

地層処分におけるグラウト技術の高度化開発（その8） —高水圧環境下を対象としたグラウト注入装置の性能確認試験—

大成建設（株） 正会員 ○井尻 裕二, 進藤 彰久, 三浦 均, 亀村 勝美
日特建設（株） 非会員 巴 直人, 永井 典久
成和リニューアルワークス（株） 非会員 安部 章正
（独）日本原子力研究開発機構 正会員 藤田 朝雄, 泉 敦

1. はじめに

わが国では高レベル放射性廃棄物の地層処分場は深度 300m 以深の高水圧環境下に建設され、緩衝材の施工には湧水を極力低減させる必要があることから、透水性の高い領域において坑道周辺へのプレグラウトの施工が課題となっている。本研究は、高水圧環境下でのグラウト施工技術を開発することを目的として、高水圧下での装置の圧力・流量制御性能および耐磨耗性、また高水圧対応装置を用いた動的注入の効果をそれぞれ確認するための性能試験を実施したので、その結果について報告する。

2. 高圧対応グラウト注入装置およびグラウト材料

高圧下でのグラウト注入には、流量と圧力を制御するリターンバルブ部の健全性が鍵となる。試験には、10MPa 対応の油圧式リターンバルブ（日特建設（株）特願 2008-281637）を用いた。このバルブは高圧下でのセメント粒子の研磨による摩耗を抑制するためにセラミックスでできている。試験に用いたグラウト材には、低アルカリ性セメント系グラウト材料（結合材(B)の構成比=超微粒子 OPC:シリカヒューム=5:5, 混和剤 高性能減水剤(SP) : SP/B=5.0wt.%)¹⁾を用いた。

3. 高圧下圧力・流量制御試験

試験は図-1 に示すようにグラウト材をコロイダルミキサーにより回転数 2,100rpm でグラウト材を 3 分以上混練りし、アジテーターミキサーに受けた後、ジェットグラウト用高圧ポンプ（最大 100L/min, 29.4MPa）により吐出量を約 20L/min に制御しながら高圧ホースを通じてリターンバルブに送った。リターンバルブで必要量を注入側に吐出し、残りはアジテーターミキサーに戻した。リターンバルブの先には、ブルドン管圧力計および圧力センサーに加え、安全確保のために 20MPa に設定した安全弁を取り付け、その先に 21MPa 対応の調整バルブと流量計を配置し、調整バルブの開閉により排出量を絞りながら圧力を 10MPa まで昇圧した。

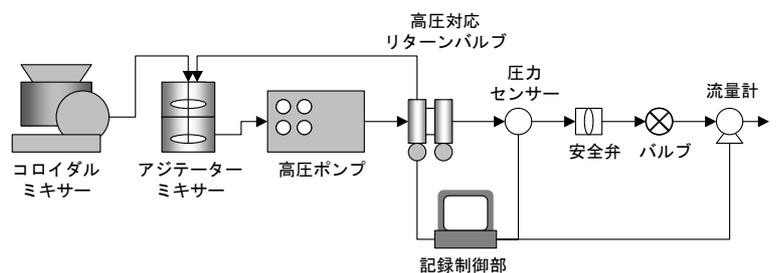


図-1 高圧試験装置系統図

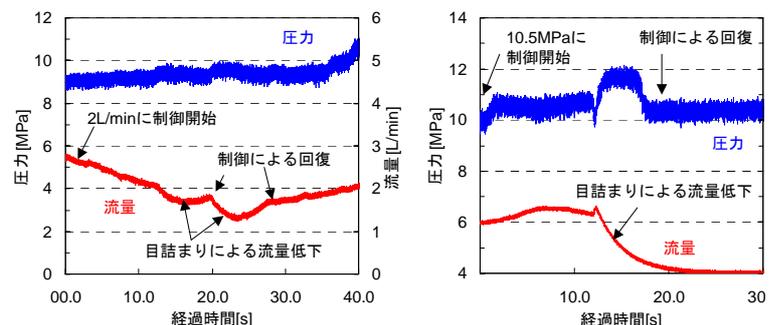


図-2 流量制御（左）・圧力制御（右）試験結果

試験時間には、水結合材比 100wt.% で 1 時間 40 分間、200wt.% で 3 時間 20 分間、計 5 時間継続した。その結果、図-2 に示すように、時間の経過とともに調整バルブ部で目詰まりが生じることによって流量が低下したり注入圧が増大しても、流量制御では流量が回復し、圧力制御では注入圧が元に戻ることを確認した。また、リターンバルブ内には、セメント粒子の研磨による摩耗は見られなかった。

キーワード グラウト, 放射性廃棄物処分, 高圧

連絡先 〒160-6009 東京都新宿区西新宿 6-8-1 大成建設（株）原子力本部 TEL03-5381-5315

4. グラウト注入試験

既往の室内試験結果²⁾によると、高炉セメントB種を用いた場合には、低水セメント比75~100%、低注入圧0.4MPa以下で、低周波数5~7Hzのパルスは目詰まり抑制効果があることが確認されている。そこで本研究では、低アルカリ性セメント系グラウト材料を用いて低水結合材比100, 150, 200wt.%, 低注入圧0.2, 0.5, 1.0MPa, 低周波数0, 5.0, 7.5, 10Hz下で試験を実施した。試験には、グラウトポンプ(13~100L/min, 最大4MPa)およびパルス発生装置(大成建設(株)特開2006-183303)を用いた。この装置は配管の管軸方向に振動を付与する方式で、配管に圧力変動を載荷する方式よりも注入装置側への負荷が小さく、高圧下への適応性が高い。模擬亀裂は、ステンレス板を切削して、注入孔から排出孔間の流路長1m, 流路幅0.05m, 開口幅は中央部0.5mが0.5mm, それ以外は0.1mmとした(図-4参照)。圧力は注入孔手前で1ヶ所、模擬亀裂内に4ヶ所の計5ヶ所、また流量は注入孔手前1ヶ所で計測し、排出孔でグラウト材の通過量を計測し圧力と周波数を変えて試験を行った。試験の結果、図-5に示すように動的注入の有無や周波数の大きさに拘わらず、水結合材比が大きいほど目詰まりしにくく、閉塞するまでのグラウト材の総通過量は増大することがわかった。また水結合材比100wt.%は明確でないものの、150, 200wt.%では注入圧および周波数の増加とともに総通過量が增大する目詰まり抑制効果が確認できた。本パルス発生装置では、図-6に示すように周波数が高いほど、圧力中央値に対する圧力振幅の比率が大きくなる特徴も有しており、これも一因と考えられる。

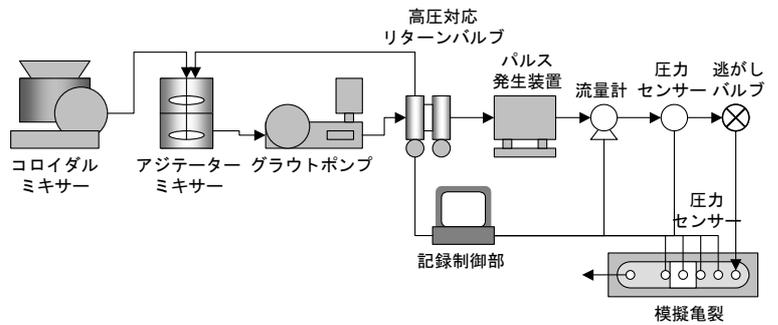


図-3 グラウト注入試験装置系統図

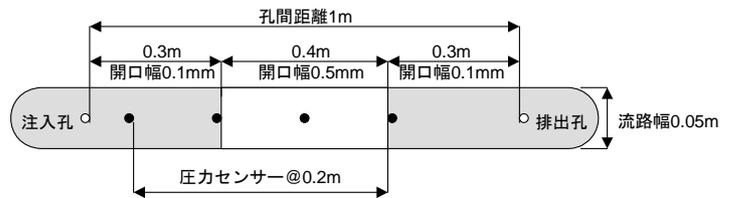


図-4 模擬亀裂模式図

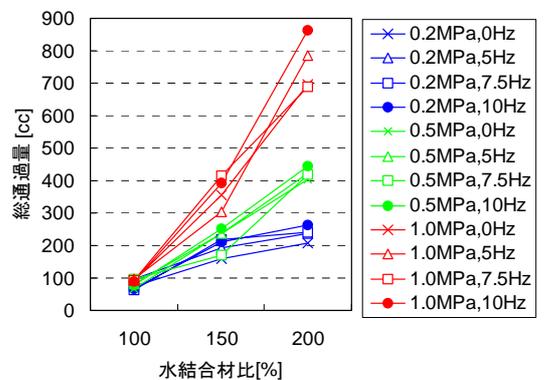


図-5 水結合材比と総通過量の関係

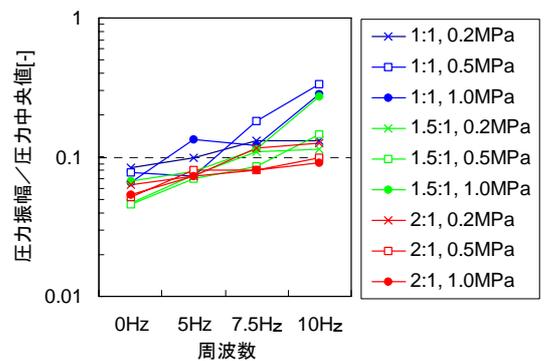


図-6 周波数と圧力振幅比率の関係

5. まとめ

本試験で用いた高圧対応グラウト装置は、高水圧注入において圧力および流量制御が可能であることが確認された。また、1MPaまでの注入圧における動的注入の優位性を室内試験により確認した。今後は、高水圧環境下でのグラウト技術・装置の開発を目指して長時間にわたる耐摩耗試験に加え、流速(注入圧と亀裂開口幅)、パルス(周波数と振幅)、グラウト材(水結合材比、セメント粒径分布、分散材等)が目詰まりに及ぼす影響について検討することが重要である。

なお、本件は経済産業省資源エネルギー庁「平成20年度地層処分技術調査等委託費(高レベル放射性廃棄物処分関連: 地下坑道施工技術高度化開発)」の一部として実施したものである。

参考文献

- 1) 原子力機構, 平成19年度地層処分技術調査等委託費高レベル放射性廃棄物処分関連, 地下坑道施工技術高度化開発報告書, pp. 31-47, 2008., 2) 内田義久, 蓮本清二, 平治, 大橋昭, 西垣誠, 高田徹: 動的グラウチング工法の開発とダム基礎処理への適用, 土木建設技術シンポジウム, pp. 283-290, 2002.