

幌延 URL における人工バリア性能確認試験

高流動・低アルカリプラグコンクリートの配合検討および温度応力解析

・ 躯体温度測定結果

大成建設（株） 正会員 ○本島 貴之, 正会員 臼井 達哉, 正会員 坂本 淳

（株）大林組 正会員 三浦 律彦, 正会員 丹生屋 純夫, 正会員 石田 知子

日本原子力研究開発機構 正会員 中山 雅, 大野 宏和

1. はじめに

日本原子力研究開発機構は、幌延深地層研究センター地下施設の深度 350m に位置する調査坑道において、実物大の人工バリアを対象に人工バリア定置後の過渡期の現象に着目した熱・水・応力・化学連成現象を評価するためのデータ取得を目的とした原位置試験（人工バリア性能確認試験）を実施している¹⁾。同試験では、坑道の一部をベントナイトと現地掘削ズリ（堆積岩）の混合土で埋め戻し、埋め戻し材の膨潤圧と地下水圧に耐えるためのプラグコンクリートを設置している。本稿では、プラグコンクリートの配合および温度応力の解析結果、さらに実施工時の躯体温度の測定結果に基づいたプラグコンクリートの健全性評価について報告する。

2. プラグコンクリートの概要

プラグコンクリートの概要を図-1 に示す。プラグコンクリートの構造は、深度 350m に位置することから 3.5MPa 相当の水圧と、ベントナイト系材料の膨潤圧 0.5MPa を加えた最大 4.0MPa の圧力に耐えられるよう設計した。また、コンクリートと既設支保や岩盤との界面や、埋設物周辺への密実な充填を目標として高流動コンクリートを採用した。加えて、コンクリートから溶出する高アルカリ成分は人工バリアを構成するベントナイト系材料を変質させる恐れがあるため、原子力機構が開発した低アルカリ性のセメント²⁾を使用した。一方、同コンクリートはマスコンクリートに相当するため、事前に温度応力解析を行って温度ひび割れの発生抑制について検討し、実施工時には温度計測を実施してコンクリートの健全性についての確認を行った。

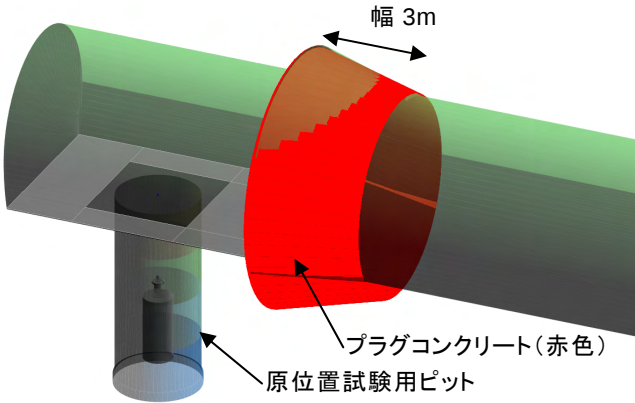


図-1 プラグコンクリート概要図

表-1 目標品質

項目	規格値
自己充填性	ランク1
スランプフロー	65±5cm
空気量	4.5±1.5%
設計基準強度	材齢91日 50N/mm ²

3. 高流動・低アルカリプラグコンクリートの配合検討

プラグコンクリート構造物の配合検討にあたっては、自己充填性を確保するためにランク 1 相当の高流動コンクリートを採用し、岩盤との隙間を極力低減するために、収縮保証を目的として膨張材を使用した。また、低アルカリ性のコンク

リートとして、同地下施設で実績のあるフライアッシュとシリカフュームを混合した低アルカリ配合を採用した。選定配合の目標品質を表-1 に、配合および使用材料を表-2 に示す。

表-2 配合と使用材料

W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/1.0m ³)							
		W	HFSC (424)			EX	S	G	SP
			LPC	SF	FA				
32.5	47.9	165	195	98	195	20	760	837	B×1.575%
使用材料		記号	製品名						密度 (g/cm ³)
セメント		LPC	T社製 低熱ポルトランドセメント						3.22
フライアッシュ		FA	H社製 フライアッシュⅡ種						2.32
シリカフューム		SF	E社製 エルケムマイクロシリカ						2.22
膨張材		Ex	T社製 ハイパーエクスパンLR						3.05
細骨材		S	幌延町浜里町産 砂						2.65
粗骨材		G	上磯義朗産 石灰碎石						2.70
高性能AE減水剤		SP	ポリカルボン酸エーテル系 (B社製)						-

キーワード：プラグ，マスコンクリート，温度応力，高流動，低アルカリ

連絡先：〒098-3224 北海道天塩郡幌延町北進 432-2 大成・大林・三井住友 JV TEL01632-5-2080

4. 温度応力解析

温度応力によってプラグに貫通ひび割れが生じると力学的安定性を損なうこと、および水みちとなってプラグ背面からの漏水が生じることから、温度ひび割れの発生防止を目的として事前に温度応力解析を実施し、ひび割れ指数によってひび割れ発生状況を予測確認した。境界条件は、プラグ下部は完全拘束とし、プラグ上部の吹付面との境界はテンションカット要素としてモデル化して解析検討を行った。解析パラメータを表-3に示す。解析検討を行った結果、「2012年制定コンクリート標準示方書（設計編）」の「ひび割れを防止する場合」に相当するひび割れ指数 1.85 以上をすべての箇所に満足していることを確認し（図-2 参照）、実施工では打込み温度を管理することでひび割れ防止を実施することとした。

表-3 温度応力解析パラメータ

項目	単位	プラグ コンクリート	吹付 コンクリート	岩盤	埋戻し材
比熱	kJ/kg°C	1.09	1.09	1.50	1.48
熱伝導率	W/m°C	1.82	1.82	1.23	1.87
密度	kg/m ³	2270	2258	1840	1786
熱膨張係数	× 10 ⁻⁶ /°C	7.2	7.2	13.3	10
終局断熱温度上昇量	°C	39.2	(打込み温度20°C)		

5. 躯体温度測定

2014年11月のプラグコンクリート施工時に、プラグコンクリートのひび割れに対する健全性を確認することを目的として躯体温度を計測し、温度応力解析結果と比較した。図-3に温度の比較結果を示す。最高到達温度について、プラグ中央部では事前解析結果 48.62°C に対し実測温度 47.0°C、型枠近傍では、事前解析結果 34.94°C に対し実測温度 37.2°C となり、型枠近傍の実測温度が事前解析に比べ 2.26°C 高い結果となった。事前解析検討により、現在までの実測温度の範囲では、ひび割れ指数 1.85 以上を満足していることを確認していることから、プラグコンクリートのひび割れに対する健全性が保たれていることが推察される。今後も温度計測を継続し、事前解析との比較を行う。

6. まとめ

人工バリア性能確認試験において重要な構造物であるプラグコンクリートの施工にあたり、高流動および低アルカリ性を実現する配合を採用して密実なコンクリート充填を実現することができた。また、事前の温度応力解析検討および施工中・施工後の温度計測を通じて、温度ひび割れに対するプラグコンクリートの健全性が保たれていることが示唆された。

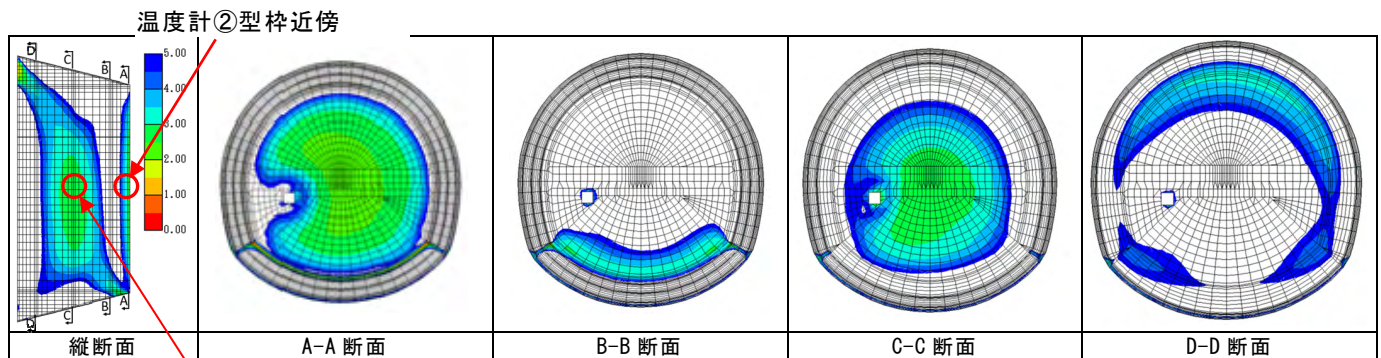


図-2 温度応力解析結果（ひび割れ指数分布図）

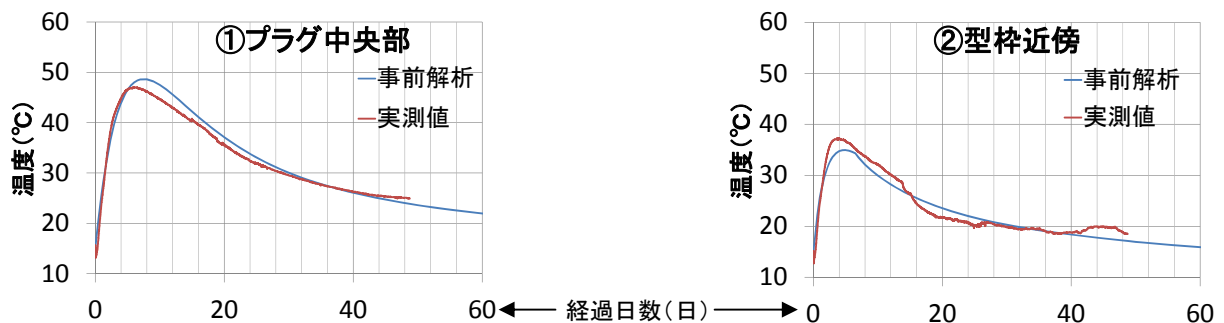


図-3 事前解析結果と温度実測値の比較（温度計位置は図-2 縦断面参照）

- 参考文献：1) 中山ほか（2013）：幌延 URL における人工バリアの性能確認試験（1）試験計画の全体概要，日本原子力学会 2013 年春の年会，予稿集 A14 p.14.
 ；2) 三原ほか（1999）：放射性廃棄物処分場用セメント系材料，特許公報，第 2941269 号。