

## 連続打撃貫入試験と各種サウンディング結果との比較

(株)興 和 正会員 ○中野 義仁, 正会員 柴田 東  
 近畿大学 正会員 大野 司郎 鉦研工業(株) 倉岡 研一

### 1. はじめに

地盤調査におけるボーリング作業の効率化・省力化を目的に、貫入試験が採取できるという標準貫入試験(SPT)の利点を活かしたロータリーパーカッションドリル(RPD)による連続打撃貫入試験を開発した<sup>1,2)</sup>。連続打撃貫入試験を砂地盤へ適用した結果、SPT と同等に地盤の硬軟や締まり具合などの変化を評価できることが示唆された<sup>2-4)</sup>。本研究は、新潟県長岡市与板町地内の粘性土地盤に於いて、連続打撃貫入試験と SPT、ミニラムサウンディング試験(ミニラム)、スウェーデン式サウンディング試験(SW)、オランダ式二重管コーン貫入試験(CPT)を実施し、既往の砂地盤での結果<sup>3,4)</sup>も含めて連続打撃貫入試験と従来のサウンディング結果を比較して各種地盤に対する適用性について検討したものである。

### 2. 連続打撃貫入試験

連続打撃貫入試験は、SPT と同様のサンプラーを RPD の油圧ハンマーによる連続的な打撃によって地盤に貫入し、その時の貫入抵抗： $P$  値(サンプラーを 30cm 打ち込むのに要する打撃回数)の測定と土試料(貫入試料)の採取を同時に行う試験である<sup>1-4)</sup>。図-1 に連続打撃貫入試験計測システムを示す。また、専用機として開発した小型 RPD を図-2 に示す。 $P$  値は、小型 RPD の打撃速度は非常に高速であるため、当初は油圧ハンマー直下に小型の加速度計を取り付けて打撃による加速度を測定し、その変化から下方向の打撃回数のみを求めていた。しかし、既往の結果より、加速度計による実測  $P$  値と計算  $P$  値(30cm 貫入に要する時間と RPD の打撃密度から計算した打撃回数)はほぼ一致し、計算  $P$  値で代表できることが示された<sup>3)</sup>。よって、本稿では計算  $P$  値で整理している。また、専用機として開発した小型 RPD は、図-2(a)に示すように連続打撃貫入試験の他、同図(b)のようにドリルヘッド部を開閉することができ、SPT も容易に出来る機構となっている。

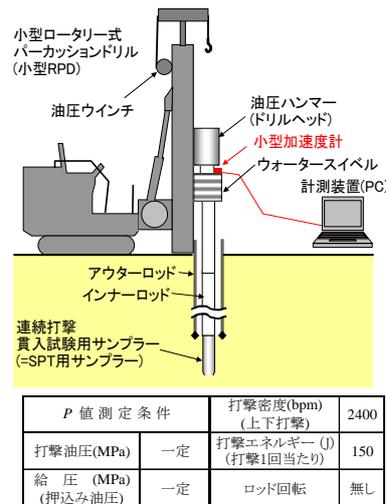


図-1 連続打撃貫入試験計測システム



(a) 連続打撃貫入試験 (b) 標準貫入試験  
 図-2 小型 RPD と各試験状況

### 3. 試験結果

図-3, 4 にそれぞれ砂地盤と粘性土地盤で実施した  $P$  値と各種サウンディング結果の深度分布を示す。図-3 は、石狩湾新港で実施された「空港施設における実物大液状化実験」の共同研究サイトでの結果<sup>3)</sup>であり、発破による人工液状化前後での結果を比較したものである。 $P$  値および  $N$  値、 $N_d$ 、 $N_{sw}$  の各値の深度方向の変化は、事前・事後ともにほぼ同様の傾向である。事前・事後で比較出来るのは  $P$  値と  $N_d$  であり、両値ともに地下水位(W.L.)~深度 4.5m(上部発破深度)の区間にて事前・事後に差が見られる。同区間の R-5-1 の  $N_d$  の事前・事後の平均値は 2.0 と 1.8 であり、事前に対して事後の方が約 10% 小さく液状化によって緩んだ状況が捉えられている。また、RPD-1 同区間における  $P$  値の事前・事後の平均値は 567 回と 398 回であり、事前に対して事後は約 30% 小さく事前・事後の差は  $N_d$  よりも明瞭に現れており、液状化によって地盤が緩んだ状況を捉えている。

図-4 は、新潟県長岡市与板町地内の信濃川左岸の粘性土地盤における結果である。図中の  $N$  値は、図-2(b) に示した形態で実施した小型 RPD による SPT の結果である。当地の地盤は、深度約 1.5m 以浅、4.5m および 13.5m 付近に礫混じり粘土層や礫混じり砂層がある他は比較的均質な粘土から構成されている。 $P$  値の深度分布は、 $N$  値、 $N_d$ 、 $N_{sw}$ 、 $q_c$  のそれらとほぼ同様の傾向である。また、 $P$  値は粘性土層中の層厚が薄い礫混じり層も捉えており、従来のサウンディングと同等の結果が得られている。

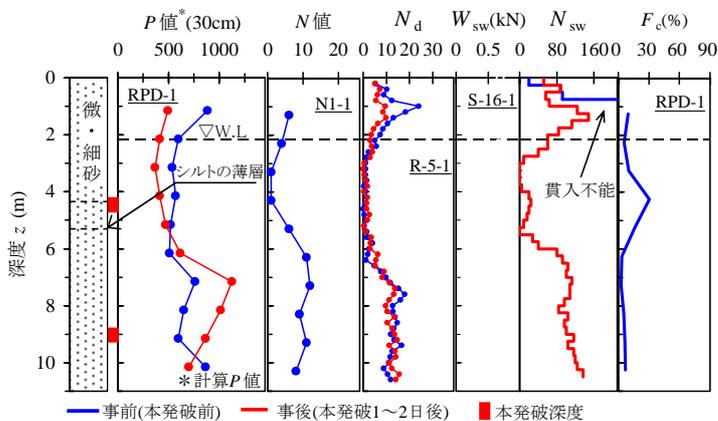


図-3 砂地盤における  $P$  値と各種サウンディング結果<sup>3)</sup>

キーワード 調査法, サウンディング, 貫入試験, 連続打撃, 貫入抵抗

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

4. P値と各種サウンディング結果の比較

図-5は、石狩<sup>3)</sup>と新潟の粘性土地盤と砂地盤で得たP値と各種サウンディング結果の比較であり、各図中の直線は回帰直線である。なお、礫詰まりによるサンプラーの閉塞や礫当たりなどによる特異なデータは除外して整理している。

粘性土地盤では、P値はN値およびqcとの相関が良く、それらの相関係数はそれぞれ0.843, 0.758と比較的高い結果が得られた。しかし、P値とNdおよびNswの相関係数は、それぞれ0.438(トルク補正), 0.241と低い結果となった。これは、連続打撃貫入試験、SPT、CPTは二重管で実施され、ロッドに摩擦が作用しないのに対し、ミニラムやSWは単管式であるため、ロッドに摩擦が作用する。ミニラムは、粘性土の場合はロッドに掛かるトルクを利用して摩擦の影響を補正するが、図-5(b)の粘性土に併示したようにP値とトルク補正「あり」と「なし」のNdとの相関係数に大きな違いがなく、当粘性土地盤では通常行われているトルク補正方法ではロッドの摩擦の影響を十分に補正できず、摩擦の影響が残っている可能性がある。SWについても、図-4に示したように深度約8.5m付近でNswが大きくなっているが、その他のサウンディングの結果にはそのような傾向はなく、ロッドに作用する摩擦の影響が出ている傾向である。このように、P値とNdおよびNswの相関は、ミニラムとSW試験時のロッド摩擦の影響が反映し、低くなったものと考えられる。

砂地盤では、P値とN値、Nd、Nswを比較した結果、粘性土地盤に比べるとややバラツキはあるものの、P値はN値、Nd、Nswの各値の増加と共に大きくなる傾向である。P値と各値の相関係数はP値-N値:0.777, P値-Nd:0.728, P値-Nsw:0.643であり、P値は打撃を伴うという点で試験方法が類似しているN値、Ndと相関が強い結果が得られた。

5. まとめ

本稿の主な結論は、以下のように要約される。

- 1) P値は、砂地盤の液状化による地盤の緩みも捉えることができる。また、地質観察に十分な品質を有す貫入試料が採取される他、既往の結果<sup>4)</sup>より貫入量と貫入時間を細かく計測・整理することにより、砂の薄層などサンプラー内の僅かな土質の変化も捉えられる。
- 2) 粘性土地盤では、P値はN値・qcとの相関が高く、それらの相関係数はそれぞれ0.843, 0.758であった。砂地盤においては、打撃を伴うという点で試験方法が類似しているN値、Ndと相関が強く、それらの相関係数はそれぞれ0.777, 0.728であった。
- 3) 2)の結果より、P値は粘性土地盤および砂地盤においても適用性が高く、従来のサウンディングと同等に地盤の土質や硬軟・締まり具合などの変化を評価できる。

**謝辞:**新潟県長岡市与板町地内の試験サイトは、国土交通省 北陸地方整備局 信濃川河川事務所より便宜を図って頂いた。また、石狩の実験結果は、(独)港湾空港技術研究所・地盤構造部構造振動研究室との「空港施設における実物大液状化実験」共同研究の一部を引用させて頂いた。関係各位に深甚の謝意を表します。

**【参考文献】** 1) 柴田・真島・中野ら(2006): 効率化を目指したロータリーパーカッションドリルの地盤調査への適用, 土と基礎, Vol.54, No.4, pp25-27. 2) 中野・斎藤・柴田ら(2006): ロータリー式パーカッションワイヤーライン工法による動的貫入試験, 第41回地盤工学研究発表会講演集, pp183-184. 3) 中野・柴田・大野ら(2008): 連続打撃動的貫入試験の液状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. 4) 大野・柴田・中野ら(2008): 連続打撃貫入試験による地盤の工学的特性評価, 第43回地盤工学研究発表会講演集.

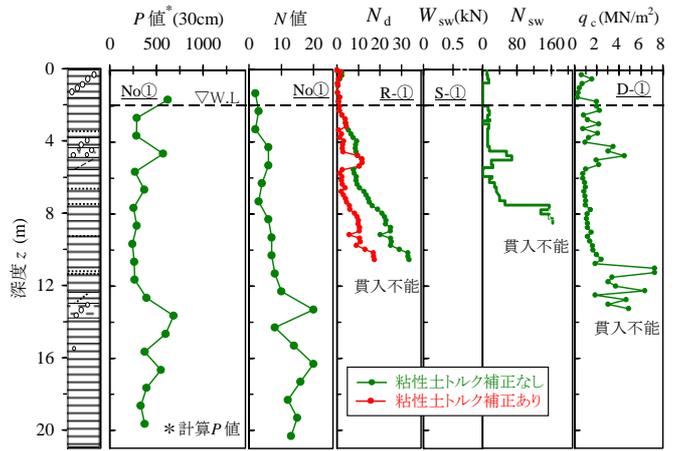


図-4 粘性土盤におけるP値と各種サウンディング結果

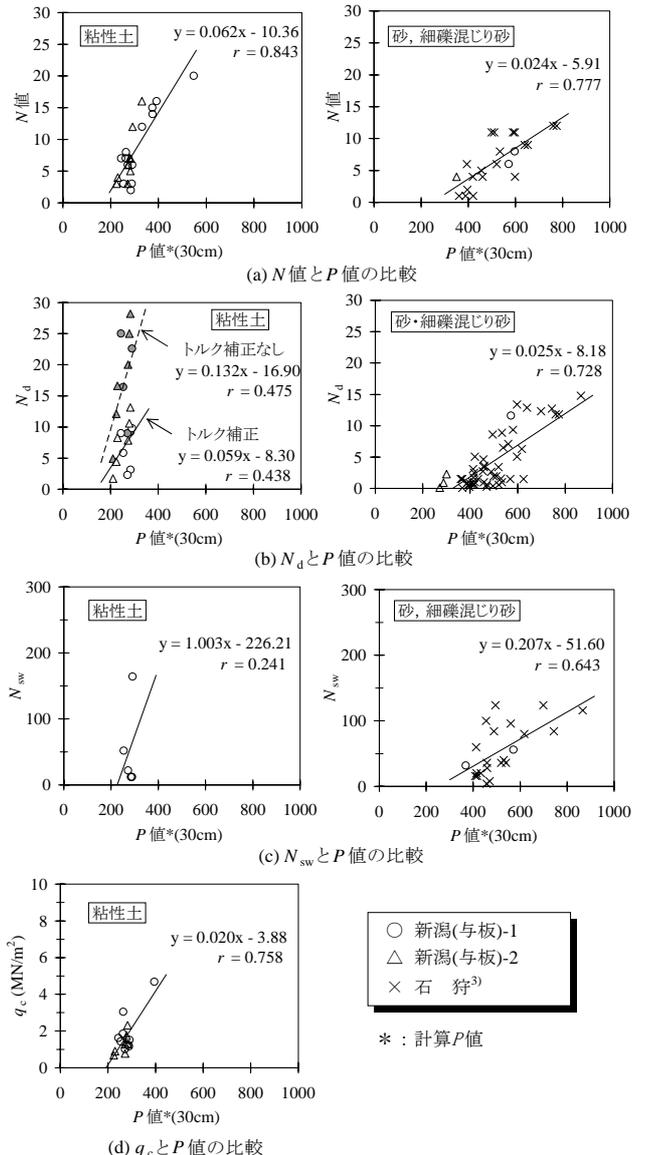


図-5 P値と各種サウンディング結果の比較