

V-114

骨材界面組織が物質拡散に及ぼす影響

東京大学大学院	学生会員	出口 知史
東京大学大学院	正会員	館石 和雄
東京大学生産技術研究所	フェロー	魚本 健人

1. はじめに

本研究ではコンクリート中の透気・拡散による物質濃度変化は物質拡散と化学反応の兼ね合いによって進行していくと捉えた。そこで既往の研究で活発に行われている炭酸ガスなどで生じる化学反応を伴う物質拡散についてではなく、酸素という非反応性物質を想定した物質拡散という単独要素についての考察を行った。

また、遷移帯の影響を考慮するため骨材配置のモンテカルロシミュレーションを適用し、有限要素法による二次元拡散解析プログラムを用いてシミュレートすることによって検討を行った。

2. 解析モデル

2.1 解析手法

本研究のコンクリート中の非反応性物質の拡散現象を考えるにあたり、フィックの第二法則に基づく二次元拡散方程式を用いた。

水セメント比 0.4 前後を境として硬化コンクリート中では遷移帯と呼ばれる幅 $25\mu\text{m}^1)$ 程度の領域が骨材とセメントペースト界面に生成される。この遷移帯は直径 50nm 以上 $^1)$ の粗大な空隙に富むとされており、コンクリートなどの物質拡散性を含む各種物性に多大な影響を与えるとされている。

そこで本研究の解析では二次元要素である骨材領域の周囲に一次元要素である遷移帯を張り付ける概念をプログラムに反映させる事によって解析を行った(図1)。

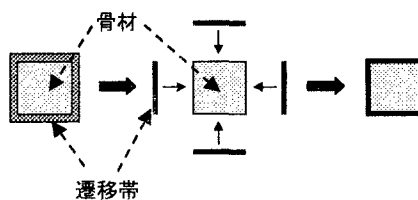


図1 遷移帯の取り扱い

2.2 パラメータ設定

全メッシュ領域を一辺 60(mm)の正方形領域とし、骨材領域も一辺 5(mm)~10(mm)の正方形領域と設定している。境界条件には大気表面に接していると仮定した正方形領域の一辺から常に濃度 1 の酸素が浸透拡散してくるという条件を用いた。

測定項目は地表からの深さ 60mm の底辺の平均濃度が 0.5 を示した時間 t (hour) を計算する。更に深さ 60mm をその時間 t で除した拡散早さ D (mm/hour) を計算し比較した。

酸素拡散係数は、骨材領域における拡散係数を $0(\text{mm}^2/\text{s})$ 、セメントペースト領域における拡散係数を $1 \times 10^{-2}(\text{mm}^2/\text{s})$ とした。また、ランダム配置によって骨材が隣接した場合の遷移帯の取り扱いについては 2 つ重なってしまう遷移帯要素を 1 つにし、その 1 つの拡散係数をその解析ケース毎に設定して処理を行った。

モンテカルロシミュレーションに基づくランダム配置の発生回数は 200 回とした。

3. 解析結果

遷移帯の酸素拡散係数を 2×10^{-2} (hour), 骨材の隣接により遷移帯同士が重なった場合には遷移帯の酸素拡散係数をペースト領域の 2 倍の $2 \times 10^{-2}(\text{mm}^2/\text{s})$ (パターン A), 同様に 4 倍・6 倍の $4 \times 10^{-2}(\text{mm}^2/\text{s})$ (パターン B)・

キーワード：物質拡散，遷移帯，モンテカルロシミュレーション

〒106 東京都港区六本木 7-22-1 TEL: 03-3402-6231 (ex.2543) FAX: 03-3470-0759

$6 \times 10^{-1} (\text{mm}^2/\text{s})$ （パターンC）として計算を行った．そのD値の結果と骨材率の関係を図2に表す．

この結果から判断出来るように，遷移帯の重複によって酸素拡散を促進させる相乗効果の出現を表現したB，Cにおいてそれぞれ骨材率60%，50%においてD値は極値を取った．

また，既往の研究³⁾では骨材率約40%～60%を境界にその遷移帯の連結による拡散促進の影響力が骨材による拡散阻害の影響力を上回ることによって，測定される拡散係数に変化が生ずると言われている．そこでこのパターンB・Cは実現象に似た挙動を示していると判断出来た．

しかし遷移帯重複による酸素拡散助長の相乗効果を持っていないと仮定したAに於いてD値は骨材率による極値は骨材率80%～90%程度に於いて取ると予想され，既往の研究とは異なる挙動を示した．

即ち骨材の隣接によって挟まれた遷移帯の空隙量は他の遷移帯よりも大きくなると考えられ，その遷移帯の近接による酸素拡散の相乗効果の現象を解析が表していたと考えられた．

4. 考察

解析のパターンCの骨材率50%のケースに於いて，D値が最大値を取った骨材配置で $D = 0.4767$ ，最小値を取った骨材配置で $D = 0.8775$ であった．即ちD値は0.4008もの差を取り得た．

また，図3に骨材率0%のブレンペーストの酸素拡散係数を変化させ，そのD値の変化を示す．

これより，D値に0.4008程度の差が発生するのはパターンCで適用していたペースト酸素拡散係数(1.0 (mm^2/hour))と比較して0.15 (mm^2/hour)，15%にも相当すると判断出来た．

5. 結論

- 1：重複部遷移帯に於ける拡散係数の変化を発生させている原因として，骨材—セメントペースト間の遷移帯よりも骨材—骨材間の遷移帯の方が空隙率が大きく形成されているという可能性が考えられた．
- 2：同条件下でも骨材率の噛み合わせ・遷移帯の連結による影響で，セメントペーストの酸素拡散係数に換算して15%にも相当する拡散増進のばらつきを発生している可能性があると考えられた．

参考文献

- 1) Uchikawa, H: Similarities and discrepancies of hardened cement paste, mortar and concrete from standpoints of composition and structure, Vol.1, pp.271-310, 1988
- 2) 内川 浩，羽原俊介，沢木大介：硬化モルタル及びコンクリート中の遷移帯厚さの評価並びに遷移帯厚さと強度との関係の検討，コンクリート工学論文集 vol.4, No.2, pp.1-8, 1993
- 3) Houst, Y.F: Influence of Aggregate Concentration on the Diffusion of CO_2 and O_2 , Interfaces in Cementitious Composites, pp.279-288, 1992

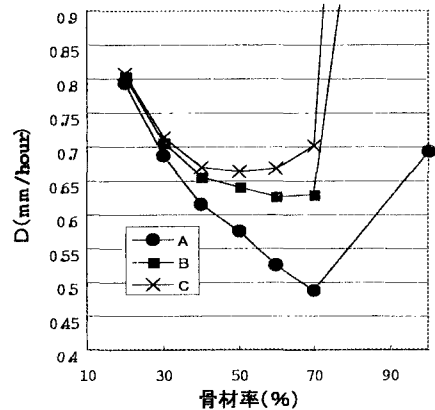


図2 解析結果

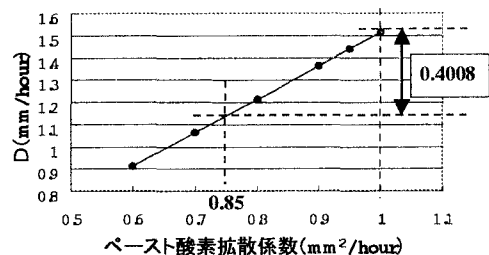


図3 ペーストの酸素拡散係数に伴うD値の変化