

河川砂防技術研究開発

【成果概要】

① 研究代表者		氏 名（ふりがな）	所 属	役 職			
		藤田正治（ふじたまさはる）	京都大学	教授			
②技術研究 開発テーマ	名称	既設砂防堰堤の長寿命化に関する検討					
③研究経費（単位：万円）		平成29年度	平成30年度	平成31年度			
		196万円	182万円	112万円			
※端数切り捨て。		総 合 計 490万円					
④研究者氏名（研究代表者以外の研究者の氏名、所属・役職を記入下さい。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。）							
氏 名		所属機関・役職（※平成31年3月31日現在）					
水山 高久		政策研究大学院大学 政策研究科・特任教授					
本田 尚正		東京農業大学 地域環境科学部 地域創成科学科・教授					
池田 暁彦		(一財)砂防・地すべり技術センター 総合防災部・課長					
村松 広久		日本工営株式会社国土保全事業部 砂防部・次長					
三池 力		日本工営株式会社北陸事務所・課長					
長山 孝彦		日本工営株式会社北陸事務所・次長					
中野 雅章		日本工営株式会社中央研究所 総合技術開発第2部・部長代理					
伊藤 隆郭		日本工営株式会社 先端研究開発センター・課長					
中村 ゆかり		日本工営株式会社中央研究所 総合技術開発第2部1G・課長補佐					
⑤研究の目的・目標（様式地砂-1、地砂-2に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入下さい。）							
既存のコンクリート製砂防堰堤の多くは、水通し部の摩耗、前庭保護も含めた下流側の侵食・底抜け、土砂の吸出し、ひび割れ等の問題を抱えている。主堤と副堤の構造的な理由から落水の減勢が効果的に行われず、洗掘や土砂の吸出しによって副堤が底抜けするような事例も見られる。砂防堰堤は長期的に土砂災害防止軽減機能を発揮することが使命であり、防災上堰堤の長寿命化は重要な問題である。このため、2014年に、長寿命化計画策定ガイドラインが国土交通省から示された。今後、限られた予算内で多数の堰堤の補強・補修を実施するためには、事業の低コスト化とそれを可能にするための設計法や工法の開発を行うことが急務である。 本研究では、砂防堰堤の長寿命化対策技術の確立を目指して、常願寺川流域や近隣流域の施設を対象として、現行の設計基準に基づく補強・補修策の実行可能性やコスト上の問題点について明らかにするとともに、低コスト化を可能にする新規的な補強・補修の設計法と工法の提案を行う。 平成29年度は損傷事例の収集と損傷形態の分類を行った。また、現行堰堤設計基準や設計に必要な地盤・地下水の調査方法に関する資料収集を行った。平成30年度は、損傷の要因分析を施設自体と流水・河床変動特性の両面から行う。また、現設計基準に基づく堰堤の危険度評価、補強・補修策を提示し、その実行可能性について検討する。平成31年度は、コスト縮減を可能にする新規的な補強・補修策の考え方を検討し、具体的な補強・補修設計法と補強・補修工法の提案を研究期間内に行う。							

⑥研究成果

(1) 損傷の要因分析

北陸地方整備局管内における砂防河川にて、損傷を引き起こす要因について把握するために、上記の同管内で行われた損傷点検結果を基に、河川毎に損傷レベルb, cの堰堤が全体に占める割合を求め、考えられる要因との相関を調査した。比較した流域はおおよそ各直轄河川の支流単位である。検討対象とした要因は、①計画洪水流量、②堰堤設計時の越流水深、③計画洪水流量における最大流砂量、④単位流量あたりの最大流砂量、⑤経過年数である。この検討の結果、水通しの天端摩耗は、①計画洪水流量、②堰堤設計時の越流水深、④単位流量あたりの最大流砂量、⑤経過年数に対して正の相関が認められた。一方、ひび割れは、①～⑤の要素に対しても、相関性は認められなかった。ひび割れは材料の特性によるところが大きいと考えられる。また、洗掘については、③計画洪水流量における最大流砂量、④単位流量あたりの最大流砂量、⑤経過年数と関連性があることがわかった。

一例として、天端摩耗と経過年数の関係を図1、図2に示す。図1は北陸地方整備局管内の河川のデータ、図2は立山砂防事務所所管のデータを示したものである。これらの図を見ると、30～40年以降で天端摩耗や洗掘の損傷を受けた堰堤が増加する。また、立山砂防管内で見ると、30～40年以降で損傷形態の天端摩耗が増加し、50年以降で洗掘が増加していることがわかる。このように損傷のある堰堤の割合が急に増加する経過年数の閾値があることは興味深い。経過年数が大きいと大洪水の発生回数が大きく、総降雨量や総流量も増加することが関係していると思われるが、これについてはより詳細な検討が必要である。

図3に神通川水系砂防事務所所管の砂防堰堤について、総降雨量や総流量の増加するタイミングすなわち大洪水時と、経年劣化を合わせた図を示す。ひび割れ、洗掘に関しては明瞭な相関は見られなかったが、図のように天端摩耗については大出水を経験することで劣化が進むことが示唆された。特に、支川・本川の流砂環境の違いにより天端摩耗の大小が異なる事が示唆された。

なお、「ひび割れ」変状のうち、堰堤の「割れ」については、堤体の変位と応力を認知するものとして向きと大きさに着目すべきことを提案した。

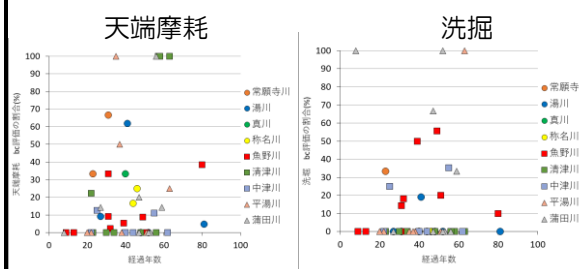


図1 経過年数と損傷b,c評価の相関

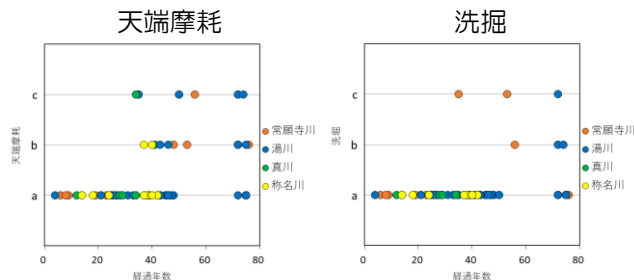


図2 1事務所全堰堤の経過年数に対する損傷度分布

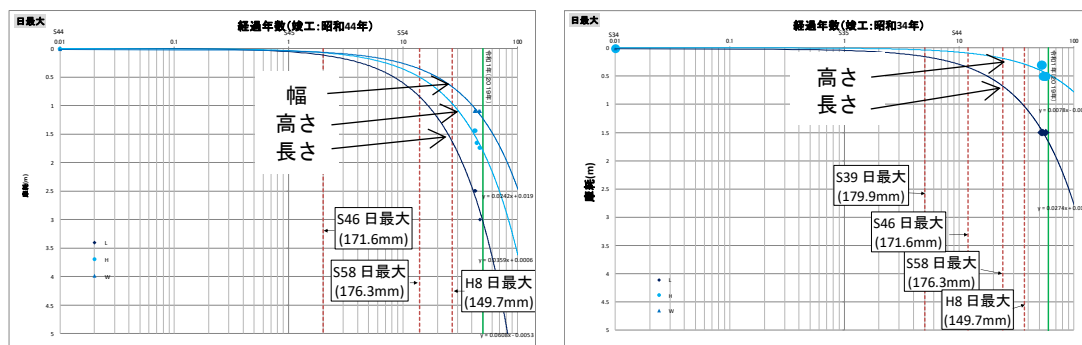


図3 神通川水系砂防事務所所管砂防堰堤における天端摩耗劣化曲線と出水の関係

(2) 側岸および底面の拘束を考慮した補強・補修策

堰堤の拘束条件に対して、堰堤の側壁の抵抗力を加えた設計法を検討するために、3次元有限要素法による数値解析により、堰堤底面や側壁の拘束における条件を検討した。

解析条件は、既存堰堤を想定し、堰堤形状は昨年度と同様に、台形断面で、荷重は、図4に示すように洪水時荷重（静水圧、堆砂圧、揚圧力）を与えた。コンクリートや堆積土砂の強度・物性値は一般的な値を与えた（コンクリートの圧縮強度： 7.64 N/mm^2 、引張強度： 0.764 N/mm^2 で圧縮強度の1/10とした）。堰堤本体の内部応力・作用方向、および変位に関する計算結果を行い、側壁の拘束は根入1mで地盤との連結は3成分に対して、それぞれ、堅固な岩盤想定（地盤バネで模擬し、底面は自重による摩擦（摩擦角 35° ）を考慮し、現地の堰堤の下流法の割れを表現しうる解析結果を得た。

図5は、側壁の根入1m、底面摩擦のケースにおける堰堤上流法と縦断断面における最大主応力の分布である。堰堤の上流法の下部中央付近と堰堤下流法の上部に弱点部が現れている。堰堤補強の観点から、堆砂土砂がある堰堤の上流法側は土砂の堆砂重量に期待し、堰堤下流法の上部に鋼材（厚さ1m、堰堤天端から14m下方までの区間、横断全体）を入れた計算を行った。補強の影響を単純に見るために、側壁は剛結、底面拘束をする境界条件を与えた。しかしながら、鋼材の自重が作用し、補強部最下部や側壁部に引張応力が発生する結果となった。既設堰堤の適切な補強法を検討すると、当初、想定していたような鉄筋等の鋼材を用いた法表面への補強や新素材の適用をせずに、現形状に対して、自重を増加させない方法が良いといった結果となった。これを踏まえて、堰堤天端から底面方向へのアンカー等による締め付け等による補強方法が適切であるといったことが分かった。

また、抽出されたS堰堤に対して、堰堤の現行設計基準に基づいて滑動、転倒および地盤反力に関する安全性を再評価し、現状での堰堤の不安定度や危険度を明らかにするとともに、現行設計基準を満たすための補強・補修策について複数提示し、その実行可能性について検討した。

表1は、現行設計基準に対するS砂防堰堤の安定性の検討結果を示した表である。地盤材料を礫層相当と岩塊玉石相当の2

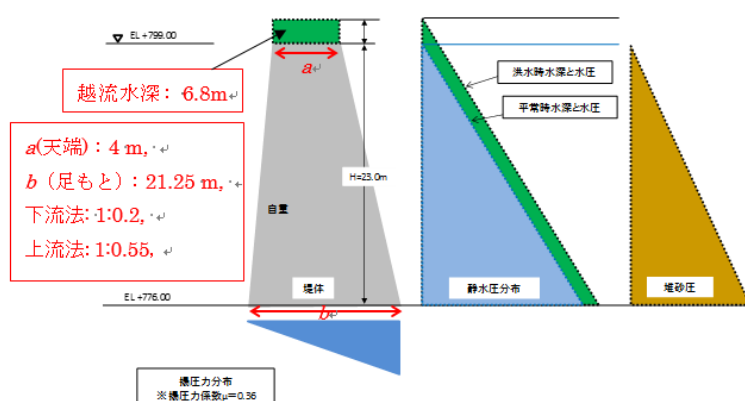


図4 想定荷重の条件

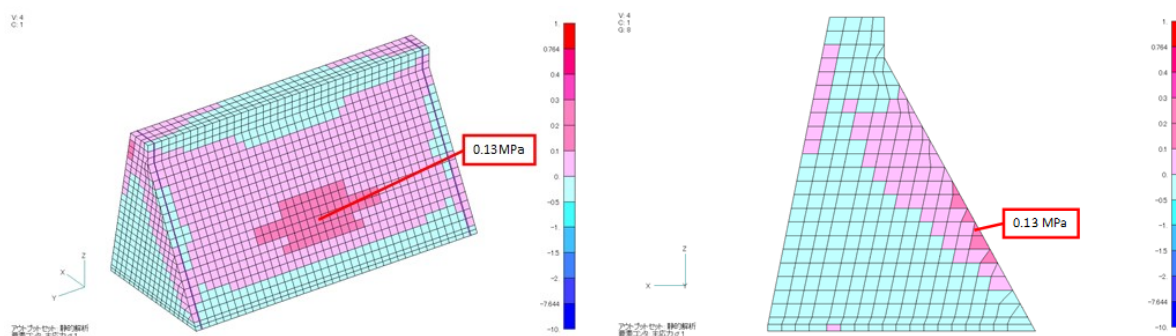


図5 側壁の根入1m、底面摩擦が作用する際の最大主応力の解析結果（左：上流側の法面表面の応力分布、右：横断方向に中央部の堰堤の縦断断面での応力分布）

種類を用いているが、どの場合も滑動に対する安全率は1.5以下であり、地盤支持力も限界値を超えている。一方、転倒は安全性を満たしている。この傾向は現地計測による外力設定を行っても同様であった。

この解析によると、S砂防堰堤は、現行設計基準に対して不安定であると判定される。そこで、補強・補修策として、表2に示すような幾つかの案を考えた。左から、①地盤改良・腹付け案、②地盤改良・腹付け・滑動防止杭案、③地盤改良・腹付け・下流法緩勾配化・滑動防止杭案である。最初の案(①)では腹付け厚は6.5mになり、多量のコンクリートが必要になる。2つ目の案(②)では腹付け厚が4.7m、三つ目の案(③)では1.5mとなり、コンクリート量が少なくなるが、施工上の問題が大きいと思われる。このように、S砂防堰堤は損傷を補強・補修しても、安定性は現行設計基準では十分でないということから、何らかの補強・補修が必要であることになる。

表1 現行設計基準に対するS砂防堰堤の安定性

検討対象出水		S44.8出水時(堆砂後)			
適用設計条件		現行設計基準		現地計測に基づく外力条件	
支持地盤地質		礫層相当(トビシ礫れ)		岩塊玉石相(現河床堆積物)	
堰堤高(H)、堤底幅		高さ23m		底幅19.6m	
流量、水通し幅		流量1,144m ³ /s		水通し幅43m	
越流水深(補正値)		4.8m			
下流水深		8.38m			
揚圧力係数(μ)		0.36(解析値)		0.26(解析値)	
滑動摩擦係数(f)		0.6		0.7	
許容支持力(qa)		400 kN/m ²		600 kN/m ²	
単位体積重量		水の単位体積重量 9.81 kN/m ³		礫の密度 25.51 kN/m ³	
		堆砂見掛単位体積重量 15.3 kN/m ³		堆砂水中単位体積重量 9.41 kN/m ³	
外	静水圧(水平力)	100%	86.0%	100%	78.7%
	水重(鉛直力)	100%	100%	100%	100%
条	堆砂圧(水平力)	100% (水中重量)	108.8% (水中重量、有効土圧)	100% (水中重量)	113.4% (水中重量、有効土圧)
	堆砂重(鉛直力)	100% (水中重量)	100% (水中重量)	100% (水中重量)	100% (水中重量)
安	滑動(中央部)	0.956 < F=1.5 ×	1.081 < F=1.5 ×	1.159 < F=1.5 ×	1.389 < F=1.5 ×
	転倒(m)	14.30 > 2B/3=13.06 ×	14.07 > 2B/3=13.06 ×	14.01 > 2B/3=13.06 ×	13.55 > 2B/3=13.06 ×
定	地盤反力度	854.5 > σ max=400 ×	829.7 > σ max=400 ×	854.6 > σ max=600 ×	792.3 > σ max=600 ×
	算 (kN/m ²)	-135.4 < σ min=0 ×	-110.6 < σ min=0 ×	-106.9 < σ min=0 ×	-54.2 < σ min=0 ×
考 察		① 地盤改良・腹付け案: 滑動安全率は1.0以下、モデルサートは外れ、地盤の極限支持力を1200 kN/m² (400×3)と仮定した場合、支持力安全率は1.4(3以下)となり、何らかの変状が発生した可能性が高いこととなるため、考慮する。 ② 地盤改良・腹付け・滑動防止杭案: 滑動安全率は1.08でS44出水後の記録に整合する。地盤の極限支持力を1200 kN/m² (400×3)と仮定した場合、支持力安全率は1.44(3以下)となる。基礎地盤の支持力照査の余地がある。 ③ 地盤改良・腹付け・下流法緩勾配化・滑動防止杭案: 滑動安全率は1.16、地盤の極限支持力を1800 kN/m² (600×3)と仮定した場合、支持力安全率は2.10(3以下)と推察される。S44出水後の変状記録とかけ離れた結果ではないと考えられる。 ④ 地盤改良・腹付け・下流法緩勾配化・滑動防止杭案: 滑動安全率は1.39、地盤の極限支持力を1800 kN/m² (600×3)と仮定した場合、支持力安全率は2.27(3以下)と推察される。S44出水後の変状記録に整合するものと考えられる。			

表2 現行設計基準を満たすための補強・補修策の比較

工法案	<現行補強対策案>		<第1案>		<第2案>	
	腹付け工案		滑動抵抗杭配置案(腹付け工+杭工)		下流法緩勾配化案	
検討地盤	トビシ礫れ堆積物(C)	現河床堆積物(E ₁)	トビシ礫れ堆積物(C)	現河床堆積物(E ₁)	トビシ礫れ堆積物(C)	現河床堆積物(E ₁)
掘削	堰堤高23m、 0.36(解析値)	既設堰体底幅19.6m 0.26(解析値)	水通し幅43m(流量1,960m ³ /s) 0.36(解析値)	堰流水深6.8m(橋型実験値) 0.26(解析値)	下流水深13.10m 0.36(解析値)	設計堰高(k)0.12 0.26(解析値)
支持地盤の摩擦係数、 許容支持力 基礎地盤幅	地盤改良見込みf=0.7 qa=400 kN/m ² 基礎地盤幅10m	f=0.7 (岩塊玉石相) qa=600 kN/m ² 基礎地盤幅33m	地盤改良見込みf=0.7 qa=400 kN/m ² 基礎地盤幅10m	f=0.7 (岩塊玉石相) qa=600 kN/m ² 基礎地盤幅33m	地盤改良見込みf=0.7 qa=400 kN/m ² 基礎地盤幅10m	f=0.7 (岩塊玉石相) qa=600 kN/m ² 基礎地盤幅33m
腹付け厚(t)	6.5m		4.7m		1.5m	
下流法緩勾配	1:0.2		1:0.2		1:0.35	
堰体底幅	26.1m		24.3m		24.55m	
外	静水圧(水平力)	86% (予備解析値)	86% (予備解析値)	78.7% (予備解析値)	86% (予備解析値)	78.7% (予備解析値)
	水重(鉛直力)	100%	100%	100%	100%	100%
条	堆砂圧(水平力)	108.8% (水中重量、有効土圧)	113.4% (水中重量、有効土圧)	108.8% (水中重量、有効土圧)	113.4% (水中重量、有効土圧)	108.8% (水中重量、有効土圧)
	堆砂重(鉛直力)	100%	100%	100%	100%	100%
安	ケース	洪水時	洪水時	洪水時	洪水時	洪水時
	滑動(中央部)	1.505 > F=1.5 ○	1.640 > F=1.5 ○	1.378 < F=1.5 × (不足分を杭工で対処○)	1.502 > F=1.5 ○	1.212 < F=1.5 × (不足分を滑動防止工で対処○)
定	転倒(m)	16.52 < 2B/3=17.40 ○	16.10 < 2B/3=17.40 ○	16.00 < 2B/3=16.20 ○	15.54 < 2B/3=16.20 ○	15.48 < 2B/3=16.36 ○
算	地盤反力度 (kN/m ²)	625.4 > σ max=400 × (地盤改良 σ max=650 で○)	625.3 > σ max=600 × (地盤改良 σ max=630 で○)	689.0 > σ max=400 × (地盤改良 σ max=690 で○)	664.7 > σ max=600 × (地盤改良 σ max=670 で○)	545.9 > σ max=550 で○
	静力学公式からの評価	72.4 > σ min=0 ○ 456.5 < 464.7 kN/m ² ○ 【地盤改良底面で評価】	109.9 > σ min=0 ○ 481.1 < 507.9 kN/m ² ○ 【地盤改良底面で評価】	18.0 > σ min=0 ○ 483.8 < 471.1 kN/m ² ○ 【地盤改良底面で評価】	58.7 > σ min=0 ○ 483.4 < 506.8 kN/m ² ○ 【地盤改良底面で評価】	66.6 > σ min=0 ○ 393.4 < 400 kN/m ² ○ 【地盤改良底面で評価】
果	既往経験荷重からの評価	503.5 < 637 kN/m ² ○ (既設最大地盤反力度<S44地盤反力度)	496.9 < 637 kN/m ² ○ (既設最大地盤反力度<S44地盤反力度)	559.2 < 637 kN/m ² ○ (既設最大地盤反力度<S44地盤反力度)	547.5 < 637 kN/m ² ○ (既設最大地盤反力度<S44地盤反力度)	451.7 < 637 kN/m ² ○ (既設最大地盤反力度<S44地盤反力度)
	対策工	地盤改良(深さ3.2m)	地盤改良なし	地盤改良(深さ4.1m)、杭工(φ1,500mm、長さ2.5m、ピッチ2m想定)	地盤改良(深さ2.0m)、杭工(φ2,000mm、長さ1.5m、ピッチ2m想定)	地盤改良(深さ2.0m)、杭工(φ2,000mm、長さ1.5m、ピッチ2m想定)
概算直接工事費 (水通し幅43m当り)	コンクリート: 6,429m ³ ×36,000円/m ³ =231,444千円 型枠: 1,737m ² ×11,000円/m ² =19,107千円 地盤改良(CJG): 267m ³ ×50,000円/m ³ =13,350千円		コンクリート: 4,649m ³ ×36,000円/m ³ =167,364千円 型枠: 1,530m ² ×11,000円/m ² =16,830千円 地盤改良(CJG): 290m ³ ×50,000円/m ³ =14,500千円 地盤改良(INSDM): 53m ³ ×5,500円/m ³ =292千円 杭工: 6本×1,500,000円/本=9,000千円		コンクリート: 3,190m ³ ×36,000円/m ³ =114,840千円 型枠: 1,360m ² ×11,000円/m ² =14,960千円 地盤改良(INSDM): 290m ³ ×5,500円/m ³ =671千円 杭工: 22本×2,000,000円/本=44,000千円	
	合 計: 263,901千円		合 計: 207,986千円		合 計: 174,471千円	
補強対策要図	A		A		A	
	E(下層)		E(下層)		E(下層)	

(3) 砂防堰堤の補強・補修策のフローチャート

設計条件や現地調査結果の検討成果、鉄筋コンクリートなどを用いた新たな安全性の評価により、実現可能で低コストの補強・補修の判断手法と工法を提言する。補強・補修の判断手法については、対象となる堰堤に対して、砂防堰堤の損傷や破損の調査結果より、要対策堰堤（点検によるCランク）でかつ緊急性、優先性が高い堰堤を対象としている。

堤体の安全性を著しく損なう変状・損傷であるかどうかについての判断より開始、設計施工時点での補強にあたっての考え方を踏まえて、新たな設計の考え方を反映した補強・補修対策を提案した（図6）。なお、基本的な判断はこの図6で提示できるものとなっているが、新たな設計の考え方を取り入れる場合にのみ利用する別フローで判断を行うようとりまとめた（図7）。

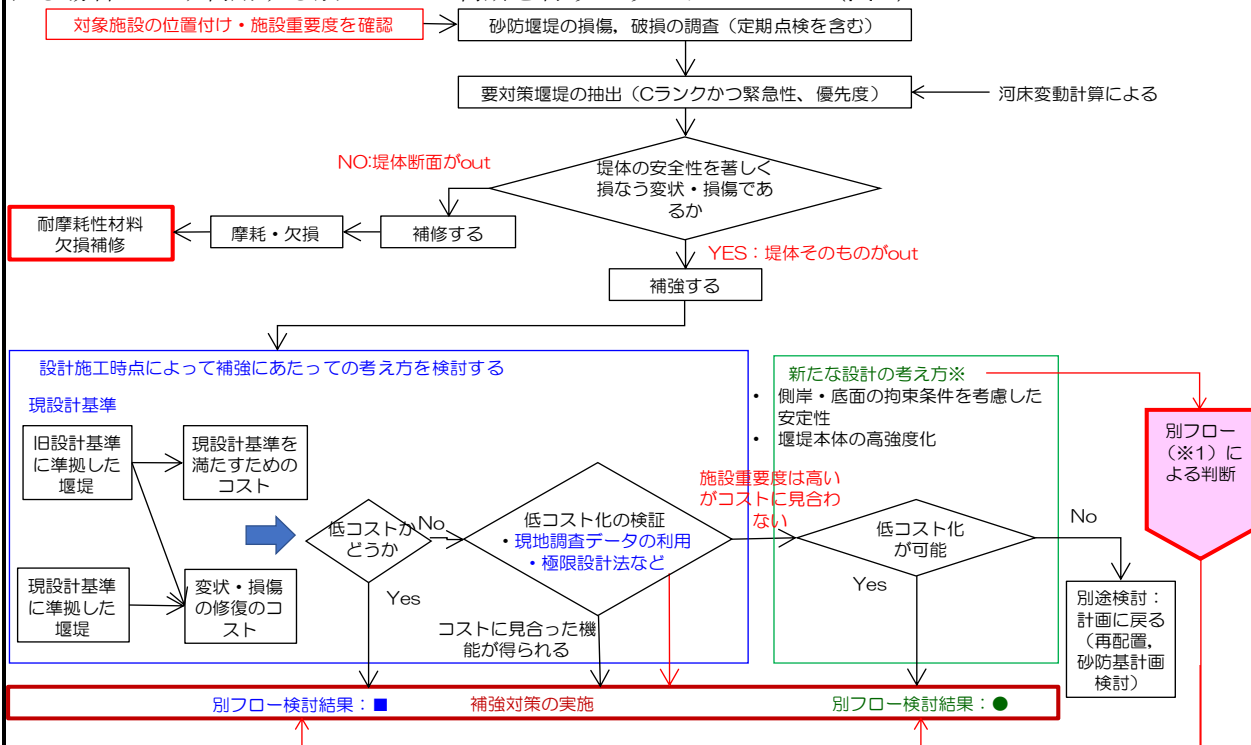


図6 対象堰堤の補修補強検討フロー

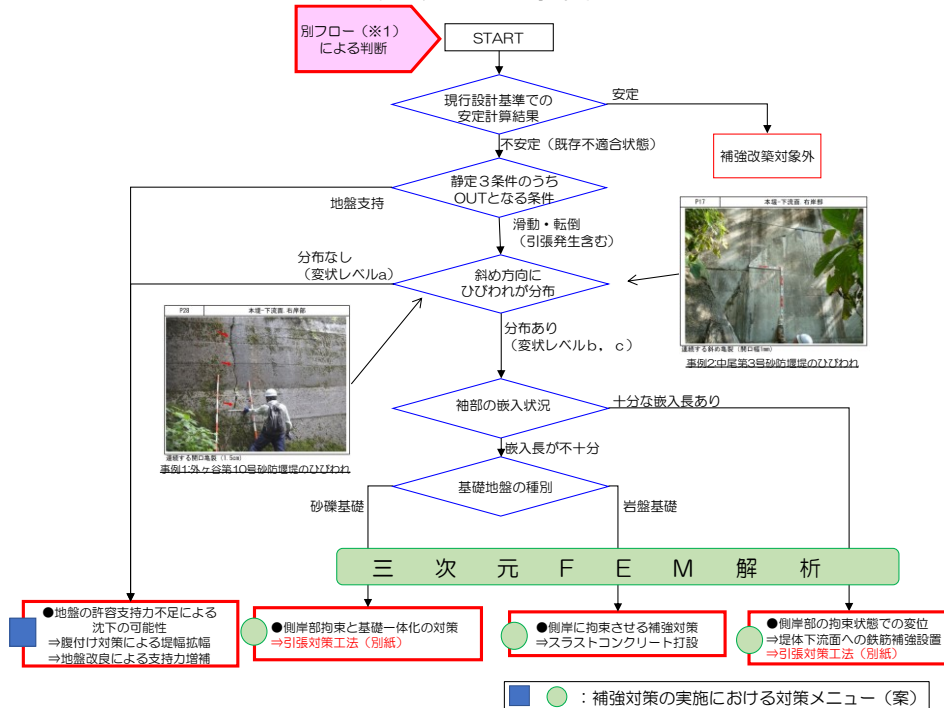


図7 新たな設計の考え方を準用する際の設計検討フロー（案）（※別フロー）

これまでに提案を行った設計検討フロー（案）に則って進めた場合の具体的低減効果を参照するために、工法をとりまとめた。具体例として、堤体内部上流面に引張応力が発生する際の補強対策を取り上げているが、応力に対して弱部となる部位を的確に補強を行う事で費用の低減効果が認められた（表3）。

表3 堤体内部上流面の引張応力に対する補強対策工の低減効果

模式図	補強工法	概算工費（直工） （千円／m）	概算工事費算定表																																																		
	現況の堤体	-	-																																																		
	鉄筋挿入による補強 （解説）鉄材等にて鏝のように補強をする案 （課題）鉄筋挿入を行った場合に弱部に成らない工夫・確認が必要	420	<table><tr><th colspan="2">第1案</th><th colspan="3">鉄筋挿入による補強</th></tr><tr><th>項目</th><th>数量</th><th>単位</th><th>単価</th><th>金額</th></tr><tr><td>鉄筋（D25 1本/m）</td><td>169</td><td>本</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>鉄筋重量（7.164kg/m）</td><td>1211</td><td>kg</td><td>82</td><td>99,000</td></tr><tr><td>削孔（φ34mm ΣL+50mm）</td><td>161</td><td>m</td><td>6,170</td><td>990,000</td></tr><tr><td>足場工</td><td>676</td><td>空m3</td><td>3,930</td><td>2,660,000</td></tr><tr><td>掘削</td><td>3,509</td><td>m3</td><td>110</td><td>390,000</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td colspan="4">合計（円）</td><td>4,139,000</td></tr><tr><td colspan="4">m当たりの概算工事費（円/m）</td><td>413,900</td></tr></table>	第1案		鉄筋挿入による補強			項目	数量	単位	単価	金額	鉄筋（D25 1本/m）	169	本	-	-	鉄筋重量（7.164kg/m）	1211	kg	82	99,000	削孔（φ34mm ΣL+50mm）	161	m	6,170	990,000	足場工	676	空m3	3,930	2,660,000	掘削	3,509	m3	110	390,000						合計（円）				4,139,000	m当たりの概算工事費（円/m）				413,900
第1案		鉄筋挿入による補強																																																			
項目	数量	単位	単価	金額																																																	
鉄筋（D25 1本/m）	169	本	-	-																																																	
鉄筋重量（7.164kg/m）	1211	kg	82	99,000																																																	
削孔（φ34mm ΣL+50mm）	161	m	6,170	990,000																																																	
足場工	676	空m3	3,930	2,660,000																																																	
掘削	3,509	m3	110	390,000																																																	
合計（円）				4,139,000																																																	
m当たりの概算工事費（円/m）				413,900																																																	
	アンカーによる補強 （解説）上流面に沿った形でアンカーを施工し、引張応力を軽減させる案 （課題）堤体構造によっては、アンカーによる圧縮応力で不具合が起きないか確認が必要（粗石コンクリートなどの隙間がある構造）	1,840	<table><tr><th colspan="2">第2案</th><th colspan="3">アンカーによる補強</th></tr><tr><th>項目</th><th>数量</th><th>単位</th><th>単価</th><th>金額</th></tr><tr><td>アンカー</td><td>10</td><td>本</td><td>1,369,000</td><td>13,690,000</td></tr><tr><td>削孔（φ165）</td><td>169</td><td>m</td><td>25,000</td><td>4,230,000</td></tr><tr><td>足場工</td><td>100</td><td>空m3</td><td>3,930</td><td>390,000</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td colspan="4">合計（円）</td><td>18,310,000</td></tr><tr><td colspan="4">m当たりの概算工事費（円/m）</td><td>1,831,000</td></tr></table>	第2案		アンカーによる補強			項目	数量	単位	単価	金額	アンカー	10	本	1,369,000	13,690,000	削孔（φ165）	169	m	25,000	4,230,000	足場工	100	空m3	3,930	390,000						合計（円）				18,310,000	m当たりの概算工事費（円/m）				1,831,000										
第2案		アンカーによる補強																																																			
項目	数量	単位	単価	金額																																																	
アンカー	10	本	1,369,000	13,690,000																																																	
削孔（φ165）	169	m	25,000	4,230,000																																																	
足場工	100	空m3	3,930	390,000																																																	
合計（円）				18,310,000																																																	
m当たりの概算工事費（円/m）				1,831,000																																																	
	鉄筋マットによる補強 （解説）鉄筋マットなど面的な構造で、堤体上流面の引張応力が発生する範囲を覆う案 （課題）上流面で堰堤との一体化方法、伸縮に対しての許容値について検証などが必要	220	<table><tr><th colspan="2">第3案</th><th colspan="3">鉄筋マットによる補強</th></tr><tr><th>項目</th><th>数量</th><th>単位</th><th>単価</th><th>金額</th></tr><tr><td>鉄筋マット（D22@400）</td><td>422.5</td><td>m</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>鉄筋重量（3.04kg/m）</td><td>1284.4</td><td>kg</td><td>77</td><td>99,000</td></tr><tr><td>コンクリート吹付（厚さ20cm）</td><td>169</td><td>m2</td><td>10,000</td><td>1,690,000</td></tr><tr><td>掘削</td><td>3,509</td><td>m3</td><td>110</td><td>390,000</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td colspan="4">合計（円）</td><td>2,179,000</td></tr><tr><td colspan="4">m当たりの概算工事費（円/m）</td><td>217,900</td></tr></table>	第3案		鉄筋マットによる補強			項目	数量	単位	単価	金額	鉄筋マット（D22@400）	422.5	m	-	-	鉄筋重量（3.04kg/m）	1284.4	kg	77	99,000	コンクリート吹付（厚さ20cm）	169	m2	10,000	1,690,000	掘削	3,509	m3	110	390,000						合計（円）				2,179,000	m当たりの概算工事費（円/m）				217,900					
第3案		鉄筋マットによる補強																																																			
項目	数量	単位	単価	金額																																																	
鉄筋マット（D22@400）	422.5	m	-	-																																																	
鉄筋重量（3.04kg/m）	1284.4	kg	77	99,000																																																	
コンクリート吹付（厚さ20cm）	169	m2	10,000	1,690,000																																																	
掘削	3,509	m3	110	390,000																																																	
合計（円）				2,179,000																																																	
m当たりの概算工事費（円/m）				217,900																																																	
	グラウト注入による補強 （解説）堤体に日々や隙間が生じている場合は堤体自体にグラウトを行い、内部応力を上げる方法 （課題）ひび・隙間等がある場合のみに選択可能。	550	<table><tr><th colspan="2">第4案</th><th colspan="3">グラウト注入による補強</th></tr><tr><th>項目</th><th>数量</th><th>単位</th><th>単価</th><th>金額</th></tr><tr><td>削孔（φ66）</td><td>159.5</td><td>m</td><td>16,000</td><td>2,550,000</td></tr><tr><td>グラウト材注入</td><td>54.5</td><td>m3</td><td>53,240</td><td>2,900,000</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td colspan="4">合計（円）</td><td>5,450,000</td></tr><tr><td colspan="4">m当たりの概算工事費（円/m）</td><td>545,000</td></tr></table>	第4案		グラウト注入による補強			項目	数量	単位	単価	金額	削孔（φ66）	159.5	m	16,000	2,550,000	グラウト材注入	54.5	m3	53,240	2,900,000						合計（円）				5,450,000	m当たりの概算工事費（円/m）				545,000															
第4案		グラウト注入による補強																																																			
項目	数量	単位	単価	金額																																																	
削孔（φ66）	159.5	m	16,000	2,550,000																																																	
グラウト材注入	54.5	m3	53,240	2,900,000																																																	
合計（円）				5,450,000																																																	
m当たりの概算工事費（円/m）				545,000																																																	
	上流側への最小厚膜付けによる補強	600	<table><tr><th colspan="2">第5案</th><th colspan="3">上流側への最小厚膜付けによる補強</th></tr><tr><th>項目</th><th>数量</th><th>単位</th><th>単価</th><th>金額</th></tr><tr><td>コンクリート</td><td>217.5</td><td>m3</td><td>18,400</td><td>4,000,000</td></tr><tr><td>残存型枠</td><td>169</td><td>m2</td><td>9,500</td><td>1,610,000</td></tr><tr><td>掘削</td><td>3,509</td><td>m3</td><td>110</td><td>390,000</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td colspan="4">合計（円）</td><td>6,000,000</td></tr><tr><td colspan="4">m当たりの概算工事費（円/m）</td><td>600,000</td></tr></table>	第5案		上流側への最小厚膜付けによる補強			項目	数量	単位	単価	金額	コンクリート	217.5	m3	18,400	4,000,000	残存型枠	169	m2	9,500	1,610,000	掘削	3,509	m3	110	390,000						合計（円）				6,000,000	m当たりの概算工事費（円/m）				600,000										
第5案		上流側への最小厚膜付けによる補強																																																			
項目	数量	単位	単価	金額																																																	
コンクリート	217.5	m3	18,400	4,000,000																																																	
残存型枠	169	m2	9,500	1,610,000																																																	
掘削	3,509	m3	110	390,000																																																	
合計（円）				6,000,000																																																	
m当たりの概算工事費（円/m）				600,000																																																	

⑦研究成果の発表状況・予定

(本研究の成果について、論文や学会への投稿等又はその予定があれば記入して下さい。)(以下記入例)

- ・これまでに発表した代表的な論文
- ・著書(教科書、学会妙録、講演要旨は除く)
- ・国際会議、学会等における発表状況
- ・主要雑誌・新聞等への成果発表
- ・学術誌へ投稿中の論文(掲載が決定しているものに限る)
- ・研究開発成果としての事業化、製品化などの普及状況
- ・企業とのタイアップ状況
- ・特許など、知的財産権の取得状況
- ・技術研究開発成果による受賞、表彰等

令和2年度砂防学会研究発表会への口頭発表原稿を投稿予定である。

⑧研究成果の社会への情報発信

(ウェブ、マスメディア、公開イベント等による研究成果の情報発信について記入下さい。ウェブについてはURL、新聞掲載は新聞名、掲載日等、公開イベントは実施日、テーマ、参加者数等を記入下さい。)

なし。

⑨表彰，受賞歴

（単なる成果発表は⑦⑧に記載して下さい．大臣賞，学会等の技術開発賞，優秀賞等を記入下さい．）

なし．

⑩研究の今後の課題・展望等

（研究目的の進捗状況・達成状況や得られた研究成果を踏まえ，研究の更なる発展や砂防政策の質の向上への貢献等に向けた，研究の今後の課題・展望等を具体的に記入下さい．）

堰堤の長寿命化計画策定ガイドラインでは，補強・補修のトータルコストの縮減，予防保全型維持管理，劣化等の進行の経過観察による対策の時期，優先順位の決定などがキーワードになっている．本研究では，損傷形態の分類，損傷の要因分析を行ったうえで，低コストが可能な補強・補修対策の考え方について検討し，最終的に具体的な補強・補修設計法と補強・補修工法の提案を行う．また，堰堤の変状レベルの調査結果から補強・補修の必要な堰堤を抽出する手法について検討するとともに，堰堤下流の侵食量や堰堤が倒壊した時の影響評価を河床変動計算により計算し，その結果から優先順位を決定する方法を提案している．したがって，本研究により，砂防堰堤長寿命化に対して，補強補修の必要性，設計の合理性，対策工法の有効性などが明確になり，適切な時期に補強・補修対策の効果が大きくなるような質の高い砂防政策につながるものと考えられる．本研究で得られる知見は砂防堰堤の維持管理に有用であると思われるが，さらに損傷のモニタリング技術の研究，地盤条件・地下水条件の調査技術研究，堆砂に伴う土圧の変化，地すべりや土石流などによる外力評価などの研究を進めることで，砂防堰堤の総合的な維持管理システムの構築につながり，より質の高い砂防政策の実施を行うことができる．

⑪研究成果の河川砂防行政への反映

（本研究で得られた研究成果の実務への反映等，砂防政策の質の向上への貢献について具体的かつ明確に記入下さい．）

今年度の成果である補強・補修が必要な砂防堰堤の抽出方法や補強・補修工事の優先順位を適切に決めることができ，これらについては実務に取り入れることができる．また，この手法は損傷レベルの調査資料を有効に活用し，また河床変動計算を活用するものであり，補強・補修の必要性を客観的に説明できる透明性が高く，質の高い砂防政策に貢献することができる．また，補強・補修事業の必要な砂防堰堤が現在の設計基準による安定性を満たされない場合の対策工を具体的に示すことができ，これについても実務で取り入れることができる．