

工学論文

[1105] コンクリートの中性化進行予測モデル

正会員○棚野博之（建設省建築研究所）

正会員 梶田佳寛（建設省建築研究所）

1. はじめに

コンクリートの中性化については、古くから調査・研究の対象とされ、多くの実験的あるいは理論的研究が行われ、いくつかの進行予測モデルが提案されてきたが、従来の理論的研究に基づいた進行予測モデルでは中性化領域と未中性化領域とが明確に分離されていた。しかし、中性化進行領域では図-1に示すように、CaCO₃とCa(OH)₂とが共存する事が考えられる。本研究は、中性化進行領域でのCO₂とCa(OH)₂との反応をモデル化したものであり、コンクリートの中性化進行をより正確に表現し、中性化現象の解明と、その予測に資する事を目的としたものである。

2. コンクリートの中性化進行のモデル化

CO₂のコンクリート中での拡散および中性化の反応のモデル化を行うに当たって、コンクリート中のCO₂の移動は Fick の第一法則に従って拡散し、かつCa(OH)₂とCO₂との反応を一次反応と仮定すると、式(1)に示すようなCa(OH)₂とCO₂との一次反応を伴うCO₂の拡散方程式、ならびに式(2)に示すような任意の時間 t、点 x におけるCa(OH)₂の濃度式が得られる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \times \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - k \times C \times Ca \tag{1}$$

$$Ca = Ca_{t=0} \times \exp \left\{ -k \times \int_0^t C(\tau) d\tau \right\} \tag{2}$$

ここで、

C = C(x, t) : CO₂の濃度

Ca = Ca(x, t) : Ca(OH)₂の濃度

D : CO₂の拡散係数

k : CO₂とCa(OH)₂の反応速度定数

Ca_{t=0} : t=0の時のCa(OH)₂濃度

3. 近似解

式(1)を差分方程式に置き換え、拡散係数ならびに反応速度定数を種々に変化させて数値解析を行い、図-2および図-3に示すようなCa(OH)₂の濃度分布図ならびに中性化進行図を作製した。図-3はCa(OH)₂の濃度が最初の濃度に対して低下した割合が20%から80%までの範囲の種々の数値対

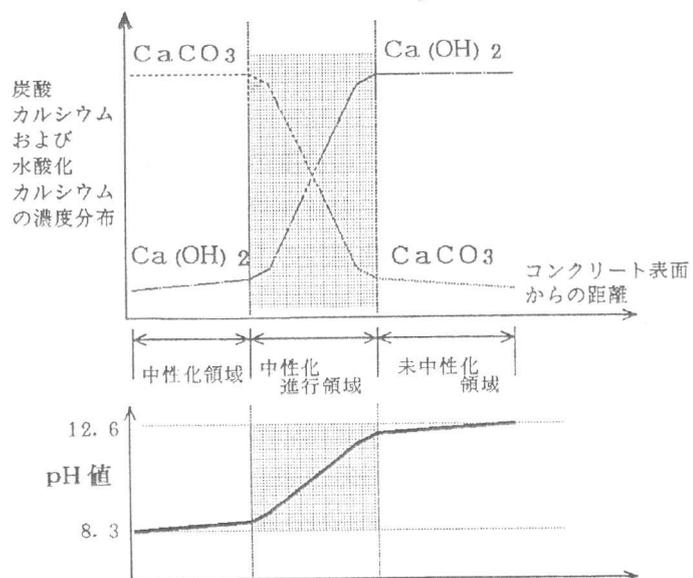


図-1 中性化に伴うコンクリート中のCa(OH)₂およびCaCO₃の濃度変化とpHの関係

して示したものである。これらの図から、拡散係数が大きくなればCa(OH)₂の濃度勾配が緩やかになり中性化進行速度が速くなる事が分かった。さらに、拡散係数の増大により中性化曲線は放物線に近づき、 \sqrt{t} 則で表されるようになってくる事が認められた。

4. 中性化促進試験結果との比較

コンクリート中のCO₂の拡散係数およびCa(OH)₂とCO₂の反応速度定数を求める為に、図-4に示すように数値解析の結果と既往の中性化促進試験(雰囲気中のCO₂濃度5%、温度20℃および湿度60%R.H.)の結果を照合し、水セメント比ごとに比較的良好に適合する拡散係数と反応速度定数の範囲を求めた(表-1)。その結果、よく適合している場合のCa(OH)₂の濃度は、最初の濃度から40%から70%程度まで減少した時である事が分かった。また、水セメント比の低下に伴って拡散係数も低下する傾向が認められた。

表-1 各W/CにおけるDとkの適合範囲

W/C (%)	D (cm ² /day)	k (1/day)
50	20	500,000~10,000,000
60	50	500,000~10,000,000
70	60	500,000~10,000,000

5. まとめ

- 1) 中性化の現象をCa(OH)₂の濃度の減少としてとらえてモデル化し、数値解析によってコンクリート中の中性化進行の予測を行った。
- 2) 拡散係数が大きくなるにつれ、放物線に近づき、 \sqrt{t} 則で表されるようになる。
- 3) 中性化進行を表す曲線群において、幅の広い方がCa(OH)₂の濃度分布の傾きが緩やかになり、中性化領域と未中性化領域との境界線が不明確になる割合が大きい。

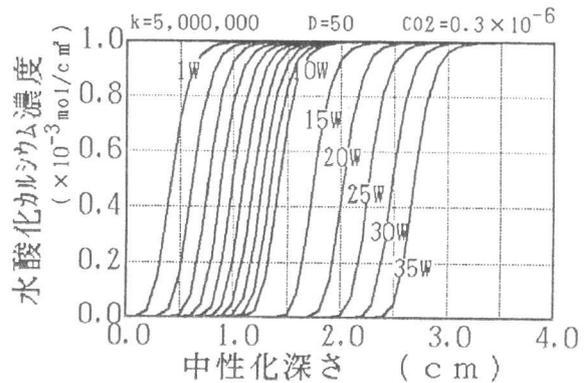


図-2 Ca(OH)₂の濃度変化の計算例

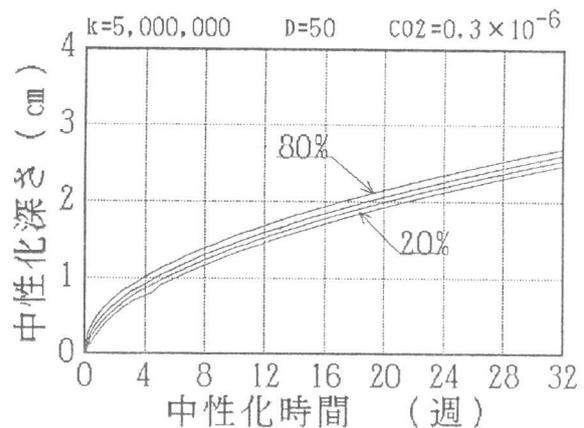


図-3 中性化の進行状況の計算例

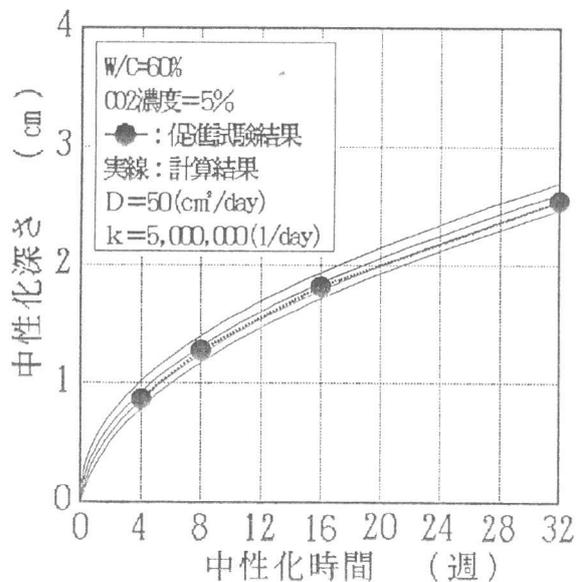


図-4 促進試験結果と数値解析結果との比較

[本論文は、「コンクリート工学論文集」、Vol. 2, No. 1, pp. 125-134, 1991. 1に掲載されたものである]