

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

中部大学大学院 学生会員 ○森聖智
 中部大学工学部 正会員 杉井俊夫 余川弘至
 蔡エンジニアリング 正会員 寺西剣悟

1. はじめに

堤体基礎のパイピングの照査は、飽和・不飽和浸透流解析によって得られる局所動水勾配が 0.5 未満であることを条件に実施されている。著者らは、パイピング発生のトリガーとして、鉛直方向の局所動水勾配(局所浸透流速の鉛直ベクトル)が影響していることを得てきた^{1,2)}。また、いくつかの定常流解析を行ってきた過程で、水位差を堤体幅で除した平均動水勾配から裏法尻直下の鉛直方向の局所動水勾配を容易に推定することを見いだした。本報告では、外水位が急速に上がることを考慮し、堤体が不透水の場合についての推定法について言及している。

2. 解析条件と鉛直方向の局所最大流速の決め方

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(流速ベクトル)は、ほぼ一定の値になるとされているが、浸透流解析の際にはメッシュ幅の依存性が考えられるため、鉛直・水平方向のメッシュ

表 1 各種パラメータ

k :透水係数(cm/s)	1.005e-02/2.01e-02/4.02e-02	3種
L :堤体敷幅(cm)	5/10/15/20/25/30	6種
ΔH :水位差(cm)	3/5/8/10/13/15	6種
鉛直方向のメッシュ幅(cm)	1/0.5/0.33/0.25	4種
水平方向のメッシュ幅(cm)	1/0.5/0.33/0.26	4種

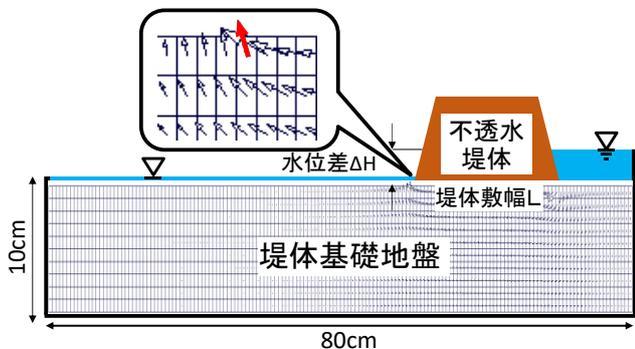


図 1 解析モデルと解析結果(流速ベクトル)

幅を変更した場合で、表 1 に示すパラメータと図 1 に示す解析モデルを用いて、汎用ソフト 2D-FLOW にて、浸透流解析を行った。

図 1 に示す堤体法尻先直下における鉛直方向の最大流速とメッシュ幅を堤体敷幅で割ったものの関係を図 2 に示す。メッシュ幅が小さくなる程、鉛直方向の最大流速は徐々に増加後、急激に対数関数的に増加する。当初は、線形関数として切片をとっていたが、誰もが任意のメッシュ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点を対数関数上にとり、その点の鉛直成分を鉛直方向の流速成分と定義した。なお、手引き³⁾の条件を満足した値になっている。

また、表 1 の 3 種の透水係数とオーダーを変更した透水係数の場合(計 10 種)での水位差と鉛直方向の流速成分の関係を求めた。また、縦軸の鉛直方向の流速成分(v_v)を透水係数(k)で、横軸の水位差(ΔH)を堤体敷幅(L)で割ることにより、両軸とも動水勾配の値とし、無次元化したグラフを図 3 として作成した。また、堤体敷幅は、水平方向のメッシュに関連することから、図 2 のようにして鉛直方向の局所動水勾配を決定し、同様に図 4 を作成した。縦軸はダルシー則から堤体法尻先直下の鉛直方向の局所動水勾配であり、横軸は堤防敷幅に沿う平均動水勾配である。

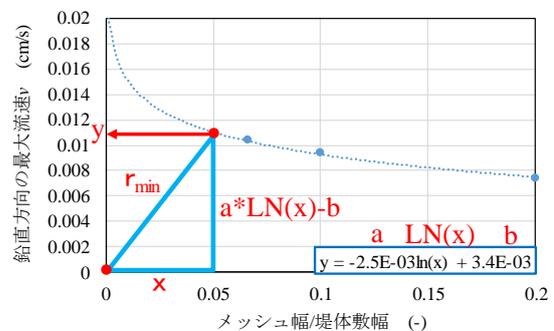


図 2 メッシュ幅/堤体敷幅と鉛直方向の最大流速

キーワード 堤体敷幅 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

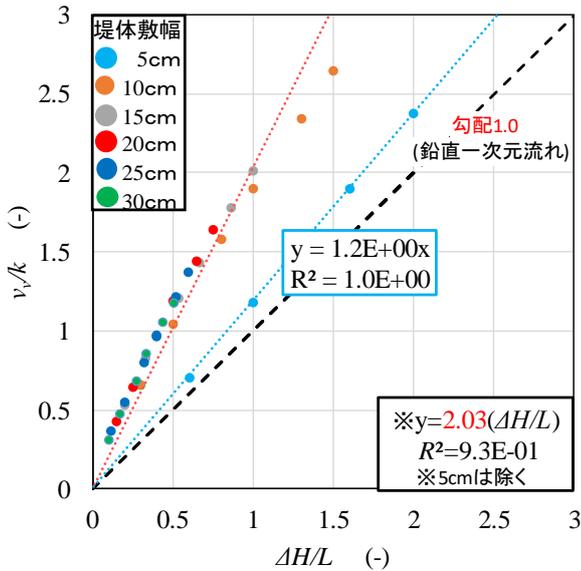


図3 v_v/k と $\Delta H/L$ (鉛直方向メッシュサイズ考慮)

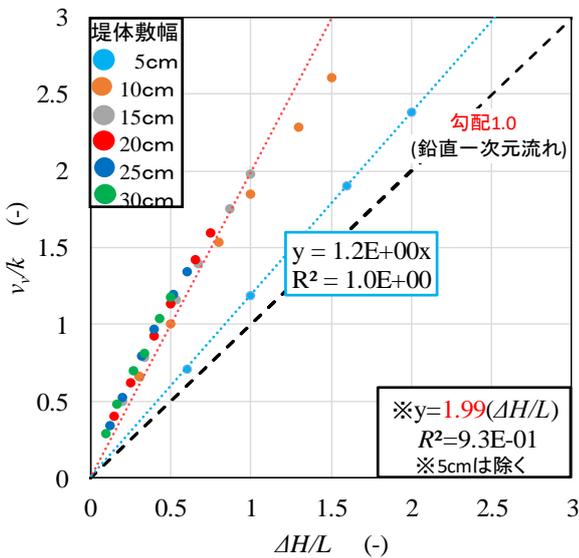


図4 v_v/k と $\Delta H/L$ (水平メッシュサイズ考慮)

図3,4ともに、裏法尻直下の鉛直方向の局所動水勾配は、平均動水勾配 ($\Delta H/L$) の約2倍となることがいえる。また、これまで鉛直方向の動水勾配が0.5未満ということは平均動水勾配が1未満ということと解釈できる。さらに、堤体基礎の透水係数、堤体敷幅、水位差がわかれば法尻直下の浸透流速を容易に推定することが可能となる。これは、定常流の流線網が堤体敷幅によって決定されるため、堤体の透水係数 (k)、堤防敷幅 (L)、外水位 (ΔH) が決まれば、鉛直方向の局所浸透流速 (局所動水勾配) を求めることになる。一方、堤体敷幅が最も小さい5cmでは、鉛直方向の局所動水勾配は平均動水勾配の1.2倍と他の堤体敷幅と小さくなっている。この理由として

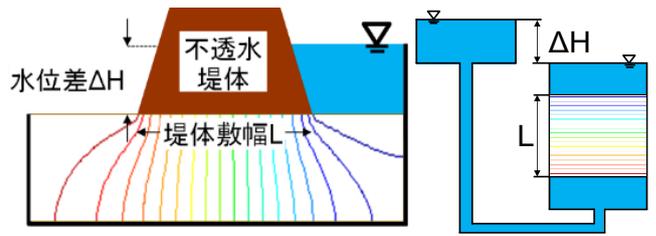


図5 二次元と鉛直一次元流れの等ポテンシャル図

図5に、2次元流れと鉛直1次元流れ場のポテンシャル線図を示して説明する。堤体敷幅が短くなるほど鉛直成分が下から上向きに急激に変化するようになるため、1次元的な流れに近づき、図5中右のように平均的な動水勾配と局所的な動水勾配が一致してることが考えられる。

3. おわりに

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

- (1) 数値解析のメッシュ幅の依存性について、勾配が変更する点、すなわち原点との距離が最小となる点を対数関数上にとり、その点を鉛直方向の流速成分と定義することを提案した。
- (2) 堤体基礎が透水性地盤、堤体が不透水層である場合の鉛直二次元流れは、鉛直一次元流れの場合に比べ、局所動水勾配は、平均動水勾配の約2倍になっていることがわかった。
- (3) 鉛直方向のメッシュ幅を変更した場合と、水平方向のメッシュ幅を変更した場合の無次元化したグラフを比較すると、勾配が約2.0のグラフはほぼ一致することがわかり、堤体敷幅が短くなるにつれ徐々に鉛直一次元流れである勾配1.0のグラフに近づくことがわかった。

謝辞：本研究は中部大学総合工学研究所 平成30年度プロジェクトIIの援助およびJSPS 科研費18K04353 基盤研究(C) (代表：杉井俊夫)の補助を受け遂行されたものであり、ここに謝意を表します。

【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。