YEMEN ENGINEER
Faculty of Engineering-University of Aden

Vol. 4 No. 1 (2004) 115-139

9 تجارب على صناعة الطوب الطيني المثبت بالإسمنت في اليمن

فيصل شمشير[1]، علوي جعفر زين[2] وثابت سالم العزب[3]

الملخص

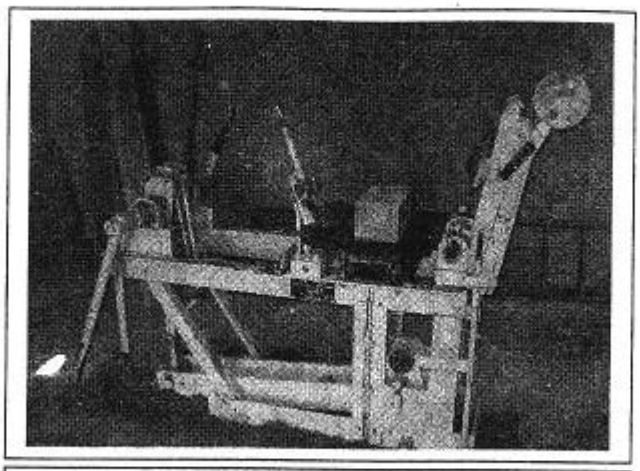
قد تبدو مادة الطين هشة قليلة المقاومة، ولكن الواقع اظهر إن هذه المادة قاومت عوامل الزمن و الطبيعة قرونا طويلة، وأضاف البناءون القدماء للطين بعض المواد المتوفرة في البيئة مثل القش والتبن فاستطاعوا بذلك أن يزيدوا من قوة وصلابة الطين المجفف. إن إدخال التكنولوجيا المتوافقة إلى مادة الطين يؤدي إلى تحسين المواصفات الفيزيائية والإنشائية، لقد شكل توفر مكابس آلية لتصنيع الطوب المضغوط نقله نوعية في عملية البناء سواء في عملية تحسين المواصفات الفيزيائية والإنشائية أو توفر المادة المحلية للبناء بشكل اقتصادي ومتطور ، يناقش هذا البحث تجربة إنتاج طوب طيني مضغوط مثبت بنسبة 6% من الإسمنت المنتج محليا بمقاسات 295 × 140 × 115 مم مجفف طبيعيا، وإجراء التجارب المخبرية المدروسة على هذا المنتج الجديد ودراسة خواصه الفيزيائية والميكانيكية، وجدت نتائج الطين المثبت بالاسمنت للضغط الراسي في الحالة الجافة 1.6 نيوتن/ مم^2 و 4.37 نيوتن / مم^2 للفترة 3 و 90 يوما على التوالي، وفي حالة الغمر بالماء للفترة 3 و 90 يوما وجدت 1.05 نيوتن / مم^2 و 3.83 نيوتن / مم^2 على التوالي. كما تمت مناقشة ومقارنة هذه النتائج مع الطوب الطيني [اللبن] والبلوك الخرساني وكذا دراسة الجدوة الاقتصادية ومقارنتها مع مواد البناء الاخرى، بالاضافة الى بناء غرفة من هذا المنتج.

الكلمات المفتاحية: طوب طيني، اللبن [المدر]، تثبيت الطين بالإسمنت، الخواص الفيزيائية والميكانيكية والجدوة الاقتصادية.

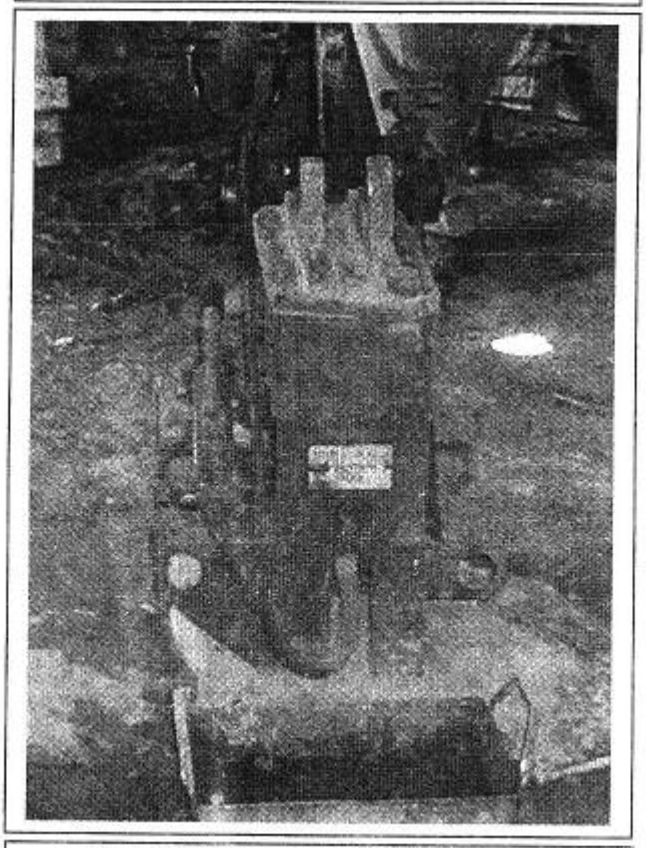
Abstract

Clay material seems to be brittle less resistance, but in actuality these material shows withstand against the time and the natural hazard for centuries. The builders added some available material in the nature like straw and grass to the clay to increase its strength and durability. Using convenient technology to the clay will improve physical and construction properties. Manufacturing of clay blocks by using mechanical pressed mould, made a unique movement in construction process, and improve the physical and mechanical properties of the clay blocks, be side these availability of the clay material in bulk and economically processing and advance. The present paper discussed the new products of pressed clay block stabilized by 6% of local cement, the size of blocks are 295mm x 140mm x 115mm dry naturally. The

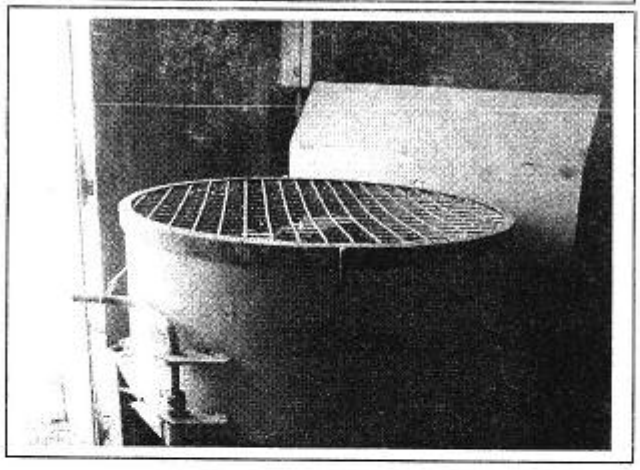
1. كلية الهندسة-جامعة عدن، 2. وزارة الأشغال العامة والطرق، 3. المؤسسة العامة للبناء-فرع لحج



آلة ضغط يدوية
(Terstaram)



آلة ضغط يدوية
(Brepac)



خلاطة طين

شكل (1) المعدات

مـــن الطيـــن الجـــيد بســـماكة عشرات الأمتار وعلى امتداد الضفة الجنوبية للوادي كما أنها بعيدة عن الأراضي الزراعية المجاورة لها، (صورة2).

4. اختبارات التربة:

لقـــد تم بذل الكثير من الجهود في معظم الدول المتقدمة والنامية لاختبارات التربة الطينية كمادة تستخدم للبـــناء ، إلا انـــه حـــتى اليوم لا يوجد أسلوب علمي عالمي موحد لإجراء الاختبارات عليها ولا زالت الاختـــبارات المخـــبرية تحقـــق تقدمـــا ملحوظا في توصيف التربة الطينيـــــة إلا أنها غير قادرة على الوصول إلى توصيف الطين كمادة تستخدم للبناء . ويلاحظ (Middlition ,1982) بان مشكلة تطوير أســـاليب لتقيـــيم التربة تكون عملية رخيصة وموثوق بها لا زالت قائمة وعلى ضوء ما تقدم تم أجراء العديد من الاختبارات الميدانية والمخبرية كالتالي:

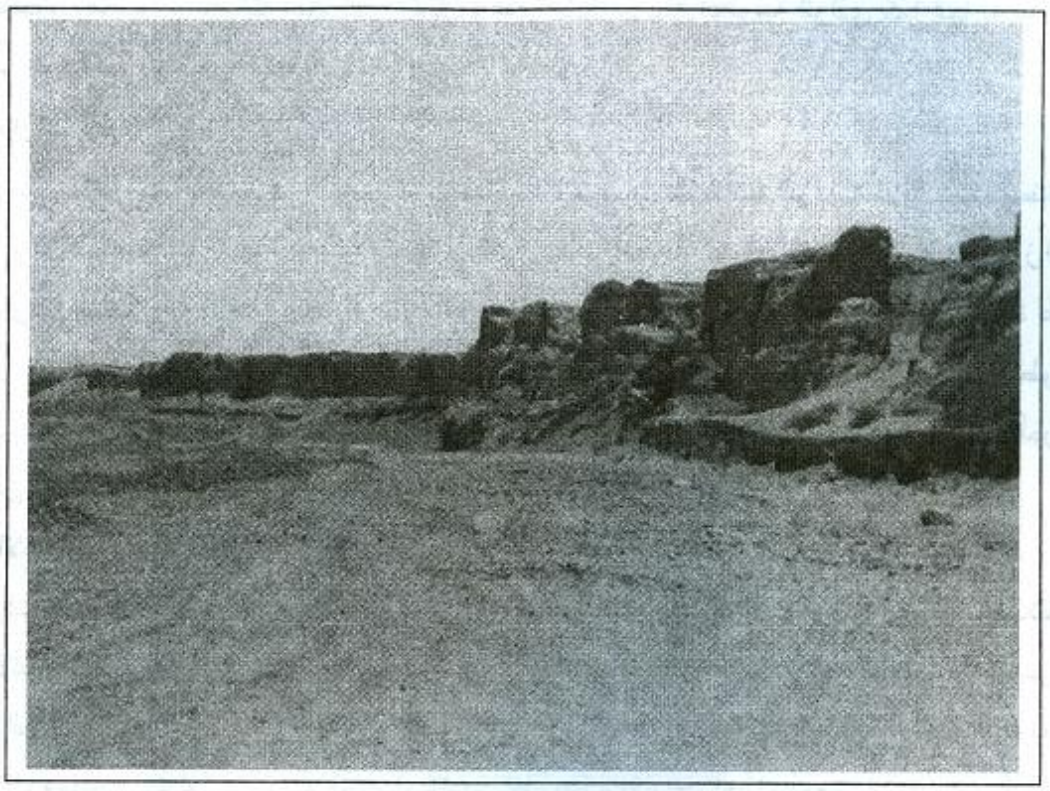
4.1 : الاختبارات الميدانية:

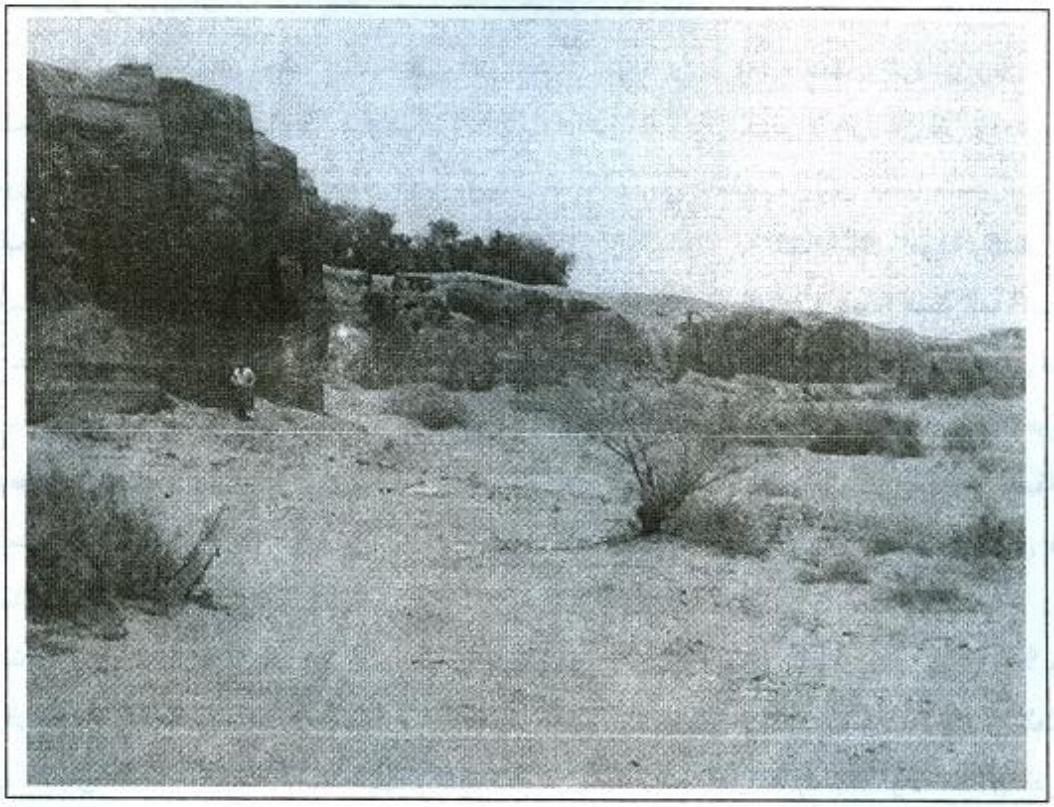
الاختبارات الميدانية لفحص التربة كثيرة وسيتم التطرق هنا إلى أهم تلك الاختبارات التي تؤكد صلاحية التربة لإنتاج الطوب الطيني المثبت بالإسمنت . ولقد أصدرت منظمة الأمم المتحدة المختصة مثل مركز الأمـــم المـــتحدة للمستوطنات البشرية (UNCHS:Habitat, 1986) والإدارة العالمية (Escwa) لعمل مذكـــرات ومنشورات تؤكد إمكانية استخدام التربة الطبيعية للبناء بعد أجراء بعض الاختبارات الميدانية والمخبرية المتاحة.

4.1.1 : اختبار ترسيب التربة :

هدف أجراء هذه التجربة هو تحديد نسب الجزئيات المكونة للتربة وذلك بعد سحقها وغربلتها ولا تحتاج هـــذه التجربة إلى أكثر من زجاجة أسطوانية شفافة ذات قاعدة مستوية وبحجم لا يقل عن لتر واحد على أن تكـــون فوهة الزجاجة عريضة بشكل كافي لإدخال كف اليد إلى داخلها ، ولكن أيضا صغيرة بشكل كافـــي بحيث يمكن غلقها ببطن كف اليد، وتملا الزجاجة إلى ربعها بالتربة الجافة [المسحوقة والمغربلة] ثم يضاف الماء لملئ الزجاجة تماما وتهز الزجاجة لمدة ثلاث دقائق وتترك على سطح مستو لمدة ساعة كاملـــة حيـــث يتم بعد ذلك إعادة هز الزجاجة بقوة لمدة ثلاث دقائق وتترك على السطح المستوى لمدة ثمـــان ساعات حيث تنتهي عملية الترسيب تماما، سيتم مشاهدة طبقات مختلفة في الزجاجة يتم التعرف علـــى سماكتها باستعمال العدسة المكبرة، يقاس سمك التربة كاملاً ، ثم يقاس سمك كل طبقة من طبقاتها التـــي تمثل في الواقع جزئيات التربة، تم حساب النسب المئوية لكل طبقة من تلك الطبقات. تجرى هذه العملية ثلاث مرات.

بالنسبة لتربة وادي خير فقد وجد بان التربة تتكون من غرين رملي وطين بنسبة تصل إلى 67% من الغرين الرملي و 33% من الطين، وتعتبر هذه النسبة جيدة إذا انه يتم الاكتفاء بنسبة 30% من الطين من اجل اعتبار التربة صالحة للاستعمال لإنتاج الطوب منها بعد تثبيتها بالإسمنت ولا تحتاج التربة بنسبها تلك إلى أي معالجات فنية إضافية أخرى.



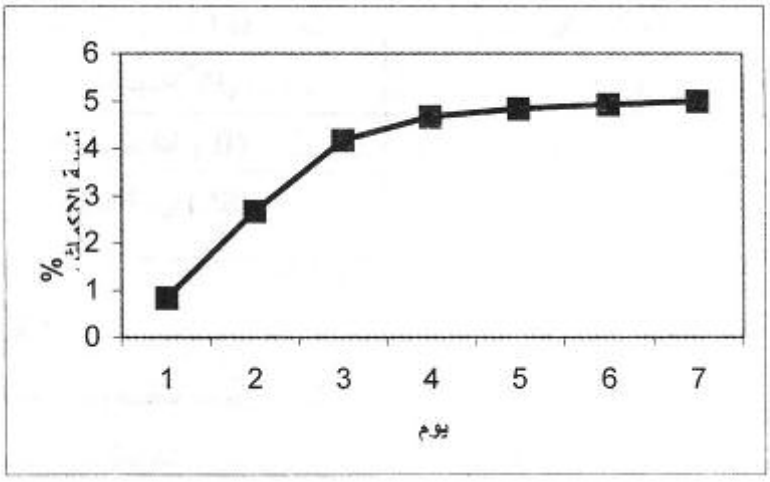


صورة (2) التلال الطينية في وادي خير الصغير م/لحج

4.1.2 الانكماش الطولي:

هـذا الاختـبار يحـتاج إلى صندوق خشبي ذو مقاسات داخلية 600×40×40 مم، ويتوجب طلاء كل الجوانـب الداخلـية للصـندوق بالشحم أو الزيت وبعد ذلك يملا الصندوق بخليط التربة والماء ويكون الخلـيط لدنـا (Liquid state). يتم سكب الخليط بشكل جيد داخل الصندوق في اتجاه الزوايا ويسوى وينعم السطح العلوي بشكل مناسب ويمكن ترك الصندوق تحت أشعة الشمس لمدة ثلاثة أيام أو في الظل لمـدة سـبعة أيام، تم يقاس الطول الجديد للعينة وفي حالة تشقق العينة وانقسامها إلى عدة قطع يتم ضم القطـع بحرص وعناية شديدة إلى جانب بعضها البعض ويقاس الطول الجديد وبالتالي يحسب الانكماش مـئويا مـن الطـول الأصلي ، انقسام العينة إلى عدة قطع يدل على وجود نسبة عالية جدا من الرمل وتحتاج التربة في هذه الحالة إلى معالجات فنية إضافية.

بالنسـبة لـتربة وادي خـير فقد تم أجراء تجربة الانكماش والنتائج موضحة في شكل [1] يلاحظ من خـلال شـكل [1] بـان الانكماش الطولي للطين في الأيام الأولى [1–3] أيام من [5–25 مم] وهو انكمـاش ملحـوظ وبدءا من [4–7] أيام انكماش ضئيل وبمعـدل [2.0 – 0.5 مم] وذلك لفقدان وتبخر كمية الماء وهذا يدل باستقرار الانكمـاش.



شكل (1) نسبة انكماش التربة مع الزمن

4.2 : الفحوصات المخبرية :

أخـذت عدة عينات من تربة وادي خير م/لحج ونقلت إلى مختبر التربة والأساسات قسم الهندسة المدنية – كلية الهندسة جامعة عدن وتم أجراء الفحوصات المخبرية للتربة وفقا للمواصفات البريطانية (1990 ,BS). وهي كالتالي:

الكثافة النوعية	Specific Gravity
الكثافة الجافة	Dry Density
الكثافة الحجمية	Wet Density
ثبات الطين	Consistency of Cohesive Soil
حد السيولة	Liquid Limit
حد اللدونة	Plastic Limit
حد التقلص	Shrinkage Limit

وكانت نتائج الفحوصات التي أجريت على التربة موضحة في جدول (1):

جدول " 1 " نتائج فحوصات التربة

نوع الفحص	النتيجة
الكثافة النوعية	2.7
الكثافة الجافة	13.61 kN/m^3
الكثافة الحجمية	17.10 kN/m^3
حد السيولة (LL)	44.4 %
حد اللدونة(PL)	13.1 %
دليل اللدانة (IP)	31.3 %
حد التقلص (SL)	10.61 %

4.3 : توصيف التربة :

استنادا على نتائج الفحوصات المخبرية التي أجريت على تربة وادي خير الموضحة في جدول "1" ووفقا لنظام التوصيف الموحد للتربة [USCS] Unified Soil Classification System (1957 Wagner,) واعتماد قيمة حد السيولة [LL =44.4%] وهي اقل من [LL = 50%]، واحتساب دليل اللدانة [PI = 31.3%]، نقطة الالتقاء لقيمة حد السيولة ودليل اللدانة وفق المخطط الخاص بـ [USCS] التقاء فوق خط – أ ، [**Above A-line**] وبالتالي يمكن توصيف التربة بأنها طين غريني رملي [CL–Soil] Sandy Silty Clay Soil غير عضوية ومتوسطة اللدانة ، تباعا يمكن الحصول على التوصيف الكلي للتربة كما هو موضح في جدول " 2 ".

جدول (2) توصيف تربة وادي خير

الخاصية		التوصيف
اللدانة	Plasticity	متوسط
الانضغاطية	Compressibility	منخفض إلى متوسط
الانتفاخية	Dilatancy	لا توجد إلى بطئ جدا
الصلابة	Toughness	متوسط
القوة الجافة	Dry Strength	متوسط
التقلص	Shrinkage	متوسط جيد
الحيوية	Activity	طبيعي

5. نسبة الإسمنت وكمية الماء:

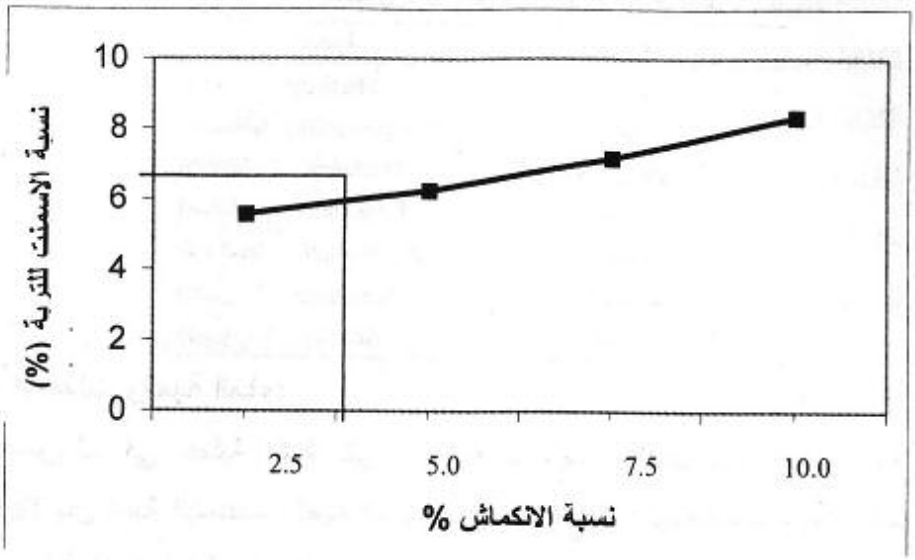
كما هو معروف في عملية تقنية تثبيت التربة بالإسمنت [Soil–Cement Stabilizations Technique] بان نسبة الإسمنت وكمية الماء المستخدمة لتثبيت التربة ليست مهمتها التفاعل الكيميائي واستكمال عملية التميؤ [Hydration] كما هو الحال في الخرسانة ولكن المهمة الرئيسية تكمن في ربط [Bonding] جزئيات التربة ببعضها بالإضافة إلى عملية الدك / الضغط مهمة أخرى والتي هي طرد الهواء من جزئيات التربة والتصاقها وتماسكها (Shamsher , 2002)

5.1 : نسبة الإسمنت :

بذلت عدة محاولات لمعرفة نسبة الإسمنت وكمية الماء للحصول على مونة طينية [Mud Mortar] متجانسة لإنتاج طوب طيني متين ، وتم أجراء اختبارات موقعية على سبيل المثال كرات بقطر 5 سم عبارة عن خليط من الطين ونسب من الإسمنت وكمية من الماء ورميها من ارتفاع متر لمعرفة تجانس الخليط وغير ذلك من الاختبارات الميدانية ، وبالرجوع إلى نسب الانكماش للطين فقد أوضح (Habitat 1986). بان هناك علاقة بين النسبة المئوية لانكماش الطين ونسبة الإسمنت إلى التربة، فكلما زادت نسبة الانكماش زادت نسبة الإسمنت إلى التربة كما هو موضح في جدول (3)، استنادا إلى جدول (3) فقد تم رسم شكل (2) والذي يمثل النسب المئوية لكل من الانكماش والإسمنت، وبالرجوع إلى شكل (1) فقد تم اعتماد نسبة الانكماش 4% باعتبارها النسبة التي يبدأ منها تناقص نسبة الانكماش وربما الاستقرار وعند إسقاط نسبة الانكماش [4%] تقابلها نسبة الإسمنت الى التربة والتي هي 6% كما هو موضح في شكل (2) فبالتالي اعتمدت نسبة الإسمنت 6% لتربة وادي خير م/لحج، تم استخدام إسمنت البرح المصنع محليا في إنتاج الطوب الطيني.

جدول (3) : تحديد النسب المئوية لكل من الانكماش والإسمنت

الانكماش		نسبة الإسمنت إلى التربة (%)
القيمة (مم)	النسبة (%)	
15 >	2.5 >	5.56 (18 : 1)
30 – 15	5.0 – 2.5	6.25 (16 : 1)
45 – 30	7.5 – 5.0	7.14 (14 : 1)
60 – 45	.10 – 7.5	8.33 (12 : 1)



شكل (2) النسب المئوية للانكماش والإسمنت للتربة

5.2 : كمية الماء:

تحديد كمية الماء للحصول على خلطة [مونة] متجانسة مكونة من [الطين + نسبة من الإسمنت] لإنتاج طوب طيني، الهدف من تحديد كمية الماء الملائمة ليس من خلال أجراء تجربة الدمج للتربة [Compaction of Soil] ولكن التجانس والتصاق جزئيات التربة ببعضها والقليل من التفاعل الكيمائي لاستكمال عملية الربط [Bonding] . ان اجراء تجربة دمج التربة يتم من خلالها تحديد المحتوى الرطوبي الأمثل [Optimum Moisture Content, OMC] لأقصى كثافة للتربة المدمجة [Maximum Dry Density , MDD]، من واقع أجراء هذه التجربة لتربة وادي خير لوحظ عند بلوغ المحتوى الرطوبي الأمثل (OMC) تكون التربة شبه لدنة وذا قابلية عالية للتشكيل [Workability] وهذا غير ملائم كخلطة [مونة] لإنتاج طوب طيني . الجدير بالذكر هنا تحديد كمية الماء للتربة الجافة المغربلة والمفككة الطبيعية وليس المدمجة ذات الكثافة القصوى . تم أجراء عدة خلطات تجريبية لتربة وادي خير للوصول إلى المحتوى الرطوبي الملائم وذلك من خلال تثبيت وزن التربة مع تحديد 6% من الاسمنت واضافة نسب الماء تدريجياً الى الوصول بنتيجة 13% من الماء من وزن التربة الجافة والمفككة والتي كثافتها بلغت 12.5 كيلو نيوتن /م^3 ، وجب مراعاة أن تكون التربة المغربلة جافة فعلا إذ إن وجود أيه رطوبة طبيعية سوف تغير من نسبة الماء.

5.3 : نسب الخليط / المونة Mud Mortar :

مما سبق ذكره فقد تم تحديد نسبة الإسمنت [6%] ونسبة الماء [13%] من وزن التربة الجافة ، وبالرجوع إلى سعة الخلاطة والتي هي 96 لتر ، تم احتساب كمية التربة المطلوبة وفقا للنسب المذكور

مـــع الأخـــذ بالحسبان سعة الخلاطة ، الجدير بالذكر بان نسبة الماء تم احتسابها من وزن الطين الجاف كما هو مبين في جدول (4) .

جدول (4) : وزن ونسب الخليط / المونة

محتوى الخليط	الوزن (كيلو جرام)	الكمية (لتر)	النسب (%)
طين جاف	80	64	–
إسمنت	5	4	6
ماء	10.5	10.5	13

6. الإنتاج التجريبي للطوب والفحوصات:

بعـــد أجراء عمليات عديدة من الخلط التجريبي اليدوي ، تم عمل خلطات بواسطة الخلاطة وفقا للنسب المحددة في الجدول (4) وكانت تلك أجود الخلطات. هذه الخلطة تنتج 9 طوبات في حالة استعمال اله [تريســـتارام] و 12 طوبـــة عند استعمال آلة [بريباك]. لابد الإشارة هنا من مراعاة الخطوات التالية عند الخلط وإنتاج الطوب الطيني وهي : –

(1) يتم غربلة التربة المنقولة من المحفر بواسطة غربال ذات فتحات مساحتها تقريبا 2مم^2 يدويا ، وان تكون التربة جافة تماما .

(2) بعـــد وضـــع كمية التربة المغربلة المطلوبة في الخلاطة بالوزن/الحجم ، يتم وضع كمية الإسمنت المقدرة في الخلاطة ، بعد ذلك تخلط التربة والإسمنت خلطا جافا حتى يتجانس الخليط بشكل تام وتحتاج هذه العملية حوالي دقيقتان.

(3) تضـــاف كمـــية الماء النقية المطلوبة إلى الخليط الجاف تدريجيا بطريقة الرش مع استمرار دوران الخليط حتى تتجانس رطوبيته تماما ولا تبقى هناك أجزاء جافة في الخليط وتستمر هذه العملية تقريبا 3 دقائق.

(4) بعدها يسكب الخليط في عربات يدوية وينقل إلى آلة الضغط لإنتاج الطوب.

(5) يتوجب أن تكون كمية الخليط التي تسكب في قالب آلة الضغط موحدة لكل ألأنتاج.

(6) يفـــرش حصير من البولثلين على الأرض ويتم رص الطوب المنتج مباشرة أفقيا كل طوبة بجانب الأخرى بفراغ تقريبا 5 سم تحت أشعة الشمس ليجف طبيعيا.

(7) بـــدا مـــن الـــيوم الثاني يبدأ بتقليب الطوب على الجهة الأخرى ليأخذ قسطا من التجفيف ومن اليوم الثالث يتم وضع الطوب مستقيما وفي اليوم الرابع تبدأ عمليه رشه بالماء بعناية إلى اليوم السابع وبعدها يوضع في المخازن تم نقله إلى الموقع

6.1 الفحوصات الموقعية والمخبرية للطوب:

الفحص المرئي: بعد خروج المنتج مباشرة من آلة الضغط تم معاينة التالي:

أ- **زوايا الطوب :** تم معاينة زوايا الطوب باستخدام T- square وجدت كلها سليـــــــــمة.

ب- **التشققات الشعيرية :** تم معاينة الطوب بالمجهر ولوحظ بعدم وجود تشققات شعيرية.

ج- **التهشم :** لوحظ بعدم وجود أية تهشمات للطوب أو سقوط بعض أجزائه .

د- **أسـطح الطوب :** فحص أسطح الطوب بواسطة مسطرة معدنية لوحظ بأن أبعاد أسطح الطول والعرض مستوية تماماً.

ه- **قـياس أبعاد الطوب :** عند قياس أبعاد الطوب العرض والطول ، لوحظ بأن قياس الطول ثابت يساوي (295 مم) وقياس العرض أيضًا ثابت يساوي (140 مم) كما هو مبين في جدول(5)، يعود ذلك لأنحساره في القالب الحديدي (Confined) .

و- **قياس سُمك الطوب :** لوحظ بأن قياس سُمك الطوب به تفاوت بسيط من(1 – 3 مم) يقدر (0.87% – 2.6%) مقبول من الناحية التقنية .

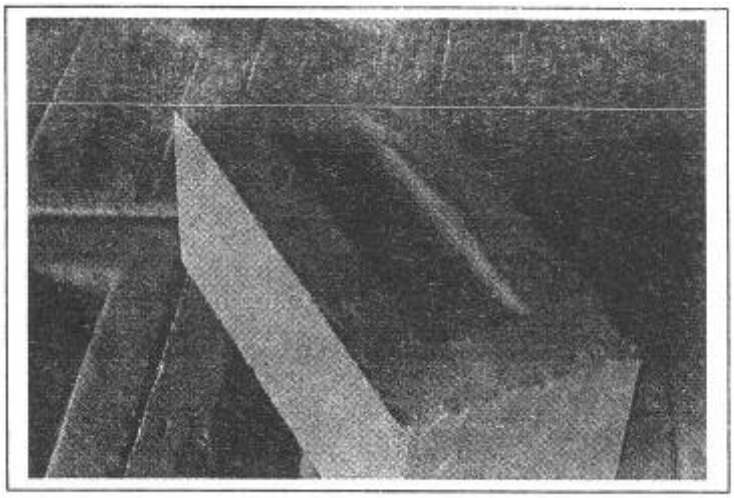
6.2 فحوصات الوزن والحجم:

أخذت عشرة عينات من الطوب المنتج مباشرةً من آلة (تريستارام) وتم وزنها كما هو مبين في جدول (5) لاحظ بأن هناك تفاوت في أوزان الطوب ويعود ذلك إلى عملية ملئ قالب آلة الضغط يدوياً ولا يتم آلياً.

وجد وزن عينات الطوب يتراوح ما بين 8050 جم– 8700 جم والذي يعادل نسبة 3.7% – 4.1% ولم يتعدى 5% وتعتبر هذه النسبة منطقية ومتوسط الوزن 8360 جم.

بالنسـبة لفحوصـات الحجم تم قياس أبعاد الطوب ، الطول 295 مم والعرض 140 مم ولوحظ تفاوت سُمك الطوب وأخذ متوسط سمك الطوب 114 مم وعند احتساب متوسط الحجم وجد 4712.3 سم^3 .

لوحـظ بأن الطوب به فراغ من أحد أسطحه وبحجـم 2× 4× 18 = 144 سم^3 ، والذي يشكل نسبة 3% مـن متوسـط الحجـم ، ومتوسـط الحجم في هذه الحالة . 4712– 144 = 4568 سم^3 أخذ ذلك بالحسـبان عـند حسـاب الحجم الفعلي للطوب لمعرفة كثافة الطوب. بالنسبة للفراغ الموجود في سطح الطوب يستخدم في زيادة فاعلية الربط بين الطوب أثناء تنفيذ البناء كما هو موضح في صورة (3).



صورة (3) حجم فراغ الربط بالطوب

6.3 الكثافة الحجمية للطوب:

تم إحتساب كثافة الطوب الكلية كما هي موضحه في جدول(5) عمود (7) ووجدت (1.72 – 1.82 جم/ سم^3) و متوسط الكـثافة الحجمـية (1.77 جم/ سم^3). و تم احتساب الحجم الفعلي بعد استقطاع حجم فراغ الربط وكانت متوسط الكثافة الحجمية الفعلية للطوب1.83 جم/ سم^3 كما هو مبين في جدول (5) عمود (9).

جدول (5) : إحجام وأوزان وكثافة الطوب المنتج مباشرة آلة [تريستارام]

رقم الطوب	الطول (مم)	العرض (مم)	السمك (مم)	الحجم (مم)	الوزن (حجم)	الكثافة حجم/سم3	الحجم الفعلي (سم3)	الكثافة الفعلية حجم/سم3
1	295	140	113	4666.9	8150	1.75	4522.9	1.80
2	295	140	113	4666.9	8400	1.79	4522.9	1.86
3	295	140	114	4708.2	8200	1.74	4564.2	1.80
4	295	140	115	4749.5	8200	1.73	4605.5	1.80
5	295	140	113	4666.9	8050	1.72	4522.9	1.79
6	295	140	113	4666.9	8150	1.75	4522.9	1.80
7	295	140	115	4749.5	8650	1.82	4605.5	1.88
8	295	140	116	4790.8	8700	1.82	4646.8	1.87
9	295	140	116	4790.8	8700	1.82	4646.8	1.87
10	295	140	113	4666.9	8400	1.79	4522.9	1.86
المتوسط	295	140	114	4712.3	8360	1.77	4568.3	1.83

6.4 التشـــرب Absorption:

تـم إجراء فحص التشرب لعدد عينات الطوب الطيني المثبت بالاسمنت والمجفف طبيعياً لفترات زمنية: 7، 14، 28 يومـاً ، بعـد اخـذ اوزانها ، أدخلت عينات الطوب الطيني في فرن كهربائي تحت درجة حـرارة 110 مـئوية لمدة 24 ساعة وتم وزن العينات ، غمرت عينات الطوب بالماء لفترة زمنية 24 ساعة مع اخذ اوزانها كما هو موضح في جدول (6).

تـم احتساب النسبة المئوية للتشرب وكانت نسبة التشرب لعينات الطوب الطيني المثبت بالاسمنت 7–17 % وتعتبر هذه النسبة متوافقة مع نسبة التشرب للطابوق الطيني.

جدول (6) : نتائج اختبارات التشرب

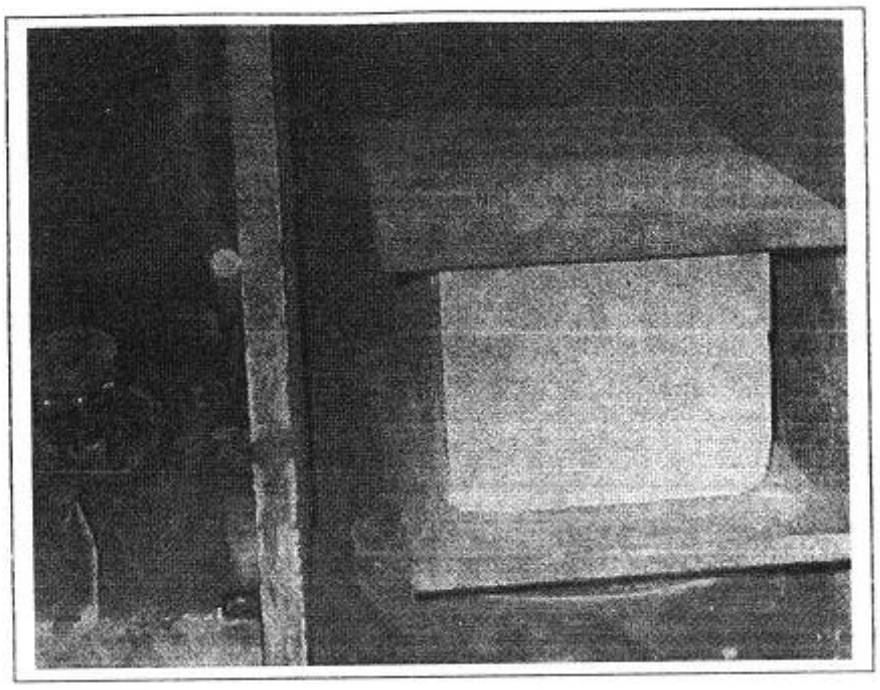
وزن العينات جافة (كجم)			وزن العينات بعد الغمر بالماء (كجم)			نسبة التشرب (%)		
عمر العينات (بالأيام)			عمر العينات (بالأيام)			عمر العينات (بالأيام)		
7	14	28	7	14	28	7	14	28
8.4	8.2	7.7	9.0	9.2	8.9	7.1	12.2	15.6
8.4	8.3	7.75	9.2	9.1	8.7	9.5	9.6	12.3
8.4	8.2	7.7	9.0	9.0	8.9	7.1	9.8	15.6
8.6	8.3	7.6	9.0	9.1	8.9	7.0	9.6	15.7
8.3	8.2	7.7	9.0	9.0	9.0	8.4	9.8	16.9

7. اختبار مقاومة الضغط (Compressive Strength)

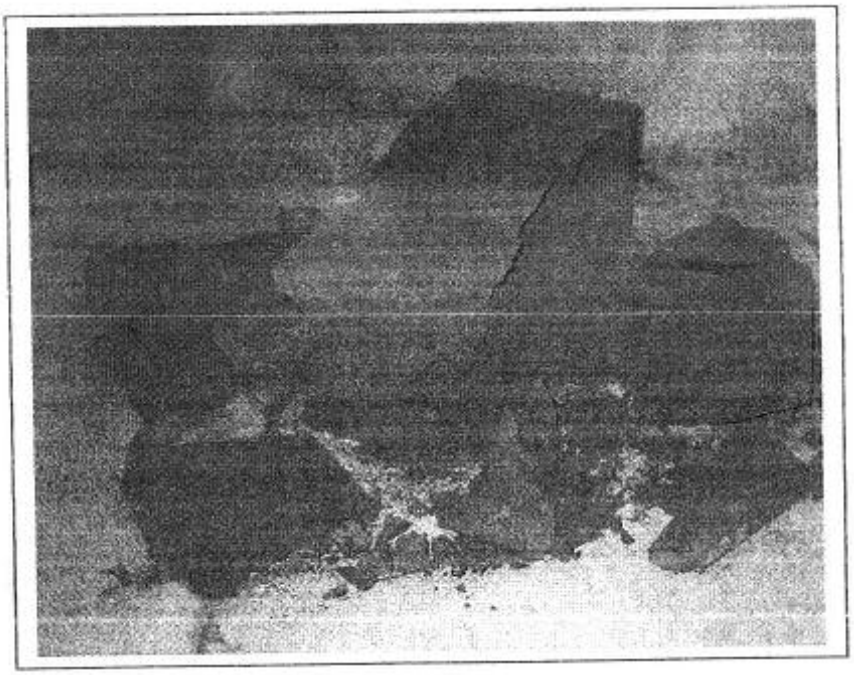
تم إجراء اختبار مقاومة الضغط للطوب الطيني المثبت ب6% من الاسمنت (SCCB) وأخذت (6) عينات من الطوب لكل فئة عمرية (3 ، 7 ، 14 ، 28 ، 90 يوماً) بعد ترك عينات الطوب **24** ساعة لتجف طبيعياً تحت أشعة الشمس ونقلها من م/ لحج إلى م/ عدن ، تم اجراء هذه التجربة على الطوب الطيني المجفف طبيعيًا وعلى الطوب الطيني المغمور بالماء للفترات الزمنية المشارة، تم إجراء اختبار مقاومة الضغط على جهاز الضغط (Compression Testing Machine) تحت جهد منتظم **1.5** دقيقة (at uniform strain rate = 1.5min) إلى مرحلة الفشل، الجدير بالذكر عند إجراء هذه التجربة يغطى السطح العلوي والسطح السفلي للعينة باتجاه الضغط الرأسي (Axial Compression) بطبقة من مونة الإسمنت والرمل بنسبة 1:1 (Cement Mortar) بسمك 3 مم وتترك لتتصلب لمدة يومين على الأقل ، لوحظ بأن هذه العملية سوف تؤدي إلى الارباك في جدولة عمر الطوب الطيني، فتم استبدالها بغطاء خشبي من الأبلكاش (Plywood) بسمك 3 مم وضعت على السطح العلوي والسفلي لوحظ عند اجراء الاختبار بأن الضغط لم يتوزع بشكل منتظم على سطح الطوب فتم استبداله بغطاء من الحديد بسمك 5 مم وضع في السطح العلوي والسطح السفلي للطوب كما هو مبين في صورة (4). بعد الإنتهاء من إختبار الضغط للطوب الطيني تم إبعاد الأجزاء المهشمة من الطوب ولوحظ بأن شكل تهشم الطوب مماثل إلى حد ما تهشم القص(Shear failure) كما هو موضح في صورة (5). نتائج إختبار مقاومة الضغط للطوب الطيني موضحة في جدول (7) للعينات الجافة وجدول (8) للعينات المغمورة بالماء. كما تم رسم متوسط نتائج اختبار الضغط مع الفترة الزمنية (عمر الطوب) موضحة في شكل (3)، لوحظ زيادة مقاومة الطوب الطيني المثبت بنسبة 6% من الأسمنت للضغط الراسي مع الزمن وكانت الزيادة سريعة في البداية للطوب في الحالتين الجافة والمغمورة بالماء . على سبيل المثال مقاومة الضغط في اليوم الثالث كانت 1.6 نيوتن / مم^2 و 3.9 نيوتن / مم^2 في 28 يوما بزيادة وقدرها 143% للطوب الطيني الجاف.

تأثير غمر الطوب الطيني : وفي حالة غمر الطوب بالماء مقاومة الضغط في اليوم الثالث كانت 1.05 نيوتن/ مم^2 وصلت إلى2.90 نيوتن/ مم^2 في 28 يوماً بزيادة وقدرها 176% للطوب الطيني المغمور

بالماء وزيادة بنسبة 143% للطوب الطيني الجاف، ولوحظ بأن نسبة زيادة مقاومة الضغط لعمر الطوب بعد 90 يوماً مقارنة بـــ 28 يوماً كانت 12% و 32% في الحالتين الجافة والمغمورة بالتتالي، وهذا يدل بأن الكسب في مقاومة الضغط كان ضئيلاً بعد 90 يوماً، كما هو موضح في شكل (4).



صورة (4) ألواح الحديد أعلى وأسفل الطوب الطيني



صورة (5) إنهيار الطوب بعد إجراء الاختبار المحوري مماثل لانهيار القص

مما يدل ذلك بأن الطوب المثبت بنسبة 6% من الإسمنت يمكنه مقاومة هطول الأمطار ومقاومة عوامل الطبيعـــية المؤثرة في حالة ترك الجدران الخارجية دون تلبيس (Plastering) وهذا يعطيه شكلاً جمالياً من الناحية المعمارية.

جدول (7) نتائج اختبار مقاومة الضغط للطوب الطيني الجاف

رقم العينة	تاريخ الاختبار	عمر العينة (بالأيام)	مقاومة الضغط (نيوتن / مم^2)	متوسط مقاومة الضغط (نيوتن / مم^2)
K1	03/3/1	3	1.7	1.6
K2			1.8	
K3			1.5	
K4			1.5	
K5			1.6	
K6			1.6	
L1	03/3/5	7	2.2	2.07
L2			1.7	
L3			2.1	
L4			2.4	
L5			2.2	
L6			1.8	
M1	03/3/12	14	3.5	3.03
M2			3.2	
M3			2.6	
M4			2.9	
M5			2.9	
M6			3.1	
N1	03/3/26	90	4.02	3.90
N2			3.91	
N3			3.88	
N4			4.00	
N5			3.75	
N6			3.80	
O1	03/5/27	90	3.91	4.37
O2			4.69	
O3			4.30	
O4			4.12	
O5			4.47	
O6			4.70	

8. دراسة مقارنة مع الطوب:

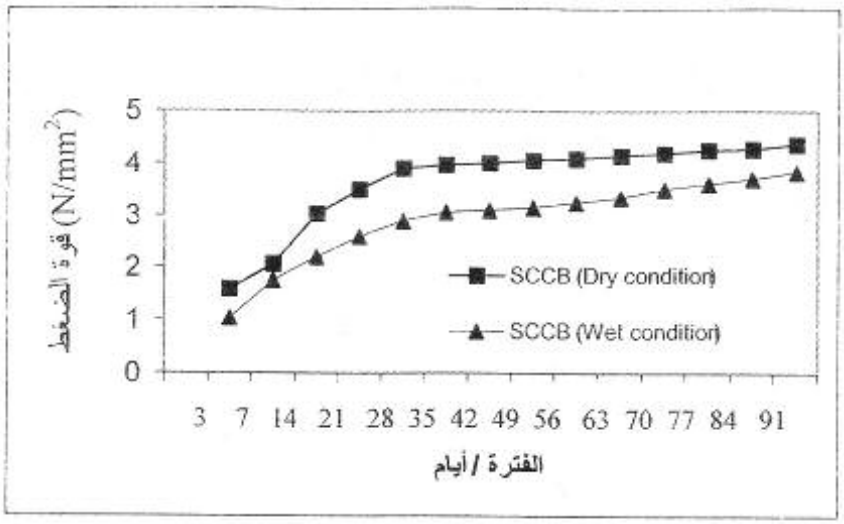
تمت مقارنة مقاومة الضغط لكل من البلوك الخرساني الأجوف والطوب الطيني (اللبن) المقوى بالتبن والطوب الطيني المدكوك مع مقاومة الضغط للطوب الطيني المثبت بالاسمنت.

جدول (8) نتائج اختبار مقاومة الضغط للطوب الطيني المغمور بالماء

رقم العينة	تاريخ الأختبار	عمر العينة (بالأيام)	مقاومة الضغط (نيوتن / مم^2)	متوسط مقاومة الضغط (نيوتن / مم^2)
P1	03/3/1	3	1.10	1.05
P2			1.08	
P3			1.20	
P4			1.00	
P5			0.90	
P6			1.00	
Q1	03/3/5	7	1.08	1.76
Q2			1.70	
Q3			1.60	
Q4			1.80	
Q5			2.10	
Q6			1.60	
R1	03/3/12	14	2.20	2.20
R 2			2.40	
R 3			2.10	
R 4			1.90	
R 5			2.00	
R 6			2.60	
S1	03/3/26	28	2.80	2.90
S 2			2.70	
S 3			2.74	
S 4			3.10	
S 5			2.80	
S 6			3.20	
T1	03/5/27	90	3.80	3.83
T2			3.60	
T 3			3.70	
T 4			4.10	
T 5			4.00	
T 6			3.80	

8.1 مقارنة مقاومة الضغط للبلوك الخرساني :

تم إجراء إختبار مقاومة الضغط للبلوك الخرساني الأجوف (Concrete Hollow Blocks CHB) مقاس 400×200×200مم، تخانة القشرة بين تجويفين 12.5مم وتخانة القشرة بين التجويف والسطح الخارجي للبلوك 20مم وهذا النوع من البلوك يستخدم كوحدة بناء في الجدران كعناصر حاملة وغير حاملة ، وقد تم إجراء الفحص على الفئات العمرية التالية (3 ، 7 ، 14 ، 28) يوما لكل فئة عمرية استخدمت 3 عينات من البلوك تم إجراء إختبار مقاومة الضغط بواسطة جهاز مقاومة الضغط تحت جهد منتظم 1.5 دقيقة بوضع غطاء من الحديد على السطح العلوي والسفلي، الجدير بالذكر هذا النوع من البلوك الخرساني الأجوف ذا جودة عالية متوفر في م/عدن.



شكل (3) مقاومة الضغط للطوب الطيني الجاف والمغمور بالماء

نتائج اختبار مقاومة الضغط للبلوك الخرساني الأجوف موضحة في شكل (4) لوحظ من خلال شكل (4) بـأن مقاومة البلوك الخرساني الأجوف للضغط مع الزمن بأن هناك زيادة منتظمة لمقاومة الضغط مع الزمن وبالذات (3، 7، 14 يومًا) وفي 28 يومًا تكون المقاومة شبه عالية وبشكل عام تصل مقاومة الضـغط في اليوم الثالث 0.55 نيوتن / مم^2 وفي 28 يومًا تصل إلى 2.15 نيوتن/ مم^2 بزيادة قدرها 290%.

وعـند مقارنـة البلوك الخرساني الأجوف مع الطوب الطيني المثبت بنسبة 6% من الإسمنت في حالة الغمـر بالمـاء ، لوحظ بأنة قيمة مقاومة الضغط في اليوم الثالث 0.55 نيوتن/ مم^2 للبلوك و (1.05 نيوتن/ مم^2) للطوب وبزيادة 91%، تكاد تكون ضعف مقاومة البلوك الخرساني الأجوف. وفي 28 ومًا تصـل 2.9 نيوتـن/ مم^2 و 2.15 نيوتن/ مم^2 للطوب والبلوك بالتتالي بزيادة وقدرها 35%. وهذا يدل بـأن الطـوب الطينـي المثبـت بالإسمنت المغمور بالماء لديه قدرة تحمل أعلى من البلوك الخرساني الأجوف.

ومن المفارقات البديهية بأن البلوك الخرساني تزداد مقاومته مع زيادة عُمره بشكل ملحوظ بينما تزداد مقاومة الطوب الطيني المثبت بالإسمنت بشكل مُرضي حيث ينتج من الكيس الإسمنت العادي (50 كيلو) 22 بلوك خرساني ومن الطوب الطيني 90 طوبة أي ما يعادل أربعة أضعاف ما ينتج من البلوك الخرساني، ويحتاج البلوك الخرساني الأجوف الممتاز إلى ركام جيد التدرج من الحصى الناعم والرمل بينما الطوب الطيني يحتاج إلى التربة الطينية فقط.

8.2 مقارنة مقاومة الضغط للّبن المقوى بالتبن :

تم إجراء مقاومة الضغط للطوب الطيني (اللبن) المقوى بنسبة 10% من التبن (CBSS) بمقاس (370 × 225 × 80 مم) من منطقة جعولة م/ لحج وفقاً للفترة الزمنية وعدد العينات 3 عينات لكل فئة عمرية من اللبن المجفف طبيعياً، اجريت على اللبن المقوى بالتبن فحص مقاومة الضغط بجهاز التحميل، وقبل

إجراء فحص التحميل تم تجهيز وسنفرة (Polishing) سطح اللبن لإنها غير مستوية ، بواسطة منشار وورق السنفرة كما هو موضح في صورة (6) وضع غطاء حديدي في السطح العلوي والسفلي ، ونتائج مقاومة الضغط موضحة في شكل (4). لوحظ من شكل (4) بأن اللبن المقوى بنسبة من التبن يعطي نتائج محدودة في زيادة مقاومة الضغط بالرغم من انتظام هذه الزيادة للفترة الزمنية (7 ، 14 و 28 يومًا) وبقدرة تحمل 0.22 ، 0.27 و 0.33 نيوتن / مم^2 بالتالي، وعند مقارنة مقاومة الضغط للبن مع الطوب الطيني المثبت بالإسمنت لوحظ الفرق كبير وبزيادة.700%. ولوحظ تهشم اللبن إلى قطع بعد الإنتهاء من اجراء فحص مقاومة الضغط صورة (7) .

8.3 مقارنة مقاومة الضغط للّبن المدكوك:

تم إجراء مقاومة الضغط للطوب الطيني اللبن (CCB) المدكوك يدوياً بمقاس 300×210×70 مم من منطقة المحاريق بالشيخ عثمان م/عدن، وفقاً للفترة الزمنية وعدد العينات المطلوبة من اللبن المجفف طبيعيا ، تم تجهيز عينات اللبن بعد سنفرتها ووضع غطاء علوي وسفلي كما ذكر آنفا ، نتائج إختبار مقاومة الضغط موضحة في شكل (4) لوحظ بأن مقاومة الضغط ضعيفة جداً فبعد 7 أيام وجدت 0.144 نيوتن/مم^2 وبعد 28يوما 0.216 نيوتن / مم^2 وعند مقارنة نتائج مقاومة الضغط للبن المدكوك يدوياً مع نتائج مقاومة الضغط للطوب الطيني المثبت بنسبة 6% من الإسمنت والمغمور بالماء لوحظ بأن مقاومة الضغط للطوب الطيني المثبت بالإسمنت جوهرية ولا يوجد مجال للمقارنة.

الجدير بالذكر هنا بأن اللبن بهيئته المقوى بالتبن / القش / المدكوك بمجرد رشه أو وضعه في الماء يذوب ويتحول إلى طين مذاب بالماء بعكس الطوب الطيني المثبت بالإسمنت يزداد صلابة كما هو موضح في شكل (4).

9. المميـــــــزات:

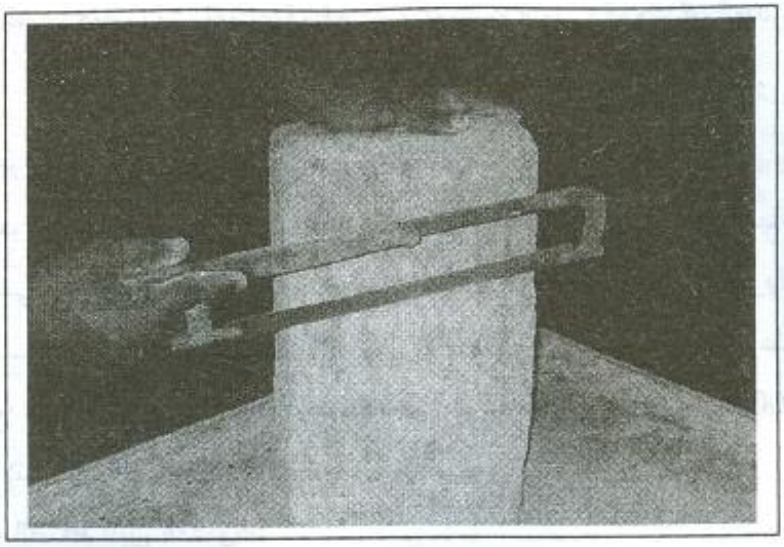
يتميز الطوب الطيني المثبت بالاسمنت بخفة الوزن (light weight) وسهولة البناء وسرعه التشيد بالإضافة الى الخواص المميزة من عزل الصوت والحرار والامكانية العالية لتحمل الأوزان. كما هو موضح بالتالي:

1. خفة الوزن(Light Weight)

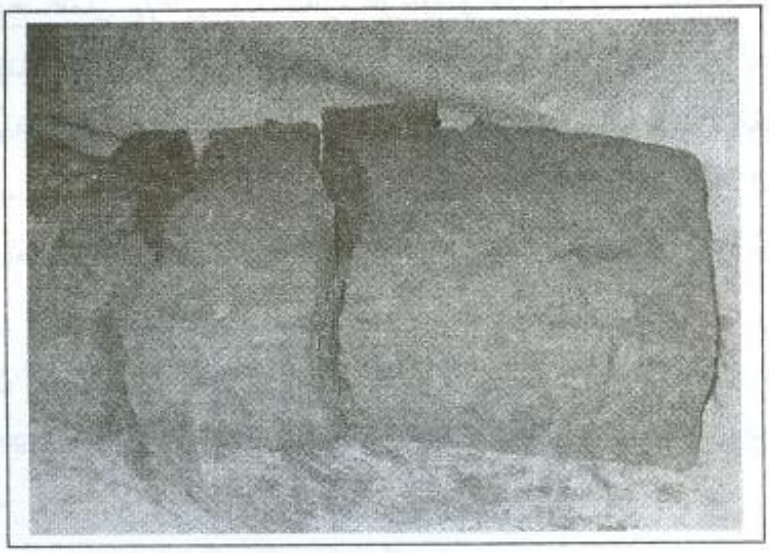
خفة وزن الطوب الطيني المثبت بالاسمنت والذي يتراوح مابين 7.5-8.5 كيلو جرام للطوبة الواحدة والذي يمكن حمل الطوب بيد واحدة مما يؤدي الى انتاجية متميزة، اثناء البناء.

2. عزل الحرارة(Heat Insolation)

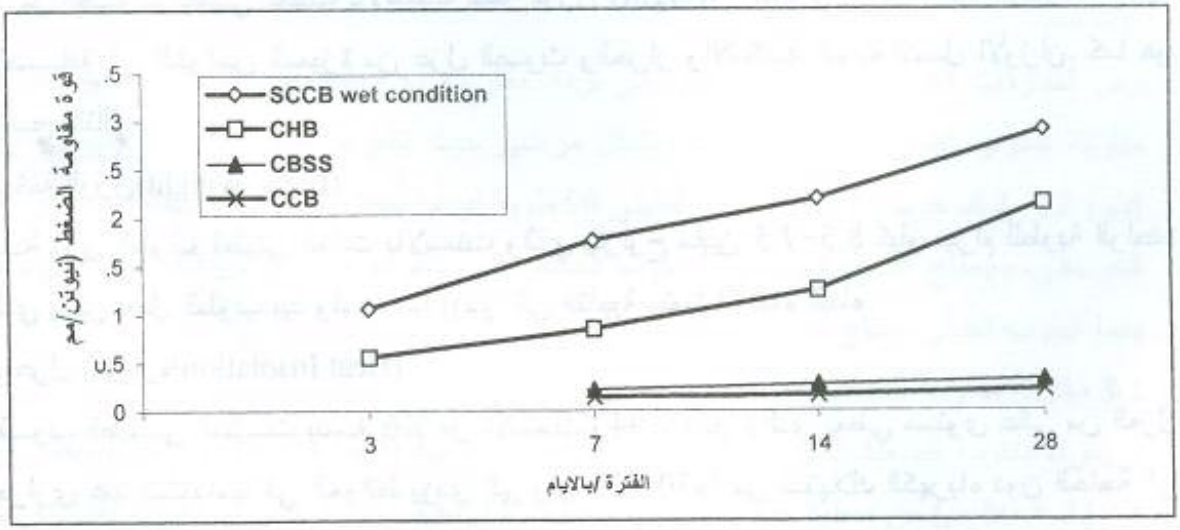
الطوب الطيني المثبت بنسبه 6% من الاسمنت و94% طين والذي يعطي مستوى عالي من العزل الحراري عند استخدامها في الحوائط يؤدي الى وفر 20- 30% من استهلاك الكهرباء دون الحاجة الى مواد عزل اضافية ، بالإضافة الى ملائمته للاجواء الحارة بشكل عام.



صورة(6) تنعيم أسطح الطوب الطيني



صورة(7) قطع الطوب الطيني المفتتة بعد إجراء فحص المقاومة



شكل (4) مقارنة بين مقاومة الضغط للطوب الطيني الإسمنتي وأنواع أخرى من الطوب

3. عزل الصوت (Sound Isolation)

يعطـــي الطوب الطيني مستوى عالي من عزل الصوت مما يجعله حل مناسب في المنشأت التي تحتاج الى عزل الصوت.

4. مقاومة الانضغاط(Load Bearing Wall)

يمكـــن استخدام الطوب الطيني المثبت بالاسمنت في مباني الحوائط الحاملة والحوائط الغير حاملة لانها تتميز بمقاومة عالية للضغط من (38-43 كجم / سم^2)

5. مقاومة الزلازل(Earthquake Resistance)

تســـاعد خفـــة وزن الطوب (1822- 2065 كجم/سم^3) ومقاومتة العالية للضغط (38- 43 كجم/ سم^2) علـــى تقليل الاحمال والاجهادات السيزماتيكية(stress seismic) المؤثرة على هيكل المبنى عند تعرضه للزلزال.

6. مقاومة الحريق(Fire Resistance)

يعتـــبر الطـــوب الطينـــي المثبت بالاسمنت ماده مقاومة للحريق وغير قابلة للاشتعال طبقاً للمواصفات العالمية. يقاوم الطوب الطيني الحريق لمدة 8 ساعات عند درجة حرارة 880 درجة مئوية.

7. سهولة البناء(Easy Construction)

الطـــوب الطينـــي المثبت بالاسمنت خفيف الوزن وسهل الرص والبناء بواسطة استخدام الطرق التقليدية المـــتعارف علـــيها بتشكيل القرميط (Brick blocks) او غيرها من الانواع الاخرى ويثبت بنفس مونة (الطين+ 6% من الاسمنت).

8. المثانة والديمومة(Durability)

لاشك بان الحوائط المبنية باستخدام الطوب الطيني المثبت بالاسمنت يعطي احساس كبير بالقوة والامان ولايتاثر بالمناخ ولا بالعوامل الخارجية مثل الحرارة والامطار والرياح والرطوبة.

9. منتج صديق للبيئة(Friendly to Environment)

لايحـــدث خلال عملية الانتاج انبعاث للملوثات او مواد خطرة كما لايوجد اهدار للمواد الخام لذلك فهي تعتبر صديقة للبيئة وتعمل على توفير اكبر قدر من الطاقة وهي ملائمة ومتوافقة مع البيئة المحيطة بها فهي تلبي جميع مطالب العصر الحديث في مجال التشيد.

10. الدراسة الاقتصادية للطوب المثبت بالاسمنت

تمـــت دراسة اسعار المواد الخام وتكلفت النقل والوقود وكذا اجور العمال وصيانة الالات وادارتها كما هـــو موضح في جدول (9) ويتضح من خلال الجدول بان سعرالمتر المكعب من الطوب الطيني المثبت ب6% مـــن الاســـمنت يكلف 4370 ريال يمني وتكلف حبة الطوب الطيني المثبت بالاسمنت 18- 20 ريال يمني.

كمـــا يوضح جدول (10) دراسة مقارنة لانشاء حائط طولي بمتر مربع بسماكة 30- 40سم مكون من الحجر والطوب الخرساني المصمت والطوب الطيني المثبت بالاسمنت، تشمل الدراسة المقارنة

جدول (9) الدراسة الاقتصادية للطوب المثبت بالإسمنت

الرقم	الوحدة	الكمية/ السعر (بالريال اليمني)
1	ينتج في اليوم الواحد من الطوب المثبت بالإسمنت	1000 طوبة
2	المتر المكعب من الطوب يحتوي على	243 طوبة
3	المتر المربع من الطوب لحائط بسمك 15سم يحتوي على	34 طوبة
4	المتر المربع من الطوب لحائط بسمك 30سم يحتوي على	72 طوبة
5	عدد الطوب المنتج في اليوم بالمتر المكعب	4 متر مكعب
6	قيمة نقل الطين الخام سعة 6 $م^3$ بعد الغربلة = 5 $م^3$	2000 ريال
7	قيمة المتر المكعب من الطين المغربل	**400 ريال**
8	ينتج من كيس الإسمنت (بنسبة 6%) عدد الطوب المتر المكعب من الطوب يحتاج إسمنت (243) سعر الإسمنت (2.7× 800) =	90 طوبة 2.7 كيس إسمنت **2160 ريال**
9	كمية الماء في اليوم لإنتاج 4 أمتار مكعبة من الطوب يحتاج إلى متر مكعب من الماء بسعر	**30 ريال**
10	كمية الديزل لإنتاج متر مكعب من الطوب 5 لتر × 17 ريال = 85 ÷ 4 يكلف المتر المكعب	**30 ريال**
11	عدد العمال (7) بواقع 500 ريال أجرة العمال لإنتاج متر مكعب من الطوب 7 × 500 =3500 ÷ 4 =	**880 ريال**
12	إدارة وإشراف وصيانة وهامش ربح	**870 ريال**
13	سعر المتر المكعب للطوب المثبت بالاسمنت: **400 + 2160 + 30 + 30 + 880 = 870** سعر حبة الطوب المثبت بالاسمنت 4370 ÷ 243 =	4370 ريال 18 – 20 ريال

للاسعار نسبة الى سعر الحائط المكون من الحجر وتشمل الدراسة المقارنة ايضاً خواص وايجابيات المواد المكونة للحائط.

11. بناء غرفة:

تم بناء غرفة للحراسة مع حمام داخلي في محافظة لحج بمساحة 2.8×4 امتار بسماكة 30 سم للحوائط واساس من الحجر بعرض 60 سم وارتفاع 50 سم . ارتفاع الحائط 3.1 متر وبسقف خرساني مسلح بسمك 10 سم كما هو موضح في الصورة (8).

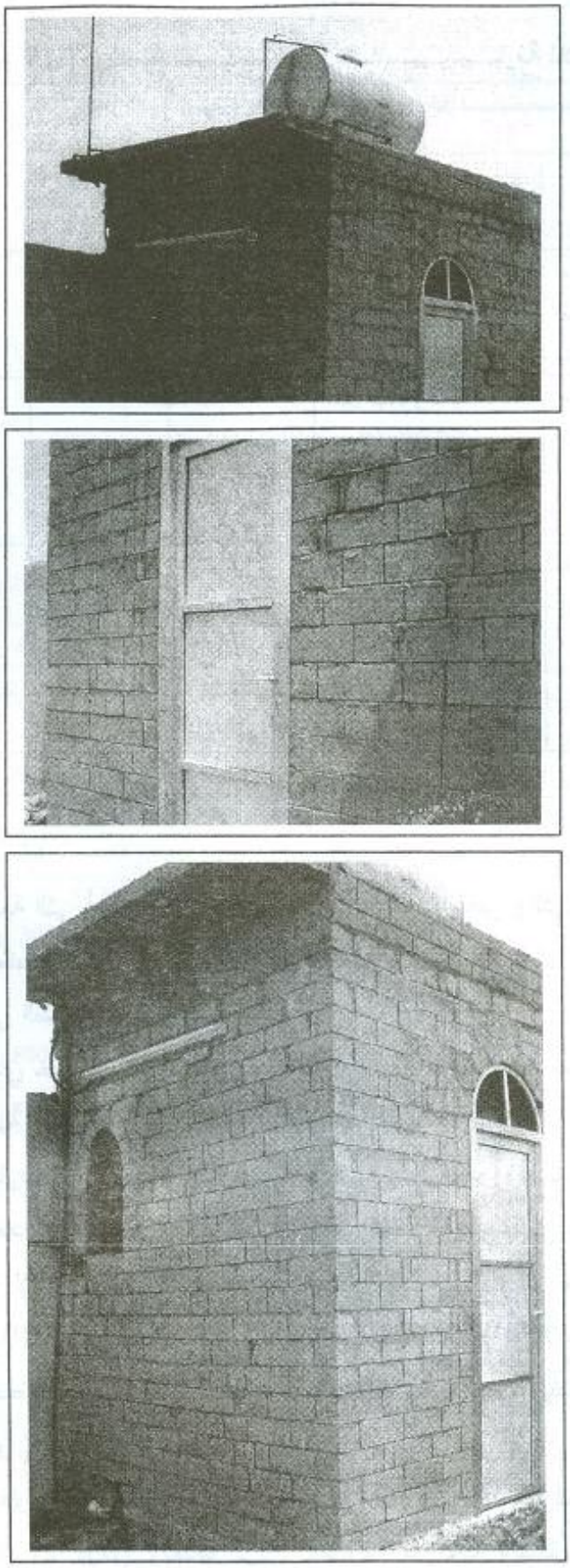
جدول (10) دراســـــــــــــــة مقـــــــــــــارنة للأسعار

نوع مواد البناء لإنشاء حائط	الوحدة (م2)	السعر بالريال اليمني	نسب المقارنة مع الحائط الحجري (%)	الخـــــــــــــواص	
				الإيجابيات	السلبيات
حائط حامل من الحجر بسمك 40 سم	1	8000	100	مثانة وجيد الترابط لايتاثر بالمناخ	عازل رديء للحرارة، يستهلك طاقة اكبر، وحدات غير منتظمة و ثقيل إنشائيا
حائط حامل من البلوك الخرساني المصمت بسمك 40 سم	1	4500	56	سهل البناء والتشيد وحدات منتظمة	عازل رديء للحرارة، يستهلك طاقة اكبر وثقيل إنشائيا
حائط حامل من الطوب الطيني المثبث بالاسمنت بسمك 30 سم	1	3200	40	سهل البناء والتشييد سرعة الإنشاء وحدات منتظمة عازل جيد للحرارة (24%) يقلل من استهلاك الطاقة	عند زيادة الأحمال تؤدي إلى زيادة سماكة الحائط

الخُلاصـــــــــة:

وفقًـــا للدراســـة الحالـــية التي أجريت على التربة الطينية في وادي خير والدراسة الميدانية والمختبرية لخلطـــات الطين والإسمنت والماء لانتاج طوب طيني مثبت بالإسمنت وكذلك الاختبارات والفحوصات الفيزيائية والإنشائية على الطوب المنتج ، استخلصت النتائج التالية:

1. تعتبر تربة وادي خير الصغير م/ لحج من اجود التربه الطينية التي يمكن مزجها مع الإسمنت وإعطاء خلطة طينية إسمنتية ملائمة لإنتاج طوب طيني مثبت بالإسمنت .
2. من خلال التجارب الميدانية التي أجريت على تربة وادي خير وجدت نسبة 6% من الإسمنت البورتلاندى العادي (المنتج محلياً) النسبة المثالية لإنتاج طوب طيني مثبت بالإسمنت.
3. النسب المثالية لإنتاج خلطة طينية + إسمنتية + ماء هي 64 لتر من الطين و 4 لتر من الإسمنت و 10.5 لتر من الماء النقي والتي تشكل النسب التالية 6% من الإسمنت و13% من الماء وهذه الخلطة تنتج 9 طوبات بمقاس 295×140×115 مم. وينتج من كيس الاسمنت (سعة 50 كيلو) 90 طوبة.
4. لوحظ زيادة مقاومة الطوب الطيني المثبت بنسبة 6% من الأسمنت للضغط الراسي مع الزمن سريعة (للفترة 21 يوما) وبعدها تزداد المقاومة تدريجيا وبشكل منتظم للحالتين الجافة والمغمورة بالماء.



صوره (8) بناء غرفة من الطوب الطيني المثبت بالأسمنت

5. وصلت مقاومة الضغط الراسي للطوب الطيني المثبت بالأسمنت في 3 ايام الى 1.6 نيوتن/مم^2 و3.9 نيوتن/مم^2 للفترة 28 يوما وبزيادة قدرها 143% للطوب الجاف. كما وصلت مقاومة الضغط الراسي للطوب المغمور في الماء الى 1.6% نيوتن/مم^2 و 3.9 نيوتن/مم^2 للفترة 3 ايام و28 يوما على التوالي وبزيادة قدرها 176%.
6. وجدت زيادة مقاومة الضغط لعمر الطوب بعد 90 يوما مقارنة ب 28 يوما للطوب الجاف 12 و32% للطوب المغمور في الماء، مما يدل ذلك بان الطوب الطيني المغمور بالماء يمكنة مقاومة هطول الأمطار وعوامل الطبيعة.
7. مقارنة مقاومة الضغط للطوب الطيني (المغمور بالماء) مع البلوك الخرساني الأجوف في اليوم الثالث 1.05 نيوتن/مم^2 و 0.5 نيوتن/مم^2 على التوالي وبزيادة قدرها 91% تكاد تكون ضعف مقاومة البلوك الخرساني. وللفترة الزمنية 28 يوما بزيادة قدرها 35% (ثُلث مقاومة البلوك الخرساني).
8. المقارنات الأخرى لمقاومة الضغط للطوب المثبت بالإسمنت مع كل من اللبن المقوى بالتبن واللبن المدكوك يدوياً وجدت زيادة مقاومة الطوب الطيني للضغط تصل إلى700%.

المراجـــــــع:

العزب، ثابث سالم، 2002. تجارب البناء بالطوب الطيني، المؤتمر الهندسي الاول، مجلد (1) ص219- 228، اليمن.

العش، فرج نادر، 1990. تكنولوجيا ترميم وصيانة الابنية ومواد البناء والمقتنيات الاثرية، المدنية العربية، العدد 43، منظمة المدن العربية، الكويت.

حسن فتحي ، 2001 . عمارة الفقراء ، مكتبة الاسرة ، ص133، مصر.

زبـــن، علـــوي جعفـــر، 1990. تجـــارب ناجحة في استخدام التربة المدكوكة في القوالب لبناء المساكن في اليمن، مجلة المهندسون العدد 3 ، ص19-23، عدن – اليمن.

كامل، محمد وليد، 1991 . صيانة المباني الطينية، المؤتمر العالمي حول العمارة اليمنية والافاق ص150- 157، اليمن.

محمد، محمد عبد السميع عيد، 1991. العمارة التقليدية بين الواقع والطموحات دراسة تطبيقية على العمارة اليمنية، المؤتمر العالمي حول العمارة اليمنية التطور والافاق، ص34 – 4، عدن- اليمن.

موفـــق دغمـــان، 1999. انتاج الوحدات الطينية، البنا بمواد محلية لتحقيق وتطوير السكن المحلي دراسة تحليلية تطبيقية على مثال اقليم دمشق، مطابع تشرين، ص233، دمشق، سوريا.

British Standard, 1990. Methods of test for soil for Civil Engineering purposes, BS1377: part 1, U. K.

Middlition,G.F., 1982. Wall-Earth Construction, third edition, Australia.

Mubarak, S.M. and Shamsher, F., 1998. Design Criteria in Shibam Building, Reclamation, proc. CSMFE, Vol. 1 P125, 1957, London.

Shamsher, F., 2002. Strength Characteristic of Sea-Sand Stabilized with Cement, First Engineering conference, Faculty of Engineering, University of Aden, Vol.1 pp 273–282, Aden-Yemen.

UNCHS (Habitat), 1986. Earth Construction Technology, Manual on Basic Principles of Earth Application, Nairobi.

Wagner, A. A., 1957.The Use of Unified Soil Classification System, by the Bureau of World Renewable Energy Congress, Vol .2, pp. 1447-1451,U. K.