

平成19年9月豪雨による 米代川・北上川堤防被災調査

FIELD SURVEY ON THE DAMAGED LEVEES OF YONESHIRO AND
KITAKAMI RIVER DUE TO THE HEAVY RAINFALL IN SEPTEMBER 2007

谷中仁志¹・齋藤由紀子²・小橋秀俊³・古本一司⁴・中西利典⁵
Hitoshi TANINAKA, Yukiko SAITO, Hidetoshi KOHASHI, Kazushi FURUMOTO
and Toshimichi NAKANISHI

¹正会員 工修 (独) 土木研究所材料地盤研究グループ (〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6)

²正会員 (独) 土木研究所材料地盤研究グループ (同上)

³正会員 工博 (独) 土木研究所材料地盤研究グループ (同上)

⁴正会員 工修 前 (独) 土木研究所材料地盤研究グループ (同上)

⁵非会員 理博 (独) 土木研究所技術推進本部 (同上)

This report shows the results of the field investigation of the damages of the levees of Yoneshiro River and Kitakami River due to the heavy rainfall in September 16-18, 2007, and the study on the evaluation method of levee's stability in accordance with the result of the field investigation.

From the field investigation, we found out the many damages, such as water leakage and slope sliding in levees, and the evidences of sand boil were observed at some points of the water leakage. Some of the results of inspection of river levees and the simulation of the seepage flow in the levee with numerical analysis at this flood suggest there are some problems in the evaluation method of levee's stability. And they also indicate the significance of the field investigation, such as soil exploration and site reconnaissance.

Key Words : river levee, heavy rainfall, water leakage

1. はじめに

平成19年9月16日から18日にかけて、秋雨前線と台風11号から変わった低気圧の影響により、東北地方の秋田県・青森県・岩手県の広い範囲で記録的な大雨が観測された。この豪雨により、米代川や北上川では計画高水位以上またはそれに近い洪水が観測され、河川堤防周辺の数十ヶ所において漏水やのり面のすべり破壊等の被害が発生した^{1), 2)}。

独立行政法人土木研究所では、これらの被災箇所を対象に現地調査を実施し、被災状況の実態を把握した。また、被災箇所および周辺の地盤条件や被災時の外力条件等をもとに再現計算を行い、被災要因の考察を行うとともに、現行の安全性照査手法³⁾の妥当性について検証した。

今回、調査を行った被災箇所は表-1に示すように米代川、北上川それぞれ6箇所である。

表-1 調査対象箇所

河川名	調査箇所
米代川	右岸19.0km
	左岸7.8km
	左岸9.8km
	左岸15.5km
	左岸16.0km
	左岸22.0km
北上川	右岸47.0km
	右岸66.4km
	右岸130.8km
	左岸47.0km
	左岸56.2km
	左岸113.8km

2. 出水概要

(1) 米代川

米代川上流域では、9月17日早朝から18日にかけて、停滞していた前線の活発化により、累加雨量300mm以上の大雨となった。この降雨は概ね60年に一度の規模であり、米代川では計画高水位を約25kmもの範囲で超過するなど、記録的な洪水となった。

(2) 北上川

北上川流域では9月17日未明から雨が降り出し、17日夜にかけて岩手県北西部を中心に激しい雨となった。降り始めからの総雨量は、奥羽山脈に位置する雨量観測所で300mm以上、盛岡や花巻でも200mm以上と、北上川上流～中流で記録的な降雨を観測した。北上川の水位は、上流域に位置する紫波橋観測所で18日1時に計画高水位(HWL=5.504m)に迫る最高水位5.37mを記録したほか、その他の観測所でも軒並みはん濫危険水位を超過した。

3. 被災箇所状況と地盤の関係

(1) 米代川

右岸19.0km付近では、4箇所で漏水が確認されたが、調査当時、水防活動による月輪工の中に噴砂跡は確認されなかった。当該箇所は氾濫平野と旧河道の境界付近に位置し、旧河道の流路跡に堆積した粘性土と堤体の間に水みちが形成された可能性がある。

左岸7.8km付近では、約40mにわたって裏のりすべりと噴砂を伴う漏水が発生した。現地調査結果から、すべりが発生した区間は写真-1に示すように、すべり破壊が発生していない上流側の区間に比べて堤内地盤高が低いことが確認された。また、当該箇所はポイントバー(蛇行州・旧川微高地)に位置し、その堆積環境から堤体の一部や基礎地盤が粗砂や砂礫等によって築造されていることが推定される。

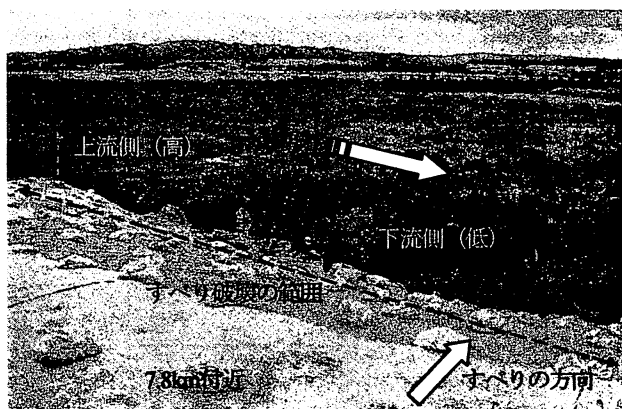


写真-1 左岸7.8km付近の堤内地盤高

左岸9.8km付近では、10箇所程度の噴砂跡が確認された。当該箇所は旧河道に位置していた。

左岸15.5kmおよび左岸16.0km付近は、いずれも氾濫平

野に位置している。この区間では10箇所以上の漏水が発生し、左岸15.5km付近では写真-2に示すように最大で直径3m程度の巨大な噴砂跡が確認された。本箇所は、洪水時に堤内地が広い範囲にわたって水没していたため、水防活動ができず、若干は水圧バランスが作用したものの、このように大規模な噴砂跡が形成されたと考えられる。

左岸22.0km付近では、裏のり尻およびその近辺で200m以上の範囲にわたり、30箇所以上の噴砂跡が確認された。当該区間は米代川の湾曲部に位置しており、川表側は流路の影響を受けた粗粒な堆積物が、川裏側は細粒分を主体とする氾濫源堆積物が分布していると思われる。多くの箇所で噴砂が確認されたのは、上述したような基礎地盤の表層付近の土質の変化による影響が考えられる。

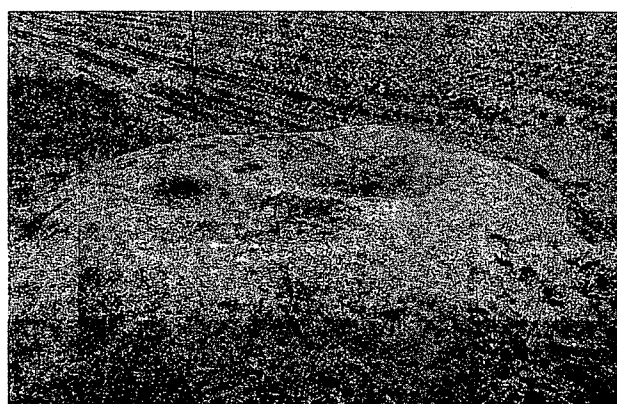


写真-2 直径3m程度の噴砂跡(左岸15.5km付近)

(2) 北上川

右岸47.0km付近では、900m以上の範囲にわたって17箇所でも漏水が発生した。本区間内には、旧河道が含まれており、旧河道に近い箇所では水防活動による月輪工の中央に開口部が見られるなど、他の箇所と比べて被災規模が大きくなる傾向が確認された。

右岸66.4km付近では、240m程度の範囲にわたって10箇所でも漏水が発生し、そのうち3箇所でも噴砂跡が確認された。当該箇所付近で過去に行われた土質調査結果を考慮すると、旧河道およびその付近の旧川微高地に位置すると考えられる。

右岸130.8km付近では、300m程度の範囲にわたって11箇所でも漏水が発生した。当該箇所は、本川の湾曲部に位置しており、堤体は砂礫を主体として築造されていた。

左岸47.0km付近では、のり尻から10m程度離れた位置で2箇所の漏水が確認された。当該箇所は氾濫平野に位置しており、特に注意すべき地形は見られないが、200m程度上流側には過去の漏水被害を受けて川表側に止水矢板が施工されていた。

左岸56.2km付近は支川(人首川)との合流部に位置し、両河川堤防裏のり尻付近で8箇所程度の漏水が確認された。当該箇所のうち、本川堤防は旧河道に位置していた。

左岸113.8km付近では、420m程度の範囲にわたって15

箇所で漏水が発生した。当該箇所は、本川の蛇行部分に位置し、ポイントバーの形成されやすい地形と考えられたが、現地調査によって堤体の一部が透水性の高い粗砂や砂礫主体で構成されていることが推定された。

4. 堤防点検結果の妥当性検証

つぎに、前述の調査箇所について、堤防点検結果と比較することにより点検結果の妥当性について検証を行った。当該箇所のうち、詳細点検を実施していた区間に含まれていたのは9箇所、このうち表-2に示す7箇所ではパイピングに対する評価基準 ($i_v, i_h < 0.5$, $G/W > 1.0$) を満足し、想定外力に対し安全と評価されたにもかかわらず、今回の洪水により被災が発生している。全延長で考えた場合、米代川では26箇所中4箇所、北上川上流(40.47~134.80km)では19箇所中3箇所であった。一方で安全性が低いと評価されていた区間において結果的に想定された被災が発生しなかった区間は、米代川では17区間中15区間、北上川上流では5区間全てであった。

表-2 被災箇所における点検結果との不一致箇所

河川名	被災箇所	地形 (位置)	局所 動水 勾配 (iv, ih)	揚圧 力 (G/W)
米代川	左岸 7.8km	旧川微高地	0.31, 0.36	—
	左岸 15.5km	氾濫平野 (背後山付き)	0.25, 0.38	—
	左岸 16.6km	氾濫平野	0.25, 0.38	—
	左岸 22.0km	氾濫平野 (蛇行部)	—	1.77
北上川	右岸 130.8km	氾濫平野	—	1.38
	左岸 56.2km	旧河道～ 氾濫平野 (支川合流部)	—	1.01
	左岸 47.0km	氾濫平野	0.02, 0.17	—

5. 被災時のデータを用いた安定度評価結果

4. に示したように、堤防のモデル化等において課題があると考えられたため、被災時のハイドロデータを用いて浸透流解析により、洪水時の堤体内浸透流を再現し、安定度評価を行った。米代川では、被災直後に被災箇所を対象とした土質調査が行われており、土層構成や土質定数等を解析条件に反映させた。北上川では、当該区間の詳細点検対象断面の土質データを使用した。

また、降雨量は近傍の観測所データを用い、水位変動については近傍の観測所での観測結果と現地での水位痕跡から推定した。断面形状は測量結果から設定した。

表-3に解析結果(米代川については能代河川国道事務所提供)を整理して示す。被災箇所の土層構成まで考慮

した米代川では、局所動水勾配および揚圧力の値が基準値を満足せず、パイピングのおそれがあると判定される結果となった。すなわち、実際の状況をよく表していると考えられる。

いっぽう、ハイドロデータのみを考慮した北上川では、局所動水勾配および揚圧力の値が基準値を満足し、パイピングのおそれは小さいという評価結果となった。これは、土質条件が点検対象断面とは異なる、または堤防縦断方向からの浸透の影響を受けた可能性等が考えられる。

表-3 被災時のデータを用いた安定度評価結果

河川名	被災箇所	局所 動水 勾配 (iv, ih)	揚圧 力 (G/W)	主な詳細点検 との相違点*
米代川	左岸 7.8km	0.65, 1.02	—	堤内地盤高
	左岸 15.5km	0.88, —	—	基礎地盤表層の 被覆土層の有無
	左岸 16.6km	0.54, 0.66	—	
	左岸 22.0km	0.50, 0.61	0.49	堤外側表層の高 透水層の有無
北上川	右岸 130.8km	—	1.39	特に無し
	左岸 56.2km	—	1.07	(土層構成・土質 定数等は不明)
	左岸 47.0km	0.04, 0.08	—	

※断面形状の微細な違いや外力(水位)の違いは除く

この結果と詳細点検との比較を行ってみると、米代川では、詳細点検においては安全性が高いとされているケースが多かったが、その原因について検討してみると、左岸7.8kmを除く被災箇所において基礎地盤表層の土層構成が詳細点検と若干異なっていた。一例として、米代川左岸16.6kmでの土層モデルを図-1と図-2に示す。図-1の被災箇所の検討断面には、基礎地盤表層に詳細点検の評価断面では確認されなかった薄い被覆土層が存在していた。このため、基礎地盤内の水圧が上昇し、漏水が発生した可能性が考えられる。また、左岸7.8kmでは、堤内地の地盤高さが検討断面と異なっていた。

いっぽう、北上川の3箇所では、被災箇所そのものではなく詳細点検の検討断面における土質データを代用しているため、必ずしも実際の状態を表しているとはいえず、実際の現象と計算結果に差異が見られる。こうしたことから、今回の被災箇所では、表層付近を中心とした土層構成の把握が重要であったと考えられる。

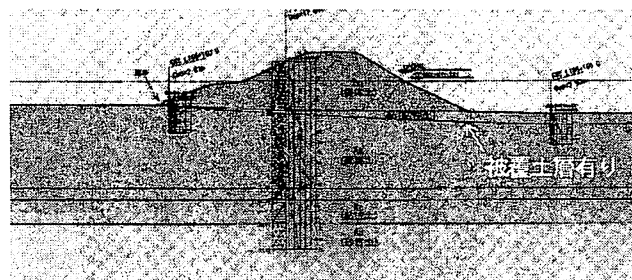


図-1 米代川左岸16.6kmにおける被災箇所の検討断面

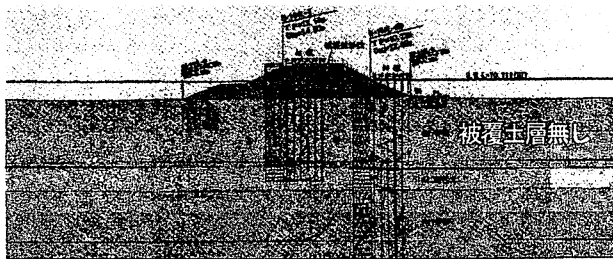


図-2 米代川左岸16.6kmにおける詳細点検の評価断面

※いずれも、能代河川国道事務所提供

6. 現行の点検手法の課題

前述の調査・検討結果をもとに、現行の点検手法における課題について考察する。現行の浸透に対する安全性照査・構造検討は、1) 構造検討の準備、2) 安全性の照査、の順に行われる。今回の被災箇所について、どの段階で点検結果との不一致が生じたと考えられるか、どのような課題が推察されるか等について、表-4に整理した。

表-4 今回の調査から抽出された構造検討上の課題

想定される不一致の原因	点検の段階	考えられる主な要因(課題)
断面形状の違い	1) 構造検討の準備 (一連区間の細分、代表断面の設定)	・ 評価断面選定の妥当性
土層構成の違い		・ 区間設定の妥当性 (概略点検の精度、縦断方向の調査不足) ・ 断面選定の妥当性 (縦断方向の調査不足) ・ 土層モデルの推定精度 (横断方向の調査不足)
その他 (堤防縦断方向の影響)	2) 安全性の照査 (浸透流計算)	・ 計算方法の問題 (二次元評価の妥当性)

断面形状や土層構成の違いは、現地調査の改善あるいは充実によって解決できると考えられる。地盤高の違い等を含む断面形状については、現地踏査の精度を高めることで定期横断等の測量成果を補間できると考えられる。土層構成の違いは、サウンディング等の簡易調査手法や物理探査による連続的な調査といった、土層構成の推定精度を高めるための土質調査手法の利活用によって、区間設定や断面選定の妥当性が向上すると考えられる。区間設定を適切に行うためには、地形判読や航空レーザ測

量等による概略点検結果の再精査も有効な方法と考えられる。

また、それ以外の原因として堤防縦断方向からの浸透の影響を受ける可能性も考えられ、表-3に示したような再現計算において十分に現象を再現できなかった箇所では、そのような三次元的な影響も考えられるが、今回は縦断方向の土質データが十分に得られなかったため、その影響については確認できていない。これについては、単純化した三次元モデルによる浸透流解析を行い、堤防縦断方向の構造に応じた安全性照査について検討を進めているところである⁹⁾。

7. まとめ

堤防被災箇所の現地調査ならびに当該箇所での安定度評価の結果、今回調査を行った被災箇所は詳細点検結果と必ずしも一致しなかったが、そのような箇所でも、検討断面の形状や基礎地盤表層の土質構成等を適切に設定することで、概ね評価が可能となることを示すことができた。すなわち、点検時の調査精度が重要であると考えられる。

いっぽうで、北上川での検討結果のように、堤防縦断方向からの浸透や水みちの存在による影響が懸念されるケースもある。今後は、実験や解析を通じて、安定度評価手法の精度向上に向けた検討を進める予定である。

謝辞：今回の現地調査においては、国土交通省東北地方整備局の能代河川国道事務所および岩手河川国道事務所の方々に災害等の現地情報、ならびに各種資料をご提供頂くなど多大なご協力を頂いた。この場をお借りしまして、心より感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省東北地方整備局能代河川国道事務所：H19豪雨による出水（平成19年9月17～19日）米代川出水速報，2007. 10.
- 2) 国土交通省東北地方整備局岩手河川国道事務所：平成19年9月洪水北上川上流出水速報（ホームページ），2007. 9.
- 3) 河川堤防設計指針：国土交通省河川局治水課，2002. 7.
- 4) 齋藤由紀子・古本一司・谷中仁志・小橋秀俊：堤防の安全性に及ぼす上下流の影響，土木学会第62回年次学術講演会，III-284，pp. 567-568，2007. 9.

(2008. 4. 3受付)