

ピンチングを考慮したRC部材の履歴復元力モデルに関する検討

京都大学大学院	学生員	○藤田亮一
京都大学工学部	正員	家村浩和
大阪工業大学工学部	正員	井上晋

1.はじめに 本研究では、中空断面RC部材実験結果¹⁾に基づき、ピンチングを考慮したRC部材の履歴復元力モデルを構築した。これは、ひび割れ等の進展によるピンチングの影響を表すパラメータを従来の武田モデルに導入したものである。さらに構築したモデルを一自由度モデルに適用し、その地震応答解析結果について検討を行った。

2.履歴復元力モデル 今回構築したモデルでは除荷後の反対方向への加力曲線を折れ線で表現し、 γ および λ という2つのパラメータによってピンチングの影響を考慮した。以下それぞれについて述べる。(図-1参照)

1) パラメータ γ パラメータ γ は、ピンチングによる荷重反転後の加力曲線の剛性の低下を表すものである。最大履歴応答点 $U_m(P_m, \delta_m)$ からの除荷曲線状に γU_m をとる。除荷が進行して復元力の符号が変わると γU_m を指向する。 γU_m は復元力が $\gamma \times U_m$ に対応する点である。 γ の値は過去の最大応答変位の絶対値 δ_{max} の関数として与えるものとし、

$$\delta_{max} = \max \{ \delta_m, \delta_m' \} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \gamma = 1.0 & (\delta_{max} < \delta_y) \\ \gamma = A \cdot \exp \left(-\frac{\delta_{max}}{10\delta_y} \right) & (\delta_{max} \geq \delta_y) \end{cases} \quad (2)$$

とする。 A は1以下の正定数である。上式からも明らかなように、最大応答変位の増大につれて剛性が低くなるようにしている。なお、 δ_{max} が δ_y 以下の場合は剛性の低下は生じず、武田モデルと同じ挙動をするものとしている。

2) パラメータ λ 復元力の符号が変わって載荷が進むにつれてひび割れが徐々に閉じていき、それと共に剛性が高くなっていく。これを折れ線で表現し、剛性の変化する点をパラメータ λ を用いて決定する。

復元力0の点 X_0' と前回の復元力0の点 X_0 の間の幅を L とする。

$$L = |X_0' - X_0| \quad (3)$$

復元力の符号が変わり、変形が λL だけ進行して Z_0 に達すると、剛性が変化して U_m を指向する。

$$K = \frac{P_c + P_y}{\delta_c + \delta_y} \left| \frac{\delta_{max}}{\delta_y} \right|^{-2} \quad (4)$$

なお、除荷時の剛性は武田モデルと同様に最大変形値 δ_{max} の関数とする。ここに、 (δ_c, P_c) はひび割れ点、 (δ_y, P_y) は降伏点である。

3.実験結果との比較 中空断面RC梁部材の実験において部材に与えた変位履歴を用いて、構築したモデルの応答履歴を算出し、実験結果との比較を行った。計算を行う際にまずパラメータの値を決定する必要がある。図-2は、実験結果より得られた γ および λ の値を示したものであり、各点が実験結果に対応している。

これらより、 γ は δ_{max}/δ_y が大きくなると低下すること、また λ は若干のばらつきはあるものの L によらずほぼ一定の値をとることがわかる。したがって、ここでは $A=0.8$ 、 $\lambda=0.2$ として計算を行った。その結果の一例を図-2に併せて示

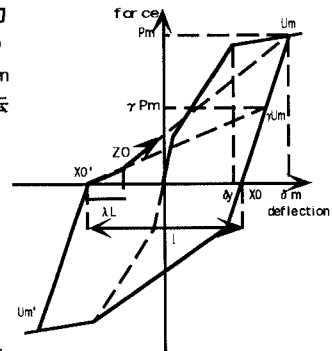
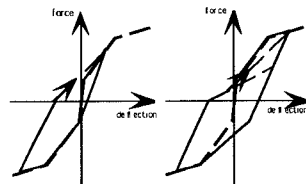
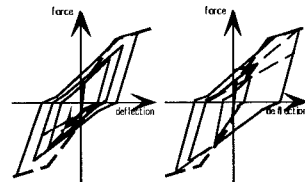


図-1-1 モデルの概要



一方向のみにひび割れが生じた場合の履歴



中小振幅の履歴

図-1-2 モデルの復元力特性

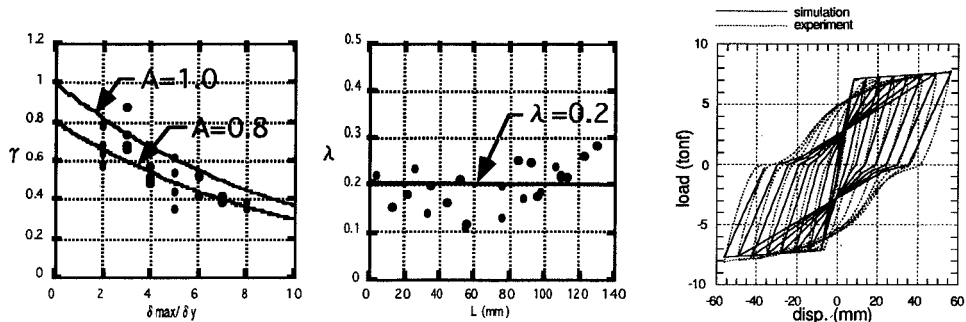


図-2 実験結果との比較

す。モデルによる応答履歴はほぼ実験結果と整合していることがわかる。このように本提案モデルは：対象とする部材にあわせて適宜パラメータを定めることによりその部材の履歴復元力を算出することが可能であり、汎用性の高いモデルとなっている。また、使用している履歴即も比較的簡単であるため実用的であると思われる。

4. 地震応答解析への適用 本研究において提案した履歴復元力モデルを1自由度振動系に適用し地震応答解析を行った。対象としては、中空部を有する高さ90mのRC橋脚を想定し、簡便化のためにそれを1自由度としたものを用いた(図-3)。基部の回転バネの履歴復元力モデルとして提案モデルを用い、パラメータの値を変化させて2通りについて行い、両者を比較した。一つはピンチングの影響を考慮した場合($A=0.5, \lambda=0.7$: slip型)、もう一つはピンチングを全く考慮しない場合(γ がほぼ1.0: non slip型)である。入力地震波としては、建設省土木研究所耐震研究室で作成されたレベル2の時刻歴応答解析用標準波形を用いた。また、減衰定数は0.01とした。

解析結果を図-4に示す。モーメント-回転角関係図は左がslip型、右がnonslip型のものであり、下はMassの変位の時刻歴である。

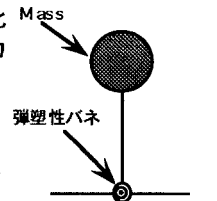


図-3 1自由度モデル

モーメント-回転角関係についてであるが、同じモデルのパラメータを変化させることで異なる性質をよく表現できているといえる。スリップの影響が大きくなると吸収エネルギーが大きく異なってくる様子がよく表れている。特に大変形の際にそれが顕著に表れている。

変位時刻歴については、slipのほうがnon slipに比べて変形量が大きくなっている。これは、パラメータ γ による剛性の低下が原因であると思われる。特に変形量が大きくなると、低剛性域も大きくなるためその差が顕著になっている。

以上のことから、本提案モデルは通常の地震応答解析にも十分適用可能であると考えられる。

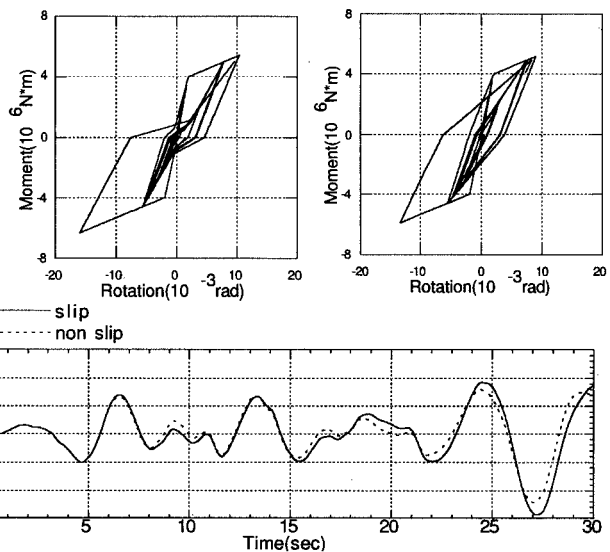


図-4 解析結果

<参考文献> 1) 家村浩和 他:中空断面RCはり部材の曲げ・せん断特性に関する実験的検討、平成7年度関西支部年次学術講演概要