

軸力支持下において履歴特性を改変可能な  
鋼製メタボリズム柱構造の正負交番載荷実験

京都大学大学院 学生会員 ○前田 紘人  
京都大学 正会員 植村 佳大  
京都大学 正会員 高橋 良和

1. 研究目的・背景

我が国における耐震設計法及び耐震設計基準は、地震被害により新たな教訓が得られると、その度に見直され、改訂が行われてきた。これを受けて著者らは、耐震性能の改変可能な柱構造であるメタボリズム柱構造を提案した<sup>1)</sup>。本構造は図-1に示すように柱基部を二重構造とし、永続的に使用する永続部を柱内部に、取替可能な可換部をその外殻に配置するような構造である。永続部には軸力・せん断力の支持を、可換部には地震時のエネルギー吸収能を期待し、橋梁を供用したまま可換部を取り替えることを目指している。先行研究<sup>1)</sup>では永続部に変位制御装置を内装したゴム支承(固定ゴム支承)、可換部にRC部材を用いた構造を検討したが、本研究では接合部を有するという特徴から、よりメタボリズム柱構造に親和性が高いと考えられる鋼製部材を可換部に用いた構造を検討する。

2. 実験概要

実験の流れを図-2に示す。永続部が全軸力(200kN)を支持した状態で可換部を設置し、ボルトにより可換部を上下に接合した後、正負交番載荷実験を実施し、耐震性能を確認した。その後、軸力支持下における可換部撤去実験を実施し、取替性を検討した。実験供試体は、永続部には先行研究<sup>1)</sup>と同様に固定ゴム支承を用い、取替外区間

は剛性の大きな鋼材で模擬した。供試体を図-3に示す。可換部はコの字型断面の鋼製部材二部材から構成されており、S-C-4.5は板厚4.5mm、S-C-6.0は板厚6.0mmとした。降伏強度309N/mm<sup>2</sup>、ヤング係数200,000N/mm<sup>2</sup>、ポアソン比0.3等を用いて算出した各種設計パラメータを表-1に示す。

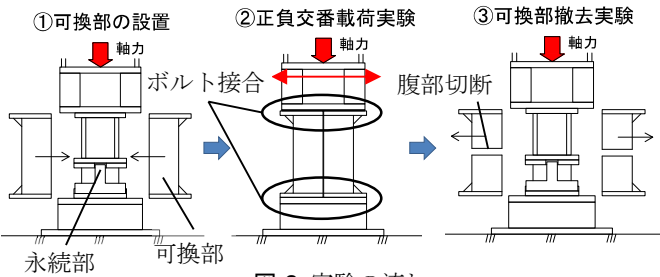


図-2 実験の流れ

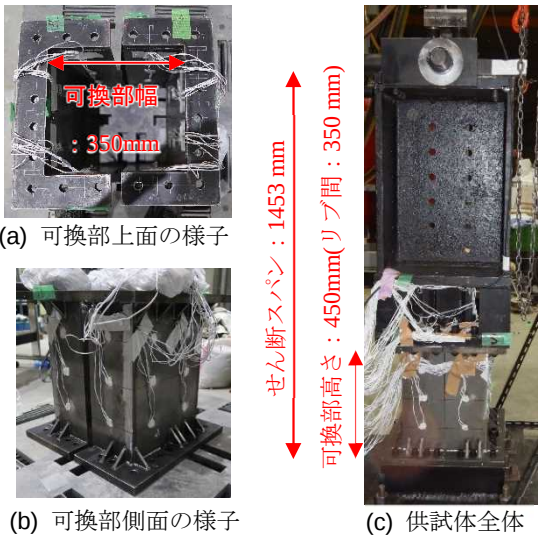


図-3 実験供試体

表-1 各設計パラメータ

|          | S-C-4.5 | S-C-6.0 |
|----------|---------|---------|
| 幅厚比パラメータ | 1.59    | 1.19    |
| 細長比パラメータ | 0.258   | 0.259   |
| 軸力比パラメータ | 0.10    | 0.08    |

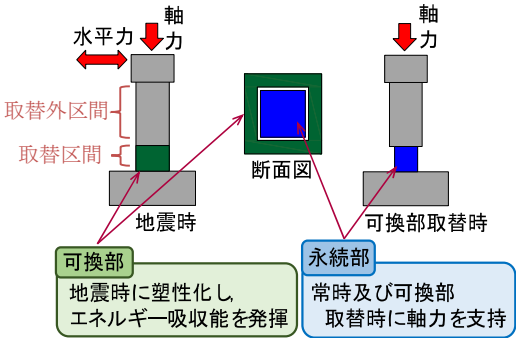
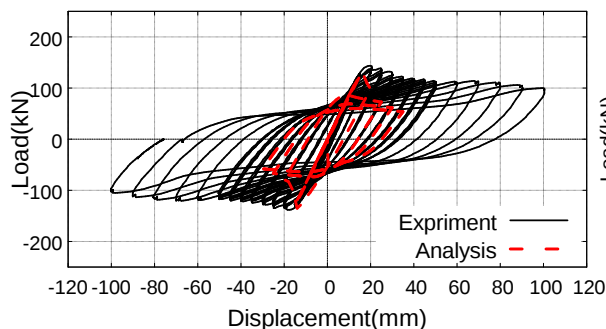


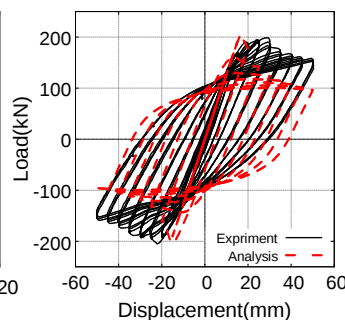
図-1 メタボリズム柱構造概要

キーワード メタボリズム, 鋼製柱, 正負交番載荷実験, 取替, 二重構造, 変形性能

連絡先 〒615-8246 京都市西京区京都大学桂 C1-139 TEL : 075-383-3246 FAX : 075-383-3243



(a) S-C-4.5



(b) S-C-6.0

図-4 荷重－変位関係

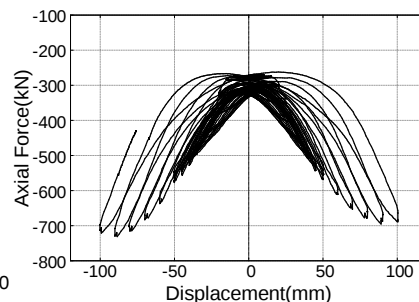


図-5 永続部負担軸力－変位関係

(S-C-4.5)

### 3. 実験結果・考察

#### (1) 正負交番載荷実験結果

実験で得られた荷重－変位関係を図-4 中実線で示す．S-C-4.5 は変位 100mm まで，S-C-6.0 は 50mm まで載荷を実施した．まず，両供試体とも大きな履歴面積を有する履歴形状を描き，期待通りの安定したエネルギー吸収が発揮されたことが確認される．同変位内で S-C-4.5 と S-C-6.0 を比較すると，後者の方が最大耐力，履歴面積ともに大きく，板厚を変えることで耐震性能を改変させられたことも確認される．

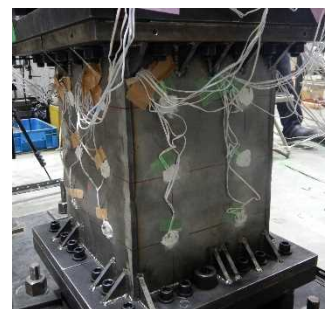
さらに破線は，本供試体に永続部が無かった場合を想定し，可換部にシェル要素を用いて数値解析を実施した時の結果である．実験と解析を比較すると前者の方が最大荷重後の荷重低下が緩やかであることがわかる．これは，メタボリズム柱構造において永続部が軸圧縮力を受け持つこと，それにより軸沈下が抑制されること，そして可換部は一度座屈しても再引張により引張力を支持すること，これらの複合効果によるものと考えられる．実際，本実験における永続部負担軸力－変位関係を図-5 に示すと変位の増大に伴って負担軸圧縮力は増加していることがわかり，図-6 からは可換部の再引張の様子が確認できる．本供試体の幅厚比パラメータは表-1 に示したように，従来の設計では用いられないような大きな値であるが，このように永続部が存在することで優秀な変形性能を発揮することを考慮すると，従来の設計における制限を緩められる可能性がある．つまり本構造であれば，座屈を許容し，最大荷重後の挙動も組み込んだ設計を実施できる可能性が示唆されるのである．

#### (2) 軸力支持下での可換部撤去実験結果

次に可換部撤去実験の結果を示す．図-7 は腹部切断後の可換部の様子であり，本実験より軸力支持下においても塑性化した可換部の撤去が可能であることが確認された．図-8 に撤去中の荷重－変位関係を実線で示す(破線は



(a) 圧縮時の座屈様子



(b) 再引張の様子

図-6 鋼製可換部の再引張の様子



図-7 切断後の可換部

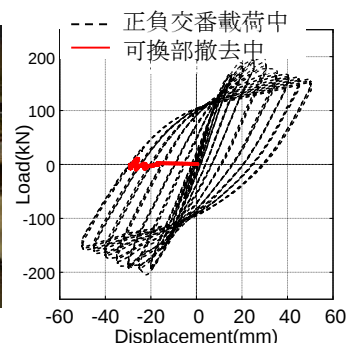


図-8 撤去中の荷重－変位関係

正負交番載荷中). 図より，塑性化した可換部を撤去することにより，残留変位が発生していても比較的小さな水平荷重で鉛直に戻していることが確認される．

### 4. まとめ

本研究で提案したメタボリズム柱構造は，軸力支持下で可換部を取り替えられ，耐震性能を改変させられる構造であることが示された．また，本構造は永続部が軸圧縮力を受け持つことで優秀な塑性変形性能を発揮することも示され，本構造の設計においては座屈を許容し鋼部材に圧縮を期待しないような，既往の設計方法とは異なる考え方で設計を実施できる可能性が示唆された．

### 参考文献

- 1) 前田紘人，林学，高橋良和：メタボリズム耐震橋脚構造の開発に向けた正負交番載荷及び塑性ヒンジ部取替実験，土木学会論文集A1，Vol.76，No.4，pp.I\_377-I\_392，2020.