

透過型ハイダムの適用性・考え方の事例紹介

いであ株式会社 ○多田 浩紀, 木村 啓祐, 上葛 健太, 森 克味

1. はじめに

天竜川上流域の水系砂防事業では、これまで 15m 以上の不透過型砂防堰堤（以下「不透過型ハイダム」）が整備されているが、対象土砂量が非常に多く、整備率は未だ低い状況にある。従来、堰堤形式は不透過型が基本であったが、近年、施設効果量が多いことや土砂供給の遮断による河床低下及び河川分断による自然環境への影響などから、開口部を設けた透過型が多く採用されている。さらに、平成 28 年に改定された『砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）』¹⁾ 及び『土石流・流木対策設計技術指針』²⁾（以下『土対針』）では、流木対策を強化するため、より一層透過型の採用を推奨している。天竜川上流域においては堰堤適地が少なくなっており、効率的な整備が求められるため、1 基で大きな効果量が期待できる堤高 15m 以上の透過型砂防堰堤（以下「透過型ハイダム」）の整備が特に有効であると考えられる。透過型ハイダムの実績は全国的にもまだ少なく、マニュアル等も整備されていないため、外力等の基本的な条件は『土対針』の不透過型ハイダムに準拠して設計しているのが現状である。

そこで、本検討では、透過型ハイダムを適用する場合の課題及び問題点を抽出し、その解決に向けた検討方針（案）を整理すると共に、今後の透過型ハイダム設計時における留意点について検討した。

2. 透過型ハイダムを適用する場合の課題・問題点

透過型ハイダムを適用する場合の課題・問題点を表-1 に示す。

表-1 透過型ハイダムを適用する場合の課題・問題点

項目	課題と問題点
①堰堤高の上限	・透過型ハイダムは実績が少ないため、堰堤高の上限の目安がない。
②安定計算	・不透過型ハイダムの非越流部の設計外力と透過型ハイダムの非越流部の設計外力が同じであり、同様の外力条件とすると、実現象と乖離し、過大な断面形状となる可能性がある。
③袖嵌入	・不透過型ハイダムの袖部は、外力条件に対する支持力確保、浸透水によるパイピングの防止、越流による洗掘、侵食等の防止の観点から岩着とする。透過型ハイダムの袖部においては、越流部の荷重が小さく湛水しないためパイピングの発生する可能性は低い。
④前庭保護工	・通常、透過型砂防堰堤では、前庭保護工を設けないことが多いが、流域面積が大きく流量も多いため、洗掘や河床低下等の懸念がある。

3. 透過型ハイダム設計の検討方針（案）

3.1 堰堤高の上限

3.1.1 天竜川上流域における実績

天竜川上流域の施工実績を調査した結果を図-1 に示す。透過型ハイダムの実績はなく、不透過型ハイダムの内 95% が堤高 30m 未満で最大堰堤高は 35.5m である。

ここで、下流法勾配を 1:0.2 とし、不透過型ハイダムの堰堤高と必要支持力(越流部)の関係を試算した。(図-2)この結果、堰堤高が 20m を超えると、必要支持力は 600kN/m² 程度と「岩塊玉石」では支持力が不足する。岩着となる「軟岩 I (CM 級)」の許容支持力は 1200kN/m² であり、これを基礎地盤条件の上限とすると、堰堤高 40m 程度が限界高さと考えられる。このため、天竜川上流域の不透過型ハイダムは基礎地盤の条件によって堰堤高が設定されていると想定される。

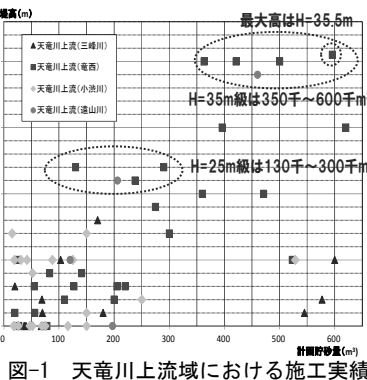


図-1 天竜川上流域における施工実績

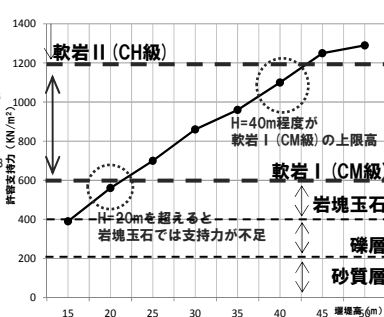


図-2 不透過型ハイダムの堰堤高と必要支持力

3.1.2 透過部の構造形式と堰堤高

透過部の構造について、砂防鋼構造物研究会にヒアリングした結果、格子形・2000C(株)神戸製鋼所)は有効高 20m 程度まで適用可能だが、それ以外の製品は現行の構造ではハイダムへの適用は困難である(表-2)。また、格子形・2000C においても最大礫径及び土石流流体力等の条件によっては鋼管板厚が大きく、ハイダムの適用が困難な場合があると回答を得た。

表-2 ヒアリング結果一覧表

種別	製造メーカー	適用範囲(有効高)
格子形・2000C	(株)神戸製鋼所	H=2~20m程度 ハイダム可
鋼製スリット ダムB型	日鐵住友建材㈱	H=2~12.5m
J-スリット堰堤	JFE建材㈱	H=2~12.5m
鋼製スリット 堰堤T型	日鐵住友建材㈱	H=2~12m

3.1.3 施工条件と堰堤高

透過型ハイダムは透過部の規模が大きくなることや鋼管板厚が厚く部材重量が重くなるため、作業半径が大きく吊荷重が大きい大型クレーンでの施工が望ましい。しかし、山間部など大型クレーンの進入が困難な場合については、現在、透過型ハイダムを施工中の木曽川水系越百川(中部地方整備局 多治見砂防事務所管内)のように、格子形・2000C(有効高 21m, 最小部材重量 5t)を、現地条件を踏まえて上下流に 35 t クレーンを配置して施工されている事例もある。(写真-1)



写真-1 越百川第3砂防堰堤
施工イメージ

3.1.4 まとめ

不透過型ハイダムの堰堤高は主に地形条件や地盤条件等の制約条件から決定されており、透過型ハイダムにおいてはこれに加え、透過部の構造形式や施工条件も考慮して堰堤高を決める必要がある。特に透過部の構造形式によって堰堤高が左右されることから堰堤高が大きいハイダムに適用できる構造形式の開発が望まれる。

3.2 安定計算

『土対針』におけるハイダムの安定計算の条件と外力条件の一覧を表-3に示す。透過型ハイダムの越流部の計算条件は、土石流時に堰堤上流が湛水しないため、静水圧や揚圧力を考慮しない。一方、透過型ハイダムの非越流部の計算条件は、不透過型ハイダム（非越流部）と同じ計算条件であり、土石流時に堰堤上流で湛水することを想定して、静水圧や揚圧力を考慮することとしている。（図-3）

ここで、不透過型ハイダムは、土石流発生後、ある程度時間が経過しないと水位が低下しないが、透過型ハイダムは、土石流発生～終了までに水位状況が刻々と変化すると考えられる。このため、透過型ハイダムの非越流部における安定計算は、単純に不透過型ハイダムの場合と同じ外力条件とするのではなく、水位変化に対応した水位条件（浸透流解析等）や短時間のピーク時における許容値や安全率の設定（短期荷重としての割り増し等）を適切に行うことで合理的な堰堤断面を決定する必要がある。（図-4）

表-3 安定計算における外力条件

種別	Case	平常時（地震時）	土石流時	洪水時
不透過型 ハイダム	越流部	静水圧、堆砂圧、 揚圧力、地震時慣性力、 地震時動水圧	静水圧、堆砂圧、 揚圧力、 土石流流体力	静水圧、堆砂圧、 揚圧力
	非越流部	静水圧、堆砂圧、 揚圧力、地震時慣性力、 地震時動水圧	静水圧、堆砂圧、 揚圧力、 土石流流体力	静水圧、堆砂圧、 揚圧力
透過型 ハイダム	越流部		堆砂圧、 土石流流体力	
	非越流部	地震時慣性力	静水圧、堆砂圧、 揚圧力、 土石流流体力	

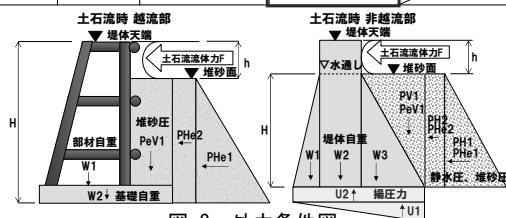


図-3 外力条件図

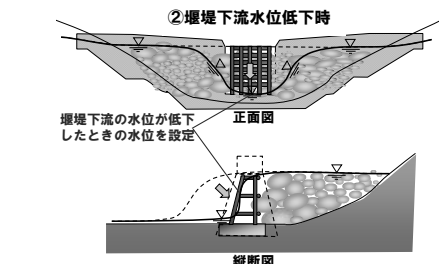
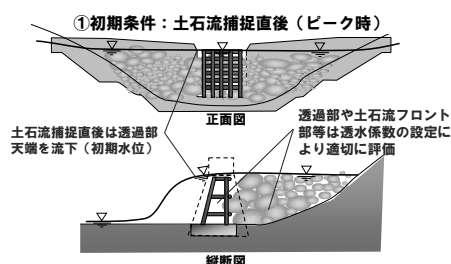
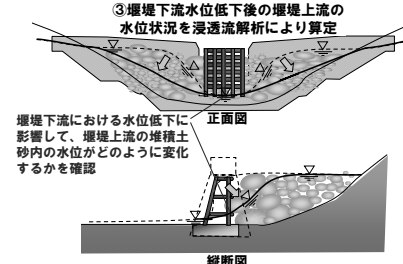


図-4 透過型ハイダムに作用する水位状況



3.3 袖嵌入

袖の嵌入について『河川砂防技術基準（案）同解説 設計編Ⅱ』³⁾では、“袖の両岸への嵌入は、ダム基礎と同程度の安定性を有する地盤まで行う”とされていることから袖部においても岩着が原則である。不透過型ハイダムは、湛水した際のパイピング等の懸念から基礎及び袖部の全てで岩着を原則としているが、透過型ハイダムは、湛水によるパイピングは生じないことから、袖部を岩着させる必要性は低く、砂礫地盤への嵌入でも問題ないと考えられる。しかし、砂礫地盤への嵌入については岩盤に比べて嵌入量が多くなり掘削勾配も緩くする必要があるのであることから、床掘影響が大きく、長大法面となる可能性が高い。このため、床掘影響を低減するため、人工地山の適用等も併せて検討することが望ましい。（図-5）

3.4 前庭保護工

通常、透過型砂防堰堤は中小洪水時に落差が発生しないことから前庭保護工を設けないことが多い。しかし、水系砂防においては流域面積が大きく流量も多いため、流域全体の土砂移動の状況から土砂供給不足による堰堤下流の河床低下が生じる恐れがある。このため、河床変動の検討を行い、必要に応じて前庭保護工を整備し、垂直壁本体や堰堤本体下流を管理・補修することで堰堤本体の安定性を確保する必要がある。（図-6）

4. 今後の課題・展望

透過型ハイダムを適用する場合、前述した課題や問題点があることがわかった。特に透過部の構造形式については現在の鋼製砂防構造物では適用できないケースもある。一方で透過型ハイダム整備後、土石流が発生した場合においては除石を行う必要があるが、堆砂量が非常に多く、搬出先の確保や除石時の山腹斜面の安定性等から、緊急除石が困難な場合がある。

この場合、鋼製部材は経年的な腐食により安全性に影響を与える可能性があることから、腐食に強いコンクリート部材と鋼材を併用したハイダムに適用可能な構造形式が開発されることが望まれる。（図-7）

今後、効率的・効果的に整備率を上げるために透過型ハイダムの計画はより重要となることから、安定計算における外力条件の設定などの設計手法を確立し、設計要領やマニュアル等を整備することが必要である。

【参考文献】

- 1) 国土技術政策総合研究所資料 砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）：国土交通省国土技術政策総合研究所（平成28年、4月）
- 2) 国土技術政策総合研究所資料 土石流・流木対策設計技術指針：国土交通省国土技術政策総合研究所（平成28年、4月）
- 3) 改訂新版 建設省河川砂防技術基準（案）同解説 設計編Ⅱ：建設省河川局監修社団法人日本河川協会編（平成9年、9月）

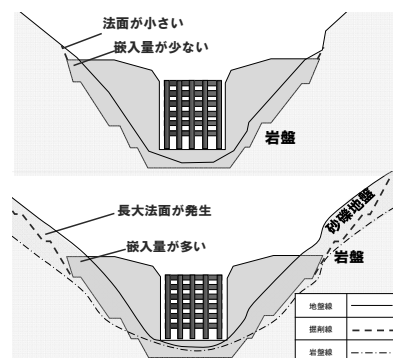


図-5 袖嵌入概略図

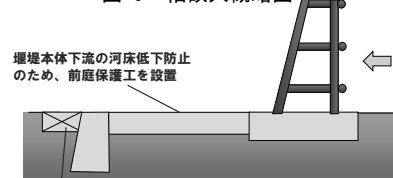


図-6 前庭保護工による河床低下対策

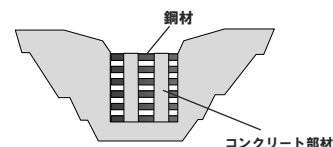


図-7 鋼材とコンクリート部材を併用した構造形式