

Ⅲ-B177 乾燥砂地盤中の深い円形立坑に作用する土圧と周辺地盤の変状について

西松建設（株）技術研究所 正会員 萩原敏行 群馬大学工学部 正会員 鶴飼恵三
 西松建設（株）技術研究所 正会員 今村眞一郎 西松建設（株）土木設計部 正会員 藤井利侑
 西松建設（株）技術研究所 正会員 野本 寿

1. まえがき

筆者らは、別報¹⁾において、大深度円形立坑に作用する土圧と周辺地盤の変形挙動を明らかにすることを目的として、乾燥砂地盤中に置かれたプロトタイプ深さ50mの立坑を対象とする遠心模型実験を行った結果について報告した。本報文では、引続き遠心模型実験結果の妥当性を検証するために三次元弾塑性有限要素解析を実施し、比較、考察を行った結果について述べる。

2. 三次元弾塑性有限要素解析の概要

遠心模型実験は、気乾状態の豊浦砂地盤内（相対密度70%）に予め設置した円形立坑を用いて、遠心加速度100Gで実施した。このとき立坑モデルは、プロトタイプ換算で直径（D）12m、掘削深さ（H）50mに相当する。

図-1は、三次元解析に用いた有限要素メッシュを示している。円形断面の1/4部分をモデル化した可動部立坑壁面に相当する節点を、矢印の方向に上下水平に等変位させることで遠心実験をシミュレートした。なお、今回は立坑構造体本体のモデル化は行わず、地盤の変位モードに着目した。解析に用いた入力定数を、表-1にまとめて示す。土の降伏関数と破壊基準には、Mohr-Coulomb式を用い、塑性ポテンシャルはDraker-Prager式を適用した。計算は、平面ひずみ状態でのダイレイタンス角が内部摩擦角に一致する関連流れ則を仮定した。

3. 解析結果ならびに考察

(1) 立坑作用土圧

図-2は、立坑変位に伴う深さ方向の水平土圧分布の変化を示している。深さ方向の土圧分布は、立坑変位の進行とともにBresantsevの解²⁾に次第に漸近し、最終土圧は立坑深さに依存しない形状を示している。立坑底部付近では、解析結果は実験値に比べてやや大きい土圧を与えているものの、二次元のランキン主動土圧とは異なる土圧分布の傾向は、実験、解析とも一致している。

(2) 立坑周辺地盤の破壊性状

図-3は、主動変形後の立坑周辺地盤の破壊領域を、実験値と解析値とで比較した結果を示している。遠心実験から得られた立坑周辺地盤の変形は、立坑壁面から水平方向に約0.35Dまでの領域に局所的に発達している。二次元モデルに見られる直線すべりとは、形状、影響範囲とも明らかに異なり、主動土圧分布の結果とともに三次元効果が認められる。またこの結果は、プロトタイプ深さの異なるこ

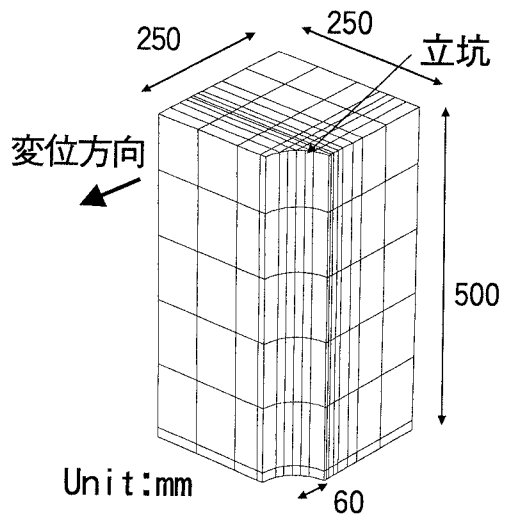


図-1 3次元FEMメッシュ図

表-1 解析に用いた入力定数

弾性係数 E	20 (Mpa)
ポアソン比 ν	0.33
粘着力 c	0
内部摩擦角 ϕ	42 (deg)
ダイレイタンス角 ψ	42 (deg)
土の単位体積重量 γ	14.9 (kN/m ³)
静止土圧係数 K_0	0.33

キーワード：立坑、砂地盤、土圧、変形、遠心模型実験、有限要素解析（連絡先：神奈川県愛甲郡愛川町中津字桜台4054番地、西松建設（株）愛川衝撃振動研究所、TEL:0462-85-7101, FAX:0462-85-7104）

れまでの遠心実験結果^{3), 4)}や、FEM解析より得られた最大せん断ひずみ速度増分の卓越した領域とも概ね対応している。

(3) 立坑周辺地盤の変状領域

近接施工の際に問題となる立坑周辺地盤の変形について、図-3の立坑深さ中央部の変形の卓越した水平距離 X に着目して検討を行った。図-4は、立坑深さ H と X との関係を、今回の実験結果（ $H=50\text{m}$ ）に、筆者らがこれまで同様な実験システムを用いて実施した遠心実験結果（ $H=10, 20, 30\text{m}$ ）^{3), 4)}を併せて示している。影響範囲 X/D は、立坑深さには依存せず、一定値（平均値0.35）をとっていることがわかる。この範囲は、最近の近接施工指針⁵⁾で提案している対数螺旋のすべり形状から推定される影響範囲と比べても約0.3倍と狭い。 $H=20\text{m}$ 、 50m に対して行ったFEM解析の結果も、実験値とほぼ一致している。以上より、立坑周辺地盤の変状については立坑深さよりも、立坑断面が円形であることすなわち三次元効果の方がより影響していることが示唆される。

4. まとめ

深い円形立坑をモデル化した遠心模型実験をシミュレートした三次元弾塑性有限要素解析を実施した。その結果、立坑作用土圧ならびに立坑周辺地盤の変形については、遠心実験結果と解析値とではほぼ一致する結果を得ることができた。また、掘削深さ10mから50mまでの立坑周辺地盤（砂地盤）の変形領域は、立坑深さには依存せず、立坑径の約0.35倍の値として近似できることが明らかにされた。

[謝辞]数値解析の実施ならびにデータ整理について御協力を頂いた、群馬大学工学部 井田 寿朗技官に対し心から謝意を表します。

[参考文献] 1) 今村ら：遠心模型実験による大深度円形立坑周辺の地盤変状の検討、第34回地盤工学研究発表会、1999（投附中）。 2) Berezantsev, V. G.: Earth pressure on the cylindrical retaining walls, Brussels Conf. on Earth Pressure Problems, pp. 21-27, 1958. 3) 藤井ら：乾燥砂中の深い円形立坑周辺地盤の主働時破壊メカニズム、土木学会論文集、No. 541/ -35, pp. 87-98, 1996. 4) 今村ら：遠心模型実験による大深度円形立坑に作用する土圧と周辺地盤の挙動について、根切り・山留め架構の設計、施工に関するシンポジウム論文集、pp. 265-272, 1998. 5) (社)日本トンネル技術協会：地中構造物の建設に伴う近接施工指針，平成11年2月，1999.

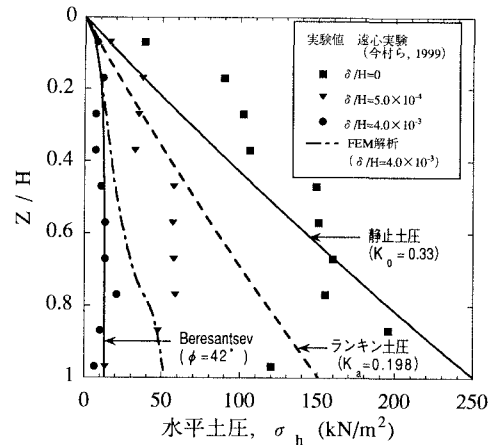


図-2 静止状態から主働状態に至るまでの土圧変化

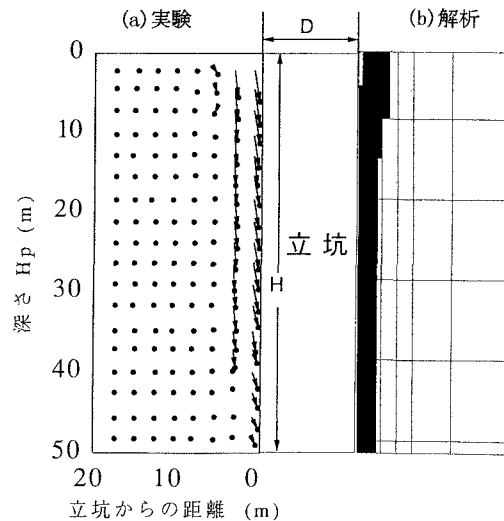


図-3 最終破壊形状の比較

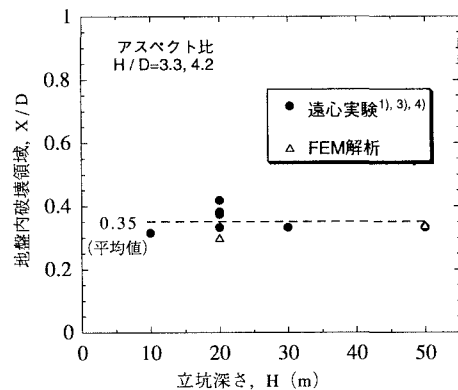


図-4 立坑深さ H と X/D の関係