

技術の開発

鋼製砂防構造物は、屈撓性や、透過性などの機能面、工期短縮や通年施工、あるいは省力化などの施工面等のコンクリート構造物では得にくい特色を生かして、前記表-1に示すように数多くの製品が開発・施工されてきている。これらを構造形式により分類すると図-1のように示される。

透 過 型 式

(1) 鋼管フレーム構造

透過型のスリットえん堤には、主に土石流区域で使用するB型、L型、格子形と、主に掃流区域で流木止工として使用するA型、C型、D型、Δ型、h型(簡易格子形)等がある。さらに、最近既設砂防えん堤の改良・補強の際に設置されるN型がある。

◆格子形構造◆

1. 格子形鋼製砂防えん堤

格子形鋼製砂防えん堤は、約600mm中の鋼管を立体格子状に組み合わせた剛結合構造物であり、堤高の高いタイプに適用される。本構造には、横方向のつなぎ梁がえん堤の中段に取り付けられており、捕捉した土石流が後続流により流出するのを防止しているとともに横方向への座屈を防止している。また、多数の柱で基礎部に定着しているため土石流荷重が多くの柱へ分散され、せん断破壊に対しても安全な構造となっている。礫および流木の衝突に対しては、礫および流木の運動エネルギーを鋼管のへこみ及び梁の塑性変形で吸収する。



格子形鋼製砂防えん堤 [兵庫県]

◆スリット構造◆

1. 鋼製スリットえん堤A型

鋼製スリットえん堤A型は、通常流下する細粒の砂礫は通過させ、大洪水時の大径礫によって開口部を閉塞して流出土砂を抑止する土石流対策の鋼製スリットえん堤として昭和51年に最初に開発されたものであり、A形状のフレームをコンクリート基礎に固定したものである。礫および流木が流心方向とずれて衝突しても抵抗できる構造型式であり、鋼管内にコンクリートが充填され剛性が高められている。流木または礫の運動エネルギーをフレーム全体の変形により吸収する。スリットA型は、土石流の捕捉工として設置され、現在は副えん堤等で流木捕捉工として設置されることが多くフレーム高2～5mのものが一般的である。



鋼製スリットえん堤A型 [雲仙復興工事事務所]

2. 鋼製スリットえん堤B型

鋼製スリットえん堤B型は、土石流の衝突角度が流心方向とずれても安定度の高い構造物で、立体フレームタイプである。格子形鋼製砂防えん堤に比較して低い構造物として開発されたもので、流木捕捉工としては、土石流区域に設置し、土石流とともに流木を捕捉する。礫および流木の衝突に対しては、礫や流木の運動エネルギーを鋼管のへこみ、および全体の塑性変形で吸収する。



鋼製スリットえん堤B型 [多治見工事事務所]

3. 鋼製L型スリットえん堤

鋼製L型スリットえん堤は、コンクリート基礎を用いず、現地適用を可能とすることを主な目的として開発されたものである。土石流を捕捉する上部工と、外力に抵抗する受圧板付き杭と土石流そのものを自らの重みとするための簀の子からなる下部工を有する構造である。土石流区域に設置し、土石流を捕捉する。礫および流木の衝突に対しては、礫および流木の運動エネルギーを鋼管のへこみ、および梁の塑性変形で吸収する。



鋼製L型スリットえん堤 [福岡県]

4. 鋼製C型スリット

鋼製C型スリットは、水平材が曲率をもったコンクリート充填鋼管によるアーチ構造であり、主として流木止めとして開発された。縦部材は下部で間隔を広くし上部で狭くすることで、転石の通過性を良くすることができる。鋼製透過型の砂防えん堤としては新しい構造であり、外力は主として軸力に変換される。そのため、アーチ部材を固定するえん堤袖部は押し抜きせん断に対する補強を要するが、水通し部は、比較的少ない鋼材で大きな強度を発揮できる。流木および礫の衝突に対しては、流木および礫の運動エネルギーをアーチの塑性変形で吸収する。



鋼製C型スリット [大分県]

5. 鋼製D型スリット

鋼製D型スリットは主として、流木止めとして開発されたものであり、角形鋼管を使用し、頭部において互いに連結され一体性をもたしている。更に上流側柱材を千鳥配置することで転石の通過性を良くすることができる。流木および礫の衝突に対しては、流木または礫の運動エネルギーを部材のへこみおよびフレーム全体の変位により吸収する。



鋼製D型スリット [新潟県]

6. 鋼製Δ型スリット

鋼製Δ型スリットは主として流木止めとして開発されたものであり、コンクリート充填鋼管による頭部連結および形鋼による底部連結構造である。単部材が小型軽量なため、運搬および取扱いが容易



鋼製Δ型スリット [北海道]

1. 鋼製砂防構造物の概要

である。頭部の連結は鋼板で囲んだヘッドフレーム部分が鉄筋とコンクリートによるRC構造となっている。流木および礫の衝突に対しては衝突荷重を静的荷重に換算しフレーム材が許容応力度内に収まるように部材決定されている。また、主要部材はすべて溶融亜鉛めっきが施されている。

7. 鋼製h型スリット

鋼製h型スリット(簡易格子形)は、主として流木止めとして開発されたものであり、鋼管による平面格子とバットレスの組合せ構造である。格子形のため、縦・横部材の間隔調整により捕捉機能の調整が可能である。流木および礫の衝突に対しては流木および礫の運動エネルギーを部材の鋼管のへこみおよび梁の塑性変形で吸収する。



鋼製h型スリット [大分県]

8. 鋼製N型スリット

鋼製N型スリットは土石流危険渓流における流木対策を目的に開発された流木捕捉工であり、鋼製h型スリットの改良型として位置づけられる。

本スリットは既設砂防えん堤の本えん堤上に設置するもので、フレーム高2～3mが一般的である。



鋼製N型スリット [新潟県]

(2) セル構造

◆透過型セグメントセルえん堤◆

透過型のセル構造の砂防えん堤は、不透過型と同じ鋼製セルを一函一函独立させ、所定の間隔に配置した重力式のえん堤である。その目的はスリット構造の透過型えん堤と同様であるが、巨礫を捕捉する機構がスリット構造では直接的な閉塞効果によっているのに対して、セルえん堤では堰上げ・堰止め等の水理的な減勢効果によっている点が基本的に異なっている。したがって、開口部の幅は相対的に大きくとれ、機械土工で除石作業を容易に行うことができる。

鋼製セルの構造としては、短尺に分割した鋼矢板を積み上げていく鋼矢板セグメントセル式と、鋼板を溶接・曲げ加工したパネルを高力ボルトで接合する鋼板セグメントセル式などがあり、構造面は不透過型の場合と同様である。



鋼矢板セグメントセルえん堤 [天竜川上流工事事務所]



鋼板セグメントセルえん堤 [天竜川上流工事事務所]

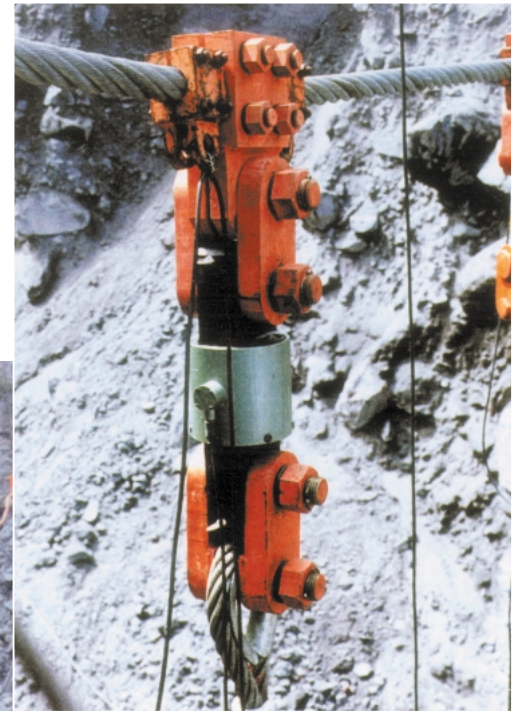
(3) その他の構造

◆ワイヤーネット◆

ワイヤーネット工は、細いワイヤーを使用することにより、土砂の透過性を最大限発揮させるとともに、線材の長所である引張耐力と変形性能で外力を吸収しようとするものである。昭和49年に試験施工が行われている。



ワイヤーネット【松本砂防工事事務所】



100トン引き長型ロードセル取付

◆底面水抜きスクリーンえん堤(土石流ブレーカー)◆

底面水抜きスクリーンえん堤は、土石流の発生が予想される溪流の河床に簀の子状のスクリーンを流芯方向に設置し、流下してくる土石流をスクリーン上で土石と水とに分離し土石流の流速を減速させ、巨礫や土砂を停止、堆積させるものである。土石流減勢工(土石流ブレーカー)とも呼ばれる。また、土石流発生域における巨礫の捕捉に用いられる目的のほかに、土石流の直撃を受けるおそれのある下流えん堤の緩衝施設、あるいは扇状地の扇頂部における土石流後続流の分散等にも使用できる。



底面水抜きスクリーンえん堤(土石流ブレーカー)
【大隅工事事務所】

不透過型式

(1) スクリーン構造

◆バットレススクリーンえん堤◆

本えん堤は、溪床の侵食防止を目的として、堆砂促進のためにできるだけ開口寸法は小さくすべく設計されている。水は通過させ、砂礫は貯留させるため、えん堤壁面は間隙幅15～30cmに構成するものである。えん堤には、H形鋼によるバットレスを本体とし、上流壁面材にH形鋼をスクリーン状に取り付けたバットレス型と、下流面直立のL型、上流面壁材として鋼管を水平に並べて支間をとばしたビーム型がある。バットレス型の初期のタイプは昭和41年に試作され、鋼製砂防えん堤として最初に用いられた。



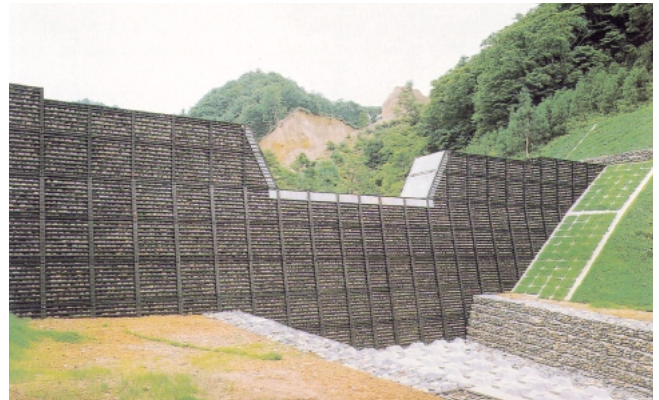
バットレススクリーンえん堤(鋼製えん堤) [山形県]

(2) 枠構造

◆枠えん堤(鋼製自在枠、鋼製続枠、鋼製箱枠、鋼製組枠)◆

枠えん堤は形鋼や鋼管で形成されたフレーム(枠)の各面を、L形鋼・平鋼・棒鋼などでスクリーン状にカバーして、中に割石(鋼製自在枠・鋼製続枠・鋼製箱枠・鋼製組枠)を中詰める形式をとっており、屈撓性を有し地盤変形に追従し、昭和49年から実用化された。それまでコンクリート基礎をもつ鋼製スクリーンえん堤では軟弱地盤や地すべり地域での適用が難しかったが、枠えん堤において可能となった。

現在、鋼製自在枠・鋼製続枠・鋼製箱枠・鋼製組枠の4種類がある。それぞれ重力式構造として安定であることの他に、水平力に対する抵抗要素を枠骨組構造の強度または中詰材のせん断抵抗性としており、施設の計画・設計に当たっては事前に各形式の特徴を把握する必要がある。



枠えん堤(鋼製自在枠) [福島県]



枠えん堤(鋼製続枠) [六甲砂防工事事務所]



枠えん堤(鋼製箱枠) [和歌山県]



枠えん堤(鋼製組枠) [兵庫県]

鋼製材を用いることの長所は、部材強度が大きい
ため木材やコンクリート製品に比べて大型化しやすい
こと、強度が高く、かつ柔軟性に富んだ継手構造に
できる。

また、既往の枠構造は、使用鋼材や連結方法等は
異なるが、いずれもジョイント部に工夫を加え、可撓性
に富み、沈下等の変位にも追従でき透水性にも配慮
された形式となっている。工法的には、組立、中詰め
作業に大型機械を要せず人力中心でも施工可能で
ある。

中詰め材は、原則として玉石・割石であり排水性の良
好なものを選定することが重要である。また、表面材
の内側に、さらに網およびマット材を張ることにより砂
礫等を中詰め材に使用できるが、この場合は転圧を十
分に行うことが必要である。

枠えん堤は地すべり地や地盤変動のある地域、湧
水の多い箇所、地盤が悪い箇所、あるいは災害の応
急工事・仮設工等に適している。また大型の施工機
械が進入できない箇所等でも施工可能である。

(3) ダブルウォール構造

◆ダブルウォールえん堤◆

この形式の構造物は、鋼材で造った壁の中に砂礫
を中詰めする点では、前述の枠えん堤と同様である
が、容器となる鋼材部分には水平力に対抗する機能
を全く期待していない点が基本的に異なっている。し
たがって、中詰め材のせん断変形に対する抵抗が確実
に期待できるように設計・施工することが必要である。

鋼製ダブルウォールえん堤は、上流面、下流面に
鋼矢板やエキスパンドメタルなどによるパネル壁材を
設けて中詰めを行い、上・下流壁面材間隔を高さ50
～100cmごと、横方向80～120cm間隔に自在性のある
ジョイント部をもつタイロッドで連結したものである。
なお、底面、天端面、側面には樹脂ネット・鉄筋金
網・エキスパンドメタル等を現場状況にあわせ配してい
る。このえん堤は、密に配置されたタイロッドにより中
詰め土が補強された補強土フィルえん堤的な特徴をも
ち、えん堤全体の屈撓性に優れている。堤体内に中
間枠がなく、ブルドーザやローラが堤体内を自由に走
れるため、転圧が十分でき施工速度も速い。また、中
詰め材には現地発生土砂を使用でき、掘削土を再利用
することで土砂運搬費の削減や環境面でも有利であ

る。このえん堤は、不良地盤や盛土箇所など沈下の
考えられる箇所、現地土砂を使用したい現場、建設
排土の捨場、仮締め切り・仮設堤などの仮設工、およ
び災害時の応急復旧、緑化したい場合などに適して
いる。



ダブルウォールえん堤 [福島県]

(4) セル構造

◆不透過型セグメントセルえん堤◆

不透過型のセル構造は、セルを連続配置するえん
堤であり、鋼製セグメント(直線鋼矢板、鋼板)で構成
された鋼製殻の中に現地発生土砂を中詰めする点で
は枠えん堤やダブルウォールえん堤と同様であり、ダ
ブルウォール構造と同様に中詰め材のせん断抵抗のみ
を評価している。鋼製セル構造のうち、鋼矢板セグメ
ントセル式は短尺に分割した高張力継手を有する直
線型鋼矢板を爪の嵌合のみの単純作業で組み立て
ていくボルトレス構造という特徴がある。一方、鋼板セ
グメントセル式は鋼板を曲げ加工したパネルを順次円
形状にボルトで組み立てるものである。両者とも組立
が簡単で短時間にセル構造が構築できる特徴をもつ。



鋼矢板セグメントセルえん堤 [山形県]

1. 鋼製砂防構造物の概要

【参考資料】

●(財)砂防・地すべり技術センターで審査されたもの

名 称	開発年度	開発会社名
鋼製スクリーンえん堤	S41	日鐵建材工業(株)
鋼製自在枠	S49	日鐵建材工業(株)
鋼製スリットえん堤A型	S51	新日本製鐵(株)
鋼製続枠	S53	川鉄建材(株)
格子形鋼製砂防えん堤	S54	(株)神戸製鋼所
鋼製箱枠	S56	住友金属建材(株)
ダブルウォールえん堤	S58	共生機構(株)
鋼製組枠	S59	日本鋼管ライトスチール(株)
鋼製スリットえん堤B型	H 1	日鐵建材工業(株)
鋼製セルえん堤(鋼矢板セグメント)	H 2	共生機構(株)
鋼製セルえん堤(鋼板セグメント)	H 2	住友金属建材(株)
鋼製L型スリットえん堤	H 9	川鉄建材(株)

●流木捕捉工として水理実験で捕捉機能が確認され、現在使用中のもの

名 称	開発年度	開発会社名
鋼製D型スリット	H 2	川鉄建材(株)
鋼製Δ型スリット	H 2	共生機構(株)
鋼製C型スリット	H 2	住友金属建材(株)
鋼製h型スリット	H 2	(株)神戸製鋼所
鋼製N型スリット	H13	砂防鋼構造物研究会

●上記以外で実績のあるもの

名 称	開発年度	開発会社名
井桁鋼枠	S44	住友金属建材(株)
ビームタイプえん堤	S47	日鐵建材工業(株)
エキスパンドセル型砂防えん堤	S49	共生機構(株)
ワイヤーネット	S49	(株)神戸製鋼所
鋼製セル枠工	S60	住友金属建材(株)
土石流ブレーカー	H 1	日鐵建材工業(株)
排砂スクリーン工	H 9	新日本製鐵(株)