

Br. 71-03

関門橋設計・施工調査
上部構造に関する調査

5



土 木 研 究 所 資 料

第 689 号

鋼格子床版に関する調査報告書

昭和 46 年 7 月

建設省土木研究所

土木研究所資料 第六八九号

鋼格子床版に関する調査報告書

昭和四十六年七月

建設省土木研究所

序

この報告書は昭和45年度に日本道路公団より委託された関門橋設計
施工調査・上部構造に関する調査のうち、橋梁研究室が担当したコンク
リート充てん鋼格子床版に関する調査の結果について報告するものであ
る。

45年度に行なった調査内容はつぎのとおりである。

- (1) I形鋼の疲労強度試験
- (2) 鋼格子床版取付部供試体実験
- (3) 軽量骨材選定の基準について(意見)

なお、この調査の担当者はつぎのとおりである。

橋梁研究室	国	広	哲	男
	太	田		実

目 次

序

(1) I 形鋼の疲労強度試験	1
1 目 的	1
2 試験内容	1
3 試験結果	1
4 結 論	1
(2) 鋼格子床版取付部供試体実験	8
1 目 的	8
2 実験内容	8
3 実験結果	8
4 結 果	11
(3) 軽量骨材選定の基準について(意見)	29
土木研究所コンクリート研究所における軽量コンクリート試験結果	37

(1) I形鋼の疲労強度試験

1. 目 的

昭和44年度に実施した供試体による疲労試験では、I形鋼のパンチ孔の配列が適切でなかった（パンチ孔が接近しすぎて、ウェブに残された充腹部の最小巾は10mmであった）ため、充腹部のせまい部分に疲労クラックが生じた。

そこで、今年度はウェブのパンチ孔の配列を改良したもの2点について疲労強度をたしかめることにした。

2. 試 験 内 容

図-1に示すようなB-20、B-15の2種の供試体について試験

B-20は横部材間隔を従来の15cmから20cmにひろげることよりパンチ孔間隔を大きくウェブの充腹部の巾を広くとるようにしたもので、横部材間隔を大きくしたために横部材（棒鋼）は従来のD16をD19にかえた。

B-15は横部材の断面（D16）および間隔（15cm）は従来のままとし、パンチ孔の配列だけを改良して充腹部の巾を広くしたものである。

疲労試験はローゼンバウゼン型疲労試験機（動的最大60t）により、繰返し数200万回までは鋼材の許容応力度（1,400Kg/cm²）を上限とする部分片振り（引張緑応力の変動巾1,010Kg/cm²）曲げ繰返し載荷を行ない、その結果供試体に疲労クラック等異状を生じなかった場合は上限荷重を50%ひき上げて（引張緑応力の変動巾1,720Kg/cm²）さらに繰返し載荷を継続することにした。

3. 試 験 結 果

B-20、B-15各供試体の試験結果を表-1に示す。これより明らかなように、繰返し数200万回までにはいずれの供試体とも何ら異状を生じなかった。上限荷重を50%増しとした200万回以降の繰返し載荷により、各供試体とも引張フランジ側に疲労クラックを生じた。ただし、供試体B-15-2だけは上限荷重ひき上げ後90万回の繰返し載荷によっても異状を生じなかったが、時間の都合で試験をここで打ち切った。

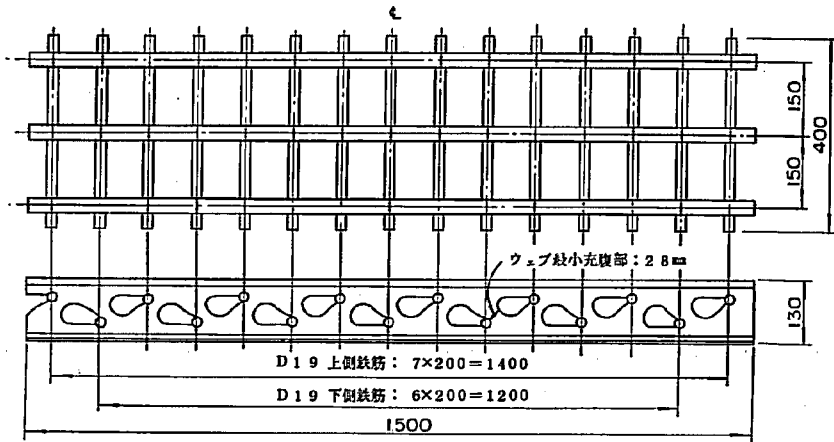
4. 結 論

今回の試験の対象とした2種（B-20およびB-15）は、いずれも鋼材の許容応力度1,400Kg/cm²を上限とした約1,000Kg/cm²の応力変動巾での200万回までの繰返し載荷に耐えた。

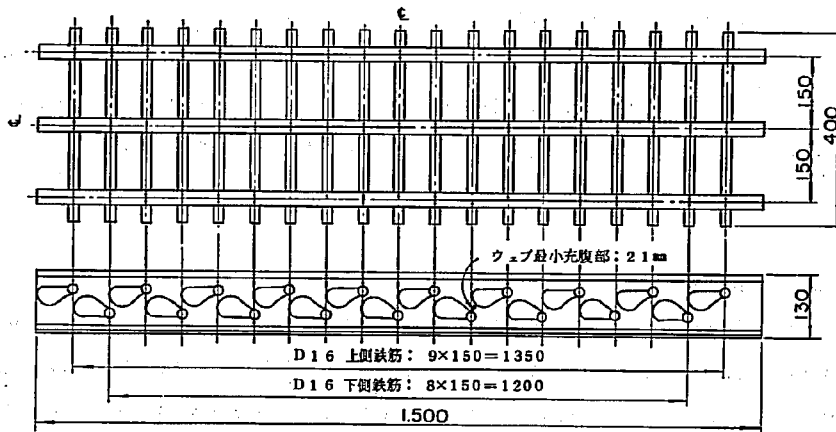
実績におけるI形鋼の応力が死荷重のみのとき72Kg/cm²、活荷重載荷時で1,055Kg/cm²であることを考えると、今回の試験の対象とした2種はいずれも疲労に対して十分な強度を有すると判断される。

なお、上限荷重を50%増した200万回以降の繰返し載荷での疲労クラックの発生は、このような大きな荷重での繰返し載荷が現実にはおこり得ないと考えられるので実用上不安を与えるものではない。

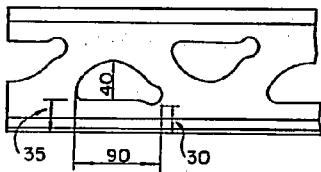
(図 - 1) B-20 供試体



B-15 供試体



B-20 パンチ孔



B-15 パンチ孔

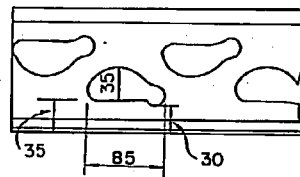


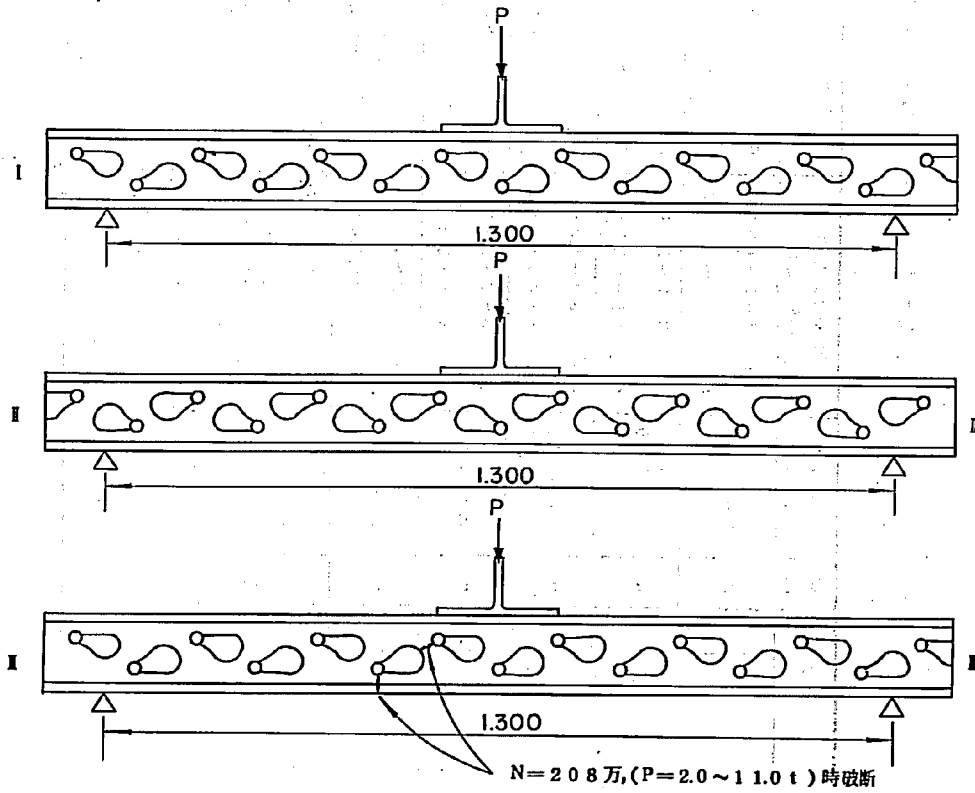
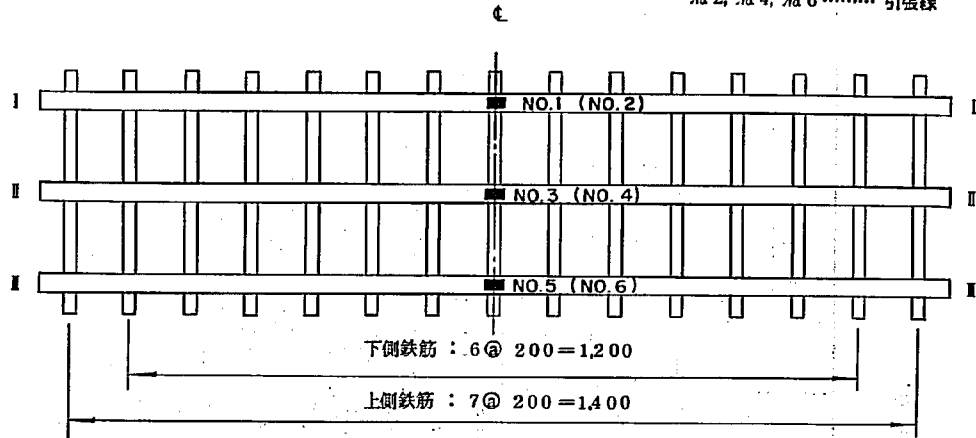
表 1 I 形鋼疲労試験結果総括

供試体番号	段階	荷重, P (t)	計算応力度 (Kg/cm ²)	実測応力度 (Kg/cm ²)	繰返し数, N (×10 ⁴ 回)	摘 要
B-20	1	① 2.0~7.3	$\sigma_{\perp} = 382 \sim 1,396$ $\sigma_{\parallel} = 410 \sim 1,497$	$\sigma_{\perp} = 456 \sim 1,436$ $\sigma_{\parallel} = 448 \sim 1,449$	0~200	○ 破断せず
		② 2.3~11.0	$\sigma_{\perp} = 382 \sim 2,100$ $\sigma_{\parallel} = 410 \sim 2,260$	$\sigma_{\perp} = 492 \sim 2,105$ $\sigma_{\parallel} = 483 \sim 2,102$	200~208	○ I 形鋼の下側フランジ破断
	2	① 2.0~7.3	$\sigma_{\perp} = 382 \sim 1,396$ $\sigma_{\parallel} = 410 \sim 1,497$	$\sigma_{\perp} = 403 \sim 1,365$ $\sigma_{\parallel} = 381 \sim 1,347$	0~201	○ 破断せず
		② 2.0~11.0	$\sigma_{\perp} = 382 \sim 2,100$ $\sigma_{\parallel} = 410 \sim 2,260$	$\sigma_{\perp} = 418 \sim 2,018$ $\sigma_{\parallel} = 389 \sim 1,978$	201~206	○ I 形鋼の下側フランジ破断
B-15	1	① 2.0~7.3	$\sigma_{\perp} = 382 \sim 1,396$ $\sigma_{\parallel} = 410 \sim 1,497$	$\sigma_{\perp} = 447 \sim 1,341$ $\sigma_{\parallel} = 483 \sim 1,481$	0~200	○ 破断せず
		② 2.0~11.0	$\sigma_{\perp} = 382 \sim 2,100$ $\sigma_{\parallel} = 410 \sim 2,260$	$\sigma_{\perp} = 471 \sim 1,969$ $\sigma_{\parallel} = 500 \sim 2,180$	200~232	○ I 形鋼下側フランジ破断
	2	① 2.0~7.3	$\sigma_{\perp} = 382 \sim 1,396$ $\sigma_{\parallel} = 410 \sim 1,497$	$\sigma_{\perp} = 397 \sim 1,269$ $\sigma_{\parallel} = 448 \sim 1,407$	0~200	○ 破断せず
		② 2.0~11.0	$\sigma_{\perp} = 382 \sim 2,100$ $\sigma_{\parallel} = 410 \sim 2,260$	$\sigma_{\perp} = 421 \sim 1,756$ $\sigma_{\parallel} = 455 \sim 1,971$	200~290	○ 破断せず ○ 静的試験 $P=20^t$ で I 形鋼座屈

(図 - 2) B-20-1

ゲージ添付位置

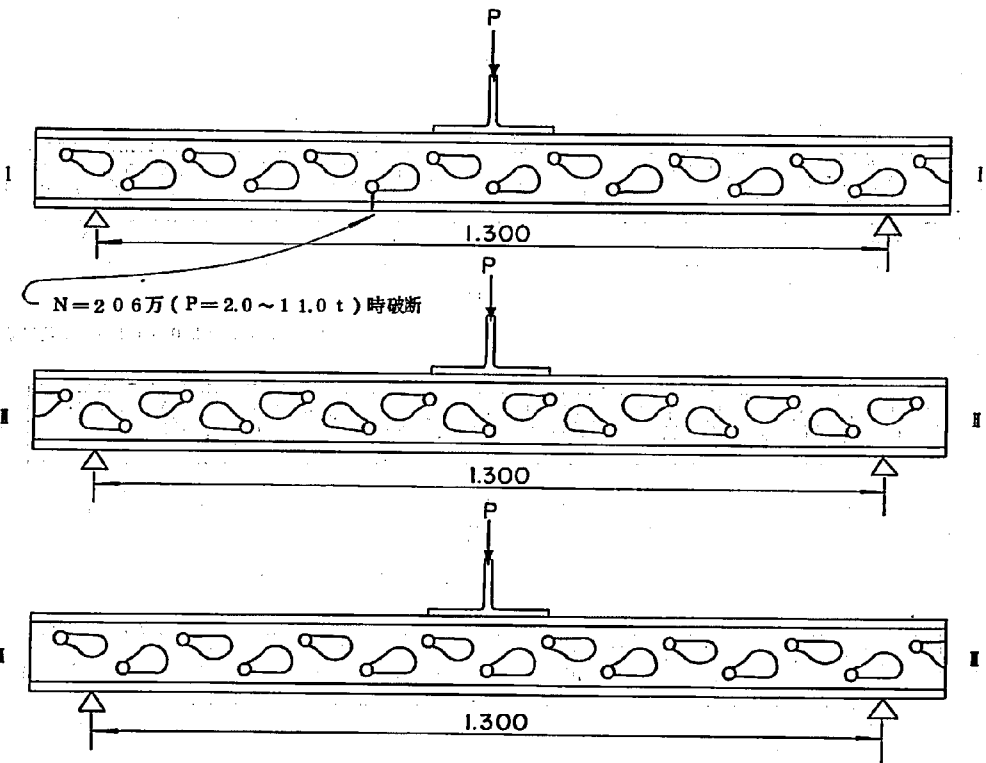
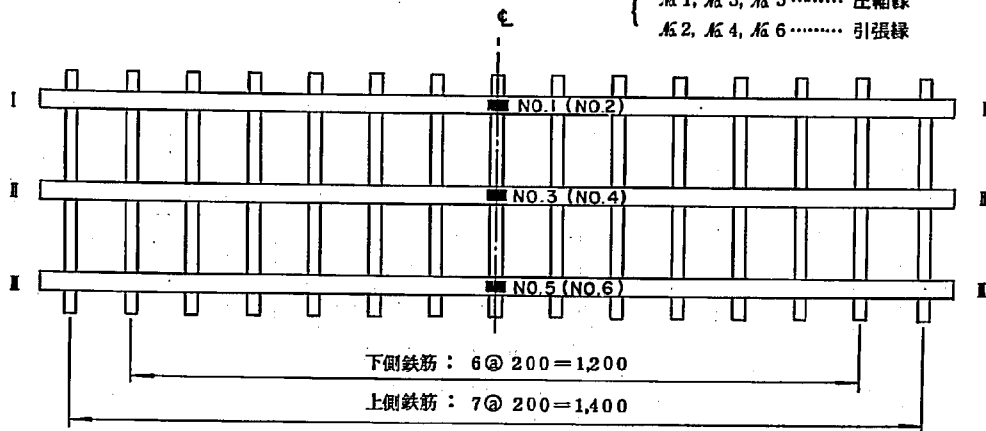
{ No. 1, No. 3, No. 5 圧縮線
No. 2, No. 4, No. 6 引張線



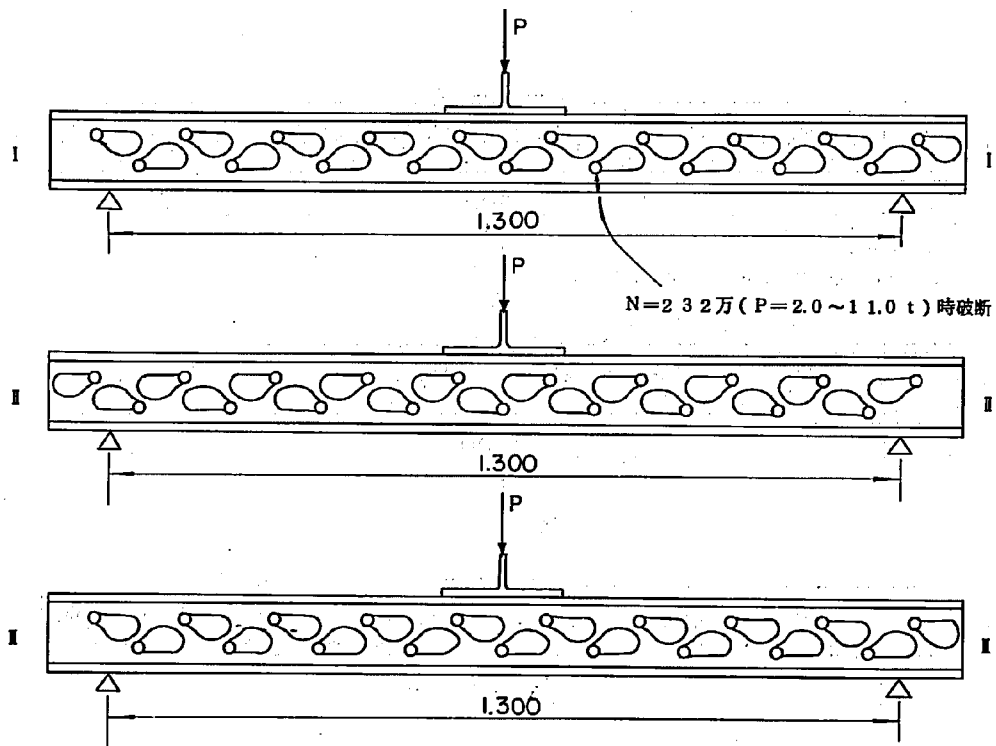
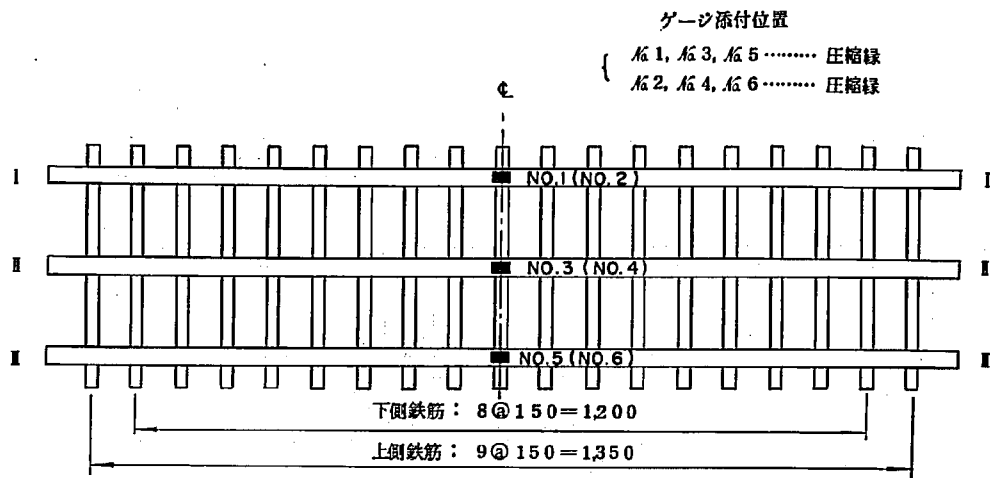
(図 - 3) B - 20 - 2

ゲージ添付位置

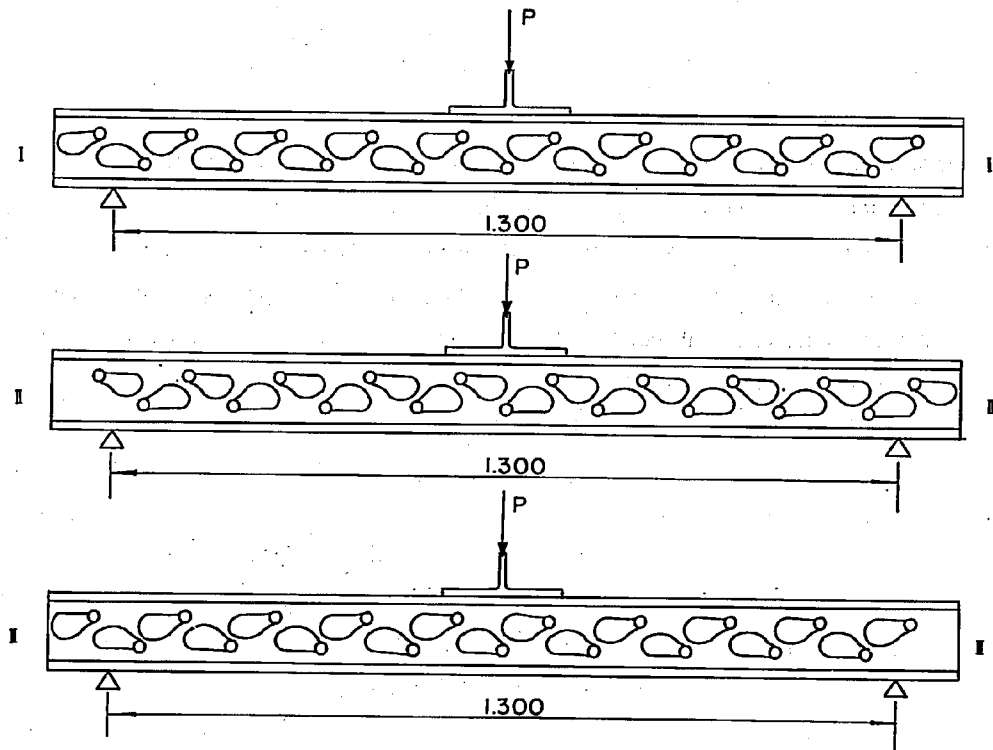
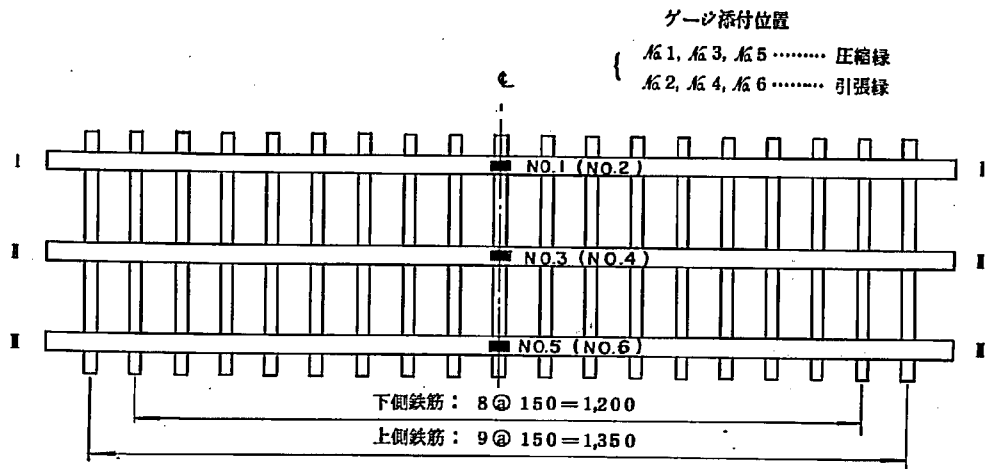
{ 筋 1, 筋 3, 筋 5 圧縮縁
筋 2, 筋 4, 筋 6 引張縁



〔 図 - 4) B - 15 - 1



(図 - 5) B-15-2



$N = 290$ 万 ($P = 2.0 \sim 11.0$ t) 破断せず
 静的破壊荷重 $P = 20.0$ t

(2) 鋼格子床版取付部供試体実験

1. 目 的

コンクリート充てん鋼格子床版の鋼格子パネルを支持けた上に架設した際に、鋼格子パネルおよび支持けたの両者の製作誤差のために鋼格子パネルのI形鋼底面と支持けた上フランジとの接触面には、一般にある程度の不整合が生ずることは避け難い。コンクリート充てん時にこのような不整合のある部分からモルタルが漏出するのを防止するためにも、また、床版支承部に均等な荷重分布をさせるためにも、コンクリート打設時にはこのような不整合はできるだけなくしておくことが望ましい。そこで、この不整合をできるだけ少なくする方法として、押え金具を用いて鋼格子のI形鋼を支持けたフランジに押えつけるDetailが日本道路公団関門架橋工事事務所において考案された。

本実験は、押え金具を用いた2、3のDetailについて部分供試体による実験を行ない、主として繰返し載荷に対する耐力をたしかめたものである。

2. 実験内容

丸鋼ジベルをボルト代りに利用し、9mm厚鋼板を折曲げ加工した押え金具を用いて鋼格子パネルのI形鋼を支持けたフランジに押えつけた場合（供試体A、図-1）と9mm厚鋼板を単に鋼格子パネルのI形鋼下フランジ上に置いて支持けたフランジにボルトで押えつけた場合（供試体C、図-3）の2種を基本とし、ほかに供試体Aの補助供試体として丸鋼ジベルの間隔を供試体Aの2倍としたもの（供試体B、図-2）の3種の供試体について実験した。供試体B（図-2）において、丸鋼ジベルを設けてない格間（I形鋼間）にも折曲げ金具だけ設けたのは、コンクリート施工の条件を供試体Aと同一にするためである。

疲労試験は、ローゼンハウゼン型疲労試験機（動的最大60t）により、繰返し数約200万回まではジベルの許容せん断力（合成けた設計施工指針による）に対応する荷重を上限荷重とする片振り繰返し載荷を行ない、その結果ジベルの疲労破壊等異状が生じなかった場合には上限荷重を50%ひき上げてさらに約50万回の繰返し載荷を行なうことにし、それでも異状を生じないときは静的に破壊することとした。

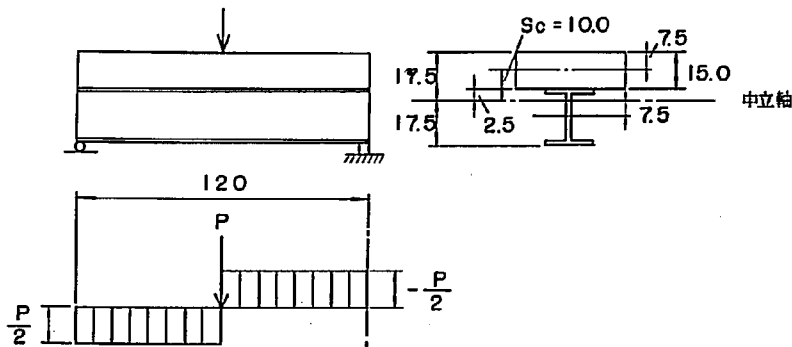
載荷は図-4に示すような中央1点載荷とし、支承は一端ローラー支承とした。

ひずみおよびたわみは図-5に示す位置において測定した。測定は繰返し載荷開始前（N=0時）と繰返し載荷後繰返し数約50万回ごとに行なった。

3. 実験結果

実験経過を表-1に示す。繰返し載荷における荷重振幅は、繰返し数約200万回までは2.0~12.0t、それ以後は上限荷重を50%増した2.0~18.0tとしたが、この上限荷重はジベルの許容せん断力よりつぎのように求めたものである。なお、下限荷重を2.0tとしたのは、試験機の機能上、下限値を0とすることが困難であったためである。

上限荷重の決定



床版と鋼けたとの境界面におけるせん断応力 τ は、

$$\tau = \frac{S F_c S_c}{I_v}$$

ここに、

S : せん断力 (kg)

F_c : コンクリート断面積 (cm^2)

S_c : コンクリート版の重心から合成断面の中立軸までの距離 (cm)

I_v : 合成断面の断面2次モーメント (cm^4)

$$F_c = 465 \text{ cm}^2$$

$$S_c = 10.0 \text{ cm}$$

$$I_v = 138,210 \text{ cm}^4 \text{ (} n=10 \text{ として)}$$

$P=1 \text{ t}$ 当りのせん断応力 τ を求めると、 $S = \frac{P}{2} = 500 \text{ kg}$ であるから、

$$\tau = \frac{500 \times 465 \times 10}{138,210} = 16.8 \text{ kg/cm} / P=1 \text{ t}$$

シベル1組(2本)当りの作用せん断力 T' は、

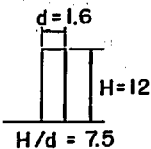
$$T' = Pr = 15 \times 16.8 = 252 \text{ kg} / P=1 \text{ t}$$

従って、シベル1本当りの作用せん断力 T は、

$$T = \frac{T'}{2} = 126 \text{ kg} / P=1 \text{ t} \quad \dots\dots\dots (1)$$

一方、「鋼道路橋の合成けた設計施工指針」(昭和40年6月、日本道路協会)56条により、シベルの許容せん断力 Q_s は、

$$Q_s = 55 \cdot d \sqrt{\sigma_s} \quad (H/d \geq 5.5)$$



ここに、
 $\begin{cases} H & : \text{スタッドの全高 (cm)} \\ d & : \text{スタッドの直径 (cm)} \\ \sigma_{bs} & : \text{スタッドが埋込まれる版のコンクリートの許容基本支圧応力度} \end{cases}$

$$(\text{Kg/cm}^2) = \frac{\sigma_{bs}}{3}$$

いま、
 $\begin{cases} d = 1.6 \\ \sigma_{bs} = 115 \text{ Kg/cm}^2 \quad (\sigma_{bs} = 345 \text{ Kg/cm}^2) \end{cases}$

とすれば、

$$Q_s = 55 \times 1.6 \sqrt{115} = 1510 \text{ Kg/本} \quad \dots\dots\dots (2)$$

(1), (2)より、ジベルの許容せん断力に対応する許容荷重 P_s は、

$$P_s = \frac{(2)}{(1)} = \frac{1510}{126} = 12.0 \text{ t}$$

$P = 12.0 \text{ t}$ 載荷時の支間中央断面各部の応力度はつぎのようになる：

$$\begin{cases} \sigma_c = 45.6 \text{ Kg/cm}^2 \quad (\epsilon = 217 \times 10^{-6}) \\ \sigma_{sc} = 65 \text{ Kg/cm}^2 \quad (\epsilon = 31 \times 10^{-6}) \\ \sigma_{st} = 45.6 \text{ Kg/cm}^2 \quad (\epsilon = 217 \times 10^{-6}) \end{cases}$$

ジベルのせん断応力

$$\tau = 755 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (供試体A)}$$

$$\tau = 1510 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (供試体B)}$$

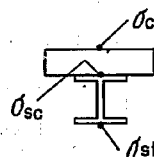


表-1に示すとおり、上限荷重を12.0 tとする約200万回の繰返し載荷によっても、またひきつづく上限荷重を18.0 tとする約50万回の追加の繰返し載荷によっても、いずれの供試体にも異状を生じなかったので、繰返し載荷後に静的に破壊した。その際の静的破壊荷重は表-2のとおりである。

各供試体のひずみとたわみの測定結果は表-3のとおりである。

表-3より供試体の上・下縁におけるひずみの繰返し数の増加にともなう変化を図示すると図-6のとおりである。図-7は繰返し数の増加にともなうたわみの変化を示す。また、図-8は繰返し載荷開始前と、上限荷重12.0 tで約200万回の繰返し載荷を行なったのちの時点における荷重～ひずみ関係を示す。同様に図-9は荷重～たわみ関係を示す。

図-6および図-7により、ジベルにその許容せん断力に等しいせん断力を生じさせる荷重を上限とする繰返し載荷の場合(供試体A)も、またジベルにその許容せん断力の2倍のせん断力を生じさせる荷重を上限とする繰返し載荷の場合(供試体B)も、繰返し数約200万回までにひずみやたわみの変動はほとんど生じておらず、上限荷重を50%増した追加の繰返し載荷においても、追加の繰返し数約50万回までにこれらの顕著な変動は生じていないことがわかる。約200万回の繰返し載荷の前後($N=0$ 時および $N \approx 200$ 万回時)におけ

る断面性能（荷重～ひずみ関係，荷重～たわみ関係）にはほとんど変化が認められない（図－8，図－9）。平
らな銅板をボルトで押えつけた供試体Cの場合（この場合，ボルトの作用せん断力は供試体Aの場合と同じ）も，
供試体A，Bの場合とほとんど同じ挙動を示している。

いずれの供試体についても，2.0～12.0tの荷重振幅による約200万回の繰返し載荷およびひきつづ
2.0～18.0tの荷重振幅による約50万回の繰返し載荷によっては，コンクリート版とけたとのすべり，コン
クリート版のひびわれ等外観の変状は何ら認められなかった。

繰返し載荷後における静的破壊のうちに，コンクリートをはつり取ってジベルの状態を調査したところ（写真
参照），版端部のジベルまたはボルトが1～2本せん断破壊しているものがあったが，破面に疲労破壊の痕跡は
認められず，静的破壊時における延性破壊であると判断された。

以上のことから，この実験で対象とした供試体A，B，Cの3種り取付け部細目について，実用上疲労強度に
ついての不安はないものと判断される。

4. 結 論

この実験で対象とした3種の取付け部細目（図－1～図－3）は，いずれも疲労に対して実用上十分な強度を
有すると判断される。ただし，床版を非合成床版として設計する場合でもジベル等の数量は合成げた設計施工指
針に準じて定められた数量の1/2程度以上を配置するのが無難であると思われる。

- 12 -



粗骨材：人工輕質骨材（メサライト），最大寸法15mm

細骨材：天然砂

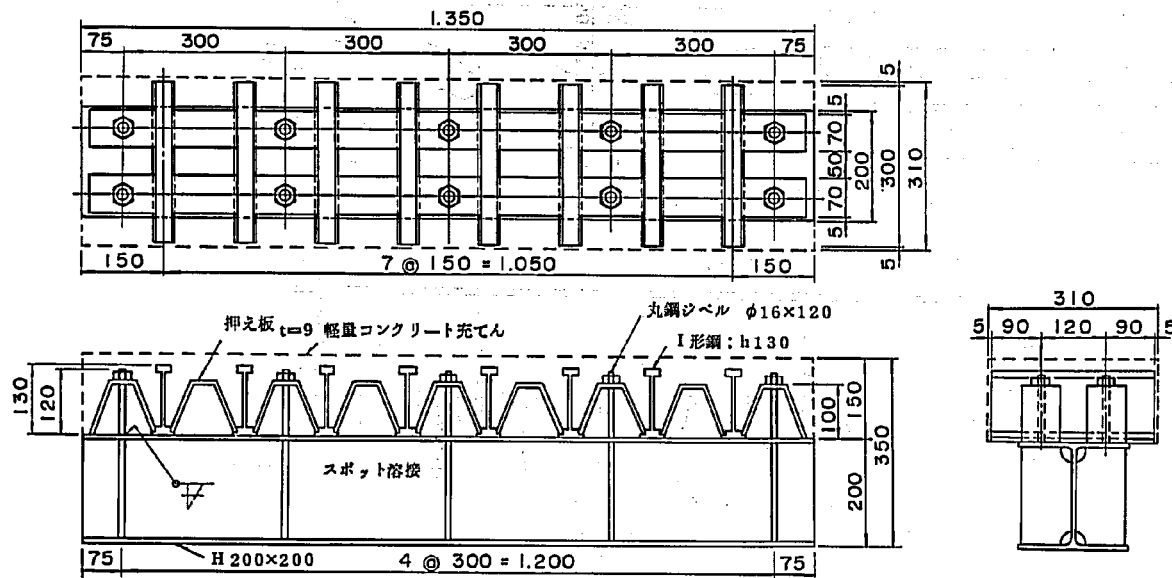
セメント：普通ポルトランドセメント

混和剤：減水剤（ヴィンズル）

示方配合

粗骨材の 最大寸法	W (Kg/m ³)	C (Kg/m ³)	W/C (%)	S/A (%)	S (Kg/m ³)	G (Kg/m ³)	混和剤 (ヴィンゾル)	スラブの 範囲
15mm	138	310	45	40	744	650	93g	6 ± 1cm

図-2 供試体概要 (供試体 B)



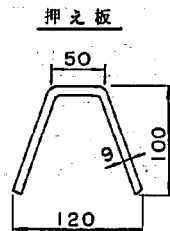
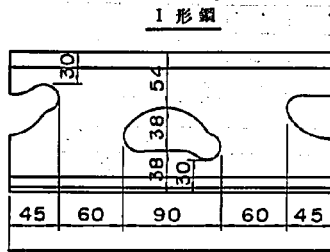
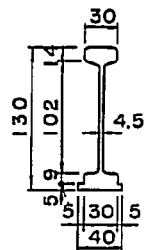
充てんコンクリート

材料

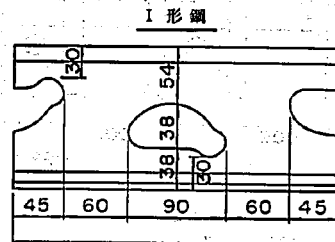
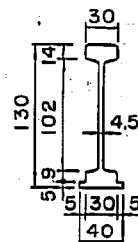
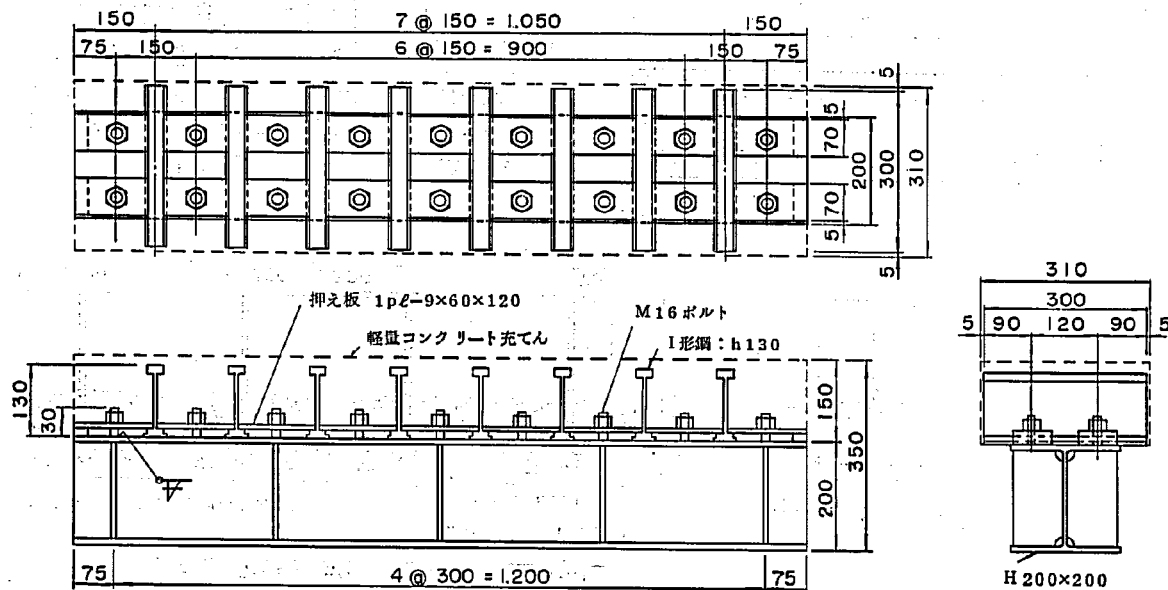
粗骨材	人工軽量骨材 (メサライト), 最大寸法 15mm
細骨材	天然砂
セメント	普通ポルトランドセメント
混和剤	減水剤 (ヴィンゾル)

示方配合

粗骨材の 最大寸法	W (kg/m³)	C (kg/m³)	W/C (%)	S/A (%)	S (kg/m³)	G (kg/m³)	混和剤 (ヴィンゾル)	スランプ の範囲
15mm	138	310	45	40	744	650	93g	6 ± 1cm



図一 3 供試体概要 (供試体 C)



充てんコンクリート

材料

粗骨材: 人工軽骨材 (メサライト) 最大寸法 15 mm

細骨材: 天然砂

セメント: 普通ポルトランドセメント

混和剤: 減水剤 (グィンゾル)

示方配合

粗骨材の 最大寸法	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	W/C (%)	S/A (%)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)	混和剤 (グィンゾル)	スランプ の範囲
15 mm	138	130	45	40	744	650	93g	6 $\pm$ 1 cm

図-4 載荷状態

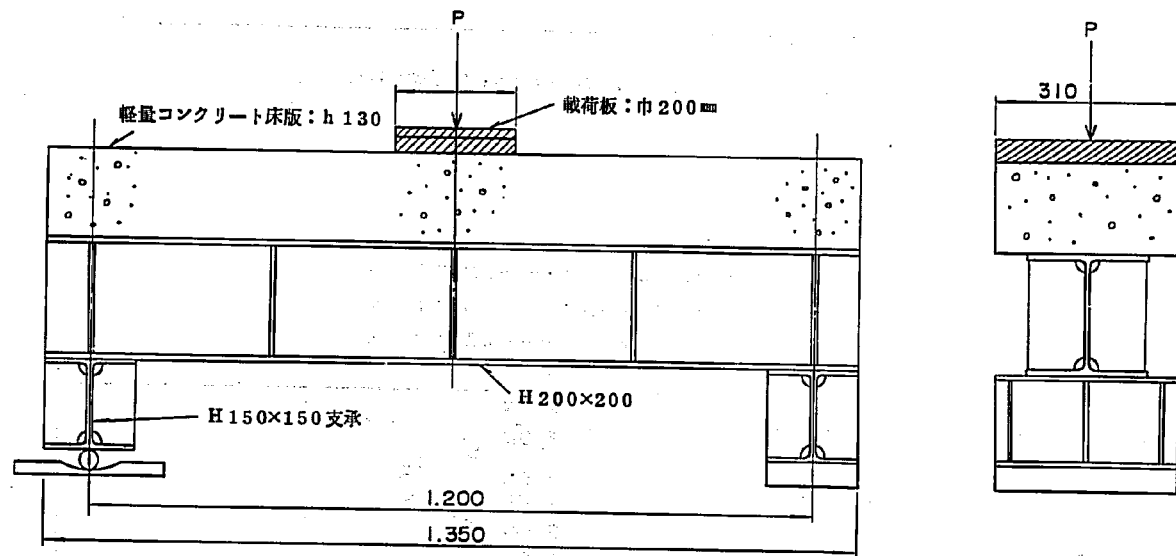
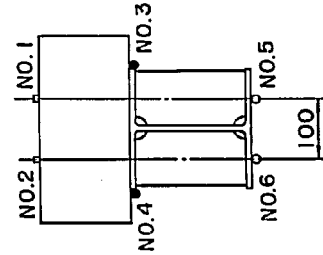
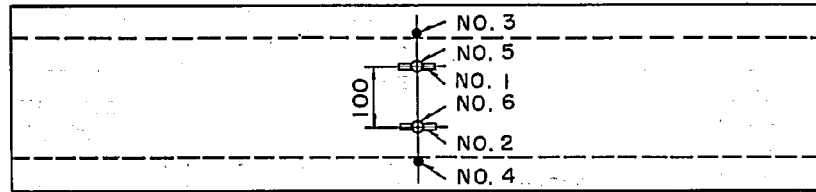


図-5 測点位置

(1) ひずみ測点(ワイヤーストレインゲージ)



- 筋 1, 筋 2 床版上面
- 筋 3, 筋 4 Hげた上フランジ側面
- 筋 5, 筋 6 Hげた下フランジ下面

(2) たわみ測点(1/100mmダイヤルゲージ) ダイヤルゲージ

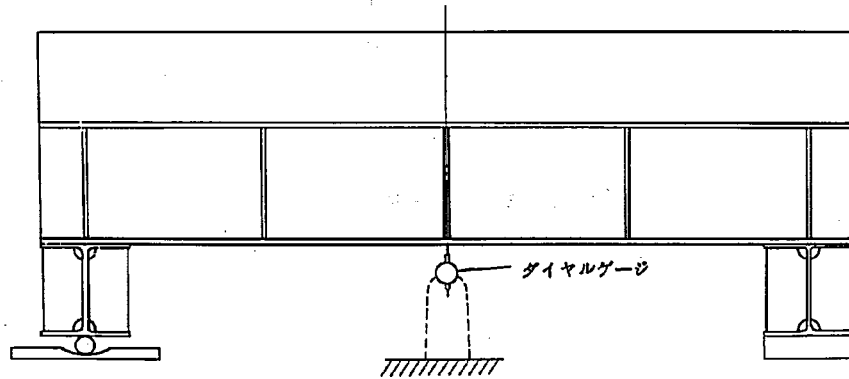


表 一 実 験 経 過

供試体番号	繰返し数(回)	繰返し載荷開始前および繰返し載荷中における静的載荷実験の荷重範囲(t)	繰返し載荷における荷重振巾(t)
A - 1	0	0→5.0→10.0→12.0→0(3回繰返し)	2.0~12.0
	500 000	"	
	1 000 000	"	
	1 500 000	"	
	2 050 000	"	
	2 050 000	0→5.0→10.0→15.0→18.0→0(3回繰返し)	
	2 550 000	"	
A - 2	0	0→5.0→10.0→12.0→0(3回繰返し)	2.0~12.0
	500 000	"	
	1 020 000	"	
	1 510 000	"	
	2 000 000	"	
	2 000 000	0→5.0→10.0→15.0→18.0→0(3回繰返し)	
	2 500 000	"	
B - 1	0	0→5.0→10.0→12.0→0(3回繰返し)	2.0~12.0
	560 000	"	
	1 000 000	"	
	1 500 000	"	
	2 000 000	"	
	2 000 000	0→5.0→10.0→15.0→18.0→0(3回繰返し)	
	2 500 000	"	
B - 2	0	0→5.0→10.0→12.0→0(3回繰返し)	2.0~12.0
	500 000	"	
	1 000 000	"	
	1 500 000	"	
	2 000 000	"	
	2 000 000	0→5.0→10.0→15.0→18.0→0(3回繰返し)	
	2 500 000	"	
C - 1	0	0→5.0→10.0→12.0→0(3回繰返し)	2.0~12.0
	500 000	"	
	1 000 000	"	
	1 500 000	"	
	2 050 000	"	
	2 050 000	0→5.0→10.0→15.0→18.0→0(3回繰返し)	
	2 500 000	"	
C - 2	0	0→5.0→10.0→12.0→0(3回繰返し)	2.0~12.0
	500 000	"	
	1 010 000	"	
	1 530 000	"	
	2 000 000	"	
	2 000 000	0→5.0→10.0→15.0→18.0→0(3回繰返し)	
	2 500 000	"	

表一 繰返し載荷後における静的破壊荷重

供試体番号	繰返し載荷における最終繰返し数	繰返し載荷後の静的破壊荷重 (t)	備 考
A - 1	N = 2,550,000 回	109.0	
A - 2	N = 2,800,000 回	115.5	
B - 1	N = 2,500,000 回	95.5	
B - 2	N = 2,500,000 回	120.0	
C - 1	N = 2,500,000 回	100.0	
C - 2	N = 2,500,000 回	108.0	

表-3.1 荷重～ひずみ関係測定結果 (供試体番号: A-1)

(単位: $\times 10^{-6}$)

くり返し回数 測点番号	0 万回時			50 万回時			100 万回時			150 万回時			205 万回時			205 万回時				255 万回時				備 考
	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	15	18	5	10	15	18	
1	-75	-177	-213	-103	-214	-254	-103	-214	-256	-109	-220	-261	-109	-220	-262	-110	-218	-325	-390	-118	-232	-345	-410	
2	-100	-208	-250	-109	-220	-262	-111	-222	-263	-110	-219	-260	-112	-219	-262	-110	-219	-329	-395	-112	-225	-340	-405	
3	17	40	45	19	40	49	20	43	50	20	40	47	21	40	47	18	38	55	70	20	40	53	70	
4	25	48	55	24	43	52	23	43	50	25	47	55	26	49	55	25	48	70	85	30	50	70	87	
5	82	160	190	82	162	191	80	160	190	83	167	195	83	165	195	82	163	245	295	88	171	254	304	
6	85	165	195	84	166	196	85	167	197	85	168	195	83	167	197	85	168	245	295	88	171	251	294	

表-3.2 荷重～ひずみ関係測定結果 (供試体番号: A-2)

(単位: $\times 10^{-6}$)

くり返し回数 測点番号	0 万回時			50 万回時			102 万回時			151 万回時			200 万回時			200 万回時				280 万回時				備 考
	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	15	18	5	10	15	18	
1	-179	-276	-329	-125	-245	-297	-125	-253	-296	-127	-254	-303	-124	-250	-298	-131	-253	-374	-444	-117	-240	-355	-426	
2	-113	-225	-272	-120	-239	-289	-120	-241	-288	-120	-245	-292	-119	-243	-286	-120	-239	-361	-430	-124	-255	-376	-451	
3	36	67	84	30	60	70	35	70	80	33	65	75	35	65	78	30	60	92	110	30	62	90	108	
4	14	29	35	13	30	35	15	30	38	15	30	38	15	35	40	15	35	55	68	14	31	51	63	
5	83	168	200	87	170	205	84	168	201	85	168	202	86	172	200	85	170	252	303	87	175	257	307	
6	82	165	198	83	163	195	90	170	200	85	168	200	85	167	197	85	165	247	297	87	170	250	298	

表-3.3 荷重～たわみ関係測定結果 (供試体番号: A-1, A-2)

(単位: $\times 10^{-2}$ mm)

供試体番号 くり返し回数	0 万回時			50 万回時			100 万回時			150 万回時			205 万回時			205 万回時				255 万回時			
	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	15	18	5	10	15	18
A-1	47	69	74	35	52	58	36	53	58	36	53	58	37	53	58	37	53	68	76	38	54	70	79
供試体番号 くり返し回数	0 万回時			50 万回時			102 万回時			151 万回時			200 万回時			200 万回時				280 万回時			
	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	15	18	5	10	15	18
A-2	38	62	70	39	61	68	34	54	61	41	63	69	34	54	60	34	54	70	80	36	57	73	83

表-3.4 荷重～ひずみ関係測定結果 (供試体番号: B-1)

(単位: $\times 10^{-3}$)

くり返し回数 荷重 (t)	0 万回時			46 万回時			100万回時			150万回時			200万回時			200万回時				250万回時				備 考
測点番号	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	15	18	5	10	15	18	
1	-107	-225	-273	-110	-232	-282	-120	-241	-291	-125	-242	-290	-127	-242	-290	-126	-241	-357	-427	-129	-250	-370	-443	
2	-92	-198	-243	-100	-220	-267	-105	-216	-261	-111	-214	-257	-115	-220	-265	-115	-218	-327	-395	-117	-225	-338	-408	
3	37	70	83	47	78	90	30	51	56	30	49	58	30	52	60	30	53	73	85	30	52	73	86	
4	7	20	25	0	13	20	20	40	50	20	40	50	18	38	50	20	40	68	85	17	32	56	71	
5	55	125	153	66	144	175	80	155	185	80	150	180	83	153	185	83	158	232	275	80	155	230	275	
6	98	187	222	110	204	240	93	175	205	92	173	203	98	178	210	97	180	257	305	97	182	267	312	

表-3.5 荷重～ひずみ関係測定結果 (供試体番号: B-2)

(単位: $\times 10^{-3}$)

くり返し回数 荷重 (t)	0 万回時			50 万回時			100万回時			150万回時			200万回時			200万回時				250万回時				備 考
測点番号	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	15	18	5	10	15	18	
1	-108	-216	-262	-110	-232	-280	-117	-240	-288	-113	-232	-282	-112	-228	-277	-110	-227	-346	-415	-112	-238	-367	-441	
2	-118	-233	-281	-122	-249	-300	-130	-255	-308	-127	-253	-303	-124	-246	-295	-120	-246	-366	-441	-124	-254	-383	-459	
3	14	34	43	13	13	20	15	16	23	15	18	23	20	20	30	16	21	37	52	18	15	15	27	
4	29	60	74	18	30	40	18	30	38	18	28	35	18	30	35	16	28	46	57	13	17	17	27	
5	98	188	225	100	190	225	105	190	225	103	188	222	103	190	220	103	188	267	314	105	194	281	327	
6	70	152	188	80	165	200	83	168	200	80	164	195	80	167	198	79	165	243	292	81	173	261	310	

表-3.6 荷重～たわみ関係測定結果 (供試体番号: B-1, B-2)

(単位: $\times 10^{-2}$ mm)

供試体番号 くり返し回数 荷重 (t)	0 万回時			46 万回時			100万回時			150万回時			200万回時			200万回時				250万回時			
測点番号	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	15	18	5	10	15	18
B-1	29	53	60	29	52	60	37	58	65	39	60	68	40	61	68	40	62	79	88	43	70	90	99
供試体番号 くり返し回数 荷重 (t)	0 万回時			50 万回時			100万回時			150万回時			200万回時			200万回時				250万回時			
測点番号	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	15	18	5	10	15	18
B-2	58	84	92	58	86	94	63	89	96	64	89	97	60	86	94	60	87	105	114	68	99	119	128

表-3.7 荷重～ひずみ関係測定結果 (供試体番号: C-1)

(単位: $\times 10^{-4}$)

くり返し回数 測定番号	0 万回時			50 万回時			100 万回時			150 万回時			205 万回時			205 万回時				250 万回時				備 考
	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	15	18	5	10	15	18	
1	-118	-248	-298	-130	-262	-318	-130	-263	-318	-131	-265	-318	-132	-267	-321	-130	-265	-398	-478	-137	-277	-419	-505	
2	-130	-260	-308	-139	-264	-315	-136	-265	-316	-141	-270	-321	-137	-267	-319	-137	-266	-394	-469	-168	-289	-441	-526	
3	22	48	57	25	48	55	25	47	57	23	48	55	25	50	58	25	50	70	85	15	27	39	50	
4	28	48	55	17	32	38	18	33	40	18	35	45	14	31	40	18	33	53	63	15	25	35	45	
5	100	187	220	93	180	217	93	182	218	95	182	219	95	183	217	95	183	267	322	98	191	282	337	
6	85	169	204	93	180	218	92	182	218	92	183	217	93	183	217	91	183	267	320	98	193	286	339	

表-3.8 荷重～ひずみ関係測定結果 (供試体番号: C-2)

(単位: $\times 10^{-4}$)

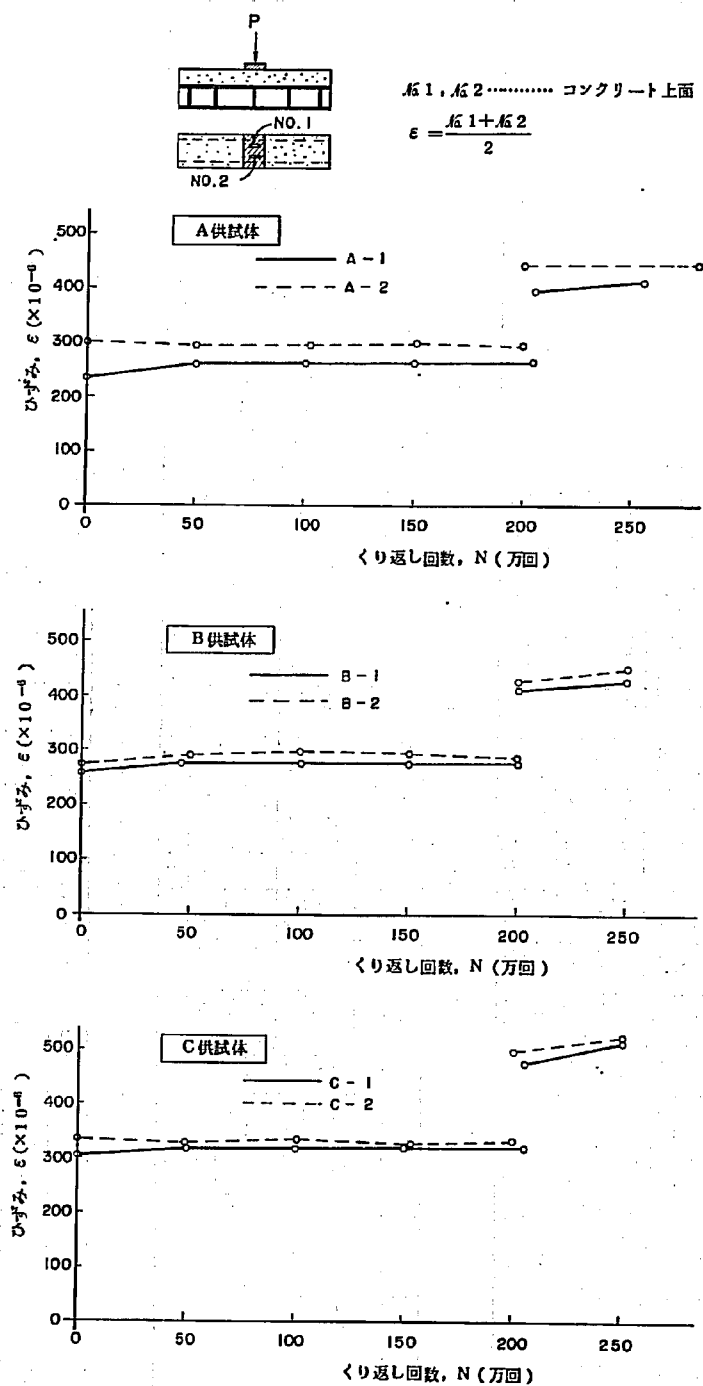
くり返し回数 測定番号	0 万回時			50 万回時			101 万回時			153 万回時			200 万回時			200 万回時				250 万回時				備 考
	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	15	18	5	10	15	18	
1	-119	-243	-294	-128	-260	-312	-133	-265	-317	-133	-262	-313	-138	-267	-320	-138	-270	-398	-475	-141	-280	-416	-507	
2	-153	-310	-375	-132	-286	-343	-139	-288	-346	-135	-284	-340	-137	-286	-343	-135	-284	-426	-521	-137	-296	-440	-538	
3	-3	-3	-2	-5	-3	-2	-3	-2	0	-5	-2	0	-10	-7	-4	-5	-5	10	20	-8	-8	1	10	
4	44	87	101	45	80	92	44	83	93	45	83	95	44	83	95	45	82	110	127	43	78	103	115	
5	112	220	263	120	230	270	123	228	268	120	225	263	120	225	262	120	228	326	377	120	231	329	387	
6	61	124	149	60	122	150	63	128	155	62	127	155	62	128	153	62	130	200	250	67	132	207	255	

表-3.9 荷重～たわみ関係測定結果 (供試体番号: C-1, C-2)

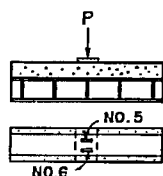
(単位: $\times 10^{-2}$ mm)

(単位: $\times 10^{-2}$ mm)																								
供試 番号	くり返し回数 荷重 (t)	0 万回時			50 万回時			100 万回時			150 万回時			205 万回時			205 万回時				250 万回時			
		5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	15	18	5	10	15	18
C — 1		28	47	54	31	51	58	32	50	58	31	51	58	31	50	57	31	50	67	77	33	53	72	81
供試 番号	くり返し回数 荷重 (t)	0 万回時			50 万回時			101 万回時			153 万回時			200 万回時			200 万回時				250 万回時			
		5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	12	5	10	15	18	5	10	15	18
C — 2		33	64	74	35	60	68	37	63	72	40	67	75	43	72	81	42	72	94	104	48	75	96	107

図一6.1 繰返し載荷によるひずみの変化(コンクリート上面)

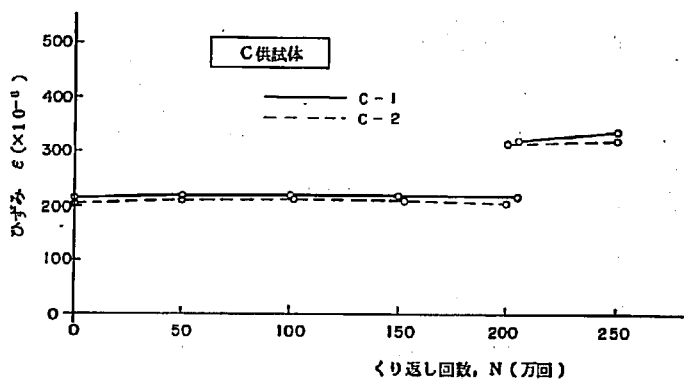
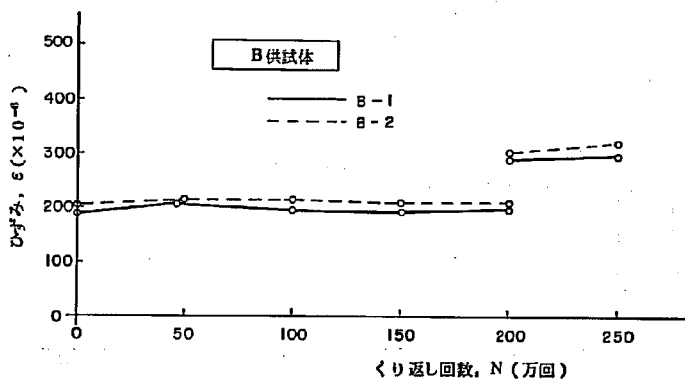
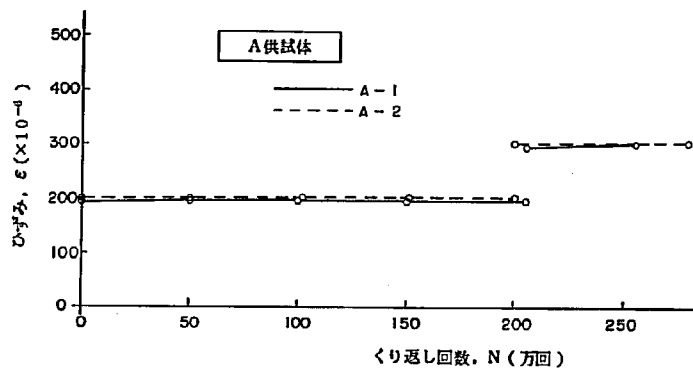


図一 6.2 繰返し載荷によるひずみの変化 (H げた下フランジ)

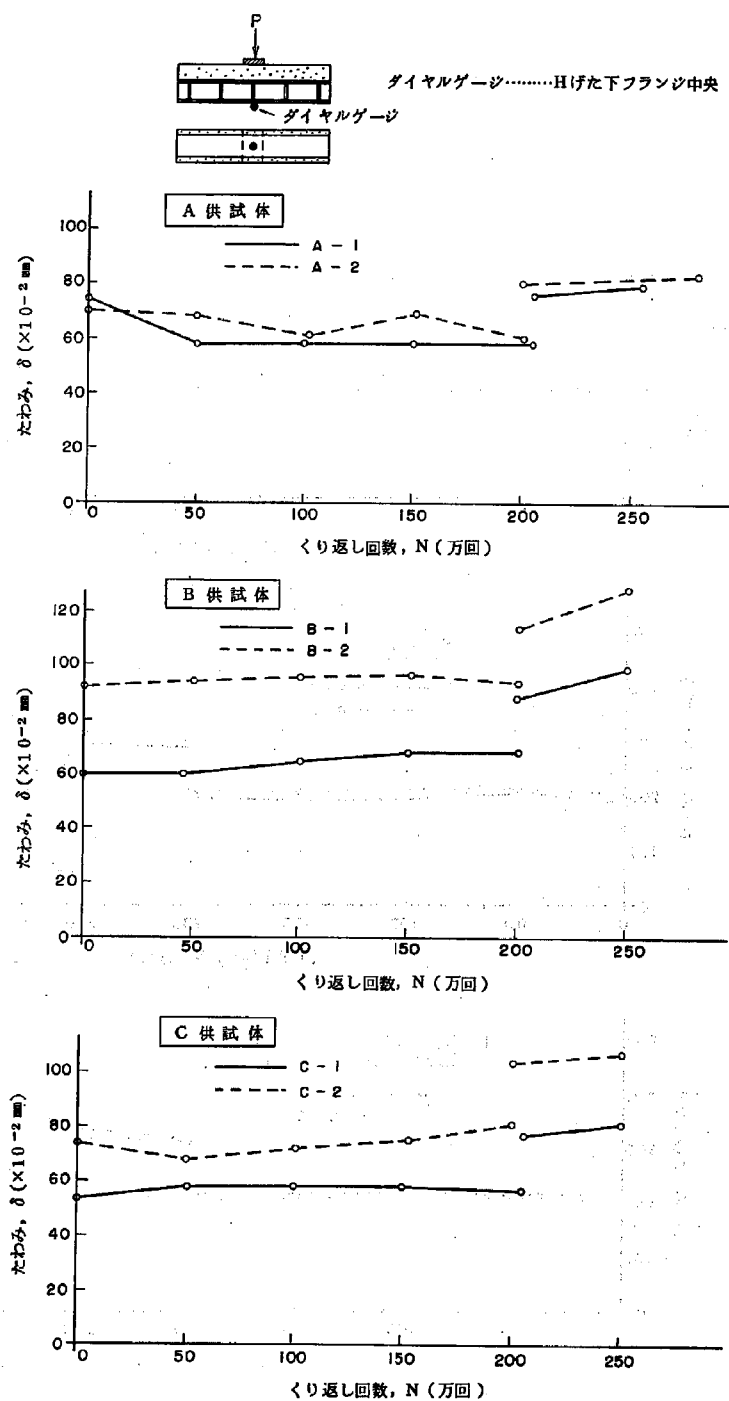


NO. 5 NO. 6 H げた下フランジ下面

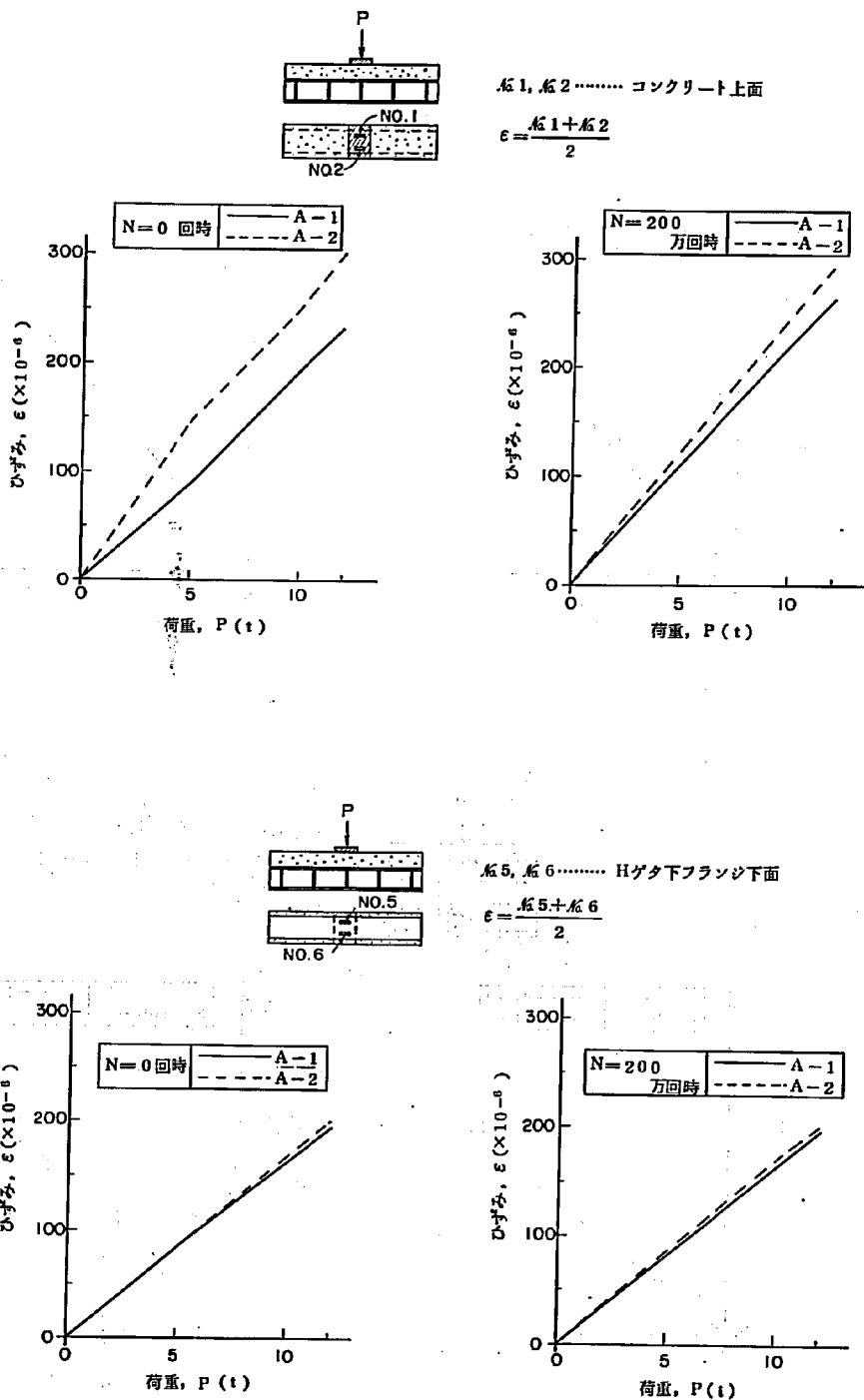
$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_{NO.5} + \varepsilon_{NO.6}}{2}$$



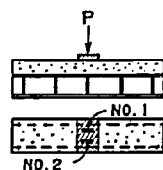
図一七 繰返し載荷によるたわみの変化



図一 8.1 荷重～ひずみ関係（供試体 A）

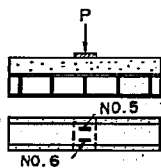
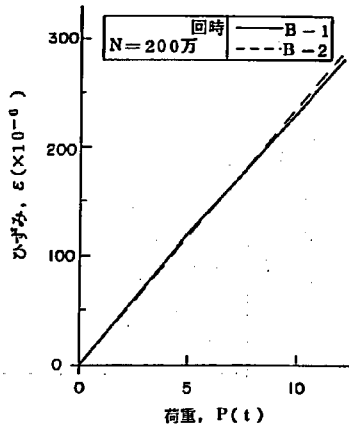
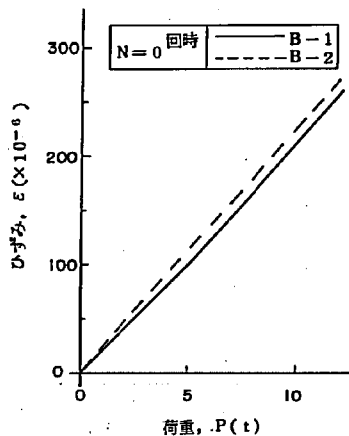


図—8.2 荷重～ひずみ関係（供試体 B）



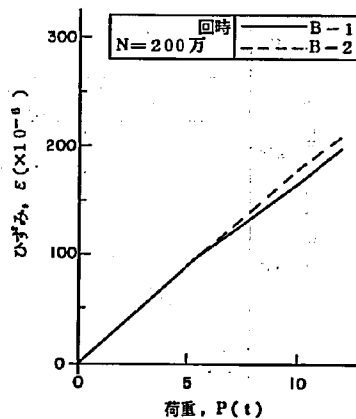
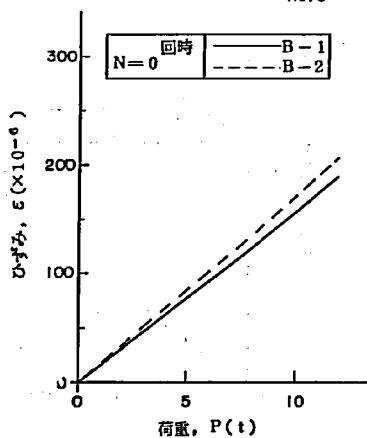
筋 1, 筋 2 コンクリート上面

$$\epsilon = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{2}$$

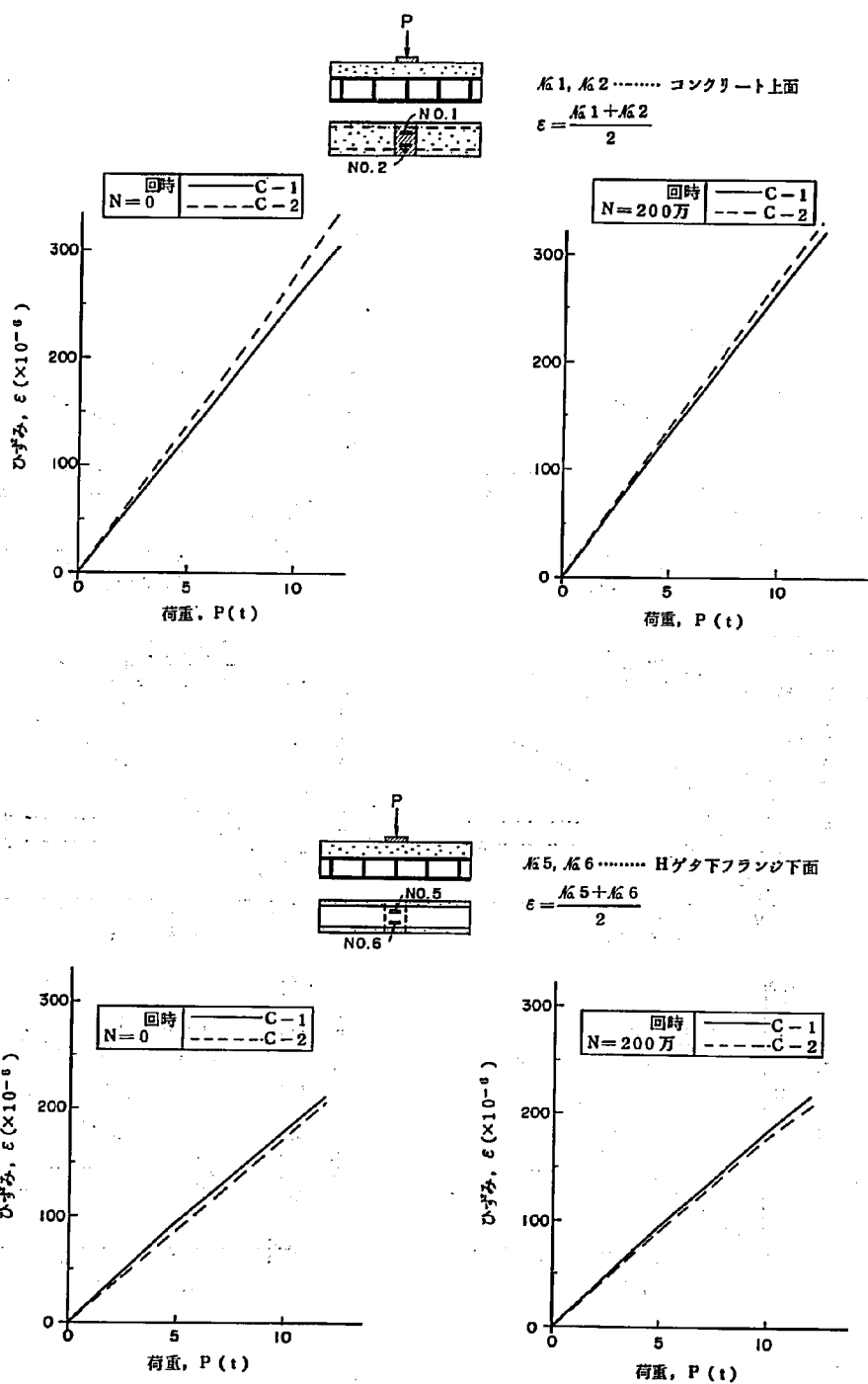


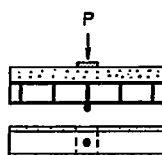
筋 5, 筋 6 Hゲタ下フランジ下面

$$\epsilon = \frac{\epsilon_5 + \epsilon_6}{2}$$



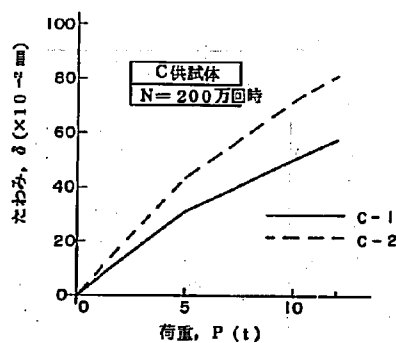
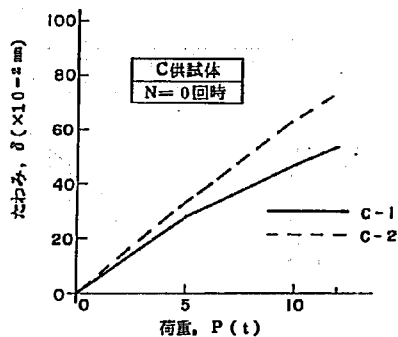
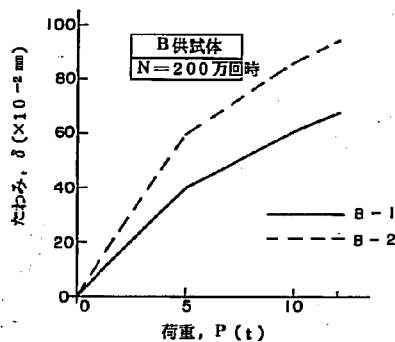
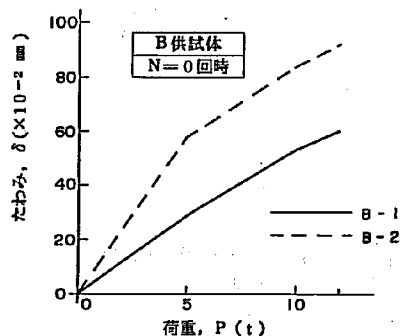
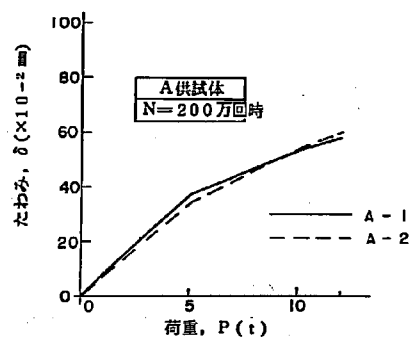
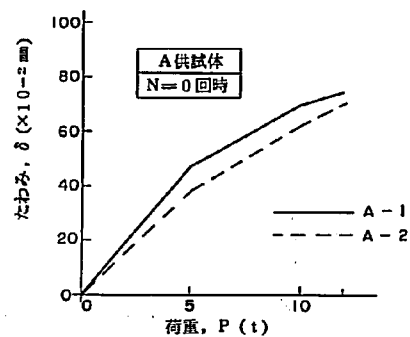
図—8.3 荷重～ひずみ関係（供試体 C）





ダイヤルゲージ………Hけた下フランジ中央

図-9 荷重～たわみ関係



(3) 軽量骨材選定の基準について (意見)

別添の土木研究所、大学等において実施された国産 4~5種の軽量骨材およびそれらを用いたコンクリートの実験資料を参考にして、コンクリート充てん網格子版の充てんコンクリートを対象に軽量骨材の選定基準について考えると、これら各社の骨材は試験項目ごとに多少の優劣は認められるものの、総合的にみて一概に優劣はつけ難く、別添資料に扱われている銘柄に関するかぎり、品質の面から序列をつけることは困難と判断される。

たとえば、骨材の物理的性質のなかで銘柄による差異がもっとも大きい吸水量について考える場合、凍結融解作用をうける気候条件の地域に用いる場合には明らかに吸水量の小さい骨材を用いることがコンクリートの耐久性のうえから有利であり、また、コンクリートの打設にコンクリートポンプを使用する場合にも吸水量の小さい骨材の使用が有利なことがたしかめられているが、閘門橋床版の場合、前者についてはその気候条件に該当せず、後者についてはスランプ 6~7 cm のコンクリートの使用が予定されていて、コンクリートポンプ使用は考えられない(コンクリートポンプ使用が可能なのは、一般には普通コンクリートでスランプ 10 cm 程度以上、軽量コンクリートでは 15~20 cm 以上といわれている)ので、骨材の吸水量の多小は骨材選定にあたって決定的な条件とはならないと思われる。

骨材の物理的性質にかかわるその他の項目、ならびにそれらの骨材を用いたコンクリートの諸性質について比較しても、銘柄による差異は、それをもって決定的条件としうるほどではないように見うけられる。

ニチライト、宇部軽骨の両銘柄については、骨材の品質ならびにそれらを用いたコンクリートの品質についての資料が入手できなかったため、比較検討の対象としなかった。

以上のように、別添資料で扱われているような銘柄の骨材について、手もとにある資料からそれらの優劣を判断することは困難であるが、閘門橋床版用のコンクリート骨材の選定にあたって留意するのがよいと思われる一般的事項を挙げると、つぎのとおりである。

- (1) 建設省の認可基準(昭和 39 年、住宅局建築指導課長通達)に適合する(すなわち、認可済の)軽量骨材であること。
- (2) 十分な品質管理のもとで生産され、かつ供給の安定したものであること。
- (3) 土木構造物(とくに橋梁上部)への使用実績が豊富であること。

建設省技術研究補助金（昭和43年度）による
「軽量骨材の割合成げた橋への適用に関する研究」

研究実施場所

高田機工株式会社試験室
名古屋大学工学部土木工学科実験室
京都大学工学部土木工学教室実験室
神戸大学工学部土木工学教室実験室
日曹マスタービルダーズKK中央研究所

軽量コンクリートに関する資料

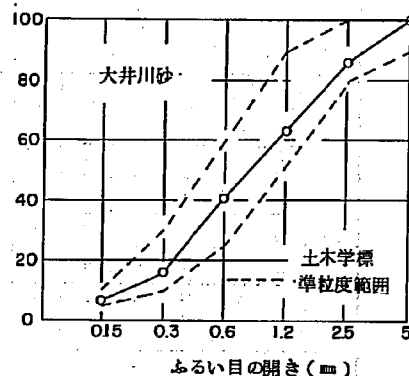
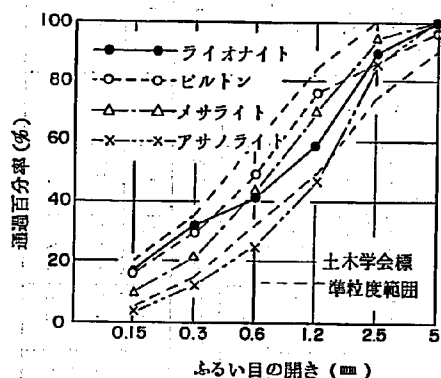
- 表-1. 骨材試験結果
表-2. コンクリートの示方配合および試験成績
図-1. コンクリートの圧縮強度
図-2. 圧縮強度と曲げ強度との関係
図-3. 圧縮強度と引張強度との関係

表一. 骨材試験結果

細 骨 材

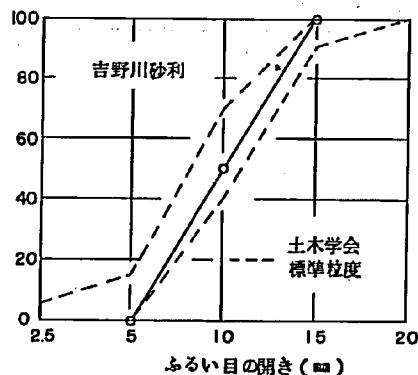
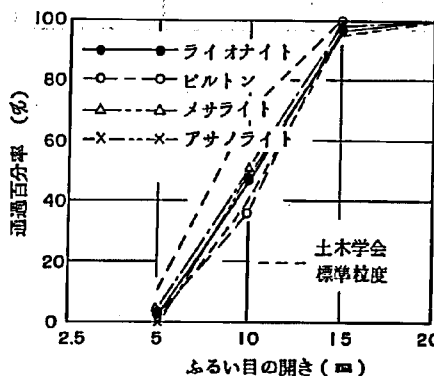
項 目 骨材の種類		表 乾 比 重	絶 乾 比 重	吸水量 (%)	単 重 (kg/m³)	粒 度 (ふるい残留百分率%)						F.M.
						5mm	2.5	12	0.6	0.3	0.15	
造 粒 型	ビルトン	1.83 (1.85)	1.73 (1.73)	5.6 (6.8)	1,150	4	13	26	52	71	86	2.52
	ライオナイト	1.92	1.87	3.4	1,110	0	21	42	58	69	84	2.72
非造粒型	アサノライト	1.87	1.70	9.7	1,230	0	14	51	75	88	96	3.24
	アサライト	2.13 (2.12)	1.81 (1.81)	17.6 (17.2)	1,070	0	5	29	57	78	91	2.60
大井川砂		2.64	—	1.15	1,780	0	14	37	59	86	98	2.94

但 () 内は JIS A 1134 による測定値を示し、他は試験時の含水状態を示す。



粗 骨 材

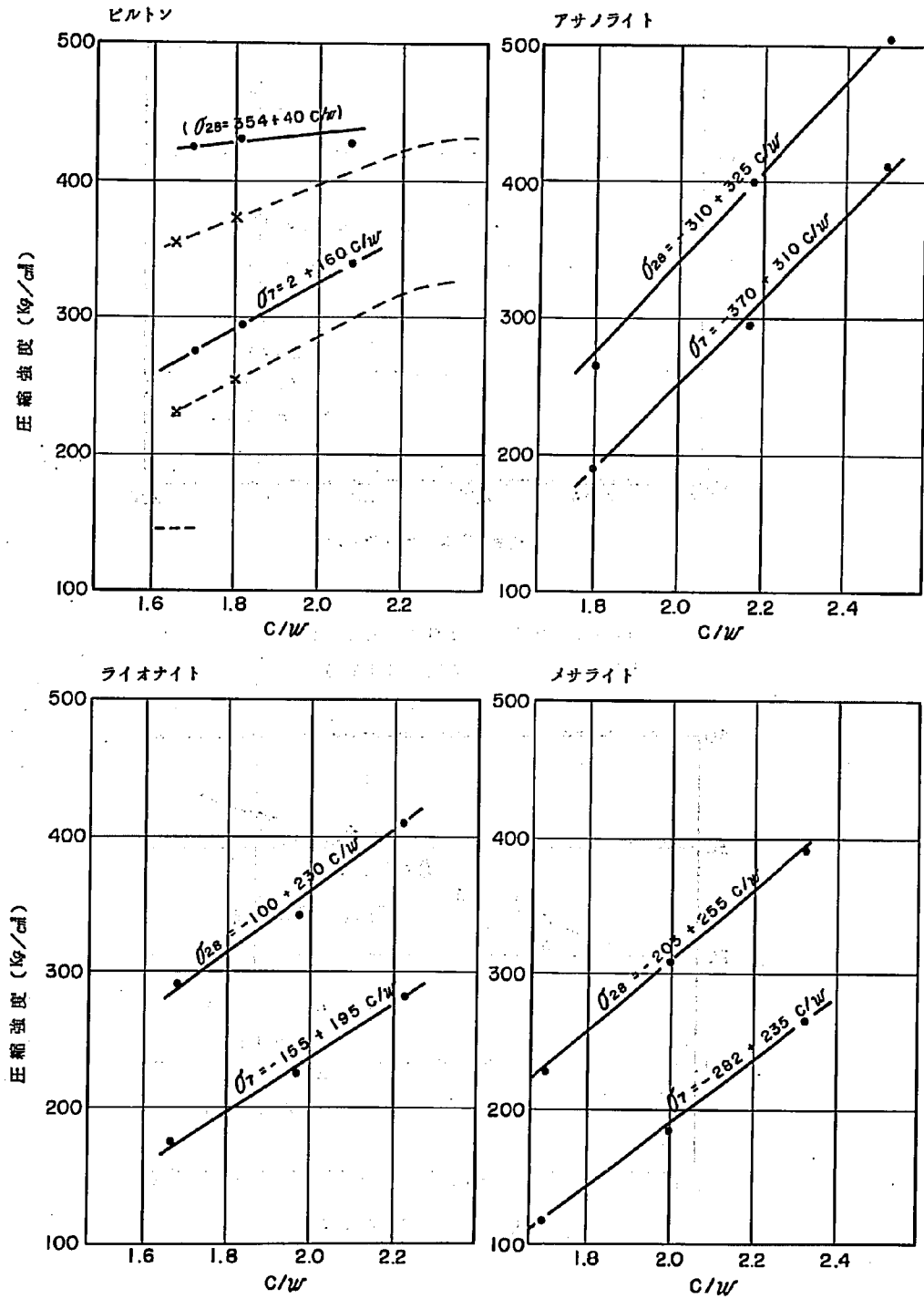
項 目 骨材の種類		表 乾 比 重	絶 乾 比 重	吸水量 (%)	単 重 (kg/m³)	粒 度 (ふるい残留百分率%)						F.M.
						20mm	15	10	5	2.5	12	
造 粒 型	ビルトン	1.38 (1.31)	1.23 (1.22)	12.3 (7.6)	970	0	0	66	99	100		6.65
	ライオナイト	1.39	1.34	3.5	920	0	3	54	99	100		6.52
非造粒型	アサノライト	1.48 (1.44)	1.30 (1.29)	13.9 (11.2)	790	0	3	52	100	100		6.53
	メサライト	1.57 (1.44)	1.30 (1.29)	21.1 (13.0)	850	0	2	49	96	100		6.45
吉野川砂利		2.65	—	1.39	1,680	0	0	50	100	100		6.50



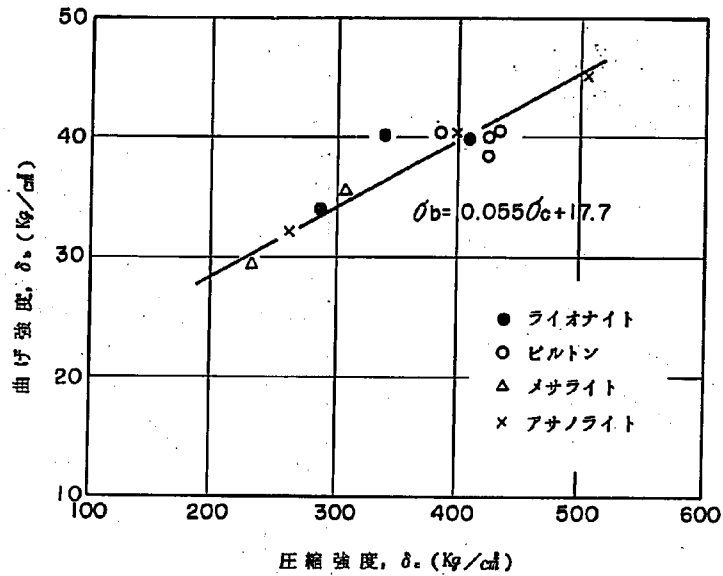
表一2. コンクリートの示方配合および試験成績

骨材の種類	配合 の 記号	示 方 配 合							試 験 成 績		
		W/C (%)	C (Kg/m ³)	W (Kg/m ³)	S/A (%)	S (Kg/m ³)	G (Kg/m ³)	混和剤	スランブ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (°C)
ライオナイト	L-45	45	367	165	40	513	558	ボソリス Ⅷ 8	5.1	5.2	23.5
	L-51	51	325	164	42	546	546	"	5.4	5.4	23.6
	L-60	60	275	164	45	599	530	"	4.4	5.1	23.1
ピルトン	B-48	48	386	185	40	466	527	"	5.1	5.7	23.5
	B-55	55	340	187	41	487	529	"	5.6	5.7	23.3
	B-59	59	317	186	44	530	508	"	5.2	5.6	23.6
ピルトン (追加実験)	B-a	55	300	165	41	524	574	"	5.3	5.3	—
	B-b	61	270	165	44	570	553	"	3.5	5.0	—
メサライト	M-43	43	350	151	39	567	654	"	5.9	4.9	23.1
	M-50	50	306	153	41	607	644	"	5.3	5.2	23.2
	M-59	59	273	161	44	654	612	"	5.1	6.4	23.1
アサノライト	A-40	40	400	159	47	579	516	"	5.4	5.4	23.6
	A-46	46	340	158	48	609	522	"	5.3	7.0	23.6
	A-56	56	280	158	51	572	506	"	5.1	7.9	23.1

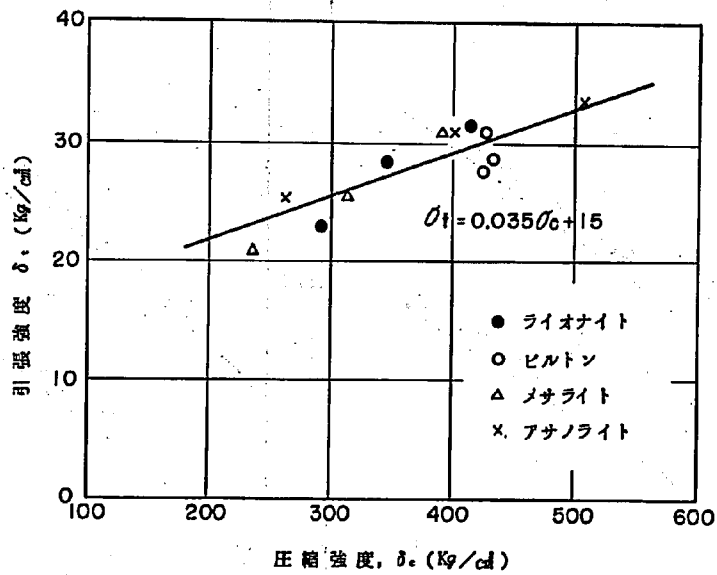
図-1 コンクリートの圧縮強度



図一 2 圧縮強度と曲げ強度との関係
(材令 28 日)



図一 3 圧縮強度と引張強度との関係
(材令 28 日)



土木研究所コンクリート研究室における
軽量コンクリート試験の結果

比重および吸水量

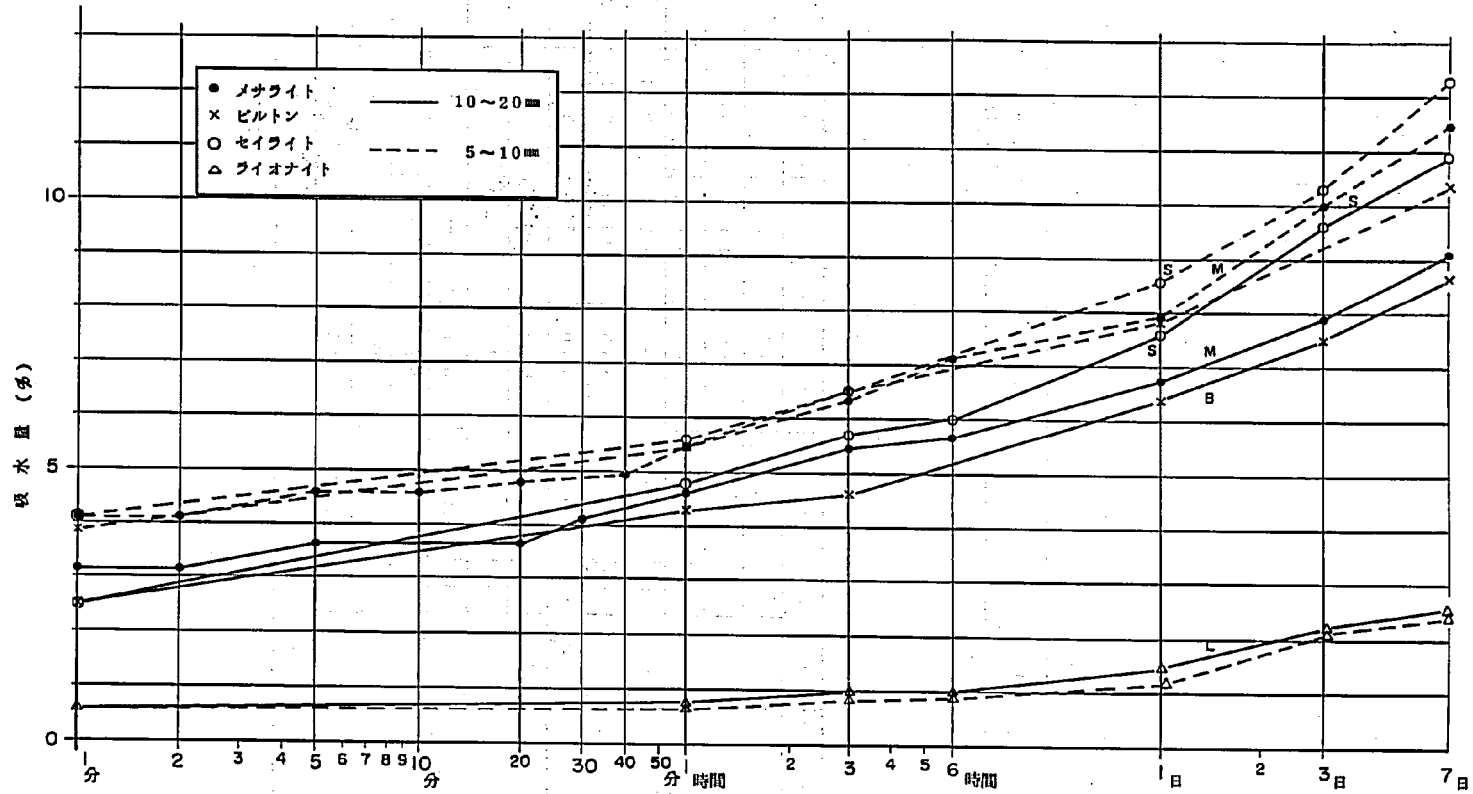
項目	粒径 (mm)	天然砂利	メサライト	ピルトン	セイライト	ライオナイト
比 重	5~10	2.63 (2.59)	1.32 (1.21)	1.50 (1.29)	1.47 (1.27)	1.44 (1.40)
	10~15	2.63 (2.60)	1.31 (1.22)	1.40 (1.22)	1.45 (1.26)	1.34 (1.30)
	15 以上	2.63 (2.60)	1.28 (1.20)	1.27 (1.14)	1.43 (1.26)	—
吸 水 量 (%)	5~10	1.41	8.74	13.8	13.8	2.99
	10~15	1.26	6.99	12.9	13.2	3.23
	15 以上	1.23	6.20	10.2	11.9	—

括 () 内は絶乾比重を示す。

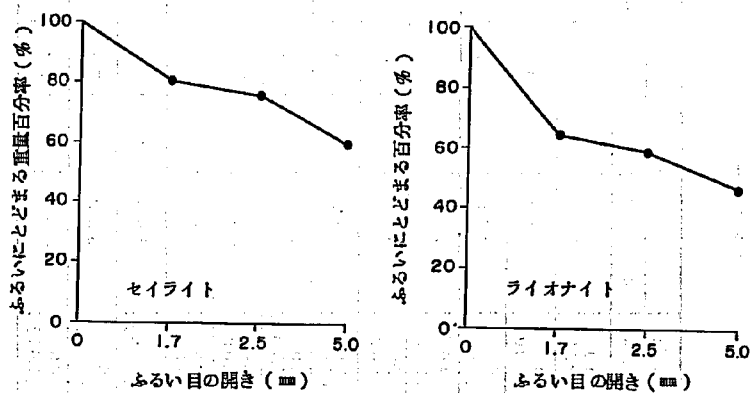
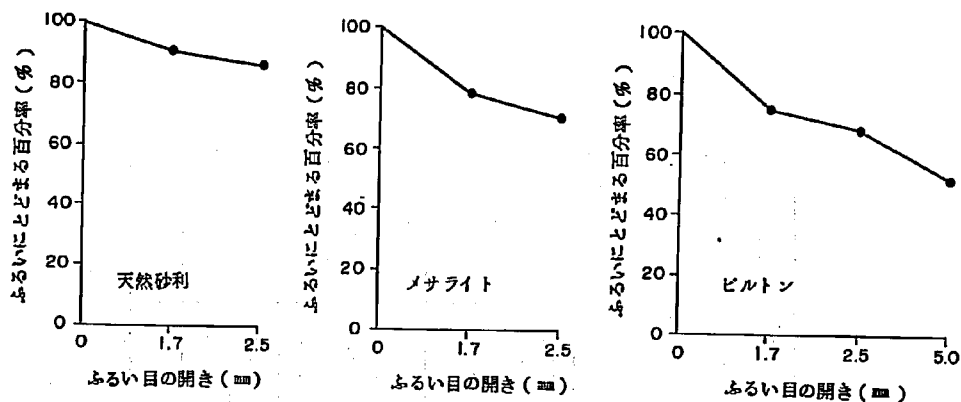
粗骨材の単位容積重量と空隙率

骨材の狀態	項 目		天然砂利	メサライト	ピルトン	セイライト	ライオナイト
表 乾	單 重 (Kg/m³)	1	1,704	889	919	950	889
		2	1,712	888	919	955	890
		3	1,703	890	918	953	883
		4	1,705	—	919	951	889
		平均	1,706	889	919	952	888
	空隙率(%)		35.4	36.0	35.6	34.5	35.2
気 乾	單 重 (Kg/m³)	1	1,690	815	—	—	—
		2	1,694	820	—	—	—
		3	1,696	820	—	—	—
		4	1,695	815	—	—	—
		5	—	815	—	—	—
		平均	1,694	817	—	—	—
	空隙率(%)		—	—	—	—	—

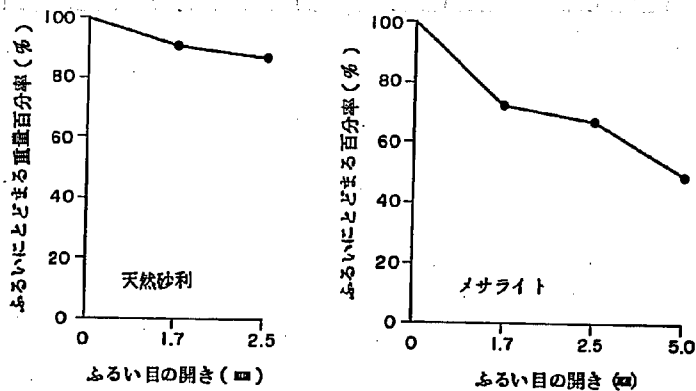
粗骨材の時間吸水量



(A) 表乾状態



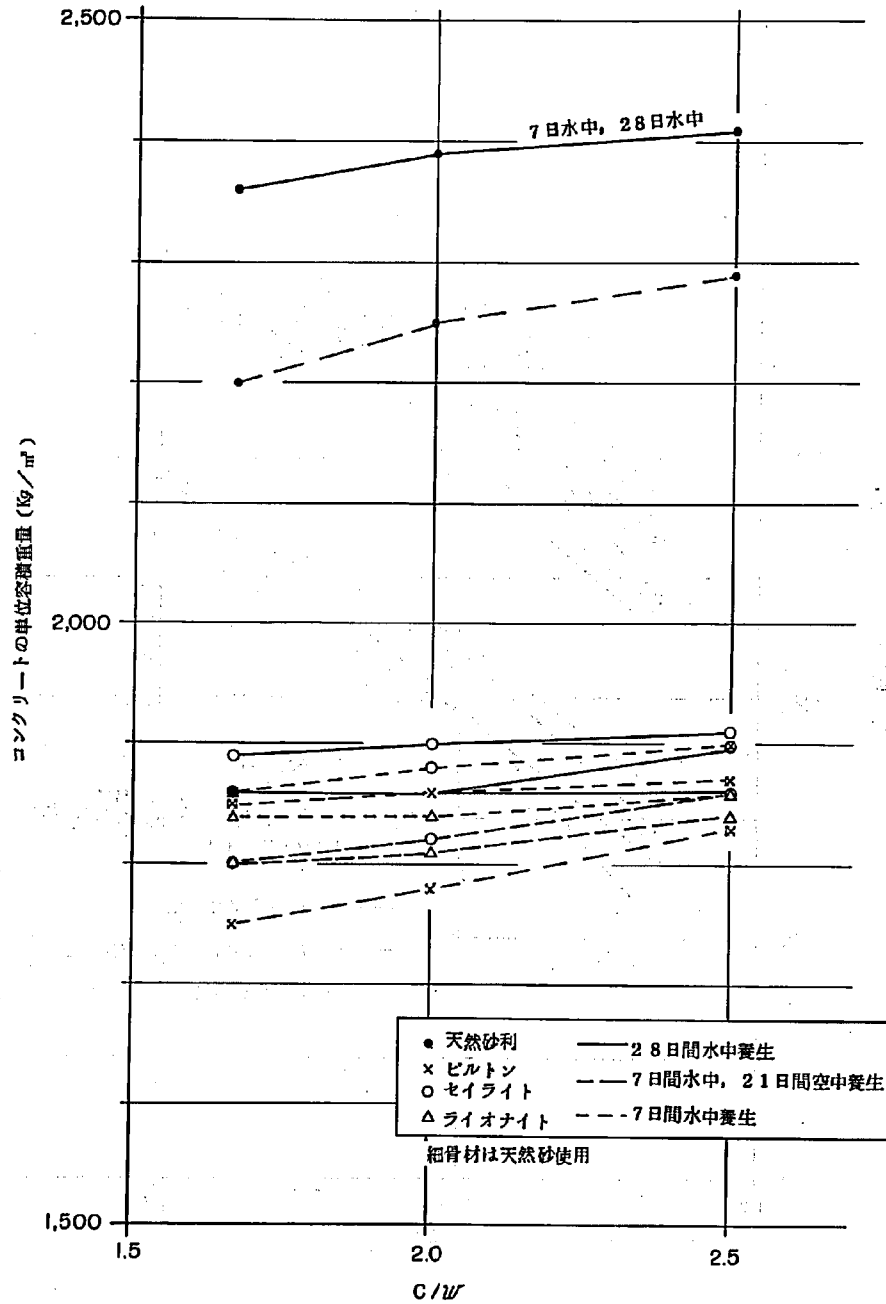
(B) 気乾状態



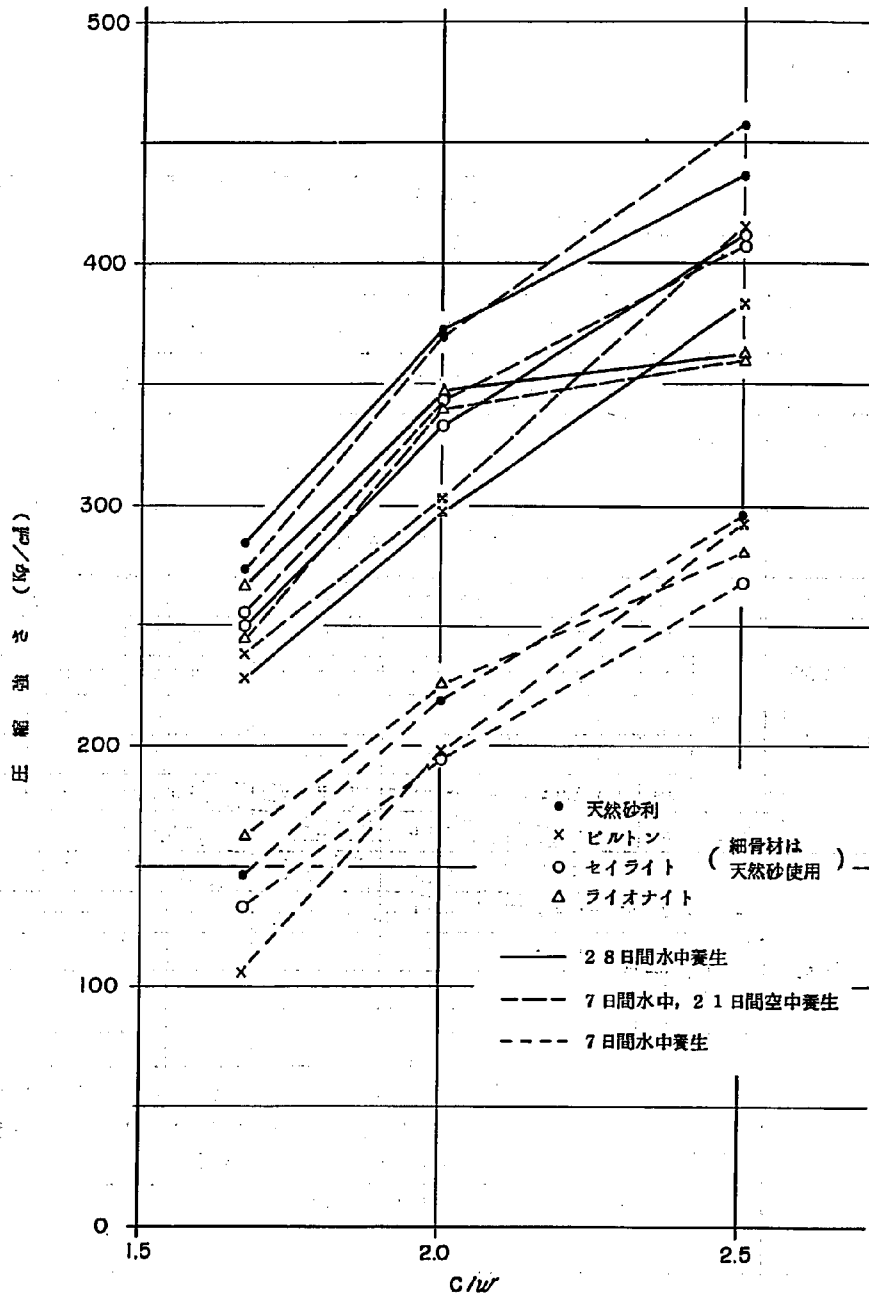
コンクリートの配合

粗骨材の種類	w/c (c/w)	配 合 (Kg/m ³)			
		セメント	水	細骨材(天然)	粗骨材(軽量)
天然砂利	40 (2.50)	435	174	666	1,084
	50 (2.00)	338	169	759	1,084
	60 (1.67)	278	167	814	1,084
ピルトン	40 (2.50)	438	175	637	588
	50 (2.00)	340	170	728	588
	60 (1.67)	280	168	786	588
セイライト	40 (2.50)	455	182	611	609
	50 (2.00)	348	174	710	609
	60 (1.67)	287	172	775	609
ライオナイト	40 (2.50)	463	185	624	568
	50 (2.00)	358	179	726	568
	60 (1.67)	295	177	783	568

コンクリートの単位容積重量

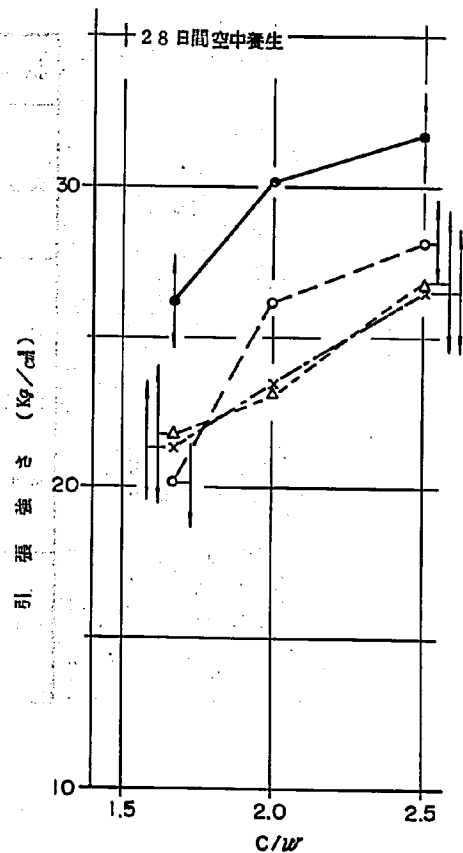
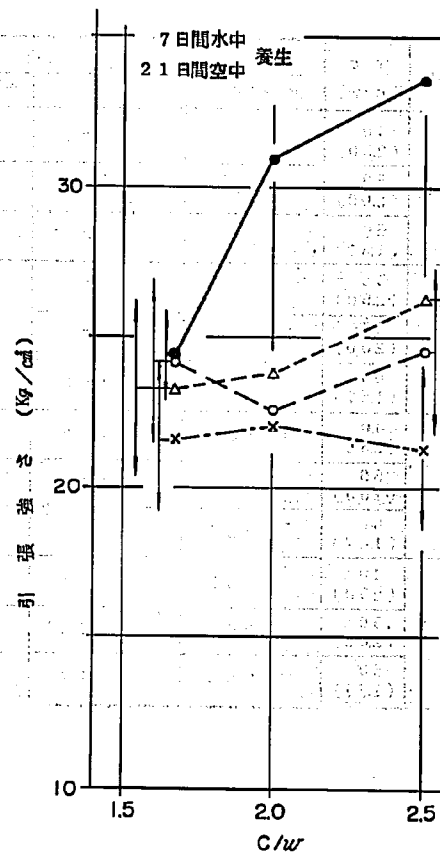
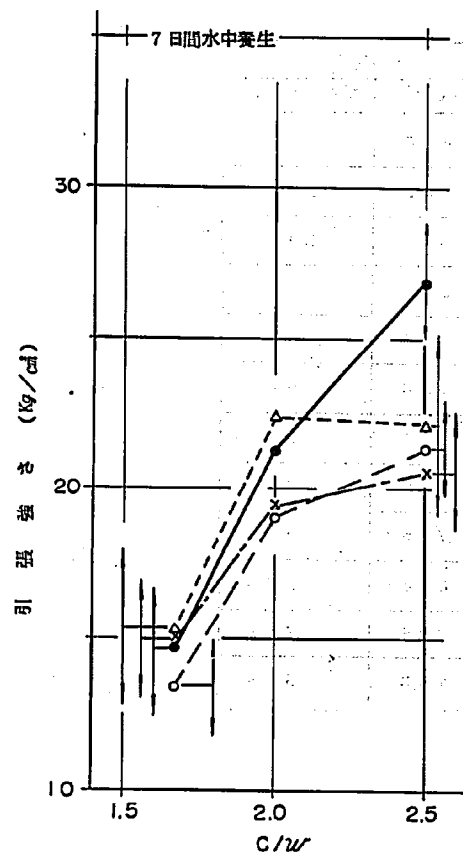
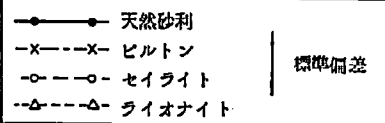


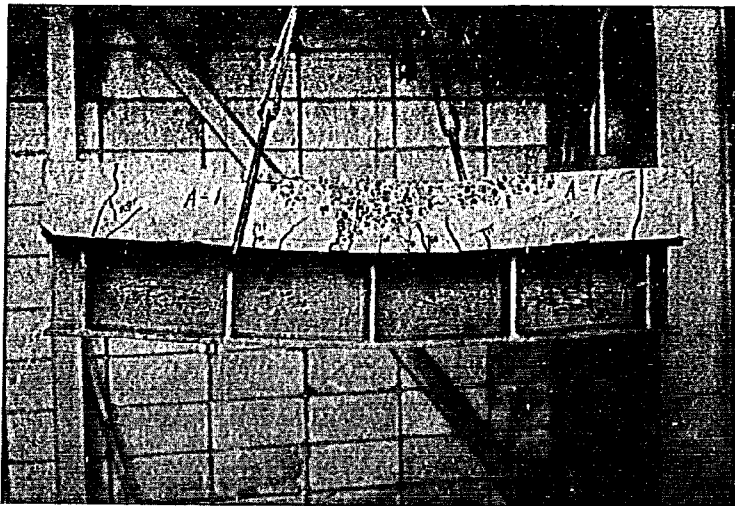
圧縮強さ



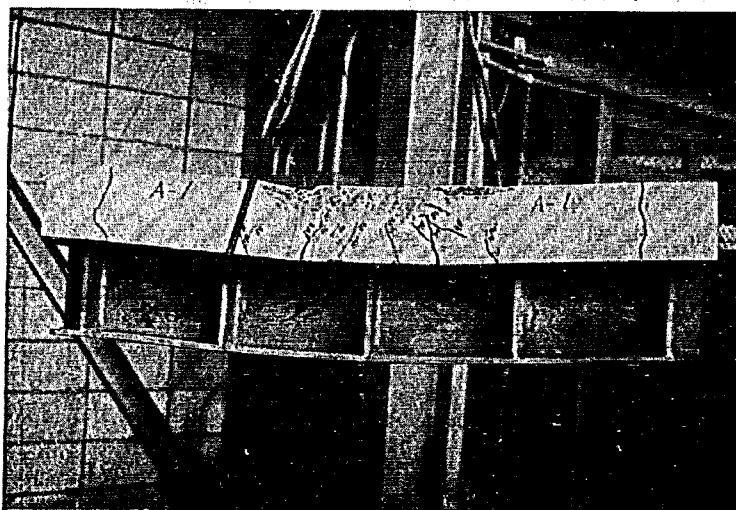
引 張 強 さ

細骨材は天然砂使用

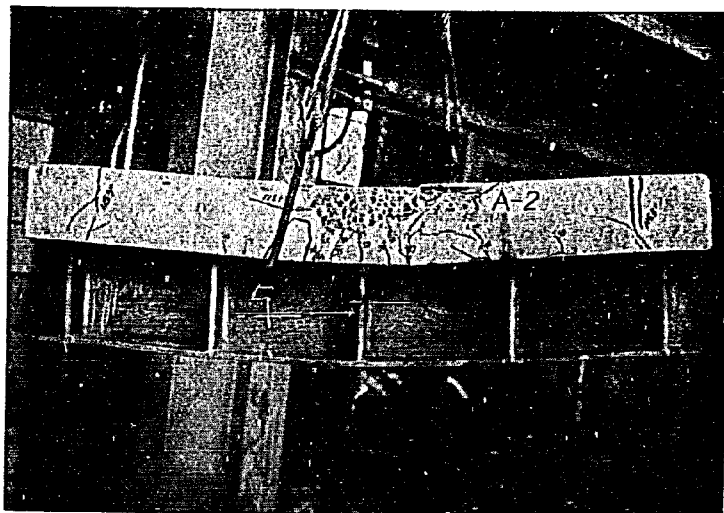




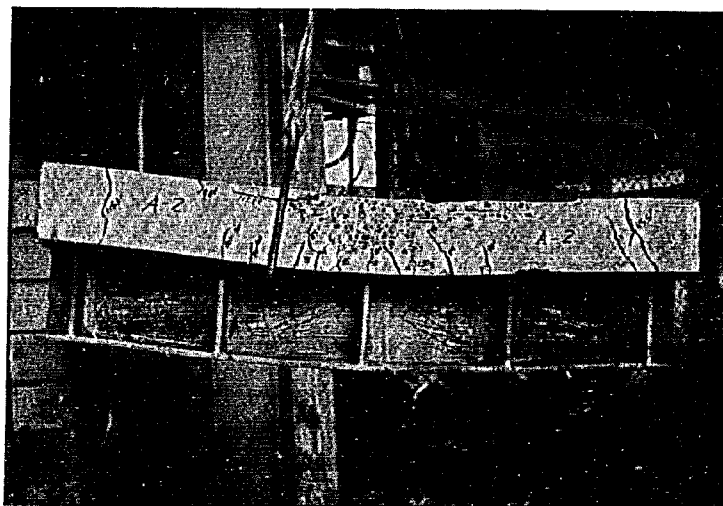
写真—1 供試体 A — 1



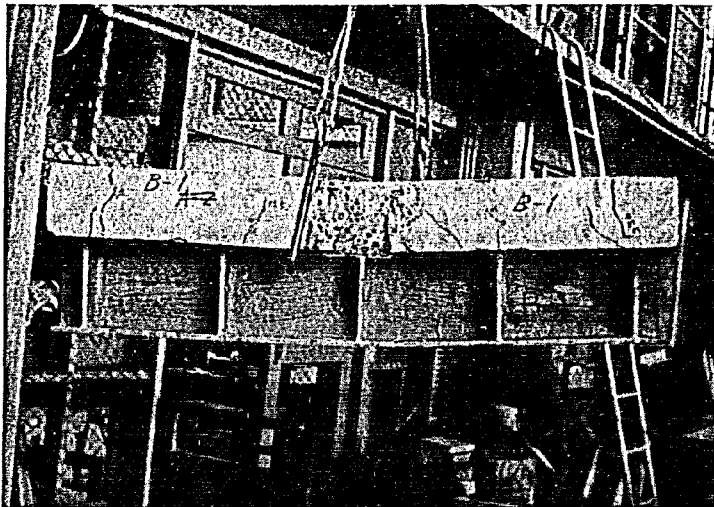
写真—2 供試体 A — 1



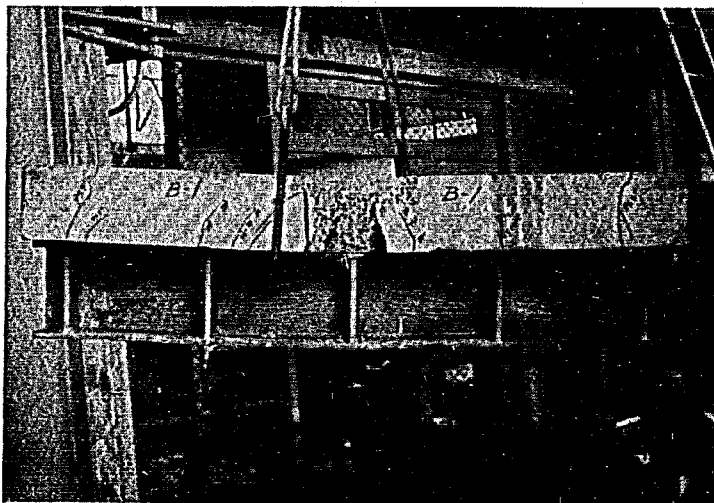
写真—3 供試体 A - 2



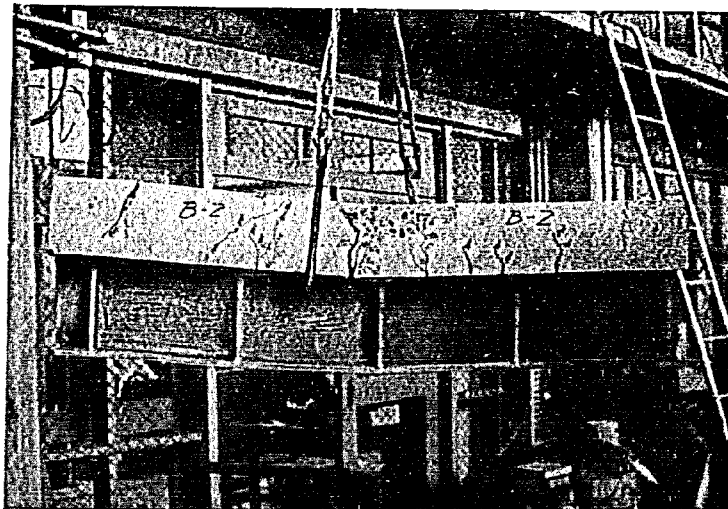
写真—4 供試体 A - 2



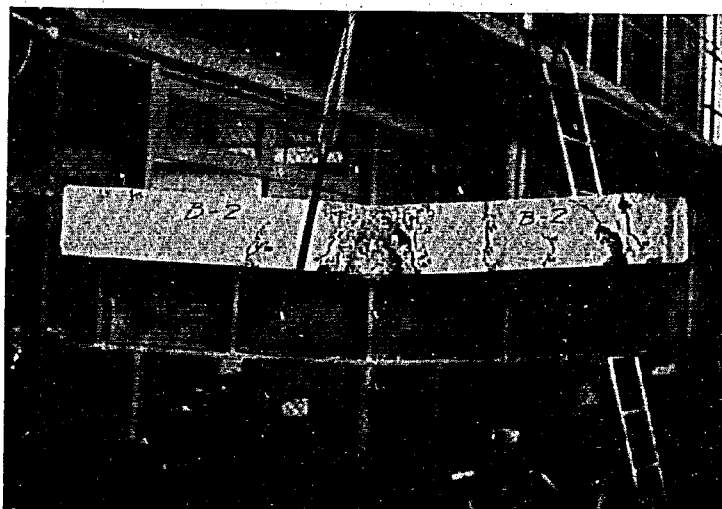
写真—5 供試体 B—1



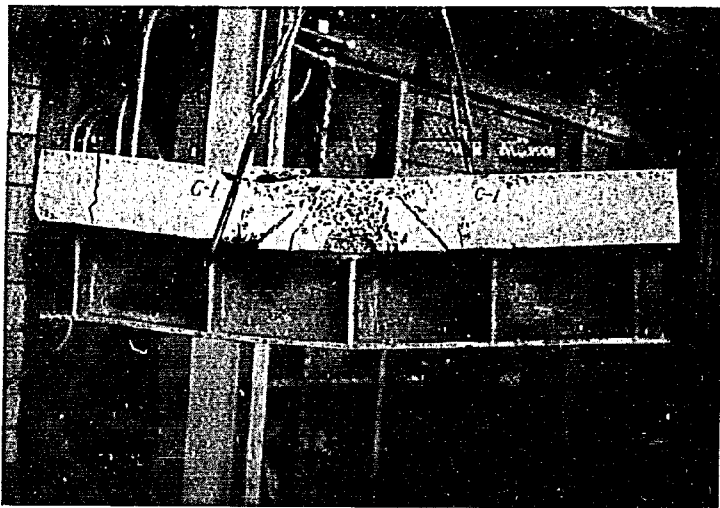
写真—6 供試体 B—1



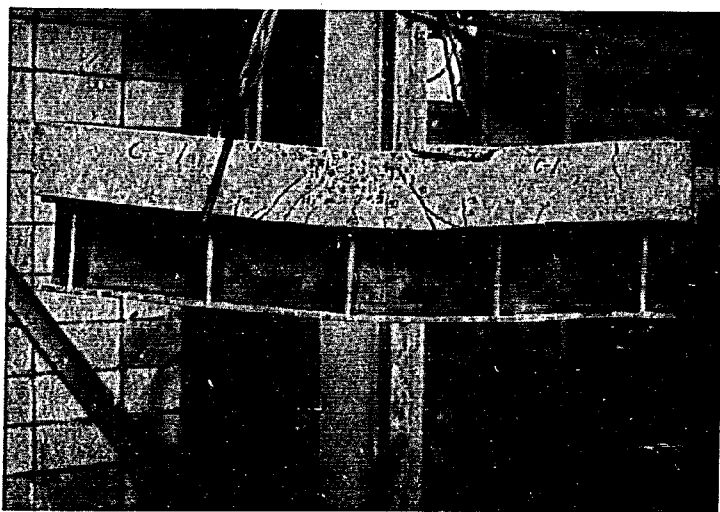
写真一 7 供試体 B - 2



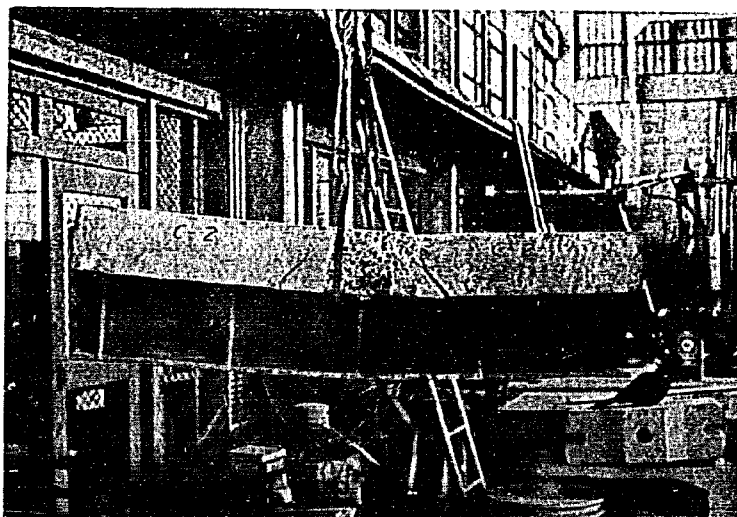
写真一 8 供試体 B - 2



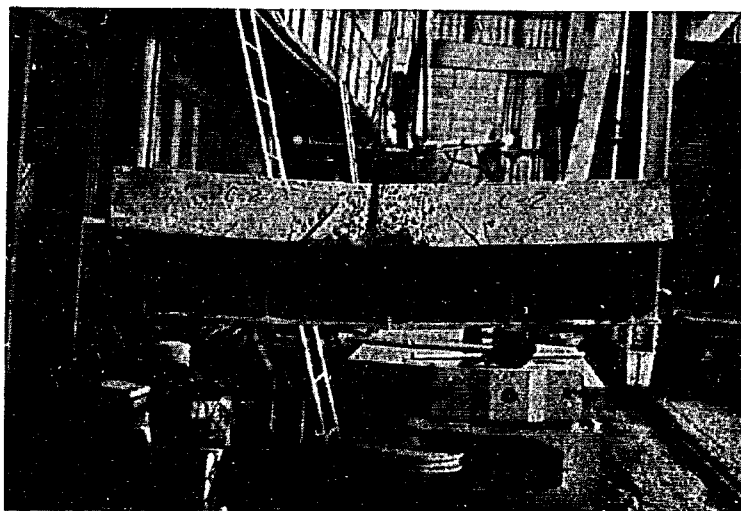
写真— 9 供試体 C - 1



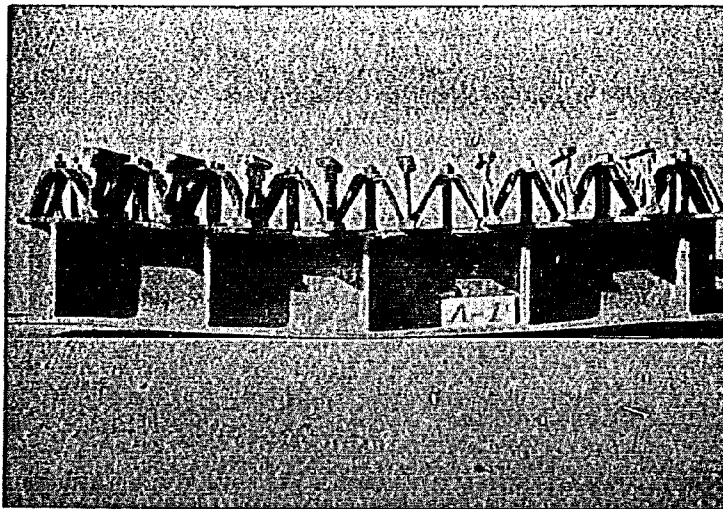
写真— 10 供試体 C - 1



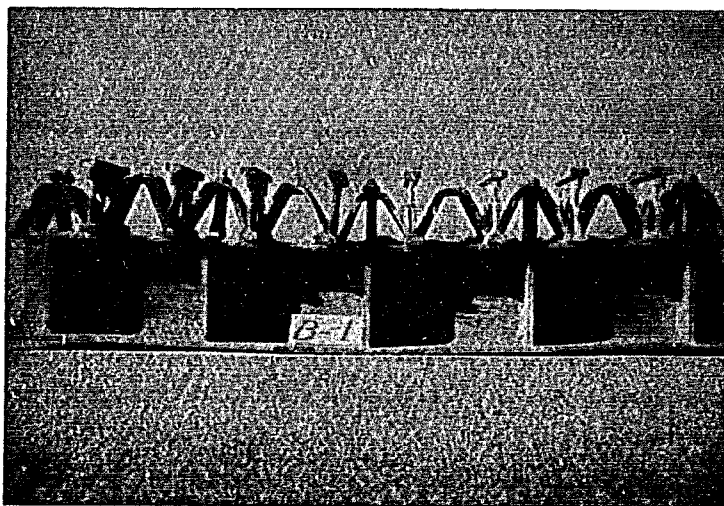
写真—11 供試体 C-2



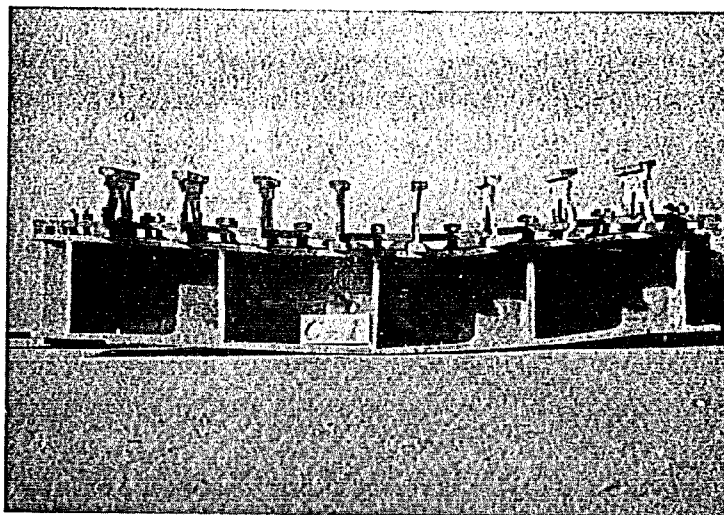
写真—12 供試体 C-2



写真—13 供試体 A—1



写真—14 供試体 B—1



写真—15 供試体 C-1