

コンクリートの乾燥・吸水挙動に及ぼす表面ひび割れの影響

長岡技術科学大学 学生会員 ○工藤 めい
長岡技術科学大学 正会員 下村 匠

1. はじめに

水の浸透によるコンクリート中の鋼材腐食が問題となっており、コンクリートへの水分の浸透過程を精密に予測する手法がいつそう求められている。一方、供用中のコンクリート構造物には、ひび割れが生じているものも多く存在する。ひび割れはコンクリートの乾湿挙動に影響を及ぼすと考えられるが、その定量的な考慮法は確立されているとは言い難い。本研究では、曲げ载荷により導入した非貫通ひび割れが表面からの吸水を含むコンクリートの乾湿挙動に及ぼす影響について実験を行い、数値シミュレーションと比較検討した。

2. ひび割れを有するコンクリートの乾湿繰返し試験

2.1 供試体概要

実験に用いたコンクリートの示方配合を表-1に示す。供試体は、D-10の鉄筋を2本埋め込んだ100×100×900mmの鉄筋コンクリートの梁に曲げ载荷により深さ約80mmの非貫通ひび割れを導入した後、吸水試験容器に設置可能な寸法である100×100×150mmにコンクリートカッターを用いて切断することにより作製した(図-1参照)。1つの供試体には1本のひび割れが存在するようにした。側面(4面)はエポキシ樹脂を用いてシールした。実験供試体は、ひび割れ幅0(ひび割れなし)、0.04、0.05、0.15、0.27、0.63、0.74mmの7個とした。ひび割れ幅はマイクロスコープにより測定した。

2.2 乾湿繰返し試験方法

吸水時および乾燥時の供試体設置状況を図-1に示す。吸水過程では、供試体はひび割れが開いている面のみが液状水と接するように設置した。液状水は吸水スポンジおよび吸水クロスを通してコンクリートに吸水させ、供試体の質量増加量を20日間測定した。乾燥過程では、プラスチック容器からコンクリート供試体を取り外し、ひび割れ面を上にして温度20℃・湿度50%の環境下で乾燥させ、供試体の質量減少量を15日間測定した。吸水20日・乾燥15日の実験を3サイクル実施した。

2.3 実験結果

各供試体の乾湿による質量変化を図-2に、乾燥開始時を原点にした1サイクル目の乾燥過程の質量変化を図-3示す。吸水過程、乾燥過程ともに質量変化量は、ひび割れ幅の大きい供試体ほど大きくなっている。これより、表面ひび割れはコンクリートの乾湿挙動に影響を及ぼすこと、その影響の程度はひび割れ幅に依存することが明らかとなった。

3. 実験結果の数値シミュレーション

3.1 解析方法の概要

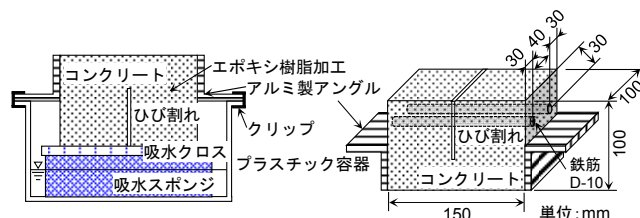
コンクリート細孔組織中の移動とひび割れ内の移動およびそれらの相互作用を考慮して、供試体中の水分移動の2次元解析を行い、各時間における供試体中の水分分布および供試体の質量変化を評価した。

3.2 コンクリート細孔組織中の水分移動

コンクリートが大気に接した状態(不飽和状態)におけるコンクリート細孔組織中の水分移動(乾燥・吸湿)は、コンクリートの細孔構造と細孔組織中の気液二相水の熱力学的挙動に基づいた著者らのモデル¹⁾を用いて解析した。不飽和状態にあるコンクリートの表面が液状水に接したとき、表面より液状水の吸水が生じる。吸水は、厳密には、不飽和状態における内部の液状水移動と

表-1 示方配合

W/C [%]	s/a [%]	単位量 [kg/m ³]				
		W	C	S	G	AE 減水剤
50	44	168	336	776	1025	C×1%



(a) 吸水過程

(b) 乾燥過程

図-1 乾湿繰返し試験時の供試体状況

キーワード 非貫通ひび割れ, 吸水, 乾湿繰返し, 水分移動

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 コンクリート研究室 TEL0258-47-6310

はメカニズムが同じではないと考えるが²⁾、本研究では乾燥過程と吸水過程を2次元解析で統一的に扱うことを優先し、コンクリート表面がR.H.100%の空気に接した場合の液状水移動として吸水現象を表した。

3.3 ひび割れ内の水分移動およびコンクリート細孔中の移動との相互作用

ひび割れ部の吸水は表面張力による平行板間の液状水の移動として表し²⁾浸透速度を計算した。液状水で満たされているひび割れ部分からのコンクリート細孔中への液状水の浸透は吸水現象として表した。各時間におけるひび割れ内の液状水の浸透深さの増分 Δx [m]は、ひび割れ内部に存在する液状水量とひび割れからコンクリート細孔中に吸水される液状水量の質量保存を考慮し、図-4に示す考え方の下、式(1)により求めた。

$$\Delta t \cdot v \cdot w = \Delta x \cdot w + V_{suc} \quad (1)$$

ここに、 Δt : 時間増分[s], v : ひび割れ内の液状水の浸透速度[m/s], Δx : 時間増分における液状水の移動距離[m], V_{suc} : 単位奥行あたりのひび割れ面からコンクリート細孔内に吸水される液状水体积[m³], w : ひび割れ幅[m]である。 V_{suc} は既報²⁾に示した吸水モデルにより算定した。

乾燥過程では、コンクリート表面およびひび割れ面からの乾燥を考慮した。ひび割れ幅が小さいほどひび割れ面からの乾燥速度が小さくなるとしたモデルを用いた³⁾。

3.4 数値シミュレーション結果

図-5に各供試体の乾湿挙動のシミュレーション結果を示す。材料パラメータは、同一条件下で乾燥させた供試体の逸散水量の経時変化および炉乾燥後の重量より決定した。ひび割れ幅が大きいほど吸水過程、乾燥過程ともに質量変化量が大きくなっており、実験結果の傾向が再現されている。

4. まとめ

- (1) コンクリート表面に生じたひび割れはコンクリート表面からの吸水、乾燥に影響し、ひび割れ幅が大きいほどその影響が大きいことを実験により確認した。
- (2) コンクリート細孔中とひび割れ内における水分移動、およびそれらの相互作用を考慮した数値解析により、表面ひび割れを有するコンクリートの乾湿挙動が、ひび割れ幅の影響を含めて良好に再現できた。

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, pp.35-45, 1995.2

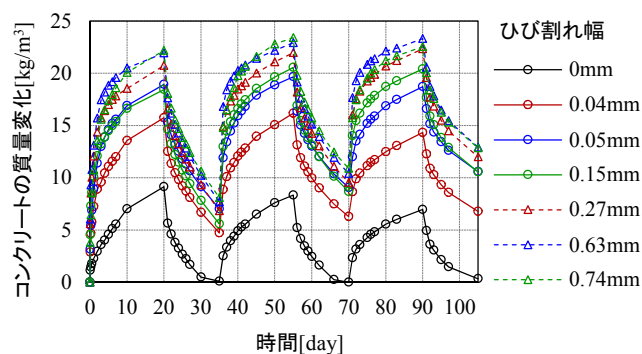


図-2 各供試体における乾湿による質量変化

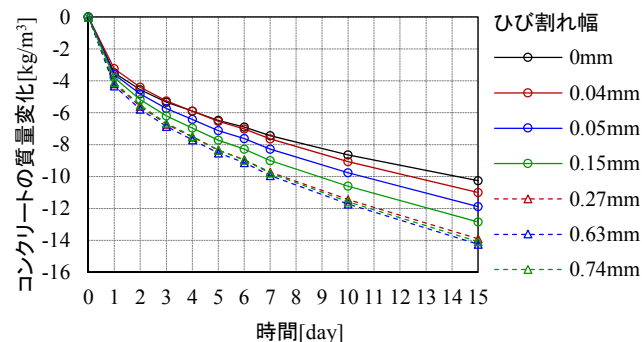


図-3 1サイクル目の乾燥過程の質量変化

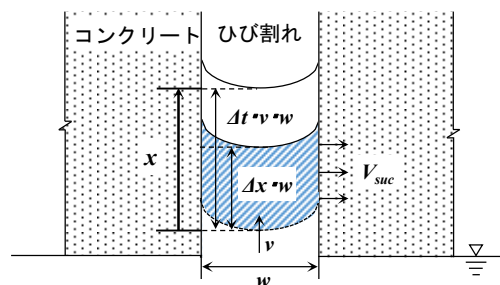


図-4 ひび割れ内における液状水量の質量保存の考え方

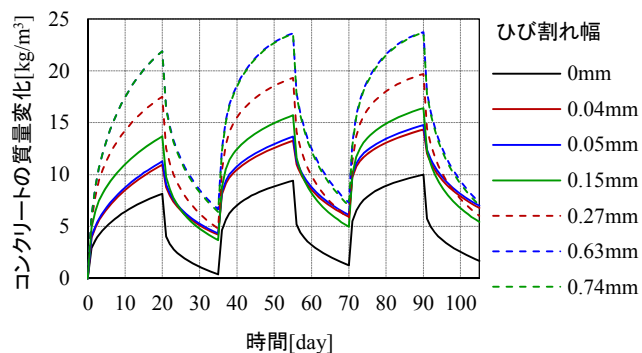


図-5 各供試体の乾湿挙動のシミュレーション結果

- 2) H. T. Thynn and T. Shimomura: Hybrid computational method for capillary suction and nonsaturated diffusion in concrete, ConMat'09, pp.1075-1080, 2009
- 3) T. H. Nguyen, R. Ohara, T. Shimomura: Influence of interfacial void around reinforcement due to bleeding on chloride ingress and its interaction with flexural crack, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, pp.781-786, 2017