

ひび割れ発生時期とその後の環境条件が中性化の進行に及ぼす影響

芝浦工業大学

学生会員

○小松 直人

東京大学

正会員

西村 次男

東京大学

正会員

加藤 佳孝

芝浦工業大学

正会員

勝木 太

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物に発生するひび割れは、構造物の劣化を促進する要因として考えられているが、若材齢時に発生したひび割れからの中性化進行に関しては未解明な点が多い。本研究は、これらの現象を明らかにすることを目的とし実験的な検討を行った。

2. 実験概要

本実験で用いた結合材の種類を表-1、配合を表-2、要因と水準を表-3に示す。供試体は100×100×180mmの角柱供試体とした。打設後24時間で脱型を行い、設定した材齢時に曲げ載荷によりひび割れを導入した。脱型後28日間の養生を行い、その後中性化促進試験をJIS A1153に基づき行った。促進試験後、供試体に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計測をした。本実験で計測する箇所の名称を図-1に示す。

3. 実験結果と考察

3.1 健全部中性化について

健全部の中性化深さの推移を図-2に示す。高炉スラグ微粉末を置換した場合、水和反応時に水酸化カルシウムが消費されるため、PLと比べると中性化の進行が早い。また、高炉スラグを置換した2ケースを比較すると、中性化の進行はB2よりもB4の方が遅い結果となった。これは、B4に用いたスラグ微粉末の比表面積が大きいため、細孔構造が緻密化したことによると考えられる。

3.2 ひび割れ内部の中性化について

供試体をひび割れ方向に沿って割裂し、ひび割れ内部の中性化の検討を行った。評価方法として、ひび割れが貫通している面の面積に対する中性化面積の割合（以下、中性化面積率）を用いた。図-3に各種配合によるひび割れ内部の中性化面積率を示す。各配合ともに、ひび割れ導入が材齢1日で水中養生の場合、他の条件に比べ中性化が進んでいないことがわかる。これはひび割れ近傍に存在する未水和セメントの水和反応により、ひび割れが閉塞するという既往の報告を参考にすると、未水和部が最も残っている材齢1日で導入したひび割れが最も閉塞しやすく、中性化の進行を妨げたのではな

表-1 結合材の種類

セメント	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, 略号 C)
高炉スラグ微粉末	高炉スラグ微粉末2000 (密度2.92g/cm ³ , 比表面積2020cm ² /g, 略号 BS20)
	高炉スラグ微粉末4500 (密度2.91g/cm ³ , 比表面積4310cm ² /g, 略号 BS45)

表-2 示方配合

配合 記号	W/ (O+B) (%)	s/a (%)	スラグ 置換率 (%)	単位量 (kg/m ³)						混和剤	
				W	C	BS20	BS45	S	G	AE剤 (g)	AE 減水剤 (ml)
PL	50	43	—	165	330	—	—	772	1055	9.90	528
B2			45	165	182	149	—	768	1049		
B4			45	165	182	—	149	768	1049		

表-3 要因と水準

要因	水準
使用配合	PL, B2, B4
ひび割れ 導入時材齢	1日, 4日, 7日 (略号 1d, 4d, 7d)
ひび割れ幅	0.2mm
養生方法	水中養生(略号 W) 湿潤養生7日後屋外暴露(略号 F)
中性化促進期間	4週, 8週, 12週

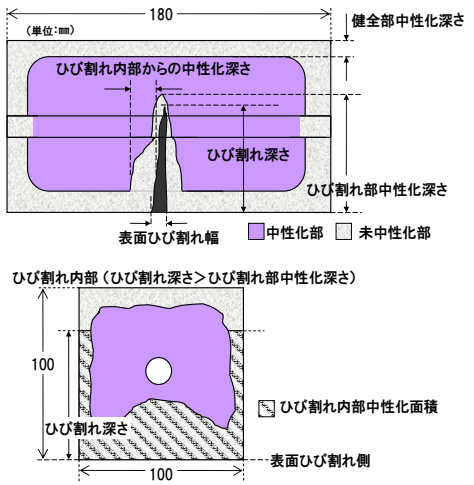


図-1 用語の定義

キーワード：初期ひび割れ，中性化，高炉スラグ微粉末

連絡先：〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 工学部土木工学科 勝木研究室 TEL 03-5859-8359

いかと考えられる。しかし、表面のひび割れ幅をマイクロスコープで観察したが、導入時と養生後で変化はみられなかった。また、配合ごとに比較すると、健全部では B2 が最も中性化進行が早かったにも関わらず、ひび割れ内部では各条件ともに B4 が最も大きい値を示している。これは B2 で使用しているスラグ微粉末の比表面積が小さいため、水和反応が遅れ、ひび割れ導入時での未水和部が PL、B4 に比べ多く残っていたためだと考えられる。しかし、B2 の中性化進行は 4 週以降も顕著にあらわれ、8 週の時点で B4 の中性化面積率とほぼ同等の値を示す結果となった。

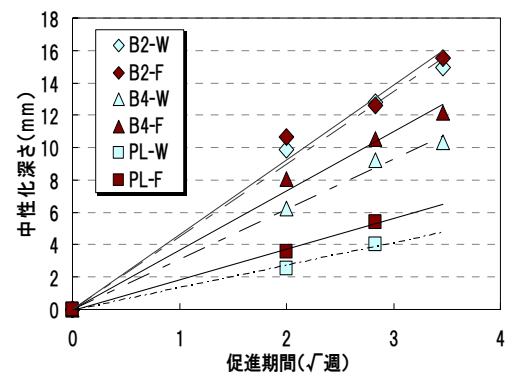


図-2 健全部の中性化深さ

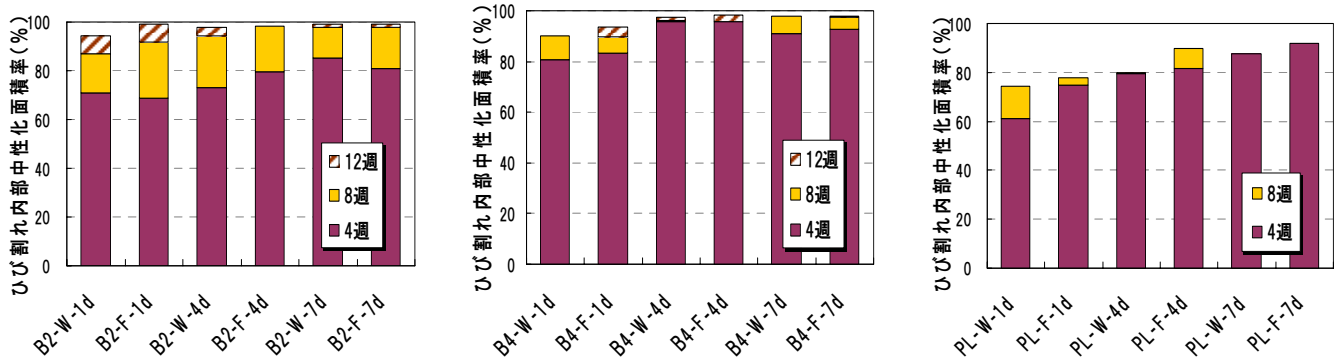


図-3 ひび割れ内部中性化面積率（左から B2, B4, PL）

3.3 ひび割れ内部からの中性化について

写真-1 は各配合のひび割れ導入時材齢 7 日、屋外養生の中性化促進試験 8 週後の写真である。ひび割れ内部からの中性化は、いずれの配合もほとんど進行していないが、鉄筋周辺での中性化は顕著に見られる。一般的に、鉄筋の周辺には、遷移帯と呼ばれるマトリックス部と比較して物質が通りやすい領域が形成されており、ひび割れなしの供試体における鉄筋周囲の左右からの中性化進行状況からこの影響を確認することができる。ひび割れがある場合は、側面からの侵入に加え、ひび割れから鉄筋周囲の遷移帯部分に CO_2 が侵入するため、鉄筋周囲がほぼ完全に中性化したと考えられる。また、本研究ではひび割れを曲げ荷重によって導入しているため、鉄筋とコンクリートの付着が弱くなったことも、鉄筋周囲での中性化が進行した要因であると考えられる。なお同時に鉄筋の観察を行ったが、いずれの鉄筋も腐食は認められなかった。

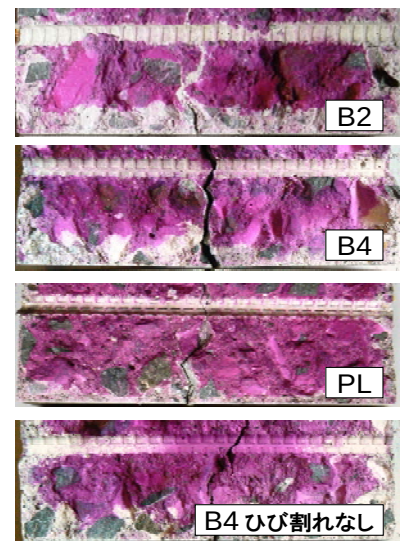


写真-1 ひび割れ内部からの中性化

4.まとめ

材齢 1 日で発生したひび割れは、遅い時期に発生したひび割れと比べるとひび割れ部の中性化の進行が遅いことから、若材齢時に発生したひび割れほど、未水和分の反応がひび割れの閉塞に寄与し、中性化の抵抗性が増す可能性がある。また、健全部と比べ、幅 0.2 mm 程度のひび割れ内部からの中性化は進行しにくい、ひび割れが鉄筋まで達している場合、鉄筋周辺での中性化は進みやすい。しかし、本研究の測定期間内では顕著な鉄筋腐食は確認できなかった。

参考文献

清崎里恵, 松下博通, 陶佳宏: 強さ 32.5 クラスのセメントを用いたモルタルにおける初期ひび割れの強度回復特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.25, No.1, 2003