

III-706 カオリン粘土に対するフォールコーン試験とペーンせん断試験の結果とその比較

東海大学 正会員 綿引 恵一
東海大学 川崎 亨

1. はじめに

土のコンシステンシー特性に関する研究の歴史は長い。コンシステンシーの測定法に関する研究も少なくない。さらに、コンシステンシーと力学的な性質を結び付けようとする研究も行われている。

本報告は、含水比の変化に伴うコンシステンシーの違いをフォールコーン試験とペーンせん断試験によって調べ、その結果を比較したものである。

2. 試料、供試体

試料は市販のカオリン粘土 ($G_s: 2.70$, $PL: 36\%$, $LL: 51\%$) を用いた。

供試体は、ゴム板の上に試料をいれた容器を軽く叩き付けて準備した。この方法で飽和状態が維持できる範囲で、なるべく少ない含水比 (41%程度) から液性限界を越える程度 (53%程度) まで、2%程度ずつ変化させた。

ペーン試験の供試体とフォールコーン試験の供試体は大きさは異なるが、同一の条件で作成した。ペーン試験の供試体は、直径11cm、深さ10cmの容器に9cm程度まで試料を詰めた。フォールコーン試験に用いた容器は上部の直径11cm、下部の直径7cm程度の円形の容器で深さは4.15cmである。

3. 実験方法

ペーン試験: 羽の大きさは、回転直径2cm、長さ4cmである。測定できるトルクの大きさは最大で、2 kgf·cm である。

羽の上部が、供試体表面から2cm程度入るところまで差し込み、 $0.5^\circ/\text{sec.}$ の速度で回転し、 10° 毎にトルクを測定した。ペーンの回転速度が測定されるトルクの大きさに影響することは、当然に予想されることである。本試験装置は手動であったため、あまり遅い速度で行うことはできなかった。現位置ペーン試験の回転速度は、 $0.1 \sim 0.5^\circ/\text{sec}$ が、多いようであるが、室内試験については現在、明確な基準は示されていないようである。

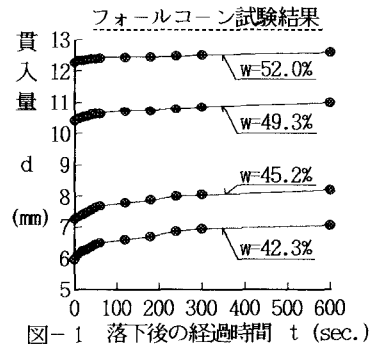
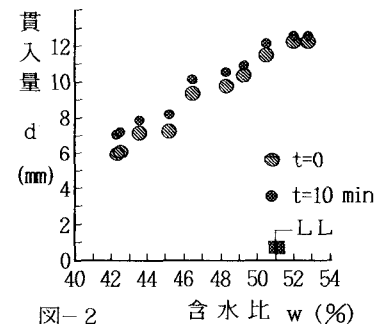
フォールコーン試験: コーンは先端角 60° 、質量60gである。供試体表面から自重落下させ、貫入直後、及び、10、20、30、40、50秒、1、2、3、4、5、10分後における貫入量を測定した。

4. 実験結果

4. 1. フォールコーン試験

フォールコーン試験の結果の一部を、図-1 と 図-2 に示した。図-1 には、含水比の変化に伴う貫入量の変化、及び、コーン落下後の時間の経過に伴う貫入量の変化を示した。図中の w は含水比を示し、含水比が高いほど、貫入量は増加することが示されている。

図-2 には、各含水比におけるコーン落下直後 ($t=0$) と10分後 ($t=10$) の貫入量を示した。図中にLLとして示したのは、液性限界である。液性限界におけるフォールコーン貫入量は、大体9mmから12mmの間にあるという報告が多いが、今回の試験結果におい

図-1 落下後の経過時間 t (sec.)図-2 含水比 w (%)

てもほぼこの範囲に入っているようである。貫入量の時間的な変化については、含水比が高くなるほど早く安定する傾向が明確である。含水比と貫入量との関係が片対数で直線的になるのか、両対数においてなのかについても、未だ明らかではない（含水比の狭い範囲では片対数、広い範囲では両対数という意見が多い）本試験の範囲程度では、対数をとる必要はないように見える。

4.2. ベーン（せん断）試験

ベーン試験の結果を図-3に示した。含水比が高くなるほど、最大トルクになるまでの回転角が小さいことが判る。また、一定の残留強度的な状態に到達するのも、含水比が高いほうが早い。最大トルクに対する最終的な安定状態におけるトルクの大きさの割合は、含水比の変化によって影響を受けているようであるが、およそ、50%ないし60%程度であった。

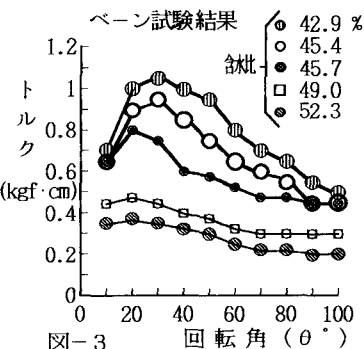


図-3 ベーン試験結果

4.3. ベーン試験結果とフォールコーン試験結果の比較

ベーン試験の結果からは、供試体が飽和状態であるとの前提の下に供試体の非排水せん断強度 (c_u) が求められるはずである。本試験においては、供試体の飽和度は計算上100~105%であったから、一応、この条件は満たしている。用いたベーンの羽の形状が、回転半径と長さの比が1:2であったので、比較的多く用いられている下の式によって、抵抗力を計算した。

$$\tau = \frac{6 M_{max}}{7 \pi D^3} \quad \text{ここに、} \tau \text{ は、強度（抵抗力）を示し、多分 } c_u \text{ に対応する値。}$$

M_{max} は、各試験における最大トルクの値。

結果は、図-4中の □ によって示した。

一方、フォールコーン試験の結果をベーン試験の結果と、どのような方法で比較するかが、問題のあるところである。フォールコーン試験は、土の抵抗力に関係がある と多くの研究者は考えているようである。ここでは、フォールコーンを支持力問題として解析し、土の非排水強度と結び付けた甲本の考え方¹⁾を借りて、フォールコーン試験の結果から、供試体の抵抗力（甲本の非排水強さ）を計算した。結果を図-4中の ● で示した。

図-4におけるベーン試験とフォールコーン試験の結果を比較すると、概ね良い一致を示している。

また、液性限界に対応する非排水せん断強度は、およそ、10gf/cm² から 20gf/cm² であろうとの推論が多いようであるが、本試験に用いた試料の液性限界51%程度に対応する抵抗力は、図中では、大体、15gf/cm² 弱であり、一致している。

やや、細かく見ると、含水比が低い領域ではフォールコーン試験からの計算値のほうがベーン試験の結果より大きめに出る傾向がある。フォールコーン試験の含水比はコーン貫入近傍から採取したため、供試体の表面付近のものとなった。そのためか、含水比にややばらつきが見られ、また、計算上の飽和度も90ないし95%とベーン試験に比べ小さめであり、不飽和状態であると考えられる。これが結果にどのように影響しているのかが検討すべき問題である、と同時に、2つの異なった試験法に基づく結果を比較する際に生じる課題の一つとも言える。土のコンシステンシーと土の強さ、あるいは変形特性との関係は、今後も検討されるべき問題であり、不飽和状態との関係も吟味されるべき問題と考える。

最後になったが、実験を本報告の連名者川崎とともに直接担当した忍賀 仁君に心から感謝する。

1) 甲本達也：フォールコーンテストの動的解析，農業土木学会論文集，144，51-56，1989

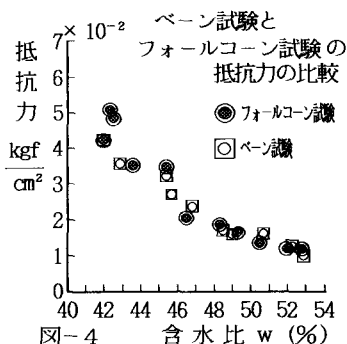


図-4 ベーン試験とフォールコーン試験の抵抗力の比較