الفصـــل الثامـــن

الطفله والطوب اللبن والطوب المحروق

Clay, Adobe, Bick

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 : سيليكا 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 مئات من الرقائق السداسية الشكل.. كما هو موضح فى الشكل رقم(٤٧).

شكل رقم (٤٧) يوضح

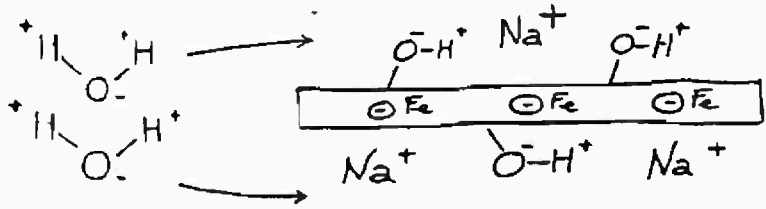
شكل بلورة الطفلة .. وأحد رقائقها

وتتكون الرقيقة الواحدة في معظم الطينات الشائعة ،مثل مونتموريلونيت Montmorillonite أو الليت Illite من طبقتين من السيليكا بينهما طبقة من الألومينا ... كما هو واضح من الشكل رقم (٤٨).

شكل رقم (٤٨) يوضح

تركيب رقائق بعض أنواع الطفلة

وتحمل رقائق الطفلة مجموعات هيدروكسيل (OH -) وبالتالي تحمل شحنات سالبة Negative charges وذلك طبقا 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).



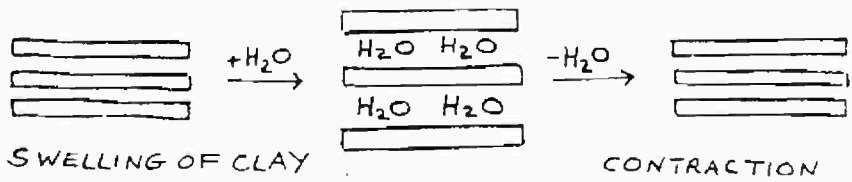
شكل رقم (٤٩) يوضح

أيون الحديد الموجود فى الطين

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

معدن مونتموريلونيت .. 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 وبالتالى يؤدى إلى انتفاش الطين فى الجو الرطب ... وعندما يتم فقدالماء ، فى الجو الجاف ، يخضع الطين فى هذه الحالة لعملية الإنكماش Contraction. انظر الشكل رقم (٥٠)



شكل رقم (٥٠) يوضح

إنتفاش 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).

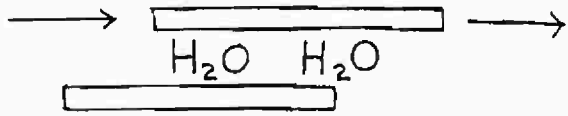
شكل رقم (٥١) يوضح

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 ..

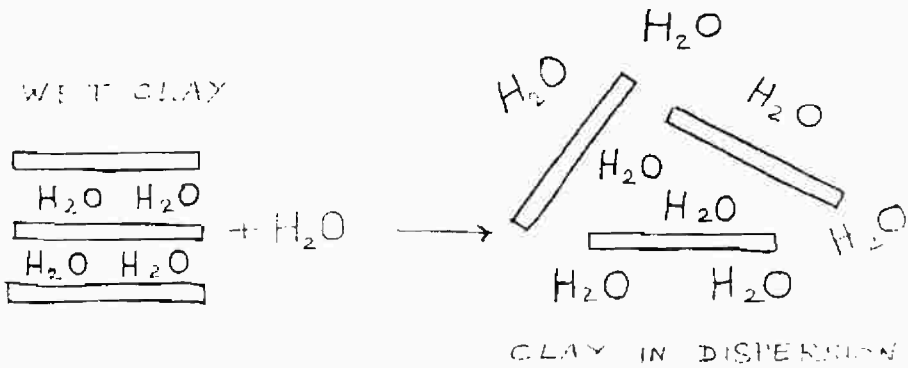
ويلاحظ أن كل الطفلات الطينية تصبح لدنه Plastic عند البلل ، لأن البلورات الدقيقة تنزلق من فوق بعضها تحت أقل ضغط Under a Slight Pressure أنظر الشكل رقم (٥٢).



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 . أنظر الشكل رقم (٥٣)



شكل رقم (٥٣) يوضح

يوضح تفكك بلورات الطين عند زيادة المياه

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

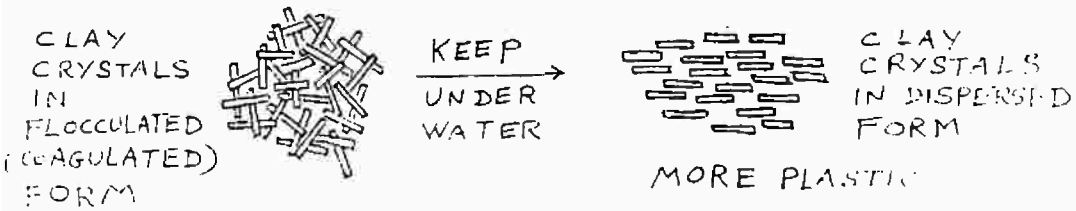
والمعادن الأخيرة غالبا ماتكون حبيباتها أكبر من حبيبات الطين . وقد أمكن تصنيف مكونات التربة طبقا لحجم حبيباتها فقط إلى مايلى :

- 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 لبنه 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 لاتكون 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 هى المادة الرابطة الأساسية فى التربة الطينية ، وغالبا ماتترتب بلوراتها فى شكل إندماجى flocculated Form وهى فى هذه الحالة تكون غير لدنه Not very plastic لكن عندما يضاف الماء إلى الطفله فإن بلوراتها يحدث بها تغييرات تؤدى إلى تفككها ، وتصبح أكثر لدونه More plastic انظر الشكل رقم (٥٤).



شكل رقم (٥٤) يوضح

شكل الطفلة قبل إضافة الماء اليها 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 كمواد 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 .

و هناك إضافات أخرى يحتمل إستخدامها 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 الليفية Fibrous materials تحسن من قوى شد المنتج النهائى حيث تكون قليلة جدا ، على العكس من ذلك ترفع قوى الضغط بصورة معقولة من ١٠-٤٥كجم/سم٢.

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

- صناعة الطوب اللبن :

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 ٦-١٠سم.

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

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

* الخشب: عندما يتطلب البناء مقاومة إجهادات الشد أو الثنى .
* 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 المبانى التى تشيد بالطوب اللبن ، يشيد الطين ، الذى يقوى أحيانا بمواد ليفية، مثل : التبن أو قش الأرز . وإن كان هذا الشيد يتلف بسرعة .. لذلك يجب تجديده باستمرار .

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

" أى أننا فى هذا التكنيك لاتصنع قوالب طوب ، بل تستخدم المونة مباشرة فى البناء .. ويسمى هذاالنوع من البناء فى مصر: البناء بالطوف ".

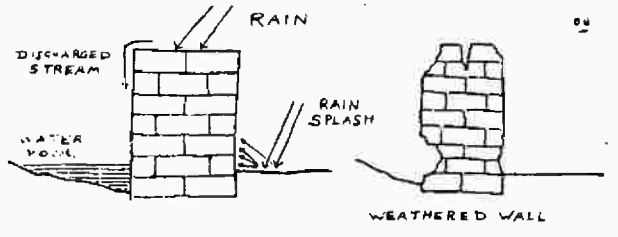
أما عندما تستخدم التربة فى عمل الخرسانة، فإنه يحتمل إضافة حصى أو حجارة أو كسر فخار لمواد التربة ثم تخلط جميعها ويضاف اليها الماء.

٨-٤- تجوية منشآت الطوب اللبن :

Weathering of Mud- Brick Structures

المطـــــر هو العامل الرئيسى فى تجوية المبانى المشيدة بالطوب اللبن، حيث أن زيادة المياه تؤدى إلى تفرق معادن الطين بصورة كاملة ، ثم تزيحها بعيدا عن مكان تواجدها Was hed away .

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



شكل رقم (٥٥) يوضح

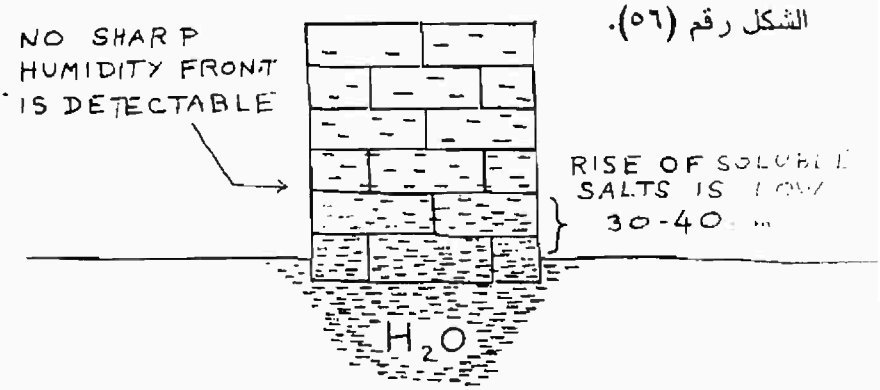
تجوية المبانى المشيدة بالطوب اللبن

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

العامل الثالث من عوامل تجوية مبانى الطوب اللبن ، الثلج : وهو عامل تحلل محتمل ، لو سمح بتراكمه قرب الحوائط ، ثم اذيب بعد ذلك .

أما عامل **الارتفاع الشعرى** يقل خطورته فى مبانى الطوب اللبن على العكس من ذلك يزداد فى حالة البناء بالطوب المحروق وبصفة عامة لايتعدى الارتفاع الشعرى ٣٠-٤٠سم فى مبان الطوب اللبن ، وذلك لأن المحتوى المائى للحوائط المبللة يختلف طبقا لارتفاع الحوائط وكذلك درجة اتصالها بمصدر الماء .. إذ يقل المحتوى المائى للحوائط فى الأجزاء البعيدة عن المياه .

لذلك فإن الارتفاع الشعرى ، وكذلك تبلور الاملاح الذائبة ، لايشكلان خطورة كبيرة للمبانى المشيدة بالطوب اللبن إلا فى حالات خاصة .. انظر الشكل رقم (٥٦).



شكل رقم (٥٦) يوضح

الارتفاع الشعرى فى مبانى الطوب اللبن

٨-٥- حماية مبانى الطوب اللبن :

Protection of mu9d- Brick Structures

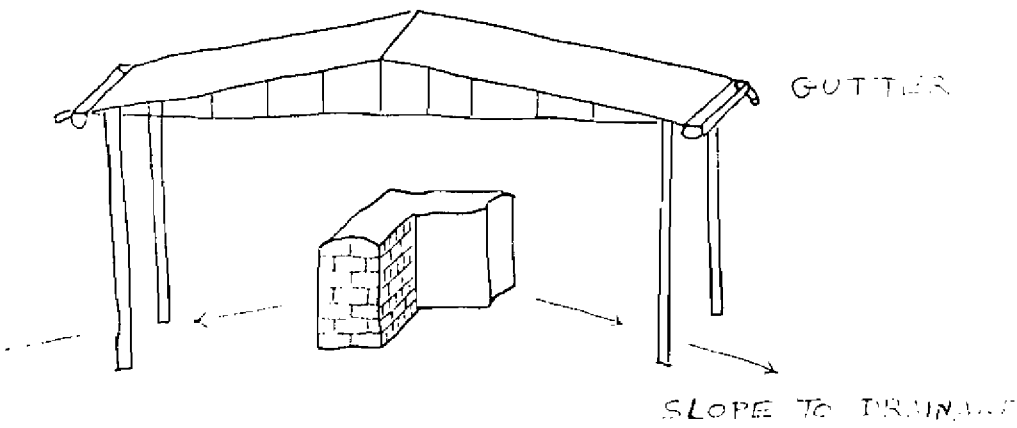
- الحفائر الأثرية Archaeological Excavation:

مبانى الطوب اللبن تحفظ جيدا عندما تكون مدفونه تحت الأرض ، لذلك يجب حمايتها مباشرة فور الكشف عنها ..

وفيما يلى نذكر بعض طرق حماية مبانى 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 ، ولايجب السماح بتكوين برك مياه قرب الحوائط ، ويجب عمل منحدرات ، ونظام جيد لتصريف المياه .. انظر الشكل رقم (٥٧).



شكل رقم (٥٧) يوضح

اسلوب الحماية بالأسقف للمبانى الطينية

ب - العزل التام عن طريق اعادة الدفن :

Total proetion - Re Burial

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

جـ - العزل الجزئى Partial protection:

ويشمل بعض الخطوات نوجزها فيما يلى :

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

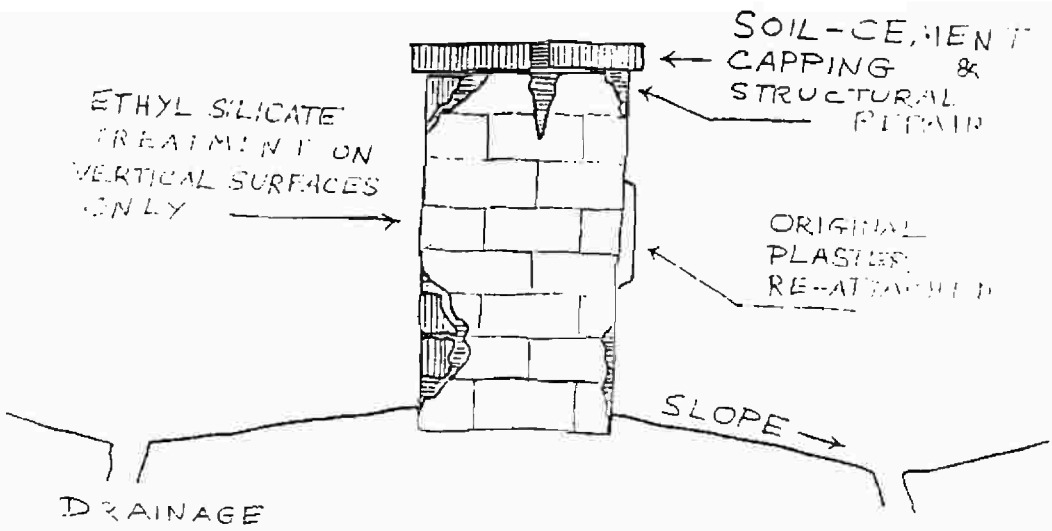
Soil- Cement	Component
Clay - rich soil	8 parts (volume)
Sand	1 part
Portland Cement	1 part
Straw (Chopped short)	
Water	

* 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

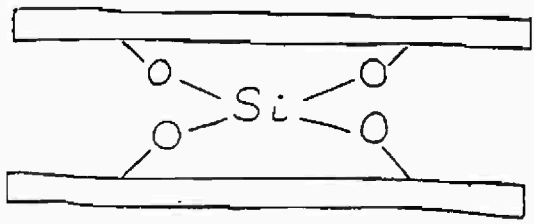
أسلوب المعالجة الجزئية لحائط مبنى بالطوب اللبن

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

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

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

وتربطها مع بعضها بأربطة عرضية متقاطعة Cross - Linking ، ويصبح الطين المرتبط بهذه الأربطة مانعات للماء، ولاينتشر 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 تؤدى إلى نظام صرف جيد.

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

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

- نظام الأسقف .
- نظام تصريف لمياه المطر .

- تجديد الشيد باستمرار .
- الحفاظ على أساسات الحوائط .
- الاصلاح السريع لمسألة هبوط المبانى ، حيث أن إجهادات القص Shear Stress الناتجة عن هبوط المبانى 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 فى الاعتبار .

٨-٦- الطوب المحروق - الفخار - الخزف

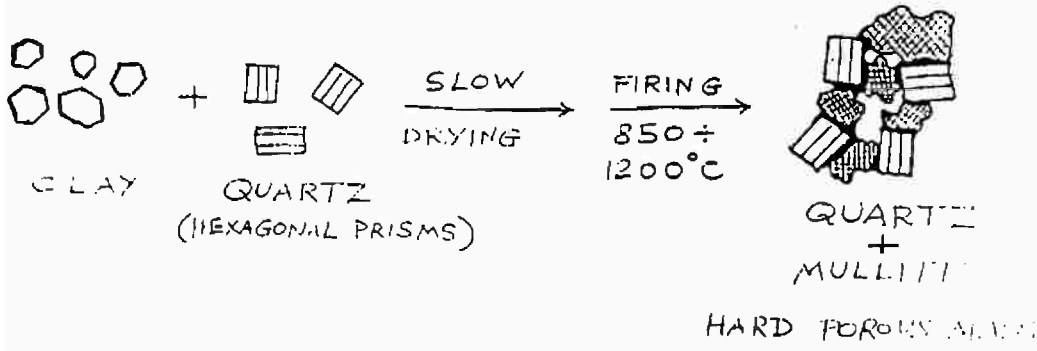
Baked Bricks. Terracotta Porcelain

- الطوب والفخار Bricks & Terracotta :

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

" ويتم الخلط بنسب معينة لكل من الطوب والفخار .. ويصنع الطوب فى قوالب خشبية .. أما الفخار فيصنع فى دولاب الفخرانى ، ثم يترك كلا من الطوب والفخار فى الجو العادى حتى يتم الجفاف ، ويجرى حرق الطوب فى قمائن 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 لتكـون كتل صلبة مسامية ، غير متبلورة . انظر الشكل رقم (٦٠)



شكل رقم (٦٠) يوضح

ناتج حرق الطفلة الطينية مع الرمل

كما أن وجود البوتاسيوم أو الصوديوم يسببان إنصهار جزئى للطين " والمعادلة التالية توضح التفاعل الذى يحدث بين الطين والصوديوم عند درجة حرارة تصل إلى ٨٥٠ °م ، حيث ينصهر الطين وتتكسر بللورانه وعند تبريده يتحول إلى مادة زجاجية غير بلورية Amor phous.

شكل رقم (٦١) يوضح

معادلة ناتج تفاعل الطفلة مع الصوديوم

كما سبق الذكر فإنه بعد تبريد الطين المنصهر لايكـون تركيب بلورى، ولكنه يكون كتلة صلبة غير بلورية بدلا من التركيب البلورى

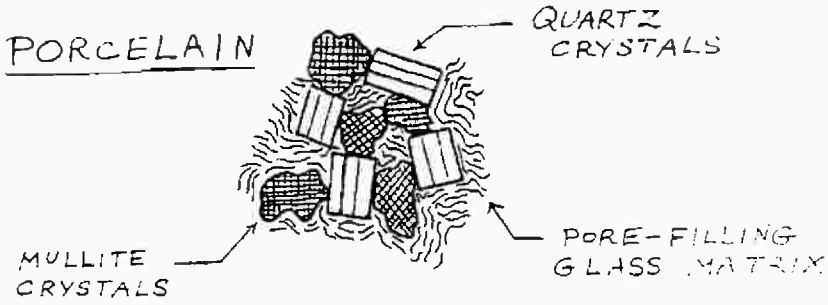
الأساسى، أى يكون مادة زجاجية ، والزجاج يعمل كمادة لاصقة Cement بين بلورات الكوارتز والمليت (Mullite).

وكقاعدة عامة : عندما تنصهر السيليكات ينتج الزجاج وتعتمد كمية التحول إلى مادة زجاجية Vitrification وقوة الطوب الناتج على درجة حرارة الحريق، 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 وتحمر - أى تصبح حمراء. هذه المواد عندما ترتفع درجة الحرارة Higher temperature. بشرط أن يكون الجو محتويا على نسبة عالية من الأكسجين .

- 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 مليت Mullite، وتزداد كمية المليت بزيادة الانصهار ، وذلك طبقا لنسبة البوتاسيوم فى السيليكا .. وعند التبريد فإن كمية الزجاج تكون كافية لملء الفراغات بين بلورات المليت 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 وهى عبارة عن مواد متبلورة جزئيا وغير متبلورة فى الجزء الاخر They are partly crystalline & partly vitreous وتعتمد قوة هذه المواد ، ومساميتها على نوع الطفلة ، والمواد المضافة اليها ، أو الموجودة فعلا فى الطين كالصوديوم أو البوتاسيوم ، وأيضا على درجة الحريق .

••••••