

国土技術政策総合研究所 ○水野秀明、小山内信智、林真一郎、沖中健起
(財)建設技術研究所 小田晃、長谷川祐治

1. はじめに

新潟県中越地震（平成 16 年 10 月 23 日発生）での芋川流域での事例や平成 17 年台風 14 号で耳川流域で発生した事例などにみられるように、大規模な天然ダムが地震や豪雨に伴ってしばしば形成される。天然ダムが決壊すると、その上流に溜まっていた水と天然ダムを構成する土砂が急激に下流に流出するため、下流域では土砂や洪水の氾濫による災害の発生が懸念される。このような形態の土砂災害を防止・軽減するためには、応急対策や事前対策の各段階でハード対策とソフト対策を適切に組み合わせて実施する必要がある。

河川砂防技術基準計画編が平成 16 年 3 月に改訂され、河川局長より通知された。砂防基本計画は河川砂防技術基準（案）計画編で示されたものを詳細に区分し、水系砂防、土石流対策、流木対策、火山砂防、天然ダム等異常土砂災害対策の 5 つから構成される。前述のような天然ダム等による異常土砂災害への対策として、ハード対策とソフト対策を計画することとなっている。

それらの対策のうちソフト対策についてみると、情報の収集（例えば、井良沢ら、1992）、天然ダムの決壊予測（建設省、1992）、ピーク流量の予測（例えば、石川ら、1992）、下流域での氾濫範囲予測（例えば、石川ら、1992、高橋・中川、1992）、天然ダムの監視（例えば、石川ら、1992）といった個別技術が開発されてきた。一方、ハード対策についてみると、遮水壁の設置・排水路の設置・トンネル・排水・ブロックの設置などといった応急対策（建設省、1992、井良沢ら、1992）や、砂防えん堤の設置といった事前対策（社団法人日本河川協会、2005）が示されているが、具体的な技術指針は示されていない。

そこで、本研究はハード対策による、天然ダムの決壊に伴う土砂災害リスクの低減効果を把握することを目的とした。本研究で対象とするハード対策には、天然ダムの決壊に伴う土砂・洪水の氾濫といった災害の発生を防止することだけでなく、河道を閉塞している土砂を安全に流下させることで土砂災害リスクを低減することが求められる。そこで、ハード対策による土砂災害リスクの低減効果を①ピーク流量がどの程度低減し、その出現が遅れたか、②ピーク土砂容積濃度がどの程度低減したか、③天然ダムを構成する土砂がどの程度残存したかの 3 点に着目して評価した。なお、天然ダムの決壊にはおおむね越流によって生じるものと、パイピングによって生じるものがあるが、本研究は越流による天然ダム

の決壊を対象とした。

2. 実験概要

2. 1 実験条件

図-1 は実験に用いた装置を示したものである。実験に用いた水路は幅 0.3m、長さ 7.0m で、強化ガラス製の壁を有する。水路の上流端には、天然ダムの湛水域を想定した湛水池（幅 3.0m、長さ 6.0m）を設置した。水路の下流端には、流出してくる水と土砂を採取するためのローラー及びプラスチック製の箱を配置した。水路は勾配 1/30 で設置した。実験に際して、水路の下流端から上流に 2.0m の地点に、

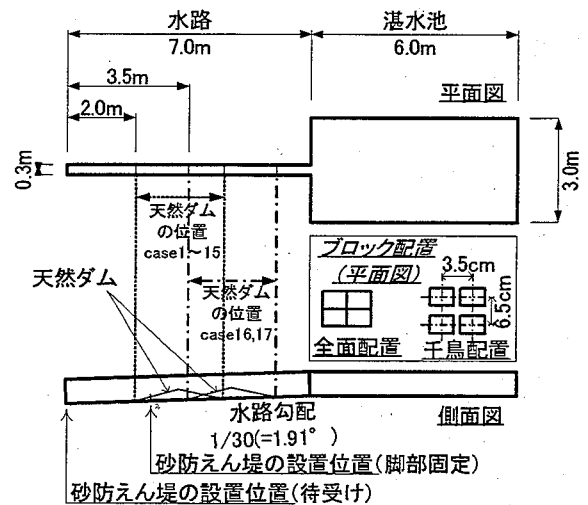


図-1 実験水路
表-1 実験条件と結果

実験ケース	対策工	実験結果			備考
		ピーク流量 [cm³/s]	ピーク土砂容積濃度 [%]	残存土砂 [cm³]	
case-1	なし	7,116	11.1	20,520	
case-2	ブロック	6,460	11.1	23,790	1層積み・全面配置(応急対策)
case-3	ブロック	6,383	12.7	26,640	1層積み・千鳥配置(応急対策)
case-4	ブロック	165	0.4	46,891	2層積み・全面配置(応急対策)
case-5	ブロック	890	2.8	46,362	2層積み・千鳥配置(応急対策)
case-6	ブロック	5,158	17.1	22,680	2層積み・千鳥配置・下部敷設(応急対策)
case-7	ブロック	5,710	9.9	28,200	2層積み・千鳥配置・上部敷設(応急対策)
case-8	ブロック	6,213	14.6	17,400	2層積み・千鳥配置・上部と天端敷設(応急対策)
case-9	不透透型砂防えん堤	5,911	9.5	27,630	脚部固定・えん堤高5.75cm(事前対策)
case-10	不透透型砂防えん堤	4,012	6.9	40,950	脚部固定・えん堤高11.50cm(事前対策)
case-11	不透透型砂防えん堤	3,861	6.4	50,100	脚部固定・えん堤高17.25cm(事前対策)
case-12	透過型砂防えん堤	5,746	8.6	30,990	脚部固定・えん堤高11.50cm・スリット幅6cm(事前対策)
case-13	透過型砂防えん堤	6,328	8.1	27,900	脚部固定・えん堤高11.50cm・スリット幅15cm(事前対策)
case-14	透過型砂防えん堤	4,549	3.1	59,400	待受け・えん堤高11.50cm・スリット幅6cm(事前対策)
case-15	透過型砂防えん堤	5,526	5.9	45,000	待受け・えん堤高11.50cm・スリット幅15cm(事前対策)
case-16	透過型砂防えん堤	5,714	7.3	29,400	待受け・えん堤高11.50cm・スリット幅6cm(事前対策)
case-17	透過型砂防えん堤	6,087	9.4	26,400	待受け・えん堤高11.50cm・スリット幅15cm(事前対策)

※残存土砂は空隙なしの体積である。計算に際しては、土砂容積濃度を0.6と仮定した。天然ダムの土砂量は70,200cm³(空隙抜き)である。

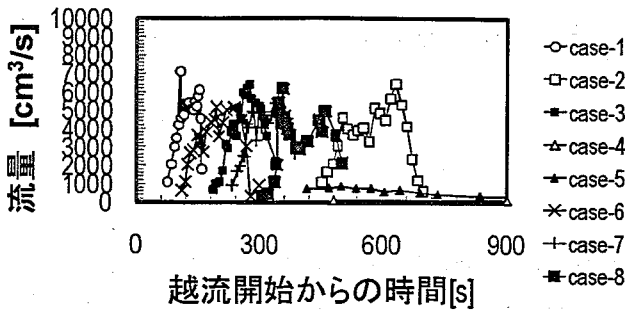


図-2 流量の時間変化 (応急対策)

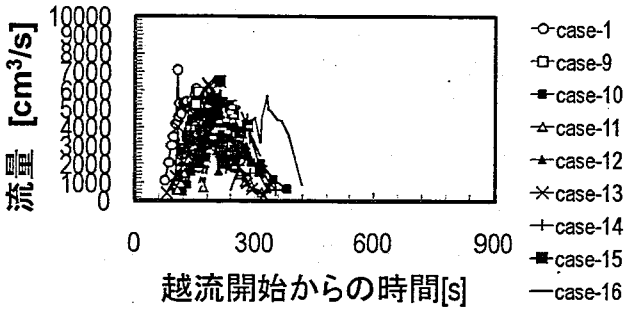


図-3 流量の時間変化 (事前対策)

平均粒径 0.3mm のほぼ一様な粒度分布の土砂を用いて天然ダムを設置した。case16と17の場合のみ、天然ダムは水路の下流端から上流に 3.5m の位置に設置した。天然ダムの上流と上流ののり勾配は 1:4、天端幅は 0.1m、高さは 0.3m とした。天然ダムの土砂量は空隙率を 0.6 とすると、空隙を抜きで 70,200cm³ である。

実験に際しては、天然ダムの湛水池が満水となるよう 0.529m³ の水を供給した後、100cm³/s の割合で水を供給した。水が天然ダムを越流し始めた後、プラスチック製の箱を用いて流出物を採取し、流量と土砂容積濃度の時間変化を計測した。

表-1 は実験を行ったケースとその条件の一覧、及び、実験結果を示したものである。対策を講じなかった実験を 1 ケース、応急対策を講じた実験を 7 ケース、事前対策を講じたケースを 9 ケース行った。

2. 2 実験結果

2. 2. 1 ピーク流量の低減効果と遅延効果

case-1 と case-2~8 とでピーク流量を比較すると、ピーク流量は 9%~98% 程度低減し、ブロックの敷設面積が広いほど、また、ブロックの層が多いほどより多く低減することが分かった。同様に、case-1 と case-9~17 とでピーク流量を比較すると、ピーク流量は 11%~46% 程度低減した。砂防えん堤の高さが高いほど、あるいは、スリット幅が狭いほど、ピーク流量がより低減することが分かった。

図-2 と 3 は流量の時間変化を示したものである。ピーク流量の遅延効果が明瞭に現れた実験ケースはブロック (応急対策) であった。その出現時間はブロックの敷設密度が高いほど、また、ブロックの層が多いほど、遅くなった。

2. 2. 2 ピーク土砂容積濃度の低減効果

case-1 と case-2~8 とでピーク土砂容積濃度を比

較すると、case-4 と 5 を除いて、ピーク土砂容積濃度はあまり変化しなかった。同様に、case-1 と case-9~17 とでピーク土砂容積濃度を比較すると、ピーク土砂容積濃度は 15~72% 程度低減した。

2. 2. 3 水路内の残存土砂

case-1 と case-2~8 とで水路内に残存した土砂 (残存土砂) を比較すると、case-8 を除いて、残存土砂が増加した。ブロックの層が多いほど、残存土砂は多くなった。なお、敷設面積による影響は顕著に現れなかった。case-1 と case-9~17 とで土砂の残留量を比較すると、砂防えん堤の高さが高いほど、あるいは、砂防えん堤が天然ダムに近い位置にあるほど、残存土砂が増加した。

3. 考察

ピーク流量の低減効果及び遅延効果についてみると、応急対策としてのブロックは事前対策の砂防えん堤と比べて高い効果を有していた。一方、ピーク土砂容積濃度の低減効果についてみると、case-4,5 を除いて、事前対策の砂防えん堤は応急対策としてのブロックと比べて高い効果を有していた。残存土砂量についてみると、応急対策としてのブロックは事前対策の砂防えん堤よりも少なくなっていた。以上の結果から、今回の実験条件の範囲では、応急対策としてのブロックと事前対策としての砂防えん堤の両者とも土砂災害リスク低減効果を有していることが定性的に分かった。特にピーク流量の低減効果と遅延効果については、前者の方が高いことが分かった。以上の結果から、土砂災害リスク低減効果を効率的に発揮させるためには、天然ダムの侵食が急激に進行するのではなく、徐々に進行するような対策が有効であると考えられる。

4. おわりに

今回の実験では、ハード対策による土砂災害リスク低減効果を定性的に把握することができた。今後は、ブロックの形状や、砂防えん堤の高さ・スリット幅・設置位置といったパラメータを系統的に変化させて、土砂災害リスク低減効果を定量的に評価できる手法を開発したいと考えている。

引用文献

- 石川芳治、井良沢道也、匡尚富 (1992) : 天然ダムの決壊による洪水流下の予測と対策、砂防学会誌 (新砂防)、Vol.45、No.1、p.14-23
- 井良沢道也、石川芳治、小泉豊 (1992) : ヘリコプターによる土砂災害情報調査、砂防学会誌 (新砂防)、Vol.44、No.6、p.3-11
- 建設省 (1992) : 第 5 章土砂災害復旧編、建設省総合技術開発プロジェクト 災害情報システムの開発報告書第 III 巻基幹施設編、p.353-409
- 高橋保、中川一 (1992) : 自然ダムの越流決壊によって形成される洪水の予測、京都大学防災研究所年報第 35 号 B-2、p.231-248
- 日本河川協会 (2005) : 国土交通省河川砂防技術基準同解説・計画編、山海堂、p.56-57