

堤防底部クラックによる漏水量の解析・検討

佐賀大学 理工学部 学生員 ○池田 昌昭 同 理工学部 学生員 岩政 瞳
同 理工学部 正会員 柴 錦春 同 低平地研究センター F会員 林 重徳

1. はじめに

現在、佐賀県の六角川、牛津川の下流域において堤防からの漏水がみられている。漏出水により、周辺の地盤や農作物への被害が予想されるため、対策を講じる必要がある。対策法の選定においては、漏水のメカニズムを究明することが必要不可欠である。予想される漏水の原因として、堤防底部のサンドマットからの漏水、地盤変形による石灰処理土に亀裂の発生、構造物（水門等）周辺堤防の緩みや空洞化が挙げられている。本研究ではサンドマットと石灰処理土の亀裂についてそれぞれ1つの典型断面を選定し、浸透流解析を行って、漏水量とその影響要因を検討した。

2. 解析条件及びパラメーターの設定

全ての解析断面で、地表下約 10mの所で不透水境界とし、川裏側（陸地側）の地下水位を地表下 0.5mとした。河川の水位は標高 1m～3m の範囲（3mが基本値）で漏水量を検討した。有明粘土層の透水係数は 10^{-6} cm/s を用いた。サンドマットがある場合、その透水係数は 10^{-4} 、 10^{-3} 、 10^{-2} cm/s として検討した。現場調査結果によると、石灰処理土中にクラックが発生している。図-1にクラック状況の一例を示す¹⁾。クラックを含む地層の平均透水係数の計算に以下の仮定を用いた。



図 1 堤防表面の石灰処理土のクラックの状況

- (1) クラックの寸法：長さ 300mm、幅 0.5、1.0、2.0mm
- (2) 面積クラック率 β ：0.5%、1.0%、2.0%
- (3) 透水係数 k と間隙の径深 R (R =断面積/潤辺長) の関係は以下のものである²⁾。

$$k = \alpha \cdot R^2 \quad (1)$$

- (4) クラックがない部分の石灰処理土の透水係数 $k_{\text{clay}} = 10^{-6}$ cm/s とし、間隙の平均直径を $1 \mu\text{m}$ ³⁾ と仮定する。相応する径深 $R = 2.5 \times 10^{-4}$ mm となる。これらの数値により式 (1) 中の α を決定することができる。
- (5) 各クラック形状の径深を計算し、式 (1) によってその透水係数 k_{crack} を求める。次に、以下の式でクラックを含む地盤の平均透水係数 k_{av} を計算し、その結果を表-1にまとめている。

$$k_{\text{av}} = k_{\text{crack}} \cdot \beta + k_{\text{clay}} \cdot (1 - \beta) \quad (2)$$

3. 解析結果

各典型断面において、2次元浸透流解析を行って、漏水量及びその影響要因を検討した。解析に用いたソフトは PlaxFlow であった。

3.1 サンドマットからの漏水

調査結果¹⁾では、サンドマットからの漏水が顕著な地点は5箇所あり、その中で1つの断面を選定して解析検討した。解析断面は図-2に示す。まず、堤防内外の水頭差 2.25m（川側標高 3.0m、陸地側標高 0.75m）の条件で、サンドマットの透水係数値の影響を検討し、その結果を図-3に示す。サンドマットの透水係数の増加によって、漏水量が大きく増え

表 1 計算した平均透水係数値

平均透水係数 k_{av} (cm/s)			
幅	0.5%	1%	2%
0.5mm	4.98×10^{-3}	9.97×10^{-3}	1.99×10^{-2}
1mm	1.99×10^{-2}	3.97×10^{-2}	7.95×10^{-2}
2mm	7.89×10^{-2}	1.58×10^{-1}	3.16×10^{-1}

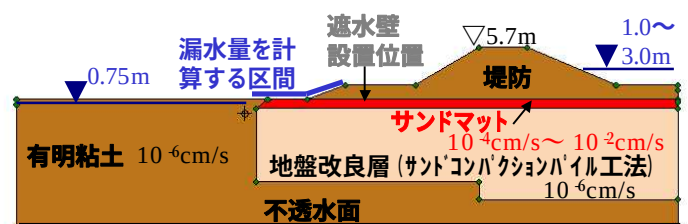


図 2 サンドマットがある堤防の解析断面

たことが分かった。次に、サンドマットの透水係数を 10^{-2} cm/s に固定して、堤防内外の水頭差を変化させた場合の漏水量の変化は図-4に示す。水頭差が 0.25m~2.25m 変化すると、漏水量は 0.01~316.15 ℓ/day/m に変化する。堤防を建設する時、軟弱地盤の圧密における排水層として、サンドマットを設置したが、堤防の役割である防水の観点からみるとふさわしくないと考えられる。

3.2 石灰処理土の亀裂等の発生

地盤表層部に石灰混合による処理を施した地点において、処理した層の力学特性は脆性になり、盛土荷重による地盤の変形に伴ってクラックが発生する。クラックからの漏水量を検討するために、図-5の断面を選定した。堤防内外の水頭差を 2.7m に設定し、クラック率とクラックの幅を変化させて計算した平均透水係数（表-1）を用いて解析した漏水量の変化は図-6に示す。検討した条件で漏水量は 5.17~322.34 ℓ/day/m である。サンドマットからの漏水量の範囲と似ている。

3.3 ディスカッション

漏水量の実測値はなかったが、陸地側に湿地と溜まり水の形成があったので、実際、解析値の範囲内の漏水量、つまり数 ℓ~数百 ℓ/day/m があったといえる。サンドマットと石灰処理土のクラックによる漏水を防ぐ方法として、押え盛土下、あるいは盛土法尻に粘土層からなる遮水壁を入れると良いと考えられる。

図-2、5中の陸地側に示している遮水壁設置位置に厚さ 0.5m の有明粘土層（透水係数 10^{-6} cm/s）を入れて、検討した最も漏水量が多い条件で浸透流解析を行ったところ、サンドマットがある堤防では漏水量が 316.75 ℓ/day/m から 4.58 ℓ/day/m に、石灰処理土がある堤防では 322.34 ℓ/day/m から 1.20 ℓ/day/m になり、遮水壁の設置は有効であることを示した。

4. まとめ

佐賀県の六角川、牛津川の堤防から漏水が発生している。可能な原因の内、堤防底面のサンドマットと堤防底面における石灰処理土のクラックからの漏水について、2次元浸透流解析によって検討した。検討した条件で、漏水量の範囲はサンドマットの場合 0.01~316.15 ℓ/day/m、石灰処理土の場合 5.17~322.34 ℓ/day/m である。漏水量の実測データはなかったが、湿地や溜まり水が形成されていることから、予測値は現場の状況を反映していると考えられる。漏水を防ぐために、サンドマット、石灰処理土の部分に粘性土からなる遮水壁を構築することは、有効な対策法と考えている。

<参考文献>

- 1) 国土交通省九州地方整備局武雄河川事務所 第2回河川堤防点検及び安全に関する検討委員会資料, 2005.
- 2) 福田光治・宇野尚雄 透水係数に関する粒度分布と間隙指標, 土木学会論文集 No.561/III-38, pp193 - 204, 1997.
- 3) Yamadera A, Microstructural study of geotechnical characteristics of marine clays 佐賀大学 博士論文 1999.

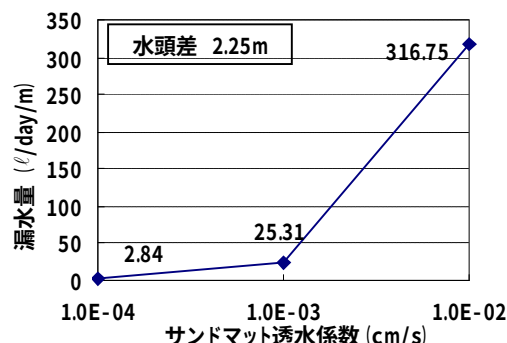


図3 サンドマットの透水係数の影響

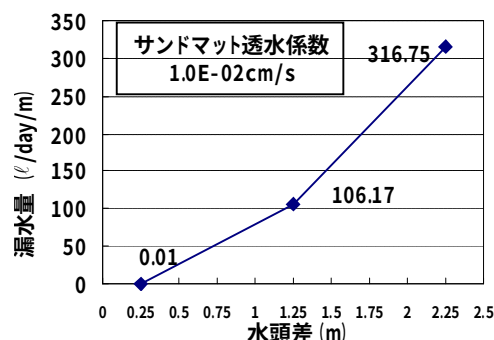


図4 堤防内外水頭差の影響

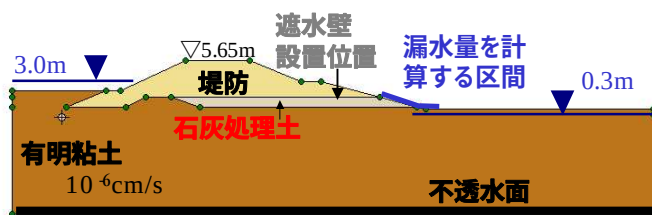


図5 石灰処理土地点の解析断面

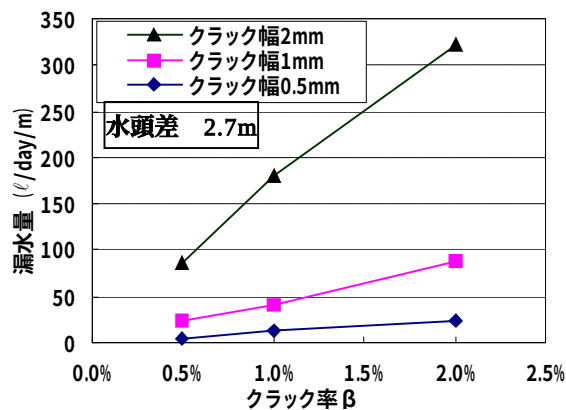


図6 クラック率の影響