

曲げひび割れを有するかぶりコンクリート中の乾湿繰返し水分移動現象の解析

長岡技術科学大学 大学院 学生会員 桜井哲哉
 長岡技術科学大学 建設工学課程 桑名淳一
 長岡技術科学大学 大学院 学生会員 五角 亘
 長岡技術科学大学 環境・建設系 正会員 下村 匠

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物は、一般に曲げひび割れの発生を許して供用されるので、設計においては、ひび割れ幅や間隔など発生するひび割れ性状の予測と、ひび割れを有した状態でのかぶりコンクリートの物質透過性の評価が重要となる。本研究は、後者に主眼を置き、ひび割れを有したコンクリート中の水分移動現象を解析する基礎的手法について検討するものである。一般環境条件下のコンクリートを対象とするためには、乾湿繰返しの影響を精度よく考慮できることが肝要であるとの認識から、不飽和状態におけるコンクリート細孔組織中の水分の拡散移動、コンクリート表面が液状水に接した部分飽和状態における液状水浸透の双方を考慮した水分移動モデルを構築した。ひび割れ幅、ひび割れ間隔、かぶり厚さを変化させたコンクリート供試体の乾湿繰返し挙動に関する実験を行い、実験結果と解析結果を比較した。

2. 水分移動解析法

乾湿繰返し条件下において生じるコンクリート中の水分の移動メカニズムの考察に基づき、水分の移動流束として、分子拡散による水蒸気の拡散移動流束 J_v 、熱力学的圧力低下の勾配を駆動力とした液状水の拡散移動流束 J_l 、液状水の巨視的な浸透流束 J_{pen} を考慮する。

$$\frac{\partial w_l}{\partial t} = -\text{div}(J_v + J_l + J_{pen}) \quad (1)$$

ここに、 w_l ：水分量(kg/m³)である。

水蒸気と液状水の拡散移動は、コンクリート細孔中に気相と液相が共存する不飽和状態において生じ、大気に接する境界条件のもとで起こる。流束は著者らの既往のモデル¹⁾により評価する。

液状水の浸透は、コンクリートの表面が直接液状水に接した場合(吸水過程)に生じる。コンクリート表面近傍が瞬時に飽水状態となり、粗大細孔より液状水が浸透する現象を表現するものである²⁾。吸水現象は、不飽和状態における水分移動と理論的に整合のある形ではまだ定式化されていないが、不飽和状態における水分移動(乾燥・吸湿)と大きく異なることが実験的事実であるため、区別して取り扱うこととした。

ひび割れを有したコンクリート部材を解析対象とするため、水分移動の計算は2次元で行うこととした。

表1 供試体ケース

供試体名	c	w	w _r	n	ℓ
normal	43.5	0	-		
1c1n4-1		0.20	0.29	4	100
1c1n4-2		2.0	1.95		
1c1n2-1		0.20	0.24	2	200
1c2n4-1	68.5	0.20	0.37	4	100

c：かぶり厚さ (mm) w：ひび割れ幅 (mm)
 n：ひび割れ本数 ℓ：ひび割れ間隔 (mm)
 w_r：実際に導入したひび割れ幅 (mm)

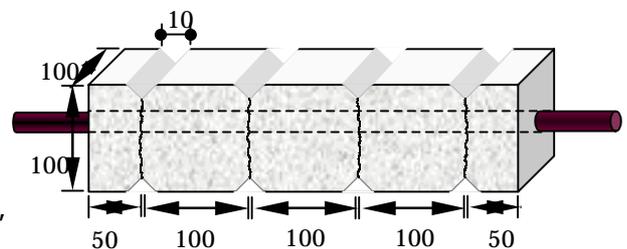


図1 供試体図(c1n4-1)

キーワード：水分移動モデル、ひび割れ幅、ひび割れ間隔、かぶり厚さ、乾湿繰返し
 連絡先：〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1 0258 47 1611(内線6310)

3. ひび割れを有するコンクリートの乾湿繰返し実験

実験に用いた供試体は 100(150) × 100(150) × 400mm の角柱供試体に切り欠きを設け、D13 の異型鉄筋を 1 本埋め込んだものである。ひび割れは、供試体の切欠き部分の上下面に線荷重を加え、予め割裂ひび割れを導入した後に、万能試験機を用いて鉄筋を引張り、目的とするひび割れ幅となるように制御した。供試体ケースを表 1 に、ひび割れ導入後の供試体の例を図 1 に示す。水分移動が 2 次元となるように、供試体は相対する 2 面のみを乾燥・湿潤させ、それ以外の面をエポキシ系接着剤で被覆した。乾燥時は温度 20、相対湿度 60% の恒温恒湿室、湿潤時は水温 16 の水中に浸す条件を繰返し与えた。定期的供試体重量を測定し、炉乾燥を行った供試体の重量と比較することにより供試体中の全水分量を求めた。実際に供試体中の水分分布を測定することは困難なため、供試体中の全水分量の経時変化により、解析結果を検証した。

4. 実験結果および解析結果

かぶり厚さ、ひび割れ間隔が等しく、ひび割れ幅の異なる供試体の結果を図 2 に、かぶり厚さ、ひび割れ幅が等しく、ひび割れ間隔の異なる供試体の結果を図 3 に、ひび割れ幅、ひび割れ間隔が等しく、かぶり厚の異なる供試体の結果を図 4 にそれぞれ示す。解析に用いる各種パラメータは、本実験結果から同定したものであるが、いずれのシリーズも、解析結果は実験結果の傾向を良好に再現している。このことは、本解析手法が、ひび割れ幅、ひび割れ間隔、かぶり厚さ、乾湿繰返しを含む環境条件を適切に反映していることを示すものと考えている。

5. まとめ

曲げひび割れを想定したひび割れを有するコンクリートの、乾湿繰返し条件下における水分移動現象を解析する手法を提案し、実験により検証した。提案手法の有効性を示すことができた。

参考文献

- 1) 下村 匠, 前川宏一: 微視的機構に基づくコンクリートの乾燥収縮モデル, 土木学会論文集, No.520/V-28, pp.35-45, 1995.8
- 2) T.Shimomura and K.Maruyama: Service Life Prediction of Concrete Structures Subjected to Chloride Attack by Numerical Simulation, RILEM Proceedings PRO 16, Life Prediction and Aging Management of Concrete Structures, Edited by D.Naus, pp.25-34, Oct., 2000.

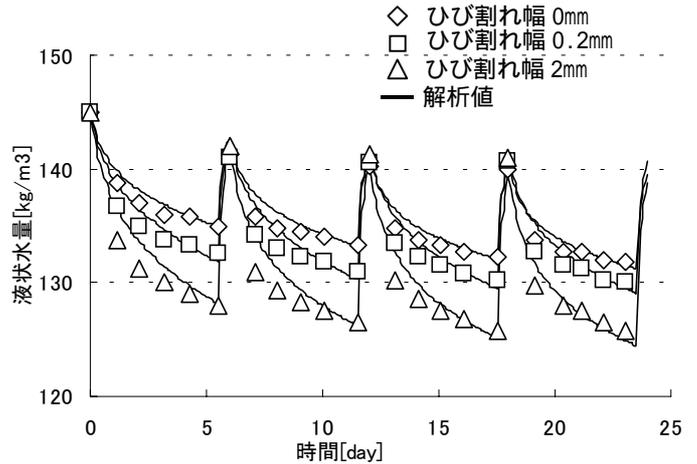


図 2 解析結果 1

(ひび割れ間隔 10cm かぶり 5cm)

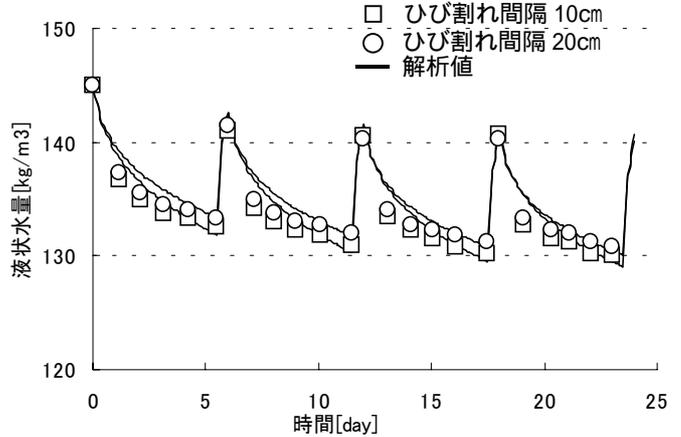


図 3 解析結果 2

(ひび割れ幅 0.2mm かぶり 5cm)

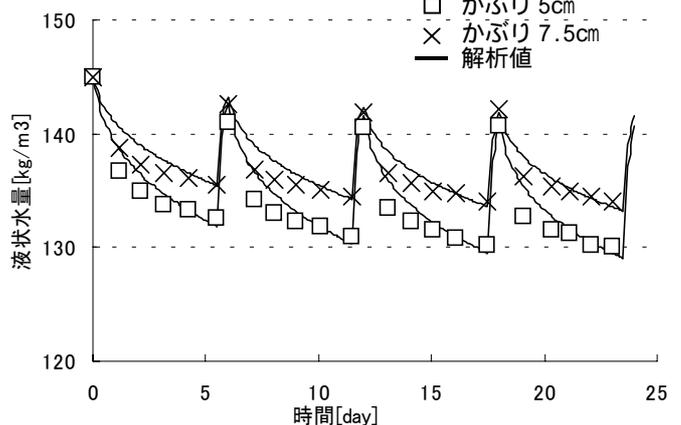


図 4 解析結果 3

(ひび割れ幅 0.2mm ひび割れ間隔 10cm)