

京大工学部 正会員 後藤尚男 同 正会員 亀田弘行
電電公社 正会員 山本 博 大塚組 正会員 〇和田 浩

1. はしごき 一般にケーソン基礎のように自重の大きい剛構造物は基礎体設置時にすでにかなりの弾性沈下を生じていると考えられるが、この状態で地震力などの大きな外力が作用した場合、基礎体の運動によって地盤が降伏することもある。特に、基礎体底面の全域で基盤層が降伏すると、基礎体は大きな塑性沈下を生ずることになり、構造物全体にとっても危険な状態を招く。ほとんどのケーソン基礎は、地震時にも底面の地盤が降伏しないように設計されるであろうが、設計震度を上まわる地震が来襲した場合の終局性状を把握しておくことは重要である。このような観点から、本研究は弾塑性地盤に根入れされたケーソン基礎の地震応答を求め、地盤の降伏性状について検討したものである。

2. 振動モデルと応答計算の概要

ケーソン基礎を剛体とし、基礎体に接する地盤を単一linear型の履歴特性を有するバネと粘性減衰を表わすダッシュポットで表示して、図-1のような振動モデルを考える。この場合、表層地盤のM個のバネは通常のbilinear型、基盤層のN個のバネは引張には抵抗しないbilinear型とする(図-2)。図-1の静止状態で、基礎体の重心Gは自重によって Y_s だけ沈下しており、これが基盤層の降伏に影響するから、以下の解析においては、応答変位の座標原点Oは、Gより Y_s だけ上方に置く。かくして得られた振動モデルは、水平変位 X 、鉛直変位 Y 、回転角 ϕ を伴う3自由度系となる(紙面の関係で運動方程式は省略)。

基礎体の塑性沈下に大きな影響を有する地盤の降伏変位 Y_g, X_g は、静的震度法と結びつけて次のように表示する。すなわち、震度法から算出される基礎体の最大鉛直変位を Y_c 、表層地盤に接する部分の最大水平変位を X_c とし、

$$Y_g = \alpha (Y_s + Y_c), \quad X_g = \beta X_c$$

とおくと、 α, β は、震度法によって基礎体を設計した場合における、表層および基盤層の降伏に対する安全率を表わしている。震度法では $\alpha > 1$ なるように設計される場合がほとんどであろうが、前述のように基礎体底面の全域で地盤が降伏するような終局性状をおもな考察の対象としているので、ここでは $\alpha < 1$ の場合についても計算を行なって、大きな塑性沈下を生ずるような α の領域を調べた。

外力としては、基盤層および表層が一樣な正弦振動を行なう場合(case I)、基盤層は

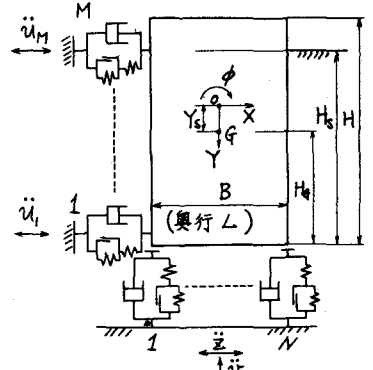


図-1 振動モデル

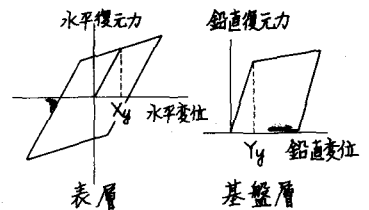


図-2 地盤の復元力特性

正弦振動を行ない、それに対する表層の応答 $\ddot{u}_1 \sim \ddot{u}_n$ を基礎体側面からの外力として作用させる場合 (case II), 同様に表層の変形を考慮し、基盤層からの入力としては Ta_{fb} (1952) における加速度記録波形 (水平成分は $S69^\circ E$) を用いた場合 (case III) の3種とした。以上の3種について最大加速度を等しくし、鉛直成分 $\ddot{v}(t)$ の最大加速度は水平成分 $\ddot{u}(t)$ の $1/2$ として、基盤層の降伏に対する安全率 α の種々の値について応答計算を行なった。

その他計算に用いたおもな諸元は次のとおりである。

$H=20\text{ m}$, $B=L=10\text{ m}$, $H_0=10, 20\text{ m}$, 基礎体の単位体積重量 $=2.3\text{ t/m}^3$, 減衰定数 $=0.1$ (各次とも), 線形領域における地盤の弾性係数 $=45,000\text{ t/m}^2$ (基盤層), $3,000\text{ t/m}^2$ (表層), bilinearバネの弾塑性傾斜率 $=0.75$ (基盤層), 0.6 (表層), バネの個数 $N=9$, $M=5$

3. 計算結果とその考察

図-3に, case I ~ III に対する基礎体底面中央の沈下の応答曲線の一例を示した。

本研究で取り扱ったような剛基礎の基盤層が降伏する場合には, 底面端部でまず降伏が生じ, 順次中央部に向かうものと考えられるから, 同図のように底面中央部で降伏を生じている場合には, かなり大きな塑性沈下 (以下大沈下とよぶ) を発生するものと考えられる。このような大沈下は, 当然地震が強大なほど, また基盤の降伏変位が小なるほど発生しやすくなるが, その傾向を, 前述の降伏安全率 α を用いてまとめた一例が表-1である。これより次のようなことがわかる。(1) 大沈下が発生する α の範囲はいずれの場合にも1以下であり, 本計算で対象とした範囲では, 震度法によ

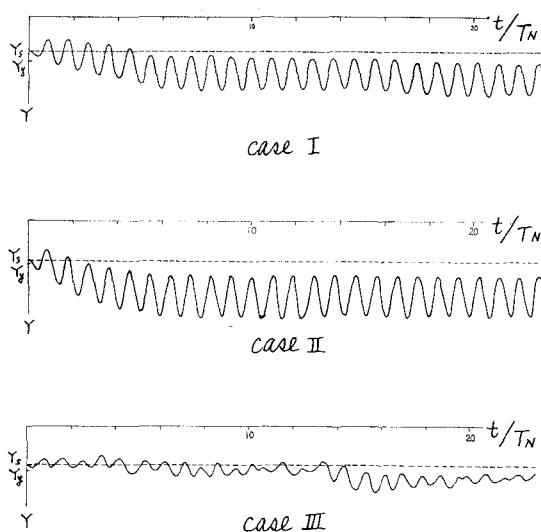


図-3 基礎体底面中央の沈下応答曲線
($\alpha=0.6, \beta=0.05, H_0/H=0.5$)

て基盤層が降伏しないように設計を行なえば, すなわち $\alpha > 1$ にしておけば, 実地震時には動的効果によって基盤層の一部が降伏することはあっても, 修復を困難ならしめるような大沈下が生ずる可能性は小さい。(2) 表-1の case I では表層の厚さ H_0 は α の限界値に対して影響を持たないのに対して, case II, III では H_0 によってかなりの差異が見られる。さらに基礎体底面の反力分布 (本文では省略) の計算結果をも考慮すると, 基礎の大沈下は主として地震動の鉛直成分によって発生し, 表層の変形による基礎体の動揺振動によってさらに助長されるものと考えられる。

表-1 基礎体到大沈下が発生する α の範囲

	H_0/H	基本固有周期 T_N (sec)	大沈下が生ずる α の範囲
case I	0.5	0.277	$\alpha < 0.7$
	1.0	0.194	0.7
case II	0.5	0.277	0.7
	1.0	0.194	1.0
case III	0.5	0.277	0.6
	1.0	0.194	0.8