

非貫通ひび割れを模擬したモルタルによるひび割れ表面の水分伝達特性に関する検討

長野工業高等専門学校 正会員 ○大原 涼平
 東海旅客鉄道株式会社 非会員 宮澤 一平
 長岡技術科学大学 正会員 下村 匠

1. はじめに

ひび割れが生じたコンクリート中の水分分布を予測する場合、コンクリート中の水分移動とコンクリート表面の水分伝達だけでなくひび割れ空間を経由したコンクリート中の水分の流出およびコンクリート中への水分の流入を考慮する必要がある。ひび割れ空間を経由した水分移動を考慮する際、ひび割れ形状(ひび割れ幅や深さ)が及ぼす影響に注意する必要がある。特に、部材を貫通するひび割れ(以後、貫通ひび割れと称す)と部材内で閉塞するひび割れ(以後、非貫通ひび割れと称す)では水分の移動しやすさが異なると考えられる。

ひび割れ空間内における水蒸気を対象とした水分移動およびひび割れ表面の水分伝達に注目すると、貫通ひび割れを対象とした水蒸気拡散実験と数値計算による検討が行われているが、非貫通ひび割れを対象とした検討は少ない。そこで、本研究は非貫通ひび割れにおけるひび割れ表面の水分伝達特性の把握を目的に、非貫通ひび割れを模擬したモルタル供試体を用いた水蒸気拡散実験および数値モデルによる再現計算を実施した。

2. 水分拡散実験

実験に用いたモルタルの示方配合を表-1に示す。材料は普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm^3)、千曲川産川砂(表乾密度 2.62g/cm^3)、AE減水剤を使用した。モルタル供試体形状を図-1に示す。モルタル供試体は幅 $150\text{mm} \times$ 奥行 $150\text{mm} \times$ 厚さ 40mm の角柱をひび無し供試体とし、打設面のみを解放面とするように防水テープを用いて防水処理を行った。ひび割れ幅 w は 0.1 、 0.5 、 1.0mm の3種類とし、非貫通ひび割れは幅 $75\text{mm} \times$ 奥行 $150\text{mm} \times$ 厚さ 40mm の2つの角柱の間にひび割れ幅に相当するテフロンシート(幅 $10\text{mm} \times$ 長さ $40\text{mm} \times$ 厚さ 0.1 、 0.5 、 1.0mm)を両側端部に挟み込み、防水テープにより2つの角柱を固定することで模擬した。試験期間中のひび割れ幅を維持するためにテフロンシートを角柱間に残置し、解放面の流出面積は残置したテフロンシート部を除いた幅 $130\text{mm} \times$ 奥行 130mm とした。モルタル供試体は材齢1日で脱型し、 20°C の恒温環境下で28日間封緘養生を行った後に素早く模擬ひび割れの導入と防水処理を施し水分拡散実験を開始した。

試験容器の断面図を図-2に示す。気密性のあるプラスチック容器内に調湿材として塩化マグネシウムを入れた容器を設置し、調湿容器上部にモルタル供試体を静置した。試験容器は 20°C の恒温環境下に静置した。試験期間中の試験容器内解放面付近の平均温湿度は $20.5^\circ\text{C} \cdot 40\%RH$ であった。水分拡散実験は21日間行い、定期的に供試体質量を測定することでモルタル供試体からの水分流出量および流出流束を求めた。なお、各ひび割れ幅における水分流出量は3体の供試体の平均値とした。

表-1 示方配合

W/C [%]	単位量 [kg/m^3]			
	W	C	S	Ad
50	277	554	1297	2.77

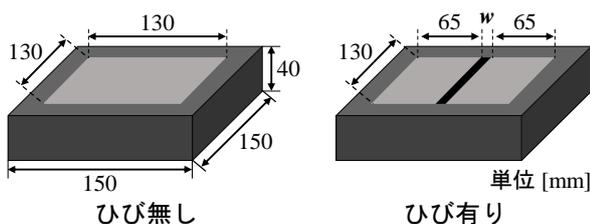


図-1 モルタル供試体形状

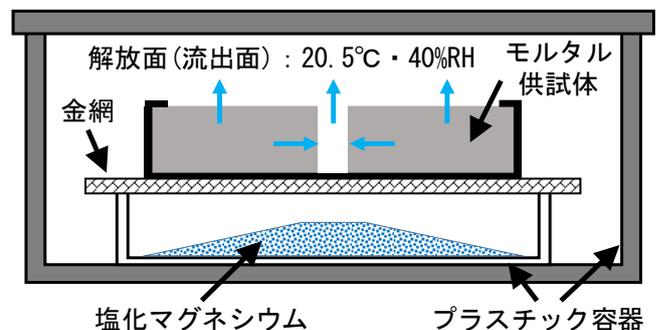


図-2 試験容器断面図

キーワード ひび割れ, 非貫通ひび割れ, ひび割れ表面, 水分拡散, 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 TEL026-295-7094

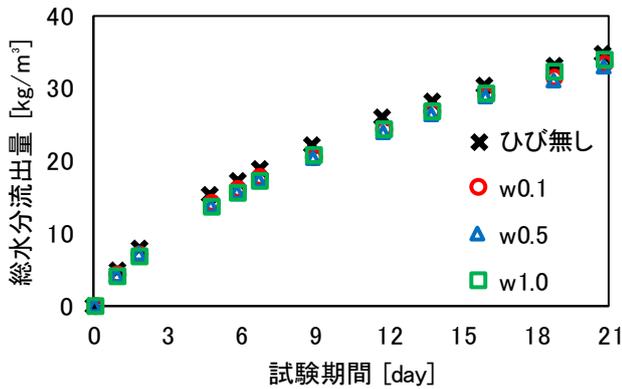


図-3 総水分流出量の経時変化

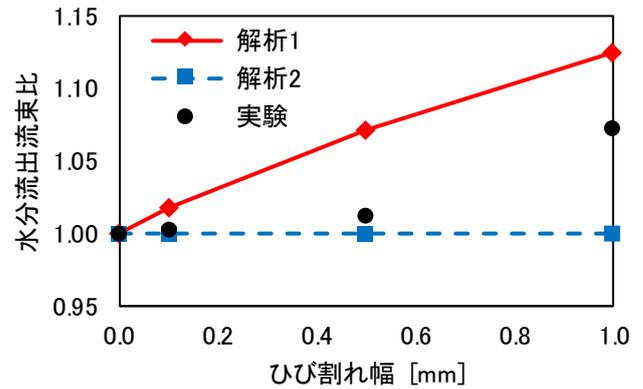


図-4 ひび割れ幅ごとの水分流出流束比

3. 再現計算

ひび割れを有するモルタルの2次元水分移動解析は、モルタル、ひび割れ空間、モルタル表面およびひび割れ表面のそれぞれの水分移動則を定義した。防水処理された面の水分移動はないものとした。モルタル中の水分移動は細孔構造を考慮した著者らの気液2相モデル²⁾、ひび割れ空間の水分移動は水蒸気³⁾とした。モルタル表面の水分伝達は熱伝達境界条件との類似の扱いを適用した境界層モデル²⁾とした。ひび割れ表面の水分伝達は非貫通ひび割れにおける水分伝達の影響の有無を検討するために2種類の仮定を用いた。

- (1) モルタル表面の水分伝達と同様にひび割れ表面の水分伝達を考慮する。これを「解析1」と称する。
- (2) ひび割れ表面の水分伝達を無視する。これを「解析2」と称する。

再現計算に用いた材料パラメータは、同一配合で作製したモルタル角柱供試体の炉乾燥後の質量とひび割れの無い供試体の逸散水量の経時変化より同定した。環境条件は実験環境と同様に温度 20°C、供試体解放面側の相対湿度 40%RH、モルタル供試体の初期飽和度 99%RH とした。

4. 研究結果および考察

図-3に各供試体の総水分流出量の経時変化の実験結果を示す。図-3より、ひび無し供試体の総水分流出量が非貫通ひび割れを有する供試体よりも常に若干大きくなっていることが確認できる。この傾向は試験開始時の各供試体表面の初期水分量のばらつきによる初期乾燥量の差が影響していると考えられる。そこで、試験開始後12日から21日までの水分流出量の増分から水分流出流束を算出し実験および再現計算結果を比較検討した。

図-4にひび無し供試体を基準とした各ひび割れ幅の水分流出流束比を示す。実験結果より、ひび割れ幅の増加に伴い水分流出流束比も増加する傾向が確認できる。実験および再現計算結果を比較すると、ひび割れ幅1.0mmでは解析1と解析2の間に実験結果が存在すること、ひび割れ幅0.5、0.1mmでは解析2に近い値を示すことが確認できる。これらのことから、非貫通ひび割れにおけるひび割れ表面の水分伝達特性は大気に接する面よりも小さく、ひび割れ幅0.5mm以下では無視できるほど小さいと考える。

5. 結論

本研究により、非貫通ひび割れにおけるひび割れ表面の水分伝達特性は大気に接する面と異なることを確認した。また、本実験の範囲内ではひび割れ幅0.5mm以下の非貫通ひび割れではひび割れ表面の水分伝達は無視できるほど小さいことが示唆された。

参考文献

- 1) 大原涼平, 下村 匠: 貫通・非貫通ひび割れを有するコンクリート中における水分の移動, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.38, No.1, pp.591-596, 2016
- 2) 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
- 3) 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