# Concrete Technology I

# تكنلوجيا الخرسانة 1

## Lecture 5 : Heat of Cement Hydration

Dr. Ahmed A. Ahmed

Al-Mustansiriyah University

College of Engineering - Civil Engineering Department

# Learning Outcomes

في هذه المحاضرة سنتعرف على:

- ❑ حرارة اماهة الاسمنت Heat of Hydration
- ❑ مراحل الانبعاث الحراري Heat Evolution Satges

# في المحاضرة السابقة

## مواد الصلبة

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

## فراغات

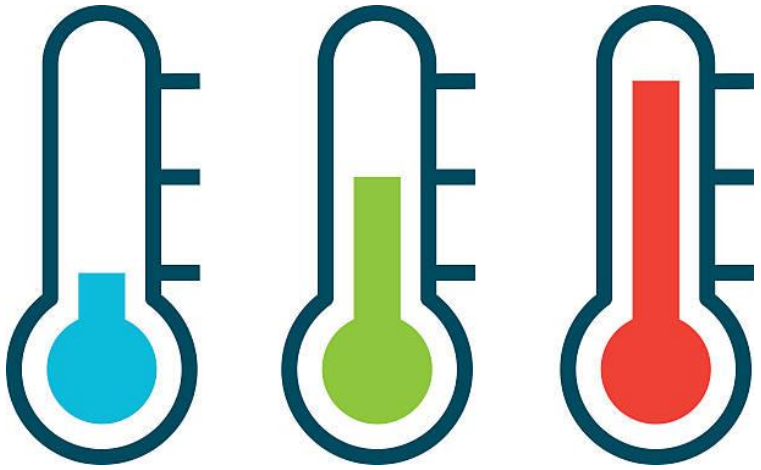
- ✓ الهواء المحبوس (< 1 مم)
- ✓ الهواء المغمور (75-500 ميكرومتر)
- ✓ المسامات الشعرية (الماكرو ← ميسو)
- ✓ الفراغات البينية
- ✓ المسامات المايكروية

## جل الماء

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

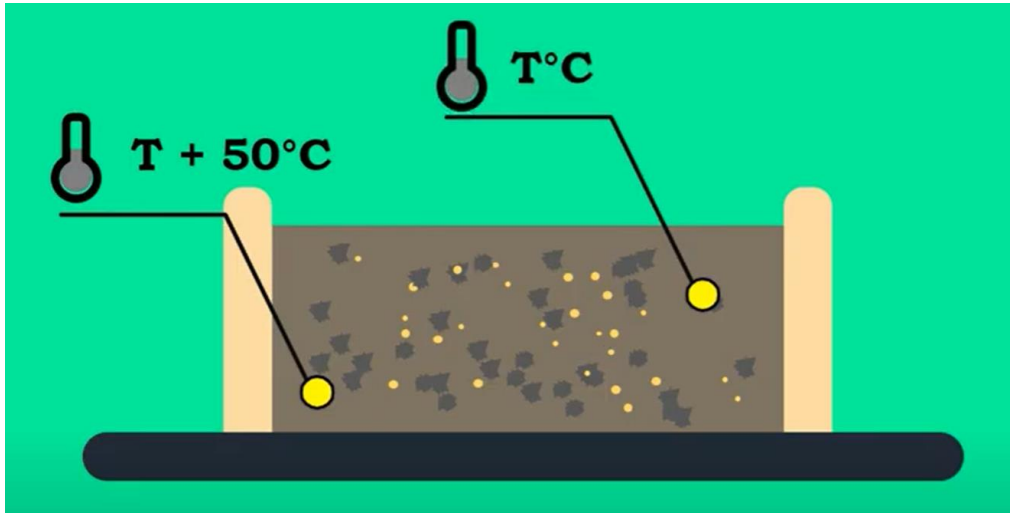
# حرارة اماهة الاسمنت Heat of Hydration

- حرارة اماهة الاسمنت هي الحرارة الناتجة من تفاعل الأسمنت مع الماء
- الحرارة المنبعثة من التفاعل شديدة جداً التفاعلات الاماهة الكيمياوية باعثة للحرارة (exothermic) ولغاية (500 جول ) للغرام الواحد

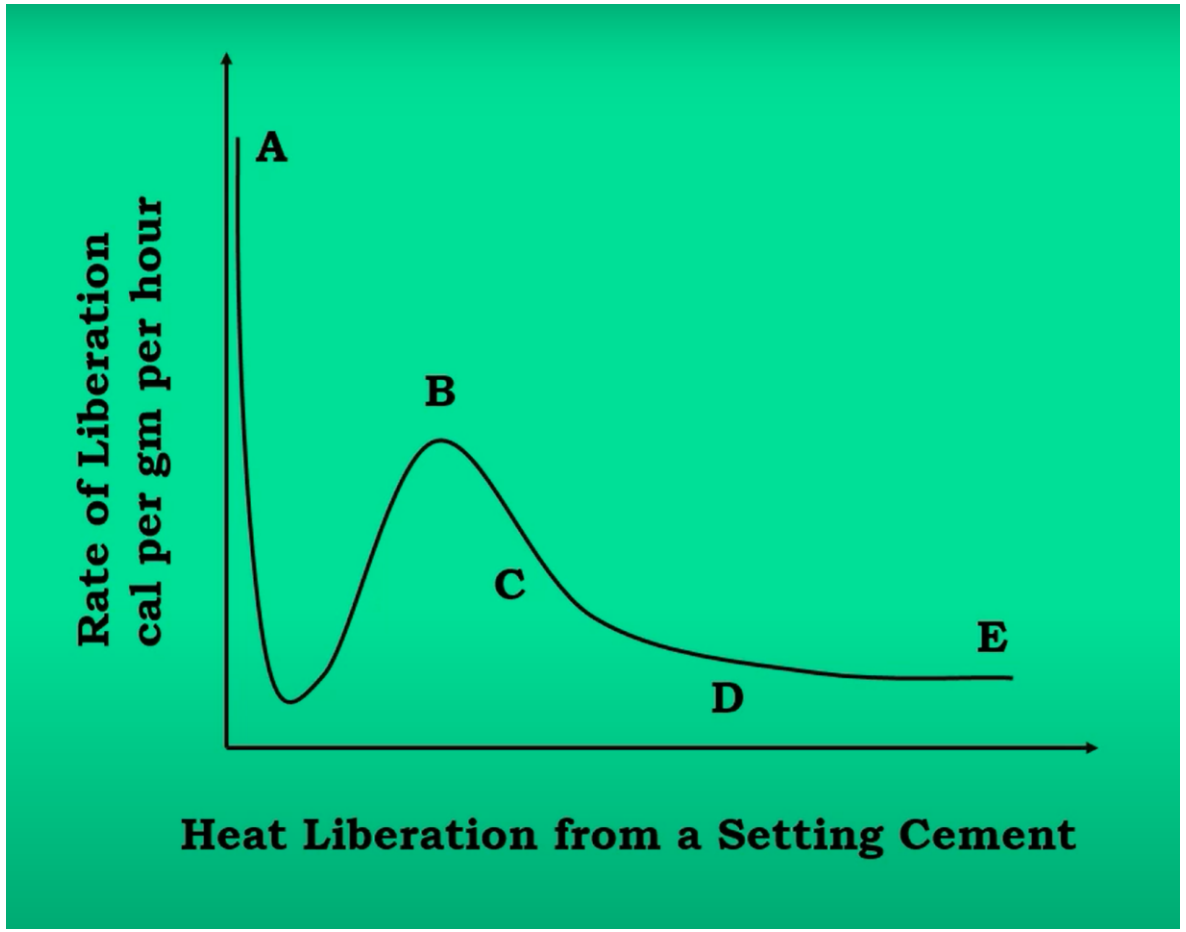


# حرارة اماهة الاسمنت Heat of Hydration

- إن موصلية الخرسانة منخفضة نسبيا فإنها تعمل كعازل ولذلك يمكن إن تؤدي الاماهة بداخل كتلة خرسانية كبيرة إلى ارتفاع كبير بدرجة الحرارة
- يفقد السطح الخارجي لتلك الخرسانة بعض الحرارة وذلك ما قد تؤدي إلى حدوث تدرج حاد لدرجات الحرارة, وأثناء التبريد اللاحق للجزء الداخلي من تلك الخرسانة قد تحصل تشققات خطيرة فيها تؤدي الى فقدان متانة الخرسانة

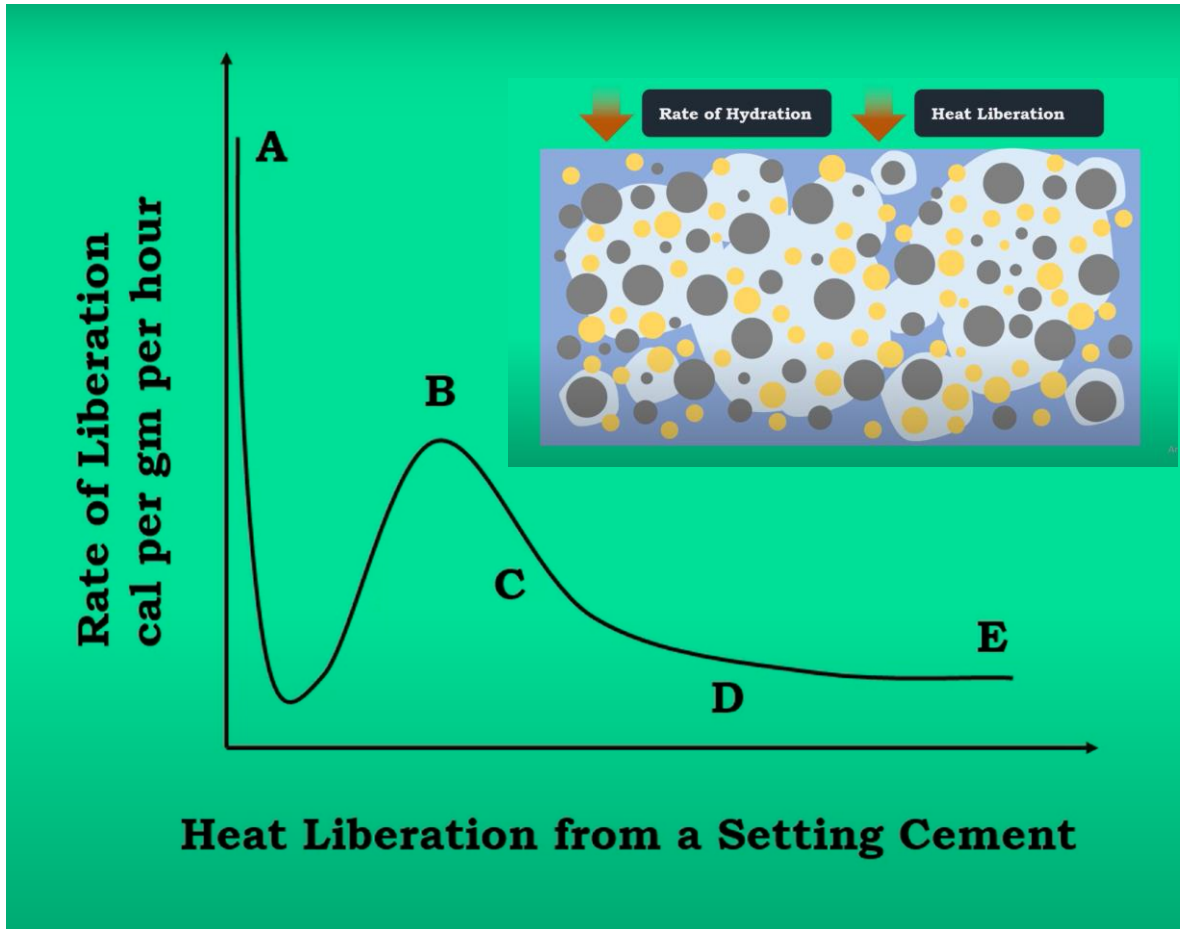


# Heat of Hydration حرارة اماهة الاسمنت




- عند خلط الأسمنت بالماء (peak A) ، يحدث تطور سريع للحرارة ويدوم لبضع دقائق بسبب تفاعل $C_3A$. (15-20 دقيقة)
- يتوقف هذا التطور الأولي للحرارة بسرعة عندما يتم تثبيط تفاعل $C_3A$ بالجبس (تناقص peak A)

# Heat of Hydration حرارة اماهة الاسمنت




- تطور الحرارة التالي هو بسبب تكوين Ettringite وقد يكون أيضًا بسبب تفاعل $C_3S$ peak B
- بعد تفاعل غالبية مكونات الاسمنت تبدأ الحرارة بالانخفاض بشكل نسبي curve C

# حرارة اماهة الاسمنت Heat of Hydration

| Chemical Compound | Heat of Hydration at the Given Age (cal/g) | | |
|---|---|---|---|
| | 3 days | 90 days | 13 yrs |
| $C_4AF$ | 58 | 104 | 122 |
| $C_3A$ | 12 | 42 | 59 |
| $C_3S$ | 212 | 311 | 324 |
| $C_2S$ | 69 | 98 | 102 |

- المركبات الاساسية الاربعة للاسمنت تتميأ بمعدلات مختلفة ويؤدي ذالك الى تتحرر كميات مختلفة من الحرارة.
- كمية السمنت في الخلطة تؤثر على كمية الحرارة المنبعثة ، حيث كلما تزداد كمية الاسمنت في الخلطة تزداد كمية الحرارة المنبعثة
- تؤثر نعومة الأسمنت أيضًا على معدل تطورالحرارة ولكن ليس الحرارة الكلية.
- الكمية الإجمالية للحرارة المتولدة اثناء الاماهة تعتمد على الكميات النسبية من المركبات الرئيسية الموجودة في الأسمنت.

# مراحل الانبعاث الحراري Heat Evolution Satges

## يمكن تحديد مراحل الانبعاث الحراري كالتالي:

- المرحلة 1 هي حرارة الاماهة أو التحلل المائي الأولي (<15 min): تفاعل aluminates مع الماء لبدء تكوين ال Ettringite
- المرحلة 2 هي فترة خاملة وتعرف أيضًا باسم فترة الاستقراء (2-4 hours): تحلل silicates(alite and belite) مع الماء
- المرحلة 3 عبارة عن تفاعل مائي معجل (2-4 hours): تكون CH and CSH واكمال تكون ال Ettringite
- المرحلة 4 هي تباطؤ في الاماهة (several hours): تنخفض الحرارة ويبدأ ال CH and CSH بتقييد الاسمنت المتبقي من النفاعل مع الماء
- المرحلة 5 هي اماهة بطيئة وثابتة (Several years): يستمر تفاعل ال belite بشكل بطئ الذي يؤدي الى زيادة كمية ال CH and CSH في الكتلة الكونكريتية و زيادة صلابتها

ANY
QUESTIONS?

شكرا
لجميع
على
الحضور