

砂れき地盤における原位置せん断摩擦試験に関する考察

土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○福島 宏文
 正会員 西本 聡
 北海道大学大学院 フェロー 三浦 清一

1. はじめに

道路橋示方書(以下、道示¹⁾)をはじめとする設計基準・要領では性能規定型基準への移行がすすめられている。この性能規定型設計の導入は、より適正な設計条件設定を要求する傾向にあり、とりわけ、構造物設計の与条件を得るための地質調査については、設計手法に即した調査が求められることになる。特に砂れき地盤の地盤定数を得ることは一般に容易ではなく、信頼性の高い地盤定数を得るため、各種原位置調査の重要度が高くなっていると考えられる。本報では、北海道内2箇所の砂れき地盤において、不攪乱試料採取(GP サンプルング^{2),3)}および原位置せん断摩擦試験(SBIFT)⁴⁾を実施し、その結果について検討を行った。

2. 原位置せん断摩擦試験(SBIFT)の概要

SBIFTはボーリング孔で実施する原位置試験で、粘着力 c 、せん断抵抗角 ϕ 、変形係数 E を測定できる試験である。試験装置の概要を図-1、写真-1に示す。試験機構は従来からの孔内水平载荷試験と直接型せん断試験を組み合わせたものである。水平加圧応力、せん断応力、せん断変位等の計測記録から解析を行い、各地盤定数を推定する。適用可能な土質は、中硬岩、玉石を除く多くの地盤条件が対象である。特に、不攪乱試料の採取が困難な砂れき、強風化軟岩、破碎帯、崩積土などで試験可能な点が特徴として挙げられる。

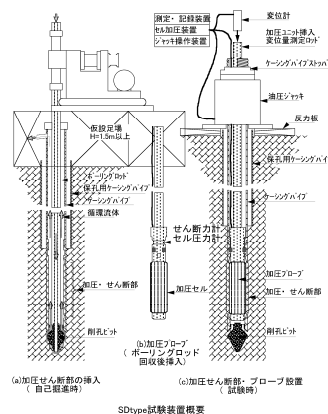


図-1 装置概要



写真-1 SBIFT 試験装置

3. 不攪乱試料採取(GP サンプルング)概要

砂れきの不攪乱試料採取方法として GP サンプルングを用いた。この方法は、砂れき、礫混じり土、破碎性礫を含む地盤、あるいは不飽和土などを対象に、潤滑剤として高濃度の水溶性ポリマー溶液を用いた乱さない試料の採取方法である(図-2)。従来の泥水と異なり高濃度の水溶性ポリマー溶液を非循環式で用いることにより、土試料の表面をゲル化したポリマーで保護され、礫も採取することが可能となることが特徴である。

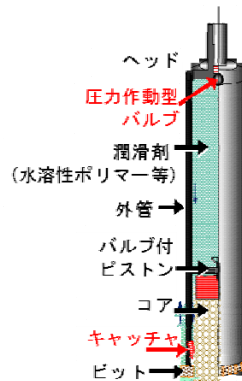


図-2 GP サンプルング装置概要



写真-2 コア取り出し後状況(ポリマー除去前)

4. ボーリングと GP サンプルングのコア比較

GP サンプルングによる不攪乱試料採取とは別の試験掘孔においてシングルチューブコアバレルを用いたボーリングを実施し、不攪乱試料との比較を行った。上川支庁管内で実施した採取コアの状態を写真-3、4に示す。

写真-3でも見られるとおり、通常行われるボーリングによる試料採取では、固結した砂れき地盤であっても得られる試料は乱された状態であり、粘着力の有無に関する判断は困難である。通常砂れきの粘着力を評価することは難しく、このことから粘着力を無視した設計計算がなされている実態にある。一方、不攪乱のコアでは、マトリクス部分がよく締まっていることが観察され、ある程度の粘着力を有することが推定される。砂れきを支持層とする直接基礎構造物において、粘着力の評価がコストに直結する設計事例も報告されており、より信頼性の高い地盤定数推定手法の確立が求められる。また、不攪乱試料では水みち等の地盤の弱点部が存在することも観察された。

キーワード 原位置せん断摩擦試験 サンプルング 地盤定数

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 土木研究所寒地土木研究所 寒地地盤チーム Tel: 011-841-1709



写真-3 ボーリングによるコア
(赤枠部分が不攪乱試料採取深度)

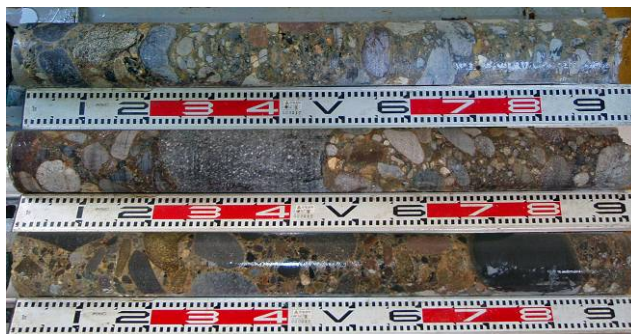


写真-4 GP サンプリングによるコア(径 100mm)

5. 原位置せん断摩擦試験(SBIFT)の実施

砂れき地盤における地盤定数推定法の設計条件への適用性を判断する基礎資料とするため、北海道根室支庁管内および上川支庁管内において、SBIFT および三軸試験(CD)による地盤定数の推定を行った。

(1) 根室支庁管内における試験結果

砂れきの粘着力を設定することは困難なことから、設計条件では $c = 0$ としていたが、SBIFT では平均で 20.2 kN/m^2 と、ある程度の粘着力を有する結果となった。また、三軸試験(CD)を実施したところ、 $c = 150 \text{ kN/m}^2$ 以上と SBIFT と異なる傾向となった。

表-1 SBIFT および三軸試験の結果(根室管内)

試験深度 (m)	試験方法	対象土質	粘着力 c (kN/m^2)	せん断抵抗角 ϕ ($^\circ$)	変形係数 E_p (MN/m^2)
7.36	SBIFT	砂質礫	19.6	31.8	62.1
8.86	SBIFT	砂質礫	2.8	34.1	132.2
10.36	SBIFT	砂質礫	38.2	31.3	30.9
7.25	三軸 CD	砂質礫	163.7	33.2	
8.67	三軸 CD	砂質礫	152.7	37.0	

(2) 上川支庁管内における試験結果

SBIFT により推定された粘着力は、ほぼ 0 となり、十分固結していた不攪乱試料の状態からは考えにくい結果となった。また、三軸試験(CD)の結果は根室管内の場合と同様に、SBIFT と異なる傾向となった。

表-2 SBIFT および三軸試験の結果(上川管内)

試験深度 (m)	試験方法	対象土質	粘着力 c (kN/m^2)	せん断抵抗角 ϕ ($^\circ$)	変形係数 E_p (MN/m^2)
6.00	SBIFT	細粒分まじり砂質礫	0.8	33.5	102.1
7.50	SBIFT	砂まじり礫	0.0	33.3	93.3
8.70	SBIFT	砂まじり礫	3.4	33.4	117.1
6.05	三軸 CD	細粒分まじり砂質礫	240.0	40.2	
7.25	三軸 CD	砂まじり礫	40.5	40.5	

6. 結果の考察

三軸試験(CD)の適用条件は、最大礫径が供試体径の 20%とされている(径 100mm 供試体の許容礫径は 20mm)。根室管内、上川管内ともに、これ以上の大径の礫が供試体内に存在するため、礫どうしのかみ合わせによる効果(ロッキング)が発生し、見かけの粘着力として計測されたものと考えられる。

また、供試体が自立する部分を選択して試験を行う性質上、地盤内のマトリクスがしっかりしている部分を選ぶことになり、供試体には必ずしも地盤の弱点部が含まれるわけではない。SBIFT の影響範囲は三軸試験の供試体より十分大きく、地盤内の弱点部も含んだせん断が行われていると考えられる。そのため、三軸試験結果よりも小さな値となる傾向がみられ、設計条件として用いる場合、過大な評価にはならないと考えられる。

孔内水平載荷試験による降伏圧 P_f は、上川管内で $2000 \sim 2800 \text{ kN/m}^2$ 、根室管内で $400 \sim 2000 \text{ kN/m}^2$ であった。上川の SBIFT では機械の加圧能力の限界であったため、孔壁に接触する加圧せん断部が地盤と一体化せず、理想的なせん断が発生しないことから、計測されるせん断力が小さくなり、粘着力が評価されなかったと考えられる。根室管内の結果でも、変形係数が大きい場合、粘着力が小さくなる傾向が見られる。SBIFT を設計に用いる場合、試験の適用条件について留意する必要があると認められた。

【参考文献】1) 日本道路協会：道路橋示方書・解説(IV 下部構造編), 2002.3. 2) 谷 和夫, 金子 進：水溶性ポリマーの濃厚溶液を利用した乱さない試料のサンプリング方法, 土と基礎 Vol.54, No.4, PP.19-21, 2006.4. 3) 小海尚文, 酒井運雄, 湯川浩則, 斉藤和夫：礫質土のサンプリング事例, 地盤工学会北海道支部 技術報告集 第 48 号, PP.225-226, 2008.2. 4) 前田良刀, 岩本直樹, 松川耕治, 田上 裕：原位置せん断摩擦試験(SBIFT)の紹介, 基礎工 pp.76 - 78, 2006.9.