

シンウォール・サンプリング試料を用いた室内ベーンせん断試験

福山大学 工学部 正 平川 修治
福山大学 工学部 正 西原 晃
福山大学 大学院 学 松浦 勝也

1. はじめに

ベーン試験は、サンプリング時や成形時における試料の乱れや応力解放の影響を受けないため、原位置強度を測定する簡便な方法として広く用いられているが、1)せん断速度の影響、2)非排水せん断強度の異方性の影響を強く受けるという問題点も指摘されている¹⁾。これらの影響を調べるには、ベーンの回転速度やベーンの羽根の寸法を変えて試験を行えばよいが、原位置でこれらの試験を実施するのは経済的・時間的制約があり困難である。そこで本研究では、せん断速度および異方性の影響を室内で簡単に測定するために、シンウォール・サンプリング試料を用いた室内小型ベーン試験機を製作し実験を行った。また、室内ベーン試験の結果を検討するために、原位置ベーン試験を実施し、室内ベーン試験結果と比較した。

2. 室内ベーンせん断試験および原位置ベーンせん断試験

実験に用いた試料は、石川県北部の河北潟において、3.5m、5.5m、7.5m、9.5mの深さからシンウォール・サンプリャーによって採取された海成粘土 ($PI=40\sim50\%$)である。図-1は室内ベーン試験機の概要を示したもので、試料の乱れや応力解放の影響を最小限に抑えるため、試料がシンウォールチューブに入っている状態で試験を行うことができるようになっている。室内実験に用いたベーンの寸法は幅2cmで、異方性の影響を調べるために高さを1, 2, 4 cmの3種類に変えている。また、せん断速度の影響を調べるために、ベーン回転速度を0.03, 0.1(標準速度), $0.3(^{\circ}/\text{sec})$ に変化させて実験を行った。原位置ベーン試験には、NG I型のベーン試験機を使用し、試料採取位置と同じ深さで実験を行った。ベーンの回転速度は0.02, 0.1, $0.2(^{\circ}/\text{sec})$ の3種類、またベーンの羽根の寸法は幅6.5cm、高さは13, 6.5, 4.55, 3.25cmの4種類である。

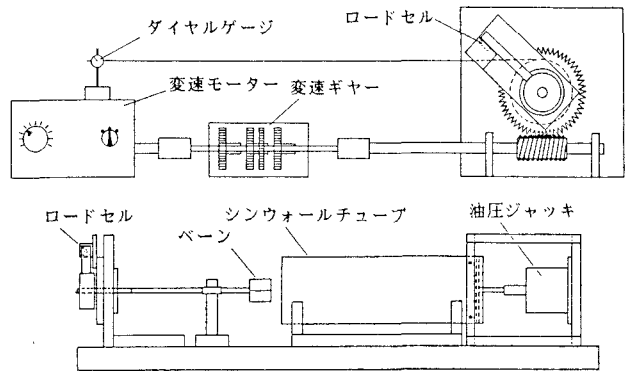


図-1 室内ベーンせん断試験機

3. 非排水強度の異方性について

図-2に示すように、ベーンせん断試験では、円筒形の側面と、上下水平面の2種類のせん断面がある。異方圧密された地盤ではせん断面の方向によって非排水強度が異なることが知られており、したがって、ベーンの円筒形の側面と上下水平面における強度は異なる。今、それぞれの面における強度を τ_v 、 τ_h とすれば、ベーン試験で測定されるトルクMは次式で表される²⁾。

$$\frac{2M}{\pi D^3} = \frac{H}{D} \tau_v + \frac{1}{3} \tau_h \quad (1)$$

ここで、HおよびDはベーンの幅と高さである。式(1)で、 $\tau_v = \tau_h = C_u$ とすれば、

$$C_u = \frac{2M}{\pi D^3} \left\{ \frac{H}{D} \tau_v + \frac{1}{3} \tau_h \right\} \quad (2)$$

が得られ、これはベーン試験より強度を算定するために慣用されている式である。

式(1)より、図-3に示すように、ベーン試験の結果を縦軸に $2M/\pi D^3$ 、横軸

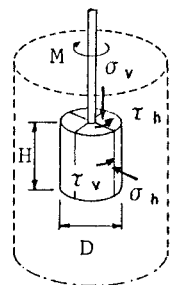


図-2 ベーンのせん断面

に H/D をとってプロットすると、両者の間には直線関係があり、この直線の縦軸との切片が $\tau_h/3$ 、傾きが τ_v を表すことがわかる。表-1に、原位置および室内ベーン試験の結果から τ_h 、 τ_v を求めた結果を示す。原位置ベーン試験では、深さ5.5m、7.5mで $\tau_v/\tau_h=0.4\sim 0.5$ 、深さ3.5mで $\tau_v/\tau_h=0.9$ 程度の値が得られた。この地盤は、深さ5m以下はほぼ正規圧密状態、深さ3.5mではOCR=3程度の過圧密状態にあり、 τ_v と τ_h の比は地盤の静止土圧係数 K_0 に対応しているように思われる^{2), 3)}。一方、室内ベーン試験結果と原位置ベーン試験結果を比較すると、 τ_v はそれほど差がないのに対して、室内ベーン試験の τ_h は原位置ベーン試験の τ_h に比べてかなり小さい。これは、シンウォール・チューブによって側方が拘束されているためにベーンの円筒形側面に作用する垂直応力 σ_h (図-2参照)があまり変化しないのに対して、ベーンの上水平面に作用する垂直応力 σ_v は応力解放の影響でかなり小さくなっているためと考えられる。

4. せん断速度の影響について

図-4は、縦軸にいろいろな回転速度におけるベーン強度を標準回転速度(0.1°/sec)における強度で割った値をとり、横軸に回転速度の対数をとって実験結果をプロットしたものである。この図より、ベーン強度は回転速度の対数とほぼ直線関係にあることがわかる。また、せん断速度の影響に関しては、原位置ベーン試験と室内ベーン試験で差は見られない。図-4の直線関係の勾配を α とすれば、 α はせん断速度の影響の程度を表す係数となる。図-5は、各深さにおける α を塑性指数 PI に対してプロットしたものである。同図には、Wiesel⁴⁾、Perlow⁵⁾が行った実験を同様に整理した結果も示しているが、 α は塑性指数とともに大きくなる傾向が見られ、塑性指数が大きいほどせん断速度の影響が大きいことがわかる。

参考文献

- 1) Bjerrum: Proc. 8th ICSMFE, Vol.3, 1972
- 2) 柴田: 土木学会論文報告集, No.139, 1967
- 3) 藤田・畠・西原: 第37回土木学会講演集, 1982
- 4) Wiesel: Proc. 8th ICSMFE, Vol.1-2, 1973
- 5) Perlow, Richards: Proc. ASCE, Vol.103, GT1, 1977

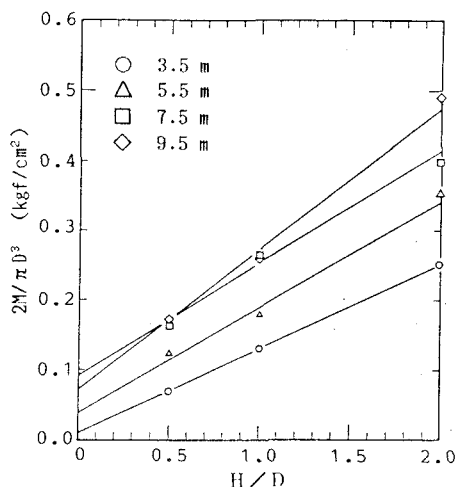


図-3 $2M/\pi D^3 \sim H/D$ 関係(室内試験)

表-1 τ_v と τ_h の測定結果

	測定深度	τ_h	τ_v	τ_h/τ_v
原位置	3.5 m	0.18	0.16	0.89
	5.5 m	0.32	0.17	0.53
	7.5 m	0.48	0.19	0.40
室内	3.5 m	0.03	0.12	4.00
	5.5 m	0.12	0.15	1.27
	7.5 m	0.27	0.17	0.61
	9.5 m	0.21	0.20	0.96

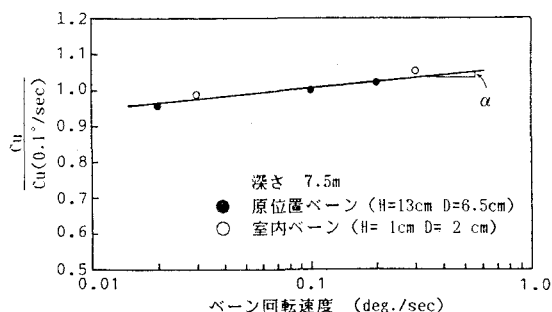


図-4 ベーン強度と回転速度の関係

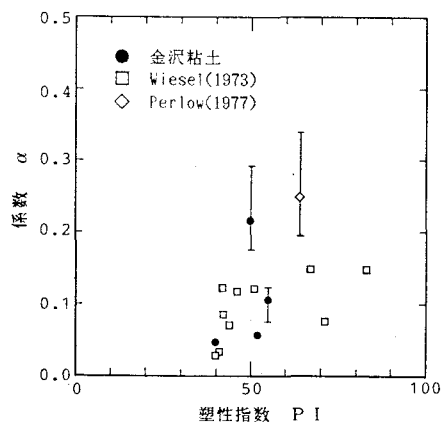


図-5 α と塑性指数の関係