

No.	骨材の種類		調合(容積計量は現場計量)			W/C %	Slump cm	混和剤	強度 kg/cm <sup>2</sup>	$E_{s1/2}$ ×10 <sup>-4</sup> kg/cm <sup>2</sup>	強度時歪度 ×10 <sup>-4</sup>	材令 W
	細	粗	セメント kg/m <sup>3</sup>	細 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	粗 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>							
11	川砂 (鹿児島市甲突川・谷山市和田海岸砂)	カル	362	0.618	0.618	80	23		89.8	8.60	19.9	1
12			353	0.627	0.627	74	22		93.5	9.00	19.9	4
13			344	0.637	0.637	55	19	C	98.0	8.60	19.0	4
14			350	0.626	0.626	80	21		109	9.12	21.2	4
15			335	0.637	0.637	91	22	P	104	9.00	18.6	4
16			329	0.642	0.642	91	22	"	105	9.44	20.6	4
17			358	0.632	0.632	78	17	"	108	8.61	19.4	4
18			314	0.659	0.659	62	19	C	103.9	10.03	21.8	4
19			350	0.632	0.632	61	20		112.3	10.73	22.4	4
20			334	0.645	0.645	58	18	C	112.5	9.12	20.3	4
21	(鹿屋市古江)	系砂利	310	0.663	0.663	63	19	"	120.0	10.24	22.0	13
22			342	0.641	0.641	78	19	P	125	9.99	22.1	14
23			345	0.633	0.633	80	21	A	126	9.43	21.2	14
24			363	0.617	0.617	80	23		126.3	10.42	23.9	14
25			340	0.640	0.640	65	19	C	128.9	10.73	23.6	13
26			353	0.630	0.630	61	20		133	10.23	22.6	13
27			362	0.618	0.618	80	23		137	9.18	20.3	13
28			350	0.630	0.630	74	22		143.3	10.40	22.2	13
29			360	0.618	0.618	81	21		155	11.72	24.6	13
30			354	0.637	0.637	81	23		159.8	11.10	24.0	13
31			366	0.616	0.616	80	23		183.5	11.15	24.8	13
RK-1	海岸砂 (谷山市和田)	開聞系スコリヤ (開聞町川尻)	280	0.632	0.632	70	20	C	103.4	11.82	16.1	4
2			318	0.655	0.655	68	20	"	126.0	12.34	18.3	4
3			348	0.635	0.635	63	18	"	140.3	13.62	18.2	4
4			350	0.632	0.632	66	19	"	155.0	13.71	19.6	4
5			370	0.610	0.610	61	20	"	172.1	14.68	19.7	4
6			280	0.682	0.632	70	20	"	149.0	15.59	21.3	13
7			318	0.655	0.655	68	20	"	171.5	14.03	19.1	13
8			348	0.635	0.635	63	18	"	182.0	14.55	20.6	13
9			350	0.632	0.632	66	19	"	182.4	14.14	21.2	13
10			370	0.612	0.612	61	20	"	209.0	14.85	21.5	13
CC-1	珊瑚砂利 (宝島)	珊瑚砂利	340	553	1049	79	20		126.2	16.58	15.6	4
2			353	555	1040	75	15		150.0	18.01	61.0	4
3			363	591	887	73	20		163.0	18.08	17.2	4
4			363	665	797	71	20		186.3	19.93	19.0	4
5			384	717	717	70	21		198.1	19.48	18.2	4
6			342	555	1040	75	15		202.0	19.25	18.0	13
7			353	591	887	73	20		212.8	20.38	17.4	13
8			363	665	797	71	20		214.0	19.96	18.8	13
9			384	717	717	70	21		230.0	20.58	18.8	13

註 養生はすべて水中養生，SC-1~42 の内 \* 以外は手練。

混和剤 A：アサヒライト，C：チューポール，D：ダレックス，P：ポゾリス。

供試体は3~6本の平均。

を除けば殆んどない。

本章に於ては，圧縮の場合の応力度一歪度曲線，ヤング係数，ポアソン数等について，概要を報告する。

使用した材料は，前章に於て使用したものと殆んど同一で，供試体は標準供試体とし，歪の測定は標点距離 10cm のマルチンス鏡歪計，及び標点距離 20cm<sup>2</sup> の丸東式エキステンソメーター（第2.14図参照）を使用した。

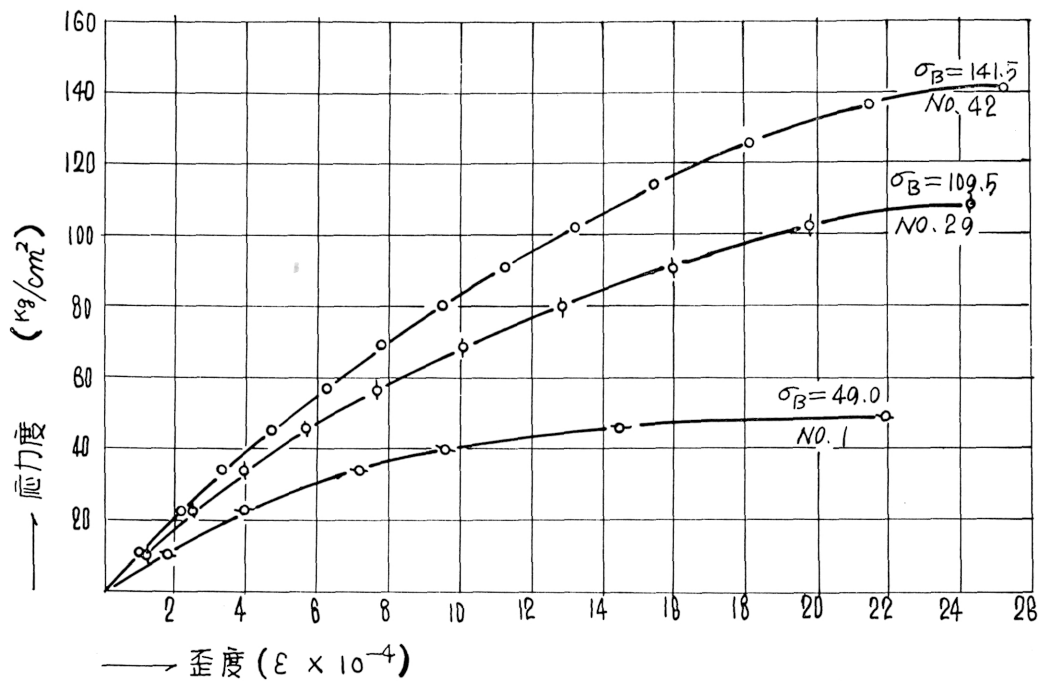
## 2.2 ヤング係数 $E_{s1/2}$ 及び強度時歪度測定

例ヤング係数  $E_{s1/2}$  及び強度時歪度の測定例を第2.1表に示す。

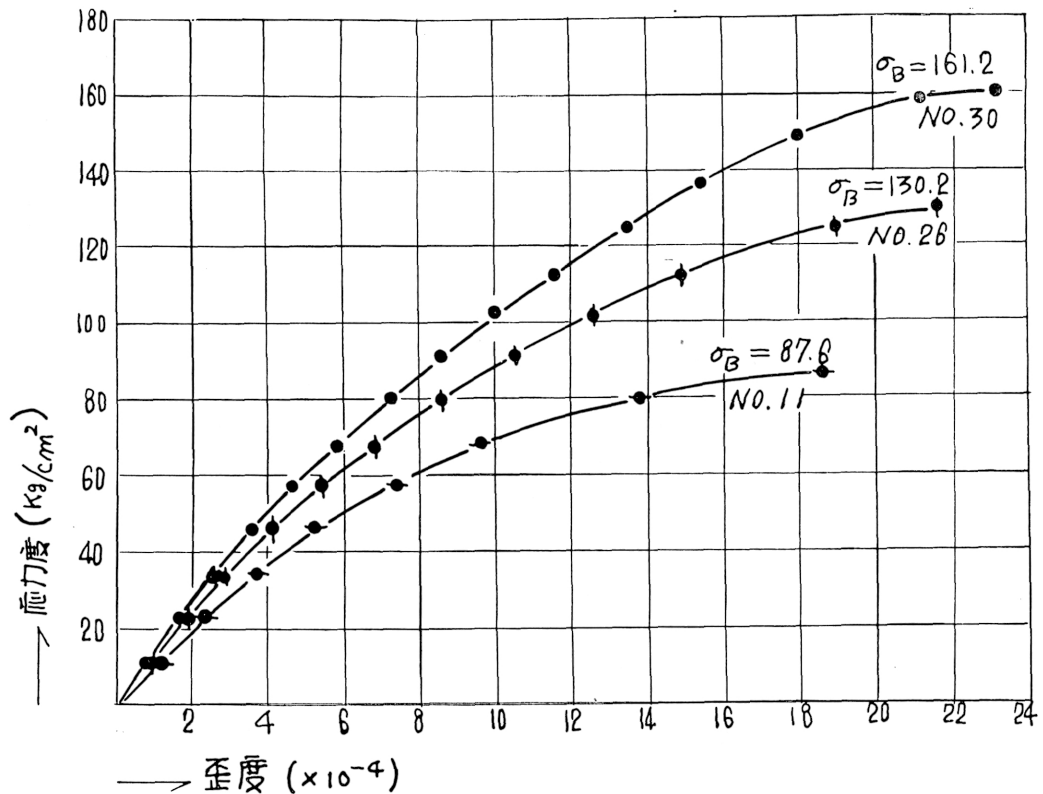
強度時歪度の測定は低強度のものは強度時の判別が困難であり，高強度のものは，瞬時に破壊するので測定が不確実になることはまぬがれない。

## 2.3 低応力度に於ける応力度一歪度曲線

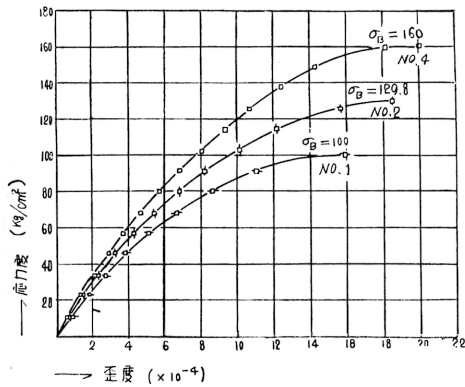
応力度一初歪度曲線例を第 2.1 図 (1) 乃至第 2.1 図 (4) に示す。



第 2.1 図 (1) 応力度-歪度曲線例(シラス・カルデラ系切込軽石)



第 2.1 図 (2) 応力度-歪度曲線例(川砂・カルデラ系軽砂利)



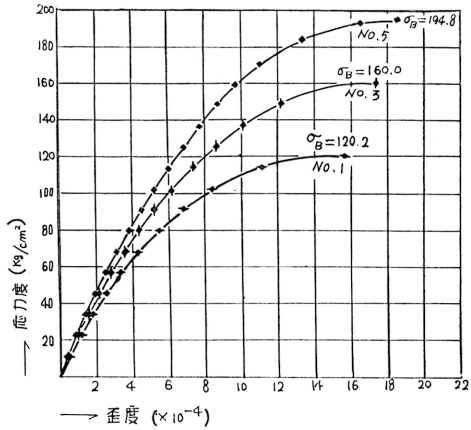
第 2.1 図 (3) 応力度-歪度曲線例 (川砂、開間系スコリヤ)

図中の No. は第 2.1 表の No. の供試体の一本である。

応力度が特に大きくない範囲の応力度-歪度曲線式には、所謂指数法則

$$\epsilon = \alpha \cdot \sigma^m \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

ただし  $\epsilon$  = 歪度

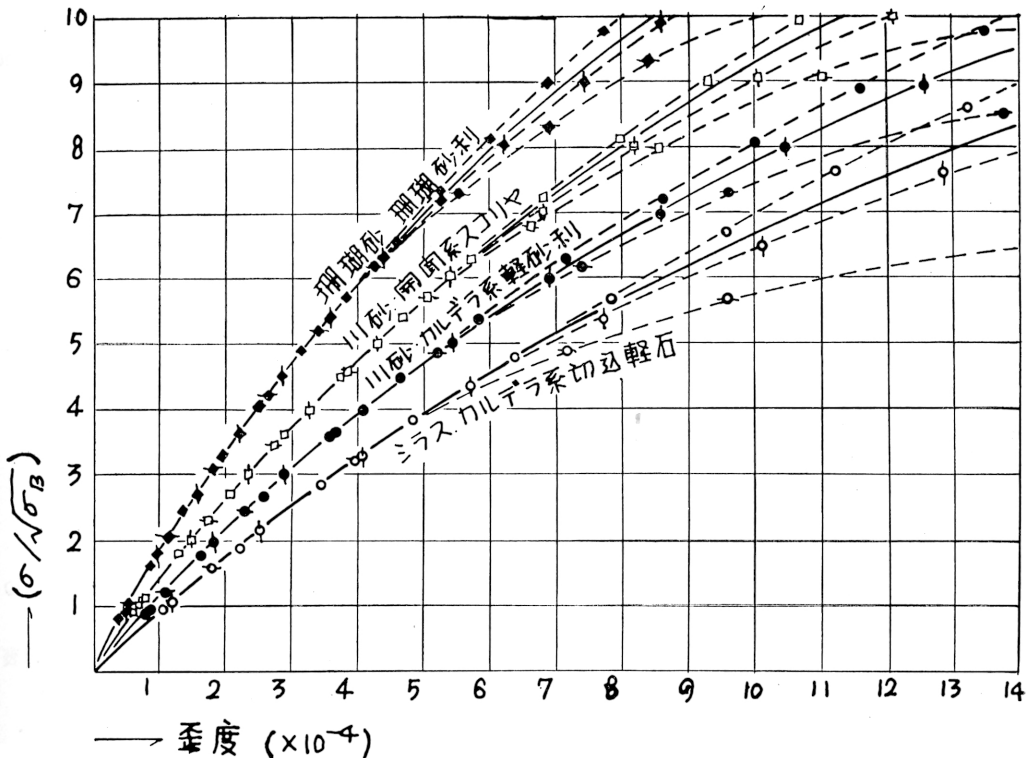


第 2.1 図 (4) 応力度-歪度曲線例 (珊瑚砂、珊瑚砂利)

$\sigma$  = 応力度 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$\alpha, m$  = 材料、試験法によつて定まる常数

があるが、普通コンクリートでは、強度の大略 15～60% の応力度の範囲のみに成立する。軽量コンクリートは、著しく低強度のものを除いて、普通コンクリ



第 2.2 図 低応力度に於ける  $(\sigma/\sqrt{\sigma_B})-\epsilon$  曲線例

ートより曲線の曲率が小さいので、(2.1)式が適用出来るのではないかと考えられたが、幾分適用の範囲が広いだけで大した価値は見出し得なかつた。

第2.1図(1)乃至第2.1図(4)に見られるように、応力度—初歪度曲線は、高強度のもの程立上りが急であるが、応力度  $\sigma$  のかわりに  $\sigma/\sqrt{\sigma_B}$  ( $\sigma_B$ は圧縮強度)を取ると、第2.2図の如く強度の略々50%程度までの低応力度に於ては、大略20%の巾で各コンクリートの種類ごとに略々同一の曲線になる。

坂博士は、普通コンクリートの低応力度に於ける( $\sigma/\sqrt{\sigma_B}$ )—全歪度曲線式に次式を与えている<sup>39)</sup>。

$$\delta = \frac{\alpha(\sigma/\sqrt{\sigma_B})}{1-0.0384(\sigma/\sqrt{\sigma_B})} \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

ただし  $\delta$ =全歪度

$\alpha$ =水セメント比に依るパラメーター

軽量コンクリートでは、 $\alpha$ を単に水セメント比だけのパラメーターとすることは困難で、水セメント比、セメント量、砂率、骨材の種類等が関係するが、(2.2)式と同一形式の算式を求めると次の如くである。

シラス、カルデラ系切込軽石コンクリート

$$\epsilon = \frac{\alpha(\sigma/\sqrt{\sigma_B})}{1-0.0465(\sigma/\sqrt{\sigma_B})} \quad \dots\dots\dots(2.3a)$$

ただし  $\alpha=(1.26\sim0.830)\times 10^{-4}$

平均  $1.038\times 10^{-4}$

川砂、カルデラ系軽砂利コンクリート

$$\epsilon = \frac{\alpha(\sigma/\sqrt{\sigma_B})}{1-0.0444(\sigma/\sqrt{\sigma_B})} \quad \dots\dots\dots(2.3b)$$

ただし  $\alpha=(1.014\sim0.676)\times 10^{-4}$

平均  $0.845\times 10^{-4}$

川砂、開間系スコリヤコンクリート

$$\epsilon = \frac{\alpha(\sigma/\sqrt{\sigma_B})}{1-0.0392(\sigma/\sqrt{\sigma_B})} \quad \dots\dots\dots(2.3c)$$

ただし  $\alpha=(0.827\sim0.551)\times 10^{-4}$

平均  $0.689\times 10^{-4}$

珊瑚砂、珊瑚砂利コンクリート

$$\epsilon = \frac{\alpha(\sigma/\sqrt{\sigma_B})}{1-0.0374(\sigma/\sqrt{\sigma_B})} \quad \dots\dots\dots(2.3d)$$

ただし  $\alpha=(0.638\sim0.426)\times 10^{-4}$

平均  $0.532\times 10^{-4}$

尚、川砂、カルデラ系切込軽石の例は示さなかつたが、当然、(2.3a)式と(2.3b)式の中間であるが、

低強度のものは(2.3a)式に近い。

気乾状態のものは、湿潤供試体に比して、応力度—初歪度曲線は立上りが緩かで、上記各式の $\alpha$ は、1.20倍前後の値を採る。

AE剤を使用したものと、しないものとの差異は、一般にAE剤を使用したものが応力度—初歪度曲線式の立上りは緩となるのであるが、筆者の実験では必ずしもそうなるとは言えなかつた。同一強度のものである、水セメント比の少ないものが立上りが急になる傾向があるので、空気量の影響と、AE剤による水セメント比の減少の影響とが相殺されるものと考えられる。

低応力度に於ける弾性歪度  $\epsilon_0$  は

$$\epsilon_0 = \alpha(\sigma/\sqrt{\sigma_B})^m \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

で示されるが、上記(2.3a)~(2.3d)の $\alpha$ の平均値を採ると

$$m=1.09\sim1.13 \text{ 平均 } 1.11 \text{ となる}^{40)}.$$

## 2.4 ヤング係数 $E_{S1/2}$ 及び $E_{S1/4}$

### 2.4.1 ヤング係数 $E_{S1/2}$

前項(2.3a)乃至(2.3d)式は、圧縮強度の略々50%の応力度まで適用出来る。(2.3a)乃至(2.3d)式から、圧縮強度の1/2の応力度のヤング係数(Secant modulus)を求めると次の如くである。

シラス、カルデラ系切込軽石コンクリート

$$E_{S1/2} = \frac{\sqrt{\sigma_B}-0.0233\sigma_B}{\alpha} \quad \dots\dots\dots(2.5a)$$

川砂、カルデラ系軽砂利コンクリート

$$E_{S1/2} = \frac{\sqrt{\sigma_B}-0.0222\sigma_B}{\alpha} \quad \dots\dots\dots(2.5b)$$

川砂、開間系スコリヤコンクリート

$$E_{S1/2} = \frac{\sqrt{\sigma_B}-0.0196\sigma_B}{\alpha} \quad \dots\dots\dots(2.5c)$$

珊瑚砂、珊瑚砂利コンクリート

$$E_{S1/2} = \frac{\sqrt{\sigma_B}-0.0187\sigma_B}{\alpha} \quad \dots\dots\dots(2.5d)$$

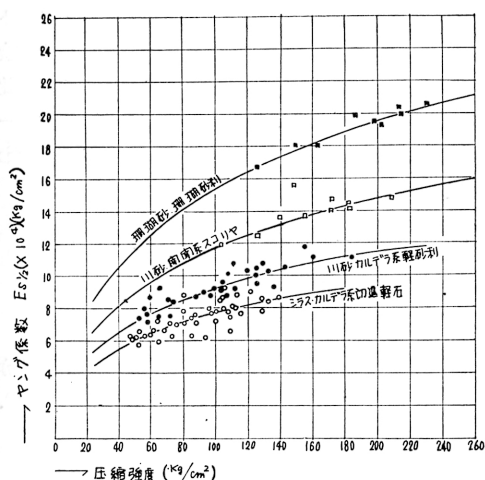
ただし、 $\alpha$ は、(2.3a)乃至(2.3d)式のそれぞれの値とする。

(2.5a)乃至(2.5d)式による算定曲線と、第2.1表の測定値とを第2.3図に示す。

算定曲線と測定値とはよく一致するといつてよい。

川砂、カルデラ系軽砂利コンクリートは、川砂を使用した浅間、榛名軽石コンクリートに類似し、シラ





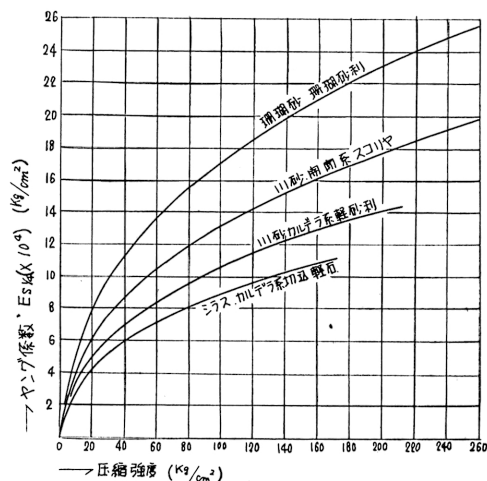
第 2.3 図 圧縮強度とヤング係数  $E_{s1/2}$

ス、カルデラ系切込軽石コンクリートは、軽砂を使用した浅間、榛名軽石コンクリートと、川砂を使用した浅間、榛名軽石コンクリートの略々中間であり、川砂、開聞系スコリアコンクリートは川砂、大島軽石コンクリートに類似し、珊瑚砂、珊瑚砂利コンクリートは、普通コンクリートと大差ないとしてよい。

尚、同一強度の場合、気乾状態のものは上記湿潤供試体の値の 80 % 内外の値となる。

#### 2.4.2 ヤング係数比（設計応力附近歪計算用）

##### A. ヤング係数 $E_{s1/4}$



第 2.4 図 圧縮強度とヤング係数  $E_{s1/4}$

鉄筋コンクリートの設計応力附近の歪計算用のヤング係数は、4 過圧縮強度の略々 1/4 の応力度の  $E_s$  を使用する。

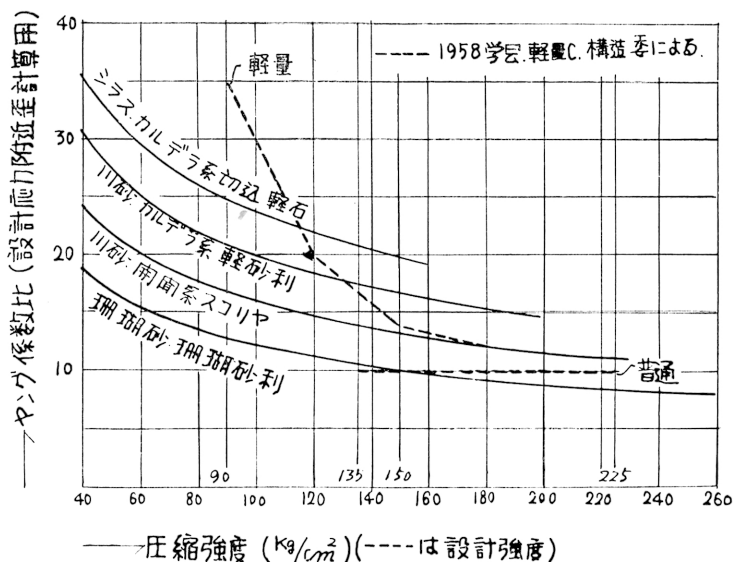
$E_{s1/4}$  の算定式を、 $E_{s1/2}$  と同様にして求めると次の如くである。

シラス、カルデラ系切込軽石コンクリート

$$E_{s1/4} = \frac{\sqrt{\sigma_B - 0.0116\sigma_B}}{\alpha} \quad \dots\dots\dots(2.6a)$$

川砂、カルデラ系切込軽石コンクリート

$$E_{s1/4} = \frac{\sqrt{\sigma_B - 0.0111\sigma_B}}{\alpha} \quad \dots\dots\dots(2.6b)$$



第 2.5 図 圧縮強度とヤング係数比（設計応力附近歪計算用）

川砂，開聞系スコリヤコンクリート

$$E_{S1/4} = \frac{\sqrt{\sigma_B} - 0.0098\sigma_B}{\alpha} \quad \dots\dots\dots(2.6c)$$

珊瑚砂，珊瑚砂利コンクリート

$$E_{S1/4} = \frac{\sqrt{\sigma_B} - 0.0098\sigma_B}{\alpha} \quad \dots\dots\dots(2.6d)$$

ただし， $\alpha$  は (2.3a) 乃至 (2.3d) 式のそれぞれの値とする。

$E_{S1/4}$  の (2.6a) 乃至 (2.6d) 式による算定曲線を第 2.4 図に示す。

B. ヤング係数比 (設計応力附近の歪計算用)

鉄筋のヤング係数を  $21 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$  として圧縮強度とヤング係数比 (設計応力附近の歪計算用) を示すと第 2.5 図の如くである。

実用的な範囲に於て，シラス，カルデラ系切込軽石

コンクリート，川砂，カルデラ系軽砂利コンクリート  
川砂，開聞系スコリヤコンクリートは，いずれも学会構造委員会の定めた軽量コンクリートのヤング係数比が，略々適用出来るし，珊瑚砂，珊瑚砂利コンクリートは，普通コンクリートと同じ値を採つてよいと思われる。

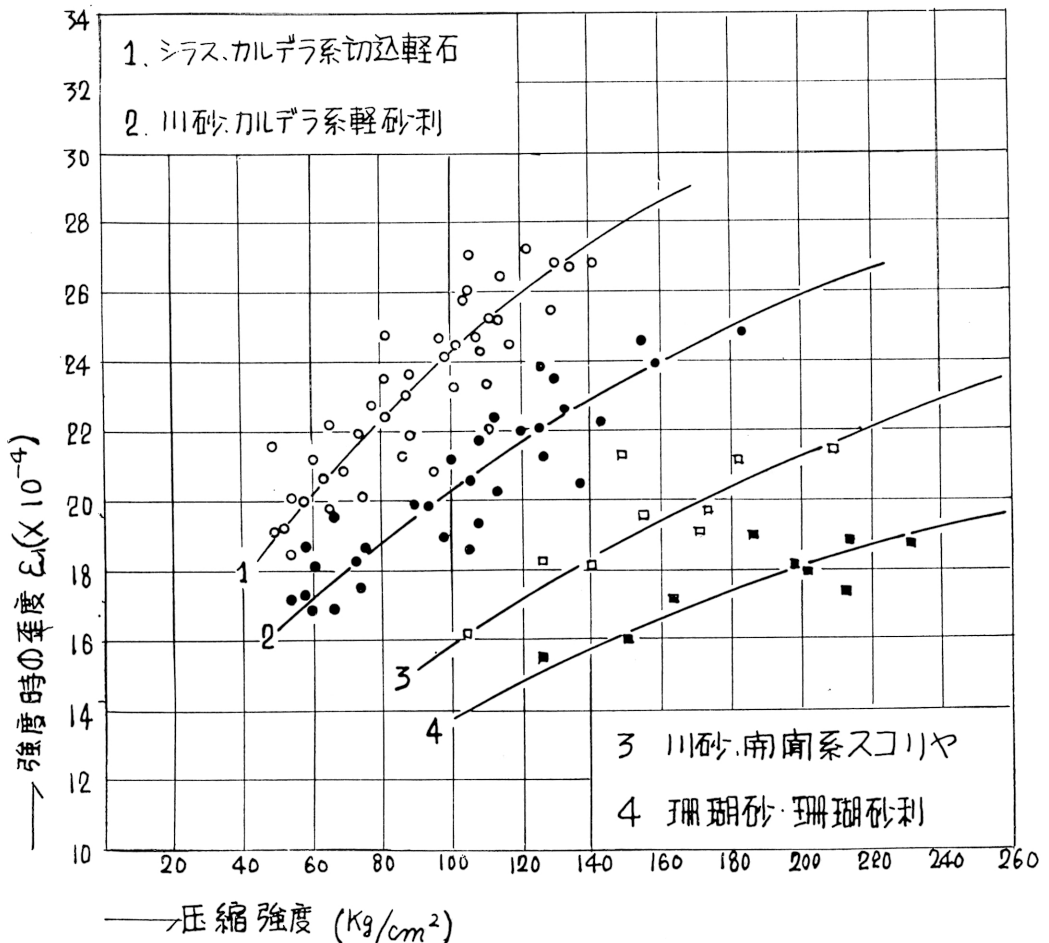
## 2.5 応力度—歪度曲線式，ヤング係数 $E_{S9/10}$ 及びヤング係数比

### 2.5.1 応力度—歪度曲線式

浜田博士によれば，応力度—歪度曲線式は，原点から強度に到る全過程に対し，次式でよく表わされる<sup>41)</sup>。

$$1 - \frac{\sigma}{\sigma_B} = \left(1 - \frac{\varepsilon}{\varepsilon_1}\right)^k \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

ただし， $\sigma_B$  = 圧縮強度  $\text{kg/cm}^2$



第 2.6 図 圧縮強度と強度時の歪度

$\sigma$  = 圧縮応力度  $\text{kg/cm}^2$

$\epsilon_1$  = 圧縮強度時歪度

$k$  = 曲率によつて定まる常数

第 2.1 表の強度時の歪度を図示すれば第 2.6 図の如くである。

コンクリート全体から見れば、強度の低いもの程強度時の歪度は大きくなるが、コンクリートの種類別に見れば、強度の高いもの程、強度時の歪度は大きくなる。

強度時の歪度  $\epsilon_1$  は圧縮強度  $\sigma_B$  の指数式で示されるとすれば、略々次の如く示される。

シラス、カルデラ系切込軽石コンクリート

$$\epsilon_1 = 4.70 \times 10^{-4} \sigma_B^{0.345} \quad \dots\dots\dots (2.8a)$$

川砂、カルデラ系軽砂利コンクリート

$$\epsilon_1 = 4.60 \times 10^{-4} \sigma_B^{0.324} \quad \dots\dots\dots (2.8b)$$

川砂、開閉系スコリヤコンクリート

$$\epsilon_1 = 2.23 \times 10^{-4} \sigma_B^{0.425} \quad \dots\dots\dots (2.8c)$$

珊瑚砂、珊瑚砂利コンクリート

$$\epsilon_1 = 2.56 \times 10^{-4} \sigma_B^{0.369} \quad \dots\dots\dots (2.8d)$$

(2.7) 式の  $k$  は

$$k = \frac{0.301}{\log \epsilon_1 / (\epsilon_1 - \epsilon_{1/2})} \quad \dots\dots\dots (4.9)^{42)}$$

ただし  $\epsilon_{1/2} = 1/2 \cdot \sigma_B$  における歪度で求められる。

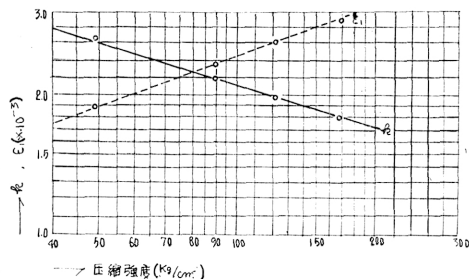
そこで、(2.3a) 乃至 (2.3d) 式によつて  $\epsilon_{1/2}$  を求める。 $\alpha$  は平均値を使用して、

シラス、カルデラ系切込軽石コンクリート

$$\epsilon_{1/2} = \frac{0.845 \times 10^{-4} \sqrt{\sigma_B}}{2 - 0.0465 \sqrt{\sigma_B}} \quad \dots\dots\dots (2.10a)$$

川砂、カルデラ系軽砂利コンクリート

$$\epsilon_{1/2} = \frac{0.845 \times 10^{-4} \sqrt{\sigma_B}}{2 - 0.0444 \sqrt{\sigma_B}} \quad \dots\dots\dots (2.10b)$$



第 2.7 図 (1) 圧縮強度と  $k, \epsilon_1 \times 10^{-3}$  (シラス、カルデラ系切込軽石)

川砂、開閉系スコリヤリート

$$\epsilon_{1/2} = \frac{0.689 \times 10^{-4} \sqrt{\sigma_B}}{2 - 0.0392 \sqrt{\sigma_B}} \quad \dots\dots\dots (2.10c)$$

珊瑚砂、珊瑚砂利コンクリート

$$\epsilon_{1/2} = \frac{0.532 \times 10^{-4} \sqrt{\sigma_B}}{2 - 0.0374 \sqrt{\sigma_B}} \quad \dots\dots\dots (2.10d)$$

によつて  $\epsilon_{1/2}$  を求め、(2.8a) 乃至 (2.8d) 式から求められる  $\epsilon_1$  から、(4.9) 式で  $k$  を求めると次の如くである。

シラス、カルデラ系切込軽石コンクリート

$$k = 8.15 \sigma_B^{-0.294} \quad \dots\dots\dots (2.11a)$$

川砂、カルデラ系軽砂利コンクリート

$$k = 14.2 \sigma_B^{-0.404} \quad \dots\dots\dots (2.11b)$$

川砂、開閉系スコリヤコンクリート

$$k = 11.3 \sigma_B^{-0.351} \quad \dots\dots\dots (2.11c)$$

珊瑚砂、珊瑚砂利コンクリート

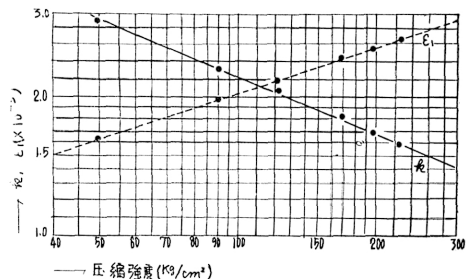
$$k = 23.8 \sigma_B^{-0.46} \quad \dots\dots\dots (2.11d)$$

〔2.8a) 乃至 (2.8d) の  $\epsilon_1$  及び (2.11a) 乃至 (2.11d) の  $k$  を図示すれば、第 2.7 図 (1) 乃至第 2.7 図 (4) の如くである。従つて、圧縮強度が分れば (2.7)、(2.8a) 乃至 (2.8d) 式及び (2.11a) 乃至 (2.11d) 式によつて応力度—歪度曲線が得られる。

## 2.5.2 ヤング係数 $E_{s9/10}$ ヤング係数比 (断面決定用)

### A. ヤング係数 $E_{s9/10}$

鉄筋コンクリートの断面決定に使用するヤング係数比は、普通コンクリートの場合 4 週強度の 90 % の応力度の  $E_s$  によるものと考えられるので、軽量コンクリートにも同様の考え方をすれば、(2.7) 式から、 $\sigma = \alpha \sigma_B$  とすると。



第 2.7 図 (2) 圧縮強度と  $k, \epsilon_1 \times 10^{-3}$  (川砂、カルデラ系軽砂利)



body, 粘性を持ち, 弾性と強さを持たない Newtonian Liquid である<sup>43)</sup>.

Hooke body の応力度—歪度曲線は, 略々直線であるが, 必ずしも直線であることを必要としない. 弾性の定義としては, 歪を次第に減じて行くと同じ曲線をたどつて戻り, 応力を完全に取り除いて永久歪が全く残らないことが要求される.

St. Venant body は, 降伏点までは弾性部分を示し, 応力を取り去ると全歪中弾性部分は回復する<sup>44)</sup>. 従つて, コンクリートは一応 St. Venant body のように挙動すると考えてよい.

Hooke (elastic) Solid のレオロジーの方程式は

$$P_t = E \cdot e_t \quad \dots\dots\dots(2.13a)^{45)}$$

St. Venant (Plastic) Solid のレオロジーの方程式は

$$P_t = \vartheta_t \quad \dots\dots\dots(2.13.b)^{46)}$$

ただし,  $P_t$  = 剪断力

$E$  = 剛性率 (Modulus of Rigidity)

$e_t$  = 剪断力

$\vartheta_t$  = 降伏応力

である.

単純軸力試験の場合, 剪断力及び剪断歪は, 引張応力, 或いは圧縮応力, 引張歪或いは圧縮歪に置きかえられる. 即ち

$$P_H = \varepsilon \cdot e \quad \dots\dots\dots(2.14a)$$

$$P_s = \vartheta = \varepsilon \cdot e_0 \quad \dots\dots\dots(2.14b)$$

ただし,  $P_H, P_s$  = 圧縮応力

$e$  = 歪度

$\varepsilon$  = 弾性係数

$\vartheta$  = 降伏応力

$e_0$  = 降伏歪

全応力度  $P_n$  は, 弾性部分と塑性部分の和と考え, 単純圧縮モデルの構造係数<sup>47)</sup> を採り入れて計算すると,

$$P_n = \frac{k\varepsilon}{k-\mu} [-\log \frac{e_n}{e_0}] e_n + \frac{\vartheta}{k-\mu} [k \frac{e_n}{e_0} - \mu] \quad \dots\dots\dots(2.16)$$

ただし,  $P_n$  = 圧縮全応力度

$e_n$  = 単純圧縮モデルの全歪

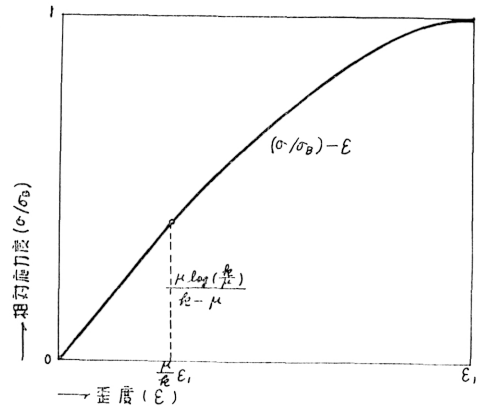
$k, \mu$  = モデルの構造係数

となる.

(2.16) 式の曲線を支配するものは,  $\varepsilon, k, \mu$  であり  $\varepsilon, \vartheta$  は材料常数であるが,  $k, \mu$  はモデルの構造係数で, 材料には無関係である.

(2.16) 式より

$$\text{最大応力度 } \sigma_B = (P_n)_{\max} = \vartheta \quad \dots\dots\dots(2.17a)$$



第 2.10 図  $(\sigma/\sigma_B) - \varepsilon$  曲線モデル

$$\text{最大歪度 } \varepsilon_1 = (e_n)_{\max} = e_0 \quad \dots\dots\dots(2.17b)$$

(2.16) 式から得られる曲線は, 弾性範囲の直線部分と塑性範囲の曲線部分とからなる.

相対歪度 (Relative stress)

$$\sigma/\sigma_B = \frac{P_n}{\vartheta} \quad \dots\dots\dots(2.18)$$

と歪度曲線を書けば第 2.10 図の如くである (第 2.10 図).

$k, \mu$  は前述の如く, モデルの構造係数であるから, 単純軸力試験のモデル仮定が同一ならば, 弾性部分の範囲は強度及び歪度に関係なく相対応力度  $(\sigma/\sigma_B)$  は一定でなければならない.

以上が, コンクリートを St. Venant body と考えた単純軸力試験のモデル的な考察であるが, 以上の考察には破壊に対する考察は導入していない.

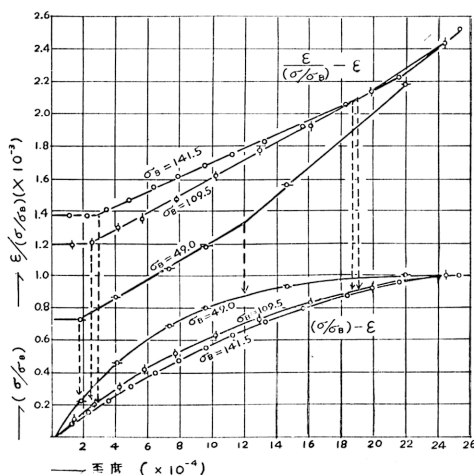
## 2.6.2 応力度—歪度曲線の弾性, 塑性領域

以上の如き考察の下に, 第 2.1 図 (1) 乃至第 2.1 図 (4) の応力度—初歪度曲線を, 相対応力度—初歪度曲線  $\{(\sigma/\sigma_B) - \varepsilon\}$  に直した曲線は, 第 2.11 図 (1) 乃至第 2.11 図 (4) の如くである.

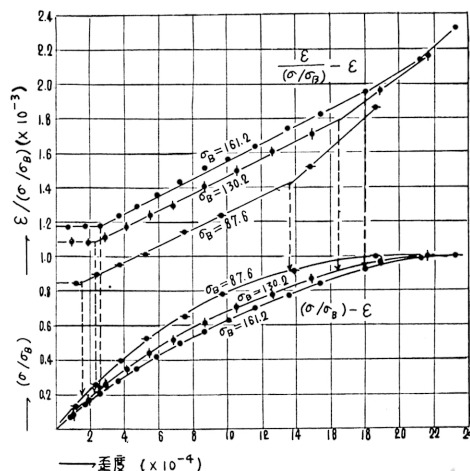
いずれの場合も, 相対応力度  $(\sigma/\sigma_B) = 0.2$  及

及び  $(\sigma/\sigma_B) \approx 0.9$  前後の個所に折点が見られ, 明らかに 3 つの部分に分けられる. 之等の折点の位置を明らかにするために, 初歪度  $\varepsilon$  を相対応力度  $(\sigma/\sigma_B)$  で割つて,  $\{(\frac{\varepsilon}{\sigma/\sigma_B}) - \varepsilon\}$  曲線を作つて見ると, 第 2.11 図 (1) 乃至第 2.11 図 (4) の上部の曲線となる.

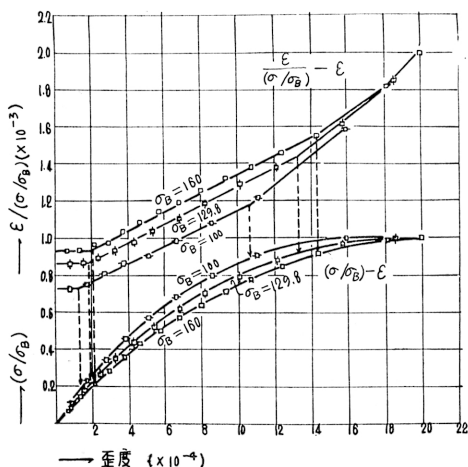
此の結果, コンクリートの種類, 及び強度に関係なく, いずれも第 1 折点は  $(\sigma/\sigma_B) = 0.2$ , 第 2 折点は



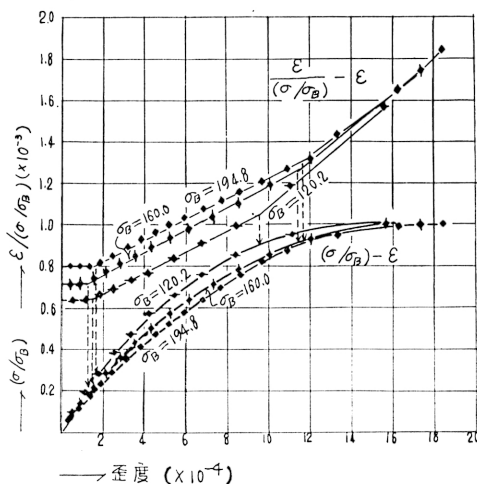
第 2.11 図 (1)  $(\sigma/\sigma_B) - \epsilon, \epsilon/(\sigma/\sigma_B) - \epsilon$  曲線  
(シラス・カルデラ系切込砂利)



第 2.11 図 (2)  $(\sigma/\sigma_B) - \epsilon, \epsilon/(\sigma/\sigma_B) - \epsilon$  曲線  
(川砂・カルデラ系軽砂利)



第 2.11 図 (3)  $(\sigma/\sigma_B) - \epsilon, \epsilon/(\sigma/\sigma_B) - \epsilon$  曲線例  
(川砂・開聞系スコリヤ)



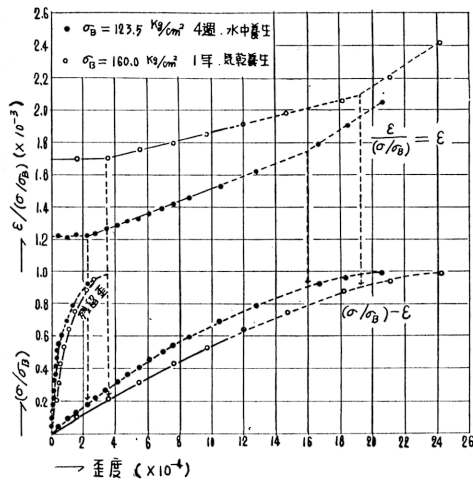
第 2.11 図 (4)  $(\sigma/\sigma_B) - \epsilon, \epsilon/(\sigma/\sigma_B) - \epsilon$  曲線例  
(珊瑚砂・珊瑚砂利)

$(\sigma/\sigma_B)=0.9$  の点に生じている。

元来、コンクリートの応力度—歪度曲線は、弾塑性的であるが、前項のモデル的考察から、第1折点、即ち  $(\sigma/\sigma_B)=0.2$  までを弾性領域とし、第1折点乃至第2折点、即ち  $(\sigma/\sigma_B)=0.2$  乃至  $(\sigma/\sigma_B)=0.9$  までを弾塑性領域とし、第2折点、即ち  $(\sigma/\sigma_B)=0.9$  以上を塑性領域と区別してよい。

シラス、カルデラ系切込軽石コンクリートの湿潤供試体及び気乾供試体について、相対応力度—全歪度曲線、相対応力度—残留歪度曲線及び相対応力度—弾性歪度曲線を求めた例を第 2.12 図に示す。

全歪度及び残留歪度の測定は、湿潤供試体 (363kg/m<sup>3</sup>: 0.376m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>: 0.960m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, ポゾリス, Slump 20 cm,  $\sigma_B=123.5$  kg/m<sup>2</sup>, 材令4週) については、強度の略々 1/20 の応力階を5回繰返し、強度の略々 90% 以上の応力度では繰返すことなく1回に止めて測定した。気乾供試体 (356 kg/m<sup>3</sup>: 0.373 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>: 0.944 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, チューポール, Slump 18.6cm  $\sigma_B=160.0$  kg/m<sup>2</sup>, 材令1年) については、強度の略々 1/10 の応力階で、湿潤供試体と同様にして測定した。全歪度は、低応力度に於ては反復回数で一定値に収斂し、その範



第 2.12 図  $(\sigma/\sigma_B)$ -全歪度,  $(\sigma/\sigma_B)$ -弾性歪度,  $(\sigma/\sigma_B)$ -残留歪度,  $\varepsilon/(\sigma/\sigma_B)$ -全歪,  $\varepsilon/(\sigma/\sigma_B)$ -弾性歪度曲線例 (シラス・カルデラ系切込軽石)

囲は、強度の 70%~80% の応力度までであるといわれるが、反復 5 回で、全歪度、残留歪度共に一定値に収斂したのは、湿潤、気乾両供試体とも強度の略々 55% 程度までであつた。強度の 55% 以上の応力度では反復 5 回では一定値に収斂せず両歪共増大したが、全歪度及び残留歪度は、反復 5 回の内最大の歪度を採用した。

気乾供試体の歪度は、湿潤供試体に比して、やや大きいが、第 1 折点及び第 2 折点については、前記の相対応力度—初歪度曲線の場合と全く一致する。

相対応力度—残留歪度曲線を見ると、 $(\sigma/\sigma_B)=0.2$  及び  $(\sigma/\sigma_B)=0.9$  の点の他、反復 5 回で一定値に収した範囲、即ち、 $(\sigma/\sigma_B)=0.55$  前後即ち、第 1 折点と第 2 折点の中間に更に折点が見られる。相対応力度—残留歪度曲線から見れば、或は、 $(\sigma/\sigma_B)=0.5\sim 0.60$  までを弾性地域と見ることも出来るかもしれないが、第 1 折点以下が、残留歪も小さく、且つその増加率も少ないので、 $(\sigma/\sigma_B)=0.2$  までを弾性領域としてよいだろう。

Mehmel の普通コンクリートの片振強度に関する実験<sup>49)</sup>では、片振強度は静的強度の 50~60% であることを認めているが、残留歪が急速に増加する点であることは興味深い。

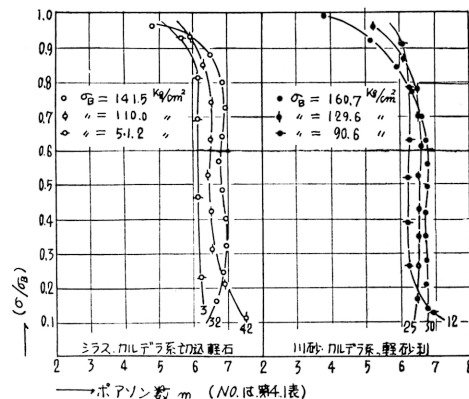
第 2 折点、即ち  $(\sigma/\sigma_B)=0.9$  以上は、残留歪が極度に大きくなり、弾性は尚存在してはいるが塑性の挙動が強くなる。従つて此の点を、コンクリートの降伏点としてよいと思われる。(クリープ限度を圧縮強度の

90%ととする考え方もある<sup>49)</sup> 従来、コンクリートの降伏をコンクリートの強度のみを考慮して、強度の 85~95% をコンクリートの降伏点として採用する方法があるが、応力度—歪度曲線から考察しても、略々同じ結果となる。しかし、降伏点の決定は、コンクリートの疲労の問題、コンクリート強度の高低による安全率の相違等も考慮に入れなければならないと考えられる。

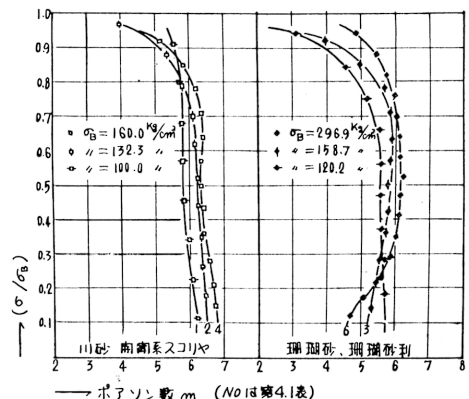
## 2.7 ポアソン数及び剪断弾性係数

### 2.7.1 ポアソン 数

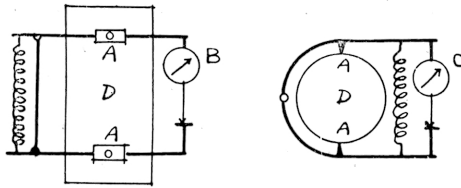
ポアソン数  $m$  の最少値は 2 であるが、弾性歪では  $m>2$  となり、塑性歪では体積変化を伴わないから  $m$  は 2 に近づくと考えてよい。相対応力度とポアソン数の測定例を第 2.13 図 (1) 及び (2) に示す。



第 2.13 図 (1)  $(\sigma/\sigma_B)$  とポアソン数例(その 1)



第 2.13 図 (2)  $(\sigma/\sigma_B)$  とポアソン数例(その 2)



- A : 支点  
 B :  $\frac{1}{100}$  mm ダイヤルゲージ  
 C :  $\frac{1}{1000}$  mm ダイヤルゲージ  
 D : 供試体

縦歪用

横歪用

第2.14図 ポアソン数測定装置

縦歪，横歪の測定は第2.14図の如き装置で行った。

$(\sigma/\sigma_B)=0.2$  乃至  $(\sigma/\sigma_B)=0.9$  の範囲内に於ては，いずれも大略6前後の値であるが， $(\sigma/\sigma_B)=0.2$  以下では測定が不確実で誤差が大きく現われる。 $(\sigma/\sigma_B)=0.9$  以上では， $m$  は急速に小さくなり，2に近づく。この点からも前項の  $(\sigma/\sigma_B)=0.9$  以上を塑性領域としたことは妥当なようである。

一般に同一種類のコンクリートでは，圧縮強度の小さいものほどポアソン数は小さくなり，コンクリートの種類別にいえば，シラス，カルデラ系切込軽石，川砂，カルデラ系軽砂利コンクリートは大差なく，次いで，川砂，開聞系スコリヤコンクリート，珊瑚砂，珊瑚砂利コンクリートの順に小さくなっている。圧縮強度の30%附近の応力度では，大略5~7の値であり，圧縮強度の90%附近の応力度では，大略4~6.5である。

強いて各コンクリートのポアソン数の標準値を示せば次の如くである。

シラス，カルデラ系切込軽石，及び川砂，カルデラ系軽砂利コンクリートは，

$$\left. \begin{aligned} m_{1/4} &= 6.5 \\ m_{9/10} &= 6.0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.19a)$$

川砂，開聞スコリヤコンクリートは

$$\left. \begin{aligned} m_{1/4} &\doteq 6.2 \\ m_{9/10} &\doteq 5.5 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.19b)$$

珊瑚砂，珊瑚砂利コンクリートは

$$\left. \begin{aligned} m_{1/4} &\doteq 5.8 \\ m_{9/10} &\doteq 4.8 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.19c)$$

## 2.7.2 剪断性係数

コンクリートは，弾性体とは云い難いので弾性理論の公式によるべきではないが，一応弾性理論の公式

$$G = \frac{m}{2(m+1)} E \dots\dots\dots (2.20)$$

が適用出来るとすれば，(4.19a)乃至(4.19c)式により，剪断弾性係数  $G$  は，

シラス，カルデラ系切込軽石，及び川砂，カルデラ系軽砂利コンクリートは，

$$\left. \begin{aligned} G_{1/4} &= 0.434 E_{1/4} \\ G_{9/10} &= 0.429 E_{9/10} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.21a)$$

川砂，開聞系スコリヤコンクリートは，

$$\left. \begin{aligned} G_{1/4} &= 0.431 E_{1/4} \\ G_{9/10} &= 0.423 E_{9/10} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.21b)$$

珊瑚砂，珊瑚砂利コンクリートは，

$$\left. \begin{aligned} G_{1/4} &= 0.427 E_{1/4} \\ G_{9/10} &= 0.414 E_{9/10} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.21c)$$

となる。

(2.21a)乃至(2.21c)式から， $G/E$  はいずれも大差ない。従つて，

$$G = (0.415 \sim 0.435) E \doteq 0.425 E \doteq 0.43 E \quad (2.22)$$

と仮定してよいと思われる。

この剪断弾性係数  $G$  とヤング係数  $E$  との関係は，普通コンクリートの場合<sup>50)</sup>の  $G=0.43 E$  と全く同じである。

## §3 結 び

以上，南九州産軽量骨材を使用した軽量コンクリートの各種の強度，及び基礎的な弾性的性質に関する実験結果を報告し，実用的な実験式を提案した。

この実験は，大体昭和28年から昭和32年までに行つて来たもので，「南九州産軽量骨材の利用に関する研究」の一部である。実験に援助をいただいた規矩，久米両君，並びに卒論として直接実験を行つた当時の学生諸君に深甚の謝意を表する。

付記：前報「南九州産軽量骨材の基礎的調査研究」

(鹿児島大学工学部紀要，第9号記載)は，「南九州産軽量骨材並びに軽量コンクリートに関する基礎的調査研究」の一部であるとしたが，「南九州産軽量骨材の利用に関する研究」の一部であると訂正する。



参 考 文 献

- 1) 筆者：「シラス，軽石を骨材とする軽量コンクリートについて（第1報），（第2報）」建築学会九州支部研究報告 No. 3 昭 29. 2, No. 4 昭 30. 2.
- 2) 白山：「軽量コンクリートの強度及び調合方法に関する研究」建研，建築研究報告 No. 24, 1957.
- 3) 平賀：「コンクリート及び軽量コンクリートの強度に関する研究」建研，建築研究報告 No. 22, 1957.
- 4) JASS 5：「鉄筋コンクリート工事」建築学会.
- 5) 浜田，白山，桑原：「各種軽量コンクリートの強度試験報告」建築学会関東支部研究会，昭 27. 3.
- 6) 田中：「セメント量とコンクリート強度」建築学会研究報告 No. 17 号，昭 27. 3.
- 7) 17) 狩野，仕入：「軽量コンクリートの引張性質について」建築学会研究報告 No. 60, 昭 33. 10.
- 8) 狩野，仕入：「軽量コンクリートの引張に関する研究」昭 28 年度建設技術補助.
- 9) 平賀，篠沢：「軽量コンクリートの圧縮強度，弾性係数，剪断力度」建築学会関東支部研究会，昭 27. 3.
- 10) 22) Leslie I. Neher：Pumice-Lightweight Aggregate, A. C. I. Journal Vol. 33 No. 1 Sept. 1951.
- 11) Walter K. Wagner：Design and Control of Pumice Concrete Mixes, Rock Products. Sept. 1948.
- 12) 24) 39) 坂：「鉄筋コンクリート学教程」産業図書，昭 23.
- 13) O. Graf：Versuche über die Widerstandsfähigkeit von Eisenbeton-platten unter Konzentrierter Last nahe einen Auflager, Dtsch, Ausschuss Eisenbeton 1933 Helft 73.  
O, Graf：Versuche über die Widerstandsfähigkeit von Eisenbeton-balken gegen Abscheren, Dtsch, Ausschuss Eisen Beton 1935 Helft 80.
- 14) F. E. Richart & A. Brandtzaege：A Study of the Failure of Concrete Under Combined Compressive Stress, Illinois Bulletin No. 185 1928
- 15) E. Mörsch：Der Eisenbetonbau, S. 67.
- 16) 岡田：「コンクリートの単純引張強度と曲げ引張強度について」土木学会誌，第 35 卷，昭 25. 10. 18) 25) 30) 41) 42) 浜田：「軽量コンクリート構造」丸善
- 19) 東大建築材料研究室：「ブロック用軽石コンクリートの研究」建築学会研究報告，昭 24. 10.
- 20) 東大建築材料研究室：「軽石高層ビル工法に関する研究（第 6 回報告）—軽石コンクリート製堰板の研究」昭 25. 11.
- 21) 東大建築材料研究室：「浅間産軽石コンクリートに関する資料」1951.
- 23) 藤村：「軽量モルタルに関する研究」東大工卒業論文，昭 22.
- 26) Gonnerman & Shuman：Proc. A. S. T. M. 1928.
- 27) 国分：「新旧コンクリートの打継目に関する研究」土木学会論文集，108 号.
- 28) 29) 堯天：「新旧コンクリートの打継目の実験的研究」(1), 建築学会研究報告，第 17 号，昭 27. 3.
- 31) 平賀，他：建築雑誌，昭 25. 12.
- 32) 35) 36) 大島：「鉄骨鉄筋砕石及び軽石コンクリートの施工法に関する研究」建築学会論文集，第 52 号，昭 31. 3. 第 57 号，昭 32. 7.
- 33) 例えば，加藤，他：「軽量コンクリート中の鉄筋定着に関する研究」建築学会論文報告集，第 57 号，昭 39. 7.
- 34) H. J. Gilky：The Bond Between Concrete and Steel, A. C. I. Journal. Vol. 35 Sept. 1938.
- 37) 筆者：「シラス，軽石を骨材とする軽量コンクリートについて（第 3 報）」建築学会九州支部研究報告，No. 5, 昭 31. 2.
- 38) 40) 筆者：「シラス，軽石を骨材とする軽量コンクリートについて（第 5 報）」建築学会九州支部研究報告，No. 7, 昭 33. 2.
- 43) 44) 45) 46) M. Reiner：Deformation and Flow, An Elementary Introduction to Theoretical Rheology. Lewis, London 1949.
- 47) 田中：「材料工学」共立，昭 34. 7.
- 48) A. Mehmehl：Untersuchungen über den Einfluss häufig wiederholter Druckbeanspruchung. Julius. Springer, 1926.
- 49) 岡田：「コンクリートのクリープ」日本セメント技術協会，昭 28. 10.
- 50) 田辺：「コンクリートのポアソン比に関する実験的研究」建築雑誌，1926, 1. 2. 3.