

中条砂防堰堤の土石流捕捉状況について

長野県建設部砂防課
長野県北信建設事務所
(株) 神戸製鋼所

田中 秀基
野崎 隆一、廣川 夏緒里
○高野 昭彦、守山 浩史

はじめに

2011年の東北地方太平洋沖地震が発生した13時間後の3月12日に、長野県最北端の下水内郡栄村を震源とする直下型の「長野県北部地震」が発生し、中条川支流東入沢では、大規模な山腹崩壊によって河道閉塞が形成された。その後、2013年9月16日の台風18号による降雨で河道閉塞が崩壊し土石流が発生した。土石流は最下流に設置された鋼製透過型砂防堰堤の中条砂防堰堤（格子形堰堤）にて捕捉され、下流の被害を防止した。しかし、この土石流は、河道閉塞の崩壊によるものであったため流出土砂量の規模も大きく、越流土砂（石礫含む）は水通し部だけでなく、袖部からも越流した。この越流土砂により、格子形堰堤の一部の部材に破損・損傷が生じたが、堰堤全体としては崩壊することなく土石流を捕捉し続けた。本報は、土石流の流下状況、ならびに同堰堤の効果と冗長性について述べたものである。

1. 土石流の流下状況と格子形堰堤の土砂捕捉効果

中条川に設置された格子形堰堤の設計諸元は、流域面積 $A=8.07\text{km}^2$ 、有効降雨強度 $re=33.58\text{mm/hr}$ 、水のみを対象流量 $Q_p=75.28\text{m}^3/\text{s}$ 、土石流のピーク流量 $Q_{sp}=150\text{m}^3/\text{s}$ である。土石流諸元は、堆積土砂の容積土砂濃度 $C_*=0.6$ 、流動中の土石流の濃度 $C_d=0.3$ 、水深 $h=1.59\text{m}$ 、流速 $U=4.30\text{m/s}$ 、現河床勾配 $i=1/10$ 、流体力 $F=47.67\text{kN/m}$ である。一方、堰堤諸元は、堰堤高 $H=11.5\text{m}$ 、鋼製高 $h_s=9.0\text{m}$ 、開口部幅 $B_s=10.0\text{m}$ 、堰堤長 $B=63.0\text{m}$ 、計画捕捉量 $C=21,620\text{m}^3$ である。

写真1に土石流発生後の流域状況、写真2に土石流捕捉後の格子形堰堤を撮影したものを示す。土石流は1日に3回発生した。1回目の土石流は河道閉塞土砂を侵食して発生し、下流の複数の治山施設を越流し、最下流の格子形堰堤に作用し、同堰堤は満砂状態となった。

2回目の土石流は満砂後に発生し、両岸側の状況や左岸側の道路や畑へ流入した土砂の痕跡から非越流部を大きく越流したことが分かっている。格子形堰堤の左岸側の斜材の側面が凹んだことと天端部材が大きく損傷を受けたことの原因は、この土石流の越流状況と袖部の損傷状況から、袖部の天端より落下した巨礫群によるものと推察される。

3回目の土石流も2回目と同様な流下形態であったと思われる。一方、同堰堤の下流では、河道の侵食は激しかったが、これといった災害は認められなかった。格子形堰堤を通過した土石流はかなり減勢され、施設効果を発揮したものと考えられる。

後日の調査で、流出した土砂量は3回の土石流の合計で $570,000\text{m}^3$ であること、また、格子形堰堤の捕捉量は $43,000\text{m}^3$ であることが分った。流出土砂量を単純平均すると $190,000\text{m}^3$ が1回の土石流で流出したことになるが、この量は、計画値の運搬可能土砂量 $113,500\text{m}^3$ の約1.67倍になり、土石流の規模は極めて大きなものであったことが分る。また、捕捉量 $43,000\text{m}^3$ は計画値 $C=21,620\text{m}^3$ の約2倍と大きかった。

以上より、一部の部材の破損・損傷はあったが、このような大規模な土石流を捕捉し続けたことは、この格子形堰堤が減災に大きな効果を発揮したといえる。

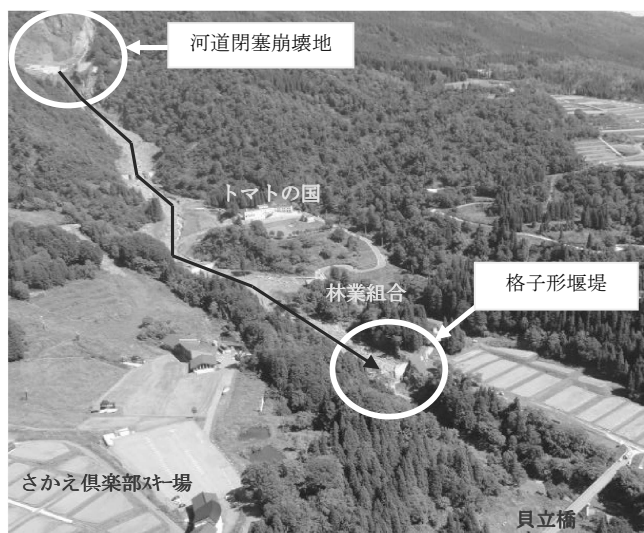


写真1 土石流発生後の流域状況



写真2 土石流捕捉後の格子形堰堤

2. 冗長性に関する考察

格子形堰堤が今回の土石流により破損・損傷を受けた箇所とその原因を考察するとともに、破損・損傷を受けながらも施設崩壊せずに土石流を捕捉し続けた理由について考察した。

2.1 破損・損傷箇所とその原因

図1に破損・損傷箇所を示す。また、格子形の耐力に最も影響を及ぼす破損箇所の例として写真2に破損1, 2の状況、また、写真3に破損3の状況を示す。

破損1は横梁の継手部におけるボルトのせん断崩壊、破損2はH形鋼の喪失であり、いずれも非越流部の天端からの巨礫の落下によると思われる。破損3は水平梁に

の接合部における横梁の局部変形で、上記の衝撃時に横梁の支点となる柱から受ける反力によるものと思われる。損傷5は、主に斜材の凹み変形で鋼製部天端からの礫の落下によるものが大半を占める。

以上のことから、構造体に影響を及ぼす部材の破損・損傷は鋼製部の天端からの越流では無く、袖部の天端からの礫の落下によるものであることが分かる。

2.2 健全度の評価

構造体に大きな影響を与える破損1および損傷3を考慮して、構造検討を実施した結果、設計荷重に対して十分耐力を有することが分かった。

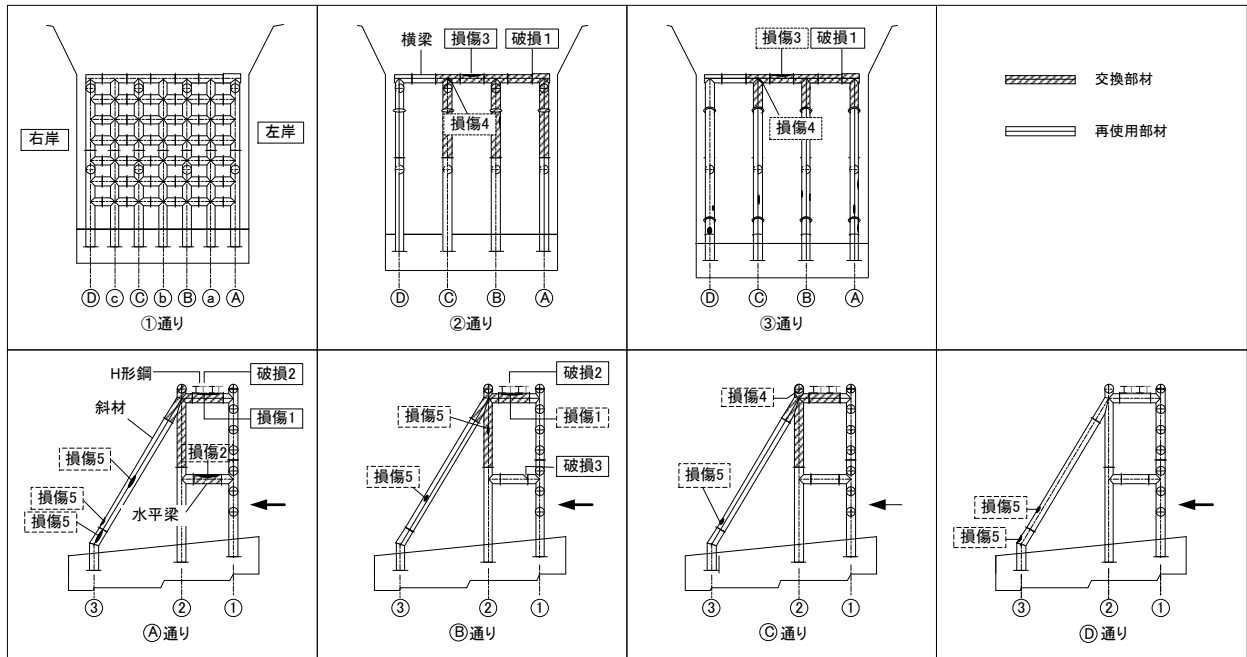


図1 破損・損傷箇所

おける鋼管とフランジの溶接部の一部欠損で、H形鋼が喪失した空間部からの礫の落下によるものである。

損傷1および2は水平梁に生じた大きな凹み変形で、前者は非越流部の天端からの礫の落下、また、後者はH形鋼が喪失した空間部からの礫の落下による。損傷3は②通り天端の横梁に生じた凹み変形で、鋼製部の天端を転がりながら通過する巨礫が倒れるときに生じる衝撃力によるもの、損傷4はその横梁と柱と



写真2 破損1, 2 (横梁・H形鋼の破損)



写真3 破損3 (水平梁の破損)

損傷5の中で、鋼管径の10%以上の凹み変形が発生した斜材に対して、凹み変形による断面低下を考慮した応力度の照査を行った結果、全て許容値内にあることを確認した。この斜材の凹みの程度に関しては、土石流の落下によりベースプレートの一部が露出するまで(約1m)下流側の底版コンクリートが削り取られていたが、損傷程度は非常に軽微であった。

2.3 冗長性に対する検討

土針針では、冗長性について「一部の部材が破損したとしても砂防堰堤全体が崩壊につながらないように、フェールセーフの観点から、できるだけ冗長性(リダンダンシー)の高い構造とする」とある。上記に示したとおり、格子形堰堤は一部の部材は破損したが、全体の崩壊に至らず、土石流を捕捉し続けたことから、高い冗長性を有する構造であると評価できる。

おわりに

今回の土石流の捕捉により、格子形堰堤の減災効果および冗長性を確認することができたが、部材の破損・損傷の調査は目視観察によるものである。除石後、詳細な調査を行い、最終的な評価を行う予定である。さらに、同堰堤の補修を行い、次の土石流に備えるとともに、現地の追跡調査も継続していきたい。