

プレストレスの分布に関する試験

—— 天草連絡道路のPC橋の場合 ——

栗 原 利 栄*
 国 広 哲 男**
 野 尻 陽 一***

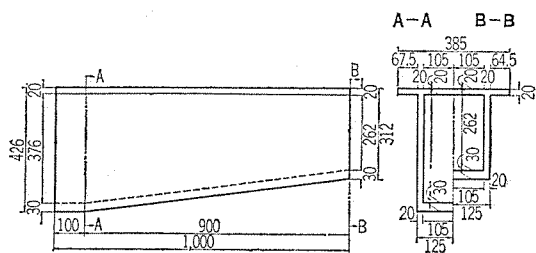
1. ま え が き

Dywidag 工法では、1ブロックずつコンクリートの打設、プレストレスの導入をくり返ししながら順次、片持式に架設してゆく。この場合1ブロックの寸法は、たとえば天草3号橋¹⁾の橋脚付近では、長さ 2.0 m に対して桁高は 10 m である。このように長さに比して桁高が非常に高く、しかもプレストレスが集中的に作用するにもかかわらず、新旧ブロックの継目において張り出し施工してゆく各段階のプレストレスによる応力状態の計算は、従来の桁理論をそのまま踏襲している。桁の尖端よりある程度離れた位置においては、尖端付近に作用するプレストレスに対して従来どおりの桁理論をそのまま適用してよいはずであるが、尖端付近については適用できない。したがって、箱型断面の桁においてプレストレスを導入したときの応力伝達状況を知るために、天草4号橋¹⁾の主桁の橋脚付近を対象とした模型について試験を実施した。

2. 模 型

模型は、天草4号橋の主桁の橋脚付近の 18 m の部分(①~⑥ブロック)を対象とし、その寸法は実橋の約 1/20 で、図-1 に示すようなものである。模型に用いる材料は、測定ひずみを大きくし、測定の精度を高めるためにアクリル樹脂とし、アクリル樹脂板を接着することによって箱型断面を組み立てた。模型に用いた材料につ

図-1 模型の寸法



いて試験片を製作し、圧縮および引張試験を行ない、材料の圧縮時および引張時の弾性係数およびポアソン比を求めた。この結果は、図-2, 3 に示すとおりである。なおこれらの結果は試験時の気温 20°C、応力速度 1.5 kg/cm²/sec の条件のもとで得られたものである。

図-2 アクリル樹脂板の応力-ひびみ曲線 (圧縮試験)

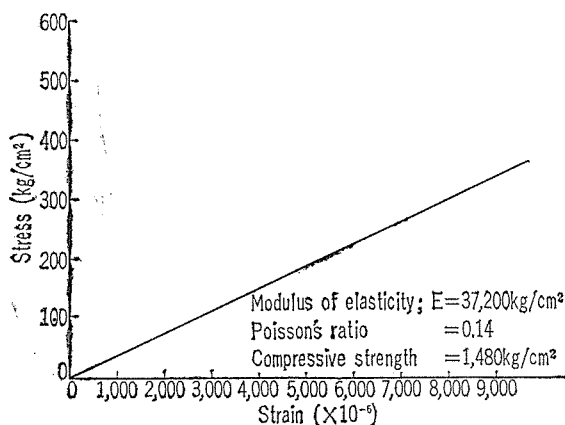
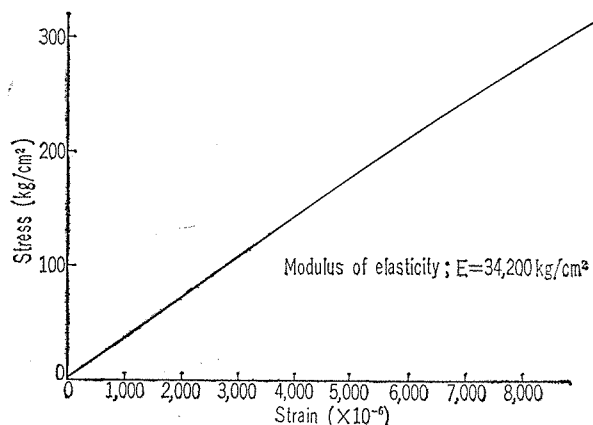


図-3 アクリル樹脂板の応力-ひずみ曲線 (引張試験)



3. 試 験

本試験においては、模型にプレストレスを与えるかわりに図-4、写真-1 に示すような方法で集中圧縮力を加えた。荷重は 3 t オイルジャッキで加え、その大きさはひずみリングにより求めた。模型の尖端断面の荷重作用点には 20×20×15 mm の鋼片をあらかじめ接着して

* 日本道路公団 天草架橋工事事務所

** 建設省土木研究所橋梁研究室長

*** 鹿島建設株式会社 技術研究所

図-4 載荷方法

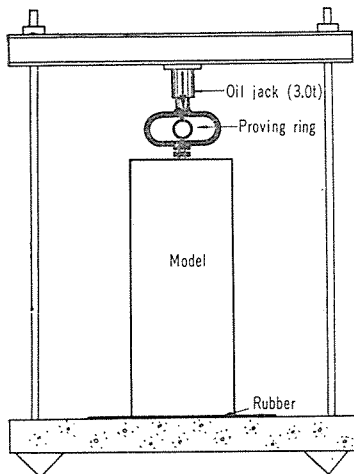
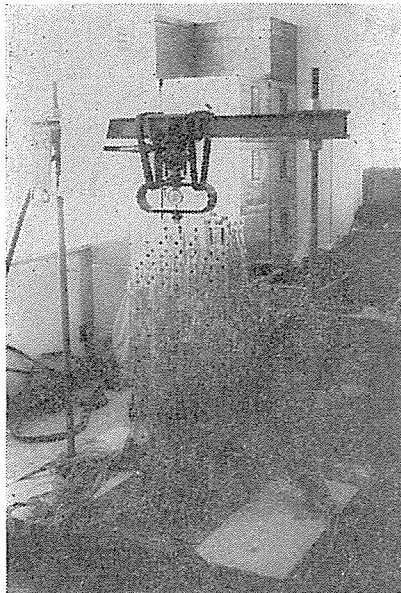


写真-1 載荷試験実施中



において、荷重が常に一定の面積 ($2.0 \times 2.0 \text{ cm} = 4.0 \text{ cm}^2$) に加わるようにし、またこの鋼片とひずみリングの間には球座をおいて荷重の偏心を防いだ。また模型下端部には、模型と台座との間にゴムシートを敷いて反力の分布が不均等にならないようにした。模型に生ずるひずみは図-5 に示す模型のA~J断面の各点について電気抵抗線ひずみ計を用いて測定した。

4. 試験結果およびその考察

載荷に当っては、持続荷重による材料のクリープの影響を少なくするために、0→載荷→0 をできるだけ短時間に行なうように心がけたが、測定した結果は図-6 に示すような型となる。したがってこのようにして得られた値に対して、つぎのような補正をしてデータとして用いた。すなわちデータとして用いたひずみ ϵ_0 は次式により求めた。

図-5 (a) ひずみ計取付位置および載荷位置

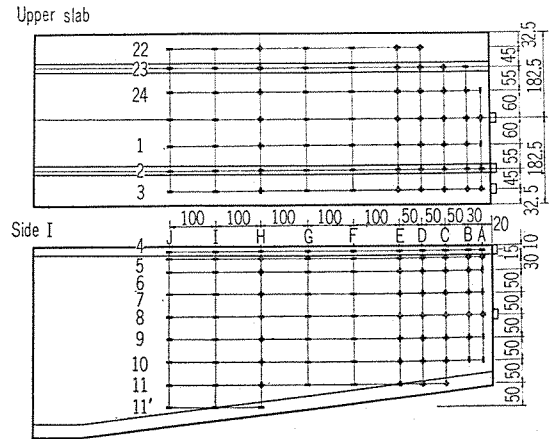


図-5 (b) ひずみ計取付位置および載荷位置

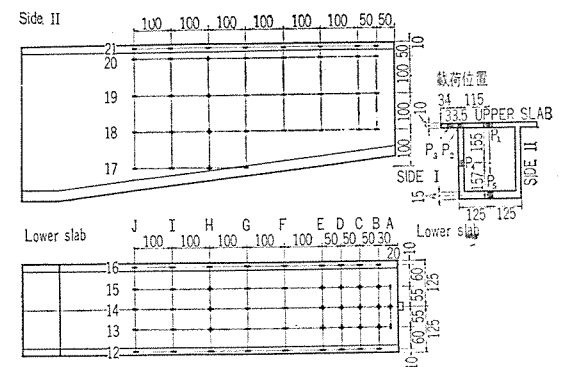


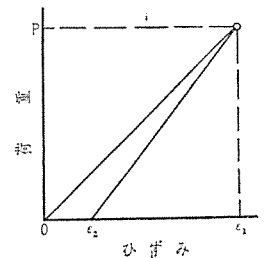
図-6 荷重-ひずみ曲線

$$\epsilon_0 = \epsilon_1 - \frac{\epsilon_2}{2}$$

また応力度を求めるために、測定したひずみに乗ずるべき弾性係数は、前述の材料の試験片における測定結果も参考にして、つぎのような値とした。模型に生じたある一断面におけるひずみの実測値より、各点のひずみとそのひずみの値が代表していると考えられる微小面積 ΔA との積のその断面内における総和 $\sum \epsilon \Delta A$ を求め

$$E = \frac{P}{\sum \epsilon \Delta A}$$

より求めた値 $E = 35000 \text{ kg/cm}^2$ を採用した。さて実測したひずみに上記の E を乗じた、応力の実測値は図-7 ~11 に示すとおりで、載荷点に近い断面では、載荷荷重の集中的な作用の影響があらわれているが、載荷断面から離れるにしたがって次第に応力の分散してゆく状況が明らかにみられる。この図によると、荷重の集中的載荷の影響がほとんどなくなるのは、すなわち断面内の応力分布がほぼ直線分布を示すようになるのは、載荷点 P_1 , P_4 の場合は G 断面, P_2, P_3, P_5 の場合は F 断面ということになる。この結果を実橋にあてはめると、⑥プロ



ックの尖端断面で鋼棒の緊張を行なった場合に、応力の分布がほぼ一樣になるのは P₁, P₄ の場合、緊張断面から 8 m 離れた断面、また P₂, P₃, P₅ の場合には 6 m 離れた断面ということになる。すなわち緊張を行なう断面からほぼ桁高に相当する距離だけ離れた断面では、集中

荷重による局部応力の影響はなくなり、直線的な応力の分布となり、一般の桁理論が成立するようになるものと思われる。

なおまた荷重の作用する軸に沿った橋軸方向の応力の分布の状況を書いてみると図-12~16 となり、荷重作用点では非常に大きな値となり、ある程度の距離だけ離れたるとほぼ一定の大きさとなり、このことから上述と同じような結論が得られる。また、桁の断面内に集中的

図-7 各断面の応力分布の変化
荷重番号 P₁ 荷重 1.5 t

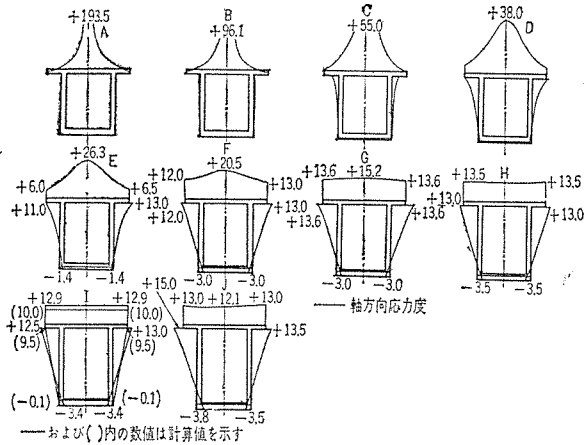


図-8 各断面の応力分布の変化
荷重番号 P₂ 荷重 1.0 t

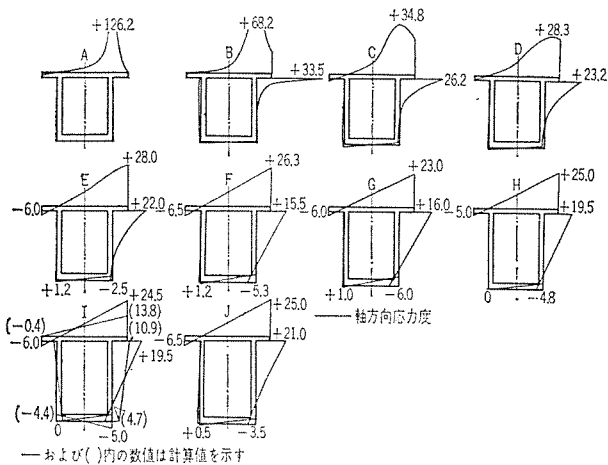


図-9 各断面の応力分布の変化
荷重番号 P₃ 荷重 1.0 t

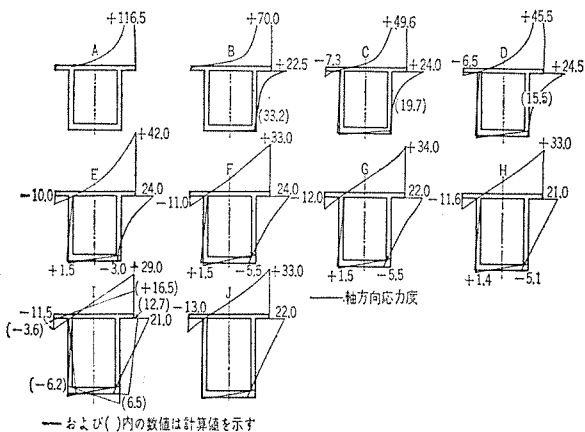


図-10 各断面の応力分布の変化
荷重番号 P₄ 荷重 1.0 t

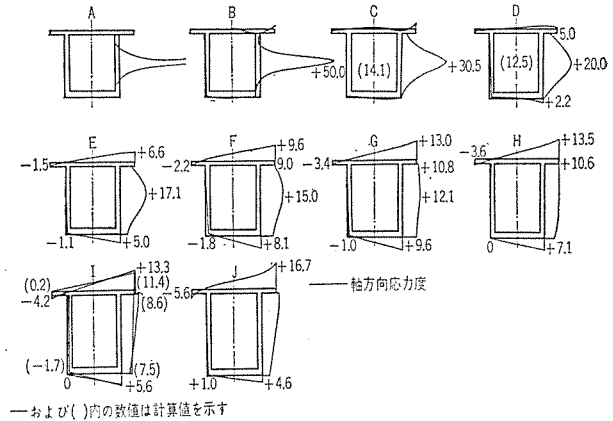


図-11 各断面の応力分布の変化
荷重番号 P₅ 荷重 1.5 t

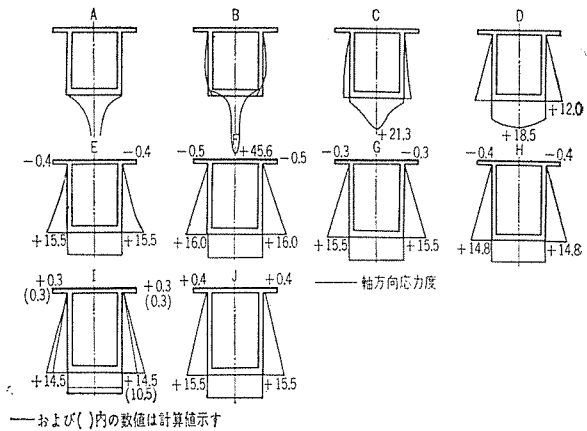
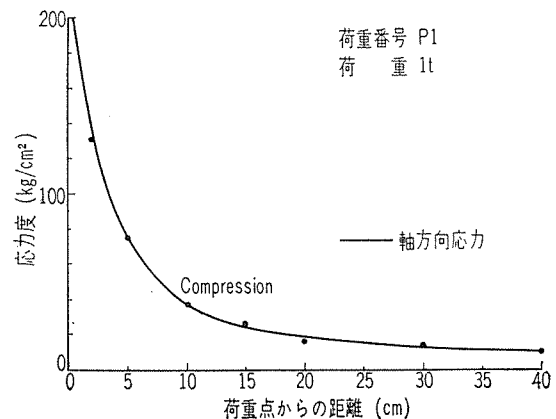
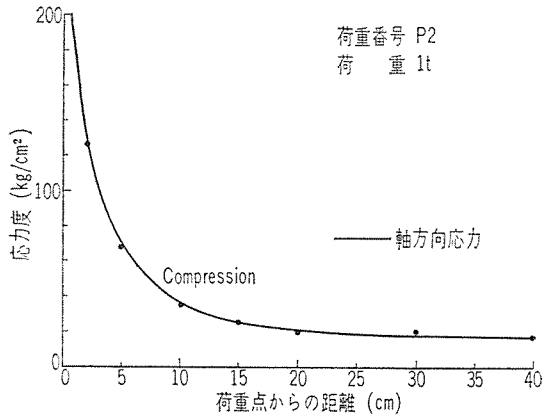


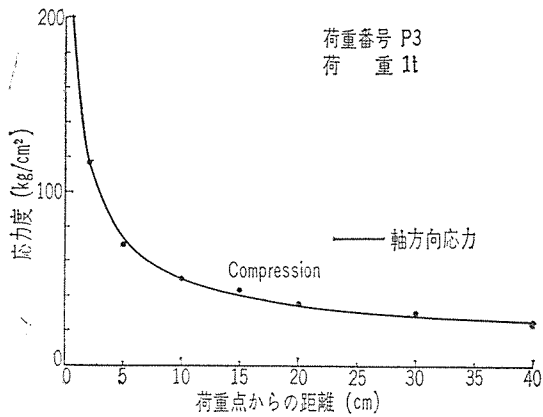
図-12 荷重軸に沿った応力の分布



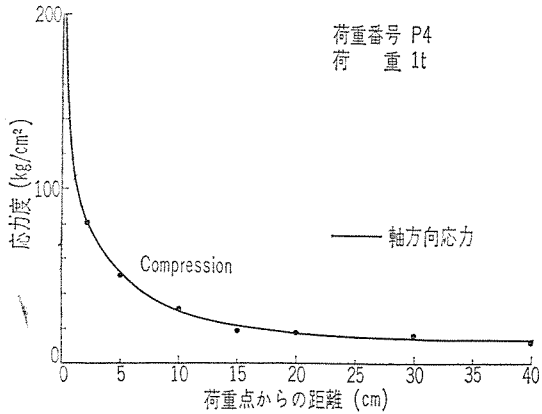
図一13 荷重軸に沿った応力の分布



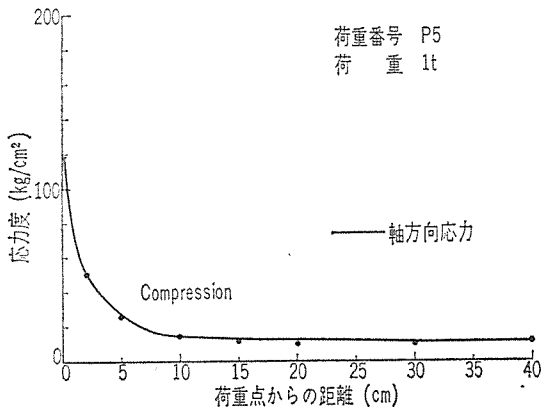
図一14 荷重軸に沿った応力の分布



図一15 荷重軸に沿った応力の分布

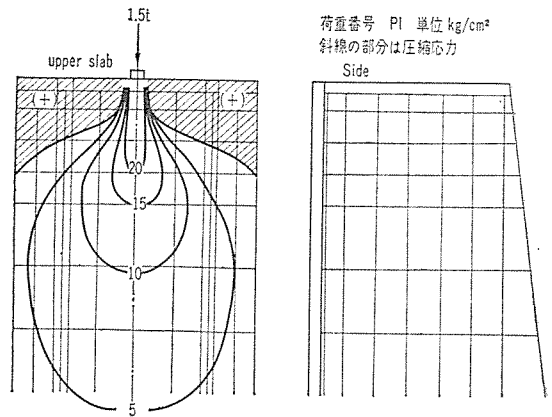


図一16 荷重軸に沿った応力の分布

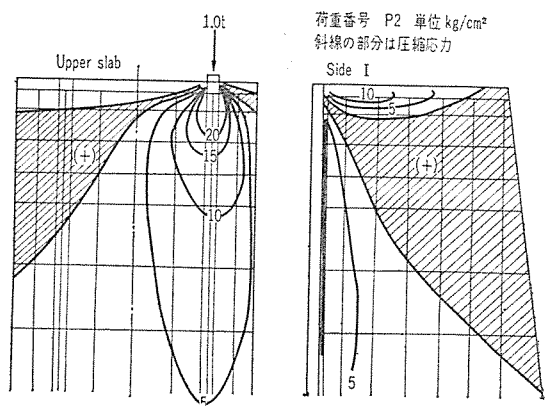


な軸方向圧縮力が作用する場合、上述の橋軸方向応力のほかに、これと直角方向の応力が発生する。実測値より求めた橋軸直角方向の応力分布の状況は 図一17~21 に示すとおりである。これらの図より載荷点付近では引張応力が生じ、この部分には橋軸直角方向に配筋することが必要であるということを物語っている。このような横方向応力度に関しては、模型に用いた材料のポアソン比が影響するものであり、この模型に用いた材料のポアソン比が約 0.4 で、コンクリートのポアソン比 (0.15~0.2) にくらべると大きく、模型試験で得られた結果をそのまま実橋にあてはめることはできないが、ほぼ同一

図一17 横方向応力度の分布



図一18 横方向応力度の分布



図一19 横方向応力度の分布

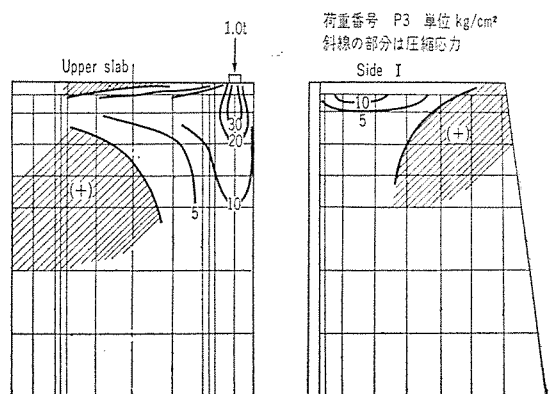


図-20 横方向応力度の分布

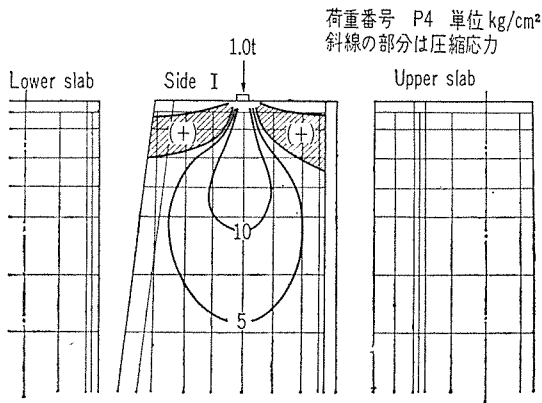
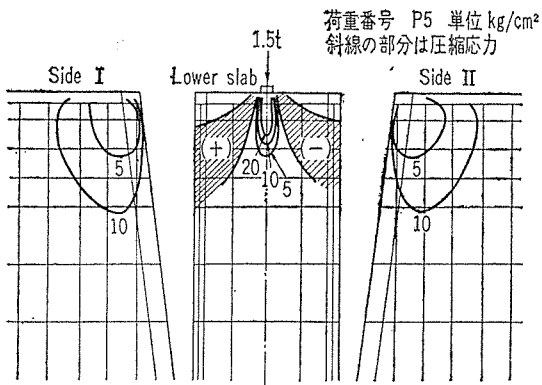


図-21 横方向応力度の分布



の傾向を示すということはできよう。なお橋軸方向応力度に関して直線的な応力の分布になった断面について、実測応力分布と一般の桁理論によるものとを比較してみると 図-7~11 (I断面) に示したようになる。この場合の桁理論による計算応力とは次式にもとづいて求めた応力である。

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M_x \cdot y}{I_{xx}} \pm \frac{M_y \cdot x}{I_{yy}} \quad (\text{図-22 参照})$$

P: 軸方向圧縮力

A: 断面積

M_x : x軸に関する偏心モーメント $P \cdot e_y$

M_y : y軸に関する偏心モーメント $P \cdot e_x$

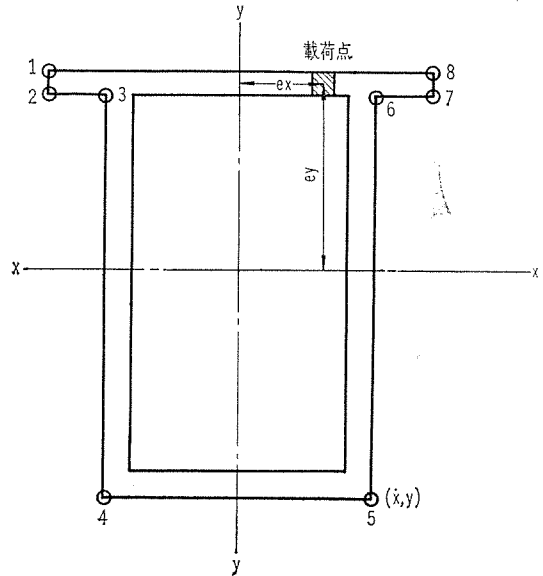
I_{xx} : x軸に関する断面2次モーメント

I_{yy} : y軸に関する断面2次モーメント

x, y: 応力を求めようとする点の座標

図-7~11 からわかるように、応力分布の実測値と計算値との間には、いくぶんの差が見られる。このような差を生じた原因についてはよくわからないが、模型の材料の弾性係数が小さく比較的変形量が大きいために曲げが余分に加わるといことに起因しているのではないかと思われる。しかしながら、このように実測値と計算値との間にいくぶんの差がみられるとしても、載荷点付近に生じる局部応力およびその影響範囲に関しての上述の結論はそのまま成立するものと考えてさしつかえないと思

図-22 応力の計算



う。

5. あとがき

以上には、天草4号橋の模型についてのプレストレスの分布状況について述べた。箱型断面のプレストレスの分布状況は、部材厚さとその部材の拘束点間距離（たとえばスラブ部材であればウェブ間の距離）との比、およびプレストレスの作用位置により左右されるものと考えられる。すなわち $\frac{\text{厚さ}}{\text{拘束点間距離}}$ の値が大きいほど、またプレストレスの作用位置が、ウェブとスラブの接合点に近いほどプレストレスの分布状況はよくなるはずである。しかしながらこの試験の結果より、一般的に、プレストレスの作用する断面より桁高に相当する長さの範囲内では、プレストレスの導入により局部的な応力を生じるが、これを越えた断面においては、従来からの桁理論によって応力を計算してもよいといことができる。

実橋においては、上スラブでプレストレスを与える。したがって緊張端より桁高に相当する長さの範囲では、上スラブに慣用の計算値以上の圧縮応力が生じることになる。しかしながら Dywidag 工法の場合、多数のPC鋼棒のうち、ある1つの断面において緊張するのはそのごく一部であり、一度にそんなに大きなプレストレス（たとえば4号橋⑥ブロックでの緊張によって⑥ブロックと⑤ブロックとの継目において生ずる応力の計算値は上縁 8.0 kg/cm² 程度である）を与えるわけではない。またこのような応力集中の影響は、クリープにより緩和されるものと考えられる。このため緊張直後に計算値以上の圧縮応力が生ずるからといって許容圧縮応力を越えるようなことはない。将来全荷重が作用するときには、上縁は引張縁となるので、この点からは上スラブのプレスト

レスによる圧縮応力が大きくなるというのはわずかではあるが、引張りに対する安全度が増しているということになる。下スラブについては、プレストレスの作用断面からほぼ桁高に相当する区間では、実測応力はほとんど0となる。これに対し慣用の計算法によるとわずかに引張応力が生ずるが、その値はきわめて小さい（たとえば4号橋⑥ブロックでの緊張によって、⑥ブロックと⑤ブロックとの継ぎ目において生ずる応力の計算値は下縁 -1.7kg/cm^2 程度である）ので、実測応力と計算応力との差はあまりなく、この場合にもむしろ引張に対していくぶん安全側になっているといえる。上述したところよ

り一度に全プレストレスを与える場合は別として、Dywidag 工法のように、各断面で順次に一部ずつプレストレスを与えてゆく場合には、それぞれプレストレスの作用する断面のすぐ背後には、プレストレスの集中があるとはいえ、プレストレスの作用する断面からただちに従来からの桁理論が成立するとして、応力計算を行なっても、実用的にはほぼさしつかえないといえる。

参 考 文 献

- 1) 本誌第8巻第1号「天草連絡道路第3号橋および第4号橋の設計、施工のあらまし」p. 16

1966. 3. 28・受付

工事ニュース提供のお願い


工事ニュースは非常に関心がもたれておりますので、現場から直接お送りいただくと助かります。完成だけでなく工事中の状況でも結構です。必ず写真と図面くらいは入れて下さい。写真によっては口絵に出させて頂くようになるかも知れません。採用の分には薄謝を呈します。

スパイラルシース

(特許公告 昭40.10.7)

昭40-22729

®



神奈川県工業試験所で
製品の優秀性 実証

PC器材専門製造

鋼弦器材株式会社

取締役社長 平野 勝之助

本 社 横浜市西区中央 2 丁目 42 番 6 号

電話 横浜 (44) { 5 7 8 1 ・ 5 7 8 2
2 2 6 4 ・ 7 2 3 9

製造工場 (合) 平野機械製作所

関西支社 大阪鋼弦器材株式会社