

I-531

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2）模型振動実験

東京湾横断道路㈱

正員 三木克彦

セントラルコンサルタント㈱

正員 中野佳記

㈱奥村組

正員 ○川口光雄

1. はじめに

本文は、（その1）予備実験に引き続き行われたトンネル軸方向に剛性が急変する地盤内に設置された大断面シールドトンネルの地震時挙動確認実験についての報告である。

2. 実験方法

実験供試体は、図-1に示す東京湾横断道路浮島取付斜路末端部の1/50の模型3種類である。上部は冲積粘性土（部分的に改良土を含む）、下部は洪積粘性土の二層地盤である。模型地盤の製作方法、実験設備、加振ケースについては（その1）を参照されたい。トンネル模型は直径267mm（ $t=13\text{mm}$ ）の塩ビ管を使用した。モデル3の可撓性継手は、塩ビ管の地盤剛性急変部の個所を幅5cmの範囲で $t=3\text{mm}$ になるまで切削して作製した。理想模型の特性値及び実験で使用された各模型の特性値を表-1に示す。

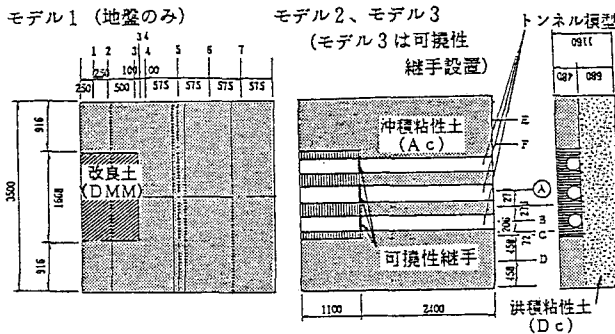


図-1 実験供試体

表-1 模型の諸元

			理想模型	実験模型		
				モデル1	モデル2	モデル3
地盤	沖積粘土	τ , gf/cm^2	1.45	1.40	1.41	1.42
		G , kgf/cm^2	29	20	36	44
	洪積粘土	τ , gf/cm^2	1.76	1.43	1.42	1.42
		G , kgf/cm^2	108	224	123	107
	DMM	τ , gf/cm^2	1.45	1.47	1.48	1.48
		G , kgf/cm^2	520	290	1060	1005
トンネル	τ , gf/cm^2	1.0	—	1.00		
	EI , $\text{kgf}\cdot\text{cm}^2$	4.0×10^6	—	$3.4(1.4)\times10^6$		
	EA , kgf	4.2×10^6	—	$4.9(2.8)\times10^6$		

() は、モデル3の可撓性継手の剛性

3. 実験結果及び考察

図-2にモデル1におけるトンネル軸方向30gal正弦波加振（0.5 Hzピッチ、1～50Hz）結果を示す。全ての計測点で改良部の特性（1次固有振動数27Hz）がおさえられ、一般部（冲積粘性土と洪積粘性土の二層）の1次固有振動数（18Hz）が卓越している。この傾向はトンネルが存在するモデル2、モデル3でも同様で、加振方向（軸方向、軸直角方向）に関係なくほぼ同じ結果を示した。地盤剛性急変部付近の地盤の挙動は、相対的に容積の大きい一般部の1次の振動モードが卓越すると考えられる。

図-3にモデル2におけるトンネル軸方向30gal正弦波加振（0.5 Hzピッチ、1～50Hz）結果より、トンネル模型の軸歪の周波数特性を示す。トンネル軸歪の卓越振動数は、図-2に示す地盤の共振曲線の卓越振動数とよく合っており、比較的剛性の大きい大断面シールドトンネルについても、その挙動は地盤振動に励起されたものであることが確認された。

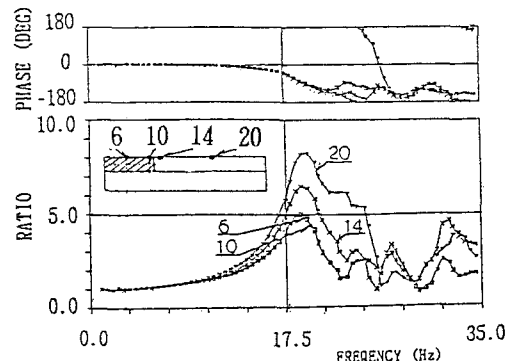
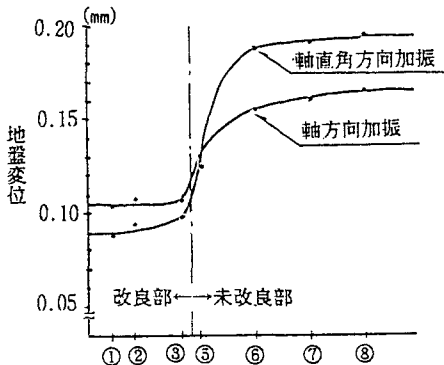


図-2 地表面の加速度共振曲線（モデル1）

図－4 にモデル2の実験結果より、設計用地震波（L1波、時間縮尺 1/18）軸直角方向加振時におけるトンネル模型の曲げ歪分布を示す。トンネルに発生した曲げ歪は剛性変化点と一般部中央付近で極値を示し、剛性変化点で最大となった。

また、中央トンネルと外側トンネルの比較では、分布形状、応答値ともに明確な差はなかった。

図－5 にモデル1における共振点正弦波加振（18Hz、30gal）した場合の地表面変位分布を示す。剛性変化点にトンネルの歪が集中したことは、図－5の地盤変位分布より、水平方向の地盤変位の差（地盤の歪）が剛性変化点付近で大きいことから理解できる。従って、剛性変化点に可撓性継手を設けたモデル3の実験を行った。図－6にL2波軸直角方向加振時にトンネルに発生した曲げモーメントについて、モデル2、3を比較して示す。モデル3の最大断面力はモデル2の約7割であった。剛性変化点に可撓性継手を設けることによりトンネル発生断面力は低減された。

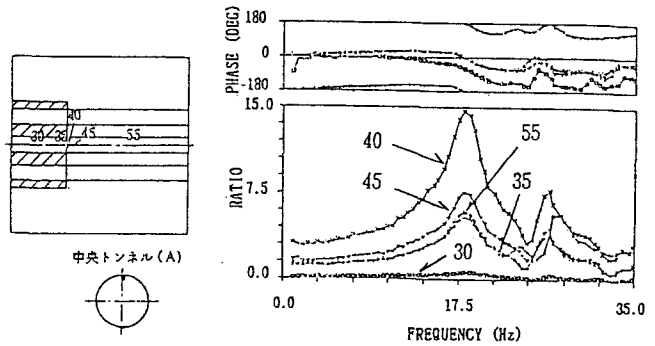


図－5 地表面の変位分布（モデル1）

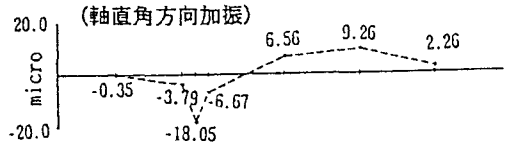
4. まとめ

本実験の結果、地盤剛性急変部におけるトンネルの挙動は、一般部の地盤の振動特性が卓越すること、一般部と改良部の地盤歪が集中する剛性変化点付近で最大断面力が発生すること、およびこの断面力は剛性変化点に可撓性継手を設置することにより低減されることが確認できた。

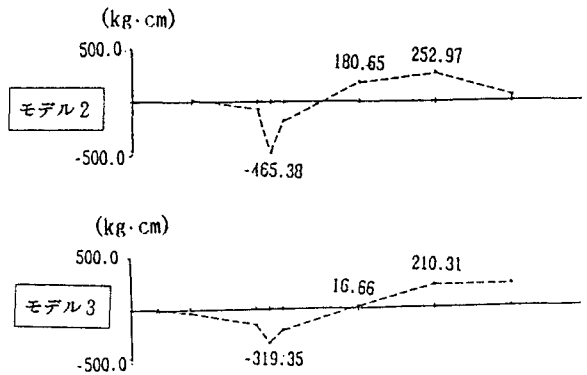
尚、本実験にあたり東海大学久保慶三郎教授に種々御指導をいただいた。深甚な謝意をあらわしたい。



図－3 トンネルの軸方向歪の共振曲線



図－4 トンネルの曲げ歪分布（モデル2）
設計用地震波（L1波、時間縮尺 1/18）



図－6 トンネルの曲げモーメント分布
設計用地震波（L2波、時間縮尺 1/18）