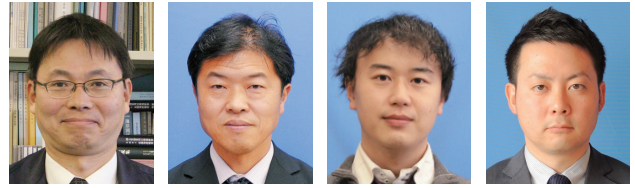


基礎地盤からの浸透における水みち進行性を規定する要因の検討



河川研究部 河川研究室

室長 諏訪 義雄 主任研究官(博士(工学)) 福島 雅紀 研究官 笹岡 信吾 交流研究員 上野 俊幸

(キーワード) 河川堤防、浸透、パイピング、実物大実験

1.

防災・減災・危機管理

1. はじめに

近年、“浸透”に伴う噴砂や法すべり等による河川堤防の変形等が発生しており、2012年7月九州北部豪雨では矢部川で堤防が決壊した。こうした堤防決壊に至る大規模かつ進行的な浸透破壊の発生や堤防変形を定量的に評価できる解析技術は十分に確立されておらず、またその進行メカニズムが不明であり、氾濫に対する安全度を向上する上での課題となっている。

国総研では、基礎地盤構造に起因する河川堤防の浸透破壊に係る技術政策課題の解決に取り組んでおり、実物大実験等によりパイピングに起因する変状の進行過程の確認やメカニズムの解明に向けた研究を進めている。

2. 水みちの発達過程の整理

国総研ではこれまで、堤防法尻部を抽出した模型や堤防を縮小した模型実験により、パイピングが生じやすい地盤条件・水位条件を整理するとともに、パイピング発達時の堤防全体の挙動の観察やパイピングによる堤防決壊の再現に成功した。また、実物大模型を用いたパイピング再現実験では、川裏法尻部において堤体土が河川からの浸透圧により上昇した間隙水圧により持ち上がる様子や、基礎地盤面において噴砂が発生し、基礎地盤と堤体との境界において砂粒子の移動が生じ、水みちが発達する変状連鎖の様子を観察することに成功している(図-1)。

今回確認できた変状連鎖についてまとめると、変状のきっかけとなる、堤体川裏法尻の崩壊、盤ぶくれ、漏水・噴砂といった現象をフェーズⅠ、水みちの進行をフェーズⅡ、堤体の変形と水みちの進行・停止の繰り返し過程をフェーズⅢ、水みち内流れや

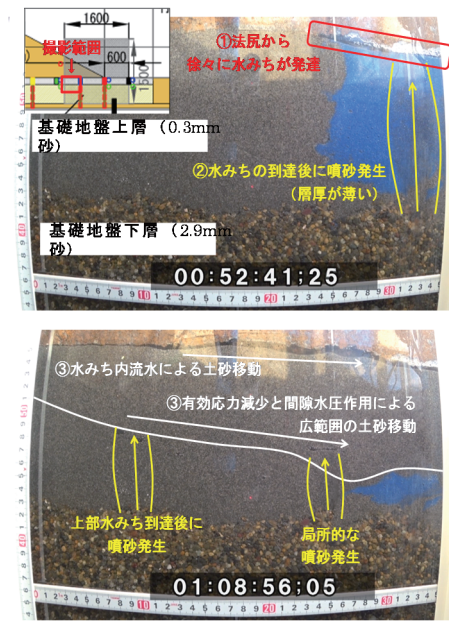


図-1 基礎地盤内における水みち発達状況

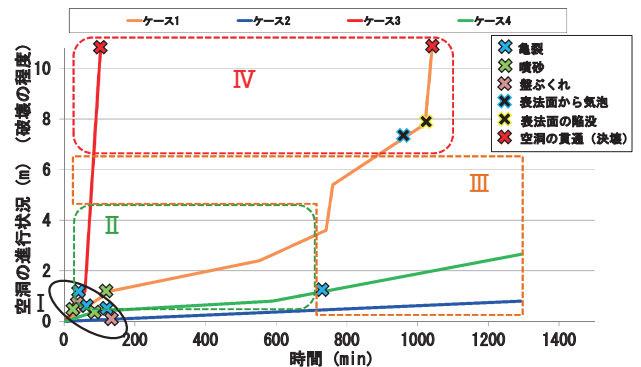


図-2 基礎地盤内における水みち発達状況

越流水等の高流速による堤体侵食をフェーズⅣと整理することが出来る(図-2)。図-2にあるどのケースも堤体亀裂の発生や盤ぶくれ、噴砂といった現象は変状の初期に発生するがその後の水みちの発達や堤体土の崩壊といった現象は基礎地盤や堤体土質の条件等によって発生の有無やその進行速度が異なると考えられる。

3. 水みちの進行性を規定する要因の検討

水みちの進行や堤体の崩壊が進展するのか、途中で止まるのか、その進行速度はどの程度であるかを定量的に評価する手法はまだ確立されていない。そこで、模型実験と浸透流解析を組み合わせ、水みちの進行を定量的に評価できないか検討した。

実験模型を図-3の通り作成し、堤体には難透水性土、パイピング対象となる透水性基礎地盤には平均粒径1.1mmの砂を用いた。パイピングの進行性を確認するため、透水層を川裏側に向けて平面的に狭める等の工夫をした。実験では河川水位上昇に伴って、噴砂等の初期変状が生じて堤体直下の1.1mmの砂が流出し、図-3に示す水みち範囲のように集水部となる緑辺部で水みちが形成された。これは水みちの広がりによって集水効果が薄れて水みち進行が停止したと思われる。

浸透流解析では、堤体と基礎地盤境界部の水平方向の圧力水頭分布が重要であると考え、粒径1.1mmの砂で初期変状が起きた時の局所動水勾配を整理し、局所動水勾配から実流速を推定した。また、推定した実流速が土粒子の動きうる流速（限界流速）を超えているか確認した。初期変状から水みち進行と最終形状までの水みち状況を模擬して三次元浸透流解析を行うと、水みち進行中は空洞の緑辺部の実流速が限界流速を超えており、水みち停止後は実流速が限界流速（ダルシー流速換算0.1cm/s）を下回り、実験状況と一致することを確認した。また、時間経過とともに水みちが広がるよう模擬した三次元浸透流解析を行うと（図-4）、緑辺部（図-4の要素1～5）の流速が川表側に向かって徐々に低下する傾向を確認できた（図-5）。

4. まとめ

これまでの検討により、パイピングが発達するメカニズムや堤体が崩壊するまでのパイピングの進行過程が明らかになってきた。その結果、パイピング発達による堤防決壊の危険箇所を示すことが出来るようになると思われる。

また、模型実験の水みち形状を考慮した浸透流解析によって、実流速と限界流速の対比から水みちの

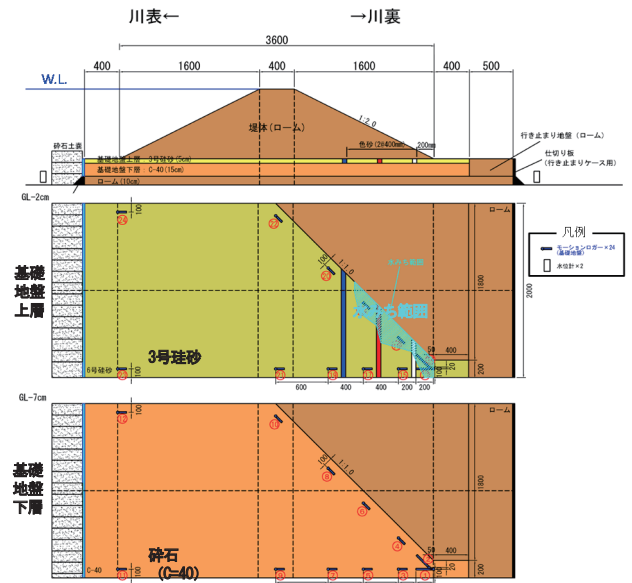


図-3 実験断面図及び平面図（基礎地盤部）

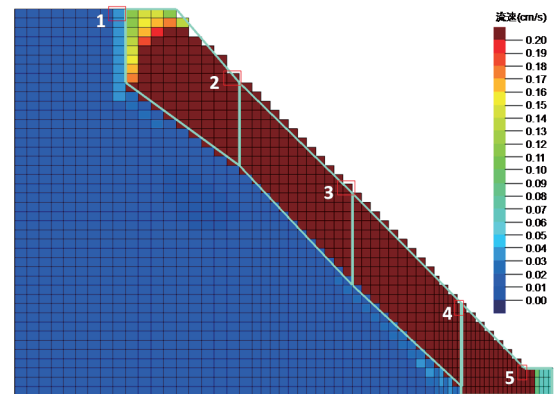


図-4 基礎地盤における流速分布

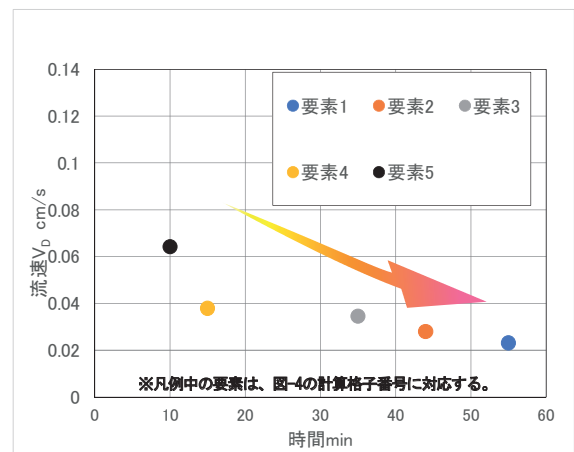


図-5 基礎地盤における流速分布

発生・停止状態を評価できる可能性があることを示した。噴砂等の被災後の調査に際しては、このような水みち進行の評価により、今後、安全性の判定や対策優先度の決定に資するものと期待される。