

河川堤防における浸透に関する研究

鳥取大学大学院 学員 ○ 森瀬 健
鳥取大学大学院 フェロー会員 藤村 尚

1.はじめに

河川堤防の破堤の原因となるのり面崩壊や漏水の予測は堤防内の浸潤線の挙動を調べることで有効である。浸潤線の上昇によって浸潤面以下の裏のり面の土の強度が低下し、堤防の崩壊やすべり破壊が起こる。このことから、浸潤線の挙動は堤防の安全性の判断基準に利用できる。そこで本研究では、鳥取県千代川堤防について、水位上昇にともなう堤防内の浸潤線がどのような挙動を示すか飽和・不飽和浸透流解析により予測し、土質を堤体と埋立土の2層に分けて浸潤線の挙動を調べた。

2.飽和・不飽和浸透流解析手法について¹⁾

本研究では、不飽和領域の水の挙動予測を扱える、透水場の異方性・不均質性を考慮できる、浸出面問題、変動水頭問題などに対応できる、入手が容易である、以上のような理由から浸透流解析には UNSAF-2D を使用した。

飽和・不飽和地盤内の2次元断面場での支配方程式は(1)式で表される。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left\{ K_r K_{xx}^s \frac{\partial \psi}{\partial x} + K_r K_{xz}^s \left(\frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ K_r K_{zx}^s \frac{\partial \psi}{\partial x} + K_r K_{zz}^s \left(\frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right) \right\} + q = (C + \beta S_s) \frac{\partial \psi}{\partial t} \quad (1)$$

ここで、 K_r は相対透水係数、 K^s は飽和透水係数、 ψ は圧力水頭、 q は流量、 C は比水分容量、 S_s は比貯留係数、 β は飽和時に $\beta=1$ 、不飽和時に $\beta=0$ となるパラメーターである。

(1)式の解を初期条件および境界条件より求める手法として有限要素法を用いた。

3.地盤の飽和・不飽和浸透特性²⁾

飽和・不飽和地盤内の浸透挙動を支配する物理特性は、飽和・不飽和浸透特性と呼ばれる。浸透特性について整理したものを表-1 に示す。

本研究では、不飽和浸透特性である相対透水係数、水分特性曲線には頻繁に使われている van Genuchten のモデルを使用した。

表-1 地盤の浸透特性

飽和浸透特性		不飽和浸透特性	
パラメーター	記号	パラメーター	記号
飽和透水係数	K^s	相対透水係数	$K_r - \theta$
比貯留係数	S_s	水分特性曲線	$\psi - \theta$

4.結果および考察

鳥取県の千代川の堤防内部の浸潤線の様子を調べた。堤防内の構造を図-1、境界条件を図-2 に示す。

まず、実際の堤防の土質での浸潤線の様子を調べた。この堤防の土質は、USDA(アメリカ農務省)の分類より、堤体部、埋め立て土部どちらもローム質砂となった。それぞれの飽和浸透特性を表-2 に示す。また、河川水位を



図-1 堤防内の構造



図-2 境界条件

上昇させて 96 時間後の浸潤線の様子を図-3 に示す。
 水位上昇 96 時間後には裏のり面に浸潤線が達しており，この堤防では高い水位が続くと破堤する恐れあることが考えられる。

表-2 飽和浸透特性

土質	砂質土 1 (堤体)	砂質土 2 (埋め立て土)
K^S (cm/s)	5.2×10^{-3}	5.1×10^{-3}
S_S (1/cm)	1.0×10^{-6}	1.0×10^{-6}

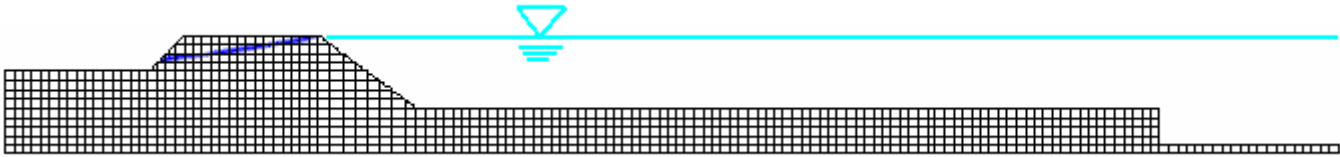


図-3 水位上昇96時間後の浸潤線

次に，土質を堤体部と埋め立土部の 2 層にわけて浸潤線の挙動の様子を検討した。用いる土質は clay , loam , silt , sand の 4 種類である。それぞれの飽和浸透特性を表-3 に示す。また，堤体部を ，埋立土部を としたとき，それぞれの水位上昇 96 時間後の浸潤線の様子を図-4 ~ 7 に示す。

それぞれの浸潤線の挙動の様子をみると，下の層が浸透性が大きい土質の上に浸透性が小さい土質があるとき，下の層で浸透が遅れている。また， の土質が sand の場合， の土質がいずれの場合も水位上昇 96 時間後には浸潤線が裏法面に達しており sand で構成される堤防は，危険性が高いことが考えられる。

表-3 土質ごとの飽和浸透特性

土質	Sand	loam	silt	Clay
K^S (cm/s)	8.25×10^{-3}	2.89×10^{-4}	6.94×10^{-5}	5.56×10^{-5}
S_S (1/cm)	1.0×10^{-6}	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-4}	1.0×10^{-3}

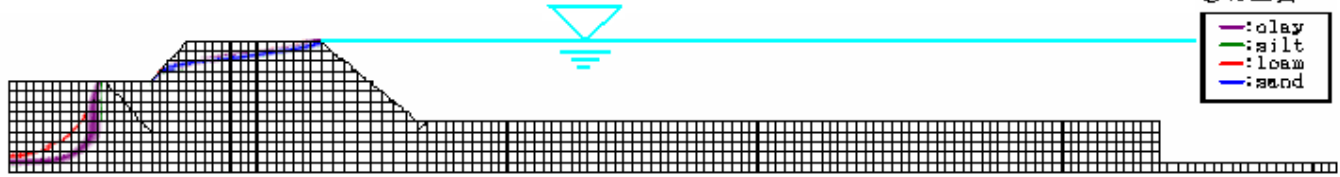


図-4 水位上昇96時間後の浸潤線 (がsandの場合)



図-5 水位上昇96時間後の浸潤線 (がloamの場合)



図-6 水位上昇96時間後の浸潤線 (がsiltの場合)



図-7 水位上昇96時間後の浸潤線 (がclayの場合)

参考文献

1) 赤井浩一，大西有三，西田誠：有限要素法による飽和・不飽和浸透解析，土木学会論文報告集，第264号，pp.87～96，1977.
 2) 社団法人 地盤工学会：不飽和地盤の挙動と評価，丸善株式会社，pp.25～49，2004.