

トンネル立坑接合部の免震構造に関する模型振動台実験

(株)奥村組 正会員 三澤孝史 (株)奥村組 正会員 亀田 茂
 建設省土木研究所 正会員 運上茂樹 建設省土木研究所 正会員 星隈順一
 建設省土木研究所 正会員 長屋和宏 (株)熊谷組 正会員 鈴木猛康

1. はじめに

トンネルと立坑の接合部では、立坑と表層地盤との振動特性の違いから地震時に接合部近傍のトンネルに大きなひずみが発生することがある。この箇所地下構造物外周に周辺地盤より柔らかい免震層を設けることにより、地下構造物に作用する地震力を低減できることが明らかにされている¹⁾。

トンネル立坑接合部に免震構造を適用した場合の有効性を実証するために、トンネルと立坑の接合部を対象とした模型振動台実験を行ったのでその結果を報告する。

2. 実験概要

実験模型としては、図-1に示すような免震層を設けた場合と設けていない場合の2体の立坑接合部模型（長さ100cm × 幅60 cm × 高さ30 cm）を作製した。実験は、2体の模型を、建設省土木研究所の三次元大型振動台上に設置し同時に加振した（写真-1）。

模型地盤及び免震層は弾性体であるシリコンを用い、免震層は厚さ10 mm、長さ150 mmとした。トンネル模型としては外径70 mm、厚さ2 mmのポリエチレンを、立坑模型としては厚さ10mmの亚克力板を用いた。

免震層を設けない場合には、立坑とトンネルの接合部は剛結となるように取り付け、免震層を設けた場合には、トンネルと立坑側壁は免震層を介して接続した。実験に用いた地盤模型、免震材、トンネル模型及び立坑模型の材料特性を表-1示す。

表-1 模型材料特性

	軟質地盤	硬質地盤	免震層	トンネル	立坑
弾性係数(tf/m ²)	10	200	0.5	26000	300000
ポアソン比	0.48	0.48	0.48	0.2	0.3

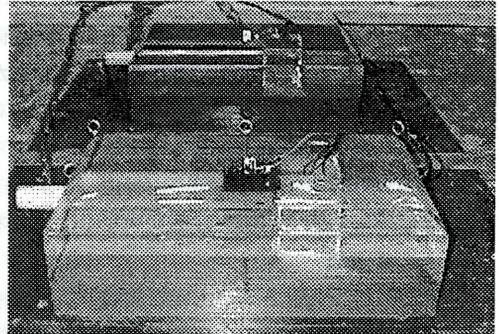
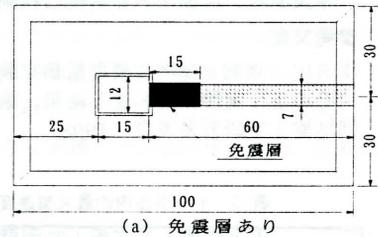
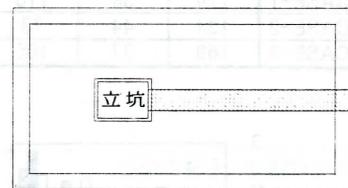


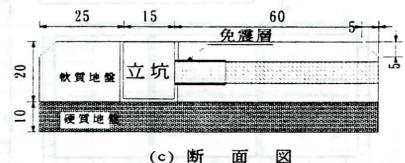
写真-1 トンネル立坑接合部の模型



(a) 免震層あり



(b) 免震層なし



(c) 断面図

(単位：cm)

図-1 模型試験体

キーワード：免震、地下構造物、振動台実験、立坑

〒300-2612 茨城県つくば市大字大砂387 奥村組技術研究所 TEL：0298-65-1763, FAX：0298-65-0782

加振は、トンネル軸方向とトンネル軸直角方向について、スイープ加振により模型試験体の固有振動数を確認した後、固有振動数での正弦波加振と卓越振動数を固有振動数に合わせた地震波加振を行った。計測はトンネルスプリングラインでの軸方向ひずみと模型地盤（地表面）、トンネル及び立坑の加速度を測定した。軸ひずみゲージの設置間隔は、立坑接合部より15cmまでは、3 cm、その他の箇所では5~10 cmとした。

3. 実験結果

スイープ加振により、2体の模型試験体の固有振動数は、軸方向8.8Hz、軸直角方向8.2 Hzであった。

図-2に軸方向に対して正弦波加振した場合に、免震層のないトンネルの軸ひずみが最大となる時刻における軸ひずみ分布を示す。免震層のないトンネルは立坑接合部近傍で300 μ をこえる軸ひずみが発生しているが、免震層があるトンネルではひずみはほとんど生じていない。

図-3に軸方向に地震波加振をした場合に、免震層がないトンネルの軸ひずみが最大となる立坑接合部近傍の軸ひずみの時刻歴波形の一例を示す。免震層の設置により、軸ひずみはほとんど生じていないことがわかる。

図-4に免震層のないトンネルの曲げひずみが最大となる時刻における軸直角方向に正弦波加振をした場合の曲げひずみ分布を示す。

接合部近傍に着目すると、軸ひずみと同様に、免震層があるトンネルの曲げひずみが免震層がないトンネルに比べ大きく減少している。また、ひずみゲージは立坑接合部より3cmの位置からしか配置していないが、分布形状より、立坑接合部ではより免震効果が生じていると考えられる。

4. まとめ

トンネルと立坑の接合部に免震構造を適用することの有効性を確認するために模型振動台実験を行った。その結果、立坑接合部に免震構造を適用することにより、地震時断面力を低減できることが明らかになった。今後、数値解析によるシミュレーション等を行ない、実験データを詳細に検討していく予定である。

なお、本研究は建設省土木研究所、(財)土木研究センターと民間17社による官民共同研究「地下構造物の免震設計に適用する免震材の開発」の一環として行われたものであり、本文は共同研究グループを代表して発表するものである。

[参考文献]

- 1) 建設省土木研究所他：地下構造物の免震設計に適用する免震材の開発に関する共同研究報告書（その2）、1997

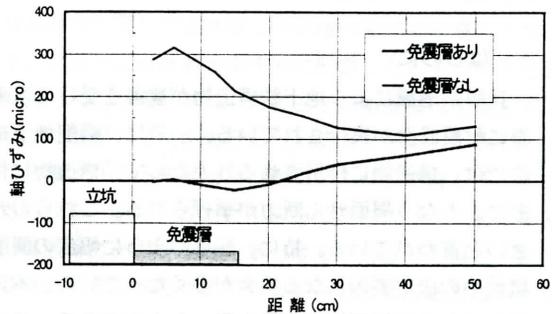


図-2 軸ひずみ分布（軸方向正弦波加振, 150gal）

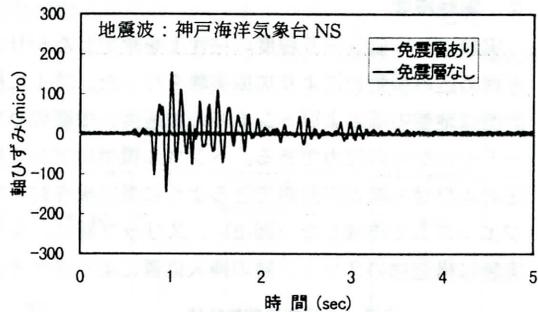


図-3 軸ひずみの時刻歴波形（軸方向地震波加振, 220gal）

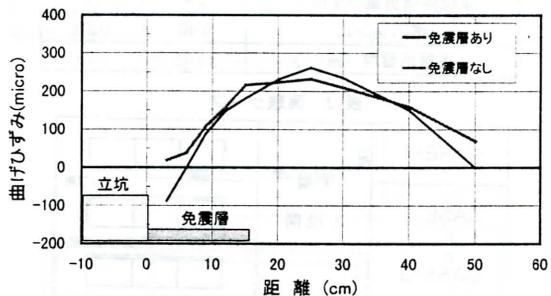


図-4 曲げひずみ分布（軸直角方向正弦波加振, 150gal）