

堤体上流面下半もたれ式砂防堰堤による設計施工の合理化

共生機構株式会社 ○牛窪光昭・張軒剛・小室知栄

1. まえがき

一般的な砂防堰堤の断面形状は、基礎地盤が岩盤の場合における段切り形状を除けば台形断面とすることが基本となっている。そのため、溪床堆積層が厚い場合や0次谷等の急勾配溪流においては、堰堤上流側の掘削法面が長大になる場合が多い。掘削が大規模になれば、掘削法面の安定性や工事中の安全性も懸念されることになる。

そのような大規模の掘削量を低減するためには、上流面を直立にした場合と同様の効果がある、地盤内の下半上流面を掘削面と合わせたもたれ式とすることによって実現できる。

そこで本報は、掘削量の大幅な低減、袖部折れ曲がり個所での容易な対処およびコスト縮減など、設計施工の合理化を図るために、堤体上流面下半もたれ式砂防堰堤を提案するものである。

2. 基本構造の設定

上流面下半もたれ式堤体断面の設定は、図-1 に示すように、本来の標準的な台形断面をベースに、上半上流面を直立に、下半上流面を掘削面に合わせて上流方向への張出しを設けた断面形状を基本とする。最終断面は、上半堤体単独および下半堤体を含めた全体について、それぞれ所定の安定計算を行い決定する。

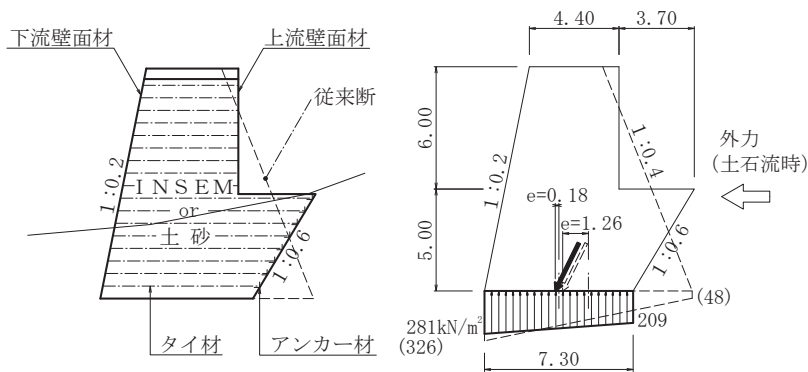


図-1 上流面下半もたれ式断面の基本形状および構造

図-2 合力の作用位置と地盤反力度分布



写真-1 下半張出部を設けた施工事例

この基本形状の特徴は、上流側で堤体下半が地中に埋まるような箇所では上流面の下半をもたれ式の逆断面形とすることによって、堤体断面の合理化を図れること、また、堤軸が袖部で折れる場合には上流面上半を鉛直とすることによって折点部における壁面構造の単純化を図れることにある。

3. 堤体安定性と構造ディテール

一例として、堤高 11.0m の砂防堰堤に対して、土石流流速 $U=5.0\text{m/s}$ 、水深 $D_a=1.0\text{m}$ 、単位体積重量 $\gamma_a=16.0\text{kN/m}^3$ 、流体力 $F=40.8\text{kN/m}$ の土石流外力が作用したときの地盤反力度分布と合力の作用位置を図-2 に示す。下半もたれ式断面の堤体安定性の特徴としては、従来断面に比べて狭い底面幅でも合力の作用位置が中心よりとなるため、地盤反力分布が一様化する傾向にある。それによって、下流端の最大地盤反力度が低減されることになる。

下半張出部高をパラメータ（全高 H の $2H/3$, $H/2$, $H/3$ ）とした場合の壁高と堤体断面積の関係を図-3 に示す。下半張出部高を変化させても、堤体断面積の相異はあまりみられないが、最小断面積となるのは張出部高が $H/2$ の場合である。また、下半もたれ式断面は、従来台形断面と比較しても同程度の断面積であることがわかる。

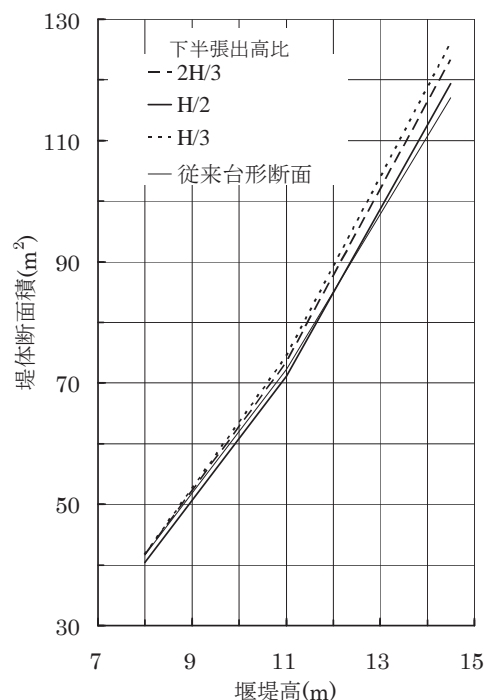


図-3 従来台形断面と下半もたれ式断面の堤体積比較

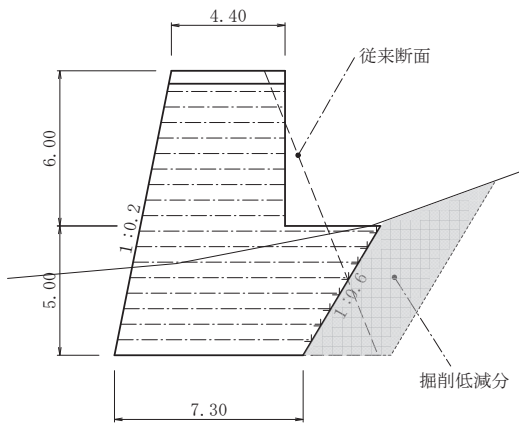


図-4 掘削量低減効果

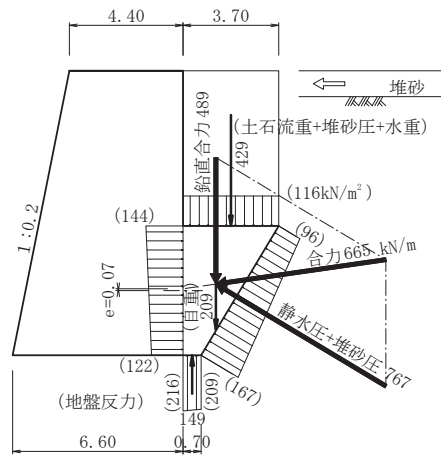


図-5 下半張出部の安定性照査

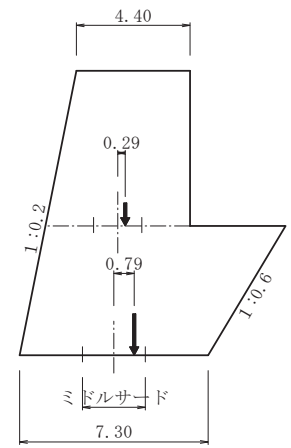


図-6 空虚時の合力の作用位置

表-1 従来台形断面と下半もたれ式断面との対比

	従来台形断面	下半もたれ式断面	備考
掘削量 (m ³)	590 (100%)	395 (67%)	延長10m当り
堤体積 (m ³)	759 (")	712 (94%)	"
鋼材重量 (t)	19 (")	15 (79%)	"
安定性 滑動 Fs	1.30	1.21	越流部、 土石流時
転倒 e(m)	1.26<B/6=1.70	0.18<B/6=1.22	
q _{max} (kN/m ²)	326	281	

下半張出部の安定性については、その付け根天端部における水平引張応力度の発生有無に着目する。図-5は下半張出部について土石流時の作用荷重と付け根部の水平応力度分布を示したものである。この図によると、その水平応力度はほぼ等分布の圧縮応力度となり、上端部には引張応力度が生じることはなく、最大水平圧縮応力度でも最大地盤反力度に比べて半分程度と小さいことなどから安定上の問題はない。

また、下半張出部は、掘削面にあわせてもたれ形式であるため、洪水時や土石流時の水平力が作用しない空虚時においても堤体単独で安定させる必要がある。図-6,7に下半張出部高に対する空虚時の合力の作用位置を偏心距離で示す。下半張出部高を $2H/3$ とした場合のみ、合力の作用位置がミドルサードから外れる結果となった。その場合においても合力の作用位置は底面幅の $2B/3$ 以内に収まっていることから、転倒することはないが、従来の砂防堰堤と同等の安定性を確保するものとしてミドルサード内に収めるほうが望ましいと考えられる。したがって、空虚時においても合力の作用位置がミドルサード内に収まるような張出部をもつ断面形状にしておけば問題はないといえる。

堤体構造は、中詰に INSEM または土砂を用いたダブルウォール構造を基本としている(図-1参照)。上下流壁面材には、上流面下半部を除き、すべて軽量鋼矢

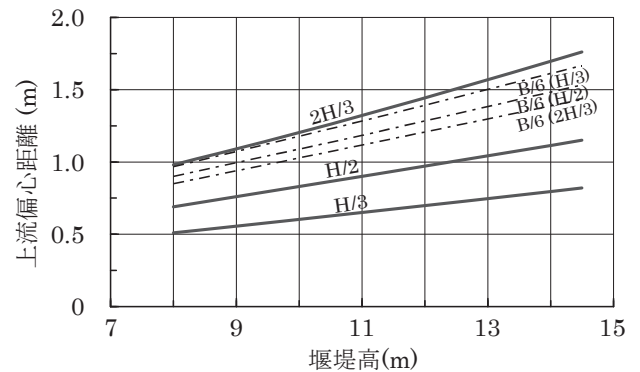


図-7 張出部高に対する空虚時の合力の作用位置

板セグメント ($t=4$ or 6 mm) を使用し多段水平タイ材と協働させることによって外部拘束補強の役割をもたせる。上流側下半部では、壁面材を省略するかわりに、タイ材上流端にアンカー材を取りつけて、一種の擬似的な壁面を掘削面に沿わせて形成させ堤体の一体化を図っている。

4. 従来台形断面との対比

従来の台形断面と下半もたれ式断面を比較した結果を図-4、表-1に示す。下半もたれ式断面は、従来の台形断面と比べて、堤体積が同程度となるものの、掘削量を大幅に低減でき、地盤反力度を低レベルにコントロールできることに加えて、下半もたれ部壁面材の省略によって設計施工の合理化を図れる。

5. あとがき

堤体上流面下半もたれ式砂防堰堤は、溪床堆積物が厚く堆積する所や急勾配溪流において、通常の台形断面形状の堰堤では大規模な掘削を伴う場合に、掘削量を極力低減し施工時の安全性も図れる有力な解決策として注目される。

今後、気候変動に起因した異常豪雨による河道閉塞地内あるいは谷頭部や住宅密集地に近接する0字谷内に設置する堰堤などにおいて、この下半もたれ式堰堤構造に対する要望は高くなるものと考えられる。