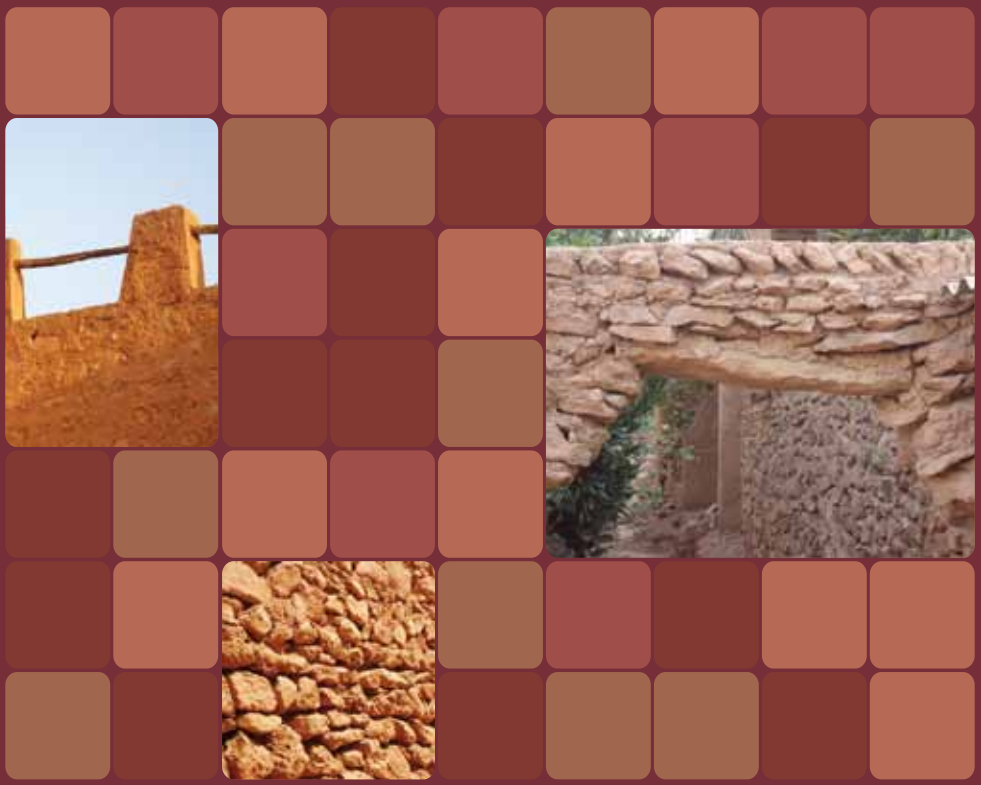
الجمهوريـــة الجزائريـــة الديمقراطيـــة الشعبيـــة
وزارة الثقـــــافة



البناء بالحجارة

تحضير الملاط و تقنيات البناء

ديوان حماية وادي ميزاب وترقيته

البناء بالحجارة

تحضير الملاط و تقنيات البناء

ديوان حماية وادي ميزاب وترقيته
2012

مدخـــــل

حرصا على اظهار مكنونات العمارة المحلية في وادي ميزاب سواء أتعلق الأمر بالجانب الشكلي أو الهيكلي، يأتي إعداد هذا الكتيب الذي يميط اللثام على وجه من أوجه البناء المنتشرة في منطقة سهل وادي ميزاب منذ نشأة القصور ويتعلق الأمر بالبناء بالحجارة المحلية و كل ما يرتبط بها من تقنية و مواد بناء مرافقة .

إنه من الاهمية بما كان ان نتطرق إلى هذا الجانب المهم من العمارة المحلية الذي يسلط الضوء على مادة أساسية من مواد البناء بذكر مختلف استعمالاتها بالإضافة الى التقنيات المرتبطة بها.

إن هذا الكتيب موجه إلى الحرفيين في مجال البناء و إلى المهتمين بالعمارة المحلية ، نلتمس من خلاله نشر المعلومة و بالتالي الحفاظ على التقنيات السائدة و المتداولة في هذا الإطار .

لمحة تاريخية

قبل حوالي مليوني سنة استعمل الإنسان في الحضارات القديمة مختلف أنواع الحجارة في صناعة الأدوات التي كان يستعملها آنذاك ، و لم تظهر الحجارة كمادة من مواد البناء إلا قبل حوالي عشرة آلاف سنة قبل الميلاد ، حيث أنه في هذه الفترة بدأت تظهر بعض المجتمعات الزراعية التي استقرت في بعض الأماكن و شكلت تحولا جوهريا في النمط الاجتماعي و الحضاري كما تشهد على ذلك الآثار المختلفة التي اكتشفت في مناطق الشرق الأوسط.

و تدل هذه الشواهد على أن الحجارة لم تستعمل في البناء إلا بعد أن توفرت كمادة خام طبيعية و كحجارة منفصلة بذاتها و لم يلجأ الإنسان في تلك الفترة إلى اقتلاعها من المحاجر و لم يقم كذلك بنحتها أو تشذيبها و كانت تستعمل كما هي بأشكالها و أحجامها الطبيعية .

واستعملت مادة الطين كرابط بين الحجارة في بناء الجدران و كانت بقايا البنايات في هذه الفترة أي حوالي ثماني قرون قبل الميلاد تشير إلى أن أغلبها كان مشيدا من مادة الطين باستعمال مختلف التقنيات والطرق المعروفة مثل طريقة الطين المصبوب أو تقنية البناء بالقوالب الطينية ...إلخ.

و في مرحلة بدأ فيها استعمال الحجارة ينتشر، كانت هذه المادة تستعمل استثناء في تشييد بعض المنشآت الدفاعية أو المنشآت ذات الطابع الديني ثم بدأت وتيرة انتشار استعمال الحجارة تتسارع لكن في البداية كانت التكلفة الاقتصادية لهذه المادة عائقا أمام البسطاء فاقترن استعمالها في البناء بالطبقة الأرستقراطية فظهرت الحجارة كمادة أساسية في تشييد القصور ، حيث استعملت تقنيات النحت و ظهر فن البناء بالحجارة و في بداية الألفية الثانية قبل الميلاد انتعشت هذه التقنية في مصر و تطورت فلجأ الإنسان إلى اقتلاع حجارة البناء من المحاجر كما عمل على تشذيب و إعداد الحجارة بأشكال هندسية مختلفة و بأحجام كبيرة نسبيا لتلبية حاجته و يتم نقلها من المحاجر إلى الورش لتركيبها و استعمالها في مختلف أشغال البناء.

البناء الريفي القديم بالحجارة الجافة

خلال القرن الثاني عشر الميلادي ،كانت من بين تقنيات البناء المتبعة خاصة في الأرياف، البناء بالحجارة الجافة أي أن الطريقة المتبعة تقتصر على وضع الحجارة بعضها فوق بعض مع ملئ الفراغات و الفواصل بين الحجارة بالتربة ، وكان ارتفاع الجدران محدودا لا يتعدى ارتفاع طابق واحد لعدم توفر الرابط الذي يجمع بين الحجارة ، أما بالنسبة لطبقة التلبيس فغالبا ما تتم بواسطة خليط من التربة و الألياف النباتية ، وكانت تستعمل لغرض البناء الحجارة التي يتم جمعها من سفوح الجبال و الوديان مع اختيار الحجارة المناسبة شكلا و حجما ، و كانت تستعمل الحجارة الخام كذلك لتثبيت التربة المشبعة بالمياه عن طريق غرزها و تصفيفها جنبا إلى جنب في التربة لإنشاء مسالك مهيأة تساعد على تنقل الأشخاص و العربات.

تطور البناء بالحجارة

مع مرور الوقت تطورت تقنيات البناء بالحجارة شيئا فشيئا ، حيث عرف المستوى المعيشي في الأرياف و المدن ارتفاعا ملحوظا ابتداء من القرن السادس عشر الميلادي و في عصر النهضة عرف هذا التطور مستويات مختلفة تخللها ارتفاع أحيانا و استقرار أحيانا أخرى ، هذا التطور ازداد بروزا في منتصف القرن الثامن عشر الميلادي و تواصل إلى غاية سنة 1914 ميلادي ، و كان من بين ما استحدث خلال هذه الفترة استعمال الرابط في البناء مثل ملاط الجير و كذلك ظهور النوافذ الزجاجية.

البناء بالحجارة في منطقة سهل وادي ميزاب

عرفت منطقة سهل وادي ميزاب قبل تأسيس القصور الحالية ظهور عدة تجمعات سكانية والتي تعرف اليوم بالقصور المندثرة و من أهمها نذكر قصري تلزضيت و أولاوال بالعطف و قصر بابا السعد بغرداية و من بين المعالم التي مازالت شاهدة على هذه القصور نجد بقايا الأسوار أو الأبراج التي كانت تحيط بها و هي عبارة عن أكوام من الحجارة تتخللها أجزاء قائمة من الأسوار .

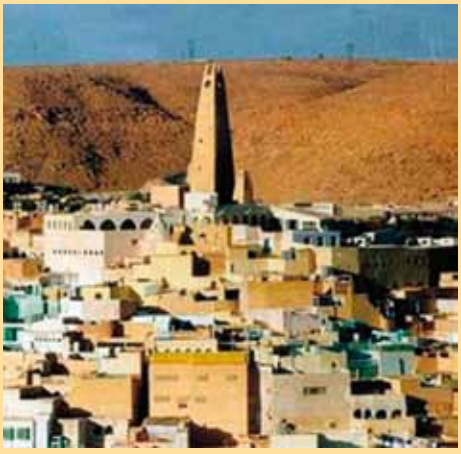
بقايا سور
قصر تلزضيت

كما نلاحظ كذلك من خلال أطلال القصر القديم ببنورة أن سكان المنطقة استعملوا الحجارة كمادة بناء أساسية في تشييد مساكنهم بالإضافة إلى الأسوار الدفاعية و الأبراج.

كما يظهر من خلال الأطلال أن الحجارة المستعملة كانت تجمع من المناطق المحيطة بالقصر أي من الجبال و الشعاب و هي متوفرة بشكل كبير و تمثل أشكالا و أحجاما مختلفة ، تستعمل لمختلف أغراض البناء . تربط الحجارة بعضها ببعض بواسطة رابط ، و من بين الروابط التي كانت تستعمل آنذاك نجد مادة الجير (الكلس) و الجبس (تمشمت) و كلاهما يستخرج عن طريق تحويل الصخور ، بالإضافة إلى مادة التراب (الطين) التي تجلب من الوديان.

و على نفس المنوال تم بناء القصور الأخرى باستعمال الحجارة كمادة أساسية في تشييد المساكن و الأبراج و الأسوار و تبليط الممرات و الشوارع كما استعملت الحجارة كذلك في بناء الآبار و منشآت الري من قنوات و مصبات و سدود بالإضافة إلى عدد كبير من مساكن الواحات.

أجزاء من سور
القصر القديم ببنورة



الروابط المعدنية

قبل عرض الطرق و التقنيات المتبعة في البناء بالحجارة في منطقة سهل وادي ميزاب يجب التطرق بالتوازي إلى مواد البناء المرافقة و التي لا تقل أهمية عن هذه المادة الرئيسية .
من بين هذه المواد المعروفة و المنتشرة الاستعمال نذكر الجير (الكلس) و الجبس (تمشمت) و هي أصلا ناتجة عن تحويل الصخور باستعمال الأفران.

الروابط المعدنية هي عبارة عن مواد محولة إلى جزيئات دقيقة جدا و يتم مزجها بالماء فينتج عن ذلك عجينة لاصقة تتصلب بشكل تدريجي و تتحجر و تندمج مع حجارة البناء فتشكل جسما صلبا مقاوما.
الرابط المعدني بعد مزجه بالماء بالإضافة إلى الرمل و الحصى يعطينا عجينة خرسانية أو ملاطا ، من المعروف أن بعض الروابط تتصلب فقط بوجود الهواء ، في حين توجد روابط أخرى تتصلب في الأوساط الرطبة أو في الماء ، هذه الخاصية تجعلنا نصنف الروابط المعدنية إلى :

أ- روابط معدنية هوائية

الروابط الهوائية لا تتصلب و لا تحتفظ بخصائصها الميكانيكية إلا في وجود الهواء ، مثل: الكلس الهوائي ، الجبس .

ب- روابط هيدروليكية (مائية)

الروابط المائية تتصلب و تحتفظ بخصائصها الميكانيكية بوجود الماء و كذلك بوجود الهواء ، مثل: الكلس المائي ، الإسمنت .

اندماج بين الحجارة و الملاط

01 الكلـــس الهـــوائي
LA CHAUX AÉRIENNE

يعتبر الكلس الهوائي (الجير الهوائي) من بين مواد البناء الأولى من حيث الاستعمال مع الجبس منذ مئات السنين ، حيث تظهر الشواهد و الآثار المكتشفة عبر التاريخ بأن الصينيين و الفراعنة و شعوب المايا قد شيدوا منشآت عديدة دامت لقرون باستعمال الجير كمادة أساسية. استعملت مادة الجير كذلك في القرون الوسطى بصفة كبيرة و كانت تمزج مع الطين في بعض الأحيان و استمرت كمادة أساسية في البناء إلى غاية منتصف القرن التاسع عشر الميلادي ، و تنتشر في مختلف مناطق الجزائر أفران كانت تستعمل لتصنيع مادة الجير كما تظهره بعض البقايا الأثرية التي مازالت موجودة إلى حد الآن.

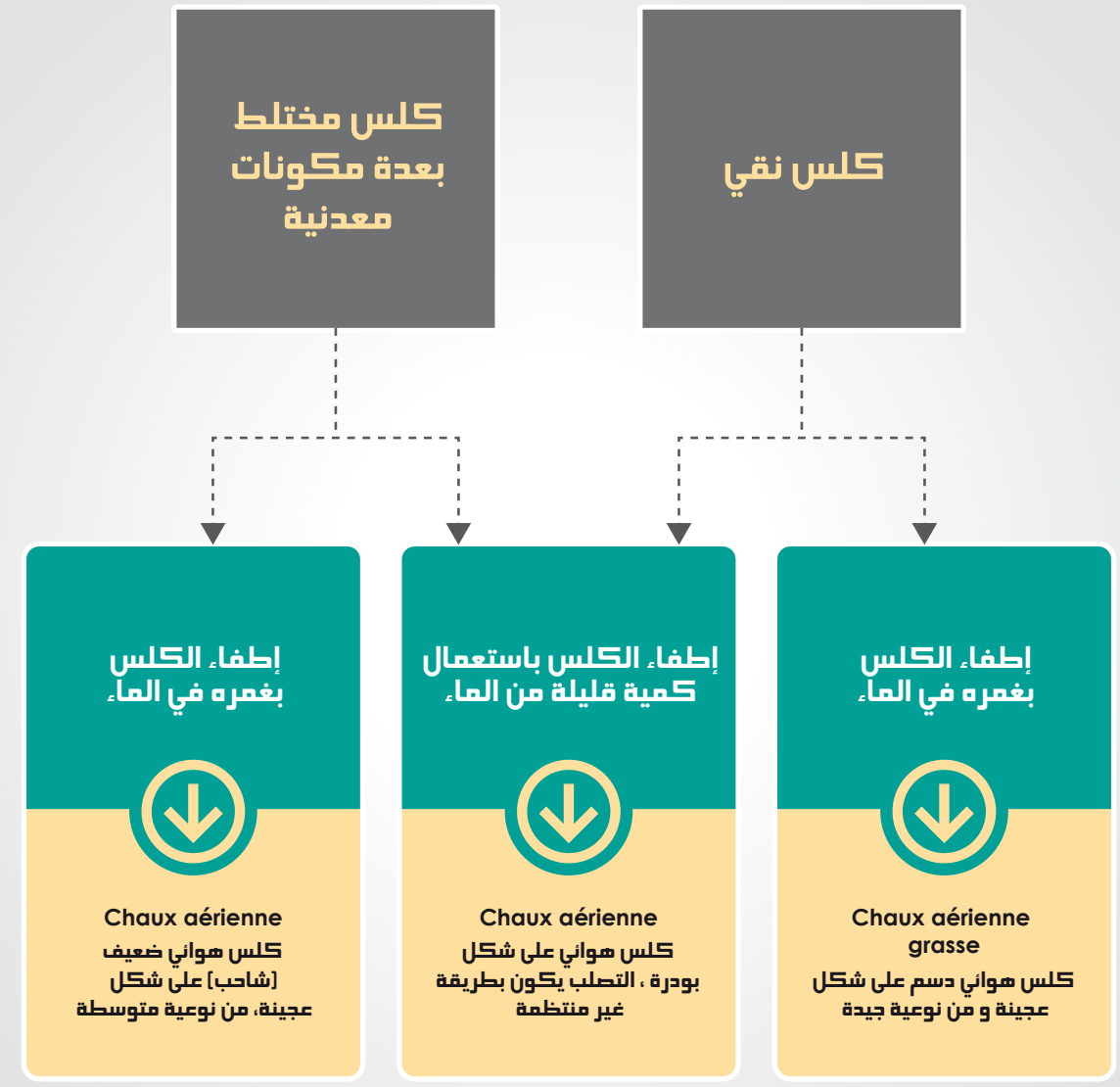
مادة الجير نتحصل عليها بعد حرق الحجارة الكلسية ذات الصيغة الكيميائية $CaCO_3$ أو حجارة دولوميت أي مكونة من $CaCO_3$ و $MgCO_3$ بتعريضها إلى درجة حرارة عالية و الناتج يتم إطفاؤه عن طريق غمره في الماء و بعد استعماله كرابط أو كطبقة تلبيس يتصلب تدريجيا في الهواء ، هذا ما أعطاه هذه التسمية التي يعرف بها وهي الجير الهوائي. يحتوي هذا الرابط المعدني على نسبة تقل عن 8% من مادة الصلصال أوالطين في تركيبته، يوصف كذلك الكلس الهوائي بأنه كلس دسم إذا كانت نسبة الطين فيه تقل عن 5% أي أنه ناتج عن حرق حجارة كلسية جد نقية كما يقال عن الكلس بأنه كلس ضعيف (شاحب) إذا كانت نسبة الطين فيه محصورة بين 5% و 12 %.

02 الكلس المائي [الهيدروليكي]
LA CHAUX HYDRAULIQUE

الكلس المائي الطبيعي يحتوي على خليط من المارن و الصلصال الغني بالسيليس و الألومين و الحديد أي بنسبة من 8 % إلى 20 % . يوصف الكلس المائي بأنه كلس هيدروليكي ضعيف (شاحب) إذا كانت نسبة الصلصال فيه تساوي حوالي 8 % ، في حين إذا وصلت نسبة الصلصال فيه إلى 20 % نسميه بالكلس المائي القوي.

ملاحظة

قد نجد في سوق مواد البناء أنواعا من الكلس الهيدروليكي تسمى بالكلس الهيدروليكي الاصطناعي وهذا راجع إلى أنه قد تضاف إلى الكلس الهيدروليكي الطبيعي عدة إضافات كيميائية بحثا عن خصائص جديدة.


كلس نقي
كلس مختلط بعدة مكونات معدنية
إطفاء الكلس بغمره في الماء
Chaux aérienne grasse
كلس هوائي دسم على شكل عجينة و من نوعية جيدة
إطفاء الكلس باستعمال كمية قليلة من الماء
Chaux aérienne
كلس هوائي على شكل بودرة ، التصلب يكون بطريقة غير منتظمة
إطفاء الكلس بغمره في الماء
Chaux aérienne
كلس هوائي ضعيف [شاحب] على شكل عجينة، من نوعية متوسطة

نوعية الكلس		نسبة الصلصال (الطين)
كلس هوائي	كلس هوائي دسم	أقل من 05%
	كلس هوائي ضعيف (شاحب)	05% - 12%
الكلس المائي (الهيدروليكي)		12% - 20%

03 الكلس الهوائي على شكل عجينة والكلس الهوائي على شكل بودرة

من المعلوم أن الكلس عندما يستخرج من الفرن بعد عملية الحرق يكون على شكل كلس حي، chaux vive ،و بعد ملامسته للماء يتعرض الكلس إلى عملية الإطفاء فيتحول من كلس حي إلى كلس مطفأ . و قد يأخذ شكلين مختلفين حسب كمية الماء التي أضيفت لغرض إطفائه.

الشكل الأول الكلس الهوائي على شكل عجينة CHAUX AÉRIENNE EN PÂTE

عندما يتم إطفاء الكلس الحي بغمره في الماء نحصل في النهاية على كلس مطفأ على شكل عجينة pâte، هذه العملية يصاحبها غليان و انبعاث كبير للحرارة . تستدعي عملية إطفاء الجير حرصا كبيرا بحيث يتم تقدير كمية الماء الواجب إضافتها تقديرا جيدا حتى يتبقى عندنا بعد عملية الإطفاء كمية من الماء تغطي عجينة الكلس بحوالي 2 إلى 3 سنتيمتر ، و تقدر النسبة بحوالي 2.5 إلى 5 لتر من الماء لكل 1 كلغ من الكلس ، حسب نوعية الحجارة الأصلية.

الشكل الثاني الكلس الهوائي على شكل بودرة CHAUX AÉRIENNE EN POUDRE

إذا كانت عملية إطفاء الجير قد تمت باستعمال كمية قليلة من الماء ، فإن ذلك يؤدي للحصول على جير مطفئ يكون على شكل بودرة ، أي إذا تم رش الحجارة الكلسية للكلس الحي بالماء فبمجرد ملامسة الماء لها تبدأ في التحول تحت تأثير التفاعل الكيميائي إلى كلس هوائي مطفئ على شكل بودرة .

04

كيف يمكن أن نتعرف على الجير إن كان من النوع الذي هو على شكل عجينة أومن النوع الذي هو على شكل بودرة

للتمييز بين نوعيتي الجير الهوائي إن كان أصلا على شكل عجينة أو على شكل بودرة يكفي أن نشكل عينة من الكلس بسمك 2 سنتيمتر و نتركها تجف تحت أشعة الشمس ، إذا بقيت متماسكة و لم يحدث فيها أي تحول فإن الكلس المشكل لها من نوعية الكلس الذي هو أصلا على شكل عجينة (pâte)، في حين إن حدث و أن تفتتت أوتصدعت هذه العينة فإن الكلس المشكل لها من نوعية الكلس الذي هو أصلا على شكل بودرة (poudre) .

ملاحظة

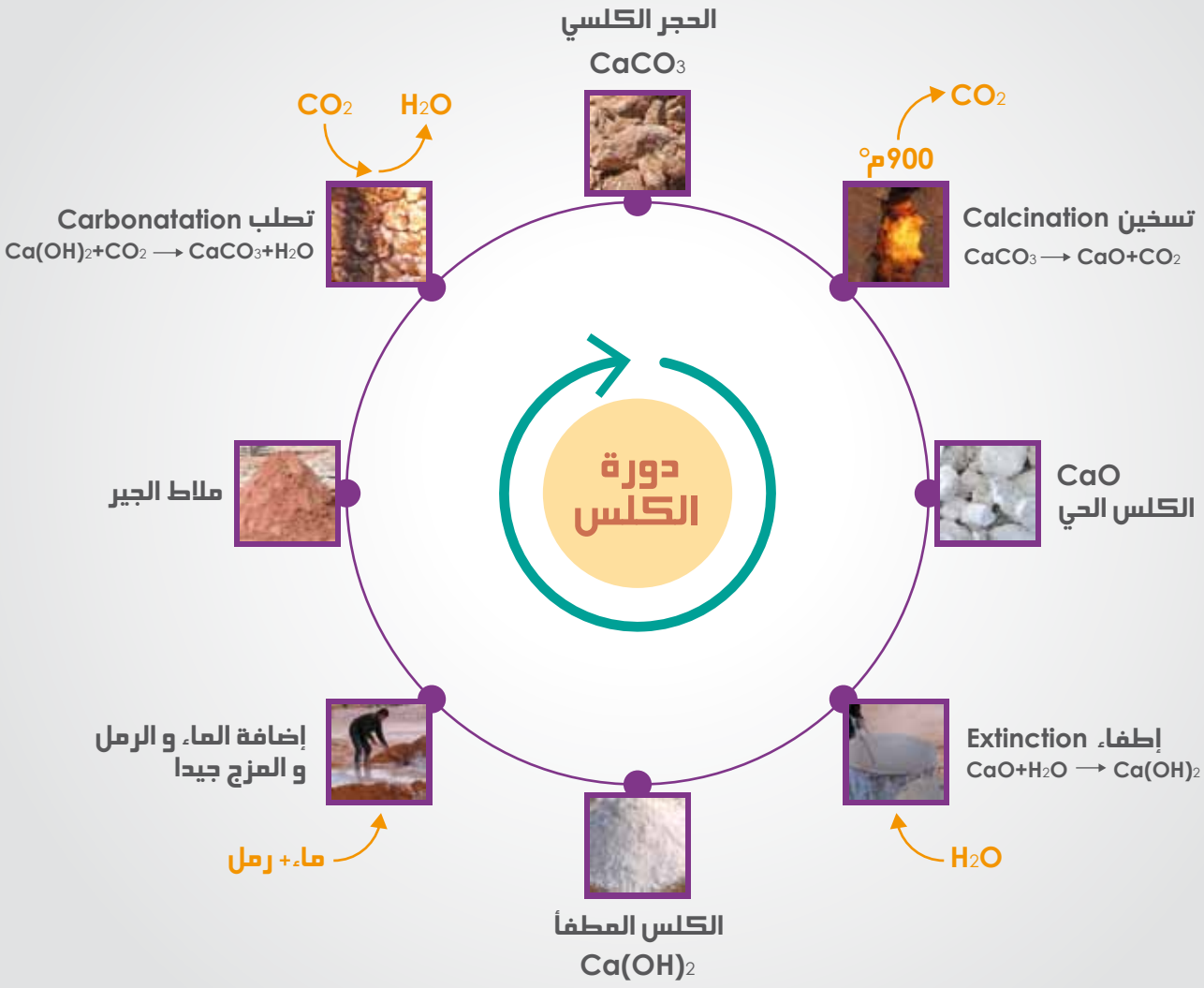
حتى يحتفظ الكلس الذي هو من نوع الكلس على شكل عجينة على خصائصه يجب أن يترك دائما و أبدا مغمورا في الماء .

تتميز النوعية الأولى عن الثانية بخاصية جد هامة وهي أنها تكون بعيدة عن التماس بالهواء الجوي و هذا راجع إلى كونها مغمورة في الماء ، بالتالي فإن جزيئات هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)2$ تكون في منأى عن التفاعل مع الهواء الجوي $CO2$ ، في حين الكلس على شكل بودرة غالبا ما يكون معرضا للهواء الجوي مباشرة بعد الانتهاء من عملية الإطفاء ، فيحدث تفاعل جزئي بين جزيئات هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)2$ و جزيئات ثاني أكسيد الكربون $CO2$ المنتشرة في الجو ، فتتحول نسبة من الكلس المطفأ إلى كربونات الكالسيوم $CaCO3$ قبل استعمالها في عمليات البناء المختلفة، و حسب ما تم توضيحه فإن الكلس المعد على شكل عجينة يحتوي على نسبة كبيرة من الهيدروكسيد $Ca(OH)2$ بينما الكلس المعد على شكل بودرة يفتقد نسبة من الهيدروكسيد قبل أن يصل إلى مرحلة الاستعمال و هذا يؤثر بشكل مباشر على خصائصه الميكانيكية .

يتم تحويل كربونات الكالسيوم $CaCO3$ المكون الرئيسي للحجر الكلسي بفعل الحرارة الشديدة إلى كلس حي CaO بعد أن تفقد جزيئات ثاني أكسيد الكربون $CO2$ في الجو

$$CaCO_3 \xrightarrow[900\,^\circ م]{\text{حرارة}} CO_2 + CaO$$

دورة الكلس


الحجر الكلسي
$CaCO_3$
CO_2
900م°
تسخين Calcination
$CaCO_3 \longrightarrow CaO+CO_2$
CaO
الكلس الحي
إطفاء Extinction
$CaO+H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$
H_2O
الكلس المطفأ
$Ca(OH)_2$
إضافة الماء و الرمل
و المزج جيدا
ماء+ رمل
ملاط الجير
تصلب Carbonatation
$Ca(OH)_2+CO_2 \longrightarrow CaCO_3+H_2O$
CO_2
H_2O
دورة
الكلس

الكلس الحي CaO أو أكسيد الكالسيوم لا يمكن استعماله مباشرة في عملية البناء لأن امتزاجه بالماء يؤدي إلى انتفاخات لا يمكن السماح بها في أية منشأة أو بناية .
يجب إذن القيام بعملية تمييه للكلس الحي CaO و تحويله إلى كلس مطفأ Ca(OH)2 و الذي يدعى بهيدروكسيد الكالسيوم بعد إضافة الماء ، هذا الأخير يظهر على شكل بودرة بيضاء قليلة الذوبان في الماء .

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

يتشكل الملاط الكلسي من خليط يجمع بين الكلس المطفأ و الرمل ذو النوعية الجيدة بالإضافة إلى الماء ، يتم مزج هذه المكونات بشكل جيد و بنسب مدروسة ، يستعمل ملاط الجير كرابط يجمع بين حجارة البناء أو كملاط للتلبيس ، يبدأ في التصلب شيئا فشيئا بعد تفاعله مع الهواء الجوي الغني بجزيئات ثاني أكسيد الكربون CO2 .

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O\uparrow$$

قد يتم استخلاص الجير الهوائي من حجارة كلسية تتكون أصلا من كربونات المغنسيوم (Calcaires dolomi-tiques) أين نجد كربونات الكلسيوم متحدة بكربونات المغنسيوم ، هذه النوعية من الحجارة تعطينا الكلس المغنيسي (chaux magnésienne) بعد تعريضها لحرارة تبلغ حوالي 900 م° .

$$MgCO_3 \xrightarrow[900\,م^\circ]{\text{حرارة}} CO_2 + MgO\uparrow$$

05 تحديد المقادير اللازمة لتحضير الملاط الكلسي

لتحضير الملاط الجيري ، بالإمكان تحديد المقادير (le dosage) المتعلقة بالمواد التي يجب أن تدخل في تشكيل هذا الملاط ، و هذا لا يتحقق إلا بالقيام بهذين الاختبارين :

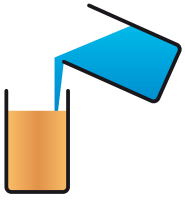
- الأول يهدف إلى قياس و تقدير الفراغات الموجودة في الرمل المستعمل.
- الثاني يسمح لنا بالتحقق من نوعية الملاط الجيري من حيث قوته أو ضعفه .

الطريقة الأولى

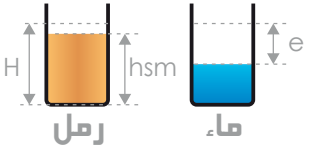
هذه الطريقة تسمح بالمقارنة بين عدة نوعيات من الرمل و نستطيع عن طريقها كذلك توقع المقادير اللازمة لتحضير الملاط الكلسي : النسبة بين حجم الماء (حجم الفراغات) و حجم الرمل المبلل ، يعطينا نسبة حجم من الجير (حجم الفراغات) إلى حجم الرمل .

هذه النتيجة التجريبية ترجمت بقراءة و تسجيل النسبة بين الارتفاعات المسجلة في الأواني المستعملة التي اختيرت من نفس الشكل و الحجم .

01



02



03

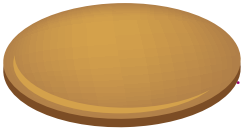
$$\frac{\text{حجم الجير}}{\text{حجم الرمل}} = \frac{\text{كمية الماء المستعملة}}{\text{ارتفاع الرمل المبلل}} = \frac{e}{hsm}$$

الطريقة الثانية

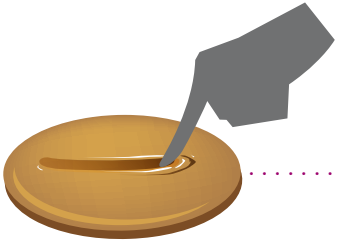
1 - إعداد شريحة من الجير بسمك من 6 إلى 8 ملم ثم ندعها تجف لمدة 24 ساعة (شكل 1)

2 - إذا تم خدش الشريحة بسهولة مع انفصال لحبيبات الرمل ، هذا يعني أن الجير استعمل في الخليط بكميات ناقصة (شكل 2) .

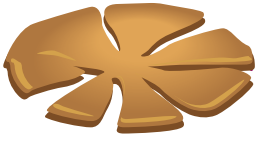
3 - تشقق الشريحة يدل على أن الجير استعمل في الخليط بكميات زائدة (شكل 3) .



شكل-1



شكل-2



شكل-3

مـــادة الجبـــس

الجبس أو الجص هي مادة طبيعية صلبة مكونة من ثنائي هيدرات كبريتات الكالسيوم (كبريتات الكالسيوم المائية) ذات الصيغة الكيميائية $CaSO4.2H2O$ ، الجبس من الخامات المتوفرة بكثرة في الأرض و هو أكثر معدن كبريتي منتشر في الطبيعة ، ينتمي أصلا إلى الصخور الرسوبية و يتداخل مع معدن الأنهدريت (كبريتات الكالسيوم اللامائية $CaSO4$) و قد يتواجد مع الضولوميت و الطين و الحجر الجيري ، لونه رمادي أو أبيض ويميل إلى الاحمرار أحيانا .

تجدر الاشارة إلى أن مادة الجبس على شكل (كبريتات الكالسيوم اللامائية $CaSO4$) تتواجد في الطبيعة بكميات قليلة جدا ، في حين تتوفر هذه المادة على شكل $CaSO4.2H2O$ بكميات كبيرة ، يتكون الجبس الخام من حوالي 79.07% من كبريتات الكالسيوم و 20.93% من جزيئات الماء و تبلغ كثافته 2.32 .

صنـــاعـــة الجبـــس

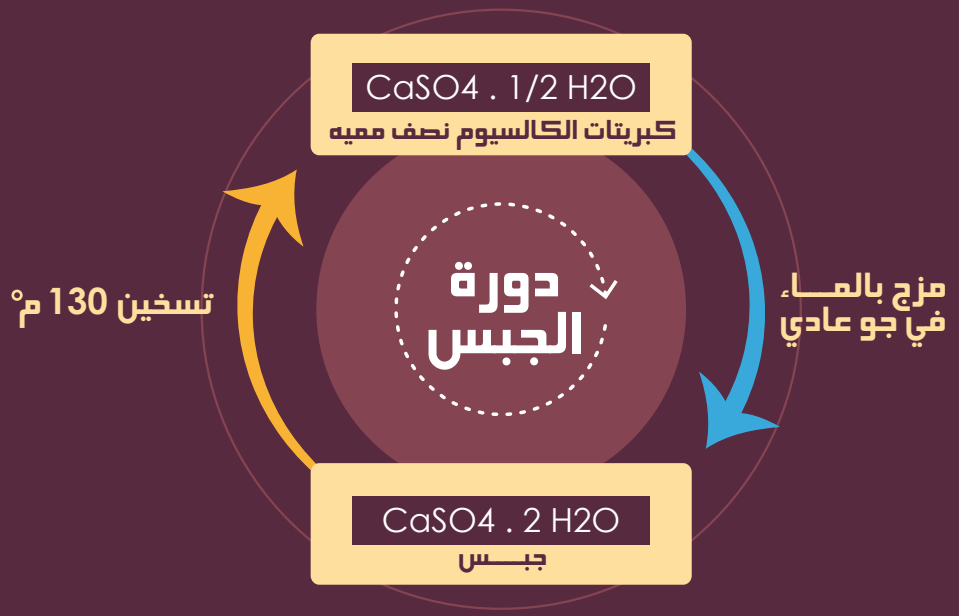
تمر صناعة الجبس الطبيعي بعدة مراحل هي :

- أ- التكسير: وتتم بتكسير الخامات المستخرجة بواسطة كسارات إلي قطع صغيرة على مرحلتين إحداهما تكسير أولي لإنقاص حجمه إلى قطع صغيرة بحجم كف اليد، والأخرى تكسير ثانوي ليصل إلى حجم العدسات. ثم يخزن في مستودعات تمهيداً لإرساله إلى المحمصة .
- ب- الاستخراج: و يتم ذلك بغسل الجبس ثم غربلته، وفصل الشوائب، وأخيراً التجفيف.
- ج- التحميص: يتم إرسال الجبس المكسر بعد عملية الاستخلاص من مستودعات التخزين إلى أفران خاصة عند درجة حرارة 130 درجةمئوية لتحميصه ،يتم ذلك إما تحت الضغط الجوي العادي و في الهواء الخالي من الرطوبة أو بوجود الهواء المشبع بالرطوبة (جزيئات الماء) ويبقى بداخلها مدة كافية لطرد ثلاثة أرباع الماء الذي يحتوي عليه الجبس الخام فتصبح صيغته الكيميائية $CaSO4.1/2\ H2O$

$$CaSO_4.2H_2O \xrightarrow{\text{حرارة}} CaSO_4.1/2H_2O + 1.5\ H_2O$$

وينتج عن ذلك نوعين من الجبس ، هما : جبس ألفا α نصف مائي و جبس بيتا β نصف مائي ، و يتشابه النوعان في التبلور، لكن الأول أقل قابلية للتفاعل والذوبان ، وبالتالي يتطلب كمية كبيرة من الماء وفترة أطول للتصلب ، وهو الأكثر إنتاجاً واستخداماً

- د-الطحن: يرسل الجبس بعد تحميصه إلى المطاحن لطحنه ، ويمكن معايرة هذه المطاحن للحصول على النعومة المطلوبة
- هـ-التعبئة: يرسل الجبس المطحون إلى مستودعات خاصة تمهيداً لتعبئه في الأكياس . ويتم قبل تعبئته في الأكياس أخذ عينات منه لإجراء عدد من الاختبارات لمعرفة مدة التصلب، والنقاوة، وقوة السحق و الانحناء، ونوع الشوائب ونسبة كل منها ليتم تصنيفه على ضوء تلك النتائج.


CaSO4 . 1/2 H2O
كبريتات الكالسيوم نصف مميه
دورة الجبس
مزج بالمـــاء في جو عادي
CaSO4 . 2 H2O
جبـــس
تسخين 130 م°

130م°
200 إلى 250م°
CaSO4 . 2 H2O
جبس بوجود الماء
CaSO4 . 1/2 H2O
جبس بيتا β نصف مميه
CaSO4 III, II, I
أنهدريت Anhydrite
بوجود هواء جاف
CaSO4 . 1/2 H2O
جبس ألفا α نصف مميه

الطريقة التقليدية لتحضير ملاط الجير

لكي يتم تحضير ملاط الجير بشكل جيد يجب اتباع طريقة التحضير التالية و التي تدوم ثمانية أيام مرحلة بمرحلة:

في اليوم الأول

نقوم بغمر كمية من الكلس الحي الناتج عن عملية الاحتراق في الماء ، فيحدث غليان شديد ناتج من التفاعل الحاصل يؤدي في الأخير إلى إطفاء الكلس الحي، نترك المزيج يهدأ حتى نتأكد من أن الكلس الحي قد تم إطفاؤه بشكل جيد و كامل.

في اليوم الثاني

يجب أن نضيف إلى المزيج الناتج كمية من الماء كافية للحصول على حليب جير ذو نوعية جيدة (هيدروكسيد الكالسيوم) ، ثم نقوم بغربلة المحتوى حتى نتمكن من عزل الشوائب و إزالتها.
لتحضير ملاط جير (عجينة جير) ذات جودة يجب اختيار الرمل المناسب ثم يضاف إليه كمية كافية من حليب الجير المطفأ مع الخلط الجيد للحصول على عجينة متجانسة.

من اليوم الثالث إلى اليوم السابع

تترك العجينة تتفاعل ببطء.

في اليوم السابع

نقوم بتحضير كمية من الكلس المطفأ بنفس الطريقة المتبعة في اليوم الأول.

في اليوم الثامن

نضيف كمية مناسبة من الكلس المطفأ إلى العجينة التي أعدت مسبقا (من اليوم الثالث إلى اليوم السابع) فنقوم بالخلط بشكل يعطينا في الأخير عجينة متجانسة من ملاط الجير يمكن استعماله بعد ذلك في مختلف عمليات البناء.

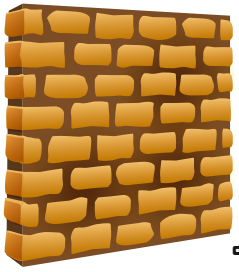
ملاحظة هامة

تجدر الإشارة إلى أنه من الضروري اتخاذ الاحتياطات اللازمة للإبقاء على الكلس المطفأ و على ملاط الجير بعيدا عن التماس بالهواء لضمان الحصول على ملاط جيد ذا فعالية قصوى سواء للبناء أو للتلبيس و كذلك الحال بالنسبة لحليب الجير الذي يستعمل للطلاء . ويتم ذلك بتخزين الكلس المطفأ في أوعية مقفلة بإحكام و تغطية الملاط الكلسي بغطاء بلاستيكي .

تقنيات البناء بالحجارة في وادي ميـــــزاب

جدار حجري من وجه واحد

في الغالب تعتمد هذه التقنية في الجدران الفاصلة أو جدران التحويط، حيث يتم اختيار الحجارة المناسبة بعناية مع توجيه الصفحة المستوية نحو الواجهة الرئيسية و يتم تدارك عدم انتظام الواجهة الأخرى بواسطة ملاط التلبيس.و في أماكن التقاء الجدران يتم تشريك الحجارة ليتم الارتباط و بالتالي زيادة المتانة وتحقيق الاتزان.



جدار حجري
أحادي الوجه

جدار حجري ثنائي الأوجه

هذه التقنية لبناء الجدران الحجرية تعتمد في قسم كبير من المباني مثل المساجد والمساكن و الأبراج .....إلخ ، ويتم و ضع الصفحة المسطحة للحجارة في الاتجاه الظاهر (المكشوف) للجدار و يترك الوجه الغير منتظم نحو الداخل ،يتم ربط الحجارة بعضها ببعض بواسطة الملاط الكلسي و في بعض الأحيان تملأ الفراغات بالحجارة الصغيرة .

جدار حجري
ثنائي الأوجه

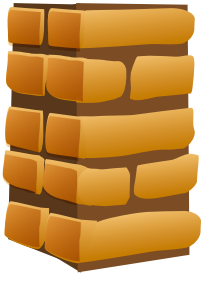
تشريك الحجارة

على مستوى ركن الجدار يتم تشريك الحجارة بعضها ببعض فيتم التداخل بين جزئي الجدار لتتشكل بذلك وحدة مندمجة ، صلبة و مقاومة ، فيجعل من الهيكل كتلة واحدة منصهرة.

نقطة تلاقي
جدارين أين يتم
التداخل بين الحجارة

الأعمدة الحجرية

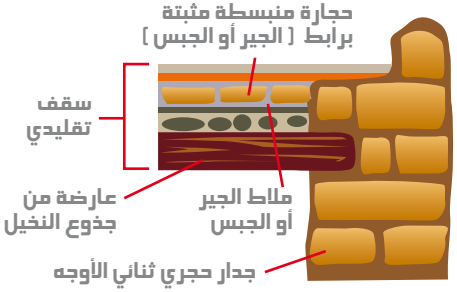
تشكل الأعمدة عنصرا أساسيا في هيكل البناء بوادي ميزاب نجدها تتوسط هيكل المسكن و تشكل مع بعضها رؤوسا لرباعي الشكل و تلتقي فيها العوارض الخشبية الرئيسية التي تحمل الأسقف فتنقل بذلك الأثقال بصفة تناظرية ومتوازنة نحو الأساسات و على نفس المبدأ صممت الأعمدة التي تحمل الأقواس و الأقبية في المساجد ، و هي ذات مقطع مستطيل أودائري ، متوسط أبعادها حوالي 50 سم ، تبنى بالحجارة المشذبة بالإضافة إلى ملاط الجير أو الجبس.



عمود حجري
مربع الشكل

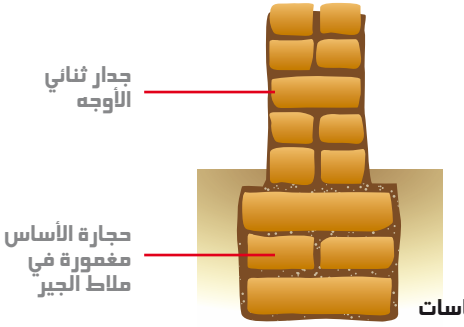
السقف التقليدي

تستعمل الحجارة كذلك في إحدى تقنيات بناء الأسقف و الأقبية وهي تأخذ أشكالا منبسطة ، توضع بشكل مصطف و متقارب يتخللها الرابط و هو في الغالب من الجبس و في بعض الأحيان من ملاط الجير.



الأساسات

تحفر الأساسات بشكل خندق طولي، تزال التربة الهشة إلى أن يكشف عن الأرضية الصلبة، يتم وضع الأساسات سواء للجدران ثنائية الوجه أو أحادية الوجه أو للأعمدة باستعمال الحجارة الصلبة ذات الحجم الكبير نسبيا ، يتم غمرها في الملاط الكلسي الخشن مع التحريك ، توضع الحجارة بعناية وبشكل متداخل لتشكل كتلة متجانسة تتوزع عليها الأثقال بشكل منتظم .



الأساسات

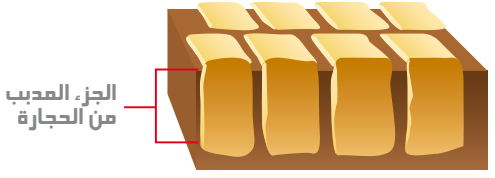
حجارة الربط للآبار

فيما يخص جدار الربط الذي يشكل البئر في جزئه السفلي فهو يتكون من حجارة صلبة من الحجم الكبير يتم اختيارها أو إعدادها بشكل يجعلها تكون طوقا دائريا متراصا كما هو مبين في الشكل ، مع التأكيد على ضرورة تشريك الحجارة و ملئ الفراغات البينية بالتربة الخشنة .

حجارة جدار الربط
داخل البئر

تبليط سواقي السيل

بالنسبة للتبليط الخاص بسواقي السيل نلاحظ أن الحجارة المستعملة تكون ذات صفحة مسطحة بالإضافة إلى وجه مدبب يتم بواسطته غرزها في التربة و يتم تصفيفها بشكل متقارب و متراص دون استعمال الرابط في الغالب، كما نلاحظ وجود مثل هذه التقنية على مستوى أرضية زقاق الزجر.



حجارة مصففة
و مغروزة في التربة

البناء بالحجارة الجافة [بارد في بارد]

هذه التقنية في البناء يتم عن طريقها بناء جدران سميكة بوضع حجارة ذات أحجام كبيرة بعضها فوق بعض مع ملئ الفراغات البينية بالتربة و مراعاة التشريك بين الحجارة من صف لآخر دون إضافة ملاط للربط ، وتكون ذات ارتفاع محدود ، نجدها على مستوى زقاق الزجر أو تشكل الجدران الجانبية لسواقي السيل و كذلك تعمل على تثبيت التربة على مستوى الأجنة المرتفعة عن الساقية.

حجارة موضوعة بعناية فوق بعضها دون استعمال الرابط

استعمال الحجارة في بناء السدود

تبنى السدود أساسا من الحجارة ، تغمر الحجارة الصلبة ذات الأحجام الكبيرة في ملاط الجير الخشن المعد بشكل جيد مع التحريك لتفادي تشكيل فراغات ،مع مرور الزمن يتصلب الجير مع الحجارة فيصبح الهيكل كتلة واحدة.

سد بني يزقن

كما أن الحواجز المائية و المصبات التي بنيت على مستوى النظام التقليدي لتقسيم مياه السيول كانت تعتمد أساسا على الحجارة و هي بأشكال و أحجام مختلفة ، يتم الربط بينها بملاط كلسي . من حيث الشكل نجد أن هيكل المنشأة يتكون من جدران ثنائية أو ثلاثية متوازية ، يتم ملؤ الفراغ المشكل بينها بالتربة ثم توضع فوقها طبقة من الحجارة و ملاط الجير الخشن (خرسانة كلسية) حيث تشكل الأرضية الخاصة بالمصب أوالحاجز المائي كما هو مبين في الصورة.

حاجز و مصب مياه السيل منهار جزئيا

و من بين المنشآت الفنية التقليدية المعروفة والتي تتواجد على مستوى نظام الري التقليدي نذكر القنوات التي يتم عبرها تقسيم مياه السيل نحو الأجنة في الواحة و هي تتكون من جدران بنيت بالحجارة و ملاط الجير و تم تسقيفها بواسطة الحجارة المنبسطة و المسطحة التي تسمى محليا بـ (مادون)، ثم وضعت فوقها طبقة من ملاط الجير.

قناة تمر عبرها مياه السيل

كما أن هناك شبكة من السواقي استعملت لغرض الري ، حيث يتم بواسطتها ربط الأجنة بأحواض الجمع و التوزيع التي تسمى محليا بـ (أسفي) و هي تتواجد بمحاذاة الآبار التقليدية ، و قد بنيت هذه السواقي باستعمال الحجارة و ملاط الجير .

ساقية فوق جدار مدعم بقوس

تبليط الأزقة و الشوارع و الساحات

من أهم الميزات التي تميز شوارع و ساحات قصور سهل وادي ميزاب هي كونها مبلطة بالحجارة المحلية ، قد تكون هذه الأخيرة بأشكال و أحجام منتظمة أي إما مستطيلة أومربعة و هذا يدل على أنه قد تم إعدادها بعناية قصد إعطائها رونقا خاصا ، و قد تأخذ في غالب الأحيان أشكالا و أحجاما مختلفة ، بينما يكون سمكها صغيرا على العموم مقارنة بالأبعاد الأخرى و هو يتراوح بين 8 إلى 12 سم كمعدل .

إعداد حجارة التبليط يدويا

يتم إعداد حجارة التبليط يدويا من طرف الحرفي المتمرس باستعمال أدوات بسيطة مثل المطرقة ، و يراعى في التحضير احترام الأبعاد بحيث تكون متقاربة ، بالنسبة للمادة المرافقة و التي تستعمل للربط بين الحجارة و التي تشكل معها هيكل البلاطة ، يمكن التأكيد على أن جل الأرضيات الحجرية استعمل فيها ملاط الجير كرابط و كفراش ثبتت عليه الحجارة المنبسطة و صففت إما تصفيفا خطيا أو متداخلا .

و تجدر الاشارة إلى أن التبليط بالحجارة لم يقتصر فقط على الشوارع و الساحات بل تعداه في بعض الأحيان إلى المسكن ، حيث نلاحظ أن بعض مساكن القصر قد تم تهيئتها بأرضيات حجرية استعملت فيها الحجارة المنبسطة التي كانت تعد بعناية خاصة فيما يخص اختيار الشكل و الحجم المناسبين وكذلك طريقة التصفيف التي يظهر أثرها المباشر على الشكل و المظهر العام.

تبليط الساحات بالحجارة المشذبة

تبليط المسكن بحجارة مختلفة الأشكال

تبليط المسكن بالحجارة المشذبة

الأبراج و الأسوار الدفاعية

سور دفاعي لقصر بني يزجن

تشكل الأسوار و الأبراج الدفاعية جزء هاما وأساسيا من الهيكل المعماري لقصور وادي ميزاب ، الأسوار تشكل الواجهة الدفاعية للقصور بينما الأبراج تعتبر منشآت للمراقبة حيث أنها تتميز بارتفاعها الذي يجعلها تتواصل بينها في مجال مفتوح للرؤية .بالإضافة إلى الابراج التي تحيط بالقصور تنتشر على طول مجرى الأودية العديد من الأبراج كمراكز متقدمة تصل مجال الرؤية بين القصور و الواحات و تطل على مجاري الوديان الرئيسية.

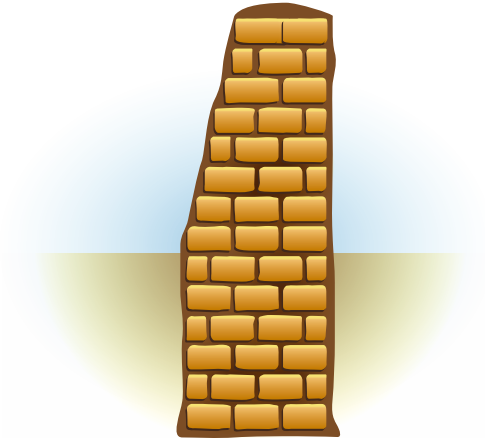
بنيت الاسوار الدفاعية بمواد بناء محلية و هي الحجارة و ملاط الجير ،من حيث الشكل نلاحظ أن قاعدة السور على العموم تكون عريضة مقارنة بالقمة و يتقلص عرض الجدار كلما اتجهنا نحو القمة.

توجد طريقتان على الأرجح تم بواسطتهما بناء هذه الأسوار :

01 الطريقة الأولى

يتم بناء السور بالكامل من القاعدة إلى القمة ككتلة واحدة من الحجارة الموضوعة بعناية باستعمال ملاط الجير كرابط .توضع الحجارة الكبيرة الحجم في القاعدة ثم تتقلص الأبعاد تدريجيا كلما اتجهنا نحو القمة.

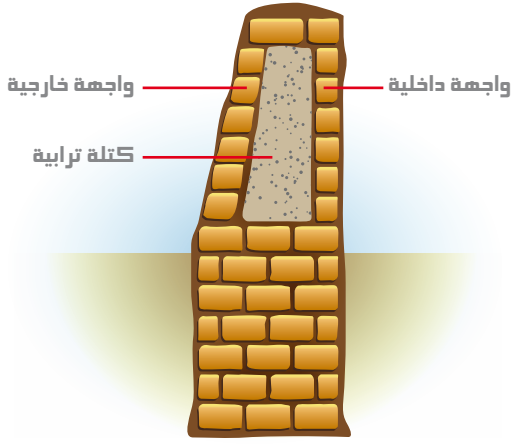
توضع فوق السور من الأعلى طبقة محدبة من ملاط الجير تحميه من مياه الأمطار.



سور دفاعي يتشكل من كتلة حجرية واحدة

02 الطريقة الثانية

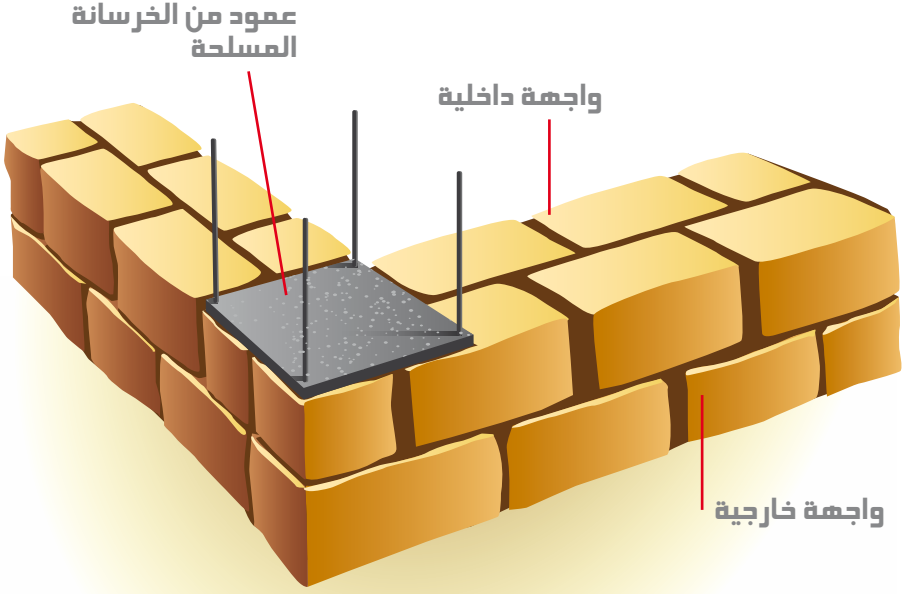
السور يتكون من وجهين بنيا بالحجارة و ملاط الجير و يستندان على قاعدة حجرية صلبة ، يتم ملئ الفراغ المحصور بين الجدارين بالتربة. يتقلص عرض السور بين القاعدة و القمة كلما اتجهنا نحو القمة . توضع فوق السور من الأعلى طبقة محدبة من ملاط الجير تحميه من مياه الأمطار.



سور دفاعي يتشكل من واجهتين حجريتين تتخللهما كتلة ترابية

هيكل البناء المزدوج

احتفظت الحجارة بمكانتها كمادة بناء محلية أساسية بفضل خصائصها الميكانيكية خاصة منها الصلابة و المقاومة وكذا وفرتها وقربها من التجمعات السكنية .مازالت تستعمل في عمليات الترميم الخاصة بالمعالم الأثرية.في حين و نظرا لما عرفته بعض الخصائص المعمارية للمساكن من تغييرات أملتها متطلبات العصر ، حيث عرفت الأبعاد تزايدا و اتسعت الفضاءات مما أدى إلى الاستعانة بهياكل خرسانية اندمجت مع الهيكل الحجري الرئيسي بشكل يساعد على امتصاص الحمولات و توزيعها بشكل منتظم وبنسب متقاربة على الأساسات و كذا التقليص من ظاهرة التشققات التي يمكن أن تظهر على الجدار. يتم تصميم الهيكل الخرساني بشكل يجعله مندمجا داخل الهيكل الحجري و هذا تفاديا لظهور تأثيرات الجسور الحرارية، (ponts thermiques) و هي عبارة عن ظاهرة تتسبب في العزل الحراري غير المتزن بسبب ضياع نسب معتبرة من الحرارة الداخلية للمساكن .بالإضافة إلى تأثر الهيكل نفسه بالحرارة المرتفعة في حالة التماس المباشر مع الخارج.



جدار حجري ثنائي الاوجه

الفهرس

مدخل 00
لمحة تاريخية 00
البناء الريفي القديم بالحجارة الجافة 00
تطور البناء بالحجارة 00
البناء بالحجارة في منطقة سهل وادي ميزاب 00
الروابط المعدنية 00
روابط معدنية هوائية 00
روابط معدنية هيدروليكية (مائية) 00
الكلس الهوائي la chaux aérienne 00
الكلس المائي (الهيدروليكي) la chaux hydraulique 00
الكلس الهوائي على شكل عجينة والكلس الهوائي على شكل بودرة 00
دورة الكلس 00
تحديد المقادير اللازمة لتحضير الملاط الكلسي 00
الطريقة الأولى 00
الطريقة الثانية 00
مادة الجبس 00
صناعة الجبس 00
دورة الجبس 00
الطريقة التقليدية لتحضير ملاط الجير 00
تقنيات البناء بالحجارة في وادي ميزاب 00
جدار حجري من وجه واحد 00
جدار حجري ثنائي الأوجه 00
تشريك الحجارة 00
الأعمدة الحجرية 00
السقف التقليدي 00
الأساسات 00
حجارة الربط للآبار 00
تبليط سواقي السيل 00
البناء بالحجارة الجافة (بارد في بارد) 00
استعمال الحجارة في بناء السدود 00
تبليط الأزقة و الشوارع والساحات 00
الأبراج و الأسوار الدفاعية 00

المراجع

Techniques et pratique du plâtre
Applications traditionnelles et modernes
Jean FESTA
Deuxième édition 1998
EYROLLES

Maçonnerie de pierre
Jean Coignet et Laurent Coignet
EYROLLES 2007

Technique et pratique de la chaux
École d'Avignon 2 e édition 2003
EYROLLES

الإعداد

رسومات : نورالدين بوعروه

إعداد : نورالدين بوعروة

مهندس رئيسي للسكن والعمران

صور : أرشيف ديوان حماية وادي ميزاب و ترقيته

ديوان حماية وادي ميزاب و ترقيته

عملت هذه المؤسسة منذ نشأتها سنة 1970 تحت إسم "ورشة الدراسات والترميم لوادي ميزاب"، وبعد ترقيتها سنة 1992 إلى "ديوان حماية وادي ميزاب وترقيته" ومازالت تعمل تحت وصاية وزارة الثقافة، على إعلام وتحسيس المحيط بضرورة مشاركته في الحفاظ على هذا الموروث الحضاري كعنصر أساسي من عناصر التنمية المستدامة، والمحاولة الجادة لتقريبه للمواطن وذلك بالعمل على محاولة اكتشاف مكنوناته وإدراك أهميته والتعريف به، ثم السهر على المحافظة عليه من خلال عمليات الترميم المختلفة، والسهر على تثمينها والاستفادة منها طبقا للنصوص التشريعية الصادرة في هذا الإطار.

32 شارع فلسطين ، غرداية ، الجزائر
الهاتف : 213 29 88 44 54
الفاكس : 213 29 88 25 48
البريد الإلكتروني opvm@m-culture.gov.dz

www.opvm.dz