

堰基礎地盤での浸透破壊の研究

Study of Seepage Failure in Foundation of Dam

小松宜紘 田中忠次
KOMATSU Takahiro TANAKA Tadatsugu

1. はじめに

堰の浸透破壊に対する安定性の評価手法として、クリープ比を用いた方法が有名である。しかし一般にはあまり正確でないと認識されている。別の方法としては、Terzaghiの方法が有名である。変形しない矢板での浸透破壊に対して、比較的正確な破壊水頭差を求めることができる。しかし、実際には堰には適用されない。

矢板基礎地盤での浸透破壊に対し、有効な解析手法であると検証された弾塑性有限要素法を、本研究では堰に対して適用した。また実験と解析により浸透破壊のメカニズムの解明を行い、古典的手法についての考察を行った。

2 実験パターンと解析パターン

表1に本研究で行った堰(壁体)の種類を示す。

3 実験

3.1 模型実験の概要

実験の概要について説明する。模型実験槽は高さ50cm、幅100cm、奥行き20cm。側面はガラス製である。地盤材料としては豊浦砂を使用。壁体材料は表1を参照。

3.2 実験観測

徐々に水頭差を与え、浸透破壊が発生するまで地盤変位の観察、測定を行った。

4 解析

本解析では、まず浸透解析を行い、求められた浸透力を外力として弾塑性有限要素解析を行った。浸透流解析と弾塑性有限要素法はそれぞれが独立な関係となっている。

弾塑性有限要素解析はひずみ硬

化・軟化、せん断帯幅、異方性を考慮した構成式を採用しており、非線形解法には implicit-explicit 型の動的緩和法とリターンマッピング法を結合させている。収束判定には荷重ノルム 0.001 を用いており、最大100,000回の繰り返し計算を行った。

	壁体幅	根入れ	壁体材料(実験)
矢板	0.3cm	5cm	アルミ
Dam 1	1cm	5cm	アクリル
Dam 2	2cm	5cm	アクリル
Dam 3	2cm	6cm	アクリル
Dam 4	4cm	5cm	アクリル
Dam 5	8cm	5cm	アクリル
Dam 6	12cm	1cm	アクリル
Dam 7	12cm	5cm	解析のみ

表1: 実験、解析パターン

Table1: Dam Types of This Study

5 結果

5.1 根入れ深さが同じ場合の比較

図1に根入れ深さが等しい場合の堰幅(壁体幅)と破壊水頭差の関係を示す。実験値、Terzaghiの方法(注1)、弾塑性有限要素法(FEM)、クリープ比の方法(注2)ともに、堰幅に対し破壊水頭差が比例して大きくなった。ただし、実験値とクリープ比の方法の結果には大きな数値的な隔りがある。(注1: 過剰間隙水圧の算出には有限要素法を利用。注2: クリープ比=7(細砂))

5.2 クリープ長が同じ場合の比較

図2にクリープ長(地盤と壁体の境界長)が同じ場合(14cm)の堰幅(壁体幅)と破壊水頭差の関係を示す。クリープ比を用いた方法では、堰幅や根入れ深さに関係なく破壊水頭差は一

定となり、実験と異なる傾向を示した。弾塑性有限要素法では実験値に近い傾向を示した。それ以上に Terzaghi の方法が実験値の傾向を表現した。

5.3 内部構造の推定

図 3 に堰(壁体)周辺の最大せん断ひずみ分布を示す。右側が下流である。壁体下流直近と約 3.5cm 水平に離れたところで、鉛直方向にせん断帯が発達していることがわかる。このせん断帯に囲まれた部分と、Terzaghi が提唱した土柱(図中の破線の四角)の大きさ、形状とよく一致する。つまり有限要素法などを用い、詳細で正確な浸透流解析が可能であれば、堰の場合でも Terzaghi の方法で破壊水頭差を求めることが可能と言える。

6 まとめ

本研究により、クリープ比を用いた方法は安定性の評価手法として正確でないことが証明された。一方、本研究で用いた弾塑性有限要素法では、実験値に対して比較的正確な破壊水頭差の算定が行えた。また、堰に対しても Terzaghi の方法で破壊水頭差の算定が行えるという結果となった。一般的に Terzaghi の方法は矢板にしか適用されない。これは地盤中の浸透流計算が困難なためであり、複雑な条件では適用することが困難であったためであろう。現在では有限要素法により正確で詳細な計算を容易に行うことができる。この方法は、堰の浸透破壊に対する簡便的な解析手法として、信頼できると考えられる。

わが国には大小、新旧、様々な堰が多く利用されている。特に小河川に点在する小規模な堰は大正～昭和30年代に建設されたものが多く、老朽化が進んでいる。改修する場合、事業規模の面から考えれば、安全でなおかつさらに経済的な施工でなければならない。そのためには、正確な安定性の評価と設計が求められる。本研究の弾塑性有限要素法を用いることによって、この要求を満たすこ

とができると考える。

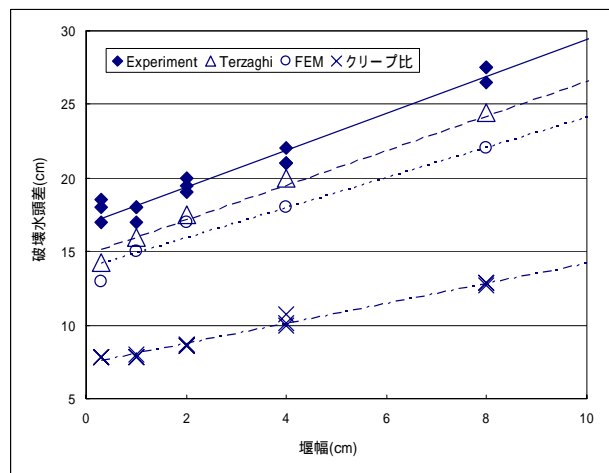


図 1：堰幅-破壊水頭差関係(同根入れ深)
Fig1: Dam Width and Critical Head (Same Dam Depth)

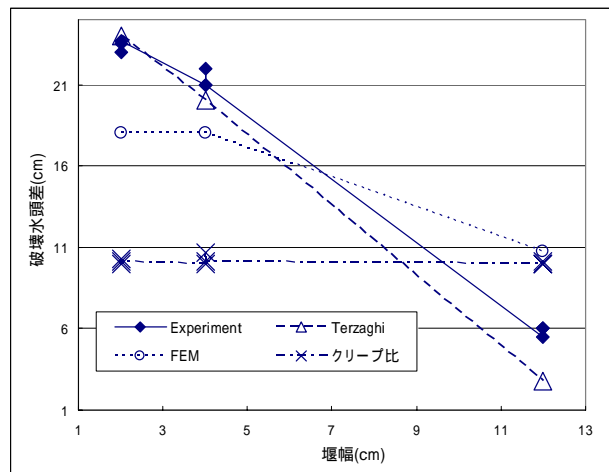


図 2：堰幅-破壊水頭差関係(同クリープ長)
Fig2: Dam Width and Critical Head (Same Creep Length)

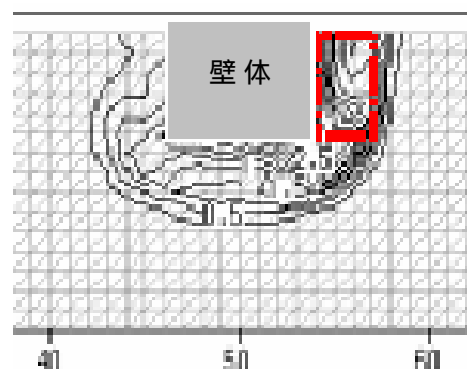


図 3：最大せん断ひずみ分布
Fig3: Distribution Map of Max Shear Strain