

建設省土木研究所 正員 ○川島一彦
建設省土木研究所 木本正則
建設省土木研究所 若月高晴

1. 概要

沈埋トンネルを支える軟質地盤上の盛土の地震応答特性を検討するため、模型による振動実験を行なうとともに、実験模型の2次元断面に対する地震応答解析を行ない、これらの適用性を調べた。

2. 模型振動実験の概要

東京湾横断道路モデルプランの一例を基本にして、図-1に示すように、長さを1/550、時間を1/5、密度を1/1.40~1/1.90に縮小した模型を製作した。また、この他に、同一の縮尺で図-2に示すように、地盤中の沈埋トンネルを対象とした模型も製作した。

模型地盤は地質調査および弾性波探査結果から、一様な厚さで水平な5層にモデル化し、弾性係数はせん断波速度からポアソン比 $\nu=0.5$ と仮定して求めた。また、盛土は単位体積重量 $1.8t/m^3$ の材料でN値18程度、せん断波速度で $230m/sec$ 程度に締め固められると仮定した。相似則から求めた弾性係数と実際に

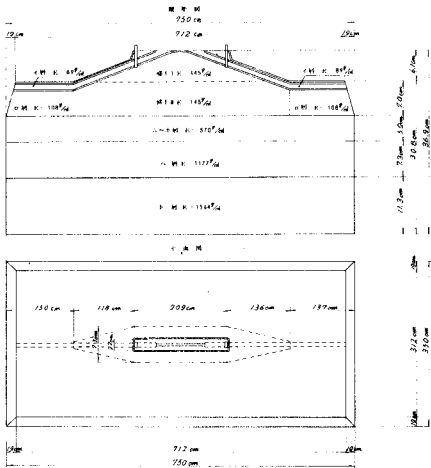


図-1 盛土模型概略図

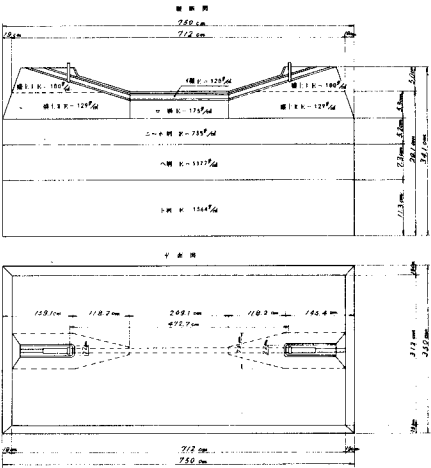


図-2 沈埋トンネル模型概略図

でき上った模型の弾性係数を表-1に示す。地盤模型材料にはアクリル・アマイド系グラウト剤のゲルを使用した。この材料の静的な圧縮試験から求めた主剤濃度-弾性係数の関係を図-3に示す。

沈埋トンネルはネオプレンゴムを使用して、水平面内の軸直角方向剛性比が模型相似則を満足するように断面と形状を決定した。

模型は、正弦波、時間軸を1/5に縮小した地震動の波形（E1 Centro NS 1940, 東京湾浮島地下12.7mの記録）および0~20%の周波数域を持つランダム波により、トンネル軸方向と軸直角方向に加振し、変位（光学式変位計、1.6mm撮影機）とトンネルおよび地盤の加速度を測定した。

3. 実験結果

正弦波振動実験より得られた変位および加速度の共振曲線を図-4、5に、共振振動数付近の振動モー

表-1 模型地盤の弾性係数(g/cm^2)			
種別	目標値	盛土模型	沈埋模型
地盤	イ 層	60	89
	ロ 層	100	108
	ニ〜ホ 層	570	735
	ヘ 層	1000	1177
盛土	ト 層	1300	1364
	上部	134	145
	下部	134	145

ドを図-6に示す。減衰性は必ずしも一様ではなく、場所ごとに少しずつ変化しているが、平均すると1%程度であつた。共振時の地盤に対するおおよその変位の増幅倍率は地盤表面で70~90倍、盛土上中央で201~280倍であり、地盤表面に比較して盛土中央は約3倍の変位の増幅倍率を示した。

共振時の加速度の増幅倍率に関しても、変位の増幅倍率とほぼ同一の結果が得られた。振動モード図から地盤、盛土は全体が一度に共振状態に入るのではないこと、振動は加振方向のみでなく、加振方向と直交方向にも生じている場所のあることが窺える。

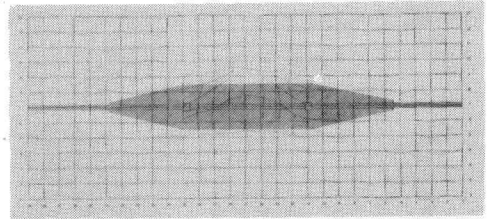
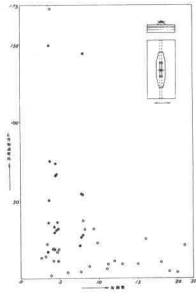
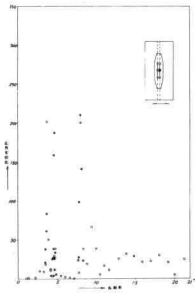
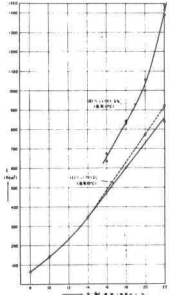
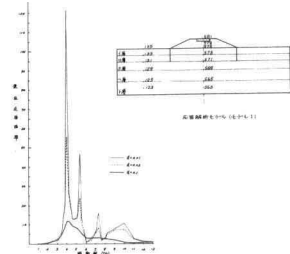
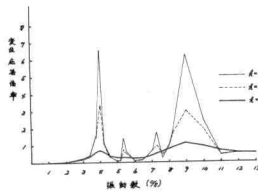


図-3 主集中度-弾性係数 図-4 変位共振曲線(盛土表面) 図-5 加速度共振曲線(盛土表面) 図-6 振動モード図(16mm撮影)モデル2

なお、沈埋トンネルを対象とした模型実験からは地盤中の沈埋トンネルは軸方向には約20倍の、軸直角方向には約80倍の変位共振倍率が記録された。

4. 応答解析結果と実験結果の比較

実験結果と照合するために、軸直角断面を平面ひずみ状態と仮定し、有限要素法による応答解析を行なった。このうち盛土中央断面に対する変位共振曲線の例を図-7~図-8に示す。



減衰定数は1%とした。この結果を実験と比較すると、①共振振動数は盛土上で3.99%(実験:3.7%)、地盤表面で5.36%(実験:4.8%)であり、解析結果の方が7~11%程度高くなっている。②盛土表面(579点)と地盤表面(135点)の変位増幅倍率は、それぞれ、120.3(実験:210~280倍)、65.3(実験:70~90倍)であり、その比は約2と実験結果の約3倍に比較し小さくなっている。これらの原因は、①模型の弾性係数の測定方法および模型の形状、弾性係数の不均一性による局所的な振動の影響、②軸方向の長さ(斜路部は含まない)が幅の3倍弱の盛土を平面ひずみ状態と仮定したことによる側面拘束の過大評価、③減衰定数に対する評価などによると考えられる。

5. あとがき

本実験を行なうにあたり、科学技術庁防災センター耐震実験室および建設省関東地方建設局東京湾岸道路調査事務所の御協力を得たことに感謝いたします。

【参考文献】 1) 建設省土木研究所:沈埋トンネルおよび盛土の耐震性に関する調査報告——沈埋トンネルおよび盛土の模型振動実験,土木研究所資料第852号,S48.6., 2) 同——沈埋トンネルと盛土の地震応答解析,土木研究所資料第851号,S48.6., 3) 岩崎,川島:地盤と埋設構造物の振動性状,関東地震50周年記念地震工学シンポジウム,S48.8.