軟岩の原位置せん断摩擦試験結果例による一考察

基礎地盤コンサルタンツ(株)　正会員　○和田　英孝
岩崎　博一

1. はじめに

原位置せん断摩擦試験(以下「SBIFT 試験」とする)は中硬岩を除く地質・地層を対象にしたせん断定数(粘着力 c，内部摩擦角 φ)および変形定数(変形係数 E 等)を求めることができる原位置試験である．原位置で地盤定数を得るため，試料採取時や試料運搬時などの乱れを考慮する必要がないため，精度の高い地盤定数が得られる．またボーリング孔を利用するため，深度方向に連続して試験を行うことにより対象地点に分布するすべての地層に対して地盤定数を得ることが可能である．

本稿では関東地方で実施した軟岩(火砕流堆積物，泥流堆積物)の SBIFT 試験による概略結果および詳細試験結果に基づく一考察を報告する．

2. 試験結果の概略

試験結果の概略を表-1, SBIFT による計測結果による加圧圧力 σ～せん断応力 τ を図-1 に示す．表中に示したように，ボーリング 1 孔 4 深度で試験を実施し，調査地点に分布するすべての地層で地盤定数を取得した．調査地点では火砕流堆積物および泥流堆積物がそれぞれ 2 層ずつ分布しており，事前に行われていた標準貫入試験による設計 N 値，設計 N 値から推定されるせん断定数(「推定粘着力 c」，「推定内部摩擦角 φ」とする)[1]もあわせて示した．なお，表中の注釈にあるように既往調査結果による地層区分により火砕流堆積物は砂岩，泥流堆積物は泥岩として N 値による地盤定数を算出した．以下に試験結果の概要等を記す．

1) SBIFT による粘着力 c は 75.8～385.7kN/m² を示し，地層や深度による傾向は認められない．
2) 火砕流堆積物 Pf は推定粘着力の約 3～10 倍(111～386kN/m²)，泥流堆積物 Mf は約 0.5～1.6 倍(75.8～266.2kN/m²)となった．

表-1　SBIFT 試験によるせん断定数と N 値による地盤定数

地層名	地層記号	試験深度 (GL-.m)	せん断摩擦試験結果 粘着力c (kN/m²)	せん断摩擦試験結果 内部摩擦角 φ(°)	N値による地盤定数 設計N値 (回)	N値による地盤定数 粘着力c (kN/m²)	N値による地盤定数 内部摩擦角 φ(°)
火砕流堆積物1	Pf1	4.5	110.7	39.6	13	35.9 *1	35.0 *1
泥流堆積物1	Mf1	9.5	75.8	39.8	41	157.6 *2	20.7 *2
火砕流堆積物2	Pf2	17.5	385.7	36.4	16	38.4 *1	35.4 *1
泥流堆積物2	Mf2	26.5	266.2	39.4	43	162.2 *2	20.8 *2

*1：砂岩等として算出　*2：泥岩等として算出

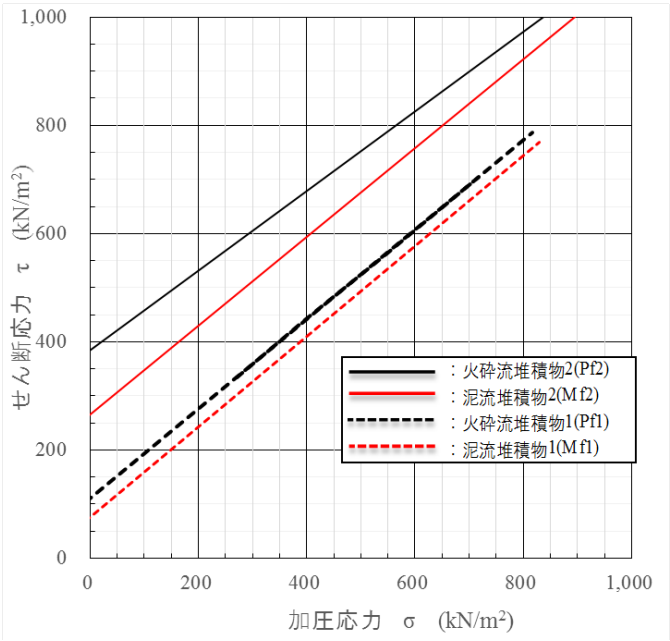

図-1　SBIFT 試験による加圧応力～せん断応力

3) 内部摩擦角 φ については 36.4～39.8°となり，地層・地層区分による違いは見られない．
4) 火砕流堆積物 Pf では大きな差(計測：36～39°，推定：35°)は認められない．泥流堆積物 Mf では 36～40°と大きな値が計測された．

これらのせん断定数の違いは堆積時の環境のみでなく，堆積年代，堆積粒子(粒子径・粒子形・粒子構成など)および堆積後の環境等による様々な要因で決定されることが示されており，推定式による推定値はあくまでも目安になるが，絶対値ではないことを示している．

キーワード：原位置せん断摩擦試験　軟岩　応力開放　Mohr-Coulomb 則
連絡先　〒135-0016 東京都江東区東陽 3-22-6 基礎地盤コンサルタンツ(株)関東支社　Tel：03-5632-6825

3. 詳細試験結果による一考察

図-2 に SBIFT 試験による加圧応力～せん断応力の初期段階の詳細図を示す．この図はせん断定数(c，φ)の設定時に棄却した初期段階の加圧応力 σ～せん断応力 τ の直線部分(破線部分)と全体の加圧応力 σ～せん断応力 τ の直線部分(実線部分)を追記・修正・拡大したものである．実際の計測結果で初期段階の計測値を棄却する理由は以下の通りである．

1) 掘削時の孔壁の乱れがある領域での測定結果
2) 応力開放による緩み領域での測定結果

図中に示した矢印↑は各試験深度での土被り圧(概略単位体積重量 $\gamma_t \fallingdotseq 20kN/m^3$ とし，試験深度までの深さ(土被り厚)を乗じて求めた概略値)である．各試験結果とも土被り圧相当前後で折点が確認されたため、その要因について推定した。

＜応力開放による緩み領域＞　最も土被りが薄い Pf1 は初期範囲である破線部分，Mf1 および Pf2 では初期範囲と採用範囲の境界付近，最深部である Mf2 では採用範囲の土被り圧となっている．注目したのは Mf1 および Pf2 であり，上述した棄却理由である「1)孔壁の乱れ領域」がほとんどなく，「2)応力開放による緩み領域」である可能性を示している．

＜Mohr-Coulomb 則＞　図-3 に Mohr-Coulomb 則を使用する際の注意点 [2]を示す．図中にあるように Mohr-Coulomb による破壊基準では，想定応力範囲外（想定応力以下の初期段階あるいは想定応力以上の応力範囲以上）では強度を過大評価することを示している．特に「②粘着力の過大評価」については SBIFT 試験結果の初期段階に相当する傾向を示しており，「Mohr-Coulomb 則に則ったせん断応力を示す」可能性を示している．

4. おわりに

本報では軟岩を対象とした SBIFT による試験結果を基に，試験結果の一部分が応力開放の影響を受ける場合のせん断定数推定や Mohr-Coulomb 則に則ったせん断応力を設定できる可能性を示した．

応力開放を考慮した地盤のせん断応力や Mohr-Coulomb 則に則ったせん断応力の設定は　1)掘削を伴う基礎や切土のり面の安定問題　2)杭基礎やトンネルなどの地下構造物の応力問題　など各種解析・設計・施工に有意な地盤定数となる可能性が高い．よって SBIFT 試験時には室内試験と同様に，施工目的

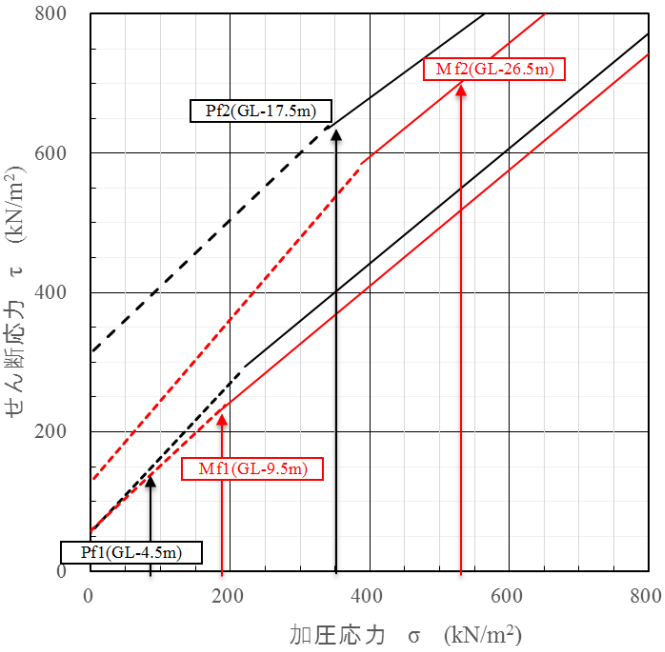

図-2　SBIFT 試験結果による初期段階(拡大)

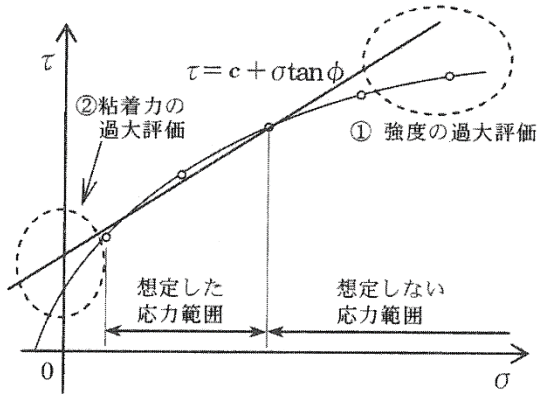

図-3　Mohr-Coulomb 則利用時の注意点 [2]

に応じた加圧応力を設定することが重要となる．

ただし，本試験結果は　1)ボーリング削孔による孔壁が自立する軟岩である　2)試験区間に礫分が少なく孔壁の乱れがほとんどなかった　3)応力開放による緩み領域の発生と試験時の載荷条件(加圧，引揚等)が適用できた　など様々な要因が影響したと推定される．今後は蓄積された詳細データの整理・検討と他の地盤定数（水平載荷試験による降伏応力や変形係数など）との関係について検討する必要がある．

最後に本稿をまとめるにあたり，ワイティージオメカニック豊岡義則氏の御指導を受けたことを文末ながら記して謝意を表する．

＜引用・参考文献＞

1) 日本道路公団編：設計要領第二集・橋梁建設編，(株)高速道路総合技術研究所，平成 27 年 7 月
2) 設計用地盤定数の決め方-岩盤編-：社団法人地盤工学会，平成 19 年 7 月