

ポリプロピレン短繊維混入モルタルの自己治癒特性に及ぼすセメント種類の影響

明石工業高等専門学校専攻科 建築・都市システム工学専攻 学生員 ○川崎 裕二郎
 明石工業高等専門学校 都市システム工学科 水谷 阜葵
 明石工業高等専門学校 都市システム工学科 正会員 武田 字浦
 大和紡績株式会社 正会員 山本 基由

1. 研究目的

本研究では、異形断面を有し、表面処理された細径のポリプロピレン短繊維（以降、PP短繊維とする）を混入させたモルタルに生じさせたひび割れが、異なるセメントを使用した際に生じる自己治癒メカニズムを明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

本研究では、セメント:細骨材を1:3、水セメント比を50%、PP短繊維混入率は、モルタル容積に対して、0、0.2、0.33%とした。また、セメントは普通ポルトランドセメント(N)、高炉セメントB種(BB)の2種類を使用した。モルタルの配合を表1に示す。モルタルはΦ100×200mmの円柱型枠に2層詰め打ち込み後、打ち込み面をラップで覆い、所定材齢(7、28日)まで恒温恒湿室(温度20±2℃、相対湿度60±5%)で封緘養生を行った。

表1 モルタルの配合

配合名	W/C (%)	繊維混入率 (vol.%)	C:S	単位数(kg/m ³)				Fb*	消泡剤 (C×%)
				W	N	BB	S		
N-0%	50	0	1:3	251	503	0	1509	0	2
N-0.2%		0.2						1.82	
N-0.33%		0.33						3.00	
BB-0%		0	1:3	251	0	489	0		
BB-0.2%		0.2					1.82		
BB-0.33%		0.33					3.00		

*乾燥繊維量を表記

所定材齢到達後、厚さ40mmになるように切断し、万能試験機を用いて載荷速度0.010N/mm²/sで荷重をかけ、ひび割れを導入したものを供試体とした。すでに施工事例が存在する補強繊維を用いた法面吹付モルタルの施工環境を想定し、通水環境、静置環境の2水準を自己治癒環境として設定した。各環境条件下で2週間供試体を自己治癒促進させ、その間、2日に1回ひび割れ間の漏水量を測定した。それをもとに試験開始0日と各測定日における漏水量から以下の式(1)よりひび割れ閉塞率 w_t (%)を算出し、自己治癒について評価した。

$$w_t = (q_i - q_t) / q_i \times 100 \quad (1)$$

ここに、 q_i : 試験開始0日における漏水量 (ml/s)、 q_t : 測定日t日における漏水量 (ml/s) とする。

各供試体の表面と裏面に3点ずつ計6点の測定箇所を設定し、ひび割れ導入直後に測定したひび割れ幅の平均値を、その供試体のひび割れ幅とした。そして、ひび割れ幅の大きさでの自己治癒メカニズムの違いを比較するために、各配合ひび割れ幅が0.3mm未満と0.3mm以上の供試体をPP短繊維混入率、セメントごとに3体ずつ、計36体(1材齢)用意した。また、ひび割れ導入直後と漏水量測定終了時にカメラで撮影し、自己治癒状況を観察した。

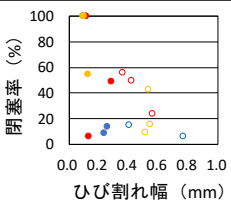
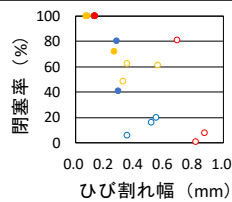
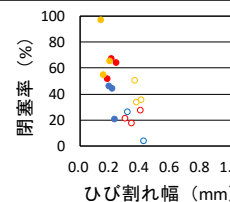
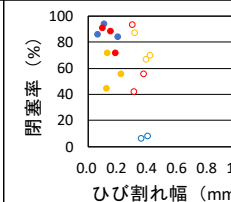
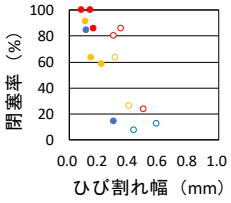
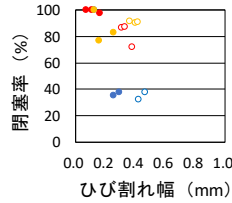
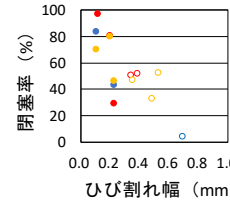
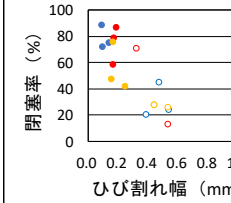
3. 実験結果

表2に各材齢でのセメントの種類および環境条件ごとのひび割れ閉塞率とひび割れ幅の関係を示す。材齢7日では、普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種共に通水環境の方が静置環境よりひび割れ閉塞率が高く、自己治癒しやすい環境であることがわかった。また、高炉セメントB種を使用した供試体の方が普通ポルトランドセメントを使用した供試体よりひび割れ閉塞率が高くなることを見て取れた。この要因として、高炉セメントB種の水和速度の遅さが関係していると考えられる。高炉セメントB種は普通ポルトランドセメントよりも水和速度が遅いため、材齢7日では未水とセメント量が多い高炉セメントB種を使用した供試体のひび割れ閉塞率が高くなったと考えられる。

キーワード 自己治癒、ポリプロピレン短繊維補強モルタル、ひび割れ閉塞率

連絡先 〒674-8501 兵庫県明石市魚住町西岡 679-3 TEL 078-946-6176

表 3 各条件でのひび割れ閉塞率

材齢	N-静置環境	N-通水環境	BB-静置環境	BB-通水環境	凡例
7日					<ul style="list-style-type: none"> ● 0% 0.3mm未満 ○ 0% 0.3mm以上 ● 0.2% 0.3mm未満 ○ 0.2% 0.3mm以上 ● 0.33% 0.3mm未満 ○ 0.33% 0.3mm以上
28日					

各セメント、環境条件に関係なく PP 短繊維を混入した供試体は PP 短繊維を混入していない供試体よりひび割れ閉塞率が高くなり、自己治癒する確率が高くなることを見て取れた。特に、通水環境下での高炉セメント B 種を使用した供試体においてはひび割れ幅 0.3mm 以上の大きなひび割れ幅に対しても有効性が推察できる結果が得られた。

表 3 は材齢 7 日での高炉セメント B 種、繊維混入率 0.33% の供試体

の供試体表面写真である。自己治癒促進前のひび割れ間には繊維が架橋していることが供試体を観察することで確認できた。そして、自己治癒促進後の供試体表面写真では、ひび割れが白い析出物によって塞がっており、ひび割れ間に架橋した PP 短繊維が自己治癒に影響したと考えられる。

材齢 28 日でも普通ポルトランドセメント、高炉セメント B 種共に通水環境の方が静置環境よりもひび割れ閉塞率が高く、自己治癒に適した環境であることがわかった。これより、自己治癒にはひび割れ間に多くの水が必要であることが考えられる。また、材齢 28 日では、普通ポルトランドセメントの方が高炉セメント B 種よりひび割れ閉塞率が高くなることを見て取れた。このことから、高炉セメント B 種の水和速度の遅さが自己治癒に影響することが推察できる。水和速度が遅いため、反応していなかった未水和セメント量多かった材齢 7 日とは違い、材齢 28 日では未水和セメント量が少なくなったため、ひび割れ閉塞率が低くなったと考えられる。

材齢 28 日においても各セメント、環境条件に関係なく PP 短繊維を混入した供試体は PP 短繊維を混入していない供試体よりひび割れ閉塞率が高くなり、自己治癒する確率が高くなることを見て取れた。また、PP 短繊維を混入した 0.3mm を超える供試体においてもひび割れ閉塞率が 80% 以上になるものも見受けられたため、本研究で用いた PP 短繊維の有効性が推察できる結果が得られた。

4. 結論

材齢、セメントの違いに関係なく通水環境が自己治癒しやすい環境であることがわかり、自己治癒にはひび割れ間に多くの水が必要だと考えられた。材齢 7 日では高炉セメント B 種、材齢 28 日では普通ポルトランドセメントが自己治癒に適しており、各セメントの水和速度が自己治癒に関係していることが推察できた。PP 短繊維を混入することにより、ひび割れ閉塞率は高くなり、0.3mm を超えるひび割れ幅にも自己治癒する有効性が推察できる結果が得られた。引き続き、ひび割れを閉塞させている物質および PP 短繊維への吸着物の分析、ならびにひび割れ間に分布している繊維量の確認を行い、より確実な自己治癒環境条件の解明が必要である。

【参考文献】

- 1) 佐川孝広, 名和豊春: 高炉セメントの水和反応-相組成と強度発現, 土木学会第 66 回年次学術講演会, 土木学会, V-506, 2011

表 2 供試体表面写真

