

狭窄部を利用した鋼製砂防えん堤の形状に関する一考察

砂防鋼構造物研究会 ○中野 博志、小野 源一郎、肥後野 孝倫、石川 信隆
(財)砂防・地すべり技術センター 嶋 文示

1. はじめに

写真-1のように狭窄部で開口幅が3m以下の地形条件では、既存のスパンの広い鋼製透過型砂防えん堤を設置することは困難である。本研究は、このような狭窄部において新しい鋼製砂防えん堤を開発することを試みるもので、水通し部および袖部を含めてすべて鋼管部材からなる鋼製砂防えん堤を設置することにより、外力荷重をすべて谷の両側の地山へ伝達させようとするものである。ここでは、まず基礎的段階として、適用可能な鋼製砂防えん堤の形状をいくつか提案したうえで、その中から水平トラス型鋼製砂防えん堤を選び、地山への力の伝達について調べたものである。

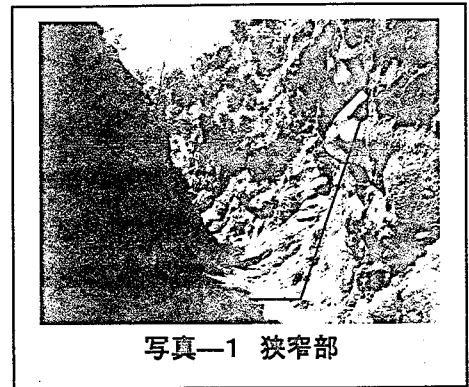


写真-1 狭窄部

2. 狭窄部における鋼製砂防えん堤の形状

上記のような狭窄部に鋼管部材による新しい鋼製砂防えん堤を設置しようとするとき、次のような3つの形状が考えられ、概略的に表-1のような特長があると考えられる。

表-1 狭窄部を利用した鋼製透過型えん堤の形状と特長

	①トラス型案	②パイ型ラーメン案	③アーチ型案
形状図			
支配断面	軸力	曲げモーメント	曲げモーメント+軸力
長所	①堆砂圧を左右岸方向に効率良く伝達できる ②流れを谷中央に導流できる ③軸力部材で部材断面を小さくできる	①堆砂圧を左右岸方向に伝達できる ②部材数を少なくできる	①堆砂圧を左右岸方向に伝達できる ②軸力部材で部材断面を小さくできる
短所	①部材数が多い ②支点部に引張力が作用する可能性がある	①曲げ部材なので部材断面が大きくなる ②支点数少なく反力が大きくなる	①支点数少なく反力が大きくなる ②流れが散逸し左右岸を侵食する ③谷幅が広くなるとアーチライズの確保が困難

3. 水平トラス型鋼製砂防えん堤の検討

3.1 形状

ここでは、一例として図-1に示す水平トラス型鋼製砂防えん堤について検討を行った。検討ケースとして支点R1部における袖部傾斜角 θ を60度とした場合(case1)と45度とした場合(case2)の2ケースを検討し、それぞれの支点反力および概算鋼重を算出した。図-2は袖部傾斜角 $\theta=60^\circ$ としたcase1を示す。また、表-2にえん堤諸元を示す。

3.2 計算モデル

骨組解析に用いた外力荷重は鋼製砂防構造物設計便覧¹⁾に準拠し、鋼製透過型砂防えん堤の土石流時荷重と満砂時荷重の2ケースを作用させた。地山との接触部の支点条件はピン支点として計算を行った。計算モデルを図-2に示す。砂防えん堤の荷重条件を表-3に示す。なお、今回は礫の衝撃エネルギーに対する検討は省略しているが、使用した鋼管は従来の透過型鋼製砂防構造物と同等の径厚比としている。

3.3 数値計算結果および考察

支点反力は、表-4(ここで、 R_x は左右岸方向で地山を押し付ける力を正とする。 R_y は上下流方向で上流側へ向う力を正とする。)のようになり、これより以下のことが考察される。

- 1) case1の場合の部材に発生する最大応力の許容応力度比(1.0に対し)は、土石流時で0.67、満砂時で0.98、case2の場合は、土石流時で0.86、満砂時で0.94であり、いずれも許容応力度の範囲内であることが確認できた。
- 2) case1の場合は Section-A,B,Cの上流側の支点R1に最大で352kNの引抜力(押付力のマイナス)が作用しているこ

表-2 えん堤諸元

えん堤高さ	12.5m
えん堤長	23.0m
開口部(柱中心間隔)	3.0m
使用鋼管	STK490 500 Φ ×14mm、9mm

表-3 荷重条件

土石流の水深	0.62m
土石流の流速	3.6m/sec
土石流単位体積重量	15.3kN/m ³
単位面積あたり土石流流体力	24.7kN/m ²
土圧係数	0.3
堆積土砂単位体積重量	15.3kN/m ³
最大礫径	1.0m

とが確認できた。一方、case2 の場合は支点部に引抜力は作用していない。これは上下流の支点間距離 (R1～R4 間距離) の違いにより支点反力が大きく影響を受けることによるものである。

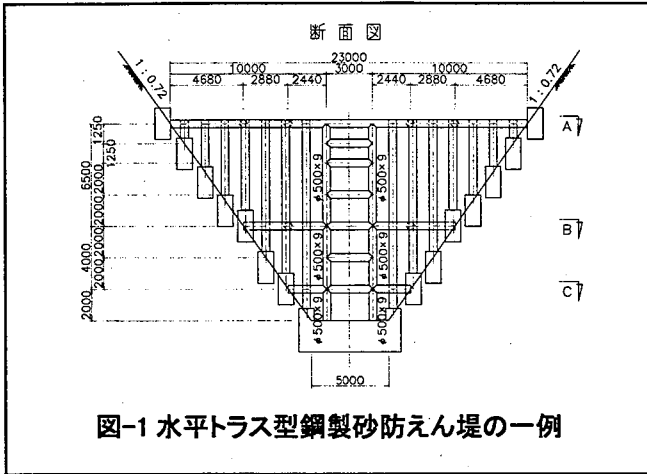


図-1 水平トラス型鋼製砂防えん堤の一例

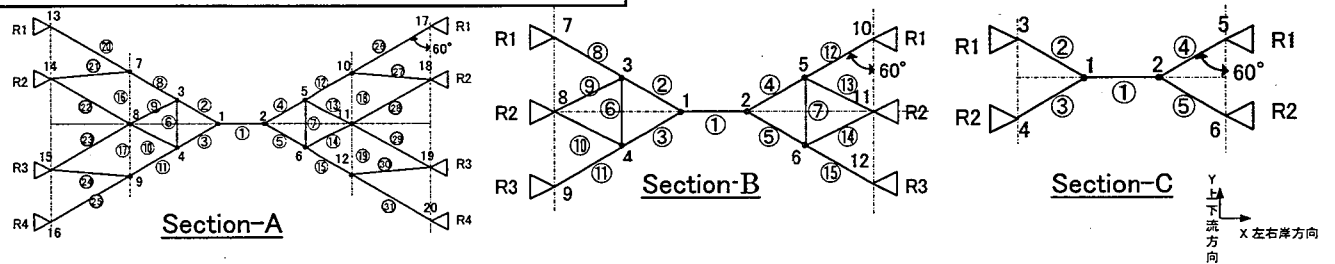
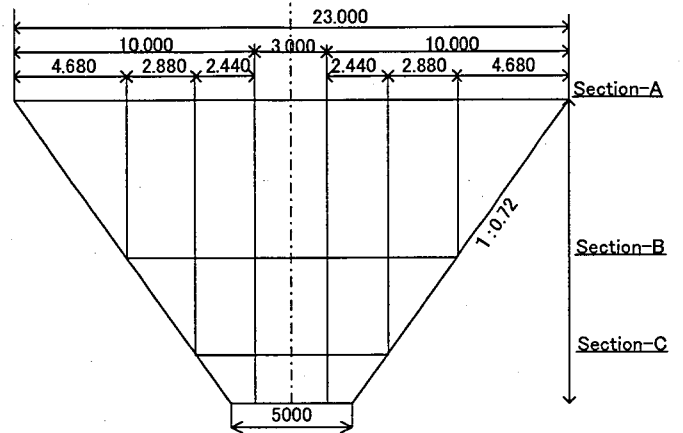


図-2 水平トラス型鋼製砂防えん堤の計算モデル(case1)

- 3) Section-C の方が、Section-A,B に比べ、大きな反力が出ており、これは、ダム下部になるほど荷重が大きくなり、大きな反力を地山へ伝達していることを意味している。
- 4) 支点部の押付力の最大値は 532kN である。これは支点部の根入れコンクリートを介して地山に圧縮力として作用した場合、受圧面積を $2m \times 2m = 4m^2$ 程度と仮定すると $133kN/m^2$ となり、砂礫層 ($400kN/m^2$) でも設置可能であることがわかる。
- 5) 概算鋼材重量を算定したところ、case1 は 48tf、case2 は 56tf であった。使用鋼材の断面は case1 と case2 で同じとしていることから傾斜角の大きい case1 ($\theta = 60^\circ$) の場合の鋼重が少ないが、今後詳細設計を実施し使用鋼材を変えて比較する必要がある。
- 6) 今後の課題として以下の事項が確認できた。
 - ① case1 のように支点部に引抜力が発生すると、支点と地山の固定方法に課題が残る。
 - ② 支点部に作用する上下流方向水平力 (今回の検討では最大 452kN) をどのように地山に効率良く伝達させるかに課題が残る。

4. おわりに

以上、本トラス型鋼製砂防えん堤は、地山への力の伝達という観点から、優れた形状といえる。今後さらに、巨礫の衝突に対する検討を進めるとともに最適構造提案に向けてパイ型ラーメンやアーチ型についても逐次検討していく予定である。

参考文献

- 1) 鋼製砂防構造物設計便覧：(財) 砂防・地すべり技術センター、平成 13 年版

表-4 支持部反力一覧表

		(単位: kN)				
橋断面 (上面から)	橋脚 ケース	支持番号 上流から	case1 ($\theta=60^\circ$)		case2 ($\theta=45^\circ$)	
			Rx	Ry	Rx	Ry
Section-A	土石流時	R1	-108.3	148.0	7.7	119.9
		R2	19.7	88.3	119.5	125.8
		R3	91.5	69.8	78.6	78.5
		R4	162.8	94.4	76.3	76.3
	滝時	R1	-75.5	103.1	5.4	83.5
		R2	13.7	61.5	83.2	87.6
Section-B	土石流時	R3	63.7	48.6	54.8	54.7
		R4	113.4	65.7	53.1	53.1
		R1	-347.6	419.0	13.0	314.5
	滝時	R2	196.0	281.0	310.8	426.3
		R3	503.4	290.0	251.1	249.1
		R1	-339.0	408.7	12.7	306.8
Section-C	土石流時	R2	191.2	274.1	303.2	415.8
		R3	503.4	290.0	244.9	243.0
	滝時	R1	-352.3	452.8	-48.8	429.9
		R2	532.3	317.5	318.6	340.5
		R1	-347.4	446.5	-48.2	429.9
		R2	524.9	313.1	314.1	335.7