

大谷川第3号堰堤における砂防ソイルセメントの施工管理の工夫について

四国山地砂防事務所 工務課 大和 勇貴
四国山地砂防事務所 建設専門官 藤井 和志
四国山地砂防事務所 工務課 工務係長 和田 敏彦

高知県東部の奈半利川水系大谷川では平成23年7月台風6号により深層崩壊が発生し、直轄特定緊急砂防事業等で、3基の砂防堰堤を施工している。その中でも上流端の第3号堰堤は高さ29.0mで、砂防ソイルセメントを用いた堰堤としては日本最大規模である。雨の多い地域で且つソイルセメントを用いた本堤の施工に際しては、品質や工期短縮等施工上様々な工夫を行った。

本報告では、ソイルセメント施工にあたり品質、工程を含めた施工管理の工夫点を報告する。

キーワード 土砂災害、砂防ソイルセメント、施工管理、品質確保、工程管理

1. 奈半利川水系直轄特定緊急砂防事業の概要

高知県東部に位置する北川村は、近年、輸出を積極的に行っているゆずの主要な生産地である。その生産量は県内2位の収穫量（令和2年度 約1,600t）である（写真-1）。



写真-1 北川村ゆずの様子

この北川村を含む奈半利川流域は、平成23年7月19日の台風6号において、最大24時間雨量760mm、連続雨量1,013mm（北川村 島観測所）という未曾有の豪雨を記録した。この豪雨により高知県北川村平鍋地区を流れる奈半利川水系大谷川では、深層崩壊が発生した。この崩壊により地域の主要な道路である国道493号が寸断されるとともに、土石流は貯水池へ突入し、上下流へ段波を発生させ下流に位置する平鍋ダム等に甚大な被害を発生させた（写真-2）。



写真-2 平成23年7月 大谷川深層崩壊状況

その後の調査によって、今回発生した山腹斜面の深層崩壊は、生産土砂量が約20万 m^3 であり、渓流内にはまだ約14万 m^3 の不安定土砂が堆積していることが判明した。

また、不安定土砂が移動しはじめた場合、再度大規模な土石流が発生する可能性が高いことが想定された。

このため、短期的・集中的な砂防工事を実施することにより、甚大な土砂災害が発生した地域の再度災害の防止を目的として、平成23年12月に直轄砂防災害関連緊急事業が、平成24年4月には直轄特定緊急砂防事業が採択され、奈半利川水系大谷川における直轄砂防事業として3基の砂防堰堤及び山腹工等の整備を着手した。

2. 大谷川第3号堰堤における施設配置計画

3基の砂防堰堤を配置するにあたり、流域の最下流部には保全対象である国道493号大谷川橋が位置するとともに、崩壊源頭部を含む上流域において治山事業による山腹工、谷止工が事業化されていることから、限られた

範囲で効率的な砂防施設の配置計画が必要となった。この中で大谷川第3号砂防堰堤については、ダムサイト左右岸が、高い尾根地形となっておりハイダムとすることが可能であるため高さ29.0mで施設効果量は約76,700 m³を持つ四国最大規模の砂防堰堤の計画とした（図-1）。

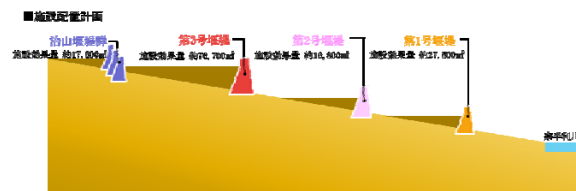


図-1 施設配置計画

堰堤高29.0mで唯一のハイダムである第3号堰堤（図-2）は、経済性、施工実績、施工性、維持管理を総合的に判断し、形式を不透過型堰堤とした。また、用いる材質は、掘削残土を有効活用しコスト削減を図られるとともに、養生期間を必要とせず連続施工が可能なため工期の短縮が図られる等から砂防ソイルセメントを用いることとした。なお、砂防ソイルセメントは、現地発生土砂とセメント等を攪拌混合して製造する材料であり、大谷川第3号堰堤では、現地発生土が砂礫であることからソイルセメントの中でも、転圧により締め固めるINSEM工法を用いることとした。

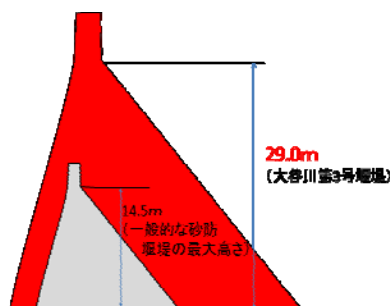


図-2 大谷川第3号堰堤の概要

3. 大谷川第3号堰堤への砂防ソイルセメント適用の課題

大谷川第3号堰堤へのソイルセメント適用にあたり施工時期、狭隘な現場条件等から施工に対し以下の（1）から（3）の課題が明らかとなった。

（1）即時性を要する大量のソイルセメント製造

大谷川第3号堰堤は、約20,000m³のソイルセメントが必要となる。ソイルセメントは長時間放置すると固化するため、ソイルセメント製造にあたっては適時性が必要である。また、現地は急峻な地形のため、施工ヤードは限られている。

さらに、平鍋地区でもゆずの生産が盛んに行われてお

り、ソイルセメント製造において一般的な施工（図-3、写真-3）で行うとセメント系固化剤との攪拌混合の際に粉塵が飛散するため柚子栽培への影響が懸念された。

ソイルセメントの一般的な施工手順

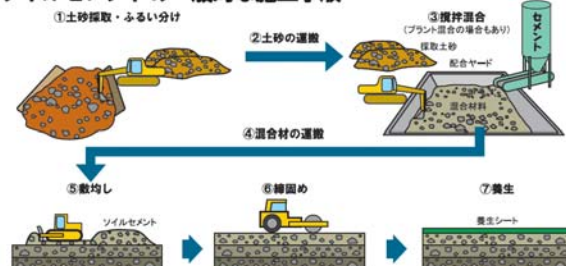


図-3 ソイルセメントの一般的な施工手順



写真-3 バックホウによる攪拌状況

（2）効率的な施工

限られた工期の中でソイルセメントを約20,000m³打設するには高精度で効率的な施工が求められる。

ソイルセメントの施工では外的作用に耐えられる外部保護材で覆う必要があるが、堰堤上流側の背面勾配は1:0.75と緩く、一般的な小型転圧機械では転圧出来ない部分が発生する（図-4）。そこで、発注当初は、堰堤上流側の外部保護材にコンクリートを用いる計画としていた。しかし、コンクリートは、型枠、打設、養生が必要となり施工に時間を要すること、また、近隣で行われているトンネル工事等でコンクリートの需要が高いことによる、コンクリートの確保に課題があった。そのため、ソイルセメントの打設に合わせて外部保護材の効率的な施工が、工期短縮には必要不可欠であった。

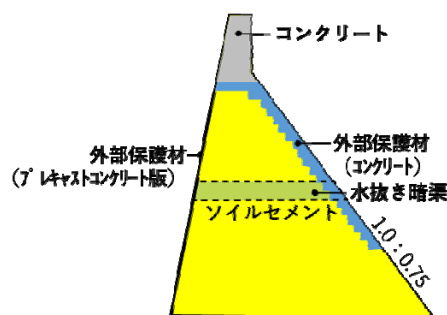


図-4 大谷川第3号堰堤当初発注概要

(3) 出水期施工

大谷川第3号堰堤の施工は、平成30年7月梅雨前線豪雨による法面の崩落等たびたび出水の影響を受け、その対策に多くの時間を要した。そのため、ソイルセメントの初打設が令和2年8月11日となり、残る工期は少なく出水期での施工となった。

ソイルセメントは、含水比の変化により品質に大きな影響を受けるため、施工中の降雨対策、施工後冠水するような出水が予想された際の事前対策及び打設したソイルセメントへの降雨の影響を確認する必要がある。



図-5 ソイルセメント進捗状況

4. 課題に対する対応とその効果

3. (1) から (3) のそれぞれの課題に対する対応とその効果を以下に述べる。

(1) ソイルセメント製造プラントの活用

大谷川第3号堰堤では、周辺環境、品質確保等のため狭い作業ヤードでも設置可能なソイルセメント製造プラント（SR-メサイア NETIS：QS-110030-VE）（以下、メサイアと言う。）を用いてソイルセメントを製造した（写真-4）。

メサイアは、

- ① 機械化によりバックホウオペレータの技能に左右されない安定した品質・供給確保
- ② セメント粉塵飛散が少なく周辺環境へのリスク低減が可能

等の特徴を有している。

メサイアを利用し安定的にソイルセメントを製造したことによって、打設開始の令和2年8月11日から令和3年2月25日までの延べ130日で約20,000m³の打設を完了させた。

（図-5）また、隣接するゆず園の所有者から苦情等の申し入れはなく、無事施工を完了させた。

さらに、フェノールフタレイン溶液散布による確認でもピンク色に着色しており均質なソイルセメントを供給できた。



写真-4 メサイアによる攪拌状況

(2) 締固め等管理に情報化施工

砂防堰堤の安定はソイルセメントの重量で確保していることから、密度に影響を与える敷均し及び締固めは、工種の中でも重要な作業である。

施工に際し事前に試験施工を行い、敷均しを1層当たり33cm、締固めは4 t 振動ローラで無振動2回、有振動4回の計6往復行うことを決定した（写真-5）。施工においては、この1層当たりの層厚をレーザーレベルで確認するとともに、締固め管理にはトータルステーションを用いて移動軌跡及び締め固め回数を電子管理した（写真-6）。このような、情報化施工の導入により、省力化を図るとともに、正確な移動軌跡及び締固め回数を把握することで、高精度で効率的な施工を行った。



写真-5 4t振動ローラによる転圧状況



写真-6 電子管理システム画面

(3) 締固め機械の開発による外部保護材の変更

外部保護材の効率的な施工を行い工期短縮を図るため、受注者が新たに専用転圧機械（フラットプレートコンパクタ（以下、FPCと言う。））を開発した。FPCは1：0.75の緩い背面勾配を有する堰堤際の転圧を確実にこなせる構造となっている（図-6、写真-7）。なお、転圧時間は、20秒以上行うことで必要な強度、密度を確保出来ることを試験施工において確認している。

FPC開発により外部保護材としてのコンクリート打設を省略出来たことで、工期を約半分に短縮出来るとともに、軽量綱矢板を用いることで工事費を約16,500千円を縮減できた(図-7)。

なお、転圧方法改良（FPC開発）により外部コンクリート部分にソイルセメントを適用する変更については、受注者から契約後VE提案をされたものである。

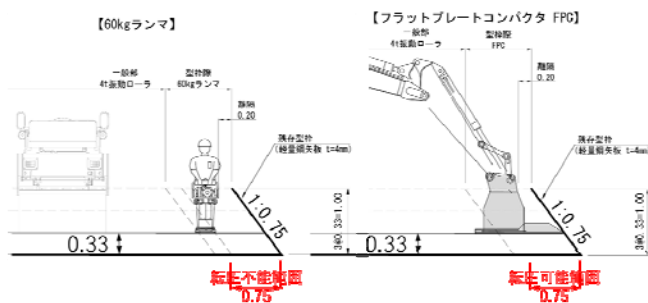


図-6 FPC概要図



写真-7 FPCによる転圧状況

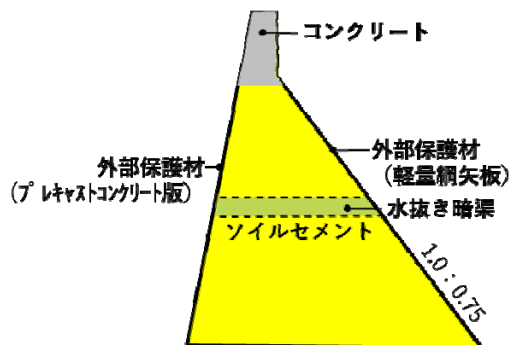


図-7 大谷川第3号堰堤変更後概要

(4) 降雨対策

ソイルセメントの品質は、降雨による含水比の変化により大きく影響される。高知県東部に位置する当該箇所は日本でも有数の多雨地帯にあり、施工時期が出水期であることから配慮が必要であった。

大規模な出水が予想される場合、堰堤部への流入を抑制するため堰堤上流に仮排水路を設けるとともに堰堤部にも1段低い水路部を設け出水の影響を受ける範囲を限定化した。また、堰堤部分にはシート養生を行い雨水の浸入を軽減することとした。

さらに、降雨後は降雨の影響を確認するため、シュミットハンマーを用いて、現場強度 3.0N/mm^2 以上あることを確認することとした（写真-8）。

ソイルセメント施工中に2mm/hr以上の降雨が38日あったものの、降雨後の確認で3.0N/mm²を下回る箇所はなく、速やかに施工を再開でき、計画的に工程を進めることが出来た。



写真-8 降雨後のシュミットハンマーによる強度確認

5. 終わりに

大谷川第3号堰堤に砂防ソイルセメントを適用した結果、令和3年3月末までに本堤ソイルセメント部分まで完了させることが出来た。しかし、施工箇所は狹隘で施工箇所近傍にソイルセメントの母材となる発生土を仮置き出来なかったため、遠隔地に仮置きする必要が生じた。そのため、土砂を運搬するダンプトラックの確保が、工程に影響する状況となった。また、砂防ソイルセメントは現地発生土砂の運搬が減ること、コンクリート骨材・セメント使用量も少なくなるためCO₂抑制に効果が期待されるが、当該箇所では、ダンプトラックによる発生土の運搬があり、その効果は限定的となった。今後のソイルセメント利用にあたっては、発生土の仮置き場所の確保が重要である。

平成23年7月の発災から今年で10年を迎え、奈半利川直轄特定緊急砂防事業は最終年度であり、今後も工事の安全施工に留意しつつ、土砂災害から地域の安全・安心につながる砂防堰堤を整備して参りたい。