

報告 震災を受けた鋼板補強橋脚の調査

富松泰秀*¹・斉藤博行*²・西岡敬治*³・知崎桂三*⁴

要旨：兵庫県南部地震以前に阪神高速道路3号神戸線月見山地区にて震災前に補強が必要と判定されたRC橋脚耐震対策として一部の橋脚を除きエポキシ樹脂接着による鋼板巻立て補強を行っていた。震災後にこれら橋脚の概略調査の結果1)柱部の補強鋼板の一部に浮きが発生していた。2)浮き位置をコア採取した結果コンクリートには異常がなく、樹脂注入材がコンクリートをつかみはく離していた。3)補強橋脚と隣接する同種構造の未補強橋脚にて鉄筋の座屈および被りコンクリートのはく落が見られた。これらより実際の被災地域にて、RC橋脚鋼板巻立て補強工法の有効性の一部が実証された。

キーワード：橋脚補強、鋼板接着、補強効果、兵庫県南部地震

1. はじめに

これまでの研究[1]によれば、RC橋脚の鋼板巻立て補強により軸方向鉄筋段落し部での損傷を防止できることが室内実験等で確認されていた。今回、兵庫県南部地震以前に阪神高速道路3号神戸線月見山地区においてRC橋脚の耐震補強として、段落し部の耐力および地震時の保有水平耐力の向上を目的にエポキシ樹脂接着による鋼板巻立て工法を、柱基部の耐力向上を目的にRC巻立て補強をおこなっていた。この度、当工法の有効性を把握する目的で実際の震災地域にあった補強橋脚に対し被災後の状態を調査した。これらの調査結果について報告する。

2. 概要

2. 1 補強工事の経緯

平成3年度神戸管内震災点検業務の結果に基づき、補強が必要と判定[2]された3号神戸線月見山工区の本線橋脚P-714～P-718、ランプ部橋脚入P-2、入P-3に補強工事の計画がなされ、平成6年にRC橋脚の耐震対策工事が発注された。発注当初は本線部5基、入路部2基の合計7基の予定であったが、専用構造物と近接した橋脚P-715、P-717の2基を除き平成6年末に完成した。

2. 2 橋の概要

2. 2. 1 橋梁位置

今回の地震による被害が大きかった地域(震度階Ⅶ)は、須磨断層、諏訪断層、五助橋断層等の南側(海側)に帯状に分布しており[3]、当調査対象橋脚の位置は須磨断層の南側に位置し、地震が特に強かった範囲である。この位置を図1に示す。

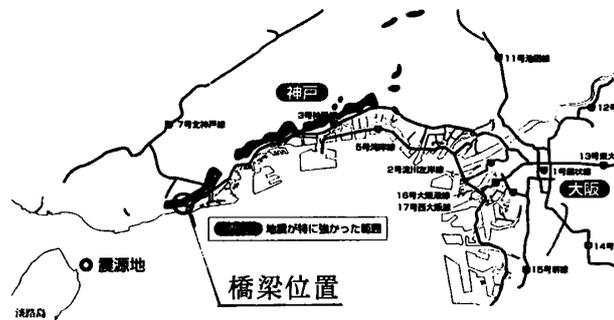


図-1 震度階Ⅶの分布

- *1 ショーボンド建設(株)大阪中央支店技術部課長(正会員)
- *2 阪神高速道路公団保全施設部保全技術課課長補佐
- *3 阪神高速道路公団保全施設部保全技術課係長
- *4 ショーボンド建設(株)大阪中央支店技術部部長

2. 2. 2 橋梁の諸元

下記にP-714～P-718の橋梁諸元を示す。

- 路線名 : 阪神高速道路3号神戸線
- 所在地 : 神戸市須磨区月見山
- 上部工形式 : ポステン方式単純T桁橋
- 主桁本数 : 8本(本線)、3本(ランプ)
- 径間長 : 30.000m
- 橋脚形式 : RC円形柱張出式橋脚
- 地盤種別 : II種地盤
- 調査橋脚 : 入P-2, 入P-3, P-714, P-716, P-718
(補強済み橋脚)
P-715, P-717 (未補強橋脚)

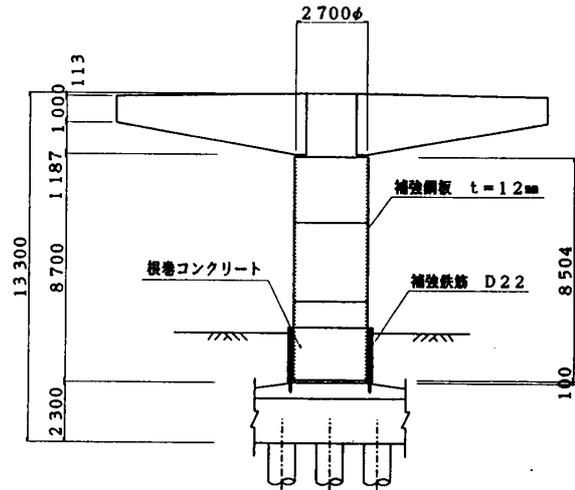


図-2 橋脚構造図 (P-714)

- 竣工年月 : 昭和42年10月
- 補強年月 : 平成6年12月
- 震災年月 : 平成7年1月

調査年月 : 平成7年3月

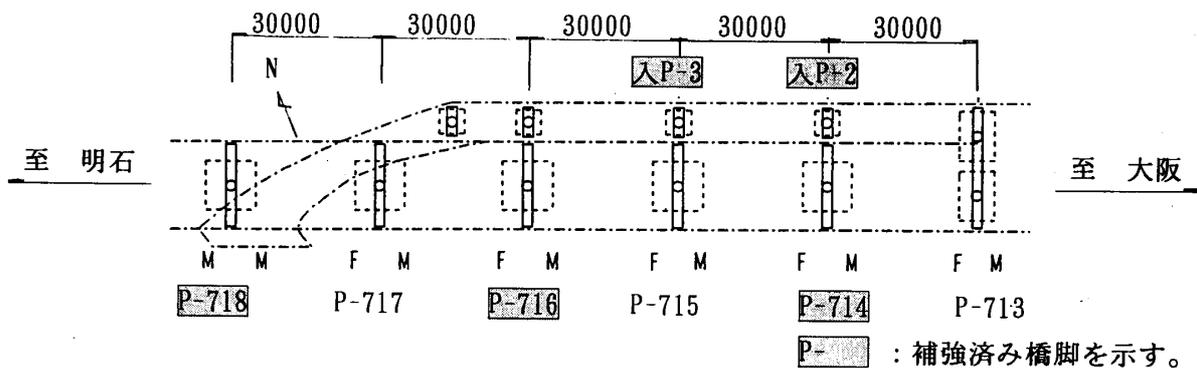


図-3 橋脚配置図

2. 2. 3 橋脚概要

橋脚概要を表1に示す。

表-1 橋脚概要

調査箇所	橋脚高 (mm)	柱高 h (mm)	柱径 D φ (mm)	h/D	上部工 反力 (t)	補強 の有無	鋼板厚 (mm)	補強高 (mm)	柱基部 補強の有無
P-2 入路	10330	9030	1900	4.75	345	有	6	6904	無
P-3 入路	8870	7570	1900	3.98	345	有	6	4802	有
P-714 本線	11000	8700	2700	3.22	808	有	12	8504	有
P-715 本線	11000	8700	2700	3.22	808	無			
P-716 本線	12540	10240	2700	3.79	808	有	12	10006	有
P-717 本線	12540	10240	2700	3.79	808	無			
P-718 本線	12540	10240	2700	3.79	671	有	6	8104	無

補強の有無 : 兵庫県南部地震以前の橋脚補強の有無

柱基部補強の有無 : 地震以前の橋脚柱基礎部軸方向鉄筋による定着補強の有無

3. 調査方法

3. 1 目視調査

目視にて補強済み橋脚を対象に鋼板の変形、溶接部、固定アンカー部の異常、その他一部露出コンクリート部の損傷状況の調査を行う。またあわせて近傍の未補強橋脚の調査を行う。

3. 2 補強鋼板の浮き状況調査

橋脚に近接して、テストハンマーにより鋼板の表面の叩き点検を行い、浮き状況を調査する。

3. 3 コア採取調査

鋼板の浮き率の最も高い橋脚にて、叩き点検結果より浮きの確認された箇所を主体にコア削孔する。コア削孔の方法は、図4に示すように補強鋼板部のみをコア削孔($\phi 60$)し、つづいて樹脂と橋脚コンクリート部を同時に削孔($\phi 30$)する。この時、橋脚本体への削孔長は被りコンクリート厚程度とする。採取コアより次項目を調査する。

(1)叩き点検結果より判明した鋼板の浮き部分が、鋼板と樹脂、樹脂とコンクリート、あるいはコンクリート内部のどこで発生しているかを調査する。

(2)採取コア、内視鏡による橋脚コンクリート内部および、注入樹脂の損傷状況を観察する。

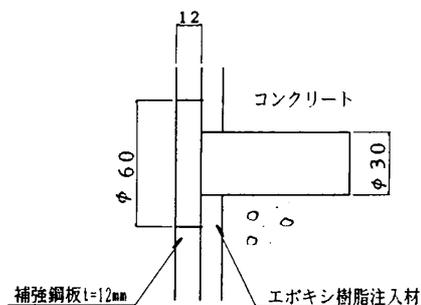


図-4 コア採取調査概要図

4. 調査結果

4. 1 目視調査

4. 1. 1 補強橋脚(入P-2, 入P-3, P-714, P-716, P-718,)
鋼板の変形、溶接部の変状、固定アンカー部等の損傷は無かった。その状況を写真1に示す。

4. 1. 2 未補強橋脚(P-715, P-717)

補強橋脚P-714と同種構造である未補強橋脚P-715の柱部主鉄筋段落し位置の東面および南西面の2箇所、かぶりコンクリートのはく落および、鉄筋の座屈変形が見られた。その状況を写真2, 3に示した。P-717橋脚の柱部コンクリートには、ひび割れ等の損傷は見られなかった。

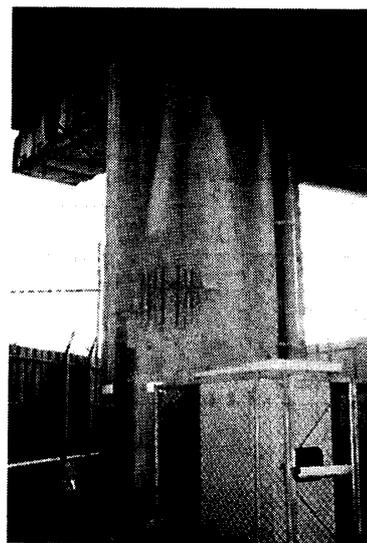


写真-2 (P-715、東面)

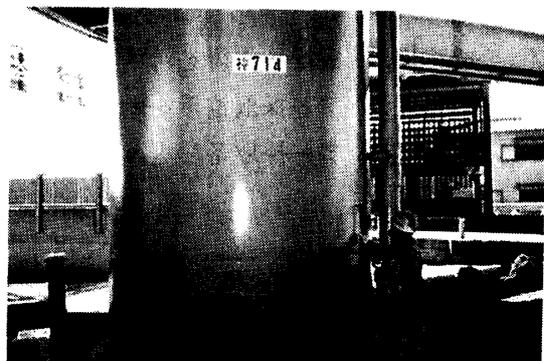


写真-1 (P-714)

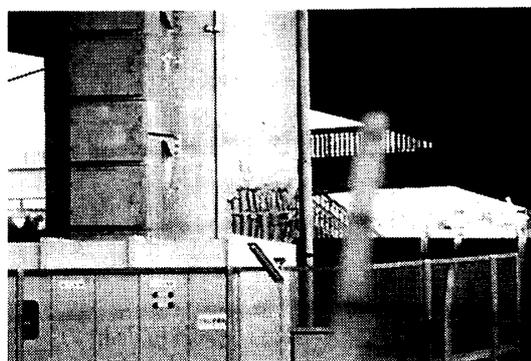


写真-3 (P-715、南西面)

4. 2 補強鋼板の浮き状況調査

鋼板の浮き状況の調査結果を表2に示す。

表-2 補強鋼板の浮き状況調査結果

調査箇所	調査面積 (m^2)	浮き面積		1箇所あたり の最大浮き寸 法 (mm)	浮き発生位置	
		(m^2)	(%)		方位面	その他
P-2 入路	31.161	0.265	0.9	300 × 300	東, 北西, 南西面	小面積
P-3 入路	16.179	0.045	0.3	150 × 150	南, 西面	小面積
P-714 本線	55.261	6.085	11.0	550 × 5250	南, 南東, 西面	縦方向
P-716 本線	62.078	4.410	7.1	500 × 2600	ほぼ全周	上端部、縦方向
P-718 本線	40.816	0.180	0.4	100 × 1100	北東, 南西面	上端部

4. 2. 1 入P-2, 入P-3

鋼板の浮きは少なく、その浮き発生率は両橋脚ともに全鋼板面積の1%以下であった。鋼板の溶接継ぎ手付近および上端部に鋼板の浮きが発生していた。

4. 2. 2 P-714

当橋脚は、調査箇所の中で鋼板の浮き発生率が最も高く、全鋼板面積の11%であった。浮きは縦方向に目立って発生していた。図5に鋼板の浮き状況を示す。

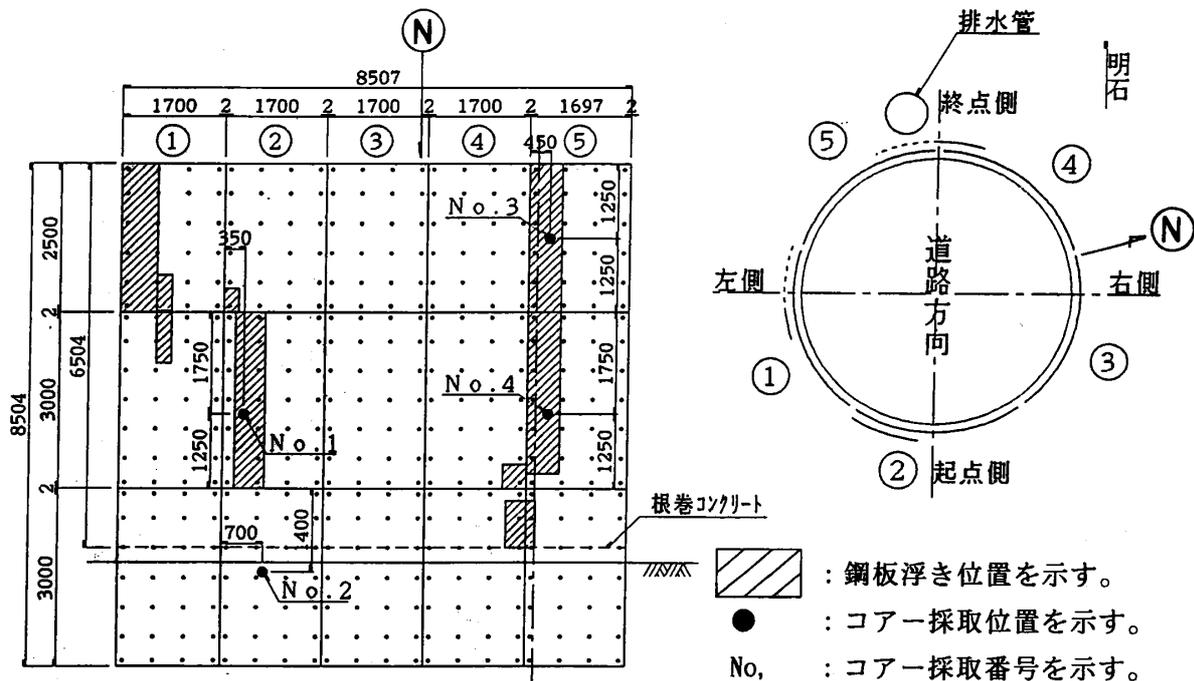


図-5 鋼板の浮き状況図 (P-714)

4. 2. 3 P-716

鋼板の浮き発生率は、全鋼板面積の7.1%であった。浮きは鋼板の上端部にほぼ全周に渡って発生しており、一部西面（終点側）においても縦方向に発生していた。図6に鋼板の浮き状況調査結果を示す。

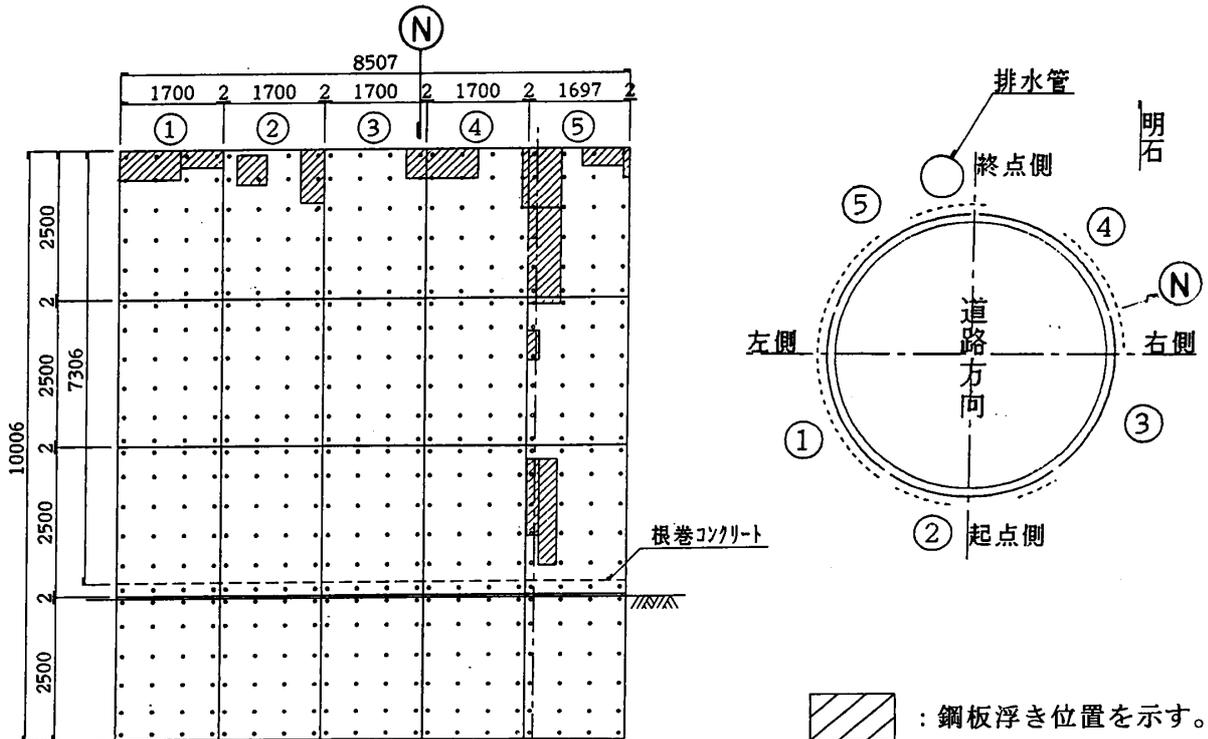


図-6 鋼板の浮き状況図 (P-716)

4. 2. 4 P-718

鋼板の浮きは少なく、その浮き発生率は全鋼板面積の0.4%であった。浮きは鋼板の上端部に一部発生していた。

4. 2. 5 その他

浮き以外の損傷、例えば鋼板の変形等の異常は見られなかった。

4. 3 コア採取調査

鋼板の浮きが最も多かった P-714橋脚（鋼板面積の 11%）の柱部の 4 箇所にてコア採取を行った。採取位置を、図 5 に示した。コア採取は叩き点検によって浮き確認された箇所、柱基部が根巻きコンクリートで覆われていた箇所 (NO, 2) で 1 箇所、合計 4 箇所でおこなった。採取コアを写真 4 に示す。

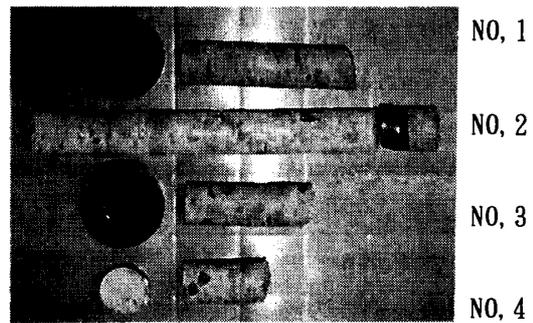


写真-4 採取コア

- (1) 鋼板の浮きはエポキシ樹脂とコンクリートとの境界面で、樹脂がコンクリート表面をつかみはく離していた。
- (2) 採取コアおよび内視鏡で内部を調査した結果、採取コアコンクリート位置には、損傷は見られなかった。
- (3) 注入樹脂とコンクリートとははく離厚は 2 箇所計測を行い、その値は 0.15~0.35mm であった。NO, 4 コアは、樹脂厚が薄く境界面が不明確であったため、計測できなかった。
- (4) 注入樹脂材の変状はなく、樹脂材の厚さは設計注入厚さ 4mm に対して 4 本のコア採取結果より、平均厚さは 5.6mm (1.5mm~10.0mm) であった。
- (5) 根巻きコンクリート部は、主として垂直方向に数本のひび割れが発生していた。そのひび割

れ位置においてNO.2コアーを採取した。根巻きコンクリート部には、ひび割れが見られ根巻きコンクリートと鋼板とは分離していた。鋼板と注入樹脂および樹脂と橋脚コンクリート間は完全に接着していた。

表-3 コアー採取調査結果

採取コアー位置	注入樹脂厚 (mm)	樹脂とコンクリートのはく離厚(mm)	備 考
No. 1	5.5	0.15	
No. 2	5.5	剥離なし	柱基部根巻きコンクリート部分
No. 3	10.0	0.35	
No. 4	1.5		はく離厚さ測定できず

5. まとめ

兵庫県南部地震以前に、RC橋脚の耐震補強としてエポキシ樹脂接着による鋼板巻き立てを行った橋脚5基および、隣接する未補強橋脚2基について調査した結果、以下のことが判った。

- (1) 鋼板補強橋脚の目視による調査では、外観上の損傷は見られなかった。
- (2) 叩き点検の結果、補強鋼板部に浮きが生じていた。その浮き発生率は、P-714橋脚が最も高く全鋼板面積の11%であった。調査橋脚全体では、全鋼板面積の5.3%であった。
- (3) 補強施工時の平成6年10月に、注入完了検査を行って完全充填を確認しており、その後の浮きは兵庫県南部地震により発生したものと考えられる。
- (4) 浮き箇所の傾向は、P-714橋脚は縦方向、P-716橋脚は鋼板上端部に集中していた。
- (5) コアー採取調査の結果、鋼板の浮き位置はエポキシ樹脂とコンクリートとの境界面であり、樹脂がコンクリート表面をつかみはく離していた。また、橋脚コンクリート本体にはひび割れ等の新たな損傷は見られなかった。
- (6) 鋼板の浮き発生率の高かった補強済み橋脚P-714と同種構造の未補強橋脚P-715は、柱部主鉄筋の段落し位置において被りコンクリートがはく離し鉄筋の座屈変形が見られた。これに対して補強済み橋脚の損傷は浮きのみであった。

以上のことから、エポキシ樹脂接着による鋼板巻き立て補強工法がRC橋脚主鉄筋段落し部の耐震補強として効果があったものと思われる。

6. あとがき

今回の地震後の調査で、実際の被災地域におけるRC橋脚鋼板巻き立て接着補強工法の有効性の一部が実証された。しかし、今回の調査結果だけでは検証が不十分であり、今後とも数多くのデータを集積して工法の有効性を確認をしていく必要がある。この報告が、今後の橋脚耐震補強における鋼板接着巻き立て工法の適切な補強方法検討の一資料となれば幸である。

参考文献

- [1] 川島一彦, 運上茂樹, 飯田寛之: 主鉄筋段落しを有するRC橋脚の耐震補強法、第19回日本道路会議論文集pp. 984~985、1992. 10
- [2] 阪神高速道路公団: 兵庫県道高速神戸西宮線耐震対策設計業務報告書pp. 1、1994. 12
- [3] 土木学会: 土木学会阪神大震災震災調査第二次報告会資料、土木学会pp. 109~124、1995. 3