

## I - B 458 地下構造物中柱の免震装置の提案

熊谷組技術研究所 正会員 鈴木 猛康, 金子 誉, 勝川 藤太, 鄭 志誠  
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. はじめに

地下構造物の中柱は、一般に常時1,000tf程度の高軸力を支持している。中柱や中柱と構造部材との接合部が破壊すると、兵庫県南部地震における地下鉄駅舎の崩壊のように、“崩落”という地下構造物にとって致命的な破壊モードを導く可能性がある。地下構造物のみかけのせん断剛性は周辺地盤より小さいのが一般的であり、大地震時には地下構造物の横断面は大きくせん断変形することとなる。したがって、レベル2地震動に対しても、致命的な破壊モードとならぬよう中柱の地震時安全性を確保することが不可欠と言える。筆者らは、3心円シールドトンネルを例として、中柱の上下端の結合条件を変えた中柱とセグメントの地震時発生断面力に関するパラメトリックスタディーを実施し、適度な回転ばねを与えることが効果的な免震となりうることを示した<sup>1)</sup>。本稿では、この検討結果に基づき、地下構造物中柱に適用する免震装置を開発したので報告する。

### 2. 従来の免震装置の地下構造物への適用性

建物や橋梁に免震装置を設置し、構造物の長周期化、高減衰化ならびに地震力分散を図る免震構造が実用化されている。免震装置としては高減衰の積層ゴム構造が主流であるが、積層ゴムの面圧の許容値は通常では10MPa程度、最大でも20MPa程度と言われている。例えば10000kNの軸力を支持するためには、積層ゴムの面圧の許容値を10MPaとすると、最低1m四方の正方形の断面が必要となり、さらに必要な装置の高さを勘案すると、地下鉄等の構造物の建築限界より装置の適用は現実的ではない。また高軸圧に対するクリープ変形を抑制するために、積層ゴムの回転ばね定数がかかなり大きな数値となり、これが免震効果が抑制することとなる<sup>2),3)</sup>。

積層ゴムを用いない方法としては、中柱上下端をヒンジ構造とする方法があるが、常時の高軸力を支持し、なおかつ偏心荷重を受けても安定していなければならないため、回転変位吸収機能とともに特殊な安全機構を装置に持たせる必要があり、一般には特殊な加工を必要とする高価な装置となり、あまり現実的とは言えない。

### 3. 免震装置の構造概要

図-1に形状復元力を利用した回転吸収型免震装置の構造を模式的に示した。本装置は硬度の異なる受圧板と支持壁の圧接による両金属の塑性変形を利用して、両者がある曲面で接することを可能とした免震装置である。図の平面部を剛体と考えれば、免震装置が回転しようとする、形状に依って偶力が復元力として発生する。矩形の剛体の復元力なら図-2の曲線のような履歴となるが、平面部の両側にテーパー部を設け、前述の金属同士の面接触が形成されることにより、図-2の直線のようにほぼ一定の回転ばねが得られることとなる。なお、設定値以上の回転変形が生じた場合には、ストッパーが作動する。

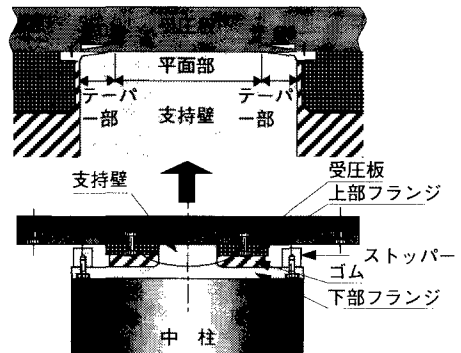


図-1 形状復元力を利用した免震装置

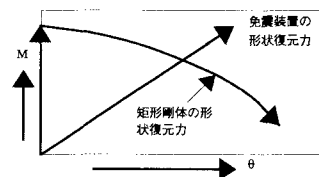
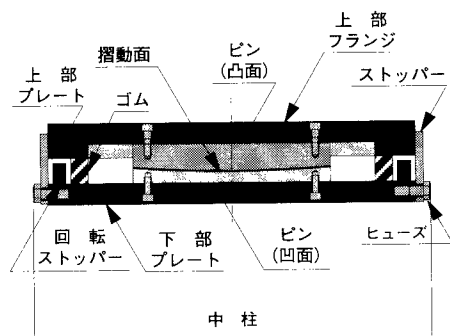


図-2 上記免震装置のM-θ関係

キーワード：地下構造物、中柱、免震装置、実験

連絡先：〒300-2651 茨城県つくば市鬼ヶ窪1043 熊谷組技術研究所 TEL:0298-47-7508, FAX:0298-47-7480

図一3に滑動+回転を利用したピン構造型免震装置の構造を模式的に示した。本装置は、ウレタンゴムの薄いフィルムでコーティングされた金属曲面の滑動と回転によって、変位吸収を可能にした免震装置である。ある程度の軸力が作用すれば、金属曲面の摩擦は極めて小さいため、中柱上下端の相対変位が決まれば、装置の滑動と回転変形が一義的に決定される。ただ、常時の偏心荷重に対しても装置が変位を吸収すると、構造が不安定となるため、設定した水平荷重を超えるとヒューズが外れ、変位吸収が可能となる構造となっている。また、設定以上の変形が生じた場合には、ストッパーが作動する。



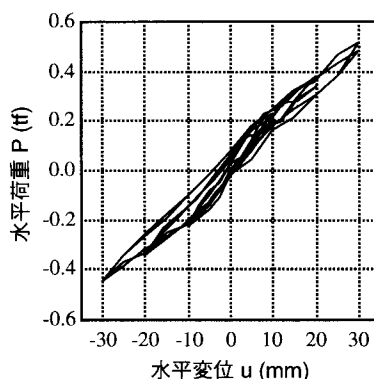
図一3 滑動+回転を利用したピン構造型免震装置

#### 4. 装置の性能確認実験

開発した2タイプの免震装置の性能と有効性を確認する目的で、加力実験を実施した。高軸力下での装置の性能は、高さ30cmの剛体円筒を用いて大型2軸载荷装置により、中柱の免震装置としてのシステム有効性の検討は、実大3心円シールドトンネルの1/2スケール相当のコンクリートで中詰めした鋼管柱模型を用いて、写真-



写真一1 1/2模型加力試験



図一4 中柱の水平荷重～水平変位関係

1に示す水平1軸加力試験によって

実施した。図一4は写真一1の加力試験において、図一1の免震装置を採用したケースにおいて、水平振幅10～30mmの正負交番载荷試験を実施した際、得られた水平荷重と水平変位の関係を示したものである。図のように、軸力が小さいので水平荷重もかなり小さいが、荷重～変位関係はほぼ原点を通る直線上にあり、装置の回転変形によりスムーズな変位吸収が実現されていることがわかる。

#### 5. まとめ

本稿では、中柱ならびに中柱との接合部付近のセグメントに発生する地震時断面力を効率的に低減させることを目的として、中柱上下端の回転変位を吸収することによる免震装置を2タイプ開発した。免震装置は常時の偏心荷重をしっかりと支持しつつ、地震時にはスムーズな変位吸収を可能とし、エネルギー減衰機能を持たない、地下構造物の中柱適用に特化した構造となっており、単純かつ確実なメカニズムに基づいており、安価で製造可能である。

なお、免震装置は、住友ゴム工業（株）、東海ゴム工業（株）と（株）熊谷組との共同研究によって開発された。開発を担当された住友ゴム工業（株）佐々木、松本両氏、東海ゴム工業（株）丸喜、豊島、山田の諸兄に、感謝の意を表するものである。

#### 参考文献

- 金子他：複円形シールドトンネル中柱に用いる免震装置の回転剛性に関する解析的検討，地盤工学研究発表会，1999。
- 金子他：複円形シールドトンネルの中免震装置の要求性能に関する考察，トンネル工学研究論文・報告集，pp.63-70，1998。
- 鈴木，金子：中柱を有する地下構造物に適用する免震装置，橋梁と地下構造物の免震制震講習会資料，1999。