幌延 URL における低アルカリ性セメントを用いた吹付けコンクリートの周辺環境への影響に関する研究

Study of the effect on surrounding rock and groundwater from shotcrete using low alkaline cement in Horonobe URL

*中山 雅[1]，岡本 礼子[2]，白瀬 光泰[2]
[1]原子力機構，[2]大成建設

地下構造物の支保工として一般的に用いられるセメント系材料は、高アルカリ成分が地下水に溶出することで緩衝材や周辺岩盤を変質させる可能性がある。このような影響を低減するため、原子力機構では低アルカリ性セメント（HFSC）を開発し、幌延深地層研究センターの地下施設（幌延 URL）の建設時に HFSC を用いた吹付けコンクリートおよび覆工コンクリートの原位置施工試験を実施し、その適用性を確認した。本報告では、施工後のコンクリートが周辺岩盤および地下水に与える影響を把握するため、施工後の HFSC コンクリート等を採取し分析した結果について述べる。

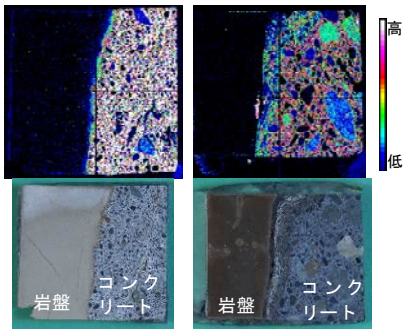
Keywords: Horonobe URL project, in-situ experiment, low alkaline cement, sedimentary rock, interaction among cement, rock and groundwater

1. 緒言

セメント系材料は、高アルカリ成分が地下水に溶出し、人工バリアおよび天然バリアの性能を低下させる可能性が示唆されていることから、その影響を低減させるために低アルカリ性セメントの使用が検討されている[1]。原子力機構では、普通ポルトランドセメント（OPC）の 50 %以上をポゾラン材料で置換した低アルカリ性セメント（HFSC）を開発し、幌延 URL において原位置施工試験を通じてその適用性を確認した[2]。HFSC はポゾラン材料であるシリカフューム（SF）およびフライアッシュ（FA）を、セメント分から溶出する Ca イオンと反応させ、C-S-H として沈殿させることで低アルカリ化を達成する。本報では、幌延 URL の深度 140m 調査坑道の坑道壁面に使用した HFSC 吹付けコンクリートおよび岩盤を採取・分析し、OPC 吹付けコンクリートとの比較を通じて周辺岩盤へのセメント成分の溶出や周辺岩盤の透水性への影響などを検討した結果を報告する。

表 1　吹付けコンクリート配合

配合	水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m³)					
			水	結合材			細骨材	粗骨材
				OPC	SF	FA		
OPC	43.3	56.9	173	400	－	－	1,068	806
HFSC	30.0	59.7	150	200	100	200	974	655



(a)OPC　(b)HFSC

図 1　EPMA による Ca 濃度分布

2. 実施概要

140m 調査坑道で使用した吹付けコンクリートの配合を表 1 に示す。これらの配合は幌延 URL の建設で使用したコンクリートプラントでの試験練りを経て決定した。坑道壁面から吹付けコンクリートおよび岩盤のコア（φ50 mm または φ100 mm）をそれぞれの長さが概ね等しくなるように採取した。また、既設の採水装置から、坑道近傍（3m 以内）の地下水を採取した。採取試料に対して、XRD、SEM、EPMA、化学組成分析、細孔径分布・密度、実効拡散係数、中性化試験、鉱物組成分析、地下水分析などを実施した。

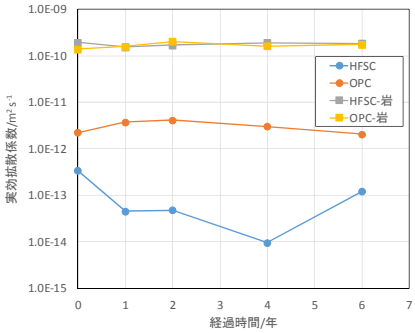


図 2　実効拡散係数

3. 結果

コンクリート-岩盤境界部の EPMA による Ca 濃度分布（施工後 6 年）を試料写真と合わせて図 1 に示す。Ca は岩盤中にはほとんど含まれていないため、コンクリートの溶脱の指標となり得る。図から、OPC、HFSC のどちらも境界部の極近傍でコンクリートの Ca 濃度が低下している部分が見受けられるが、岩盤側では観測されず、Ca の岩盤中への浸透は確認できなかった。また、コンクリートおよび岩盤の実効拡散係数の経時変化を図 2 に示す。図から、HFSC は OPC と比較して 1~2 桁低い実効拡散係数を示している。これは、HFSC ではポゾラン反応が進行することによりコンクリートの緻密化が進行しているためと考えられる。また、岩盤の実効拡散係数は、接するセメント系材料による違いは観測されていないが、セメント系材料による影響は周辺の地下水の状況などに依存すると考えられ、深度 250m および 350m での分析結果との比較を通じて検討を行う必要がある。今後、各深度における分析結果を総合的に評価し、HFSC の周辺環境への影響について検討を進める計画である。

参考文献

[1] 例えば，植田ほか，NUMO-TR-08-02, 2008.、[2] 中山ほか，原子力バックエンド研究，Vol.23, No.1,2, pp.25-30, 2016

*Masashi Nakayama[1], Reiko Okamoto[2] and Mitsuyasu Shirase[2]
[1]JAEA, [2]Taisei Corporation