

軽量コンクリートを用いた PC 桁の実験

西 岡 思 郎*
 国 本 公 瑞*
 宮 地 清**
 長 尾 敏 市**
 奥 平 律 三**

1. は し が き

この実験は、日本セメントKK研究所において、製法および利用方法について研究を進めてきた、フライアッシュと、粘土の混合物を造粒、焼成してつくる人工軽量骨材を用いたPC桁の曲げ破壊試験である。

この人工骨材は、現在“ジョーライト”として市販されているもので、製造方法により、比重を自由に調節しうる特徴がある。この骨材を用いたコンクリートの性状については、すでに種々の試験がおこなわれてきたものであるが、さらにPC構造用骨材としての適性を検討するために一連の実験を試みたものである。なお、普通骨材（川砂利）を用いた形状寸法の等しい試験桁を同時に

製作し、軽量桁と同一材令で試験を行ない、それらの性状を比較検討した。

2. 使用材料

使用したセメントは、アサノベロセメント（早強ポルトランドセメント）で、JISによる試験結果は、表—1に示すとおりである。

使用した骨材の性質は表—2のとおりで、軽量コンクリートには、“ジョーライト”と、天然砂利を混合して使用した。

使用したPC鋼材は、 $\phi 2.9$ mm 鋼線、 $\phi 9.3$ mm より鋼線、 $\phi 18$ mm 鋼棒の3種で、それらの力学的性質は表—3に示すとおりである。

表—1 セメント試験表

比 重	粉 末 度			凝 結					安 定 性	フ ロ ー (mm)	
	ブレーション (cm ² /gr)	88μ (%)	風フルイ μ (%)	温 (°C)	湿 度 (%)	水 量 (%)	始 発 (時分)	終 結 (時分)	パ ッ ト		
3.14	4340	0.2	—	20.0	95	29.8	3—08	4—35	良	242	
強 さ (kg/cm ²)								強さ試験温度 (°C)			
曲 げ				圧 縮				成 形 室	浸 水 池		
1 日	3 日	7 日	28 日	1 日	3 日	7 日	28 日		3 日	7 日	28 日
28.0	52.7	64.7	80.6	104	262	369	502	20	20	20	20

表—2 骨材の性質

骨 材 の 種 類		原料または産地	比重	吸水量 (%)	粗粒率
粗骨材	人工骨材	フライアッシュと粘土	1.68	9.8	6.70
	川砂利	天 竜 川	2.64	0.86	6.74
細骨材	川 砂	天 竜 川	2.64	2.50	2.61

表—3 PC 鋼材の力学的性質

鋼 材 の 種 類	直 径 (mm)	降伏点荷重 (kg)	引張荷重 (kg)	伸 び (%)	弾性係数 (kg/cm ²)	レラクゼーション (%)
$\phi 2.9$ 鋼 線	2.89~2.91	1 275	1 355	4.7	20.3×10^6	1.52
$\phi 9.3$ 鋼より線	9.27~9.28	9 000	10 200	5.6	1.95×10^6	1.97
$\phi 18$ 鋼 棒	17.66~17.66	29 800	32 700	7.5	2.06×10^6	0.49

* 日本セメントKK研究所

** 北海道ピ・エス・コンクリートKK

表-4 コ ン ク リ ー ト の 配 合

コンクリートの種類	スランプ* (cm)	空 気 量 (%)	絶対細骨材率 (%)	水セメント比 (%)	単位セメント量 (kg/m ³)	単位水量 (kg/m ³)	コンクリート練り 上り比重
軽量コンクリート	0.5~4.0	1.4~3.2	39	36.9	450	166	2.05
普通コンクリート	0.5~4.0	1.4~1.8	37	36.9	450	166	2.40

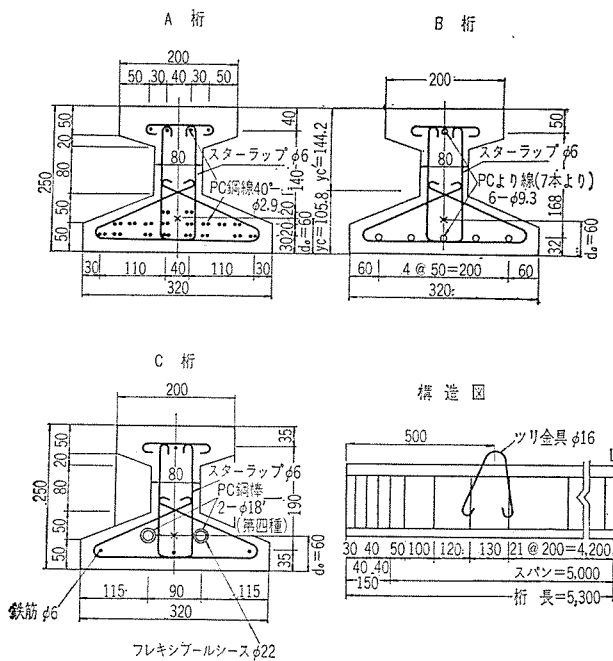
表-5 グラウトの配合および試験結果

水セメント比 (%)	セメント量 (kg)	ポゾリス No. 8 (kg)	アルミ粉末 (gr)	洗入時間 (秒)	膨 張 率 (%)	圧縮強度 (kg/cm ²)		
						3 日	9 日	28 日
43	100	0.25	3.0	33	2.98	371	402	544

表-6 試験桁の種類および桁数

試験桁の種類	使 用 鋼 材	プレストレス方式	試験桁数 (本)	
			軽量コンクリート桁 (Z)	普通コンクリート桁 (N)
A 桁	PC鋼線 $\phi 2.9$ mm 40 本使用	プレテンションング	3	3
B 桁	PC鋼より線 $\phi 9.3$ mm 6 本使用	"	3	3
C 桁	PC鋼棒 $\phi 18$ mm 2 本使用	ポストテンションング	3	3

図-1 試験桁断面形状



試験桁は、JIS A-5313 に規定されたスラブ用プレストレストコンクリート橋桁 S-205 の断面を用い、プレテンション方式2種 (A桁、B桁) ポストテンション方式1種 (C桁) の3種類とし、その断面型状および試験桁製作数は 図-1、表-6 に示すとおりである。軽量コンクリート桁には、L (light weight) 普通コンクリート桁には、N (normal weight) なる記号を 付け区別した。

実験は北海道ピー・エス・コンクリートKK掛川工場でおこなったものであるが、試験桁は長さ40mの鋼製桁製作台上で軽量桁3本、普通桁3本、合計6本を同時に製作した。型わくは鋼製を使用し、一般のJIS桁と全く同じ設備を使用して製作した。コンクリートの養生は、打設後3時間、常温放置し、蒸気をとおしてから3時間で養生槽内の温度を60°Cにあげ、その後13時間30分の間一定の温度として蒸気養生をした。

(4) プレストレス導入試験

プレテンション桁 (A、B 桁) に与えた初期引張力は表-7 に示すとおりである。初期引張力の測定は、環状力計 (ループ計) によって調整された緊張ジャッキの外に、鋼材定着版と、支柱との間に 3×5×10 cm の鉄片に、抵抗線ひずみ計を4枚貼付けたロードセル2個によって測定した (写真-1)。

プレストレス導入時には、桁スパン中央断面に 図-2 に示すごとく抵抗線ひずみ計 ($L=60$ mm, $R=120 \Omega$) を貼付け、また、桁のたわみ測定はダイヤルゲージ (精度 1/100 mm) によった。

C桁のプレストレス導入は、油圧ジャッキにより、2本の鋼棒をくり返し緊張を行ない、最終引張力は1本当たり、16 650 kg で定着した。導入力の測定は、油圧ジャ

3. 試験方法

(1) コンクリートの配合

使用したコンクリートの配合は表-4 に示すとおりでプレストレス導入時の圧縮強度が 400 kg/cm² となるように、試験練りの結果から決定した。

(2) グラウトモルタル

鋼棒を使用したポストテンション桁に注入したグラウトモルタルの1バッチ当りの配合 および 試験結果は 表-5 に示すとおりである。

(3) 試験 桁

表-7 PC 鋼 材 の 引 張 力

桁 種 類	初期引張力 kg/1 本	装 置
A 桁	875	電動カウンターウェイト式自動ストッパー付緊張材 (同時に 2 本緊張) 電動油圧式ジャッキ
B 桁	5 833	

写真-1 A,B 桁の PC 鋼線定着端にそう入したロードセル (矢印)

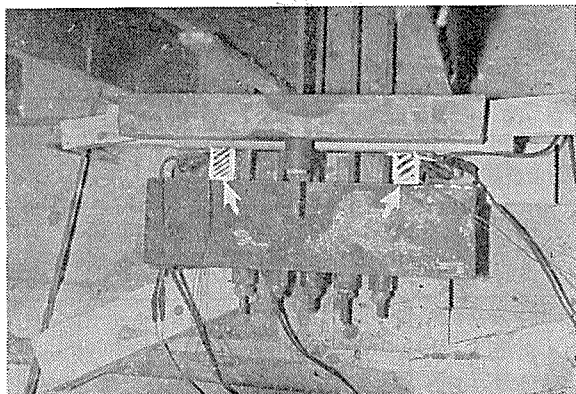


図-2 導入試験ストレインゲージ貼付位置

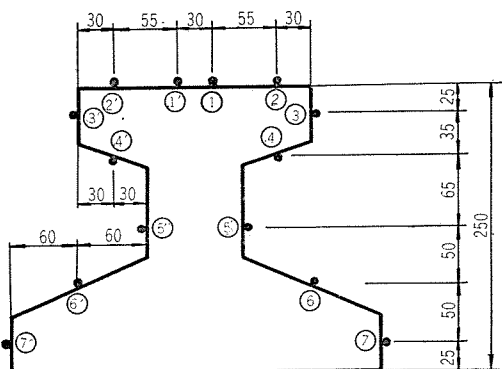


写真-2 C 桁はジャッキのラムチェアーをロードセルとした

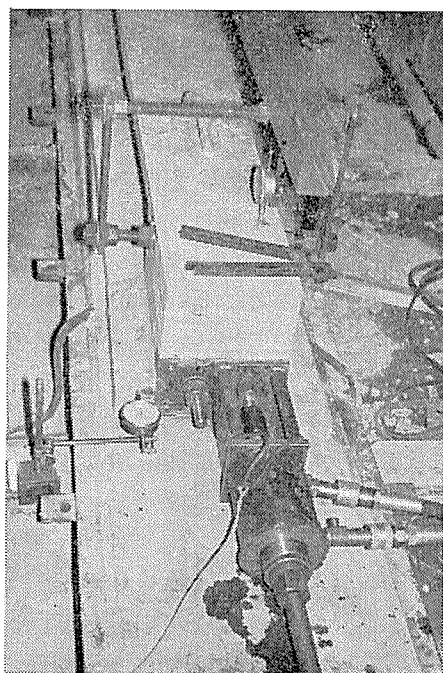
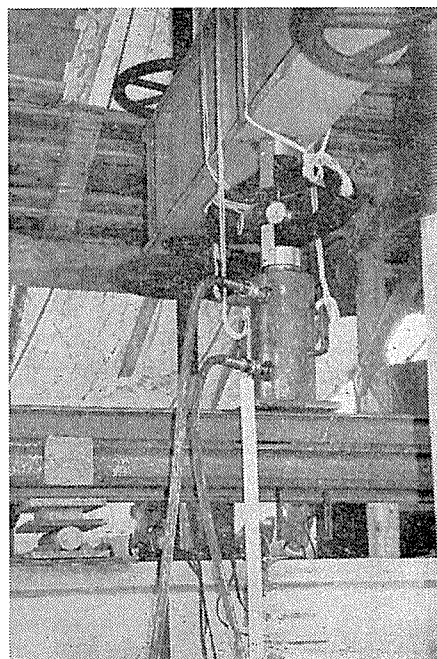


表-8 載荷試験材令 (日)

桁 種 類	第 1 回	第 2 回	第 3 回
A 桁	3	5	9
B 桁	3	7	28
C 桁	3	7	13

写真-3 載 荷 状 況



ジャッキの圧力、鋼棒の伸び、およびジャッキのラムチェアーに抵抗線ひずみ計を貼付したロードセルから測定した (写真-2)。

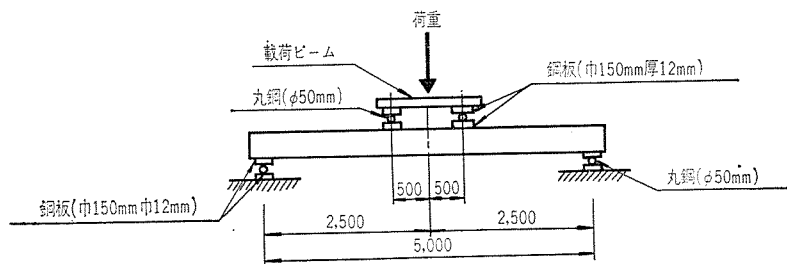
(5) 荷 重 試 験

各桁の試験材令は表-8 に示すとおりであるが、同材令の軽量コンクリート桁と、普通コンクリート桁を同日に載荷試験し、性状を比較した。

載荷方法は JIS A-5313 に準じ二点荷重とした (図-3)。

荷重は、電動式油圧ジャッキによって与え、荷重の測

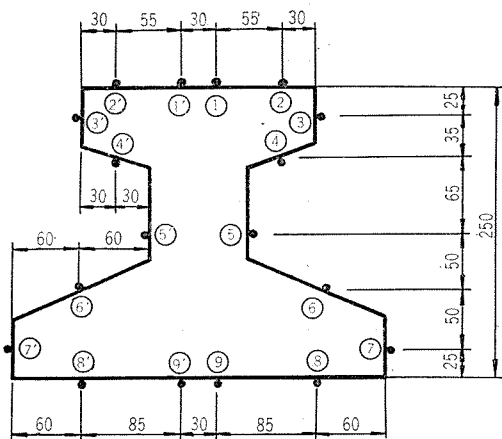
図-3 荷 重 載 荷 方 法



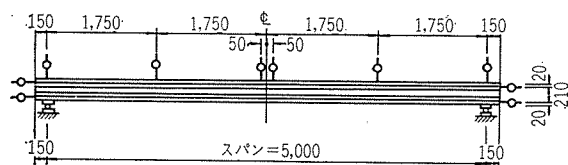
表—9 プレストレス導入試験結果

コンクリートの種類	記 号	プレストレス力 (t)	桁中央たわみ (cm)	圧 縮 強 度 (kg/cm ²)	ヤング係数 (kg/cm ²)	導入時材令 (日)
軽量コンクリート桁	A L	29.97	0.42	535	2.96×10^6	1
	B L	31.65	0.44	461	2.60	1
	CL-1	33.30	0.46	446	2.48	1
	CL-2	33.30	0.43	—	—	2
	CL-3	—	0.40	—	—	2
普通コンクリート桁	AN	30.53	0.32	490	4.03	1
	BN	32.20	0.29	413	3.11	1
	CN-1	33.30	0.30	425	3.20	1
	CN-2	33.30	0.32	—	—	2
	CN-3	33.30	0.27	—	—	2

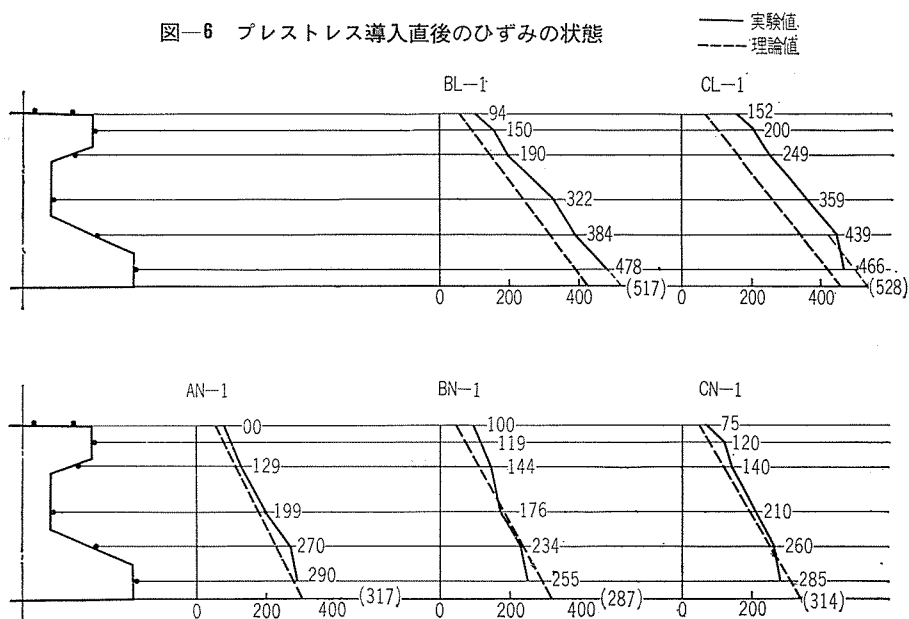
図—4 ダイヤルゲージ取付位置



図—5 ダイヤルゲージ取付位置



図—6 プレストレス導入直後のひずみの状態



定は 30 t 用のループ計によった (写真—3)。

桁中央断面には 図—4 に示す位置に、18 枚の抵抗線ひずみ計 ($L=60$ mm) を貼り、ひずみを測定した。たわみは 図—5 に示す位置に、ダイヤルゲージを取付けて測定し、ひびわれ発生後は、桁スパン中央の側面に鋼製スケール (精度 1/10 mm) を貼付け、レベルでその変位を測定した。

荷重段階は、設計荷重 (3.2 t) まで、1 t ごとに 3 回くり返し载荷を行ない、残留変形を測定した後、破壊まで、0.25~0.5 t おきに载荷し、各荷重段階におけるスパン中央のひずみ、桁のたわみ、またひびわれの発生状況などを調べた。なお、各材令におけるコンクリートの圧縮強度、引張強さ係数およびヤング係数は、円筒供試体 ($\phi 10 \times 20$ cm) を用いて試験した。

4. プレストレス導入試験結果

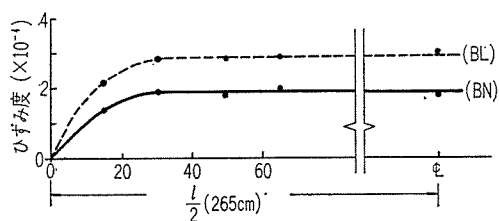
プレストレス導入直後の P C 鋼材の引張力、および桁中央のたわみは 表—9 に示すとおりである。表中には円筒供試体を用いて測定した圧縮強度とヤング係数を併記した。表中の値は P C 鋼材のリラクゼーション損失およびコンクリートの弾性変形による引張力の損失を考慮したもので、ヤング率の差違のため同種のプレテンション桁については、軽量桁の方が引張力が小さくなっている。スパン中央のプレストレス導入直後のひずみ分布は 図—6 のごとくである (A-L 桁は計器故障のため測定できなかった)。図—6 によれば軽量桁のひずみ測定値は、点線で示した理論値よりも

表—10 載 荷 実 験 結 果 表

($M \cdot t \cdot m = P_t$)

大 区 分	項 目 小 区 分	コ ン ク リ ー ト							設 計 荷 重		ひ び わ れ 荷 重				破 壊 荷 重				破 壊 モ ー メン ト / ひ び わ れ モ ー メン ト
		ス ラ ンプ (cm)	練 り 上 り コ ン ク リ ト 比 重	試 験 材 令 (日)	圧 縮 強 度 (kg/ cm ²)	引 張 強 さ 係 数 (kg/ cm ²)	弾 性 係 数 (kg/ cm ²)	単 純 圧 縮 極 限 ひ ず み ($\times 10^{-5}$)	曲 げ モ ー メン ト (t-m)	は り 中 央 た わ み (cm)	曲 げ モ ー メン ト (t-m)			は り 中 央 た わ み (cm)	曲 げ モ ー メン ト (t-m)				
											実 験 値	理 論 値	実 値 / 理 値		実 験 値	理 論 値	実 値 / 理 値		
人 工 軽 量 コ ン ク リ ー ト 桁 L	AL-1	0.4~ 1.3	2.04	3	560	34.1	2.87	228	3.2	0.91	4.50	4.45	1.01	1.38	8.75	8.32	1.05	—	1.94
	AL-2	"	"	5	601	34.5	2.76	257	"	0.94	4.25	4.41	0.96	1.25	9.05	8.41	1.08	9.75	2.13
	AL-3	"	"	9	666	33.6	3.02	284	"	0.88	4.25	4.42	"	1.22	9.40	8.50	1.11	10.04	2.21
	BL-1	2.1	2.06	3	538	32.8	2.60	258	3.2	0.90	4.40	4.63	0.95	1.29	9.00	9.07	0.99	9.54	2.05
	BL-2	4.0	2.08	7	613	34.5	2.60	306	"	0.95	4.00	4.59	0.87	1.35	8.15	9.01	0.90	7.85	2.03
	BL-3	1.1	2.04	28	790	36.7	2.88	356	"	0.91	3.95	4.49	0.88	1.15	9.35	9.61	0.97	11.96	2.37
	CL-1	1.7	2.06	3	502	32.4	2.75	216	3.2	0.94	4.50	4.70	0.96	1.37	8.50	8.85	0.96	5.80	1.89
	CL-2	0.7	2.06	7	584	28.8	2.66	281	"	0.96	4.75	4.60	1.03	1.66	8.55	9.57	0.89	5.40	1.80
	CL-3	3.7	2.04	13	600	32.9	2.73	292	"	1.04	3.90	4.54	0.86	1.28	10.00	9.69	1.03	9.16	2.56
普 通 コ ン ク リ ー ト 桁 N	AN-1	0.6~ 1.9	2.39	3	476	39.6	4.30	162	3.2	0.61	4.70	4.65	1.01	0.97	9.10	8.08	1.05	8.30	1.94
	AN-2	"	"	5	572	42.1	3.67	198	"	0.70	4.50	4.62	0.97	1.06	8.78	8.31	1.06	8.17	1.95
	AN-3	"	"	9	543	36.5	4.15	181	"	0.70	4.00	4.62	0.86	0.91	9.05	8.23	1.10	10.26	2.26
	BN-1	4.0	2.39	3	480	31.7	3.48	190	3.2	0.66	4.50	4.79	0.94	1.00	8.50	8.53	1.00	7.99	1.89
	BN-2	8.0	2.37	7	462	30.0	3.49	193	"	0.76	4.32	4.81	0.90	1.19	8.75	8.45	1.04	10.88	2.03
	BN-3	10.3	2.40	28	514	39.1	3.47	209	"	0.72	4.25	4.93	0.86	0.99	8.95	8.64	0.98	7.61	2.00
	CN-1	3.4	2.42	3	440	30.3	3.75	157	3.2	0.69	4.85	4.82	1.01	1.16	7.95	8.00	0.99	4.42	1.64
	CN-2	3.2	2.41	7	514	28.4	3.35	201	"	0.80	4.75	4.79	0.99	1.18	9.20	8.78	1.05	5.73	1.94
	CN-3	3.7	2.42	13	544	36.1	3.48	"	"	0.74	4.75	4.76	1.00	1.20	8.95	8.99	1.00	5.84	1.88

図—7 定 着 長 さ



大きくなっているが、これは理論値の計算に用いた軽量コンクリートのヤング係数の仮定値が、大きいことも一つの原因と考えられる。P Cより鋼線使用のB桁について、桁端付近の断面図心位置のコンクリートのひずみは図—7のごとくである。図—7によれば、プレストレス力が一定となる定着長は、軽量桁も普通桁も、ともに桁端から約 30 cm で、鋼材とコンクリートの付着を十分期待できるものと考えられる。

5. 載荷試験結果

載荷試験時の、ひびわれモーメント、破壊モーメント、桁中央のたわみは表—10に示すとおりである。なお表中には、理論値と、載荷時のコンクリートの強度、ヤング係数を併記した。

(1) 設計荷重時

表—10によれば、設計荷重時のスパン中央のたわみは軽量桁、普通桁とも、同種のもの3本（例えばAL桁3

本）についてほとんど同じである。すなわち材令の変化にともなうたわみの変化は、ほとんどみられない。これは蒸気養生を行なった場合、3日～28日の材令の範囲では、コンクリートのヤング係数がほとんど一定しているためと考えられる。

つぎに設計荷重まで、載荷をくり返した後の、残留変形は $0 \sim 80 \times 10^{-6}$ 程度で、ほとんどないとみなし得る。

すなわち、設計荷重時においても、桁は十分弾性範囲内にあることを示している。

(2) ひびわれ荷重時

表—10によれば、ひびわれ荷重は、4～4.9 tの間に分布し、軽量桁のひびわれモーメントが普通桁より2～7% 低い。これは軽量コンクリートの引張強度が普通コンクリートより小さいこと、および、弾性変形による損失が大きいため導入プレストレス力が、普通コンクリートより小さいことなどによるものと考えられる。

つぎに、桁中央断面の各測点で測定したひずみと断面位置との関係をBN-1, CN-1について図示すると図—8のごとくなる。中立軸の位置は理論計算によれば圧縮縁から桁高の0.77（軽量桁）、0.75（普通桁）にあり、実験値よりやや大きな値を示している。またひびわれ発生以前の中立軸の位置は、いずれの桁も荷重のいかによらず、ほぼ一定しているが、ひびわれ発生と同時に中立軸が急激に圧縮縁辺に移動することがわかる。

これはひびわれ発生と同時に、コンクリートの引張耐力が消失することによるものと思われる。

また荷重 ($P|_t = |M|_t \cdot m$) を縦軸、ひずみを横軸にとって、各測点のひずみの進行状態を示すと、図-9~11のごとくである。

いずれの場合も、ひびわれ荷重までは、直線的に増加し、ひびわれ発生後は、圧縮縁側では急激にひずみは増加し、引張縁側では、ゲージが切断したり、または一定のひずみとなることを示している。ゲージ番号④、⑤のひずみの増加状態を見ると、ひびわれ荷重直後まで、圧縮ひずみが増加しているが、その後減少し、破壊付近では引張ひずみを生じてくる。中立軸の上昇して行くのが図からも見うけられる。

3) 破壊荷重時

表-10 に示したごとく、破壊荷重は8~10 t の範囲で、同材令の軽量桁と普通桁では大差がみられない(写真-4)。C桁の材令3日のものはやや低い値を示しているが、これは、グラウト(材令2日)の付着が余り期待できなかったためと思われる。

破壊モーメントとひびわれモーメントとの比 (M_u/M_{cr}) は、軽量桁が1.8~2.6、普通桁が1.6~2.4 で軽量桁の方がひびわれ発生後荷重に耐えうる能力が大きい。

また、軽量桁の破壊時の圧縮縁最大ひずみは、偏心破壊したものをのぞけば($35 \sim 40$) $\times 10^{-4}$ 程度で、普通桁より約 25% 位大きい。

(4) ひびわれ発生状況および破壊状況

ひびわれの発生状況は、軽、普通桁ほぼ同様で、ひびわれ間隔は、A桁は約 15 cm、B桁は約 10 cm、C桁は約 20 cm である(写真-5)。

これらのことから、鋼より線を使用した場合が最もひ

図-8 桁中央断面で測定したひずみと断面位置との関係

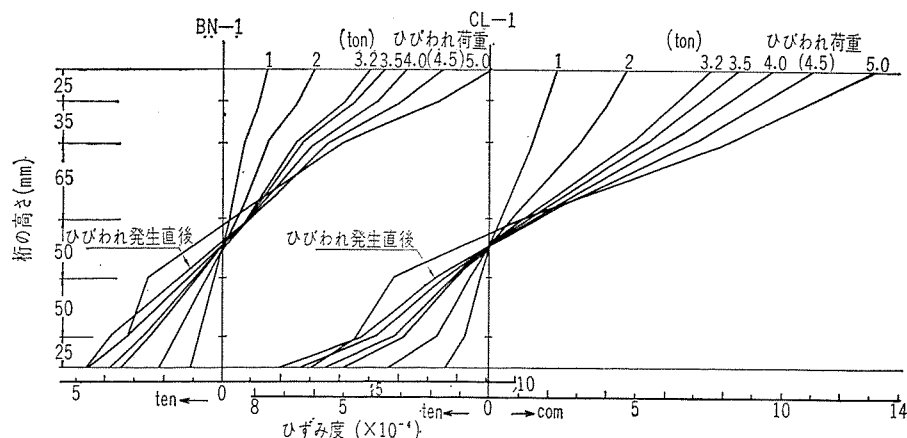


図-9 モーメント-ひずみ曲線 (材令5日)

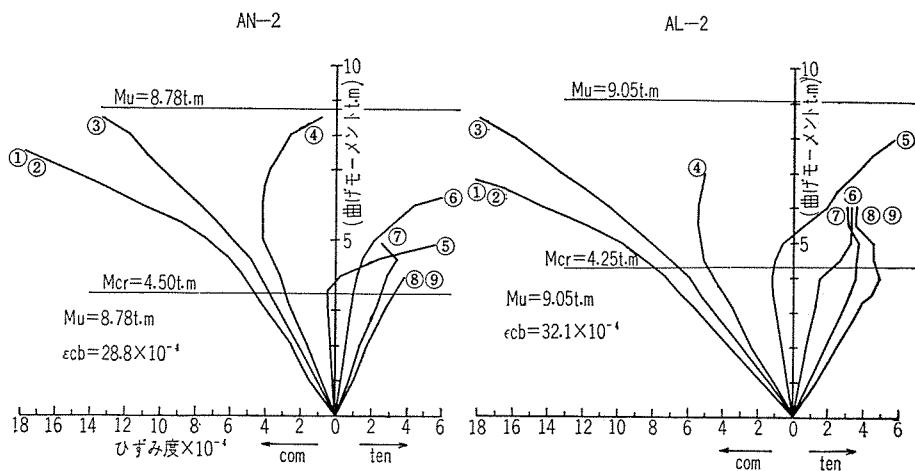
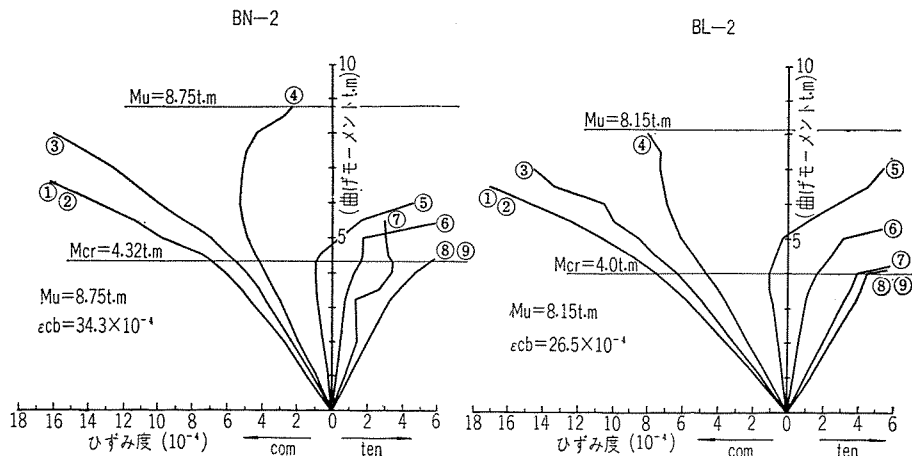


図-10 モーメント-ひずみ曲線 (材令7日)



びわれの分散率がよく、ひびわれ幅も小さく、鋼より線とコンクリートの付着性状がよいことを示している。C桁は、ひびわれの数が少なく、ひびわれ幅もA桁、B桁に比べ大きい。

つぎに、破壊時の状況は、普通桁は、一部鋼材の切断したものもあるが、一般に圧縮フランジの座屈によって破壊している。圧縮部分のフランジ欠損幅は約 50 cm 程度

図-11 モーメントーひずみ曲線 (材令7日)

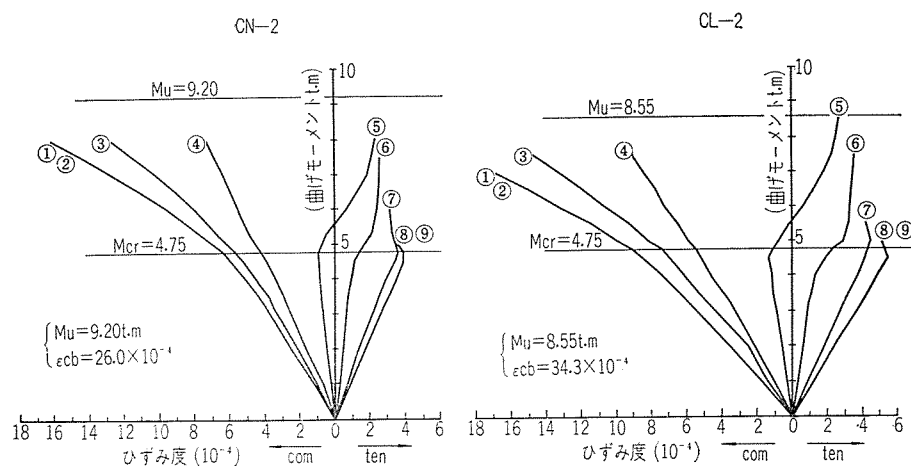


写真-4 試験桁破壊の瞬間

桁中央に貼付した鋼製スケールが飛散し空中に浮いている

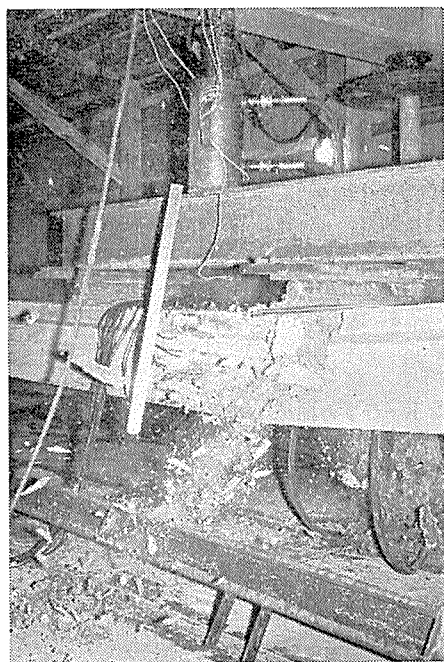


写真-5 (a) 試験桁ひびわれ発生および破壊状況

A・L 桁

上から試験材令3日, 5日, 9日

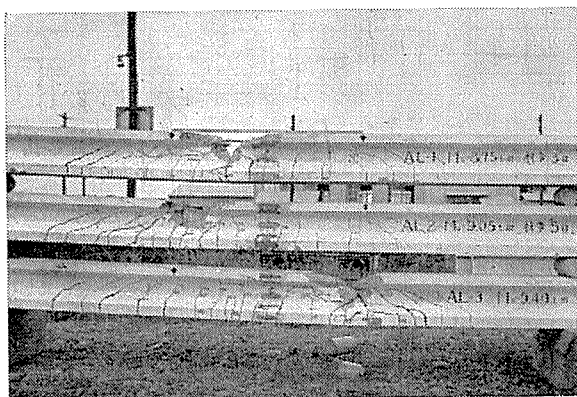


写真-5 (b) 試験桁ひびわれ発生および破壊状況

A・N 桁

上から試験材令3日, 5日, 9日

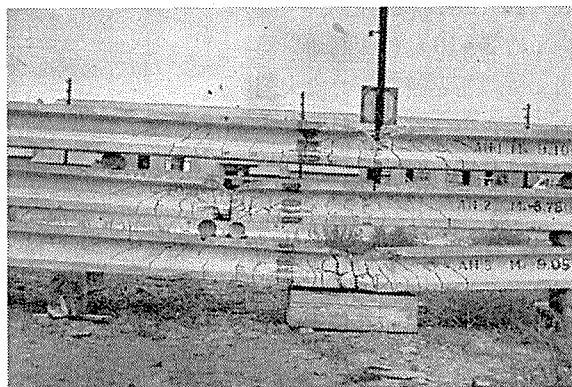
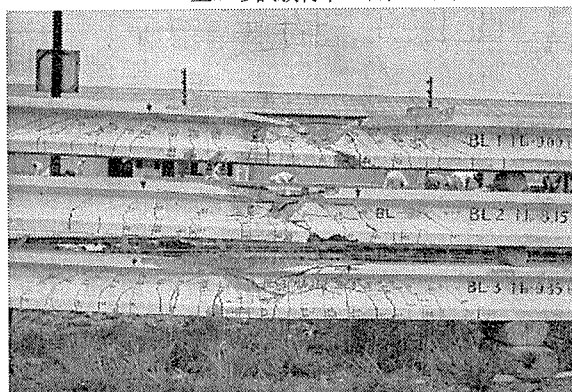


写真-5 (c) 試験桁ひびわれ発生および破壊状況

B・L 桁

上から試験材令3日, 7日, 28日



である。軽量桁は圧壊と同時にせん断すべりが生じ、約 80~130 cm幅にわたる圧縮フランジのコンクリートが削りとられている。試験桁は図-1に示したごとく、JIS 桁と同じ配筋をしたもので圧縮部にも特に補強をしていない。したがって軽量桁の圧縮フランジに適当なせん断補強をおこなえば、このようなせん断すべりを防ぐとともに、若干の破壊荷重の増加を期待できるのではなかろうか。

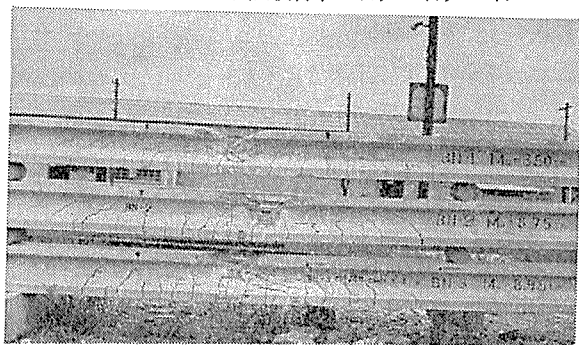
(5) 実験に用いたコンクリートの圧縮強度と弾性係数

本実験に用いたコンクリートの圧縮強度と弾性係数の関係をグラフに示すと 図-12 のとおりである。

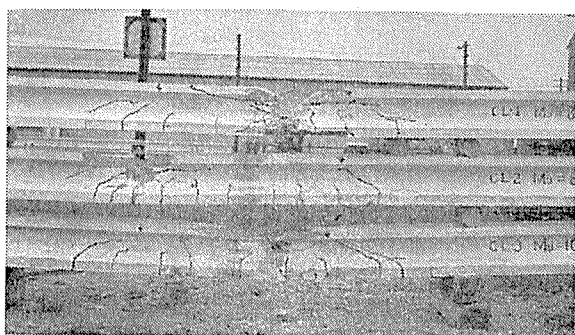
また円筒供試体による割裂試験(引張強さ係数)後の供試体断面は 写真-6 のとおりである。

軽量コンクリートの破壊面は、ほぼ平らでほとんど骨材が切断している。一方普通コンクリートの断面は粗で大半は骨材とモルタルが離脱し、骨材の切断しているの

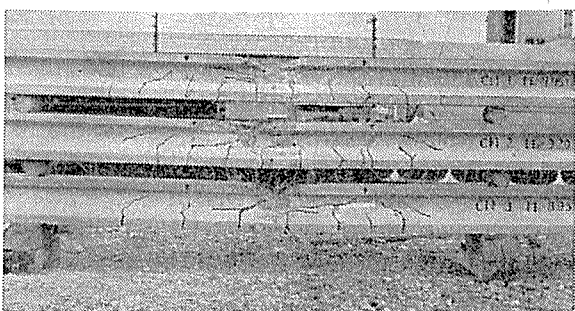
写真—5 (d) 試験桁ひびわれ発生および破壊状況 B・N 桁
上から試験材令 3 日, 7 日, 28 日



写真—5 (e) 試験桁ひびわれ発生および破壊状況 C・L 桁
上から試験材令 3 日, 7 日, 13 日



写真—5 (f) 試験桁ひびわれ発生および破壊状況 C・N 桁
上から試験材令 3 日, 7 日, 13 日



は約 20% 程度である。これは、人工骨材の表面が川砂利に比べ、粗で、モルタルとの付着が非常によいことは認められるが、人工骨材そのものの引張強度が川砂利に比べ、やや小さいためと考えられる。また、ほとんど球形であるため、骨材の混合性もよい。

同一セメント量, w/c の普通コンクリートに比べ圧縮強度が大きい(表—10 参照)のは骨材表面が粗で、かつ球形であることが、主な原因と考えられよう。

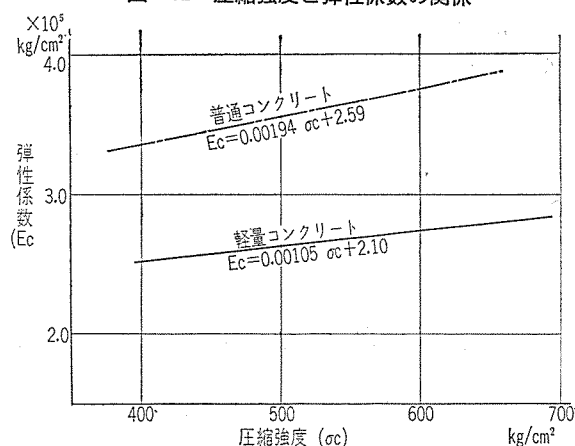
6. ひびわれモーメント, 破壊モーメントの理論値

(1) ひびわれモーメント

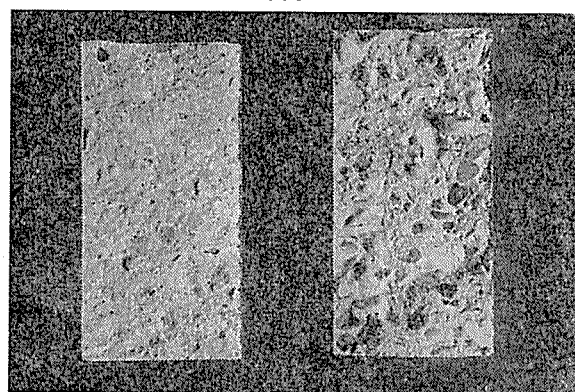
表—10 中のひびわれモーメント理論値の計算は「鋼棒使用 P C 設計施工指針および解説」にしたがって求めた。

すなわち、ひびわれ発生時の断面の応力分布状態を図—13 (b) のように考えコンクリートの引張応力—ひずみ曲線を 図—14 のように仮定した。またコンクリートの

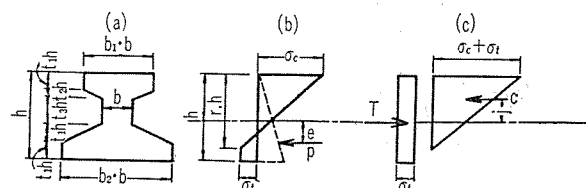
図—12 圧縮強度と弾性係数の関係



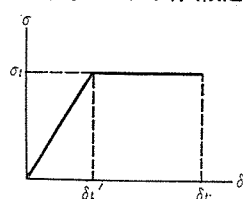
写真—6



図—13 ひびわれ荷重時応力分布状態



図—14 コンクリート引張応力—ひずみ線(仮定)



引張塑性域比 (u) は軽量コンクリートに対し 0.55, 普通コンクリートに対し 0.6 として計算したものである。いずれの場合も理論値と実験値はかなりよく一致している。

(2) 破壊モーメント

破壊モーメントは 図—15 のような応力分布状態を考えて計算したものである。図中

ϵ_{CB} ; 破壊時コンクリートの最大ひずみ (測定値)

$\Delta \epsilon_p$; 載荷荷重による P C 鋼材のひずみ度

$\Delta \epsilon_s$; " 鉄 筋 "

ϵ_{pe} ; 載荷前 P C 鋼材に生じているひずみ度

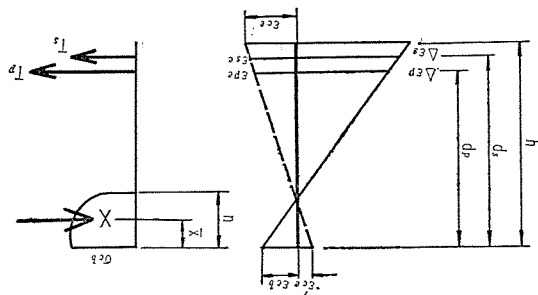
ϵ_{se} ; " 鉄 筋 "

$\epsilon'_{ce}, \epsilon_{ce}$; " コンクリート上下縁のひずみ度

σ_{CB} ; 載荷時コンクリートの圧縮強度

$$C = \alpha \cdot \sigma_{CB} \cdot \int_0^n b(n) \cdot dn \quad (\alpha = 0.8) \cdots \cdots (1)$$

図—15 破壊時応力分布 (仮定)



$$T = T_p + T_s = \sum A_p \cdot \sigma_p + \sum A_s \cdot \sigma_{sy} \quad \dots\dots\dots (2)$$

σ_p は P C 鋼材の応力—ひずみ曲線より

$$\varepsilon_p = \varepsilon_{pe} + \Delta\varepsilon_p = \varepsilon_{pe} + \varepsilon_{CB} \frac{\phi_p - n}{n} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ε_p に対応する σ_p を求める。

$C = T$ より式 (1), (2) の交点が, 中立軸 (n) を与える。 n が求まれば, 圧縮合力 (c) の作用位置は

$$\bar{x} = \beta \cdot n \quad (\beta = 0.41) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式 (1)~(4) より破壊モーメントは

$$M_u = T_p \cdot (d_p - \bar{x}) + T_s \cdot (d_s - \bar{x}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

により求められる。ただし 表—10 中には, 式 (5) で求めた値から試験桁自重および加圧用 I ビーム重量による曲げモーメントを差引いたものである。

〔計算例〕 BL-2 桁 (軽量, より鋼線使用, 材令 7 日)

$$\sigma_{CB} = 613 \text{ kg/cm}^2 \text{ (表—10 より)}$$

$$\varepsilon_{CB} = 26.5 \times 10^{-4} \text{ (図—10 より)}$$

$$\varepsilon_{pe} = 49.8 \times 10^{-4} \text{ (引張縁鋼線のプレストレン)}$$

$$\begin{aligned} \Delta\varepsilon_p &= \frac{d_p - n}{n} \cdot \varepsilon_{CB} \quad (n = 4.90 \text{ cm と仮定すると}) \\ &= \frac{(25 - 3.2 - 4.9)}{4.9} \times 26.5 \times 10^{-4} = 91.4 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

$$\varepsilon_p = \varepsilon_{pe} + \Delta\varepsilon_p = 141.2 \times 10^{-4}$$

応力—ひずみ曲線より $\varepsilon_p = 141.2 \times 10^{-4}$ に対し,

$$\sigma_p = 18\,510 \text{ kg/cm}^2$$

$$\therefore T_p = A_p \cdot \sigma_p = 5 \times 0.5194 \times 18\,510 = 48\,070 \text{ kg}$$

一方 $n = 4.90 \text{ cm}$ に対し

$$C = \alpha \cdot \sigma_{CB} \cdot b \cdot n = 0.8 \times 613 \times 20 \times 4.90 = 48\,060 \text{ kg}$$

$$\therefore T \doteq C \text{ したがって } n \text{ の仮定は正しい。}$$

$$\bar{x} = \beta \cdot n = 0.41 \times 4.90 = 2.01 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \therefore M_u &= T_p \cdot (d_p - \bar{x}) = 48\,070 \times (25 - 3.2 - 2.01) \\ &= 951\,300 \text{ kg} \cdot \text{cm} = 9\,513 \text{ t} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

桁自重による曲げモーメント (桁 1 本重量 = 0.516 t)

$$M_{d0} = \frac{0.516 \times 5^2}{5.3 \times 8} = 0.304 \text{ t} \cdot \text{m}$$

加圧用 I ビーム等の重量 = 0.200 t

$$M_{d1} = \frac{0.200}{2} \times 2.5 - \frac{0.200}{2} \times 0.5 = 0.200 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$\begin{aligned} \therefore M'_u &= M_u - M_{d0} - M_{d1} \\ &= 9.513 - 0.304 - 0.200 = 9.009 = 9.01 \text{ t} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

以上によって計算された理論値と実験値とは, いずれの場合もよく一致している。したがって軽量コンクリートの場合も, 従来用いられている理論式を用いて十分な精度で, 破壊荷重が計算できる。

7. む す び

以上の実験結果をまとめるとつぎのごとくなる。

(1) “ジョーライト” と川砂を用いた硬練りコンクリートの比重は 2.05 で, 普通コンクリート 2.40 に比べ約 15% 小さい。

(2) 軽量コンクリートのヤング係数が小さいためスパン中央のたわみはプレストレス導入時 (40%), 設計荷重時 (32%), ひびわれ荷重時 (24%), 破壊荷重時 (13%), いずれも普通コンクリート桁より大きい。しかし設計荷重〜破壊荷重に近づくにつれて, その差は小さくなっている。たわみによって断面が決定される薄板構造には軽量コンクリートは不利であるが, 一般構造物においてはたわみが問題となることはないと思われる。

(3) 引張強度が普通コンクリートに比べやや小さいが P C 構造に用いられれば, プレストレスにより十分補えるわけである。しかしケーブルの集中するスパン中央部の対きれつ鉄筋, あるいわ定着部付近の補強鉄筋などに注意が必要であろう。

(4) 破壊モーメントと破壊に対する安全率は普通桁とほぼ同様で十分な耐力を有するといえる。

破壊時における圧縮フランジのせん断すべりによる大きな爆裂飛散部がみとめられるが, 圧縮フランジに補強をおこなうことにより, これらの現象をなくするとともに, 破壊耐力を増加することができるであろう。

特にせん断に対する補強方法, スターラップの配置などについて, 専門的な研究が望まれると思う。

以上本実験の結果から “ジョーライト” は P C 用骨材として有効に使用し得るものと考えられる。

最後にこの実験に際し, いろいろ御指導を頂いた日本セメント K K 研究所 山田順二氏, 山崎寛司氏ならびにご協力を頂いた北海道ピー・エス・コンクリート K K 掛川工場の皆様に心より御礼申し上げます。

(注) 本報告は「構造用軽量骨材に関するシンポジウム」講演番号 15 と一部重複します。

参 考 文 献

- 1) 鋼棒使用 P C 設計施工指針; 日本材料試験協会
- 2) 横道英雄: コンクリート橋, 技報堂
- 3) 西岡, 岡本: 人工軽量骨材を用いたコンクリートの諸性質, セメントコンクリート No. 201. 1963. 11
- 4) 中島儀八, 中島泰一: 人工軽量骨材を用いた軽量コンクリートについて, 材料試験 Vol. 11, No. 111
- 5) 坂 静雄: 鉄筋コンクリートの研究, 産業図書



プレストレスト・コンクリート
各種製品
建設工事の設計・施工

住友電工横浜製作所

第2期工事

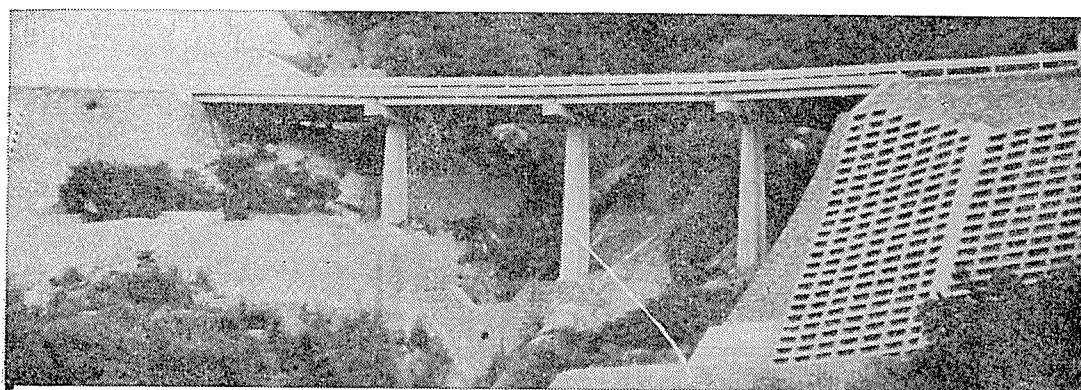
建築面積 10 000 m²



ピー・エス・コンクリート株式会社

取締役社長 石 田 三 朝

本 社 東京都千代田区四番町5番地 東亜ビル1階 電話 (262) 6101~8
事 務 所 東 京・大 阪・福 岡・名 古 屋・仙 台
工 場 七 尾・鴨 宮・水 島・伊 丹・北 上・神 町・水 口



箱根
プレハブ方式
パイラスニ
子構造
橋造物

プレストレスト コンクリート製品の製造と建設工事の設計施工



日本鋼弦コンクリート株式会社

取締役社長 仙 波 隆

本 社 東京都中央区銀座東1丁目3番地 電話 (561) 0842~3
営業所 滋賀(Tel 甲西147) 天竜(Tel 磐田 2330) 松本(0263-3-0143)
工 場 多摩工場 (Tel 04236-2681~3 滋賀工場・天竜工場・松本工場)