

遠心载荷実験の再現解析 (COM3)

技術資料IV

密な地盤に埋設された円形立坑模型実験の 三次元材料非線形解析

小委員会幹事

小松怜史 (横浜国立大学)

技術資料のポイントと目次構成

・従前の技術資料は**矩形RC立坑**の挙動解析に関する検討にとどまっていた。
 ⇒**地盤のすり抜け効果**の影響が相対的に大きくなると考えられる**円形立坑**を
 対象に、3次元解析手法の適用性を確認した。

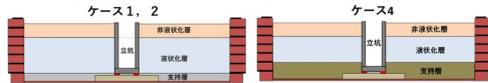
1. はじめに
2. 液状化層を有する密な地盤に埋設された円形立坑遠心模型実験の挙動解析
 - 2.1 解析概要
 - 2.2 解析結果
 - (1) ケース1 (RC模型、岩着)
 - (2) ケース2 (弾性模型、岩着)
 - (3) ケース4 (RC模型、根入れ)
3. 地盤のすり抜け効果の影響範囲に関するケーススタディ
 - 3.1 解析条件
 - 3.2 ケーススタディ結果
 - (1) 円形立坑に作用する土圧の経時変化
 - (2) 立坑に作用する地盤深さ方向の土圧分布
4. まとめ

2章 液状化層を有する密な地盤に埋設された円形立坑遠心模型実験の挙動解析

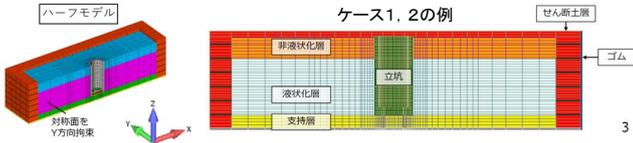
1. 解析概要

(1) 検証ケース

ケース	模型	支持条件	地盤条件	備考
1	非線形 (RC)	岩盤上に設置	成層地盤	基本ケース
2	弾性	岩盤上に設置	成層地盤	非線形模型応答との比較検討
4	非線形 (RC)	岩盤に根入れ	成層地盤	支持条件の影響検討



(2) 解析モデル



2.1 解析概要

地盤物性値

(3) 解析物性値

■ 地盤物性値 (飽和土)

物性	設定値	備考
単位体積重量	0.002 kgf/cm ³	飽和密度
内部摩擦角	53.6°	

■ 設定したパラメータ

物性	設定値	備考
初期せん断剛性	961.6 kgf/cm ²	98kPa相当
せん断強度	1.300 kgf/cm ²	98kPa相当
相対密度	70%	
残留内部摩擦角	50°	
せん断帯幅	0.1cm	
ピークひずみ	0.02	
圧縮可能な体積ひずみ	0.02	

■ 間隙水要素パラメータ

物性	設定値	備考
間隙水の体積弾性係数	22400 kgf/cm ²	2.2GPaから換算
間隙率	0.45	一般値
初期飽和度	1.0	
透過性	53.6 cm ² /s/kgf	k=pg/μ × k ₀ の関係式より k=5.63 × 10 ⁻⁴ m/s (透水試験値) ρ=1 g/cm ³ (一般値) k ₀ /μ=k (透水係数)/pgから算出
液体密度	0.001 kg/cm ³	

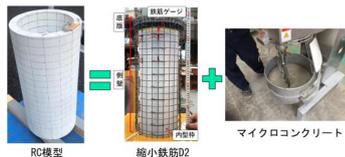
2.1 解析概要

立坑

■ RC要素の物性値

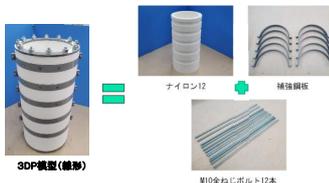
(a) コンクリート

圧縮強度 f_c	293kgf/cm ²
引張強度 f_t	18.0kgf/cm ²
ヤング率 E_c	299300kgf/cm ²
ポアソン比	0.2
単位体積重量 γ_c	0.0025kgf/cm ³



(b) 鉄筋

降伏強度 f_y	3300kgf/cm ²
ヤング率 E_s	1830000kgf/cm ²
引張破断強度	3420kgf/cm ²



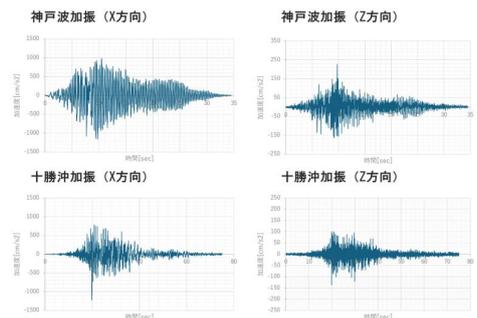
■ 弾性要素

ヤング率 E	313000kgf/cm ²
ポアソン比	0.2
単位体積重量 γ_e	0.0025kgf/cm ³

地盤、立坑(コンクリート、弾性材)は実測値を利用・・・2021年版を踏襲

2.1 解析概要

入力波形

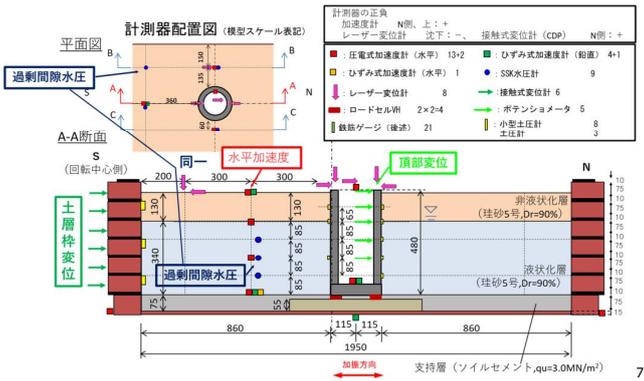


神戸波: 比較的短周期で構造物の固有周期に近く構造物の応答が大きくなると推定される地震動
 十勝沖波: 比較的長周期で継続時間が長く地盤の応答が大きくなると推定される地震動

2.1 解析概要

pp.235~238

(5) 検証項目

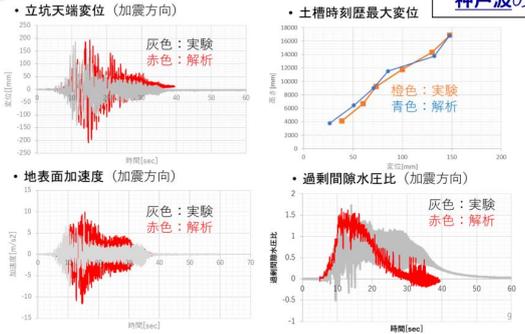


7

2.2 解析結果

pp.236~238

ケース1 (RC)
神戸波の場合



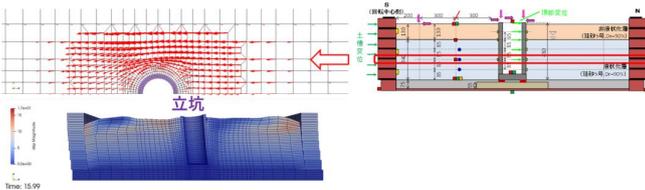
- おおよそ実験結果と解析結果が整合
- 過剰間隙水圧比に関しては、実験同様、過剰間隙水圧比が1.0を超えたものの、解析結果の方が水圧比の下降が実験結果よりも速い。
- 構造物の応答には影響していない

8

2.2 解析結果

pp.236~238

ケース1 (RC)
神戸波の場合



立坑最大応答時の液化化層の深さ中央の地盤の挙動、模型全体の变形(50倍)

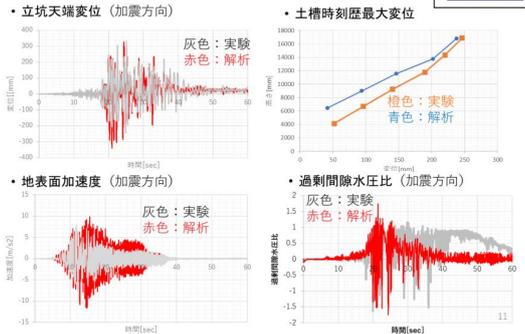
- 立坑の周りを地盤が回り込む様子(すり抜け効果)が見て取れる。

9

2.2 解析結果

pp.236~238

ケース1 (RC)
土勝沖波の場合



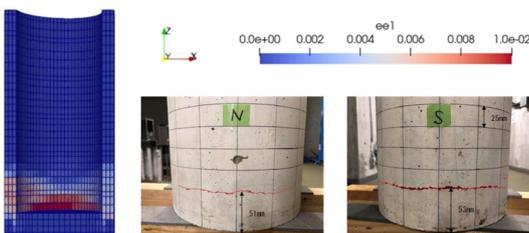
- おおよそ実験結果と解析結果が整合
- 過剰間隙水圧比に関しては、実験同様、過剰間隙水圧比が1.0を超えたものの、解析結果の方が水圧比の下降が実験結果よりも速い。

10

2.2 解析結果

pp.238~239

ケース1 (RC)
土勝沖波の場合



- 底版直上に全断面、曲げひび割れが入っており、解析結果がその状況を概ね表現している

11

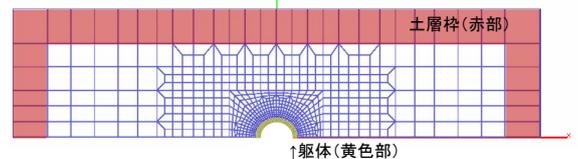
3章地盤のすり抜け効果の影響範囲関するケーススタディ

pp.242

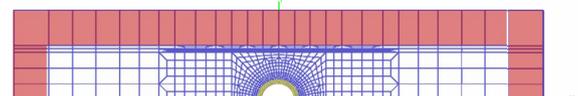
3.1. 解析条件

(2) 解析モデル

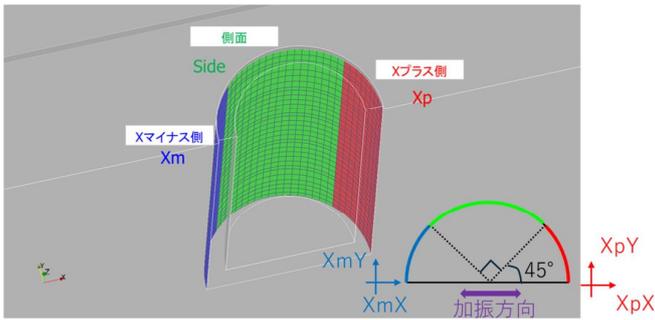
- 1:2.5ケース(実験条件と同じオリジナルモデル)



- 1:1ケース(幅狭ケース)



12



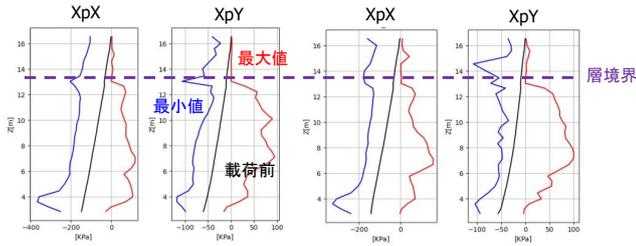
近傍の地盤要素から結果を出力

最大値	XmX[kN]	XmY[kN]	XpX[kN]	XpY[kN]	差分[%]
2.5D_排水	3947	1499	4000	2008	100
1.0D_排水	3280	1499	3464	1923	91

・最大値はあまり差異は生じていない
 ⇒本実験条件であれば、地盤幅の幅は模型幅と同程度以上確保すれば、すり抜け効果を考慮できることが分かった

3.2 ケーススタディ結果

(2) 立坑に作用する地盤深さ方向の土圧分布 (加振方向)



2.5:1モデル

1:1モデル

・いずれの場合も層境界のあたりで土圧分布に大きな変化が生じている。
 ・両モデルでの結果を比較してみると、深さ方向でもおおよそ同じような土圧分布になっている。

4. まとめ

■ 遠心載荷実験の挙動解析

一遠心模型実験を対象としてシミュレーション解析を行い、密な地盤に埋設された円形立坑(RC、弾性)および地盤の挙動を概ね再現することができた。

一過剰間隙水圧比は解析結果も実験同様1.0を上回ったものの、降下過程において解析結果の方が実験結果よりも速い傾向にあった。しかし、構造物の応答に及ぼす影響はわずかであると考えられる。

一数値シミュレーションにおいて、円形立坑周辺の地盤のすり抜け効果が確認できた。

■ すり抜け効果の影響範囲

一本条件であれば、地盤幅の幅は模型幅と同程度以上(1:1)確保すれば、すり抜け効果を考慮できる。

一具体的には、立坑に作用する最大土圧ならびに立坑に作用する地盤深さ方向の土圧分布はいずれの場合も同様であった。