

かみ合わせ継手を用いた鋼板巻立てによる耐震補強方法

清水建設（株） 土木本部 技術第一部 正会員 野口 恒久
清水建設（株） 横浜支店 土木部 正会員 青井 博
清水建設（株） 千葉支店 土木部 正会員 斉藤 光和

1. はじめに

阪神淡路大震災以降、高架橋、橋脚の耐震補強工事において、鋼板巻立て工法が主として実施されている。その際の鋼板の接合には従来から現場における溶接が数多く用いられてきた。このような状況下で、溶接継手を用いた鋼板巻立て工法の合理化に関する検討が実施されている。一例として、現場における溶接作業の課題に着目した新しい継手工法の開発が行われている。その一つとして機械式継手がある。これは溶接作業に伴う、品質のバラツキ、溶接技能者、特殊装置の必要性、作業足場の必要性などを改善したものである。

筆者らが東日本旅客鉄道（株）と共同開発した「かみ合わせ継手」は、継手が溶接された鋼板を現場で組み立てるだけの作業のため、天候に左右されず、また特殊な技能を必要とせず所要の品質を、早く確実に得ることが出来る方法である。

本稿はA工事でのラーメン高架橋の鋼板巻立てによる耐震補強工事と、円錐台形のT型RC橋脚に適用して行ったB工事における施工方法、留意点についてとりまとめたものである。

2. かみ合わせ継手について

2-1. 従来工法の問題点

従来の現場溶接による鋼板巻立て工法には施工面や品質管理面でいくつかの課題が指摘されている。

施工面では

- ① 現場における開先部の錆や水分の除去。
- ② 母材と裏当て材の密着精度の確保。
- ③ 高架橋の場合、遮蔽物が無く風による作業の中断が多い。
- ④ 溶接部の品質が作業員の技量に左右される。溶接線が長く連続溶接となる。熟練が必要な縦向き溶接法が必要。
- ⑤ 現場で火気を使用する。

また、品質管理面では、

- ① 溶接部の検査。
- ② 浸透探傷試験や目視検査では溶接内部の欠陥の検出が難しい。
- ③ 超音波探傷の信頼性に限界がある。
- ④ 不具合が発見されても、その修正に多くの労力を必要とする。

以上の課題を解決した継手が、機械式のかみ合わせ継手である。かみ合わせ継手と鋼板は工場溶接のため、品質管理、検査が十分に行え、また現場での作業は組立てるだけのため容易に実施できる。

2-2. かみ合わせ継手の特徴

継手部は工場で作られた継手を、曲げ加工した補強鋼板の端部に工場溶接することにより継手と鋼
耐震補強工事、かみ合わせ継手、無足場施工、補剛枠、高流動モルタル

〒105-07 東京都港区芝浦一丁目2-3 シーバンスS館 (TEL)03-5441-0624 (FAX)03-5441-0512

板を一体化する。かみ合わせ継手の構造を図-1に示す。

補強鋼板はSS400材を使用し、かみ合わせ継手の材質は鋼板との溶接性を考慮してSM400A材を使用した。かみ合わせ継手と鋼板の接合は、鋼板端部を突き合わせ溶接、かみ合わせ継手端部は隅肉溶接とした。なお、継手本体は圧延により製作している。

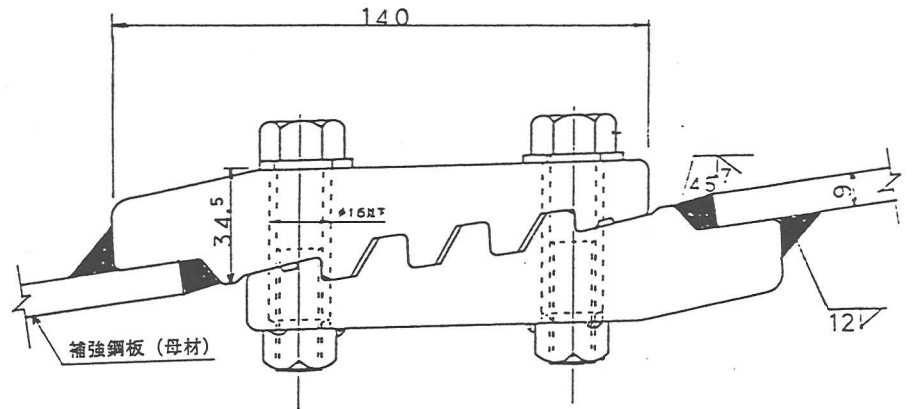


図-1 かみ合わせ継手形状

2-3. かみ合わせ継手の要求性能

かみ合わせ継手に要求される基本性能としては、引張強度が母材強度程度であること、および縦横の変形追随性が確保されることとし、以下の事項を目標に開発を行った。

- (1)かみ合わせ継手の強度は、補強鋼板の母材破断強度以上であること。
- (2)交番载荷を受けた場合に鋼板がはらみ出してもかみ合わせ継手が外れないこと。
- (3)鉛直方向のはらみに対しても外れなく変形性能を維持できること。
- (4)交番载荷試験において溶接継手と同様な変形性能を有すること。



写真-1 かみ合わせ継手

以上の性能を確認するために、図-2に示すような試験装置を用いて継手の耐力試験を行った。

また、繰り返し荷重による継手の外れを想定して図-3に示すような载荷試験を行った。この場合、モルタルの注入圧による鋼板のはらみも想定して、最大変形量 $\alpha = 0.21L$ (L : スパン $\alpha = 0.21L$ 、スパン中央で、正方形が円形になった場合の変形量) まで载荷した。さらに鉛直方向の変形を想定して、図-3と同様な载荷試験を行い性能を確認した。

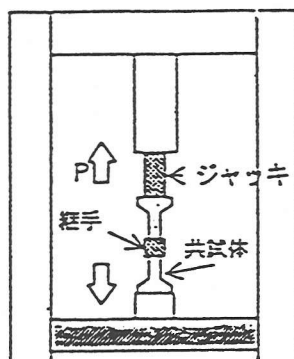


図-2 継手の引張試験

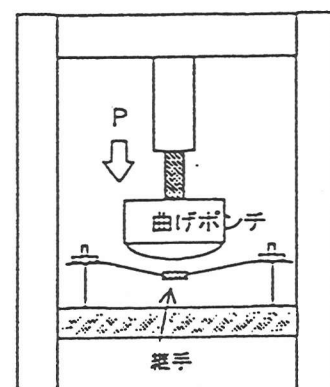


図-3 継手の曲げ試験

3. 施工方法

3-1. 施工フロー

作業工程は大きく補強現場における作業と工場などにおける作業に分けることができる。工場における主な作業は、鋼板の切断、曲げ加工、塗装の下地処理、現場までの加工された鋼板の運搬等である。また、現

場における主な作業は、掘削・埋め戻し、柱表面の清掃、鋼板組立および検査、鋼板と柱の間へのモルタルの充填、塗装である。写真-2に施工フローを示す。

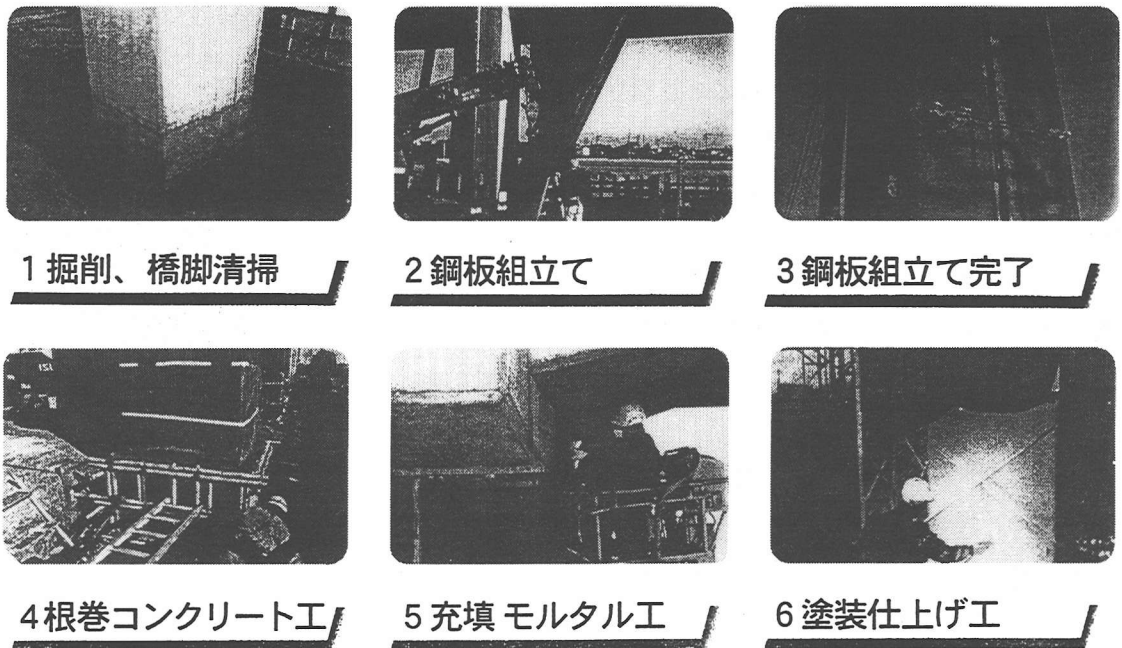


写真-2 施工フロー

3-2. 充填モルタル

鋼板補強を行う場合の柱との隙間に充填する材料については、従来無収縮モルタルやエポキシ樹脂などが用いられてきた。また、耐震性能を満足する必要強度を確認するために、充填材としてソイルセメントや気泡モルタルを用いた供試体による交番載荷試験も報告されている。

充填モルタルは、鋼板と柱との狭隘な箇所へ、組立て後の鋼板の上方部からモルタルを自然流下で充填しても材料分離せずに充填できるように、流動性および材料分離抵抗性を高めたものを使用している。

さらに、コストを低減するために一般の生コンプラントの設備、材料等が使用できるようにしたものである。現在各社で充填用の高流動モルタルが開発されている。

4. 施工事例

4-1. A工事 高架橋駅部

(1) 工事概要

工期 平成8年7月～平成8年9月

主要数量 RC 2層ラーメン高架橋、柱寸法：巾 900mm 高さ
下層4.4m、上層3.2m 工事数量柱本数20本 補強鋼板
t=6mm かみ合わせ継手 272組m モルタル注入
量17.0m³

(2) 施工フロー

A工事における施工フローを図-4に示す。準備工として添架の樋、

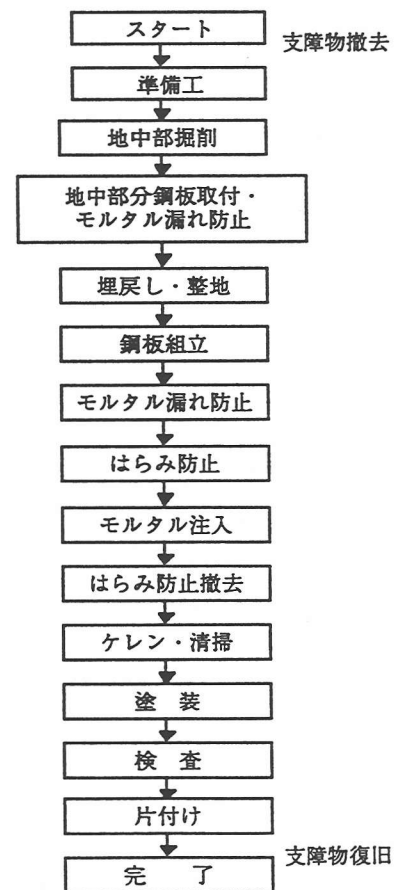


図-4. 施工フロー

排水側溝等を撤去した後、一連の補強工事を行っている。

(3) 施工上の改善

① 現場での足廻りの確保

平成7年の試験施工では、フーチング上面から梁下迄を1本のコの字形に加工した鋼板2組により組立てを行った(写真-3参照)。そのためフーチング上面まで掘削した状態で材料の小運搬、組立てを行わざるをえず、足廻りが悪く、作業効率が悪かった。

また工事開始前に現場で柱高さを全数実測することは困難であり、フーチング上面から梁下迄の高さが一定していなかったため、鋼板高さを再加工する必要のある部材もでてきた。

このような問題点について検討した結果、地中部分の鋼板補強を先に行い、埋め戻しを行うことにより足廻りを確保することにした。これにより、クレーン等の作業性が改善されまた、地中部分の鋼板の高さを調節することにより、地上部分の柱高さを事前に確定し、工場製作を行うことが可能となった。

② 組立て用治具の開発

機械式継手の特徴をさらに活かすため組立用施工機械を開発した。試験施工においては、クレーンで補強鋼板をつり上げ対象柱位置に小運搬した後、クレーンである程度の高さまで鋼板をもち上げ、その状態で補強鋼板を保持して、高所作業車に乗った作業員がレバブロックにより、2組の鋼板を引き寄せることで組立てていた。そのため段取り替えが必要となり、施工性低下の原因の1つになっていた。

そこで、図-5に示す特殊アタッチメントを0.25㎡級のユンボの先端に装着し、場内の小運搬から組み立て迄をこのユンボ2台を使用して行うことで前述の課題を改善した。

本作業前に地中部の作業が終了し足廻りが確保されているので、本作業を効率的に行うことができる。また、2層ラーメンの場合の上層部は従来通りキャタクレーンと高所作業車により行った。

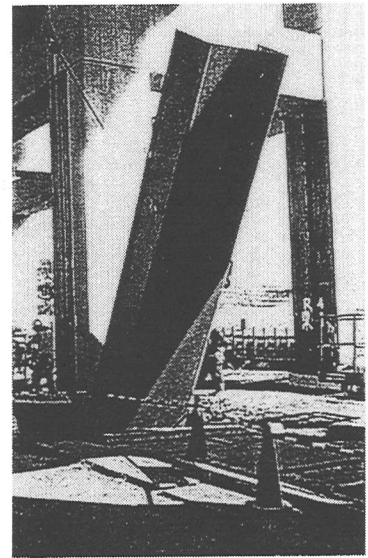


写真-3 従来の組立て

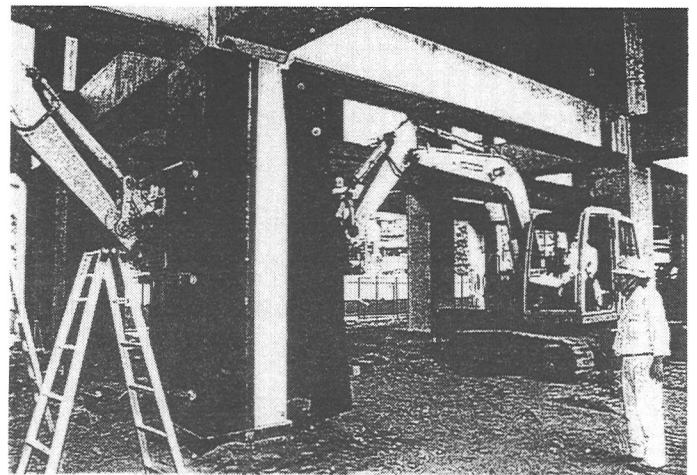


写真-4 ユンボによる組立て

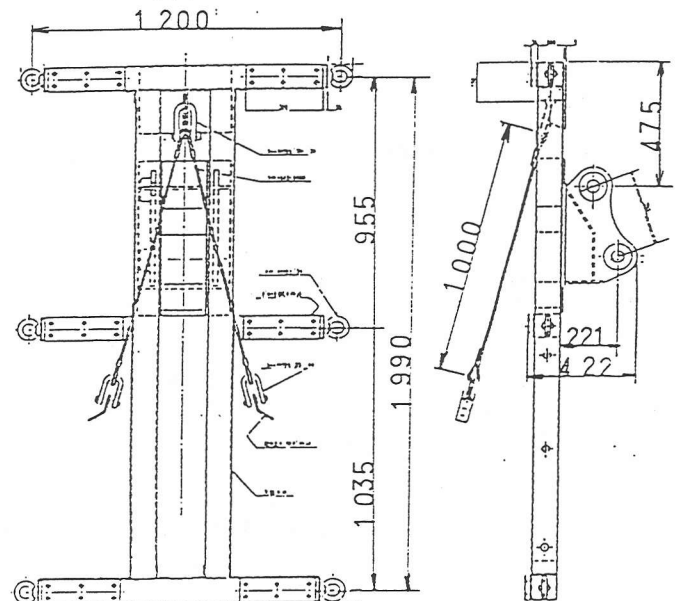


図-5 特殊アタッチメント

A工事における使用機械を表-1に、また労務構成を表-2に示す。この構成によりラーメン高架橋の下層部は1日に10本程度組立てが可能であり、上層部は1日に5本程度の組立てが可能であった。

表-1 使用機械一覧 (1日当り)

機 械 名	仕 様	台 数	
		上層	下層
特殊アタッチメント付きユンボ	0.25m3級	0	2
キャタクレーン	5t吊り	1	0
高所作業車	15m級	2	0
レバブロック	0.75t	4	4

表-2 労務構成 (1日当り)

作 業 員	人 数	
	上層	下層
とび工	2	2
普通作業員	2	2
ユンボオペレーター	0	2
キャタクレーンオペレーター	1	0

4-2. 道路橋RCT型橋脚 B工事

(1) 工事概要

工 期 平成8年3月～平成8年6月
 主要数量 RC造橋脚鋼板補強
 3基、径 2,600～3,600mm
 H=9,000mm 補強鋼板
 t=9mm、かみ合わせ継手
 80.1組m モルタル注入9m³

補強構造図を図-6に示す。

(2) 施工フロー

施工フローを図-7に示す。

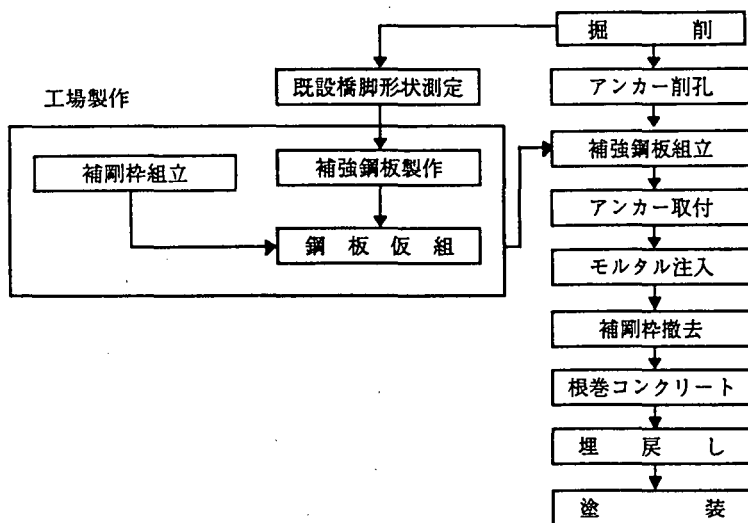


図-7 施工フロー

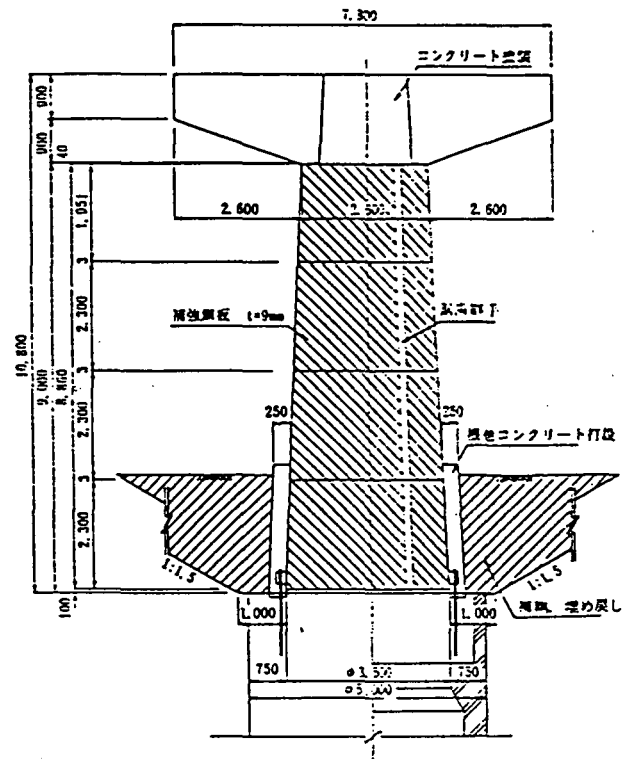


図-6 橋脚補強図

(3) 施工上の検討課題

本工事における課題は以下の4つであった。

1) 既設橋脚の形状測定

本橋脚は昭和39年に完成したもので、橋脚形状は円錐台形をしている。表面の出来形は一定ではなく、本工事で計画した大きいパネル状の鋼板を組み立てる際、補強鋼板は円錐台形に組み上が

っているため、既設躯体と鋼板との隙間30mmを確保するには、既設橋脚の出来形を正確に再現する厳密な測量が必要であった。

そこで、レーザーポイント、測角測定法により3次元座標測定法を実施した。この方法は、橋脚表面を120ポイントのグリッドにきり、そのポイントにレーザーポイントを照射し、事前に設置した地上の2点より平・鉛直の各々の角度を測定し3次元座標を計測するものである。

これにより誤差2mm以内の精度で形状を把握でき、またかみ合わせ継手により巻立て工法の特長である無足場作業を可能とすることができた。

2) 工場製作

計測により決定された製作寸法の精度を確保するため、写真-5に示す可変式ローラーベンダを使用し9mm鋼板を円錐台形に加工した。また円形を確保する手法として後述する補剛枠の内側に補強鋼板を仮組し形状微調整を実施した(写真-6参照)。

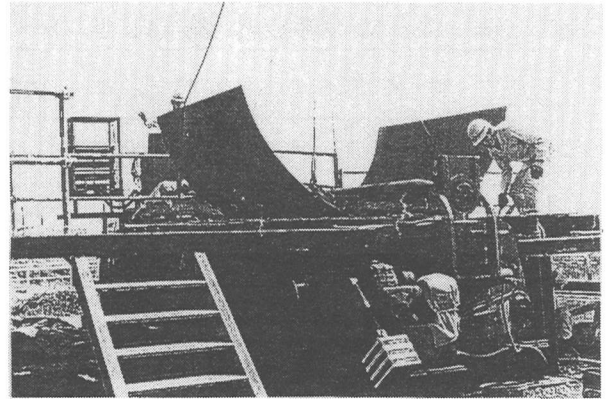


写真-5 補強鋼板製作状況

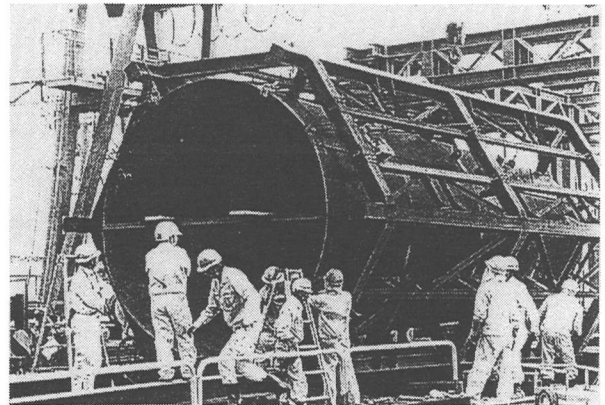


写真-6 鋼板仮組状況

③ 補強鋼板の組立て

補強鋼板は運搬上の制約により、図-8に示すように3分割として現地にて組立てた。(写真-7参照)

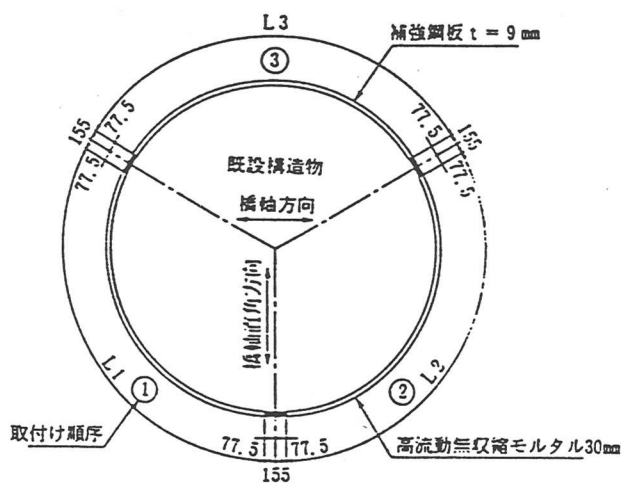


図-8 補強鋼板分割図

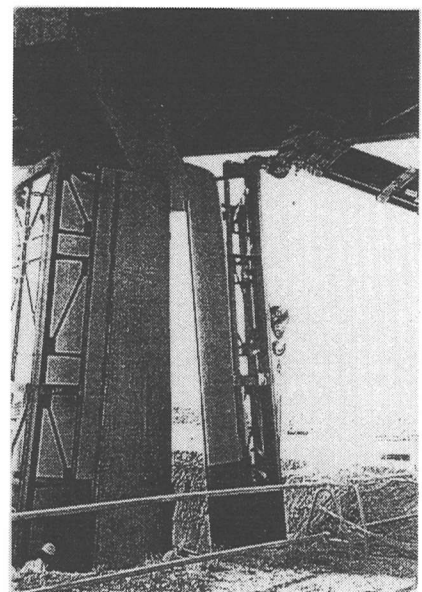


写真-7 補強鋼板組立て状況

鋼材厚さは9mm、鋼板の高さは9mであったため、運搬・吊り込み時の変形を抑える目的で、H鋼製の補剛材により鋼板の剛性を高めた。

また、現場接合を容易にするため3枚目のかみ合わせ継手を両端とも内側の向きに取り付け、外側からかぶせて設置できるように工夫した。この補剛枠は油圧ジャッキを取り付けることにより、鋼板接合後の隙間調整・高さ微調整にも使用した。

4) モルタル注入

補強鋼板と既設コンクリートとの隙間30mmにモルタルを充填する注入工法上の課題は、注入材が高価でありモルタルロスによるコストアップであった。そこで、比較的安価で施工性も優れている高流動モルタルを採用した。

5. おわりに

かみ合わせ継手が開発されてから約2年が経過し、高架橋や道路橋で採用実績が増加している。機械式継手は鋼板巻立て工法を合理化および省力化する有効な工法であると考えられてきている。今後はこの特長を活かして、仮締切りを行わずに水中部で鋼板の組み立てを行うことで、河川中のRC橋脚補強の施工法の合理化等を図っていきたいと考えている。

(参考文献)

- 1 鎌田・石橋・松田・小野：機械式継ぎ手を用いた鋼板巻き耐震補強と充填モルタルの開発、コンクリート系構造物の耐震技術に関するシンポジウム論文報告集 pp243～250、1997. 4
- 2 小野・江渡・野村他：鋼板巻立てによる鉄筋コンクリート柱の耐震補強工法の開発、新素材のコンクリート構造物への利用シンポジウム論文報告集、1996. 11