

I-530

地盤剛性急変部におけるトンネルの地震時挙動確認実験

（その1）予備実験

東京湾横断道路㈱

元山 宏

セントラルコンサルタント㈱ 正員

立石俊一

㈱奥村組

正員 ○竹内幹雄

1. はじめに

東京湾横断道路は、浮島取付斜路末端部付近で、改良された比較的剛な地盤から軟弱な原地盤へ移行する。剛性が急変する地盤内に設置された線状地中構造物の地震被害例の報告も多く、このような大断面シールドトンネルの地震時挙動も明確ではない。従って、この部分のシールドトンネルの地震時挙動を把握する目的で大型模型振動実験を行った。実験は、i) 実験手法の妥当性の確認（予備実験）、ii) 本実験、iii) 数値解析の順で実施した。本報告では、本実験に先立って、実験土槽内模型地盤の任意の各点で半無限地盤の挙動を近似的に表現できるかどうかを確認するために行った予備実験の結果について述べる。

2. 実験方法

予備実験の供試体を図-1に示す。東京湾横断道路シールドトンネル一般部の二層地盤（上部：沖積粘性土、下部：洪積粘性土）の1/50の模型である。尚、耐震工学上の基盤面をTP-80mとした。振動台は大型振動台（4m×4m、最大積載量60t）を用いた。土槽は図-2に示す平面寸法3.7m×3.7m×高さ1.2mの鋼製を使用した。側壁の固有振動数は75Hz程度である。土槽の内側には、ポリウレタンフォームを設置した。ポリウレタンフォームは、事前に硬さ、厚さをパラメーターとした二次元FEM解析により模型地盤各点の応答変位が半無限地盤のそれに近いものを選択し、弾性係数 $E=17.6\text{ t/m}^2$ 、厚さ10cmのものを使用した。模型地盤は、粘土スラリー1m³に対するセメントの添加量によって剛性を調整した。各模型地盤の配合を表-1、表-2に示す。理想模型、実験で使用された模型地盤の特性を表-3に加振ケースを表-4に示す。

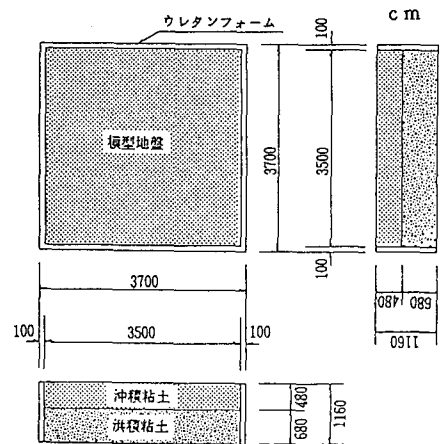


図-1 予備実験供試体

表-1 粘土スラリーの配合
(スラリー1m³当り)

粉末粘土	水
714 kg	714 kg

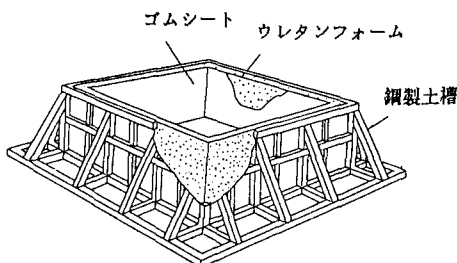


図-2 実験に使用した土槽

表-2 模型地盤の養生日数とセメント量

地盤区分	養生日数 (日)	セメント添加量 (kg/m ³)
沖積粘土	7	15
洪積粘土	15	35

表-3 地盤物性

			理想模型	実験模型
地盤	沖積粘土	単位体積重量 γ gf/cm ³	1.45	1.41
		せん断剛性 G kgf/cm ²	2.9	3.2
	洪積粘土	単位体積重量 γ gf/cm ³	1.76	1.44
		せん断剛性 G kgf/cm ²	10.8	16.2

表-4 加振ケース

種類	周波数 (Hz)	最大加速度 (gal)	備考
水平一軸加振	正弦波 1~50 Hz	30	加速度の最大値と位相を収録(0.5Hzピッチ)
	f_0	100 200 300	時刻歴収録
地震波	L1	100 210	時刻歴収録 時間縮尺 1/18
	L2	70 140	

3. 実験結果及び考察

30 gal 正弦波水平1方向加振した場合の土槽底面に対する地表面各測点の加速度共振曲線を図-3に示す。模型地盤は18Hzで共振点を持つ。地表面各測点の加速度応答倍率は24Hz程度までは各点ともほぼ同じ値を示しており土槽底面加速度波形との位相差もほぼ等しい。共振点正弦波加振(18Hz、30 gal)した場合の模型地盤深さ方向の地盤変位分布を図-4に示す。模型地盤の中央部でも土槽壁側部でも同様の変位分布形状、応答値を示しており、模型地盤がせん断振動をしている様子がわかる。加振日の弾性波試験結果より求まる沖積粘性土、洪積粘性土の初期せん断剛性を使って重複反射理論による一次元せん断振動の計算を行ったところ図-5の通りで、実験結果共振曲線の卓越振動数とよく合った。実験結果と計算結果を見較べて、土槽内の模型地盤の挙動は24Hz付近までの周波数領域においては、模型地盤が半無限に存在する場合のせん断振動を近似的に表現できていると考えられた。

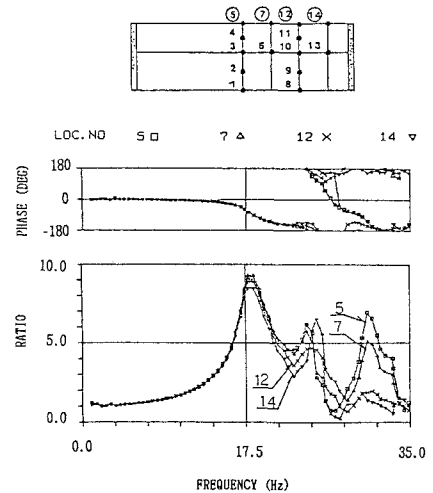


図-3 地表面の加速度共振曲線

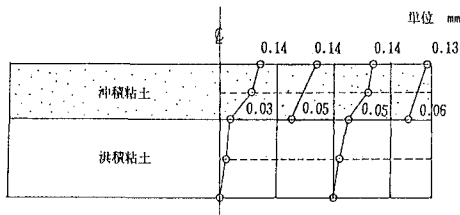


図-4 共振点における最大地盤変位

4. まとめ

予備実験の結果から、模型地盤は卓越1次振動数を越える周波数領域までは比較的良く半無限地盤の挙動を表現できることが確認された。なお、実験にあたり種々の御指導をいただいた東海大学久保慶三郎教授に深甚な謝意をあらわしたい。

伝達関数

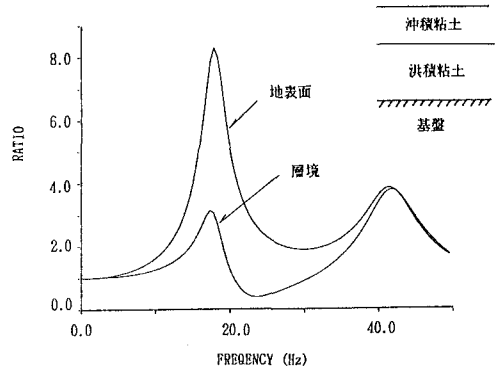


図-5 重複反射理論による計算結果