地層処分におけるグラウト技術の高度化開発（その 2）
—低アルカリ性セメント系グラウト材料の基礎物性と亀裂浸透性との関係－

（株）大林組　　正会員　○鈴木健一郎　三浦律彦　入矢桂史郎　納多　勝
（独）日本原子力研究開発機構　　正会員　岸　裕和

１．はじめに

高レベル放射性廃棄物地層処分における地下坑道への湧水対策としてグラウチングの検討を進めている．しかし，一般に用いられているセメント系のグラウト材はアルカリ性が高く，長期にわたりセメントから溶出する高アルカリ成分が地層処分のバリア材である岩盤やベントナイトなどの鉱物に化学的な影響を与え，結果としてバリアシステムの長期性能に大きな不確実性をもたらすことが懸念されている．そこで，ポゾラン材などを高含有することによる低アルカリ性セメント系グラウト材料の開発，改良を進めてきた[1,2]．本報では，低アルカリ性セメント系グラウト材の基礎物性および亀裂への浸透特性の関係について報告する．

２．構成材料の配合と基礎物性

ポゾラン材料として，超微粒子のシリカフューム（以下，「SF」という）（平均粒径 0.72μm）と JIS I 種のフライアッシュ（以下，「FA」という）（平均粒径 3.29μm），それらの中間粒子サイズとなる球状シリカ（以下，「SS」という）（平均粒径 1.10μm）を選定した．またセメントは，平均粒径 4.26μm の超微粒子セメント（以下，「OPC」という）を使用した．なお，これらの超微粒子の再凝集を防ぎ粉体材料の分散を長時間安定化させる目的で，ナフタレン系の高性能減水剤（以下，「SP 添加剤」という）を併用した．

超微粒子セメントとポゾラン材料の配合の組み合わせとして 2 成分系（OPC/SF），3 成分系（OPC/SF/SS）および 4 成分系（OPC/SF/SS/FA）について，水結合材比(W/B)を 4 段階（100%，125%，150%，200%）に，結合材重量に対する SP 添加率をそれぞれ 3 段階（1～6%）に変化させた全 63 配合のフレッシュ性状に関する基礎物性試験を実施し，比較的強度が高く，ブリージングが少ない 10 配合を選定した[2]．

要求される基礎物性には，低アルカリ性，分離抵抗（ブリージング率），強度発現（28 日材令一軸圧縮強さ），流動性が考えられる．選定 10 配合について，pH の値は全て pH＜11 の低アルカリ性，ブリージング率は全て 2%以下，一軸圧縮強さは 28 日強度で 6～18MPa であった．以下に流動性と浸透特性の関係について述べる．流動性パラメータとして，練り上がり 30 分後の塑性粘度と降伏値を用いた．

３．浸透特性との関係

浸透特性はアクリルと鋼板の間隙により亀裂を模擬した平行平板モデルへのグラウト注入（直径 2m 円板の中心からの放射流型注入）により把握した[3]．微細亀裂を想定して間隙幅 20μm，50μm，注入圧力 2MPa のケースについて，亀裂の浸透特性（10 配合のグラウト材料の累積注入量）と基礎物性（塑性粘度，降伏値）の関係を図-1 に示した．ここで，塑性粘度の逆数を 1000 倍したものを粘性指数，降伏値の逆数を 20 倍したものを降伏指数と呼ぶ．粘性指数も降伏指数も大きな値であるほど小さな塑性粘度，降伏値を持つ．また，累積注入量は 10 倍して示した．図-2 および図-3 にはそれぞれ粘性指数と累積注入量，降伏指数と累積注入量の関係を示した．

これらの図から粘性指数の違いに関係なく，降伏指数の大きいものほど（降伏値が小さいもの）累積注入量が少ない傾向が伺えた．粘性指標との明瞭な相関関係は得られなかった．これは,グラウト材料の浸透速度は，等速度ではなく，摩擦が速度に対する依存性を持つようなスティックスリップ運動となっていたことが理由として考えられる.このような挙動では,静止状態から低速度での動的な粘性抵抗が浸透挙動を支配している可能性が示唆される．

４．おわりに

流動性の指標となる粘性・降伏値は，微細な亀裂に注入する場合と大きな亀裂に注入する場合とでは異なることが想定される．微細亀裂の充填を目的とするグラウトでは，グラウトが浸透している状態の粘性だけでなく，低速度で微細間隙を動く場合の粘性をパラメータとする必要があり,せん断速度に依存した塑性粘度を把握することで,微細亀裂への注入予測が可能になると考えられる．

キーワード　低アルカリ性グラウト，亀裂，粘性，浸透性
連絡先　　〒204-8558　東京都清瀬市下清戸 4-640　㈱大林組技術研究所地盤技術研究部　TEL 042-495-1015

なお本研究は，経済産業省資源エネルギー庁の「平成 21 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） 三浦律彦，納多勝，小林保之，山田勉：低アルカリ性セメントグラウト材料の基礎物性に関する検討，土木学会第 63 回年次学術講演会 CS05-32, pp.231-232, (2008)． 2）三浦律彦，並木和人，小林保之，山田勉：地層処分におけるグラウト材料の高度化開発（その 3）－低アルカリ性セメント系グラウト材料の配合選定―，土木学会第 64 回年次学術講演会，CS5-003，pp.139-140，(2009)．3）鈴木健一郎，納多勝，小林保之，山田勉：地層処分におけるグラウト材料の高度化開発（その 4）－低アルカリ性セメント系グラウト材料の亀裂浸透性に関する実験的研究―，土木学会第 64 回年次学術講演会，CS5-004，pp.141-142，(2009)

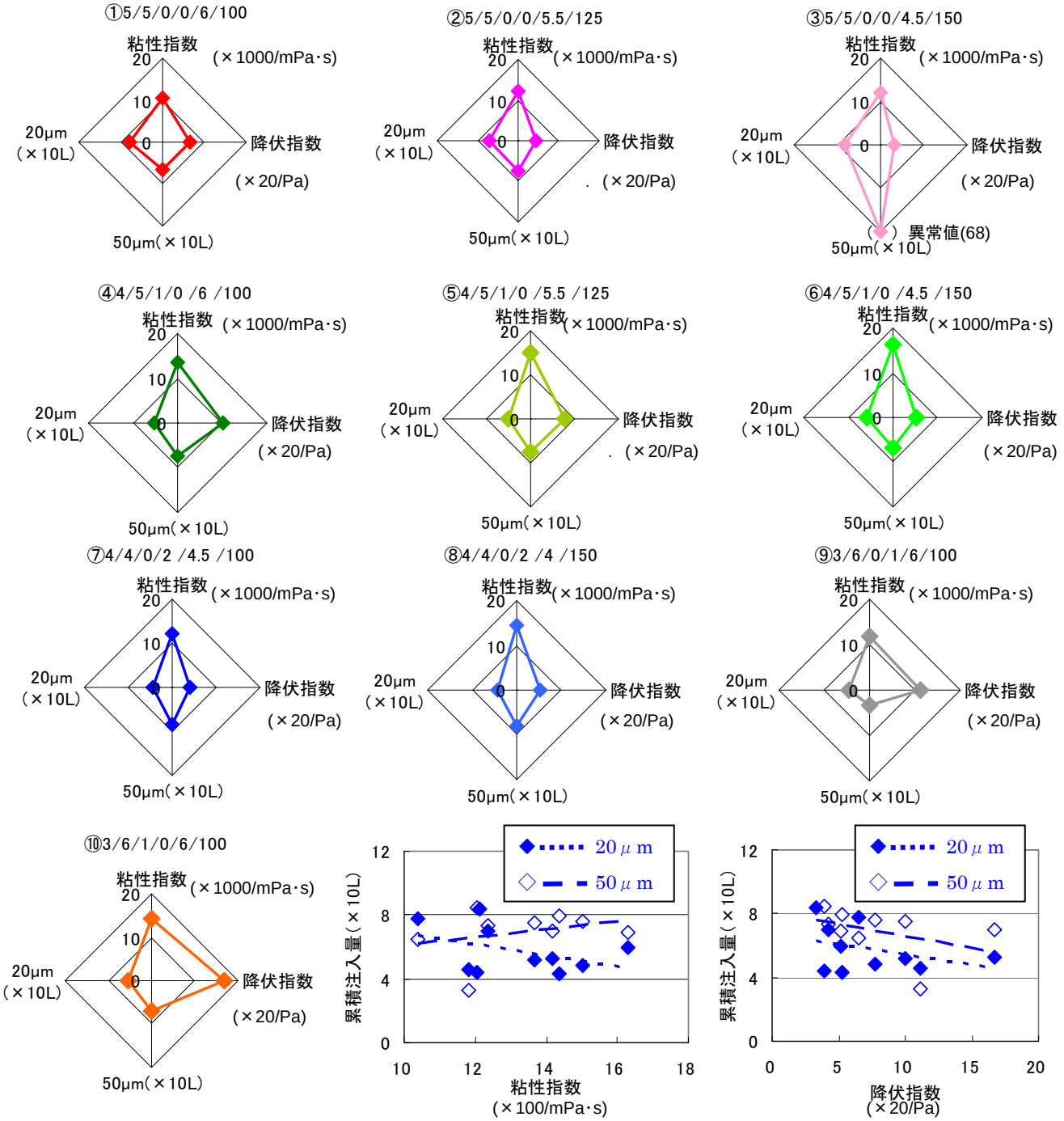

図-1 10 配合の累積注入量と粘性指数・降伏指数との関係　図-2 粘性指数と累積注入量の関係　図-3 降伏指数と累積注入量の関係

（注）各配合は OPC/SF/SS/FA/SP/(W/B)で示した．W/B は水結合材比である．

20μm, 50μm=間隙幅 20μm，50μm の時の累積注入量(L)，粘性指数=1000/塑性粘度，降伏指数=20/降伏値