

重信川堤防漏水への対応について

松山河川国道事務所 工務第一課 伊賀上 真杜
松山河川国道事務所 工務第一課長 宮田 晃
松山河川国道事務所 工務第一課 河川工務係長 難波 怜

H29.9月台風18号による洪水により、重信川の堤防は、漏水による堤防崩落、局所洗堀等、大きな被災を受けた。この被災を受け、今後の堤防の安全性を確保するため、要因を特定し対策方針を決めるべく重信川堤防調査委員会を立ち上げ、検討を行い、この度、報告書がまとまったところであり、今回、この重信川堤防調査委員会の検討結果について、報告するものである。

キーワード 堤防漏水, 浸透流解析, 浸透対策, 堤防調査委員会

1. はじめに

重信川では、平成29年9月の台風18号が、流域に猛烈な雨をもたらし、基礎地点の観測所では開始以来、最高の水位となる5.65mを観測した。この洪水の直後には堤防漏水14区間、堤防護岸崩壊3箇所の河川管理施設の被災が確認された。また、堤防除草後の目視点検で新たに14区間の漏水が確認されるなど、破堤にもつながる非常に危険な状況であった。

この漏水により、堤防裏法すべり、噴砂・陥没などの被害が発生したことから、堤防漏水のメカニズムを把握し、要因に応じた漏水対策工法検討するため、重信川における堤防の安全確保の対応方針を決定することを目的として、重信川堤防調査委員会が設置された。

本委員会は愛媛大学の学識者、また、国土交通省国土技術政策総合研究所、国立研究開発法人土木研究所で構成された。

本委員会は、平成30年2月2日に第1回を開催し、平成31年3月5日までの間に延べ5回の委員会を開催し、検討を行い、対策方針を決定した。

2. 流域の概要

重信川流域の地形特性としては、東から西へ広がる沖積平野と北部、南部の山地に分けられ、氾濫域の地形特徴としては、氾濫区域は地形の人口・資産が集中している区域まで広がっていること、地盤高が重信川の計画高水位より低く、潜在的に堤防決壊による危険性を有していることが挙げられる。

また、地質特性については、流域の地質は中央構造線によって、北側の領家帯と南側の三波川帯に分けられ、領家帯は、石手川流域に分布する花崗岩類、本川上流域及び流域南斜面に広く分布する砂岩泥岩互層からなる和泉層群及びそれらの境界部に分布する領家帯変成岩類により、三波川帯は、結晶片岩を主体とする変成岩類よりなる。

重信川流域平野部の平均降水量は1400mm程度であり、梅雨期と台風期に多く降っている。

3. 被災状況

(1) 平成29年9月台風18号の出水概要

平成29年9月9日にマリアナ諸島近海で発生した台風18号はフィリピンの東の海上を発達しながら進み、勢力を強めながら東シナ海を北上し、17日13時頃に高知県宿毛市付近に上陸、四国地方を横断し日本海に抜けた。愛媛県には、17日の夕方から夜のはじめ頃にかけて最も接近し、台風本体の発達した雨雲が、猛烈な雨をもたらした。

重信川上流の間屋雨量観測所では、日雨量289mmを観測、また石手川ダム上流にある米野雨量観測所では日雨

	年月	内容概要
第1回	H30.2.2	出水及び被災概要 被災メカニズムの検証
第2回	H30.3.15	被災メカニズムの検証 新規箇所等の調査方法
第3回	H30.5.31	漏水対策方針
第4回	H30.8.16	調査結果を踏まえた漏水対策方針
第5回	H31.3.5	堤防の安全性評価方針 堤防の安全確保の対応方針

表-1 委員会経緯

量300mmとなり、共に観測開始以降第4位を記録した。

また、基準点である出合水位観測所の水位は、平成13年梅雨前線洪水を約0.7m上回る観測史上最高となる5.65mを観測した。

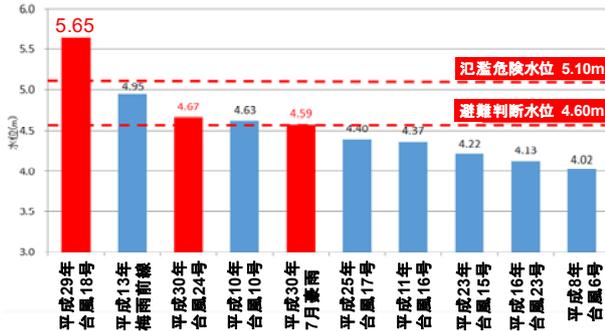


図-1 平成29年9月洪水と過去洪水との比較

(2) 堤防の被災状況

重信川直轄管理区間では、台風18号の降雨の直後に図-2に示す堤防漏水14区間・堤防護岸崩壊3箇所において河川管理施設の被災を確認した。

このうち、漏水により著しい被害として、右岸2k500における裏法すべり(写真①)と左岸3k800における噴砂・陥没(写真②)が発生した。これらの箇所は被災後、すぐに応急対策を実施した。

また、詳細に漏水状況を把握するため、堤防除草後に漏水痕跡の目視点検を実施した結果、右岸1k500～3k000、左岸1k100～2k000、3k800～5k500の範囲で漏水が多発しており、新たに14区間の漏水を確認した。

なお、早急に対策が必要な箇所については、すでに災害復旧工事で対策を実施済みである。



図-2 重信川全川の被災状況

4. 基礎資料の収集

被災要因分析等を行う上で必要となる基礎資料として、河道の変遷、最深河床の築堤履歴、堤体内の旧護岸の分布、既存堤防の開削調査結果、決壊履歴などの既往資料の収集、整理を行うとともに、堤防データの整理として治水地形分類図、水頭差、平均動水勾配、盤膨れ指標、

堤防形状等の確認を行った。

なお、決壊履歴の確認においては、今回被災箇所の右岸2k500、左岸3k800では、過去に決壊したとの証言を地元関係者から得た。右岸2k500は昭和18年に現在の浄水場の前を中心に延長180mにわたって決壊し、左岸3k800では、昭和18年と昭和20年の2回わたり決壊が発生し、昭和20年度の決壊時には、今回の被災箇所から決壊が発生し、徐々に下流側に広がり、約40m下流まで広がったとのことであった。

5. 被災要因の特定

被災要因の特定を行うため、今回著しく被害を受けた右岸2k500、左岸3k800について検討した。

(1) 右岸2k500(裏法すべり)の被災要因の特定

図-3のように、堤内側の小段より下部の法尻部で、延長23.5m程度、高さ1.5m、横断幅3.6m程度の法すべりが発生した。被災時痕跡水位より水頭差は約4.0m、高水敷の冠水深は約3.0mであった。また、すべり箇所の下流約4m程度の箇所、法尻に設置されている水路の底版より噴砂口が確認された。

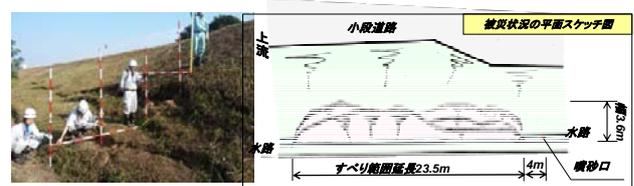


図-3 右岸2k500被災状況

被災要因の分析については、試掘調査やボーリング調査、また、浸透経路及び被災メカニズムを解明するため非定常浸透流解析などを行い分析を行った。

分析の結果、漏水経路は、基礎地盤からの漏水であり、基礎地盤(Ags層)の透水性が高く、河川水位の上昇による水圧が法尻部の表層付近における透水性の低い盛土層(Bs-g層)に作用したことにより、せん断抵抗力が低下し、すべり破壊が生じたと判断される。(図-4)

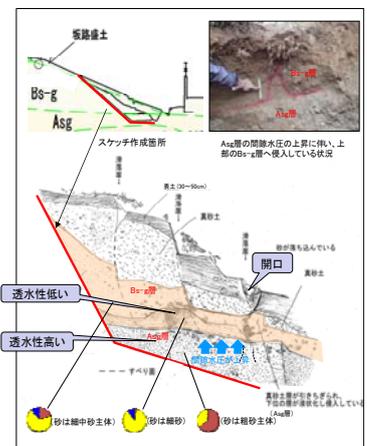


図-4 被災メカニズムの概念図

(2) 左岸3k800(噴砂・陥没)の被災要因の特定

被災状況は、図-5に示すように、堤内側の小段より下部の法面における法面部で、幅2.5m、深さ約1.0mのすり鉢状の陥没が発生した。その陥没量は約0.5m³であった。陥没の底部より約3m上流の法尻にはφ20cm程度の噴砂口が生じ、その両側に高さ30cm程度の噴砂が堆積していた。噴砂は均質な細砂（UC=2程度、D50=0.15～0.20mm）で、全体で約0.2m³堆積していた。被災時痕跡水位より水頭差は約2.8m、高水敷の冠水深は約0.5mであった。

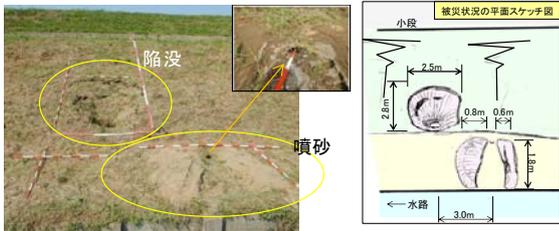


図-5 左岸3k800被災状況

被災要因の分析については、2k500同様、試掘調査やボーリング調査、浸透経路及び被災メカニズムを解明するための非定常浸透流解析などを行った。

分析の結果、図-6のように被災要因については、漏水経路は、基礎地盤からの漏水であり、基礎地盤（Ags層）から漏水が発生、パイピング孔（空洞）が形成され、陥没箇所下部の盛土層（Bs-g層）の土砂が流出するという三段階のプロセスにより陥没が発生したものと推定される。

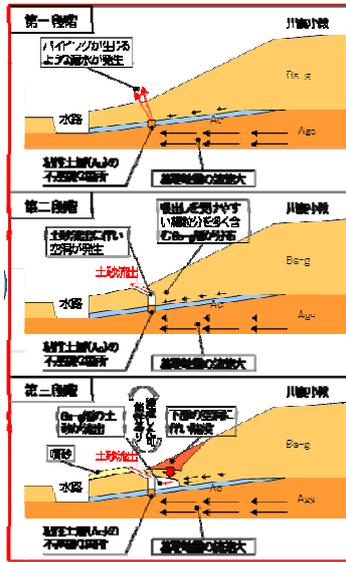


図-6 被災プロセスの概念図

6. 被災28区間の 被災メカニズム

著しく損傷を受けた2箇所被災要因分析を踏まえ、被災28区間の各区分ごとの被災メカニズムを検討した。この被災メカニズムを特定するために、二次元FEM浸透流解析を行い、出水時の堤防と基礎地盤の地下水の流向や流速、浸潤面の挙動を解析した。解析の結果、透水性の高い基礎地盤内において、地下水が堤内に向かって浸透する様子と堤体内の浸潤面が上昇し、堤内法尻に向かって、浸透する様子が確認された。このことを踏まえ、被災要因は、ほぼすべての区間が

「堤体漏水+基礎漏水」の複合漏水であると考えた。

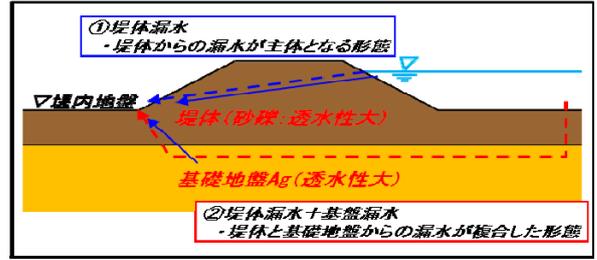


図-7 被災要因概要図

7. 対策工法について

(1) 検討方針

被災要因、破壊形態に応じた対策工の考え方、重信川における適用性の観点から、対策工法を抽出し、全断面における対策効果を確認の上、対策工法の方針を検討した。この検討フローを以下に示す。（図-8）

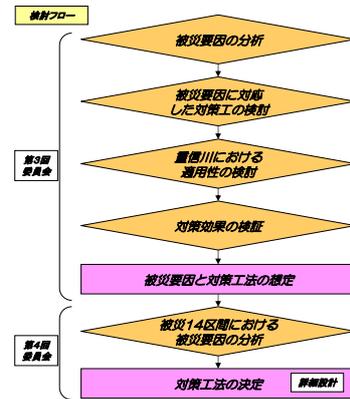


図-8 検討フロー

基礎地盤が高透水であるという地盤特徴を踏まえたうえで、被災要因や破壊形態に応じた対策工を検討、地下水利用や用地などの重信川の社会的な特性もあわせ、対策工の適用性を判断する。

(2) 対策工法

検討方針に基づき、「表のり面被覆工法+堤内基盤排水工法」の効果を検証した結果、漏水対策として有効であることを確認したため、被災全区間において「表のり面被覆工法+堤内基盤排水工法」を採用することとした。なお、「右岸0k500」等の地盤高が高い区間については基礎からの排水が必要でないため、「表のり面被覆工法+ドレーン工」とする。

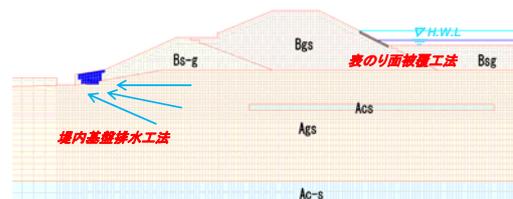


図-9 対策工の概念図

8. 堤防の安全性確保の対応方針

(1) 安全確保の対応方針

重信川の堤防安全性確保に当たっては、被災した区間は本検討による採用工法にて対策を実施することで安全確保を図る。また、その他の区間についても漏水発生危険性があるため、漏水が発生する危険性が高い場所を抽出し、対策を実施する区間と、重点監視を行う区間に区分したうえで、それぞれの対応方針を決定した。

(2) 安全確保の対応

まず、堤防漏水が発生する可能性が高い区間について、「水頭差 (2.5m以上)」と「平均動水勾配 (0.08以上)」の閾値を設定した。

これにより評価した区間に対して、重信川の安全確保の対応として、「漏水が発生する可能性が高い区間」と「対策済区間を除く要対策区間」を包括する区間を監視区間として位置付けた。監視区間のうち、重点監視地点において出水時の監視を強化することとし、要対策区間は、対策工を順次実施することとした。(図-10、11)

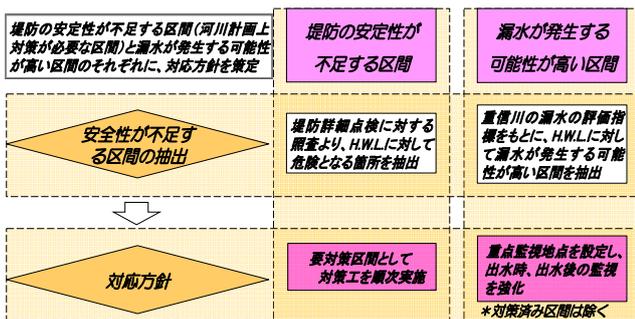


図-10 対策方針検討フロー

9. 今後の取組み

今回の委員会では、下記の①に示す方針(案)を設定した。今後はこの方針に基づき①～④に示すPDCAサイクルに準じ、重信川の堤防安全性を確保するものとする。

①Plan

- 水頭差と平均動水勾配の2つの漏水発生指標に基づく「漏水が発生する可能性が高い区間」と重点監視地点の設定などによる監視方針の策定。
- 浸透流析を用いた対策工法の検討と要対策区間の設定などによる対策方針の策定。

②Do

- 監視区間における出水時の漏水規模、濁りの有無、変状など堤防の状態の目視確認。
- 出水時での高透水性地盤と堤体の間隙水圧観測、漏水量計測による堤防モニタリングの実施。

③Check

- 漏水発生判定指標の妥当性を照査。
- モニタリング結果と浸透流解析結果との整合性を照査。

④Act

- 重点監視地点、監視水位、監視区間、要対策区間の見直し。
- 浸透流解析モデルを適時修正することによる対策工法の合理化、監視内容の見直し。

今後も、この取組結果を踏まえ、重信川の治水安全の向上につなげていきたいと考えている。

謝辞：重信川堤防調査委員会において多くのご助言を頂いた皆様に深謝の意を表します。

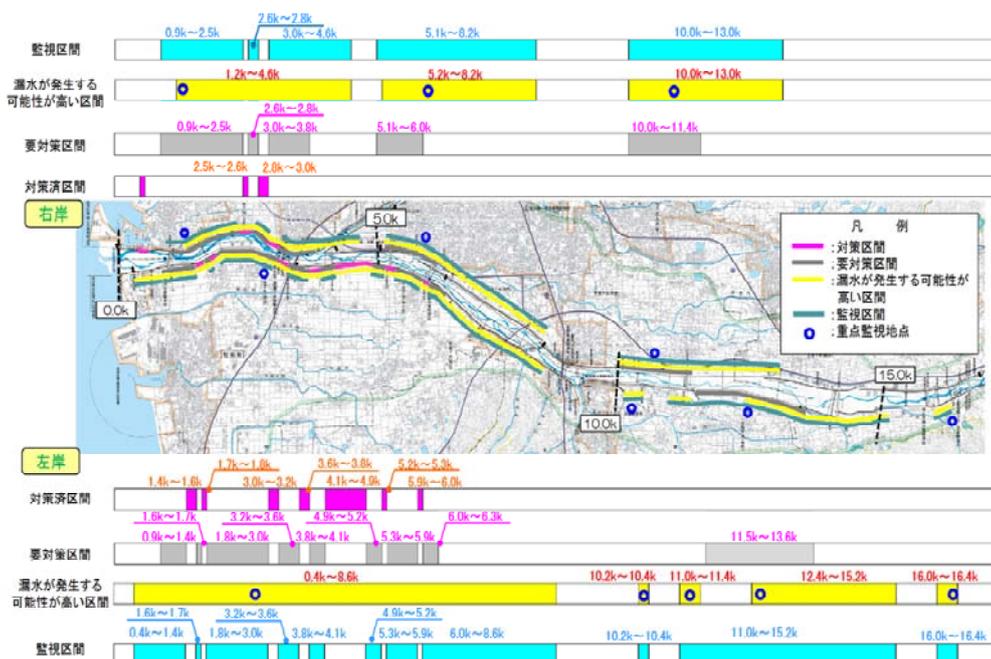


図-11 要対策区間および監視区間