

改良柱体と周辺地盤の地盤環境学的性質に関する原位置調査と室内実験

佐賀大学理工学部 ○学 園 英 同大学院工学系研究科 学 姫野季之
佐賀大学低平地沿岸海域研究センター 正 日野剛徳

1. はじめに 筆者らの属する研究グループは、塩分や酸化還元環境の変遷が深層混合処理工法の品質管理諸量やこの周辺地盤との間の地盤環境に及ぼす影響について検討を進めてきている^{1),2)}。本報では、改良柱体と周辺地盤の地盤環境学的性質に関する原位置調査と室内実験を行った結果について述べる。

2. 原位置調査 本検討に供した研究フィールドや力学的性質の検討結果などの詳細については前報を参照されたい^{3),4)}。

図-1 に、改良柱およびボーリングの位置を平面的に示す。同図における r は中心からの距離 (m) であり、 R_c は改良柱の半径である⁵⁾。同図には示していないが、No.5 の r/R_c の値は

60.9 であり、改良柱体打設前の初期地盤特性を有するボーリング試料とみなせる。同様に、改良柱体の品質管理の際のチェック位置となる No.1 のボーリング試料 (以後、No.1 と呼ぶ・ $r/R_c=0.5$)、ならびに、あえて外縁付近にボーリングを適用して得た No.2 試料 ($No.2 \cdot r/R_c=0.8$)、さらに No.3 ($r/R_c=1.5$)、No.4 ($r/R_c=2.0$) なる位置条件のもと、以後の検討を続ける。図-2 に、改良柱体周辺の未改良地盤における間隙水中の溶存主成分の深さ分布を示す。既往の研究⁵⁾では、改良柱の打設後 3 日後から約 40 日後の条件のもと、改良柱体周辺の未改良地盤にまでセメント系固化材に由来する成分の溶出がおよび、同地盤の強度増加も図られるのが報告されているのに対し、打設後 5 年以上の経過の条件を伴う No.3 から No.5 の結果の場合、改良柱体から未改良地盤に対し距離・深さによらず同様の溶出傾向は認められないことがうかがえる。図-3 に、セメント系固化材に由来すると考えられる Ca^{2+} 、

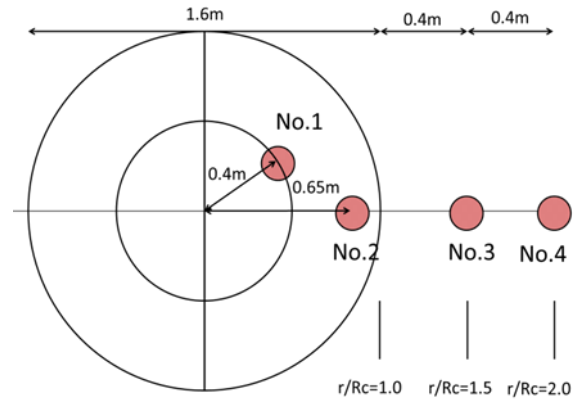


図-1 改良柱およびボーリング位置

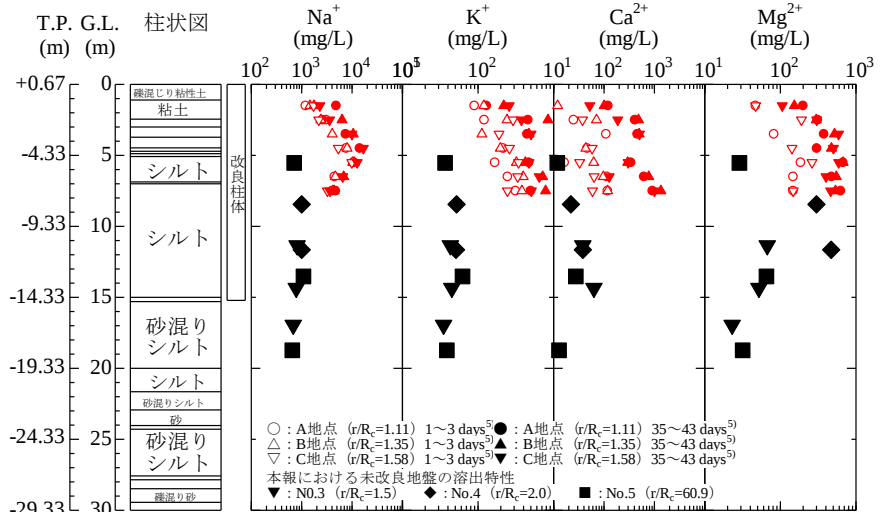


図-2 改良柱体周辺の未改良地盤における主成分の溶出特性

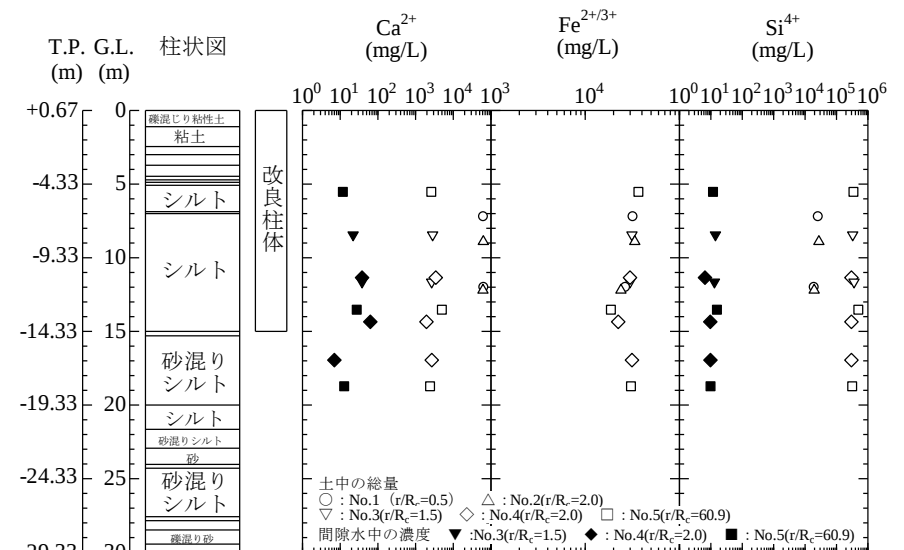


図-3 深さ分布による環境特性

$\text{Fe}^{2+/3+}$ および Si^{4+} の総量ならびに間隙水中の溶存に関する深さ分布を示す。鉄イオンについては分析の過程における酸化の影響が避けられないことから、2 価と 3 価の総量として示している。まず、No.1 および No.2 における Ca^{2+} の総量は 10^4mg/L オーダーの最も高い値を示し、 Si^{4+} に関する総量については No.3~No.5 における同値に比べて 1 オーダー低い値を示している。一般に、セメント系固化材にはカルシウム成分のみならず、水和物の生成に欠かせないシリカも含まれていることから、両成分は現地盤に新たに付加されることになる。 Si^{4+} について得られた結果はこのような理解とは異なるものであり、同メカニズムの説明は現段階では難しい。他方、No.3 から No.5 における間隙水中の溶存濃度は No.1 および No.2 の総量に比べて 3~5 オーダーの低い値を示すのみならず、場合によっては改良柱体近傍における値が初期地盤に比べて低いことまで読み取れる。これは、本検討に供した研究フィールドにおける改良柱体からのセメント成分の溶出の懸念はないことを示し、前報⁴⁾における pH の分布特性との間のよい相関関係をも裏付ける。

3. 浸水試験における各成分の溶出特性

図-4 および図-5 に、蒸留純水、人工海水（総塩量 20g/L）および硫酸水（0.01N）の条件に基づいて No.1 および No.2 の試料を所定の期間浸水させ、この内 28 日浸水後の各成分の溶出量を検討した結果を示す。ここで、蒸留純水は塩分溶脱現象を、人工海水は地球温暖化に伴う海水の地下への再浸入などの懸念を、硫酸水は前述の懸念とともに地盤に酸素がもたらされ、酸化した場合をそれぞれ想定して用いたものである⁶⁾。検討の結果、改良柱の各成分の総量値に比べ溶出量は 2 から 3 オーダーの微量にすぎないことが確かめられた。Hino et al. は同様の検討に際し、改良柱体（改良土）の強度発現がなされているか否か、さらには、そもそも改良柱体（土）の強度発現が発現過程にあるか安定過程にあるかを前提条件に置き、その上で溶出特性を

確かめる必要があることを指摘している¹⁾。この視点に立脚して本検討の結果を考察すると、本検討に供した改良柱の場合は設計基準強度の 2 倍以上の実測値が得られており⁷⁾、かつ施工から 5 年が経過しており強度発現は安定過程にあると考えられる。このような状態の場合、改良柱体の劣化や周辺地盤の環境に及ぼす影響の懸念は、現段階では払しょくできることが考えられる。

4. おわりに 本検討で得られた知見を要約すると、次のとおりである：1) 原位置調査の結果、改良柱体におけるセメント系固化材の成分が周辺地盤の環境に及ぼす影響は認められなかった；2) 同傾向は浸水試験の結果によっても確かめられた。

謝辞：本検討は、(独) 学術振興会・平成 23 年度～平成 25 年度科学研究費補助金・基盤研究(B) (一般)・課題番号 23360204 (研究代表者：日野剛徳)、ならびに平成 23 年度～平成 25 年度科学研究費補助金・基盤研究 (C)・課題番号 23560592 (研究代表者：根上武仁) における課題の一環として実施した。記して感謝の意を表します。

参考文献：1) Hino et al. : Frontiers of Structural and Civil Engineering, Higher Education Press & Springer, Vol.6, No.2, pp. 153-165, DOI: 10.1007/s11709-012-0153-y, 2012. ; 2) Himeno et al. : Proceedings of the 9th International Symposium on Lowland Technology, ISLT 2014, International Association of Lowland Technology (IALT), Saga, Japan, pp.262-265, 2014. ; 3) 嘉村ら：平成 25 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, CD-ROM, 第三部門, pp.395-396, 2014. ; 4) 鍋内ら：平成 25 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, CD-ROM, 第三部門, pp.397-398, 2014. ; 5) 三浦ら：土木学会論文集, No.596/III-43, 209-221, 1998. ; 6) 日野ら：地盤工学会誌, 地盤工学会, Vol.62, No.1, Ser.No.672, pp.53-59, 2014. ; 7) 平岡ら：平成 24 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, CD-ROM, 第三部門, pp.533-534, 2013.

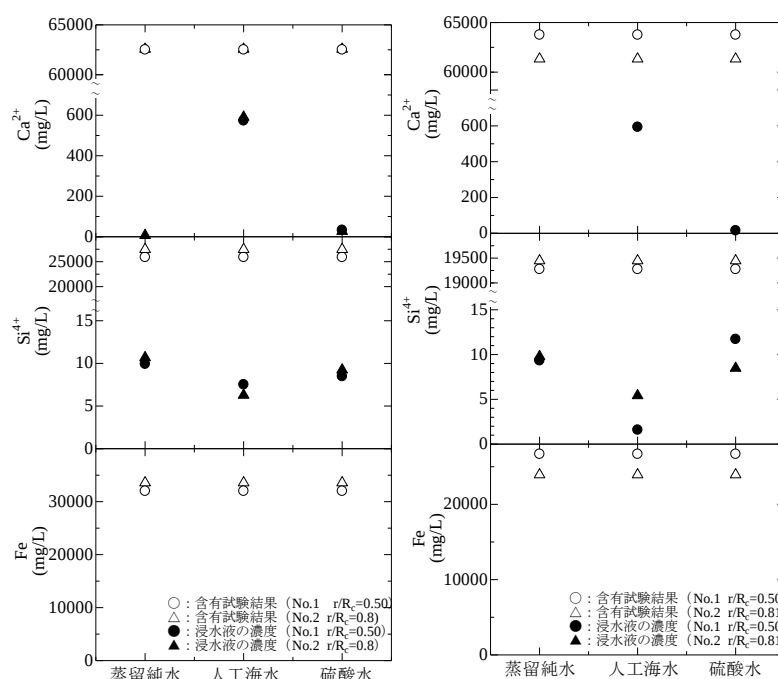


図-4 浸水液の環境特性 (5-10m) 図-5 浸水液の環境特性 (10-15m)