

基礎地盤の違いが堤防裏法面の浸透破壊に及ぼす影響

愛媛大学 学生会員 ○小阪佳平

愛媛大学 正会員 岡村未対

1. はじめに

高水による河川堤防の被災形態の一つに、水位上昇に伴う裏法面のすべり破壊があり、それには堤体の特性や外力条件に加え、いわゆる行き止まり等の基礎地盤の条件も影響することが知られている。また、河川堤防の安定性は円弧すべり安全率で評価されているが、この F_s の大小が堤体の破壊領域の大きさや破堤の危険性を必ずしも説明するものではない。そこで本研究では行き止まり地盤上の均質な砂質土堤防に繰返し高水を作用させ、基礎地盤の違いが裏法面の破壊挙動に及ぼす影響を遠心模型実験により調べた。

2. 実験概要

本研究では、図 1 に示すように不透水の基礎地盤の実験 (Case1) と、透水層と不透水層で構成される行き止まり地盤の実験を行った。行き止まり地盤については行き止まりの位置を堤体の法尻部 (Case2)、あるいは法面中央部 (Case3) の位置に設け、透水層は東北硅砂 4 号 (相対密度 80%) で作製した。堤実験は 35g の遠心加速度場にて行った。そこでは原型スケールで高さ 2.45m の堤体に対し、1.9m の高水位を、堤体内の浸潤線が一定となり、さらに堤体の破壊が進行しなくなるまで十分に長い時間 (原型で 20 時間) 与えた。また、一旦水位を低下した後に、同様の高水位を最大 3 回、繰返し与えた。

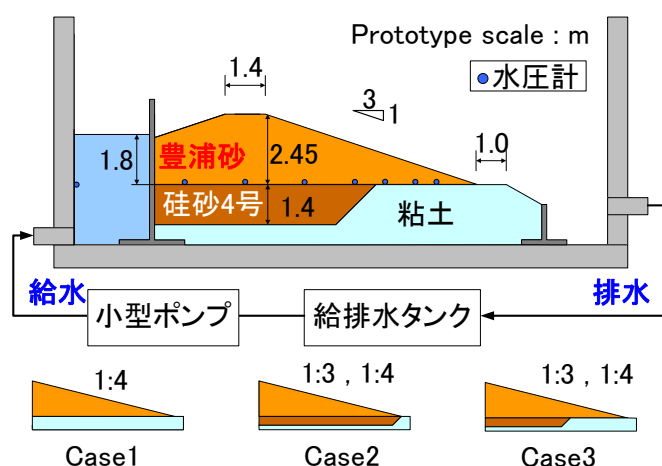


図 1 実験概要図

3. 実験結果

本論文では実験結果を全て原型スケールで示す。図 2 は法尻部 (Case2)、図 3 には法面中央 (Case3) に行き止まりを有する基礎地盤で法面勾配 1:3 の実験で測定した破壊状況と浸潤線位置、水圧分布および安全率を示したものである。Case2 では堤体底部の水圧分布は法尻部に向かって概ね直線的に減少している。浸潤面が法面に達した $t=8.5$ 時間に裏法が崩壊し始め、時間と崩壊領域が法面上方へと拡大すると共に領域の深さも拡大した。図中には崩壊領域における上向き動水勾配 (i) と破壊面表面角度 (α)、さらに浸潤面が地表面と一致する無限斜面を仮定し、それに上向き浸透流の影響を考慮した式(1)で求めた安全率を示してある。動水勾配は各時点での崩壊面表面高さをを用いて計算した。また、ここで用いた砂の摩擦角 ϕ_r は、本実験での破壊表面部の砂が上部で崩落した砂が流動したものであることから、安息角の 30° とした。式(1)では $i=0$ の場合には表面角度 $\alpha=15^\circ$ で $F_s=1$ となる。Case2 では上向き動水勾配は常に 0 となり、破壊領域の上部では α は 15° に、 F_s も 1 に近いが、法尻部では α が小さく F_s が大きくなった。これは、多量の水が特に行き止まり部直上の堤体表面から流出し、表面流となり、法尻付近の砂を侵食したことによるものである。

行き止まり地盤の Case3 では浸潤面が法面に到達した $t=8.5$ 時間から破壊が始まり、時間と共に破壊領域が拡大した。この Case では、行き止まり部付近 (p_4, p_5) での水圧が Case2 と比較して高く、特に p_4 で顕著である。上向き動水勾配は、不透水層上の $p_1 \sim p_3$ ではほぼ 0 である。 p_4, p_5 位置では崩壊が進展すると共に水圧も減少しているが、これらの位置での直上の堤体層厚も減少しているため、動水勾配に時間変化はほとんど無く、 p_4 では $i \approx 0.5$ の大きな上向き動水勾配が作用し続けた。 p_4 位置での表面角度は $t=17.0$ では $\alpha=11^\circ$ 、その時の

安全率は $F_s=0.7$ である。 α は前述の 15° より小さいが、上向き浸透力の影響で F_s が低下した。この状態では不安定なため、その後この部分の α は 7° まで減少し、 F_s はほぼ 1 となった。上向きの浸透力が p_4 に比べ低い p_5 位置は、表面角度は約 10° で安定し、安全率は約 1 である。一方、不透水層上の $p_1 \sim p_3$ 位置では、上向き浸透力が作用していないにもかかわらず表面角度は $\alpha=11^\circ \sim 3^\circ$ と小さいがこれは前述のとおり表面流による浸食のためである。

破壊の進展が止まった実験終了時点において、破壊領域の砂の稼働摩擦角を式(1)により求め、図 4 に示す。ここでは、上述の表面流の影響を受けていない箇所を対象とし、 α と i には実測値を、 F_s には 1.0 を代入して ϕ_r' を求めた。また図には基礎地盤が不透水層である笠谷¹⁾ 及び松本²⁾ のデータもプロットした。 ϕ_r' は法面勾配に関係なく豊浦砂の安息角とほぼ一致していることがわかる。

$$F_s = \frac{\gamma' - i \cdot \gamma_w}{\gamma_{sat}} \times \frac{\tan \phi_r}{\tan \alpha} \quad (1)$$

4. まとめ

本研究では、基礎地盤を変化させた堤防に対して、遠心場で高水を作用させ、堤体裏法面の崩壊領域の大きさについて調べた。その結果、崩壊面は浸潤線に沿いながら天端に向かって進展し、基礎地盤の行き止まり構造により上向きの浸透流が発生することで破壊領域が拡大することがわかった。破壊領域の表面角度は、上向き浸透力を考慮すると行き止まりの有無や法面勾配によらず試料の安息角とほぼ等しい摩擦角が発揮されていることが明らかとなった。これらのことから簡便に最終的な破壊領域を予測できるものとする。すなわち、浸透流解析によって浸潤面と上向き浸透力を求め、砂の摩擦角には安息角を用い、安全率を 1 として崩壊面表面角度 α を求める。法尻から角度 α の線を引き、浸潤面との交点を求め、そこからは飽和領域であり見かけの粘着力により自立するものと考え直上に線を引く。このようにして引いた線が崩壊面となる。

参考文献

- 1) 笠谷, 岡村未対: 高水作用を受ける均質な砂質土堤防の裏法崩壊メカニズム, 第 51 回地盤工学研究発表会, pp1995-1996
- 2) 松本: 堤体の透水係数が河川堤防の高水時裏法面崩壊に及ぼす影響, 平成 28 年度 愛媛大学卒業論文

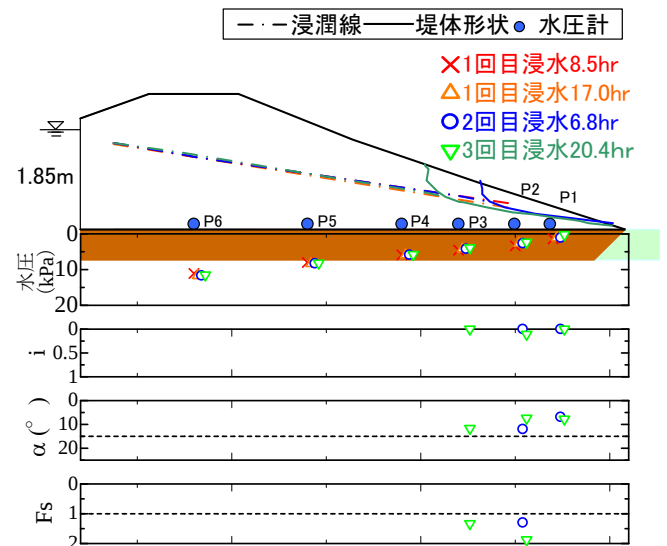


図 2 崩壊進展図 (Case2)

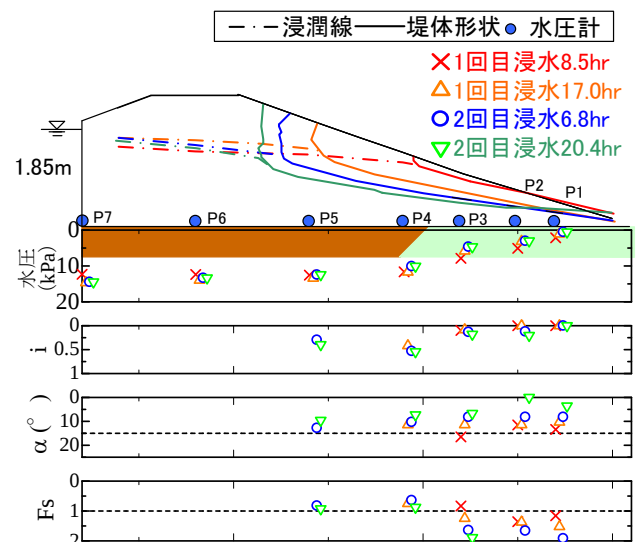


図 3 崩壊進展図 (Case3)

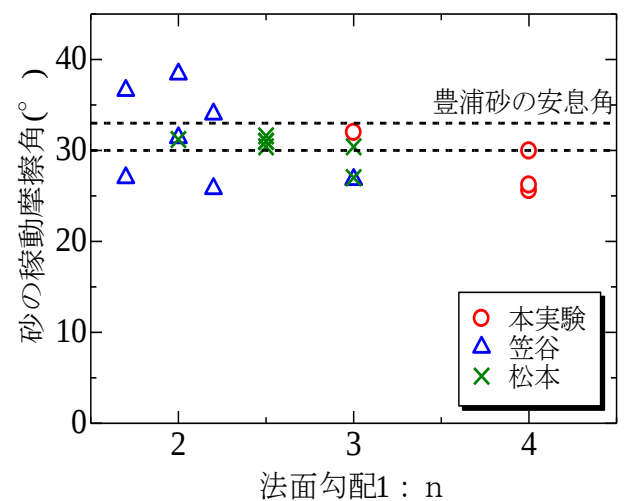


図 4 稼働摩擦角と法面勾配の関係