

I - B 395

地下鉄構造物の地震挙動の模型振動実験と解析

東京都立大学 (正) 岩橋敏広 (学) 楠 博典、飯野貴嗣

日本国土開発 (正) 佐藤 泰、オリエンタルコンサルタンツ (正) 〇林 家祥、田中 努

1. はじめに 都立大学では、阪神・淡路大震災で大きな被害を受けた大開駅舎(1/30モデル)を対象に模型振動実験を行い、地盤・構造物の連成挙動および構造物に作用する地震荷重(動土圧、せん断土圧)、中柱に生ずるひずみについて検討し、被害原因を解明を図ってきた。本報告では、実験結果の数値シミュレーションを中心にのべる。

2. 模型振動実験の概要 せん断土槽中に二層構造(基盤と表層)の砂地盤を作成し、地盤の応答特性について振動実験を実施するとともに、大開駅舎の1/30モデル(中柱と上下床版の拘束条件を固定とヒンジを想定)を埋設(土被り:16cm)を行い、正弦波入力試験($f=5\text{Hz}\sim 30\text{Hz}$, 振幅20gal $\sim 400\text{gal}$), 神戸海洋気象台観測波形入力試験(NS成分, 時間軸: 1/1, 1/5, 1/10, 1/20, 1/30, 振幅: 50%, 100%)を実施し、地盤・構造物の応答特性、構造物に作用する地震荷重(動土圧、せん断土圧)、構造物に生ずるひずみについて、結合条件の違いが中柱に及ぼす影響について検討した。

3. 実験結果の数値シミュレーション

3.1 模型砂地盤の非線形応答の評価 (1) 1次元波動理論(SHAKE)により地盤応答解析を実施し、正弦波入力試験による結果と比較するとともに、地盤物性値を評価した。この時の、地盤を二層構造にモデル化し、2層地盤の平均密度と、地盤の減衰振動から求めた地盤物性のひずみ依存性($G-\gamma$ 曲線, $h-\gamma$ 曲線: 図1)を用いた。(2) 図2, 図3に正弦波加振実験(入力加速度: 20gal, 400gal)による地盤加速度応答の共振曲線を実験値と比較して示す。解析結果は実験結果と良い対応を示している。同定された地盤密度は、初期値よりも若干高い値(1割増)、また地盤剛性は、小さい値(実験で得られた平均的な $G-\gamma$ 曲線の80%)を示したが1次元波動理論により実験結果がほぼ再現出来たと考える。3-2 地盤・構造物の非線形応答、動土圧、せん断土圧、構造物のひずみの評価 (1) 地盤を2次元平面ひずみ要素また構造物を梁要素にモデル化し、2次元FEM解析(TDAP)を実施し、地盤・構造物の応答、構造物に作用する動土圧、せん断力、側壁および中柱に生ずるひずみを算定し、実験結果と比較するとともに、ヒンジ結合の効果について検討した。この時、地盤物性は地盤の応答解析で得られた等価せん断剛性と減衰定数(収束値)を用いた。構造物は、線形材料とし、中柱と上下床版は、それぞれ、剛結と、ヒンジ結合にモデル化した。また、地盤と構造物との間には、すべりの影響を考慮しジョイント要素を設けた。(2) 図4に、正弦波入力(20gal, 400gal)の共振点, および地震波入力(神戸波, 100%, 1/10)による構造物・地盤の最大応答分布を実験値と比較して示す。解析値と実験値はほぼ対応する。(3) 図5に、同じ入力により、側壁に作用する動土圧、上床版に作用するせん断土圧を比較して示す。また、(4) 図6, 側壁と中柱に生じる曲げひずみ(剛結の場合)を実験値と比較して示す。両方の結果は良く対応する。構造物の上床版には上載土による慣性力が作用するが入力レベルが増加(400gal)するとすべるような現象(せん断力が頭打ちになる事)が解析的にも評価できた。また、中柱に生じるひずみは、表1に示すように、上下床版と結合条件によって大きく事なり、ヒンジ結合の場合には、剛結の場合に比べてかなり小さくなる事(1/5 $\sim$ 1/7)が解析的にも明らかになった。

模型振動実験、阪神・淡路大震災、地下鉄構造物、地震時土圧、地震応答解析、動的相互作用、
東京都立大学(192-03 八王子市南大沢1-1 TEL 0426-77-2946, FAX 0426-77-2772)

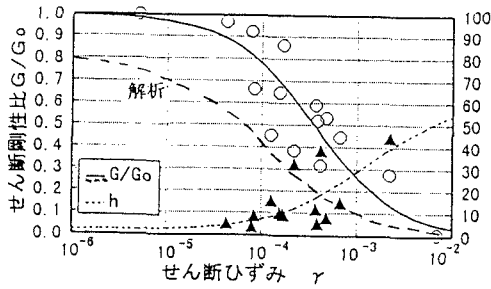


図1 モデル地盤の動的物性 ($G-\gamma$ 曲線, $h-\gamma$ 曲線)

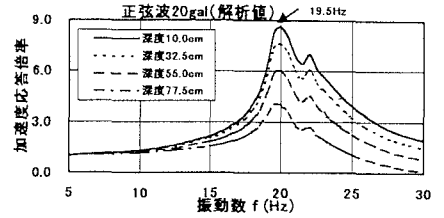


図2 モデル地盤の応答特性（共振曲線（20gal入力））

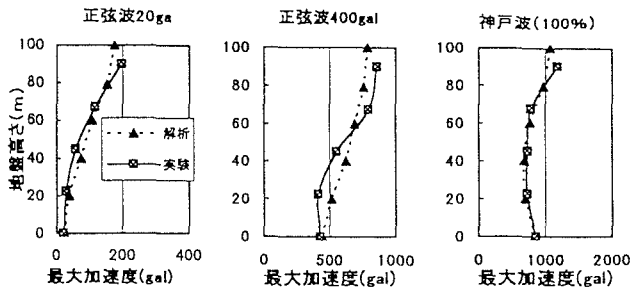


図4 地盤・構造物の加速度応答分布の比較

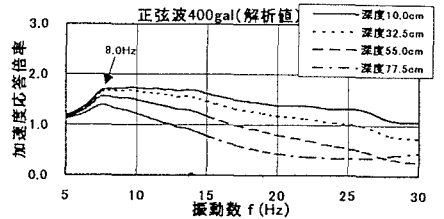


図3 モデル地盤の応答特性（共振曲線（400gal入力））

表1 最大曲げひずみの比較（ヒンジと剛結）

		中柱 (μ)		側壁 (μ)	
		解析値	実験値	解析値	実験値
	剛結	52	204	16	39
正弦波 20gal	ヒンジ	9	39	16	36
正弦波 400gal	剛結	452	952	137	177
	ヒンジ	76	122	141	158
地震波 100%	剛結	606	963	179	194
	ヒンジ	103	141	189	179

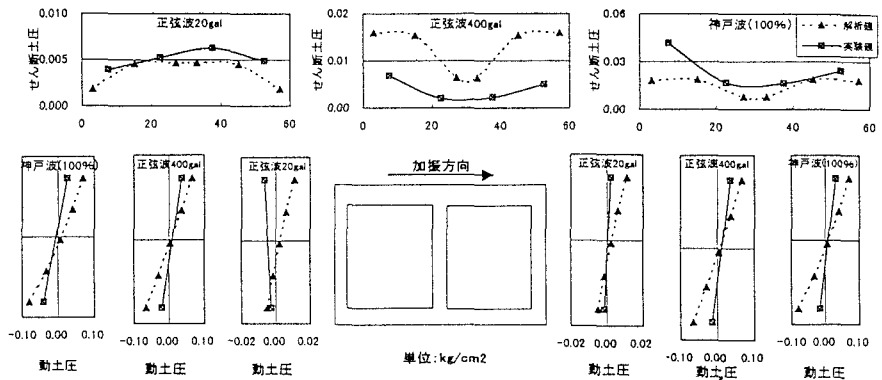


図5 構造物に作用する動土圧とせん断土圧の比較（剛結）

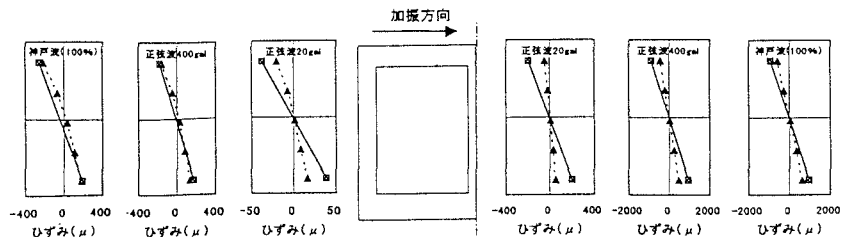


図6 構造物側壁及び中柱に生じる曲げひずみの比較（剛結）