

原位置せん断摩擦試験の試験結果の評価について

(株)ダイヤコンサルタント中部支社 ○小野 薫
 藤本 弘之
 (株)ダイヤコンサルタント関東支社 橋本 雅宏

1. はじめに

原位置せん断摩擦試験¹⁾(SBIFT:Self Boring In-situ Friction Test)とは、試料の乱れや応力解放の影響を少なくした新しい原位置地盤調査法であり、これまで測定が困難とされてきた地盤状況においても自己掘削型の試験機により原位置でのせん断強度、変形係数および地盤反力係数等を推定することができる。

試験機構としては、従来の孔内水平載荷試験と地盤のせん断定数を測定するための直接型せん断試験(室内試験)を組み合わせたものと言える。

SBIFTの試験装置は、セルフボーリング、孔壁に加圧する測定管、せん断力を載荷するジャッキ、圧力・変位の制御・測定部およびこれらを接続する連結ホースから構成される。

今回の発表では、マサ土で実施したSBIFT試験、孔内水平載荷試験および各室内試験を比較し、SBIFT試験の試験結果の評価を行う。

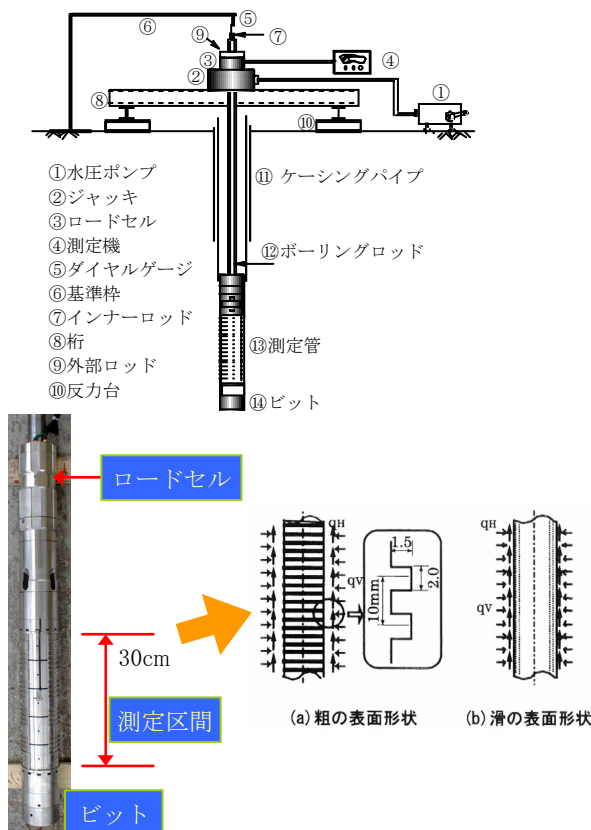


図-1 原位置せん断摩擦試験の概要図

2. 試験方法

(1)概要

SBIFT試験は、試験位置直前の深さまで通常のボーリ

ングを実施した後、試験区間ではセルフボーリング方式に切り替え、掘削しながら測定管を挿入し、多段階で加圧・荷重載荷して測定管の回収を行う試験である。原位置変形試験と原位置せん断試験を交互に実施する。

試験装置と地盤の接触面での摩擦抵抗として、孔壁に加える多段階の垂直応力 q_v 、平行応力 q_H の関係から粘着力 c 、摩擦角 ϕ を得る。この摩擦抵抗は測定装置の粗度により変化するが、表面に凹凸を設けて十分に粗とすることで地盤のせん断定数 c 、 ϕ に近くなる。壁面へ垂直な応力 q_v と孔壁変位量 δ_v (または体積変化量 ΔV) の関係から変形係数 E と静止土圧 P_0 を推定する。

(2)試験手順

試験の手順は以下のとおりである。

- 1)試験深度にかかる垂直応力を第一段階のせん断試験の目安とする。
- 2)第二段階以降の垂直応力は等間隔となるように行う。
- 3)垂直応力は各段階に到達後、地盤のクリープ現象を除去するために1~2分間その垂直応力を保持する。
- 4)せん断速度の載荷速度は、変位制御で1mm/minを標準とする。
- 5)加圧は5段階を原則とする(3段階以上は測定を行う)。
- 6)測定は10秒間隔で行う。
- 7)試験終了後、加圧力を解放し、プローブに圧入した水を元の状態に戻してプローブを回収する。

(3)試験結果の整理

1)垂直応力 q_{v1} の算定は、内部圧力または送水圧力にキャリブレーションの校正係数を乗じた圧力から測定管中心の深さでの静水圧を引いた値とする。

2)せん断応力 q_{H1} は次式で算定する。

$$q_{H1} = Q_{H1} / A$$

ここに、 q_{H1} : 垂直応力 q_{v1} におけるせん断応力(kN/m²)

Q_{H1} : 垂直応力 q_{v1} における最大せん断力(kN)

A : 測定管の外周面積(m²)

3)間隙水圧はプローブ内の取り付けの間隙水圧計で測定する。

4)垂直応力 q_v 、せん断応力 q_H および間隙水圧~せん断変位量関係図を作成する。

5)垂直応力 q_v ~せん断応力 q_H 関係図を作成する。この関係からせん断摩擦強度 c 、 ϕ を求める。

6)垂直応力 q_v ~送水量関係図を作成する。この図の直線部分の勾配から変形係数 E を次式で算定する。

$$E = 2(1 + \nu)(V_0 + V_m) \cdot \Delta q_{v1} / \Delta v_1$$

ここに、 ν : ポアソン比

V_0 : 無加圧時の測定管の中間に対応する注入水量(m^3)

V_{mi} : $\Delta q_{vi} / \Delta V_i$ 算定区間の中間に対応する注入水量(m^3)

$\Delta q_{vi} / \Delta V_i$: 垂直応力～送水量関係図の i 段階直線部分勾配($kN/m^2/m^3$)

3. 試験結果

今回の SBIFT は、表-1 のような結果を得た。

表-1 SBIFT の試験結果一覧表

測定番号	N 値 (回)	E_{SBIFT} (MN/m^2)	c (kN/m^2)	ϕ ($^\circ$)
NO.1	20	47.3	10.5	24.4
NO.2	10	30.6	7.9	23.5
NO.3	16	81.8	11.3	33.8
NO.4	30	98.8	24.1	22.6
NO.5	15	89.6	1.9	30.3

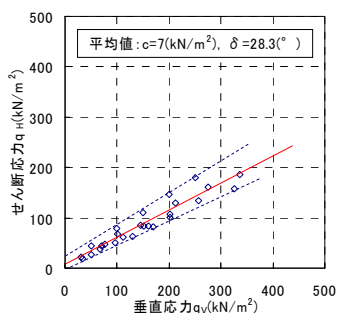


図-2 垂直応力-せん断応力

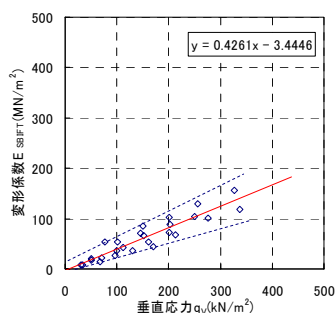


図-3 垂直応力-変形係数

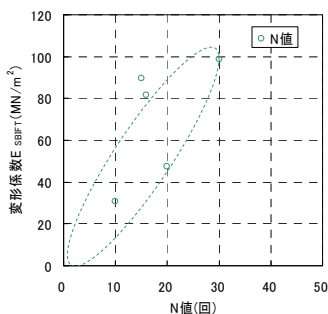


図-4 N値-変形係数

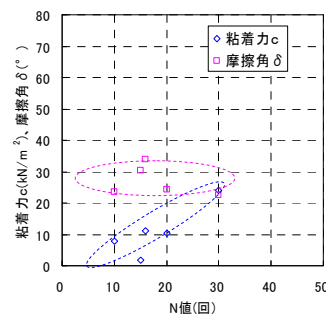


図-5 N値-せん断強度

変形係数は、垂直応力(拘束圧)を掛けた状態で求めたものであり、図-3に示したように垂直応力(拘束圧)の増加に伴って大きくなるのが分かる。また、図-4に示したようにN値が大きくなるに従い変形係数が大きくなる関係が見られた。

せん断強度は、図-5に示したようにN値が大きくなるに従い c は大きくなる傾向を示すが、 ϕ はあまり変化しない。

4. 試験結果の評価・考察

(1) 変形係数

SBIFT を実施した箇所の直近で、孔内水平載荷試験(LLT)を実施した。SBIFT の結果と対比させ、表-2に示す。

表-2 変形係数(E)の結果一覧表

測定番号	N 値(回)	E_{LLT} (MN/m^2)	E_{SBIFT} (MN/m^2)
NO.1	20	50.4	47.3
NO.2	10	24.5	30.6
NO.3	16	17.3	81.8
NO.4	30	13.0	98.8
NO.5	15	17.1	89.6

LLT から求められた変形係数 E_{LLT} に比べて、相対的に SBIFT から求められた変形係数 E_{SBIFT} は大きな値を示している。これは、SBIFT から求められた変形係数 E_{SBIFT} は、前述のとおり垂直応力(拘束圧)を作用させることで変形係数が大きくなり、LLT により求められた変形係数 E_{LLT} より大きな値になったものと考えられる。

地盤調査の方法と解説²⁾N値と孔内水平載荷試験の変形係数の関係式は図-6に示したように $E=0.7N(MN/m^2)$ で与えられる。図-6より SBIFT により求められた変形係数は、関係式よりも大きい値を示していることが分かる。

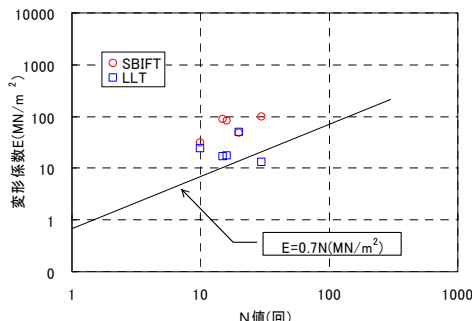


図-6 N値-変形係数

(2) せん断強度

SBIFT から求められた平均せん断強度は、 $c=7(kN/m^2)$ 、 $\phi=28(^\circ)$ である。一方、N値の平均値(試験箇所)の平均値 $N=18$ から $\phi = \sqrt{15N+15}$ の関係式(道路橋示方書)より、せん断強度を推定すると、 $\phi=31(^\circ)$ 、($c=0(kN/m^2)$) となる。これらの結果から、 ϕ はほぼ同様な値を示しており、SBIFT の結果からは c をせん断強度として見込んでよい結果を得た。

5. 今後の課題

変形係数については、垂直応力(拘束圧)を掛けた状態での試験となるため、垂直応力(拘束圧)の増加に伴って変形係数が大きくなる傾向にあることが分かった。SBIFT により求められた値を設計に反映させる場合、地盤反力度算定時の α 値の設定に課題を残している。

せん断強度については、今回の測定において室内試験が実施されていないことから、今後はデータ数を増やし比較検討を行う必要があると考えられる。

《引用・参考文献》

- 1) 日本道路公団規格：原位置せん断摩擦試験方法 (JHS509-1999)
- 2) 地盤工学会編：地質調査の方法と解説, pp.323~324, 2004.6.