

余裕深度処分における底部ベントナイト層の現場施工に関する検討（その2）

－事後調査報告（注水試験，平板載荷試験）－

大成建設(株) 正会員 ○木ノ村 幸士, 山本 卓也, 石井 裕泰
日本原燃(株) 正会員 庭瀬 一仁
東電設計(株) 正会員 谷 智之

1. はじめに

余裕深度処分施設は廃棄体定置後埋め戻され、その後超長期間に渡って、地下水による静水圧環境下に置かれる。そこで、将来的に周囲の岩盤亀裂から静水圧を受ける状況を想定し、締固め施工が完了した底部ベントナイト層を対象として継続的な注水試験を実施した。また、注水試験終了後、注水による影響評価を行うため、底部ベントナイト層の含水比分布状況を調査するとともに、平板載荷試験を実施し、強度・変形特性の変化を評価した。

2. 注水試験

(1) 注水試験方法

図-1 に示すように底版コンクリート内に幅 10cm×深さ 10cm×長さ 100cm の注水試験溝を箱抜き設置し、溝内を砕石で埋め戻して不織布を被せた後、高さ 1m の底部ベントナイト層を現場で締固め施工した。施工完了後、図-2 のように防水シート用足場を利用して給水タンクを設置し、約 6 ヶ月間常時 0.05MPa の静水圧を作用させ、継続的な注水試験を実施した。



図-1 注水試験溝の全体写真

(2) 累積注水量

注入開始前の給水タンクの全重量を初期値として重量減少量を測定し、その値から大気中への水分逸散量を引いた値を累積注水量として定義した。

試験開始から終了までの累積注水量は 6.3L であった。

(3) 含水比分布調査

試験終了後、底部ベントナイト層への水の浸透状況を確認するため、注水溝周辺部で含水比分布調査を実施した。本調査では、図-3 のように $\phi 10\text{cm} \times$ 高さ 20cm のコアを採取しコアを 1cm ずつスライスして含水比測定を行う詳細調査と、図-4 のように切り出した底部ベントナイト層断面に $\phi 5\text{cm} \times$ 高さ 5cm のサンプラーを貫入して試料を採取し、各位置での含水比を測定する広域調査を実施した。含水比測定はいずれも炉乾燥法により実施している。

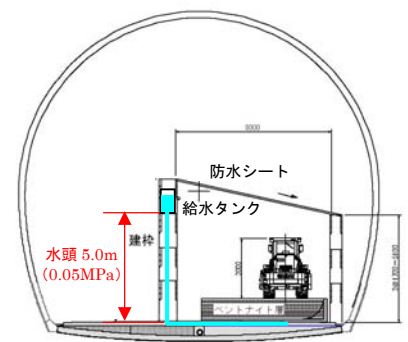


図-2 注水試験の実施断面図

注水溝中央断面で実施した広域含水比分布調査の結果を図-5 に示す。調査の結果、初期含水比 18.5% に対し、注水溝中心から約 10cm の範囲で含水比が顕著に増加する傾向が見られた。また、浸透領域は底版コンクリートとの境界面に沿って広がる傾向があり、その状況は目視観察でも判別可能であった。



図-3 コア採取状況



図-4 広域含水比調査断面

(4) 不飽和浸透計算

ここでは、本試験で実際に測定された累積

キーワード 底部ベントナイト層，注水試験，含水比，サクシオン，平板載荷試験

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設(株) 原子力本部 TEL 03-5381-5315

注水量の経時変化と、サクシオンを考慮した不飽和浸透計算による計算結果を比較する．計算には図-5 を模擬した軸対称拡散モデルを用いた．軸対称の拡散方程式は次式で表される¹⁾．

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(rD \frac{\partial C}{\partial r} \right)$$

また、流れが均質な不飽和浸透領域での体積含水率 θ と水分拡散係数 D との関係は図-6 で表される．一方、含水比調査の結果、体積含水率 θ の範囲は 0.28 (含水比 17.3%) から 0.48 (同 30%) 程度であった．そこで、図-6 に示す 3 ケースの θ での水分拡散係数 D を仮定し拡散方程式より累積注水量を算定した．計算結果を図-7 に示す．同図より、計算結果は測定された累積注水量の経時変化と同様の傾向を示していることがわかる．したがって、今回の含水比分布調査より明らかとなった底部ベントナイト層中の浸透現象は、サクシオンを主要因とした不飽和浸透現象として解釈できるといえる．

3. 平板載荷試験

注水溝直上部および注水の影響のない一般部にて、注水の前後に平板載荷試験を実施した．試験は JIS A1215「道路の平板載荷試験方法」に準拠し、載荷板の直径は 30cm とした．本試験から得られた荷重強さ-沈下曲線を図-8 に、地盤反力係数を表-1 に示す．

図-8 に示すように、一般部 No. 2 の沈下曲線は注水前後でほぼ一致しているのに対し、直上部 No. 1 の沈下曲線は荷重強さ 350kN/m² 付近で差が現れ始め、荷重強さの増加に伴ってその差が開く傾向が見られた．また表-1 でも、直上部 No. 1 の注水後の地盤反力係数は、注水前の値の約 80% となっており、水の浸透に伴って底部ベントナイト層の強度・変形特性が低下していることが確認できる．このことから、今後さらに、水分浸透に伴う底部ベントナイトの剛性低下を考慮した構造解析を実施し、余裕深度処分施設全体の安定性を再確認することが望ましいと考えられる．

4. まとめ

底部ベントナイト層を対象に約 6 ヶ月間 0.05MPa の静水圧を作用させ、継続的な注水試験を実施した．その結果、注水溝中心から約 10cm の範囲で含水比が顕著に増加する傾向が見られた．また、この浸透現象は、サクシオンを主要因とした不飽和浸透現象として解釈できることが計算結果より示された．一方、注水溝直上部での平板載荷試験では、注水に伴う強度・変形特性の低下が見られた．このことから、今後さらに、このような剛性低下を考慮した構造解析を実施し、施設全体の安定性を再確認することが望ましいと考えられる．

参考文献

1) J.Crank(1975), The Mathematics of Diffusion, 2nd Edition, Oxford University Press, London, pp.69-88

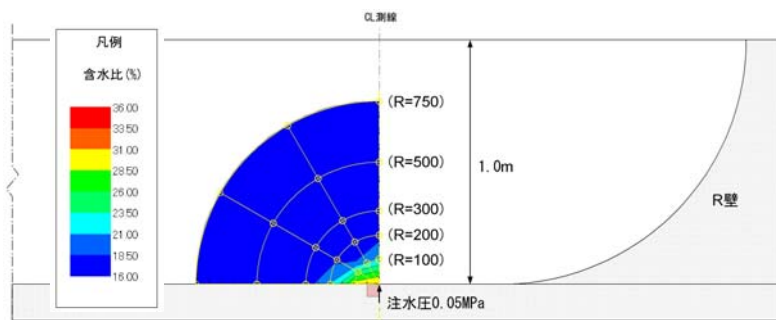


図-5 注水溝中央断面での広域含水比調査結果

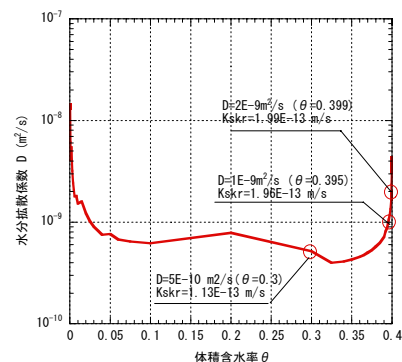


図-6 ベントナイトの水分拡散係数

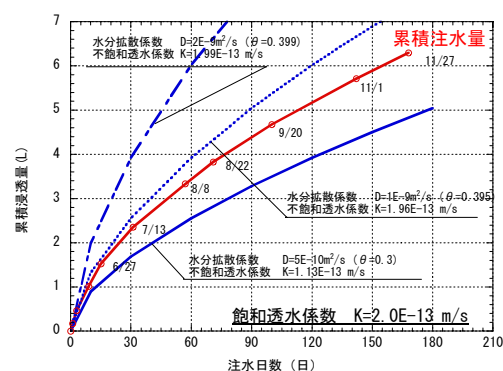


図-7 累積注水量の経時変化

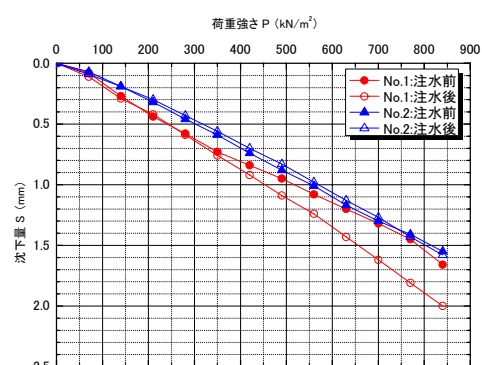


図-8 平板載荷試験結果

表-1 地盤反力係数

No.	地盤反力係数 K_{30} (MN/m ³)	
	注水前	注水後
No. 1 (注水溝直上部)	523	423
No. 2 (一般部)	544	537