

V-250

載荷履歴が異なる RC 単柱の耐震性評価に関する研究

*武蔵工業大学 学生会員 藤田幸弘, 正会員 吉川弘道

**東急建設 正会員 宮城敏明, 正会員 服部尚道

1.はじめに

著者らは、ファイバーモデルによる荷重-変位曲線にせん断耐力劣化曲線を併記することで、RC 単柱の破壊形式の判定および塑性率を算定する手法を提案してきた¹⁾。一般に、RC 単柱の耐震性能を確認する静的載荷実験では、直下型地震を想定した正負交番 3 回繰返し載荷履歴、海洋プレート型地震を想定した正負交番 10 回繰返し載荷履歴が用いられている²⁾。しかし、地震動は規則正しいものではなく、様々なケースが考えられる。そこで、載荷履歴が異なる RC 単柱の静的載荷実験を行い、本提案手法の適用性を検討すると共に、載荷履歴の違いが RC 単柱の耐震性能に及ぼす影響について考察した。

2.実験概要

試験体：実験には、図 1 に示す試験体で S10 試験体を 1 体、S15 試験体を 3 体用いた。S10、S15 試験体ともに、破壊形式が曲げ降伏後のせん断破壊となるよう本提案手法で設計した。断面は $320 \times 320 \text{ mm}$ 、柱基部から載荷位置までの高さは 1200 mm 、せん断スパン比は 4.05 である。主鉄筋は $D13 \times 20$ 本 ($f_{sy}=352 \text{ N/mm}^2$, $\rho_s=2.5\%$)、帯鉄筋は S10 で、 $\phi 6$ ($f_{wy}=354 \text{ N/mm}^2$, $\rho_w=0.06\%$) を 330 mm ピッチで、S15 は D4 ($f_{wy}=238 \text{ N/mm}^2$, $\rho_w=0.19\%$) を 45 mm ピッチで配筋した。

載荷履歴：各試験体の載荷履歴、作用軸力を表 1 に示す。ここで、ランダム載荷履歴は、海洋プレート型地震の開北橋記録地震波を入力地震波として事前に非線形動的応答解析を行い、その応答変位をランダム載荷履歴として静的載荷実験を行った。ただし、入力地震波の振幅は、S15-1-10 試験体の終局変位と同値になるように実波形の 4 倍とした。

3.破壊形式と塑性率に及ぼす影響

提案手法において、コンクリートの応力-ひずみ関係は帯鉄筋による拘束効果を考慮している Mander モデル³⁾、鉄筋の応力-ひずみ関係は島らのトリリニアモデルを用いた⁴⁾。また、主筋抜け出しによる水平変位の算定は、鉄道設計標準に準じた⁵⁾。一方、せん断劣化曲線は Priestley らの提案式を用いた³⁾。図 2 に、本提案手法による解析値と実験包絡線の比較を示す。

図 2a) より、S15-1-3 試験体は塑性率 $\mu=5.2$ 、S15-1-10 試験体は塑性率 $\mu=4.0$ となっている。繰返し回数の多い S15-1-10 試験体の方が $1\delta_y$ だけ塑性率は小さいが、提案手法においてせん断破壊点は両試験体ともほぼ一致している。図 2b) より S10-0-M 試験体は、終局点が提案手法とは一致しなかった。

キーワード：鉄筋コンクリート柱、載荷履歴、等価粘性減衰定数

連絡先：*〒158-0087 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL03-3703-3111 FAX03-5703-1165

**〒229-1124 神奈川県相模原市田名 3062-1 TEL042-763-9507 FAX042-763-9503

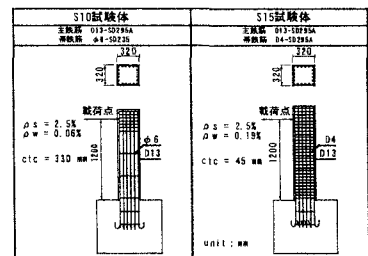
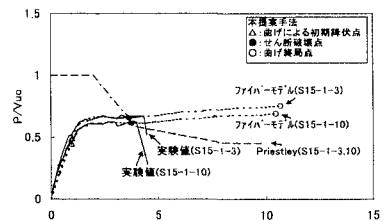


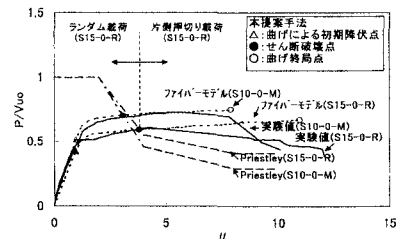
図 1 試験体配筋図

表 1 載荷履歴と作用軸力

試験体名	載荷履歴	軸力 (N/mm ²)
S10-0-M	片側交番3回漸増繰返し	0
S15-1-3	正負交番3回漸増繰返し	0.98
S15-1-10	正負交番10回漸増繰返し	0.98
S15-0-R	ランダム	0



a)静的漸増載荷の比較(3, 10 回)



b)載荷履歴の比較(片側漸増, ランダム)

図 2 解析値と実験結果

4.等価粘性減衰定数と累積エネルギー吸収量

等価粘性減衰定数 heq －塑性率 μ の関係を図3に示す。S15-1-3とS15-1-10試験体の等価粘性減衰定数は、同値となっている。また、S15-1-3、S15-1-10試験体共に、武田モデル($\alpha=0.2$)とほぼ一致している。S15-0-R試験体の等価粘性減衰定数は、0.1付近に分布している。

表1に終局時の累積エネルギー吸収量の比較表を示す。ここで、S15-1-3とS15-1-10試験体では、繰返し回数の多いS15-1-

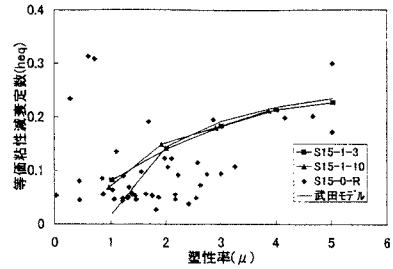


図3 $heq - \mu$ 関係

表1 終局時のエネルギー吸収量

試験体	終局時	繰返し回数 (回)	終局時累積エネルギー吸収量 (tf・mm)
S15-1-3	6 $\delta y \times 1$ 回目	16	3857
S15-1-10	4 $\delta y \times 10$ 回目	40	6523
S15-0-R	—	43	2522

10の方がS15-1-3に比べ累積エネルギー吸収量が大きくなっている。これはS15-1-10試験体は塑性率 $\mu=3, 4$ の大変形を10回づつ経験しているためと考えられる。S15-1-10とS15-0-R試験体では繰返し回数はほぼ同じ回数であるが、S15-1-10試験体では曲げ降伏後のせん断破壊となり、S15-0-R試験体は破壊に至らなかった。これは、等価粘性減衰定数－塑性率の関係より、S15-0-R試験体は、塑性率 $\mu=1 \sim 2$ 程度の中小変形で多く繰返しされたためと考えられる。なお、終局時累積エネルギー吸収量の比はS15-1-10試験体の方がS15-0-R試験体に比べ約2.5倍になっている。

5.ランダム載荷試験体の履歴形状の比較

S15-0-R試験体(ランダム載荷)の劣化進行の様子を確認するために最大応答変位経験の有無による荷重－変位履歴形状の比較を行う。ランダム載荷履歴にサイクルナンバーを付けたものを図4に、また $2\delta y$ 付近の履歴を図5に示す。ここで、最大応答変位経験前の3-4サイクル時の履歴は、紡錘型を呈しているが、最大応答変位後71-72サイクル時の履歴は逆S字型となっている。これは、最大応答変位経験後塑性率 $\mu=1 \sim 2$ 程度の繰返し回数の多い中小変形により損傷が蓄積し、試験体の劣化が進行していることがわかる。

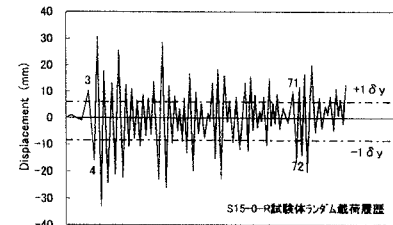


図4 ランダム載荷履歴

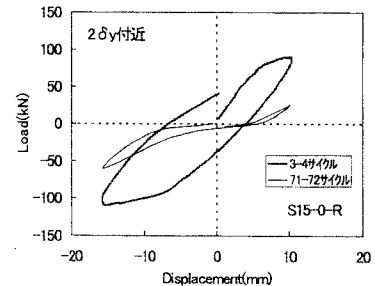


図5 $2\delta y$ 付近の荷重-変位履歴

6.まとめ

・繰返し回数が3, 10回の正負交番載荷試験体の破壊形式と塑性率は、本提案手法と一致している。

・S15-0-R試験体は、S15-1-10試験体の終局変位と同値の荷重を行ったにも関わらず破壊形式、塑性率は一致しなかった。これは、S15-0-R載荷履歴は塑性率 $\mu=1 \sim 2$ の繰返し回数の多い載荷履歴のためと考えられる。ただし、S15-0-R試験体では、荷重の進行に伴う履歴形状の変化により、試験体の劣化進行の様子が確認された。

【参考文献】1)池谷, 吉川, 宮城, 服部: RC柱のせん断耐力劣化に関する研究, 土木学会第53回年次学術講演会, V-556, 1998.10, 2)社団法人 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編, 1996.12, 3) Priestley, M.J.N. and Paulay, T.: Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Bridges, John Wiley & Sons, 1995.10, 4)島, 周, 岡村: 異形鉄筋の鉄筋降伏後における付着特性, 土木学会論文集第378号 V-6, pp.213-220, 1987.2, 5)鉄道総合研究所: 鉄道設計構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物, 丸善株式会社, 1992.11