

(184) 模型ケーソン基礎の振動試験（解析結果）

（財）鉄道総合技術研究所 久楽 博

同 上 羽矢 洋

同 上 棚村史郎

同 上 西村昭彦

1. はじめに

模型ケーソン基礎の振動試験（実験結果）では、実験の概要と実験結果を紹介し、履歴ループが静的載荷試験とよく似た傾向にあり、ある変位以上になると応答加速度の値は一定値に近づく傾向を示すことを確認した。ここでは、その振動試験結果の解析および平成3年度に実施した静的載荷試験との比較を行ったので紹介する。

2. 解析方法の概要

現在、鉄道構造物としてのケーソン基礎の設計は「建造物設計標準（基礎構造物）」¹⁾に基づいて行われており、基礎の安定の照査は支持力および変位について行っている。支持力の検討においては、地盤の極限支持力を算定し、それを所定の安全率で除した値を許容支持力と定め、鉛直荷重および水平荷重との比較を行っている。

また、ケーソン基礎の変位量および地盤反力の算定では、ケーソンは剛体と考え、躯体の変形は生じないものとして外力と地盤反力の釣合いから求めるが、このときの荷重と変位を関連付ける地盤反力係数には非線形性を考慮している。これはケーソン基礎の変位に伴う地盤反力度が有効抵抗土圧力度（ケーソンの形状を考慮した受動土圧から静止土圧を減じた値）を超えないとする、完全弾塑性の地盤ばね（地盤反力係数）を仮定するものである。

この他に、ケーソン施工時の地盤のゆるみに関する補正、ケーソン側面の影響に対する補正、基礎底面形状に関する補正等を考慮し変位量の算定を行い、この値が許容値を超えないことを確認している。本報告では、以上の考え方に基づいて実施した実験結果に対するシミュレーション結果を紹介する。

3. 試験結果とそのシミュレーション

1) 試験の種類

表1に振動試験の種類を示し、比較するために表2に平成3年度に実施した静的載荷試験の種類を示す。

表1 振動試験の種類

ケース名	基礎の大きさ(cm)	加振方法	模型総重量(tf)	重心位置 (cm) (地表から)
DS-1	60×70 ×120	正弦波加振	2.77	35
DS-2		10, 50, 100, 200, 300gal	3.73	56
DS-3		上載荷重…一定3段	4.68	72
DS-4		5.0Hz一定スweep試験	3.73	56

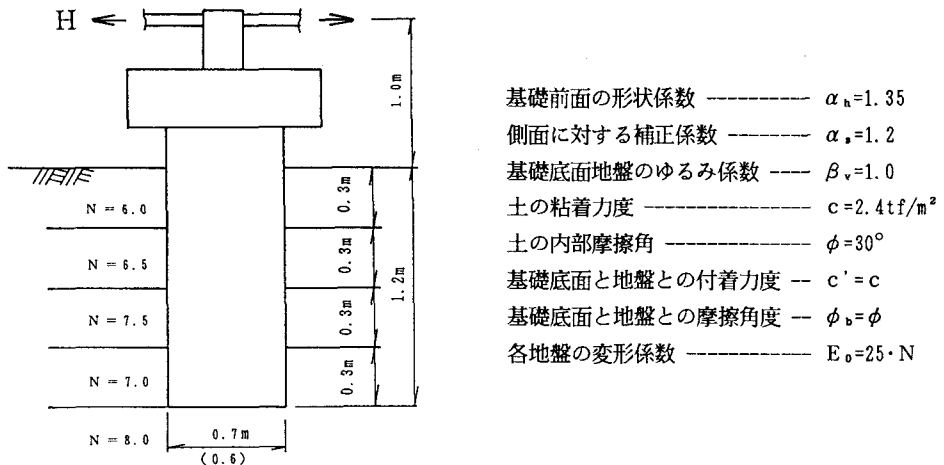
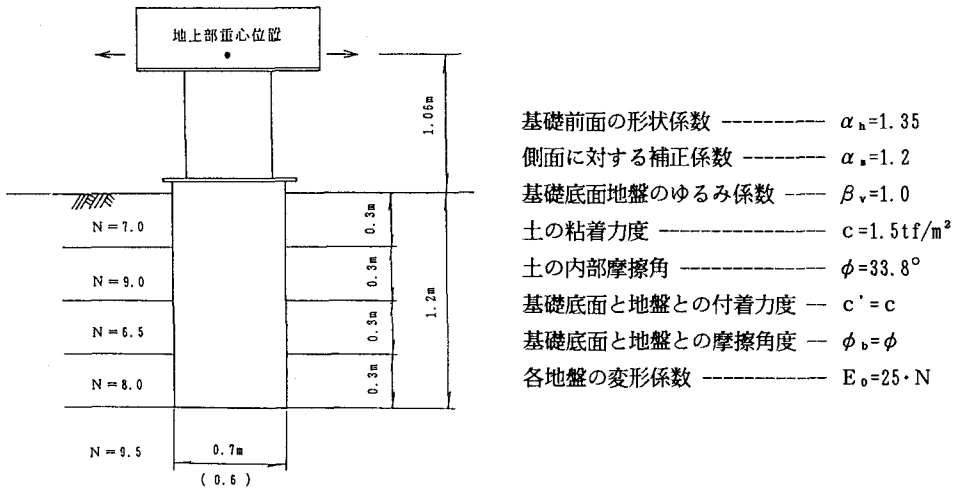
表2 静的載荷試験の種類

ケース名	基礎の大きさ (cm)	載荷方向	載荷方法	上載荷重 (tf)	備考
HS-1	60×70 ×120	水平	一方向単調載荷	4.7	載荷時——変位制御 除荷時——荷重制御
HS-2		水平	正負交番多サイクル載荷	3.5	
HS-3		水平	同上	4.7	
HS-4		水平	同上	4.7	

なお、HS-4については側面摩擦を切ることを目的にケーソン側面（載荷方向に平行な面）にテフロン板を貼付け、載荷試験を実施した。

2) 解析に用いた土質定数

模型地盤のサウンディングおよび室内試験から、解析に用いた土質定数を図1・図2に示す。



3) 荷重と変位の関係

a) 振動試験結果と静的載荷試験結果の比較

同変位レベルにおいて地盤の發揮し得る抵抗力の値を動的・静的の両者で比較を行った。

図3・図4に振動試験と静的載荷試験の荷重～変位曲線の比較図（DS-2とHS-2・DS-3とHS-3）を示す。

なお、振動試験での荷重は慣性力を表しており、慣性力は次式により算出した。

$$H_i = m \times \alpha$$

H_i : 慣性力

m : 地上部重量

α : 地上部重量重心位置での絶対加速度

この図より、振動試験では繰返しによる地盤の水平抵抗力の低下がかなり現れていることがわかる。これは、振動数を変えての繰返し試験に伴い地盤深部の前、背面地盤と底面地盤が乱されることに伴う地盤の強度低下であることが考えられる。しかし、繰返しの影響のない処女荷重状態では静的載荷試験と概ね一致することがわかる。

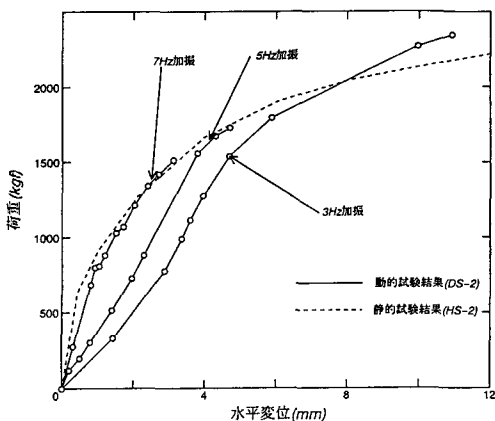


図3 動的と静的載荷試験結果の比較
(DS-2とHS-2)

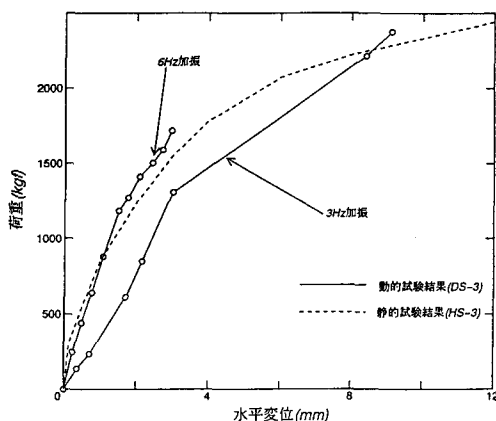


図4 動的と静的載荷試験結果の比較
(DS-3とHS-3)

b) 解析結果

図5・図6・図7に振動試験によって得られた慣性力～ケーソン天端の地盤との相対水平変位の関係とそのシミュレーション結果（DS-1・DS-2・DS-3）を示し、図8・図9に静的載荷試験によって得られた水平載荷力～ケーソン天端水平変位とそのシミュレーション結果（HS-2・HS-3）を示す。

図より前述の計算手法によって、振動試験結果および静的載荷試験結果をかなり精度よくシミュレート可能であることがわかる。

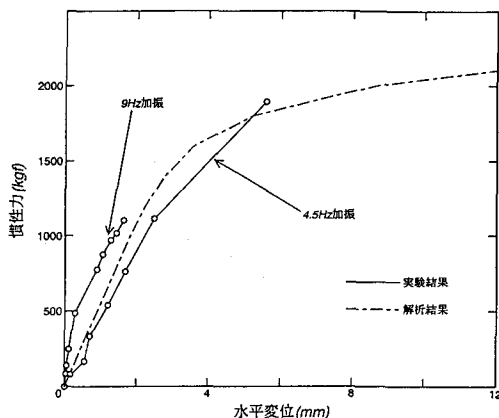


図5 慣性力～相対水平変位の関係（DS-1）

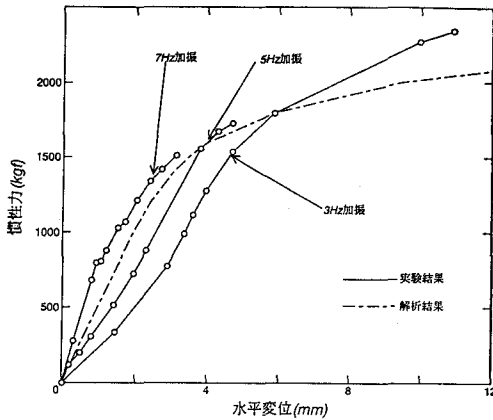


図6 慣性力～相対水平変位の関係（DS-2）

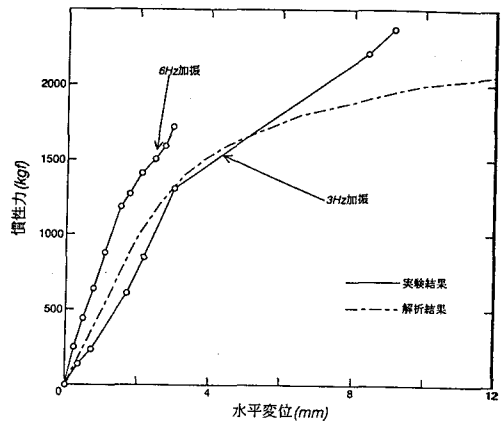


図7 慣性力～相対水平変位の関係（DS-3）

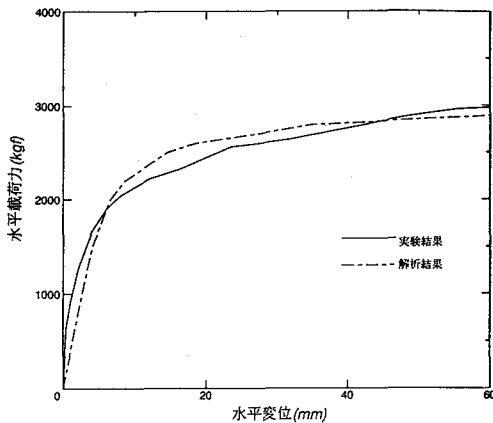


図8 水平載荷力～水平変位の関係（HS-2）

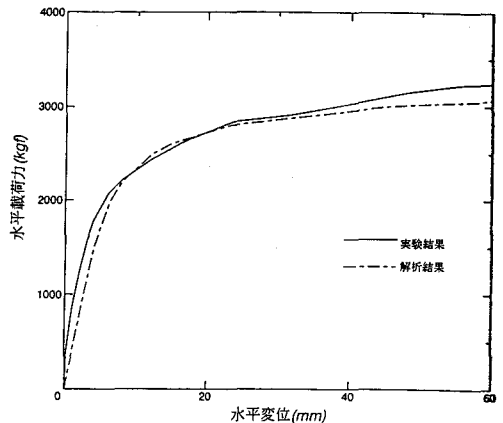


図9 水平載荷力～水平変位の関係（HS-3）

4. まとめ

以上の解析は、現行の基礎標準に定めるケーソン基礎の設計手法を用いたものであるが、これにより実験結果を比較的精度よくシミュレートできることがわかった。

また、同変位レベルにおいての地盤の発揮し得る抵抗力の値は動的、静的の両方で概ね一致することがわかった。しかし、繰返しの影響を考慮した場合、地盤の抵抗力をある程度低減させる必要があることは前述したとおりである。

したがって、大地震における荷重～変位関係を考慮したケーソン基礎設計において、ケーソン基礎の地盤の支持力性状は静的載荷試験で確認されたものを用いてよいと考えられる。

参考文献

- 1) 日本国有鉄道：構造物設計標準解説（基礎構造物・抗土圧構造物）、昭和61年3月
- 2) 棚村、久楽、羽矢、西村：模型ケーソン基礎の大変位水平載荷試験（その2、3）、第28回土質工学研究発表会、1993年6月