

## コンクリート強度が低下したPC梁の鋼板補修実験

名古屋高速道路公社 正会員 森下宣明 前野裕文  
 名古屋高速道路協会 正会員 大坪正典  
 名古屋大学 正会員 中村 光  
 名古屋工業大学 正会員 梅原秀哲

### 1. はじめに

名古屋高速道路3号大高線の一部の橋脚でアルカリ骨材反応が確認された。これらの橋脚からコア採取し圧縮強度及び静弾性係数を調べた結果、1橋脚にて設計基準強度を下回る橋脚が確認された。道路橋示方書Ⅲ<sup>1)</sup>に規定される終局荷重状態に対し、当橋脚の耐荷力照査を行った結果、安全性能に支障のないことを確認したが、アルカリ骨材反応の劣化予測が困難なことや当橋脚が常時偏心曲げ荷重を受ける構造(図-1)であることを考慮し鋼板巻き立て工法による補修を行うこととしている。

本研究では、補修工事に先立ち行った1/4縮尺模型供試体の鋼板補修効果の確認実験及び再現解析を実施し補修効果を確認するとともに、実橋の補修効果を検討した。

### 2. 補修方法の選定

実橋の梁部から採取した試験片の平均的な材料定数は、設計基準強度 $35\text{N/mm}^2$ に対し試験値は $21.4\text{N/mm}^2$ 、静弾性係数が設計値 $29.5\text{kN/mm}^2$ に対し試験値は $1.13\text{kN/mm}^2$ に低下していた。補修方法としては、RC増厚工法等も考えられたが、当橋脚では基礎及び柱部への負荷を極力低減させる目的から鋼板巻き立て工法を採用し、鋼板による梁付け根部の曲げ耐力向上を図ることとした。鋼板の巻き立て方法として、支承がある梁天端部を避けた3面接着<sup>2)</sup>も考えられたが、鋼板による拘束効果を向上させることを優先し、鋼板と支承ベースプレートを溶接することによる完全巻き立てとした(図-1)。鋼板補修範囲は、今後の維持管理を考慮し既設のPC定着部を避けた位置までとした。PC定着部から梁先端にかけては、アラミド繊維による巻き立て補修とした。鋼板板厚は、鋼板部のみで設計荷重に抵抗できる値として $19\text{mm}$ としている。鋼板とコンクリートはエポキシ樹脂接着で付着させた。鋼板による拘束効果の向上と今後のアルカリ骨材反応による膨張に抵抗させるため、梁部には橋軸方向に貫通するPC鋼棒( $\phi 32\text{mm}$ )を設置している。

### 3. 実験概要

図-2に試験体の形状を、表-1に試験体の材料定数を示す。試験体は、補修をしない現状を模擬した基準試験体、鋼板で補修した補修試験体の2体とし、寸法は実橋脚の1/4縮尺とした。載荷方法は、供試体を天地反転させて2点支持し柱部に集中荷重を載荷させた。実橋は6主桁であるが、実験設備の制約上と鋼板の補修効果を確認する目的から橋脚形状の再現を優先し、このような載荷方法とした。なお支点位置の選定は梁付け根部の左右のモーメントの比率が実際の橋脚のそれと整合するよう決めている。

### 4. 実験結果

図-3に実験結果を示す。基準試験体は、梁付け根部から $10\text{cm}\sim 60\text{cm}$ 程度離れた位置の圧縮側コンクリートが剥離した時点で終局を迎えた。この時点の荷重は $1650\text{kN}$ であり、圧縮側コンクリートひずみは $3500\mu$ であった。この時点の引張側の鉄筋ひずみは最大のもので $2500\mu$ であり降伏していると思われる。鋼板補修した試験体の最大荷重は $1800\text{kN}$ であり、補修鋼板がなくなる位置から $40\text{cm}$ 程度まで離れた範囲の圧縮側コンクリ

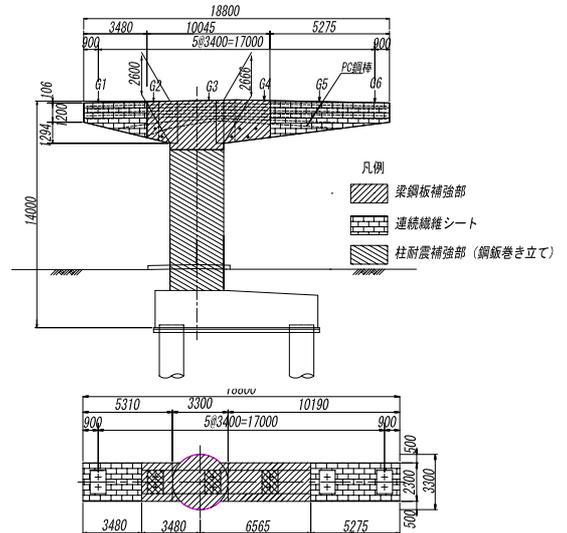
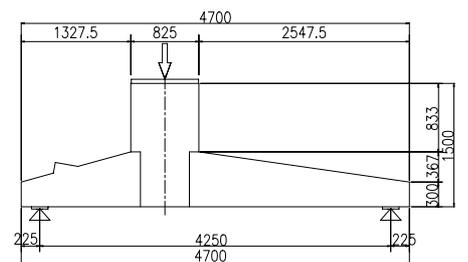
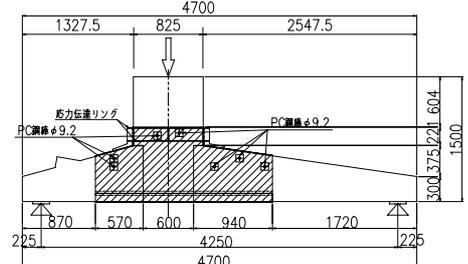


図-1 対象橋脚



(a) 基準試験体



(b) 鋼板補修試験体

図-2 試験体

キーワード：PC梁、アルカリ骨材反応、鋼板補修、強度低下

〒462-0844 名古屋市北区清水 4-17-30 TEL 052-919-3202 FAX 052-919-3240

表-1 試験体と材料定数

試験体	既設部		鋼板部	荷重 (kN)		
	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	静弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )		解析結果 最大荷重	実験結果	
			ひび割れ発生荷重		最大荷重	
基準	21.0	2.35	—	1428	650	1650
補修	21.0		鋼板 SM400 4.5mm 樹脂厚 5mm	1460	800	1800

ートが剥離した状態で終局を迎えた（写-1）．最大荷重は基準供試体に対して1割増しであった．鋼板とコンクリートを接着している樹脂は、1200kN 荷重時に圧縮側鋼板の先端中央部から付着切れが始まったが、側面鋼板及び引張側鋼板や圧縮側鋼板の梁付け根部は最大耐力時においても健全であったことから、鋼板による補修効果を確認できた．鋼板のひずみは最大で1000 $\mu$ 程度であり、鋼板の座屈、変形は確認されなかった．また、PC 鋼棒のひずみも最大で150 $\mu$ 程度であった．

### 5. 実験の再現解析と実橋レベルの補修効果の検討

基準供試体及び補修供試体に対して、2次元 FEM による再現解析を実施した．コンクリート及び鉄筋の物性値は計測値を用いた．コンクリートには分散ひび割れモデルを適用し、鉄筋のモデル化は Bar 要素とした．また、鉄筋とコンクリートは完全付着と仮定した．補修供試体の鋼板による拘束効果は、道路橋示方書 V<sup>3)</sup> の横拘束筋で拘束されたコンクリート強度及びひずみを参考に鋼板腹板を横拘束筋に換算して評価した．各解析値とも実験結果より安全側の評価となっている．これは、コンクリートの強度低下により、コンクリートの圧縮破壊が本構造の終局状態を左右し、軟化後に生じた解析上の局所的变化が影響していると考えられる．

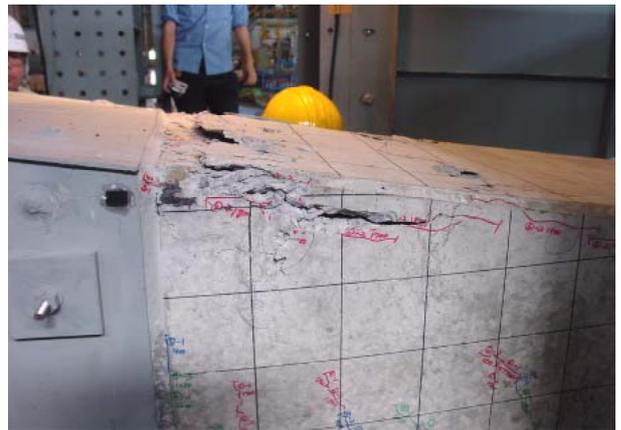
これらの再現解析で確認された解析方法により実橋サイズの2次元 FEM 解析を行い補修効果を検討した．ここでは、実験では評価できなかった支点位置、静弾性係数の低下を評価した解析とした．これにより、鋼板補修することで最大耐力は設計荷重の2.3倍程度まで増大することが確認できた．これは、支点位置を評価した場合、梁付け根の曲げモーメントとせん断力の状態が実験のそれと異なったため、実験に比べて鋼板補修の効果が増大した結果となっている．

### 6. まとめ

- ① アルカリ骨材反応によりコンクリートの力学性能が低下しコンクリートと鋼材の強度バランスが崩れた PC 梁の破壊性状が確認できた．また、この橋脚に対し鋼板補修することで補修効果が得られることを実験により確認した．
- ② 鋼板を接着した樹脂は、最大耐力時においても一部剥離はあるものの十分な付着効果があることが確認できた．
- ③ 再現解析により本補修方法を用いた場合の解析方法が明らかになった．また、それを用い実際の橋脚の補修効果を検討すると、最大耐力は設計荷重に対し2.3倍程度であり十分な補修効果があることが分かった．

参考文献 1)3)日本道路協会：道路橋示方書，2002.3

2)佐野，瀬戸，板垣，宮川：ASRにより損傷した梁部材の補強に関する実験的研究、コンクリート構造物の補修，補強，アップグレードシンポジウム論文報告集，2001



写-1 補修供試体の終局状況

実験結果（荷重-変位）

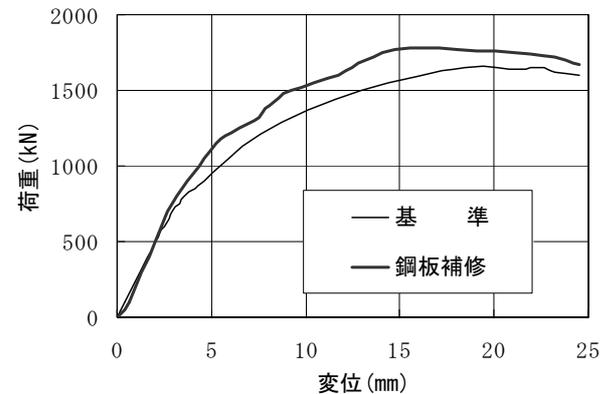


図-3 荷重-変位（実験）

表-2 実橋レベルの解析結果

		単位	補修前		補修後	
			単梁側	長梁側	単梁側	長梁側
ひび割れ発生	荷重レベル	%	10		50	
	変位	mm	9	-4	11	-23
設計荷重時	荷重レベル	%	100		100	
	変位	mm	23	-69	17	-47
最大耐荷力	荷重レベル	%	160		230	
	変位	mm	37	-119	38	-117