

東北大学大学院の学生員 金山 建
小松建設工業(株) 正会員 酒井 宏
東北大学工学部 正会員 有藤伸夫

1. はじめに

湖沼や貯水池などの底質泥土は、水質管理のうえからその洗掘の発生限界を把握することが要求され、非常に軟弱なものについては多くの研究例がある。しかし、これら底質泥土には制限水位時に空中に露出するため硬化するものがあり、現地での簡便機械強度試験(ベーン剪断試験, コーン貫入試験)に対してなかなか高い精度を示す。

今回はこのような硬い底質を想定して、低含水比、高強度の粘土試料に対して管水路による洗掘試験及びベーン剪断試験、コーン貫入試験を行なった。

2. 実験方法

今回の実験ではカオリン及びケイソウ土の2種類の試料を用いた。土粒子の比重, 中央粒径, 均等係数を表-1に示した。

洗掘実験には、図-1に示す長さ2m×幅4cm×高さ2cmの透

明アクリル製矩形管水路を用いた。長さ25cm×幅2cmの試料は上流端から1m下流に設置され、その表面は水路底と同じ高さになるように調節される。試料上下流端での水頭差を差圧計で読みとり、試料に作用する剪断力を求めた。

機械試験は、直径10cm×高さ10cmの円柱形のモールドに詰めた試料に対して行なった。ベーンは十字形で直径2cm×高さ1.4cmのものと直径2.5cm×高さ5cmのものとを使用した。前者をベーンI、後者をベーンIIとする。Iは電動、IIは手動で回転させ、その速度はほぼ1/secである。コーンは粘性土用(先端角30°, 底面積6.45cm²)のものをを用いた。

表-1 試料の諸特性

	G _s	D ₅₀ (μm)	U _c
カオリン	2.74	2.38	2.38
ケイソウ土	2.07	53.0	4.00

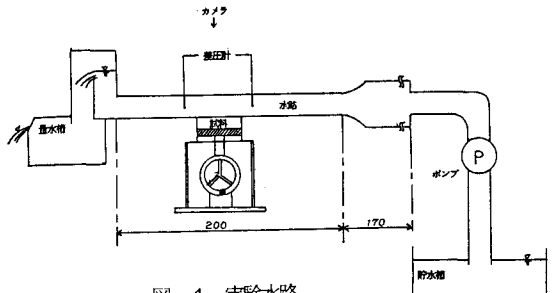


図-1 実験水路

3. 実験結果

(1)洗掘形態 カオリンの場合、以下に示す段階の過程を経て洗掘が進行する。

①球状剝離: 洗掘の初期の段階において、試料表面に直径0.5mm~2.0mm程度の半球状の剝離痕跡が生じ始める。我々の観察では、この痕跡に対応する剝離塊の表面からの剝離は確認できず、また、濁質の発生も肉眼による限り認められなかった。したがって流水の濁度に与える影響は極めて小さいと言える。

②横筋状剝離: 掃流力を増していくと、横方向(流れと直角方向)に細長く、その長さが10~50mm、幅が0.5~2.0mm程度

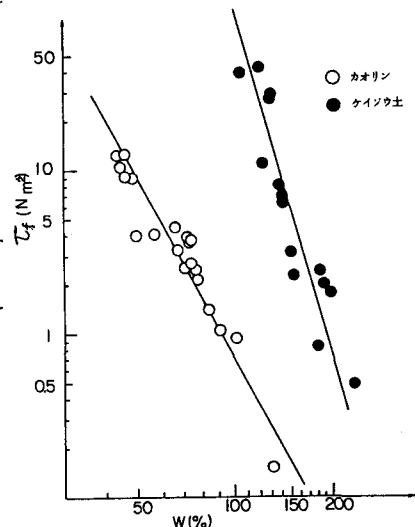


図-2 限界掃流力と含水比

の剝離塊が表面から剝が取られ始める。これは横方向に連続して生じる傾向があり、結果として試料表面に長さ3~5cm、ピッチ0.5~1.0cmの横筋群を形成する。この横筋群は局所的に散在し、試料表面の全域に及ぶことはない。一群中の横筋の本数は2~3本から数本である。また、細長い剝離塊は水路底を転動しながら流送され水中での破壊は少なく、したがって濁度としての影響は小さい。

iii)塊状剝離：さらに掃流力を増すと横筋状の剝離痕跡の幅が増してゆき、最も発達した一本が亀裂に移行し、そこから試料がめくり上がり、横筋の大きさに対応する舌状の部分が突出し、瞬時にして試料表面の半分程度からほぼ全域に及ぶ大規模な塊状剝離が生じる。この時、剝離面(剝離塊の下側及び痕跡面の上面)付近からの大量の単粒子あるいは二次粒子としての濁質の生産を伴う。

ゲイソウ土の場合、"球状剝離"は見られず1本あるいは2~3本の横筋が生じ、それ以後はカオリソの場合と同様な経過で、"塊状剝離"に到る。この場合もやはり、濁質の生産がはつきりと認められるのは"塊状剝離"の段階である。

(2) 限界掃流力と機械試験強度 "塊状剝離"に対応する掃流力を限界掃流力 T_b とし、試料の含水比との関係を図-2に示す。また、ベーン剪断強度 T_v およびコーン支持力 C_c と含水比の関係を図3~4に示す。カオリソの場合、 T_b , T_v , C_c は、それぞれ含水比の-3.7乗、-7.1乗、-8.2乗に、ゲイソウ土の場合は、-7.0乗、-10.5乗、-9.2乗に比例している。また、これらの実験式から C_c を消去することによって、機械強度試験の結果から限界掃流力を推定する式が得られる。

(カオリソ)

$$T_b = 0.086 \cdot T_v^{0.52}$$

$$T_b = 0.045 \cdot C_c^{0.95}$$

(ゲイソウ土)

$$T_b = 0.085 \cdot T_v^{0.67}$$

$$T_b = 3.96 \times 10^{-3} \cdot C_c^{0.76}$$

(3) 洗掘量 上述のように、濁質濃度による取り扱いが不可能であるので、"塊状剝離"における舌状部の体積をその剝離痕跡から測定し、洗掘量の定量的取扱いを試みた。その結果を図-5に示す。

7. おわりに

人工的に調整した試料が自然状態の土を再現しているという保証はなく、ここでの結果は実在の底質泥土に対して検証を与えられて初めて意味を持つものであろう。機械試験強度と限界掃流力の関係は土の種類により著しく異なることがわかるが、今回は2種類の土しか用いておらず、実験結果に土の物質特性を定量的に内包させることができていない。これは今後の課題とされるべきである。

=参考文献= 青木・若藤 「粒土上堆積層の洗掘現象に関する実験的研究」 第26回水理講演会論文集¹⁾

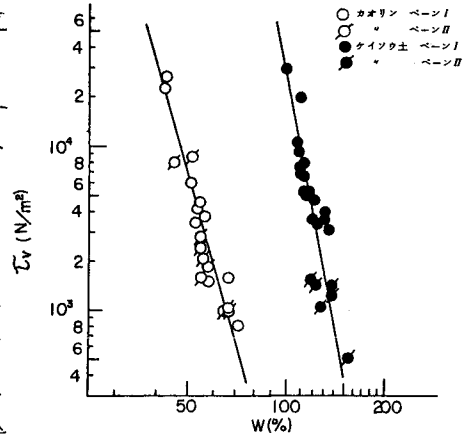


図-3 ベーン剪断強度と含水比

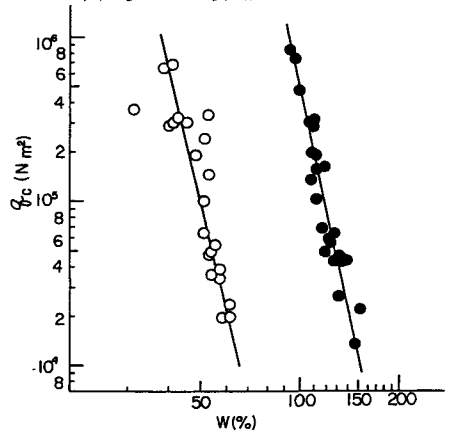


図-4 コーン支持力と含水比

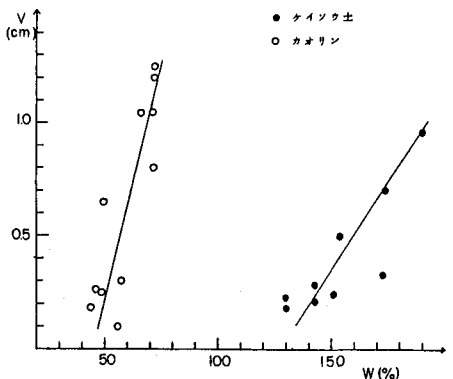


図-5 洗掘体積と含水比