

平 26年8月20日 広島土砂災害における 土石流・流木流下 止緊急対策工の設計・施工について

電技術コンサルタント 株式会社
国土交通省 国地方整備局太田川河川事務所
東亜グラウト工業 株式会社

〇荒木 義則
大久保雅彦
井田源太郎

1. はじめに

2014年8月20日豪雨により広島市の安佐区～安佐北区の広範囲において、同時多発的に土石流が発生した。土石流発生渓流の下流は、谷出口付近まで宅地開発が進展した民家密集地であったため、激甚な被害をもたらされた。いわゆる都市型の土石流災害と言える。

災害現場へのアクセス道路は、急勾配で狭小な上、流出土砂や流木により寸断（土砂・流木の堆積、土石流による道路侵食等）された場所もあり、二次災害への応急対策や災害復旧への迅速な対応が求められた。

発災直後より、TEC-FORCEによる緊急点検が行われ、被害等が著しい24渓流について直轄による防堰堤等の緊急事業の実施が決定された。しかしながら、砂防堰堤等の整備には、仮設の道路整備等の準備に時間を要するため、応急対策として、土石流センサーの設置、大型土嚢の設置、土石流・流木流下防止緊急対策工（以下、強靱ワイヤーネット工と呼ぶ）の設置が行われた。

本稿では、都市型の土石流災害現場において、応急対策として実施した強靱ワイヤーネット工（図-1 設置位置図）の調査・設計・施工と堰堤完成後の撤去（H30.3現在）・転用の概況について報告する。

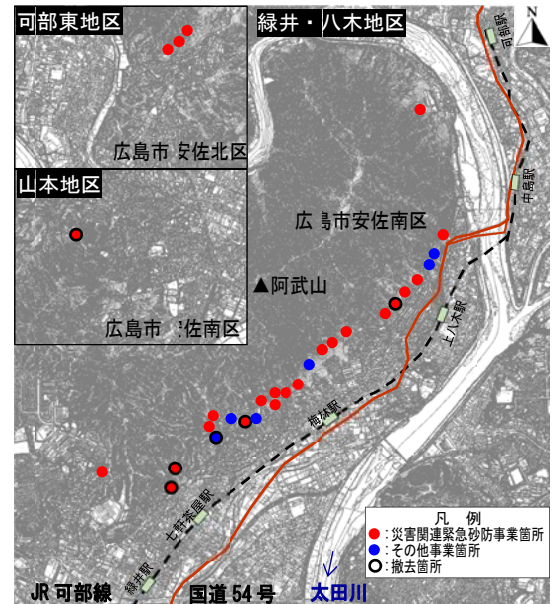


図-1 8.20 広島災害における設置位置図

2. 強靱ワイヤーネット工の調査・設計

2.1 基本的な考え方

土砂移動現象は、落石や崩壊土砂ではなく土石流であることから、①土石流の流体力に対して安全であること、②施工期間が短いこと、③現地搬入と設置が容易であること、④土石流捕捉事例¹⁾（山梨県木挽崩潰）のあること等を踏まえ、土石流等の土砂移動の発生した渓流に対して、再度災害防止・軽減を目的とし、砂防堰堤が完成するまでの応急対策の位置づけとして強靱ワイヤーネット工を計画した。

2.2 調査・設計

調査は、谷出口より上流において、計画中の災害関連緊急砂防堰堤等の計画堆砂区域の上流端付近（強靱ワイヤーネット工の机上計画位置）にも着目し、土砂・流木の堆積状況（不安定土砂・流木、礫径、また細粒分多少）、地形形状（渓床勾配、簡易横断面量）、地盤状況（渓末状況、露岩位置等）、保全対象までの距離、資材搬入（モノレール等）ルート等について現地確認を行った。

強靱ワイヤーネット工は、ネットの柔軟性と緩衝部材の変形によりエネルギーを吸収する構造（図-2）であり、設計の主な考え方及び施工計画・施工時の留意点を表-1に示す。

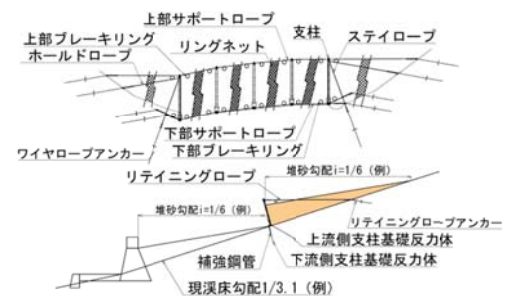


図-2 強靱ワイヤーネット工（事例、標準構造図）

表-1 強靱ワイヤーネット工の設計・施工計画・施工時（計画段階）の留意点

項目	内容
計画位置	渓床に異常堆積している不安定土砂の下流、砂防堰堤の計画位置の上流とし、机上検討と現地調査により、計画位置を決定
基本構造	柵高：5.5m（基本）～3m、支柱間隔：5.0m、滞筋部・左右岸地山境界部（金網ネットによる土砂流出防止）⇒下流民家までの距離が近い場合降雨時の小規模な土砂流出にも対応できる構造
計画規模	次期出水で流下する不安定土砂量（緊急事業の対象土砂量等）を上限とし、捕捉土砂量（主な有効柵高4.5m×渓床幅×計画堆砂勾配）を設定（捕捉土砂量：平均値800m ³ /箇所、最大値2,250m ³ ）
設計外力 ^{2), 3)}	「土石流・流木対策設計技術指針解説」に示されている透過型堰堤と同様に、堆砂圧および土石流流体力を適用
安定性検討	設計外力の算出後、柵の最大変形時に各部材に作用する力のつり合いをモデルにした許容応力度法により、5種類のワイヤーロープの部材とアンカー仕様（削孔径：φ115mm、定着対象地盤：風化岩、アンカー形式、必要定着長）、支柱基礎部の仕様を検討。なお、極限引き抜き力に対する安全率F _s =2.5（常時荷重が作用する部材：ステイロープアンカー）～1.5（一次的な荷重が作用する部材：その他）
施工計画 工程計画	【施工】：資材搬入方法：ユニック小運搬2～4t+モノレール、足場仮設方法：単管足場（一部張出足場）、削孔方法：定置式削孔機、防護柵本体組立方法：単管足場上人力組立、【工程】1～2ヶ月（主にアンカー工：0.5ヶ月程度）
施工時留意点 （計画段階）	施工に先立ってアンカーの基本調査試験：設定したアンカーの周囲摩擦抵抗値（τ=600kN/m ² ）を下回ることが無いかを確認 また、アンカー設置箇所において、定着に不適切と判断される崖錐層が厚く、所定のアンカー定着対象地盤に達しない場合は、現場条件に応じた再検討

3. 強靱ワイヤーネット工の施工

3.1 工事工程

強靱ワイヤーネット工は、図-3 の施工手順で行い、準備工と材料手配が整った箇所から順次開始し、災害発生1ヶ月後(9月20日)には工事着手した。

実質工程は、全30箇所の約1/2の箇所において1～1.5ヶ月(14箇所)の短期間で完成した。工事最盛期は、同年11月～12月であり、最大16班による同時施工となった。

設計段階では、被災直後の現場状況より、資材搬入方法はモノレール工を主に計画していたが、現場対応においてバックホウによる工事用道路の整備とキャリー運搬により資材搬入の工期短縮が図られた箇所もあった。その他の箇所は、現場条件等によって2～4ヶ月(16箇所)必要の場合もあった。ここで、2ヶ月以上の工程を必要とした主な要因は、以下の通りである。①崖錐層が厚く定着支持層までの削込に時間を要した。②転石が多い地盤(写真-1)のため穴曲り等により削孔に時間を要した。③アンカー施工時に孔壁が自立せずジャーミングが発生し1孔に時間を要した。④アンカー施工が終わっていたが上部材の材料納期に時間を要した。

3.2 アンカーの定着支持層に対する現場対応

強靱ワイヤーネット工の施工では、設計したアンカーの定着地盤(風化岩:想定)や周面摩擦抵抗値に対して、設置する地盤性状の影響により当初設計を変更する場合の対応が重要となる。特に、設計段階では、ボーリングデータが無い条件での検討があったため、アンカーの設置場所によっては、崖錐層が厚く堆積した場所があり、定着地盤でアンカー長を長く(当初6m⇒変更30m)した事例も確認された。また、溪床部のアンカー施工では、地中の水道等によるグラウト充填剤の希釈の恐れがあったため、写真-2に示すグラウト亀走防止対策としてグラウトパッカーを使用することでグラウト充填を確実に実施した。

3.3 アンカーの性能確認

一般的には施工前に本体アンカーとは別に引き抜き試験を実施しアンカー定着支持層の周面摩擦抵抗値(τ)の妥当性を確認するが、今回は緊急的な応急対策であり、本工法の品質基準を参考とし、設置したアンカーの全本数に対して、設計荷重×1.2倍以上の引張り荷重を与えて性能を確認することで、アンカーの基本調査試験(引き抜き試験)は省略した。

4. 強靱ワイヤーネット工の撤去・転用

4.1 強靱ワイヤーネット工の撤去

砂防堰堤の完成に伴い、これまで6箇所の強靱ワイヤーネット工を撤去している。その保管事例を写真-3に示す。撤去した強靱ワイヤーネット工は、設置期間中において土石流の流出しなかったため、設置部分のうちアンカー等の地中埋設物及びその付属品、基礎部プレートを除いた上部部材(本体材料)は、全て転用可能な部材として撤去することが出来た。

4.2 強靱ワイヤーネット工の転用例

平成29年9月17日、鳥取県国道53号智頭町市瀬地区において台風18号の豪雨により国道沿いで土砂流出が発生した。小規模な沢からの土砂流出に対応するため、保管していた強靱ワイヤーネット工を転用することで、災害発生から数日後には工事に着手し、約1ヶ月で完成する等、迅速に対応することが出来た。また、資機材の転用により、新規で材料購入・設置した場合に比べて、約4割のコスト縮減にも繋がった。

5. おわりに

民家密集地に近接する複数の土砂災害の発生現場において、強靱ワイヤーネット工は、応急対策として短期間に設置することが出来た。また、砂防堰堤完成後は、撤去・保管・転用することで他の土砂災害現場に対する有効活用も図れた。今後は、撤去時にアンカー引き抜き試験等を実施して、アンカー性能に関するデータを取得すると共に、崖錐層の状態に応じて、現場で迅速に対応できるアンカーの施工方法等を改良する必要がある。

<参考文献>1) 工事の安全対策および緊急避難経路確保のための柔構造柵工(TAMPOバリア)の設置事例と新たな取り組みについて、平成24年度 防学会研究発表会概要集、p.70-71.

2) 「土石流・流木対策設計技術指針解説」国土技術政策総合研究所資料、第905号、平成28年4月。

3) 「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)解説」国土技術政策総合研究所資料、第904号、平成28年4月。

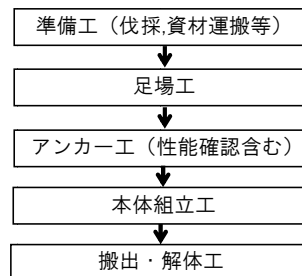


図-3 強靱ワイヤーネット工の施工手順



写真-1 削孔状況(転石が多い地盤)



写真-2 河床部のグラウト亀走防止対策(例)



写真-3 撤去後の保管状況(例)



写真-4 転用(例)