

## パイピングによる芯壁堤の浸透抵抗性能低下に関する基礎的研究

環境防災研究室 飯塚龍平

### 1. 研究の背景と目的

近年、集中豪雨や台風による豪雨の増加により、斜面の地すべりや河川堤防の破堤などの自然災害が全国各地で多数発生している。そのため、斜面崩壊や河川堤防の破堤に対する防災対策は急務の課題となっている。

堤体を強化する方法として、矢板を設置した強化堤体が考案されている。堤防に矢板を入れることにより堤体への水の浸透を抑制し、浸透による崩壊を防ぐことができる。また、矢板の透水性を高めることによって、堤体内部へ水が溜まるのを抑制する。これにより、堤体内部と外側での水位差により生じるポイリング等を防ぐ効果が期待できる。しかし、堤体に地震などによる外力が加わると、矢板と地盤の間に隙間が生じ、その隙間に水が流れることにより水みちが形成される。この水みちにより、透水性が上昇し地盤材料の流出やそれに伴う崩壊現象を引き起こされると考えられる。

そこで本研究では、模型地盤を作製し、矢板に意図的にダメージを加え、水みちが発生したときの堤体の浸透抵抗性能を実験的に検証することを目的とした。

### 2. 上向き鉛直浸透流による浸透実験

#### 2.1 実験概要

土槽内に地盤を作製し、上向き鉛直浸透流による透水実験を行う。実験装置の概略図を図-1 に掲載する。土槽は箱型の剛体土槽で、片側面は透明ポリカーボネート板で構成されており、実験時における模型の状況を観察できるようになっている。土槽下部には礫が敷き詰められており、その上には透水板がひかれ試料が底に落ちないようにしている。下部の 2 つの給水口から通水を行う。

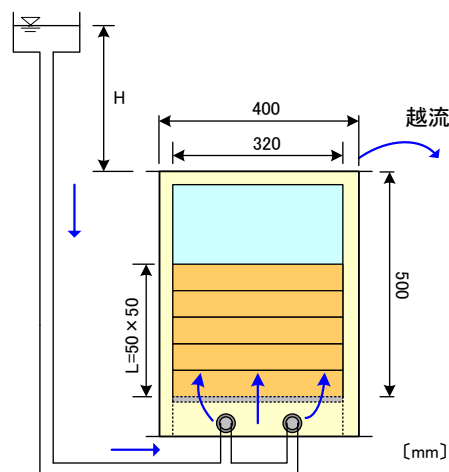


図-1 透水実験概略図

土槽上部のポリカーボネート板側正面と両側方をアルミテープと油粘土で完全に止水し、排水は土槽裏側の一点からオーバーフローさせるように排水する。流出した水はポリバケツに貯められ流出した水の重さから流量を算出する。なお、流量測定間隔は 30 分毎に計測する。

#### 2.2 実験方法

ポイリング等を発生させないように式(2-1)より限界動水勾配  $i_c$  を求め、 $i_c > i$  となるように水頭差  $H$  を設定し、水頭差により浸透させる。流量が一定になったことを確認してから、水頭差を  $i_c < i$  となるように水頭差を上げ、ポイリング等の現象が発生するか確認する。また、実験前と実験後に粒度試験を行い流出前と流出後の粒径加積曲線を比較する。

$$i_c = \frac{\rho_s - 1}{1 + e} \frac{\rho_w}{\rho_w} > i = \frac{H}{L} \quad \text{式 (2-1)}$$

$i_c$  : 限界動水勾配

$\rho_s$  : 土粒子の密度

$\rho_w$  : 水の密度

$e$  : 間隙比

- $i$  : 動水勾配
- H : 水頭差
- L : 地盤高さ (本実験では, 0.25m に固定)

## 2.2 実験結果

表-1 に平均流量の変化を示す。ボーリング発生前の流量を見ると、間隙が少ない試料ほど水が通りにくいと流量が少ない。東北硅砂は、実験開始後すぐに流量が増加し、流量が一定になるまでの時間が短いことから、透水性が高く水みちがしやすいと判断できる。

東北硅砂 7 号は流量が徐々に上昇し、定常状態になっている。流量が上昇するということは水が通りやすくなっているということなので、流量の上昇と共に水みち徐々に形成されていると考えられる。ボーリング発生後は、流量の変動はあまりないが、中間土の流量上昇が急激で、一度水が通りやすくなると一気に地盤材料の流出が引き起こされると考えられる。

東北硅砂 5 号は、30 分程度の早い段階で流量が急激に上昇し、その後流量が減少している。流量変化は東北硅砂 7 号のように徐々に流量が上昇していき一定になる結果が望ましいが、このような結果から判断すると 30 分程度の早い段階で水みちができている、もしくはボーリングなどの現象があった可能性がある。

東北硅砂 7 号は流量が安定するまでの時間が速い。硅砂 5 号と中間土は徐々に流出していく傾向にある。このことから、東北硅砂 7 号は水みちができやすく、続いて東北硅砂 5 号、中間土がもっとも水みちができにくいと判断できる。必ずしも、間隙比が大きい方が水みちができやすくなるわけではないことがわかった。

表-1 平均流量の変化

実験試料	平均流量 (L/min)	
	ボーリング前	ボーリング後
東北硅砂 5 号	1.824	—
東北硅砂 7 号	0.537	0.802
中間土	0.303	1.766

## 3. 浸透模型実験概要および結果

### 3.1 実験概要

模型の堤体部は東北硅砂 7 号を用いて相対密度 70% で作製し、基礎地盤部は東北硅砂 5 号を用いて、相対密度 80% で作製する。

矢板は、図-2 の中央に示しているように設置し、表法側 (堤体左側) と裏法側 (堤体右側) の 2 枚設置し、矢板上部にタイロッドを取り付け、外側と内側をナットで固定し、実際の対策工を模擬した。また、矢板にダメージを与え水みちとなる隙間を作るためにタイロッドと同様にステンレス板 (図-3) を両矢板に取付けている。水みち幅は、矢板の高さに対して 1% (4.6mm) とした。

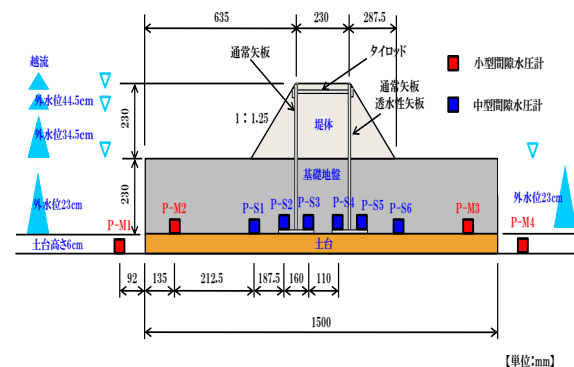


図-2 浸透実験概要図



図-3 矢板の様子

実験ケースは、通常矢板（図-4）を表法側と裏法側の 2 枚設置し、水みち有無による浸透実験を行う。

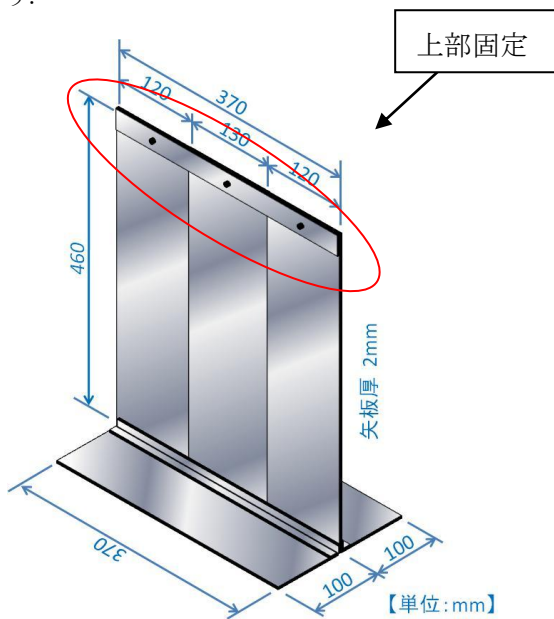


図-4 通常矢板概要図

矢板の上部を鉄製のプレートにより固定した場合と固定していない場合について 2 パターンの浸透実験を行った。固定なし(図-3)ではタイロッドのみの固定となるため、矢板の間に隙間ができ、透水性が高くなる。

### 3.2 実験方法

はじめに外水位を 23 cm まで上げ、基礎地盤が飽和し定常状態を確認後、外水位を 34.5 cm まで上昇させ、堤体へ浸透させる。その後、再び定常状態になったのを確認後、外水位を 44.5 cm まで上昇させ、浸透させる。



図-5 実験設備

実験で作製する模型は、図-5 に示した土層を用いる。土層の壁面には、アクリル板を取り付け、模型と壁面との摩擦を軽減するようにしている。また、浸透時に矢板と壁面の隙間から水が漏れるのを防ぐため油粘土で完全に止水している。

### 3.3 実験結果

表-2 に乱した模型と乱していない模型の浸透実験の過程を時間ごとに比較をする。2 次浸透から 3 次浸透までの時間差が大きいことがわかる。また、全体を通して乱した方が浸透が早いことがわかる。これは、水みちがあることで透水性が上がり、水を通しやすくなるため、浸透スピードが速くなったと考えられる。

表-2 実験段階の比較

time(sec)		実験の経過
乱した上部 固定なし	乱していない 通常矢板	
570	526	外水位 23cm
41816	41160	2 次浸透開始
42303	41555	外水位 34.5cm
43478	45360	3 次浸透開始
43926	45900	外水位 44.5cm

図-6 は外水位 44.5 cm 時の各水位線を比較したグラフである。乱していない堤体では、堤体内の水位が高い事がわかる。また、矢板を通過した後で水位が低下していることから、堤体内からの排水性がよくないと考えられる。このことから、乱していない堤体では、堤体内部への浸透は抑制できるが、透水性が悪いため、堤体内に水が溜まるという問題があるということが分かった。

乱した堤体では、堤体内部へ浸透すると水位が徐々に下降していくことが確認できる。乱していない堤体と比べると水位の下降は一定になっている。矢板通過後も大きな変化は見られない。固定なしでは、堤体裏側の水圧が高く、これが裏法側の崩壊の原因になったと考えられる。

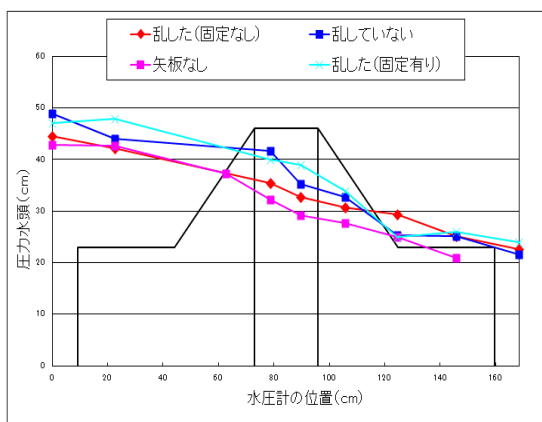


図-6 外水位 44.5 cm 時の水位線の比較

#### 4. 結論

堤防の破堤は侵食、浸透、越流、パイピングなどが原因で引き起こされる。水みちが発生することにより浸透性が上昇し侵食や浸透により破堤の原因となりかねない。そのため、河川堤防に用いる材料や矢板は、不透水性で浸透してもすぐに排出できる様なものが望ましい。水みちが堤体に与える影響について実験により検証してきた結果、浸透に対しては、堤防に矢板を設置することで、堤体への水の浸透を抑制し、浸透による崩壊を防ぐことがわかった。しかし、水みちがあることにより透水性が上昇し、裏法の崩壊が引き起こされる危険性がある。乱した堤体では、乱していない堤体と比べると水位に大きな変動はなく、水位の変動が一定になった。矢板を設置すると浸透を抑制する効果があるので、水位差に変化があるはずだが、水位の変動が一定になっているということは矢板の役割を十分に果たしていないことになる。また、水みちが大きいほど、裏法側の水位が高くなり、浸透崩壊しやすいと判断できる。

今の段階では、どの程度の水みちが堤体の浸透崩壊に影響を及ぼすか判断が難しいため、水みち幅の違いや、矢板の種類の違いによる影響などについて、今後も繰り返し実験を行い、検討する必要がある。

#### <参考文献>

- 1) 大館隼一：鋼矢板を用いた河川堤防の強化対策工法の有用性評価に関する研究，長岡技術科学大学修士論文，2011 年