

CS 114 箱型埋設構造物に作用する動土圧に関する模型振動実験

前田建設工業（株） 正会員 大嶋 義隆
 地域振興整備公団 八木橋 功
 埼玉大学 工学部 正会員 渡辺 啓行

1. 目的

原子力発電所の屋外重要土木構造物である取水ピットや海水ポンプ室等の、横断面積に比べて長手方向の比較的短い箱型埋設構造物に作用する地震時土圧に関しては未解明な点が多い。そこで筆者達は、砂地盤中に構造物模型を設置した連成模型を作成し振動実験を実施した。本文では振動実験結果のうち、構造物の地震力に垂直な壁面と平行な壁面に作用する動土圧に関して報告する。

2. 実験方法

構造物と地盤の連成模型振動実験に先立ち、地盤の振動性状を把握する目的で地盤のみの振動実験を行った。模型地盤は気乾状態の岐阜砂を空中落下によりせん断土槽に50cmの深さまで4層に分けて詰め、各層毎に振動締め固めを十分に行い作成した。加速度計はせん断土槽の中央部に地盤表面から1cm, 3cm, 5cm, 15cmの深さに設置した。

構造物模型はアクリル板にて製作し、その諸元は香川・国生の相似則に基づき表-1のように決定した。また、構造物の剛性の影響を検討するために壁厚0.5cmの模型も製作した。構造物-地盤連成模型と計測機器の配置図を図-1に示す。

振動実験は水平方向正弦波による共振実験とし、入力加速度は50, 100, 200galの3通り、振動数は10Hz～60Hzの範囲で変化させた。

3. 実験結果と考察

図-2は地盤振動実験の加速度共振曲線である。水平方向の加振にもかかわらず鉛直方向加速度がある周波数から突然生じ、そのピーク値の応答倍率は水平方向加速度の応答倍率と同等またはそれ以上の値を示している。さらにこの波形の特徴は、水平方向の2倍の振動数を示すことである（図-3）。この現象は、地盤のダイレタンスが原因と考えると説明できる。すなわち、せん断ひずみが小さいうちはせん断変形のみ起こるので水平方向振動のみが生じるが、大きくなると体積変化を伴うせん断変形となり、それが鉛直振動を引き起こすのである。この時鉛直振動の振動数は水平振動の2倍となる（図-4）。

この励起された鉛直振動は構造物模型に動土圧として作用する。図-5に1例を示す。この図の縦軸は動土圧Ptを静止状態の土圧Pstで除し無次元化してある。この例では、地震力と平行な壁面に作用する動土圧は垂直な壁面の動土圧よりも大きく、その波形は2倍の振動数を示す。図-6は構造物の剛性が大きい場合に、地震力と平行な壁面に生ずる曲げひずみが、垂直な壁面より大きくなる場合があることを示している。

4. まとめ

地盤のダイレタンス特性によって水平方向の加振が鉛直振動を励起すること、またこのために、地震力と平行な壁面に垂直な壁面以上の動土圧が作用する場合があることが模型振動実験より明らかになった。

表-1 相似則による模型の目標値と達成値

Quantity		Law of Similarity	Value of Every quantity		
			Prototype	Target value	Attained Value
RC	Length(mm)	$1/\lambda$ (1/100)	30000	300	300
	Height		15000	150	150
	Width		21000	210	210
	Thickness		1500	15	15
Density (g/cm ³)		$1/\gamma$ (1/L 315)	2.4	1.825	1.19
Young's Modulus (kgf/cm ²)		$1/(\lambda \gamma)^{1/2}$	2.4×10^6	2.09×10^4	$2.4 \times 10^4 \sim 3.0 \times 10^4$
Soil	Depth of Layer (mm)	$1/\lambda$ (1/100)	50000	500	500
	Density (g/cm ³)	$1/\gamma$ (1/L 315)	1.8	1.369	1.369
	Vs (m/sec)	$(\gamma/\lambda)^{1/4}$	200	68	58~76 *1)

*1) : 模型地盤の加速度共振曲線より1/4波長則で計算した値。

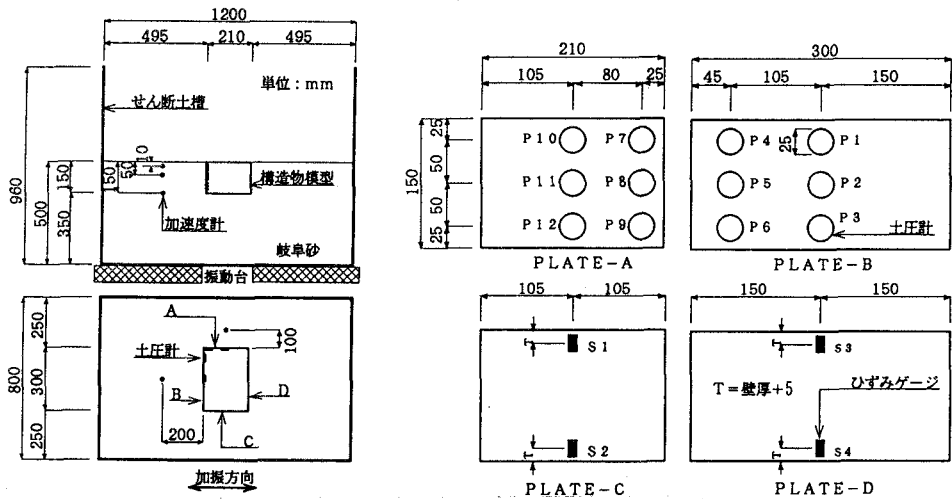


図-1 構造物-地盤連成模型と計測機器配置図

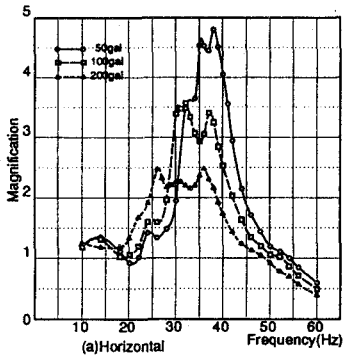


図-2 地盤振動実験の加速度共振曲線 (GL-15cm)

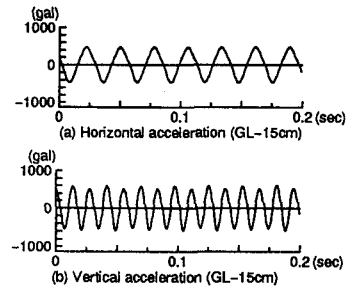
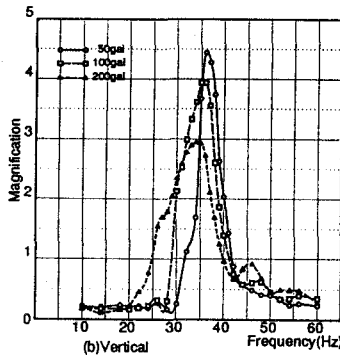


図-3 地盤振動実験の加速度時刻歴波形 (200gal, 35Hz)

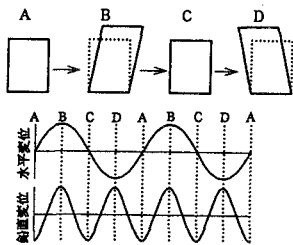


図-4 鉛直振動が生じるメカニズム

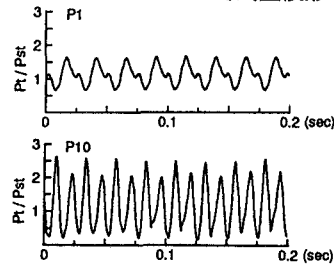
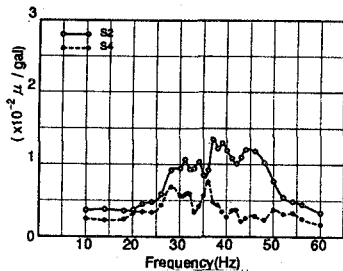
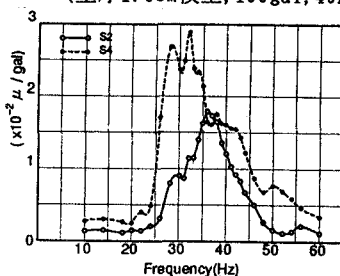


図-5 動土圧の時刻歴波形 (壁厚1.5cm模型, 100gal, 40Hz)



(a) 壁厚1.5cm模型



(b) 壁厚0.5cm模型

図-6 曲げひずみ周波数応答関数 (200gal)