

(技術資料)

安全性の向上とコスト縮減を両立させた鋼製砂防堰堤

Safer and More Economical Steel Sabo Dam Designs



中野博志*
Hiroshi Nakano



葛西俊一郎*
Shunichiro Kasai



守山浩史*
Hiroshi Moriyama



水野 緑*
Midori Mizuno

A number of steel grid open-type sabo dams have been constructed since 1979. Many of these dams catch and contain debris flow very well. In one incident, in 1998, a very large debris flow hit a steel grid dam. The dam was able to maintain debris flow, but a part of steel pipe members were damaged. To prevent this kind of damage, Kobe Steel developed a new type of sabo dam to improve safety and to reduce construction costs. The design characteristics of this new type of dam are introduced in this paper.

まえがき = 格子形鋼製砂防堰堤（以下格子形堰堤，写真1，図1参照）は，山の中の渓流に設置され，土石流を捕捉するために使用される堰堤である。この格子形堰堤は，直径600mmの鋼管を立体格子状に組上げた構造である。格子形堰堤の各部材は工場で作製され，現場ではそのプレファブ化された部材の端部に取付けられているフランジ同士を合わせ，高力ボルトで締付けることにより架設される。

この格子形堰堤は透過型の堰堤に分類される。従来，砂防堰堤は重力式コンクリート堰堤のような不透過型の堰堤であった。しかし，不透過型堰堤は，土石流が発生するまえに土砂を堆積させてしまうため，土石流の捕捉容量が低下する。一方，透過型堰堤は，常時及び中小出水時には土砂を流し，堰堤の上流に土砂の捕捉容量を確保し，土石流時にはそれを捕捉するといった土砂調節機能を有する。このため，透過型堰堤の土石流捕捉容量は

かなり大きくなる。さらに，透過型であることにより，流れの連続性や水棲生物の自由な往来など，自然環境にも優れていることが評価され，1995年度以降急激にその



写真1 格子形堰堤
Photo 1 Steel grid dam

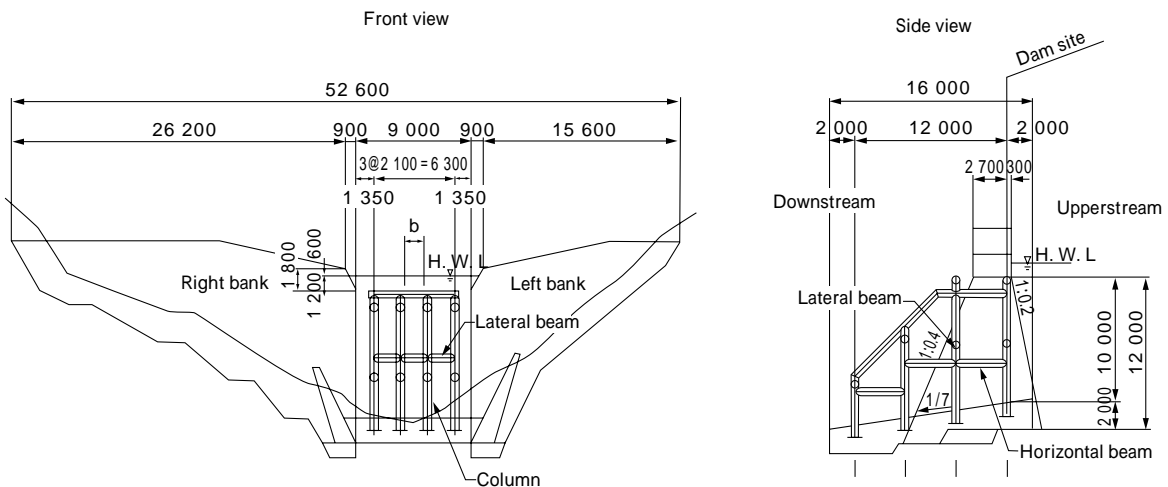


図1 格子形堰堤の構造一般図
Fig. 1 General drawing of steel grid dam structure

*都市環境・エンジニアリングカンパニー 構造技術部

採用が多くなってきた。

当社の格子形堰堤も各地方に設置されるようになったが、1998年、予想をはるかに上回る土石流が格子形堰堤に作用した。格子形堰堤は全体としては崩壊せず、土石流を捕捉したが、一部の部材が破損するという事態が発生した。これを機に、当社は、上述のような部材の破損がないような構造を開発することにした。同時にこの構造に対して鋼重の低減を考慮し、コスト縮減に寄与することにした。

本報告は、格子形堰堤を例にとった鋼製透過型堰堤の設計・製作・架設の内容、また、今回の開発で得られた格子形-2000C（写真2、図2参照）での改良点の概要を述べたものである。

1. 格子形堰堤

以下に、格子形堰堤の設計・製作・架設の方法を説明する。なお、設計は格子形堰堤だけでなく透過型堰堤に共通するものである。

1.1 設計

1) 土砂調節機能

鋼製透過型堰堤は常時及び中小出水時に土砂を流し、土石流時にそれを捕捉するという土砂調節機能を満足す



写真2 格子形-2000C
Photo 2 Steel grid dam -2000C

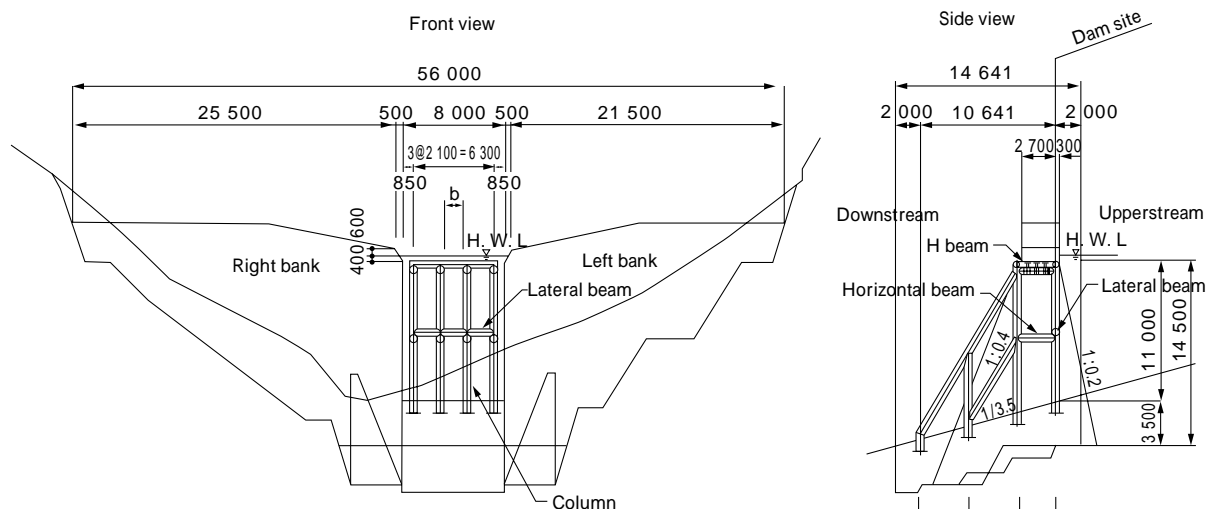


図2 格子形-2000Cの構造一般図
Fig. 2 General drawing of steel grid dam -2000C structure

必要がある。このためには、正面図における柱の純間隔 b を最大礫径 d_{max} の1.5倍に設定すればよいことが基準¹⁾²⁾で定められている。したがって、格子形堰堤の純間隔 b も上記のように設定する。

2) 安定計算と構造設計

表1及び表2は、鋼製透過型堰堤の安定計算及び構造計算における荷重の組合わせを示したものである。

安定計算では、堰堤の転倒・地盤支持力・滑動の検討を、また構造設計では、構造計算で得られた部材力をもとにして鋼管部材の応力度の照査、及び継手部・ベースプレート・底板コンクリート埋込み部の検討を行う。なお構造計算を行うにあたって、柱は底板コンクリート表面で固定されると仮定している。

1.2 製作

図3は格子形堰堤の製作フローを示したものである。製作上で最も重要なことは、定期的に精度の高い製品を作ることである。特に、鋼管の柱に鋼管の梁を取付ける

表1 安定計算における荷重の組合わせ
Table 1 Load combination in stability analysis

Load combination	Load				
	Dead load	Debris flow load	Sediment load	Earth pressure	Fluid dynamic force by debris flow
In the case of debris flow filled-up with sediment					

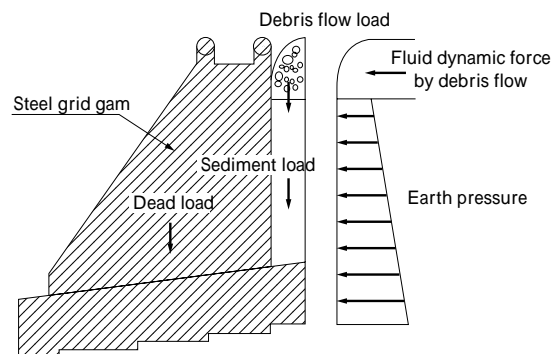
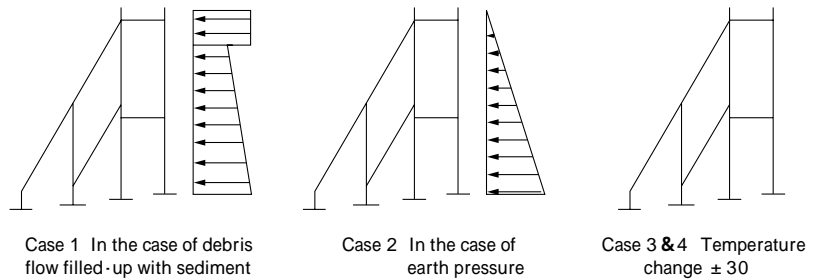


表 2 構造計算における荷重の組合わせ
Table 2 Load combination used in structural analyses

Load case	Load combination	Load					Increase factor of allowable stress
		Dead load	Earth Pressure	Fluid dynamic force by debris flow	Temperature change		
					+ 30	- 30	
Case 1	In the case of debris flow filled-up with sediment				-	-	1.50
Case 2	In the case of earth pressure			-	-	-	1.00
Case 3	Temperature change + 30		-	-			1.15
Case 4	Temperature change - 30		-	-			1.15



場合、溶接歪みを考慮して部材長や取付け角度を確保しなければならず、また、現地ではフランジのボルト孔を全て合わせる必要があることから、鋼管にフランジを精度よく溶接しなければならない。

従来、格子形堰堤はこのような製作技術レベルが低いときに考案されたため、その基本構造は製作が容易な鉛直方向と水平方向の部材を主体とするものであった。

1.3 架設

図 4 は格子形堰堤の架設手順を示したものである。

架設は、既に打設済みの一次施工分の底版コンクリート表面に柱を立て、その柱の間に水平梁、続いて上側の柱を架設していくことによって行われる。図 4 (2) に示すように、4 本の柱は全て鉛直であるため、支保工なしで自立する。このため、ベースプレートをホールインアンカで仮止めするだけで安全にしかも迅速に架設することが可能である。

このことが、格子形堰堤の架設上の最大のメリットである。

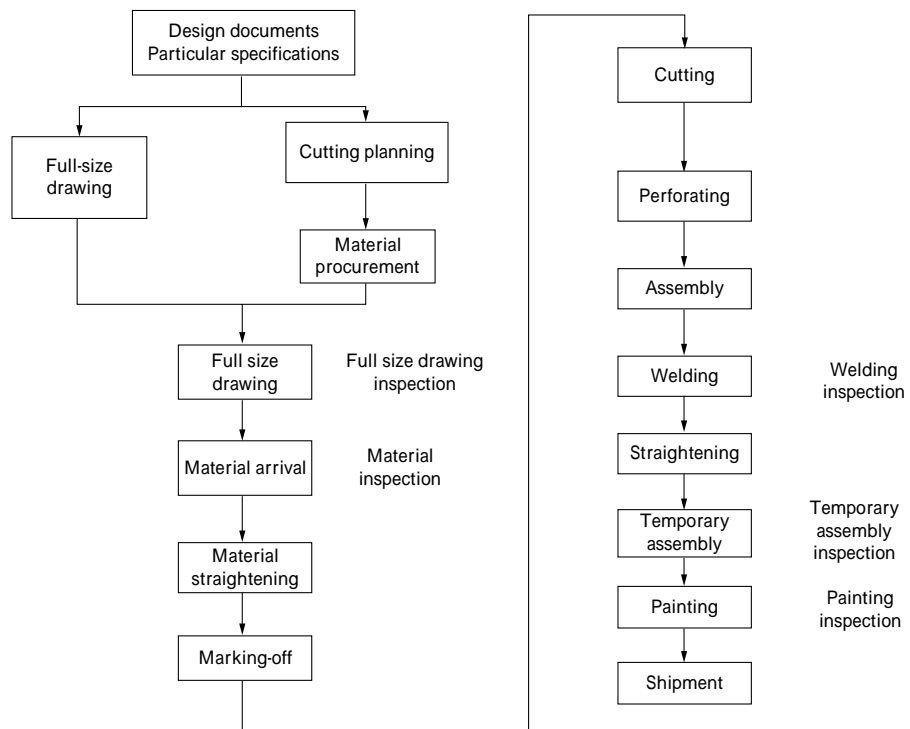


図 3 格子形堰堤の製作フロー

Fig. 3 Fabrication process of steel grid dam

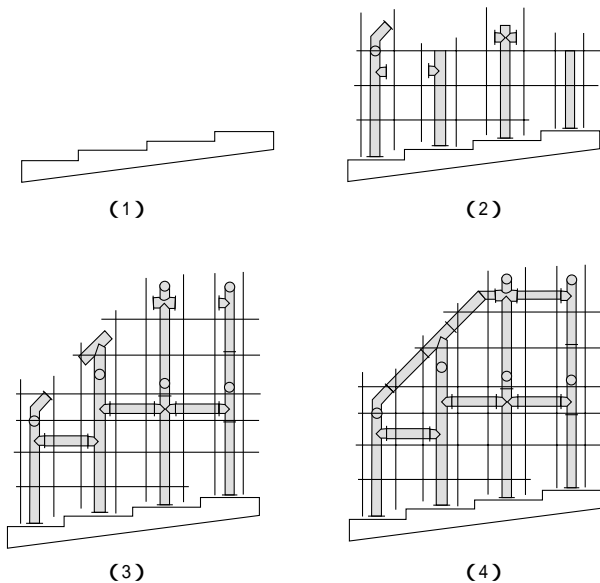


図4 格子形堰堤の架設手順
Fig. 4 Construction process of steel grid dam

2. 格子形堰堤の実績

図5及び写真3は、土石流の作用を受けた国土交通省松本砂防工事事務所の南股第4砂防堰堤の状況³⁾を示したものである。写真3の丸で囲んだ箇所が部材の破損した箇所を示している。

この土石流は、計画時の最大礫径2mをはるかに超える4mの巨礫を含み、さらに、その土砂量は格子形堰堤の捕捉可能容量を大きく上回るものであった。

格子形堰堤は土石流を堰堤いっぱいまで捕捉したが、捕捉容量を越えた土石流が格子形堰堤の天端を越流し、その中の巨礫が落下して部材に衝突し、水平梁と継梁が破損する事態が生じた。

このように一部の部材の破損があったが、堰堤全体としては崩壊することなく、有害土砂の下流への流出を防止した。当社は、製品の信頼性を確保する意味から、上述のような部材の破損が生じない構造（格子形-2000C）の開発を行うことにした。



写真3 南股第4砂防堰堤
Photo 3 The Minamimata No.4 sabo dam

3. 格子形-2000C

開発を行うにあたって、基本条件を以下のように設定した。

3.1 基本条件

- 1) 満砂後に天端を越流する巨礫が格子形堰堤の部材に衝突しても、部材の破損がないようにする。
- 2) 想定外の土石流が作用し一部の部材が破損しても、堰堤全体として終局的な崩壊に至らないようにする。
- 3) 堰堤の価格に直接関係する鋼重を従来の格子形堰堤のそれ以下にする。
- 4) 格子形堰堤のもつ架設上のメリットを残す。

3.2 開発結果

上記の基本条件を満足する構造として、格子形-2000Cを開発した。その内容を以下に示す。

- 1) 図2に示すように、堰堤の天端にH形鋼を配置し、～通り間に巨礫を落下させないようにした。さらに、～通り間には破損の危険性が高い水平梁や継梁を配置しないことにした。
- 2) 図2に示すように、上流の～通り間をラーメン構造に、また～通り間をトラス構造にした。ラーメン構造は、想定外の荷重によりトラス部材が破損しても構造全体が終局的な崩壊に至らないように、また

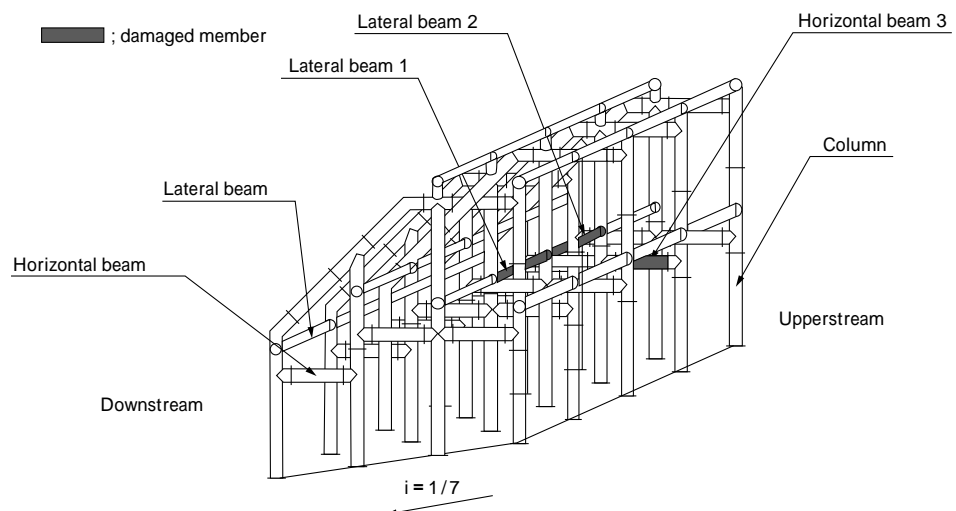


図5 土石流の作用を受けた南股第4砂防堰堤
Fig. 5 The Minamimata No.4 sabo dam after debris flow

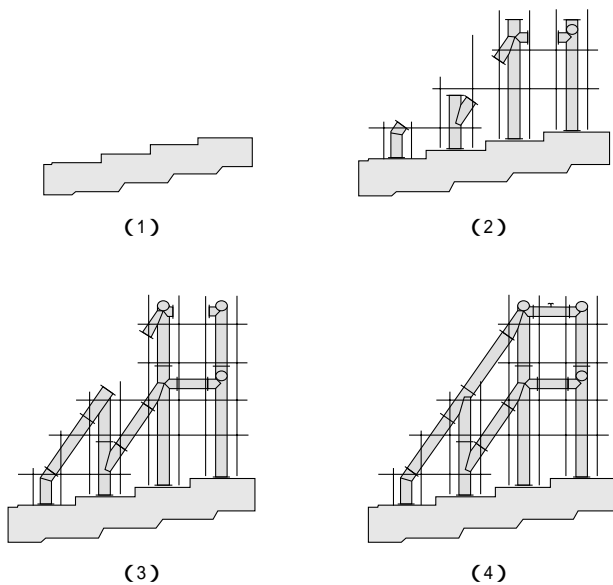


図6 格子形-2000Cの架設手順
Fig. 6 Construction process of steel grid dam -2000C

トラス構造は、部材数や部材長が小さくても外力に抵抗できるように考慮されたものである。

- 3) このトラス構造の採用により、堰堤全体としての部材長は格子形堰堤より短くなったため、格子形-2000Cの鋼重は格子形堰堤のそれより約15%減少した。
- 4) 図6は格子形-2000Cの架設手順を示したものである。

トラス部材の下端部には鉛直部材を取付け、ホールインアンカによる仮止めのみで自立できようにした。これより、格子形堰堤と同程度の架設上の安全性と迅速性を確保することができた。

むすび=今回、開発した格子形-2000Cは鋼製砂防構造物委員会の承認を得て、2000年度から販売中であり、これまでに数十基の製作及び架設の実績がある。これらの製作及び架設は当初の計画どおり、順調に行われている。

しかし、この格子形-2000Cが土石流の作用を受けた実績はまだない。今後、土石流が作用したときの格子形-2000Cの実績を収集し、それを分析することによって更なる構造の改良を行っていきたい。

参考文献

- 1) 建設省河川砂防部砂防課：土石流対策技術指針(案)，2000.
- 2) (財)砂防・地すべり技術センター：鋼製砂防構造物設計便覧，2001.
- 3) 佐藤一幸ほか：鋼製透過型ダムによる石礫型土石流の捕捉状況と構造応答，砂防学会誌，Vol.53, No.6 (2001) p.61.