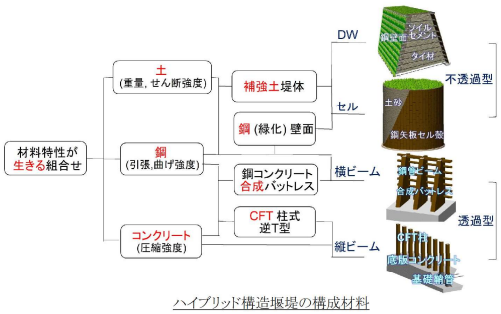
日本におけるハイブリッド砂防堰堤の展開

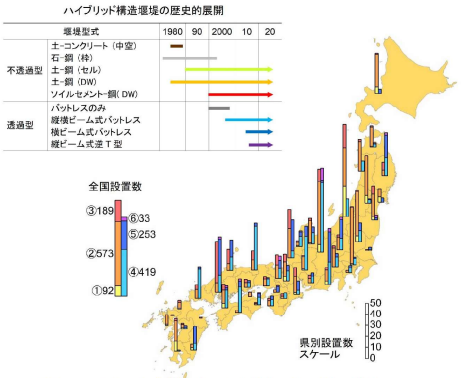
― 最適構造を目指して ―



ハイブリッド構造堰堤の構成材料

はじめに

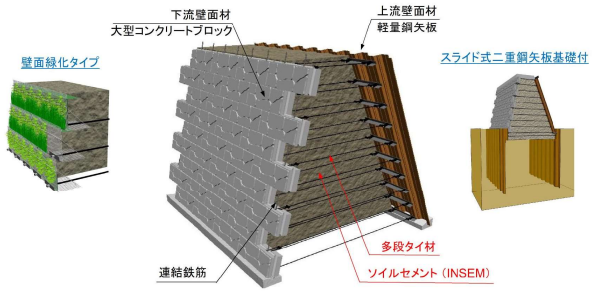
- ハイブリッド構造の砂防堰堤は、異なる材料を組合せ、それぞれの特性を最大限に活用するものである。
- 従来は土、木材、石材が用いられてきたが、現在では土、鋼材、コンクリートが主要な構造材料となっている。
- 不透過型堰堤では、土を主体とする堤体を鋼やコンクリートの壁面材と鋼のタイ材によって補強・保護する構造が用いられる。
- 透過型堰堤では、鋼材とコンクリートを組合せ、効率的な構造性能を実現する。
- 本稿では、ハイブリッド構造の砂防堰堤の発展過程を概説するとともに、現在、最適と考えられる構造を示し、技術者の参考に供する。



各種ハイブリッド構造堰堤の歴史的展開と県別設置数

土系ハイブリッド構造（不透過型砂防堰堤）

ソイルセメント- DW（INSEM- DW）砂防堰堤





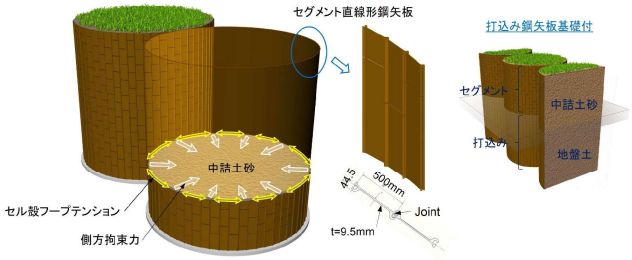
基本構造

ソイルセメントDW は、従来の土砂に代えて、ソイルセメントを中詰材料として用いる補強土構造物である。

特長

- 堤体一体化：多段のタイ材で堤体を一体的に補強。
- 十分な堤体強度：低強度のソイルセメントでも、タイ材の補強効果による堤体強度の十分な確保。
- 耐久性の高い壁面材：大型コンクリートブロックを用いることで、水通し部では信頼性の高い下流壁面の構築。.
- 効果的な締固め：DW構造による固定化された壁面の近傍における締固めを効果的に行うことが可能。
- 土砂の有効利用：現地発生土をほぼ100%有効利用。

セル式砂防堰堤



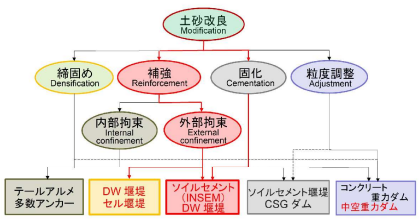


基本構造

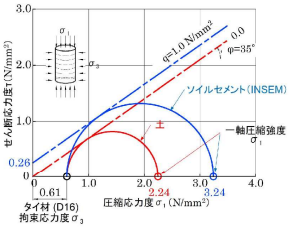
セル式堰堤は、直線形鋼矢板を組合わせて円形セル殻を形成し、その内部に現地発生土を中詰する構造である。セル殻は、フープテンションによって中詰土を拘束補強する。

特長

- 耐衝撃性：土石流による衝撃力に対して高い抵抗性。
- 地盤への適応性：軟弱地盤や地すべり地にも適する。
- 汎用性：不透過型でも透過型でも適用。
- 急速施工：構造が簡単で、急速施工が可能。
- 土砂の有効利用：土砂を選ばず、現地発生土をほぼ100%有効利用。



土砂改良面からみたDWとセル構造の位置づけ



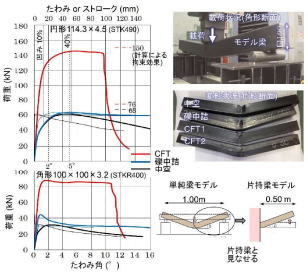
DW構造における堤体強度の増加に与える多段タイ材の効果

ハイブリッド構造における土の補強

- 土砂改良による分類：DW やセル構造は、中詰土を壁面材やタイ材によって拘束するという土の補強に分類される。.
- 拘束効果：モール円で示されるように、横方向の拘束によって中詰土の圧縮強度が増加し、結果的に堤体の強度も増加する。

CFT の特性

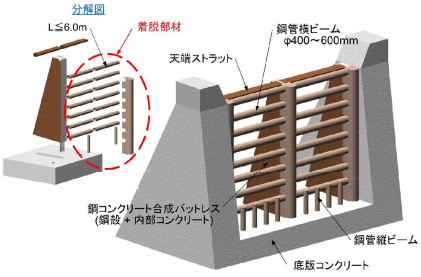
- 強度とエネルギー吸収性能の向上：CFT 部材は、中空鋼管と比較して約2.5倍の荷重支持能力とエネルギー吸収能力を有する。
- 外部鋼管のひび割れ：たわみ角が約10°になると外部鋼管にひび割れが生じる。
- たわみ角制限：設計上の最大たわみ角は永久構造物では2°、仮設構造物では5°としている。

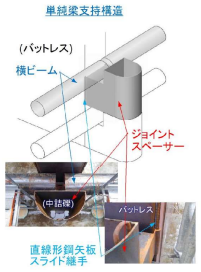


CFT柱モデル実験によるたわみ角と荷重の関係

鋼コンクリートハイブリッド構造（透過型砂防堰堤）

横ビーム式ハイブリッド砂防堰堤（HBBO*型）







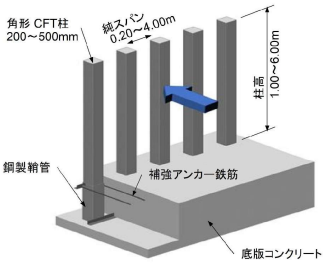
基本構造

横ビーム式ハイブリッド構造は、鋼コンクリートの合成パットレスとそれに単純支持された鋼管水平ビームを組合わせた構造である。

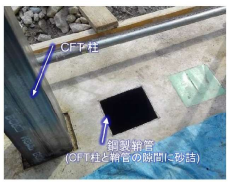
特長

- 合理的ハイブリッド構造：鋼材とコンクリートの利点を組合わせたシンプルな構造設計。
- 強靭性：合成構造パットレス等による優れた強靭性の確保。
- 進行性破壊の防止：横ビームを単純支持とすることによる進行性破壊の防止。
- 容易な除石：着脱可能なビームにより、捕捉した巨礫や流木を容易に除石可能。

縦ビーム式逆T型構造（VCCO型）



着脱CFT柱基礎



＊）CFT（Concrete Filled steel Tube）

基本構造

縦ビーム式逆T型構造は、コンクリート底版とアンカー鉄筋を有する鞘管で支持された角形CFT柱からなる構造である。

特長

- 合理的構造：片持梁式の逆T型構造という合理的な構造による工期短縮とコスト縮減。
- 強靭性：土石流衝突時におけるCFT 柱の強靭性と高いエネルギー吸収能力。
- 耐衝撃性：アンカー鉄筋を有する鞘管基礎構造による衝撃荷重への対応
- 容易な維持管理：着脱可能なCFT柱による捕捉石礫や流木の容易な除去。



結　論

- 不透過型ソイルセメントDW堰堤：物理的な補強と化学的な改良を組合せ、現地発生土の有効利用を最大化するハイブリッド構造である。地域の土資源を活用するための最適な解決策となる。
- 透過型堰堤：「シンプル・イズ・ベスト」という考え方が示すように、パットレス構造や逆T型構造は、ビームや柱を合理的に支持する簡潔な構造である。継手のない構造は土石流のような不確実性の高い外力に対する強靭性を有する。
- 今後の展開：これらの合理的な堰堤構造は、日本におけるハイブリッド砂防堰堤技術の体系的な発展を通じて生まれたものであり、今後の砂防堰堤の最適な構造型式を示すものである。