

高炉スラグ細骨材を用いたモルタルの再養生によるひび割れ修復に関する研究

熊本大学大学院 学生会員 ○橋本 涼太
熊本大学大学院 正会員 尾上 幸造

1. はじめに

近年，国内では高速道路や橋梁などの社会インフラの老朽化に伴い，それらを維持管理する手法やより高性能なコンクリートをつくるための研究開発が進められている．高炉スラグ細骨材（BFS）は，耐凍害性や耐疲労性に優れており，コンクリートの長寿命化に寄与できるという点で，近年注目されている¹⁾．

BFSは潜在水硬性を有するため，BFSをコンクリートに用いることで，ひび割れ修復効果が期待できるのではないかと考えた．そこで，予めひび割れを導入した BFS モルタルについて再養生および通水試験を実施し，ひび割れからの通水量に基づいて BFS のひび割れ修復効果を評価した．

2. 実験概要

(1) 使用材料およびモルタルの配合

普通ポルトランドセメント（密度：3.15 g/cm³），BFS（JIS A 5011-1 における 1.2 mm 高炉スラグ細骨材，表乾密度：2.78 g/cm³，吸水率：0.21%，粗粒率：2.13），天然山砂（表乾密度：2.56 g/cm³，吸水率：2.29%，粗粒率：2.58 g/cm³），を用いた．表-1 にモルタルの配合条件および単位量を示す．

表-1 モルタルの配合条件および単位量

配合	記号	細骨材種類	水結合材比 (%)	高炉スラグ微粉末置換率 (%)	単位量 (kg/m ³)			
					W	C	S	GGBFS
1	N	山砂	35	0	341	976	896	0
2	B0	BFS		0	311	889	1131	0
3	B50	BFS		50	311	445	1098	445

※ W：水，C：セメント，S：細骨材，GGBFS：高炉スラグ微粉末

(2) 実験手順

図-1 に実験フローを示す．供試体は 40×40×160 mm の角柱モルタル供試体とした．供試体断面の中央に Φ6 mm の通水孔を，断面の端部から 10 mm の位置に圧縮側には Φ1 mm の真鍮線，引張側には Φ1 mm のピアノ線を 2 本ずつ設置した（かぶり厚 9.5 mm）．図-2 に供試体の断面図および側面図を示す．供試体を作製し 30 日間の水中養生を行った後，材齢 30 日でひび割れからの初期通水量を測定した．なお，初期値測定の前日に供試体へのひび割れの導入を実施した．事前にひび割れの導入部にファインカッターを用いて深さ 6 mm の切欠きを入れ，精密機械万能試験機（オートグラフ）により開口変位制御のもとで三点曲げを行い，ひび割れを導入した．初期値の測定直後から再養生を開始し，再養生期間中は定期的に通水量を測定した．

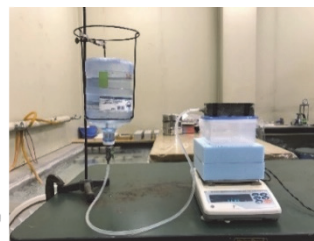
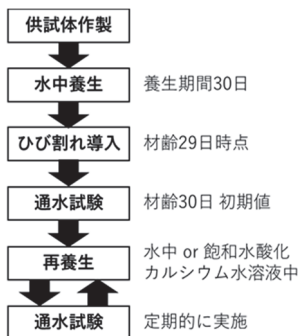


写真-1 通水試験の様子

図-1 実験フロー

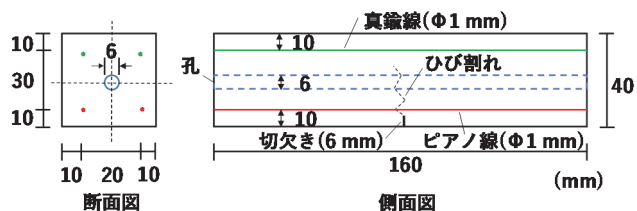


図-2 供試体の断面図および側面図

(3) 通水試験

写真-1 に通水試験の様子を示す．供試体をプラスチック製容器の上に設置し，給水タンクから管を通じて供試体に水を供給した．ひび割れを通過して容器に溜まった水の質量をデジタルはかりで測定した．予備検討の結果，水頭（給水タンクの水面から供試体に設けた孔の中心までの高さ）を 10 cm とした．通水試験は 10 分間行い，30 秒ごとに通水量の累積値を記録した．また，既往の研究²⁾によると，供試体のひび割れ内部や供給水に存在する気泡

キーワード：高炉スラグ細骨材，潜在水硬性，通水試験，曲げひび割れ，再養生

連絡先：〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2-39-1 Tel 096-342-3542 Fax 096-342-3507

が通水性に影響を及ぼす。この点を考慮し、通水孔やひび割れ内部の気泡を取り除くために毎回の通水試験前に真空ポンプにより1時間程度の減圧作業を行った。

(4) 再養生

再養生は、水中および飽和水酸化カルシウム水溶液中の2通りで実施した。なお、飽和水酸化カルシウム水溶液は水6Lに対し水酸化カルシウム12gを混ぜて作製した。

3. 実験結果

図-3、図-4に2つの再養生条件における各種モルタルの通水量比の経時変化を示す。通水量比は初期値を1とし、以後の通水量を初期値で除することにより求めた。図中の記号 w_0 は各種モルタルの初期ひび割れ幅（クリップゲージにより測定した除荷時の開口変位）を示している。

再養生開始から約7週において水中の場合、すべてのモルタルで通水量比が上下しながら低下する傾向を示した。飽和水酸化カルシウム水溶液中の場合、普通モルタルでは通水量がほとんど変化せず、BFSモルタルでは水中養生の場合と同様に値が上下に変動しながら低下した。約15週において、水中では普通モルタルの通水量比が約7週の時点からさらに低下したが、BFSモルタルはいずれも約7週の時点より増加した。一方で飽和水酸化カルシウム水溶液中では、普通モルタルおよびBFSモルタルともに通水量比が低下し、特にBFSモルタルについては普通モルタルと比較して大幅に低下する結果となった。

再養生開始から約7週において、水中に比べ飽和水酸化カルシウム水溶液中で通水量比の低下が小さかった点については、初期ひび割れ幅の違いが要因として挙げられる。飽和水酸化カルシウム水溶液中で再養生した各供試体の初期ひび割れ幅はいずれも水中で再養生した供試体より大きかったため、ひび割れの閉塞に時間を要したと推察される。また、飽和水酸化カルシウム水溶液中においてBFSモルタルの初期ひび割れ幅はいずれも普通モルタルよりも大きい。しかし、最終的な通水量比はB0が0.39およびB50が0.30であったのに対し、Nは0.64であった。この原因として、アルカリ環境下におけるBFSの潜在水硬性によりBFSモルタルのひび割れ内部において水和物が生成され、ひび割れの閉塞につながったことが考えられる。

4. まとめ

予めひび割れを導入した各種モルタルについて通水試験および再養生を実施した。BFSモルタルの通水量比は、飽和水酸化カルシウム水溶液中にて再養生した場合の方が水中で再養生した場合よりも著しく低下した。また、飽和水酸化カルシウム水溶液中において、BFSモルタルの初期ひび割れ幅が普通モルタルよりも大きかったにもかかわらず、通水量比はBFSモルタルの方が大幅に低下した。これらの結果より、アルカリ環境下で再養生を行うことでBFSの潜在水硬性が刺激され、ひび割れ修復効果を発揮する可能性があると考えられる。

参考文献

- 1) 戦略的イノベーション創造プログラム インフラ維持管理・更新・マネジメント技術「超耐久性コンクリートを用いたプレキャスト部材の製品化のための研究開発」(<http://www.jst.go.jp/sip/dl/k07/kadai/k07-38.pdf>, 2019年1月23日確認)
- 2) 生駒勇人, 岸利治: 自己治癒現象に関わるコンクリートのひび割れ初期通水量の急速抑制メカニズムの解明, コンクリート工学年次論文集, Vol. 36, No. 1, 2014

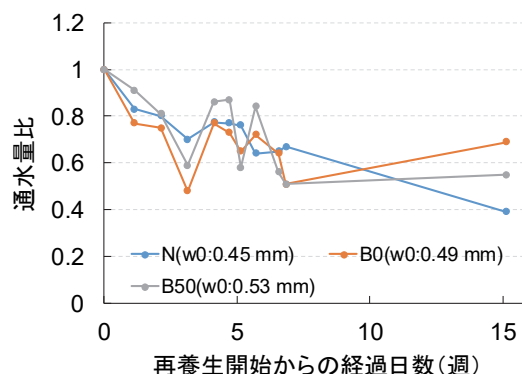


図-3 水中で再養生した場合の通水量比

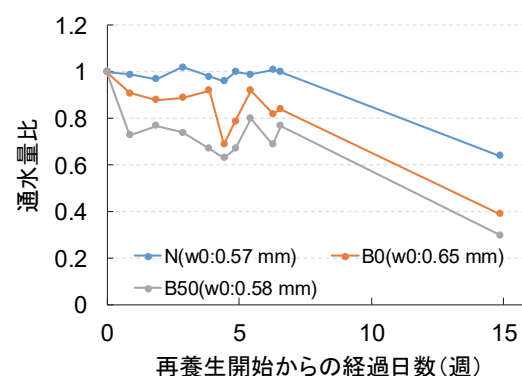


図-4 飽和水酸化カルシウム水溶液中で再養生した場合の通水量比