

中部工業大学 正員 伊藤和幸
正員 平澤征夫
学生員 西尾治輝

1. まえがき

鉄筋コンクリートが軸圧縮疲労をうけた場合の力学的挙動を解明しておくことは、疲労をうける鉄筋コンクリート構造物の終局強度設計のための基礎的資料を与える意味で重要である。とくに疲労をうけた後の鉄筋コンクリート柱の挙動に関する研究は現在のところ比較的少ない。本研究はこのような観点から高荷重レベルの圧縮疲労をうけた場合の鉄筋コンクリート柱の性状を疲労をうけなかったものと定性的、定量的な比較を試みたものである。とくに最大荷重到達後の下降部分までを含めた荷重-ひずみ曲線の形状に着目したものである。

2. 実験概要

供試体は10×15×50cmの矩形断面を有する帯鉄筋コンクリート短柱とした。形状および配筋を図-1に示す。載荷は中心軸圧縮荷重繰返しとした。実験計画を表-1に示す。静的載荷はすべて剛性試験機(図-2, 概略図を用いた。実験要因は繰返し荷重レベルおよび残存強度を求めろまでの繰返し回数を各々4種類とした。

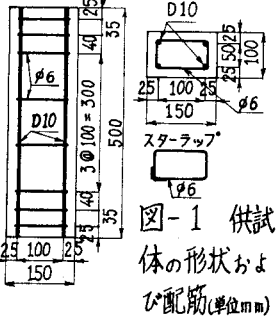


表-1 実験計画
(供試体種別および本数)

供試体種別 載荷形式	繰返し率 (%)	50	60	70	80
S 10×10×50cm 鉄筋コンクリート 静的載荷	10 ³	2	2		
	10 ⁴	2	2		
	10 ⁵	3	3	3	3
F 10×10×50cm 鉄筋コンクリート 動的載荷	10 ³	3	3	3	3
	10 ⁴	3	3	3	3
	10 ⁵	3	3	3	3
φ10 20 (cm) 内柱供試体 静的載荷	10 ³	2	2		
	10 ⁴	2	2		
	10 ⁵	4	4	4	4
	10 ⁶	6	6	6	-

供試体の変形測定は繰返し中のひずみ変化を電気抵抗線ひずみ計を用いて測定しラビコーダーにより記録させ、静的圧縮試験でダイヤルゲージとカンチレバー型変位測定器に静歪計を接続したものをを用いた。荷重測定はロードセル(容量100t)に静歪計を接続したものをを用いた。

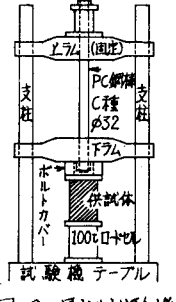
骨材は天然川砂利(兵庫県産、最大寸法20mm、F.M.=6.78)および川砂(兵庫県産、F.M.=2.89)を用いた。示方配合を表-2に示す。鉄筋は主筋にD10(降伏応力4000N/mm²)、帯筋にD6(降伏応力2900N/mm²)を用いた。試験時材齢は5~9週であった。試験はまず静的載荷試験(S)を行ない、基準となる静的強度を求め、繰返し荷重レベルに相当する上限荷重と下限荷重(静的強度の約10%)を設定した。円柱供試体による試験時のコンクリート圧縮強度は272~405N/mm²とばらついたが全体の変動係数は8.8%であった。繰返し速度は600cpm(10³シリーズのみ300cpm)とした。

3. 結果および考察

表-2 コンクリートの示方配合

粗骨材 最大寸法 (mm)	スラブ (cm)	空気量 (%)	水セメント 比	粗骨材 率	単位量 kg/m ³
(cm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	W C S G
20	7.5±1	1.5±1	54	41	184 340 740 1070

図-3に疲労前後の荷重比-ひずみ曲線の例を示す。曲線の上昇部分に注目すると加えられた荷重レベルと繰返し回数の程度により無筋コンクリートでVan Ornum氏が指摘したようにやや上に凸な形状からS字型の形状まで変化する。これは残存強度試験において、先の繰返し載荷で生じたコンクリート内部の微細ひびわれが閉じるまで比較的低応力で容易に変形し得るようになるためと考えられる。また下降部分の曲線勾配は概して与えた疲労の程度が進むにつれて急になるようである。これら曲線の中、幾つかは頂点経過後の形状に乱れを生ずるものも見うけられた。これは測定方法に問題があると思われるが、供試体の破壊が急速に進展する時期でありコンクリートが不安定になっているものと考えられる。(図-3に関する詳しい考察は講演当日に述べる予定である。) 図-4に繰返し載荷中の上限ひずみと繰返し回数との関係を示す。他と比べて、荷重レベル70%でのひずみは小さい。また、荷重レベル50%、60%、70%までのものは繰返し回数の増加につれて増加するひずみの増加率は小さい。これより、下限荷重10%の場合、上限荷重70%程度まではコンクリートは比較的安



定した状態にありコンクリートに加わる応力は臨界応力 (critical stress) 以下であると考えられる。

図-5に繰返し回数と荷重レベルによる残存強度の変化を示す。本実験の範囲内では、残存強度が増加しその後疲労破壊を生ずる以前の段階で残存強度が低下し静的強度とほぼ等しくなる。さらに疲労破壊直前では残存強度がむしろ増加するものさえある。ある特定の比較的高応力レベルで繰返しをう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も幾つか報告されている^{2), 3), 4), 5)}が、それを定量化することはむずかしい。本実験は試体も少なく、やはり定量化は困難と思われるが試みとして繰返し回数を 10^6 回、荷重レベル $10P\%$ として n と P および残存強度比の関係はつぎのようになる。

図-6に示すように残存強度比は $(n+P)$ の大きさと関係があり、 $n+P=9$ で極大となり約8%増加し、 $n+P=11, 12$ ではほぼ1.0となる。ただし、これは $3 \leq n \leq 6, 5 \leq P \leq 8$ の範囲内で成り立つ。無筋コンクリートにおける実験結果⁶⁾からは $n+P=11$ のとき極大値を示したが、今回の鉄筋コンクリートの場合は、鉄筋比、鉄筋とコンクリートのポアソン比の違い、あるいは、両者の境界面における付着性能(応力の乱れ)など、無筋コンクリート以上に複雑な複合機構のために、残存強度が極大を示す $(n+P)$ の値が異なり、たものと考えられる。また前回は指摘しなかったが、残存強度がある特定条件下で増加する原因の説明として、疲労によるコンクリートの内部損傷よりもエネルギーを加えられたことによって、水和反応が促進されそのための強度増加も予想されるので今後さらに繰返し荷重レベル、回数、載荷速度、材齢、温度、湿度などの条件も考慮した残存強度に関する広範な研究の必要があるものと考えている。

最後に、本研究に多大な御協力をいただいた卒業生各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Van Ornum: Fatigue of Cement Products, Transactions ASCE Vol. 51, 1905
- 2) Kessler: Fatigue and Fracture of Concrete コンクリートジャーナル No. 12, 1971
- 3) Hilsdorf: "Strength and Deformation characteristics of Plain Concrete subjected to High Repeated and Sustained Loads" Fatigue of Concrete SP-41 A.C.I.
- 4) 小柳 他: 土木学会講演概要集 542, P.177
- 5) 岡 他: 土木学会論文報告集 第42号 19129~136
- 6) 平沢 西尾: 土木学会講演概要集 552, P.283

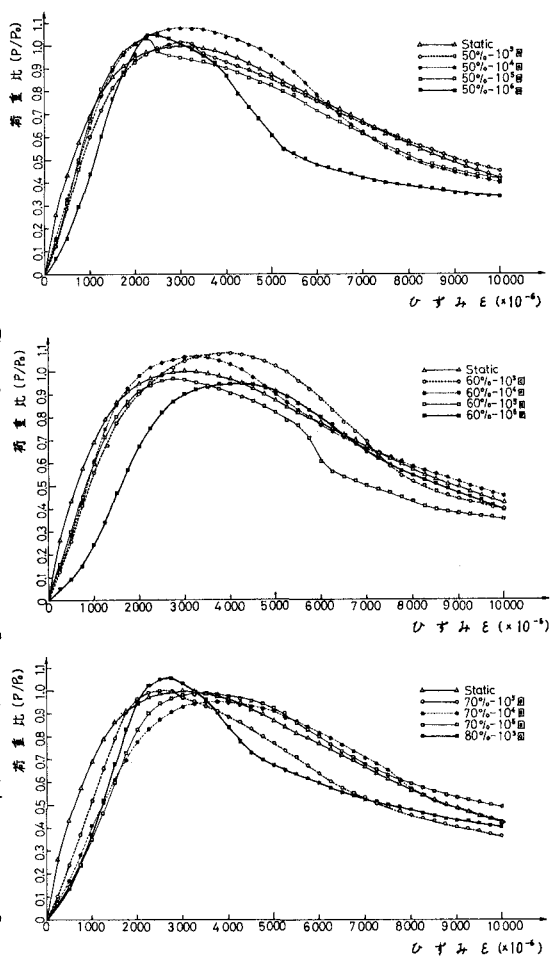


図-3 荷重比-ひずみ 曲線

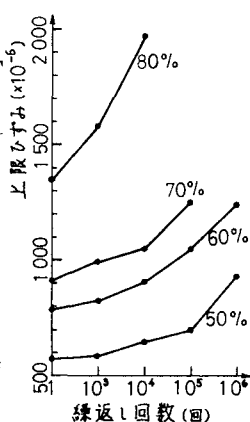


図-4 上限ひずみと繰返し回数

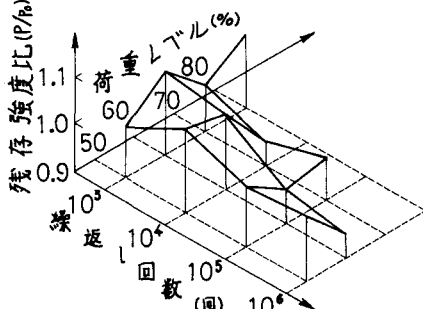


図-5 残存強度比の変化

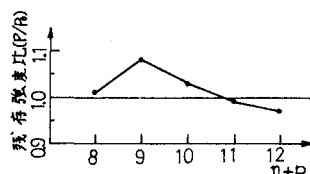


図-6 残存強度比~(n+P)関係