

الفصل الثامن
الطفله والطوب اللين والطوب المحروق
Clay, Adobe, Bick

obeikandi.com

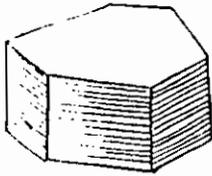
٨-١ - معادن الطفلة Clay minerals :

الطفلة عبارة عن : معادن تكونت بواسطة التجوية المناخية
Atmospheric weathering لأنواع مختلفة من الصخور .. هذه المعادن
تتكون بصفة أساسية من :

- أكسيد السيليكون ، ويسمى أيضا : سيليكيا Silica, SiO_2

- أكسيد الألومنيوم ، ويسمى أيضا : الومينا Alumina , Al_2O_3

وبلورات معادن الطفلة صغيرة جدا ، أقل من ٢ ميكرون ؛ وغالبا
تأخذ شكل قريب من السداسي Hexagonal shape وكل بلوره تتكون من
عدة منات من الرقائق السداسية الشكل.. كما هو موضح في الشكل رقم (٤٧).



CLAY
CRYSTAL



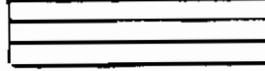
WAFER

شكل رقم (٤٧) يوضح

شكل بلورة الطفلة .. وأحد رقائقها

وتتكون الرقيقة الواحدة فى معظم الطينيات الشائعة، مثل مونت موريلونيت Montmorillonite أو الليت Illite من طبقتين من السيليكا بينهما طبقة من الألومينا ... كما هو واضح من الشكل رقم (٤٨).

MONTMORILLONITE
AND ILLITE
WAFER

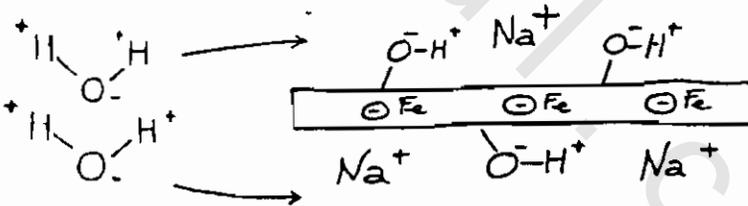


SILICA
ALUMINA
SILICA

شكل رقم (٤٨) يوضح

تركيب رقائيق بعض أنواع الطفلة

وتحمل رقائيق الطفلة مجموعات هيدروكسيل (OH-) وبالتالي تحمل شحنات سالبة Negative charges وذلك طبقاً لوجود الشوائب، مثل: الحديد (Fe) الذى يمكن أن يحل محل السيليكون أو الألومنيوم حتى لو كانت شحنتها أقل ايجابية كما هو موضح فى الشكل رقم (٤٩).



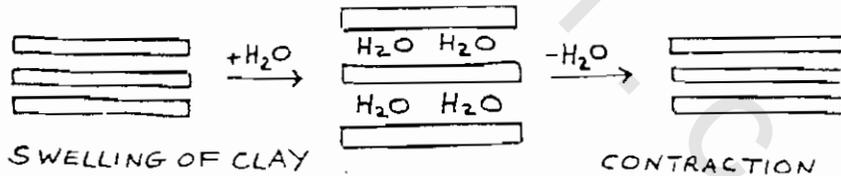
شكل رقم (٤٩) يوضح

أيون الحديد الموجود فى الطين

ويلاحظ أن وجود الحديد في الطفلة يسبب لون أصفر أو أحمر عند حرق الطين Fired Clay أو اللون الأخضر عند وصول الطفلة لدرجة الاتصهار أثناء الحرق .

معدن مونتوريلونيت .. يحتوى على أيون الصوديوم الموجب الذى يوجد باستمرار بين الرقائق .. هذا الصوديوم يعمل على جذب الماء ، الذى من الممكن أن يتخلل البلورات كما لو تم جذبه بواسطة مجموعات الهيدروكسيل .. ويؤدى إلى انفصال الرقائق .

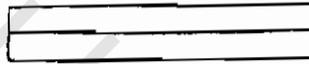
وزيادة الماء فى الطفلة يؤدى إلى زيادة المسافة بين الرقائق وبالتالي يؤدى إلى انتفاش الطين فى الجو الرطب ... وعندما يتم فقد الماء ، فى الجو الجاف ، يخضع الطين فى هذه الحالة لعملية الإنكماش Contraction. انظر الشكل رقم (٥٠)



شكل رقم (٥٠) يوضح

انتفاش الطفلة وإنكماشها

معدن الليت .. يحتوى على الكالسيوم بين رقائقه ، هذا الكالسيوم
يسبب تجاذب قوى بين هذه الرقائق ، ولذلك فإن إنتفاش الليت يكون قليلا ...
معدن الكاولينيت .. أنقى أنواع الطين ، ولايحتوى على الحديد ،
ويتكون من : طبقتين من الرقائق ، أحدهما : السيليكا والثانية الألومينا ...
انظر الشكل رقم (٥١).



ALUMINA
SILICA

KAOLIN WAFER

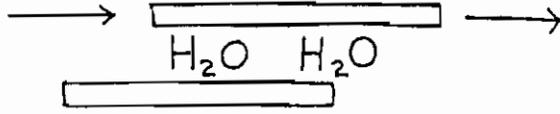
شكل رقم (٥١) يوضح

رقيقة كاولينيت

وكنتيجة فإن الرقائق لاتحمل شحنة سالبة ، ولاتوجد أيونات محشورة
بينهما، ولكنها ترتبط مع بعضها بواسطة رابطة هيدروجينية قوية ، والماء
لايمكن أن يفصلها عن بعضها ..

لكن فى بعض أنواع الكاولين يحدث إنتفاش قليل عندما ينجذب الماء
نحو سطح البلورات الدقيقة المستوية The Thin, Flat Crystals ويستطيع
فصلها عن بعضها ..

ويلاحظ أن كل الطفلات الطينية تصبح لدنه Plastic عند البلل ،
لأن البلورات الدقيقة تنزلق من فوق بعضها تحت أقل ضغط
Under a Slight Pressure انظر الشكل رقم (٥٢).

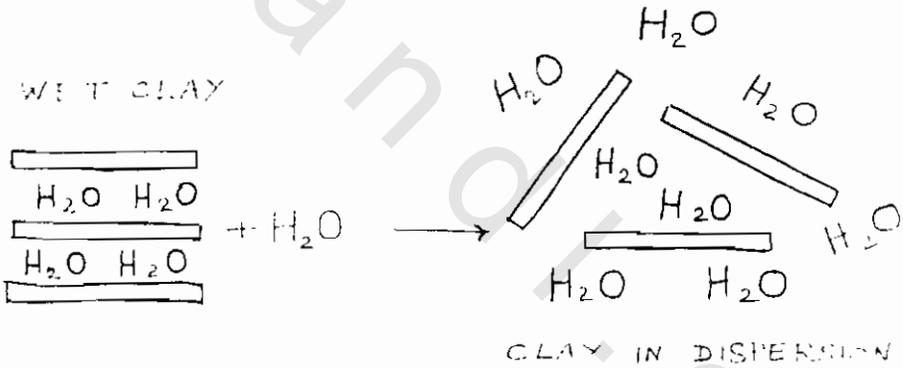


شكل رقم (٥٢) يوضح

إنزلاق بلورات الطفلة عند البلل

وإذا أضفنا مياه أكثر إلى الطينة المبللة ، فإن بلوراتها تتفكك تفككا

كاملا، وتصبح منتشرة أو متفرقة Dispersed . انظر الشكل رقم (٥٣)



شكل رقم (٥٣) يوضح

يوضح تفكك بلورات الطين عند زيادة المياه

تتكون التربة عادة من : معادن الطين ، بالإضافة إلى معادن أخرى ،
مثل : الفلسبار Feldspar وكربونات الكالسيوم Calcium Carbonate
والرمل Quartz ... الخ.

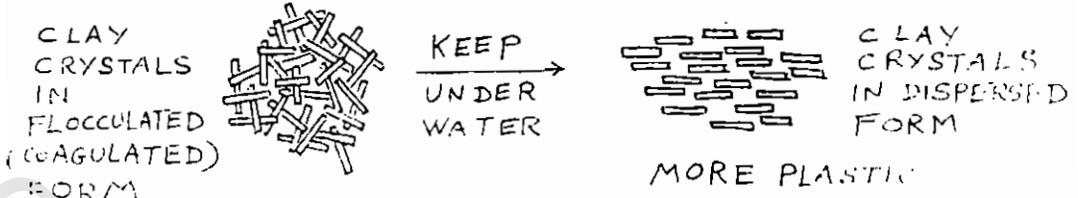
والمعادن الأخيرة غالبا ماتكون حبيباتها أكبر من حبيبات الطين . وقد
أمكن تصنيف مكونات التربة طبقا لحجم حبيباتها فقط إلى مايلي :

- الطين : أقل من ٢ ميكرون .
- الغرين : من ٢-٢٠ ميكرون .
- الرمل : من ٢٠-٢٠٠٠ ميكرون (٢مم).
- الزلط : أعلى من ٢ مم .

والتربة الغنية بالطفلة Clay-rich soil تكون لبنة زيتية الملمس
Greasy to the touch وعند الجفاف تتكمش بقوه ويحدث بها شروخ أو
شقوق ، وذلك على عكس التربة الغنية بالرمل A Sand- rich soil التى
لا تكون لدنه وجافة الملمس Dry to the touch.

٨-٣- التربة كمادة بناء Soil as building material :

تتكون التربة من معادن الطفلة بالإضافة إلى معادن أخرى، مثل:
الفلسبارات والجير والرمل .. الخ .. كما سبق الذكر ، وتعتبر الطفلة هي
المادة الرابطة الأساسية في التربة الطينية ، وغالبا ماتترتب بلوراتها في شكل
إندماجى flocculated Form وهى فى هـ هذه الحالة تكون غير
لدنه Not very plastic لكن عندما يضاف الماء إلى الطفلة فإن بلوراتها
يحدث بها تغييرات تؤدي إلى تفككها ، وتصبح أكثر لدونه More plastic
انظر الشكل رقم (٥٤).



شكل رقم (٥٤) يوضح

شكل الطفلة قبل إضافة الماء وبعد غمرها بالماء

ولكى يتم تجهيز مواد بناء من التربة ، يستلزم دائما تخزين التربة الغنية بالطين لفترة زمنية تحت الماء حتى يتم تحسين لزوجتها .Plasticity

كما أن وجود المعادن غير الطينية يكون ضروريا كمادة مالئة حاملة Inert Filler تقلل من إنكماش الطين عند الجفاف، وكذلك تجنبه التشقق. وأحيانا - عند الضرورة - يضاف الرمل، خاصة إذا كانت التربة غنية بالطين، وأيضا ناعمة الملمس .

وهناك إضافات أخرى يحتمل استخدامها مثل :

- أ - ألياف المواد العضوية .. قش الأرض أو التبن أو شعر الحيوان .
 - ب - روث المواد العضوية .. ويعتبر لاصق ضعيف ، قليل التكاليف .
- ويجب ملاحظة أن : المواد الليلية Fibrous materials تحسن من قوى شد المنتج النهائي حيث تكون قليلة جدا ، على العكس من ذلك ترفع قوى الضغط بصورة معقولة من ١٠-٤٥ كجم/سم^٢.

أما الإضافات العضوية فمن الممكن أن تحسن قوى الصد أو المنع للماء The resistance to water وتشكل رباط قوى بين رقائق الطين ، وتعوّق عملية تفرق هذه الرقائق Hinderer dispersion.

- صناعة الطوب اللين :

يصنع الطوب اللين من قوالب مربعة ، - هكذا ذكر المؤلف ، لكنها فى مصر تكون مستطيلة - ذات زوايا قائمة مفتوحة من أسفل ، حجمها يصل تقريبا إلى واحد قدم ، وسمكها يتراوح بين ٦-١٠ سم.

والمونة المستخدمة فى صناعة القوالب ، تشبه فى الغالب المونة المستخدمة فى البناء .

وعند البناء بقوالب الطوب اللين ، قد يتم ربطها مع بعضها بمواد أخرى ، وذلك للتغلب على نقاط الضعف فى هذه المباني .. هذه المواد هى :

- * الخشب: عندما يتطلب البناء مقاومة إجهادات الشد أو الشنى .
- * حصير الياف النخيل : وذلك لتوزيع إجهادات الضغط فى الإنشاءات الثقيلة .

* أحبال شجر الأسل : للربط الداخلى فى الإنشاءات الثقيلة .

* الطوب المحروق : للحماية من التجوية .

* الحجر : فى الأساسات أو القواعد لمنع الماء من التسرب إلى الحوائط.

وعادة تغطى أسطح المباني التى تشيد بالطوب اللين ، يشيد الطين ، الذى يقوى أحيانا بمواد ليفية، مثل : التين أو قش الأرز . وإن كان هذا الشيد يتلف بسرعة .. لذلك يجب تجديده باستمرار .

في نماذج أخرى لتكنولوجيا البناء بالطين ، يتم تجهيز المواد تقريبا في شكل كرات، ثم تحفظ مبللة لفترة من الوقت ، وبعدئذ توضع في أماكنها في البناء، وتدمك أو تدمج جيدا مع بعضها حتى ينتهي البناء المطلوب.

" أي أننا في هذا التكنيك لاتصنع قوالب طوب ، بل تستخدم المونة مباشرة في البناء .. ويسمى هذا النوع من البناء في مصر: البناء بالطوف "

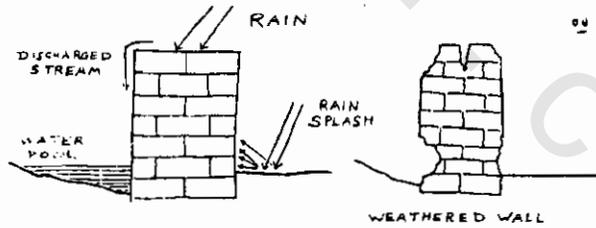
أما عندما تستخدم التربة في عمل الخرسانة، فإنه يحتمل إضافة حصى أو حجارة أو كسر فخار لمواد التربة ثم تخلط جميعها ويضاف إليها الماء.

٨-٤ - تجوية منشآت الطوب اللبن :

Weathering of Mud- Brick Structures

المطر هو العامل الرئيسي في تجوية المباني المشيدة بالطوب اللبن، حيث أن زيادة المياه تؤدي إلى تفرق معادن الطين بصورة كاملة ، ثم تزيحها بعيدا عن مكان تواجدها . Was hed away

هذه الحالة تحدث مباشرة ، عندما تتعرض المباني إلى أمطار قوية .. وتحدث بصورة غير مباشرة عندما تسيل المياه على جدران المباني ، أو تشكل برك Pools متصلة بالمباني .. انظر الشكل رقم (٥٥).



شكل رقم (٥٥) يوضح

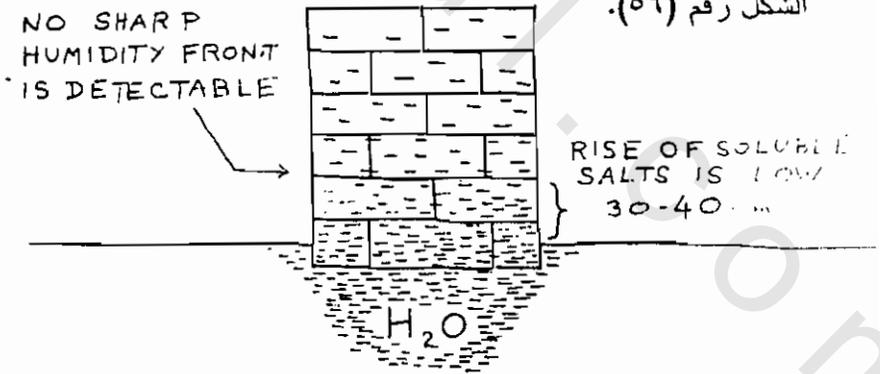
تجوية المباني المشيدة بالطوب اللبن

العامل الثاني من عوامل تجوية مباني الطوب اللبن، الرياح: وهو عامل هام، ويؤثر بصفة أساسية عن طريق الظاهرة المعروفة باسم: النسف بالرمل Sand-Blasting .

العامل الثالث من عوامل تجوية مباني الطوب اللبن ، الثلج : وهو عامل تحلل محتمل ، لو سمح بتراكمه قرب الحوائط ، ثم اذيب بعد ذلك . أما عامل الارتفاع الشعري يقل خطورته في مباني الطوب اللبن على العكس من ذلك يزداد في حالة البناء بالطوب المحروق وبصفة عامة لايتعدى الارتفاع الشعري ٣٠-٤٠سم في مبان الطوب اللبن ، وذلك لأن المحتوى المائي للحوائط المبللة يختلف طبقا لارتفاع الحوائط وكذلك درجة اتصالها بمصدر الماء .. إذ يقل المحتوى المائي للحوائط في الأجزاء البعيدة عن المياه .

لذلك فإن الارتفاع الشعري ، وكذلك تبلور الاملاح الذاتية ، لايشكلان خطورة كبيرة للمباني المشيدة بالطوب اللبن إلا في حالات خاصة .. انظر

الشكل رقم (٥٦).



شكل رقم (٥٦) يوضح

الارتفاع الشعري في مباني الطوب اللبن

٨-٥ - حماية مباني الطوب اللبن :

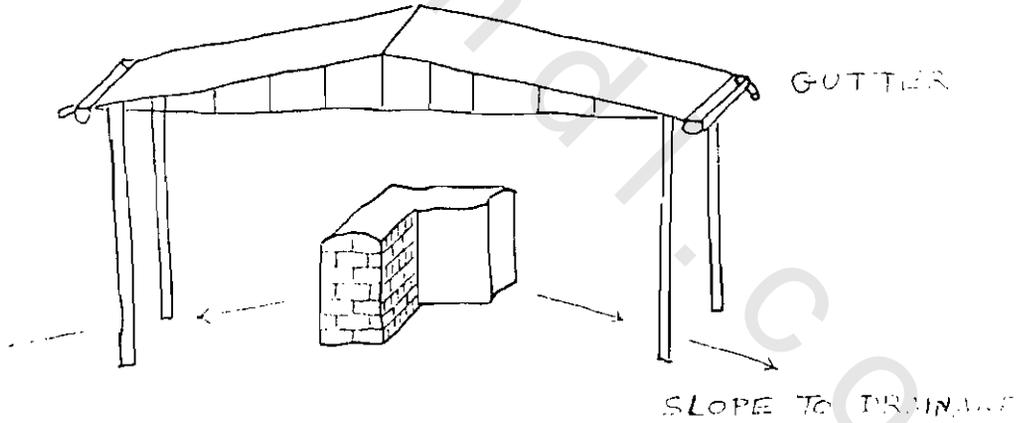
Protection of mud- Brick Structures

- الحفائر الأثرية Archaeological Excavation :

مباني الطوب اللبن تحفظ جيدا عندما تكون مدفونه تحت الأرض ، لذلك يجب حمايتها مباشرة فور الكشف عنها ..
وفيما يلي نذكر بعض طرق حماية مباني الطوب اللبن .

أ- العزل التام باستخدام الأسقف Total Protection -Shed

حيث يتم عمل سقف فوق مبنى الطوب اللبن مع عمل ميول بالسقف تفضى إلى مزاريب جانبية، لتصريف المياه من فوق السقف ، ولا يجب السماح بتكوين برك مياه قرب الحوائط ، ويجب عمل منحدرات ، ونظام جيد لتصريف المياه .. انظر الشكل رقم (٥٧).



شكل رقم (٥٧) يوضح

اسلوب الحماية بالأسقف للمباني الطينية

ب - العزل التام عن طريق اعادة الدفن :

Total protection - Re Burial

حيث ثبت ، أن مباني الطوب اللبن تحفظ جيدا إذا أعيد دفنها في الأرض بعد الكشف عنها .. كما سبق الذكر ..

ج - العزل الجزئي Partial protection:

ويشمل بعض الخطوات نوجزها فيما يلي :

* ترميم الحوائط وتغطيتها بترتبه أسمنتية Soil- Cement أو مونة أساسها الطفلة الطينية والأسمنت ونسب مكوناتها كما يلي :

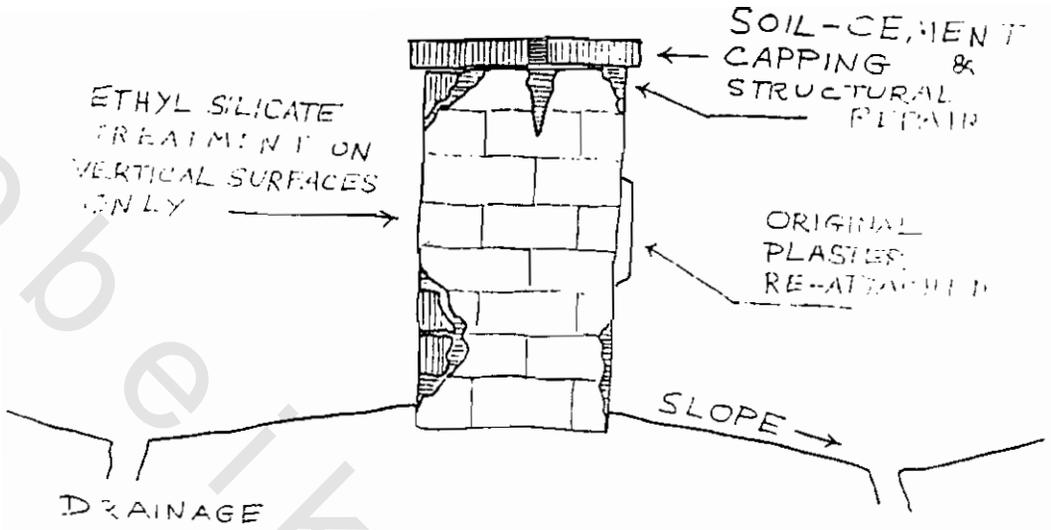
Soil- Cement	Component
Clay - rich soil	8 parts (volume)
Sand	1 part
Portland Cement	1 part
Straw (Chopped short)	
Water	

* تأمين أو حفظ طبقة الشيد مع تقويتها باستخدام اللواصق مثل : مستحلب خلات بولى فينيل .

* عمل نظام جيد لصرف مياه المطر .

* معالجة الأسطح الرأسية فقط بمادة : سيليكات الإيثيل ..

انظر الشكل رقم (٥٨).



شكل رقم (٥٨) يوضح

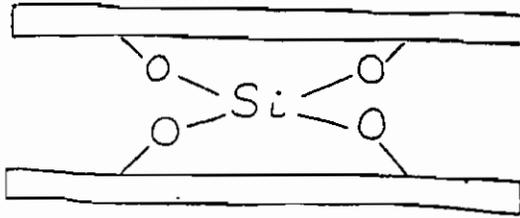
أسلوب المعالجة الجزئية لحائط مبنى بالطوب اللبن

ويجب ملاحظة أن مونة الأسمنت والتربة Soil-Cement بالنسب السابق ذكرها ، يمكن أن تستخدم في عمل قوالب طوب .. وفي هذه الحالة يجب أن تشكل في قوالب مفتوحة من أسفل ، وتحفظ رطبة لمدة أسبوع حتى يشك الأسمنت ، وبعد ذلك تترك للجفاف تحت الشمس .

وأيضا يمكن استخدام مونة الأسمنت والطفلة، كمعجون لإصلاح الشقوق أو الشروخ الصغيرة ، أو تستخدم لعمل طبقة تغطية رقيقة A thin capping layer كما هو واضح في الشكل رقم (٥٨).

كما يجب ملاحظة أن سيليكات الإيثيل المستخدمة في حماية الأسطح الرأسية ، تتحلل بالماء في وجود عامل مساعد Catalyst (حمض مثلا) وتكون سيليكاً مائية $Si(OH)_4$ التي تعمل مثل الكوبرى بين رقائق الطين

وتربطها مع بعضها بأربطة عرضية متقاطعة Cross - Linking ، ويصبح الطين المرتبط بهذه الأربطة مانعات للماء، ولا ينتشر فيه Non - dispersible انظر الشكل رقم (٥٩).



شكل رقم (٥٩) يوضح

روابط السيليكات لرقائق الطين

التخلص من ماء المطر Disposal of Rain water:

يجب أن تدرس مسألة التخلص من مياه الأمطار دراسة كافية ، نظرا لخطورتها .. ومن الممكن استخدام أسلوب عمل مزاريب مناسبة لتصريف المياه من فوق الأسطح أو الأسقف ، وكذلك استخدام أسلوب المنحدرات لدفع المياه تجاه قنوات تؤدي إلى نظام صرف جيد.

٨-٥-٢- المباني فوق مستوى التربة Structures above soil level:

ويقصد بها المباني السطحية ، غير المدفونة ، وهذه المباني يمكن أن تعيش لفترات طويلة ، إذا خضعت للحماية المستمرة .. وأهم النقاط الحيوية اللازمة لحماية هذه المباني هي :

- نظام الأسقف .
- نظام تصريف لمياه المطر .

- تجديد الشئد باستمرار .
- الحفاظ على أساسات الحوائط .
- الاصلاح السريع لمسألة هبوط المباني ، حيث أن إجهادات القص Shear Stress الناتجة عن هبوط المباني ينتج عنها شقوق مختلفة طبقا لضعف قوى شد مواد البناء ، مثل هذه الشروخ تكون خطيرة لو سمح للمياه بالتسرب إلى داخلها..
- وقاية بقايا الطوب اللبن عن طرق إعادة إصلاح السقف من فوقها ، مع عمل نظام جيد لتصريف المياه .
- أخيرا فإن اقتراحات الوقاية الجزئية ، عند عمل حفائر أثرية يجب أن توضع في الاعتبار .

٨-٦- الطوب المحروق - الفخار - الخزف

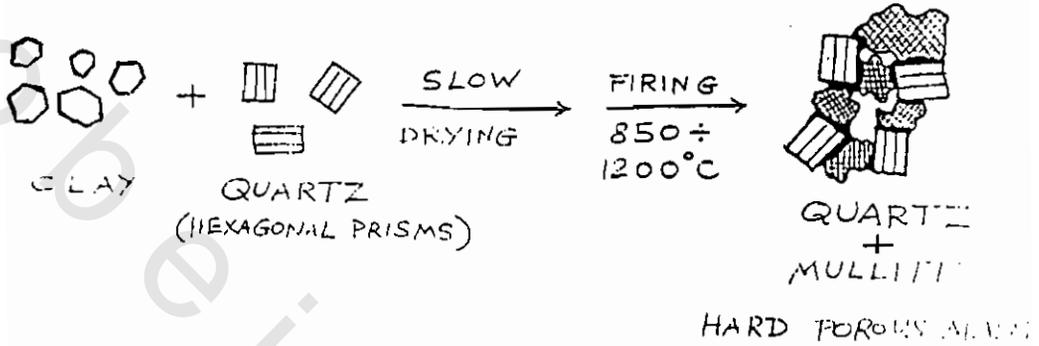
Baked Bricks. Terracotta Porcelain

- الطوب والفخار Bricks & Terracotta :

يصنع كل من الطوب المحروق والفخار من خلط الطفلة -بصفة رئيسية معدن مونتوريونيت ومعدن الليت - مع الرمل ..

" ويتم الخلط بنسب معينة لكل من الطوب والفخار .. ويصنع الطوب في قوالب خشبية .. أما الفخار فيصنع في دولااب الفخراى ، ثم يترك كلا من الطوب والفخار فى الجو العادى حتى يتم الجفاف ، ويجرى حرق الطوب فى قمانن الطوب .. وحرق الفخار فى أفران الفخار حيث يتم تكسير بلورات الطين عند درجة حرارة تتراوح بين ٨٥٠-١٢٠٠ م° وتتحد بلورات

سيليكات الألومنيوم (Mullite) مع الرمل لتكون كتلة صلبة مسامية ، غير متبلورة . انظر الشكل رقم (٦٠)



شكل رقم (٦٠) يوضح

نتائج حرق الطفلة الطينية مع الرمل

كما أن وجود البوتاسيوم أو الصوديوم يسببان إنصهار جزئي للطين " والمعادلة التالية توضح التفاعل الذي يحدث بين الطين والصوديوم عند درجة حرارة تصل إلى ٨٥٠ °م ، حيث ينصهر الطين وتتكرر بلوراته وعند تبريده يتحول إلى مادة زجاجية غير بلورية Amorphous.



شكل رقم (٦١) يوضح

معادلة ناتج تفاعل الطفلة مع الصوديوم

كما سبق الذكر فإنه بعد تبريد الطين المنصهر لا يكون تركيب بلوري، ولكنه يكون كتلة صلبة غير بلورية بدلا من التركيب البلوري

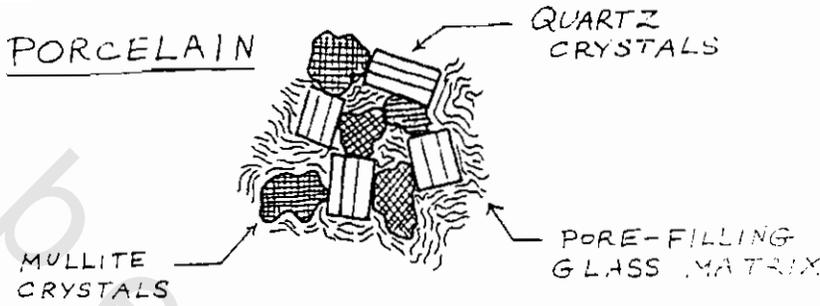
الأساسي، أى يكون مادة زجاجية ، والزجاج يعمل كمادة لاصقة Cement بين بلورات الكوارتز والملليت (Mullite).

وكقاعدة عامة : عندما تتصهر السيليكات ينتج الزجاج وتعتمد كمية التحول إلى مادة زجاجية Vitrification وقوة الطوب الناتج على درجة حرارة انحريق، وأيضا على مكونات الخليط The composition of the Mixture .

أيضا فإن بعض الطينات تحتوى على حديد ، لذلك تصفر - أى يصبح لونها أصفر - المواد المحترقة عندما تكون درجة حرارة الحرق منخفضة Low temperature وتحمّر - أى تصبح حمراء. هذه المواد عندما ترتفع دررجة الحرارة Higher temperature. بشرط أن يكون الجو محتويا على نسبة عالية من الأوكسجين .

- الخزف Porcelain:

يصنع الخزف من طينات نقية جدا Very pure clays من نوع الكاولين غير المحتوى على صوديوم أو حديد ، حيث تخلط بالرمل - كوارتز - والفلسبار - سيليكات محتوية على نسبة عالية من البوتاسيوم - وعندما يسخن هذا الخليط حتى يصل إلى درجة حرارة ١٢٠٠ °م يتكون ملليت Mullite، وتزداد كمية الملليت بزيادة الانصهار ، وذلك طبقا لنسبة البوتاسيوم فى السليكا .. وعند التبريد فإن كمية الزجاج تكون كافية لملء الفراغات بين بلورات الملليت والكوارتز بصورة كاملة ، لذلك فإن الخزف مادة غير مسامية Not porous . انظر الشكل رقم (٦٢)



شكل رقم (٦٢) يوضح

عجينة البورسلان (الخزف)

وهناك مواد أخرى من نفس فصيلة الخزف تسمى سيراميك
 Ceramics وهي عبارة عن مواد متبلورة جزئيا وغير متبلورة في الجزء
 الآخر They are partly crystalline & partly vitreous وتعتمد قوة
 هذه المواد ، ومساميتها على نوع الطفلة ، والمواد المضافة اليها ، أو
 الموجودة فعلا في الطين كالصوديوم أو البوتاسيوم ، وأيضا على درجة
 الحريق .

.....