

# 豆津橋下流右岸（筑後川右岸 24k600 付近）の 堤防法崩れに伴う維持管理について

新山 幸宏<sup>1</sup>・下村 幸一<sup>2</sup>

<sup>1</sup>九州地方整備局 筑後川河川事務所 久留米出張所 管理第二係長（〒830-8567 福岡県久留米市高野 1-2-1）

<sup>2</sup>九州地方整備局 筑後川河川事務所 久留米出張所 出張所長（〒830-8567 福岡県久留米市高野 1-2-1）

## 1. はじめに

河川堤防は、洪水等による水災害防御施設として古くから整備が進められてきており、安全で安心な地域づくりをする上で重要な社会基盤施設の一つである。

河川堤防に求められる機能としては、耐浸透性や耐浸食性、耐震性等があげられますが、特に浸透に対しては、降雨と河川水を外力とした堤防のすべりやパイピングに対する点検や強化対策が行われてきているところである。

近年、全国各地で短時間豪雨の頻発に伴い、これまで堤防決壊に直結しないため、あまり重要視されていなかった雨水が原因と思われる堤防法面の表層すべり被災が少なからず発生している。その一方で、降雨による浸透対策上、堤防天端の舗装が推奨されていること鬼怒川堤防決壊を契機に危機管理型ハード対策としてアスファルト舗装による粘り強い堤防強化など行われてきており、降雨時の天端からの法面への排水が助長される恐れがあることから、堤防の雨水に対する対策や管理が求められている。

本報告では、令和元年 7 月出水 にて筑後川右岸 24k600 付近 の堤防法面 が崩壊 した被災要因（現在、対策工事中）の一つである兼用道路の排水（県道）において発表するものである。。

## 2. 被災箇所の概要

### (1) 被災地区

筑後川右岸 24k600 の佐賀県みやき町に位置しており、上流に対岸の福岡県と生活圏をつなぐ豆津橋が存在している。河川敷は、ゴルフ場として利用や散策される方もおおく広く河川利用者に親しまれている。



被災箇所の上空写真

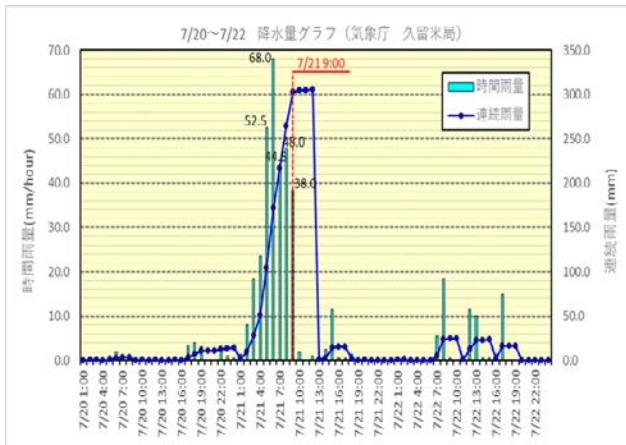
### (2) 被災箇所

現場は筑後川にかかる豆津橋の下流約 100m の位置で、距離標では 24k700 付近の右岸側にあたる。崩壊は川表側斜面で幅約 30m に渡って発生しており、発生時期は一般住民より通報があった 7 月 21 日 9 時以前であったと考えられる。



## (3) 被災時の気象状況

災害当日は、沖縄近辺で発生した台風に刺激された梅雨前線が線状降水帯となって福岡県南部に豪雨をもたらした日にあたる。7/21 未明に降り始めた雨は、AM6:00 の時点で時間雨量 50mm を超える猛烈な雨となり、連続雨量は AM9:00 時点で 300mm を超えている。また、河川水位状況は、水防団待機水位を 3 時間超過する程度であった。



被災箇所周辺の降水量グラフ(気象庁：久留米局)

## 3. 現地調査

## (1) 専門家による現地調査

被災発生の日翌日 7 月 22 日に崩壊後の現地状況をテックドクターである九州大学の安福教授に現地踏査をしていただき助言を頂きました。結果は以下に図 1 及び各写真に示し概説する。



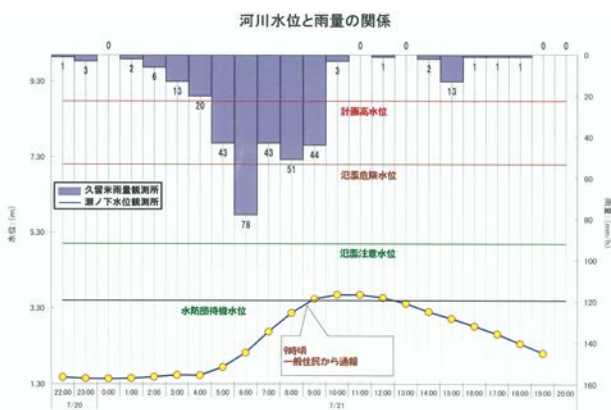
テックドクターによる現地調査

## 【踏査結果の概要】

- 崩壊箇所の幅は約 30m。
- 崩壊した盛土は、細粒分、少量の礫分を含んだ砂質土。(写真③参照)
- 崩壊斜面から湧水が確認される。(写真③参照)
- 県道の歩道部は排水構造が十分でなく水たまりとなっている。(写真②参照)
- 崩壊土砂は、30m 程度河川側に流れ出している。(写真⑬参照)
- 崩壊土砂は、フェンスを転倒させていないことから泥濁化し、流動土砂となった状態で移動したと考えられる。(写真⑬参照) よって崩壊は、一気に崩壊したものと推察される。
- 崩壊箇所は袋詰め土の工で復旧されている。(写真⑥参照)
- 崩壊土砂の下には、変状のない地山が確認できることから、小段より上部の斜面のみ崩壊していると推察される。(写真⑦参照)
- 上流の変状箇所は、幅 12.5m。
- 上流の変状(未崩壊)箇所は、明瞭な頭部亀裂や末端の隆起が認められる。(写真⑧参照, ⑨参照)

## 【テックドクター安福教授からの助言】

- 崩壊は、非常に強い降雨状況と表面水の流入等が引



被災箇所周辺の河川水位グラフ

(国交省：瀬ノ下観測所)





き金になったのではないかと推察される。

- ・崩壊は円弧状に発生しており、小段部より上部で崩壊しており、ゆっくりと崩壊に至ったのではないかと推察される。
- ・崩壊地点に雨水が集中する箇所になっており、表流水が供給され易い状況であった可能性がある。
- ・すべり面に表出した盛土は比較的締まっており、堤防本体に問題はないと推察される。
- ・調査は、簡易的に動的コーン貫入試験を行う形で良いのではないかと推察される。範囲から見て5測線程度行えば良いのではないかと推察される。
- ・室内土質試験は、崩壊した土砂を対象にブロックで残っている部分と泥濘化した箇所で行ってみてはどうか。ブロックの箇所は可能であれば一面せん断試験を実施してみるのも良いかもしれない。その場合、不飽和状態と飽和状態の両方できるのであればやってみた方が良い。
- ・飽和は、24時間程度の浸水で良い。試験法は定体積法での実施が良いと思われる。
- ・応急対策として袋詰め土の工が施工されており、現段階での安全性に問題はない。
- ・本復旧対策は、雨水の流入や舗装面からの流入などを抑制させる対応を考えることが望まれる。

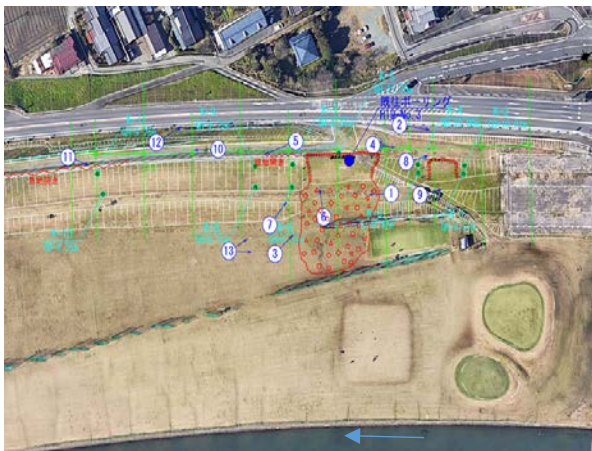


図1 踏査結果



写真②



写真④



写真③

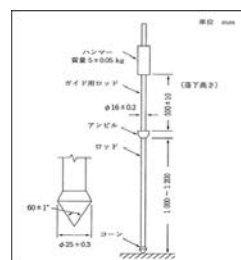


写真⑫

#### 4. 土質試験

##### (1) 簡易動的コーン貫入試験

簡易動的コーン貫入試験は、原位置における地盤の貫入抵抗を求め、斜面上の不安定土砂の性状や層厚を確認することを目的としている。今回、被災した斜面部分の試験を実施し、結果は以下の図2に示す。



簡易動的コーン貫入試験概要

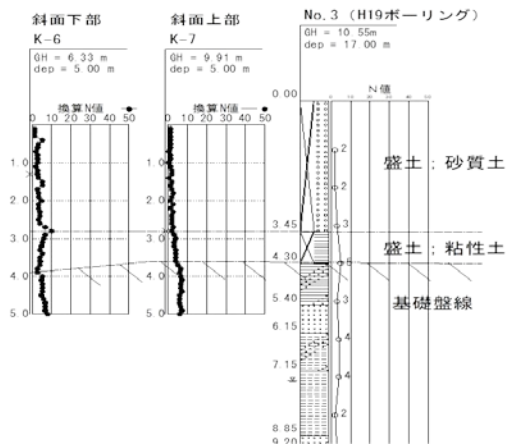


図2 簡易動的コーン貫入試験

- ・簡易動的コーン貫入試験結果は、周辺の既往ボーリング結果に合致した内容であった。
- ・3~3.5m 程度まで極めて軟質  $N_d < 5$  であり、その後わずかに締まりが良くなる。その境界が基礎地盤と盛土地盤の境界であると推察される
- ・斜面上部と斜面下部に層厚等の相違はなく比較的等厚に層が構成されている。
- ・被災した層は、最上位の「盛土; 砂質土」であると考えられる。

## (2) 室内土質試験

崩壊対象土の室内土質試験を実施することで以下の内容について確認する。

### ○実施項目

- ・崩壊土のうち「泥濘化した対象土」の『物理特性』を把握する試験を実施した。
- ・崩壊土のうち「ブロックを残した対象土」の『物理特性』『力学特性』を把握する試験を実施した。
- ・対象土の化学物質確認のための分析を行った。

### ○実施目的

- ・崩壊対象土の物理特性を確認する。(粒度状況や含水状況等)
- ・泥濘化した土と泥濘化に至っていない土の(含水等)状況の違いについて確認する。
- ・崩壊対象土砂に火山灰等が含まれていないか確認する。
- ・変状が発生していない範囲との締まり具合の違いを確認する。
- ・不飽和状態と飽和状態のせん断強度の違いを確認する。



崩壊土の泥濘部とブロック部 (未泥濘)

### ○土質試験結果

- ・試験結果を以下の表1及び記述で示す。

表1 室内土質試験結果一覧表

地層名		崩壊土砂 (泥濘土)	崩壊土砂 (ブロック)	
地層記号		Bsc	Bsc	
物理的性質	物理的性質	湿潤密度 $\rho_t$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.725 (自然) 1.801 (飽和)	
		乾燥密度 $\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.330 1.316	
		土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.598	2.628
		自然含水比 $W_n$ (%)	40.0	29.7 (自然) 36.9 (飽和)
		間隙比 $e$		0.976 0.997
		飽和度 $S_r$ (%)		80.0 97.1
		コンシス	粒径 2~75 $\mu$ m (%)	0.7
	砂分 0.075~2 mm (%)		49.4	56.0
	シルト分 0.005~0.075 mm (%)		26.7	35.2
	粘土分 0.005 mm未満 (%)		23.2	8.0
	液性限界 WL (%)		37.5	49.1
	塑性限界 WP (%)		24.2	30.3
	分類	塑性指数 IP	13.3	18.8
分類名		細粒分質砂	粘性土質砂	
せん断強度	状態	分類記号	(SF)	(SCs)
		状態	不飽和	飽和
	全応力	粘着力 $c$ (kN/m <sup>2</sup> )	60.8	36.1
		内部摩擦角 $\phi$ (°)	6.5	6.4
		有効応力	粘着力 $c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	32.7
内部摩擦角 $\phi'$ (°)	33.9		23.1	

- ・崩壊土砂は、液状の状態であった。実施した試験結果で『泥濘土』の自然含水比は  $w = 40.0\%$  であった。一方、『泥濘土』の液性限界試験(土が液状化せずに塑性状態を保持する限界の含水比)は  $WL = 37.5\%$  であり採取土は液性限界を超えており、崩壊土砂(泥濘土)の状況と合致する結果となった。
- ・火山灰はわずかに含まれるが、大量に混入してはいない。
- ・やや粘性土に偏っており、やや亀裂の入りやすい材料ではある。



・せん断強度は、資料を飽和させると粘着力が大きく低下する。

現地の崩壊土をブロックサンプリングした不攪乱土を用いて一面せん断試験を実施した。試験は、「採取時の含水状況の試験試料」と「一日浸水した飽和状況の試験試料」の2つの条件で試験を行った。

飽和度 80% → 97.1%

試験結果は下表に示すとおりであった。

試験結果では、不飽和時に比べ飽和時の粘着力が大きく低下しており、飽和によって見かけの粘着力が失われ、せん断強度が低下する状況が再現されている。

表2 せん断試験結果一覧

せん断強度	状態		不飽和	飽和
	全応力	粘着力 $c$ ( $\text{kN/m}^2$ )		60.8
内部摩擦角 $\phi$ ( $^{\circ}$ )			6.5	6.4
有効応力	粘着力 $c'$ ( $\text{kN/m}^2$ )		32.7	26.2
	内部摩擦角 $\phi'$ ( $^{\circ}$ )		33.9	23.1

## 5. 想定される崩壊原因

今回の調査結果から斜面崩壊の原因の検討を行った。

### (1) 表面水流入の影響

測量および現地調査の結果、図2赤色のハッチング箇所は標高が低く、豪雨時には現地に水溜まりができる。

写真①に示す県道歩道部は、右図に示すとおり土砂の堆積によって歩道部に水が溜まる状況となっている。縦断的には県道に沿って下り勾配を持つが、車道、歩道ともに河川側に傾斜勾配があり、やや強い降雨で写真の通り水溜まりとなっている。また、溜まった表流水は数 cm で越流し、川表側に流入する。

流入した表流水は、写真②に示す窪地（凹地形）に流下し、崩壊斜面に流れ込んでいたと考えられる。事実、これまでもこのような表流水の流下経路を形成したことから、窪地となっていると推察される。供給された表流水は、被災箇所流れ込むのと合わせて、斜面勾配をほとんど持たない堤防天端に一時貯留され浸透することで地下水位上昇の一因となっていると考えられる。

堤防側に流入せずに県道を流下した表流水は、写真③に示す通り、河川側の路側帯部を流下し、写真④に示す県道サグ部に流達する。この箇所は、県道の排水構造物が無く表流水は溜まったままの状態となる。もちろん、道路センターの標高を超えた溜まり水は、川裏側の管理道流れ落ちていく。そのため川裏側の管理道斜面も小崩壊を生じている。

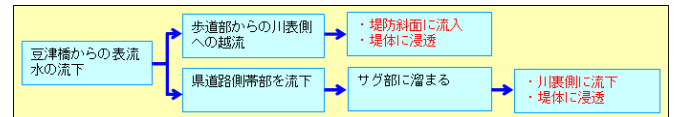
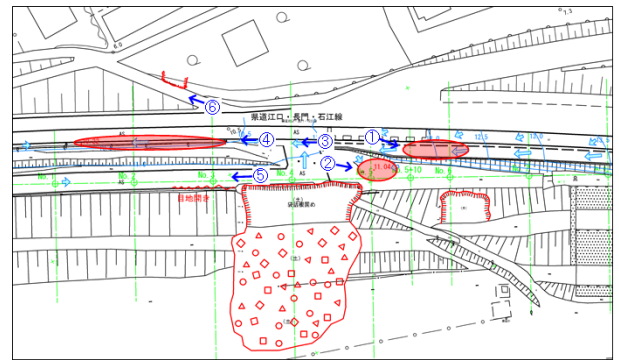
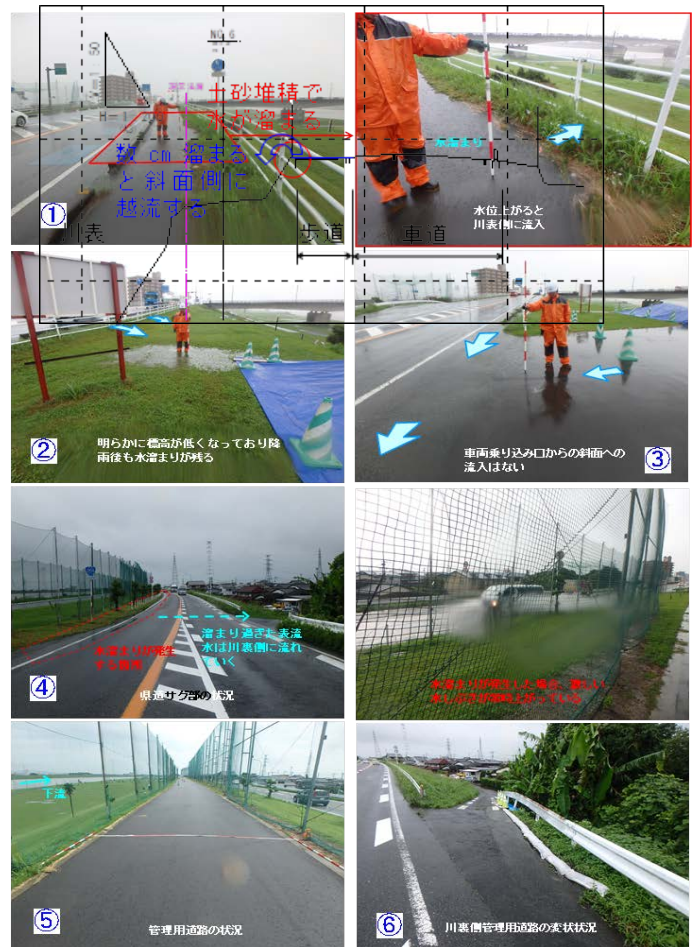


図2 表面水流入の状況整理  
右図（写真①の状況）

### (2) 盛土材料の影響

室内土質試験結果で述べた要約を以下に示すが、盛土材料は表流水が浸透しやすい状況であることがわかった。ただし、盛土材料による今回の表層崩壊に対する影響は、限定的であると考えられる。

・火山灰はわずかに含まれるが、大量に混入してはいない。



・やや粘性土に偏っており、やや亀裂の入りやすい材料ではある。

### (3) 堤防状態の影響

現地盛土は、1:2.0 および 1:3.0 の法勾配で施工されており、5mの幅広小段が存在する。また、表層は張芝が行われ、問題なく活着している。

堤防の状態としては、今回の表層崩壊に影響したとは考えられない。

### (4) 飽和による見かけの粘着力低下

室内土質試験結果で述べた要約を以下に示すが、盛土材料は、飽和することで盛土材料の持つ、せん断強度が大きく低下することがわかった。飽和による見かけの粘着力低下は、今回の表層崩壊に対して大きく影響していると考えられる。

- ・ 24時間の水浸のみで、ほぼ飽和の状況となった。
- ・ 不飽和状態での試験結果に比べ、飽和状態での試験値は大きく低下した。

## 6. 対策工法

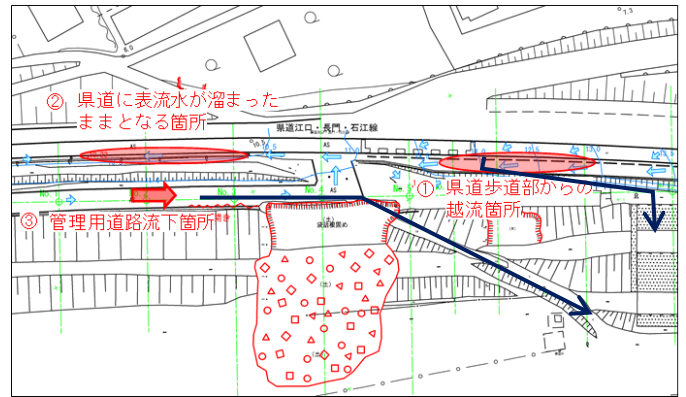
今回の災害は、堤体本体には及ばない堤防表層の崩壊と考えられ、「表流水の集中」が主要因であると考えられる。堤防構造や材料に起因する部分は極めて限定的と考えられ、当該箇所への復旧対策としては「表流水の排水対策」に主眼を置き、崩壊箇所の復旧としての「盛土による法面再構築（標準堤防構造による復旧）」の2つが考えられる。

### (1) 盛土再構築

将来形状での腹付け盛土を行うこととし、盛土材料は、締め固めのし易い良質な土砂を利用するが、現地発生土の流用はしない。

### (2) 表流水排水

堤防に供給される表流水の原因箇所は、3箇所存在する。以下に箇所毎の対策案を示す。



- ① については、今回被災した大きな原因と考えられるため、道路管理者と協議し、県道歩道部の表流水を川表の土堤へ供給軽減させるために、歩道受け側溝を設置し、排水先を上流側の川表護岸へ導水することで堤防への供給水（浸透水）を軽減させる措置を行う。
- ② については、対応道路管理者と協議しながら、堤防への供給水（浸透水）を軽減させる措置を検討していくこととする。
- ③ については、改修計画に基づき、堤防腹付け工事中で、堤防強化がなされるとともに、表流水について天端に水たまりをつくらず堤防へ供給軽減させるため上流側の坂路上で排水させる措置を行う。

## 7. おわりに

降雨による表流水を原因とする堤防すべり被災について、それが直ちに堤防決壊に結びつく現象ではないこともあり、これまで堤防管理においてあまり重要視されてこなかったが、本被災事例を踏まえ、改めて堤防天端の雨水の表流水に着目した巡視や堤防点検の継続的な実施が必要と考える。

また、雨水の表流水が堤防に与える影響などを河川に隣接する道路管理者（天端や川裏の県道、橋梁など）と共有することで意識の向上につなげるとともに、道路管理者（道路部局）と出水期前の合同点検を行うことも効果的と考える。