

首都高速道路公団 正会員○和田克哉

〃 〃 正会員 中川誠志

応用地質調査事務所

今井常雄

1. まえがき

本研究は、首都圏地盤の流動化予測の作業と、流動化を考慮した設計方法のケーススタディとの2つに大別される。すなわち、第1は、首都圏域の5つの代表的地盤を選定し、ここでの流動化予測を応答計算を含む各種の手法で試み、流動化の予測手法について検討を加えた。

また、第2は、地盤が流動化した場合を想定し、基礎構造物(杭基礎、ケーソン基礎)の安定性について、震度法による静的安定計算と動的応答計算を実施して、設計における流動化現象の評価と、基礎構造物の安定性について検討した。なお、本報告では、流動化を考慮した基礎構造物の設計方法についてふれる。

2. 設計条件

(1) 計算断面

計算断面として、図-1に示す杭基礎及びケーソン基礎のRC橋脚を設定し、杭基礎橋脚では支間30m、ケーソン基礎橋脚では支間50mの各鋼桁を想定し、上部橋反力を計算した。また、地盤条件としては、東京都江東区14号地内を選び、図-1にその柱状図を示す。

(2) 計算ケース

流動化する土層内にある構造物を設計する場合、流動化現象が構造物に与える影響を設計条件として取入れるには、地盤支持力の評価と、作用力の評価、ならびに、この両者をどのように組み合わせるかの条件設定がもっとも問題となる。この支持力条件と作用力条件を明らかにするには、構造物と地盤の応答を一体として考えるとともに、流動化現象の発生を中心とする前後の時間変化を追跡しなければならない。これを模式的に示せば、図-2のように考えられる。

すなわち、構造物及び地盤に最大の作用力がかかる時刻と、地盤の面隙水圧が上昇しついに流動化に達し支持力が失われる時刻とは、本来ずれがあるのであろう。

しかし、これらの現象を厳密に把握するには未だ多くの研究が必要であり、ここでは、以上の作用力と支持力の組み合わせを次の様にするものとする。

1) 最大作用力と最低支持力(現行指針)。

支持力(K値)は無視し、作用力は設計震度法

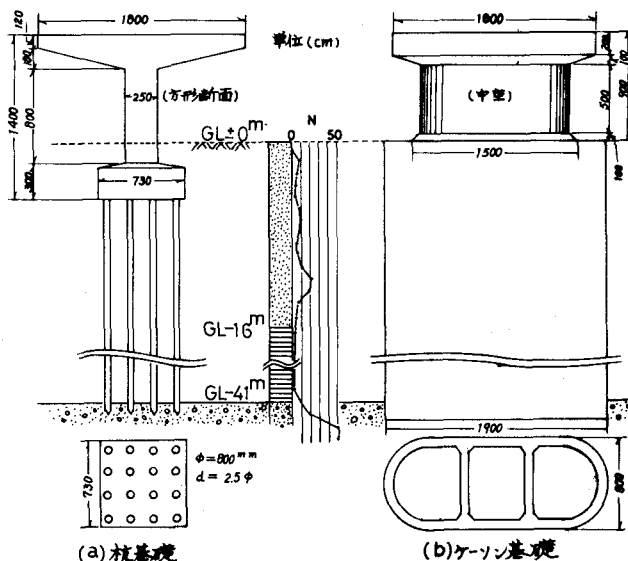


図-1 計算断面概略図

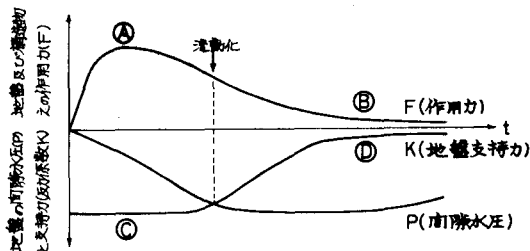


図-2 地震時の作用力と地盤支持力値の時間的変化

による。(A)と(D))

2) 最大作用力と変化する支持力の組み合わせ。作用力は(D)と同じで、K値を100～5%に変化させる。

(A)と(C)～(D))

3) 変化する作用力と最低の支持力の組み合わせ。K値は無視し、設計震度を変化させる。(A)～(B)と(D))

表-1 設計検討のモデルケース一覧表(杭基礎の場合)

計算 種別	流動化 の評価 検討 対象	設計地盤面の変化						K値の変化					設計震度の変化		
		地盤面深さ (GL-m)						変化率					変化率		
		2	5	7.5	10	12.5	15	0.05	0.25	0.50	0.75	1.00	0.25	0.50	0.75
静 的	標準モデル のまま	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	適正モデル の再設計	○	○	○	○	○	○								
動 的	モデルⅠ	○	○		○		○	○		○	○			○	○
	モデルⅡ	○			○					○				○	

以上の基本方針に従って具体的には表-1に示すケースについて計算を行った。なお、本表は杭基礎について示したもので、ケーソン基礎についても本表に準じたケーススタディを行った。

3. 設計方法

(1) 静的計算

道路橋下部構造設計指針にしたがい、震度法により基礎構造物に作用する水平力、押込力、曲げモーメントを算出し、Changの式を用いて杭応力、変位量を計算した。また流動化層の支持力を無視する場合は、設計地盤面よりの突出杭として取扱い、設計地盤面、杭頭部の応力、変位を求めた。杭の許容値としては、軸方向押込力は現在改訂中の案より定め、軸直角方向許容水平移動量は、鋼管杭に対し地震時10mmとした。

ケーソン基礎に関しては、安定計算のみを行い、前面地盤反力、底面地盤反力、剪断力、変位を計算した。

なお、計算に用いたK値は、ケーソンではN値から指針に沿って定め、杭ではLLTの測定値から設計値を定め、一様な地盤に対する等価K値として平均値を用いた。

(2) 動的計算

設計地盤面以下の水平震度を無視し、地盤の変形抵抗はバネに置換する。計算に用いた振動モデルは図-3の通りである。

地震入力は、今回対象とする橋脚の設計震度 $K_h=0.26$ を加速度に換算し、この加速度が設計地盤面付近に設けられた構造モデルの支点から入力されるものとする。

地震波形に相当するデータは、道路橋耐震設計指針に示される震度補正係数をもとに、速度スペクトル(Sv曲線)を求め、そのSv

曲線を設計地盤面付近に入力される平均的な地盤特性を表わす速度スペクトルとする。地震波をこのようにモデルにすると、耐震設計指針の思想にしたがって、減衰定数は、一般構造の平均的な値として上記Sv曲線に含まれることになる。応答計算は、このSv曲線を用いてモーダルアナリシスの手法によって行った。

4. 計算結果

静的計算の結果の一部を図-4～6に示す。杭基礎については、図-4に杭の変位と応力の変化をまとめて示し、図-5に許容値内におさめる為の必要杭本数の計算結果を示した。さらに、ケーソン基礎については、天端

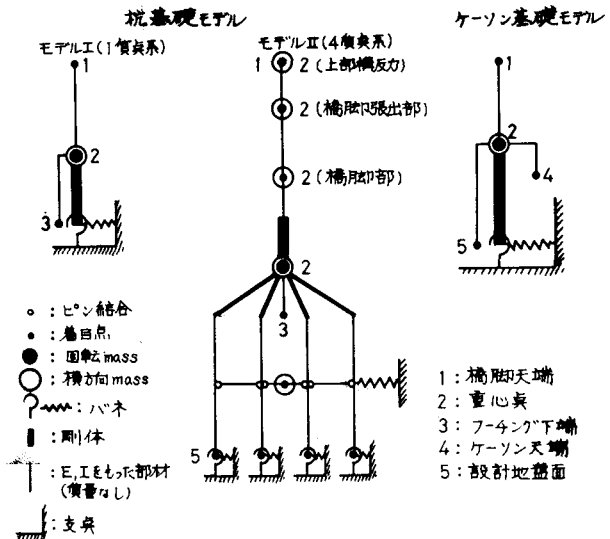


図-3 動的応答計算モデル一覧図

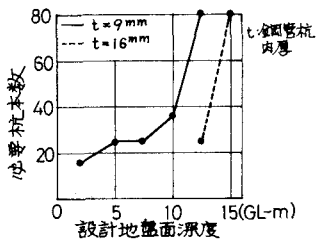


図-5 必要杭本数の計算

の変位に着目したまとめを図-6に示す。

また、動的応答計算結果については、とくに変位に着目して静的計算結果と比較の形で図-7に示した。

5. 考察

(1) 設計地盤面を変化させた場合、杭基礎については、地盤面深度 $G.L.-7.5m$ 以上（突出長 $2.5m$ 以上）になると急激に杭頭変位が増加する。一方、ケーソン基礎では、 $G.L.-10m$ がこの境となり、流動化層が厚くなる場合は、ケーソンが比較的有利といえよう。とくに流動化が $10m$ 以深に及ぶ場合は、図-5に明らかなように杭基礎では事実上設計は困難である。

(2) 地盤反力係数 (K 値) あるいは流動化層内の構造物に対する設計震度を変化させた場合は、両基礎とも大きな変化はみられないが、杭基礎で流動化が深くおよびフーチングの大きさを所要の杭本数に応じて大きくしてゆく場合に、その影響度はさらに大きくなるものと考えられる。また K 値については、その地盤抵抗をたとえ 5% でもみすみみないかではかなりの差を生じ、その判断は、設計に大きな影響を与える。

(3) 動的計算の結果は、変位に着目し、設計地盤面の変化による影響のみを図-7に示したが、いずれのケースも、ロッキング等の影響により、動的解析結果の方が大きな値となっている。ケーソン基礎では、 $G.L.-10m$ 以浅でこの傾向は逆転している。

(4) 設計地盤面を深くしていった場合の固有周期の変化を、杭基礎について図-8に示した。これによると、設計地盤面が $G.L.-7.5m$ (突出長 $2.5m$) 以上になると、設計水平震度を修正する範囲内に入ってくる。

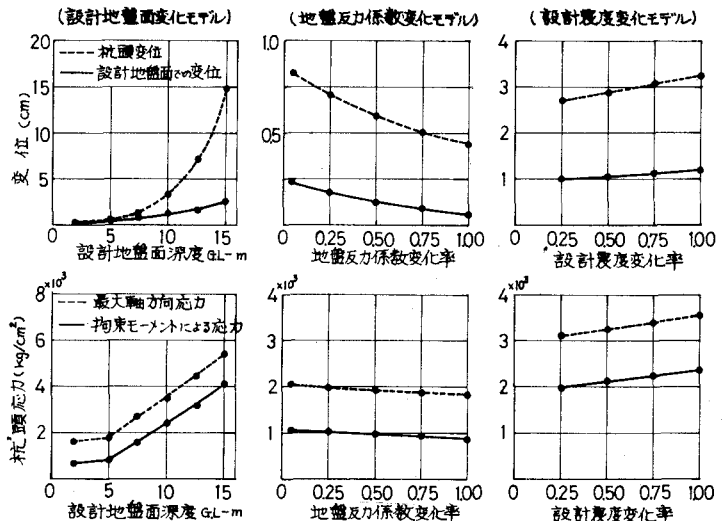


図-4 杭基礎の静的計算結果

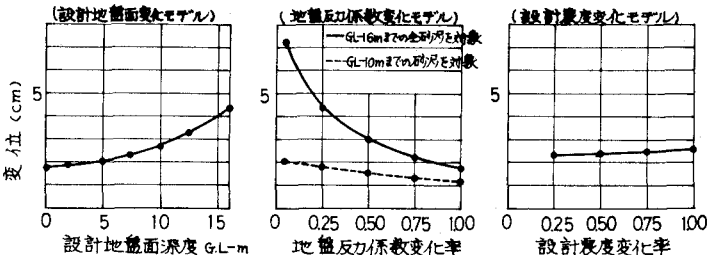


図-6 ケーソン基礎静的計算結果 (ケーソン天端の変位)

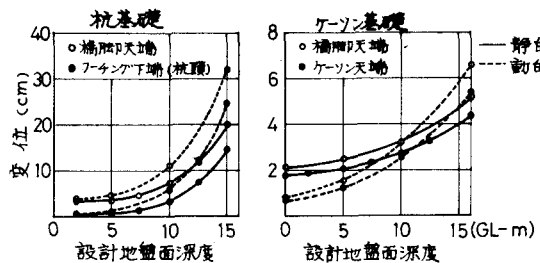


図-7 静的計算結果と動的計算結果の比較

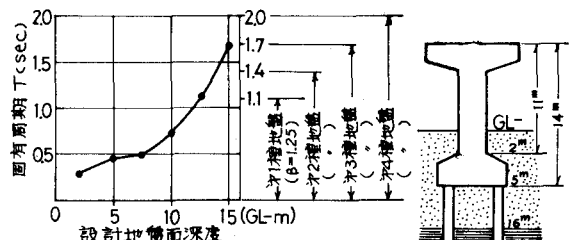


図-8 固有周期と設計地盤面の関係