

## 簡易的なひび割れ注入工法に用いる各種注入材料の補修効果の検討

芝浦工業大学 学生会員 ○佐藤 晋哉  
 全国止水躯体補修工事協同組合 正会員 白杵 匠  
 芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

### 1.背景および目的

コンクリート構造物にひび割れが発生すると、構造物自体の耐荷力、耐久性、美観性低下の原因となる。ひび割れ補修工法として注入工法が広く採用されている。補修が必要なひび割れは、一般的には完全に充填されることが望まれるが、ひび割れを奥まで充填することは難しく、熟練の作業が必要となる。そこで表層数 cm を注入する事によって補修効果が得られれば、完全充填しなくても相当な効果が期待できると考えられる。既往の研究<sup>1)</sup>において有機系材料を表層 2~3cm 程度注入した結果、劣化因子侵入の抑制効果があることが明らかになっている。そこで、有機系材料と比べてコストが安く、美観性を損なわないといった利点を持つ無機系材料でも同様の効果が得られるのではないかと考えた。本研究では各種ひび割れ注入材料(以後、注入材と示す)を用いて、ひび割れ表層のみを充填した場合の注入材の注入深さと、注入深さに及ぼす影響について検討した。

### 2.実験概要

#### 2.1 使用材料

使用した材料を表-1 に示す。無機系材料として普通ポルトランドセメント[N]、高炉セメント B 種[BB]、超微粒子スラグセメント[HS]を用い、これらに増粘剤と水を混ぜ合わせたものを注入材とした。増粘剤を加えることで粘性を付与し、注入材を静止させる。荻村らの研究<sup>2)</sup>により、表層 1~3cm 程注入することで止水効果と塩分遮蔽性等の補修効果があることが確認されているが、中性化抵抗性が問題となった。そこでポリマーを加えることで注入材の中性化抵抗性の向上を図った。しかし、ポリマーが注入材に与える影響は分かっていない。そこで本研究では、ポリマーセメントモルタルに一般的に使用されているポリアクリル酸エステル [PAE]、酢酸ビニルエチル[EVA]、スチレンブタジエンゴム[SBR]の 3 種類のポリマーを添加し、ポリマーが各種注入材の流動性及び充填性に与える影響について検討した。

#### 2.2 配合および試験方法

注入材の水セメント比は 60%とした。増粘剤は水量に対

して 0.0%、1.5%、3.0%、6.0%を添加した。ポリマー添加量はセメント量に対して 10%添加し、ポリマーに含まれている水は単位水量内に置換した。注入材の攪拌は、水にセメントを投入してミキサーで 3 分間攪拌し、その後ポリマーを投入して再びミキサーで 30 秒間攪拌し、最後に増粘剤を入れて 30 秒間手練りを行うという手順で実施した。試験は、コーキングガンのノズル(注入口 5mm)をひび割れに垂直にあて、約 10 秒間に 10cc 程度注入して実施した。

### 3.アクリル板注入試験

#### 3.1 試験概要

図-1 に試験概要を示す。アクリル板を 2 枚重ね、間にテフロンシートを挟み、クリップで固定してひび割れを模擬した。ひび割れ幅は 0.2, 0.6, 1.0mm に調整し、アクリル板を垂直に固定して、上・横・下から注入した。注入後、静止しやすい注入材の配合の選別を行い、ひび割れ表層に注入材が静止した場合は、注入材の注入深さを測定した。

#### 3.2 注入試験結果

注入試験を行った結果、注入後の注入材の状態の判別を図-2 の写真に示すように行った。注入 30 秒後に流化(X)、少し流化(Δ)、静止(O)というように記号で判別し、その結果を表-2 にまとめた。表のますの色は注入材が静止するひび割れ幅の限度を表している。各配合を見るとポリマー[なし]の配合は、注入材はほぼ全てのひび割れ幅で静止する。ポリマー[あり]の配合は PAE と SBR を添加した場合は流化するが、EVA は静止しやすい。

表-1 使用材料

セメント	N	BB	HS
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	3.16	3.01	2.92
比表面積 (cm <sup>2</sup> /g)	3300	3760	8000
ポリマー	PAE	EVA	SBR
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.02	1.04	1.01
粘度 (mPa·s)	200	1000	50
ph	8.5	6	7
固形分	45%	45%	28%

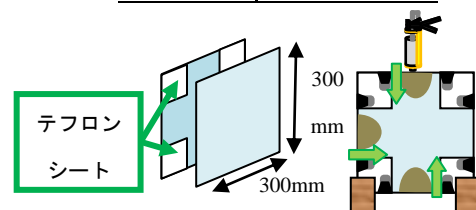


図-1 アクリル板注入試験概要

キーワード ひび割れ注入、無機系材料、増粘剤、ポリマー

連絡先 〒133-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 Tel:03-5859-8356 E-mail:h09037@shibaura-it.ac.jp

また、静止する注入材はどの注入方向においても注入深さは 3~5cm となり、注入方向による注入深さの変化は少なかった。このことより注入材が静止する配合は重力による影響は少ないと考えられる。

### 4.コンクリート注入試験

#### 4.1 試験概要

図-3 に試験の概要を示す。円柱供試体を割裂し、コンプレッサーを用いて割裂面の微粉末を除去した後、テフロンシートを挟み、重ね合わせてホースバンドで固定し、ひび割れを模擬した。ひび割れ幅は 0.2mm に調整した。注入方向は上方向からのみとし、注入後、再度試験体を割裂し、割裂面の注入深さを測定した。アクリル板と違い、コンクリート内部は骨材や空隙が存在し、注入材の注入深さに影響を及ぼすと考えられる。そこで本試験ではコンクリートに注入した場合の、各種注入材の注入深さを検討した。3.2 より、ポリマー[なし]および EVA を添加したポリマー[あり]の配合が、ひび割れ表層で静止する最適な配合と考え、本試験ではそれらの配合について検討することとした。

#### 4.2 注入試験結果

図-4,5 は各種注入材の注入深さを表したグラフである。N と BB は増粘剤量による注入深さの変化は少ないが、HS は影響を受けやすい。また HS は N や BB と比べると注入深さは大きい為、セメント粒径が細かいほど注入深さは大きくなると考えられる。特に増粘剤添加量が 0%の時の HS の注入深さは大きくなった。これは HS の粒径分布範囲が小さいため、セメント粒子間に摩擦が発生しにくい為、詰まることなく奥まで流化したと考えられる。図-6 にポリマー[あり]および[なし]の注入材の試験結果の一例を示す。両者の注入深さは同程度であるが、ポリマー[あり]の注入材の注入幅はポリマー[なし]のものより大きい。これはポリマーを入れると注入材を攪拌する時に細かい気泡が入ることで、流動性が上がることが要因だと考えられる。ポリマーを添加することで充填不良を改善し、より確実に注入しやすくなると考えられる。

#### 5.まとめ

ひび割れ幅を 0.2mm と設定した試験体において、注入試験を実施した結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 注入材の注入深さには、セメントの粒径が細かいこと、もしくは粒径分布範囲が小さいことが関係していると考えられる。
- (2) セメント粒径が細かい注入材は、増粘剤により幅広い性状のコントロールが可能である。

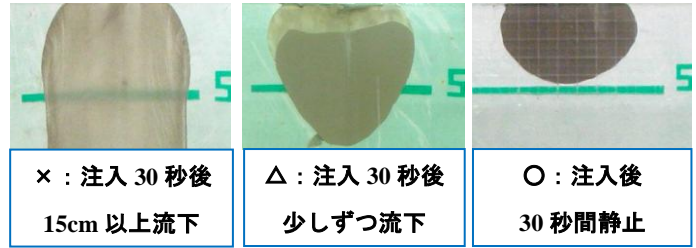


図-2 注入材の状態の判別

表-2 アクリル板注入試験結果

セメント	N				BB				HS				
	増粘剤量	0.0%	1.5%	3.0%	6.0%	0.0%	1.5%	3.0%	6.0%	0.0%	1.5%	3.0%	6.0%
なし	△	△	○	○	△	○	○	○	×	○	○	○	○
ポリマーあり	PAE	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△
	EVA	×	×	△	○	×	×	△	○	×	△	○	○
	SBR	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△

ひび割れ幅      0.2mm      0.6mm      1.0mm

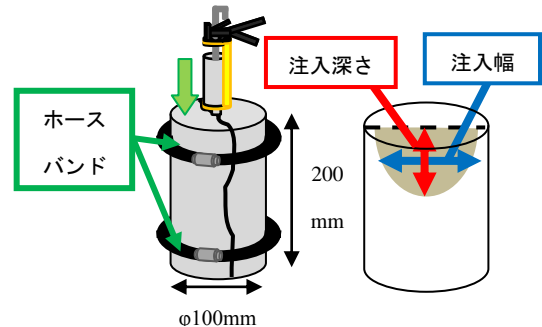


図-3 コンクリート注入試験概要

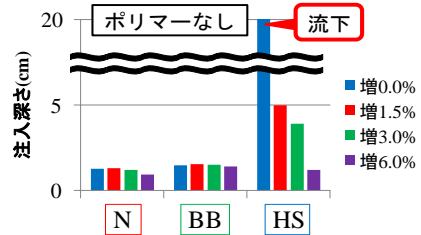


図-4 各種注入材における注入深さ (ポリマーなし)

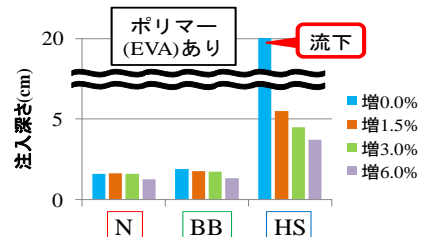


図-5 各種注入材における注入深さ (ポリマーあり)

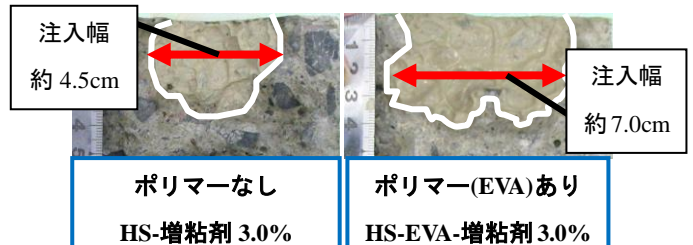


図-6 コンクリート注入試験結果

#### 参考文献

- 1) 魚本健人, 星野富夫: ひび割れに樹脂注入を行なったコンクリートの梁の強度性状と耐久性に関する研究 コンクリート工学年次論文集 Vol.23 No.1 2001
- 2) 荻村敬隆: 無機系ひび割れ注入材の基本物性とひび割れ注入効果の検証