

(2) RC 3柱式ラーメン橋脚における耐震補強の施工事例

鈴与建設（株）

伏見 公年

望月 紀克

1. はじめに

静岡県富士市の国道1号田子ノ浦高架橋は、富士市今井（富士東IC）～富士市前田間を結ぶ3.1kmの高架橋で、建設省中部地方建設局（国土交通省中部地方整備局）静岡国道工事事務所が昭和50年4月に暫定2車線で供用し、平成10年度から本格的に4車線化工事の整備を進めている。

今回の内容は、田子ノ浦高架橋の富士東IC部分RC3柱式ラーメン橋脚9基の耐震補強工事で、補強工法は鋼板巻立て工・梁補強工・鋼製ブラケット沓座拡幅工の3工種である。

当工区は、4車線道路の内片側2車線が供用中の橋脚で、また両側を幅員3mの側道と狭い周囲を民間企業の建物に挟まれ、多くの制約条件を有する中での作業となった。

本論文は、特に新工法・新技術等は採用していないが、従来から実施されている工法の中で施工上の問題点とその解決策について報告する。

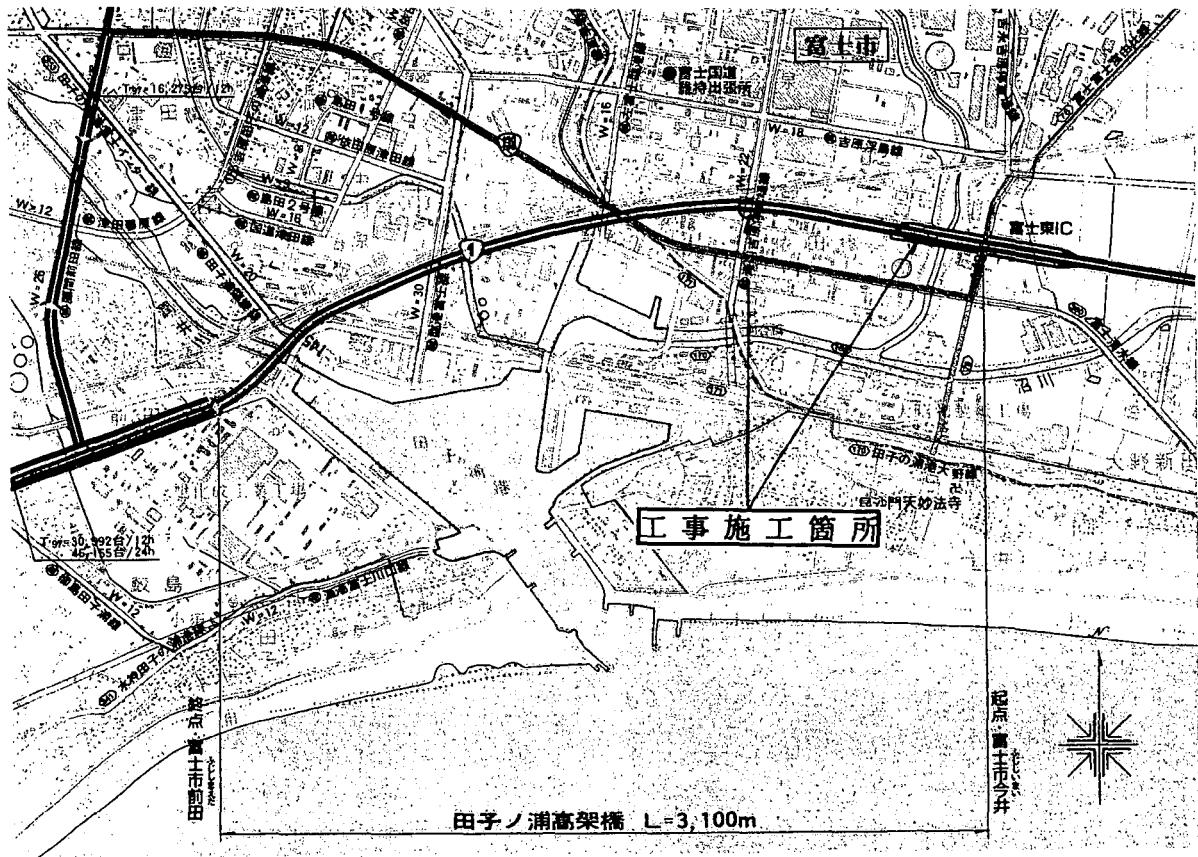


図-1 概略位置図

キーワード：RC巻立て、梁補強、鋼製ブラケット

連絡先：〒424-8703 清水市入船町11-1 TEL 0543-54-3411 FAX 0543-53-7999

E-mail : dbk-03@po.across.or.jp

2. 工事概要

上部構造は、RC 3径間連続中空床版橋の橋長 54mが 2 連、PC 2径間連続中空床版橋の橋長 41mが 1 連、延長 149mの区間で有効幅員は、12.8m～15.45mである。

下部構造は、RC 3柱式ラーメン橋脚の 9 基 (P61～P69) である。杭基礎は、場所打ち杭 $\phi 1200$, L=22.0mの支持杭で各フーチングの杭本数は、8 本～24 本で支持されている。

また、支承部はすべてゴム支承の固定タイプと可動タイプとなっている。

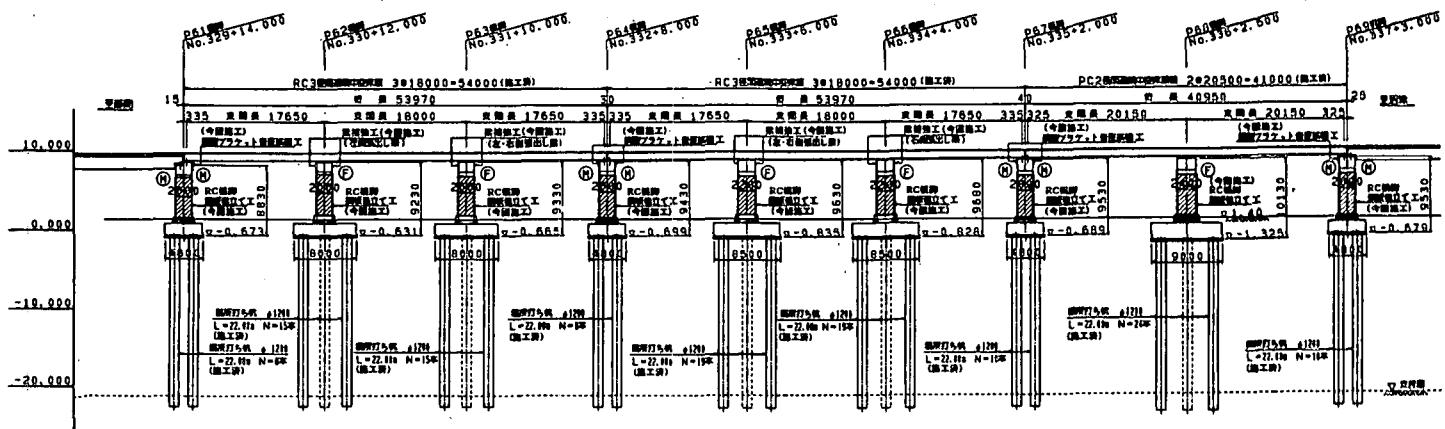


図-2.1 橋梁一般図 [P61～P69]：側面図

橋脚は、各橋脚とも鋼板の厚さ、鋼板の材質、定着アンカーの径、本数また下端拘束用H形鋼の形状等異なっているが、9基すべて鋼板巻立て工法にて補強を実施した。

梁の補強は、TL-20 及び B 活荷重に対する応力照査を行い、それらのうち補強が必要となった橋脚 (P62・P63・P65・P66) について実施した。補強方法は、梁前面鋼板接着工法が採用された。この工法は現在の暫定 2 車線片側通行の上り線側供用部においても施工することが可能で、上部工の形式に左右されず比較的施工性が良いことが特徴である。

鋼製プラケット沓座拡幅工は、落橋防止装置として沓座を拡幅する必要があり、また梁の照査結果で TL-20 あるいは B 活荷重に対して満足せず、同時に補強しておく必要がある部分について実施 (P61・P64・P67・P69) されている。よって、沓座の拡幅と梁の補強双方を兼用する機能で実施 (P61・P64) しているところは、1個の鋼製プラケットが長尺であることが特徴である。

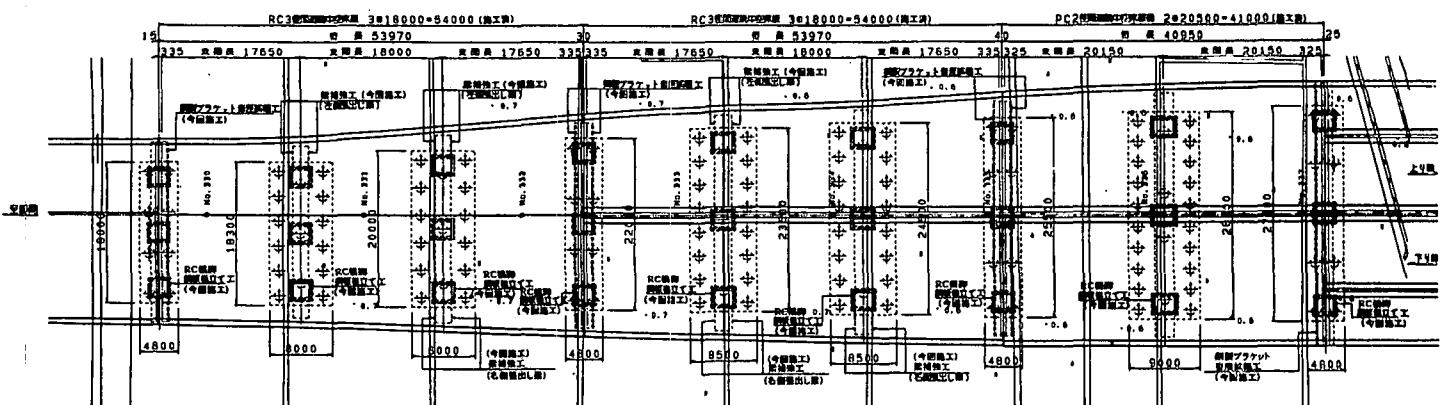


図-2.2 橋梁一般図 [P61～P69]：平面図

3. 鋼板巻立て工法

3-1 施工概要

巻立て用鋼板は、矩形断面の板厚 6, 8, 10mm の材質 SM400：溶接構造用圧延鋼材 (P61～P67・P69) と、板厚 11mm の材質 SM570 (P68) となっている。橋脚の柱全長にわたり巻立て（写真-1）、鋼板の現場溶接はシールドアーク半自動溶接（炭酸ガス）を用いることとし、現場溶接施工試験（写真-2）を各材質に応じて実施し溶接条件を確認した。

矩形橋脚下端部の拘束方法は、H 形鋼 材質 SM400 (H250 及び H300) による下端拘束で、補強鋼板とアンカー筋の応力伝達をブラケットで介して行っている。定着アンカーは異形鉄筋 材質 SD345 (D22～D51) を使用し、フーチング孔への注入材料はエポキシ樹脂である。定着長は、アンカー鉄筋径の 20 倍を確保している。下端拘束部は、防食を目的として根巻きコンクリート (18-8-25BB) を設置した。

補強鋼板と既設橋脚コンクリートの隙間の充填材は無収縮モルタル、注入厚は平均 30mm とし、注入孔は過去の実績から空気抜き孔兼用で補強鋼板単位面積当たり 1 本／m²を設置している。

補強鋼板固定用アンカーボルトは、M 16 六角穴付き皿ボルトを使用し充填材の注入圧により生じる鋼板の残留応力、変形及びアンカーボルトに作用する引き抜き力に対して、十分抵抗できるように配置している。

配置間隔は 500～670mm で設置した。

正面図

側面図

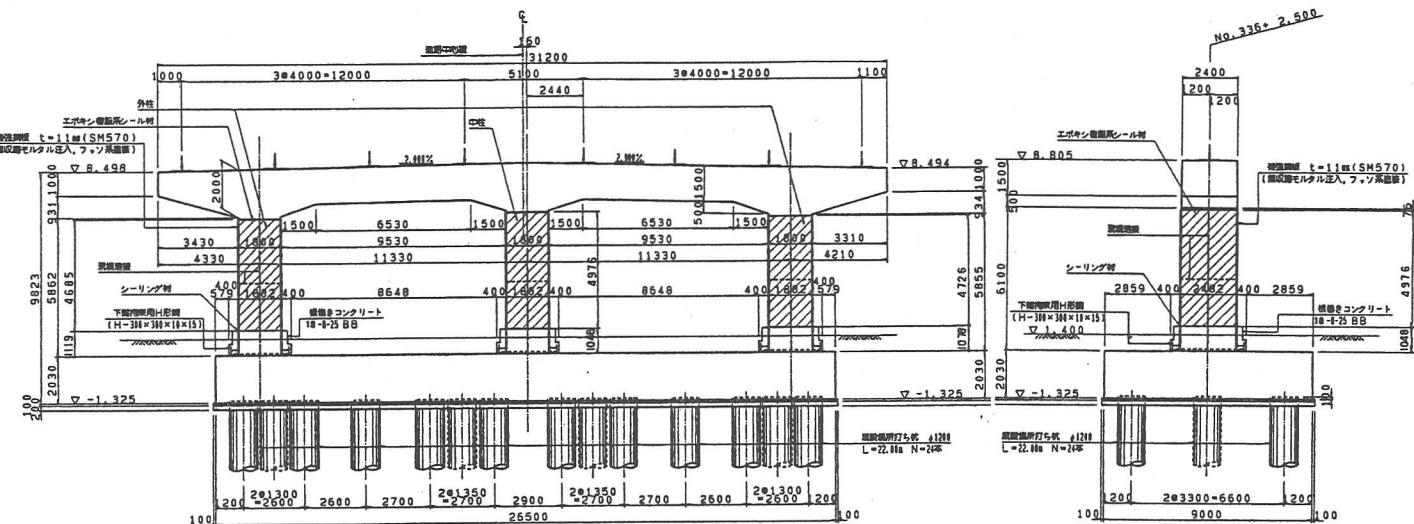


図-3 RC 橋脚の鋼板巻立て工の施工標準図

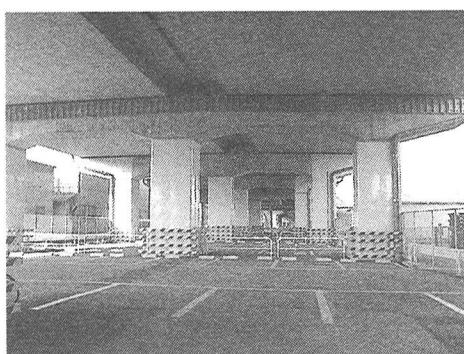


写真-1 全 景



写真-2 現場溶接施工試験

3-2 施工上の問題点とその解決策

本工種で問題となったのは、定着アンカーの位置を確定しないと下端拘束用形鋼製作に取り扱れないとから、速やかに鉄筋位置の調査を進めることが重要であった。しかし、今回の工事区域内は高架下の土地有効利用の目的で駐車場として整備され、来客・従業員用駐車場として近隣企業が借用していた。この関係で事前調査の時期になんて、近隣企業の駐車場移転先が決まらず立ち退きが遅れ、既設橋脚調査が進まず工程に大きく影響しようといっていた。

過去の施工実績として、下部鋼板に下端拘束用H形鋼を工場で取付け、現場施工の品質管理、現場管理の低減を図った工区があったが、鉄筋探査と定着アンカーの削孔位置がはっきりしない以上H形鋼ウエブに孔開けできず、同じ方法を取ることは工程上不可能と判断した。よって、補強鋼板取付け完了後、下端拘束用H形鋼を容易に取付けできるよう下記の内容で変更をした。

- ① 下端拘束用H形鋼をT形鋼と平鋼板(PL)に変更した。T形鋼(写真-3)を使用することで、補強鋼板取付け後に下端拘束用形鋼の固定ができた(写真-4)。

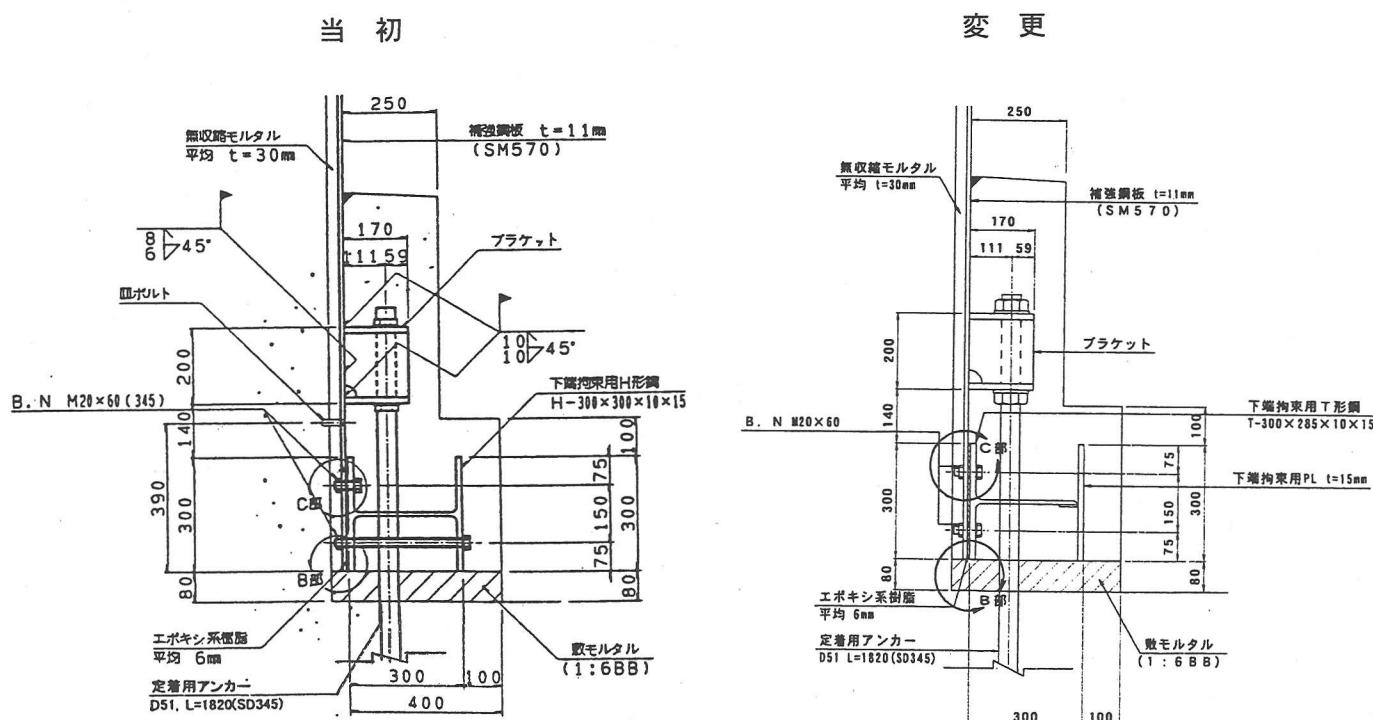


図-4 施工詳細図

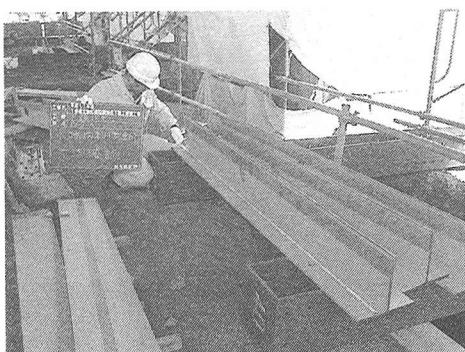


写真-3 T形鋼検収

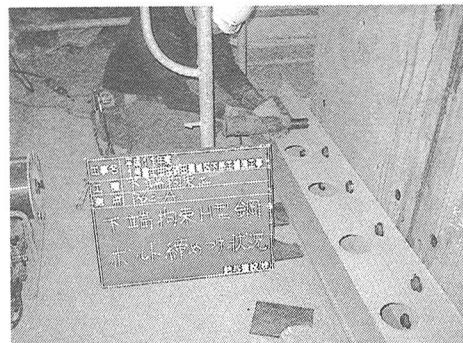


写真-4 形鋼の固定状況

② 下端拘束用 H 形鋼の下端止めボルト長さが T 形鋼を使用することで、M20×290～345 を M20×55～60 に変更可能となった。

当 初

麥更

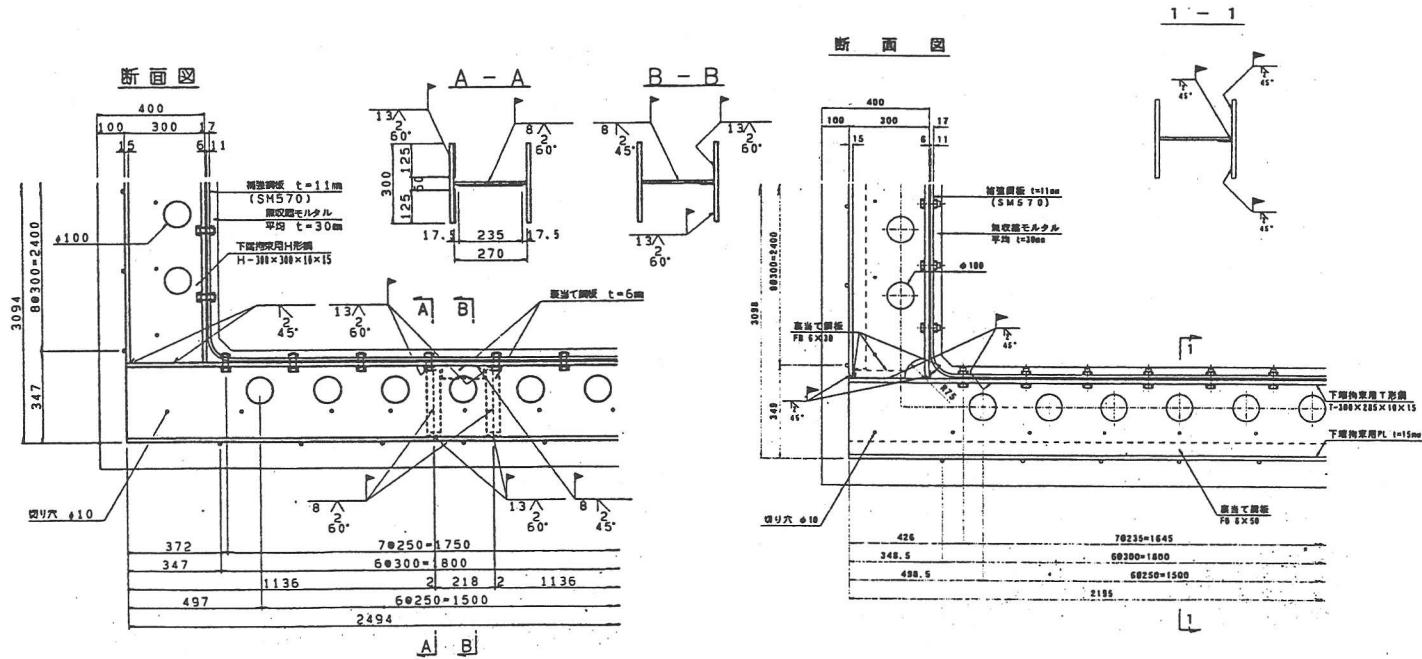


図-5 鋼板巻立て用下端拘束部取付け詳細図

③ 下端拘束用 H 形鋼の現場溶接部ビルトアップの V 型グループ溶接が削減され、その替わりレ型グループ溶接（写真-5）が増加した。この溶接はフランジ部にひずみが発生することが予想され、ひずみ防止金物（写真-6）を 30 cm 間隔に取付け溶接をした。

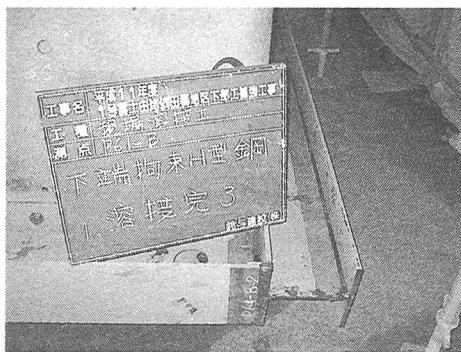


写真-5 溶接状況

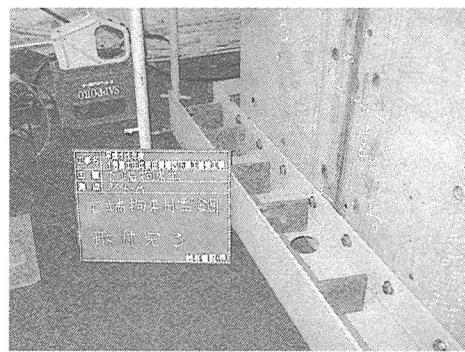


写真-6 ひずみ防止金物

この変更で特に考慮したことは、橋脚下端部は、地震時に大きなひずみや応力が発生し、施工管理する上で注意しなければならない重要部位である。このため、現場溶接（レ型グループ溶接）がかなり増加した下端拘束用 H 形鋼溶接部の品質管理として、現場溶接の試験・検査である超音波探傷試験を溶接延長の 10% 以上確実に行い、不合格箇所について厳しく追究し処置をした。

この変更で大きな課題であった工程の遅れは、作業を中断せずに進めたことで、解決することができた。また、品質管理についても溶接前の状況確認と溶接完了時の状況管理を徹底すれば、T形鋼及び固定ボルトの取付け方法の改善が見られ施工が容易になった部分もあり、今後の施工課題としたい。

4. 梁補強工法

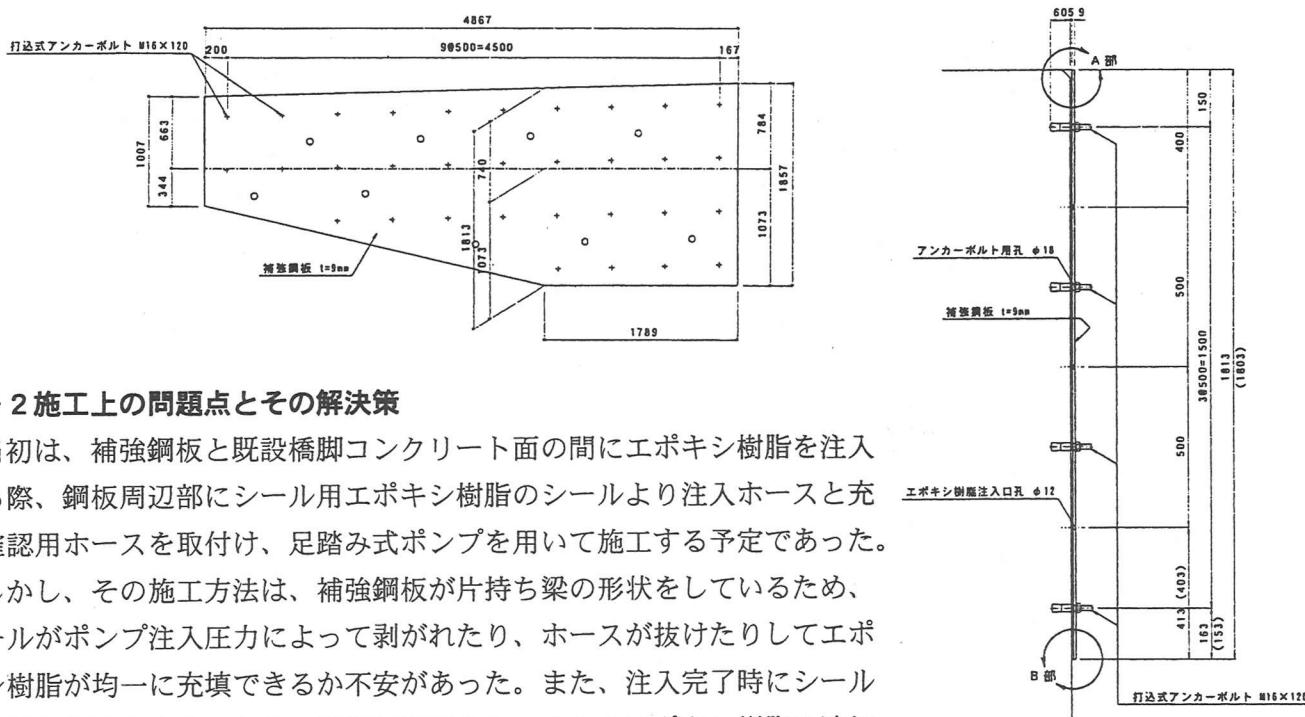
4-1 施工概要

補強用鋼板は、板厚 6, 9 mm の材質 SM400 である。鋼板の取付け位置はすべて片持ち梁部で、鋼板の取付け前にコンクリート面の表面処理と処理完了後に吸水防止剤を塗布した。鋼板を取付け固定したら鋼板周辺部にシール用エポキシ樹脂でシールした。これは、エポキシ樹脂の注入圧力に対して十分な強度を有し、充填材が漏出しないようにする。注入は足踏み式ポンプを用いて鋼板端部の低い方から行い、エポキシ樹脂が確実に充填され空気が残らないよう入念に行なった。

図-6 梁補強工法の施工標準図

正面図

側面図



4-2 施工上の問題点とその解決策

当初は、補強鋼板と既設橋脚コンクリート面の間にエポキシ樹脂を注入する際、鋼板周辺部にシール用エポキシ樹脂のシールより注入ホースと充填確認用ホースを取り付け、足踏み式ポンプを用いて施工する予定であった。

しかし、その施工方法は、補強鋼板が片持ち梁の形状をしているため、シールがポンプ注入圧力によって剥がれたり、ホースが抜けたりしてエポキシ樹脂が均一に充填できるか不安があった。また、注入完了時にシール部の補修が発生することと、鋼板周辺部のシールからエポキシ樹脂の適切な注入位置が見当らないこともあった。

今回この問題に対して、工場製作時にあらかじめ補強鋼板面の適当な位置にφ12の孔を開けた。この孔をエポキシ樹脂注入口として使用することでエポキシ樹脂が均一に鋼板全体に充填され、確実にコンクリート面と鋼板面との接着が期待できた（写真-7）。

この結果は、たたき点検（写真-8）の空音がなかったことで確実に充填されたことを確認した。

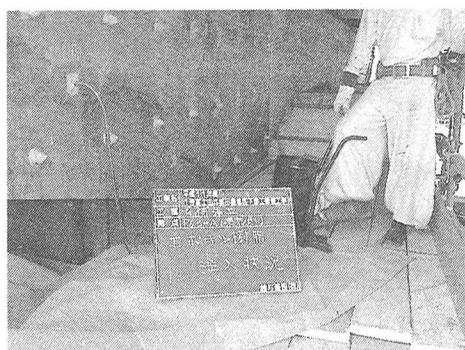


写真-7 注入状況

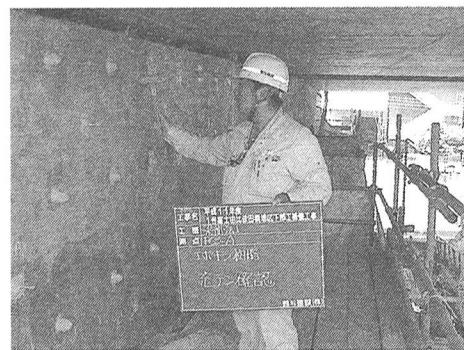


写真-8 たたき点検

5. 鋼製ブラケット沓座拡幅工法

5 - 1 施工概要

鋼製ブラケットの鋼板は、板厚 22mm の材質 SM400 で表面塗装として溶融亜鉛メッキ (HDZ55) である。製作加工は全て工場で行い、現地施工はアンカーボルトの取付けと鋼製ブラケットの設置となった。

梁補強兼用鋼製ブラケットは、1スパンが 6. 7m～7. 2mの長尺でかつボルトの本数も 44 本～48 本が多い、さらに既設コンクリートの削孔についても既存鉄筋を外しているためボルト位置もバラツキがある。

鋼製ブラケット側の孔径は $\phi 23$ で、挿入ボルト径はM20とボルト孔の施工クリアランスに余裕が無く、ボルトの取付けにはかなりの精度が要求された。

また、鋼製ブラケットの設置に際しても床版と鋼製ブラケットの天端クリアランスは、沓座高さの約 20 cm程度と狭いことで施工計画に十分な検討が必要となり、重量 2ton ある長尺鋼製ブラケットを正確に設置することは非常に困難であると思われた。

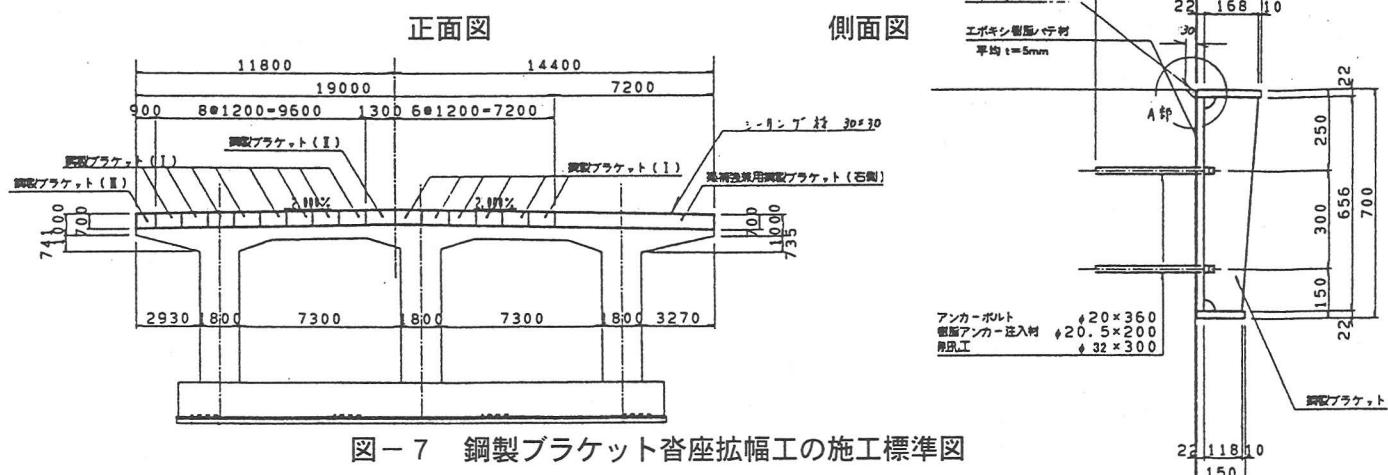


図-7 鋼製ブラケット沓座拡幅工の施工標準図

5-2 施工上の問題点とその解決策

本工種では、工場製作の鋼製ブラケットと現場施工のブラケット固定用アンカーボルトの設置精度がいかに正確にできるか、また狭い作業スペースの中、安全に鋼製ブラケットの施工ができるかがキーポイントであった。

アンカーボルトの設置精度を高めるため、ボルトの削孔が終了した時点で孔位置原寸フィルムを製作し、工場と現場のボルト孔が不一致にならないよう、孔位置原寸フィルムを工場に送った。また、現場は工場で孔明する位置にアンカーボルトを確実にセットすることが重要なポイントであったため、孔位置原寸フィルム（写真-9）に対して原寸施工用ベニヤ（写真-10）を作成してアンカーボルトをセットした。鋼製ブラケット固定用樹脂アンカーは、施工本数がかなり多く削孔後のエポキシ樹脂注入方法に困難を要することで、ケミカルアンカー（エポキシ系先攪拌）に変更した。



写真-9 孔位置原寸フィルム

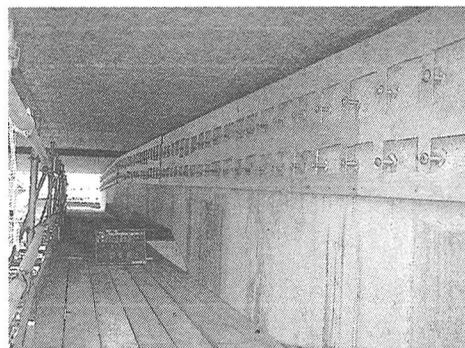


写真-10 原寸施工用ベニヤ

鋼製ブラケットの設置方法として、当初は床版に吊治具（Oリング）を打ち込みチェーンブロックで微調整（写真-11）（写真-12）をしながら作業する計画であったが、長尺ブラケットについては既設床版に十分な引抜き強度が確保出来るか疑問があり、一部特殊クレーン（写真-13）（写真-14）を使用する施工計画に変更した。この特殊クレーン工法は、ボルトと製作した鋼製ブラケットの孔の精度が一致していないと、段取り代えが発生するため細かい事前調査と準備が要求された。結果として、形鋼固定用ボルト孔の精度アップを目的とした事前対策により、トラブルはなかった。また特殊クレーンの使用により、作業改善も実施できた。

鋼製ブラケット設置完了後については、既設橋脚と鋼製ブラケットの周囲にコンクリート面取りの隙間があり、その隙間にゴミ、水、有害な不純物が溜まり鋼製ブラケットに悪影響があると判断し、隙間を埋めるシーリングを施工した。



写真-11 短尺ブラケット検収状況

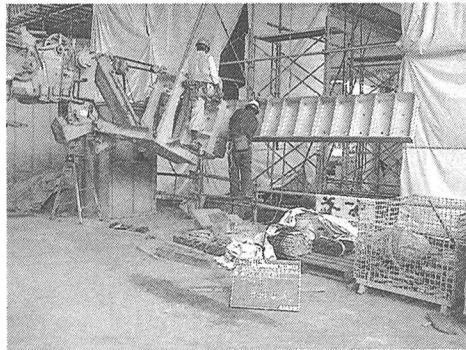


写真-13 長尺ブラケット荷吊状況

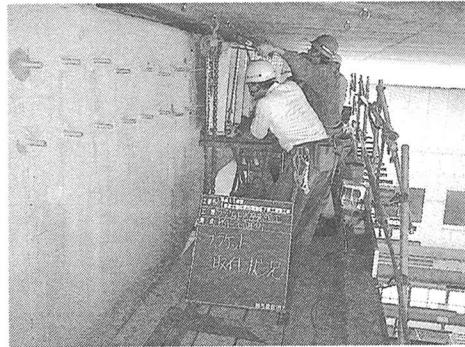


写真-12 短尺ブラケット設置状況

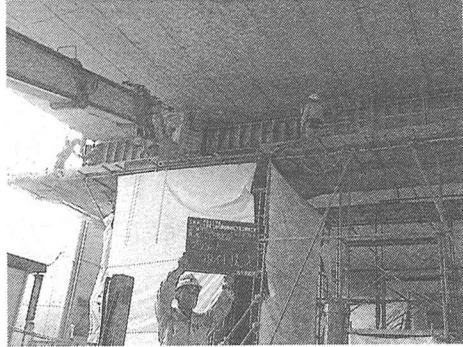


写真-14 長尺ブラケット設置状況

6 おわりに

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）から6年半の歳月が流れ、耐震補強の施工事例も数多く紹介されている。本年4月4日午前0時ごろに発生した、静岡県静岡市中心の震度5（強）の地震については、ほとんど被害は報告されておらず、当然耐震補強した橋梁構造物も全く問題はなかったと思われる。これは現在の時点では耐震補強をすることで改善されているはずであるが、その効果は実際に震度6以上の地震が起きないと結論がでないのも事実である。

私たち施工者は、さまざまな問題に対してその都度問題解決をしてきており、その解決方法はかなり標準化されてきたように感じる。多くの耐震補強工事で同じような問題がたびたび発生し、その問題に対しても同じような解決策がとられてきている。ある意味で耐震補強に対するマニュアル化が完成してきていると思われる。今回の論文については、従来どおりの施工方法で特徴は少ないが一つの施工事例として、今後の耐震補強工事において参考となれば幸いである。

最後に、本工事の施工に際してご指導とご協力頂いた関係各位の皆様に感謝の意を表し、施工事例の報告とする。