

I-28 地震で被災した鋼製橋脚の復旧工事

榑崎製作所	正員	松縄 秀範
榑崎製作所	正員	林 芳文
榑崎製作所		片岡 博
榑崎製作所		西村 公利

1. はじめに

平成 7 年 1 月の兵庫県南部地震で被災した阪神高速道路 3 号神戸線は、全 29 工区に分けて復旧工事が行われ、工事関係者の努力により当初の予定より早い平成 8 年 9 月 30 日に全面復旧した。筆者らは、第 8 工区（その 2）工事を担当する石播・榑崎共同企業体の一員として平成 7 年 5 月からこの復旧工事に従事した。当工区の復旧工事には、鋼製橋脚、鋼製梁、鋼床版、桁連結、桁端補強、桁修復、支承取替えおよび耐震補強など多種多様の工種があった。

3 号神戸線の復旧工事は市街地での安全の確保や短い工期での施工など厳しい制約条件下で行われたことから、今後の道路橋の補修・補強工事に参考となるところが多いと思われる。この復旧工事の概要については既にいくつかの報告^{1)・2)}がなされてるが、鋼製橋脚に関するものは少ないようである。そこで、当工区の工事の中から鋼製橋脚の復旧工事の概要を報告する。

2. 鋼製橋脚の概要と損傷調査

当工区が復旧工事を担当した 4 つの鋼製橋脚（P169～P172）は、神戸市東灘区の深江出入路部に位置する。その概要図を図-1 に示す。（図の斜線部は上部工でダメージを受けた部位を示す）これらの鋼製橋脚は、いずれも鋼製 T 形単柱の梁先端を RC 柱で支持した特殊なラーメン橋脚である。

主な損傷は柱、梁部の局部座屈、梁天端の陥没および RC 柱上のローラー支承の破壊であった。梁部の損傷は、上部工の支承の損壊にともなう桁の落下により生じている。柱部の局部座屈は、中詰めコンクリート直上に生じており、その近傍にあるマンホール部と板継ぎ位置が構造上の弱点になっているものと推定された。図-2 に各橋脚のマンホール部の断面寸法と被災状況を示す。

柱基部はアンカーボルトの健全度調査の結果、問題ないことが確認されたので、各橋脚とも再使用することとした。各橋脚の復旧工種は、P169、P171 橋脚は再構築、P170 橋脚は梁部の取替え、P172 橋脚は柱部の取替えと判断された。P171

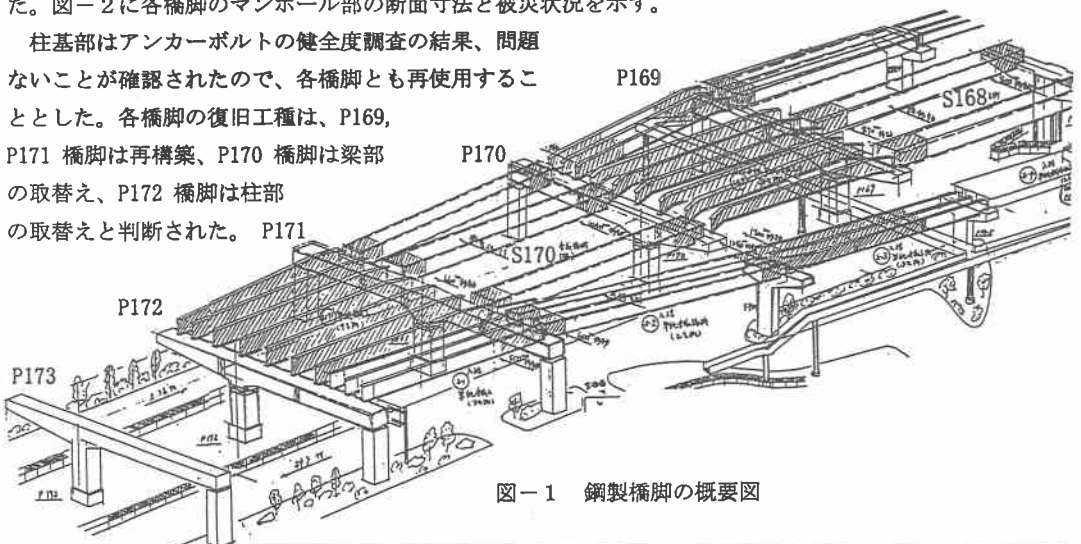


図-1 鋼製橋脚の概要図

Repair Work of Steel Bridge Piers Damaged by An Earthquake
By Hidenori MATUNAWA, Yoshihumi HAYASHI, Hiroshi KATAOKA and Kimitoshi NISHIMURA

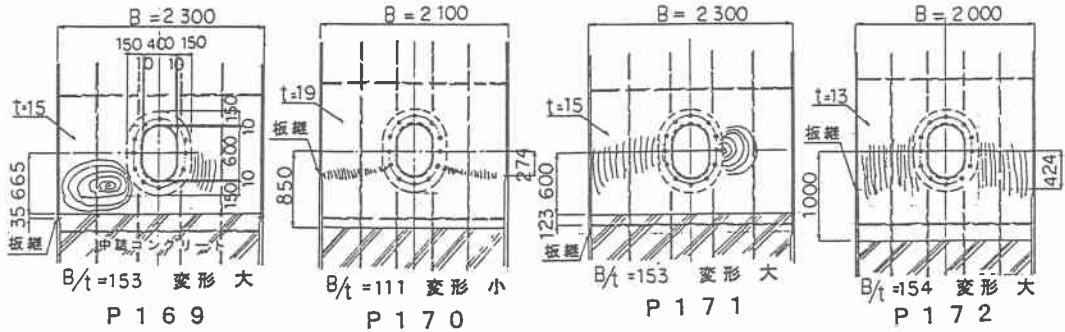


図-2 マンホールの被災状況

3. 設計概要

鋼製橋脚の設計は、従来の震度法による設計に加えて、復旧仕様³⁾に基づき橋脚に中詰めコンクリートを充填して地震時保有水平耐力を照査している。構造細部の設計には、損傷部の調査結果や原因の考察などを反映させている。ここでは、その設計概要について述べる。

3.1 梁部の変位制限装置

各橋脚とも RC 柱上の支承が破壊され、この部位の鉛直支持機能が損なわれたことが柱部の損傷原因の一つと考えられた。また、このラーメン橋脚の構造形式は、剛結ラーメン橋脚に比較して不静定次数が低く、構造的に余力が少ないという課題を有している。種々の検討の結果、RC 柱上の支承は耐震性の優れたゴム支承とするとともに、写真-1 に示す梁部変位制限装置を考案して取り付けた。

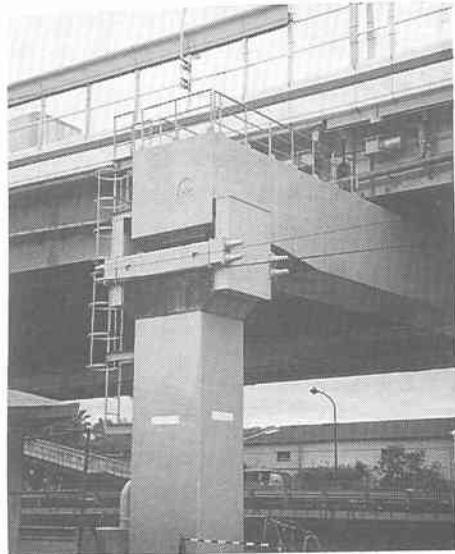


写真-1 梁部変位制限装置

3.2 柱の角溶接部

柱部ではコンクリートが充填されて断面が強化された分、角溶接部に負担がかかると考えられたので、この溶接部は完全溶け込み溶接とした。柱部を存置とする P170 橋脚では、柱コーナー部をカバープレートで補強した。写真-2 にその補強状況を示す。

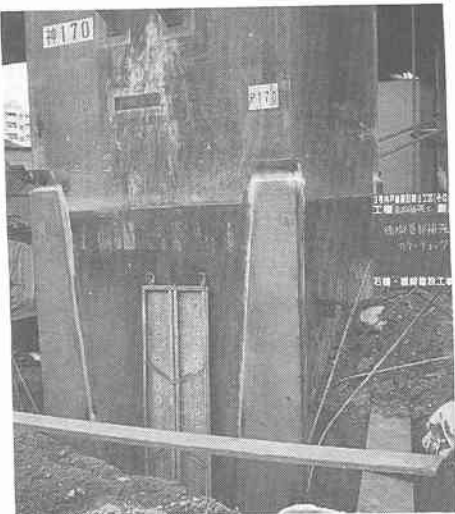


写真-2 P170 橋脚 柱コーナー部補強

3.3 中詰めコンクリート直上部の構造細目

損傷調査から、中詰めコンクリート直上の補剛板は剛性の急変部となり、変形が集中しやすい⁴⁾と考えられたので、その付近での板継ぎを避け、必要に応じて縦リブや横リブを補強して局部座屈に注意を払った。マンホール部は中詰めコンクリートの上部に設ける必要から、縦リブの連続性に配慮して局部座屈を防止するとともに、図-2 の考察から母材の幅と板厚の比 (B/t) が小さい位置に設け、ダブリングの板厚は母材板厚の 1.5 倍以上確保した。

4. 施工概要

現地施工は路下の国道 43 号線の交通を確保し、安全管理に十分配慮しながら上部構造の桁受け、損傷部材の撤去および新設部材の架設を行った。ここでは、特色のある施工法について述べる。

4.1 大口径桁受けベント

上部工 S168, S170 は単純合成箱桁橋で、ともに総重量が 2000 ton ちかくあり、加えて前者は交通の要所の青木交差点に位置し、後者は深江出路との合流部で幅員が広く、国道 43 号線の真上に位置する。その桁受け構造は路下交通に十分配慮する必要があった。

検討の結果、写真-3 に示すような大口径の鋼管をふたつ連結したベントを採用した。基礎への荷重分配がよく、安定性もよい。このベントは小部材が不用なことから施工の省力化につながり、近接する歩道の歩行者への安全確保にも役だったものと考えられる。



写真-3 大口径桁受けベント

4.2 既設部材とのボルト接合

既設部材のボルト孔を利用して新設部材を接合する場合、ボルト孔位置を新設部材側に反映させる必要がある。P170 橋脚では、工程の都合から、既設部材の撤去と新設部材の工場発送の間隔が三日間しかなかった。

そこで、「スプレーによる移し孔」手法をこころみた。すなわち、既設部材撤去後、継手面に紙をあてスプレーにより孔位置を移し、孔ずれを最小とするボルトピッチとゲージを新たに設定し、FAXにて工場に送付した。

この処理により、架設作業はスムーズにいき、施工精度も確保することができた。写真-4 に架設直後の継手部の状況を、写真-5 に復旧後の状況を示す。

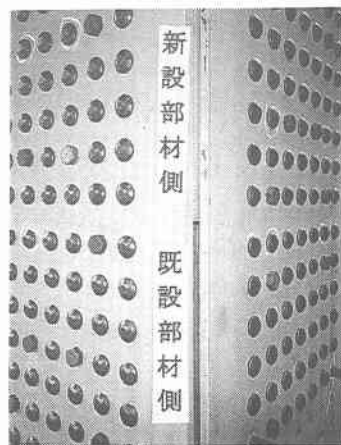


写真-4 P170 橋脚 柱継手部

4.3 柱部材のブロック取替え

橋脚の柱部材の取替えの場合、狭い工事敷地内に上部工の桁受けベント、橋脚の梁受けベントおよび柱部材の搬出・搬入スペースが必要となる。計画段階で柱部材を 2 分割してハンドリングを容易し、現場溶接で接合する案も検討され



写真-5 P170 橋脚復旧後の状況

たが、工程が長びくことから1部材のブロック取替えて施工することとした。

柱部材の搬出・搬入は、角ベント材で組んだフレームに柱部材を支持させ、ベント材下端にチルタンクを設置し、フレームごとスライドさせる工法を用いた。

写真-6にP172橋脚の柱部材取替えの施工状況を示す。この工法により、制約された条件下での柱部材のブロック取替えが比較的容易に行うことができた。

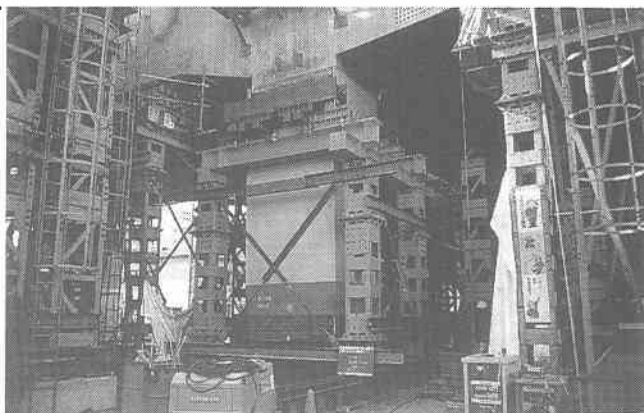


写真-6 P172 橋脚 柱ブロック取替え状況

5. あとがき

以上、地震で被災した鋼製橋脚の復旧工事の概要を述べた。本工事は、短い期間の中で試行錯誤しながら行ったもので、設計概要で述べた構造細目も損傷部の調査などからの工学的判断に頼った部分が多い。しかし、今回の地震を契機に、各機関で実施されている鋼製橋脚の耐震設計に関する研究⁵⁾によれば、本工事の復旧方針に大きな問題はなかったと判断している。

鋼製橋脚の耐震設計については、未解明の部分もまだ多いと思われる。今回の復旧工事の中で議論された検討課題を参考までに以下に示す。

①コンクリート充填断面と鋼単独断面の剛性急変部に関する構造細目、②柱の角溶接部の要求性能、③局部座屈の発生となう剛性および強度の劣化を評価できる非線形動的解析、④降伏後の剛性劣化勾配をゆるやかにする部材の幅厚比と縦リブ剛度、⑤震災後の緊急車両通行を可能とする終局変位量、⑥エネルギーの吸収を期待する塑性ヒンジの位置と中詰めコンクリート充填柱の補修方法。

最後に本工事に対して、終始適切な御指導を賜った阪神高速道路公団神戸線復旧建設部の方々と児玉現場代理人、在間設計部会長（以上、石川島播磨重工業㈱）以下、苦勞を共にした石播・檜崎共同企業体の方々に誌上を借りて厚くお礼申し上げる次第です。

【参考文献】

- 1) 林 秀侃・丸居 保・川北司郎：阪神高速3号神戸線の復旧工事、土木学会、阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集、pp.487-492、1996.1
- 2) 幸 和範：阪神高速道路3号神戸線復旧工事の概要、橋梁、Vol.32, No.10, pp.4-13、1996.10
- 3) (社)日本道路協会：「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」の準用に関する参考資料(案)、1995.6
- 4) 林 芳文：コンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚の設計に関する考察、土木学会北海道支部論文報告集、第52号(A)、pp.26-29、1996.3
- 5) 例えば、西川和廣・村越 潤・上仙 靖：道路橋鋼製橋脚の被災と耐震設計に関する検討状況、橋梁と基礎、Vol.30, No.8, pp.127-130、1996.8