

報告 震災を受けた補強済橋脚の鋼板撤去調査

岡本典之*¹・斉藤博行*²・知崎桂三*³・富松泰秀*⁴

要旨：兵庫県南部地震以前に、阪神高速道路公団では、昭和61年の耐震点検により主鉄筋段落し部の補強が必要と判定されたRC橋脚に対して、エポキシ樹脂接着による鋼板巻立て補強が行われていた。震災後、外観調査、および鋼板を剥がしての内部調査を行った。その結果、1)主に南北方向の地震動の影響を受け、鋼板の浮きが発生した。2)鋼板接着箇所の橋脚柱部には、新しいひび割れが発生していなかった。3)未補強の橋脚柱部には、水平方向に、ほぼ帯鉄筋の間隔でひび割れが発生していた。以上等から鋼板接着による主鉄筋段落し部の耐震補強工法は、期待した補強効果が発揮できたことを確認した。

キーワード：橋脚補強、鋼板接着、補強効果、地震、エポキシ樹脂

1. はじめに

阪神高速道路では、昭和61年の耐震点検により補強が必要と判定されたRC橋脚主鉄筋段落し部の耐力向上を目的に、エポキシ樹脂接着による鋼板巻立て補強を、平成2年度から平成7年の兵庫県南部地震(以下、地震という)発生までの間に順次施工されていた。橋脚鋼板巻立て補強について、各種の実験報告が行われているが地震を受けた実際の橋脚で補強効果を確認した例は少ない。被災8ヶ月後に、補強を行った橋脚のうち、大阪府道高速大阪西宮線でのものについて、地震の影響を把握するための外観調査

(一次)を行った。また、約3年経過後、新基準による耐震補強工事を行うに際し、既設の鋼板を剥がして、コンクリート、エポキシ樹脂、鋼板、および溶接部等の状態を調査(二次)した。

以下、それらの結果について報告する。

2. 概要

2.1 橋梁位置

調査橋脚は、大阪市西淀川区に位置する神崎川沿いの高架橋である。本橋脚は軟弱地盤上に位置しており、この近傍の無補強壁式橋脚では

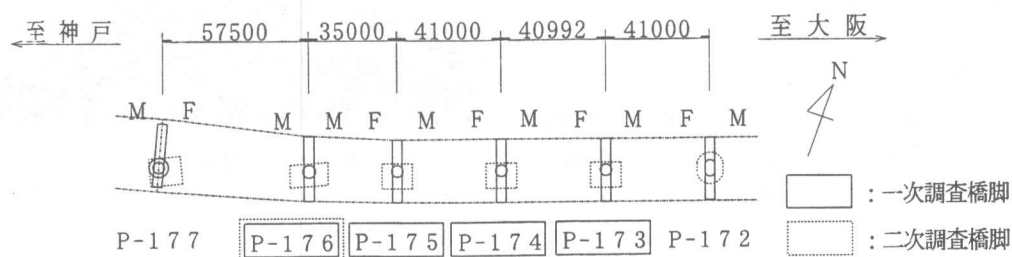


図-1 橋脚配置図

*1 ショーボンド建設㈱大阪支店技術部技術二課(正会員)

*2 (財)阪神高速道路管理技術センター技術第一課長

*3 ショーボンド建設㈱大阪支店技術営業部長

*4 ショーボンド建設㈱大阪支店技術部技術二課長(正会員)

主鉄筋段落とし部付近に、被りコンクリートの浮きを伴うせん断ひび割れが発生していた。この損傷は、既往の実験結果¹⁾と比べると、降伏変位(δy)の2～3倍程度の最大応答を経験したものと推測される。この地域の地震規模は、最も近い地震観測点JR新大阪で最大加速度 243 gal、大阪市福島区で最大加速度 211.5galと観測されている。²⁾

調査対象橋脚の配置を、図-1に示す。

2.2 橋梁の諸元

調査橋脚：P-173, P-174, P-175, P-176

路線名：大阪府道高速大阪西宮線

上部形式：P-172～176 単純合成鈹桁橋

：P-176～177 単純合成箱桁橋

橋脚形式：RC円形柱張出式橋脚

基礎型式：ケーソン基礎

地盤種別：4種地盤(旧種別³⁾)

竣工年月：昭和50年 9月(下部工)

補強年月：平成 4年 3月(主鉄筋段落し部)

震災年月：平成 7年 1月

一次調査：平成 7年 9月

二次調査：平成 9年11月

2.3 橋脚概要

橋脚概要を表-1に、橋脚構造図を図-2に示す。

3. 調査方法

一次調査を、平成 7年 9月(震災 8ヶ月後)に P-173～P-176の4橋脚を対象に行った。その内容は、点検車で接近し、叩き点検による鋼板の浮き状況、目視による鋼板の変形、溶接部、および固定アンカー部の異常等の調査である。二次調査は一次調査で鋼板の浮き面積が最も広がったP-176のみについて、平成 9年11月(震災 2年 10ヶ月後)に枠組足場を使用して行った。調査箇所は、柱部の鋼板および土中部を含むコンクリート面である。外観調査を行った後、接着鋼板を剥がして鋼板、コンクリート、エポキシ樹脂、および溶接部の状態を、詳細に調査した。調査状況を写真-1に示す。

表-1 橋脚概要

調査 橋脚 番号	橋脚 高 (mm)	柱 高 h (mm)	柱径 ϕ (mm)	上部 反力 (t)	鋼板 厚 (mm)	補強 高 (mm)
P-173	17749	13221	4500	1286	6	6000
P-174	18163	13656	4500	1286	6	7002
P-175	18556	14025	4500	1190	6	8002
P-176	18592	13048	5000	1597	9	8702

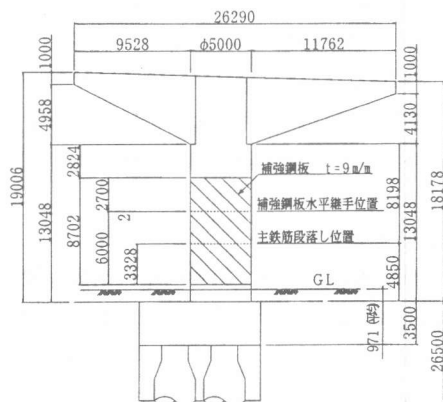


図-2 橋脚構造図 (P-176)

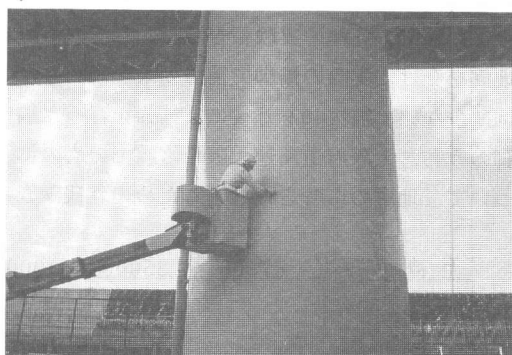


写真-1 調査状況(一次)

4. 調査結果

4.1 一次調査結果

4橋脚 P-173～P-176の外観目視、および叩き調査から、次のことがわかった。

- 1) 叩き調査において、異音が発生した浮き箇所が全ての橋脚に見られた。この浮きは、鋼板と樹脂、あるいは樹脂とコンクリート間での層間分離と考えられる。全ての補強鋼板に

対する浮き面積の比率が最も大きい橋脚は、P-176橋脚であり、それは 12.4%であった。他の橋脚の浮き面積比率は2.7～4.5%であった。P-176 橋脚の損傷状況を図-3に示す。

- 2) 全ての橋脚において、鋼板固定アンカー部のさらボルトの周辺で塗装の剥離が、段落とし部から下側に多く発生していた。また、鋼板上端部付近、および鋼板水平継ぎ目付近にも数カ所見られた。この塗装剥離は、地震によりさらボルトが動いた結果と考えられ、この箇所付近に鋼板の浮きが発生していた。

P-176にてさらボルトの動きが確認された位置を図-3に示している。

- 3) 鋼板上下端部のシール材は、全ての橋脚において浮き、および欠落が見られた。
- 4) 鋼板表面の錆の発生は、鋼板上下端ほぼ全周、固定アンカー部のさらボルトが動いたと思われる箇所近傍、および鋼板の水平溶接継目部付近に多く見られた。
- 5) 補強鋼板の上下の境界部のコンクリート面に、0.1～0.5mm幅程度の水平方向のひび割れが発生していた。
- 6) 垂直方向のひび割れは、各橋脚下側に 0.2

mm幅程度のものが数本発生していた。

4.2 二次調査結果

4.2.1 外観調査

P-176 橋脚について、経年変化を確認する目的で、一次調査と同内容の鋼板表面目視、および叩き調査を行った。溶接部は、外観調査のほか浸透探傷試験を行った。

鋼板の損傷状況を図-4に示す。

- 1) 柱部鋼板の上方の非補強部コンクリート面で、ほぼ全周にわたり、0.1mm～0.5mm幅の角欠けを伴った、水平方向のひび割れが見られた(写真-2)。

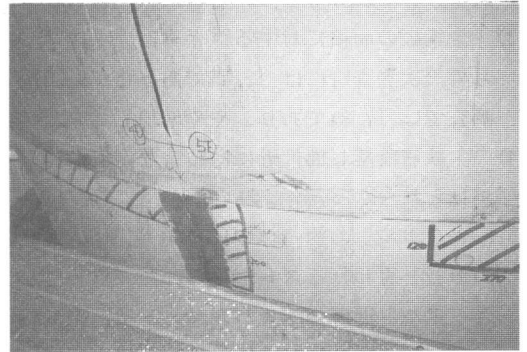


写真-2 ひび割れ損傷

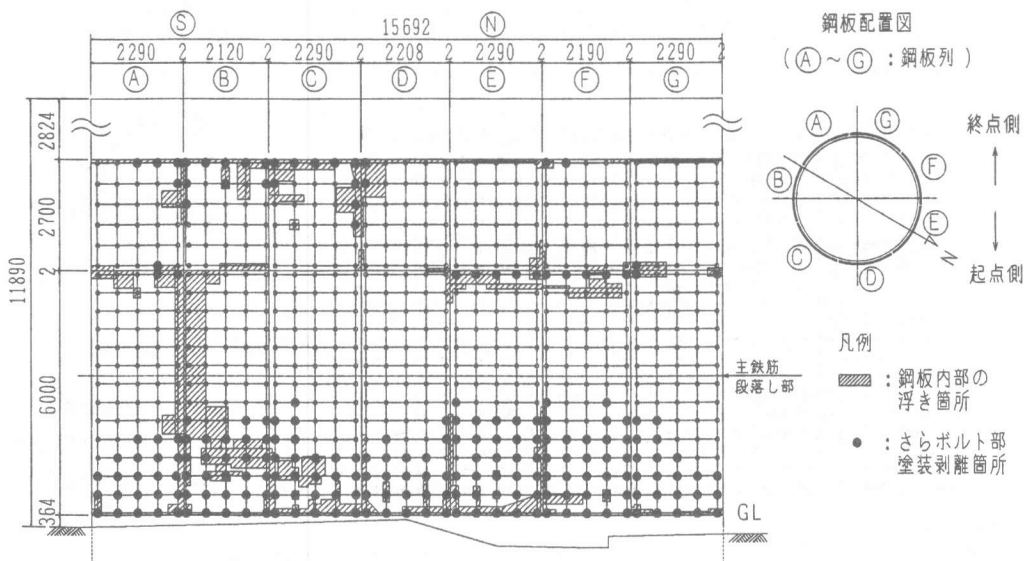


図-3 鋼板の損傷状況展開図 (P-176, 一次調査)

2) 鋼板の浮きは、全鋼板面積の 17.8%であった。高さ方向に三分割して調査した結果、浮き比率は下段 27.7%, 中段 10.8%, 上段 14.6%であり、下段の浮き比率が高い傾向がみられた。

方位別に分割して、鋼板の浮き傾向を見た場合、南南東面(B鋼板: 36.8%), および北面(E鋼板: 26.1%)の浮き比率が高かった。

文献4)では、地震時の大阪湾周辺の観測点で記録された加速度波形から、地震動が北西および南東方向に大きかったことが示されており、この地震動の方向と鋼板の浮き方向がおおむね一致している。

3) 全鋼板の面積に対する浮き率は、平成7年9月の一次調査時には 12.4%であったが、二次調査では 17.8%であり、やや増加していた。

4) 主鉄筋段落し部付近には顕著な鋼板の浮きが見られなかった。

5) さらにボルトの約 31%(216/700 箇所)に地震の影響と思われるズレが見られた。そして、さらにボルト近傍の塗装が剥離し、錆が発生していた。それらの発生位置は脚基部に近い側に多く見られ、上端部、および鋼板水平溶接

継手部付近の一部にも見られた。これは、地震動により鋼板面に引張り力が作用し、鋼板とコンクリート面にせん断作用が働き、さらにボルトがズレて周辺塗装の剥離が生じたものと考えられる。

6) 鋼板固定用のさらボルトに動いた形跡が見られた箇所近傍の鋼板面には、浮きがみられた。

7) 鋼板の上下端部および水平溶接部付近(東面部を除く)のほぼ全周にわたり、塗装が剥離し、その箇所に錆跡が見られた。

8) 溶接部の浸透探傷試験の結果、表面割れが全水平溶接延長の 54%(8.4m / 15.7m)に見られた。その発生方向は北面および南面が顕著であった。

9) 鋼板の上下端部のシール材は、ほぼ全周に浮き、および欠落が見られた。

4.2.2 鋼板剥がし調査

鋼板を剥がした後に、橋脚柱部、フーチング表面、樹脂注入材、鋼板の内面、および固定アンカーの状態調査をした。柱部のひび割れ状態を図-5に示す。

1) 水平方向のひび割れが鋼板上端から梁部ま

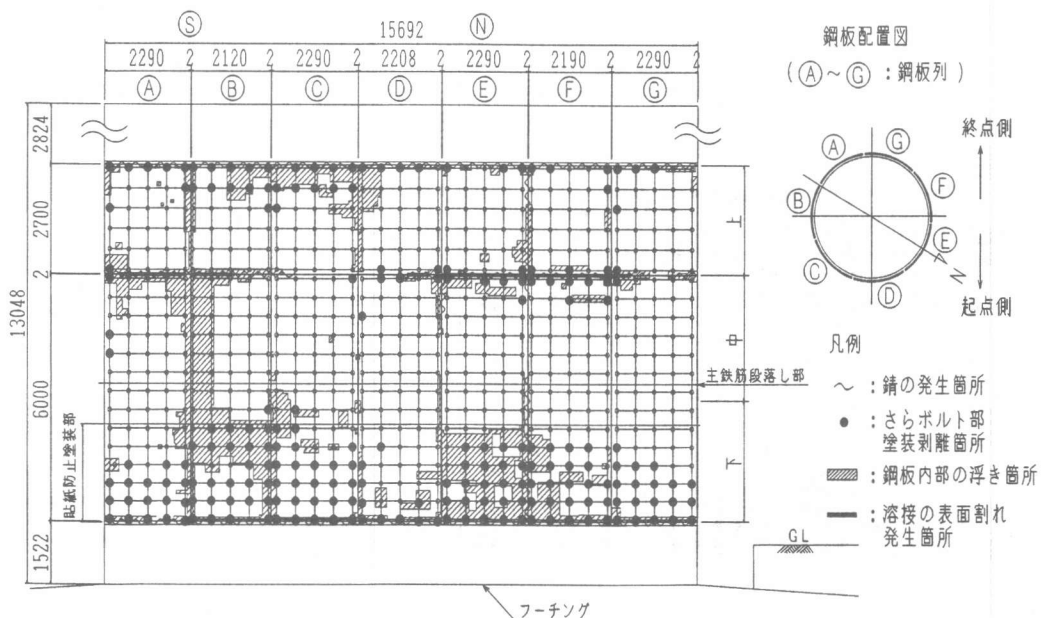


図-4 鋼板の損傷状況展開図 (P-176, 二次調査)

での間にほぼ帯鉄筋の間隔(300mm)で発生していた。しかし、鋼板下端からフーチング間の土中の柱基部コンクリート表面には、ひび割れの発生は少なかった。またフーチングの上面には、ひび割れ、および剥離等の損傷は見られなかった。

- 2) 鋼板剥がし後の状態は、樹脂とコンクリート表層のほとんどが鋼板側に付着していた。このことから、鋼板浮き箇所のは大半はコンクリートの内部剥離であったと考えられる。なお、柱地上部で貼り紙防止塗装が施工されていた箇所は、注入樹脂と塗装間の界面で剥離を起こしていた。

- 3) 補強鋼板内部のコンクリート面には補強後の新しいひび割れの発生は見られなかった。ここで、柱主鉄筋段落し部付近および溶接割れが発生していた補強鋼板水平継目部直下付近を入念に調査したが、水平方向のひび割れ発生は見られなかった。また、既設補強鋼板で覆われていた箇所では、コンクリート表面の補強前のひび割れに注入用樹脂が充填されていた(写真-3)。

- 4) 固定アンカーの周囲に、注入用樹脂が十分に充填され、固定アンカーの動いた形跡はなかった。固定アンカー本体の引抜き試験を上・中・下段各6本、合計18本(さらボルトが動いていた箇所を含む)、施工後約6年経過後に行った。その結果、すべて引抜き耐力の規格値を満足していた(写真-4)。

- 5) 注入用樹脂は、空洞やエアー溜まりも無く鋼板内面に完全に充填されていた。設計樹脂厚さ4mmに対して、注入材の平均厚さは、3.9mm(測定点530点)であった。また、厚さ分布は、上段の注入厚さがやや厚い傾向であったが、それは、鋼板架設時の精度によるものと考えられる。

- 6) 鋼板内面の錆の発生は、上部より雨水が流下していた北西面(EF鋼板)上端部(写真-5)、および水平溶接継ぎ目部近傍に多く見られた。

- 7) 柱部に接着していたエポキシ樹脂を切り出し、材令約6年経過後の物性試験(曲げ強さ: JIS K 7203, 引張り強さ: JIS K 7113, 硬さ: JIS K 7215)を行った。その結果、各強度は規格値、および施工前の製品抜き取り試験値(材令7日)を越え、十分な強度を保持していた。

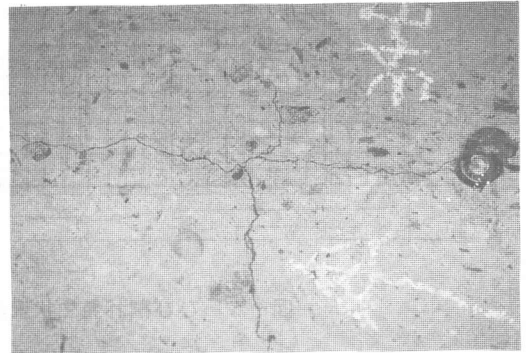


写真-3 ひび割れ部樹脂注入状況

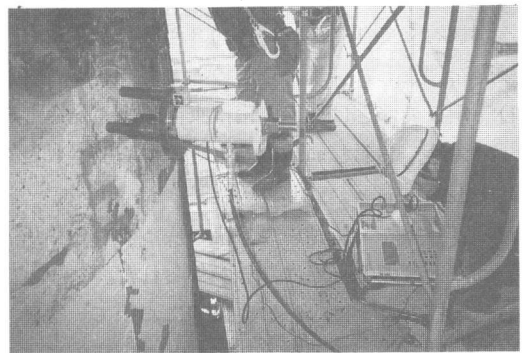


写真-4 アンカー引抜き試験

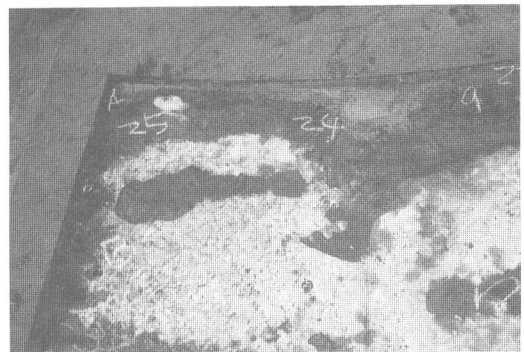


写真-5 鋼板内面錆発生状況

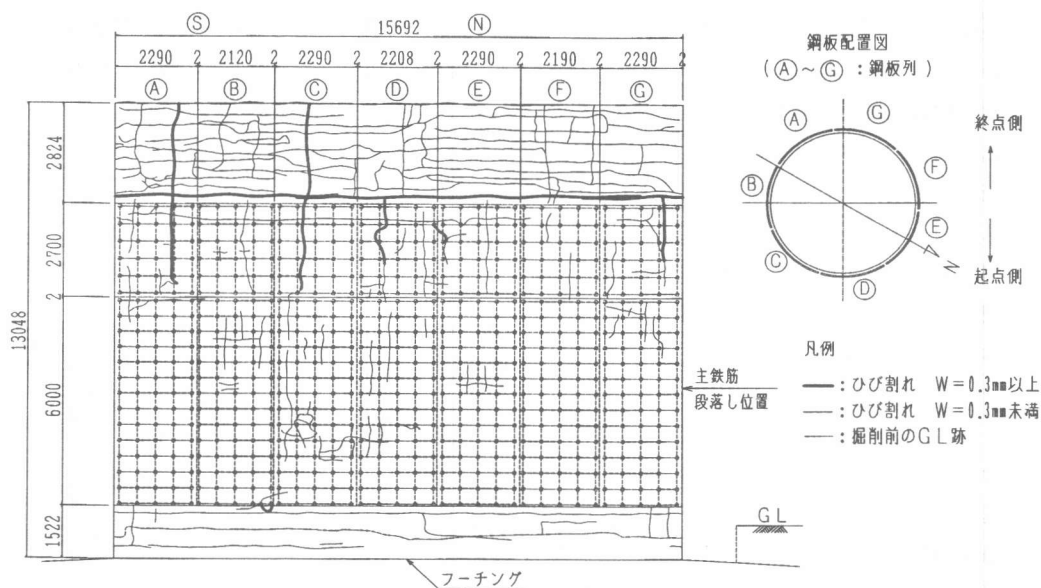


図-5 ひび割れ発生状況展開図 (P-176, 二次調査)

5. まとめ

R C橋脚の段落し部にエポキシ樹脂接着による鋼板巻立て補強を行い、約3年後に被災した橋脚を調査した結果、以下のことが判明した。

- 1) 鋼板の浮きは北面・南南東面に多く発生しており、おおむね地震時に近傍で観測された主振幅方向と一致していた。
- 2) さらにボルトに動いた形跡が残っている箇所は、近傍の鋼板面に浮きが見られた。
- 3) 鋼板の浮きは、P-176 橋脚において一次調査 12.4%、二次調査 17.8%であり、経年による増加傾向が見られた。
- 4) 鋼板上部の境界部に角欠けを伴った水平方向ひび割れが見られた。しかし、土中部の柱基部およびフーチング上面には、ひび割れ等の損傷はほとんど見られなかった。
- 5) 補強鋼板で覆われていた箇所には、新しいひび割れの発生が見られなかった。
- 6) 補強前のひび割れ、および固定アンカー部周辺には、注入材が十分に充填されていた。

以上の結果から、鋼板接着による補強工法がR C橋脚主鉄筋段落と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

鋼板接着工法により主鉄筋段落とし部を補強したR C橋脚が、実際に地震を受け、その影響調査から本工法の補強効果が確認できた。しかし、経年による浮きの進行も認められており、この浮き箇所は鋼板内面に錆が発生する可能性が大きいものと思われる。今後、浮きが発生した鋼板の防錆対策が必要であると考えられる。

この報告が、今後のR C橋脚耐震補強に於る鋼板巻立て工法の一資料となれば幸いである。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説V 耐震設計編，pp. 187～195，1990.2
- 2) JCI近畿支部：土木コンクリート構造物の耐震対策に関する研究委員会中間報告，pp. 9，1995.12
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説V 耐震設計編，pp. 14，1980.2
- 4) JCI近畿支部：土木コンクリート構造物の耐震対策に関する研究委員会中間報告，pp. 5～11，1995.12