

2013年（平成25年）台風18号による 日野川の堤防崩落と対策について

安井 雅弘¹

¹東近江土木事務所 河川砂防課

2013年（平成25年）9月15日から16日にかけて近畿地方に接近した台風18号により、滋賀県では近年まれにみる豪雨となった。東近江土木事務所管内においても浸水被害が多数発生し、天井川である日野川や祖父川では堤防裏法の漏水や崩壊、堤内部での噴砂が確認されている。

今回、特に被害の大きかった竜王町弓削地先の日野川における堤防裏法の崩壊について、崩壊のメカニズムから対策工法の選定について報告する。

キーワード 台風18号、日野川、堤防崩壊

1. はじめに

日野川は鈴鹿山系綿向山に源を発し、日野町、東近江市、竜王町、野洲市、近江八幡市の3市2町を貫流して琵琶湖に注ぐ、流域面積207.10km²、河川延長46.70kmの一級河川である。現在、河口より2.8kmが整備済み、その上流6.6km区間の善光寺川合流点までを整備区間として河川改修を進めている。

堤防裏法の崩壊が発生した竜王町弓削地先は、整備区間より上流に位置し、当面の間は整備が及ばない範囲であるが、堤防の質的強化対策を講じる河川（トランク河川）と位置づけている区間にある。（図-1）

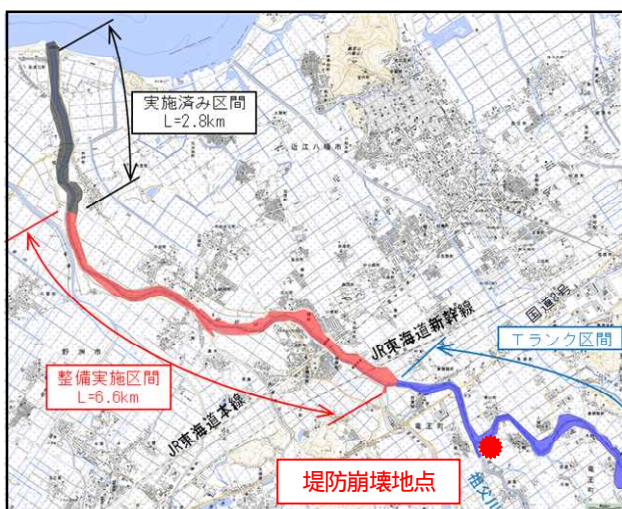


図-1 日野川平面図

2. 気象状況

(1) 降雨状況

日野川流域での降雨状況は、降り始めからの累加雨量が日野町熊野で430mm、日野町中之郷（桜谷観測所）で279mm、蒲生観測所で197mm。時間最大雨量が日野町熊野で57mm/h、桜谷観測所で44mm/h、蒲生観測所で29mm/hであった。（図-2）

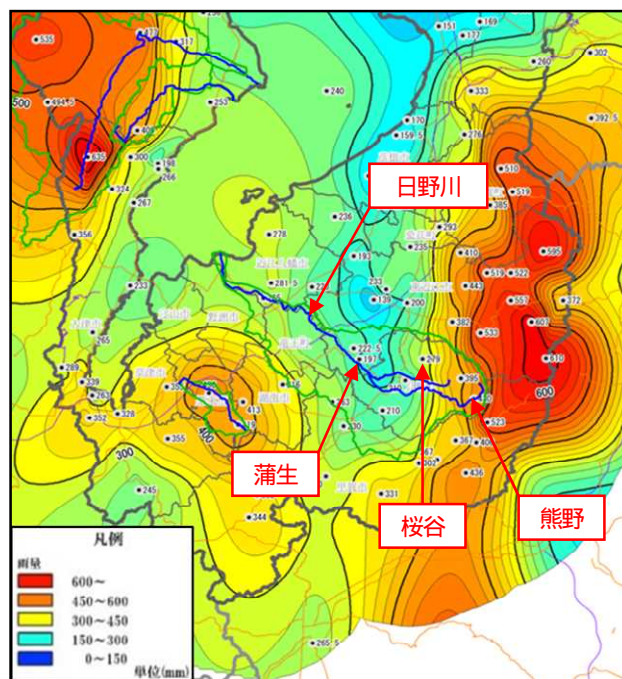


図-2 総雨量分布図

(2) 水位状況

弓削地先の堤防裏法崩壊地点約2km上流にある安吉橋観測所の水位は雨量に並行して上昇を続け、16日8時に計画高水位（6.00m）を超え、16日9時には6.39mを記録している。（図-3、図-4）

3. 堤防の被災形態と被害状況

(1) 被災形態

堤防の被災形態としては、越水による堤防裏法の浸食、堤体および基礎地盤への浸透による堤体の弱体化、流水による浸食などがある。また、浸透による被災形態としては、法面すべりとパイピングの2形態がある。

a) 法面すべり

河川水だけでなく雨水が堤体に浸透することにより、堤防の重量が増え堤体土の強度が低下し、すべり破壊が生じる。裏法尻および法面に浸潤線が達すると川裏法面がすべり破壊を起こし破堤に至る。（図-5）

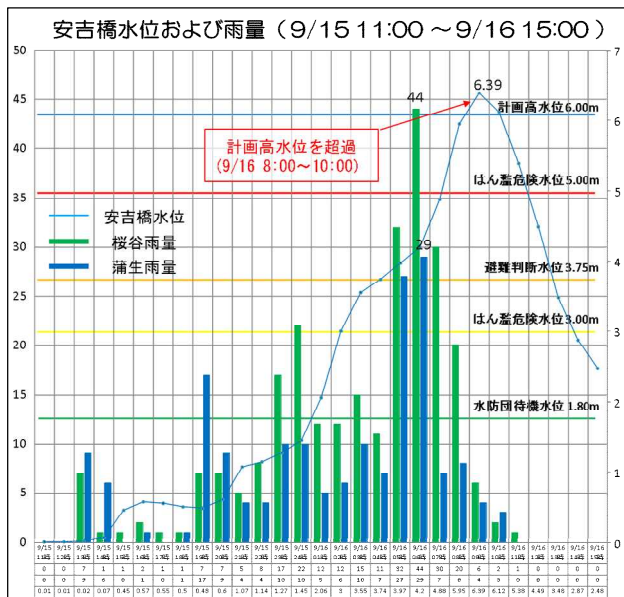


図-3 日野川の水位および雨量



図-4 16日9時の安吉橋

b) パイピング

河川水位が上昇し川裏法尻付近の動水勾配が高まると、浸透破壊が起き噴砂が始まる。堤内地盤に被覆土層が存在する場合には被覆土層下面に圧力が作用し、ある程度大きくなると盤ぶくれが生じる。さらに圧力が大きくなると被覆土層が破れ、漏水や噴砂が生じる。このような噴砂が継続すると、徐々にパイプ状の水みちが形成される。漏水・噴砂の勢いが増すと堤防にとって有害な空洞が堤防下に形成され、堤体の沈下や陥没が発生し破堤に至る。（図-6）

(2) 被害状況

弓削地先の堤防裏法崩壊箇所は、日野川と祖父川の合流地点である。祖父川の堤脚部にはブロック積擁壁が施工されており、日野川の堤防へすり付いている。崩壊はブロック積擁壁と土羽堤体との境界部分で発生した。現地確認の結果、堤体からの浸透水が確認されたが越水とパイピングは確認されていないため、崩壊のメカニズムとしては浸透による堤体の法面すべりが発生したと考えられる。（図-7、図-8）

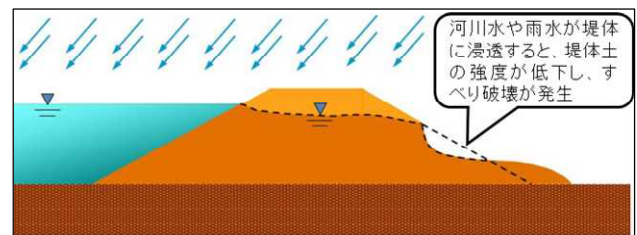


図-5 法面すべり¹⁾

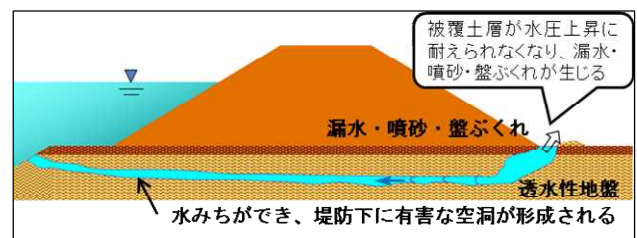


図-6 パイピング¹⁾

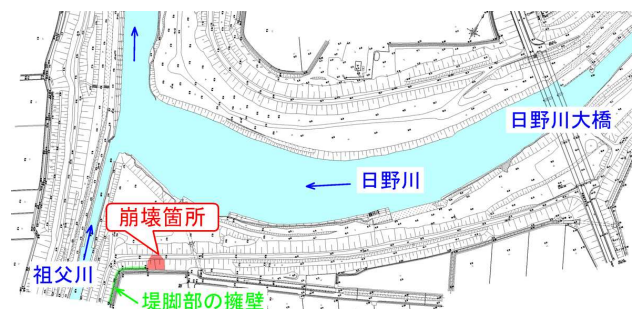


図-7 崩壊箇所平面図



図-8 崩壊直後の状況

4. 「今後の堤防管理に関する技術検討会」による検証について

滋賀県では、台風18号により鴨川および金勝川の堤防決壊や安曇川および日野川の堤防裏法の崩壊を踏まえ、再度災害の防止を図るため「今後の堤防管理に関する技術検討会」を設置し、2014年（平成26年）1月23日から11月11日にかけて、専門家の意見を伺いながら計4回の検討会を開催した。この中で、本被災箇所では崩壊メカニズムと対策工法ついて検証を行った。

5. 堤体の地盤状況

崩壊箇所では平成21年度に土質調査を行っていたが、被災後の平成26年度に追加調査を行った。（図-9）

調査位置は30m程度しか離れていないが、土層構成が大きく異なることが判明した。過去の被災履歴や築堤履歴は不明だが、堤脚部擁壁の切れ目であることなどから、日野川と祖父川の築堤時期・築堤材料が違うことが考えられる。

平成21年度の調査は堤防天端より深度15.5mまで行われており、堤体部は天端から礫質土層、砂質土層、礫質土層の3層から形成されている。基礎地盤には3m程度の粘性土層が分布しているが、その下は礫質土層、砂質土層が厚く分布している。（図-10）

平成26年度の調査では堤防天端より深度25.5mまで行った。これは基礎地盤の粘性土層が薄く、パイピングの恐れがあると考えられたためである。土層構成としては堤体部が天端から砂質土層、礫質土層、粘性土層となっており、基礎地盤の粘性土層は1.5m程度と薄く、その下は礫質土層、砂質土層が11m程度分布し、1.2m程度の粘性土層を挟むが、その下は再び礫質土層、砂質土層が分布している。（図-11）

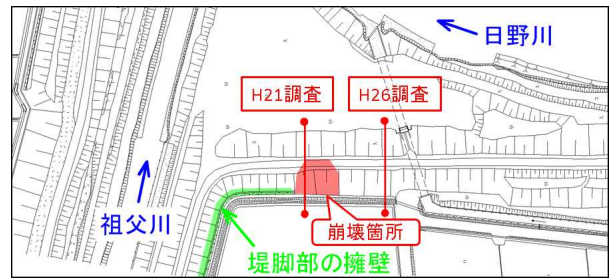


図-9 調査位置平面図

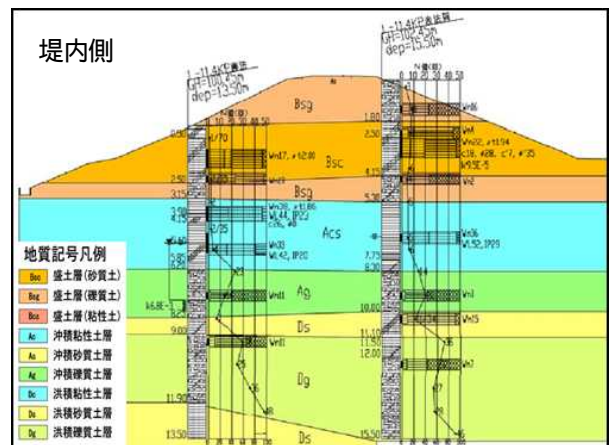


図-10 平成21年度調査の地質断面図

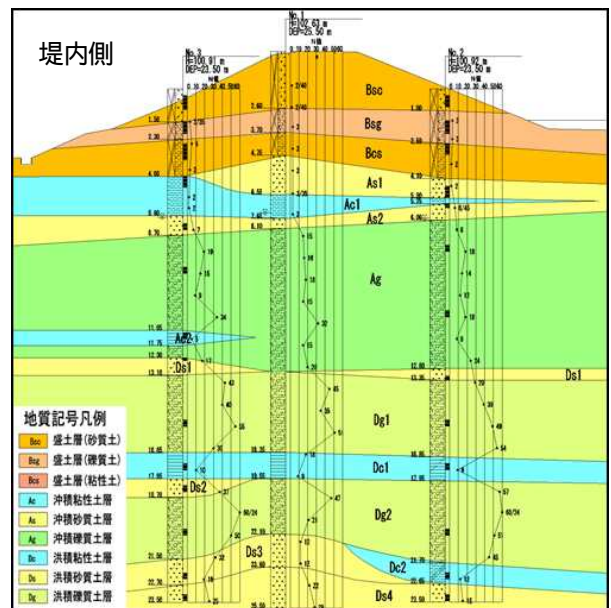


図-11 平成26年度調査の地質断面図

6. 被災時の浸透流解析

(1) 解析モデル

被災原因の検証を行うため、土質調査位置である2断面に加えて、被災箇所下流の擁壁が存在する箇所と祖父川右岸の堤防を加えた4断面にて解析モデルを設定し浸透流解析を行った。(図-12、表-1、表-2)

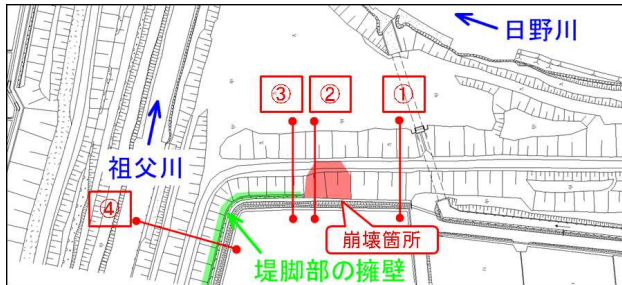
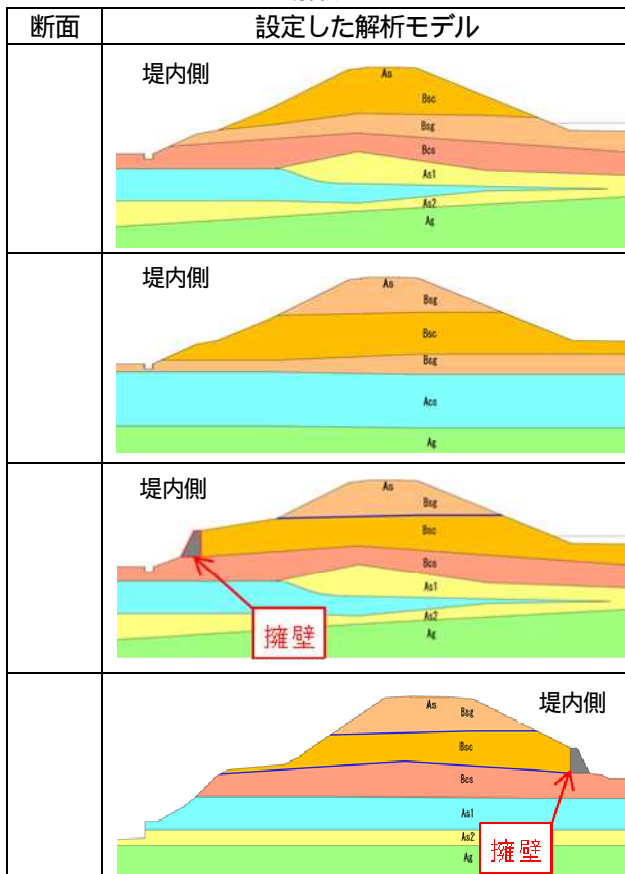


図-12 解析位置平面図

表-1 解析断面の選定

断面	断面の概要(選定理由)
	・平成26年度の調査断面
	・被災箇所・平成21年度の調査断面
	・被災箇所下流の堤脚部擁壁が存在する断面 ・擁壁の有無が堤体の安定性に与える影響を検証するために解析対象断面として選定
	・祖父川右岸の断面 ・祖父川からの縦断方向の河川水の浸透が影響を与えた可能性を検証するため選定

表-2 解析モデル



a) 土層構成

土質調査の結果、被災箇所付近の土層構成は大きく異なることが判明している。こうした堤体の土層構成の違いを踏まえ、解析断面のモデル作成にあたっては、堤体の土層構成の違いや、堤脚部擁壁の有無が堤体の安定性に与える影響を明らかにする観点から、表-3のように設定した。

b) 土質定数の設定

土質定数は平成26年度調査で実施した土質試験結果に基づき設定した。(表-4)

c) 設計外力の設定

設計外力の設定は、蒲生観測所の降雨実績と安吉橋観測所の水位観測記録を基に整理し、外力波形(降雨波形・外水位波形)を設定した。(図-13)

なお、被災時の日野川の水位は、堤防天端 - 1.8mである。

表-3 土層構成の設定根拠

断面	堤体モデル	基礎地盤モデル
	平成26年度調査 (堤体最上層：砂質土層)	平成26年度調査
	平成21年度調査 (堤体最上層：礫質土層)	平成21年度調査
		平成26年度調査

表-4 土質定数の設定

土層名	平均N値	単位体積重量 (kN/m ³)	せん断試験		透水試験	
			粘着力 c (kN/m ²)	せん断抵抗 (度)	飽和透水係数 k (cm/s)	
盛土	Bsc	1.9	19.8	0.0	35.6	2.00E-05
	Bsg	4.5	20.6	0.0	35.6	4.50E-04
	Bcs	2.8	19.1	25.9	3.9	1.00E-06
沖積層	As1	2.5	18.9	18.8	27.6	5.00E-06
	Ac1	1.8	18.9	30.7	3.3	1.00E-05
	As2	8.0	17	0.0	30.1	3.00E-02
	Ag	17.4	19	0.0	31.6	5.00E-02
洪積層	Ac2	5.0	16	30	0.0	1.00E-05
	Ds1	17.3	18	0.0	32.8	2.00E-05
	Dg1	41.9	20	0.0	36.4	1.00E-01
Dc	8.5	16	68	0.0	1.00E-05	

赤：試験値 青：推定値

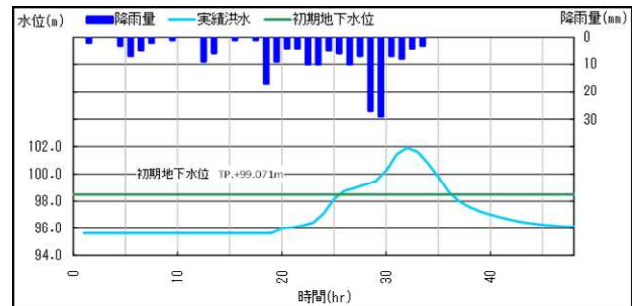


図-13 外力波形

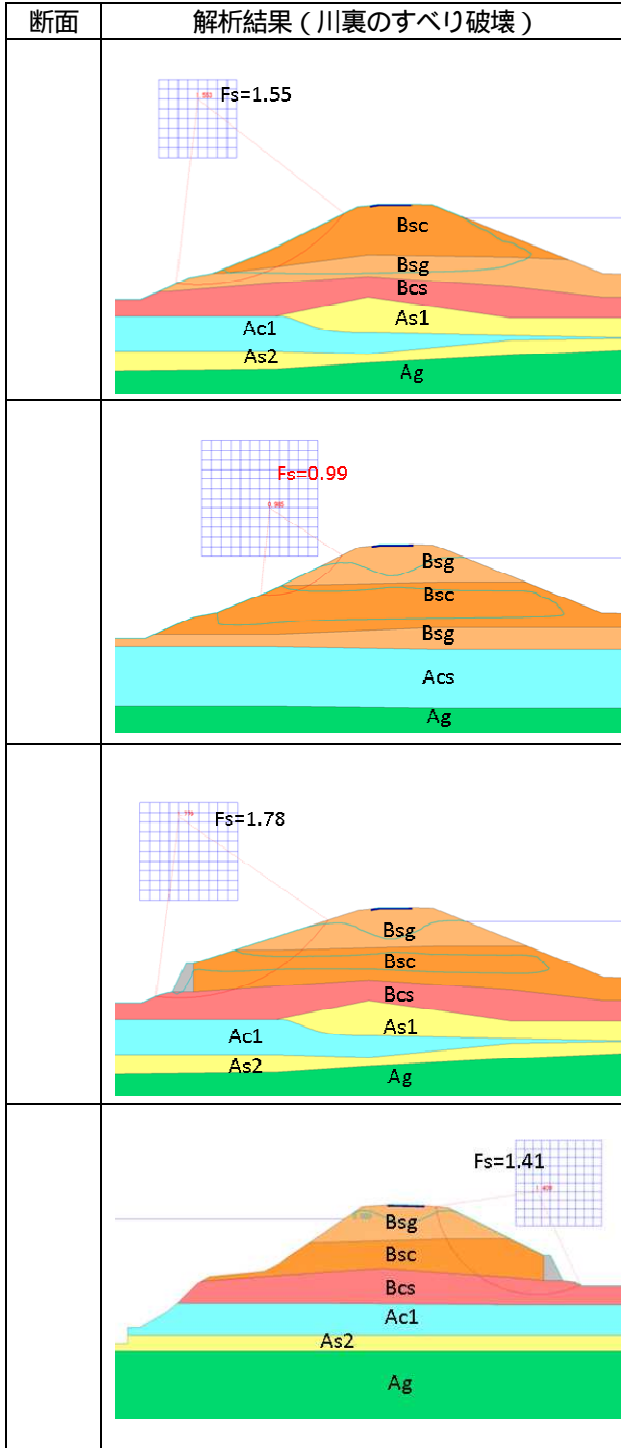
(2) 解析結果と考察

解析を行った4断面について解析結果を表-5および表-6に示す。

表-5 解析結果一覧表

断面	パイピング破壊		盤ぶくれ	すべり破壊	
	ih <0.5(許容値)	iv <0.5(許容値)	G/W >1.0(許容値)	川裏	川表
	0.18	0.00	0.74	1.55	1.40
	0.39	0.16	0.74	0.99	1.06
	0.61		0.81	1.78	1.07
				1.41	1.43

表-6 解析結果



被災箇所である断面にてすべり破壊の安全率が1.0を下回り、安定性が確保できていなかった。その他の断面ではすべり破壊の安全率は1.0を上回っており、被災形態を裏付ける結果となった。なお、現地ではパイピングや盤ぶくれの現象は確認されていないが、許容値は下回る結果となった。

被災箇所(断面)は堤体上部に透水性が高い礫質土層が分布しているため、堤体内の水位が上昇しすべり破壊が発生したと考えられる。

断面では堤体上部が透水性の低い砂質土層であるため、堤体内の水位上昇が抑制され、すべり破壊の安全率1.0が確保されている。

断面は、堤体部の土質条件が被災箇所と同じであるが、堤脚部の擁壁によってすべり面が抑制され、安全率1.0が確保されている。

祖父川の堤防(断面)は断面と同様の結果となっているが、堤体内水位は堤体中程まで上昇している。

これらの結果より、被災箇所は礫質土層を堤体上部に有し、かつ擁壁が存在しない区間で、河川水の浸透および祖父川からの縦断的な浸透により堤体内水位が上昇した結果、局所的にすべり破壊が生じたものと考えられる。

7. 対策工法の検討

(1) 対策工法の概要

対策工法は「中小河川における堤防検討・対策の手引き(案) 滋賀県マニュアル」に則り検討を行った。被災箇所は購入土にて復旧しているため、断面の土層構成、土質定数を用いた。外力波形(降雨波形・外水位波形)は台風18号による出水よりも大規模な波形を用い、河川水位も堤防天端として解析を行った。

その結果、堤体内への浸透を抑制し、すべり破壊・パイピング・盤ぶくれすべての安定性を確保する対策が必要となることから、遮水シートによる堤防表土面の被覆と遮水矢板打設による浸透水の遮断が有効である。(図-14、表-7)

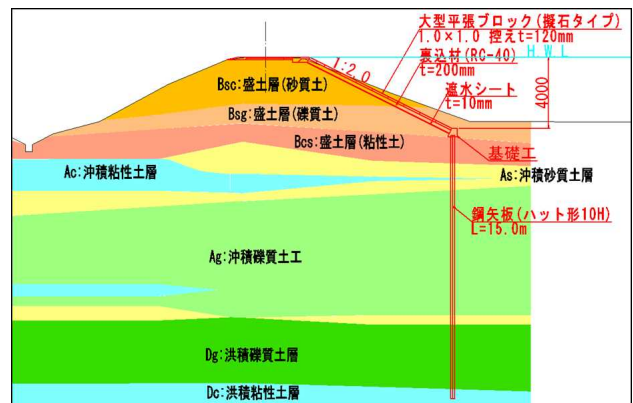


図-14 対策工法の概要

表-7 解析結果

検討 ケース	パイピング破壊		盤ぶくれ G/W >1.0(許容値)	すべり破壊	
	ih <0.5(許容値)	iv <0.5(許容値)		川裏 ()内は許容値	川表 ()内は許容値
現況	0.17	0.00	0.67	1.49 (1.58)	1.50 (1.00)
対策			1.19	2.41 (1.58)	2.11 (1.00)

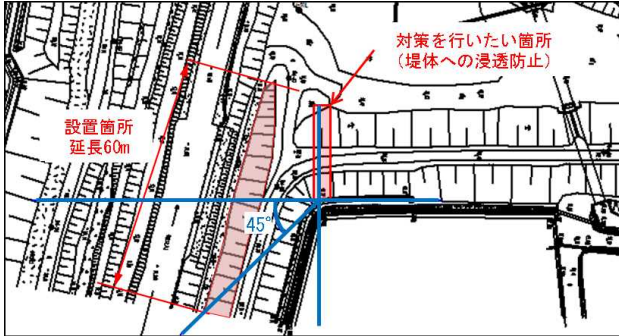


図-15 祖父川堤防の対策範囲



図-16 堤脚部擁壁

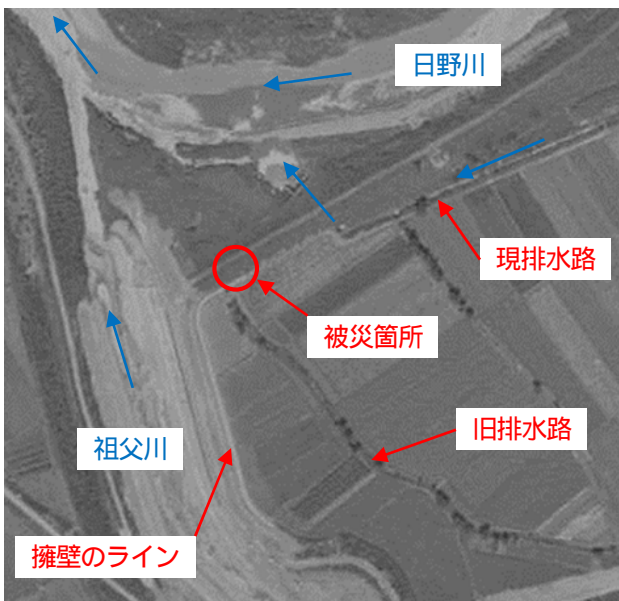


図-17 空中写真³⁾

(2) 祖父川からの浸透水の影響

祖父川からの縦断的な浸透水によって堤体内の水位が上昇した可能性があることから、祖父川堤防へも同様の対策を行う。設置範囲は対策が必要な区間の上下流端から45度で広げた範囲とする²⁾。(図-15)

(3) 堤脚部擁壁の影響

堤脚部擁壁には水抜きが設置されておらず、排水が十分でないため、堤体内の水位が上昇したことも考えられ、擁壁の撤去・復旧を行うこととした。(図-16)

8. 築堤履歴の検証

2015年(平成27年)10月より対策工事を行っている。その際地元住民より、上流部にある排水路の旧川が被災箇所周辺で日野川に合流していたとの情報を得た。そこで、国土地理院撮影の空中写真にて検証を行った。

図-17は1967年(昭和42年)に撮影された空中写真である。祖父川の堤防工事が行われており、この際に堤脚部擁壁が施工されたものと考えられる。また、被災箇所付近に繋がる旧排水路が確認できる。このことから、時期は不明であるが、旧排水路撤去の際に被災箇所付近の堤防の開削や埋戻しがなされ、土層構成が短区間で異なる結果となった可能性がある。

9. まとめ

2013年(平成25年)9月の台風18号による被災から2年余りが過ぎ、「今後の堤防管理に関する技術検討会」にて専門家の意見を伺い、ようやく対策必要箇所の工事に着手したところである。

本被災箇所は、日野川と祖父川の合流部であり、堤脚部擁壁の有無や短区間での土質の変化など、複合的な要因が重なった結果、弱点部が崩壊したものである。

昨今の異常気象により、毎年のように被害が発生している。災害復旧はより迅速な対応が不可欠であるが、今回のように議論を重ねることも大切であり、また、地元住民からの聞き取り等も重要な手掛かりとなることを改めて感じさせられた。

参考文献

- 1) 独立行政法人土木研究所：河川堤防の浸透に対する照査・設計のポイント，2014.7.
- 2) 河川堤防の浸透対策に関する現地モニタリングと三次元解析，河川技術論文集第17巻，2011.7.
- 3) 国土地理院撮影の空中写真(1967年撮影)

