

コンクリート支保の劣化を考慮したニアフィールドの長期力学的挙動の検討 (その2)

—処分坑縦置き方式における解析的検討—

(株)竹中土木

正会員○西村 繭果

(株)竹中工務店

正会員 重野喜政, 高治一彦

日本原子力研究開発機構

正会員 棚井憲治

1. はじめに

本論文では、既往のニアフィールドの長期力学連成解析手法¹⁾について、その1で示した支保劣化モデルを導入して処分坑縦置き方式における解析を行い、支保の劣化挙動の影響を検討する。

2. 解析条件

図1に解析モデルと諸条件として岩盤掘削前の初期応力分布、排水境界および境界条件を、表1に各材料の構成モデル、表2, 3に連成解析における材料物性を示す。初めに処分坑道と処分孔の掘削解析により岩盤と支保の掘削後の応力を求め、次に人工バリア、埋め戻し材を設置して処分場閉鎖後1万年を対象期間とするニアフィールドの長期力学連成解析を行う。連成解析においては、緩衝材とオーバーパックスの自重を考慮し、オーバーパックスは表2に示す条件で腐食膨張させる。緩衝材と埋め戻し材は $t = 0$ yで飽和が完了しているものとする。支保は、その1で示した劣化モデルで硬化係数 $H = G_0 / 2000$ としたケース (Case1) と、比較のため弾性体と仮定した劣化を考慮しないケース (Case2) の2ケースを想定し

て解析する。解析コードにはMuDIANを用いた。

表1 各材料の構成モデル

材料	坑道掘削解析 処分坑掘削解析	長期力学挙動解析
岩盤	Mohr-Coulomb モデル	コンプライアンス可変型構成方程式
緩衝材・埋め戻し材		関口-太田モデル
コンクリート支保	弾性モデル	劣化モデル

表2 材料物性¹⁾ (岩盤, 支保, オーバーパックス)

材料	岩盤		支保		オーバーパックス	
	密度	1.890 Mg m ⁻³	密度	2.2 Mg m ⁻³	密度	6.63 Mg m ⁻³
弾性係数	2.500 MPa	初期等価弾性係数	3.400 MPa	弾性係数	210,000 MPa	
一軸圧縮強度	16.3 MPa	ポアソン比	0.2	ポアソン比	0.3	
ポアソン比	0.186	初期圧縮強度	30.5 MPa	【腐食膨張の仮定条件】 ・腐食により体積は3倍に膨張 ・膨張変形は相似形を保つ ・4750年間で厚さ190mmが全腐食 ・t=50yから腐食膨張開始		
粘着力	5.2 MPa	最終圧縮強度	0.305 MPa			
内部摩擦角	25.0 °	劣化を律する係数	0.001 y ⁻¹			
引張強度	1.63 MPa	内部摩擦角	0 °			
n ₀	30	硬化係数 (Case1)	G ₀ /2000			
m	20					

表3 材料物性¹⁾ (緩衝材・埋め戻し材)

関口-太田モデル		緩衝材	埋め戻し材
乾燥密度	Mg m ⁻³	1.60	1.80
ケイ砂混合率	wt %	30	60
圧縮指数	λ	0.117	0.066
膨潤指数	κ	0.043	0.025
ポアソン比	ν	0.117	0.3
限界状態パラメータ	M	0.63	0.49
二次圧密係数	α	1.0 × 10 ⁻³	1.0 × 10 ⁻³
初期体積ひずみ速度	β ₀	1.02 × 10 ⁻⁸	1.02 × 10 ⁻⁸

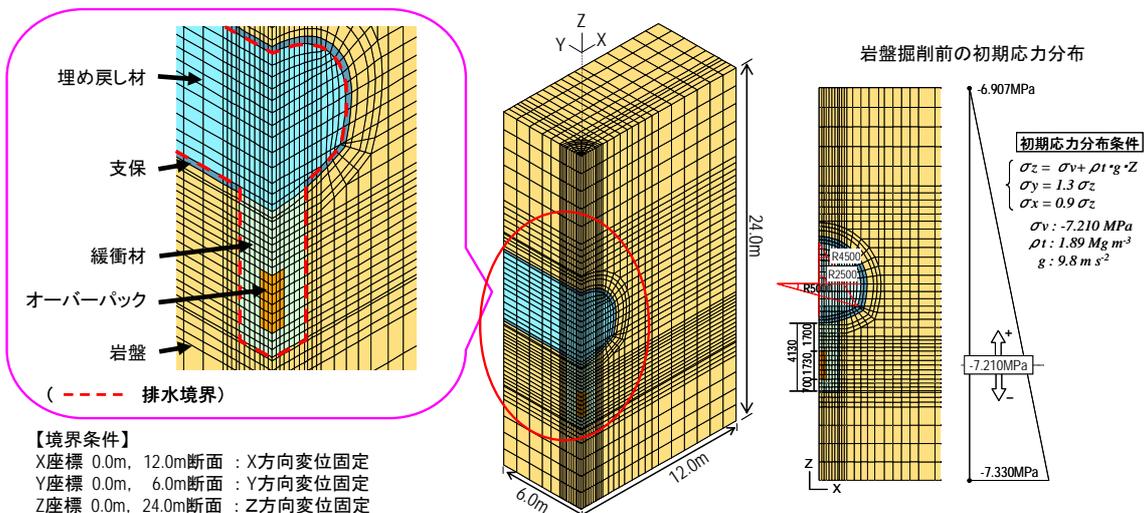


図1 解析モデルと諸条件

キーワード：放射性廃棄物, 人工バリア, 支保劣化モデル, ニアフィールド長期力学連成解析

連絡先：〒136-8570 東京都江東区新砂1-1-1

TEL:03-6810-6200 FAX:03-6660-6304

3. 解析結果

図2に Case1 における支保の劣化挙動として、コンクリート支保の相当応力と圧縮強度の経時変化を示す。図より、劣化により支保の圧縮強度は時間とともに低下し、 $t = 800$ y 頃に支保の相当応力と同程度となって塑性化する。降伏後の相当応力は劣化の進展に伴って低下するが、硬化係数の影響により $t = 1,000$ y 頃からある程度強度が回復する。

図3に緩衝材 / 岩盤境界部の変形量を示す。 $t = 1,000$ y 頃までは両ケースでほぼ同様の変形挙動を示すが、その後は支保劣化の有無によって徐々に変形挙動が異なっていき、1 万年後において Case1 の処分孔口 ($H=4.5$ m) における変形量は支保劣化により 10mm 程度増大する結果となった。

図4に1 万年後における緩衝材と埋め戻し材の破壊接近度コンターを示す。支保劣化を考慮した Caes1 では、処分坑道内の埋め戻し材の破壊接近度が Case2 よりも高く、特に支保近傍においては劣化による変形に伴って軸差応力が増大し、破壊に近い状態にあることが確認できる。

図5に Case1 の XZ 断面における岩盤応力分布を示す。岩盤クリープによって早い段階で孔壁近傍の応力は低下し、周方向、半径方向ともに時間の経過に伴って応力緩和が広がって変形が奥行き方向に進行する。最終的には応力緩和領域は Case1 の方がやや広くなる。

4. まとめ

支保の劣化をモデル化した処分孔縦置き方式におけるニアフィールド長期力学連成解析を行った結果、支保の降伏後の挙動が岩盤、緩衝材および埋め戻し材の変形や応力状態に顕著な影響を及ぼすことが明らかとなった。本検討では降伏関数として便宜的に Tresca モデルを用いたが、ニアフィールドの力学的挙動評価においては、支保の劣化挙動を適切にモデル化して連成解析に導入することが重要といえる。

今後は実現象に即した劣化モデルの構築を目的として、劣化コンクリートの降伏後の性状や破壊における拘束効果を把握するために力学試験データを蓄積する必要がある。

参考文献

- 1) 西村, 棚井, 高治, 重野, 下河内: ニアフィールドの長期力学連成解析手法の構築, JAEA-Research 2007-004, 2007

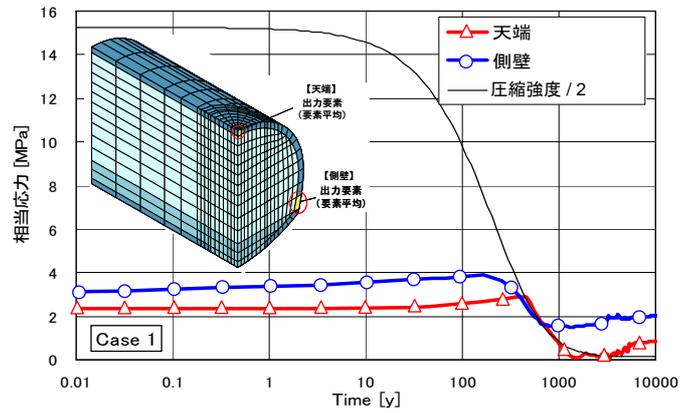


図2 相当応力と圧縮強度の経時変化 (Case1)

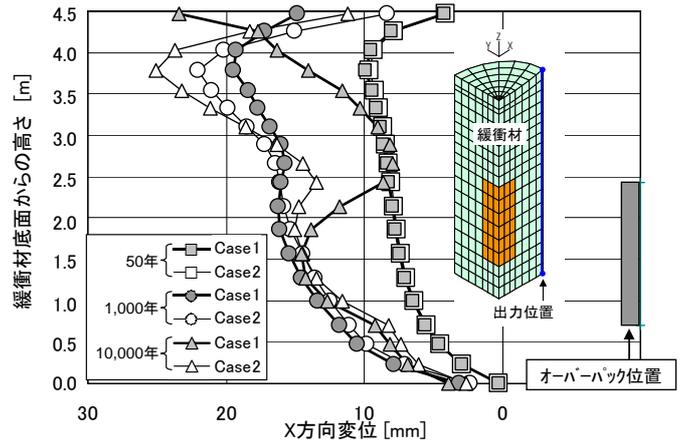


図3 緩衝材/岩盤境界部の変形量

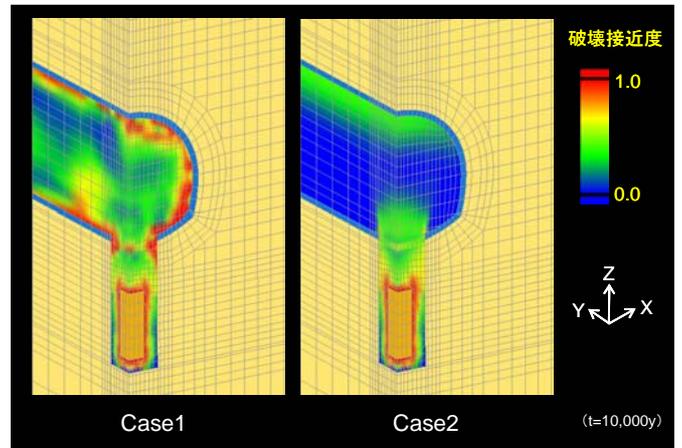


図4 破壊接近度コンター図

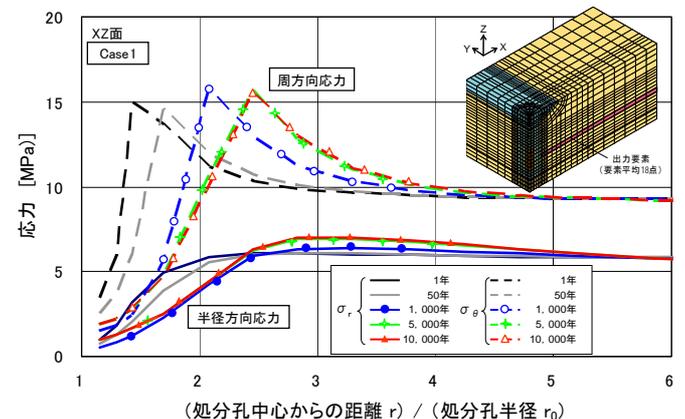


図5 XZ断面における岩盤応力分布 (Case1)