

V-518

軸方向鉄筋のはらみ出しとせん断すべりを考慮したRC柱部材の復元力モデル

東北大学 学生員 武田 篤史
運輸省 正会員 赤倉 康寛
東北大学 正会員 鈴木 基行
東北大学 正会員 藤原 稔

1. まえがき

本研究では、繰り返し曲げせん断を受けるRC柱部材の非線形挙動に関し、軸方向鉄筋のはらみだし、およびせん断すべりに着目した復元力モデルを構築した。さらに、既往の実験により、モデルの妥当性を確かめた。

2. 曲げバネの復元力モデル

本研究では、曲げによる終局限界状態が軸方向鉄筋のはらみ出しによって生じることが知られていることから、武田モデル¹⁾にこのはらみ出し現象と最大耐力の耐力低下現象を考慮したモデルを提案した。軸方向鉄筋のはらみ出しが起こるまでは、武田モデルと同じであるため、ここでは、新たに組み込んだ部分のみについて示す。

(1) 軸方向鉄筋のはらみだし点の算定

本研究では、軸方向鉄筋が曲げ引張降伏して引き延ばされた後再び圧縮力を受け、はらみ出そうとする力 H が、帯鉄筋やコンクリートによる拘束力 R を上まわったとき鉄筋のはらみ出し、およびかぶりコンクリートの剥離が起きると考え、 $H > R$ となった時点で軸方向鉄筋のはらみ出しが起きるとした。

はらみ出そうとする力 H は、軸方向鉄筋のはらみ出しが（軸方向鉄筋応力） $\times$ （断面曲率）が最大になった点で発生するとして、鉄筋の加藤モデル²⁾における上記の条件に該当する点を求めて、はらみ出し点の軸方向鉄筋応力、断面曲率を決定し、島らのモデル³⁾により算定する。

はらみ出しへの抵抗力 R は軸方向鉄筋とかぶりコンクリートの付着割裂に対する抵抗力であると考え、角ら⁴⁾の付着割裂強度式を用い算定する。

(2) 鉄筋のはらみ出し後の挙動

軸方向鉄筋のはらみ出しが起きると、かぶりコンクリート、およびはらみ出した軸方向鉄筋が圧縮力を負担できない。これらのことを考え、軸方向鉄筋のはらみ出し後は、断面をかぶりコンクリート分小さくし、軸方向圧縮鉄筋を存在しないものとして考え、荷重-変位曲線のスケルトンカーブが変更されると考えた。その模式図を図-1に示す。

さらに、はらみ出した軸方向鉄筋は引張に対してもすべりを生じるため、はらみ出す以前と同様の力を負担することは出来ないと考え、はらみ出し後にもさらにはらみ出し点を越えて载荷を受けた場合には、軸方向鉄筋が負担できる引張力を0.9倍して⁵⁾評価し直した。

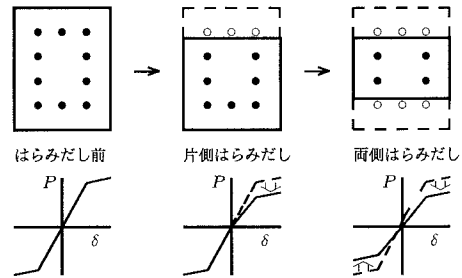


図-1 軸方向鉄筋のはらみだし後のモデル

3. せん断バネの復元力モデル

本研究ではせん断力-せん断変位関係におけるすべりを表すために、せん断ひびわれ面でのせん断力-せん断変位関係のモデルである Jimenez らのモデル⁶⁾を、修整して用いた。

Jimenez らのモデルは、せん断力あるいはせん断変位が逆側へ向かうときのすべりを表現できているが、このモデルは荷重制御による実験的载荷においてのみ有効であるため、このモデルをRC柱や橋脚の地震応答解析に用いることができる形にするため、係数を次のように定義し直した。

$$\phi^n = n^{(0.2\omega + 0.12)} \dots\dots\dots (1)$$

$$\delta_s^{n+1} = \frac{\phi^{n+1}}{\phi^n} \delta_s^n \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 ϕ^n ：これまでの最大変位時のせん断変位と今回のせん断変位の指向点変位との比、 n ：部材曲げ降伏変位以上の载荷経路の総距離とこれまでの最大応答変位との比、 ω ：これまでの最大応答変位時のせん断ひびわれ幅(mm)、 δ_s^n ：せん断変位の指向点。

部材曲げ降伏変位以上の载荷経路を用いているのは、部材曲げ降伏変位時のひびわれ幅を初期ひびわれ幅として与えているからである。せん断ひびわれ幅はせん断補強筋ひずみから、申ら⁷⁾のすべりモデルを用いて算定する。なお、最大応答変位が更新されるたびに、係数 n 、 ω は初期化され新たに算定を始める。また、荷重がスケルトンカーブまで達した後はスケルトンカーブに沿って荷重および変位が大きくなるとする。（図-2）

また、せん断補強筋降伏後は、脆性的に急激に崩壊に至ることを考慮して、せん断ひびわれ間の鉄筋ひずみが降伏

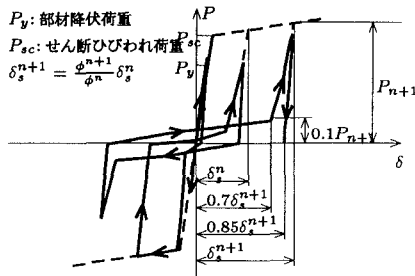


図-2 セン断バネの復元力モデル

ひずみからひずみ硬化開始ひずみへ移ることによってせん断変位が増加、その時点で柱としての耐力力はなくなるものと考えた。

4. 実験結果によるモデルの検証

曲げバネとせん断バネを直列に配置した曲げせん断モデルに対しモデルに対し、検証として、土木研究所資料第2232号⁸⁾より、曲げ挙動が顕著であるP-19($a/d = 5.4$)とせん断挙動が顕著であるP-18($a/d = 2.2$)の解析結果と実験結果の比較をそれぞれ図-3、図-4に示す。

P-19の解析においては、最大耐力の位置やその後の耐力低下などがよく表されている。

P-18の解析においては、解析が途中で止まっているが、その点でせん断補強筋が降伏したと判定し、それ以降はほとんど耐力を持たないと判断したためである。しかしその点は、実験結果の耐力の急激な低下の点（矢印部）と一致し、ここまでのモデルで十分であると考えられる。

5. まとめ

本研究では、繰り返し曲げせん断を受けるRC柱の最大耐力以降を含めた挙動を再現するために、軸方向鉄筋のはらみ出しとその後の挙動や、せん断すべりを組み込んだ弾塑性地震応答解析モデルを構築した。実験結果を用いてモデルの妥当性を定性的に検討した。今後定量的な検証が必要である。

参考文献

- 1) Takeda, T. et. al.: Reinforced concrete response to simulated earthquakes, 第3回日本地震工学シンポジウム講演集, 1970.
- 2) Kato, B.: Mechanical properties of steel under load cycles idealizing seismic action, Bulletin D'Information, No.131, CEB, AICAP-CEB symposium, Rome, 1979.
- 3) 島, 伊藤, 水口: 曲げ破壊型RC橋脚における鉄筋座屈モデルによる韧性解析, コンクリート工学年次論文報告集, 12-2, 1990.
- 4) 角, 山田: 付着割裂作用を受けるコンクリートの応力解析, 土木学会論文集, 第396号, /V-9, 1988.
- 5) 村山, 須田, 一宮, 新保: 交番繰り返し荷重下における柱筋の座屈モデル, 鹿島技術研究所年報, 第42号, 1994.
- 6) R. Jimenez, et. al.: Cyclic Shear and Dowel Action Models in RC, ASCE, Vol.108, No. ST5, 1982.

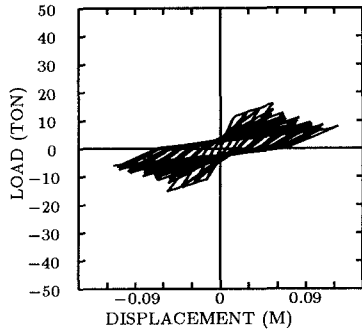
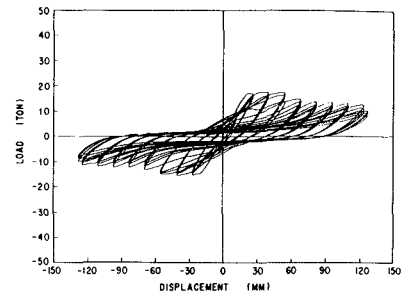


図-3 供試体 P-19 の実験結果 (上) と解析結果 (下)

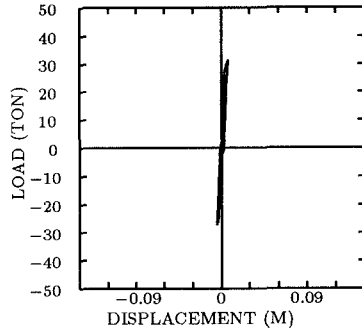
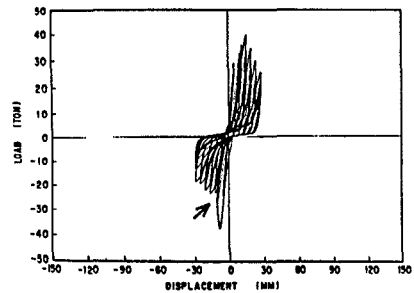


図-4 供試体 P-18 の実験結果 (上) と解析結果 (下)

- 7) 申, 前川, 岡村: 繰り返し面内力を受ける鉄筋コンクリート部材の復元力解析, コンクリート構造物の靱性とその評価法に関するコロキウム 論文集, 1988.
- 8) 土木研究所資料 第2232号, RC橋脚の動的耐力に関する実験的研究, 1985.