

九州大学 正員 徳光 善治

学生員 松下 博通

〃 〃 〃 山本 正治

1. まえがき

繰返し荷重を受けたコンクリートの性質は、初載荷時のそれと異なる。この研究に関しては、大きく2つに分けられ、その1つは繰返し荷重による耐久限度を求めるもの、他の1つは応力-ひずみ曲線の変遷に関するものである。筆者らはこれらの一連の研究の一部を実験したのでここに報告する。

2. 実験方法および結果

実験1. $\phi 7.5 \times 15 \text{ cm}$ 普通コンクリート供試体 ($\sigma_c = 301 \text{ kg/cm}^2$) に最小応力 $\sigma_2 = 9 \text{ kg/cm}^2$ ($\sigma_2/\sigma_c = 3\%$) を一定とし最大応力 σ_1 を表-1のようにA~Fの6段階にとり、正弦変化応力を加える。そして破壊までの繰返し数 N とから σ_1 - N 曲線を求めようとしたものであり、応力速度は 300 r.p.m. である。供試体の疲労破壊時の荷重繰返し数を表-1、図-2に示す。

表-1

実験2. $\phi 7.5 \times 15 \text{ cm}$ 普通コンクリート供試体4本について、 $\sigma_2 = 15 \text{ kg/cm}^2$ ($\sigma_2/\sigma_c = 4\%$) とし、 σ_1 は供試体 No.1 と No.2 で 222 kg/cm^2 ($\sigma_1/\sigma_c = 61\%$)、No.2 は 208 kg/cm^2 (57%)、No.4 は 179 kg/cm^2 (49%) の正弦変化応力を加えた。No.1, No.4 は、応力-ひずみ曲線の変化と残留ひずみと測定し、静弾性係数 (E_s) を求めた。応力-ひずみ曲線を図-3, 4に、繰返し回数 N における弾性係数 (E_N) と $N=1$ における E_1 との比 (弾性係数: E_N/E_1) の変化と図-5に示す。No.2 は動弾性係数 (E_D) と測定した。No.3 は E_D と E_s と測定し、その変化と図-6に示す。

	A	B	C	D	E	F
最小応力 (%)	9 kg/cm ² (3)					
最大応力 (%)	222 kg/cm ² (73.8)	208 kg/cm ² (69.2)	191 kg/cm ² (63.8)	175 kg/cm ² (58.4)	159 kg/cm ² (52.9)	143 kg/cm ² (47.4)
破壊 回数 (N)	2.8×10 ⁶ 9.9×10 ⁶ 9.99×10 ⁶ 1.67×10 ⁶ 3.42×10 ⁶	1.22×10 ⁶ 2.46×10 ⁶ 2.99×10 ⁶ 4.64×10 ⁶ 7.13×10 ⁶	7.37×10 ⁶ 6.91×10 ⁶ 7.90×10 ⁶ 7.51×10 ⁶	5.18×10 ⁶ 1.08×10 ⁶ 3.85×10 ⁶	4.2×10 ⁶ で破壊 なし	2.2×10 ⁶ で破壊 なし
相対平均 (N _{av})	4.36×10 ⁶	7.85×10 ⁶	7.40×10 ⁶	4本はN=2×10 ⁶ で破壊せず		

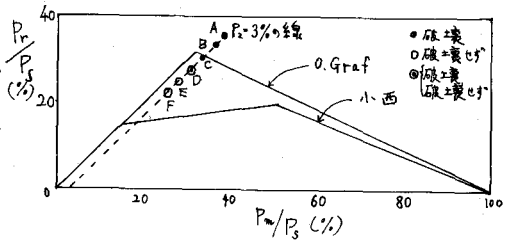
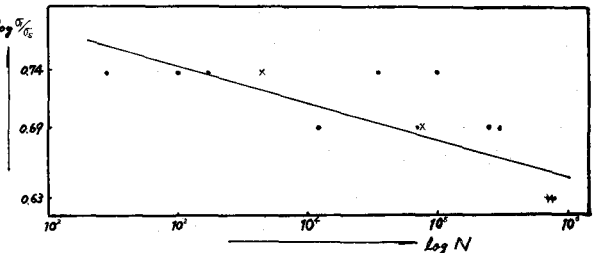
() 内は σ_2 に対する百分率

図-1 耐ス限度線図

3. 考察

1) $N=2 \times 10^6$ における耐ス線図は 0. Graf や 小西氏により求められているが、本実験における $\sigma_2/\sigma_c = 3\%$ における応力レベルと図-1に示した。これより、Graf の 2×10^6 回耐ス限度が過大評価されている。逆に小西氏の場合には、最小応力 σ_2 の小さい部分では過小評価されているものと推定される。

2) σ_1 - N 曲線の形状は、 $\sigma_2 = \text{const}$ とした場合、 $\sigma_1 = a + b \log N$ あるいは $\sigma_1 = AN^m$ の式であらわされるといわれているが、本実験の結果では $\sigma_1/\sigma_c = 0.83 - 0.28 \log N$

図-2. $\log \sigma_1/\sigma_2 - \log N$

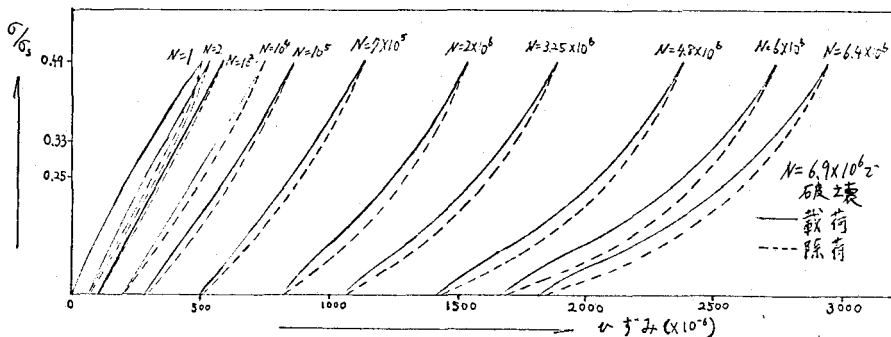


図-3

$\log(\sigma/\sigma_s) = -0.077 - 0.017 \log N$ で示される。しかしながら、実験数が少く確言できない。たゞ、いずれの場合にしても、実験結果が上に凸の傾向を示しているようである。

3) 応力-ひずみ曲線の変化は、荷重の大きさとその繰返し回数によって影響を受けているようだ。 $N=9.8 \times 10^4$ で破壊した場合には ($\sigma/\sigma_s = 61\%$)、 $N=10^2$ 程度までで決まりに載荷時の応力-ひずみ曲線は一直線となり、以後は逆に下に凸の傾向となり、ヒステリシスが増大して破壊に至る。図-3に示した $N=6.9 \times 10^5$ で破壊した場合には ($\sigma/\sigma_s = 49\%$)、 $N=10^4$ までは決まりに直線性を示し、以後 $N=2 \times 10^5$ までは決まりに下に凸の傾向がみられ、ヒステリシスも増加しているが、このような程度は小さい。しかし 2×10^5 以後は下に凸の傾向もヒステリシスの増加の程度もかなり急激なものとなり、破壊に至る。また、このようなことに弾性係数の低下も著しいものとなる。

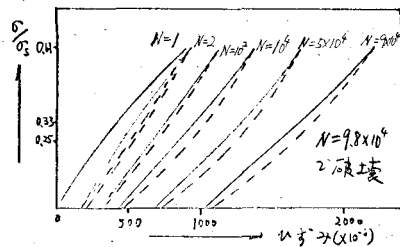


図-4

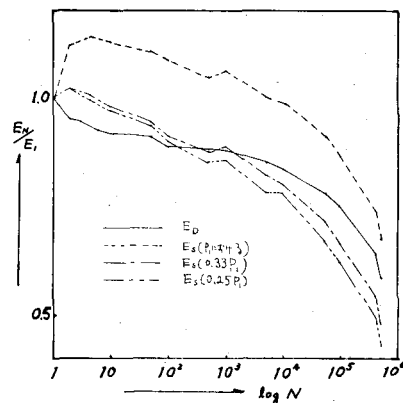


図-5 E_D, E_S の変化

4) 図-5, 6 に示したように、 E_N/E_1 の形状は最大荷重時における E_s 、最大荷重の 33% および 25% における E_D がいずれも繰返し回数に対して近似しており、この傾向は No. 2 E_D でも同様であった。繰返し回数の外数に対する E_N/E_1 の変化は、ほぼ 2 直線で示されるようであるが、これは、一般にいわれているように疲労現象が繰返し回数の外数にほぼ一次的に変化するという考え方に一致しない。折衷はコンクリートの疲労現象が急激に変化する点、あるいはその疲労によりコンクリートの強度が大きく変化する点として重要な意味をもつものと考えらる。したがって、折衷以外の荷重繰返しによつて、コンクリート自身、ほとんど疲労による強度低下のみみられないであろうとも推測される。本実験に際し、九州大学土木実験室の方々に御援助頂きましたことに深謝します。

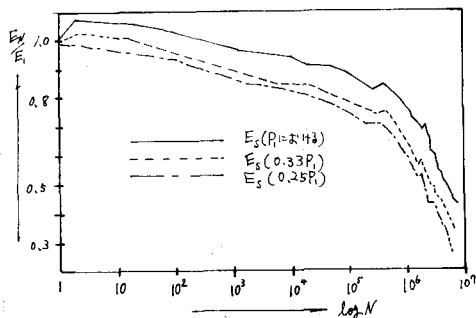


図-6 E_S の変化