

ベーンせん断試験における部分排水の影響

福山大学工学部 正 西原 晃
 福山大学大学院 学〇野村和智
 森 組 井上正人
 宮地建設工業 藤本貴介

1. はじめに

ベーンせん断試験は、軟弱地盤の非排水強度を原位置で簡便に測定する方法として広く用いられているが、ベーン強度が回転速度の影響を強く受けることが問題点として指摘されている。このベーン試験におけるせん断速度の影響は、①非排水強度のせん断速度依存性と、②部分排水の影響が複雑に関係しており、いまだ明らかでない点が多い。そこで、本研究では、広範囲でせん断速度を変化させた室内ベーン試験ならびに一面せん断試験を実施し、ベーン試験におけるせん断速度の影響について調べた。

2. 実験概要

実験に用いた試料は、広島県尾道市でイ草の染色に用いられている市販のシルト質粘土で、土粒子密度 $\rho_s=2.62$ 、液性限界 $w_L=40.8\%$ 、塑性限界 $w_P=16.5\%$ 、塑性指数 $PI=24.3\%$ である。

室内ベーン試験では、高含水比で練り返した試料を内径150mm、高さ200mmの円筒形の容器で圧密した後、幅(B)20mm、高さ(H)が、10, 20, 30, 40mmの4種類のベーンを挿入し、種々の回転速度で実験を行った。また、ベーン強度と比較するために、せん断速度を変えて、垂直応力一定の一面せん断試験(定圧一面せん断試験)ならびに定体積一面せん断試験を実施した。

3. 実験結果

ベーン試験では、図-1に示すように、円筒形の鉛直面と上下の水平面の2つのせん断面があり、それぞれの面におけるせん断強度 τ_h と τ_v は異なると考えられる。そこで本研究では以下のようにして τ_h と τ_v を測定し、回転速度との関係を調べた。ベーン試験において測定されるモーメントは、 τ_h と τ_v を用いて次のように表される。

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

図-2はベーンの羽根の高さと幅の比を変えて実験を行った結果を示したもので、式(1)によれば、この図の縦軸との切片から $\tau_h/3$ 、傾きから τ_v を求めることができる。

図-3は、 τ_v 、 τ_h と回転速度の関係を示したもので、 τ_v 、 τ_h ともに回転速度が小さくなるにつれてベーン強度は小さくなるが、回転速度がある程度小さくなると逆にベーン強度が増加に転じていることがわかる。この現象は以下のように説明できる。ベーンの回転速度が速い場合には、

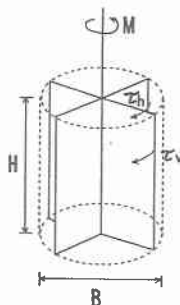


図-1 ベーン

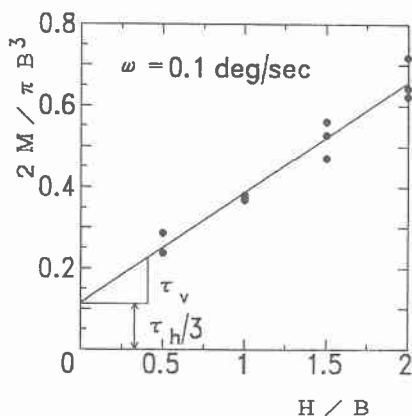


図-2 τ_h 、 τ_v の求め方

ベーン周辺は非排水状態に近く、この状態では土の粘性的性質のために、せん断速度が小さいほど発生する過剰間隙水圧は大きく、有効応力は小さくなる。したがって、非排水に近い状態では、回転速度が小さいほどベーン強度は小さくなる。しかしながら、ベーンの回転速度がさらに小さく、破壊までの時間が長くなるにつれて、ベーン周辺では徐々に排水が生じ始める。したがって、過剰間隙水圧が消散するとともに有効応力が大きくなり、せん断強度は増加し始める。このように、ベーン強度が減少傾向から増加傾向に転じる点は部分的な排水の影響が出はじめる点と考えることができる。また、図-3からわかるように、部分排水の影響は τ_v と τ_h でほぼ等しいと考えられる。

ベーンの上下水平面におけるせん断機構は一面せん断試験に近い。図-4はせん断速度を変化させて実施した定体積一面せん断試験ならびに定圧一面せん断試験の結果とベーン水平強度 τ_h を、破壊までの時間をパラメータとして比較したものである。

定体積一面せん断試験から得られる非排水強度は、破壊までの時間の対数に対して減少していく傾向が見られるが、破壊時間がある程度以上になるとせん断速度の影響は小さくなる。一方、定圧一面せん断試験では、試料からの排水が自由であるために、破壊時間が長くなるにつれて部分排水の影響が現れて強度が増加していくが、破壊時間がある程度以上になると強度がほぼ一定値に収束していることがわかる。これは、尾道染土の圧密係数が大きく、過剰間隙水圧の消散が速いため、破壊までの時間が長くなると完全な排水状態となり、定圧一面せん断強度が排水強度に等しくなるためと考えられる。

ベーン水平強度は、破壊までの時間が短い場合は、定体積一面せん断強度と同様に、破壊時間とともに小さくなるが、破壊時間が長くなると部分排水の影響により、強度が増加傾向に転じて、排水強度に漸近していくことがわかる。しかしながら、部分排水の影響が現れ始める時点は定圧一面せん断強度よりも遅く、また強度増加の程度も定圧一面せん断強度よりも小さい。これは両試験における間隙水圧の消散機構の差によるものと考えられるが、さらに詳細な検討を必要とする。

4. おわりに

今後、一面せん断試験結果との比較ならびに数値解析等によって、ベーン試験におけるせん断速度の影響、とくに部分排水の影響に関して考察を進めていく予定である。

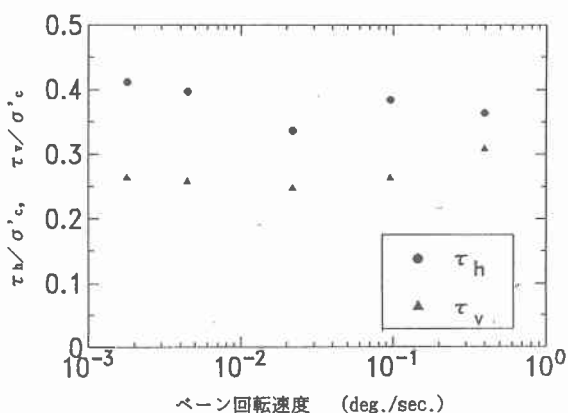


図-3 τ_h 、 τ_v と回転速度の関係

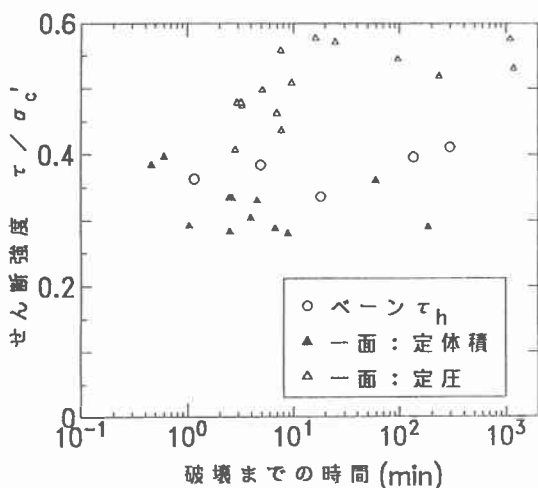


図-4 各種水平強度と破壊までの時間の関係