

浸透性接着剤を用いたコンクリート床版の補修事例

鹿島道路(株)
日大生産工○児玉孝喜
阿部 忠鹿島道路(株)
(株)ケミカル工事山下雄史
深川克彦

1. はじめに

日本では急速な少子高齢化社会構造化が進展しており、社会資本設備投資の減少が避けられない状況となっている。一方で、社会資本は新設から50年を超えたあたりから急速に劣化したという米国の事例から、国内の社会資本の寿命は50年が1つの目安となっている。今後は、戦後の一時期に集中的に整備した社会資本が急速に50年を超える状況となっており、これら国内で整備されてきた社会資本(ストック資本)の維持管理が大きな課題となっている。

道路橋RC床版は、走行荷重を支える重要な構造物であるものの、B活荷重の採用等車両の大型化と交通量の増大による疲労損傷の進展が見られるなど、橋梁部材の中で最も損傷が著しい部位である。特に積雪寒冷地で建設されているRC床版は、冬期間の路面維持管理に用いられている塩カル散布や凍結による塩害・凍害との複合劣化により、床版上面の骨材の露出やスケールリング¹⁾²⁾³⁾などの著しい上面損傷には鋼繊維補強コンクリートによる上面増厚補強が適用されてきた。また、損傷が軽微な段階、すなわちアスファルト舗装にポットホールが発生が見られた段階やアスファルト舗装打換え時に損傷が見られた場合には床版部分補修が適用されてきた。この部分補修について、まずは劣化部分を確実に撤去することと既設コンクリートに新たな損傷を与えないことが補修を成功させる最初のポイントである。コンクリートのはつり性能としてはウォータージェットを用いることが既設コンクリート版の損傷が最も少なく望ましいはつり方法である。しかしながら、はつり規模、作業時間の制約、水処理等大規模な設備の必要性等から、夜間規制による小規模施工や大規模であるもののアスファルト舗装を撤去して初めて損傷範囲が特定できるような現場条件においては、設備が大規模とならざるをえないウォータージェットを採用することはコスト的に困難な場合が多い。そのため、多くの現場では、既設コンクリート版の撤去にはブレーカーによる人力はつりが標準的に用いられているが、この場合には既設コンクリートへの打撃・衝撃により骨材とモルタル部分の弾性係数の相違から特に

粗骨材底面部に沿って新たなマイクロクラックの発生やモルタル内の脆弱化を引き起こすこととなり、再劣化の大きな要因となっている。そのため、床版上面の損傷に対して、既設コンクリート版に与える潜在的劣化の少ない確実な補修を行うとともに耐疲労性等長寿命化が図れるよう、ブレーカーのはつり作業によって生じるマイクロクラックや脆弱化に対しても有効な補修材・補修技術の開発が急務となっている。

これまで筆者らは既設コンクリート床版に多くの新たな損傷を与えるブレーカーのはつり作業においても確実に耐久的な補修ができる方法として、浸透性接着剤を塗布した後に耐久的な専用補修材を打ち継ぐ補修方法の確立とその性能評価について研究し報告してきた。

本論文においては、浸透性接着剤の概要説明とともに、その適用事例として部分打換えならびに上面増厚補強への適用事例を紹介するものである。道路橋RC床版の維持管理においては、損傷が顕在化してから修繕を行う「事後保全型維持管理」が主体的に行われてきたが、近年は整備コストと安全確保の観点から戦略的・計画的な維持管理が志向されており、橋梁を定期的に点検し、損傷が軽微な段階で補修・補強を繰り返す「予防保全型維持管理」へと移行されている。本研究は、道路橋RC床版の損傷が軽微な段階で適用される部分打換え補修の長寿命化を目指しているものであり、道路橋長寿命化修繕計画におけるRC床版の部分補修対策の一助としたい。

2. 浸透性接着剤について

2.1 開発コンセプト

筆者らは、エポキシ樹脂を用いた接着接合技術に着目し、これまで鋼床版の疲労対策としての鋼床版SFRC工法、空港のエプロン勾配修正に対する維持管理として空港薄層付着オーバレイ工法を開発し、実用化してきた。

橋梁RC床版の部分打換え方法の最大の課題は補修後の再劣化の抑制であり、マイクロクラックと脆弱部への対策が不可欠と考えた。そこで、基礎実験等を通じて接着剤は浸透性能を有する接着剤を最初に塗布することによって既設コンクリート床版のマイクロクラ

ックと脆弱部に浸透させた後に、上記工法で付着性能が十分検証されている高耐久型エポキシ接着剤を2層目として塗布する方法とすることとした。さらに、補修材としては既設床版との耐久的な一体化を図るために、既設コンクリート床版の弾性係数と合致するレベルまで補修材の弾性係数を低減させるとともに、凍結融解抵抗性能を確保することとした。このような接着剤と補修材は、ともに既存の技術や材料性能では要求性能を満たすことができないことから、今回、新たに開発⁴⁾したものである。

2.2 主な検討結果

(1) 浸透量と付着強度

浸透性接着剤は、浸透性と耐久性確保の観点から、例えば98℃で3日間煮沸させても付着性能の劣化が認められない等、高耐久型エポキシ接着剤としての耐久性を確保しながら浸透性能の確保としての粘度低減との関係から調査した。

浸透性接着剤の塗布量と付着強度の関係について、室内の輪荷重走行疲労試験を終えた供試体を用いた実験の一例を示す。日本大学生産工学部が所有している輪荷重走行疲労試験装置で押し抜きせん断破壊まで至った供試体を用いて、輪荷重が直接载荷されていない比較的破損の少ない端部を用いてブレーカーを用いて人力で表面付近のコンクリートをはつりとった。はつり深さは概ね20mm程度とした。周囲には高さ20mmの木製型枠をセットし、厚さ40mmで補修材を打ち込んだ。用いた補修材の配合は表-1に示すとおりであり、材齢6時間で20N/mm²以上のものである。

表-1 補修材の配合

W/C (%)	S/C	P/C	配合 (kg/m ³)		
			超速硬性モルタル	合成繊維	水
33.0	1.0	1.7	1850	(0.45%) 5	296

浸透性接着剤の塗布量は、0、0.3、0.5、0.7l/m²の4水準とし、高耐久型エポキシ接着剤は全ての水準で1.4kg/m²の塗布量とした。浸透性接着剤を塗布してから10～20分後に高耐久型エポキシ接着剤を塗布し、さらに15～20分後に補修材を厚さ40mmで打ち込んだ。試験は、材齢4時間で引張試験のための切り込みをコアカッターで入れた後、接着剤を用いて補修材表面に引張試験用治具を貼り付け、材齢6時間で建研式引張試験機を用いた引張試験を実施した。

試験結果を表-2に示す。破壊位置に着目すると、浸透性接着剤を用いない①において、一体だけではあるが、床版コンクリートが破壊位置となっており、またその値は他の水準の強度と比較して最も低い。このことから、浸透性接着剤を用いることによって、既設床

版コンクリートへ浸透性接着剤が浸透し、既設コンクリート版がより硬固になるとともに、浸透性接着剤の塗布量の増加とともに引張強度が増加することが確認された。

表-2 引張試験結果

	① P : 0 KS : 1.4	② P : 0.3 KS : 1.4	③ P : 0.5 KS : 1.4	④ P : 0.7 KS : 1.4
	0.91 床版Con	1.91 補修材	1.38 補修材	2.15 補修材
個々の引張強度 (N/mm ²)	2.06 補修材	1.84 補修材	1.52 補修材	2.68 補修材
	1.77 補修材	1.40 補修材	2.16 補修材	2.45 補修材

注) 高耐久型エポキシ接着剤をKS、浸透性接着剤をPと略す。単位はkg/m²。下段は破壊位置を示す。

写真-1に、事前に疲労を与えた輪荷重走行試験装置を示す。



写真-1 実験装置

(2) 浸透性の目視評価

先の実験に用いた供試体を用いた紫外線照射による写真撮影結果を写真-2に示す。粗骨材底辺部分に剥離が発生し、その部分にも浸透している様子を確認できた。

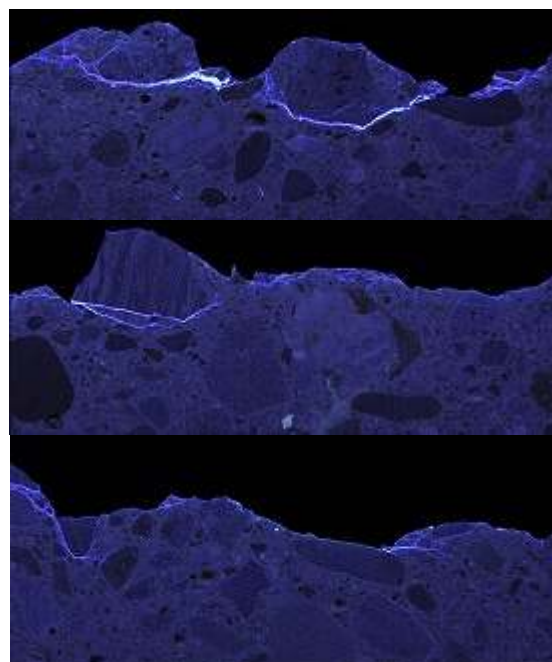


写真-2 浸透性接着剤の浸透状況

(3) 接着剤の仕様

最終的に調査した接着剤の仕様を表-3に示す。

表-3 接着剤の仕様

		浸透性接着剤工法		備考
		浸透性 接着剤	高耐久型 接着剤	
外 観	主剤	無色液状	白色ペースト	異物なし
	硬化剤	無色液状	青色液状	異物なし
混合比		10 : 3	5 : 1	重量比
混合物比重		1.20±0.20	1.40±0.20	JIS K 7112
圧縮強さ		50N/mm ² 以上		JIS K 7181
弾性係数		1,000 N/mm ² 以上		JIS K 7181
曲げ強さ		35 N/mm ² 以上		JIS K 7171
せん断強さ		10 N/mm ² 以上		JIS K 6850
Con付着強さ		1.6 N/mm ² 以上 or 母材破壊		JIS A 6909
標準塗布量		0.5kg/㎡以上	0.9kg/㎡	-
		合計1.4kg/㎡		

*試験温度23℃、供試体養生は23℃7日間。

3. 適用事例

3.1 部分補修

浸透性接着剤を用いた部分補修工事の施工事例を以下に示す。

(1) 工事概要

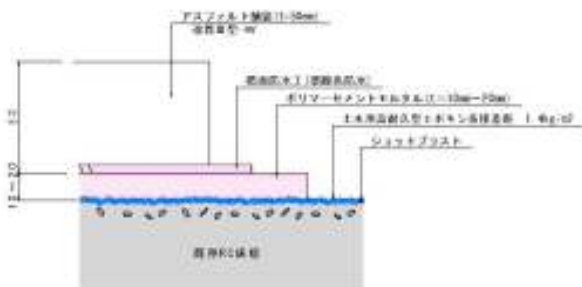
施工時期：平成27年5月～7月

施工場所：西日本エリア

施工規模：245m² (部分補修の面積)

施工断面：図-1のとおり

床面上面補修断面図



*土木用高耐久型エポキシ系接着剤として、浸透性接着剤を0.5kg/m²、高耐久型エポキシ系接着剤として0.9kg/m²を塗布

図-1 補修断面

補修材：住友大阪セメント(株)製ポリマーセメント系断面修復材(表-4参照)

表-4 補修材の特徴

水	補修材	凝結時間	終結時間	σ1day
300kg	1875kg	2時間20分 (20℃)	2時間50分 (20℃)	26.3N/mm ²
3.8～4.2kg	25kg (1袋)			

*1袋25kg入りプレミックス品を使用(練量13.5U/袋)。

**高機能性特殊粉末樹脂及び特殊短繊維をプレミックスしたポリマーセメント系コンクリート断面修復材

(2) 作業の流れ

作業の流れを図-2に示す。

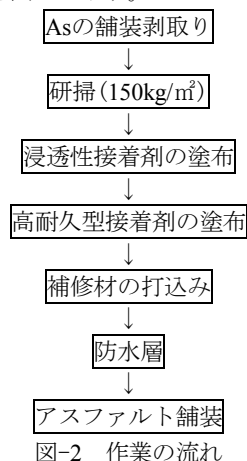


図-2 作業の流れ

(3) 施工

主な施工状況を以下に示す。



切削



剥取り



研掃面



浸透性接着剤塗布



高耐久型接着剤塗布



補修材練混ぜ



コンクリート打込み



防水



アスファルト舗装

完成

3.2 RC床版上面増厚補修

浸透性接着剤を用いたRC床版上面増厚工事の事例を以下に示す。

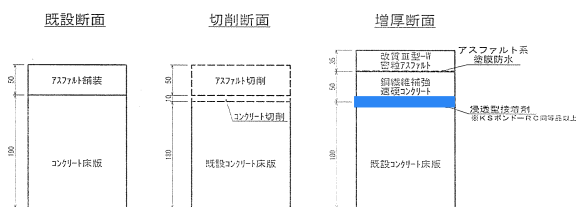
(1) 工事概要

施工時期：平成27年2月～3月

施工場所：西日本エリア

施工規模：1,200㎡

施工断面：図-3のとおり



*土木用高耐久型エポキシ系接着剤として、浸透性接着剤を0.5kg/㎡、高耐久型エポキシ接着剤として0.9Kg/㎡を塗布

図-3 補修断面

補修材：鋼繊維入り超速硬コンクリート ($\sigma_{3h}=24\text{MPa}$)

(2) 作業の流れ

作業の流れを図-2に示す。

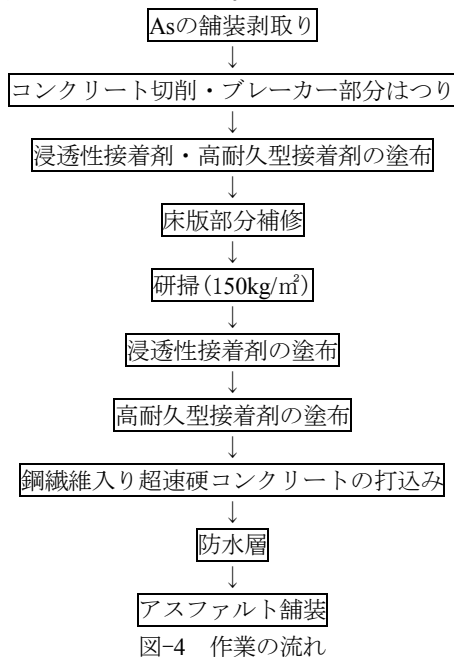


図-4 作業の流れ

(3) 施工

主な施工状況を以下に示す



たたき検査



ブレイカーはつり



浸透性接着剤塗布



高耐久型接着剤塗布



床版部分補修



研掃



浸透性接着剤塗布



コンクリート打設

4. まとめ

道路橋RC床版の予防保全型維持管理に向け、再劣化の発生を抑制する高耐久補修工法として、浸透性接着剤を開発し部分補修ならびに上面増厚補強工事に適用した。本事例以外にもすでに多くの現場に適用しており、いずれも問題なく供用されている。

「参考文献」

- 1) 三田村浩、佐藤京、本田幸一、松井繁之：道路橋RC床版上面の凍害劣化と疲労寿命への影響、構造工学論文集 Vol55A, 2009
- 2) 木田哲量、阿部忠、水口和彦、大塚裕太、小川洋二：走行振動応力履歴RC床版の塩害・凍害作用による劣化状態と耐荷力低下に関する研究、構造工学論文集、Vol56A、2010、1300-1311
- 3) 伊藤清志、阿部忠、菅野幹男、児玉孝喜：道路橋RC床版の部分打換補強法における耐疲労性の評価：構造工学論文集、Vol59A、2013、PP1092-1100
- 4) 伊藤清志、山下雄史、加形護、大野晃、阿部忠：道路橋コンクリート床版上面の損傷部における補修工法に関する研究。第56回日本学術会議材料工学連合講演会、P55～56