Concrete Technology I

تكنلوجيا الخرسانة 1

Lecture 4 : Hydration of Portland Cement

Dr. Ahmed A. Ahmed

Al-Mustansiriyah University

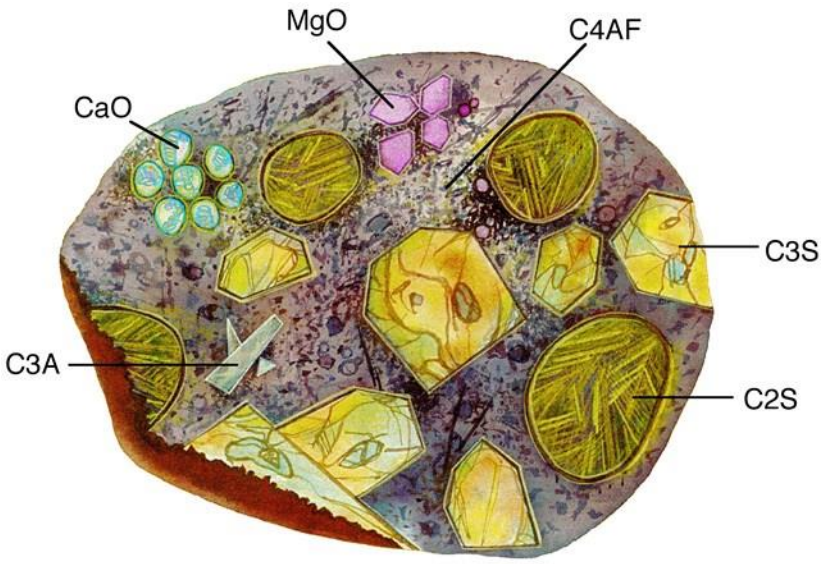
College of Engineering - Civil Engineering Department

Learning Outcomes

في هذه المحاضرة سنتعرف على:

- ❑ اماهة الاسمنت البورتلاندي Cement Hydration
- ❑ تفاعلات الاماهة Reactions of Hydration
- ❑ نواتج الاماهة Products of Hydration
- ❑ تحديد تقدم إماهة الأسمنت
- ❑ المسامات الشعرية Capillary Pores

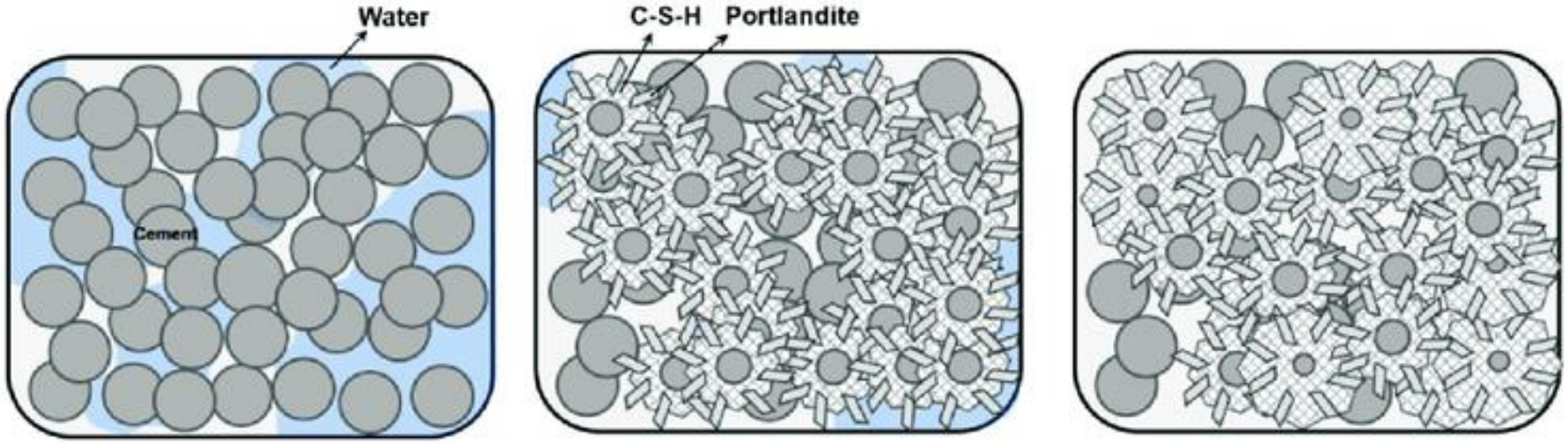
في المحاضرة السابقة



- C_3S (alite) : اكتساب القوة السريع - يساهم بشكل أساسي في القوة في سن مبكرة (على سبيل المثال ، 3-7 أيام)
- C_2S (belite) : اكتساب بطيء للقوة - يساهم بشكل أساسي في القوة على المدى الطويل
- C_3A (aluminate) : معدل التفاعل مرتفع ؛ يستخدم الجبس بشكل عام لإبطاء تفاعل الماء ؛ مسؤول عن الإعداد (فقدان السيولة) والإعداد (التصلب)
- C_4AF (ferrite) : مسؤول عن اللون الرمادي للأسمنت.

اماهة الاسمنت البورتلاندي Cement Hydration

الاماهة هي سلسلة التفاعلات التي تحصل من عند خلط الاسمنت البورتلاندي مع الماء والتي بموجبها يكون الاسمنت مادة رابطة حيث تتفاعل المركبات الرئيسية للاسمنت مع الماء و تتحول نواتج عملية الاماهة الى كتلة متينة وصلبة تعرف بعجينة الاسمنت المتصلبة Hardened Cement Paste او HCP

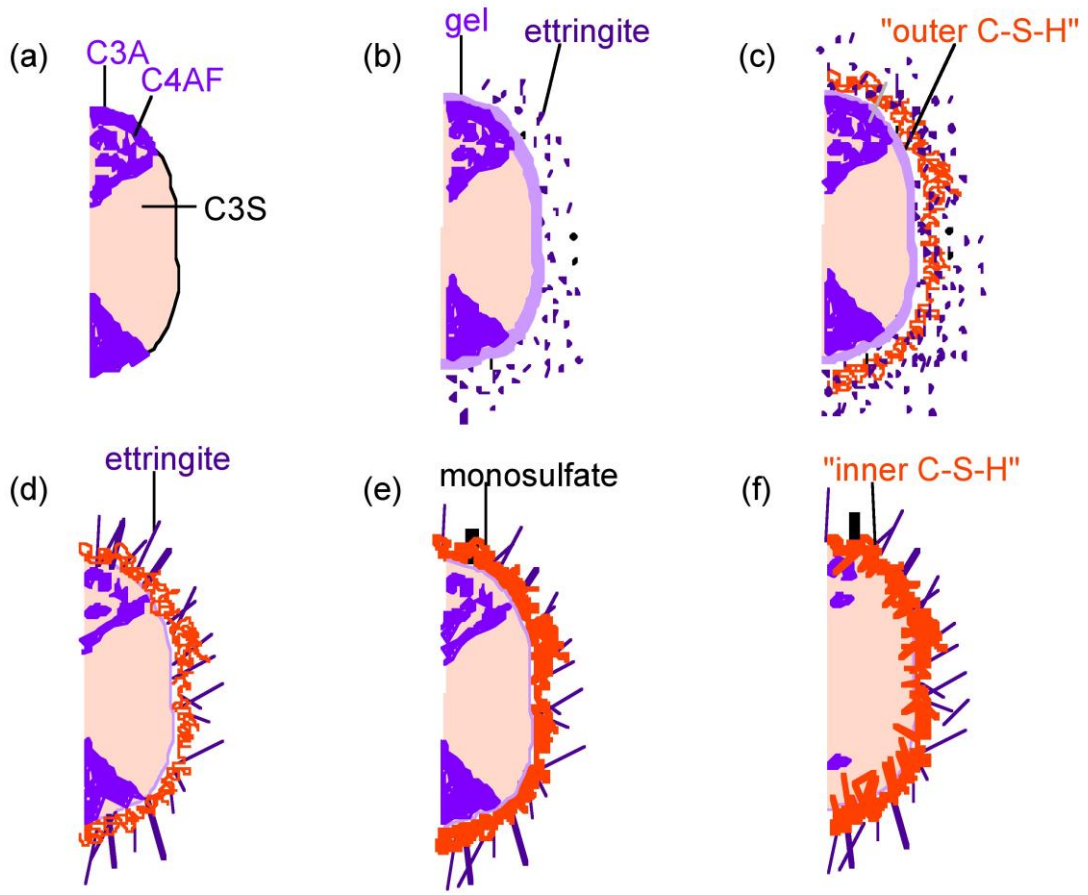


تفاعلات الاماهة Reactions of Hydration

هنالك نوعان من تفاعل مركبات الاسمنت مع الماء:

- النوع الاول والذي يعتبر التفاعل الحقيقي لعملية الاماهة المباشرة لجزيئات الماء الى الاسمنت
- النوع الثاني هو التحلل بالماء و تتضمن اماهة المركبات الاساسية سيليكات ثلاثي الكالسيوم C_3S و سيليكات ثنائي الكالسيوم C_2S و ألومينات ثلاثي الكالسيوم C_3A و الومينات حديد رباعي الكالسيوم C_4AF

Reactions of Hydration تفاعلات الاماهة

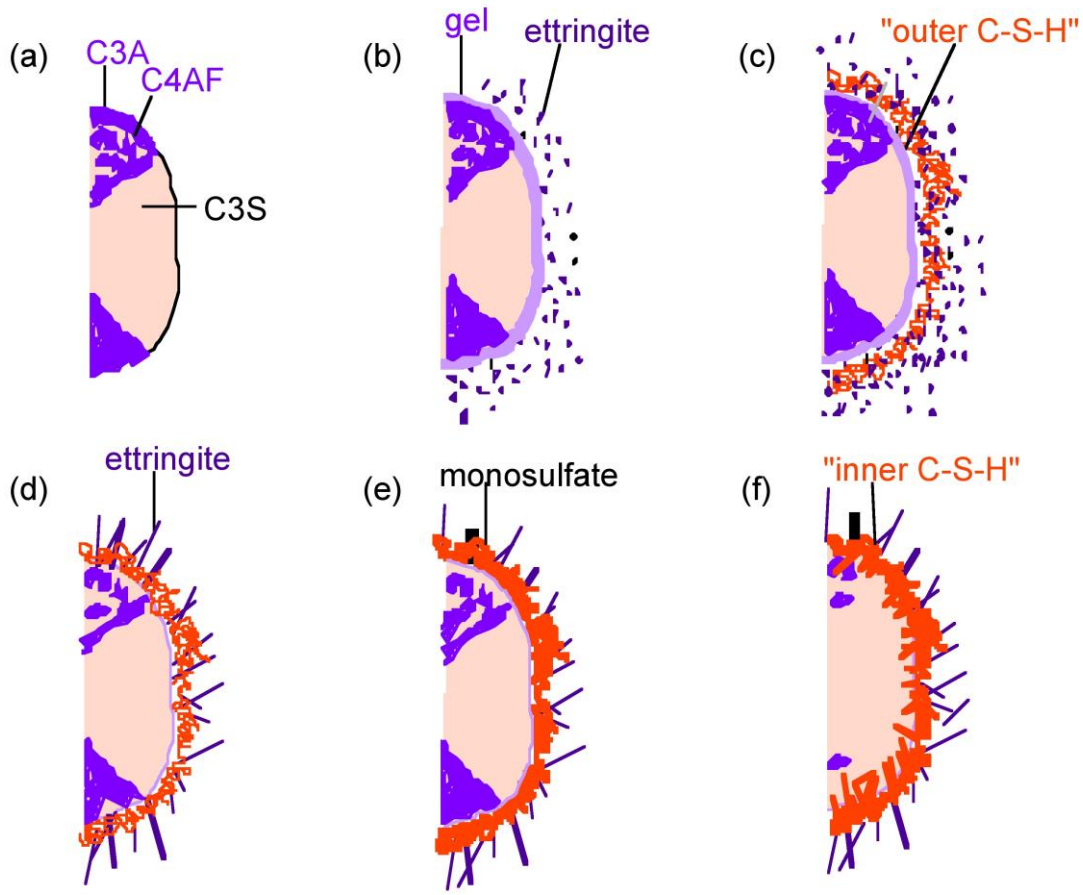


C_3S and C_2S

- تختلف سرعة الاماهة للمركبين C_2S و C_3S اختلاف كبيرا في حالتهما النقية. وعند وجود مركبات مختلفة في الاسمنت فان معدل الاماهة سوف يتأثر نتيجة لتفاعل هذه المركبات وفي حالة أنواع السمنت التجارية تكون سيليكات الكالسيوم حاويه في الواقع على كميات قليله من بعض شوائب الاكاسيد المتواجدة في الكلنكر.

- كلاهما يتفاعل مع الماء لتكوين سيليكات الكالسيوم المائية او جل الاسمنت **(C-S-H)** وهيدروكسيد الكالسيوم ويسمى البورتلندايت **(CH)**

Reactions of Hydration تفاعلات الاماهة



C_3A

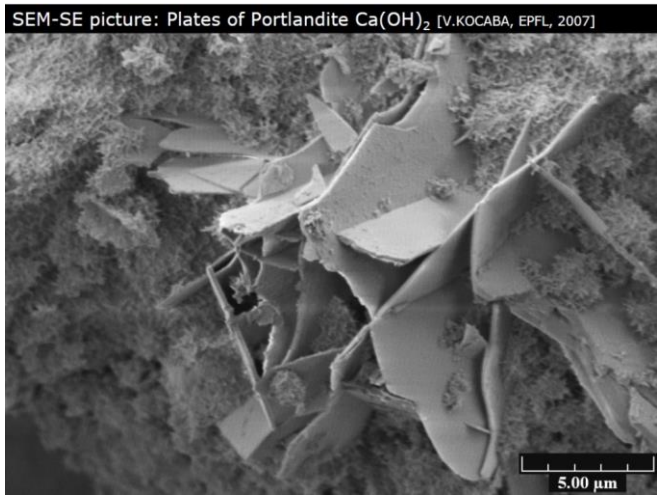
- يكون تفاعل إل C_3A النقي مع الماء شديد جدا كما يؤدي ذلك التفاعل إلى تصلب مباشر **HCP** وهو ما يعرف بالتجمد الفوري **Flash Set**
- إن كمية **(C_3A)** المتواجدة في غالبية أنواع السمنت تكون قليلة نسبيا ولكن سلوكها وعلاقة بنيتها مع الأطوار الأخرى للاسمنت تجعل منها مادة ذات أهمية حيث يتفاعل C_3A مع ال **C-S-H** لانتاج **Ettringite (Aft)** وكذالك يتفاعل مع **CH** لانتاج **Monosulfate (Afm)**

C_4AF

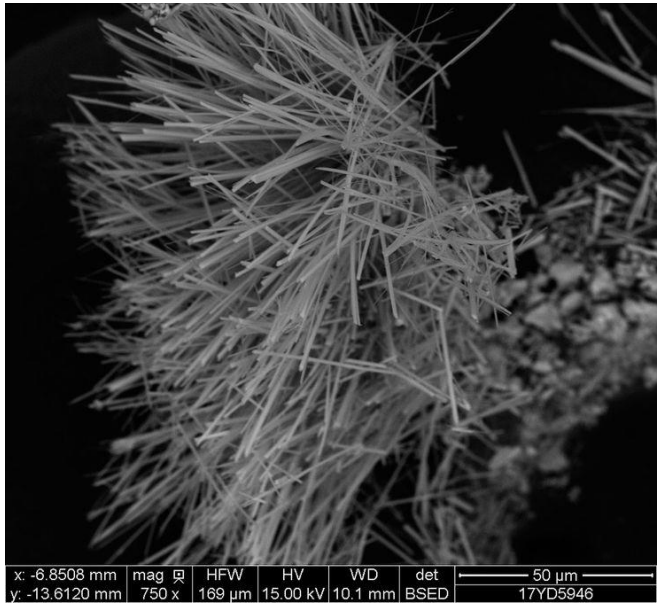
- المركب لا يؤثر على عجينة الاسمنت ولكنه يتفاعل مع الجبس ليكون سلفوفرين الكالسيوم الذي يعجل بعملية الاماهة

Reactions of Hydration تفاعلات الاماهة

Scanning Electron Microscopy



CH and C-S-H



Ettringite

Reactions of Hydration تفاعلات الاماهة

Property	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
معدل التفاعل	سريع	بطيء	أسرع	سريع
الحرارة الناتجة لكل وحدة مركبة	كثير	قليل	معظم	أكثر
عند المقاومة المبكرة	جيد	ضعيف	جيد	ضعيف
عند المقاومة المتأخرة	جيد	جيد	ضعيف	ضعيف

Products of Hydration نواتج الاماهة

مواد الصلبة

- ✓ C-S-H
- ✓ CH
- ✓ Ettringite
- ✓ Monosulfate hydrate
- ✓ بقايا الأسمنت غير المتفاعلة

فراغات

- ✓ الهواء المحبوس (< 1 مم)
- ✓ الهواء المغمور (75-500 ميكرومتر)
- ✓ المسامات الشعرية (الماكرو ← ميسو)
- ✓ الفراغات البينية
- ✓ المسامات المايكروية

جل الماء

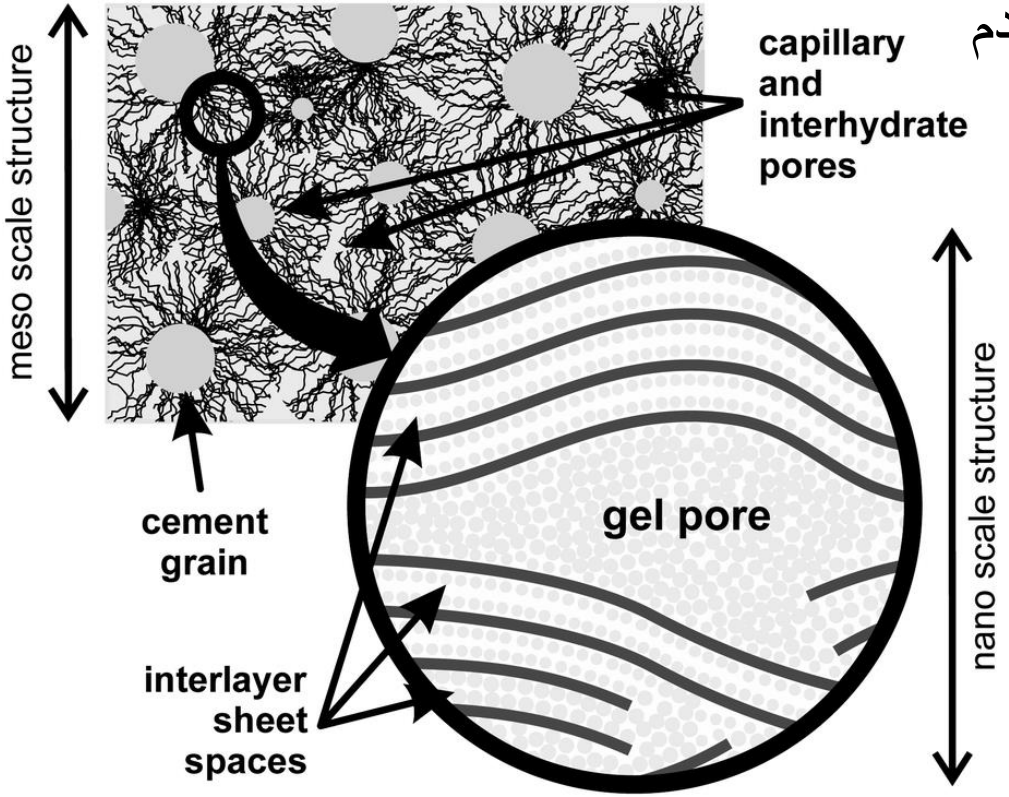
- ✓ ماء المسامات الشعرية
- ✓ الماء الممتز
- ✓ ماء الفراغات البينية
- ✓ ماء متركب كيميائياً
- ✓ ماء حر

تحديد تقدم إماهة الأسمنت

يمكن تحديد تقدم إماهة الأسمنت بطرق مختلفة مثل:

- قياس كمية $Ca(OH)_2$ في العجينة الاسمنتية.
- قياس حرارة الاماهة.
- الجاذبية النوعية للعجينة الاسمنتية
- كمية المياه المركبة كيميائيا
- كمية الإسمنت غير المتميه اي الغير متفاعلة مع الماء
- قوة العجينه الاسمنتية المتميئة

المسامات الشعرية Capillary Pores



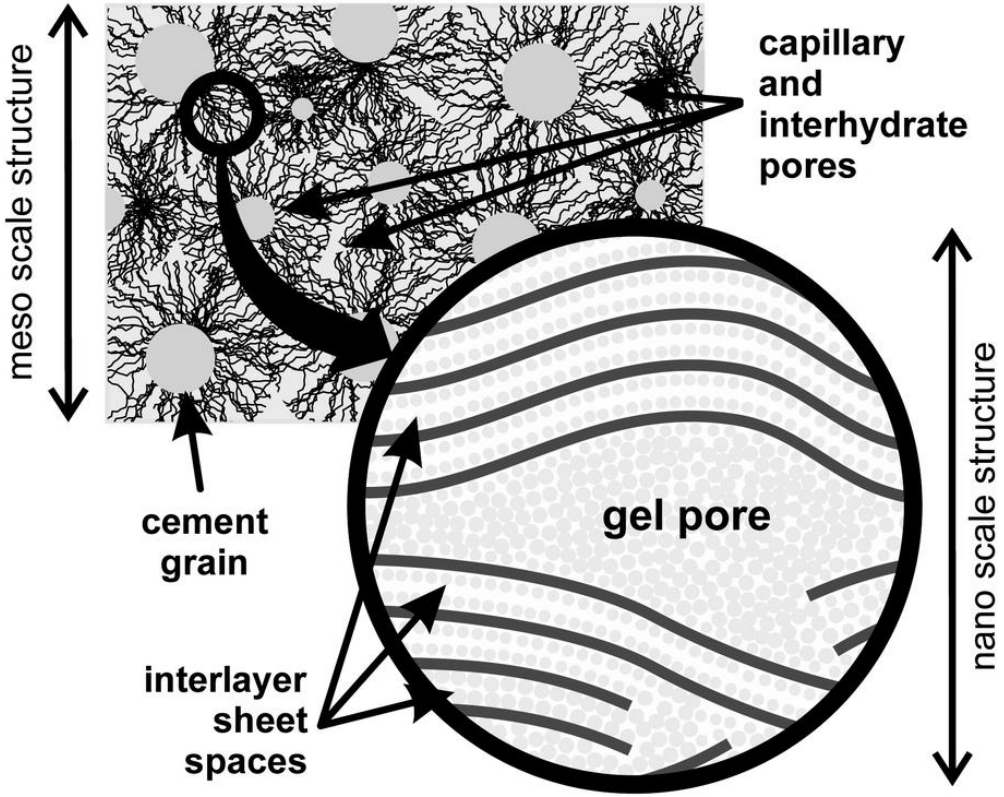
المسامات الشعرية : هي ذلك الجزء لم يملاء بنواتج عملية الاماهة من الحجم الكلي المتوفر. ويقل حجم هذه المسامات بتقدم عملية الاماهة . وتعتمد المسامية الشعرية للعجينة على :

- نسبة الماء الى السمنت في الخلطة
- درجة الاماهة للعجينة الإسمنتية

مسامات الجل Gel pores :

عبارة عن فراغات خلالية مترابطة فيما بين حبيبات الهلام

المسامات الشعرية Capillary Pores



خواص المسامات الشعرية

- لا يمكن رؤية المسام الشعرية بشكل مباشر ولكن تم تقدير حجمها الوسطي بحوالي 1.3 ميكرومتر. في الواقع ، يختلف حجم المسام في عجينة الأسمنت المتميئة بشكل كبير. تحتوي عجينة الأسمنت على عدد قليل من المسام أكبر من 1 ميكرومتر مع معظم المسام أصغر من 100 ميكرومتر.
- المسام الشعرية مسؤولة بشكل رئيسي عن نفاذية عجينة الأسمنت المتصلبة.
- يتم توزيع المسام الشعرية بشكل عشوائي في جميع أنحاء عجينة الأسمنت.

شكر الجميع على الحضور