# 大深度立坑の掘削に伴う岩盤の力学的影響について

福島工業高等専門学校 正会員 〇林 久資

## 1. 背景と目的

わが国では、原子力発電から生じる高レベル放射性廃棄物は、 深度 300m 以深の地層中に処分される.日本原子力研究開発機構 による幌延深地層研究計画では、新第三紀堆積岩に立坑と水平 坑道からなる地下研究施設を建設し、同施設を利用した地層処 分に関連する技術の信頼性向上のための研究開発が進められて いる.同計画にて、深度 350m 以深の立坑掘削に伴って実施され る立坑掘削影響試験に対して、その試験結果の評価に資するた めに、深度 370m 付近における立坑掘削を想定して数値解析を実 施した.本論では、その解析結果のうち、立坑周辺に及ぶ力学 的影響について述べる.

### 2. 解析条件

解析には、FLAC3D ver.4.0を用いた.地山モデルは、横幅40m, 奥行き 80m, 深さ 80m とし、本モデルの横幅方向を幌延深地層 研究所の南北方向と、奥行き方向を東西方向と対応させた. 立 坑の内径は 6.5m とし、覆エコンクリートの厚さは設計厚さ 40cm に 20cm の余掘りを考慮し、直径 7.7m の円形断面を掘削し、そ の内側に 60cm の覆エコンクリートを設置した.立坑断面は半断 面をモデル化した.地山モデルの境界条件は、モデル南北面の 要素は南北方向を拘束、モデル東西面の要素は東西方向を拘束、 モデル底面は深さ方向を拘束し、モデル上端は自由境界とした.

本解析モデルは深度 330~410m 地点を対象とし, 幌延深地層 研究所の立坑掘削のために設定された岩盤区分<sup>1)</sup>の CM-H(Hr)に 対応する入力定数を設定した(表-1).地山は, FLAC3Dの構成 要素のソリット要素で模擬し,弾性体の挙動を呈するものとし た.覆エコンクリートはソリット要素でモデル化し,設計基準 強度 30MPa のコンクリートを模擬した(表-1).鋼製支保工は, ビーム要素で模擬し, SS400, H-150 を使用した(表-1).

解析手順は、まず地山の初期応力解析を行った.本地山モデ ルは深度 330m~410m 地点を模擬するため、モデルの最上部に 330m 分の土かぶりを想定した上載荷重を設定した.さらに、幌 延深地層研究所の立坑が掘削される地山には側圧の方位依存性 が確認されているため<sup>1)</sup>、立坑の鉛直方向の初期応力は、土か ぶり高さと地山の単位体積重量を関したものを、水平面内の初 期応力は、南北方向は鉛直方向の初期地圧を 0.9 倍(最小主応 力方向)、東西方向は鉛直方向の初期地圧を 1.3 倍(最大主応力 表−1 解析入力定数

地山 CL-M(	Hr)				
単位体積重量		弹性係数		ポアソン比	
18.5kN/m <sup>2</sup>		2000MPa			0.186
覆エコンクリート (設計基準強度 60MPa)					
ヤング係数			ポアソン比		
材齢により変化			0. 2		
鋼製支保工 SS400, H-150					
ヤング係数	ポアン	ノン比	断面積	Ē	断面二次 モーメント
210GPa	GPa 0.3		39. 65cm	2	$1620 \text{ cm}^4$





キーワード 立坑,ショートステップ工法,数値解析

連絡先 〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30 TEL 0246-46-0821

方向)したものを設定した.初期応力解析を行った後は,立坑の掘削および支保工等の設定を行った(図-1).

## 3. 解析結果·考察

図-2 に、立坑の内空方向が初期応力状態の最小主応力方向と なる南北壁面における、深度 370m、371m、372m の変位履歴曲 線を示す.本解析では、覆エコンクリートは深さ方向に 2m 一括 打設をするため、深度 370m は覆エコンクリートの上端部、同 371m はその中間部、同 372m は下端部にあたる.同図において、 3 地点における曲線がほぼ同様の結果を示しており、深度 390m まで切羽が到達すると約 10mm の変位が生じることが分かった.

また,立坑の内空方向が初期応力の最大主応力方向となる東 西壁面での3つの深度の変位履歴曲線(図-3)に着目すると,3 地点の変位履歴はほぼ同様であった.さらに,切羽が深度390m に到達したときの変位は約23mmであった.これらの結果より 南北・東西壁面どちらも,覆エコンクリートの地点の違いによ って変位履歴には差異は見られなかったため,覆エコンクリー トの打設位置が壁面の変位に及ぼす影響は少ないと考える.ま た,立坑の内空方向が初期応力の最小主応力方向より,最大主 応力方向の方が深度390mに切羽が到達したときの変位が2.3倍 程度大きかった.

次に、東西方向壁面の変位が増大したメカニズムを解明する ために、立坑周辺地山の応力について着目する.図-4に、深度 370m における立坑の南北方向壁面より外側の地山応力分布を 示す.立坑からの距離0m地点(立坑岩盤壁面)および立坑から 0.5D (Dは掘削径 (7.7m))地点において、どちらも最大主応力 方向が接線方向、最小主応力方向が内空方向であることがわか った.また、岩盤壁面での主応力差は18.5MPa、壁面からの距離 0.5D地点での主応力差は5.9MPaであった.

図-5に示す深度370mにおける立坑の東西岩盤壁面より外側の 応力分布では、立坑岩盤壁面および壁面から0.5D離れた地点に おいて、最大主応力方向が接線方向、最小主応力方向が内空方向 であることが分かる.さらに、岩盤壁面での主応力差は、8.8MPa、 立坑から0.5D離れた地点の主応力差は2.2MPaであった.

図-4 と5より,立坑の内空方向が初期応力の最小主応力方向 となる南北壁面周辺地山の方が東西壁面周辺地山よりも主応力 差が増大することがわかった(特に接線方向応力が増大).つま り,南北壁面周辺地山は,主応力差や接線方向応力が増大するこ とで東西方向に押し潰されるような応力状態となり,東西方向に 細長い楕円体のような変形が立坑に生じたものと考察する.



#### 参考文献

1)津坂仁和他:ショートステップ工法による立坑掘削に伴う支保部材の力学挙動に関する研究,土木学会論文集 F1, Vol.68, No.1, pp.7-20, 2012.