

コンクリートの圧縮ヒズミエネルギーについての考察

加賀美 一二三

緒 言

コンクリートの応力—ヒズミ曲線は、一般に $\varepsilon = \kappa \sigma^n$ の放物線形となるので、これにもとづいてヒズミエネルギー A_i, A_e の式を求め、各種配合の材令 4, 14 週のコンクリートについて、単一荷重並びに繰返荷重試験を行い、応力—ヒズミ関係を求め、コンクリートの静的ヒズミエネルギーについて考察した結果を述べたものである。

1. 実験応力—ヒズミ曲線にもとづく場合のヒズミエネルギーの式

ある柱体の長さ l 、断面積を F 、割線弾性係数を E 、ある荷重 P_x 時の応力を σ_x 、そのヒズミ値を x 、応力—ヒズミ曲線の曲線次数を n とすると

$$P_x = \sigma_x F \quad (a)$$

$$x = \frac{\sigma_x^n}{E} l$$

$$\therefore \sigma_x = \sqrt[n]{\frac{x E}{l}} \quad (b)$$

いま、 A_i を横縮の影響を無視した内力の仕事量とすると

$$\begin{aligned} dA_i &= -\sigma_x F dx \\ &= -x^{\frac{1}{n}} \left(\frac{E}{l} \right)^{\frac{1}{n}} F dx \end{aligned}$$

$$\int dA_i = - \left(\frac{E}{l} \right)^{\frac{1}{n}} F \int x^{\frac{1}{n}} dx$$

いま、 $V = lF$ とすると

$$A_i = - \frac{n}{n+1} \frac{V}{E} \sigma_x^{n+1} \quad (1)$$

また、外力の仕事量 A_e は

$$\int dA_e = \int P_x dx$$

$$A_e = \frac{l}{E F^n} \frac{n}{n+1} P_x^{n+1}$$

$$A_e = \frac{n}{n+1} P_x \Delta l \quad (2)$$

2. 実験結果

コンクリートは粗骨材の最大寸法を 20mm と 40mm の碎石粗骨材の 2 種類、材令を 4, 14 週の 2 場合とし、その配合設計と破壊強度は表—1 のごとくである。

表—1 の配合により、供試体 4 個ずつ作製し、その中 1 個は単一荷重—ヒズミ関係を測定し、他の供試体に $0.48\sigma_{cy}$ と $0.90\sigma_{cy}$ の上限荷重にて繰返負荷したものに、残り 1 個は予備として実験の失敗に備えた。本実験の繰返負荷が弾性限、弾塑性限に及ぼす影響については

表 - 1

配合	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランブの筋間 (cm)	w/c (%)	単位水量 W (kg)	単位セメント量 C (kg)	S/A (%)	単位細骨材量 S (kg)	単位粗骨材量 G (kg)	σ_{28} (kg/cm ²)	$\sigma_{14日}$ (kg/cm ²)
A	20	11±1	68.5	197	288	50	885	1014	69.2	100
A'	40	10±1	68.5	197	288	50	885	1014	138	151
B	20	6±1	51.7	188	364	38	682	1108	277	369
B'	40	11±1	51.7	188	364	38	682	1108	151	220
C	20	4±1	41.8	185	442	40	703	1056	359	402
C'	40	7±1	41.8	185	442	40	703	1056	258	321

既に報告⁴⁾してあるが、以下は前項の(2)式によるヒズミエネルギーと直線応力-ヒズミ曲線によるヒズミエネルギーの公式 $A_c = P \Delta l / 2$ の値を、コンクリートの標準供試体について計算

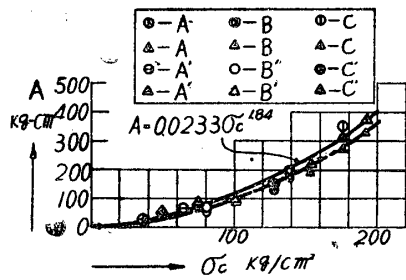


図-1 0.48σ_{cy}の場合のσ_c-Aの関係

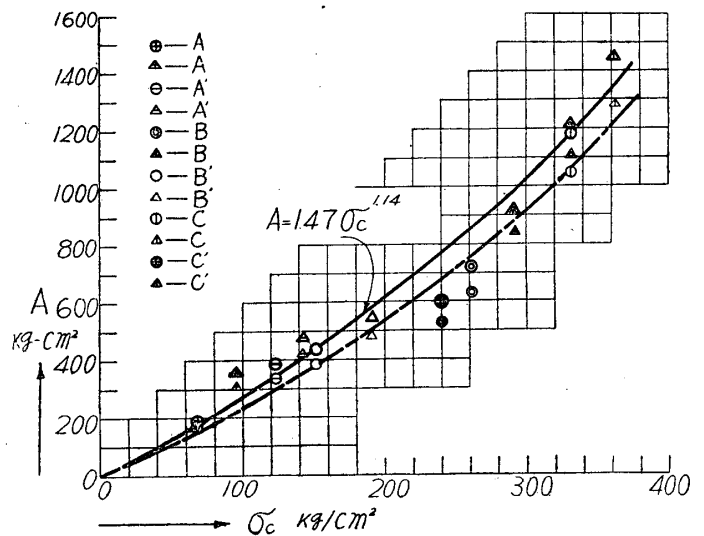


図-2 0.90σ_{cy}の場合のσ_c-Aの関係

してみることにする。

(1) 単一荷重の場合のヒズミエネルギー

表-1の各種配合、材令のコンクリートについて、単一荷重-ヒズミ曲線中の0.48σ_{cy}の弾性限、0.90σ_{cy}の弾塑性限および破壊点に対して、応力とヒズミエネルギーとの関係を計算すると、図-1, 2, 3となる。但し(1), (2)式中のnには弾塑性限までは1.3次³⁾、塑性領域に対しては4.5次³⁾を用いた。

(2) 0.48σ_{cy}, 0.90σ_{cy}位置の片振繰返荷重の場合のヒズミエネルギー
0.48σ_{cy} および 0.90σ_{cy}位置の(2)式によるヒズミエネルギーは、前項と同様n₀を1.3次とした。その

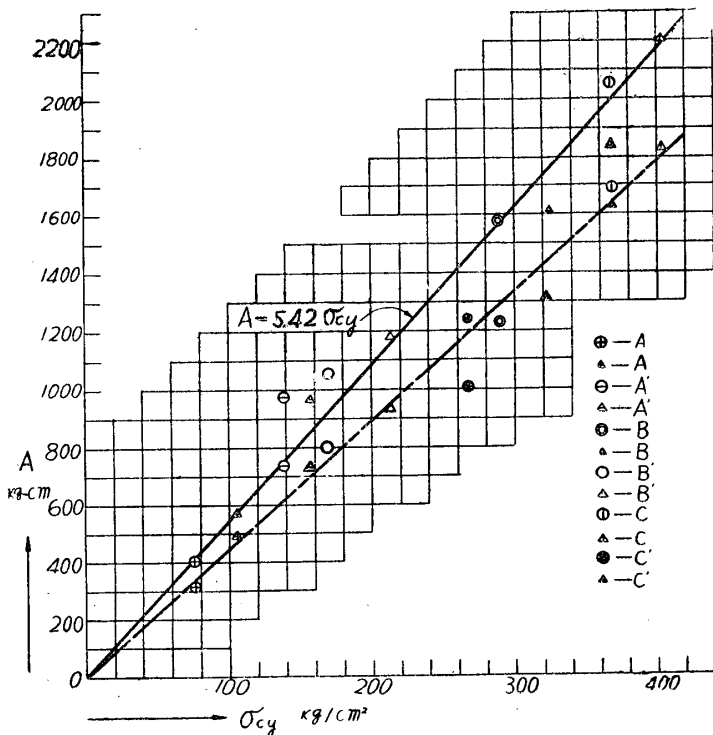


図-3 破壊点におけるσ_c-Aの関係

計算結果は図-4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15となる。

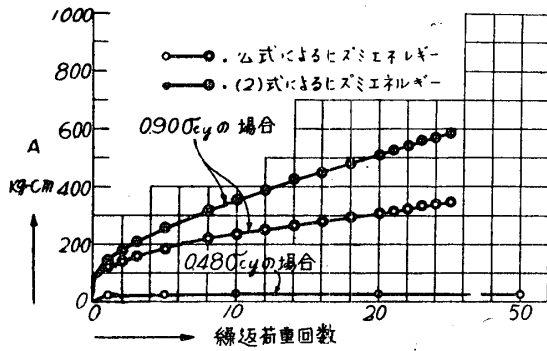


図-4 A配合, 材令4週の場合の Rep. No-A の関係

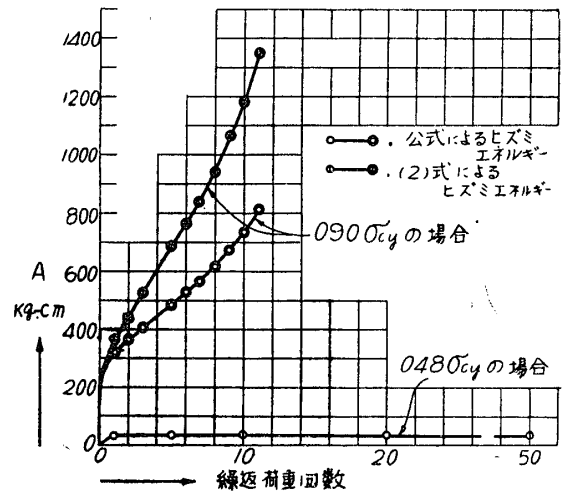


図-5 A配合, 材令14週の場合の Rep. No-A の関係

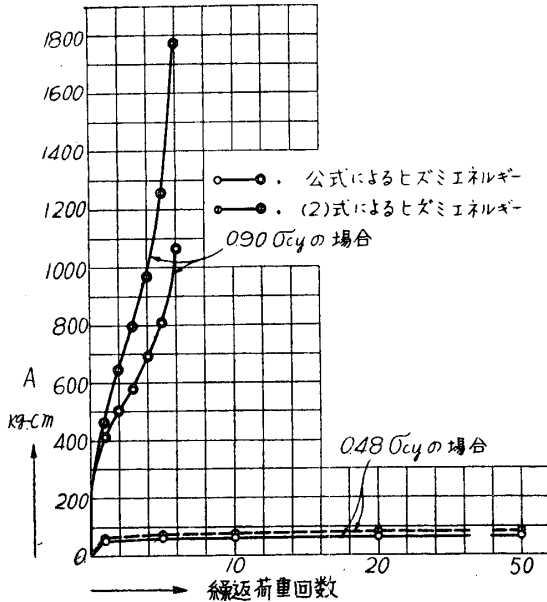


図-6 A'配合, 材令4週の場合の Rep. No-A の関係

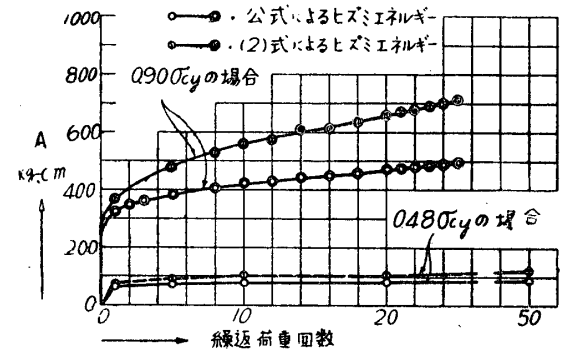


図-7 A'配合, 材令14週の場合の Rep. No-A の関係

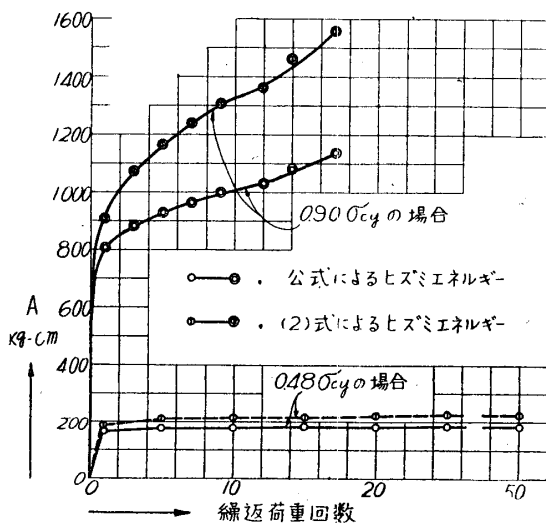


図-8 B配合, 材令4週の場合の Rep. No-A の関係

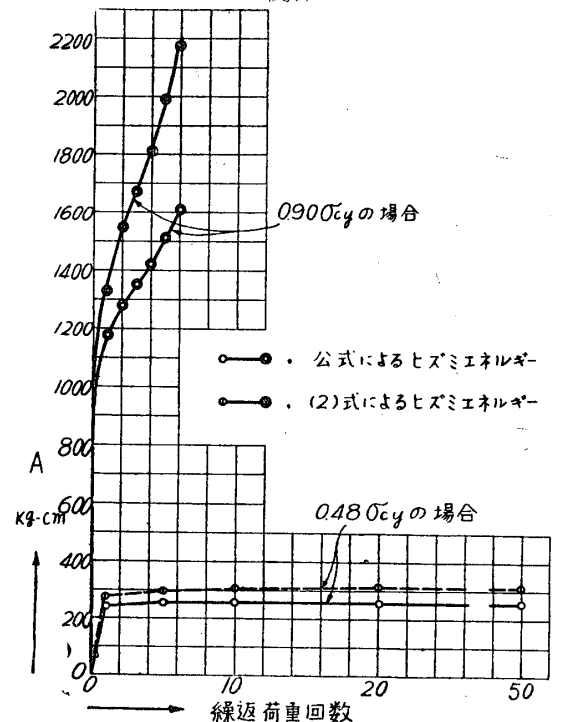


図-9 B配合, 材令14週の場合の Rep. No-A の関係

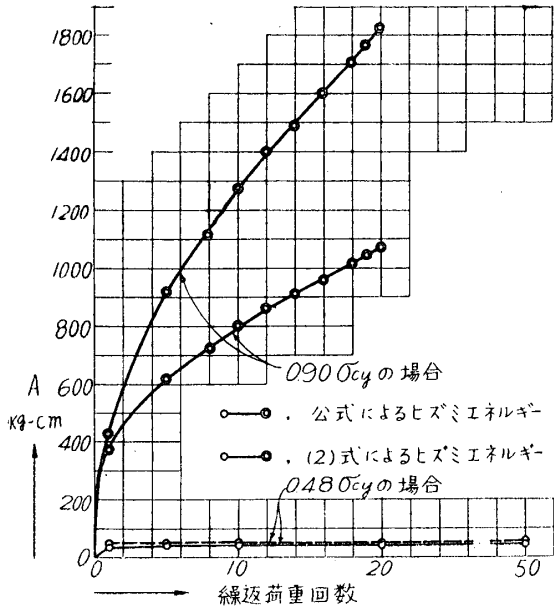


図-10 B'配合, 材令4週の場合の Rep. No-A の関係

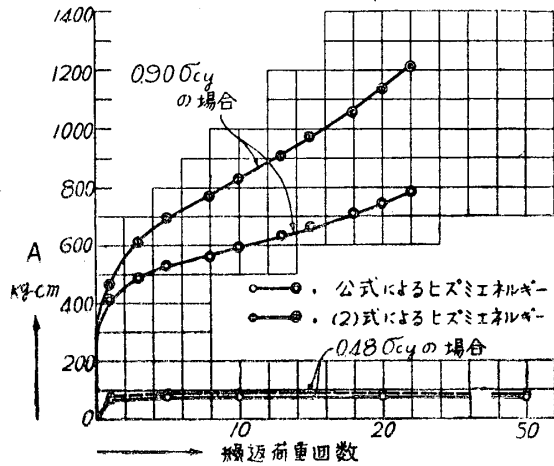


図-11 B'配合, 材令14週の場合の Rep. No-A の関係

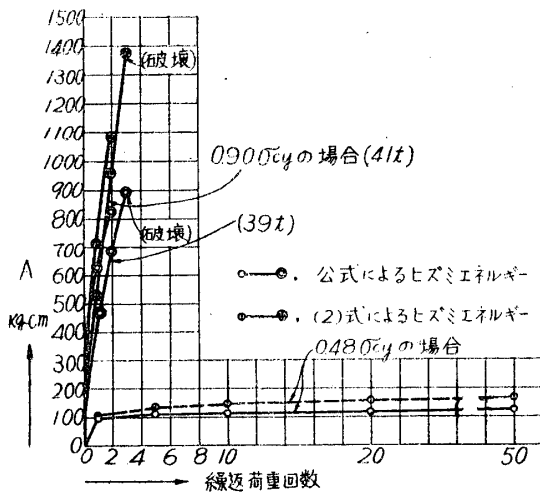


図-14 C'配合, 材令4週の場合の Rep. No-A の関係

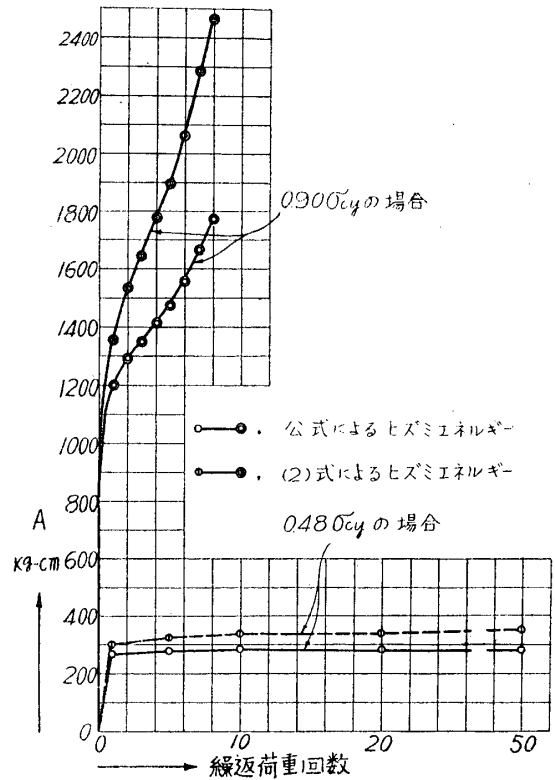


図-12 C配合, 材令4週の場合の Rep. No-A の関係

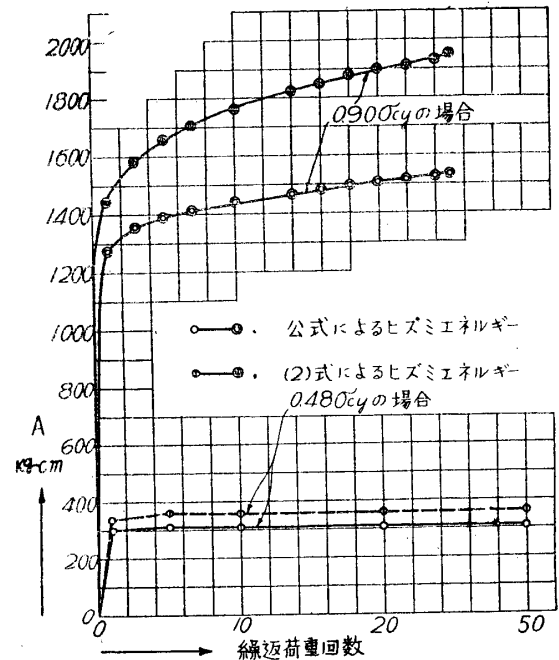


図-13 C配合, 材令14週の場合の Rep. No-A の関係

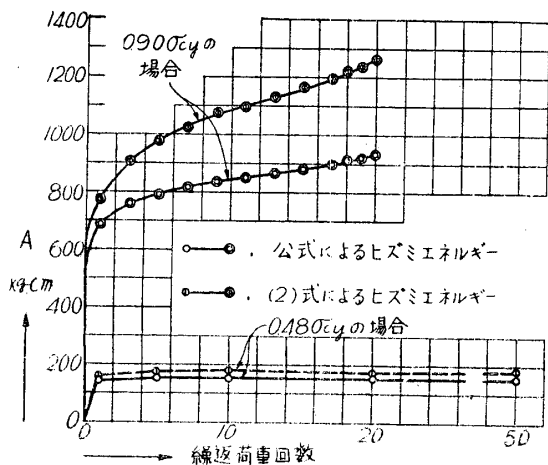


図-15 C'配合, 材令14週の場合の Rep. No-A の関係

壊の場合のヒズミエネルギーの関係は、12回の実験中9回だけ破壊に達しこれを図示すると図-16のごとくなるのであるが、単一荷重の場合のAは片振繰返荷重の場合のA値を最低値とすると考えられる。

結 言

本考察において得られた事項は

- (1) 単一荷重の場合は、応力とヒズミエネルギーの関係として

弾性限においては、

$$A = 0.0233\sigma_c^{1.04}$$

弾塑性限においては、

$$A = 1.47\sigma_c^{1.14}$$

破壊点においては、

$$A = 5.42\sigma_{cy}$$

- (2) 弾性限においては、片振繰返荷重の場合Aは常数

- (3) 弾塑性限においては、片振繰返荷重の場合

未破壊の場合は、

$$A^n = \eta N \text{ の関係}$$

破壊の場合は、

$$A^n = \eta N \text{ より } A = \zeta N^n \text{ の関係に変換する。}$$

- (4) 弾塑性限位置程度の片振繰返破壊荷重の場合は、単一破壊荷重の場合のAを最低値とする。

- (5) 各種配合, 材令のコンクリートを通じて、その破壊時ヒズミエネルギーはほぼ

$\sigma_{cy}, \text{ kg/cm}^2$	150	220	300	400
A, kg-cm/cm^3	0.150	0.230	0.300	0.420

この値は D. Watstein の結果¹⁾と比較して、妥当と考えられる。

3. 考 察

単一荷重の場合のヒズミエネルギーは、コンクリートの配合, 材令の如何をとわず、弾性限, 弾塑性限において $A = \alpha\sigma_c^n$ の放物線傾向を示し、破壊点において $A = \beta\sigma_c$ の直線変化傾向を示す。

弾性限, 弾塑性限位置の片振繰返荷重の場合, 前者においてはAはほとんど常数, 後者においては未破壊の場合は $A^n = \eta N$ の関係を示すが、破壊に至る場合は $A = \zeta N^n$ の放物線形に変換する。

単一, 弾塑性限位置程度の片振繰返荷重の破

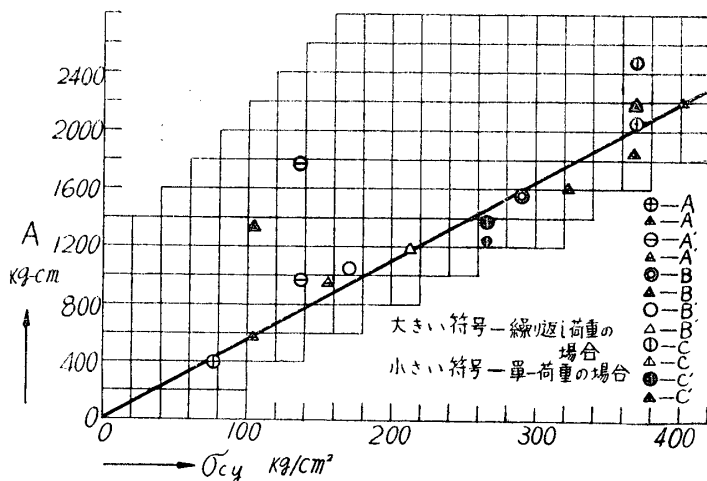


図-16 単一破壊荷重の場合と繰返壊荷重の場合におけるAの関係

参 考 文 献

- 1) 近藤, 坂, コンクリートハンドブック, p. 269. 表—8.21, 1957
- 2) 著者, 鉄筋コンクリートバリの応力分布の考察, 材料試験, 第6巻第4号, 1957
- 3) 著者, コンクリートの圧縮応力—ヒズミ曲線の考察, セメントコンクリート, No. 132, 1958
- 4) 著者, コンクリートに対する圧縮繰返荷重の影響について, セメント技術年報, 1958