エタノール・ベントナイトスラリーによる原位置岩盤内注入試験
－　その２：確認試験結果　－

清水建設（株）　正会員　岩佐　健吾　正会員　白石　知成

１．目的

粘土系グラウト材料の適用性に関する研究として、低粘性、高密度にできるエタノール・ベントナイトスラリーの原位置注入試験[1)]を行った。ここでは、原位置注入試験後の確認試験結果について報告する。

２．確認試験項目と結果

確認試験項目としては、ボーリング掘削による亀裂内でのスラリーの充てん状況観察（ボーリングコア、ＢＴＶ、Ｘ線回折、蛍光Ｘ線）、密度、エタノール濃度の測定、注入孔自体の孔内のスラリー充てん状況観察である。

注入試験終了後（約半年後）に No.4 近傍に３本（φ86,2.5m）、No.3 孔近傍に２本（φ86,1.5m）の確認ボーリング（図－１参照）を実施するとともに、注入孔内のスラリーの充てん状況について確認した。

注入孔：No.4～孔内に液固比＝1.89：1 のベントナイトを確認。エタノール濃度は約 2%（図－２参照）

No.3～孔内にスラリー状（液固比＝3.92：1）のベントナイトを確認。エタノール濃度は約 25%

No.2～孔内に液固比＝1.30：1 のベントナイトを確認。エタノール濃度は約 15%

No.1～孔内上部にはエタノール濃度 52%の上澄み液が分布。ベントナイトはスラリー状で回収不可。

確認孔：No.4-1～コア、BTV、Ｘ線回折結果より断層粘土を含む亀裂内にベントナイトを確認。充てん物のエタノール濃度の分析は量が少なく不可能であった。（図－３～５参照）

No.4-2,3～コア、BTV、Ｘ線回折結果より明確なベントナイトスラリーを確認できなかった

No.3-1,2～コア、BTV ともに明確なベントナイトスラリーを確認できなかった（図－５参照）

なお、別途室内試験で実施した対象岩盤（石灰岩）の透水係数はマトリクス部で約 1E-9(m/s)程度、拡散係数は約 1E-11(m^2/s)程度、有効間隙率は約 2.7%であった。

３．試験結果の考察

No.4 孔からの亀裂注入に関しては、注入圧力 0.3MPa であったが、亀裂内および注入孔内のベントナイトスラリーの充てんが確認された。亀裂内充てん物の物性は測定できなかったため明確ではないが、Ｘ線回折用にサンプリングした試料の粘性は比較的大きく、孔内のスラリーの液固比、エタノール濃度の関係から、亀裂内に関しても同程度の物性であることが想定される（エタノール濃度は小さいが粘性は No.2 孔よりも大きい）。

No.3 孔の注入孔内のスラリーに密度増加は認められなかった。注入時に坑壁からのリークが発生しており、注入圧力 1MPa の場合でも、スラリーが圧密する条件ではなかったと考えられる。

No.2 孔に関しては、注入ベントナイト量が 4.1kg 程度であるものの、注入孔内のスラリーは粘土状でかなり固化した状態であった。注入圧力 1.5MPa により、脱水、圧密現象が発生したことによると考えられる。

No.1 孔に関しては、No.2 孔とほぼ同じ注入圧条件であるものの、ボーリング孔内のスラリー状に脱水、圧密現象は発生していなかった。No.1 孔は下向き 15°、No.2 孔は上向き 15°の注入孔であり、No.1 孔の場合はスラリーが分離・沈殿する条件であったと考えられる。（鉛直ボーリングの閉塞材料として適用性確認は今後の課題）

確認孔 No.4-1 ではコアサンプルの亀裂内にベントナイト鉱物を確認することができた。湧水箇所に近い No.4-2,3 孔では確認できなかったことから、スラリーは注入孔から放射状に拡がらなかった可能性がある。

また、確認孔 No.3-1,2 孔では亀裂内に表面流出したはずのスラリーを確認することができなかった。

４．まとめと今後の課題

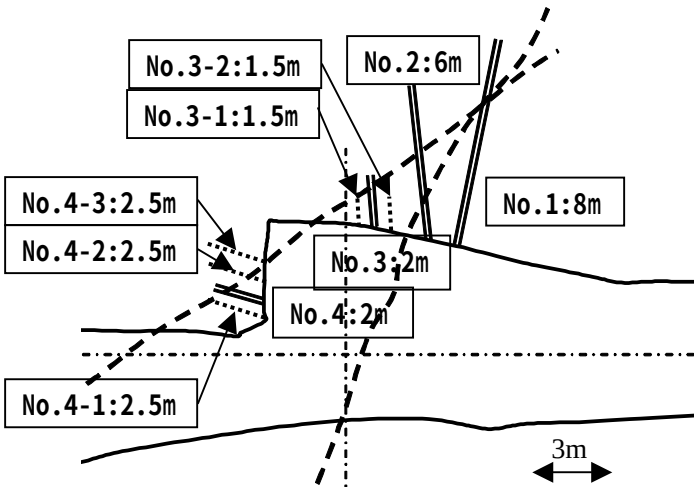
本原位置試験の結果、エタノール・ベントナイトスラリーによる亀裂およびボーリング閉塞への適用性が示唆

キーワード　グラウト注入、湧水対策、ベントナイト、エタノール、スラリー、原位置試験
連絡先　〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設（株）技術研究所 TEL(03)3820-8428

された。スラリーのエタノール濃度の低下に加えて、スラリーの脱水・圧密による密度の上昇効果により止水性を発揮することが想定される。ただし、注入後のベントナイト密度が低い場合にはエタノール濃度の拡散に伴う粘性上昇効果を発揮する前に湧水圧によって水みちが再発する可能性がある。スラリーを継続注入し、脱水・圧密現象を促進することができれば、充てん物（ベントナイト）の密度の上昇に伴う、粘性・止水性の向上を図ることができると考えられる。

亀裂性岩盤に対する亀裂内充てんに関しては施工性の見通しが得られたが、透水性の大きい堆積岩等での間隙中へのスラリーの注入適性把握が今後の課題である。ベントナイト粒子の小さい材料を用いることが効果的と考えられるが、材料の分級方法、特性を把握し、微小亀裂、間隙への充てん性能について検討する必要がある。

今後、施工試験を継続することにより、注入材料、施工方法の最適化を行うことを目指す予定である。

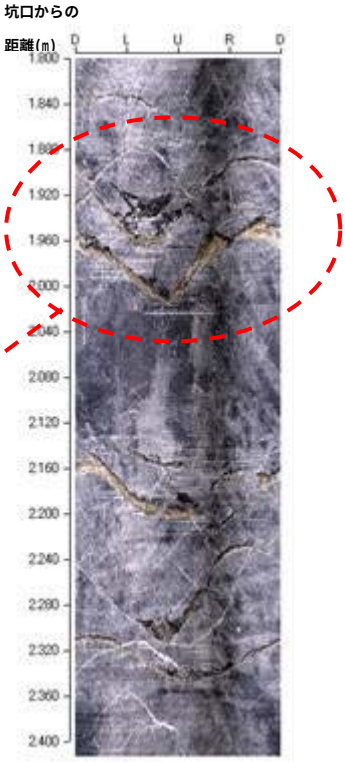


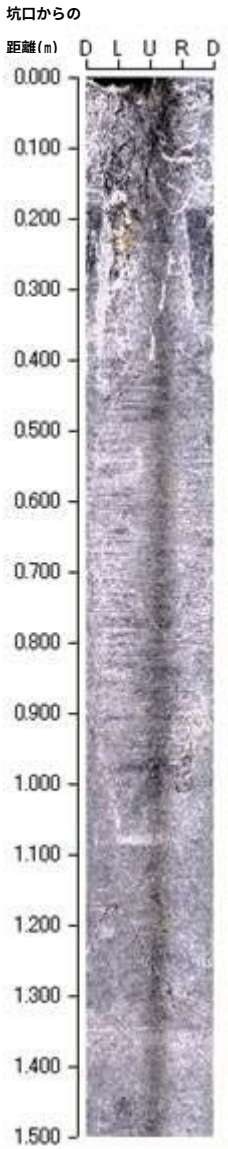
図－１　注入孔および確認孔配置平面図

図－３　確認ボーリングコア例（φ86、No.4-1孔）

図－４　亀裂内充てん状況（φ86、No.4-1孔）

図－２　注入孔(No.4)内ﾍﾞﾝﾄﾅｲﾄ





(a)　No.4-1孔　　(b)　No.3-1孔

図－５　ＢＴＶ画像

なお、本試験の実施にあたり、奥多摩工業（株）殿にはサイトを御提供頂くとともに、試験に大変御協力頂きました。心より感謝致します。

参考文献

1)白石、岩佐：エタノール・ベントナイトスラリーによる原位置岩盤内注入試験－その１：注入試験条件、事後計測結果－,平成 17 年度土木学会西部支部研究発表会,2006 年 3 月