

寒冷地におけるソイルセメント堰堤構造のあり方

株式会社共生 ○長野恒平・高橋亜矢子
京都大学名誉教授 水山高久

1. はじめに

北海道のような広幅な溪流の多い地域における砂防堰堤は、堤長がながく堤体積が大きくなる傾向にある。そういう場合、現地発生土は大量にあるのが普通であり、施工ヤードについても十分に確保できる。ソイルセメントを使用した砂防堰堤の構築には適した場所といえる。実際、胆振東部地震では斜面の崩壊等で大量の土砂が発生し、それを利用してソイルセメント堰堤が築造されている。

ただし、その施工の際には細粒分の多い火山灰質土が主体であるためソイルセメントの強度をえることや寒冷地であることから強度発現が遅く壁面際の盛立が困難であることなどの課題が報告されている。

そのような課題を解消するためには、図-1 に示す堤体をソイルセメント・ダブルウォール (DW) 構造にすることが得策である。土砂でも構造的に成立し多くの実績もある DW 構造の中詰をソイルセメントにすることによって、強靱で施工しやすいなど多様な視点からみて合理的な堰堤構造を構築することができる。

ここでは、報告されたソイルセメント堰堤の課題、DW 構造の合理性、その強靱性や施工性などについて紹介する。

2. 道内におけるソイルセメント堰堤施工時の課題

胆振東部地震による土砂災害の対策で施工されたソイルセメント堰堤について以下のような課題が報告されている (胆振東部地震 災害関連緊急砂防事業、砂防学会北海道支部)。

—— 現地崩土について土質性状を確認した結果、均一な母材の確保が困難 (含水比が高く目標強度が確保できない)。

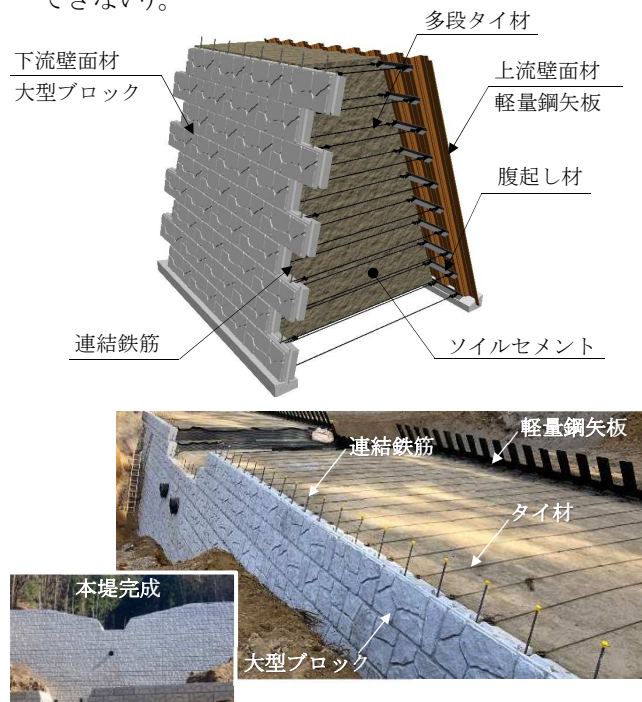


図-1 ソイルセメント DW 堰堤の構造概要

—— 砂防ソイル材の敷均し転圧時では、型枠パネルの変位が生じやすいため、変位抑制対策としてアンカー材やパイプサポート等を使用した。特に端部（壁面際）の転圧時には細心の注意を要する。

3. ダブルウォール (DW) 構造の合理性

そのような課題を解消するためには、堰堤を DW 構造にすることが有力な手段になる。DW 構造は、多段タイ材と壁面材を連結し、中詰材を側方拘束補強することによって堤体を形成したものである。

仮に、DW 構造の中詰材が土砂であっても、これまで約 750 基も構築してきた実績からすると堰堤構造として全く問題ない (図-2 参照)。それをさらに浸透流などに対する安定性を万全にするため、中詰材をソイルセメントにしたものが INSEM-DW 構造である。

そういう構造システムであるから、確実な堤体の一体化、中詰ソイルセメントの低強度化、現地発生土のほぼ全量有効利用、中詰盛土中에서도変状しない壁面材の安定化などが図れる。このように、多段タイ材による DW 構造は、力学面、材料面、施工面など、総合的な視点からみて合理的な堰堤構造といえる。

4. 多段タイ材による堤体の強靱性

DW 堤体の強靱性は、多段タイ材と壁面材で中詰ソイルセメントを拘束補強していることによる。0.5～1.5N/mm² という低強度のソイルセメント (浸透流に対する安定性確保のためには十分すぎる) であっても、図-3 のモール円 (許容応力度表示) に示すように、堤体強度は 3N/mm² を確保できる。土質の三軸試験で側圧をかけると、圧縮強度が増加するというメカニズムと同じことである。この場合、側圧が多段タイ材による側方拘束圧で圧縮強度が堤体強度にあたる。

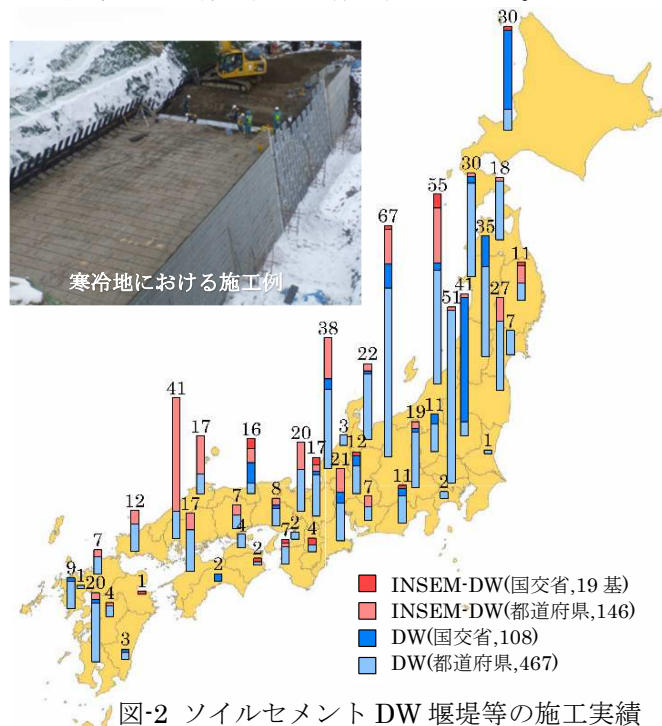


図-2 ソイルセメント DW 堰堤等の施工実績

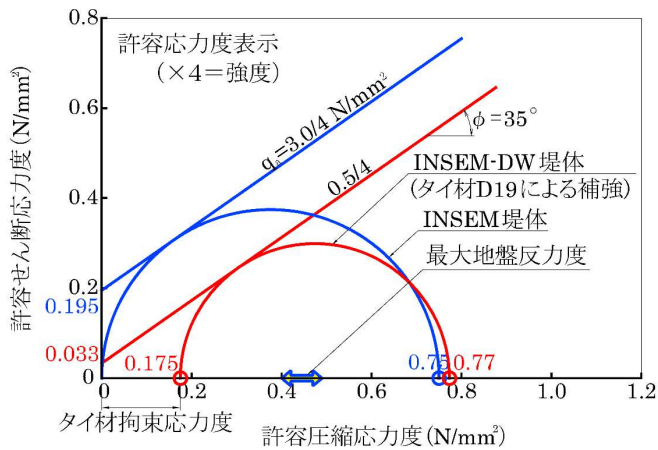


図-3 タイ材の拘束補強効果による堤体強度

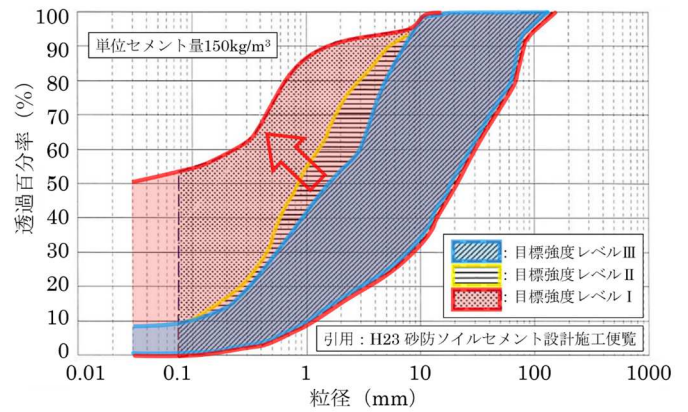


図-5 DW 構造にした場合の粒度適用範囲の拡大

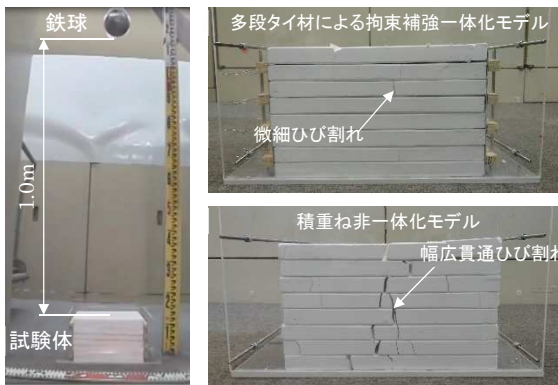


図-4 衝突模型実験による多段タイの効果

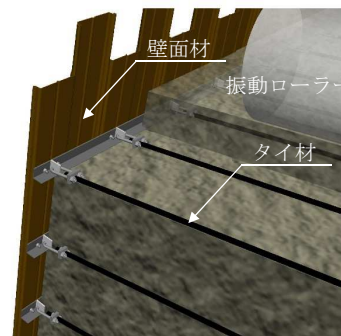


図-6 多段タイ材による壁面材の変形防止

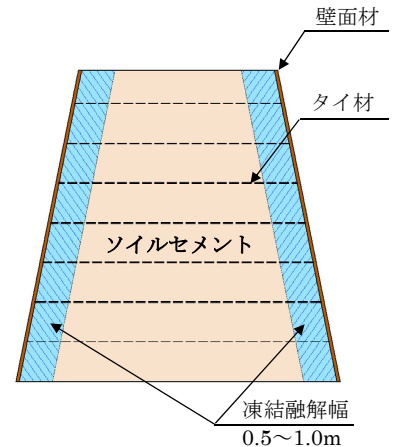


図-7 凍結融解幅の考慮

多段タイ材の側方拘束による堤体一体化の強靱性については、図-4 に示すような簡易な衝突模型実験によっても検証できる。ソイルセメントのリフト層を石こう板に見立て、それを重ねただけのモデルと多段タイ材による側方拘束したモデルに対して、流下礫に見立てた鉄球が上方から衝突すると想定した実験である。その結果、前者では鉛直方向に貫通ひび割れが生じたが、後者では上部の板に微細ひび割れが生じるに留まった。このように、いわば多段タイ材は、堤体の安定性にとって要となる鉛直ひび割れを防止するのに効果的である。

5. 現地発生土の全量有効利用

中詰ソイルセメントが低強度ですむということは、現地発生土の適用範囲をほぼ無制限に広げ、ほぼ全量を有効利用できることになる。たとえば、図-5 に示すように、レベルⅢの強度に対する粗粒土の範囲とレベルⅠの強度に対する細粒分も含む範囲を比べると明白である。

これは、現地発生土の粒度改良するために、砕石などを搬入することも、余分な発生土を搬出する必要もないことを意味する。また、施工性の向上、コスト縮減、とくに騒音・振動などの環境面の配慮などにも反映される。

6. 確実・迅速な施工性

DW 構造であれば、図-6 に示すように、タイ材で連結した壁面材が設置されているので、中詰材が土砂で

あっても確実に盛立施工できることが、これまでの多くの実績から証明されている。つまり、中詰材がソイルセメントの場合、その強度発現に関係なくリフトの連続施工ができることになる。

また、そのような安定した壁面材が存在するため振動ローラーによって壁面際までソイルセメントを確実に締固めできる。このことは、堤体の強度についても凍結融解に対する耐久性についても大事な要件となる。さらに、図-7 に示すように設計段階で凍結融解が考えられる範囲を考慮して堤体幅を定め内部発生応力に対する安定性照査を行い、耐久性の維持を図っている。

7. おわりに

胆振東部地震による土砂災害においてソイルセメント堰堤の施工で示されたような課題を解消するためには、堤体を DW 構造にすることが有力な手段になると考えられる。その理由は、ソイルセメント DW 構造が土砂の中詰でも構造上十分に成立するところを、さらにソイルセメントの中詰にして補強を図っているからである。

そうすることで結果的に、多段タイ材による強靱性、現地発生土のほぼ全量有効利用、安定した壁面材による確実・迅速な施工性、搬入・搬出などの極少化によるコスト縮減や環境配慮など多様な視点からの合理化を図れることになる。このような特長をもつソイルセメント DW 堰堤は、長大な堰堤を設置する機会の多い北海道において役立つものと考えています。