

近年の土砂災害に対する応急対策工の導入実績と今後の技術開発の方向性

国土交通省
水管理・国土保全局
砂防部保全課

かんばら じゅんいち
蒲原 潤一
土砂災害対策室長

いわ お ただあき
岩男 忠明
企画専門官

(一財) 砂防・地すべり
技術センター

うら まこと
浦 真
企画部長

くらもと ようへい
倉本 洋平
流木対策係長

まつもと ひろかず
松本 洋和
総合土砂管理係長

1. はじめに

令和元年台風19号豪雨や平成30年7月豪雨に見られるような同時多発的で大規模な土砂災害が発生した場合、国土交通省では、要請等に応じて災害直後から土砂災害専門家及びTEC-FORCEを現地に派遣し、被害状況調査、自治体の警戒避難等への技術的支援を実施するとともに、直轄砂防区域等においては、大型土のう、コンクリートブロック、強靱ワイヤーネット工等による応急対策を実施している。

応急対策の実施については、例えば、平成30年7月豪雨では、必要な対応箇所が多数に及んだため、地区によっては強靱ワイヤーネット工による応急対策に数ヶ月以上を要した。このため、各地方整備局等において応急対策用資機材の備蓄を促進することとしている。この他、ブロックや大型土のうを用いる際の留意事項を示すなど応急対策工のより適切な実施を図ることとしている。

令和元年11月に閣議決定された「被災者の生活と生業の再建に向けた対策パッケージ」では、前年平成

30年7月豪雨後の支援パッケージと同様に、溪流や斜面に残存する土砂の流出により人家等への二次被害が懸念される箇所について早急に対策を実施することが位置づけられるなど、土砂災害に対する応急対策工を迅速に実施するための技術開発や適切な運用がより一層求められている。

二次災害として想定される土砂移動の形態や発生する可能性、土砂移動と保全対象との関係は現場毎に様々であり、対策工に求められる安定性、施工条件や工期が異なる。また、工種ごとに調達体制、施工性、耐久性、経費等が異なるため、応急対策は、本格的な復旧までの間に段階的に実施していくことが有効な場合がある。現時点では、応急対策工の計画に係る技術的な指針類は十分に整備されておらず、二次災害対策が必要とされる現地の状況等に応じて個々に技術的な検討や試行が実施されている実態がある。

応急対策工の技術開発においては、(I) 活用と効果についての実績の把握・整理、(II) 想定する現象と施

1.0m ≤ H < 2.0m	3
2.0m ≤ H < 3.0m	13
3.0m ≤ H < 4.0m	8
4.0m ≤ H < 5.0m	7
5.0m ≤ H < 7.0m	5

図-1 ブロック堰堤の規格(高さ)

0.0m < W < 50.0m	18
50.0m ≤ W < 100.0m	3
100.0m ≤ W < 150.0m	6
150.0m ≤ W < 200.0m	4
200.0m ≤ W < 300.0m	5

図-2 ブロック堰堤の規格(長さ)

0日 < N < 100日	25
100日 ≤ N < 200日	5
200日 ≤ N < 300日	4
300日 ≤ N < 400日	2
400日 ≤ N	0

図-3 ブロック堰堤の工期

0.0m < H < 3.0m	0
3.0m ≤ H < 4.0m	7
4.0m ≤ H < 5.0m	5
5.0m ≤ H < 5.5m	6
5.5m ≤ H	55*

*55はすべて5.5m

図-4 強靱ワイヤーネット工(柔構造物)の規格(高さ)

0.0m < W < 5.0m	0
5.0m ≤ W < 10.0m	2
10.0m ≤ W < 15.0m	16
15.0m ≤ W < 20.0m	27
20.0m ≤ W < 45.0m	28

図-5 強靱ワイヤーネット工(柔構造物)の規格(長さ)

0日 < N < 100日	22
100日 ≤ N < 200日	37
200日 ≤ N < 300日	11
300日 ≤ N < 400日	2
400日 ≤ N < 600日	1

図-6 強靱ワイヤーネット工(柔構造物)の工期



写真-1 導入後の河床低下事例



写真-2 支柱等の損傷事例

工に要する工期についての考え方の整理、(Ⅲ) 外力の設定方法と要求性能の考え方の整理を行って検討していく必要がある。

本稿では、このうち (Ⅰ) 及び (Ⅱ)、について、近年の導入実績について整理したうえで、応急対策工の分類に係る試案を示し、分類案に対応する工法のイメージや導入実績を紹介する。また、今後の技術開発の方向性について述べ、工法選定や設計施工の一層の効率化や必要な技術開発の促進につながる様々な知見や提案が寄せられることを期待する。

2. 応急対策工の近年の導入実績

砂防事業において本施設完成までの仮設工として活用する応急対策工について、平成26年度から平成30年度までの実績を調査した。活用された工法としては、ブロック積砂防堰堤、強靱ワイヤーネット工（柔構造物）の他、大型土のう、袋詰玉石、落石防護柵、コンクリートブロックが報告されている。

このうち、今回、数多く報告されたブロック積砂防堰堤及び強靱ワイヤーネット工（柔構造物）について、**図-1 ~ 6**に規格や工期について整理した。なお、整理結果は、土砂災害発生後の二次災害対策のうち、調査段階で規格や工期の情報が寄せられたデータのみを対象としており、大まかな傾向をつかむ目的で整理している。

ブロック積堰堤について、高さは1mから5.5mまで様々なケースがあること、長さは100mを超えるケースが報告されており谷幅が広い箇所においても適用されている。また、設置

の決定から設置完了までの工期は100日未満で25件と最頻値を示し、平均では95.9日と比較的短期間で導入されている。

強靱ワイヤーネット工（柔構造物）について、高さは3mと5.5mとに頻出値があり、工場での製作物として規格が限定されている実態がうかがえる。また、長さは5.0から40.0mまでと様々であるが、ブロック積堰堤よりは狭小な谷幅で適用されていると考えられる。工期は最短で5日のケースがある一方で100日を越すケースが7割を超えている実態がある。

強靱ワイヤーネット工（柔構造物）は、コンクリートを使用しないなどの理由から施工期間の短縮や資機材の運搬に係る仮設工に優位性があり、土砂災害発生後の二次災害対策として、近年、急速に活用が広がっている工法の一つである。今回の調査等から明らかになった課題を紹介するとまず、当該工法の長所とされる施工期間の短縮が十分図られていないケースが報告されている。平成30年7月豪雨などのケースでは全国的に多数の土砂災害が一時期に発生したことで、需要に対する工場での

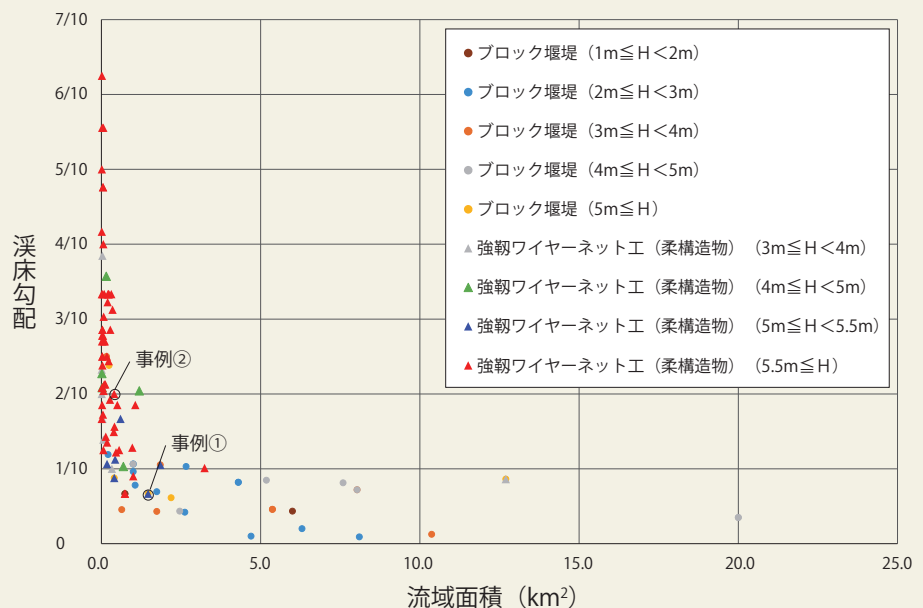


図-7 仮設工として活用する応急対策工(H26 ~ H30)のうちブロック堰堤と強靱ワイヤーネット工(柔構造物)についての整理

製品の生産や現場でのアンカー工等技術者の確保などに係る体制が逼迫したことが推察される。先述のとおり強靱ワイヤーネット工（柔構造物）の整備・保管を進めるとともに、現場での施工体制を確保するための建設業界との協定締結などの取り組みを検討していくなどの必要がある。次に、活用実績の増加に応じて、施設数となっている石礫地盤が導入後に河床低下を生じている事例（写真-1：図-7においては事例①のケース）や土砂を捕捉しつつも支柱の損傷やロープの破断などが生じている事例（写真-2：図-7においては事例②のケース）が報告されている。

今回の調査データのうち、収集できたブロック積砂防堰堤36例、強靱ワイヤーネット工（柔構造物）73例について、流域面積と溪床勾配との関係を整理した（図-7）。ブロック積砂防堰堤は、強靱ワイヤーネット工（柔構造物）に比較した場合に、流域面積が0.16～20.0km²と大きく、溪床勾配が1/4～1/110と小さい箇所での活用が多いこと、一方で強靱ワイヤーネット工（柔構造物）は、流域面積が0.01～12.7km²と小さく溪床勾配が1/1.6～1/15と大きい箇所での活用が多い。

応急対策工が導入された現地条件や効果の発現・損傷の状況等については、これまで設置期間が短く効果の発現事例などの収集が困難なことや仮設物であることなどの理由から体系的な情報収集や分析が十分実施されてきたとは言いがたい。今後、継続的なデータの蓄積や分析・整理を進めて参りたい。

3. 応急対策工の分類に係る試案

3.1 応急対策工の分類

本稿では、崩壊や土石流が発生した斜面や渓流から泥水や土砂の流出等の恐れがあり、下流部等で被害を軽減するための応急対策工を対象として分類試案を検討した。



図-8 ステップ1（発災後、1週間程度）のイメージ

1 ポリエチレンネット

- ・軽量、木に括りつけるなど施工が容易。
- ・強度は鋼製ネットの1/2程度。
- ・不安定土砂を抑え込むイメージ。
- ・ステップ2に移行した段階で撤去。



木に括り付ける（イメージ）



ポリエチレンネット（落石防止ネット）大嘉産業HPより

2. 高強度鋼製ネット

- ・比較的軽量。
- ・木に括りつける、根固めブロックに支柱を差し込むなど、施工が容易。
- ・ステップ2に移行した段階で撤去。



根固めブロックに差し込む（富士川水系春木川）



高強度鋼製ネット施工例

《留意点》

- ・ステップ2に移行するまでの暫定的工法。
- ・備蓄ステーションに備蓄しておくことが望ましい。
- ・土のう積みを高強度鋼製ネットで包み込んで補強することも可能。



土のう積みのワイヤーネット包み（静岡県小山町）

図-9 ステップ1「簡易なネット」について

対策工は応急的な仮設物として取り扱う場合を想定している。工法の選定については、応急対策の緊急性をふまえ、原則として工期が短いことを優先項目として検討し、現場の施工性や調達条件をふまえて最適なものを選定することも想定している。

3.2 対象とする現象

土石流や斜面崩壊の発生後に二次災害の原因として懸念される現象について、本試案で対象とする現象として例示する。この例示にとどまらず、応急対策工を計画する場合には、現場実態に応じて対象とする現象を設定・整理することが必要である。

- 地盤がむき出しになっている場所からの土砂を含む流水
- 崩れた細かい土砂などが残存している場所からの土砂を含む流水
- 土砂や流木で川が埋まっている場所からの土砂を

含む流水

iv) 拡大崩壊を発生源とする崩壊・土石流

3.3 応急対策工の分類案と工法の例示

現地条件によっては、必要とする応急対策工を整備するために時間を要する場合がある。応急対策工の特性の一つとして、土砂捕捉等の機能を高めることと施工に必要な工期とがトレードオフの関係となる場合が多い。このことをふまえて、効果を迅速に確保する手段として以下に示すステップ1から3までを段階的に整備することを提案する。施設サイトが限られる場合などでは、段階的の整備を目指して複数箇所での同時の施工等が困難な場合があること、適用できる工法が限定されることなどに留意が必要となる。

応急対策工として最終的に目標とする水準は、現地条件に合わせて適切に設定することとする。また、可能な限り、応急対策工法の選定から設置までのプロセスについて合理性を確保し、その記録に努める必要がある。

(1) ステップ1 (図-8～9)

- ・ 工期：発災後1週間程度
- ・ 規模：発災後1週間程度の施工で可能な対策であり、以下のケースを念頭にしている。
 - * 土のう積み等による水路の確保により、地盤がむき出しになっている場所からの土砂を含む流水の宅地等への流入の防止
 - * 簡易なワイヤーネットの敷設により、小規模な雨による拡大崩壊を発生源とする崩壊・土石流の流出防止

(2) ステップ2 (図-10)

- ・ 工期：発災後2週間から1ヶ月程度
- ・ 規模：3m程度の高さの擁壁体またはネット構造により捕捉可能な土砂量
- ・ 安定性：1 / 1確率規模程度の雨による土砂を含む流



図-10 ステップ2 (発災後、2週間～1ヶ月程度)のイメージ



図-11 ステップ3 (発災後、2ヶ月～6ヶ月以降)のイメージ

水の流出に対して安定 (渓流部のみ)、且つ、施設天端まで堆積した堆積土圧に対して安定

(3) ステップ3 (図-11)

- ・ 工期：発災後2ヶ月程度
- ・ 規模：ステップ2以上の機能として現地条件等から設定
- ・ 安定性：ステップ2以上の性能として現地条件等から設定

先述の通り、応急対策工の外力や要求性能等について、現場条件等から設定する手法については十分確立されていない。近年実施された応急対策工の実績について調査した結果がステップ3に相当するものと考え、以下に紹介する。応急対策工が導入された現地条件については、先述の図-7が参考となる。施工事例については、図-12～18の通りである。

応急対策工（強靱ワイヤーネット工（柔構造物））施工事例①

災害名	平成29年7月九州北部豪雨 (平成29年7月5日発生)
設置場所	福岡県朝倉市杷木松末地区
溪流名	汐井谷川 (小河内05)
設置時期	平成29年11月～平成30年3月
設置主体	九州地方整備局 筑後川河川事務所
製品規模	W=15m、H=5.5m
現場条件	○勾配：1/10 ○地盤条件：砂質土
必要工期	約4ヶ月 (123日)



【現地状況写真】



【H30.7月出水後の写真】

【作業工程】

工種	H29.9	H29.10	H29.11	H29.12	H30.1	H30.2	H30.3
設置の決定							
調査ボーリング							
設計							
工場製作							
準備工 流木処理等							
設置工							

【設置検討段階における想定現象・考慮した点】

①緊急性を要したため、工事箇所調達可能な製品規格を基に配置計画を決定。

【設置後現段階での評価・課題】

- ①在庫がない場合製作に少々時間がかかるが設置は短期間で実施可能であるため緊急的な仮設対策としては有効な手段である。
- ②本復旧の砂防堰堤を設置する際にネットが支障となる場合があるので、移設が生じないように上流に設置するなど検討する必要がある。
- ③本堤施工時の土石流に対する安全対策施設ともなり得る。
- ④流出した堆積土砂上に設置する場合、豪雨時にネット下部の堆積土砂の侵食が懸念されるため、土砂撤去及び袋詰め玉石等による補強を行うことが望ましい。

図-12

応急対策工施工事例②

災害名	平成30年7月豪雨 (平成30年7月5日発生)
設置場所	広島県呉市天応地区
溪流名	背戸川支川(I-3-81-90f溪流)
設置時期	平成30年9月～平成30年12月
設置主体	中国地方整備局 太田川河川事務所
製品規模	W=27m、H=4.9m
現場条件	○勾配：1/5.0 ○地盤条件：堆積土
必要工期	約3ヶ月 (101日)



【現地状況写真】



【設置写真】

【作業工程】

工種	H30.8	H30.9	H30.10	H30.11	H30.12	H31.1	H31.2	H31.3
設置の決定								
設計								
工場製作								
準備工								
設置工								

単位：日

【設置検討段階における想定現象・考慮した点】

- ①緊急性を要したため、工事箇所調達可能な製品を基に検討。
- ②アンカーを施工する法面工など特定の職種の作業員が不足していたため、職種が限定されない工法を考慮。
- ③土石流規模や製品の設置が可能であるか考慮。（当該施設は小規模溪流対応）

【設置後現段階での評価・課題】

- ①上流側にアンカーを用いないため、上流側の地盤条件に左右されない。
- ②本現場では、施工箇所までの杭打ち機械が進入できたが、その可否により、大きく工程が変わる。
- ③支柱の埋込部にモルタル注入するため、撤去は、地上部分の切断となり再利用はできない。

図-13

応急対策工施工事例③

災害名	平成30年7月豪雨 (平成30年7月5日発生)
設置場所	広島県広島市安芸区上瀬野地区
溪流名	大元谷川(1-2-2-74溪流)
設置時期	平成30年10月～平成30年12月
設置主体	中国地方整備局 太田川河川事務所
製品規模	W=3.0m、H=2.0m、2基
現場条件	○勾配:1/8.3 ○地盤条件:堆積土
必要工期	約2ヶ月(66日)



【現地状況写真】



【設置写真】

【作業工程】

単位: 日

工種	H30.8	H30.9	H30.10	H30.11	H30.12	H31.1	H31.2
設置の決定							
設計							
工場製作(新規)							
準備工							
基礎工							
設置工							

基礎取付金具の製作
河道整備(水替えのための掘削)
据付は、2中程度

【設置検討段階における想定現象・考慮した点】

- 被災地は、川幅が広く、家屋被害の多くが侵食による流出と流木によるものであったことから、流向制御と流木捕捉効果に着目しながら、調達可能な製品を基に検討。
- アンカー型式は、川幅が広く、河床変動が生じやすい箇所では、基礎の流出への対応やアンカーの適切な設置が困難。
- 流体力で構造本体が流下しないことを考慮してC_o基礎を設置。

【設置後現段階での評価・課題】

- 工場在庫品を使用したことより、約2ヶ月で設置が完了。(新規製作の場合は5ヶ月程度必要)
- 設置箇所までトレーラーによる資材搬入、クレーンによる横取り・据え付けが可能であったことより短期間で据え付けが完了。
- 基礎C_o打設では、基礎底面以下に水位を下げるための河道掘削が必要となった。河道条件によっては準備工が大規模となる。

図-14

応急対策工(強靱ワイヤーネット工(柔構造物))施工事例④

災害名	平成30年7月豪雨 (平成30年7月5日発生)
設置場所	広島県広島市安佐北区口田南3丁目地区
溪流名	小田川(1-1-9-33溪流)
設置時期	平成30年7月～平成30年9月
設置主体	中国地方整備局 太田川河川事務所
製品規模	W=15.0m、H=5.5m
現場条件	○勾配:1/6.6 ○地盤条件:堆積土
必要工期	約2ヶ月(67日)



【現地状況写真】



【設置写真】

【流用品の活用に伴う工程の短縮】

単位: 日

工種	H30.8	H30.9	H30.10	H30.11
設置の決定				
設計				
工場製作(新規)				
準備工				
設置工				

流用品の活用により、準備工と設置工の期間が短縮される。全体工程として約3週間の短縮。

【設置検討段階における想定現象・考慮した点】

- 緊急性を要したため、強靱ワイヤーネットの流用品を含め設置を検討。
- 岩質によっては、アンカーの打ち込みに時間を要するため、設置場所の選定が重要。

【設置後現段階での評価・課題】

- 流用品を使用したことにより、新規製作に比べ、設置期間を約3週間短縮。
- 重機での資機材の搬入出が可能であったことより、アンカーの足場設置や支柱の建て込みに時間を要しなかったが、重機での資機材の搬入出ができない現場においては、設置に時間を要する。
- 資材のうち、支柱高・基礎形式については、設計条件により変更が生じるほか、リングネットは調達に時間を要することから、備蓄する資材については整理が必要。
- 強靱ワイヤーネットは、複数の部品を組み合わせるため、備蓄資材の保管に十分なスペースが必要。

図-15

応急対策工（強靱ワイヤーネット工（柔構造物））施工事例⑤

災害名	平成29年5月融雪災害 (平成29年5月19日発生)
設置場所	長野県飯山市照岡地区
溪流名	井出川
設置時期	平成29年6月～平成29年8月
設置主体	長野県 北信建設事務所
製品規模	W=17.5m、H=3m
現場条件	○勾配：本堤一副堤間 ○地盤条件：副堤コンクリートに定着
必要工期	約2ヶ月（60日）



【現地状況写真】



【H29.10月台風出水中の写真】

【作業工程】

単位：日

工種	H29.6	H29.7	H29.8	H29.9	H29.10	H29.11	H29.12	H30.1
設計	■							
契約手続き	■	■						
工場製作		■	■					
準備工		■						
設置工			■					

図-16

【設置検討段階における想定現象・考慮した点】

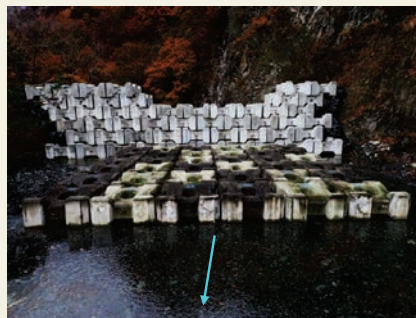
- ①緊急性を要したため、施工期間の短縮と維持管理コストの縮減を図るため設置位置を検討。
- ②土石流の発生頻度が高く、溪流内工事の安全確保の観点から、応急工事の段階施工として工法を選定。
- ③細粒分が多いため、流木捕捉機能を主に期待し、下流に不透過型の仮設堰堤を設置。

【設置後現段階での評価・課題】

- ①短期間の溪流内作業で効果を期待できるため、工期を必要とする堰堤等の安全対策として有効。
- ②副堤水通しに設置したため、せき上げなど袖部越流への対応について留意が必要。

応急対策工（ブロック積堰堤）施工事例⑥

災害名	河岸斜面崩落による河道閉塞 (平成30年10月21日発生)
設置場所	山梨県南巨摩郡早川町新倉地区
溪流名	富士川水系 早川（右支）黒桂河内川
設置時期	平成30年11月～12月
設置主体	関東地方整備局 富士川砂防事務所
規模	W=約28m、H=約4m 8tブロック 264個
現場条件	○勾配：約1/30 ○地盤条件：礫・礫質土
必要工期	約1ヶ月（33日）



【現地状況写真】



【河道閉塞の状況】

【作業工程】

工種	H30.10	H30.11	H30.12	H31.1
設置の決定		■		
設計	■	■		
準備工		■	■	
工事用道路		■	■	
基礎コンクリート			■	
ブロック運搬			■	
ブロック据付			■	

10月21日 災害発生
11月5日 工事着手
12月5日 工事完了

図-17

【設置検討段階における想定現象・考慮した点】

- ①突発的な斜面崩落により河道閉塞が形成、湛水したことから、決壊に伴う土石流を捕捉・減勢するために応急対策工を設置。
- ②応急対策として緊急施工する必要性があり、捕捉容量を最大限確保しながら、地形改変や工事用道路設置も最小限となり、かつ所有ブロックを活用できる溪流出口付近を選定した。

【設置後現段階での評価・課題】

- ①ブロック積構造とすることで、所有ブロックを活用した急速施工が可能となった。（※ブロック堰堤部分の実工期は2週間程度）
- ②本設置後に応急対策工を取り壊す際には、根固ブロックを他へ転用することが可能。
- ③洗掘破壊防止と不陸整正を兼ね、基礎コンクリートを打設した。
- ④所有している平型ブロックを使用したため、群体として機能させるための連結方法が課題となった。

応急対策工（遊砂地工）施工事例⑦

災害名	平成29年7月九州北部豪雨 (平成29年7月5日発生)
設置場所	福岡県朝倉市杷木松末地区
溪流名	乙石川
設置時期	平成29年11月～平成30年3月
設置主体	九州地方整備局 筑後川河川事務所
規模	W=約69.7m、H=約6.9m ブロック個数：2tブロック1,628個
現場条件	○勾配：1/26 ○地盤条件：砂質土
必要工期	約6.5ヶ月（197日）



【現地状況写真】



【H30.7月出水後の写真】

【作業工程】

工種	29.9	129.10	29.11	129.12	30.1	120.2	100.3
設計							
決							
河							
ボーリング							
設計							
ブロック							
製作							
運搬							
付替道路							
右岸側							
左岸側							
中央部							

【設置検討段階における想定現象・考慮した点】

- 平成29年7月九州北部豪雨により荒廃した溪流から断続的に発生する土砂を包括的に捕捉するため、乙石川の下流域に配置を決定。
- 応急対策として緊急的に対策を実施する必要があり、現地地形を大規模に変更する必要もなく製作ブロック個数も少なくなる狭窄部である当該地点を選定。

【設置後現段階での評価・課題】

- 根固めブロックにより構築することで、設置及び撤去が容易で、短期間で施工できるため緊急的な仮設対策として有効である。
- 本設遊砂地の設置後の応急対策施設を取り壊す際に、根固めブロックは溪流保全工等への流用が可能となる。
- 土砂止め工両岸の着岩部においては、侵食されないように十分な侵食対策工が必要である。当該箇所は袋詰め玉石で補強している。
- H30.7月出水を受け、14,000m³の土砂等を捕捉する効果を発揮した。

図-18

4. 今後の技術開発の方向性

本稿掲載の分類案や施工事例を参考として、災害発生後に整備すべき応急対策工について、産学官の広範な範囲から知見を求めて技術開発を進め、より即応性の高い応急対策工の整備体制の確保が求められる。

平常時から準備等すべき工法としては、応急対策の事例として本稿に整理したもののほか、大型土のう、鋼製枠など既往素材の適用範囲の拡大のための技術開発や、ゴム製品等新素材を活用した土のう補強などの新技術の積極的な導入などが考えられる。応急対策は基本的に仮設構造物を想定しているため、長期の耐久性を評価する必要は必ずしもないが、想定する使用期間で劣化する可能性がある資材や複数回にわたって使用することでトータル経費を削減することを期待する場合など、必要に応じて耐久性に係る情報・知見が整理される必要がある。

5. おわりに

平成30年7月豪雨の被災地において集落の人口減少が深刻と伝えられている。土砂災害の危険と向き合う地域の発展のため砂防設備の整備などの事前防災が必要なが改めて認識される。一方で、ひとたび土砂災害が発生した場合、被災された地域の方々にとっては、応急対策工が速やかに、且つ、的確に施工されることが、生活再建に向けた第一歩を踏み出す重要な契機となる場合がある。土砂災害対策後の応急対策工の技術開発は被災地域の復興にとって重要なテーマと考えられる。

本稿では、応急対策工の今後の技術開発促進のため、工法の分類案と目安とすべき工期や安定性を試案として提示した。今後、このような取り組みを深化させるためには、工法の技術開発や施工を担うメーカー・建設業等との協働が一層重要となる。応急対策工に期待できる機能と確保できる工期との膨大な組み合わせに対して供給可能な工法の規格は限定されている。調達上の制約が工法の選定に影響しており、選択可能な新たな工法の技術開発を進めていくことや規格の取りそろえを可能な限り多くしていくことが求められる。

なお、1章で述べた(Ⅲ)外力の設定方法と要求性能の考え方の整理について、土砂災害発生後の応急対策の現場では、上流域の不安定土砂や基礎地盤などの施工条件について緊急対応の中で十分な調査ができない場合が多く、さらに、資材搬入のための進入路整備等の工期が十分に確保できないことが制約条件となる場合が多い。恒久対策工の計画・設計と比較した場合、応急対策工は、外力の不確実性や施工条件による制約が大きいことをふまえて、外力や要求性能の設定手法については継続的な検討課題とした。技術開発のうえで重要な課題と考えられるため各方面からの広範なご意見を併せて頂戴したい。

最後に、本稿は砂防事業の実施主体から報告されたデータや関係業界から寄せられた情報等をもとに取りまとめた。また、土木研究所土砂管理グループ火山・土石流チームの各位からは貴重な指摘を頂いた。ご協力いただいた関係各位に御礼申し上げます。