

Carbonatation en conditions insaturées

Question 1 (1pt)

La corrosion des armatures constitue le principal risque pour la durabilité des ouvrages en béton armé. **Expliquer en quoi la carbonatation est importante pour la corrosion (et rappeler les principaux mécanismes mis en jeu dans cette relation).**

Question 2 (3pts)

On peut estimer le temps nécessaire à l'initiation de la corrosion des armatures en supposant que cette dernière se déclenche lorsque le front de carbonatation atteint les armatures. Pour cela on peut utiliser le modèle de Papadakis. La profondeur carbonatée x_c évolue linéairement en fonction de la racine carrée du temps t :

$$x_c(t) = k\sqrt{t} \text{ avec } k = \sqrt{2D_{CO_2}^c \frac{[CO_2]^0}{[CH]^0 + 3[CSH]^0}}$$

Où $D_{CO_2}^c$ est le coefficient de diffusion du CO_2 dans le matériau carbonaté (en m^2/s) ; $[CO_2]^0$ est la concentration en CO_2 dans l'air (en mol/m^3) ; $[CH]^0$ et $[CSH]^0$ sont les concentrations en portlandite et C-S-H dans le matériau cimentaire non carbonaté (en mol/m^3).

Le coefficient de diffusion $D_{CO_2}^c$ peut être estimé au moyen de fonctions calées sur la base de résultats expérimentaux, par exemple :

$$D_{CO_2}^c = D_{CO_2}^a \phi^\alpha (1 - S)^\beta$$

Où $D_{CO_2}^a$ est le coefficient de diffusion du CO_2 dans l'air (en m^2/s) ; ϕ et S sont la porosité du béton et son degré de saturation (sans unité) ; α et β sont deux constantes. Le degré de saturation du béton S peut être calculé au moyen de la loi de van Genuchten :

$$S = \left[1 + \left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{1}{1-m}} \right]^{-m}$$

Où m et P_0 sont deux constantes positives. La loi de Kelvin-Laplace permet quant à elle de calculer la pression capillaire P en fonction de l'humidité relative (HR) :

$$P = -\rho \frac{RT}{M} \ln(HR)$$

Où ρ est la masse volumique de l'eau (kg/m^3) ; R est la constante des gaz parfaits ($J/mol/K$) ; T est la température absolue (K) ; M est la masse molaire de l'eau (kg/mol) et HR est l'humidité relative.

Calculer le coefficient de diffusion $D_{CO_2}^c$, pour cela on prendra :

- $D_{CO_2}^a = 1,6 \times 10^{-5} m^2/s$; $\phi = 0,16$;
- $\alpha = 1,8$ et $\beta = 3,0$; $m = 0,45$; $P_0 = 25 \times 10^6 Pa$;
- $\rho = 1000 kg/m^3$; $R = 8,31 J/mol/K$; $T = 293,15 K$; $HR = 0,54$; $M = 0,018 kg/mol$.

Question 3 (2pts : 1 pour k et l'autre pour t)

En supposant que l'enrobage des armatures est de 3 cm, **combien d'années faudra-t-il pour que le front de carbonatation atteigne cette profondeur ? Quel enrobage devrait-on choisir pour que la carbonatation atteigne les armatures à 50 ans d'exposition ?** On prendra :

- $[CH]^0 = 1300 mol/m^3$; $[CO_2]^0 = 0,014 mol/m^3$; $[CSH]^0 = 800 mol/m^3$.

Question 4 (2pts x et t donnés.. donk k puis D) + 1 pt pour ciment composé

Pour un enrobage de 3 cm, quelle devrait être la valeur maximale du coefficient de diffusion pour que la carbonatation n'atteigne pas les armatures avant 50 ans ? Utiliser un ciment composé est un bon moyen pour réduire le coefficient de diffusion du béton. **Est-ce une bonne idée du point de vue de la carbonatation ? Expliquer pourquoi ?**

Commenté [RB1]: 1pt

Commenté [RB2]: 1pt

Commenté [RB3]: 1pt