

支持力不足地盤における砂防堰堤の多様化

株式会社共生 ○三井敏之
 時任基弘
 京都大学名誉教授 水山高久

1. はじめに

北海道において火山砂防の対象になるような溪流の中下流部あるいは泥炭性地盤が広がる地域の溪流では、砂防堰堤を構築したい地点が支持力不足（軟弱）地盤である可能性が高い。堤体としてコンクリート堰堤を考えるのであれば、堤体からの地盤反力に応じて必要な支持力をもたせるように地盤を改良するのが一般的である。

ただし、このような地盤改良だけに依存すると、現場条件に適応した最適な対策工を見落とす場合がある。支持力不足地盤にのる砂防堰堤としては、地盤への対策工を含めて構造面、施工面、経済面、環境面などの総合的な合理性のある堤体構造を考える必要がある。そのためには、普段から支持力不足地盤における多様な対策工について知っておくことが得策であると考えられる。

ここでは、支持力不足地盤における地盤改良の課題と現場条件に適応するための対策工の多様化、および最近事例もできてきた、図-1 に示すスライド式二重鋼矢板基礎付きDW堰堤や下流面緩傾斜DW堰堤などについて紹介する。

2. 支持力不足地盤における地盤改良の課題

支持力不足地盤における対策工の課題としては、以下に示すことが考えられる。

- ① 深い軟弱層の地盤改良については、改良機械が大型になるし、玉石混りになるとさらに特殊工法に限定される。そうなると、いきおい地盤改良費が増加する。
- ② 地盤改良に要する工期は深さなどの規模に応じて長くなるし、とくに寒冷期においては表層付近の改良強度を所要値まで出すために盛土養生などを必要とするなど手間もかかる。



図-1 鋼矢板基礎付きDW堰堤および下流面緩傾斜DW

- ③ 地盤改良中は溪流水の汚濁に注意する必要があるし、また完了後には地下水流を遮断するなど地下の環境を変える恐れがある。

このような地盤改良についての課題がある個所では、堰堤の構造型式を含めて支持力不足地盤への対応策を考える必要がある。

3. 現場条件に適応するための対策工の多様化

支持力不足地盤において、地盤改良に上記したような課題が残されている限り、現場条件にもっとも適応する対策工を考えていくためには、選択肢を増やす、すなわち多様化することが望まれる。とは言っても、何かまったく新しい対策工を考えていくというのには限界がある。今までの技術を発展させるという取組が实际的であると考えられる。

その点からすると、合理的な対策工として図-2 中の赤字で示すスライド式二重鋼矢板基礎と下流面緩傾斜ダブルウォール (DW) が上げられる。これらについては次節で詳述する。

なお、図-2 は砂防堰堤の築造の際に、一般的に使用されている支持力不足地盤への対策工を分類して示したものである。対策工は、大きく分けて地盤改良、基礎構造および堤体形状の3つに分類され、右側に示すように堤体の構造型式とも関連することになる。たとえば、コンクリート堰堤であれば、鋼矢板基礎を除いて、他のどれにでも対応できる。INSEM堰堤であれば、主に地盤改良ということなる。ダブルウォール (DW) 堰堤であれば、軟弱層が厚くなると鋼矢板基礎あるいは堤体形状を工夫することが適応策となる。セル堰堤であればセル式基礎に限定される。



		コンクリート	INSEM	IN-DW
対策工	地盤改良	置換 (浅層)	○	○
		混合処理 (深層)	○	○
	基礎構造	鋼矢板	○	○
		二重式 (スライド式)	—	—
		セル式	—	—
	杭・ルートパイル	○	○	
堤体形状	下流面緩傾斜	—	—	

図-2 支持力不足地盤における対策工の分類

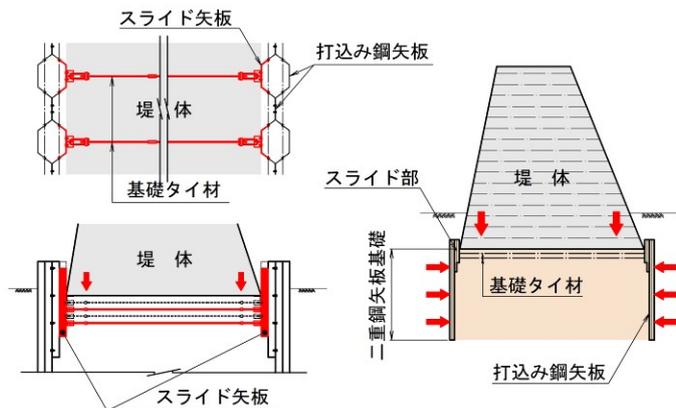


図-3 スライド式二重鋼矢板基礎の構造概要

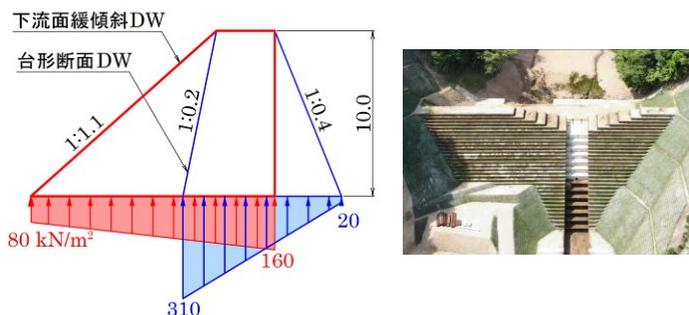


図-5 下流面緩傾斜 DW 堰堤の地盤反力分布と事例

4. スライド式二重鋼矢板基礎

二重鋼矢板基礎は、図-3,4 に示すように、堤敷の上下流側の地盤に基礎鋼矢板を打設し、その頭部をタイ材で連結して地盤土の側方拘束補強による基礎構造体を形成することによって堤体の安定性を確保するものである。

基礎鋼矢板の頭部をスライド式にする理由は、鋼矢板が支持層に到達しているような場合には沈下することはないので、堤体の沈下によって頭部の連結タイ材に余分な引張力が作用しないようにするためである。

堤体の沈下は少々起きることになるが、スライド式の鋼矢板基礎の効果や堤体内の多段タイ材の効果によって、仮に INSEM-DW 堰堤であっても堤体内には鉛直ひび割れが生じるようなことはない。一方、DW 構造ではない INSEM 堰堤では、堤体内に多段タイ材が配置されていないので鉛直ひび割れが生じる可能性があり、二重鋼矢板基礎を使うことは考えにくい。

なお、堤体の沈下については、砂防堰堤の候補になるような場所では、堤体の盛立が終了した時点にはほとんど沈下も収束しているのが一般的である。したがって、天端高などの出来形に対して問題になるようなことはない。

堤体が DW あるいは INSEM-DW の場合に二重鋼矢板基礎を設けることによって、地盤改良に比べて迅速な施工およびコスト縮減が図れる。地下水流を遮断したくなくれば、透水性鋼矢板を使用することを考えることになる。

5. 下流面緩傾斜 DW 構造

この構造は、図-5 に示すように、INSEM-DW 堰堤など DW 構造の下流面を 1:1.0 程度にかなりの緩傾斜にしたも

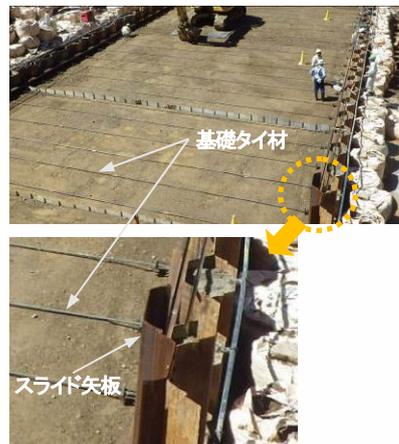


図-4 スライド式二重鋼矢板基礎の事例

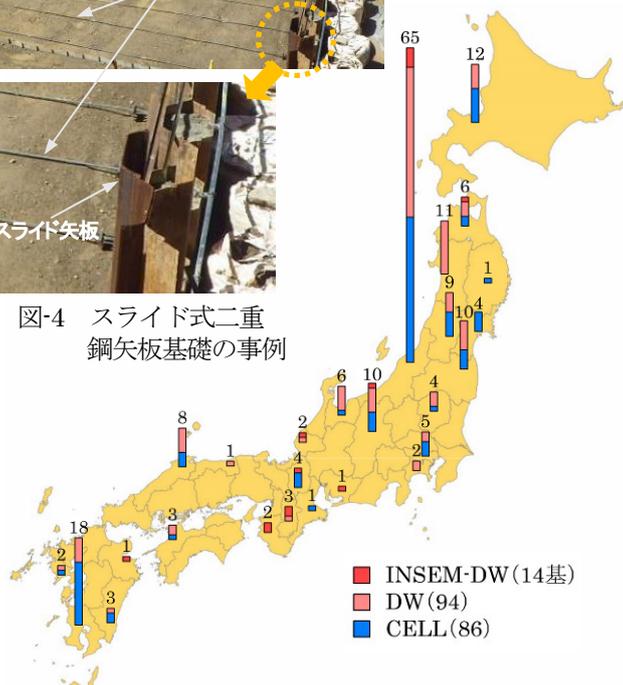


図-6 全国における鋼矢板基礎付き砂防堰堤の事例

のである。そのような堤体形状にすることによって、下流端の地盤反力強度を大幅に低減して、通常の堤体形状では支持力不足になるような地盤（たとえば、N 値=10 程度）でも支持力に対する安定性を確保できることになる。もちろんのこと、地盤を通る下流側への全体すべりに対しても検証する必要がある。

なお、このような地盤では、堤体からの载荷重によって少々の沈下を生じるが、沈下することは圧縮あるいは圧密を伴うので強度増加をもたらすことを意味する。また、沈下が堤体に与える影響については、堤体が DW 構造で一体化（多段タイ材による補強）されているので問題ない。

下流面緩傾斜 DW 構造は、地盤にほとんど手を加えないので、ほぼその分そのまま工期短縮、コスト縮減に直結する。溪流の汚濁や地下水流に与える影響がないなど環境にやさしい工法である。

6. おわりに

ここでは、砂防堰堤の構築における支持力不足地盤への対応として、スライド式二重鋼矢板基礎と下流面緩傾斜 DW をとりあげた。この2つの工法とも地盤改良や杭基礎と比べると、地盤へあまり手を加えることなく土質の構成や層序などの特性をできる限り生かそうとしたものである。

そうすることが結果的に、工期短縮という施工性向上、基礎構造の単純化や省略によるコスト縮減、地盤への影響を極力低減した環境配慮などをもたらすことになる。このような選択肢を増やし支持力不足地盤への対策工の多様化を図ることは、火山性や泥炭性の地盤に遭遇する機会が多い北海道においては役立つものと考えています。