

中部工業大学 正員 平澤征夫
学生員 西尾治輝

1. まえがき

コンクリートが圧縮疲労を受けた場合の力学的挙動を解明しておくことは、疲労をうけるコンクリート構造物の終局強度設計のための基礎的知識を手えらる。とくにその疲労後の残存強度については従来の研究が乏しい。

本研究はこのような観点から、主として高応力圧縮疲労を受けたコンクリートの残存強度を、疲労をうけなかった場合の静的強度と実験による定量的な比較を試みたものであり、さらに、その結果から、ある適当な応力レベルで、適当な回数の繰返しを受けた場合にその残存強度が疲労をうけなかった場合の静的強度より大きくなるという現象について、その原因の追求を試みたものである。

2. 実験概要

供試体はすべて $\phi 10 \times 20$ cm の円柱供試体を用い、載荷はすべて中心軸圧縮荷重繰返しとした。実験計画を表-1に示す。実験の主要因は繰返し荷重レベルを4種類とし、残存強度を求めるまでの履歴繰返し回数を4種類とした。また従属的要因として、残存強度を求める時期をとり、履歴繰返し回数に到達直後(F)と、履歴繰返し回数に達するまでの時間中に相当する時間だけ遅延回復時間を与えた後に残存強度を求めた場合(F_0)の二通りについて実験を行った。

供試体の変形測定は電気抵抗線ひずみ計を用いて、繰返し中のひずみ変化はウピコダーにより記録させ、繰返し後の静的圧縮試験には静歪計を用いた。

骨材は天然川砂利(最大寸法 20 mm、木曾川産) および川砂(木曾川産 $F_M=2.78$)を用いた。示方配合を表-2に示す。試験時材令は 5~8 週であった。試験時圧縮強度は $241 \sim 316 \text{ kg/cm}^2$ とばらついたが各打設日ごとの変動係数は 3.1~7.1% であった。試験はまず静的載荷試験(S)を行ない、基準となる静的強度を求め、繰返し荷重レベルに相当する上限荷重を設定した。

下限荷重は静的強度の約 10% に相当する $2.5 \pm 0.5 \text{ t}$ と一定とした。繰返し速度は 600 cpm (10^3 シリーズのみ 300 cpm) である。

3. 結果および考察

図-1に疲労をうける前と受けた後の応力-ひずみ曲線の例を示す。この例のうち 10^4 回-50% のものが以外は F よりも F_0 の方が残留圧縮ひずみが大きくなり、また静的載荷でも圧縮ひずみが大きくなっている。これは測定方法に問題があると考えられるが、F と F_0 との試験時の供試体温度の違いが原因であると思われる。

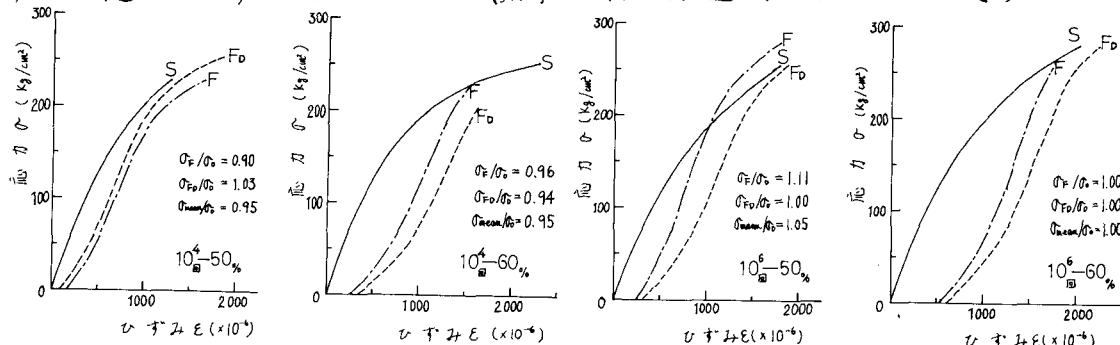


図 1 応力-ひずみ曲線の例

表-1 実験計画

(供試体種類および本数)

供試体種類 および載荷形式	繰返し 回数(回)	繰返し レベル (%)	50	60	70	80
S 静的載荷	10^3	4	4	4	4	4
	10^4	3	3	3	3	3
	10^5	3	3	3	—	—
	10^6	6	6	—	—	—
F 繰返し載荷	10^3	4	4	4	4	4
	10^4	3	3	3	3	3
	10^5	3	3	3	—	—
	10^6	2	2	—	—	—
F_0 繰返し載荷	10^3 (3.5h)	4	4	4	4	4
	10^4 (6.7h)	2	2	2	2	2
	10^5 (6.7h)	2	2	2	—	—
	10^6 (6.7h)	2	2	—	—	—

注: F- 10^6 は実際には F_0 と同一条件とみなせるものとした。< > 内は遅延時間

表-2 コンクリートの示方配合

粗骨材 最大寸法 (mm)	スランプ (mm)	空気量 (%)	水と水 比 W/C (%)	細骨材 比 S/a (%)	単位量 (kg/m³)			
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G
20	7±1	15±1	54	41	184	340	740	1070

図-2に繰返し回数と応力レベルによる残存強度の変化を示す。これらの図より本実験の範囲では明らかに一度残存強度が低下する領域があり、その後疲労破壊を生ずる前以前の段階で残存強度がむしろ増加し、さらに疲労破壊直前では再び残存強度が低下するが認められる。ある荷重レベルでも比較的高応力レベルで繰返しもつけたコンクリートの残存強度が増加する現象はこれまでにいくつか報告されている^{1,2,3)}が、それを定量化することはむずかしい。本実験は供試体数も少なく、やはり定量化は困難と思われるが、試みとして本実験結果のみからつぎのことはいえるようである。いま繰返し回数を 10^4 回、荷重レベルを10p%とすれば、その要因 n と p および残存強度比の関係はつぎのようになる。

図-3(a)~(d)に示すように、残存強度比は $(n+p)$ の大きさと関係があり、 $n+p=8$ ではほぼ1.0、 $n+p=9$ 、または10で極小となり、ゆすかに(約4%程度)減少し、 $n+p=11$ で逆に極大になり約5%増加する。そして $n+p=12$ では再び1.0となる。ただし、これは $3 \leq n \leq 6$ 、 $5 \leq p \leq 8$ の範囲内成立。
繰返し時間を与えた効果は図-3(d)に示すように、強度の増減の幅が減少させるようである。

残存強度比がこのような特定条件のもとで増加することの説明は繰返し荷重履歴によって、

- 1) 巨視的にはコンクリートの圧密現象による密度増加 → 変質
 - 2) 準巨視的にはひびわれの分散による応力分布の均一化
 - 3) 微視的には微小クラック先端でのフー-フ²⁾あるいはペ-スト構造内部付着の再調整
- などが考えられよう。

図-4は残存強度と限界応力の関係も調べたものである。これより残存強度が増加するものは、限界応力が高められており、逆に低下するものは限界応力が低下しているように、残存強度と限界応力には関連があることが考えられる。

1) Kesler: Fatigue and Fracture of Concrete. 3: カートン・ブー・グー・ノウ・2: 1971
2) 小松地: 土木学会論文報告集第179号
3) 岡田他: 土木学会論文報告集第248号 1974: 136

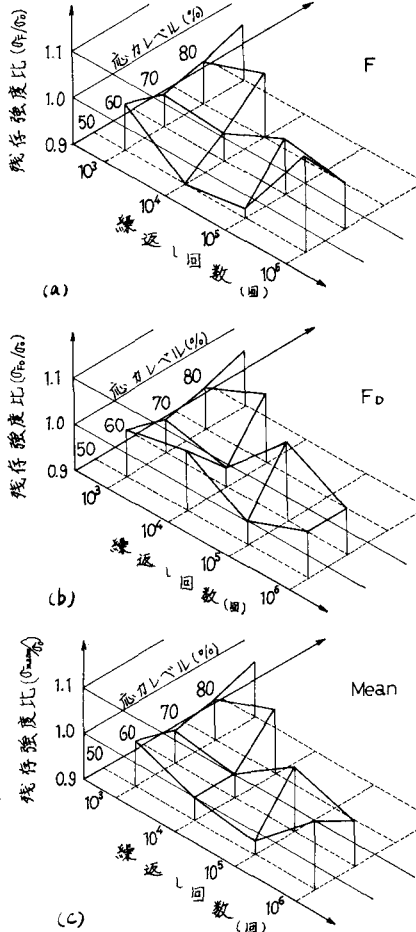


図-2 残存強度比の変化

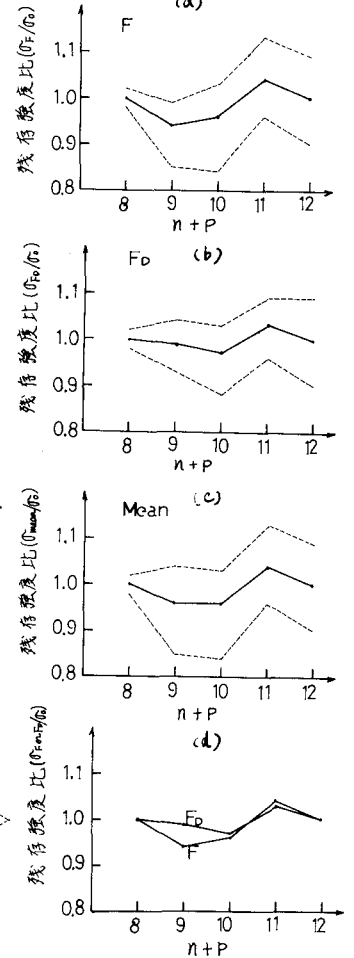


図-3 残存強度比~(n+p)関係

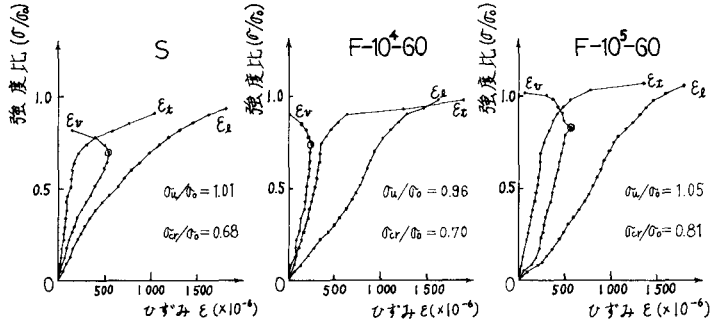


図-4 残存強度と限界応力