

法勾配に伴う堤体基礎の局所動水勾配の推定

中部大学大学院 学生会員 ○ 森 聖智
中部大学 正会員 杉井 俊夫

1.はじめに

堤体基礎地盤でのパイピング発生のトリガーとして、裏法尻先直下の鉛直方向の局所動水勾配が影響している。しかし、現場においては、水位上昇時にどの程度最大局所動水勾配が上がっているのか解析を実施する必要があった。著者らは、透水性基礎地盤上の不透水堤体において定常流解析の過程で、水位差を堤体敷幅で除した平均動水勾配から裏法尻先直下の鉛直方向の局所動水勾配を容易に推定する方法を見出した^{1),2)}。本報告では、法勾配が異なる単層の透水性基礎地盤上に透水堤体がある場合の局所動水勾配の推定法について言及する。

2.解析条件

今回の解析では外水位上昇のみを考慮し、定常流解析を汎用浸透流解析ソフト 2D-Flow により実施した。図 1 に示す堤体裏法尻先直下の鉛直方向の局所動水勾配を各種条件で求めることとした。解析モデルは室内模型スケールであるが、無次元しているため、実スケールに対応可能である。表 1、表 2 に今回用いた解析条件を変更した場合の解析ケースを示す。

3.鉛直方向の流速成分の定義

河川堤防の構造検討の手引き³⁾には、鉛直方向のメッシュ幅が堤防高の 1/10 程度以下になると局所動水勾配は、ほぼ一定の値になると記載されている。

しかし、1/10 以下の場合において増加傾向が続くため、安全側を取り鉛直方向のメッシュ幅を変更した場合で解析を行った。メッシュ幅が小さくなるほど、鉛直方向の最大流速は際限なく上昇する。本研究では、任意のメッシュ幅で解析しても同一の結果が得られるような原点との距離が最小となる勾配が変更する点の鉛直成分を鉛直方向の流速成分と定義した⁴⁾。なお、前述の手引き³⁾の条件を満たした値となっている。

表 1 2 割勾配の各種パラメータ

L:堤体敷幅=15(cm),堤高=3.0(cm),2割勾配,k _f :堤体基礎透水係数=2.01e-02(cm/s)										
k _b :堤体透水係数	2.01e-03(cm/s), 2.01e-04(cm/s), 2.01e-05(cm/s), 2.01e-10(cm/s)									
AH:水位差(cm)	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0
L:堤体敷幅=20(cm),堤高=4.0(cm),2割勾配,k _f :堤体基礎透水係数=2.01e-02(cm/s)										
k _b :堤体透水係数	2.01e-03(cm/s), 2.01e-04(cm/s), 2.01e-05(cm/s), 2.01e-10(cm/s)									
AH:水位差(cm)	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0
L:堤体敷幅=25(cm),堤高=5.0(cm),2割勾配,k _f :堤体基礎透水係数=2.01e-02(cm/s)										
k _b :堤体透水係数	2.01e-03(cm/s), 2.01e-04(cm/s), 2.01e-05(cm/s), 2.01e-10(cm/s)									
AH:水位差(cm)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
L:堤体敷幅=30(cm),堤高=6.0(cm),2割勾配,k _f :堤体基礎透水係数=2.01e-02(cm/s)										
k _b :堤体透水係数	2.01e-03(cm/s), 2.01e-04(cm/s), 2.01e-05(cm/s), 2.01e-10(cm/s)									
AH:水位差(cm)	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0

表 2 1 割 5 分勾配の各種パラメータ

L:堤体敷幅=15(cm),堤高=3.75(cm),2割勾配,k _f :堤体基礎透水係数=2.01e-02(cm/s)										
k _b :堤体透水係数	2.01e-03(cm/s), 2.01e-04(cm/s), 2.01e-05(cm/s), 2.01e-10(cm/s)									
AH:水位差(cm)	0.375	0.75	1.125	1.50	1.875	2.25	2.625	3.00	3.375	3.75
L:堤体敷幅=20(cm),堤高=5.0(cm),2割勾配,k _f :堤体基礎透水係数=2.01e-02(cm/s)										
k _b :堤体透水係数	2.01e-03(cm/s), 2.01e-04(cm/s), 2.01e-05(cm/s), 2.01e-10(cm/s)									
AH:水位差(cm)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
L:堤体敷幅=25(cm),堤高=6.25(cm),2割勾配,k _f :堤体基礎透水係数=2.01e-02(cm/s)										
k _b :堤体透水係数	2.01e-03(cm/s), 2.01e-04(cm/s), 2.01e-05(cm/s), 2.01e-10(cm/s)									
AH:水位差(cm)	0.625	1.25	1.875	2.50	3.125	3.75	4.375	5.00	5.625	6.25
L:堤体敷幅=30(cm),堤高=7.5(cm),2割勾配,k _f :堤体基礎透水係数=2.01e-02(cm/s)										
k _b :堤体透水係数	2.01e-03(cm/s), 2.01e-04(cm/s), 2.01e-05(cm/s), 2.01e-10(cm/s)									
AH:水位差(cm)	0.75	1.50	2.25	3.00	3.75	4.50	5.25	6.00	6.75	7.50

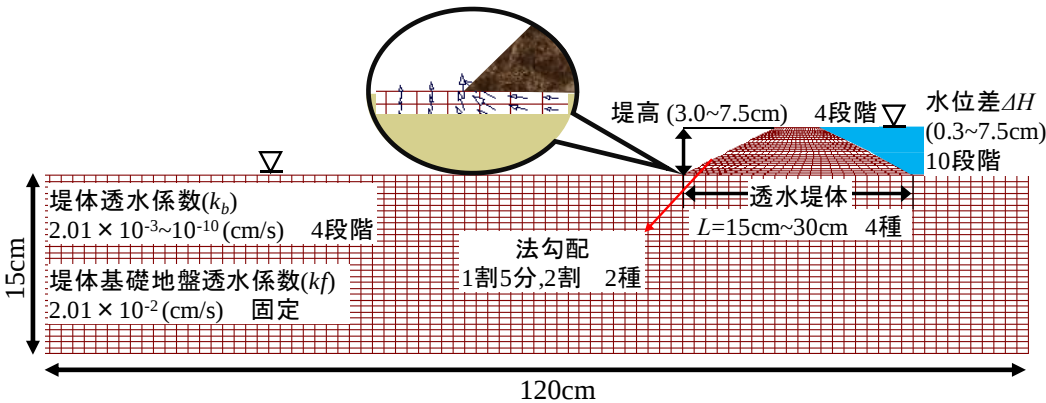


図 1 裏法尻直下の流速ベクトルと解析メッシュの例(L=20cm,k_b=2.01e-03cm/s,メッシュ幅 0.5cm)

キーワード 堤体基礎 平均動水勾配 局所動水勾配 定常流

連絡先 〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200 中部大学都市建設工学科 杉井俊夫 TEL 0568-51-9562

4. 透水堤体における裏法尻直下の局所動水勾配

裏法尻先直下の鉛直方向の流速成分が急変する点で算出し、表1及び表2の4種の堤体の透水係数(k_b)の場合で解析した。なお、縦軸は裏法尻先直下の鉛直方向の流速成分(v_v)を堤体基礎地盤の透水係数(k_f)で除した裏法尻先直下の鉛直方向の局所動水勾配(v_v/k_f)を、横軸は水位差(ΔH)を堤体敷幅(L)で除した平均動水勾配($\Delta H/L$)を取り、 $v_v/k_f - \Delta H/L$ のグラフとしてすべてのケースを1つにまとめた。2割勾配の結果を図2に1割5分勾配の結果を図3に示す。図2、図3の双方より透水堤体においては、堤体の透水係数(k_b)が堤体基礎地盤(k_f)の透水係数に比べて小さく

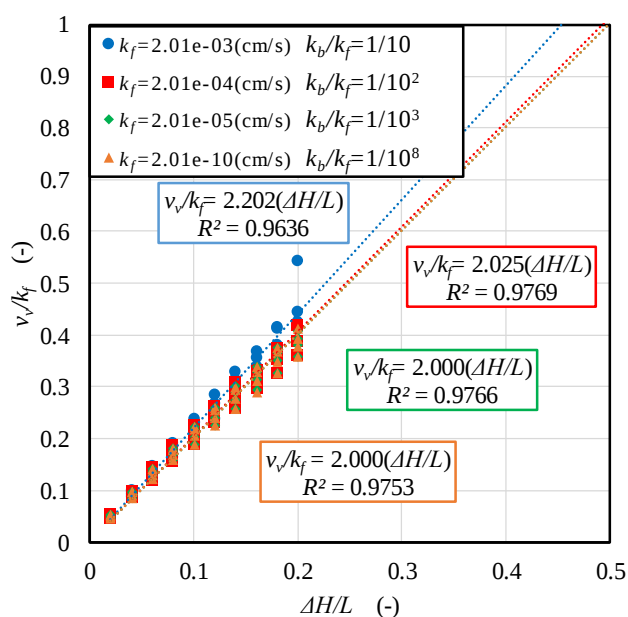


図2 $v_v/k_f - \Delta H/L$ (2割勾配)

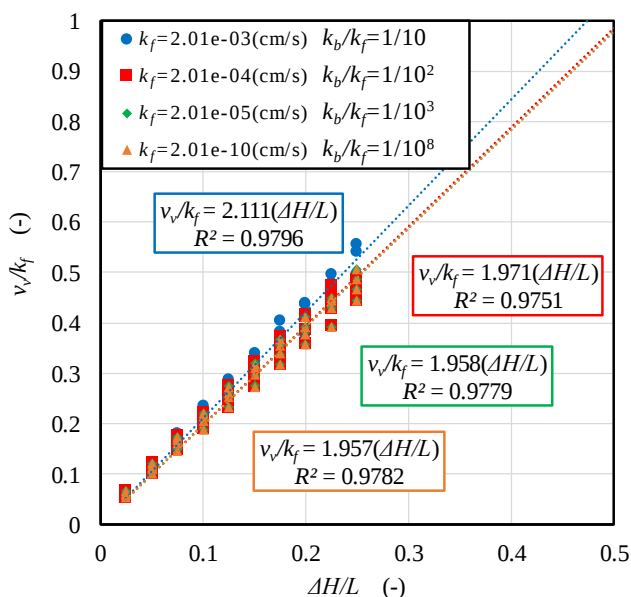


図3 $v_v/k_f - \Delta H/L$ (1割5分勾配)

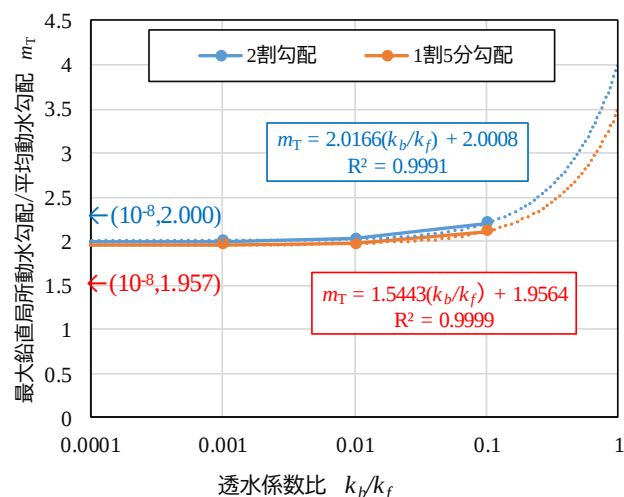


図4 透水係数比とグラフの勾配

なるほど、最大の鉛直成分の局所動水勾配は大きくなる。図4に両者の勾配 m_T を求めたものを示す。双方ともに堤体の透水係数が堤体基礎地盤の透水係数の1/100以下の場合ではグラフの勾配が約2.0になるということがわかる。この結果は著者らの以前の結果⁴⁾である不透水堤体の場合と一致する。

また、堤体と堤体基礎地盤の透水性が小さくなると局所動水勾配が平均動水勾配の最大3.5~4倍となることがいえ、さらに法勾配が急になるほど大きくなることが明らかとなった。

5. おわりに

本研究で得られた知見を以下に述べる。

- (1)法勾配に関係なく堤体の透水係数が堤体基礎地盤の透水係数の1/100以下の場合には不透水堤体と同様、最大局所動水勾配は平均動水勾配の2倍となる。
- (2)法勾配が急になるほど、最大局所動水勾配は大きくなり、堤体基礎のパイピングの点からみても法勾配が緩い方が安定であるといえる。

【参考文献】

- 1) 杉井俊夫・余川弘至・寺西剣悟・朱発瑜：多粒子限界流速を用いた堤防の耐侵食性の評価，河川技術論文集，第24巻，pp.619-624, 2018.
- 2) 森 聖智・寺西剣悟・杉井俊夫：堤体基礎地盤のパイピング発生条件に関する研究，第6回河川堤防技術シンポジウム論文集，pp.17-20, 2018.
- 3) 財団法人国土技術研究センター：河川堤防の構造検討の手引き(改訂版)，pp.66~67, H24.02.
- 4) 森聖智・杉井俊夫・余川弘至・寺西剣悟：堤体基礎の平均動水勾配と鉛直方向の局所動水勾配の関係，第74回年次学術講演会講演概要集，III-61, 2019.9.