

上々堀沢ワイヤネット工の変形と設計に関する調査

国土交通省北陸地方整備局松本砂防事務所
 ニュージェック株式会社
 株式会社神戸製鋼所
 東亜グラウト工業株式会社
 東亜グラウト工業株式会社

今井 一之
 樋口 順
 葛西 俊一郎
 門間 敬一
 ○下条 和史

はじめに

2004年7月18日、石礫型土石流が焼岳・上々堀沢ワイヤネット工（以下WN工と記す）に衝突し、WN工は大きな損傷もなく土石流を捕捉した。捕捉時には吊索に設置していたロードセルにより、吊索張力の時系列値を記録することができた。2004年7月21日には簡易的な調査を行った。7月25日に、再度土石流が同WN工に作用し、土石流の後続流は、WN工が既に大量の石礫を捕捉し盛り上がっていたことから、WN工に堆積している土砂を乗り越えることができず、左右の兩岸を回って下流に通過することになった。8月17日に本格的な現地調査を行い、土石流捕捉後におけるWN工の測定を行った。本報告はWN工の変形状況、外力などを調査し、設計条件との比較を試み、WN工の完成から復旧までの調査結果をまとめたものである。

1. ワイヤネット工位置と土石流の概要

WN工は、上々堀沢の下流域に位置する重力式コンクリートえん堤（6号上流床固）と鋼製スクリーンえん堤（6号床固）との間に試験的に設置された。図-1に上々堀沢の7月17～18日の降雨量を示す。雨は7月17日の17時から降り始め、7月18日3時までの総降雨量は60mmであった。7月18日4時の時間雨量は15mm/hrであり、ワイヤセンサーが土石流の発生を検知した時刻と一致したことから、この降雨が引き金となって土石流が発生したものと考えられる。

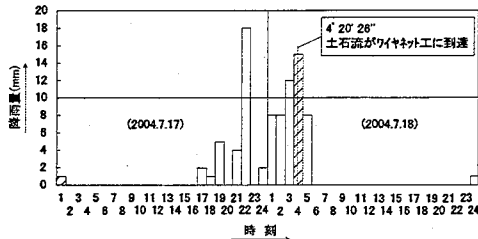


図-1 上々堀沢の降雨量

2. ワイヤネット工の計画諸元

図-2に土石流時及び満砂時におけるWN工の構造一般図を示す。

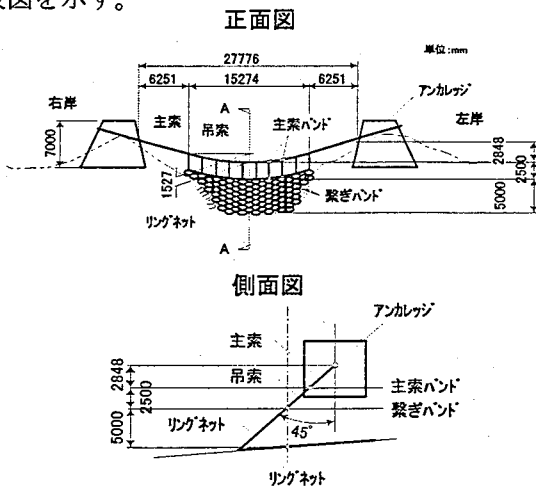


図-2 構造一般図

1) 計画条件

流域面積 $A=0.79\text{km}^2$ 、有効降雨強度 $re=82.62\text{mm/hr}$ 、水のみの流量 $Q_p=18.13\text{m}^3/\text{sec}$

2) 対象土石流諸元

元河床勾配 $i=1/13$ 、最大礫径 $d_{max}=1.20\text{m}$ 、設計土石流水深 $h=1.20\text{m}$ 、土石流の速度 $U=2.47\text{m/sec}$ 、土石流単位体積重量 $\rho_d=16.06\text{kN/m}^3$ 、単位面積当たりの土石流流体力 $q=10.0\text{kN/m}^2$ 、なお、 h を求めるにあたりマニング式の計算では $h=0.84\text{m}$ であったが、 $d_{max}=1.20\text{m}$ と比較して d_{max} の方が大きいので $h=1.20\text{m}$ とした。

3) WN工諸元

有効高さ $h_e=5.00\text{m}$ 、有効主索幅 $Be=27.776\text{m}$ 、ネット幅 $B_n=15.274\text{m}$ 、主索のサグ $f=1.527\text{m}$ 、リングネット径 $D_r=1.20\text{m}$ （直径1.4mのリングネットを使用するが、1箇所あたり0.1mの重ねしろを2箇所考慮するため、土石流の捕捉機能上での直径は1.20mとした。）

3. 土石流の捕捉

3.1 土石流の捕捉状況

写真-1はWN工の完成時、写真-2は第1回目の土石流捕捉後を下流から撮影したものである。

写真-2から、WN工は土石流を完全に捕捉したことがわかる。ビデオの撮影結果によると最初に土石流の先端部が捕捉された後、後続流が堆積土砂を乗り越えることができず、左右の兩岸に回り込みネットと溪岸の間から流出することが確認できた。特に左岸側からの流出が大きく、洗掘を引き起こすことになった。

3.2 捕捉高さ

図-3は、土石流時におけるWN工の形状実測値と設計値を示したものである。



写真-1 完成時



写真-2 第1回目の土石流捕捉状況

図-3から実測値の主索回転角度は 62.4° と設計値の 45° よりかなり大きいことがわかる。この理由としては、リングネットの形状が鉛直方向に長い長方形になったことと地盤上にあるリングネットの下流方向への移動によるものと考えられる。

このように回転角は大きいですが、実測値の捕捉高さは $he'=4.898\text{m}$ で、設計値の $he=5.0\text{m}$ とほぼ同値であり、所定の捕捉高さを確保することができた。

なお、このWN工により捕捉した土砂量は $1,333\text{m}^3$ であった。

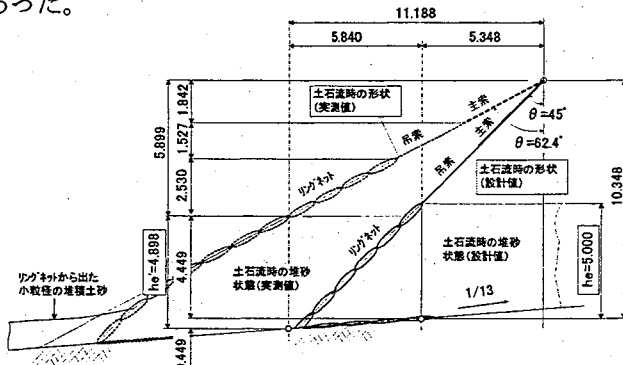


図-3 土石流捕捉後の縦断形状

3.3. ロードセルデータの解析結果

ロードセルから得られたデータを図-4に示す。なお、時刻は吊索張力が発生し始める20sec前を0とした。ロードセルは全吊索10本に装着し、左岸側より順にCH1~10とした。

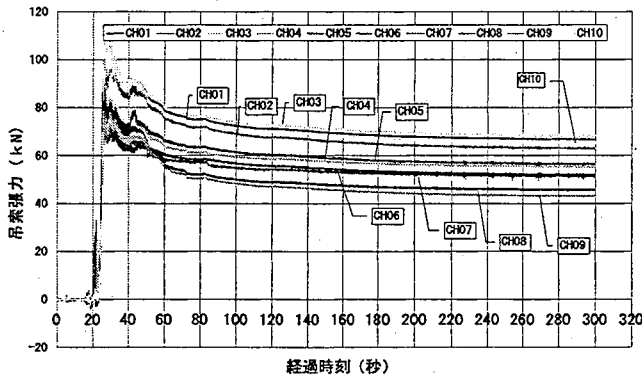


図-4 吊索張力の時刻歴

また、表-1にロードセルより得られた吊索張力と設計時の吊索張力を示す。

表-1 吊索張力の実績値と設計

| | 土石流時 | 満砂時 |
|-----|-----------|----------|
| 実績値 | 72~106 kN | 43~68 kN |
| 設計値 | 163 kN | 140 kN |

実績値:ロードセルから得られた吊索張力

設計値:設計計算書にある吊索張力

表-1より、実績値は設計値と比べかなり小さいことがわかる。実績値が小さくなった理由としては、ネット面の回転角が 62.4° と大きくなったことが挙げられる。

主索及びリングネットの交点測量結果に基づき力の釣り合いより主索張力、リングネット張力を算出したが、いずれも吊索と同様に実績値が設計値を下回る結

果となった。土石流といった不確定要素が多い荷重に対して構造物を検討する場合、設計値がこの程度の範囲で大きくなることは安全性の観点からみて妥当と考えられるが今後の議論を待ちたい。

4. 除石

上々堀沢WN工の除石条件としては、i)重機は下流から進入させる、ii)短期間でできる、iii)安全を確保する、iv)極力部材を損傷させないことを前提とした。除石方法は次の3案を挙げ上記の条件でどの案が最適であるかを検討した。

案1: 繋ぎバンドのピンを取り除く方法

案2: 主索の張力を除荷した後、主索を繰出す方法

案3: リングネット最下流先端部リングを水平方向に切断する方法

案1は吊索張力を人力にて行う必要があり除去箇所に近接して作業をするため安全上難点がある。案2は主索を鋼製する7本のスパイラルロープの張力除荷を同時に行う必要性から特殊装置が必要になること、再架設に時間がかかることから不適となる。案3はランサー棒というガス切断器具を使用することにより遠隔操作ができ安全であること、主部材に重機による損傷を与えず再架設が容易であることから採用に至った。

5. 復旧

復旧に際しては、前提条件を以下のように設定した。

条件1: 全ての部材に発生した張力が設計値を下回っていたことから、全部材を再使用する。

条件2: 土石流捕捉時に主索回転角度が 45° となるように復旧時の完成形状を調整する。

リングネットの交点で局部的な残留変形が存在するリングが認められたが、全ての部材に発生した張力が設計値を下回ったことから全部材を再使用し、リングネットが何回の土石流に抵抗できるかを検証することにした。また、土石流捕捉時の主索回転角を設計角度となる 45° により近づけることを目的にリング列数を計画時より大幅に削減する対応を採った。

6. 今後の課題

復旧に至るまでの調査から、①土石流が作用するまでは土砂を止めないが土石流時には先端部の礫群を捕捉するという透過型堰堤の最低限の条件を達成したこと、②リングに局部的な塑性変形が見られたが全部材に損傷が認められず構造面で大きな問題が発生しなかったこと、③除石はランサー棒を使用してリングネット最下流部リングを切断することにより、安全且つ迅速に達成できること、④復旧は切断したリングを除いた全部材を再使用して迅速に対応できることなどがわかった。

残された課題は、①後続流が左右両岸から抜け出し、河床を洗掘すること、②主索回転角が大きくと下流への移動も大きくなること、③再使用部材の初期性能低減率が不明であることなどである。

残された課題の②と③は復旧したWN工に対策案が反映されており、次の土石流が作用したときに明らかになると予想される。①に対しては、別途、新しい案を考える必要がある。

今後、上々堀沢WN工の観測を続け、これらの課題に対する正しい対策を実行し、WN工の改良を行うとともに、目的が沿わない場合には、WN工の最適な使用範囲の見極めを行っていきたいと考えるものである。