

ボーリング孔内を利用した地盤の原位置強度試験

(S.B.I.F.T装置の開発と測定結果の考察)

九州共立大学 前田 良刀

九州大学 落合 英俊

日本道路公団 市川 博康

基礎地盤コンサルタンツ(株) 豊岡 義則

1. S.B.I.F.Tの概要

S.B.I.F.Tとは、Self Boring-typed In-situ Friction Testの略であり、原地盤孔壁の不攪乱を目的とした自己掘進装置付きの原位置せん断・摩擦試験機として、著者らが開発を進めてきているものである。近年、阪神大震災などの経験から基礎の挙動を弾性領域から塑性的な大変形領域まで合理的に評価することの重要性が認識されてきた。このため、支持力や摩擦力を精度よく推定するために従来からのN値のほかに原位置での試験法が重要となってきた。

S.B.I.F.Tの力学的特徴は、ボーリング孔内の壁面に一定の垂直応力を載荷した後、壁面に平行な応力を載荷し、S.B.I.F.T装置と地盤との境界応力の相互関係を調べることで、土の原位置強度や杭などの周面摩擦強度を測定しようとするものである。

本文では、装置の概要とこれまでに得られた原位置でのS.B.I.F.Tの測定データと実杭の支持力実験および不攪乱試料を用いた三軸圧縮試験での強度特性などとの比較例を示し、本試験法の実務問題への適用性を検討する。

2. 装置と載荷方法

図1、図2は装置と載荷パターンの概要図である。装置を設置するためのボーリング孔径は116mmであり、壁面への垂直応力 q_v の加圧はゴムチューブを介して水圧で加圧($q_{vmax}=7.5\text{kgf/cm}^2$)し、また壁面に平行な応力 q_H ($q_{Hmax}=5.0\text{kgf/cm}^2$)と変位 δ_H はロッドを介して地上で測定する。なお、 q_H は先端に取り付けたせん断型ロードセルでも同時に測定出来る。また、せん断中の間隙水圧の把握のために間隙水圧計も取り付けてある。

荷重の載荷は、垂直応力 q_v を多段階で載荷しその値を保持したまま壁面平行応力 q_H を、変位制御方式で載荷し、各 σ_{vi} に対する q_{Hi} のピーク値が確認された後、新たな q_{vi} と q_{Hi} に移行する方法である。これにより垂直応力 q_v と平行応力 q_H の関係が得られることになる。

3. S.B.I.F.Tデータの支持力論的解釈

図3はS.B.I.F.Tによる地盤の破壊メカニズムを組み合わせ荷重下の支持力理論の立場からみたものである。荷重の傾斜は、 $\tan \theta = q_H / q_v$ となるが、 S_1 すべり線が地盤中に生じる場合は一般の支持力破壊問題であり、 S_1 が壁面と平行になる時に直接せん断型(摩擦問題)の破壊となり、これらは支持力理論から統一的に説明できる。すなわち、図4に示すようにその支持力特性を荷重の限界傾斜角 θ_{cr} を境に、支持力破壊問題と直接せん断破壊問題に分けることができる。

なお、この θ_{cr} は理論的に求められる¹⁾。

$$\tan \theta_{cr} = \frac{\sin \phi \cdot \cos \phi (q_{vcr} + c \cdot \cot \phi)}{q_{vcr} (1 + \sin \phi \cdot \cos \phi)} \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 q_{vcr} : $\theta = \theta_{cr}$ のときの地盤自重を無視した場合($\gamma = 0$)の垂直支持力成分で次式で示される。

$$q_{vcr} = c \{ \cot \phi (1 + \sin \phi) e^{(\pi/2 - \phi) \tan \phi - 1} \} + p_0 (1 + \sin \phi) e^{(\pi/2 - \phi) \tan \phi} \quad \text{----- (2)}$$

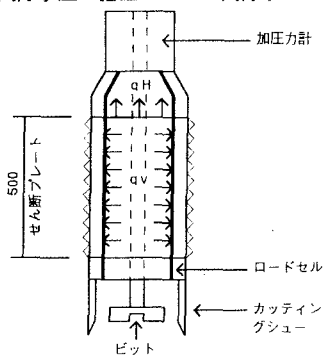


図1 S.B.I.F.Tの装置の概要図

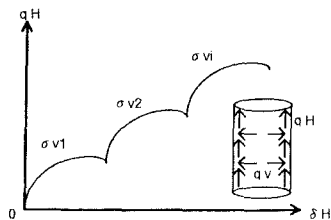


図2 載荷パターン

このとき、S.B.I.F.Tから得られるデータに $q_H/q_V = \text{const.}$ の関係があれば、これは直接せん断型の摩擦問題と解釈してよいことになり、その摩擦強度は、壁面の粗滑の大小関係により、地盤の内部摩擦角 ϕ または接触面での粗さ角 δ により変化することになる。

4. 原位での測定結果

4.1 S.B.I.F.Tの測定結果

図5、図6は鹿児島県国分市内の2次堆積しらす地盤において実施したS.B.I.F.Tの測定データの例である。両図とも $q_H/q_V = \text{const.}$ の関係にあり、これらの結果は上述の通りS.B.I.F.Tと地盤の接触面での直接せん断強度（摩擦強度）を表わすものと考えられる。なお図1に示すように今回試験に用いた装置の表面は適度な凹凸を有しているため、得られるデータは地盤のせん断強度に近いものと考えてよい。なお、本装置では、対象とする杭の種類に対応して表面の粗滑の程度を変化できるように工夫されている。図5、図6中にはほとんど同じ位置での不攪乱試験料を用いた三軸圧縮試験結果のせん断強度も併せて示しているが、S.B.I.F.Tデータとの相関は比較的良好いことがわかる。

4.2 場所打ち杭の周面摩擦力との比較

図7は、同一地点で実施された場所打ち杭（ $\phi = 1.2\text{m}$ 、 $L = 41\text{m}$ ）の載荷試験で得られた周面摩擦力とS.B.I.F.Tおよび一般に用いられるN値から推定した周面摩擦力を比較したものである。

S.B.I.F.Tにより周面摩擦力を推定するためには接触面に作用する垂直応力 q_V （水平土圧）を知る必要がある。場所打ち杭では一般に q_V が静止土圧に近いといわれており、ここでは q_V を算出するのに、別途実施したプレシオメーター試験から得られた各深さにおける静止土圧を用いている。図7から、S.B.I.F.Tの推定摩擦力と実杭の摩擦力は比較的良好い対応を示している。なお、本装置においても、垂直応力 q_V を増加させる場合に、 q_V と体積変化量（又は直径）の関係から、静止土圧が求められる可能性がある。

5. まとめ

① S.B.I.F.Tにより興味深いデータが得られた。これらのデータは力学的には装置と地盤の接触面での摩擦強度を表わしていると考えられる。

② 実際の杭の周面摩擦力を推定するには、水平土圧の推定が重要であるが、今回場所打ち杭に静止土圧を考えた場合のS.B.I.F.Tの摩擦力は実杭の摩擦力と良好な対応を示した。

参考文献

- 1) 前田良刀、落合英俊、安福規之、森田靖章：S.B.I.F.Tから得られたデータの支持力論的考察、九州共立大学工学部研究報告、第21号、1996（投稿中）

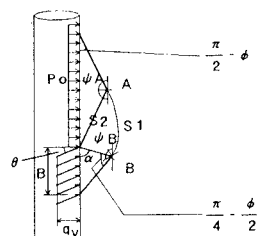


図3 組合せ荷重下の破壊メカニズム

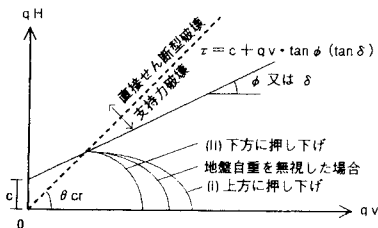


図4 組合せ荷重下の支持力問題

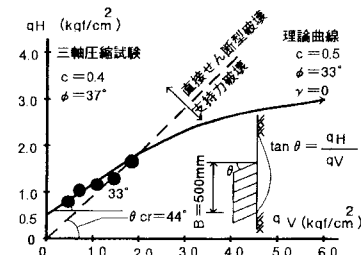


図5 S.B.I.F.Tデータの例(GL=-26.5m)

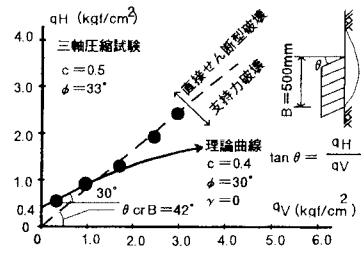


図6 S.B.I.F.Tデータの例(GL=-44.5m)

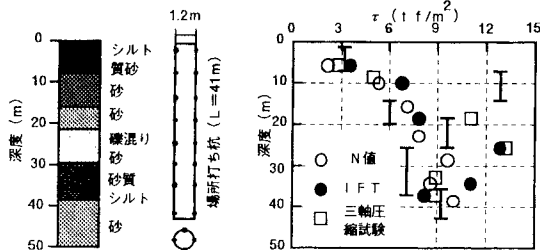


図7 場所打ち杭の周面摩擦力との比較