

## 軽量コンクリートの設計上の問題点

高 橋 克 男\*  
野 口 功\*\*  
小 池 晋\*\*\*

### 1. 一 般

PC橋のスパンが長大化するにしたがって、全荷重のうち自重の占める量が大きく影響してくるので、軽量コンクリートを用いれば、けたの材料の節約はもちろん、架設工費の節約、および下部構造の節約など少なからぬ利益を得る。

これまで、国鉄において、膨張性頁岩を人工的に焼成して造った軽量骨材（メサライト）を用いた軽量コンクリートに対し、構造物の部材として、その安全性を確認するための基本的な性質を知る目的で、各種の試験を行ってきた。以下これ等試験のうち設計に関係するおもなものについて説明する。

#### 試験内容

- 1) コンクリートブロックによる鉄筋引抜試験
- 2) ブロックおよびけたによる単純せん断試験
- 3) けたとしての静的曲げ試験
- 4) けたとしての静的せん断試験
- 5) クリープ、乾燥収縮測定試験
- 6) 単位重量、ヤング係数の測定試験
- 7) テストピースによる圧縮疲労試験
- 8) けたとしての動的曲げ試験
- 9) けたとしての動的せん断試験

### 2. 静的試験

#### (1) コンクリートブロックによる鉄筋引抜試験

本試験は A.S.T.M. C-234-57 TK にしたがって行なった。なお使用鉄筋は  $\phi 19 \text{ mm}$ ,  $\sigma_u = 48 \text{ kg/mm}^2$ ,  $\sigma_y =$

$32 \text{ kg/mm}^2$  伸び 27% のものを用いた。なお本試験に使用したコンクリートの配合は表-1 のとおりである。

試験結果を表-2 に示し、図-1 (a), (b) はスランプ 0~2 cm, 3~5 cm の場合について鉄筋配置別に、滑動量と引張力（または付着応力度）との関係を図示したもの

図-1 (a)

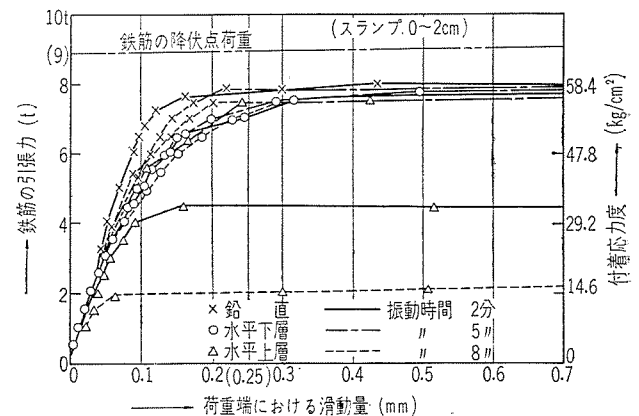


図-1 (b)

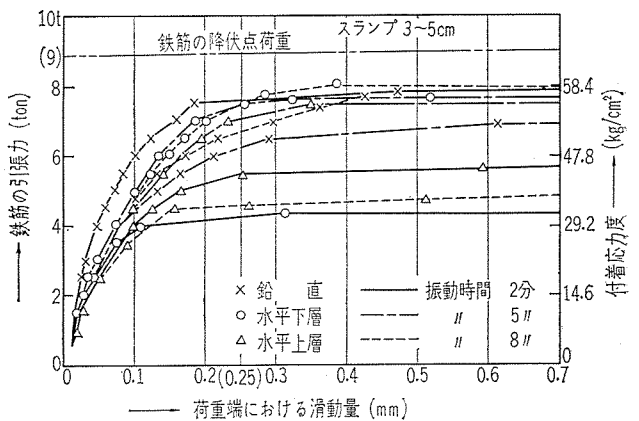


表-1 コンクリートの配合

配合記号	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	水セメント比 (%)	単位セメント量 (kg)	単位水量 (kg)	絶対細骨材率 (%)	単位細骨材 (kg)	単位粗骨材 (kg)	空気量 (%)	混和剤ポゾリス No. 5 (kg)	目標強度 $\sigma_{28}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	摘 要
A	15	0~2	36	460	166	37	645	555	3~5	2.3	450 (534)	細骨材は川砂 比重=2.65 F.M.=3.32 粗骨材メサライト 比重=1.34 F.M.=6.48
B	15	3~5	36	481	173	37	631	544	3~5	2.41	450 (545)	
C	15	6~8	36	480	182	37	623	535	3~5	2.4	450 (506)	

( ) 内は試験時の圧縮強度の平均値

細骨材 比重: 2.65, 吸水量: 2.8%, 単位重量: 1670 kg/m<sup>3</sup>, 山梨桂川産

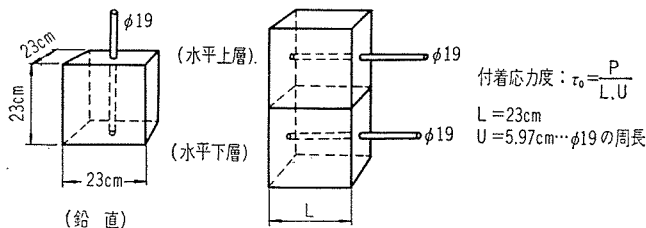
粗骨材 比重: 1.34, 吸水量: 10%, 単位重量: 760 kg/m<sup>3</sup>, メサライト

セメント 早強ポルトランドセメント (小野田)

\* 国鉄東京工務局 次長 \*\* 国鉄大阪工務局 土木課長 \*\*\* 国鉄構造物設計事務所 技師

表-2 荷重端における滑動量と付着応力度

供試体の種類	スラップ (cm)	振動時間 (分)	鉄筋の 配 置	付着応力度 (kg/cm <sup>2</sup> )			
				最 大	滑動量 0.05 mm のとき	滑動量 0.125 mm のとき	滑動量 0.25 mm のとき
0~2	2		鉛 直	58.4	27.7	53.0	56.2
			水平上層	32.8	20.4	29.6	32.8
			水平下層	57.2	23.5	49.2	51.5
	5		鉛 直	58.0	24.4	46.7	57.4
			水平上層	58.9	24.0	43.4	54.8
			水平下層	58.0	24.8	42.3	53.3
8		鉛 直	58.4	26.2	45.2	55.0	
		水平上層	16.4	13.1	14.6	15.0	
		水平下層	57.0/平均 =50.6	22.4	39.8	52.1/平均 =47.5	
3~5	2		鉛 直	58.0	30.6	47.8	55.5
			水平上層	41.2	18.6	32.8	40.2
			水平下層	31.9	19.7	29.2	31.0
	5		鉛 直	50.5	21.5	36.1	45.6
			水平上層	55.0	19.7	38.0	51.9
			水平下層	56.5	22.6	42.4	54.8
8		鉛 直	58.0	20.8	39.0	48.9	
		水平上層	36.4	18.3	29.9	33.6	
		水平下層	58.4/平均 =49.6	20.8	40.2	54.5/平均 =46.3	
6~8	2		鉛 直	50.5	17.5	31.4	41.6
			水平上層	42.2	18.3	32.1	40.5
			水平下層	44.2	17.5	31.0	40.8
	5		鉛 直	58.5	22.2	39.4	52.2
			水平上層	47.8	20.4	37.2	46.0
			水平下層	45.3	23.0	36.5	44.5
8		鉛 直	58.4	22.6	39.4	54.0	
		水平上層	43.2	19.0	35.0	40.8	
		水平下層	40.8/平均 =48.2	21.9	35.0	40.1/平均 =44.6	



である。

(2) ブロックおよびけたによる純せん断試験

1) ブロックによる純せん断試験 人造軽量骨材の材質は、その製造過程から、表面は、焼成され硬度の高いガラス質の殻で覆われているが、内部はポーラスな組織であることから、単純せん断強度が普通コンクリートに比べて相当低くなると思われたので本試験を行なった(供試体の寸法は 図-2 に示す)。表-3 は本試験に用いたコンクリートの配合である。

表-4 の計算値は、図-3 の仮定によって次式で求めた。

$$\tau = \frac{3P}{4BH} \quad \text{式中 } B=8 \text{ cm, } H=13 \text{ cm}$$

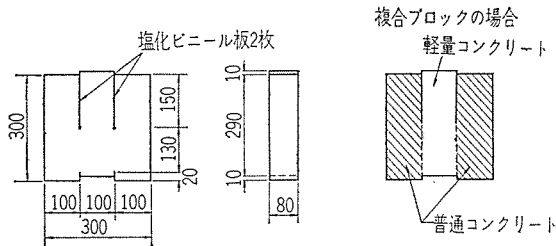
表-3

種 別	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スラップ (cm)	水セメ ント比 (%)	単位セメ ント量 (kg)	単位水量 (kg)	絶対細 骨材率 (%)	単 位 細骨材 (kg)	単 位 粗 骨 材 (kg)	空 気 量 (%)	混 和 剤 ポゾリス No. 5 (kg)	目標強度 $\sigma_{28}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
普通コンクリート	25	3~5	36	467	168	37	634	1077	3~5	2.34	400
軽量コンクリート	15	3~5	36	467	168	37	634	551	3~5	2.34	400

備考: ポゾリス No. 5 はセメント重量の 0.5% 使用した

粗骨材はメサライト (比重: 1.34, 単位重量: 740 kg/m<sup>3</sup>) を使用した

図-2



注: 締固めは内部振動により行なった

図-3

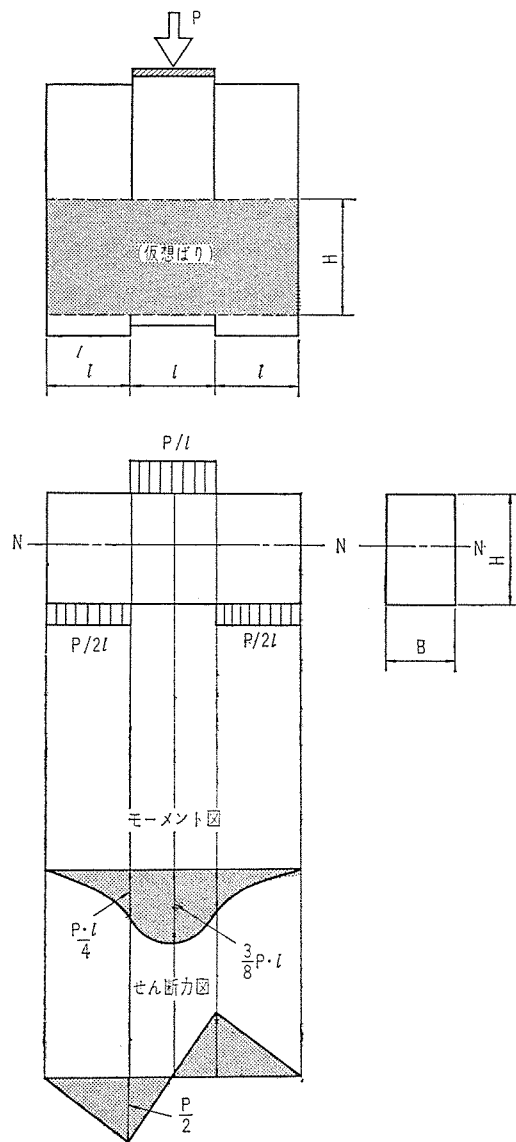


写真-1 (a)

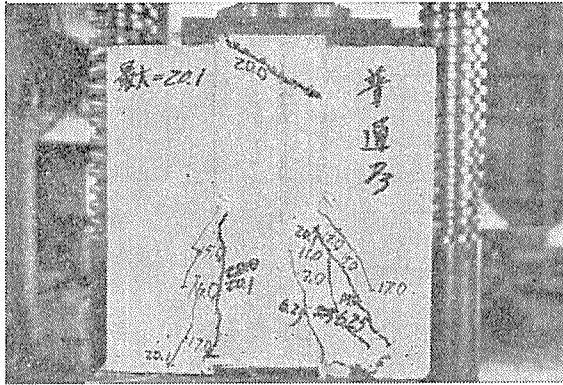


写真-1 (b)

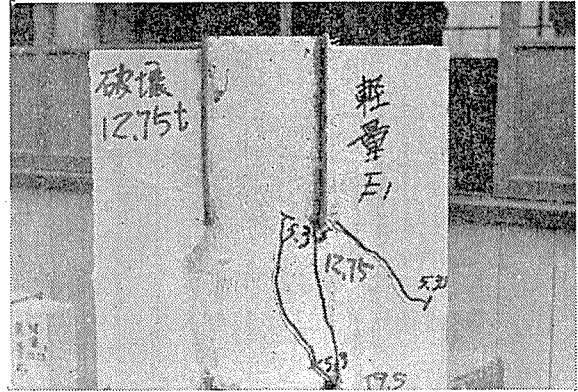
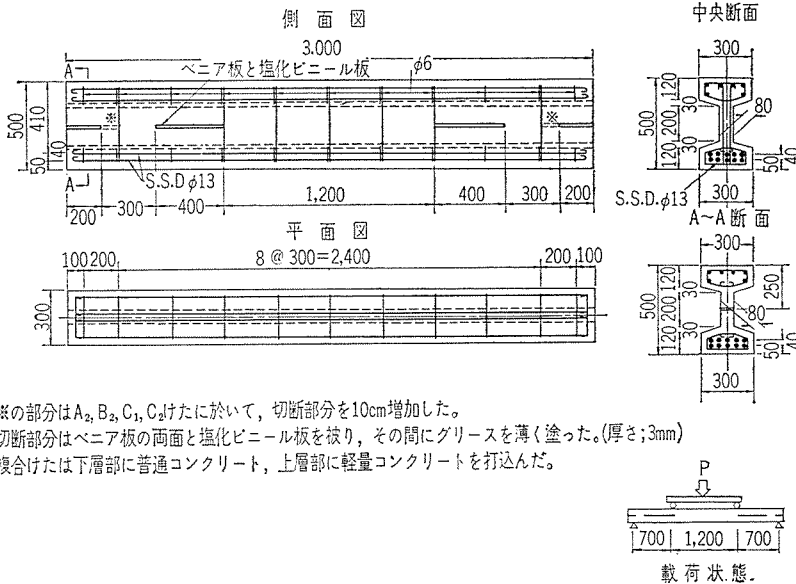


表-4 ブロックによるせん断試験結果

種別	記号	ひびわれ荷重 (およびせん断応力度)		破壊荷重 (およびせん断応力度)		コンクリート圧縮強度 $\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
		測定例: Pt (および計算値: $\tau$ )	平均値	測定値: Pt (および計算値: $\tau$ )	平均値	
普通	D <sub>1</sub>	9.60 t (69)	7.70 t (55) kg/cm <sup>2</sup>	17.80 t (128)	17.10 t (123) kg/cm <sup>2</sup>	474
	D <sub>2</sub>	7.25 t (52)		13.50 t (97)		
	D <sub>3</sub>	6.25 t (45)		20.10 t (145)		
軽量	E <sub>1</sub>	5.30 t (38)	5.77 t (41) kg/cm <sup>2</sup>	12.75 t (92)	15.47 t (112) kg/cm <sup>2</sup>	442
	E <sub>2</sub>	6.00 t (43)		17.00 t (123)		
	E <sub>3</sub>	6.00 t (43)		16.65 t (120)		
複合	F <sub>1</sub>	9.00 t (65)	7.33 t (53) kg/cm <sup>2</sup>	22.30 t (161)	18.10 t (131) kg/cm <sup>2</sup>	(普通) 495
	F <sub>2</sub>	4.50 t (32)		14.00 t (101)		446
	F <sub>3</sub>	8.50 t (61)		18.00 t (130)		(軽量)

図-4 せん断試験げた断面図



- 〈注〉1. ※の部分はA<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>げたに於いて、切断部分を10cm増加した。
- 2. 切断部分はベニア板の両面と塩化ビニール板を被り、その間にグリースを薄く塗った。(厚さ; 3mm)
- 3. 複合げたは下層部に普通コンクリート、上層部に軽量コンクリートを打込んだ。

2) けたによる純せん断試験 けたによる純せん断試験として、図-4 に示す構造寸法の試験げたで試験を実施したが、せん断応力を絶縁するためにそう入した薄板の端隅角部の応力集中によるひびわれが進行し、以後の破壊に影響した。しかし、最終破壊は、腹部連結部の水平せん断によって生じた。

態を示したものである。

4) けたとしての静的せん断試験

本試験は、普通コンクリートに比べ、軽量コンクリートげたのせん断強度上の差異をスターラップのほとんどない場合、および、設計計算上必要なスターラップに近いものを配置した場合について比較試験を行なった。図

破壊の状態、および、ひびわれ荷重、破壊荷重は、写真-2 (a), (b), (c) および 表-5 に示す。

3) けたとしての静的曲げ試験

静的曲げ試験には、図-5 に示す構造のけたを用いた(断面要素は 図-14 に示してある)。このけたに用いたコンクリートの配合は表-3 と同一のものをを用いた。けた製作は 38 年 5 月 20 日。

A<sub>1</sub>~A<sub>3</sub>げたは製造後約 50 日経って載荷試験を実施した。また A<sub>1</sub>'~A<sub>3</sub>' げたは製作 6 カ月後に実施した(A<sub>1</sub>'~A<sub>3</sub>' はクリープ終了後の試験と考えた)。

表-6 はプレストレス導入直後の上下縁のひずみをカールソーンおよび、ワイヤーストレインゲージで測定したものであり、表-7 は載荷試験の結果をまとめたものである。なお、図-6 は破壊荷重載荷時のたわみの変化を示し、図-7, 8 および 写真-3 (a), (b), (c) は軽量コンクリートおよび普通コンクリートの場合についてのひびわれ状態

写真-2 (a) 普 通



写真-2 (c) 複 合

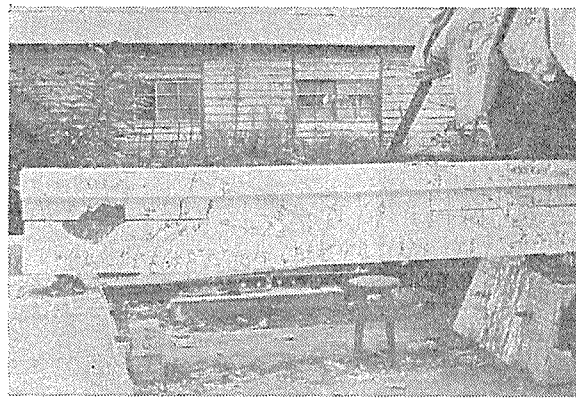


写真-2 (b) 軽 量



表-5 試験結果 (けたによるせん断)

種別	記号	ひびわれ荷重 (t)	破 壊 荷 重 (t)	備 考
普通	A <sub>1</sub>	8.0	40.3	A <sub>1</sub> , B <sub>1</sub> 桁
	A <sub>2</sub>	6.0	38.0	
軽量	B <sub>1</sub>	8.0	36.0	A <sub>2</sub> , B <sub>2</sub> , C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> 桁
	B <sub>2</sub>	6.0	36.0	
複合	C <sub>1</sub>	5.0	40.5	
	C <sub>2</sub>	5.0	40.3	

図-5 A<sub>1</sub>~A<sub>3</sub>, A<sub>1</sub>'~A<sub>3</sub>'

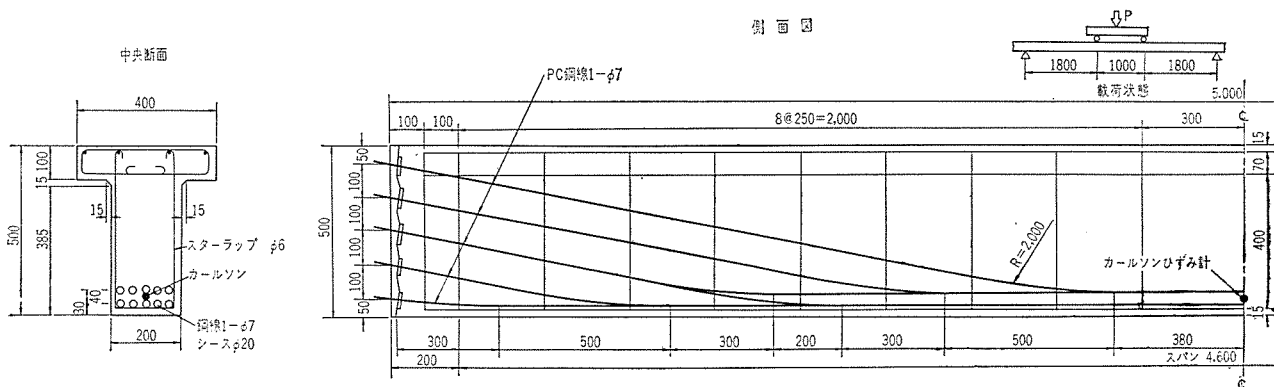


表-6 プレストレス導入直後の上下突縁のひずみ (自重によるひずみをふくんだ状態)

桁記号	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> '	A <sub>2</sub> '	A <sub>3</sub> '	備 考
中央断面のひずみ (自重によるひずみをふくんだ状態)	200×10 <sup>-6</sup>	188×10 <sup>-6</sup>	178×10 <sup>-6</sup>	160×10 <sup>-6</sup>	190×10 <sup>-6</sup>	190×10 <sup>-6</sup>	(-)... 圧縮 (+)... 引張
導入直後のひずみ (自重によるひずみをふくんだ状態)	-700×10 <sup>-6</sup>	-723×10 <sup>-6</sup>	-568×10 <sup>-6</sup>	-600×10 <sup>-6</sup>	-540×10 <sup>-6</sup>	-660×10 <sup>-6</sup>	

縮応力度:  $\sigma_c = 22 \text{ kg/cm}^2$ , せん断応力度:  $\tau = 40 \text{ kg/cm}^2$  であり, これにより生じる斜引張応力度:  $\sigma_1 = -30 \text{ kg/cm}^2$  となる。

写真-4 (a), (b), (c) はスターラップのない軽量, 普通, 合成コンクリートげたのせん断ひびわれを示し, 写真-5 (a), (b) はスターラップで補強した軽量, 普通コンクリートげたの曲げ破壊時の支承付近および中央付近の状態を示す。

(5) クリープ, 乾燥収縮測定試験

本試験はプレストレスを加えた供試体の (クリープ+乾燥収縮) および, プレストレスを加えない供試体によって乾燥収縮のみを測定し, 普通コンクリートに較べこの種の軽量コンクリートのクリープ乾燥収縮に関する性

—9 はせん断げたの構造寸法を示し, 表-8 は試験結果を表にまとめたものである。なおコンクリートの配合は表-3 と同一のものを用いた。

なお  $P=20 \text{ t}$  の場合支点付近の中立軸における軸圧

図-6 破壊荷重載荷時たわみ

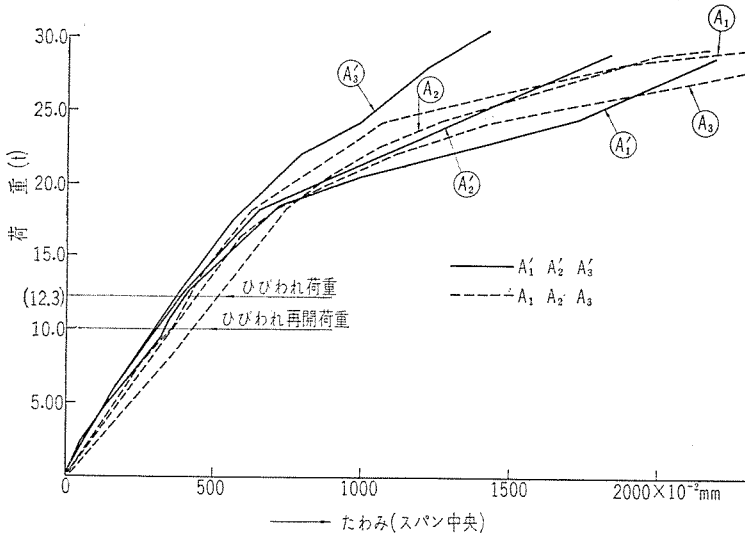


図-7 普通コンクリート (A') ひびわれ図

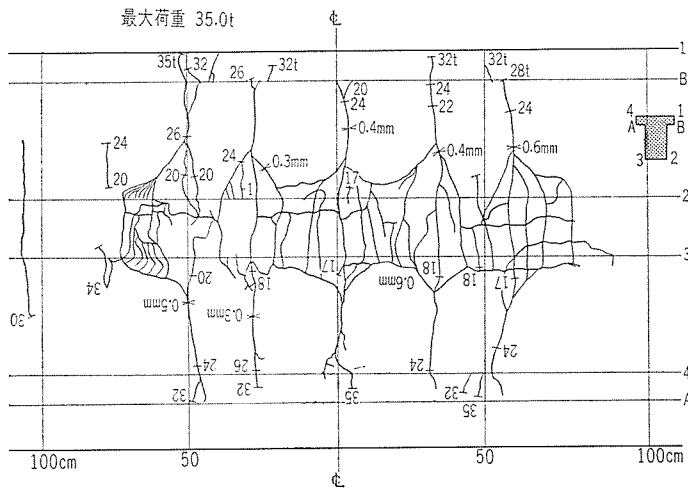
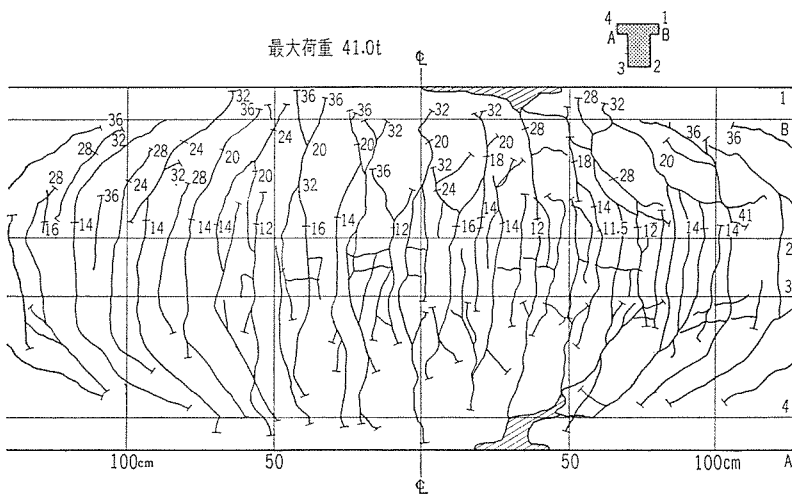


図-8 軽量コンクリート (A'-1) ひびわれ図



状を調べたものである。図-10は供試体の構造を示したものである。表-9はこれに使用したコンクリートの配合を示し、表-10は本試験の種類および条件を示し

た。なお図-11(a)には測定結果についておもなもののみあげた。

なおこの他に、複合コンクリートのクリープ試験をも行なっている。これは、図-10に示した供試体の下半分を普通コンクリート、上半分を軽量コンクリートとし、上下の部分におのおのカールソーン1個ずつを埋込み、おのおののクリープ、乾燥収縮の進行度を測定している。

(6) 単位重量、ヤング係数その他の測定試験

1) 単位重量 すでに表-1に示した配合のコンクリートによって、ブロックげたおよび、大型試験げたに対する打込み試験を行ない。その後これ等のけたからコアビットにて、コアを採取し、単位重量、圧縮強度などの分布状態を調べた、コアの材令は40~50日であった。

図-11(b)は今回のコアによる測定結果および、これまでテストピースによって行なわれたこの種の試験結果とを合せ図示したものである。

2) ヤング係数その他の測定 本試験に用いた複合テストピースとは、表-11に示す配合の普通コンクリート、および軽量コンクリートを別々のミキサーで練り、両者を所定の割合に混合したものでテストピースφ15×30を製作したものである。表-12は、各種混合割合のものによる。打令7日および28日のヤング係数その他を示す。また、表-13は、単位重量および引張強度を示す。なお図-12には材令28日の各テストピースによる応力-ひずみ曲線である。

(7) テストピース (φ10×20) による圧縮疲労試験

テストピースによる圧縮疲労試験は37年度から行なったが、図-13の右下に示すように、テストピース2個を重ねる方法で行なった所、偏心曲げその他の影響がいちじるしく、試験結果にばらつきが生じたので、38年度にはあらためて、アムスラ試験機により1

個ずつ3個行なった。この3個のテストピースおよび37年度に行なったものの主なコンクリートの配合および荷重条件は表-16,17に示すとおりである。

写真-3 (a) 軽量コンクリート (A<sub>1</sub>')

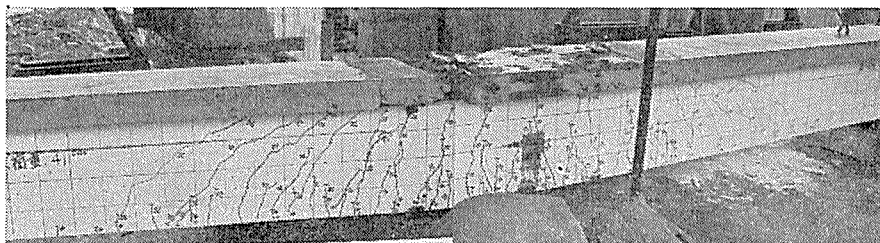


写真-3 (b) 軽量コンクリート (A<sub>3</sub>)



写真-3 (c) 普通コンクリート (A')

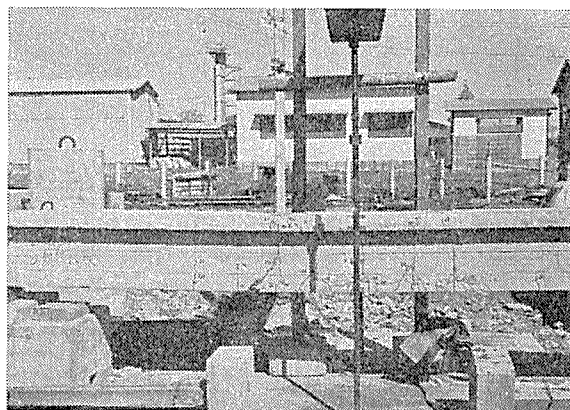


図-9 けた断面および PC 鋼棒配置状態

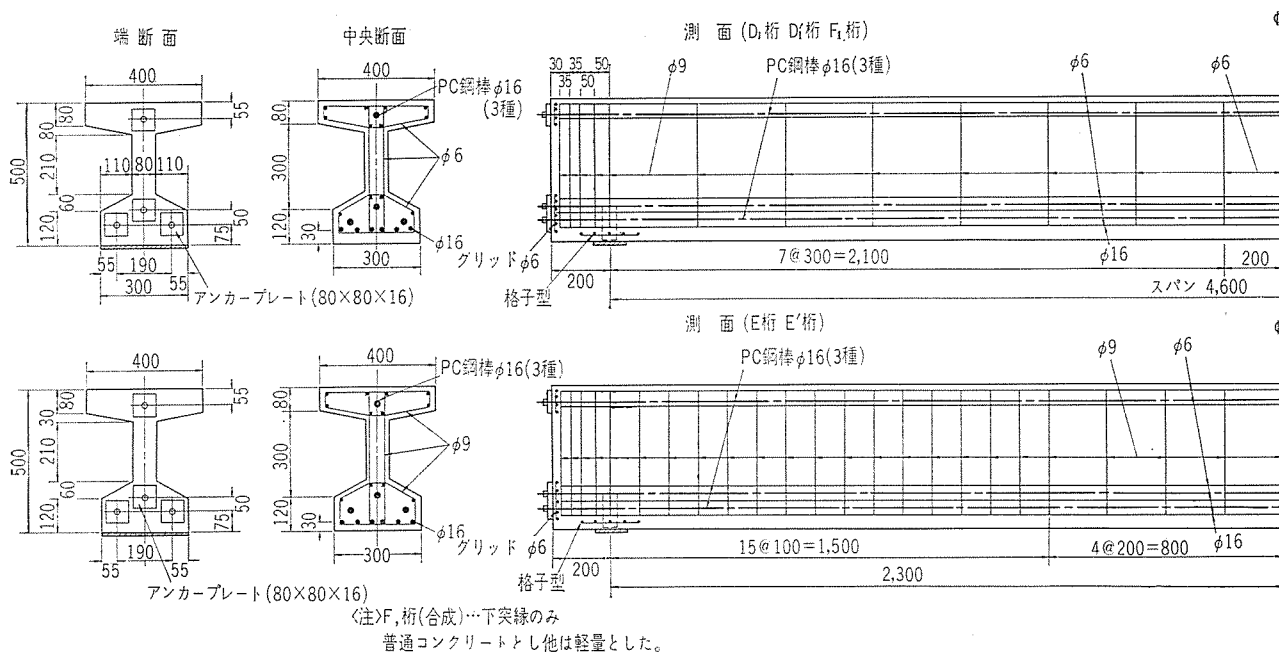


図-10 クリープ乾燥収縮測定用部材

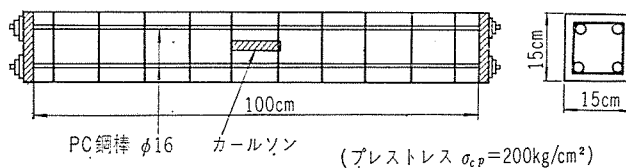


表-7 A<sub>1</sub>~A<sub>3</sub>, A<sub>1</sub>'~A<sub>3</sub>' げたの載荷試験結果

けたの 記号	コンクリートの強度 (kg/cm <sup>2</sup> )				ひびわれ荷重 (t)		ひびわれ再開 荷重の 実測値 (t)	荷重の13t時の たわみ (mm)		破壊荷重 (t)		
	材令28日 の圧縮強 度	載荷時の 圧縮強度 $\sigma_c$	材令28日 の引張強 度(3個 の平均)	載荷時の 引張強度	計算値	実測値		計算値	実測値	計算値	実測値	
軽量 コン クリ ート	A <sub>1</sub>	510 518 527	$\sigma_{80}$ 556 545 533	29	$\sigma_{80}$ 40 30	[14.3]	14.0	11.0	[4.4]	4.4	30.8	34.5
	A <sub>2</sub>	552 475 464	$\sigma_{48}$ 529 492 538	29	$\sigma_{48}$ 26 36	[14.3]	14.0	11.0	[4.4]	5.3	30.8	37.7
	A <sub>3</sub>	469 543 486	$\sigma_{45}$ 526 546 520	24	$\sigma_{45}$ 33 43	[14.3]	13.0	9.0	[4.4]	4.6	30.8	35.5
	A <sub>1</sub> '	518	—	—	—	—	11.3	9.0	—	4.1	30.8	41.0
	A <sub>3</sub> '	523	—	—	—	—	11.5	9.0	—	3.3	30.8	53.0
普通コン クリート	A'	—	—	—	—	17.6	17.0	12.0	[2.5]	2.6	30.8	35.0

注：表-7の [ ] 書きで示す計算値の計算基準は下記によったものである。

種別	導入直後スパン 中央鋼線応力度 (kg/mm <sup>2</sup> )	有効係数 $\eta$	コンクリートの 曲げ引張強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	コンクリートの ヤング係数 (kg/cm <sup>2</sup> )
普通コンクリート	106.7	0.80	50	35×10 <sup>4</sup>
軽量コンクリート	101.6	0.75	30	20×10 <sup>4</sup>

表-8 けたによるせん断試験

スター ラップ の有無	けた 番号	コンク リート 種別	コンクリ ート打設日	静的載荷試験				備 考	
				載荷月日	コンクリート 強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		試験結果		
圧縮	引張	ひびわ れ荷重 (t)	破壊荷重 (t)						
スター ラップ なし	D <sub>1</sub>	軽量	7月1日	8月10日	500	29	21	57	(せん断破壊) 21tで下突縁(曲げ引張)に発生 24tで斜引張ひびわれ発生
	D <sub>1</sub> '	普通	7月8日	8月13日	500	30	20	64	(せん断破壊) 20tで下突縁(曲げ引張)に発生 26tで斜引張ひびわれ発生
スター ラップ あり	E	軽量	6月19日	8月8日	570	31	17	67	(圧縮破壊) 28tで斜引張ひびわれ発生 17tで下突縁(曲げ引張)に発生
	E'	普通	6月19日	8月3日	600	35	19	70	(圧縮破壊) 19~20tで斜引張ひびわれ発生 19tで下突縁(曲げ引張)に発生
スター ラップ なし	F <sub>1</sub>	合成	7月8日	8月15日	510	31	20	64	(せん断破壊) 20tで下突縁(曲げ引張)に発生 22tで斜引張ひびわれ発生

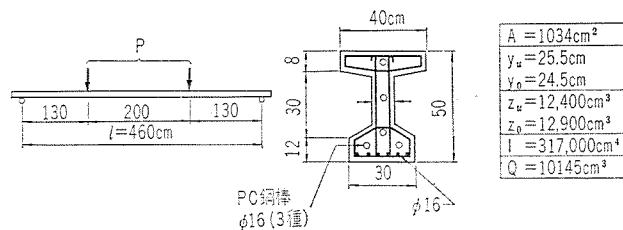


写真-4 (a) 軽量スターラップなし ( $P_K=57t$ )

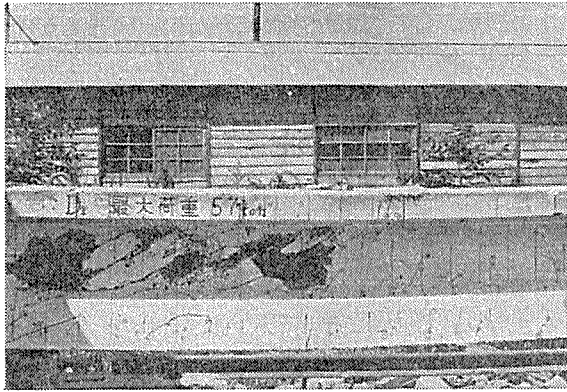


写真-4 (b) 普通スターラップなし ( $P_K=64t$ )

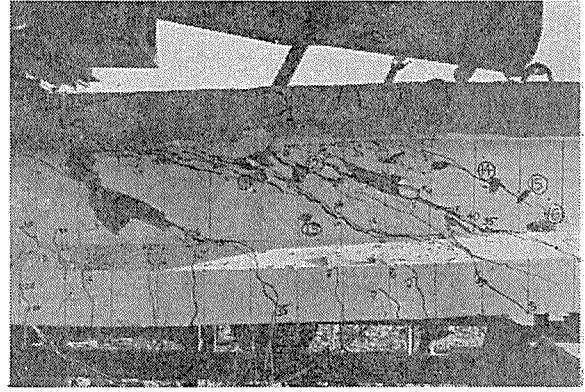


写真-4 (c) 合成スターラップなし ( $P_K=64t$ )



写真-5 (a) 軽量スターラップあり ( $P_K=67t$ )

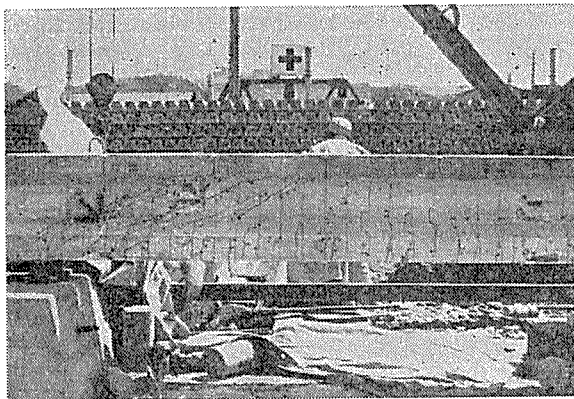


写真-5 (b) 普通スターラップあり ( $P_K=70t$ )



表-9 コンクリートの配合

コンクリート種別	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	水セメント比 (%)	セメント量 (kg)	水量 (kg)	細骨材率 (%)	細骨材 (kg)	粗骨材 (kg)	混和剤 ポリス No. 5 (kg)	空気量 (%)	目標強度 $\sigma_{28}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	記 事
軽量コンクリート	15	3~5	36	467	168	37	631	545	2.34	3~5	450	粗骨材にメサライト川砂
普通コンクリート	25	3~5	31.5	470	148	42.5	802	1042	3.25	3~5	500	川砂利川砂

表-10 試験の種類

種類	プレストレスを加える時のコンクリートの圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )								プレストレス なし	合 計	
	250		300		350		400				
スランブ (cm) 3~5	No. 1	1	No. 3	1	No. 5	1	No. 7	1	No. 9	1	
	No. 2	1	No. 4	1	No. 6	1	No. 8	1	No. 10	1	
合 計											10

備考：プレストレスは各供試体とも中央断面で 200 kg/cm<sup>2</sup> とする。



(8) けたとしての動的曲げ試験

本試験は、静的曲げ試験けたと同一のものをを用い、この種の軽量コンクリートを用いたけたが動的載荷による

図-11 (a)

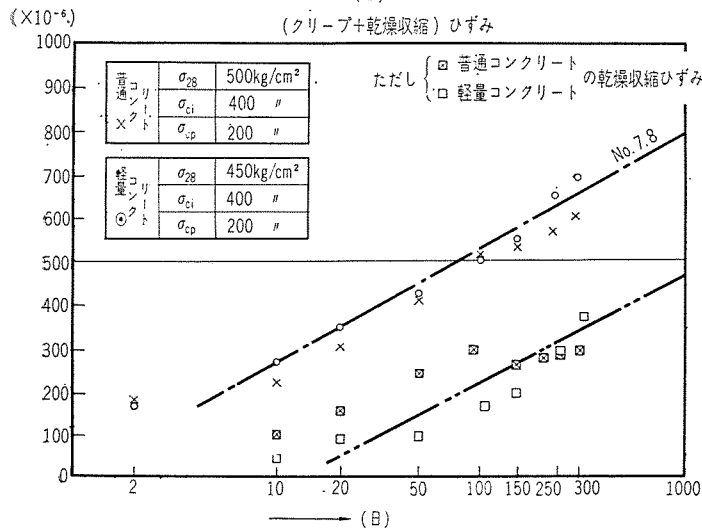
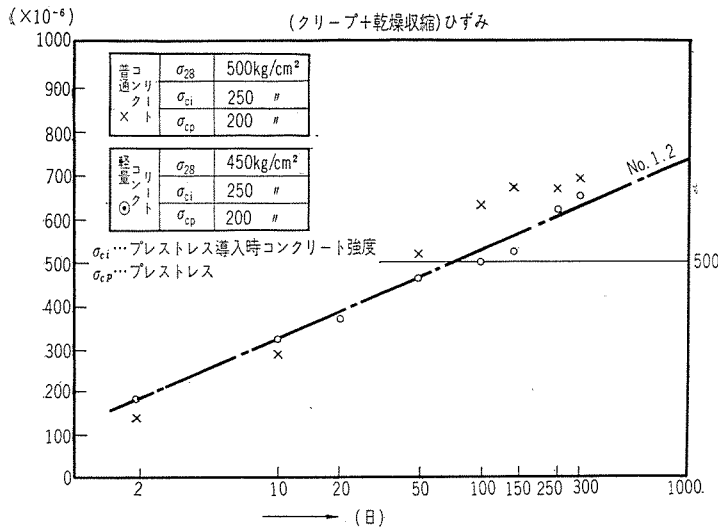
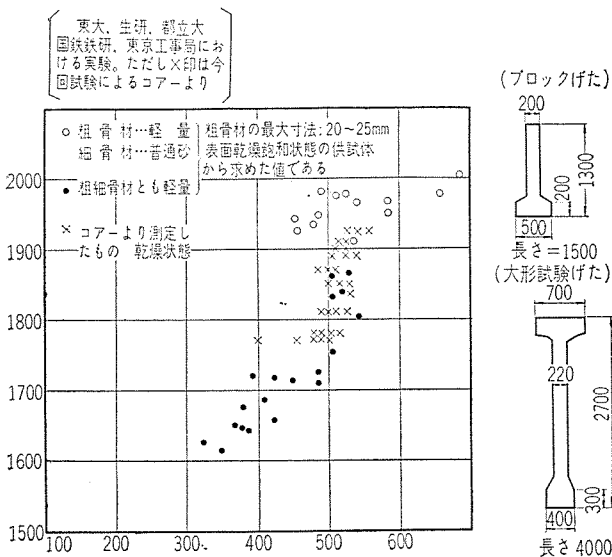


図-11 (b) 圧縮強度と単位重量との関係



疲労強度、ひびわれの状態、などをすでに普通コンクリートの同形のけたで行なった結果と比較検討する目的で行なった。疲労試験機の関係上、軽量コンクリートけた  $A_1''$ ,  $A_2''$ ,  $A_3''$  のスパンは図-14に示すように、普通コンクリートの動的試験および軽量けたの静的曲げ試験で行なったものより 20 cm 短いほかは同一寸法である。

なお表-16は  $A_1''$ ~ $A_2''$  のプレストレス導入直後の上下縁のひずみをワイヤーストレインゲージで測定した結果である。これで見ると、プレストレスに 20~30% のばらつきがあるがこれは、緊張定着時のセット量が原因と思われる。

また表-17に示すひびわれ再開から有効プレストレスを求めたものと、表-16から求めたものとの比較を表-17に掲げた。

動的載荷回数および上限荷重は図-15に示すとおりであり、表-18はこの他ひびわれ荷重、破壊荷重等を掲げた。動的破壊はすべてPC鋼線の破断によっておこっており、動的載荷後の破壊荷重は約 25 t 前後であった。

ひびわれ状態で特に普通コンクリートと差のある点は、軽量コンクリートけたのひびわれ本数は普通コンクリートのそれに較べて2倍以上あること、および、特に材令 270 日後に動的載荷試験を行なったけた  $A_2''$ ,  $A_3''$  については乾燥収縮による。くもの巣状のひびわれ(幅 0.02 mm)が全面にわたって発生し、これが動的ひびわれをある程度誘導した点である(写真-6(a),(b),(c)参照)。

なお図-17は、1961年8月「最近におけるプレストレストコンクリート」中の猪股俊司博士論文「部材引張部にひびわれ発生後の応力計算」により求めた。動的荷重に対するPC鋼線応力の変化および Ekberg 氏の方法による鋼線疲労限との関係を図示した

図-12 材令 28 日の応力-ひずみ曲線

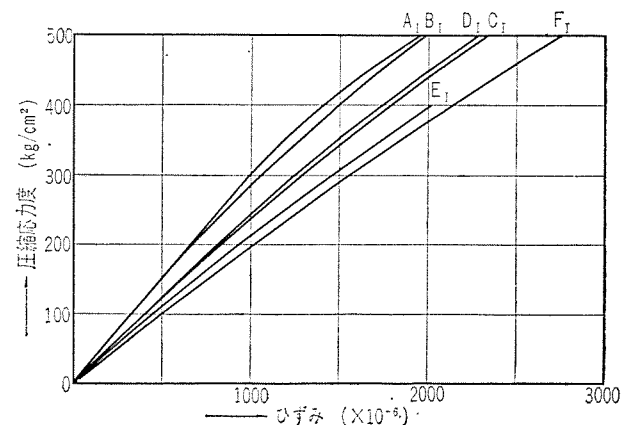


表-11 コンクリートの配合 (m<sup>3</sup> 当り)

コンクリートの種類	最大骨材寸法 (mm)	スランブ (cm)	水セメント比 (%)	単位セメント量 (kg)	単水量 (kg)	細骨材率 (%)	単位細骨材 (kg)	単位粗骨材 (kg)	混和剤 No. 5 (kg)	空気量 (%)	目標強度 $\sigma_{28}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	備 考
普通コンクリート	25	3~5	33	500	165	37	626	1064	2.50	3~5	500	粗骨材：川砂利 細骨材：川 砂
軽量コンクリート	15	3~5	36	467	168	37	624	545	2.34	3~5	450	粗骨材： メサライト 細骨材：川 砂

表-12 複合テストピース (C) の弾性係数測定結果

複合テストピース記号	複合テストピースの再混合割合	スランブ (cm)	材 令 7 日										材 令 28 日									
			ヤング係数 (10 <sup>4</sup> kg/cm <sup>2</sup> )					破強強度 $\sigma_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	破 壊 時 び ず み $\epsilon_u$ ( $\times 10^{-6}$ )	ヤング係数 (10 <sup>4</sup> kg/cm <sup>2</sup> )					破強強度 $\sigma_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	破 壊 時 び ず み $\epsilon_u$ ( $\times 10^{-6}$ )						
			応力度 (kg/cm <sup>2</sup> )	250	300	350	400			450	250	300	350	400			450	500				
								供試体 No.	平均値						平均値	平均値						
A <sub>1</sub>	0	10	3.5	1	26.3	25.9	25.0	23.3	21.4	468	2 290	30.1	30.0	29.2	28.6	27.1	25.5	538	2 210	2 235		
			3.2	2	26.9	26.4	25.0	22.5	—	431	2 310	30.0	30.0	29.2	28.2	26.8	25.3	558	2 420			
				3	—	—	—	—	—	—	—	—	30.1	30.0	29.1	28.6	27.3	25.8	520		2 080	
				平均値	26.6	26.2	25.0	22.9	21.4	—	—	—	30.1	30.0	29.2	28.5	27.1	25.5	—		—	
B <sub>1</sub>	2	8	4.5	1	25.0	24.6	24.0	22.9	21.0	481	2 355	28.4	28.0	27.6	27.0	26.5	25.5	538	2 180	2 170		
			2.8	2	24.3	23.8	23.7	23.4	23.2	501	2 180	27.8	27.5	27.3	26.7	25.7	24.4	516	2 160			
				3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	
				平均値	24.7	24.2	23.9	23.2	22.7	—	—	—	28.1	27.8	27.5	26.9	26.1	25.0	—		—	
C <sub>1</sub>	4	6	2.1	1	25.8	25.8	25.5	24.8	23.7	485	2 155	24.3	24.3	24.1	24.1	23.4	22.9	527	2 325	2 475		
			1.9	2	22.7	22.5	22.1	21.7	—	438	2 165	21.2	21.1	21.1	21.1	20.7	20.0	521	2 620			
				3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	
				平均値	24.3	24.2	23.8	23.3	23.7	—	—	—	22.8	22.7	22.6	22.6	22.1	21.5	—		—	
D <sub>1</sub>	6	4	3.5	1	21.5	21.4	21.3	21.0	20.2	489	2 460	22.7	22.7	22.5	22.2	21.6	20.8	538	2 690	2 560		
			3.4	2	21.4	21.4	21.3	20.9	20.0	481	2 500	24.5	24.6	24.3	24.1	23.6	22.9	538	2 430			
				3	21.0	21.0	21.0	20.8	20.5	501	2 500	—	—	—	—	—	—	—	—		—	
				平均値	21.3	21.3	21.2	20.9	20.2	—	—	—	23.6	23.7	23.4	23.2	22.6	21.9	—		—	
E <sub>1</sub>	8	2	1.7	1	21.2	20.8	20.6	19.9	—	445	2 385	19.8	19.8	19.8	19.8	—	—	443	2 185	2 255		
			3.1	2	18.5	18.1	17.7	17.4	17.0	484	2 935	19.6	19.6	19.4	19.1	—	—	447	2 390			
				3	—	—	—	—	—	—	—	—	21.5	21.1	20.8	20.4	—	—	436		2 190	
				平均値	19.9	19.5	19.2	18.7	17.0	—	—	—	20.3	20.2	20.0	19.8	—	—	—		—	
F <sub>1</sub>	10	0	3.7	1	19.0	18.8	18.6	18.2	17.4	529	3 310	19.8	19.5	19.1	18.7	18.4	17.9	549	3 125	3 065		
			3.0	2	20.2	19.7	19.4	18.8	17.8	523	3 280	19.5	19.5	19.2	19.0	18.7	18.4	543	3 000			
				3	19.4	19.3	18.7	18.4	17.8	543	3 350	—	—	—	—	—	—	—	—			
				平均値	19.5	19.3	18.9	18.5	17.7	—	—	—	19.7	19.5	19.2	18.9	18.6	18.2	—		—	

備考：スランブは手練りにより再混合したコンクリートにつきおのおの2回ずつ測定したもの。

ものである。

また本試験げたの有効プレストレスを 表-19 の平均値  $\sigma_{ce} = 82 \text{ kg/cm}^2$  としたときのフルプレストレスとしての設計荷重：P および設計曲げモーメント：M はつぎのようになる。

$$M = Z \cdot \sigma_{ce} \therefore M = 10\,000 \times 82 = 8.2 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$\therefore \frac{P}{2} = \frac{M}{1.7} = 4.8 \text{ t} \therefore P = 9.6 \text{ t}$$

動的上限モーメントと：M<sub>max</sub> とすると

$$\frac{M_{\max}}{M} = \frac{21}{8.2} = 2.55$$

また疲労限モーメント：M<sub>f</sub> とすると

$$\frac{M_f}{M} = \frac{16.0}{8.2} = 1.95$$

普通コンクリートの疲労限モーメント M<sub>f1</sub> と軽量コンクリートの疲労限モーメント M<sub>f2</sub> との比はつぎのようになる。

$$\alpha = \frac{M_{f1}}{M_{f2}} = \frac{17.5}{16.0} = 1.09 \text{ または } \frac{M_{f2}}{M_{f1}} = 0.915 \text{ となる。}$$

表-13 複合テストピース (C) の圧縮強度および引張強度

複合テスト ピース記号	複合テストピース の再混合の割合		スランブ (cm)	単位重量 (t/m <sup>3</sup> )	材令 7 日	材令 28 日		$\frac{\sigma_{c7}}{\sigma_{c28}}$	$\frac{\sigma_{t28}}{\sigma_{c28}}$	摘 要
	軽量コン クリート	普通コン クリート			圧縮強度 $\sigma_{c7}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	圧縮強度 $\sigma_{c28}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	引張強度 $\sigma_{t28}$ (kg/cm <sup>2</sup> )			
A <sub>I</sub>	0	10	3.5	2.35	435	572	36	0.76	0.063	
			3.2							
B <sub>I</sub>	2	8	4.5	2.25	498	525	37	0.95	0.07	
			2.8							
C <sub>I</sub>	4	6	2.1	2.16	468	526	29	0.89	0.055	
			1.9							
D <sub>I</sub>	6	4	3.5	2.09	508	542	37	0.94	0.068	
			3.4							
E <sub>I</sub>	8	2	1.7	2.00	480	514	26	0.93	0.051	
			3.1							
F <sub>I</sub>	10	0	3.7	1.93	439	488	39	0.90	0.08	
			3.0							

備考：① スランブは手練りにより再混合したコンクリートにつきおのおの2回ずつ測定したものである。  
 ② 圧縮強度、引張強度は各材令とも供試体3個について平均したものである。  
 単位重量は強度試験を行なった供試体9個について平均したものである。

表-14 コ ン ク リ ー ト 配 合

設 計 条 件 比 重	最大粗骨 材寸法 (mm)	スランブ (cm)	水セメ ント比 (%)	セメント 量 (kg)	水 量 (kg)	細骨材率 (%)	細骨材 (kg)	粗骨材 (kg)	空気量 (%)	湿 和 剤 ポゾリス No. 5 (kg)	摘 要
1.9	400	15	2.4	480	192	34	590	580	3~5	2.40	川砂, 軽砂利
1.9	500	15	2.4	550	181	34	573	580	3~5	2.75	"

表-15 38 年度に行なった疲労試験結果

テスト ピース No.	$P_{max}$ (t) ( $\sigma_{cmax}$ ) kg/cm <sup>2</sup>	$P_{min}$ (t) ( $\sigma_{cmin}$ ) kg/cm <sup>2</sup>	くり返 し回数 ×(10 <sup>6</sup> )	疲労後静的 破壊強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	記 事
1	23.5 (300)	3.0 (38)	1.023	630	テストピース 材令 380 日
2	23.5 (300)	3.0 (38)	1.00	590	"
3	29.0 (370)	3.0 (38)	1.04	598	"

コンクリートの目標強度： $\sigma_{28}=500 \text{ kg/cm}^2$

表-16

桁記号	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	備 考
中導入直後のひずみ(自重) 中央断面のひずみ(自重) トレス	$90 \times 10^{-6}$	$230 \times 10^{-6}$	$180 \times 10^{-6}$	- 圧縮 + 引張
	$-580 \times 10^{-6}$	$-690 \times 10^{-6}$	$-520 \times 10^{-6}$	

表-17 有効プレストレス

けた種別	プレストレス導入直後のひずみより (kg/cm <sup>2</sup> )	ひびわれ再開荷重より (kg/cm <sup>2</sup> )
A <sub>1</sub> "	$580 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^5 \times 0.75 = 87 \text{ kg/cm}^2$	$9.2/2 \times 1.7 = 7.8 \text{ t} \cdot \text{m} \dots \dots M$ $M/Z = 78 \text{ kg/cm}^2$
A <sub>2</sub> "	103	68
A <sub>3</sub> "	78	77

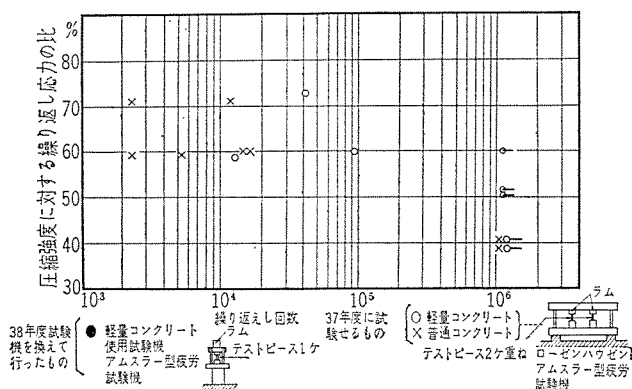
プレストレス導入直後のひずみより有効プレストレスを  
求める場合

$$\eta = 0.75, E_c = 2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2, Z_u = 10000 \text{ cm}^3$$

と考えた。

注：プレストレス導入直後のひずみから求めた有効プレ  
ストレスが、ひびわれ再開から求めたものより10%前後  
大きいのは、プレストレス導入時、上縁に $-40 \text{ kg/cm}^2$   
前後の引張応力が生じており、このために生じたひびわ  
れにより、有効断面が減少したためと思われる。

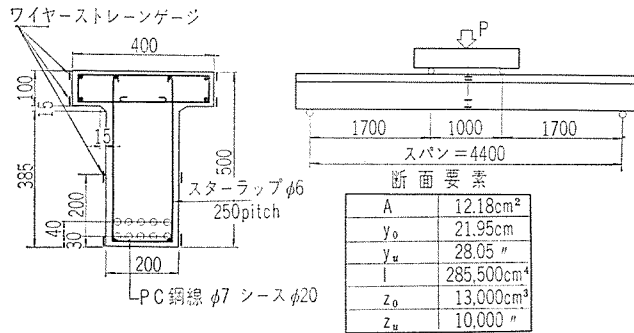
図-13



つぎに  $A_1'' \sim A_3''$  より有効プレストレス, すなわち, クリープ乾燥収縮によるプレストレスの減少を考えた。有効率を求めると 表-16 および 表-17 のひびわれモーメントから 表-19 のようになる。

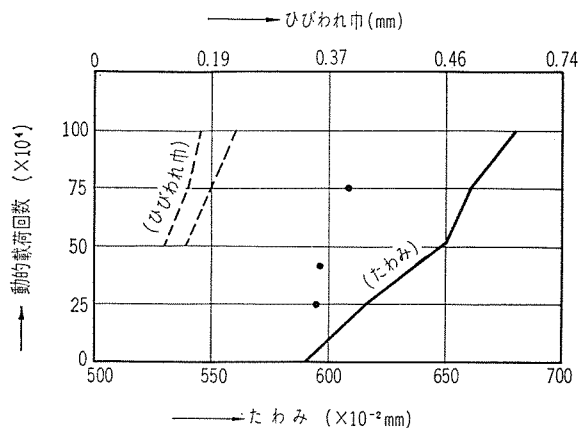
(9) けたとしての動的せん断試験

図-14 動的曲げ試験けた (A'')



注: 静的曲げ試験けたおよび普通コンクリート動的試験けたよりスパン 20 cm 短い外は同一構造である。

図-16



注: 図は  $A_1''$  けたにおいて各動的荷重後荷重 17 t に対するたわみ, およびひびわれ幅の変化。なお, ひびわれ幅測定ゲージはスパン中央付近のものである。

図-15 荷重と動的曲げ荷重回数

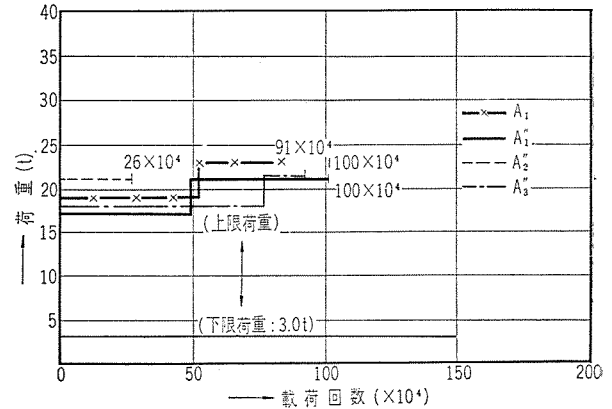


図-17

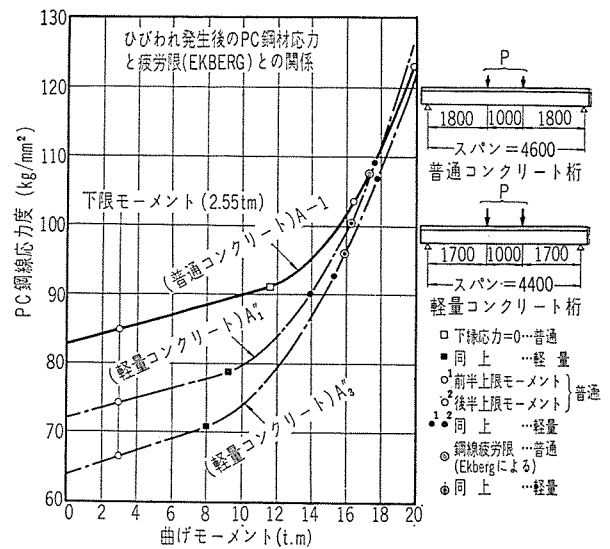


表-18

けた記号	荷重と動的荷重回数				ひびわれ		砂壊荷重 (t)	記事
	1		2		ひびわれ荷重 (t)	ひびわれ再開荷重 (t)		
	荷重 (t)	荷重回数 (x10⁴)	荷重 (t)	荷重回数 (x10⁴)			破壊モーメント (t.m)	
$A_1''$ (軽量)	3.0 ~ 17.0 2.55 ~ 14.4	0 ~ 50	3.0 ~ 21.0 2.55 ~ 17.8	50 ~ 100	12.0	9.2	27.0 23.0	鋼線破断
$A_2''$ (軽量)	3.0 ~ 21.0 2.55 ~ 17.8	0 ~ 26	—	—	10.0	8.0	25.0 21.5	"
$A_3''$ (軽量)	3.0 ~ 18.0 2.55 ~ 15.3	0 ~ 75.9	3.0 ~ 21.0 2.55 ~ 17.8	75.9 ~ 91.3	11.5	9.0	26.2 22.0	"
$A_1$ (普通コンクリート)	3.0 ~ 18.0 2.7 ~ 16.2	0 ~ 50	3.0 ~ 22.0 2.7 ~ 19.8	50 ~ 100	—	—	20.8 19.0	鋼線破断

$A_1''$  の材令は 100 日,  $A_2''$ ,  $A_3''$  の材令 270 日

ひびわれ荷重、疲労試験後の静的破壊強度を示したものである。なお 図-20 (a),(b) は各段階で動的载荷後静的に前半、および後半の上限荷重まで载荷したときの、

たわみおよび斜ひびわれ幅の変化を示したものである。

### 3. 試験結果に対する考察

#### (1) コンクリートブロックによる鉄筋引抜試験

各供試体の付着応力度を比較するとスランプが大きくなるにしたがっていくぶん低下しているが、例えばスランプ 0~2 cm の場合と 6~8 cm の場合では約 6% の差異である (表-2 参照)。

鉄筋の配置状態、鉛直、水平上層、水平上層などの差異による付着応力度の変化は、スランプの小さいものほど大である。

振動時間と付着応力度の関係を見ると振動時間 5 分の場合が、最も付着応力度が高くなっている。

付着強度としては、普通コンクリートと大差がなく、PC 構造物としたときの、局部支圧、乾燥収縮、断面急変部などに用心鉄筋を用いる場合、付着の点のみから考えると普通コンクリートと同等の補強効果を期待できる。

#### (2) ブロックおよびけたによる純せん断試験

この種の純せん断試験における結果は、初め予想したものと両者の間に大差がなく、破壊強度を比較すると、軽量の場合約 5~10% 程度低いことがわかった。実際の構造物においては純せん断応力として生じることはほとんどなく、斜引張応力の形となって生じるものであり、このことは、むしろ引張応力の差異の問題または鉄筋による補強効果 (すなわち付着応力度の問題) などに関係してくるので、純せん断についてのこの試験の結果で示すような差少の違いはまず問題とならないものと思われる。

#### 3) けたとしての静的曲げ試験

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> げたの载荷時の材令は約 50 日であり、実際には、ク

写真-6 (a) 普通コンクリート (A<sub>1</sub>)

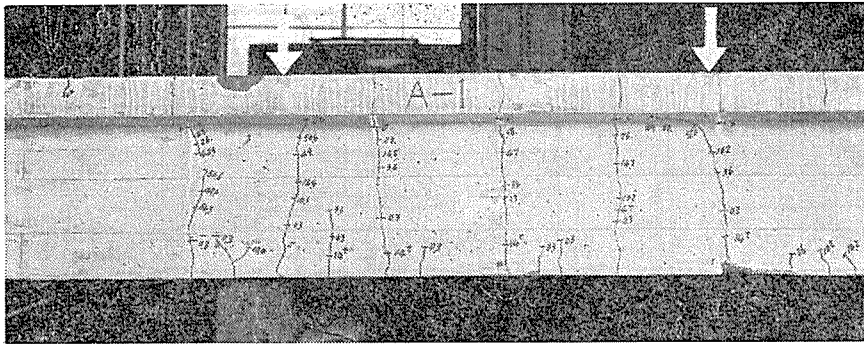


写真-6 (b) 軽量コンクリート (A<sub>1</sub>')

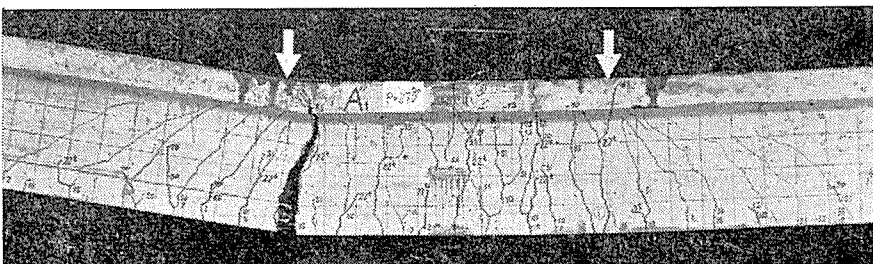


写真-6 (c) 軽量コンクリート (A<sub>2</sub>')

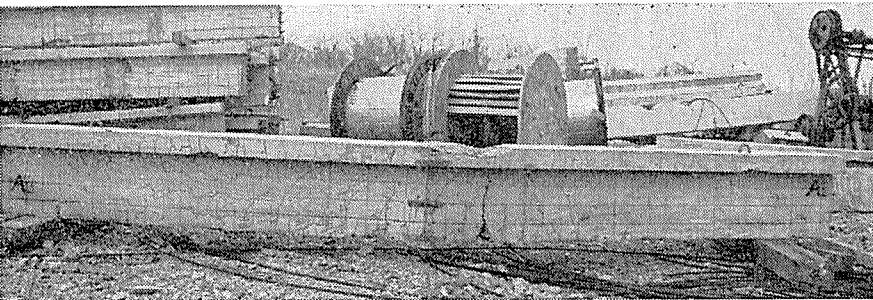


写真-7 (a) 軽量コンクリート (D<sub>2</sub>)

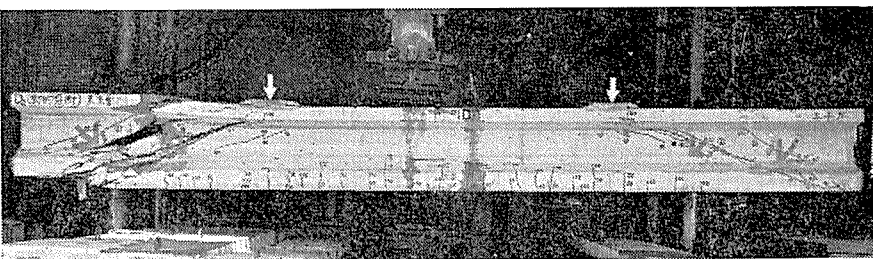
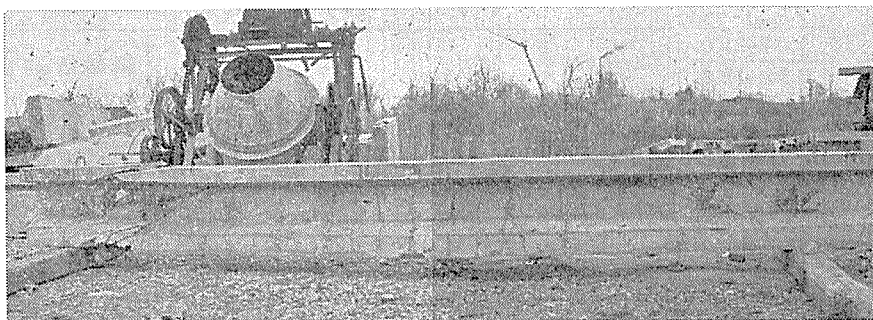


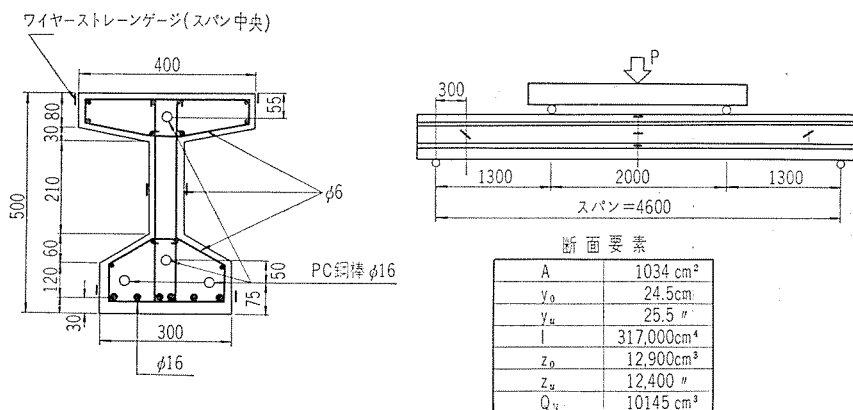
写真-7 (b) 普通コンクリート (D<sub>2</sub>')



リーブ乾燥収縮は 1/4 程度しか終わっていないと考えられるが、もしも、表-7 の<注>のような計算基準（すなわち  $\eta=0.75$ ）で計算すると、ひびわれ荷重は実測値とほぼ一致する。A<sub>1</sub>'、A<sub>3</sub>' げたは載荷時材令約 180 日であるため前者に較べて、ひびわれ再開より有効プレストレスを推定すると、明かに低下している。上記  $\eta=0.75$  は  $\phi=2.0$ ,  $E_c=2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ , 乾燥収縮度  $\epsilon_s=15 \times 10^{-5}$  として PC 指針 44 条に示す式によって求めたものである（クリープ、乾燥収縮の値については、後で述べる）。

たわみは、普通コンクリートげたに較べて、明かに、ヤング係수에反比例して軽量コンクリートげたは大きい

図-18 動的せん断けた (D, D')



注：静的せん断試験げた（スターラップなし）と同一構造である。

表-19 有効率:  $\eta$  の値

けた種別	中央断面のプレストレス導入直後のひずみより求めた下縁プレストレス* ( $\sigma_{ct}$ )	ひびわれ再開より求めた下縁のプレストレス ( $\sigma_{ce}$ )	$\eta = \sigma_{ce} / \sigma_{ct}$
A <sub>1</sub> "	$580 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^5 \times 0.9 = 104$	$\frac{9.2}{2} \times 1.7 \times \frac{1}{Z_u} = 78$	0.75
A <sub>2</sub> "	$690 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^5 \times 0.9 = 124$	$\frac{8}{2} \times 1.7 \times \frac{1}{Z_u} = 68$	0.55
A <sub>3</sub> "	$520 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^5 \times 0.9 = 94$	$\frac{9}{2} \times 1.7 \times \frac{1}{Z_u} = 77$	0.82
平均	$\bar{\sigma}_{ct} = 107$	$\bar{\sigma}_{ce} = 74$	$\bar{\eta} = 0.74$

注：\* について

プレストレス導入直後上縁の引張応力により上突縁に生じたひびわれによる断面減少を考え、圧縮ひずみを 10% 修正した。

表-20

けた記号	荷重と動的載荷回数						斜ひびわれ荷重 (t)	せん断破壊荷重 (t)	記 事
	（前半） 1		（後半） 2		（追加） 3				
	荷重 (t)	載荷回数 ( $\times 10^4$ )	荷重 (t)	載荷回数 ( $\times 10^4$ )	荷重 (t)	載荷回数 ( $\times 10^4$ )			
D <sub>2</sub> (軽量)	$\frac{M_{min}}{M_{max}} \sim 3.0 \sim 18.0$	0~51.3	$\frac{M_{min}}{M_{max}} \sim 3.0 \sim 28.0$	51.3~125	—	—	24.0	36.0	動的載荷で破壊せず
D <sub>2</sub> ' (普通)	$\frac{M_{min}}{M_{max}} \sim 3.0 \sim 20.0$	0~50.7	$\frac{M_{min}}{M_{max}} \sim 3.0 \sim 30.0$	50.7~151.4	$\frac{M_{min}}{M_{max}} \sim 3.0 \sim 35.0$	151.4~153	26.0	65.6	"

D<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>' の材令 210 日

が、特殊の場合をのぞき鉄道橋では、たわみのためにけたの断面形状の制限を受けることは余りない。

ひびわれ状態の比較について考えられることは、軽量コンクリートの場合のヤング係数は普通コンクリートの 60% であり、引張強度も 60% 程度と考えられる。試験げたにおいて同一荷重に対し、軽量げたは普通コンクリートげたの約 1.8 倍のたわみ（ひずみ）を生じることになり 図-7,8 および 写真-3 (a),(b),(c) によりひびわれ本数を見ると軽量げたは倍近い数を示している。これは、引張に対する伸び能力は、軽量も普通コンクリートもほぼ同程度と考えられる。かように、同一応力状態

において軽量の場合ひびわれ個所数が 2 倍近く生じることは、後述する乾燥収縮によるひびわれをもふくめて、一応耐久性に関係するので、十分な補強もしくは用心鉄筋を考えるべきであると思われる。つぎに破壊荷重について表-7 に示すように、普通コンクリートで行なっている計算方法によって求めても十分安全であることを示している。

(4) けたとしての静的せん断試験

表-16 に示す試験結果によると、斜ひびわれの発生荷重は必ずしも軽量げたの場合が小さいとも云えない、これはコンクリートの引張強度が試験げたの養生状態、特に乾湿に影響さればらつきが生じると思われるが、スターラップで補強しない場合の破壊強度は明かに軽量げたの方が低い。しかし、スターラップで補強すると、補強効果は普通コンクリートと同程度に現われている。

図-19 荷重と動的せん断荷回数

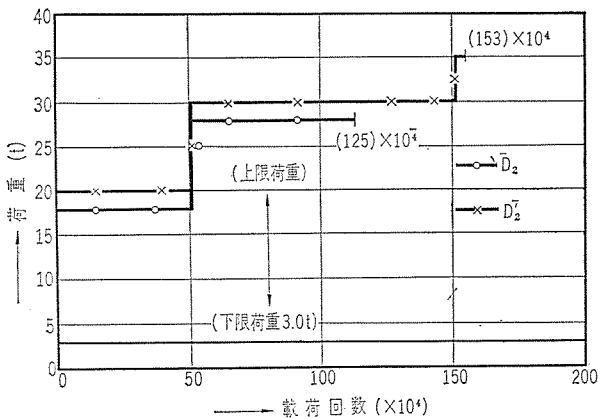


図-20 (a) スパン中央動的たわみ

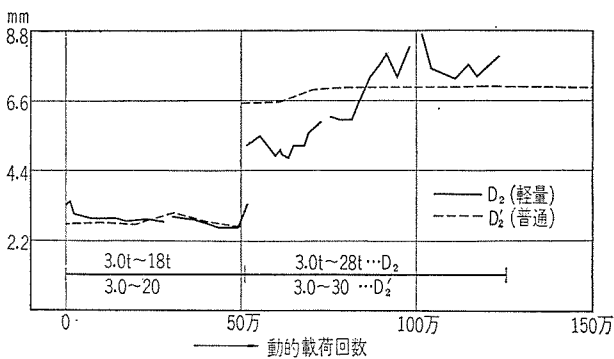
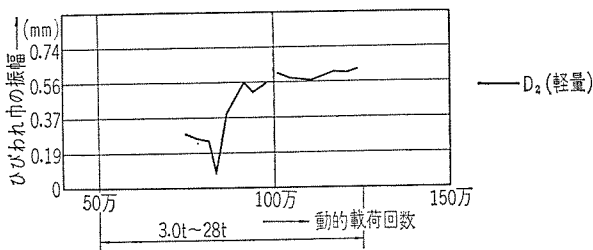


図-20 (b) 動的斜びりわれ幅



(2) のブロック およびけたによる純せん断試験と考合せ、無筋の状態において軽量コンクリートは、普通コンクリートにくらべて、約10%せん断強度において低いが適当な鉄筋補強を行えば、両者の間の差異はほとんどなくなると考えられる。

(5) クリープ、乾燥収縮

図-11 に示すようにクリープ、および乾燥収縮を対数グラフによって表示し、その結果について検討してみると、全般的に見て、250 日目位までは普通および軽量コンクリートともほとんど差異がなく、むしろ軽量コンクリートにおいて幾分か小さい値を示しているが、250 日以後において、普通コンクリートでは、その進行が減衰してきているのに反し、軽量の場合、同一の勾配で増加する傾向を示している。米国国道局での軽量コンクリートを用いたクリープひずみ量は、1.5 年の測定において普通コンクリートのクリープひずみ量の 1.8 倍であること

が報告されているが、安全を見てもしこの値を用いたとしても、普通コンクリートに比べて軽量コンクリートのヤング係数は 1/1.8 であるのでクリープ係数としては  $\phi = 2.0$  ということになる。クリープについてはさらに長期にわたり多くの実験を行なうことが必要であるが軽砂利(メサライト)、川砂を用いたこの種の軽量コンクリートにおけるクリープ係数は  $\phi = 2.0$  を用いれば十分安全であると思われる。

(6) 単位重量、ヤング係数、その他の測定試験

この種のコンクリートの単位重量としては、1.8~1.9 t/m<sup>3</sup> の間にある。設計にあたっては、これに鉄筋および P C 鋼材重量を加えると 2.0 t/m<sup>3</sup> 前後となる。

ヤング係数は、プレストレス導入時の弾性変形による損失に関係が大きい。表-14 は複合テストピースによって圧縮のヤング係数を示しており、これによると  $19 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2 \sim 20 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$  であり、また曲げ試験げたにおけるたわみから求めた値は約  $20 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$  であった。この他電研における実験では  $21 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$  ( $\sigma_{28} = 400 \text{ kg/cm}^2$  のコンクリートにおいて) という結果が示されている。圧縮よりもとめたものと曲げよりもとめたものとはいくぶん曲げより求めたヤング係数が大きい傾向を示しているので、この点についても今後行なわれる試験によってさらに検討する必要がある。

(7) テストピースによる圧縮疲労試験

圧縮疲労強度については、一般に普通コンクリートの場合静的強度の 50% 程度であることが確かめられている。これにくらべ図-13 に示すように、37 年度に行なった。軽量、普通コンクリートの圧縮疲労強度は試験機および試験方法の影響と思われる。バラツキ、強度低下などがあり両者ともくり返し回数が低い結果を示したので、38 年度は試験機を換えて軽量についてのみ行なった結果、普通コンクリートのこれまでの結果にくらべ同等もしくはそれ以上の疲労強度を示した。この結果から考えて、この種の軽量コンクリートを用いた場合圧縮疲労強度について特別の考慮を払う必要はないものと思われる。

(8) けたとしての動的曲げ試験

曲げ疲労強度については、普通コンクリートげたに比べて特別な差異はないものと思われる。ただ、軽量げたの場合 写真-6 (c) に見られるように乾燥収縮のひびわれが動的載荷回数で 6 万回前後に急激に全面に現われた(載荷時材令約 270 回) 点が注意をひいた。この種のひびわれは養生状態にも関係するが、実際設計にあたっては用心鉄筋で十分補強する必要があると考えられる。

(9) けたとしての動的せん断試験

せん断疲労強度については、軽量げたが普通コンクリ

ートげたに較べていくぶん弱いと思われる。特に、疲労試験後の静的破壊荷重の差によってもこのことがうかがえる。なお 図-20 (a) に示すスパン中央動的たわみが普通コンクリートげたの場合 70 万回以後ほぼ一定しているのに対して軽量げたにおいて、急激に増加の傾向を示している。このことは軽量げたの動的斜ひびわれ幅の変化にもみられる (図-20 (b) 参照)。しかし、設計荷重時の許容斜引張応力度  $9 \text{ kg/cm}^2$  を生じさせる荷重を求めると  $P=10 \text{ t}$  に相当するのに対し、動的荷重は約 2 倍の  $18 \text{ t}$  (斜引張応力  $\sigma_1=24 \text{ kg/cm}^2$ ) で 50 万回載荷しても斜ひびわれは認められなかった。なお約 3 倍の荷重についても (50+75) 万回のくり返しに耐え得たことは、今回の動的試験げたがスターラップのないものであることを考えると、十分せん断疲労に対しても保証できるものと思う。

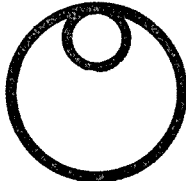
#### 4. あとがき

本試験に使用した軽量骨材は前述したように、膨張性

頁岩を焼成した(メサライト)を用いたものであるが、各種の軽量骨材に対する規格、骨材の検収方法、また設計上の問題としては、定着部の補強(局部支圧に対する)、かぶりの問題、部材の最小寸法、ハンチのとり方衝撃荷重に対する抵抗性などの問題が残されており、引続いてこれらにつき試験または研究をする予定であるが、PC 鉄道橋としてこの種の軽量コンクリートを用いた場合、各種の基本的性質の試験結果から、その設計上必要な考慮さえ払えば十分実用化できることがわかった。

終りに、本研究は、国分正胤博士を委員長とする長大鉄道橋の設計施工に関する委員会の皆様の御審議をたまわり、静的試験はオリエンタルコンクリートKK多摩工場で行ない、動的試験は国鉄鉄道技術研究所において関係各参与、幹事の指導のもとに行なったものの一部であり、ここにこれらの方々に対し厚く感謝致します。

1964.4.27・受付



# 株式会社 十二製作所

取締役社長 南出他十郎

本 社	東京都千代田区丸の内1丁目1番地(国際観光会館4階432号) 電話 丸の内(231)7812・5081
分 室	東京都中央区八重洲2丁目5番地(マサヤビル3階) 電話 千代田(271)5528・8272
深川工場	東京都江東区南砂町1丁目1016番地 電話 江東(644)0141~3
八千代工場	千葉県千葉郡八千代町大和田新田590番地 電話 八千代0474(8)3126~7