

## 非貫通ひび割れを模擬したモルタルの吸湿特性に関する検討

長野工業高等専門学校 正会員 ○大原 涼平  
 長野工業高等専門学校 学生会員 吉塚 優騎  
 長岡技術科学大学 フェロー会員 下村 匠

## 1. 背景・目的

ひび割れが生じたコンクリートの水分移動の把握は、実構造物中の水分移動予測の精度向上を図る重要な課題であり、ひび割れ幅やひび割れ深さなどのひび割れの形態やひび割れ表面の水分伝達特性がひび割れ空間を經由した水分移動に及ぼす影響について検討されている。部材内で閉塞するひび割れ(以後、非貫通ひび割れと称する)に注目すると、ひび割れを經由した吸湿に関する検討が少なく、ひび割れ表面の水分伝達特性などのひび割れの影響評価手法が確立されていない。

本研究では、非貫通ひび割れを模擬したモルタル供試体を用いた吸湿実験および数値モデルによる再現計算により、ひび割れ幅・初期水分量がひび割れを經由した水分移動に及ぼす影響について検討した。

## 2. 吸湿実験

実験に用いたモルタルの示方配合を表-1に示す。使用材料は、普通ポルトランドセメント(密度 $3.16\text{g/cm}^3$ )、千曲川産川砂(表乾密度 $2.62\text{g/cm}^3$ )、AE減水剤である。モルタル供試体の形状を図-1に示す。モルタル供試体はひび無し試験体とひび有り試験体の2種類とし、ひび有り試験体のひび割れ幅 $w$ は0.1, 0.5, 1.0mmの3種類とした。ひび無し試験体は幅150mm×奥行150mm×厚さ40mmの角柱を用い、吸湿面以外を防水テープにより防水処理した。ひび有り試験体は幅75mm×奥行150mm×厚さ40mmの角柱を2つ用い、角柱の間にひび割れ幅に相当するテフロンシート(幅10mm×長さ40mm)を端部に挟み込み、防水テープにより固定した。テフロンシートはひび割れ幅を維持するために角柱間に残置した。モルタル供試体の吸湿面は打設面の幅130mm×奥行130mmとした。モルタル供試体は材齢1日で脱型し、 $20^\circ\text{C}$ の恒温環境下で28日間封緘養生を行った。その後、模擬ひび割れの導入と防水処理を施した。供試体の初期水分量は、簡易恒温室内で $\text{MgCl}_2$ を用いた飽和塩法により調湿した温度 $20^\circ\text{C}$ ・相対湿度33%の環境(初期水分1と称する)と温度 $95^\circ\text{C}$ かつ極低湿度の乾燥炉(初期水分2と称する)の2種類の恒温恒湿環境に3か月以上静置することで調整した。

試験容器の断面図を図-2に示す。プラスチック製の試験容器下部に調湿容器を設置し、調湿容器の上にモルタル供試体を静置した。試験容器は約 $20^\circ\text{C}$ の簡易恒温室内に設置し、容器内の調湿は $\text{NaCl}$ を用いた飽和塩法( $20^\circ\text{C}$ ・75%RHで平衡)とした。吸湿実験は9日間実施し、定期的に供試体の質量を測定することでモルタル供試体の吸湿量を求めた。実験期間中の試験容器内の平均温湿度は、 $21^\circ\text{C}$ ・71%RHであった。 $\text{NaCl}$ のみとの相対湿度の差は実験初期においてモルタルの吸湿速度が調湿速度を上回ったことが原因である。

表-1 示方配合

W/C [%]	単分量 [kg/m <sup>3</sup> ]			
	W	C	S	Ad
50	277	554	1297	2.77

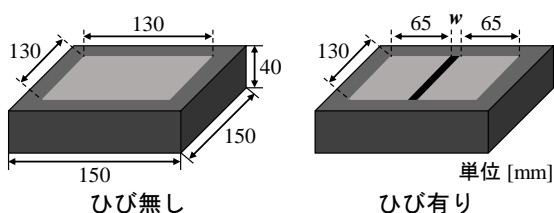


図-1 モルタル供試体形状

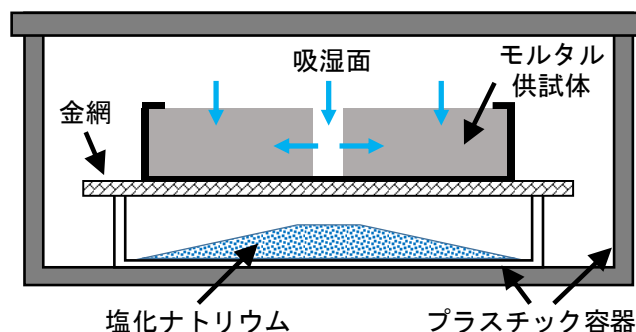


図-2 試験容器断面図

キーワード ひび割れ, 非貫通ひび割れ, 吸湿, 水分伝達

連絡先 〒381-8550 長野県長野市徳間 716 長野工業高等専門学校 環境都市工学科 TEL 026-295-7094

表-2 解析条件ごとの水分移動則・境界条件

条件名	モルタル要素		ひび割れ要素		
	水分移動則	外気との境界条件	水分移動則	モルタルとの境界条件	外気との境界条件
解析1	気液2相モデル <sup>1)</sup>	境界層モデル <sup>1)</sup>	自由拡散 <sup>2)</sup>	境界層モデル <sup>1)</sup>	固定境界
解析2					

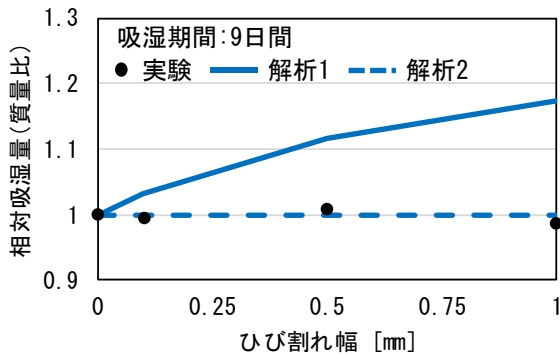


図-3 初期水分1のひび割れ幅と相対吸湿量

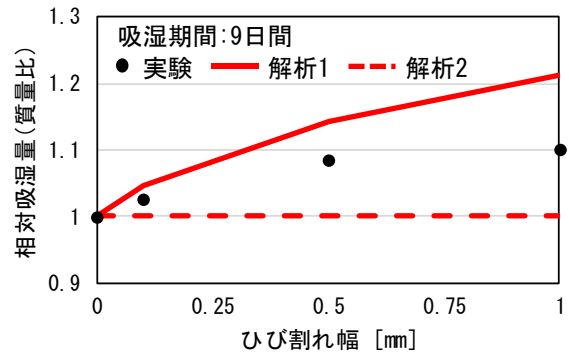


図-4 初期水分2のひび割れ幅と相対吸湿量

### 3. 再現計算

再現計算は表-2に示すモルタル要素・ひび割れ要素の水分移動則および境界条件を用いた2種類の2次元水分移動解析とした。両条件ともモルタル要素の水分移動則および境界条件は著者らの既往のモデルとした。解析1は、ひび割れの影響を考慮し、ひび割れ要素の水分移動則は水蒸気の自由拡散、モルタルとひび割れの境界面はモルタルと外気の境界面と同様、外気とひび割れの境界面は外気湿度で固定と仮定した。解析2は、モルタルとひび割れの境界面の水分伝達を無視し、ひび割れ空間を經由した水分移動を考えない。

再現計算に用いた材料パラメータは、各初期水分のひび無し供試体の吸湿量の経時変化と一致するように同定した。計算条件は温度20℃、外気の相対湿度75%とし、モルタル供試体の初期空隙湿度は初期水分1で33%RH、初期水分2で2%RHに設定した。初期水分2の空隙湿度は乾燥炉周辺の20℃・60%RHが95℃に上昇した場合の推定値である。

### 4. 結果および考察

図-3に初期水分1、図-4に初期水分2の実験および再現計算結果を示す。図中の相対吸湿量は吸湿9日目のひび無し試験体の吸湿量を基準とした質量比である。図-3より、実験結果は、ひび割れ幅の増加に関わらず吸湿量は増加しない傾向を示す。解析結果に注目すると、ひび割れ表面の水分伝達を無視した解析2と実験結果の傾向が一致している。図-4より、実験結果は、初期水分1と異なり、ひび割れ幅の増加とともに吸湿量が増加する傾向を示す。解析結果は、ひび割れ表面の水分伝達を考慮した解析1が実験結果よりも過大な増加傾向を示す。これらより、ひび割れ空間を經由した吸湿量は、モルタルの初期水分量と外気との湿度差の影響を受けること、ひび割れ表面の水分伝達は一般境界面より低減されることがわかった。湿度差の影響を受ける原因としては、湿度差が小さい場合はひび割れ空間と外部との湿度交換が行われにくいことが考えられる。

### 5. まとめ

本研究により、非貫通ひび割れでは、コンクリート内部と外気の湿度差が小さくなる場合はひび割れが吸湿量の増加に寄与しないこと、湿度差およびひび割れ幅によってひび割れ表面からの吸湿速度はモルタルと外気が接する面と比べて小さくなることが確認された。

### 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.
- 2) 西利明, 下村匠, 佐藤博之: ひび割れを有するコンクリート中における水蒸気の拡散移動のモデル化, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.21, No.2, pp.859-864, 1999.