施工過程を考慮した弾塑性有限要素解析による深い円形立坑に作用する土圧の検討

西松建設技術研究所	正会員	萩原 敏行	西松建設(株)	正会員	藤井	利侑
西松建設技術研究所	正会員	今村眞一郎	群馬大学工学部	正会員	鵜飼	恵三
			群馬大学工学部	正会員	蔡	飛

<u>1.まえがき</u>

筆者らは、深い円形立坑に作用する土圧ならびに周辺地盤の変形挙動を明らかにするために、これまで遠心模型実験とFEMによる数値解析手法により継続的な検討を行ってきている¹⁾。本論文では、施工過程を考慮した深い円形立坑の弾塑性有限要素解析により、既往の立坑掘削を模擬した遠心模型実験の数値シミュレーションを行い、比較考察した結果について以下に報告する。

<u>2. 弾塑性 FEM 解析の概要</u>

図 - 1 は、上野らの行った円形立坑の掘削過程をシミュ レートした遠心模型実験で採用した実験システムである²⁾。 遠心実験は、空中落下法で作成した豊浦砂地盤中に外径 48mm、高さ 180mm の模型円形立坑を設置し、遠心加速度 を 100G まで上げ、立坑内の試料を吸引装置により徐々に排 出して掘削過程を再現した。模型立坑の材質は銅とアクリル を使用し、立坑壁厚を変化させて立坑剛性の影響を調べた。 本研究では、この実験を弾塑性 FEM により忠実にシミュレ ートすることを試みた³⁾。図 - 2 は、解析に用いた有限要素 メッシュ図である。解析は、図 - 1 に示した実験条件をでき る限り忠実に再現した軸対称解析により行い、5 ステップで 立坑部分に相当するメッシュを取り除き掘削過程を再現した。

解析に用いた入力定数は、表 - 1 に示す通りである。砂 の弾性係数 E の値は、本解析で想定するひずみレベルを考 慮し、表中に示した初期せん断弾性係数を与える式から仮定 した。土の降伏関数と破壊基準にはMohr - Coulomb 式を、 塑性ポテンシャルには Draker - Prager 式をそれぞれ適用し た。また本解析では、ダイレイタンシー角を 9.5°とした。

3.解析結果および考察

(1) 立坑掘削に伴う立坑作用ひずみの変化

図 - 3 は、掘削に伴う立坑作用ひずみの変化を示してい る。ここで、z/R(z:立坑深さ、R:立坑半径)の値は、

材料定数	豊浦標準砂	シャフト			
ヤング係数 , E	а	129 GPa [⊳]			
ポアソン比 ,	0.26	0.35			
単体重量,	15.68 kN/m ³				
粘着力 , c	0.0 kPa				
内部摩擦角 , $m{f}$	40.5°				
ダイレイタンシー角 , $old y$	9.5 °				
^a 豊浦標準砂: $G = 800 \frac{(2.17 - e)^2}{1 + e} Pa \left(\frac{\mathbf{s}_m}{Pa}\right)^{0.5}$ により					
^b ただし,OE30AC: E=3.12 GPa					









キーワード:立坑、有限要素法、土圧 連絡先:〒243-0303 神奈川県愛甲郡愛川町中津 4054、西松建設(株)愛川衝撃振動 研究所、TEL:046-285-7101, FAX:046-285-7104) 掘削段階を表している。掘削の進行に伴いひずみの発生位置 は、一定のひずみ増加率でより深い位置へと変化している。 一方、未掘削の位置ではほとんどひずみは生じていない。図 中にプロットで示した遠心実験結果も、各段階で生じるひず みレベルを含めて解析結果とほぼ一致している。以上の結果 から、今回の弾塑性FEM解析により、立坑施工過程をモデ ル化した遠心模型実験を良好に再現できたことがわかる。

図 - 4 は、最終掘削時の深さ方向の土圧分布を実験値と 比較した結果を示している。2次元ランキン土圧を中心に分 布した解析結果の土圧は、いずれの立坑剛性でも実験値に比 べて大きくなっている。しかしながら立坑剛性による土圧の 大小関係、すなわち立坑剛性が大きい程主働土圧も大きい傾 向は一致している。このことは、z/R=1.88、3.14の立坑深さ 位置での立坑剛性による土圧変化をまとめた図 - 5から明瞭 に示される。

実験値と解析値との相違の理由の一つは、上野らの遠心実 験では、立坑作用土圧を土圧計による直接計測ではなく、立 坑の表面に貼ったひずみゲージの出力値から推定しているた めと考えられる。

また図 - 4 内には、今村ら⁴⁾によるプロトタイプ高さ 20 mの剛な円形立坑の片側を平行移動させて小型土圧計で直接 計測した遠心実験結果(相対密度 70%の気乾豊浦砂地盤、 立坑変位レベル /H=2×10⁴, 立坑の変位、H:立坑高さ) を比較のためにプロットしている。実施工の立坑変位レベル に相当する /H での実験結果は、剛性の高い施工過程を考 慮した今回の解析結果(OE5050のケース)とほぼ一致する。 4.まとめ

施工過程を考慮した深い円形立坑の弾塑性有限要素解析により、既往の立坑掘削を模擬した遠心模型実験の数値シミュレーションを行った。その結果、立坑作用土圧については、 解析により実験結果をほぼ予測できることが確認された。

今後は、立坑周辺地盤の変形挙動についても比較検討を行う予定である。

謝辞:本研究をまとめるにあたり、徳島大学工学部 上野勝 利講師には、貴重なご意見ならびに遠心模型実験データを提 供して頂いた。記して感謝の意を表したい。

[参考文献]

- 1) 例えば、萩原ら(1999): 乾燥砂中の深い円形立坑に作用 する土圧と周辺地盤の変形について、第54回土木学会 年次講演会講演概要集(部門) pp.354-355.
- 2) Ueno, K., Yokoyama , Y., Ohi, A. and Fujii, T.(1996):Earth pressures acting on flexible circular shafts in sand, Proc. of Geotechnical Aspect of Underground Construction in Soft Ground (edited by Mair and Taylor),pp.237 - 242.
- 3) 萩原ら (2000): 弾塑性有限要素解析による深い円形立 坑の施工過程シミュレーシン、第34回地盤工学研究発 表会、(投稿中).
- 4) Imamura, et al.(1999):Earth pressures acting on a deep circular shaft and the movements of adjacent ground in sandy ground, Proc. of IS-Tokyo 99 (to appear).

