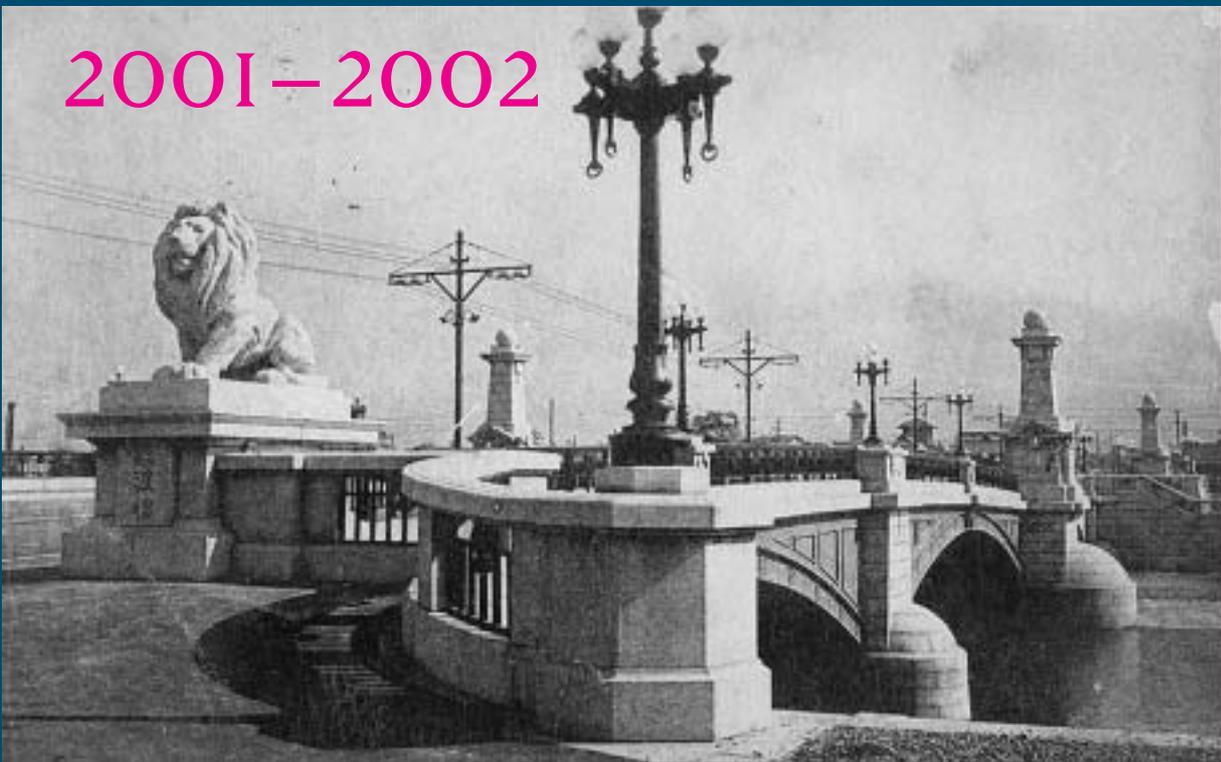


橋

BRIDGES IN JAPAN

2001-2002



土木学会



BRIDGES IN JAPAN

2001 - 2002 目 次

1. 平成 13 年度 (2001 年) 概 観	4
2. 平成 13 年度 土木学会田中賞作品部門・受賞作品	9
今別府川橋	10
森のわくわく橋	14
保津橋	18
日本 - エジプト友好橋	22
永宗大橋	26
陣ヶ下高架橋	30
巖門園地園路橋	34
木曾川・揖斐川橋 (トゥインクル)	38
イルティッシュ河橋	42
3. 平成 13 年度 橋梁紹介	
3.1 桁構造【Girder Bridges】	47
中野高架橋 / 東北新幹線沼宮内高架橋 / 梅新東歩道橋 / 上井橋 /	
大ヶ谷大橋 / 大津呂川橋 / 大湯 8 号橋 (紅葉橋) / 男鹿大橋 /	
奥球磨ループ橋 / 神谷ランプ橋 (D 工区) / 川越ランプ橋 (仮称) /	
北谷橋 / 木津川人道橋 / 桑名高架橋 / 新南海橋 / 清新町出入口 /	
仙台東部高架橋 / 総合公園亀山サンシャインパーク東名阪連絡橋 /	
千歳高架橋 (D 橋) / 手形大橋 / 奈井江大橋 / P267 軌道桁 /	
広島はつかいち大橋 / 平和大橋 / 薬師大橋 / 臨海大橋 / 相原大橋 /	
あきる野 I.C. 橋 (PE1 ~ PE6) / あやめ橋 / 大里高架橋 A ランプ /	
喜多台第 2 高架橋 / オノ神大橋 / 沢天神橋 / 瀬戸川橋 / 高館橋 /	
みえ川越 I.C. A ランプ橋 / 山中川高架橋 / 大内山川第二橋 (仮称) /	
大洲高架橋 / 下岡橋	
3.2 アーチ構造【Arch Bridges】	65
第 3 馬淵川橋梁 / 今井橋 / 上野田大橋 / 高嶺大橋 / 荒川橋梁 / 大沢橋 /	
臈大橋 / 神原溪谷大橋 / 高久緑道橋 / 宮の杜大橋 / 除沢川橋りょう / ふれあい橋	
3.3 骨組構造【Frame Bridges】	73
品川駅東口ペDESTリアンデッキ / 渋谷歩道橋 / 望景橋 / 江辻高架橋 /	
川井大橋 / 北与野デッキ (仮称) / 鯉川橋 /	
甲申川地区 8 号橋 (甲申川地区地域用水環境整備事業第 12 号工事) /	
清水大橋 / 大文字桜橋 / にじのはし / 阿賀のかけはし / 岩倉大橋 /	
共南こ道橋 / 清見ジャンクション C ランプ橋 / 熊野大橋 / 新小金沢橋 /	
丹藤川橋りょう / 八線川橋 / 香港 KCRC CC201/CC211 鉄道高架橋 /	
小河内川橋 / 鍋田高架橋西 / 宮野目橋	
3.4 ケーブル構造【Cable-Stiffening Bridges】	87
内灘大橋 / 猫羅溪橋 / 札内清柳大橋 / 広島西大橋 / 芦北大橋 / 指久保橋 /	
長者ヶ橋 / ときめき橋 (仮称) / 巴流大橋 / 星の降る里大橋 /	
日本パラオ友好橋	

4. 特 集「保 全」	95
長大吊橋の動的挙動モニタリング - 明石海峡大橋 -	96
異常変位検知モニタリングシステム	98
最大値記憶型センサーによる橋梁支承部の変位モニタリング	
- 新荒川大橋 -	100
斜張橋のケーブル張力のモニタリング - (仮称)芦田川大橋 -	102
鋼橋の補強効果確認および寿命予測のためのモニタリング - 本牧陸橋 -	104
面状光ファイバセンサによる RC 構造物のモニタリングシステム - 喜久田橋 -	106
赤外線によるコンクリート構造物の点検技術	108
コンクリート構造物の簡易検査システム	110
電気化学的脱塩によるプレストレストコンクリート橋の塩害補修(試験施工)	
- 弁天大橋 -	112
箱げた用塗装ロボットの開発 - 大島大橋 -	114
高速道路橋におけるブリッジマネジメントシステム	116
5. 付 録	
平成 13 年度 土木学会田中賞選考経過	119
平成 13 年度 土木学会田中賞研究業績部門・受賞者紹介	120
「斜張橋の支間長大化に関する研究業績ならびに海峡連絡長大橋(本四連絡橋)の 調査・設計・施工に関する総合的な研究業績」	遠藤 武夫
平成 13 年度 土木学会田中賞論文部門・受賞者紹介	121
「長大吊形式橋梁の終局強度に着目した安全率の合理化に関する研究(総合題目)」	野上 邦栄・長井 正嗣・藤野 陽三・山口 宏樹
「鋼橋の腐食事例調査と腐食部材の補強法に関する研究(総合題目)」	名取 暢・西川 和廣・村越 潤・大野 崇
土木学会田中賞研究業績部門・受賞業績一覧	123
土木学会田中賞論文部門・受賞論文一覧	125
土木学会田中賞作品部門・受賞作品一覧	127
橋梁建設実績	132
橋梁諸元(データ)一覧	136
業界案内	159

表紙 / 「難波橋(Nanba Bashi)」(土木図書館所蔵)

大阪市内の中之島に市電事業によって大正4年に架けられた。橋長は187.2mで、渡河部に二連と三連の鋼アーチ橋、中之島水上公園部に石張りの鉄筋コンクリート橋を配する。意匠の凝らされた本橋は、親柱のライオン像で地元で親しまれている。

平成 13 年度
土木学会田中賞
作品部門・受賞作品
JSCE Tanaka Prize Work for 2001

今別府川橋
森のわくわく橋
保津橋
日本－エジプト友好橋
永宗大橋
陣ヶ下高架橋
巖門園地園路橋
木曾川・揖斐川橋（トゥインクル）
イルティッシュ河橋



概要

本橋は、東九州自動車道の末吉財部ICと国分IC間に位置する橋長188.5m（最大支間81.5m）の鋼3径間連続2主1桁複合ラーメン橋である。

従来、急峻な山岳部に建設される橋梁は、建設地点への車両進入路の確保が難しく上部構造架設時には橋脚付近にしか資材および部材搬入ができない場合が多いため、張出架設工法によるPCラーメン橋が多く採用されてきた。しかし、現場でのコンクリート打設工法は、多くの工期を必要とし建設費が増加する一因ともなっている。

本橋は、近年多く採用されている経済性にすぐれた鋼2主桁橋とコンクリート橋脚を剛結合した複合ラーメン橋である。従来のPCラーメン橋に比べ上部構造の死荷重が少なく、下部構造の負荷を低減している。桁架設には、架設した桁上を走行するガントリークレーンによる張出し架設工法が採用された。

設計・技術検討

本構造の設計にあたっては、橋脚と桁の剛結部に関する縮小模型によって交番載荷試験や孔明鋼板の引抜き試験を実施し、設計の妥当性を検討している。また、架設時の橋桁については、弾塑性有限解析によってその終局耐荷力を確認している。主桁は、進入路の制約から部材長を10m以下とし、継手部の構造は床版との取合いに配慮し、上フランジのみを溶接、ウェブと下フランジはボルト接合としている。

床版は、現地でPC床版を製作することによって輸送上の制約をなくし、床版幅を従来床版より大きく幅4mとしている。

昨今注目されている2主桁橋の耐風性については、部分模型による架設系、完成系の風洞実験を行って問題ないことを確認している。また、架設時および完成時には振動実験によって、橋桁の固有振動数および減衰率の確認が行われている。

施工

鋼桁は橋脚周辺部の作業ヤードを利用して組み立て、張り出し架設を行っている。PC床版はA2橋台背面の現場ヤードで製作している。

鋼桁とRC橋脚との剛結部の施工には、橋脚周囲のヤードに配置したトラッククレーンを用いている。剛結部コンクリートの打設・養生後、両径間の主桁を単材架設し、その桁上に張出架設に用いるガ

ントリークレーンを組立てて桁のサイクル架設を行っている。桁ブロック架設のサイクル工程は、部材搬入、地組立に2日、吊上げ、搬送、接合に2日、合計4日である。中央径間の閉合時は、先端桁上にクレーンと閉合ブロックが載荷されているため、桁のたわみが大きく、相手側の桁との高さ調整と継手遊間の確保が必要であった。閉合作業は、まず、A1支点を300mm降下し、かつ、40mmのセットバックを行って、アップリフト止めを設置した。そのあと架設ブロックの片側を既設桁に結合し、ガントリークレーンを後退させることによって継手位置の高さを調整し、残された片側の接合を行っている。

このあと、桁架設に用いたガントリークレーンを用いて、A2橋台側のヤードで製作されたPC床版を桁端部から敷設している。床版の搬送は別の移動台車を用いている。

本橋は、山岳地に多く用いられてきた従来のPC張出架設工法に比べ、鋼桁を採用することにより、下部構造の負荷低減と大幅な工期の短縮を実現している。

→ p. 136

参考文献

- 1) 佐々木保隆, 平井 卓, 明橋克良: 鋼・コンクリート複合ラーメン橋の剛結部に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol. 44A, 土木学会, pp.1447-1457, 1998.3
- 2) 明橋克良, 佐々木保隆, 前田良文, 木水隆夫: 鋼2主桁複合ラーメン橋剛結部における設計法の提案と実挙動確認, 構造工学論文集, Vol. 48A, 土木学会 (投稿中)
- 3) 明橋克良, 永田 淳, 木水隆夫, 西川孝一: コンクリートの打設方向を考慮した孔あき鋼板の力学的挙動に関する研究, 鋼構造論文集, Vol. 8, No. 31, 日本鋼構造協会, pp.81-87, 2000.9
- 4) 中村和典, 今泉安雄, 兼重 寛, 中東剛彦, 佐々木保隆, 小川尊直: 今別府川橋の設計・施工-張出し架設工法を用いた鋼2主桁複合ラーメン橋-, 橋梁と基礎, Vol. 34, No. 12, pp.1-8, 2000.12
- 5) 今泉安雄, 兼重 寛, 青木大輔, 小幡大輔, 佐々木保隆: 鋼2主桁複合ラーメン橋「今別府川橋」の耐風安定性に関する検討, 鋼構造年次論文報告集, Vol. 9, 日本鋼構造協会, pp.325-332, 2001.11
- 6) 紫桃孝一郎, 上東 泰, 長谷俊彦, 一宮 充: 併用継手のすべり耐力に及ぼすウェブ先締めの影響に対する実験的研究, 土木学会論文集, No.675, 1-55, pp.343-350, 2001.4
- 7) HIROSHI HIKOSAKA, KATSUYOSHI AKEHASHI, YASUTAKA SASAKI, KIYOTAKA AGAWA and LING HUANG: Construction of Steel Girder Bridge Rigidly Connected to Concrete Piers with Perfobond Plates, Current and future trends in bridge design, construction and maintenance 2, Thomas Telford, London, 2001, pp.166-174



概要

森のわくわく橋は、福島県いわき市のいわきニュータウンの中央に位置する県立いわき公園内に建設された歩行者専用橋である。

本橋は、上部工形式として、外ケーブル併用吊床版橋を採用している。これは、従来、床版内に配置していた2次ケーブルを、鉛直材を介して床版外部に設置して外ケーブル化したものであり、配置上の自由度の増加や維持管理性の向上のほか、外ケーブルのサグを大きくすることで、下部工への作用水平力を小さくできる特徴を有している。また、ねじれ振動特性が改善されるので、耐風安定性も向上する。

計画

県立いわき公園は、自然の地形をそのまま生かした広場やレクリエーション施設があり、市民の憩いの場となっている。そのため、本橋は、景観性に優れること、架設地点が丘陵地であること、架設地点の支持層が泥岩であることなどを考慮して計画されている。

設計

構造形式が吊構造であり、吊床版取付部の局部応力を合理的に把握するために、設計では幾何学的非線形性と材料非線形性を考慮した複合非線形解析を行った。また、吊床版標準部は、プレキャスト版の接合部がモルタル目地構造であることから引張応力発生限界部材とした。吊床版取付部は、場所打ち構造であることからひび割れ幅限界部材として照査を行った。

製作・施工

プレキャスト床版の製作は、高い品質管理が可能なプレキャスト工場で行い、現地に搬入している。また、外ケーブルも完全プレハブ型とし、工場で防食加工および定着体取り付けまで行った。そのため、現場におけるグラウト作業が不要となっている。

施工方法は、施工時に桁下条件の制約を受けない懸垂架設工法を採用している。以下に橋梁上部工の主要工種について示す。

1) 橋台工

1次ケーブルの架設に先立ち、グラウンドアンカーの一次緊張を行った。その際、橋台変位量の確認を行った。

2) 1次ケーブル架設・張力調整

1次ケーブルの架設は、橋台間に張り渡したワイヤーによる吊下げ方式とし、ウィンチにより引き出した。全ケーブル架設完了後、一次ケーブルの張力調整を行った。緊張管理については、緊張力と伸び量を管理した。

3) プレキャスト版架設

プレキャスト版の架設は、橋台前面の支保工上に敷設した軌条に、横取り台車を設置し、そこへプレキャスト版を据え置いた。1次ケーブルの下まで横取りした後、クレーンで吊り上げ、1次ケーブルに懸垂させた。引き出しワイヤーとおしみワイヤーをプレキャスト版に取り付けて引き出していった。

4) プレキャスト版後打部・吊床版取付部のコンクリート打設

はじめにプレキャスト版後打部のコンクリートを打設した。吊床版のねじれ、およびサグ量を確認した後、吊床版取付部の施工を行った。なお、プレキャスト版後打部は、コンクリートの打設に先立って目地モルタルの注入を行っている。

5) 外ケーブルの架設・緊張

吊足場上で引き出すことにより架設を行った。サグ測定、鋼材温度・応力測定を随時行い、構造物の状態を確認しながら緊張作業を行った。

→ p. 146

参考文献

- 1) 角木, 重信, 須田: 外ケーブルを併用した吊床版橋の構造特性, 第7回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.627-623, 1997.10
- 2) 二階堂, 柳内, 町, 熊谷: 外ケーブル併用吊床版橋(いわき公園展望橋)の設計・施工, 第11回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.201-206, 2001.11
- 3) 梶川, 深田, 大木, 角木, 町, 熊谷: 外ケーブル併用吊床版橋の構造と振動特性, 構造工学論文集 Vol.48A, pp.377-388, 2002.3
- 4) 町, 吉川, 正司, 角木: PC吊床版橋の吊床版取付部形状に関するパラメトリック解析, 第11回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.207-212, 2001.11



概要

京都府の府道亀岡園部線は、緑豊かな亀岡盆地を南北に貫く幹線道路で、京都府中部地域における重要な路線である。このうち、一級河川桂川を渡河する保津橋は、観光名所である「保津川下り」で有名な保津峡自然公園内に位置している。本橋は、平成9年度に交流ふれあいトンネル・橋梁整備事業に選定され、地域間の交流を活性化し、魅力あふれるまちづくりを力強く支援するものとして、桂川改修と併せた架替事業として建設された。

構造形式は、周辺の山々や川の織りなす自然景観に調和した6径間連続エクストラードロード橋で、橋長368m、最大支間100m、全幅16～18mの道路橋であり、また、架設工法に本格的な鉄筋のプレハブ化技術を開発し、大幅な時間的コストの縮減を図った。

計画・設計上の特徴

本橋では、合理的な計画・設計を目指して、以下の項目を実施した。

- 1) 2.8mで等桁高のエクストラードロード道路橋の採用により直線的にスレンダーに伸びる主桁、10mと背の低い主塔、緩やかな傾斜の斜材、これらが周辺のなだらかな山々に調和するよう計画した。
- 2) 広幅員1室箱桁断面（床版支間国内最大の9.6m）による、ウェブ重量の低減と施工性の向上。
- 3) 3脚ラーメン構造の採用による、支承の省略と、河川内基礎工費の低減。

施工上の特徴

工期短縮と現場作業省力化に最大の効果を上げるのは昨今多く用いられているプレキャストセグメント工法であるが、膨大な固定費に見合う工事規模が無ければ採算が合わないという問題があった。

今回のプレハブ鉄筋工法は実際の需要の多い中小規模橋梁もターゲットにした技術である。

本橋ではこの工法採用で張り出し架設のサイクル工程を、従来工法に比べ30%短縮した。

一方、鉄筋籠の地組み架台、運搬装置、既存の移動作業車改造など設備投資が必要となったが、プレキャストセグメント工法に比べて取り扱い重量が小さいために、プレキャストセグメント想定 $1/20$ 程度と、きわめて小規模で済んだ。

国内の張り出し施工によるPC橋は既に1500橋を超える実績を数えるが、型枠、鉄筋、PC、コンクリート打設の場所打ち施工サイクルは、この40年間ほとんどその形態を変えずにきた。今回の新工法はこの施工形態に革新的な変化をもたらすもので、大幅な工期短縮を僅かな設備費で実現できることから、今後、中小規模PC橋の現場作業省力化に大きく貢献するものである。

プレハブ鉄筋実施計上の課題と解決法

1) 鉄筋籠を吊り込むための移動作業車構造

プレハブ対応の移動作業車は、従来の移動作業車に最小限の改造を加えて有効に活用する方針で、後方足場を省略し、さらにトラス上部に縦梁を設置して外型枠と作業台を前方にスライドさせ、下方の吊り込み空間を確保する構造を開発した。

2) プレハブ化率を高めるための主鉄筋継手構造の開発

全数ループ継手構造の開発によって継手を短くし、鉄筋籠組立て作業の95%をプレハブ化した。この継手の採用にあたり、床版の切り出しモデルに兵庫県南部地震相当の引張・圧縮力を交番載荷して、全数ループ継手と千鳥配置の重ね継手との性能比較試験を実施した。その結果、補強鉄筋を配置することにより、全数ループ継手が千鳥の重ね継手と同等の性能を有することを確認した。

→ p. 146

参考文献

- 1) PC橋の張り出し架設工法にプレハブ化技術を採用し工期短縮：公共工事縮減対策に関する具体的施策事例集、国土交通省、2001.8
- 2) 府道亀岡園部線「保津橋」の架替について：TACH近畿地区建設技術開発普及推進協議会、2000.3
- 3) 渡利：PC橋の合理的な設計と施工の省力化の事例、月刊建設特集 公共工事の効率化、1999.7
- 4) 小田切、他：繰り返し高圧縮力を受ける全数ループ継手の性能評価、第9回PCシンポジウム論文集、1999.10
- 5) ズームアップ橋 保津橋上部工事 鉄筋の95%をプレハブ化、日経コンストラクション、2000.2
- 6) 角山、他：保津橋の設計と施工、橋梁と基礎、2000.9
- 7) 塩見、他：エクストラードロードPC橋（保津橋）の施工、第9回PCシンポジウム論文集、1999.10、第10回PCシンポジウム論文集、2000.10
- 8) 岸上、他：ワーゲン施工における鉄筋プレハブ化技術の開発と施工、第10回PCシンポジウム論文集、2000.10



日本－エジプト友好橋

Japan-Egypt Friendship Bridge

概要

スエズ運河は、紅海の北端都市スエズから地中海側のポートサイドに至る全長 162 km の運河である。この運河を渡るのは、南端の道路トンネル以外にはフェリーによる海上交通となっていた。近年エジプト経済発展に伴いアクセス道路の必要が認識され、日本のODAにより日本－エジプト友好橋が架橋された。

本橋梁は、全長 1850 m（主径間部 730 m、取付け部 280 m × 4）で、主径間部は鋼斜張橋、取付け部は 7 径間連続 PC ラーメン橋から構成されており、主径間部の中央支間は 404 m、主塔高は 154 m で、古代エジプトの石塔“オベリスク”をイメージしている。

計画・設計

主径間部はスエズ運河の航路を確保するため、中央支間が 404 m、側径間支間 163 m と支間比率が悪い。このため、側径間部にはペンデル支承を設置した 3 基の橋脚を施工し、支間比により生ずる負反力を負担する構造形態となっている。

主桁断面は、両端部に三角形状のフェアリングを有する流線型の断面を採用することにより、耐風安定性を高めている。また、主塔は中空断面とし、頂部 3.0 m はプレキャストブロックを積み上げる工法を適用している。下段横梁は、12 S 15.7mm の PC 鋼材 12 本を配置した中空箱形状で、上段横梁は中空アーチ形状の RC 構造としている。

施工

主径間部の主桁架設は、地組した主桁 3 ブロックを主塔に設置した斜バント上に架設し、その主桁上に張出し架設用のエレクションガーダーを設置して、中央径間と側径間とを交互架設としている。主桁部材は陸上部がドーリーで、運河部は台船により搬入し、直下吊りで行い、運河交通を確保するため、部材の吊上げは 2 時間以内、張出し架設サイクルは 5 日間で行っている。

主径間部主塔はスリップフォーム工法により、下段横梁直上まで連続施工し、主塔下端の作業構台上で組み立てた支保工トラス（ $w = 70 \text{ tf}$ ）をヘビーリフティングシステムにより所定の位置まで吊り上げて、支保工トラス上で下段横梁を施工し、同様にして、上段横梁、主塔頂部まで順次施工を行っている。

る。

取付け部の PC ラーメン橋部は、上下線と同時に施工できる大型移動支保工を採用しており、1 橋目は平均 24 日サイクル、2 橋目からは、支保工移動の円滑化、型枠・鉄筋組立ての手順改善、鉄筋のプレハブ化により、18 日サイクルで施工を行っている。

おわりに

日本－エジプト友好橋は、エジプト初の本格的長大橋梁であり、品質が確保された安価な材料を各国から調達し、日本人技術者が現地の技術者、作業員を指導し技術移転を図って建設されたものである。

本橋梁の完成により、エジプト一国だけでなく、北アフリカ、東地中海全体の交流を促進し、経済、社会開発に寄与するものと期待されている。

→ p. 136

参考文献

- 1) Sharaf, Ishitate, Ishii : “Construction of Suez Canal Bridge (Central Portion)”, Bridge Engineering Conference 2000, IABSE
- 2) 石建・石井・奥木・斎藤・上迫田・岡田 : “スエズ運河橋の施工”, 橋梁と基礎 (2001.11)
- 3) Ishitate, Ishii : “Design and Construction Aspect of The Suez Canal Cable Stayed Bridge”, IABSE Conference Seoul 2001.
- 4) 石建・上迫田・石井・須賀 : “日本－エジプト友好橋（スエズ運河架橋）の建設”, 土木施工 (2002.3)



概要

永宗大橋は2002年サッカーの世界カップ™に向けて建設が行われた仁川国際空港とソウル市を結ぶ専用高速道路のうち、空港が建設された永宗島と本土を繋ぐ海上橋梁（全長4.4km）であり、韓国では初の本格的な民資誘致（B.O.T）事業として取り生まれ、技術的な面では国際的な設計コンペによって積極的に世界の先進技術が取り入れられた。

永宗大橋主橋部（主航路部）の構造形式は、往復10車線の高速道路と鉄道複線を併用するダブルデッキ構造の3径間連続自定式吊橋である。この吊橋区間の設計および監理では日韓のコンサルタントが担当し、工事面では日本の民間会社が施工者の韓国会社に数多く協力し、上下部工を5年の工期内に竣工した。

計画・設計上の特徴

1) 国際的な設計コンペの実施

永宗大橋の形式を決める上で韓国政府より提示された条件は以下の4項目である。

- ① 空港専用高速道路および鉄道併用橋としての機能維持を保有していること
- ② 永宗大橋が首都ソウル市への入り口となるため、Gate的役割をしていること
- ③ 国力伸張と伝統文化の象徴性を有していること
- ④ 周辺環境と調和の取れた美しい造形物であること

2) 自定式3次元ケーブル吊橋の採用

主橋部は、韓国古来の伝統的なハンオック（韓屋）の屋根をデザインし、塔頂へ向かってケーブル間隔が絞られていく3次元ケーブルを採用しており、また景観上への配慮から大きなアンカレイジのない世界初の試みとなる「自定式の3次元ケーブル吊橋構造」を採用した。

本ケーブル構造では、3次元ケーブルの形状が強調されることを意図してケーブルサグを一般の2倍程度に大きくしている。さらに、自定式のケーブル定着部が不細工にならないように、エアスピニング工法を採用してストランド数を極力少なくして定着部を小型化している。

補剛桁はダブルデッキ構造のトラス形式で、上面は設計速度100km、片側3車線の高速道路、下面は中央部に鉄道複線（設計速度110km）とその左右に片側2車線の高速道路からなっている。上面はトラスの上弦材と鋼床版を合成させた合理的なボックス断面とし、下面は鉄道および道路の桁を横桁で支持するラーメン構造としている。

主塔基礎は当初計画では直接基礎であったが、干満差±4.5mという立地条件を考慮して、海面下は工場製作の鋼殻、海上部はコンクリート構造のケーソンとし、施工のため設置したヤードジャケットは防護工として再利用することとした。

製作・施工上の特徴

主塔及び補剛桁の製作は韓国南部の巨済島で作業が行われた。監理員が工場に常駐して管理を行い、特に重要溶接箇所は全て溶接施工性試験及び溶接技能者の技能試験を実施するなど、品質管理に細心の注意がなされた。工場で作成された主塔および補剛桁はブロックに分けて輸送し、ベントを併用したクレーン船（3000tf）による架設を行った。

主塔基礎のニューマチックケーソンは韓国では初の試みで、干満差±4.5m、最大深度17mという厳しい立地条件下で最大圧気圧が3気圧を越えることから極力無人化施工を取り入れると同時に函内の作業は日本から呼び寄せた潜函工が従事した。橋脚端部の基礎の鋼管矢板締め切り工は、立地条件および工期短縮のために、予め工場で作成した支保工（ガイドフレーム）をクレーン船で現地に設置し、これを導棒として鋼管矢板を打設した。揚圧力対策の決定にはFEMによる浸透導流解析等を含め、根入れ長及び底盤コンクリート厚さ等の検討を実施し万全の注意を払った。

主ケーブルの架設は、エアスピニング工法により中央径間部は平行に架線し、完了後、現地で製作した治具およびウインチを用いてケーブルのよじれに対処しながら直角方向に広げた。

永宗大橋の施工では三次元ケーブル架設を始めとする新技術の殆どに外国の技術協力が行われ、また、監理は日本と韓国のコンサルタントで構成された監理団が、設計・工事・品質・管理保全全般にわたって携わった。この橋の建設を背景として日韓友好のテレビドラマが制作され竣工間近に放映された。

→ p. 136

参考文献

- 1) 峰地・秋元・申・崔「韓国永宗大橋ケーブルの施工」土木施工2001年11月号
- 2) 山崎・山崎・Cho, The Design of the Yongjong Grand Suspension Bridge, IABSE Conference Seoul 2001
- 3) Cho, Lee, Park, Lee, Yongjong Self-anchored Suspension Bridge, Structural Engineering International Vol.11/1(2001)
- 4) 伊崎田・山川・鈴木「韓国・永宗大橋の基礎」基礎工 Vol.1(2000)
- 5) 永宗大橋ホームページ（韓国語・英語）
<http://www.Yongjonggrandbridge.com/>



陣ヶ下高架橋

Jingashita Viaduct

概要

陣ヶ下高架橋は、横浜市の環状2号線川島地区に架かる橋梁である。環状2号線は、横浜市の放射状道路をリンクしてバイパスの役目を果たすことにより、渋滞の緩和や地域相互の結びつきを強化する等、横浜市の街づくりへの大きな効果が期待されている。また、環状2号線川島地区周辺には横浜市に唯一渓谷と名の付く「陣ヶ下渓谷」が残り、保土ヶ谷区としても街づくりの中で触れ合うことのできる貴重な自然を保全しようとしている地区である。本橋は景観検討委員会（委員長：東京大学篠原修教授）を設け、橋梁を単一の構造物としてのみ捉えるのではなく、“周辺環境との共存”を一貫したテーマとし、計画・設計・施工を行った。

計画・設計上の特徴

計画においては、桁下自然への配慮から桁下採光性を確保するため、道路線形を見直し中央開口部をできる限り広げた。また植生調査を行い、貴重種や原木を中央開口部に存置することとした。さらにヒューマンスケールを意識し、桁下からの見え方、構造物の量感を軽減するために、船底型の上部工断面と円柱橋脚がサークルハンチにて剛結される連続PC中空床版ラーメン橋を採用した。桁形状は桁下の環境のため、採光性に富む形状を目ざし、桁端部を絞り、桁高を抑えた構造とし曲線的なデザインとした。

設計においては、橋梁全体を連続化させることにより両端の橋台までを含んだ全支点で地震力を受ける橋脚の地震時保有水平耐力を確保した。温度応力を減少させるため、端橋脚の脚高を高くした。本橋の造形は柔らかさを基本として、周辺環境に埋没させることで、環境との調和を図ったデザインである。そこで、時間経過、歴史等を感じさせることのほうが周辺環境にはなじむものと考え、杉の小幅板を型枠とし、その木目、型枠線をデザインとした表面処理を施した。桁裏のイメージを損なう恐れがあったため、全径間連続の鋼製排水溝とし、橋面排水のみで桁裏に排水管を配置しなかった。陣ヶ下渓谷には事前の環境調査でタヌキなどの小動物の生息が確認されており、周辺への光の漏れを極力抑えるため、照明はライン照明とした。

施工上の特徴

施工においては、自然およびその地形への影響を

最小にするため、仮架橋を設置し、その上での施工を行った。極力周辺環境の自然を残すため、仮架橋は基本的には橋梁投影面のみを設置した。自然環境を保全するため、施工に先立ち、約1年間にわたって植物、動物（哺乳類、鳥類、両生・爬虫類、昆虫類）の生態系を調査し、その調査結果および関連状況から、施工段階における環境予測と環境保全対策を実施した。その効果を把握するために施工完了前にモニタリング調査を行い、くぬぎ台川の確保および道路横断方向の環境の連続性の確保を確認することができた。また、構造物の連続性・表面処理を実現するため、型枠は二重構造とし、曲面を多用した形状に合わせて合板を設置し、その表面に杉小幅板を配置する方法を取った。柱頭部のサークルハンチと桁下面の交差部は、曲面と曲面の三次元交線となり、特に縦横断勾配が変化し、平面線形がクロソイドで、桁が拡幅や分岐する区間においては、その交線はそれぞれの橋脚で形状が異なることとなった。このため、この部分については、橋脚毎に三次元CADにより型枠の作図を行い、工場製作した櫛型枠を現場で組立て、表面に杉小幅板を配置する方法を取った。

→ p. 146

参考文献

- 1) 橋本・鎌田・船田・向山・土田：陣ヶ下高架橋の計画・設計および施工、橋梁と基礎、2001.7
- 2) 横浜市道路局計画部特定街路課：共生への道横浜環状2号線、橋梁&都市プロジェクト、1999.12
- 3) 松尾・川名・鎌田：環状2号線建設における陣ヶ下渓谷の環境保全と施工、第15回「施工体験発表会」土木学会、1997.2
- 4) 横浜市道路建設事業団：環状2号線(川島地区)景観に関する調査研究、1996



概要

巖門園地園路橋は、国定公園に指定されている能登金剛に整備された巖門園地内の園路に建設された、優雅な曲線を描くプレストレストコンクリート橋である。本橋は、吊床版構造を応用した我が国で初めてのPC曲弦トラス橋であり、2001年10月に竣工した。

橋梁選定では、架橋条件により、支保工を設置すること、架設のための大型クレーンを設置すること、長尺の資材を搬入することがいずれも困難であったので、これらの条件に対応できる上路式吊床版橋が検討された。しかし、地盤がそれほど良好ではないことが判明したことから、吊床版橋と同様な方法で架設可能で、完成系においてはグラウンドアンカーによらずに、安定を確保できる自碇構造のPCトラス橋が採用された。

計画

吊床版構造を応用したPC曲弦トラス橋は、以下①～③の特徴を有する新しいコンセプトを持つ。①橋台の上に張り渡したPC鋼材に下床版セグメントを懸垂させて、吊床版橋と同様な方法で架設するため、支保工が不要である。②初めに張り渡したPC鋼材の定着を、橋台背面から上体構造の橋体端部に盛り換えることにより、完成系ではグラウンドアンカーによらずに安定が確保される自碇構造の単純トラス橋となる。③他碇から自碇への構造系変換の際には、初めに張り渡していたPC鋼材の張力が、橋体にプレストレスとして作用する合理的な構造である。このPC曲弦トラス橋は、渓谷などに単径間で架橋する場合に、最も優位性を発揮するが、その急速施工性も大きな特徴であり、道路橋にも適用が期待されている。

基本構造の特徴

本橋の上部構造は、上床版、下床版、トラス斜材および端部セグメントで構成されている。

下床版に配置されるPC鋼材のうち、架設にあたり、橋台の間に最初に張り渡す懸垂架設用のPC鋼材が1次PC鋼材であり、下床版にプレストレスを与えるためのPC鋼材が2次PC鋼材である。耐久性の一層の向上を目指し、下床版1次PC鋼材はポリエチレン被覆仕様、2次PC鋼材は、エポキシ樹脂塗装仕様、上床版主PC鋼材は、プレグラウト仕

様のPC鋼材を採用している。下床版1次PC鋼材は、完成時には橋体端部セグメントに支圧板とナットを用いて定着させるが、架設時に下床版セグメントを懸垂架設する際には、さらにテンションロッドを接続して背後の橋台パラベットで定着させている。この機構により懸垂架設時に生じる水平力は橋台に作用し、さらにグラウンドアンカーにより地盤に伝達され、他碇構造が成立している。

他碇構造から自碇構造に変換する際には、橋台の1次PC鋼材の定着を解放することで、グラウンドアンカーで受け持たれていた水平力が、自動的に橋体で受け持たれることになる。

設計および実験

設計にあたっては、限界状態設計法を採用し、使用限界状態、終局限界状態に対する安全性を照査している。本構造は、完成系は単純トラス橋であるため、微小変位理論を適用して構造解析を行ったが、架設系は吊床版橋と同様にケーブル構造であることから、有限変位理論によった。

PC曲弦トラス橋の基本的力学的特性や架設工法の妥当性などについては、実橋と同様な方法で製作された大型模型試験体を用いた載荷実験により検証されている。また、実橋においても振動試験が実施され設計の妥当性について確認を行った。

→ p. 146

参考文献

- 1) 池田尚治・則武邦具・山口隆裕・南浩郎：吊床版構造を活用した自碇式複合PC橋に関する研究、第3回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集、1992.11
- 2) 熊谷紳一郎・近藤真一・池田尚治：吊床版構造を応用新しいPC複合トラス橋に関する研究、プレストレストコンクリート、Vol.44, No.1, 2002.1



概要

木曾川橋・揖斐川橋は、伊勢湾岸自動車道が日本有数の大河川である木曾川と揖斐川の河口部を横過する、橋長1 145 m 及び1 397 m の橋梁であり、河川条件により側径間長が160 m 程度必要となることから、支間中央部に鋼桁を用いて死荷重軽減を図ることなどにより経済性および施工性を追及した、世界初のPC・鋼複合連続エクストラドーズド橋である。

コンクリート桁部は海上輸送の利点を生かし、プレキャストセグメント工法を採用し、鋼桁部は鋼床版とし架設は桁長約100 m、重量2 000 tf の桁を製作工場から海上輸送し、台船を用いて一括吊上げ架設により行った。

設計上の特徴

本構造の特性を十分生かすべく、現行の各種設計基準の吟味、解釈を深耕することはもとより、新技術・新工法の採用を制限しないような柔軟な発想をもって技術動向を先取りし、十分な検討を実施した。設計に関する諸基準は、道路橋示方書に準拠することを基本としたが、PC部材では構造物が必要な性能を保持するために各部材に適切な限界状態を設定した照査方法を取入れた。

コンクリート桁のコンクリート強度は軽量化を目的として、高速道路では初めて60 N/mm² を採用した。斜ケーブルは一面吊りで中央分離帯側に設置する構造とし、主塔高さを斜張橋の場合の1/2以下(30 m) とすることで、斜ケーブルの活荷重による応力変動の低減を図り、応力度の制限値を0.6 σ_{pu} とした。

鋼桁部は死荷重低減のために鋼床版を採用し、床版部に大型のUリブ(440 × 330 × 8)を使用することなどにより、製作工数および溶接延長を減少させて合理化および耐久性の向上を図った。

複合橋におけるコンクリートと鋼の接合部は剛性が急変するため、FEM解析を行って応力伝達が円滑に行える構造を検討するとともに、輪荷重載荷疲労試験により疲労安全性の評価および確認を行った。

新しい構造形式であることから耐震安全性の検討を合理的に行うために、過去および未来を通じて評価地点に大きな影響を及ぼす可能性のある歴史地震

および活断層を複数個特定し、それらに震源断層の拡がりやを考慮できる地震動評価手法を適用し、建設地点の工学的基盤における地震動を評価した。これにより、養老伊勢湾断層と安政東海地震の評価結果をもとにレベル2地震動を策定し、耐震設計を行った。

製作・架設上の特徴

コンクリート桁部は架橋地点が河川の河口部に位置し、海上輸送が可能であること、経済的にセグメントが運搬できる地点に製作ヤードが確保できること、また60 N/mm² の高強度コンクリートを使用することよりプレキャストセグメント工法を採用し、製作はショートラインマッチキャスト方式により行った。

主塔は中央分離帯内に設置され、部材幅が制限されるため50 N/mm² のコンクリートを使用し、また、温度応力によるひび割れを抑える目的で低熱ポルトランドセメントを用いた。主塔上部の斜材との定着部は鋼殻構造とし、フローティングクレーンにより設置した。また斜ケーブルを緊張した後、鋼殻定着体周りにコンクリートを打設して、主塔全体を一体化した。

鋼桁部の架設は、コンクリート桁の先端に接合桁を架設終了後、重量2 000 tf の鋼桁を接合桁に設けたストランドジャッキにより吊上げてI型バーにより一旦仮固定し、その後施工誤差等により生じた接合桁と鋼桁の隙間を測量して、これに合わせた添接板を製作・設置し、両者をボルトにより連結して行い、桁全体の架設を完了した。

→ p. 154

参考文献

- 1) 小松・前田・木荘・小宮：第二名神高速道路木曾川橋・揖斐川橋の計画と下部工の施工、橋梁と基礎、1999.4
- 2) 池田・水口・小松・中須・前田：第二名神高速道路木曾川橋・揖斐川橋上部工の設計、橋梁と基礎、1999.11
- 3) 小松・中須・高宮・中道・中上・小川：木曾川橋・揖斐川橋上部工の施工、橋梁と基礎、2000.1
- 4) 池田・中須・明橋・古賀：木曾川・揖斐川橋における接合桁の設計と床版部の疲労実験、構造工学論文集、2000.3
- 5) 小松・酒井・水口・丹羽・池浦・大保：断層を考慮した木曾川橋の耐震設計におけるレベル2地震動の評価、構造工学論文集、2000.3



イルティッシュ河橋

Irtysk River Bridge

概要

イルティッシュ河橋は、カザフスタン共和国北東部のセミパラチンスク市でロシアと結ぶ幹線道路がイルティッシュ河を渡る箇所に建設された中央径間750 mの単径間道路吊橋である。両側径間は4径間連続非合成2箱桁橋となっている。

同市でイルティッシュ河を渡っていた唯一のコンクリート道路橋が老朽化し、中央の2車線しか走行できなくなっていた。交通上の要衝である同橋の架け替えはカザフスタン共和国の発展にとって極めて重要な課題であるため、日本に援助を要請し、同橋を含む全長11.7 kmの道路工事に円借款が供与された。

本橋の最大の特徴は温度変化が激しい内陸性気候への対応である。設計条件である温度変化の範囲は、+50～-50℃に設定する必要があった。日本国内にはこれほど低温となる施工実例がなく、施工に先立ち種々の検討が実施された。

主塔と補剛桁は日本国内でパネル製作した。現地製作用の側径間鋼材、ケーブルワイヤおよび現地で調達困難な建設機材を含めてロシアのナホトカへ海上輸送した後、シベリア鉄道6700 kmを利用して現地へ輸送した。日本から輸送した資機材の総重量は19000 tに達した。

1998年5月に下部工の建設に着手し、2000年11月に供用した。本橋の建設工事は、2001年7月に財団法人エンジニアリング振興協会の第21回エンジニアリング功労者賞（国際協力部門）を受賞した。

設計・施工上の特徴

1) 極低温環境にある溶接継手の低温じん性確保

建設現場は内陸性気候によって夏季(+50℃)と冬季(-50℃)の気温差が100℃に達するので、極低温に対応した材料と施工方法の選定が大きな課題であった。鋼材は旧ソ連規格を遵守して、シャルピー吸収エネルギー μE (-50℃)29 J以上を満足する鋼材を選定し、溶接継手の低温じん性確認試験を行った。その内容は溶接入熱量と鋼材熱影響部じん性の関係の確認、溶接材料の種類、入熱制限と開先ギャップ、積層方法の確認であり、溶接継手の低温じん性を確保する溶接施工方法が確立された。

2) 極低温環境におけるマスコンクリートの施工

アンカレイジの建設が全体工程を左右するが、極寒となる12月から3月までの期間は屋外での施工が不可能であり、特別な低温対策を講じる必要があった。さらに、アンカレイジはマスコンクリート構造物であるため、打設時にセメント水和熱による温度ひびわれの発生に対応する必要があるほか、外気温が氷点下となる冬季施工では急激な温度降下によるひび割れにも対応する必要があった。このため、

- ①コンクリート施工面は厳寒期を除き仮設の建物(テント)で覆い、ジェットヒーターを使用して内部を常に+15℃以上の環境に保持し、
- ②このような厳しい施工条件を反映した温度応力解析を行い、打設ステップ毎のコンクリート温度履歴、構造物全体の応力分布及び温度ひび割れ指数を基に、ひび割れの可能性を抑制し、良好な施工を実施した。

同国では冬季もコンクリート製品を工場内で製作保管し、夏場に組み立てることが一般的であるため、本橋の下部工表面に設置している型枠兼用のコンクリートブロックは、厳寒仕様で冬季に製作した。

3) 上部工現地架設での創意工夫

主塔はパネルで架設された。継手部外面のボルトを省略した引張ボルト形式を全面的に採用し、すっきりした景観を実現した。

ケーブルはエアースピニング工法によってストランドを架設した。ドライビングウインチの能力確保、制御システムの安定性を向上させるための電気式の採用、大容量のワイヤストック量の確保などにより、素線引出し速度6 m/secを実現した。これは、同じ工法による最近の海外工事(デンマーク：グレートベルト橋)の実績4 m/secを凌ぐ速度である。

補剛桁は現地ヤードで最大240 tonのブロックに組み立て、台車で移動し、スイング工法で架設した。

→ p. 136

参考文献

- 1) 宮田明他：カザフスタン共和国 イルティッシュ河橋梁建設工事、石川島播磨技報、2001. 9
- 2) 江浪信道他：極低温環境で使用される橋梁の溶接工法の検討、石川島播磨技報、2001. 9
- 3) 小川忠夫：セミパラチンスク、イルティッシュ河 橋梁建設の意義、日本プラント協会誌、2000. 12
- 4) 瀧澤通明：イルティッシュ河橋(カザフスタン共和国)、橋梁と基礎、2000.8

