

低湿地堤防における漏水災害に関する考察

(株)エーティック 正会員 瀬川 明久, ○港 高学
 日本大学理工学部 正会員 吉川 勝秀

1. はじめに

透水性地盤上の河川堤防における浸透および法面安定に関する実験や研究は比較的良く行われている。

しかし、本報告のような軟弱地盤によって構成される低湿地上の堤防での浸透破壊による破堤に関しての公表事例は少ない。また、低湿地上での堤防破壊の事例を解析、検討した事例はほとんどない。

本報告では、洪水時に破壊に至った低湿地堤防の破壊形態を考えるために、その実態を考慮して数値解析を行い、破壊メカニズムを考察した。

2. 災害の実態

写真-1 に破堤状況を示す。この箇所では、洪水発生時に河川水位が堤防の天端高さより5cm程度越えたために、土のうを積み越流を防止したが、堤防はその後破壊している。従って、越流による裏法浸食による破壊ではない。表-1 は、災害箇所の聞き取りおよび事後の調査による概略状況である。



写真-1 A川左岸堤防の破堤状況

表-1 破堤箇所状況

堤防基盤	火山灰層を挟在する泥炭性軟弱地盤
堤体材料	泥炭と軽石混じり火山灰の混合土が主体
計画天端幅	4.0m
堤防高さ	3.5m
外水位	堤防天端を越流。破壊時は越流なし。
応急対策	越流防止のため天端に土のう積工実施
破堤時の状況	堤防が長さ約10m程度が堤内側に数m移動した後、潰れるように破壊 短時間で決壊幅が約50m程度に拡大
周辺の状況	決壊箇所から上下流方向1~2kmに渡って幅約10cm程度のクラック発生

2. 解析モデル・解析方法

A川での災害事例について、当時実施された現地調査および検討結果もとにモデル化し解析を行った。

(1) 解析モデル

図-1 は、地層モデルである。主な土質条件は、表-2、表-3 に示した。

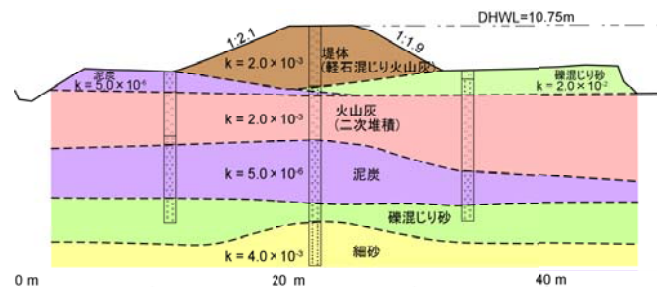


図-1 A川左岸堤防の地層モデル

表-2 堤体および堤体基盤の土質条件

区分	項目	土質	透水係数 K (cm/sec)	湿潤密度 ρ_s (g/cm ³)	強度定数
堤体部	堤外側	軽石混じり火山灰	2.0×10^{-3}	1.5	$c = 0 \text{ t/m}^2$ $\phi = 25^\circ$
	堤内側	泥炭	5.0×10^{-6}	1.3	$c = 1.5 \text{ t/m}^2$ $\phi = 0^\circ$

表-3 その他の条件

項目	地形	河道状況	洪水継続時間	越流
該当条件	旧湿地	急変部なし	128 時間	あり

堤防破壊箇所の堤体基盤は旧湿地堆積物であり、堤防横断方向では、堤内側には泥炭、堤外側の現況河道側では礫混じり砂が堆積する。堤防縦断方向では、堤内側の泥炭分布は、破堤箇所付近のみである。また、基礎地盤の深さ3m程度下位には、層厚4~5mの泥炭性軟弱地盤が分布しており、堤体が沈下し、堤防は計画天端高さより1.3m低くなっていた。

堤体部は火山灰材料を主体とするため、透水係数は 10^{-3} cm/sec オーダーであり透水性は高い。堤体基盤部では、堤外側に分布する礫混じり砂の透水係数は 10^{-2} cm/sec オーダーで透水性は高く、堤内側に分布する泥炭の透水係数は、 10^{-6} cm/sec オーダーで透水性が非常に低く難透水性である。

キーワード: 低湿地堤防, 堤防災害, 有限要素法, 堤防破壊メカニズム, 泥炭性軟弱地盤

連絡先: 〒063-0801 札幌市西区二十四軒1条5丁目6番1号 (株)エーティック TEL011-644-2845

(2) 数値解析の方法

a) 有限要素法による浸透流解析

洪水による水位上昇時の堤防内の浸潤状態を把握するために、有限要素法による非定常状態における不飽和～飽和の浸透流解析方法を用いた。

浸透流解析での水位変動は、図-2 に示す洪水発生から終了までを包括するように発生時間を経過時間 0～100 時間の範囲で設定し、降雨浸透も考慮した。

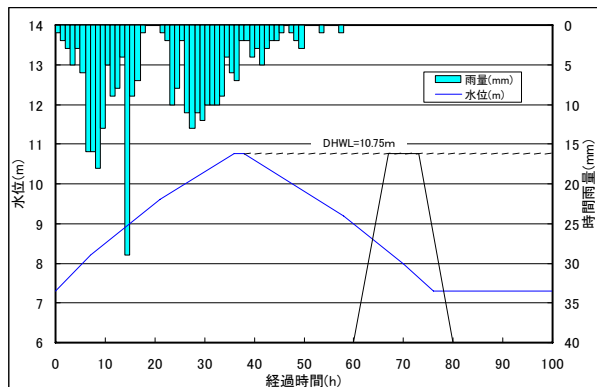


図-2 災害発生時の水位変化・降雨量

b) 簡便分割法による円弧すべり解析

洪水時における堤防のすべり破壊の可能性を検討するために、間隙水圧を考慮することが可能で容易にすべり破壊に対する安全率を求めることが可能な簡便分割法による円弧すべり解析方法を用いた。

3. 解析結果

(1) 浸透流解析

図-3 に解析による経過時間 0 時間および最高水位の継続時間終了時点の 38 時間時点での浸潤線を示した。

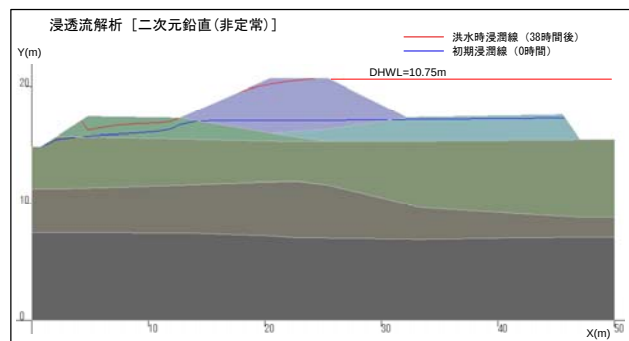


図-3 浸透流解析結果

解析では、最高水位の継続時間終了時点の 38 時間後で、堤防内の浸潤線は裏法に達し、堤防内はほぼ飽和状態となっている。また、浸透流解析結果から、裏法尻付近の浸透破壊を検討した。検討には、法尻の地層の重量 G と、地層底面に作用する揚圧力 W の関係から求める G/W を用いた。 $G/W < 1.0$ となる場合には、浸透破壊が発生する可能性がある。図-4 に裏法尻における被覆土層についての G/W の時刻歴図を示す。

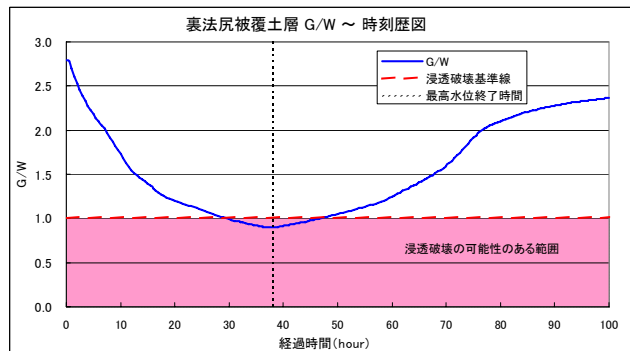


図-4 浸透破壊の検討 (G/W -時刻歴図)

浸透破壊の検討結果は、最高水位の終了時間の前後の数時間において $G/W < 1.0$ となり、浸透破壊の可能性はある。すなわち、漏水発生の可能性が示唆される。

(2) 円弧すべり解析

円弧すべり解析結果を図-5 に示す。なお、解析時の水位は、浸透流解析により得られた浸潤線を用いた。

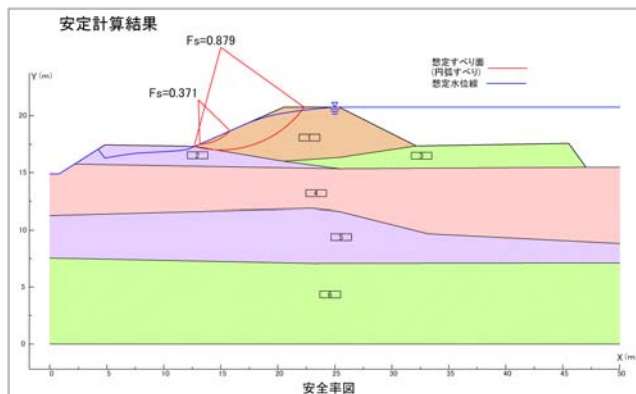


図-5 安定解析結果(円弧すべり解析)

裏法尻の表面付近を通る小円弧の安全率、および裏法表面を通過しない堤体天端から法尻にかけての円弧での安全率は、いずれも $Fs < 1.0$ となる結果である。

4. 考察

浸透流解析結果から、この箇所では、堤内側地盤での難透水層の存在により、洪水時に基礎地盤への河川水の浸透が阻害され、堤防内部が飽和し易い条件であったこと、堤内側被覆層の浸透破壊が発生する可能性があったことが判った。

そのため堤防破壊は、洪水時の堤体内部の浸潤線上昇により誘発されたすべり破壊、および裏法尻の浸透破壊で生じた漏水による浸食が連鎖して起こったものと考えられる。

<参考文献等>

- ・中島秀雄:図説河川堤防, 技報堂出版, 2003
- ・山村和也:河川堤防の土質工学的研究, 土木研究所資料第 688 号第 2 章, 建設省土木研究所土質研究室, 1971
- ・(財)北海道開発協会:昭和 56 年洪水 堤防被災状況調査資料,1982
- ・(財)北海道開発協会:昭和 56 年 洪水報告書,1982 他