

ひび割れ内部の水分挙動に関する実験的検討

芝浦工業大学 学生会員 ○齊藤 宗一郎
 東京大学生産技術研究所 正会員 西村 次男
 東京大学生産技術研究所 正会員 加藤 佳孝
 芝浦工業大学 正会員 勝木 太

1. はじめに

コンクリート構造物に発生するひび割れは、劣化因子の侵入を容易とさせるため、構造物の劣化を促進する要因であると考えられている¹⁾。

著者ら²⁾が行った、乾湿繰り返しがひび割れからの中性化進行に及ぼす影響に関する実験的検討の結果、水中浸漬(温度 20℃) 1 日と中性化促進(温度 20℃, 湿度 60%, CO₂ 濃度 0.07, 1, 5%)を 6 日間行うサイクル(case1)と、水中浸漬 2 日と中性化促進期間 12 日間行うサイクル(case2)では、ひび割れ内部からの中性化進行は確認できないことがわかった。これは、ひび割れ内部に残留した水分によって、炭酸ガスの侵入が妨げられたためと推察される。

そこで、ひび割れの吸水および水分逸散挙動を実験的に把握することを本研究の目的とした。

2. 実験概要

2.1 供試体作成方法および前処理

配合条件を表-1 に示す。図-1 に示すように、供試体は 40×40×80mm の角柱型モルタルとし、打設後 24 時間で脱型し、水中養生(20℃)を 91 日間行った。養生期間終了後、線载荷によって供試体中央部分を割裂し、割裂面の端部 6 か所に厚さの異なるテフロンシート(無, 0.2, 0.5mm)を均等に置き、割裂した供試体同士を合わせることでひび割れを模擬した。さらに、5 面をアルミテープでシールすることで外部の影響を受けない状態とし、残った 1 面をひび割れ面とした。その後、2 週間程度乾燥(40℃)し、供試体の質量減少が概ね停止することを確認した。以上の過程を前処理として、各条件 3, 4 個の供試体の実験結果の平均値をとることで、ばらつきの影響を考慮した。

表-1 示方配合及び使用材料

配合記号	W/C	S/C
PL	0.5	2.3
C : 普通ポルトランドセメント (密度 3.15g/cm ³ , 比表面積 3300cm ² /g)		

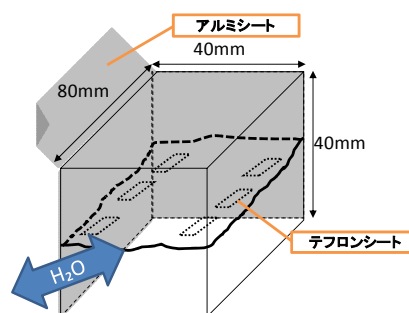


図-1 供試体作成および割裂方法

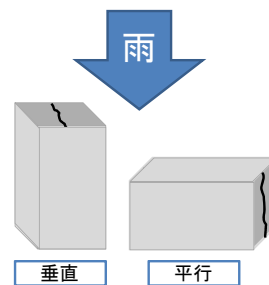


図-2 降雨時供試体暴露方法

2.2 吸水方法

実環境では、水分の供給源は主として雨水であると考えられる。ひび割れ内部の吸水特性を実験的に検討する上で、水分の供給方法を事前に検討することが必要である。そこで、予備実験として、降雨時に実環境下で暴露させた供試体の吸水特性と、水中浸漬させた供試体の吸水特性を比較し、水中浸漬試験で降雨を模擬することの妥当性を検証した。

降雨による吸水方法は、降雨が観測できた時間帯

のみ暴露し、降雨が停止している時間帯は供試体を封緘状態にすることで質量を保持した。供試体の暴露は図-2に示すように実施し、降雨に対してひび割れ面が垂直方向になるよう設置したものを「垂直」、平行方向になるように設置したものを「平行」と定義した。

図-3にひび割れ幅が0.5mmの場合の実験結果を示す。なお、図中には暴露期間の降水量も記載している。降雨に対して垂直および平行に設置した供試体の吸水特性は、雨水が直接侵入する垂直の方が、吸水速度が速い結果となった。また、水中浸漬と降雨暴露を比較すると、初期の吸水速度は、水中に供試体を浸漬した方が速くなる傾向を示すが、数時間で降雨暴露とあまり変わらない挙動を示すため、水中浸漬による吸水でも差が生じないことが分かる。

以上の実験結果に基づき、水中浸漬によって降雨による吸水挙動を概ね再現出来るため、本実験では簡便性も含め水中浸漬で行うこととした。

2.3 逸散方法

前述した前処理と同様に2週間乾燥処理を行った後、吸水試験の結果をもとに、供試体の含水率を30, 60, 90%の3種類設定し、乾燥機(40℃)による水分逸散試験を行い、それぞれの経時的な質量変化を計測した。

3. 実験結果

3.1 吸水実験

図-4に、計測時ごとに求めた、吸水速度の経時変化を示す。ひび割れの有無によって、吸水開始3分(0.05時間)の時点で、吸水速度が異なることがわかるが、時間が経過するにつれて、速度変化の挙動は、条件によらず概ね同様の挙動を示していくことが確認できた。

次に、ひび割れ内部と健全部における吸水挙動の違いを把握するために、ひび割れを有する供試体全体の吸水量から、ひび割れ無しの供試体全体の吸水量を引いた値を、ひび割れ内部の吸水量として求めた。図-5には、ひび割れ内部の吸水速度を示す。吸水開始直後は、急速に吸水するが、30分経過後は、ひび割れ幅によらず、吸水がほぼ停止している。すなわち、ひび割れ内部においては、短時間の内に急

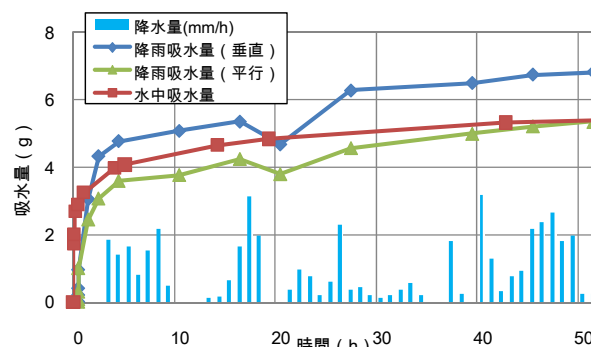


図-3 吸水量(ひび割れ幅0.5mm)
および降水量

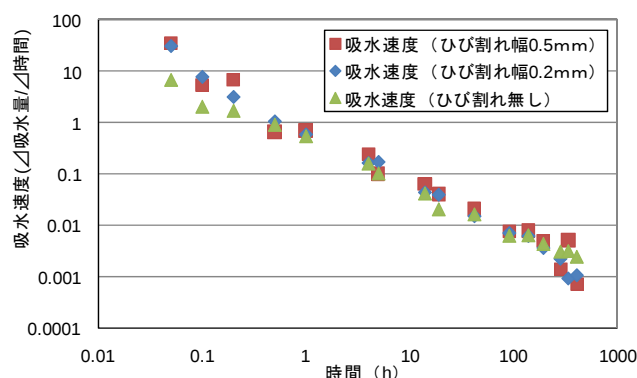


図-4 水中に浸漬した時の吸水速度(供試体全体)

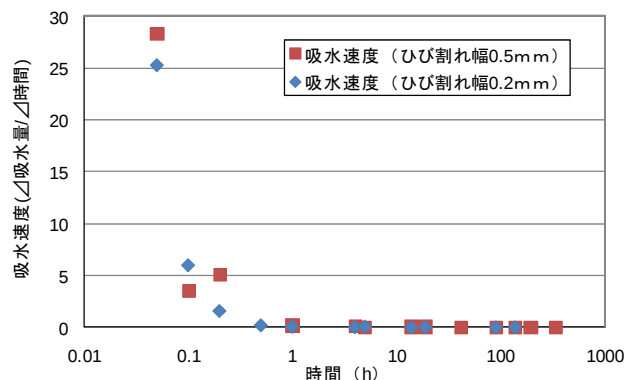


図-5 ひび割れ内部の吸水速度

速に吸水し飽水状態となるため、比較的短時間で吸水が停止するが、健全部では、その後も緩やかに吸水が進行していると考えられる。

3.2 水分逸散試験

図-6に水分逸散速度の経時変化を、初期含水率別に示す。結果より、供試体の初期含水率の相違は、逸散速度にはほとんど影響を及ぼさないことがわか

る。

次に、ひび割れ幅の有無と幅の影響について着目すると、逸散開始後数時間程度は、その差が水分逸散速度に顕著に表れていることがわかるが、数十時間経過すると、いずれの条件においても、逸散が概ね停止することがわかった(図-7 参照)。ひび割れ内部に関しても同様の傾向を示しており、乾燥初期において、ひび割れ幅の変化によって逸散速度が大きく異なるものの、逸散が概ね停止する時間は、供試体全体の結果と概ね一致している(図-8 参照)。

3.3 乾湿繰り返し環境下での水分挙動

3.3.1 炉乾燥による乾湿繰り返し

1.はじめにで記述した case2 を想定し、供試体を 48 時間吸水させた後、288 時間乾燥(40℃)させた場合の、ひび割れ内部の水分挙動を、得られた計測結果から予測した結果を図-9 に示す。吸水量はひび割れ幅によって 0.6g 程度の差が生じていることがわかる。逸散過程に関しても、ひび割れ幅が大きくなると、水分の逸散量が多くなり、260 時間程度で残留水分量は、ほぼ等しくなる。また、288 時間の乾燥時間では、ひび割れ幅によらず 0.7g 程度の水分が残留していることが確認できる。実際の case2 では、20℃に設定された促進中性化環境下であったことを考慮すれば、ひび割れ内の水分残留量は、更に多いと推察される。すなわち、乾湿繰り返し環境下で、ひび割れ内部から中性化が進行しなかった理由としては、ひび割れ内部に残留する水分が影響していたと考えられる。

3.3.2 自然乾燥による乾湿繰り返し

1.はじめにで記述した case1 を想定し、供試体を 24 時間吸水させた後、144 時間自然乾燥(温度 20℃、湿度 60%)させた場合のひび割れ内部の水分挙動を図-10 に示す。吸水量はひび割れ幅によって 1.1g 程度の差が生じることがわかる。一方、逸散過程に関しては、ひび割れ幅 0.5mm の方が、若干であるが逸散速度が速い。その結果、144 時間経過時点では 0.5g 程度ひび割れ幅 0.5mm 方が多く残留している。また、ひび割れ幅が 0.2mm であっても、0.5g 程度残留しているため、case1 の場合でも水分は残留していた可能性が高い。また、自然乾燥の場合、144 時間程度で、ひび割れ内部の水分逸散速度が非常に遅くなってい

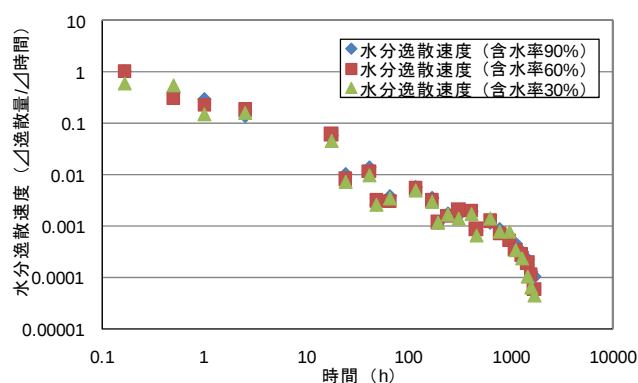


図-6 含水率変化による水分逸散速度
(供試体全体・ひび割れ幅 0.5mm)

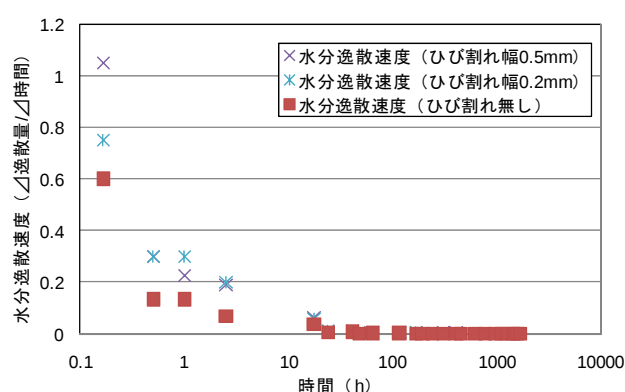


図-7 ひび割れ有無および幅による水分逸散速度の変化
(供試体全体・含水率 60%)

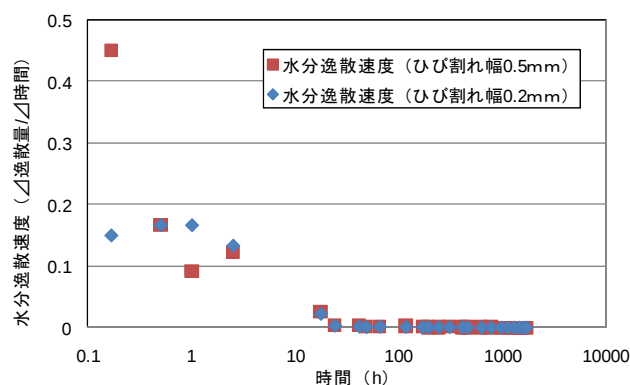


図-8 ひび割れ内部の水分逸散速度

ることが分かる。また、今回の実験では、case2 と比較して case1 の吸水量の方が多いという結果となった。case1 の吸水時間が 24 時間少ないため、通常であれば吸水量は少なくなるはずである。これは、同一条件下で作成した供試体であっても、個々にひび割れ内の構造が異なると考えられ、今後詳細に検討

する必要がある。

4. まとめ

本研究から得られた成果を以下にまとめる。

- (1) 予備実験によって、水中に浸漬した場合と、降雨での暴露では、吸水の挙動が概ね同じであることが分かった。
- (2) ひび割れ有りの場合、ひび割れ内部への吸水が急速に進行する。しかし、ひび割れ幅が0.5mmであっても、ひび割れ内部の水分は簡単に逸散せず、ひび割れ内部の水分が逸散するためには、吸水時間と比較して相当の時間を要することが分かった。
- (3) 実験結果より case1, case2 共に水分残留の可能性が高く、ひび割れ内部の水分を全て乾燥させるには、設定した条件よりも、更に乾燥期間を長く、かつ温度を高くする必要があると考えられる。

ひび割れ内部の吸水・水分逸散挙動を基礎的な実験により把握した結果、本実験で設定した乾湿繰返し条件では、ひび割れ内部に水分が残留している可能性が高いことを確認した。今後、適切な乾湿繰返し環境条件を設定し、再度、ひび割れの中性化進行に及ぼす影響について検討を行う予定である。

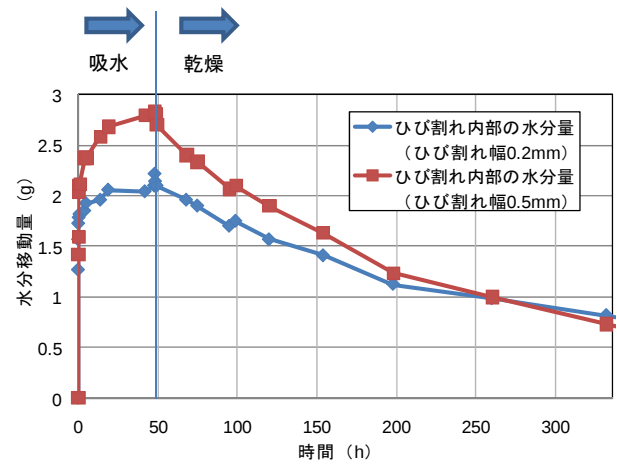


図-9 乾湿状況でのひび割れ内部の水分移動
(case2 模擬)

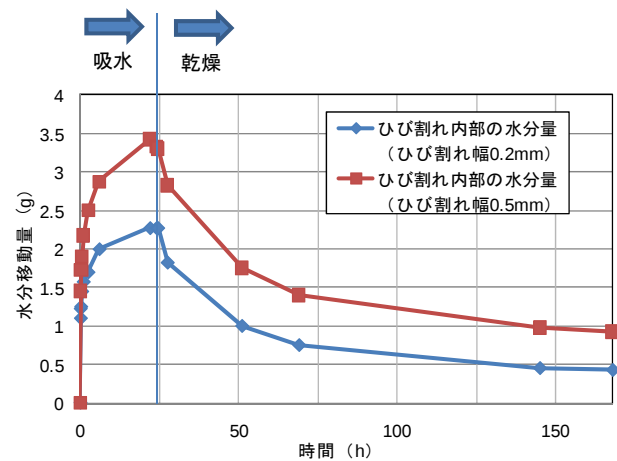


図-10 乾湿状況でのひび割れ内部の水分移動
(case1 模擬)

参考文献

- 1) 伊代田岳史, 矢島哲司, 魚本健人: コンクリートのひび割れが中性化速度に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol20, №2, pp979-984, 1998
- 2) 小林良輔, 西村次男, 蔵重勲, 加藤佳孝: ひび割れ鉄筋界面からの中性化進行に及ぼす乾湿繰返しの影響, 土木学会関東支部, 平成20年度技術研究発表会論文, 2009