

新十三大橋の建設工事

近藤和夫*・井上洋里*
加藤隆夫*・佐々木茂範*

1. まえがき

一般国道176号線（旧2級国道福知山大阪線）の大阪市内における十三大橋前後は、変則的な交差点にはさまれ、近年の自動車交通量の激増にともない交通混雑がはなはだしく、北大阪最大の交通難所とされていた。大阪市ではこの十三大橋付近の交通難を緩和する目的で、新十三大橋の新設を中心とした延長約3.5kmにわたる全線高架のバイパスを計画し、5カ年の工期と約50億円の建設費により、昭和42年5月このバイパスを完成した。

新十三大橋は、在来の十三大橋の下流約280mの位置で新淀川を越えるものであるが、橋長792.8m、平均スパン約90m、有効幅員18.2mの規模で、2主げた構成の鋼床板連続けた橋で架橋された。

以下に本橋建設工事の概要を報告する。

2. 架橋計画¹⁾

(1) 架橋条件

バイパスの道路計画、河川の管理、地形、地質などから要求される主な設計施工条件はつぎのようであった。

まず設計上の条件としては、

- 1) 橋格：1等橋とし TL-20 で設計する。
- 2) 橋長：河川幅、堤防沿いの道路を含めて橋長は約793mとなる。
- 3) 幅員構成：4車線の車道13.5mと歩道2.35mのほかに、自転車道2.35mを設ける。
- 4) スパンの規制：新淀川の堤防付近は、堤体内および堤防沿いの道路内の構築を避ける条件から、右岸側で80m以上、左岸側で90m以上とする必要がある。また河川内は40m以上を確保する。

* 正会員 大阪市土木局

- 5) けた高：新淀川の計画堤防高およびバイパスの取付坂路の関係から3mに制限を受ける。
- 6) 基礎の支持層：橋脚、橋台の基礎は、地表に近い軟弱な沖積粘土層を避け、OP-27m前後に現われる天満砂れき層まで届かせる必要がある。
また施工条件としては、細部にわたるものは別として、新淀川内の工事はすべて11月から4月までの渇水期に実施することが要求された。

(2) 架橋形式の決定

架橋条件にもとづき、種々の比較検討を行なった。まず下部構造では、橋脚、橋台の構築高さが基礎を含めて約35mとなり、また両端の堤防付近で80~90m以上のスパンが要求されているので、これらに適合するものとして大径パイル、ウエル、ニューマチックケーソンなどの基礎と、RCあるいは鉄骨の躯体との組み合わせについて検討を加えた。

新淀川内では、基礎の最上面を河床の最深位置（水深約8m）以下に設置するという条件があり、このためにパイル基礎では施工、工期に難点を生じ、また耐荷力の面でも他の二者に比較して劣るので、河川内の橋脚に対するパイル基礎の適用は考慮外とした。この範囲に対してウエルまたはケーソンのいずれを採用するかは容易に決め難いが、経済比較も行なったうえで、特に工期、施工の信頼性を重視して、ケーソンを河川内橋脚の基礎に採用することにした。これと組み合わせる躯体には流水の攪乱や、ケーソン基礎との無理のない結合、あるいは外観などに対する配慮からRCの壁式構造を採用した。

橋台の施工箇所は堤内地に位置し、河川内のような厳しい施工条件がなく、また作用外力も比較的小さいので基礎は経済的なRC場所打ちパイルとし、躯体は建築限界の制約から鋼製ラーメン構造で考えることにした。

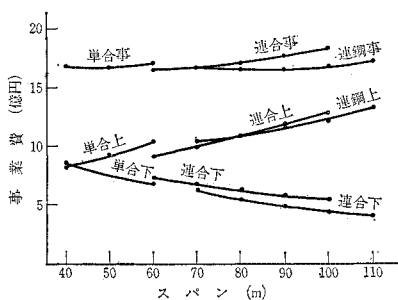
つぎに上部構造では、計画の当初においては、橋長約800mに対して種々の形式を考慮したが、結局、上路ガーダー形式で架橋するという方針で、上記下部構造との

表-1

型式	スパン割り	上部構造概要	下部構造概要	事業費
I		単純合成けた橋 鋼重 225kg/m ² けた高 3m	RC 壁式橋体 ケーソン基礎 (13×5×23m) 15基 (16×6×23m) 2基	1680 000千円
II		連続合成けた橋 鋼重 280kg/m ² けた高 3m	RC 壁式橋体 ケーソン基礎 (14×5×23m) 2基 (16×6×23m) 6基 (18×6×23m) 2基	1700 000 "
III		連続合成けた橋 鋼重 300kg/m ² けた高 3m	RC 壁式橋体 ケーソン基礎 (16×6×23m) 7基 (20×6×23m) 3基	1790 000 "
IV		連続鋼床板けた橋 鋼重 320kg/m ² けた高 3m	RC 壁式橋体 ケーソン基礎 (14×5×23m) 8基 (16×6×23m) 2基	1630 000 "
V		連続鋼床板けた橋 鋼重 325kg/m ² けた高 3m	RC 壁式橋体 ケーソン基礎 (14×5×23m) 7基 (16×6×23m) 3基	1640 000 "
VI		連続鋼床板けた橋 鋼重 360kg/m ² けた高 3~4m	RC 壁式橋体 ケーソン基礎 (14×5×23m) 2基 (16×6×23m) 4基 (20×6×23m) 2基	1720 000 "
VII		連続鋼床板けた橋 鋼重 420kg/m ² けた高 3~6m	RC 壁式橋体 ケーソン基礎 (18×6×23m) 5基 (20×6×34m) 1基	1840 000 "

組み合わせに対してより詳細な比較設計を試みた。表-1は架橋条件、各形式のもつ特性、全体的なバランスなどを考慮した数種の架橋案について、その内容と事業費を示したものである。また、図-1はごく基本的な架橋条

図-1



件のみを考慮し、スパンを連続的に変化させた場合の各形式におけるスパンと事業費の関係を示したものである。さらに表-2は表-1の各形式について、事業費

表-2

項目 形式	重み						
	事業費	工期	外観	設計	工事	維持	計
	0.750	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	1.000
I	0.750	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	1.000
II	0.743	0.065	0.070	0.035	0.035	0.065	1.013
III	0.705	0.065	0.080	0.040	0.040	0.065	0.995
IV	0.773	0.070	0.070	0.045	0.040	0.045	1.043
V	0.765	0.070	0.080	0.050	0.040	0.045	1.050
VI	0.735	0.075	0.090	0.050	0.035	0.050	1.035
VII	0.690	0.075	0.100	0.040	0.030	0.050	0.990

のほかに工期、外観、設計、工事、維持などの面から採点し、事業費 0.75、その他各 0.05 の比重で、形式 I を 1.000 とした場合の比較結果を示したものである。表の見方は、点数の高いものほど望ましく、したがって、スパン 90 m 前後の鋼床板けた橋が最も好ましい形式ということになる。

ところで、これらの比較設計では有効幅員 18.2 m に対して 4 本の主げた構成によるけた橋を対象としたが、近年西ドイツにおいて、主げた数を 2 本とし同時に床組構造に簡易なトラス等を用いて軽量化する構造法がスパン 100 m 前後の橋梁に実施されており、これによる場合幅員によっても差を生ずるが、主げた数の多い場合に比較して、10~20% の鋼重軽減が可能とされている。本橋の上部構造の形式決定に当り、最終的にはこのような 2 主げた形式のいちじるしい経済性に着目して、形式 V のスパン割りに対し、この構造法による鋼床板連続けた橋を採用することにした。図-2 に橋梁一般図を示す。

3. 設計

(1) 下部構造の設計

架橋位置の地質状態を明確にするために、8カ所についてボーリングを実施し、各種の土質試験を行なった。図-3 に代表的な土質柱状図を示す。

下部構造の設計で主要な事項は、基礎の安定計算である。支持力に対する計算では、支持層である砂れき層と

図-2 新十三大橋一般図

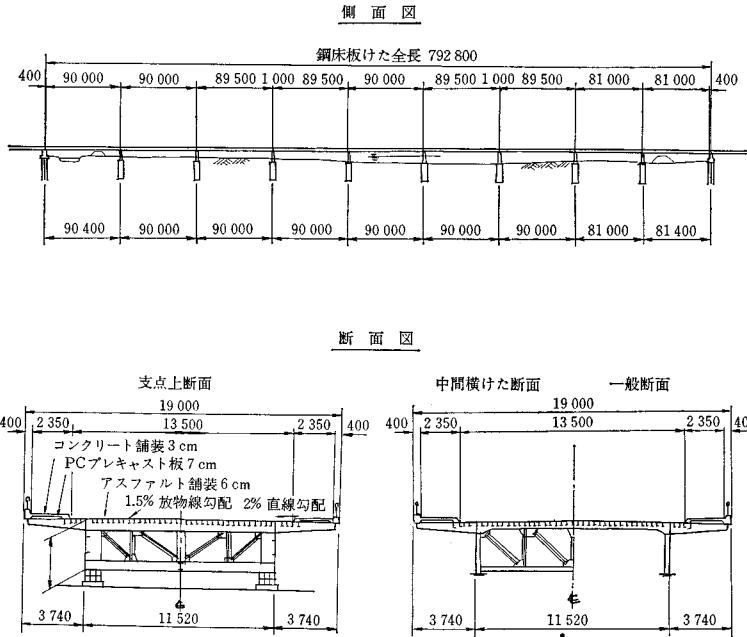
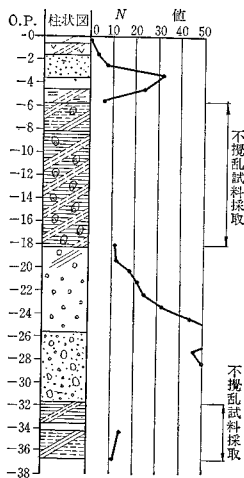


図-3



その下の粘土層について沈下破壊に対する検討を行ない、そのさい負の摩擦力については安全側に考慮することにした。また基礎の耐震設計では、上部構造および周辺地盤との連成振動系として動的解析を行なうことが望ましいが、本橋の場合、基礎の剛性が相当大きく、ロッキング現象における変位も小さいと考えられるので、通常の震度法によることにした。水平震度は0.2をとり、地震力は一様に作用するものとし、剛体(ケーソン)および弾性基礎上のはり(RCパイル)として設計を行なった。この場合、基礎地盤の反力係数は、架橋位置での K 値測定試験の結果や、基礎の形状、粘性土の動的性状などに留意して、ケーソン基礎では K_H の値は三角形

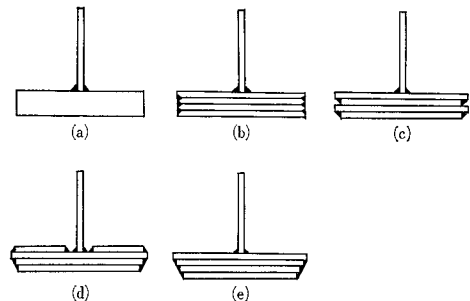
布を仮定し、底面位置で 2 kg/cm^3 とした。また K_v は 10 kg/cm^3 とした。橋台基礎のRCパイルについては階段状の分布を仮定し、上層部で $K_H=1\text{ kg/cm}^3$ 、下層部で $K_H=2\text{ kg/cm}^3$ とした。ケーソンの振動時土圧の計算では、表層地盤とケーソンとの相対変位を考えると、底面から地表へ逆三角形の変位分布を仮定した。なお、ケーソンの中詰めの水、周囲の浮力については安全側に考慮した。

(2) 上部構造の設計

上部構造は2.(2)で述べたところにより、2主げた構成の3径間連続鋼床板けた橋を採用し、3連編成の設計とした。スパン割りは左岸側より、 $90+90+89.5\text{ m}$ 、 $89.5+90+89.5\text{ m}$ 、 $89.5+81+81\text{ m}$ であって、構造の概要はつぎのようである。

図-2に示すように、有効幅員18.2mに対して、腹板高3mの2本の等高主げたを11.52mの間隔で配置し、上フランジは幅14.360mの鋼床板により、また下フランジは 1200×25 のプレートの基本とし、必要に応じて数枚のカバープレートを重ねて形成した。特に下フランジは、主げた数が少なく、しかも、けた高に制限を受けたため、大きいところでSM 58材を使用して 1000 cm^2 を越える断面が必要となった。このような大型の下フランジを溶接によって形成するには、図-4に

図-4 下フランジの形成法



示すような方法が考えられる。望ましい形式を決定するために、製作、溶接に関する調査試験を実施して、最終的には現場継手に対する配慮も加えてタイプ(e)を採用し、さらにカバープレート相互は肌すきを無くすた

めに高力ボルトを用いて閉じることにした²⁾。

床組構造では、主げた間に対傾構を兼ねたプラットトラスの横げたを 9 m 間隔に配置し、さらに中央にワーレントラスの縦げたを設けて、これらにより床板荷重の分配を計った。この横げた、縦げたのパネル間隔は、前者は主げた間を 4 等分し、後者は横リブ間隔に一致せしめた。

鋼床板のデッキプレートの厚さは径間部で 12 mm、支点付近 14~18 mm で、また縦横のリブの間隔はそれぞれ 320 mm、2 250 mm とした。また腹板の厚さは高さ 3 m に対して 12 mm を使用し、一部支点付近のみ 14 mm とした。

つぎに設計計算における主要な事項を取り上げると下記のようなのである。

鋼床板および床組では、二つの方法によって検討することとし、一次計算で断面を決定し、より構造物の実体に即した二次計算で照査を行なった。すなわち鋼床板の場合、一次計算では 5.76 m の幅について主げたと縦げたに支持されたデッキプレート、縦リブ、横リブからなる系を考え、二次計算では主げた間にはさまれる範囲について、トラスの縦げた、横げたのたわみ性を考慮した系を考えた。また縦げた、横げたの一次計算では平面トラスの系を取り上げ、二次計算では、トラスの床げたおよび主げた、鋼床板からなる格子の系を取り上げた。

主げたの設計では、まず通常の鉛直荷重に対しては、中央の縦げたは剛性が小さいので、2 本の主げたのみ有効として、また各主げたはいわゆる 1-0 の反力の影響線により、単独で抵抗するものとして断面を決定した。ただし、横荷重やトルク荷重に対する応力照査の場合には、横断面の保持を検討し、主げたと鋼床板で形成される π 断面で抵抗するものと考えた。これについてはアクリルライトによる 1/15 の縮小模型を製作し、各種の載荷試験を行なって計算仮定の妥当性を確認した³⁾。また在来の十三大橋に関する調査をもとに、橋軸方向および横断方向の不等沈下 5 cm を考え、最も危険な場合について応力照査を行なった。このほかに詳細な座屈照査や、けたの振動性状についての検討を行ない安全性を確認した。

各部材の現場継手は、高力ボルトによる摩擦接合で設計した。ただし、鋼床板のデッキプレートのみは、主として舗装に対する配慮から全面的に現場溶接によることとした。特に主げたの大型の下フランジの現場継手は、F 13 T 高力ボルトを使用し、数板のカバープレートをすべて同一断面で添接する設計としたが、この設計の採用に当り、各種の継手形式について、縮小模型、実物大模型により実験を行ない、その耐荷性状を明確にした。実験ではカバープレートを段階的に添接する形式

が最も好ましい結果を示したが、現場の施工の難易も考慮して、上記の同断面で添接する形式を採用することにした。F 13 T の高力ボルトの設計軸力は、遅れ破壊に対する配慮から新しく開発されたマイテンレンチの使用を前提に、「鋼道路橋の高力ボルト摩擦接合設計指針」に準ずる場合に比較して、 $\sigma_x = \alpha \sigma_y$ の値で約 10%、 $\sigma_y = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau^2}$ の値で約 25% 低くなるように定めて安全を期した。

またデッキプレートの現場溶接部の開先形状、溶接法などは、施工試験により確認し決定した。

4. 施 工

(1) 下部構造の施工

下部構造の工事内容は、陸上の橋脚 2 基、河川内の橋脚 8 基の築造であるが、ここでは主要な河川内工事の施工について触れることにする。この工事は昭和 38 年 12 月から昭和 39 年 5 月までの渇水期に実施した。

ケーソンは築島工法で施工し、諸資材の搬入、残土の搬出は兩岸の堤防より構築した幅 4 m の工事用棧橋から陸上トラック輸送によることにした。ケーソンの断面形状は、固定橋脚に対して 15×5 m、可動橋脚に対して 13×5 m で、すべて小判型であるが、築島断面は締切り矢板の安定をよくするために、直径 18~20 m の円形とした。

ケーソンの深さは平均 23 m であるが、これは作業室をのぞき、5 ロットに分けてコンクリートの打設、掘削沈下を行ない、一方橋脚躯体は高さ約 12 m で 3 ロットに分けて施工した。このケーソンから躯体を打ち継ぐ工事で特に意を用いた点は、一般に使用される止水仮壁を省略し、工期の短縮、工費の節減を意図して躯体の中を中空とし、下方のケーソンから連続的にシャフトを建込むことにより、躯体もケーソンの一部として施工する工法を採用したことである。この工法で注意を要するのは、ケーソンの施工中に生ずる傾きや水平移動などの誤差が大きく出すぎると、躯体中の穴の大きさに制限があり、その修正が困難となるため、施工について細心の管理が必要となることである。実際には 8 基の橋脚とも最大 10 cm 以内の誤差に止まり、躯体の構築中に修正が可能であった。この工法の採用により、約 1 カ月の工期の短縮と、およそ 3 000 万円の工費が節約された。

基礎、躯体を含めて橋脚 1 基の施工に要した日数は、築島上でのケーソンのシュースえつけから数えて 70~80 日、築島施工からは 90~100 日で、23 m の基礎の深さに対する平均沈下速度は 0.4~0.5 m/日であった。

なお、各橋脚とも基礎地盤に達した位置で載荷試験を

図-5 ケーソン沈下図

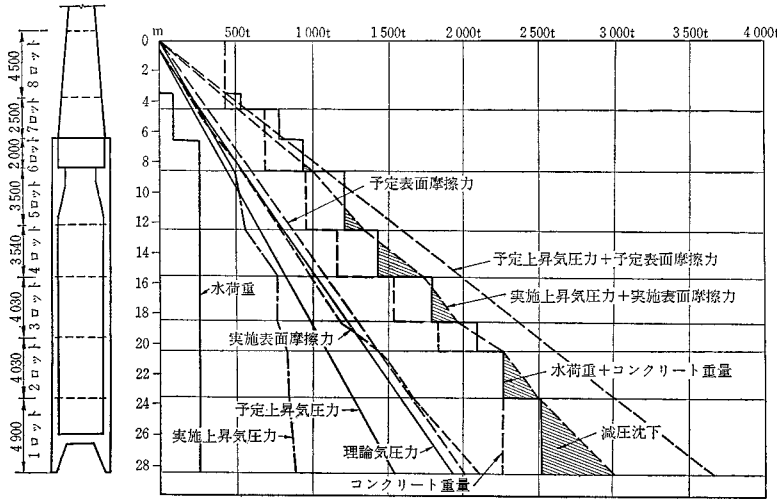


図-6

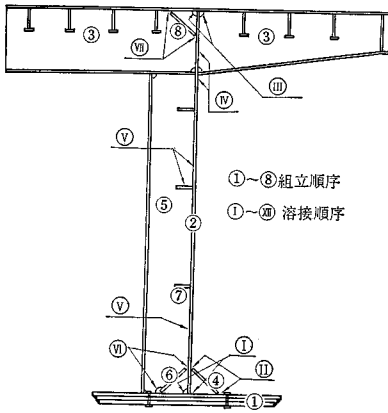
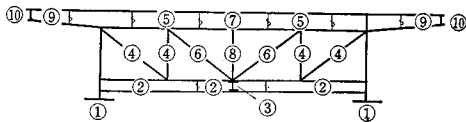


図-7



行ない、地耐力を測定し設計の安全性を確認した。図-5は、ケーソンの施工時に発生する各種の外力と気圧の関係を示した沈下図である。

(2) 上部構造の施工

連続鋼床板けた橋3連からなる上部構造は、1連ごとに3社に分割し、製作架設に関する特記仕様書を作成して施工を実施した。

工場作業の主要な内容は、鋼床板と主げたの製作であるが、これらは取り扱いの難易を考慮のうえ、各げたとともに橋軸方向に12カ所、横断方向に4カ所の切断位置を設け、ブロック別に組立を行なった。鋼床板のプロ

ックは板つぎされたデッキプレートをはぼ縦横断キャンバーに合せて治具上にセットし、これにすでに小組立を終った補剛リブを縦リブ、横リブの順で取りつけて組立を行なった。そして、溶接終了後に正規のキャンバーに修正した。また主げたのブロックは、上フランジ、下フランジ、ウェブなどの小組ブロックの組立をできるだけ完了してから大組する方針で形成した。図-6に主げたの組立および溶接の順序を示す。

製作工程では特に高張力鋼の取り扱いに注意し、とりわけ

60キロ鋼は各種の溶接性試験を実施して施工条件の確認を行なった。

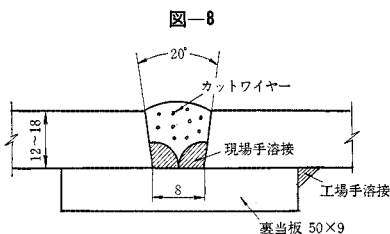
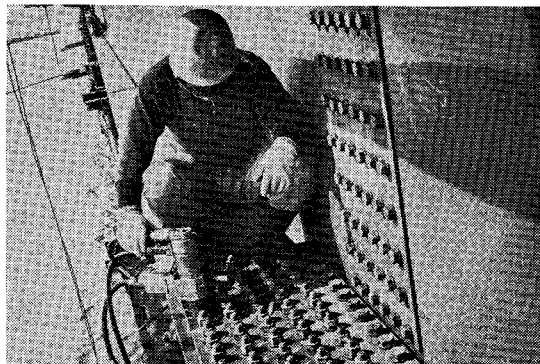
工場における仮組検査は、作業場の広さ、工期の関係から各けたとも中央で2分し、2回に分けて実施した。図-7に横断面からみた仮組の順序を示す。

工場で組立を終えた各ブロックは、ごく一部を除いて水上輸送により現場に搬入された。

架設は全ステージング工法を採用し、一部堤防付近で船およびトラックの接近が困難な箇所にケーブルエレクション工法を併用することにした。ステージングはほぼ主げたの継手位置に設け、H型鋼を用いて構築した。

現場での架設作業のうちで特に留意した事項は、マイテンレンチによる下フランジの高力ボルトの施工と、鋼床板の現場溶接の施工であって、両者の施工順序についても慎重な検討が必要であった。溶接時の収縮にともなう悪影響をできるだけ小さくするためには、ボルトの施工を溶接後に行なうことが望ましいが、溶接の前には部材の仮固定や縦断キャンバーの調整が不可欠であり、それにはドリフトピンなどの使用も考えられるが、作業の重複を避ける意味で、直接高力ボルトを部分的に施工することが得策である。このような配慮から、ボルトの施工は溶接前と後の2段階に分けて行ない、第1段階では溶接部から最もへだたった下フランジのみ100%の本締めとし、その他は40%の一時的締めを行ない、溶接完了後の第2段階でそれらの本締めを実施した。この方法の是非については異論もあり、結論は下し難いが、ボルトと穴の間に一様に相当量の余裕のある場合に効果が期待される。高力ボルトの施工には、F13Tばかりでなく、F11Tも含めてほぼ全面的に新しく大同製鋼で開発されたマイテンレンチを使用し、事前に実施した施工試験のデータにもとづき作業を行なった。一例を上げ

写真-1 ボルト締めつけ状況



ると、スプライス プレートを含めて8枚の板に 288 本のボルト配列を有する下フランジの継手では、板の肌すきに起因するボルトの導入軸力の不整を無くすために、3回締めを実施した。マイテン レンチの施工精度は比較的良好で、施工試験の結果にしたがい、標準ボルト軸力は設計の5%増しとした。写真-1 にボルト締めつけの作業状況を示す。

鋼床板のデッキ プレートの現場溶接は、図-8 に示すように、裏当て板を取り付け、カット ワイヤを併用した片面のサブマージ アーク溶接によった⁵⁾。この溶接方法は、これまで大阪市において実施した新淀川新橋や田籠橋での施工例を参考にし、架設時に予想される種々の条件を想定した施工試験を行なって最終的に決定したものである。開先断面を特に大きくしたのは、溶接ルート部の汚染、発錆に対して現場での清掃を容易にするためであり、この部分に1~2層の手溶接を盛ったのもさびの悪影響をできるだけ小さく押えるためである。またカット ワイヤの併用は、溶接能率の向上とともに、溶接入熱の調整を計り、自動溶接の際の溶込みが手溶接内に止まり、さびの影響を受けないように配慮したものである。溶接作業の進行順序は定性的には、収縮の大きいところから対称に極度の拘束を避け、かつ固定端から自由端に向かうことが望ましいとされており、本橋の場合も架設条件を考慮のうえ、ほぼこの原則にしたがって実施した。すなわち、橋軸方向には固定支点ないしは一時的に仮固定した支点から可動支点に向かい、また横断方向には中央から両側に向かって順次溶接を進めた。溶接完了後は橋軸方向で20%、横断方向でほぼ100%のX線

写真-2 新十三大橋の下部工

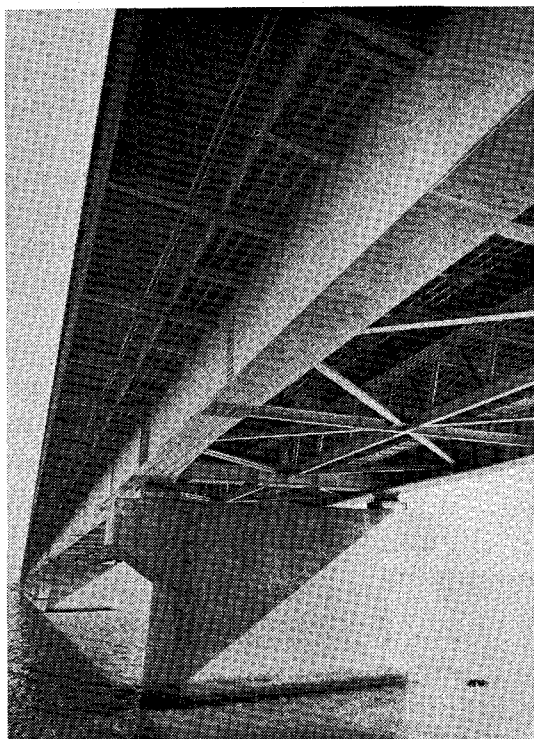
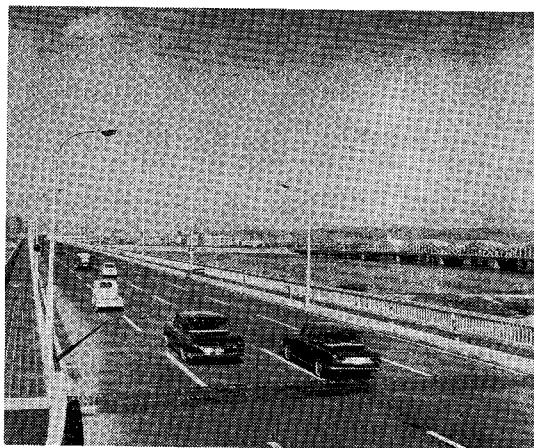


写真-3 新十三大橋全景



透過試験を実施して、すべて3級以内に入ることを確認した。

なお、裏当て板を用いた溶接継手部に対して、施工精度を考慮した疲労試験を実施して、この部分に作用する応力状態に対して安全であることを確かめた⁶⁾。

写真-2, 3 に本橋の完成写真を示す。

5. あとがき

新十三大橋の建設工事に関する主要な事項についてそ

の概要を述べたが、紙面の都合で橋面の舗装工事や上部構造の現場載荷試験などの報告を削除した。前者では厚さ6cmの2層のグースアスファルト舗装となっており、また後者では16~18tのトラック荷重20台を動員して、静的、動的試験を行ない、ほぼ満足すべき結果が得られている。

本橋の基本計画において特に意図した点は、上部構造の経済設計であったが、設計、施工を通じて、なお検討の余地も残しており、十分とはいえないが、最終の単位鋼げた鋼重は295kg/m²であって、ある程度所期の目的が達せられたと思われる。

おわりに、主として上部構造の実施に当り、京都大学小西一郎教授、東京大学奥村敏恵教授、名古屋大学成岡昌夫教授をはじめとし、建設省国道二課、建設省土木研

究所、ならびに施工担当会社の各位から、多大のご指導、ご援助を賜った。ここに厚く感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 近藤和夫ほか：新十三大橋の計画と設計について、第8回道路会議論文集第3部会 259
- 2) 近藤和夫ほか：新十三大橋の下フランジの成形法について、第8回道路会議論文集第3部会 261
- 3) 磯尾汀一ほか：新十三大橋の模型実験について、第8回道路会議論文集第3部会 262
- 4) 小西一郎ほか：新十三大橋の高力ボルト継手に関する実験的研究、第12回橋梁・構造工学研究発表会
- 5) 加藤隆夫：鋼床板の現場溶接について、橋梁と基礎 Vol. 1, No. 5.
- 6) 小西一郎ほか：鋼床板現場溶接継手の疲労強度、昭和41年度関西支部年次学術講演会 I-32.

(1967.5.10・受付)

日本土木史 ——大正元年～昭和15年——

体裁 B5判 8が横一段組み 本文1770ページ 図410葉 表500点

写真150枚余 上製箱入革製豪華製本 定価12000円(〒300円)

内容：第1章 河川・運河・砂防・治山／第2章 港湾・漁港・航路標識／第3章 農業土木／第4章 都市計画・地方計画／第5章 道路／第6章 軍事土木／第7章 上水道・下水道および工業用水道／第8章 土木行政／第9章 建設機械／第10章 トンネル／第11章 発電水力およびダム／第12章 鉄道／第13章 水理学／第14章 応用力学／第15章 土性および土質力学／第16章 測量／第17章 土木材料／第18章 コンクリート／第19章 土木教育史／第20章 学・協会史／付・日本土木史年表

ソ連における 左官工法

エム・オー・サメートン
ゲー・エル・ソユーリン 共著

高木暢太郎校閲 波木／大浜／河野訳
B6・650円

本書はソ連建設業関係会議の国家委員会の決定に従って、ソ連建設および建築アカデミーの組織、機械化および技術助成の科学調査研究所の指導の下に編集されたもので、左官工事の実施に当っての技術を高める実用的なこの参考書は施工組織と革新派の進歩的な実験と研究成果に基づき、建築作業の実施を効果的な方法によって行ない、機械化を最大限に利用する作業方法、作業用具と器具を合理的に使用する施工法など具体的に解説した好指導書である。

●技報堂全書新刊!

ACI・コンクリート 検査 便覧

ACI・611委員会編
日本コンクリート会議監修 B・6 650円
コンクリート検査方法を網羅したアメリカの最高委員会の編集による権威書!

セメントの話

山田順治著 B6・350円
土木技術者である著者が使用する立場から見たセメントのすべてを平易に解明

電力資源の開発と建設

神谷貞吉著 B6・350円
電力資源の概観を見渡し、かつ基礎的事項を把握しうるように興味深く解説。

近
目 薄肉弾性ばりの理論
刊 V. Z. ウラソフ著 奥村敏恵他訳

東京都港区芝西久保桜川7 技報堂 振替口座・東京10/T E L. 591-2277