

上下部一体橋梁の急速立体交差化工法「QCIB 工法」

Quick Closing Integral Bridge Method

小泉 幹男 KOIZUMI Mikio JFE エンジニアリング 橋梁設計部長
深澤 登 FUKASAWA Noboru JFE エンジニアリング 計画部 橋梁計画室長
長山 秀昭 NAGAYAMA Hideaki JFE 技研 土木・建築研究部 主査

要旨

JFE グループ (JFE エンジニアリング, JFE スチール, JFE 技研) は, 都市内交差点部の立体交差化を, 基礎を含めた橋梁システム全体として, 迅速に安全にそして経済的に施工する, 上下部一体橋梁の急速立体交差化工法「QCIB 工法」を開発した。本稿では工法の概要とともに, 本工法を構成する要素技術について述べる。

Abstract:

JFE Group (JFE Engineering, JFE Steel, and JFE R&D) have developed QCIB (quick closing integral bridge) Method to construct grade separation bridges at intersections in urban areas quickly, safely and economically by designing the entire bridge including foundation as a bridge system. QCIB Method is composed of several kinds of established core technologies on fundamental design method and construction one. The paper describes the outline of the Method and core technologies.

1. はじめに

これまで, 都市部の交差点立体交差化などの工事では, 工事にもなう交通規制により新たな交通渋滞が発生し, また, 制約条件の厳しい場所での施工となることから, 施工期間が長期におよび, 道路交通への影響も多大であった。さらに, 振動・騒音なども長期間にわたり周辺住民の生活環境に影響を及ぼしていた。

JFE グループはこのたび都市部交通のボトルネックとなる交差点, 踏切の立体化において大幅な工期短縮ができ, 道路交通や周辺環境への影響の少ない狭隘地での施工が可能な「QCIB (quick closing integral bridge) 工法」を開発した^{1,2)}。

QCIB 工法は, 既に基本的な設計法や施工方法が確立されている要素技術を中心としながら, 基礎, 下部工および上部工を含めた橋梁システム全体として, 軽量化, プレファブ化を念頭に構造の合理化を図るとともに, 急速施工法を組み合わせて再構築したものである。本稿では, 今回開発した急速施工法について報告する。

2. 交差点立体化における急速施工の技術課題

本工法の開発にあたっては, 現場作業工期を大幅に短縮するとともに, 工事にもなう 2 次渋滞を緩和し, 工費を従来工法と同程度以下とすることを目標とした。

以下に開発にあたっての技術課題を挙げる。

- (1) 既設道路上という狭隘な作業ヤードを考慮した上で, できるだけ部材のプレファブ化を図る。
- (2) 基礎を施工しながら, 別途組み立てた橋脚と上部構造を一体で運搬し基礎と接合する方法として最適な構造, 施工法を工夫する。
- (3) 上下部構造の併行作業が可能な設計・施工計画を立てる。特に, 都市部軟弱地盤における基礎施工, 架設工事の施工機械をコンパクトなものにする。

3. 本工法の特徴

本工法には以下の特徴がある (Fig. 1)。

- (1) 橋梁部には上下部一体構造としたラーメン橋形式を採用することにより, 耐震性および経済性が向上し, さらに都市景観との調和が図れる。
- (2) 主桁, 橋脚, フーチングをすべて鋼製のブロックプレキャスト構造とすることで, 現地での組立期間を短縮できる。
- (3) 基礎杭として回転貫入鋼管杭「つばさ杭」や「ねじ込み式マイクロパイル」を採用することにより, 無排土施工, 低騒音・低振動施工が可能となり, さらにセメントミルクを使用しないため地下水の汚染や産廃などの問題を生じさせない。
- (4) 基礎部の接合方法に, 鋼製フーチングを基礎杭杭頭部へ直接埋め込む工法を採用することにより, コスト削

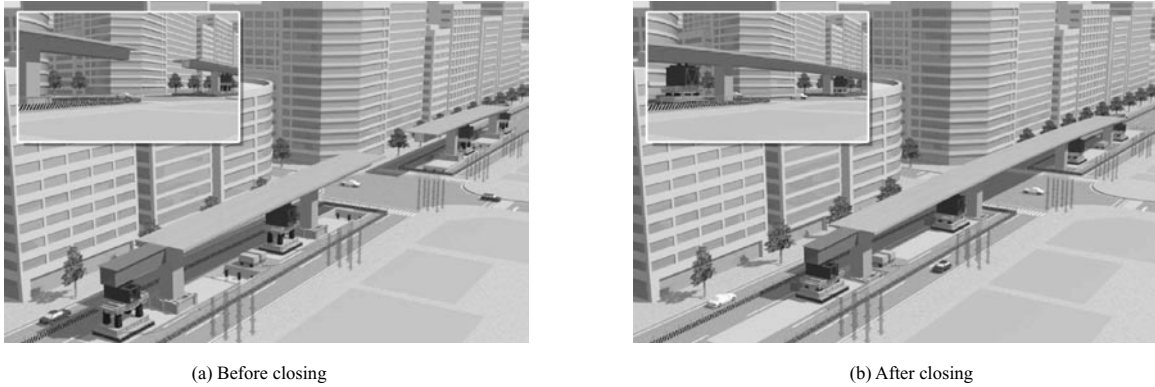


Fig. 1 Conceptual configuration of QCIB Method

減および工期短縮が図れる。

- (5) 基礎部の施工と並行して、交差点を避けた最少の作業占有領域内で上下部一体橋梁の一体組みを行うため、車線規制を必要最小限にすることができる。
- (6) 施工手順は次のとおりである。

Step 1: 交差点を挟む両側で一体組みした橋梁部を、エアークラスターまたは自走式台車の上にセットしたデッキリフターにより一括で持ち上げ、交差点方向に運搬し、接合する。

Step 2: 同時に橋脚部の鋼製フーチングを施工済みの基礎杭に差し込み、その後コンクリートで一体化する。これら閉合作業は1晩4h程度で施工できるため、交差点の交通規制が大幅に短縮される。

Step 3: 交差点部の施工後、車線規制を行わずに残りの橋梁および盛土部分を施工する。

本工法の採用により、現場施工期間を4.5ヶ月程度に短縮し、かつコストを従来の10%程度減少できると予想している。

4. 主要構造および施工概要

4.1 橋梁の上下部一体構造化

橋梁部は、従来のRC床版I桁を鋼床版箱桁(或いはI桁)にする (Fig. 2) ことにより、上部工死荷重が大幅に軽減されるため、橋脚、基礎への波及効果大きい。また、上部工・橋脚の一体化と鋼箱桁の採用による低桁高化によ

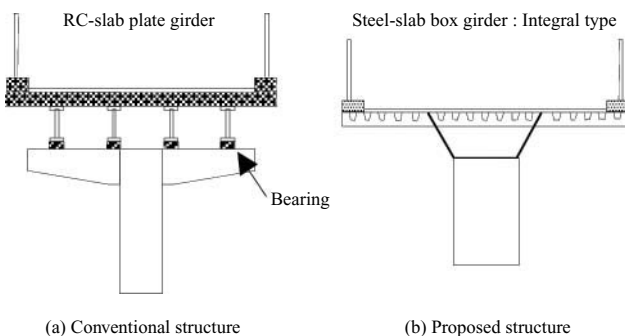


Fig. 2 Superstructure of the bridge

り、橋面高さが低くなるとともに、橋長が短くなり、橋梁全体の経済性を向上させている。

4.2 橋脚とフーチングの一体化

橋脚、フーチングはすべて鋼製のブロックプレキャスト構造とし、現地作業の省力化を目指している。特に、橋脚とフーチングを一体化し (Fig. 3)、現場工期の大幅短縮を図っている。鋼製フーチングはブロック分割し、ボルトで現場組み立てするので、狭隘地で容易かつ迅速な施工が可能である。また、鋼製フーチングは地中に埋設されるため、現地の掘削工事で発生した残土を再利用することと

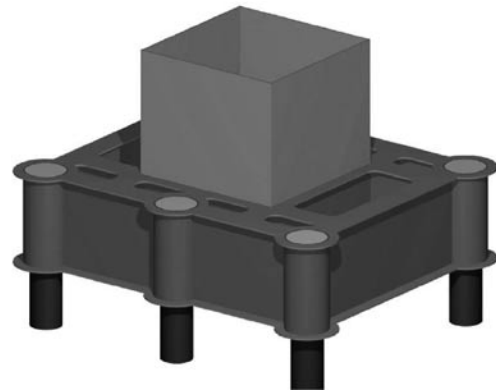


Fig. 3 Integral structure of footing and pile

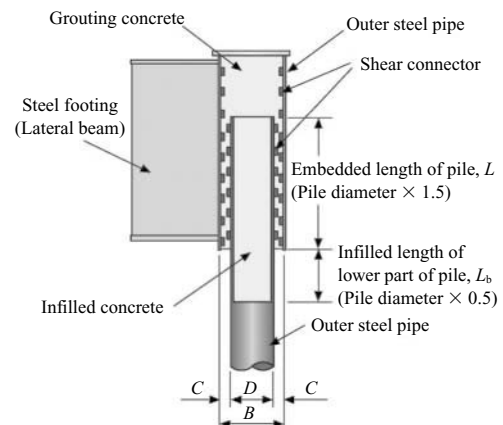


Fig. 4 Joint structure of footing and pile

し、固化処理土で被覆して埋め戻すことにより、または、コンクリートで被覆することにより防食性を高める。なお、都市部においては軟弱地盤で杭基礎が採用されることが多い。このため、本工法では、鋼製フーチングと基礎杭との接合方法に直接埋め込む工法（**Fig. 4**）を採用することにより、施工を効率化している。

4.3 回転貫入鋼管杭の採用

基礎杭としてつばさ杭、ねじ込み式マイクロパイルを採用している。これにより、無排土施工、低騒音・低振動の施工が可能となり、セメントミルクを使用しないため地下水の汚染や産廃などの問題が生じない。

杭の使い分けの目安としては、地盤が非常に軟弱で、かつ支持層が深い場合は、つばさ杭（杭径φ300 mm 以上、**Photo 1, 2**）による支持杭基礎を採用する。つばさ杭は、鋼管杭の先端に回転貫入を容易にするのと同時に大きな先端支持力を得る役割を果たす翼が設けられており、少ない杭本数で大きな先端支持力によるコスト低減が期待できる。

施工は **Fig. 5, Photo 3** に示すように三点支持式杭打ち機に取り付けた汎用の回転用モーターにより鋼管杭頭部に回転力を与えて貫入させ支持層へ根入れするものである。なお、トルクの変化により支持層を確認するので支持力管理が容易である。

つばさ杭の施工には三点式杭打ち機、あるいは全周回転機を使用するが、一般には施工場所が限られていることから、より小型の施工機械で可能である「ねじ込み式マイクロパイル」（(株)鴻池組、JFE スチール、千代田工営(株)

の共同開発、**Photo 4**）の使用も地盤によっては採用する。このパイルは、鋼管杭に回転貫入を容易にする4枚の翼を設けており、この翼が大きな先端支持力を得る役割を果たしている。耐震補強工事用杭として土木研究所殿と共同開発したものであり、狭隘部での施工、斜杭が施工可能である。

ねじ込み式マイクロパイルの施工方法を **Fig. 6** に示す。施工手順は以下のとおりである。

- (1) 掘削モータに下杭を取込み杭芯位置に建て込む。
- (2) 鉛直度を確認し、杭体を回転しながら埋設する。
- (3) 継杭の場合、中・上杭を建込み溶接する。
- (4) (5) ヤットコを用いて所定の深度まで埋設し打ち止める。
- (6) ヤットコを回収し施工を完了する。

施工機械は、**Fig. 7** に示す小型の三点式施工機を用いる。本施工機は、直杭以外に±15°以下の斜杭施工が可能であり、ヤードが限られた現場で急速施工が要求される場合に

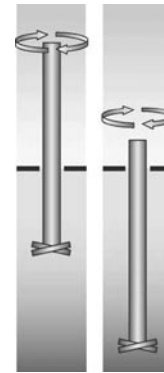


Fig.5 Installation of tsubasa pile (Penetrate into ground like a screw)



Photo 1 Screw pile, tsubasa pile



Photo 3 Construction of tsubasa pile using pile driver

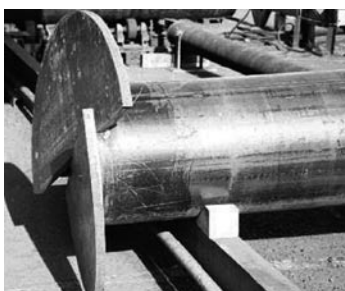


Photo 2 Toe of tsubasa pile



Photo 4 Screw pile, "micro-pile with plural wings"

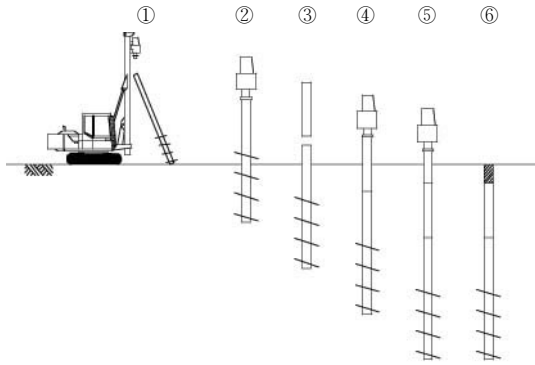


Fig.6 Construction procedure of micro-pile with plural wings

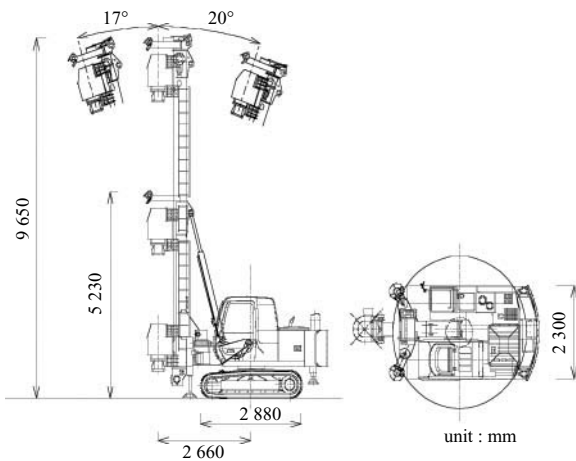


Fig.7 Pile driver for micro-pile with plural wings

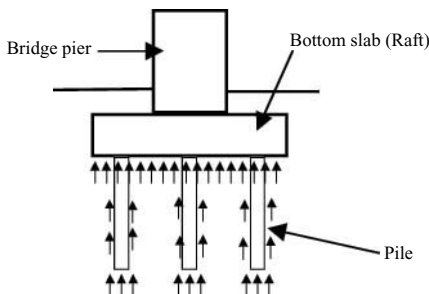


Fig.8 Piled raft foundation

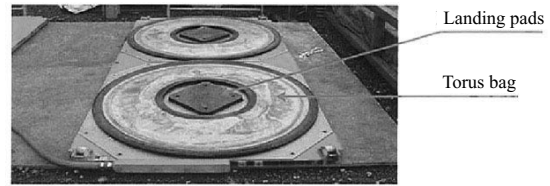
適している。

現道路橋示方書では砂地盤 (N 値 30 以上), 粘土地盤 (N 値 20 以上) でなければ直接基礎としては採用できないが, 地盤が比較的良好な場合は, このパイルを用いたパイルド・ラフト基礎 (Fig. 8) の適用を検討している。パイルド・ラフト基礎は, 杭基礎と直接基礎の中間に位置付けられる併用基礎であり, 従来の群杭基礎と比較して杭の大幅削減が可能であり, 工費・工期の大幅縮減の可能性を有している。

また, 不等沈下の防止効果もあり, 現在独立行政法人土木研究所殿と共同研究を進めている。

4.4 エアーキャスター

エアーキャスター (Photo 5) は, ホバークラフトのよ



Two torus bag air caster (Photo shows torus bag side.)

Photo 5 Air caster

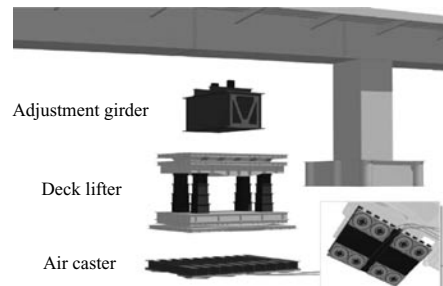


Fig.9 Air caster and deck lifter

うに圧縮空気を床面に吹き付け, トーラスバッグと床の隙間に空気の薄い膜を形成させることにより摩擦係数を 0.003 程度までに低減でき, 移動が容易である。エアーキャスター (型式 K60UHD) の仕様は以下のとおりである。

- (1) 容量 : 534 kN/枚
- (2) 最大荷重時内圧 : 34.5 N/cm^2
- (3) 消費空気量 : $2.38 \text{ m}^3/\text{min}$
- (4) 直径 : 1524 mm
- (5) 厚さ (休止時) : 70 mm
- (6) 厚さ (操作時) : 159 mm
- (7) 揚程 : 89 mm
- (8) 自重 : 1421 N

JFE グループはエアーキャスターをハイブリッドケーソンのヤード内運搬に利用しており, 最近では日本道路公団殿発注の駒瀬川橋の送り出し架設に, 国内で初めてエアーキャスター工法を適用し, 260 m の移動運搬を終了している。従来の橋体移動には自走式台車が考えられるが, 軌条設備や重量台車設備が必要であり, 自走台車では台車高さ, 経済性の面で問題となる場合がある。一方, エアーキャスター工法は橋体支持架台の下にエアーキャスターをセットし, 圧縮空気で浮上させて移動させるため, 軌条設備が不要であり, 移動するための力が非常に小さいため, 簡易な設備で施工が可能である (Fig. 9)。ただし, 空気の吹きつけ面の平面精度の確保が必要である。

エアーキャスターの原理は以下のとおりである (Fig. 10)。

- (1) 空気注入前のキャスターは接地パッドにて荷重を支える。
- (2) 空気注入開始とともにトーラスバッグは膨張し, 床面と密封状態を形成する。
- (3) 空気圧を上げるとトーラスバッグと床面との間から

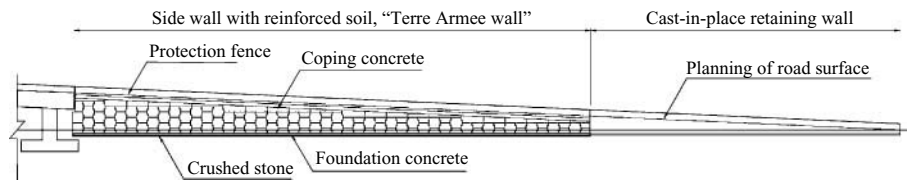


Fig. 11 Image of embankment by Terre Armee method

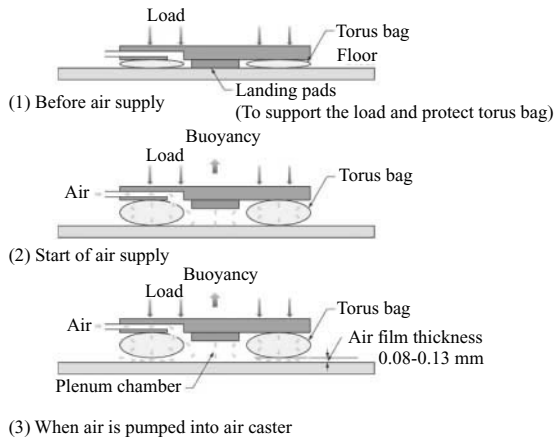


Fig. 10 Principle of air caster

ゆっくりかつ均等に空気が逃げ荷重とのバランスを保つ。摩擦係数は0.002-0.005程度、空気の膜厚は0.1 mm前後である。

4.5 テールアルメ

交差点部の施工後、プレファブのテールアルメ工法などにより、アプローチの盛土部を施工する。テールアルメ工法は、壁面材（コンクリートスキン）を組立て後、盛土材料中にストリップと称する補強材を順次敷設することにより、盛土全体の安定性を高めた垂直な盛土を構築する工法である。本工法は1972年に国内に導入以来、30年間に13000件、面積で約600万m²の実績があり、明確な設計基準が整備されているので、構造物の安全性が高い。特に都市域で必要とされる高い耐震性を有していることが兵庫県南部地震の被災調査などにより実証されている。テールアルメは柔構造であり、地盤の沈下挙動に追従できるため、地盤の処理が軽減できる。また、施工面では、壁面組立と盛土工をほぼ同時に行えること、部材の組立、土工をすべて内側で行うことができ、前面道路を供用しながらの施工が可能であることなど、制約条件の多い都市域での急速施工に有利な特長を持っている。Fig. 11には本工法による盛土部側面図のイメージを示す。

5. おわりに

急速施工を実施するためには、基礎工、下部工、上部工

の施工を同時並行して行う必要があるが、施工場所によって施工の制約条件が異なるため、最適な施工機械の選定、プレファブブロックの組み立て方法、最小限の交通規制方法を、ケースバイケースで決定することになる。そのためには、現地条件に合わせた全体のマネジメントが重要であり、事前の施工計画の充実が望まれる。

また、新技術を積極的に適用してコストダウンを図ることも重要である。ねじ込み式マイクロパイルを用いた杭基礎は小型の施工機械で施工可能であることから既設道路上での基礎工事に適した基礎形式である。これを用いたパイルド・ラフト基礎は、従来の群杭基礎と比較して杭の大幅削減が可能であり、工費・工期の大幅縮減の可能性を有している。現在、2002年度から、独立行政法人土木研究所殿との共同研究「交差点立体化の路上工事短縮技術の開発」を行っているところであり、より合理的な設計・施工技術として工法のブラッシュアップを図っていく予定である。最後に、上下部一体橋梁を確実に施工するには、建設会社、橋梁メーカーおよび施工機械メーカーの技術力を最大限に活かす必要があり、各技術者が専門の技術にとらわれることなく、境界を越えた協力が今後は重要になると思われる。JFEグループとしては、その先駆的な役割を果たしたいと考えている。

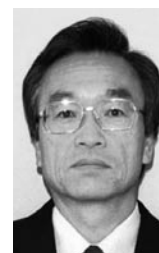
なお、杭については、(株)鴻池組殿と共同開発したものです。末筆ながら、関係者に謝意を表します。

参考文献

- 1) 小泉幹男, 長山秀昭, 河西寛. 上下部一体橋梁の急速立体交差化工法の提案. 建設機械, 461, vol.39, no.7, 2003, p.10-13.
- 2) 小泉幹男, 長山秀昭, 河西寛. 鋼プレキャスト材やマイクロパイルなど上下部一体橋梁のQCIB工法(急速立体交差化)を提案. 橋梁&都市, vol.39, no.7, 2003, p.13-18.



小泉 幹男



深澤 登



長山 秀昭