

Chaleur d'hydratation

1. Introduction

Les réactions du liant Portland en présence d'eau ou "hydratation" produisent des composés hydratés qui permettent de lier les différentes particules de liant et de granulat ce qui confère au béton ces qualités de résistance mécanique. Ces réactions s'accompagnent d'effets secondaires qui peuvent produire des dégradations du matériau lorsqu'ils ne sont pas pris en compte. L'un de ces effets est la chaleur dégagée lors de ces réactions d'hydratation dont la grandeur dépend de la composition du liant. La dynamique des réactions d'hydratation va dépendre de nombreux facteurs tels que finesse de mouture, composition, ajout d'éléments secondaires (gypse par exemple). Ces propriétés liées aux réactions d'hydratation doivent permettre de pouvoir travailler le produit béton jusqu'à sa mise en forme. Elles doivent aussi permettre au produit de durcir dans un temps suffisamment court pour pouvoir poursuivre les travaux de construction.

Les réactions exothermiques peuvent engendrer des dégradations lors du refroidissement du béton telles que fissures de retrait thermique lors de refroidissement trop rapide, fissures aux interfaces entre ancien et nouveau béton (reprise de bétonnage). Ce risque de fissure peut aussi être du à un retrait lors de la prise du liant. Les réactions du liant consomment une partie de l'eau de gâchage et cette perte peut entraîner des forces capillaires produisant un retrait de la pâte de liant que l'on nomme retrait d'autodessiccation. A plus long terme le séchage du béton, c'est-à-dire la perte du résidu d'eau jusqu'à l'équilibre entraîne aussi du retrait de séchage. L'ensemble de ces retraits produits selon les conditions un risque de fissuration de l'objet construit.

La chaleur dégagée est particulièrement importante pour les ouvrages massifs, tels que les barrages. La température à l'intérieur des grandes masses de béton peut augmenter de plus de 50°C par rapport à la température du béton lors de sa mise en place. Le retrait est la principale cause des fissures qui peuvent apparaître dans les bétons de grande masse. Le retrait thermique se produit lorsque la température baisse. Pour éviter une augmentation de température trop importante, on peut refroidir artificiellement le béton à l'aide de tuyaux noyés dans la masse et dans lesquels on fait circuler de l'eau froide. D'autre part, on peut également utiliser des liants spéciaux à basse chaleur d'hydratation. Des exemples d'augmentation de température d'éléments en béton sont donnés à la figure 1.

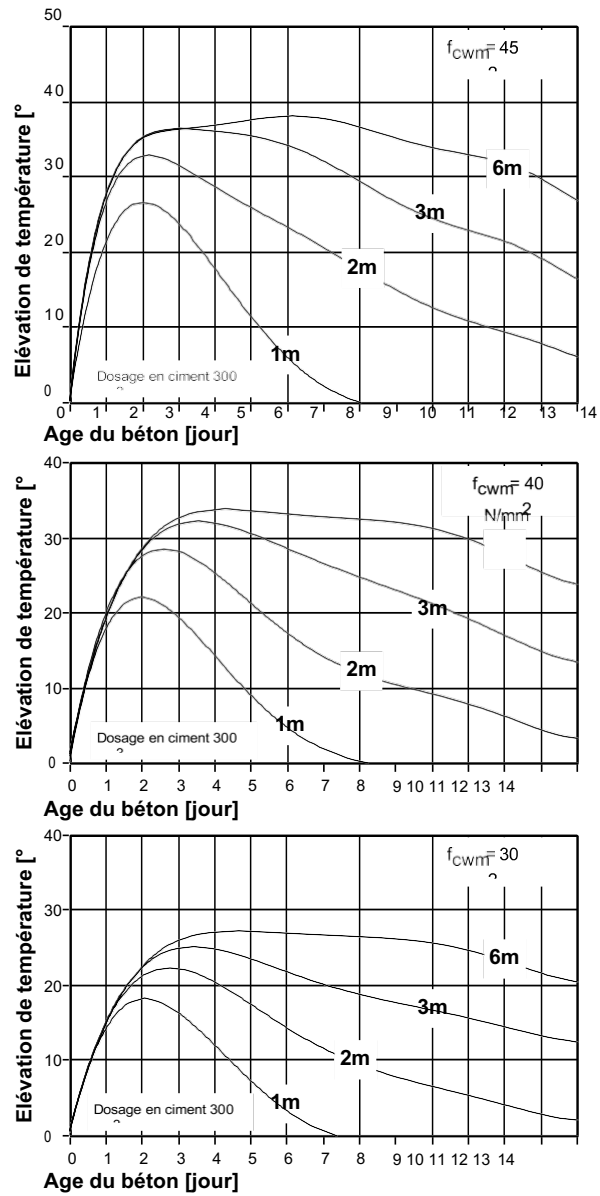


Figure 1: Variation de la température au cœur d'éléments en béton de différentes épaisseurs, pour 3 différentes qualités de béton

2. Objectif

Le but de la séance consiste à définir par deux différentes méthodes expérimentales, parmi deux liant, lequel dégagera le plus de chaleur lors de son utilisation.

3. Méthodes expérimentales

3.1. Fabrication de mortier et mesure de l'étalement

a) Fabrication du mortier normal

Composition :

- sable CEN 1350g
- liant 450 g
- eau 225 g

Mélanger d'abord eau et liant durant 30 s à 140 t/min, ajouter le sable rapidement et malaxer durant 60 s à 280 t/min.

b) Mesure de l'étalement

Aussitôt après la fabrication du mortier :

- Remplir le cône en laiton soigneusement sur la table à secousse ;
- Araser le trop plein et lisser la surface supérieure ;
- Supprimer tout excédent autour du cône ;
- Ôter le cône en laiton et appliquer 15 coups à la table à secousse avec une vitesse de 1 coup par seconde ;
- Mesurer et consigner deux diamètres perpendiculaires l'un à l'autre ;
- Observer le pourtour et la surface du la galette obtenue et noter toute remarque sur l'état de surface.

c) Mesure de la finesse de mouture – Essai Blaine

Principe de l'essai :

La finesse du liant est mesurée sous forme de surface massique en observant le temps mis par une quantité fixée d'air pour traverser un lit de liant compacté à des dimensions et une porosité spécifiées. Cette méthode est plus comparative qu'absolue.

La masse spécifique absolue du liant est admise égale à 3.15 g/cm³

Il est nécessaire d'obtenir un lit de liant de porosité $e = 0,500$, peser une quantité de liant, m_1 , calculée à partir de $m_1 = 0,500 \times \rho \times V$ en grammes (g)

où :

ρ est la masse volumique du liant en grammes par centimètre cube (g/cm³)

V est le volume du lit de liant en centimètre cube (cm³). Le volume recherché de la cellule est égal à 1.831 (cm³).

L'essai de perméabilité à l'air donne la surface spécifique S selon la formule suivante :

$$S = \frac{K}{\rho} \cdot \frac{\sqrt{e^3}}{(1-e)} \cdot \frac{\sqrt{t}}{\sqrt{10 \cdot \eta}}$$

Ou :

K est la constante de l'appareil égale à 28.06.

e est la porosité du lit

t est le temps mesuré en secondes (s)

ρ est la masse volumique du liant en grammes par centimètre cube (g/cm³)

η est la viscosité de l'air à la température de l'essai, extraite du Tableau 1, en Pascals.secondes (Pa.s)

avec la porosité spécifiée de $e = 0,500$ et la température d'essai de $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ la formule devient:

$$S = \frac{52.43 \cdot K \cdot \sqrt{t}}{\rho} \text{ (cm}^2\text{/g)}$$

Mode opératoire :

- Définir la masse nécessaire pour réaliser une porosité égale à 0.5 ;
- Placer un papier filtre sur la grille dans la cellule ;
- Peser la masse de liant et l'incorporer délicatement dans la cellule ;
- Tasser le liant avec le piston approprié ;
- Installer la cellule sur le système blaine ;
- Faire monter le niveau d'huile jusqu'à M1 ;
- Fermer le système ;
- Lancer le chronomètre lorsque le niveau d'huile arrive à M2 ;
- Arrêter le chronomètre lorsque le niveau d'huile arrive à M3 ;
- Le temps mesuré est la valeur utilisée dans la formule de calcul du Blaine.

4. Conclusion

Selon vous, en vous basant sur les deux essais que vous venez de réaliser, quel liant dégagera le plus de chaleur lors de son utilisation, expliquez pourquoi ?