

神戸大学工学部 正会員 高田至郎 神戸大学工学部 正会員 宮本文穂
(株) リクルート ○青木健一

1. はじめに 橋脚が地震時液状化を受ける際の挙動とその安全性についての解析的研究は皆無に近い。そこで、本研究では橋脚が、直接基礎と杭基礎の場合について、支持力の低下による橋脚の安全性について、動的 FEM 解析を行う。

2. 直接基礎-地盤系の液状化応答解析

2.1 転倒危険率について 地震による液状化によって地盤が支持力を失い、剛体合力の作用位置と、地盤反力合力の作用位置に偏心距離が生じ、転倒モーメントが生じる。この偏心距離 e は次式を満足する必要がある。 $e \leq B/3$: $e = B/2 - d, d = (\sum M)/(\sum V)$ e : 偏心距離(m) B : 底面幅(m) M : モーメント($t \cdot m$) V : 鉛直反力(t/m^2) また、 $e = B/3$ の時に危険率100%として時刻歴の危険率を求める。

2.2 解析モデル 今回の解析では、図-1 に示す幅48(m)、深さ24(m)の地盤を、4層、66節点、106要素の有限要素モデルで解析を行った。地盤特性より卓越周期は 0.82(sec)、境界条件は両端の鉛直方向と底部を固定、地下水位は地表面、液状化領域での透水係数 $k = 5.00 \cdot 10^{-5}$ (m/s)。地盤条件は、表-1 に示す。ここで、図-2 に示すように 4 パターンの液状化領域を想定し、入力地震波は図-3 に示す 1977 年 7 月 26 日地震で観測された地震波の水平方向を示す。ここで、max 469.9 (gal)の地震波を、max 100(gal)として入力した。また、地震波の卓越周期は、0.75(sec)である。これより解析ケースは表-2 に示す 4 CASE 行った。

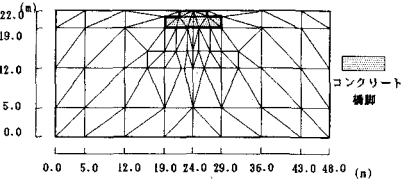


図-1 解析モデル

表-1 地盤の諸定数

層	相対密度	内部摩擦角
1	0.50	28.0
2	0.60	30.0
3	0.70	32.0
4	0.80	35.0
液状化領域	0.30	25.0

表-2 解析ケース

解析ケース	液状化領域
CASE 1	パターン 1
CASE 2	パターン 2
CASE 3	パターン 3
CASE 4	パターン 4

2.3 解析結果 CASE1~CASE4の転倒危険率を図-4 に示す。解析結果より、橋脚底面における液状化可能領域が広がると転倒危険率も高くなる。しかし、CASE2のように橋脚底面全体が液状化可能領域である場合、転倒に関しては危険率が低くなるが、全体的な沈下が起こる。

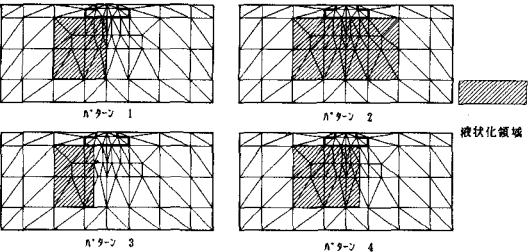


図-2 液状化領域図

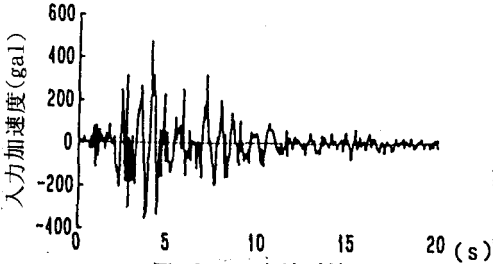


図-3 入力地震波

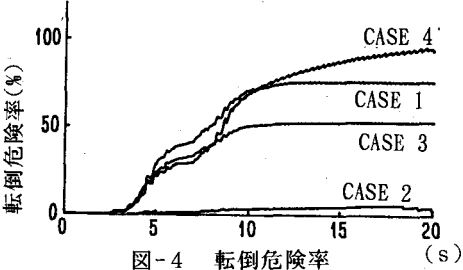


図-4 転倒危険率

3. 杭基礎-地盤系の液状化応答解析

杭の鉛直荷重に対する支持力は、杭先端部の支持力と、杭周面部摩擦抵抗によって構成される。ここで、地盤が地震動を受けることによって、杭の先端支持力と周面摩擦力がどのような変化を示し、このことによって鉛直支持力にどのような影響を与えるかを解析する。

3.1 群杭の支持力 群杭の鉛直支持力は、杭間隔がある程度より密になると、杭と杭間の土塊が一体となって、あたかも1基のケーソンとしての破壊性状を示すようになり支持力が低下する。ゆえに、仮想ケーソンを考えて支持力の上限值を計算すればよい。この検討の方法は、Terzaghi により提唱されたものである。このように考えたときの群杭地盤の極限支持力は次式で表される。 $R_{qu} = q_d A + \bar{s} D_f L$ R_{qu} : 群杭としての地盤の極限支持力(tf) A : 群杭の底面積(m²) $\bar{s}$: 杭に接する土の平均せん断強さ(tf/m²) D_f : フーチング底面から杭先端までの深さ(m) L : フーチング部分の周長(m) q_d : 杭先端部の地盤の極限支持力度(tf/m²)

3.2 解析モデル 今回の解析では、図-5に示す幅60(m)、深さ30(m)、4層、97節点、168要素。他は図-1の解析モデルと同様である。地盤条件は、表-3に示す。地盤特性より地盤の卓越周期は 1.34(sec)、入力地震波は、2章の解析と同じ地震波を用い、max 100, 200, 300 (gal)とした。これより解析ケースは表-4に示す 3 CASE 行った。地震波の卓越周期は 0.75(sec)である。表-3 地盤の諸条件

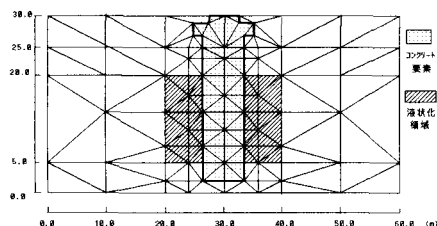


図-5 解析モデル

層	相対密度	内部摩擦角
1	0.51	28.0
2	0.66	34.0
3	0.70	34.0
4	0.56	31.0
液状化領域	0.15	21.0

表-4 解析ケース

解析ケース	入力波の最大値
CASE 1	100 (gal)
CASE 2	200 (gal)
CASE 3	300 (gal)

3.3 解析結果 図-6に CASE1~CASE3 の群杭地盤の支持力度を示す。この支持力度とは、表-5に示した橋脚自重に対し地盤がどれだけの支持力を持つかをパーセント表示して、評価したものである。これより地震波の大きい方が土の剛性が崩れやすく、周面摩擦力の低下も大きく、極限支持力の低下も大きい。

表-5 橋脚自重

荷重名	荷重値
上部土死荷重	970.0(tf)
下部土死荷重	2100.0(tf)
荷重合計	3070.0(tf)

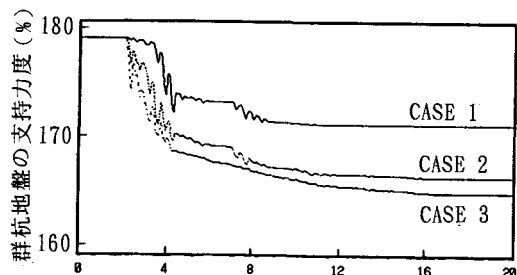


図-6 群杭地盤の支持力度 (s)

4. 結論

1. 直接基礎の場合

- ・液状化可能領域の違いによって橋脚の転倒危険率もかなり違った値を示す。
- ・液状化可能領域が橋脚底面全体の場合、転倒に対する危険率は低い値を示すが、全体的な沈下を引き起こす可能性がある。

2. 杭基礎の場合

- ・杭周辺部の摩擦抵抗は液状化によって低下するが、杭先端部の支持力によって、橋脚の沈下の可能性はまず無いと考えられる。