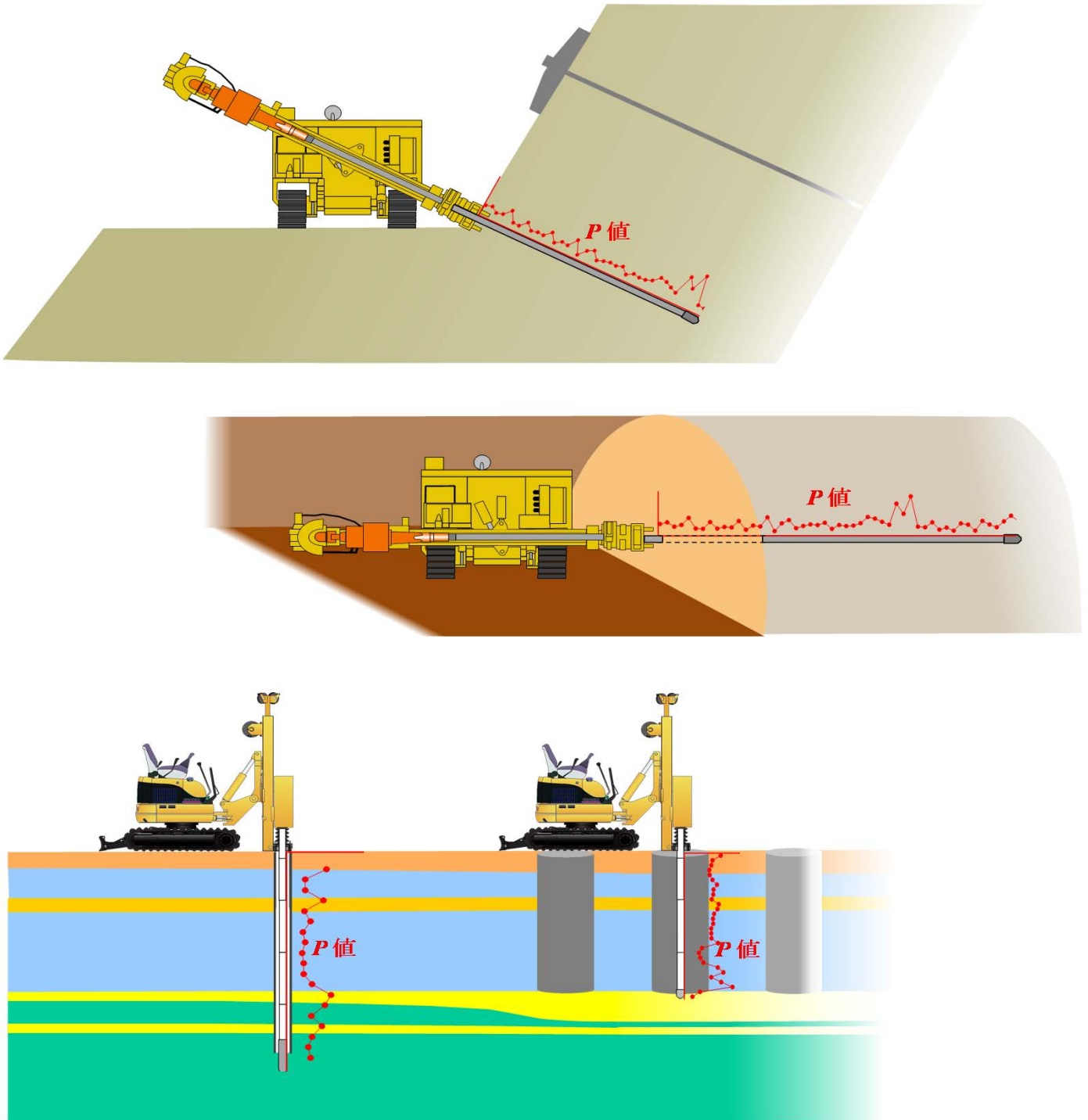


RPDによる岩盤の多方向動的貫入試験

— Method for Multi-direction Dynamic Penetration Test using Rotary Percussion Drill in rock mass —



特許第4692883号「ロータリーパーカッションドリルを用いた地盤調査工法及び装置」

RPDによる岩盤の多方向動的貫入試験は、岩盤調査ボーリングの省力化・効率化に寄与します。

RPD(ロータリーパーカッションドリル)による岩盤の多方向動的貫入試験は、RPDの連続打撃掘削機構を利用して先端のサンプラーまたはビットを岩盤に連続的に貫入し、連続打撃貫入抵抗(P 値[※])を測定するサウンディング技術です。

※ P 値:RPDの連続打撃により、先端のサンプラーまたはビットを地盤に所定の深さまで貫入するのに要する打撃回数(貫入量30cmである場合は P 値_{30cm}、同様に10cmの場合は P 値_{10cm}と表す。また、 P 値_{30cm}は深度1m間隔の測定を標準とし、 P 値_{10cm}は連続的に測定することを標準としている。)

特徴

- ▶ P 値は、 N 値などの従来のサウンディング試験結果や一軸圧縮強さ(q_u)などと相関性が良く、地盤の連続的な硬軟変化の把握や強度特性などの地盤物性値を推定する際の指標として利用できます。
- ▶ 鉛直、傾斜、水平の何れの方法でも試験が可能です。
- ▶ 貫入方式、RPD、先端の種類を適切に組み合わせることにより、岩盤以外の粘性土・砂・砂礫などの未固結地盤やセメント改良地盤にも適用可能です。
- ▶ P 値は、先端のサンプラーまたはビットが地盤に任意の深さまで貫入するのに掛かる貫入時間とその時のRPDの打撃・回転・給進油圧(操作盤の指示計で計測)から求めることができます。
- ▶ 先端にPS-WL(パーカッションワイヤーラインサンプラー)やSPTサンプラーを利用した試験では、試験と同時にコア試料や貫入資料も採取できます。
- ▶ PS-WLで採取したコア試料は、地質・堆積構造の判別や室内試験に利用できます。
- ▶ RPDの打撃エネルギー伝播効率が良いことを確認しています。
- ▶ P 値を指標にして地盤物性値を推定する場合は、採取したコアに対する試験結果または直近の既往調査結果との比較が必要になります。

試験に利用するRPDと試験条件

RPDの種類と試験形態

試験に利用するRPDは、汎用型のマシンで対応できます。



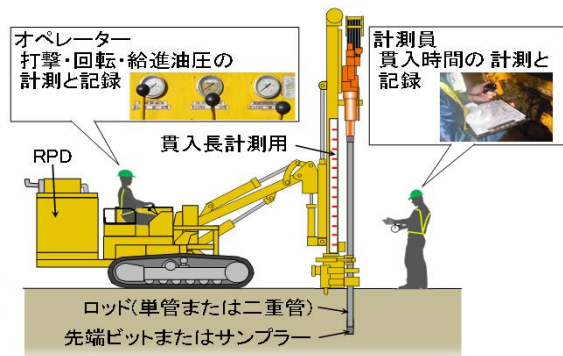
小型RPDの例



中型RPDの例



大型RPDの例



試験形態(大型RPD)

※試験には事前に利用するRPDの詳細な性能・仕様が必要となります。必要となる性能・仕様についてはお問い合わせ下さい。

試験条件と適用地盤

試験方向	試験方式(貫入方式)	掘削&打撃装置	先端の種類	適用地盤 ^{※4}	試料採取
鉛直&傾斜	回転打撃貫入	小型RPD ^{※1}	小型ビット	砂礫、軟岩、セメント改良地盤	不可
		中型RPD ^{※2}	大型ビット	粘性土、砂・砂質土、砂礫、軟岩、硬岩、セメント改良地盤	不可
		大型RPD ^{※3}	PS-WLサンプラー		コア試料
	打撃貫入	小型RPD ^{※1}	SPTサンプラー	粘性土、砂・砂質土、砂礫	貫入試料
中型RPD ^{※2}		大型ビット	粘性土、砂・砂質土、砂礫、軟岩	不可	
大型RPD ^{※3}					
水平	回転打撃貫入	中型RPD ^{※2}	大型ビット	粘性土、砂・砂質土、砂礫、軟岩、硬岩	不可
		大型RPD ^{※3}	PS-WLサンプラー		コア試料

※1:小型RPDは出力15PS相当のマシンであり、傾斜方向は水平対30°まで可能。

※2:中型RPDは出力20~70PS相当のマシンであり、水平方向の試験やPS-WLサンプラーが利用できない機種もある。

※3:大型RPDは出力70~160PS相当のマシンである。

※4:極軟質又は極硬質である場合は、適さない場合もある。

先端の種類



SPTサンプラー
(標準貫入試験用)



小型ビットの例



大型ビットの例



PS-WL

P値の測定方法

RPDのドリルヘッド(油圧ハンマー)直下に取り付けた小型加速度計の変化から求めた打撃回数(図-1参照)から計算される実測P値と、貫入時間とRPDの性能・仕様から計算される打撃密度から計算される計算P値を比較した結果、図-2に示すように計算P値は実測P値とほぼ一致していることがわかります。この結果より、P値の計算で必要となる打撃回数は、先端のサンプラーまたはビットが地盤に貫入するのに掛かる貫入時間を計測するだけで簡単に求めることができます。

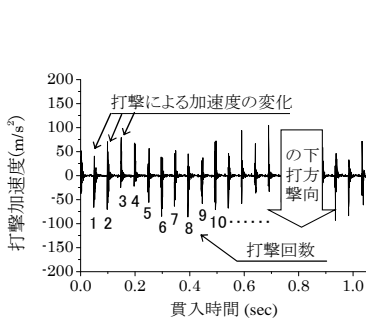


図-1.小型RPDで計測した連続打撃による小型加速度計の変化

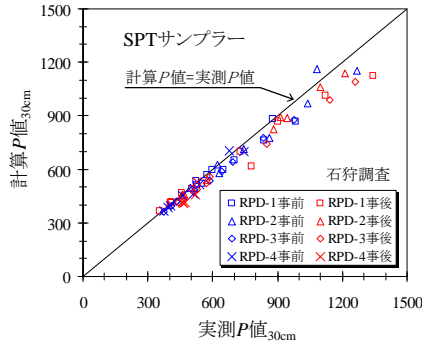


図-2 実測P値と計算P値の比較(小型RPD)

貫入長と貫入時間計測方法の例

貫入長と貫入時間は、「ロッドに付けた目盛り」または「ガイドに取り付けたスケール(標尺)」を頼りに時計(ストップウォッチ)で計測するだけです。また、試験時のRPDの各油圧(打撃・回転・給進)は、操作盤の指示計で計測します。



P値の計算方法

$$P \text{ 値} = \frac{\Sigma E}{\text{基準1打撃エネルギー}}$$

ここに、 $\Sigma E = E_p + E_R + E_v$

E_p : 所定の貫入長で計測した貫入時間と試験時の打撃油圧から計算される打撃回数×試験時の打撃油圧から計算される1打撃エネルギー

E_R : 試験時の回転油圧から計算される回転エネルギー

E_v : 試験時の給進油圧から計算される押込みエネルギー

基準1打撃エネルギー: 使用したRPDの打撃油圧 10.5MPa時の1打撃エネルギー

※P値は、利用する先端の種類に依存する。

RPDの打撃エネルギー伝播効率

RPDの打撃エネルギー伝播効率は、動的貫入試験時に発生する先端部とドリルヘッド(油圧ハンマー)直下のインナーロッドのひずみから算出される平均軸力より打撃エネルギー伝播効率を検討した結果、図-3に示すように平均軸力比(先端部平均軸力/打撃部直下平均軸力)は、深度方向の減衰も殆どなく、平均値=0.96~0.98という結果が得られ、非常に良いことがわかります。

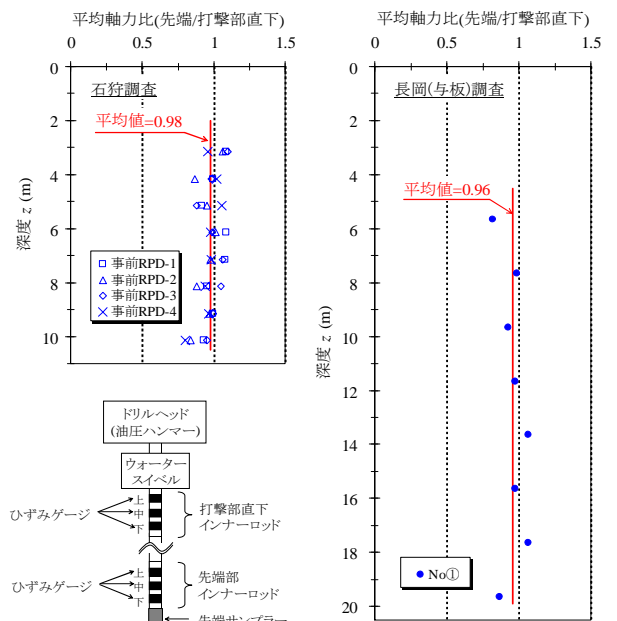


図-3.平均軸力比の深度分布(小型RPD)

試験結果の例

グラウンドアンカー削孔管理(傾斜方向の試験)

グラウンドアンカーの削孔管理に利用した例を図-4に示します。事前SPT(既BV-2)のM値と直近で得たP値の比較結果を利用してP値から推定した推定M値の変化は、既BV-2のM値と調和的であることがわかります。また、その結果による地質区分も事前調査結果とほぼ一致しており、設計時で評価された定着層深さや強度特性が妥当であることが裏付けられています。

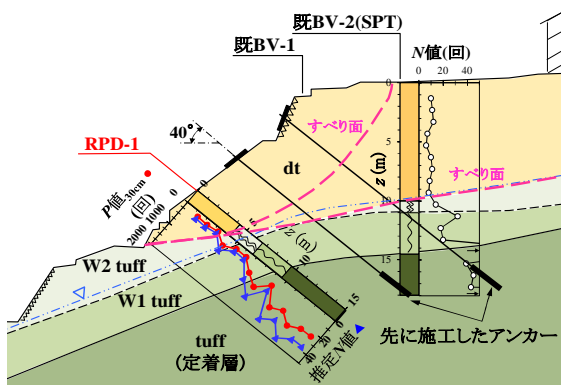
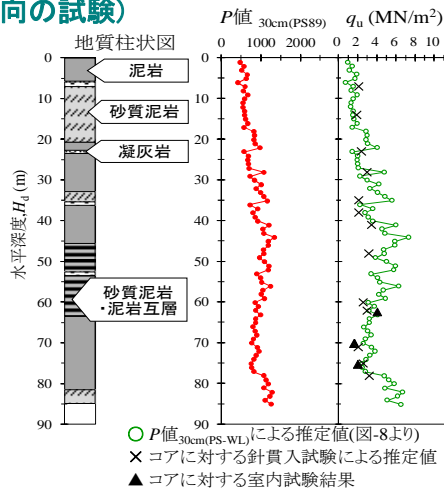


図-4.グラウンドアンカーの削孔管理適用例(大型RPD+大型ビット)



トンネル先進調査(水平方向の試験)

トンネル先進調査の水平ボーリングでPS-WLを利用した試験結果例を図-5に示します。 P 値と同値から推定した q_u の変化は、試験と同時にPS-WLで採取したコア試料に対する N_p (針貫入勾配)と一軸圧縮試験による q_u と良い対応を示し、地盤の強度変化を捉えていることがわかります。また、深度85mの調査を約24時間(交替作業)で終わります。



PS-WLによるボーリングコアの例

図-5.トンネル先進調査適用例(大型RPD+PS-WL【PS89】)

軟弱地盤調査とセメント改良体品質確認調査

軟弱地盤でのSPTサンプラーによる試験結果例を図-6に示します。 P 値の深度方向の変化は、 N 値、 N_d (ミニラムサウンディング試験)、 N_{sw} (スウェーデン式サウンディング試験)、 q_c (オランダ式二重管コーン貫入試験)の変化とほぼ同様の傾向であり、従来のサウンディングと同等に土層の硬軟や締まり具合の変化の他、薄層の介在も把握できていることがわかります。

図-7は、セメント改良体の品質評価として実施した小型ビットによる試験結果例です。 P 値は別途採取したコア試料に対する N_p と良い対応を示しており、改良体の深度方向の強度変化を捉えていることがわかります。また、同図の写真に示すように、打撃による亀裂の発生もないことがわかります。

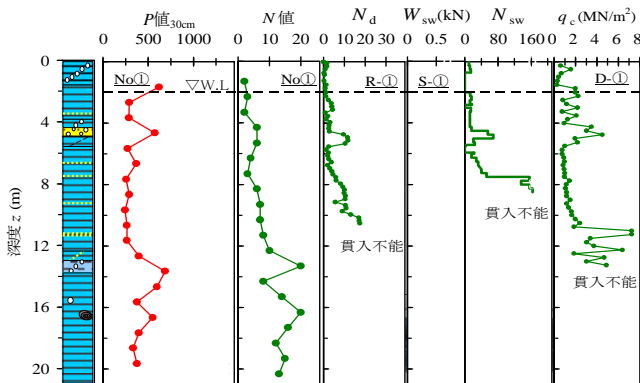


図-6.粘性土地盤における調査結果例 (小型RPD+SPTサンプラー)

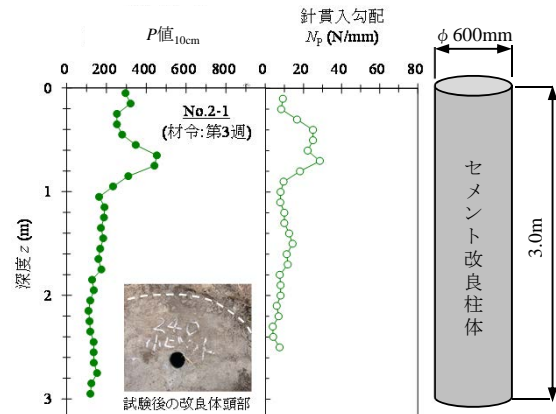


図-7.セメント改良体品質確認調査結果例 (小型RPD+小型ビット)

P値と地盤物性値の比較

岩盤で得たPS-WLによる P 値と q_u の比較例および砂地盤と粘性土地盤で得たSPTサンプラーによる P 値と N 値の比較例をそれぞれ図-8と図-9に示します。 P 値と各地盤物性値の相関性は高いことがわかります。なお、各図は一例であり、 P 値と各種地盤物性値の関係は、各調査地で確認することが望めます。

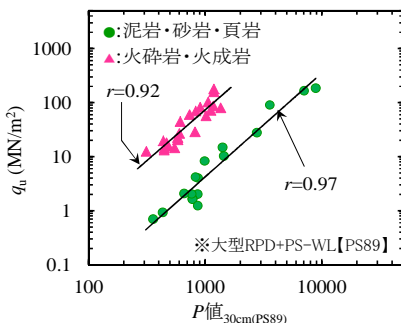


図-8.岩盤における P 値と q_u の比較例

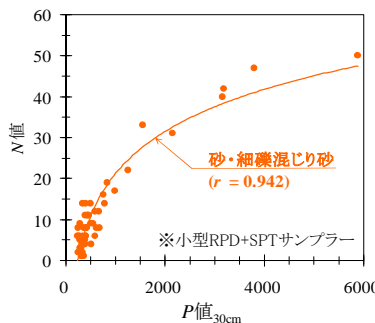


図-9.砂地盤と粘性土地盤における P 値と N 値の比較例