

RPD による連続打撃動的貫入試験の改良体品質評価への適用

(株)興和 正会員 ○中野 義仁, 鉦研工業(株) 倉岡 研一
近畿大学 正会員 大野 司郎, (株)興和 正会員 柴田 東
(株)ジオック技研 只野 信之

1. はじめに

深層混合処理などによる改良体の品質評価は、一般的に代表的な改良体でサンプルを採取し、それに対する一軸圧縮強さで評価される。また、その補完として同じサンプルを用いた針貫入試験¹⁾などが利用されている。しかし、改良体の強度は、土質や改良材の添加具合、攪拌具合などに左右されるため、その強度は個々に違うものと考えられる。よって、簡便な調査方法でより多くの改良体の強度を連続的に確認することが可能となれば、品質評価の信頼性向上を図ることができる。

小型ロータリーパーカッションドリル(RPD)による連続打撃動的貫入試験は、P値(先端サンプラーを任意の深さまで貫入するのに要する打撃回数)により、地盤の硬軟や締まり具合を調査し、同時に貫入試料も採取するサウンディング方法であり、標準貫入試験(SPT)や小型動的貫入試験などの従来のサウンディングと同等の結果を得ている^{2),3),4)}。また、利用する小型 RPD は、削孔能力が高く機動性にも優れ、改良体の強度変化も捉えることができれば、その品質を効率的に評価することが可能となる。そこで、本研究では、新潟の沖積砂地盤において実物大のセメント改良柱体を用いた実験施工を行い、小型 RPD による連続打撃動的貫入試験の改良体品質評価への適用性について検討した。

2. 実験地の地盤と試験方法

実験地は、地表部より沖積砂が厚く分布し、その沖積砂は、平均粒径 $D_{50}=0.19\sim0.26\text{mm}$ 、細粒分含有率 $F_c=1\sim5\%$ 、均等係数 $U_c=1.6\sim2.0$ であり、粒径が均一な細中砂を主体としている。また、実験地の地下水位(WL)は、GL-1.5mである。連続打撃動的貫入試験は、自然地盤である場合、図-1(b)に示す SPTと同様のレイモンドサンプラーを利用していたが、高強度である場合、貫入不能となる可能性が懸念されたため、同図(c)に示す小型ビット($\phi 42\text{mm}$)による送水回転打撃も併用し、材令による強度発現も捉えることを目的に、第1~4週の各週で実施した。また、それと同時期に各改良体からロータリー式スリーブ内臓二重管サンプラー(JGS 1224-2003)により試料を採取し、針貫入試験¹⁾、一軸圧縮試験(JIS A 1216:1998)、圧裂による引張り強さ試験(JGS 2551-2001)、パルス透過法による超音波速度測定(JGS 2110-1998)も実施した。



(a)連続打撃動的貫入試験状況 (c)小型ビット

図-1 実験状況と先端ビュー&ビット

3. 改良体の仕様

改良体は、セメント系固化材を用いたスラリー系の改良機械により、 $\phi 600\text{mm}$ 、深度 3m の改良柱体を図-2 に示す配置・改良パターンで計 10 本施工した。その内、No5-1,2 の改良体は、低強度で不良部が検出できるか確認する目的で、人為的に改良材の配合量を調整し、不良部を形成している。

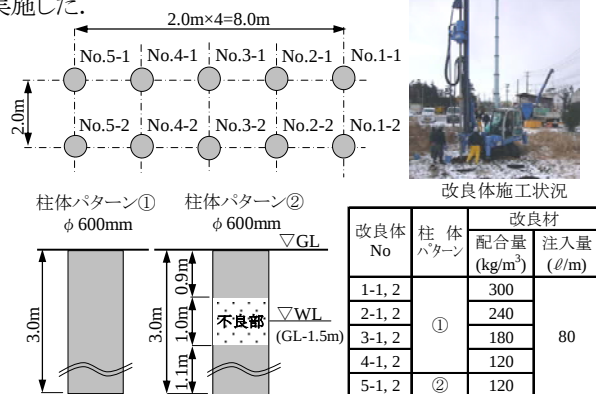


図-2 改良体配置と改良パターン

4. 連続打撃動的貫入試験結果

図-3 に各材令で実施した連続打撃動的貫入試験と針貫入試験の代表的な結果を示す。なお、No.3-1 はレイモンドサンプラー、No.2-1 および No.1-2 は小型ビットによる貫入長 10cm 毎の P 値(10cm)である。各図より、

P 値(10cm)は針貫入勾配 N_p と良い対応を示しており、改良体強度の変化を捉えている。改良体の配合量が少ない No.3-1 では、強度が低く軟質であるため、深度 $z=1.9\sim2.0\text{m}$ 、 $2.2\sim2.7\text{m}$ の間は、針貫入試験では測定不能であったが、P 値(10cm)はそれら軟質な部分も強度の変化を捉えている。また、各図中には、試験後の改良体頭部の写真を示している。レイ

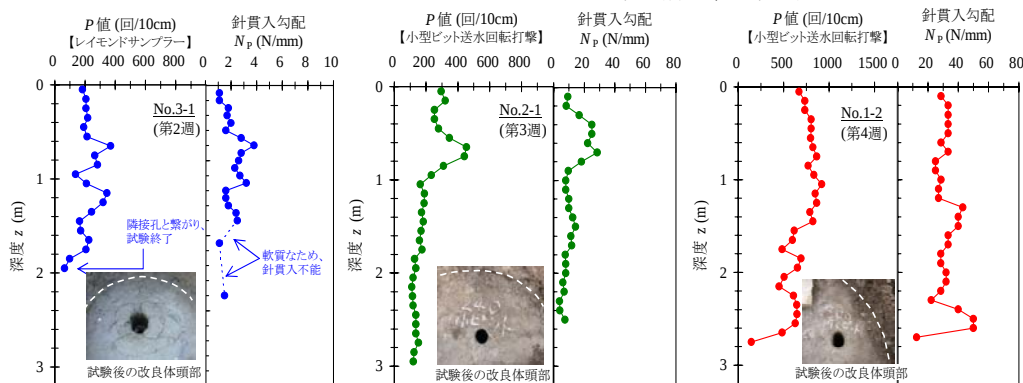


図-3 連続打撃動的貫入試験と針貫入試験結果

キーワード 調査法, サウンディング, 貫入試験, 連続打撃, 改良土, ソイルセメント

連絡先 〒950-8565 新潟県新潟市中央区新光町 6-1 (株)興和・調査部 TEL 025-281-8815

モンドサンプラーを用いた No3-1 では改良体表面に亀裂が確認されたが、その深さはボアホールカメラで確認した結果、 $z=0.25\text{m}$ までであった。

図-4 は、人為的に不良部を形成した No.5-1 のレイモンドサンプラーと小型ビットによる P 値(10cm)の深度分布である。レイモンドサンプラー、小型ビットによる何れの P 値(10cm)も不良部を明瞭に捉えており、小型ビットでも低強度の改良体に適用できることがわかった。また、レイモンドサンプラーが利用できる場合は、図-5 に示すように貫入試料も採取することができる。しかし、強度が高い場合、貫入試料は観察には十分な品質であるものの、連続打撃によってディスクングし、細片状に採取された。

5. P 値と各試験結果の比較

小型ビットによる P 値(10cm)と N_p の関係を図-6 に示す。図中の曲線は、プロットした全データによる回帰曲線である。両対数軸上ではあるものの、 P 値(10cm)は N_p と相関が良く、その相関係数は $r=0.833$ と高い結果を得た。また、 P 値(10cm)は、材令によって強度が増加する傾向も捉えていることがわかる。

図-7 は、レイモンドサンプラーによる P 値(10cm)と一軸圧縮強度 q_u 、変形係数 E_{50} の関係である。レイモンドサンプラーは、高強度の改良体では貫入不能となり、低強度の改良体でしか適用できなかった。また、室内試験用の供試体も軟質なため、十分に確保することができなかった。これらの影響でデータ数は少ないものの、レイモンドサンプラーによる P 値(10cm)は q_u 、 E_{50} と相関が良く、それらの相関係数は $r=0.984$ 、 0.941 と高い結果が得られた。

図-8 は、小型ビットによる P 値(10cm)と q_u 、 E_{50} 、引張強度 σ_t 、 P 波速度 V_p の関係である。小型ビットによる P 値(10cm)と各値の相関係数 r は、 P 値- q_u :0.950、 P 値- E_{50} :0.934、 P 値- σ_t :0.988、 P 値- V_p :0.925 であり、何れも相関が高い結果が得られた。また、図-7、8 より、レイモンドサンプラーは $q_u \approx 800\text{kN/m}^2$ 以下の低強度の改良体にしか適用できなかったものの、小型ビットは $q_u \approx 150 \sim 5000\text{kN/m}^2$ の幅広い強度の改良体に適用できることがわかった。

6. まとめ

本稿の主要な結論は、以下のように要約される。

- 1) P 値(10cm)は、 N_p と同等に改良体の強度変化を捉えることができる。また、針貫入試験では測定不能となる低強度部や不良部も明瞭に捉えることができる。
- 2) 小型ビットによる改良体の P 値(10cm)と N_p は相関が高く、その相関係数は 0.833 であった。
- 3) レイモンドサンプラーおよび小型ビットによる改良体の P 値(10cm)は、何れも q_u 、 E_{50} 、 σ_t 、 V_p と相関が高く、その相関係数はすべて 0.9 以上であった。
- 4) レイモンドサンプラーは、 $q_u \approx 800\text{kN/m}^2$ 以下の低強度の改良体に適用できる。また、小型ビットは、 $q_u \approx 150 \sim 5000\text{kN/m}^2$ の幅広い強度の改良体に適用できる。

【参考文献】 1) 社土木学会(1991):軟岩の調査・試験の指針(案)。2) 中野・柴田・大野・倉岡ら(2008):連続打撃貫入試験の液化化地盤物性評価への適用, 第 43 回地盤工学研究発表会講演集, pp.189-190。3) 中野・柴田・大野・倉岡(2008):連続打撃貫入試験と各種サウンディング結果との比較, 土木学会第 63 回年次学術講演会講演概要集, pp.553-554。4) 中野・柴田・倉岡・大野(2009):傾斜ボーリングにおける連続打撃動的貫入試験と長尺サンプラーの開発, 第 44 回地盤工学研究発表会講演集。

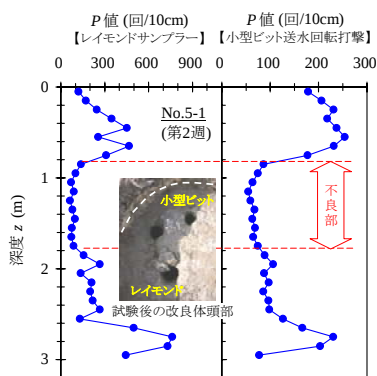


図-4 不良部形成改良体における連続打撃動的貫入試験結果

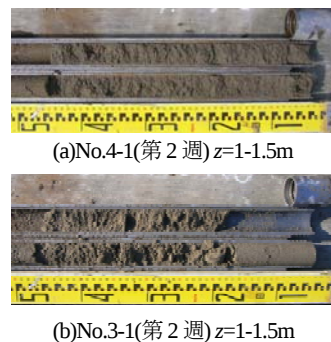


図-5 貫入試料の一例

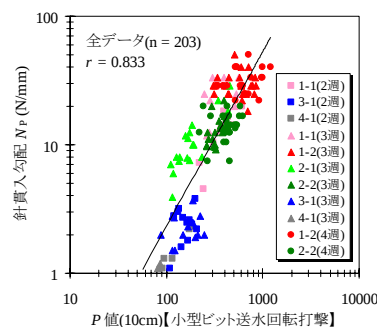
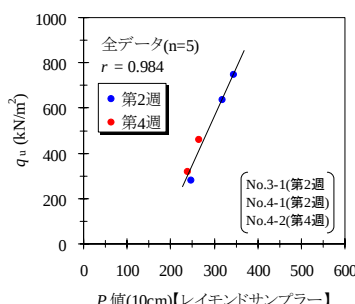
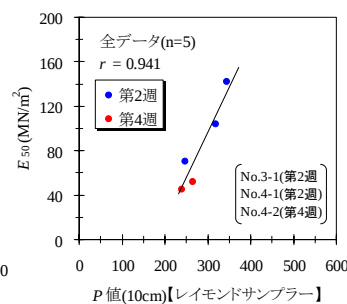


図-6 P 値(10cm)【小型ビット】と N_p の関係

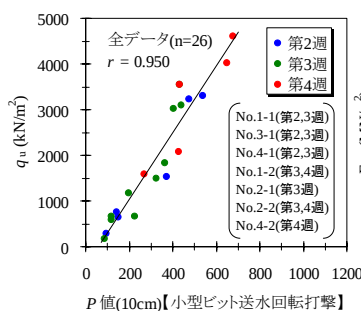


(a) P 値(10cm)と q_u の関係

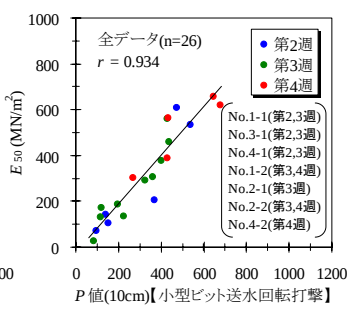


(b) P 値(10cm)と E_{50} の関係

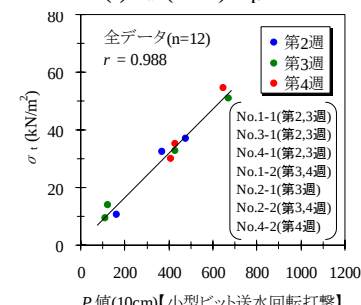
図-7 P 値(10cm)【レイモンドサンプラー】と q_u 、 E_{50} の関係



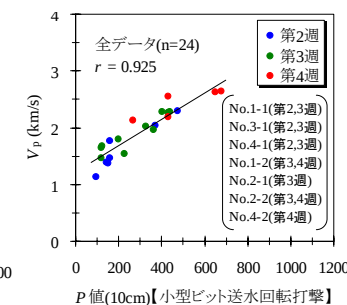
(a) P 値(10cm)と q_u の関係



(b) P 値(10cm)と E_{50} の関係



(c) P 値(10cm)と σ_t の関係



(d) P 値(10cm)と V_p の関係

図-8 P 値(10cm)【小型ビット】と q_u 、 E_{50} 、 σ_t 、 V_p の関係