

西宮港工区上部災害応急復旧工事報告

Reconstruction of Hanshin-Expressway Nishinomiya Port Divisional Viaduct

水口 康仁

Kojin MIZUGUCHI

川田工業㈱大阪支社工事部次長

熊谷 敏之

Toshiyuki KUMAGAI

川田工業㈱大阪支社工事部工事課工事長

多田 賢

Satoshi TADA

川田工業㈱四国工場橋梁部橋梁技術課課長

辻 巧

Takumi TSUJI

川田工業㈱四国工場橋梁部橋梁技術課

片岡 章悟

Shogo KATAOKA

川田工業㈱橋梁事業部大阪技術部次長

陶器 正

Tadashi TOHKI

川田工業㈱大阪支社技術部設計課係長

The Hanshin-Awaji Earthquake Disaster caused enormous damage to the Hanshin area with its affect being compounded by the fact that it directly hit a major urban belt. The disaster resulted in the collapse of the simple composite box girder adjoining Nishinomiya Port Bridge on the Bayshore "WANGAN" Route of the Hanshin Expressway.

The Nishinomiya Port Bridges was built by Kawada Industries, Inc. Swift completion of the re-construction work was required to restore this important Bayshore "WANGAN" Route. Completed in just three months the new bridge has a simple steel deck palate box girder construction replacing the previous composite girders.

This report describes the construction processes that resulted in the incredibly short restoration period, the design, fabrication and construction methods and measures used for demolition of the old bridge, and the processes covering the fabrication and erection of the new bridge.

Key words : restoration, expedite construction period, demolition of bridge decking, rationalization.

1. まえがき

最初に阪神・淡路大震災によって尊い命をなくされた方々のご冥福をお祈りするとともに、被災された皆様に衷心よりお見舞い申し上げます。

平成7年1月17日午前5時46分に発生した兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）は5千人以上の死者・行方不明者に加え、土木・建築構造物の倒壊、さらにはライフラインなどの都市施設の破壊など、都市直下型の地震として阪神地区に甚大な被害をもたらした。また、京阪神の大動脈である阪神高速道路においても、3号神戸線および5号湾岸線を中心に落橋を含む大きな被害が生じた。そのうち、当社が施工を行った湾岸線西宮港工区の一部である海P98～海P99の単純合成箱桁も被災（落橋）した。

神戸線は500mにわたる倒壊などのために復旧開通には相当長期間が必要と判断された。そこで、比較的被害の小さかった湾岸線の早急なる復旧開通が、一部供用されていた国道2号線・同43号線の整備とともに京阪神の道路交通網の整備には必要不可欠となり、3ヶ月を目標として建設当初の状態に応急復旧することとなった。

この報告では、本工事を短工期で施工するために用いた、設計・製作・架設の対応策や方法について述べる。

2. 工事概要

(1) 全体工事概要

西宮港工区上部災害応急復旧工事の全体概要を以下に示す。

工 事 名：西宮港工区上部災害応急復旧工事

発 注 者：阪神高速道路公団

路 線 名：兵庫県道高速湾岸線

工事箇所：西宮市甲子園浜一丁目～同市西宮浜一丁目
海P93～海P100（延長604m）

工事概要：兵庫県南部地震に伴う鋼桁の調査点検および災害復旧工事

工 期：自 平成7年1月18日

至 平成7年7月31日

施 工 者：三菱・川田・住重・日塔・神鋼JV

(2) 応急復旧工事施工内容

当社の施工範囲は西宮港大橋の大阪側に位置し、落橋部分にあたる海P98～海P99の設計・製作・架設である。

震災直後の状況を写真1および図1、実施工程表を表1に示し、応急復旧工事の概要を以下に示す。

① 調査点検

② 旧橋の撤去（総重量：1900 t）

③ 新橋の製作・架設（総鋼重：730 t）

④ 舗装・照明を除くすべての付属物の製作・施工

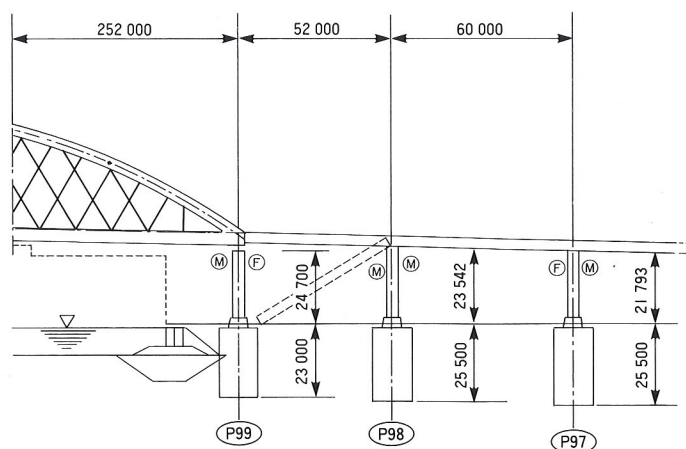


写真1 全体概観

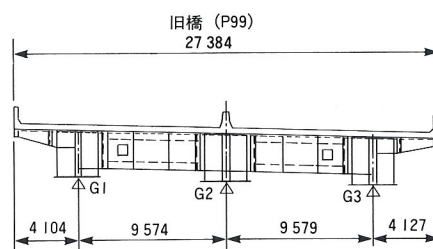
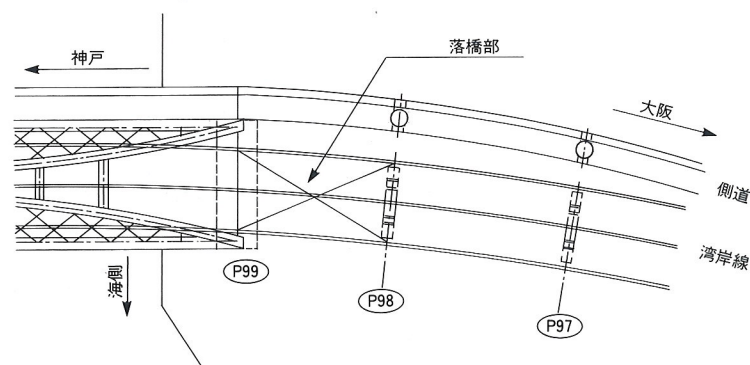


図1 震災直後の状況

3. 復旧方針と合理化手法

地震（平成7年1月17日5時46分）発生後に「落橋」の情報を入手し、ただちに状況確認のため現場へ出向くとともに復旧に対する基本方針を検討した。その後、阪神高速道路公団と善後策について協議し、翌日より詳細調査および詳細計画を開始した。

工事の緊急性に鑑み、海G98（新規製作桁）の設計・製作・架設を3ヶ月間で行うために、工場の工程短縮ならびに現場作業を極力削減する構造・施工方法を採用することを基本として、次に示す合理化手法を用いた復旧方針を立てた。新橋の標準断面図を図2に示す。

(1) 構造形式の変更

旧橋は単純合成箱桁であったが、RC床版の現場施工に時間を要するため、新橋は鋼床版形式に変更した。なお、鋼床版化に伴い構造高に差が生じるため、旧橋のRC床版厚分を腹板高で処理し、桁高を増加させた。

(2) 材料の緊急手配

工場製作において最も時間を要す材料手配では、当社に保管中であった別工事の鋼材を転用できるよう便宜を図って頂き、その一部を使用した。また、その他の鋼材および購入品は各メーカーのご協力により、最速工程での配給がなかった。

(3) 主橋体の断面決定

主橋体の断面決定にあたっては、鋼床版形式の採用に

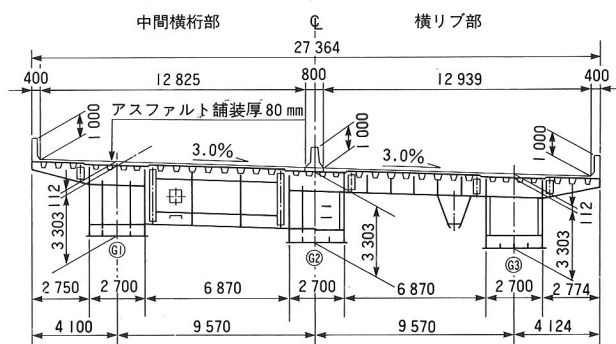


図2 標準断面図

より全体死荷重が軽減されること、桁高が増加することを考慮し、フランジ部の母材寸法を旧橋と同等とすることで設計作業の簡略化を図った。なお、鋼床版では転用材の都合により、デッキは16 mm、Uリブは8 mmを使用した。これにより、Uリブの間隔を標準(660 mm)に対して760 mmまで拡げることができた。また、工場製作では鋼床版のひずみ矯正や溶接量の削減が可能となった。

(4) 主桁の断面変化

断面変化に伴う板継ぎ溶接は開先加工・溶接・ひずみ取り・X線非破壊検査などを必要とすることから、部材ごとに1断面を用いてこれらを省略した。なお、断面変化は添接位置で行い、板厚差はフィラープレートで対処した。

表1 実施工程表

工 種		1 月				2 月				3 月				4 月											
		17	20	25	30	1	5	10	15	20	25	28	1	5	10	15	20	25	30	1	5	10	13		
設計	新橋の計画																								
	計算・図面・数量																								
	現地調査・現地計測																								
工	材料手配	購入重量559t 転用材重量307t 全設計重量730t																							
	支承等購入品手配																								
	工場製作																								
場	塗装																								
	地組立作業	▲浜出し3/14																							
	施工計画																								
現	仮設備工	クッション材・ベント設置																							
	床版切断・撤去	床版切断																							
	主桁撤去 FC 3 600t	吊金具溶接 2/24夜間撤去																							
	新橋架設 FC 4 100t	撤去桁上床版ハツリ																							
	支承工	3/18夜間架設																							
	伸縮装置工	調整																							
場	耐震連結装置工																								
	壁高欄工	鋼製型枠調整																							
	壁高欄塗装工	木製型枠設置																							
	舗装・照明工(施工外)	コンクリート打設																							
		4/10																							

——*開通

(5) 塗装仕様の変更

公団塗装仕様は塗り回数が多く、塗装期間が長くなることから、代替案としてアクリルシリコン系塗料を用いた塗装仕様（3層塗り）を提案し、これを採用した。

(6) 新橋の架設

架橋位置が西宮航路の近傍にあることから、現場工期の短縮を図る目的で起重機船（以下FC）による一括架設を検討し、国内最大級のFCを使用することとした。

(7) 先行塗装

通常、塗装は仮組立後に施されるが、本橋は一括架設されるため全工場塗装桁となる。そこで、継手部を除いた一般部の塗装は部材組立後の検査で部材精度を確認したうえで、単部材の状態で先行塗装を施すこととした。

(8) 壁高欄・中央分離帯

壁高欄・中央分離帯の施工は現場における鉄筋組立・型枠組立・コンクリート打設に時間を要することから、工場において鉄筋・型枠を組み立て、現場ではコンクリート打設のみを行うこととした。なお、型枠は内面・外面ともに鋼製型枠とし、脱枠しない埋殺しタイプの構造とした。

(9) 支間および橋長の決定

本工事では、旧橋撤去と新橋製作を同時進行する必要があるが、支間および橋長は地震の影響により建設当初と異なっていることが懸念された。また、旧橋撤去に伴う橋脚の変位や隣接桁の遊間調整の影響が予想されることから、新橋の橋長は初期の段階で確定できない状況であった。そこで、2回の現地計測を地震後初期と旧橋撤去後に行い、この結果を反映できるように新橋の部材寸法

に調整代を持たせることとした。

4. 工場製作

工場製作は設計ならびに旧橋撤去と並行作業となり、かつ製作期間が2ヶ月である。早期に製作着手するためには製作寸法の決定とその確認が重要であった。ここでは工場製作のうち特徴のある項目について述べる。

(1) 現地計測とシミュレーション

本工事の工場製作は作業が輻輳することから通常の工程を確保することができない。そこで、後作業となる出来形確認をシミュレーションにて行い、事前に予測することで手戻り作業を排除した。図3に工場における製作工程と現地計測およびシミュレーションの関連を示す。

地組立てシミュレーションは単部材の状態で寸法計測

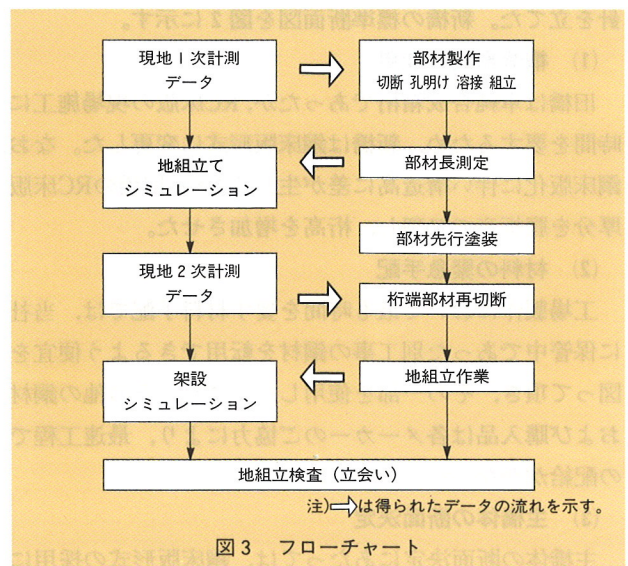


図3 フローチャート

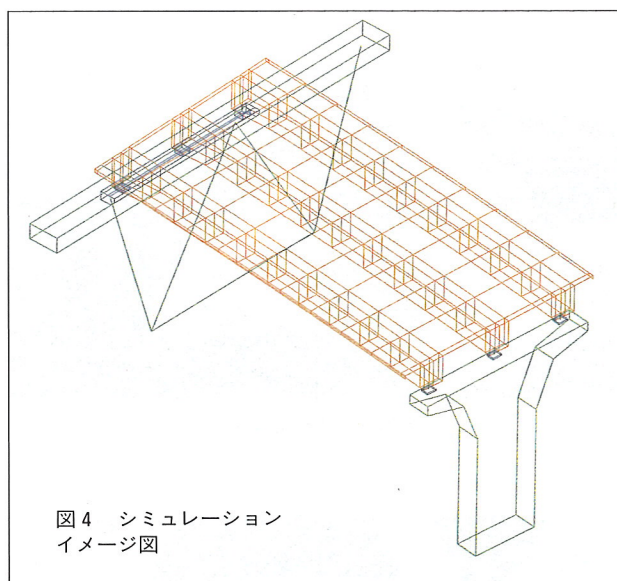


図4 シミュレーション
イメージ図

し、地組立て時の出来形の予測を目的とした。その後、現地2次計測の結果とシミュレーション結果を比較確認したうえで調整部材の再切断を行った。架設シミュレーションでは地組立ての結果から現場架設状況を想定することを目的に、橋体の製作精度の確認を行った。

これにより、地組立て後の寸法調整が不要となり、効率的に製作が進んだ。また、現場架設以前に概ねの施工誤差(X, Y, Z)が把握できたことと、伸縮装置の調整プレートを事前に準備できたことなど有効性が認められた。図4にシミュレーションイメージ図を示す。

(2) アクリルシリコン系塗装

一般外面塗装は中塗に変性エポキシ樹脂塗料を用いて塗装層数を減らすことが可能なアクリルシリコン系塗装を採用した。表2に塗装仕様と工程比較を示す。なお、内面塗装は変性エポキシ樹脂塗料の2層塗りである。

(3) 壁高欄の型枠・配筋のプレファブ化

鋼製型枠の設置と鉄筋の組立作業は地組立て時に行った。一般的に鋼製型枠は作業足場や施工性を考慮して外側のみに埋殺しタイプが用いられる。本橋では現場での脱枠工程を省略するために内側にも鋼製型枠を採用した。

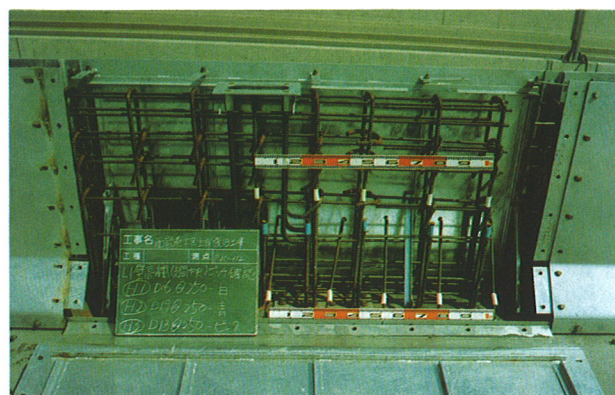


写真2 壁高欄と鋼製型枠

鉄筋の組立はさらに工程を短縮する目的で、小ブロックの鉄筋を地上で先行組立しクレーンにて一括搭載した。次に、鋼製型枠が埋殺しとなるため、防錆処理に溶融亜鉛メッキを施し、道路幅員内側の鋼製型枠は夜間および雨天でのヘッドライトの反射に配慮してコンクリート色に近い塗装を施した。写真2に組立て状況を示す。

5. 現場施工

ここでは、旧橋撤去における安全対策、床版の撤去、主桁の撤去および新橋の架設について述べる。

(1) 二次災害防止対策（平成7年1月23日開始）

大地震後には大きな余震が起こる可能性があるため、海P98橋脚からの桁の脱落防止対策として、次のような3重の二次災害防止対策を施し、安全に十分留意しつつ復旧作業にあたった。

a) クッション盛土

橋体直下に約1000㎡の盛土を搬入した。

b) 脱落防止用アイバー

隣接桁と落橋桁の耐震連結装置の孔を利用してアイバー形式の連結板で脱落防止を施した。

c) 斜ベント（写真3）

海P98橋脚に斜ベントを設置し、主桁を仮支持した。

表2
塗装仕様と工程比較

種別	工種	塗料	膜厚 (μm)	塗装間隔	工程						
					1	2	3	4	5	6	7
公団仕様	表面処理	全面製品ブラスト	—								
	第1層	無機ジンクリッチペイント	75	2日～6ヶ月	■						
	第2層	ミストコート	—	1日～10日		■					
	第3層	エポキシ樹脂塗料下塗	60	1日～10日			■				
	第4層	エポキシ樹脂MIO塗料	60	1日～12ヶ月				■			
	第5層	ポリウレタン樹脂塗料用中塗	30	1日～10日					■		
新仕様	第6層	ポリウレタン樹脂塗料上塗	25							■	
	表面処理	一次プライマーの損傷部ブラスト	—								
	第1層	エポキシジンクリッチペイント	75	2日～10日	■						
	第2層	変性エポキシ樹脂塗料	120	1日～7日		■					
	第3層	シリコン変性アクリル樹脂塗料	25				■				



写真3 斜ベント



写真4 床版破碎状況

(2) RC床版の撤去 (平成7年2月1日より開始)

旧橋は約1 900 tの単純合成箱桁であり、撤去はFCを使用する方針としたが、FCの作業半径から吊り上げ重量は200 t程度にする必要が生じた。そこで、地上からRC床版をはつり、主桁を一本ずつ撤去することとした。

床版撤去は重機械による破碎とコンクリート切断による解体の2つの方法を採用した。重機械による破碎は比較的低い箇所に適用し、コンクリート切断は重機械の届かない高所部分に適用した。コンクリート切断は床版に玉掛け用の孔をあけ、床版を切断した後、二次部材と一緒にブロック(重量15 t)ごとに160 tクレーンで撤去する方法を用いた。使用機械とその用途は次のとおりであり、床版の撤去状況を写真4～7に示す。

a) 重機械破碎

コンクリート破碎機(高さ15 mまでの作業、写真4)
大型ブレイカー(箱桁上のハツリ)

b) 切断機械

コンクリートカッター(ベビーウインチで巻き上げながら橋軸方向の切断、写真5)

ウォールソーカッター(橋軸直角方向の切断、写真6)

ワイヤーソーカッター(壁高欄の切断、写真7)

コアカッター(玉掛け用の孔)

(3) 旧橋撤去 (平成7年2月24日)

旧橋撤去はトラッククレーンベント工法で小ブロックごとに撤去する方法とFC(3 600 t・作業半径79 m)を利用して大ブロック(1主桁・重量 200 t)ごとに撤去する方法が考えられたが、より安全で工期短縮が可能な大ブロック案を採用した。なお、西宮港には市民の足として大阪ー西宮ー神戸を結ぶ臨時高速艇が運行されており、航路の閉鎖ができないため、主桁撤去は高速艇が運行しない夜間の作業となった。旧橋撤去は通常の工程より約1 ヶ月を短縮し、作業開始より1 ヶ月で撤去を終えた。主桁撤去の状況を写真8に示す。

(4) 新橋架設 (平成7年3月18日)

新橋架設は旧橋撤去と同様にFCを使用した。使用する



写真5 コンクリートカッター



写真6 ウォールソーカッター



写真7 ワイヤソーカッター



写真8 旧橋撤去

FCは架設条件が新橋総重量730 t、作業半径82 mとなることから、総重量800 t程度まで架設可能な国内最大の4 100 t吊りFCを選定した。

四国工場で製作された新橋は台船に搭載され、現場付近の鳴尾浜まで海上輸送を行い、鳴尾浜で架設用のFCによって水切りした後、架設位置まで吊り曳航を行った。新橋の架設順序および使用FCを図5に示す。

現場工事は床版の鋼床版化と壁高欄の鋼製型枠化ならびにFC一括架設の採用により、通常の工程を約3ヶ月短縮することができた。また、斜面における難作業で余震に対する恐怖心を抱きながらも短期間（約3ヶ月）かつ、

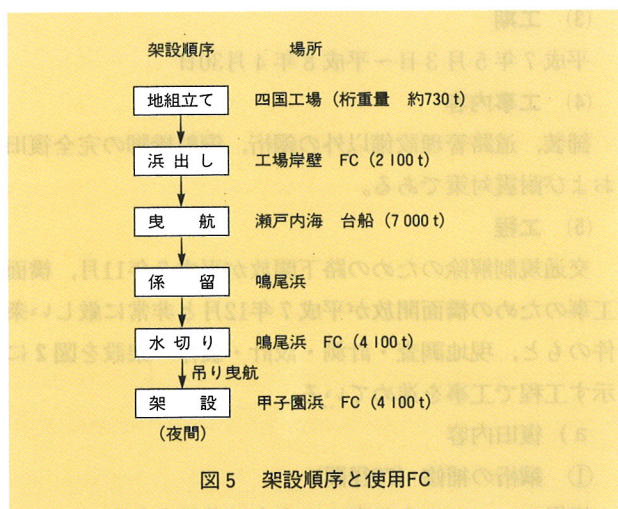


写真9 新橋架設

無事故無災害で工事を完成し、供用開通（平成7年4月10日）することができた。

新橋の架設状況を写真9に示し、工事着手前後の比較を写真10、11に示す。写真10は震災直後の落橋状況を示し、写真11は供用開始直後の完成状況を示す。



写真10 落橋状況



写真11 完成状況

6. あとがき

本工事は災害に伴う応急復旧を目的とした工事であり、工期短縮が最重要課題であった。本文では合理化策を含めて工事報告を述べたが、これらの経験を生かし、一般工事の省力化・工期短縮にも積極的に応用していきたい。

阪神・淡路大震災は我々が経験した未曾有の災害であるとともに、自然と共存して生きている我々に対して、数々の教訓を与え、自然の猛威を痛感させた。また、我々を取り巻く環境においては未経験の自然現象がなお数多く存在するはずであり、今後、我々はこれらの経験を生かし、英知を働かせて安全で質の高い社会づくりに貢献していかなければいけないと実感した次第である。

最後に、震災に遭遇された方々に哀悼の意を表しますとともに、不眠不休でご指導いただいた阪神高速道路公団の皆様と関係者各位のご協力に対しては厚く御礼申し上げます。