

代継橋の設計および製作について

田 原 保 二* 松 島 巖**
池 田 哲 夫* 伊 藤 鉦 一***

要旨 熊本市の代継橋は昭和 28 年の出水で流失し現在復旧工事中であるが、新しい代継橋は架設地点の特殊性から合成桁箱格子橋として計画したので、設計計算法主要細部構造、製作上の主要点等につき報告する。

1. ま え が き

(1) 概 要

代継橋は主要地方道、熊本浜線熊本本市本荘町地内、白川にかかるもので、熊本市のはぼ中央に位し、産業上、交通上、重要な位置を占めている。旧橋は大正 10 年 3 月、鉄筋コンクリート橋として架設されたものであるが、昭和 28 年 6 月 26 日の豪雨出水により、他の市街橋とともに、橋脚もろとも流失した。

代継橋の復旧については、他の市街橋 9 橋とともに白川改修計画に準拠し、将来河川改修が行われた場合、治水上また市街橋としての美観、構造などについて、なんら支障のないよう斯界の学識経験者の御協力により委員会を構成し、十分検討のうえ架橋計画をたてた。橋の総幅員は 21 m であるが、そのうち車道幅員 15 m を災害復旧事業とし、また両側 3 m の歩道部分を災害関連事業として施工した。

(2) スパン割、橋梁形式決定の経過

河川改修計画の水面幅は 111 m を基準とし、全橋長は河川改修後において、 $112.84 \text{ m} (L=0.35+37.00+0.57+37.00+0.57+37.00+0.35=112.84 \text{ m})$ として、治水上できるかぎり径間を大きくし、また市街橋としての美観上、上路橋形式を選び、支間 37 m、幅員 21 m のもの 3 連を架設することとなつた。第 1 期工事は内 2 連 75.27 m で現在の川幅部分に架設し、1 連は河川改修をまつて架設する。上部構造は熊本市の中心であり、市街橋として、また前後の取付の関係から、桁高をできるかぎり低くする必要があるので、3 径間連続桁とするか、または、工事の都合上 2 径間を連続桁とし、他の 1 径間を継足とすることも考えられ、また桁高を低くするために高張力鋼を使用する案もあつたが、結局コンクリートスラブを合成した 3 径間の単純鋼箱桁橋と決定した。

(3) 下部構造

地質調査の結果信頼しうる地盤は望み難く、相当の根

入を必要とし、また河床に旧橋構造物が埋没して基礎の沈下に障害が大きいと考えたので、工事の安全、工期の短縮を考慮して空気ケーソン基礎とし、その天端は白川改修掘削面と合致させた。

右岸橋台は基礎を鉄筋コンクリート ケーソンとし、当初長さ 15 m で計画したが、基礎地盤が軟弱粘土層で試験の結果、地耐力が不十分であつたので、さらに 4.5 m 深くして砂利層まで根入した。

左岸橋台の基礎は鉄筋コンクリート ケーソンとし、根入り長さは 20 m である。将来橋脚となるので構造は橋脚型とし、翼壁は扶壁式として躯体と絶縁した。橋脚の基礎は鉄筋コンクリート ケーソンで根入り長さ 20 m、躯体構造はラーメン式鉄筋コンクリート橋脚で、外周は一樣に 30 cm 厚さの鉄筋コンクリート壁でおほい自重の軽減を計るとともに河川の乱流を防止した。

2. 上部構造の設計

(1) 設計条件

主要寸法はスパン 37 m、幅員 $3.00+15.00+3.00=21 \text{ m}$ であつて、車道 15 m の間には複線の電車軌道が敷設される。

設計は鋼道路橋設計示方書第 3 次原案によつて行つた。設計荷重は示方書 8 条および 9 条に示された一等橋の荷重で、軌道部には 30 t 電車荷重を负载する。

使用材料は SS 41 とし、板厚 1 in を超えるものは、JIS G 3106 溶接構造用圧延鋼材 SM 41 W を用いる。なお鋼材の許容応力度は鋼道路橋設計方書 26 条により、また溶接継手に対しては、母材の許容応力度に表一 1 の係数を乗じたものを継手の許容応力度とする。

次に橋梁形式は前述の理由により箱桁橋とし、将来の延長、嵩上げなどを考慮し単純桁橋とする。また軌道敷

表一 1

| 継手区分 | 応力区分 | 工 場 | 現 場 |
|------|-------|-----|-----|
| 突合継手 | 圧 縮 | 1.0 | 0.9 |
| | 引 張 | 0.9 | 0.8 |
| | セ ン 断 | 0.6 | 0.5 |
| 隅肉継手 | セ ン 断 | 0.6 | 0.5 |

は死荷重軽減のため、タイバット類を用いる。また歩道部を除く全橋面にわたり防水層を設け、箱桁橋の維持に万全を

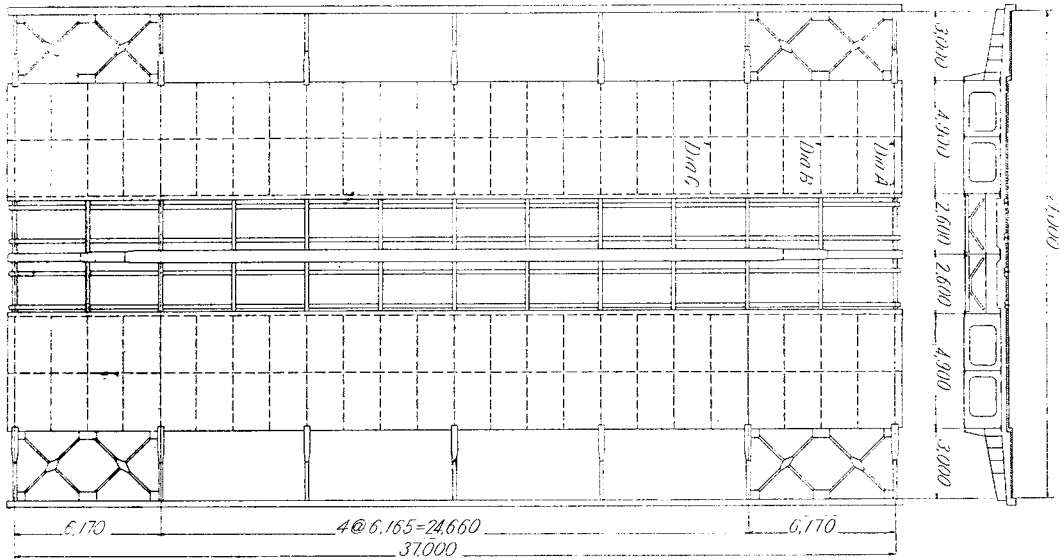
期する。

(2) 箱桁橋の計画

本橋に箱桁橋形式を採用する場合種々の桁配置が考え

• 両氏とも正員 建設省土木研究所
 ** 正員 熊本県土木部道路課
 *** 正員 新三菱重工業 KKK 神戸造船所

図-1



られるが、製作、架設、維持などの点から検討した結果図-1のように決定した。

設計計算にあたっては、次の条件を満足するように考慮した。

a) 歩道部、車道部、軌道部とも鉄筋コンクリート床版を用いるが構造上安全を期するため、コンクリートと鋼桁の合成は箱桁部分だけにかぎった。したがって鉄筋コンクリート床版の歩・車道境界、車・軌道境界部にはエラストイトを挿入し、床版におけるき裂の発生を防止するようにした。

b) 荷重分布横桁は約 6.2 m 間隔に配置した。したがって横桁数は 5 本である。なお軌道部には電車荷重を主桁に伝達させるため、補助横桁をその中間に設けた。また軌道部床版は、慣習の構造としたため、床版および軌道に作用する荷重を支持する縦桁を、レールの下に配置した。

c) 2 箱桁と 1-I 桁が 5 本の荷重分布横桁によつて結合された格子構造として設計した。箱桁のネジリコワサの影響も考慮した。

d) 合成作用は活荷重に対してのみ考えることとしたが、アスファルト舗装（軌道部 6 cm、車道部 5 cm、歩道部 3 cm）はコンクリートの硬化後に施工するので、この荷重は合成断面に対して分布されるものとした。なお鋼桁自重には荷重分配作用を考慮せず、床版コンクリート重量は、鋼断面に対して分配させることとした。

e) 箱桁の断面形保持のため、前記荷重分布横桁および補助横桁取付位置と、その中央、すなわち約 1.5 m 間隔にダイヤフラムを設けた。

f) 将来の嵩上工事にそなえて、箱桁端部から約 1.5

m のところのダイヤフラムを特に強固にした。

g) 橋の縦断勾配は 1/100、横断勾配は車道部 1/75、歩道部 1/100、軌道部 0 である。

(3) 主桁の設計理論の概要

この設計では板交差構造 (Plattenkreuzwerk) とし計算を行つた。一般に板と交差構造 (Kreuzwerk または Trägerrost) とを組合せた構造を、板交差構造といっている。また横桁がなく、縦桁のみをもつた板交差構造を Plattenrippenwerk または Mehrstegiger Plattenbalken といい、交差構造の上下の面に板をもつたものを、箱桁 (Hohlkastenträger) という。このような板交差構造は板の理論によらず格子の理論によつても計算することができる。板交差構造を格子の理論によつて計算する場合には、板の連続性、協力幅、およびネジリコワサを、交差構造の曲げコワサとネジリコワサの中に含めて考える。

以下説明の便宜上、板交差構造を交差構造と略称し主桁のネジリコワサを考えないものを、従来どおり格子桁ということにする。

交差構造としての計算には 2 つの方法がある。1 つは H. Homberg¹⁾ の方法であり、これによれば主桁のネジリコワサをも考慮に入れた精解がえられる。第 2 の方法は、L. Mühe²⁾ の近似計算法で、これは Leonhardt³⁾、Schöttgen⁴⁾、および Pirlet⁵⁾ の方法を適当に組合せたものといふことができよう。

交差構造の計算において特に問題となるのは、a) 横桁の数、b) 部材のコワサ、である。まず b) について考えてみよう。交差構造を構成する部材のコワサを次の記号で示す。

EJ_H : 主桁の曲げコワサ

EJ_Q : 横桁の "

EJ_{TH} : 主桁のネジリコワサ

EJ_{TQ} : 横桁の "

これらの性質を全部考慮に入れて、理論的に処理することは非常に複雑であつて、設計に適用することは不可能であるといつてもよいだろう。そこで種々の近似的計算法が考えられるのである。普通の交差構造では、 $EJ_{TQ}=0$ として、横桁のネジリコワサを無視するから、一応次の6つの組合せが計算の対象となる。

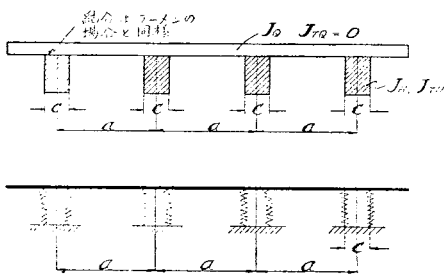
- (a) $J_H \neq 0, J_{TH} \neq 0, J_Q = \infty$
- (b) " $J_{TH} = 0, J_Q \neq 0$
- (c) " $J_{TH} = 0, J_Q = \infty$
- (d) " $J_{TH} = \infty, J_Q \neq 0$
- (e) " $J_{TH} = \infty, J_Q = \infty$
- (f) " $J_{TH} \neq 0, J_Q \neq 0$

一般に格子桁とよばれているものは (b), (c) の場合であつて、いずれも主桁のネジリコワサを無視したものである。われわれの対象とする交差構造は (f) の場合であるが、これは不静定次数が高く、設計が非常に煩雑になる。交差構造において問題となる横分布係数は (a) の場合は Schöttgen¹⁾ により、(b), (c) の場合は F. Leonhardt²⁾ および H. Homberg³⁾ により、また (d) の場合は J. Pirlet⁵⁾ によりすでに求められている。(e) の場合は明らかである。したがつて、上記 (a) ~ (e) の横分布係数は計算が可能であるから、これらの結果より、実際に最も近似の構造 (f) の場合の横分布係数を計算することができる。これが L. Mühe⁶⁾ の近似計算法である。

前記 (a)~(e) の横分布係数は横桁の数などによつて、相当大きな影響をうけるのであるが、横桁の数が1本の場合には 図-2 に示すような力学系で計算した横分布係数と一致する。 $J_{TH}=0$ の場合には図中の $c=0$ となり支点におけるバネは1コとなる。

なお横桁数の多い交差構造における弾性方程式と、 図-2 の系における弾性方程式との間には、類似の関係があるので、主桁のネジリコワサを考慮した場合にも、格子桁の近似解法と同じように、交差構造の系を剛支点上

図-2



の連続桁の系と、 図-2 の系に分けることができる (図-3 参照)。

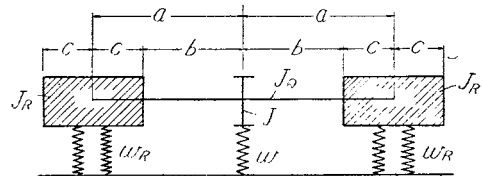
次に横桁の数であるが、この数が増加すると不静定次数が増加する横桁が2本以上の交差構造の横分布係数を定めるには、横桁が1本の他の系におきかえることができる。多数の横桁をもつた交差構造において m 番目の横桁上の1格点に荷重が作用した場合、その m 番目の横桁の格点のタワミは、考えている交差構造において、その m 番目の横桁だけを考慮した交差構造のタワミと近似的に一致する。

ただし後者の交差構造において、計算に考慮しなかつた横桁は αJ_Q として考える。F. Leonhardt によれば、 α の値は次のとおりである。

| | |
|---------|--------------|
| 横桁2本の場合 | $\alpha=1.0$ |
| " 3本 " | " 1.6 |
| " 4本 " | " 1.6 |
| " 5本 " | " 2.0 |
| " 6本 " | " 2.0 |

本橋の場合も以上のようにして、箱桁橋を交差構造と

図-3



補助系 2

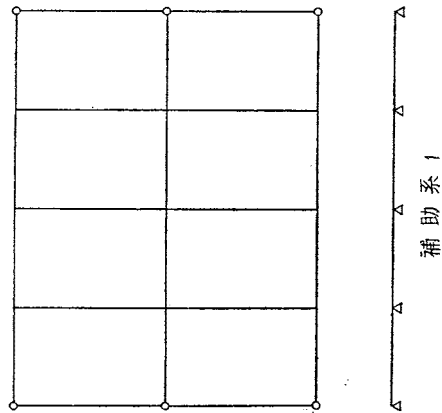
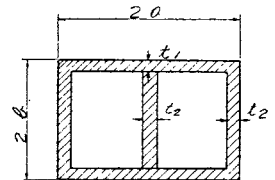


図-4



して近似的に計算することができるのであるが L. Mühe の方法をそのまま適用することはできないので 図-3 のような系を考える。図において、 J : 中桁の断面二次モーメント、 J_R : 縁箱桁の断面二次モーメント、 GJ_T : 箱桁の

有効ネジリコワサ，**図-4** のような薄肉断面では $J_T = 16 a^2 b^2 / \left(\frac{a}{t_1} + \frac{b}{t_2} \right)$ ，また J_Q ：横桁の断面二次モーメントとする。

図-5

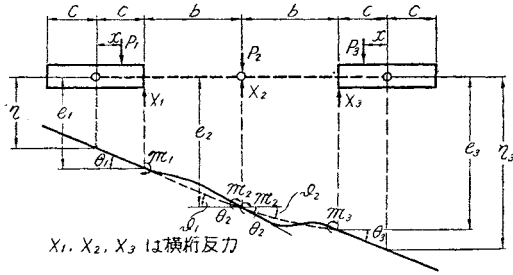


図-5 のように横桁部材端の曲げモーメントを M_i ，回転角を θ （時計廻りを正）とすると，次の関係がある

$$\left. \begin{aligned} \theta_1 &= \frac{2M_1 + M_2}{6EK} + \vartheta_1 \\ \theta_2 &= \frac{-2M_2 - M_1}{6EK} + \vartheta_2 \\ \theta_3 &= \frac{2M_2 + M_3}{6EK} + \vartheta_3 \\ \theta_4 &= \frac{-2M_3 - M_2}{6EK} + \vartheta_4 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

ここに， $K = J\theta/b$ ， $\vartheta_1 = (e_2 - e_1)/b$ ， $\vartheta_2 = (e_3 - e_2)/b$
また縁箱桁の回転角と，それに作用するネジリモーメントとの間には，次の関係がある。

$$\left. \begin{aligned} \theta_1 &= (-M_1 + X_1 c + P_1 x) w_T \\ \theta_3 &= (M_3 - X_3 c - P_3 x) w_T \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

ここに $w_T = l/4 GJ_T$

支点沈下量 e は，主桁の曲げコワサおよびネジリコワサに関係し，次のように書ける。

$$\begin{aligned} e_1 &= \tau_1 + \theta_1 c = (X_1 + P_1) w_R + \theta_1 c \\ &= (w_R + c^2 w_T) X_1 + (w_R + c x w_T) P_1 - c w_T M_1 \\ e_2 &= (X_2 + P_2) w \\ e_3 &= \tau_3 - \theta_2 c = (X_3 + P_3) w_R - \theta_2 c \\ &= (w_R + c^2 w_T) X_3 + (w_R + c x w_T) P_3 - c w_T M_3 \end{aligned}$$

ここに $w_R = l_3/48 EJ_R$ ， $w = l_3/48 EJ$

次に $j = w/w_R = J_R/J$ ， $\tau = c/b$ ，とすれば ϑ_1 ， ϑ_2 は次のようになる。

$$\begin{aligned} \vartheta_1 &= \frac{w}{b} \left(X_2 - \frac{X_1}{j} - \frac{P_1}{j} + P_2 \right) \\ &\quad - w_T \tau (c X_1 - M_1 + P_1 x) \\ \vartheta_2 &= \frac{w}{b} \left(-X_2 + \frac{X_3}{j} + \frac{P_3}{j} - P_2 \right) \\ &\quad + w_T \tau (c X_3 - M_3 + P_3 x) \end{aligned}$$

この値を (1) 式に代入し，それと (2) 式から， θ_1 ， θ_2 および θ_3 を消去すると，次の (3)～(5) 式がえられる。

$$\begin{aligned} &\left\{ 2 + \left(1 + \frac{1}{j} \right) z + (1+r)^2 \tau \right\} M_1 \\ &+ \left\{ 1 - \left(2 + \frac{1}{j} \right) z - r(1+r) \tau \right\} M_2 + z M_3 \\ &= \left\{ \frac{z b}{j} + (1+r) \tau x \right\} P_1 - z b P_2 \dots \dots \dots (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\left\{ 1 - \left(2 + \frac{1}{j} \right) z - r(1+r) \tau \right\} M_1 \\ &+ 2 \left\{ 2 + \left(2 + \frac{1}{j} \right) z + r^2 \tau \right\} M_2 \\ &+ \left\{ 1 - \left(2 + \frac{1}{j} \right) z - r(1+r) \tau \right\} M_3 \\ &= - \left(\frac{z b}{j} + r \tau x \right) P_1 + 2 z b P_2 \\ &- \left(\frac{z h}{j} + r \tau x \right) P_3 \dots \dots \dots (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z M_1 &+ \left\{ 1 - \left(2 + \frac{1}{j} \right) z - r(1+r) \tau \right\} M_2 \\ &+ \left\{ 2 + \left(1 + \frac{1}{j} \right) z + (1+r)^2 \tau \right\} M_3 \\ &= - z b P_3 + \left\{ \frac{z b}{j} + (1+r) \tau x \right\} P_3 \dots \dots \dots (5) \end{aligned}$$

式中

$$\begin{aligned} z &= 6 EK \frac{w}{b^2} = \frac{J_Q}{J} \left(\frac{l}{2b} \right)^3 \\ \tau &= 6 EK w_T = 3 \frac{E}{G} \frac{J_Q}{J_T} \frac{l}{2b} \end{aligned}$$

(3)～(5) 式において

$$\begin{aligned} \delta_{11} &= \delta_{33} = 2 + \left(1 - \frac{1}{j} \right) z + (1+r)^2 \tau \\ \delta_{12} &= \delta_{21} = \delta_{23} = \delta_{32} = 1 - \left(2 + \frac{1}{j} \right) z - r(1+r) \tau \\ \delta_{13} &= \delta_{31} = z \\ \delta_{22} &= 2 \left\{ 2 + \left(2 + \frac{1}{j} \right) z + r^2 \tau \right\} \end{aligned}$$

とおけば

$$\delta_{11} M_1 + \delta_{12} M_2 + \delta_{13} M_3 = \left\{ \frac{z b}{j} + (1+r) \tau x \right\} P_1 - z b P_2 \dots \dots \dots (6)$$

$$\begin{aligned} \delta_{21} M_1 + \delta_{22} M_2 + \delta_{23} M_3 &= - \left(\frac{z b}{j} + r \tau x \right) P_1 \\ &+ 2 z b P_2 - \left(\frac{z b}{j} + r \tau x \right) P_3 \dots \dots \dots (7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{31} M_1 + \delta_{32} M_2 + \delta_{33} M_3 &= - z b P_2 \\ &+ \left\{ \frac{z b}{j} + (1+r) \tau x \right\} P_3 \dots \dots \dots (8) \end{aligned}$$

(6)～(8) 式が **図-3** に示した補助系 2 の横桁の曲げモーメントに関する弾性方程式である。 M_1 ， M_2 ， M_3 を求めたのち横分布係数 q を計算する。計算結果を示せば次のとおりである。以下添字 ik において k は荷重の位置， i は求めようとしている位置をそれぞれ示す。

$$q_{11} = 1 - \frac{(6+\gamma)\left(\frac{z}{j} + r\frac{x}{b}\gamma\right) + \frac{x}{b}\gamma(3-r\gamma)}{2N_1}$$

$$- \frac{\frac{z}{j} + \frac{x}{b}(1+r)\gamma}{2N_2}$$

$$q_{21} = \frac{(6+\gamma)\left(\frac{z}{j} + r\frac{x}{b}\gamma\right) + \frac{x}{b}\gamma(3-r\gamma)}{N_1} \dots (9)$$

$$q_{31} = - \frac{(6+\gamma)\left(\frac{z}{j} + r\frac{x}{b}\gamma\right) + \frac{x}{b}\gamma(3-r\gamma)}{2N_1}$$

$$+ \frac{\frac{z}{j} + \frac{x}{b}(1+r)\gamma}{2N_2}$$

$$q_{12} = \frac{6+\gamma}{N_1} z$$

$$q_{22} = 1 - \frac{2(6+\gamma)}{N_1} z$$

$$q_{32} = \frac{6+\gamma}{N_1} z \dots (10)$$

式中

$$N_1 = 3 \left\{ 1 + 2 \left(2 + \frac{1}{j} \right) z \right\} + \left(2 + \frac{1}{j} \right) z \gamma$$

図-6

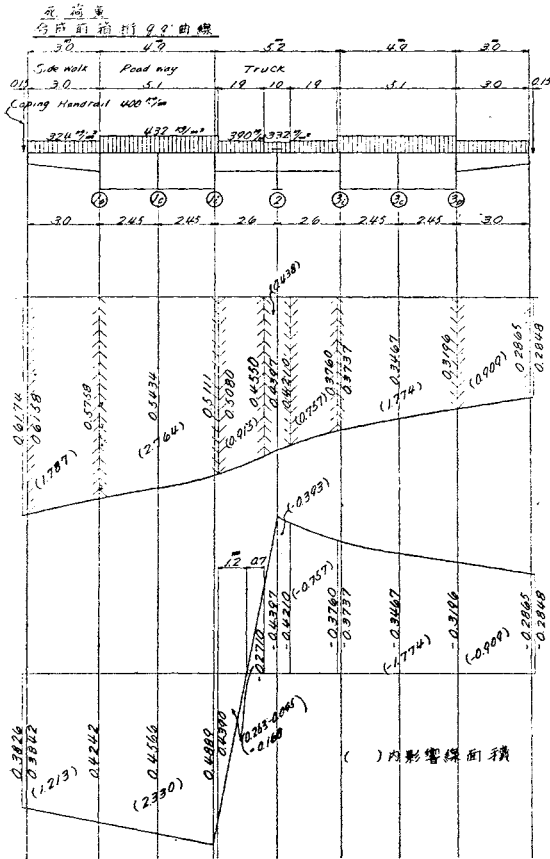
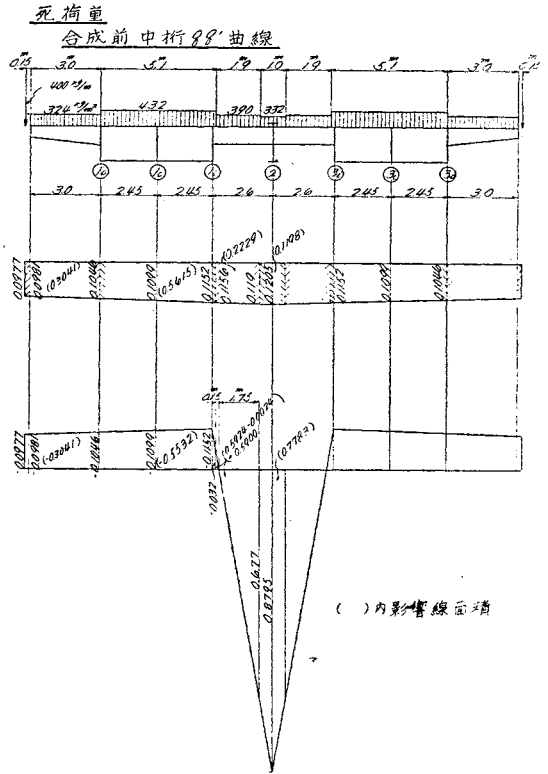


図-7



$$+ 2(1+3r+3r^2)\gamma$$

$$N_2 = 2 + \frac{z}{j} + (1+r)^2 \gamma$$

なおこの理論を検証するため模型実験を行つたが、これについては別に報告する。

(4) 設計計算

a) 床版 いずれも鋼道路橋設計示方書に従い、一方方向版として設計した。箱桁上の床版は合成されているので、デッキプレートに鉄筋とみなして設計した。

b) 主桁および横桁

(i) 横分布係数：荷重の分配は架設の順序と方法によつて変化する。横桁と主桁との結合が、それらを支持する足場のない状態で行われると、主桁の自重は横分布作用をうけない。また床版荷重は非合成の格子作用をうけ、各桁に分配される。本橋の場合死荷重に対しては合成しないこととした。しかしながら車道部のアスファルト舗装、軌道部のレール中埋コンクリートの死荷重に対しては合成作用を考慮した。

合成前および合成後の q, q' 曲線は 図-6-9 のようになる。

(ii) 主桁の曲げモーメントおよびネジリモーメント：主桁の曲げモーメントは次式で計算することができる。

$$M_x = M_x^0 q + M_x^1 q'$$

図-8

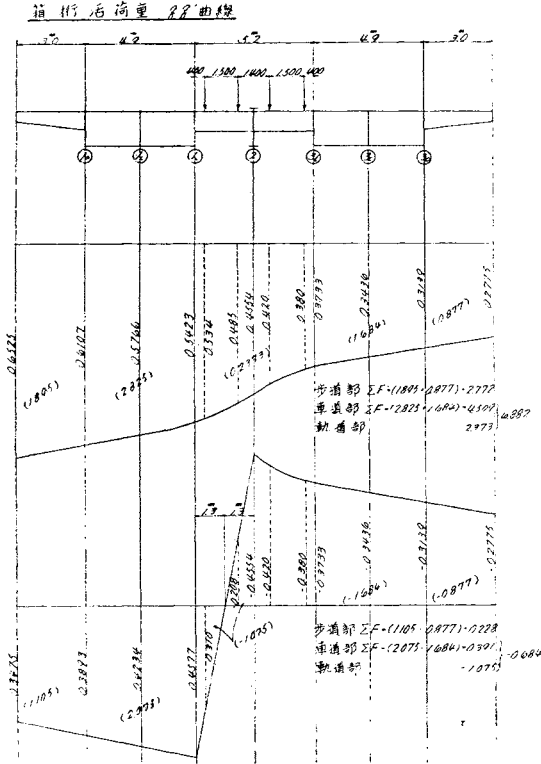


図-9

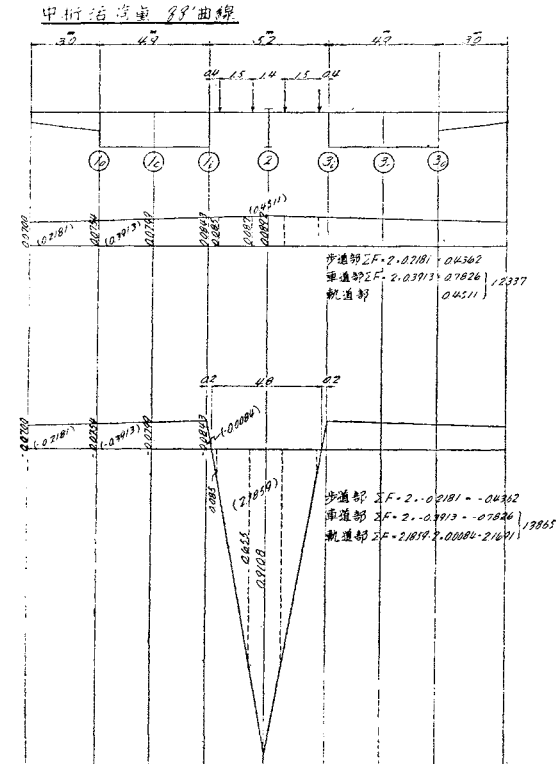
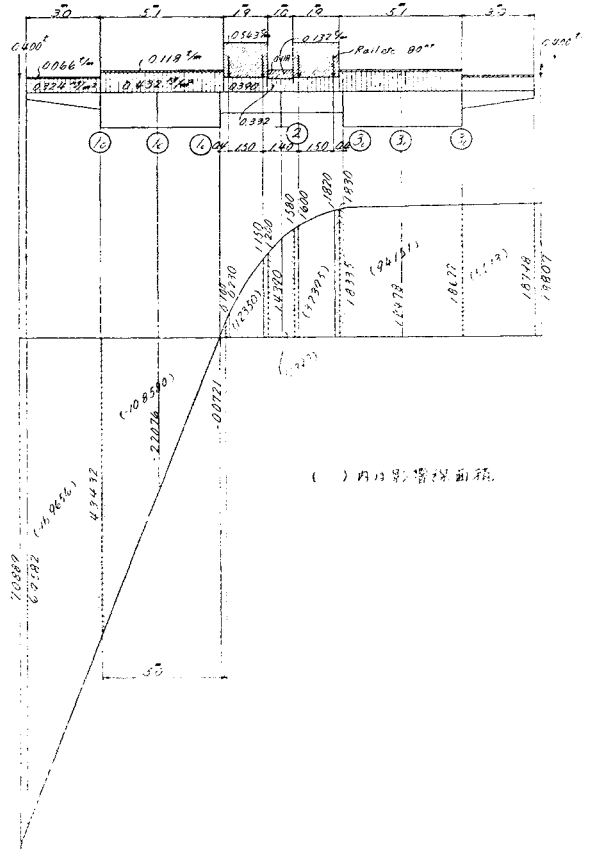


図-10



式中 M_x^0 は横桁を除去した桁（この場合には単桁になる）の曲げモーメント、 M_x' は横桁の位置で支持された連続桁の曲げモーメントである。

ネジリモーメントの影響線は前記 q の値を用いて計算することができる。設計公式を示すと次のようである。

$$D_{11} = x - \frac{\left(\frac{bz}{j} + \gamma r x\right)(3+6r) + \gamma x \left\{2 + \left(2 + \frac{1}{j}\right)z + 3r\right\}}{2N_1}$$

$$- \frac{\frac{bz}{j}(1+r) + \gamma x(1+r)^2}{2N_2}$$

$$D_{12} = \frac{3bz(1+2r)}{N_1}$$

$$D_{13} = - \frac{\left(\frac{bz}{j} + \gamma r x\right)(3+6r) + \gamma x \left\{2 + \left(2 + \frac{1}{j}\right)z + 3r\right\}}{2N_1}$$

$$+ \frac{\frac{bz}{j}(1+r) + \gamma x(1+r)^2}{2N_2}$$

上式によつて計算したスパン中央断面のネジリモーメント影響線は 図-10 のようである。

(iii) 荷重分布横桁の曲げモーメント：横桁の曲げモーメントの影響線は上記 q の値から次のようにして計

算することができる。この場合の曲げモーメント M は主桁との取付位置における値である。

$$M_{11} = \frac{(3 - \delta x) \left(\frac{bz}{j} + \delta x r \right)}{2 N_1} + \delta x \left\{ 2 + \left(2 + \frac{1}{j} \right) z + \delta r^2 \right\}$$

$$+ \frac{\frac{bz}{j} + \delta x (1+r)}{2 N_2}$$

$$M_{12} = - \frac{bz(3 - \delta r)}{N_1}$$

$$M_{13} = \frac{(3 - \delta x) \left(\frac{bz}{j} + \delta x r \right)}{2 N_1}$$

$$+ \delta x \left\{ 2 + \left(2 + \frac{1}{j} \right) z + \delta r^2 \right\}$$

$$+ \frac{\frac{bz}{j} + \delta x (1+r)}{2 N_2}$$

$$- \{ 3 + \delta (1+r) \} \left(\frac{bz}{j} + \delta x r \right) + \delta x \left\{ -1 + \left(2 + \frac{1}{j} \right) z + \delta r (1+r) \right\}$$

$$M_{21} = \frac{\hspace{10em}}{2 N_1}$$

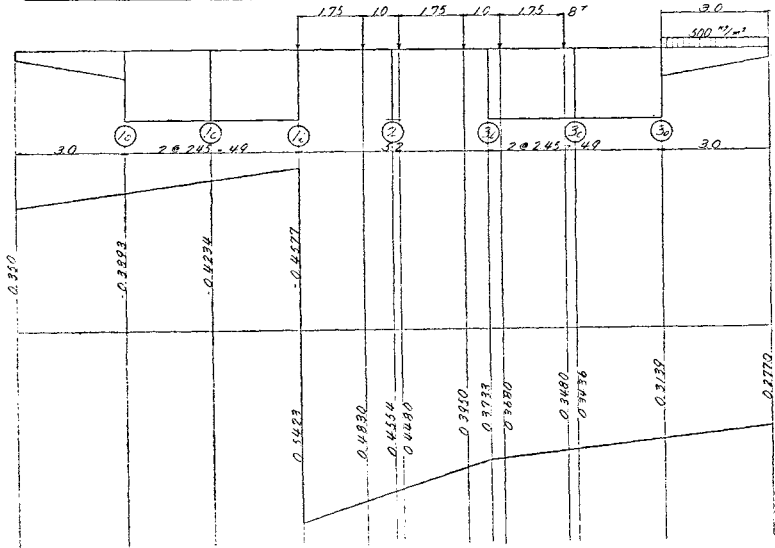
$$M_{22} = \frac{bz \{ 3 + (1+r) \delta \}}{N_1}$$

$$M_{23} = M_{21}$$

計算の結果は表-2のとおりである。

(iv) セン断力：セン断力の影響線も q の値を用いて計算できる。横桁のセン断力の影響線（箱桁との結合

図-11 横桁合成後剪断力影響線



部)のみを示すと図-11のようである。

(v) 主桁断面：箱桁のスパン中央の断面は次のとおりである（図-12参照）。

| | | |
|-------------|---------|--|
| 1-上デッキプレート | 5220×15 | 純断面積 $F_n = 2795.9$ cm^2 |
| 3-上フランジプレート | 320×20 | |
| 8-縦リブ | 100×12 | 断面2次モーメント $J = 14509350$ cm^4 |
| 3-ウェブプレート | 1488×10 | |
| 3-下フランジプレート | 320×22 | |
| 8-縦リブ | 100×12 | |
| 1-下デッキプレート | 5220×19 | |

中桁のスパン中央の断面は次のとおりである。

| | | |
|-------------|--------|-------------------------------------|
| 1-上カバープレート | 470×25 | 断面積 $F = 667.7$ cm^2 |
| 1-上フランジプレート | 510×30 | |

図-12

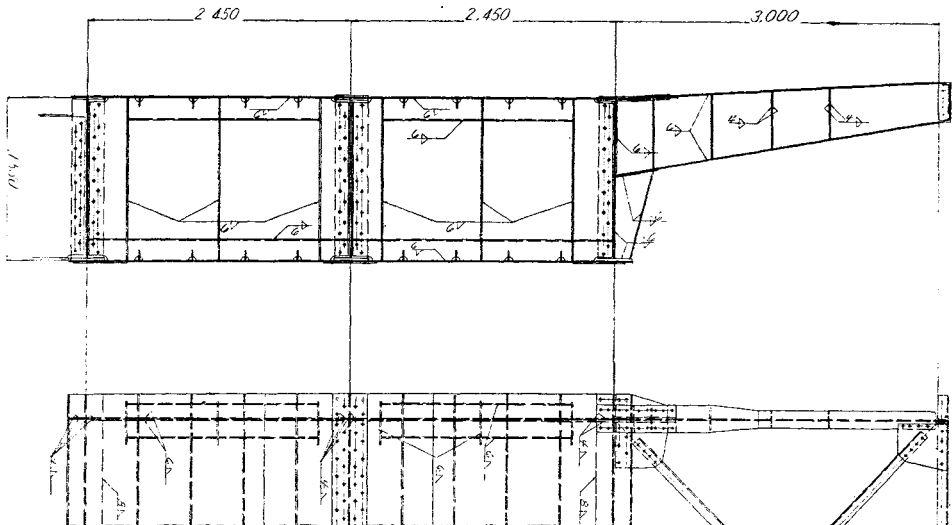


表-2 横桁曲げモーメント影響線

| 合 成 前 | | | | 合 成 後 | | | |
|-------|---------|------|---------|-------|---------|------|---------|
| 点 | 現 | 点 | 現 | 点 | 現 | 点 | 現 |
| 11.0 | +0.8542 | 21.0 | -0.2487 | 11.0 | +0.8220 | 21.0 | -0.1902 |
| 11.c | +1.0894 | 21.c | -0.0977 | 11.c | +1.0337 | 21.c | -0.0674 |
| 11.i | +1.3246 | 21.i | +0.0554 | 11.i | +1.2453 | 21.i | +0.0504 |
| 12 | -0.3620 | 22 | +0.7813 | 12 | -0.4156 | 22 | +0.7683 |
| 13.i | -0.9182 | 23.i | +0.0554 | 13.i | -0.9153 | 23.i | +0.0504 |
| 13.c | -0.9989 | 23.c | -0.0977 | 13.c | -0.9607 | 23.c | -0.0674 |
| 13.0 | -1.0796 | 23.0 | -0.2487 | 13.0 | -1.0061 | 23.0 | -0.1902 |

表-3 主桁の曲げによるタワミ

| 箱 桁 | 死 荷 重 (cm) | | | | 活 荷 重 (cm) | | | |
|-----|------------|------------|------|------------|------------|------------|-------|------------|
| | 合成前 | | 合成後 | | 等 分 布 荷 重 | | 線 荷 重 | |
| | 計 | δ/l | 計 | δ/l | 計 | δ/l | 計 | δ/l |
| 中 桁 | 5.98 | 1.17 | 7.15 | 1/517 | 1.83 | 0.75 | 2.58 | 1/1432 |
| 下 桁 | | | 7.44 | 1/500 | 1.81 | 0.78 | 2.59 | 1/1432 |

1-ウェブプレート 1540×10
 1-下フランジプレート 510×30
 1-下カバープレート 410×22

断面2次モーメント
 $J=3\ 551\ 500\text{cm}^4$

箱桁断面において、ウェブとフランジを取付け、I型断面とした理由は、箱の寸法が大きく、横方向にも反りをつける必要から、工場における組立の便宜を考えたためである。すなわち工場において、デッキプレートと縦リブを溶接し、ヒズミ取りを終つたものをI桁のフランジに取付ければよい。したがって、I桁を基準として組立が行われるから、寸法の保持が比較的容易であると考えられる。

(vii) 主桁のタワミ 主桁の曲げによるタワミは、次式で計算することができる。

$$\delta = \delta^0 q + \delta' q'$$

式中 δ' は横桁の位置で完全に支持された連続桁のタワミであり、 δ^0 は横桁を開放した場合の主桁のタワミである。スパン中央のタワミを計算する場合には、その

位置に横桁があるから $\delta' = 0$ である。したがって

$$\delta = \delta^0 q$$

を用いて計算することができる。このようにして計算した主桁のタワミ値を表-3に示す。

なおネジリによる変位は次のようになる。任意断面のネジレ角を θ とすれば、単位長さ当りのネジレ角は

$$\frac{d\theta}{dl} = \frac{D}{J_T G}$$

ただし

$$\frac{d\theta}{dl} : \text{単位長さ当りのネジレ角}$$

D : ネジリモーメント

$J_T G$: ネジリコワサ

スパン中央のネジレ角 θ_c は

$$\theta_c = \int_0^{l/2} \frac{D}{J_T G} dl$$

計算の結果 θ_c は次のとおりである。

| | |
|-----|-------------------------|
| 合成前 | 4.671×10^{-4} |
| 合成後 | 10.394×10^{-4} |
| 計 | 15.075×10^{-4} |

これから箱桁縁および歩道部縁のタワミを橋梁中心点に対して計算すれば、それぞれ 0.37 cm、および 0.82 cm となる。

(5) 材 料

鋼材は SS 41 とし、中桁において厚さ 25 mm をこえるフランジプレートには SM 41 W を使用した。本橋の鋼材使用区分は表-4.5.6 のとおりである。

この鋼材の内訳は SS 41……448.309 t, SM 41W……

表-4

| 箱 桁 | | | | 中 桁 | 横 桁 | 縦 桁 | 持 出 桁 | マンホール | シ ュ ー | 総 計 |
|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|-----------------------|-----------|
| 上デッキ | 下デッキ | ウエブ | ダイヤフラム | | | | | | | |
| 92.192 t | 112.588 t | 113.804 t | 41.024 t | 38.714 t | 21.800 t | 19.386 t | 22.202 t | 1.608 t | 17.442 t | 408.760 t |
| 小 計 | | | | 小 計 | | | 単位面積当り | | 304 kg/m ² | |

表-5 所要リベット、ボルト数

| 工場リベット | | | 現場リベット | | | ボ ル ト | | | | | 総 計 |
|---------|---------|---------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|----------|
| 22φ | 25φ | 22φ | 1"φ | 7/8"φ | 3/4"φ | 5/8"φ | 1/2"φ | 3/8"φ | | | |
| 5360本 | 780本 | 29560本 | 200本 | 36本 | 124本 | 156本 | 260本 | 20本 | | | |
| 1.308 t | 0.559 t | 8.820 t | 170 kg | 20 kg | 32 kg | 26 kg | 20 kg | 1 kg | | | 10.956 t |

表-6 溶接長

| 工 場 溶 接 | | | | 現 場 溶 接 | | | 総 計 |
|-----------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|-----------|
| 手 溶 | 継手 | 自動溶接 | 突合せ | 手 溶 | 継手 | 継手 | |
| 19627.5 m | 92.9 m | 69.4 m | 789.1 m | 815.5 m | 15.2 m | 25.6 m | |
| 小 計 | | | | 小 計 | | | 21435.2 m |

15.009 t, シューおよび付属品……17.442 t, 総計 480.760 t である。

3. 上部構造の製作

ここには本橋の特長である箱桁の製作についてのべることにする。

箱桁の構造は 図-12 に示すように3本のI桁と上下のデッキプレートからなる2セル断面である。

桁高は約1.5m、両側ウェブ中心間隔は4.5mであるから輸送上分割する必要がある。したがって中央のI桁上で、デッキプレートを二分し、ロ型断面とコ型断面として製作し、現場において2セル箱桁断面とすることとした。なお箱桁は長さ方向に2カ所の現場継手があるが、これらはすべてリベット継手とした。図-13 は上部デッキプレートの現場継手の詳細を示す。なお図-1に示したダイヤフラムの構造は図-14,15のとおりである。

次に工程順序にしたがって製作の要点を説明する。

(1) 部材の製作

a) I桁の製作 普通の溶接桁の製作と全く同じであるから説明を省略する。

b) デッキプレート ロールの都合で縦方向にも継手を設けたが、これらはすべて自動溶接とした。

次に1デッキプレートに4本の縦リブを溶接するがこのリブはMAGNAT-30により平行ガス切断した後、エッジプレーナーで仕上げ、あらかじめスキューザにより縦方向のソリをつけた。溶接はクランピングガーダー上において行つたが、デッキプレートのソリの変化を考慮して、長さ14mにつき約15mmの逆ヒズミをとるように計画した。なおこの逆ヒズミは上下デッキプレートについて全く反対の現象を生ずるので、2種類のクランピングガーダーを用い、横方向の変形を防止するため、縦方向約1.2mの間隔に配置したリブ押えジグと、その間に設けたデッキプレート押えジグで拘束した。写真-1はこの作業の状況を示す。

(2) 箱桁の小組立

定盤上に縦方向1.5m間隔に、所定のソリをつけた組立兼用拘束ジグを設置し、この上に上部デッキプレートを逆さに置き(写真-2参照)、ダイヤフラムを仮付けしI桁を組立て、仮ボルト締めを行う(写真-3参照)。次に下部デッキプレートを上方より組合せ、箱形をつくり、荷重拘束法により拘束して溶接を行つた。31桁のうち、中央1桁は架設現場において、差込組立をし

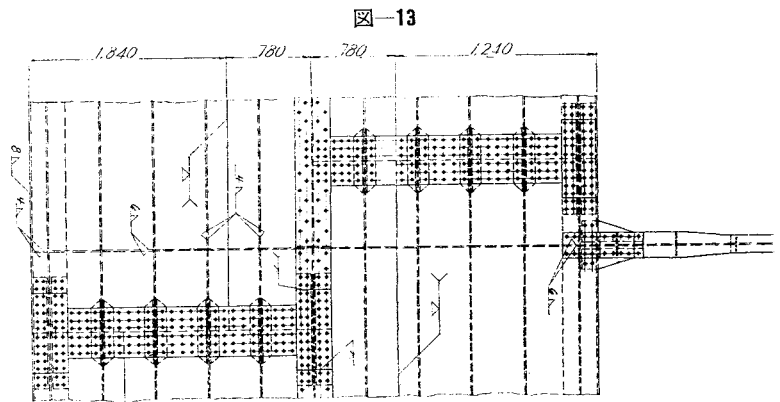


図-13

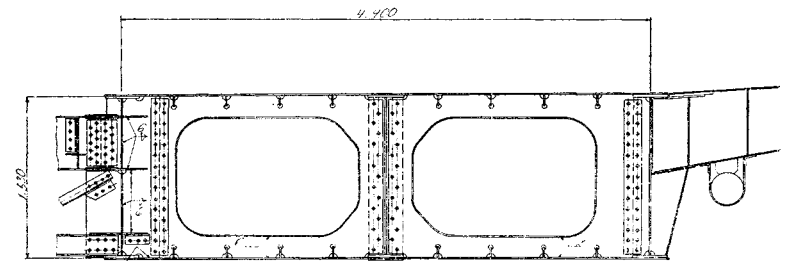


図-14

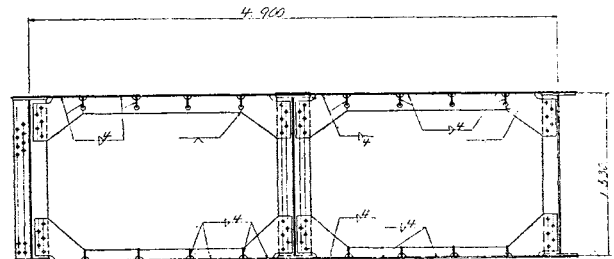


図-15

た後リベット締めされるので、外側I桁とデッキプレートの溶接に際しては、ネジレを生じないように、箱桁の内外より同時に対称に溶接を行つた。ダイヤフラムは前記I桁とデッキプレートの溶接前に、中央より両端に向け溶接した。1.2m間隔に設けた拘束ジグと前記拘束用ウエイトにより箱桁のネジレは予想より少なかった。また横方向の収縮は0.2~0.3mm程度で、所期の目的を達することができた。なおこの溶接は下向きで行い、初め下方にあつた上部デッキプレートとの溶接を行つた後、これを回転して下部デッキプレートとの溶接を行つた。この際の製品重量は1ブロック14.8~16.3tであるため、回転の際特にネジレ変形を生じないように注意した。

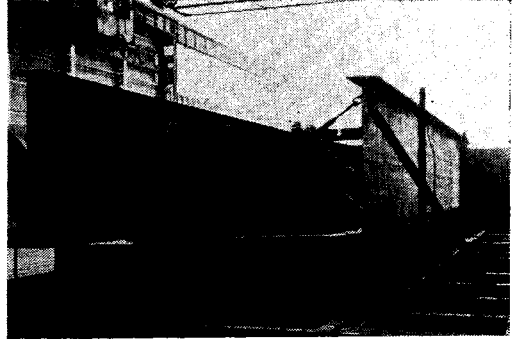
(3) 大組立

中組立を行つた各ブロックを所定のソリに従い盤木上に並べた。この作業は橋全体の仮組をも兼ねて行つた。各箱桁の中心とソリの修正を行い、全体の寸法照査をし

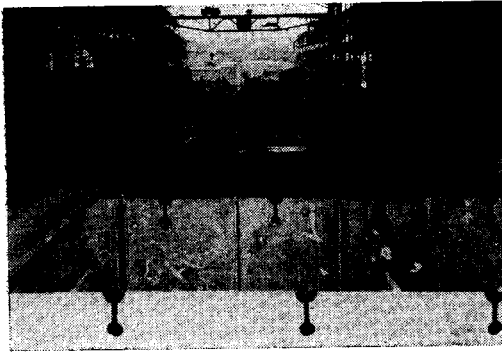
写真—1



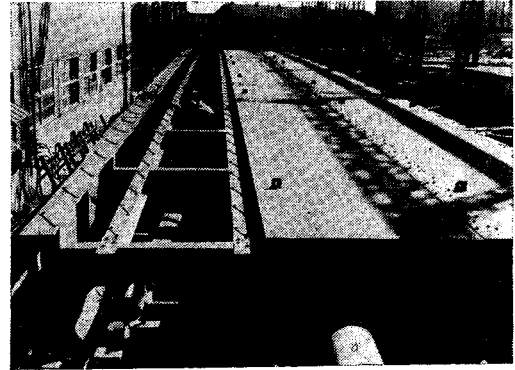
写真—2



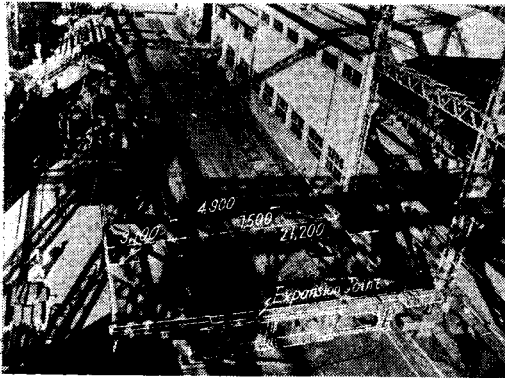
写真—3



写真—4



写真—5



た後、デッキプレートと中央I桁との結合リベットなどの現場リベット部の穴明け作業を行い、大組立を完了した写真—4はこの状況を示す。

4. むすび

箱桁橋の実績はわが国においては非常に少なく、設計法、製作方法について、研究しなければならない課題も多いようである。例えば設計上の研究課題としては

- a) デッキプレートの協力幅
- b) ダイアフラムの構造とその間隔の決定法
- c) 横桁の構造

d) 補剛材の構造とその設計法
などがあり、また製作上の課題としては

- a) 組立順序
 - b) 箱桁のヒズミ取りの方法
 - c) 組立加工中における変形防止用ジグ
- などが考えられる。

この報告は箱桁橋の一例にすぎないが、今後箱桁橋の設計計画の資料となれば幸いである。

参考文献

- 1) H. Homberg: Kreuzwerke, Statik der Trägerroste und Platten. 1951
: Beitrag zur Kreuzwerkberechnung, Stahlbau 1954, S. 4
: Über die Lastverteilung durch Schubkräfte, Theorie des Plattenkreuzwerke, Stahlbau 1952, S. 42
- 2) L. Mühe: Vereinfachte Berechnung von zweiseitig gelagerten Plattenkreuzwerken aus Stahlbeton, Beton und Stahlbetonbau, 1954, S. 180
- 3) F. Leonhardt u. W. Andrá: Die vereinfachte Trägerrostberechnung, 1950
- 4) Schöttgen: Einfluss der Verdrehungssteifigkeit der Hauptträger auf die Lastverteilung beim Trägerrost nach Rechnung und Versuch, Bautech-Archiv, 1947, H. 1
- 5) J. Pirlet: Beitrag zur Berechnung von Trägerrosten in torsionssteifen Brückenfahrbahntafeln. Technische und Volkswirtschaftliche Berichte des Wirtschafts- und Verkehrsministeriums Nordrhein-Westfalen, 1952 Nr. 10
: Die Trägerrost-Hohlplatte, 1954, Nr. 24
- 6) H. Homberg: Einflussflächen für Trägerroste, 1. Teil, 1949
- 7) F. Leonhardt: Die neue Strassenbrücke über den Rhein von Köln nach Deutz, Bautech, 1949, H. 7, 9, 10, 11, 12