

ベーンせん断試験における非排水せん断強さの新たな推定方法の提案（その1）

北見工業大学工学部

港湾空港技術研究所

東亜建設工業

北見工業大学工学部

正会員 ○川尻峻三

非会員 田中政典

正会員 平林 弘

正会員 川口貴之

1. はじめに

粘性土地盤の設計では土質強度のパラメーターとして非排水せん断強さ s_u を用いる。軟弱な粘性土地盤が広く分布している欧米諸外国では、原位置ベーンせん断試験から得られるベーンせん断強さ s_{fv} を設計値として用いる場合が多い。 s_{fv} は原地盤に挿入したベーンを回転させた際のトルク T 、ベーン直径 D 、ベーン高さ H （図1参照）を用いて式1から算出される。式1において、 s_{fv} は測定された最大トルク T_{max} 時にはベーン回転時の全周でせん断が発生したと考えられており、 T_{max} をベーン全周の表面積で除して求められる。このような考え方が成立するには、 s_{fv} 発揮時にベーン全周で全面的なせん断帯が形成される必要がある。しかし、ベーンせん断試験時のせん断状況に着目し、そのせん断機構を考慮した s_{fv} の算定について検討した例は少ない¹⁾。

以上のような背景から、本研究ではベーンせん断試験時のせん断機構を反映した s_{fv} の新たな算出方法を提案することを目的としている。本文では、ベーンせん断試験におけるせん断機構を解明するため、ベーン回転時のせん断状況を X 線 CT スキャンで観察し、 s_{fv} 算出時に考慮すべき新たな条件について議論している。

$$\tau_v = \frac{T}{\pi \left(\frac{D^2 H}{2} + \frac{D^3}{6} \right)} \quad \text{式 1}$$

$$T = T_{max} \text{ のとき } \tau_v = s_{fv}$$

2. 供試体および試験方法

試料は東京湾で採取された粘性土（土粒子密度 $\rho_s = 2.733 \text{ g/cm}^3$ 、液性限界 $w_L = 96\%$ 、塑性指数 $I_p = 57$ ）であり、液性限界の 2.5 倍に含水比調整した試料を予圧密容器（直径 8cm、高さ 38cm）に投入後、46kPa で 1 週間程度一次元方向に予圧密したものを供試体（直径 8cm、高さ 9cm）として用いた。X 線 CT スキャンは北見工業大学所有するマイクロフォーカス X 線 CT スキャンを用いた。本来であれば一つの供試体を用いて X 線 CT スキャン内で室内ベーンせん断試験を行うことが望ましいが、X 線 CT スキャン装置の制限によって室内ベーンせん断試験で通常用いられる载荷モーターや荷重計の設置が困難であった。そのため、本研究では 2 つの予圧密供試体を準備し、それぞれの供試体に対して $s_{u,FV}$ を得るための室内ベーンせん断試験（試験①）と、X 線 CT スキャン内でせん断状況を確認するために容器内に挿入したベーンを回転させる疑似ベーンせん断試験（試験②）を行った。それぞれの試験に用いたベーンは直径 $D = 15 \text{ mm}$ 、高さ $H = 30 \text{ mm}$ であり、供試体上端面からベーン上端面までの深さが 30mm となるまで供試体に挿入した（図1参照）。ベーン挿入後、試験①では回転速度 $6^\circ/\text{min}$ で回転角度 $\theta = 360^\circ$ まで試験を行った。試験②ではベーンの回転速度は $15^\circ/\text{min}$ とし、 $\theta = 0, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 215, 270, 315, 360^\circ$ と 30 回転させた後に X 線 CT スキャンを行った。なお、試験①と試験②に用いた供試体の予圧密終了段階での含水比 w は、試験①で $w = 92\%$ 、試験②で $w = 90\%$ であり、大きな差が無いことを確認している。

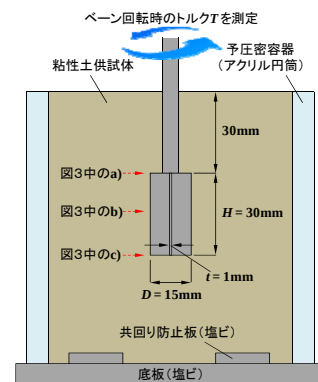


図1 試験装置の概略図

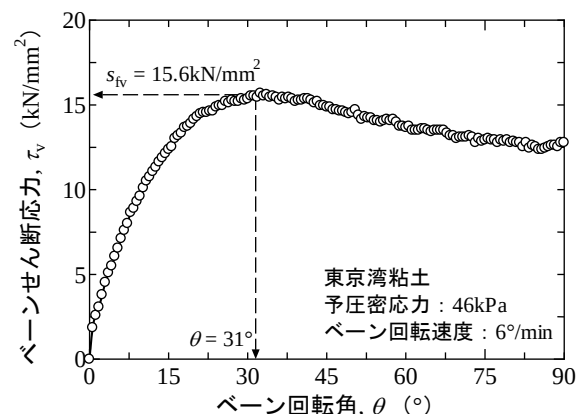


図2 室内ベーンせん断試験結果

3. 試験結果および考察

図2は試験①から得られたベーンせん断応力 τ_v とベーン回転角 θ の関係を示している。この結果から、ベーンせん断強さ s_{fv} は $\theta = 30 \sim 40^\circ$ 程度で発生していることがわかる。

図3は試験②より得られた代表的な結果として、 $\theta = 0, 15, 30,$

キーワード
連絡先

ベーンせん断試験, X 線 CT スキャン, 空隙
〒090-8540 北海道北見市公園町 165 工学部 社会環境工学科 TEL:(0157)26-9478

45°でのベーン上端部(図3a)), 中央部(図3b)), ベーン下端部(図3c))の水平断面画像である。なお, 図中の黒色部が空隙, 灰色部が粘性土供試体, 白色部がベーンである。試験①で s_{fv} に至る $\theta = 30^\circ$ まではベーン外周での空洞や低密度化など, ベーン回転に伴うせん断帯の発生は確認できない。また, $\theta = 45^\circ$ のベーン上端部(図3a))とベーン下端部(図3c))ではベーン外周上でせん断帯と考えられる空隙や低密度域が確認できるが, 式1で仮定しているようなベーン全周でのせん断帯の発生は確認できない。以上のことから, s_{fv} はベーン全周でせん断帯が発生していると仮定した式1とは異なるせん断機構によって発揮されていると考えられる。しかし, θ の増加に伴い, ベーン背後には空隙や低密度箇所の発生が確認できるため, ベーン前面では供試体を前方に押し出すような力がベーンに作用していると考えられる。

図4は図3に示した水平断面画像における $\theta = 45^\circ$ での3次元再構成図である。なお, 図4はベーンの外周および上下端から水平および鉛直方向に10mm程度外側までを関心領域として再構成している。また, X線CTスキャンから得られたCT値のヒストグラム内に空隙, 粘性土, ベーンのそれぞれが正規分布していると仮定して正規分布の交点を閾値とし, 各構成材料の分離を行った。図4の結果から, ベーンの回転に伴う空隙の発生はベーン上下端で大きく, ベーン中央部では小さくなるようなアーチ形状を呈していることがわかる。このことは図5に示すような浅い基礎が粘性土地盤上に設置された際の接地圧分布によって解釈できると思われる。粘性土地盤において基礎底面に摩擦が無いとした際の接地圧分布は, 基礎外縁部では大きく, 中心部では小さくなることが知られている。これをベーンせん断試験に適用すると, ベーン上下端では基礎外縁部のようにベーン回転時の応力が大きくなって破壊が進行するため, 結果的にベーン中央部と比較して空隙の発生が顕著化したと解釈できる。

4. まとめ

本研究ではX線CTスキャンを用いてベーンせん断強度の発揮機構について検討した。その結果, ベーンせん断試験における s_{fv} の発揮機構にはベーン外周でのせん断力よりも, ベーンを介して堆積方向に水平に作用する支持力が寄与していると考えられる。なお, 参考文献2)では上述の仮説に基づき支持力理論による s_{fv} の導出と考察しているのでご参照頂きたい。

参考文献

- 1) A. F. Richards : Vane Shear Strength Testing in Soils: Field and Laboratory Studies, ASTM, pp.13-43, 1988.
- 2) 平林弘, 田中政典, 川尻峻三, 川口貴之: ベーンせん断試験における非排水せん断強さの新たな推定方法の提案(その2), 土木学会第70回年次学術講演会概要集(DVD-ROM), 投稿中。

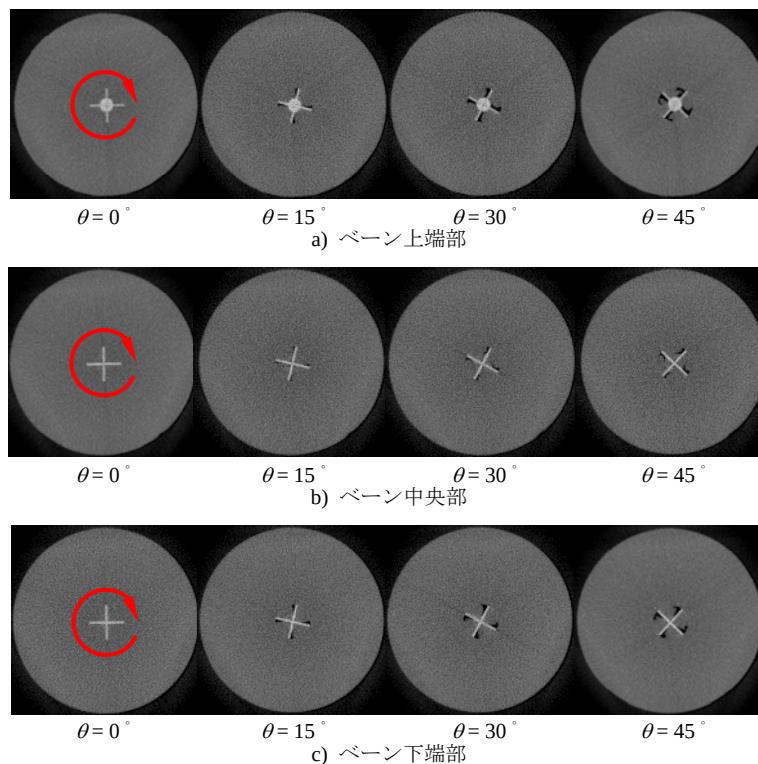


図3 X線CTスキャンから得られた水平断面画像

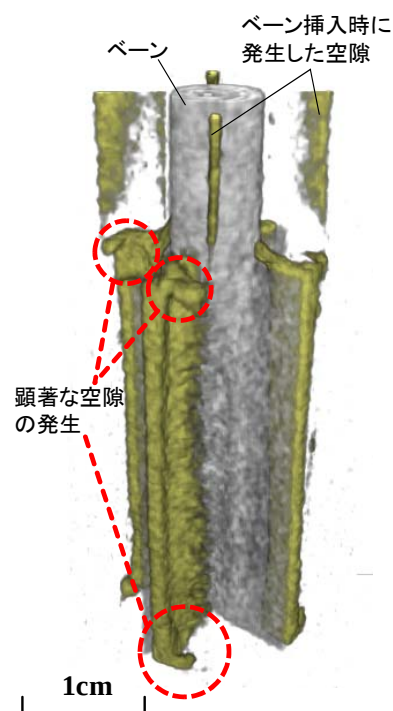


図4 $\theta = 45^\circ$ の三次元再構成図

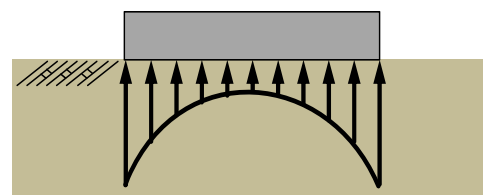


図5 粘性土地盤上の接地圧分布