

N 値ゼロの軟弱層を有する地盤上の岸壁構造物の耐震性に対する 2 次元・3 次元照査比較

(一社)GEOASIA 研究会 正会員 ○高稲敏浩
 名古屋大学 正会員 野田利弘
 (株) 新日鐵住金 正会員 伊勢典央、関一優

1. はじめに

図 1 に示す N 値ゼロの軟弱層を持つ地盤上に設置された岸壁構造物の耐震性を、2 次元および 3 次元の水～土連成有限変形解析^{1), 2), 3)}により照査し、両者の結果を比較考察した。

2. 解析条件

解析に用いた有限要素メッシュおよび境界条件を図 2 に示す。地盤は、図 2(b)に示すように、工学的基盤上に 4 層からなる地盤で、上層から約 6m の埋土砂層、その下に砂質粘土層、細粒分質砂層の N 値ゼロの軟弱な層からなる。解析に用いた材料定数および初期値は文献 4) を参照されたい。岸壁構造物の鋼矢板（一部組合せ鋼矢板）は、等価な剛性を持つ一相弾性体とし、全塑性応力を超えた時点で要素の弾性係数を 1/200 に低減した。タイロッドおよび基礎杭は、図 2(c)のように 2 点間の節点の距離を不変とする制約条件で与えた。このため、これらの箇所では土の「すり抜け」が表現できる。基礎杭については、クレーン基礎接合部に角度不変の制約条件も与えた。タイロッドは y 方向 2m ピッチ、基礎杭は y 方向 4m ピッチで設置されている(図 2(a) 参照)。また、水理境界は、側方および底面を非排水境界、海側地表面は排水境界、陸側地表面は排水境界（大気圧）とした。海面位置は図 2(c)に示す。海底面および岸壁の海水に接する部分には静水圧を作用させた。

工学的基盤面にあたる地盤下端は、底面粘性境界 ($V_s=450\text{m/sec}$) を設定し、y 方向には周期境界を、x 方向には地盤両端に自由地盤を想定した加速度境界を設定した。計算では、岸壁の築造過程を有限要素の追加で再現し、圧密が終了するまで放置した。その後、地盤底面の全節点の x、y 水平 2 方向に L2 地震動 (図 3) を入力した後、さらに圧密が終了するまで解析を実施した。2 次元解析で、xz 平面について同様な条件で実施した。

3. 解析結果

図 4 は平均有効応力分布を示す。地震終了時の平均有効応力は、固結シルト層以外の層ではほぼゼロとなり、図 5 の平均有効応力減少比分布と併せてみると、砂質粘土層、細粒分質砂層では液状化していることがわかる。図 6 は 2 次元および 3 次元のせん断ひずみである。N 値がほぼゼロで剛性が低く、液状化した砂質粘土、細粒分質砂層でせん断ひずみが顕著に発生し、図 7(a-1)点 3、(b-1)点 2、(b-2)点 3 で水平変位が大きくなっていること

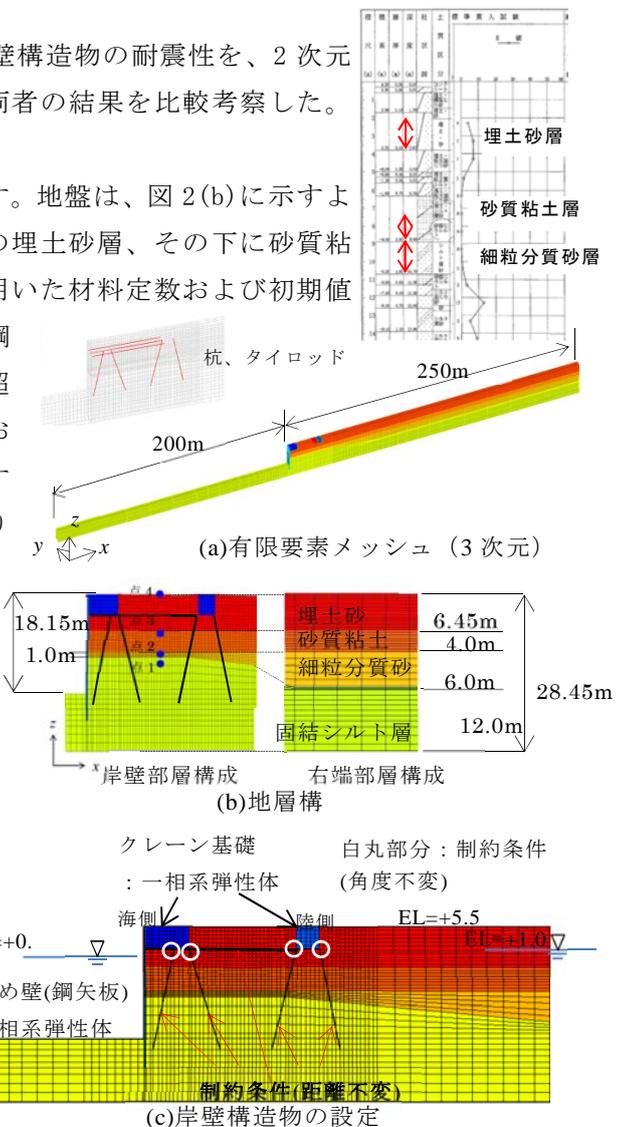


図 2 有限要素メッシュと設定条件

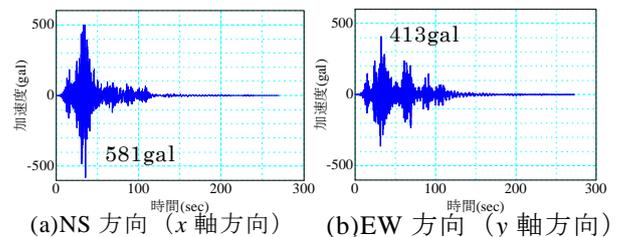


図 3 入力地震動

に対応している。図 8 は土留めの変形の様子を示す。2次元解析では33.4秒に図9の青四角部、35.6秒に赤四角部が全塑性応力を越えたため弾性係数を1/200に低減した。その後37.5秒以降徐々に+x方向(陸側)へ変形している。図10(a)変位ベクトル図および図7(a-1)に示すように、砂層の傾斜部分で陸側へ変位したため、砂層の液状化により傾斜に沿った変形を示した。一方、3次元解析では全塑性応力を越えることが無く、土留壁は-x方向(海側)へ変形し残留した。全塑性応力を越えないのは、3次元解析においてy方向(2次元解析にとって面外方向)への変形が可能のためである。すなわち、図7(b-2)点3および図10(b),(c)の変位ベクトル図のように、クレーン基礎間でy方向へ変形が許容され、土留め壁の変形が-x方向(海側)への変形が抑制されて、2次元解析と異なるモードを示すからである。

4. おわりに
今回の解析事例において、2次元解析は3次元解析と異なり、面外方向の地盤の変形が拘束される分、特に細粒質粘土層の海側への変形が大きくなるため、土留壁が全塑性応力を越え、設計上安全側の照査となることがわかった。換言すれば、3次元解析は設計上の合理化に繋がることを示唆している。

参考文献: 1) Asaoka et al. All soils all states all round..., International Workshop on..., Hong Kong, China, pp.11-27, 2007. 2) Noda et al.: Soil-water coupled finite deformation..., S&F, 48(6), 771-790, 2008. 3) Asaoka et al.: An elasto-plastic description of two ..., S&F, 42(5), 47-57, 2002. 4) 高稲ら: 軟弱粘性土層を有する..., 第48回地盤工学会研究発表会, 1811-1812, 2013.

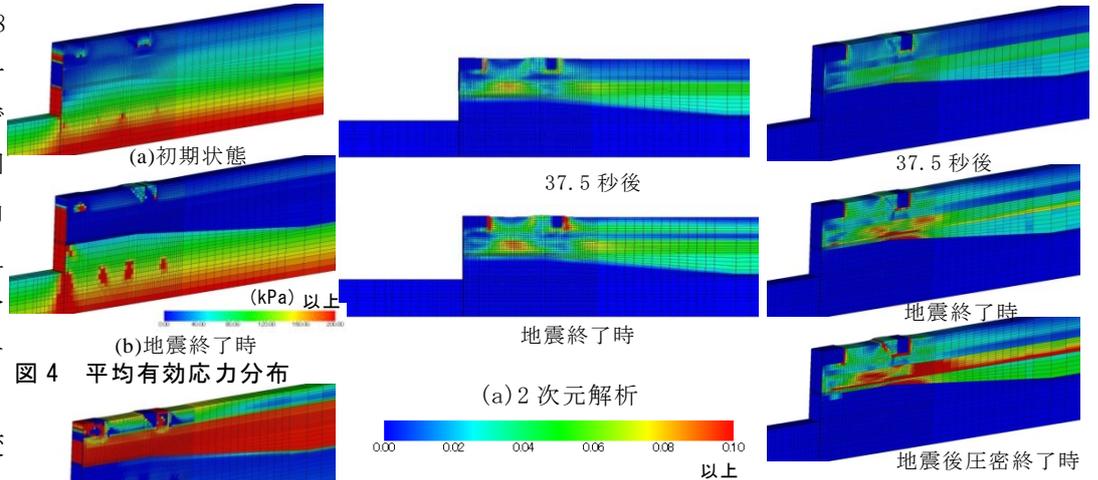


図4 平均有効応力分布

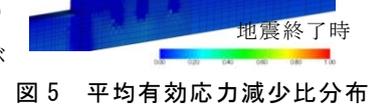


図5 平均有効応力減少比分布

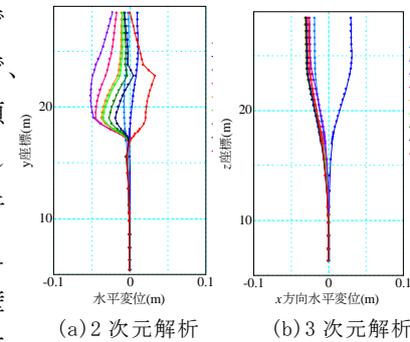


図8 土留め壁の変位

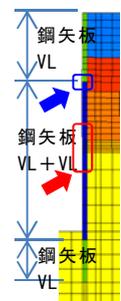


図9 土留め壁の剛性を低減した箇所

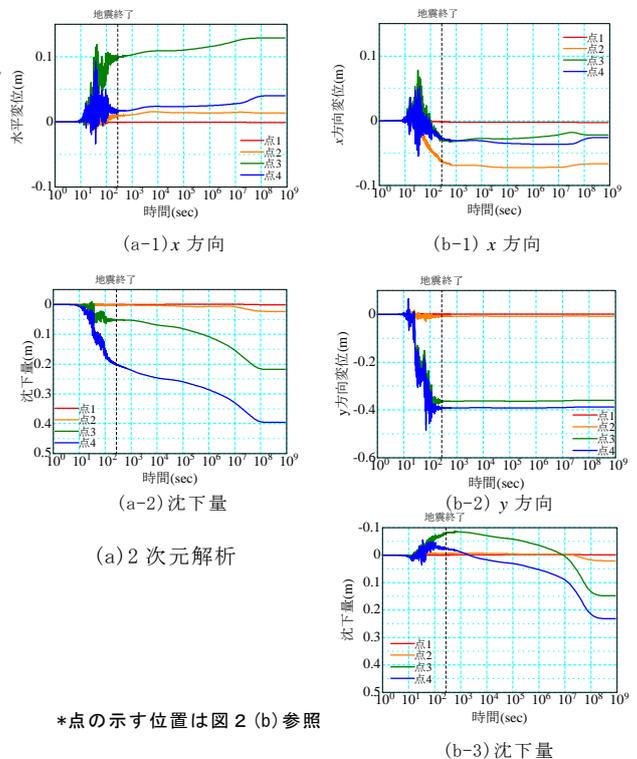


図7 変位・沈下～時間

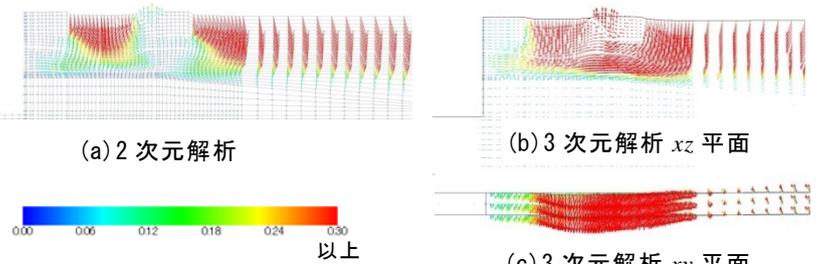


図10 地震後圧密終了時の変位ベクトル図