

鷄林橋の試験について

白 善 武 一*
 藤 森 哲*
 木 村 信 彦*

1. ま え が き

本橋の概要および施工については、本誌 Vol. 3, No. 3 (1961年6月号)ですでに述べたので、施工中および工事完了後に行なった試験について、ここで報告する。

2. 試験の概要

本試験は工事中、および高欄を除く他の工事がすべて完了した状態において、主として次の項目について行なった。

- (1) 上部主桁のコンクリート打設後におけるコンクリート硬化時の温度変化について
- (2) 上部主桁のプレストレス導入時、および引続き行なった斜材の緊張による反力調整時における各部材(上部主桁、斜材、および柱)のコンクリートのひずみの変化状態、および上部主桁の変位について
- (3) 工事完了後、本橋にオイル ジャッキにより荷重を載荷し、そのときにおけるコンクリートのひずみの状態、および上部主桁の変位について
- (4) プレストレス導入後における、コンクリートのクリープ、およびそれによる上部主桁の変化状態について
- (5) 自由振動時における上部主桁の状態について

3. 測定用計器

試験に用いた各測定用計器については、次に述べるとおりである。

- (1) コンクリートの温度の測定については、カールソン型温度計 CTE-100 K を用いた。
- (2) 短時間におけるコンクリートのひずみの測定については、電気抵抗線ひずみ計(共和無線研究所 KP-8)を用いた。
- (3) 長時間におけるコンクリートのひずみの測定については、カールソン型ひずみ計、フーゲンベルガーデホームーター(写真-1)、およびマイハーク式振動線ひずみ計(ナショナル計測器、写真-2, 3)を用いた。

* 日本道路公団名神高速道路第一建設局設計部

写真-1 フーゲンベルガーデホームーター

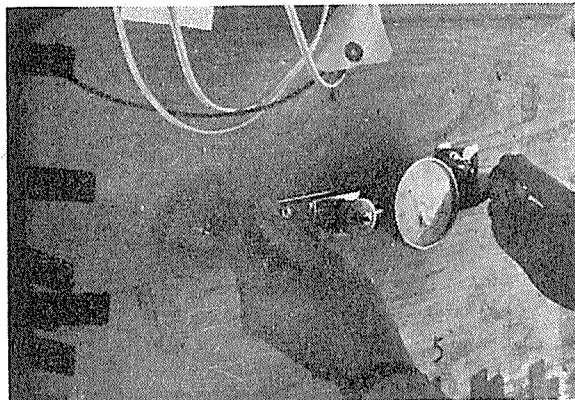


写真-2 マイハーク式振動線ひずみ計インジケーター

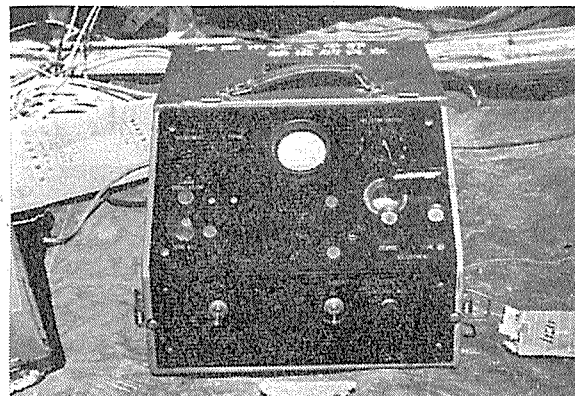


写真-3 マイハーク式振動線ひずみ計ケージ



- (4) 上部主桁のたわみ、およびロッカー ピヤーの水平方向の移動の測定については、ダイヤル ゲージを使用した。
- (5) 動ひずみの測定については、可動線輪型地震

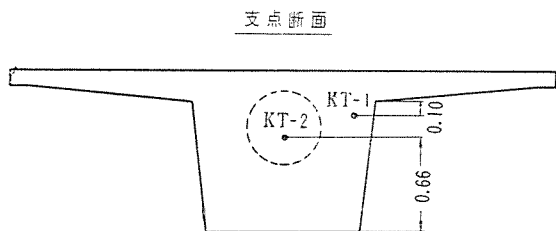
計, および田辺式たわみ計を用いた。

4. コンクリート打設後の温度変化, およびプレストレス導入時における試験結果

(1) コンクリートの硬化時における温度変化

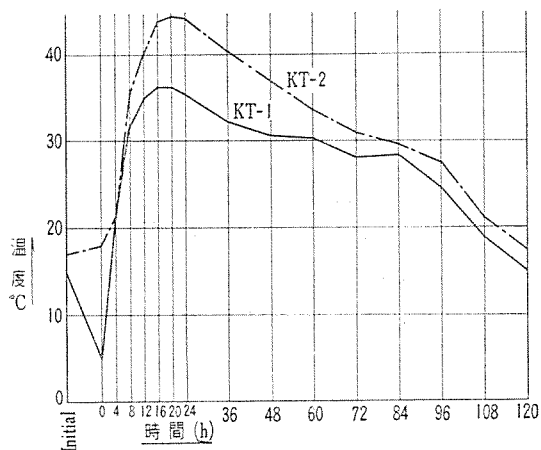
コンクリートの硬化時における温度変化測定のためのカールソン型温度計の埋込み位置は, 上部主桁の柱直上断面で図-1 に示すとおりである。

図-1 カールソン温度計の埋込位置



上部主桁のコンクリート打設後におけるコンクリート硬化時の温度上昇が比較的大きい場所を考慮して, 上部主桁で断面積が一番大きい柱直上断面を対象とした。コンクリート打設後約 120 時間の温度変化の状態は 図-2 に示すとおりである。

図-2 コンクリートの温度



(2) 上部主桁のプレストレス導入時, および斜材反力調整時における各断面のコンクリートのひずみ

上部主桁のプレストレス導入時, および斜材反力調整時における橋梁各断面のコンクリートのひずみの測定のために貼付した電気抵抗線ひずみ計の設置位置は 図-3 に示すとおりである。

上部主桁のプレストレスは, フレシネ ケーブル 10 本を用いて行ない, 最初 6 cable 緊張時, 10 cable 緊張時および引続き行なった反力調整のための斜材鋼棒緊張時における各断面のコンクリートのひずみの結果は 表-1 に示すとおりである。また上部主桁各点のたわみを 4 cable, 8 cable, 10 cable および 斜材緊張後にダイヤルゲージで測定し, それらの位置は 図-4 に示すとおり

で, 各点のたわみ結果は 表-2 に示すとおりである。

図-3 ワイヤーストレインゲージ貼布位置 (プレストレス導入時)

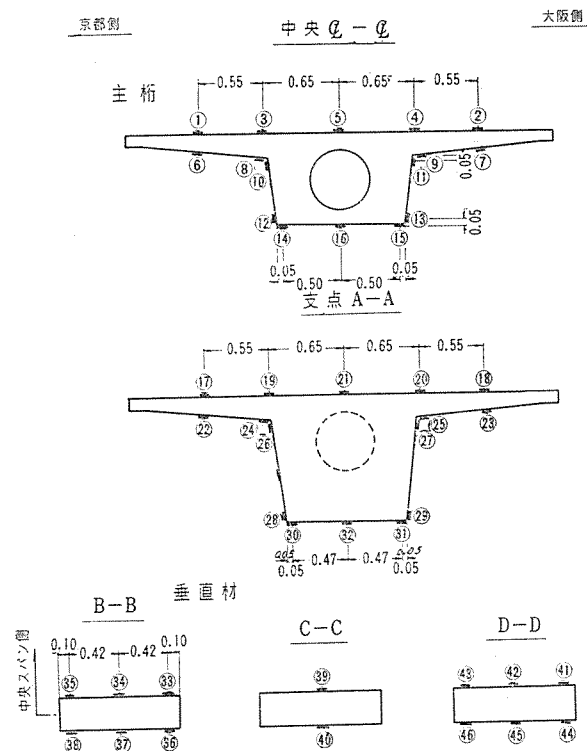


表-1 プレストレス導入時のひずみ (10⁻⁶)

断面	測点	ひずみ		
		6 ケーブル緊張後	10 ケーブル緊張後	斜材鋼棒緊張後
主桁中央断面	1	110	80	- 20
	2	70	20	- 70
	3	-	-	-
	4	70	40	- 40
	5	40	30	- 20
	6	160	150	130
	7	170	140	60
	8	110	140	120
	9	90	100	90
	10	50	140	120
	11	40	90	100
	12	20	270	400
	13	30	290	430
	14	60	280	430
	15	30	290	460
	16	10	260	410
主桁支点	17	40	150	120
	18	10	100	80
	19	20	150	120
	20	50	140	120
	21	10	140	120
	22	- 30	100	100
	23	- 10	120	110
	24	- 20	100	100
	25	290	1 620	1 530
	26	-150	10	- 30
	27	-140	30	- 10

断面 測点	ひずみ			
	6ケーブル 緊張後	10ケーブル 緊張後	斜材鋼棒 緊張後	
断面	28	-200	-50	-20
	29	-200	-30	10
	30	-180	-60	-40
	31	-170	-90	-50
	32	-210	-120	-80
ロッカー パイプ B-B 断面	33	-60	-30	-450
	34	-50	-40	-440
	35	-100	-110	-620
C-C 断面	36	-20	210	320
	37	-30	190	290
	38	-20	200	310
D-D 断面	39	-50	70	60
	40	-50	80	80
D-D 断面	41	-40	90	110
	42	-30	190	270
	43	0	200	280
	44	-50	20	0
	45	-60	-10	-50
	46	-60	0	-30

5. コンクリート打設およびプレストレス導入時における試験結果の考察

(1) コンクリート打設後の硬化温度上昇

コンクリート打設後のコンクリート硬化時における温度上昇は 図-2 に示すとおりコンクリート打設後約 24 時間頃まで上昇をたどり、その後、徐々に下降する。本橋のように約 1m² の断面においては、その中心部において約 45°C まで上昇するが、コンクリートに対しての悪影響は、ほとんどないものと考えられる。

図-5 上部主桁プレストレス導入結果

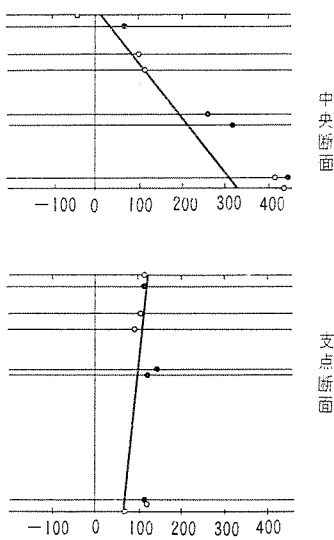


図-4 ダイヤル ゲージ取付位置 (プレストレス導入時)

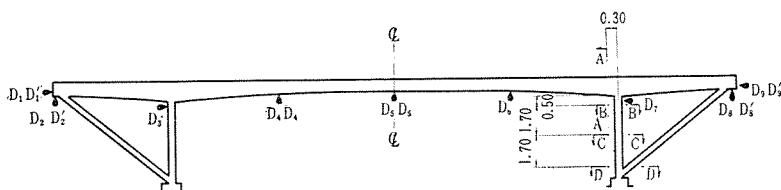


図-6 プレストレス導入時の垂直材断面のひずみ分布図

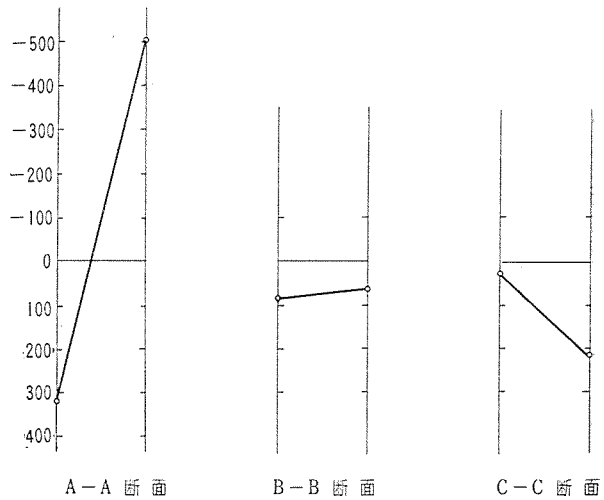


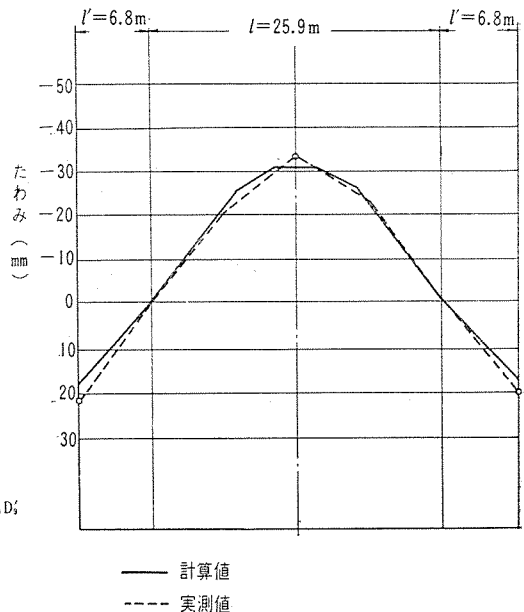
表-2 プレストレス導入時のたわみ (mm)

ゲージ 番号	Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ	Ⓓ	Ⓔ	Ⓕ
D ₂	0.18	-0.54	-9.33	-1.70	8.10	21.25
D ₂ '	0.23	-0.25	-8.37	-0.87	7.67	16.60
D ₄	-1.16	-2.72	-0.67	-7.15	—	—
D ₄ '	-1.12	-2.78	-0.87	-7.39	—	—
D ₅	-2.94	-8.76	-2.23	-12.81	-21.63	-33.86
D ₅ '	-2.92	-8.56	-1.87	-12.32	-22.19	-34.06
D ₆	-0.94	-3.25	-0.71	-7.33	—	—
D ₆ '	-0.19	-0.48	-9.52	-1.02	8.43	19.88
D ₈ '	-0.77	-1.17	-9.17	-0.67	8.75	20.62

- Ⓐ 主桁 4 ケーブル緊張後 (型わくの一部分キャンバーをはずす)
- Ⓑ " 8 " " (型わくの一部分をはずす)
- Ⓒ 型わくを完全に取りはずしたのち
- Ⓓ 主桁 10 ケーブル緊張後 (主桁緊張完了)
- Ⓔ 斜材鋼棒の所定緊張力の 1/2 を緊張後
- Ⓕ 斜材鋼棒の緊張を完了後 (反力調整終了)

よび柱の各断面について図示すると、図-5,6 となる。上部主桁について $E=35 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ と考えると 図-5 に示すとおり計算値とほぼ一致している。

図-7 プレストレス導入時のたわみ



柱については図-6に示すとおり柱長の中央付近では、曲げモーメントの影響はほとんど現われず、構造上、柱の上下結合点をヒンジと考えてもさしつかえないことを示している。

たわみ測定の結果について表-2の値を図示すれば図-7に示すとおりである。すなわち、上部主桁のたわみに関しても計算値と非常によく似た値を示している。

6. 載荷試験

載荷試験は本橋完成後(ただし舗装、高欄はない)、

図-8 載荷装置

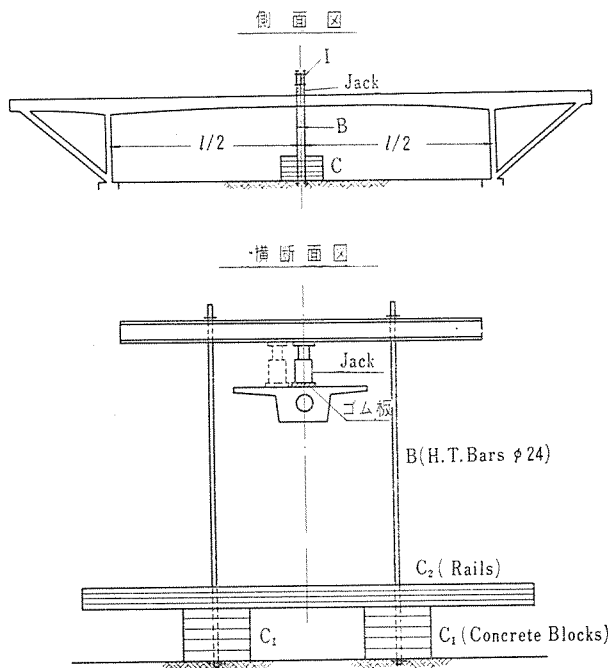
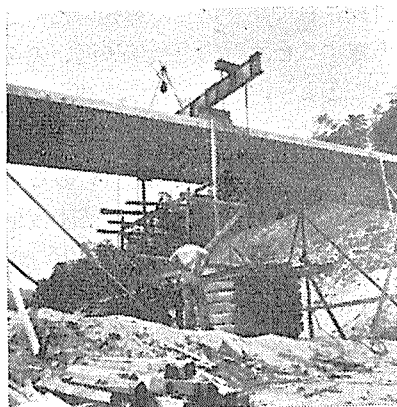


図-8に示すように、コンクリートブロックを荷重とし、オイルジャッキにより、中央支間中央断面において、巾員中央と、60 cm 偏心させた状態で荷重を加え、次に示すごとく5回の実験を行った(写真-4)。

写真-4 載荷試験装置



回数	中央集中荷重	最大ジャッキ圧力	値
第1回	中央集中荷重	最大ジャッキ圧力	22.6 t
第2回	同上	同上	同上
第3回	同上	同上	同上
第4回	大阪側へ0.6 m 偏心	同上	20 t
第5回	京都側へ0.6 m 偏心	同上	20 t

図-9 (a) ダイアルゲージ取付位置(載荷時) 京都側より見た図

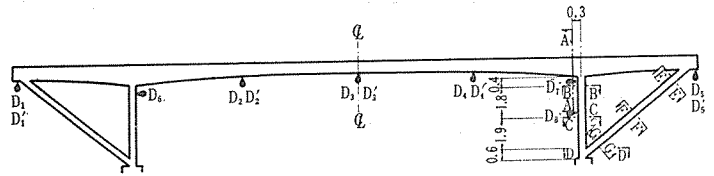
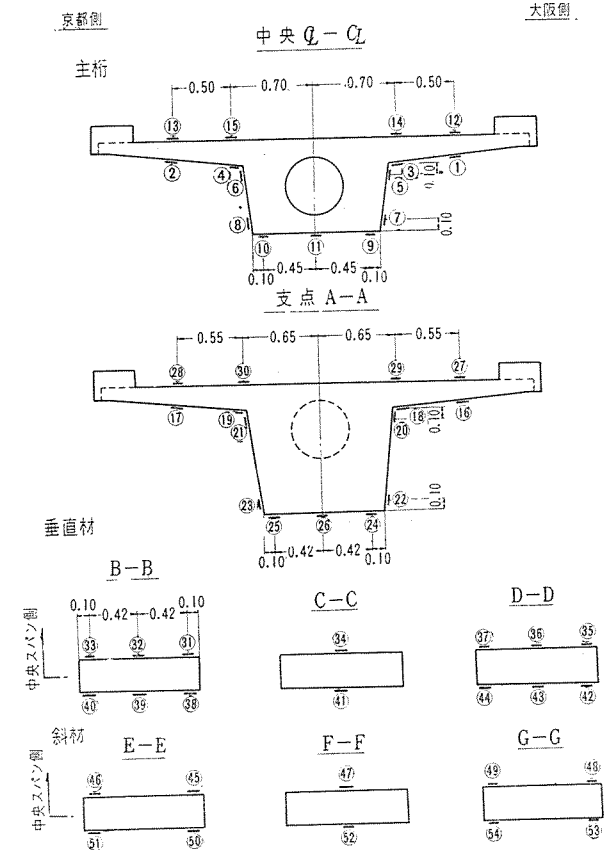


図-9 (b) ワイヤーストレインゲージ貼布位置(載荷時)



電気抵抗線ひずみ計その他測定用計器の設置位置は図-9に示すとおりである。

7. 載荷試験結果、およびその考察

載荷試験における各断面のコンクリートのひずみ結果は表-3に、各点のたわみ結果は表-4に示すとおりである。表-3の値について、中央断面における実験-1について図示すると図-10のごとくである。図に示すように上部床板の有効巾は、本橋程度の張出しでは、床板全巾を有効と考えてもよいと思われる。これについて鉄筋コンクリートの有効巾の式 $b = 12t + 2b_s + b_o$ で計算すると $b = 373 \text{ cm}$ で本橋の巾員とほぼ同じである。これらのことからプレストレストコンクリートにおいても鉄筋コンクリートの式を用いても、さしつかえないと思われる。

中央断面、および支点断面について、実験-1の結果の上縁、および下縁応力を比較して表示すると表-5のごとくなる。表-5に示すように、設計計算で用いた断

表-3 載荷時のひずみ (10⁻⁶)

断面	載荷方法 測 荷重 点	第1回載荷		第2回載荷		第3回載荷	第4回載荷	第5回載荷
		10 t	22.6 t	10 t	22.6 t	22.6 t	20 t	20 t
主桁中央断面	1	15	25	10	30	40	10	20
	2	10	20	0	15	35	30	10
	3	5	10	0	15	25	20	15
	4	5	10	0	5	20	15	15
	5	0	-5	-5	0	10	5	5
	6	-5	-5	-10	-5	10	0	-5
	7	-20	-80	-35	-90	-65	-70	-75
	8	-25	-80	-40	-85	-60	-110	-70
	9	-30	-95	-45	-110	-75	-80	-80
	10	-30	-95	-50	-110	-75	-75	-95
	11	-25	-95	-50	-115	-80	-85	-90
	12	10	40	5	45	50	50	50
	13	5	30	10	40	65	45	50
	14	15	50	10	50	60	45	55
	15	15	55	15	55	70	50	60
主桁支点断面	16	0	-10	-15	-25	0	-5	-15
	17	0	-5	-10	-15	0	-5	-5
	18	0	-15	-15	-25	0	-5	-15
	19	0	-15	-15	-25	0	-5	-10
	20	0	-5	-15	-20	5	-5	-5
	21	0	-5	-10	-10	10	0	-5
	22	10	35	10	35	50	40	35
	23	10	35	0	25	40	35	30
	24	10	35	5	35	55	35	40
	25	10	35	10	40	40	25	35
26	15	45	20	50	50	35	45	
27	-5	-10	0	5	5	-10	-10	
28	-10	-25	-10	-20	-15	-25	-25	
29	-10	-25	-10	-25	-10	-25	-20	
30	-10	-25	-10	-20	-10	-25	-25	
B-B	31	5	20	10	20	20	10	5
	32	20	75	30	80	75	50	65
	33	20	80	40	100	90	15	120
C-C	34	10	40	15	35	45	20	25
D-D	35	0	20	10	20	10	20	10
	36	5	25	10	25	20	10	15
	37	5	25	15	25	10	-10	20
B-B	38	5	20	10	15	0	20	-15
	39	-5	10	10	15	-5	0	0
	40	0	10	10	10	0	-25	15
C-C	41	5	25	15	25	10	5	15
D-D	42	5	25	15	20	-	-	-
	43	5	25	15	30	20	15	25
	44	0	20	15	25	10	-5	25
E-E	45	0	65	0	-40	-40	-15	-25
	46	0	5	0	-10	-15	-5	-5
F-F	47	0	10	10	5	-10	0	5
G-G	48	5	10	5	5	0	10	5
	49	-5	-5	0	-5	-5	-5	0
E-E	50	15	40	15	35	25	35	35
	51	5	10	10	5	-5	5	10
F-F	52	0	-10	-5	-15	-15	-5	-10

G-G	53	-5	-20	-5	-20	-20	-5	-10
	54	0	-10	-5	-20	-15	-15	-10

表-4 載荷時のたわみ (mm)

ゲージ	第1回		第2回		第3回	第4回	第5回
	10 t	22.6 t	10 t	22.6 t	22.6 t	20 t	20 t
D ₁	0	0	0	0	0	-0.11	0.11
D ₁ '	0.06	-0.08	-0.03	0.13	0.03	0.17	-0.27
D ₂	1.00	3.87	1.78	4.63	3.67	2.62	4.29
D ₂ '	1.05	3.81	1.61	4.31	3.59	3.20	3.14
D ₃	1.31	5.70	2.70	7.10	5.30	4.55	6.14
D ₃ '	1.41	5.83	2.55	7.01	5.49	5.21	5.23
D ₄	0.95	3.57	1.67	4.26	3.33	2.28	4.07
D ₄ '	1.03	3.77	1.79	4.43	3.54	3.22	3.07
D ₅	-0.10	-0.41	-0.14	-0.57	-0.33	-0.43	-0.26
D ₅ '	-0.06	-0.34	-0.14	-0.40	-0.30	-0.15	-0.55
D ₆	-0.06	-0.30	-0.16	-0.44	0.74	0.74	0.67
D ₇	-0.09	-0.27	-0.13	-0.30	0	-0.24	-0.28
D ₈	-0.10	-0.30	-0.08	-0.26	-0.23	-0.24	-0.22

表-5 応力度比較表 (kg/cm²)

断面	断面種別	応力種	応力度		応力比 %	
			上 縁	下 縁	上 縁	下 縁
中 央	主桁等断面 (設計計算書)	測定値	20.0	-40.0	60	73
		計算値	33.4	-55.2		
	主桁変断面	測定値	20.0	-40.0	67	82
		計算値	30.0	-49.0		
支 点	主桁等断面 (設計計算書)	測定値	-10.0	16.0	76	73
		計算値	-13.1	22.1		
	主桁変断面	測定値	-10.0	16.0	66	63
		計算値	-15.1	25.4		
	主桁変断面 地震を換算	測定値	-10.0	16.0	79	68
		計算値	-12.7	23.7		

面での計算値よりも実験値は、はるかに小さい。これは本橋の試験を行なったとき、すでに地覆コンクリートが打設されており、その影響のためと考えられる。これを考慮すると比較的实验値に近い値を示している。これらのことより、設計計算の構造上の仮定は妥当と考える。

偏心載荷を行なった実験-4 について、中央断面の応力分布を図示すると 図-11 のごとくである。この結果より、本橋は1本主桁で片持床板をかなり出しているが主桁断面が閉断面であるので桁のねじり抵抗が大きく、偏心載荷による影響は考える必要がないと思われる。

中央支間中央点におけるたわみについて考察してみる。第1回の試験について、主桁断面のみのたわみの計算値を δ' 、地覆も主桁の一部として作用するものと考えたときのたわみ値を δ'' とすると次のごとくである。

$$\delta' = 7.2 \text{ mm}$$

$$\delta'' = 6.2 \text{ mm}$$

これと試験値 $\delta = 5.77 \text{ mm}$ との比率は

図-10 中央載荷ひずみ分布

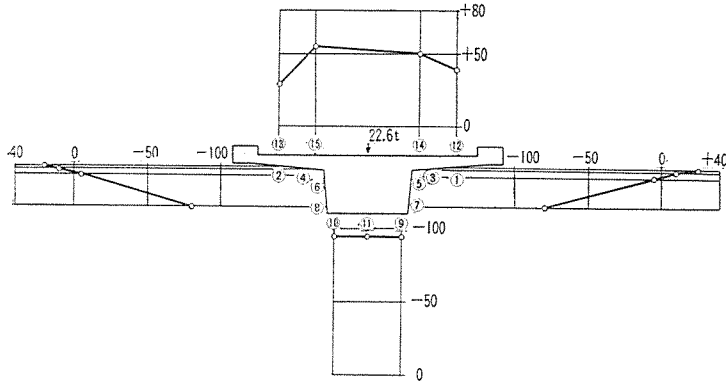
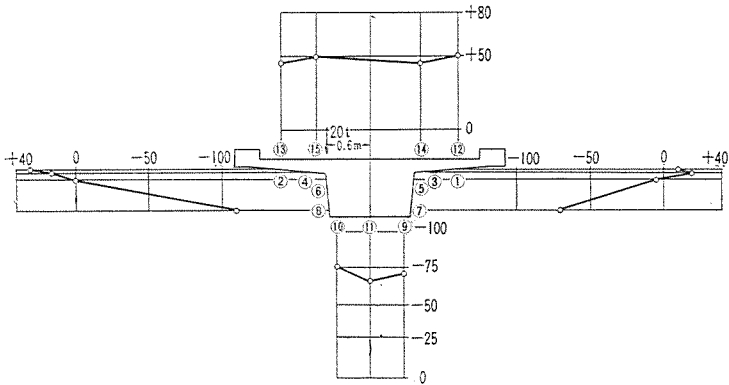


図-11 偏心載荷ひずみ分布



$$\frac{\delta}{\delta'} = \frac{5.77}{7.2} \times 100 = 80\%$$

$$\frac{\delta}{\delta''} = \frac{5.77}{6.2} \times 100 = 93\%$$

以上のごとくなり、たわみ値に関しても地覆は十分有効に働いているものと考えられる。

表-3 の柱、および斜材の値について図示すると 図-12、および 図-13 に示すとおりである。

柱については、主桁と柱との結合点のメナーゼ ヒンジの柱におよぼす曲げモーメントの影響を示している。これについて断面 B-B ではある程度の曲げモーメントが存在するが、断面 C-C および D-D では、ほとんどその影響はみられない。また斜材については、図-12のごとくであるが、これについても柱と同様に曲げモーメントの影響は、ほとんどないものと考えられる。

8. コンクリートのクリープ

コンクリートのクリープの測定のために使用したカールソンひずみ計、マイハーク式振動線ひずみ計、およびフーゲンベルガーデホームーターの設置位置は 図-14 に示すとおりである。プレストレス導入直後より1カ月間におけるカールソン型ひずみ計の結果を図-15 のとおりである。

プレストレス導入直後より 54 日間における上部主桁

図-12 垂直材のひずみ分布

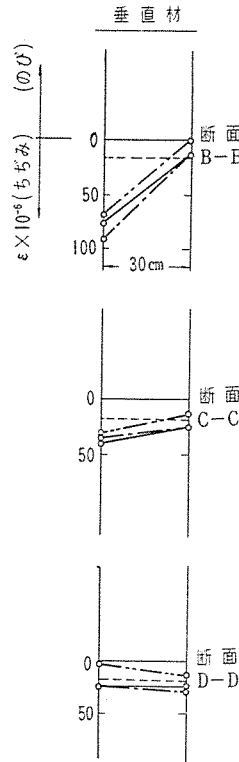
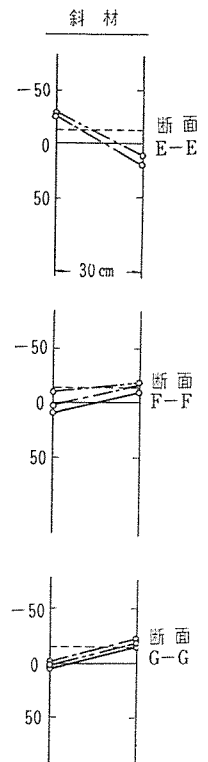
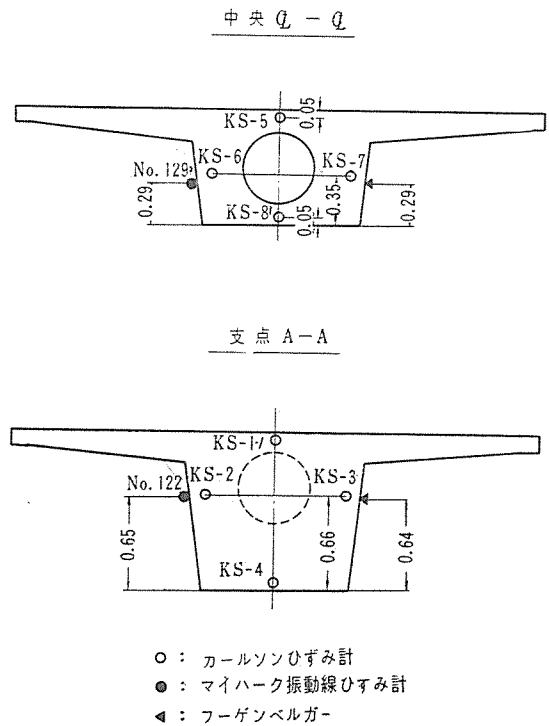


図-13 斜材のひずみ分布



----- 線は計算値応力(変断面)から算出したひずみ値である
($E=4.0 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$)

図-14 コンクリートのクリープ測定用ひずみ計の設置位置



のたわみの変化状態と計算値とを図示すれば、図-16 に示すとおりである。図に示されたように、プレストレス導入後約 2 カ月において、計算値が正しいものとする

図-15 クリーのひずみ結果

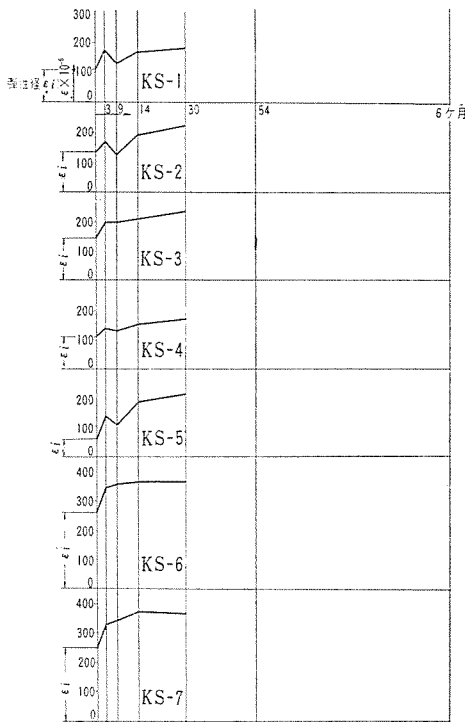
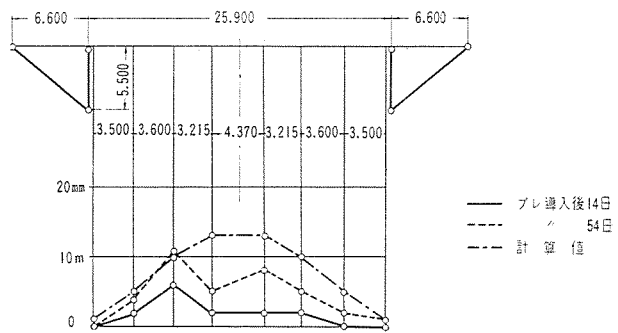


図-16 クリープによるたわみ



9. 結 び

以上で、まことに簡単ではあるが、本橋の施工中および、その後に行なった試験の報告をおわりたい。

おわりに望み、本試験について、道路公団 田原調査役、柿崎、松野、武田、宮田、河村の各技師、FKK 猪股、オリエンタルコンクリート 北村、横田、オリエンタルコンサルタンツ 清野、その他関係諸氏の御尽力に対し、深謝する次第である。

1961.7.25・受付

ば、クリープによるたわみの約 1/2 を終っていると考えられる。

工業材料規格便覧

—セメントコンクリート 1961 年版—

日本材料試験協会編

本書はセメント及びコンクリートに関する日本工業規格を網羅し、土木学会示方書、日本建築学会仕用書並びに ASTM(米国材料試験協会) 規格をもつて補遺した最新版。ASTM 規格、日本工業規格は 3 年を経過する毎に改正されるので、1957 年版に全面的改訂を加え、最新の内容をもつて学生・技術者の座右に贈る。

B6 判美装 600 頁
価 1000 円 90

プレストレストコンクリート

坂 静雄
岡田 清著
六車 照

近年コンクリート施工の新技法として土木のみならず建築施工分野においても急速に重要性を増しつつある PC について、多年建築施工の観点から研究に従事してきた著者達はその原理設計理論から PC による建築構造・施工法にいたる全般にわたり、例題・具体例・挿図を豊富に駆使して明快に解説：
<内容見本進呈>

A5 判函入 600 頁
価 1800 円 90

建築設備 ハンドブック

渡辺・柳町編 ￥3000

建築施工 ハンドブック

棚橋 諒編 ￥2800

コンクリート ハンドブック

近藤・坂編 ￥2200

理論 保温保冷工学

渡辺 常正著 ￥850

建設機械施工法

斎藤 義治著 ￥680

—工学書目録進呈—

朝倉書店

東京都新宿区東五軒町 55
電話(301) 0146(代)・振替東京 8673