

## CMI 報告

## 上面増厚床版の 再劣化対策の研究

松本 政徳・渡邊 晋也・谷倉 泉

### 1. はじめに

近年、高速道路のRC床版では、交通量の増加や車両の大型化に伴って疲労損傷が広範囲に広がり、補修・補強を実施する事例が増加している。その対策として、版厚を厚くして耐荷力、耐久性を改善し、耐力の向上に最も効果がある床版上面増厚工法の採用が一般的となっている。この上面増厚工法は現在までに約400橋の施工実績があるが、上面増厚後に短期間で再劣化が生じた事例が報告されるようになってきており、特に中央、北陸、東北自動車道等の冬季に凍結防止剤を散布する寒冷地が多い。

また、実橋におけるアンケート調査によると、増厚床版の再劣化は増厚コンクリートの施工目地（1次施工と2次施工の打継目）を起点として生じていることが多いという報告が見られる。

そこで、本研究では、再劣化原因の起点ともなっている増厚コンクリートの施工目地部に着目し、実施工と同様な方法により上面増厚した供試体を用いて、輪荷重走行試験を行い、劣化対策の効果検証を行ったものである。ここでは、具体的な増厚界面のはく離および施工目地の開き防止を目的とした再劣化対策として、以下の3種類の方法について施工試験、付着強度試験、疲労試験等を行い、その効果の検証を行うこととした。

- ①アンカー筋の設置
- ②接着剤の塗布
- ③炭素繊維（CFRP）格子筋の配置

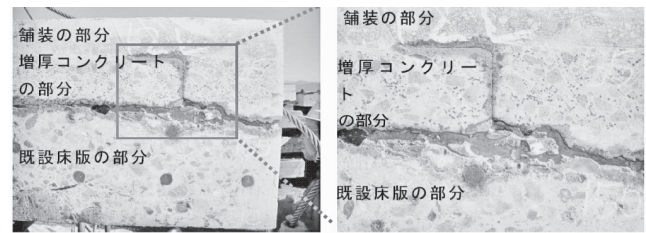


写真-1 撤去床版の切断面（施工目地部）

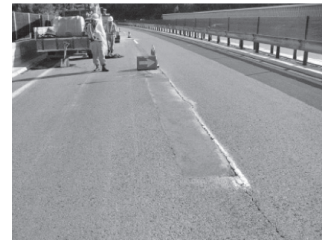


写真-2 上面増厚床版（施工目地部）の再損傷

### 2. 実験概要

#### (1) 供試体

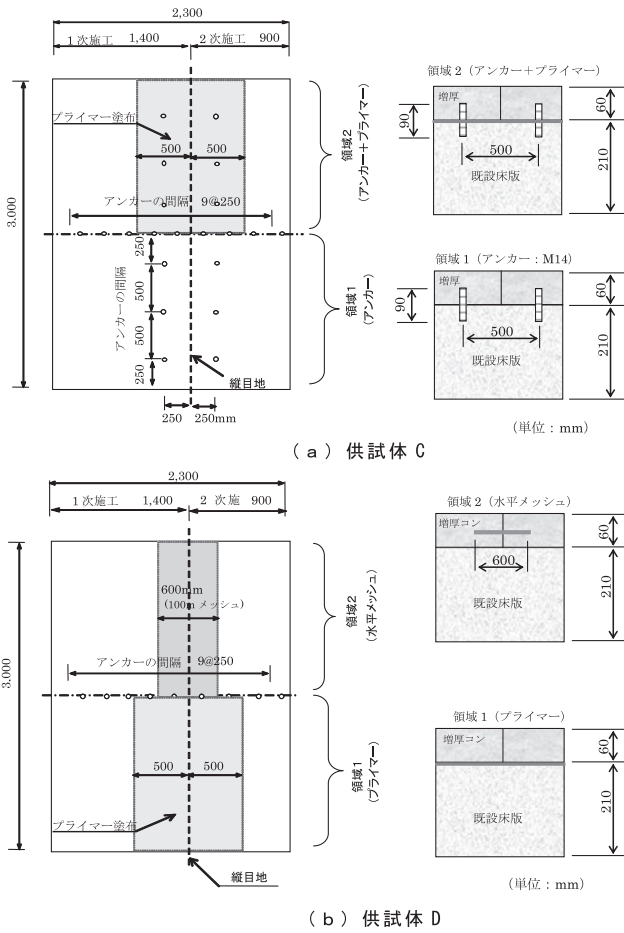
本実験に使用する供試体は、施工目地部の増厚界面に劣化対策を行った供試体C、D（2体）、および比較用の基準供試体A（対策なし）の計3体である。

本実験では、増厚部の再劣化が多い年次（S46～S54年）の設計要領に準じて製作したRC床版（18cm）を用いて、増厚前に所定の劣化度（破壊回数Nfの4割まで載荷）を与える予備載荷を行った。また、供試体の増厚施工は、なるべく実施工と同様な方法で行い、施工目地部に実施工で想定される施工要因（研掃・締固め・清掃不足）の影響を再現した。供試体Aは対策を行わず、供試体C、Dは図-1のように供試体を2領域に分けて、各種の劣化対策を施した。増厚後の床版厚は27cmとし、施工目地は、輪荷重により発生するせん断応力なるべく大きくなるように、載荷板端部に設けた。

#### (2) 使用材料

表-1に上面増厚コンクリートの配合を示す。使用したコンクリートは、鋼繊維補強超速硬コンクリート（SFRC）とし、材令3時間における圧縮強度を24 N/mm<sup>2</sup>とした。

写真-3に劣化対策材料の施工状況を示す。アンカーは過去に施工実績のある普通ボルト（M14を50cm間隔）を、接着剤は打継面用のエポキシ樹脂を、炭素繊維（CFRP）格子筋は格子間隔100mmのものを使用した。

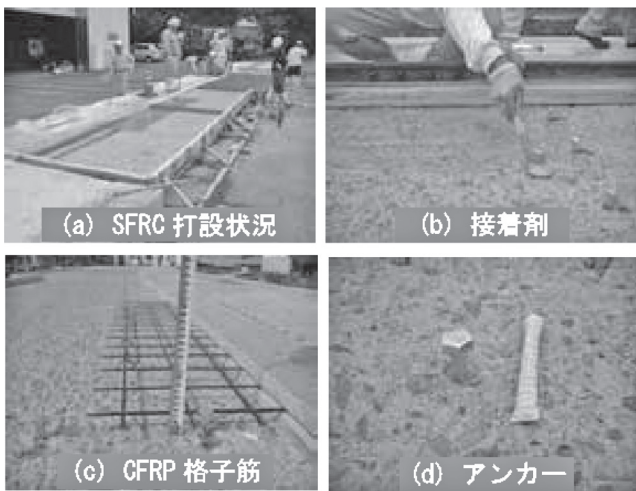


図一 供試体 C,D の劣化対策

表一 SFRC の配合

SL (cm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					減水剤 (C×%)
			W	C	S	G	SF	
5±1.5	38.9	48.4	170	443	811	892	100	2.0

設計基準強度 24 N/mm<sup>2</sup> (材令 3 時間), セメント: 超速硬セメント, 粗骨材の最大寸法: G<sub>max</sub> = 20 mm



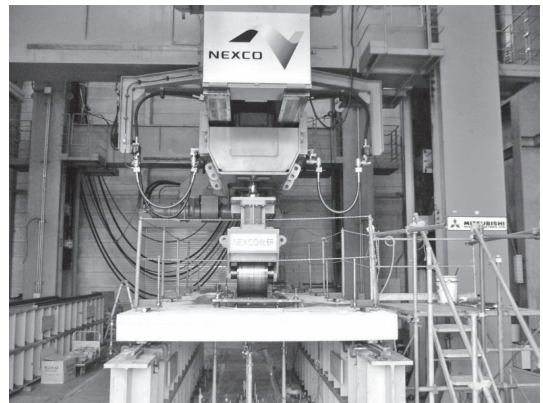
写真一 劣化対策の施工状況

(3) 試験方法

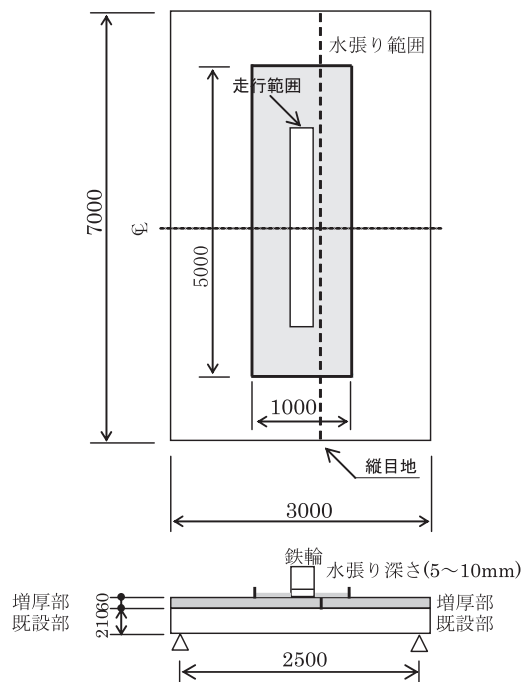
疲労試験は、写真一 4 に示すように供試体上面の橋軸方向に載荷版を一行に並べた軌道上を鉄輪が走行するものである。表一 2 に載荷荷重と載荷回数を示す。

輪荷重の走行位置は供試体中央とし、雨水の影響を考慮して水張り条件で実施した (図一 2)。本試験は、実験工程の都合により 2 機の輪荷重走行試験機を使用し、載荷による供試体の劣化程度を極力合せるため、P/Psx (梁状化した床版の押抜きせん断耐力に対する載荷荷重の割合) を両試験機で同じ値とした。

載荷方法は、供試体 A の場合、載荷荷重 118 kN から開始し、新旧コンクリート界面のはく離をモニターしながら 20 kN ずつ階段状に荷重を増加させた。載荷荷重は、実橋で計測される最大軸重や繰返し荷重による界面のはく離の再現性を考慮して 255 kN を上限とした。一方、供試体 C, D は、P/Psx の比率を供試体



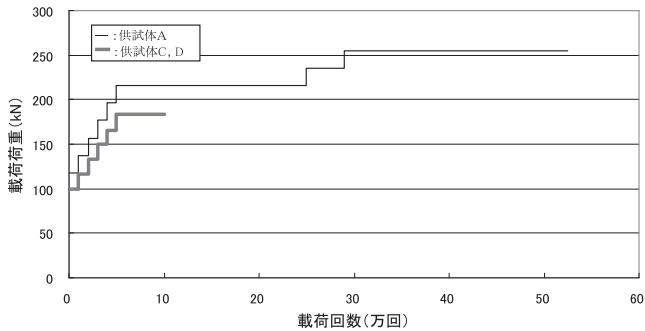
写真一 4 疲労試験状況



図一 2 供試体 A の載荷イメージ

表一 2 載荷荷重と載荷回数

供試体	載荷荷重 (kN)	載荷回数 (万回)	劣化対策
A	118~255	52.5	なし
C	100~183	10	領域 1 (アンカー)
領域 2 (アンカー+接着剤)			
D	100~183	10	領域 1 (接着剤)
領域 2 (CFRP格子筋)			



図一 3 載荷ステップ

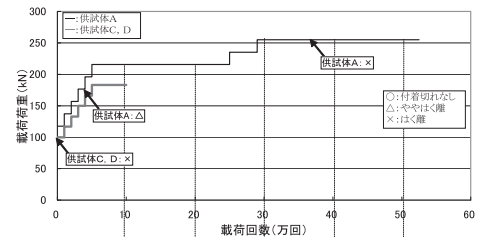
A と合せるため 100 kN から開始した。供試体 C, D は疲労試験途中ではく離した部分が割れ始めて、実験が継続不能となったため、累計 10 万回で実験を終了している。

なお、疲労試験中の増厚界面のはく離進展状況は、超音波共振法により検出した。

### 3. 実験結果 (各種劣化対策の効果)

施工目地部に各種劣化対策を施した供試体 C, D について、疲労試験を行い、それぞれの対策効果を無対策の供試体 A と比較した結果を図一 4 に示す。ここでは、各供試体の増厚界面で、ややはく離 (△) およびはく離 (×) の発生した載荷回数と、各測定項目で変化が見られた載荷回数を比較して示している。また、供試体 C, D について、各種劣化対策の効果を整理した結果を表一 3 に示す。主な結果は次のとおりである。

- ①増厚界面にプライマーを塗布した領域では、供試体 C, D ともにはく離が生じなかった。このことから、プライマー塗布が最も改善効果 (付着性能) が高くなることがわかった。
- ②縦目地部にアンカーのみの場合 (供試体 C) や CFRP 格子筋 (供試体 D) を設置した場合、脱型後に施工目地部にジャンカ状の変状が確認されたことからわかるように、施工性能が低下して締固めが不十分となることがわかった。その結果、供試体 C, D ともに試験の初期からはく離が生じた。さらに、活荷重たわみは荷重ステップの増加とともに漸



測定項目	供試体	変状の進行状況
界面はく離	A	○
	C (アンカー)	○
	C (アンカー+プライマー)	○
	D (FRP格子筋)	○
活荷重たわみ	A	○
	C (アンカー)	○
	C (アンカー+プライマー)	○
	D (FRP格子筋)	○
モールドゲージ	A	○
	C (アンカー)	○
	C (アンカー+プライマー)	○
	D (FRP格子筋)	○
鉄筋ひずみ	A	○
	C (アンカー)	○
	C (アンカー+プライマー)	○
	D (FRP格子筋)	○
漏水の発生	A	○
	C (アンカー)	○
	C (アンカー+プライマー)	○
	D (FRP格子筋)	○

○: 供試体 A 変化点  
○: 供試体 C, D 変化点

図一 4 各測定項目の比較

- 増し、これらの対策では改善効果があまり期待できないことが明らかとなった。
- ③アンカー設置後にプライマーを塗布した供試体 C については、はく離も生じなかった。すなわち、アンカーのみでははく離が生じたことから、プライマーによる改善効果が現れた結果となった。

### 4. まとめ

劣化対策の異なる供試体 C, D と目地部対策なしの供試体 A について比較することにより、各種劣化対策の効果を検証した。その結果は以下のとおりである。

- ①増厚界面にプライマーを塗布した対策が最も改善効果が高くなった。
- ②FRP 格子筋を使用した場合、施工性が悪くなって増厚界面にジャンカが生じやすくなる。その結果、十分な付着が確保されず、改善効果が認められなかった。
- ③アンカーのみ設置した場合には、試験当初からはく離が検出されていたこともあり、特に良好な改善効果は得られなかった。
- ④アンカー筋設置後にプライマーを塗布したケースでは、プライマー塗布のみと同様の改善効果が得られたが、アンカーを設置する手間が余分にかかった。

表-3 各種劣化対策の効果

評価項目	供試体C		供試体D	
	アンカー	アンカー+ 接着剤	CFRP 格子筋	接着剤
施工性能	△	△	×	○
付着性能	△	○	×	○
たわみ剛性	△	○	×	○
総合評価	△	○	×	◎

## 5. おわりに

実物大供試体を用いて、施工目地部の界面はく離に対する各種劣化対策の効果を検証した結果、再損傷の原因となりやすい施工目地部の増厚界面にプライマーを塗布することによって、付着性能や耐久性が改善されることが明らかとなった。しかしながら、この劣化対策を実施工に適用する場合には、追跡調査によって施工性や材料の劣化の影響、供用環境下での耐久性等を確認することが重要と思われる。

なお、本研究は、(株)高速道路総合技術研究所 道路研究部 橋梁研究室からの受託により実施したものである。

本検討の実施に当たっては、大阪工業大学松井繁之教授を委員長とする「増厚床版の補修対策に関する技術検討委員会」の委員や関係者の方に、多大なるご指導、ご支援を頂きました。ここに謝意を表します。

J C M A

### 《参考文献》

- 1) 松井繁之, 木村元哉, 蓑毛勉: 増厚工法による RC 床版補強の耐久性評価, 構造工学論文集, Vol.38A, pp.1-1 ~ 1-12, 1992.3
- 2) 梅原秀哲, 石神孝之, 檜貝勇: 増厚した鉄筋コンクリート床版の力学的挙動に関する研究, 土木学会論文集, No.451/V17, pp.89 ~ 98, 1992.8
- 3) 鎌田敏郎: よくわかる非破壊検査 第4回ひび割れ・剥離・空洞(その2), プレストレスコンクリート, Vol.47, No.4, pp.1-13 ~ 1-17, 2005.7
- 4) 菅野匡, 長谷俊彦, 谷倉泉, 松井繁之: RC 床版部分上面増厚工法の適用性に関する輪荷重走行疲労実験と FEM 解析, pp.1-18 ~ 1-23

### 【筆者紹介】



松本 政徳 (まつもと まさのり)  
 (株)日本建設機械化協会  
 施工技術総合研究所 研究第二部  
 技術課長



渡邊 晋也 (わたなべ しんや)  
 (株)日本建設機械化協会  
 施工技術総合研究所 研究第二部  
 研究員



谷倉 泉 (たにくら いずみ)  
 (株)日本建設機械化協会  
 施工技術総合研究所 研究第二部  
 部長