

短期間立体交差化新技術「QS工法」の紹介

Introduction of a New Technology for Short-term Construction of Multi-Level of Multi-Level Crossing 「QS Method」

奥村 恭司*¹ 能登 宥愿*² 菅井 衛*³ 酒井 久雄*⁴
Kyoji OKUMURA Hiroyoshi NOTO Mamoru SUGAI Hisao SAKAI

Summary

We have developed a new technology called the QS method. This method enables a multi-level crossing to be completed in a short period of time and thus promises to alleviate traffic jams caused by bottleneck crossings. This method requires that the construction of the superstructure be done simultaneous with that of the substructure. The method was developed in collaboration with Tokyu Construction, a company with much experience in urban civil engineering and railway construction. This paper gives an overview of the above method.

キーワード：短期間立体交差化，上・下部同時施工，軽量盛土工法，リバース杭，回転圧入鋼管杭，
コンクリート充填鋼殻フーチング，連続ラーメン構造，大型搬送車，リフトアップ装置

1. まえがき（開発の背景）

交通量の多い都市部の交差点では、日常的に交通渋滞が生じ、排気ガスや騒音・振動による周辺環境の悪化、市民生活の不便、物流の遅延、緊急車両通行の妨げなど、人的、経済的な損失は甚大であり社会問題にまで発展している。立体交差化はその有効な解決策のひとつであるが、従来までの立体交差化事業では、渋滞が慢性化している交差点を立体化するのに1～2年の工事期間を必要とした。さらに、作業スペースを確保するために通行規

制も広範囲に及び、交通渋滞の緩和を目的とした事業そのものが更に深刻な交通渋滞を生むという悪循環が懸念され、事業を断念するケースさえもあったという。

このような背景から、都市内の立体交差整備事業には、①短期間に完了する急速施工であること、②工事中の交通規制が最小限であること、③工事用地が最小限であること、④周辺環境への影響が小さいことなどの厳しい条件を満足する新工法が必要であった。

そこで、鋼橋の専業である宮地鐵工所・宮地建設工業と、都市土木の実績が多く鉄道の立体化工事を得意とする東急建設両者で、各々がこれまで培った技術を結集し、立体交差整備事業が要求する“狭いスペースの中で極めて短期間に完成させる”新技術『QS工法』を共同で開発した（図-1参照）。

すでに、本工法は2003年6月2、3日に東京都の主催で開催された「短期間施工立体シンポジウム」を初め各種技術フェアにて発表済みである。低構造高橋梁である鋼コンクリート合成型枠橋の「QSブリッジ」、鋼・コンクリート合成床版の「QSスラブ」に続くQSシリーズ第3弾になる。

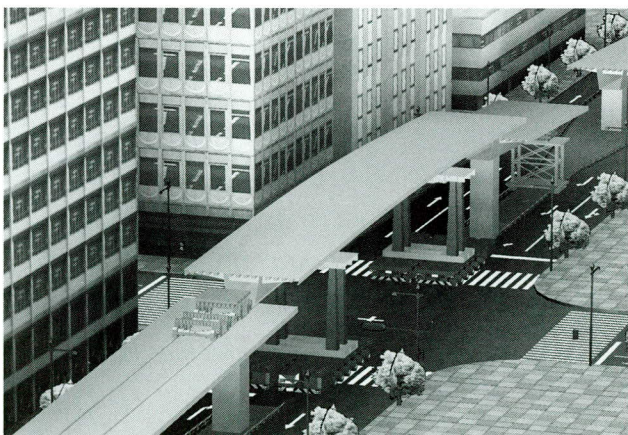


図-1 QS工法概要図

*¹技術本部設計部設計二課課長
*²技術本部技術研究所所長

*³宮地建設工業(株)鉄道・橋梁技術部長
*⁴宮地建設工業(株)鉄道技術グループ

2. 全体概要

本工法は上部工と下部工を同時期に施工することにより、短期間に高架橋とそれに接続するスロープ部を構築して交差点を立体化し、渋滞の解消を図る工法である。

立体化する方の道路が、地下に潜るアンダーパス工法に対し、主要道路の上を跨ぐオーバーパス工法である。オーバーパスの場合、地盤条件、地下埋設物等の影響はより小さいが、施工時の主要道路の通行規制を最小限に留め、二次渋滞の発生を回避することが課題となる。そのため、本QS工法では交差部桁ブロック接合時に十分な架設クリアランスを確保する工夫を施すなど、短時間の桁同士の接合を可能とし、主要幹線道路の通行規制を1晩のみとした。

また、全体工期短縮のため、工事規模、工事用地を最小化する高架構造の採用と部材のプレキャスト化を徹底し、現場工期を従来工法（トラッククレーンベント架設で上・下部同時施工を前提とした場合）と比べ約半分の3.5ヶ月（実日数）に短縮した。

3. 立体交差構造

(1) スロープ部（アプローチ部）

スロープ部は、軽量で自立し、基礎杭と擁壁が不要となる気泡モルタル盛土を基本とする（軽量盛土工法）。気泡モルタル以外の盛土材として、現地の地盤状況に応じてEPS（発泡スチロール）、現地発生土を積極的に再利用する流動化処理土等の採用を考えている。

〈特徴〉

- ① 盛土材の軽量化を図ることで、擁壁および基礎杭が不要となる。
- ② 自立性の高い盛土材を使用することにより、橋台に側圧が作用しない構造としている。
- ③ 外壁となるプレキャスト板（型枠兼用）とプレキャスト高欄を使用することにより工期が短縮できる。
- ④ 重量の軽い鋼製橋台を使用することで、基礎部へ与える影響を低減できる。
- ⑤ 現地発生土を流動化処理土として再利用することで環境負荷を低減できる。

(2) 基礎部

基礎部は都市部での一般的な地盤条件に配慮し、杭基礎を想定している。コンパクトなTBH削孔機を用いた

場所打ち杭（リバース杭）を標準とする。現場状況により、回転圧入鋼管杭（NSエコパイル等）の採用を考えている。また、良好な地盤が得られる場合を想定して、直接基礎形式での検討も進めている。何れも省スペース化が図れ、騒音・振動をできるだけ小さくできる工法である。

〈特徴〉

○場所打ち杭（TBH削孔機）

- ① 小型機械を使用するため施工スペースが小さくて済む。
- ② 騒音振動が小さい。

○回転圧入鋼管杭（NSエコパイル等）

- ① 無排土で振動・騒音が小さく、環境にやさしい工法である。
- ② 鋼管杭先端についた螺旋状の羽根の拡底効果により、大きな支持力が得られる。

○直接基礎

- ① 杭打設工事が不要となるため、工期短縮・コスト削減が図れる。
- ② 騒音・振動が懸念される杭打設工事がなく、環境にやさしい工法である。

(3) 下部構造

下部構造は、現場工期の短縮を図るため脚柱部およびフーチング部を工場製作の鋼製構造とする。鋼製の橋脚は、現場工期短縮、設置スペースの制約などの要件により都市内での採用事例が多い。フーチングは脚基部と一体化した鋼殻に現地でコンクリートを充填し、基礎杭と一体化するものであり、海上部で採用事例（東京湾横断道海峡部橋梁橋脚、関西国際空港連絡橋橋脚）がある。本工法ではその現場工期短縮効果を期待して陸上部で採用する。

〈特徴〉

- ① プレキャスト化を図ることで工期を短縮できる。
- ② 軽量化を図ることで基礎部へ与える影響を低減できる。
- ③ 鋼製脚はコンクリート製脚に比べ断面をコンパクトにでき、狭い設置スペースを有効に活用できる。

(4) 上部構造

高架部の主桁構造は、軽量で下部・基礎部の負担を小さくでき、剛性が高く自身の構造高を抑えることのできる鋼床版箱桁とした。さらに、路面計画高を低くして全

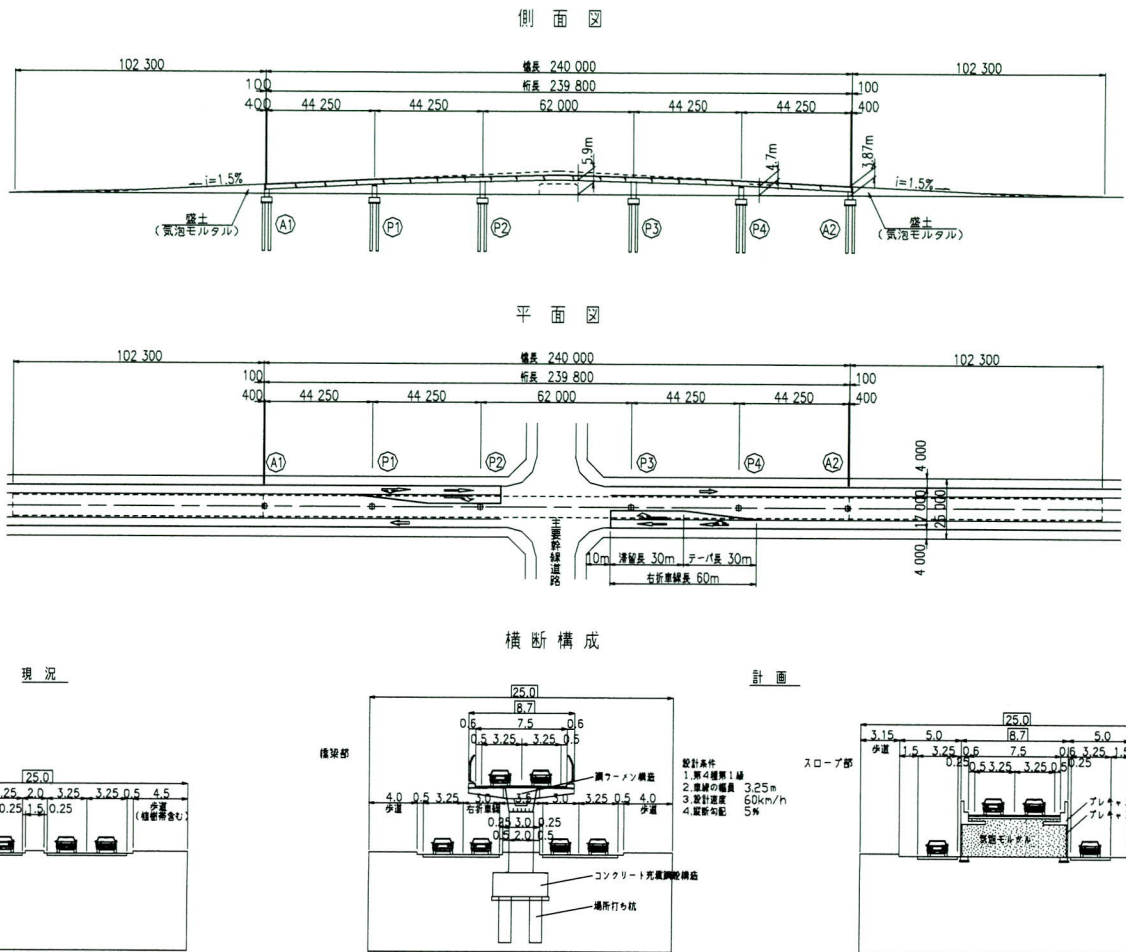


図-2 QS工法立体化構造図

体規模を小さくするため、支承や橋脚横梁が省略でき、桁下空間の確保に有利な鋼製脚柱と主桁が剛結する「連続ラーメン構造」を採用した。

〈特徴〉

- ① 構造高の最小化、支承・橋脚横梁等の省略ができ、路線高全体を最小限に抑えて工事規模を最小化（⇒現場工期短縮）することができる
- ② 各部材が工場製作のため、施工精度の確保と現場工期の短縮が図れる。
- ③ 軽量のため下部・基礎部へ与える影響を低減できる。
- ④ 軽量のため架設機材の所要能力を低減でき、一括架設も容易であること、架設した桁上を直ちに作業ヤードとして利用できるなど架設工法選択の自由度が高い。
- ⑤ 大きな張り出し構造の適用が容易で、都市内道路が要求する各種道路線形（縦・横断、平面）への対応

が可能である。

- ⑥ 都市内の狭小スペースで車線を確保するのに有利な1本柱構造の採用が可能であり、対象交差道路を跨ぎ右折レーンを確保するのに十分な支間長60m程度にも容易に対応できる構造形式である。

総幅員25mの4車線道路同士の交差部での完成予想図を図-2に示す。都市内幹線道路を想定した第4種第1級で、縦断勾配を道路構造令に準拠して最大5.0%としたものである。

4. 施工要領

(1) スロープ部の施工

最初に橋台部の施工を行い、続いて盛土部の壁基礎の構築、型枠のプレキャスト板の設置、気泡モルタルを打設し、最後にプレキャスト高欄を設置する。両側の歩道

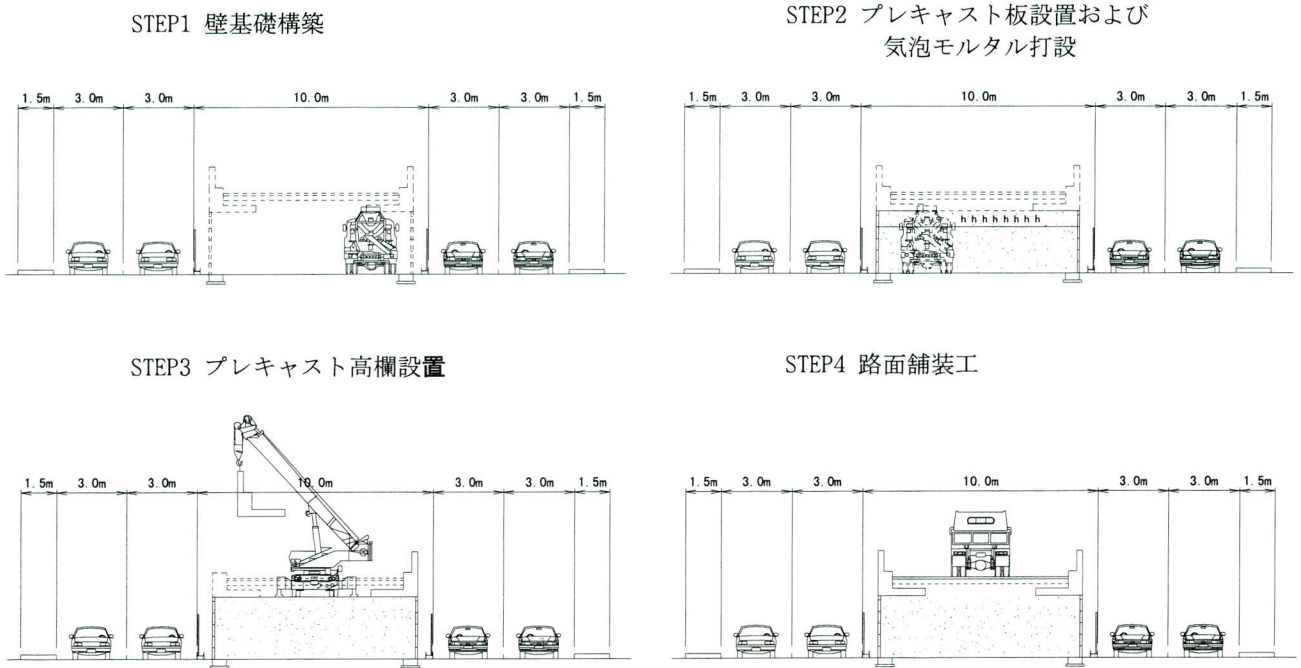


図-3 スロープ部の施工要領

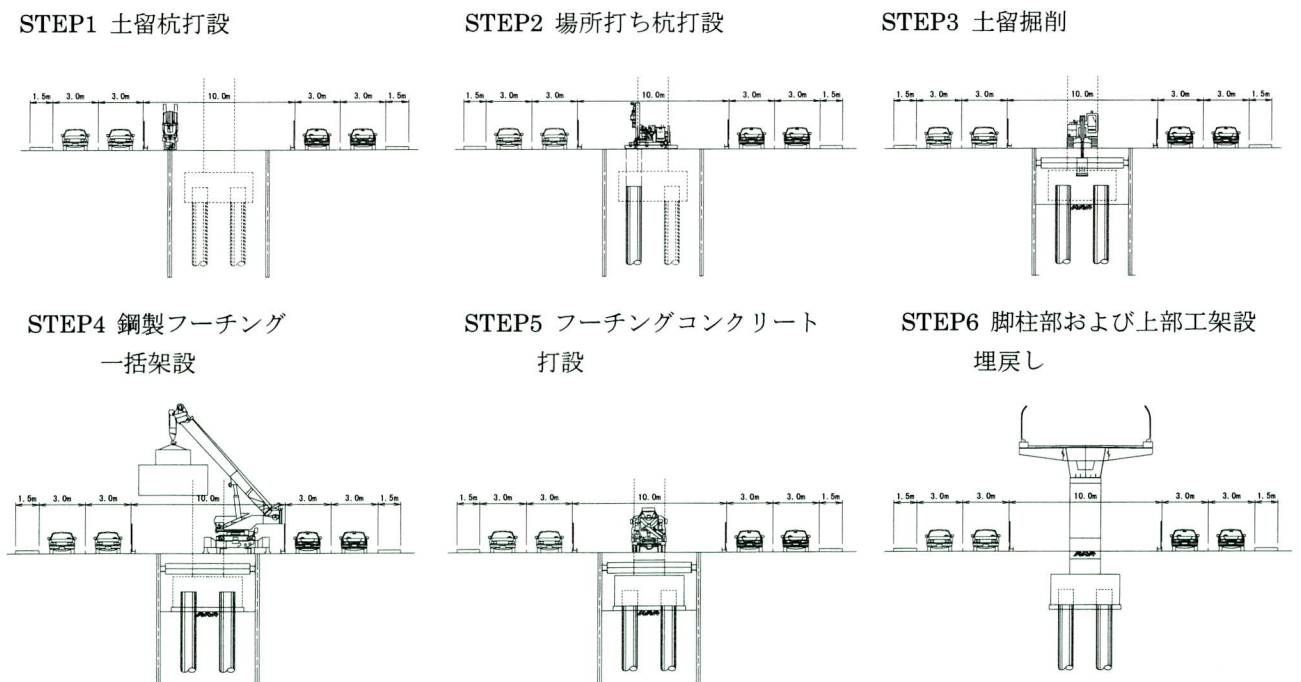
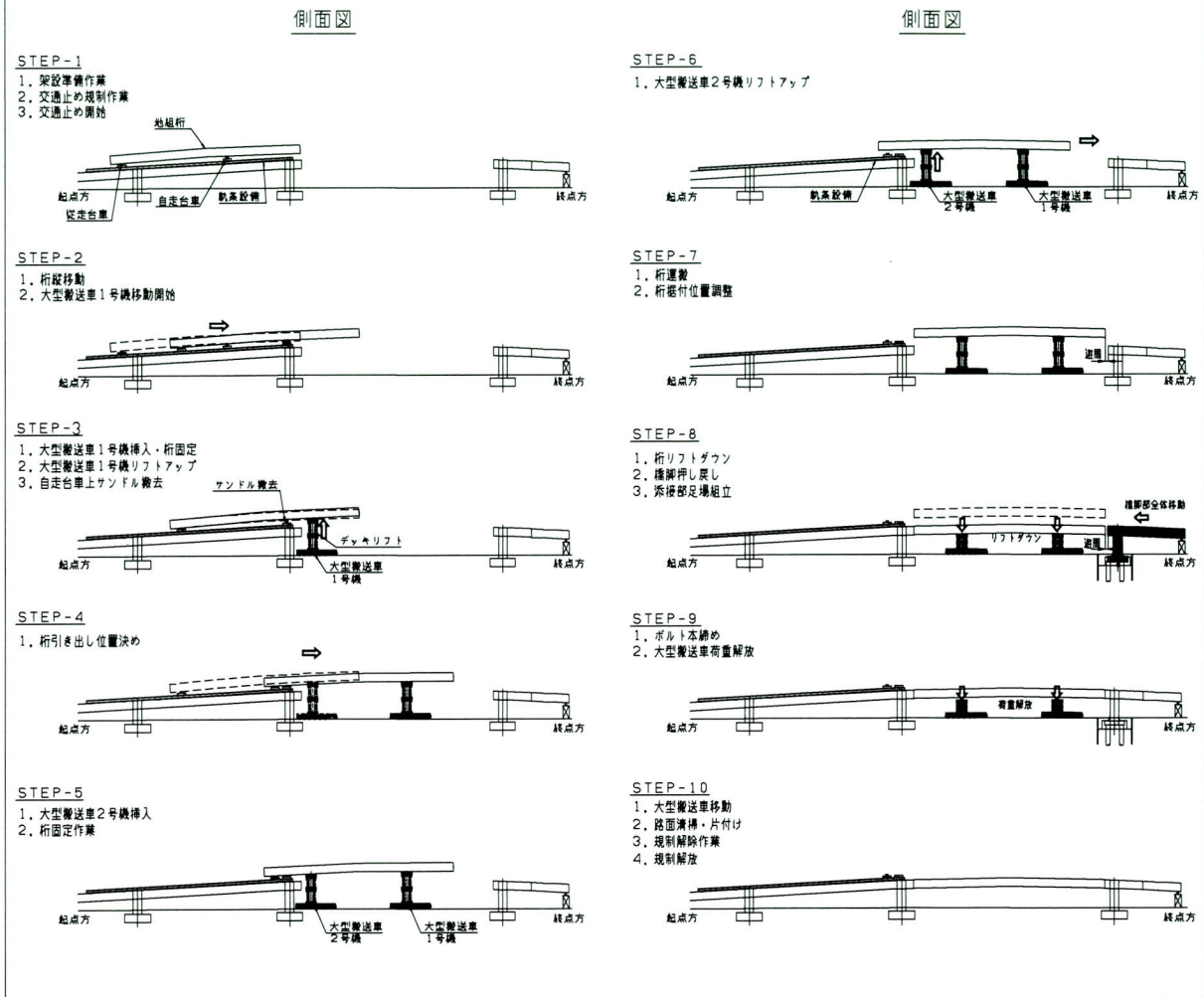


図-4 橋脚部の施工要領

交差点部一括架設ステップ



主要工種	時間 所要 時分	時間										備考							
		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300		330	360	390	420	450	480	510
交通止めの作業		計7時間																	
主要幹線道路	480分	[Solid bar from 0 to 480]																	
側道 起点方方面	断続	[Dashed bar from 0 to 480]																	
側道 終点方方面	断続	[Dashed bar from 0 to 480]																	
準備作業 規制設置	30分	[Solid bar from 0 to 30]																	
桁縦移動	10分	[Solid bar from 30 to 40]																	
大型搬送車1号機 挿入・受替作業	60分	[Solid bar from 40 to 100]																	
桁引き出し位置決め	20分	[Solid bar from 100 to 120]																	
大型搬送車2号機 挿入・受替作業	20分	[Solid bar from 120 to 140]																	
大型搬送車2号機 リフトアップ	10分	[Solid bar from 140 to 150]																	
桁運搬・位置決め	30分	[Solid bar from 150 to 180]																	
桁リフトダウン 橋脚押し戻し・添接	90分	[Solid bar from 180 to 270]																	
ボルト本締め 荷重解放	150分	[Solid bar from 270 to 420]																	
後片付け 規制解放	60分	[Solid bar from 420 to 480]																	

図-5 交差点部の一括架設ステップ

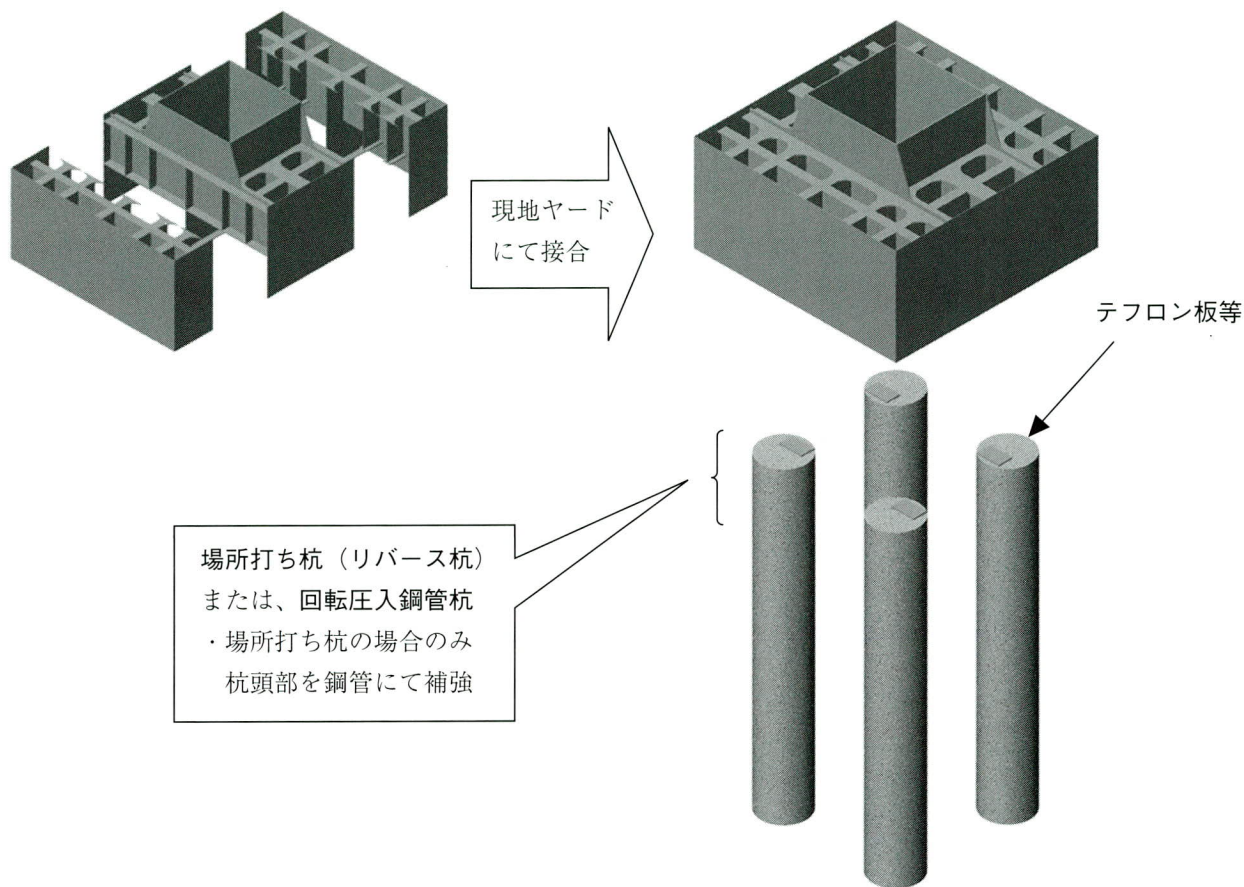


図-6 橋脚基部構造概要図

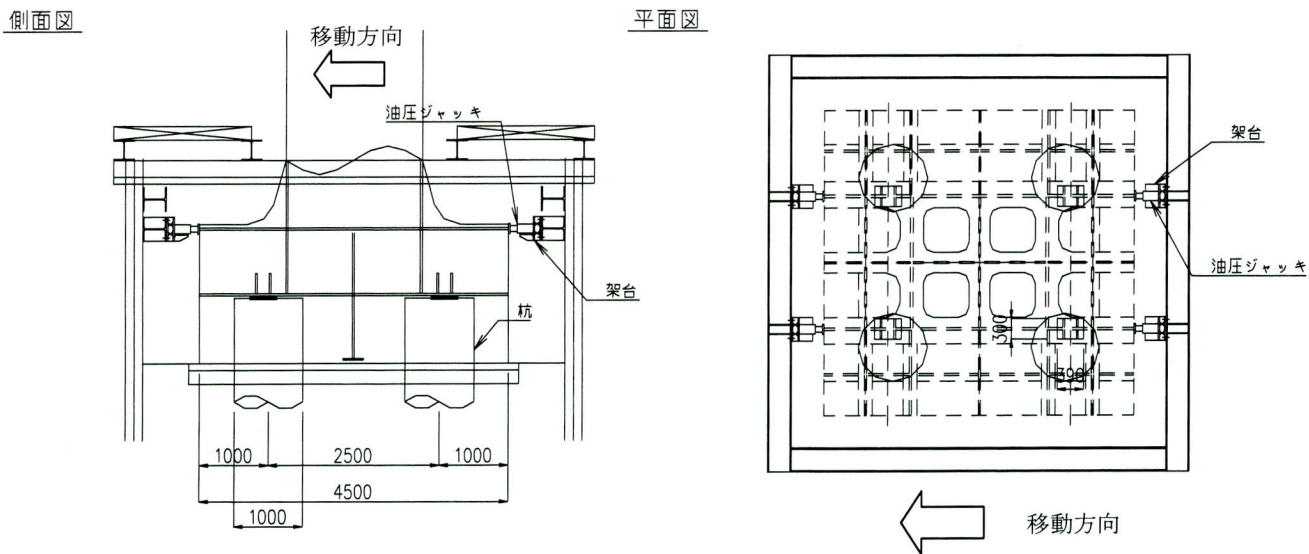


図-7 橋脚基部移動要領図

を縮小することで現状の車線数（4車線、25m 道路）を確保して行う。構築方法は以下の手順となる（図-3 参照）。

- ① 橋台部場所打ち杭の施工
- ② 鋼製橋台の設置
- ③ 橋台フーチング部のコンクリート充填
- ④ 外壁となるプレキャスト板基礎の施工
- ⑤ 外壁となるプレキャスト板の設置
- ⑥ 気泡モルタル盛土の打設
- ⑦ プレキャスト高欄の設置

(2) 橋脚部の施工

橋脚部の施工についても、両側の歩道を縮小することを前提に現状の車線数（4車線、25m 道路）を確保して行う。

構築方法は以下の手順となる（図-4 参照）。

- ① 土留め工
- ② 場所打ち杭の施工
- ③ 掘削
- ④ フーチング鋼殻（橋脚基部含む）地組立、一括架設
- ⑤ フーチングコンクリート打設
- ⑥ 脚柱部架設、埋戻し

(3) 上部工の施工

1) 架設順序

中央径間が交差道路を跨ぐ連続鋼ラーメン橋を架設する場合、以下の架設順序が考えられる。

- I 中央径間交差点部を先行架設し、両側径間部を架設
- II 片側から順番に架設
- III 両側径間を先行架設し、中央径間交差点部を架設
本工法では以下の理由により、両側径間を先行架設し、中央径間交差点部を落とし込み架設する順序とした。

- ① 中央径間架設時の過大な桁変形を抑えることが出来、モーメント連結が容易である。
- ② スロープ部の施工時期が任意となること。
- ③ 架設済みの桁上を作業ヤードとして利用できること。

ただし、鋼連続ラーメン橋の中央部の桁を後架設する際には、両側の橋脚位置が固定されているため、非常に高い施工精度が要求される。また、この架設順序は2箇所以上の交差点を一気に跨ぐ場合には不向きである。

2) 交差点部の架設

交差道路を跨ぐ桁ブロックは、先行して架設した片方の側径間桁上で組立てて送り出し、一括架設する。最初に桁上を自走台車で送り出し開始し、張出した桁を用地内で組立てた2台の大型搬送車に順次盛り替え、所定の位置まで移動後、リフトアップ装置（大型搬送車の上に設置）により降下、両端を架設済みの桁間に挿入、接合する（図-5 参照）。

一連の作業を対象交差道路（主要幹線道路）の通行規制が一晩だけで済むように迅速かつ確実に行うため、片方の橋脚部を約100mmセットバックして設置しクリアランスを確保、所定の高さに桁ブロックを降下させた後、セットバックしてあった橋脚部全体を移動して接合する。移動は土留壁を反力壁として、油圧ジャッキにより行う。移動する橋脚のフーチング内にはコンクリートを充填せずに、鋼殻構造を基礎杭上のスライド板で支持する。基礎杭に場所打ち杭を採用する場合、杭頭部に鋼管を設置して補強する。（以上、図-6, 7 参照）

なお、本工法は、この橋脚部全体の移動を可能にして施工精度の緩和を図り、施工の時間短縮と遅延リスクを回避することが際立った特徴（特許出願中）であるが、必要がない場合は、移動作業を省略することも考えている。例えば、交差点部桁ブロックの平面線形が曲線で、平面的にクリアランスが確保できる場合などである。

3) 側径間部の架設

側径間部の桁ブロックはトラッククレーンにより架設する。同作業は夜間限定とし、その間クレーンを設置する側の2車線は通行規制する。なお、クレーンを桁上に設置することなどにより、現状の車線数を確保しての施工も考えられるが、本工法では現場工期を短縮することを優先した。

5. 現場工程

現場工程を表-1に示す。図-2の構造規模の場合で実日数を示したものである。この場合A1～P2側径間桁上でP2～P3間交差点部桁ブロックを組立てることを想定している。同ブロック組立てと平行してP3～A2側径間桁架設を行う手順である。基礎杭の施工は、2セットで行うことを想定している。現場工程には、準備作業、舗装工、鋼桁の工場製作期間は含まない。

本工法は上・下部同時施工を前提として、現場工期の

表-1 現場工程表

工種	1ヶ月			2ヶ月			3ヶ月			4ヶ月			備考	
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30		
下部工	A1~P2施工	[施工期間]												TBH機械2セット
	P3~A2施工			[施工期間]										
スロープ部														
上部工	A1~P2間架設			[施工期間]										
	P2~P3間架設				[施工期間]									
	P3~A2間架設						[施工期間]							

表-2 従来工法との比較表

工法名	所要月日	1ヶ月												2ヶ月												3ヶ月												4ヶ月												5ヶ月												6ヶ月												7ヶ月												8ヶ月												現場工期	全体工費	評価
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240																																																																											
新工法	Q S I 法	2.3ヶ月																								3.5ヶ月	1.00	◎																																																																								
	下部工	[施工期間]																																																																																																		
従来工法	トラッククレーン・セント工法	6.0ヶ月																								6.0ヶ月	0.98	○																																																																								
	上部工	[施工期間]																																																																																																		
工法	手延べ式送り出し工法	6.0ヶ月																								7.7ヶ月	1.06	△																																																																								
	下部工	[施工期間]																																																																																																		

上下部工同時施工を前提とする。

短縮を図っている。同時施工といっても、施工手順は下部工事が若干先行、施工可能となった段階で順次上部工事を開始、ほぼ同時期の施工期間を経て上部単独工事へと移行するものである。上・下部工事の各作業が狭い施工スペースの中で錯綜することも懸念されるが、重複するのは、全工程の1/3程度に過ぎない。

6. 従来工法との比較

本QS工法は従来工法と比較し、現場工期を半減したうえ、コストは同等に抑えることができる(表-2参照)。比較は従来工法も含めて上・下部同時施工を前提とした。さもなければ比較する前からその差が歴然としていたためである。その他の条件は、以下のように設定した。

- ① 上部工架設は、実績豊富なトラッククレーン・ベント工法と手延べ式送り出し工法の2工法
- ② 上部工形式は、工事規模・製作費を同等とするため、すべて鋼ラーメン橋
- ③ 従来工法のフーチングは鋼殻なしの鉄筋コンクリート、スロープ部は盛土、橋脚柱はすべて鋼製

7. おわりに

本工法の特長は下記の通りである。

- ① 現場工期の大幅な短縮(上・下部同時施工を前提で従来工法の約半分の実日数3.5ヶ月)
- ② 最小限の交通規制(対象交差道路の交通規制は1晩のみ、下部工施工時でも現状の車線を確保でき、両

側径間部の上部工桁ブロック架設時に側道の一時的な部分規制を要するのみ)

- ③ 組立用地が不要 (本体構造の地組立、大型搬送車等の組立・解体は工事用地内で可能)
- ④ 工事費は従来工法とほぼ同等
- ⑤ すでに確立され実績のある各要素技術の集大成

また、周辺環境への配慮として、杭の施工に関して、振動騒音を低減できること、無排土基礎杭工法の採用も考えていること、全体施工に関して、最大限にプレキャスト化を図ることで建設副産物の発生を少なくできること、ユーザーへの配慮として、工事による二次渋滞を抑えて、短期間で立体交差化が可能である。

今後の検討課題としては、各種地盤条件や地下埋設物への対応、交差する道路の幅員が狭い場合、立体化する車線数の変化への対応など適用範囲の拡大、乗用車専用道路への対応を予定している。

日常的な交通渋滞は、経済活動にロスを生じさせ、か

つ安全で快適な市民生活を妨げる。ここで提案する交差道路の立体化は、交通渋滞を緩和し、良好な社会基盤としての交通ネットワークを作り出す重要なポイントになると思われる。

最後に、本工法の共同開発に当たり、ご尽力いただいた東急建設(株)の関係各位 (長澤氏、小澤氏、亀廻井氏、吉川氏) に心より感謝申し上げます。

<参考文献>

- 1) 能登, 奥村, 長澤, 小澤: 短期間立体交差化新技術『QS工法』を共同開発, 橋梁&都市 PROJECT Vol.37 No7/2003
- 2) 奥村, 長澤: 短期間立体交差化新技術『QS工法』, 「建設技術展2003近畿」開発技術発表会論文集, 平成15年11月27日

2003. 12. 26 受付

グラビア写真説明

桂川橋

本工事は、名神高速道路大山崎JCTから京滋BP久御山JCTを結ぶ路線事業及び、一般国道478号の道路整備事業の一環として桂川を跨ぐ橋梁です。架設ヶ所は、桂川・宇治川・木津川の3河川が合流して淀川となる地点よりも少し上流に位置しております。上部工概要として、自動車専用部の渡河部橋梁形式は、近接する宇治川橋と共に地域を代表し親しみのあるシンボリックな形で、市街地や自然のパノラマを背景に新しい風景を創出できるよう、V脚ラーメン形式とし、また色彩は縹色(はなだいろ)という藍だけで染め、人々に好まれる日本を象徴する色の一つとし、歴史的に意義深い当地域と、三河川合流部になじむ色彩になるように決められています。(清水 康史)

奥裾花大橋

奥裾花大橋は、奥裾花自然園入り口の奥裾花ダム湖上に位置する、林道にかかる日本最長の中路式ローゼ橋です。奥裾花自然園は、長野県鬼無里村を流れる裾花川の源流部にあり、ミズバショウの群生地として行楽シーズンには、多くの観光客が訪れますが、自然園に続く林道大川線は、道幅が非常に狭く、観光シーズンでの大型バスの片側交互通行が余儀なくされ、交通渋滞が発生します。奥裾花大橋は、林道大川線の一部として周辺の森林資源の開発と活用を図ると共に、交通渋滞を緩和することを目的としています。

現在奥裾花大橋は完成しました。いよいよ春の雪解けを待って自然園の開園とともに多くの観光客の目を楽しませてくれるでしょう。(山田 豊)

観音高架橋

広島西部地域からの交通を都市部に円滑に導入し、深刻な交通渋滞を緩和するために、西広島バイパス(2号高架)の都市部までの延伸約4.2kmが計画され、その中で本工事は国道2号・観音本町交差点部に架かる4径間連続鋼床版曲線箱桁の高架橋として施工されました。

1日に交通量70,000台を越える幹線道路上での高架橋架設工事であり、安全を重点とした架設計画に基づいて現場作業を実施することより無事竣工することができました。(山根 貞幸)