

床版上面増厚工法に用いるエポキシ樹脂接着剤に関する検討

ショーボンド建設株式会社
株式会社NIPPO
太平洋セメント株式会社
小野田ケミコ株式会社

正会員
正会員
正会員
正会員

○寺尾
石垣
藤田
久我

暁
勉
仁
比呂氏

1. はじめに

国内の道路橋は高齢化が進んでおり、維持管理および補修・補強を行って、長く供用していく必要がある。橋梁床版の補強工法として床版上面増厚工法があり、平成22年7月版の構造物施工管理要領¹⁾にエポキシ樹脂接着剤を併用する床版上面増厚工の仕様が新たに定められた。この仕様では、増厚コンクリート端部の新旧コンクリート界面にはく離に対する付着耐久性を高めるための接着剤の塗布が基準化された。また、付着耐久性を確保するための接着剤の品質規格が併せて規定され、その品質規格を満足するエポキシ樹脂接着剤を開発したので報告する。

2. 接着剤の概要と性能

報告する接着剤は2液型エポキシ樹脂接着剤である。接着剤の概要を表1に示す。なお、標準塗布量は1.0L/m²である。

床版上面増厚工に定められた接着剤の品質規格は、10日間50℃の温水中に浸漬する温水負荷後に、水張り条件で480万回の引張疲労試験（振幅0.6N/mm²、10Hz）を行った後の付着強度が1.0N/mm²以上あることと規定されている。

床版上面増厚工の品質規格に対する評価をNEXCO試験方法、試験法434に則り試験した結果を表2に示す。表2より、いずれの負荷条件でも1.0N/mm²以上の付着強度を示し、構造物施工管理要領¹⁾の定める品質規格を満足することを確認した。このことから、湿潤面への優れた接着性と高い付着耐久性を有していることが分かる。水浸引張疲労試験状況を写真1に、所定の負荷後の引張試験後供試体の一例を写真2に示す。

なお、この試験結果は第三者機関（（財）土木研究センター）による性能確認を受けている。

また、試験法434では接着剤を塗布しない条件での試験も規定されており、所定の負荷後の付着強度を試験した結果、付着強度は基準値を満足した。しかし、写真3に示す試験後の供試体の破壊状態は、打ち継ぎ面での界面はく離が40%見られた。なお、写真2に示す接着剤を塗布した条件では疲労試験480万の負荷を与えた後でも全てコンクリート凝集破壊を示していた。

さらに、膨張材を使用した超速硬SFRCの評価も行った。表2に示した試験の結果より、膨張材を使用したコンクリートについても良好な付着強度を発揮することを確認した。

なお、接着剤は空港コンクリート舗装の薄層オーバーレイに関する研究²⁾および鋼床版橋梁の疲労耐久性向上技術に関する共同研究（その2・3・4）報告書³⁾の仕様を満足することも確認している。

表1 接着剤の概要

製品タイプ	Sタイプ (夏用) (以下 JTS)	Rタイプ (春秋用) (以下 JTR)	Wタイプ (冬用) (以下 JTW)
主剤主成分	ビスフェノールA型エポキシ樹脂		
硬化剤主成分	変性脂環式ポリアミン 変性脂肪族ポリアミン		変性脂肪族 ポリアミン
混合比	主剤：硬化剤＝3：1（重量比）		
比重	1.20±0.10		
混合物粘度 (20℃)	6,190 mPa・s	10,020 mPa・s	13,300 mPa・s



写真1 水浸引張疲労試験状況 写真2 所定の負荷後の引張試験後の供試体例（接着剤塗布）



写真3 所定の負荷後の引張試験後の供試体（接着剤無塗布）

表2 床版上面増厚工の品質規格に対する性能 (単位：N/mm²)

項 目	試験の種類	基準値	NEXCO 試験 方法	超速硬 SFRC			超速硬 膨張SFRC		
				JTS	JTR	JTW	JTS	JTR	JTW
新旧コンクリートの 付着耐久性	負荷前の付着強度	所定の負荷後、 新旧コンクリート の付着強度が 1.0N/mm ² 以上 あること	試験法 434	1.70	2.08	1.99	3.03	3.31	2.97
	温水負荷後の付着強度			2.14	2.53	3.49	3.56	3.34	3.48
	所定の負荷後の付着強度			2.79	3.58	2.80	3.53	3.05	3.50

キーワード 床版上面増厚工、エポキシ樹脂接着剤、湿潤面、高い付着耐久性、膨張材
連絡先 〒305-0003 茨城県つくば市桜1-17、ショーボンド建設（株）補修工学研究所、TEL：029-857-8101

3. 試験施工

接着剤を用いた試験施工を、茨城県つくば市内の構内道路において平成22年7月21日に実施した。試験施工は、接着剤を塗布して超速硬SFRCを打設する際の、施工性、付着性およびその耐久性、非破壊検査による一体性の確認を目的として行った。また最大骨材寸法の変更および膨張材の添加等による影響を確認することも目的とした。

材齢約1年の既設コンクリート（早強コンクリート、呼び強度 $24\text{N}/\text{mm}^2$ 、150mm厚）の表面を約1cm切削し、ショットブラストによる表面処理（投射密度 $150\text{kg}/\text{m}^2$ 以上）を行い、端部に幅50cmで接着剤（JTS）を $1.0\text{L}/\text{m}^2$ 塗布した後、増厚コンクリートを50mm打設した。この際、増厚コンクリートは超速硬SFRCを用い、最大骨材寸法（13mmまたは20mm）、膨張材の有無等、条件を変えて施工を行った。

施工面積は幅 $4.5\times$ 長さ 5.0m を3面とし、それらのうち幅1.0mは、カッター目地を入れ開発品の付着耐久性を評価するコアを採取するための場所とした。試験施工の概要を図1に示す。

3. 1 施工性

条件を変化させて施工した結果、いずれの条件でもコンクリートフィニッシャーの施工能力、超速硬SFRCの締め固めまでのワーカビリティ、接着剤の塗布作業性等の施工性に問題ないことを確認した。

3. 2 付着耐久性

所定の養生後、3本/1面のコアを採取し付着耐久性を評価した。図2に試験結果を示す。図2より、182日経過後も $1.0\text{N}/\text{mm}^2$ 以上の付着強度を示し、いずれの条件でも一体化していることが確認できた。

3. 3 一体性の確認

既設版と増厚コンクリートとの付着状況を、非破壊検査であるインパクトエコー法で共振周波数を測定することによって確認することを試みた。インパクトエコー法とは、鋼球の打撃等によりコンクリート版の表面から弾性波を入力し、コンクリート版からの応答波形からコンクリート版の厚さ、空隙の有無等を推定する手法として知られている。

この方法は、縦波弾性波が $4,000\text{m}/\text{sec}$ で150mmの既設コンクリート版と50mmの増厚コンクリートの一体性が確保された版厚200mmの試験体では、共振周波数は概ね10kHz前後となる。また、増厚コンクリートにはく離（浮き）が生じた場合、版厚が50mmとなるため共振周波数は概ね40kHzに変化する。

共振周波数の測定結果を図3および図4に示す。測定結果より、共振周波数は接着剤の塗布、無塗布にかかわらず、施工後182日まで $9.73\sim 10.47\text{kHz}$ の範囲であり、大きな変化は認められない。したがって、既設版との接着性は、施工後6ヶ月まで良好な状態が維持されていると考えられる。

4. まとめ

- (1) 接着剤は構造物施工管理要領¹⁾、床版上面増厚工に定められた品質規格を満足した。よって、湿潤面への接着性および付着耐久性に優れることを確認した。
- (2) 接着剤の構造物施工管理要領¹⁾に対する性能は、第三者機関による性能確認を受けている。
- (3) 接着剤を用いて試験施工した結果、施工性に問題はなく、6ヶ月経過後も付着耐久性、一体性ともに良好な結果を示した。
- (4) 接着剤を塗布しないで疲労試験をした結果、付着強度は基準値を満足しているものの、一部打ち継ぎ面での界面はく離が見られた。再損傷のリスクをより低減するという観点から考えると、接着剤を床版全面に塗布することにより新旧コンクリートの付着性などの性能向上も期待出ると推察されるが、経済性も勘案して今後の検討課題としたい。

【謝辞】

本報で示した各種計測にあたり、(株)太平洋コンサルタントの協力を得た。ここに記して感謝の意を表す。

【参考文献】

- 1) 東日本高速道路(株)・中日本高速道路(株)・西日本高速道路(株)：構造物施工管理要領、平成22年7月
- 2) 八高他：空港コンクリート舗装の薄層オーバーレイに関する研究、国総研研究報告第30号、平成18年9月
- 3) (独)土木研究所他：鋼床版橋梁の疲労耐久性向上技術に関する共同研究（その2・3・4）報告書、整理番号第395号、平成21年10月

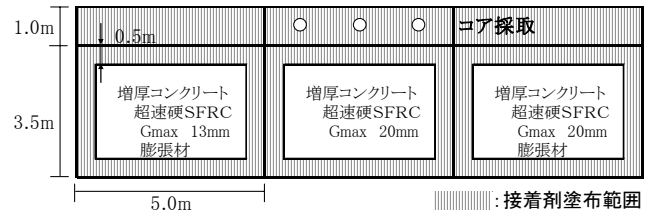


図1 試験施工概要図

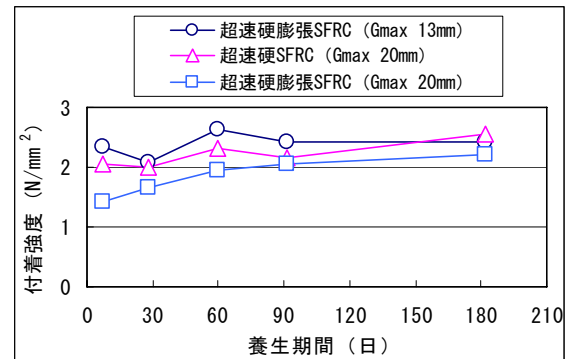


図2 付着耐久性試験結果

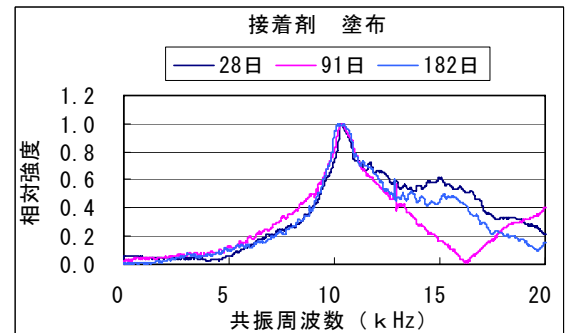


図3 共振周波数測定結果（接着剤塗布）

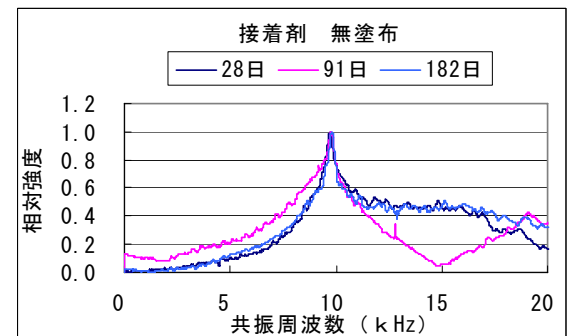


図4 共振周波数測定結果（接着剤無塗布）