

河川堤防の基盤漏水に対する矢板の評価手法に関する研究

土木研究所 正会員 ○丸田 亮, 石原 雅規, 佐々木 哲也

1. はじめに

河川堤防への浸透対策のひとつとして川表遮水工法があげられるが、河川堤防の構造検討の手引き¹⁾では、土堤（被覆土層がない場合）を対象とする場合の設計は浸透流計算から求めた裏法尻の局所動水勾配に基づき行うこととなっている。一方、樋門等の構造物を対象とする場合はレーンの加重クリープ比に基づき設計を行うこととなっており、同じ河川堤防でも評価手法が異なっている。また、レーンの加重クリープ比はフィルダムの事例をもとにした経験的な式であるが、想定されている限界の状態や、堤防決壊等の致命的な状態に対する安全余裕等は明らかになっていない。本報では、河川堤防の基盤漏水に対する川表遮水工（矢板）の評価手法を検証するために行った浸透模型実験結果について報告する。

2. 模型実験の概要

表1に実験ケースを、図1に実験に用いた模型例をそれぞれ示す。模型は小型水路内に、水路の縦断方向（以下、幅）1000mm×鉛直方向（以下、高さ）200mm×横断方向（以下、奥行）300mmとなる模型地盤を作製し、模型地盤上へ幅 400mm×高さ 300mm×奥行 300mmの堤体模型を設置した。なお、堤体模型は堤体または樋門等の構造物を想定している。矢板ありのケースでは堤体模型の川表側に根入れ 3cm、奥行 300mm となるよう矢板模型を設置した。堤体模型底面には模型地盤が観察できるよう透明なアクリル板を使用した。また、模型地盤の地盤材料には日光珪砂 6 号を使用し、相対密度 70%で突固めた（透水係数 $1.0 \times 10^{-4} \text{m/s}$ ）。堤体模型直下の模型地盤面は実験条件に応じて盛り立てる高さを変えて作製しており、堤体模型と堤体模型直下の模型地盤との隙間（以下、隙間）なし、隙間 1mm、隙間 3mm の3パターンで実験を行った。図2に隙間のイメージを示す。また、使用した地盤材料の粒径加積曲線を図3に示す。

実験は以下の手順で行い、手順の途中で破壊した場合には、その時点で終了とした。①川表側の水位を 2cm ごと上昇させ、各水位を 10 分間維持する、② ①を 26cm まで行うが、26cm は 90 分間維持する、③水位 26cm から 10cm へ水位を下げ 10 分間維持する、④水位 10cm から 26cm へ水位を上げ 10 分間維持する、⑤ ③と④を交互に計 3 回となるまで繰り返す、⑥ ⑤までに破壊しない場合は終了する。なお、ここでは川裏側からの漏水量が急増した時点破壊の発生とした。実験中は堤体模型下の圧力水頭および川裏側からの漏水量を測定しており、このうち圧力水頭は堤体模型底面（アクリル板）の奥行方向中央に設置したマンノメータまたは水圧計（幅 40cm のケース：4 箇所、幅 20cm のケース：3 箇所）により測定を行った。

表 1 実験ケース

ケース	堤体模型幅 (cm) (※1)	隙間の厚さ (mm) (※2)	矢板長 (cm)	破壊時の 経過時間 (min)	破壊時の 水位 (cm)
1	40	3	—	27	4.2
2	40	1	—	水位上げ下げで破壊	26.0
3	40	0	—	破壊せず	—
4	40	3	3	113	18.0
5	40	1	3	破壊せず	—
6	40	0	3	破壊せず	—
7	20	3	3	101	17.6
8	20	1	3	破壊せず	—
9	20	0	3	破壊せず	—

※1：水路に対して縦断方向の長さ
※2：堤体模型直下の堤体模型と模型地盤の隙間

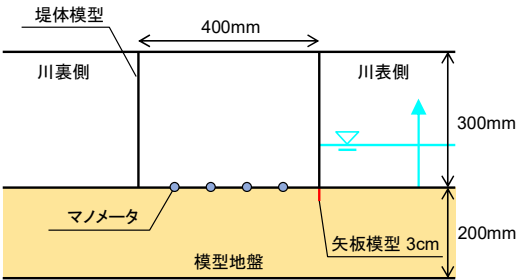


図 1 実験模型例

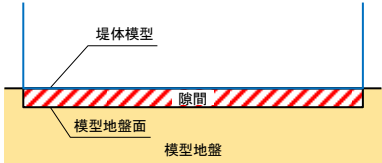


図 2 堤体模型と模型地盤の隙間イメージ

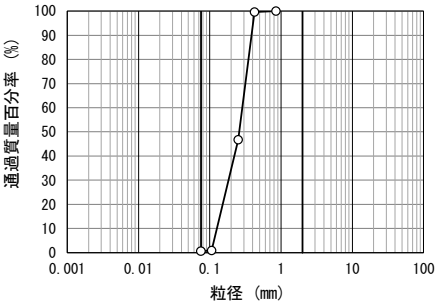


図 3 地盤材料の粒径加積曲線

キーワード 河川堤防, 浸透, 漏水, 模型実験

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6

(国研) 土木研究所 地質・地盤研究グループ TEL029-879-6771

3. 実験結果

各ケースにおける破壊時の経過時間および水位は表 1 に示すとおりである。また、ケース 5（矢板 3cm，隙間 1mm，幅 40cm）における水位 26cm のときの各圧力水頭を図 4 に示す。図 4 より堤体模型下 4 箇所（川表からの距離 8～32cm の箇所）の圧力水頭をつないでできる直線の切片と水位（川表からの距離 0cm の箇所）の差から矢板区間の圧力損失が得られる。また，切片の値と川表からの距離 40cm の箇所の値の差が堤体区間の圧力損失と考えることができる。矢板ありのケース 4～9 において矢板区間と堤体区間の圧力損失をまとめた結果を図 5 に示す。ここでは矢板区間および堤体区間の浸透路長あたりの圧力損失をプロットしている。図 5 より，堤体区間（水平方向）の圧力損失は隙間 3mm のケースで矢板区間（鉛直方向）の 1/7.5 となり，レーンの式における水平方向の浸透路長に対する重み 1/3 よりも小さく，レーンの式による評価では危険側の結果となった。一方で，隙間 1mm および隙間なしのケースは矢板区間（鉛直方向）の 1～1/2 となり，1/3 より大きく，レーンの式による評価では安全側となった。

次に，実験により得られた水平方向の重み（隙間 3mm のケースにおける 1/7.5 等）を用いて加重クリープ比の比較を行う。図 6 および表 2 に破壊発生ケースにおける破壊直前の加重クリープ比を示す。図表中の「加重クリープ比」は水平方向の重みにレーンの式による 1/3 を，「重みを補正した加重クリープ比」は実験で得られた水平方向の重みを用いて算出した。なお，矢板なしのケースでは矢板の有無を除き同一条件のケース（例えばケース 1 はケース 4）で得られた重みを使用した。実験で使用した日光珪砂 6 号は細砂と中砂がほぼ半々となっているため，レーンの加重クリープ比は細砂の $C_c = 7.0$ として比較を行う。図 6 より，「重み補正した加重クリープ比」はほぼ一定で最大値でも $C_c = 7.0$ の 1/6 倍弱となっており，レーンの加重クリープ比ではこの差だけ安全余裕があることが分かる。一方で，「加重クリープ比」による結果は破壊時の水位が小さくなるほど $C_c = 7.0$ に近づいており，堤体下の隙間が大きい等より破壊しやすい状態では $C_c = 7.0$ を超えて危険側の評価となることがあると想定される。

4. まとめ

河川堤防の基盤漏水に対する矢板の評価手法を検証するために行った模型実験結果について報告した。実験より，現在矢板の設計で使用されているレーンの加重クリープ比は堤体と基礎地盤

の隙間が小さいまたは隙間がない場合，水平方向に対する浸透路長を過小に，隙間が大きい場合には過大に評価していることが分かった。また，浸透の安全性に関してレーンの加重クリープ比は隙間が大きい場合等では危険側の評価となることがあると想定される。今後は異なる地盤材料や堤体模型に土を使用し基礎地盤とのなじみのある条件等での実験を行い，結果を蓄積するとともに検討を行う予定である。

参考文献 1) 国土技術研究センター：河川堤防の構造検討の手引き（改訂版），2012。

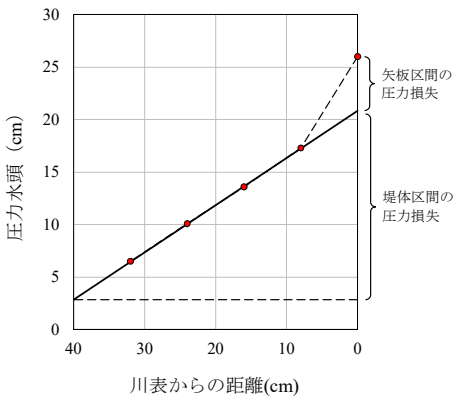


図 4 ケース 5 における水位 26cm のときの各圧力水頭

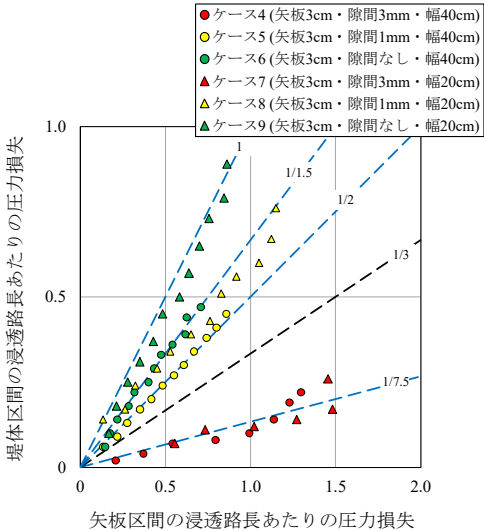


図 5 矢板と堤体における圧力損失

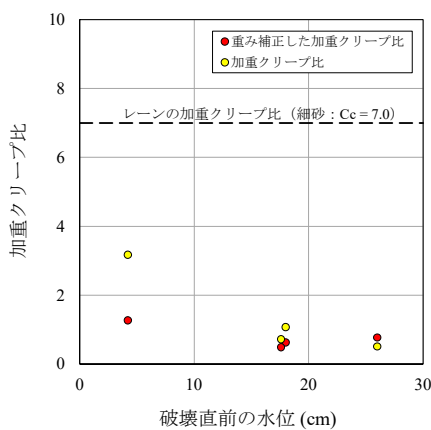


図 6 破壊直前の水位での加重クリープ比

表 2 破壊直前の加重クリープ比

ケース	破壊直前の水位 (cm)	堤体模型幅 (cm)	矢板長 (cm)	水平方向の重み (1/n)	重み補正した加重クリープ比	加重クリープ比	備考
1	4.2	40	0	7.5	1.27	3.17	隙間 3mm
2	26.0 (※)	40	0	2	0.77	0.51	隙間 1mm
4	18.0	40	3	7.5	0.63	1.07	隙間 3mm
7	17.6	20	3	7.5	0.49	0.72	隙間 3mm

※3回目の26.0cmで破壊