

鋼製透過型砂防 えん堤の種類と 構造上の特徴

嶋 文示 しま じょうじ
 (財)砂防・地すべり技術センター
 砂防技術研究所 技術開発研究室長

はじめに

本年度、土石流対策技術指針が改定され、今回の改訂では土石流対策施設として透過型砂防えん堤に関する記述が充実した。今後は、特に土石流対策施設として閉塞タイプの鋼製透過型砂防えん堤の扱いが重要になってくると考えられる。

鋼製透過型砂防えん堤は、昭和48年のA型スリットを皮切りに、格子形鋼製砂防えん堤、B型スリットをはじめ、数多くの施設が開発され、同時に土石流の経験を受けながら改良も加えられ現状に至っている。機能面においては土石流対策技術指針に準拠しているため、部材間隔は基本的にどのタイプも設計条件が同じであれば同じになるはずである。しかし、この機能部材を支える構造部材は現地条件に、より適した形状を検討する必要がある。多くの鋼製透過型砂防えん堤のどれを採用するかについては、個々の特徴を理解して選定されることが望ましいと考えられる。

そこで、以下に各種の鋼製透過型砂防えん堤の特徴を紹介したい。これを理解していただくことによって、より現地に適合するであろう形式を検討する場合の目安になれば幸いである。ただし、ここで述べることは、鋼製チェックリストにより技術的な指摘事項をもとにして、おもに構造系の観点から整理したものであって、現地条件によっては適合しない場合もあろう。ただし、現時点で課題となっていることも改良によってむしろ長所となることも十分あり得る。したがって、現時点の課題も改良される可能性を十分に残しているものと考えていただきたい。また、私の認識不足もあるであろうから、そのときはご指摘いただければ幸いである。これらに対する意見については、今後の研究課題や改良項目として真摯に受け止めたいと考えている



写真-1 格子形2000-c (岐阜県：菅沼谷えん堤)

なお、鋼製チェックリストは、昭和60年6月1日建設省砂防課建設専門官発の事務連絡「鋼製砂防構造物に関する技術検討について」に基づき、(財)砂防・地すべり技術センターの公益事業として、現在も継続実施しているものである。

鋼製透過型砂防えん堤の構造上の特徴

対象とするえん堤は、当センターの常設委員会である鋼製砂防構造物委員会で認定したもの、および建設技術審査証明制度で認定したものである。このなかで土石流対策用として審査した透過型砂防えん堤を対象に解説してみたい。

ただし、近い将来改良の予定があるものは、ここで解説すると誤解を招く恐れもあるので省いた。ここで解説していないものについては当センターのHPを参照していただきたい。

格子形2000-c

格子形2000-c(写真-1)は、格子形鋼製えん堤を基に土石流を受けた経験を活かして、より合理的な形状に改良したものである。また、縦横部材間隔を工夫することにより最下流部にも設置可能なタイプも開発された。旧タイプの格子形と併せて捕捉実績も数多く見受けられるようになった。

旧タイプである格子形鋼製えん堤は昭和53年旧建設省新庄工事事務所で第1号が施工された。鋼製部の構造は約500~600φの鋼管を立体格子状に組み合わせたもので、縦横部材である鋼管を溶接で剛結している。この立体格子状を施工条件によって運搬可能な大きさに分割し、現地では鋼管端部に加工したフランジ継ぎ手同士をボルト接合している。基礎部は所定の根入れを確保し



写真-2 格子形鋼製えん堤 (六甲砂防事務所; 松尾第3号砂防ダム)



写真-3 格子形鋼製砂防えん堤 (神通川水系砂防事務所; 白水谷2号砂防ダム)



写真-4 B型スリット (多治見砂防国道事務所; 木曾川水系滑川第3砂防えん堤)

た底版コンクリートに鋼管を埋め込み固定している。

この底版コンクリートの厚さは根入れ長として2m確保しているものが多い。上部工である鋼管構造体は容積あたりの単位体積重量が小さいため、底版コンクリートの重さが安定性に寄与している。このため、えん堤自体の重心位置が低く、安定性の検討において転倒条件より滑動条件で形状が決まることが多い。したがって、滑動に抵抗する自重が確保されればよいことから、上下流に底版コンクリートの形状を延長することで安定性を確保することが多い。この結果、えん堤の敷幅が広くなり、単位面積あたりの重量が不透過型コンクリート砂防えん堤より小さい。このため、不透過型砂防えん堤では支持力が確保されない箇所でも、施工可能な場合が多い。とくに岩着する必要はなく、フローティングでも設置可能なため、ダムの堆砂域にも設置することができる。これは底版コンクリートを用いている鋼製透過型砂防えん堤すべてに言えることである。

格子形2000-cの前身である格子形鋼製砂防えん堤は、開発当初、今よりも多様な形状を有していた。今後、さまざまな要求に対して、以前の形状が解決の糸口になるのではないかとの考えから、以下にその形状の一部を紹介する。

▶底版形状

底版コンクリート上下流方向は溪床勾配に合わせ、かつ最深河床に合わせているため、上下流の連続性に有利である。ただし、河川横断方向については開口幅を広くとると底版コンクリートが地山に食い込んでいくため、山側の掘削量が多くなる。写真-2は、この対応として、底版コンクリートを谷地形に合わせた形状にした例である。このような底版形状とすることで谷地形で水通し幅の狭い箇所でも、水と土砂を分離しやすい構造にでき、閉鎖タイプの透過型砂防えん堤が設置可能となる。

▶袖部

写真-3は袖部も立体格子状にした例である。開発当初はこのように袖部も立体格子状にしているものが多い。旧指針では鋼製透過型砂防えん堤の堤高は15m未満とされていたが、今回の土石流対策技術指針改定に伴い、堤高15m以上でも計画できるようになった。袖部も鋼製にした例から判断すると、袖部を含めると構造上は15m以上となり十分施工可能である。

先の底版形状と袖部の鋼製化により、地形や流量などの現地条件に適応した柔軟な形状が期待できる。過去に多く施行されており復活を期待したい。

B型スリット

B型スリット写真-4は、A型スリットを改良して土石流荷重に対する耐性を高めたものである。鋼製透過型砂防えん堤としてもっとも古いA型スリットは、アルファベットのAのような形状を河川横断方向に複数基並べたものである。A型スリットは上下流方向に強い構造となっているため、土石流の作用方向に対しては強固である。しかしながら、流れの直角方向には支えがないため、荷重が偏心すると弱軸方向に応力が発生することになる。土石流は直進性が高いものの、かならずしも設計条件どおりの方向に作用するとはかぎらない。また、えん堤の配置も下流に直角にすることを原則としているため、上流の地形に対してはかならずしも流心に向いているわけではない。このため弱軸方向に荷重が作用することも十分に考えられる。

そこで、この弱点を改良したものがB型スリットである。B型スリットはA型スリットを2基連結し、さらに天端幅を設けた。このことにより、偏心荷重に対しても耐性が高まり、かつ天端を設けたことにより曲げで荷重を受ける構造となり、土石流のような不確定な外力に対し



写真-5 B型スリット2003(奈良県宇陀土木事務所；四郷川2号砂防えん堤)



写真-6 CF型スリット(山口県阿東土木事務所；恵比寿谷川砂防えん堤)

でも有利である。

また、A型スリットと同様にユニットとしての利点もそのまま引き継いでおり、配置の自由度は高く、鋼製高も6m以下が多いため、施工誤差を調整しやすい。

▶B型スリット2003

B型2003(写真-5)は、B型スリットの設計思想はそのままにコストダウンを図ったものである。B型スリットは土石流の経験を受け、安全性の検証も進んでいることから、鋼管径を600φから500φに変更し、天端幅を3mから2mに、下流法勾配を1:03から1:02にした。このことにより、使用鋼材を低減することに成功している。

CF型スリット

CF型スリット(写真-6)は、小径セルを下流側からトラスで支えたものである。これまでのセル構造はセル単体で安定性を維持するため、直径5～8mと大径になる。このため、セルを使って透過型砂防えん堤を構築する場合、川幅が相当広くないとセルを配置できない難点があった。また、開口面積率も小さくなるため、堰上げが発生する可能性もあることから、土石流対策用の透過型砂防えん堤として採用しにくい面があった。

そこで、セルの直径を小さくすることでこの問題点を解決しようとしたものである。しかし、セルを小径にするとセル単体では安定性を保つことができない。このため、セルの下流側から安定性を補うためにトラスで支えたものである。安定性に必要な重さ自体は、他の鋼製透過型砂防えん堤と同様に底版コンクリートを利用している。

CF型スリットはこのセルとトラスを工場一体製作し、上下流方向は現地でボルト接合する。このため、現地ではセルを積み重ねていく作業工程となり、施工性がよい。また、鋼製部においては上下流方向の敷幅は他の

鋼製透過型えん堤と比較すると短い。このため、中小出水で引っかけた流木に接近しやすく除去作業も有利であろう。また、ユニットとして独立していたため、B型スリットと同様に配置の自由度は高く、現地の施工誤差を吸収しやすい。ただし、捕捉部材がセルであることから基本形状に横部材がない。したがって、鋼製高が高くなると土石流の後続流を捕捉するために機能部材を付加してやる必要がある。

J-スリット

J-スリットは、I型スリットとL型スリットの長所を活かしてコストダウンを図ったものである。そこで、I型スリットとL型スリットの特徴を以下に述べる。

▶I型スリット

I型スリット(写真-7)の特徴は、土石流を受ける最上流の鋼管を緩衝材としていることである。土石流を受け止めた緩衝鋼管から伝達される反力が通常の設計外力の約半分になり、構造全体にかかる荷重を軽減しようとするものである。これにより、構造部材に作用する設計荷重を小さくしコストダウンを図ったものである。

土石流対策技術指針では最上流部材を礫の捕捉部材として設計することになっているため、最上流部材にのみ礫の直撃を想定している。しかしながら、実際には最上流部材をすり抜けた礫が下流側の構造部材に衝突することも十分考えられるため、想定外の力が作用した場合の安全性について課題が残る。そのため、地形から土石流の方向性が確定的で確実に緩衝鋼管に作用するよう配慮する必要がある。また、縦横部材の連結は交点の鋼殻にコンクリートを充填して剛結する方法をとっている。このため、少量のコンクリート打設が必要であり、施工性においては他のボルト接合より手間がかかる。



写真-7 I型スリット (神奈川県; 笹子屋沢砂防えん堤)



写真-8 L型スリット (長野県; 三郷砂防えん堤)



写真-9 J-スリット (湯沢河川国道事務所; 田沢沢川第1号砂防えん堤)

▶L型スリット

L型スリット(写真-8)の他の鋼製透過型砂防えん堤と最も異なる点は、底版コンクリートがないことである。これに尽きるといっても過言ではない。鋼製透過型砂防えん堤の底版コンクリートの役割のひとつは安定性の確保である。つまり、鋼製部が軽量なため、安定性の確保に必要な重さを底版コンクリートに受けもたせている。L型スリットは、この安定性に不可欠な底版コンクリートに代わる抵抗性を確保する方法として受働土圧を考慮していることである。

下部工はH形鋼によるラーメン構造として上部工と一体となっている。この構造では、若干の滑动や転倒によりえん堤が変位しても構造自体が不安定になることはないものと推察される。しかし、現行基準では滑働および転倒による変位を許容していないため、この構造系を十分活かさきれていない。

受働土圧を発生させるために、下部工の下方に受圧板が設けられている。したがって受働土圧を効かせるためには河床が洗掘しないことが条件であるため、堆積傾向にある箇所を選ぶ必要がある。

このことから急勾配ではえん堤下流端が洗掘傾向になり、不向きと考えられる。しかし、底版コンクリートを打設しないメリットとして、緊急対応に有効と考えられる。これは先に述べた安定性の基準の緩和で実現性を帯びてくるものと考えられる。

底版コンクリートを打設しないことから、他の鋼製透過型砂防えん堤より、河床の連続性の面では有利である。このため、魚類をはじめ水棲動物に配慮したい箇所にはふさわしいと言えよう。

▶J-スリット

J-スリット(写真-9)は、L型スリットとI型スリットの欠点を補い合い、より経済性を追求したものである。この

ため、形状は捕捉部材を斜材で支えるシンプルなもの、既往の構造系の問題点を踏まえて改良を加えているため、逆に個性的でないところが特徴といえる。それゆえ欠点の少ない構造であるが、新しいタイプであり、実際に土石流の洗礼を受けるまでは、この構造形式の妥当性が証明されないため、当面は鋼製高を8.5mに抑えている。

おわりに

鋼製透過型えん堤は、今後も土石流対策の主力施設として活躍が期待される。土石流対策としての要求性能に応じて、これからも数多くの構造物が開発されるのか、それとも一つの構造物に落ち着くのか現時点では予想できない。

どちらにしても、基になる基準類が透過型えん堤の機能を十分発揮できる性能を引き出していることが肝要と考える。現行基準では、えん堤の土砂捕捉容量をもとに施設規模が決定されている。透過型えん堤の機能が十分発揮され、かつ効率よく配置していくためには、時間軸も考慮に入れた土砂捕捉効果を検証していく必要がある。

たとえば、透過型えん堤の捕捉機能の発現は、土石流ピークに焦点を当てて、部材の間隔を設定している。透過型は中小出水時には土砂を下流に供給する機能を有するので、捕捉する機能と流す機能の両方の機能を発揮できる施設が要求される。

現時点でこの要求に既往施設が十分に答えているかを、土石流捕捉後のみならず、捕捉前の空き状況や上流の土砂堆砂状況を調査し、透過型えん堤に要求される機能が発揮されていることを検証していく必要がある。これらの検証過程に浮かび上がる課題を克服することでより安全で経済性にも優れた透過型砂防えん堤が開発されることを期待するものである。