

Ⅲ-530

乾燥砂中の深い円形立坑の主働時における地盤の破壊性状

西松建設株式会社 正会員 藤井 利侑
群馬大学 工学部 正会員 萩原 敏行

1. まえがき

著者らは、乾燥砂中の深い円形立坑について、主働時の地盤の破壊性状を明らかにすることを目的として遠心模型実験を実施し、弾塑性有限要素解析の結果と比較・考察を行った結果の一部を報告している¹⁾。

本論文では、さらに追加の遠心実験を行い、主働時の立坑周辺地盤の破壊メカニズムについて検討を行った結果を以下に報告する。

2. 遠心模型実験の概要

実験には、表-1に示す物性を持つ気乾状態の豊浦標準砂を使用した。模型地盤は、空中落下により砂をまき出す方法で作成した。模型地盤は、相対密度70% ($\gamma_d = 1.52 \text{ gf/cm}^3$) となるように調整した。なお、実験方法については、別報^{1)、2)}を参照されたい。図-1は、実験システムを示している。立坑の主働破壊時の地盤内の様子をより明確に捉えるために、二つ割りの円形の立坑模型は、片側に8 mmの水平変位を与えられるように改良した。また、土圧計を有する可動側立坑中央部の地盤内には、直径約2 mmの鉛散弾を水平方向に8 mm間隔で深さ25 mmごとに置いた。さらに、その上に厚さ2 mmの色砂層を水平方向に入れた。遠心実験は、直径60 mmの模型立坑を使用し、模型地盤の層厚を200 mm、遠心加速度100 Gの条件（プロトタイプ立坑直径6 m、深さ20 m）で実施した。

3. 実験結果および考察

図-2は、実験後の立坑中央断面の破壊形状を示している。すべりは、立坑底端部より発生しており、二次元の破壊形状と比べて立坑付近により局所的に発達し、底面でのすべり角も大きい特徴を示している。また、すべり面付近の色砂の様子から、立坑上部では立坑に沿ってほぼ等間隔で下方へ剛体的にすべり、深部では立坑下端に向かってすべっていることが推察される。この破壊形状は、日下部の提案する $\phi=0$ の粘性土中の軸対称掘削時の破壊メカニズム³⁾とほぼ等しくなっている。

図-3は、図-2のすべり線を軸対称の弾塑性有限要素解析の結果から得られた、最大せん断ひずみ速度の分布（相対値）と比較したものである。解析結果の破壊形状は、主働土圧分布の比較結果²⁾の場合と同様に、遠心実験により得られた破壊形状と良く一致していることがわかる。

表-1 豊浦標準砂の物性

比重	G _s	2.66
平均粒径	D ₅₀	0.18 mm
最大間隙比	e _{max}	0.98
最小間隙比	e _{min}	0.60
内部摩擦角 (ϕ) ($\gamma_d = 1.52 \text{ gf/cm}^3$)		42.0°

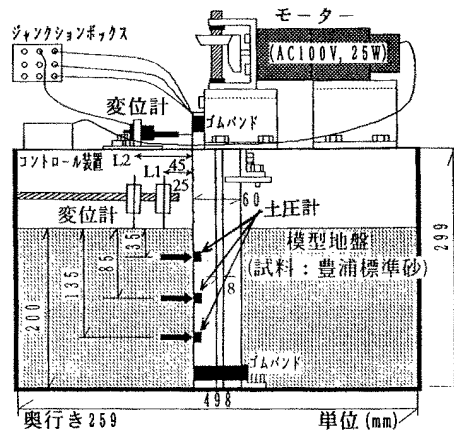


図-1 遠心実験システム

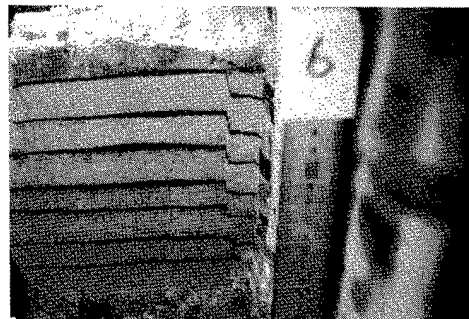


図-2 中央断面の破壊性状

図-4は、図-2のすべり線付近での色砂のすべり角度 β の変化を、立坑深さとの関係としてまとめたものである。 β は、深さ10 m付近まではほぼ一定値を保っているが、10 m以深では深さと共に次第に減少し、底部付近では急減している。図中には、比較のために解析より得られたすべり線での、変位ベクトルの方向より求めた結果も示した。解析結果の β 値は、実験値とは異なるものの、深さ方向の分布には定性的な一致が認められる。

主働土圧分布の結果からは、深さ10 m付近を境に、それまで深さ方向にほぼ一定であった土圧が、直線的な増加傾向となることが、解析ならびに実験結果により確認されている¹⁾。これらの結果は、前述で仮定した破壊メカニズムの特徴を裏づけているものといえる。

図-5は、プロトタイプ深さ13.8 mでの地盤内水平方向の応力（鉛直応力： σ_v 、接線応力： σ_t 、水平応力： σ_r ）の分布を示している。実験のデータポイント数は少ないものの、 σ_r の結果は、遠心実験の計測値と解析結果とで概ね対応している。また、 σ_r がピーク値をとる位置は、解析のすべり線位置とほぼ一致している。以上より、水平方向地盤内の応力状態の変化は、地盤の破壊性状と対応していることが明らかにされた。

4. まとめ

遠心模型実験により、乾燥砂中の深い円形立坑の主働時における地盤の破壊形状を捉えることができた。また、遠心実験より得られた破壊形状と地盤内の応力分布は、軸対称の弾塑性有限要素解析の結果と良好な一致を示し、さらに土圧分布と破壊メカニズムとの間の相関性が明らかにされた。

参考文献

- 1) 藤井利侑・萩原敏行：乾燥砂中の深い円形立坑の主働時破壊性状、第30回土質工学研究発表会、1995（掲載予定）。
- 2) 藤井利侑・萩原敏行・石橋 貢・田口 敦：乾燥砂中の深い円形立坑に作用する土圧の遠心模型実験と有限要素解析、土木学会論文集、No. 475/Ⅲ-24, pp. 109-117, 1993.
- 3) Kusakabe, O.: Stability of excavations in soft clay, Ph.D thesis, Cambridge University, 1982.

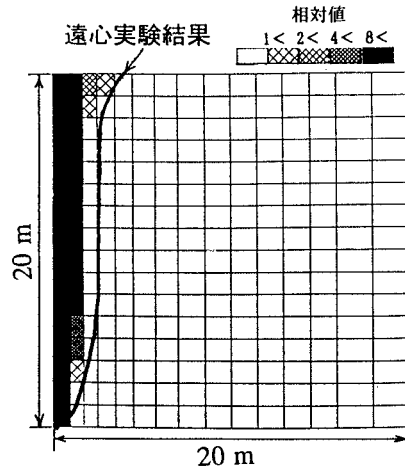


図-3 すべり形状の比較

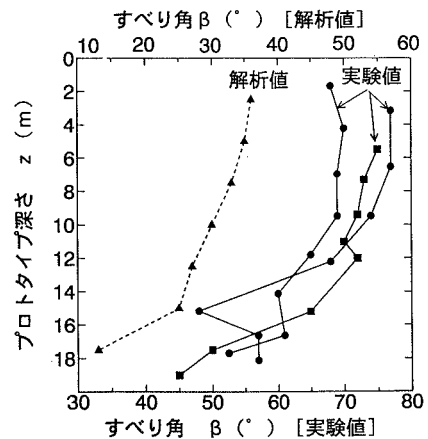


図-4 すべり角度と立坑深さとの関係

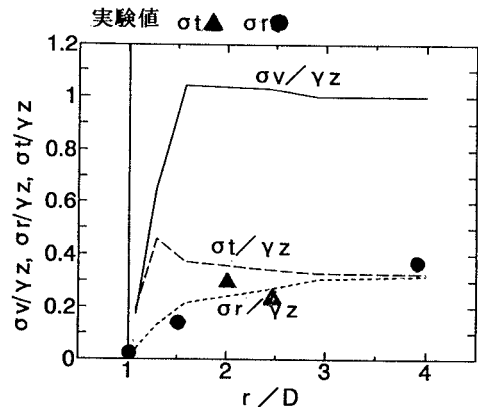


図-5 地盤内の応力分布（プロトタイプ深さ13.8m）