

## プレキャストブロック水管橋の実験報告

樋口勝美\*・郡道夫\*\*\*\*  
 平賀昭夫\*\*・津田兵衛\*\*\*\*  
 阿部利雄\*\*\*・原千里\*\*\*\*

### 1. ま え が き

工業および農業用水の需要は近年ますます高まり、水の供給源をさらに遠隔地に求めなければならない現況では、水路の延長は増大し、種々の地形に遭遇する。

管水路が河川および谷を渡る部分において、従来鋼製水管橋が使用されてきた。

鋼製水管橋は、その材料のもつ特性として、自重が軽くかつ容易に耐震構造としうる利点を持つ反面、耐久性の維持に、多くの努力がはらわれなければならない。一方コンクリート製水管橋は、自重が大である欠点を持つが、耐久性が大きく維持管理の経費が少ない。

コンクリート水管橋が維持管理上の利点を持つにもかかわらず、従来あまり使用されなかった原因は、水密性(特に品質の安定化)、および施工期間にあるものと思われる。しかし、これをプレキャストブロック化することができれば、品質の安定化をはかり、工期を短縮し、天候に支配されることなく施工が可能であり、あわせて建設費を低減することができるものと思われる。

今回、水資源開発公団群馬用水建設所において、赤城幹線、大久保第二サイホンの一部が、屋知川を横断する箇所水管橋を設置するにあたり、スパン 19.0 m、内径 1.5 m、設計内水圧 1.5 kg/cm<sup>2</sup> のプレストレストコンクリートプレキャストブロック水管橋(屋知川水管橋)の建設計画を立案した。わが国においては、この種の構造物の施工例はなく、基礎的な設計・施工上の問題点(特に、軸方向プレストレス量および水密性)を把握するために、ピー・エス・コンクリート(株)鴨宮工場において、水圧試験および荷重載荷試験を実施したので、その概要を報告する。

\* 水資源開発公団群馬用水建設所所長

\*\* 同 同 調査設計課長

\*\*\* 同 同 設計第四係長

\*\*\*\* ピー・エス・コンクリート株式会社 東京支店

† 外国では Durban, South Africa } 等に見られる。  
 Dalton, Massachusetts }

### 2. 試験の方法

#### (1) 供試体

供試体は、プレキャストブロックによるポストテンション方式の水管橋であり、その形状寸法は図一および以下に示す。

管長：12.0 m (1.45 m + 7 × 1.30 m + 1.45 m) 9

ブロック

スパン：11.5 m

外径：0.7 m

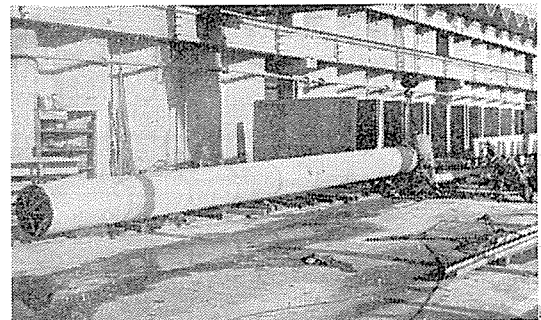
内径：0.416 m

肉厚：0.142 m

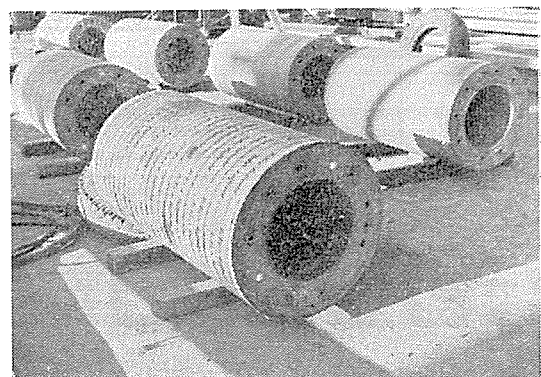
プレキャストブロックおよび供試体を写真一、二に示す。

供試体の肉厚は、実橋の肉厚が施工上から最小 15 cm

写真一 供試体



写真二 供試体ブロック



程度は必要となることから、水漏れ効果を同一とするため、ほぼ近似した寸法とした。そのため、外径 = 1.7 × 内径となり、厚肉円断面となっている。

供試体のプレストレスは、φ24 (SBPC 95) 鋼棒を 図-2 に示す配置とし、水管橋のプレストレス量を決定するため、自重および水荷重作用時に下縁で、ほぼ 20 kg/cm<sup>2</sup> の圧縮応力を残すこととした。導入プレストレスおよび各荷重による上下縁応力度を表-1 に示す。

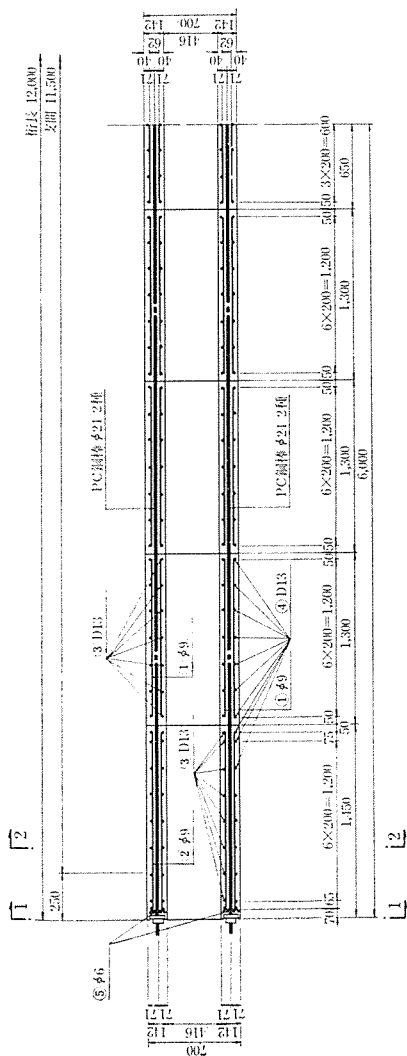
荷重	1本の長さ	本数	単位重量	1本の重量	重量	備考
① φ9	1,280	396	0.636 <sup>kg/m</sup>	0.811 <sup>kg</sup>	273.5	
② "	1,330	95	0.846	81.2		
③ D13	1,757	67	0.935	1,745	106.9	○ ○ 田
④ "	2,117	67	2.136	1,431		□ □ 田
⑤ φ6	1,100	14	0.283	0.311	4.4	
⑥ φ9	2,257	6	0.636	1.435	8.6	
⑦ "	1,060	4	0.674	0.674	2.7	
⑧ "	780	4	"	0.496	2.0	
⑨ "	680	4	"	0.432	1.7	

コンクリート						
橋脚	0.361 m <sup>3</sup>					
橋中継ブロック	0.321 "					
支保ブロック	0.630 "					
計	0.361 × 2 + 0.321 × 7 + 0.630 × 2 = 3.090 m <sup>3</sup>					
型枠						
フジロイ F	φ400 × 1,300 × 8 ... 7 個 φ400 × 1,450 × 8 ... 2 個					
	φ700 × 1,300 × 10 ... 7 個 φ700 × 1,450 × 8 ... 2 個					
PC鋼棒 (φ21 2種)						
	φ=12,100 × 7 = 81,700 mm					
ナット、ワッシャー、支保板						
	各14個					

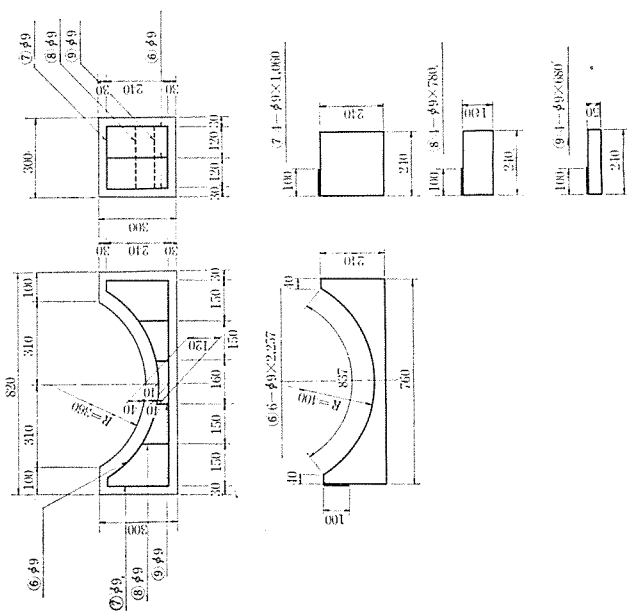
図-1 供試体構造図

側面図



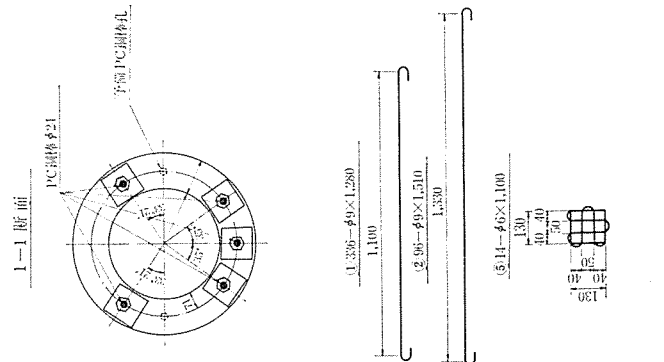
支保台および荷重台

断面図



側面図

2-2断面



断面図

供試体の製作に使用したコンクリートの示方配合を表-2 に、コンクリートの圧縮強度および静弾性係数を表-3 に示す。

供試体各ブロックの接合面は、端面のレイタンスをサンダーで取除き、平滑に仕上げ、アセトンにより不純物を取除いた後、エポキシ樹脂 (トーホーダイト AC-406 東邦天然ガスKK) を用いて接合した (写真-3)。

供試体の 8カ所の接合面のうち、図-3 に示す⑤接合

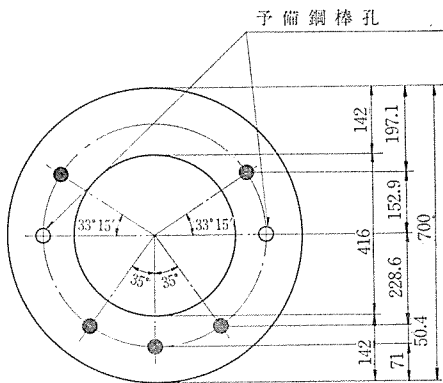
面は、接着後ほぼ 24 時間経過した後、ブロックを引き離し、接着効果をなくした断面とした。

実橋の両端部は、埋設鋼管と接合するため、供試体の

表一 供試体に働く応力度 (スパン中央) (kg/cm<sup>2</sup>)

	上 縁	下 縁
導入プレストレス	10.8	68.0
自 重	34.9	-34.9
水 荷 重	7.6	-7.6
載 荷 装 置	3.0	-3.0
合 計	56.3	22.5

図一 鋼棒配置図



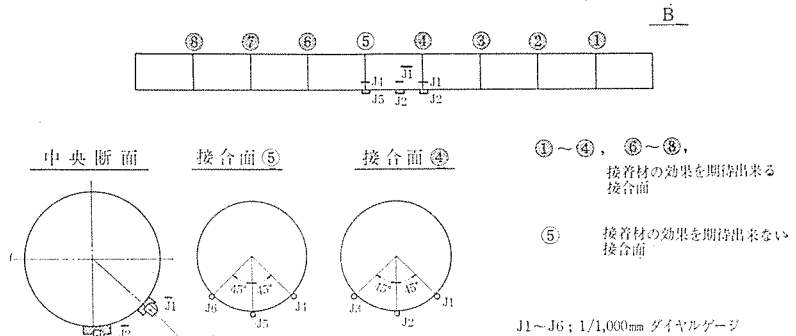
一端は 図一 構造を計画したが、内部のマイシール (東都化成KK) の充てん作業が困難であり、破線で示す状態となっている。

(2) 水圧試験

水圧試験は、供試体本体および鋼管取付部の水密性の確認および円周方向ひずみの測定を目的とした。円周方向ひずみの測定は、ポリエステル単軸抵抗線ひずみ計 (120 Ω, 30 mm) を 図一 位置に配置し、表一 示す各水圧段階について行なった。

内水圧は、F.K.K. 電動グラウトポンプを使用し、水

図一 継目部の変位置測定用ゲージ取付位置



表二 コンクリートの示方配合

セメント	早強ポルトランドセメント (アサノベロ)
細骨材	川砂 (酒匂産)
粗骨材	砕石 (同上)

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランブの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	単位水量 W (kg)	単セメント位置 C (kg)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/A (%)	単位細骨材量 S (kg)	単位粗骨材量 G (kg)	単位混和材量 P <sub>c</sub> (kg)
25	1~4	1.5	154	420	36.6	40.6	755	1 150	2.1

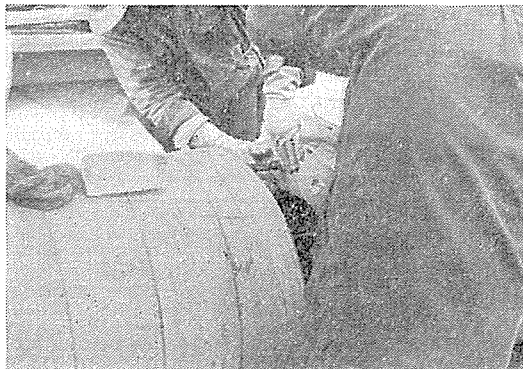
混和材 (P<sub>c</sub>) : プラストクリート

砂 : 最大寸法 2.5 mm F.M. 2.85

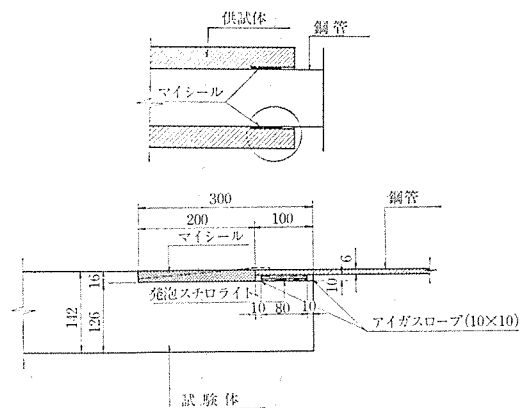
表三 コンクリートの圧縮強度および静弾性係数

材 令	圧 縮 強 度	静 弾 性 係 数
σ <sub>1</sub>	198 kg/cm <sup>2</sup>	—
試験時 (平均)	578 "	3.7 × 10 <sup>5</sup> kg/cm <sup>2</sup>
σ <sub>28</sub>	635 "	—

写真一 エポキシ樹脂の塗布



図一 供試体端部の構造



圧計 (測定範囲 0~5 kg/cm<sup>2</sup>) を確認しながら、ノズルの先端に取付けたバルブを操作して調整した。

(3) 荷重載荷試験

載荷試験は、プレキャストブロック接合面に働くプ

プレストレストコンクリート

レストレス量と外荷重による曲げモーメント作用時の水密性の関係、Pipe Beam としての安全性の検討を目的として、次の測定を行なった。

1) 管軸方向ひずみの測定：ひずみの測定は、ポリエスチル単軸抵抗線 ひずみ計 (120 Ω, 30 mm) を 図-5 に示す位置に配置して行なった。

2) たわみの測定：たわみの測定は、図-5 に示す位

置に 1/100 mm ダイヤル ゲージを取付け、スパン中央および 1/4 点のたわみを測定するとともに、支点の沈下量を測定した (写真-4)。

3) 継目部の変位量の測定：継目部の開口幅の測定は 図-3 に示すように 1/1 000 mm ダイヤルゲージを取付けて測定した。ダイヤルゲージ取付け面は、次のとおりである。

表-4 水 圧 段 階

水 圧	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	測 定 点
第1回	○		○		○		○			支点・1/4 点・中央
第2回	○		○		○		○	○		同 上
第3回	○	○	○	○	○	○	○			支点近辺

○印は実測した荷重

④接合面；エポキシの接着効果を期待できる接合面

⑤接合面；接着効果のない接合面  
スパン中央；接合面以外の断面

荷重載荷試験は、実橋の設計内水圧

図-5 測定器配置図

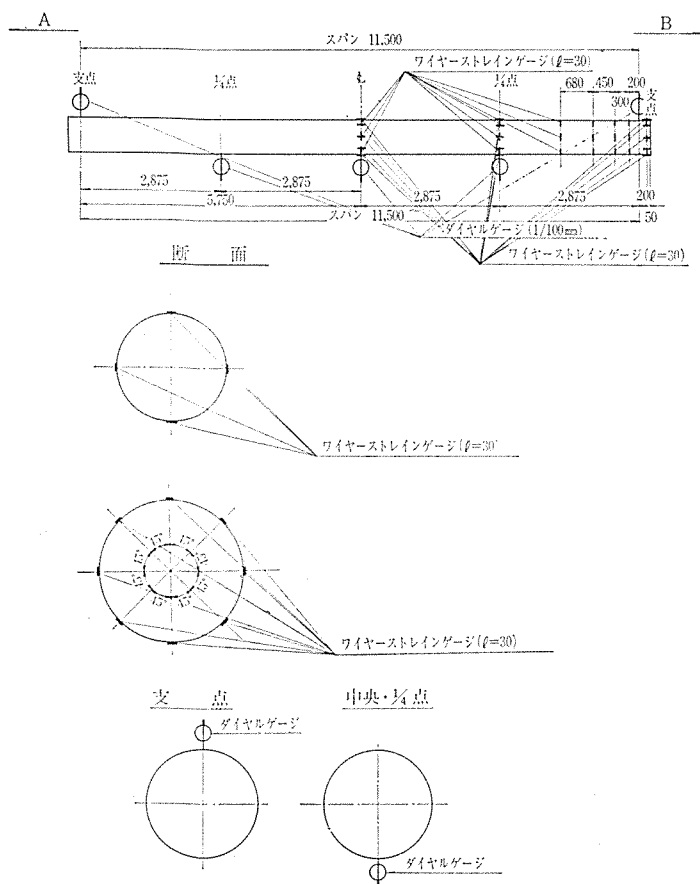


写真-4 支点の構造と沈下量測定用



1.5 kg/cm<sup>2</sup> に対して、内水圧 2.0 kg/cm<sup>2</sup> の状態で行なった。載荷段階は表-5 に示すとおりである。

荷重載荷試験における荷重点およびスパンは、図-6 に示す。

### 3. 測定の結果と考察

(1) 水圧試験  
各水圧段階にお

図-6 載荷試験荷重位置

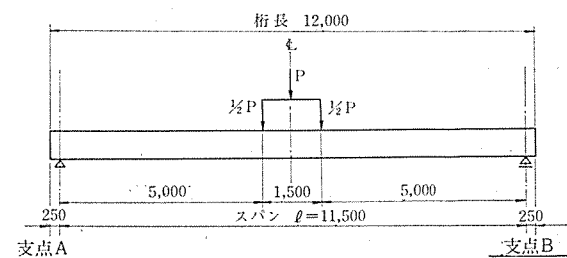


表-5 荷 重 段 階 (水圧：2 kg/cm<sup>2</sup>)

○印および ( ) 内荷重は測定値

荷 重 (t)	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.6	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	摘 要
第 1 回	○	○	○	○	○	○										up down up down を 除 く
第 2 回	○		○	(1.7)			○		(3.8)		○	○	○	○	○	up down 同 上
第 3 回	○	○	○		○	(2.5)									○	up down up down を 含 む

ける円周方向4分点のひずみ分布を 図-7 に示す。これらの測定値が示すように、支点を除き、1/4 点および中央点のひずみは、ほぼ円形分布を示している。支点部の円周方向ひずみは左右対称形ではあるが、支点の影響によるものと思われる局部的応力が見られる。この局部的応力の挙動を知るために、支点部近辺の円周方向ひずみを測定した。その結果を 図-8, 9 に示す。

円筒形断面に対して、軸対称変形が生じ、任意の断面における半径方向の変位を  $y$  とすると変位  $y$  は次式により示される。

$$D \frac{d^4 y}{dx^4} = -\frac{E \cdot t}{a^2} y \dots\dots\dots (1)$$

上式中  $a$  : 内周半径 (=20.8 cm)

$t$  : 肉 厚 (=14.2 cm)

$E$  : 弾性係数

$$D : \text{曲げ剛性係数} = \frac{E \cdot t^3}{12(1-\mu^2)}$$

$\mu$  : ポアソン比 = 1/6

ここで

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{E \cdot t}{4 D a^2}} = \sqrt[4]{\frac{3(1-\mu^2)}{a^2 \cdot t^2}}$$

とおくと、変位  $y$  は急速に減衰する波状曲線であって、その波長は、

$$l = \frac{2\pi}{\beta} = 2\pi \sqrt[4]{\frac{a^2 \cdot t^2}{3(1-\mu^2)}}$$

である。

したがって、波長  $l$  と半径  $a$  との比は、

$$\frac{l}{a} = 2\pi \sqrt[4]{\frac{1}{3(1-\mu^2)}} \sqrt{\frac{t}{a}} \approx 4.8 \sqrt{\frac{t}{a}}$$

であり、 $a$  に比して  $t$  が小さいほど小なる値を示す。

供試体の波長  $l$  は 83 cm となり  $l$ /外径 = 1.2,  $l$ /内径 = 2.0 である。測定値は局部的な軸非対称荷重であるが、上記した計算値と、近似した値を示している。

円筒形断面が内圧のみを受けるとき、円周方向応力は常に引張力であり、応力度は次式で示される。

$$\text{厚肉円筒 } \sigma_{t1} = \frac{a^2 p_i}{b^2 - a^2} \left( 1 + \frac{b^2}{r^2} \right) \dots (2)$$

$$\text{薄肉円筒 } \sigma_{t2} = \frac{a \cdot p_i}{t} \dots\dots\dots (3)$$

上式中  $a$  : 円周半径 (=20.8 cm)

$b$  : 外周半径 (=35.0 cm)

$r$  : 任意断面の半径 (=  $b$ )

$t$  : 肉 厚 (=14.2 cm)

$p_i$  : 内 圧

図-7 円周方向ひずみ分布 (第2回)

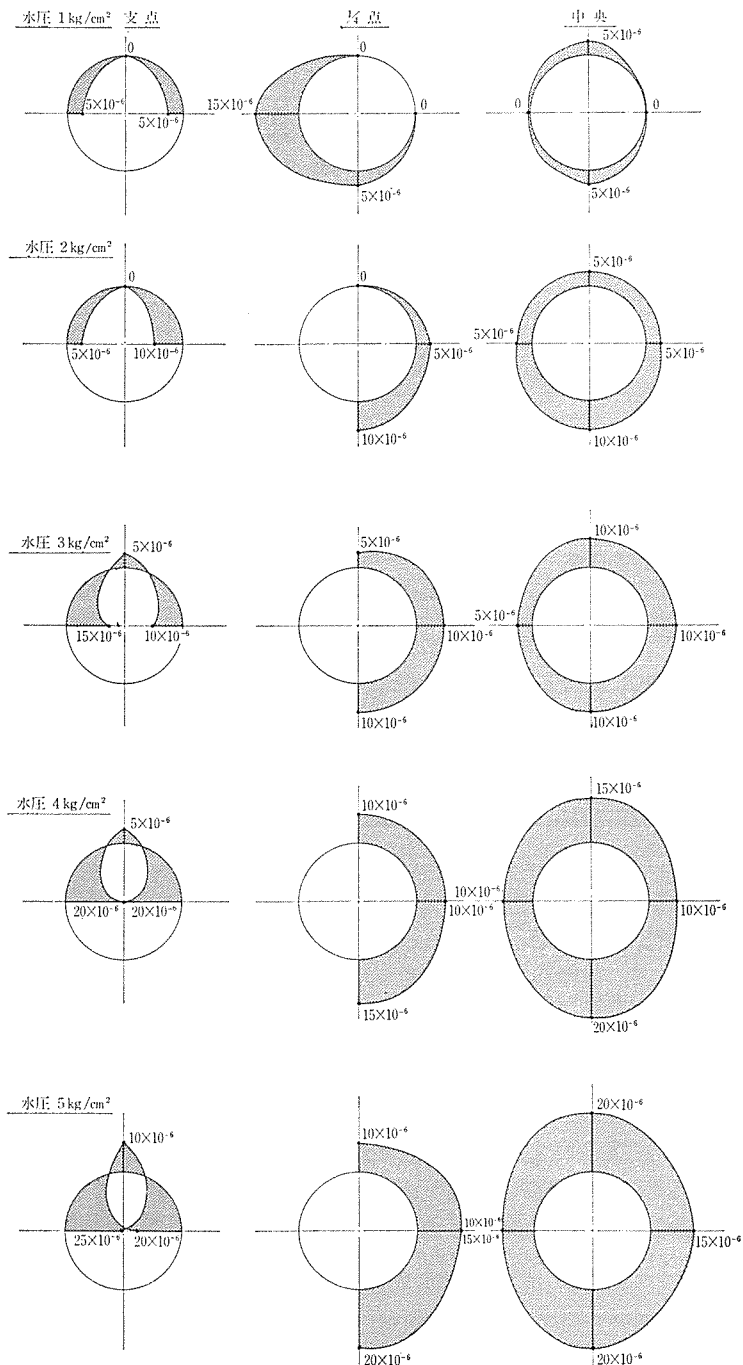
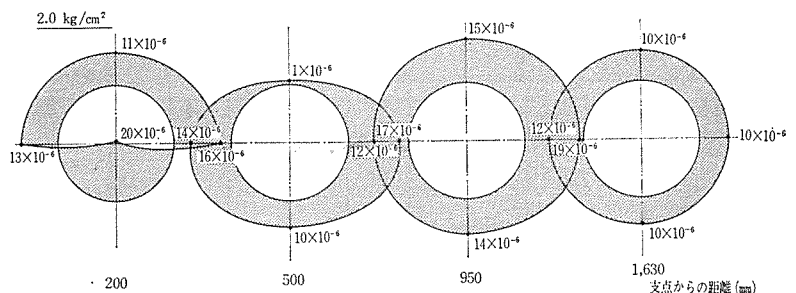


図-8 支点近辺の円周方向ひずみ分布 (第3回)



したがって、式 (12), (13) は、おのおの  $\sigma_{t1}=1.09 p_i \text{ kg/cm}^2$ ,  $\sigma_{t2}=1.47 p_i \text{ kg/cm}^2$  となる。円周方向四分点のひずみの平均値と計算値の比較 (図-10) を見ると、測定値は厚肉円断面と考えた場合とよく一致している。

図-4 に示した鋼管との接合部の構造は、各水圧段階とも、きわめて短時間 (約 30 分) であったが、内水圧

$5.0 \text{ kg/cm}^2$  の範囲内では十分防水効果を持ち、漏水を見ることはなかった。

水管橋本体の漏水観察結果では、中央部上方および 1/4 点近辺の 2 ヲ所でコンクリート表面に水漏れが生じた。これら 2 ヲ所とも、いずれも接合面以外の場所であり、コンクリートの締固めが部分的に不十分であったことが原因であると思われる。

(2) 荷重載荷試験

a) たわみの測定 荷重載荷時のたわみ分布を 図-11 に、スパン中央の荷重たわみ曲線を 図-12 に示す。

たわみの測定値は、荷重 0~4 t までの区間において、計算値とおおむねよく一致しており、一体打ちしたはりと考えて十分である。載荷重 4 t に対応する全断面有効としたスパン中央の下縁応力度は  $-11.5 \text{ kg/cm}^2$  である。

b) 軸方向ひずみの測定 軸方向ひずみの測定値を 図-13 に示す。スパン中央の軸方向ひずみもまた、たわみの測定値と同様に 0~4 t までの区間において、全断面有効と考えた計算値と、よく一致している。1/4 点における軸方向ひずみ量について

も同様であった。

継目部の局部的応力および疲労強度に対しては、今後の測定によらなければならないが、今回試験の目的とした水管橋においては、荷重のほとんどが等分布荷重であ

図-9 円周方向ひずみの軸方向分布 (第3回)

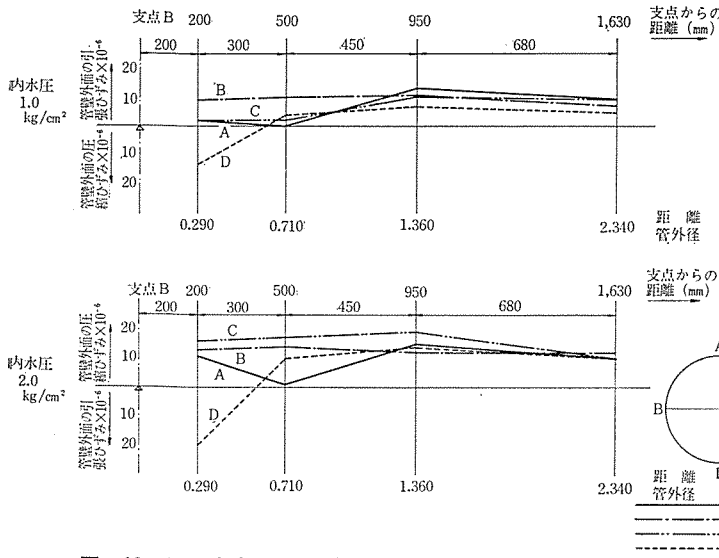


図-10 円周方向ひずみ (4 分点の平均値) と計算値の比較

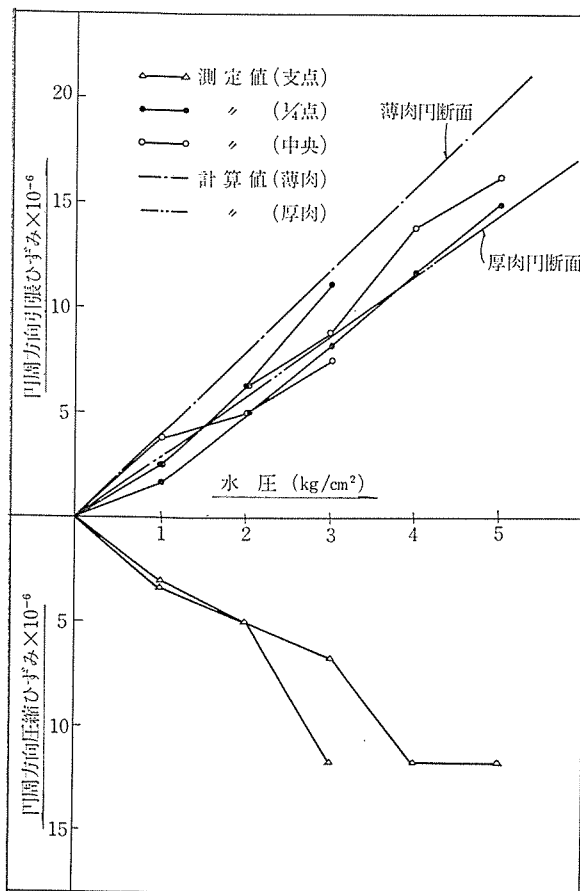
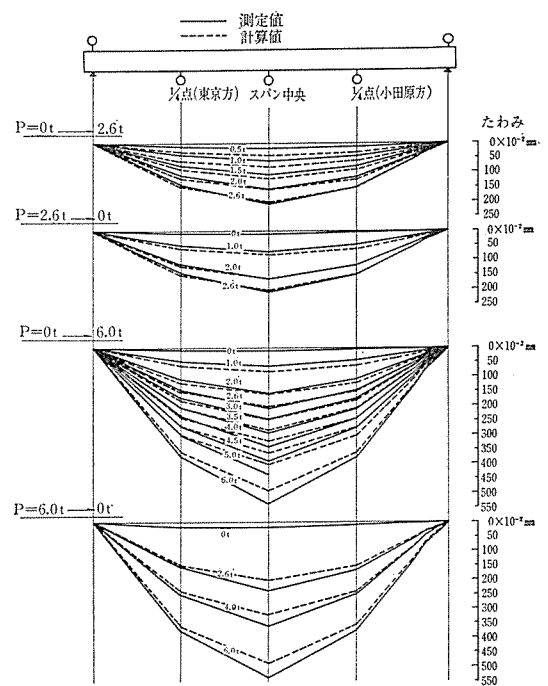


図-11 たわみ分布図 (第1回)



り、繰返し荷重の発生する機会も少ないので、設計荷重時の合成応力度が下縁で圧縮応力として残る（フルプレストレスリング）ならば一体打ちした構造物と考えて十分である。

c) 継目部の変位 図-14 および 図-15 に継目部の変位量を示す。④および⑤接合面管軸直下の継目部の変位量は、上限荷重 6 t において荷重除去後ほぼ完全に復元しているが、上限荷重 9 t において、荷重除去後、④接合面については 2/1 000 mm、⑤接合面については 11/1 000 mm の残留変位が測定された。J<sub>1</sub>・J<sub>3</sub>・J<sub>4</sub>・J<sub>5</sub> については、上限荷重 9 t についても、荷重除去後ほぼ完全に復元している。

接合面における初水漏れは、⑤断面 3 t、④断面 8 t であり、いずれも管軸直下に発生した。全断面有効とした下縁応力度は、それぞれ -3.0 kg/cm<sup>2</sup>、-45.5 kg/cm<sup>2</sup> である。

⑤接合面は、接着効果を持たず、下縁に引張応力が生ずればただちに接合面は開口する。④接合面は、ある限度まで引張応力に抵抗し、弾性変形を生じた後開口し、水漏れが

発生する。むろん前記した下縁応力度は、全断面有効と考えて求めたものであり、正しい値ではない。

図-12 荷重-たわみ曲線図

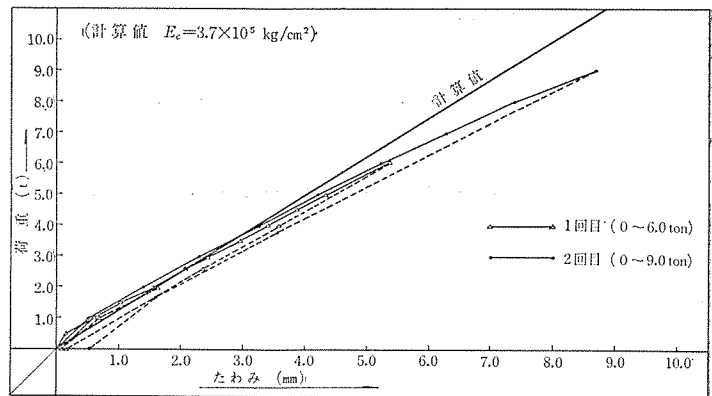


図-13 スパン中央の載荷時合成ひずみ (第2回載荷 0~9 t)

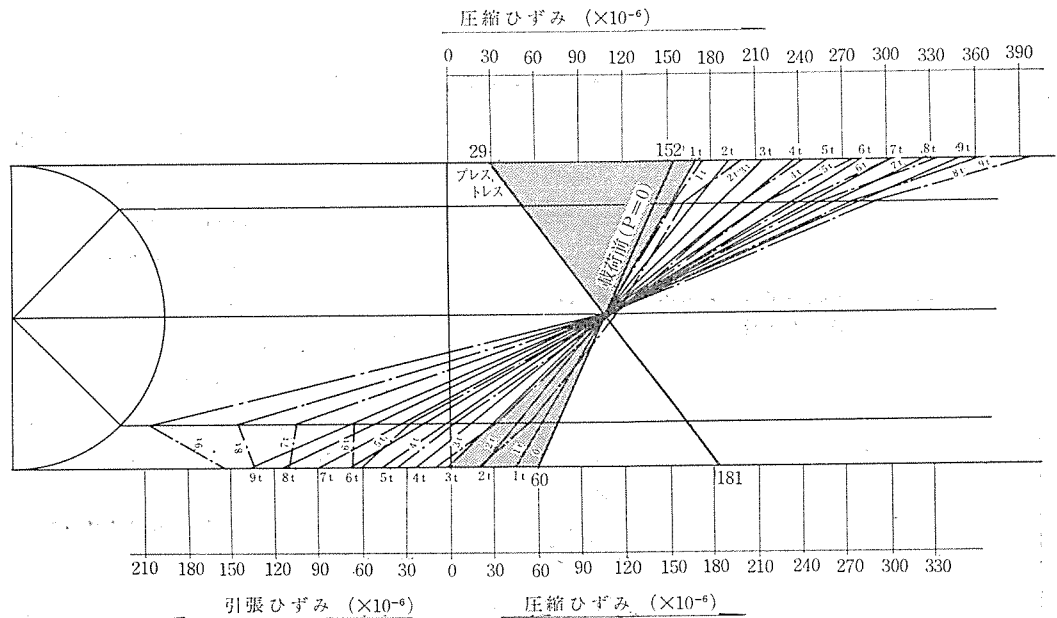


図-14 継目部の変位量

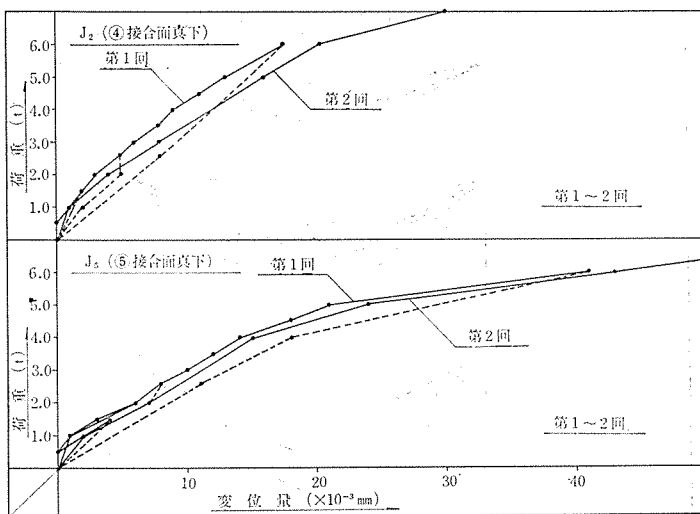
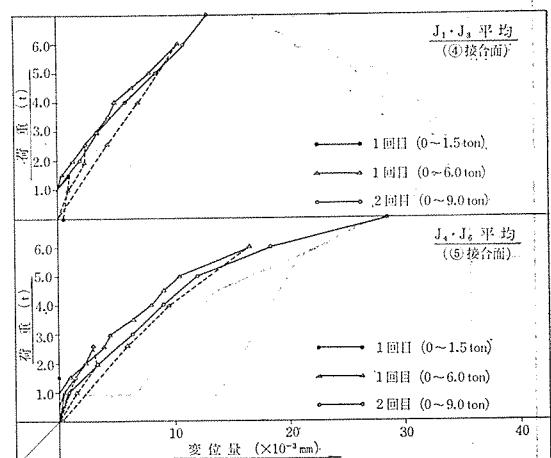


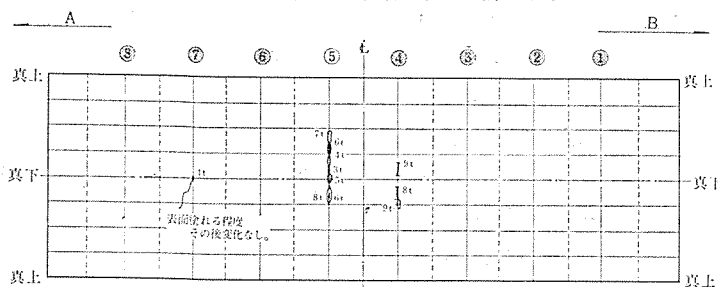
図-15 継目部の変位量



ダイヤルゲージは、写真-5 に示す取付け状態であり荷重載荷時にたわみによる角変化が生ずる。したがって

図-14 および 図-15 に示した変位量は、全変位量であり、 $全変位量 = (継目部の開口幅または弾性変形量) + (測定器自身の角変化による変位量)$  と考えることができる。

図-16 荷重載荷時の水漏れ状況 (第2回)



- ⑤ 接 合 面
  - 3.0 t : 表面がぬれる。
  - 5.0 t : 10~20 秒おきに水滴が落ちる。
  - 7.0 t : 連続した水滴の落下。
  - 9.0 t : はげしい水漏れ
- ④ 接 合 面
  - 8.0 t : 表面がぬれる。
  - 4.0 t : 時々水滴の落下が見られる。
  - 6.0 t : 水滴約 3 秒おきほど。
  - 8.0 t : はげしい水漏れ。
  - 9.0 t : 水滴 10 秒おきに落下。

写真-5 接合面変位量測定用ダイヤルゲージ取付状態

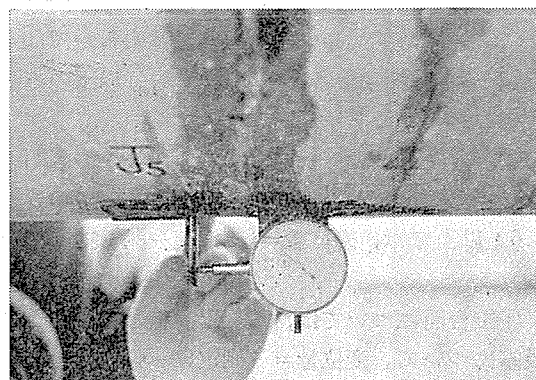


写真-6 荷重 5.0 t の水漏れ

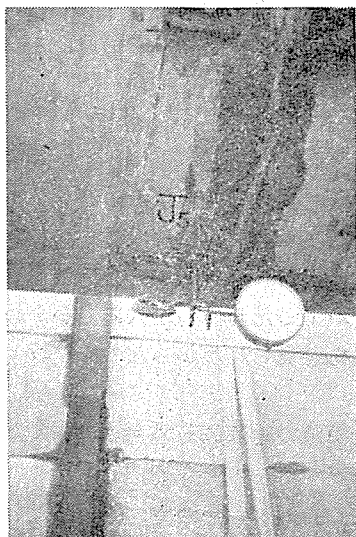


写真-7 荷重 7.0 t の水漏れ



写真-8 荷重 8.0 t の水漏れ

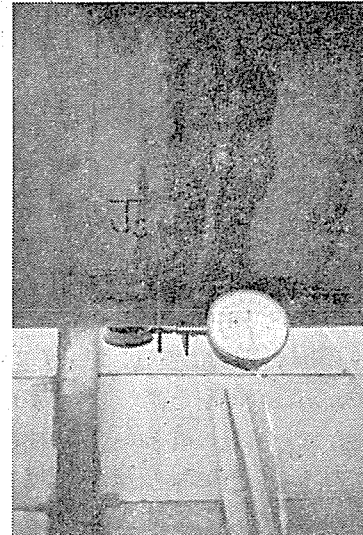


写真-9 荷重 9.0 t の水漏れ



図-17 J<sub>2</sub> 測定値と弾性変位量

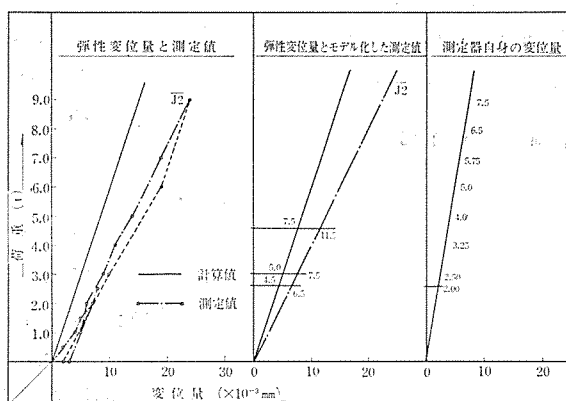


図-16 は 載荷時の漏水観察図であり、写真-6, 7, 8, 9 に各荷重段階における漏水状況を示す。

管軸直下の実際の開口幅を把握するために、スパン中央の管軸直下に取付けたダイヤルゲージ J<sub>2</sub> の測定値を用いることとする。J<sub>2</sub> ダイヤルゲージ取付部には、クラックがみとめられなかったもので、測定値は

弾性変形量+測定器自身の角変化による変位量と考えられる。また、ダイヤルゲージ取付部の測定間距離はおよそ 73 mm であり、ダイヤルゲージの最小目盛 1/1 000



mm に対する応力度は、 $\frac{4l}{l}E = \frac{1}{7300} \times 3.7 \times 10^5 = 5.08 \text{ kg/cm}^2$  である。 $\bar{J}_2$  の測定値と上記計算方法による弾性変位量を 図-17 に示す。

⑤接合面については、荷重 2.6 t で下縁応力度が 0  $\text{kg/cm}^2$  となるので、それ以上の荷重については、変位量=(開口幅+測定器自身の変位量)であることは明らかであるが、④接合面については、荷重 2.6~8.0 t の範囲において、いつ開口を始めるかは明らかでない。

図-18 に示す接合部の開口幅は、以下の方法により作図したものである。

⑤接合面について、荷重 2.6 t までの区間では、変位量=(測定値-弾性変位量-測定器自身の変位量)、2.6 t 以上では、変位量=(測定値-測定器自身の変位量)。

④接合面については、上記と同様な方法および全荷重段階について、変位量=(測定値-弾性変位量-測定器自身の変位量)

したがって、④接合面の開口幅は、少なくとも 図-18 の斜線内に入るものと考えられる。

④接合面管軸直下の変位量は、 図-14 に見るように第 1 回載荷と第 2 回載荷とで差が見られることから、接合面は載荷荷重 2.6~6.0 t、応力に換算して 0  $\text{kg/cm}^2$  ~28.5  $\text{kg/cm}^2$  の範囲内で開口が始まるものと考えてよいようである。むしろ、④接合面の第 1 回測定値より(弾性変位量+測定器自身の変位量)を差し引いた値(開口幅)が、開口幅 0 の軸を、ほぼ垂直に上がり、荷重 3.5~4.0 t、応力に換算して -7.2  $\text{kg/cm}^2$  ~-11.5  $\text{kg/cm}^2$  で、かなり勾配を変え変位量が増加することから、-10  $\text{kg/cm}^2$  前後の値を接合面の曲げ引張応力度とすることが適当なようである。いずれにしても④および⑤接合面における水漏れ発生時の開口幅は、⑤接合面 3/1 000 mm、④接合面 22~30/1 000 mm であり、7.5~10 倍の差が見られる。この原因は、⑤接合面においては接着材の効果がなく、接合面の開口形状が中立軸を頂点とする三角形を示すことに対し、④接合面においては、

コンクリートの軸方向曲げ引張応力度が、前記した 10  $\text{kg/cm}^2$  前後の値となる点を頂点とした、三角形を示すことによるものと思われる。ちなみに、管外周の開口幅を 27/1 000 mm、内周の開口幅を 3/1 000 mm と仮定すると、開口の高さは 15.6 cm となり、供試体の下縁から 15.6 cm を欠損した馬蹄形断面となる。この断面に 図-2 に示した P C 鋼棒の位置を考慮して、載荷重 8 t (断面に働らく荷重による曲げモーメントの合計 33.43 t・m) における上下縁の曲げ応力度を算定するとそれぞれ 110.4  $\text{kg/cm}^2$ 、-10.6  $\text{kg/cm}^2$  となる。

水漏れ時における開口幅の測定方法は、十分な精度を持つものではなく、また開口幅の決定には多くの仮定を含んでいる。したがって、この結果が十分信頼できるものとはいえないが、内水圧 (2.0  $\text{kg/cm}^2$ ) を受けるこの種構造物において、部材の内外面を結ぶ連続したクラックの発生は、ただちに水漏れを発生するものと考えてよい。

d) 破壊曲げモーメント 水管橋における破壊は、本質的には、無視できない程度の水漏れ発生をもって決定すべきであるが、この種構造物の破壊耐力について、以下に測定結果を示す。

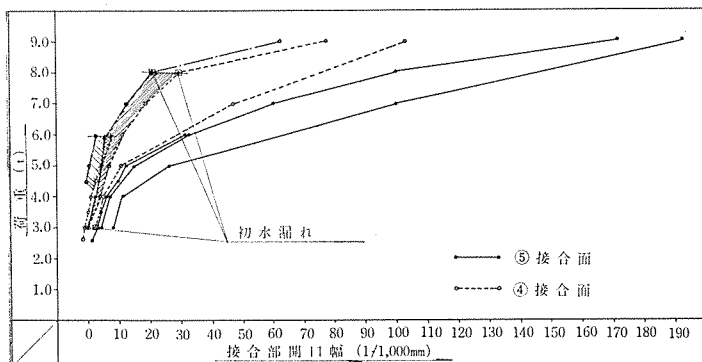
供試体の破壊曲げモーメントの計算値は\*、88 t・m (付着のあるとき) であり、これに対応する荷重は 31 t (水による曲げモーメントは荷重載荷中に接合面等のクラックよりすべて排出されたのでこれを含まない) である。載荷試験の結果、載荷重 27 t でたわみの増大にもかかわらず荷重の増加が、ほとんど見られなかったため、27 t を破壊荷重とした。

破壊荷重の測定値と計算値の比は  $27/31 = 0.87$  である。

供試体はグラウトを行なわなかったため、付着のない状態である。付着のないときの破壊曲げモーメントは、付着のあるときの 80~90%<sup>9)</sup> であることから、破壊荷重 27 t はほぼ妥当な値であり、一体打ちした場合と大差ないものと思われる。

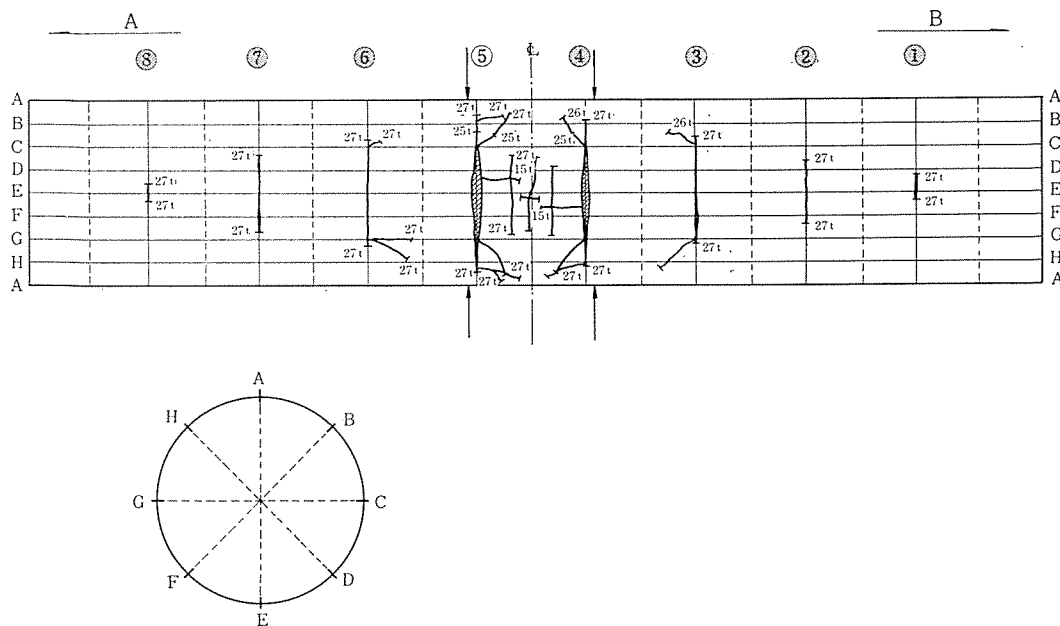
図-19 に、クラック図を示す。破壊は、コンクリートの圧縮破壊が先行し、破壊荷重近辺で圧縮クラックの特性としてのせん断力が加わり、斜方向クラックの発生が見られる。ブロック接合面においては、すべて垂直面破壊が生じているので、比較的大きな曲げモーメントとせん断力を、同時に同一接合面で受けるような構造物については、接合面におけるせん断破壊に対する考慮が必要となる。

図-18 接合面の開口幅



\* 土木学会「P C 指針」56 条 (3) による。

図-19 破壊試験時のクラック図



4. ま と め

以上の結果より、プレストレスト コンクリート プレキャスト ブロック水管橋においては、以下の点を考慮する必要がある。

a) プレストレス量 内水圧 (2.0 kg/cm<sup>2</sup>) を受ける壁厚 15 cm 程度のプレキャスト ブロック水管橋において、接合面に接着効果のない場合、水漏れは接合面開口後ただちに発生する。今回供試体製作で行なった程度の接合面の表面処理方法および接着剤を使用すれば接合面ののび引張応力度は 10 kg/cm<sup>2</sup> 程度は取りうると思われるが、この場合においても、壁内外面を結ぶ連続したクラックの発生は、ただちに水漏れを発生させる。いずれにしても、接合面の接着力および導入プレストレス等の施工時における変動、および構造物としての安全を考慮するならば、設計荷重作用時 10 kg/cm<sup>2</sup> 程度の圧縮力を残すことが必要であろう。

また、プレキャスト ブロック Pipe Beam としてのたわみおよび軸方向ひずみは、全断面有効とした下縁の引張応力度が 10 kg/cm<sup>2</sup> 程度となると増大することからも、上記した 10 kg/cm<sup>2</sup> 程度の圧縮応力を残すことが必要であろうし、その範囲内においては一体打ちした構造物と考えて十分である。

b) 円周方向応力度 今回用いた供試体(外径/内径 ≒ 1.7)では、厚肉円断面と考えてよい結果が得られたが、外径 ≤ 1.1 × 内径となる断面については、薄肉円断面と考えて十分であろう。

支点の拘束による円周方向ひずみの影響範囲は、壁厚

と内径との比により異なるが、比較的内圧の高い薄肉円断面においては、せん断力の伝達能力の低い接合面を、その範囲外に定めることが望ましい。通常第1ブロックの接合面を、支点より  $4.8 \times \sqrt{\text{肉厚} \times \text{内周半径}}$  以上に定めれば十分であろう。

c) 水密性 十分締固められた緻密なコンクリートは十分な水密性を持ち、所期の目的を達成することができる。

以上で、プレキャスト ブロック水管橋の試験報告を終わるが、今後、薄肉円断面、振動、ねじり等に対する問題を解決してゆく必要があると思われる。他の構造物(地下埋設管・サイフォン等)への応用も興味のある課題であろう。

参 考 文 献

- 1) 土木学会編：土木工学ハンドブック 上・下、技報堂
- 2) S. Timoshenko：材料力学 上・下、コロナ社
- 3) 坪井善勝：曲面構造・シェルの理論とその応用、丸善
- 4) 猪股俊司：プレストレストコンクリートの設計施工、土木学会監修・技報堂
- 5) S. Timoshenko, S., Woinowsky-Krieger：Theory of plates and Shells
- 6) F. Leonhardt：Prestressed Concrete Design and Construction
- 7) K. Billig：Prestressed Concrete
- 9) 坂 静雄・岡田 清・六車 照：プレストレスト コンクリート、朝倉書店
- 9) "Adjustable Sewer Bridges Swamp", Engineering News-Record, July 13 (1967)
- 10) A. Bierweiler：Prestressed Concrete Pipe Beams, P.C.I. Journal, April (1966)

1969.8.4・受付