緩衝材長期挙動構成モデルの検討(その2)

オーバーパックの腐食膨張と自重沈下を同時に考慮した緩衝材の長期挙動解析

㈱竹中工務店 正会員 重野喜政,高治一彦 非会員 並河努 核燃料サイクル開発機構 非会員 油井三和 正会員 平井卓

1. はじめに

アシステムの一つである緩衝材には,長期間の力学的 食し,腐食生成物により体積が3倍膨張すると仮定す 安定が求められる.緩衝材には,オーバーパックの腐 食膨張および自重沈下,周辺岩盤の変形等による外力 が作用すると考えられている.核燃料サイクル開発機 構第2次取りまとめにおいて,これらの外力に対する 検討が行われたが¹⁾, いくつかの課題を残している. 本論文では、これらの課題の中から、オーバーパック 粘性パラメータに関しても、「その1」で示した計算式 の腐食膨張と自重沈下を同時に考慮した評価と,想定 により換算する.透水係数は,第2次取りまとめで提 しうるパラメータの範囲を考慮したパラメータスタデ 案された乾燥密度との関係式を用いて変動させる¹⁾. ィを取り上げ検討する.

2. 解析方法

第2次取りまとめと同様に,オーバーパックの腐食膨 を図2に示す.いずれのケースにおいても,オーバー 張を強制変位で表わす場合1),直接的には不可能であ パックの大規模な沈下は発生しておらず,オーバーパ を与える節点の反力を求め,次にこの反力と自重を外 終変位は,18.67cm~19.00cmである.膨張のみの場 力とする解析を行うことにより,両者を同時に考慮し 合は18.48cmなので,自重の作用により付加される変 た解析を可能とする.

数は、「その1」での検討からCs=0.16とCs=0.092の間 については、後に応力状態により確認する. での適合性が高いと判断されることから,これらの2 ケースを検討対象とする.全4ケースのケース番号を ど見られない.また,膨潤指数の変動による差異も, 図2中の表のように定める.使用する解析コードは「そ 変位量全体からみた場合ごくわずかである.最終変位 の1」同様MuDIANである.

3. 解析条件

界条件を図1に示す.対称性から軸対称モデルとする. 張に伴い発生するせん断力によってダイレイタンシー 周辺岩盤は変形しないと仮定し,緩衝材周辺を固定境による塑性体積ひずみが発生するが,圧縮指数は全ケ 界条件とする.モデルの側面および,上下面は排水境 ース共通であることからCs=0.092におけるダイレイ

界とする.第2次取りまとめより,オーバーパックは, 高レベル放射性廃棄物の地層処分における人工バリ 厚さ190mmの全量が4,750年間に渡り一定の速度で腐 る¹⁾.この場合,最終的な膨張量は18.48cmとなる.解 析期間は1万年とする.解析に用いる物性を表1に示す. 粘性パラメータは、「その1」の設定に従い、初期体積 ひずみ速度に関しては,オーバーパックから排水境界 までの距離を用いて換算している.足立・岡モデルの 初期膨張圧は第2次取りまとめ同様0.5MPaとする¹⁾.

4. 解析結果

オーバーパックの腐食膨張と自重沈下の同時解析は,オーバーパック底面におけるz方向変位の経時変化 る.そこで,始めに腐食膨張のみの解析から強制変位 ック膨張終了後の変位はほとんど変動していない.最 位量は0.33cm~0.52cmである.オーバーパック膨張 緩衝材には一般の粘土に用いられる弾粘塑性モデル 終了後の変位がほとんど変動しないのは,次の理由に の適用が可能であり²⁾,「その1」と同様に構成モデルよると考えられる.(1)緩衝材が全体的な破壊に至って に関口・太田モデル³⁾と足立・岡モデル⁴⁾を用い,膨潤 いない,(2)オーバーパックに作用する節点力と比較し 指数(Cs)に対するパラメータスタディを行う.膨潤指 て,オーバーパックの自重による影響が小さい.(1)

最終変位量に対する構成モデル間の差異は,ほとん 量で比較した場合,両モデルともCs=0.092での変位量 が大きく,関口・太田モデルでは0.21cm,足立・岡モ 竪置き方式を解析対象とする.解析モデルおよび境 デルでは0.12cmの差がある.オーバーパックの腐食膨

キーワード:放射性廃棄物,ベントナイト,力学特性,数値解析,弾粘塑性モデル,構成則 連絡先:千葉県印西市大塚1-5-1 竹中技術研究所 Tel:0476-47-1700 Fax:0476-46-6688

タンシーが大きくなり,変位量が大きくなる.

図3にSO_c1における 膨張終了時の応力比(q/p)を限 界応力比Mで割った値のコンター図を示す.この値は1 に近いほど限界状態に近いことを示す.オーバーパッ ク周辺部で応力がほぼ限界状態にあるが、オーバーパ ック周辺部以外は比較的健全であり,全体的な破壊に は至っていない .図4にSO_c1におけるオーバーパック 直下要素の応力パスを示す.図中のg1~g4は,要素内 のガウス点を示す.オーバーパックに近い点は,引張 により限界状態線の上側で膨脹かつ軟化し,ほぼ限界 状態にあるが,遠い点では圧縮により硬化している. 周辺岩盤に隣接する要素における半径方向の有効応力 ('r)の経時変化を図5に示す.応力の最大値は1.6MPa 程度であり,この応力に相当する圧力が周辺岩盤に作 用する.足立・岡モデルでは,関口・太田モデルに比 べて膨張終了付近における粘性の影響が大きく現れて いる.これは,構成則に時間を陽に含む関口・太田モ デルにおいて,粘性の影響が小さく見積もられている ことが原因であると考えられる.また,膨潤指数が大 きいケースにおいて,応力が大きくなっている.

5. まとめ

関ロ・太田モデルと足立・岡モデルを用いて,オー バーパックの膨張と自重沈下を同時に考慮した緩衝材 の長期挙動解析を行い次の結果を得た.(1)緩衝材の全 体的な破壊によるオーバーパックの大幅な沈下は見ら れなかった.(2)周辺岩盤に対する応力は,最大で 1.6MPa程度であり,膨潤指数が大きいほど応力は大 きくなる.(3)応力で見た場合,足立・岡モデルは関ロ・ 太田モデルと比較して,膨張終了時付近における粘性 の影響が大きく現れる.

本論文では,膨潤指数に対するパラメータスタディ を行ったが,粘性パラメータによる影響も大きい.-部粘性パラメータの検討を進めているが,粘性パラメ ータの設定には,より長期の圧密試験およびクリープ 試験のデータを取得することが必要である.また,今 後周辺岩盤の挙動も含めた検討も必要である. 参考文献

1)核燃料サイクル開発機構:わが国における高レベル放射性廃棄 物地層処分の技術的信頼性 地層処分研究開発第2次取りまとめ分 冊2 地層処分の工学技術,1999

2) 並河他: 圧縮成型ベントナイトの力学挙動に対する弾粘塑性モ デルの適用性に関する研究, 土木学会論文集技術ノート, 投稿中 3) Sekiguchi,H., Ohta,H.: Induced anisotropy and time dependency in clays. *Proc. 9th ICSMFE*, special session9, pp.229-237,1997

4) 岡二三生:地盤の粘弾塑性構成式,森北出版,pp.44-62,2000



図5 周辺岩盤と隣接する要素の半径方向の有効応力(',)