

低アルカリ性セメントを用いた吹付けコンクリートの原位置適用性試験（その2） —幌延 URL における原位置吹付け施工性試験—

(独) 日本原子力研究開発機構 正会員 山西 毅, 正会員 関谷 美智, 伊藤 誠二, 佐藤 治夫, 中山 雅
(株) 大林組 札幌支店 正会員 名雪 利典
大成建設 (株) 札幌支店 正会員 ○北川 義人, 南出 賢司

1. はじめに

日本原子力研究開発機構は、北海道幌延町において、高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発を推進するため、堆積岩（珪藻質泥岩および珪質泥岩）を対象とした、深度 500m 程度の立坑ならびに調査坑道および周回試験坑道からなる地下施設の建設を行っている。また、地層処分事業においては、コンクリート等に由来する強アルカリ性がペントナイト（人工バリアの緩衝材）のバリア性能（膨潤性能など）および天然バリアを構成する岩盤へ影響を及ぼすことが懸念されている。

そこで地下施設建設のうち 140m 調査坑道の施工において、低アルカリ性セメントの吹付けコンクリートへの適用性を確認するため、原位置吹付け施工性試験を実施した。なお、試験においては普通ポルトランドセメント（以下、OPC）および低アルカリ性セメント（以下、HFSC）を用いた 2 種類の吹付けコンクリートを施工し、両者の性状を比較することにより、HFSC の吹付けコンクリートへの適用性について確認を行った。

2. 現場配合および試験項目

現場で使用した吹付けコンクリートの配合を表-1 に示す。なお、配合は事前の配合選定¹⁾により決定した示方配合をもとに、現場で試験練り、試験吹付けをして決定したものである。HFSC は総粉体量が 500kg/m³で OPC200kg, シリカフューム 100kg, フライアッシュ 200kg とセメント量を低減した配合となっている。

原位置吹付け施工性試験において実施した試験項目を表-2 に示す。吹付けコンクリートの性状確認では、スランプ等のフレッシュコンクリート性状の確認と圧送性等の施工性の確認を実施した。また、吹付けコンクリートの性状確認については目視により性状を確認し、その結果を採点化し記録した。

硬化コンクリートの品質試験では、プリアウト法による初期強度試験とテストピースおよび吹付けコアを使用した圧縮強度試験を実施した。

3. 試験結果

3.1 吹付けコンクリートの性状確認

吹付けコンクリートの性状確認結果を表-3 と表-4 に示す。試験結果より、スランプ、スランプフロー等のフレッシュコンクリートの性状には OPC, HFSC に大きな差異がないことがわかる。圧送性については、HFSC と OPC で顕著な差はみられなかったものの、はね返り率、粉塵濃度については HFSC の方が OPC に比べ小さいことが分かる。

これは、HFSC は単位粉体量が多いことおよびシリカフュームを添加していることに起因するものと推察される。

表-5 に性状目視確認結果を示す。性状目視確認結果より、HFSC は OPC に比べノズル先端でのだれが多少見られるものの、急結状態、粉塵発生量、付着状態は良好であることが確認された。

表-1 吹付けコンクリート配合

配合記号	水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)						
			水	結合材			細骨材	粗骨材	混和材
				セメント	シリカフューム	フライアッシュ			
OPC	43.3	56.9	173	400			1068	806	2.00
HFSC	30	59.7	150	200	100	200	974	655	3.25

※使用混和剤 OPC:高性能減水剤 HFSC:高性能 AE 減水剤

表-2 試験項目

名称	区分	項目
吹付けコンクリートの性状確認	フレッシュコンクリートの性状	スランプ、スランプフロー、空気量、con温度
	施工性	圧送性、はね返り率、粉塵濃度 他
硬化コンクリートの品質試験	硬化コンクリート	初期強度試験、圧縮強度試験 (TP、コア)

表-3 フレッシュコンクリート性状

記号	スランプ (cm)	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	con温度 (°C)
OPC	21.0	420×400	5.4	15.0
HFSC	23.0	460×440	2.5	17.0

表-4 施工性確認結果

記号	圧送性	はね返り率 (%)	粉塵濃度 (mg/m ³)	急結剤添加量 (%)
OPC	良好	33.2	20	11.3
HFSC	良好	26.3	11	11.5

キーワード 低アルカリ性セメント, 吹付けコンクリート, シリカフューム, フライアッシュ

連絡先 〒098-3224 北海道天塩郡幌延町北進 432-2 (独) 日本原子力研究開発機構 TEL 01632-5-2022

3.2 硬化コンクリートの品質試験

硬化コンクリートの圧縮強度試験結果を表-6に示す。また、図-1に材齢と圧縮強度の関係を示す。なお、図表に示す圧縮強度は試験施工により得られたデータの平均値である。図より、材齢7日の時点ではOPCの強度がHFSCの強度よりも大きいことが分かる。しかし、材齢91日の時点では、HFSCの強度がOPCの強度より大きくなり、逆転している。これは早期強度においてはOPCの方がHFSCよりも単位体積当りのセメント量が多いためOPCの強度の方が高くなっているものと推察される。長期強度においてはフライアッシュおよびシリカフュームのポゾラン反応の影響によりHFSCの強度の方が高くなっているものと推察される。

また、コア強度比（吹付けコア強度÷テストピース強度）を比較するとOPCで0.68、HFSCで0.75となっており、HFSCの方が急結剤を添加した吹付けコアの強度低下が小さいことが分かる。このことより、HFSCにおいても従来の吹付けコンクリートに使用する急結剤との相性、混入状況等に問題はなく、初期強度、長期強度の規格値を満足することが確認できた。

写真-1に吹付けコアの断面写真、図-2に水銀圧入式ポロシメータ測定結果を示す。吹付けコア断面の目視観察の結果、OPCのコアには○で示す位置に目視で確認可能な気泡が存在するが、HFSCのコアには、OPCで確認されたような大きな気泡は確認できない。このことより、HFSCはOPCに比べ密実な吹付けコンクリートの施工が可能であると考えられる。また、水銀圧入式ポロシメータ測定結果より、HFSCはOPCに比べ10~100μmの空隙が少なく、緻密になっていることが確認された。

4. まとめ

低アルカリ性セメント（HFSC）を用いた吹付けコンクリートの原位置施工性試験を実施し、以下の結果を得ることができた。

- 1) スランプ、スランプフロー等のフレッシュコンクリートの性状はOPC、HFSCで顕著な違いは見られない。
- 2) HFSCはOPCに比べ、はね返り率、粉塵濃度が小さく付着性に優れている。
- 3) HFSCは硬化コンクリートの早期強度がOPCより小さいが長期強度はOPCより大きくなる。
- 4) HFSCにおいても従来の急結剤との相性、混入状況に問題はない。
- 5) HFSCはOPCに比べ密実な吹付けコンクリートとなる。

以上より、HFSCは従来の材料と比較して施工性および品質に問題はなく、支保工への適用は可能であると考えられる。

5. 今後の課題

今回の原位置施工性試験を行い、HFSCの吹付けコンクリートの実用化にあたり挙げられる課題を以下に示す。

- 1) HFSCに使用するシリカフュームが高価である。
- 2) 大量のHFSCコンクリートを製造する場合、シリカフューム専用の投入設備が必要である。

HFSCの吹付けコンクリートの実用化に向けては、更なるデータの蓄積と費用対効果等を考慮した上記課題の解決が必要であると考えられる。なお、日本原子力研究開発機構において、今後、250m以深（立坑を含む）でHFSCを用いた吹付けコンクリートの施工が計画されている。

参考文献 1) 松田 他：幌延深地層研究計画における低アルカリ性セメントの適用性に関する研究（JAEA-Research 2007-089）

表-5 性状目視確認結果

項目	OPC	HFSC
混合状態	4	4
脈動状態	4	4
ノズルだれ	4	3
急結状態	3	4
粉塵	3	4
付着状態	3	4

凡例：(否) 1 ← 評価 → 5 (良)

表-6 硬化コンクリート圧縮強度試験結果 (単位：N/mm²)

記号	初期強度		テストピース			コア	コア強度比
	σ 3h	σ 24h	σ 7	σ 28	σ 91	σ 28	
OPC	2.2	16.6	40.9	58.1	60.2	39.6	0.68
HFSC	4.4	22.2	32.5	56.5	66.9	42.2	0.75

※初期強度：2.0N/mm²以上（参考値）、設計基準強度：36N/mm²

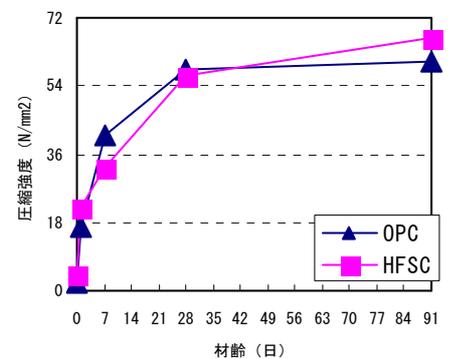


図-1 圧縮強度と材齢の関係

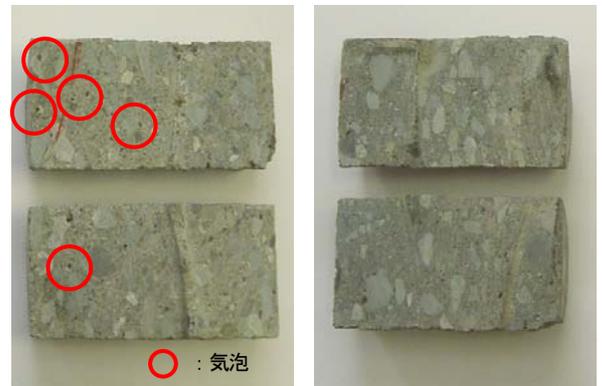


写真-1 気泡観察(断面目視観察)

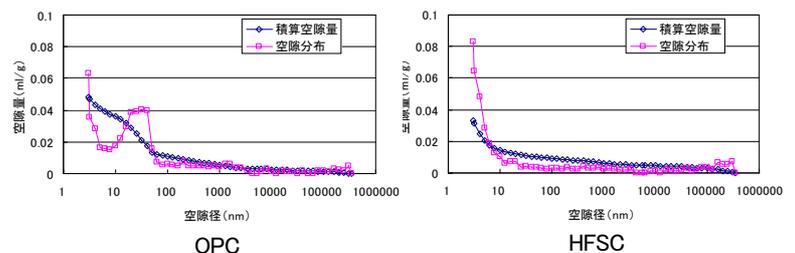


図-2 水銀圧入式ポロシメータ測定結果