعمدة المصنوعة من الخرسانة المسلحة

يتكوّن عادة تسليح هذه الأعمدة من تسليح طولى وتسليح عرضى

التسليح الطولى : أسياخ من حديد أو صلب دائرى القطاع موضوعة باتجاه ارتفاع الأعمدة و بالقرب من سطحها الخارجى و يشترط ألا تكون المسافة بين محور هذه الأسياخ والسطح الخارجى أقل من ٢٥ ملليمتراً وأن لا تقل المسافة بين السطح المذكور وأقرب نقطة من أسياخ التسليح عن ١٥ ملليمتر

وقطر هذه الأسياخ يختلف بحسب عددها وسطح قطاعها اللازم ولكن يستحسن أن لا يكون قطر كل سيخ منها أكثر من عشر أصغر بعدى القطاع العرضى للعامود اذا كان مستطيلاً أو عن عشر قطره اذا كان مستديراً

التسليح العرضى : أربطة من أسياخ حديد أو صلب أفقية ملفوفة حول الأسياخ الطولية ومتباعدة بعضها عن بعض بمسافات معينة وتكون هذه الأربطة من قطاع صغير ليسهل لفها حول الأسياخ الطولية

وقد تنكسر الأعمدة المسلحة متى كانت تحت تأثير حمل مركزى أى موزع بنظام وتساوٍ على سطح قطاعها العرضى بالطريقتين الآتيتين : —

الأولى — متى كانت النسبة النحفية أى نسبة ارتفاع العامود الى أصغر بعدى قطاعه العرضى (أو قطره إذا كان مستديراً) صغيرة يتهشم العامود بدون حصول أى انثناء له ويحصل به شقوق تنتج من انزلاق خرسانته فى اتجاه مستويات مائلة

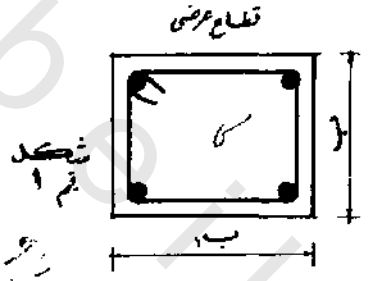
الثانية — اذا كانت النسبة النحفية كبيرة ينثنى العامود جانبيًا

وقد دلت التجارب على أنه متى كانت النسبة النحفية لا تزيد على ٢٠ لا يخشى من انثناء الأعمدة ويهمل حسابها عند التصميم وفى الأحوال الاضطرارية التى تحتم أن تكون تلك النسبة أكبر من ٢٠ يجب تخفيض جهد الأمن المفروض لضغط الخرسانة

كيفية حساب الأعمدة القصيرة

(أى ذات النسبة النحفية التى تقل عن ٢٠)

الشكل رقم ١ يبين قطاع عرضى لعامود والشكل رقم ٢ جزء من قطاع طولى له



شكل رقم ١

فليكن ب = أصغر ضلع للقطاع

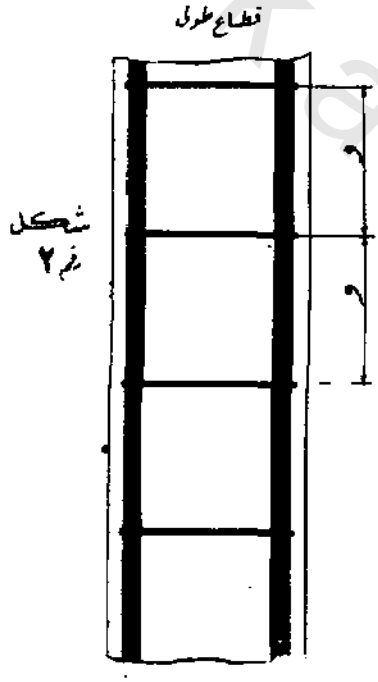
ب١ = أكبر ضلع للقطاع

س = سطح قطاع الخرسانة

ح = سطح قطاع الأسياخ الطولية

ن = نسبة معاملى المرونة

ث = الثقل الكلى الموقع على العامود



شكل رقم ٢

فعند توقيع حمل على هـذا العامود تقوم كلتا الخرسانة والأسياخ بمقاومة الضغط الواقع عليهما وتكون تلك المقاومة متناسبة لسطح ومعـامل المرونة لكل منهما وبما أن الصلب أو الحديد أكثر مرونة من الخرسانة بقدر (ن) مرة فان سطح قطاع التسليح (ح) يعتبر زائداً فى سطح قطاع الخرسانة بضربه فى المكرر (ن) أى أن مقاومة سطح قطاع أسياخ التسليح (ح) يعادل مقاومة سطح من الخرسانة قدره (ن ح) ويسمى مجموع السطحين (س + ن ح) بالسطح التصورى للعامود ويرمز له بالحرف (س١) ومتى كان الثقل الكلى المحمل على العامود يساوى (ث) تنتج المعادلة الآتية : —

ث = ش (س + ن ح) . . . . . معادلة رقم ١

وبها (ش) = حمل الأمن على الوحدة السطحية من الخرسانة

وتكون النسبة $\frac{ث}{س} = \frac{\text{الحمل الكلى على العامود}}{\text{سطح قطاع العمود}}$ = جهد الضغط الحقيق على الوحدة السطحية من قطاع العامود و يرمز لها بالحرف (ش$_{1}$)

وليكن $\frac{ح}{س} = م$ = نسبة التسليح الطولى

و بقسمة حدود المعادلة رقم ١ على الحد (س) تنتج المعادلة الآتية : —

$$\frac{ث}{س} = ش \frac{(س + ن ح)}{س} = ش (١ + ن م) = ش_{1} \quad .. \text{ معادلة رقم ٢}$$

وقد تكتب المعادلة رقم ٢ بالشكل الآتى :

$$ث = ش \times س (١ + ن م) \quad . . . . . \text{ معادلة رقم ٣}$$

جهد الأمن لضغط الخرسانة

بناء على القانون الفرنسى الموضوع سنة ١٩٠٦ للأعمدة يجب ألا يزيد جهد الأمن لضغط الخرسانة (ش) عن ٢٨ ٪ من جهد الكسر والتفتت للخرسانة غير المسلحة مع اعتبار نتيجة اختبارها ٩٠ يوماً بعد صبها مع عمل هـذه التجارب على قطع مكعبة صغيرة الحجم

والجدول الآتى يبين نتيجة التجارب لجهد الكسر للخرسانة المركبة من ٠٫٨٠٠ متر مكعب من الزلط و ٠٫٤٠٠ متر مكعب من الرمل ومن كمية الأسمنت الواردة بالجدول الآتى رقم (٢)

جـــدول رقم (٢)

الاسمنت بالكيلوجرام	جهد الكسر كج بالسنتيمتر المربع	جهد الامن كج سم^{٢}	ويعتبر الجهد عملياً كج بالسنتيمتر المربع	
٢٥٠ ✓	١٤٠	٤٠	٤٠	
٣٠٠	١٦٠	٤٤٫٨	٤٥	
٣٥٠	١٨٠	٥٠٫٤	٥٠	
٤٠٠	٢٠٠	٥٦	٥٦	

obeikandl.com

تأثير التسليح العرضى على جهد الأمن

من تأثير ضغط الأحمال تتهشم الأعمدة المصنوعة من الخرسانة المسلحة بانتفاخ قطاعها الأفقى وتنفتت أجزاؤها عن بعضها وقد يقاوم التسليح العرضى ذلك الانتفاخ والتفتت ويمنع تباعد أسياخ التسليح الطوليـة عن بعضها خصوصاً اذا كانت أسياخ التسليح العرضى متينة ومتقاربة وفى هذه الحالة يفرض جهد أمن أكبر من جهد الأمن العادى (ش) ويرمز له بالحرف (شَ)

وبناء على القانون الفرنسى الموضوع سنة ١٩٠٦ تكون قيمة الجهد (شَ) كالآتى —

$$ش_{َ} = ش \left(١ + نا \times \frac{حج_{َ}}{حج} \right) \quad \text{معادلة رقم (٤)}$$

$$ش_{َ} = ش \left(١ + نا \times م_{َ} \right) \quad \text{معادلة رقم (٥)}$$

وبهما حجَ = مكعب السيخ لرباط واحد

حج = مكعب خرسانة العـامود بين رباطين متواليين ويرمز لهذه المسافة بالحرف (و)

نا = مكرر ثابت يتعين مقداره حسب الجدول رقم ٣ الآتى بيانه وهو ملخص للقواعد الواردة بالقانون الفرنسى والتى صار إيجادها بواسطة التجارب

$$م_{َ} = \text{نسبة التسليح الأفقى وهى تساوى } \frac{حج_{َ}}{حج}$$

ملحوظة — بالجدول الآتى (ب) تساوى أصغر ضلعى قطاع العامود

جـــدول رقم (٣)

نسبة التسليح الافقى (م َ)	المسافة بين أسياخ التسليح العرضى (و)	المكرر (نا)
م َ < ٠٫٠٠٨	و > ب	صفـر
م َ > ٠٫٠٠٨	و = ب	٨
	و = $\frac{٢}{٥}$ ب	١١
	و = $\frac{١}{٣}$ ب	١٥
م َ > ٠٫٠١	و = $\frac{٢}{٥}$ ب	١٥
	و = $\frac{١}{٥}$ ب	٣٢
	و = $\frac{١}{٨}$ ب	

ومتى كانت المسافة (و) تتراوح بين $\frac{١}{٧}$ و $\frac{١}{٨}$ ب يسمى العامود ذات التسليح الحلزونى (Frettage) ويكون تسليحه أفقيًا حلزونيًا

ومن الجدول أعلاه يتبين الآتى : -

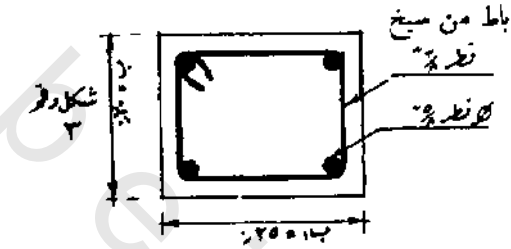
أولاً — أنه متى كانت نسبة التسليح الأفقى ضعيفة أى متى كانت الأربطة ذات حجم صغير ومتباعدة عن بعضها بمسافات أكبر من أصغر ضلعى قطاع العامود يساوى المكرر (نا) صفراً وتصبح المعادلة رقم (٤) : ش َ = ش (١ + صفر) = ش وفى هذه الحالة تكون مقاومة التسليح العرضى ضعيفة ويهمل حسابها

ثانيًا — متى كانت نسبة التسليح الأفقى (م َ) تساوى ٠٫٠٠٨ أو أزيد وكانت المسافة (و) تتراوح بين ب و $\frac{١}{٨}$ ب تكون قيمة المكرر (نا) ما بين ٨ و ٣٢ أى أن جهد الأمن (ش َ) على الوحدة السطحية من العامود (أنظر المعادلة رقم ٥) يزداد كل ما كبرت النسبة (م َ) وكل ما صغرت المسافة (و)

obeikandl.com

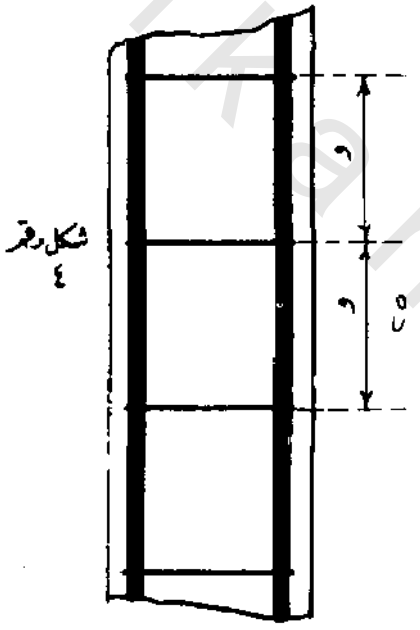
ولكن فى أى حال من الأحوال لا تعتبر (ش) أكثر من ٦٠ ٪ (٦٠ فى المائة) من حمل الكسر للخرسانة الغير مسلحة والمبين قدرها بالجدول (رقم ٢ صحيفة ٤)

ولنشرح النظرية السابقة بالمثال الآتى : —



الشكل رقم (٣) يبين قطاع عرضى لعامود مسلح

والشكل رقم (٤) يبين قطاع طولى لجزء من هذا العامود



فى هـذا القطاع المستطيل مقاس أضلاع العامود ٠٫٢٠ و ٠٫٢٥ متر ومسلح بأربع أسياخ طولية قطر $\frac{5}{8}$ البوصة و به أربطة تسليح عرضى من أسياخ قطر $\frac{3}{8}$ بوصة ولتكن (و) المسافة بين تلك الاربطة

ولنفرض أن خرسانة العامود مركبة من ٠٫٨٠٠ متر مكعب من الزلط و ٠٫٤٠٠ متر مكعب من الرمل و ٣٠٠ كيلوجرام من الأسمنت

فيكون أعظم جهد أمن مسموح (ش) يساوى ٤٥ كيلوجرام على السنتيمتر المربع (أنظر الجدول رقم ٢ صحيفة ٤)

واذا فرضنا المسافة (و) بين الكانات تساوى ٢٥ سم أى أكبر من أصغر ضلعى قطاع العامود وفرضنا (ن) نسبة معاملى المرونة تساوى ١٠ يكون الحمل الكلى الذى يمكن أن يتحمله العامود بأمان يساوى طبقاً للمعادلة رقم ١ : —

ث = ش (س + ن ح)

ث = ٤٥ (٢٠ × ٢٥ + ١٠ × ٧٫٩٤) = ٢٦٠٧٣ كيلوجرام

(ملحوظة — سطح الأربع أسياخ قطر $\frac{5}{8}$ البوصة = ٧٫٩٤ سنتيمتر مربع)

فاذا كان المرغوب أن يتحمل العامود المذكور حملاً أكبر من ٢٦٠٧٣ كيلوجرام مع بقاء أسياخ التسليح الطولية على حالها يقتضى وضع أسياخ التسليح العرضى على مسافات تساوى على الأكثر أصغر ضلعى القطاع

فكلما صغرت المسافة بين أسياخ التسليح العرضى (الأربطة) زاد جهد الأمن المسموح بشرط أن لا يزيد فى حالتنا هذه عن $\frac{60}{100}$ × ١٦٠ أى عن ٩٦ كيلوجرام للسنتيمتر المربع والجدول الآتى يبين مقدار جهد الضغط المسموح (شَ) قرين المسافات بين الأربطة المذكورة به وبه : حجَ (مكعب الرباط الواحد)

= طول الرباط × سطح سيخ الرباط

= ٧٤٫٠٠ × ٠٫٧١ = ٥٢٫٥٤ سنتيمتر مكعب

جـــدول رقم (٤)

(و) المسافه بين أسياخ التسليح العرضى بالسنتيمتر	(و) بالنسبة ل (ب)	مَ نسبة التسليح الافقى أى $\frac{\text{حجَ}}{\text{حج}}$	المعامل نا انظر الجدول رقم ٣	جهد الضغط المسموح شَ معادلة رقم ٤ ش (١ + نا × $\frac{\text{حجَ}}{\text{حج}}$) = شَ كيلوجرام للسنتيمتر المربع	
٢٠	ب	$\frac{٥٢٫٥٤}{٢٠ \times ٢٥ \times ٢٠}$ = ٠٫٠٠٥	صفر	٤٥ (١ + صفر)	٤٥٫٠٠٠
٨	$\frac{2}{5}$ ب	$\frac{٥٢٫٥٤}{٢٠ \times ٢٥ \times ٨}$ = ٠٫٠١٣	١٥	٤٥(١ + ١٥ × ٠٫٠١٣)	٥٣٫٧٧٥
٤	$\frac{1}{5}$ ب	$\frac{٥٢٫٥٤}{٢٠ \times ٢٥ \times ٤}$ = ٠٫٠٢٦	٣٢	٤٥(١ + ٣٢ × ٠٫٠٢٦)	٨٢٫٤٤٠

فيكون حمل الأمن على العمود فى الحالات الثلاثة المذكورة بالجدول رقم ٤ كما هو مبين بالجدول الآتى رقم ٥

جـــدول رقم (٥)

(و) المسافة بين الاربطة	(شَ) جهد الامن المسموح بالكيلوجرام على السنتيمتر المربع	الحمل الكلى المسموح على العمود ث = شَ (س + ن حـ) بالكيلوجرام
٢٠	٤٥	٢٦٠٧٣ = (٧,٩٤ × ١٠ + ٥٠٠) ٤٥
٨	٥٣	٣٠٧٠٨ = (٧,٩٤ × ١٠ + ٥٠٠) ٥٣
٤	٨٢	٤٧٥١٠ = (٧,٩٤ × ١٠ + ٥٠٠) ٨٢

ملحوظة : تتراوح المسافة و بين الأربطة بين ب (أصغر ضلعى قطاع العمود) و $\frac{١}{٣}$ ب

نسبة التسليح الطولى المرموز لها بالحرف (م)

م = $\frac{\text{سطح التسليح الطولى}}{\text{سطح قطاع العامود}}$ وتتراوح عادة هذه النسبة ما بين ٠٫٨ فى المائة و ٥ فى المائة . وتنقسم الأعمدة المسلحة من حيث هذه النسبة الى نوعين :

النوع الأول : الأعمدة التى تكون نسبة تسليحها الطولى أقل من ٢٪ وتعتبر ضعيفة التسليح

والنوع الثانى : الأعمدة التى تزيد نسبة تسليحها الطولى عن ٢٪ وتعتبر شديدة التسليح وفى هذه الحالة عند تطبيق المعادلة رقم ١ : ث = ش (س + ن × حـ) تعتبر (س) مساوية لسطح قطاع العامود مستنزلاً منها (حـ) (أى سطح أسياخ التسليح الطولية)

أما للأعمدة الضعيفة التسليح فتؤخذ (س) مساوية للسطح الأفقى للعامود و يهمل تنزيل سطح أسياخ التسليح

والأعمدة الأكثر ملائمة من حيث التسليح والاقتصاد هى ما كانت نسبة تسليحها الطولى تساوى ٢٪

ملحوظة : قد يكون أحياناً العامود المفروض عمله ذات قطاع كاف لاحتمال الثقل الواقع عليه دون تسليح وذلك باعتبار جهد أمن الخرسانة للضغط مساوياً لـ ٢٨٪ من جهد الكسر وقد يظن انه لا ضرورة للتسليح فى هذه الحالة ولكنه خطأ حيث أن للخرسانة وحدها بدون تسليح يكون هذا الجهد مبالغاً فيه

ومتى كانت الأعمدة الخرسانية بدون تسليح يجب أن لا يفرض جهد أمن للضغط أكثر من $\frac{١}{٦}$ بل $\frac{١}{١٠}$ حمل الكسر

ولامكان فرض جهد أمن للضغط مساوياً لـ ٢٨٪ من حمل الكسر يقتضى التسليح الطولى ولو بنسبة ضعيفة مثل ١٪

(مثال رقم ١) المطلوب معرفة الثقل الكلى المسموح وضعه على عامود من الخرسانة المسلحة قطاعه مربع ضلعه يساوى ٢٠ سنتيمتر ومسلح بأربع أسياخ قطر كل منها $\frac{٥}{٨}$ البوصة الخرسانة مركبة من ٠٫٨٠٠ متر مكعب من الزلط و ٠٫٤٠٠ متر مكعب من الرمل و ٣٥٠ كيلوجرام من الأسمنت أى أن جهد الأمن المسموح يساوى ٥٠ كيلوجرام على السنتيمتر المربع مع فرض نسبة معاملى المرونة ن = ١٠

الحـــل :— (ح) = سطح الأربع أسياخ قطر $\frac{٥}{٨}$ بوصة = ٧٫٩٤ سنتيمتر مربع (انظر جدول رقم ١)

(س) سطح قطاع العامود يساوى = ٢٠ × ٢٠ = ٤٠٠ سنتيمتر مربع

نجرى الآن تطبيق المعادلة رقم ١

ث = الثقل الكلى المسموح على العامود) = ش (س + ن ح)

∴ ث = ٥٠ (٤٠٠ + ١٠ × ٧٫٩٤) = ٢٣٩٧٠ كيلوجرام

(مثال رقم ٢) المطلوب تصميم عمود من الخرسانة المسلحة .

المعالم : ث (الثقـــل الكلى) = ٣٢٤٠٠ كيلوجرام

ش (جهد الأمن لضغط الخرسانة) = ٤٥ كيلوجرام للسنتيمتر المربع

ن (نسبة معاملى المرونة) = ١٠

م (نسبة التسليح الطولى) = ٢ ٪ تقريباً

الحـــل : نجرى تطبيق المعادلة رقم ٣

ث = ش × س (١ + ن م)

٣٢٤٠٠ = ٤٥ × س (١ + ١٠ × ٠٫٠٢)

∴ س (سطح قطاع العمود) = $\frac{٣٢٤٠٠}{١٫٢ \times ٤٥}$ = ٦٠٠ سنتيمتر مربع

∴ ضلع قطاع العمود = $\sqrt{٦٠٠}$ = ٢٤٫٥٠ سنتيمتر

ح (سطح أسياخ التسليح الطولى) = ٦٠٠ × ٠٫٠٢ = ١٢ سنتيمتر مربع

أى ٤ أسياخ قطر $\frac{٣}{٤}$ البوصة سطحها يساوى ١١٫٤٠ سنتيمتر مربع

وبما أن هذا السطح يقل قليلاً عن الذى تعين أعلاه يقتضى زيادة سطح الخرسانة وقد يصير تحديد سطح الخرسانة تماماً بتطبيق المعادلة رقم ١ صحيفة ٣

ث = ش (س + ن ح)

٣٢٤٠٠ = ٤٥ (س + ١٠ × ١١٫٤٠)

∴ س = $\frac{٣٢٤٠٠ - ١١٫٤٠ \times ١٠ \times ٤٥}{٤٥}$ = ٦٠٦ سنتيمتر مربع

أى أن ضلع قطاع العمود = ٢٤٫٦ أى عملياً ٢٥ سنتيمتر

فتكون نسبة التسليح الطولى (م) = $\frac{١١٫٤٠}{٢٥ \times ٢٥}$ = ٠٫٠١٨

(مثال رقم ٣) المطلوب تصميم عمود من الخرسانة المسلحة .

المعاليم : الثقل الكلى المحمل على العمود (ث) = ٢٠٠٠٠ كيلوجرام

ارتفاع العمود = ٤ أمتار

جهد الأمن على الوحدة السطحية من الخرسانة (ش) = ٤٥ كيلوجرام على السنتيمتر المربع

نسبة معاملى المرونة (ن) = ١٠

الحـــــل : — ليكن العمود بأمن من فعل الانثناء يجب أن لا يكون أصغر ضلعيه أقل من $\frac{١}{٢٠}$ من ارتفاعه أى فى هذا المثال أن لا تقل أضلاعه عن ٢٠ سنتيمتر

ولنفرض العمود ذات قطاع مربع ضلعـــه يساوى ٢٠ سنتيمتر ثم نجرى تطبيق المعادلة رقم ١

$$ث = ش (س + ن ح)$$

$$\text{أى} \quad ٢٠٠٠٠ = ٤٥ (٤٠٠ + ١٠ ح)$$

$$\therefore \quad ح = \frac{٢٠٠٠٠ - ١٨٠٠٠}{٤٥٠} = ٤٤٫٤ \text{ سنتيمتر مربع}$$

أى أن التسليح يكون من ٤ أسياخ قطر $\frac{١}{٢}$ بوصة سطحها يساوى ٥٫٠٦ سنتيمتر مربع مع وضع أربطة أفقية من أسياخ قطر $\frac{١}{٤}$ بوصة متباعدة بعضها عن بعض بمسافة مساوية لضلع قطاع العمود أى لكل ٢٠ سنتيمتر فى الارتفاع

(مثال رقم ٤) المطلوب تصميم عمود مربع القطاع من الخرسانة المسلحة

المعاليم : الثقل الكلى المحمل على العمود (ث) = ٢٦٠٠٠ كيلوجرام

جهد الأمن المفروض لضغط الخرسانة (ش) = ٤٥ كيلوجرام السنتيمتر المربع

قطاع العمود (س) = ٤٠٠ سنتيمتر مربع

ارتفاع العمود = ٤ أمتار

النسبة المفروضة لمعامل المرونة (ن) = ١٠

الحـــــل : — نجرى تطبيق المعادلة رقم ٣

$$ث = س \times ش (١ + ن م)$$

$$٢٦٠٠٠ = ٤٠٠ \times ٤٥ (١ + ١٠ م)$$

$$\therefore \text{ م (نسبة التسليح الطولى)} = \frac{٢٦٠٠٠ - ٤٥ \times ٤٠٠}{١٠ \times ٤٥ \times ٤٠٠} = ٠٫٠٤٤$$

أى أن سطح الأسياخ اللازمة = م × س = ٠٫٠٤٤ × ٤٠٠ = ١٧٫٦٠ سنتيمتر مربع

أى ٤ أسياخ قطر $\frac{١٥}{١٦}$ بوصة

ملحوظة : النسبة السابق ذكرها كبيرة وغير اقتصادية ولذا يحسن تنزيلها إلى ما يقرب من ٢ ٪ وذلك بإحدى الطريقتين الآتيتين : —

الطريقة الاولى : زيادة قطاع العمود

ولايجاد القطاع اللازم نجرى تطبيق المعادلة رقم ٣ صحيفة ٤

ث = س × ش (١ + ن ٢)

٢٦٠٠٠ = س × ٤٥ (١ + ١٠ × ٠٫٠٢)

∴ س (قطاع العمود) = $\frac{٢٦٠٠٠}{٤٥ \times ١٫٢}$ = ٤٨١٫٤٨ سنتيمتر مربع

وليكن ٤٨٤ سنتيمتر مربع أى أن ضلع العمود المربع = ٢٢ سنتيمتر

سطح الأسياخ (ح) = ٠٫٠٢ × ٤٨٤ = ٩٫٦٨ سنتيمتر مربع

أى عملياً ٤ أسياخ قطر $\frac{١١}{١٦}$ بوصة سطحها يساوى ٩٫٥٧ سنتيمتر مربع

وللتأكد من عدم تجاوز الجهد المسموح نجرى تطبيق المعادلة رقم ١ صحيفة ٣

ث = ش (س + ن ح)

ث = ٤٥ (٤٨٤ + ١٠ × ٩٫٥٧) = ٢٦٠٨٦٫٥ كيلوجرام أى < ٢٦٠٠٠ كيلوجرام الثقل المطلوب حمله

الطريقة الثانية : زيادة الأربطة الأفقية وذلك مع بقاء قطاع العمود المفروض

ليكن التسليح الطولى مكون من ٤ أسياخ قطر $\frac{١١}{١٦}$ بوصة سطحها مساوياً لـ ٩٫٥٧ سنتيمتر مربع أى أن نسبة التسليح تساوى $\frac{٩٫٥٧}{٤٠٠}$ = ٠٫٠٢٣ أى تقرب من ٢ ٪

يستخرج جهد الضغط (ش١) على الوحدة السطحية من قطاع العمود من المعادلة رقم ١

ث = ش١ (س + ن ح)

٢٦٠٠٠ = ش١ (٤٠٠ + ١٠ × ٩٫٥٧)

أى ش١ = $\frac{٢٦٠٠٠}{٤٠٠ + ٩٥٫٧}$ = ٥٢٫٤٥ كيلوجرام على السنتيمتر المربع

والآن لايجاد نسبة التسليح الأفقى للأربطة نجرى تطبيق المعادلة رقم ٥

شَ = ش (١ + نا × مَ) وذلك مع اعتبار المسافة (و)

بين الأربطة مساوية لـ $\frac{1}{4}$ ب أى لـ $\frac{1}{4}$ × ٢٠ = ٦٫٦ سنتيمتر

فيكون المكرر (نا) يساوى ١٥ [انظر صحيفة ٦ جدول رقم ٣]

∴ ٥٢٫٤٥ = ٤٥ (١ + ١٥ مَ)

مَ (نسبة التسليح الأفقى) = $\frac{٤٥ - ٥٢٫٤٥}{١٥ \times ٤٥}$ = ٠٫٠١١

أى أن مكعب الرباط الواحد : —

= مَ × س × و

= ٠٫٠١١ × ٤٠٠ × ٦٫٦ = ٢٩٫٠٤ سنتيمتر مكعب

فاذا وضعنا الأربطة بحيث يكون محورها بعيداً عن سطح العمود بمسافة ٢ سنتيمتر

يكون طول الرباط الواحد = ٤ × ٠٫١٦ = ٦٤ سنتيمتر

ويكون قطاع سيخ الرباط = $\frac{٢٩٫٠٤}{٦٤}$ = ٠٫٤٥٤ سنتيمتر مربع

ليكن عملياً من قطر $\frac{٥}{١٦}$ بوصة سطحه مساوياً لـ ٠٫٤٩ سنتيمتر مربع

الاعتاب المصنوعة من الخرسانة المسلحة

طابق وكمرات

لامكان شرح القواعد التى بموجبها يعمل حساب الأعتاب المصنوعة من الخرسانة المسلحة لتحديد حجمها وشكلها وما يلزمها من تسليح لحمل الأثقال والقوى التى يتعين عليها حملها يقتضى أن نرجع الى علم مقاومة المواد وندرس التأثيرات الداخلية لتلك الأعتاب التى تنتج من القوى الخارجية ثم حساب تلك التأثيرات ومعرفة نوعها سواء أكانت شداً أو ضغطاً مع تحديد مركز الثقل لكل منهما وكذا موقع محور الحمول الفاصل بينهما

ولسهولة شرحنا الآتى نضرب مثلاً ونفرض عتباً مستطيل القطاع مرتكزاً على طرفيه وعليه أحمال فينتج من هذه الأحمال اثناء العتب وينشأ من هذا الانثناء :

أولاً — قوى شد أسفل ذلك العتب وقوى ضغط أعلاه

ثانياً — قوى رأسية المسماة بقوى القص (القطع)

ثالثاً — قوى أفقية تعادل قوى القص الرأسية

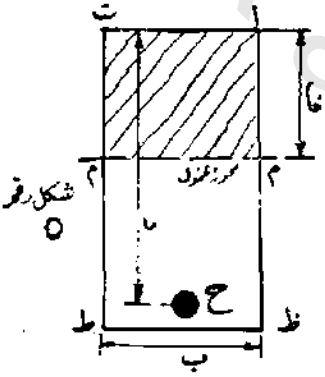
ولكى يكون هناك توازناً يلزم بحسب الشروط الاستاتيكية أن يكون عزم القوى الداخلية حول أى نقطة مساوياً لعزم القوى الخارجية حول هذه النقطة

فاذا اعتبرنا التوازن الأفقى نرى أن التأثيرات الأفقية أى القوى الداخلية مكونة من محصلة قوى الشد ومركزها أسفل محور الحمول ومحصلة قوى ضغط للجزء أعلاه وكلا المحصلتين متساويتين وتكونان ازدواجاً

وبما أن القوى الخارجية تتزن مع القوى الداخلية فيكون حسب القانون الأساسى لعلم مقاومة المواد عزم القوى الخارجية أى القوى المؤثرة مساوياً لعزم القوى الداخلية وبعبارة أخرى عزم الانثناء مساوياً لعزم المقاومة

وعلينا الآن أن نبحث كيفية حساب عزم المقاومة لأى قطاع و ببحثنا هـذا سنعلم القواعد الأساسية التى يجب اتباعها لتحديد قطاعات الأعتاب المعمولة من الخرسانة المسلحة التى يكون عزم مقاومتها مساويًا على الأقل لعزم القوى الخارجية المفروض على العتب حملها .

وقبل البدء فى بحثنا يجب أن نذكر كما هو معلوم ان من خواص الصلب شدة احتمال الشد وان الخرسانة تقاوم الضغط بدرجة عظيمة ولا تستطيع مقاومة الشد إلا لحد محدود اذا تعدته تكسرت فلذا وجـد أنه للانشاآت المعرضة لكل من الشد والضغط كالكمرات وخلافها توضع أسياخ الحديد فى الطبقة التى يتعين عليها احتمال جهود الشد وتستعمل الخرسانة فى الجزء المعد لجهود الضغط



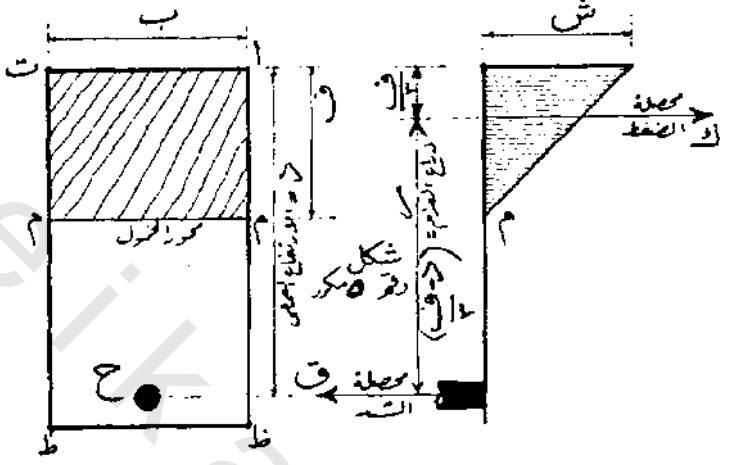
شكل رقم ٥

الشكل رقم (٥) ا ت ط ظ يبين قطاع رأسى لعتب من الخرسانة المسلحة مستطيل الشكل ومرتكزاً على طرفيه وعليه أحمال مختلفة . وليكن

م م = محور المحول أى المحور الفاصل بين منطقتى الشد والضغط

ا ت م م = الجزء المضغوط ويتناسب جهد الضغط فى ألياف هذا الجزء بحسب قانون هوك مع بعد تلك الألياف عن محور المحول أى أن جهد الضغط يتدرج من اكبر شدة له عند ا ت أعلا طبقات العتب أى ظهره الى الصفر عند محور المحول ومقدار الضغط يساوى حاصل ضرب متوسط شدة الضغط فى مساحة الجزء المضغوط فاذا فرضنا (ش) اكبر جهد للضغط فى أعلا طبقات القطاع أى فى أليافه العليا فيكون متوسط جهد الضغط يساوى $\frac{\text{صفر} + \text{ش}}{٢}$ أى $\frac{\text{ش}}{٢}$ ويكون مجموع جهود الضغط للجزء المضغوط يساوى $\frac{\text{ش}}{٢}$ × سطح هذا الجزء واذا كانت (ف) تساوى بعد محور المحول عن ظهر العتب و (ب) = عرض العتب فيكون مجموع جهد الضغط أى محصلة الضغط

الكلى = $\left[\frac{ش}{٢} \times ب \times ف\right]$ وهذه المحصلة تؤثر فى مركز الثقل للسطح المضغوط ويبعد هذا المركز عن محور الحمول (بحسب قوانين علم المقاومة) بمقدار $\frac{٢ ف}{٣}$



وليكن (ح) = سطح أسياخ التسليح الموضوعة بالقرب من أسفل منطقة الشد ط ظ م م وهذه الأسياخ هى التى يتعين عليها وحـدها مقاومة جهود الشد حيث لا يعمل حساب لمقاومة الشد الضعيفة التى تقوم بها الخرسانة فى هذه المنطقة

وليكن (د) = المسافة بين محور ثقل الأسياخ والسطح (ا ت) العلوى للعتب وهذه المسافة تسمى **بالارتفاع العملى للعتب**

ص = جهد الشد للصلب (وهذا الجهد يفرض منتظمًا فى قطاع الأسياخ بسبب صغر سطح الأسياخ بالنسبة لقطاع العتب)

فتكون محصلة الشد الكلى = ح × ص

وبما أن عزم المقاومة يتكون من مزدوج مركب من محصلة ضغط بالجزء الأعلى مساوية لمحصلة شد بالجزء الأسفل فينتج من هذا المعادلة الآتية : -

محصلة الضغط الكلى = محصلة الشد الكلى

$$\frac{ث}{٢} \times ب \times ف = ح \times ص$$

وذراع هذا المزدوج أى ذراع العزم يساوى $(د - \frac{ف}{٣}) = م$ وهى البعد بين مركزى الثقل لمحصلتى الضغط والشد .

ولإمكان حساب سطح الأسياخ اللازمة لتسليح عتب قطاعه معروف ومحمل بأثقال معلومة وبجهود شد وضغط مفروضة يجب أولا إيجاد موقع محور الخمول

وقبل البحث فى طريقة إيجاد محور الخمول نشرح معاملا المرونة للصلب والخرسانة وإيجاد النسبة بينهما لما لهذه النسبة من الأهمية فى المعادلات الآتية : —

معامل المرونة هو الشدة التى بتأثيرها على عضو منشورى الشكل متأثر بحمل فى إتجاه ذلك المنشور يستطيل بمقدار مساو لطوله الأصلى أو بعبارة أخرى :

الجهـد = معامل المرونة × التأثير

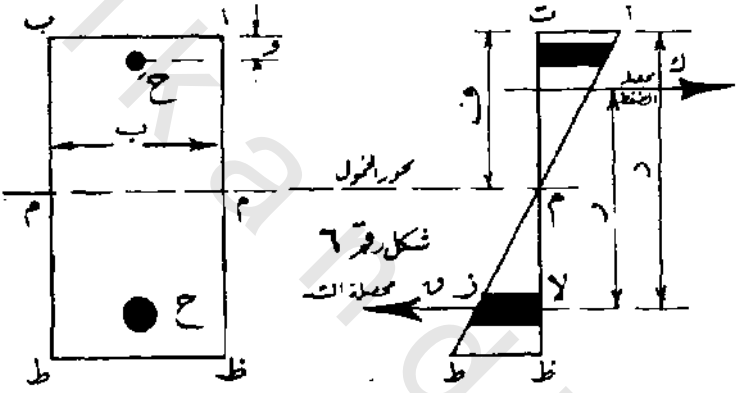
ولتكن (ن) = النسبة بين معاملى المرونة للصلب والخرسانة وهى تتراوح بحسب التجارب العملية بين ٨ و ١٥

و بعبارة أخرى متى اعتبرنا (ن) = ١٠ يكون التأثير الناتج من أى قوة على سطح من الصلب يساوى التأثير الناتج من نفس القوة المذكورة على سطح من الخرسانة قطاعه عشرة أضعاف سطح الصلب أى أن سطح قدره (ح) من الأسياخ يعادل بمقاومته سطح قدره (ن × ح) من الخرسانة مع اعتبار محور الثقل للسطحين واحد

الشكل البيانى رقم (٦) يلخص شرحنا السابق ويسهل علينا إيجاد المعادلة الاستاتيكية التى سنحصل بواسطتها على تحديد موقع محور الخمول وباقى المعادلات والقوانين الخاصة بايجاد سطح أسياخ التسليح وعرض وارتفاع الكمرة وما يلزم لها من كانات وخلافه لتفى بالغرض المقصود

ليكن ب = عرض الكمرة

م م = محور الخمول



شكل رقم ٦

ش = أكبر جهد ضغط للخرسانة أى الضغط عند الطبقة العليا ا ت من العتب

ص = جهد الشد للحديد أو الصلب

ف = بعد محور الخمول عن الظهر الأعلى للقطاع أى المسافة بين (م م) ، (ا ت)

د = الارتفاع العملى للكمرة وهو بعد محور أسياخ التسليح عن الظهر الأعلى للقطاع

و = المسافة بين محور أسياخ الضغط والسطح (ا ت)

ك = محصلة الضغط الكلى للخرسانة وتساوى فى حالة عدم وجود أسياخ فى منطقة الضغط $\left[\frac{ش}{٢} \times ف \times ب\right]$ وهى تمر من مركز ثقل المثلث ا ا ت الذى يبعد عن محور الخمول بمقدار $\frac{٢ ف}{٣}$

ملحوظة : اذا كان داخل منطقة الضغط أسياخ من الحديد حينئذ تساوى المحصلة مجموع الضغط بالخرسانة والحديد و يصير تحديد مركز ثقلها بواسطة المعادلات الاستاتيكية وعادة توضع الأسياخ فى محور ثقل الخرسانة المضغوطة وقد يهمل الفرق ان لم يكن كذلك

ق = محصلة الشد الكلى وتساوى ح (سطح الأسياخ فى منطقة الشد) مضروب فى ص (جهد الشد للحديد) أى ق = ح × ص وأما الخرسانة فى منطقة الشد فتهمل مقاومتها

ر = ذراع العزم أى البعد بين محصلتى الضغط والشد وتساوى (د − $\frac{ف}{٣}$) وذلك فى حالة عدم وجود أسياخ فى منطقة الضغط

ح = سطح أسياخ التسليح فى منطقة الشد

حَ = سطح أسياخ التسليح فى منطقة الضغط

ه = $\frac{\text{سطح أسياخ التسليح فى منطقة الشد}}{\text{سطح قطاع الكمرة}} = \frac{ح}{ب \times د}$ وتسمى **نسبة التسليح**

هـ = $\frac{\text{سطح أسياخ التسليح فى منطقة الضغط}}{\text{سطح قطاع الكمرة}} = \frac{حَ}{ب \times د}$

ن = $\frac{\text{معامل مرونة الصلب أو الحديد}}{\text{معامل مرونة الخرسانة}}$ وقيمتها تتراوح بين ٨ و ١٥ كما ذكرنا وتسمى **بنسبة معامل المرونة**

ى = $\frac{ف}{د} = \frac{\text{بعد محور الحمول عن الظهر الأعلى للكمرة}}{\text{الارتفاع العملى للكمرة}}$

طريقة ايجاد محور الخمول

بواسطة معادلات العزم الاستاتيكية

بفرض القطاع مستطيل : — كما هو معروف من علم مقاومة المواد ان محور الخمول يمر دائمًا من مركز ثقل القطاع وحيث أنه من خواص الثقل المذكور أن يكون مجموع عزم جميع ألياف القطاع حول أى محور يمر منه يساوى صفراً والمعادلة التى تنتج تسمى معادلة العزم الاستاتيكية للقطاع وقد يهمل سطح الخرسانة الواقع فى منطقة الشد ويعتبر سطح الأسياخ (ح) ، (حَ) كأنها خرسانة سطحها قدره (ن × ح) ، (ن × حَ) ومركز ثقلها نفس مركز ثقل الأسياخ (راجع شرحنا الخاص بنسبة معاملى المرونة)

البيان الآتى يسهل علينا إيجاد المعادلة الاستاتيكية للقطاع

أجزاء القطاع	السطح	الذراع	العزم حول محور الخمول
الخرسانة المضغوطة	ف ب	$\frac{ف}{٢}$	$+ \frac{ب\ ف^{٢}}{٢}$
سطح الخرسانة المعادل لسطح الأسياخ المضغوطة	ن حَ	(ف — و)	+ ن حَ (ف — و)
سطح الخرسانة المعادل لسطح الأسياخ المشدودة	ن ح	— (د — ف)	— ن ح (د — ف)

المعادلة :

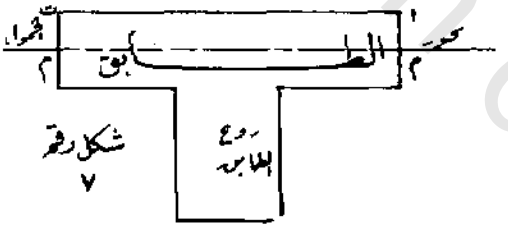
$\frac{1}{2}$ ب ف^{2} + ن ح$'$ (ف — و) — ن ح (د — ف) = صفر معادلة رقم ٦

ومن هذه المعادلة يمكن إيجاد (ف) أى تحديد مركز محور الحمول متى كان القطاع وأسياخ التسليح معلومة

ملحوظة . هذه المعادلة كثيرة الاستعمال فى حالة المراجعة وسنشرح فيما بعد كيفية استعمالها

ومتى كانت الكمرة من شكل الحرف T أى مكونة من جزء من الطابق وروح الكمرة فنكون أمام حالتين :

الحالة الأولى : أن يقع محور الحمول داخل الطابق كما هو مبين بالشكل رقم ٧ وتكون الكمرة فى هذه الحالة أشبه بالكمرات ذات القطاع المستطيل وتستعمل المعادلة السابقة رقم ٦ لتحديد موقع محور الحمول ويكون بها عرض الكمرة (ب) مساويًا لعرض الجزء العلوى (ا ت)

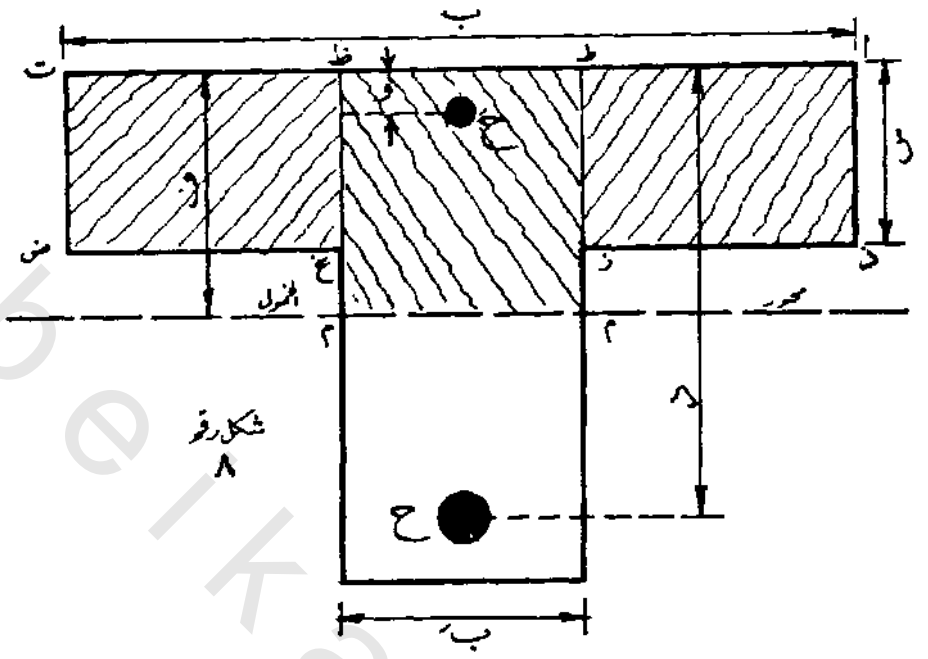


شكل رقم ٧

الحالة الثانية : أن يقع محور الحمول فى روح الكمرة أى متى كانت قيمة (ف) أكبر من سمك الطابق فيكون حينئذ جزء من روح الكمرة فى حالة ضغط و تستخرج معادلة العزم الاستاتيكية من الشكل رقم ٨ ومن البيان الآتى

و س فى الشكل المذكور = سمك الطابق

و ب « « « = عرض روح الكمرة



أجزاء القطاع	السطح	الذراع	العزم حول محور الحمول
المستطيل المضغوط م م ط ظ	ب × ف	$\frac{ف}{٢}$	$+\frac{ب ف^{٢}}{٢}$
مستطيل الأجنحة	(ب − ب) س	$(ف - \frac{س}{٢})$	$+(ب - ب)$ س $(ف - \frac{س}{٢})$
سطح الخرسانة المعادل لسطح الاسياخ المضغوطة	ن ح	(ف − و)	+ ن ح (ف − و)
سطح الخرسانة المعادل لسطح الاسياخ المشدودة	ن ح	−(د − ف)	− ن ح (د − ف)

المعادلة :

$$\frac{ب ف^{٢}}{٢} + (ب - ب) \text{ س } (ف - \frac{س}{٢}) + \text{ن ح } (ف - و) - \text{ن ح } (د - ف) = \text{صفراً} \quad \text{معادلة رقم (٧)}$$

وقد يمكن استخراج النسبة (ى) التى تساوى $\left[\frac{ف}{د}\right]$ من المعادلة رقم ٦ متى كانت النسبة (هـ) التى تساوى $\left[\frac{ح}{ب \times د}\right]$ والنسبة (ها) التى تساوى $\left[\frac{حَ}{ب \times د}\right]$ معلومة

ولنفرض فى الحالة الأولى أنه لا يوجد أسياخ (حَ) فى منطقة الضغط أى أن (حَ) تساوى صفراً فتصبح المعادلة رقم ٦ : —

$\frac{١}{٢}$ ب ف^{٢} — ن ح (د — ف) = صفراً ..... معادلة رقم (٨)

وبضرب كل حد من حدود المعادلة السابقة رقم ٨ بالحد $\left[\frac{٢}{ب\ د^{٢}}\right]$

تنتج المعادلة الآتية : —

$$\frac{ف^{٢}}{د^{٢}} + \frac{٢\ ن\ ح\ ف}{ب\ د^{٢}} - \frac{٢\ ن\ ح\ د}{ب\ د^{٢}} = \text{صفراً}$$

$$\therefore \left[\frac{ف}{د}\right]^{٢} + ٢\ ن \times \frac{ح}{ب\ د} \times \frac{ف}{د} - ٢\ ن \times \frac{حَ}{ب\ د} \times \frac{د}{د} = \text{صفراً}$$

$$\therefore \text{ى}^{٢} + ٢\ ن\ هـ\ \text{ى} - ٢\ ن\ هـ = \text{صفراً}$$

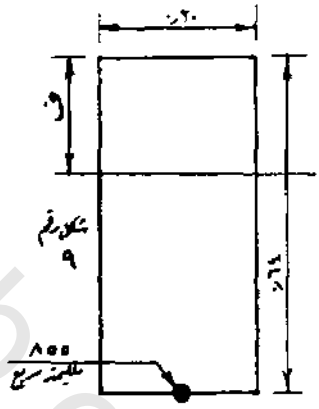
$$\therefore \text{ى} = -\ ن\ هـ + \sqrt{ن^{٢}\ هـ^{٢} + ٢\ ن\ هـ} \quad \ldots\ldots\ldots \text{(معادلة رقم ٩)}$$

وفى حالة وجود أسياخ فى منطقة الضغط تستخرج (ى) بنفس الطريقة السابقة مع اعتبار $\frac{و}{د}$ = يا فتنتج المعادلة الآتية :

$$\text{ى} = -\ ن\ (هـ + ها) + \sqrt{[ن\ (هـ + ها)]^{٢} + ٢\ ن\ (هـ + ها \times \text{يا})}\ .$$

(معادلة رقم ١٠)

[انظر الرموز فيما يختص بـ (ها) صحيفة ٢٠]



(مثـال رقم ٥) : المطلوب ايجاد موقع محور الخمول لقطاع عتب مسلح (أنظر الشكل رقم ٩)

المعاليم : ب (عرض القطـاع) = ٢٠ سنتيمتراً

د (الارتفـاع العملى) = ٦٤ »

ح (سطح أسياخ التسليح) = ٨٫٥٥ » مربعاً

ن (النسبة المفروضة لمعامل المرونة) = ١٢

الحـــل : حيث لا توجد أسياخ فى منطقة الضغط نجرى تطبيق المعادلة رقم (٨)

$$\frac{ب\ ف^{٢}}{٢} - ن\ ح\ (د - ف) = صفراً$$

$$\therefore\ ب\ ف^{٢} + ٢\ ن\ ح\ ف - ٢\ ن\ ح\ د = صفراً$$

$$\therefore\ ٢٠\ ف^{٢} + ٢ \times ١٢ \times ٨٫٥٥ \times ٢\ ف - ٢ \times ١٢ \times ٨٫٥٥ \times ٦٤ = صفراً$$

$$\therefore\ ٢٠\ ف^{٢} + ٢٠٥٫٢\ ف - ١٣١٣٢٫٨ = صفراً$$

$$\therefore\ ف = \frac{-٢٠٥٫٢ + \sqrt{٤٢١٠٧٫٠٤ + ١٠٥٠٦٢٤}}{٤٠}$$

$$\therefore\ ف = \frac{-٢٠٥٫٢ + ١٠٤٥٫٣}{٤٠} = \frac{٨٤٠٫١}{٤٠} = ٢١٫٠٠ \text{ سنتى}$$

أى أن محور الخمول يبعد بمقدار ٢١٫٠٠ سنتيمتراً عن الظهر الأعلى للقطاع

(مثال رقم ٦) المطلوب ايجاد النسبة (ى) لموقع محور الخمول لقطاع عتب مسلح

المعـاليم : ن (نسبة معاملى المرونة) = ١٢

ى (نسبة التسليح للشد) = ٠٫٠٠٦٦٧٩٦

الحـــل : نجرى تطبيق المعادلة رقم ٩

$$ى = - ن \, ه + \sqrt{ن^{٢} \times ه^{٢} + ٢ ن \times ه}$$

$$\therefore ى = - ١٢ \times ٠,٠٠٦٦٧٩٦ + \sqrt{(٠,٠٠٦٦٧٩٦ \times ١٢)^{٢} + ٢ \times ١٢ \times ٠,٠٠٦٦٧٩٦}$$

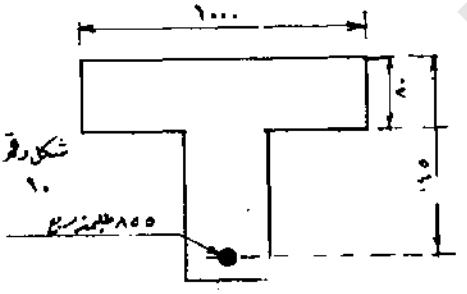
$$\therefore ى = - ٠,٠٨٠١٥٥٢ + \sqrt{٠,١٦٦٧٣٥٢٥٦٠٨٧٠٤}$$

$$\therefore ى = - ٠,٠٨٠١٥٥٢ + ٠,٤٠٨٣٣٢٢ = ٠,٣٢٨١٧٧$$

ملحوظة : ان النسبة ه فى المثال رقم ٥ تساوى $\frac{٨٥٥}{١٢٠٠ و ٦٤٠}$ = ٠,٠٠٦٦٧٩٦

(ن) مفروضة به تساوى ١٢ أى أن المعاليم للمثالين واحد والنسبة (ى) فى المثال رقم ٥ تساوى أيضاً $\frac{٢١}{٦٤}$ = ٠,٣٢٨١

(مثال رقم ٧) المطلوب ايجاد موقع محور الحمول لقطاع كمرة من شكل الحرف T :



المعاليم : ب (عرض القطاع) = ١٠٠٠ مليمتر

د (الارتفاع العملى) = ١٤٥ «

ح (سطح أسياخ الشد) = ٨٥٥ مليمتراً مربعاً

س (سمك الطابق) = ٨٠ «

ن (نسبة معاملى المرونة) = ١٢

الحـــل : نجرى تطبيق المعادلة رقم ٨ صحيفة ٢٤

$$\frac{١}{٢} ب \, ف^{٢} - ن \, ح (د - ف) = صفراً$$

$$\therefore ب \, ف^{٢} + ٢ \times ن \, ح \, ف - ٢ \, ن \, ح \, د = صفراً$$

$$\therefore ١٠٠٠ \, ف^{٢} + ٢ \times ١٢ \times ٨٥٥ \, ف - ٢ \times ١٢ \times ٨٥٥ \times ١٤٥ = صفراً$$

$$\therefore ٥٠ \, ف^{٢} + ١٠٢٦ \, ف - ١٤٨٧٧٠ = صفراً$$

obeikandl.com

$$\therefore \text{ف} = \frac{-٥١٣ + \sqrt{٢٦٣١٦٩ + ٧٤٣٨٥٠٠}}{٥٠}$$

$$\therefore \text{ف} = \frac{-٥١٣ + ٢٧٧٥}{٥٠} = ٤٥,٢ \text{ ملليمتراً}$$

أى أن محور الحمول واقع داخل سمك الطابق حيث أن ف (المسافة بين المحور والطبقة العليا للكمرة) أصغر من س (سمك الطابق) الذى يساوى فى مثالنا هذا ٨٠ ملليمتراً

ملحوظة : اذا وجدت ف (متى كان ايجادها باستعمال المعادلة رقم ٦ أو ٨) اكبر من س يصير حينئذ تطبيق المعادلة رقم (٧) صحيفة ٢٣

والآن قبل البحث فى القوانين اللازمة لتصميم أى قطاع للاعتاب المسلحة لايجاد المجهول منها بواسطة المعاليم المعطاة يجب أن نشرح المعادلات الأخرى الرابطة بينها والمستخرجة من القوانين الاستاتيكية ومن التجارب التى أجريت لمعرفة خواص المواد المستعملة منها تلك الأعتاب المسلحة فمتى كان المطلوب تصميم أى عتب مسلح تعطى عادة المعاليم الآتية : —

أولاً : (ل) طول الفتحة المرتكز عليها العتب

ثانياً : الأحمال التى على هذا العتب وموقعها عليه ومتى كان هذا معلوماً أمكن استخراج اكبر عزم انثناء لهذه الأحمال (ويرمز له بالحرف ع) وهذا العزم يشمل أيضاً عزم انثناء الثقل المفروض للعتب وهـذا الثقل يمكن تقديره بالطرق التقريبية وببعض قوانين تجريبية وسنشرح ذلك فيما بعد

ثالثاً : جهد الشد (ص) لأسياخ التسليح

رابعاً : جهد الضغط (س) للخرسانة

خامساً : (ن) نسبة معاملى المرونة للصلب والخرسانة

فتبقى المجاهيل وهى : —

(١) قطاع الكمرة أى العرض (ب) والارتفاع العملى (د)

(٢) سطح أسياخ التسليح (ح) فى منطقة الشد

(٣) سطح أسياخ التسليح (حَ) فى منطقة الضغط

(٤) موقع محور الخمول

ملحوظة : أسياخ التسليح فى منطقة الضغط لا تستعمل إلاّ للضرورة

ومتى صار ايجاد المجاهيل المذكورة بواسطة القوانين الآتية يمكن فى حالة المراجعة التحقق من أن تكون مقاومة العتب مساوية لعزم الانثناء الأعظم ما يمكن (ع) وبعبارة أخرى يجب أن يكون عزم الانثناء مساويًا لمحصلة جهود الشد مضروبًا فى ذراع العزم أو مساويًا لمحصلة جهود الضغط مضروبًا فى ذراع العزم

∴ عزم الانثناء = محصلة جهود الشد × ذراع العزم = محصلة جهود الضغط × ذراع العزم

ولنشرح القوانين الرابطة بين المعاليم والمجاهيل المذكورة بشرحنا السابق

طريقة تحديد موقع محور الخمول متى كانت المعاليم :

(ص) جهد الشد للحديد أو الصلب

(ش) جهد الضغط للخرسانة

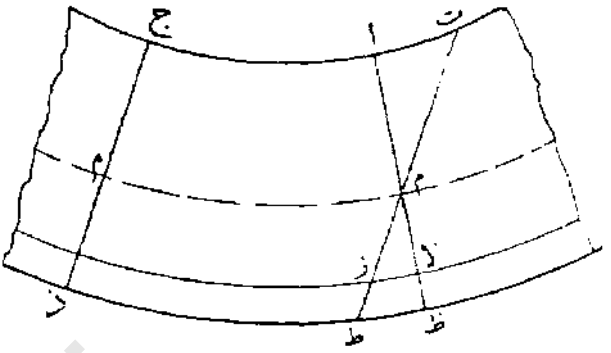
(د) الارتفاع العملى

(ن) نسبة معاملى المرونة

نذكر أولاً لهذه المناسبة الفروض المستعملة فى نظرية الانحناء البسيط والتى تتلخص بالفرضين الأساسيين الآتيين : —

الفرض الأول — اذا كان قطاع أى كمرة مستويًا قبل الانحناء فانهُ يبقى مستويًا بعد تحمل الكمرة وحصول الانحناء

الغرض الثانى — يتناسب الجهد مع التأثير (المراد بالتأثير التمدد والانكماش)



شكل رقم ١١

ولنفرض أن ا ج ذ ظ قطاع طولى من جزء صغير من العتب و (ا ظ) و (ج ذ) قطاعين عرضيين مأخوذين بالقرب من بعضهما هذان القطاعان كانا متوازيين قبل تأثير الحمل على العتب وصارا مائلين على بعضهما بعد التحميل و يتقابلان فى مركز الانثناء وليكن م م مستوى الحمول وطوله لا يتغير ولنرسم من النقطة م (ت ط) موازيًا للخط (ج ذ)

وبما أن التأثيرات والجهود تتناسب مع بعدها عن محور الحمول فمن الشكل البيانى رقم ١١ يمكن بالطرق التخطيطية إيجاد تلك النسبة للجهود والتأثيرات لطبقات القطاع المختلفة وتستخرج تلك النسبة بحسب بعد الطبقات عن محور الحمول وأطوال الخطوط الموازية لذلك المحور داخل المثلثين (م ت ا) و (م ط ظ) المتشابهين وهذا صحيح متى كان العتب من مادة متجانسة فاذا وضعنا أسياخًا سطحها (ح) ومحور ثقلها مار من الطبقة (لا ز) ولكى يمكن اعتبار العتب مكونًا من مادة متجانسة يعتبر حينئذ سطح الأسياخ (ح) كأنهُ سطح مساويًا لـ (ن × ح) من الخرسانة و بعد محور ثقله عن محور الحمول نفس بعد محور ثقل الأسياخ

فاذا كان (لا ز) = جهود الشد للأسياخ فيكون : —

(لا ز) × ن ح = ص × ح أى أن لا ز = $\frac{ص}{ن}$

أى أنه متى صار قياس جهد الشد (لا ز) على الشكل البيانى المذكور يكون هذا المقياس يعادل $\frac{١}{ن}$ من الجهد الحقيقى للأسياخ

وليكن (د) بعد الطبقة (لا ز) عن الطبقة العليا (ا ت) للقطاع و (ف) بعد الطبقة (ا ت) عن محور الحمول .

فمن تشابه المثلثين (م ت ا) و (م لا ز) يحدث : —

$$\frac{(ا\ت)}{(لا\ز)} = \frac{ف}{(د - ف)} = \frac{\text{جهود الضغط بالطبقة (ا ت)}}{\text{جهود الشد بالطبقة (لا ز)}} = \frac{ش}{(\frac{ص}{ن})}$$

∴ ن × ش × د — ن × ش × ف = ص × ف

∴ ص × ف + ن × ش × ف = ن × ش × د

∴ ف = د × $\frac{ن \times ش}{ص + ن \times ش}$ . . . . . معادلة رقم (١١)

∴ $\frac{ف}{د}$ = ى = $\frac{ن \times ش}{ص + ن \times ش}$ . . . . . معادلة رقم (١٢)

طريقة تحديد سطح التسليح : متى تم ايجاد (ف) بعد محور الحمول عن أعلا ظهر العتب وكانت المعاليم :

(ص) جهد الشد للحديد أو الصلب

(ش) جهد الضغط للخرسانة

(د) الارتفاع العملى

(ن) نسبة معاملى المرونة

(ب) عرض العتب

يستخرج أولاً طول ذراع العزم (ر) وهو يساوى

$$ر = د - \frac{ف}{٣} \quad \text{معادلة رقم (١٣)}$$

ثم المحصلة الكلية (ق) لجهود الشد التى تساوى :

$$= \frac{\text{عزم الانثناء}}{\text{ذراع عزم المقاومة}} = \frac{ع}{ر} \quad \text{معادلة رقم (١٤)}$$

ثم سطح أسياخ الشد (ح) ويساوى :

$$ح = \frac{\text{محصلة الشد الكلى}}{\text{جهد الشد}} = \frac{ق}{ص} \quad \text{معادلة رقم (١٥)}$$

ثم محصلة جهود الضغط (ك) للخرسانة وتساوى : —

$$ك = \frac{ش \times ف \times ب}{٢} \quad \text{معادلة رقم (١٦)}$$

انظر شرحنا السابق صحيفة ١٧

ويستخرج سطح الأسياخ (حَ) لمنطقة الضغط من المعادلة (رقم ٦ صحيفة ٢٢)

$$\frac{١}{٢} ب\ ف^{٢} + ن\ حَ\ (ف - و) - ن\ ح\ (د - ف) = \text{صفر}$$

وفى هذه المعادلة صار معلوماً (ف) ، (ح) ، (د) مع فرض (و) وهى بعد محور أسياخ الضغط عن السطح الأعلى للعتب

ومن المعادلات السابقة رقم (١٣) ، (١٤) ، (١٥) ، (١٦) تستخرج المعادلات الآتية : —

$$ق = ك = \frac{ع}{ر} = \frac{ع}{د - \frac{ف}{٣}} = \frac{٣\ ع}{٣\ د - ف} \quad \text{معادلة رقم (١٧)}$$

$$\text{أى أن } ق = ك = \frac{٣\ ع}{٣\ د - ف} = \frac{ش \times ف \times ب}{٢} = ص \times ح$$

واذا استبدلنا فى المعادلة السابقة (ف) بما يعادلها (ى × د) انظر صحيفة ٢٠ تنتج المعادلة الآتية :

$$\frac{٣\ ع}{د\ (٣ - ى)} = \frac{ش \times ب \times ى \times د}{٢} = ص \times ح \text{ . معادلة رقم (١٨)}$$

و بقسمة حدود المعادلة الأخيرة رقم (١٨) على (ب × د) تنتج المعادلة الآتية :

$$\frac{ع}{ب \times د^{٢}} \times \frac{٣}{٣ - ى} = \frac{ش \times ى}{٢} = ص \times \frac{ح}{ب \times د} \text{ معادلة رقم (١٩)}$$

ولتكن (ما) $= \frac{ع}{ب\ د^{٢}}$ وتسمى هذه النسبة **بعزم الوحدة**

أى أن د $= \sqrt{\frac{ع}{ب \times ما}} = \sqrt{\frac{\text{عزم الانثناء}}{\text{عرض الكمرة} \times ما}}$ معادلة رقم (٢٠)

ولتكن (ه) $= \frac{ح}{ب \times د}$ وتسمى **نسبة النسليح للشد**

فتصبح المعادلة رقم (١٩) بعد استبدال الحدين $\left[\frac{ع}{ب د^{٢}}\right]$ و $\left[\frac{ح}{ب\ د}\right]$ بما يعادلها أعلاه كالآتى :

$$(ما) \times \frac{٣}{٣ - ى} = \frac{ش\ ى}{٢} = ص\ ه$$

$$\therefore \quad ه = \frac{ش}{٢\ ص} \times ى \text{ . . . . . معادلة رقم (٢١)}$$

$$\text{و} \quad (ما) = \frac{١}{٦} \times ش \times ى \times (٣ - ى) \text{ . . معادلة رقم (٢٢)}$$

ومن المعادلات السابقة رقم (١٢) ، (٢١) ، (٢٢) يستخرج سطح التسليح (ح) لأسياخ الشد والارتفاع العملى (د) للقطاع مع ملاحظة أن :

$$ح = ه \times ب \times د \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{معادلة رقم (٢٣)}$$

وقد تكتب أحيانًا المعادلة السابقة رقم (٢٠) بالطريقة الآتية :

$$د = \sqrt{\frac{ع}{ب \times ما}} = \sqrt{\frac{ع}{ب}} \times \frac{١}{\sqrt{ما}} \quad \ldots \text{معادلة رقم (٢٤)}$$

وقد يحسب سطح أسياخ الشد بواسطة المعادلة الآتية :

$$ح = ه \times \frac{١}{\sqrt{ما}} \times \sqrt{ع \times ب} \quad \ldots\ldots\ldots \text{معادلة رقم (٢٥)}$$

وهى المستخرجة من المعادلتين رقم (٢٣) ، (٢٤) بالطريقة الآتية :

$$ح = ه \times ب \times د = ه \times ب \times \frac{١}{\sqrt{ما}} \times \sqrt{\frac{ع}{ب}}$$

$$= ه \times \frac{١}{\sqrt{ما}} \times \sqrt{\frac{ع\,ب^{٢}}{ب}}$$

$$\therefore \quad ح = ه \times \frac{١}{\sqrt{ما}} \times \sqrt{ع \times ب}$$

وبواسطة هذه المعادلات يمكن حساب الكمرات المصنوعة من الخرسانة المسلحة وحيث أن الجهود المسموحة (ص) لشد الحديد ، (ش) لضغط الخرسانة ليست متعددة بل محدودة فقد عملت الجداول رقم (٦) ، (٧) ، (٨) ومنها تستخرج (ى) ، $\left[\frac{ش}{د}\right]$ ، (ه) ، (ما) ، $\left[\frac{١}{\sqrt{ما}}\right]$ ، $\left[ه \times \frac{١}{\sqrt{ما}}\right]$ متى كانت المعاليم : (ش) ، (ص) وكانت (ن) مفروضة وصار حساب الجداول الثلاثة المذكورة كالآتى : —

(١) النسبة (ى) حسبت بواسطة المعادلة رقم (١٢) صحيفة (٣٠)

(٢) النسبة $\left[\frac{ر}{د}\right]$ استخرجت من المعادلة رقم (١٣) صحيفة (٣١) بالطريقة الآتية :

$$\frac{ر}{د} = \frac{د - \frac{ف}{٣}}{د} = \frac{د}{د} - \frac{١}{٣} \times \frac{ف}{د} = ١ - \frac{ى}{٣}$$

(٣) النسبة (ه) أى $\frac{\text{سطح اسياخ الشد}}{\text{سطح القطاع}}$ حسبت بواسطة المعادلة رقم (٢١)

$$\text{أى } ه = \frac{ش \times ى}{ص \times ٢}$$

(٤) المعامل (ما) ويحسب من المعادلة رقم (٢٢) صحيفة (٣٢) :

$$ما = \frac{١}{٦} \times ش \times ى \ (٣ - ى)$$

(٥) المعامل $\left[\frac{١}{\sqrt{ما}}\right]$ ويستعمل بالمعادلة رقم (٢٤) لحساب الارتفاع العملى (د)

(٦) المعامل $\left[ه \times \frac{١}{\sqrt{ما}}\right]$ ويستعمل بالمعادلة رقم (٢٥) لحساب (ح) سطح اسياخ الشد .

جـــدول رقم (٦)

(ن) نسبة معاملي المرونة = ١٠

(ع) بالكيلو جرام على سم٢	(ع) بالكيلو جرام على سم٢	(ى)	$\left[\frac{ر}{د}\right]$	(هـ)	(ما)	$\frac{١}{\sqrt{ما}}$	هـ × $\frac{١}{\sqrt{ما}}$
٨	٣٠	٠,٢٧٢٧	٠,٩٠٩١	٠,٠٠٥١١	٣,٧١٩	٥,١٨٥	٢٦,٤٩٥
	٣٥	٠,٣٠٤٣	٠,٨٩٨٨	٠,٠٠٦٦٦	٤,٧٨٥	٤,٥٧١	٣٠,٤٤٢
	٤٠	٠,٣٣٣٣	٠,٨٨٨٩	٠,٠٠٨٣٣	٥,٩٢٥	٤,١٠٨	٣٤,٢١٩
	٤٥	٠,٣٦٠٠	٠,٨٨٠٠	٠,٠١٠١٠	٧,١٢٨	٣,٧٤٥	٣٧,٨٢٤
	٥٠	٠,٣٨٤٦	٠,٨٧١٦	٠,٠١٢٠١	٨,٣٨٢	٣,٤٥٤	٤١,٤٨٢
٩	٣٠	٠,٢٥٠٠	٠,٩١٦٧	٠,٠٠٤١٧	٣,٤٣٧	٥,٣٩٥	٢٢,٤٩٧
	٣٥	٠,٢٨٠٠	٠,٩٠٦٧	٠,٠٠٥٤٤	٤,٤٤٣	٤,٧٤٤	٢٥,٨٠٧
	٤٠	٠,٣٠٧٧	٠,٨٩٧٤	٠,٠٠٦٨٤	٥,٥٢٣	٤,٢٥٥	٢٩,١٠٤
	٤٥	٠,٣٣٣٣	٠,٨٨٨٩	٠,٠٠٨٣٣	٦,٦٦٦	٣,٨٧٣	٣٢,٢٦٢
	٥٠	٠,٣٥٧٦	٠,٨٨٠٨	٠,٠٠٩٩٣	٧,٨٧٤	٣,٥٦٤	٣٥,٣٨٦
١٠	٣٠	٠,٢٣٠٨	٠,٩٢٣١	٠,٠٠٣٤٦	٣,١٩٦	٥,٥٩٤	١٩,٣٥٥
	٣٥	٠,٢٥٩٢	٠,٩١٣٦	٠,٠٠٤٥٤	٤,١٤٤	٤,٩١٢	٢٢,٣٠٠
	٤٠	٠,٢٨٥٧	٠,٩٠٤٨	٠,٠٠٥٧١	٥,١٧٠	٤,٣٩٨	٢٥,١١٢
	٤٥	٠,٣١٠٣	٠,٨٩٦٦	٠,٠٠٦٩٨	٦,٢٦٠	٣,٩٩٧	٢٧,٨٩٩
	٥٠	٠,٣٣٣٣	٠,٨٨٨٩	٠,٠٠٨٣٣	٧,٤٠٧	٣,٦٧٢	٣٠,٦٠٤
١١	٣٠	٠,٢١٤٣	٠,٩٢٨٦	٠,٠٠٢٩٢	٢,٩٨٥	٥,٧٨٨	١٦,٩٠١
	٣٥	٠,٢٤١٤	٠,٩١٩٥	٠,٠٠٣٨٢	٣,٨٨٥	٥,٠٧٣	١٩,٤٨٠
	٤٠	٠,٢٦٦٧	٠,٩١١٢	٠,٠٠٤٨٥	٤,٨٦٠	٤,٥٣٦	٢٢,٠٠٠
	٤٥	٠,٢٩٠٣	٠,٩٠٣٢	٠,٠٠٥٩٤	٥,٩٠٠	٤,١١٧	٢٤,٤٥٥
	٥٠	٠,٣١٢٥	٠,٨٩٥٨	٠,٠٠٧١٠	٦,٩٩٩	٣,٧٨٠	٢٦,٨٣٨
١٢	٣٠	٠,٢٠٠٠	٠,٩٣٣٣	٠,٠٠٢٥٠	٢,٨٠٠	٥,٩٧٦	١٤,٩٤٠
	٣٥	٠,٢٢٥٨	٠,٩٢٤٧	٠,٠٠٣٢٩	٣,٦٥٤	٥,٢٣١	١٧,٢١٠
	٤٠	٠,٢٥٠٠	٠,٩١٦٧	٠,٠٠٤١٧	٤,٥٨٣	٤,٦٧١	١٩,٤٧٨
	٤٥	٠,٢٧٢٧	٠,٩٠٩١	٠,٠٠٥١١	٥,٥٧٨	٤,٢٣٤	٢١,٦٣٦
	٥٠	٠,٢٩٤١	٠,٩٠١٩	٠,٠٠٦١٣	٦,٦٣٢	٣,٨٨٣	٢٣,٨٠٣

جـــدول رقم (٧)

(ن) نسبة معاملى المرونة = ١٢

(ع) بالكيلو جرام على سم٢	(ب) بالكيلو جرام على سم٢	(ى)	[ر / د]	(هـ)	(ما)	١ / √ ما	هـ × ١ / √ ما
٨	٣٠	٠,٣١٠٣	٠,٨٩٦٩	٠,٠٠٥٨٢	٤,١٧٣	٤,٨٩٥	٢٨,٤٨٩
	٣٥	٠,٣٤٤٣	٠,٨٨٥٦	٠,٠٠٧٥٣	٥,٣٣٤	٤,٣٣٠	٣٢,٦٠٥
	٤٠	٠,٣٧٥٠	٠,٨٧٥٠	٠,٠٠٩٣٨	٦,٥٦٢	٣,٩٠٤	٣٦,٦١٩
	٤٥	٠,٤٠٣٠	٠,٨٦٥٧	٠,٠١١٣٣	٧,٨٤٩	٣,٥٦٩	٤٠,٤٣٧
	٥٠	٠,٤٢٩٦	٠,٨٥٦٨	٠,٠١٣٤٢	٩,٢٠٢	٣,٢٩٧	٤٤,٢٤٦
٩	٣٠	٠,٢٨٥٧	٠,٩٠٤٨	٠,٠٠٤٧٦	٣,٨٧٧	٥,٠٧٩	٢٤,١٧٦
	٣٥	٠,٣١٨٢	٠,٨٩٣٩	٠,٠٠٦١٩	٤,٩٧٨	٤,٤٨٢	٢٧,٧٤٤
	٤٠	٠,٣٤٧٨	٠,٨٨٤٠	٠,٠٠٧٧٣	٦,١٥٠	٤,٠٣٢	٣١,١٦٧
	٤٥	٠,٣٧٥٠	٠,٨٧٥٠	٠,٠٠٩٣٧	٧,٣٨٣	٣,٦٨٠	٣٤,٤٨٢
	٥٠	٠,٤٠٠٠	٠,٨٦٦٧	٠,٠١١١٠	٨,٦٦٧	٣,٣٩٧	٣٧,٧٠٧
١٠	٣٠	٠,٢٦٤٧	٠,٩١١٨	٠,٠٠٣٩٧	٣,٦٢٠	٥,٢٥٦	٢٠,٨٦٦
	٣٥	٠,٢٩٥٨	٠,٩٠١٤	٠,٠٠٥١٨	٤,٦٦٦	٤,٦٢٩	٢٣,٩٧٨
	٤٠	٠,٣٢٣٨	٠,٨٩٢١	٠,٠٠٦٤٩	٥,٧٧٧	٤,١٦١	٢٧,٠٠٥
	٤٥	٠,٣٥٠٦	٠,٨٨٣١	٠,٠٠٧٨٩	٦,٩٥٥	٣,٧٩٢	٢٩,٩١٢
	٥٠	٠,٣٧٥٠	٠,٨٧٥٠	٠,٠٠٩٣٨	٨,٢٠٣	٣,٤٩١	٣٢,٧٤٦
١١	٣٠	٠,٢٤٦٦	٠,٩١٧٨	٠,٠٠٣٣٦	٣,٣٩٥	٥,٤٢٧	١٨,٢٣٤
	٣٥	٠,٢٧٦٣	٠,٩٠٧٩	٠,٠٠٤٤٠	٤,٣٩٠	٤,٧٧٣	٢١,٠٠١
	٤٠	٠,٣٠٣٨	٠,٨٩٨٧	٠,٠٠٥٥٢	٥,٤٦١	٤,٢٧٩	٢٣,٦٢٠
	٤٥	٠,٣٢٩٣	٠,٨٩٠٢	٠,٠٠٦٧٤	٦,٥٩٦	٣,٨٩٤	٢٦,٢٤٦
	٥٠	٠,٣٥٢٩	٠,٨٨٢٣	٠,٠٠٨٠٢	٧,٧٨٥	٣,٥٨٤	٢٨,٧٤٤
١٢	٣٠	٠,٢٣٠٨	٠,٩٢٣١	٠,٠٠٢٨٨	٣,١٩٦	٥,٥٩٤	١٦,١١١
	٣٥	٠,٢٥٩٢	٠,٩١٣٦	٠,٠٠٣٧٨	٤,١٤٤	٤,٩١٢	١٨,٥٦٧
	٤٠	٠,٢٨٥٧	٠,٩٠٤٧	٠,٠٠٤٧٦	٥,١٧٠	٤,٣٩٨	٢٠,٩٣٤
	٤٥	٠,٣١٠٣	٠,٨٩٦٦	٠,٠٠٥٨٢	٦,٢٦٠	٣,٩٩٧	٢٣,٢٦٣
	٥٠	٠,٣٣٣٣	٠,٨٨٨٩	٠,٠٠٦٩٤	٧,٤٠٧	٣,٦٧٤	٢٥,٤٩٨

جـــدول رقم (٨)

(ن) نسبة معامِلى المرونة = ١٥

(ع) بالكيلو جرام	(ب) بالكيلو جرام	(ى)	$\left[\frac{ر}{د}\right]$	(هـ)	(ما)	$\frac{١}{\sqrt{ما}}$	هـ × $\frac{١}{\sqrt{ما}}$
٨	٣٠	٠٫٣٦٠٠	٠٫٨٨٠٠	٠٫٠٠٦٧٥	٤٫٧٥٢	٤٫٥٨٧	٣٠٫٩٦٤
	٣٥	٠٫٣٩٦٢	٠٫٨٦٧٩	٠٫٠٠٨٦٧	٦٫٠١٩	٤٫٠٧٦	٣٥٫٣٣٨
	٤٠	٠٫٤٢٨٦	٠٫٨٥٧١	٠٫٠١٠٧١	٧٫٣٤٧	٣٫٦٨٩	٣٩٫٥١٣
	٤٥	٠٫٤٥٧٦	٠٫٨٤٧٥	٠٫٠١٢٨٧	٨٫٧٢٥	٣٫٣٨٥	٤٣٫٥٦٩
	٥٠	٠٫٤٨٣٩	٠٫٨٣٨٧	٠٫٠١٥١٢	١٠٫١٤٥	٣٫١٣٩	٤٧٫٤٦٩
٩	٣٠	٠٫٣٣٣٣	٠٫٨٨٨٩	٠٫٠٠٥٥٥	٤٫٤٥٤	٤٫٧٣٨	٢٦٫٢٩٦
	٣٥	٠٫٣٦٨٤	٠٫٨٧٧٢	٠٫٠٠٧١٦	٥٫٦٥٥	٤٫٢٠٥	٣٠٫١٠٨
	٤٠	٠٫٤٠٠٠	٠٫٨٦٦٧	٠٫٠٠٨٨٩	٦٫٩٣٣	٣٫٧٩٨	٣٣٫٧٦٣
	٤٥	٠٫٤٢٨٦	٠٫٨٥٧١	٠٫٠١٠٧١	٨٫٢٤٧	٣٫٤٨٢	٣٧٫٢٩٤
	٥٠	٠٫٤٥٤٥	٠٫٨٤٨٥	٠٫٠١٢٦٢	٩٫٦٤٢	٣٫٢٢١	٤٠٫٦٤٤
١٠	٣٠	٠٫٣١٠٣	٠٫٩٧٦٦	٠٫٠٠٤٦٥	٤٫١٨٣	٤٫٨٨٩	٢٢٫٧٣٦
	٣٥	٠٫٣٤٤٣	٠٫٨٨٥٢	٠٫٠٠٦٠٢	٥٫٣٣٤	٤٫٣٣٠	٢٦٫٠٦٦
	٤٠	٠٫٣٧٥٠	٠٫٨٧٥٠	٠٫٠٠٧٥٠	٦٫٥٦٢	٣٫٩٠٤	٢٩٫٢٧٨
	٤٥	٠٫٤٠٣٠	٠٫٨٦٥٧	٠٫٠٠٩٠٧	٧٫٨٤٩	٣٫٥٦٩	٣٢٫٣٧٣
	٥٠	٠٫٤٢٨٦	٠٫٨٥٧٢	٠٫٠١٠٧١	٩٫١٨٤	٣٫٣٠٠	٣٥٫٣٤١
١١	٣٠	٠٫٢٩٠٣	٠٫٩٠٣٣	٠٫٠٠٣٩٦	٣٫٩٣٣	٥٫٠٤٢	١٩٫٩٦٧
	٣٥	٠٫٣٢٣١	٠٫٨٩٢٣	٠٫٠٠٥١٤	٥٫٠٤٥	٤٫٤٥٢	٢٢٫٨٨٣
	٤٠	٠٫٣٥٢٩	٠٫٨٨٢٤	٠٫٠٠٦٤٢	٦٫٢٢٧	٤٫٠٠٧	٢٥٫٧٢٧
	٤٥	٠٫٣٨٠٣	٠٫٨٧٣٣	٠٫٠٠٧٧٨	٧٫٤٧٢	٣٫٦٥٨	٢٨٫٤٦١
	٥٠	٠٫٤٠٥٤	٠٫٨٦٢٩	٠٫٠٠٩٢١	٨٫٧٦٥	٣٫٣٧٨	٣١٫١٠٨
١٢	٣٠	٠٫٢٧٢٧	٠٫٩٠٩١	٠٫٠٠٣٤١	٣٫٧١٩	٥٫١٨٦	١٧٫٦٨٣
	٣٥	٠٫٣٠٤٣	٠٫٨٩٨٦	٠٫٠٠٤٤٤	٤٫٧٨٥	٤٫٥٧١	٢٠٫٢٩٧
	٤٠	٠٫٣٣٣٣	٠٫٨٨٨٩	٠٫٠٠٥٥٥	٥٫٩٢٥	٤٫١٠٨	٢٢٫٨٠٠
	٤٥	٠٫٣٦٠٠	٠٫٨٨٠٠	٠٫٠٠٦٧٥	٧٫١٢٨	٣٫٧٤٥	٢٥٫٢٨٢
	٥٠	٠٫٣٨٤٦	٠٫٨٧١٨	٠٫٠٠٨٠١	٨٫٣٨٢	٣٫٤٥٤	٢٧٫٦٦٦

(مثال رقم ٨) المطلوب حساب محصلة الشد (ق) ومحصلة الضغط (ك) وكذا جهد الشد للحديد (ص) وجهد الضغط للخرسانة (ش) لقطاع عتب من الخرسانة المسلحة متى كانت المعاليم :

أكبر عزم انثناء (ع) = ٢٥٠٠ كيلوجرام متراً

عرض القطاع (ب) = ٢٠ سنتيمتراً

الارتفاع العملى (د) = ٤٨ سنتيمتراً

سطح أسياخ الحديد فى منطقة الشد (ح) = ٤٫٨٣ سنتيمتراً مربعاً

نسبة معاملى المرونة (ن) = ١٠

الحـــل : حيث لا يوجد أسياخ فى منطقة الضغط نجرى تطبيق المعادلة رقم (٨) صحيفة ٢٤ لإيجاد موقع محور الحمول :

$$\frac{1}{2} \text{ ب ف}^2 - \text{ن ح (د - ف)} = \text{صفراً}$$

$$\therefore \frac{1}{2} \times ٢٠ \times \text{ف}^2 - ١٠ \times ٤٫٨٣ (٤٨ - \text{ف}) = \text{صفراً}$$

$$\therefore \text{ف}^2 - ٢٣١٫٨٤ + ٤٫٨٣ \text{ ف} = \text{صفراً}$$

$$\therefore \text{ف}^2 + ٤٫٨٣ \text{ ف} - ٢٣١٫٨٤ = \text{صفراً}$$

$$\therefore \text{ف} = \frac{-٤٫٨٣ + \sqrt{(٤٫٨٣)^2 + ٤ \times ٢٣١٫٨٤}}{٢}$$

$$\therefore \text{ف} = \frac{-٤٫٨٣ + \sqrt{٢٣٫٣٢٨٩ + ٩٢٧٫٣٦}}{٢}$$

$$\therefore \text{ف} = \frac{-٤٫٨٣ + \sqrt{٩٥٠٫٦٨٨٩}}{٢} = \frac{-٤٫٨٣ + ٣٠٫٨٣٣٢}{٢}$$

$$= ١٣٫٠٠ \text{ سنتيمتراً}$$

أى أن محور الخمول يبعد ١٣ سنتيمتراً عن الظهر الأعلى للعتب

∴ ب (ذراع العزم) أنظر المعادلة رقم (١٣) صحيفة (٣١) = د − $\frac{ف}{٣}$

= ٤٨ − $\frac{١٣}{٣}$ = ٤٣٫٦٧ سنتيمتراً

ق (محصلة الشد) أنظر المعادلة رقم (١٤) صحيفة (٣١) = $\frac{ع \text{ (عزم الانثناء)}}{د \text{ (ذراع العزم)}}$

= $\frac{٢٥٠٠ \text{ كيلوجرام متر}}{٠٫٤٣٦٧ \text{ متر}}$ = ٥٧٢٤٫٧ كيلوجراماً

ك (محصلة الضغط) = ق (محصلة الشد) = ٥٧٢٤٫٧ كيلوجراماً

ص (جهد الشد) تستخرج من المعادلة رقم (١٥) صحيفة (٢١)

ح = $\frac{ق}{ص}$ أى ص = $\frac{ق \text{ (محصلة الشد)}}{ح \text{ (سطح الأسياخ فى منطقة الشد)}}$

∴ ص = $\frac{٥٧٢٤٫٧ \text{ كيلوجرام}}{٤٨٣ \text{ مليمتر مربع}}$ = ١١٫٨٥ كيلوجراماً للمليمتر المربع

ش (جهد الضغط) تستخرج من المعادلة رقم (١٦) صحيفة (٣١)

∴ ك = $\frac{ش \times ف \times ب}{٢}$ أى ش = $\frac{٢ ك}{ف \times ب}$

∴ ش = $\frac{٢ \times ٥٧٢٤٫٧}{١٣ \times ٢٠}$ = ٤٤٫٠٣ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع

obeikandl.com

(مثال رقم ٩) المطلوب إيجاد الآتى :

النسبة (ى) أى $\frac{\text{بعد محور الخمول عن الظهر الأعلى للعتب}}{\text{الارتفاع العملى}}$

النسبة (ه) وهى نسبة التسليح لأسياخ الشد وتساوى $\frac{\text{سطح أسياخ الشد}}{\text{قطاع العتب}}$

عزم الوحدة (ما)

المعاليم : ن (نسبة معاملى المرونة) = ١٢

ش (جهد الضغط للخرسانة) = ٣٠ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع

ص (جهد الشد للحديد) = ١٢ كيلوجراماً للمليمتر المربع

أى ١٢٠٠ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع

الحل :

(١) تستخرج (ى) من المعادلة رقم (١٢) صحيفة (٣٠)

$$ى = \frac{ن \times ش}{ص + ن \times س} = \frac{١٢ \times ٣٠}{١٢٠٠ + ١٢ \times ٣٠} = ٠,٢٣٠٧٦٩ \text{ ليكن } ٠,٢٣٠٨$$

(٢) نستخرج (ه) من المعادلة رقم (٢١) صحيفة (٣٢)

$$ه = \frac{ش}{٢ \times ص} \times ى = \frac{٣٠}{٢ \times ١٢٠٠} \times ٠,٢٣٠٨ = ٠,٠٠٢٨٨$$

(٣) يستخرج عزم الوحدة (ما) من المعادلة رقم (٢٢) صحيفة (٣٢)

$$ما = \frac{١}{٦} \times ش \times ى (٣ - ى)$$

$$\therefore ما = \frac{١}{٦} \times ٣٠ \times ٠,٢٣٠٨ (٣ - ٠,٢٣٠٨) = ٣,١٩٥٦ \text{ ليكن } ٣,١٩٦$$

ملحوظة : أنظر الجدول رقم (٧) صحيفة (٣٦) ومنه تستخرج نفس النتيجة قرين المعاليم المعطاة

(مثال رقم ١٠) المطلوب تصميم طابق من الخرسانة المسلحة مرتكزاً على فتحة اتساعها ٣٫٢٠ متراً وعليه حمل موزع بانتظام ثقله ٦٠٠ كيلوجرام لكل متر مربع بما فيه وزن الطابق .

المعاليم المفروضة : ص (جهد الشد للأسياخ) = ١٠ كيلوجراماً للمليمتر المربع

ش (جهد الضغط للخرسانة) = ٤٠ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع

ن (نسبة معامل المرونة) = ١٠

الحـــل :

عزم الانثناء الأعظم (باعتبار عرض الطابق متراً) = ع = $\frac{٦٠٠ \times (٣٫٢٠)^{٢}}{٨}$

= ٧٦٨ كيلوجرام متر

الارتفاع العملى (د) = $\sqrt{\frac{\text{ع}}{\text{ب} \times \text{ما}}}$ [معادلة رقم (٢٠) صحيفة (٣٢)]

= $\sqrt{\frac{٧٦٨}{١ \times ٥٫١٧٠}}$ = ١٢٫١ سنتيمتراً

سطح أسياخ التسليح (ح) يساوى ه × ب × د [أنظر المعادلة رقم(٢٣)صحيفة (٣٣)]

∴ ح = ٠٫٠٠٥٧١ × ١٠٠٠ × ١٢١ = ٦٩٥ مليمتراً مربعاً

وقد صار إيجاد قيمة (ما) ، (ه) من الجدول رقم (٦) صحيفة (٣٥) قرين المعاليم المفروضة أعلاه (ص) ، (ش) ، (ن)

سمك الطابق أى ارتفاعه الكلى يساوى الارتفاع العملى وهو ١٢١ مليمتراً مضافاً اليه ٢٠ مليمتراً تقريباً فيكون فى مثالنا هذا مساوياً لـ ١٤ سنتيمتراً

سطح أسياخ التسليح يجب أن تكون مساوية على الأقل لـ ٦٩٥ مليمتراً مربعاً ولكن الأسياخ التى يمكن استعمالها والتى مجموع سطحها يقرب من هذا المقدار هى :

١٠ أسياخ قطر $\frac{٣}{٨}$ البوصة فى المتر الطولى وسطحها = ٧١٣ مليمتراً مربعاً

أو ٦ أسياخ قطر $\frac{١}{٢}$ بوصة فى المتر الطولى وسطحها = ٧٦٠ مليمتراً مربعاً

(أنظر الجدول رقم (١) لايجاد سطح أسياخ التسليح)

(مثال رقم ١١) المطلوب تصميم كمرة من الخرسانة المسلحة ذات قطاع مستطيل

المعـــاليم :

ل (فتحة الكمرة أى المسافة بين الحائطين المرتكزة عليهما الكمرة) = ٥ متراً

ب (عرض الكمرة) = ٠٫٢٢ متراً

ش (جهد الضغط للخرسانة) = ٤٠ كيلوجراماً على السنتيمتر المربع

ص (جهد الشد للحديد) = ١٢ كيلوجراماً للمليمتر المربع

ن (نسبة معاملى المرونة) = ١٠

الحمل الموزع بانتظام = ٨٠٠ كيلوجراماً بالمتر الطولى بما فيه وزن خرسانة الكمرة

الحـــــل :

أكبر عزم انثناء (ع) = $\frac{٨٠٠ \times (٥)^{٢}}{٨}$ = ٢٥٠٠ كيلوجراماً متراً

من الجدول رقم (٦) صحيفة (٣٥) قرين الجهود المفروضة أعلاه نستخرج :

(ى) = ٠٫٢٥ (ما) = ٤٫٥٨٣ (ﻫ) = ٠٫٠٠٤١٧

∴ د (الارتفاع العملى) = $\sqrt{\frac{٢٥٠٠}{٠٫٢٢ \times ٤٫٥٨٣}}$ = ٤٩٫٧٩ ليكن

٤٩٫٨ سنتيمتراً (أنظر المعادلة رقم ٢٠ صحيفة ٣٢)

ح (سطح أسياخ الشد) = ﻫ × ب × د

= ٠٫٠٠٤١٧ × ٢٢٠ × ٤٩٨ = ٤٥٦٫٨٦ مليمتراً مربعاً

(أنظر المعادلة رقم ٢٣ صحيفة ٣٣)

واذا وضعنا ٣ أسياخ من قطر $\frac{٩}{١٦}$ بوصة يكون سطحها مساويا لـ ٤٨٢ مليمتراً مربعاً وهو أقرب سطح لـ (ح) المحسوبة أعلاه

الاعتاب ذات الارتفاع المفروضه

ببحثنا السابق قد درسنا الطريقة المباشرة لحساب الارتفاع العملى (د) لقطاع عتب مسلح متى كان أكبر عزم للانثناء (ع) معلومًا ومتى كانت الجهود (ص) و (ش) مفروضة ولكن قد يكون أحيانًا المعلوم ارتفاع وعرض القطاع وكذا (ع) أكبر عزم للانثناء مع فرض جهد الشد للأسياخ (ص) ويكون المطلوب حينئذ ايجاد سطح التسليح (ح) ومعرفة جهد الضغط للخرسانة (ش) وفى هذه الحالة يشترط عند ايجاد (ش) ألا تكون أكبر من جهد الأمن المسموح لضغط الخرسانة وإلاّ يجب أخذ (ب) عرض العتب أو (د) الارتفاع العملى أكبر مما كانت مفروضة أو وضع أسياخ فى منطقة الضغط اذا لم يكن من المتيسر تغيير (ب) أو (د)

لنشرح أولاً بعض المعادلات الرابطة بين عزم القصور الذاتى وعزمى الانثناء والمقاومة حتى يمكننا ايجاد بعض المعادلات التى تسهل علينا معرفة جهد ضغط الخرسانة (ش) وتحديد التسليح اللازم لقطاع عتب ذات ارتفاع مفروض متى كان أكبر عزم للانثناء معلومًا

ولنرمز بالحرف (I) لعزم القصور الذاتى حول محور الحمول لسطح قطاع عتب عرضه (ب) وارتفاعه العملى (د)

فمن علم مقاومة المواد نذكر القانون الآتى :

عزم الانثناء يساوى الشدة فوق القشرة الخارجية مضروبًا فى عزم القصور الذاتى مقسومًا على أبعد بعد عن محور الحمول أى أن :

$$ع = \frac{ش}{ف} \times I \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{ معادلة رقم (٣٦)}$$

ولكن $\frac{ف}{د - ف} = \frac{ش}{\left[\frac{ص}{ن}\right]} = \frac{ن\,ش}{ص}$ (أنظر صحيفة ٣٠)

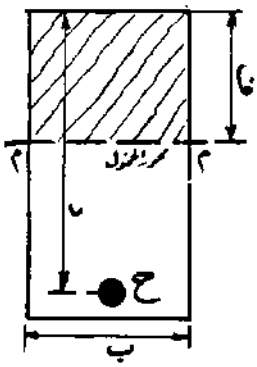
أى أن $\frac{ش}{ف} = \frac{ص}{ن\,(د - ف)}$

فاذا استبدلنا فى المعادلة رقم (٢٦) الحد $\left[\frac{ش}{ف}\right]$ بما يعادله $\left[\frac{ص}{ن\,(د - ف)}\right]$

تنتج المعادلة الآتية :

$$ع = \frac{ص\ I}{ن\,(د - ف)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{ معادلة رقم (٢٧)}$$

ولنشرح الآن كيفية حساب عزم القصور الذاتى (I) حول محور الخمول لقطاع عرضه (ب) وارتفاعه (د) وبه أسياخ شد سطحها (ح) مع فرض (ن) النسبة لمعاملى المرونة وليكن (م م) محور الخمول ، (ف) بعده عن القشرة العليا للقطاع فان (I) عزم القصور الذاتى يساوى مجموع الآتى :



شكل رقم (١٢)

(١) عزم القصور الذاتى للسطح المضغوط أعلا محور الخمول وهو يساوى $\frac{ب\ ف^{٣}}{٣}$

(٢) عزم القصور الذاتى لسطح الأسياخ $(ح) = ن\ ح\ (د - ف)^{٢}$ وقد يحسب العزم المذكور باستبدال السطح (ح) للحديد بسطح خرسانة قدره (ن ح)

ملحوظة : قد يهمل عزم القصور الذاتى للخرسانة أسفل محور الخمول

$$\therefore\ I = \frac{ب\ ف^{٣}}{٣} + ن\ ح\ (د - ف)^{٢} \quad \ldots\ldots\ldots \text{ معادلة رقم (٢٨)}$$

وقد تستخرج من المعادلة رقم (٢٧) المعادلة الآتية :

$$I = \frac{ع\ ن\ (د - ف)}{ص} \quad \text{..... معادله رقم(٢٩)}$$

$$\therefore \frac{ب\ ف^{٣}}{٣} + ن\ ح\ (د - ف)^{٢} = \frac{ع\ ن\ (د - ف)}{ص} \quad \text{معادله رقم(٣٠)}$$

وفى المعادلة السابقة اذا كان معلومًا (د) ، (ب) ، (ع) ، (ص) يكون المجهول (ف) ومتى تم ايجاد (ف) أى متى صار تحديد موقع محور الحمول يسهل ايجاد ذراع عزم المقاومة (ر) وسطح التسليح (ح) ثم معرفة جهد الضغط للخرسانة (ش)

ولكن ليس من السهل ايجاد (ف) من المعادلة السابقة حيث لا تستخرج الا بواسطة معادلة من الدرجة الثالثة وسنشرح الطريقة الآتية التى تسهل علينا ايجاد (ف) وبعبارة أخرى ايجاد النسبة (ى) التى تساوى ($\frac{ف}{د}$) ثم النسبة ($\frac{ر}{د}$)

من المعادلة رقم (٨) : $\frac{ب\ ف^{٢}}{٢} - ن\ ح\ (د - ف) = صفراً$

نستخرج $ن\ ح\ (د - ف) = \frac{ب\ ف^{٢}}{٢}$

أى أن $ن\ ح\ (د - ف)^{٢} = \frac{ب\ ف^{٢}}{٢}\ (د - ف)$ معادلة رقم (٣١)

واذا استبدلنا الحد [ن ح (د — ف)^{٢}] فى المعادلة رقم (٣٠) بما يعادله من المعادلة رقم (٣١) تنتج المعادلة الآتية :

$$\frac{ب\ ف^{٣}}{٣} + \frac{ب\ ف^{٢}}{٢}\ (د - ف) = \frac{ع\ ن\ (د - ف)}{ص}$$

$$\therefore \frac{ب\,ف^{٣}}{٣} + \frac{ب\,ف^{٢}\,د}{٢} - \frac{ب\,ف^{٣}}{٢} = \frac{٣\,ب\,ف^{٢}\,د - ب\,ف^{٣}}{٦}$$

$$= \frac{ع}{ص} \times ن\,(د - ف)$$

$$\therefore ب\,ف^{٢}\,\frac{(٣د - ف)}{٦} = \frac{ع}{ص} \times ن\,(د - ف)$$

واذا استبدلنا فى المعادلة السابقة (ف) بما يعادلها (ى × د) [أنظر صحيفة ٢٠] تنتج المعادلة الآتية :

$$ب\,ى^{٢}\,د^{٢}\,\frac{(٣د - ى\,د)}{٦} = \frac{ع}{ص} \times ن\,(د - ى\,د)$$

$$\therefore \frac{٦\,ع\,ن}{ب\,د^{٢}\,ص} = ى^{٢} \times \frac{(٣ - ى)}{(١ - ى)} \quad \text{. . . . . معادلة رقم (٣٢)}$$

ويلاحظ أن الطرف الأول من المعادلة السابقة يحتوى على (ع) ، (ن) ، (ب) ، (د) ، (ص) وكلها من المعاليم فيمكن حسابه — وأما الطرف الثانى فتجد مقداره بالجدول رقم (٩) أمام (ى) وقد حسب مع فرض (ى) تساوى ٠٫١٨٠ ، ٠٫١٨١ ، ٠٫١٨٢ الخ لغاية ٠٫٣٦٠ ويوجد أيضاً بهذا الكشف نسبة ذراع العزم [$\frac{ر}{د}$]

جـــدول رقم (٩)

(ى)	$\frac{ى^{٢}(٣-ى)}{(١-ى)}$	$\left[\frac{ر}{د}\right]$	(ى)	$\frac{ى^{٢}(٣-ى)}{(١-ى)}$	$\left[\frac{ر}{د}\right]$
٠,١٨٠	٠,١١١٤٢٤	٠,٩٤٠٠	٠,٢٠٤	٠,١٤٦١٧٨	٠,٩٣٢٠
٠,١٨١	٠,١١٢٧٦٣	٠,٩٣٩٧	٠,٢٠٥	٠,١٤٧٧٤٨	٠,٩٣١٧
٠,١٨٢	٠,١١٤١١١	٠,٩٣٩٤	٠,٢٠٦	٠,١٤٩٣٢٨	٠,٩٣١٤
٠,١٨٣	٠,١١٥٤٦٩	٠,٩٣٩٠	٠,٢٠٧	٠,١٥٠٩١٧	٠,٩٣١٠
٠,١٨٤	٠,١١٦٨٣٦	٠,٩٣٨٧	٠,٢٠٨	٠,١٥٢٥١٦	٠,٩٣٠٧
٠,١٨٥	٠,١١٨٢١٢	٠,٩٣٨٤	٠,٢٠٩	٠,١٥٤١٢٦	٠,٩٣٠٤
٠,١٨٦	٠,١١٩٥٩٨	٠,٩٣٨٠	٠,٢١٠	٠,١٥٥٧٤٥	٠,٩٣٠٠
٠,١٨٧	٠,١٢٠٩٩٣	٠,٩٣٧٧	٠,٢١١	٠,١٥٧٣٧٥	٠,٩٢٩٧
٠,١٨٨	٠,١٢٢٣٩٨	٠,٩٣٧٤	٠,٢١٢	٠,١٥٩٠١٥	٠,٩٢٩٤
٠,١٨٩	٠,١١٣٨١٢	٠,٩٣٧٠	٠,٢١٣	٠,١٦١٠٣٥	٠,٩٢٩٠
٠,١٩٠	٠,١٢٥٢٣٥	٠,٩٣٦٧	٠,٢١٤	٠,١٦٢٣٢٥	٠,٩٢٨٧
٠,١٩١	٠,١٢٦٦٦٨	٠,٩٣٦٤	٠,٢١٥	٠,١٦٣٩٩٥	٠,٩٢٨٤
٠,١٩٢	٠,١٢٨١١١	٠,٩٣٦٠	٠,٢١٦	٠,١٦٥٦٧٦	٠,٩٢٨٠
٠,١٩٣	٠,١٢٩٥٦٣	٠,٩٣٥٧	٠,٢١٧	٠,١٦٧٣٦٧	٠,٩٢٧٧
٠,١٩٤	٠,١٣١٠٢٥	٠,٩٣٦٤	٠,٢١٨	٠,١٦٩٠٦٨	٠,٩٢٧٤
٠,١٩٥	٠,١٣٢٤٩٧	٠,٩٣٥٠	٠,٢١٩	٠,١٧٠٧٨٠	٠,٩٢٧٠
٠,١٩٦	٠,١٣٣٦٧٠	٠,٩٣٤٧	٠,٢٢٠	٠,١٧٢٥٠٢	٠,٩٢٦٧
٠,١٩٧	٠,١٣٥٤٦٩	٠,٩٣٤٤	٠,٢٢١	٠,١٧٤٢٣٥	٠,٩٢٦٤
٠,١٩٨	٠,١٣٦٩٦٩	٠,٩٣٤٠	٠,٢٢٢	٠,١٧٥٩٧٨	٠,٩٢٦٠
٠,١٩٩	٠,١٣٨٤٧٩	٠,٩٣٣٧	٠,٢٢٣	٠,١٧٧٧٣١	٠,٩٢٥٧
٠,٢٠٠	٠,١٤٠٠٠٠	٠,٩٣٣٤	٠,٢٢٤	٠,١٧٩٤٩٥	٠,٩٢٥٤
٠,٢٠١	٠,١٤١٥٢٩	٠,٩٣٣٠	٠,٢٢٥	٠,١٨١٢٧٠	٠,٩٢٥٠
٠,٢٠٢	٠,١٤٣٠٦٩	٠,٩٣٢٧	٠,٢٢٦	٠,١٨٣٠٥٥	٠,٩٢٤٧
٠,٢٠٣	٠,١٤٤٦١٩	٠,٩٣٢٤	٠,٢٢٧	٠,١٨٤٨٥١	٠,٩٢٤٤

obeikandl.com

تابع جـــدول رقم (٩)

(ى)	$\frac{ى^{٢}(٣-ى)}{(١-ى)}$	$\left[\frac{ر}{د}\right]$	(ى)	$\frac{ى^{٢}(٣-ى)}{(١-ى)}$	$\left[\frac{ر}{د}\right]$
٠,٢٢٨	٠,١٨٦٦٥٧	٠,٩٢٤٠	٠,٢٥٢	٠,٢٣٣٣٠٠	٠,٩١٦٠
٠,٢٢٩	٠,١٨٨٤٧٤	٠,٩٢٣٧	٠,٢٥٣	٠,٢٣٥٣٨٥	٠,٩١٥٧
٠,٢٣٠	٠,١٩٠٣٠٢	٠,٩٢٣٤	٠,٢٥٤	٠,٢٣٧٤٨١	٠,٩١٥٤
٠,٢٣١	٠,١٩٢١٣٩	٠,٩٢٣٠	٠,٢٥٥	٠,٢٣٩٥٨٨	٠,٩١٥٠
٠,٢٣٢	٠,١٩٣٩٩٠	٠,٩٢٢٧	٠,٢٥٦	٠,٢٤١٧٠٨	٠,٩١٤٧
٠,٢٣٣	٠,١٩٥٨٥٠	٠,٩٢٢٤	٠,٢٥٧	٠,٢٤٣٨٣٩	٠,٩١٤٤
٠,٢٣٤	٠,١٩٧٧١٨	٠,٩٢٢٠	٠,٢٥٨	٠,٢٤٩٥٨١	٠,٩١٤٠
٠,٢٣٥	٠,١٩٩٦٠٤	٠,٩٢١٧	٠,٢٥٩	٠,٢٤٨١٣٦	٠,٩١٣٧
٠,٢٣٦	٠,٢٠١٤٩٧	٠,٩٢١٤	٠,٢٦٠	٠,٢٥٠٣٠٢	٠,٩١٣٤
٠,٢٣٧	٠,٢٠٣٤٠١	٠,٩٢١٠	٠,٢٦١	-,٢٥٢٤٨١	٠,٩١٣٠
٠,٢٣٨	٠,٢٠٥٣١٥	٠,٩٢٠٧	٠,٢٦٢	٠,٢٥٤٦٧١	٠,٩١٢٧
٠,٢٣٩	٠,٢٠٧٢٤١	٠,٩٢٠٤	٠,٢٦٣	٠,٢٥٦٨٧٣	٠,٩١٢٤
٠,٢٤٠	٠,٢٠٩١٧٩	٠,٩٢٠٠	٠,٢٦٤	٠,٢٥٩١٨٧	٠,٩١٢٠
٠,٢٤١	٠,٢١١١٢٧	٠,٩١٩٧	٠,٢٦٥	٠,٢٦١٣١٣	٠,٩١١٧
٠,٢٤٢	٠,٢١٣٠٧١	٠,٩١٩٤	٠,٢٦٦	٠,٢٦٣٥٥١	٠,٩١١٤
٠,٢٤٣	٠,٢١٥٠٥٧	٠,٩١٩٠	٠,٢٦٧	٠,٢٦٥٨٠٣	٠,٩١١٠
٠,٢٤٤	٠,٢١٧٠٣٨	٠,٩١٨٧	٠,٢٦٨	٠,٢٦٨٠٦٤	٠,٩١٠٧
٠,٢٤٥	٠,٢١٩٠٣١	٠,٩١٨٤	٠,٢٦٩	٠,٢٧٠٣٣٩	٠,٩١٠٤
٠,٢٤٦	٠,٢٢١٠٣٦	٠,٩١٨٠	٠,٢٧٠	٠,٢٧٢٥٢٦	٠,٩١٠٠
٠,٢٤٧	٠,٢٢٣٠٥١	٠,٩١٧٧	٠,٢٧١	٠,٢٧٤٩٢٥	٠,٩٠٩٧
٠,٢٤٨	٠,٢٢٥٠٧٨	٠,٩٧٧٤	٠,٢٧٢	٠,٢٧٧٢٣٧	٠,٩٠٩٤
٠,٢٤٩	٠,٢٢٧١١٧	٠,٩١٠١	٠,٢٧٣	٠,٢٧٩٥٦٠	٠,٩٠٩٠
٠,٢٥٠	٠,٢٢٩١٦٦	٠,٩١٦٧	٠,٢٧٤	٠,٢٨١٨٩٧	٠,٩٠٨٧
٠,٢٥١	٠,٢٣١٢٢٨	٠,٩١٦٤	٠,٢٧٥	٠,٢٨٤٢٤٥	٠,٩٠٨٤

obeikandl.com

تابع جـــدول رقم (٩)

(ى)	$\frac{ى^{٢}(٣-ى)}{(١-ى)}$	$\left[\frac{ر}{د}\right]$	(ى)	$\frac{ى^{٢}(٣-ى)}{(١-ى)}$	$\left[\frac{ر}{د}\right]$
٠,٢٧٦	٠,٢٨٦٦٠٧	٠,٩٠٨٠	٠,٣٠٠	٠,٣٤٧١٤٢	٠,٩٠٠٠
٠,٢٧٧	٠,٢٨٨٩٨٠	٠,٩٠٧٧	٠,٣٠١	٠,٣٤٩٨٣١	٠,٨٩٩٧
٠,٢٧٨	٠,٢٩١٣٦٧	٠,٩٠٧٤	٠,٣٠٢	٠,٣٥١٧٢٢	٠,٨٩٩٤
٠,٢٧٩	٠,٢٩٣٧٦٦	٠,٩٠٧٠	٠,٣٠٣	٠,٣٥٥٢٤٩	٠,٨٩٩٠
٠,٢٨٠	٠,٢٩٦١٧٧	٠,٩٠٦٧	٠,٣٠٤	٠,٣٥٧٩٧٩	٠,٨٩٨٧
٠,٢٨١	٠,٢٩٨٦٠٢	٠,٩٠٦٤	٠,٣٠٥	٠,٣٦٠٧٢٣	٠,٨٩٨٤
٠,٢٨٢	٠,٣٠١٠٣٩	٠,٩٠٦٠	٠,٣٠٦	٠,٣٦٣٤٨٠	٠,٨٩٨٠
٠,٢٨٣	٠,٣٠٣٤٨٩	٠,٩٠٥٧	٠,٣٠٧	٠,٣٦٦٢٥٢	٠,٨٩٧٧
٠,٢٨٤	٠,٣٠٥٩٥٢	٠,٩٠٥٤	٠,٣٠٨	٠,٣٦٩٠٣٧	٠,٨٩٧٤
٠,٢٨٥	٠,٣٠٨٤٢٧	٠,٩٠٥٠	٠,٣٠٩	٠,٣٧١٨٣٧	٠,٨٩٧٠
٠,٢٨٦	٠,٣١٠٩١٦	٠,٩٠٤٧	٠,٣١٠	٠,٣٧٤٦٥٠	٠,٨٩٦٧
٠,٢٨٧	٠,٣١٣٤١٨	٠,٩٠٤٤	٠,٣١١	٠,٣٧٧٤٧٨	٠,٨٩٦٤
٠,٢٨٨	٠,٣١٥٩٣٢	٠,٩٠٤٠	٠,٣١٢	٠,٣٨٠٣٢٩	٠,٨٩٦٠
٠,٢٨٩	٠,٣١٨٤٦٠	٠,٩٠٣٧	٠,٣١٣	٠,٣٨٣١٧٧	٠,٨٩٥٧
٠,٢٩٠	٠,٣٢١٠٠١	٠,٩٠٣٤	٠,٣١٤	٠,٣٨٦٠٤٨	٠,٨٩٥٤
٠,٢٩١	٠,٣٢٣٥٥٥	٠,٩٠٣٠	٠,٣١٥	٠,٣٨٨٩٣٣	٠,٨٩٥٠
٠,٢٩٢	٠,٣٢٦١٢٤	٠,٩٠٢٧	٠,٣١٦	٠,٣٩١٨٣٢	٠,٨٩٤٧
٠,٢٩٣	٠,٣٢٨٧٠٣	٠,٩٠٢٤	٠,٣١٧	٠,٣٩٤٧٤٦	٠,٨٩٤٤
٠,٢٩٤	٠,٣٣١٢٩٧	٠,٩٠٢٠	٠,٣١٨	٠,٣٩٧٦٧٥	٠,٨٩٤٠
٠,٢٩٥	٠,٣٣٣٩٠٤	٠,٩٠١٧	٠,٣١٩	٠,٤٠٠٦١٨	٠,٨٩٣٧
٠,٢٩٦	٠,٣٣٦٥٢٥	٠,٩٠١٤	٠,٣٢٠	٠,٤٠٤٥٠٧	٠,٨٩٣٤
٠,٢٩٧	٠,٣٣٩١٥٩	٠,٩٠١٠	٠,٣٢١	٠,٤٠٦٥٤٩	٠,٨٩٣٠
٠,٢٩٨	٠,٣٤١٨٠٦	٠,٩٠٠٧	٠,٣٢٢	٠,٤٠٩٥٤٦	٠,٨٩٢٧
٠,٢٩٩	٠,٣٤٤٤٦٨	٠,٩٠٠٤	٠,٣٢٣	٠,٤١٢٥٣٨	٠,٨٩٢٤

تابع جـــدول رقم (٩)

(ى)	$\frac{ى^{٢}(٣-ى)}{(١-ى)}$	$\left[\frac{ر}{د}\right]$	(ى)	$\frac{ى^{٢}(٣-ى)}{(١-ى)}$	$\left[\frac{ر}{د}\right]$
٠,٣٢٤	٠,٤١٥٥٥٦	٠,٨٩٢٠	٠,٣٤٣	٠,٤٧٥٧٨٩	٠,٨٨٥٧
٠,٣٢٥	٠,٤١٨٥٨٨	٠,٨٩١٧	٠,٣٤٤	٠,٤٧٩١١٦	٠,٨٨٥٤
٠,٣٢٦	٠,٤٢١٦٣٥	٠,٨٩١٤	٠,٣٤٥	٠,٤٨٢٤٦٠	٠,٨٨٥٠
٠,٣٢٧	٠,٤٢٤٦٩٧	٠,٨٩١٠	٠,٣٤٦	٠,٤٨٥٨٢٠	٠,٨٨٤٧
٠,٣٢٨	٠,٤٢٧٧٧٤	٠,٨٩٠٧	٠,٣٤٧	٠,٤٨٩١٩٦	٠,٨٨٤٤
٠,٣٢٩	٠,٤٣٠٨٦٧	٠,٨٩٠٤	٠,٣٤٨	٠,٤٩٢٥٨٨	٠,٨٨٤٠
٠,٣٣٠	٠,٤٣٣٩٧٤	٠,٨٩٠٠	٠,٣٤٩	٠,٤٩٥٨١٠	٠,٨٨٣٧
٠,٣٣١	٠,٤٣٧٠٩٧	٠,٨٨٩٧	٠,٣٥٠	٠,٤٩٩٤٢٣	٠,٨٨٣٤
٠,٣٣٢	٠,٤٤٠٢٣٦	٠,٨٨٩٤	٠,٣٥١	٠,٥٠٢٨٦٥	٠,٨٨٣٠
٠,٣٣٣	٠,٤٤٣٣٨٩	٠,٨٨٩٠	٠,٣٥٢	٠,٥٠٦٥٥٧	٠,٨٨٢٧
٠,٣٣٤	٠,٤٤٦٥٥٩	٠,٨٨٨٧	٠,٣٥٣	٠,٥٠٩٧٩٩	٠,٨٨٢٤
٠,٣٣٥	٠,٤٤٩٧٤٤	٠,٨٨٨٤	٠,٣٥٤	٠,٥١٣٢٩١	٠,٨٨٢٠
٠,٣٣٦	٠,٤٥٢٩٤٤	٠,٨٨٨٠	٠,٣٥٥	٠,٥١٦٨٠٠	٠,٨٨١٧
٠,٣٣٧	٠,٤٥٦١٦٠	٠,٨٨٧٧	٠,٣٥٦	٠,٥٢٠٣٢٦	٠,٨٨١٤
٠,٣٣٨	٠,٤٥٩٣٩٢	٠,٨٨٧٤	٠,٣٥٧	٠,٥٢٣٨٦٨	٠,٨٨١٠
٠,٣٣٩	٠,٤٦٢٦٣٩	٠,٨٨٧٠	٠,٣٥٨	٠,٥٢٧٤٢٩	٠,٨٨٠٧
٠,٣٤٠	٠,٤٦٥٩٠٣	٠,٨٨٦٧	٠,٣٥٩	٠,٥٣١٠٠٦	٠,٨٨٠٤
٠,٣٤١	٠,٤٦٩١٨٢	٠,٨٨٦٤	٠,٣٦٠	٠,٥٣٤٦٠٠	٠,٨٨٠٠
٠,٣٤٢	٠,٤٧٢٤٧٨	٠,٨٨٦٠	٠,٣٦١	٠,٥٣٨٢١١	٠,٨٧٩٤

(مثال رقم ١٢) المطلوب تصميم كمرة من الخرسانة المسلحة ذات قطاع مستطيل المعـــاليم :

ع (اكبر عزم انثناء) = ٢٥٠٠ كيلوجرام متراً أى ٢٥٠٠٠٠ كيلوجرام سنتيمتراً

ب (عرض الكمرة) = ٠٫٢٢ متراً

ص (جهد الشد للحديد) = ١٢ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع
أى ١٢٠٠ كيلوجراما للسنتيمتر المربع

د (الارتفاع العملى) = ٤٩٫٧٩ سنتيمتراً

ن (نسبة معاملى المرونة) = ١٠

الحـــــل : فى هذا المثال الارتفاع العملى (د) مفروض

يقتضى حينئذ البحث عن النسبة (ي) بواسطة المعادلة رقم (٣٢) صحيفة (٤٦)

$$\frac{٦ \times ع \times ن}{ب \times د^{٢} \times ص} = ى^{٢} \times \frac{(٣ - ى)}{(١ - ى)}$$

$$\therefore \frac{٦ \times ٢٥٠٠٠٠ \times ١٠}{٢٢ \times (٤٩,٧٩)^{٢} \times ١٢٠٠} = ى^{٢} \times \frac{(٣ - ى)}{(١ - ى)} = ٠٫٢٢٩١٤$$

فمن الجدول رقم (٩) صحيفة (٤٨) قرين أقرب عدد للعدد ٠٫٢٢٩١٤

أى للحد $\left[ى^{٢} \times \frac{(٣ - ى)}{(١ - ى)} \right]$ نستخرج :

$$(ى) = ٠٫٢٥٠ \text{ و } \left[\frac{ر}{د} \right] = ٠٫٩١٦٧$$

$$\therefore \frac{ر}{د} = \frac{ر}{٤٩,٧٩} = ٠٫٩١٦٧$$

$$\therefore ر = ٤٩,٧٩ \times ٠٫٩١٦٧ = ٤٥,٦٤ \text{ سنتيمتراً} = ٠٫٤٥٦٤ \text{ متراً}$$

ق (محصلة الشد الكلى) = $\frac{ع}{ر}$ [أنظر المعادلة رقم (١٤) صحيفة (٣١)]

∴ ق = $\frac{٢٥٠٠}{٠,٤٥٦٤}$ = ٥٤٧٧,٦ كيلوجراماً

ح (سطح أسياخ الشد) = $\frac{ق}{ص}$ [أنظر المعادلة رقم (١٥) صحيفة (٣١)]

∴ ح = $\frac{٥٤٧٧,٦}{١٢}$ = ٤٥٦ مليمتراً مربعاً

أى عملياً ٣ أسياخ من قطر $\frac{٩}{١٦}$ بوصة يكون سطحها مساوياً لـ ٤٨٢ مليمتراً مربعاً

ولمعرفة (ش) جهد الضغط للخرسانة نجرى الآتى :

ق (محصلة الشد الكلى) = ك (محصلة الضغط الكلى) = $\frac{ش \times ف \times ب}{٢}$

[أنظر المعادلة رقم (١٦) صحيفة (٣١)]

∴ ق = ٥٤٧٧,٦ = $\frac{ش \times ف \times ب}{٢}$

∴ ش = $\frac{٢ ق}{ف \times ب}$ = $\frac{٢ \times ٥٤٧٧,٦}{ف \times ٠,٢٢}$

ولكن ف = ى × د = ٠,٢٥ × ٤٩,٧٩ = ١٢,٤٤٧ سنتيمتراً

∴ ش = $\frac{٢ \times ٥٤٧٧,٦}{٢٢ \times ١٢,٤٤٧}$ = ٤٠ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع

ملحوظة : اذا قارنا المثلين رقم (١١) صحيفة (٤٢) والمثال الحالى رقم (١٢) نجد أن المجهول فى المثال الأول قد اعتبر معلوماً فى المثال الثانى والنتيجة العمومية فى المثالين واحدة

obeikandl.com

الاعتاب ذات الارتفاع المخفض

قد يقتضى أحياناً لبعض الأسباب أن يكون الارتفاع للأعتاب المسلحة أصغر من الارتفاع المحسوب بالطريقة المباشرة التى صار ايجاده بفرض النهاية الكبرى لجهدى الشد (ص) للحديد والضغط (ش) للخرسانة فيسمى حينئذ العتب ذات الارتفاع المخفض

وقد يكون المرغوب الاحتفاظ بنفس نهاية جهد الضغط (ش) للخرسانة فيصير من المحتم إذاً زيادة تسليح العتب حتى يكون عزم مقاومته مماثلاً للسابق ولايجاد ذلك طريقتان .

الأولى : تقوية التسليح فى منطقة الشد بزيادة سطح أسياخه

والثانية : وضع أسياخ فى منطقة الضغط بشرط أن لا يزيد سطح تلك الأسياخ عن سطح الأسياخ فى منطقة الشد

الطريقة الأولى وبها تكون المعاليم :

(د) الارتفاع العملى وهو المفروض أصغر من $\sqrt{\frac{ع}{ب \times ما}}$

(ش) جهد الضغط للخرسانة

(ع) عزم الانثناء الأعظم ما يمكن

(ن) نسبة معاملى المرونة للحديد والخرسانة

ولحساب السطح اللازم لأسياخ الشد يقتضى معرفة النسبة (ى)

أى $\frac{\text{بعد محور الحمول على الظهر الأعلى للعتب}}{\text{الارتفاع العملى للعتب}}$

ومتى صارت (ى) معلومة يستخرج الآتى :

(ف) أى بعد محور الحمول عن الظهر الأعلى للعتب وهى تساوى ى × د

أنظر صحيفة (٢٠)

ثم (ر) زراع العزم الذى يساوى (د — $\frac{ف}{٣}$)

[انظر المعادلة رقم (١٣) صحيفة (٣١)]

ثم من المعادلة رقم (٨) صحيفة (٢٤) يستخرج سطح أسياخ الشد (ح) :

$\frac{١}{٢}$ ب ف^{٢} — ن ح (د — ف) = صفراً

∴ ن ح (د — ف) = $\frac{١}{٢}$ ب ف^{٢}

∴ ح = $\frac{ب \times ف^{٢}}{٢ ن (د - ف)}$ . . . . . معادلة رقم (٣٣)

ثم جهد الشد (ص) للأسياخ وهو يساوى $\frac{ع}{ر \times ح}$

حيث ص × ح × ر = عزم المقاومة = عزم الانثناء = ع

ولايجاد (ى) تستعمل المعادلة الآتية :

$\frac{٦ ع}{ب \times ش \times د^{٢}}$ = ى (٣ — ى)

وهى الرابطة بين المعاليم السابق ذكرها والمجهول (ى) وتستخرج من المعادلات رقم (٨) ، (٢٦) ، (٢٨) بالطريقة الآتية :

$\frac{ب ف^{٢}}{٢}$ — ن ح (د — ف) = صفراً . . . معادلة رقم (٨) صحيفة (٢٤)

١ = $\frac{ف \times ع}{ش}$ . . . . . مستخرجة من المعادلة رقم (٢٦) صحيفة (٤٣)

١ = $\frac{ب ف^{٢}}{٣٠}$ + ن ح (د — ف)^{٢} . . . معادلة رقم (٢٨) صحيفة (٤٤)

∴ ١ = $\frac{ف \times ع}{ش}$ = $\frac{ب ف^{٢}}{٣}$ + ن ح (د — ف)^{٢} . . . معادلة رقم (٣٤)

من المعادلة رقم (٨) نستخرج :

$$\text{ن ح (د − ف)} = \frac{\text{ب ف}^{٢}}{٢}$$

ثم نستبدل فى المعادلة رقم (٣٤) الحد [ن ح (د − ف)] بما يعادله فى المعادلة أعلاه فينتج :

$$\frac{\text{ف} \times \text{ع}}{\text{ش}} = \frac{\text{ب} \times \text{ف}^{٣}}{٣} + \frac{\text{ب} \times \text{ف}^{٢}}{٢} (\text{د} - \text{ف})$$

$$\therefore \frac{\text{ف} \times \text{ع}}{\text{ش}} = \text{ب} \times \text{ف}^{٢} \left[\frac{\text{ف}}{٣} + \frac{\text{د} - \text{ف}}{٢} \right]$$

$$\therefore \frac{\text{ع}}{\text{ب} \times \text{ش}} = \text{ف} \left[\frac{٢\,\text{ف} + ٣\,\text{د} - ٣\,\text{ف}}{٦} \right] = \text{ف} \left[\frac{٣\,\text{د} - \text{ف}}{٦} \right]$$

$$\therefore \frac{٦\,\text{ع}}{\text{ب} \times \text{ش} \times \text{د}^{٢}} = \frac{\text{ف}}{\text{د}} \left[\frac{٣\,\text{د}}{\text{د}} - \frac{\text{ف}}{\text{د}} \right] = \text{ى} (٣ - \text{ى})$$ معادلة رقم (٣٥)

$$\therefore \text{ى}^{٢} - ٣\,\text{ى} + \frac{٦\,\text{ع}}{\text{ب} \times \text{ش} \times \text{د}^{٢}} = \text{صفراً}$$

$$\therefore \text{ى} = ١{,}٥٠ - \sqrt{٢{,}٢٥ - \frac{٦\,\text{ع}}{\text{ب} \times \text{ش} \times \text{د}^{٢}}}$$ .. معادلة رقم (٣٦)

(مثال رقم ١٣) المطلوب تخفيض الارتفاع العملى (د) للطابق الذى صار تصميمه فى المثال رقم (١٠) صحيفة (٤١) وجعله ١١ سنتيمتراً بدلاً من ١٢٫١ سنتيمتراً وحساب جهد الشد للحديد (ص)

المعاليم المفروضة :

ع (عزم الانثناء الأعظم ما يمكن) = ٧٦٨٠٠ كيلوجرام سنتيمتراً

ش (جهـد الضغط للخرسانة) = ٤٠ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع

ن (نسبة معـاملى المرونة) = ١٠

الحـــل : نجرى تطبيق المعادلة رقم (٣٦) صحيفة (٥٥) لايجاد النسبة (ى)

$$ى = ١٫٥٠ - \sqrt{٢٫٢٥ - \frac{٦ \times ع}{ب \times ش \times د^{٢}}}$$

وبها (ب) = متراً = ١٠٠ سنتيمتراً ، (د) = ١١ سنتيمتراً

$$\therefore ى = ١٫٥٠ - \sqrt{٢٫٢٥ - \frac{٦ \times ٧٦٨٠٠}{١٠٠ \times ٤٠ \times (١١)^{٢}}}$$

$$\therefore ى = ١٫٥٠ - \sqrt{٢٫٢٥ - ٠٫٩٥٢} = ١٫٥٠ - \sqrt{١٫٢٩٨}$$

$$\therefore ى = ١٫٥٠ - ١٫١٣ = ٠٫٣٧$$

ف = ى × د = ٠٫٣٧ × ١١ = ٤٫٠٧ سنتيمتراً

$$ر \text{ (زراع العزم)} = [د - \frac{ف}{٣}] = [١١ - \frac{٤٫٠٧}{٣}] = ٩٫٦٤٤ \text{ سنتيمتراً}$$

$$ح = \frac{ب \times ف^{٢}}{٢ ن (د - ف)} = \frac{١٠٠ \times (٤٫٠٧)^{٢}}{٢ \times ١٠ (١١ - ٤٫٠٧)} = ١١٫٩٥ \text{ سنتيمتراً مربعاً}$$

[(انظر المعادلة رقم (٣٣) صحيفة (٥٤)]

أى عملياً ٥ أسياخ قطر $\frac{١١}{١٦}$ البوصة سطحها يساوى ١١٫٩٧ سنتيمتراً مربعاً

ويستخرج ذلك من الجدول رقم (١)

$$\text{جهد الشد (ص) للأسياخ} = \frac{ع}{ر \times ح}$$

$$= \frac{٧٦٨٠٠ \text{ كيلوجرام سنتيمتر}}{٩٫٦٤٤ \text{ سنتيمتر} \times ١١٫٩٧ \text{ سنتيمتر مربع}}$$

= ٦٦٥٫٢٨ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع

أى = ٦٫٦٥ « للمليمتر المربع

ملحوظة : بالجدول الآتى مقارنة نتيجة هذا المثال بالمثال رقم (١٠) صحيفة (٤١) ومنه يتبين أنه ليس من الاقتصاد تخفيض سمك الطابق

	الارتفاع العملى بالسنتيمتر	سمك الطابق أى الارتفاع الكلى بالسنتيمتر	(ح) سطح أسياخ الشد بالمليمتر المربع	سطح الاسياخ عملياً بالمليمتر المربع	وزن الاسياخ اللازمة لكل متر مربع بالكيلوجرام
فى المثال رقم (١٠)	١٢,١	١٤	٦٩٥	٧١٣	٥,٥٠٠=٠,٥٥٠×١٠
فى المثال الحالى رقم (١٢)	١١	١٣	١١٩٥	١١٩٧	٩,٣٢٠=١,٨٦٤×٥

ملحوظة هامة ومن نتيجة هـذه المقارنة يتبين خطورة وضع حديد التسليح فى مركز أعلا من المركز المعين بالحساب بما أن أى تقليل فى الارتفاع العملى المحسوب يستوجب ضرورة زيادة قطاع الأسياخ زيادة محسوسة والا فيكون العتب معرض لخطر عظيم

الطريقـة الثانية : أى تخفيض الارتفاع العملى بوضع أسياخ فى منطقة الضغط

نشرح هذه الطريقة بالمثال الآتى :

(مثال رقم ١٤) المطلوب تخفيض الارتفاع العملى (د) للكمرة التى صار تصميمها فى المثال رقم (١١) صحيفة (٤٢) وجعله ٤٧ سنتيمتراً بدلاً من ٤٩,٨ سنتيمتراً

المعاليم : ع (عزم الانثناء الأعظم ما يمكن) = ٢٥٠٠ كيلوجرام متراً

ش (جهـد الضغط للخرسانة) ≤ ٤٠ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع

ص (جهـد الشد للحـديد) ≤ ١٢ كيلوجراماً للمليمتر المربع

ن (نسبة معـاملى المرونة) = ١٠

ب (عرض الكمرة) = ٠,٢٢ متراً

الحـــــل : [بفرض أن محور الأسياخ فى منطقة الضغط يمر من مركز ثقل الخرسانة فى تلك المنطقة]

من الجدول رقم (٦) صحيفة (١٥) قرين المعاليم المعطاة :

(ص) = ١٢ ، (ش) = ٤٠

نستخرج (ى) = ٠,٢٥٠ ، $\left[\frac{ر}{د}\right]$ = ٠,٩١٦٧ ، (ما) = ٤,٥٨٣

∴ ر (زراع العزم) = د × $\left[\frac{ر}{د}\right]$ = ٤٧ × ٠,٩١٦٧ = ٤٣,٠٨ سنتيمتراً

، ف (بعد محور الحمل عن السطح الاعلى للكمرة) = ى × د = ٠,٢٥٠ × ٤٧ = ١١,٧٥ سنتيمتراً

ق (محصلة الشد الكلى) = $\frac{ع}{ر}$ [أنظر المعادلة رقم (١٤) صحيفة (٣١)]

$= \frac{٢٥٠٠ \text{ كيلوجرام متر}}{٠,٤٣٠٨ \text{ متر}} = ٥٨٠٣,١$ كيلوجراماً

ح (سطح أسياخ الشد) = $\frac{ق}{ص}$ [أنظر المعادلة رقم (١٥) صحيفة (٣١)]

$= \frac{٥٨٠٣,١}{١٢} = ٤٨٣,٥٩$ ليكن ٤٨٤ ملليمتراً مربعاً

أى عملياً ٣ أسياخ من قطر $\frac{٥}{٨}$ بوصة سطحها مساوياً لـ ٥٩٥ ملليمتراً مربعاً

والآن لايجاد (حَ) سطح الأسياخ اللازمة فى منطقة الضغط نجرى تطبيق المعادلة رقم (٦) صحيفة (٢٢) مع فرض (و) = ٣ سنتيمتراً

$\frac{١}{٢}$ ب ف^{٢} + ن حَ (ف − و) − ن ح (د − ف) = صفراً

∴ $\frac{١}{٢}$ × ٢٢ × (١١,٧٥)^{٢} + ١٠ حَ (١١,٧٥ − ٣)

− ١٠ × ٤,٨٤ (٤٧ − ١١,٧٥) = صفراً

∴ ١٥١٨,٦٨٧٥ + ٨٧,٥ حَ − ١٧٠٦,١ = صفراً

∴ حَ = $\frac{١٥١٨,٦٨٧٥ - ١٧٠٦,١}{٨٧,٥}$ = ٢,١٤ سنتيمتراً مربعاً

أى عملياً سيخين من قطر $\frac{1}{2}$ سطحها مساوياً لـ ٢٥٥ مليمتراً مربعاً

والآن يقتضى التحقق من عدم تجاوز الجهود المفروضة وذلك بالطريقة الآتية :

البحث أولاً عن موقع محور الحمول بواسطة المعادلة الاستاتيكية رقم (٦) صحيفة (٢٢)

$$\frac{1}{2} ب ف^{2} + ن ح' (ف + و) - ن ح (د - ف) = صفراً$$

∴ وبها : ب = ٢٢ ن = ١٠ ح' = ٢,٥٥ و = ٣ ح = ٥,٩٥ د = ٤٧

∴ $\frac{1}{2} \times ٢٢ \times ف^{2} + ١٠ \times ٢,٥٥ (ف - ٣) - ١٠ \times ٥,٩٥ (٤٧ - ٣) = صفراً$

∴ $١١ ف^{2} + ٢٥,٥ ف - ٢٦٩٤,٥ = صفراً$

∴ $ف = \frac{- ٢٥,٥ + \sqrt{(٢٥,٥)^{2} + ٤ \times ١١ \times ٢٦٩٤,٥}}{٢ \times ١١}$

$= ١٤,٥٣$ سنتيمتراً

∴ ر (ذراع العزم) = $(د - \frac{ف}{٣}) = ٤٧ - \frac{١٤,٥٣}{٣} = ٤٢,١٨$ سنتيمتراً

ق (محصلة الشد الكلى) = $\frac{ع}{ر} = \frac{٢٥٠٠ \text{ كيلوجرام متر}}{٠,٤٢١٨ \text{ متر}} = ٥٩٢٦$ كيلوجراماً

∴ ص (جهد الشد للحديد) = $\frac{ق}{ح} = \frac{٥٩٢٦}{٥٩٥} = ٩,٩٥$ كيلوجراماً للمليمتر المربع

أى أقل من جهد الشد المسموح وهو ١٢ كيلوجرام للمليمتر المربع

ك (محصلة الضغط الكلى) = ق = ٥٩٢٦ كيلوجراماً

ولكن ك = $\frac{ش}{٢} [ب \times ف + ن \times ح']$

∴ ش (جهد الضغط للخرسانة) = $\frac{٢ ك}{ب \times ف + ن \times ح'}$

∴ ش = $\frac{٢ \times ٥٩٢٦}{٢٢ \times ١٤,٥٣ + ١٠ \times ٢,٥٥} = ٣٤,٣٣$ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع

أى أقل من جهد الضغط المسموح وهو ٤٠ كيلوجرام للسنتيمتر المربع

الاعتاب ذات التسليح المضاهى

هذه الاعتاب هى التى بها يكون سطح أسياخ التسليح فى منطقة الشد مساوياً لسطح أسياخ التسليح فى منطقة الضغط وان تكون المسافة بين محور العتب ومحورى هذه الاسياخ متساوية

حساب الاعتاب ذات التسليح المضاهى

فى هذه الاعتاب :

ح (سطح الاسياخ فى منطقة الشد) = حَ (سطح الاسياخ فى منطقة الضغط)

واذا فرضنا (و) المسافة بين محور أسياخ الضغط والسطح الأعلى للعتب مساوية الى عشر الارتفاع العملى أى مساوية الى $\frac{د}{١٠}$ كما تكون عادة فتصبح المعادلة الاستاتيكية رقم (٦) صحيفة (٢٢) [فى حالة ما يكون العتب ذات قطاع مستطيل] بعد استبدال (حَ) بما يعادلها (ح) و (و) بما يعادلها $[\frac{د}{١٠}]$ كالآتى :

$\frac{١}{٢}$ ب ف^{٢} + ن حَ (ف - و) - ن ح (د - ف) = صفراً معادلة رقم (٦)

بعد استبدال (حَ) و (و) بما يعادلها تصبح المعادلة :

$\frac{١}{٢}$ ب ف^{٢} + ن ح (ف - $\frac{د}{١٠}$) - ن ح (د - ف) = صفراً

∴ $\frac{١}{٢}$ ب ف^{٢} + ن ح ف - $\frac{ن ح د}{١٠}$ - ن ح د + ن ح ف = صفراً

∴ $\frac{١}{٢}$ ب ف^{٢} + ٢ ن ح ف - ١و١ ن ح د = صفراً

واذا استبدلنا فى المعادلة السابقة (ف) بما يعادلها (ى د)

و (ح) بما يعادلها (ه ب د)

تصبح كالآتى :

$\frac{١}{٢}$ ب ى^{٢} د^{٢} + ٢ ن ه ب د^{٢} ى − ١,١ ن ه ب د^{٢} = صفراً

$\therefore$ $\frac{\text{ب ى}^{٢}\ \text{د}^{٢}}{٢}$ = ١,١ ن ه ب د^{٢} − ٢ ن ه ب د^{٢} ى

= ن ه (١,١ ب د^{٢} − ٢ ب د^{٢} ى)

$\therefore$ ن ه = $\frac{\text{ب ى}^{٢}\ \text{د}^{٢}}{٢\ \text{ب د}^{٢}\ (١,١ - ٢\ \text{ى})}$ = $\frac{\text{ى}^{٢}}{٢\ (١,١ - ٢\ \text{ى})}$

$\therefore$ ه (نسبة التسليح) = $\frac{١}{٢\ \text{ن}}$ × $\frac{\text{ى}^{٢}}{١,١ - ٢\ \text{ى}}$ ... معادلة رقم (٣٧)

والآن نجرى البحث عن المعادلة لإيجاد عزم الوحدة (ما)

من المعادلة رقم (١٢) صحيفة (٣٠) : ى = $\frac{\text{ن} \times \text{ش}}{\text{ص} + \text{ن} \times \text{ش}}$

نستخرج : ى ص + ى ن ش = ن ش

$\therefore$ ى ص = ن ش − ى ن ش

$\therefore$ ص = ن ش $\frac{(١ - \text{ى})}{\text{ى}}$

ولكن : ح = $\frac{\text{ق}}{\text{ص}}$ [انظر المعادلة رقم (١٥) صحيفة (٣١)]

أى ق = ح ص = ح [ن ش $\frac{(١ - \text{ى})}{\text{ى}}$]

ر = (د − $\frac{\text{ف}}{٣}$) = $\frac{\text{د}}{٣}$ (٣ − $\frac{\text{ف}}{\text{د}}$) = $\frac{\text{د}}{٣}$ (٣ − ى)

[انظر المعادلة رقم (١٣) صحيفة (٣١)]

ع = ق × ر = [ح ن ش $\frac{(١ - \text{ى})}{\text{ى}}$] × [$\frac{\text{د}}{٣}$ (٣ − ى)]

[انظر المعادلة (١٤) صحيفة (٣١)]

obeikandl.com

$$\therefore \quad ع = \frac{1}{3} ن ش ح د \frac{(١ - ى)(٣ - ى)}{ى}$$

واذا قسمنا حدود المعادلة السابقة على الحد (ب د^{٢}) تنتج المعادلة الآتية :

$$\frac{ع}{ب د^{٢}} = \frac{1}{3} ن ش \frac{ح د}{ب د^{٢}} \frac{(١ - ى)(٣ - ى)}{ى}$$

$$\therefore \quad \frac{ع}{ب د^{٢}} = \frac{1}{3} ن ش ه \frac{(١ - ى)(٣ - ى)}{ى} = (ما)$$

[معادلة رقم (٣٨)]

ومن الجداول رقم (٩) و (١٠) و (١١) تستخرج (ما) و (ى) و (ه) و $\left[\frac{د}{د}\right]$ قرين الجهود (ش) و (ص) الأكثر استعمالاً وهذه الجداول تستعمل عند ما يراد حساب الأعتاب ذات التسليح المضاهى

جـــدول رقم (٩)

(خاص بالتسليح المضاهى)

(ن) نسبة معاملى المرونة = ١٠

(م) بالكيلو/سم٢	(ن) بالكيلو/سم٢	(ى)	$\left[\frac{ر}{د}\right]$	(هـ)	(ما)
١٠	٣٠	٠,٢٣٠٨	٠,٩٢٣١	٠,٠٠٤١٧	٣,٨٥٠
	٣٥	٠,٢٥٩٢	٠,٩١٣٦	٠,٠٠٥٧٧	٥,٢٧٥
	٤٠	٠,٢٨٥٧	٠,٩٠٤٨	٠,٠٠٧٧٢	٦,٩٨٦
	٤٥	٠,٣١٠٣	٠,٨٩٦٦	٠,٠١٠٠٤	٩,٢١٧
	٥٠	٠,٣٣٣٣	٠,٨٨٨٩	٠,٠١٢٨٢	١١,٣٨٨
١٢	٣٠	٠,٢٠٠٠	٠,٩٣٣٣	٠,٠٠٢٨٦	٣,٢٠٠
	٣٥	٠,٢٢٥٨	٠,٩٢٤٧	٠,٠٠٣٩٣	٤,٣٦٠
	٤٠	٠,٢٥٠٠	٠,٩١٦٧	٠,٠٠٥٢١	٥,٧٢٨
	٤٥	٠,٢٧٢٧	٠,٩٠٩١	٠,٠٠٦٧٠	٧,٣١٥
	٥٠	٠,٢٩٤١	٠,٩٠١٩	٠,٠٠٨٤٥	٩,١٣٣

obeikandl.com

جـــدول رقم (١٠)

(خاص بالتسليح المضاهى)

(ن) نسبة معاملى المرونة = ١٢

(ع) بالكيلو جرام على سم٢	(ق) بالكيلو جرام على سم٢	(ى)	$\left[\frac{ر}{د}\right]$	(هـ)	(ما)
١٠	٣٠	٠,٢٦٤٧	٠,٩١١٨	٠,٠٠٥١١	٤,٦٥٨
	٣٥	٠,٢٩٥٨	٠,٩٠١٤	٠,٠٠٧١٦	٦,٤٥٣
	٤٠	٠,٣٢٣٨	٠,٨٩٢١	٠,٠٠٩٦٤	٨,٦٢١
	٤٥	٠,٣٥٠٦	٠,٨٨٣١	٠,٠١٢٨٢	١١,٣٢٦
	٥٠	٠,٣٧٥٠	٠,٨٧٥٠	٠,٠١٦٧١	١٤,٦٢٥
١٢	٣٠	٠,٢٣٠٨	٠,٩٢٣١	٠,٠٠٣٤٧	٣,٨٤٤
	٣٥	٠,٢٥٩٢	٠,٩١٣٦	٠,٠٠٤٨٠	٥,٢٧٠
	٤٠	٠,٢٨٥٧	٠,٩٠٤٧	٠,٠٠٦٤٢	٦,٩٧٥
	٤٥	٠,٣١٠٣	٠,٨٩٦٦	٠,٠٠٨٣٥	٨,٩٩١
	٥٠	٠,٣٣٣٣	٠,٨٨٨٩	٠,٠١٠٦٦	١١,٣٧٦

obeikandl.com

جـــدول رقم (١١)

(خاص بالتسليح المضاعى)

(ن) نسبة معاملى المرونة = ١٥

(و) بالكيلو جرام على سم٢	(ز) بالكيلو جرام على سم٢	(ى)	[ر/د]	(ه)	(ما)
١٠	٣٠	٠,٣١٠٣	٠,٨٩٦٦	٠,٠٠٦٦٩	٦,٠٠٤
	٣٥	٠,٣٤٤٣	٠,٨٨٥٢	٠,٠٠٩٦٠	٨,٥٠٠
	٤٠	٠,٣٧٥٠	٠,٨٧٥٠	٠,٠١٣٣٩	١١,٧١٧
	٤٥	٠,٤٠٣٠	٠,٨٦٥٧	٠,٠١٨٤١	١٥,٩٣٧
	٥٠	٠,٤٢٨٦	٠,٨٥٧٢	٠,٠٢٥٢٢	٢١,٦١٢
١٢	٣٠	٠,٢٧٢٧	٠,٩٠٩١	٠,٠٠٤٤٧	٤,٨٧٦
	٣٥	٠,٣٠٤٣	٠,٨٩٨٦	٠,٠٠٦٢٨	٦,٧٧٤
	٤٠	٠,٣٣٣٣	٠,٨٨٨٩	٠,٠٠٨٥٤	٩,١١٤
	٤٥	٠,٣٦٠٠	٠,٨٨٠٠	٠,٠١١٣٧	١٢,٠٠٤
	٥٠	٠,٣٨٤٦	٠,٨٧١٦	٠,٠١٤٩٠	١٥,٥٩٢

obeikandl.com

(مثال رقم ١٥) المطلوب تصميم كمرة من الخرسانة ذات قطاع مستطيل مسلحة تسليحاً مضاهياً

المعاليم : (ع) عزم الانثناء الأعظم ما يمكن = ٢٥٠٠ كيلوجرام متراً

(ب) عرض الكمرة = ٠,٢٢ متراً

(ش) جهد الضغط للخرسانة = ٤٠ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع

(ص) جهد الشد للحديد = ١٢ كيلوجراماً للمليمتر المربع

(ن) نسبة معاملى المرونة = ١٠

الحـــــل : من الجدول رقم (٩) صحيفة (٦٣)

قرين الجهود المفروضة : (ص) = ١٢ ، (ش) = ٤٠

نستخرج : (ما) = ٥,٧٢٨ ، (ﻫ) = ٠,٠٠٥٢١

$$\therefore \text{د (الارتفاع العملى)} = \sqrt{\frac{٢٥٠٠}{٠,٢٢ \times ٥,٧٢٨}} = ٤٤,٥٤ \text{ سنتيمتراً}$$

[أنظر المعادلة رقم (٢٠) صحيفة (٣٢)]

∴ ح (سطح أسياخ الشد) = ﻫ (سطح أسياخ الضغط) × ب × د

= ٠,٠٠٥٢١ × ٢٢ × ٤٤,٥٤

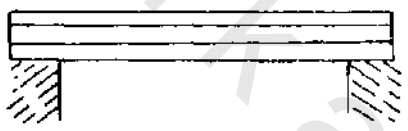
= ٥,١٠ سنتيمتراً مربعاً

أى عملياً ٣ أسياخ من قطر $\frac{٥}{٨}$ بوصة [سطحها مساوياً لـ ٥,٩٥ سنتيمتراً مربعاً] فى منطقة الشد وكذا ٣ أسياخ فى منطقة الضغط

الاحمال القاطعة

قد بحثنا طرق تسلح الأعتاب المصنوعة من الخرسانة لتقاوم عزم الأنثناء ولكن يوجد هناك عوامل أخرى ثانوية مثل جهد القطع (القص) وجهد الانزلاق وهى الناتجة من الأحمال القاطعة فيتعين علينا درس هذه العوامل وطرق مقاومتها لما لها من شدة الخطورة فى تصميم الأعتاب كما أظهرته التجارب

ولنذكر بهذه المناسبة التجربتين الآتيتين لبيان وجود الشد الأفقى فى الأعتاب

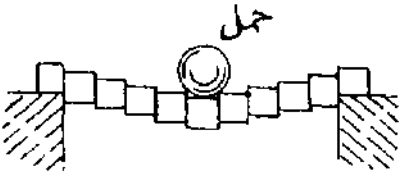


شكل رقم (١٣)

الشكل رقم (١٣) يبين عتباً مرتكزاً على الطرفين ومكوناً من جملة طبقات مستطيلة من المطاط (الكاوتشوك) متساوية فى الطول وعليه حمل فى وسطه فمن تأثير الحمل تنزلق تلك الطبقات على بعضها كما هو مبين بالشكل رقم (١٤) وتستطيل بالشفتين أى أن العتب تحت تأثير أى حمل عليه تتكون داخله شدد أفقية تجعل الألياف تميل للانزلاق فوق بعضها

شكل رقم (١٤)

والشكل رقم (١٥) يبين عتباً مرتكزاً على الطرفين ومكوناً من قطع من المطاط (الكاوتشوك) ملتصقة ببعضها وعليه حمل



شكل رقم (١٥)

فى وسطه فمن تأثير هذا الحمل تنزلق القطع المذكورة فوق بعضها فى مستويات رأسية

ومن علم مقاومة المواد نذكر القانون الآتى :

ان جهد القطع الأفقى فى أى نقطة فى قطاع عتب يساوى جهد القطع الرأسى فى نفس النقطة

ومن الصعوبة بمكان تعيين قيمة جهود القطع بدقة فى أى نقطة داخل العتب حيث تتغير هذه الجهود بحسب موضعها بالنسبة لوسط الكمرة و بعدها عن محور الحمول وكل ما يمكن تعيينه المحصلة الكلية لجهود القطع لكل قطاع

ولنرمز : —

(ط) للحمل القاطع

(شط) جهد القطع للخرسانة وتؤخذ مساوية لـ $\frac{١}{١٠}$ ش (جهد الضغط للخرسانة)

(صط) جهد القطع للصلب أو الحديد وتساوى $\frac{٤}{٥}$ ص (جهد الشد للصلب)

وعادة تؤخذ مساوية لـ ٨ كيلوجرامات للمليمتر المربع

(ح) سطح قطاع الأسياخ

ولكى يقاوم القطاع الأحمال القاطعة (ط) يجب أن يكون : —

ط ≤ شط × قطاع الخرسانة + صط × ح

ولكن التجارب دلت على أنه يحسن أن تهمل مقاومة الخرسانة للقطع وأن تتحمل الأسياخ وحدها المقاومة فتنتج من ذلك المعادلة الآتية :

ط ≤ ح × صط

وقد تكون الأسياخ المحسوبة لمقاومة أكبر عزم اثناء للأعتاب الصغيرة الفتحة والمحملة بأحمال كبيرة غير كافية للمقاومة الرأسية للأحمال القاطعة وقد يكون قطاع الخرسانة المحسوب بالطريقة العادية أى الطريقة المباشرة صغيراً فيخشى حينئذ من حدوث شرخ أو كسر به فيتعين فى هذه الحالة أن يحسب القطاع طبقاً للمعادلة الآتية :

$$د \times ب \text{ (قطاع الخرسانة)} = \frac{ط}{شط} = \frac{\text{الحمل القاطع}}{\text{جهد القطع للخرسانة}} \quad \text{. . . . معادلة رقم (٣٩)}$$

مع أخذ (شط) جهد الخرسانة للقطع يساوى ٤٫٥ أو ٥ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع وهو الجهد العملى المسموح طبقاً للتعليمات الوزارية لحكومة فرنسا وذلك مع اهمال مقاومة القطع للأسياخ الضعيفة فى هذه الحالة

جهد القطع الافقى

ان من تأثير الأحمال القاطعة تتكون داخل الأعتاب شدد أفقية تجعل الألياف تميل للانزلاق على بعضها (انظر شرحنا السابق) وقد تقوم الخرسانة ببعض المقاومة لذلك الانزلاق أى بمقاومة جهد القطع الأفقى ولكن هذه المقاومة قد لا تكون كافية فى أغلب الأحيان ولذا وجد من الضرورى وضع كانات رأسية لتساعد على مقاومة هذا الجهد الأفقى وغالبًا لتقوم وحدها بهذه المقاومة وقد تهمل بالمرة مقاومة الخرسانة لجهد القطع الأفقى عند تصميم الاعتاب التى من شكل حرف (T) حيث تكون مقاومة الخرسانة ضعيفة جداً وغير مأمونة عند مستوى تقابل روح الكمرة بالطابق بسبب عدم صب الخرسانة للروح والطابق فى آن واحد كالمعتاد

طريقة حساب الكانات

الشكل رقم (١٦) يبين قطاعًا رأسيًا لعتب من شكل حرف (T) مصنوعًا من الخرسانة المسلحة والشكل رقم (١٧) يبين قطاعًا طوليًا لجزء من هذا العتب و(حـ ظ) و(حـ١ ظ١) قطاعان عرضيان

ولتكن : (و) المسافة بين القطاعين العرضيين (حـ ظ) و(حـ١ ظ١) مع فرضها مساوية لبعد الكانات بعضها عن بعض

(ع) عزم الانثناء عند القطاع (حـ ظ)

(ع١) « « « « (حـ١ ظ١) مع فرض (ع) > (ع١)

(حـ) سطح قطاع السيخ المعمول منه الكانات أى سطح قطاع احدى فروع الكانة

(م) عدد فروع الكانة الواحدة

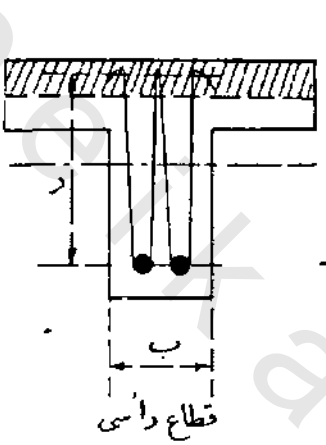
(ط) الحمل القاطع فى منتصف القطاع الطولى المبين بالشكل رقم (١٧)

(شط) جهد القطع للخرسانة

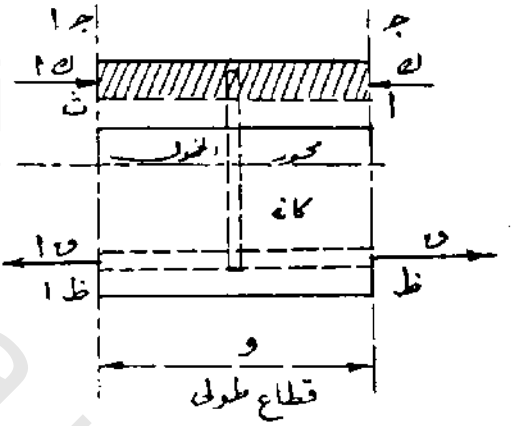
(صط) جهد القطع للصلب أو الحديد

(ر) زراع العزم

(ب) عرض روح الكمرة



شكل رقم (١٦)



شكل رقم (١٧)

ولنعتبر جزءا من الخرسانة المضغوطة والمحدودة من أسفل بالمستوى الأفقى (ا ث) [انظر الجزء المهشر بالشكل رقم (١٧)] ولندرس التأثيرات الأفقية على هذا الجزء

وليكن (ك) محصلة الضغط للجزء المذكور وهى الناتجة من عزم الانثناء عند القطاع (حـ ظ)

(ك ١) محصلة الضغط على هذا الجزء عند القطاع (حـ ١ ظ ١)

ويمكن حساب هاتين المحصلتين بواسطة قوانين الانثناء متى كانت القوى الخارجية على العتب المذكور معروفة وقطاعه وتسليحه الأفقى معلومين

فمن الفرق بين هاتين المحصلتين (ك — ك ١) تنتج الشدد الأفقية التى من تأثيرها يميل الجزء المذكور أعلاه للانزلاق على الجزء الباقى من العتب

وقد توضع الكانات الرأسية لمساعدة مقاومة الخرسانة لتلك الشدد الأفقية ومنع حصول الانزلاق ويلاحظ أنه كلما قرب المستوى (ا ث) من محور الخول تزداد كلتا المحصلتين فيزداد الفرق بينهما ويكون هذا الفرق أعظم ما يمكن متى مر المستوى (ا ث) من محور الخول فتصبح حينئذ (ك) مساوية للمحصلة الكلية لجهود الضغط عند القطاع (حـ ظ) وكذا (ك١) عند القطاع (حـ١ ظ١)

ولكن ك = $\frac{ع}{ر}$ ، ك١ = $\frac{ع_{١}}{ر}$

فتنتج المعادلة الآتية :

(ك — ك١) = $\frac{ع - ع_{١}}{ر} = \frac{ع - ع_{١}}{و} \times \frac{و}{ر}$ . . . معادلة رقم (٤٠)

ولكن بما أن المسافة (و) صغيرة يصبح الحد $\left[\frac{ع - ع_{١}}{و}\right]$ بحسب قوانين علم المقاومة يساوى الحمل القاطع (ط) فى منتصف الجزء المذكور فتصبح المعادلة رقم (٤٠) :

ك — ك١ = ط × $\frac{و}{ر}$ . . . . . معادلة رقم (٤١)

وبما أن مقاومة الخرسانة لحمل القطع الأفقى = و × ب × شط

ومقاومة الكانات لحمل القطع = م × حـ × صط

تنتج المعادلة الآتية :

الشدد الأفقية (أى حمل القطع الأفقى) = مقاومة الخرسانة + مقاومة الكانات

ط × $\frac{و}{ر}$ = و × ب × شط + م × حـ × صط . . . معادلة رقم (٤٢)

ومن هذه المعادلة نستخرج المعادلات الآتية لايجاد : —

(١) حـ (سطح قطاع السيخ المعمولة منه الكانات)

$$\text{ح} = \frac{\frac{\text{ط} \times \text{و}}{\text{ر}} - \text{و} \times \text{ب} \times \text{شط}}{\text{أ} \times \text{صط}} = \frac{\text{و} (\text{ط} - \text{ب} \times \text{ر} \times \text{شط})}{\text{أ} \times \text{ر} \times \text{صط}}$$

معادلة رقم (٤٣)

(٢) و (المسافة الضرورية بين الكانات متى كان عددها وقطاعها معروفين)

$$\text{و} \left(\frac{\text{ط}}{\text{ر}} - \text{ب} \times \text{شط} \right) = \text{أ} \times \text{ح} \times \text{صط}$$

$$\therefore \text{و} = \frac{\text{أ} \times \text{ح} \times \text{صط}}{\left(\frac{\text{ط}}{\text{ر}} - \text{ب} \times \text{شط} \right)} = \frac{\text{أ} \times \text{ح} \times \text{صط}}{\left(\frac{\text{ط} - \text{ر} \times \text{ب} \times \text{شط}}{\text{ر}} \right)}$$

$$= \frac{\text{أ} \times \text{ح} \times \text{صط} \times \text{ر}}{\text{ط} - \text{ر} \times \text{ب} \times \text{شط}} \quad \ldots\ldots\ldots \text{معادلة رقم (٤٤)}$$

(٣) شط (جهد القطع للخرسانة) متى فرض عدم وجود كانات

$$\text{شط} = \frac{\frac{\text{ط} \times \text{و}}{\text{ر}}}{\text{و} \times \text{ب}} = \frac{\text{ط} \times \text{و}}{\text{ر} \times \text{و} \times \text{ب}} = \frac{\text{ط}}{\text{ر} \times \text{ب}} \quad \ldots \text{معادلة رقم (٤٥)}$$

ومتى فرض اهمال مقاومة الخرسانة لجهود القطع نستخرج المعادلتين الآتيتين :

$$\text{ح (سطح قطاع السيخ المعمولة منه الكانات)} = \frac{\text{و} \times \text{ط}}{\text{صط} \times \text{أ} \times \text{ر}} \quad \ldots \text{معادلة رقم (٤٦)}$$

$$\text{و (المسافة الضرورية بين الكانات)} = \frac{\text{صط} \times \text{أ} \times \text{ح} \times \text{ر}}{\text{ط}} \quad \text{معادلة رقم (٤٧)}$$

فمتى كان العتب ذات ارتفاع ثابت وكذا كان قطاع كاناته وعدد فروعها يصبح بسط الكسر للطرف الثانى من المعادلة السابقة رقم (٤٧) ثابتًا فاذا أمكن حساب حمل القطع (ط) لقطاعات مختلفة من العتب على مسافات مختلفة من نقط الارتكاز تستخرج حينئذ أعظم مسافة (و) مسموحة لبعد الكانات بعضها عن بعض عند تلك القطاعات

طريقة تحديد موقع الكانات وايجاد عددها اللازم

تقسم فتحة العتب المحصورة ما بين نقط الارتكاز أو التثبيت والنقطة التى يكون فيها الحمل القاطع يساوى صفراً الى أقسام متساوية

ثم نستخرج المسافة (و) الضرورية بين الكانات و بعضها فى كل من نقط التقسيم المذكورة وذلك بواسطة المعادلة رقم (٤٧)

ثم يبتدأ من نقطة الارتكاز بوضع الكانات على مسافات مساوية للمسافة المستخرجة من المعادلة المذكورة فى تلك النقطة لغاية وقع آخر كانة فى هـذا القسم داخل المنطقة الثانية بالتقسيم

ثم يبتدأ من الكانة الأخيرة المذكورة بوضع الكانات على مسافات مساوية للمسافة المستخرجة من تطبيق المعادلة فى النقطة الثانية من التقسيم أى فى النقطة التى تلى نقطة الارتكاز وهلم جرا

الطريقة التقريبية لايجاد عدد الكانات اللازمة للاعتاب

وقد يحسب عدد الكانات اللازمة للعتب بواسطة المعادلة التقريبية الآتية وهى للمسيو بنداريس المهندس الافرنسى :

$$\text{ع (عدد الكانات لنصف الفتحة)} = \frac{\text{ل} \times \text{ط} \times ٥}{\text{ر} \times \text{ح} \times \text{م} \times \text{ط} \times ١٦}$$

معادلة رقم (٤٨)

وبها : ط = حمل القطع عند نقطة الارتكاز

ل = فتحة العتب

م = عدد فروع الكانة الواحدة

ح = سطح قطاع السيخ المصنوعة منه الكانات

ر = زراع عزم المقاومة

صط = جهد القطع للحديد وهو يساوى $\frac{٤}{٥}$ جهد الشد المفروض للحديد

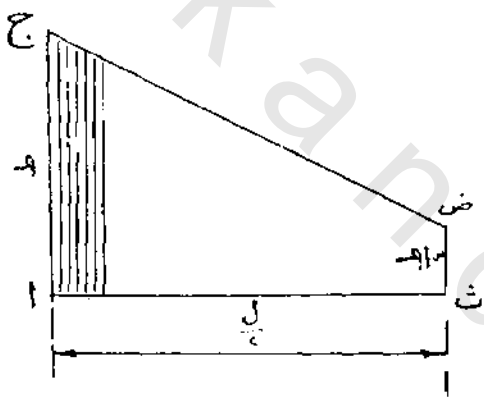
ع = عدد الكانات فى نصف الفتحة

وبها فرض حمل القطع فى منتصف العتب المحمل بأحمال موزعة بانتظام مساوياً لربع قيمة القطع عند نقط الارتكاز وليس صفراً حيث أن بعض الأحمال العرضية تكون أحياناً متحركة

وقد برهنت هذه المعادلة بالطريقة الآتية بعد هذا الفرض :

ليكن المستقيم (ا ث) = نصف الفتحة = $\frac{ل}{٢}$ [أنظر الشكل رقم (١٨)]

(ا ج) ، (ث ض) عمودان بحيث يكون طول كل منهما مساوياً ل (ط) ، $[\frac{ط}{٤}]$ على التوالى



شكل رقم (١٨)

فالاحداثيات الرأسية داخل الشبه منحرف [ا ث ض ج] تساوى الأحمال القاطعة وسطح هذا الشبه منحرف يساوى مجموع الأحمال القاطعة ابتداء من إحدى نقط الارتكاز لغاية نصف العتب

$$\therefore \text{مجموع الاحمال القاطعة} = \frac{ل}{٢} \times \frac{[ط + \frac{ط}{٤}]}{٢} = \frac{ل \times ط \times ٥}{١٦}$$

وبما أن ارتفاع الكانات يساوى تقريباً زراع العزم (ر) تكون المقاومة التى تقوم بها الكانة الواحدة لحمل القطع = صط × م × ح × ر

وتكون مجموع مقاومة الكانات لنصف فتحة العتب =

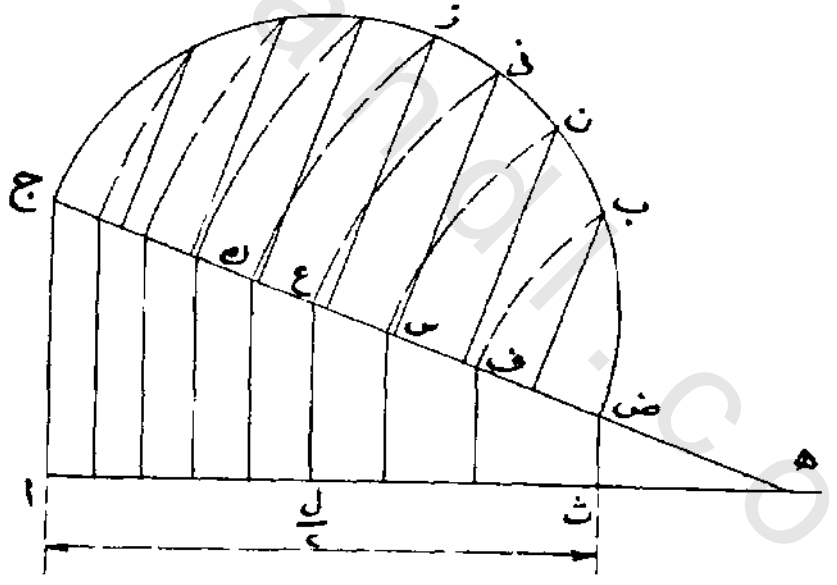
ع × صط × م × حـ × ر فتنتج المعادلة الآتية :

$$\text{ع} \times \text{صط} \times \text{م} \times \text{حـ} \times \text{ر} = \frac{٥ \times \text{ط} \times \text{ل}}{١٦}$$

$$\text{أى ع} = \frac{٥ \times \text{ط} \times \text{ل}}{١٦ \times \text{صط} \times \text{م} \times \text{حـ} \times \text{ر}} \quad \ldots\ldots \text{معادلة رقم (٤٨)}$$

المسافات بين الكانات

تستخرج المسافات بين الكانات بالطريقة التخطيطية الآتية أنظر الشكل رقم (١٩) وهى للمسيو يندارس



شكل رقم (١٩)

يرسم المستقيم (ا ث) = $\frac{\text{ل}}{٢}$ [نصف فتحة العتب] (ا ج) ، (ث ض) عمودان بحيث يكون طول كل منهما مساويًا ل (ط) حمل القطع الأعظم ما يمكن ، ($\frac{\text{ط}}{٤}$) على التوالى أى أن (ا ج) = ٤ × (ث ض)

ثم نمد الضلعين (ا ث) ، (ج ض) على استقامتهما ولتكن (هـ) نقطة تقابلهما

ثم نرسم على المستقيم (ج ض) نصف محيط دائرة

ونقسم المستقيم (ج ض) الى أقسام متساوية عددها بقدر عدد الكانات لنصف الفتحة وهى المستخرج من المعادلة رقم (٤٨) مضافاً الى عددها واحد

ونقيم من نقطة التقسيم أعمدة على الخط (ج ض) فتقابل المحيط فى النقط (ب) ، (ن) ، (ذ) ، (ز) وهلم جرا

ثم نجعل النقطة (هـ) مركزاً و بانصاف أقطار (هـ ب) ، (هـ ن) ، (هـ ذ) وهلم جرا نرسم أقواساً فهذه الأقواس تقطع المستقيم (ج ض) فى النقط (ف) ، (س) ، (ع) ، (ك) وهلم جرا

فمن هـذه النقط نرسم خطوطاً عمودية للقاعدة (ا ث) فينقسم الشبه منحرف [ا ج ض ث] الى أقسام متكافئة وتكون نقط تقابل هذه الأعمدة بالقاعدة (ا ث) محل وضع الكانات [و يتلاحظ أن (ا) نقطة الارتكاز ، (ث) وسط العتب]

ملحوظة : فى الأحوال التى يكون بها العتب محملاً بجملة أحمال منفردة يستخرج حمل القطع فى منتصف الفتحة من الشكل البيانى للأحمال القاطعة ولنرمز له بـ (ط١) فتصبح المعادلة رقم (٤٨) :

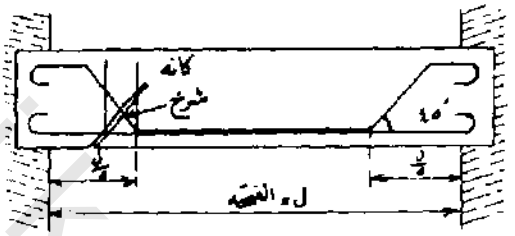
$$عـ = (ط + ط_{١}) \times \frac{ل}{٤ \times صط \times ٢ \times ح \times ر} \quad \text{... معادلة رقم (٤٩)}$$

وعند استخراج المسافات اللازمة بين الكانات بالطريقة أعلاه يؤخذ العمود (ث ض) مساوياً لـ (ط١) .

ومهما كانت نتيجة تعيين المسافات بين الكانات يقتضى ألا تزيد المسافة بين الكانة والكانة التى تليها عن مرتين ارتفاع العتب فتقرب الكانات من بعضها البعض يمنع حدوث الشروخ فى الأعتاب و يقاوم انثناء الأسياخ التى تكون فى منطقة الضغط وما ينتج من تفتت أجزاء الخرسانة ولذا يقتضى أن يعتنى فى لف الكانات حول تلك الأسياخ

ملحوظة هامة

قد دلت التجارب أن الشروخ التى تظهر بالأعتاب المصنوعة من الخرسانة المسلحة تحت تأثير الأحمال غالباً تكون بالقرب من نقط الارتكاز وفى مستويات فى اتجاه مائل بقدر ٤٥ درجة [انظر الشكل رقم ٢٠]



شكل رقم (٢٠)

وتكون مقاومة الكانات معدومة قبل حصول الشروخ المذكورة وتبدأ هذه المقاومة عند حصول الشروخ وقد يتعين على الكانات التى تكون فى منطقة الشرخ بربط الجزء الأيمن من خرسانة العتب مع الجزء الأيسر ومنع اتساع الشرخ الذى عادة يكون فى بدايته غير ظاهر ولذا يحسن أن تكون الكانات مثبتة جيداً من أعلا حول أسياخ موضوعة فى الطبقة العليا للعتب وان تكون أطرافها مجنشة

وتكسح بعض أسياخ الشد عامودياً على اتجاه الشروخ وهى التى يتعين عليها من البدء مقاومة الأحمال القاطعة ومنع حصول الشروخ

وقد دلت التجارب فعلية اشتراك الأسياخ المكسحة مع الكانات بمقاومة الأحمال القاطعة ولذا يقتضى تكسيح جزء من أسياخ الشد وان يبدأ بهذا التكسيح من النقطة التى يمر فيها عزم الانثناء من موجب الى سالب ويكون عادة عندخمس فتحة الكمرة من الجنبين وذلك للاعتاب المثبتة من الطرفين

(مثال رقم ١٦) المطلوب معرفة عدد الكانات اللازمة لعتب من الخرسانة المسلحة مثبتًا من الطرفين تثبيتًا جزئيًا

المعاليم : فتحة العتب (ل) = ٦ أمتار أى ٦٠٠ سنتيمتراً

الارتفاع العملى (د) = ٥٩ سنتيمتراً

زراع العزم (ر) = ٥٢٫٧٠ »

عرض العتب (ب) = ٢٥ »

الحمل الموزع بانتظام على المتر الطولى من العتب بما فيه ثقل العتب = ١٤٠٠ كيلوجرامًا

أسياخ الشد = ٣ أسياخ قطر $\frac{١٣}{١٦}$ البوصة

جهد القطع للحديد = ٨ كيلوجرامًا للمليمتر المربع

أى ٨٠٠ كيلوجرامًا للسنتيمتر المربع

الحل : الحمل القاطع (ط) الاعظم ما يمكن وهو عند نقط التثبيت $= \frac{٦ \times ١٤٠٠}{٢} = ٤٢٠٠$ كيلوجرامًا

ولتكن الكانات من أسياخ مبرومة قطرها $\frac{١}{٤}$ بوصة أى أن (ح) سطح السيخ المصنوعة منه الكانات = ٣٢ مليمتراً مربعًا

عدد فروع الكانة الواحدة = ٦

والآن لايجاد عدد الكانات اللازمة لنصف الفتحة نجرى تطبيق المعادلة رقم (٤٨) :

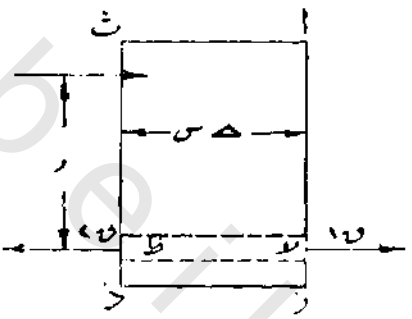
$$ع = \frac{ل \times ط \times ٥}{ر \times ح \times ٢ \times ط \times ١٦}$$

$$\therefore ع = \frac{٦٠٠ \times ٤٢٠٠ \times ٥}{٥٢٫٧ \times ٠٫٣٢ \times ٦ \times ٨٠٠ \times ١٦} = ٩٫٧ \text{ ليكن } ١٠$$

أى ٢٠ كانة لفتحة العتب

الانزلاق

ليكن ا ث ذ ز قطاع طولى لجزء من عتب مستطيل من الخرسانة المسلحة و (ا ز) و (ث ذ) قطاعين عرضيين مأخوذين بالقرب من بعضهما ولتكن المسافة بينهما (△ س) وليكن (لا ظ) سيخ من الصلب داخل ذلك العتب وموازيًا لمحوره



شكل رقم (٢٠)

وليكن (ع١) و (ع٢) عزمى الاثناء للقطاعين (ا ز) و (ث ذ) و (ر) ذراع عزم المقاومة وهو يتساوى بالقطاعين فتكون محصلة جهود الشد فى النقطة (لا) تساوى

$$\frac{ع_1}{ر} = ق_1 \quad [\text{ أنظر المعادلة رقم (١٤) صحيفة (٣١) }]$$

و محصلة جهود الشد فى النقطة (ظ تساوى $\frac{ع_2}{ر} = ق_2$

فمن المعادلتين السابقتين تنتج المعادلة الآتية :

$$ق_1 - ق_2 = \frac{ع_1 - ع_2}{ر}$$

ولنرمز : بـ (ة) لطول دائرة السيخ و بـ (ج) لمقاومة الانزلاق للوحدة السطحية فيكون مجموع المقاومة للانزلاق بين القطاعين يساوى ج × ة × △ س

أى أن $[ق_1 - ق_2] = ج \times ة \times \triangle س = \frac{ع_1 - ع_2}{ر}$

$$\therefore ج = \frac{(ع_1 - ع_2)}{ة \times ر \times \triangle س}$$

فكلما نقصت المسافة △ س ينقص الحد (ع١ − ع٢) وفى النهاية يصبح هذا الحد مساويًا لتفاضل ع١ والمسافة (△ س) تصبح مساوية لتفاضلها وتصبح المعادلة حينئذ : −

$$\text{ج} = \frac{\text{تفاضل ع}_1}{\text{تفاضل △ س}} \times \frac{١}{\text{ر} \times \text{ة}}$$

وقد يبرهن علم مقاومة المواد أن $\frac{\text{تفاضل ع}_1}{\text{تفاضل △ س}}$ = حمل القطع (ط)

أى أن جهد الانزلاق (ج) = ط × $\frac{١}{\text{ر} \times \text{ة}}$ = $\frac{\text{ط}}{\text{ر} \times \text{ة}}$ .. معادلة رقم (٥١)

ويجب ألاَّ يزيد جهد الانزلاق (ج) عن عشر جهد الضغط المسموح للخرسانة ويتراوح (ج) ما بين ٤ ، ٦ كيلوجرام للسنتى المربع بحسب تركيب الخرسانة وكمية الاسمنت التى بها

ومن المعادلة السابقة يتبين أن جهد الانزلاق (ج) يتناسب مع حمل القطع (ط)

وبما أن اكبر عزم للأحمال القاطعة يكون بالقرب من نقط الارتكاز فيتعين مداركة ذلك وحسابه فى تلك النقط

وقد وجد أنه متى كان قطر الأسياخ المستعملة أصغر من $\frac{١}{٢٠}$ من طولها فتكون مقاومتها للانزلاق كافية ويهمل حسابها

وقد دلت التجارب أن أضمن طريقة لمقاومة الانزلاق هى تجنيش أطراف الأسياخ

طريقة تصميم الطابق الموزع عليه حمل بانتظام

الطابق اما أن يكون محمولاً من الجهتين أو محمولاً من جهاته الأربع سواء كان ذلك على حيطان أو على كمرات وقد يكون مرتكزاً على أطرافه أو مثبتاً منها أو مرتكزاً على جملة حيطان

وسندرس كيفية التصميم لكل حالة من الحالات المذكورة أعلاه وعلى العموم لامكان تصميم الطابق يقتضى :

أولاً — فرض الحمل الكلى (ح) الموزع بانتظام على الوحدة السطحية وهو يساوى مجموع الحمل العرضى والحمل المستديم (أى ثقل الطابق) لكل متر مربع

المراد بالحمل العرضى هو الحمل الحى مضافاً اليه وزن ثقل البلاط وتوابعه أو الأراضى الخشبية وتوابعها التى توضع فوق الخرسانة المسلحة للطابق أو الكمرات

ولمعرفة الحمل المستديم يتعين تقدير سمك الطابق قبل التصميم وقد يفرض عادة سمكه بين $\frac{١}{٣٠}$ و $\frac{١}{٣٥}$ من طول الفتحة أى من بحر الطابق و يفرض عادة مساوياً لـ $\frac{١}{٢٥}$ من طول الفتحة اذا كان الحمل العرضى متوسط التقدير (أى متى كان مساوياً لـ ٣٠٠ كيلوجرام للمتر المربع) وعلى العموم يستحسن أن لا يكون السمك للطابق أقل من ٨ سنتيمترات

ومن الجدولين رقم (١٢) و (١٣) يسهل تقدير سمك الطابق متى كان معلوماً طول الفتحة (ل) ومتى كان الحمل العرضى وكذا جهود الشد والضغط مفروضة

ملحوظة : أنظر الحالة الثانية من المثال رقم (١٧) و به شرح طريقة تقدير سمك الطابق المثبت من أطرافه الأربع والمسلح فى الاتجاهين معاً

ثانيًا — حساب عزم الانثناء الأعظم ما يمكن وهذا العزم يساوى :

$\frac{ح\ ل^{٢}}{٨}$: متى كان الطابق مرتكزاً على طرفيه

$\frac{ح\ ل^{٢}}{١٠}$: متى كان الطابق مثبتًا من طرفيه (ويعتبر التثبيت نصف تثبيت) أو مرتكزاً على عدة حيطان أو كمرات

واذا كان الطابق مثبتًا أو مرتكزاً من جهاته الأربع وكان طوله يساوى ضعف عرضه على الأكثر فقد يصير تسليحه فى الاتجاهين معًا وفى هذه الحالة يصير حساب عزم الانثناء الأعظم ما يمكن لكل اتجاه منهما بالطريقة الآتية :

وليكن : لا = فتحة الطابق باتجاه الطول

ل = فتحة الطابق باتجاه العرض (أى ل ≤ لا)

ح = الحمل الموزع بانتظام على الوحدة السطحية

عـلا = عزم الانثناء فى اتجاه الطول (لا)

عـل = عزم الانثناء فى اتجاه العرض (ل)

فيكون عزم الانثناء الأعظم ما يمكن للطابق المرتكز على أطرافه الأربع يساوى :

أولاً — فى اتجاه العرض (ل) يساوى :

$$عـل = \frac{لا^{٤}}{ل^{٤} + ل^{٢} \times لا^{٢} + لا^{٤}} \times \frac{ح\ ل^{٢}}{٨} = فا \times \frac{ح\ ل^{٢}}{٨}$$ .. معادلة رقم (٥٢)

وبها رمزنا بـ (فا) الى الحد $\frac{لا^{٤}}{ل^{٤} + ل^{٢} \times لا^{٤} + لا^{٤}}$

ثانيًا — فى اتجاه الطول (لا) يساوى :

$$عـلا = \frac{ل^{٤}}{ل^{٤} + ل^{٢} \times لا^{٢} + لا^{٤}} \times \frac{ح\ لا^{٢}}{٨} = غا \times \frac{ح\ لا^{٢}}{٨}$$ .. معادلة رقم (٥٣)

وبها رمزنا بـ (غا) الى الحد $\frac{ل^{٤}}{ل^{٤} + ل^{٢} \times لا^{٢} + لا^{٤}}$

ويكون عزم الانثناء الأعظم ما يمكن للطابق المثبت من جهاته الأربع (مع اعتبار التثبيت نصف تثبيت)

أولاً — فى اتجاه العرض (ل) يساوى :

$$ع_{ل} = \frac{لا^{٤}}{ل^{٤} + ل^{٢} \times لا^{٢} + لا^{٤}} \times \frac{ح\ ل^{٢}}{١٠} = فا \times \frac{ح\ ل^{٢}}{١٠}$$ معادلة رقم (٥٤)

ثانياً — فى اتجاه الطول (لا) يساوى :

$$ع_{لا} = \frac{ل^{٤}}{ل^{٤} + ل^{٢} \times لا^{٢} + لا^{٤}} \times \frac{ح\ لا^{٢}}{١٠} = غا \times \frac{ح\ لا^{٢}}{١٠}$$ معادلة رقم (٥٥)

ومتى كان ل = لا يكون المعامل (فا) = المعامل (غا) = $\frac{١}{٣}$

ملحوظة : المعاملين (فا) ، (غا) صار إيجادهما بواسطة التجارب العديدة التى عملت بمعرفة مصلحة الطرق والكبارى بفرنسا ومنوه عنهما بالمنشور الوزارى لحكومة فرنسا و يستخرج من الجدول رقم (١٤) صحيفة (٨٧) قيمة المعاملين (فا) ، (غا) متى كانت النسبة ($\frac{لا}{ل}$) معروفة

ثالثاً — فرض جهد الشد (ص) للحديد وجهد الضغط (ش) للخرسانة وكذا النسبة (ن) لمعاملى المرونة

ثم تستخرج من الجداول رقم (٦) ، (٧) ، (٨) نسبة التسليح (م) والمعامل (ما) وهما المقابلان للمعاليم المفروضة (ص) ، (ش) ، (ن)

ويستخرج حينئذ الارتفاع العملى (د) للطابق بواسطة المعادلة رقم (٢٠) صحيفة (٣٢) : د = $\sqrt{\frac{ع}{ب \times ما}}$ وبها تفرض (ب) تساوى متراً

وبها يؤخذ عزم الانثناء (ع) مساوياً لـ :

$\frac{\text{حـ ل}^{٢}}{١٠}$ اذا كان الطابق مسلح باتجاه واحد أى باتجاه العرض (ل)

وكانت أطرافه مثبتة

$\frac{\text{حـ ل}^{٢}}{٨}$ اذا كان الطابق مسلح باتجاه واحد أى باتجاه العرض (ل)

وكانت أطرافه مرتكزة

فا × $\frac{\text{حـ ل}^{٢}}{١٠}$ اذا كان الطابق مسلح بالاتجاهين معاً وكانت أطرافه الأربع مثبتة

(ل = العرض)

فا × $\frac{\text{حـ ل}^{٢}}{٨}$ اذا كان الطابق مسلح بالاتجاهين معاً وكانت أطرافه الأربع مرتكزة

(ل = العرض)

ويستخرج سطح التسليح (ح) بواسطة المعادلة رقم (٢٣) صحيفة (٣٣)

∴ ح = ه × ب × د

أو بواسطة المعادلة رقم (٢٥) صحيفة (٣٣)

∴ ح = [ه × $\frac{١}{\text{ما}_{٧}}$] × $\sqrt{\text{ع} \times \text{ب}}$

مع استخراج الحد [ه × $\frac{١}{\text{ما}_{٧}}$] من الجداول رقم (٦) و (٧) و (٨)

صحيفة (٣٥) و (٣٦) و (٣٧)

ومتى كانت (ح) معلومة يستخرج من الجدول رقم (١) صحيفة (١) عدد وقطر الأسياخ اللازم وضعها فى العرض (ب) المفروض والتى يكون مجموع سطح قطاعها مساوياً لـ (ح) أو الأقرب منها

obeikandl.com

جـــدول رقم (١٢)

المعـــاليم المفروضة

(ص) جهد الشد للحديد = ١٠ كيلوجرامات للسنتيمتر المربع

(ش) جهد الضغط للخرسانة = ٤٠ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع

(ن) نسبة معاملى المرونة = ١٢

(ع) عزم الانثناء الأعظم ما يمكن = $\frac{\text{ح} \times \text{ل}^2}{١٠}$ [الطابق مثبت / نصف تثبيت]

ل = فتحة الطابق بالمـتر

سمك الطابق (س) أى ارتفاعه الكلى بالسنتيمتر	الارتفاع العملى (د) بالسنتيمتر	وزن الطابق الكلى متر مربع بالكيلوجرام	الحمل العرضى (ح) الموزع بانتظام لكل متر مربع بالكيلوجرام						
			١٠٠	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٣٠٠	٣٥٠	٤٠٠	٥٠٠
			(ل)	(ل)	(ل)	(ل)	(ل)	(ل)	(ل)	(ل)
٨	٦,٢٥	٢٠٠	٢,٧٤	٢,٥٣	٢,٣٧	٢,٢٣	٢,١٢	٢,٠٢	١,٩٣	١,٧٩
٩	٧,٢٥	٢٢٥	٣,٠٥	٢,٨٤	٢,٦٧	٢,٥٢	٢,٤٠	٢,٢٩	٢,٢٠	٢,٠٤
١٠	٨	٢٥٠	٣,٢٥	٣,٠٤	٢,٨٦	٢,٧١	٢,٥٩	٢,٤٨	٢,٣٨	٢,٢٢
١١	٩	٢٧٥	٣,٥٣	٣,٣١	٣,١٣	٢,٩٨	٢,٨٥	٢,٧٣	٢,٦٣	٢,٤٥
١٢	١٠	٣٠٠	٣,٨٠	٣,٥٨	٣,٣٩	٣,٢٤	٣,١٠	٢,٩٨	٢,٨٧	٢,٦٨
١٣	١١	٣٢٥	٤,٠٥	٣,٨٣	٣,٦٤	٣,٤٨	٣,٣٤	٣,٢١	٣,١٠	٢,٩١
١٤	١٢	٣٥٠	٤,٢٩	٤,٠٧	٣,٨٨	٣,٧٢	٣,٥٧	٣,٤٤	٣,٣٣	٣,١٢
١٥	١٣	٣٧٥	٤,٥٣	٤,٣١	٤,١٢	٣,٩٥	٣,٨٠	٣,٦٦	٣,٥٤	٣,٣٤
١٦	١٤	٤٠٠	٤,٧٥	٤,٥٣	٤,٣٤	٤,١٧	٤,٠٢	٣,٨٨	٣,٧٦	٣,٥٤

مثال : متى كان الحمل العرضى (ح) = ٣٠٠ كيلوجراماً

وكانت فتحة الطابق (ل) ≤ ٢,٥٩ مـتراً

يستخرج من الجدول: سمك الطابق (س) = ١٠ سنتيمتراً

الارتفاع العملى (د) = ٨ «

مثال : متى كانت (ح) = ٣٥٠ كيلوجراماً و (س) = ١٢ سنتيمتراً

يستخرج من الجدول : (ل) ≤ [أى تساوى أو أقل من] ٢,٩٨ متراً

ملحوظة : المراد بالحمل العرضى هو الحمل الحى مضافاً اليه وزن تمل البلاط وتوابعه أو الاراضى الخشبية وتوابعها التى توضع فوق الخرسانة المسلحة للطابق

obeikandl.com

جـــدول رقم (١٣)

المعـاليم المفروضة

(ص) جهد الشد للحديد = ١٢ كيلوجراماً للمليمتر المربع

(ش) جهد الضغط للخرسانة = ٤٥ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع

(ن) نسبة معامل المرونة = ١٢

(ع) عزم الانثناء الأعظم ما يمكن = $\frac{\text{ح} \times \text{ل}^2}{١٠}$ [الطابق مثبت / نصف تثبيت]

ل = فتحة الطابق بالمـتر

سمك الطابق (س) أى ارتفاعه الكلى بالسنتيمتر	الارتفاع العملى (د) بالسنتيمتر	وزن الطابق الكلى بالكيلوجرام	الحمل العرضى (ح) الموزع بانتظام لكل متر مربع بالكيلوجرام						
			١٠٠	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٣٠٠	٣٥٠	٤٠٠	٥٠٠
			(ل)	(ل)	(ل)	(ل)	(ل)	(ل)	(ل)	(ل)
٨	٦٫٢٥	٢٠٠	٢٫٨٥	٢٫٦٤	٢٫٤٧	٢٫٣٣	٢٫٢١	٢٫١٠	٢٫٠١	١٫٨٦
٩	٧٫٢٥	٢٢٥	٣٫١٨	٢٫٩٦	٢٫٧٨	٢٫٦٣	٢٫٥٠	٢٫٣٩	٢٫٢٩	٢٫١٣
١٠	٨	٢٥٠	٣٫٣٨	٣٫١٦	٢٫٩٨	٢٫٨٣	٢٫٦٩	٢٫٥٨	٢٫٤٨	٢٫٣١
١١	٩	٢٧٥	٣٫٦٧	٣٫٤٥	٣٫٢٦	٣٫١٠	٢٫٩٦	٢٫٨٤	٢٫٧٤	٢٫٥٥
١٢	١٠	٣٠٠	٣٫٩٥	٣٫٧٢	٣٫٥٣	٣٫٣٧	٣٫٢٣	٣٫١٠	٢٫٩٩	٢٫٧٩
١٣	١١	٣٢٥	٤٫٢٢	٣٫٩٩	٣٫٧٩	٣٫٦٢	٣٫٤٨	٣٫٣٤	٣٫٢٣	٣٫٠٣
١٤	١٢	٣٥٠	٤٫٤٧	٤٫٢٤	٤٫٠٤	٣٫٨٧	٣٫٧٢	٣٫٥٨	٣٫٤٦	٣٫٢٥
١٥	١٣	٣٧٥	٤٫٧١	٤٫٤٨	٤٫٢٨	٤٫١١	٣٫٩٥	٣٫٨١	٣٫٦٩	٣٫٤٧
١٦	١٤	٤٠٠	٤٫٩٥	٤٫٧٢	٤٫٥٢	٤٫٣٤	٤٫١٨	٤٫٠٤	٣٫٩١	٣٫٦٩

مثـال : متى كان الحمل العرضى (ح) = ٣٥٠ كيلوجراماً
وكانت فتحة الطابق (ل) < ٣٫١٠ متراً

يستخرج من الجدول: سمك الطابق (س) = ١٢ سنتيمتراً
الارتفاع العملى (د) = ١٠ »

مثـال : متى كانت (ح) = ٤٠٠ كيلوجراماً و (س) = ١٠ سنتيمتراً
يستخرج من الجدول : (ل) < ٢٫٤٨ متراً

ملحوظة : انظر المراد بالحمل العرضى أسفل الجدول رقم (١٢)

جـــدول رقم (١٤)

لا/ل	٠		١		٢		٣		٤		٥		٦		٧		٨		٩	
	فا	غا	فا	غا	فا	غا	فا	غا	فا	غا	فا	غا	فا	غا	فا	غا	فا	غا	فا	غا
١٫٠٠	٠٫٣٣٣	٠٫٣٣٣	٠٫٣٤٠	٠٫٣٢٧	٠٫٣٤٧	٠٫٣٢١	٠٫٣٥٤	٠٫٣١٤	٠٫٣٦٠	٠٫٣٠٧	٠٫٣٦٦	٠٫٣٠١	٠٫٣٧٣	٠٫٢٩٥	٠٫٣٨٠	٠٫٢٨٩	٠٫٣٨٦	٠٫٢٨٣	٠٫٣٩٢	٠٫٢٧٨
١٫١٠	٠٫٣٩٨	٠٫٢٧٢	٠٫٤٠٥	٠٫٢٦٧	٠٫٤١١	٠٫٢٦١	٠٫٤١٧	٠٫٢٥٦	٠٫٤٢٣	٠٫٢٥٠	٠٫٤٣٠	٠٫٢٤٥	٠٫٤٣٦	٠٫٢٠٤	٠٫٤٤٢	٠٫٢٣٥	٠٫٤٤٨	٠٫٢٣١	٠٫٤٥٤	٠٫٢٢٦
١٫٢٠	٠٫٤٥٩	٠٫٢٢١	٠٫٤٦٥	٠٫٢١٧	٠٫٤٧١	٠٫٢١٢	٠٫٤٧٧	٠٫٢٠٨	٠٫٤٨٢	٠٫٢٠٤	٠٫٤٨٨	٠٫٢٠٠٠	٠٫٤٩٣	٠٫١٩٦	٠٫٤٩٩	٠٫١٩٢	٠٫٥٠٤	٠٫١٨٨	٠٫٥٠٩	٠٫١٨٤
١٫٣٠	٠٫٥١٤	٠٫١٨٠	٠٫٥١٩	٠٫١٧٦	٠٫٥٢٤	٠٫١٧٢	٠٫٥٣٢	٠٫١٦٨	٠٫٥٣٥	٠٫١٦٥	٠٫٥٤١	٠٫١٦٢	٠٫٥٤٦	٠٫١٥٩	٠٫٥٥١	٠٫١٥٦	٠٫٥٥٦	٠٫١٥٣	٠٫٥٦١	٠٫١٥٠
١٫٤٠	٠٫٥٦٥	٠٫١٤٧	٠٫٥٧٠	٠٫١٤٤	٠٫٥٧٥	٠٫١٤١	٠٫٥٧٩	٠٫١٣٨	٠٫٥٨٣	٠٫١٣٥	٠٫٥٨٧	٠٫١٣٣	٠٫٥٩٢	٠٫١٣٠	٠٫٥٩٧	٠٫١٢٧	٠٫٦٠١	٠٫١٢٤	٠٫٦٠٥	٠٫١٢٢
١٫٥٠	٠٫٦٠٩	٠٫١٢٠	٠٫٦١٣	٠٫١١٧	٠٫٦١٧	٠٫١١٥	٠٫٦٢١	٠٫١١٣	٠٫٦٢٥	٠٫١١١	٠٫٦٢٩	٠٫١٠٩	٠٫٦٣٣	٠٫١٠٧	٠٫٦٣٧	٠٫١٠٥	٠٫٦٤١	٠٫١٠٣	٠٫٦٤٥	٠٫١٠١
١٫٦٠	٠٫٦٤٩	٠٫٠٩٩	٠٫٦٥٣	٠٫٠٩٧	٠٫٦٥٧	٠٫٠٩٥	٠٫٦٦١	٠٫٠٩٣	٠٫٦٦٤	٠٫٠٩١	٠٫٦٦٧	٠٫٠٨٩	٠٫٦٧٠	٠٫٠٨٧	٠٫٦٧٣	٠٫٠٨٥	٠٫٦٧٦	٠٫٠٨٣	٠٫٦٧٩	٠٫٠٨٢
١٫٧٠	٠٫٦٨٢	٠٫٠٨٠	٠٫٦٨٦	٠٫٠٧٨	٠٫٦٨٩	٠٫٠٧٦	٠٫٦٩٢	٠٫٠٧٤	٠٫٦٩٥	٠٫٠٧٣	٠٫٦٩٨	٠٫٠٧٢	٠٫٧٠١	٠٫٠٧١	٠٫٧٠٤	٠٫٠٧٠	٠٫٧٠٧	٠٫٠٦٩	٠٫٧١٠	٠٫٠٦٨
١٫٨٠	٠٫٧١٣	٠٫٠٦٧	٠٫٧١٦	٠٫٠٦٦	٠٫٧١٩	٠٫٠٦٥	٠٫٧٢٢	٠٫٠٦٤	٠٫٧٢٥	٠٫٠٦٣	٠٫٧٢٨	٠٫٠٦٢	٠٫٧٣٠	٠٫٠٦١	٠٫٧٣٢	٠٫٠٦٠	٠٫٧٣٤	٠٫٠٥٩	٠٫٧٣٦	٠٫٠٥٨
١٫٩٠	٠٫٧٣٨	٠٫٠٥٧	٠٫٧٤١	٠٫٠٥٦	٠٫٧٤٤	٠٫٠٥٥	٠٫٧٤٦	٠٫٠٥٤	٠٫٧٤٨	٠٫٠٥٣	٠٫٧٥٠	٠٫٠٥٢	٠٫٧٥٣	٠٫٠٥١	٠٫٧٥٦	٠٫٠٥٠	٠٫٧٥٨	٠٫٠٤٩	٠٫٧٦٦	٠٫٠٤٨
٢٫٠٠	٠٫٧٦٣	٠٫٠٤٧	٠٫٧٨٢	٠٫٠٤٠	٠٫٨٠٠	٠٫٠٣٤	٠٫٨١٦	٠٫٠٢٩	٠٫٨٣٠	٠٫٠٢٥	٠٫٨٤٣	٠٫٠٢١	٠٫٨٥٤	٠٫٠١٨	٠٫٨٦٥	٠٫٠١٦	٠٫٨٧٤	٠٫٠١٤	٠٫٨٨٢	٠٫٠١٢

$$(\text{لا}) = \text{الطول} \qquad (\text{فا}) = \frac{\text{لا}^4}{\text{ل}^4 + \text{ل}^2\,\text{لا}^2 + \text{لا}^4}$$

$$(\text{ل}) = \text{العرض}$$

$$\text{لا} > \text{ل} \qquad (\text{غا}) = \frac{\text{ل}^4}{\text{ل}^4 + \text{ل}^2\,\text{لا}^2 + \text{لا}^4}$$

مثال

طول الحجرة = ٥٫٢٠ متراً عرض الحجرة = ٤٫٠٠ متراً

$\frac{\text{لا}}{\text{ل}} = \frac{٥٫٢٠}{٤٫٠٠} = ١٫٣٠ \therefore$ (فا) ٠٫٥١٤ و (غا) = ٠٫١٨٠

مثال

طول الحجرة = ٤٫٦٤ متر عرض الحجرة = ٣٫٢٠ متراً

$\frac{\text{لا}}{\text{ل}} = \frac{٤٫٦٤}{٣٫٢٠} = ١٫٤٥ \therefore$ (فا) = ٠٫٥٨٧ و (غا) = ٠٫١٣٣

(مثال رقم ١٧) المطلوب تصميم طابق من الخرسانة لسقف حجرة سعتها من الداخل ٤٫٨٠ متراً فى ٣٫٦٠ متراً أى : (ل) = ٣٫٦٠ متراً ، (لا) = ٤٫٨٠ متراً

المعاليم : الحمل العرضى (ح) = ٣٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع

جهد الشد للحديد (ص) = ١٢ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع

جهد الضغط للخرسانة (ش) = ٤٥ « للسنتيمتر المربع

نسبة معاملى المرونة (ن) = ١٢

الطابق مثبتاً من أطرافه الأربع (نصف تثبيت)

ومطلوب أيضاً أن يكون التسليح :

أولاً — فى اتجاه واحد أى فى اتجاه العرض (ل)

ثانياً — فى الاتجاهين معاً أى فى اتجاه العرض (ل) والطول (لا)

الحـــل : للحالة الأولى (أى لحالة التسليح فى اتجاه واحد)

(١) تقدير سمك الطابق : سمك الطابق يساوى $\frac{١}{٢٥}$ × ٣٫٦٠ = ١٤٫٤ سنتيمتراً

ليكن ١٤ سنتيمتراً

(ويسهل تقدير سمك الطابق بالضبط بواسطة الجدول رقم (١٣) صحيفة (٨٦) ومنه يستخرج أنهُ متى كانت الفتحة أقل من ٣٫٧٢ متراً وأكبر من ٣٫٤٨ متراً وكان الحمل العرضى مساوياً لـ ٣٠٠ كيلوجراماً يكون السمك الكلى للطابق ١٤ سنتيمتراً)

(٢) الحمل الكلى لكل متر مربع = الحمل العرضى + الحمل المستديم (ثقل الطابق)

= ٣٠٠ + ٠٫١٤ × ٢٥٠٠ = ٦٥٠ كيلوجراماً

(٣) من الجدول رقم (٧) صحيفة (٣٦) قرين المعاليم المفروضة أعلاه :

(ص) = ١٢ ، (ش) = ٤٥ ، (ن) = ١٢

نستخرج : نسبة التسليح (م) = ٠٫٠٠٥٨٢ ، المعامل (ما) = ٦٫٢٦

(٤) عزم الانثناء الأعظم ما يمكن (ع) = $\frac{\text{حـ ل}^{٢}}{١٠}$

= $\frac{٦٥٠ \times (٣,٦٠)^{٢}}{١٠}$ = ٨٤٢,٤ كيلوجرام متراً

(٥) الارتفاع العملى (د) = $\sqrt{\frac{\text{ع}}{\text{ب} \times \text{ما}}}$ [أنظر المعادلة رقم (٢٠) صحيفة (٣٢)]

= $\sqrt{\frac{٨٤٢,٤}{١,٠٠ \times ٦,٢٦}}$ = ١١,٦ سنتيمتراً

∴ الارتفاع الكلى للطابق = ١١,٦ + ٢ = ١٣,٦ ليكن ١٤ سنتيمتراً

(٦) ح سطح أسياخ الشد بالمليمتر المربع = ه × ب × د

= ٠,٠٠٥٨٢ × ١٠٠٠ × ١١٦

= ٦٧٥,١ مليمتراً مربعاً

من الجدول رقم (١) صحيفة (١) نستخرج :

(ح) = ١٠ أسياخ من قطر $\frac{٣}{٨}$ البوصة سطحها مساوياً لـ ٧١٣ مليمتراً مربعاً

أو ٦ أسياخ من قطر $\frac{١}{٢}$ بوصة سطحها مساوياً لـ ٧٦٠ مليمتراً مربعاً

وكل من السطحين يقرب من ٦٧٥,١ مليمتر مربع

هذه الأسياخ توضع فى اتجاه عرض الحجرة وعددها المذكور هو اللازم وضعه فى كل متر فى اتجاه طول الحجرة

وقد توضع خمس أسياخ بالمتر من قطر $\frac{١}{٤}$ بوصة باتجاه طول الحجرة لربط أسياخ التسليح المذكورة أعلاه فى موضعها

الحـــــل : للحالة الثانية (أى متى كان التسليح فى الاتجاهين معاً)

ملحوظة : تسمى الأسياخ الموضوعة باتجاه العرض بالفرشة وتسمى الأسياخ الموضوعة فوقها باتجاه الطول بالغطاء

(١) تقدير سمك الطابق : — متى كان الطابق مسلحاً فى الاتجاهين معاً يفرض سمكه عادة مساوياً لـ $\frac{ل}{٣٠}$

ويمكن ايجاد السمك بالضبط من الجدول رقم (١٢) صحيفة (٨٥) وذلك بالطريقة الآتية :

تستخرج أولاً النسبة $\left[\frac{لا}{ل}\right]$ وهى فى هذا المثال تساوى $\frac{٤٫٨٠}{٣٫٦٠} = ١٫٣٣$

ثم من الجدول رقم (١٤) صحيفة (٨٧) يستخرج المعامل (فا) المقابل للنسبة $\left[\frac{لا}{ل}\right]$ أى المقابل لـ ١٫٣٣ ويساوى ٠٫٥٣٢

وليكن (ل$_{ا}$) = ل $\sqrt{\text{فا}}$ = ٣٫٦٠ $\sqrt{٠٫٥٣٢}$ = ٢٫٦٣

فيكون سمك الطابق هو السمك المقابل للفتحة (ل$_{ا}$) اذا كانت قيمتها موجودة بالعمود الخاص بالحمل العرضى المفروض وان لم تكن موجودة فيكون سمك الطابق هو المقابل للفتحة الأكبر التى تليها فى نفس العمود

وحيث أن (ل$_{ا}$) = ٢٫٦٣ فيكون سمك الطابق يساوى ١٠ سنتيمتراً وهو السمك المقابل للفتحة ٢٫٦٩ متراً التى تلى الفتحة ٢٫٦٣ متراً بالعمود الخاص بالحمل العرضى المفروض وهو ٣٠٠ كيلوجراماً

(٢) الحمل العرضى المفروض = ٣٠٠ كيلوجراماً بالمتر المربع

ثقل الطابق = ١٫٠٠ × ٠٫١٠ × ٢٥٠٠ = ٢٥٠ كيلوجراماً

∴ الحمل الكلى (ح) الموزع بانتظام = ٣٠٠ + ٢٥٠ = ٥٥٠ كيلوجراماً لكل متر مربع

(٣) من الجدول رقم (٧) صحيفة (٣٦) قرين المعاليم المفروضة :

(ص)$_{ا}$ = ١٢ ، (ش) = ٤٥ ، (ن) = ١٢ نستخرج :

نسبة التسليح (ه) = ٦٫٢٦ ، المعامل (ما) = ٠٫٠٠٥٨٢ ، $\left[\frac{د}{د}\right]$ = ٠٫٨٩٦٦

(٤) عزم الانثناء :

أولاً – فى اتجاه عرض الحجرة و يساوى

$$ع_{ل} = فا \times \frac{ح\ ل^{٢}}{١٠} = \frac{(٤,٨٠)^{٤}}{(٤,٨٠)^{٤} + (٣,٦٠ \times ٤,٨٠)^{٢} + (٣,٦٠)^{٤}} \times \frac{٥٥٠ \times (٣,٦٠)^{٢}}{١٠}$$

$$= ٠,٥٣٢ \times ٧١٢,٨٠ = ٣٧٩,٢٠ \text{ كيلوجرام متراً}$$

ثانياً – فى اتجاه طول الحجرة و يساوى :

$$ع_{لا} = غا \times \frac{ح\ لا^{٢}}{١٠} = \frac{(٣,٦٠)^{٤}}{(٤,٨٠)^{٤} + (٣,٦٠ \times ٤,٨٠)^{٢} + (٣,٦٠)^{٤}} \times \frac{٥٥٠ \times (٤,٨٠)^{٢}}{١٠}$$

$$= ٠,١٦٨ \times ١٢٦٧,٢٠ = ٢١٢,٨٨ \text{ كيلوجرام متراً}$$

و يستخرج قيمة المعاملين (فا) ، (غا) من الجدول رقم (١٤) صحيفة (٨٧) بالطريقة الآتية :

$$\frac{لا}{ل} = \frac{(٤,٨٠)}{(٣,٦٠)} = ١,٣٣ \qquad \therefore \text{ (فا)} = ٠,٥٣٢ \text{ ، (غا)} = ٠,١٦٨$$

(٥) الارتفاع العملى (د) بالسنتيمتر $= \sqrt{\frac{ع_{ل}}{ب \times ما}}$ [انظر المعادلة رقم ٢٠ صحيفة ٣٢]

$$= \sqrt{\frac{٣٧٩,٢٠}{١,٠٠ \times ٦,٣٦}} = ٧,٧٨ \text{ سنتيمتراً}$$

فيكون السمك الكلى للطابق $= ٧,٧٨ + ٢,٠٠ = ٩,٧٨$ ليكن ١٠ سنتيمتراً

ملحوظة : يمكن ايجاد الارتفاع العملى اللازم للطابق بواسطة المعادلة رقم (٢٤) صحيفة (٣٣)

$$د = \frac{١}{\sqrt[٧]{ما}} \times \sqrt{\frac{ع_{ل}}{ب}}$$

بعد استخراج قيمة المعامل $\left[\frac{١}{\sqrt[٧]{ما}}\right]$ من الجدول رقم (٧) صحيفة (٣٦)

قرين الجهود (ص) ، (ش) ، النسبة (ن) المفروضة

فى هذا المثال $\frac{١}{\sqrt[٧]{ما}} = ٣,٩٩٧$

∴ د = ٣,٩٩٧ $\sqrt{\frac{٣٧٩,٢}{١,٠٠}}$ = ٧٧,٨ مليمتراً وهى نفس النتيجة المستخرجة باستعمال المعادلة رقم (٢٠)

(٦) ح$_{و}$ سطح الأسياخ اللازمة للفرشة لكل متر فى طول الحجرة

[أسياخ الفرشة توضع فى اتجاه عرض الحجرة]

ح$_{و}$ = ه × ب × د [أنظر المعادلة رقم (٢٣) صحيفة (٣٣)]

= ٠,٠٠٥٨٢ × ١٠٠٠ × ٧٧,٨ = ٤٥٢,٧٩ مليمتراً مربعاً

أى عملياً ٧ أسياخ من قطر $\frac{٣}{٨}$ البوصة سطحها يساوى ٤٩٩ مليمتراً مربعاً

[أنظر جدول الأسياخ رقم (١) صحيفة (١)]

ملحوظة : يمكن إيجاد سطح الأسياخ اللازمة للفرشة بواسطة المعادلة رقم (٢٥) صحيفة (٣٣) :

$$ح_{و} = \left[ه \times \frac{١}{\sqrt{ما}} \right] \times \sqrt{ع_{ن} \times ب}$$

بعد استخراج قيمة المعامل $\left[ه \times \frac{١}{\sqrt{ما}} \right]$ من الجدول رقم (٧) صحيفة (٣٦) قرين الجهود (ص) ، (ش) النسبة (ن) المفروضة

فى هذا المثال $ه \times \frac{١}{\sqrt{ما}}$ = ٢٣,٢٦٣

∴ ح$_{و}$ = ٢٣,٢٦٣ $\sqrt{٣٧٩,٢٠ \times ١,٠٠}$ = ٤٥٣ مليمتراً مربعاً

---

(٧) ح$_{غ}$ سطح الأسياخ اللازمة للغطاء لكل متر فى عرض الحجرة

[أسياخ الغطاء توضع فى اتجاه طول الحجرة]

قد يستخرج عملياً السطح (ح غ) اللازم لأسياخ الغطاء بواسطة المعادلة رقم (٢٥) صحيفة (٣٣) وذلك بعد اعتبار أن الارتفاع العملى لهذه الأسياخ هو نفس الارتفاع العملى لأسياخ الفرشة

$$\text{ح غ} = [\ \text{ط} \times \frac{1}{\text{ما}\ \sqrt{\ }}\ ] \times \sqrt{\text{ع لا} \times \text{ب}}$$

$$\text{ح غ} = 23{,}263 \sqrt{212{,}88 \times 1{,}00} = 339 \text{ مليمتراً مربعاً أى عملياً}$$

٧ أسياخ من قطر $\frac{9}{16}$ البوصة سطحها يساوى ٣٤٣ مليمتراً مربعاً

ملحوظة : يصير ايجاد السطح (ح غ) اللازم لأسياخ الغطاء بالضبط بالطريقة الآتية:

يعتبر الارتفاع العملى لأسياخ الغطاء مساوياً للارتفاع العملى لأسياخ الفرشة مستنزلاً منه قطرها فتصبح المعاليم :

(د) ، (ع لا) ، (ب) ، (ن) ، (ص)

فيمكن حينئذ تطبيق المعادلة رقم (٣٢) صحيفة (٤٦) لايجاد النسبة (ى) ومنها النسبة [$\frac{\text{ر}}{\text{د}}$] أى معرفة زراع العزم ومتى هـذا صار معلوماً نستخرج محصلة الشد الكلى (ق) بواسطة المعادلة رقم (١٤) صحيفة (٣١) : ق = $\frac{\text{ع لا}}{\text{ر}}$

ثم سطح أسياخ الغطاء (ح غ) باستعمال المعادلة رقم (١٥) صحيفة (٣١) :

$$\text{ح غ} = \frac{\text{ق}}{\text{ص}} = \frac{\frac{\text{ع لا}}{\text{ر}}}{\text{ص}} = \frac{\text{ع لا}}{\text{ص} \times \text{ر}}$$

الاسقف المكونة من طابق وكمرات

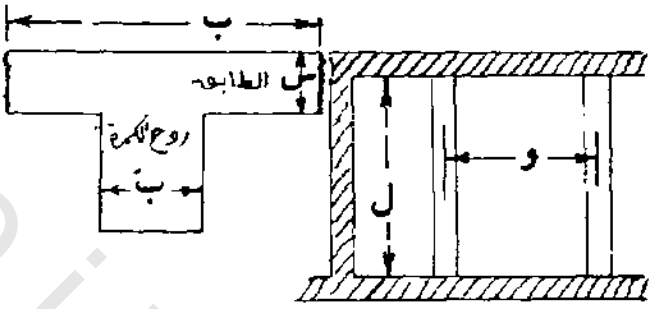
عند حساب مقاومة الأسقف المصنوعة من مربوعات خشبية أو كمرات حديدية قد يعمل حساب كل مربوعة أو كمرة على حدة بدون أى ارتباط لمقاومة باقى أجزاء السقف المحمل عليها أو التى بجانبها أى أنه يتعين على كل مربوعة أو كمرة أن تقاوم وحدها الحمل الواقع عليها ولكن عند عمل طابق من الخرسانة المسلحة ذى بحر كبير قد تعمل أسفله اقتصاداً فى السمك اللازم للطابق كمرات من الخرسانة المسلحة مرتبطة به بواسطة الكانات مع صب الخرسانة للطابق والكمرات فى آن واحد فيصبح السقف قطعة واحدة وتكون الكمرات به ذات الشكل حرف (T) ويسمى جزء الكمرة أسفل الطابق *بروح الكمرة*

وقد دلت التجارب التى عملت بواسطة اللجنة التى عهد اليها بتحضير المنشور الفرنسى سنة ١٩٠٦ على اشتراك الطابق وروح الكمرة فى مقاومة الأحمال الواقعة عليهما وقد حدد المنشور المذكور مدى هذا الاشتراك ونص على أنه عند حساب مقاومة مثل هذه الكمرات لا يفرض عرض جزء الطابق المشترك بالمقاومة مع الكمرة أكثر من $\frac{1}{3}$ بحر الكمرة بشرط ألا تزيد هذه المسافة عن $\frac{3}{4}$ المسافة بين محور روح الكمرة وروح الكمرة التى تليها

وقد تقوم خرسانة الطابق وجزء من خرسانة روح الكمرة أعلى محور الحمول بمقاومة محصلة الضغط وتقوم أسياخ التسليح الموضوعة أسفل روح الكمرة بمقاومة محصلة الشد

طريقة حساب الكمرات التى من شكل حرف (T)

الشكل رقم (٢١) يبين قطاع كمرة من هذا النوع ، الشكل رقم (٢٢) يبين مسقط أفقى لطابق مبينًا عليه موضع الكمرات به



شكل رقم (٢١)　　شكل رقم (٢٢)

وليكن : (ل) = بحر أو فتحة الكمرة

(و) = المسافة بين محور الكمرات

(ب) = عرض الكمرة وتؤخذ (ب) مساوية لثلث الفتحة (ل) بشرط ألاّ تزيد عن ثلاث أرباع (و)

(بَ) = عرض روح الكمرة و يشترط أن يؤخذ هذا العرض بحيث تقاوم الخرسانة القطع الأفقى عنـد تقابل مستوى سطح أسفل الطابق بروح الكمرة وذلك متى كان مركز محور الحمول أسفل الطابق

(س) = سمك الطابق وهو المستخرج على حـدة من حساب الطابق بين محورين متواليين للكمرات

(ع) = عزم الانثناء الأعظم ما يمكن الناتج من الأثقال المفروضة الموقعة على الكمرة

فيبقى لتصميم الكمرة إيجاد المجاهيل الآتية :

(د) الارتفاع العملى للكمرة

(ح) سطح أسياخ التسليح فى منطقة الشد

عدد الكانات اللازمة مع تعيين قطر السيخ المصنوعة منه

وقد يصير إيجاد هذه المجاهيل بنفس الطريقة المباشرة المستعملة للأعتاب المسلحة ذات القطاع المستطيل والسابق شرحها

والأمثلة الآتية تبين طريقة تصميم الكمرات التى من هذا النوع

(مثال رقم ١٨) المطلوب تصميم طابق من الخرسانة المسلحة مقوى بكمرات من شكل حرف (T)

المعاليم : (ل) فتحة الطابق = ٦,٥٠ متراً

(و) المسافة بين محور الكمرات = ٣ أمتار

(حـ) الحمل العرضى = ٣٥٠ كيلوجراماً لكل متر مربع

(ص) جهد الشد للحديد = ١٢ كيلوجراماً للسليمتر المربع

(ش) جهد الضغط للخرسانة = ٤٥ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع

(ن) نسبة معاملى المرونة = ١٠

يعتبر الطابق مثبتاً من أطرافه تثبيتاً جزئياً

الحـــل : -

أولاً - حساب الطابق : بما أن طول خانة الطابق بين الكمرات أكبر من مرتين العرض يعتبر الطابق مرتكزاً على الكمرات ومثبتاً بها تثبيتاً جزئياً و يصير تسليحه فى اتجاه العرض فقط ولنفرض سمك الطابق = $\frac{\text{الفتحة}}{٢٥} = \frac{٣٠٠}{٢٥} = ١٢$ سنتيمتراً

فيكون الحمل الكلى لكل متر مربع يساوى :

الحمل العرضى + ثقل خرسانة الطابق

٣٥٠ + ٠,١٢ × ١,٠٠ × ٢٥٠٠ = ٦٥٠ كيلوجراماً

عزم الانثناء الأعظم ما يمكن (ع) = $\frac{٦٥٠ \times (٣,٠٠)^{٢}}{١٠}$ = ٥٨٥ كيلوجرام متراً

ومن الجدول رقم (٦) صحيفة (٣٥) قرين الجهود المفروضة

(ص) = ١٢ و (ش) = ٤٥ نستخرج :

(ه) = ٠,٠٠٥١١ ، (ما) = ٥,٥٧٨

فيكون الارتفاع العملى (د) للطابق = $\sqrt{\frac{٥٨٥}{٥,٥٧٨ \times ١,٠٠}}$ = ١٠,٢ سنتيمتراً

[أنظر المعادلة رقم (٢٤) صحيفة (٣٣)]

ويكون الارتفاع الكلى للطابق = ١٢ سنتيمتراً

سطح أسياخ التسليح (ح) = ه × ب × د

= ٠,٠٠٥١١ × ١٠٠ × ١٠,٢ = ٥,٢١ سنتيمتر أمر بعاً

أى عملياً ٨ أسياخ قطر $\frac{٣}{٨}$ البوصة لكل متر (سطحها يساوى ٥,٧٠ سنتيمتراً مر بعاً) مع وضع ٥ أسياخ بالمتر من قطر $\frac{١}{٤}$ بوصة باتجاه الطول لربط الأسياخ العرضية ولانتظام توزيع الأحمال عليها

ثانياً — حساب روح الكمرات :

لنفرض ارتفاع الكمرة = $\frac{ل}{١٥} = \frac{٦٥٠}{١٥}$ = ٤٣,٣ ليكن ٤٤ سنتيمتراً

ولنفرض عرض روح الكمرة (ب) = ٢٠ سنتيمتراً

عرض الطابق (ب) المشترك مع الكمرة فى مقاومة الضغط = $\frac{٦٥٠}{٣}$ = ٢,١٦ ليكن ٢,٠٠ متر

فيكون الحمل الكلى على الكمرة بما فيه ثقل الكمرة بالمتر الطولى يساوى :

[الحمل العرضى + ثقل الطابق] + [ثقل روح الكمرة]

٦٥٠ × ٣,٠٠ + ٠,٢٠ × (٠,٤٤ - ٠,١٢) × ٢٥٠٠ = ٢١١٠ ليكن ٢٢٠٠ كيلوجراماً

عزم الاثناء الأعظم ما يمكن (ع) = $\frac{٢٢٠٠ \times (٦,٥٠)^{٢}}{١٠}$ = ٩٢٩٥ كيلوجرام متراً

الارتفاع العملى (د) للكمرة = $\sqrt{\frac{٩٢٩٥}{٥,٥٧٨ \times ٢,٠٠}}$ = ٢٨,٨ سنتيمتراً

سطح أسياخ التسليح (ح) فى منطقة الشد = ه × ب × د

= ٠,٠٠٥١١ × ٢٠٠ × ٢٨,٨

= ٢٩,٤٣ سنتيمتراً مربعاً

أى عملياً ٦ أسياخ من قطر ١ بوصة ثلاثة منها مكسحة والثلاثة الأخرى مستقيمة (الستة أسياخ مجموع سطحها يساوى ٣٠,٤٠ سنتيمتراً مربعاً) مع وضعها على طبقتين الأسياخ المكسحة أعلا الأسياخ المستقيمة مع إيجاد مسافة بينها بقدر ٢ سنتيمتراً حتى تكون ملفوفة بالخرسانة من جميع جهاتها فاذا وضعنا الأسياخ المستقيمة أسفل الارتفاع العملى بقدر ١ سنتيمتر وجعلنا سمك الخرسانة أسفل محور هذه الأسياخ بقدر ٣ سنتيمتر يصبح الارتفاع الكلى للكمرة يساوى بالسنتيمتر :

الارتفاع العملى + نصف المسافة بين الطبقتين + قطر الاسياخ المستقيمة + سمك الخرسانة أسفل الاسياخ المستقيمة

= ٢٨,٨٠ + ١,٠٠ + ٢,٥٤ + ٣,٠٠ = ٣٥,٣٤ ليكن ٣٥ سنتيمتراً

ملحوظة : هذه النتيجة ليست اقتصادية لكبر سطح أسياخ التسليح ولإمكان الاقتصاد فى التسليح يقتضى زيادة طول زراع العزم وقد يكون ذلك اما بفرض جهد ضغيف لضغط الخرسانة أو فرض ارتفاع أكبر للكمرة ثم إيجاد سطح التسليح اللازم لها

فلنفرض جهد ضغط الخرسانة (ش) يساوى ٣٠ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع بدلاً من ٤٥ مع بقاء فرض جهد الشد (ص) للحديد مساوياً لـ ١٢ كيلوجراماً للمليمتر المربع [(ن) نسبة معامل المرونة = ١٠] فمن الجدول رقم (٦) صحيفة (٣٥) نستخرج :

(ه) = ٠,٠٠٢٥ ، (ما) = ٢,٨٠

فيكون الارتفاع العملى (د) = $\sqrt{\frac{٩٢٩٥}{٢,٠٠ \times ٢,٨٠}}$ = ٤٠,٧ سنتيمتراً

سطح أسياخ التسليح (ح) فى منطقة الشد = ه × ب × د

= ٠,٠٠٢٥ × ٢٠٠ × ٤٠,٧

= ٢٠,٣٥ سنتيمتراً مربعاً

أى عملياً ٦ أسياخ توضع على طبقتين منها ثلاثة أسياخ من قطر $\frac{١٣}{١٦}$ البوصة مكسحة وثلاثة أسياخ من قطر $\frac{٧}{٨}$ البوصة مستقيمة فيكون مجموع سطح الستة أسياخ = ٩,٩٩ + ١١,٦١ = ٢١,٥٩ سنتيمتراً مربعاً

هذه النتيجة اقتصادية بالنسبة للأولى حيث بها يكون وزن أسياخ التسليح بالمتر الطولى = ٣ × ٢,٦١٧ + ٣ × ٣,٠٠٦ = ١٦,٨٦٩ [أنظر الجدول رقم (١) فيما يختص بوزن الأسياخ المبرومة] مع انه بالطريقة الأولى يكون وزن الأسياخ بالمتر الطولى يساوى ٦ × ٤,٠٢٩ = ٢٤,١٧٤ كيلوجراماً

(مثال رقم ١٩) المطلوب تصميم كمرة من شكل حرف (T) ذات ارتفاع مفروض

المعاليم : (د) الارتفاع العملى للكمرة = ٤٤ سنتيمتراً

الارتفاع الكلى للكمرة = ٥٠ »

(س) سمك الطابق = ١٢ »

المسافة بين محور الكمرة والكمرة التى تليها = ٣,٠٠ أمتار

(ل) بحر الكمرة = ٦,٥٠ متراً

(ح) الحمل العرضى = ٣٥٠ كيلوجراماً لكل متر مربع

(ن) نسبة معاملى المرونة = ١٠

(بَ) عرض روح الكمرة = ٢٠ سنتيمتراً

(ص) جهد الشد للحديد = ١٢ كيلوجراماً للسليمتر المربع

الحـــل : لتحديد السطح اللازم لأسياخ التسليح يقتضى معرفة ذراع العزم وهذا ما يمكن إيجاده بتطبيق المعادلة رقم (٣٢) صحيفة (٤٦) :

$$\frac{٦\ ع\ ن}{ب\ د^{٢}\ ص} = ى \times \frac{(٣ - ى)}{(١ - ى)}$$

فلنبحث عن حدود الطرف الأول لهذه المعادلة بواسطة المعاليم المعطاة :

(ب) العرض العلوى للكمرة = $\frac{ل}{٣} = \frac{٦٫٥٠}{٣} = ٢٫١٦$ متراً ليكن ٢٫٠٠ متر

(ع) عزم الانثناء الأعظم ما يمكن : لايجاد هـذا العزم يقتضى معرفة الحمل الكلى المحمل على الكمرة لكل متر فى الطول و يساوى :

الحمل العرضى + ثقل الطابق + ثقل روح الكمرة

$٣٫٠٠ \times ١٫٠٠ \times ٣٥٠ + ٠٫١٢ \times ٣٫٠٠ \times ١٫٠٠ \times ٢٥٠٠ + ٠٫٢٠ \times$

$(٠٫٥٠ - ٠٫١٢) \times ١٫٠٠ \times ٢٥٠٠ = ٢١٤٠$ ليكن ٢٢٠٠ كيلوجراماً

عزم الانثناء الاعظم ما يمكن (ع) = $\frac{٢٢٠٠ \times (٦٫٥٠)^{٢}}{١٠} = ٩٢٩٥$ كيلوجرام متراً

فيكون الطرف الاول من المعادلة رقم (٣٢) = $\frac{٦ \times ٩٢٩٥٠٠ \times ١٠}{٢٠٠ \times (٤٤)^{٢} \times ١٢٠٠} = ٠٫١٢٠٠٢٨$

فمن الجدول رقم (٩) صحيفة (٤٧) نستخرج النسبة [$\frac{ر}{د}$] لزراع العزم وكذا النسبة (ى) لمحور الحمول قرين أقرب عدد للطرف الأول أى للعدد ٠٫١٢٠٠٢٨

فى مثالنا هذا نجد : $\left[\frac{ر}{د}\right] = ٠٫٩٣٧٧$ ، (ى) = ٠٫١٨٧٠

∴ زراع العزم (ر) = ٠٫٩٣٧٧ × ٤٤ = ٤١٫٢٥ سنتيمتراً

ويستخرج السطح (ح) لأسياخ الشد من المعادلة الآتية :

ق (المحصلة الكلية لجهود الشد) = $\frac{ع \text{ (عزم الانثناء)}}{ر \text{ (ذراع العزم)}}$ [أنظر المعادلة رقم (١٤) صحيفة (٣١)]

∴ ع = ق × ر

ولكن ق = ح × ص [أنظر المعادلة رقم (١٥) صحيفة (٣١)]

$$\therefore \quad ع = ح \times ص \times ر$$

$$\therefore \quad ح = \frac{ع}{ص \times ر}$$

$$\therefore \quad ح = \frac{٩٢٩٥٠٠}{١٢٠٠ \times ٤١,٢٥} = ١٨,٧٧ \text{ سنتيمتراً مربعاً}$$

أى عملياً ٥ أسياخ من قطر $\frac{٧}{٨}$ البوصة [مجموع سطحها يساوى ١٩,٣٥ سنتيمتراً مربعاً] توضع على طبقتين منها سيخين مكسحة وثلاثة مستقيمة

وزن الخمس أسياخ المذكورة = ٥ × ٣,٠٠٦ = ١٥,٠٣٠ كيلوجراماً

والآن اذا أريد معرفة جهد ضغط الخرسانة فى هذه الكمرة نجرى الآتى :

(١) البحث عن سمك الخرسانة المضغوطة أى المسافة بين محور الحمول والظهر الأعلى للعتب وهى تساوى :

ف = ى × د [أنظر أسفل صحيفة (٢٠)]

∴ ف = ٠,١٨٧ × ٤٤ = ٨,٢٢ سنتيمتراً [أى أن محور الحمول يمر من الطابق]

(٢) البحث عن سطح الخرسانة المضغوطة و يساوى :

ف × ب = ٨,٢٢ × ٢٠٠ = ١٦٤٤ سنتيمتراً مربعاً

واذا رمزنا بـ (ش) لجهد الضغط للخرسانة [وهو الضغط عند الطبقة العليا من الطابق] تكون محصلة الضغط الكلى (ك) للخرسانة تساوى :

$$ك = \frac{ف \times ب \times ش}{٢} \quad \text{[أنظر المعادلة رقم (١٦) صحيفة (٣١)]}$$

$$= \frac{٨,٢٢ \times ٢٠٠ \times ش}{٢} = ٨٢٢ ش$$

وبما أن محصلة الشد الكلى (ق) = ص × ح [أنظر المعادلة رقم (١٥) صحيفة (٣١)]

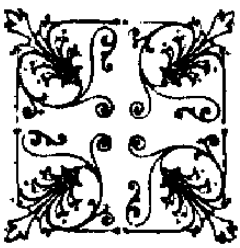
= ١٢٠٠ × ١٩,٣٥ = ٢٣٢٢٠ كيلوجراماً

تنتج المعادلة الآتية :

محصلة الضغط الكلى (ك) = محصلة الشد الكلى (ق)

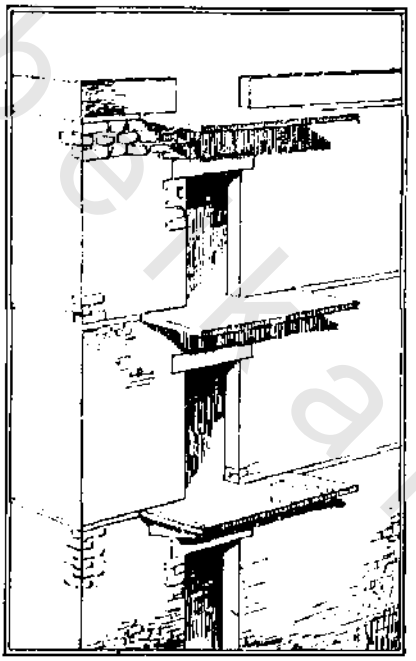
٨٢٢ ش = ٢٣٢٢٠

∴ ش = $\frac{٢٣٢٢٠}{٨٢٢}$ = ٢٨,٢٤ كيلوجرامًا للسنتيمتر المربع



البلكونات المصنوعة من الخرسانة المسلحة

البلكونات المصنوعة من الخرسانة المسلحة أنظر الشكل رقم (٢٣) اما أن تكون مكونة من بلاطة من الخرسانة المسلحة ومثبتة بحائط واجهة المبنى من أسفل بناء أكتاف باب البلكونة



شكل رقم (٢٣)

واما أن تكون جزءا من الطابق المسلح بارزاً خارج المبنى سواء كان هذا الجزء البارز مثبتًا بحائط واجهة المبنى المذكور أو مرتكزاً عليه

وقد تكون البلكونة مكونة من بلاطة من الخرسانة المسلحة مثبتة أطرافها على كوابيل من الخرسانة المسلحة أيضًا ويكون تسليح البلاطة والكوابيل فى هذه الحالة مرتبطًا ببعضه مع صب خرساتها فى آن واحد

ونشرح طريقة تصميم الحالات الثلاثة المذكورة أعلاه بالأمثلة الآتية :

(مثال رقم ٢٠) للحالة الأولى : المطلوب تصميم بلكونة مكونة من بلاطة من الخرسانة المسلحة مثبتة بحائط أسفل بناء أكتاف باب البلكونة

المعاليم ورموزها :

(ل) بروز البلكونة = ١,٠٠ متراً

(لا) طول البلكونة الموازى للواجهة = ٢,٦٠ »

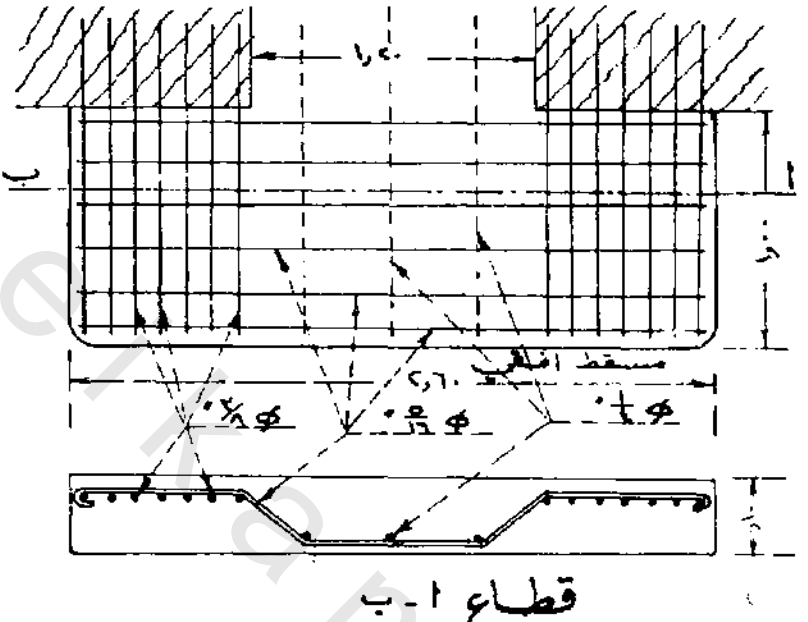
(لا١) عرض باب البلكونة = ١,٢٠ »

(ص) جهد الشد للحديد = ١٢ كيلوجراماً للسليمتر المربع

(ش) جهد الضغط للخرسانة = ٤٥ » للسنتيمتر المربع

(ن) نسبة معاملى المرونة = ١٥

الحمل العرضى المفروض = ٤٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع



قطاع ا - ب

شكل رقم (٢٤)

الحـــل : يعتبر جزئى البلاطة على جانبى باب البلكونة كعتبين مثبتين من احدى طرفيهما ومطلقتين من الطرف الآخر أى أنه يصير حساب كل جنب منهما كأنه كابولى طوله (ل) وعرضه (ب) مساوياً لـ ($\frac{\text{لـ} - \text{لا}}{٢}$) ويحسب الكابولى كالآتى :

(١) نفرض سمك بلاطة البلكونة يساوى ١٢ سنتيمتراً

فيكون الحمل الكلى المحمل على جانبى البلكونة =

٢٫٦٠ × ١٫٠٠ (٤٠٠ + ٠٫١٢ × ١٫٠٠ × ٢٥٠٠) = ١٨٢٠ كيلوجراماً

أى أن الحمل الكلى على كل جنب أو كابولى = ٩١٠ كيلوجراماً

(٢) عزم الانثناء الأعظم ما يمكن (ع) = $\frac{٩١٠ \times ١٫٠٠}{٢}$ = ٤٥٥ كيلوجرام متراً

(٣) من الجدول رقم (٨) صحيفة (٣٧) قرين الجهود :

(ص) = ١٢ ، (ش) = ٤٥ نستخرج :

$$(\text{ه}) = ٠,٠٦٧٥ \quad (\text{ما}) = ٧,١٢٨ \left[\frac{١}{\sqrt{\text{ما}}} \times \text{ه}\right] = ٢٥,٢٧٢$$

(٤) لإيجاد الارتفاع العملى (د) نجرى تطبيق المعادلة رقم (٢٠) صحيفة (٣٢)

$$\therefore \quad د = \sqrt{\frac{ع}{ب \times ما}}$$

$$\text{وبها } (ب) = \frac{\text{لا} - \text{لا}_{١}}{٢} = \frac{٢,٦٠ - ١,٢٠}{٢} = ٠,٧٠ \text{ متراً}$$

$$\therefore \quad د = \sqrt{\frac{٤٥٥}{٠,٧٠ \times ٧,١٢٨}} = ٩,٥٤ \text{ سنتيمتراً}$$

فيكون الارتفاع الكلى للبلاطة = ١٢ سنتيمتراً

(٥) سطح أسياخ الشد (ح) = ه × ب × د

= ٠,٠٠٦٧٥ × ٧٠ × ٩,٥٤ = ٤,٥٠ سنتيمتراً مربعاً

أى ٧ أسياخ من قطر $\frac{٣}{٨}$ البوصة (مجموع سطحها يساوى ٤,٩٩ سنتيمتراً مربعاً)

توضع هذه الأسياخ فى الطبقة العليا للبلاطة أى فى منطقة الشد على ألاّ تزيد المسافة بين محور هذه الأسياخ والسطح الأعلى للبلاطة عن ٢ سنتيمتر

(٦) تعتبر بلاطة البلكونة الواقعة أمام الباب كعتب مثبت تثبيتًا جزئيًا من طرفيه وفتحته تساوى عرض الباب (لا١) ويكون (ع) عزم الانثناء الأعظم ما يمكن

$$= \frac{٧٠٠ \times (١,٢)^{٢}}{١٠} = ١٠٠,٨ \text{ كيلوجرام متراً}$$ ، (ب) عرض العتب

= ١,٠٠ متراً

ويحسب التسليح اللازم لهذه البلاطة بالطريقة العادية أى بتطبيق المعادلة رقم(٢٥) صحيفة (٣٣)

$$\therefore \quad ح = \left[\frac{١}{\sqrt{\text{ما}}} \times \text{ه}\right] \times \sqrt{ع \times ب}$$

$$\therefore \quad ح = ٢٥,٢٨٢ \sqrt{١٠٠,٨ \times ١,٠٠} = ٢٥٢,٨٢ \text{ ملليمتراً مربعاً}$$

obeikandl.com

أى ٦ أسياخ من قطر $\frac{5}{16}$ بوصة (مجموع سطحها يساوى ٢٩٤ ملليمتراً مربعاً) توضع هذه الأسياخ بالطبقة السفلى للبلاطة و يصير كسحها ابتداً من خمس الفتحة من الجانبين كما هو مبين بالشكل رقم (٢٤) مع وضع ٥ أسياخ من قطر $\frac{1}{4}$ بوصة بالمتر للربط كالمعتاد

(مثال رقم ٢١) للحالة الثانية : المطلوب تصميم بلكونة مكونة من جزء بارز خارج المبنى من طابق من الخرسانة المسلحة داخلى

المعاليم ورموزها :

(ل) بروز البلكونة = ١٫١٠ متراً

(لا) طول البلكونة الموازى للواجهة = ٢٫٤٠ «

(ص) جهد الشد للحديد = ١٢ كيلوجراماً للملليمتر المربع

(ش) جهد الضغط للخرسانة = ٤٥ « للسنتيمتر المربع

(ن) نسبة معاملى المرونة = ١٥

الحمل العرضى المفروض = ٤٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع

الحـــــل : نعتبر جزءاً من البلكونة بعرض متر

ولنفرض سمك الطابق = ١٠ سنتيمتراً

فيكون الحمل الكلى على الجزء المفروض أعلاه يساوى :

١٫٠٠ × ١٫١٠ (٤٠٠ + ٢٥٠) = ٧١٥ كيلوجراماً

(ع) عزم الانثناء الأعظم ما يمكن (ويكون عند تقابل واجهة المبنى بمستوى الطابق البارز) يساوى عملياً = $\frac{٧١٥ \times ١٫١٠}{٢}$ = ٣٩٣٫٢٥ كيلوجرام متراً

الارتفاع العملى (د) = $\sqrt{\frac{٣٩٣٫٢٥}{٧٫١٢٨ \times ١٫٠٠}}$ = ٧٫٤٢ سنتيمتراً

أى أن الارتفاع الكلى = ٧٫٤٢ + ٢٫٠٠ = ٩٫٤٢ ليكن ١٠ سنتيمتراً

(ح) سطح الأسياخ فى منطقة الشد = ٢٥٫٢٨٢ $\sqrt{٣٩٣٫٢٥ \times ١٫٠٠}$

= ٥٠١ ملليمتراً مربعاً

أى ٨ أسياخ من قطر $\frac{٣}{٨}$ البوصة (مجموع سطحها يساوى ٥٧٠ مليمتراً مربعاً) توضع فى الطبقة العليا من الطابق البارز

ملحوظة : فى هذه الحالة يقتضى تحديد الطول اللازم لأسياخ الشد الممتدة للداخل بالطابق والموضوعة فى منطقة الشد فى الطبقة العليا حتى تكون محصلة جهد الانزلاق الكلى لهذه الأسياخ مساوية على الأقل للمحصلة الكلية لجهود الشد (ق) وحساب ذلك يكون بالطريقة الآتية :

(١) من الجدول رقم (٨) صحيفة (٣٧) قرين الجهود :

(ص) = ١٢ ، (ش) = ٤٥

نستخرج : $\left[\frac{ر}{د}\right]$ = ٠,٨٨

∴ زراع العزم (ر) = $\left[\frac{ر}{د}\right]$ × د = ٠,٨٨ × ٧,٤٢ = ٦,٥٢ سنتيمتراً

(٢) محصلة الشد الكلى (ق) = $\frac{ع}{ر}$ = $\frac{\text{عزم الانثناء}}{\text{زراع العزم}}$

[أنظر المعادلة رقم (١٤) صحيفة (٣١)]

∴ (ق) = $\frac{٣٩٣٢٥ \text{ كيلوجرام سنتيمتر}}{٦,٥٢ \text{ سنتيمتر}}$ = ٦٠٣١,٤ كيلوجراماً

(٣) وليكن : (س) = طول الأسياخ الممتدة للداخل بالطابق والموضوعة فى منطقة الشد فى الطبقة العليا

(ة) = دائرة الأسياخ المذكورة أعلاه وتساوى للأسياخ التى من قطر $\frac{٣}{٨}$ البوصة ٢,٩٩٢ سنتيمتراً

(ج) = جهد الانزلاق للوحدة السطحية وتساوى ٤ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع

(ء) = عدد الأسياخ فى منطقة الشد وتساوى ٨

وبما أن مقاومة الانزلاق يجب أن تساوى على الأقل محصلة الشد الكلى (ق) تنتج المعادلة الآتية :

$$ع \times ج \times ة \times س = ق$$

$$\therefore ٨ \times ٤ \times ٢٫٩٩٢ \times س = ٦٠٣١٫٤$$

$$\therefore س = \frac{٦٠٣١٫٤}{٨ \times ٤ \times ٢٫٩٩٢} = ٦٢٫٩ \text{ سنتيمتراً}$$

ويقتضى تجنيش أطراف هذه الأسياخ لزيادة مقاومتها للانزلاق

(المثال رقم ٢٢) للحالة الثالثة : المطلوب تصميم بلكونة مكونة من بلاطة من الخرسانة المسلحة مثبتة أطرافها على كوابيل من الخرسانة المسلحة

• المعاليم ورموزها :

(ل) بروز البلكونة = ١٫٢٠ متراً

(لا) طول البلكونة الموازى للواجهة = ٣٫٨٠ »

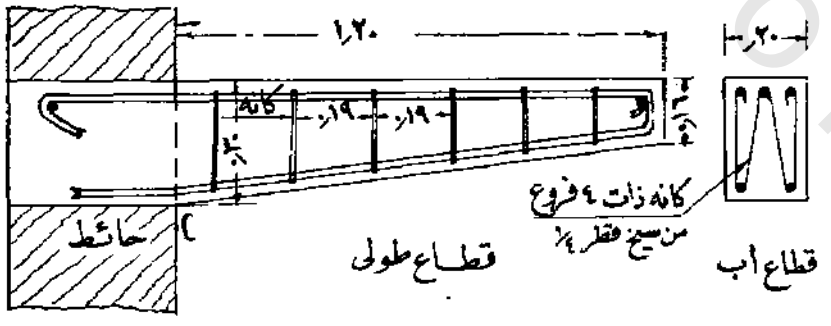
(ص) جهد الشد للحديد = ١٠ كيلوجرامات للمليمتر المربع

(صط) جهد القطع للحديد = ٨ » » »

(ش) جهد الضغط للخرسانة = ٤٠ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع

(ن) نسبة معامل المرونة = ١٢

الحمل العرضى المفروض = ٤٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع



شكل رقم (٢٥)

الحـــل : للكابولين

لنفرض أن ارتفاع الكابولى عند طرفه المثبت = ٣٠ سنتيمتراً

و ان ارتفاعه عند طرفه المطلق = ١٦ »

و ان عرضه ثابتاً ومساوياً ل = ٢٠ »

و لنفرض سمك البلاطة = ١٠ »

فيكون الحمل الكلى الموزع بانتظام على الكابولين :

الحمل العرضى + ثقل البلاطة + ثقل الكابولين

$$= ٢٥٠٠ \times ٠٫٢٠ \times ١٫٢٠ \times ٢٫٨٠ + ٢٥٠٠ \times ٠٫١٠ \times ١٫٢٠ \times ٢٫٨٠ + \frac{٠٫٣٠ + ١٦٫٠}{٢} \times ٠٫٢٠ \times ١٫٢٠ \times ٠٫٢٠ \times ٢٫٨٠$$

$$= ٢٣٣٢ \text{ كيلوجراماً} = ١٣٨ + ٨٤٠ + ١٣٤٤$$

أى ان الحمل الكلى على الكابولى الواحد = ١١٦١ كيلوجراماً ليكن ١٢٠٠ كيلوجراماً

من الجدول رقم (٧) صحيفة (٣٦) قرين الجهود المفروضة

: (ص) = ١٠ و (ش) = ٤٠ نستخرج :

$$(ه) = ٠٫٠٠٦٤٩ \text{ و } (ما) = ٥٫٧٧٧ \text{ و } \left[\frac{ب}{د}\right] = ٠٫٨٩٢١$$

عزم الانثناء الأعظم ما يمكن (ع) $= \frac{١٫٢ \times ١٢٠٠}{٢} = ٧٢٠$ كيلوجرام متراً

[ويكون عند نقطة التثبيت]

الارتفاع العملى (د)

[وهو الارتفاع العملى للكابولى عند قطاع التثبيت] $= \sqrt{\frac{٧٢٠}{٥٫٧٧٧ \times ٠٫٢٠}}$

$= ٢٤٫٩٤$ ليكن ٢٥ سنتيمتراً

أى ان الارتفاع الكلى للكابولى عند طرفه المثبت = ٢٨ سنتيمتراً

وليكن ارتفاعه عند طرفه المطلق = ١٦ سنتيمتراً

ذراع العزم (ر) $= ٠٫٨٩٢١ \times ٢٥ = ٢٢٫٣$

(ح) سطح الأسياخ فى منطقة الشد = ه × ب × د

[أى فى طبقته العليا]

$= ٠٫٠٠٦٤٩ \times ٢٠ \times ٢٥ = ٣٫٢٤$ سنتيمتراً مربعاً

أى عملياً ٣ أسياخ من قطر $\frac{1}{2}$ بوصة [مجموع سطحها يساوى ٣,٨٠ سنتيمتراً مربعاً] ويكفى وضع هـذه الأسياخ فى الطبقة العليا وتكسيحها ومرورها فى المنطقة السفلى للكابولى كما هو مبين بالشكل رقم (٢٥)

ويتلاحظ ضرورة مد الأسياخ داخل منطقة التثبيت بطول كاف لمقاومة الانزلاق ويصير حساب ذلك طبقاً لشرحنا السابق بالمثال رقم (٢١) صحيفة (١٠٦) ويقتضى أن تكون أطراف الأسياخ كلها مجنشة لزيادة مقاومة الانزلاق

حساب الكانات : ولتكن الكانات من أسياخ من قطر $\frac{1}{4}$ بوصة سطحها مساوياً لـ ٣٢ مليمتراً مربعاً وتكون كل كانة فى حالتنا هذه مكونة من ٤ فروع

ولنجرى تطبيق المعادلة رقم (٤٧) صحيفة (٧٢) لايجاد المسافات اللازمة بين الكانات :

$$و = \frac{صط \times م \times ح \times ر}{ط}$$

$$= \frac{٨٠٠ \times ٤ \times ٠,٠٣٢ \times ٢٢,٣}{١٢٠٠} = ١٩,٠٠ \text{ سنتيمتراً}$$

مع وضع أول كانة على مسافة ٩ سنتيمترات من نقطة التثبيت

ملحوظة : فى المعادلة رقم (٤٧) :

$$و = \frac{صط \times م \times ح \times ر}{ط} = صط \times م \times ح \times \frac{ر}{ط}$$

وفى حالة الكوابيل الموزع عليها حمل بانتظام يتناسب حمل القطع (ط) مع بعده عن نقطة التثبيت وكذا ذراع العزم (ر) فيصبح حينئذ الحد ($\frac{ر}{ط}$) ثابتاً وبما أن باقى حدود الطرف الثانى من المعادلة المذكورة ثابتة فتكون قيمة المسافة (و) بين الكانات ثابتة

الحل للبلاطة : تحسب البلاطة بالطريقة العادية كطابق مثبتاً من الطرفين تثبيتاً جزئياً وعليه حمل موزع بانتظام وتساوى فتحة البلاطة المسافة بين الكابولين

الخرجات المصنوعة من الخرسانة المسلحة

تتكون عادة الخرجات المصنوعة من الخرسانة المسلحة من الآتى :

(١) كابولين على الجانبين مثبتين بحائط الواجهة

(٢) كمرة خارجية موازية لواجهة المبنى ومثبتة من طرفيها على الكابولين المذكورين

(٣) أرضية الخرجة وهى من بلاطة مسلحة ومثبتة على الكابولين

والكل مرتبط تسليحها معاً مع صب خرسانتها فى آن واحد

ويتعين على الكمرة المذكورة حمل جزء البناء من الواجهة الخارجية للخرجة المحصور داخل المثلث المتساوى الأضلاع الذى قاعدته هى الكمرة المذكورة

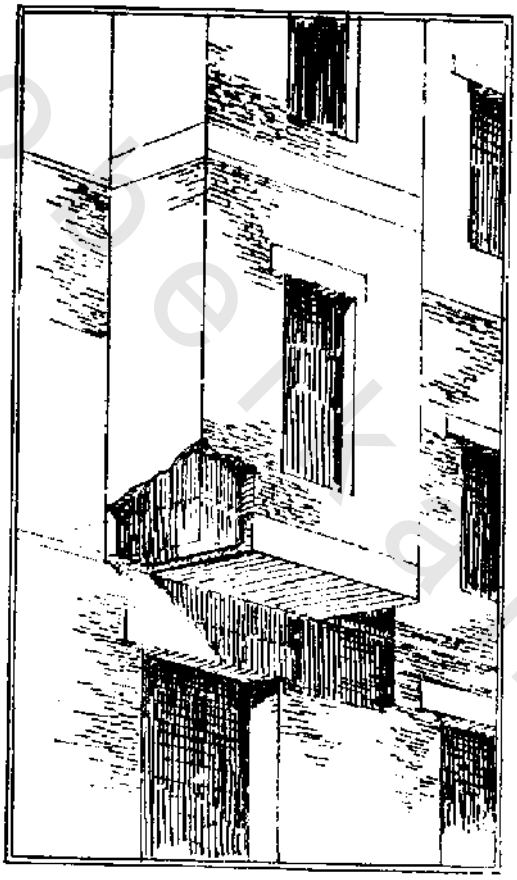
أما الكابولين فيتعين عليهما حمل بناء جوانب الخرجة وكذا حمل البلاطة المسلحة وما عليها من أحمال عرضية باعتبار هذه الأحمال جميعها موزعة على طول الكابولين بانتظام

أما ثقل بناء واجهة الخرجة مضافاً اليه ثقل الكمرة المذكورة يحمل بالتساوى على الكابولين كحمل موقع على طرفيهما

ويصير تسليح البلاطة أى أرضية الخرجة فى اتجاه واحد (أى فى الاتجاه الموازى لواجهة المبنى) إذا كان طولها يقل عن ضعف طول بروزها

ويكون تسليح البلاطة فى الاتجاهين معاً اذا قل طولها عن ضعف ذلك البروز

ملحوظة : حيث أن الجزء الأسفل من الكابولين يكون فى حالة ضغط والجزء الأعلى منهما فى حالة شد فيكون من باب الاقتصاد الانتفاع بخرسانة البلاطة لزيادة المقاومة لمحصلة الضغط للجزء الأسفل من الكابولين فلذا يحسن عمل الكابولين من شكل حرف (ـ) أى من كمرة مكونة من جزء أفقى من البلاطة وجزء رأسى أسفل بناء جوانب الخرجة



شكل رقم (٢٦)

وتؤخذ (ب) عرض جزء البلاطة الداخل فى حساب مقاومة الكابولى عند تطبيق المعادلات رقم (٢٣) ، (٢٤) ، (٢٥) صحيفة (٣٣) و باقى المعادلات الاستاتيكية مساويًا لـ ($\frac{\text{طول البروز}}{٦}$) أى لنصف عرض الطابق الذى يؤخذ فى حالة حساب الكمرات التى من شكل حرف (T)

الوسادة المصنوعة من الخرسانة المسلحة لأساسات الحيطان

لتصميم الوسادة المسلحة لأساسات الحيطان يقتضى معرفة المعاليم الآتية :

أولاً — ثقل المبانى أعلاها وذلك لكل متر فى الطول ولنرمز له بحرف (ث)

ثانياً — طبيعة الأرض التى سيبنى عليها والثقل الذى يمكن فرضه على الوحدة السطحية والتى تتحمله تلك الأرض بأمان ولنرمز له بحرف (ج) ويسمى بمقاومة الأرض

ثالثاً — الجهود المسموحة (ص) لشد أسياخ التسليح و (ش) لضغط الخرسانة

رابعاً — نسبة معاملى المرونة (ن) المفروضة

وليكن : (ل) = بالمتر الطولى أكبر عرض لقطاع الوسادة [أنظر الشكل رقم ٢٧]

(ل١) = عرض القصة أى طول بروز الوسادة عن واجهة الحائط أعلاها

(ل٢) = سمك الحائط أعلى الوسادة

(د) = الارتفاع العملى للوسادة أسفل الحائط أى المسافة بين محور أسياخ الشد الموضوعة أسفل الوسادة ومستوى القاعدة الأفقية للحائط

(ح) = سطح قطاع أسياخ التسليح الموضوعة فى منطقة الشد فى اتجاه عرض الوسادة لكل متر فى الطول

طريقة التصميم

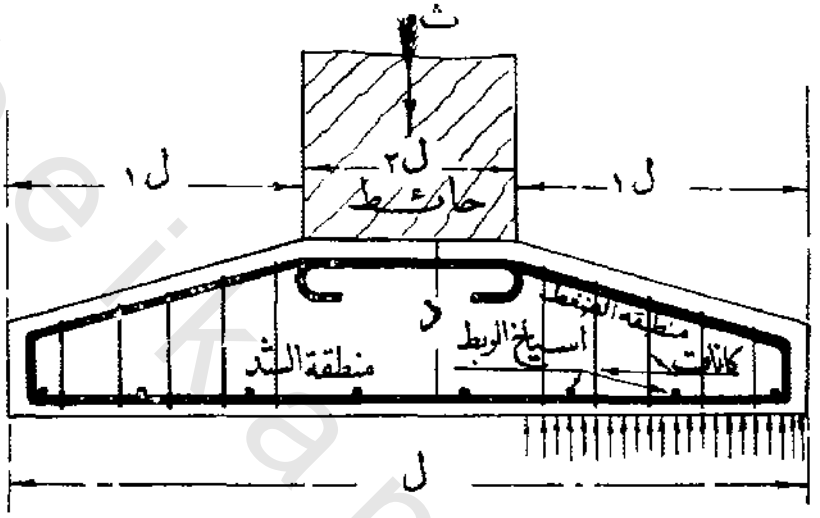
أولاً — حساب العرض (ل) اللازم للوسادة :

الثقل الكلى (ث) لكل متر فى طول الوسادة يساوى سطح الوسادة لكل متر فى الطول × مقاومة الأرض

أى أن : (ث) بالكيلوجرام = (ل) بالسنتيمتر × ١٠٠ سنتيمتر × (ج) بالكيلوجرام للسنتيمتر المربع

$$\therefore \quad ث = ١٠٠ \times ل \times ج$$

$$\therefore \quad (ل) \text{ بالمتر} = \frac{ث}{١٠٠٠٠ ج}$$



شكل رقم (٢٧)

ثانيًا — حساب الارتفاع العملى للوسادة (د) :

تعتبر قصة الوسادة على يمين القطاع الرأسى لواجهة الحائط كعتب مثبت من أحد طرفيه (أى من الطرف أسفل الحائط) ومطلق من الطرف الآخر وموزع عليه حمل بانتظام بكامل طوله (ل١) وهذا الحمل هو مقاومة الأرض على سطح القصة المذكورة واتجاهها من أسفل لأعلى

ويساوى عزم الانثناء الأعظم ما يمكن (ع) عند قطاع التثبيت :

$$\frac{١٠٠ \times ج \times (ل_١)^٢}{٢}$$

ملحوظة — الحمل الموزع بانتظام على عرض العتب (ب) لكل سنتيمتر فى الطول (ل١) يساوى ١٠٠ ج متى كان العرض المفروض مساويًا لمائة سنتيمتر و (ج) بالكيلوجرام لكل سنتيمتر مربع

ويستخرج الارتفاع العملى (د) للوسادة عند قطاعها أسفل الحائط بواسطة المعادلة

رقم (٢٤) صحيفة (٣٣) : $د = \sqrt{\frac{ع}{ب \times ما}}$

وبها يفرض (ب) عرض العتب يساوى متراً واحداً

ثالثًا — حساب سطح أسياخ الشد (ح) :

يستخرج سطح أسياخ الشد (ح) اللازم وضعه فى اتجاه العرض لكل متر فى طول الوسادة بواسطة المعادلة رقم (٢٣) صحيفة (٣٣) : $ح = ه \times ب \times د$

أو بواسطة المعادلة رقم (٢٥) صحيفة (٣٣)

$$: ح = ه \times \frac{١}{٧ ما} \times \sqrt{ع \times ب}$$

وقد تكون هذه الأسياخ نظريًا كافية ولكن عمليًا يستحسن تكسيحها ورفعها لمنطقة الضغط كما هو مبين بالشكل رقم (٢٧) وذلك لربط خرسانة الوسادة ببعضها ولتثبيت الكانات التى يجب وضعها لمقاومة حمل القطع

(مثال رقم ٢٣) المطلوب تصميم وسادة من الخرسانة المسلحة أساسًا لحائط المعاليم ورموزها :

(ث) ثقل المبانى لكل متر فى الطول = ٢٤٠٠٠ كيلوجرامًا

(ل٢) سمك الحائط أعلى الوسادة = ٠٫٦٠ متراً

(ج) مقاومة الأرض = ٠٫٨٠٠ كيلوجرامًا للسنتيمتر المربع

(ص) جهد الشد للحديد = ١٠ كيلوجرامات للعليمتر المربع

(ش) جهد الضغط للخرسانة = ٤٠ كيلوجرامًا للسنتيمتر المربع

(ن) نسبة معاملى المرونة = ١٢

(صط) جهد القطع للحديد = ٨ كيلوجرامات للعليمتر المربع

الحـــل : عرض الوسادة (ل) = $\frac{\text{ث}}{\text{جـ} \times ١٠٠٠٠}$

= $\frac{٢٤٠٠٠}{٠,٨٠ \times ١٠٠٠٠}$ = ٣,٠٠ أمتار

قصة الوسادة (ل١) = $\frac{\text{ل} - \text{ل}_{٠}}{٢}$ = $\frac{٤,٠٠ - ٠,٦٠}{٢}$ = ١,٢٠ متراً

عزم الانثناء الأعظم ما يمكن (ع) = $\frac{١٠٠ \text{ جـ } (\text{ل}_{١})^{٢}}{٢}$

= $\frac{١٠٠ \times ٠,٨٠ \times (١٢٠)^{٢}}{٢}$ = ٥٧٦٠٠ كيلوجرام سنتيمتراً

من الجدول رقم (٧) صحيفة (٣٦) قرين الجهود المفروضة :

(ص) = ١٠ ، (ش) = ٤٠ نستخرج :

(ه) = ٠,٠٠٦٤٩ ، (ما) = ٥,٧٧٧ ، $\left[\frac{\text{ب}}{\text{د}} \right]$ = ٠,٨٩٢١

∴ الارتفاع العملى (د) = $\sqrt{\frac{\text{ع}}{\text{ب} \times \text{ما}}}$ = $\sqrt{\frac{٥٧٦٠٠٠}{٥,٧٧٧ \times ١٠٠}}$ = ٣١,٥ سنتيمتراً

فيكون السمك الكلى للوسادة أسفل الحائط = ٣١,٥ + ٣,٥ = ٣٥ سنتيمتراً

(ح) سطح أسياخ التسليح فى منطقة الشد = ه × ب × د

= ٠,٠٠٦٤٩ × ١٠٠ × ٣١,٥ = ٢٠,٤٥ سنتيمتراً مربعاً

أى عملياً ١١ سيخ من قطر $\frac{٥}{٨}$ البوصة (مجموع سطحها يساوى ٢١,٨٢ سنتيمتراً مربعاً لكل متر فى طول الوسادة مع وضع ٥ أسياخ من قطر $\frac{١}{٤}$ باتجاه الطول لكل متر من عرض الوسادة لربط أسياخ التسليح

حساب الكانات : لحساب المسافات اللازمة بين الكانات نجرى تطبيق المعادلة رقم (٤٧) صحيفة (٧٢) :

و = $\frac{\text{صط} \times \text{م} \times \text{حـ} \times \text{ر}}{\text{ط}}$

بعد فرض أن أسياخ الكانات من قطر $\frac{1}{4}$ بوصة أى أن (حـ) = ٠٫٣٢ سنتيمتراً مربعاً

ولتكن (م) فروع الكانة الواحدة لكل متر بطول الوسادة = ١٢ [أى ان الكانة الواحدة تمر حول كل سيخ بمنطقة الشد ثم تتجه حول السيخ الموجود بمنطقة الضغط بالصف الذى يليه ومنه الى السيخ الذى يليه بمنطقة الشد وهلم جرًّا]

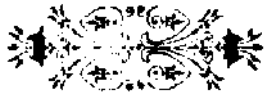
(ر) زراع العزم يساوى د × $\left[\frac{ر}{د}\right]$ = ٠٫٨٩٢١ × ٣١٫٥ = ٢٨٫١ سنتيمتراً

(ط) حمل القطع الأعظم ما يمكن = ب × ل١ × جـ

= ١٠٠ × ١٢٠ × ٠٫٨٠ = ٩٦٠٠ كيلوجراماً

∴ (و) المسافة بين الكانات وهى ثابتة بطول البروز (ل١) = $\frac{٨٠٠ \times ١٢ \times ٠٫٣٢ \times ٢٨٫١}{٩٦٠٠}$

= ٨٫٩٩ ليكن ٩ سنتيمترات



القواعد المصنوعة من الخرسانة المسلحة لأساسات الأعمدة

تتكون أساسات الأعمدة المصنوعة من قواعد من الخرسانة المسلحة أما من بلاطة مربعة أو مستطيلة الشكل ذات ارتفاع ثابت وأما من بلاطة مربعة أو مستطيلة الشكل يعلوها جزء على شكل هرم ناقص أوجهه العليا أشباه منحرفة ويكون تسليح البلاطة والجزء الذى يعلوها مرتبطًا ببعضه مع صب خراساتهما فى آن واحد لتكون جسماً واحداً وتتأثر القواعد المذكورة بثقل الأعمدة وما تتحمله وكذا بمقاومة الأرض كما هو مبين بالشكل رقم (٣٨) أى أن أجزاء القاعدة الخارجة عن أسفل المسقط الأفقى لقطاع العمود تنثنى من أسفل لأعلا وتعتبر فى حساب مقاومتها كـكوابيل مثبتة من إحدى طرفيها أى أسفل أوجه العامود ومطلقة من الطرف الآخر وهذا الانثناء يحصل من الأربع جهات حول قاعدة الأعمدة ولمقاومته يصير تسليح خرسانة القاعدة فى الاتجاهين معًا مع ملاحظة أنه لا تكون هناك مساعدة فى مقاومة تسليح جهة لأخرى وذلك بعكس المساعدة فى التسليح فى حالات الطوابق المرتكزة على جهاتها الأربع والمسلحة فى الاتجاهين معًا

وليكن : (لا) = طول مستطيل القاعدة

(ل) = عرض مستطيل القاعدة

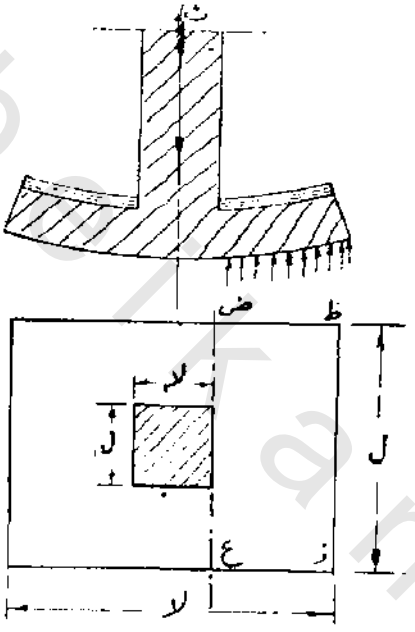
(لا ،) و (ل ،) ضلعا قطاع العمود

(ث) = ثقل العمود وما يحمله

(ج) = مقاومة الأرض على الوحدة السطحية

وبما أن مقاومة الأرض أسفل القاعدة تساوى الثقل المفروض حمله على القاعدة تنتج المعادلة الآتية :

جـ × لا × ل = ث . . . . معادلة رقم (٥٦)



شكل رقم (٣٨)

والجزء [ز ظ ض غ] من القاعدة هو المكون لأحد الكوابيل الأربعة السابق ذكرها ويفرض عملياً مثبتاً عند القطاع [ض غ] وبكامل طول هذا القطاع باعتبار ارتفاعه العملى ثابتاً عند هذا القطاع وذلك بسبب تسليح القاعدة أسفل العمود بالاتجاهين معاً وما ينتج من ذلك من زيادة المقاومة عند القطاع المذكور

ولايجاد عزم الانثناء الأعظم ما يمكن (ع) للكابولى المذكور نجرى الآتى :

$$\text{طول الكابولى [ز ظ ض غ]} = \frac{\text{لا} - \text{لا}_{١}}{٢}$$

الحمل ($ث_{١}$) المفروض عملياً توزيعه بانتظام على طول هذا الكابولى لكل متر فى عرضه

$$ث_{١} = جـ \times \frac{\text{لا} - \text{لا}_{١}}{٢}$$

∴ عزم الانثناء الأعظم ما يمكن ويكون عند القطاع (ض غ)

$$ع = \frac{١}{٢} \times \left[جـ \times \frac{\text{لا} - \text{لا}_{١}}{٢} \right] \times \frac{\text{لا} - \text{لا}_{١}}{٢}$$

$$= \frac{جـ (\text{لا} - \text{لا}_{١})^{٢}}{٨} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{معادلة رقم (٥٧)}$$

واذا استبدلنا فى المعادلة السابقة (ج) بما يعادلها فى المعادلة رقم (٥٦) تنتج المعادلة الآتية :

$$ع = ج \frac{(لا - لا_1)^2}{٨} = \frac{ث}{لا \times ن} \times \frac{(لا - لا_1)^2}{٨} = \frac{ث (لا - لا_1)^2}{لا \times ل \times ٨}$$

معادلة رقم (٥٨)

حمل القطع (ط) عند القطاع [ض غ] لكل متر فى عرض الكابولى $= ج \frac{(لا - لا_1)}{٢}$

$$= \frac{ث}{لا \times ل} \times \frac{(لا - لا_1)}{٢}$$

(مثال رقم ٢٤) المطلوب تصميم قاعدة مربعة من الخرسانة المسلحة لعمود المعاليم ورموزها : (لا) ضلع القطاع المربع للعمود = ٣٠ سنتيمتراً

(ث) النقل الكلى المحمل على العمود بما فيه ثقل العمود = ٣٢٠٠٠ كيلوجراماً

(ج) مقاومة الأرض = ٨٠٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع

(ص) جهد الشد للحديد = ١٢ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع

(ش) جهد الضغط للخرسانة = ٤٠ « للسنتيمتر المربع

(ن) نسبة معاملى المرونة = ١٠

(صط) جهد القطع للحديد = ٨ كيلوجرامات للسنتيمتر المربع

الحـــل : نجرى تطبيق المعادلة رقم (٥٦) صحيفة (١١٨) لايجاد (لا)
طول ضلع القاعدة :

جـ × لا × ل = ث

وبها لا = ل حيث أن المطلوب تصميم قاعدة مربعة

∴ جـ × (لا)^{٢} = ث

∴ ٨٠٠٠ (لا)^{٢} = ٣٢٠٠٠

∴ (لا)^{٢} = $\frac{٣٢٠٠٠}{٨٠٠٠}$ = ٤,٠٠ أمتار مربعة

∴ (لا) = $\sqrt{٤,٠٠}$ = ٢,٠٠ متراً

(ع) عزم الانثناء الأعظم ما يمكن = $\frac{\text{جـ} (\text{لا} - \text{لا}_{١})^{٢}}{٨}$

[أنظر المعادلة رقم ٥٧]

= $\frac{٨٠٠٠ (٢,٠٠ - ٠,٣٠)^{٢}}{٨}$

= ٢٨٩٠ كيلوجرام متراً

من الجدول رقم (٦) صحيفة (٣٥) قرين الجهود المفروضة :

(ص) = ١٢ ، (ش) = ٤٠ نستخرج :

(ه) = ٠,٠٠٥٧١ ، (ما) = ٥,١٧ ، $\left[\frac{ر}{د} \right]$ = ٠,٩٠٤٨

∴ الارتفاع العملى أسفل مستوى تقابل العمود بالقاعدة =

د = $\sqrt{\frac{\text{ع}}{\text{ب} \times \text{ما}}}$ = $\sqrt{\frac{٢٨٩٠}{١,٠٠ \times ٥,١٧}}$ = ٢٣,٦ سنتيمتراً

أى أن الارتفاع الكلى للقاعدة أسفل العمود = ٢٧ سنتيمتراً

وليكن سمك بلاطة القاعدة عند الأطراف = ١٠ سنتيمتراً

obeikandl.com

(ح) سطح أسياخ التسليح فى منطقة الشـد أى فى الطبقة السفلى للقاعدة [لكل متر فى العرض]

= ه × ب × د

= ٠,٠٠٥٧١ × ١٠٠ × ٢٣,٦ = ١٣,٤٨ سنتيمتراً مربعاً

أى ٧ أسياخ من قطر $\frac{5}{8}$ البوصة [مجموع سطحهما يساوى ١٣,٨٩ سنتيمتراً مربعاً]

فتكون القاعدة مسلحة بالاتجاهين معاً وفى كل اتجاه ١٤ سيخ من قطر $\frac{5}{8}$ البوصة

و يصير ايجاد عدد الكانات اللازمة باستعمال المعادلة رقم (٤٧) صحيفة (٧٢)

$$و = \frac{صط \times م \times ح \times د}{ط}$$

بعد فرض أن أسياخ الكانات من قطر $\frac{1}{4}$ بوصة أى أن (ح) = ٠,٣٢ سنتيمتراً مربعاً

ولتكن (م) فروع الكانة الواحدة فى كل متر طولى من القاعدة = ٨

(د) زراع العزم يساوى د $\left[\frac{د}{د}\right]$ = ٠,٩٠٤٨ × ٢٣,٦ = ٢١,٣٥ سنتيمتراً

(ط) حمل القطع الاعظم ما يمكن لكل متر فى عرض كابولى القاعدة = جـ × $\frac{(لا - لا_1)}{٢}$

= ٨٠٠٠ $\frac{(٢,٠٠ - ٠,٣)}{٢}$ = ٦٨٠٠ كيلوجراماً

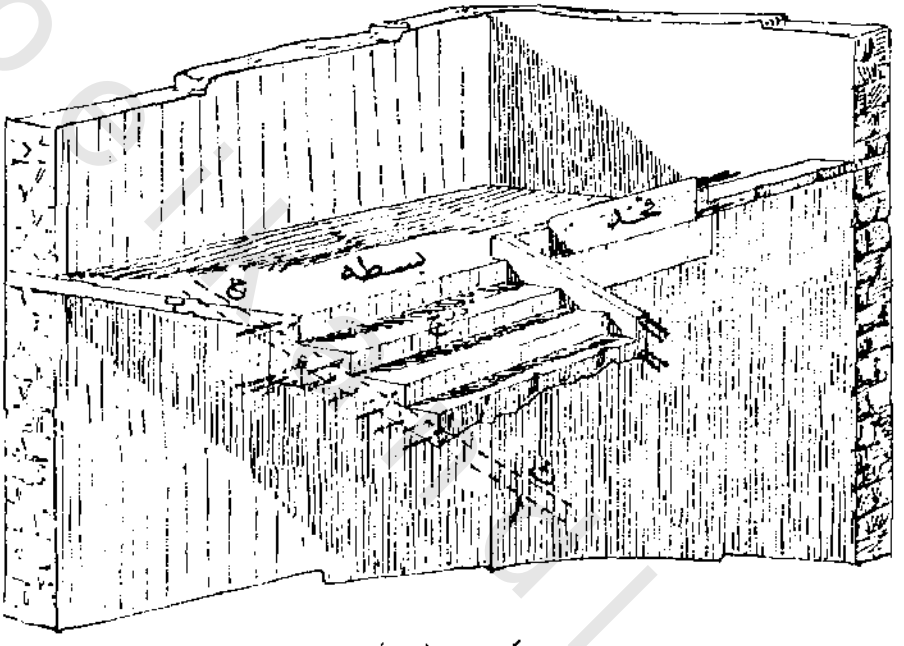
∴ (و) المسافة بين كل صف وصف من الكانات = $\frac{٨٠٠ \times ٨ \times ٠,٣٢ \times ٢١,٣٥}{٦٨٠٠}$ = ٦,٤ سنتيمتراً

obeikandl.com

السلالم المصنوعة من الخرسانة المسلحة

تعمل السلالم المصنوعة من الخرسانة المسلحة على أنواع مختلفة نشرح الأهم منها

الشكل رقم (٢٩) يبين رسم نظرى لسلم مصنوع من الخرسانة المسلحة ومكون من الآتى .



شكل رقم (٢٩)

(١) بسطة بطول عرض بير السلم

(٢) كمرة من شكل حرف (٦) محمل عليها البسطة

(٣) فخذى السلم

(٤) درج السلم

وحساب أجزاء هذا السلم كالآتى :

أولاً — البسطات : تحسب كطابق من الخرسانة المسلحة مثبتاً من أطرافه الأربع تثبيتاً جزئياً ويكون التسليح فى الاتجاهين معاً أو فى اتجاه واحد بحسب ما يكون طول البسطة يساوى على الأكثر ضعفى عرضها أو يزيد عنه

ثانيًا — الكمرات أطراف البسطات : تحسب ككمرة من حرف شكل (٦) أى ككمرة مستطيلة القطاع ومشتركاً جزءا من الطابق مع جزئها الأعلى فى مقاومة محصلة الضغط الكلى و يؤخذ هذا الجزء مساويًا لـ $\frac{1}{6}$ فتحة الكمرة أى نصف ما يؤخذ عند حساب الكمرات التى من شكل حرف (ت)

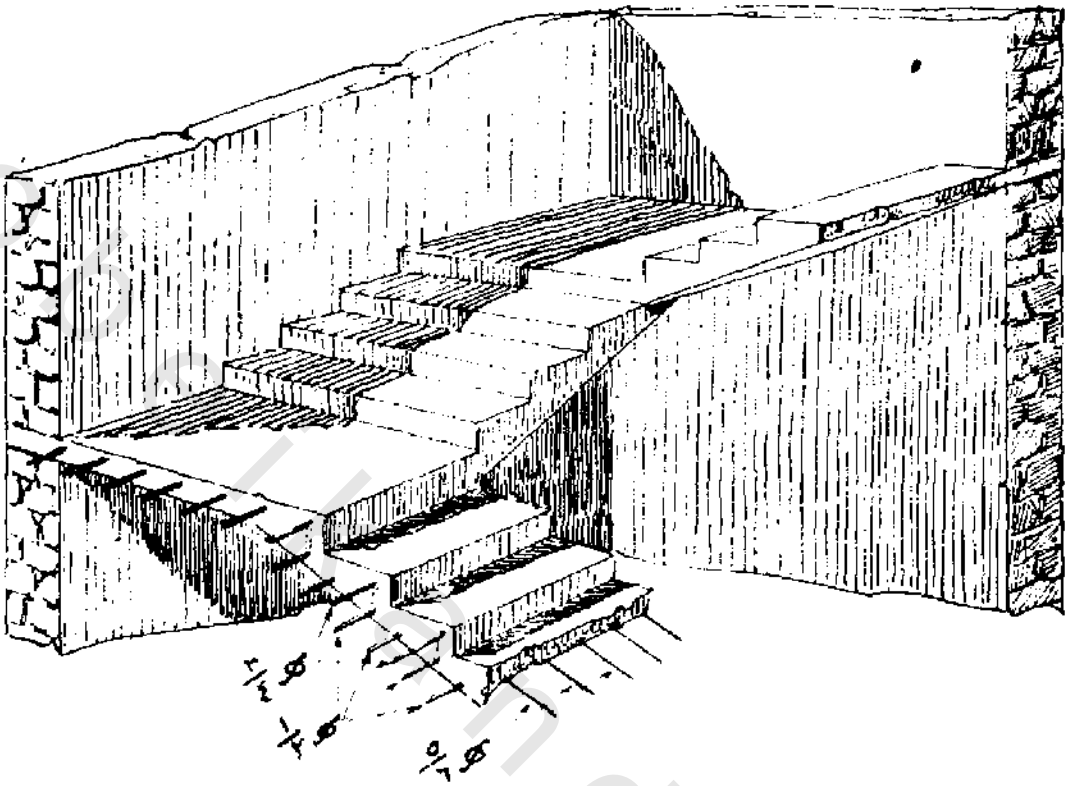
وتعتبر هذه الكمرات مثبتة من أطرافها تثبيتًا جزئيًا عند حساب عزم الانثناء

ثالثًا — أفخاد السلم وهى عبارة عن كمرات مستطيلة القطاع وتحسب بالطريقة العادية ككمرة مثبتة من طرفيها ومحملة بحمل موزع عليها بانتظام وتكون فتحتها مساوية لطول مسقطها الافقى

رابعًا — الدرج وتشكل من أعلا ويكون أسفلها فى مستوى واحد وتحسب كبلاطة مثبتة من طرفيها [على كمرة الفخد من طرف وفى الحائط من الطرف الآخر] ومحملة بحمل موزع بانتظام و يصير تسليح هذه البلاطة فى اتجاه طول الدرج وتساوى فتحتها فى هذه الحالة المسافة بين الفخد والحائط أى طول الدرج و يعتبر سمك البلاطة سمكها الثابت بين المستويين (ا ب) و (ث ج) مع عمل التسليح اللازم لتقوية تشكيل الدرجة كما هو مبين بالرسم

ملاحظة : تحسب أجزاء السلم المختلفة السابق ذكرها على حدة ولكن عند التنفيذ يكون تسليحها مرتبطًا ببعضه مع صبها فى آن واحد لتكون جسماً واحداً

الشكل رقم (٣٠) بين رسم نظرى لسلم من نوع لا يمكن عمل كمرات له تكون أطرافًا للبسطات بعرض بير السلم وفى هذه الحالة لا تعمل أفخاد للسلم و يصير حساب البلاطة أسفل تشكيل الدرج كعتب مثبت من احدى طرفيه ومطلق من الطرف الآخر وتقوم الأسياخ العليا الموضوعة داخل القطاع المشكل للدرج بمقاومة جهود الشد وتقوم خرسانة أسفل الدرج وكذا الأسياخ الموضوعة داخلها بمقاومة جهود الضغط



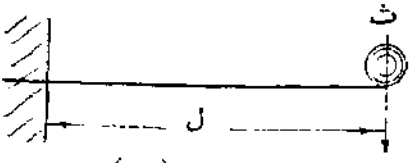
شكل رقم (٣٠)

وقد توضع أسياخ فى اتجاه ميل السلم لربط الأسياخ العرضية التى داخل المنطقة السفلى ولجمع أجزاء قلبات السلم مع بعضها البعض لتكون جسماً واحداً

ملحوظة : مبين على الرسم النظرى رقم (٣٠) أقطار أسياخ تسليح الدرج التى تستعمل عادة فى هذه الحالة

جدول معادلات عزم الانثناء والاحمال القاطعة

العتب مثبت من أحد الطرفين وموقع عليه حمل بطرفه المطلق



شكل رقم (٣١)

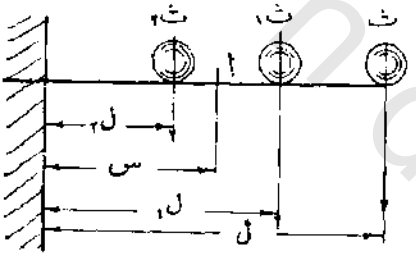
الحمل = ث طول العتب = ل

(ع) عزم الانثناء الأعظم ما يمكن = ث ل

[ويكون عند نقطة التثبيت]

(ط) حمل القطع [ثابت فى جميع أجزاء العتب] = ث

العتب مثبت من أحد الطرفين ومطلق من الطرف الآخر وموقع عليه جملة أحمال منفردة



شكل رقم (٣٢)

(ع) عزم الانثناء الأعظم ما يمكن = ث ل + ث$_{١}$ ل$_{١}$ + ث$_{٢}$ ل$_{٢}$

[ويكون عند نقطة التثبيت]

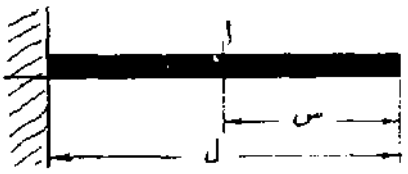
(ع$_{س}$) عزم الانثناء عند القطاع (ا) المتباعد بالمسافة (س) عن نقطة التثبيت = ث (ل − س) + ث (ل$_{١}$ − س)

(ط$_{١}$) حمل القطع عند القطاع (ا) = ث + ث$_{١}$

(ط) حمل القطع الأعظم ما يمكن [من نقطة تأثير الحمل ث$_{٢}$ لغاية نقطة التثبيت] = ث + ث$_{١}$ + ث$_{٢}$

obeikandl.com

العتب مثبت من أحد الطرفين ومطلق من الطرف الآخر وموزع عليه حمل بانتظام مساوياً ل (حـ) على الوحدة الطولية وبكامل طول العتب



شكل رقم (٣٣)

(ع) عزم الانثناء الأعظم ما يمكن = $\frac{حـ \times (ل)^{٢}}{٢}$
[ويكون عند نقطة التثبيت]

(عس) عزم الانثناء عند القطاع (ا) المتباعد بالمسافة (س) عن الطرف المطلق = $\frac{حـ \times (س)^{٢}}{٢}$

(طس) حمل القطع عند القطاع (ا) = حـ × س

(ط) حمل القطع الأعظم ما يمكن = حـ × ل
[ويكون عند نقطة التثبيت]

العتب مثبت من أحد الطرفين وموقع عليه حمل موزع بانتظام مساوياً ل (حـ) على الوحدة الطولية بجزء فقط من طول العتب المذكور

شكل رقم (٣٤)

(عس) عزم الانثناء عند القطاع (ك) المتباعد بالمسافة (س) عن الطرف المطلق [س مفروضة < ل١] = $\frac{حـ \times (س)^{٢}}{٢}$

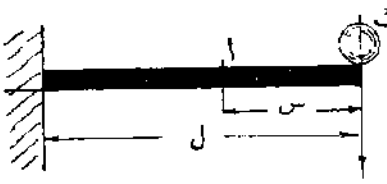
(عس١) عزم الانثناء عند القطاع (ا) المتباعد بالمسافة (س١) عن الطرف المطلق [س١ > ل١] = حـ × ل١ $(س_{١} - \frac{ل_{١}}{٢})$

(ع) عزم الانثناء الأعظم ما يمكن [ويكون عند نقطة التثبيت] = حـ × ل١ $(ل - \frac{ل_{١}}{٢})$

(ط١) حمل القطع : اذا كان س١ > ل١ = حـ × ل١

(طس) » » : » » س > ل١ = حـ × س

العتب مثبت من أحد الطرفين وموقع عليه حمل (ث) بالطرف المطلق وعليه أيضاً حمل موزع بانتظام مساوياً لـ (ح) على الوحدة الطولية بكامل طول العتب



شكل رقم (٣٥)

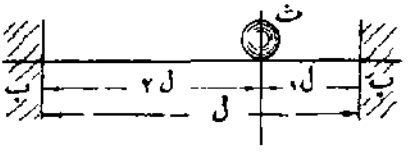
(ع س) عزم الانثناء عند القطاع (ا) المتباعد بالمسافة (س) عن الطرف المطلق $= ث \times س + \frac{ح \times (س)^{٢}}{٢}$

(ع) عزم الانثناء الأعظم ما يمكن [ويكون عند نقطة التثبيت] $= ث \times ل + \frac{ح \times (ل)^{٢}}{٢}$

(ط س) حمل القطع فى أى نقطة (ا) تبعد بالمسافة (س) عن الطرف المطلق $= ث + ح \times س$

(ط) حمل القطع الأعظم ما يمكن [ويكون عند نقطة التثبيت] $= ث + ح \times ل$

العتب مثبت من طرفيه وموقع عليه حمل مساوياً لـ (ث) بأى نقطة منه



شكل رقم (٣٦)

(ع ب) عزم الانثناء فى نقطة التثبيت (ب) $= -\frac{ث \times ل_{١} \times (ل_{٢})^{٢}}{(ل)^{٢}}$

(ع ب) عزم الانثناء فى نقطة التثبيت (ب) $= -\frac{ث \times ل_{٢} \times (ل_{١})^{٢}}{(ل)^{٢}}$

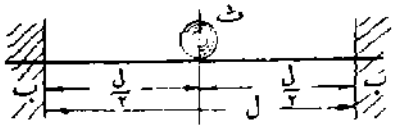
(ع) عزم الانثناء الاعظم ما يمكن ويكون فى نقطة تأثير الحمل $= \frac{٢ \times ث \times (ل_{١})^{٢} (ل_{٢})^{٢}}{(ل)^{٣}}$

(ط ل١) حمل القطع فى الجزء الايمن وهى ثابتة فى طول هذا الجزء $= + \frac{ث \times (ل_{٢} + ٣ل_{١}) (ل_{٢})^{٢}}{(ل)^{٣}}$

(ط ل٢) حمل القطع فى الجزء الايسر وهى ثابتة فى طول هذا الجزء $= - \frac{ث \times (٣ل_{٢} + ل_{١}) (ل_{١})^{٢}}{(ل)^{٣}}$

oberkandi.com

العتب مثبت من طرفيه وعليه حمل مساوياً ل (ث) فى وسطه



شكل رقم (٣٧)

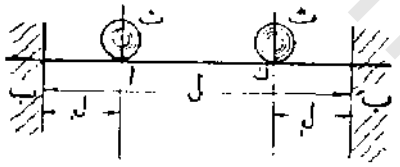
(ع ب) = (ع ب') = عزم الانثناء عند نقطتى التثبيت = $-\frac{\text{ث} \times \text{ل}}{٨}$

(ع) عزم الانثناء الاعظم ما يمكن ويكون فى نقطة تأثير الحمل أى فى وسط العتب = $+\frac{\text{ث} \times \text{ل}}{٨}$

(ط ب) حمل القطع من نقطة تأثير الحمل لغاية نقطة التثبيت (ب) = $\frac{\text{ث}}{٢}$

(ط ب') حمل القطع من نقطة تأثير الحمل لغاية نقطة التثبيت (ب') = $-\frac{\text{ث}}{٢}$

العتب مثبت من طرفيه وموقع عليه حملان متساويان على بعدين متساويين من نقطتى التثبيت



شكل رقم (٣٨)

(ع ب) (ع ب') = عزم الانثناء عند نقطتى التثبيت = $-\frac{\text{ث} \times \text{ل}_١ (\text{ل} - \text{ل}_١)}{\text{ل}}$

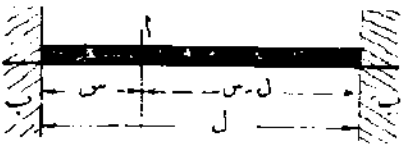
(ع) عزم الانثناء فى نقطتى تأثير الحملين المذكورين = $\frac{\text{ث} (\text{ل}_١)^٢}{\text{ل}}$

(ط ا) حمل القطع من نقطة التثبيت ب لغاية النقطة (ا) = + ث

(ط ك) حمل القطع من نقطة التثبيت ب' لغاية النقطة (ك) = — ث

(ط ا — ك) حمل القطع من النقطة (ا) الى النقطة (ك) أى فى المسافة بين نقطتى تأثير الحملين = صفراً

العتب مثبت من الطرفين وموقع عليه حمل موزع بانتظام مساوياً لـ (ح) على الوحدة الطوليـة وبكامل طول العتب



شكل رقم (٣٩)

$$(ع_س) \text{ عزم الانثناء فى قطاع (ا) متباعد بالمسافة (س) عن نقطة التثبيت (ب)} = \frac{ح \times س}{٢} (ل - س) - \frac{ح \times (ل)^{٢}}{١٢}$$

$$(ع) \text{ عزم الانثناء الاعظم ما يمكن ويكون فى وسط العتب} = \frac{ح \times (ل)^{٢}}{٢٤}$$

$$(ع_ب) = (ع_ا) = \text{عزم الانثناء عند نقط التثبيت} = - \frac{ح \times (ل)^{٢}}{١٢}$$

$$(ط) \text{ حمل القطع الأعظم ما يمكن ويكون عند نقطتى التثبيت} = \begin{cases} (ط_ا) = + \frac{ح \times ل}{٢} \\ (ط_ب) = - \frac{ح \times ل}{٢} \end{cases}$$

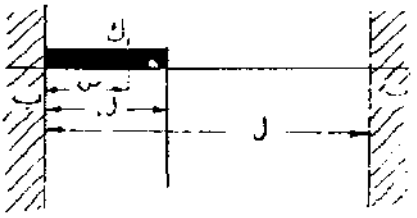
حمل القطع فى وسط العتب = صفراً

ملحوظة : للاعتاب المصنوعة من الخرسانة المسلحة والمثبتة الاطراف يعتبر التثبيت جزئياً (أى نصف تثبيت) وتؤخذ :

$$ع = \frac{ح \times (ل)^{٢}}{١٠}$$ وفى هذه الحالة يهمل حساب عزم الانثناء عند نقط التثبيت ولكن يلزم تكسيح نصف أسياخ الشد تقريباً لمرورها فى منطقة الشد التى بالقرب من نقط التثبيت ويكون التكسيح ابتداء من خمس الفتحة

obeikandl.com

العتب مثبت من الطرفين وموقع عليه حمل موزع بانتظام بجزء من العتب طوله (ل١) بجانب إحدى نقطتى التثبيت الحمل مساوى ا (حـ) على الوحدة الطولية



شكل رقم (٤٠)

(عـب) عزم لانثناء

عند نقطة التثبيت (ب) $= -\frac{\text{حـ} \times (\text{ل}_1)^2}{12\ (\text{ل})^2} [6(\text{ل})^2 - 8 \times \text{ل} \times \text{ل}_1 + 3(\text{ل}_1)^2]$

(عـبَ) عزم الانثناء

عند نقطة التثبيت (بَ) $= -\frac{\text{حـ} \times (\text{ل}_1)^2}{12\ (\text{ل})^2} [4 \times \text{ل} \times \text{ل}_1 - 3(\text{ل}_1)^2]$

(ع) $= \frac{(\text{طـ})^2}{2 \times \text{حـ}} + (\text{عـب})$

حيث: عزم الانثناء الاعظم ما يمكن ويكون عند القطاع (ك) المتباعد عن نقطة التثبيت (ب) بالبعد

$\text{س} = \frac{\text{حمل القطع (طـ)}}{\text{حـ}}$

(طـب) حمل القطع

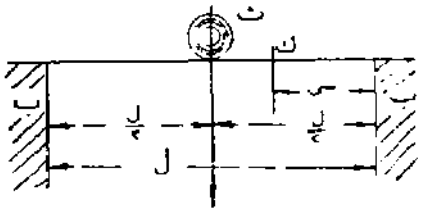
عند نقطة التثبيت (ب) $= \frac{\text{حـ} \times \text{ل}_1}{2 \times (\text{ل})^3} [(\text{ل}_1)^3 + 2 \times (\text{ل})^3 - 2 \times \text{ل} \times (\text{ل}_1)^2]$

(طـبَ) حمل القطع عند نقطة التثبيت (بَ) وهو ثابت لغاية القطاع المتباعد بالمسافة (ل − ل١) عن نقطة التثبيت (بَ)

$= \frac{\text{حـ} \times \text{ل}_1}{2\ (\text{ل})^3} [2 \times \text{ل} \times (\text{ل}_1)^2 - (\text{ل}_1)^3]$

obeikandl.com

العتب مرتكز على الطرفين وموقع عليه حمل مساوياً لـ (ث) بوسطه



شكل رقم (٤١)

(ع س) عزم الانثناء عند القطاع (ك) المتباعد بالمسافة (س) عن نقطة الارتكاز (بَ) = ث × س / ٢

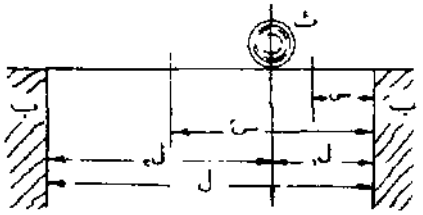
(ع) عزم الانثناء الأعظم ما يمكن ويكون فى نقطة تأثير الحمل = ث × ل / ٤

(طبَ) حمل القطع [وهو ثابت] ابتداء من نقطة الارتكاز (بَ) لغاية نصف العتب = + ث / ٢

(ط ب) حمل القطع [وهو ثابت] ابتداء من نقطة الارتكاز (ب) لغاية نصف العتب = − ث / ٢

ملحوظة : حمل القطع بوسط العتب = صفراً

العتب مرتكز على الطرفين وموقع عليه حمل مساوياً لـ (ث) فى أى نقطة منه



شكل رقم (٤٢)

(ع س) عزم الانثناء عند أى قطاع محصور بين نقطة الارتكاز (بَ) ونقطة تأثير الحمل ومتباعد بالمسافة (س) عن النقطة (بَ) = ث × ل٢ / ل × س

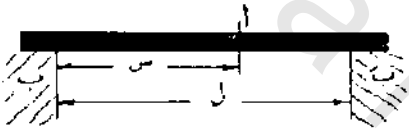
(ع س) عزم الانثناء عند أى قطاع محصور بين نقطة الارتكاز (ب) ونقطة تأثير الحمل ومتباعد بالمسافة (س) عن النقطة (ب) = $\frac{ث (ل - ل_{٢})}{ل} (ل - س)$

(ع) عزم الانثناء الأعظم ما يمكن ويكون عند نقطة تأثير الحمل = $\frac{ث ل^{٢}}{ل} (ل - ل_{٢})$

(ط) حمل القطع : من النقطة (ب) لغاية نقطة تأثير الحمل = + $\frac{ث ل^{٢}}{ل}$

(ط) » : من النقطة (ب) » » » » = − $\frac{ث ل_{١}}{ل}$

العتب مرتكزاً على الطرفين وموزع عليه حمل بانتظام مساوياً لـ (ح) على الوحدة الطولية بكامل الفتحة المرتكز عليها ذلك العتب



شكل رقم (٤٣)

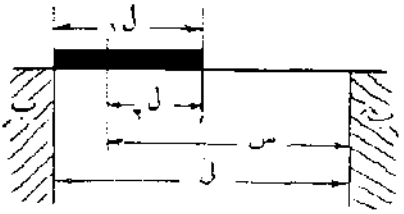
(ع س) عزم الانثناء عند القطاع المتباعد بالمسافة س عن نقطة الارتكاز (ب) = $\frac{ح \times س}{٢} (ل - س)$

(ع) عزم الانثناء الأعظم ما يمكن ويكون فى وسط العتب = $\frac{ح \times ل^{٢}}{٨}$

(ط س) حمل القطع فى أى قطاع متباعد بالمسافة (س) عن نقطة الارتكاز (ب) = ح $(\frac{ل}{٢} - س)$

(ط) حمل القطع الأعظم ما يمكن ويكون عند نقط الارتكاز = $\frac{ح \times ل}{٢}$

العتب مرتكزاً على الطرفين وموقع عليه حمل موزع بانتظام مساوياً لـ (ح) على الوحدة الطولية بجزء من العتب طوله (ل ١) بجانب إحدى نقطتى الارتكاز



شكل رقم (٤٤)

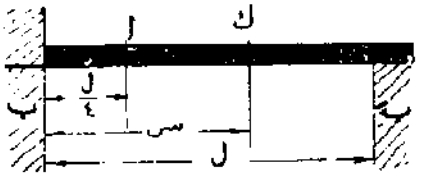
$$(ع_{س}) \text{ عزم الانثناء فى أى قطاع متباعد بالمسافة (س) عن نقطة الارتكاز (ب)} = \frac{ح}{٢}\left[\frac{(ل_{١})^{٢} \times س}{ل} - (ل_{١})^{٢}\right]$$

$$(ع) \text{ عزم الانثناء الأعظم مايمكن ويكون عند ما يكون } [س = ل - ل_{١}] = \frac{ح \times (ل_{١})^{٢}}{٢ ل} \times (ل - ل_{١})$$

$$(ط_{ب}) \text{ حمل القطع عند نقطة الارتكاز (ب)} = + \frac{ح \times ل_{١} (ل - \frac{ل_{١}}{٢})}{ل}$$

$$(ط_{ب}) \text{ حمل القطع عند نقطة الارتكاز (ب)} = - \frac{ح \times (ل_{١})^{٢}}{٢ ل}$$

العتب مثبت من أحد الطرفين ومرتكز على الطرف الآخر وموقع عليه حمل موزع بانتظام مساوياً لـ (ح) على الوحدة الطولية وبكامل طول العتب



شكل رقم (٤٥)

$$(ع_{ب}) \text{ عزم الانثناء عند نقطة التثبيت (ب)} = - \frac{ح \times (ل)^{٢}}{٨}$$

$$(ع) \text{ عزم الانثناء الاعظم مايمكن ويكون عند القطاع (ك) المتباعد بالمسافة } [س = \frac{٥ \times ل}{٨}] \text{ عن نقطة التثبيت} = ٠٫٠٧ \times ح \times (ل)^{٢}$$

ملحوظة : عزم الانثناء يساوى صفراً عند القطاع (ا) المتباعد بالمسافة [س = $\frac{ل}{٤}$]

عن نقطة التثبيت

(طـ) حمل القطع عند نقطة التثبيت (ب) = + $\frac{٥ \times ح \times ل}{٨}$

(طـ) حمل القطع عند نقطة الارتكاز (بَ) = - $\frac{٣ \times ح \times ل}{٨}$

obeikandl.com

الجداول العملية

كيفية استعمال الجداول العملية الآتية من رقم (١) الى رقم (١٦) الخاصة بتصميم الاسقف المصنوعة من الخرسانة المسلحة

اذا علم الرسم الافقى للبناء المراد تصميم الطابق المسلح له وابعاد حجراته وكانت أبعادها تتراوح بين ثلاثة وستة أمتار وأن السقف المطلوب تصميمه مفروض تحمله حملاً عرضياً مساوياً لـ ٣٠٠ أو ٤٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع [المراد بالحمل العرضى هو الحمل الحى مضافاً اليه وزن ثقل البلاط وتوابعه أو الأراضى الخشبية وتوابعها التى توضع فوق الخرسانة المسلحة للطابق] فمن احدى الجدولين رقم (١) أو رقم (٢) (حسب الحمل العرضى المفروض) يستخرج سمك وتسليح الطابق مبتدأ بالكشف عن أصغر البعدين

واذا كانت أبعاد الحجرة محصورة بين الأعداد الواردة بالجدول وغير واردة به فيستخرج سمك الطابق وتسليحه باعتبار الحجرة من ابعاد الحجرة التى تليها مباشرة بالجدول .

فمثلاً اذا كان المطلوب معرفة سمك وتسليح خرسانة طابق حجرة مقاسها ٣٫٦٠ × ٤٫٩٠ متراً نبحث فى كل من الجدولين رقم (١) و (٢) الأعداد المقابلة للحجرة التى تلى هذين البعدين : ٣٫٧٥ و ٥٫٠٠

أما لطابق كل حجرة ينقص أو يزيد ابعادها عن المقادير الواردة بالجدولى سالفى الذكر فيتبع ما يأتى .

أولاً — اذا كان بعدا الحجرة أقل من ٣٫٠٠ × ٣٫٠٠ متراً فيكون تسليح وسمك طابقها مثل تسليح وسمك طابق حجرة من أبعاد ٣٫٠٠ × ٣٫٠٠ متراً

ثانيًا — اذا كان عرض الحجرة أقل من ٣ أمتار طولها يزيد عن ضعف عرضها يصير تسليح الطابق فى اتجاه واحد و يستخرج سمكه والتسليح اللازم له من الجدولين رقم (٣) و (٤) [بحسب الحمل العرضى المفروض] وذلك قرين عرض الحجرة المنوه عنه بالجدولين المذكورين « بفتحة الطابق »

ثالثًا — اذا كان عرض الحجرة يتراوح بين ٣٫٠٠ و ٦٫٠٠ أمتار وطولها يزيد عن ٦٫٠٠ أمتار يعمل للطابق كمرات من شكل حرف (T) باتجاه عرض الحجرة و يتعين عدد هذه الكمرات و بعد بعضها عن بعض بحسب رسم الحجرة نفسها حيث يكون من المستحسن وضع هذه الكمرات فوق الأكتاف البنائية وليس فوق أعتاب الفتحات كما أنه يحسن ألاَّ يجاوز بعد الكمرات عن بعضها البعض ٤ أمتار

ومتى تقرر موضع الكمرات وعددها و بعدها عن بعضها البعض يصير ايجاد سمك وتسليح الطابق الواقع بالخانات بين الكمرات بالطريقة السالفة الذكر أى باعتبار كل خانة عبارة عن طابق حجرة بعداها طول الكمرة والمسافة بين الكمرات

ولايجاد حجم الكمرات نفسها وما يلزمها من تسليح تستعمل الجداول العملية من رقم (٥) الى رقم (١٦) و يلاحظ أن هذه الجداول تشمل الأحوال الآتية :

الحالة الأولى — وهى التى يكون الطابق مفروض عليه حمل عرضى مساويًا لـ ٣٠٠ كيلوجرامًا لكل متر مربع وهذه الحالة يوجد ٣ جداول وذلك بحسب بعد الكمرات بعضها عن بعض

فالجدول رقم (٥) للحالة التى تكون فيها المسافة بين الكمرات مساوية لثلاثة أمتار أو أقل [أى متى كان عرض جزء الطابق المحمل على الكمرة مساويًا لـ ٣ أمتار أو أقل] والجدول رقم (٧) للأحوال التى تزيد فيها هذه المسافة عن ٣ أمتار ولا تتجاوز ٣٫٥٠ مترًا والجدول رقم (٩) للأحوال التى تزيد فيها المسافة المذكورة عن ٣٫٥٠ مترًا ولا تتجاوز ٤ أمتار

الحالة الثانية — مثل الحالة الأولى ولكن يكون فيها الحمل العرضى المفروض على الطابق مساويًا لـ ٤٠٠ كيلوجرامًا وفيها يرجع الى :

الجدول رقم (١١) متى كانت المسافة بين الكمرات [أى متى عرض جزء الطابق المحمل على الكمرة] مساوية لـ ٣ أمتار أو أقل

الجدول رقم (١٣) متى زادت المسافة المذكورة عن ٣ أمتار ولا تتجاوز ٣٫٥٠ متراً

والجدول رقم (١٥) للأحوال التى تزيد فيها المسافة المذكورة عن ٣٫٥٠ متراً ولا تتجاوز ٤ أمتار

الحالة الثالثة — تماثل الحالة الأولى السالفة الذكر غير أنه معروض فى هذه الحالة وجود قاطوع بنائى من الطوب الأحمر ضرب السفرة وسمكه نصف طوبة بارتفاع ٤٫٥٠ متراً ومبيض هـذا القاطوع من جهتيه والجداول الخاصة به هى رقم (٦) ، (٨) ، (١٠)

الحالة الرابعة — تماثل الحالة الثانية السالفة الذكر غير أنه مفروض فى هذه الحالة وجود قاطوع بارتفاع ٤٫٥٠ متراً ومبيض هذا القاطوع من جهتيه

والجداول الخاصة به هى رقم (١٢) ، (١٤) ، (١٦)

ملاحظة : فى الأحوال التى تزيد فيها الابعاد عن المقادير الواردة بالجداول تتبع الطرق المشروحة بالكتاب

الجدول العملى رقم (١٧) للاعمدة

يستخرج من هذا الجدول قطاع خرسانة الأعمدة وكذا تسليحها الطولى والأفقى متى كان الحمل المفروض توقيعه عليها معروفًا ومتى كان جهد الضغط للخرسانة مفروضًا

الجهود المفروضة عند حساب الجداول العملية

للجداول من رقم (١) الى رقم (٤) :

(ص) جهـد الشد للحديد ... ١٠ كيلوجرامات للمليمتر المربع

(ش) جهد الضغط للخرسانة ... ٤٠ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع

(ن) نسبة معاملى المرونة = ١٢

وقد اعتبر الطابق مثبتًا من أطرافه تثبيتًا جزئيًا (نصف تثبيت)

صار حساب هذه الجداول باعتبار الارتفاع العملى لأسياخ الغطاء مخالفًا للارتفاع العملى لأسياخ الفرشة أى أن الارتفاع العملى لأسياخ الغطاء يساوى الارتفاع العملى لأسياخ الفرشة مستنزلاً منه قطر هذه الأسياخ الأخيرة

ملحوظة : يقتضى تكسيح نصف أسياخ الفرشة والغطاء عند نقط التثبيت أى فوق نقط الارتكاز سواء كانت حيطان أو كمرات ويكون التكسيح ابتداء من خمس الفتحة وقد يستغنى عن هذا التكسيح بوضع قطع من الأسياخ بقدر نصف عدد أسياخ الفرشة والغطاء فوق نقط الارتكاز وبالقرب من السطح الأعلى لخرسانة الطابق وتكون هذه الأسياخ مجنشة الأطراف ويصير امتدادها على جانبى نقط الارتكاز بطول مساو لخمس طول الفتحة

للجداول من رقم (٥) الى رقم (١٦) أى للجداول الخاصة بالكمرات التى من شكل حرف (T) :

(ص) جهـد الشد للحديد ... ١٠ كيلوجرامات للمليمتر المربع

(ش) جهد الضغط للخرسانة ... ٣٠ كيلوجراماً للسنتيمتر المربع

(ن) نسبة معاملى المرونة = ١٢

قد اعتبرت الكمرات مثبتة من طرفيها تثبيتًا جزئيًا (نصف تثبيت)

جدول عملي رقم (١) (للطابق المسلح فى الاتجاهين معاً)

الحمل العرضى المفروض على الطابق = ٣٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع

ابعاد الحجرة من الداخل		سمك البلاطة بالسنتيمتر	أساخ التسليح لكل متر مربع				
				للفرشة		للغطاء	
العرض بالمتر	الطول بالمتر			عدد	القطر بالبوصة	عدد	القطر بالبوصة
٣,٠٠	٣,٠٠	٨		٧	٥/١٦	٧	٥/١٦
»	٣,٢٥	٨		٧	٥/١٦	٧	٥/١٦
»	٣,٥٠	٨		٨	٥/١٦	٧	٥/١٦
»	٣,٧٥	٩		٨	٥/١٦	٦	٥/١٦
»	٤,٠٠	٩		٩	٥/١٦	٦	٥/١٦
»	٤,٢٥	٩		٩	٥/١٦	٦	٥/١٦
»	٤,٥٠	٩		١٠	٥/١٦	٥	٥/١٦
»	٤,٧٥	١٠		١٠	٥/١٦	٥	٥/١٦
			أو	٧	٣/٨	٥	٥/١٦
»	٥,٠٠	١٠		١٠	٥/١٦	٥	٥/١٦
			أو	٧	٣/٨	٥	٥/١٦
»	٥,٢٥	١٠		١٠	٥/١٦	٥	٥/١٦
			أو	٧	٣/٨	٥	٥/١٦
»	٥,٥٠	١٠		٨	٣/٨	٥	٥/١٦
»	٥,٧٥	١٠		٨	٣/٨	٥	٥/١٦
»	٦,٠٠	١١		٧	٣/٨	٥	٥/١٦
٣,٢٥	٣,٢٥	٨		٨	٥/١٦	٨	٥/١٦
»	٣,٥٠	٨		٨	٥/١٦	٨	٥/١٦
»	٣,٧٥	٨		٩	٥/١٦	٨	٥/١٦
»	٤,٠٠	٩		٩	٥/١٦	٧	٥/١٦
»	٤,٢٥	٩		١٠	٥/١٦	٧	٥/١٦
			أو	٧	٣/٨	٥	٣/٨
»	٤,٥٠	١٠		١٠	٥/١٦	٦	٥/١٦

obeikandl.com

تابع الجدول العملى رقم (١) (للطابق المسلح فى الاتجاهين معاً)

الحمل العرضى المفروض على الطابق = ٣٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع

أبعاد الحجرة من الداخل			أسياخ التسليح لكل متر مربع			
الطول بالمتر	العرض بالمتر		للفرشة			للغطاء
			عدد	القطر بالبوصة	عدد	القطر بالبوصة
		أو	٧	٣/٨	٦	٥/١٦
٣,٢٥	٤,٧٥	١٠	١٠	٥/١٦	٦	٥/١٦
		أو	٧	٣/٨	٦	٥/١٦
»	٥,٠٠	١٠	٨	٣/٨	٦	٥/١٦
»	٥,٢٥	١١	٧	٣/٨	٥	٥/١٦
»	٥,٥٠	١١	٨	٣/٨	٥	٥/١٦
»	٥,٧٥	١١	٨	٣/٨	٥	٥/١٦
»	٦,٠٠	١١	٨	٣/٨	٥	٥/١٦
٣,٥٠	٣,٥٠	٨	٨	٥/١٦	٨	٥/١٦
»	٣,٧٥	٩	٨	٥/١٦	٨	٥/١٦
»	٤,٠٠	٩	٩	٥/١٦	٨	٥/١٦
»	٤,٢٥	٩	١٠	٥/١٦	٨	٥/١٦
		أو	٧	٣/٨	٨	٥/١٦
»	٤,٥٠	١٠	١٠	٥/١٦	٧	٥/١٦
		أو	٧	٣/٨	٧	٥/١٦
»	٤,٧٥	١٠	٨	٣/٨	٧	٥/١٦
»	٥,٠٠	١١	٨	٣/٨	٦	٥/١٦
»	٥,٢٥	١١	٨	٣/٨	٦	٥/١٦
»	٥,٥٠	١١	٨	٣/٨	٦	٥/١٦
»	٥,٧٥	١١	٨	٣/٨	٦	٥/١٦
»	٦,٠٠	١٢	٨	٣/٨	٥	٥/١٦
٣,٧٥	٣,٧٥	٩	٨	٥/١٦	٨	٥/١٦

obeikandl.com

تابع الجدول العملى رقم (١) (للطابق المسلح فى الاتجاهين معاً)

الحمل العرضى المفروض على الطابق = ٣٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع

أبعاد الحجرة من الداخل		مجموع السمك بالسنتيمتر	أسياخ التسليح لكل متر مربع			
العرض بالمتر	الطول بالمتر			فرشة		قطاع
				عدد	القطر بالبوصة	عدد	القطر بالبوصة
٣,٧٥	٤,٠٠	٩		٩	٥/١٦	٩	٥/١٦
»	٤,٢٥	١٠		١٠	٥/١٦	٩	٥/١٦
			أو	٧	٣/٨	٩	٥/١٦
»	٤,٥٠	١٠		٧	٣/٨	٩	٥/١٦
»	٤,٧٥	١١		٧	٣/٨	٨	٥/١٦
»	٥,٠٠	١١		٨	٣/٨	٧	٥/١٦
»	٥,٢٥	١١		٨	٣/٨	٧	٥/١٦
»	٥,٥٠	١١		٩	٣/٨	٧	٥/١٦
»	٥,٧٥	١٢		٩	٣/٨	٦	٥/١٦
»	٦,٠٠	١٢		٩	٣/٨	٦	٥/١٦
٤,٠٠	٤,٠٠	٩		١٠	٥/١٦	١٠	٥/١٦
»	٤,٢٥	١٠		١٠	٥/١٦	١٠	٥/١٦
»	٤,٥٠	١٠		٨	٣/٨	٧	٣/٨
»	٤,٧٥	١١		٨	٣/٨	٦	٣/٨
»	٥,٠٠	١١		٨	٣/٨	٦	٣/٨
»	٥,٢٥	١٢		٨	٣/٨	٦	٣/٨
»	٥,٥٠	١٢		٩	٣/٨	٨	٥/١٦
»	٥,٧٥	١٢		٩	٣/٨	٨	٥/١٦
»	٦,٠٠	١٣		٩	٣/٨	٧	٥/١٦
٤,٢٥	٤,٢٥	١٠		٨	٣/٨	٨	٣/٨
»	٤,٥٠	١٠		٨	٣/٨	٨	٣/٨
»	٤,٧٥	١١		٨	٣/٨	٧	٣/٨

obeikandl.com

تابع الجدول العملى رقم (١) (للطابق المسلح فى الاتجاهين معاً)

الحمل العرضى المفروض على الطابق = ٣٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع

ابعاد الحجرة من الداخل		عدد الاسياخ فى الاتجاهين معاً	اسياخ التسليح لكل متر مربع			
			للفرشة		للغطاء	
العرض بالمتر	الطول بالمتر		عدد	القطر بالبوصة	عدد	القطر بالبوصة
٤,٢٥	٥,٠٠	١١	٩	٣/٨	٧	٣/٨
»	٥,٢٥	١٢	٩	٣/٨	٦	٣/٨
»	٥,٥٠	١٢	٩	٣/٨	٦	٣/٨
»	٥,٧٥	١٢	٧	٧/١٦	٦	٣/٨
»	٦,٠٠	١٣	٧	٧/١٦	٦	٣/٨
٤,٥٠	٤,٥٠	١٠	٨	٣/٨	٨	٣/٨
»	٤,٧٥	١١	٨	٣/٨	٨	٣/٨
»	٥,٠٠	١١	٩	٣/٨	٨	٣/٨
»	٥,٢٥	١٢	٩	٣/٨	٧	٣/٨
»	٥,٥٠	١٢	٩	٣/٨	٧	٣/٨
»	٥,٧٥	١٣	٩	٣/٨	٧	٣/٨
»	٦,٠٠	١٣	٧	٧/١٦	٧	٣/٨
٤,٧٥	٤,٧٥	١١	٩	٣/٨	٩	٣/٨
»	٥,٠٠	١١	٩	٣/٨	٩	٣/٨
»	٥,٢٥	١٢	٩	٣/٨	٨	٣/٨
»	٥,٥٠	١٢	٧	٧/١٦	٨	٣/٨
»	٥,٧٥	١٣	٧	٧/١٦	٨	٣/٨
»	٦,٠٠	١٣	٨	٧/١٦	٨	٣/٨
٥,٠٠	٥,٠٠	١١	٩	٣/٨	٩	٣/٨
»	٥,٢٥	١٢	٩	٣/٨	٩	٣/٨
»	٥,٥٠	١٣	٩	٣/٨	٩	٣/٨
»	٥,٧٥	١٣	٧	٧/١٦	٩	٣/٨

obeikandl.com

تابع الجدول العملى رقم (١) (للطابق المسلح فى الاتجاهين معاً)

الحمل العرضى المفروض على الطابق = ٣٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع

أبعاد الحجرة من الداخل		عدد أسياخ التسليح بالمتر الطولى	أسياخ التسليح لكل متر مربع			
			للفرشة		للغطاء	
العرض بالمتر	الطول بالمتر		عدد	القطر بالبوصة	عدد	القطر بالبوصة
٥,٠٠	٦,٠٠	١٤	١٠	٣/٨	٨	٣/٨
٥,٢٥	٥,٢٥	١٢	٩	٣/٨	٩	٣/٨
»	٥,٥٠	١٣	٩	٣/٨	٩	٣/٨
»	٥,٧٥	١٣	١٠	٣/٨	١٠	٣/٨
»	٦,٠٠	١٤	١٠	٣/٨	٩	٣/٨
٥,٥٠	٥,٥٠	١٣	١٠	٣/٨	١٠	٣/٨
»	٥,٧٥	١٣	١٠	٣/٨	١٠	٣/٨
»	٦,٠٠	١٤	٨	٧/١٦	١٠	٣/٨
٥,٧٥	٥,٧٥	١٣	١٠	٣/٨	١٠	٣/٨
»	٦,٠٠	١٤	٨	٧/١٦	٨	٧/١٦
٦,٠٠	٦,٠٠	١٤	٨	٧/١٦	٨	٧/١٦

جدول عملى رقم (٢) (للطابق المسلح فى الاتجاهين معاً)

الحمل العرضى المفروض على الطابق = ٤٠٠ كيلوجرام لكل متر مربع

ابعاد الحجرة من الداخل		عدد الأسياخ في كل متر عرض		أسياخ التسليح لكل متر مربع			
				تقوية		تغطية	
العرض بالمتر	الطول بالمتر			عدد	القطر بالبوصة	عدد	القطر بالبوصة
٣,٠٠	٣,٠٠	٨		٨	٥/١٦	٨	٥/١٦
»	٣,٢٥	٨		٨	٥/١٦	٨	٥/١٦
»	٣,٥٠	٩		٨	٥/١٦	٧	٥/١٦
»	٣,٧٥	٩		٩	٥/١٦	٧	٥/١٦
»	٤,٠٠	٩		١٠	٥/١٦	٦	٥/١٦
»	٤,٢٥	١٠		١٠	٥/١٦	٦	٥/١٦
			أو	٧	٣/٨	٦	٥/١٦
»	٤,٥٠	١٠		٨	٣/٨	٦	٥/١٦
»	٤,٧٥	١١		٧	٣/٨	٥	٥/١٦
»	٥,٠٠	١١		٨	٣/٨	٥	٥/١٦
»	٥,٢٥	١١		٨	٣/٨	٥	٥/١٦
»	٥,٥٠	١١		٨	٣/٨	٥	٥/١٦
»	٥,٧٥	١١		٨	٣/٨	٥	٥/١٦
»	٦,٠٠	١١		٩	٣/٨	٥	٥/١٦
٣,٢٥	٣,٢٥	٨		٨	٥/١٦	٨	٥/١٦
»	٣,٥٠	٩		٨	٥/١٦	٨	٥/١٦
»	٣,٧٥	٩		٧	٣/٨	٨	٥/١٦
»	٤,٠٠	١٠		١٠	٥/١٦	٧	٥/١٦
			أو	٧	٣/٨	٧	٥/١٦
»	٤,٢٥	١٠		٧	٣/٨	٧	٥/١٦
»	٤,٥٠	١١		٧	٣/٨	٧	٥/١٦
»	٤,٧٥	١١		٨	٣/٨	٦	٥/١٦
»	٥,٠٠	١١		٨	٣/٨	٦	٥/١٦
»	٥,٢٥	١١		٩	٣/٨	٦	٥/١٦

obeikandl.com

تابع الجدول العملى رقم (٢) (للطابق المسلح فى الاتجاهين معاً)

الحمل العرضى المفروض على الطابق = ٤٠٠ كيلوجرام لكل متر مربع

ابعاد الحجرة من الداخل		سمك البلاطة بالسنتيمتر	أسياخ التسليح لكل متر مربع			
			للقرشة		للغطاء	
العرض بالمتر	الطول بالمتر		عدد	القطر بالبوصة	عدد	القطر بالبوصة
٣,٢٥	٥,٥٠	١١	٩	٣/٨	٦	٥/١٦
»	٥,٧٥	١٢	٩	٣/٨	٥	٥/١٦
»	٦,٠٠	١٢	٩	٣/٨	٥	٥/١٦
٣,٥٠	٣,٥٠	٩	١٠	٥/١٦	١٠	٥/١٦
»	٣,٧٥	٩	١٠	٥/١٦	١٠	٥/١٦
			أو ٧	٣/٨	٧	٣/٨
»	٤,٠٠	١٠	١٠	٥/١٦	٦	٣/٨
			أو ٧	٣/٨	٦	٣/٨
»	٤,٢٥	١٠	٨	٣/٨	٨	٥/١٦
»	٤,٥٠	١١	٨	٣/٨	٨	٥/١٦
»	٤,٧٥	١١	٨	٣/٨	٥	٣/٨
»	٥,٠٠	١١	٩	٣/٨	٧	٥/١٦
»	٥,٢٥	١٢	٩	٣/٨	٦	٥/١٦
»	٥,٥٠	١٢	٩	٣/٨	٦	٥/١٦
»	٥,٧٥	١٢	٩	٣/٨	٦	٥/١٦
»	٦,٠٠	١٢	٧	٧/١٦	٦	٥/١٦
٣,٧٥	٣,٧٥	٩	١٠	٥/١٦	١٠	٥/١٦
			أو ٧	٣/٨	٧	٣/٨
»	٤,٠٠	١٠	١٠	٥/١٦	١٠	٥/١٦
			أو ٧	٣/٨	٧	٣/٨
»	٤,٢٥	١١	٧	٣/٨	٩	٥/١٦
»	٤,٥٠	١١	٨	٣/٨	٦	٣/٨
»	٤,٧٥	١١	٩	٣/٨	٦	٣/٨

obeikandl.com

تابع الجدول العملى رقم (٢) (للطابق المساح فى الاتجاهين معاً)
الحمل العرضى المفروض على الطابق = ٤٠٠ كيلوجراما لكل متر مربع

ابعاد الحجرة من الداخل		عدد الأسياخ فى المتر العرضى	أسياخ التسليح لكل متر مربع			
			للفرشه		للغطاء	
العرض بالمتر	الطول بالمتر		عدد	القطر بالبوصة	عدد	القطر بالبوصة
٣,٧٥	٥,٠٠	١٢	٩	٣/٨	٦	٣/٨
»	٥,٢٥	١٢	٩	٣/٨	٦	٣/٨
»	٥,٥٠	١٢	٧	٧/١٦	٨	٥/١٦
»	٥,٧٥	١٣	٧	٧/١٦	٧	٥/١٦
»	٦,٠٠	١٣	٧	٧/١٦	٧	٥/١٦
٤,٠٠	٤,٠٠	١٠	٨	٣/٨	٨	٣/٨
»	٤,٢٥	١١	٨	٣/٨	٨	٣/٨
»	٤,٥٠	١١	٨	٣/٨	٨	٣/٨
»	٤,٧٥	١٢	٨	٣/٨	٧	٣/٨
»	٥,٠٠	١٢	٩	٣/٨	٧	٣/٨
»	٥,٢٥	١٣	٩	٣/٨	٦	٣/٨
»	٥,٥٠	١٣	٧	٧/١٦	٨	٥/١٦
»	٥,٧٥	١٣	١٠	٣/٨	٨	٥/١٦
»	٦,٠٠	١٤	١٠	٣/٨	٧	٥/١٦
٤,٢٥	٤,٢٥	١١	٨	٣/٨	٨	٣/٨
»	٤,٥٠	١١	٨	٣/٨	٨	٣/٨
»	٤,٧٥	١٢	٩	٣/٨	٨	٣/٨
»	٥,٠٠	١٢	٩	٣/٨	٨	٣/٨
»	٥,٢٥	١٣	٩	٣/٨	٧	٣/٨
»	٥,٥٠	١٣	٧	٧/١٦	٧	٣/٨
»	٥,٧٥	١٣	٨	٧/١٦	٧	٣/٨
»	٦,٠٠	١٤	٨	٧/١٦	٦	٣/٨
٤,٥٠	٤,٥٠	١١	٩	٣/٨	٩	٣/٨

obeikandl.com

تابع الجدول العملى رقم (٢) (للطابق المسلح فى الاتجاهين معاً)

الحمل العرضى المفروض على الطابق = ٤٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع

ابعاد الحجرة من الداخل		سمك البلاطة بالسنتيمتر	أسياخ التسليح لكل متر مربع			
			الفرشة		القطاء	
العرض بالمتر	الطول بالمتر		عدد	القطر بالبوصة	عدد	القطر بالبوصة
٤,٥٠	٤,٧٥	١٢	٩	٣/٨	٩	٣/٨
»	٥,٠٠	١٢	٧	٧/١٦	٩	٣/٨
»	٥,٢٥	١٣	٧	٧/١٦	٨	٣/٨
»	٥,٥٠	١٣	١٠	٣/٨	٨	٣/٨
»	٥,٧٥	١٤	١٠	٣/٨	٧	٣/٨
»	٦,٠٠	١٤	٨	٧/١٦	٧	٣/٨
٤,٧٥	٤,٧٥	١٢	٩	٣/٨	٩	٣/٨
»	٥,٠٠	١٢	٧	٧/١٦	٧	٧/١٦
»	٥,٢٥	١٣	٧	٧/١٦	٩	٣/٨
»	٥,٥٠	١٣	٨	٧/١٦	٩	٣/٨
»	٥,٧٥	١٤	٨	٧/١٦	٨	٣/٨
»	٦,٠٠	١٤	٩	٧/١٦	٨	٣/٨
٥,٠٠	٥,٠٠	١٢	٧	٧/١٦	٧	٧/١٦
»	٥,٢٥	١٣	٧	٧/١٦	٧	٧/١٦
»	٥,٥٠	١٤	١٠	٣/٨	٩	٣/٨
»	٥,٧٥	١٤	٨	٧/١٦	٩	٣/٨
»	٦,٠٠	١٥	٩	٧/١٦	٩	٣/٨
٥,٢٥	٥,٢٥	١٣	٧	٧/١٦	٧	٧/١٦
»	٥,٥٠	١٤	١٠	٣/٨	١٠	٣/٨
»	٥,٧٥	١٤	٨	٧/١٦	١٠	٣/٨
»	٦,٠٠	١٥	٩	٧/١٦	٧	٧/١٦
٥,٥٠	٥,٥٠	١٤	٨	٧/١٦	٨	٧/١٦
»	٥,٧٥	١٤	٨	٧/١٦	٨	٧/١٦
»	٦,٠٠	١٥	٩	٧/١٦	٨	٧/١٦
٥,٧٥	٥,٧٥	١٤	٨	٧/١٦	٨	٧/١٦
»	٦,٠٠	١٥	٩	٧/١٦	٩	٧/١٦
٦,٠٠	٦,٠٠	١٥	٩	٧/١٦	٩	٧/١٦

obeikandl.com

جدول عملى رقم (٣) (للطابق المسلح فى اتجاه واحد)

الحمل العرضى المفروض على الطابق = ٣٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع

سمك الطابق بالمتر	سمك بلاطة الطابق بالسنتيمتر	أساخ التسليح فى اتجاه الفتحة		ملحوظة
		عدد	القطر بالبوصة	
٢,٠٠	٨	٨	٥/١٦	يصير وضع ٥ أساخ للربط فى المتر الطولى من قطر ½ بوصة وذلك فى الاتجاه العمودى للفتحة
٢,٠٥	٨	٨	٥/١٦	
٢,١٠	٨	٨	٥/١٦	
٢,١٥	٩	٨	٥/١٦	
٢,٢٠	٩	٩	٥/١٦	
٢,٢٥	٩	٩	٥/١٦	
٢,٣٠	٩	٩	٥/١٦	
٢,٣٥	٩	١٠	٥/١٦	
		أو ٧	٣/٨	
٢,٤٠	٩	١٠	٥/١٦	
		أو ٧	٣/٨	
٢,٤٥	١٠	١٠	٥/١٦	
		أو ٧	٣/٨	
٢,٥٠	١٠	١٠	٥/١٦	
		أو ٧	٣/٨	
٢,٥٥	١٠	٨	٣/٨	
٢,٦٠	١٠	٨	٣/٨	
٢,٦٥	١١	٨	٣/٨	

obeikandl.com

تابع الجدول العملى رقم (٣) (للطابق المسلح فى اتجاه واحد)

الحمل العرضى المفروض على الطابق = ٣٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع

فتحة الطابق بالمتر	سمك حائط الطابق بالطوب	أسياخ التسليح فى اتجاه الفتحة		ملحوظة
		عدد	القطر بالبوصة	
٢,٧٠	١١	٨	٣/٨	يصير وضع ٥ أسياخ للربط فى المتر الطولى من قطر ½ بوصة وذلك فى الاتجاه العمودى للفتحة
٢,٧٥	١١	٨	٣/٨	
٢,٨٠	١١	٨	٣/٨	
٢,٨٥	١١	٩	٣/٨	
٢,٩٠	١٢	٨	٣/٨	
٢,٩٥	١٢	٩	٣/٨	
٣,٠٠	١٢	٩	٣/٨	
٣,٠٥	١٢	٩	٣/٨	
٣,١٠	١٢	٧	٧/١٦	
٣,١٥	١٣	٩	٣/٨	
٣,٢٠	١٣	٧	٧/١٦	
٣,٢٥	١٣	٧	٧/١٦	
٣,٣٠	١٣	١٠	٣/٨	
٣,٣٥	١٣	٨	٧/١٦	
٣,٤٠	١٤	١٠	٣/٨	
٣,٤٥	١٤	٨	٧/١٦	
٣,٥٠	١٤	٨	٧/١٦	
٣,٥٥	١٤	٨	٧/١٦	

obeikandl.com

جدول عملى رقم (٤) (للطابق المسلح فى اتجاه واحد)

الحمل العرضى المفروض على الطابق = ٤٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع

سمك الطابق بالمتر	سمك أساخ التسليح بالطابق بالسنتيمتر	أساخ التسليح فى اتجاه الفتحة			ملحوظـــة
			عدد	القطر بالبوصة	
٢,٠٠	٩		٨	٥/١٦	يصير وضع ٥ أساخ المربط فى المتر الطولى من قطر ½ بوصة وذلك فى الاتجاه العمودى للفتحة
٢,٠٥	٩		٦	٣/٨	
		أو	٩	٥/١٦	
٢,١٠	٩		٩	٥/١٦	
٢,١٥	٩		١٠	٥/١٦	
		أو	٧	٣/٨	
٢,٢٠	٩		١٠	٥/١٦	
		أو	٧	٣/٨	
٢,٢٥	١٠		١٠	٥/١٦	
		أو	٧	٣/٨	
٢,٣٠	١٠		١٠	٥/١٦	
		أو	٧	٣/٨	
٢,٣٥	١٠		٨	٣/٨	
٢,٤٠	١١		١٠	٥/١٦	
		أو	٧	٣/٨	
٢,٤٥	١١		٨	٣/٨	
٢,٥٠	١١		٨	٣/٨	
٢,٥٥	١١		٨	٣/٨	
٢,٦٠	١١		٨	٣/٨	
٢,٦٥	١٢		٨	٣/٨	
٢,٧٠	١٢		٦	٧/١٦	
		أو	٩	٣/٨	
٢,٧٥	١٢		٩	٣/٨	
٢,٨٠	١٢		٩	٣/٨	
٢,٨٥	١٢		٩	٣/٨	
٢,٩٠	١٣		٩	٣/٨	
٢,٩٥	١٣		٧	٧/١٦	
٣,٠٠	١٣		٧	٧/١٦	
٣,٠٥	١٣		١٠	٣/٨	
٣,١٠	١٣		١٠	٣/٨	
٣,١٥	١٤		١٠	٣/٨	
٣,٢٠	١٤		٨	٧/١٦	
٣,٢٥	١٤		٨	٧/١٦	
٣,٣٠	١٤		٨	٧/١٦	

obeikandl.com

جدول عملي رقم (٥) للكمرات حرف T

الحمل المرضي المفروض على الطابق = ٣٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع

عرض جزء الطابق المحمل على الكمرة = ٣,٠٠ متر

نوع البلاطة بالمتر	سمك البلاطة خرسانة الطابق بالسنتيمتر	القطاع: الارتفاع الكلي بالسنتيمتر	القطاع: عرض الروح بالسنتيمتر	أسياخ التسليح: عدد	أسياخ التسليح: القطر بالمليمتر	أسياخ التسليح:	الكانات: عدد	الكانات: القطر بالمليمتر	الكانات: عدد فروع الكانة في الطبقة	الكانات: تقسيط الكانات لنصف الفتحة بالسنتيمتر
٣,٠٠	٨	٢٣	١٢	٢	١٢	مكسحتان	١٨	١٤	٤	١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٣ ١٥ ١٧ ٢٢
				٢	٨	مستقيمتان				
٣,٢٥	٨	٢٤	١٥	٣	١٢	مكسحة	١٨	١٤	٦	١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٤ ١٤ ١٦ ٢٠ ٢٢
				٣	١٢	مستقيمة				
٣,٥٠	٨	٢٥	١٢	٢	١٢	مكسحتان	٢٣	١٤	٤	٩ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٦ ١٨ ٢٠
				٢	٤	مستقيمتان				
٣,٧٥	٩	٢٦	١٢	٢	٨	مكسحتان	٢٨	١٤	٤	٧ ٨ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٨ ١٩
				٢	٤	مستقيمتان				
٤,٠٠	٩	٢٦	١٥	٣	٨	مكسحة	٢٢	١٤	٦	٩ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٤ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٥
				٢	١٦-١٦	مستقيمتان				
٤,٢٥	٩	٢٧	١٢	٢	٤	مكسحتان	٣٢	١٤	٤	٨ ٨ ٨ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٤ ١٧ ٢١
				٢	٤	مستقيمتان				
٤,٥٠	٩	٢٨	١٨	٢	٨	مكسحتان	٢٦	١٤	٦	٩ ١٠ ١١ ١١ ١٣ ١٣ ١٣ ١٥ ١٥ ١٨ ١٨ ٢١ ٢٥
				٣	٤	واحدة منها مكسحة				
٤,٧٥	١٠	٢٩	١٥	٢	٤	مكسحتان	٢٦	١٦ ٥	٤	١٢ ١٢ ١٢ ١٢ ١٤ ١٤ ١٤ ١٥ ١٦ ١٨ ١٩ ٢٢ ٢٥
				٢	٨	مستقيمتان				
٥,٠٠	١٠	٣٠	١٨	٣	٨	مكسحة	٢٨	١٤	٦	١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٣ ١٣ ١٤ ١٥ ١٧ ١٨ ١٩ ٢١ ٢٧
				٢	١٦	مستقيمتان				
٥,٢٥	١٠	٣١	٢٠	٢	٤	مكسحتان	٣٢	١٦ ٥	٤	١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٤ ١٦ ١٧ ١٧ ١٩ ٢١ ٢٥
				٢	١	مستقيمتان				
٥,٥٠	١٠	٣١	١٦	٢	٨	مكسحتان	٣٤	١٦ ٥	٤	١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٣ ١٣ ١٤ ١٧ ١٧ ٢٠ ٢١ ٢٥
				٢	١	مستقيمتان				
٥,٧٥	١٠	٣٢	١٦	٣	٤	مكسحة	٣٦	١,٤	٦	٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٣ ١٥ ١٥ ١٧ ١٨ ٢٠ ٢٢ ٢٦
				٢	١	مستقيمتان				
٦,٠٠	١١	٣٣	٢٠	٣	٤	مكسحة	٤٠	١,٤	٦	٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٢ ١٣ ١٤ ١٦ ١٦ ١٧ ٢٠ ٢٢ ٢٤
				٣	٨	مستقيمة				

obeikandl.com

جدول عملى رقم (٦) للكمرات حرف T

الاحمال المفروضة { (١) الحمل العرضى على الطابق = ٣٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع
(٢) قاطوع بنائى على الكمرة بكامل ضوعها عرضه نصف ضوبه وارتفاعه ٤٫٥٠ متر

عرض جزء الطابق المحمل على الكمرة = ٣٫٠٠ متر

طول الفتحة بالمتر	سمك بلاطة الطرسان والطابق بالسنتيمتر	القطاع: الارتفاع الكلى بالسنتيمتر	القطاع: عرض الرف (ع) بالسنتيمتر	أسياخ التسليح: عدد	أسياخ التسليح: القطر بالبوصة	عدد	الكانات: عدد فرعى الكانة	الكانات: تقسيم الكانات لنصف الفتحة بالسنتيمتر
٣٫٠٠	٨	٣١	١٢	٢	٥/٨ مكسحتان	١٨	٤	١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٣ ١٥ ١٧ ٢٢
				٢	٣/٤ مستقيمتان			
٣٫٢٥	٨	٣٢	١٥	٢	١١/١٦ مكسحتان	٢٠	٤	١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١٢ ١٢ ١٤ ١٥ ١٧ ٢١
				٢	٣/٤ مستقيمتان			
٣٫٥٠	٨	٣٣	١٦	٣	٥/٨ مكسحة	٢٢	٦	٩ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٦ ١٨ ٢١
				٣	٥/٨ مستقيمة			
٣٫٧٥	٩	٣٥	١٥	٢	٣/٤ مكسحتان	٢٦	٤	٧ ٩ ٩ ٩ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٤ ١٦ ١٨ ٢٠
				٢	٧/٨ مستقيمتان			
٤٫٠٠	٩	٣٥	١٨	٣	٥/٨ مكسحة	٢٨	٦	٧ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٣ ١٣ ١٣ ١٦ ١٩ ٢١
				٣	٣/٤ مستقيمة			
٤٫٢٥	٩	٣٦	١٨	٣	٣/٤ مكسحة	٣٢	٦	٨ ٨ ٨ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٤ ١٧ ٢١
				٢	٧/٨ مستقيمتان			
٤٫٥٠	٩	٣٨	١٦	٢	٧/٨ مكسحتان	٣٤	٤	٨ ٨ ٨ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٣ ١٣ ١٥ ١٦ ١٩ ٢٢
				٢	١ مستقيمتان			
٤٫٧٥	١٠	٣٩	٢٠	٢	٧/٨ مكسحتان	٣٨	٦	٨ ٨ ٨ ٨ ٩ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٦ ١٧ ٢١
				٣	٧/٨ واحدة منها مكسحة			
٥٫٠٠	١٠	٤٠	٢٠	٢	٣/٤ مكسحتان	٢٦	٦	١٢ ١٢ ١٢ ١٢ ١٣ ١٤ ١٦ ١٦ ١٩ ٢٠ ٢٤ ٢٧
				٣	١ واحدة منها مكسحة			
٥٫٢٥	١٠	٤٠	٢٠	٣	٣/٤ مكسحة	٣٠	٦	١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٢ ٢٧
				٣	١ مستقيمة			
٥٫٥٠	١٠	٤١	٢٠	٢	١ مكسحتان	٣٢	٦	١١ ١١ ١١ ١١ ١٣ ١٣ ١٤ ١٤ ١٦ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٣ ٢٧
				٣	١ واحدة منها مكسحة			
٥٫٧٥	١٠	٤٢	٢٠	٣	٧/٨ مكسحة	٣٤	٦	١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٣ ١٥ ١٥ ١٥ ١٧ ١٧ ٢١ ٢٤ ٢٦
				٣	١ مستقيمة			
٦٫٠٠	١١	٤٣	٢٠	٣	١٥/١٦ مكسحة	٣٦	٦	٩ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٣ ١٤ ١٤ ١٥ ١٦ ١٧ ١٨ ٢١ ٢٢ ٢٩
				٣	١ مستقيمة			

obeikandl.com

جدول عملي رقم (٧) للكمرات حرف T

الحمل العرضي المفروض على الطابق = ٣٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع

عرض جزء الطابق المحمل على الكمرة = ٣,٥٠ متر

طول البحة بالمتر	القطاع			أسياخ التسليح			الكانات		
	سمك بلاطة الطابق بالسنتيمتر	الارتفاع الكلي للكمرة بالسنتيمتر	عرض الوجه بالسنتيمتر		عدد	القطر بالملليمتر		عدد	القطر بالملليمتر	عدد فروع الكانات =	تقسيط الكانات لنصف البحة بالسنتيمتر
٣,٠٠	٨	٢٤	١٥	مكسحة	٣	١٢		١٦	١٤	٦	١١ ١١ ١٣ ١٣ ١٦ ١٦ ٢٠ ٢٤
				مستقيمة	٣	١٢					
٣,٢٥	٨	٢٥	١٢	مكسحتان	٢	٨ ٥		٢٢	١٤	٤	٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٧ ٢١
				مستقيمتان	٢	٨ ٥					
٣,٥٠	٨	٢٦	١٥	مكسحتان	٢	٨ ٥		٢٤	١٤	٤	٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٥ ١٦ ٢٠
				مستقيمتان	٢	١٦ ١١					
٣,٧٥	٩	٢٧	١٦	مكسحة	٣	٨ ٥		٢٠	١٤	٦	١٠ ١٢ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٥ ١٨ ٢١ ٢٤
				مستقيمتان	٢	١٦ ١١					
٤,٠٠	٩	٢٨	١٢	مكسحتان	٢	٤ ٣		٢٢	١٦ ٥	٤	٩ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٤ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٥
				مستقيمتان	٢	٤ ٣					
٤,٢٥	٩	٢٩	١٨	مكسحتان	٢	٨ ٥		٢٤	١٤	٦	١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٥
				واحدة منها مكسحة	٣	٤ ٣					
٤,٥٠	١٠	٣٠	١٦	مكسحة	٣	٨ ٥		٢٦	١٤	٦	٩ ١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٣ ١٥ ١٥ ١٨ ١٨ ٢١ ٢٥
				مستقيمتان	٢	٨ ٧					
٤,٧٥	١٠	٣١	١٨	مكسحة	٣	٨ ٥		٢٨	١٤	٦	١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٣ ١٥ ١٦ ١٦ ١٩ ٢١ ٢٤
				مستقيمتان	٢	١٦ ١٥					
٥,٠٠	١١	٣٢	١٨	مكسحتان	٢	٨ ٧		٣٢	١٤	٦	٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٤ ١٤ ١٥ ١٦ ١٨ ٢١ ٢٣
				واحدة منها مكسحة	٣	٤ ٣					
٥,٢٥	١١	٣٣	١٦	مكسحتان	٢	٨ ٧		٣٤	١٦ ٥	٤	٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠ ١٢ ١٢ ١٢ ١٢ ١٣ ١٥ ١٥ ١٧ ١٩ ٢٠ ٢٣
				مستقيمتان	٢	١					
٥,٥٠	١١	٣٤	١٨	مكسحة	٣	٤ ٣		٣٦	١٤	٦	٨ ٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٤ ١٤ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٢
				مستقيمتان	٢	١					
٥,٧٥	١١	٣٥	١٦	مكسحتان	٢	١		٣٨	١٦ ٥	٤	٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٣ ١٤ ١٤ ١٦ ١٦ ١٩ ٢٢ ٢٤
				مستقيمتان	٢	١					
٦,٠٠	١٢	٣٥	٢٠	مكسحة	٣	١١/١٦		٤٢	١٤	٦	٨ ٩ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٣ ١٣ ١٣ ١٤ ١٥ ١٥ ١٨ ١٩ ٢٠ ٢٤
				مستقيمة	٣	١					

Openkanji.com

جدول عملي رقم (٨) للكمرات حرف T

الاحمال المفروضة
(١) الحمل العرضي على الطابق = ٣٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع
(٢) فاضوع بناؤه على الكمرة بكامل ضوغها عرضه نصف ضوبة وارتفاعه ٤٫٥٠ متراً

عرض جزء الطابق المحمل على الكمرة = ٣.٥٠ متر

طول الفتحة بالمتر	القطاع: سمك بلاطة خرسانة الطابق بالسنتيمتر	القطاع: الارتفاع الكلي بالسنتيمتر	القطاع: عرض الرأس بالسنتيمتر	أسياخ التسليح: عدد	أسياخ التسليح: القطر بالبوصة	أسياخ التسليح:	الكانات: عدد	الكانات: القطر بالملليمتر	الكانات: عدد فروع الكانة الواحدة	الكانات: تقسيط الكانات لنصف الفتحة بالسنتيمتر
٣٫٠٠	٨	٣٢	١٤	٢	٥/٨	مكسحتان	١٨	١/٤	٦	١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٣ ١٥ ١٧ ٢٢
				٣	٥/٨	واحدة منها مكسحة				
٣٫٢٥	٨	٣٣	١٦	٢	٣/٤	مكسحتان	٢٠	٥/١٦	٤	١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١٢ ١٢ ١٤ ١٥ ١٧ ٢١
				٢	٣/٤	مستقيمتان				
٣٫٥٠	٨	٣٤	١٨	٢	٥/٨	مكسحتان	٢٤	١/٤	٦	٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٥ ١٦ ٢٠
				٣	٣/٤	واحدة منها مكسحة				
٣٫٧٥	٩	٣٥	١٨	٢	٣/٤	مكسحتان	٢٦	١/٤	٦	٧ ٩ ٩ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٤ ١٦ ١٨ ٢٠
				٣	٣/٤	واحدة منها مكسحة				
٤٫٠٠	٩	٣٦	١٥	٢	٧/٨	مكسحتان	٣٠	٥/١٦	٤	٨ ٨ ٩ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١٢ ١٢ ١٤ ١٥ ١٧ ١٩
				٢	٧/٨	مستقيمتان				
٤٫٢٥	٩	٣٧	١٨	٣	٣/٤	مكسحة	٣٢	١/٤	٦	٨ ٨ ٨ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٧ ٢١
				٣	٣/٤	مستقيمة				
٤٫٥٠	١٠	٣٩	١٨	٣	٣/٤	مكسحة	٢٦	٥/١٦	٦	٩ ١٠ ١١ ١١ ١٣ ١٣ ١٣ ١٥ ١٥ ١٨ ١٨ ٢١ ٢٥
				٢	١	مستقيمتان				
٤٫٧٥	١٠	٤٠	١٦	٢	١	مكسحتان	٣٨	٥/١٦	٤	٨ ٨ ٨ ٨ ٨ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٤ ١٦ ١٧ ٢١
				٢	١	مستقيمتان				
٥٫٠٠	١١	٤١	٢٠	٣	١١/١٦	مكسحة	٢٨	٥/١٦	٦	١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٣ ١٤ ١٥ ١٧ ١٨ ١٩ ٢١ ٢٧
				٣	١	مستقيمة				
٥٫٢٥	١١	٤٢	٢٠	٣	٣/٤	مكسحة	٣٠	٥/١٦	٦	١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٢ ٢٧
				٣	١	مستقيمة				
٥٫٥٠	١١	٤٣	٢٠	٢	١	مكسحتان	٣٢	٥/١٦	٦	١١ ١١ ١١ ١١ ١١ ١٣ ١٣ ١٣ ١٤ ١٤ ١٦ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٣ ٢٧
				٣	١	واحدة منها مكسحة				
٥٫٧٥	١١	٤٤	٢٠	٣	١٥/١٦	مكسحة	٣٦	٥/١٦	٦	٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٣ ١٥ ١٧ ١٨ ٢٠ ٢٢ ٢٦
				٣	١	مستقيمة				
٦٫٠٠	١٢	٤٥	٢٠	٣	١	مكسحة	٣٨	٥/١٦	٦	٩ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٧ ١٨ ١٩ ٢٢ ٢٦
				٣	١	مستقيمة				

obeikandi.com

جدول عملي رقم (٩) للكمرات حرف T

الحمل العرضي المفروض على الطابق = ٣٠٠ كيلوجراما لكل متر مربع

عرض جزء الطابق المحمل على الكمرة = ٤,٠٠ متر

فتحة البلاطة بالمتر	سمك البلاطة بالسنتيمتر	القطاع: الارتفاع الكلي للطابق بالسنتيمتر	القطاع: عرض الرؤوس بالسنتيمتر	أساخ التسليح: عددها	أساخ التسليح: القطر بالبوصة	أساخ التسليح: توزيعها	الكانات: عدد	الكانات: القطر بالبوصة	الكانات: عدد فروع الكانة الواحدة	الكانات: تقسيط الكانات لنصف الفتحة بالسنتيمتر
٣,٠٠	٩	٢٦	١٥	٣	١ ٢	مكسحة	١٨	١/٤	٦	١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٣
				٣	١ ٢	مستقيمة				١٥ ١٧ ٢٢
٣,٢٥	٩	٢٧	١٢	٢	٥ ٨	مكسحتان	٢٤	١/٤	٤	٧ ٨ ٨ ٩ ٩ ٩ ١١ ١١
				٢	١١ ١٦	مستقيمتان				١٣ ١٤ ١٦ ٢٠
٣,٥٠	٩	٢٨	١٢	٢	٥ ٨	مكسحتان	٢٨	١/٤	٤	٧ ٨ ٨ ٨ ٩ ٩ ٩ ١٠
				٢	٣ ٤	مستقيمتان				١٠ ١٢ ١٣ ١٣ ١٣ ١٦ ١٩
٣,٧٥	٩	٢٩	١٦	٣	٩ ١٦	مكسحة	٢٢	١/٤	٦	٩ ١٠ ١١ ١٢ ١٢ ١٣
				٣	٥ ٨	مستقيمة				١٤ ١٦ ١٧ ٢٠ ٢٢
٤,٠٠	٩	٣٠	١٦	٣	٥ ٨	مكسحة	٢٤	١/٤	٦	٩ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٢
				٣	٥ ٨	مستقيمة				١٢ ١٥ ١٥ ١٧ ١٨ ٢٤
٤,٢٥	١٠	٣١	١٥	٢	٣ ٤	مكسحتان	٢٤	٥/١٦	٤	١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٣
				٢	٧ ٨	مستقيمتان				١٤ ١٥ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٥
٤,٥٠	١٠	٣٢	١٨	٣	٥ ٨	مكسحة	٢٨	١/٤	٦	٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠ ١٢ ١٢ ١٢
				٣	٣ ٤	مستقيمة				١٣ ١٤ ١٤ ١٦ ١٧ ١٩ ٢٣
٤,٧٥	١١	٣٣	١٨	٣	٣ ٤	مكسحة	٣٠	١/٤	٦	١٠ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١
				٢	٧ ٨	مستقيمتان				١٢ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٨ ٢٤
٥,٠٠	١١	٣٤	١٦	٢	٧ ٨	مكسحتان	٣٤	٥/١٦	٤	٩ ٩ ٩ ٩ ٩ ١١ ١١ ١١
				٢	١	مستقيمتان				١١ ١٣ ١٣ ١٥ ١٥ ١٦ ١٨ ٢١ ٢٢
٥,٢٥	١٢	٣٥	١٨	٢	٧ ٨	مكسحتان	٣٨	١/٤	٦	٩ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١٠
				٣	٧ ٨	مستقيمة				١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣
										١٤ ١٥ ١٧ ١٨ ١٩ ٢٠
٥,٥٠	١٢	٣٦	٢٠	٢	٣/٤	مكسحتان	٤٠	١/٤	٦	٨ ٨ ٨ ٩ ٩ ١٠ ١٠
				٣	١	واحدة منها مكسحة				١٠ ١٢ ١٢ ١٢ ١٣ ١٣
										١٣ ١٥ ١٦ ١٧ ٢٠ ٢٢
٥,٧٥	١٢	٣٧	٢٠	٣	١١ ١٦	مكسحة	٤٢	١/٤	٦	٨ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠
				٣	١	مستقيمة				١٠ ١١ ١١ ١١ ١٣ ١٣
										١٣ ١٥ ١٧ ١٨ ٢٠ ٢٣
٦,٠٠	١٣	٣٨	٢٠	٣	٣ ٤	مكسحة	٤٤	١/٤	٦	٨ ٨ ٨ ٨ ٩ ٩ ١٠ ١٠
				٣	١	مستقيمة				١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٢ ١٣
										١٣ ١٤ ١٦ ١٧ ١٨ ٢٠ ٢٢

obeikan.com

جدول عملى رقم (١٠) للكمرات حرف T

الاحمال المفروضة { (١) ثمن العرضى على الطابق = ٣٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع
(٢) فاطوع بناؤ على الكمرة بكامل طولها عرضه نصف طوبة وارتفاعه ٤٫٥٠ متراً

عرض جزء الطابق المحمل على الكمرة = ٤٫٠٠ متر

طول الفتحة بالمتر	القطاع: سمك بلاطة خرسانة الطابق بالسنتيمتر	القطاع: الارتفاع الكلى بالسنتيمتر	القطاع: عرض الوجه بالسنتيمتر	أسياخ التسليح: عدد	أسياخ التسليح: القطر بالبوصة	أسياخ التسليح:	الكانات: عدد	الكانات: القطر بالبوصة	الكانات: عدد فروع الكانة الواحدة	الكانات: تقسيط الكانات لنصف الفتحة بالسنتيمتر
٣٫٠٠	٩	٣٣	١٦	٣	٩/١٦	مكسحه	٢٠	١/٤	٦	٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١
				٣	٥/٨	مستقيمة				١٢ ١٤ ١٧ ١٩
٣٫٢٥	٩	٣٤	١٦	٣	٥/٨	مكسحة	٢٢	١/٤	٦	٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢
				٢	٣/٤	مستقيمتان				١٣ ١٤ ١٧ ٢١
٣٫٥٠	٩	٣٥	١٥	٢	٣/٤	مكسحتان	٢٤	٥/١٦	٤	٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢
				٢	٧/٨	مستقيمتان				١٢ ١٣ ١٥ ١٦ ٢٠
٣٫٧٥	٩	٣٦	١٨	٣	٥/٨	مكسحة	٢٨	١/٤	٦	٧ ٨ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١
				٣	٣/٤	مستقيمة				١٢ ١٤ ١٥ ١٨ ١٩
٤٫٠٠	٩	٣٧	١٨	٣	٣/٤	مكسحة	٣٠	١/٤	٦	٨ ٨ ٩ ٩ ٩ ١٠ ١٠
				٢	٧/٨	مستقيمتان				١١ ١٢ ١٢ ١٤ ١٥ ١٧ ١٩
٤٫٢٥	١٠	٣٨	١٦	٢	٧/٨	مكسحتان	٣٤	٥/١٦	٤	٧ ٨ ٨ ٨ ٩ ٩ ١٠
				٢	١	مستقيمتان				١٠ ١١ ١١ ١١ ١٣ ١٣
										١٥ ١٧ ١٩
٤٫٥٠	١٠	٤٠	١٨	٢	٧/٨	مكسحتان	٢٦	٥/١٦	٦	٩ ١٠ ١١ ١١ ١٣ ١٣ ١٣
				٣	٧/٨	مستقيمة				١٥ ١٥ ١٨ ١٨ ٢١ ٢٥
٤٫٧٥	١١	٤١	٢٠	٣	١١/١٦	مكسحة	٢٨	٥/١٦	٦	١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٣
				٣	١	مستقيمة				١٣ ١٥ ١٦ ١٦ ١٩ ٢١ ٢٤
٥٫٠٠	١١	٤٢	٢٠	٣	٣/٤	مكسحة	٣٠	٥/١٦	٦	٩ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢
				٣	١	مستقيمة				١٢ ١٢ ١٥ ١٥ ١٦ ١٧
										١٩ ٢١ ٢٥
٥٫٢٥	١٢	٤٣	٢٠	٢	١	مكسحتان	٣٢	٥/١٦	٦	١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١١ ١١
				٣	١	مستقيمة				١٢ ١٢ ١٣ ١٤ ١٦ ١٧
										١٧ ١٩ ٢١ ٢٥
٥٫٥٠	١٢	٤٥	٢٠	٣	٧/٨	مكسحة	٣٤	٥/١٦	٦	١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١١ ١١
				٣	١	مستقيمة				١٢ ١٢ ١٣ ١٣ ١٣ ١٤
										١٧ ١٧ ٢٠ ٢١ ٢٥
٥٫٧٥	١٢	٤٦	٢٠	٣	١٥/١٦	مكسحة	٣٦	٥/١٦	٦	٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١
				٣	١	مستقيمة				١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٣ ١٣ ١٥
										١٥ ١٧ ١٨ ٢٠ ٢٢ ٢٦
٦٫٠٠	١٣	٤٧	٢٠	٣	١	مكسحة	٤٠	٥/١٦	٦	٩ ٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠ ١١
				٣	١	مستقيمة				١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٢ ١٣ ١٣
										١٤ ١٦ ١٦ ١٧ ٢٠ ٢٢ ٢٤

obeikandi.com

جدول عملي رقم (١١) للكمرات حرف T

الحمل العرضي المفروض على الطابق = ٤٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع

عرض جزء الطابق المحمل على الكمرة = ٣,٠٠ متر

طول الفتحة بالمتر	سمك بلاطة الطوبان الطابق بالسنتيمتر	القطاع		أسياخ التسليح			الكانات		
		الارتفاع الكلي بالسنتيمتر	عرض الرأس بالسنتيمتر		عدد	قطر السيخ بالبوصة	عدد	قطر السيخ بالبوصة	تقسيط الكانات لنصف الفتحة بالسنتيمتر / عدد فروع الكانة
٣,٠٠	٨	٢٥	١٥	مكسحة	٣	١/٢	١٨	١/٤	٦ / ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٣ ١٥ ١٧ ٢٢
				مستقيمة	٣	١/٢			
٣,٢٥	٨	٢٦	١٢	مكسحتان	٢	٥/٨	٢٤	١/٤	٤ / ٧ ٨ ٨ ٩ ٩ ٩ ١١ ١١ ١٣ ١٤ ١٦ ٢٠
				مستقيمتان	٢	٥/٨			
٣,٥٠	٩	٢٧	١٢	مكسحتان	٢	٥/٨	٢٦	١/٤	٤ / ٧ ٨ ٩ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٣ ١٥ ١٦ ١٩
				مستقيمتان	٢	٣/٤			
٣,٧٥	٩	٢٨	١٥	مكسحة	٣	٥/٨	٢٠	١/٤	٦ / ١٠ ١٢ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٥ ١٨ ٢١ ٢٣
				مستقيمتان	٢	١١/١٦			
٤,٠٠	٩	٢٨	١٢	مكسحتان	٢	٣/٤	٢٢	٥/١٦	٤ / ٩ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٤ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٥
				مستقيمتان	٢	٣/٤			
٤,٢٥	١٠	٣٠	١٨	مكسحتان	٢	٥/٨	٢٤	١/٤	٦ / ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٥
				واحدة منها مكسحة	٣	٣/٤			
٤,٥٠	١٠	٣١	١٨	مكسحتان	٢	٣/٤	٢٨	١/٤	٦ / ٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١٢ ١٢ ١٢ ١٣ ١٤ ١٤ ١٦ ١٧ ١٩ ٢٣
				مستقيمة	٣	٣/٤			
٤,٧٥	١١	٣٢	١٨	مكسحة	٣	١١/١٦	٣٠	١/٤	٦ / ١٠ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٤
				مستقيمة	٣	٣/٤			
٥,٠٠	١١	٣٣	١٨	مكسحة	٣	٣/٤	٣٢	١/٤	٦ / ٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٤ ١٤ ١٥ ١٦ ١٨ ٢١ ٢٣
				مستقيمة	٣	٣/٤			
٥,٢٥	١١	٣٤	١٨	مكسحة	٣	٣/٤	٣٦	١/٤	٦ / ٨ ١٠ ٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٤ ١٤ ١٥ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٢
				مستقيمتان	٢	١			
٥,٥٠	١١	٣٤	١٦	مكسحتان	٢	١	٣٦	٥/١٦	٤ / ٩ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٣ ١٣ ١٣ ١٥ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٥
				مستقيمتان	٢	١			
٥,٧٥	١١	٣٥	٢٠	مكسحتان	٢	٣/٤	٤٠	١/٤	٦ / ٨ ٩ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٢ ١٤ ١٥ ١٧ ١٩ ٢١ ٢٣
				واحدة منها مكسحة	٣	١			
٦,٠٠	١١	٣٦	٢٠	مكسحة	٣	١١/١٦	٤٢	١/٤	٦ / ٨ ٩ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٣ ١٣ ١٤ ١٥ ١٥ ١٨ ١٩ ٢٠ ٢٤
				مستقيمة	٣	١			

جدول عملى رقم (١٢) للكمرات حرف T

الاحمال المفروضة { (١) الحمل المرضى على الطابق = ٤٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع
(٢) قاطوع بناؤى على الكمرة بكامل طولها عرضه نصف طوبة وارتفاعه ٤٫٥٠ متراً

عرض جزء الطابق المحمل على الكمرة = ٣٫٠٠ متر

فتحة البلاطة بالمتر	سمك بلاطة خرسانة الطابق بالسنتيمتر	القطاع: الارتفاع الكلى بالسنتيمتر	القطاع: عرض الرأس بالسنتيمتر	أسياخ التسليح: عدد	أسياخ التسليح: القطر بالبوصة	أسياخ التسليح:	الكانات: عدد	الكانات: المسافة بين كانة والتى تليها بالسنتيمتر	الكانات: تنسيط الكانات لنصف الفتحة بالسنتيمتر
٣٫٠٠	٨	٣٢	١٦	٢	٥/٨	مكسحتان	٢٠	١٤	٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٤ ١٧ ١٩
				٣	٥/٨	واحدة منها مكسحة			
٣٫٢٥	٨	٣٤	١٢	٢	٤/٣	مكسحتان	٢٢	١٦/٥	٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٧ ٢١
				٢	٤/٣	مستقيمتان			
٣٫٥٠	٩	٣٥	١٥	٢	٤/٣	مكسحتان	٢٤	١٦/٥	٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٥ ١٦ ٢٠
				٢	٨/٧	مستقيمتان			
٣٫٧٥	٩	٣٦	١٨	٢	٤/٣	مكسحتان	٢٦	١٤/١	٧ ٩ ٩ ٩ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٢ ١٤ ١٦ ١٨ ٢٠
				٣	٤/٣	واحدة منها مكسحة			
٤٫٠٠	٩	٣٧	١٥	٢	٨/٧	مكسحتان	٣٠	١٦/٥	٨ ٨ ٩ ٩ ٩ ٨ ٨ ١٠ ١١ ١٢ ١٢ ١٤ ١٥ ١٧ ١٩
				٢	٨/٧	مستقيمتان			
٤٫٢٥	١٠	٣٨	١٨	٣	٤/٣	مكسحة	٣٤	١٤/١	٧ ٨ ٨ ٨ ٨ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٣ ١٣ ١٥ ١٧ ١٩
				٣	٤/٣	مستقيمة			
٤٫٥٠	١٠	٣٩	١٨	٣	٤/٣	مكسحة	٣٤	١٤/١	٧ ٧ ٨ ٨ ٨ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١٢ ١٢ ١٤ ١٧ ٢٠
				٢	١	مستقيمتان			
٤٫٧٥	١١	٤٠	١٦	٢	١	مكسحتان	٤٠	١٦/٥	٧ ٧ ٧ ٧ ٧ ٩ ٩ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠ ١٣ ١٣ ١٥ ١٥ ١٧ ١٩
				٢	١	مستقيمتان			
٥٫٠٠	١١	٤١	٢٠	٣	١١/١٦	مكسحة	٢٨	١٦/٥	١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٣ ١٤ ١٥ ١٧ ١٨ ١٩ ٢١ ٢٧
				٣	١	مستقيمة			
٥٫٢٥	١١	٤٢	٢٠	٣	٤/٣	مكسحة	٣٠	١٦/٥	١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٢ ٢٧
				٣	١	مستقيمة			
٥٫٥٠	١١	٤٣	٢٠	٣	٨/٧	مكسحة	٣٢	١٦/٥	١١ ١١ ١١ ١١ ١٣ ١٣ ١٣ ١٤ ١٤ ١٤ ١٦ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٣ ٢٧
				٣	١	مستقيمة			
٥٫٧٥	١١	٤٤	٢٠	٣	١٥/١٦	مكسحة	٣٦	١٦/٥	٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٣ ١٥ ١٥ ١٧ ١٨ ٢٠ ٢٢ ٢٦
				٣	١	مستقيمة			
٦٫٠٠	١١	٤٥	٢٠	٣	١	مكسحة	٣٨	١٦/٥	٩ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٧ ١٨ ١٩ ٢٢ ٢٦
				٣	١	مستقيمة			

جدول عملي رقم (١٣) للكمرات حرف T

الحمل العرضي المفروض على الطابق = ٤٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع

عرض جزء الطابق المحمل على الكمرة = ٣,٥٠ متراً

طول الفتحة بالمتر	سمك بلاطة خرسانة الطابق بالسنتيمتر	القطاع: الارتفاع الكلي بالسنتيمتر	القطاع: عرض الروح بالسنتيمتر	أسياخ التسليح: عدد	أسياخ التسليح: القطر بالبوصة	أسياخ التسليح:	الكانات: عدد	الكانات: القطر بالبوصة	الكانات: عدد فروع الكانة في الطبقة الواحدة	الكانات: تقسيط الكانات لنصف الفتحة بالسنتيمتر
٣,٠٠	٩	٢٦	١٢,٥	٢	٥/٨	مكسحتان	٢٢	١/٤	٤	٨ ٩ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١٢
				٢	٥/٨	مستقيمتان				١٤ ١٦ ١٨
٣,٢٥	٩	٢٧	١٢	٢	٥/٨	مكسحتان	٢٦	١/٤	٤	٧ ٨ ٨ ٩ ٩ ٩ ١٠
				٢	١١/١٦	مستقيمتان				١١ ١٢ ١٣ ١٦ ١٩
٣,٥٠	٩	٢٨	١٦	٣	١/٢	مكسحة	٢٠	١/٤	٦	١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٤
				٣	٥/٨	مستقيمة				١٥ ١٧ ١٩ ٢٤
٣,٧٥	٩	٢٩	١٢	٢	٣/٤	مكسحتان	٢٠	٥/١٦	٤	١٠ ١٢ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥
				٢	٣/٤	مستقيمتان				١٥ ١٨ ٢١ ٣٣
٤,٠٠	١٠	٣٠	١٨	٢	٥/٨	مكسحتان	٢٤	١/٤	٦	٩ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٢
				٣	٣/٤	واحدة منها مكسحة				١٢ ١٥ ١٥ ١٧ ١٨ ٢٣
٤,٢٥	١٠	٣١	١٥	٢	٣/٤	مكسحتان	٢٦	٥/١٦	٤	٩ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢
				٢	٧/٨	مستقيمتان				١٣ ١٣ ١٤ ١٦ ١٧ ٢١
										٢٣
٤,٥٠	١١	٣٢	١٨	٣	٥/٨	مكسحة	٣٠	١/٤	٦	٩ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١٢
				٢	١٥/١٦	مستقيمتان				١٢ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٧
										١٩ ٢٣
٤,٧٥	١١	٣٣	١٨	٣	٣/٤	مكسحة	٣٢	١/٤	٦	٨ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١١
				٢	٧/٨	مستقيمتان				١١ ١٢ ١٣ ١٣ ١٤ ١٦
										١٨ ١٩ ٢٣
٥,٠٠	١١	٣٤	١٦	٢	٧/٨	مكسحتان	٣٤	٥/١٦	٤	٩ ٩ ٩ ٩ ٩ ١١ ١١
				٢	١	مستقيمتان				١١ ١٣ ١٣ ١٥ ١٥ ١٦
										١٨ ٢١ ٢٢
٥,٢٥	١٢	٣٥	١٨	٢	٧/٨	مكسحتان	٣٨	١/٤	٦	٩ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠
				٣	٧/٨	واحدة منها مكسحة				١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٤
										١٥ ١٧ ١٨ ١٩ ٢٠
٥,٥٠	١٢	٣٦	٢٠	٢	٣/٤	مكسحتان	٤٠	١/٤	٦	٨ ٨ ٨ ٩ ٩ ١٠ ١٠
				٣	١	واحدة منها مكسحة				١٠ ١٢ ١٢ ١٢ ١٣ ١٣
										١٣ ١٥ ١٦ ١٧ ٢٠ ٢٢
٥,٧٥	١٢	٣٧	٢٠	٣	١١/١٦	مكسحة	٤٤	١/٤	٦	٧ ٨ ٨ ٩ ٩ ٩ ١٠
				٣	١	مستقيمة				١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٣
										١٣ ١٤ ١٦ ١٦ ١٨ ٢٠
										٢٢
٦,٠٠	١٢	٣٨	٢٠	٣	٣/٤	مكسحة	٤٦	١/٤	٦	٨ ٨ ٨ ٩ ٩ ٩ ٩ ٩
				٣	١	مستقيمة				١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢
										١٢ ١٤ ١٤ ١٥ ١٥ ١٧
										١٩ ٢٢

obeikandl.com

جدول عملي رقم (١٤) للكمرات حرف T

الأحمال المفروضة:
(١) الحمل العرضي على الطابق = ٤٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع
(٢) قاطوع بنائي على الكمرة بكامل طولها عرضه نصف طوبة وارتفاعه ٤٫٥٠ متراً

عرض جزء الطابق المحمل على الكمرة = ٣٫٥٠ متراً

طول الفتحة بالمتر	سمك بلاطة خرسانة الطابق بالسنتيمتر	القطاع: الارتفاع الكلي بالسنتيمتر	القطاع: عرض الرأس بالسنتيمتر	أسياخ التسليح: عدد	أسياخ التسليح: القطر بالبوصة	الكانات: عدد	الكانات: القطر بالبوصة	الكانات: عدد فروع الكانة الواحدة	الكانات: تقسيط الكانات لنصف الفتحة بالسنتيمتر
٣٫٠٠	٩	٣٣	١٦	٣	٥/٨ مكسحة	٢٠	١/٤	٦	٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٤ ١٧ ١٩
				٢	١١/١٦ مستقيمتان				
٣٫٢٥	٩	٣٤	١٦	٣	٥/٨ مكسحة	٢٢	١/٤	٦	٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٧ ٢١
				٣	٥/٨ مستقيمة				
٣٫٥٠	٩	٣٦	١٥	٢	٣/٤ مكسحتان	٢٦	٥/١٦	٤	٧ ٨ ٩ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١٣ ١٥ ١٦ ١٩
				٢	٧/٨ مستقيمتان				
٣٫٧٥	٩	٣٧	١٨	٣	٥/٨ مكسحة	٢٨	١/٤	٦	٧ ٨ ٩ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١ ١٢ ١٤ ١٥ ١٨ ١٩
				٣	٣/٤ مستقيمة				
٤٫٠٠	١٠	٣٨	١٨	٣	٣/٤ مكسحة	٣٢	١/٤	٦	٧ ٨ ٨ ٨ ٩ ٩ ١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٥ ١٦ ١٩
				٢	٧/٨ مستقيمتان				
٤٫٢٥	١٠	٤٠	١٦	٢	٧/٨ مكسحتان	٣٤	٥/١٦	٤	٧ ٨ ٨ ٨ ٩ ٩ ١٠ ١١ ١١ ١٣ ١٣ ١٥ ١٧ ١٩
				٢	١ مستقيمتان				
٤٫٥٠	١١	٤١	١٨	٣	٣/٤ مكسحة	٢٦	٥/١٦	٦	٩ ١٠ ١١ ١١ ١٣ ١٣ ١٣ ١٥ ١٥ ١٨ ١٨ ٢١ ٢٥
				٣	٧/٨ مستقيمة				
٤٫٧٥	١١	٤٢	٢٠	٣	١١/١٦ مكسحة	٢٨	٥/١٦	٦	١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٦ ١٩ ٢١ ٢٤
				٣	١ مستقيمة				
٥٫٠٠	١١	٤٣	٢٠	٣	٣/٤ مكسحة	٣٠	٥/١٦	٦	٩ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٥ ١٥ ١٦ ١٧ ١٩ ٢١ ٢٥
				٣	١ مستقيمة				
٥٫٢٥	١٢	٤٤	٢٠	٢	١ مكسحتان	٣٢	٥/١٦	٦	١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٤ ١٦ ١٧ ١٧ ١٩ ٢١ ٢٥
				٣	١ واحدة منها مكسحة				
٥٫٥٠	١٢	٤٥	٢٠	٣	٧/٨ مكسحة	٣٤	٥/١٦	٦	١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٣ ١٤ ١٧ ١٧ ٢٠ ٢١ ٢٥
				٣	١ مستقيمة				
٥٫٧٥	١٢	٤٦	٢٠	٣	١٥/١٦ مكسحة	٣٦	٥/١٦	٦	٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٣ ١٥ ١٥ ١٧ ١٨ ٢٠ ٢٢ ٢٦
				٣	١ مستقيمة				
٦٫٠٠	١٢	٤٧	٢٠	٣	١ مكسحة	٤٠	٥/١٦	٦	٩ ٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٢ ١٣ ١٤ ١٦ ١٦ ١٧ ٢٠ ٢٢ ٢٤
				٣	١ مستقيمة				

جدول عملي رقم (١٥) للكمرات حرف T

الحمل العرضي المفروض على الطابق = ٤٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع

عرض جزء الطابق المحمل على الكمرة = ٤,٠٠ متر

طول الفتحة بالمتر	القطاع		أسياخ التسليح			الكانات			
	سمك بلاطة خرسان الطابق بالسنتيمتر	الارتفاع الكلي بالسنتيمتر	عدد	القطر بالبوصة		عدد	القطر بالبوصة	عدد فروع الكانة الواحدة	تقسيط الكانات لنصف الفتحة بالسنتيمتر
٣,٠٠	٩	٢٨	٢	١/٢	مكسحتان	١٨	١/٤	٦	١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٣
			٣	٥/٨	واحدة منها مكسحة				١٥ ١٧ ٢٢
٣,٢٥	١٠	٢٩	٢	٥/٨	مكسحتان	٢٦	١/٤	٤	٧ ٨ ٨ ٩ ٩ ٩ ٩ ١٠
			٢	٣/٤	مستقيمتان				١١ ١٢ ١٣ ١٦ ١٩
٣,٥٠	١٠	٣٠	٣	٥/٨	مكسحة	٣٠	١/٤	٦	١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٤
			٢	١١/١٦	مستقيمتان				١٥ ١٧ ١٩ ٢٤
٣,٧٥	١٠	٣١	٣	٥/٨	مكسحة	٢٢	١/٤	٦	٩ ١٠ ١١ ١٢ ١٢ ١٣
			٣	٥/٨	مستقيمة				١٤ ١٦ ١٧ ٢٠ ٢٢
٤,٠٠	١٠	٣٢	٢	٣/٤	مكسحتان	٢٤	٥/١٦	٤	٩ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٢
			٢	٧/٨	مستقيمتان				١٢ ١٥ ١٥ ١٧ ١٨ ٢٤
٤,٢٥	١١	٣٣	٣	٥/٨	مكسحة	٢٨	١/٤	٦	٩ ٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١١ ١١
			٣	٣/٤	مستقيمة				١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٨ ٢٤
٤,٥٠	١١	٣٤	٢	٣/٤	مكسحتان	٣٠	٥/١٦	٤	٩ ٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١٢ ١٢
			٢	١	مستقيمتان				١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٧ ١٩ ٢٣
٤,٧٥	١٢	٣٦	٢	٧/٨	مكسحتان	٣٤	٥/١٦	٤	٨ ٩ ٩ ٩ ٩ ١٠ ١١
			٢	١	مستقيمتان				١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥
									١٧ ١٨ ٢١
٥,٠٠	١٢	٣٧	٢	٧/٨	مكسحتان	٣٦	١/٤	٦	٩ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠
			٣	٧/٨	واحدة منهامكسحة				١٠ ١١ ١١ ١١ ١٣ ١٣
									١٥ ١٥ ١٧ ١٨ ٢٢
٥,٢٥	١٢	٣٨	٢	٣/٤	مكسحتان	٤٠	١/٤	٦	٨ ٨ ٨ ٩ ٩ ٩ ٩ ١٠
			٣	١	واحدة منهامكسحة				١٠ ١٠ ١٠ ١٢ ١٢ ١٣
									١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٨ ٢١
٥,٥٠	١٣	٣٩	٣	١١/١٦	مكسحة	٤٤	١/٤	٦	٧ ٧ ٧ ٨ ٨ ٨ ٩ ٩
			٣	١	مستقيمة				٩ ١١ ١١ ١١ ١٢ ١٣
									١٣ ١٣ ١٥ ١٧ ١٨ ٢٠
٥,٧٥	١٣	٣٩	٣	٣/٤	مكسحة	٣٢	٥/١٦	٦	١١ ١١ ١١ ١٢ ١٢ ١٢
			٣	١	مستقيمة				١٤ ١٤ ١٥ ١٥ ١٦ ١٨
									١٩ ٢١ ٢٤ ٢٧
٦,٠٠	١٤	٤٠	٣	٧/٨	مكسحة	٣٤	٥/١٦	٦	٩ ١١ ١١ ١١ ١١ ١٢
			٣	١	مستقيمة				١٣ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٦
									١٨ ١٩ ٢٠ ٢٤ ٢٩

obeikandi.com

جدول عملي رقم (١٦) للكمرات حرف T

الاحمال المفروضة
(١) الحمل العرضي على الطابق = ٤٠٠ كيلوجراماً لكل متر مربع
(٢) قاطوع بناني على الكمرة بكامل طولها عرضه نصف طولية وارتفاعه ٠,٥٠ ٤ متراً

عرض جزء الطابق المحمل على الكمرة = ٤.٠٠ متر

طول الفتحة بالمتر	سماك البلاطة غير مسلحة الطابق بالسنتيمتر	القطاع: الارتفاع الكلي بالسنتيمتر	القطاع: عرض الوجه بالسنتيمتر	أسياخ التسليح: عدد	أسياخ التسليح: القطر بالبوصة	الكانات: عدد	الكانات: القطر بالملليمتر	الكانات: عدد فروع الكانة	الكانات: تقسيط الكانات لنصف الفتحة بالسنتيمتر
٣,٠٠	٩	٣٥	١٨	٢	٥/٨	٣٢	٤	٦	٨ ٩ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١
				٣	١١/١٦ واحدة منها مكسحة				١٢ ١٤ ١٦ ١٨
٣,٢٥	١٠	٣٦	١٨	٢	٥/٨ مكسحتان	٢٤	٤	٦	٧ ٨ ٨ ٩ ٩ ٩ ١١
				٣	٤/٣ واحدة منها مكسحة				١٣ ١٤ ١٦ ٢٠
٣,٥٠	١٠	٣٧	١٨	٢	٤/٣ مكسحتان	٢٦	٤	٦	٧ ٨ ٩ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١
				٣	٤/٣ واحدة منها مكسحة				١١ ١٣ ١٥ ١٦ ١٩
٣,٧٥	١٠	٣٨	١٥	٢	٧/٨ مكسحتان	٢٨	٥/١٦	٤	٧ ٨ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١١
				٢	٧/٨ مستقيمتان				١٢ ١٤ ١٥ ١٨ ١٩
٤,٠٠	١٠	٣٩	١٨	٣	٤/٣ مكسحة	٣٢	٥/١٦	٦	٩ ١١ ١١ ١٢ ١٣ ١٤
				٣	٤/٣ مستقيمة				١٤ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٥
٤,٢٥	١١	٤١	٢٠	٢	٧/٨ مكسحتان	٣٤	٥/١٦	٦	١٠ ١١ ١١ ١٢ ١٣
				٣	٧/٨ واحدة منها مكسحة				١٤ ١٥ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٥
٤,٥٠	١١	٤٢	٢٠	٢	٤/٣ مكسحتان	٣٦	٥/١٦	٦	٩ ١٠ ١١ ١١ ١٣ ١٣ ١٣
				٣	١ واحدة منها مكسحة				١٥ ١٥ ١٨ ١٨ ٢١ ٢٥
٤,٧٥	١٢	٤٣	٢٠	٣	١١/١٦ مكسحة	٣٨	٥/١٦	٦	١٠ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢
				٣	١ مستقيمة				١٣ ١٣ ١٥ ١٦ ١٦ ١٩
									٢١ ٢٤
٥,٠٠	١٢	٤٤	٢٠	٢	١ مكسحتان	٣٠	٥/١٦	٦	٩ ١٠ ١١ ١١ ١١ ١٢
				٣	١ واحدة منها مكسحة				١٢ ١٢ ١٥ ١٥ ١٦ ١٧
									١٩ ٢١ ٢٥
٥,٢٥	١٣	٤٦	٢٠	٣	٧/٨ مكسحة	٣٤	٥/١٦	٦	٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠
				٣	١ مستقيمة				١٢ ١٢ ١٢ ١٢ ١٣ ١٥
									١٥ ١٧ ١٩ ٢٠ ٢٣
٥,٥٠	١٣	٤٧	٢٠	٣	١٥/١٦ مكسحة	٣٦	٥/١٦	٦	٩ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١١
				٣	١ مستقيمة				١١ ١١ ١٣ ١٣ ١٣ ١٥
									١٥ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٥
٥,٧٥	١٣	٤٨	٢٠	٣	١ مكسحة	٣٨	٥/١٦	٦	٩ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠ ١٠ ١١
				٣	١ مستقيمة				١١ ١٢ ١٢ ١٣ ١٣ ١٤
									١٤ ١٦ ١٦ ١٩ ٢٢ ٢٤
٦,٠٠	١٤	٤٩	٢٢	٣	١ مكسحة	٤٢	٥/١٦	٦	٨ ٩ ٩ ٩ ١٠ ١٠ ١٠
				٣	١ ١/٨ مستقيمة				١٠ ١١ ١١ ١٣ ١٣ ١٣
									١٤ ١٥ ١٥ ١٨ ١٩ ٢٠ ٢٤

obeikandl.com

جـــدول رقم (١٧)

لايجاد الاثقال التى تتحملها الاعمدة المصنوعة من الخرسانه المسلحة

نسبة معاملى المرونة (ن) = ١٠

قطاع العمود بالسنتيمتر	الارتفاع المسموح بالمتر	اسياخ التسليح الطولية عدد	القطر بالبوصة	الاربطة القطر بالبوصة	المسافة بين الاربطة بالسنتيمتر	الاثقال بالكيلوجرام التى يتحملها العامود متى كانت جهود الامن لضغط الخرسانة ٤٠ كيلوجراما للسنتيمتر المربع	٤٥ كيلوجراما للسنتيمتر المربع	٥٠ كيلوجراما للسنتيمتر المربع
٢٥ × ٢٥	٥,٠٠	٤	١/٢	١/٤	٢٠	٢٧٠٢٤	٣٠٤٠٢	٣٣٧٨٠
		٤	٥/٨	»	»	٢٧٥٦٨	٣١٠١٤	٣٤٤٦٠
		٤	٣/٤	»	»	٢٨١٧٦	٣١٦٩٨	٣٥٢٢٠
		٤	٧/٨	»	»	٢٩٥٦٠	٣٣٢٥٥	٣٦٩٥٠
٣٠ × ٣٠	٦,٠٠	٤	١	١/٤	٢٥	٣٩١٧٦	٤٤٠٧٣	٤٨٩٧٠
		٨	١/٢	»	»	٤٠٥٦٠	٤٥٦٣٠	٥٠٧٠٠
		٨	٥/٨	»	»	٤٠٠٤٨	٤٥٠٥٤	٥٠٠٦٠
		٨	٣/٤	»	»	٤١١٣٦	٤٦٢٧٨	٥١٤٢٠
		٨	٧/٨	»	»	٤٢٣٥٢	٤٧٦٤٦	٥٢٩٤٠
		٨	١	»	»	٤٤٩٦٠	٥٠٥٨٠	٥٦٢٠٠
		٨	١ ١/٤	»	»	٥٢٢٠٨	٥٨٧٣٤	٢٥٢٦٠
٣٥ × ٣٥	٧,٠٠	٤	٣/٤	٥/١٦	٣٠	٥٣٥٦٠	٦٠٢٥٥	٦٦٩٥٠
		٤	٧/٨	»	»	٥٥١٩٢	٦٢٠٩١	٦٨٩٩٠
		٤	١	»	»	٥٧١٠٤	٦٤٢٤٢	٧١٣٨٠
		٨	٧/٨	»	»	٥٥٣٥٢	٦٢٢٧١	٦٩١٩٠
		٨	١	»	»	٥٧٩٦٠	٦٥٢٠٥	٧٢٤٥٠
		٨	١ ١/٨	»	»	٦١٣٨٤	٦٩٠٥٧	٧٦٧٣٠
		٨	١ ١/٤	»	»	٦٥٢٠٨	٧٣٣٥٩	٨١٥١٠
٤٠ × ٤٠	٨,٠٠	٤	٧/٨	٥/١٦	٣٠	٧٠١٩٢	٧٨٩٦٦	٨٧٧٤٠
		٤	١	»	»	٧٢١٠٤	٨١٢١٧	٩٠١٣٠
		٤	١ ١/٨	»	»	٧٤٢٥٢	٨٣٥٣٣	٩٢٨١٥
		٤	١ ١/٤	»	»	٧٦٦٦٠	٨٦٢٤٢	٩٥٨٢٥
		٨	٧/٨	»	»	٧٢٩٦٠	٨٢٠٨٠	٩١٢٠٠
		٨	١	»	»	٧٦٣٨٤	٨٥٩٣٢	٩٥٤٨٠
		٨	١ ١/٨	»	»	٨٠٢٠٨	٩٠٢٣٤	١٠٠٢٦٠
		٨	١ ١/٤	»	»	٨٤٥٠٤	٩٥٠٦٧	١٠٥٦٣٠
		٨	١ ٣/٨	»	»	٨٩٣٢٠	١٠٠٤٨٥	١١١٦٥٠

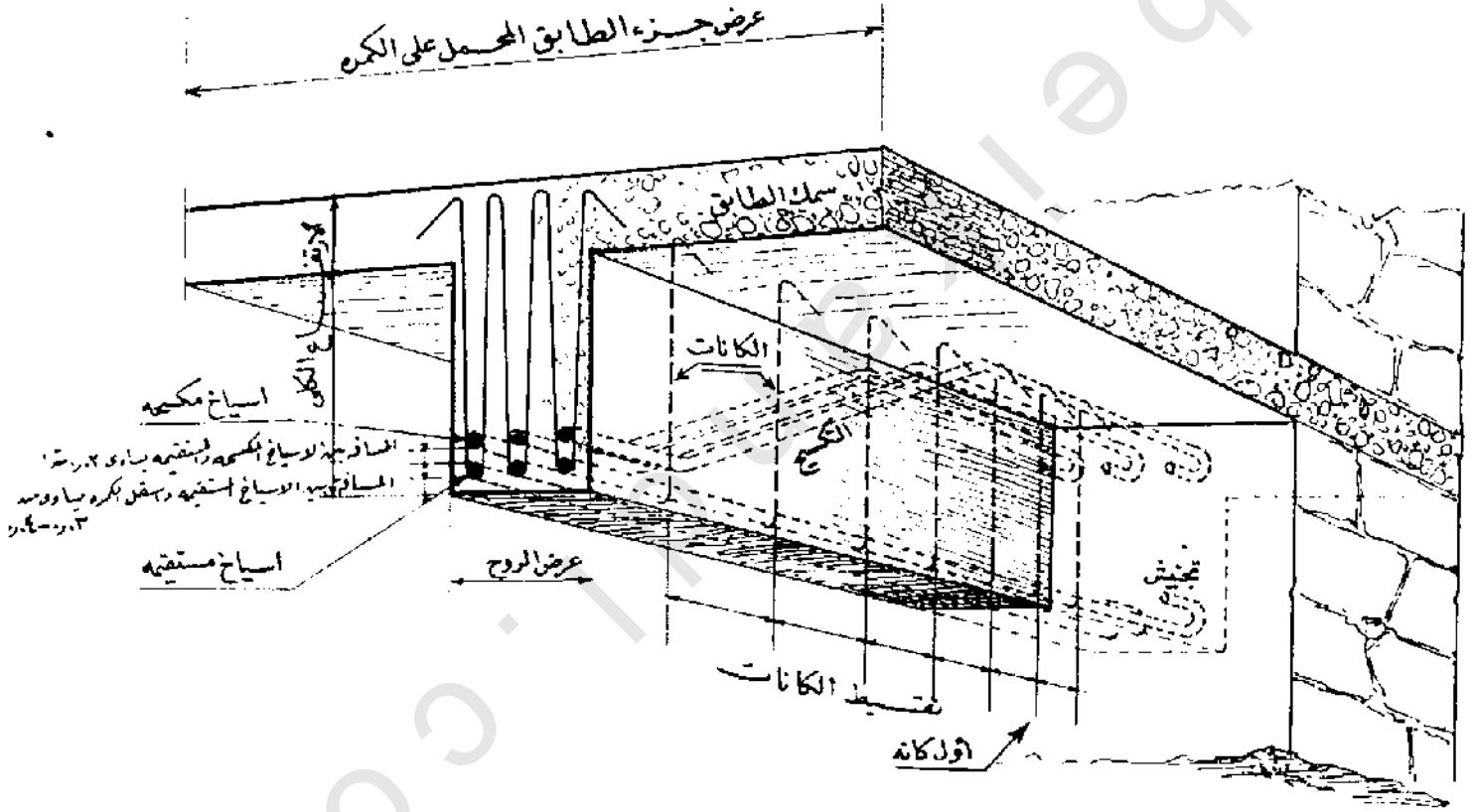
obeikan.com

تابع جـــدول رقم (١٧)

لا يجاد الاثقال التى تتحملها الأعمدة المصنوعة من الخرسانة المسلحة

نسبة معاملى المرونة (ن) = ١٠

قطاع العمود بالسنتيمتر	الارتفاع الحر بالمتر	أسياخ التسليح الطولية		الاربطة		الاثقال بالكيلوجرام التى يتحملها العمود متى كانت جهود الامن لضغط الخرسانة		
		عدد	القطر بالبوصة	القطر بالبوصة	المسافة بين الاربطة بالسنتيمتر	٤٠ كيلوجراما للسنتيمتر المربع	٤٥ كيلوجراما للسنتيمتر المربع	٥٠ كيلوجراما للسنتيمتر المربع
٤٥ × ٤٥	٩٫٠٠	٤	١	$\frac{3}{8}$	٣٥	٨٩١٠٤	١٠٠٢٤٢	١١١٣٨٠
		٤	$1\frac{1}{8}$	»	»	٩١٢٥٢	١٠٢٦٥٨	١١٤٠٦٥
		٤	$1\frac{1}{4}$	»	»	٩٣٦٦٠	١٠٥٣٦٧	١١٧٠٧٥
		٤	$1\frac{3}{8}$	»	»	٩٩٢٣٢	١١١٦٣٦	١٢٤٠٤٠
		٨	$\frac{7}{8}$	»	»	٩٣٣٨٤	١٠٥٠٥٧	١١٦٧٣٠
		٨	١	»	»	٩٧٢٠٨	١٠٩٣٥٩	١٢١٥١٠
		٨	$1\frac{1}{8}$	»	»	١٠١٥٠٤	١١٤١٩٢	١٢٦٨٨٠
		٨	$1\frac{1}{4}$	»	»	١٠٦٣٢٠	١١٩٦١٠	١٣٢٩٠٠
		٨	$1\frac{3}{8}$	»	»	١١٧٤٦٤	١٣٢١٤٧	١٤٦٨٣٠
٥٠ × ٥٠	١٠٫٠٠	٤	١	$\frac{3}{8}$	٤٠	١٠٨١٠٤	١٢١٦١٧	١٣٥١٣٠
		٤	$1\frac{1}{8}$	»	»	١١٠٢٥٢	١٢٤٠٣٣	١٣٧٨١٥
		٤	$1\frac{1}{4}$	»	»	١١٢٦٦٠	١٢٦٧٤٢	١٤٠٨٢٥
		٤	$1\frac{3}{8}$	»	»	١١٨٢٣٢	١٣٣٠١١	١٤٧٧٩٠
		٤	$1\frac{1}{2}$	»	»	١٢٤٨١٦	١٤٠٤١٨	١٥٦٠٢٠
		٤	٢	»	»	١٣٢٤٠٠	١٤٨٩٥٠	١٦٥٥٠٠
		٨	١	»	»	١١٦٢٠٨	١٣٠٧٣٤	١٤٥٢٦٠
		٨	$1\frac{1}{8}$	»	»	١٢٠٥٠٤	١٣٥٥٦٧	١٥٠٦٣٠
		٨	$1\frac{1}{4}$	»	»	١٣٦٤٦٤	١٥٣٥٢٢	١٧٠٥٨٠
		٨	$1\frac{3}{8}$	»	»	١٤٩٦٣٢	١٦٨٣٣٦	١٨٧٠٤٠
		٨	٢	»	»	١٦٤٨٣٦	١٨٥٤٤٠	٢٠٦٠٤٥



الرسم النظرى أعلاه هو لأجل شرح الجداول العملية الخاصة بالكمرات التى من حرف (T)

الشروط التى يلزم أن تتوفر فى المواد التى تتكون منها الخرسانة المسلحة

الرمل — يلزم أن يكون الرمل وارد الصحراء خالياً من التراب ومن كل مادة أخرى غريبة ويكون له صوت إذا فرك باليد ولا يعلق بها ويلزم هزه واذا خالطته مواد ملحية أو ترابية يجب غسله بالماء العذب حتى تزول عنه هـذه المواد ويلزم أن يكون الرمل من حبيبات مختلفة الحجم تمر كلها من غربال سعة عيونه ٦ ملليمترات ويمر على الأقل ثلاثة أرباعه عند ما يهز بغربال سعة عيونه ٣ ملليمترات ولا يمر أحدها من غربال سعة عيونه نصف ملليمتر

الزلط — يلزم أن يكون وارد الصحراء ولا يستعمل الا بعد تنقيته تماماً من المواد الغريبة وغسله ويلزم أن لا يكون أملس بل يكون حاد الزوايا ومختلف فى الحجم على قدر الامكان وأن يمر كله من حلقة قطرها ٢٠ ملليمتراً عنـد ما يستعمل لأجل البلاطات وكمراتها وأربعين ملليمتراً عند ما يستعمل للعواميد على أن لا يمر كله من حلقة قطرها ٦ ملليمترات

الاسمنت — لا يستعمل فى أعمال الخرسانة المسلحة الا الأسمنت البورتلاندى الصناعى المستوفى للشروط والاوصاف المنصوص عنها فى مواصفات العيار الانكليزى المعدل سنة ١٩٢٥ (British Standard Specification)

ويلزم أن يكون من الصنف البطىء الشك وأن يورد لمحل العمل داخل شكاير أو براميل مغلقة تماماً ومختوماً عليها اسم المصنع وموضحاً عليها كمية الأسمنت الموجود داخلها ويلزم التحفظ على الأسمنت بأن يوضع داخل مكان جاف تماماً

ومن أهم الشروط الواردة فى مواصفات العيار الانجليزى الآتى :

(١) النقاوة — أن يكون الأسمنت ناعمًا حتى اذا نخل بميزة عدد عيونها فى البوصة المربعة منها ٣٢٤٠٠ فلا يبقى من فضالته اكثر من ١٠ بالمائة واذا نخل بميزة عدد عيونها فى البوصة المربعة منها ٥٧٧٦ فلا تزيد فضالته عن واحد بالمائة

(٢) جهد الشد للاسمنت النقى — أن لا يقل جهد الشد للأسمنت النقى بعد ٧ أيام من عجنه عن ٤٢ كيلوجرامًا للسنتيمتر المربع

(٣) جهد الشد للاسمنت المعجون مع الرمل بنسبة ١ الى ٣ — أن لا يقل جهد الشد بعد ٧ أيام من عجنه عن ٢٢٫٨٥ كيلوجرامًا للسنتيمتر المربع وأن لا يقل هذا الجهد بعد ٢٨ يومًا عن ٢٥ كيلوجرامًا للسنتيمتر المربع

(٤) مدة التماسك (الشك) — أن لا يبدأ قبل مضى ٣٠ دقيقة بعد عجنه وأن لا تزيد مدة الشك عن عشر ساعات

(٥) انتفاخ الاسمنت — أن لا يتجاوز الانتفاخ على الاطلاق عشرة مليمترات وذلك باختباره على الأسلوب المعروف بأسلوب « لى شاتيليه »

(٦) التركيب الكيماوى — أن لا تكون الفضالة للمواد غير القابلة للذوبان اكثر من ١٫٥ بالمائة

الصندقة — تكون الصندقة بحيث تنتج الشكل المطلوب عمله ومكونة من أخشاب متينة وسمك الواحها لا يقل عن $1\frac{1}{2}$ بوصة ومثبتة بواسطة شكالات وأن تحتوى على كل ما يلزم لجعلها ثابتة ضد أى اهتزاز ينشأ عن تحرك العمال فوقها أو من وضع الخرسانة أو خلافه ويلزم أن تكون ألواح الصندقة متلاصقة اللحامات تمامًا بحيث لا يمر منها أى زبد من مونة الخرسانة ويلزم أن تكون بأسطحها الأفقية أحدوداب مقداره $\frac{1}{300}$ من الفتحة الصغرى للبلاطات ويلزم أن تركب بكيفية يسهل معها ازالتها بدون أن تسبب أى هزة أو تصادم مع الخرسانة ويفضل استعمال الخوابير والقمط عوضًا عن المسامير

وقبل البدء فى وضع الخرسانة يلزم أن يعمل تنظيف عمومى بأن يزال كل ما يوجد على أسطح الصندقة من الأوساخ وفضلات النجارة وخلافه ثم يصير رش الماء على خشب الصندقة قبل وضع الخرسانة

حديد التسليح — يلزم أن يكون الحديد خاليًا من الصداء أو البوية أو المواد الدسمة وأن يراعى فى تقسيط الأسياخ أن لا يكون بأحدها انحرافًا من مركزها بأكثر من نصف قطره على أن لا يتجاوز الانحراف أكثر من ٦ ملليمترات بأى حال من الأحوال ويقتضى عمل الأربطة اللازمة من السلك للحصول على هذه النتيجة ويلزم أن تكون حدايد التسليح من قطعة واحدة على قدر الأمكان واذا اقتضى الحال بعمل وصلات من قطعتين أو اكثر يلزم أن تجمع الأطراف بطول يعادل أربعين مرة قطر السيخ على الأقل ابتداء من آخر التجنيش الذى يلزم عمله لكافة أطراف الأسياخ على شكل نصف دائرة قطرها يعادل ٤ مرات قطر السيخ ومواز يًا له وممنوع قطعيًا استعمال اللحام لقطع أسياخ التسليح ويلزم تكسيح الأسياخ على مسافة تعادل $\frac{1}{6}$ الفتحة من موضع الارتكاز بأن يكسح أحد الأسياخ ويترك التالى له وذلك للبلاطات

الخرسانة — يصير خلط الخرسانة على الناشف وتقليب الخليطة تمامًا وترش بالماء الى أن يتم مزجها واذا رغب اجراء الخليطة بواسطة آلات ميكانيكية فيمكن اجراء ذلك بشرط أن تكون سعة تلك الآلات وعددها مناسبًا لمقدار العمل حتى يتيسر استعمال جميع الخليط بعد تجهيزه مباشرة ويلزم ملاحظة عدم استعمال أى خليط ابتداء فى التماسك قبل استعماله

بعد وضع الخرسانة فى القوالب يلزم دقها بواسطة مدقات خشبية ويراعى عدم زحزحة الأسياخ عن مواضعها أثناء وضع الخرسانة ودقها

ويلزم أن يراعى الاقلال على قدر الامكان من توقيف العمل أثناء وضع الخرسانة واذا كانت هناك ضرورة تقتضى بهذا الايقاف فلا يكون ذلك الا اذا وصلت

الخرسانة فوق الحيطان وعند العودة للعمل يلزم فى كل مرة تنظيف سطح الطرف الملاصق تنظيفًا تامًا ورشه بالأسمنت اللبانى قبل وضع الخرسانة الجديدة و بعد الانتهاء من وضع الخرسانة يلزم وقايتها من الأمطار ومن حرارة الشمس بتغطيتها بالخيش المبلل الى أن تجف تمامًا لمدة لا تقل عن خمسة عشر يومًا من تاريخ صبها وذلك لضمان حصول الشك بحالة منتظمة ولا تزال أعمال الصندقة الا بعد مرور واحد وعشرين يومًا على الأقل من تاريخ صب الخرسانة و يراعى فى عملية الفك الاعتناء التام بحيث لا يحصل تصادم بالخرسانة المصبوبة

التجارب — يحسن عمل تجارب على الأرضيات أو الأعتاب أو الأعمدة بعد مضى على عملها شهر واحد على الأقل وذلك بوضع أثقال معادلة للأثقال التى صار فرضها عند عمل الحساب وتبقى الأثقال فوق الارضيات مدة أربعة وعشرون ساعة و بعد هذه المدة يلزم أن لا يزيد سهم الانحناء فى كامل فتحة الارضية عن $\frac{١}{١٠٠٠}$ من الفتحة القصيرة عند ما تقاس بالآلات الخاصة بقياس الانحناء و بعد ازالة الاثقال يلزم أن لا يزيد سهم الانحناء الدائم عن $\frac{١}{٢٠٠٠}$ من كامل الفتحة

واذا زاد سهم الانحناء عن $\frac{١}{٥٠٠}$ من طول الفتحة يلزم رفض الخرسانة وهدمها واعادة عملها

واذا زاد سهم الانحناء عن $\frac{١}{١٠٠٠}$ من طول الفتحة ولم يصل الى $\frac{١}{٥٠٠}$ فيجوز عمل تجربة لها بعد مضى شهر واحد من تاريخ العمل للتجربة الاولى واذا ظهر من هذه النتيجة الثانية أن السهم قد تعدى $\frac{١}{٧٥٠}$ من طول الفتحة فيحسن رفض الخرسانة وهدمها

Principaux Ouvrages Consultés

المراجع

L. Cosyn — Traité pratique des constructions en béton armé

P. Dévédec — Calcul des ouvrages en Béton armé

N. De Tédesco & V. Forestier — Manuel théorique et pratique du constructeur en ciment armé.

Ch. Aubry — Calcul du Béton armé

M. G. Espitallier — Cours de Béton armé

Hool — Reinforced Concrete construction

Taylor & Thompson — Concrete plain & reinforced

G. Magnel — Pratique du Béton armé

obeikandl.com

طبع من هذا الكتاب ٢٥٢٠

عدد

منها ٢٠ بدون اعلانات

obeikandl.com

obeikandi.com

جبـــاسـات البـلاح

PLATRIÈRES DE BALLAH

شركة مساهمة مصرية رأس مالها ٢٤٠٠٠ جنيه مصرى

الادارة بمصر

تليفون المكتب ١٤٠٢ مدينة
« المخازن ١٤٠٣ «

صندوق البوستة ٣٢٩

مصيص باريز نمرة « ٠ » يستعمل للقوالب الزخرفة
مصيص أبيض نمرة « ١ » يستعمل للبياض العالى
مصيص أبيض نمرة « ٢ » يستعمل للبياض العادى
مصيص نمرة « ٣ » للبيـاض
مصيص نمرة « ٤ » للبيـاض الخشن
جبس بلدى لون الاحمرى الوردى « درجة عليا » الخ

BRIQUES AU PLATRE. طوب مصنوع من الجبس

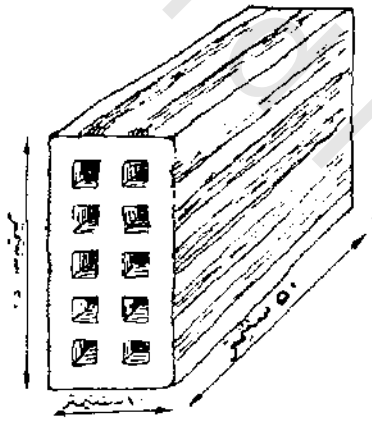
4 Qualités nécessaires :

Légèreté 650 Kg. le M³

Économie 20%

Rapidité 40%

solidité égale



بها أربعة خاصيات
(١) انها خفيفة (المتر المكعب يزن ٦٥٠ كيلوغرام)
(٢) اقتصادية (توفر ٢٠٪)
(٣) سريعة فى تركيبها
(٤) متينة (وهى مساوية للادوات المستعملة الآن للعمارات)

Platre de Paris	No. 0	pour moulages
Platres blancs dits « Massis »	No. 1	pour enduits fins
» » » »	No. 2	pour enduits courants
Platres gris dits « Baladi »	No. 3	pour enduits
» » » »	No. 4	pour enduits grossiers

Baladi Rose, qualité supérieure Etc.

اسمنت بورتلاند كرنك

مصنوع بواسطة فرنين دائرين طول كل منهما ٧٠ متراً

شركة اسمنت بورتلاند طـــره المصرية بالقاهرة

رأسمالهـــا الأســـاسى ٥٠٠,٠٠٠ جنيه

المصنوع السنوى ١٥٠,٠٠٠ طن

وهو معتمد من الحكومة المصرية ومنطبق على الشروط البريطانية سنة ١٩٢٥

طـــرة - TOURAH

Siège Social :

MADABEGH, 41

LE CAIRE

Tel. Alaba 4424

Adr. Teleg. CIMENT

P.O.B. No. 26

المركز الرئيسى

شارع المدابغ نمرة ٤١

بمصر

تليفون عتبه ٤٤٢٤

العنوان التلغرافى

اسمنت

صندوق البوستة

نمرة ٢٦

• Ciment – KARNAK – Portland

FABRIQUÉ PAR DEUX FOURS ROTATIFS DE 70 m. LONGUEUR

SOCIÉTÉ EGYPTIENNE DE CIMENT PORTLAND TOURAH LE CAIRE

CAPITAL SOCIAL L.E. 500.000

Production : 150.000 Tonnes par an

GARANTI CONFORME AUX BRITISH STANDARD SPECIFICATION 1926

obeikandl.com

ETABLISSEMENTS S. SORNAGA

LE CAIRE : No. 20 Rue Maghraby (Immeuble Francès) — Téléphone No. 1596 — 1597 Boustan — Boite Postale No. 653

ALEXANDRIE : Ragheb Pacha, MAHMOUDIEH — Téléphone No. 6-37 — Boite Postale No. 497

ADRESSE TELEGRAPHIQUE "MONOPOLE"

Usines à El-Wedy (Kafr-Ammar)

MATERIEL REFRACTAIRE pour haute température de toutes formes et dimensions pour chaudières, fours à chaux et à ciment fonderies, gazogènes, cornues, etc.

SPÉCIALITÉ : de Briques Réfractaires pour foyers à mazout.

TUYAUX ET ACCESSOIRES EN GRES de tous diamètres résistant aux plus fortes pressions.

BRIQUES mécaniques à la filière, briques rabattues, briques creuses, entrevous, tuiles de differents types, carreaux rouges, etc.

BLUE BRICKS pour pavage et pour collecteurs.

CHAUX EMINEMENT HYDRAULIQUE marque "Pyramides" et PLATRES.

ARTICLES SANITAIRES EMAILLES.

FAIENCE MENAGERE (demi-porcelaine) — CERAMIQUE ARTISTIQUE.

س . ســـــورناجا

مكتب القاهرة بشارع المغربى رقم ٢٠ — مكتب الاسكندرية براغب باشا بالمحمودية

تليفون رقم ١٥٩٦ و ١٥٩٧ بستان — تليفون رقم ٦٣٧

صندوق بوسطة رقم ٦٥٣ — صندوق بوسطة رقم ٤٩٧

العنـــوان التلغرافى (مونوبول) — المصـانع فى جهة الودى (كفر عمار)

معـــدة لصنـاعة

طوب نار من جميع المقاسات والأشكال يتحمل درجة حرارة مرتفعة خاص لبناء القزانات وأفران الجير والأسمنت والمسابك وأفران الغاز والبوادق وغير ذلك

طوب نار خصوصى لبناء القزانات التى تستعمل المازوت

براج فحار حجرى مطلية بالورنيش ومشتركات وكيمان من جميع المقاسات تتحمل أعظم ضغط

طوب ماكينة وطوب لبناء الواجهات وطوب مخرم بجميع أنواعه وقراميد وبلاط أحمر وطوب معدنى أزرق لرصف الأرضية وبناء المجارى وجير مائى ماركة (بيراميد) وجبس

أدوات صحية لزوم دورة المياه — أوانى صينية منزلية وقيشانى فنى مزخرف

Ciment Portland Artificiel
Haccourt

de la Société Anonyme des Ciments Portland Liegois
à Haccourt (Belgique)

اسمنت بورتلند اصطناعى

هاكور

الشركة المساهمة لاسمنت لييج البورتلاندى
بهاكور (بلجيكا)

مضمون الانطباق على
الشروط الانجليزية
للاسمنت البورتلاندى

ومطابق للشروط
الخصوصية للحكومة
المصرية

Representants Exclusifs pour l'Egypte

C. VILOVICH & Co.

Bureaux et Salle d'exposition

47 Avenue Reine Nazli

Téléphone Medina No. 125

Boite Postale No. 2033

Le Caire

الوكلاء الوحيدون بالقطر المصرى

فيلوفيش وشركاه

المكتب وصالة الاستعراض

٤٧ شارع الملكة نازلى

تليفون ١٢٥ مدينة

صندوق البوسته نمرة ٢٠٣٣

بمصر

obeikandl.com

Ciment Portland Artificiel

Hammer Brand

Approuve par toutes les administrations de l'Etat

Agents pour l'Egypte :
GINO PETRACCHI & Co.

5, Rue Fouad 1er. — Alexandria — Boîte Postale 1605

Agents au Caire Dayan & Baz — 4 Midan Tawfik

اسمنت بورتلند اصطناعى ماركة ابو شاكوش

المعتمدة من جميع مصالح الحكومة المصرية

الوكلاء بالقطر المصرى

جينو بتراكى وشركاه

باسكندرية بشارع فؤاد الاول نمرة ٥ صندوق البوستة نمرة ١٦٠٥

الوكلاء بمصر

ديانه وباز بشارع ميدان توفيق نمرة ٤ بمصر

obeikandl.com

N. CAMPUROPULO & Cie.

Agents Exclusifs du Ciment "HERMES BRAND"

Alexandrie
Bureaux 1, Rue Cherif Pacha
B.P. 1537
Tél. 65—24

Cairo
Bureaux 6, Deir el Banat
B.P. 1334
Tél. 47—71 Ataba
Dépôts.
Rue de l'Imprimerie Nationale
Tél. 47—52 Medina.

ماركة
« هيرمس براند »
المسجلة

MARQUE
DÉPOSÉE

نقولا كمبروبولو وشركاه

الوكلاء الواحدون بالقطر المصرى للاسمنت ماركة « هيرمس براند »

القاهرة
بشارع دير البنات نمرة ٦
صندوق البوسته نمرة ١٣٣٤
تليفون العتبه نمرة ٧١ — ٤٧
المخزن بشارع المطبعة الاميرية
تليفون مدينه نمرة ٥٢ — ٤٧

الاسكندرية
المكتب بشارع شريف باشا نمرة ١
صندوق البوستة نمرة ١٥٣٧
تليفون نمرة ٢٤ — ٦٥

obeikandl.com

شركة الطوب الرملى (سندبريك)

The Cairo Sand Bricks Coy.

Société Anonyme Egyptienne

Usines et Bureaux au Caire — Rue Sekket-el Baida-Abbassieh

B.P. 959 — Tél. Zeitoun 11-68

الورشة والمكتب بمصر — شارع سكة البيضة بالعباسية

صندوق البوستة نمرة ٩٥٩ — تليفون ١١٦٨ زيتون

الانتـــاج السنوى

٣٣ مليون طوبة رمليـــة جـــيرية

من أجـــود نوع وصالح لجميع أعمـــال البناء

التسليم فى محل العمل

بسرعـــة وبطرق منتظمـــة

بناء على الطلب يمكن تسليم

طوب رمـــلى جـــيرى:
- رؤوسه محلية (للكرانيش)
- ملون أحمر أو من أى لون آخر
- أسمنتى لأعمال خصوصية
- مقطرن للجدران والتبليط

الطـــوب الرمـــلى الجـــيرى

يبنى بمـــونة الأسمنت ومكون من أجـــزاء لا تنكسر

أنظر الصفحة التالية فيما يختص بباقى مستخرجات الشركة

obeikandl.com

شركة الطوب الرملى (سندبريك)

The Cairo Sand Bricks Coy

Rue Sekket-el-Baida — Abbassieh — Le Caire

B.P. 959 — Tél. Zeitoun 11-68

الورشة والمكتب بمصر — شارع سكة البيضة بالعباسية

صندوق البوستة نمرة ٩٥٩ — تليفون ١١٦٨ زيتون

فرع خاص

لعمل ترابيع أسمنت للأسطح

وبلاط تقليد الفخار لزوم التبليط

فرع جديد

لعمل الترابيع والألواح لتغطيـــة الحيطان بالصيني

وطوب قيشانى لزخرفة المبانى الداخليـة والخارجيـة

وبلاط قيشانى ملون لزوم أشغال الزخرفة

يمكن الاستفهام عن الأثمان بالطلب

obeikandl.com

ETABLISSEMENTS

POLIET & CHAUSSON

125 a 129 Quai de Valmy (Paris Xe.)

الوكلاء : جورج اسود واولاده

Caire : 8 Rue Antikhana El-Masria
Alexandrie : 29, Rue Fouad 1er.

القاهرة : ٨ شارع الانتكخانة المصرية
الاسكندرية : ٢٩ شارع فؤاد الاول
تليفون : ١١٤٦ بستان

CIMENT
PIERRE

اسمنت
الحجر

يستعمل بدل الحجر الاصطناعى (pierre artificielle) للوجهات المزخرفة حيث يبتداء بالشك بعد خمسة ايام ولذا يسهل للصانع اعطائه الشكل المرغوب

يكتفى بعمل البياض منه بسمك ٣ سنتيمترات بدلا من سمك الحجر الاصطناعى الذى يزيد عن ١٠ سنتيمترات ويتسبب من ذلك وفر عظيم مع شدة المتانة

يستعمل فى اغلب السرايات فى فرنسا

obeikandl.com

شركة التبليط الاسفلت
فال دى ترافرس

فروعها بالقطر المصرى : — مركزها العمومى اسكندرية شارع النبي دنيال نمرة ٨

جناب المستر چون ب . ميتشل . مدير ومهندس

مناجمها فى
بلدة فال دى ترافرس بسويسرا
« پريمون سيسل بفرنسا
« راجوزا بايطاليا
الشركة متعهدة لاشغال الحكومة المصرية
والجيش الانكليزى والمجالس البلدية
لجميع اشغال الاسفلت

فابريكتها باسكندرية تعمل طوب اسفلت مضغوط
للشوارع . والكبارى . والورش
وارضيات الاسطبلات والمخازن الخ .
واسفلت طبيعى لارضيات الاسقف وفوق
الجدران لمنع الرطوبة الخ .
بياض طبيعى تربنيداد

مكتبها بمصر شارع المدابغ نمرة ٢٣
تليفون نمرة ٣٦٤٩ عتبه — تلغراف : فالترافرس

VAL DE TRAVERS
ASPHALTE PAVING C° L^TD
LONDON

Egyptian Branch: J. P. MITCHELL, Engineer & Manager
Head Office: ALEXANDRIA, 8, Rue Nebi Daniel.

Mines at:

Val de Travers, Switzerland
Pyrimont-Seyssel, France
Ragusa, Sicily

Contractors to:

The Egyptian and British
Government and War Offices
and Municipalities.
For any class of Asphalt Works

Manufacturers of:

Asphalt Briquettes,
For paving roads, bridges, courtyards, stables, stores, &c.

"Seyssel" Natural Mastic Asphalt:
For paving, roofing, dampcourses, &c.

Refined Trinidad Bitumen.

CAIRO OFFICE: 23, Sh. Madabegh
Teleph. ATABA 3649 — Teleg. VALTRAVERS, Cairo.

obeikandl.com

الاسمنت المصهور طريقة لافرج
Ciment Fondu

Procédé Lafarge.

حيث أن جودة الخرسانة تتوقف على نوع الاسمنت المستعمل فيها نذكر بعض خواص نوع جديد من الاسمنت المسمى بالاسمنت المصهور (Ciment Fondu) أو الالومينى (Ciment Alumineux) الذى هو أرقى بكثير من الاسمنت المعتاد استعماله فى الخرسانة المسلحـــة

الاسمنت البورتلاندى العادى عند صنعه يحرق بالنار الى درجة حرارة أوطى من درجة الذوبان أما الاسمنت المصهور فيحرق الى درجة أعلا من درجة الذوبان وهذا الاسمنت له صفات خاصة بالنسبة لمدة شكه ومقاومته ويتركب من الآتى :

الومين ٤٠ ٪ — سليكات ١٠ ٪ — جير ٤٠ ٪ — اكسيد الحديد ١٠ ٪

هذا الاسمنت يدخل ضمن أنواع الاسمنت ذات الشك البطئ ولكن يزداد شكه بسرعة مع زيادة متانته وذلك فى بحر ٤ الى ٦ ساعات وتكون سرعة شكه بحيث أن بعد مضى ٢٤ ساعة من عجنه تكون مقاومته للشد والضغط أزيد من أى أسمنت اعتيادى ثلاثة أشهر بعد عجنه هذا الاسمنت مصنوع بمعرفة شركة :

Società Istriana dei Cementi Anonima in Pola

en Association avec l'Ancienne Maison Française Lafarge

الشركة المساهمـــة للأسمنت ايســـتريانا بيولا

المتصلة بالشركة الفرنسية لافرج

والجداول الواردة بعد هى نتيجة تحليل هذا الاسمنت فى معمل اختبار المهمات بفينا (Vienne)

نتيجة تجربة عجينة مصنوعة من الاسمنت المصهور الخالص

بالكيلوجرام سنتيمتر المربع	بعد يوم	بعد يومين	بعد ٧ أيام
مقاومة الشد	٥٣,٤	٨٣,٨	١٠٧,٥
» الضغط	٧٠٧	٩٠٦	١١٣٦

نتيجة تجربة مجينة مصنوعة من جزء من الاسمنت المصهور و ٣ أجزاء رمل

يحصل الكسر بعد مدة	½ يوم	يوم	يومين	٣ أيام	٧ أيام	٢٨ يوم
مقاومة الشد بالكيلوجرام للسنتيمتر المربع	٣١	٣٨٫٥	٤٢٫٧	٤٥٫٧	٤٦٫٢	٤٨٫٢
مقاومة الضغط بالكيلوجرام للسنتيمتر المربع	٥١٠	٦٠٢	٦٩٤	٧٢٥	٧٥٦	٨٢٨

نتيجة تجربة معمولة على مكعب من الخرسانة أضلاعه تساوى ١٠ سنتيمترات (تركيب الخرسانة : ٣٠٠ كيلوجرام أسمنت مصهور ٠٫٨٠٠ متر مكعب زلط و ٠٫٤٠٠ متر مكعب رمل)

مدة حصول الكسر	الضغط بالكيلوجرام للسنتيمتر المربع
بعد ٥ ساعات	١٢٢
» ٦ »	٢٤٨
» ٧ »	٤٣٣
» ١٢ »	٥٢٥
» يوم	٥٨٩٫٣
» يومين	٦٠٤
» ٣ أيام	٦٢٢
» ٤ »	٦٥٧
» ٧ »	٦٧٢٫٧
» ٢٨ يوم	٧٠٣٫٣

Pour : Prospectus Analyses et références s'addresser à :

Mr. Jacob H. Homsy

Agent et Entrepositaire :

obeikandi.com