

المواد الرابطة المعدنية

تعريف المواد الرابطة المعدنية (اللاعضوية): *mineral cement materials*

وهي مواد ناعمة كالبودرة تعطي عند خلطها بالماء عجينة لدنة، تتصلب وتتجمد تدريجياً بفعل العوامل الفيزيائية والكيميائية، الى أن تشكل مادة صلبة (الحجر الصناعي)، ويكون هذا التصلب بالهواء او تحت الماء.

* تدعى المواد الرابطة التي تتصلب بالهواء **بالمواد الرابطة الهوائية** *Nonhydraulic cement materials* كالجص والكلس الهوائي، والتي تتصلب في الماء والهواء معاً **بالمواد الرابطة المائية** *hydraulic cement materials* كالاسمنت والكلس المائي حيث تتمتع بقدرة عالية على الالتصاق.

❖ مصادر المواد لإنتاج مواد رابطة معدنية:

- تعتبر الصخور الطبيعية والمخلفات الصناعية المصدر الاساسي لإنتاج المواد الرابطة المعدنية،
- أولاً- الصخور الطبعية: ومن أهمها الصخور الكلسية الطرية، والصخور الغضارية، بالإضافة للصخور التالية:
 - ✓ الكبريتية: كالجص ...
 - ✓ الكربوناتية: كالكلس والحوار والرخام والدولوميت.
 - ✓ سيلكات الالمنيوم: نيفلين *nepheline*.
 - ✓ عالية الالمنيوم: بوكسيت $Al_2O_3 \cdot n H_2O$
 - ✓ المعدنية السيليكاية: رمل كوارتزي، رماد بركاني "بوزولانا" دياتوميت *diatomite*

والتي تحتوي على الأكاسيد التالية:

SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	FeO	MgO	SO_3	Na_2O	T_2O
---------	-----------	-------	-----------	-------	-------	--------	---------	--------

حيث تشكل مجموعة الأكاسيد عند اماقتها بالماء الروابط المعدنية.

- ثانياً- المخلفات الصناعية: ومن أهمها الحمأة، الرماد المتطاير، خبث الأفران.

◀ تصنف الروابط المعدنية وفق سرعة اخذها (بدء التجمد) الى:

1. روابط ذات تجمد سريع: حيث بدء الاخذ أقل من 8 دقائق
2. روابط ذات تجمد نصف بطيء: حيث يتراوح زمن الاخذ بين 8 و30 دقيقة
3. روابط ذات تجمد بطيء: حيث يتراوح زمن الأخذ بين 30 دقيقة و 6 ساعات.
4. وروابط ذات تجمد بطيء جداً: حيث يكون زمن الاخذ أكثر من 6 ساعات.

❖ ومن الاضافات المستخدمة للتحكم بزمن الاخذ:

1. منشطات سطحية: اضافات محبة للماء، واطافات كارهة للماء
2. مسرعات التصلب: حمض كلور الماء HCl
3. مبطنات التصلب: جص ثنائي الماء $CaSO_4 \cdot 2H_2O$
4. ملدنات *Plasticizers*: وتعرف بأنها مذيب عضوي غير طيار يشكل هلاماً مع المادة المستخدمة، ويستخدم لتحسين خواص تشكل المادة الخام مثل البنتونيت.

❖ آلية الحصول على المواد الرابطة المعدنية:

بعد تحضير المواد الخام من المقالع وانجاز عملية الخلط والطحن، تتم المعايرة وتصحيح النسب الداخلة. ثم يساق الخليط الى الافران المخصصة لتتم عملية الشوي والمعالجة الحرارية، حيث تبدأ المواد (المزيج) بفقد الماء الحر (غير المرتبط كيميائياً)، وبعد انتهاء مرحلة التبخر للماء ومع ارتفاع درجة الحرارة يبدأ بنزع الماء المرتبط كيميائياً حيث تتفكك وتتحلل الاكاسيد الأساسية، كل وفق درجة الحرارة الخاصة به. مع زيادة واستمرار المعالجة الحرارية تبدأ التفاعلات الكيميائية للأجسام الصلبة ويتبدل التركيب الكيميائي للخامات، حيث يترافق ذلك مع زيادة القدرة الحركية للجزيئات المكونة لها، وبالتالي مع ازدياد النشاط والقدرة الحركية لجزيئات العناصر، تنتشط السطوح الخارجية وتبدأ بالارتباط ببعضها مكونة بذلك عناصر ومواد جديدة، وكان كل هذه العناصر والجزيئات (للعنصر الواحد) تراجع وتارتدت للشبكة البلورية الاساسية لها، وأصبحت قادرة على أن تتحد وتلتصق مع أي بلورة أو جزيئة مجاورة لها لتشكل بذلك مركب جديد، ومع ارتفاع درجات الحرارة (الشوي) تتحول للطور السائل وتبدأ التفاعلات الكيميائية والتحويلات الفيزيائية، مشكلة منتج جديد بصفات وخصائص جديدة، وبعد أن يتم التبريد والطحن نحصل على مادة ناعمة تدعى المادة الرابطة المعدنية. نستطيع بزيادة الطحن أن نزيد النعومة، وبالتالي زيادة السطح النوعي للمادة (المنتج الجديد)، مما يسمح بتسهيل عمليات الانحلال بالماء، وتسريع التفاعلات الكيميائية، وبالتالي تسريع التصلب وتشكيل مركبات مادة جديدة.

أولاً- الروابط المعدنية الهوائية:

⌘ 1- الجص *Gypsum*

تعتبر الصخور الجصية الطبيعية المادة الخام الاساسية لإنتاج المواد الرابطة الجصية، والتي تتواجد في الطبيعة كحجر معدني كبريتي يحتوي على مينرالات الجص ثنائي الماء، وتعد كبريتات الكالسيوم المائية $CaSO_4 \cdot H_2O$ العنصر الاساسي المكون لها.

حيث تفقد ماء التبلور جزئياً أو كلياً وذلك بالتسخين والمعالجة الحرارية المطلوبة ضمن الأفران الدوارة، فعند درجات حرارة تصل بين 130 و 150 درجة مئوية تعطي الجص نصف المائي:



- بالقيام بعملية التبريد والطحن المناسبة نحصل على المادة الرابطة المعدنية الجصية ذات التصنيف β والتي نحصل عليها باستخدام الأفران الدوارة المفتوحة والمتصلة مع الهواء والضغط الخارجي بحيث تسمح للماء المحرر أن يتبخر على شكل بخار ساخن.
- أما في حالة المعالجة بالأفران المغلقة بشكل محكم ودرجات حرارة 100 – 95 درجة مئوية وتحت ضغط جوي يتراوح بين 0.15 – 0.3، ومع ازدياد درجات الحرارة والضغط الجوي داخل الأفران يزداد ضغط البخار ويتعذر تبخر الماء المرتبط بشكل حر، فيتم عندها نزع الماء المرتبط كيميائياً على شكل قطرة سائلة مشكلة بذلك جص نصف مائي من التصنيف α .

مما يؤدي لاختلاف في تركيب البنية البلورية بين الصنفين α و β ، وبالتالي اختلاف الصفات الفيزيائية للمنتج الجديد حيث تكون الكثافة:

الكثافة ρ	$\alpha = 2.72 - 2.75$	$\beta = 2.62 - 2.65$
----------------	------------------------	-----------------------

بناء عليه يتم تصنيف الجبس إلى:

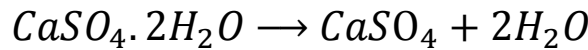
الجبس البنائي: ينتج من المعالجة الحرارية لمطحون ثنائي الماء، ثم طحن الجبس β بشكل ناعم للتخلص من البلورات الصغيرة التي قد تتشكل عند الخروج من الفرن، تبلغ مقاومة الجبس البنائي $2 - 16 Mpa$.
حصى التشكيل (القولية): ينتج من زيادة الطحن للجبس البنائي وبالتالي زيادة السطح النوعي مما يكسبه مقاومة أعلى ويساعد في استخدامه للقولية.

حصى عالي المقاومة: ينتج من الطحن الناعم للجبس α مع إضافة بعض المواد للأوتوكلاف (محاليل مائية لبعض الأملاح $CaCl_2$) حيث تعطي عند امهته وتصلبه منتج ذو مقاومة عالية $20 - 25 Mpa$.

أيضا يمكن تصنيف الجبس وفقاً لسرعة الأخذ:

1. جبس سريع التصلب. $2 - 15 min$
2. جبس عادي التصلب. $6 - 30 min$
3. جبس بطيء التصلب. $20 min - unlimite$

- عند استخدام أفران ذات درجات حرارة أعلى من 200 درجة مئوية، قد تصل إلى 950 درجة مئوية، نحصل على أنواع الجبس اللامائي (الانهدرت، استرخ جبس)



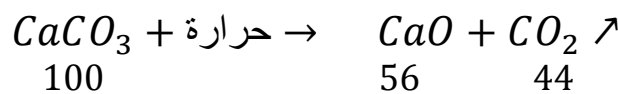
وهو ذو كلف عالية ويستخدم لأغراض صناعية ويكون ذو مقاومة تصل إلى $10 - 20 Mpa$.

- إن تعدد التصنيفات والأنواع للجبس المنتج، وأيضاً اختلاف نسبة كبريتات الكالسيوم في المادة الخام، يفسح المجال أمام استخدامات متعددة له:
الجدران والقواطع الداخلية، مواد إكساء والديكورات، تشطيب (دهان) أسطح الجدران، مواد رابطة للأحجار والبلاط (مونة رابطة)، عناصر ماصة للصوت والحرارة والنار....
ولكن تبقى هذه الاستخدامات مشروطة بعدم تجاوز الرطوبة للجو المحيط على 70% ، وفي حال التماس المباشر للمنتج الجصي مع الرطوبة يلزم حينها معالجة السطح بمواد طاردة للمياه أو إضافة مواد كارهة للماء بشكل مباشر للمنتج أثناء الخلط.

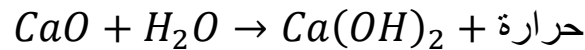
⌘ 2- الكلس الهوائي *Nonhydraulic lime*

يوجد في الطبيعة الحجر الكلسي مثل الحوار، الحجر الكلسي إدولوميتي الحاوي على نسبة غضار لا تتجاوز ال 6% والذي يعتبر المادة الأساسية لإنتاج الكلس.

حيث يتم الحرق ضمن أفران على شكل نفق، زوبعة حلزونية أو دائرية اسطوانية ذات طبقات ساخنة أو على شبكات تجميعية، وبعد الشوي نحصل على الكلس الحي، أو نسميه الكلس الفوار (غير المطفأ) على شكل قطع، وفق التفاعل التالي: بدراسة الأوزان الذرية نجد:

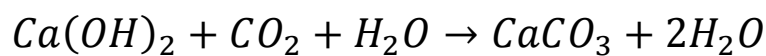


الكلس الحي الناتج يجب تحويله الى مسحوق ناعم، ويتم ذلك بإطفائه بالماء، حيث يتم إضافة الماء وتحويله إلى ماءات الكالسيوم (هيدروكسيد الكالسيوم) أي يتحول إلى كلس مطفأ بعد انحلاله بالماء وفق التفاعل التالي:



عند تفاعله مع الماء يتشكل بالفوارن منتج ذو مسامية عالية مع تحرير كمية كبيرة من الطاقة (تفاعل ناشر للحرارة) وهذا ما يسمى إطفاء الكلس، حيث يلزم لذلك 32% من وزنه ماء، لكن ونظراً لتحول جزء كبير من الماء لبخار أثناء التفاعل فيتطلب ذلك زيادة النسبة لحدود 80%. ويدخل البخار المنطلق بإعادة التفاعل محولاً كتل الكلس إلى جزيئات ناعمة وصغيرة (مسحوق) وبسطح نوعي عالي. تلعب كمية الماء المستخدمة لإطفاء الكلس دوراً بنوع المنتج حيث يتدرج من مسحوق رخو كلسي عند النسبة 1/1 إلى أن نحصل على عجينة كلسية عند النسبة (ماء) 1/3 (كلس) ومتوافقة مع ازدياد في الحجم الناتج.

تعتبر ماءات الكالسيوم (الكلس المطفأ) مركب غير مستقر في الماء (أي يمكن أن ينحل بالماء)، ولكنه يستطيع أن يتصلب ببطء في الهواء (بفعل الكربنة) أي بوجود غاز ثنائي أكسيد الكربون وفق التفاعل التالي:

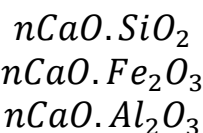


إن تصلب الكلس المطفأ يتم ببطء (بداية ونهاية أحده) وتكون مقاومته ضعيفة ومنخفضة، لذلك ينحصر استخدامه بمجالات المونة وربط الأحجار والبلاط، كما يستخدم أيضاً في مجالات صناعية كصناعة الورق، وأيضاً المجالات الزراعية لمعالجة عيوب الترب الزراعية.

ثانياً- الروابط المعدنية المائية

⌘ 1- الكلس المائي Hydraulic lime

ينتج من شوي الأحجار الكلسية المارلية الحاوية على كمية من الغضار تتراوح بين 20% - 6 ضمن أفران بدرجة حرارة بين 900 - 1100 درجة مئوية، حيث يتفك بداية الغضار للأكاسيد الأساسية المكونة له ($Al_2O_3 - Fe_2O_3 - SiO_2$) ثم تتحد هذه الأكاسيد مع ناتج شوي الحجر الكلسي CaO مشكلة المينرات التالية:



والتي يمكن أن تتصلب بالهواء والماء معاً، مشكلة حجر صناعي صلب بعد أن يتميه بالماء، كما ويتبقى كمية من أكسيد الكالسيوم CaO بشكل حر في الكلس المائي، ينزع إلى الإطفاء بتأثير الماء مثل الكلس الهوائي، ويتحدد نوع وشكل التصلب من كمية أكسيد الكالسيوم الحر، فكلما قلت هذه الكمية كانت إمكانية التصلب في الماء أفضل، مما يستدعي أحياناً أن يبدأ الكلس بتصلبه بالهواء ثم يتابع تصلبه بالماء.

يتميز الكلس المائي بالنعومة والمتانة إذ يصل بعمر 28 يوم لـ $2Mpa$ ويستخدم بأعمال المونة البنائية.

⌘ 2- الاسمنت البورتلاندي Portland Cement: سوف نتكلم عنه في الدرس القادم.

انتهت المحاضرة