

前田建設工業技術研究所 正会員 ○原 夏生
前田建設工業技術研究所 正会員 三島徹也

1. はじめに

RC部材の復元力特性や靱性の問題は耐震設計を行う上での重要な課題であり、これまでも数多くの研究成果^{1), 2), 3)}が発表されている。しかしながら、それらの多くは複数のひびわれを含んだRC部材全体としての挙動を取り扱ったものである。RC部材の復元力特性を支配している要因は、①コンクリートの材料特性、②鉄筋の材料特性、③ひびわれ面の挙動、④複数のひびわれ面間の相互作用等多様であると考えられるが、個々の要因が部材全体に及ぼす影響を抽出した例は少ない。RC部材の復元力特性や靱性をより高精度に定量化するためには、これらの影響を個々に検討することも重要であると思われる。そこで本研究は橋脚タイプの試験体を対象とし、その典型的なひびわれである柱脚部のひびわれのみに着目した2種類の繰り返し載荷実験を行い、載荷経路の違いが復元力特性に及ぼす影響について論ずるものである。

2. 実験概要

試験体は図-1に示すようなRC柱である。試験体は2体であり、いずれも鉄筋の降伏時の載荷点における水平変位(δy)の整数倍(1δy, 2δy, …, 5δy)を順次各2回ずつの繰り返し載荷したものであるが、No. 1試験体は片振り載荷であり、No. 2は正負交番載荷である。なお、No. 1試験体では片振り載荷後、正負交番載荷を2サイクル行った。柱一般部に発生するせん断ひびわれや曲げひびわれを抑制し、ひびわれ発生場所を柱と基礎の接合面に限定するために、柱脚部にはノッチが設けてあり、実際に柱一般部にはひびわれは発生しなかった。表-1に示すように両試験体の仕様は載荷方法を除いて全く同様である。

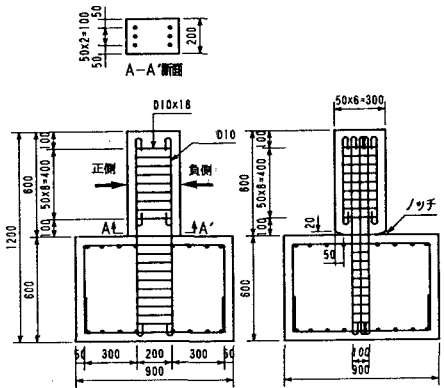


図-1 試験体

表-1 試験体諸元

項目 試験体	載荷方法	断面 h×b (mm)	コンクリート 強度 (MPa)	せん断 スパン a (mm)	a/d	鉄筋比 p, p' (%)	鉄筋量 As, As' (cm ²)
No. 1	片側載荷	300×200	19.2	250	1.0	0.42	2.14
No. 2	正負交番	(d=250)				(p=p')	(3×D10)

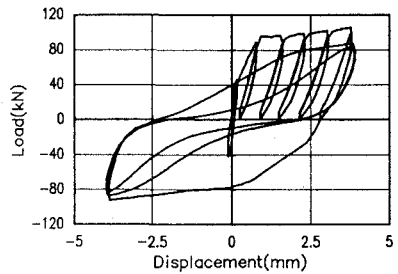
鉄筋降伏強度: $f_y=406$ (MPa) 弾性係数: $E_s=183$ (GPa)

3. 実験結果および考察

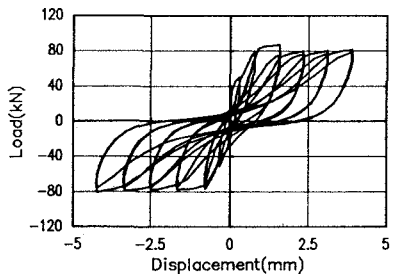
図-2に片振り載荷された試験体No. 1と正負交番載荷された試験体No. 2の荷重-変位関係を示す。また、図-3に両試験体の荷重-変位関係の包絡線を比較したものを示す。これらより、以下の知見が得られた。

(1) 片振り載荷された試験体では同一変位ループ内での1サイクル目と2サイクル目での荷重の低下割合が少ない。一方、交番載荷された試験体では1サイクル目と2サイクル目に大きな荷重低下が見られる。

(2) 片振り載荷では鉄筋降伏後も変位レベルの増加とともに荷



No. 1試験体



No. 2試験体

図-2 荷重-変位関係

重も増加するが、交番载荷では正側载荷 $2\delta y$ 時に最大荷重を記録し、以後荷重は低下している。

(3) No. 1 試験体において片振り载荷した後に交番载荷を行ったところ、靱性が急激に低下し、载荷初期から交番载荷を行った No. 1 試験体の荷重-変位曲線に近づいた。

(4) 一般の RC 部材では、片振り载荷の包絡線は単調载荷時のそれに近く、交番载荷時の包絡線は単調载荷時に比べて低下することが報告されている^{1), 3)} が、同様の現象が一本のひびわれ面における履歴特性にも現れている。

図-4 は両試験体の変形状態を、各载荷段階ごとに示したものである。交番载荷した No. 2 試験体では、鉄筋降伏後の各変位ループの最大荷重時に、圧縮側のひびわれ幅が完全には閉じておらず、载荷変位ループが大きくなるとともに増加していることがわかる。一方、片振り载荷の No. 1 試験体では、このような現象はみられず圧縮側のひびわれは常に閉じており、引張り側のひびわれ幅のみが鉄筋の降伏程度に応じて増加している。また、交番载荷した試験体ではひびわれ面に大きなズレ変位が発生しているのに対して、片振り载荷した試験体では、ズレ変位はほとんど発生していない。すなわち、交番载荷と片振り载荷ではひびわれ面のせん断変形性状が大きく異なることがわかる。本試験体は柱脚部に単一のひびわれ面のみを有するものであるため、試験体の非弾性変形はひびわれ面の非弾性変形によるものと考えられる。図-5 は各試験体の载荷点水平変位を鉄筋の抜け出しによる回転成分とひびわれ面のズレ変位成分とに分離し、ズレ変位成分が载荷点水平変位に占める割合を示したものである。交番载荷された試験体では、鉄筋降伏前は回転成分が変形の大部分を占めているが、変位レベルが大きくなるにしたがって、ズレ変位成分が増加していることがわかる。一方、片振り载荷された試験体では、鉄筋降伏後もズレ成分が占める割合は少なく、変位レベルの増加により、むしろ減少する傾向にある。ところが片振り载荷後に行った交番载荷では、ズレ変位成分が急激に増加し、No. 2 試験体のそれに近づいている。繰り返し载荷による材料劣化のみによって、コンクリートのせん断剛性が急激に低下するとは考えにくく、载荷経路の違いによる変形性状の差がひびわれ面のせん断剛性を低下させていると考えるのが妥当であろう。すなわち、交番载荷では圧縮側ひびわれ面もある程度の開口幅を有していることで、片振り载荷に比べせん断剛性が小さくなることが予測される。

4. まとめ

本研究は、単一ひびわれ面が部材全体の挙動に及ぼす影響を実験的に検証したものである。その結果、複数のひびわれ面を含む部材と同様な復元力特性を有することが明らかとなった。また、RC部材の復元力特性には繰り返しの材料劣化以外の要因も影響し得ることを示した。なお、本研究は東京大学工学部、前川宏一助教授の御指導により実施されたものであり、末文ながらここに記し、謝辞と致します。

参考文献

- 1) 太田 実: 繰返し荷重下における鉄筋コンクリート橋脚の挙動に関する実験的研究、土木学会論文報告集、No. 282, pp. 65-74, 1979. 12
- 2) 石崎・吉野: 鉄筋コンクリート橋脚の地震時変形能力に関する研究、土木学会論文報告集、No. 390, V-8, pp. 57-66, 1988.
- 3) 中村・鈴木・尾坂: 交番繰返し荷重を受けるRC部材の履歴特性及び靱性評価、コンクリート工学年次論文報告集、No. 11-2, pp. 269-274, 1989.

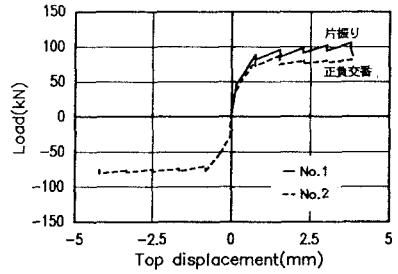


図-3 No. 1, 2の包絡線

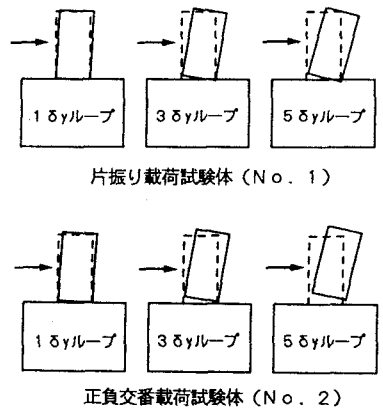


図-4 試験体の変形状態(変位倍率2.0)

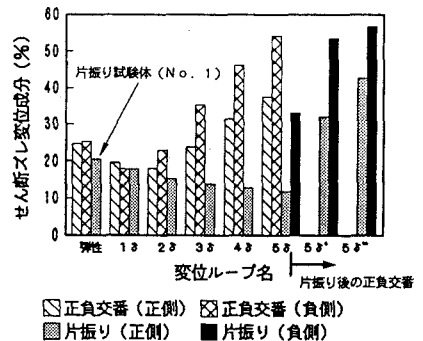


図-5 ズレ変位が全変形に占める割合