

東北大学大学院 学生員 青木美樹

東北大学工学部 正 員 首藤伸夫

1. はじめに

河川や貯水池に流入し、ブロックとして沈降・堆積した粘性土が再び水流により洗掘され移動する問題を考えるとき、堆積した土の剪断強度の大きさとその鉛直方向分布、堆積時間と剪断強度の関係、洗掘面が直接水に触れることによる強度変化の有無、試験方法の差による強度の相異なるなどの特性を知る必要がある。ここではこれらの特性を主に機械的測定によって求めた結果を報告する。

2. 実験方法

測定は主にコンプレート型粘度計により行った。測定方法による差の有無を知るためベーン試験、および水理的測定をも行った。コンプレート型粘度計は試料に接したコーンの回転による試料の歪速度とそのときの応力からその粘度を求めるもので、試料がビンガム流動するときそのビンガム降伏値が求められる¹⁾。使用したコーンは半径5cm、下面の削り角3.7°である。また、ベーンは幅10cm、高さ2cmである。試料は四十四田ダム貯水池内に堆積した濁度物質、²⁾³⁾カオリン、およびベントナイトを用い、底板可動の堆積容器(直径20cm、深さ11cm)内に所定の時間沈殿させた。

3. 実験結果および考察

同一試料について沈殿時間を変えて測定した結果を図-1に、

また、3種の土を同じ条件下で測定した結果を図-2に示す。いずれも剪断強度 T_0 は深さ z 方向にほぼ指数関数的に増加しており、表面下数cm程度でもその剪断強度は表面に比べ非常に大きい。図-1には水路を使って測定した水流による表層の洗掘開始時の剪断力を示した水、この程度の掃流力では一時に洗掘されるのはごく表層に近い部分のみであることがわかる。

図-1を見ると、ある深さを越えると剪断強度は沈殿時間とともに増加している。これは圧密により堆積層内部の有効応力が増加するためであると考えられる。図-3には各深さにおけるその位置より上の堆積層の単位面積あたりの重量に対する剪断強度、すなわち剪断強度と自重による圧密圧力との比を示す。 γ は単位体積あたりの堆積層の水中重量で含水比分布から求めた。図より堆積層は3つの領域に分けることができると考えられる。Iの領域では粘性、すなわち粘土粒子間の凝集力が強度発生に支配的に作用する。これに対しIIIの領域では圧密による堆積層内の有効応力が主な因子となる。IIはIからIIIへの遷移領域とみられる。従ってIでは剪断強度は時間によるずば一定であるのに対してIIIでは時間とともに有効応力が増加し、それに伴って剪断強度も増加するものと考えられる。

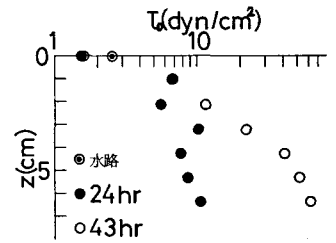


図-1 コーンによる剪断強度分布
(四十四田底質)

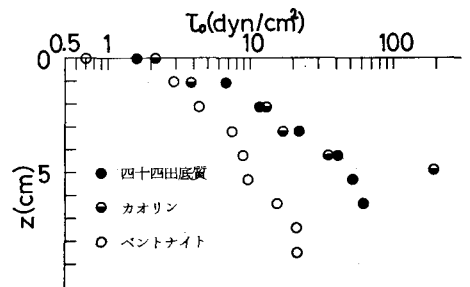


図-2 コーンによる剪断強度分布

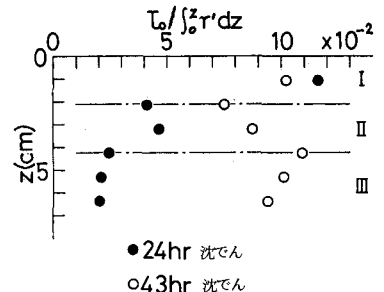


図-3 コーンによる剪断強度分布
(四十四田底質)

水流による掃流作用下にある堆積層では表層が洗掘された後、内部の土が直接流水に触れることになる。それによりこの面の剪断強度がしだいに減少することが予想される。そこで堆積層内部（接水面）を直接水に触れさせて測定した結果が図-4である。24時間沈殿して接水面まで測定した後、図中に記した4通りの時間再び水に触れさせて強度変化の様子を見た。深さ2.65cmで剪断強度が十数 dyn/cm^2 であったのが水に触れることにより1 dyn/cm^2 以下にまで減少している。しかし、水を注ぐときの堆積層のかく乱や測定装置の摩擦によるコーンに与えられたモーメントの損失などのため実際の値よりかなり小さな値を示していると思われる。また、強度減少の時間的推移も現われていない。さらに精密な測定が必要である。

次にベーン試験の結果を図-5に示す。ベーンによる結果もコーンによるものと同様の結果を示しているが、値はコーンによるものよりかなり大きい。測定時の土の慣性による抵抗が大きく作用するものと考えられる。図の測定点の深さはベーン下端の位置である。図-6にベーンとコーンの対応関係を示した。ここでのコーンの値はベーンにより剪断される円筒状の土の側面積と底面積の比を考慮して補正したものである。両者の値に大きな差があるにもかかわらずよく対応している。さらに測定を重ねることによってより明確な対応を得ることが可能であろう。

4. おわりに

静水中に自然沈降・堆積した粘性土の剪断強度とその鉛直方向分布を機械的に測定した結果は以上のようなものであるが、河川や貯水池内の洗掘・堆積を検討する場合にはこれらの特徴をさらに水理的に裏づけることが必要である。そのために、水理的測定を行い機械的測定により得られた結果との対応を求めることが残された第一の課題である。第二に測定範囲を広げることが必要である。ここで行った測定は深さ10cm程度の範囲内でのものであり、堆積層が大きい場合これだけから判断するのは難しい。ただし図-3によれば土の粘性が剪断強度に影響しているのは表層の数cm程度までであり、それより深い位置では有効応力、すなわち（時間の影響を無視するなら）深さの剪断強度に与える影響が大きくなるため、ある程度の推定は可能であろう。第三にはここで行ったような測定を実際に現地で行う必要がある。そのためにはより簡便で直接的なベーン試験が有効であり、前述のようにコーン、そして水理的な値との明確な対応をつかまなければならない。

5. 参考文献

- 1) 中川・神戸：レオロジー（みすず書房）
- 2) 東北大学工学部土木工学科 水理学研究室：四十四田ダム貯水池の流入濁産物質の堆積及び浮上に関する調査研究 昭和51、52、および53年度報告
- 3) 小暮・首藤：貯水池における濁産物質の堆積と洗掘 第24回水理講演会論文集 1980年2月

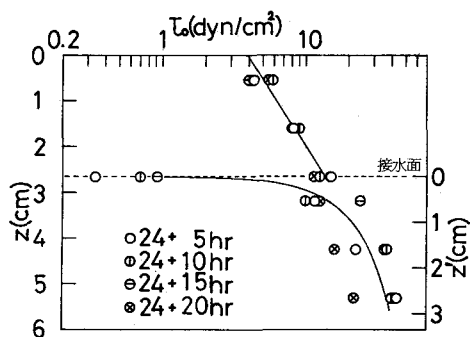


図-4 コーンによる剪断強度分布（四十四田底質）

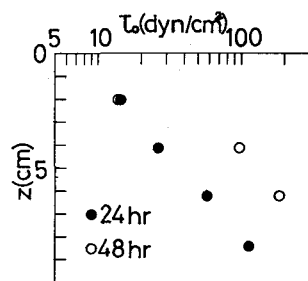


図-5 ベーンによる剪断強度分布（四十四田底質）

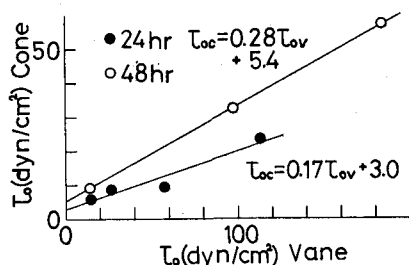


図-6 ベーンとコーンの比較（四十四田底質）