

山梨大学大学院	学生会員	水野 要
山梨大学工学部	正会員	中村 光
山梨大学工学部	正会員	楢貝 勇

1. はじめに

RC 部材が繰り返し荷重を受けると、1 方向荷重下に比べ変形能力が低下し、曲げ降伏後せん断破壊する可能性があることが広く知られている。そこで本研究では繰り返し挙動を考慮する非線形有限要素法を用いて、曲げ降伏後繰り返し荷重を受けせん断破壊する部材の挙動を解析的に評価することを試みた。

2. 解析方法

本研究では解析モデルとして、太田[1]が行った正負交番繰り返し載荷を受けせん断破壊した RC 部材を対象とした。解析に用いた供試体諸元ならびに要素分割図を図-1に示す。解析はモデル下端より140cmの柱中央の1点を変位制御して行い、変位が降伏変位 (δ_y) の整数倍 (δ_y 、 $-\delta_y$ 、 $2\delta_y$ 、 $-2\delta_y$...) に達したとき繰り返しを行った。

材料モデルとしてコンクリートの応力ひずみ関係は、圧縮領域においては最大圧縮応力 f_c まで2次曲線とし、その後直線的に応力が減少するモデルを用い、引張領域においては、最大引張応力 f_t までは初期勾配で応力が増加し、最大引張応力後は応力ひび割れ幅関係として3乗モデルを用いた。また除荷時の挙動は引張・圧縮とも原点指向型とした。今回仮定したコンクリートの応力ひずみ関係は、繰り返しによる劣化特性を考慮せず、原点指向型であることからかなり安定的な応力ひずみモデルを採用していることになる。鉄筋の応力ひずみ関係はバイリニア型を仮定した。なおコンクリートのひび割れモデルとしては回転ひび割れモデルを用いた。

3. 解析結果

図-2に解析より得られた変位制御点の荷重変位関係を示す。解析結果では、 δ_y 、 $2\delta_y$ 、 $3\delta_y$ のように大变位領域で繰り返す毎に、その除荷勾配が緩やかになるとともに荷重零点付近で逆 S 字型につながる挙動が卓越していくことが示されている。なお解析は、 $-3\delta_y$ から $4\delta_y$ に向かう途中で収束することができずに終了した。今回の解析では、矩体部分のみの挙動を対象とし、抜け出しの影響を考慮していないため実験値の荷重変位関係と解析値を直接比較できないが、実験での終局変位は約5cmで抜け出しによる変位と矩体部分の変位の比が約6:4であったことから、矩体部分のみの変位を比較すれば、解析で得られた終局変位とほぼ一致していることになる。また図-3および図-4に図-1のa点での解析ならびに実験より得られた、荷重とせん断補強鉄筋のひずみ関係を示す。図よりせん断補強鉄筋のひずみの増加傾向も解析結果と実験結果は定性的に一致しており、本解析は曲げ降伏後繰り返し荷重を受けせん断破壊する柱の定性的な挙動を概ね再現できるものであると言える。

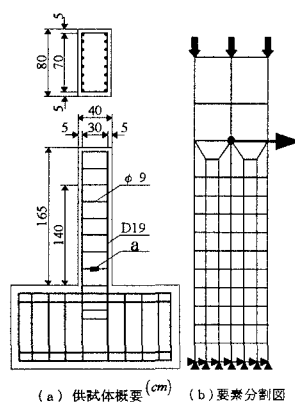


図-1 供試体概要

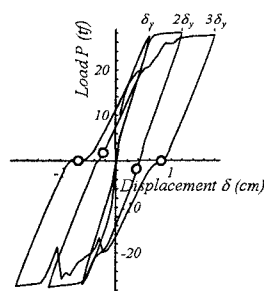


図-2 荷重変位関係

キーワード：せん断破壊、繰り返し荷重、有限要素法、RC 柱

連絡先 〒400 甲府市武田 4-3-11 TEL 0552-20-8529 FAX 0552-20-8773

4. 繰り返し履歴が RC 部材のせん断挙動に及ぼす影響の考察

今回の解析結果が、曲げ理論に基づく解析結果と大きく異なる点は、荷重変位関係において大変位繰り返しを行うほど、荷重零点付近で逆S字型につながる挙動が卓越する結果を得たことと考えられる。そこで荷重零点付近の挙動に注目することとし、図-5および図-6にその時点での変位増分図ならびにひび割れ図を示した。図はそれぞれ $+2\delta_y \rightarrow -2\delta_y$ 、 $-2\delta_y \rightarrow +3\delta_y$ 、 $+3\delta_y \rightarrow -3\delta_y$ 、 $-3\delta_y \rightarrow$ 終局に至る際に通過する荷重零点直後のものであり、荷重変位曲線中の白丸に対応している。図-5に示す変位増分図を見れば大変位領域で繰り返すほど、柱基部から断面高さ程度の位置までの間にせん断的な変形が卓越していくことが分かる。したがって、荷重変位関係において、荷重零点付近の逆S字型につながる挙動が卓越してくるのは、図-5に示すような柱基部でのせん断挙動が繰り返すごとに顕著になるためであると推測される。そこで図-6に示すひび割れ図を見てみると、 $+2\delta_y \rightarrow -2\delta_y$ 、 $-2\delta_y \rightarrow +3\delta_y$ に向かう荷重零点でのひび割れ状況は、ひび割れが部材の片側に偏り応力の流れに特定の方向が生じていることが分かる。これに対して変位が大きくなる $+3\delta_y \rightarrow -3\delta_y$ 、 $-3\delta_y \rightarrow +4\delta_y$ に向かう途中の荷重零点では、ひび割れが部材に対して対称な形で発生している。このようにひび割れが部材に対して対称形を示す時に柱下端に局所的なせん断変形が卓越する挙動を示すのである。したがってこれらの現象をあわせて考えれば、繰り返し荷重を受ける柱部材は、変位の小さい範囲ではひび割れ状況あるいは応力の流れが部材軸に対してある方向に卓越する方向性を持っている。しかし、大変位で繰り返すごとに荷重零点付近で徐々にその方向性が失われ中立的な応力状態を生じるようになり、その時点でせん断挙動が卓越していき、最終的にせん断破壊に至ることが予想される。なお今回の解析においてコンクリートの応力ひずみ関係には繰り返しによる劣化の影響は考慮していないにも関わらず、大変位繰り返しをすることでせん断変形が卓越する挙動が再現されたことは、せん断変形が卓越する挙動は材料劣化の影響よりも履歴による影響が大きいものと考えられる。

5. 結論

RC 部材が正負交番荷重を受ける場合、変位が大きくなるにつれて荷重零点付近で中立的なひび割れ状態ならびに応力の流れが生じる。このような中立的な状態が生じたときせん断挙動が顕著に進展することを解析的に明らかにした。また、大変位繰り返し中に生ずるせん断挙動は材料劣化よりも履歴の影響より生じる可能性が大きいことを示した。

【参考文献】[1]太田実：繰り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、第292号、pp.65-73、1979、12

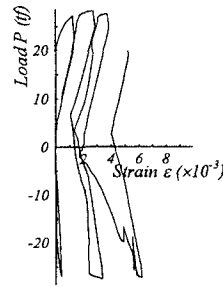


図-3 荷重帯鉄筋
ひずみ関係（解析）

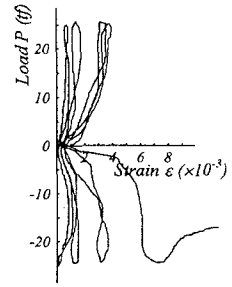


図-4 荷重帯鉄筋
ひずみ関係（実験）

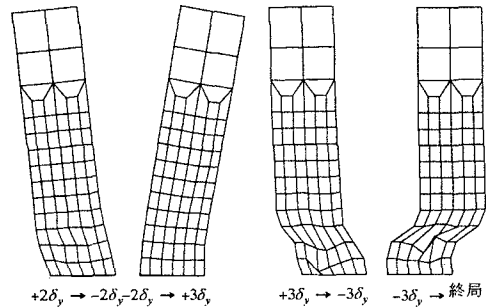


図-5 荷重零点付近の変位増分図

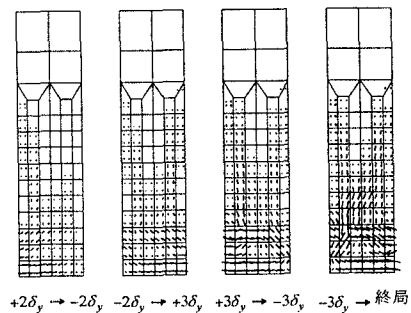


図-6 荷重零点付近のひび割れ図