

1. はじめに

粘性土などの程度のパイピング抵抗あるいはセルフヒーリング特性を備えているかという問題は、土質濾水壁ダムの設計施工あるいはダムの安定に極めて重要でありながら、確立された試験方法もなく、また研究例も少ないため、ダムの安定検討においては非粘性土の挙動として取扱っているのが現状である。そこで、本研究においては、一つの手段として図-1、図-2のような方法により3種類の土質材料について①静的パイピング実験②動的水パイピング実験③クラックのセルフヒーリング実験を試みる検討考察したので、その概要を述べる。

2. 実験方法および使用材料

(1) パイピング実験方法

図-1に示す実験装置により行ったもので、大まかには土の透水試験方法に類似したものであるが、試料を支えるポーラストンの代わりにG.KASSIFF¹⁾が行ったように $\phi 2 \sim 40\text{mm}$ の孔を有するプレートを用いた。加圧速度は時動的負荷から30分毎に 0.5 kg/cm^2 とした。

動的水実験はシェイキングテーブルに試験容器を固定し、フレキシブルなパイプで水源と連結した。テーブルは $1\text{m} \times 1\text{m}$ 、加振器の性能は正弦波加振で加振力は 250kg-G であるが、試験時の加速度は $50 \sim 300\text{ガル}$ 、振動数は $1 \sim 5\text{Hz}$ とした。

(2) セルフヒーリング実験方法

図-2に示す実験装置を試作して行った。試料の寸法は $10^B \times 20^H \times 80^D\text{cm}$ で、水平方向で上下に二分した。加えた動水勾配はダムの動水勾配を勘案して大半のものは $H/L = 10$ とした。

(3) 使用材料

表-1に示す5種の土について行った。コアとは実際にダムに用いた土質材料で、表中の推定粘着力は単軸の $1/2$ とした。

3. 実験結果とその考察

(1) 静的パイピング実験結果とその考察

締め固め仕事量と限界動水勾配との関係は図-3に示すとおりで、ある仕事量に達すると、いす水の土もパイピング抵抗はそれ以上増加しなかった。またこの図から仕事量は土のパイピングを支配することがわかる。細粒な土ほど、衝撃エネルギーを緩和するので多くの仕事量を必要としたものと考えられる。

図-1 パイピング実験装置の概要

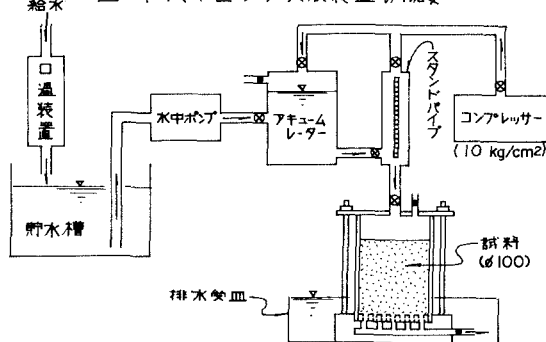


図-2 セルフヒーリング実験装置の概要

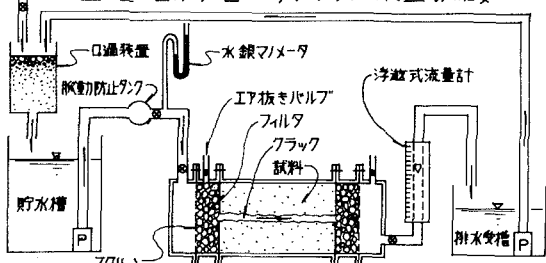
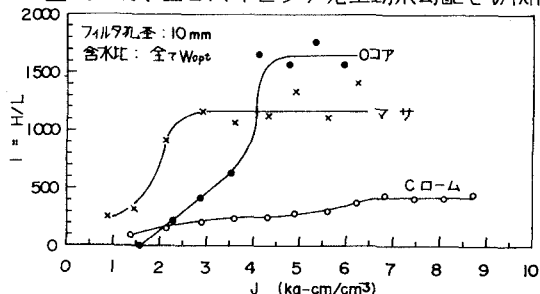


表-1 使用した土の主な性質

試料名	比重	アッダーバルク LL(%) PL(%)	分類	自然含水 比(%)	W _{opt} (%)	Y _{d max} (kg/m ³)	粒度 (≦15mm)	粘着力 (kg/cm ²)	透水性 (cm/sec)
コア	2.77	133 34	MH	118	107	672	28 42 74 11	1.44	9×10^{-6}
FD-4	2.78	133 31	MH	101	96	729	20 41 94	7.6	1.45×10^{-6}
コア	2.77	59 23	MH-CH	28	28	1497	12 17 35 500	1.15	75×10^{-6}
Mコア	2.78	46 22	MH-CH	16	15	1841	10 11 22 2000	1.33	1.1×10^{-7}
マサ	2.75	34 10	ML-CL	15	19	1738	3 4 21 600	0.76	1.1×10^{-6}

図-3 仕事量とパイピング発生動水勾配との関係



フィルタ孔径とパイピング発生動水勾配との関係は図-4に示すとおりで、フィルタ孔径が大きくなるほど動水勾配が低下することがわかる。これは土が洗脱流出する場合に、粗粒子によってアーチアクションが生じて抵抗するようであるが、スパンが大きくなるとその形成が阻害されるためと考えられる。従って、フィルタは小孔径なもののほうが安全であるといえるが、かなり大きい場合でも数百のオーダーであり、このような方法で検討する限り、これらの土は極めて安定といえる。

含水比をパラメータとして、粘着力 C と耐透水指数 $-\log K$ との和 $C + \log K$ とパイピング発生動水勾配の線形 H/L とはピークポイントと線型が良く合致あるいは類似するために、パイピング抵抗は透水係数と粘着力に支配されると推察され、しかもその割合も図から判断することができると考えられる(図-5)。

(2) 動的パイピング実験結果とその考察

動的条件下の土のパイピング抵抗は静的条件下より50~70%程度低い値であった。また加速度の影響は図-6に示すとおりで、試料の大きさで多少異なるが、加速度が0~50ガルで大きく変化し、その後はほとんど変わらなかった。振動数の影響は2Hz以下の低周波で著しく、5Hzまではほとんど変わらなかった。これは比較的小さい加速度あるいは振動数で、土の結合が可逆するためではないかと考えられるが、さらに十分な検討が必要であらう。いずれにしてもこれらの土は十分な締め固めと適切な含水状態で施工すればパイピング抵抗値そのものが非常に大きいから振動を受けても安定といえよう。

(3) セルフヒーリング実験結果とその考察

土内に発生したクラックのセルフヒーリングは、土の粒度、粘着力、クラックの中、フィルタの状態により、その現象は異った。例えばクラック中とセルフヒーリングとの関係は図-7に示すとおりで、クラック中が大きいとパイピングに繋がり、中が小さいとセルフヒーリングすることがわかった。その限界は土質によって異なり図-8のとおりで、粘着力の大きなものほどセルフヒーリングしやすい傾向を示した。これはダイレタンシー、チキソトロピー特性の相異および崩壊土塊の大小などによるものと考えられる。

4. おすび

以上の結果、土のパイピング抵抗は締め固め仕事量、含水状態

、振動等に影響されるが、もともと潜在的には著しく大きい値である。クラックのセルフヒーリングについては、ある程度の小クラックではその現象が見られ、しかも土の粘着力に支配される傾向を示した。なお、これらの実験方法は確立されたものではなく、今後さらに検討改良する余地がある。

(参考文献) G KASSIFF; GEOTECHNIQUE, Vol.15, No.3, Sept.-1965.

図-4 フィルタ孔径とパイピング発生動水勾配との関係

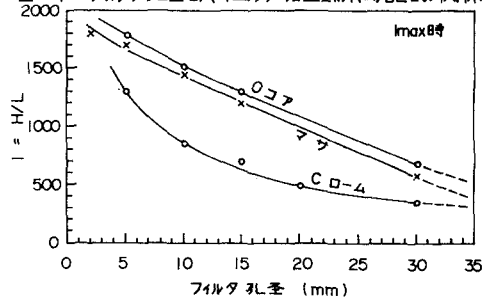


図-5 粘着力、耐透水係数とパイピング抵抗との関係

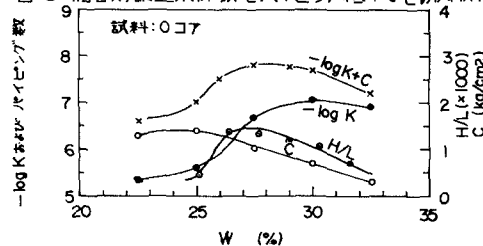


図-6 加速度とパイピング抵抗低下率との関係

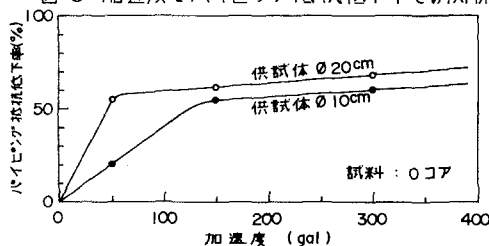


図-7 注水時間と流量変化との関係

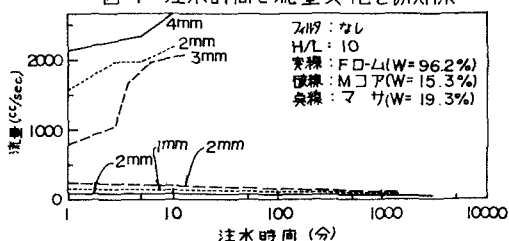


図-8 セルフヒーリング限界

