

軽量コンクリートの圧縮疲労強度に関する一実験

AN EXPERIMENTAL STUDY ON COMPRESSIVE
FATIGUE STRENGTH OF LIGHT-WEIGHT CONCRETE浜田 純夫*・成岡 昌夫**
By Sumio Hamada and Masao Naruoka

1. まえがき —従来の研究のあらましとこの研究—

軽量コンクリートが最近普及しはじめ、われわれはこれに関するさらに深い知識を必要としてきているように思われる。現在までに、軽量骨材の性状や軽量コンクリートの強度、体積変化などに関する研究は、しばしば発表されている。しかし、軽量コンクリートの疲労強度に関するデータは、わが国ではあまり発表されていないように思われる。繰り返し荷重を受ける材料の抵抗は、土木構造物の設計の場合、きわめて重要であるので、鋼材、とくに高強度鋼の疲労強度の問題と同様、実験的研究を必要とすると思う。

普通コンクリートの圧縮疲労試験を最初に行なったのは、Van Ornum (1903)であった。彼は応力と破壊までの繰り返し回数との関係式 ($S-N$ 曲線式) を作ったのみならず、応力-ひずみ曲線は最初上に凸であるけれども、荷重を繰り返せば直線になり、ついで上に凹になり、破壊の近くでは S 字型になることを知った。Van Ornum について、Probst らのグループは Van Ornum の結果を実証し、さらに、永久ひずみと弾性ひずみに注目した。かれらは永久ひずみ、および、弾性ひずみは、ともに、載荷荷重が耐久限を下回らない限り、繰り返し回数に比例して増加し、永久ひずみと弾性ひずみとの比も増加することを見出した。1936年以降 1959年までの間には、無筋コンクリートの圧縮疲労についての新しい文献はほとんど出ていないようである。1959年、Antrim, および、McLaughlin は無筋 AE コンクリートと普通コンクリートとの比較を行なっている。かれらの実験によれば、AE コンクリートの疲労挙動は普通コンクリートのそれとよく類似しているが、静的、および、動的の性

状については、AE コンクリートは普通コンクリートよりもばらつきが小さいことを示している。さらに、かれらはコンクリートの疲労強度は 1000 万回以内には存在しないことも示している。1961年、Gray, McLaughlin, および、Antrim は軽量コンクリートの疲労性状の実験を行なっている。かれらは高強度、および、低強度の二種類のコンクリートについて実験を行ない、その結果、双方の疲労性状はよく似ており、従来の普通コンクリートともよく似ていることを示した。

1958年、McCall が、無筋コンクリートばりの疲労破壊を、はじめて統計的に取り扱った。かれは、従来、金属の疲労で研究されていた極値理論を用いず、応力 S 、破壊までの繰り返し回数 N 、および、破壊の確率 P との関係の導くことを試みた。

1966年、Ople らは、普通コンクリートの角柱供試体の中心、および、三分の一点 (middle third) に荷重をかけ、疲労試験を行なった。かれらは、応力に勾配をつけ、これらの結果を P C 部材に適用することを試みた。かれらは、この研究で、つぎのように結論している。

- 1) 圧縮を受ける無筋コンクリートの疲労強度には、応力勾配が重要な影響をおよぼす。
- 2) コンクリートの疲労寿命は、最大応力に対して非常に敏感である。
- 3) 疲労破壊のばらつきは大きいので、実験結果は統計的な処理によらなければならない。
- 4) 応力-疲労寿命-破壊の確率-応力勾配との間の関係を確立した。
- 5) 無筋コンクリート供試体の実験結果は、圧縮を受ける桁にまで拡大して用いうる。その場合、とくに、応力勾配の影響を考慮に入れなければならない。

この実験的研究では、軽量コンクリート角柱供試体に、Ople らと同様に、応力分布が等分布、および、三角形分布となるように荷重を繰り返し載荷して、その疲労性状を調べた。実験の結果は、普通の処理のほか、

* 学生員 工修 名古屋大学大学院工学研究科 土木工学専攻
博士課程在学 (現在カナダに留学中)

** 正会員 工博 名古屋大学教授 工学部土木工学教室

McCall の提案した数学的モデル（応力-疲労寿命-破壊の確率の関係式）を用いて、処理した。

さらに、この研究では、ひずみの増加率と繰り返し回数との間の関係についても調べた。

従来、コンクリートの疲労試験では、200 万回（あるいは、規定の回数）を越えて破壊しなかったものを、 $S-N$ 曲線のデータとして取り除くか、または、200 万回（あるいは、規定回数）で破壊したものとして処理していたものが多い。

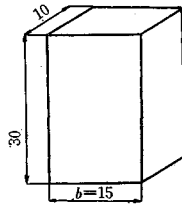
筆者らは、コンクリートにはいわゆる疲労限が存在せず、破壊までの繰り返し回数の対数が正規分布にしたがうものとみなして、200 万回で破壊しなかったものもデータとして含めて処理することを研究しているが、ここでは、上記のように、従来の方法にしたがうこととした。

2. 供試体、および、実験法

(1) 供試体

角柱供試体は断面 15 cm×10 cm、高さ 30 cm である（図-1 参照）。静的試験用には直径 15 cm、高さ 30 cm の円柱供試体を用いる。1 パッチにつき、5 個の角柱供試体と 6 個の円柱供試体とを打設した。

供試体のコンクリートは、表-1 の示方配合による。細粗骨材は、ともに、大阪セメント社の軽量骨材ライオナイトで、セメントは同社の普通ポルトランドセメントである。細粗骨材の粗粒率は 2.72 および 6.52、比重は 1.87 および 1.34 である。



（単位 cm）
図-1 角柱供試体

表-1 コンクリートの配合

セメント (kg)	水 (kg)	細骨材 (kg)	粗骨材 (kg)	スランプ (cm)	空気量 (%)
400	157	535	562	4.0±1	3.5±1

角柱、および、円柱コンクリートの突き固めは、突き棒で行なった。コンクリート打設後 24 時間以内にキャッピングをし、2 日目に脱型して、28 日まで水中養生をした。28 日以後実験の行なわれるまで、室内に放置した。実験は、コンクリートの性状の安定、実験予定日が定まらないこと、および、諸外国の多くの実験例などにより、打設後 100 日以上経ている。

(2) 静的試験

コンクリート打設後 28 日に 3 個、疲労試

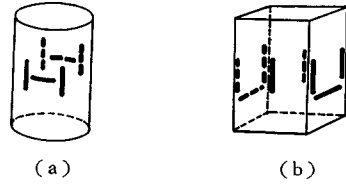


図-2 ゲージはりつけ位置

験直前に 3 個、合計 6 個の円柱供試体の静的試験を、島津製作所 Riehle 型万能 100 t 試験機で行なった。ひずみの測定には、紙ゲージ（共和 L-60, gage factor 2.10, 120 Ω）を用いた。ゲージを貼りつけた位置を図-2 (a)、(b) に示す。

(3) 疲労試験

図-3、および、写真-1 に示されるように、疲労試験用供試体を、偏心量 $e=0$ 、および、 $e=b/6$ にセットした。試験機はローゼンハウゼン型疲労試験機で、繰り返し回数は 500 rpm とした。 $e=0$ の場合について 26 個、 $e=b/6$ の場合について 19 個、計 45 個の疲労試験を実施した。ほとんどの供試体について連続運転したが、45 個のうち 5 個の供試体については、静的試験を時々行なうために、試験機を途中で止めた。

疲労試験の最大、および、最小荷重は、Ople らの研

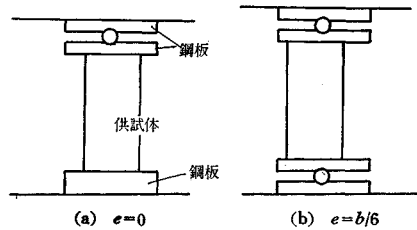
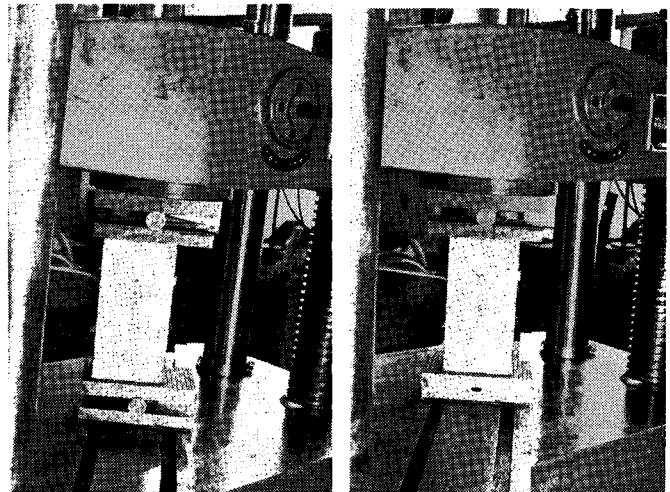
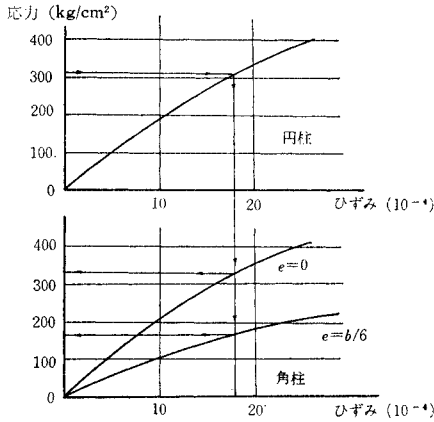


図-3 供試体セット



(a) (b)
写真-1 供試体セット



図—4 疲労試験時の応力の決定法

究にしたがひ、つぎのようにきめることにした。たとえば、図—4 のように、円柱、および、角柱供試体 ($e=0, e=b/6$) で、応力-ひずみ ($\sigma-\epsilon$) 曲線が求められたとする。円柱供試体で、 $\sigma=400 \text{ kg/cm}^2$ で破壊したものとし、その 80% $\sigma=320 \text{ kg/cm}^2$ のときの ϵ を求める。この ϵ と同一の ϵ をもつ角柱供試体の $e=0, e=b/6$ の σ を求めると $\sigma=348 \text{ kg/cm}^2$ 、および、 $\sigma=170 \text{ kg/cm}^2$ となる。これを疲労試験の最大応力としてとるときは、これを圧縮強度の 80% 応力と称することにする。このようにして疲労試験の最大、最小応力をきめたが、これを各バッチごとに行なった。

疲労試験の行なわれた最大応力は、上述のような意味において、 $e=0$ で 60%, 62.5%, および、65%, $e=b/6$ で 77.5%, 80%, 82.5%, および、85% である。また、同様に、最小応力は、 $e=0$ 、および、 $e=b/6$ とともに、10% 応力を用いた。

疲労試験を始めるときの材令について、一言しよう。この研究では、疲労試験を始めたときの材令は、105~120 日である。参考のために、他の研究者の場合について述べよう。たとえば、文献 5) では 46~77 日であり、文献 4), 6) では材令については記述されておらず、また、文献 3) では 47~65 日となっている。また、C. Kesler、および、H. Hilsdorf の研究では 150~300 日材令となっている (Fatigue Strength of Concrete under Varying Flexural Stress, Journal of ACI, October, 1966)。疲労試験自体長時間を要するため、実験予定日が決定しにくく、疲労試験開始時の材令を一定にすることはできない。

また、疲労試験に要した日数は、セットする時間を含めて、1968 年 3 月に 26 日、4 月に 23 日、5 月に 20 日、6 月に 4 日の合計 73 日間で、実質の疲労試験機運転時間は約 3610 万回、1 日 24 時間運転で 72 万回 (1 分 500 回転) となるので、約 50 日となっている。

3. 実験結果

(1) 静的試験の結果

各バッチごとに円柱供試体の静的試験の結果を平均して、表—2 にまとめた。さらに、円柱供試体と角柱供試体の強度、および、弾性係数を比較して、表—3 にまとめた。

表—2 静的強度と弾性係数

		(単位: kg/cm^2)			
		28日静的強度	28日弾性係数	試験時静的強度	試験時弾性係数
平均		345.1	1.89×10^5	400.1	1.82×10^5
標準偏差		29.2	0.12×10^5	18.2	0.09×10^5

表—3 円柱供試体と角柱供試体との比較

		試験時静的強度 (kg/cm^2)	円柱供試体との比較	試験時弾性係数 (kg/cm^2)	円柱供試体との比
円柱		400.1		1.82×10^5	
角柱	$e=0$	411.7	1.03	1.89×10^5	1.04
	$e=1.0 \text{ cm}$	306.7	0.767		
	$e=2.5 \text{ cm}$	222.6	0.556		

(2) 疲労試験の結果

疲労試験の結果を表—4 に要約する。これらのデータを、図—5、および、図—6 に、 $S-N$ 曲線として図示した。縦距に応力 (S) (%) (上述の意味における) を、

表—4 疲労試験結果

$e=0$		$e=b/6=2.5 \text{ cm}$								
S_{max}	r	$N(10^4)$	$\log N$	P	S_{max}	r	$N(10^4)$	$\log N$	P	
65.0	1	0.48	3.68	0.088	85.0	1	2.06	4.31	0.500	
	2	2.56	4.39	0.167		1	0.82	3.91	0.250	
	3	4.40	4.64	0.247		82.5	2	1.54	4.19	0.500
	4	4.79	4.68	0.333			3	2.42	4.38	0.750
	5	4.80	4.68	0.417			80.0	1	26.09	5.41
	6	7.26	4.86	0.500	2	55.68		5.66	0.500	
	7	7.47	4.87	0.583	3	104.36		6.01	0.750	
	8	8.43	4.93	0.667	77.5	1	13.96	5.14	0.100	
	9	9.47	4.98	0.750		2	27.57	5.44	0.200	
	10	9.63	4.98	0.833		3	66.07	5.82	0.300	
	11	22.60	5.35	0.917		4	96.58	5.98	0.400	
62.5	1	13.70	5.14	0.167	5	139.58	6.14	0.500		
	2	38.92	5.59	0.333	6	200.00	6.30			
	3	40.72	5.61	0.500	7	200.00	6.30			
	4	50.17	5.70	0.667	8	200.00	6.30			
	5	69.18	5.82	0.750	9	200.00	6.30			
60.0	1	32.19	5.59	0.091	75.0	1	200.00	6.30		
	2	74.89	5.87	0.182		2	200.00	6.30		
	3	86.58	5.94	0.273		3	200.00	6.30		
	4	86.87	5.94	0.364	70.0	1	200.00	6.30		
	5	102.29	6.01	0.445		2	200.00	6.30		
	6	200.00	6.30			3	200.00	6.30		
	7	200.00	6.30							
	8	200.00	6.30							
	9	200.00	6.30							
	10	200.00	6.30							

S_{max} : 最大応力 (%)
 r : 順序統計量
 N : 破壊までの繰返し回数
 P : $r/(n+1)$ n : 個数

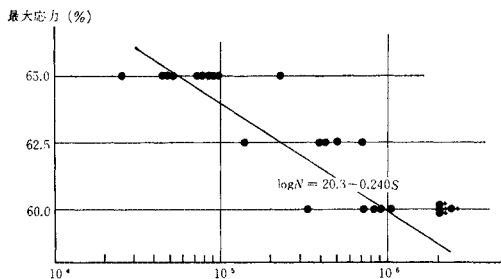


図-5 疲労試験結果, $e=0$

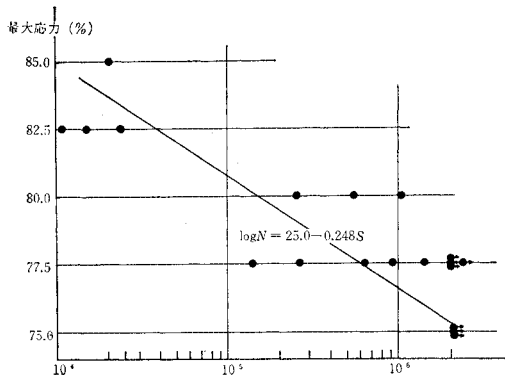


図-6 疲労試験結果, $e=b/6=0.25\text{ cm}$

横距に破壊までの繰返し数 (N) の常用対数をとっている。

4. 考 察

(1) S-N 曲線

この実験から得られた S-N 曲線式と $N=200$ 万回の S の値 (%) とを、他の普通コンクリート、および、軽量コンクリートの実験結果から得られた S-N 曲線式と $N=200$ 万回の S の値を、表-5 にまとめている。

この実験、および、Ople らの実験では、偏心载荷を試みたため、角柱供試体を用いた。このため、上限下限の荷重にしたがって、応力は、すでに述べたように、円柱・角柱供試体の静的試験の応力-ひずみ曲線から決定された。一方、Gray らほか多くの実験では、円柱供試体の均等载荷であるため、上下限の応力は圧縮強度の何%というようにして簡単に決定されている。

表-5 で、本実験と Ople らの実験とを比較すると、200 万回疲労強度は、等分布圧縮応力を受ける場合、この実験 (軽量コンクリート) で 58.6%、Ople らの実験 (普通コンクリート) で 65.3% であるので、普通コンクリートの方が軽量コンクリートより数%強いように思われる。また、三角形分布圧縮応力を受けるとき、つまり、偏心量 $e=b/6=2.5\text{ cm}$ における 200 万回疲労強度

表-5 S-N 曲線式

偏心量	コンクリート	研究者	S-N 曲線式	200 万回疲労強度 (%)
$e=0$	普通コンクリート	Ople ら	$\log N=18.2-0.182 S$	65.3
		Bennet ら	$\log N=21.6-0.232 S$	66.0
		Antrim ら	$\log N=12.3-0.106 S$	56.7
		〃	$\log N=20.5-0.214 S$	66.8
$e=b/6$	軽量コンクリート	著者ら	$\log N=20.3-0.240 S$	58.6
		Warren ら	$\log N=13.1-0.118 S$	57.3
		〃	$\log N=12.4-0.104 S$	57.5
		〃	$\log N=11.1-0.085 S$	56.5
$e=b/6$	普通コンクリート	Ople ら	$\log N=28.5-0.265 S$	87.5
	軽量コンクリート	著者ら	$\log N=25.0-0.248 S$	75.5

は、本実験では 75.5%、Ople らの実験では 87.5% であるので、普通コンクリートの方が軽量コンクリートよりも 10%程度強いように思われる。

村田・菅原・宮崎著：高強度軽量骨材 コンクリート (昭 41, 山海堂) の p. 139 に、圧縮疲労強度について

	軽量	普通
供試体 1 個	3	
供試体 2 個重ね	5	8

の場合の試験結果が図示されているが、S-N 曲線、および、200 万回疲労強度についてはふれておらず、単に圧縮強度の 50~60% 程度であり、圧縮疲労強度については、普通コンクリートと同等と考えてよいと記されている。

しかし、著者、および、他の研究者の結果からして、軽量コンクリートの方は普通コンクリートに比較して、多少とも圧縮疲労強度が低いものと思う。

(2) 確率論的考察

—McCall の数学的モデルによる—

疲労試験における測定値のばらつきは、供試体の製作、および、設置上の誤差、および、機械の性能の変動などに起因するが、分散のおもな原因は、材料の疲労破壊の本質的なものの中に存在すると考えられる。

従来から、金属では、疲労破壊の回数の確率分布の代表的なものとして、対数正規分布が多くの研究者により研究されている。他に、極限値の統計理論による分布が、Freudenthal, Gumbel, および、Weibull らにより提案されている。両者の分布の間には、破壊の確率 P が 0.0、および、1.0 の極限値の付近で多少の相違点が存在する。

McCall は無筋コンクリートの曲げ疲労試験を行ない、独自の数学的モデルを考案した。その方程式の条件は極値の条件を満足している。

McCall は応力 S —疲労寿命 N —破壊の確率 P の関係をつぎの式で提案した。

$$L=10^{-a \cdot S^b (\log N)^c} \dots\dots\dots (1)$$

ここで a, b, c は実験定数, S は上限応力で, ここでは静的強度に対する百分率, L は破壊しない確率である。したがって, 破壊する確率 P は $(1.0-L)$ になる。式 (1) の性質として, $N=1$, および, $N \rightarrow \infty$ の値に対して L の値は, それぞれ, $L=1.0$, および, $L \rightarrow 0$ となる。 $S=0$, および, $S \rightarrow 100$ の値に対する L の値は, それぞれ, $L=1.0$, および, $L \rightarrow 0$ である。 $S \rightarrow 100$ のとき $L \rightarrow 0$ は, 式 (1) からは明らかではないが, 最終の式 (3) によって証明される。式 (1) は, 両辺を二度対数を取って線形に変換すれば,

$$\log S = A + B \log(\log N) + C \log(-\log L) \dots\dots\dots (2)$$

となる。

本実験, および, Ople らによって実験された普通コンクリートの結果を, 式 (3) に示す。

a) 本実験 (軽量コンクリート)

$e=0$ のとき,

$$\log S = 2.0343 - 0.3069 \log(\log N) + 0.0229 \log(-\log L) \dots\dots\dots (3)_1$$

$e=b/6$ のとき,

$$\log S = 2.0229 - 0.1363 \log(\log N) + 0.0346 \log(-\log L)$$

b) Ople らの実験 (普通コンクリート)

$e=0$ のとき,

$$\log S = 2.1848 - 0.4450 \log(\log N) + 0.0394 \log(-\log L) \dots\dots\dots (3)_2$$

$e=b/6$ のとき,

$$\log S = 2.1118 - 0.2269 \log(\log N) + 0.00987 \log(-\log L)$$

これらの式を用いて, $N=200$ 万回, および, $N=2000$ 万回 (外撈値) で, $P=0.5, 0.05$, および, 0.001 に対する S の値を求め, 表-6 に示す。

表-6 N および P に対する S の値 (%)

	偏心量	$N=200$ 万回			$N=2000$ 万回		
		$P=0.5$	$P=0.05$	$P=0.001$	$P=0.5$	$P=0.05$	$P=0.001$
著者らの実験	0	59.3	54.7	49.1	56.3	52.4	47.0
	b/6	78.7	71.9	63.6	77.1	70.5	64.2
Ople らの実験	0	66.8	62.8	57.7	62.4	58.6	53.9
	b/6	84.2	82.1	79.2	81.4	79.4	76.6

(3) 破壊までの繰り返し回数とひずみ増加率の関係

等分布圧縮応力を受ける供試体の疲労試験では, 5 個の供試体に対して, 試験を途中停止し, 静的試験を行なった。

この静的試験は, 最大応力までの応力-ひずみ曲線を作るための試験であり, 応力-ひずみ曲線が繰り返し回数とともにいかに変化するかを調べた。

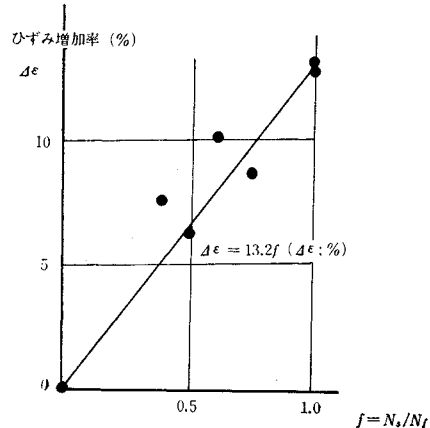


図-7 ひずみ増加率と破壊までの繰り返し回数との関係

応力-ひずみ曲線の変化を簡単に調べるため, 最大応力時のひずみに着目し, このひずみが, 繰り返し回数の増加とともに, 増加していることを知った。初回に最大応力を加えたときのひずみを ϵ_0 , N_s 回繰り返し荷重を加えた後に静的試験で最大応力を加えた時のひずみを ϵ_s とすれば, ひずみ増加率 $\Delta\epsilon$ はつぎのように定義されよう。

$$\Delta\epsilon = \frac{\epsilon_s - \epsilon_0}{\epsilon_0} \dots\dots\dots (4)$$

さらに, 割線弾性係数を処女曲線に対し E_0 , N_s 回繰り返し後に対して E_s とすれば, ひずみ増加率 $\Delta\epsilon$ は,

$$\Delta\epsilon = \frac{E_s - E_0}{E_s} \dots\dots\dots (5)$$

とも表わすことができる。

一方, 測定時繰り返し回数 N_s に対するひずみ増加率 $\Delta\epsilon_s$ は, 破壊までの繰り返し数 N_f にも関係があると思われるので, 新たに, $f = N_s/N_f$ なる無次元量を用いて, $\Delta\epsilon$ と f の関係を図-7 にプロットした。これらの点は一次式に比較的近いと思われるので, 最小自乗法により一次直線式を求めると,

$$\Delta\epsilon = 13.2f (\Delta\epsilon: \%) \dots\dots\dots (6)$$

が得られる。この式から, $f=1.0$ ($N_s=N_f$: 破壊時) に対する $\Delta\epsilon$ は 13.2% となるので, 約 13.2% のひずみ増加率が生じた時, コンクリートが破壊すると考えられよう。

5. 結 論

上述したことをまとめて個条書きにすると, つぎのようになる。

(1) 普通コンクリート, および, 軽量コンクリートの $S-N$ 曲線式を表-5 に示したが, 200 万回疲労強度を静的強度の % で表わせば, 等分布圧縮応力の場合, 普通

コンクリートでは約 65%，軽量コンクリートでは約 57% というのである。

三角形分布圧縮応力を受ける場合 ($e=b/6$) には、200 万回疲労強度は普通コンクリートで約 87%，軽量コンクリートで約 75% であろう。これについては、実験が少ないので、あまり確かなことはいえない。将来の研究にまちたい。

したがって、軽量コンクリートは普通コンクリートと比較して、疲労に対して 10% 程度弱いと思われる。

(2) コンクリート材料の疲労強度は相当ばらつくので、確率的に取り扱う必要がある。McCall の提案した式を用いると、等分布圧縮応力を受ける供試体の 2000 万回疲労強度は、破壊の確率 0.001 では、普通コンクリートで 54%，軽量コンクリートで 47% である。重要な構造物では、疲労強度に対してこの値が考慮されるべきであろう。同様な場合、三角形分布圧縮応力 ($e=b/6$) を受ける供試体については、普通コンクリートで 77%，軽量コンクリートで 64% である。

(3) 破壊とひずみの関係について、ひずみ増加率は繰り返し回数に比例して増加し、ひずみ増加率が 13% あたりで、供試体は破壊するものと考えられる。

なお、上記の実験は、造粒型の人工軽量骨材を用いたコンクリートを対象としたものであるが、さらに、進ん

で、非造粒型の場合についても同様の実験を行っているので、近日、その結果を公表したいと考えている。

参 考 文 献

- 1) John Murdock : A Critical Review of Research on Fatigue of Plain Concrete, T A.M. Report, No.638, (Aug., 1963), Univ. of Illinois.
- 2) Gene M. Nordby : Fatigue of Concrete—A Review of Research, Journal of A.C.I., 55-11 (Aug., 1958), pp. 191-219.
- 3) John De. C. Antrim and John F. McLaughlin : Fatigue Study of Air-Entrained Concrete, Journal of A.C.I., 55-70 (May, 1959), pp. 1173-1182.
- 4) Warren H. Cray, John F. McLaughlin and John D. Antrim : Fatigue Properties of Light-weight Aggregate Concrete, Journal of A.C.I., 58-6 (Aug., 1961), pp. 149-162.
- 5) F.S. Ople and C.L. Hulsbos : Probable Fatigue Life of Plain Concrete with Stress Gradient, Journal of A.C.I., 63-2 (Jan., 1966), pp. 59-81.
- 6) E.W. Bennet : Some Fatigue Tests of High Strength Concrete in Axial Compression, Magazine of Concrete Research, 19. 59 (June, 1967), pp. 113-117.
- 7) John T. McCall : Probability of Fatigue Failure of Plain Concrete, Journal of A.C.I., 55-13 (Aug., 1958), pp. 233-244.
- 8) 横堀武夫 : 材料強度学, 技報堂, 昭和 42 年 5 月
(1969.6.25・受付)

- 高い粘性によるコストダウン
- 高い膨潤
- 少ない沈澱
- 品質安定

業界に絶対信用ある…
山形産ベントナイト

基礎工事に用泥水に

クニゲル



国峯砒化工業株式会社

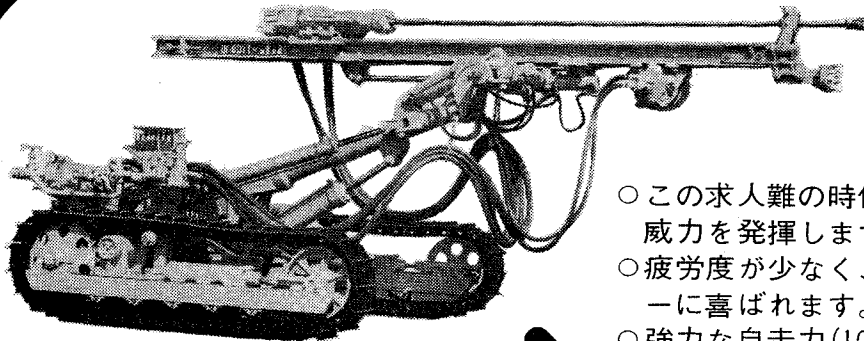
代理店

ベントナイト産業株式会社

本社 東京都中央区新田1-10 電話(552)6101代表
工場 山形県大江町左沢 電話大江 2255-6
釜山 山形県大江町月布 電話貫見 14

東京都港区新橋2-18-2 電話 東京 (571)4851-3

お金にはかえられない利得があります



- この求人難の時代、数人分の威力を発揮します。
- 疲労度が少なく、オペレーターに喜ばれます。
- 強力な自走力(10HP×2)により、登坂力は抜群。
- 耐久性が高く、故障知らずのタフなドリフター。
- 強力な打撃力・回転力で長孔さく孔もらくらく。

トヨコ さくがんき

発売元

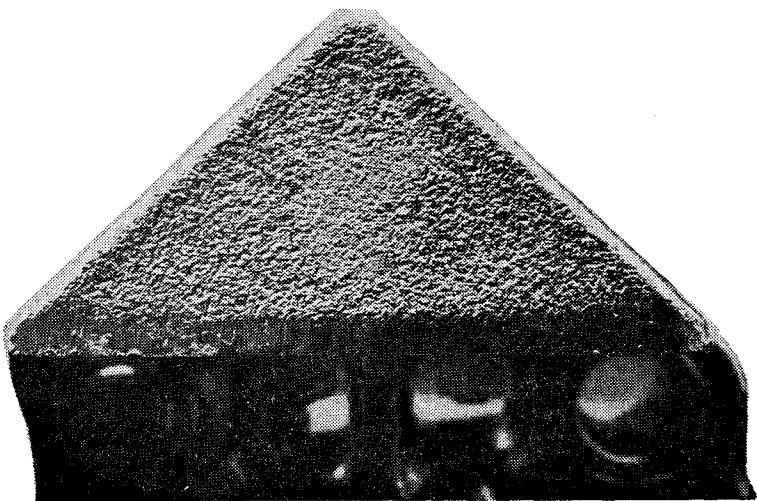
Ⓐ 東洋さく岩機販売株式会社

東京本店 東京都中央区日本橋江戸橋3の6
支店・営業所 東京・大阪・名古屋・福岡・札幌・仙台・高松・広島

製造元・広島 Ⓣ 東洋工業株式会社

TYCD-10
クローラードリル

さくがんきづくり36年 トーヨーさくがんき

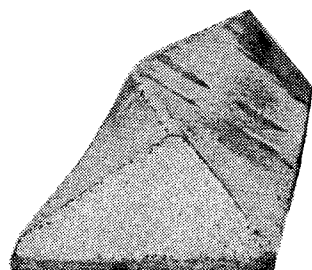


二等辺直角三角形の純正 N T K 三角シュー

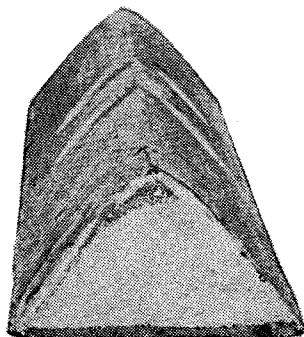
NTKが 正統派です

悪質地盤の処理に抜群の働きを示す湿地ブルドーザは、日本のユーザーにとって欠かせない機動力であることはご承知の通りですが、その普及の目覚ましさにつれて、あるメーカーが「日本No.1の技術が開発した」といえる。一方は「世界No.1の技術が」とうたう。しかし、一寸待って下さい。湿地ブルドーザの生命である三角シューは、北海道の泥炭地と取組んだ日特金属が発明したものです。それまでシューは、グロウサリは、土がつかず、土を乱さず、転圧力が大きく、傾斜地にも強いという画期的な性能を備えており、日本のユーザーの要望に完全に応えたもの。そして湿地研究から生れた頑強な足廻り、理想の車体バランス等正統派NTKの湿地ブルドーザは断然ピカ一です。超々湿地ブルまで種類も豊富。湿地ブルについては専門家のNTKにまずご相談下さい。

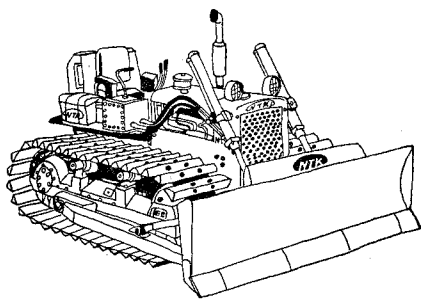
三角シューのいろいろ



稜線にカーブをつけた三角シュー



側面に丸味をつけた三角シュー



豊富な湿地シリーズ	接地圧	定格出力	総重量
NTK-6C 湿地	0.29kg/cm ²	120ps	15,000kg
NTK-5 湿地	0.27kg/cm ²	76ps	9,200kg
NTK-5 超湿地	0.19kg/cm ²	76ps	10,300kg
NTK-5 超々湿地	0.13kg/cm ²	76ps	10,000kg
NTK-4 湿地	0.25kg/cm ²	61ps	8,100kg

NTK
日特金属工業株式会社
東京都田無市谷戸町2-1-1 ☎0424 (63) 2121