

プレキャスト PC 部材用コンクリートの微細ひび割れと耐久性に関する一検討

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○水戸 健介, 中村 英佑, 古賀 裕久
一般社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会 正会員 鈴木 雅博

1. はじめに

プレキャスト PC 部材では、製造から一定期間が経過した後に降雨等で表面が濡れると微細な亀甲状のひび割れが一時的に現れることがある。この微細ひび割れの発生条件や耐久性に与える影響は必ずしも明確にされていない。本稿では、一定期間乾燥させたプレキャスト PC 部材用コンクリートの表面に散水を行い、微細ひび割れの発生条件を検証するとともに、微細ひび割れが塩化物イオン浸透抵抗性や中性化抵抗性に与える影響を検討した。

2. 実験方法

コンクリート配合と基礎性状を表-1に示す。プレキャスト PC 配合は、早強ポルトランドセメントと天然砂を用いた配合(STD), 結合材あるいは細骨材に高炉スラグやフライアッシュを用いた配合(SG430, SG650, FA20, BFS50, BFS100)の6種類であり、水結合材比を36%とした。また、比較用として、普通ポルトランドセメントを使用し水結合材比を50%とした配合(N50)も実験対象とした。プレキャスト PC 配合は材齢約1年、N50は材齢約2年まで標準養生を行った円柱(φ100×200 mm)を2本ずつ用いた。

コンクリート表面の目視観察と耐久性試験の方法を表-2、図-1に示す。目視観察は、円柱の側面を対象として、円柱を水中から取り出した直後、恒温恒湿槽(温度 20℃, 湿度 60%)に移設して乾燥を開始してから 1, 3, 7, 14, 28 日後の計 6 回で微細ひび割れの発生有無を確認した。乾燥開始後の観察では、観察箇所 A に水道水を霧吹きで噴霧し、この水道水が乾燥するまでの微細ひび割れの有無と発生状況を確認した。また、乾燥開始 28 日後の観察では、観察箇所 B を紙やすりで軽く研磨した後に散水し、微細ひび割れの深さ方向の発生状況を確認した。なお、目視観察前の円柱の質量を測定し、乾燥による水分の逸散量を確認した。

耐久性試験は、乾燥開始 28 日後の目視観察の後、各配合 1 本の円柱を用いて、塩水浸せき試験と促進中性化試験を行った。塩水浸せき試験は、塩化ナトリウム水溶液(濃度 10%)に円柱を 8 週間浸せきした後に割裂し、割裂面に硝酸銀溶液を噴霧して塩化物イオン浸透深さを測定した。促進中性化試験は、気温 20℃, RH60%, CO₂ 濃度 5%の環境に円柱を 8 週間静置した後に割裂し、割裂面にフェノールフタレイン溶液を噴霧して中性化深さを測定した。

表-1 コンクリート配合と基礎性状

配合	W/B (%)	単位量(kg/m ³)								スランブ (cm)	空気量 (%)	材齢 28 日 圧縮強度 (N/mm ²)	
		B=HPC+OPC+BS4+BS6+FA						S	BFS				G
		W	HPC	OPC	SG4	SG6	FA						
STD	36	165	458	—	—	—	—	721	—	968	12.0	5.3	65.3
SG430			321	—	138(30%)	—	—	712	—		10.0	5.9	60.5
SG650			229	—	—	229(50%)	—	707	—		12.0	5.0	69.4
FA20			367	—	—	—	92(20%)	696	—		8.0	4.8	60.6
BFS50			458	—	—	—	—	361	379(50%)		11.5	5.2	67.9
BFS100					—	—	—	—	758(100%)		13.0	5.3	68.7
N50(比較用)	50	—	330	—	—	—	828	—	10.5	4.0	45.5		

※W: 上水道水(茨城県つくば市), HPC: 早強ポルトランドセメント(密度 3.14 g/cm³, 比表面積 4480 cm²/g), OPC: 普通ポルトランドセメント(密度 3.16 g/cm³, 比表面積 3210 cm²/g), SG4: 高炉スラグ微粉末 4000(密度 2.89 g/cm³, 比表面積 4350 cm²/g), SG6: 高炉スラグ微粉末 6000(密度 2.91 g/cm³, 比表面積 6210 cm²/g), FA: フライアッシュ II 種(密度 2.35 g/cm³, 比表面積 4330 cm²/g), S: 細骨材(静岡県掛川産陸砂, 密度 2.56 g/cm³), BFS: 5 mm 高炉スラグ細骨材(密度 2.69 g/cm³), G: 粗骨材(茨城県笠間産砕石 6 号(密度 2.67 g/cm³, 硬質砂岩)と同 5 号(密度 2.67 g/cm³, 硬質砂岩)を均等に混合)

表-2 コンクリート表面の目視観察の方法

観察時期		観察方法
乾燥開始直後		養生槽から円柱を取り出した直後に、図-1に示す観察箇所 A を目視観察
乾燥開始 1,3,7,14,28 日後	研磨なし	図-1に示す観察箇所 A に水道水を霧吹きで噴霧した後、目視観察
乾燥開始 28 日後	研磨あり	図-1に示す観察箇所 B を紙やすりで軽く研磨し、水道水を霧吹きで噴霧した後、目視観察

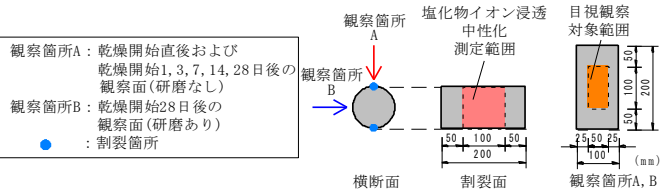


図-1 目視観察と耐久性試験の方法

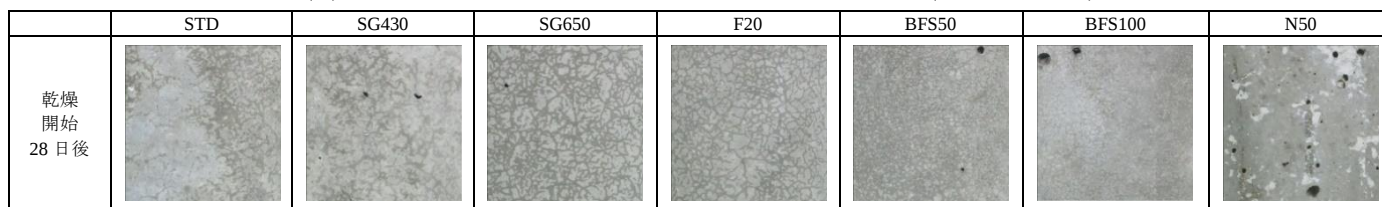
キーワード プレキャスト PC 部材, 微細ひび割れ, 塩化物イオン浸透, 中性化

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 国立研究開発法人土木研究所 先端材料資源研究センター TEL029-879-6761



※観察箇所 A に水道水を霧吹きで噴霧した後の状況(円柱側面の中央部約 50×50 mm の拡大写真)

(A)乾燥開始からの経過による微細ひび割れ発生状況(STD, SG650)



※観察箇所 A に水道水を霧吹きで噴霧した後の状況(円柱側面の中央部約 50×50 mm の拡大写真)

(B)乾燥開始後 28 日後の微細ひび割れ発生状況(全配合)

図-2 コンクリート表面の微細ひび割れ発生状況の一例

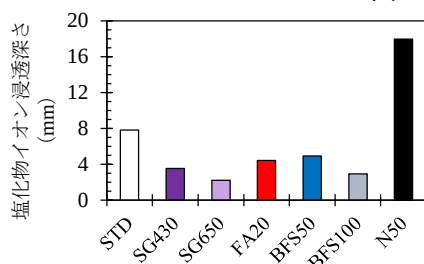


図-3 塩化物イオン浸透深さ

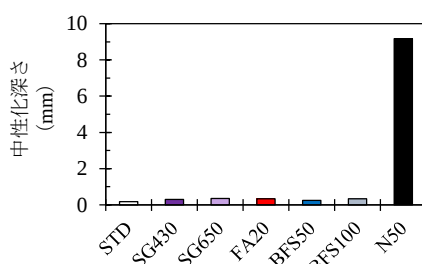


図-4 中性化深さ

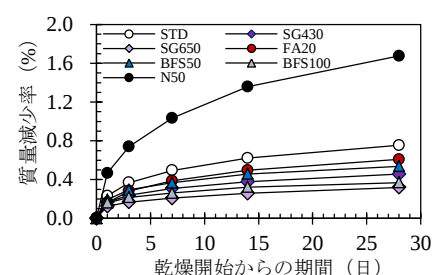


図-5 質量減少率

3. 実験結果

コンクリート表面の微細ひび割れ発生状況の一例を図-2 に示す。円柱を養生槽から取り出した直後ではひび割れは認められなかったが、乾燥開始後に水道水を噴霧すると、プレキャスト PC 配合では微細ひび割れが認められた。この微細ひび割れは、円柱表面が再度乾燥すると目視では確認できなくなった。微細ひび割れは乾燥開始後 1～3 日の間に目立つようになり、乾燥期間が長くなるほど増加し、特に高炉スラグ微粉末やフライアッシュを用いた配合(SG430, SG650, FA20)で微細ひび割れが目立った。ただし、乾燥開始 3 日後以降の進展は大きくはなかった。また、乾燥開始 28 日後に観察箇所 B の表面を紙やすりで軽く研磨したところ、水道水を噴霧しても微細ひび割れは認められなかったことから、本稿の実験で確認された微細ひび割れは、円柱のごく表層部のみに発生したものであったと考えられる。一方、本稿の実験では水結合材比を 50%とした N50 において微細ひび割れは認められなかった。

次に、塩化物イオン浸透深さを図-3、中性化深さを図-4 に示す。プレキャスト PC 配合の塩化物イオン浸透深さと中性化深さは N50 よりも小さくなった。割裂面を精査したところ、本稿の実験で確認された微細ひび割れは円柱の表層部のみで発生したものであり、微細ひび割れに沿った塩化物イオン浸透や中性化は発生していなかった。

質量減少率を図-5 に示す。プレキャスト PC 配合の質量減少率は N50 よりも小さくなった。プレキャスト PC 配合は、水結合材比が小さく、緻密なコンクリートであったため、乾燥による水分逸散量が少なくなったと考えられる。プレキャスト PC 配合の微細ひび割れは、ごく表層部のコンクリートのみが局所的に乾燥の影響を受けたために発生したのではないかと推察される。

4. まとめ

- ・本稿の実験では、プレキャスト PC 部材用コンクリートの微細ひび割れは、乾燥開始後 1～3 日の間に目立つようになり、乾燥期間が長くなるほど増加し、特に高炉スラグ微粉末やフライアッシュを用いた配合で目立った。
- ・本稿の実験で確認された微細ひび割れは、ごく表層部のみに発生したものであったため、塩化物イオン浸透抵抗性と中性化抵抗性に与える影響は認められなかった。

なお、本稿は、国立研究開発法人土木研究所と一般社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会の共同研究として行ったものである。