

تحليل وتصميم جدران خرسانية مسلحة تحت تأثير احمال العصف

سعد فرحان صالح ماجد * غيث محمد حسن ** حسن خلف صالح ***

*كلية الهندسة - جامعة كركوك **وزارة الأعمار والإسكان ***وزارة العلوم والتكنولوجيا

الخلاصة

اختص هذا البحث بدراسة وتقييم طريقة تحليل وتصميم جدران خلفيه وجانبية لجزء من منشأ خرساني مسلح متعرض الى موجات عصف داخلية. شملت الدراسة تصرف ، سلوك ، استخدامية ، لدونة ، مقدار التحمل ومدى قابلية امتصاص الطاقة لهذه الاجزاء الانشائية المتمثلة بالجدار الخلفي والجدارين الجانبيين لجزء المنشأ وكذلك تحديد سمك تلك الاجزاء وتحديد فولاذ التسليح من حيث الكمية والشكل واسلوب الربط. ولتحقيق هذا الهدف فقد اعد برنامج عملي يتضمن اجراء فحص ميداني لجزء المنشأ حيث تم تصميم واختبار غرفة صندوقية بابعاد (٨,٨٢ × ١٠,٨٢ × ٨,٥٢) قدم $3,3 \times 3,3 \times 3,3$ م وذات اساس شريطي بعرض (١,٧٦ قدم) $0,54$ م وسمك (١,٨ قدم) $0,54$ م. تم تعريضها الى مصدر موجة عصف داخلية زنة الشحنة (٣,٣١ باوند) $1,5$ كغم. تم حساب التردد الطبيعي ومعامل التحصيل الديناميكي، حيث تم الاستنتاج بأن السمك (٠,٨٢ قدم) 25 سم للجدار الخلفي والجدران الجانبية حقق الحماية من التشظية والحريق للمتواجدين خارج المنشأ، وهذا يعتبر اقل سمك اقتصادي ممكن لذلك أظهرت نتائج الفحص الميداني دقة طريقة التحليل والتصميم الديناميكي للمنشآت المقاومة لموجات العصف الداخلية ويعتبر التصميم ناجحا لاستيفاء المتطلبات الأساسية المتوخاة من خلال تقارب اغلب النتائج النظرية والعملية التي تم الحصول عليها .

المقدمة

يعد (1969, TM5-1300) دليلا جديدا يعتمد لوضع الحلول ومعالجة المشاكل التي تواجه المنشآت الخرسانية المسلحة عند تعرضها الى احمال ديناميكية عالية مثل التقشر (scabbing) والتشظية (spalling) واعتماد الاسلوب الامثل لاستخدام حديد القص والذي يتمثل باستخدام الحديد المتعرج (lacing) كحديد قص بدل الركائب (stirrups) وحسب علم الفريق البحثي بانه لا توجد دراسات سابقة تناولت تقييم هذه الطريقة التي اعتمدها (1969, TM5-1300) في تصميم وتحليل منشآت خرسانية معرضة لموجات عصف داخلية . حسب محدودية التعامل مع هذا النوع من البحوث وكذلك ما تطلبه من دعم مالي كبير .

تعتبر الخرسانة من المواد الإنشائية المميزة لمقاومة العصف حيث كتلتها تعطيها قوة استمرار (inertia) لمقاومة أحمال العصف العابرة وبذلك فإن المنشآت الخرسانية المسلحة تملك الاستمرارية (continuity) والمقاومة لتحمل هذه القوة الجانبية (1982, Hen Rych; 1983, Bake). إن الخرسانة بطبيعتها هي غير محصورة (unconfined) ما لم يتم معالجتها بحديد تسليح مستعرض وأطواق (1975, Park & Paulay). تبرز أهمية المنشآت الخرسانية المقاومة لموجات العصف الداخلية في الوحدات الصناعية والورش والمخازن التي يحتمل تعرضها إلى موجات عصف داخلية. وللمحافظة على سلامة الأشخاص وتوفير الحماية من التلوثية والحريق للمتواجدين منهم خارج المنشأ، فإنه برزت أهمية الحاجة إلى تلك الدراسة وكذلك معرفة معيار الطريقة التصميمية المتبعة (1969, TM5-1300) وما يظهره من عدم تناول معمق في الجانب الاقتصادي من خلال اعتماد سمك مبالغ فيه للجدار الخلفي والجدران الجانبية لذلك المنشأ عند التصميم، على ضوء ذلك تم اعتماد جزء من المنشأ في التصميم والتنفيذ بإبعاد (٨,٥٢×٨,٨٢×١٠,٨٢م) (٣,٣×٣,٣×٢,٦م) من الخرسانة المسلحة.

البرنامج العملي

تم إعداد المخططات الإنشائية من قبل الفريق البحثي للجدار الخلفي والجدران الجانبية للمنشأ الخرساني المسلح المشار إليه (٨,٥٢×٨,٨٢×١٠,٨٢م) (٣,٣×٣,٣×٢,٦م). حيث إن جزء المنشأ هو بمثابة غرفة صندوقية مفتوحة من جهة واحدة ومصنوعة من الخرسانة المسلحة وذات أساس شريطي بعرض (١,٧٦م) قدم) ٠,٥٣م وسمك (١,٨م) قدم) ٠,٥٤م ومن ثم تم قياس الانحراف الديناميكي في نقاط يتوقع أن يحصل فيها أقصى هبوط ممكن وكما موضح في الشكل (١)، (٢). أما بالنسبة للسقف في المنشأ فقد اعتبر ثابت أي ذات تصميم أقصى من قوة موجة العصف للتركيز على معرفة تصرف الجدار الخلفي والجدران الجانبية للمنشأ، إما الجانب المفتوح للمنشأ فقد تم بنائه بالطابوق لمعرفة مدى التطاير ولتمثيل فتحات الأبواب والشبابيك للمخازن والورش. وقد تم اخذ نماذج سيطرة من مكعبات بحجم (٠,٥×٠,٥×٠,٥م) قدم) (٥×٥×٥سم) لخلطات خرسانية بنسبة (٣:١:١) (اسمنت، رمل، حصى). وفحصت بعمر (14,7 و 28) يوم، بعد ان تمت معالجتها من خلال تركها لمدة (٢٤) ساعة مغطاة بالنايلون ثم وضعت في احواض ماء بعد فتحها من القالب ثم تم فحصها بعد (٢٨، ١٤، ٧) يوم وباستعمال جهاز فحص الانضغاط نوع (Universal M.F.L) موديل (D-6800) ذو الطاقة القصوى

(١٠٠) طن. اما مقاومة الشد فلم يتم قياسها عمليا للخرسانة لانه لا توجد هناك نماذج لفحص الانتناء في البحث. وقد أظهرت النتائج أن مقاومة الانضغاط بعمر (٢٨ يوم) هي (٣٠٠٠ باوندا انج^٢) ٢٠,٧ نيوتن/ملم^٢ (2005, Nevile)، أما فحوصات الحديد فقد أظهر فحص الشد للحديد المستخدم وهي مقاومة الخضوع (F_y) هي (٦٠٠٠٠ باوندا انج^٢) أي بحدود ٤١٣ نيوتن/ملم^٢ وهي ما اعتمدت في المتطلبات او الفرضيات التصميمية.

الفرضيات

ان موقع ووزن الحشوة داخل المنشأ وكذلك مساحة وموقع منافذ التهوية في المنشأ لها تأثير كبير على تعدد انعكاسات موجة العصف (1977, Amer; 1986, TM5-855-1; 1964, Biggs). لتحليل وتصميم جزء المنشأ اعتمدت الاسس النظرية والمحددات التالية :

١. لكل عنصر في المنشأ تم تحديد معالم التصميم والشروط الحدودية (boundary conditions)

٢. نسبة حديد تسليح عموديا وأفقيا ($\rho = 0.0025$) لكل وجه من اوجه الجدار الخلفي والجدران الجانبية. حيث يؤكد (1964, Roy et al) ان وجود حديد التسليح في منطقة الانضغاط يحسن مقاومة العضو الانشائي للدوران .

٣. اعتماد المقاومة الاستاتيكية للمواد في التصميم (static design strength for materials).

٤. إيجاد علاقة لمنحني الهبوط والمقاومة للجدار الخلفي والجدران الجانبية: أ- حساب (dynamic design strength) المقاومة التصميمية الديناميكية للحديد والخرسانة وكما في جدول (1).

ب- حساب أقصى عزم موجب وسالب للمقطع أفقيا وعموديا (بعد فرض سمك العنصر).
ت- اعتماد مبادئ التحليل اللدن.

ث- إيجاد المنحني المكافئ (المقاومة_الهبوط) لكل من الجدار الخلفي والجدران الجانبيان.

٥. تحديد درجة الحماية المطلوبة ، وتكون عادة بدلالة نسبة المطيلية (ductility ratio) X_M/X_E والتي هي النسبة بين أقصى هبوط مسموح إلى الهبوط في نهاية مرحلة المرونة وذلك للتدمير المعتدل المتوسط (moderate damage) النسبة هي (2 إلى 3) (1982, Watson et al ; 1969, TM5-1300).

٦. تفاصيل خاصة لحديد التسليح المتعرج وكذلك لربط مفاصل الجدران الجانبية والخلفية مع السقف لتأمين الترابط لحديد التسليح ومع مكونات عناصر السقف والجدران الجانبية والخلفية وبما يضمن مقاومتها لاجهادات الشد القطري وتوزيع الاحمال والذي يكون عموديا او افقيا على مسند العنصر الإنشائي (1976,Dobbs&COHEN;1969,Keenan) وفق المحددات التالية :

أ- ان كمية حديد القص المتعرج تعتمد على سعة العنصر الإنشائي لكن حجم مقطع الحديد المتعرج هو دالة لمساحة الحديد والمسافة (spacing) المطلوبة .
ب- ان الحديد المتعرج يجب ان يوضع بشكل عمودي على مسند العضو الإنشائي .
ت- يجب ان يصنع بدون تركيز في الاجهاد على نقاط الثني وبدون استخدام الحرارة في ثنيه .

ث- نصف قطر زاوية الثني للحديد المتعرج يجب ان يكون اقل من ثلاث مرات قطر الحديد المتعرج .

ج- ان الوصل (splice) بين الحديد المتعرج يجب ان لا يقل طوله عن (٤٠ × قطر الحديد المتعرج) وان تطوى هذه الوصل على الاقل على ثلاث نقاط لحديد انثناء مستعرض .

ح- ان طول الحديد المتعرج (Le) بين نقطتي ثني وزاوية ميلانه بحسب العلاقة

$$Ll = Sl - (2Rl + Do) \sin \alpha / \cos \alpha + \pi (2Rl + Do) (\alpha / 180)$$

٧. التحليل الديناميكي:

أ- عندما يكون ضغط العصف اقل من (٢٠٠ باوندا انج)^(٢) ٣٧٩، نيوتن/مم^٢ يجب أن

يستخدم التحليل الديناميكي لعلاقة ضغط العصف مع الزمن حيث يتم تحويل العنصر الإنشائي إلى نظام مكافئ ذي درجة حرية حركة احادية

■ تحويل العلاقة بين ضغط العصف والزمن الفعلي المسلط إلى صيغة مكافئة له .
■ ايجاد نسبة ومعامل المطيلية، فإذا كانت اكبر من المعدل المعتمد فانه يتم زيادة سمك الجدران الجانبية والخلفية .

■ يتم ايجاد المقاومة لنسبة مطيلية مقبولة من منحنى العلاقة ما بين المقاومة والهبوط لذلك العنصر (الجدران الجانبية او الخلفية) .

- بالاعتماد على قيمة المقاومة من منحني الهبوط والمتانة يتم حساب اجهاد القص المقابلة للسبك المؤثر (at distance d) وباستخدام نظرية خط الخضوع ثم مقارنة النتائج مع الحدود المسموح بها فاذا كانت اجهادات القص اكبر من الحدود المسموح بها فانه يتم اعتماد حديد قص متعرج (lacing) .
- ب- إذا كان ضغط العصف اكبر من (٢٠٠ باوند / انج ٢) فإن العنصر (الجار الخلفي والجدران الجانبية) يجب ان يصمم لمقاومة الدافع (impulse) بالإضافة إلى دالة (pressure-time) لذلك فان لهذا المستوى العالي من الضغط فالمصادر توصي باعتماد أبحاث علمية ونظرية يجب ان تعتمد لها; 1300-TM5-1969, (1986, TM5-855-1; 2001, Ching, et al; 2001, Paz et al; 2004, dari)
٨. لمنع التقشر (scabbing) فإن أقصى درجة دوران للمسند مسموح بها هي 5° حيث ان المصدر (1969, TM5-1300) اوصى باعتماد الحديد المتعرج عندما يتعرض المسند الى تدوير اكثر من ٢٠°.

النتائج العملية

- قبل إجراء التجربة تم صبغ المنشأ بصبغ بنتيللايت ابيض لملاحظة التشققات بوضوح، بعد حصول عمر الخرسانة (28) يوم تم نصب مقياس انحراف في المناطق التي يحتمل ان تتعرض الى اعلى هبوط في الجدران الجانبية والجدار الخلفي وهو المقياس من نوع (stopper dial gage) كما موضحة في شكل (١) (2)، تم وضع شحنة زنة ١,٥ كغم (٣,٣١ باوند) وعلى ارتفاع (٣,٢٨ قدم) ١م عن الارضية وعلى بعد (٥,٤١ قدم) من الجدار الخلفي والجدران الجانبية وهذه الوضعية تتلائم مع ما يخزن من هذه المادة في المخازن (1969, TM5-1300) بعد الفحص لم يحصل انهيار للمنشأ وكذلك لم يحصل تطاير (scabbing) او تشظية (spalling) من الوجه الداخلي او من الوجه الخارجي للجدار الخلفي والجدران الجانبية لجزء المنشأ وقد دونت النتائج التالية:
١. أقصى هبوط لحظي (متبقي) (residual deflection) كما موضح في جدول (2) للجدار الخلفي والجدران الجانبية.
 ٢. التشققات واكثر تشقق متبقي موضح في جدول (3) للجدار الخلفي والجدران الجانبية للمنشأ.
 ٣. أقصى مسافة لتشظية الطابوق هي بحدود ٥٠ م (١٦٤ قدم) امام فتحة المنشأ المبني بالطابوق الذي موضح بالشكل (٢) (١) واكثر سمك لتشظية الطابوق هو (٠,٣٩ قدم) ١٢ سم .

الحسابات النظرية (التحليل والتصميم)

١ - الجدار الخلفي :

وزن الحشوة $W = 3.31$ باوند $= 1.5$ كغم.

معدل ارتفاع الجدار الخلفي (back wall) عن مستوى الارض $= (8.52 \text{ قدم}) = ٢,٦$ متر.

مقاومة انضغاط الخرسانة $(f'c) = (٣٠٠٠ \text{ باوند } ١ \text{ انج } ٢) = ٢٠,٧٠$ نيوتن $١ \text{ ملم } ٢$.

مقاومة الحديد للخضوع $(fy) = (٦٠٠٠٠ \text{ باوند } ١ \text{ انج } ٢) = ٤١٣$ نيوتن $١ \text{ ملم } ٢$.

معامل المطيلية (Ductility ratio) $= ٢,٠$ طبقا لمتطلبات مصدر التصميم (1969, TM5-1300).

موقع الحشوة بالنسبة للجدار $(RA) = (٥,٤١ \text{ قدم}) = ١,٦٥$ متر.

طول الجدار $(L) = (١٠,٨٢ \text{ قدم}) = ٣,٣$ متر.

ارتفاع الجدار $(H) = (٨,٥٢ \text{ قدم}) = ٢,٦$ متر.

ارتفاع الحشوة عن اقرب مصد $(h) = (٣٠,٢٨ \text{ قدم}) = ١$ متر.

بعد الحشوة عن اقرب مصد جانبي $(l) = (٥,٤١ \text{ قدم}) = ١,٦٥$ متر.

الشكل (٣) يوضح مسقط افقي ومقطع عمودي وموقع الحشوة للجدار الخلفي.

لإيجاد ضغط العصف ، الزمن واستمرار فترة العصف.

$$ZA = RA/W^{1/3} = 5.41/(3.31)^{1/3} = ٤ \text{ ft/1b} = 0.234 \text{ M/N}$$

$$I/L = 0.5$$

$$h/H = 0.38$$

$$L/H = 1.26$$

$$L/RA = 2.06$$

ومن قيم مختلفة اكثر من و اقل من $(I/L, h/H, L/H)$ موجودة في الاشكال (٨,٧,٦,٥,٤) حيث

يتم اسقاط قيم L/R على منحنى قيمة ZA للحصول على $i b$ الملائمة ومن المخططات المشار

اليها اعلاه ولقيم مختلفة من h/H يمكن قراءة قيم مختلفة من $i b$ ولقيمة $I/L = ٠,٥$ المطلوبة

وبعملية الاندراج (interpolation) يمكن ايجاد $i b = ١٢٠$ — $h/H = ٠,٣٨$ المطلوبة

$$i b = 120 \text{ psi} \cdot \text{m sec.} / w^{(1/3)}$$

ومن شكل رقم (٩) (1969, TM5-1300) ومن قيمة $z = ٣,٣٢$ يتم ايجاد قيمة

$$(tA)A/w^{1/3} = 0.68$$

وهو زمن الحمل المسلط على اقرب نقطة على الجدار

$$(tA) A = 1.49 * 0.68 = 1.013 \text{ millisecond}$$

امد الحمل على الجدار الخلفي:

لإيجاد الزمن (Duration) أو فترة استمرار موجة العصف على بعد نقطة من الجدار الخلفي
 $R = [(h)^2 + (RA)^2 + (H-h)^2]^{1/2} = [(5.41)^2 + (5.41)^2 + (8.52-3.28)^2]^{1/2} = (9.28 \text{ ft}) 2.82 \text{ m}$
 المسافة من نقطة العصف الى ابعء نقطة في الجدار

معامل البعد لاقصى نقطة من الجدار عن مركز العصف $Z = R/W^{1/3} = 9.28/1.49 = (6.22 \text{ ft/lb}) 0.425 \text{ m/k}$

ومن الشكل (٩) (1969, TM5-1300) يتم ايجاد

وهو زمن تسليط الحمل لموجة العصف على ابعء نقطة من الجدار
 $t_A F/W^{1/3} = 3.16 \text{ millisecond}$

معامل تم الحصول عليه من الشكل ليمثل اقصى امد بقاء لموجة العصف على الجدار

$t_0/W^{1/3} = 1.35$

$t_A F = 3.16$

$t_0 F/W^{1/3} = 1.35$

$t_0 F = 1.49 * 1.35 = 2.01 \text{ millisecond}$

اقصى امد بقاء لموجة على الجدار الجانبي $t_0 = t_A F - t_A A + 1.5 t_0 F = \text{Duration}$

$t_0 = 3.16 - 1.074 + 1.5 (2.13) = 5.1 \text{ millisecond}$

$i_b = i_b * \text{weight of charge}$

$i_b = 120 * 3\sqrt{3.31} = 178.8 \text{ psi millisecond}$

$p_0 = 2 * i_b / t_0 = 2 * 178.8 / 5.1 = (70.12 \text{ psi}) 0.483 \text{ Mpa}$

والشكل (١٠) يوضح طبيعة العلاقة بين ضغط العصف و امد بقاءه.

اختيار المقطع العرضي للجدار الخلفي

بما ان ضغط العصف = (٧٠,١٢ باوند/انج^٢) (٠,٤٨٣ نيوتن / ملم^٢) لذلك فهو معتدل لانه

اقل من (٢٠٠ باوند / انج^٢) (١,٣٧٩ نيوتن / ملم^٢) لو فرضنا ان سمك الجدار الخلفي ٢٥ سم

= ٠,٨٢ قدم ونسبة حديد التسليح = ٠,٠٠٢٥

Depth at positive Horizontal [dp)H] = (0.699 ft) 212 mm

Depth at negative Horizontal [dn)H] = (0.734 ft) 223 mm

Depth at positive vertical [dp)V] = (0.629 ft) 191 mm

Depth at negative vertical [dn)V] = (0.695 ft) 211 mm

Average = (0.682 ft) 207 mm

$A_s = 0.0025 * 12 * 0.734 * 12 = \rho_{bd} = (0.264 \text{ inch}^2) 170.3 \text{ mm}^2$

لذلك يتم استعمال حديد تسليح قطر (نصف انج) ١٢ ملم لكل (٧,٩ انج) ٢٠ سم مسافة ما بين حديد التسليح وكما موضح في الشكل (١١).

عمق محور الاجهاد :

$$a = A_s * f_{ds} / 0.85 b f_{dc}'$$

$$a = 0.264 * 60000 * 1.1 / 0.85 * 12 * 1.25 * 3000 = (0.472 \text{ inch}) 12 \text{ mm}$$

$$M = A_s * f_{ds} (d - a / 2) / b \quad \text{Ultimate moment capacity}$$

علما ان b هي عرض الوجه المعرض للانضغاط = ١٢ انج

Moment at Positive edge horizontally [MP]H=(11326 lb in/in)50822N.m/m

Moment at Negative edge horizontally [MN]H=(12459 lb in/in)55956 N.m/m

Moment at Positive edge Vertically [MP]V=(10629 lb in /in)47742 N.m/m

Moment at Negative edge Vertically [MN]V=(11779 lb in/in)52876 N.m/m

موقع خط الخضوع:

يتم ايجاده من خلال شكل (12) (1969,TM5-1300) ومن العلاقة :

$$L/H [(MN)V+MP)V/(MN)H+MP)H]^{1/2} = 1.23$$

$$X/L = 0.45$$

$$X = 0.45 * 10.82 = (4.9 \text{ ft}) 1.5 \text{ m} .$$

والشكل (١٣) يبين طبيعة وموقع خطوط الخضوع (الفتل) للجدار .

ومن جدول (٤) (1969,TM5-1300) يتم ايجاد قيمة Ru حيث انه يغطي جميع العزوم اعلاه

$$Ru = 5[(MN)H+MP)H]/(X)^2 = 5(12459+11326)/(4.92)^2 = (٣٤,٤ \text{ lb/ft}^2) 237284 \text{ N/m}^2$$

Or

$$Ru = 8[(MN) V+MP)V]/(3X-L)/H^2 (3L-4X) = (37.18 \text{ lb/ft}^2) 256468 \text{ N / m}^2$$

$$Ec = w^{1.5} * 33 * \sqrt{f_{c'}}$$

$$= (3528415 \text{ psi}) 22376 \text{ Mpa}$$

Es= Modulus of elasticity of steel

$$= (29 * 10^6 \text{ psi}) 200000 \text{ Mpa}$$

$$n = Es/Ec = 9, I_g = (3123 \text{ inch}^4) 0.0013 \text{ m}^4 = \text{gross moment of inertia}$$

$$= A_s / b d = 0.264 / 12 * 0.682 * 12 = 0.0026 \rho$$

ثم من الشكل (١٤) (1969,TM5-1300). يتم الحصول على المعامل F (coefficient) 0.018

$$I_c = F * b * d^3 = 0.018 * 12 * (0.682)^3 = (389 \text{ inch}^4) 0.000162 \text{ m}^4$$

Moment of inertia for cracked section:-

$$I_a = (I_g + I_c) / 2 = 389 + 3126 / 2 = (3515 \text{ inch}^4) 0.000731 \text{ m}^4 \text{ Average moment of inertia}$$

ثم من خلال العلاقة ما بين معدل عزم القصور والمعامل $0.78=H/L$ ومن الشكل (١٥)

(1969,TMs-1300) يتم إيجاد الهبوط والعزوم لعنصر جدار مسلح باتجاهين

Determination of the actual and equivalent (R-X) function in the elasto – plastic region.

$\beta_1H = 0.0225, \beta_2 = 0.056, \beta_3 = 0.068, \gamma_1 = 0.00188, \beta_{1v} = 0.0325, r = M/BH$

	MP)H β_1H	MN)H β_2	MN)V β_3	MP) V β_{1v}
Value of Re (lb/inch ²) N/m ²	(11326) 50822/0.0225H ²	(12459)55956/ 0.056H ²	(11779)5287 6/0.068H ²	(10629)477 42/0.0325H ²
	(503377)225875 5/H ²	(415300)9992 14/H ²	(214264)777 588/H ²	(366517)14 68984/H ²

$Re=M/\beta *H^2=11779/0.68*(8.52*12)^2=(16.68\text{psi})115027 \text{ N/m}^2$ the first yield at point (3)

MN)H at point (2) = $0.056*16.68(8.52)^2*144 = (9764 \text{ ib in/in}) 43544 \text{ N.m/m}$

MP)V At point (1) = $0.0325*16.68 (8.52)^2 *144 = (5666 \text{ ib in/in})25271 \text{ N.m/m}$

MPH At point (1) = $0.0225*16.68 (8.52)^2*144 = (3923 \text{ ib in/in})17495 \text{ N.m/m}$

والشكل (١٦) يمثل مواقع العزوم والمعاملات المؤثرة على حدود الجدار.

$D = \text{flexural Rigidity} = E_c I_a / b(1-v^2) = (13256243 \text{ ib ft}) 17974567 \text{ N.m}$

$X_e = \gamma - Re - H^4 / D = 0.0018$ Deflection at first yield

$= 0.0018*16.68*(8.52)^4*(12)^3/13256243$

$= (0.02 \text{ inch}) 0.508 \text{ mm}$ الهبوط عند أول خضوع

خواص الجدار الخلفي عند ثاني خضوع :

بعد أول خضوع تفرض الحالات التالية وحسب متطلبات المصدر (1969,TMs-1300):

Two opposite edges simple supported and two edges fixed.

إذا من الشكل (١٧) (1969,TM5-1300) ومن العلاقة $H/L = 0.78$ يتم إيجاد معاملات

الجسنة التالية :-

$\beta_{1v}=0.0255, \beta_2=0.057, \beta_1H=0.026, \gamma_1=0.0014, v=0.3$

$$\begin{aligned}\Delta M \text{ at point (2)} &= 12459 - 9764 = (2695 \text{ lb.in / in})12412 \text{ N.m/m} \\ \Delta M \text{ at point (1)} &= 10629 - 5666 = (4963 \text{ lb.in/in})22471 \text{ N.m/m} \\ \Delta M \text{ at point (1) H} &= 11326 - 3923 = (7403 \text{ lb.in/in})33327 \text{ N.m/m} \\ \Delta R (2) &= \Delta M2 / \beta 2H^2 = 2695 / 0.057(10.82)^2 * 144 = (2.89 \text{ psi})19995 \text{ N/m}^2 \\ \Delta R (1) V &= \Delta M1 / \beta 1H^2 = 4963 / 0.0255 * (10.82)^2 * 144 = (11.73 \text{ psi})80919 \text{ N/m}^2 \\ \Delta R (1) H &= \Delta M1 / \beta 1H^2 = 7403 / 0.026 * (10.82)^2 * 144 = (17.06 \text{ psi})117705 \text{ N/m}^2 \\ \text{So second yield at point (2)}\end{aligned}$$

$$R_{ep} = R_e + \Delta R$$

$$R_{ep} = 16.68 + 2.89 = (19.57 \text{ psi})135022 \text{ N/m}^2$$

الحمل المؤدي الى اول خضوع في المرحلة المرنة-اللينة. الشكل (١٨) يوضح مواقع العزوم المؤثرة في تلك المرحلة

$$\begin{aligned}MH \text{ at point (1)} &= 0.026 * 2.89 * (10.82)^2 * 144 = (1273 \text{ lb.in / in})5661 \text{ N.m/m} \\ MV \text{ at point (1)} &= 0.0255 * 2.89 * (10.82)^2 * 144 = (1248 \text{ lb.in / in})5552 \text{ N.m/m} \\ \Delta MH (1) &= 7403 - 1273 = (6130 \text{ lb.in / in})27666 \text{ N.m/m} \\ \Delta MV (1) &= 4963 - 1248 = (3715 \text{ lb.in / in})16919 \text{ N.m/m} \\ D &= 13256243 \text{ lb.ft} \\ \Delta X &= \gamma_1 * \Delta R * H^4 / D = 0.0014 * 2.89 * (10.82)^4 * (12)^3 / 13256243 = (0.00727 \text{ in})0.0001847 \text{ m} \\ X_{ep} &= x_e + \Delta x = 0.02 + 0.00727 = (0.0288 \text{ in})0.000734 \text{ m}\end{aligned}$$

الخضوع النهائي أو (الخضوع الثالث):

بعد ثاني هبوط يصبح الجدار ذو مسند بسيط من جهاته الاربعه (1969, TMs-1300) فمن شكل (19) (1969, TM5-1300) ومن خلال اعتماد $H/L = 0.78$ يتم ايجاد معاملات الجسائة التالية

$$\beta 1V = 0.068, \gamma_1 = 0.00625, \beta 1H = 0.051$$

$$R_u = (34.4 \text{ psi}) 0.237 \text{ Mpa}$$

تم ايجادها من جدول (٤)

$$\begin{aligned}MH1 &= 1273 + 3923 = (5196 \text{ lb.in / in})23156 \text{ N.m/m} \\ MV1 &= 1248 + 5666 = (6914 \text{ lb.in / in})30823 \text{ N.m/m} \\ (\Delta R)H1 &= 5163 / 0.051 (10.82)^2 * 144 = (6.04 \text{ psi})41693 \text{ N/m}^2 \\ (\Delta R)V1 &= 3715 / 0.068 * (10.82)^2 * 144 = (3.24 \text{ psi})48799 \text{ N/m}^2 \\ R_{ep'} &= R_{ep} + \Delta R = 19.57 + 3.24 = (22.81 \text{ psi})176715 \text{ N/m}^2\end{aligned}$$

وهي مقاومة الجدار لاحمال العصف عندما يفشل وتصبح عوامل الجسائة غير مؤثرة وتبقى

عوامل الجسائة مؤثرة لمقاومة احمال العصف في المرحلة اللينة

$$\Delta X = 0.00625 * 3.24 * (10.82)^4 * (12)^3 / 13256243 = (0.036 \text{ in}) 0.00171 \text{ m} .$$

$$X_{\bar{ep}} = X_{ep} + \Delta X = 0.0288 + 0.036 = (0.0648 \text{ in})0.00244 \text{ m} .$$

$$\Delta R = R_u - R_{ep} = 34.4 - 22.8 = (11.59 \text{ psi}) 60569 \text{ N/m}^2.$$

$$\Delta X = \gamma_1 * \Delta R * H^4 / D = 0.00625 * 11.59 * (10.82)^4 * (12)^3 / 13256243 = (0.129 \text{ in}) 0.00249 \text{ m}.$$

$$X_p = X_{ep} + \Delta X = 0.096 + 0.036 = (0.165 \text{ in}) 0.00493 \text{ m}.$$

$$X_E = X_e (R_{ep} / R_u) + X_{ep} (1 - R_e / R_u) + X_p (1 - R_{ep} / R_u)$$

$$X_E = 0.02(19.57/34.4) + 0.0288*(1-16.68/34.4) + 0.165(1-19.57/34.4) = (0.097 \text{ in}) 0.0028159 \text{ m}$$

حيث يمثل X_E الهبوط المكافئ المستنتج للجدار الخلفي والشكل (٢٠) يوضح منحنى الحمل - الهبوط للجدار الخلفي

$$K_E = R_u / X_E = 34.4 / 0.097 = (354.6 \text{ lb} / \text{in}^3) 84292718 \text{ N/m}^3 \text{ Equivalent stiffness} = \text{effective mass of element}$$

من جدول (٥) (1969, TM5-1300) يتم إيجاد :-

Effective mass of element:-

$$K_{LM} \text{ elastic} = 0.65 - 0.16(L/2H-1) = 0.653$$

$$K_{LM} \text{ elasto-plastic} = 0.65 - 0.186(L/2H-1) = 0.65$$

$$K_{LM} \text{ plastic} = 0.6$$

$$K_{LM} \text{ average} = 0.635$$

$$\text{Unit mass} = \text{weight of concrete} * T_c / g = 150 * 0.82 * 10^6 / 32.2 * (12)^3 \\ (= 2210.5 \text{ lb.mille.second}^2 / \text{in}^3) 600 \text{ kg/m}$$

$$\text{Natural period} = T_n = 2 * \pi [(\text{unit mass}) * K_{LM} / K]^{1/2} \\ = (2 * 3.14 * 403.3 * 0.635 / 536198.4)^{1/2}$$

$$T_n = 15.67 \text{ mill second}$$

$$T_0 / T_n = 5.07 / 15.67 = 0.336$$

$$P_0 / R_u = 70.1 / 34.4 = 2.08$$

ثم من العلاقة ما بين T_0 / T_n و P_0 / R_u من الشكل (21) (1969, TM5-1300) يتم إيجاد TM/T_n و XM/X_E :

$$XM/X_E = 2.85$$

$$XM = 2.85 * 0.097 = (0.276 \text{ in}) 0.00699 \text{ m}.$$

اقصى هبوط عابر (وقتي)

$$TM/T_n = 0.52$$

$$T_m = 0.52 * 15.67 = 8.14 \text{ mille. second}$$

$$TM/T = 8.14 / 5.28$$

$$3 > T_m/T > 0.1$$

Correct procedure was used

إيجاد الشد القطري على مسافة (d) من نقطة الاسناد:

$$De/x = 0.734/4.92 = 0.143$$

ثم من جدول (٦) (1969, TM5-1300) يتم إيجاد أقصى إجهاد قص افقي من المعادلة التالية:

$$VUH = 3Ru(1-2de/H)(2-X/L-2de X/LH)/de/L(3-X/L-8de X/LH) = 120psi$$

ثم يتم إيجاد أقصى إجهاد قص بالاتجاه العمودي ومن نفس الجدول اعلاه.

$$De/H = 0.734/8.52 = 0.086$$

$$VUV = [3Ru(0.5-de/H)(1-X/L-2DeX/HL)]/[de/H(3-X/L-8DeX/HL)] =$$

$$(17.5psi)0.12 N/mm^2$$

$$Vc = \Phi[1.9(F_c)^{0.5} + 2500As/bd] = (95psi)0.655 Mpa$$

$VUH > Vc$: lacing is required horizantlly

$VUV < Vc$ lacing is not required vertically

تصميم حديد القص المتعرج:

لتصميم الحديد المتعرج الافقي فالمسافة بين حديد الانثناء المستعرض (S_1) تساوي 20 سم

(7.87inch) والمسافة بين مركزي حديد الانثناء الطولي (d_1) تساوي (8.74inch) ٢٢ سم .

نفرض ان الحديد المتعرج هو بقطر (D_0) مساويا (3/8inch) ١٠ ملم

$$\text{Min. } R_1 = 3D_0 = 3 \times 3/8inch = (9/8inch) 29 \text{ mm}$$

$$S_1 / d_1 = 7.87/8.74 = 0.9$$

$$(2 \times R_1 + D_0) / d_1 = 0.3$$

من شكل (٢٢) (1969, TM5-1300) يتم إيجاد α والتي تساوي 52° .

$$Av = (VUH - Vc) \times d_1 \times S_1 / \Phi \times Fs(\sin \alpha + \cos \alpha) =$$

$$((120-95) \times 8.74 \times 7.87) / 0.85 \times 60000(0.788 + 0.615) = (0.0244in^2) 15.7 \text{ mm}^2$$

$$\text{min. } Av = 0.0015 \times b_1 \times S_1 = 0.0015 \times 7.87 \times 7.87 = (0.093 in^2) 60 \text{ mm}^2$$

يتم استخدام حديد قطر (3/8in) ١٠ ملم الذي يحقق مساحة تساوي (0.11in²) ٧٠,٩ ملم^٢

تفاصيل عامة عن حديدي القص المتعرج وكذلك ما تم تنفيذه في البحث من الية ربط ما بين

الجدران الجانبية والجدار الخلفي بالاضافية الى حديد الانثناء في وجهي الجدار موضح في

الاشكال (٢٣، ٢٤، ٢٥، ٢٦)

٢- الجدران الجانبية :

الشكل (٢٧) يوضح مسقط افقي ومقطع عمودي في الجدار الجانبي وموقع الحشوة.

وزن الحشوة $W = (3,31 \text{ باوند}) 1,5 \text{ كغم}$.

معدل ارتفاع الجدار الجانبي (side wall) عن مستوى الارض = (٨,٥٢ قدم) ٢,٦ متر .
 مقاومة انضغاط الخرسانة (fc) = (٣٠٠٠ باوند / انج²) (٢٠,٧ نيوتن / ملم²) .
 مقاومة الحديد للخضوع (fy) = (٦٠٠٠٠ باوند / انج²) (٤١,٤ نيوتن / ملم²) .
 معامل المطيلية (Ductility ratio) = ٢,٠ طبقا لمتطلبات مصدر التصميم (1969, TM5-1300).
 موقع الحشوة بالنسبة للجدار (RA) = (٥,٤١ قدم) ١,٦٥ م .
 طول الجدار (L) = (٨,٥٢ قدم) ٢,٦ متر .
 ارتفاع الجدار (H) = (١٠,٨٢ قدم) 3.3 متر .
 ارتفاع الحشوة عن اقرب مصد (h) = (٥,٤١ قدم) ١,٦٥ متر .
 بعد الحشوة عن اقرب مصد جانبي (l) = (٣,٢٨ قدم) ١ متر .
 لإيجاد ضغط العصف ، الزمن واستمرار فترة العصف .

$$ZA = RA/W^{1/3} = 5.41/(3.31)^{1/3} = (3.63 \text{ ft/lb}) 0.234 \text{ m/N}$$

$$I/L = 0.83$$

$$h/H = 0.5$$

$$L/H = 0.78$$

$$L/RA = 1.57$$

ومن قيم مختلفة اكثر من و اقل من (L/H , I/L) تم اسقاطها على المخطط شكل رقم (28)
 للحصول على i b الملائمة ومن المخططات المشار اليها اعلاه ولقيمة h/H = ٠,٧٥ و N = ٣
 يمكن قراءة قيم مختلفة من i b ولقيمة I/L = ٠,٣٨ المطلوبة وبعملية الاندراج

$$(\text{interpolation}) \text{ يمكن ايجاد } i b = 90 \text{ لـ } h/H = 0.75$$

$$i b = 90 \text{ psi} \cdot \text{m sec.} / w^{(1/3)}$$

ومن شكل رقم (9) (1969, TM5-1300) ومن قيمة z = ٣,٣٢ يتم ايجاد قيمة (tA) A/w^(1/3) = 0.64
 (tA) A = 1.49 * 0.64

$$= 0.95 \text{ millisecond} \quad \text{وهو زمن الحمل المسلط على اقرب نقطة على الجدار}$$

امد الحمل على الجدار الخلفي :

لإيجاد الزمن (Duration) او فترة استمرار موجة العصف على ابعاد نقطة من الجدار الجانبي
 $R = [(h)^2 + (RA)^2 + (H-h)^2]^{1/2} = [(5.41)^2 + (5.41)^2 + (10.82-5.41)^2]^{1/2} = (9.23 \text{ ft}) 2.82 \text{ m}.$
 المسافة من نقطة العصف الى ابعاد نقطة في الجدار
 معامل البعد أقصى نقطة من الجدار عن مركز العصف

$$Z = R/W^{1/3} = 9.23/1.49 = (6.17 \text{ ft/lb}) 0.425 \text{ m/N}$$

ومن الشكل (9)(1969,TM5-1300) يتم ايجاد

وهو زمن تسليط الحمل لموجة العصف على ابعد نقطة من الجدار

$$t_A)F/W^{1/3}=3.16 \text{ millisecond}$$

معامل تم الحصول عليه من الشكل ليمثل اقصى امد بقاء لموجة العصف على الجدار

$$t_o)F/W^{1/3} = 1.3$$

$$t_A)A = 0.98$$

$$t_A)F = 3.16$$

$$t_o)F = 1.49 * 1.3 = 1.93 \text{ millisecond}$$

اقصى امد بقاء لموجة على الجدار الجانبي $t_o = t_A)F - t_A)A + 1.5$ to)F = Duration

$$t_o = 3.16 - 0.98 + 1.5 (1.93) = 5.07 \text{ mille. Second}$$

$$p_o = 2 * ib / t_o = 2 * 92 * 1.49 / 5.07 = (54.07 \text{ psi}) 0.3728 \text{ Mp}$$

والشكل (٢٩) يوضح طبيعة العلاقة بين ضغط العصف و امد بقاءه.

اختيار المقطع العرضي للجدار الجانبي

بما ان ضغط العصف = (٥٤,٠٧ بلوند/انج^٢) ٠,٣٧٢٨ نيوتن/مم^٢ لذلك فهو معتدل لانه اقل من (٢٠٠ بلوند/انج^٢)

١,٣٧٩ نيوتن/مم^٢ لو فرضنا ان سمك الجدار الجانبي = (٠,٨٢ قدم) ٢٥ سم ونسبة حديد التسليح = ٠,٠٠٢٥

Depth at positive Horizontal [dp)H] = (0.699 ft) 20.4 cm

Depth at negative Horizontal [dN) H] = (0.734 ft) 22.4 cm

Depth at positive vertical [dp)V] = (0.629 ft) 19.2 cm

Depth at negative vertical [dN)V] = (0.695 ft) 21.2 cm

Average = (0.682 ft) 20.8 cm

$$As = 0.0025 * 12 * 0.734 * 12 = \rho \text{ bd} = (0.264 \text{ inch}^2) 5.6 \text{ cm}^2$$

لذلك يتم استعمال حديد تسليح قطر (نصف انج ١٢ سم لكل (٧,٩ انج) ٢٠ سم مسافة ما بين حديد

التسليح وكما موضح في الشكل (٣٠).

عمق محور الاجهاد

$$a = As * f_{ds} / 0.85 b f_{dc}'$$

$$a = 0.264 * 60000 * 1.1 / 0.85 * 12 * 1.25 * 3000 = (0.472 \text{ inch}) .012 \text{ m}$$

$$M = As * f_{ds} (d - a / 2) / b \quad \text{Ultimate moment capacity}$$

علما ان b هي عرض الوجه المعرض للانضغاط = ١٢ انج

Moment at Positive edge horizontally [MP)H] = (11326 lb in/in) 50822 N.m/m

Moment at Negative edge horizontally [MN)H] = (12459 lb in/in) 55956 N.m/m

Moment at Positive edge vertically [MP)V] = (10629 lb in /in) 47742 N.m/m

Moment at Negative edge vertically [MN)V] = (11779 lb in/in) 52876 N.m/m

موقع خط الخضوع:

من خلال شكل (٣١) (1969, TM5-1300) ومن العلاقة يتم ايجاده:

$$L/H [(MN)V + MP)V / (MN)H + MP)H]^{1/2} = 0.764$$

$$Y/H = 0.63$$

$$Y = 0.63 * 10.82 = (5.5 \text{ ft.}) 1.673 \text{ m}$$

والشكل (٣٢) يبين طبيعة وموقع خطوط الخضوع (الفشل) للجدار:

ومن جدول (4) (1969, TM5-1300) يتم ايجاد قيمة Ru

$$Ru = 5[(MN)V + MP)V] / (Y)^2 = (25.75 \text{ psi}) 1.776 \text{ Mpa}$$

حيث انه يغطي جميع العزوم اعلاه

Or

$$Ru = 4[(MNH + MPH) * (6H - Y) / L(8H - 2Y)] = (25.39 \text{ psi}) 175187 \text{ N/m}^2$$

$$Ec = w^{1.5} * 33 * \sqrt{fc'}$$

$$= (3528415 \text{ psi}) 22376 \text{ Mpa}$$

Es = Modulus of elasticity of steel

$$= (29 * 10^6 \text{ psi}) 200000 \text{ Mpa}$$

$$n = Es / Ec = 9, Ig = (3123 \text{ inch}^4) = \text{gross moment of inertia}$$

$$= As / bd = 0.264 / 12 * 0.682 * 12 = 0.0026 \rho$$

ثم من الشكل (١٤) (1969, TM5-1300) نحصل على المعامل F = 0.018 (coefficient)

$$Ic = F * b * d^3 = 0.018 * 12 * (0.682)^3 = (389 \text{ inch}^4) 0.000162 \text{ m}^4$$

Moment of inertia for cracked section:-

$$Ia = (Ig + Ic) / 2 = 389 + 3126 / 2 = (3515 \text{ inch}^4) 0.000731 \text{ m}^4 \text{ Average moment of inertia}$$

ومن الشكل (٣٣) ايجاد (1969, TM5-1300) ثم من خلال العلاقة ما بين معدل عزم

القصور والمعامل $H/L = 1.26$ يتم ايجاد العلاقة (R-X) العلاقة الدالية ما بين المكافئة والفعلية

في المنطقة المرنة - اللدنة.

Determination of the actual and equivalent (R-X) function in the elasto - plastic region.

$$\beta_1 = 0.029, \beta_2 = 0.055, \beta_3 = 0.03, \gamma_1 = 0.002, \nu = 0.3, R = M/B(H)^2$$

	$MN)H$ β_2	$MN)V$ β_3	$MP)V$ β_1V
Value of	(12459) 55956 / 0.03H ²	(11779) 52876 / 0.055H ²	(10629) 47742 / 0.029H ²
Re (ib/in ²) N/m ²	(415300) 1865200 / H ²	(214164) 961381 / H ²	(366517) 1646275 / H ²

$Re = M / \beta * H^2 = 11779 / 0.055 * (10.82 * 12)^2 = (12.7 \text{ psi}) 88281 \text{ N/m}^2$ the first yield at point (2)

MN) V at point (3) = $0.03 * 12.7 (10.82)^2 * 144 = (6423 \text{ lb in/in}) 28841 \text{ N/m}^2$

MP) V At point (1) = $0.029 * 12.7 (10.82)^2 * 144 = (6209 \text{ lb in/in}) 27880 \text{ N/m}^2$

والشكل (٣٤) يمثل مواقع العزوم والمعاملات المؤثرة على حدود الجدار الجانبي.

$D = \text{flexural Rigidity} = E_c I_a / b (1 - \nu^2) = (12407843 \text{ lb.ft}) 16824194 \text{ N.m}$

$X_e = \gamma - Re - H^4 / D = 0.0018$ Deflection at first yield

$= 0.0018 * 16.68 (8.52)^4 / 12407843$

$= (0.048 \text{ inch}) 0.00124 \text{ m}$

الهبوط عند أول خضوع

خواص الجدار الجانبي عند ثاني خضوع :

بعد أول خضوع نفرض الحالات التالية وحسب متطلبات المصدر (1969, TM5-1300)

Two opposite edges fixed, one edges free and one edge simple supported
من الشكل (٣٥) (1969, TM5-1300) ومن العلاقة $H/L = 1.26$ اذا يتم ايجاد معاملات الجسائنة

التالية :-

$\beta_1 = 0.073, \beta_3 = 0.078, \gamma_1 = 0.0056, \nu = 0.3$

والشكل (٣٦) يمثل موقع العزوم المؤثرة في المرحلة المرنة - اللدنة.

ΔM at point (3) = $12459 - 6423 = (6033 \text{ lb.in /in}) 27115 \text{ N.m/m}$

ΔM at point (1) = $10629 - 6209 = (4420 \text{ lb.in/in}) 19862 \text{ N.m/m}$

$\Delta R (3) = \Delta M_3 / \beta_3 H^2 = 6033 / 0.078 (10.82)^2 * 144 = (4.58 \text{ psi}) 31874 \text{ Mpa}$

$\Delta R (1) = \Delta M_1 / \beta_1 H^2 = 4420 / 0.029 * (10.82)^2 * 144 = (3.59 \text{ psi}) 24984 \text{ Mpa}$

so second yield at point(1)

$Rep = Re + \Delta R$

الحمل المؤدي الى اول خضوع في المرحلة المرنة - اللدنة

$Rep = 12.7 + 3.59 = (16.42 \text{ psi}) 113265 \text{ N/m}^2$

$D = (159074718 \text{ lb.ft}) 17974567 \text{ N.m}$

$\Delta X = \gamma_1 * \Delta R * H^4 / D = 0.0056 * 3.59 * (10.82)^4 * (12)^3 / 159074718 = (0.0363 \text{ in})$

0.000923 m

$Xep = x_e + \Delta x = 0.0488 + 0.0363 = (0.0581 \text{ in}) 0.002121 \text{ m}$

الخضوع النهائي أو (الخضوع الثالث):

من شكل (٣٧) (1969, TM5-1300) ومن خلال اعتماد $H/L = 1.26$ يتم ايجاد معاملات

الجسائنة وعلى افتراض ان عنصر الجدار اصبح ذو مسند بسيط لثلاثة حدود ومسند حر من الحد

الرابع

$$\beta_1 = 0.078, \gamma_1 = 0.01, \nu = 0.3$$

$$R_u = (25.39 \text{ psi}) 175187 \text{ N/m}^2 \quad \text{تم ايجادها من جدول (٤)}$$

$$\Delta R = R_u - R_{ep} = 25.39 - 16.42 = (8.97 \text{ psi}) 61922 \text{ N/m}^2$$

$$\Delta X = \gamma_1 * \Delta R * H^4 / D = 0.01 * 8.97 * (10.82)^4 * (12)^3 / 159074718 = (0.16 \text{ in})$$

$$X_p = X_{ep} + \Delta X = 0.16 + 0.058 = (0.243 \text{ in.}) 0.00618 \text{ m}$$

$$X_E = X_e(R_{ep}/R_u) + X_{ep}(1 - R_{ep}/R_u) + X_p(1 - R_{ep}/R_u) = (0.158 \text{ in}) 0.004027 \text{ m.}$$

حيث يمثل X_E الهبوط المكافئ المستنتج للجدار الخلفي والشكل (38) يوضح منحنى

المقاومة - الهبوط للجدار الجانبي

$$K_E = R_u / X_e = 25.38 / 0.158 = 160.69 \text{ lb/in}^3 \text{ Equivalent stiffness} = \text{effective mass of element}$$

من جدول (٥) (1969, TM5-1300) يتم ايجاد:-

Effective mass of element:-

$$K_{LM} \text{ elastic} = 0.65 - 0.16(L/2H - 1) = 0.746$$

$$K_{LM} \text{ elasto-plastic} = 0.65 - 0.186(L/2H - 1) = 0.762$$

$$K_{LM} \text{ plastic} = 0.5593 \quad \text{حيث يتم ايجاده من شكل (٣٩) (1969, TM5-1300)}$$

$$K_{LM} \text{ average} = 0.689$$

$$\text{Unit mass} = \text{weight of concrete} * T_c / g = 150 * 0.8210^6 / 32.2 * 12^3 = 2210.5 \text{ lb.millsecond}^2 / \text{in.}^3$$

$$\text{Natural period} = T_n = 2 * \pi [(\text{unit mass}) * K_{LM} / K]^{1/2}$$

$$= (2 * 3.14 * 2210.3 * 0.689 / 160.69)^{1/2} = 19.3 \text{ mille. Second}$$

$$T_0 / T_n = 5.07 / 19.3 = 0.269$$

$$P_0 / R_u = 54.07 / 25.39 = 2.12$$

ثم من العلاقة ما بين T_0 / T_n و P_0 / R_u من الشكل (٢١) (1969, TM5-1300) يتم ايجاد

المعاملات TM / T_n و XM / X_E :

$$XM / X_E = 2.4$$

$$XM = 2.4 * 0.158 = (0.379 \text{ in}) 9.6 \text{ mm.}$$

لفصى هبوط عابر (وقتي)

$$TM / T_n = 0.42$$

$$T_m = 0.42 * 19.3 = 8.1 \text{ mille. Second}$$

$$TM / T = 8.1 / 5.07 = 1.59$$

$$3 > T_m / T > 0.1$$

Correct procedure was used

إيجاد الشد القطري على مسافة (d) من نقطة الاسناد للجدار الجانبي :-

ثم من جدول (٦) (1969, TM5-1300) يتم إيجاد أقصى إجهاد قص في الاتجاه الأفقي من المعادلة التالية:

$$De/L = 0.695/8.52 = 0.08$$

$$VUH = 3Ru (1 - 2De/Y) (2 - De/Y - 2YH - 2DeY / LH) / 2De/L (6 - YH - 8De Y / LH) \\ = (19.2 \text{ psi}) 0.132 \text{ Mpa}$$

ثم يتم إيجاد أقصى إجهاد قص بالاتجاه العمودي ومن نفس الجدول اعلاه.

$$De/Y = 0.734/5.52 = 0.1$$

$$VUV = [3Ru (1 - De/Y)^2] / [De/Y (5 - (4De/Y))] = (131.6 \text{ psi}) 0.907 \text{ Mpa}$$

$$Vc = \Phi [1.9(F_c)^{0.5} + 2500As/bd] = (95 \text{ psi}) 0.655 \text{ Mpa}$$

$VUH < Vc$: lacing is not required horizontally

$VUV > Vc$ lacing is required vertically

تصميم حديد القص المتعرج

لتصميم الحديد المتعرج الأفقي فالمسافة بين حديد الانتشاء المستعرض (S_l) تساوي

$$(7.87 \text{ inch}) 20 \text{ cm}$$

والمسافة بين مركزي حديد الانتشاء الطولي (d_l) تساوي (7.87 inch) 20cm .

يفرض ان الحديد المتعرج هو بقطر (D_o) مساويا (3/8 inch) 10mm

$$\text{Min. } R_l = 3D_o = 3 * 3/8 \text{ inch} = (9/8 \text{ inch}) 29 \text{ mm}$$

$$S_l / d_l = 7.87/7.87 = 1$$

$$(2 * R_l + D_o) / d_l = 0.33$$

من شكل (22) (1969, TM5-1300) يتم إيجاد α والتي تساوي 52° .

$$A_v = (VUV - Vc) * d_l * S_l / \Phi * F_s (\sin \alpha + \cos \alpha)$$

$$= ((131 - 95) * 7.87 * 7.87) / 0.85 * 60000 (0.788 + 0.615) = (0.0318 \text{ in}^2) 20.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{min. } A_v = 0.0015 * b_l * S_l = 0.0015 * 7.87 * 7.87 = 0.093 \text{ in}^2 > \text{required}$$

يستخدم حديد قطر (3/8 in) 10mm الذي يحقق مساحة تساوي (0.11 in²) 70.9 mm²

الاشكال (٢٣ ، ٢٤ ، ٢٥ ، ٢٦) ايضا توضح تفاصيل عامة لحديد الانتشاء والقص لوجهي الجدار الجانبي.

الاستنتاجات

١. كما موضح في جداول (R-2) ، (R-3) وجد ان هنالك تقارب ما بين النتائج العملية والنظرية بالنسبة لطبيعة التشقق الحاصل وكذلك بالنسبة للهبوط الثابت والعابر النظري والعملية للجدران الجانبية والخلفية للمنشأ.
٢. نسبة المطيلية المستعملة هي (2.0) . يوصي الفريق البحثي باعتمادها عند اعتماد أهمية المنشأ من خلال فرض تدمير متوسط (moderate damage) ، وذلك لان نسبة المطيلية المستنتجة (XM/Xe) هي (٣) للجدار الخلفي و (٢) للجدران الجانبية وهذا ما يوصي به الفريق البحثي في (single blast wave).
٣. أظهرت نتائج الفحص الميداني دقة طريقة التحليل والتصميم الديناميكي للمنشآت المقاومة لموجات العصف الداخلية، ويعتبر التصميم ناجحاً لاستيفائه المتطلبات الأساسية المتوخاة المتماثلة بتقارب النتائج النظرية والعملية .
٤. أظهرت النتائج العملية ان استعمال فولاذ التسليح المتعرج يؤدي الى تقليل سمك الجدران الجانبية والخلفية للمنشأ من ما يقارب (١,٦٤ قدم) ٥٠سم الى (٠,٨٢ قدم) ٢٥سم وهو السمك الاقتصادي للمنشأ.
٥. ان المنشأ قد حافظ على استخداميته من خلال عدم حدوث تقشر (scabbing) للوجه الداخلي وتشظيته (spalling) من الوجه الخارجي لجزء المنشأ ويعود ذلك لفعل طبقتي تسليح الانثناء وعمل الحديد المتعرج بينهما (lacing) .
٦. ان جزء المنشأ قد ابدى سعة تحمل (strength capacity) عالية لجميع اجزائه وكذلك في نقاط التقاء العناصر الانشائية لم تظهر اي ضعف او انهيار عند الفحص وهذا يدل على تكامل (integrity) جزء المنشأ .
٧. اظهرت عناصر جزء المنشأ قابلية مطيلية (ductility) عالية امكن ملاحظتها من خلال منحني العلاقة ما بين الاجهاد والهبوط حيث ابدت الجدران الجانبية لدونة عالية وذلك من خلال اقصى هبوط حاصل مع ثبات تحمل الاجهاد وهذا ما يؤكده المصدر (1969,TM5-1300).
٨. لوحظ ان قابلية العناصر الانشائية (الجدار الخلفي والجدران الجانبية) هي عالية لامتناس الطاقة وذلك من خلال المساحة المحددة بمنحني العلاقة ما بين الاجهاد والهبوط

٩. لوحظ ان الجدران الجانبية قد ابدت هبوط وقتي ومنسق اعلى من الجدار الخلفي وذلك لان الشروط المحددة للجدار الخلفي تختلف عن الشروط المحددة للجدار الجانبي اي وجود فتحة التهوية والنتفيس (venting) او النهاية الحرة للجدار الجانبي تجعله اقل تحملا للاجهاد واكثر هبوطا.

١٠. بالرغم ان عملية تهيئة وتركيب حديد القص المتعرج هي عملية صعبة وتحتاج الى تقنية اكبر الا ان هذا النوع من التركيب لحديد القص يمتاز بخاصية الاستمرارية والتتابع (continuity) الذي ابداه في مقاومة اجهادات القص التي تولدت نتيجة الضغوط الديناميكية العالية لموجات العصف .

١١. ان حديد القص المتعرج امتاز بان له القابلية على نشر او عمل رد فعل منتظم للعضو الانشائي عندما يتم تعريضه الى احمال عصف وهي بطبيعة الحال غير منتظمة حيث ان سطح العضو الانشائي ذو بعد غير متساوي عن نقطة العصف وان رد الفعل كان واضحا من خلال التصرف المنتظم والمتجانس للجدار الخلفي والجدران الجانبيان .

١٢. ان لحديد القص المتعرج تأثير واضح على مقدار الهبوط العابر للجدران الجانبية والجدار الخلفي وهذه الخاصية تكون مرغوبة في المنشآت التي تتعرض الى موجات عصف تكون الحاجة الى امتصاص هذه الضغوط الديناميكية ضرورية من خلال استجابة العضو الانشائي المؤقتة لتلك الاحمال وهذا ما تم استنتاجه بالفعل من هذا البحث.

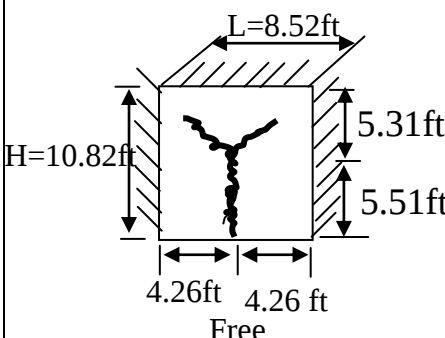
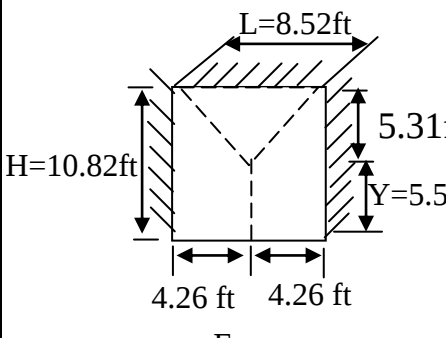
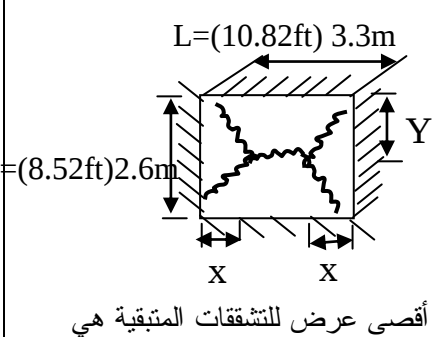
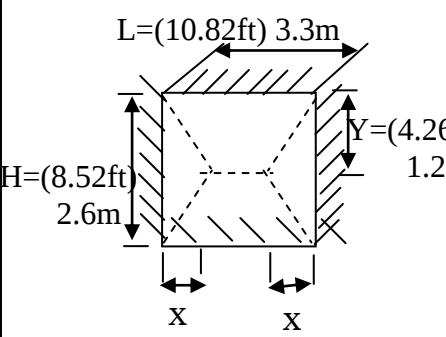
جدول (R-1) : معامل الزيادة الديناميكي للخرسانة وحديد التسليح (TM5-1300, 1969)

الاجهادات (Stresses)	معامل الزيادة الديناميكي Dynamic Increase Factor	
للثني (For bending)	1.1	حديد التسليح
للقص (For shear)	1.10	
للانضغاط (For compression)	1.25	الخرسانة
للشد القطري (For Diag.Tension)	1.00	
للقص المباشر (For Direct shear)	1.10	
للترباط (For Bond)	1.00	

جدول (R-2) : مقارنة ما بين النتائج العملية والنظرية للهبوط المتبقي والعاور في أقصى نقطة متوقعة للهبوط في جدران المنشأ (انج)

أقصى هبوط متبقي (ثابت) Max. Residual Deflection		أقصى هبوط عابر (وقتي) Max. Transient Deflection		عنصر المنشأ
عملي Experimental	نظري Theoretical	عملي Experimental	نظري Theoretical	
0.136 (inch)	0.137 (inch)	0.405(inch)	٠,٣١٥(inch)	الجدار الخلفي
0.226 (inch)	0.177 (inch)	0.44 (inch)	0.336 (inch)	الجدران الجانبية

جدول (R-3) : مقارنة لانماط التشقق النظري والعملي للجدار الخلفي والجدران الجانبية للمنشأ

نمط التشقق العملي Experimental crack pattern	نمط التشقق النظري Theoretical crack pattern	العنصر الإنشائي
 أقصى عرض للتشققات المتبقية هي (0.055 انج) 1.397mm		الجدار الجانبي
 أقصى عرض للتشققات المتبقية هي (0.005 انج) 0.127mm		الجدار الخلفي

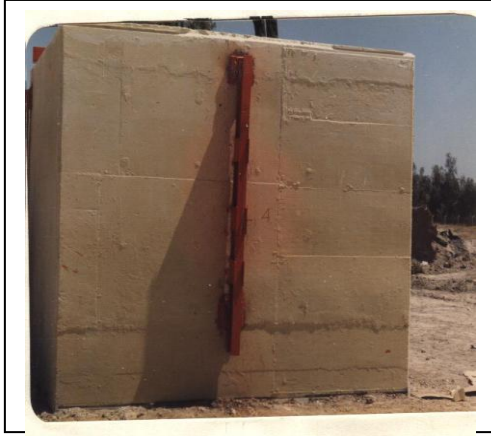
Two-Way Elements						
Value of L/H	Elastic and elasto-plastic range (support conditions)					Plastic range
	All supports fixed	One support simple, other supports fixed	Two supports simple, other supports fixed	Three supports simple, other supports fixed	All supports simple	
All	0.65	0.66	—	—	0.66	0.66
$L/H < 0.5$	0.77	0.77	0.79	—	0.79	See figure 6-5
$0.5 \leq L/H \leq 2$	$0.65 - 0.16 \left(\frac{L}{2H} - 1 \right)$	$0.66 - 0.14 \left(\frac{L}{2H} - 1 \right)$	$0.65 - 0.136 \left(\frac{L}{2H} - 1 \right)$	—	$0.66 - 0.175 \left(\frac{L}{2H} - 1 \right)$	
$L/H \geq 2$	0.65	0.66	0.65	—	0.66	
$L/H = 1$	0.61	0.61	0.62	0.63	0.63	0.66
$1 \leq L/H \leq 2$	$0.61 + 0.16 \left(\frac{L}{H} - 1 \right)$	$0.61 + 0.16 \left(\frac{L}{H} - 1 \right)$	$0.62 + 0.16 \left(\frac{L}{H} - 1 \right)$	$0.63 + 0.16 \left(\frac{L}{H} - 1 \right)$	$0.63 + 0.16 \left(\frac{L}{H} - 1 \right)$	
$L/H \geq 2$	0.77	0.77	0.79	0.79	0.79	

Edge conditions	Yield line location	Limits	Ultimate unit resistance r_u
Two adjacent edges supported and two edges free.		$x \leq L$ $y \leq H$	$\frac{5(M_{xx} + M_{yy})}{s^2}$ or $\frac{(M_{xx} + M_{yy})(3L + 2x)}{H^2(3L - 2x)}$ $\frac{5(M_{xx} + M_{yy})}{s^2}$ or $\frac{(M_{xx} + M_{yy})(3H + 2y)}{L^2(3H - 2y)}$
Three edges supported and one edge free		$x \leq \frac{L}{2}$ $y \leq H$	$\frac{5(M_{xx} + M_{yy})}{s^2}$ or $\frac{(M_{xx} + M_{yy})(3L + 4x)}{H^2(3L - 4x)}$ $\frac{5(M_{xx} + M_{yy})}{s^2}$ or $\frac{4(M_{xx} + M_{yy})(3H + y)}{L^2(3H - 2y)}$
Four edges supported		$x \leq \frac{L}{2}$ $y \leq \frac{H}{2}$	$\frac{5(M_{xx} + M_{yy})}{s^2}$ or $\frac{5(M_{xx} + M_{yy})(3L - x)}{H^2(3L - 4x)}$ $\frac{5(M_{xx} + M_{yy})}{s^2}$ or $\frac{5(M_{xx} + M_{yy})(3H - y)}{L^2(3H - 4y)}$

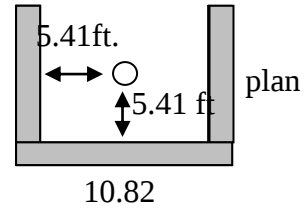
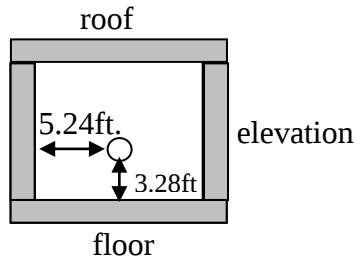
جدول (4) أقصى تحمل لعنصر جدار مسلح باتجاهين جدول (5) عامل الحمل والكتلة لعنصر جدار مسلح باتجاهين

Yield location	Limits	Ultimate horizontal shear stress τ_{xy}	Limits	Ultimate vertical shear stress τ_{yx}
	$0 \leq d_x/x \leq \frac{1}{2}$ $\frac{1}{2} \leq d_x/x \leq 1$ $0 \leq d_y/L \leq \frac{1}{2}$ $\frac{1}{2} \leq d_y/L \leq 1$	$\frac{3r_u(1 - d_x/x)^2}{d_x/x(5 - 4d_x/x)}$ $\frac{r_u(1 - d_x/x)}{2(d_x/x)}$ $\frac{3r_u(1 - d_x/L)(2 - y/H - d_y/LH)}{d_x/L(8 - y/H - 4d_y/LH)}$ $\frac{r_u(1 - d_x/L)(2 - y/H - d_y/LH)}{2d_x/L(1 - d_y/LH)}$	$0 \leq d_x/H \leq \frac{1}{2}$ $\frac{1}{2} \leq d_x/H \leq 1$ $0 \leq d_y/y \leq \frac{1}{2}$ $\frac{1}{2} \leq d_y/y \leq 1$	$\frac{3r_u(1 - d_x/H)(2 - x/L - d_x/HL)}{d_x/H(8 - x/L - 4d_x/HL)}$ $\frac{r_u(1 - d_x/H)(2 - x/L - d_x/HL)}{2d_x/H(1 - d_x/HL)}$ $\frac{3r_u(1 - d_x/y)^2}{d_y/y(5 - 4d_x/y)}$ $\frac{r_u(1 - d_x/y)}{2d_x/y}$
	$0 \leq d_x/x \leq \frac{1}{2}$ $\frac{1}{2} \leq d_x/x \leq 1$ $0 \leq d_y/L \leq \frac{1}{2}$ $\frac{1}{2} \leq d_y/L \leq 1$	$\frac{3r_u(1 - d_x/x)^2}{d_x/x(5 - 4d_x/x)}$ $\frac{r_u(1 - d_x/x)}{2(d_x/x)}$ $\frac{3r_u(1 - 2d_x/L)(2 - y/H - 2d_y/LH)}{2d_x/L(6 - y/H - 8d_y/LH)}$ $\frac{r_u(1 - 2d_x/L)(2 - y/H - 2d_y/LH)}{4d_x/L(1 - 2d_y/LH)}$	$0 \leq d_x/H \leq \frac{1}{2}$ $\frac{1}{2} \leq d_x/H \leq 1$ $0 \leq d_y/y \leq \frac{1}{2}$ $\frac{1}{2} \leq d_y/y \leq 1$	$\frac{3r_u(1 - d_x/H)(1 - x/L - d_x/HL)}{d_x/H(3 - x/L - 4d_x/HL)}$ $\frac{r_u(1 - d_x/H)(1 - x/L - d_x/HL)}{d_x/H(1 - 2d_x/HL)}$ $\frac{3r_u(1 - d_x/y)^2}{d_y/y(5 - 4d_x/y)}$ $\frac{r_u(1 - d_x/y)}{2d_x/y}$
	$0 \leq d_x/x \leq \frac{1}{2}$ $\frac{1}{2} \leq d_x/x \leq 1$ $0 \leq d_y/L \leq \frac{1}{2}$ $\frac{1}{2} \leq d_y/L \leq 1$	$\frac{3r_u(1 - d_x/x)^2}{d_x/x(5 - 4d_x/x)}$ $\frac{r_u(1 - d_x/x)}{2d_x/x}$ $\frac{3r_u(\frac{1}{2} - d_x/L)(1 - y/H - 2d_y/LH)}{d_x/L(3 - y/H - 8d_y/LH)}$ $\frac{r_u(\frac{1}{2} - d_x/L)(1 - y/H - 2d_y/LH)}{d_x/L(1 - 4d_y/LH)}$	$0 \leq d_x/H \leq \frac{1}{2}$ $\frac{1}{2} \leq d_x/H \leq 1$ $0 \leq d_y/y \leq \frac{1}{2}$ $\frac{1}{2} \leq d_y/y \leq 1$	$\frac{3r_u(\frac{1}{2} - d_x/H)(1 - x/L - 2d_x/HL)}{d_x/H(3 - x/L - 8d_x/HL)}$ $\frac{r_u(\frac{1}{2} - d_x/H)(1 - x/L - 2d_x/HL)}{d_x/H(1 - 4d_x/HL)}$ $\frac{3r_u(1 - d_x/y)^2}{d_y/y(5 - 4d_x/y)}$ $\frac{r_u(1 - d_x/y)}{2d_x/y}$

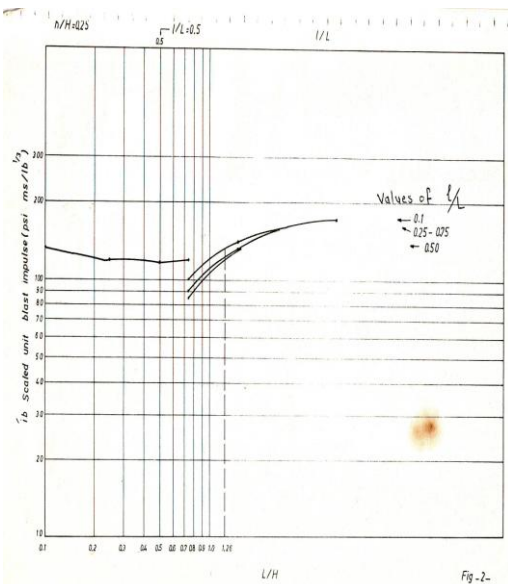
جدول (6) أقصى إجهاد قص المقابل لسمك المؤثر من المسند لعنصر جدار مسلح باتجاهين



شكل (١) تبين موقع مقياس الهبوط للجدران الجانبية شكل (٢) تبين موقع مقياس الهبوط للجدار الخلفي

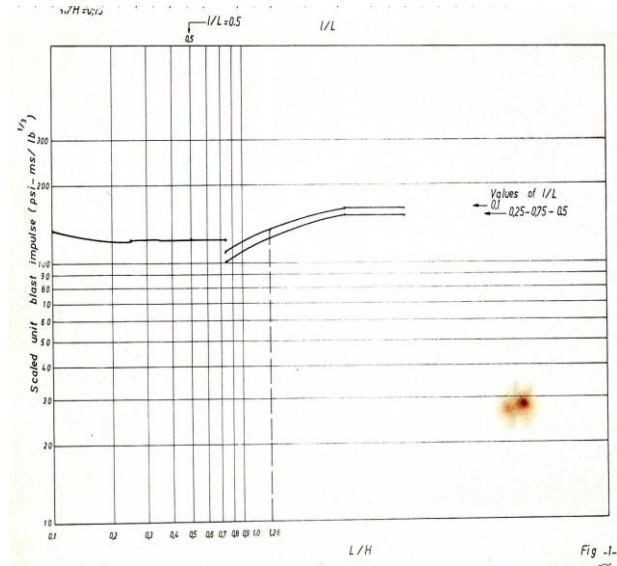


شكل (٣) مسقط افقي ومقطع عمودي للجدار الخلفي وموقع الحشوة



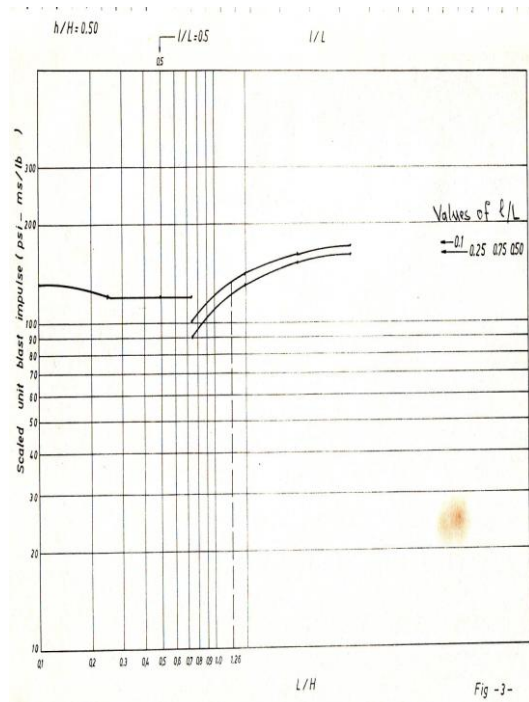
شكل (٥) معدل وحدة النبض المقاس (N=4, h/H=0.25)

لقيم مختلفة من I/L و L/H

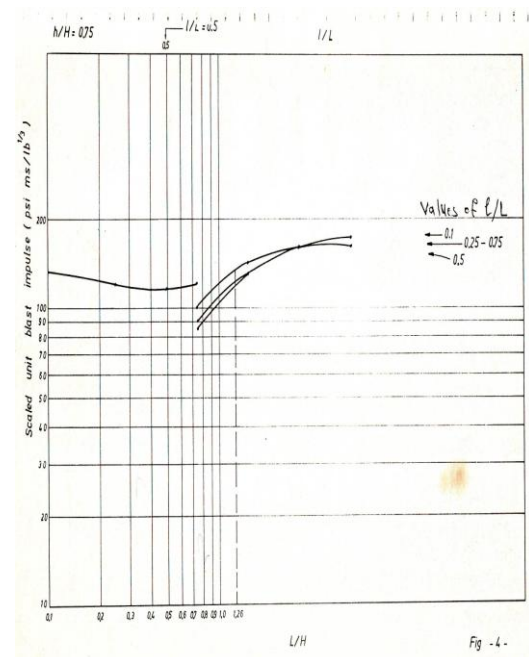


شكل (٤) معدل وحدة النبض المقاس (N=4, h/H=0.15)

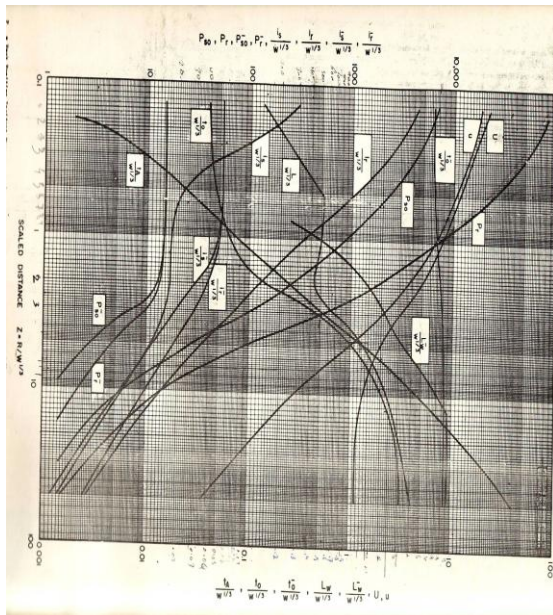
لقيم مختلفة من I/L و L/H



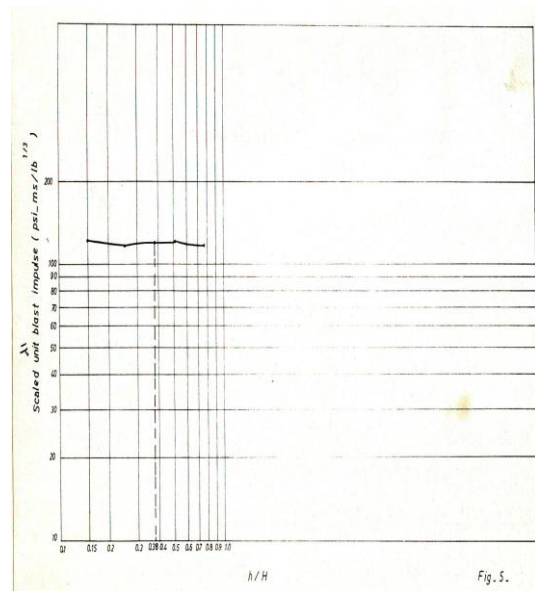
شكل (٧) معدل وحدة النبض المقاس ($N=4, h/H=0.5$)
لقيم مختلفة من L/H و l/L



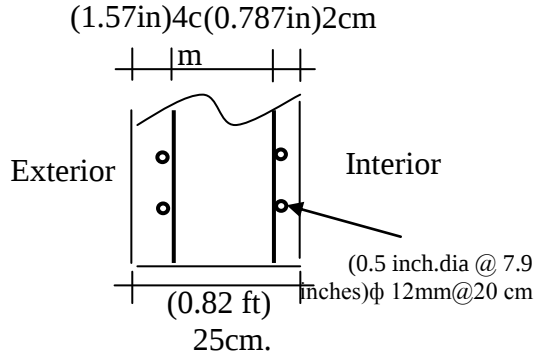
شكل (٦) معدل وحدة النبض المقاس
لقيم مختلفة من L/H و l/L ($N=4, h/H=0.75$)



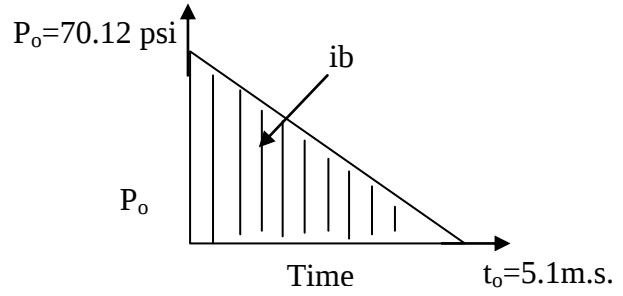
شكل (٩) العناصر المؤثرة على موجة العصف



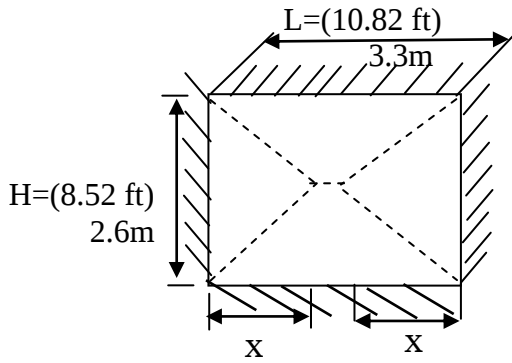
شكل (٨) العلاقة بين المعامل وبين معدل وحدة النبض
والمقيس h/H



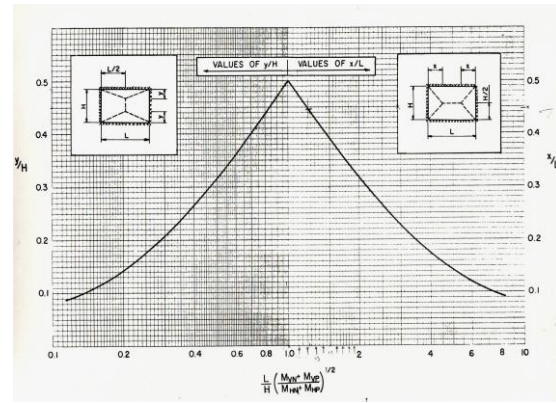
شكل (١١) تفاصيل حديد التسليح لمقطع عمودي في الجدار



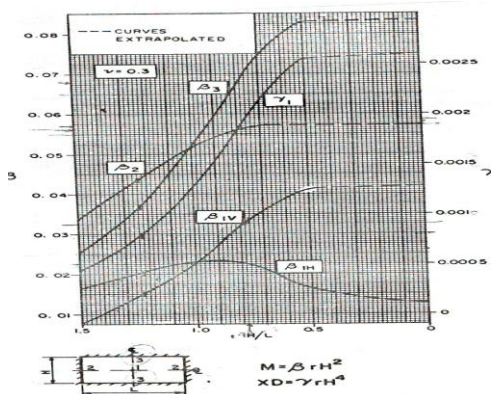
شكل (١٠) العلاقة ما بين ضغط العصف وامتد بقاءه على الجدار الجانبي



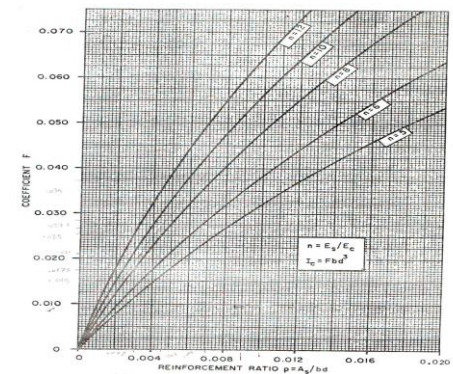
شكل (١٣) يبين مواقع خطوط الخضوع



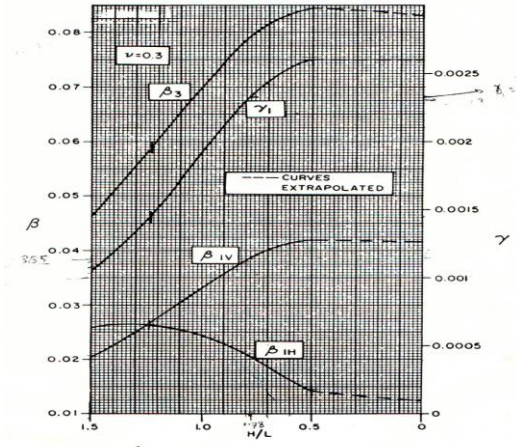
شكل (١٢) موقع خط الخضوع لعنصر جدار مثبت من أطرافه الأربعة



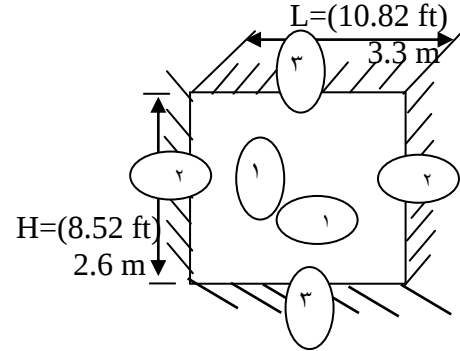
شكل (١٥) معاملات الهبوط والعزوم لعنصر جدار مسلح باتجاهين وذو اسناد مقيد من حدوده الاربعه



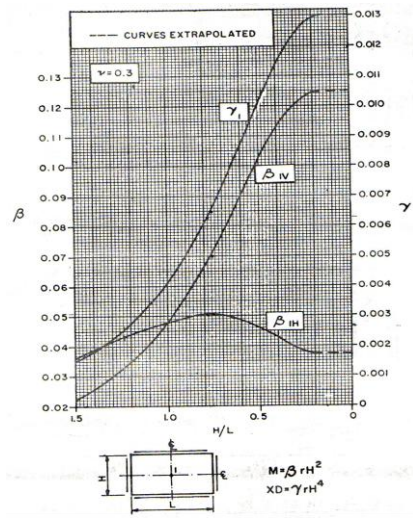
شكل (١٤) معاملات الهبوط والعزوم لعنصر جدار مسلح باتجاهين ومقيد من أطرافه الأربعة



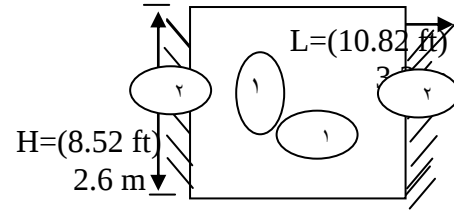
شكل (١٧) معامل الجسائنه لعنصر جدار مسلح باتجاهين ذو اسناد مقيد من حدين متقابلين واسناد بسيط للحدين الاخرين



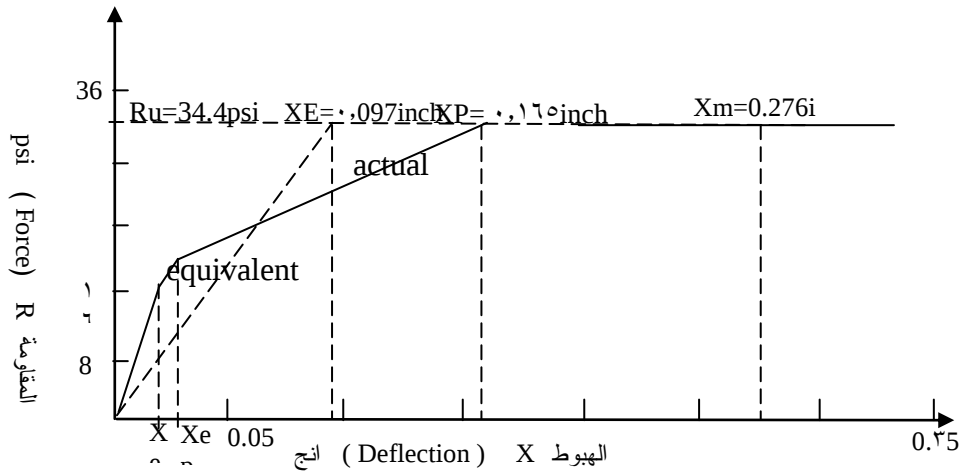
الشكل (١٦) يمثل موقع العزوم المسلطة على الجدار



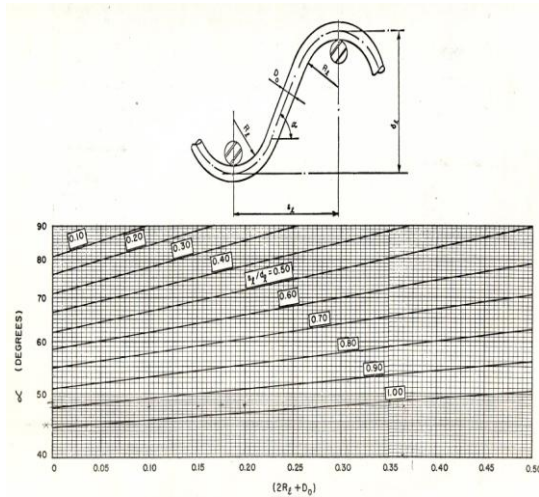
شكل (١٩) معامل الجسائنه لعنصر جدار مسلح باتجاهين ذو اسناد بسيط من حدوده الاربعه



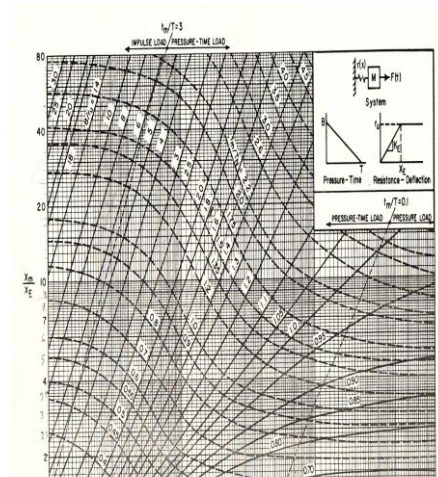
الشكل (١٨) موقع العزوم المؤثرة في المرحلة المرنة - اللدنه



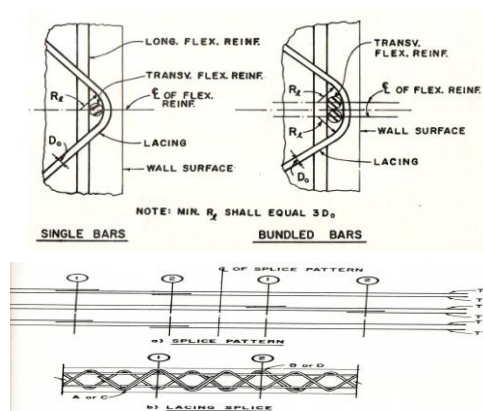
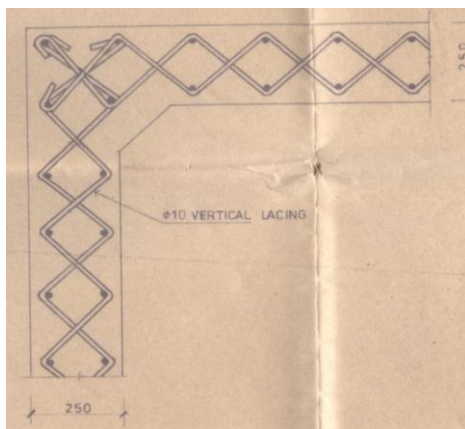
شكل (٢٠): منحنى المقاومة- الهبوط المكافئ والمستنتج للجدار الخلفي



شكل (٢٢) زاوية ميلان (α) لحديد القص المتعرج

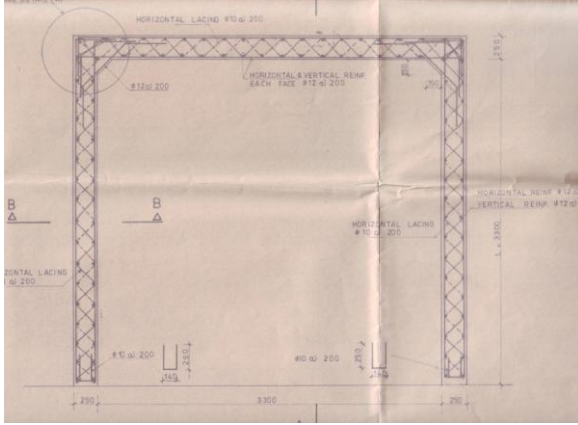


شكل (٢١) العلاقة بين اقصى استجابة واقصى زمن

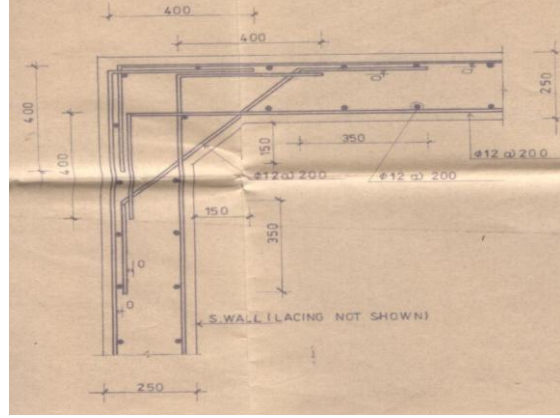


شكل (٢٤) تفاصيل الحديد المتعرج للجدران الجانبية والجدار الخلفي

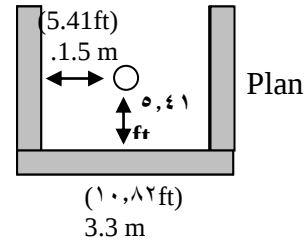
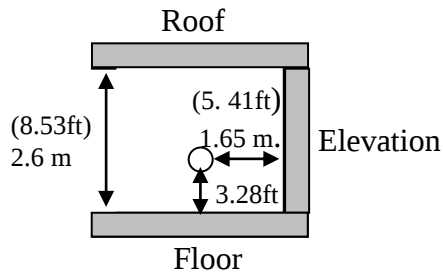
شكل (٢٣) تفاصيل عامة لحديد القص المتعرج



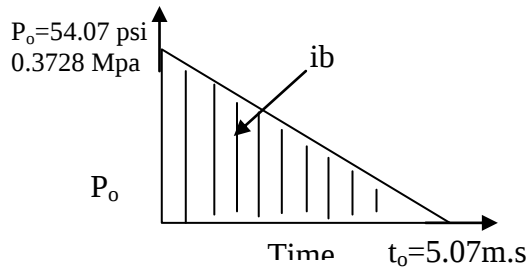
شكل (٢٦) تفاصيل حديد تسليح الانتشاء والقص للجدران الجانبية والجدار الخلفي



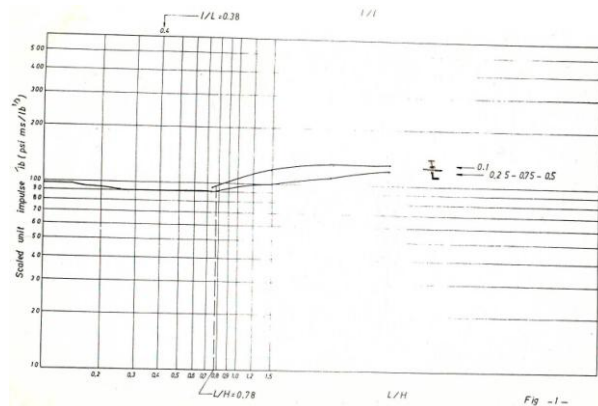
الشكل (٢٥) تبين تفاصيل حديد التسليح فيشكل المفاصل ما بين الجدار الخلفي والجدران الجانبية



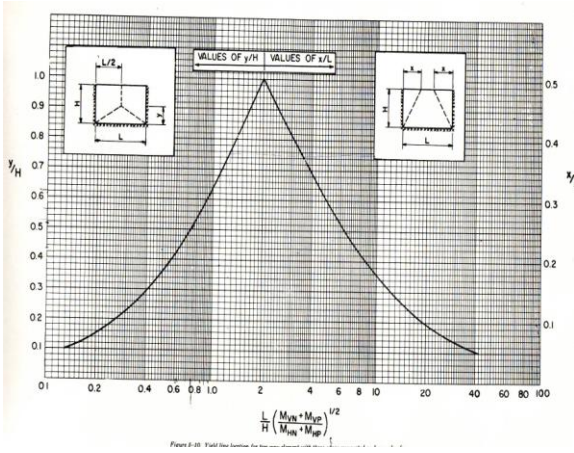
الشكل (٢٧) مسقط افقي ومقطع عمودي للجدار الجانبي وموقع الحشوة



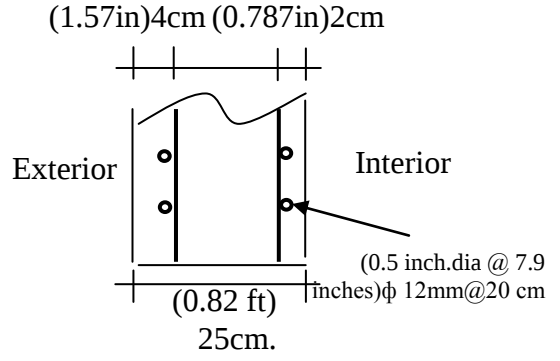
شكل (٢٩) العلاقة ما بين ضغط العصف وامتد بقاءه على الجدار الجانبي



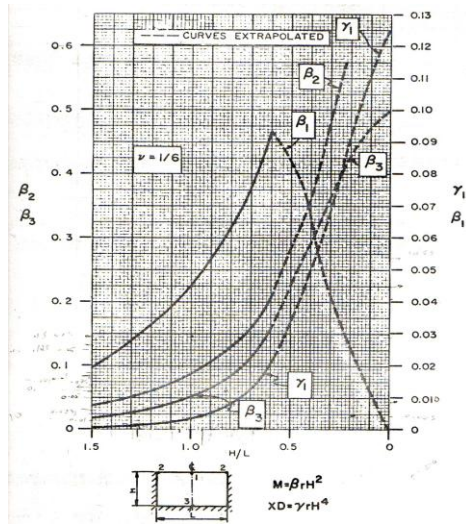
شكل (٢٨) معدل وحدة النبض المقاس لقيم مختلفة من $(N=3, h/H=0.75)$ و L/H $l/L=0.38$



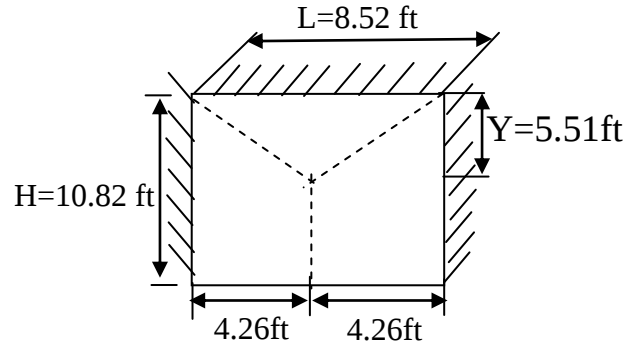
شكل (٣١) موقع خط الخضوع لعنصر
جدار مقيد من ثلاثة حدود وحر من الحد الرابع



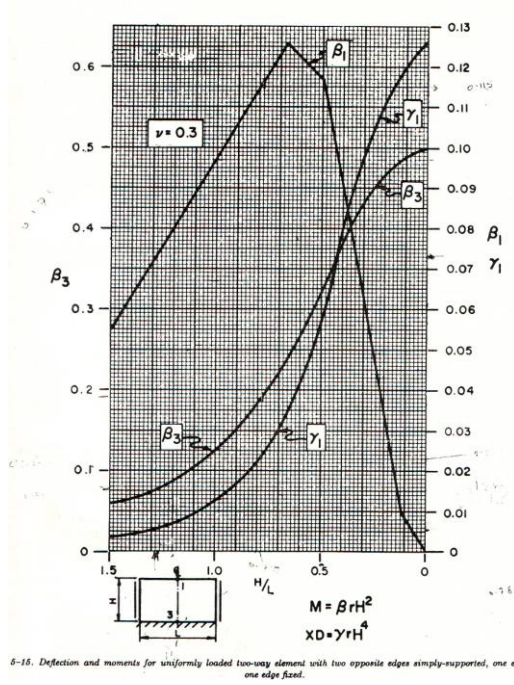
شكل (٣٠) تفاصيل حديد التسليح لمقطع عمودي
في الجدار الجانبي



شكل (٣٣) معاملات الجسائه لعنصر جدار مسلح باتجاهين
وذو اسناد مقيد من ثلاثة حدود وحر من الحد الرابع

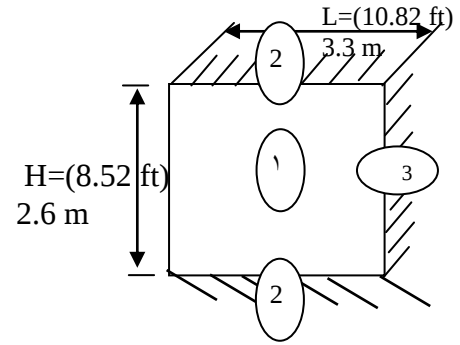


شكل (٣٢) يبين مواقع خطوط
الخضوع للجدار الجانبي

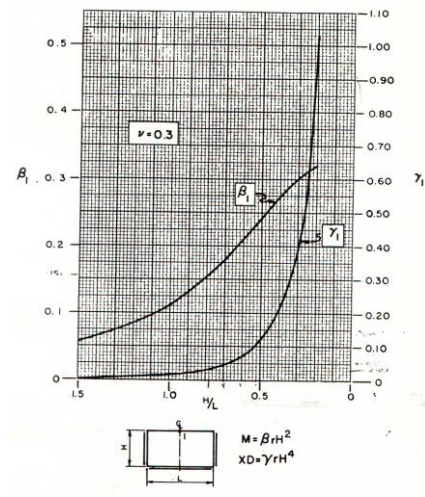


8-16. Deflection and moments for uniformly loaded two-way element with two opposite edges simply-supported, one at one edge fixed.

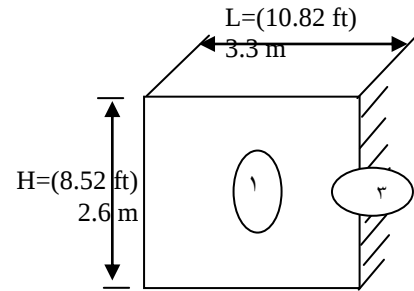
شكل (٣٥) معاملات الجسائء لعنصر جدار مسلح باتجاهين وذو اسناد مقيد من حد واحد وحر من الحد الرابع واسناد بسيط من الحدين الآخرين



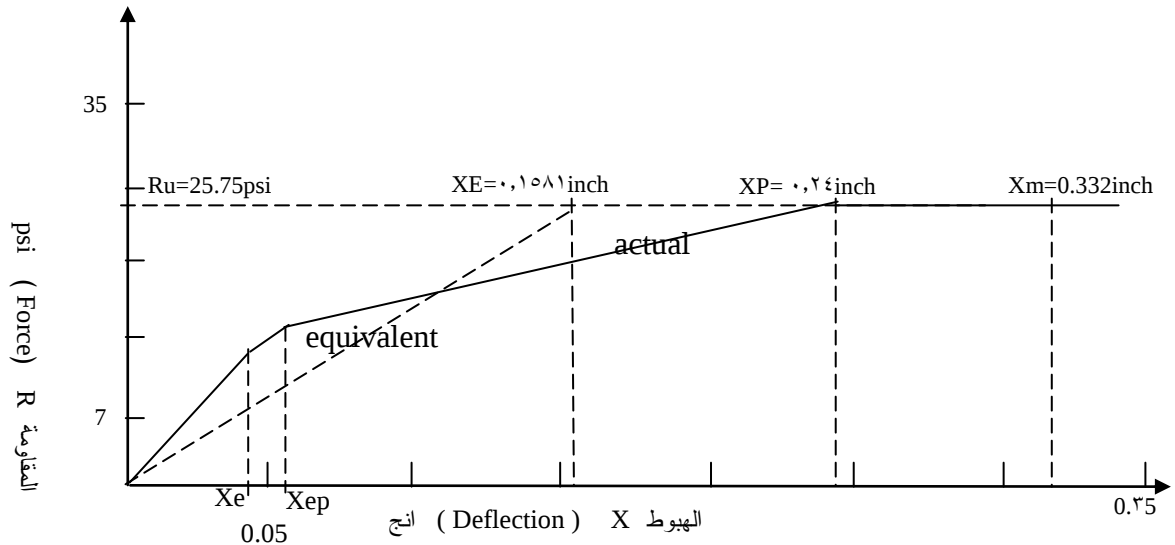
الشكل (٣٤) يمثل موقع العزوم المسلطة على الجدار الجانبي



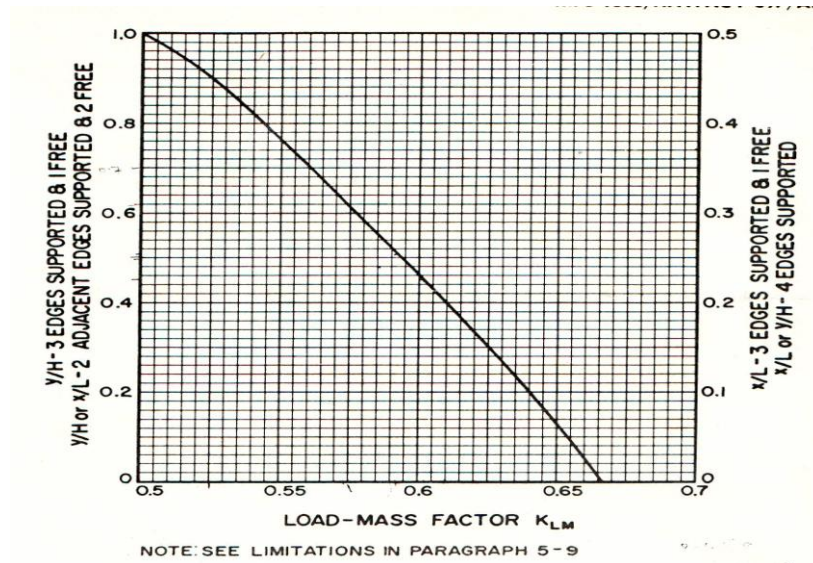
شكل (٣٧) معاملات الجسائء لعنصر جدار مسلح باتجاهين وباسناد بسيط من ثلاثة حدود وحر من الحد



الشكل (٣٦) موقع العزوم المؤثرة في المرحلة المرنة اللدنة



شكل (٣٨): منحنى المقاومة - الهبوط المكافئ والمستنتج للجدران الجانبية



شكل (٣٩) عامل الحمل والكتلة لعنصر جدار مسلح باتجاهين وفي المرحلة اللدنة

References

- Amer, J.,(1977): Special Provisions for Impulsive and Impactive Effects, Concrete Institute, Febrouary.
- Baker, W.E.,(1983): Explosions Hazards and Evaluations, Elsevier Scientific Publishing Company, New York.
- Biggs, J. M.,(1964): Introduction to Structural Dynamics ,Mc Grow- Hill Book Company, New York.
- Cheng, N.,(2001): Matrix Analysis of Structural Dynamics, Marcel Dekker Inc., New York.
- Dari, H.,(2004): Finite Element Analysis Shell Structures under Blast Loads, MSc. Thesis, Military Engineering College. Baghdad, Iraq.
- Dobbs, No and COHEN, E.,(1976): Novel Technique and Response Tests of Reinforced Concrete Structures Subj`ected to Blast Loads, Paper P.24-17, Detroit.
- Hen Rych, J.,(1982): The Dynamics of Blast Pressure and its Use, New York.
- Keenan, W.A.,(1969): Strength and Behavior of Laced Reinforced Concrete Slabs Under Static and Dynamic Loads" NAVAL CIVIL Engineering Laboratory Part Huenem, California Technical Report R620.
- Neville, A.M.,(2005): Properties of Concrete, Third Edition, Pitman Publishing Company Limited, London.
- Park, P. and Paulay, T.,(1975): Reinforced Concrete Structures, John Wiley And Sons, Inc., New York .
- Paz, M., Leigh, W.,(2004): Structural Dynamics Theory and Computation, Springer Publishing Company Limited, USA.
- Roy, H.E. and Sozen, A.M.,(1964): Ductility of Concrete" ASCE-ACI Miami, November.
- TM5-1300,(1969): Structures to Resist the Effects of Accidental Blast Pressure, New York, June.
- TM5_855.1,(1986): Technical Manual, Fundamentals of Protective Design, New York, November.
- Watson, A.J. and Thiena, A.,(1982): Reinforced Micro Concrete Beams Under Impact Loading" BAM Proceeding Inter Association Symposium Concrete Structures Under Impact and Impulsive Loading, Berlin (west). June 2-4.

الرموز	Notations
وزن الحشوة (باوند)	W
مقاومة انضغاط الخرسانة (باوند / انج ^٢)	fc
مقاومة خضوع الحديد (باوند / انج ^٢)	fy
موقع الحشوة بالنسبة للجدار المراد اختياره (قدم)	RA
ابعاد تتعلق بالجدار المراد اختياره	L,H
ابعاد تتعلق بموقع الحشوة من السطوح المجاورة العاكسة (قدم)	l,h
معامل البعد لاي نقطة على الجدار المراد اختياره عن نقطة العصف (قدم / باوند)	Z
معامل وحدة العصف النبضي (باوند / انج ^٢ * ملي ثانية)	i b
زمن وصول موجة العصف الى اقرب نقطة من الجدار (ملي ثانية)	tA)A
زمن وصول موجة العصف الى ابعد نقطة من الجدار (ملي ثانية)	tA)F
زمن بقاء موجة العصف (الحمل المسلط) على ابعد نقطة من الجدار (ملي ثانية)	t ₀)F
الزمن الكلي لبقاء الحمل المسلط (موجة العصف) على الجدار (ملي ثانية)	t ₀
(المسافة القطرية) وهي المسافة من نقطة العصف الى ابعد نقطة في الجدار (انج)	R
ضغط العصف (باوند / انج ^٢)	P ₀
سمك الجدار الكلي (قدم)	Tc
عمق محور الاجهاد (قدم)	a
نسبة حديد التسليح	$\rho = 0.0025$
عمق المقطع من مركز حديد الشد الى الحافة العليا للمقطع في منطقة العزم الموجب افقيا (قدم)	dp)H
عمق المقطع من مركز حديد الشد الى الحافة العليا للمقطع في منطقة العزم الموجب عموديا (قدم)	dp)V
عمق المقطع من مركز حديد الشد الى الحافة العليا للمقطع في منطقة العزم السالب افقيا (قدم)	dN)H
عمق المقطع من مركز حديد الشد الى الحافة العليا للمقطع في منطقة العزم السالب عموديا (قدم)	dN)V
معامل الزيادة الديناميكي	DIF
مقاومة الخضوع الديناميكية للحديد (باوند/انج ^٢)	f _{dc}
العزم الموجب بالاتجاه الافقي (باوند.انج / انج)	MP)H
العزم الموجب بالاتجاه العمودي (باوند.انج/ انج)	MP)V
العزم السالب بالاتجاه الافقي (باوند.انج / انج)	MN)H

MN)V	العزم السالب بالاتجاه العمودي (باوند.انج/ انج)
x,y	احداثيات موقع خط الخضوع (قدم)
Ru	مقاومة الجدار القصوى لاجهاد العصف (باوند/انج ^٢)
Xe	الخضوع الذي يسببه الاجهاد في المرحلة المرنة (انج)
Re	الاجهاد في المرحلة المرنة للجدار (باوند/انج ^٢)
$\gamma, \beta_{IH}, \beta_{IV}, \nu, \beta_2, \beta_3$	معاملات
Δm	التغيير في العزم اي العزم المتبقي من المرحلة المرنة الى المرحلة المرنة-اللينة (باوند.انج)
ΔR	المقاومة ما بين المرحلة المرنة والمرحلة المرنة-اللينة (باوند/انج ^٢)
Rep	المقاومة في المرحلة المرنة-اللينة (باوند/انج ^٢)
ΔX	التغيير في الهبوط ما بين مرحلتين (انج)
xp	الهبوط في المرحلة اللينة (انج)
XE	اقصى هبوط مكافئ للجدار (انج)
KE	الجسائمه المكافئة للجدار (باوند/انج ^٢)
T _N	(فترة الاهتزاز) ، التردد الطبيعي للاهتزاز (ملي ثانية)
Tm	اقصى زمن لحدوث اقصى هبوط عابر (ملي ثانية)
KLM	عامل الحمل والكتلة
Xm	اقصى هبوط عابر (وقتي) (انج)
de	السبك المؤثر في اي مقطع من الجدار (انج)
VuV	اجهاد القص عموديا (باوند/انج ^٢)
VuH	اجهاد القص افقيا (باوند/انج ^٢)
N	عدد السطوح العاكسة المجاورة والملاصقة للجدار المراد اختياره
L ₁	طول الحديد المتعرج بين نقطتي الانثناء (انج)
D _o	قطر الحديد المتعرج (انج)
α	زاوية ميلان الحديد المتعرج (درجة)
S ₁	المسافة الافقية بين نقطتي انثناء الحديد المتعرج (انج)
d ₁	المسافة العمودية بين نقطتي الانثناء للحديد المتعرج (انج)

Analysis and design of reinforced concrete walls under the effect of blast loading

Saad F. Salih* khaith M. Hassan Hassan k. Salih *****

***College of engineering - University of Kirkuk**

****Ministry of rebuilding and housing**

*****Ministry of science and technology**

Abstract

The aim of this study is to investigate a procedure for the analysis and design of reinforced concrete walls (back and two sides) as part of the structure to resist internal blast pressure. The effect of the blast pressure on the strength, serviceability, ductility, energy absorption capacity of reinforced concrete members (back and two side walls) and their behavior has been studied. This evaluation will specify the required thickness of the two side walls and back walls as part of the structure in addition to the quantity, shape and connection mechanism of steel reinforcement. To achieve the goal of this study, all the variables can be evaluated, experimental program was set up. It was intended to carry out a field test for the structure (box room) which is made of reinforced concrete having the internal dimensions of 3.3m*3.3m*2.6m (10.82 *10.82*8.52) ft. with strip footing having the dimensions 0.53m (1.76 ft). width and 0.54m (1.8 ft). thickness. The structure was subjected to a blast pressure due to a charge of weight 1.5kg (3.31 lb). for a recommended degree of protection in terms of ductility ratio = 2.00 .The objective of the test was justified since no scabbing at all was observed. It was found that the thickness 25cm (0.82 ft). for side walls and back wall can keep all the outside individuals, equipment and buildings safe and away from the danger of fire and fragmentation during the period of blast pressure. Good agreement was found to exit between the theoretical and the experimental results.