モルタル吹付け法面におけるクラックの補修材料の研究開発

福井県雪対策・建設技術研究所　正会員　○久保　光
福井大学　フェロー会員　荒井克彦
グローケミカル株式会社　非会員　高市恭規
株式会社サンワコン　正会員　岡島尚司

１．はじめに

モルタル吹付け工は，斜面の表層風化・表面の小崩壊防止を目的に法面保護工として長年多用されてきた[1]．コンクリート構造物では，コンクリートや鉄筋の経年変化に伴う劣化状況から，概ね耐用年数を推定することが可能であるが，モルタル吹付け法面工の場合は，日射・降雨等の環境条件や背面の地山の地質特性，施工時期や施工方法，維持管理状況など多種多様な問題により耐用年数の推定が困難である．このため，法面工が機能喪失するまで未補修となった結果，施設寿命が短くなっていると考えられる．さらに，機能喪失に伴い，旧法面工の撤去および新規対策工の実施が必要不可欠となり，全体費用は大きくなるなど経済的でなくなることが多い．また，これまでの吹付け法面の安定性や耐久性に関わる調査は，ボーリング調査や直接打音検査等で，得られる情報が部分的なことから，既設吹付け法面の合理的な対策工は行われにくいのが実情である．

このような背景から，老朽化した吹付け法面の健全性を定量的に評価する非破壊調査手法を開発するとともに，既設の吹付け法面工が有する機能を促進するため，発生したクラックに接着剤を注入する補修を施すことで雨水などの浸透によるモルタルの劣化防止と法面の一体化を行う．これにより，法面の長期的安定を図ることができると考える．そこで本研究では，モルタル吹付け法面に発生したクラックの補修材料として，浸透性があり接着力に優れた水性エポキシ樹脂（以降エポキシ樹脂と称す）の開発を行った．今回，開発したエポキシ樹脂の接着効果を確認するため既存アクリル樹脂と比較検討を行ったので報告する．

２．接着剤の特徴

表-1 は，接着剤の成分及び物性を示す．水性エポキシ樹脂は，粘度が大きく，可使時間及び硬化時間が長いのが特徴である．一方，アクリル樹脂は，粘度が小さく，可使時間及び硬化時間が短いのが特徴である．

表-1　接着剤の成分及び物性

接着剤のタイプ	水性エポキシ樹脂		アクリル樹脂	
	A剤	B剤	A剤	B剤
主成分	エポキシ		変性アクリル	
外観	褐色状液	灰白色液	白色系液	青色系液
液比重	1.31	1.39	1.02	
混合比	1：1		1：1	
粘度(mpa･s)15℃	4,500	13,000	300	
可使時間(分)15℃	90		35	
硬化時間(分)15℃	960		65	

３．供試体作製方法

表-2 は，供試体材料の配合を示す．供試体は，高さ 15cm×幅 5cm×長さ 30cm の型枠を用いて作製した．混合は手動で行い，4 週間以上室内で養生した．その後，供試体を長さ方向で半分に切断し，クラック幅を鉄製の定規で 0.5mm,1.0mm,3.0mm に調節した．今回は，接着剤の接着効果の確認が目的なので接着剤が漏れることがないように上面以外はシリコンを塗布した．**写真-1** は，接着剤の注入状況を示す．　注入器は，内径 0.2 ㎜を用いた（株式会社トップ製，容量：5mL）．

表-2　供試体材料の配合

単位量(kg/m^3)			
水	普通セメント	細骨材	水セメント比
213.0	420.0	1680.0	50.7

写真-1　接着剤の注入状況

４．試験方法及び評価方法

(1)試験方法

モルタル供試体のクラックを補修した場合の接着力は，脆性材料物性測定装置（型式：ACA-50W-F1，株式会社 前川試験機製作所製）を用い，曲げ強度を測定した．

(2)評価方法

同一条件で作製したクラックの無い供試体（以降オリジナルと称す）と曲げ強度を比較して，強度低下が小さくなる条件を目標とした．また，モルタル供試体の接着箇所の破断面状況をモルタル供試体の基材破断(G)，モルタル供試体と接着剤の界面破断(G/M)，接着剤の凝集破断(M)，その他(接着剤の未充填部)に分類し破断面積を目視にて算出した．基材破断(G)とは，モルタル供試体での破断を意味する．界面破断（G/M）とは，モルタル供試体と接着剤の境界面での破断を意味する．接着剤破断(M)とは，接着剤の材料部分での破断を意味する．

キーワード：　モルタル吹付け工、クラック、接着剤
連　絡　先：　〒918-8108　福井県福井市春日 3 丁目 303　Tel:(0776)35-2412　E-mail:h-kubo-1v@pref.fukui.lg.jp

５．実験結果及び考察

写真-2 は，曲げ試験状況を示す．**図-1** は，クラック幅の違いによる曲げ試験結果を示す．接着剤の強度を比較するため，オリジナルの曲げ試験を行った結果，曲げ強度は 3.5 N/mm^2 であった．エポキシ樹脂の曲げ強度は，クラック幅 1.0mm が 3.8N/mm^2 で最も大きく，次にクラック幅 3.0mm が 3.4N/mm^2，クラック幅 0.5 mmが 2.7N/mm^2 の順であった．この結果から，最も曲げ強度が小さいクラック幅 0.5mm の場合でもオリジナルの約 80%の強度があることがわかる．また，エポキシ樹脂はクラック幅 0.5～3.0mm に対応できると考えられる．アクリル樹脂の曲げ強度は，クラック幅 0.5mm が 4.1N/mm^2 で最も大きく，次にクラック幅 1.0mm が 3.0N/mm^2，クラック幅 3.0mm が 2.6N/mm^2 の順であった．この結果から，クラック幅が 0.5mm での適用に優れていることがわかる．また，クラック幅 1.0mm，3.0mm の曲げ強度はオリジナルの約 70%の強度はあったが，接着剤の浸透性が良いため，実際の現場では，モルタル吹付け法面のクラックを通過して背面地山に到達し不効率になることが想定されるため，注意する必要がある．

表-2 は，クラック幅の違いによる破断箇所の面積割合を示す．エポキシ樹脂のクラック幅 0.5mm の破断箇所の面積割合は，基材破断で約 80%を占めた．クラック幅 1.0mm の破断箇所の面積割合は，基材破断で約 70%を占めた．クラック幅 3.0mm の破断箇所の面積割合は，約 40%が接着剤破断であった．この結果から，クラック幅 0.5～1.0mm の場合，基材破断の割合が多いことから十分な接着効果があったと言える．また，クラック幅 3.0mm の場合，約 40%が接着剤破断であったが，その時の曲げ強度は 3.4N/mm^2 であったので十分な接着力を有していると考えられる．アクリル樹脂のクラック幅 0.5mm の破断箇所の面積割合は，基材破断が約 70%を占め，その他が約 20%を占めた．クラック幅 1.0，3.0mm の破断箇所の面積割合は，基材破断で 90%以上を占めた．この結果から，基材破断の割合が多かったため十分な接着効果があったと言える．

写真-2　曲げ試験状況

表-2　クラック幅の違いによる破断箇所の面積割合

注入材の種類	クラック幅（mm）	破断箇所面積（%）			
		G:基材	G/M:界面	M:接着剤	その他
エポキシ樹脂	0.5	75	21	4	0
	1.0	67	17	17	0
	3.0	20	39	41	0
アクリル樹脂	0.5	73	1	3	23
	1.0	96	0	2	2
	3.0	92	0	3	5

６．まとめ

本研究の結果，以下の知見が得られた．

(1) エポキシ樹脂

1) 曲げ試験の結果，クラック幅 0.5～1.0mm の供試体において，基材破断と考えられるので接着効果があると判断できる．

2) クラック幅 3.0mm の供試体は，界面破断および接着剤破断の割合が大きいが，オリジナルの曲げ強度のばらつきの範囲内と考えられ，水性エポキシ樹脂の接着効果はあると判断できる．

(2) アクリル樹脂

1) 曲げ試験の結果，すべてのクラック幅の供試体において基材破断と考えられるので接着効果はあると判断できる．

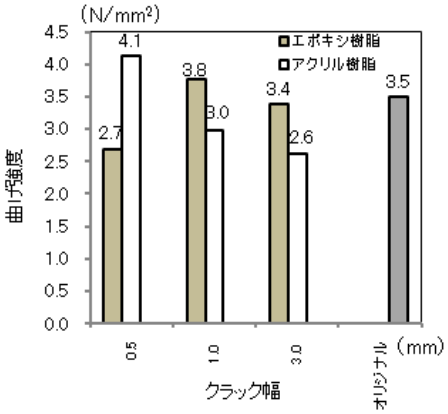

図-1　曲げ試験結果

以上の結果から，水性エポキシ樹脂は，クラック幅 0.5～3.0mm の供試体において接着効果はあると考えられる．水性エポキシ樹脂の接着効果は，アクリル樹脂に劣ると考えられないことやアクリル樹脂は浸透性が大きくモルタル背面に漏れることが想定され，現場での施工が困難と考えられるので，引き続き現場での施工を想定した試験を行う必要がある．また，樹脂の紫外線劣化を考慮した耐候性試験等を行っていく予定である．

謝辞：本研究にあたり，福井大学大学院 小形信男教授および飛島建設技術研究所 平間昭信氏にご助言いただいた．また，実験に際し，日広開発株式会社 米村豊志氏，電気化学工業 荒木明俊氏および木村潤市氏にご協力いただいた．ここに記して感謝の意を表する．

参考文献

1) 老朽化吹付け法面の調査・対策の手引き，鹿島出版会発行(2006)