

狭隘地区における砂防堰堤の省力化

いであ株式会社 ○諸原 亮平, 石森 久仁子, 木村 啓祐, 森 克味, 上葛 健太

1. はじめに

少子高齢化や女性技術者の活躍など社会情勢が変化する中、砂防事業においても、生産性の向上及び工事の省力化が求められている。砂防工事の施工箇所は急峻な地形、脆弱な地質である場合が多く、特に谷幅が狭く、施工ヤードが制約される狭隘地においては十分な安全性を確保したうえで、効率的な施工が求められる。

一方で、令和3年10月に改訂された『新編・鋼製砂防構造物設計便覧』¹⁾（以下、『新編鋼製砂防便覧』）において、透過型砂防堰堤の透過部を複断面化することによって、谷幅の狭い施工箇所においても、適切な水通し幅を確保可能であり、床掘や法面工を省力化できる構造が明文化されるようになった。

本論文では、上記の構造を計画する際の課題とその対応策について整理した。

2. 狭隘地区における透過型砂防堰堤整備の課題

谷幅が狭く、左右岸が切り立ったV字谷をなす狭隘地に砂防堰堤を計画するメリットとして、堤体規模の縮減が考えられる。谷幅が狭い場合、堤長を短くすることができるため、経済的で効率的な堰堤整備を行うことができる。一方で、以下のデメリットが挙げられる。

①**水通し幅の不足** 堰堤の配置を検討する場合、十分な堆砂域を確保できることが前提となるが、堰堤候補地が狭窄部となる溪流においては、土石流の流下幅に対して十分な水通し幅を確保できず、無理に水通し幅を拡大すると地山の掘削が大規模となる。

②**長大法面の発生** ①への対応等を含め、狭隘地においては、堰堤の床掘範囲が広くなり、長大な切土法面が発生する。長大法面の施工は、大規模な仮設盛土や切土補強等の対策工が必要になり、施工時の安全確保とともに、熟練技術者による確実な施工が必要である。

2. 1 水通し幅を確保した場合の課題

透過型砂防堰堤は、土石流捕捉までは透過部を流水が通過するため、透過部が閉塞しないように極力水通し幅を広くする事が望ましい。特に流域面積が大きく、流量の多い溪流では、水通し幅が狭いと中小洪水や土石流発生時に急縮となり、堰上げが生じることで、貯砂空間の減少や不完全閉塞が生じる恐れがある。また、無闇に水通し幅を広げると、前述したように掘削規模が大きくなるため、水通し幅の設定に留意する必要がある。

2. 2 従来通りの嵌入を確保した場合の課題

従来通り地山への嵌入を行う場合、一般的には岩盤で1~2m、土砂で2~3m嵌入を確保する必要がある。但し、図-1に示すような谷幅の狭い箇所に堰堤を計画する場合、規定の嵌入量を確保することで掘削規模が大きくなり、長大法面となる。特に右岸側のような岩盤箇所においては、掘削厚が薄くなり、施工機械の足場確保が困難になることがある。また、現況が推定岩盤線と異なる場合、再度掘削を行う等の手戻りが懸念される。

3. 透過部の複断面化及び非越流部への人工地山の適用と課題

2.で述べたように、水通し幅の確保や通常の袖嵌入を行うことで、長大法面が発生する場合の対策として、『新編鋼製砂防便覧』では“透過部断面の複断面化”と“非越流部への人工地山の適用”が明文化されたことから、透過型砂防堰堤の詳細設計を行う際の課題を整理する。

3. 1 透過部断面に対する複断面化の適用

通常、谷幅が狭い箇所で水通し幅を広げると、水通し肩より外に非越流部の端部を設ける必要があり(図-2)、地山を大きく切り込む形となる。但し、透過型砂防堰堤の場合、平常時は透過部を流水が流下し、土石流発生時に開口部全体で捕捉するため、常時流水を処理する低水路(透過部)と、土石流ピーク流量を処理する不透過部を組み合わせた複断面にすることで、水通し幅を広く確保することができる。(図-2)この際、透過型砂防堰堤は通常湛水する事がないため、低水路となる透過部のみ嵌入を確保し、不透過部は越流水等に対する浸食対策を行う事で、根入れ量を低減する。

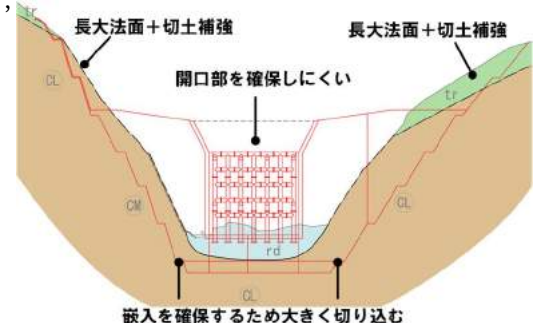


図-1 従来通りの嵌入を確保した場合

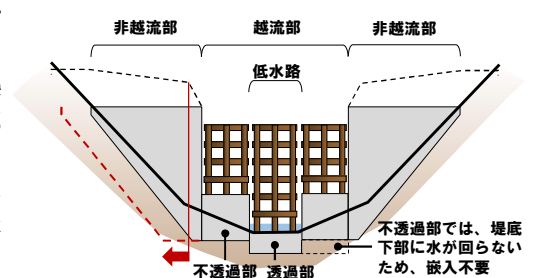


図-2 透過部を複断面化した場合の各部名称

3. 2 非越流部への人工地山の適用

複断面化を行うことで、底版と不透過部が分離するため、非越流部の規模を縮小可能となるが、さらに人工地山を適用することで、嵌入を行わず、掘削規模の削減を行う事が可能となる。

『新編鋼製砂防便覧』に準拠すると、透過型砂防堰堤は、不透過型のように湛水しないため、浸透路長の確保は不要となることから、嵌入部を支持する人工地山を安定させるために、上下流方向に $1d$ (d =必要嵌入量) 確保する事で、人工地山が適用可能となる。

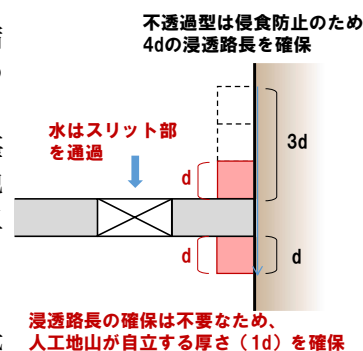


図-3 人工地山の規模

3. 3 詳細設計を実施する際の課題

複断面化と人工地山の適用については、適用された事例も少なく、嵌入量や低水路規模等、各箇所における設計基準が確立されていないことが課題となる。

4. 詳細設計を実施する際の対応策

3. で述べた方法を透過型砂防堰堤に適用した場合の、設計方針を以下のように整理した。

- ①**低水路断面の設定** 低水路断面は、常時流水及び中小洪水（通年の仮設対象流量相当とした）を流下可能な断面で設定した。また、低水路幅は現溪床幅程度を確保した。
- ②**越流部の根入れ** 堰堤の根入れは湛水時の漏水や基礎の洗堀への対策として設けられる。そのため、低水路となる中央の透過部（低水路部）は、通常通りの根入れ（岩盤：1～2m、土砂：2～3m）を確保した。不透過部は、低水路に対して、岩盤に対する根入れ（1～2m）以上の重複を確保し、現地盤への根入れは行わない。但し、流水による浸食対策として、下流側に護床工等を整備し、上流側は低水路への導水路を計画した。
- ③**透過部底版コンクリートの最低厚の設定** スリットの基礎については、1次コンクリート打設として1.0mの確保と、各スリット製品の脚部固定が可能なように、さらに1.0mを確保し、合計2.0m以上を最低厚として設定した。
- ④**非越流部堤底幅の確保（横断方向）** 複断面化した場合の非越流部は、嵌入が不要なため堤底部を横断方向に薄くすることができるが、打設や横断方向の安定性を確保するため、型枠設置に必要な0.5m以上の堤底幅を確保した。
- ⑤**表土除去について** 非越流部の安定性を図るため、地山と堤体を定着させる必要がある。表土除去を行う場合、伐根する事を考慮し、鉛直方向に表土除去範囲を設定した。根の深さは、根量分布調査結果²⁾より、概ね深さ0.6m程度の根が大部分を占めることが報告されているため、土砂部は、鉛直方向に1.0m以上の表土除去を行う。岩盤部は、表面の風化岩部を除去するため、0.2～0.3m程度表面を除去することで、堤体との定着を図る。

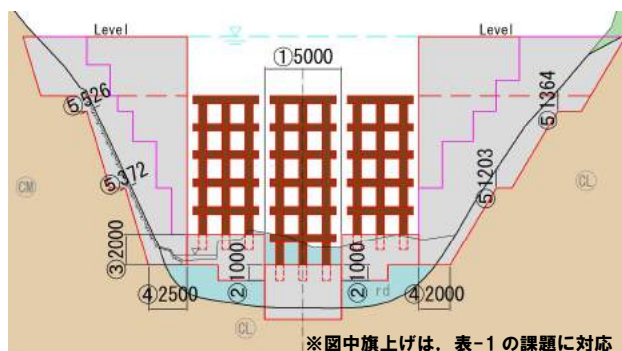


図-4 複断面化した場合

表-1 複断面化する場合の課題と対応策の整理

課 題	条 件	対 応
①低水路断面の設定	・常時流水を流下	・現溪床幅以上を確保する。 ・中小洪水（通年の仮設流量相当とする）を流下可能な断面を確保する。
②越流部の根入れ	・透過部と不透過部を分離	・中央部は通常通り岩盤で1～2m、土砂で2～3m基礎地盤に嵌入を行う。 ・左右基礎部は、中央部を岩盤として1～2m以上の重複を確保する。
③底版コンクリート厚	・スリット据付の必要厚	・1次コンクリート1.0m以上、スリット脚部埋設部1.0m以上確保する。
④非越流部堤底幅	・施工可能な範囲の確保	・型枠施工を考慮し、0.5m以上とする。
⑤表土処理	・樹木の根まで除去 ・岩盤表層を修正	・土砂部では伐根を考慮し、1.0m以上の表土除去を行う。 ・岩盤部では表面処理のため、0.2～0.3m程度はつりを行う。

5. 今後の課題・展望

本論文では、狭隘地区に堰堤を計画する場合に生じる課題に対して、『新編鋼製砂防便覧』における新たな省力化方法の適用を検討した。加えて、この構造を適用した場合の課題を整理し、対応策の提案を行った。今後は、実施工における課題等を踏まえ、設計に反映していく事が必要となる。また、本論文で提案した工法により床掘や法面工が削減できると共に、堤体のコンクリート量が従来工法に比べて少なくなることから、施工時の安全確保や工期短縮等の効率的な砂防堰堤整備が期待できる。

【参考文献】

- 1) 『新編・鋼製砂防構造物設計便覧』, 2021. 10 一般財団法人 砂防・地すべり技術センター
- 2) 『スギ、ヒノキ林の根系分布—根量分布に及ぼす立木サイズの影響—』 1998. 6 日本林学会九州支部論文集 米丸ら