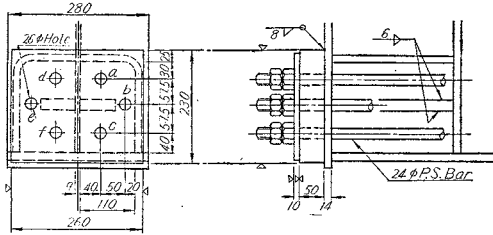


図-2 鋼棒の配置



- i) 3本の主桁に、約 1/3 の PS 力 (75 t/3) を逐次与えて、最後に所定の 75 t の PS 力を各主桁に与える。
- ii) 横構や、対傾構の横方向への影響を考慮して、1回で各主桁に定量の PS 力を導入する。

いずれの場合にも、Simplex Jack (能力 30 t) 2台を使用する関係上、6本の鋼棒には2本ずつPS力を導入する。従つて、その場合のPS力の弛緩を考慮しなければならない。実際にはii)の方法を採用した。その理由は次のようである。PS力の弛緩は、主桁の弾性変形に基因するものが最も大きく、横構、対傾構の影響は比較的小さい。各主桁に対し、PS導入の回数が多くなるほど、導入されるPS力が不均一になるおそれがあるからである。

載荷試験には、約 19.5 t の亜鉛インゴットを荷重として、スパン中央に載せた。この実験は、PS導入前後に行なつた。前者は、ボルト接手のスリップなどを測定する目的である。

c) 計測 ヒズミの測定は電気抵抗線ヒズミ計に、タワミの測定は、ダイヤルゲージによつた。主桁の両端に、それぞれ2コのダイヤルゲージを取りつけ、桁の伸縮、回転を測定した。これらの配置を図-1に示してある。

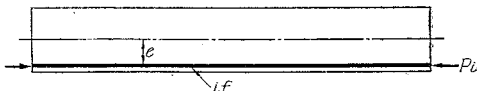
PS導入の実験では、PS導入時とPS解放時との2回にわたつて、測定を行なつた。導入時の実験では、作業が長時間にわたつたので、温度変化の影響が大きく、あまりよい測定値はえられなかつた。これに反し、解放時の測定では、作業が短時間でできたので、よい結果がえられた。

3. プレストレスリングの実験結果

(1) 鋼棒のPS力の導入と弛緩 (図-3 参照)

鋼棒には、B,C,A 桁の順序でPS力が導入された。主桁に取りつけられている6本の鋼棒は、ジャッキの大きさの関係上 cd, af, bc の3組に分け、2本ずつしめた。

図-3



n本の鋼棒を1本ずつしめる場合、始めにしめた棒は、後のしめつけによつて弛緩をうける。鋼桁の場合には、この弛緩量が割合大きいので、無視することはできない。この値は、普通の不静定構造の計算で、容易に求めることができる。いま、

F_s : 鋼桁の断面積 F_K : 鋼棒の断面積 = $n \cdot f$

J_s : " の慣性モーメント E_K : " の弾性係数,

E_s : " の弾性係数 V : 最終の PS 力

とする。すでに i 本の鋼棒がしめつけられていて、i+1 番目の鋼棒をしめつけるとき、if 断面に作用する不静定量を X_i とすれば

$$\frac{X_i}{P_i} = -\frac{i}{i+\kappa} \quad \kappa = \frac{(E_s/E_K) \cdot (J_s/f)}{e^2 + (J_s/F_s)}$$

となる。1本の鋼棒の弛緩率を t_i とすれば

$$t_i = 1/(i+\kappa)$$

と置くことができる。

このような弛緩を考慮して、また、現場施工の便宜を考え、次のような方法を試みる。PS力を一定量 c だけ算術級数的に増加するものとして、 c と t_i との関係を求めよう。上記のように c を算術級数的に増加すると、No. 1, 2, …, n の棒のPS力は、次のように計画すればよい。

$$1; \{(n-1)c+1\}V_0, 2; \{(n-2)c+1\}V_0, \dots, n-1; \{c+1\}V_0, n; V_0$$

いま、No. 1 の鋼棒の最終PS力を、 V_1 とすれば

$$V_1 = V_0[1 + (n-1)c] - V_0[1 + (n-2)c]t_1 - V_0[1 + (n-3)c]t_2 - \dots - V_0t_{n-1}$$

$$V_1 = V_0 \left[1 - \frac{1}{1+\kappa} - \frac{1}{2+\kappa} - \dots - \frac{1}{(n-2)+\kappa} - \frac{1}{(n-1)+\kappa} \right] + V_0 c \left[(n-1) - \frac{n-2}{1+\kappa} - \frac{n-3}{2+\kappa} - \dots - \frac{1}{(n-2)+\kappa} \right]$$

No. 1 と No. n の最終PS力が等しいとおけば、

$$c = \frac{\frac{1}{1+\kappa} + \frac{1}{2+\kappa} + \dots + \frac{1}{(n-2)+\kappa} + \frac{1}{(n-1)+\kappa}}{(n-1) - \frac{n-2}{1+\kappa} - \frac{n-3}{2+\kappa} - \dots - \frac{1}{(n-2)+\kappa}}$$

ここに

$$\kappa = \frac{(E_s/E_K) \cdot (J_s/f)}{e^2 + (J_s/F_s)}$$

まず、試験桁のA桁について計算すると、次のようである。

$$l = 25.0 \text{ m}, \quad E_s = E_K = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2,$$

$$J_s = 484 \ 772 \text{ cm}^4, \quad F_s = 226.2 \text{ cm}^2,$$

$$f = 8.46 \text{ cm}^2 \text{ (23.2 } \phi \text{ の鋼棒を2本ずつ、3回にしめるとする)}$$

$$e = 53.05 \text{ cm}, \quad c = 0.0799$$

したがつて、増率は、3回に分けると、

$$\text{No. 1, 1.1598; No. 2, 1.0799;}$$

$$\text{No. 3, 1.0000, 計 3.2397}$$

6回に分けると、

No. 1, 1.2086; No. 2, 1.1669; No. 3, 1.1252;

No. 4, 1.0835; No. 5, 1.0417; No. 6, 1.0000;

計 6.6259

この計算結果から明らかなように、PS 導入の回数が増加するほど、割増率が多くなる。実際問題としては、PS 導入回数の少ないほど、確実な施工ができると思われる。なお、中央のB桁について計算した結果は、次のようである。

No. 1	1.1386	}	$J_s = 534\,873\text{ cm}^4, \kappa = 13.454$	
No. 2	1.0693			$F_s = 239\text{ cm}^2, c = 0.0693$
No. 3	1.0000			

実験結果は 図-4 (a), (b), (c) のとおりである。図-4 の荷重は、鋼棒に接着した抵抗線ヒズミ計の読みの平均から求めたものである。B桁の鋼棒応力のバラツキがやや大きい(最初B桁に PS を導入)、3本の主桁についての弛緩率はほぼ一定であつて、理論値に近い値を

図-4 (b)

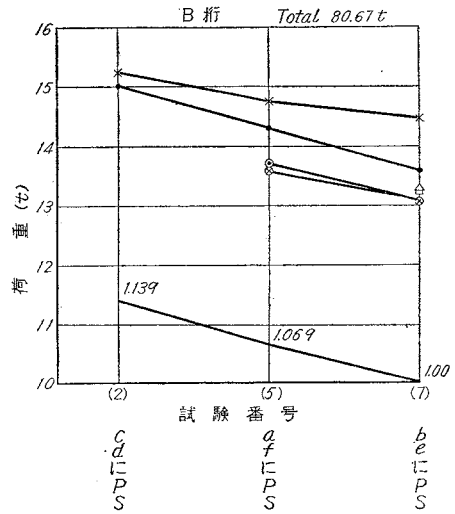


図-4 (a)

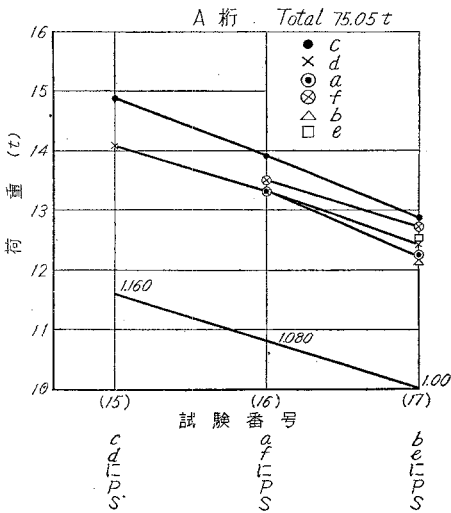


図-4 (c)

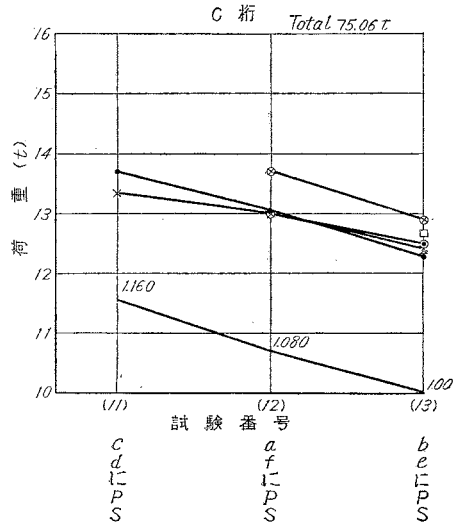
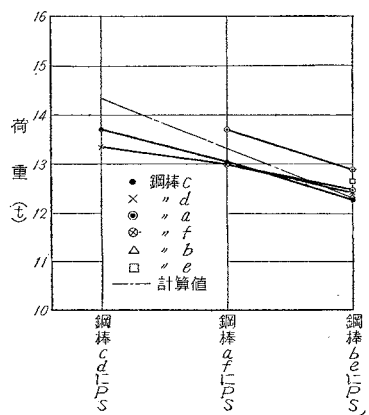
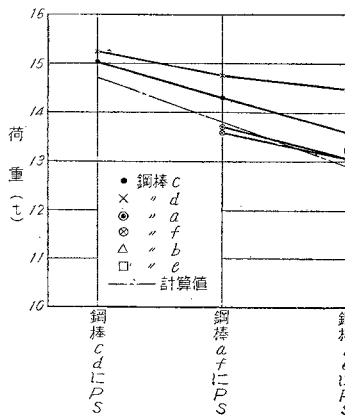
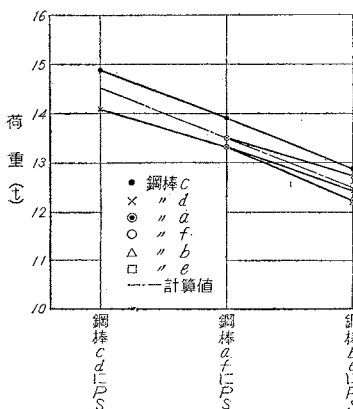


図-5 各主桁に PS 導入時の B,C 桁の鋼棒のゆるみ (1.30 PS 降下時)

(a) A桁

(b) B桁

(c) C桁



示している。

次に前記のように A, B, C の各主桁は横構、対傾構などによつて結合されているから、まず B 桁に PS を導入すると、A, C 桁にもその影響を与えるはずである。この影響を、PS 除去の場合に測定した。PS 除去の順序は、導入と全く逆に、A 桁から始めて、C 桁、B 桁の順序とした。そのときの状態は、図-5 のとおりである。この図では、PS 導入時の結果のように示してあるが、これは PS 導入の影響として、結果を統一したためである。図-5 (a) は、まず、B 桁に PS を導入したのち、C, A 桁に PS を導入したときの、鋼棒の弛緩を表わしている。この傾向は、きわめてゆるやかな傾斜線で表わされ、最後の状態における B 桁鋼棒の PS 力に対して、それぞれ、103.3%、101.8% となつている。なお、図-5 (b) には、C 桁鋼棒の PS 力の変化が示されているが、この場合も、その変化量はきわめて少ない。この値は、次の A 桁に PS 力を導入すると、わずかではあるが増加する傾向を示している。これは、横構などのために、中央の B 桁を軸に平面上で回転する傾向を生ずるためであろう。

以上、2 つの実験結果から、実際の架設のときには、横構や対傾構の影響を無視して、PS を導入してもよいようである。しかしながら、鋼桁の弾性変形による影響は非常に大きいので、この影響を無視することはできない。

(2) 鋼桁の応力分布

PS 導入は昭和 33 年 1 月 28 日午後を実施し、除去は 1 月 30 日午後を実施した。そのときの温度変化の状況は省略する。

応力測定は、1 月 28 日と 30 日の 2 回にわたつて行なつたが、前者の実験は、温度変化が

図-6 A 桁のヒズミ分布 (1.30 PS 除去時)

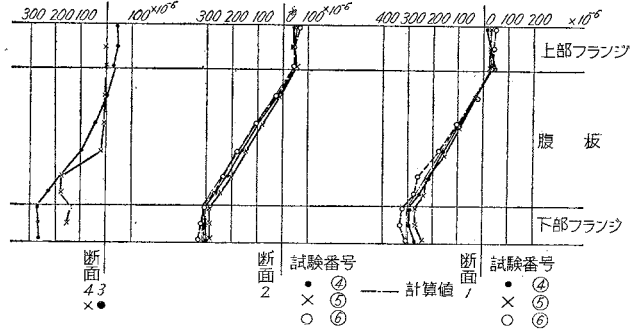


図-7 (a) B 桁のヒズミ分布 (1.30 PS 除去時)

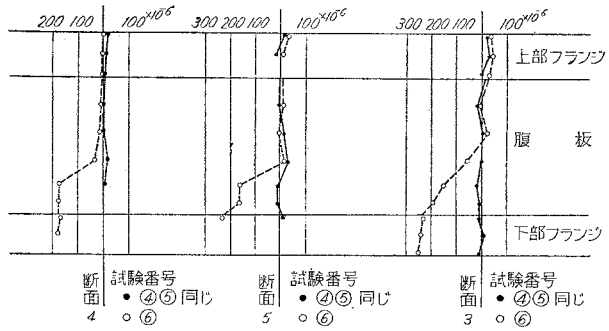


図-7 (b) 同上

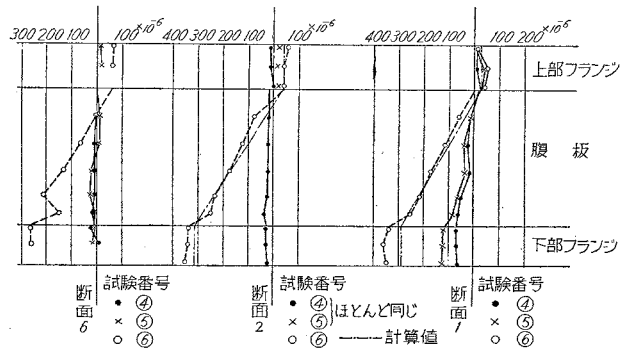


図-8 (a) C 桁の桁端付近のヒズミ分布 (1.30 PS 除去時)

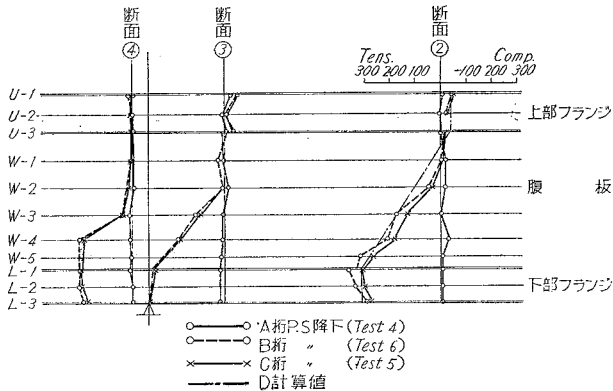
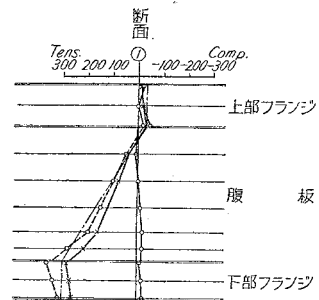


図-8 (b) C 桁中央断面ヒズミ分布 (1.30 PS 除去時)



いちじるしく、測定値に多少のバラツキが認められるので、ここには1月30日のPS除去時の値を示す(PS除去の順序: A桁→C桁→B桁)。図-6~8には、PS導入時の値が表示してある。断面の番号は図-1に示すとおりである。試験番号4はA桁のPS除去、番号5はC桁のPS除去、番号6はB桁のPS除去の試験を、それぞれ示している。

図-6はA桁のヒズミ分布図である。断面1, 2では計算値とよく一致していることがわかる。しかし桁端においては、応力集中のため、どの桁も中立軸が下方に移動している。

図-7(a), (b)はB桁のヒズミ分布図である。断面1, 2のヒズミ分布を見ると、A桁とC桁の導入により、横桁などのため、B桁にもPSが導入されることが明らかである。支点に近い断面4, 5, 6などは、PS力のため、応力が下フランジ付近に集中していることを示している。設計にあたり、PS導入位置のベッドプレートの強度と箱型の下フランジの剛度とが問題であったが、補強により、大した過応力を生じなかつた。

図-8はC桁のヒズミ分布図である。この場合にも、A桁, B桁のPSによつて、わずかな影響をうけている。この桁は縁桁であつて、図-6と対称であり、ほぼ同様な結果を与えている。

(3) 鋼桁のタワミ

仮組用中間支持台を除去したときの、スパン中央のタワミは、図-9のようである。B桁のタワミが計算値に比較して少し小さいのは、対傾構などの副部材の影響と思われる。PSを導入したときのタワミの変化は、図-10のようであつて、最終状態において計算値と比較すると、かなり大きなタワミを生じている。一方、PSを除去したときの値は、図-11に示されている。この場合の実験値と計算値との比すなわちタワミ比は、前者では125%、後者では平均して109%となっている。これは前記のような温度変化の影響と思われる。また、計算値は、下フランジに取りつけられた鋼棒のカバリング(板厚6mm)を桁全長にわたり有効と考えたが、実験の際には、桁の接手付近では、このカバリングが除去されていたことなどに原因するものと思われる。

このタワミ分布は、主として対傾構の剛度に関する

図-9 桁の自重によるタワミ(単位 cm)

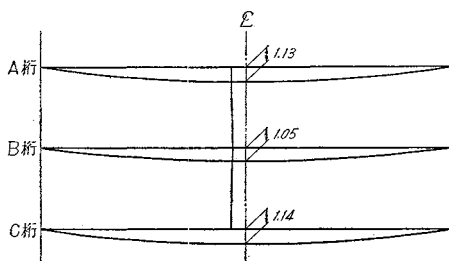


図-10 PS導入時のスパン中央のタワミ(単位 cm)

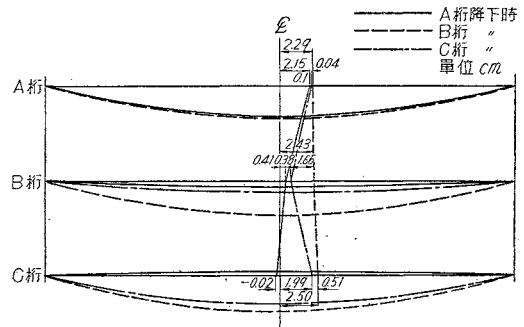
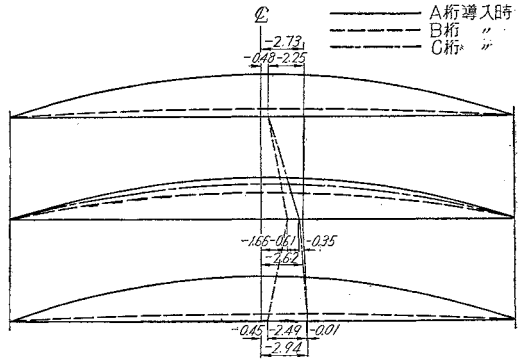


図-11 PS除去時のスパン中央のタワミ(単位 cm)



ものであるが、一般の橋梁では、PS力によるタワミはほぼ均等と思われるから、設計にあたり、これを詳細に考慮する必要はないと考えられる。

(4) 横構, 対傾構その他のヒズミ分布

PS導入による横構, 対傾構のヒズミ分布は図-12.13のようである。図中のL-1, S-1などの記号は図-1に示したゲージの番号である。測定値に多少のバラツキがあり、局部的にはかなり大きなヒズミとなっている。例えば、A桁にPSを導入したときのS-2, S-4, S-5のようなC-B桁間の対傾構のヒズミである。これは温度変化の影響などが大きな影響を与えていると思われるが、全体的には大して大きな応力を生じていない。

また、ベッドプレートには50mm

図-12 PS導入時の横構のヒズミ分布

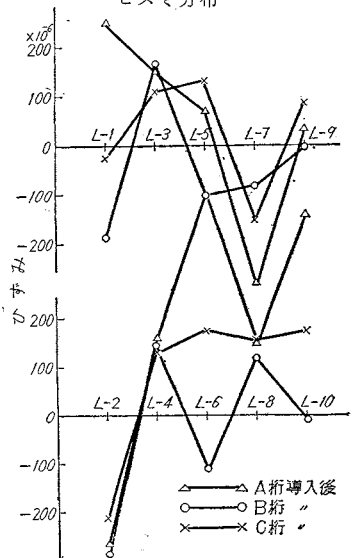


図-13 (a) PS 導入時の対傾構のヒズミ分布

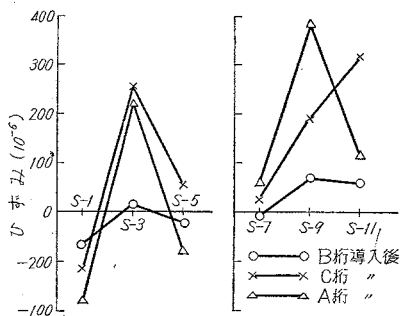


図-13 (b) PS 導入時の対傾構のヒズミ分布

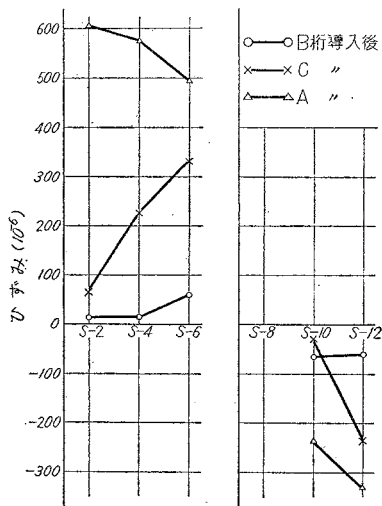
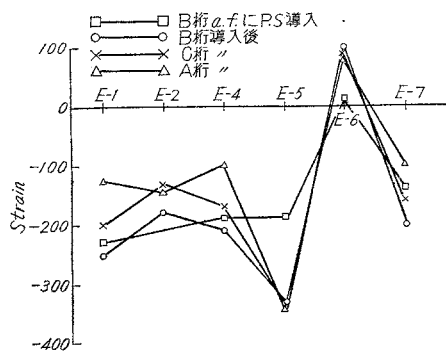


図-14 B 桁定着板のヒズミ分布 (単位 10^{-6})



の厚板を使用した。この板の応力分布は 図-14 のようであり、いずれもヒズミは非常にわずかであつて、局部的変形などは認められない。

(5) 桁長の変化

桁の両端、上下フランジ位置に取りつけたダイヤルゲージによつて測定した桁の伸縮量は、図-15 のようである。この値は PS 除去の結果を示しているが、導入時の値も、ほぼ同じであつた。不静定系の下フランジにおけ

図-15 (a) PS 除去時における A 桁桁端の伸縮量

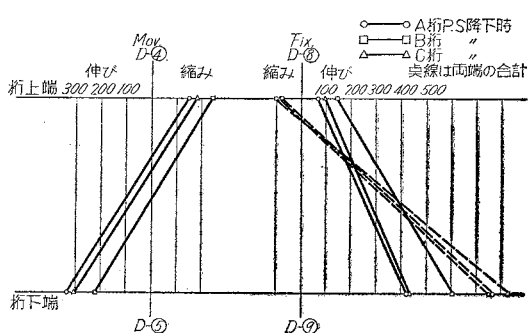


図-15 (b) PS 除去時における B 桁桁端の伸縮量

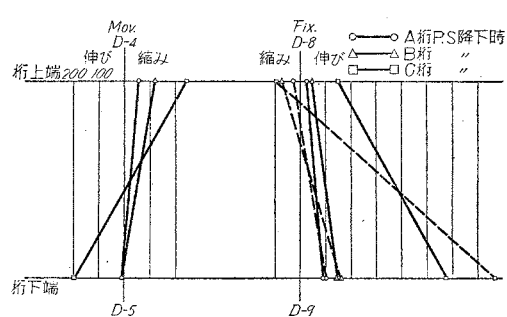
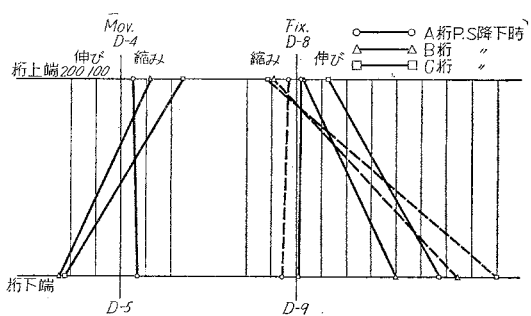


図-15 (c) PS 除去時における C 桁桁端の伸縮量



る変位量を計算で求めると、PS 力が 75 t の場合、外桁で 7.2 mm、内桁で 7.0 mm となる。従つて、実測値と計算値の比は 110~115% となり、(3) で述べたタワミ比とほぼ同割合になつている。

4. 載荷試験の結果

本橋は PS 合成桁であるから、コンクリート床板のない構造物に載荷試験を行なつても、無意義のように思われるが、前述のように、現場リベット接手がすべてボルトで結合されているので、その接手部の滑りなどを調査する目的で実施した。

荷重は亜鉛インゴット、全重量 19.5 t で、スパン中央に載せられた。図-16 は 3 本の主桁のヒズミ分布、図-17 は対傾構、横構のヒズミ分布である。

図-16 載荷試験における各桁のヒズミ分布

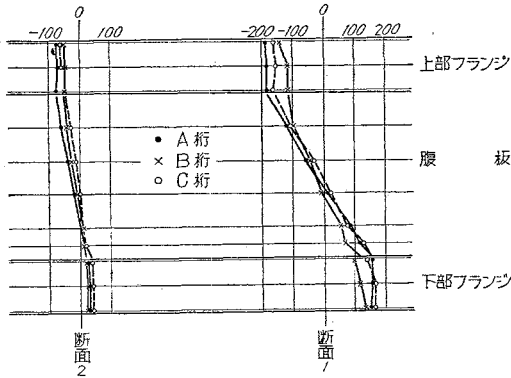
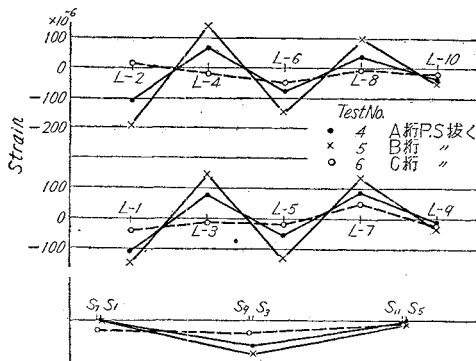


図-17 載荷試験における対傾構、横構のヒズミ分布



5. 結論

本実験から次のことがいえる。

- (1) 設計にあたり、PS 導入点付近のベッドプレート、スチフナーなどの強度が問題となつたが、前記のヒズミ分布図の示すとおり、本設計の構造で十分である。
- (2) PS 導入の際の主桁の横方向バックリングの関係から、対傾構の間隔を定めなければならない。しか

し、本橋では現行示方書の規定を遵守したので、少し密に配置されている。合成桁において、コンクリート床板が完成すれば、対傾構の間隔はさらに大きくすることができるはずである。従つて、PS 導入のため、現場架設用の対傾構を用い、コンクリート床板が硬化したのち、それを除去する方法も考えられるであろう。

(3) 横構と対傾構の PS 力におよぼす影響は、実際上無視してさしつかえないと思われる。従つて、実際施工の際、鋼桁の弾性による弛緩だけを考慮して、各主桁に確実に PS 力を導入するよう計画すれば十分であろう。

PS を鋼橋に応用するにあたり、さらに研究を要する重要な問題は、PS 力を確認する方法である。一応考えられる方法としては次のものがある。

a) 鋼棒の伸びの測定 一般に、ジャッキを据付ける端部において、測定されているが、これには鋼棒の自重などによる初期タワミや、摩擦などによる損失をとまなうので、確実とはいえない。

b) ジャッキの圧力の測定 これも a) と全く同様な誤差がともなう。a) も b) もナットを締めてのち、ジャッキを解放したときの弛緩が問題とならう。

c) 桁のタワミの測定 この方法は現場向きであるが、PS 力を間接的に測定することになるので、確実性にとぼしい。

d) 鋼棒の応力測定 鋼棒にヒズミ計その他を取りつけ、その平均値を求める。現場向きではない。

外国の実施例から見ると、a), b), c), d) の関係を実験室で求めて、現場では a), b), c) の方法の併用によつている場合が多い。ただし筏橋の現場では、初めての計画のため、a), b), c), d) の方法を併用し慎重に施工した。

兵庫県で筏橋は、以上の実験結果にもとづいて、昭和 33 年 3 月 5 日現地における PS 導入を完了した。

三笠 コンクリート

パイプ・ラック

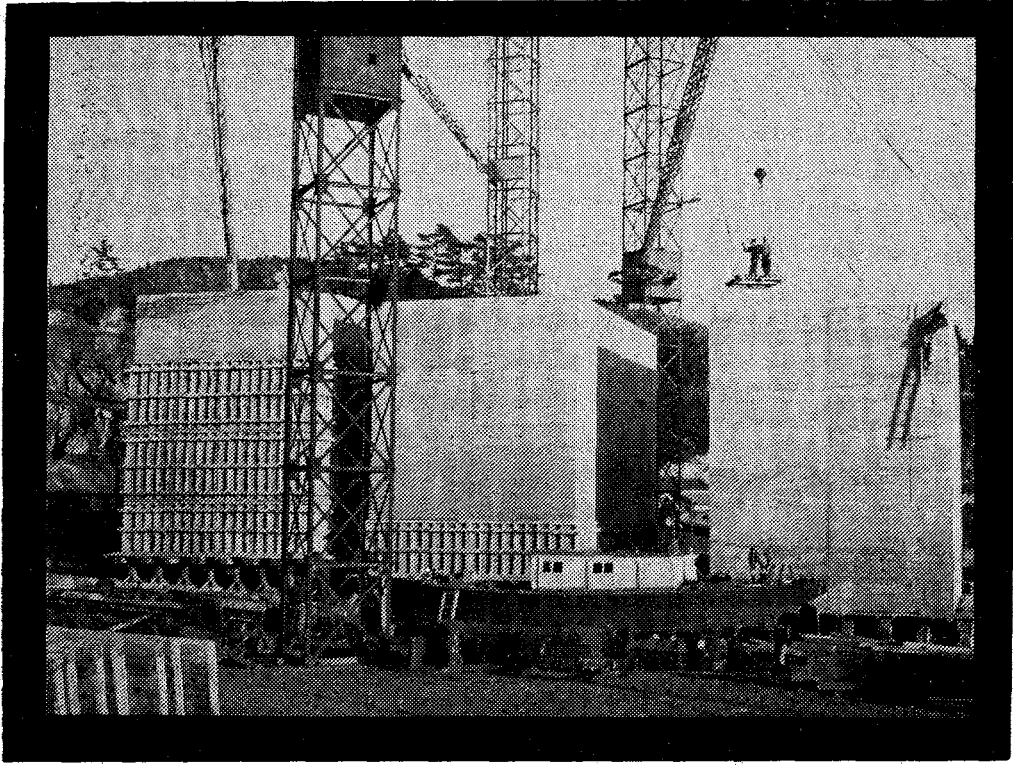
建築工事用
砂防橋梁用
ダム堰堤用
道路舗装用

(モーター式・エアー式
エンジン式各種)

三笠産業株式会社

西部地区総発売元 三笠建設機械株式会社 大阪府西区立売堀北通 4 電(53)2875・7888

本社 東京都中央区八重洲 4 の 5
営業所 TEL (28) 8673~4・9978
工場 群馬県館林市成島 2042 電話 館林 221



久慈港岸壁用ケーソン 運輸省小名浜港工事事務所

最もよい 最も経済的な

コンクリートを造る

ポゾリス

セメント分散剤

(説明書贈呈)

製造元

発売元



日本曹達株式会社

本社 東京都港区赤坂表町 4の1

支店 大阪市東区北浜 2の90

日曹商事株式会社

東京都中央区日本橋本町3の5

大阪市東区北浜2の90

名古屋市中区御幸本町通3の6

福岡市天神町(西日本ビル)