

形状復元力を利用した地下構造物中柱用免震装置の性能確認実験

住友ゴム工業(株) 正会員 松本 達治

(株)熊谷組技術研究所 正会員 鈴木 猛康, 金子 誉

日本大学 フェロー会員 田村重四郎 東京大学生産技術研究所 正会員 小長井 一男

1. まえがき 地下鉄駅舎や道路トンネルに代表される地下構造物の横断面のせん断剛性は、一般に周辺地盤のせん断剛性と同等かそれ以下であるため、地下構造物は大地震の際、地盤のせん断変形に追従して大きな横断方向の変形を呈する。1995年の兵庫県南部地震で発生した地下鉄駅舎の崩壊は、常時10,000kN以上の高軸力を支持する中柱のせん断破壊が直接的な原因であるとされている。このような中柱を有する地下構造物に適用する免震装置として偏心を伴う常時鉛直荷重に対する支持能力, 大变位吸収機能, 火災に対応する構造を有し、さらにはコンパクトな装置構造のため施工性や経済性に優れた形状復元力を利用した装置が提案されてきた^{1)~3)}。形状復元力を利用した免震装置は、中柱が上下セグメントの相対変位により中柱が傾斜すると支持壁上の鉛直軸力の作用点が移動し、復元モーメントが中柱の傾きを元の位置に戻す方向に作用する原理を利用したもので中柱に作用する高軸力を、硬質鋼材を用いた支持壁と軟質鋼材を用いた受圧板の間で安定して伝達し、主として受圧板側が変形することで支持壁頂部面が楕円形状の場合と同様の回転挙動で円滑な変位吸収がなされる。しかし、本装置の定量的な復元力特性に関する系統的实验については報告されておらず、装置の各種依存性についての一般的考察がなされているとはいいい難い。そこで、本研究では、2軸圧縮せん断試験を用い、1/2および1/6スケール装置模型について鉛直軸力、回転角を変化させた場合の回転剛性や鉛直沈み込み量について報告する。

2. 実験装置および方法 図-1に形状復元力を利用した免震装置の断面詳細を示す。1/6スケール装置模型の場合、中柱を含む全ての装置スケールを完全相似形状としたが1/2スケール装置については中柱長さのみ実物の1/7.5として実験した。1/2および1/6スケール装置模型に対してそれぞれ10,000kN-6,000kN, 2,000kN-400kNの2軸せん断圧縮試験機を用い、水平方向については変位制御でまた鉛直方向については荷重制御を行い、水平変位に対する水平荷重と鉛直変位の変化を測定した。支持壁頂部面の形状および中柱長さについては表1にまとめて示す。入力波形は正弦波とし、入力波数はそれぞれ4サイクルで3サイクル目のデータを用いて回転剛性値を算出した。

3. 実験結果および考察 1/2および1/6スケール装置模型に対して鉛直軸力を変化させた場合の回転量1/30における水平変位と水平荷重の関係を図-2(a), (b)に示す。また、水平変位-水平荷重の割線剛性から求めた回転剛性値をそれぞれ図-3(a), (b)に示す。水平変位に対する水平荷重値の履歴は新しい受圧板を用いたそれぞれの最大鉛直軸力時の第1サイクルで見られる塑性変形に伴うずれを除いては各サイクル毎に同じ経路を辿っており安定した復元力特性を呈することがわかる。また、いずれのスケール装置模型ともに回転剛性はほぼ鉛直荷重の増加に線形比例し

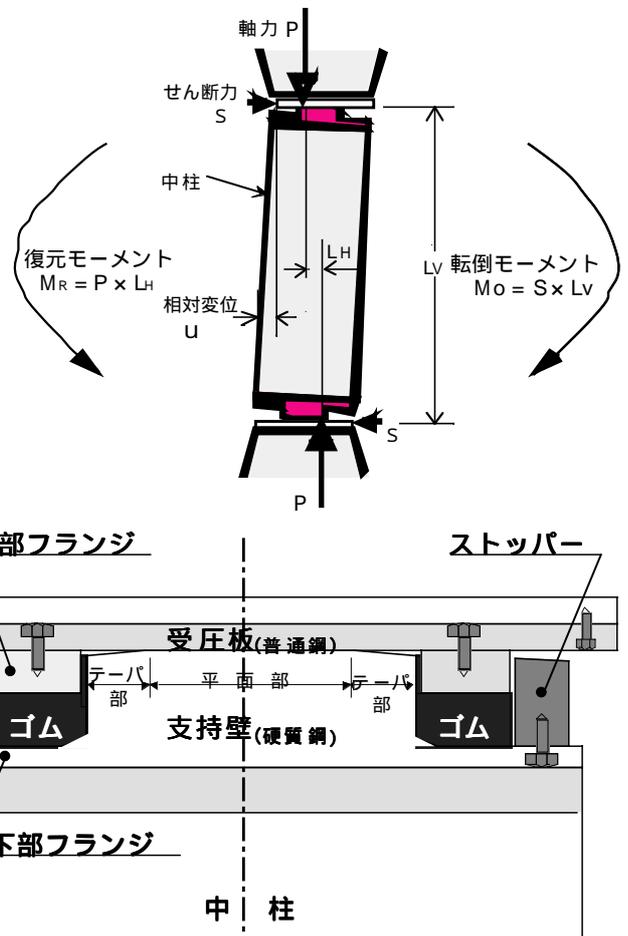


図-1 形状復元力利用型免震装置の断面詳細図

表-1 実験条件

	1/2 scale model	1/6 scale model
平面部長	50.0mm	16.7mm
テーパ部長	12.5mm	8.3mm
テーパ角度	1/30	
中柱長	400mmL	500mmL

キーワード：地下構造物, 中柱, 免震装置, 形状復元力, 実験

〒651-0072 兵庫県神戸市中央区脇浜町3-6-9 住友ゴム工業(株)建設品技術部 Tel. 078-265-3053 Fax. 078-265-3140

て増加するが回転量の増加に伴い回転剛性は低くなる傾向を示す。両スケールモデルともに鉛直軸力が増加するに伴い履歴曲線で囲まれる面積が増加しており、それにしたがって線形性も強くなる。特に、微小変位時における初期剛性は鉛直軸力にほぼ無関係に高くなることより、微小な地震動に対しては強い復元力が作用し、トリガー機能を有するとともに小さな施工誤差の場合には吸収することが可能である。また、大変形領域においては水平変位の増加とともに次第に水平荷重の増加が緩やかになり、大地震により大変形を生じた場合には、柔らかな応答特性を示す。概して、支持壁の頂部面形状を中柱の回転半径を曲率半径とした円弧に近付けるにつれ復元力特性の線形性は高くなる。

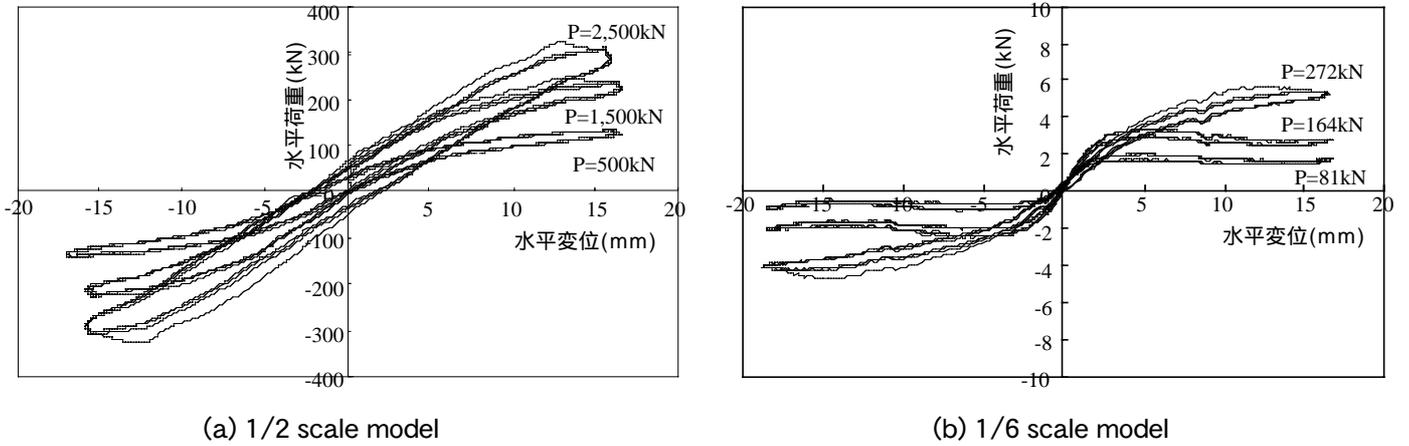


図-2 水平変位-荷重関係

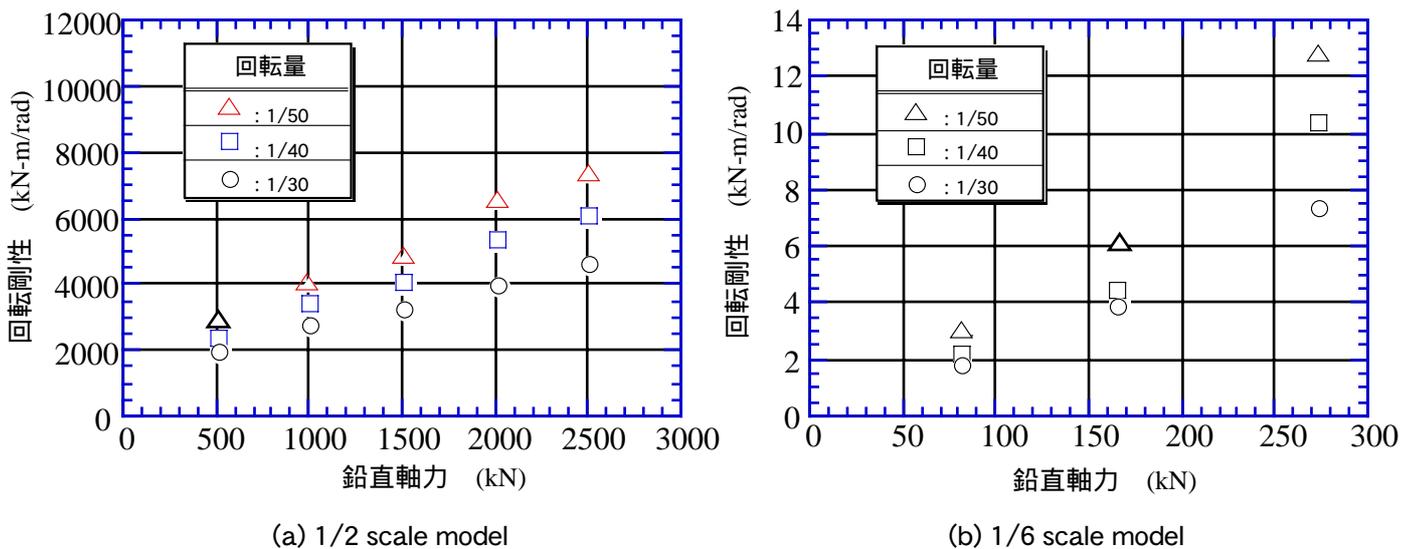


図-3 水平変位-荷重関係

また、支持壁頂部面の全幅に対する平面部の比率を高めるにつれ初期剛性は高くなる。図-2に示される様に圧縮せん断試験の最初のサイクルでは受圧板に塑性変形を生じるが、2サイクル目以降は弾性変形が支配的になり、実大スケールでの1000tonfに相当する鉛直軸力を負荷した場合においても鉛直方向の沈み込み量は0.2mm程度で、それ以上沈み込み量は増加しない。

4. まとめ 本研究では2軸圧縮せん断試験機を用いて形状復元力を利用した中柱用免震装置に関する各種依存性実験を行い定量的な装置性能特性を明らかにした。また、本装置が低軸力から高軸力までの幅広い軸力条件下と広い回転変位領域において安定した変位吸収性能と復元力特性を示すことを検証した。さらに大荷重を載荷した実験後の装置に一切の損傷が無いことを確認し、また本スケールモデルの製作を通じて製造面の詳細な検討も完了した。

なお、本免震装置は(株)熊谷組、東海ゴム工業(株)と住友ゴム工業(株)の共同研究によって開発された。本実験を実施するにあたり住友ゴム工業(株)佐々木輝男氏、東海ゴム工業(株)山田博氏に協力を頂いた。記して関係各位に感謝の意を表す。

参考文献 (1)鈴木, 金子, 橋梁と地下構造物の免震・制振, 講習会資料, 土木学会, pp.145-148, 1999.
 (2)鈴木他, 土木学会第54回年次学術講演会梗概集, pp.912-913, 1999.
 (3)鈴木他, 第25回地震工学研究発表会講演論文集, pp.749-752, 1999.