

# P-6 鉄筋コンクリート砂防ダム設計について

八千代エンジニアリング株式会社  
下田 義文、○佐藤 敏明  
安本 智大

## 1. はじめに

オーストリアでは、コンクリートの節減による経済性の追求や自然環境への配慮を目的として鉄筋コンクリート砂防ダムが多く施工されている。我が国でも、近年砂防施設に対するコスト削減や環境への配慮に対する要求が高まっており、鉄筋コンクリート構造の砂防ダムを積極的に導入することが考えられる。鉄筋コンクリート砂防ダムについては、下田らが基本的な設計方法を提案しているが、詳細な設計方法はこれまで紹介されていない。筆者らは、鉄筋コンクリート砂防ダムの設計方法を検討する一環として、ある土石流対策ダムをケーススタディーとして詳細な設計を行った。今後、鉄筋コンクリート砂防ダムの設計に参考になると考え、その概要を報告する。

## 2. 設計条件

今回ケーススタディーとした砂防ダムの設計条件は、表-1に示すとおりである。

表-1 設計条件

ダム形式	片持梁形式
流域面積	0.05km <sup>2</sup>
ダムサイトの地質	砂岩(CM級)、土砂厚1.5~3.0m
ダムサイトの地形	V字谷、谷幅6m
元河床勾配	1/9
主ダム高さ	6.5m
計画対象流量	2.82m <sup>3</sup> /s(α=50%)
土石流ピーク流量	3.76m <sup>3</sup> /s
最大れき径	0.6m

本ダムは、高さが6.5mで砂ダムとしては小規模である。ダムサイトの地質は、表層の土砂厚が0.5~1.0mと非常に薄く、CM級の岩盤が1.5~3.0mに得られる良好な条件を有している。鉄筋コンクリート砂防ダムには、ダムサイトの地形、地質条件により様々な構造形式があるが、本ダムでは地質条件が良く、地形もV字谷であることから片持梁形式とした。

## 3. 構造設計の考え方

鉄筋コンクリート砂防ダムは、従来の重力式コンクリート砂防ダムに対して堤体断面をスレンダーにしてコンクリート量を低減させ、堤体内部に生じる引張応力については鉄筋を配置して対応するものである。従って、設計では従来の重力式砂防ダムで行われている安定検討、袖部の検討に加えて、堤体の配筋設計、土石流の衝撃力に対する安全性の照査を行う。図-1に設計の手順を示す。

### 3.1 断面設計

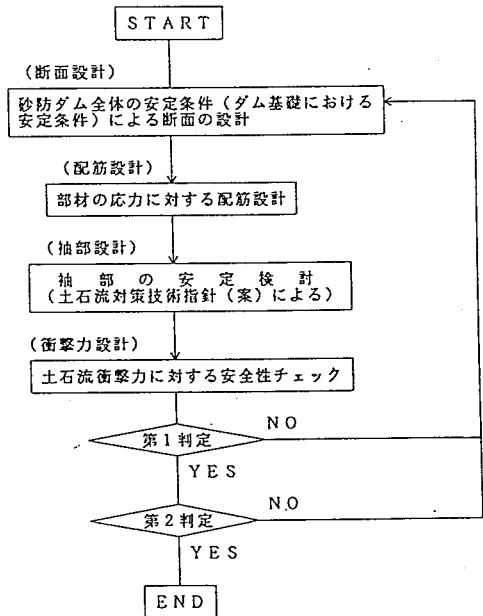
断面設計では、堤体断面について従来の安定計算を行う。重力式コンクリートタイプでは、表-2の左に示す3条件を満足する必要があるが、片持梁タイプではダム底敷上流端に引張応力が発生する事を許容し、堤体を岩盤にアンカーで固定する構造とする。このため、表の右の条件により断面を検討した。

表-2 片持梁タイプの安定条件

条件	断面設計における安全条件		重力式砂防ダムからの変更
	(従来の重力コンクリート砂防ダム)	(RC砂防ダム)	
転倒	合力ベクトルの作用点がミドルサード内に入る	合力ベクトルの作用点がダム底敷内に入る	あり△
滑動	滑動安全率 $\geq 4$ を満足する。	滑動安全率 $\geq 4$ を満足する。	なし○
基礎の支持力	・ダム底敷下流端の地盤反力が地盤の許容支持力以下。 ・ダム底敷上流端に引張応力が生じない。	・ダム底敷下流端の地盤反力が地盤の許容支持力以下。 ・ダム底敷上流端に引張応力を許容する。	あり△

### 3.2 配筋設計

本ダムの堤体断面は袖を含む高さが8.0m、平均幅が2.5mで従来の砂防ダムに比べるとかなりスレンダーになるが、鉛直力は水平力の約1.4倍あり重力式構造物に類似する構造となる。このため、ダム上流側の鉄筋量は単鉄筋



第1判定：衝撃に対して安全か  
第2判定：施工性、コスト面から  
配筋設計は適切か

図-1 鉄筋コンクリート砂防ダム構造設計フロー

$$\Lambda s = \frac{1/2 \cdot \sigma_2 \cdot \ell}{\sigma_{1s}}$$

$\Lambda s$  : 必要鉄筋量 (cm<sup>2</sup>)  
 $\sigma_{1s}$  : 鉄筋の許容引張応力  
 $\sigma_2$  : 上流端応力

$$\sigma_2 = \frac{\Sigma V}{b} \cdot \left(1 - \frac{6e}{b}\right)$$

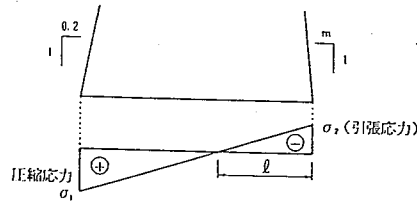


図-3 鉄筋量の計算方法

にもとずいた方法で計算した。

### 3. 3アンカー設計

堤底部に生じる引張応力については堤体と基礎岩盤をアンカーで結合することで対応した。アンカーの定着長は先のダム底敷応力分布より求めた引張力に対し、グループ効果による低減率を考慮して計算した。

### 3. 4袖部の設計

土石流荷重に対する袖部の安定は、土石流対策技術指針(案)による従来の方で行った。

### 3. 5土石流衝撃力に対する安全性照査

鉄筋コンクリート砂防ダムの巨礫の衝撃力に対する検討は、鉄筋コンクリート壁の終局限界状態までの強度を断面分割法により算出し、この結果および巨礫の径、土石流流速等を外力として、2次元の剛体ばねモデル解析法を用いて行った。以下に具体的な手順を示す。

- ① 図-4に示すように、先に配筋による堤体断面について、断面分割法による静的な荷重を作用させた時の壁体根本部に発生する曲率と曲げモーメントの関係を求め、曲げ剛性と断面の純曲げ耐力を算定する。
- ② 剛体ばねモデル解析により巨礫衝突時のRC壁根本部に発生する曲率と曲げモーメントを求める。60cmの巨礫が衝突した場合の計算結果を図-5に示す。堤体に生じる最大曲率は図-4の弾性域内にあり安全であることが分かる。

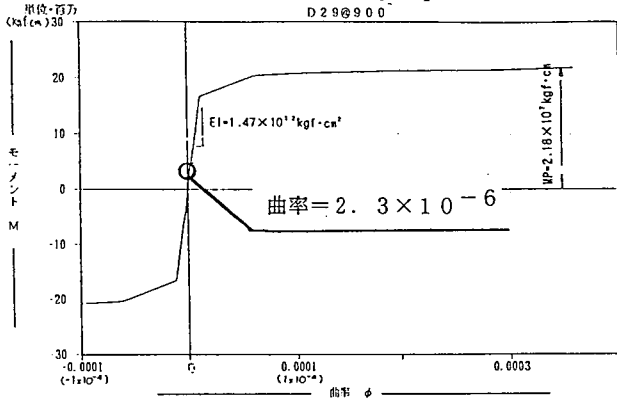


図-4 曲率と曲げモーメントの関係

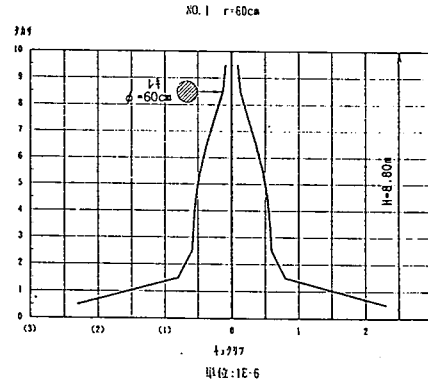


図-5 巨礫衝突時の曲率と曲げモーメント

### 3. 6配筋設計

図-6に、鉄筋コンクリート砂防ダムの配筋計画を示す。配筋計画の考え方は以下のとおりとした。

#### ① 鉛直方向の配筋

鉛直方向の配筋のうち、上流側の主鉄筋はダム高の変化による引張応力の変化を考慮して設計した。下流側の配筋については、通常の上流側からの荷重に対しては圧縮応力発生領域となるが、礫の衝撃計算においては、堤体の振りもどしにより下流側へも引張応力発生が予想されることから、配筋を行った。また、砂防ダムのコンクリートがリフト打設になることから、型枠の設置高さを考慮して3~4mごとに継手を設けた。鉄筋のかぶり高さは30cmとした。

#### ② 配力筋

躯体に作用する荷重により発生する引張応力を分散させること、コンクリート表面のひび割れ防止から、主鉄筋と直角方向に配置した。

#### ③ 組立筋

コンクリートの締め固め作業など施工条件が悪くなることから配置しないものとした。

### 4. おわりに

本ケーススタディーによる鉄筋コンクリート砂防ダムと同規模の重力式砂防ダムとの工事費を比較したところ約10%のコスト削減効果があった。今後は、ダム高さや構造形式の違う鉄筋コンクリートダムの設計を行い、設計方法と鉄筋コンクリート砂防ダムの利点、欠点について検討を続ける予定である。

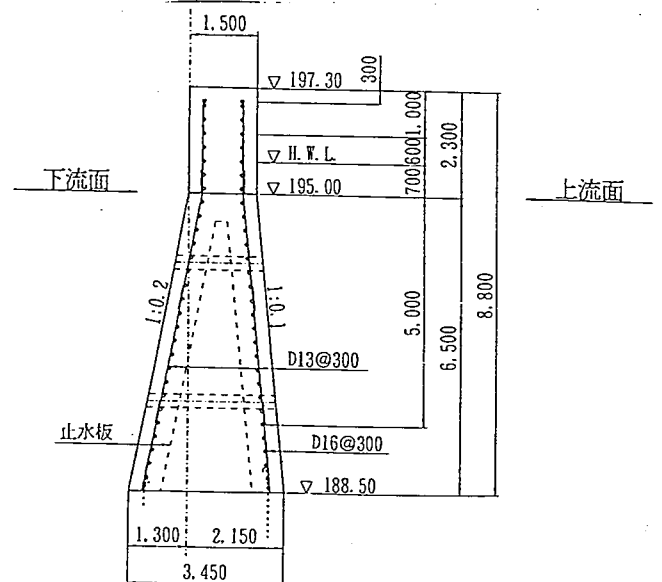


図-6 配筋計画