تطوير تقنية حديثة للبناء الطيني

د. مختار علي عبد الحفيظ عبده
أستاذ مساعد في كلية الهندسة والعمارة
- جامعة إب- اليمن
E-Mail: mokhtar__abdo@hotmail.com

ملخص

لقد كانت الأضرار الشديدة التي لحقت بالمباني الطينية نتيجة كارثة السيول في وادي حضرموت عام ٢٠٠٨م وكذا رغبة الكثير من أرباب العمل في الحصول على جدران طينية حديثة ذات سماكة أقل ومقاومة عالية لعوامل التعرية بالإضافة إلى عدم وجود أبحاث مخصصة لفحص تأثير الظروف المناخية على مقاومة الطين من أهم الدوافع لإنجاز هذا البحث.

لهذا تلخصت أهداف الباحث في جمع وتوثيق المعلومات والمعارف عن البناء الطيني في اليمن وذلك ليس فقط لاستخدامها في صيانة المباني القائمة ولكن أيضاً لتطوير تقنيات بناء طيني مستدامة حديثة ملبية للمتطلبات العصرية ، كما أن اكتشاف تأثير الظروف المناخية على مقاومة الطين يعتبر هدفاً رئيسياً للباحث في هذا الموضوع.

لهذا تم التركيز في منهجية هذا البحث على تحليل تقنيات البناء الطيني التقليدية في اليمن وتنفيذ تجارب معملية لاختبار مقاومة الضغط للعديد من العينات المأخوذة من خلطات طينية مختلفة، ودراسة تأثير تجفيفها تحت ظروف مناخية متباينة، كما تم إجراء تجارب معملية لاختبار تأثير التجفيف البطيء، عبر الخاصية الشعرية لجدران أغلفة حماية، على خلطات طينية مختلفة.

ولقد كانت أهم نتائج هذا البحث هو إثبات أن عناصر البناء الطيني المجففة تحت الظروف المناخية الصيفية في اليمن تُظهر شروخ انكماش أكثر من تلك المجففة تحت الظروف المناخية الشتوية وعليه فإنه تبرز أهمية الالتزام بالقاعدة التقليدية والتي تنص على أن المباني الطينية تُبنى في فصل الشتاء وليس في فصل الصيف. أما النتيجة الثانية فهي إثبات أن تخفيف الأطيان الدسمة وشبه الدسمة يلزم أن يتم باستخدام ركام كسارات يقع مقاسه الاعتباري في النطاق الرملي وليس باستخدام ركام ذي حبيبات مستديرة.

كما تم التوصل في هذا البحث إلى ضرورة تطوير أغلفة حماية للجدران الطينية للحصول على مقاومة أعلى لها لعوامل التعرية ولتجنب سلبية تساقط التلابيس الجيرية أو الأسمنتية من على الجدران الطينية نظراً لاختلاف معاملات التمدد الطولي الحراري والهيجروسكوبي.

جدول رقم (١) أرقام جميع مجاميع عينات التجارب المستخدمة في هذا البحث مع رموزها واختصاراتها ومعاني جميع الاختصارات وكذا ظروف تجفيفها

رقم مجموع عينات التجارب	الرموز والاختصارات	معنى الرموز والاختصارات
١	UL (T=25%) -N-S	المادة الأولية (طين)، محتوى الغرين فيه ٢٥٪، غير محمية، جُففت تحت الظروف المناخية الصيفية (درجة الحرارة =٤٢ درجة مئوية، الرطوبة النسبية = ٢٣٪)
٢	UL+RS (T=10%) -N-S	المادة الأولية مخففة برمل مستدير الحبيبات (صفر-٢ مم)، نسبة الغرين ١٠٪، غير محمية، جُففت تحت الظروف المناخية الصيفية (درجة الحرارة =٤٢ درجة مئوية، الرطوبة النسبية = ٢٣٪)
٣	UL+BS (T=10%) -N-S	المادة الأولية مخففة برمل كسارات (صفر-٢ مم)، نسبة الغرين ١٠٪، غير محمية، جُففت تحت الظروف المناخية الصيفية (درجة الحرارة =٤٢ درجة مئوية، الرطوبة النسبية =٢٣٪)
٤	UL+RS+RK (T=10%) -N-S	المادة الأولية مخففة بركام مستدير الحبيبات (صفر-١٦ مم)، نسبة الغرين ١٠٪، غير محمية، جُففت تحت الظروف المناخية الصيفية (درجة الحرارة =٤٢ درجة مئوية، الرطوبة النسبية = ٢٣٪)
٥	UL+BS+Spl. (T=10%) -N-S	المادة الأولية مخففة بركام كسارات (صفر-١٦ مم)، نسبة الغرين ١٠٪، غير محمية، جُففت تحت الظروف المناخية الصيفية (درجة الحرارة =٤٢ درجة مئوية، الرطوبة النسبية = ٢٣٪)
٦	UL (T=25%) -N-W	المادة الأولية (طين)، محتوى الغرين فيه ٢٥٪، غير محمية، جُففت تحت الظروف المناخية الشتوية (درجة الحرارة =٢٩ درجة مئوية، الرطوبة النسبية = ٣٦٪)
٧	UL+RS (T=10%) -N-W	المادة الأولية مخففة برمل مستدير الحبيبات (صفر-٢ مم)، نسبة الغرين ١٠٪، غير محمية، جُففت تحت الظروف المناخية الشتوية (درجة الحرارة =٢٩ درجة مئوية، الرطوبة النسبية = ٣٦٪)
٨	UL+BS (T=10%) -N-W	المادة الأولية مخففة برمل كسارات (صفر-٢ مم)، نسبة الغرين ١٠٪، غير محمية، جُففت تحت الظروف المناخية الشتوية (درجة الحرارة =٢٩ درجة مئوية، الرطوبة النسبية = ٣٦٪)
٩	UL+RS+RK (T=10%) -N-W	المادة الأولية مخففة بركام مستدير الحبيبات (صفر-١٦ مم)، نسبة الغرين ١٠٪، غير محمية، جُففت تحت الظروف المناخية الشتوية (درجة الحرارة =٢٩ درجة مئوية، الرطوبة النسبية = ٣٦٪)
١٠	UL+BS+Spl. (T=10%) -N-W	المادة الأولية مخففة بركام كسارات (صفر-١٦ مم)، نسبة الغرين ١٠٪، غير محمية، جُففت تحت الظروف المناخية الشتوية (درجة الحرارة =٢٩ درجة مئوية، الرطوبة النسبية =٣٦٪)
١١	UL+BS (T=10%) -N-NB	المادة الأولية مخففة برمل كسارات (صفر-٢ مم)، نسبة الغرين ١٠٪، غير محمية، جُففت لمدة خمسة أيام عند درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية ثم بعد ذلك تم تسريع التجفيف عند درجة حرارة ٦٠ درجة مئوية حتى ثبات الوزن
١٢	UL (T=25%) -G-S	المادة الأولية (طين)، محتوى الغرين فيه ٢٥٪، محمية، جُففت تحت الظروف المناخية الصيفية (درجة الحرارة =٤٢ درجة مئوية، الرطوبة النسبية = ٢٣٪)
١٣	UL+RS (T=10%) -G-S	المادة الأولية مخففة برمل مستدير الحبيبات (صفر-٢ مم)، نسبة الغرين ١٠٪، محمية، جُففت تحت الظروف المناخية الصيفية (درجة الحرارة =٤٢ درجة مئوية، الرطوبة النسبية = ٢٣٪)
١٤	UL+BS (T=10%) -G-S	المادة الأولية مخففة برمل كسارات (صفر-٢ مم)، نسبة الغرين ١٠٪، محمية، جُففت تحت الظروف المناخية الصيفية (درجة الحرارة =٤٢ درجة مئوية، الرطوبة النسبية = ٢٣٪)
١٥	UL+RS+RK (T=10%) -G-S	المادة الأولية مخففة بركام مستدير الحبيبات (صفر-١٦ مم)، نسبة الغرين ١٠٪، محمية، جُففت تحت الظروف المناخية الصيفية (درجة الحرارة =٤٢ درجة مئوية، الرطوبة النسبية = ٢٣٪)
١٦	UL+BS+Spl. (T=10%) -G-S	المادة الأولية مخففة بركام كسارات (صفر-١٦ مم)، نسبة الغرين ١٠٪، محمية، جُففت تحت الظروف المناخية الصيفية (درجة الحرارة =٤٢ درجة مئوية، الرطوبة النسبية = ٢٣٪)

١. المقدمة

إن شح الموارد والارتفاع الشديد لأسعار الطاقة سيعيقان مواصلة استخدام المكينة والتكنولوجيا المتقدمة لإنتاج المباني في البلدان النامية إضافة إلى الزيادة الملحوظة عالمياً في استخدام الطاقة والمرتبط ارتباطاً مباشراً بمشاكل التلوث البيئي والذي سيؤدي بدوره إلى حدوث تغيرات مناخية عالمية مهولة وارتفاع درجة حرارة الأرض.

وعليه فإن الواجب على المجموعة الدولية تحمل مسؤولية تخفيض التلوث البيئي الناتج عن الاستخدام المفرط لموارد الطاقة إلى أدنى حد ممكن.

وفي قطاع البناء نستطيع، عند اختيار مواد البناء وتقنياته بما يتلاءم مع العوامل المناخية في كل منطقة، توفير جزء كبير من الطاقة. ومن العوامل التي يتم إغفالها في كثير من الأبحاث وعن طريقها يمكن توفير جزء كبير من الطاقة اختيار مواد بناء ذات طاقة إنتاج أولية منخفضة. ففي المستقبل القريب لن يتم تقييم مواد البناء تبعاً لخواصها الميكانيكية فقط (الشرط الأساسي) ولكن أيضاً تبعاً لتوازنها وتأثيرها البيئي (Life-Cycle-Analyses)، حيث سيلعب دور كبير في ذلك العوامل التالية:-

- تأثيرها البيئي - الطاقة اللازمة لإنتاجها - إمكان إعادة تصنيعها - التأثيرات الصحية

وتعتبر مادة البناء الطين من مواد الإنشاء ذات طاقة إنتاج أولية منخفضة، مقارنة بين الطين وبعض مواد الإنشاء المختلفة، حيث أن واحد متر مكعب من الطين يحتاج فقط للنقل والتحضير ١٪ تقريبا من طاقة الإنتاج الأولية الضرورية لإنتاج واحد متر مكعب من الخرسانة العادية وإلى ٠،٣٪ من طاقة الإنتاج الأولية الضرورية لإنتاج واحد متر مكعب من الخرسانة المسلحة (Müller , 2005) ، (Rauch , 2002).

٢. المشكلة البحثية والأهداف

٢. ١. تحليل المشكلة البحثية

تشهد اليمن كغيرها من البلدان النامية نموسكاني كبير، حيث يبلغ معدل النمو السكاني ٣,٥٪ تقريباً (كتاب الإحصاء السنوي ، ٢٠٠٤)، وهذا يعني أنه في العام ٢٠٢١م سيبلغ تعداد سكان اليمن المتوقع ٣٨ مليون إنسان (عباس ، ١٩٩٧).

مع الزيادة السكانية هذه تزداد الحاجة إلى المباني السكنية. كما أن النقص الحاد في القدرة على بناء المساكن بسبب سوء الحالة الاقتصادية والتضخم الكبير الذي أدى إلى زيادة أسعار مواد البناء يعتبر عائقاً حقيقياً أمام التوسع في بناء المساكن الكافية.

وتنتشر في اليمن تقنيات مختلفة للبناء الطيني. ففي الأقاليم الشرقية والجنوبية تستخدم تقنية الطوب الطيني النيئ (المَدَر)، بينما تنتشر في الأقاليم الشمالية تقنية الزابور. أما في الأقاليم كثيرة الأمطار فقد تم تطوير "الطريقة المحمية"، والتي يستخدم فيها الحجر الطبيعي "كظهارة" و"بطانة" للجدران بينما أنويه الجدران يتم صبها باستخدام الطين الحصوي ، قارن (Abdo , 2007).

ورغم أن تقنيات البناء الطيني التقليدية لها الكثير من المميزات إلا أن لها الكثير من نقاط الضعف وأهمها الآتي:-

- الجفاف السريع لجدران الزابور حديثة الإنشاء أو لطبقات اليعبور وطبقة المحظة في مباني المدر تؤدي إلى حدوث شروخ انكماش كثيرة فيها، وخاصة عند البناء في فصل الصيف ، انظر الشكل (١).

• إن هطول الأمطار المفاجئ والشديد والمصحوب أحياناً بالبرد والريح يؤدي إلى جريان الماء في شروخ الانكماش الرأسية وحوافها بشكل سريع، مما ينتج عنه جرف الطبقات الخارجية من الجدران الطينية وتشويه منظرها ، انظر الشكل (٢ ، ٣).

• تأثر المباني الطينية أكثر من غيرها من المنشآت المستخدم فيها مواد بناء أخرى كالخرسانة في كوارث السيول كالتي حصلت في وادي حضرموت في العام ٢٠٠٨م حيث بلغ إجمالي المباني المهدمة والمتضررة ٣٤٥٠ مبنى (نيوز يمن ، ٢٠٠٨)، قارن الشكل (٤).

• إن الإشعاع الشمسي الشديد والمسلط على الجدران الطينية الغير محمية يؤدي إلى جفاف الطبقات الخارجية منها بشكل شديد وانكماشها والتي تصبح بعد ذلك شرهة الامتصاص لمياه الأمطار ومن ثم زيادة حجمها. هاتين العمليتين المتباينتين (الجفاف الشديد أولاً ثم التشبع الشديد بالماء ثانياً) تؤديان إلى حدوث ما يسمى بظاهرة "التوَرُّق" وتساقط الطبقات الخارجية من الجدار، حيث تكون أكثر من غيرها عرضة للجرف بواسطة مياه الأمطار وخاصة المصحوبة بالبرد بسبب طاقتها الميكانيكية.

• المبالغة الزائدة في سماكة الجدران الطينية بسبب معاملات "الخوف" من الجرف والتأثر بمياه الأمطار؛

• إنَّ طبقات التلبيس التقليدية لم تقدم حتى الآن الحل المثالي لحماية الجدران من عوامل التعرية للأسباب التالية:-

- سوء التنفيذ

- اختلاف معامل التمدد الطولي الهيجروسكوبي والحراري بين طبقات التلبيس والجدران الطينية أسفلها، الأمر الذي يؤدي إلى حدوث شروخ في طبقات التلبيس وانفصالها عن الجدار ثم تساقطها ومن ثم تشويه منظر واجهات المباني التي تحدث فيها تلك الظاهرة؛ قارن الشكل رقم (٥).

نقاط الضعف هذه والتي تعاني منها تقنيات البناء الطيني التقليدية أدت ولازالت تؤدي إلى إعراض الكثير من أرباب العمل وشركات المقاولات مواصلة البناء باستخدام مادة الطين وتفضيلهم للمواد الحديثة كالخرسانة العادية والمسلحة والحديد والألومونيوم والطوب المحروق وغيرها، رغم أن الجزء الأكبر من هذه المواد يتم استيرادها من الخارج، الأمر الذي يؤدي إلى بقاء سوق البناء في اليمن رهينة الاستيراد وتقلبات الأسعار في السوق العالمية ومن ثم ارتفاع كلفة المباني بشكل كبير، قارن الشكل رقم (٦).

• إن إضافة التبن "القش" إلى الطين لتقليل شروخ الانكماش يؤدي في الوقت نفسه إلى انخفاض مقاومة الضغط، ولهذا السبب أصبحت سماكة الجدران الطينية التقليدية كبيرة.

٢. ٢. أهداف البحث

يمكن تلخيص أهداف هذا البحث في النقاط التالية:-

• جمع وتوثيق المعلومات والمعارف عن البناء الطيني في اليمن وذلك ليس فقط لاستخدامها في صيانة المباني القائمة ولكن أيضاً لتطوير تقنيات بناء طيني مستدامة حديثة ملبية للمتطلبات العصرية.

• اكتشاف تأثير الظروف المناخية على مقاومة خلطات طينية مختلفة، وفحص هذا التأثير عند التجفيف البطيء لعينات تلك الخلطات عن طريق الخاصية الشعرية لجدران أغلفة حماية مناسبة.

٣. منهجية البحث

ولتحقيق الأهداف آنفة الذكر سيتم نهج الأساليب والطرق الآتية:-

- تنفيذ تجارب معملية واختبار مقاومة الضغط للعديد من العينات المأخوذة من خلطات طينية مختلفة، ودراسة تأثير تجفيفها تحت الظروف المناخية الصيفية والشتوية المختلفة؛

- إجراء تجارب معملية لاختبار تأثير التجفيف البطيء ، عبر الخاصية الشعرية لجدران أغلفة حماية، على خلطات طينية مختلفة.



الشكل رقم (١) مبنى قيد الإنشاء بتقنية الزابور في رحبان – صعدة بني فصل الصيف وتظهر فيه شروخ الإنكماش بصورة كبيرة



الشكل رقم (٢) مبنى سكني في حصن آل أحمد – وادي حضرموت ويظهر فيه التأثر الشديد بمياه الأمطار لطبقة المحظة وخاصة في مواضع شروخ الإنكماش . مارس ٢٠٠٩ م



شكل رقم (٣) مبنى طيني منفذ بتقنية الزابور في مسورة – مأرب . ظهور تأثير جرف مياه الأمطار أسفل المساحات الملبسة وفي شروخ الإنكماش الرأسية بصورة أشد نتيجة لزيادة سرعة جريانها مارس ٢٠٠٩م



الشكل رقم (٤) مباني متضررة من كارثة السيول في مشطة – وادي حضرموت مارس ٢٠٠٩م



الشكل رقم (٥) مثال لتساقط التلابيس الجبرية في قصر حنطوط – تريم – وادي حضرموت مارس ٢٠٠٩م



الشكل رقم (٦) غزو الخرسانة المسلحة لوادي العمارة الطينية – تريم – وادي حضرموت . مارس ٢٠٠٩م

٤. الدراسات والأبحاث السابقة حول الطين والبناء الطيني

٤. ١. تأثير إضافة التبن على مقاومة الطين

إن الأبحاث التي أجراها البروفيسور منكه وفريق عمله في جامعة كاسل في ألمانيا أثبتت أن إضافة التبن إلى الخلطات الطينية يؤدي إلى تخفيض مقاومة الضغط لها (Minke, 2001)، قارن الجدول (٢).

جدول رقم (٢) انخفاض مقاومة الضغط للطين عند إضافة التبن (٥ سم) (Minke, 2001)

نسبة التبن في الخلطة الطينية [٪]	الكثافة ρR [kg/m³]	مقاومة الضغط βD [N/mm²]
٠	١٨٨٢	٢,٢
١	١٧٠١	١,٤
٢	١٥٧١	١,٣
٤	١٢٤٧	١,١
٨	٨٧٢	٠,٣

٤. ٢. تأثير محتوى الرطوبة في مادة الطين على مقاومة ضغطها

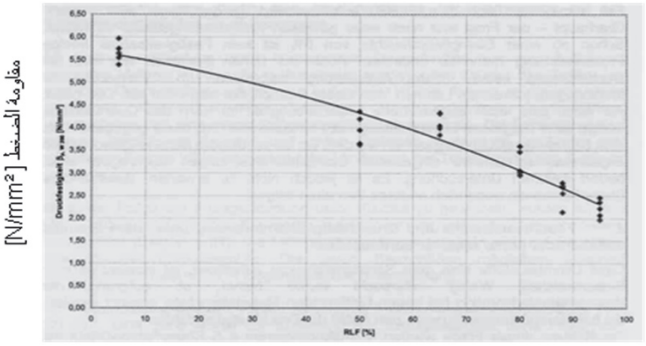
في قسم الهياكل الحاملة في الجامعة التقنية في برلين تم فحص تأثير محتوى الرطوبة لمادة الطين وكذا الرطوبة النسبية للمحيط على مقاومة ضغطها. ويبين الشكل (٧) انخفاض مقاومة الضغط تحت تأثير ازدياد الرطوبة النسبية. لقد تم اكتشاف أن محتوى الرطوبة لمادة الطين يزداد بازدياد الرطوبة النسبية ومن ثم يؤدي ذلك إلى انخفاض مقاومة الضغط للطين، أنظر الشكلين (٨) و (٩).

٤. ٣. حول الغرين والمعادن الطينية

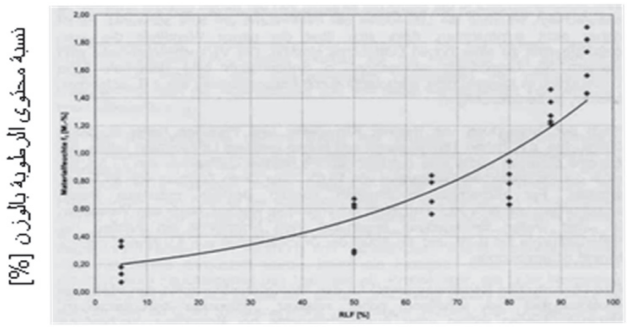
٤. ٣. ١ حجم صفائح الغرين

يعتبر الطين خليط من مواد الغرين والسلت والرمل والذي يمكن أن يحتوي أيضاً على الحصى وبعض الأحجار (Minke, 2001). ويمثل الغرين المادة الرابطة في الطين لذا فإن المعلومات والمعارف عن خواصه تعتبر هامة للغاية لكل مشتغل بمادة الطين.

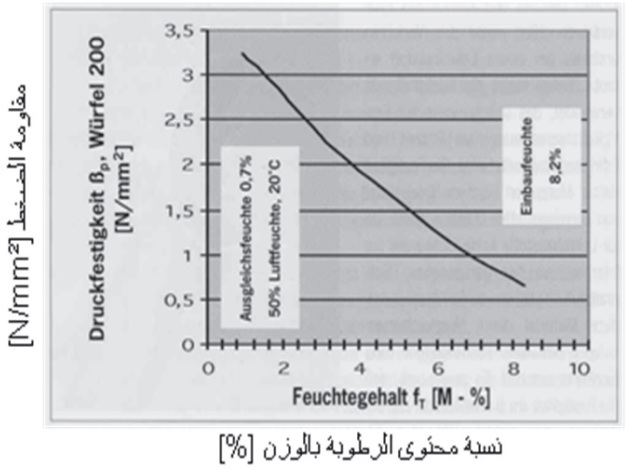
وسيتم فيما يلي عرض أهم المعارف ونتائج الأبحاث والدراسات عن الغرين والمعادن الطينية والتي لها علاقة مباشرة بموضوع هذا البحث، حيث ستُقَدِم للقارئ الأساس العلمي لفهم تقييم وشرح نتائج التجارب في الفقرات التالية من هذا البحث.



الشكل (٧) انخفاض مقاومة ضغط الطين بزيادة الرطوبة النسبية المحيطة به (Dierks; Ziegert 2000،)



الشكل (٨) ازدياد محتوى الرطوبة لمادة الطين بزيادة الرطوبة النسبية المحيطة به (Dierks; Ziegert 2002،)



الشكل (٩) انخفاض مقاومة ضغط الطين بزيادة محتوى الرطوبة به (Dierks; Ziegert 2000،)

٤. ٣. ٢ تجمع وتراص صفائح الغرين

إن الترابط والتجمع النهائي لصفائح الغرين مع بعضها البعض بعد جفاف المادة يتوقف على حالتها الأولية في الخليط. وتبعاً لتفاعل جزيئات الغرين في الخليط مع بعضها والمتوقف على الرقم الحامضي (الرقم الهيدروجيني) للخليط ودرجة الحرارة وكفاءة التبادل الأيوني وتركيز المحلول (أي الوسط الكيميائي)، تتكون تراكيب وبنى مختلفة من صفائح الغرين بعد التجفيف، قارن الشكل رقم (١٠).

إن تجمع وترابط صفائح الغرين مع بعضها يمكن أن يكون نقطي أو خطي أو مساحي، أنظر الشكل (١١).

٤. ٣. ٣ نظرية (DLVO)

إن نظرية (DLVO) تصف المحاليل الكولودیالية بمساعدة التأثيرات الإلكتروستاتيكية المتبادلة بين الأيونات السالبة لحواف صفائح الغرين وبين الأيونات الموجبة المنتشرة في المساحات بينها. كما أن انتشار الأيونات الموجبة بين صفائح الغرين يتوقف على درجة الحرارة.

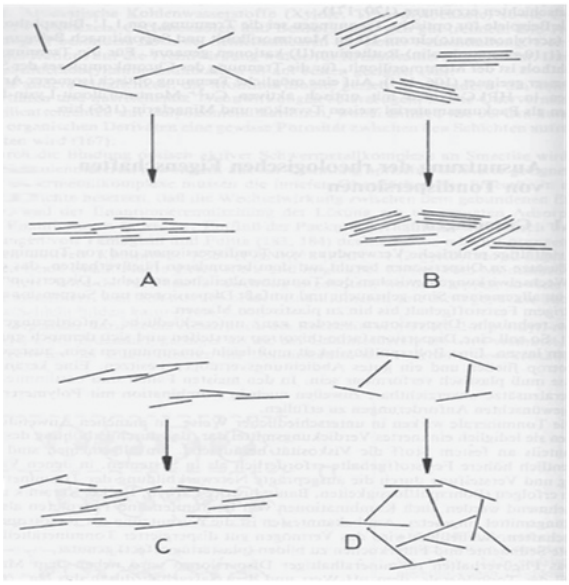
ولأنَّ سطوح صفائح الغرين مشحونة بشحنة إلكتروستاتيكية سالبة، فإنه يحصل تنافر إلكتروستاتيكي بين سطوحها. أمَّا عند تلاصقها فإنه يحدث علاوة على ذلك ما يسمى بالتنافر" البورني" والذي تعاكس قواه المؤثرة قوى "فان-در-ول" للتجاذب، حيث تتغلب قوى التجاذب الأخيرة على جميع قوى التنافر عندما تكون المسافات قريبة جداً بين صفائح الغرين، قارن الشكل رقم (١٢).

٤. ٣. ٤ تأثير الرقم الحامضي (الرقم الهيدروجيني) وكذا درجة الحرارةعلى تراص صفائح الغرين

لقد أصبح معروفاً بأن الرقم الحامضي (الرقم الهيدروجيني) للماء (ماء الخلط وماء المسامات في الخلطات الطينية) متعلق بدرجة الحرارة إلى حد كبير. فالرقم الهيدروجيني يزداد بزيادة درجة الحرارة.

والشيء الملفت للنظر أن صفائح الغرين ترتص وتترابط أقرب من بعضها البعض كلما قل الرقم الحامضي (الهيدروجيني)، أنظر الشكل رقم (١٣).

كما أنه مع ارتفاع درجة الحرارة تترك الكثير من الأيونات الموجبة حواف حبيبات الغرين وتنتشر في المسافات الفاصلة بينها وتشكلها. وبهذا الأسلوب تتباعد صفائح الغرين عن بعضها البعض أكثر فأكثر، الأمر الذي يؤدي إلى تراصها بعيدة عن بعضها البعض بعد الجفاف (Lagaly, 1993)، ونتيجة لذلك تكون مادة الطين المحتوية لها ذات مقاومة انضغاط منخفضة.



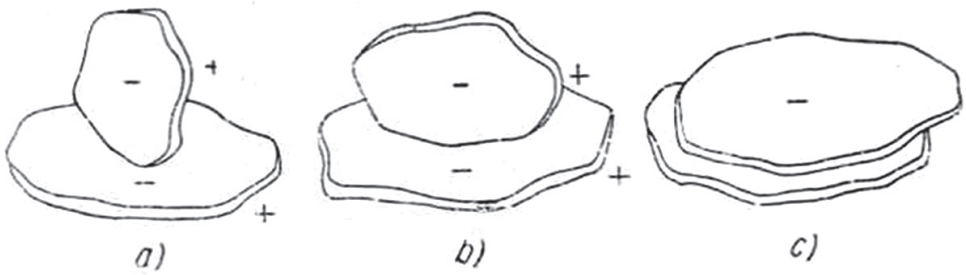
A
التقاء سطوح صفائح الغرين المتحللة حرم غرينية متقابلة

B
تحلل مثالى تراص وترتب متوازي وكثيف

C
ترسيب مفكك التصاق حبلى لصفائح الغرين

D
التصاق وترتب شبيه ببيت الورق ترسب مفكك

شكل رقم (١٠) أشكال مختلفة لترسبات حبيبات الغرين وعلاقة ذلك بحالتها الأولية في المحلول



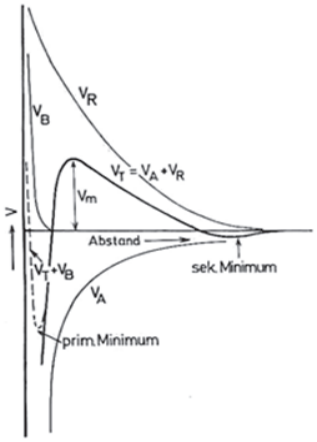
شكل رقم (١١) الاشكال الممكنة لترابط وتراص حبيبات الغرين مع بعضها

VR: تنافر إلكتروستاتيكي

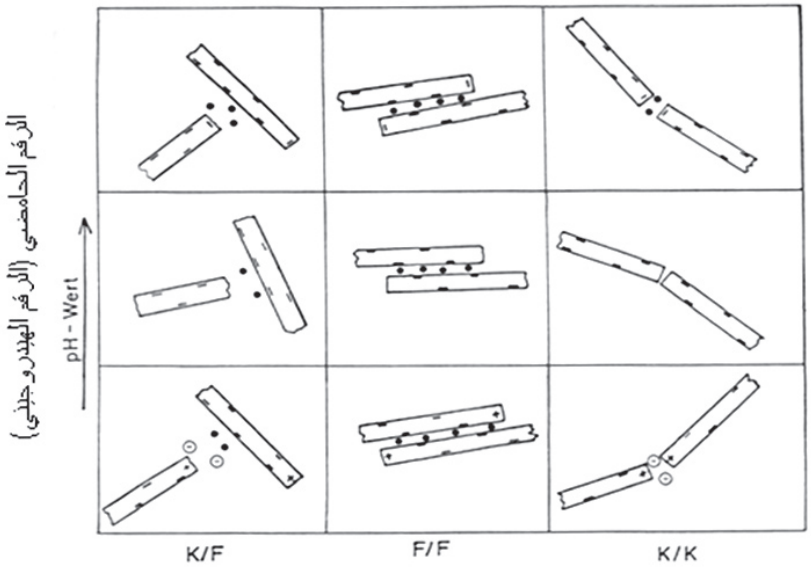
VA: تأثير قوى (فان – در – وال) للتجاذب

VB :التنافر البورني

VT: منحنى التأثير المتبادل الإجمالي



الشكل رقم (١٢) التأثير المتبادل بين صفائح الغرين في المحلول الكوليديلي، تبعاً لنظرية(Lagaly,1993) DLVO



شكل رقم (١٣) أشكال تراص وترابط صفائح الغرين مع بعضهما وعلاقة ذلك بقيمة الرقم الحامضي (lagaly,1993)

٥. اختبار تأثير الظروف المناخية الصيفية والشتوية على مقاومة الضغط لخلطات طينية مختلفة

٥. ١. طُرق تنفيذ الفحص

لغرض تنفيذ هذا الفحص اُستخدمت عدد خمس خلطات طينية مختلفة، ومن كل خلطة تم إنتاج مجموعي عينات، وكل مجموع عينات يتكون من عدد خمسة مكعبات اختبار بمقاسات ٢٠×٢٠×٢٠سم.

تم تجفيف نصف العينات (عدد خمس مكعبات من كل خلطة من الخلطات الخمس المختلفة) تحت الظروف الصيفية لوادي حضرموت (متوسط درجة الحرارة العظمى = ٤٢ درجة مئوية، ومتوسط الرطوبة النسبية = ٢٣٪). كما تم تجفيف النصف الآخر للعينات والمماثل للأول في التكوين تحت الظروف المناخية الشتوية أيضاً لوادي حضرموت (متوسط درجة الحرارة العظمى = ٢٩ درجة مئوية، ومتوسط الرطوبة النسبية = ٣٦٪). وقد تم التجفيف في غرفة مكيفة بالعوامل المناخية المطلوبة، حتى ثبات وزن العينات.

٥. ٢. المواد التي أجريت عليها التجارب لهذا الغرض

- المادة الأولية: وهي عبارة عن طين يحتوي على نسبة غرين من نوع (كاولينايت) ٢٥٪ من وزنه، أنظر الشكل رقم (١٤)؛ وقد تم تحديد نسبة الغرين عن طريق النخل والترسيب وكذا بطريقة (رونتجن ديفراكتومتري).
- الركام المستخدم:-

- رمل مستدير الحبيبات (صفر – ٢ مم).
- رمل كسارة (صفر – ٢ مم)؛
- حصى مستدير الحبيبات (حصى سائلة) (٢ – ١٦ مم).
- كري كسارات (٢ – ١٦ مم)؛

- مادة تسوية سطوح الضغط للعينات: وهي عبارة عن خليط الكبريت تبعاً للكود الأوربي DIN EN 12390 -3؛ وُردت من قبل شركة InfraTest-Prueftechnik GmbH.
- أغلفة الحماية: تم تشكيلها من مادة قوالب الأوتنج (Ytong – Planbauplatten PPp10.05)

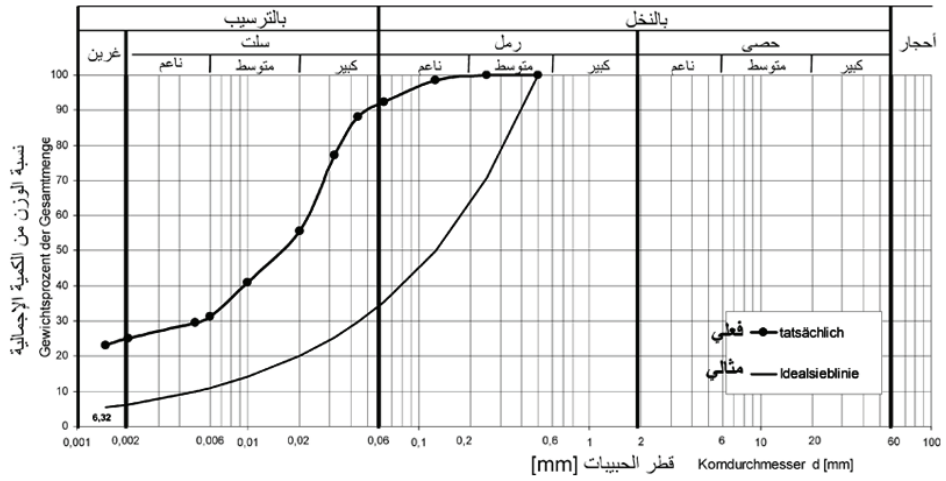
بمنشار كهربائي بسماكة ٣ سم حيث تم لصقها مع بعضها كما في الشكل (١٥).

٥. ٣. تعيين قوام الخلطات المستخدمة

تم تعيين قوام الخلطات المستخدمة في الحالة البلاستيكية كما هو الحال في تقنيات البناء الطيني التقليدي في اليمن، حيث تم اختيار مقاس الانسياب (٣٠ سم)، وتم تحديده حسب الكود الأوروبي DIN EN 12350 -5.

٥. ٤. الخلطات المستخدمة في التجارب

ويبين الجدول (١) أرقام جميع مجاميع عينات التجارب المستخدمة في هذا البحث مع رموزها واختصاراتها ومعاني جميع الاختصارات وكذا ظروف التجفيف.



شكل رقم (١٤) منحنى المناخل للمادة الأولية وهي عبارة عن طين محتوى على نسبة ٢٥٪ غرين (UL T=25%)

٥. ٥. عمليتي الخلط والتخمير

تم خلط الخلطات الطينية المستخدمة في التجارب كل منها لمدة خمس دقائق، حتى تكونت كتلة طينية بلاستيكية؛ ثم بعد ذلك تم تخزينها لمدة ٤٨ ساعة في أواني بلاستيكية محكمة الإغلاق لضمان إتمام عملية التخمير (توزيع الرطوبة بشكل متجانس في الخلطة)، ولكي يتم إيقاظ قوى الترابط في الطين.

٥. ٦. إنتاج وتشكيل العينات (مكعبات التجارب)

تم إنتاج العينات مباشرة بعد الحصول على القوام المطلوب للخلطة الطينية (مقاس الانسياب ٣٠ سم)، باستخدام القوالب الموضحة في الشكل رقم (١٥)، وتم نزع القوالب للعينات الغير محمية بعد ساعة من إنتاجها، وكانت أبعاد العينات ٢٠×٢٠×٢٠ سم.

٥. ٧. تجفيف العينات

تم تجفيف العينات حتى وصولها إلى مرحلة ثبات الوزن ومن ثم تم بعد ذلك تسوية سطوحها واختبارها.

٥. ٨. فحص مقاومة الضغط

تم تحديد القوة القصوى (F) للتهشم والتي تم الحصول عليها أثناء تنفيذ ضغط العينة.

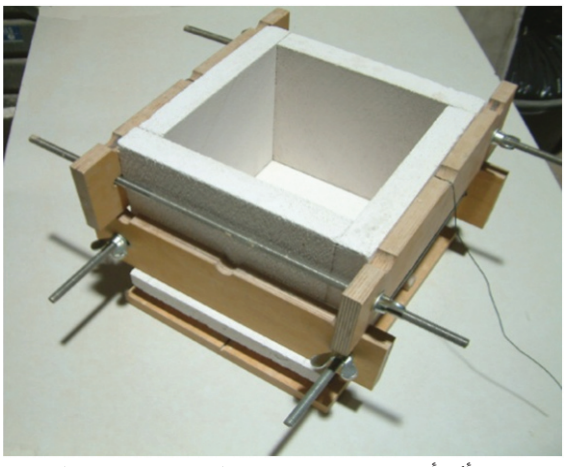
إجهاد الكسر 6 نتج عن القوة القصوى لتهشم العينة (F) مقسومة على مساحة الضغط (A) للعينة:

$6 = F/A \ N/mm^2$ حيث:

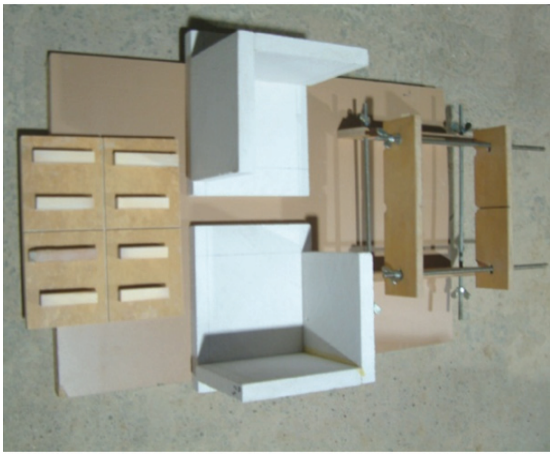
6 إجهاد الكسر ووحدته بالنيوتن (N/mm^2)، F القوة القصوى لتهشم العينة ووحدتها بالنيوتن (N)،

A مساحة الضغط للعينة (طول العينة xm × عرض العينة ym) مقاسه بالمليمتر المربع (mm^2).

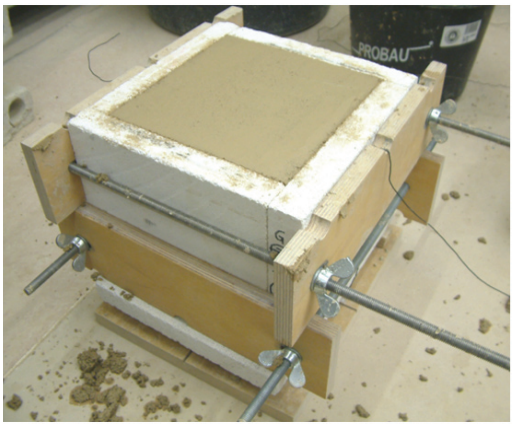
مقاومة الانضغاط لمجموع عينات مكوَّن من عدد خمس عينات: عبارة عن القيمة المتوسطة للقيم الخمس على أن لا يزيد انحراف مقاومة ضغط كل عينة عن القيمة المتوسطة للقيم الخمس عن ٢٠٪.



أ) الأجزاء المختلفة لغلاف الحماية مفككة عن بعضها



ب) غلاف الحماية قبل ملئه بطين العينة



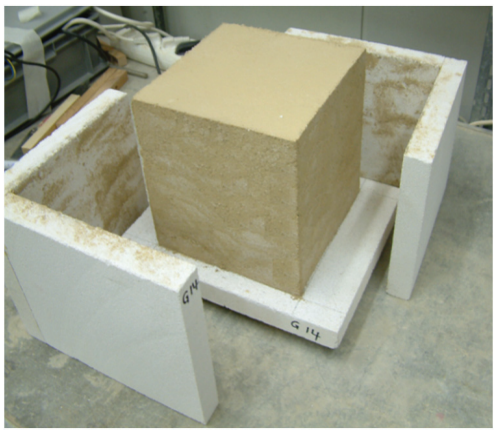
ج) غلاف الحماية قبل ملئه بطين العينة



د) يتم تغطية العينة بغطاء الغلاف المخصص لذلك مع الربط الجيد بالأسلاك المخصصة لذلك



هـ) أغلفة الحماية أثناء عملية التجفيف في الغرفة المكيفة المخصصة لذلك



و) العينة بعد نزع غلاف الحماية

الشكل رقم (١٥) الحالات المختلفة لأغلفة الحماية أثناء استخدامها

٥. ٩. إنتاج مجموع عينات مرجعية

وكمجموع عينات مرجعية تم إنتاج مجموع عينات من الخلطة الطينية "UL+BS (T=10%)m". هذا المجموع تم تجفيفه تبعاً لشروط الكود الألماني DIN18952. وهذا يعني تجفيف العينات لمدة ٥ أيام تحت ٢٠ درجة مئوية، وبعد ذلك يلزم تسريع عملية التجفيف عند درجة حرارة ٦٠ درجة مئوية حتى الوصول إلى ثبات وزنها.

٥. ١٠. تقييم نتائج التجارب

جميع مجاميع عينات الخلطات الخمس الطينية المختلفة والتي جففت تحت الظروف المناخية الشتوية حازت على مقاومة ضغط أعلى من مجاميع العينات والتي جُففت تحت الظروف المناخية الصيفية.

فقد بلغت مقاومة الضغط لمجموع العينات رقم (١) للخلطة الطينية "UL (T=25%)" (المادة الأولية)، والبالغة فيها نسبة الغرين ٢٥٪، عند تجفيفها تحت الظروف المناخية الصيفية ٢،٠١ نيوتن/مم٢ ، بينما بلغت لمجموع العينات رقم (٦) لنفس الخلطة الطينية عند التجفيف تحت الظروف المناخية الشتوية ٤،٤٥ نيوتن/مم٢ ، بزيادة قدرها ١٢١٪.

كما بلغت مقاومة الضغط لمجموع العينات رقم (٢) للخلطة الطينية المكونة من المادة الأولية والمخففة بالرمل ذي

الحبيبات المستديرة "UL+RS (T=10%)"، والبالغة فيها نسبة الغرين ١٠٪، والمجففة تحت الظروف المناخية الصيفية ٢،١٨ نيوتن/مم٢، بينما بلغت عند التجفيف تحت الظروف المناخية الشتوية ٣،٦٩ نيوتن/مم٢ ، بزيادة ملحوظة قدرها ٦٩،٣٪ ، قارن الشكل (١٦).

وبلغت مقاومة الضغط لمجموع العينات المكون من المادة الأولية والمخففة برمل كسارات "UL+BS (T=10%)" والبالغة فيها نسبة الغرين ١٠٪، والمجففة تحت الظروف المناخية الصيفية ٢،٥ نيوتن/مم٢ ، بينما بلغت تحت الظروف المناخية الشتوية ٤،٥٧ نيوتن/مم٢ ، بزيادة قدرها ٨٢،٨٪.

وقد بلغت مقاومة الضغط لمجموع العينات للخلطة الطينية المكونة من المادة الأولية والمخففة برمل مستدير الحبيبات (صفر -٢مم) وحصى مستدير الحبيبات (٢-١٦مم)، " UL+RS+RK (T=10%) " ، والبالغة فيها نسبة الغرين ١٠٪، والمجففة تحت الظروف المناخية الصيفية ١،٩١ نيوتن/مم٢ ، بينما بلغت تحت الظروف المناخية الشتوية ٢،٥ نيوتن/مم٢، بزيادة قدرها ٣٠،٩٪.

وعند تخفيف المادة الأولية برمل الكسارات (صفر-٢مم) وكري الكسارات البازلتي (٢-١٦مم)" UL+RS+RK (T=10%)" ، بحيث أصبحت نسبة الغرين ١٠٪، بلغت مقاومة الضغط عند تجفيف مجموع العينات تحت الظروف المناخية الصيفية ٢،٢ نيوتن/مم٢، بينما بلغت تحت الظروف المناخية الشتوية ٢،٩٥ نيوتن/مم٢، بزيادة قدرها ٣٤،١٪.

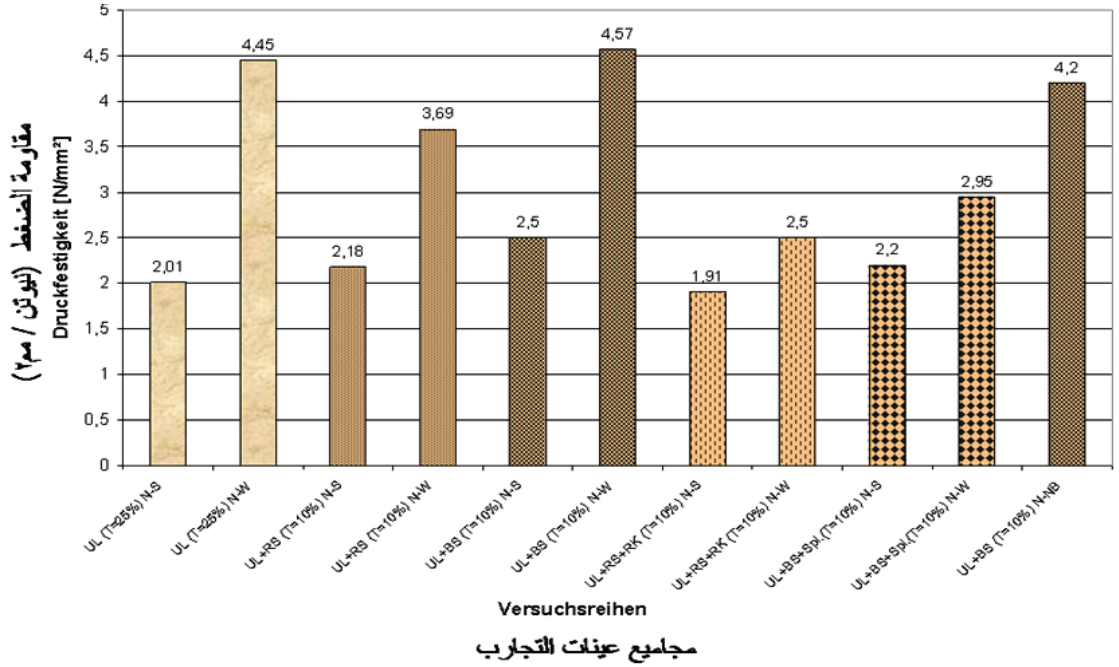
لقد أظهرت نتائج التجارب أن أعلى زيادة لمقاومة الضغط لجاميع العينات المجففة تحت الظروف المناخية الشتوية مقارنة بمجاميع العينات المجففة تحت الظروف المناخية الصيفية بلغت ١٢١،٤٪ للخلطة الطينية للمادة الأولية المحتوية على نسبة غرين ٢٥٪ "UL (T=25%)". بينما بلغت أدنى زيادة لمقاومة الضغط ٣٠،٩٪ للخلطة الطينية المكونة من المادة الأولية والمخففة باستخدام ركام مستدير الحبيبات، رمل (صفر-٢ مم) وحصى (٢-١٦ مم)، "UL+RS+RK (T=10%)" والمحتوية على نسبة غرين ١٠٪. انظر الشكل (١٦).

إن ما يدعو إلى التوقف عنده هو ارتفاع مقاومة الضغط بنسبة ٨,٨٪ لمجموع العينات رقم (٨)، وهي عبارة عن خلطة طينية مكونة من المادة الأولية مخففة برمل كسارات (صفر-٢مم) وبنسبة غرين ١٠٪ ومجففة تحت الظروف المناخية الشتوية ""UL+BS (T=10%)-N-W"" عن مجموع العينات لنفس الخلطة الطينية والذي تم تجفيفه عند ٢٠ درجة مئوية ولمدة خمسة أيام، ثم تم تسريع التجفيف عند درجة حرارة ٦٠ درجة مئوية وحتى الوصول إلى ثبات الوزن ""UL+BS (T=10%)NB""، تبعاً للكود الألماني DIN 18952 Bl. 2.

ويمكن إرجاع سبب ارتفاع مقاومة ضغط العينات المجففة تحت الظروف المناخية الشتوية مقارنة بتلك المجففة تحت الظروف المناخية الصيفية للأسباب التالية:

- أظهرت مجاميع العينات المجففة تحت الظروف المناخية الصيفية شروخ انكماش أكثر من الناحية العددية وأكبر من الناحية الشكلية مقارنة بمجاميع العينات المجففة تحت الظروف المناخية الشتوية.

- ارتفاع الرقم الحامضي (الهيدروجيني) لماء الخلط والماء المتواجد في مسامات الخلطة الطينية بسبب ارتفاع درجة الحرارة في الصيف الأمر الذي يؤدي إلى تراص صفائح الغرين بشكل متباعد عن بعضها البعض وتصبح المادة الناتجة عنها أقل كثافة وبالتالي تقل مقاومتها للضغط.



شكل رقم (١٦) متوسط مقاومة الضغط لمجاميع عينات التجارب المجففة تحت الظروف المناخية الصيفية (درجة الحرارة = ٤٢ درجة مئوية، والرطوبة النسبية = ٢٣٪) وكذا المجففة تحت الظروف المناخية الشتوية (درجة الحرارة = ٢٩ درجة مئوية، والرطوبة النسبية = ٣٦٪)، بالمقارنة بمجموع عينات التجارب رقم ١١ (العينة المرجعية) والمجففة عند درجة حرارة ٦٠ درجة مئوية مع تجفيف مسبق لمدة خمسة أيام عند درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية.

• إن ارتفاع درجة الحرارة في فصل الصيف يؤدي أيضاً إلى زيادة المسافة الفاصلة بين صفائح الغرين بسبب زيادة مسافة الإنتشار الأيوني بينها نتيجة لمغادرة الأيونات الموجبة لحواف صفائح الغرين بسبب حصولها على الطاقة الحركية نتيجة ارتفاع درجة حرارتها، والعكس يحدث عند التجفيف تحت الظروف المناخية الشتوية.

• تغلب قوى التجاذب بين صفائح الغرين (قوى-فان-در-ول) على قوى التنافر الإلكتروستاتيكية فيما بينها عندما تكون المسافات الفاصلة بين صفائح الغرين قصيرة جداً عند التجفيف تحت الظروف المناخية الشتوية، بناءً على نظرة (دي-إل-في-أو) (DLVO-Theory).

٦. فحص تأثير أغلفة الحماية على مقاومة الضغط لخلطات طينية مختلفة

٦. ١. أسلوب تنفيذ الفحص

لفحص تأثير التجفيف البطيء على مقاومة ضغط مجاميع العينات لخلطات طينية مختلفة، تم إنتاج عدد خمسة مكعبات اختبار من كل الخلطات الطينية المختلفة والمذكورة سابقاً بنفس الطريقة الموضحة في الفقرة رقم (٥)، إلا أن قوالب العينات لم تتم إزالتها بعد ساعة بل تمت مواصلة تجفيف العينات تحت الظروف المناخية الصيفية (درجة الحرارة = ٤٢ درجة مئوية، والرطوبة النسبية = ٢٣٪) في أغلفة الحماية المصنوعة من مادة الأوتنج، حتى ثبات وزنها، تبعاً للكود الأوروبي العالمي EN ISO 12570.

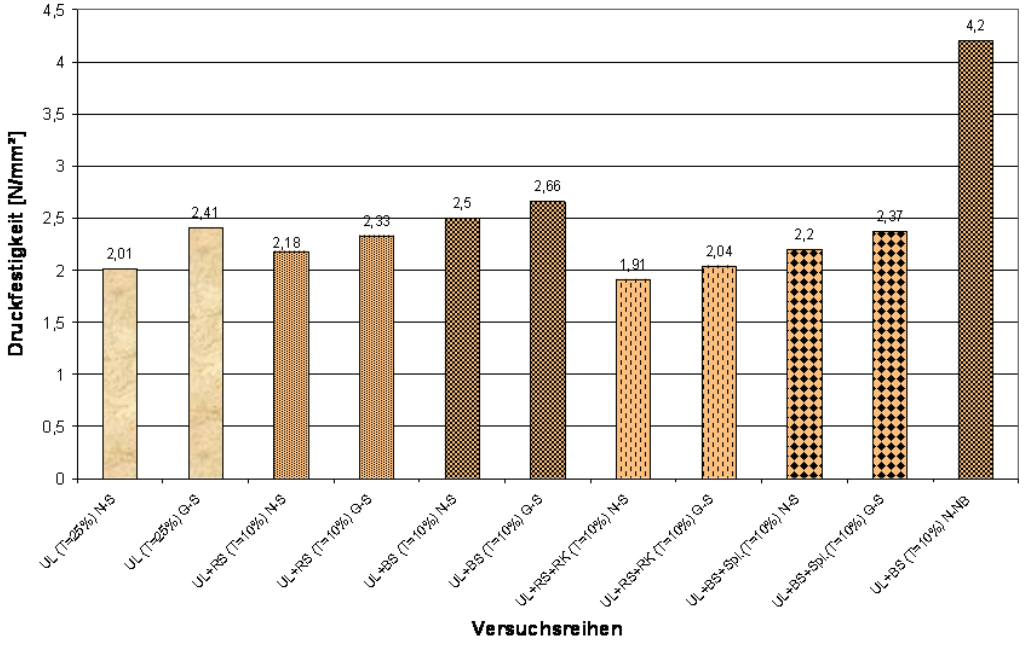
٦. ٢. تقييم التجارب

وفي الشكل رقم (١٧) تم عرض نتائج مقاومة ضغط مجاميع العينات المحمية من رقم (١٢) إلى رقم (١٦) مقارنة

بمجاميع العينات الغير محمية من رقم (١) إلى رقم (٥)، والتي عُرضت في الفقرة رقم (٥) لنفس الخلطات الطينية.

إجمـالاً يمكن القول بـأن جميع مجاميع العينـات المحمية للخلطـات الطينية المجففة في أغلفـة الحماية (وبدون استثناء)، حازت على مقاومة ضغط أعلى من تلك المجاميع التي لم تُجفف في أغلفة الحماية لنفس الخلطات الطينية.

فقد بلغت مقاومة الضغط لمجموع العينات رقم (١٢) للخلطة الطينية المكونة من المادة الأولية "UL (T=25%)"، والمحتوية على نسـبة غرين ٢٥٪، والتي تم تجفيفها داخل أغلفة الحماية تحت الظروف المناخية الصـيفية ٢،٤١ نيوتن/مم٢، بنسبة زيادة ١٩،٩٠٪ على مقاومة الضغط لمجموع العينات والتي جُففت بدون أغلفة الحماية، حيث بلغت ٢،٠١ نيوتن/مم٢ فقط لا غير.



شكل رقم (١٧) متوسط مقاومة الضغط لمجاميع عينات التجارب المحمية والغير محمية والمجففة تحت الظروف المناخية الصيفية (درجة الحرارة = ٤٢ درجة مئوية، والرطوبة النسبية = ٢٣٪)، بالمقارنة بمجموع عينات التجارب رقم ١١ (العينة المرجعية) والمجففة عند درجة حرارة ٦٠ درجة مئوية مع تجفيف مسبق لمدة خمسة أيام عند درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية.

كما بلغت مقاومة الضغط لمجموع العينات للخلطة الطينية المكونة من المادة الأولية والمخففة بالرمل ذو الحبيبات المستديرة (صفر-٢مم) "UL+ RS (T=10%)"، والمحتوية على نسبة غرين ١٠٪، والتي تم تجفيفها داخل أغلفة الحماية تحت الظروف المناخية الصيفية ٢،٣٣ نيوتن/مم٢، بزيادة قدرها ٦،٨٨٪ عن مقاومة الضغط لنفس مجموع العينات والمجففة بدون أغلفة الحماية.

وفي حالـة مجموع العينـات المحمية للخلطة الطينية المكونة من المادة الأولية والمخففة برمل الكسـارات (صـفر-٢مم) "UL+ BS (T=10%)"، والمحتويـة على نسـبة غريـن ١٠٪، والتي تم تجفيفها داخـل أغلفة الحماية تحت الظروف المناخية الصيفية، بلغت مقاومة الضغط ٢،٦٦ نيوتن/مم٢، بنسبة ارتفاع ٦،٤٪ عن مقاومة الضغط لمجموع العينات الغير محمية لنفس الخلطة الطينية والتي تم تجفيفها بدون أغلفة الحماية.

أمـا في حالـة الخلطات الطينيـة المكونة من المادة الأولية والمخففة بركام ذو حبيبات مسـتديرة (صـفر-١٦مم) "UL+ RK+RS (T=10%)"، والمحتويـة على نسـبة غرين ١٠٪، فقـد ارتفعت مقاومة الضـغط لمجموع العينات

المحمية بنسبة ٦,٨١٪ مقارنة بمجموع العينات الغير محمية.

بينما ارتفعت مقاومة الضغط لمجموع العينات المحمية بنسبة ٧،٧٣٪ مقارنة بمجموع العينات الغير محمية، وذلك للخلطة الطينية المكونة من المادة الأولية والمخففة باستخدام ركام كسارات (صفر - ١٦ مم).

ونخلص من هذا التقييم إلى أن التجفيف البطيء والمنتظم لمجاميع العينات في أغلفة الحماية يؤدي إلى زيادة مقاومة الضغط لتلك العينات.

الشيء الملفت للنظر بهذا الخصوص هو أن التأثير الإيجابي لأغلفة الحماية يزداد بزيادة نسبة الغرين في الخلطة الطينية.

وكما تم العرض في الفقرة رقم (٥) فإن الخلطات الطينية المحتوية على ركام الكسارات حازت على مقاومة ضغط أعلى من الخلطات الطينية المحتوية على ركام ذي حبيبات مستديرة، والسبب في ذلك يرجع إلى زيادة المساحات النوعية لأسطح ركام الكسارات مقارنة بالركام ذي الحبيبات المستديرة، ومن ثمَّ توفر مساحات التصاق أكثر لصفائح الغرين في تلك الخلطات الطينية.

كما يتضح من خلال هذه التجارب أن مجاميع العينات المكونة من المادة الأولية والمخففة بركام في النطاق الرملي تحوز على مقاومة ضغط أعلى من مجاميع العينات المكونة من المادة الأولية والمخففة بركام في نطاق الكري والحصى، والتي لها نفس نسبة الغرين (١٠٪). ويعود السبب في ذلك إلى أنه في حالة الركام الرملي تكون طبقة التغليف الغرينية أقل سمكاً عنها في حالة الركام الواقع في نطاق الحصى والكري، وذلك عند ثبات نسبة الغرين في جميع الخلطات. حيث تترتب صفائح الغرين في الحالة الأولى بشكل متوازي لسطوح حبيبات الركام، بينما تترتب صفائح الغرين في الحالة الثانية وترتبط مع بعضها بهيئة (حروف مع سطوح)، الأمر الذي يؤدي إلى تكون مادة أقل كثافة ومن ثم تقل مقاومة انضغاطها.

٧. النتائج والتوصيات

٧. ١. النتائج

- إنَّ قاعدة البناء التقليدية والتي تنص على ضرورة تنفيذ مباني الطين في فصل الشتاء وليس في فصل الصيف يلزم مواصلة الالتزام بها، لأن عدم العمل بهذه القاعدة لا يؤدي فقط إلى حدوث أضرار في عناصر البناء الطيني حديثة البناء نتيجة الأمطار الغزيرة المصحوبة بالبرد في فصل الصيف، ولكن أيضاً إلى تخفيض مقاومة تلك العناصر، حيث أظهرت التجارب انه في بعض الخلطات قد يؤدي ذلك إلى تخفيض مقاومة الطين بنسبة ٥٤٪.
- إن تخفيف الطين الدسم وشبه الدسم لتقليل ماء الخلط ومن ثم معامل الانكماش وشروخ الانكماش يلزم أن يتم بركام مقاسه الاعتباري يقع في نطاق الرمل، حيث يؤدي ذلك إلى تقليل سماكة الطبقة الغرينية حول حبيبات الركام مما يؤدي إلى ترتُّب صفائح الغرين بشكل موازي لسطوح حبيبات الركام، ومن ثم زيادة مقاومة الضغط، كما يُفضَّل استخدام ركام كسارات لزيادة المساحة السطحية لحبيبات الركام مقارنة بالركام ذو الحبيبات المستديرة، مما يؤدي إلى زيادة مقاومة الضغط لنفس السبب.
- إن التجفيف البطيء لعناصر البناء الطيني ضروري جداً ليس فقط في المرحلة الأولى من التجفيف ولكن أيضاً خلال عملية التجفيف كاملة.
- إن تطوير أغلفة حماية (القوالب المفقودة) للجدران الطينية ذو أهمية كبيرة جداً، حيث ستضمن هذه الأغلفة

التجفيف البطيء للجدران الطينية، الأمر الذي سيؤدي إلى تخفيض إجهادات الانكماش ومن ثم تقليل شروخ الانكماش وبالتالي ترتفع مقاومة الجدران.

- يزداد التأثير الايجابي لأغلفة الحماية كلما زادت نسبة الغرين في الخلطة الطينية.

٧. ٢. التوصيات

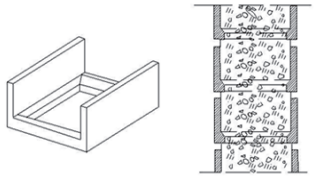
٧. ٢. ١. مقترحات وحلول أولية لأغلفة الحماية المُزمع تصنيعها

يلزم تطوير تقنية حديثة للبناء الطيني تُوفِّر إجراءات حماية جيدة لعناصر البناء الطيني من الجفاف السريع والإشعاع الشمسي المباشر والجرف نتيجة هطول الأمطار والبرد، وكذا الأضرار الميكانيكية الناتجة عن اصطدام الأجسام الصلبة وهبوب الرياح المحملة بحبيبات الرمال، حتى يمكن تجنب المبالغة الشديدة في زيادة سماكة الجدران والظاهرة للعيان في المباني الطينية التقليدية.

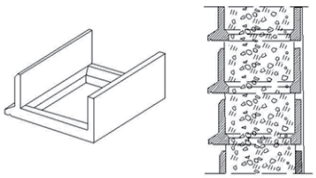
في الأشكال (١٨) إلى (٢٢) تم عرض مقترحات لأشكال أغلفة الحماية، حيث يمكن إنتاجها من المواد المحلية.

إنَّ اختيار المواد الأولية لإنتاج الأغلفة وتصميم أشكالها النهائية يحتاج إلى أبحاث وفحوصات مفصلة مستقبلاً، وفيما يخص الدراسات والأبحاث المستقبلية فإن الملاحظات التالية ذات أهمية خاصة:-

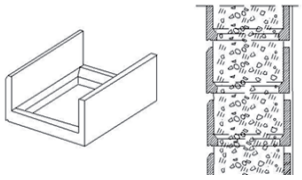
- إمكانية تطوير أغلفة حماية للجدران الطينية بنظام (القوالب المفقودة)، حيث يلزم أن تُصنَّع من مواد قادرة على توصيل ماء الخلط بواسطة الخاصية الشعرية، كما يلزم أن تكون هذه الأغلفة مقاومة لتأثير الرطوبة الناتجة عن ماء الخلط وتساقط مياه الأمطار.
- الاستفادة من الخبرات المتوفرة في اليمن في إنتاج الأواني الفخارية التقليدية لتصنيع أغلفة حماية، حيث يمكن باستخدام هذه التقنية تصنيع أغلفة حماية دقيقة الأبعاد، وهنا تبرز ضرورة فحص إمكانية استخدام فكرة "إناء الماء الفخاري" لتبريد الخلطات الطينية للحصول على مقاومة أعلى للجدران الطينية، حتى إذا نُفذت في فصل الصيف.
- إمكانية تصنيع أغلفة الحماية من الخلطات التقليدية للتلابيس الجيرية المستخدمة في وادي حضرموت حيث سيعمل اللون الأبيض لها على عكس ما يقارب من ٧٠-٨٠٪ من الإشعاع الشمسي، ومن ثم تخفيض الإجهاد الحراري الذي تتعرض له المباني، لتوفير الطاقة.



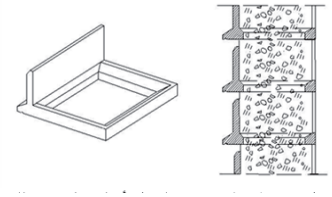
شكل رقم (١٨) مقترح أغلفة الحماية للجدران الداخلية



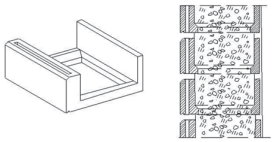
شكل رقم (٢٠) مقترح لشكل أغلفة الحماية للجدران الخارجية مع بروزات للحماية من الإشعاع الشمسي البديل الأول : عناصر ذات تظليل جزئي للجدران الخارجية



شكل رقم (١٩) مقترح أغلفة الحماية لجدران
الغرف الملحقة وكذا لجدران الذراوي ودرابزينات
البلكونات والشرفات وما شابه ذلك



شكل رقم (٢١) مقترح لشكل أغلفة الحماية للجدران
الخارجية مع بروزات للحماية من الإشعاع الشمسي
البديل الثاني : عناصر على شكل حرف L ذات تظليل
جزئي للجدران الخارجية



شكل رقم (٢٢) مقترح لشكل أغلفة الحماية للجدران
مع تنفيذ حماية من الإشعاع الشمسي المباشر
البديل الثالث : عناصر على شكل حرف U مع تظليل
كامل للجدران الخارجية

المراجع:

ملحوظة: جميع الجداول والأشكال والصور والرسومات التي لم يُذكر مصدرها في هذا البحث، مصدرها مؤلف هذا البحث نفسه

سعيد، م. (يوليو – أغسطس ١٩٩٨) "إعادة تقييم تاريخ العراق"، آفاق عربية. بغداد، العراق

عباس، شهاب (١٩٩٧ م) «الجغرافية السكانية للجمهورية اليمنية». مركز عبادي للدراسات والنشر صنعاء، اليمن

وزارة التخطيط والتعاون الدولي، الجهاز المركزي للإحصاء (٢٠٠٤ م) «كتاب الإحصاء السنوي ٢٠٠٣ م». مؤسسة الميثاق للطباعة والنشر، صنعاء، اليمن

Abdo. M. (2007) «Zum Lehmbau im Jemen unter besonderer Beruecksichtigung der klimatischen Bedingungen», Fakutaet fuer Architektur, Uni-Karlsruhe, Deutschland.

Dierks. K.; Ziegert. C. (November 2000) «Materialprüfung und Begleitforschung im tragenden Lehmbau». In: Steingass. P.: Lehm 2000 : Beiträge zur 3. internationale Fachtagung Lehmbau des Dachverbands Lehm e.V.. 17.-19. 2000 in Berlin. Overall Verlag Berlin, Berlin, Deutschland.

Dierks. K.; Ziegert. C. (2002) «Neue Untersuchungen zum Materialverhalten von Stampflehm». In: Steingass. P.: Moderner Lehmbau 2002 : Internationale Beiträge zum modernen Lehmbau. Fraunhofer-IRB-Verlag, Stuttgart, Deutschland.

DIN 1048 Teil 1 (Juni 1991) «Prüfverfahren für Beton : Frischbeton». Beuth-Verlag, Berlin, Deutschland.

DIN 18952 (Vornorm) (1956) «Baulehm. Blatt 1: Begriffe – Arten. Blatt 2 : Prüfung von Baulehmen». Beuth-Verlag, Berlin, Deutschland.

DIN EN 123505- (Oktober 1999) «Prüfung von Frischbeton; Teil5: Ausbreitmaß». CEN Brüssel.

http://www.newsyemen.net/view_news.asp?sub_no=40_2008_12_02_2396

Kapfinger. O. (2001) «Rammed earth : Martin Rauch : Lehm und Architektur». Birkhäuser,

Basel; Boston; Berlin.
Kezdi. A. (1969) «Handbuch der Bodenmechanik : Band I Bodenphysik». VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, Deutschland.
Kramar. U. (14. Mai 2004) «Quantitative Mineralbestimmung. Untersuchungsbericht für das Ausgangsmaterial „Universallehm“ im Auftrag des Institut für Tragkonstruktionen». Institut für Mineralogie und Geochemie – Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe, Deutschland.
Lagaly. G. (1993) «Reaktionen der Tonminerale. In: Jasmund. K.; Lagaly. G.: Tonminerale und Tone : Struktur. Eigenschaften. Anwendungen und Einsatz in Industrie und Umwelt». Steinkopff Verlag, Darmstadt, Deutschland.
Minke. G. (2001) «Das neue Lehmbauhandbuch : Baustoffkunde . Konstruktionen . Lehmarchitektur». Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg, Deutschland.
Minke. G. (2004) «Das neue Lehmbauhandbuch : Baustoffkunde . Konstruktionen . Lehmarchitektur». Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg, Deutschland.
Müller. H. (20052006/) «Baustoffkunde und Konstruktionsbaustoffe : Skriptum zu den Vorlesungen von Prof. Dr.-Ing. Harald S. Müller». Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe, Deutschland.
Rauch. M. (2002) «Rammed Earth – Anwendungsbeispiele. Probleme und Potentielle. In: Steingas. P.: Moderner Lehmbau 2002 : Internationale Beiträge zum moderner Lehmbau». Fraunhofer – IRB –Verlag, Stuttgart, Detschland.
Schneider. U.; u. a. (1996) «Lehmbau für Architekten und Ingenieure : Konstruktion. Baustoffe. Prüfungen und Normen. Rechenwerte» Düsseldorf, Deutschland.
Walker. P. (1998) “Erosion Testing of Compressed Earth Blocks”. In: Proceedings of the 5th International Masonry Conference.

Developing A Modern Technique for Clayey Construction

Dr. Mukhtar Ali Abdu

College of Engineering and Architecture
University of Eyb, Yamen
e.mail: mokhtar_abdo@hotmail.com

Abstract

The fierce damages that were caused by the clayey buildings due to the floods disaster in Hadhramout Wadi in 2008 and the interest of many employers to obtain modern clayey walls of less thickness and high resistance to denudation factors, in addition to the unavailability of researches specialized in checking the effects of the climatic conditions on the clay resistance; all those were the most important motives to carry out this research.

For this, the researcher's aims have been summarized in gathering and documentation the information and lore about the clayey construction in Yemen; not only to use them in conserving the existing buildings but also to develop clayey building of modern lasting techniques which fulfils the requirements of the age. Moreover, the discovery of the effects of the climatic conditions on clay's resistance is considered the researcher's main goal in this topic.

Thus, the methodicalness of this research has concentrated on analyzing the techniques of the traditional clayey construction in Yemen and carrying out lab experiments to examine the pressure resistance for many samples taken from different clayey mixtures and studying the effect of drying them under various climatic conditions; moreover, lab experiments were performed to examine the effect of slow drying through hair property of protected covering walls, on different clayey mixtures. The most important findings of this research is the proof that the clayey construction elements that were dried under summer climatic conditions show shrinkage cracks more that of dried under winter climatic conditions, thus, it was emerged that the importance of adhering to traditional rule which says that the clayey buildings should be built in winter not in summer. The second finding is proving that lightening the fat and semi-fat clays should be used with broken Gravel with nominal measurement in the sandy range not using sand with circle granules.

Also, it has been reached through this research that it is necessary to developing the protecting covers of the clayey walls to get a more resistance to denudation factors and to avoid the negativeness of calcareous or cement coverings to fall from clayey walls due to the dissimilarity of factors of the thermal linear hygroscopic extension.