

セメント系簡易ひびわれ注入工法検討と同工法に用いる注入材料の配合検討

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

1. はじめに

コンクリート構造物のひびわれ対処法には、①ひびわれ内部に各種補修材を注入（完全）充填する方法、②ひびわれ表層部にUまたはVカットを施し、可塑性補修材を充填する方法、③ひびわれ表面に被覆層（塗膜層）を形成する方法、④浸透性防水剤または、改質剤を塗布・浸透させる方法、そして、⑤何もしない（補修の必要なし）という選択に大きく分類される。

しかし実際の施工現場には、表面被覆を施工したいが美観上許されないケースや、補修の必要なしと判断されたが放置することに不安や抵抗感があるなど、既往の判断基準に添わない「グレーゾーン」が存在する。これらの事象に対し、セメント系簡易ひびわれ注入工法が適用できないか検討した。本研究では、各種セメントに増粘剤を加え、さらにポリマーを添加することにより、ひびわれ表層部に注入材を留まらせることと、中性化抵抗性を得られることが両立できるか検討し、美観性が高く（汚れない・傷つけない）、早く、安く、簡易な（熟練性の低い）ひびわれ補修工法の確立を目的としている。

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、これらに水と増粘剤を混練したものを注入材とした。流動性の高いセメントスラリーに対し、増粘剤を添加することで、注入材にチクソ性（揺変性）を付与し、ひびわれ表層部に注入材を留まらせる。荻村らの研究¹⁾により、HSをひびわれ表層 10~30 mm程度注入することで止水効果と塩分遮蔽性等の補修効果が確認されているが、その主成分の一部である高炉スラグ微粉末の特徴である中性化抵抗性の低さが問題となった。

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

そこで、注入材にさらにポリマーを加えることで注入材の中性化抵抗性向上を図ることとした。本研究では一般的にポリマーセメントモルタルに使用されている、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種類のポリマーを選定し、流動性及び、充填性に与える影響、中性化抵抗性について比較検討した。

2.2 配合及び、試験

試験順序として注入材の配合決定, 予備注入試験（アクリルパネル注入試験）, 本注入試験（コンクリート注入試験）, 促進中性化試験の順に行った。

注入材の水セメント比は60%とした。増粘剤は水量に対し、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10%添加し、ポリマーに含まれる水は水量に置換した。注入材の攪拌は水にセメントを投入しミキサーで3分間攪拌した後増粘剤を加え、30秒間攪拌棒にて手練りを行った。注入試験は注入用カートリッジ容器のシリコンノズル(吐出口径5mm)をひびわれ部に垂直に押しあて、10秒間・10cc程度注入した。

図-1に予備試験（アクリル板注入試験）概要を示す。2枚のアクリル板の間にテフロンシートを挟み込み、模擬ひびわれを作成した。テフロンシートの厚みにより隙間を0.2, 0.6, 1.0mmに調整し、アクリル板を垂直に固定し上・横・下各方向より注入した。注入後、表層に留まりやすい注入材配合の選別を行い、図-2に示すように本注入試験（コンクリート注入試験）を行った。さらに注入材の配合種類・注入深さに対する中性化深さへの影響についてコンクリート模擬ひびわれへの注入を行い、中性化促進試験機に入れ、(温度20℃、相対湿度60%、二酸化炭素濃度5%)促進中性化試験を行った。

キーワード セメント系簡易ひびわれ注入、超微粒子セメント、増粘剤、ポリマー

連絡先 〒101-0043 東京都千代田区神田富山町14番地2 全国止水躯体補修工事協同組合 TEL 03-6206-9890

3. 試験結果

3.1 注入試験結果

アクリル板注入試験の結果としては、まずセメントに増粘剤を添加した場合、その配合によって表層部に注入材を留まらせることは可能である。N, BB, HSすべてに増粘剤によってチクソ性が付与されることが確認された。しかし、さらにポリマーを添加した試験を行うと、PAEならびに、SBRを添加した注入材がひびわれ表層に留まらせることができなくなったため、チクソ性を阻害すると判断し、検討を中止した。唯一EVAが注入性に悪影響がないものとしてポリマー添加検討対象とした。

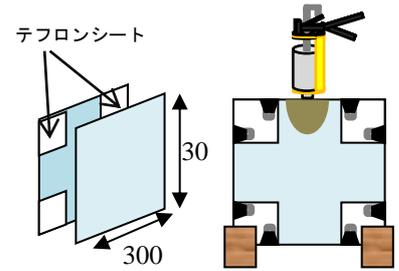


図-1 アクリル板注入試験

予備試験結果を踏まえ、コンクリート模擬ひびわれに対し注入試験を行なうことでより実施工に近い状況を再現・確認した。図-3 に注入結果（注入深さ）を示す。NとBBは増粘剤量・ポリマーの有無による注入深さの変化は認められず、さらに十分な注入深さが得られないことが確認された。それらと比較して、増粘剤を添加したHSは十分な注入深さが得られている。この結果から注入材の粉体粒径が小さい程、注入深さが大きくなる傾向があることが確認された。さらに増粘剤を添加したHSにポリマーを加えた際注入深さが大きくなる傾向が見られた。

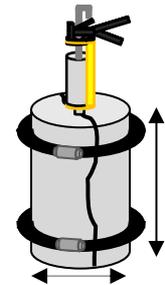


図-2 コンクリート注入試験

3.2 促進中性化試験結果

模擬ひびわれを作成したコンクリート試験体に各種注入材を注入し、中性化促進試験機に入れ、促進中性化試験を行った。図-4 に中性化深さ測定位置を示す。[1. ひびわれ面の中性化深さ]，[2. ひびわれ面に直交する断面の中性化深さ]，[3. ひびわれ面に沿った中性化深さ]について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。[1. ひびわれ面の中性化深さ]は注入深さが大きい程中性化深さも大きくなる傾向が見られた。これは注入材そのものの中性化が現れているもので注入深さが大きいものとはHSを示し、この材料は高炉スラグ微粉末を多く含んだ材料であり中性化が早い。[2. ひびわれ面に直交する断面の中性化深さ]は試験体の表面からの中性化深さを測定したものであり、注入材種類による差異は見られない。図-5 に注入深さとひびわれ面に沿った中性化深さを示す。[3. ひびわれ面に沿った中性化深さ]については、注入深さが大きいものほど中性化深さは小さくなる傾向が見られた。さらに、ポリマーを添加したものについて中性化抵抗性の向上が確認された。

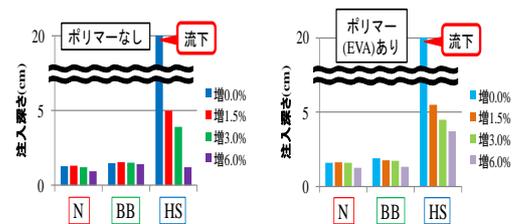


図-3 コンクリート注入深さ (ポリマーあり・なし)

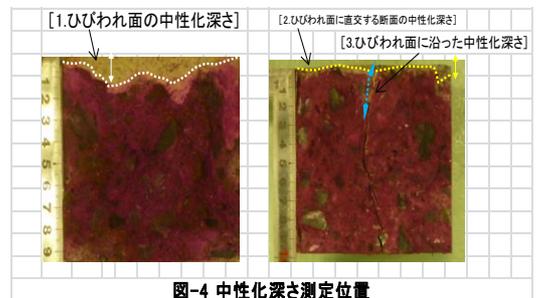


図-4 中性化深さ測定位置

4. まとめ

1. 粒径の小さい注入材を用い、増粘剤でチクソ性を付与することにより、穿孔等コンクリート表面に傷をつけずにひびわれ表層 40 mm～50 mm程度まで注入充填し、なおかつその位置に留まらせることが可能である。
2. ひびわれ表層 20 mm程度以上を簡易な方法で注入補修することにより、止水性、塩分遮蔽性、中性化抵抗性を大幅に改善することが可能である。
3. さらにポリマー [EVA] を添加することで注入性能を阻害することなく、中性化抵抗性を向上させることが可能である。

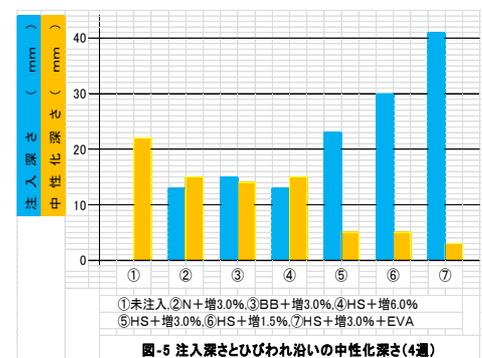


図-5 注入深さとひびわれ沿いの中性化深さ(4週)

以上をもって本研究に使用した工法はひびわれの進行性・挙動性・施工面裏側からの劣化進行性等考慮することを前提とするひびわれ補修工法の一つとして有効であると考えられる。一案として、既往補修工法の表面被覆工法の代替工法として同等の効果を美観性を損なわず発現するものとして適用できると考える。