

[52] 繰返し荷重をうける鉄筋コンクリート造連層耐震壁の履歴挙動

正会員 ○中 西 三 和 (日本大学理工学部)  
 正会員 小 野 新 (日本大学理工学部)  
 正会員 安 達 洋 (日本大学理工学部)  
 佐々木 光 則 (日本大学大学院)

1. まえがき

繰返し荷重を受ける鉄筋コンクリート造連層耐震壁(以下、耐震壁)の水平変位が曲げ変形とせん断変形の成分からなると考えた場合、その変形の成分比や破壊モードの差異によって耐震壁の強度や履歴挙動に大きな影響を及ぼす事が実験的に明らかになっている。しかし、耐震壁を含むRC造建物を質点系モデルに置き振動解析する場合、その復元力特性が応答性状に及ぼす影響が非常に大きい事を考えると、履歴曲線に対するより詳細な検討が必要である。本論文は、耐震壁の履歴性状を解析的に把握する事を目的として曲げ変形及びせん断変形挙動の繰返しを含む非線形解析を行ったものである。曲げ変形の解析には平面保持を仮定し、断面をいくつかのスライス要素に分割した有限要素により、またせん断変形の解析には壁板を45°の傾斜をもつ圧縮ブレースと引張ブレースに置換したトラスモデルにより解析を行い、実験で得られた各変形成分の履歴曲線との比較検討を行う。

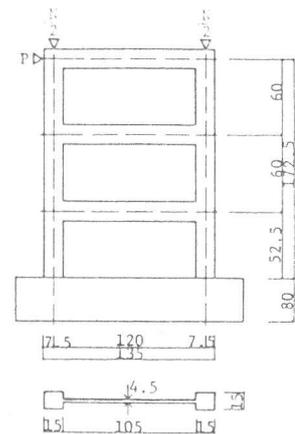


図1. 試験体形状

2. 実験概要

2-1 試験体及び加力方法 解析の対象とした試験体(76W101, 76W201, 76W401)の形状寸法、構造諸元を図1及び表1に示した。これら3体の試験体は柱主筋量を変動因子とし、主筋量の増加に伴い曲げ破壊からせん断破壊への破壊モードの変化を意図したものである。加力は頂部集中加力とし、頂部部材角(R)で、 $R = 5.0 \times 10^{-3} \text{ rad}$ ,  $6.7 \times 10^{-3} \text{ rad}$ ,

表1. 試験体構造諸元

試験体	柱		はり		層高 (cm)	壁厚 (cm)	耐力 (kN)
	断面 (cm <sup>2</sup> )	主筋	断面 (cm <sup>2</sup> )	主筋			
76W101	15x15	4-D10	15x15	4-D10	4.5	4φ-φ120	13.5
76W201	15x15	8-D10	15x15	4-D10	4.5	4φ-φ120	13.5
76W401	15x15	8-D13	15x15	4-D10	4.5	4φ-φ120	13.5

$1.0.0 \times 10^{-3} \text{ rad}$ , の変形に対し安定した履歴曲線を得るため各5回の繰返しを行うこととした。

2-2 曲げ変形成分の測定 変位の測定は各層水平・鉛直変位のほか、両側柱6区間の伸縮量の測定を行う。この両側柱の伸縮量より各区間の平均ひずみを求め、弾性は理論との対応から塑性域においても平面保持が成り立つとし図心軸に沿う曲率を求め、この曲率分布を積分して実験値の曲げ変形とした。(図2)

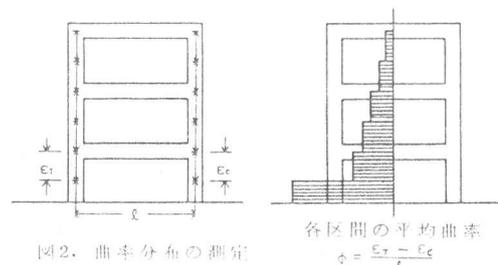


図2. 曲率分布の測定

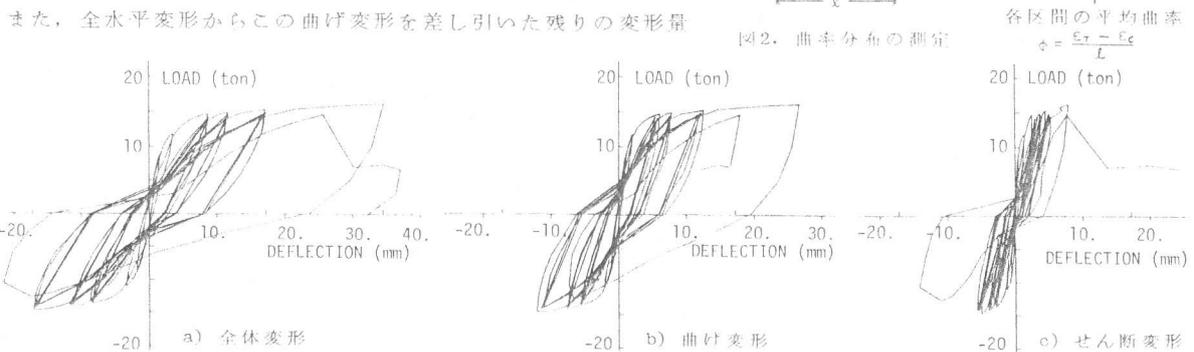


図3. 荷重変形曲線 (76W101 実験値)



その剛性にみ合う見かけ上の断面積  $A$ 、断面 2 次モーメント  $I$  を逐次変化させる事により評価する。

3-3 セン断変形挙動の解析 耐震壁の周辺架構を曲げ材、壁板・壁筋を圧縮ブレースと引張ブレースに置換した構造モデル (図 8) によりセン断変形挙動の解析を行う。解析にあたり次の様な仮定を設けた。

- 1). 周辺架構は曲げ材とするが、柱の材軸方向の伸び縮みはないものとし、材端の曲げモーメント-曲率関係は図 9 に示されるような完全弾塑性とする。
- 2). 置換ブレース断面積

○ひび割れ発生前……ひび割れ発生強度に対応した断面積として(5)式で定めた。

$$Q_{sc} = 0.1 F_c t l \dots\dots(4)$$

$$A_B = Q_{sc} / 2 n \cdot F_t \cdot \cos \theta \dots\dots(5)$$

$F_c$  : コンクリート強度,  $F_t$  : コンクリート引張強度,  $\theta = 45^\circ$

$n$  : 各層同一方向にあるブレース本数,  $t$  : 壁厚,  $l$  : 柱中心間距離

○ひび割れ発生後……セン断終局強度に対応した断面積として(7)式で定めた。

$$Q_{su} = \{ 0.0679 P t e^{0.23(180+F_c) \sqrt{M/Q \cdot D} + 0.12 + 2.7 \sqrt{P_w \cdot \sigma_{wy} + 0.1 \sigma_0}} \} b e \cdot j \dots\dots(6)$$

$$A_B = \alpha (Q_{su} - P_s \cdot \sigma_{sy} \cdot t \cdot l - Q_c) / n \cdot F_c \cdot \cos \theta \dots\dots(7)$$

$P_s$ : 壁筋比,  $\sigma_{sy}$ : 壁筋降伏強度,  $Q_c$ : 柱の負担せん断力,  $\alpha = 1.5$

- 3). 壁筋は引張ブレースとしては有効であるが圧縮に働く場合はこれを無視する。

4. 実験結果と解析結果の比較検討

4-1 曲げ変形履歴曲線 各試験体の荷重-曲げ変形曲線を図 10 に実験結果と比較し示した。解析結果は曲げ破壊した 76W101 と 76W201 でスリップを含む比較的大きな履歴曲線を示しているのに対し、セン断破壊した 76W401 ではふくらみの少ない直線的な履歴性状を示し実験値より得られた履歴曲線に近似した結果が得られている。解析的には曲げ変形曲線におけるスリップ現象は 1 度開いた曲げひび割れが逆負荷をうけ

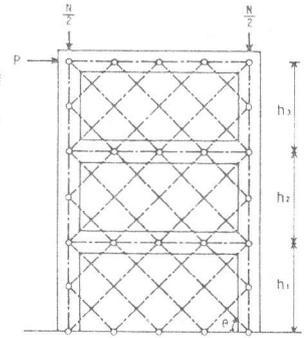


図 8. セン断解析モデル

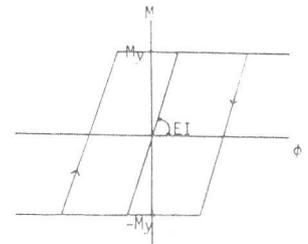


図 9. モーメント-曲率関係

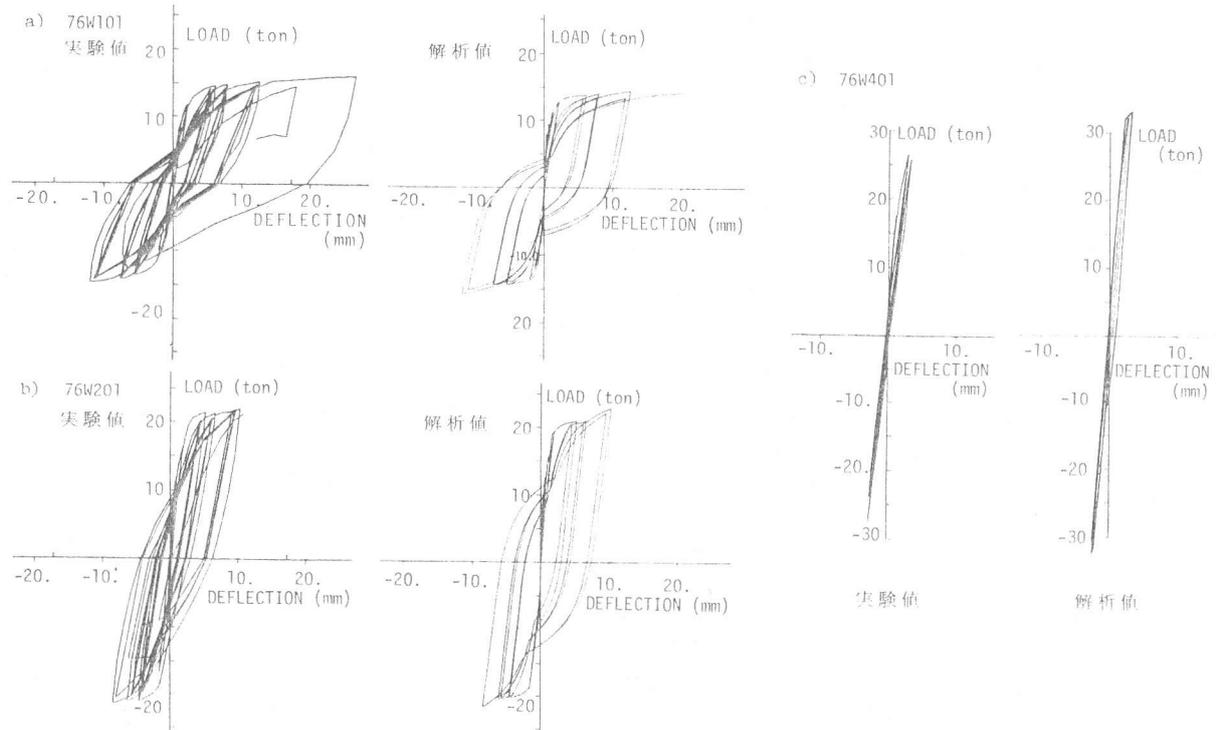


図 10. 荷重-曲げ変形曲線

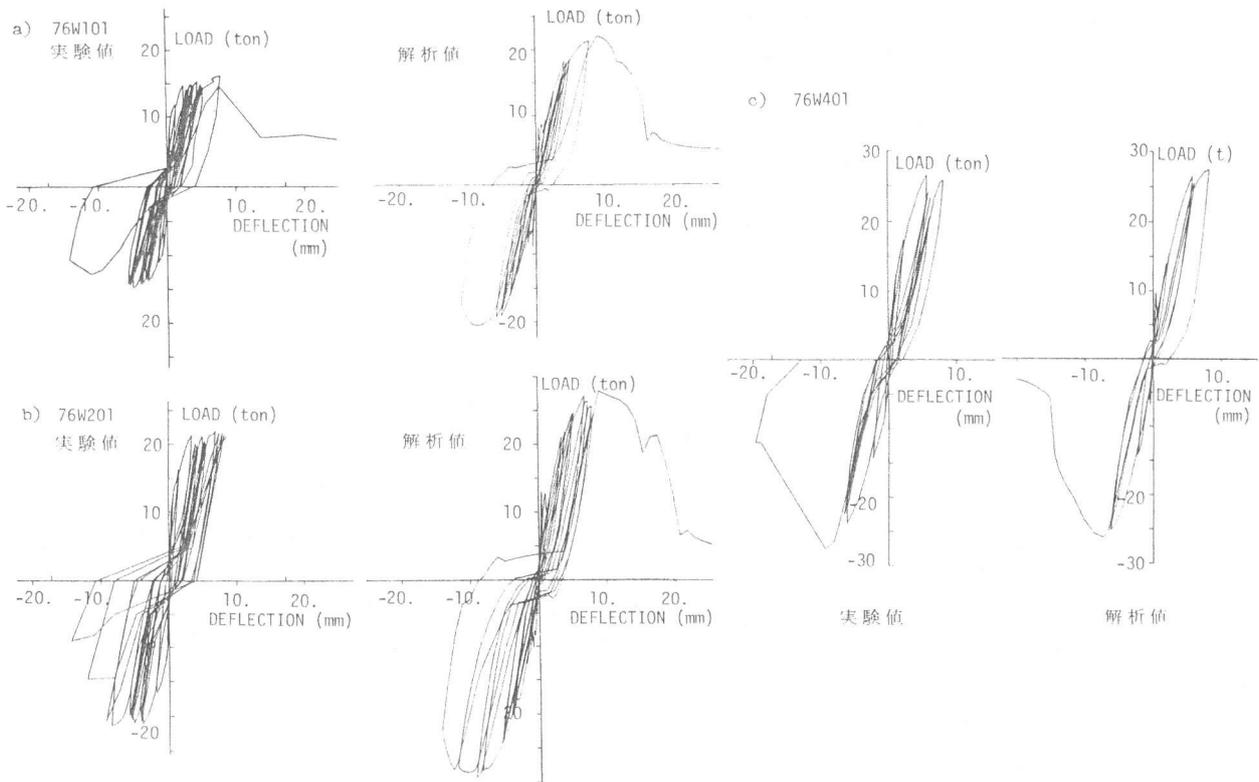


図11. 荷重—せん断変形曲線

圧縮ひずみに達するまでの間に生ずるものと説明でき、実験結果の定性的傾向を裏付ける結果が得られた。

4-2 せん断変形履歴曲線 各試験体の荷重—せん断変形曲線を図11に実験結果と比較示した。せん断変形曲線におけるスリップは実験値で残留変形点より顕著に起こるのに対し、解析値ではスリップ現象がそれ程明瞭に現われておらず、スリップ幅も比較的短い事が分る。これは図5に示す仮定したコンクリートの応力—ひずみ曲線における徐荷曲線や残留ひずみ量、再負荷時の剛性に大きな影響をうける。定性的にはスリップはせん断ひび割れの開閉によって起こる事、また履歴曲線がハードスプリング的な曲線を描く事では一致した結果が得られている。また、本解析法でせん断破壊特有の最大耐力以後の壁板圧壊による急激な耐力低下を追跡する事ができた。

## 5. 結論

以上、耐震壁の曲げ変形及びせん断変形挙動を解析的に捉えるために、それぞれに対し適切な解析モデルを仮定し繰返しを含む非線形解析を行い、実験値との比較を試みた。鉄筋コンクリートの荷重—変形曲線に特有のスリップ現象が、曲げひび割れやせん断ひび割れの開閉によって生ずる事、曲げ変形曲線に対してはふくらみのある紡錘形の曲線、せん断変形に対しては逆S形の曲線になる事、せん断破壊の特徴である最大耐力以後のぜい性的な耐力低下の現象が解析的に把握できた。

### 参考文献

- 1) 佐藤, 小野, 安達, 白井, 中西「鉄筋コンクリート造耐震壁の弾塑性性状に関する実験研究 — 第1報, 第2報 —」  
日本大学理工学研究所報 No.53 昭和55年7月
- 2) 小野, 安達, 中西, 川上, 梅村「鉄筋コンクリート造耐震壁の弾塑性性状に関する研究 — (その16), (その17) —」  
日本建築学会学術講演梗概集 昭和57年10月
- 3) 藤井, 青山, 梅村「材料特性より求めた鉄筋コンクリート断面のモーメント曲率関係」  
日本建築学会学術講演梗概集 昭和48年10月
- 4) H.A.FLANKLIN「Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete Frames and Panels」SESM.Rep.Mar.1970.
- 5) 日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」1982年
- 6) 広沢雅也「既往の鉄筋コンクリート造耐震壁に関する実験資料とその解析」  
建築研究資料 No.6 1975, 3