

鋼構造建物の崩壊に及ぼす柱脚復元力特性の影響

○中島正愛・倉田真宏・吹田啓一郎

1. 研究の背景と目的

1995年の兵庫県南部地震における鋼構造建物の被害を受けて、梁部材・柱・梁接合部が有する保有性能に対する研究は進展し、これら部材・接合部が大変形繰返し荷重下において呈する履歴挙動、また安定した履歴を保證するための設計要件は明らかにされてきた。ところで現在の設計法では梁崩壊形式が一般的に採用される。これは構造全体の塑性変形能力を考えたときに、柱崩壊機構に代表される変形の特定層への集中を避け、崩壊までに多くのエネルギーを吸収できるからである。ただ、梁崩壊形式においても1層柱脚は塑性変形を被るという事実、梁崩壊形式においても、1層柱脚は塑性変形を受けることを見逃してはならない。ところが既往の研究を見ると、柱脚がもつ塑性変形能力や、梁崩壊性変形能力は元々確保しにくい状況にある。

2. 埋込み柱脚がもつ塑性変形能力の定量化

大変形荷重対応2軸加力実験装置を用いて、埋込み柱脚を対象にした実大荷重実験を実施した。図1は実験に用いた荷重装置である。埋込み柱脚では、柱脚部の固定形式として設計された鋼構造建物における1層柱脚が大地震時に受ける塑性変形に関する研究は驚くほど少ない。また、柱脚は常時、軸圧縮力を受けるので、梁端部に比べても塑性と強度は十分に確保されているため、柱下部に塑性変形が生じる結果、柱自身の塑性変形能力が柱脚としての塑性変形能力に置換される。実験ではほぼ実寸の鋼管柱部材を使用し、幅厚比と軸力比を主なパラメータとして大変形時の柱の劣化挙動を調べた。その結果、柱部材の劣化挙動は幅厚比と軸力比双方に大きく依存し、特に現行の耐震設計で最も厚く変形能力に富むと考えられ

ているFAランクの幅厚比制限では、大地震時に柱脚に作用する回転角である0.03rad程度の繰返し変形時に大幅な耐力劣化が起きることを突き止めた(図2)。またこれは、現行耐震設計で規定された幅厚比の上限値が単調荷重による(比較的古い)実験結果に基づいており、地震動の繰返し特性を考えると不十分であることに起因していることも、既往の研究論文を詳細に調査することから明らかにした。さらに1層柱脚への要求回転角として0.03rad程度を考えれば、鋼管柱の許容幅厚比は現行の制限より約2倍厳しくする必要があることを、実験結果から導いた。

3. 劣化域を含む埋込み柱脚履歴挙動のモデル化

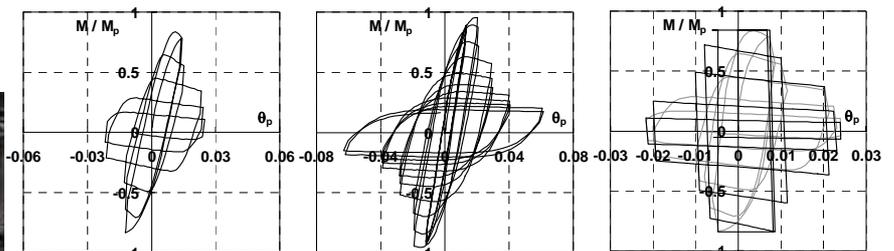
実験結果に基づき、局部座屈やP 効果による劣化挙動を含む埋込み柱脚の履歴特性を鋼管の幅厚比と軸力比の関数として表現した履歴モデルを新たに構築した。履歴モデルの詳細は以下の通りである。劣化挙動を劣化開始変形量と劣化勾配の2つの特性によって評価する。劣化勾配は、その絶対値が劣化開始後の塑性変形量に対し指数関数的に小さくなることから、部材の弾性剛性に対して、幅厚比と軸力比により決まる指数関数式を乗じることから求める。また劣化開始変形量は部材の降伏変形量に対して幅厚比と軸力比により決まる倍率を乗じて求める。構築した解析モデルは、部材の耐力、弾性剛性、幅厚比、軸力比、4つのデータの関数として、部材が鉛直支持能力を失うまでの履歴を追うことが可能である(図3)。

4. 参考文献

Kurata, M., Nakashima, M., and Suita, K. [2004]. "Effect of Column Base Behavior on Seismic Response of Steel Moment Frames," *Journal of Earthquake Engineering*, Imperial College Press (in press).



(a) 実験装置 (b) 荷重後の試験体
図1: 実験写真



(a)軸力比 0.1 (b)軸力比 0.3
図2: FA ランク幅厚比制限鋼管柱の劣化挙動

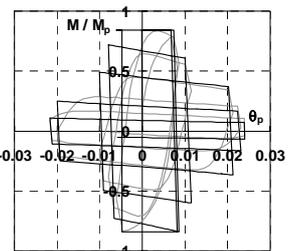


図3: 履歴モデル