

# Selection of Best House Construction Materials for Roofs and Walls Regarding Cost, Weight, thermal Insulation and Mechanical Properties.

Amer Mohamed Ibrahim 

Civil Engineering Department, Diyala University, Baquba, Iraq.

Ahmed Abdullah Mansor 

Civil Engineering Department, Diyala University, Baquba, Iraq.

Email: [aamansor2003@yahoo.com](mailto:aamansor2003@yahoo.com)

Jaleel Ibrahim Kaduri

Civil Engineering Department, Diyala University, Baquba, Iraq.

Received on 12/6/2016 & Accepted on 29/9/2016

## ABSTRACT:

Research includes the study of the effect of using different local and low cost construction materials in the creation of traditional buildings and the effect of using these materials in terms of cost, loads over the soil, and the thermal insulation.

The research plan on the construct of three rooms has (4 × 5) m dimensions and a 3 m height from different materials. And adopt its findings on the reality of the buildings in Iraq. It has been concluding that the costs of stiroboor and thermiston slab were less than the cost of a rigid slab by 43.4% and 21.3% respectively. And the weight of stiroboor and thermiston slabs were less than weight of rigid slab by 33.8% and 6.6%, respectively, and the deflection of stiroboor and thermiston slabs were higher than sold slab by 20% and 0.5% respectively.

The thermal conductivity coefficient, and conductance of stiroboor and thermiston slab was less than the rigid slab by 41% and 20.5% respectively, and that the thermal conductivity coefficient, and conductance of brick and thermiston walls were less than the hollow concrete block walls by 25% and 66.7%, respectively. The thermal resistances of stiroboor and thermiston slab were higher than the sold slab by 41% and 20.5%, and that the coefficient of thermal resistance of the brick and thermiston walls was higher than hollow concrete block walls by 25% and 66.7%.

The energy that needed for stiroboor slab and brick walls room during the day and night were lower by 35.1% and 11.4%, respectively, and for thermiston room by 64% and 54.1%, respectively, compared to the rigid slab and hollow concrete walls room.

**Keyword:** Slab, Walls, Stiroboor, Thermiston, brick, Thermal isulation, Thermal conductivity coefficient, Conductance.

أختيار أفضل مواد أنشائية للتسقيف والجدران في أنشاء وحدات سكنية من حيث (الكلفة ، الوزن ، العزل الحراري والخواص الميكانيكية)

## الخلاصة:

يتضمن البحث دراسة تأثير استخدام مواد انشائية محلية مختلفة واطنة الكلفة في أنشاء الابنية التقليدية من حيث الكلفة، الاحمال المسلطة على التربة ، ومدى العزل الحراري.

تقوم خطة البحث على أنشاء ثلاث نماذج من الغرف بابعاد (5×4)متر وبارتفاع 3متر من مواد مختلفة كعينة يمكن تطبيقها وأعتتماد نتائجها على واقع الابنية في العراق. فقد تبين ان كلفة انشاء بلاطتي الفلين والثرمستون اقل من كلفة أنشاء البلاطة الصلدة بنسبة 43.4% و 21.3% على التوالي. وتم التوصل الى ان وزن بلاطتي الفلين والثرمستون اقل من وزن البلاطة الصلدة بنسبة 33.8% و بنسبة 6.6% على التوالي ، اضافة الى ان قيم الهطول الانبي لبلاطتي الفلين والثرمستون كانت اعلى من القيم العملية للبلاطة الصلدة بنسبة 20% و 0.5% على التوالي.

وتم التوصل الى ان معامل التوصيل الحراري والموصلية لبلاطتي الفلين والثرمستون اقل من البلاطة الصلدة بنسبة 41% و 20.5% على التوالي ، وان معامل التوصيل الحراري والموصلية لجدران من الطابوق والثرمستون اقل من جدران البلوك الخرسانية المجوفة بنسبة 25% و 66.7% على التوالي. اما الممانعة الحرارية لبلاطتي الفلين والثرمستون فكانت اعلى من البلاطة الصلدة بنسبة 41% و 20.5% ، وان معامل الممانعة الحرارية لجدران الطابوق والثرمستون كانت اعلى من جدران البلوك الخرسانية المجوفة بنسبة 25% و 66.7% .

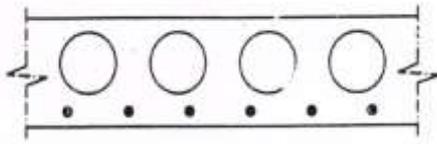
أما بخصوص الطاقة التي تحتاجها الغرفة المشيدة من بلاطة الفلين وجدرانها من الطابوق خلال النهار والليل فكانت اقل بنسبة 35.1% و 11.4% على التوالي و للغرفة المشيدة من الترمستون بنسبة 64% و 54.1% على التوالي مقارنة بالغرفة المشيدة من البلاطة الصلدة وجدرانها من البلوك

## 1. مقدمة:

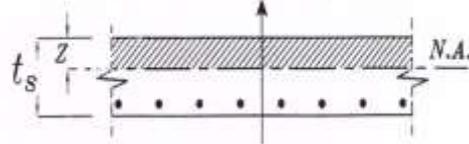
أن التطور الحاصل في العلوم والتكنولوجيا الحديثة، اثبت ان استخدام الطريقة التقليدية في صب البلاطات بالخرسانة المسلحة في المباني غير مرغوب لما فيه من أثار سلبية على المباني من حيث الأوزان العالية وقابلية العزل المحدودة وغيرها. أن الخرسانة المسلحة تمثل الوحدة المنطقية لمادتين: الخرسانة الاعتيادية التي تمتلك مقاومة أضغط عالية مع مقاومة شد ضئيلة وقضبان حديد التسليح المغمورة في الخرسانة والتي بأستطاعتها توفير مقاومة الشد اللازمة<sup>(1)</sup>.

أما في حالة استخدام الخرسانة في صب البلاطات المصمتة Solid Slab فتكون الخرسانة الواقعة تحت خط التعادل Neutral axis (N.A) عديمة الفائدة كون الاجزاء الخرسانية الواقعة في منطقة الشد تكون مهملة كما مبين في الشكل (1) ، لذا فعند صب بلاطات بسمك أكبر من 160 ملم لا يحبذ استخدام هذا النوع من الخرسانة<sup>(2)</sup>، بل يتم استخدام أنواع أخرى مثل: بلاطات مجوفة اللب Hollow Core Slab و البلاطات المدعمة Ribbed Slab و بلاطات البلوكات المجوفة Hollow Block Slab كما هو موضح في الأشكال (2) و(3) و(4).

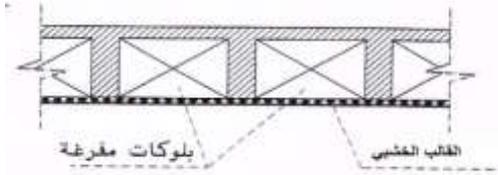
أن استخدام نظام البناء (سواء للجدران او السقوف) باستخدام مقاطع البلوك المجوف سواء كان من الخرسانة او الفلين هو نظام متطور يقوم على اساس تقليل كافة المواد البنائية مما يؤدي الى تقليل الاحمال الكلية للابنية و اضافة الى كونه سريع التنفيذ و بدأ يوفر عامل الجهد و الوقت اثناء فترة التنفيذ و يوفر بشكل كبير مصروفات الطاقة و الوقود نتيجة العزل الحراري الممتاز الذي يوفره هذا النوع من الانظمة.



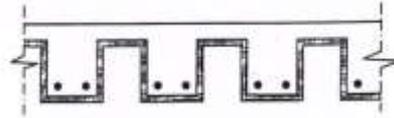
شكل (2) بلاطة مجوفة اللب (2)



شكل (1) بلاطة صلدة (2)



شكل (4) بلاطة البلوكات المجوفة (2)



شكل (3) بلاطة معصبة (2)

لقد استخدم هذا النظام في التشييد في أكثر من 50 دولة في العالم منها الولايات المتحدة الأمريكية وكندا ودول اوربا ونيوزلندا واستراليا واندونيسيا والفلبين والهند وايران والكويت والسعودية ومصر، وحصل على عدة شهادات واختبارات عالمية من عدة دول واولها الولايات المتحدة الأمريكية ، كما وتم اعتماده في وزارة الاعمار والاسكان .

تم إجراء هذا البحث بعمل مقارنة بين الانظمة التقليدية المعتمدة في العراق مع انظمة التسقيف الحديثة، وقد تم اعتماد مواد محلية الصنع متوفرة في الاسواق المحلية. تم تشييد ثلاثة نماذج من الغرف موضوعة البحث في كلية الهندسة في جامعة ديالى على اساس حصيري من الخرسانة المسلحة بسمك 20سم. وقد تم استخدام النموذج الاول كمرجع لبقية النماذج حيث تم تشييد الجدران من البلوك الخرساني المجوف بابعاد (20x20x40) سم وصب السقف باستخدام الخرسانة المسلحة بسمك 20سم، وهذا النوع من البناء هو السائد في معظم مناطق العراق، وخصوصا في المناطق الشمالية لندرة الطابوق الطيني فيها. اما النموذج الثاني فتم تشييد الجدران والسقف من مادة الترمستون بابعاد (20x20x60) سم مع عمل جسور من الخرسانة المسلحة بعرض 15سم (رباطات) وعمق بنفس ارتفاع الترمستون وصب البلاطة بالخرسانة المسلحة بارتفاع 7 سم على كل مساحة السقف. والنموذج الثالث فتم تشييد الجدران من مادة الطابوق والسمنت بعرض 24 سم وتم صب السقف باستخدام الفلين بارتفاع 17سم مع عمل جسور من الخرسانة المسلحة بعرض 10سم (رباطات) وبنفس ارتفاع الفلين وصب البلاطة بالخرسانة المسلحة بارتفاع 7 سم ايضا.

## 2. اهمية البحث

لقد تطرقنا في هذه الدراسة الى موضوع الكلف المتعلقة بانشاء كل نوع من هذه الانواع بالاضافة الى ذلك تم مقارنة الاوزان الناتجة من كل بلاطة لما في هذا الموضوع من اهمية في تصاميم الاسس والكلف اللازمة لانشاءها، وتبرز اهمية ذلك في انشاء

ابنية متعددة الطوابق حيث من الممكن ان يتم تغيير نوع الاساس من الركائز الى الاساس الحصييري، او من الاساس الحصييري الى الاساس المنفصلة او الشريطية وغيرها.

وقد تم في هذا البحث اجراء فحص التحميل لكل نوع من البلاطات لمعرفة قابلية تحمل كل نوع ومدى الهطول الحاصل في بلاطة كل نوع ، وهو فحص يكتسب اهمية كبيرة كونه يعطي ثقة عالية للمصمم الانشائي في اختيار نوع البلاطة المناسبة.

ولما في موضوع العزل الحراري من اهمية قصوى في تشييد الابنية السكنية في العراق، كون مناخه حار جاف صيف، وبارد ممطر شتاء، فقد تم تسجيل درجات الحرارة في خارج وداخل جدران وسقف كل غرفة وخلال فترات مختلفة اي في ذروة فصل الصيف ( في شهر آب) وفي ذروة فصل الشتاء ( في شهر كانون الاول) وذلك باستعمال جهاز Portable Digital Thermometer. وشملت الدراسة احتساب معامل التوصيل الحراري  $\lambda$  Thermal conductivity coefficient (W/m.K) والموصلية الحرارية Thermal conductance (W/m<sup>2</sup>.K) (C) مختبريا باستعمال الجهاز Thermal resistance (R) Conductivity of Building Materials، وقد شمل البحث ايجاد الممانعة الحرارية (m<sup>2</sup>.K/W) والتي تعبر عن مقدار الممانعة المحسوبة على اساس الفرق في درجة الحرارة، في حالة مستقرة، بين سطحين من مادة أو مواد مختلفة ، وهي معدل التدفق الحراري خلال وحدة المساحة. وكذلك تم دراسة معامل انتقال الحرارة Overall (U) heat transfer coefficient (W/m<sup>2</sup>.K) الذي يبين معامل انتقال الحرارة خلال وحدة المساحة من مادة أو مواد مختلفة كنتيجة للفرق في درجة الحرارة لكل جهة من جهات الجدار او السقف. وقد تم تسميته معامل انتقال الحرارة الكلي ويمكن ايجاد قيمته من مقلوب مجموع الممانعات الحارية في الغرفة  $\frac{1}{\sum R}$ . وذلك بعمل موديل في مختبر فحوصات المواد الانشائية في كلية الهندسة / جامعة ديالى من المواد التي تم تشييد سقفوف وجدران الغرف الثلاث موضوع البحث.

أن الفوائد المتوخاة من البحث هو تقليل المواد المستوردة (كحديد التسليح) مثلا وتقليل الاحمال الميتة الناتجة من اوزان المواد الانشائية في العمل، مما يقلل ذلك كلف انشاء اسس الابنية أو إمكانية زيادة عدد طوابق الابنية بثبوت نوعية الاسس المستخدمة. أن البحث يدرس تأثير استخدام المواد الانشائية المستخدمة على زيادة العزل الحراري الذي يقلل بالنتيجة كلف التبريد والتدفئة مما يقلل استخدام الطاقة الكهربائية التي يحتاجها البلد في تشغيل المصانع والمعامل لمواكبة التطور والتقدم، اضافة الى ان ذلك يوفر بيئة خضراء مستدامة من خلال تقليل استخدام المواد الخرسانية والحديد.

### 3. البرنامج العملي

#### 1.3 الخواص الميكانيكية للمواد المستخدمة:

- 1-3-1 السمنت:** تم استخدام السمنت البورتلاندي الاعتيادي من منشأ عراقي نوع الماس، وقد تم اجراء الفحوصات الفيزيائية والكيميائية بموجب المواصفة العراقية رقم 5 لعام 1984<sup>(3)</sup>.
- 1-3-2 الرمل:** تم استخدام رمل (الاخضر) في أعمال البناء والصب وتم اجراء الفحوصات الخاصة به بموجب المواصفات القياسية العراقية رقم 45 لعام 1984<sup>(4)</sup>.
- 1-3-3 الحصى:** تم استخدام حصى مكسر من مقالع الصدور وتم اجراء الفحوصات الخاصة به بموجب المواصفات القياسية العراقية رقم 45 لعام 1984<sup>(4)</sup>.
- 1-3-4 حديد التسليح:** تم استخدام حديد تسليح من منشأ اوكراني، وتم اجراء الفحوصات الخاصة به بموجب المواصفات الامريكية ASTM615M<sup>(5)</sup> وكانت مقاومة الخضوع والفشل لقطر 8 ملم (460 و 663 نت/مم<sup>2</sup>) ولقطر 12 ملم (467 و 656 نت/مم<sup>2</sup>).
- 1-3-5 الطابوق:** تم استخدام طابوق طيني (غير مثقب) وتم اجراء الفحوصات الخاصة به بموجب المواصفات القياسية العراقية رقم 25 لعام 1988<sup>(6)</sup>.
- 1-3-6 البلوك:** تم استخدام بلوك خرساني بابعاد (20x20x40) سم محلي الصنع وتم اجراء الفحوصات الخاصة به بموجب المواصفات القياسية العراقية رقم 1077 لعام 1987<sup>(7)</sup>.
- 1-3-7 الترمستون:** تم استخدام ترمستون بابعاد (200x200x600) ملم محلي الصنع وتم اجراء الفحوصات الخاصة به بموجب المواصفات القياسية العراقية رقم 1441 لعام 2000<sup>(8)</sup>.
- 1-3-8 الفلين:** تم استخدام مقاطع فلين مجوفة بابعاد (200x500x600) ملم من أنتاج شركة أصول الجودة بكثافة 17 كغم/م<sup>3</sup>.
- 2-3 خواص الخرسانة المستخدمة:**
- 1-2-3 خرسانة صب الاسس:**
- تم صب خرسانة اساس حصييري بسمك 200 ملم وبتسليح طبقتين من BRC كيج 63، وتم صب ستة مكعبات بابعاد (150x150x150)mm وكانت نتائج مقاومة الانضغاط هي 15 نت/مم<sup>2</sup> بعمر 28 يوم.
- 2-2-3 خرسانة صب السقفوف:**
- اما بالنسبة لصبة السقفوف فتم صب تسعة مكعبات بابعاد (150x150x150)mm وكانت نتائج مقاومة الانضغاط هي 20 نت/مم<sup>2</sup> بعمر 28 يوم.

### 3-3 التحليل الانشائي:

تم التحليل بموجب متطلبات الكود الامريكي ACI318M-14<sup>(9)</sup> والمصادر<sup>(10)</sup> و<sup>(11)</sup> بالنسبة للبلاطة الصلدة اما بلاطة الترمستون والفلين فقد تم اعتماد الكود السوري 2004<sup>(2)</sup>

1-2-4 المعلومات العامة

- مقاومة خرسانة السقف 20 نت/مم<sup>2</sup>
- مقاومة الشد للحديد المستخدم قياس 10 ملم 460 نت/مم<sup>2</sup> و قياس 12 ملم 467 نت/مم<sup>2</sup>.
- الحمل الحي 3 كيلونيوتن /م<sup>2</sup> و الحمل الميت المتحرك: 1.5 كيلو نيوتن/م<sup>2</sup>.

### 4-3 طريقة الإنشاء والتسقيف:

تقوم خطة البحث على إنشاء ثلاث نماذج من الغرف بأبعاد (5×4) متر وبارتفاع 3متر وتحتوي على باب المنيوم (2.1×1)م وشباك المنيوم (1.5×1)م كما في الشكل (5).

**النموذج الأول:** تم تشييد جدران الغرفة من مادة البلوك المجوف بعرض 20سم وصب السقف باستخدام الخرسانة المسلحة بسمك 20سم.

**أما النموذج الثاني** فقد تم بناء الجدران من مادة الثرمستون المجوف بأبعاد (20×20×60) سم ، وصب السقف باستخدام نظام البلاطات Hollow Block Slab حيث تم استخدام الثرمستون لملء الفراغات بين الرباطات الخرسانية Ribs بارتفاع 20سم ، تم صب البلاطة الخرسانية باعتماد نسبة الحديد التصميمية والتي كانت اقل نسبة حديد تسليح و بارتفاع 7 سم .

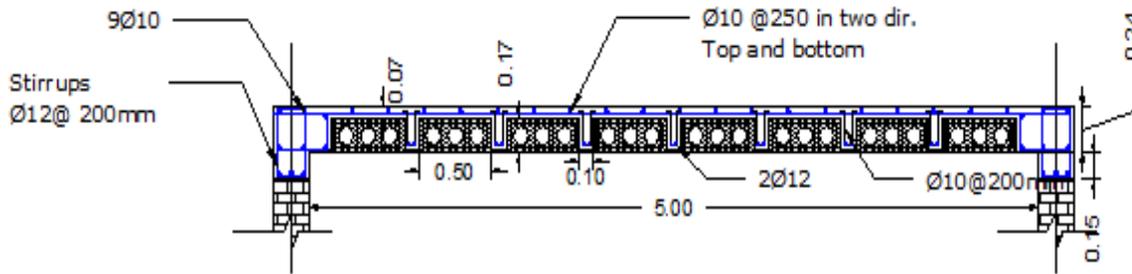
**أما النموذج الثالث** فقد تم بناء الجدران من مادة الطابوق والسمنت بعرض 24 سم وصب السقف باستخدام نظام البلاطات Hollow Block Slab حيث تم استخدام الفلين المجوف لملء الفراغات بين الرباطات الخرسانية Ribs بارتفاع 17سم ، وتم صب البلاطة الخرسانية باعتماد نسبة الحديد التصميمية والتي كانت اقل نسبة حديد تسليح و بارتفاع 7 سم كما في الشكل (6) والشكل (7) .



شكل(6) اعمال التسقيف بالفلين



شكل(5) الغرف الثلاثة



شكل رقم (7) مقطع في بلاطة الفلين

### 5.3 فحوصات العزل الحراري والتحميل:

#### 3-5-1 فحوصات العزل الحراري:

تم إنشاء الغرف بطريقة تجعلها في نفس الظروف الحرارية ، حيث تم انشاءها على خط واحد في مواجهة خط زوال الشمس وبمسافة 2متر بين كل غرفة وأخرى لضمان التهوية المتساوية لجميع الغرف. تم إجراء فحوصات العزل الحراري من خلال عمل فتحة نافذه بقطر 10ملم في سقف الجدران والسقوف لتسمح بمرور اسلاك التحسس الحراري في الداخل والخارج ومربوطة بالجهاز Portable Digital Thermometer المبين في الشكل (8).

يقوم الجهاز بتسجيل درجات الحرارة في داخل الغرفة وخارجها عند جدار ثابت الموقع في الغرف الثلاث والسقف. وقد تم تسجيل درجات الحرارة في أوقات مختلفة منها في النهار والليل ومنها على مدار يوم كامل وفي طقس متغير على مدى ستة أشهر.

وقد تم عمل موديل في مختبر فحوصات المواد الانشائية في كلية الهندسة / جامعة ديالى من المواد التي تم تشييد سقوف وجدران الغرف الثلاث موضوع البحث لقياس احتساب معامل التوصيل الحراري Thermal conductivity coefficient K (W/m.K) وذلك باستخدام الجهاز Thermal Conductivity of Building Materials المبين في الشكل (9). تم اعتماد المواصفة الامريكية ASTM C177-97<sup>(12)</sup> في ايجاد معامل التوصيل الحراري. حيث يتم تثبيت بليته التسخين المربوطة بمقياس لمعرفة درجة الحرارة التي تم تسخين البليته بها، ثم توضع العينه المراد معرفة العزل الحراري لها فوق هذه البليت وتوضع بليته اخرى (تسمى البليته الباردة) وهي مربوطة ايضا بمقياس لمعرفة درجة الحرارة العابرة من العينه. والمنظومة كلها داخل جهاز معزول عزل تام عن المحيط الخارجي. ويتم ايجاد معامل التوصيل الحراري من المعادلة:

$$K = \left( \frac{W}{A} \right) \left[ 1x \frac{d}{\Delta T} \right] \dots\dots\dots(1)$$

W: Electrical power input to main heater

A: main heater surface area

$\Delta T$  : Temperature different across the specimen

d : Specimen thickness

وقد تم اعداد نماذج من الفلين والثرمستون والخرسانة بابعاد 280x280 ملم وبسمك 30ملم حسب الشكل (10).



شكل(10) القالب الخشبي للموديل 28x28x3سم



شكل(9)جهاز قياس معامل التوصيل



شكل(8)جهاز قياس درجات الحرارة

تم تسجيل درجات الحرارة في خارج وداخل جدران وسقف كل غرفة وخلال فترات مختلفة اي في ذروة فصل الصيف ( في شهر أب) وفي ذروة فصل الشتاء ( في شهر كانون الاول) وتم تسجيل درجات الحرارة وذلك باستعمال جهاز Portable Digital Thermometer.

وتم احتساب معامل التوصيل الحراري  $\lambda$  Thermal conductivity coefficient (W/m.K) مختبريا باستعمال الجهاز Thermal Conductivity of Building Materials، وذلك بعمل موديل من المواد التي تم تشييد سقوف وجدران الغرفة الثلاثة موضوع البحث.

اما الموصلية الحرارية: (C): Thermal conductance (W/m<sup>2</sup>.K): والتي تمثل معدل تدفق الحرارة من خلال وحدة المساحة من مادة أو بناء الناجم عن اختلاف درجات الحرارة وحدة بين سطح الجسم. والموصلية الحرارية تعتمد على التوصيل الحراري للمواد وسمكها، وقد تم احتسابها من قسمة معامل التوصيل الحراري على سمك الجدار او السقف.

وتم ايجاد الممانعة الحرارية: (R): Thermal resistance (m<sup>2</sup>.K/W) وهي مقدار محسوب على اساس الفرق في درجة الحرارة، في حالة مستقرة، بين سطحين من مادة أو مواد مختلفة.

وتم ايجاد معامل انتقال الحرارة: (U): Overall heat transfer coefficient (W/m<sup>2</sup>.K) هو معامل انتقال الحرارة خلال وحدة المساحة من مادة أو مواد مختلفة كنتيجة للفرق في درجة الحرارة لكل جهة من جهات الجدار او السقف. اما فيما يخص الطاقة الحرارية، فقد تم احتساب الطاقة الحرارية اللازمة لكل نوع من انواع الغرف حسب المعادلة (2):

$$Q=C.A. ( t_2 - t_1) 24 \dots\dots\dots(2)$$

Where:

Q=Measured Energy.hr/hr W

C=thermal conductance (W/m<sup>2</sup> K)

A=area of wall surface (normal to heat flow) m<sup>2</sup>

t<sub>1</sub>=mean temperature of inside wall surface over 24-hr cycle.°C

t<sub>2</sub> = mean temperature of outside wall surface over 24-hr cycle.°C

**3-5-2 فحوصات التحميل:**

تم قياس مدى هطول كل نوع من السقوف وذلك من خلال تحميل السقف باحمال تدريجية يتم خلالها تسجيل مقدار الهطول الحاصل في مركز كل سقف. وقد تم تهيئة أكياس مملوءة بالرمل الجاف بوزن 30 كغم وبكمية 334 كيس ، لضمان الحصول على حمل حي كلي مقداره 10 طن لكل غرفة اي 0.5 طن / م<sup>2</sup> ( 5 كيلونيوتن/م<sup>2</sup>) كما في الشكل (11) ، وتم قراءة الهطول في منتصف كل غرفة من الغرف وتسجيل هذه القراءات لكل 150 كيلو غرام (1.5 كيلو نيوتن) كما في الشكل (12) ، حيث يتم البدء بتوزيع هذه الاحمال من مركز سقف البلاطة وينتشر باتجاه الاطراف، وقد تم فرش هذه الاكياس لطبقتين اي ان ارتفاع الحمل الحي كان 70سم ( ارتفاع الكيس مملوء 35سم) وقد تم الابقاء على الاحمال لمدة 10 ايام لكل بلاطة لقياس الهطول على المدى البعيد Long term deflection اضافة الى قراءة الهطول المتبقي بعد رفع الاحمال Residual deflection. وتم قراءة الهطول ب Dial gauge بدقة عالية وكانت تدرجاته 0.01ملم/ تدرجاً.



شكل (12) قياس الهطول في بلاطة الفلين



شكل (11) الاحمال المسلطة على بلاطة الفلين

**4- نتائج البحث****4-1 تحليل الكلف:**

تم تحليل الكلف على اساس كميات المواد الانشائية الداخلة في انشاء كل بلاطة من البلاطات، وتم تحديد الاسعار المبينه ادناه في تسعير هذه الفقرات بعد تحليل كلف المواد الاولية الداخلة في العمل وكذلك الايدي العاملة لانجاز هذه الفقرات:

- خرسانة عادية (بدون حديد تسليح): 200000 دينار/م<sup>3</sup>
- حديد تسليح : 1000000 دينار/طن
- فلين(ستايروبور): 3000دينار/ وحدة
- ثرمستون: 2000دينار/وحدة

**4-4-1 كلفة البلاطة الصلدة:**

تكون كلفة البلاطة الصلدة حسب الجدول رقم (1) ادناه:  
اذن الكلفة الكلية لانجاز صب سقف النموذج الاول والمستخدم فيه البلاطة الصلدة

**جدول (1) حسابات كلفة البلاطة الصلدة**

Position	Slab	Beams	Total amount	Unit Price ID	Total cost ID
Concrete(m <sup>3</sup> )	4.368	0.752	5.120	200000	1024000
Steel(ton)	0.520	0.28	0.80	1000000	800000
<b>Total Cost</b>					<b>1824000</b>

هي 1824000 فقط (مليون وثمانمائة واربعه وعشرون الف دينار).

**4-4-2 كلفة البلاطة الصلدة المصنعة باستخدام الفلين (الستايروبور)**

تكون كلفة البلاطة المصنعة باستخدام الفلين (الستايروبور) حسب الجدول رقم (2) ادناه:

جدول (2) حسابات كلفة بلاطة الفلين

Position	Slab	Beams	Ribs	Total amount	Unit Price ID	Total cost ID
Concrete(m <sup>3</sup> )	1.53	1.464	0.378	3.373	200000	674600
Steel(ton)	0.104	0.162	0.077	0.343	1000000	343000
Stairobor	48	-	-	48	3000	144000
<b>Total Cost</b>						<b>1032000</b>

اذن الكلفة الكلية لانجاز صب سقف النموذج الثاني والمستخدم فيه الفلين هي 1032000 فقط (مليون واثنان وثلاثون الف دينار).

#### 4-3-4 كلفة البلاطة المصنعة باستخدام الترمستون:

تكون كلفة البلاطة المصنعة باستخدام الترمستون حسب الجدول رقم (3) ادناه:

جدول (3) حسابات كلفة بلاطة الترمستون

Position	Slab	Beams	Ribs	Total amount	Unit Price ID	Total cost ID
Concrete(m <sup>3</sup> )	1.53	2.00	0.54	4.070	200000	814000
Steel(ton)	0.104	0.21	0.092	0.406	1000000	406000
Thermistone	108	-	-	108	2000	216000
<b>Total Cost</b>						<b>1436000</b>

اذن الكلفة الكلية لانجاز صب سقف النموذج الثالث والمستخدم فيه الترمستون هي 1436000 فقط (مليون واربعمئة وستة وثلاثون الف دينار).

وبذلك نستنتج ان كلفة انشاء بلاطة من الفلين (الستايروبور) اقل من كلفة انشاء البلاطة الصلدة بنسبة 43.4% وان كلفة انشاء بلاطة من الترمستون اقل من كلفة انشاء البلاطة الصلدة بنسبة 21.3%.

#### 4-2 تحليل الاوزان:

تم احتساب اوزان كل نوع من انواع البلاطات حسب الاعتبارات التالية:

1. كثافة الخرسانة المسلحة 2400 كغم/م<sup>3</sup>
2. كثافة الترمستون 660 كغم/م<sup>3</sup>
3. كثافة الفلين 17 كغم/م<sup>3</sup>.

علما ان الخرسانة المسلحة للبلاطات المصنعة من الفلين و الترمستون اخف وزنا من الخرسانة الصلدة كونها تحوي على طبقة واحدة من التسليح وبقطر 10ملم.

تم اجراء حسابات الوزن بموجب كميات الخرسانة المصبوبة وكما مبين في الجدول (4) ادناه.

جدول (4) خلاصة حسابات الاوزان للبلاطات الثلاثة

Position	Solid Slab		Stairobor Slab		Thermistone Slab	
	Quantit y (m <sup>3</sup> )	Weight (kg)	Quantit y (m <sup>3</sup> )	Weight (kg)	Quantit y (m <sup>3</sup> )	Weight (kg)
Concrete(m <sup>3</sup> )	5.12	12288	3.373	8095.2	4.07	9768
Stairobor(m <sup>3</sup> )	---	---	2.448	41.616		
Thermiston(m <sup>3</sup> )	---	---	---		2.592	1710.72
<b>Total Weight(kg)</b>		<b>12288</b>		<b>8137</b>		<b>11479</b>

وبذلك نستنتج ان وزن البلاطة المصنعة من الفلين (الستايروبور) اقل من وزن البلاطة الصلدة بنسبة 33.8% وان وزن البلاطة المصنعة من الترمستون اقل من وزن البلاطة الصلدة بنسبة 6.6%.

**3-4 تحليل التحمل والهطول:**

تم رسم علاقة الهطول والتحميل لكل حالة وكذلك احتساب الهطول الانبي من المعادلات الخاصة بالبلاطات (Two way slab) (13) وكما مبين ادناه:

**1-3-4 الهطول في البلاطة الصلدة:**

تم رسم علاقة الاحمال مع الهطول ، وكانت العلاقة خطية كما مبين في الشكل (13) وكانت اعلى قراءة للهطول في مركز البلاطة 0.95 ملم وكان مقدار الهطول بعد مرور 10 ايام هو 1.61 ملم و مقدار الهطول المتبقي بعد رفع الاحمال 0.64ملم.

**2-3-4 الهطول في البلاطة المصنعة من الفلين (الستايبوربور):**

تم رسم علاقة الاحمال مع الهطول ، وكانت العلاقة خطية كما مبين في الشكل (14) وكانت اعلى قراءة للهطول في مركز البلاطة 1.14 ملم وكان مقدار الهطول بعد مرور 10 ايام هو 2.4 ملم و مقدار الهطول المتبقي بعد رفع الاحمال 1.18 ملم.

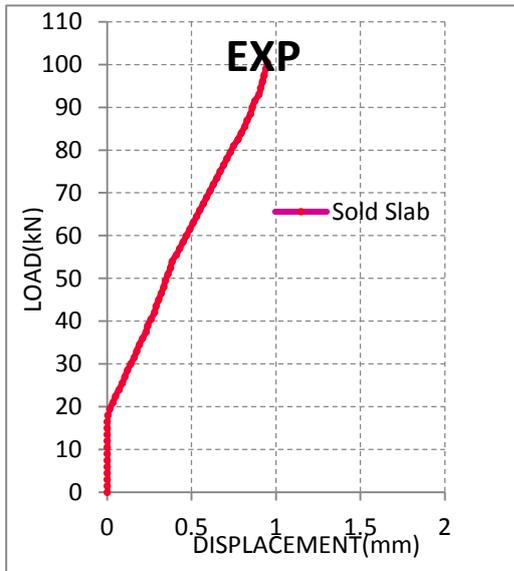
**3-3-4 الهطول في البلاطة المصنعة باستخدام الثرمستون:**

تم رسم علاقة الاحمال مع الهطول ، وكانت العلاقة خطية كما مبين في الشكل (15) وكانت اعلى قراءة للهطول في مركز البلاطة 0.955ملم وكان مقدار الهطول بعد مرور 10 ايام هو 1.615 ملم و مقدار الهطول المتبقي بعد رفع الاحمال 0.695 ملم.

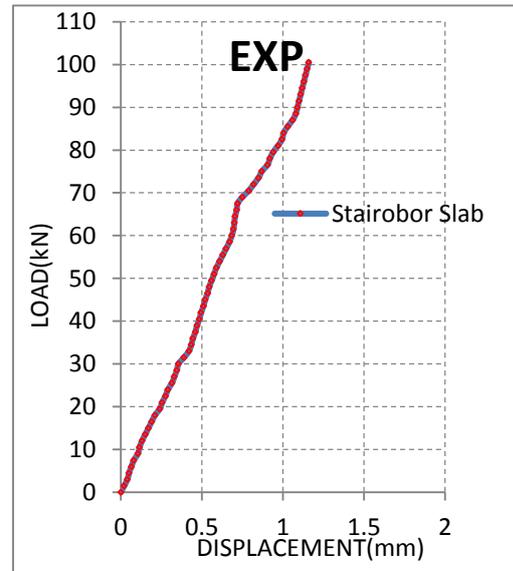
نستنتج من الشكل (16) ان الهطول الانبي للبلاطة الصلدة وبلاطة الثرمستون يكاد يكون متساوي، اما الهطول الانبي لبلاطة الستايبوربور كان اعلى من البلاطتين بمقدار 69%. ان تقارب نتيجة الهطول في بلاطة الثرمستون والبلاطة الصلدة ممكن ان يعزى الى ان عرض الجسور الوسطية (Ribs) كان 150ملم في حين كان في بلاطة الستايبوربور 100ملم كون قطع الستايبوربور مصممه على هذه الابعاد.

وبمطابقة النتائج العملية مع الحسابات النظرية للهطول ، نستنتج من جدول رقم (5) ان :

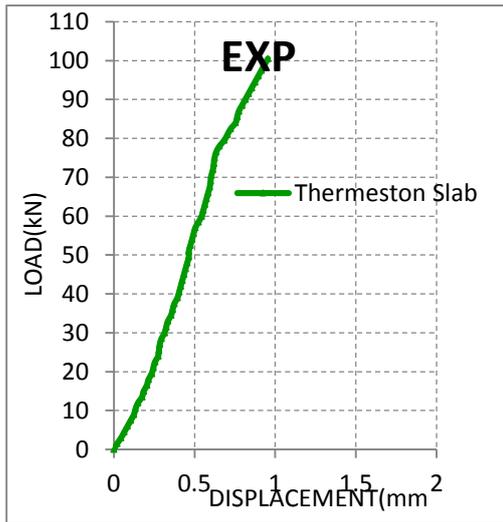
1. ان القيم العملية للهطول الانبي لبلاطتي الفلين والثرمستون كانت اقل من القيم النظرية بنسبة 86% و 122% على التوالي، اما بالنسبة للبلاطة الصلدة كانت القيم العملية اعلى من القيم النظرية بنسبة 90%.
2. ان القيم العملية للهطول الانبي لبلاطتي الفلين والثرمستون كانت اعلى من القيم العملية للبلاطة الصلدة بنسبة 20% و 0.5% على التوالي.
3. ان القيم العملية للهطول طويل الامد (عشرة ايام) لبلاطة الفلين والثرمستون كانت اعلى من القيم العملية للبلاطة الصلدة بنسبة 50% و 0.3% على التوالي.
4. ان القيم العملية للهطول المتبقي بعد رفع الاحمال لبلاطة الفلين والثرمستون كانت اعلى من القيم العملية للبلاطة الصلدة بنسبة 84% و 8.6% على التوالي.
5. ان قيم الهطول الانبي وطويل الامد والمتبقي لبلاطة الثرمستون تقترب كثيرا من قيم الهطول للبلاطة الصلدة منها مقارنة ببلاطة الفلين ، ويمكن تفسير ذلك بسبب كون الجسور الوسطية Ribs في بلاطة الثرمستون كانت بعرض 15سم وبارتفاع 20سم، اما في بلاطة الستايبوربور فكانت ابعاد Ribs بعرض 10سم وبارتفاع 15سم.



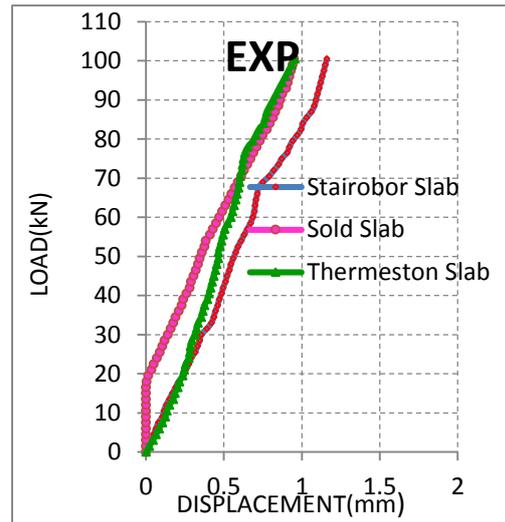
شكل (13) علاقة الهطول-الحمل للبلاطة الصلدة



شكل (14) علاقة الهطول-الحمل لبلاطة الستايبوربور



شكل (15) علاقة الهطول-الحمل لبلاطة الثرمستون



شكل (16) علاقة الهطول والاحمال للبلاطات الثلاثة

## جدول (5) مقارنة قيم الهطول العملية والنظرية للبلاطات الثلاثة

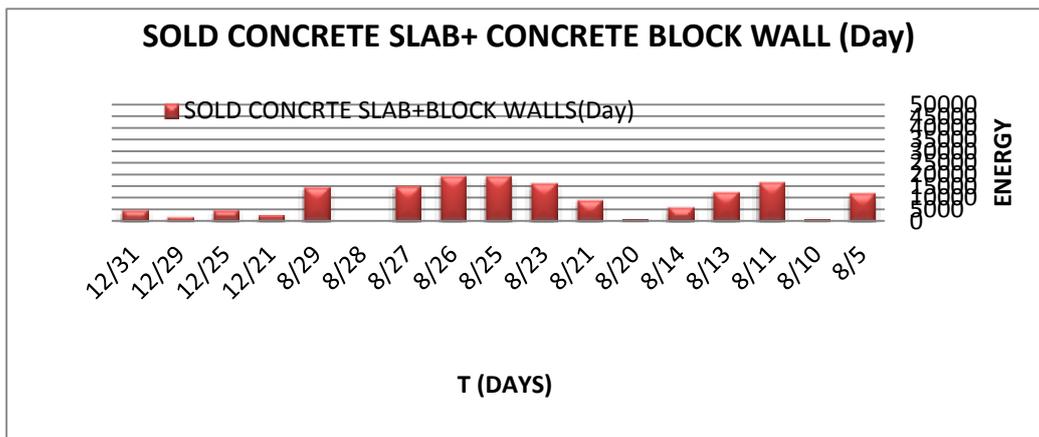
Deflection	Sold Slab		Stirobore Slab		Thermeston Slab	
	Exp. (mm)	Theo. (mm)	Exp. (mm)	Theo. (mm)	Exp. (mm)	Theo. (mm)
Immediate deflection	0.95	0.091	1.14	2.126	0.955	2.126
Long term deflection	1.61	-----	2.4	-----	1.615	-----
Residual deflection	0.64	-----	1.18	-----	0.695	-----

## 4-4 تحليل نتائج العزل الحراري:

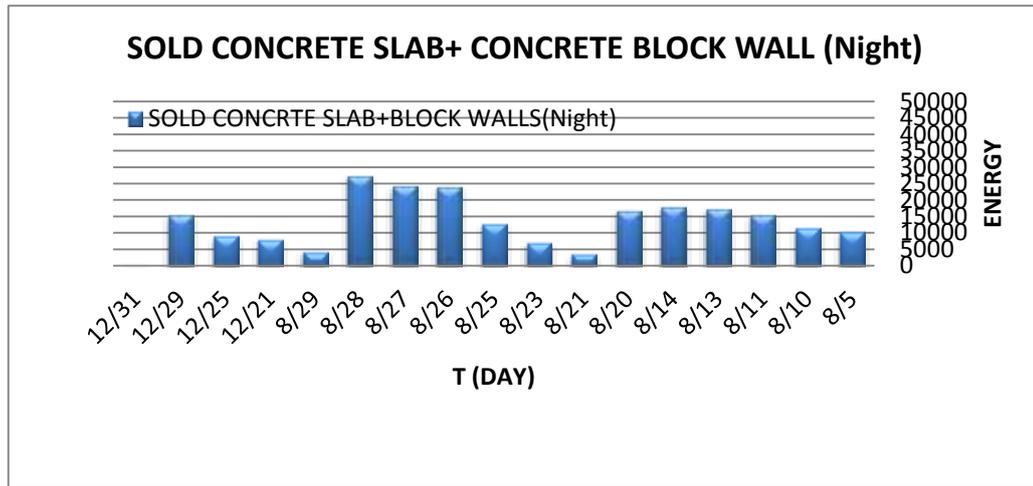
## 4-4-4 الطاقة الحرارية:

## 4-4-4-1 الطاقة الحرارية للغرفة المشيدة من البلاطة الصلدة + الجدران من البلوك الخرساني المجوف:

تم احتساب الطاقة الحرارية اللازمة للغرفة المشيدة من البلاطة الخرسانية المسلحة وجدرانها من البلوك، وكانت نتائج حسابات الطاقة الحرارية خلال النهار والليل كما في الشكل (17) و (18)



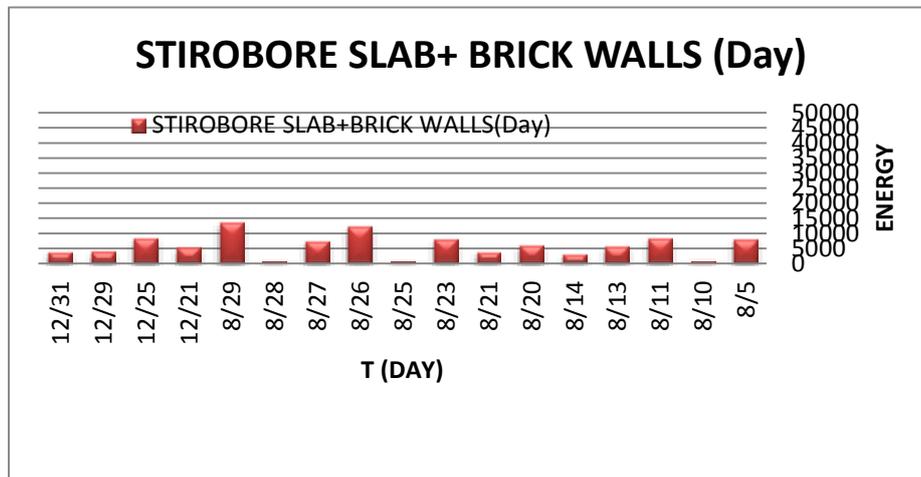
شكل (17) مقدار الطاقة في النهار لبلاطة صلدة وجدران من البلوك الخرساني



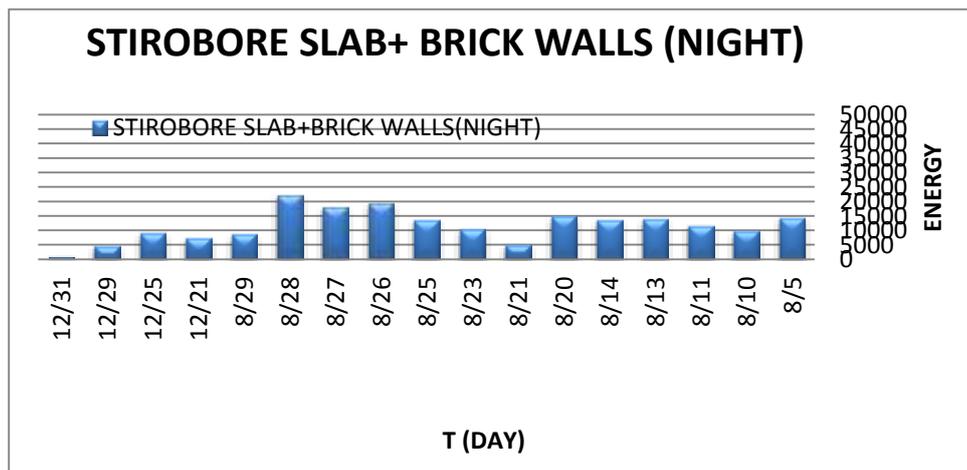
شكل (18) مقدار الطاقة في الليل لبلاطة صلدة وجدران من البلوك الخرساني

**2-1-4-4 الطاقة الحرارية للغرفة المشيدة من بلاطة من الفلين + جدران من الطابوق:**

تم احتساب الطاقة الحرارية اللازمة للغرفة المشيدة من بلاطة من الفلين وجدرانها من الطابوق وكانت نتائج حسابات الطاقة الحرارية لكل يوم خلال النهار والليل كما في الشكل (19) و (20)



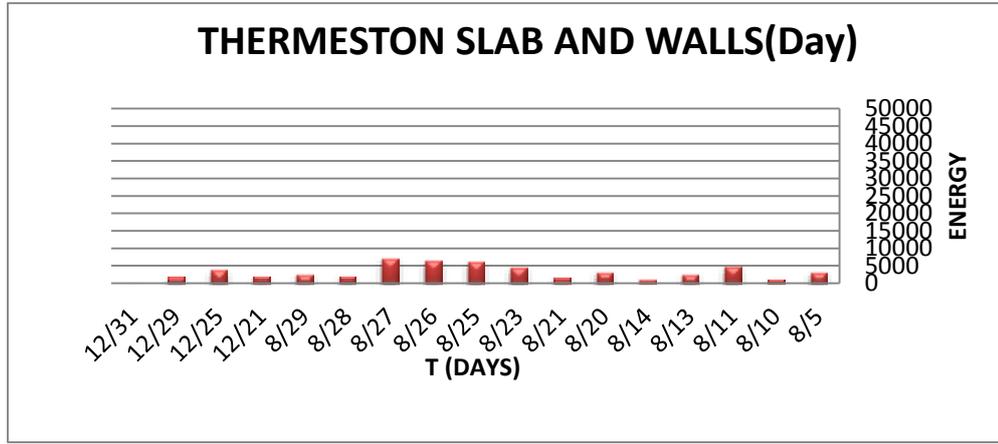
شكل (19) مقدار الطاقة في النهار لبلاطة من الفلين وجدران من الطابوق



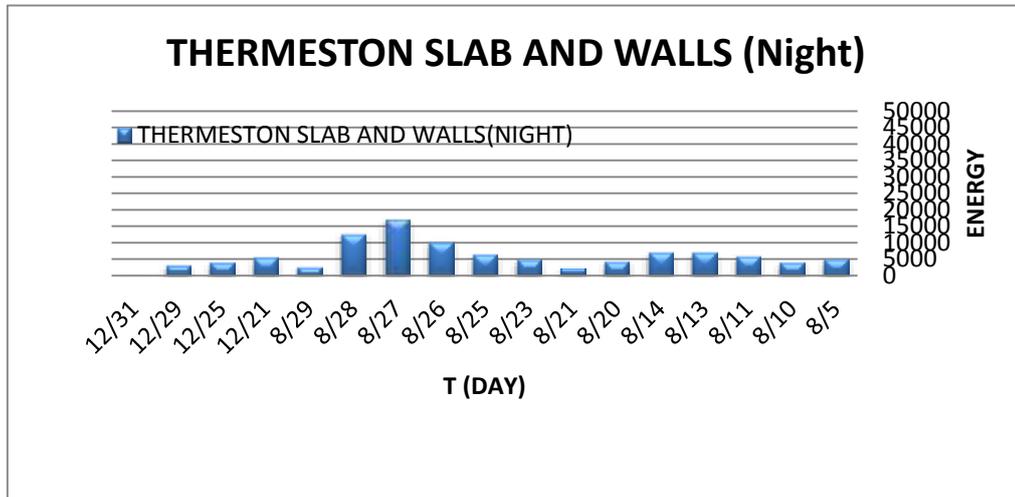
شكل (20) مقدار الطاقة في الليل لبلاطة من الفلين وجدران من الطابوق

**4-4-1-3 الطاقة الحرارية للغرفة المشيدة من بلاطة من الترمستون + جدران من الترمستون:**

تم احتساب الطاقة الحرارية اللازمة للغرفة المشيدة من بلاطة من الترمستون وجدرانها من الترمستون وكانت نتائج حسابات الطاقة الحرارية خلال النهار والليل كما في الشكل (21) و (22)



شكل (21) مقدار الطاقة في النهار لبلاطة وجدران من الترمستون



شكل (22) مقدار الطاقة في الليل لبلاطة وجدران من الترمستون

**4-4-1-4 نتائج الطاقة الحرارية :**

تم احتساب الطاقة الحرارية خلال النهار على اعتبار ان ساعات النهار 15 ساعة واحتسابها خلال ساعات الليل على اعتبار ان ساعات الليل 9 ساعات وذلك بموجب المعادلة (1) وكانت القيم كما في الجدول (7)، والذي يبين ان:

أ. ان الطاقة التي تحتاجها الغرفة المشيدة من بلاطة الفلين وجدرانها من الطابوق خلال النهار والليل اقل بنسبة 35.1% و 11.4% على التوالي مقارنة بالغرفة المشيدة من البلاطة الصلدة وجدرانها من البلوك، اي ان الطاقة الكلية للغرفة المشيدة من بلاطة الستايروبور وجدرانها من الطابوق اقل بمعدل 21.2%

ب. ان الطاقة التي تحتاجها الغرفة المشيدة من بلاطة الترمستون وجدرانها من الترمستون ايضا خلال النهار والليل اقل بنسبة 64.0% و 54.1% على التوالي مقارنة بالغرفة المشيدة من البلاطة الصلدة وجدرانها من البلوك، اي ان الطاقة الكلية للغرفة المشيدة من بلاطة الترمستون وجدرانها من الترمستون اقل بمعدل 58.2%

جدول (7) مقارنة قيم الطاقة لنماذج الغرف الثلاثة

Type	Total Energy for All Tested Days		
	At Day	At Night	Total
Sold Slab	159999	227657	387656
Stirobore Slab	103691	201725.27	305417.23
% (Striobore/Sold)	-35.1%	-11.4%	-21.2%
Thermiston Slab	57609.18	104506.62	162115.8
% (Thirmeston/Sold)	-64.0%	-54.1%	-58.2%

## 4-4-2 معامل التوصيل الحراري:

تم مقارنة نتائج معامل التوصيل الحراري  $\lambda$  و الموصلية الحرارية C و الممانعة الحرارية R وكذلك النفاذية الحرارية U لسقوف وجدران الغرفة الثلاثة وكانت النتائج كما مبينه في الجدول (6):

أ. **معامل التوصيل الحراري ( $\lambda$ ) والموصلية الحرارية (C):** ان معامل التوصيل الحراري والموصلية لبلاطة الفلين اقل من البلاطة الصلدة بنسبة 41% اما لبلاطة الترمستون فهي اقل من البلاطة الصلدة بنسبة 20.5%. و ان معامل التوصيل الحراري والموصلية لجدران الطابوق اقل من جدران البلوك الخرسانية المجوفة بنسبة 25% اما لجدران الترمستون فهي اقل من جدران البلوك الخرسانية المجوفة بنسبة 66.7%

ب. **الممانعة الحرارية (R):** ان الممانعة الحرارية لبلاطة الفلين اعلى من البلاطة الصلدة بنسبة 41% لبلاطة الترمستون فهي اعلى من البلاطة الصلدة بنسبة 20.5% وان معامل الممانعة الحرارية لجدران الطابوق اعلى من جدران البلوك الخرسانية المجوفة بنسبة 25% و لجدران الترمستون فهي اعلى من جدران البلوك الخرسانية المجوفة بنسبة 66.7%

ت. **معامل انتقال الحرارة: (U):** معامل انتقال الحرارة للغرفة المشيدة من بلاطة الفلين وجدران من الطابوق الطيني اقل من الغرفة المشيدة من البلاطة الصلدة وجدران من البلوك الخرساني المجوف بنسبة 40.3% ، اما لبلاطة الترمستون وجدران من الترمستون فهي اقل من الغرفة المشيدة من البلاطة الصلدة وجدران من البلوك الخرساني المجوف بنسبة 42% .

جدول (6) يبين معاملات التوصيل الحراري

	Sold Slab+ Block Concrete Walls		Stirobore Slab+ Brick Walls		Thermiston Slab and Walls	
	Slab	Wall	Slab	Wall	Slab	Wall
$\lambda$	0.34	0.96	0.2	0.72	0.27	0.32
C	1.7	4.8	1.0	3.0	1.35	1.6
R	0.588	0.203	1.0	0.33	0.74	0.625
U	1.26		0.752		0.732	

## 5-1 الاستنتاجات

1. ان كلفة انشاء بلاطة من الفلين (الستايروبور) وبلاطة من الترمستون اقل من كلفة انشاء البلاطة الصلدة بنسبة 43.4% و 21.3% على التوالي.
2. ان وزن بلاطة مصنعة من الفلين (الستايروبور) و وزن بلاطة مصنعة من الترمستون اقل من وزن البلاطة الاعتيادية بنسبة 33.8% و 6.6% على التوالي.
3. قيم الهطول الانبي لبلاطتي الفلين والترمستون كانتا اعلى من القيم العملية للبلاطة الصلدة بنسبة 20% و 0.5%، وان الهطول طويل الامد (عشرة ايام) لبلاطة الستايروبور والترمستون كانت اعلى من القيم العملية للبلاطة الصلدة بنسبة 50% و 0.3% على التوالي وان الهطول المتبقي بعد رفع الاحمال لبلاطة الستايروبور والترمستون كانت اعلى من القيم العملية للبلاطة الصلدة بنسبة 84% و 8.6% على التوالي.
4. ان معامل التوصيل الحراري والموصلية لبلاطة الفلين وبلاطة الترمستون اقل من البلاطة الصلدة بنسبة 41% و 20.5% على التوالي.
5. ان معامل التوصيل الحراري والموصلية لجدران الطابوق اقل من جدران البلوك الخرسانية المجوفة بنسبة 25% ولجدران الترمستون اقل من جدران البلوك الخرسانية المجوفة بنسبة 66.7% .
6. اما الممانعة الحرارية لبلاطة الفلين و لبلاطة الترمستون فكانتا اعلى من البلاطة الصلدة بنسبة 41% و 20.5% على التوالي .

7. ان معامل الممانعة الحرارية لجدران الطابوق ولجدران الترمستون كانت اعلى من جدران البلوك الخرسانية المجوفة بنسبة 25% بنسبة 66.7% .
8. ان معامل انتقال الحرارة للغرفة المشيدة من بلاطة الفلين وجدران من الطابوق الطيني فكانت اقل من الغرفة المشيدة من البلاطة الصلدة وجدران من البلوك الخرساني المجوف بنسبة 40.3% ، و للغرفة المشيدة من بلاطة الترمستون وجدران من الترمستون اقل من الغرفة المشيدة من البلاطة الصلدة وجدران من البلوك الخرساني المجوف بنسبة 42% .
9. أن الطاقة التي تحتاجها الغرفة المشيدة من بلاطة الفلين وجدرانها من الطابوق خلال النهار والليل فكانت اقل بنسبة 35.1% و 11.4% على التوالي مقارنة بالغرفة المشيدة من البلاطة الصلدة وجدرانها من البلوك، اي ان الطاقة الكلية للغرفة المشيدة من بلاطة الفلين وجدرانها من الطابوق اقل بنسبة 21.2% مقارنة بالغرفة المشيدة من البلاطة الصلدة.
10. أن الطاقة التي تحتاجها الغرفة المشيدة من بلاطة الترمستون وجدرانها من الترمستون ايضا خلال النهار والليل اقل بنسبة 64% و 54.1% على التوالي مقارنة بالغرفة المشيدة من البلاطة الصلدة وجدرانها من البلوك، اي ان الطاقة الكلية للغرفة المشيدة من بلاطة الترمستون وجدرانها من الترمستون اقل بنسبة 58.2% مقارنة بالغرفة المشيدة من البلاطة الصلدة.

### المصادر:

- [1] د. هاني محمد فهمي، تصاميم الخرسانة المسلحة، الجامعة التكنولوجية ، بغداد 1985 ص11
- [2] الكود السوري 2004
- [3] المواصفات العراقية رقم 5 " السمنت البورتلاندي , الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية" ، بغداد 1984 صفحة 8.
- [4] المواصفات العراقية رقم 45 " ركام المصادر الطبيعية المستعملة في الخرسانة والبناء" ، بغداد 1984 صفحة (5-20).
- [5] ASTM615/A615M, "Standard Specification for Deformed and Plain Carbon-Steel Bars for Concrete Reinforcement", ASTM International, (2004)
- [6] المواصفات العراقية رقم "25 الطابوق الطيني" ، بغداد 1988 صفحة 18.
- [7] المواصفات العراقية رقم 1077 " فحوصات الكتل الخرسانية" لعام 1987.
- [8] المواصفات القياسية العراقية رقم 1441 "فحوصات الترمستون" لعام 2000
- [9] ACI Committee 318M-14, "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2008, 465 pp.
- [10] JAMES G. MACGROGOR JAMES K. WIGHT, "Reinforced concrete mechanics and design". 4<sup>th</sup> edition
- [11] Amer M. Ibrahim, Mohamed Sh. Mahmood, Qussay W. Ahmed, "Design of reinforced concrete structures". 1<sup>st</sup> edition, 2008, pp1-396.
- [12] ASTM C177-97 Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded Hot-Plate Apparatus
- [13] DAN E. BRANSON, "Deformation of concrete structures" .p.281