Structural Behavior for Low Cost Roof System of Steel Frame and Thermo-Stone Blocks

Dr. Ashraf A. Alfeehan
Engineering College, Al-Mustansiriya University, Baghdad.
Email: eng_ashrafalfeehan@yahoo.com
Rana H. Alkerwei
Engineering College , Al-Mustansiriya University, Baghdad.
Email: rana_hashim_alkerwei@yahoo.com

Received on:7 /5 / 2014 & Accepted on: 4/ 9/ 2014

ABSTRACT:

The study investigates the structural behavior of low cost roof system of steel frame and thermo-stone blocks. The sustainability engineering requirements were considered in terms of the efficiency of thermal insulation and reduce energy consumption and the use of environmentally friendly materials. The roof construction was tested by examining the horizontal and vertical modes of thermo-stone blocks after laboratory tests and calculation of stresses. The results showed that carrying the vertical loads in the horizontal position around (18.5) tonnes/m^2, while in the vertical position approximately (185) tonnes/m^2, or about ten times. Cracks or damages were not appearing in the vertical position of thermo-stone under loads while failure occurs in thermo-stone blocks in horizontal position.

السلوك الإنشائي لنظام تسقيف واطيء الكلفة من هيكل حديدي ووحدات الثرمستون البنائية

الخلاصة:

البحث هو دراسة السلوك الإنشائي لنظام تسقيف واطيء الكلفة من هيكل حديدي وقطع الثرمستون البنائية تم فيه مراعاة إعتبارات هندسة الإستدامة من حيث كفاءة العزل الحراري وتقليل إستهلاك الطاقة وإستخدام مواد صديقة للبيئة. تم إختبار السقف الإنشائي من خلال دراسة وضعين إفقي وعمودي لقطع الثرمستون بعد إجراء الفحوصات المختبرية وحساب الإجهادات .بينت النتائج أن قابلية تحمل السقف للأحمال العمودية المسلطة في الوضع الأفقي تقدر بحوالي (18.5) طن/م^2 وقابلية تحمل السقف في الوضع العمودي تقدر بحوالي (185) طن/م^2 أي حوالي عشرة أضعاف. لم تظهر أي تشققات أو تحطم في وحدات الثرمستون بالوضع العمودي تحت الأحمال المسلطة بينما بدأ الفشل يحدث في قطع الثرمستون بالوضع الأفقي.

https://doi.org/10.30684/etj.32.12A.21
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

الكلمات الدالة: وحدات الثرمستون البنائية, أنظمة التسقيف, هندسة الإستدامة, هيكل حديد

المقدمة:

لا شك أن الزيادة في عدد السكان وحاجة البلد الملحة لتوفير عدد كبير من الوحدات السكنية يتطلب نهضة ونقلة في قطاع الإسكان والتشييد والذي يعتمد بالدرجة الأساس على توفير مواد إنشائية بديلة ذات مواصفات نوعية جيدة وديمومة عالية وثمن زهيد فضلا عن كونها مواد صديقة للبيئة تساهم في التقليل من إستخدام الطاقة ويتم إنتاجها بطريقة تقلل من إنبعاث الغازات الحرارية والتأثيرات السلبية لكوكب الأرض إضافة الى توفير وإبتكار تقنيات إنشائية بأساليب حديثة ومتطورة تتميز بإختصار زمن وكلف التنفيذ. إن هندسة الإستدامة والأبنية الخضراء أصبحت من أهم الإعتبارات التي تراعى في الدول الصناعية المتقدمة بل أصبحت أولوية للحكومات وصناع القرار ورجال الأعمال. إن تطبيق مفهوم الإستدامة والهندسة الخضراء في الهندسة الإنشائية والمعمارية يتم عن طريق رفع مستوى الوعي الثقافي والعلمي للجهات المتخصصة في المؤسسات والجامعات وإتباع أساليب علمية جديدة للممارسة المهنية في التصميم والتنفيذ والإشراف وإستغلال موارد الطاقة النظيفة والحد من هدر الطاقة والمياه والمواد المستخدمة أثناء عمليات التشييد [1].

أنواع السقوف:

السقوف هي العناصر الانشائية الافقية الحاملة والتي تنقل كافة الاحمال الدائمة والموقتة الى العناصر الانشائية العمودية الاعمدة والجدران وتقوم بتقسيم المبنى الى مستويات مختلفة وتودي وظائف العزل الحراري والصوتي والحماية من الحرائق ومقاومة الاهتزازات وتحقق الربط الافقي بين عناصر البناية وتساهم في ثباتها وتوازنها وهناك عدة أنواع من السقوف والتقنيات المستخدمة في إنشائها وهي:

1- **السقوف الخرسانية المسلحة:**
يمكن صب الخرسانة المسلحه بــأي شكل وهي مادة مركبة من الخرسانة وقضبان الحديد وتكون أما بلاطات مسطحة أو مع سقوف هابطة أو مع عتبات أو معضدة بإتجاه واحد أو بإتجاهين ويعتمد ذلك على توفر قوالب الصب المناسبة وآليات التنفيذ وحسب التصميم المطلوب.

2- **سقوف العقادة:**
تستخدم المقاطع الحديديه الجاهزه كعتبات لا تتجاوز المسافة بينها (80- 90) سم وتبنى وحدات البناء الطابوقية في هذه المسافه بواسطة مادة الجص الرابطة والسريعة التصلب.

3- **سقوف الصفائح الحديدية العازلة:**
يتم عمل هيكل حديدي مستوي أو مائل بزاوية ثم يتم التغليف بصفائح حديدية مستوية أو مطوية بينها مواد عازلة.

4- **السقوف الخشبية:**
في هذا النوع من السقوف يتم عمل جسور خشبية رئيسية وتغطى بألواح خشبية بصورة مستوية أو مائلة.

5- **سقوف قشرية:**
تتكون من مواد خرسانية أو بلاستيكية أو مواد أخرى مختلفة بسمك قليل بحدود (5) سم وتكون بشكل منحنيات أو أقواس.

6- **سقوف لوحية أو سقوف تحشية:**
عادة ما تكون هذه السقوف عبارة عن ألواح صلدة أو مجوفة من هياكل من المقاطع الخفيفة مغطاة بمشبكات حديدية يتم تغطيتها بمونة السمنت بواسطة الخرسانة المقذوفة أو تكون من هياكل معدنية أو طبقات عازلة بينها مواد تحشية [2].

فوائد البناء بالثرمستون:

الثرمستون هو خرسانة خيليوية خفيفة الوزن مسبقة الصب تتكون من إسمنت ورمل وماء ويضاف إليها نسب قليلة من بودرة الألمنيوم وجير وجبس وممكن تصنيعه على شكل قطع أو ألواح مسلحة أو غير مسلحة ومن أهم فوائد البناء بالثرمستون:

1- نظام واطيء الكلفة قياسا بالأنظمة الأخرى وذلك لعدم الحاجة لإستعمال القوالب والمساند وعدم تأثر البناء بالظروف المناخية و كذلك التوفير في الوقت والأيدي العاملة ويوفر البناء بالثرمستون في كلف النقل والإنشاء والأدوات والمعدات وكلف أزالة الأنقاض وتقليص مواقع التفريغ بشكل كبير بالإضافة إلى نظافة التنفيذ في الموقع.
2- إستخدام هذا النظام يؤدي حتما الى بناء عدد اكبر من الوحدات السكنية مما يؤدي الى تخفيض في كلف الإنشاء وزمن التنفيذ وتقليل الحاجة الى العمالة الماهرة ويتميز بسهولة وسرعة التركيب ويمكن تحميله بالأحمال القصوى مباشرة بعد التشييد.
3- عزل صوتي وضمان توفير الهدوء داخل المبنى وتقليل الضوضاء الخارجية.
4- خفيفة الوزن قياسا بالسقوف الاعتيادية حيث تبلغ كثافة الثرمستون حوالي (550 كغم / م^3) مقارنة بالخرسانة التقليدية (2300 كغم / م^3) مما يقلل من وزن الهيكل الإنشائي وتقليل الأوزان على الأعمدة والأساسات والتربة أيضاً بمقدار كبير.
5- يوفر النظام كفاءة افضل في العزل الحراري في التدفئة والتبريد مقارنة بالأنظمة الاخرى وبالتالي يوفر في كلف استخدام المواد العازلة. معامل التوصيل الحراري للثرمستون (0.12 – 0.14) واط /متر درجة مئوية مقارنة بالطابوق الفخاري والذي يبلغ معامل توصيل الحرارة فيه (0.59 – 0.77) واط/ متر درجة مئوية أي أن الثرمستون العازل الخفيف يعزل من أربع إلى خمس مرات أفضل من الطابوق الفخاري كما أنه يعزل أفضل عشر مرات من الخرسانة الإعتيادية التي يبلغ معامل توصيلها الحراري حوالي (1.4 – 1.7) واط/ متر درجة مئوية, مما يساهم في تقليل استهلاك الطاقة الكهربائية [3].
6- لا يحتاج بناء السقوف بالثرمستون إلى حسابات تصميمية كما هو في السقوف الخرسانية كونها مادة مركبة من الحديد والخرسانة وبالتالي تقليل الوقت والجهد اللازم لذلك.
7- أكثر أمانا عند حدوث الزلازل والهزات الأرضية بسبب خفة قطع الثرمستون وبالتالي تقليل كلف الصيانة.
8- قلة إستخدام المادة الرابطة (المونة) من السمنت أو الجص في المتر المكعب الواحد من البناء بالثرمستون مقارنة بالبناء بالطابوق العادي.
9- توفر المواد الأولية الداخلة في صناعة الثرمستون وتجدر الأشارة الى أن نسبة الأملاح في المواد الأولية الداخلة في صناعة الثرمستون قليلة جدا مقارنة بالخرسانة أو الطابوق الذي يصنع من الترب الطينية ذات نسب الأملاح العالية وبالتالي يقلل البناء بالثرمستون من مشاكل التزهر والتشققات في المونة الرابطة والأنهاءات نتيجة التعرض للمياه والأمطار بسبب تبلور الأملاح.
10- لا يحتاج الى معالجة بالمياه مما يقلل من أستخدام هذه الثروة المهمة وترشيد أستهلاكها.
11- قابل للنشر والتقطيع.
12- بناء صديق للبيئة وعمره الإفتراضي طويل ولا يحتاج الى كلف صيانة عالية.

الفحوصات المختبرية لوحدات الثرمستون:

أ- فحص الكثافة:

يبين الجدول رقم (1) معدل قيمة الكثافة لوحدات الثرمستون المستخدمة.

جدول رقم (1) فحص الكثافة

النموذج (سم)	معدل الوزن لثلاثة نماذج (كغم)	الحجم ($م^3$)	الكثافة ($كغم/م^3$)
60x20x10	7.12	0.012	594

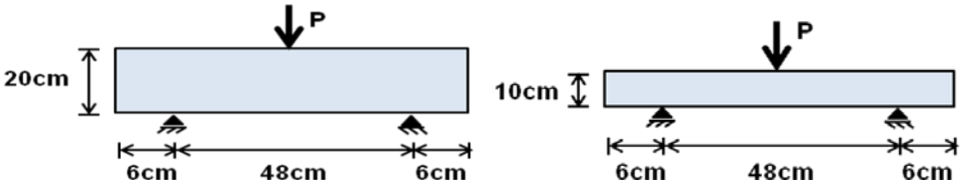
ب- فحص الكسر:

تم أجراء فحص الكسر بقوة مركزة واحدة في منتصف الفضاء على ثلاثة أنواع من نماذج الثرمستون كما في شكل رقم (1) وتم فحص النموذج الثالث باتجاهين الأول على الوجه (60x10) سم والثاني على الوجه (60x20) سم كما في الشكل رقم (2).

(20x20) سم **(20x15) سم**

(10x20) (أ) سم **(20x10) (ب) سم**

شكل رقم (1)
فحص الكسر لنماذج الثرمستون



الوضع الأفقي (أ) **الوضع العمودي (ب)**

شكل رقم (2) فحص الكسر للنموذج الثالث

يبين الجدول رقم (2) معدلات إجهاد الكسر للنماذج المفحوصة

جدول (2) معدلات إجهاد الكسر للنماذج المفحوصة

النموذج	الأبعاد (سم)	وجه التحميل	عزم القصور الذاتي (ملم^4)	معدل قوة الفشل (نيوتن)	معدل العزم (نيوتن. ملم)	معدل إجهاد الكسر (نيوتن/ملم^2)
1	(60x20x20)	(60x20)	$0.133x10^9$	7300	876000	0.658
2	(60x20x15)	(60x15)	$1x10^8$	5750	690000	0.69
3- أ	(60x20x10)	(60x20)	$0.167x10^8$	900	108000	0.323
3- ب	(60x20x10)	(60x10)	$0.667x10^8$	4550	546000	0.818

ت- فحص الأنضغاط:

تم أختبار قوة التحمل لأجهاد الأنضغاط لثلاثة نماذج بأبعاد (10x10x10) سم بموجب المواصفة العراقية (م.ق.ع. 1441/2000) الخاصة بكتل الثرمستون ذات الكثافات التي تتراوح بين (351 كغم/م^3- 850 كغم/م^3) [4]. كما تم اجراء الفحص على نماذج الثرمستون الاعتيادية (60x20x10) سم لحالتين الاولى بتعريض الوجه (60x20) سم لقوة الانضغاط والثانية بتعريض الوجه (60x10) سم لقوة الانضغاط كما مبين في الشكل رقم (3) .

(10x10) سم

(60x20) سم

(60x10) سم

شكل رقم (3)
فحص الأنضغاط لنماذج الثرمستون حسب أوجه التحميل

يبين الجدول رقم (3) أبعاد النماذج وطريقة الفحص مع قيم الأجهادات الفعلية والمسموحة بموجب المواصفة.

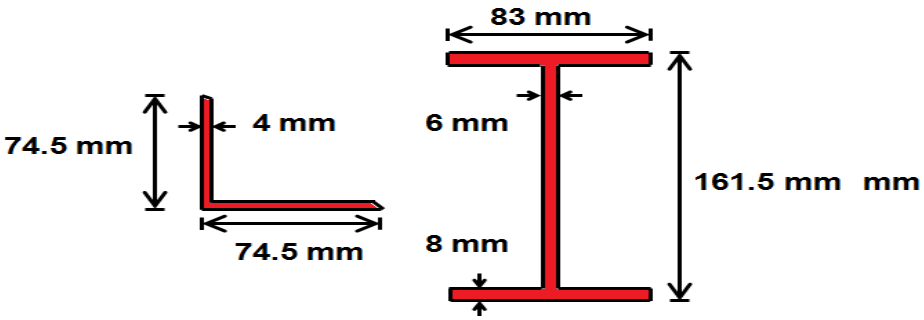
جدول رقم (3) معدل إجهاد الإنضغاط لنماذج الثرمستون

النموذج	الأبعاد (سم)	وجه التحميل	المساحة (ملم^2)	معدل قوة الأنضغاط (نيوتن)	معدل إجهاد الأنضغاط (نيوتن/ملم^2)	حدود المواصفة لكثافة (551- 650) كغم/م^3 (نيوتن/ملم^2)
1	10x10x10	10x10	10000	41600	4.16	2.1
2	60x20x10	60x20	120000	310400	2.58	2.1
3	60x20x10	60x10	60000	159700	2.66	2.1

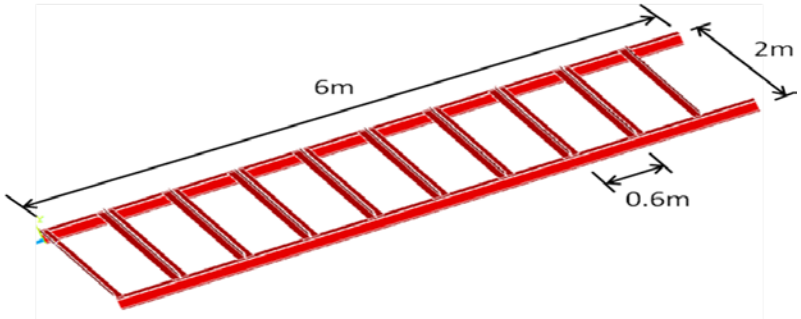
ومن المعلوم أن الأحمال المسلطة على السطوح تسبب بالدرجة الأساس إجهادات مركبة من الضغط والانثناء وحيث أن مادة الثرمستون هي مادة قصيفة ضعيفة في مقاومة قوى الإنثناء لذا من المهم أن يكون توقع حدوث طور الفشل في وحدات الثرمستون لا في الهيكل الحديدي الساند ويكون تحت تأثير الأنثناء المسبب للكسر.عليه سيتم أختيارحالتين لعمل نظام التسقيف للنموذج رقم (3) ذو الأبعاد (60x20x10) سم تمثلان الحالة الأضعف (3-أ) بإجهاد كسر (0.323) نيوتن/ملم^2 والحالة الأقوى (3-ب) بإجهاد كسر (0.818) نيوتن/ملم^2 والمبينة في الجدول رقم (2) من بين النماذج الثلاثة المتوفرة.

الهيكل الحديدي الساند:

تم أنشاء هيكل حديدي من المقاطع الحديدية المتوفرة في السوق المحلية حيث تم استخدام مقاطع (الشيلمان) (I- beam section) و (الزاوية) (L-section) وكما مبين في المقاطع المرسومة في الشكل رقم (4) . يمثل المقطع (I- beam section) الجسر الرئيسي لنقل الأحمال بإتجاه الفضاء الطويل ويتم اسناده على الجدران الحاملة للأثقال أسناداً بسيطاً وممكن الإستغناء عنه عندما يكون هناك جدار ساند ويمثل المقطع (L-section) الجسر الثانوي بالإتجاه القصير الحامل لوحدات الثرمستون. إن الطول الشائع والمتوفر في السوق المحلية لهذه المقاطع هو (6) م علماً أن هناك أطوال (12) م أو أكثر متوفرة أيضا ولكن بمقاطع ذات أبعاد أكبر. تم إختيار الجسر الرئيسي لنظام السقف بطول (6) م في حين كان طول الجسر الثانوي (2) م وبمسافة عرضية مقدارها (60) سم وهي تمثل طول قطعة الثرمستون. تم تثبيت الهيكل الحديدي بواسطة اللحام حيث وضع حديد الزاوية في مركز حديد الشيلمان من الجهتين وكما مبين في الرسم الأنشائي في الشكل رقم (5). ويبين الشكل رقم (6) الهيكل الحديدي الحقيقي بعد وضعه على مساند كونكريتية.



شكل رقم (4) مقاطع الحديد



شكل رقم (5) الهيكل الحديدي بعد اللحام

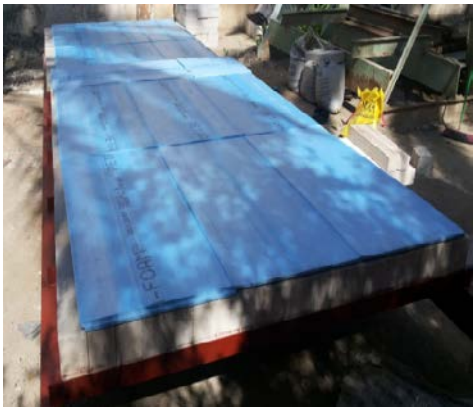
شكل رقم (6)
الهيكل الحديدي بعد الربط والتثبيت

تركيب وحدات الثرمستون:

بعد إكمال إنشاء الهيكل الحديدي بالمقاطع والأبعاد المطلوبة يتم وضع وحدات الثرمستون بشكل متسلسل. بعد تقسيم الفضاء على طول قطعة الثرمستون ينتج تسع خانات بالإتجاه العرضي, تم تغطية أربع منها بقطع الثرمستون بالوضع الأفقي (60x10x20) سم والخمس الأخرى بالوضع العمودي (60x20x10) سم لفحص نظام السقف بالحالة الأضعف والأقوى. بعد إكمال وضع قطع الثرمستون على كامل السقف تم صب سائل مونة الجص لملئ الفراغات والفجوات بين قطع الثرمستون. يبين الشكل رقم (7) السقف الأنشائي بالوضعين الأفقي والعمودي.

شكل رقم (7) السقف الإنشائي بالوضعين الأفقي والعمودي

لتمثيل السقف بشكل أكثر واقعية وتمهيدا لوضع الأحمال المنتشرة تم وضع طبقات الستايروبور العازل وقطع شتايكر التسطيح كما مبين في الشكل رقم (8).



شكل رقم (8)السقف مع العازل وقطع الشتايكر

الكلف التقريبية:

لغرض تحليل الكلف التقريبية لنظام السقف المقترح والمقارنة مع أنظمة التسقيف التقليدية من الخرسانة المسلحة أو العقادة بوحدات الطابوق وحديد (الشيلمان) هناك عوامل مباشرة مثل كلف المواد الأولية والأيدي العاملة وأخرى غير مباشرة كالعزل الحراري وإستهلاك الطاقة وكلف رفع وإزالة الأنقاض ..إلخ ممكن أن تؤثر في تحديد الكلفة الكلية ويجب أخذها بالحسبان بشكل متكامل عند إختار نوع السقف المطلوب, ويبين الجدول رقم (4) مقارنة تقريبية بسيطة للكلف المباشرة لتشييد السقوف التقليدية مع نظام سقف الثرمستون.

جدول رقم (4) مقارنة الكلف المباشرة لثلاثة أنواع من السقوف (دينار/ متر مربع)

نوع السقف	المواد الأولية	حديد التسليح أو الهيكل	القالب الإنشائي	الأيدي العاملة	الكلفة الكلية
الخرسانة المسلحة سمك (15) سم	30000	20000	10000	12000	72000
العقادة بالطابوق والشيلمان	20000	32000	-	10000	62000
التسقيف بالثرمستون (الإفقي)	16000	18000	-	5000	39000
التسقيف بالثرمستون (العمودي)	34000	18000	-	5000	57000

تحميل نظام السقف:

عادة ما يتم تحميل السقوف بأحمال منتظمة على السطح الخارجي متأتية من الأحمال الميتة من وزن السقف وطبقات التسطيح أضافة للأحمال الحية وحسب وظيفة المبنى والهدف من إنشائه والتي تتراوح من (2-5) كيلونيوتن/م^2 للأبنية السكنية ولعدم إمكانية وضع النموذج في جهاز الفحص المختبري ممكن إختبار السقوف بتحميلها أولا بأشخاص موزعين بشكل منتظم كما في الشكل (9). لمعرفة التحمل الأقصى لنظام السقف تم أستخدام عتبات خرسانية تالفة محسوب وزنها من خلال أيجاد حجمها ومعرفة كثافة الخرسانة لغرض تحميل السقف لخانة واحدة لكل من الوضعين الأفقي والعمودي مع قياس ومراقبة الهطول في منتصف الفضاء العرضي للسقف كما في الشكلين رقم (10) و (11) على التوالي.

تحميل الوضع الأفقي

تحميل الوضع العمودي

شكل رقم (9) تحميل السقف بالأشخاص

شكل رقم (10) تحميل خانة واحدة بالوضع الأفقي للثرمستون

شكل رقم (11) تحميل خانة واحدة بالوضع العمودي للثرمستون

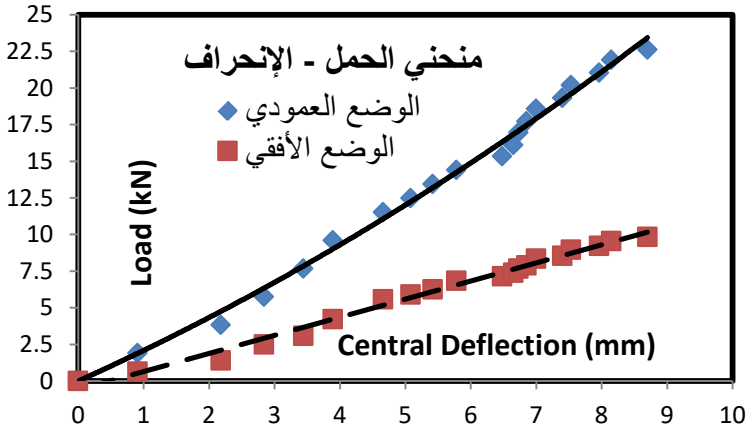
طور الفشل ومعدل المقاومة:

لاشك أن وحدات الثرمستون هي العنصر الحاكم في فشل السقف ووصوله الى التحمل الأقصى كونها مادة قصيفة ويحدث الفشل فيها بشكل مفاجيء. وأعتمادا على معدل الأجهاد الأقصى المحسوب من معدل قوة الفشل المختبرية المبين في الجدول رقم (2) يمكن تقدير الحمل المسبب للفشل لخانة واحدة بأبعاد (2x0.6) م. إن معدل الحمل المنتشر والمتوقع حدوث الفشل فيه إعتمادا على الأجهاد الأقصى هو (18.5) كيلونيوتن/م^2 لقطع الثرمستون في الوضع الأفقي و (185) كيلونيوتن/م^2 لقطع الثرمستون في الوضع العمودي أي أن وضع قطع الثرمستون العمودي يتحمل حوالي (10) مرات أكثر من الوضع الأفقي. إن الحمل الفعلي الذي تم تسليطه على السقف لكل وضع كان حوالي (20) كيلونيوتن/م^2 . لم تظهر أي تشققات أو تحطم في وحدات الثرمستون بالوضع العمودي تحت الأحمال المسلطة بينما بدأ الفشل يحدث في قطع الثرمستون بالوضع الأفقي عند الوصول إلى حمل حوالي (18) كيلونيوتن/م^2 وكما متوقع فعلاً ويبين الشكل رقم (12) الفشل في قطع الثرمستون في الوضع الأفقي ويظهر الفشل في (5) قطع من أصل (10) في نفس الخانة. ويتضح من قيم الأحمال المسلطة أن تحمل سقف وحدات الثرمستون وخاصة بالوضع العمودي يضاهي تحمل السقوف التقليدية من الخرسانة المسلحة وسقوف العقادة بالطابوق والجص وإذا ما أخذنا قيمة (5) كيلوتن/م^2 كأقصى حمل حي تقريبي للسقوف الخرسانية في الأبنية السكنية يضاف له حوالي (7) كيلوتن/م^2 حمل ميت من وزن السقف ومواد التسطيح ليصبح المجموع (12) كيلوتن/م^2 وهذا أقل من تحمل سقف وحدات الثرمستون مما يدل أنه مناسب جدا للأبنية السكنية إلا أنه قد يكون ضعيف نسبيا تحت الأحمال الصدمية.

شكل رقم (12)الفشل في الثرمستون في الوضع الأفقي

الحمل – الإنحراف:

يبين الشكل (13) قيم الإنحراف في مركز الفضاء العرضي لحديد الزاوية تحت الأحمال المسلطة في الوضعين العمودي والإفقي. لم يتم قياس الإنحراف في مركز الفضاء الطويل في حديد الشيلمان لصعوبة وضع الأحمال بهذا الإتجاه أو كون هذا الإتجاه يكون مسند بجدار وتكون الأزاحة فيه تساوي صفر ويعتمد أيضا على طول الفضاء المستخدم حسب التصميم والمقاطع المتوفرة .



شكل رقم (13)منحني الحمل – الإنحراف

ويتضح من الشكل رقم (13) أن ليس هناك فرق مؤثر في قيم الإنحراف في الوضع العمودي والإفقي وليس هناك مايدعو لذلك عدا كون هذه القيم يجب أن تكون ضمن الحدود المسموحة لقيم الإنحراف للمتطلبات الإنشائية والمعمارية وممكن تقليل هذه القيم بزيادة مقطع حديد الزاوية المستخدم.

الإستنتاجات:

مما تقدم من الدراسة التجريبية يمكن التوصل الى أهم الإستنتاجات الآتية:

1- حمل الفشل في سقف الثرمستون للوضع الأفقي يصل الى قيمة (18.5) كيلونيوتن/م^2 وهي قيمة عالية وأمينة إذا ماقورنت بالأحمال الحية والميتة التصميمية.

2- حمل الفشل في سقف الثرمستون للوضع العمودي يصل الى قيمة (185) كيلونيوتن/م^2 أي بمقدار (10) مرات الوضع الأفقي وهذه قيمة أمينة جدا ومناسبة للأبنية السكنية التقليدية متعددة الطوابق وغيرعا.
3- قيم الإنحراف المحسوبة في منتصف فضاء حديد الزاوية تحت حمل فشل الثرمستون لا تتجاوز (10) ملم وهي ضمن القيم المقبولة وهذا يعتمد على مقطع حديد الزاوية وطول الفضاء.
4- بالرغم من حدوث الفشل في (5) قطع من أصل (10) في خانة الثرمستون بالوضع الأفقي الضعيف فإن السقف لايزال مستقرا ولم يحصل فيه إنهيار كامل.
5- الفشل الرئيسي في نظام سقف الثرمستون هو طور الإنثناء المسبب لكسر قطعة الثرمستون في وسطها تقريبا ولم يحدث أي تهشم بسبب إجهادات الإنضغاط.

المصادر:

[1].مؤتمر العمل الدولي, الدورة 102, "التنمية المستدامة والعمل اللائق والوظائف الخضراء", مكتب العمل الدولي , جنيف, (2013).
[2].المهندس صلاح مهدي الحساني, "أنظمة وتقنيات البناء الحديثة", شركة الغدير للطباعة والنشر, البصرة, (2010).
[3]اللجنة الإستشارية للطاقة, اللجنة الفرعية للعزل الحراري, المركز الوطني للإستشارات الهندسية والمعمارية, "دليل العزل الحراري", الدار العربية للطباعة والنشر,بغداد, (1986).- الجهاز
[4].المركزي للتقييس والسيطرة النوعية, "المواصفة العراقية القياسية (1441)- الكتل الخرسانية الخلوية", بغداد, (2000).