

乾湿繰返し環境下におけるひび割れからの中性化進行に関する実験的検討

東京大学生産技術研究所
芝浦工業大学
電力中央研究所
東京大学生産技術研究所

正会員 ○西村 次男
学生会員 小林 良輔
正会員 蔵重 勲
正会員 加藤 佳孝

1. はじめに

コンクリート構造物に生じるひび割れは、構造物の劣化を促進する要因であると認識されており、これまでも多くの検討結果が報告されている^{例えば 1)}。中性化においても同様だが、塩害劣化では一般的に検討されている乾湿繰返しの影響に関して、中性化の進行での検討を行った例は少ない。

本研究では、ひび割れからの中性化の進行を、図-1 に示す 2 つ分けて実験的に検討した。ひび割れが鉄筋に到達していない状況は、割裂した供試体を再度重ね合わせることでひび割れを模擬した供試体を用い、ひび割れが鉄筋に到達している状況は、鉄筋界面中での中性化進行を検討するために、ひび割れを導入せずに片側の鉄筋をむき出しとした供試体を用いた。これにより、ひび割れからの中性化の進行を模擬し、乾湿繰返し環境下における中性化の進行を実験的に検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

使用材料を表-1、示方配合を表-2 に示す。

2.2 ひび割れ導入と養生条件

供試体は 100×100×180mm の角柱供試体とし、打設後 24 時間で脱型、初期養生として 5 日間湿潤養生をした。その後、供試体にひび割れを導入した。割裂面に 3×3mm 程度のテフロンシートを均等に 6 箇所に敷くことにより、表面ひび割れ幅、内部ひび割れ幅を均等に制御した。なお、ひび割れ幅は 0.1mm、0.2mm、0.5mm の 3 種類とした。5 面をアルミテープでシールし、残った 1 つの開放面をひび割れ面とした。ひび割れ供試体作成後、湿潤養生 28 日を行った。

2.3 環境条件

本試験では中性化促進と水中の 2 種類の環境を設

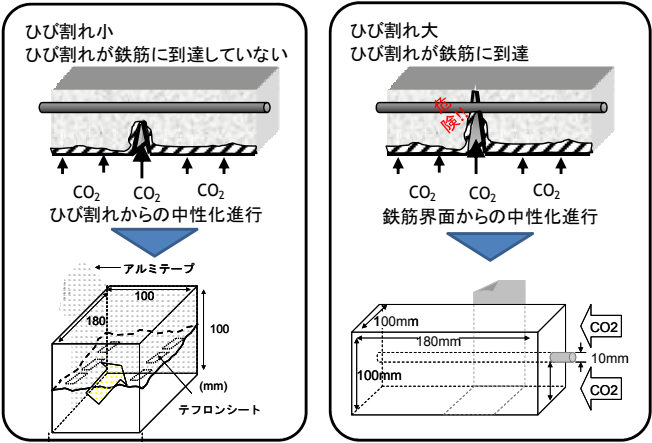


図-1 本研究におけるひび割れのとらえ方

表-1 使用材料

普通ポルトランドセメント (略記 C)	密度 3.15g/cm ³ ，比表面積 3,300cm ² /g
高炉スラグ微粉末 (略記 BS)	密度 2.91g/cm ³ ，比表面積 4,310cm ² /g
細骨材 (略記 S)	川砂，表乾密度 2.63g/cm ³ ，F.M. 2.90
粗骨材 (略記 G)	碎石，表乾密度 2.70g/cm ³ ，F.M. 6.83
混和剤	AE 剤，AE 減水剤

表-2 示方配合

記号	W/C	s/a	単位量 (kg/m ³)					SL (cm)	Air (%)
			W	C	BS	S	G		
PL	0.5	0.43	171	342	0	746	1015	13	7
BS			171	188	154	742	1010	13	6

け、周期および二酸化炭素濃度を変えることにより、ひび割れからの中性化進行における水分および二酸化炭素濃度の影響を検討した。周期の種類は 2 種類とし、case1 は中性化 6 日、水中 1 日、case2 は中性化 12 日、水中 2 日とした。二酸化炭素濃度の種類は case1 で 1%，5%，および室内気中暴露 (0.03%) の 3 条件、case2 で 5%とした。なお、鉄筋界面からの中性化進行は、case2 のみを対象とした。

2.4 中性化進行の測定

28 日養生後、中性化促進試験を JIS A 1153「コンクリートの促進中性化試験方法」に基づき、相対湿度 60%，温度 20℃の環境下で行った。促進期間は、

キーワード ひび割れ，鉄筋界面，中性化進行，乾湿繰返し

連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 加藤 (佳) 研究室 TEL 03-5452-6393

ひび割れからの中性化進行は 4 週, 8 週, 16 週, 鉄筋界面からの中性化進行は 5 週とした. 中性化深さはフェノールフタレイン 1%エタノール溶液を噴霧し, 未着色部を中性化領域として測定を行った. 開放した 1 面のコンクリートからの中性化進行を「健全部中性化深さ」, ひび割れからコンクリートの内部への中性化進行を「ひび割れ中性化深さ」, 鉄筋界面からの中性化進行を「界面中性化深さ」と称する.

3. 実験結果

3.1 ひび割れからの中性化進行

ひび割れからの中性化進行を検討する前に, 健全部中性化深さの経時変化に, ルート t 則を適用して得られた促進中性化速度係数を表-3 に示す. 一般的な知見と同じく, 二酸化濃度の増加にともない促進中性化速度係数は増加し, BS の方が PL よりも大きい値を示している. case1 と case2 では, 2 週間単位で乾湿の期間を考えると, 両者共に中性化期間 12 日, 水中期間 2 日間で同じであるが, 若干ではあるが, case2 の促進中性化速度係数が大きい. これは, case1 の条件では, コンクリートが高含水率状態に保たれ, 炭酸ガスの浸透が抑制されたためだと考えられる.

ひび割れ中性化深さは, 一例として写真-1 に case1-PL-5%の促進期間 16 週の状況を示すが, 写真から分かるように, 殆ど中性化が進行していない. なお, 他の全ての場合も同様に中性化の進行が確認できなかった. ただし, ひび割れ面は, 写真-2 に見られるように, ほぼ完全に中性化しており, ひび割れ中に炭酸ガスは存在していると推察される. 今後詳細な機構は検討する必要があるが, ひび割れに水分が残留することにより, ひび割れ内部のコンクリートが高含水状態に保たれ, ひび割れのごく表層のコンクリートは中性化するものの, 内部への炭酸ガスの進行が抑制され, ひび割れ中性化深さが殆ど進行しなかったのではないかと考えられる.

3.2 鉄筋界面からの中性化進行

表-4 に健全部中性化深さおよび界面中性化深さから求めた促進中性化速度係数を示す. 健全部の中性化進行に比べて, 鉄筋界面の中性化進行は PL で約 20 倍, BS で約 8 倍と, 極めて速いことが分かる. また, 健全部では BS の促進中性化速度係数が大きい, 鉄筋界面部では, 材料の違いは殆ど見られない.

表-3 健全部の促進中性化速度係数 ($\text{mm}/\text{week}^{0.5}$)

case1						case2	
PL 気	PL-1	PL-5	BS 気	BS-1	BS-5	PL-5	BS-5
0.17	0.50	1.12	0.37	1.12	1.94	1.16	2.29

気: 室内気中暴露, -1, -5: 二酸化炭素濃度 1%, 5%

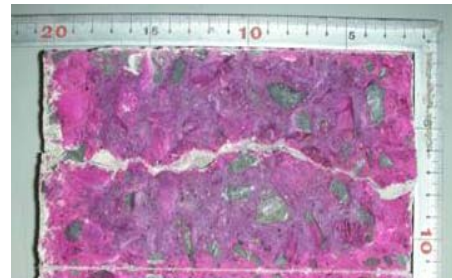


写真-1 ひび割れ中性化深さ (case1-PL-5% 16 週)



写真-2 ひび割れ面の中性化 (case1-PL-5% 8 週)

表-4 鉄筋界面の促進中性化速度係数 ($\text{mm}/\text{week}^{0.5}$)

健全部 PL	健全部 BS	界面 PL	界面 BS
1.20	3.25	25.18	24.95

4. おわりに

ひび割れからの中性化進行に及ぼす乾湿繰返しの影響を検討した結果, 以下に示す知見を得た.

- 1) 本研究で設定した乾湿繰返し環境下では, ひび割れからの中性化の進行は殆ど確認できず, ひび割れが鉄筋に到達していなければ, 鉄筋腐食の危険性は極めて少ないと考えられる.
- 2) 鉄筋界面の中性化進行速度は, 健全部に比べて極めて速く, ひび割れが鉄筋に到達している場合には, 水と酸素の供給状況に依存するが, 広範囲に渡って鉄筋腐食の危険性が推察される.

謝辞 本研究の一部は, 科学研究費補助金基盤研究(C) (研究代表者: 西村次男) によるものである. また, 本研究を実施するにあたり, 協力していただいた研究室の皆様に感謝の意を表す.

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, No.2, pp979-984, 1998