

阪神高速 3 号神戸線の復旧工事事例

阪神高速道路公団神戸管理部保全第一課 正会員 鈴木 威
“ 保全第一課長 ” 幸 和範

1. まえがき

阪神高速道路の 3 号神戸線は平成 7 年 1 月 17 日に発生した兵庫県南部地震により甚大な被害を被った。撤去・再構築に至った橋桁は 183 径間、同じく橋脚は 311 基にのぼり、これらの工事が 3 号神戸線の復旧にとって非常に重要な事項であった。

3 号神戸線は国道 2 号、4 3 号等の平面道路と併設されている区間が多く、震災直後から生活関連の最重要路線としても機能確保が必要であったため、復旧工事は非常に狭小な空間での施工を余儀なくされた。また、沿道は多くの住宅が立ち並んだいわゆる密集市街地であり、「騒音」、「振動」、「粉塵」といった問題にも配慮しながらの施工となった。

構造物の撤去に関しては、平面道路の安全性や機能の確保、工期の短縮、周辺環境への配慮といった問題の他に、桁と橋脚の被災状況の違いから桁を残したまま橋脚を撤去・再構築するという難工事が有り、今回の復旧工事の特徴の一つである。桁をベントで仮受けしたあと桁端部を切断して橋脚を撤去再構築したほか、ジョイントの隙間から「テルハクレーン」を利用して橋脚を撤去したり、大型の自走式台車を利用した撤去工法が現場条件によって採用された。橋脚の再構築に関しても鋼製梁の架設にエアークャスターを利用するなど施工性や工期の短縮に工夫を凝らした。また、撤去したコンクリート構造物の処理も大きな問題となり、破碎場所を確保して再生プラントを設置し、再生骨材を製造して有効利用に努めた。

橋脚の補修、補強に関しては別に報告されるため、本文では、撤去再構築に関する特徴的な事項について、施工上の問題点とその解決策の事例を紹介する。



図-1 3号神戸線位置図



写真-1 損傷事例

キーワード : 兵庫県南部地震、阪神高速 3 号神戸線、復旧工事、撤去・再構築工法、テルハクレーン、
連絡先 : ㊟650 神戸市中央区新港町16-1 TEL 078-331-9801 FAX 078-334-1827

2. 上部工撤去工事

撤去再構築に至った橋桁は 183径間に及ぶが、このうち神戸市東灘区のピルツ構造の区間など崩壊・落橋およびそのおそれのある60径間については、地震直後に緊急輸送路を確保するために車両の通行を規制して撤去されていた。残りの箇所については平日の昼間は国道2号、43号の2車線を確保しての施工が条件となり工程的に非常に厳しい施工となった。

2.1 建石地区の撤去工事

建石地区は西宮ランプへの接続の関係から道路が拡幅されており、国道43号のほぼ全面に覆い被さるような構造となっていた。このため、撤去工事には国道43号の山側、海側を交互に通行止めとし、反対側の2車線を対面通行させる必要があった。しかしながら、撤去しようとした平成7年5月頃は地域全体の復旧もまだ緒に就いたばかりの時期で、最重要路線の国道43号の約一ヵ月に及ぶ規制にはなかなか了解が得られなかった。ラジオ・新聞・チラシなどの広報活動や迂回誘導等、出来る限りの対策を検討し、山側の規制について平成7年7月10日から7月25日まで、海側の規制について平成7年7月30日から8月14日までの了解が交通管理者および道路管理者から得られた。

山側の規制中で海側を対面通行させる期間は、通行車両の安全に配慮し、防護工として門型のシェルターを設置した。360tf 吊りのトラッククレーンを配置して切断した部材の取り下ろしを行い撤去することとなったが、渋滞等の大きな混乱もなく、また海側の規制については予定より2日早い8月12日に規制を解除することができた。

2.2 床版撤去工事例

J R山陽本線と交差する鷹取駅の西側では神P-688がせん断破壊して大きく沈下したため、3径間連続の非合成連続桁が座屈した。桁全体を撤去・再構築するのは鉄道上での施工条件から非常に時間がかかるので、主桁の損傷部分のみを再構築することとし、併せて橋脚や基礎への負担を軽くするためRCの床版を鋼床版に作り替えることとした。このため既設のRC床版を主桁から分離、撤去する必要が生じた。

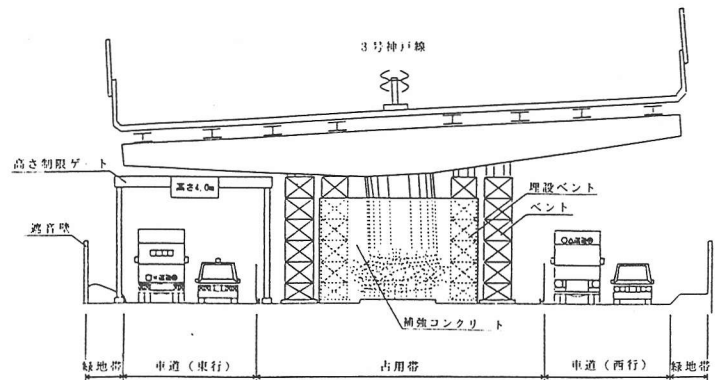


図-2 建石地区での神戸線と国道の断面図

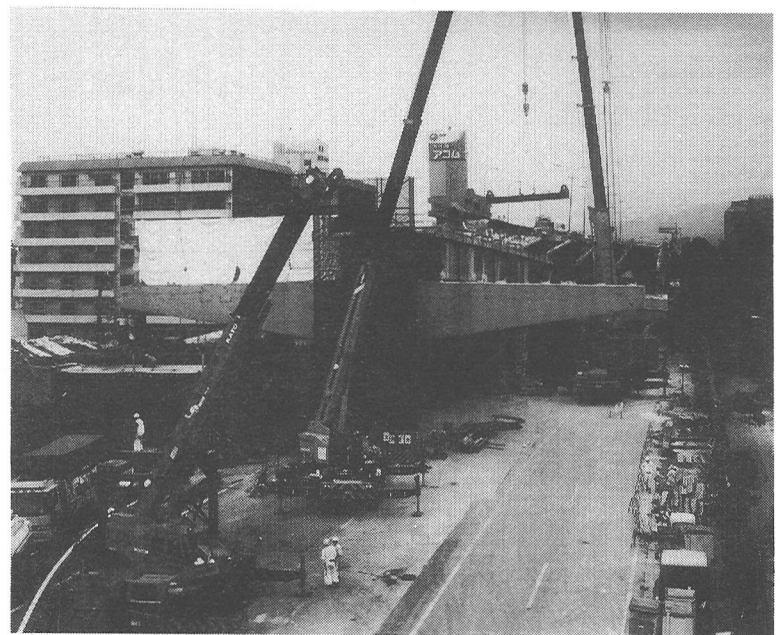


写真-2 建石地区での撤去状況

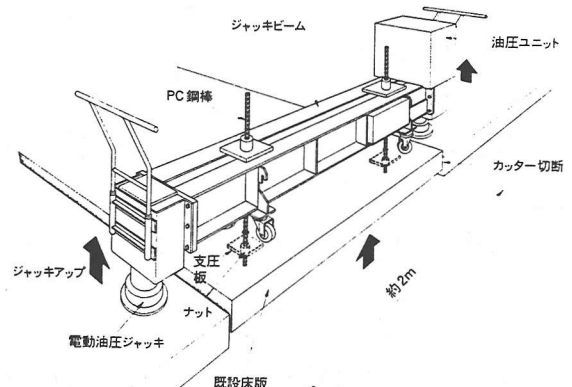


図-3 ジャッキビーム概念図

そこで、既存桁の鋼床版化ということで、全面を短時間で施工でき、しかも騒音等の少ない撤去工法を検討した結果、「ジャッキビーム」を使用して主桁からRC床版を剥離させることにした。

この工法は、橋軸方向に1m間隔に、軸橋直角方向に6m程度に床版をコンクリートカッターで切断し、この床版ブロックに開けた穴にPC鋼棒を通し、ブロックを持ち上げて箱桁から引き剥がすように縁切りを行うものである。撤去後は接添ボルト部分に残るコンクリート塊を除けば残留するコンクリートはほとんどなく、おおむねブロック形状で撤去することができた。箱桁上フランジ上の仕上げはつりも容易なものとなった。桁を健全な状態で再利用するため、床版を切断する際には細心の注意を払った。

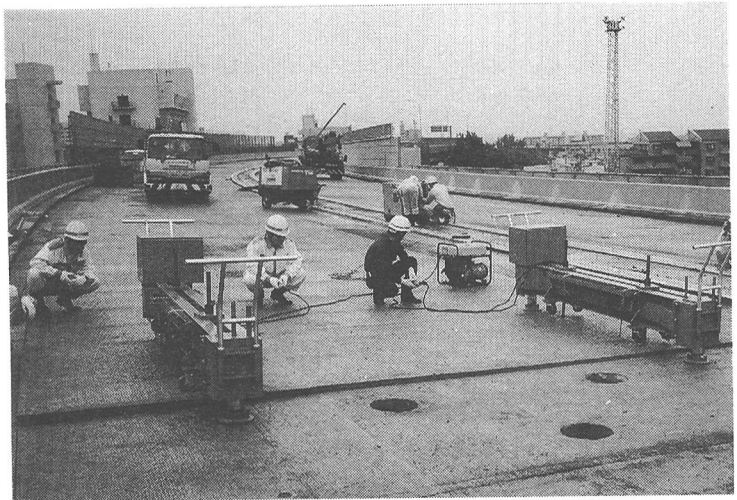


写真-3 ジャッキビームでの撤去状況

3. 橋脚撤去工事

3号神戸線（武庫川～月見山）の復旧工事では311基の橋脚を撤去し、再構築することとなった。この内63基については地震直後に崩壊・落橋および落橋に近い状態となっていた桁と同時に撤去されていたが、残りの橋脚特に桁を存置したままで撤去する橋脚が139基もあり、これが施工法上も工程上も大きな問題となった。橋脚の前後には桁を支えるベントが設置されており、両サイドは道路という狭隘な空間で如何に施工するかが検討された。橋脚付近の桁の損傷が大きい場合には、大型クレーンを用いて部分的に桁を撤去した後橋脚の撤去・再構築を行ったが、以下に、桁を存置したままで橋脚を撤去した工事の例を紹介する。

表-1 撤去方法別橋脚数

テルハクレーン	62
トラッククレーン	30
パワージャッキ	26
トランスポーター	7
その他	14
計	139

単位：基

3.1 テルハクレーン工法

橋脚の撤去ではワイヤーソーで20tf程度のブロックに切断するために大型クレーンで吊り下げ、切断後吊り降ろして搬出する方法が考えられた。しかし、大型クレーンの設置場所の確保やクレーン自体の台数不足が懸念されたため、橋脚上の桁が連続していない箇所では、橋面上にセットしたテルハクレーンで切断した橋脚のブロックを吊り降ろす工法が考案された。

テルハクレーンではチェンブロックを桁と桁の隙間（桁遊間）に通し、撤去ブロックと連結し垂直に降ろすことができる。また、橋軸直角方向に自由に移動させることができるので、柱部分の撤去も搬出用トレーラーへの積み込みも問題なかった。クレーンの操作は作業の効率性から電動のものが多かったが、一部手動で行った工区もあった。

桁端部は桁受けベントの設置により片持ち梁になっており、死荷重状態でも床版のひび割れが懸念された。そのうえテルハクレーンの反力は直接上部工に伝わるため、床版にひび割れが生じないよう支点位置に配慮

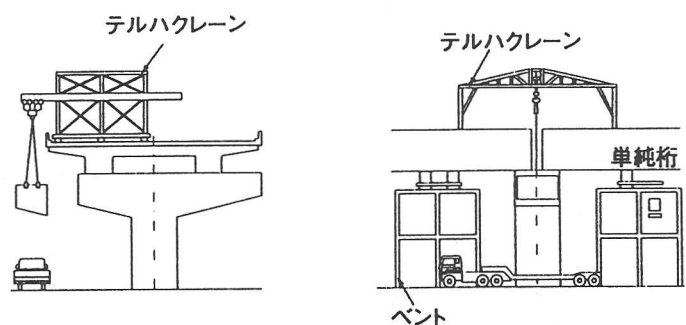


図-4 テルハクレーン概念図

して構造を決定し、橋桁上にセットした。

作業は平行する道路を走る車両の安全に配慮して、夜間に1車線通行規制して梁先端部のブロックを撤去し、残りのブロックの撤去は占用帯の中で昼夜間連続して作業を行った。同工法の採用により、工期を短縮できたばかりでなく、低騒音施工により住民への影響も最小限に抑えることができた。

この工法は桁を存置したままで撤去する橋脚139基のうち約半数の橋脚で採用された。

3.2 パワージャッキ（パワーリフト）工法

パワージャッキは通常、工場などで制作した工作機械などの重量物の搬出やプラントへの据付けなどに使われている。今回使用したジャッキは1台あたり270tfまであげることが可能で安全性に優れている。

施工手順としては最初に柱部を切断して梁部分をそのまま降ろす方法と梁部分を順次切断して降ろす方法の2通りある。

梁全体を一括で降ろす方法は梁全体が占用帯の中に納まる場合に採用された。この方法ではまず柱の両サイドに橋軸方向にレールを敷きパワージャッキを梁の下に設置する。柱部をワイヤーソーで切断してパワージャッキで数センチ持ち上げ、橋脚と桁受けベントの間の仮受け架台まで移動させる。仮受け架台に切断した橋脚を盛り替えパワージャッキを撤去する。その後梁部を小さいブロックに切断して搬出した。

逆に、梁全体が占用帯の中に納まらない場合には梁部分を順次切断して撤去した。この場合は橋軸直角方向にレールを敷き、切断した20tf程度のブロックを占用帯の外側に移動させて搬出した。柱部分の撤去では切断するブロックの上面に撤去用の梁を取り付け、それをパワージャッキで受けて取り降ろした。1ブロックあたりほぼ1日を要したため、橋脚1基全体の撤去に3～4週間程度の時間を要した。

この工法は26箇所で開催されたが、橋脚撤去工事開始当初は既存のシステムを利用できることや施工の安全性、工期短縮の面から多くの工区で採用の希望があった。しかしながら、ジャッキシステムに限りがあり、早期復旧区間（摩耶～京橋）や連続桁の中間支点上など限定された箇所での採用となった。

3.3 大型自走式キャリア工法

この工法は現地作業を少なくするために、超重量物運搬車両（マックスキャリア）を利用して切断した橋脚を大ブロックで一括撤去する工法である。車輪の油圧サスペンションがストローク600mmのジャッキとし

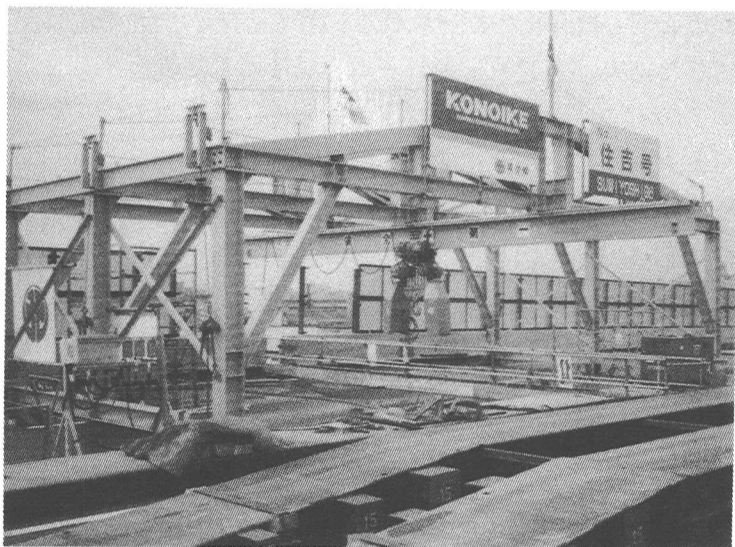


写真-4 テルハクレーン設置状況

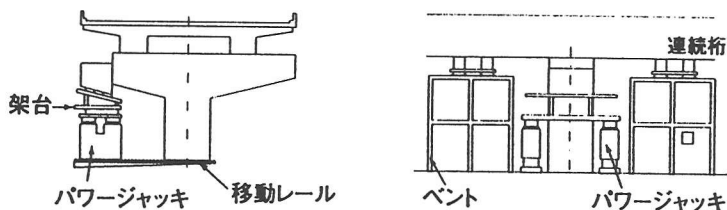


図-5 パワージャッキ概念図

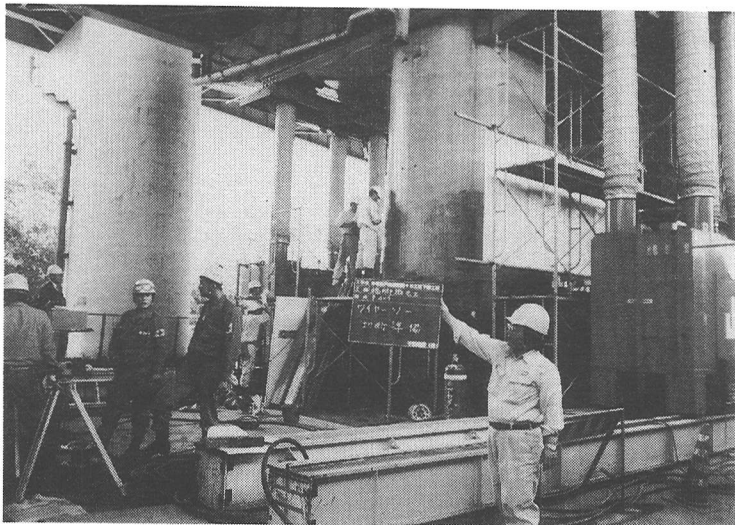


写真-5 切断のための仮受け状況

ての機能を果たすことを利用して空頭の無い位置にある重量物の一括撤去作業を実現し、360度ステアリング性能によりあらゆる走行軌跡が描ける機能で狭い場所への進入退出を可能にした。自走台車（ユニットキャリア）と台車（ユニットドーリー）の連結により、重量物の大きさや重さ（最大2720tf）に合わせて自在に編成できるが今回の工事では340tfまで積載可能に組み合わせた。

施工フローを図-6に示す。施工上留意した点は移動時の安定性の確保と撤去ブロックの固定である。マックスキャリア（約70tf）にベント架台（高さ10m, 50tf）を載せ、その上に切断したブロック（約120）を固定する構造になる。このままではトップヘビーな状態となりバランスが悪い。そこでカウンターウェイト（約100tf）をマックスキャリア上に載せ、それからベント架台を設置した。これによって重心位置を2.5m～3m下げることができ、全体の安定を保つことができた。また、切断する梁の形状（梁下）は全てテーパ（約10°）がついており、切断時や移動時の滑落防止が必要であった。その対策としては切断する梁下に取り付けたコーナピースと架台にセットしたキリンジャッキを調節して固定した。ジャッキは1ブロックあたり6台設置し、梁高の高いほうへの滑落を防止したが、安全性を高めるためアングル材でもブロックと架台を結合した。固定作業はマックスキャリアを所定の位置にセットしてからワイヤーソーで橋脚を切断するまでの間（4～5時間）に施工したが、実際の作業時間は1時間程度で完了できた。

この工法で7基の橋脚が撤去されたが、いずれも橋脚全体で1～2週間のサイクルタイムで予定どおり施工できた。当初は交通規制や交通安全、移動の間の障害物（交通標識、照明柱）などいろいろな点で心配されたがほとんど問題なく工事が進んだ。今後の課題としては、車両の使用価格が高いため、より効率的な運用を図る必要があると考えられる。

4. 橋脚梁架設

再構築するRC橋脚は、被災した橋脚のフーチング天端から上側のコンクリートを撤去し、柱はRC構造で、梁は鋼構造で再構築する工法を多用した。3号神戸線では工期短縮による路下の国道等への影響の軽減および梁の軽量化による耐震性の有利性から全体の約7割で採用した。この複合橋脚の施工は、図-7に示す

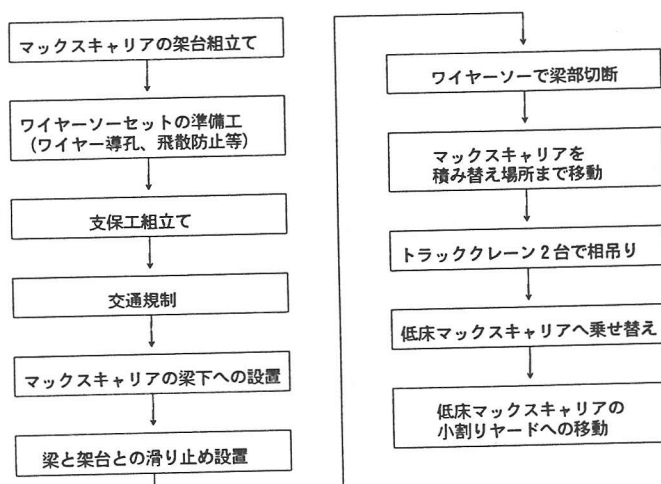


図-6 マックスキャリアでの施工フロー

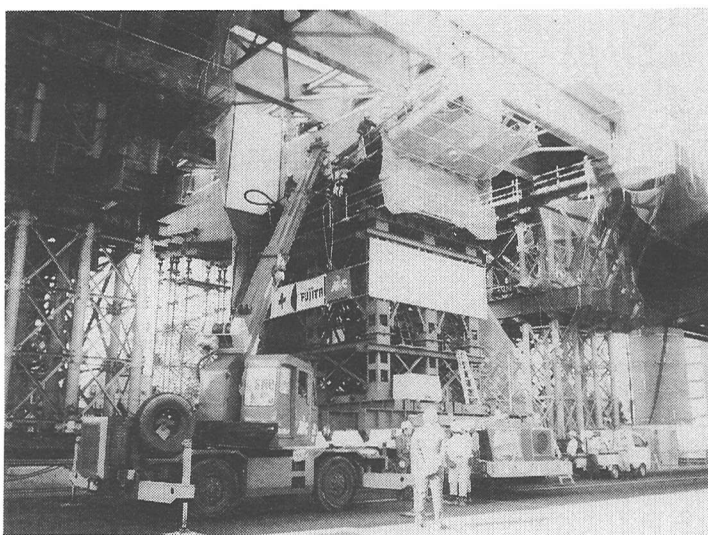


写真-6 梁と架台の固定作業状況

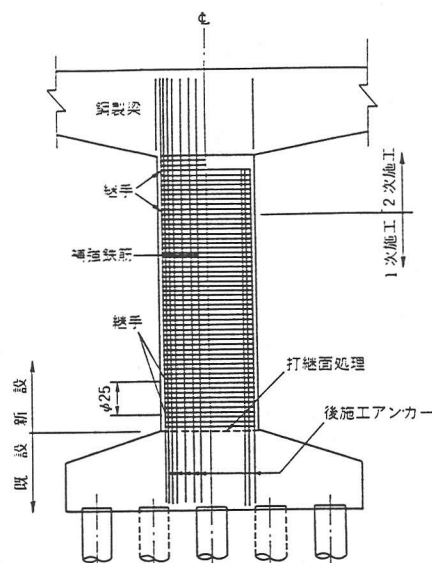


図-7 複合橋脚の構造

ように、まず、梁下端より2.5m下までRC柱を立ち上げ、その後、鋼製梁隅角部の下フランジにあけた鉄筋用孔に柱軸方向主鉄筋を差し込み、柱部のコンクリートを打設して梁と柱を連結した。

鋼製梁の架設は、桁が撤去されている場合は通常の鋼製橋脚の架設と何ら変わらないが、桁が存置されている場合には、撤去時と同様施工が困難であった。基本的な手法は撤去時と同じであるが、幾つか施工例を紹介する。

4.1 ワイヤークランプ工法

ワイヤークランプ工法は手法的にはテルハクレーンを用いた撤去工事と似ている。橋脚を撤去する場合には20tfに切断したブロックの吊り降ろしであったが、鋼製梁の架設には50～60tfのブロック吊り上げ能力が必要となった。そこで1基あたり100tfの吊り上げが可能なワイヤークランプを採用した。

施工方法としては、まずトレーラーで搬入した梁部材を一点吊りで橋軸直角方向に回転させる。次に所定の位置に横移動し、ワイヤークランプを2台使用して二点吊りで梁部材を吊り上げ、横移動させてベントに仮置きする。ワイヤークランプの横移動には桁の上に軌条設備を設置してシリンドージャッキにより移動させた。

ワイヤークランプは斜張橋のケーブル引き込みなどで使用されるジャッキであるが台数が限定されている。そのため、架設用軌条を2セット制作して橋脚2基の架設を同時に実施したり、隣接した工区で互いに工程調整しながら使用するなど効率的な利用を図った。同様の工法でツインジャッキを用いた工区もあった。

4.2 自走式台車・パワージャッキ併用法

自走式台車・パワージャッキ併用法は自走式台車に地組した鋼製梁を載せて架設位置まで搬入した後、パワージャッキで柱上に架設する工法である。

まず、架設位置近くのヤードに鋼製梁のブロックを搬入して地組する。地組された鋼製梁はトラッククレーン2台で相吊りして自走式台車に積み込む。夜間、道路を規制して台車を走行させ、架設位置まで移動する。架設位置までくると自走式台車の特徴を生かして90°方向転換し、橋脚柱と桁受けベントの間に進入する。このあとパワージャッキをセットして梁を仮受けし、1日目を終了する。2日目にはパワージャッキで所定の高さまでジャッキアップし、その後パワージャッキを橋軸方向にスライドさせ、柱直上で梁受けベントに載せ変える。3日目に自走式台車やパワージャッキを撤去して作業を完了する。

騒音などの問題もなく、非常に短期間で作業を完了することができた。

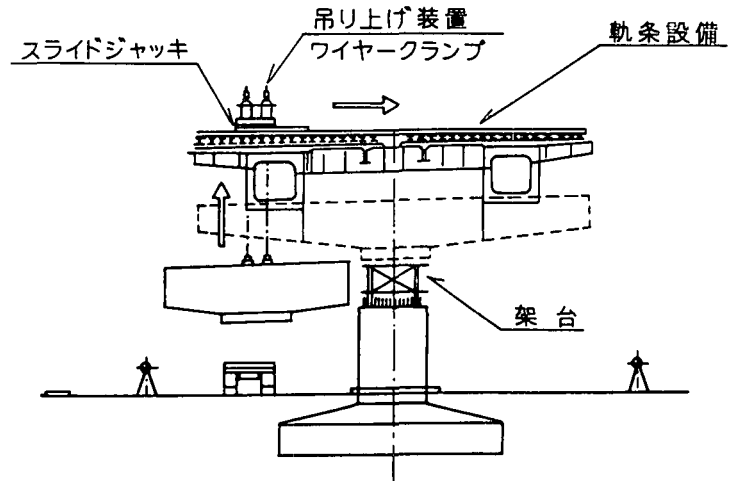


図-8 ワイヤークランプ吊り上げ設備

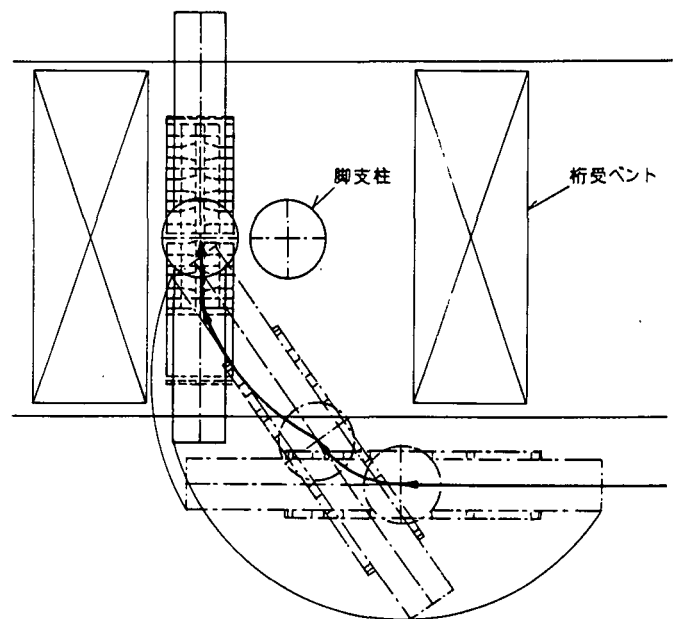


図-9 トランスポーター進入要領

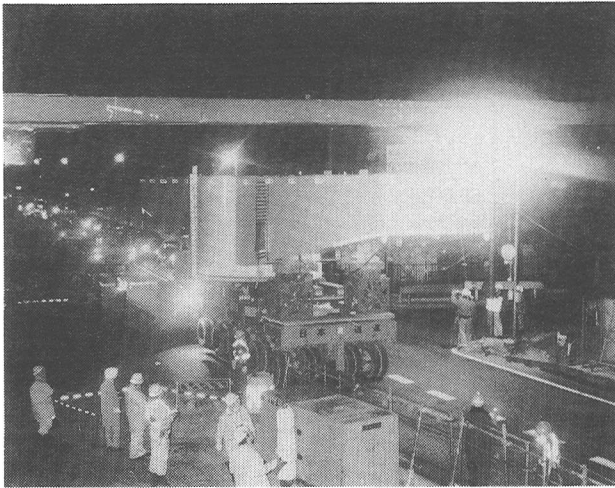


写真-7 トランスポーター移動状況

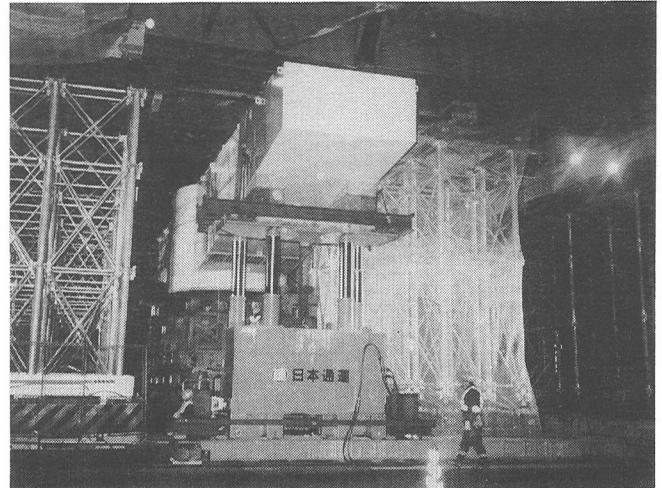


写真-8 パワージャッキでの扛上状況

4.3 エアークャスター工法

橋桁のジョイント部の隙間からセンターホールジャッキを使用したジャッキアップ横取り工法で架設を行う箇所では、トレーラーで運搬された梁を90°方向転換した後、所定の位置まで水平移動が要求された。その方向転換および水平移動のためにエアークャスターを採用した。

エアークャスターはホバークラフトに似た原理で作動し、コンプレッサーで圧搾空気を送り込むと重量物を薄い空気層の上に浮かび上げることができる。あとは人力で十分回転・移動ができる。

施工上問題となったのは平滑な床面の確保で、5m×8mの作業用架台を制作しエアークャスターを走らせた。トレーラーから作業用架台へは、トレーラーの高さを調整しトタン板やアルミテープでシールして移動を可能にした。

エアークャスター4台で架設ブロックを移動させたが、設置から所定位置への移動まで約1時間、1ブロックの吊り上げ設置まで1日で完了した。

4.4 ヒンジ式ベント

平面道路の2車線と神戸線の桁に平面的に余裕がある場合には、梁引き込み用のベントを組み立て、トラッククレーンでブロックをベントに載せ、チルトンクチルホールを用いて横取りした。

この場合でも平面的な余裕が小さい場合には、トラッククレーンで仮置きする部分のベントの下端部をヒンジ構造とし、道路の規制時間を最小限に抑えた。

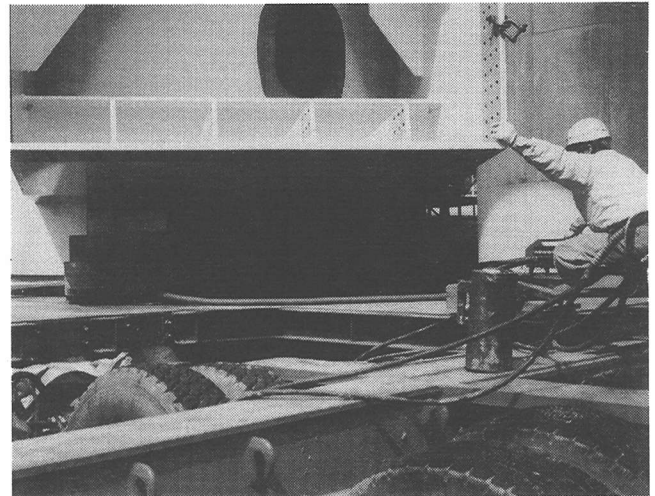


写真-9 エアークャスターでの横移動状況



写真-10 ヒンジ式ベントでの架設状況

5. 撤去コンクリート構造物の処理

撤去したコンクリート構造物は騒音・粉塵等の問題から現地での破碎作業ができない上に、残塊の受入先の確保も困難であったため、復旧工事の工程進捗を図るうえで撤去物の処分地の確保がキーポイントとなった。兵庫県及び神戸市と協議した結果、甲子園浜とポートアイランドⅡ期に借地が可能となった。

各現場から搬入されたコンクリートブロックは破碎場所でクローラークレーンで下ろされた後、先ずアイオンで小割りしニブラで破碎して鉄筋とコンクリートを分離した。その後マグネットを使って鉄筋を除去し、残ったコンクリート塊を破碎機に投入して骨材化した。破碎機は設計製作の時間や作業ヤード内での移動を考慮して既製品の自走式のジョークラッシャーを使用することとした。

甲子園浜ではコンクリートブロックの搬入に対して破碎作業が追いつかず、オーバーサイズの骨材の処理にも困ったため2次破碎機（インパクトクラッシャー）を導入して破碎作業の効率化を図った。

橋脚再構築や補強工事で掘削した土砂等は施工ヤードの制約から現地に仮置きできずに処分したため、その埋戻し材料として処分地に搬入したコンクリート塊を再生砕石にして利用することとした。

破碎作業を実施する上では環境対策も非常に重要な事項であった。コンクリートブロックの受入れは深夜及び日曜休日でも実施したが破碎作業は深夜及び日曜休日は休止した。甲子園浜においては幾度となく住民から苦情が出てその都度対応策を講じて破碎作業を継続した。ボックス桁のコンクリート床版のはつり作業で相当大きな騒音が発生し苦情が相次いでからは、破碎作業箇所限定していた防音シートを処分場の住居側全面及びそれに連続した東西面 40mに拡張し、さらに防音シートの上に防塵ネットを10mの高さまで設置して埃対策も強化した。

ポートアイランドⅡ期と甲子園浜に合わせて40,000㎡近い敷地を確保したが、当初は十分と思われた敷地面積も破碎ボリュームの増加や撤去構造物の搬入時期の集中により受入れができない事態が発生し、現場の工程に影響を与えた。また、甲子園浜では住民の苦情により破碎作業のストップひいては現場作業のストップという事態を引き起こしそうになった。以上のことを考えると作業ボリューム、作業期間に応じた十分な広さがあり周辺環境への影響の少ない作業場所の確保が最も重要な事項であると考えられる。



写真-11 破碎作業状況（甲子園浜）

5. おわりに

3号神戸線における復旧工事のうち主に橋脚を残したまま橋脚を撤去・再構築した工事について紹介した。工程的にも施工条件的にも非常に厳しい中、各現場条件に応じた施行計画が立てられ、無事に工事を完了することができた。工期短縮を最優先の条件として施工方法を決定したため、経済的には最適なものであったとはいえない。今回の施工の経験が生かされ、より経済的、効率的で安全な工法が種々の工事で採用できれば幸いであると考えている。

最後に、悪条件の中、3号神戸線の1日も早い復旧にと様々なアイデアを検討し、それを実現して頂いた施工業者の皆様にご心より感謝いたします。

表-2 残塊等の搬出量

搬出先	コンクリート	残土	アスファルト
ポートアイランド	30,700	—	700
甲子園浜	75,000	8,100	2,500
その他	14,700	62,300	39,800
合計	120,400	70,400	43,000

単位：㎡