

液状化に伴う地盤の流動の三次元挙動に対する解析的検討

東北学院大学工学部	学生会員	○ 生出	郁将
東北学院大学工学部	学生会員	佐藤	佳太
東北学院大学工学部	正会員	吉田	望

1 はじめに

1983 年日本海中部地震における能代市の被害を契機として発見された液状化に伴う地盤の流動¹⁾は、1995 年兵庫県南部地震の際神戸市のほとんどの埋立地で護岸の海側への変位に伴い背後地盤で発生したことから、地震後は多くの設計指針が流動を考慮するように改訂されたように、液状化に伴う被害の中でも重要な問題として捉えられている。

ところで、従来の流動に関する検討や設計は、二次元挙動を対象としていた。しかし、実地盤は三次元的に広がっていることから、その影響を明らかにしておく必要はあると考えられる。

筆者の一人は、この様な観点から三次元的な影響を ALID²⁾を用いて検討してきた³⁾⁴⁾。この際、文献 3) で解析した能代市前山の事例では丘の山頂を中心として広がるような流動であり、ある程度定量的な評価が可能であった。一方、文献 4) で解析した甲子園浜の事例では、護岸の移動に伴う背後地盤の流動を扱った。図 1 はその際のケーソンの変位を観測値と比較して示したものである。一般部ではケーソンの変位はほぼ同じであり、また、この変位は二次元解析と同じであり、よく行われている二次元解析の妥

当性が検証された。しかし、図で赤丸で囲った(1)～(3)については実現象と異なる変位となった。

このうち、(1)はケーソンの直近に阪神高速湾岸線の橋脚があり、このために護岸の変位が押さえられたものと考えられる。(3)は境界であり、解析では境界の方向に対するローラー支承を設定したため、護岸直交方向の変位が拘束されたものと考えられる。最期に、(2)はコーナー部であるが、観測では一般部の変位(約 1.5～2m)より小さいとはいえ 1m 以上の変位が発生しているのに対し、計算値は数 cm と非常に小さかった。

本報告では、コーナー部の変位に着目し、変位を大きくする方法を検討した結果を報告する。

2 解析モデルと解析手法

文献 4) のモデル(図 1)は、実地盤を対象としたものであることから、節点数 85611、要素数 74294 と非常に大きいモデルで、計算時間も膨大である。そこで、ここでは、地盤の条件は同じとして、平面的には矩形のシンプルなモデルとする。すなわち、図 2 に示すように、平面は正方形で、1/4 が埋土、3/4 が海面部分となるようにモデル化する。地盤は平面的に原則 5m×5m の正方形であり、地盤の力学特性および層厚は文献 4)と同じである。図 2 では青色部分がケーソン、ピンク部が海底地盤表している。

ここで、文献 4)でコーナー部で変位が発生しなか

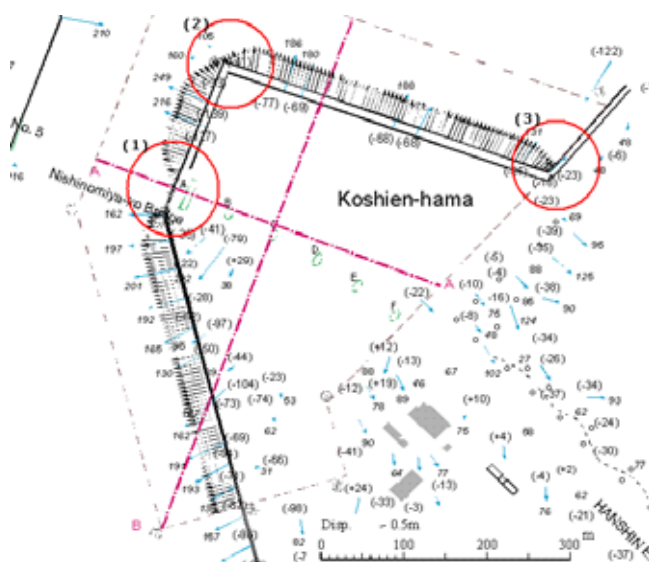


図 1 ケーソンの変位

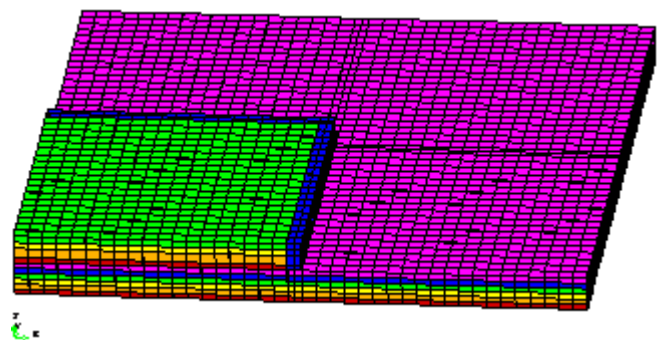


図 2 三次元解析のモデル図

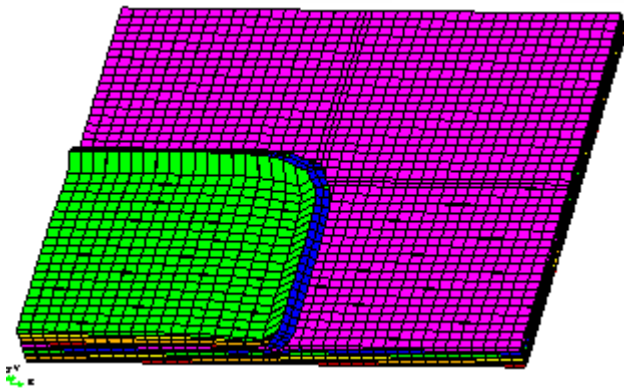


図3 三次元解析変形図

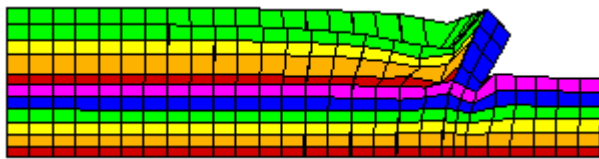


図4 三次元解析変形側面図

った原因を考えてみると，コーナー部ではケーソンは直交する二方向に伸びているので，ある辺が海に向かって変位しようとするとき，直交する部分が拘束することが挙げられる。この場合，ケーソンの軸方向が大きいので変位の拘束効果も大きい。しかし，実際にはケーソンの各部分は剛結となるように接合されているわけではない。そこで，インターフェイス要素を用いてケーソンが軸方向に離れる事が可能なようにモデル化する。ただし，ケーソンにのみインターフェイス要素を配置しても，対応する地盤部が節点を共有していると，ケーソン間の大きな相対変位は期待できないことから，本計算では，ケーソンにインターフェイス要素を入れる際には，同じ位置の土にもインターフェイス要素を配置することにした。

解析手法は，文献 3)4)と同様 ALID²⁾を用い，解析コードは DIANA⁵⁾を用いる。また，比較として二次元解析も行いう際には，ALID/Win⁶⁾を用いる。

3 二次元解析との比較

解析の精度を検証するために，二次元解析と三次元解析の端部(一般部)との変位を比較したところ，両者はほとんど一致した。従って，解析モデルは妥当であることがわかる。

4 三次元解析結果と考察

三次元解析ではインターフェイス要素の剛性を変

化させて解析を行った。図 3 に代表的な変形図を，図 4 に一般部の変位を示す。また，図 5 には，ケーソンのコーナー部と一般部の変位を比較して示す。一般部と比べるとコーナー部の変位は小さく，ケーソンの軸方向剛性が直交する方向への海側の変位を拘束していることがわかる。

表 1 には，インターフェイス要素の剛性と変位の関係をまとめて示す。これより，インターフェイス要素の剛性はコーナー部の変位にはほとんど影響していないことがわかる。

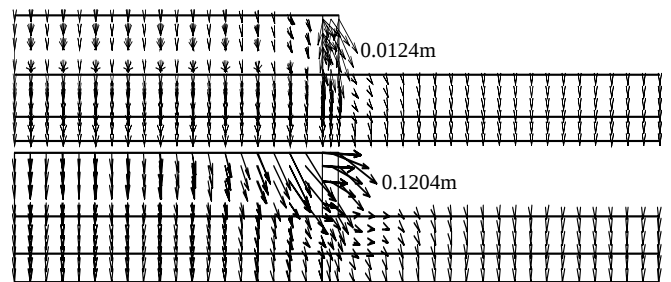


図5 コーナー部と一般部の変位の比較

表1 インターフェイス要素の剛性と変位

ケース	剛性 (kN/m/m ²)		護岸変位 (cm)	
	ケーソン	地盤	一般部	コーナー部
1	1.0×10^1	1.0×10^4	1.414×10^{-1}	-1.821×10^{-2}
2	1.0×10^8	1.0×10^{15}	1.196×10^{-1}	1.634×10^{-2}
3	1.0×10^8	1.0×10^7	1.197×10^{-1}	1.635×10^{-2}
4	1.0×10^1	1.0×10^7	1.204×10^{-1}	1.238×10^{-2}
5	1.0×10^3	1.0×10^7	1.204×10^{-1}	1.352×10^{-2}
6	1.0×10^5	1.0×10^7	1.199×10^{-1}	1.653×10^{-2}
7	1.0×10^5	1.0×10^2	1.285×10^1	1.124×10^{-2}
8	1.0×10^4	1.0×10^7	1.202×10^{-1}	1.568×10^{-2}

5 結論

三次元解析でコーナー部で変位が小さくなる現象を改善するために，インターフェイス要素を挿入した検討を行った。剛性は 7 桁と広い範囲で変化させたにも拘わらず，コーナー部の変位はほとんど変化しないこと，従って，このような方法ではコーナーの変位が表現できないことがわかった。今後，地盤の引っ張り強度などの影響を調べる必要がある。

この研究は，科学研究費「液状化に伴う流動における表層非液状化の移動と構造物に与える影響」の

一環として行ったものである。

参考文献

- 1) 浜田政則, 安田進, 磯山龍二, 恵本克利 (1986): 液状化による地盤の永久変位の測定と考察, 土木学会論文集, No. 376, III-6, pp. 211-220
- 2) 安田進, 吉田望, 安達健司, 規矩大義, 五瀬伸吾, 増田民夫(1999): 液状化に伴う流動の簡易評価法, 土木学会論文集, No. 638/III-49, pp. 71-89
- 3) 安田進, 吉田望, 川口和広, 大矢陽介, 掛川智仁 (2005): 液状化に伴う傾斜地盤の流動の3次元残留変形解析, 第60回土木学会年次学術講演会講演概要集, III, pp. 311-312
- 4) 安田進, 吉田望, 大矢陽介 (2006): 液状化に伴う地盤の流動の三次元効果に関する解析的検討, 第12回日本地震工学シンポジウム, pp. 546-549
- 5) DIANA 8.1 Basic course, 講習会資料
- 6) ALID 研究会 (2003): 二次元液状化流動解析プログラム ALID/Win