

鉄筋コンクリートモデルを用いた塩分浸透性の評価に関する一考察

鹿児島大学大学院 正会員 ○山口 明伸
 鹿児島大学大学院 非会員 安田 寛生
 鹿児島大学大学院 正会員 武若 耕司

1. はじめに

コンクリート構造物の塩害に関しては、これまで多くの研究成果や観測データが報告されており、劣化現象の主要メカニズムはほぼ明らかとなっている。しかしながら、実際の構造物の塩害劣化を定量的に評価・予測するための手法の開発は未だ試行錯誤の段階であり、実用レベルに達しているとは言い難い。

これに対して著者らは、鉄筋コンクリートを解析用にモデル化することにより、これらの品質のばらつきの影響を考慮した塩害劣化三次元シミュレーションモデルを提案している。しかし、この鉄筋コンクリートモデルでは塩害劣化の主要因である塩化物イオンの浸透面がモデル下部に限られていたこと、ブリージングによる内部構造への影響について考慮されていないこと等、改良するべき点が残されていた。そこで、本研究では、これらの要因に関する諸条件を加えることにより、より現実的な鉄筋コンクリートモデルの構築を試みるとともに、それを用いた塩害評価の妥当性について検討した。

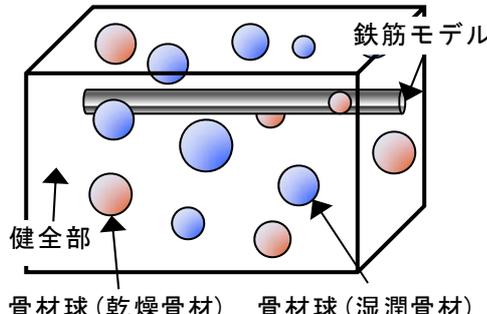


図-1 鉄筋コンクリートモデル

2. 鉄筋コンクリートのモデル化

2.1 概要

解析モデルは、図-1 に示す三次元の鉄筋コンクリートモデルであり、コンクリートの品質は、主としてモルタルブロックと骨材球の分布状況によって表現されている。また、品質のばらつきを考慮するために、モルタルブロックの W/C、骨材球の位置や径を条件の範囲内でランダムに決定した。

2.2 骨材分布

骨材は、その密度差や施工状態によりコンクリート中に不均一に分布する。このうち粗骨材は、その径の大きさと遷移帯の存在によりコンクリートの品質に与える影響が大きいと考えられる。そこで、本モデルでは、コンクリートモデル中に骨材球をランダムに配置することにより粗骨材の影響をモデル化した。なお、粗骨材の総量と粒度分布は、コンクリート標準示方書の標準配合と標準粒度に準じて表-1、2のように設定した。

表-1 コンクリートモデルの粗骨材量

W/C	0.4	0.5	0.6	0.7
粗骨材体積 (m ³ /1000m ³)	366.4	382.6	393.3	401.0

表-2 粗骨材の粒度分布

ふるいの呼び寸法(mm)	25	20	10	5	2.5
通過質量の百分率	100	90-100	20-55	0-10	0-5

2.3 相対含水率

粗骨材表面に存在する遷移帯は、その含水状態によって腐食因子の拡散性状に大きな影響を及ぼすと考えられる。そこで、骨材球は、コンクリートの相対含水率に応じて乾燥骨材量と湿潤骨材量の割合を設定した。

2.4 モルタル

コンクリート内でのモルタル品質の不均一性を表現するために、健全部を図-2に示すようなモルタルブロックに分割し、ある程度 W/C にばらつきを持たせてランダムに配置した。各モルタルブロックは W/C ごとに表-3のように異なる塩分拡散係数を設定することでモルタル品質のばらつきを表

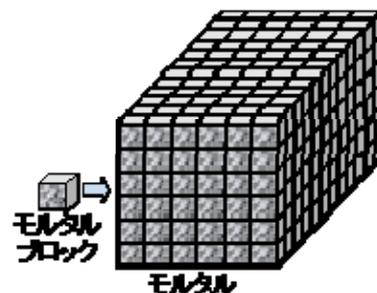


図-2 モルタルブロック

キーワード 塩害、塩分拡散係数、コンクリートモデル、シミュレーション
 連絡先 〒890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元 1-21-40 鹿児島大学工学部海洋土木工学科 TEL099-285-8484

表-3 モルタルブロックの塩分拡散係数

W/C	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
モルタルブロックの塩分拡散係数 (cm ² /year)	0.422	0.731	1.270	2.204	3.815	6.622

現した。

また、ブリージングの影響を考慮するために、モルタルブロックは図-3に示すように配置後に高W/Cのブロックがより上部に移動できるように設定した。さらに、W/Cごとのブリージングの発生状況の違いを表すために、モルタルブロックの入替回数をW/Cごとに表-4に示す値に制限した。

2. 5 塩分の拡散

コンクリート中への塩分の拡散性状は内部鉄筋の腐食開始時期や腐食量を推定するために極めて重要である。本モデルでは、塩分の浸透速度を拡散係数で表すこととし、鉄筋に到達するまでの塩分拡散経路は簡単化のため直線と仮定した。ただし、拡散経路が骨材を通過する場合、その水分状態に応じ図-4に示すような拡散経路と拡散速度を持つと仮定し、拡散経路が異なるW/Cのモルタルブロックを通過する際の経路長は、拡散係数により換算した経路長を用いることとした。また、塩分の浸透面は、図-5に示すようにコンクリートモデルの上面・側面・下面を設定した。以上の仮定を踏まえることにより、鉄筋が腐食を開始するために必要な時間の最も短い経路が決定されることになり、その際の見かけの塩分拡散係数を求めることができる。

3. 解析結果と考察

コンクリートの塩分拡散係数の解析結果の一例として、W/C0.7、かぶり3cm、塩分が鉄筋コンクリートモデルの上面・下面・側面から浸透する場合について図-6に示す。ブリージングの影響を考慮した部材は、上面からの塩分の浸透が、下部・側面と比較して拡散係数が大きくなる傾向を示した。これは、ブリージングにより、部材上部に高W/Cのモルタルが集中しやすくなるためだと考えられる。また、ブリージングを考慮しない部材と比較して、拡散係数のばらつきが大きくなることから、モルタル品質のばらつきがコンクリート品質のばらつきにある程度影響を与えていることが分かる。

4. まとめ

本研究は、著者らの提案する塩害劣化シミュレーション手法に、これまで考慮されていなかった新たな要因を追加し、より現実的な鉄筋コンクリートモデルの構築を試みるとともに、その妥当性について検討を行ったものである。その結果、本モデルの塩害劣化現象に対する再現性とその適用性が向上したことを確認した。しかしながら、より実用的な塩害評価手法とするためには、コンクリート中の酸素の拡散性状や鉄筋の配置方法等について今後さらに検討する必要がある。

参考文献

1) 岩永真弘、武若耕司、山口明伸、前田聡：鉄筋コンクリート構造物の塩害劣化三次元シミュレーションモデルの構築、コンクリート工学年次論文集 Vol.29、No.1、pp.1053-1058、2007

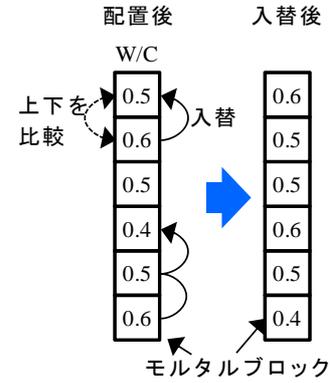


図-3 モルタルブロックの移動

表-4 モルタルブロックの入替制限数

W/C	0.4	0.5	0.6	0.7
入替制限数	1	2	3	4

※1モルタルブロックにつき

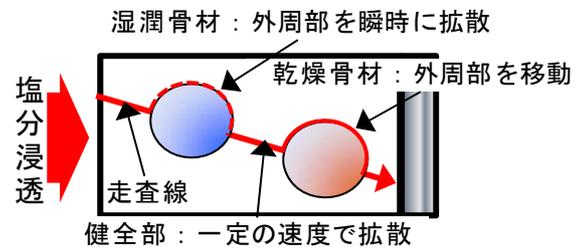


図-4 塩分拡散係数経路

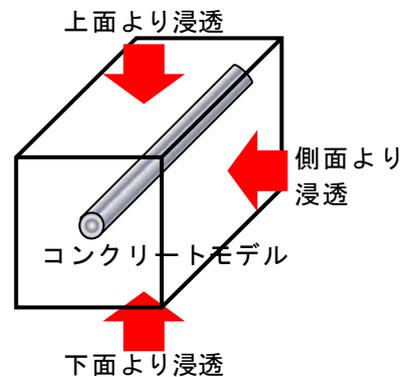


図-5 塩分の浸透面

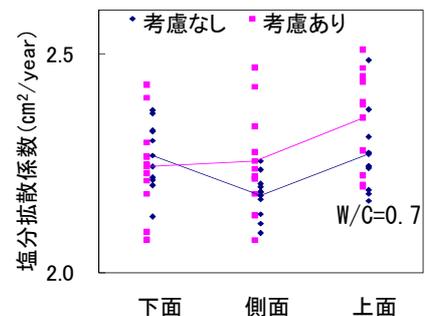


図-6 ブリージング時の塩分拡散係数