

コア分析に基づく中深度処分施設の吹付けコンクリートの変質に関する検討

—地下空洞型処分施設機能確認試験（その17）—

鹿島建設(株) 正会員 ○山川 剛 取違 剛 佐藤 公彦
 原環センター 正会員 広中 良和 藤原 啓司 脇 寿一 寺田 賢二

1. はじめに

著者らは、地下空洞型処分施設における閉鎖後長期の管理に資するモニタリング技術の確立やその実証試験の必要性に鑑み、中深度処分施設の人工バリアや周辺岩盤の長期にわたる機能確認方法の確立を目的とした調査・検討を進めている¹⁾。中深度処分施設は、規制期間である300～400年の間に、人工バリア構成部材間の相互作用や周辺岩盤との相互作用によって化学的変質を起こすことが想定されている。そのため、施設の管理においては、「人工バリアや天然バリアが設計を逸脱することなく性能を発揮しつつあること」を地下水等モニタリングによって確認することが要求されている²⁾。周辺岩盤と最初に接するのは処分空洞の支保部材である吹付けコンクリートであることから、その変質は、モニタリング結果や周辺部材の変質に影響を与えと考えられる。そこで本検討では、中深度処分施設を模擬して建設された地下空洞から吹付けコンクリートのコアを採取し、その変質状況について検討した。

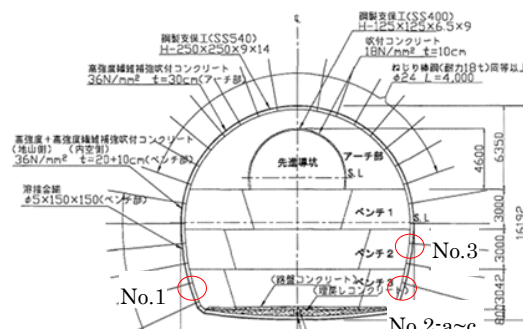


図-1 地下空洞の支保パターンとコアの採取位置（富田ら³⁾に加筆）

2. 試験概要

(1) コアの採取

中深度処分施設を模擬した地下空洞は2004年4月から2005年6月にかけて掘削されたものであり³⁾、掘削完了後から13年が経過している。図-1に示すように、地下空洞には高強度吹付けコンクリートが施工されている。使用材料を表-1に、配合を表-2に示す。急結剤はカルシウムサルフォアルミネートを主成分とするものが用いられている。コアの採取は図-1に示すNo.1からNo.3の3ヶ所で行っており、このうちNo.2では、延長方向に異なる3断面からコアを採取した。コアの直径は100mmであり、厚さ300mmの吹付けコンクリートに加え、岩盤部から約200mm採取した。

表-1 吹付けコンクリートの使用材料

材料	記号	摘要
セメント	C	普通ポルトランドセメント、密度 3.16g/cm ³
細骨材	S	陸砂、六ヶ所村倉内産、密度 2.59g/cm ³
粗骨材	G	砂利、十和田市相坂産、最大寸法 10mm、密度 2.57g/cm ³
高性能減水剤	SP	高性能減水剤（ポリエチレングリコール系）
急結剤	AC	急結剤（カルシウムサルフォアルミネート系）、密度 2.80 g/cm ³

表-2 吹付けコンクリートの配合

W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
		W	C	S	G	SP	AC
45	60	202	450	969	640	4.95	45

(2) コアの分析

吹付けコンクリートは、岩盤との界面付近において岩盤中の地下水と接して変質を生じると考えられる。そこで、岩盤との界面付近を中心に分析を実施した。図-2に示すように、岩盤との界面を含む位置を対象に、JSCE-G574-2013に準じて、電子線マイクロアナライザー（EPMA）による面分析を実施した。また、化学的な変質が物理的な性質に及ぼす影響を把握することを目的に、吹付けコンクリートの内部と、岩盤との界面付近を対象に、水銀圧入法による細孔径分布測定と、JIS Z 2244に

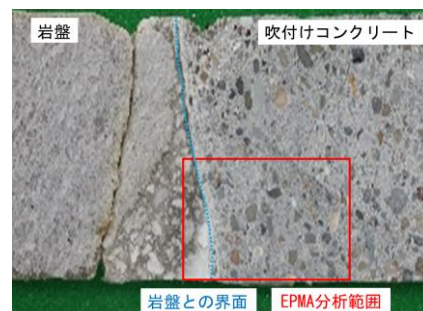


図-2 EPMAの分析位置（No. 2-b）

キーワード 放射性廃棄物、地下空洞型処分、中深度処分、吹付けコンクリート、化学的変質、コア分析

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL 042-489-6760

準じてビッカース硬さの測定を行った。なお、ビッカース硬さは測点ごとの測定値のばらつきが大きいため、25点測定して、平均値との乖離の大きい5点を除いた20点の平均値とした。

(3) 試験結果

EPMAによる面分析結果の一例として、No.2-bのCaOの濃度分布を図-3に示す。岩盤との界面付近で吹付けコンクリートのCaO濃度が低下しており、化学的な変質が生じていることが分かる。また、図-4にEPMA分析結果をもとに導き出した岩盤界面からの距離とCaO濃度の関係を示す。Caの溶脱が生じて、CaO濃度が低下する範囲に着目すると、コアの採取位置によりばらつきはあるものの、20mm程度が最頻値であり、最大で60mm程度であることが分かる。

岩盤との界面でCaO濃度が最も低下しているNo.2-cの吹付けコンクリートの細孔径分布を図-5に示す。CaO濃度が低下していない界面から約200mmの位置に対して、CaO濃度が若干低下した界面から10~20mmの位置では0.01~0.1 μm の比較的小さい径の空隙が増加している。また、Caの溶脱が進行してCaO濃度が大きく低下した0~10mmの位置では、0.1~10 μm の比較的大きい径の空隙も増加していることが分かる。

次に、No.2-cの空隙率とビッカース硬さを図-6に示す。空隙率は、岩盤との界面から約200mmの位置で約12%であるのに対して、Caの溶脱が進行した界面付近である、0~10mmの位置では約25%まで増加している。また、ビッカース硬さは測点ごとの値のばらつきは大きいものの、岩盤との界面付近で小さくなる傾向にある。地下水に接する岩盤との界面において、吹付けコンクリートのCaの溶脱が進行して空隙が増大し、それに伴ってビッカース硬さが低下しているものと考えられる。

3. まとめ

中深度処分施設を模擬した地下空洞から吹付けコンクリートのコアを採取して分析した結果、施工後10数年の間に、吹付けコンクリートは岩盤との界面から20mm程度の範囲でCaの溶脱を生じており、その結果、空隙率やビッカース硬さなどの物理特性も変化していることが明らかになった。但し、Caの溶脱は施工後初期の段階における岩盤からの湧水の影響で生じている可能性もあることから、今後、Caの溶脱の進行速度を把握することが望ましいと考えられる。なお、本報告は経済産業省資源エネルギー庁からの委託による「平成30年度低レベル放射性廃棄物の処分に係る技術開発事業（地下空洞型処分施設機能確認試験）」の成果の一部である。

参考文献

- 1) 藤原ほか：地下空洞型処分施設機能確認試験の事業概要—地下空洞型処分施設機能確認試験（その1）—，土木学会第72回年次学術講演会，VII-028，平成29年9月
- 2) 原子力規制庁：「炉内等廃棄物の埋設に係る規制の考え方について（案）」に対する意見募集の結果及び今後の検討の進め方等について（案），第29回原子力規制委員会資料1，平成28年8月31日
- 3) 富田敦紀，蛭名孝仁，福田勝美，戸井田克：地下深部約100mの堆積軟岩中に大規模試験空洞を掘削—余裕深度処分埋施設本格調査のうち試験空洞掘削工事—，トンネルと地下，第37巻11号，pp.39-47（2006）。

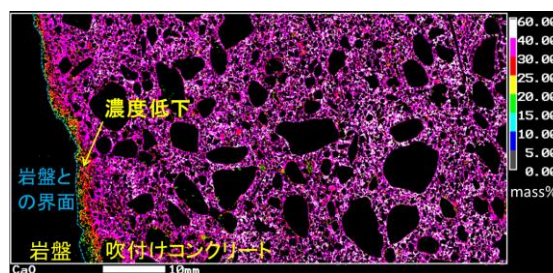


図-3 EPMA面分析結果（No. 2-b CaO）

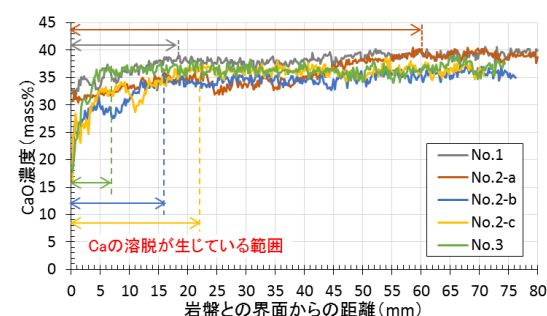


図-4 岩盤との界面付近のCaの溶脱範囲

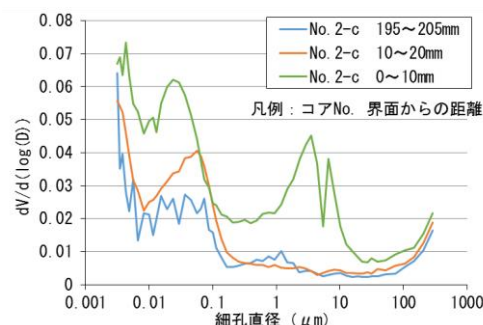


図-5 細孔径分布（No. 2-c）

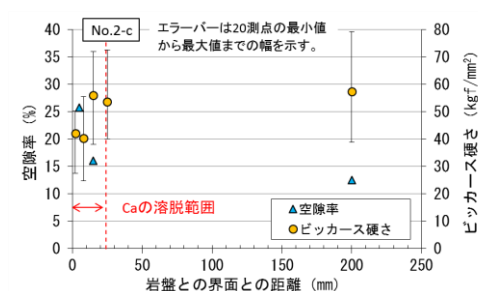


図-6 ビッカース硬さと空隙率（No. 2-c）