

軽量コンクリートを用いたシングルTスラブの実験

中 島 泰 一*

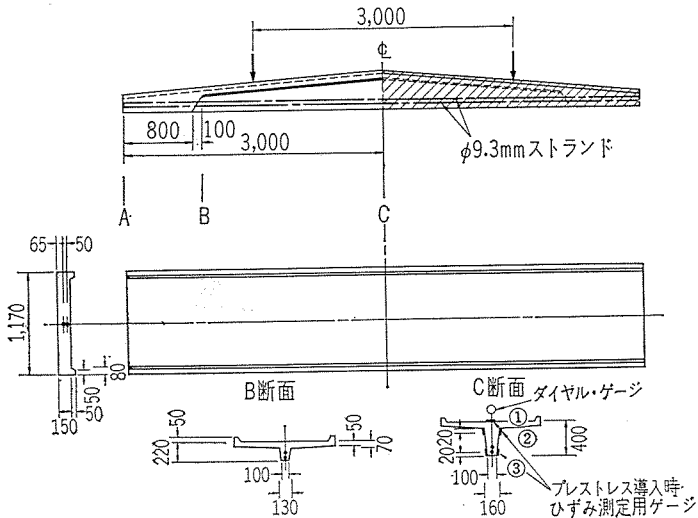
1. まえがき

構造用軽量高強度コンクリートに関しては、これまでに設計上、施工上からその基本的性質について各方面で種々試験、研究がなされ、その結果についてはいろいろの機会に詳細な発表、報告がなされている。しかし、構造物や部材としての試験報告はまだ少ない感がある。この際、多少とも参考になればと思い、さきにシングルTスラブ（勾配付屋根スラブ）を実用に供する場合の基礎資料をうる目的で、その耐力試験を行なった際、軽量コンクリートを用いたシングルTスラブとの比較試験も行って見た実験結果の一端をここに報告する。ただ、使用した人工軽骨材はいずれも試作中のもので、現在のものとは若干異なっている。

2. 供 試 体

試験体は積載荷重を 180 kg/m^2 として、図-1 に示すような断面寸法をもつプレテンション型PCシングルTスラブである。

図-1 試験体概略図およびプレストレス導入時のひずみ、そり測定方法



(1) 使用材料

セメント：小野田普通ポルトランドセメント

PC鋼線：住友電工KK製

$\phi 9.3 \text{ m/m}$ ストランド

骨 材：(i) 骨材の種類（表-1）

(ii) 骨材の単位容積重量（表-2）

(2) 試験体の製作

表-1 軽量材の種類

種 別	形 状	
普通骨材（相模川産）	砂，砂利	
人工軽骨材	(a) フライアッシュ加工	砂利
	(b) 膨張頁岩焼成	砂，砂利
天然軽骨材（大島産）	砂利	

表-2 軽骨材の単位容積重量

種 別	単位容積重量		備 考
	砂	砂 利	
普通骨材	1.685 (3.0%)	1.692 (0)	NC-1,2
人工軽骨材	(a)	0.882 (0) 0.890 (0)	LC-1
	(b)	0.960(17.6%)	0.593(4.45%)
天然軽骨材	—	0.84 (10.7%)	LC-3

() 内は使用時の骨材含水率

1) 配合および試験体種別（表-3）： $\sigma_{28}=300 \text{ kg/cm}^2$ を目標に、普通コンクリートと同配合で軽量コンクリートの試験練を行ない、同一スランプ 0.5 cm をうるようにおのおのについて水セメント比の加減を行なった。配合は、普通コンクリート 1 m^3 当りセメント：320 kg，砂：845 kg，砂利：1930 kg（重量比 1：2.64：3.41）を標準とし、軽骨材使用時には表-4 のように同量のセメント 320 kg/m^3 を用いて同容量の骨材を使用したものである。用いた人工軽骨材は膨張頁岩，フライアッシュを用いたもので、比較のため大島産火山れき，相模川産川砂，川砂利も使用した。なお，大島産火山れき使用時にはセメントを若干増量した。

2) 製作および養生：2- $\phi 9.3 \text{ m/m}$ ストランドを用い，導入プレストレス力 $P=6000 \text{ kg} \times 2=12000 \text{ kg}$ ，偏心距離（中央断面） $e=20.7 \text{ cm}$ とし

表-3 試験体記号および使用骨材

試験体記号	使用骨材		備 考	
	砂	砂 利		
普通コンクリート	NC-1,2	川 砂 川 砂 利	川砂，川砂利コンクリート	
軽量コンクリート	LC-1	川 砂 人工軽砂利 (a)	川砂，軽砂利コンクリート	
	LC-2	人工軽砂 (b)	人工軽砂利 (b)	軽砂，軽砂利コンクリート
	LC-3	川 砂	天然火山れき	川砂，軽砂利コンクリート

* 住友建設KK 技術研究所

表-4 配 合 (kg/m³)

試験体記号	所 要 材 料 (kg)			水セメント比 (%)
	セメント	砂	砂 利	
NC-1,2	320	845	1 090	45
LC-1	320	845	581	68
LC-2	320	483	381	46
LC-3	375	811	520	46.5

S/S+G=43.7%

表-5 スランプおよび養生

試験体記号	スランプ (cm)	養 生 状 況 (電熱養生)	
		最高養生温度 (°C)	養生時間 (h)
NC-	1	1.0 0.5 0.8	30.9 14
	2	0.2 0.1 0.5	18.6 14
LC-1	3.4 0.8 0.5	31.7	16 ¹ / ₈
LC-2	0.3 0.3 0.3	30.1	14
LC-3	0	31.2	44

て $\sigma_{28}=300 \text{ kg/cm}^2$ をうるよう前記配合により試験体の作成を行なった。試験体記号は表-3に示す。ストランドの緊張による伸びは表-13に示す。コンクリート打設にあたり、水セメント比は一応試験練の値を採った。このため打設時の実測スランプ値には若干の変動を生じた。なお、コンクリート打設時の骨材の含水率は表-2のように川砂では3%であったため、この調整は行なった。供試体 LC-1 でも同様のことを行なったが、LC-2では野積状態の骨材をそのまま使用して水量の調整は特に行なわなかった。ただし、含水率だけそれぞれの骨材を増量して使用した。LC-3については川砂はLC-1と同様に取扱ったが、粗骨材についてはLC-2の方法によって製作した。コンクリート強度試験には $\phi 15 \times 30 \text{ cm}$ のシリンダを用いて圧縮試験用：6個（プレストレス導入は、耐力試験時）引張試験用：3個（耐力試験時）を採った。養生は、いずれも初期電熱養生とし、以後自然養生を行なった。なお、部材作成は型わくの関係で同時打設ができなかった（表-5）。

3. プレストレス導入

試験体の型わくの関係で1日1~2本あて、コンクリート打設、電熱養生を行なった後ベツ上で材令16~12日まで自然養生を行なって同時にプレ

ストレスの導入を行なった。

導入時の中央断面のひずみ および たわみはワイヤーストレインゲージ、ダイヤルゲージで測定した（図-1参照）。

4. 載荷試験（曲げ試験）

(1) 装置および載荷

図-2に示す載荷方法で4点載荷の曲げ試験を行なった。載荷には10tオイルジャッキを用い、荷重はロードセルで確認した。まず、初キレッツ発生以内で一回の弾性試験を行なった。すなわち、0.25~0.5~1.0tごとの荷重階で20tまで載荷したのち除荷し、再び初キレッツ発生確認まで載荷し、初キレッツ発生確認後、再び除荷したのち破壊まで載荷を行なった。なお荷重着力点は130×130のブロックを使用し、各ブロックはあらかじめモルタルじきを行ないレベルを出しておいた。

(2) 試験経過

図-2に示す位置にコンタクトゲージ、ワイヤーストレインゲージをはりつけ、各点のひずみを測定し、さらに、ダイヤルゲージ、竹スケールによってたわみの測定を行なった。

5. 試験結果

(1) コンクリート強度

プレストレス導入時（材令8~16日）、耐力試験時（材令23~41日）にコンクリートの弾性試験および強度試験を行なった。

1) 圧縮強度および引張強度：プレストレス導入時の圧密強度および耐力試験時の圧縮、引張強度は表-6,7に示す。同時に見かけ比重も記す。

2) 弾性係数および最大ひずみ度：圧縮試験時に弾性試験を行ない、それぞれの応力度-ひずみ度曲線を求めてみた。また破壊強度/2前後で一度減力し、残留ひず

図-2 曲げ耐力試験載荷点およびひずみ、たわみ測定位置

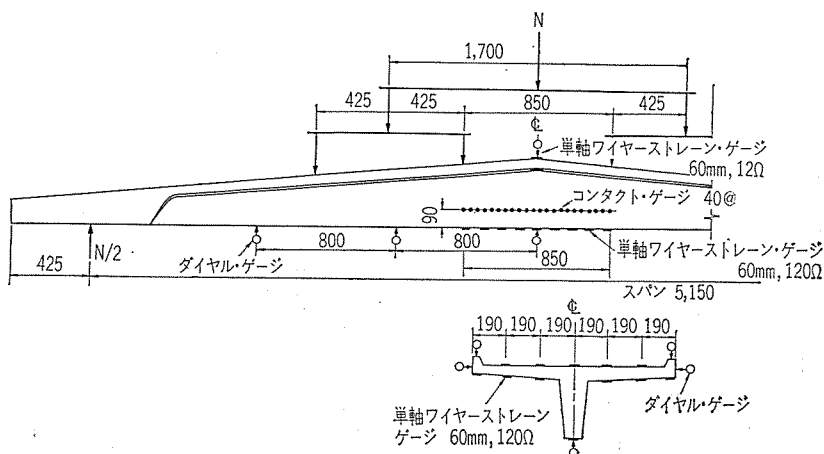


表-6 圧縮強度

試験体記号	プレストレス導入時	耐力試験時	
		材令	強度 (kg/cm ²)
NC-	1	15	258 326 281 (平均) 288
	2	14	320 376 282 326
LC-1	16	30	298 349 309 (平均) 323
LC-2	12	41	356 352 340 349
LC-3	9	36	226 263 246 245
		23	345 368 403 372

表-7 引張強度および見掛比重 (耐力試験時)

試験体記号	引張強度 (kg/cm ²)	見掛比重
NC-	28.3 22.5 23.6 (平均) 24.8	2.42 2.40 2.40 (平均) 2.41
	30.2 29.2 2.39 2.37 2.40	2.38
LC-1	20.3 25.1 22.9 22.8	1.93 1.94 1.92 1.93
LC-2	22.3 21.2 21.8 21.7	1.44 1.54 1.45 1.48
LC-3	35.3 31.7 36.8 34.6	2.07 2.06 2.13 2.09

表-10 軽量骨材の単位容積重量比
—普通骨材 100 に対する—

骨材種別	砂	砂利	試験体記号
人工軽骨材	(a)	52.1 52.6	LC-1
	(b)	57.0 35.1	LC-2
天然軽骨材	—	49.7	LC-3

みをも求めてみた。弾性係数、最大ひずみ度についての試験結果は表-8,9, 図-3~6 に示す。

3) 試験結果：砂率一定、セメント量一定にした場

図-3 プレストレス導入時の普通コンクリート荷重-ひずみ度曲線

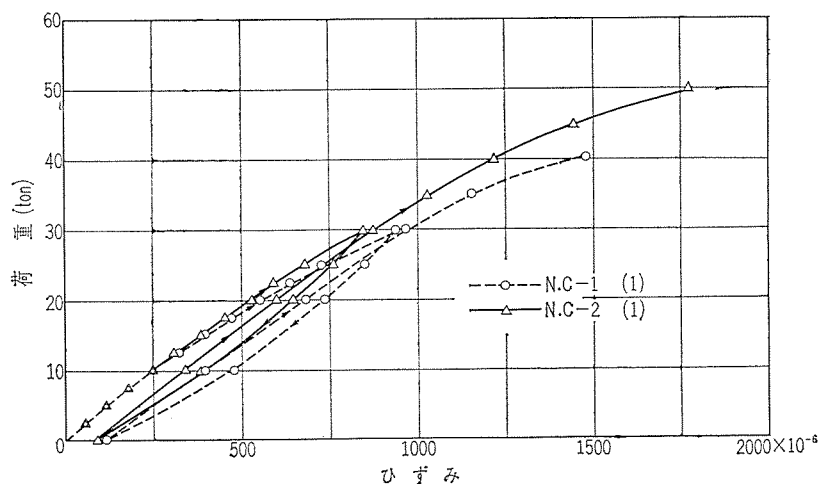


表-8 1/3 σ_Bにおける弾性係数およびひずみ度

試験体記号	プレストレス導入時	耐力試験時	
		弾性係数 (kg/cm ²)	ひずみ度
NC-	1	208 250 232 ×10 ⁹ 230 ×10 ⁻⁶ 413	232 241 236 ×10 ⁹ 236 ×10 ⁻⁶ 456
	2	218 232 214 221 488	235 248 257 247 443
LC-1	193 184 164 180 611	170 189 207 189 610	
LC-2	105 110 102 106 670	— 124 117 121 704	
LC-3	208 202 212 207 493	213 207 245 222 560	

表-9 最大ひずみ度および残留ひずみ度

試験体記号	プレストレス導入時	耐力試験時	
		最大ひずみ (×10 ⁻⁶)	残留ひずみ (×10 ⁻⁶)
NC-	1	1476(0.880) — 1221(0.808)	112.0(0.660) 60.0(0.523) —
	2	1623(0.913) 1531(0.781) —	109.0(0.685) — 108.0(0.673)
LC-1	2298(0.936) — 2249(0.948)	— 43.5(0.530) 56.5(0.517)	
LC-2	1726(0.776) 2439(1.000) —	— — 26.5(0.654)	
LC-3	1823(0.899) — 2079(0.965)	— 44.0(0.450) 36.5(0.478)	

注：表は例えば

- (a) 最大ひずみ 1476×10⁻⁶(0.88) とは 0.88 σ_B 載荷時のひずみを示す
- (b) 残留ひずみ 112×10⁻⁶(0.66) とは 0.66 σ_B 載荷後除荷時の残留ひずみを示す (0.66 σ_B→0)

合の軽量コンクリートの試験結果について比較すると、

a) 表-10 に示すように、骨材の単位容積重量は人工軽骨材でも種別により異なり、粗骨材では (a) フライアッシュ加工材は大島産天然火山れきとほぼ同値の普通骨材の約 52% であるのに対し、(b) 膨張頁岩では約 35%、細骨材は (b) で約 75% であった。

b) 表-11,12 に示すように軽量コンクリートは普通コンクリートに対して

① 圧縮強度は、細骨材に川砂、粗骨材に (a) フライアッシュ加工材を用いた場合、いくらか高めとなり、大島火山れき使用コンクリートより若干高強度を示す。細骨材、粗骨材ともに (b) 膨張頁岩焼成材を用いた場合は約 25% の低下を見た。なお、初期養生を行なったためか、いずれも材令による特に大きな強度の増

進は認められなかった。

② 引張強度は若干低下するが骨材種類による差異は比較的小さい。

③ 見掛比重は使用骨材によって異なり、LC-1 で約 20%、LC-2 で約 40% 小となる。

④ 弾性係数は小さく、LC-1 (川砂、軽砂利コンクリート) で約 20%、LC-2 (軽砂、軽砂利コンクリート) で約 50% の低下となる。

⑤ 破壊、または破壊近くでのひずみ度は逆に大きくなるが、応力度が破壊強度の約 50% 前後での残留ひず

図-4 プレストレスト導入時の軽量コンクリート荷重-ひずみ度曲線

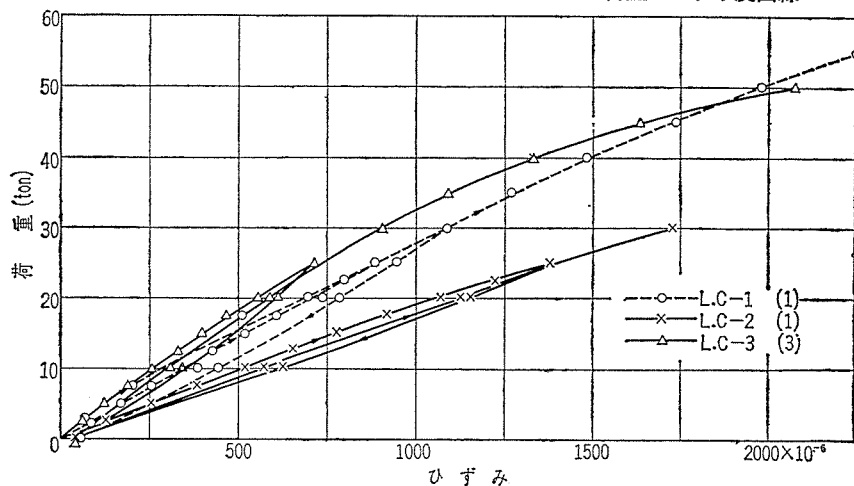


図-5 耐力試験時の普通コンクリート荷重-ひずみ度曲線

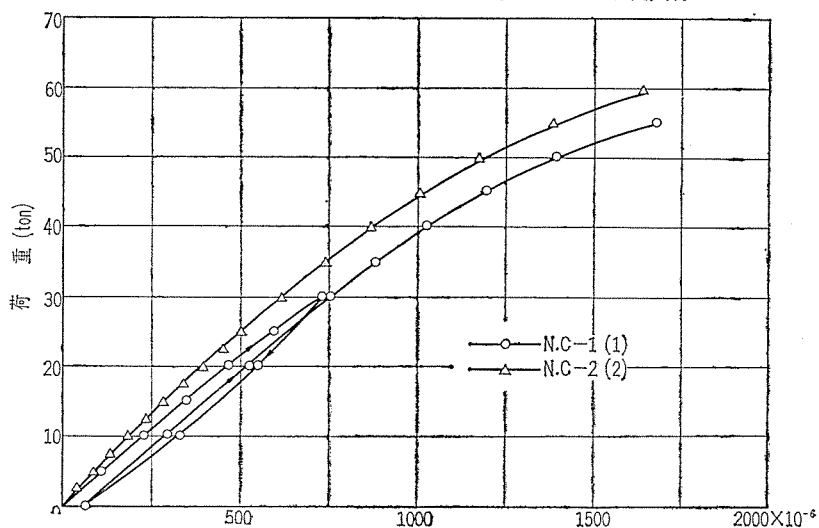


図-6 耐力試験時の軽量コンクリート荷重-ひずみ度曲線

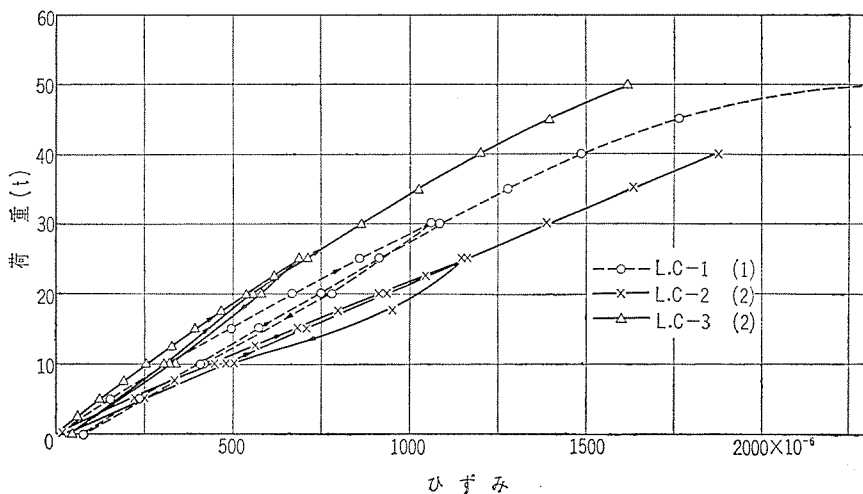


表-11 普通コンクリートに対する軽量コンクリートの強度変動

試験体記号	圧縮強度		弾性係数		引張強度	見かけ比重
	プレストレス導入時	耐力試験時	プレストレス導入時	耐力試験時		
NC-1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
NC-2	113.2	108.0	96.1	104.6	119.8	98.8
LC-1	113.9	106.8	78.3	80.1	91.9	80.1
LC-2	73.6	75.9	46.1	51.3	87.5	61.4
LC-3	106.6	115.2	90.0	94.1	139.6	86.4

表-12 材令による強度弾性係数の変化率

試験体記号	圧縮強度	弾性係数
NC-1	1.12	1.03
NC-2	1.07	1.12
LC-1	1.05	1.05
LC-2	1.15	1.14
LC-3	1.21	1.07

耐力試験時/プレストレス導入時

表-13 緊張時のストランド伸び (l=49 400 cm)

試験体記号	伸 び	
	計 画	測 定
NC-1,2 LC-1,2	297 mm	300.5 mm
LC-3	297 "	300.5 "

みは逆に小さくなり、LC-2 ではこの傾向が特にいちじるしい。

(2) プレストレス導入時のひずみ、およびそり

プレストレス導入時のひずみ、およびそりの測定結果は表-14 に示すように使用骨材の種類によって若干こととなり、普通コンクリートに比較して、川砂、軽砂利コンクリート供試体 LC-1, LC-3 ではやや大程度であるが、軽砂利コンクリート LC-2 では約 2 倍近い値を示す。

(3) きれつ荷重および破壊荷重

表-15 にきれつ荷重および破壊荷重を示す。普通コンクリート部材ではきれつ発生荷重は実験値が計算値より小さいのに対して、破壊荷重は実験値の方が大となっ

表-14 中央断面におけるプレストレス導入時のひずみ、応力および中央たわみ

項目 測定点 試験体記号	ひずみ (×10 ⁻⁶)			応力 (kg/cm ²)			中央たわみ (×1/100 mm)
	1	2	3	1	2	3	
	NC-						
1	+14	-30	-164	+3.2	-6.9	-38.2	73.2
2	+18	-32	-180	+4.1	-7.0	-45.7	75.0
LC-1	-	-41	-238	-	-9.6	-55.6	81.1
LC-2	+30	-70	-358	+6.9	-15.0	-72.4	142.1
LC-3	+15	-31	-178	+3.5	-6.7	-42.4	77.5

注: 1) 測定点は 図-1 参照のこと
 2) 普通コンクリート部材中央断面の縁応力計算値 ($\sigma_{23}=300 \text{ kg/cm}^2$ とし) として
 導入プレストレスのみ 導入プレストレス力+自重
 上縁 ① + 4.56 kg/cm² - 1.34 kg/cm²
 下縁 ③ -62.09 kg/cm² -45.10 kg/cm²

表-15 きれつ荷重および破壊荷重

試験体記号	キレッツ荷重 (t)		破壊荷重 (t)		
	計算値	実験値	計算値	実験値	
NC-	1	3 480	3 000 (86.3)	5 350	5 760 (106.0)
	2	3 860	3 500 (90.6)	5 350	5 850 (109.0)
LC-1		3 500	3 500(100.0)	5 350	6 500 (121.0)
LC-2		3 600	2 300 (63.8)	5 350	6 250 (117.0)
LC-3		4 380	3 400 (70.5)	5 350	6 750 (126.0)

() 内数字はそれぞれの 実験値/計算値 を%で示す。

ている。この傾向は軽量コンクリート部材においていちじるしく、特に LC-2 材ではきれつ荷重の実験値は計算値の約 64% であるのに対して破壊荷重は約 117% となる。なお、きれつ荷重は普通コンクリート、川砂軽砂利コンクリート (LC-1) では破壊荷重の約 50% であったが、軽砂利コンクリート (LC-2) では約 37% であった。ただ、LC-1 材はきれつ荷重、破壊荷重とも普通コンクリート部材よりも大きい。

この部材の破壊はいずれもスラブ上面の、リブのコン

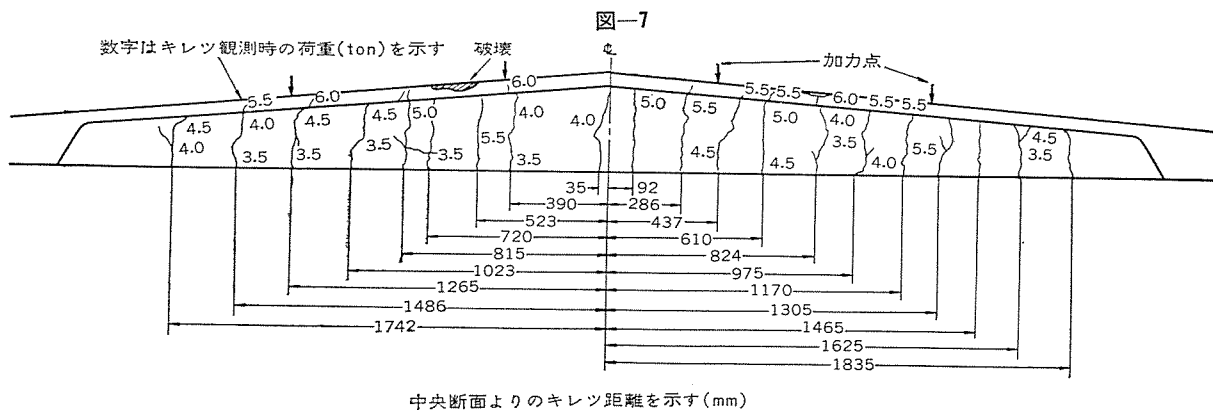


図-8

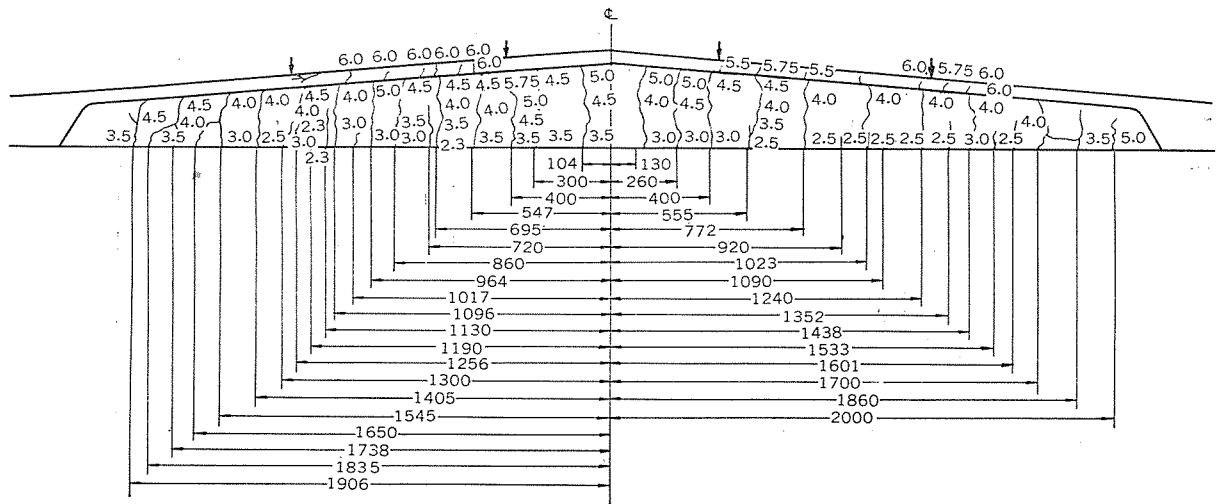


図-9

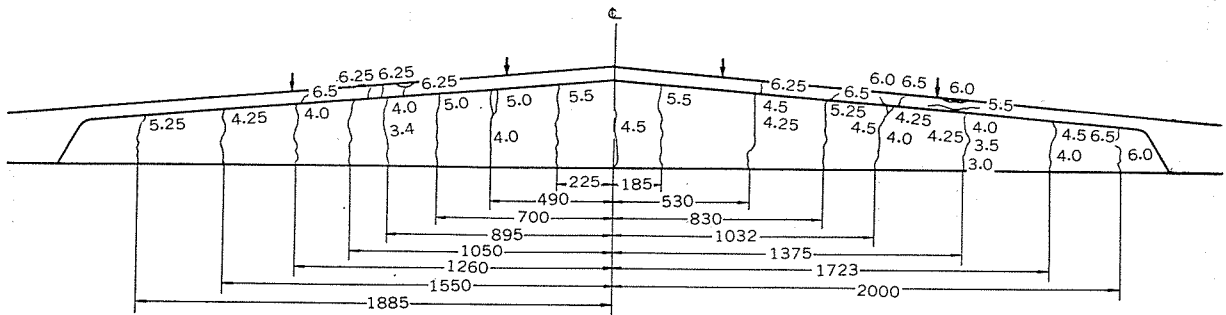
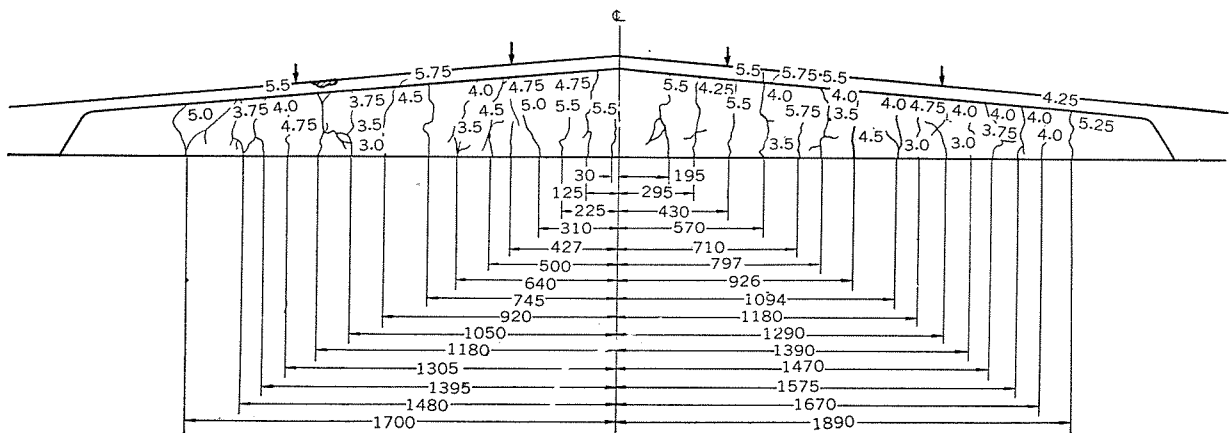


図-10



クリートの圧縮破壊によって生じたものである。

き裂発生および破壊状況の一部を 図-7~11 に示す。

(注) 図表中のそれぞれの荷重には載荷用装置の自重 202 kg はふくまれていない。

(4) たわみ測定結果

載荷によるたわみは一応中央断面下縁について 図-12,13 に示す。

川砂、軽砂利コンクリート部材では普通コンクリート部材と大差ない。しかし軽砂、軽砂利コンクリート供試体では大きくなる。

6. む す び

人工軽骨材を用いた軽量コンクリートに対する基本的性質についての試験、研究が進み、軽量コンクリートとして構造部材に使用されはじめた。いくらかでも参考に

図-11

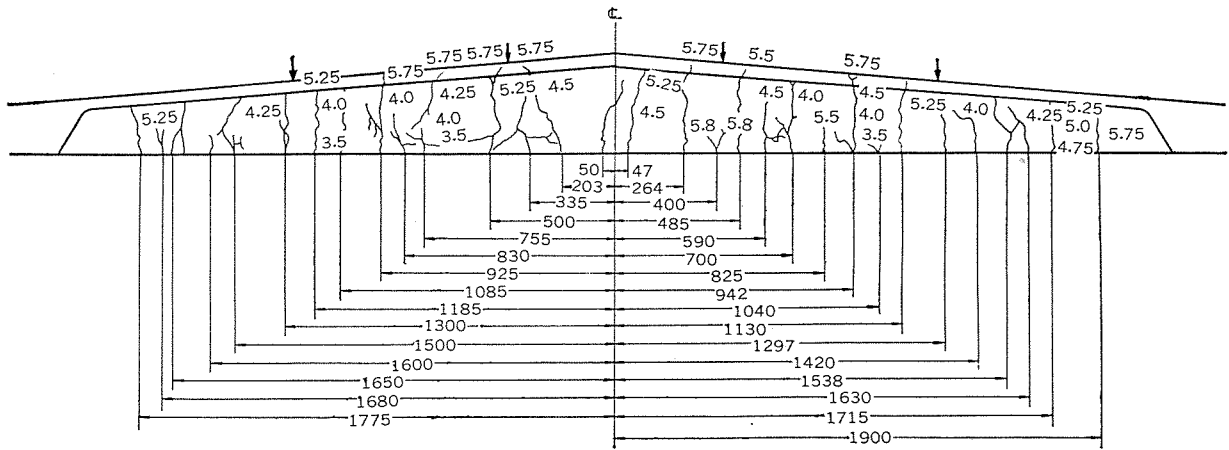


図-12 たわみ曲線 (中央断面下縁)

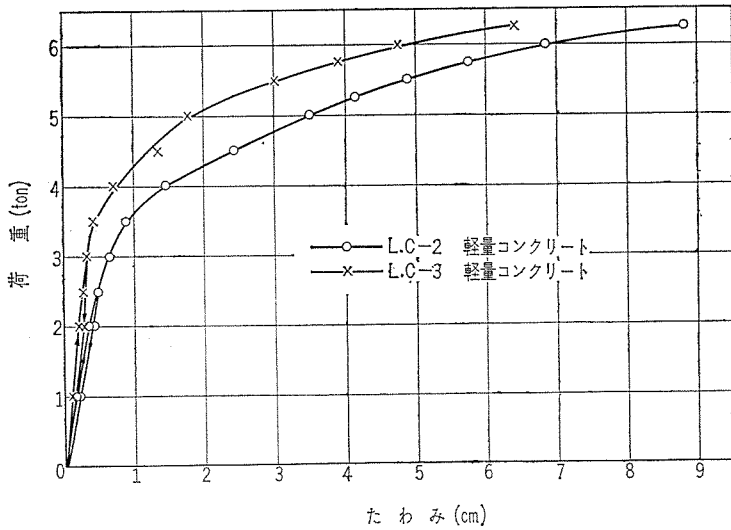
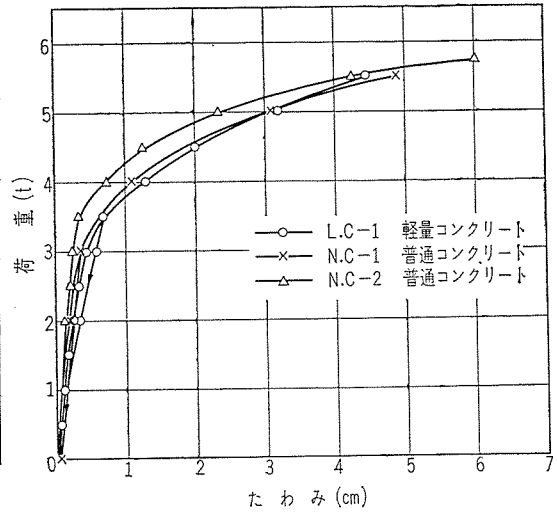


図-13 たわみ曲線 (中央断面下縁)



なればと思ひ、ここにこれらの中の一、二の試作骨材を用いた軽量コンクリートPC部材の破壊比較試験を行なつた結果を報告する。

1964.4.23・受付

転勤 (または) 転居御通知の御願ひ

会誌発送その他の場合、勤務箇所の連絡先が変更になっていて、お知らせがないため郵便物の差戻しをうけることがたびたびあります。不着の場合お互に迷惑になるばかりでなく、当協会としても二重の手数料と送料とを要することになりますので、ご変更の場合はハガキで結構ですからただちにご一報下さるようお願いいたします。

建設技術者多年の夢を実現した

《人工軽る砂利・人工軽る砂》

メサライトコンクリートを建築物・橋梁に用いると、次のような大きな経済的効果を示します

- 1 鋼材料や、基礎・仮設諸工事が節約できます。
- 2 大スパン建築物を経済的に構築できます。
- 3 プレキャスト部材の運搬費、架構手間が安価となります。
- 4 断熱性に富むため、暖冷房設備費、運転費を軽減できます。
- 5 橋梁建設では、支間60mの場合、桁高を20%も低くでき、また桁高を同一にすると支間を20%伸ばせます。
- 6 鋼橋、超大支間吊橋の床版コンクリートなどに用いた場合の経済的効果は一層大きくなります。

メサライト

〈カタログ進呈〉



三井金属鉱業株式会社

本社(商務第2部) 東京都中央区日本橋室町2の1三井ビル内 東京(241) 4101~9
支店 大阪・名古屋・福岡・札幌・広島・仙台・富山