

III-488

杭基礎の振動実験概要

（財）鉄道総合技術研究所	正会員	田中	俊作
同 上	正会員	西村	昭彦
同 上	正会員	奥村	文直
同 上	正会員	神田	政幸

1. はじめに

鉄道構造物の上部工の設計には現在、限界状態設計法が導入されており、構造物基礎についてもそれに対応した設計手法を検討する必要が生じており、設計標準の改訂を進めているところである。基礎の設計に限界状態設計法を導入するためには、大変位領域にわたる基礎の支持力性状を把握することが必要となる。筆者らはこれまでに模型杭を用いて弾性域から大変位領域までの静的繰り返し水平載荷実験を実施し、実験結果と解析結果については既に報告した。

しかし、地震は動的荷重であり、その結果を設計に適用するためにはその動的効果を確認する必要がある。そこで、振動台の上に静的な試験と同じ模型を設置して振動実験を行い、動的外力と動的変位との関係、動的支持力性状等に関して検討を行った。ここでは振動実験概要について紹介する。

2. 試験地盤の作成およびその試験結果

2.1 試験地盤

試験地盤は振動台土槽（幅2m×奥行き10m）に砂質土（成田砂）を用い、作成した。輾圧には重さ650kgの振動ローラを使用、3往復の輾圧により順次地盤を立ち上げた。なお、一層あたりの撒き出し厚さは30cm、仕上がり厚さは25cmとし、試験地盤の厚さは2.5mに作成した。

2.2 試験地盤に対する各種試験

(1) 平板載荷試験

作成した地盤に対して平板載荷試験を2箇所で行った。その結果より、地盤の変形係数 $E_0 = 263 \text{ kgf/cm}^2$ 程度であった。また換算N値は11程度の値になった。

(2) オランダ式2重管コーン貫入試験

表1 室内土質試験結果

試験地盤に対しオランダ式2重管コーン貫入試験を実施した。試験は振動試験の前後で行ったが、深さ方向の強度のばらつきは見られるものの、実験前後における地盤強度の変化はほとんどなかった。なお、換算N値は概ね平板載荷試験と同程度になる。

(3) 室内土質試験

室内土質試験の試料は深さ30cmの位置で各試験地盤につき1箇所、深さ方向に2箇所から採取した。サンプリングはシンウォールサンプラーを用い、不攪乱試料として採取した。試験の結果を表1に示す。

試験項目	平均値
細粒分($<74\mu\text{m}$)	16.0
最大粒径 mm	2.0
均等係数 U_c	6.9
土粒子の比重 G_s	2.77
含水比 w_n %	22.6
湿潤密度 ρ_t	1.79
間隙比 e	0.89
飽和度 S_r	69.1
粘着力 C_{kgf/cm^2}	0
せん断抵抗角 ϕ	38.1

3. 杭基礎の振動実験

3.1 杭基礎模型概要および実験の種類

杭は静的載荷実験に用いたのと同じ一般構造用炭素鋼管($D=101\text{mm}$, $t=5\text{mm}$)およびアルミニウム管($D=70, 150\text{mm}$, $t=5\text{mm}$)を用いた。地盤への打設は重量 63.5kgf のボーリング用モンケンにて落下高さ約 1m で打撃し施工した。基盤への打ち込み長は $2D$ とし、杭頭部は鉄棒でフーチングを作成してソリュシオナルを打設し、完全固定とした。表2に振動実験ケース一覧を示す。

表2 振動実験ケース一覧

ケース名	杭材質	杭直径	杭 本 数	杭 間 隔	上載荷重
PD-22	鋼管	101.6mm	2(載荷方向) $\times$ 2(直角方向)	$L=3D$, $W=3D$	3.5 tf
PD-23	"	101.6mm	3(載荷方向) $\times$ 2(直角方向)	$L=3D$, $W=3D$	3.5 tf
APD-24	7M3管	70.0mm	4(載荷方向) $\times$ 2(直角方向)	$L=400$, $W=400$	3.5 tf
APD-22	"	150.0mm	2(載荷方向) $\times$ 2(直角方向)	$L=4D$, $W=4D$	3.5 tf
PD-23A	鋼管	101.6mm	3(載荷方向) $\times$ 2(直角方向)	$L=3D$, $W=5D$	3.5 tf
PD-23B	"	101.6mm	3(載荷方向) $\times$ 2(直角方向)	$L=5D$, $W=3D$	3.5 tf

L: 載荷方向杭間隔, W: 載荷直角方向杭間隔, D: 杭直径

3.2 加振方法

加振方法は次のとおりとした。

(1) 共振試験

共振試験は振幅が小さい範囲での模型の共振振動数を把握するためのものであり、水平変位量が微小変位量に収まる加速度で加振した。加振様式は正弦波加振で入力加速度は 25gal 一定、加振振動数は $2\text{Hz}\sim 20\text{Hz}$ で行った。なお入力加速度の制御は盛土振動台に取り付けた加速度計で行った。

(2) 応答性状確認試験

この試験は振動数一定の状態、加振加速度を 50gal ずつ増加させていき、最大値(約 300gal , 模型形状、振動数により異なる)に達するまでその時の応答を記録した。次に、先より低い振動数に固定し、同様の試験を繰り返す方法を採用した。

4. 共振試験結果

共振試験の結果得られた共振曲線の例を図1に示す。また、共振曲線から読み取った共振振動数および応答倍率の結果を表3に示す。Upは、振動数を徐々に増大させ、Downは減少させているが、Downを先に実施しているためいずれもUpの値が小さくなっている。これは、ひずみの増大によって共振振動数が減少したためと考えられる。模型形状との関係を見ると、フーチングの振動方向の幅が広いほど、また杭径は大きいほど、材質はアルミより鋼管の方が、共振振動数と応答倍率が大きくなる傾向を示した。これは上載荷重がほぼ一定であったため、剛性が大きくなると固有振動数が上がるという振動論と一致する。

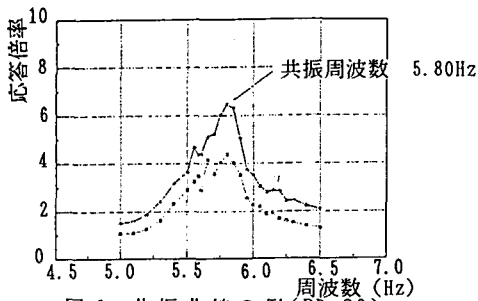


図1 共振曲線の例(PD-23)

表3 共振試験結果

	共振振動数 (Hz)		倍率
	DOWN	UP	
PD-22	4.8	4.7	6
PD-23	5.9	5.8	7
APD-24	5.1	4.9	7
APD-22	6.9	6.5	8
PD-23A	6.7	5.8	8
PD-23B	—	6.6	11