

全地盤サウンディング試験機によるのり面調査

(株)日西テクノプラン ○瀬崎 茂
松江高専名誉教授 浜野 浩幹

1. はじめに

簡易な地盤調査方法にスウェーデン式サウンディング試験等があるが、これらは砂や粘土を主体とした未固結地盤を対象とするものである。そのため、礫質地盤などでは物理探査やボーリング調査が実施されるが、前者は一般に面的調査であり、深さ方向での精度は劣る。後者は点的調査であり、深さ方向の精度は高いが経費的に割高となりやすい。

ここで述べる全地盤サウンディング試験は物理探査より精度がよく、ボーリング調査より安価な方法として、削岩機による穿孔速度とブロー圧の変化により地層状態を判定しようとするものである。模型実験および露頭での試掘により、地層の硬軟や透水性に基づく地中内部の不連続面（特にすべり面）を効率良く特定できる方法を提案する。

2. のり面の崩壊実態と調査要件

2.1 所要調査深度

写真-1はモルタル吹き付けのり面が道路側溝に滑落したものである。このような既設のり面の変状調査（50～69現場）¹⁾によれば、層厚が3m未満のものが約95%を占めていることから、所要調査深度は5m程度で十分である。

2.2 調査方向

同様に、変状のり面の勾配は 60° 以上が70%であり、写真-2のような場合ボーリング等の調査はのり面に直交する方向が基本である。

2.3 すべり面位置

すべり面に関しては強風化層底面が50%、節理面や層理面に規制されるものが30%を占めている。特に写真-2のように岩盤内部で破断されているものは、地層の硬軟のみですべり面を特定することは困難であり、空隙部とかボーリング掘削水の逸水面といった視点での調査が有効と考えられる。

2.4 物理探査の適用性

物理探査については表-1のように、調査精度は地中レーダーが最も良いが、起伏のある斜面には適さないとされており、実質的にのり面調査で有用なものはない。



写真-1 岩盤滑落



写真-2 同上、側壁部

表一 探査手法と選定するための要因と該当探査法¹⁾(一部抜粋)

基本的 要因	要因の具体的記述	リモートセンシング	屈折法弾性波探査	反射法地震探査	垂直・水平探査	二次元比抵抗探査	電磁探査	重力探査	磁気探査	地中レーダー	放射能探査	微動	表面波探査	熱赤外線探査	打音探査	地温探査
		調査する 精度	概略的に把握する程度	○	○	△	◎	△	◎	◎	◎	△	○	○	○	○
	ある程度詳しくければよい		◎	○		◎	○			△						○
	できるだけ詳細に把握したい				○					◎						
適用地点 の地形	地形は平坦ないし一様傾斜で、起伏は少ない	○	△	◎	◎	△	△	○	○		○				○	◎
	緩やかな起伏がある程度	○	◎	○	○	◎	○			○						○
	急傾斜や傾斜の急激な変化が見られ、かなり複雑	○					○									

◎：最も適用できる，△：適用できる，○精度は低下するが適用できる

3. 変状のり調査におけるサウンディング試験の目的

一般にすべり面は硬い基盤層上面（崩積土層や強風化層底面）や岩体内部の脆弱層（軟質な凝灰岩層等）において形成する場合が多い。移動層が大きく変位した場合、すべり面付近は空隙を生じ、地下水経路をなすことが考えられる。そのためボーリング調査時の湧水面や逸水面はすべり面をなす可能性が高い。

ここで提案する全地盤サウンディング試験はこのような地中内部の脆弱部や良透水層を検出することですべり面を特定しようとするものである。

4. 削岩機によるサウンディング試験の適応性

削岩機によるサウンディング試験の適応性を確認するため、次のような実験を行った。

4.1 試験機仕様

- ・試験機：TSDD-90WS型サウンディングドリル（ヤマモトロックマシン（株）製）
全重量 110kg（ガイドセル全長 2.1m，機械幅 0.5m，機械高 0.4m，定格圧力 6.9MPa，定格トルク 46N・m，打撃数 2250bpm，空気消費量 4.3m³/min）
- ・サウンディング試験専用ロッド ・サウンディング試験専用ボタンビット
- ・給進圧：1～5MPa ・ブロー圧：0.5MPa（無負荷状態，測定時給気圧 0.8MPa）
- ・コンプレッサー：吐出空気量 10.5～11m³/min

4.2 測定方法とデータ整理

測定は 10cm 毎に行い、貫入速度とブロー圧を測定する。貫入速度は試験状態（給進荷重、給進角度、打撃圧、穿孔径）の違いを補正するため、以下の方法で打撃圧当たり貫入速度に変換した。

打撃荷重に影響する給進荷重（ビットを穿孔物に押しつける力）は給進圧等による推力とドリフター等の推進部の重量を穿孔角度で補正した自重を加えたものであり、YSDD-90WS 型サウンディングドリルでは次式より求められる。

$$F = ((P/0.098) \cdot q \cdot \eta_t) / (200\pi) / (D/2) + W \sin \alpha \quad (1)$$

ここに、 F ：給進荷重 kg， P ：給進圧， q ：モーター押しつけ容積（58cc/rev）， η_t ：トルク効率 0.84， D ：出力スプロケット 0.05635， W ：機械推進部重量 65kg， α ：貫入角度（水平面を基準）である。

式（1）のように給進荷重 F は貫入角度 α によって異なることから、鉛直方向（鉛直荷重 65kg）の状態では打撃圧 1MPa（所要最小圧）における給進荷重 F （93.1kg）を基本給進荷

重 F_B とすれば、貫入角度 α の違いによる給進荷重率 η_F は次式で表される。

$$\eta_F = F / F_B \quad (2)$$

また穿孔径 d の違いによる打撃効率 η_S を基本貫入径 60mm を基準に表すと

$$\eta_S = 60 / d \quad (3)$$

これらを基にした有効打撃圧 P_{ES} は、打撃圧 P_S を用いて

$$P_{ES} = P_S \cdot \eta_F \cdot \eta_S \quad (4)$$

とすれば、打撃圧当たり貫入速度 IS_S は次式で示される。

$$IS_S \text{ (m/min/MPa)} = IS \text{ (m/min)} / P_{ES} \text{ (MPa)} \quad (5)$$

4.3 崩積土から着岩する場合の貫入曲線

崩積土層から硬い地盤に着岩する場合（写真-1）は図-1のように貫入速度が急激に低下するため、基盤面を的確に検出できる。



写真-1 図-1の地質状況

4.4 標準貫入試験値との対比

図-2は砂質片岩で実施した標準貫入試験 N 値と貫入速度の対比である。両者はほぼ同様の曲線形態を示し、地層層界も一致する。

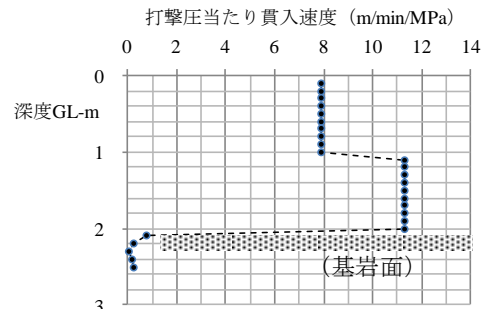


図-1 崩積土から着岩する場合

4.5 空隙部でのブロー圧

亀裂との関係を確認するため、写真-2のような露頭で試掘した結果、図-3のように亀裂区間ではブロー圧が上昇することが確認された。これは図-4のように亀裂内にエアが逸出するためスライム排出が不良となり、目詰まりをきたすことによるものと考えられる。



写真-2 図3の測定箇所

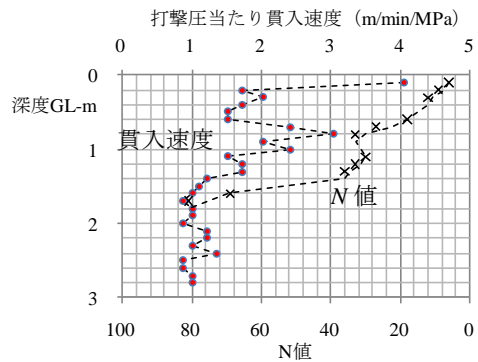


図-2 N値との対比

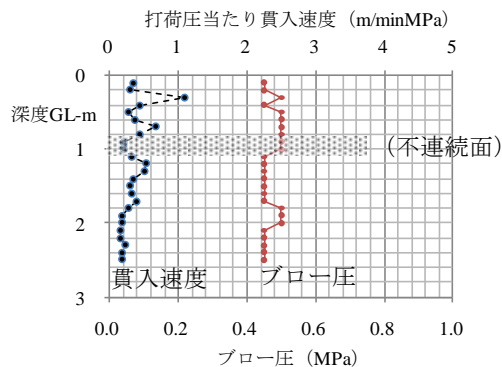


図-3 空隙部でのブロー値曲線

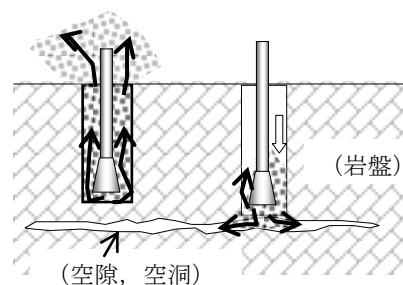


図-4 空隙部でのブロー圧上昇原理

4.6 粘土層を介在する場合の特徴

写真-3のような試験体(ダクト管φ300mm,長さ1m)の中央に粘土層(5~50mm厚)をセットした状態で試験した。その結果,図-5のように全体に粘土層に達する付近での貫入速度が低下する傾向が確認された。また粘土層厚が50mmの場合は,当層を含む区間での貫入速度は速くなることが確認された。



写真-3 模型実験の試験体

4.7 貫入速度と試験体強度の関係

セメントミルクで任意の強度を持つ疑似岩盤を上記と同様にダクト管を用いて作成し,これと貫入速度との関係を調べた。

結果は図-6のようであり,地盤強度が低い場合(5MPa以下)でややばらつきがあるものの,全体に硬い地盤ほど貫入速度が遅くなり,貫入速度と地盤強度は比較的高い相関を示している。

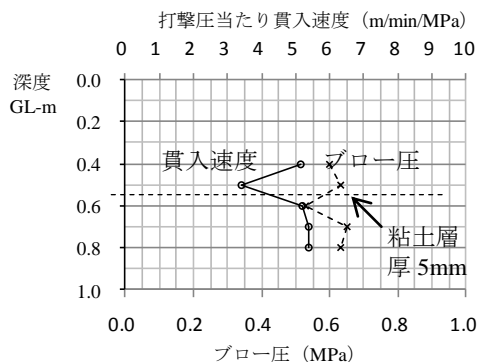


図-5 粘土層を介在する場合

いる。

4.8 貫入速度とN値の関係

貫入速度と標準貫入試験N値との関係は図-7のようであり,N値が10以上の層で貫入速度が急激に高まる傾向にある。

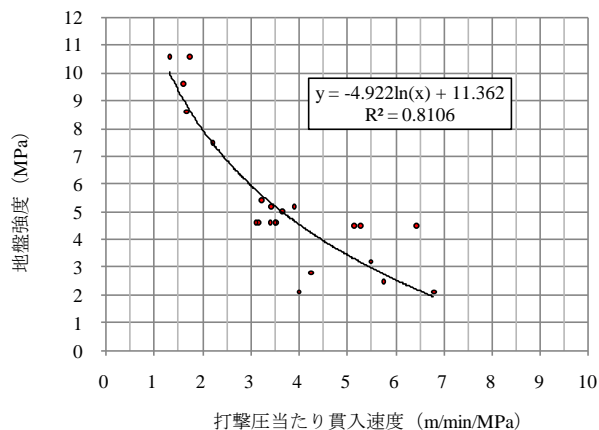


図-6 貫入速度と地盤強度

5. まとめ

削岩機を利用したすべり面の検出方法を試行した結果,地層の硬軟はもとより,すべり面(破断面)につながる空隙部の検出も可能であることが確認された。粘土層に関しても貫入速度が変化するなどの挙動がみられ,不連続面検出の手がかりとなることが確認された。今後は多くのデータを収集することで判定基準の精度を高めていきたい。

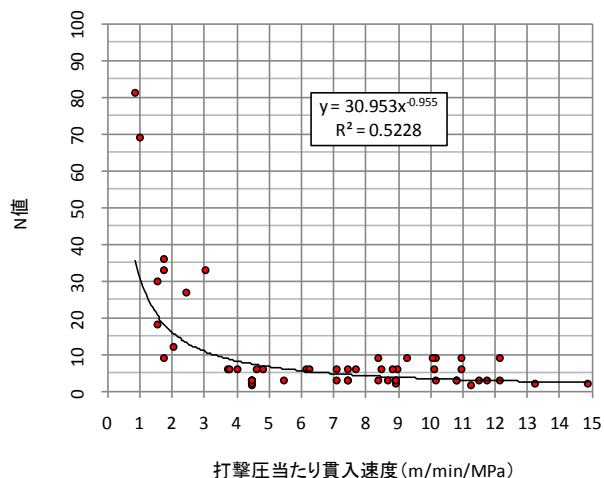


図-7 貫入速度とN値の関係

【質問事項】

「他にすべり面深度を適正に把握できる有効な方法があれば知りたい。」

〈参考文献〉

- 1) (社)物理探査学会:老朽化吹き付けのり面の調査・対策の手引き,鹿島出版会,2006.