

水の浸透による河川堤防の被災事例分析

(独) 土木研究所 正会員 ○谷中 仁志 同 正会員 齋藤 由紀子
 (独) 土木研究所 正会員 小橋 秀俊
 前(独) 土木研究所 正会員 古本 一司

1. はじめに

これまで、河川堤防の整備は、想定される洪水外力に対し必要な高さや幅を確保したうえで、質的な安全度を評価¹⁾することにより進められてきている。しかし、集中豪雨の激化等、災害リスクが高まってきており、想定以上の外力が発生する可能性も否定できない。また、堤防は土堤部や樋門など様々な構造物で構成されるが、それらが一連のシステムとして洪水に対して機能するものであることから、様々な外力レベルに対して堤防一連区間を同じ指標（例えば、堤防の信頼性）で評価することにより、外力発生確率を踏まえたより合理的な堤防整備が進むと考えられる。そこで本報では、まず現在実施されている堤防の質的評価基準と破堤現象との関係を被災事例分析により検討した結果について報告する。

2. 河川堤防の被災分類

2. 1 災害発生確率と被災レベルの関係

まず、1987～2004年に漏水並びに漏水に伴う被害の発生した箇所115地点分について、被災データ（被災箇所や規模、洪水発生確率（被災流量から確率規模別流量を内挿した値））や被災後の写真等から、表1のように被災レベルをその規模に応じて4段階に分類した。

表1 被災レベルの設定

被災レベル	被災状況
1	堤体が陥没
2	噴砂による漏水または地盤の一部で陥没
3	漏水（1被災箇所あたりの規模大）
4	漏水（1被災箇所あたりの規模小）

洪水発生確率と被災レベルの関係を図1に示す。同図には、河川堤防概略点検結果¹⁾についても示している。全体的にデータのばらつきは大きいものの、洪水発生確率が大きいほど被災の程度が大きくなる。また概略点検（Dランクほど低評価）においては過去の被災履歴自体は評価されているものの被災レベルは必ずしも考慮されていないが、この図に示すように、発生しうる被災レベルとも関係があり、概略点検評価が低い箇所ほど被災の程度が大きくなる傾向があることわかる。

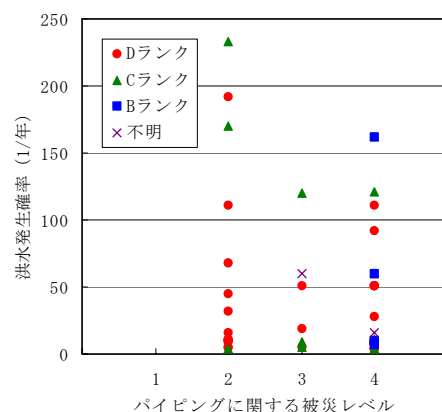


図1 被災確率と被災レベルの関係

2. 2 安全度評価指標と被災レベルの関係

つぎに、堤防詳細点検¹⁾において堤防安全度評価の指標として用いられている局所動水勾配および揚圧力のデータと被災レベルの関係を求めた。ここで用いたデータは、上記データのうちの5事例並びに、平成18～19年に発生した漏水による被災事例であり、実際のハイドログラフを用いて再現計算を行い、局所動水勾配および揚圧力と被災レベルの関係を求めた。同図に示すように、局所動水勾配が大きいほど、もしくは揚圧力が大きい（G/Wが小さい）ほど被災レベルが大きくなる傾向が確認された。

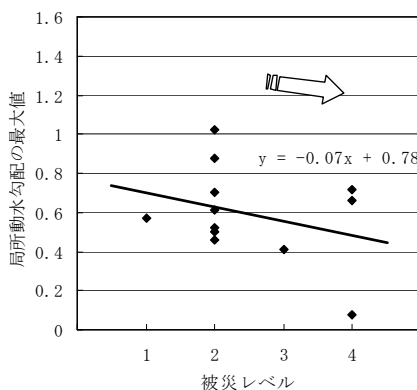


図2 被災レベルと局所動水勾配

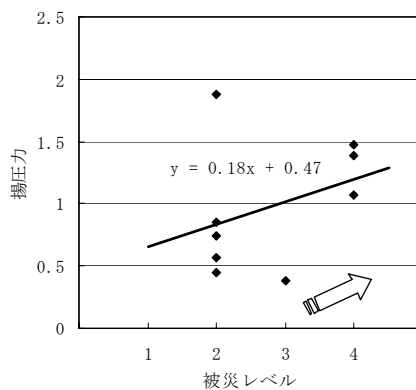


図3 被災レベルと揚圧力

キーワード 河川堤防, 浸透破壊, 安全度評価, 信頼性, 破堤確率

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 (独) 土木研究所材料地盤研究グループ(土質) Tel029-879-6767

3. 河川堤防の信頼性に関する考察

2. 2で整理したデータを用いて、堤防安全度評価指標と信頼性の関係を求める方法について考察した。信頼性の指標として破堤確率を用いた。破堤確率の算定にあたっては、本来、破堤した事例と破堤に至らなかった事例を比較する必要があるが、今回の対象データには漏水による破堤事例が無いいため、以下の2種類の方法で検討を行った。

1) 破堤確率を仮定して求める方法

この方法は、表1に示した被災レベル1～4をそれぞれ破堤確率40, 30, 20, 10%の状態にあると大胆に仮定することにより、安全度評価指標と破堤確率の関係を求めるものである。図4～5に検討結果を示すが、今回の対象データによれば、現在の照査基準（局所動水勾配：0.5、揚圧力：1.0）が、破堤にまで至る確率が大きく10～20%にある状態であることを示しており、安全側の照査基準であると考えられる。

（また同図に示すように局所動水勾配と揚圧力を同じ破堤確率という指標で評価することが可能となっている。）ただし、この分析方法では被災レベルと破堤確率の関係を仮定していることから、両者の関係の妥当性等については、今後、実験等を通じた検討が必要がある。

2) ある被災レベル以上に至る確率を求める方法

今回のデータでは、実際に破堤した事例がないため、ある被災レベル以上に至る確率を算定する方法についても検討した。ここでは、被災レベル2（噴砂を伴う漏水または一部陥没）以上に至る確率を求めた。図6に、局所動水勾配および揚圧力と被災レベル2に至る確率の関係を示す。今回の対象データによれば、現在の安全度評価指標の基準値は、少なくとも被災レベル2に至る確率が35～50%程度にあることを示している可能性がある。（当然ながら破堤確率はさらに小さくなるが、仮に1）で示したようにレベル2での破堤確率が30%とすると、照査基準値は破堤確率10～15%程度の状態を示していることになる。）今後、標本数が増えたとより精度が向上すると考えられる。

なお、上記の方法で求めた破堤確率もしくは、ある被災レベルに至る確率の値は、いずれも局所動水勾配に比べて揚圧力の方が大きくなる結果であった。すなわち、局所動水勾配による照査の方が、より厳しい条件にあると考えられる。

4. おわりに

本報では、河川堤防の被災レベルと諸項目の関係について整理を行い、それらの結果から堤防安全度評価指標（局所動水勾配および揚圧力）の値と破堤状況の関係を把握し、河川堤防詳細点検結果による河川堤防の信頼性評価の可能性について確認することができた。ただし、標本数が少なく、精度の改善やデータの妥当性の検証等については引き続き進めていく必要がある。また、すべり破壊に対する評価についてもデータが蓄積されることにより可能になると考えられる。さらに、本報で図示したデータには、洪水前の堤防の状態や異常発見後の水防活動の効果等は考慮していないが、これらの影響等も考慮することで、より精度が向上すると考えられる。

参考文献

1) 河川堤防の構造検討の手引き：（財）国土技術研究センター，2002年7月

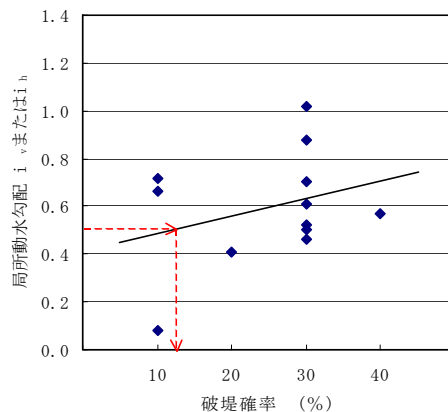


図4 局所動水勾配と破堤確率

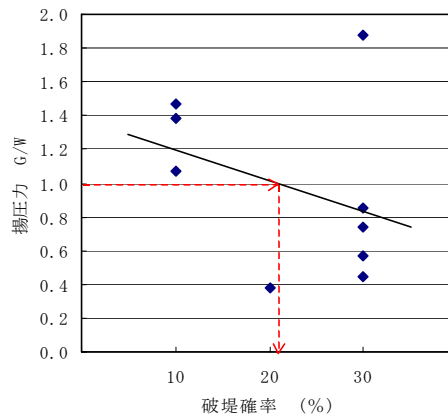
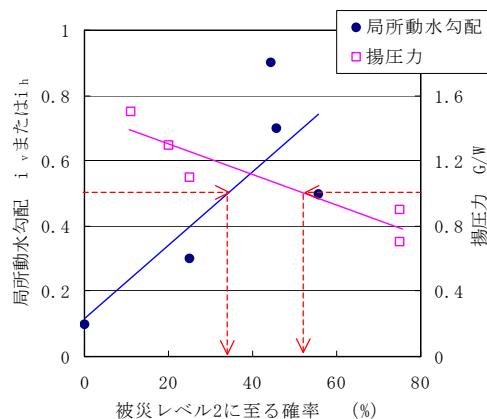


図5 揚圧力と破堤確率



※被災レベル2に至る確率の求め方

- ①ある範囲内の i_v, i_h や G/W ごとに、被災レベルの度数分布を作成
- ②被災レベル2以上となる割合を算出
- ③任意の i_v, i_h や G/W ごとに②の関係を求めて整理

図6 安全度評価指標と被災確率