

砂防堰堤における長寿命化対策の一考察

桃木優一¹・道前京太郎¹

¹静岡河川事務所 工務課（〒420-0068 静岡市葵区田町3-108）

安倍川砂防管内に整備された砂防設備の健全度を把握し、長期にわたり機能を維持・確保することを目的とした対策（修繕、改築、更新）方法について検討するとともに、長寿命化の観点から今後の施設修繕、改築に向けた方向性について考察した。

キーワード：砂防設備、長寿命化、修繕、改築

1. 安倍川砂防について

安倍川は大谷嶺に源を發し、静岡市街地を貫流する我が国有数の急流河川であり、上流域からおびただしい量の砂礫を流出している。大正3年（1914年）500mm近い降雨により蕨野地区において大規模崩壊が発生、本川部分に天然ダムを形成し決壊。土石流が静岡市街地までおよび、死者45名、負傷者90名、流出家屋1,000戸、浸水家屋10,000戸という甚大な被害が発生した。

この災害を期に安倍川砂防事業が始まった。直轄砂防事業としては、昭和12年建設省（当時：内務省横浜土木出張所）が砂防事業を開始、昭和13年に着手、昭和26年に最初の本川基幹堰堤、大河内砂防堰堤が完成。現在に至るまで、砂防堰堤をはじめ床固工群、山腹工、導流堤、谷止工が設置されている。

2. 安倍川砂防の施設整備状況と流域特性

(1) 砂防設備について

安倍川砂防管内における砂防設備についてその着手年

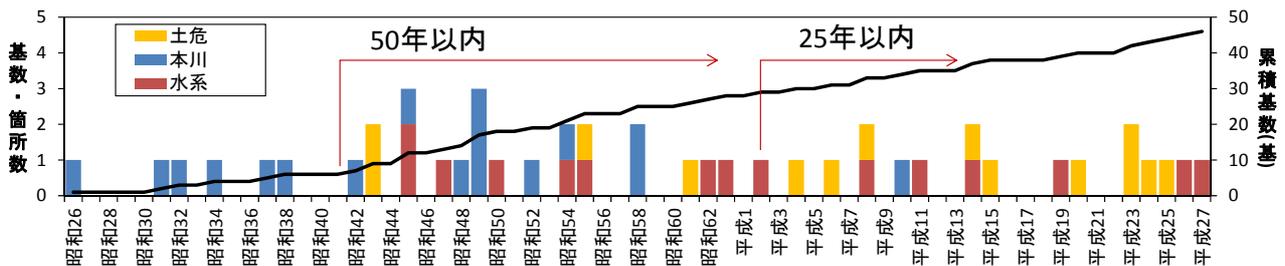


図-1 着手年度と施設数

度に注目してみると、昭和40年から60年代が最も多い事がわかる。

また、設置箇所別（本川、水系支川、土石流危険渓流）に統計を見てみると、昭和60年頃を境に本川での基幹堰堤整備から、支川、土石流危険渓流対策事業へとシフトして行っていることも読み取れる（図-1）。また昭和43年に土石流危険渓流対策が着手されているのは、湯ノ島第1、第2堰堤であり、昭和41年に発生した梅ヶ島災害が安倍川における砂防事業の方向性を変えた、一つの大きな事象であった事を物語っている。

(2) 流域の土砂生産、流出特性

a) 本川

砂防設備の最大の損傷要因は土砂移動によるものである。そこで、比較的情報がまとまっている近年4カ年（平成22年から25年）までに計測されたLP計測データにより、河床変動量を比較した（図-2）。

流域で土砂災害が発生した平成22年台風15号を含む期間については、大谷崩れを含む最上流部区間の河床変動量がもっとも多く、中流部は堆積、下流部は浸食が卓越しているのに対し、目立つ豪雨が発生していない平成23～25年については、河床変動が中流部、下流部で多く、

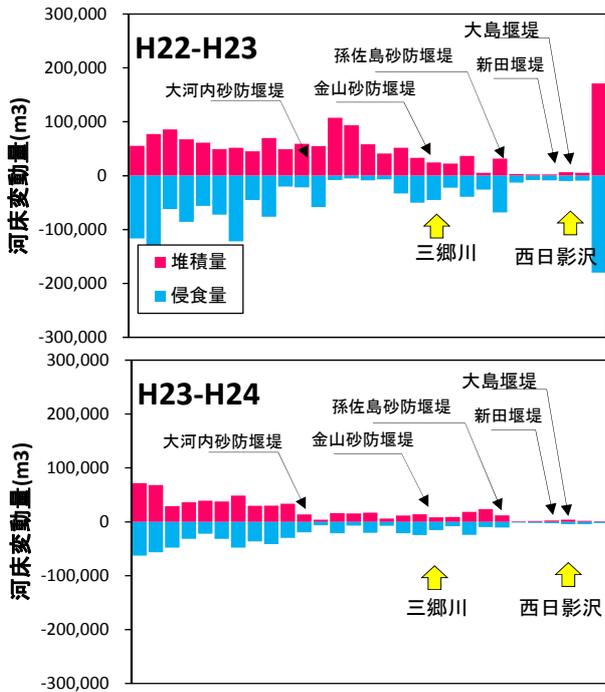


図-2 本川区間における河床変動量（年度比較）

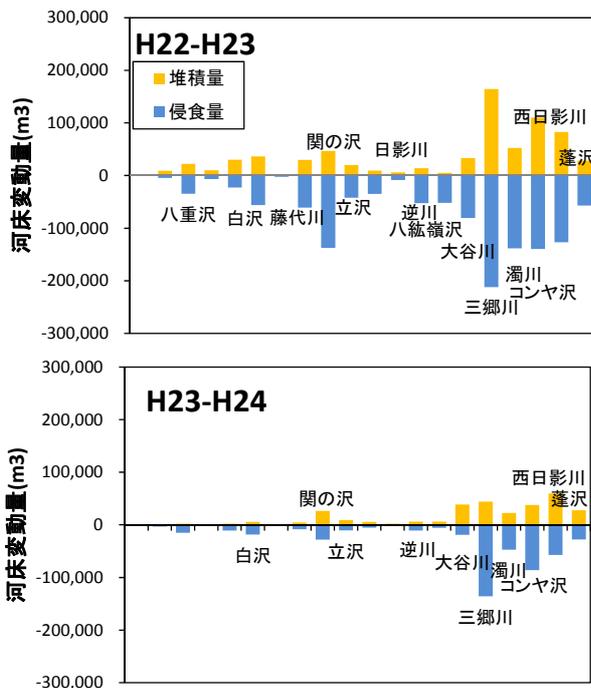


図-3 各支川における河床変動量（年度比較）

両者に大きな差は見受けられない。

つまり安倍川本川の土砂流出状況としては、崩壊や土石流が発生するような豪雨時には、上流域で土砂生産・流出が発生し、中小出水では、本川中下流域の河道内に堆積する土砂が再移動しているといえる。

b) 支川

次に同じ期間における支川での変動量を示す（図-3）。本川と異なり、豪雨が発生しない期間についてはほとんど土砂移動の発生しない流域と、豪雨がなくても土砂移

動が盛んな流域に分類することができる。

以上のように、安倍川における土砂移動の特性は、本川、支川毎、また発生する降雨イベントの規模などによりその特性が大きく異なることがわかる。そのため、維持管理の内容や頻度についても、土砂流出特性や設置箇所に留意する必要がある。

3. 砂防設備の現状と課題

安倍川砂防管内における砂防設備の健全度の現状と課題として、特に砂防堰堤、床固工群に関する事項としては以下のとおりである。

(1) 施工時期と設計基準

安倍川砂防管内で最も砂防設備の着手数が多い年代は、昭和40年～60年代である。これらについては、現行の基準とは設計基準が異なり、特に土石流対策が本格化する平成元年以前に設計されているため、改築時の設計方針を合わせて検討する必要がある。

(2) 現在の損傷状況

- 着手時期が古い本川基幹堰堤は設置からの経過年数が長い上に、本川では毎年の中小出水においても河床変動が盛んであることから、天端摩耗、基礎洗掘が進行している。
- 本川及び源頭部に近い支川に設置された床固工群では、天端摩耗、基礎の局所洗掘が進行している。現在、機能維持上の問題はまだ顕在化していないものの、今後機能低下が生じる恐れがあり、これらの損傷に対する対策検討が必要である。
- 近年設置された砂防堰堤には、損傷が大きく目立つものは少ない。ただし、特に土砂生産が盛んな流域に設置されている砂防堰堤では基礎洗掘が目立つものもあり、将来的には補修が必要だと考えられる。今後、効率よい補修タイミング及び方針の検討が必要である。

4. 砂防設備の健全度評価

(1) 健全度と機能、性能

砂防設備の健全度については「砂防関係施設の長寿命化ガイドライン」¹⁾（以下、「ガイドライン」）では次のように定義されている。

「健全度」：有すべき機能及び性能に対して、当該砂防関係施設が有している程度のこと。

「機能」：砂防関係施設が土砂災害防止のために、有すべき施設の働きのこと

「性能」：当該関係施設が機能を発揮するために必要となる、構造上保持すべき強度、安定性などのこと
 従って、主な機能としては、土砂生産抑制機能、土石流の発生/導流/堆積/緩衝/流向制御の各機能があげられる。また、性能としては、主として砂防設備の安定性、強度など構造上の性能を指している。そこで、健全度の判定をするにあたって、まず「機能」と「性能」の両面から評価することとした。

(2) 砂防施設の機能、性能の評価方法

安倍川砂防管内に設置された砂防施設の機能、および性能は以下のように分類し整理した(表-1)。また、このように分類された各項目について、「機能」および「性能」は表-2の方法で評価し、健全度の考え方は表-3のとおりとした。ガイドラインでは、経過観察は1ランク(健全度B)であるが、管内の状況から、2ランク(B1・B2)に分けた。

a) 機能評価

計画河床勾配と現在の河床勾配の比較による土砂調節空間および土砂堆積範囲の有無について評価する。最新のLP計測結果、点検結果から判定した。

評価の結果、機能回復が望ましいとされる施設は砂防堰堤5施設、護岸工3箇所であったが、緊急性が高い施設(健全度C)は見受けられなかった。

b) 性能評価(損傷度)

砂防設備点検結果に基づき、施設構造において問題となる損傷の有無・程度によって評価する。このとき特に床固工群などの一連の施設については、局所的な損傷に着目するのではなく、連続する施設全体として、機能を発揮するうえで必要な性能が確保されているかに着目して評価した。その結果、今後急激に機能低下の恐れがあり、注意深く経過観察が必要となる施設(B2)は、砂防堰堤6施設、床固工群等4箇所であった。

また、砂防設備の劣化予測に向けた基礎資料とするため、計測した損傷と経過年数などの相関関係について比較した。摩耗については、経過年数、および流域面積との関係性が認められ、目安として、流域面積2km²以上、築年数20年以上の砂防設備において特に摩耗が進んでいることが確認された(図-5、図-6)。

しかし、ひび割れ長さ、欠損、開口、などについては、その経過年数との相関について検証したが、関係性は認められなかった。

c) 性能評価(砂防堰堤の安定性等)

性能評価においては、「砂防設計要領(案)」²⁾に従い、表-4に示す従う項目について照査を実施した。ただし、安定計算は、「土石流・流木対策設計技術指針」³⁾に従った未満砂時の条件に加え、現況時(満砂)について実施した。

特に、平成19年改定時には、設計流量(土石流ピーク流量)の考え方が大幅に見直されており、それ以前の砂

防堰堤について基準を満たしていないことが考えられた。

表-1 機能と性能の分類

施設の種別	機能	必要な性能	躯体の安定
砂防堰堤	溪床からの土砂生産抑制	基礎根入れの確保	
	流出土砂調整(河床勾配の緩和)	堤高の維持	
	土砂流出抑制(土砂捕捉)	土砂・流木捕捉量(調節量)の維持	
床固工(群)	溪床・溪岸からの土砂生産抑制	基礎根入れの確保	
	流出土砂調整(河床勾配の緩和・流路の固定)	天端高の維持	
護岸工	流路の固定	基礎根入れの確保	
	溪岸からの土砂生産抑制	溪岸の保護	
山腹工・谷止工	山腹斜面からの土砂生産抑制(山腹の緩勾配化)	地表面の被覆	

表-2 健全度評価表

機能	性能				備考
	健全度A	健全度B		健全度C	
		B1	B2		
健全度A	健全度A				
健全度B	B1	健全度B1			
	B2	健全度B2			
健全度C		健全度C			

表-3 健全度の考え方

健全度	損傷等の程度
A	対策不要
B1	経過観察
B2	経過観察(機能回復が望ましい)
C	要対策

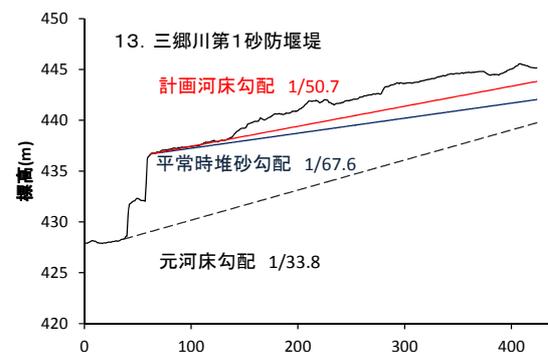


図-4 計画河床高と現況河床高の比較例(三郷川)

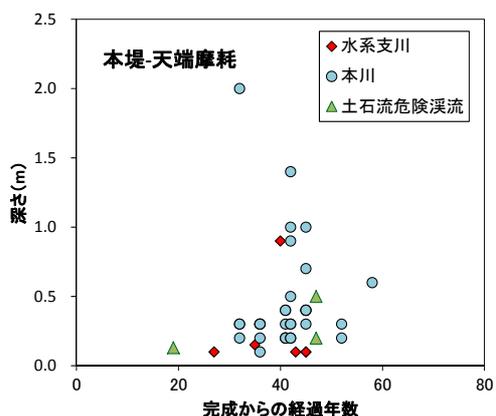


図-5 摩耗深と経過年数の関係

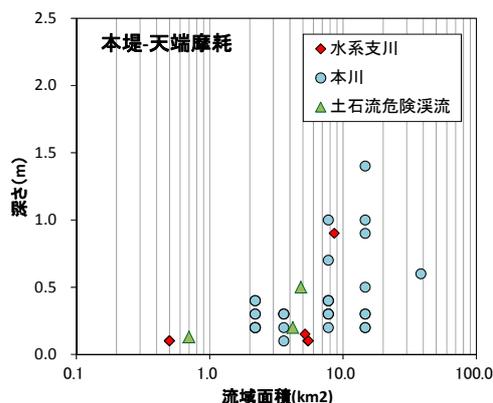


図-6 摩耗深と流域面積の関係

表-4 評価の項目と想定する外力

評価項目	内容
本堤の安定性	滑動、転倒、支持力に対する安定性
水通断面	設計流量及び余裕高に対する高さ
本副間距離	落水の位置に対する本副間距離
側壁護岸位置	落水の位置に対する側壁護岸の位置
水叩き厚	設設計水深に対する水叩きの厚

外力	条件	備考
現行基準 (未満砂)	常時	ハイダムのみ
	土石流時	
	洪水時	
現況時 (満砂)	常時	ハイダムのみ
	土石流時	
	洪水時	

その結果、土石流区間に設置された多数の施設について最新の設計基準に適合していない結果となった。近年施工した堰堤を除くほとんどの堰堤で健全度C（限界条件でも安定を得られない）となった。この理由は、設計段階に準拠した基準と異なることに加え、基礎条件については、原則として、ハイダムについては軟岩I、ローダムについては礫層と一律に仮定している点がある。実際は基礎改良等が施されており、安定が得られていたと

しても、健全度Cとなっている可能性があるため、改築時には設計図書による精査が必要となる。

ここで、「砂防関係施設点検要領(案)」⁴⁾においては「健全度評価の留意点」として、以下の考え方が示されている。

現行基準より以前の基準に基づいて施工された施設の基準との整合状況については、長寿命化ガイドライン「第II編砂防関係施設の長寿命化計画 5.修繕、改築、更新の優先順位の検討と年次計画の策定」で考慮する事項となっているが、現行基準に合致していない施設をすべて対策するのではなく、前述のとおり施設の機能が確保されているかどうかという観点から評価を行うものとする（P55）。

すなわち、健全度評価においては、「現行基準に合致しているか」という視点ではなく、「必要な機能及び性能を有しているか」という視点で評価する必要がある。管内では、躯体に安定性の不足による問題が生じている施設は認められないことから、安定性の照査結果については、健全度の評価指標としては用いないこととした。ただし、工法の検討上において考慮した。

以上に基づき、機能・性能の両面による健全度評価結果を表-5に示す。「健全度の評価」についてまとめた表を以下に示す。対策を要する健全度Cに該当する施設はなく、機能回復が望ましい施設B2が15施設(箇所)が抽出された。

表-5 健全度判定結果

健全度の判定結果		性能				合計	
		健全度A	健全度B		健全度C		
			B1	B2			
機能	健全度A	16	9	4	0	29	
	健全度B	B1	1	6	3	0	10
		B2	1	4	3	0	8
	健全度C	0	0	0	0	0	
		18	19	10	0	47	

5. 対策工法の検討

(1) 対策工の基本事項

ガイドラインでは、「対策工法は、砂防関係施設の構造、損傷の状態、流域の状況、施設の機能の低下および性能の劣化の発生原因を踏まえて、対策案の経済性、施工性、環境への影響などを含め、総合的に検討する。」とある。また、対策案として修繕、改築、更新のいずれかの方法とすることを選択することが求められる。

ここで、「修繕」とは、摩耗、洗掘、破損、欠損といった部分的な劣化を対象として実施する、比較的小規模な対策を指す。「改築」は機能、性能を確保、回復するとともに、その向上を図ることと定義され、安定性能

不足や、全面的、全体的な老朽化を対象とした腹付け等の対策が考えられる。「更新」は既存施設を用途廃止し、既存施設と同等の性能を有する施設と代替えとして新たに整備することである。ただし、最も大規模な対策となることから、現実的な対策工とは言い難い。

管内では、健全度C（要対策）施設は認められないことから、ここでは修繕と改築に絞って対策工について検討する。

(2) 劣化現象ごとの修繕と改築

a) 洗掘

洗掘は、堰堤などの施設においては、落差を有する構造体（堰堤、副堤、垂直壁）の直下で発生しやすく、護岸等においては、攻撃的斜面側などの流水が集中する箇所が発生しやすい。洗掘における対策は、構造体の基礎面よりも下位に洗掘面があるかどうかを目安とすることができる。対策工の選定は、今後の洗掘の進行などに影響を及ぼす流況等に基づき判断し、実施することが妥当である（表-6）。

b) 摩耗

摩耗は、流水や土石流等の流下により、構造体の表面から削られる現象で、水通し天端や堤体直下の水叩きで顕著な状態を示すことが多い。したがって、摩耗における対策工の選定は、これらの摩耗劣化が進行する部位に着目して実施することが妥当である（表-7）。対策工例を修繕、改築毎に示す。摩耗に対する対策は部位毎に異

なる。特に水通しでは、長寿命化の視点より、過年度にラバーシールやゴム型枠等を採用した実績がある。

c) 欠損（破損）

欠損（破損）は、構造体の一部が、土石流礫の衝突や流水の運搬作用によって、局所的に流出した状態で、通常、発生時規模は小さい。ただし、欠損（破損）後は凹状となることから、流水等が集中しやすく、摩耗等の劣化が進行しやすくなる。

欠損（破損）に対する対策は、危険な箇所を実施しなければならないような条件となるが、その規模は非常に小さいこと、すなわち、他の補修・改築と合わせて実施する必要性が高いことに留意が必要である。

6. 対策対象施設の検討と年次計画（案）

(1) 基本方針

安倍川砂防管内における砂防事業は現在も進捗中であり、長寿命化対策はこのような新規事業と平行して実施する必要がある。現時点でも土砂整備率は35%に満たない状況であること、土石流危険区域内に立地する人家が少なくないこと、砂防区域には域外へつながる動線が県道29号のみに限られていることなどから、未着手箇所における事業を優先的に、長寿命化対策を実施することが重要となる。

表-6 洗掘への対策工

劣化現象	劣化条件	対策	修 繕	改 築
洗掘	落水の影響あり 溪床の低下 傾向緩やか	埋戻し 土砂盤	洗掘・流出箇所 埋戻し コンクリート充填	腹付け 埋戻し コンクリート充填
	落水の影響あり 溪床の低下 傾向顕著	埋戻し 土砂盤	洗掘・流出箇所 埋戻し コンクリート充填	根継工 埋戻し コンクリート充填

表-7 摩耗への対策工

劣化現象	対策箇所	対策	修 繕	改 築
摩耗	水通し	打直し	摩耗箇所 高品質保護材	打直し ラバーシール、ゴム型枠
	水叩き	コンクリート埋戻し	修繕箇所 コンクリート埋戻し	水溜池構築 水溜池 塞上げ
	その他	コンクリート埋戻し	摩耗箇所 充填、打直し	腹付け

