

剛体柱状基礎の動特性に関する検討

九州共立大学 学生員○平田 進二, 田中 順二

九州共立大学 正会員 鳥野 清, 前田 良刀

(株)白石 正会員 大石 雅彦

1. はじめに

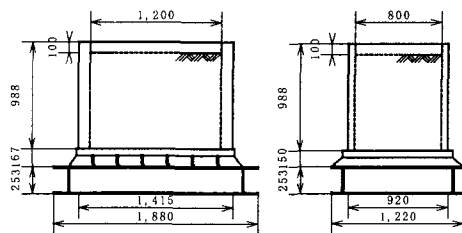
本研究は、柱状基礎と地盤の動的な挙動や抵抗特性を把握し、大地震時における最適な設計法を確立することを目的として実施した動的試験結果と解析結果を比較、検討したものである。

2. 試験概要と結果

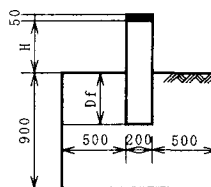
表・1に示すように根入長 D_f 、突出長 H とし、3 CASE に対する動的水平振動試験を行った。土槽の中央部に各 CASE の模型柱状基礎を鉛直に設置し、振動台の加振振動数を 5Hz から 0.5Hz 刻みで共振曲線を測定した。測点としては、ひずみ式加速計(最大加速度 2 G)を振動台上、模型から 25cm 離れた位置の地表、模型柱状基礎の上部、中部、下部の計 5 か所とした。入力加速度としては 0.05G、0.15G、0.25G の 3 通りとした。

入力加速度を変化させた時のせん断土槽の地表面における共振曲線を図・3に示す。入力加速度 0.05G、0.15G、0.25G の試験終了時の地表面は 12.3cm、13.8cm、14.8cm 程度沈下しており、密度が変化していた。図より、入力加速度が大きくなるほど、せん断土槽の 1 次の共振振動数は小さくなり、共振曲線における共振点近傍の周波数領域が広いことから、減衰定数は増加していることがわかる。

図・4 は地盤共振点の最大加速度発生時刻における各測点の加速度値から、入力加速度をゼロとした時の相対加速度を示したものである。入力加速度が大きくなった場合、地盤加速度の応答倍率が小さくなっている。地盤のせん断振動モードは正弦波の $0 \sim \pi/2$ の形状を示すが、せん断土槽のモードは片持ちばりと同様の形状となっており、特に地表から深さ 20cm の範囲が大きく振動していることがわかる。



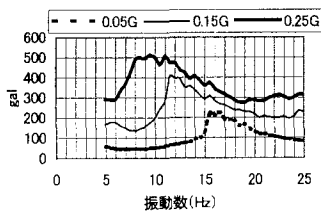
図・1 試験装置 (mm)



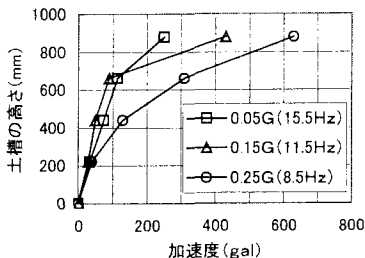
図・2 せん断土槽 (mm)

表・1 根入長と突出長

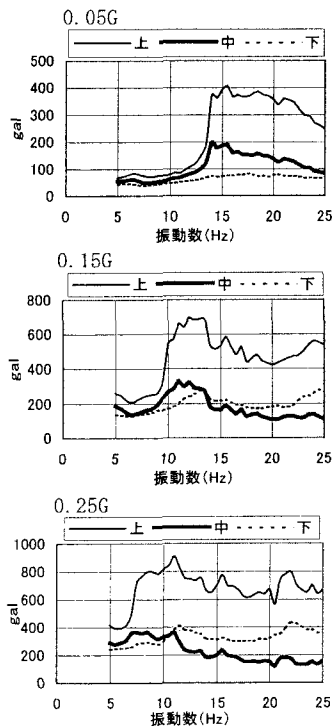
	H(mm)	Df(mm)	H/Df
CASE-A	400	400	1.00
B	700	300	2.33
C	700	500	1.40



図・3 せん断土槽の共振曲線



図・4 せん断土槽の振動モード



図・5 模型の共振曲線(CASE-A)

図-5 は入力加速度を変化させた時の CASE-A における模型の共振曲線を例として示したものである。模型の上端および下端のピークの振動数から判断した各入力加速度ごとの固有振動数を表-2 に示す。各 CASE とも、入力加速度が大きくなるほど、1 次と 2 次の固有振動数が低下している。また、 H/Df が大きいほど模型の固有振動数も低下していることがわかる。

表-2 固有振動数 (Hz)

	H/Df	1次			2次		
		0.05G	0.15G	0.25G	0.05G	0.15G	0.25G
CASE-A	1.00	14.0	11.0	7.5	—	24.0	22.0
CASE-B	2.33	10.0	7.0	4.5	17.5	13.0	10.5
CASE-C	1.40	12.5	8.5	5.5	21.5	15.5	13.0
地盤	—	15.5	11.5	8.0	—	—	—

3. 解析モデル

模型柱状基礎は弾性体はり要素でモデル化を行い、地盤抵抗要素は道路橋示方書に規定されているケーソン基礎の解析モデルを用いて図-6 に示すような 6 種類の地盤反力係数による抵抗要素でモデル化を行った。ただし、底面の鉛直ばねについては、引張抵抗を無視できるようにした。表-3 は動的変形係数 $E_D = 30000 \text{ kN/m}^2$ として算出した 6 種類の地盤反力係数を示している。

各地盤抵抗要素の地盤反力と変位の関係は図-7 に示すように地盤反力度の上限値で与えられる 2 次勾配の無いバイリニア関係にした。上限値は、 k_H は受動土圧強度、 k_{SHD} 、 k_{SVB} 、 k_{SVD} は最大周面摩擦力度とした。これらの条件を用いて表-1 に示す各 CASE に対して固有値解析を行い、試験値と比較した。

4. 解析結果

固有値解析を行った結果、各 CASE とも解析値の固有振動数が試験値より大きい値となった。そこで、固有振動数の解析値が試験値と一致するように地盤抵抗を低減させた。

図-8 は地盤抵抗低減係数 α (αE_D として各地盤反力を算出) と各 CASE の入力加速度の関係を示したものである。CASE-A (根入れ比 $H/Df=1.0$) では 0.05G の入力加速度の場合、地盤抵抗を 43%程度に低減させる必要があった。これは、図-4 で示したように地盤模型がせん断土槽の影響により片持ちばりと同様なモードで振動し、地表面から 20cm の範囲で大きなひずみが発生したため、せん断剛性が低下したものと考えられる。

入力加速度 0.15G、0.25G ではそれぞれ α は 22%、7%程度となり、入力加速度が大きくなるに従って、低減係数は小さくなる。また、根入れ長が深くなるほど低減係数は小さくなった。これは、せん断土槽の影響の他、模型柱状基礎の振動による地盤抵抗の非線形性によるものと考えられる。

5. まとめ

根入れ長や突出長を変えた模型柱状基礎の動的試験結果と道路橋示方書を参考にした解析モデルで行った固有値解析結果を比較、検討した。その結果、解析値を動的試験結果の固有値に一致させるためには、地盤抵抗をかなり低減させる必要があった。

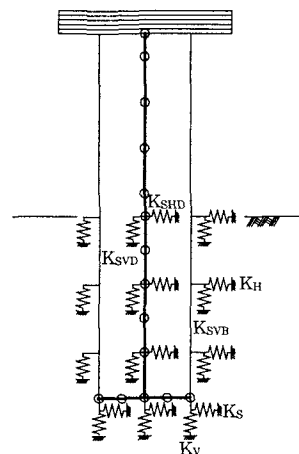


図-6 地盤抵抗要素

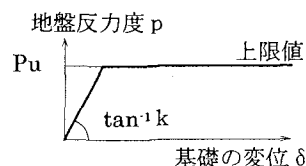


図-7 地盤抵抗のモデル化

表-3 地盤反力係数

K_S	底面水平方向地盤バネ	40662 kN/m^3
K_V	底面鉛直方向地盤バネ	135540 kN/m^3
K_H	前面水平方向地盤バネ	135540 kN/m^3
K_{SVB}	前背面鉛直方向地盤バネ	40662 kN/m^3
K_{SHD}	側面水平方向地盤バネ	81324 kN/m^3
K_{SVD}	側面鉛直方向地盤バネ	40662 kN/m^3

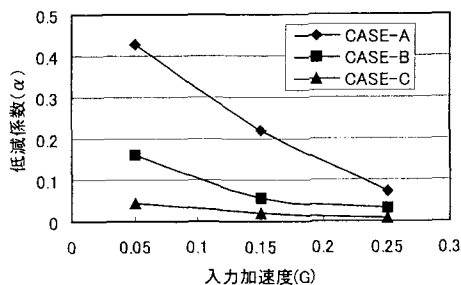


図-8 低減係数と入力加速度