

河川堤防の基礎地盤条件と噴砂動態の関係

名古屋工業大学 学生会員 ○西村 柁哉
 名古屋工業大学 正会員 前田 健一
 名古屋工業大学 学生会員 李 兆卿
 名古屋工業大学 学生会員 櫛山 総平

1. はじめに

既往の研究¹⁾から、堤体の基礎地盤が透水層の上に不透水層が被覆している複層構造であり透水層が堤内側で行き止まりになっている場合は、漏水・噴砂・パイピングなどの浸透破壊の危険性が高いことが明らかになってきた。また、模型実験から基礎地盤が複層構造になっているケースでは、法尻から離れた行き止まりで噴砂が発生することが確認された²⁾。実際に、北海道常呂川の現地調査でも、法尻から約 50m 離れた地点で噴砂が発生していた。そこで、噴砂動態からパイピング破壊の危険性が高い基礎地盤の抽出・特定を目指して研究を行っている。本稿では、基礎地盤構造、透水層の行き止まり距離、堤内地の不陸の3項目が、噴砂動態にどのような影響を及ぼすか三次元飽和浸透流解析により検討した。

2. 解析方法

図-1 に解析モデルの概略図を示し、図-2 に入力した外力波形の平均動水勾配の経時変化を示す。堤体は粘土を使用し基礎地盤は珪砂7号単一層、上層珪砂7号下層珪砂2号の複層の2ケースについて解析を行った。各材料の透水係数は模型実験と比較するため粘土 $k=3.00 \times 10^{-8}(\text{m/s})$ 、珪砂7号 $k=1.40 \times 10^{-5}(\text{m/s})$ 、珪砂2号 $k=1.80 \times 10^{-2}(\text{m/s})$ とした。

3. 解析結果と考察

3.1 基礎地盤の層構造の影響

解析終了時刻(平均動水勾配 $i=0.87$)における圧力水頭のコンターを図-3 に示す。単一層は堤外側から堤内側方向に勾配を形成して減衰しているのに対し、複層では下層の圧力水頭の減衰が小さく堤内側まで高い圧力が維持されている。よって複層では法尻から離れたところで噴砂が発生する可能性が単一層に比べて高いと言える。

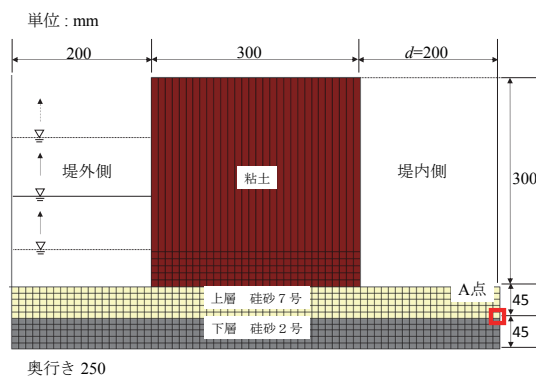


図-1 解析モデル概略図

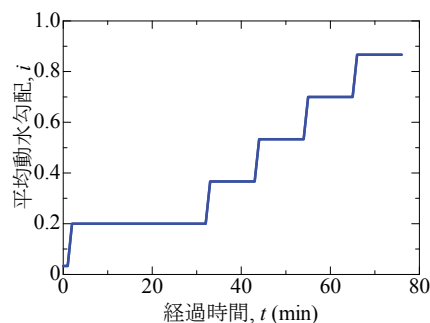


図-2 平均動水勾配の経時変化

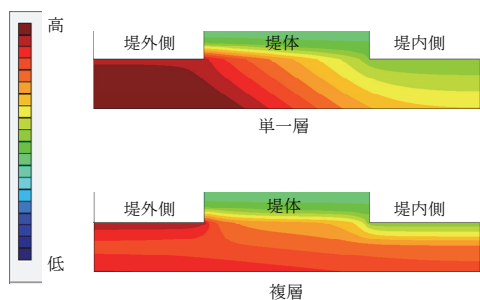


図-3 透水性基礎地盤断面の圧力水頭のコンター

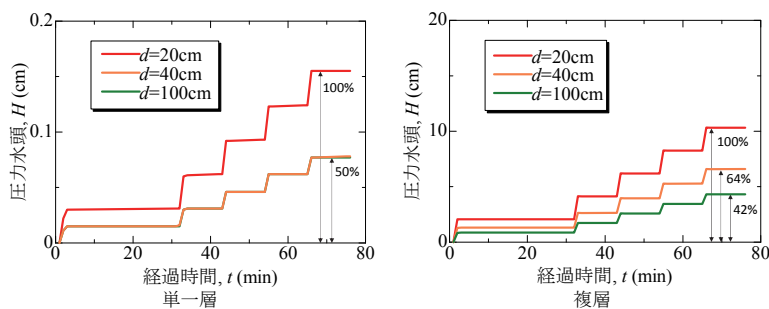


図-4 A点の圧力水頭の増分

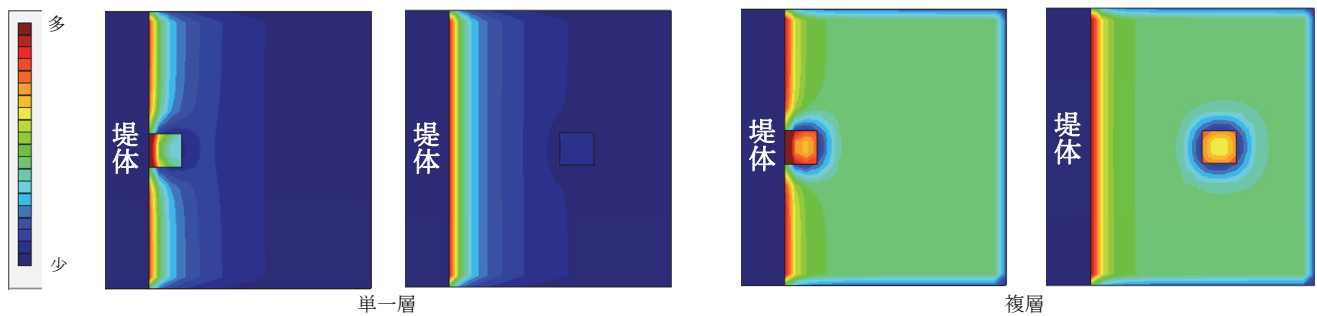


図-5 漏水流量のコンター（堤内・平面図）

3.2 行き止まり距離の影響

裏法尻から行き止まりまでの距離 d を $d=20\text{cm}$, 40cm , 100cm に変えたときの同一地点（図-1 の A 点）での圧力水頭の変化を比較し、行き止まり距離が堤内側に与える影響を考察した。図-4 に結果を示す。なお、縦軸は図-1 の A 点の圧力水頭の初期値からの増分である。いずれの基礎地盤でも d が大きくなるにつれて値は小さくなっている。各基礎地盤の層構造における $d=20\text{cm}$ の場合の圧力値を基準に $d=40\text{cm}$, 100cm の場合の値を比較すると、単一層では $d=40\text{cm}$ で値は 50%に抑えられているが $d=100\text{cm}$ まで延長しても $d=40\text{cm}$ と値がほぼ変わらないことが分かる。一方、複層では $d=40\text{cm}$ で 64%, $d=100\text{cm}$ で 42%まで値が低下し $d=100\text{cm}$ まで影響していることが確認できる。よって基礎地盤が単一層の場合は行き止まり距離の影響は法尻から近いところに限定され影響範囲は狭いが、複層の場合は法尻から離れた堤内側まで行き止まりの影響範囲が広がっていると言える。これは模型実験で単一層の浸透破壊が法尻付近で発生するのに対し、複層は法尻から離れた場所でも噴砂などが起こることと整合がとれている。

3.3 堤内側の不陸の影響

法尻から離れた地点で噴砂が発生する原因として噴砂発生箇所の地表面が低くなっていた可能性が考えられる。鬼怒川の現地調査でも漏水や噴砂などの被災が発生した地点と被災しなかった地点で地表面の高さが $10\sim 30\text{cm}$ ほど違っていた。そこで噴砂の発生位置の決定に表層の凹凸がどのように影響しているか、解析モデルの堤内側に不陸を作ることによって検討を試みた。縦 3cm , 横 3cm , 深さ 0.9cm の不陸を法尻および法尻から 10cm 離れた地点に設置したモデルを作り、漏水流量を比較した。図-5 はモデルを

真上から見たときの堤内側の漏水流量のコンターである。ただし単一層と複層でスケールは異なる。法尻に不陸を作ったモデルでは単一層、複層ともに不陸へ流量が集中していることが分かる。しかし法尻から 10cm 離れた地点の不陸では、複層については流量の集中が確認できるが単一層については流量の集中は見られない。よって法尻から離れた地点の不陸の影響を大きく受ける複層の方が、法尻から離れた地点で噴砂が発生する可能性が高いと言える。

4. 結論

基礎地盤の圧力伝播の様子・行き止まり距離・堤内地での不陸のいずれの検討においても基礎地盤が複層になっている場合、法尻から離れた堤内側でも浸透破壊が起こる可能性が高いことが分かった。つまり法尻から離れたところで噴砂が発生した地点は、基礎地盤が浸透破壊の危険性の高い複層構造になっている可能性が高いと言える。また基礎地盤が複層になっている場合、堤内側の行き止まり距離や不陸の影響も大きいことが本解析で分かったため、今後は堤体および堤体の基礎地盤だけでなく、堤内地の地盤条件にも着目していく必要があると考える。

参考文献

- 1) 齊藤啓, 前田健一, 泉典洋: 基盤漏水に伴う噴砂及びパイピング進行条件の検討, 河川技術論文集, 第 22 巻, pp.251-256, 2016.
- 2) 櫛山総平, 前田健一, 齊藤啓, 李兆卿: 透水性基盤の層構造による噴砂口動態およびパイピング進行性への影響, 第 51 回地盤工学研究発表会, pp.1093-1094, 2016.