

QUIZ 3 - Solution

Q1. Quels des composants suivants ne fait pas partie du clinker?

(d) Gypse

Q2. Quels des composants suivants contribuent au développement de la résistance du béton?

(c) C3S et C2S

Q3. Pourquoi le gypse est ajouté au clinker ?

(d) Ralentir la réaction du C3A

Q4. Hydratation est définie comme la réaction chimique entre:

(d) Toutes les réactions mentionnées auparavant

5. Quelles sont les matières premières du ciment? Décrivez la fabrication du ciment Portland.

Les matières premières du ciment sont le calcaire, l'argile, l'oxyde de fer (minerais de fer), le sable de silice et le schiste.

Les étapes de fabrication :

- 1- Chaque matière première est concassée puis stockée.
- 2- Toutes les matières premières sont broyées, pulvérisées et mélangées à sec.
- 3- Les matières sont préchauffées
- 4- Les matières sont ensuite chauffées (calcinées) à de très hautes températures d'environ 1450°C dans un four rotatif pour former le « clinker » (C_3S , C_2S , C_3A et le C_4AF).
- 5- Le clinker est refroidi et stocké.
- 6- Ensuite on fait l'ajout du gypse au clinker et ainsi les deux produits sont broyés et pulvérisés, ce qui forme le ciment.

Q6. Pourquoi on considère la résistance du béton à 28 jours?

Nous considérons la résistance du béton à 28 jours, car lors de l'hydratation du béton, il y a la formation de Silicates de Calcium Hydratés (CSH en anglais) qui donne la résistance au matériau. À 28 jours, la majorité des CSH ont été formés et le béton atteint alors entre 85% à 90% de sa résistance ultime. Ainsi, même si on connaît que le béton va continuer à gagner de la résistance en fonction du temps, l'âge de 28 jours est la date adoptée pour l'utilisation du béton, ce qui demeure un facteur de sécurité.

Q7. Décrivez les 5 périodes de la réaction d'Hydratation du ciment.

L'hydratation commence lorsque le ciment prend contact avec l'eau :

Période 1 - Pré-induction : Cette phase dure quelques minutes, est correspond a moins de 1% de l'hydratation totale. Il y a dissolution des grains de C_3S en surface et formation d'une couche protectrice d'environ 1 nm qui empêche une rapide dissolution du C_3S .

Période 2 - Induction (dormante) : Cette phase est caractérisée par une faible activité chimique ce qui est aussi observé par un faible dégagement de chaleur. À ce stade le béton est encore maniable et la durée de cette phase varie selon le type de ciment (peut durer plusieurs heures). Dans cette phase, il y a diffusion de Ca dans la solution à travers de la couche protectrice de CSH et c'est une période contrôlée par l'équilibre des CSH avec la phase liquide. De plus. La précipitation de la Portlandite (Ca(OH)_2) pourrait être liée à la fin de la période dormante.

Période 3 - Accélération : Durant cette phase il y a un important dégagement de chaleur dû à une forte activité chimique principalement l'hydratation du C_3S . Dans cette phase il y a formation de CSH et de portlandite dans les pores entre grains de ciment anhydres. La pâte de ciment plastique devient un solide par enchevêtrement de CSH ce qui cause le début de la prise du matériau;

Période 4 - Décélération : cette phase, ainsi que la suivante (phase 5 – consolidation) est composée par des mécanismes mal connus. Cependant, on pense que dans cette phase on continue à avoir la dissolution du C_3S , la diffusion des réactifs à travers la couche de CSH formée jusqu'au moment où le dépôt des hydrates devient limité par la manque d'espace. Cette phase est la période de durcissement du béton.

Période 5 - Consolidation : mêmes mécanismes qu'à la période 4. Période contrôlée par la restriction des phénomènes diffusifs.

Q8. Décrivez les types de ciment utilisés au Canada. Indiquez quand on doit en utiliser chacun des types.

Il y a 6 catégories de ciment utilisé au Canada :

- 1- GU (utilisation générale): ce ciment est utilisé lorsque le béton est dit à utilisation normale, n'est pas exposé aux intempéries agressives ou conditions particulières.
- 2- MH (à chaleur d'hydratation modérée): utilisé lorsque l'on veut diminuer le dégagement de chaleur d'hydratation, principalement utilisé dans les structures massives ou lorsque le béton est coulé par temps chaud.
- 3- LH (à faible chaleur d'hydratation) : utilisé lorsque l'on veut diminuer le dégagement de chaleur d'hydratation, principalement utilisé dans les structures massives ou lorsque le béton est coulé par temps chaud. Plus puissant que le ciment MH.
- 4- HE (à haute résistance initiale) : ce ciment est capable d'avoir une résistance élevée dans un espace assez court de temps. Il est similaire au GU, mais contient des particules plus fines. Il est utilisé dans des constructions où les températures sont faibles (car il réduit le temps de cure), ou peut lorsqu'on veut retirer le coffrage rapidement puisque la structure doit être utilisée rapidement.
- 5- MS (à résistance modérée au sulfate) : ce ciment est utilisé quand la structure est exposée à un niveau de sulfate modéré. Il contient moins de 7.5 % de C_3A .

- 6- HS (à haute résistance aux sulfates) : ce ciment est utilisé quand la structure est exposée à un niveau de sulfate élevé, principalement dans l'Ouest canadien, par exemple dans les fondations. Il contient moins de 3.5 % de C_3A .

Q9. Expliquez la différence entre une réaction hydraulique et pouzzolanique. Indiquez comment et pourquoi un produit est classé comme un « liant » (ou ciment) ou comme un « ajout cimentaire ».

Une réaction hydraulique est une réaction des matériaux cimentaires (ou liants) directement après l'ajout de l'eau. La réaction hydraulique forme des liens chimiques très solides. Un matériau est appelé cimentaire quand il a des teneurs de Ca élevées.

Une réaction pouzzolanique se produit lorsque les matières pouzzolaniques (ou ajouts cimentaires) en présence de l'eau réagissent avec la Portlandite pour former des liens physico-chimiques très solides qui créent des silicates de calcium hydraté pouzzolaniques (CSHp). Un matériau appelé pouzzolanique a une faible teneur en Ca.

Un produit est classé comme un liant ou ajout cimentaire dépendamment de sa teneur en Ca. Les ajouts cimentaires le plus communs sont les cendres volantes, la fumée de silice et le métakaolin. Le laitier de haut-fourneau est considéré plutôt un liant dû au fait de sa teneur élevée en Ca.

Q10. Pourquoi est-il intéressant d'utiliser les ajouts cimentaires.

Les ajouts cimentaires sont utilisés pour améliorer les propriétés du béton durci, par exemple la résistance et durabilité. Ils sont aussi utilisés pour réduire le prix du béton en remplaçant une portion du ciment Portland. L'utilisation d'ajout cimentaire est aussi moins nocive pour l'environnement, car il réduit l'émission de CO_2 / m^3 .