

### 3. PC下路鉄道橋のプレストレス測定について

柳場 聖正、○小浜 爲雄、林 安雄

#### 1. まえがき

われわれは、今年4月わが国で最初の型式として、次の図に示すような厚さの薄い床板を有するU型断面のPC下路鉄道橋について導入プレストレスを測定し、設計値と比較検討したので、その結果について報告する。

#### 2. 本橋の概要

国鉄七尾線羽咋川PC下路単線鉄道橋で、特徴は、床板を桁の有効断面に取入れ、垂直桁はもちろぬのこと床板断面にも縦梁張ケーブルを配置することによつて、桁全断面を小さくしたものである。

橋長は  $16.55 + 3 \times 19.85 + 16.55 = 92.55 \text{ m}$  桁高  $1.6 \text{ m}$   
設計荷重 KS-16 であり、本実験で測定したスパンは  $19.20 \text{ m}$   
(金沢側よりオウ径間) である。

つぎに、本橋は国鉄構造物設計事務所において設計されたもので、桁断面をL型断面として、床板の有効さを床板厚の6倍とした場合と、DIN「1078」により有効巾を  $1.52 \text{ m}$  とした場合について比較設計されているがその差はほとんど認められない。さらに前者等は、全床板断面を有効としてU型断面を有する桁として設計を試みに、これらの断面諸性質を次の表に示す。次の表は計算および測定結果を示したものである。

#### 3. 測定方法

測定は、金沢側よりオウ径間 (スパン  $19.20 \text{ m}$ ) において、PC鋼線の張設時における応力の測定を行い、オウ径間 (スパン  $19.20 \text{ m}$ ) において、コンクリートへのプレストレスの測定を行った。前者、後者ともに、ワイヤストレインゲージ (PC鋼線に対し、共和無線研究所製 K-22-1、コンクリートに対して同じく KP-8) およびひずみ測定器 (共和無線研究所製 M-4-J型) を使用した。

測定点は次の図に示すとおり桁の中央断面 (C-C) と、中央断面

からヒ尾方向に20mの断面(A-A)のそれぞれについて、橋軸方向に16点、橋軸直角水平方向に8点、橋軸直角垂直方向に4点、計56点について、主ケーブルの緊張順序に従って測定した。さらに、床板横筋めの影響についてC-C断面において中央より左右対称に横筋めを兼ね中央断面に影響のなくなつたところで測定を終了した。

#### 4. 測定結果および考察

プレストレス導入時におけるPC鋼線の応力測定を主ケーブルNo. 5、No. 9について行った。測定の結果は、定着後の応力が、No. 5ケーブルで平均8330 kg/cm<sup>2</sup>で設計応力9500 kg/cm<sup>2</sup>の約87%、No. 9ケーブルで、8400 kg/cm<sup>2</sup>で設計応力の約88%であつた。

つぎに、コンクリートへのプレストレスの測定について、先づ、

##### (a) 測定の日

コンクリート打設	36年4月1日
ゲージ接着	36年4月8日～9日
測定	36年4月10日～12日

##### (b) 測定の結果

全主ケーブル緊張終了後の測定ひずみ(プレストレス導入直後の合成ひずみ)をそれぞれの測定点について、オ3図、オ4図に示す。横筋め鋼棒の緊張による橋軸直角方向のコンクリートのひずみについて、中央断面床板中央点の測定結果を示すと、オ5図に示すとほりである。つぎに、全主ケーブル緊張後、横筋め鋼棒の緊張を行い測点への横筋めの影響のなくなつたときのコンクリートへのプレストレスについて、測定結果を示すとオ6図に示すとおりである。図中のプレストレスの計算には、ポアソン比を考慮したときの式を用いて計算した。

$$\sigma_x = \frac{E}{1 - \nu^2} (\epsilon_x + \nu \epsilon_y)$$

$$\sigma_y = \frac{E}{1 - \nu^2} (\epsilon_y + \nu \epsilon_x)$$

ここに、 $E$ はコンクリートの弾性係数で本実験終了後 $E$ はちに標準圧縮試体によりワイヤーストレンゲージを使用して測定し $E$ 結果より $340,000 \text{ Kg/cm}^2$ を用いた。ポアソン比 $\nu$ はオ3図、オ4図に示し $E$ 測定結果より平均 $\frac{1}{6}$ とした。

### (c) 考 察

全主ケーブル緊張直後のコンクリートへのプレストレスについて、設計値および実緊張力により生ずる応力と測定値と比較すれば、オ6図およびオ2表に示すとおりである。

まず、桁中央断面について測定結果にもとより全導入圧縮力を求めると、 $P_c' = 1772 \text{ ton}$ となり、設計導入圧縮力  $P_c = 1319 \text{ ton}$  に対しては約 $134\%$ となり、実緊張力より求め $E$ 全圧縮力  $P_c'' = 1644 \text{ ton}$  に対しては、約 $108\%$ となつてはば、実緊張力に近い圧縮力が導入されたものと思われる。しかし、圧縮力の両側直桁断面と床板断面への分布された圧縮力について比較すれば、オ2表に示すように、床板断面への圧縮力は全圧縮力の $57\%$ が分布され、面積の比率 $39\%$ からみると床板への分布が非常に大きくなり、このような、厚さの薄い床板を有するI型桁においては、プレストレスの床板への影響がかなり大きいものと思われる。

つぎに、横筋の鋼棒緊張による橋軸直角方向のコンクリートへのプレストレス導入過程を、オ5図に示す。この図より、橋軸方向のプレストレス導入時に発生した直角方向のひずみは相当大きく、これは、コンクリートのポアソン比による横方向のひずみと思われるが、このひずみの大きさは、コンクリートの許容引張応力に対するひずみに匹敵するものであつて、設計にわたつては、このことを十分考慮する必要がある。さて、床板設計に際して、単位 $\text{m}^2$ の梁として計算されているが、オ3図にみられる様に $\text{m}^2$ に相当する横筋の鋼棒を緊張しても、コンクリートへの導入ひずみは、主ケーブル緊張時に発生した橋軸直角方向のひずみを打消す程度であつた。さらに、左右の横筋の鋼棒の緊張を行う

ことにより、はじめに、導入圧縮ひずみは増加し、左右にそれぞれ  $5.5\text{ m}$  (全巾  $7\text{ m}$ ) のところで、はじめに中央測点への影響がなくなった。このことから、応力の分布は、 $45^\circ$  分布 (この場合は約  $59^\circ$ ) 以上と推測できる。

#### 4. む す び

以上のように、U型断面を有する橋の設計にあたっては、全断面を一体として、床板断面にも縦緊張ケーブルを配置することは、妥当と思われるが、この場合、床板断面へのケーブル配置にあたっては、フレストレスの分布より慎重に行なわなければならない。すなわち、本実験でみられるように床板下縁の最終導入応力が、設計値の  $190\%$  を記録したが測定結果より中央断面のコンクリートへの導入全圧縮力を算定すると、ケーブル余緊張などを考慮すれば、ほぼ、縦緊張力に近い圧縮力が導入されている。このことから厚さの薄い床板に集中的に、圧縮力が導入され、全断面の応力分布が設計における状態とは異なった状態となっていることを意味している。

つぎに、PC下路橋においては、床板への横締め緊張を必要とするが、設計に際しては、縦ケーブル緊張による橋軸直角方向のひずみも十分考慮しなければならない。すなわち、本実験では、その大きさはコンクリートの引張許容応力に対するひずみに近いひずみを示した。

なお、測定結果より本橋のコンクリートのポアソン比は、 $\nu = 1/6$  であった。

最後に、本実験にご協力下さった、国鉄当局ならびにピーエスコンクリート株式会社の関係各位に感謝の意を表します。

第1表 断面の諸性質

断面積 中立軸が上縁 にいたる距離 中立軸から下縁 にいたる距離 トータル厚の 偏心距離 断面二次 モーメント	L型断面			U型断面		
	総断面 単位	純断面	換算断面	総断面	純断面	換算断面
A (mm)	1.186 (1.132)	1.162 (1.110)	1.218 (1.162)	2.372	2.324	2.436
Y (mm)		1.016 (0.996)	1.035 (1.015)		1.016	1.035
Y (mm)		0.584 (0.604)	0.565 (0.585)		0.584	0.565
e (mm)		0.420 (0.437)	0.400 (0.417)		0.420	0.400
I (mm <sup>4</sup> )		0.326 (0.316)	0.336 (0.325)		0.652	0.672

注 表中=放りかたの値は、床板の支筋に引当りし筋の  
 数を示し、上縁の敷筋は、有効断面の換算値として場合  
 によって異なる。D I の「107」は、有効中径152mm  
 によって算出される。

第2表 設計値と測定値の比較

	橋軸直角方向の応力			橋軸直角方向下縁平均応力 (ボルト孔縁處)	全圧縮力	床板断面 ( $\sigma$ )の平均値 カセリ	両側主筋 断面 ( $\sigma$ )の平均値 カセリ
	縦上ワル 緊張直後 下縁平均応力 $K^2/100$	又ワル上縁 緊張直後 平均応力 $K^2/100$	横縁上縁後 下縁平均応力 (ボルト孔縁處) $K^2/100$				
A 設計値 B 緊張力が到 り入った時の値	22.4	69.7	82.4	84.1	1317	707(54%)	612(41%)
C 測定値 C/A	109	90.1	123	84.1	1647	923(56%)	721(44%)
	149	72.4	157	71.6	1772	1009(57%)	712(43%)
	175%	104%	190%	85%	134%	154%	117%
	137	80	122	85	108	109	106

中央断面

支承断面

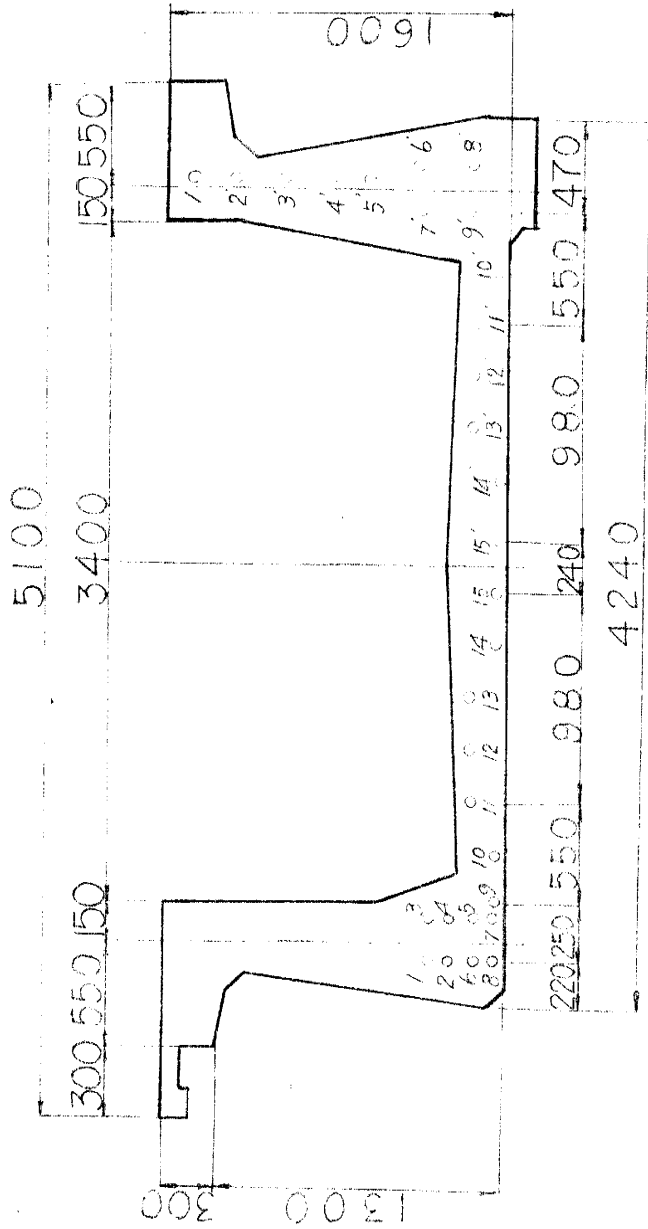
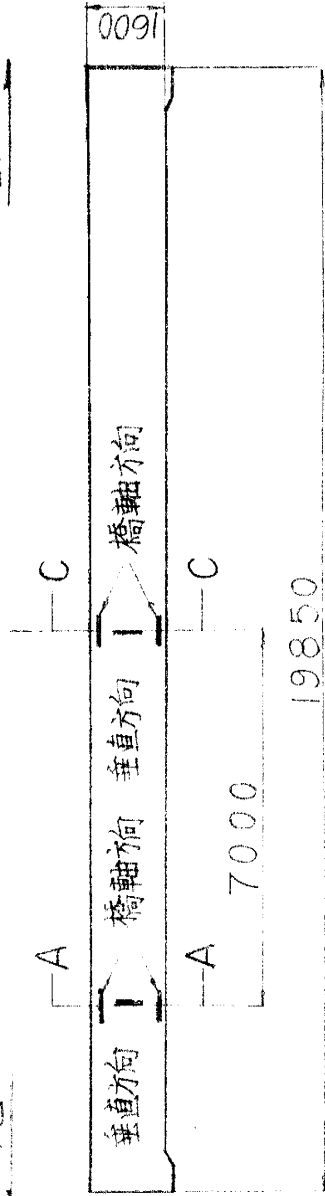


fig.1 桁断面图

七尾

桁側面図

金沢



桁平面図

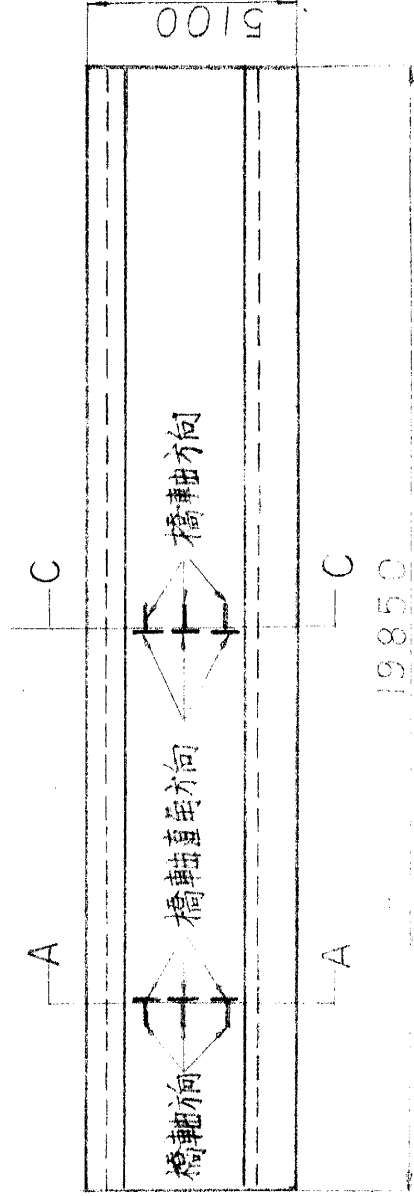


fig. 2 ゲージ接着位置一般図



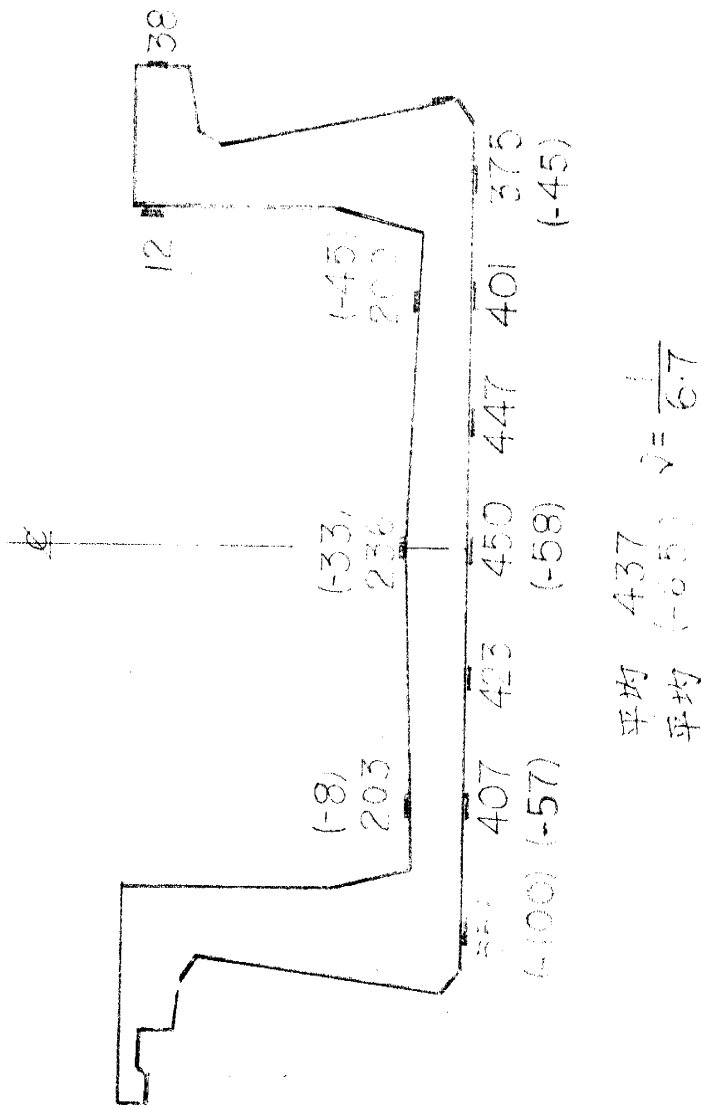


Fig. 9 全主軸ノル果張意後ノ#突斷層ノ後(面)ノすみ  
 ( )は 檢 軸距角ノ向ノりノすみ 單位:  $\times 10^{-6}$

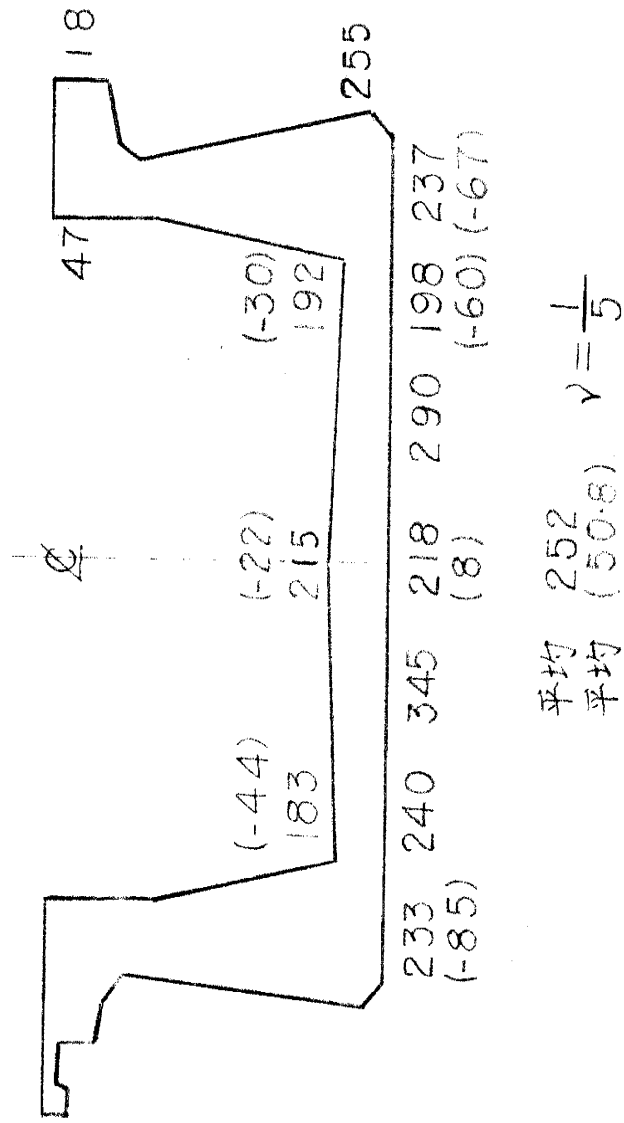


fig. 4 全まがしめ鋼緊張直線の A-A 断面 (中央断面から 7m) の  
 測定値 ( ) は 橋軸直角方向 単位:  $\times 10^{-6}$

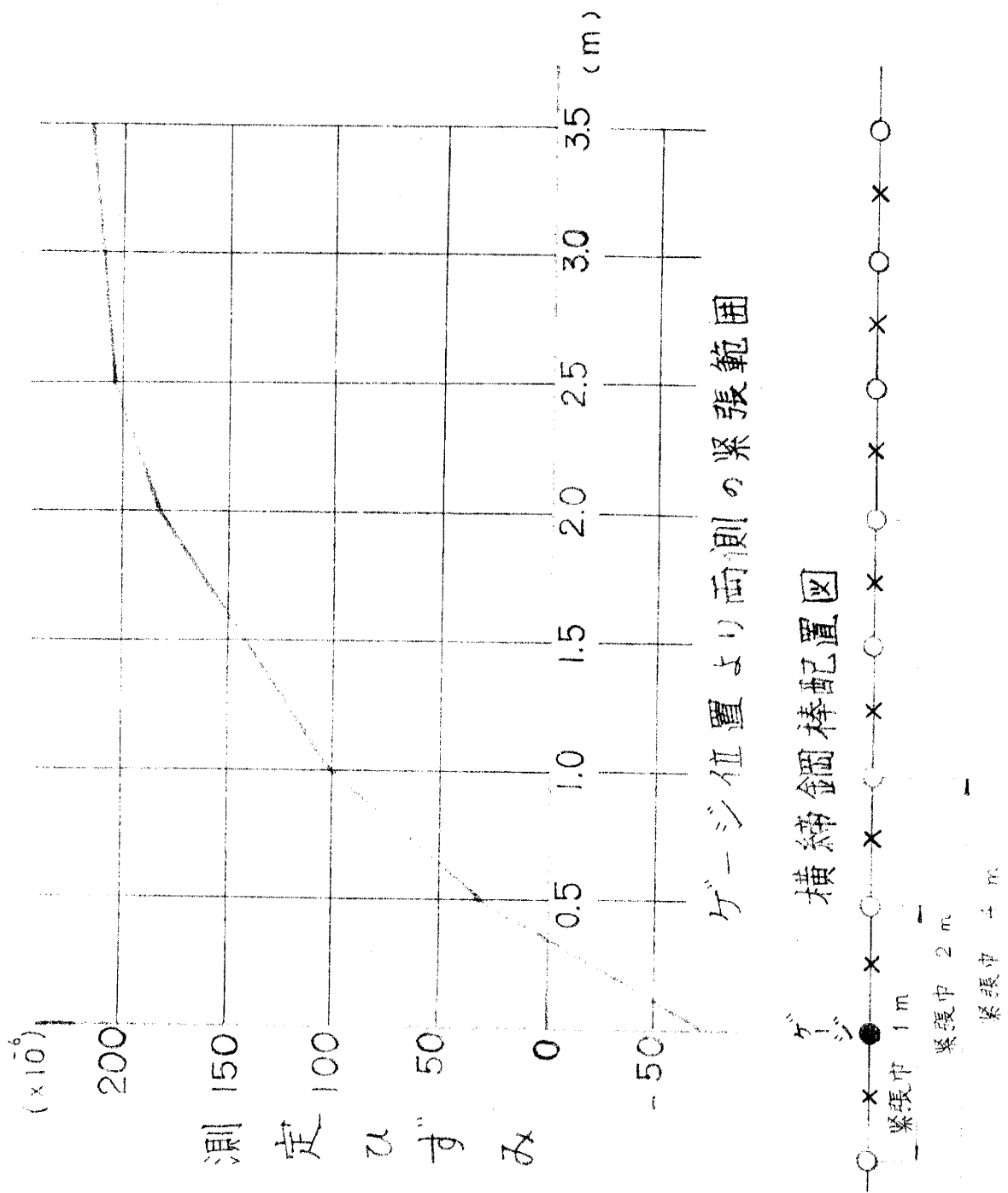
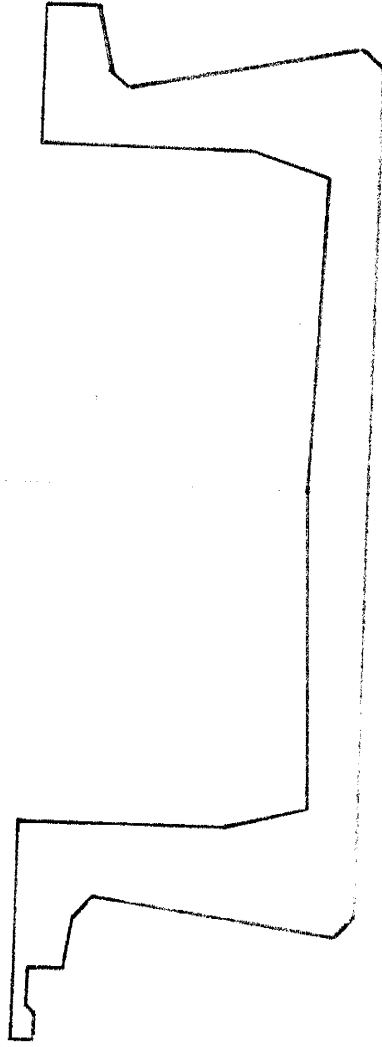


fig 5 中央断面床板下縁中央点における横締緊張中と橋軸直角方向の測定ひずみ

④



151  
(57.4)

178  
(102.8)

153  
(54.6)

平均  
平均

157  
(71.6)

設計 82.5  
設計 (84.1)

fig.6 主ケ-ブル 及び 横綫鋼棒 張終了時の応力度分布  
( ) は 橋軸直角方向 単位:  $Kg/cm^2$

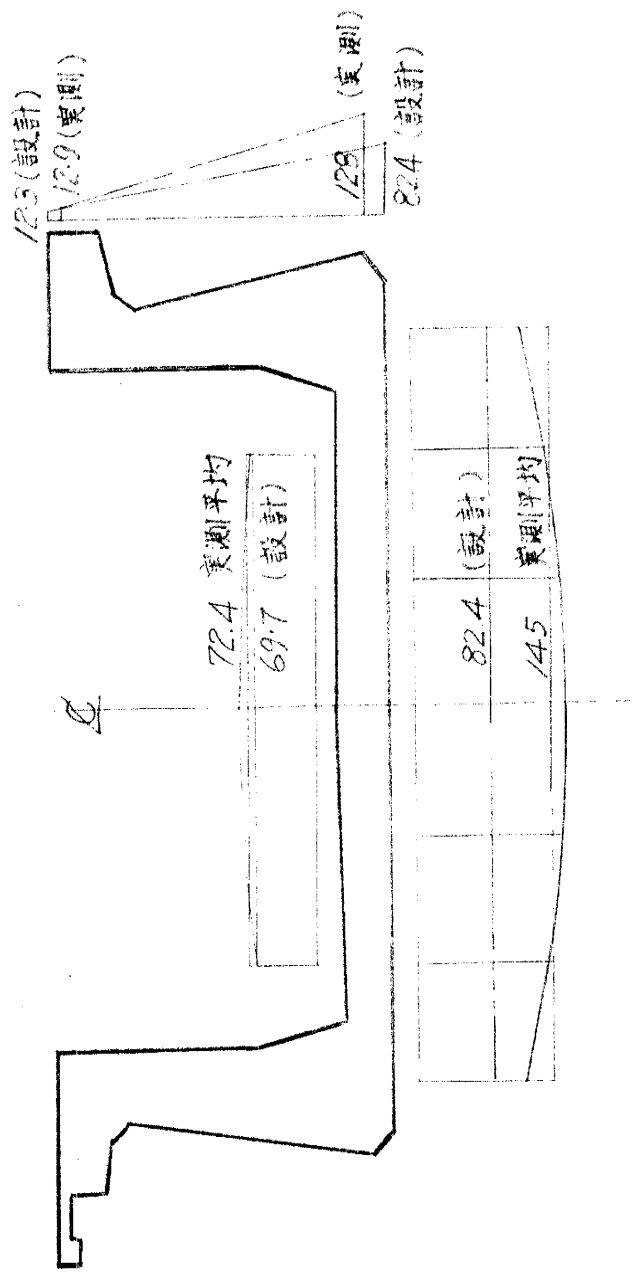


fig. 7 中央断面の主カースル果張直後の橋軸直方向の応力度  
 単位: Kg/cm<sup>2</sup>