

(財)砂防・地すべり技術センター ○ 鈴木 宏  
 徳島県土木部河川課長 倉田 由夫  
 共生技術開発機構(株) 中村 徹  
 不動建設(株) 寺田 正治

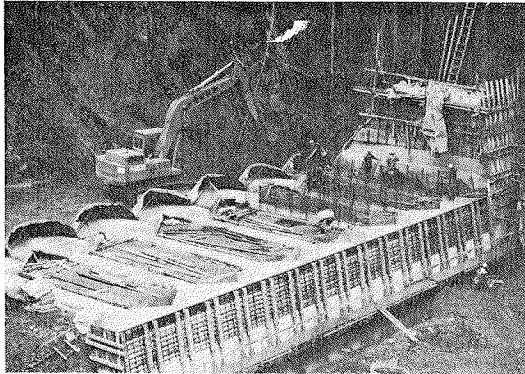


写真-1 施工状況(下流側より望む)

### 1. はじめに

通常の中空重力ダムは、上流法を緩勾配にすることにより水および土砂の鉛直荷重が増加することや空洞底部が露出することによる揚圧力の軽減などによって、一般の重力式に比し、著しくコンクリート量を節減できる。また、ダム底幅が広く、見かけの堤体単位体積重量が小さくなるため地盤への作用応力が小さくなり、基礎地盤に対する適応度が大きいなどの長所を持っている。

しかし、その半面、構造が複雑であるため、型枠面積や支保工の増大、或いは堤体内部の清掃や型枠撤去などに多くの人力、手間が必要であり、かつ危険を伴う作業が多いなどの短所を持っている。

このため、労務単価の上昇率が材料単価の上昇率を上回っている最近においては、コンクリート節減効果が、労力費の増加分に食われて、殆どそのメリットが現れず、中空ダム構造を採用する例は少なくなっている。

しかし、地盤支持力が小さい箇所や、資材運搬量を減小させたい場合、或いは、現地の土石を有効に利用したい場合などには、中空ダムは検討に値する工法の一つであると思われる。

本文は、地盤支持力が小さい箇所における砂防ダムとして、中空化によるコンクリート節減メリットはそのまま残して、今まで短所とされていた型枠工の繁雑さ等を、エキスバンドを主材料とした埋殺し型枠と、空洞部を先行して土砂中詰することにより解決を図った「中空中詰重力ダム」の設計、施工例について述べたものである。

## 2. 計画概要

### 2.1 計画諸元

・施工地	： 徳島県那賀郡木頭村大字北川	・河床勾配	： 1/22
	那賀川左支久井谷	・ダム規模	： 高さ 13.5m, 長さ66.5m
・流域面積	： 10.3 km <sup>2</sup>	本ダム	コンクリート 5,311m <sup>3</sup>
・地質	： 古生層 泥岩砂岩互層		中詰土砂 1,759m <sup>3</sup>
・基礎地盤	： 砂礫層で基岩まで約10m	計	7,070m <sup>3</sup>
		・計画貯砂量	： 63,100m <sup>3</sup> (計画貯砂勾配1/44)

## 2. 2 基礎地盤の状況

ダムサイトの地盤は、シルト混り砂礫で、基盤岩（泥岩と砂岩の互層）上約10mある。この土砂は、51年災時の流出土砂であり、平均粒径1.08cmで非常にルーズな状態で堆積している。

N値は、平均20であり、地盤の許容支持力は根掘りを考慮して、25t/m<sup>2</sup>とした。

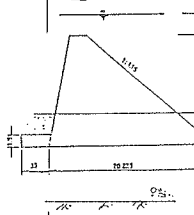
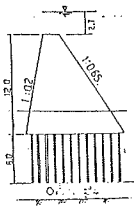
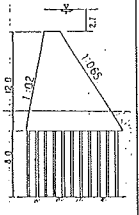
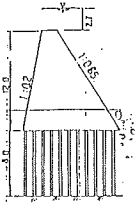
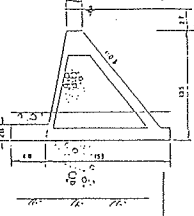
## 3. ダム構造型式の選定

当ダムの必要有効高は10mであり、深さ10mの基岩をダム基礎とすることは経済性、施工性において問題があるので、砂礫地盤上のフローティングタイプとすることになった。しかし、許容地盤支持力が小さいため、通常のコンクリート重力ダム（最大地盤反力 45.8 t/m<sup>2</sup>）は採用できず、特殊な構造型式を必要とした。

不良地盤上の砂防ダム構造型式としては、コンクリート方格枠ダム、コンクリートブロック積ダム、鋼製枠ダム類、フトン管ダム、等の掘挽性を有するダムやフーチング付コンクリート重力ダム、中空ダム、杭基礎コンクリート重力ダム等のコンクリート一体構造物が考えられる。

当ダムは、当河川の唯一のダムであり、高さが比較的高いこと、下流に人家があることなどから、コンクリート系の一体構造とすることとして、各型式の比較検討を行い、施工性、経済性の良い、中空中詰重力ダムを採用することにした。各型式の比較検討結果の概略を表-1に示す。

表-1 ダム構造型式の比較検討

工 法	1.フーチングタイプ	2.摩擦ぐい基礎 (打込ぐい)	3.支持ぐい基礎 (打込ぐい)	4.支持ぐい基礎 (ボーリングによる打込ぐい)	5.中空中詰重力式
断 面					
概 略 掘 削 型 枠 量 量 そ の 他	コンクリート量 155.2 掘削量 268.2 型枠量 34.3 その他 —	85.2 121.2 26.6 (H型鋼： 350×350×12×19×20) 6m×12本=72m/m	85.2 121.2 26.6 (H型鋼) 8m×11本=88m/m	85.2 121.2 26.6 (H型鋼) 8m×11本=88m/m ボーリング φ400mm) 88m/m	92.2 221.0 15.2 (中詰土砂) 35.9m <sup>3</sup> /m
概 略 工事費	3,581千円	3,471千円	3,742千円	5,854千円	2,793千円
施工性 および 経済性	フーチング長が長くなる。 比較的高価	玉石湿りれきへのくい打ちは、困難と思われる。	同 左	大口径ボーリングφ400mmが必要となる。 ボーリング費用が高価	中詰枠の設置、鉄筋挿入がプラスされるが中詰は簡単でコンクリート量が少ないので全体の施工性は良い。掘削土が利用でき土捨場が軽減。比較的経済的。
評 価 および 実現性	フーチング部の鉄筋補強が必要である。施工性は良いが経済的でない。	くい基礎は水平力を受けるダムの基礎としては不適	同 左	同 左	安全性が高く施工性も良く経済的である。当地に適している。

## 4. 中空中詰重力ダムの設計

### 4.1 基本形状

下流側の地盤反力を減少させるため、フーチングを設けた中空構造とした。基礎は、厚さ1.5m、張り出し部2.0mとし、下流側フーチングはその上に水甲を設けて保護することとした。

中空部の単位ブロック形状は、密閉型として、中空部の温度変化を少なくすることとした。1ブロック幅は10.5mとし、ウェブの厚さは既設ダムの中空部高さとの関係などを参考に1mと仮定し、安定計算、構造計算で安全を確かめて決定した。水通天端部は、摩耗衝撃を考慮して厚さ3mをコンクリートとした。本ダムの中空率は、水通部で約40%、全体では約25%である。

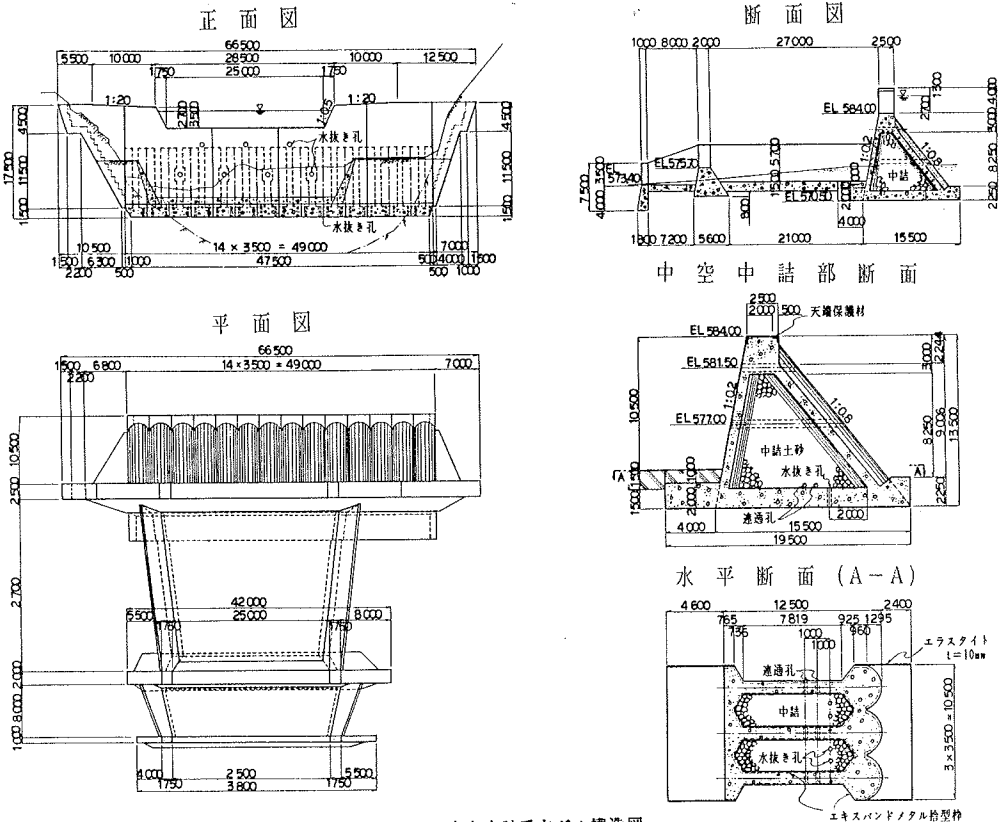


図-1 中空中詰重力ダム構造図

### 4.2 安定計算

#### 4.2.1 荷重条件

河川砂防技術基準では高さ15m未満の砂防ダムの設計荷重は、自重と静水圧となっているが、当箇所は、地盤支持力に問題があることとダム構造が中空であることを考慮し、次の荷重条件で検討した。

荷重条件Ⅰ（洪水時Ⅰ）：自重・上流水圧

荷重条件Ⅱ（洪水時Ⅱ）：自重・上流水圧・下流水圧・揚圧力

荷重条件Ⅲ（地震時）：自重・上流水圧・揚圧力・堆砂圧・地震時慣性力・地震時動水圧

#### 4.2.2 安定計算結果

表-2 安定計算結果総括

	荷重条件Ⅰ	荷重条件Ⅱ	荷重条件Ⅲ
滑動	$F_s=1.59 > 1.2$	$F_s=1.20 \geq 1.2$	$F_s=1.21 > 1.2$
転倒(傾心距離)	$e=0.496m < 3.25m$	$e=1.826m < 3.25m$	$e=0.733m < 3.25m$
地盤反力	$q = \begin{bmatrix} 24.0t/m^2 \\ 17.6t/m^2 \end{bmatrix} < 25t/m^2$	$q = \begin{bmatrix} 18.6t/m^2 \\ 5.2t/m^2 \end{bmatrix} < 20t/m^2$	$q = \begin{bmatrix} 24.0t/m^2 \\ 15.1t/m^2 \end{bmatrix} < 30t/m^2$

#### 4.3 構造計算

構造計算としては、a) バットレス部コンクリート水平断面に発生する鉛直応力の検討と、b) ヘッド部の応力解析を行った。

a) バットレス部のコンクリート水平断面に発生する鉛直応力は、フーチング上面とバットレス部中央断面について荷重条件Ⅰについて行ったが、鉛直応力の最大は $8.6kg/cm^2$ であり、問題はない。

b) ヘッド部の応力解析は、有限要素法を用いて、荷重条件Ⅰとして、フーチング上面について行ったが、主応力は、最大圧縮応力で $6.1kg/cm^2$ 、最大引張応力で $0.1kg/cm^2$ であり、いずれも問題はない。

c) フーチング部は構造上鉄筋を必要とするので計算の上配筋した。上流面、下流面は、用心鉄筋を入れることとした。

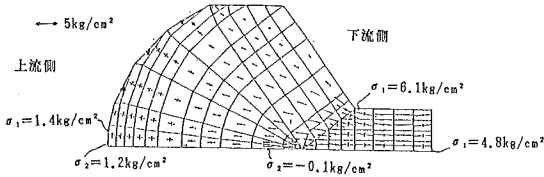


図-2 ヘッド部主応力図(ヘッド部2分割して示す)

#### 4.4 細部設計

##### 4.4.1 型枠および埋殺し型枠(捨枠)

中詰土砂を囲う捨枠は、エキスバンドメタル(厚6mm)を工場折り曲げ加工したものを用いた。上流側は、水圧により引張応力を生じないよう円形としたが、この型枠もエキスバンドメタル捨枠を用いることにより施工を簡単にした。下流法型枠は直線であり、普通型枠とした。中空部型枠の支保工は、中詰を先行するため、ほとんど必要としない。

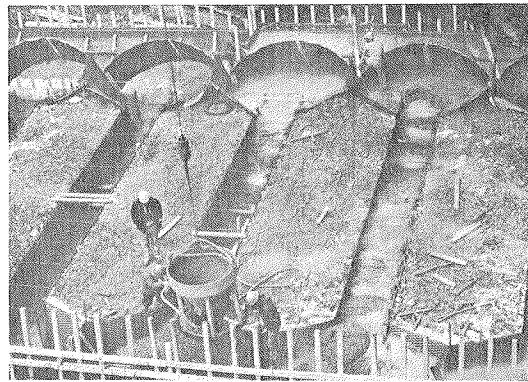


写真-2 コンクリート施工状況

##### 4.4.2 ダム底面のドレーン孔の設置

ダム底面の揚圧力を軽減するため、基礎部に径10cmのドレーンを28孔配置し、ダム下流面から排水することとした。

#### 5. むすび

当ダムは現在施工中であり、ダムの内部応力、外力、変位変形等を測定するための計器を設置して調査する予定となっており、設計と実際の諸計数の差異等については今後の課題である。

本工法は設計の狙いどおり、施工性が良好であり、順調に工事が進捗した。不良地盤箇所や現地の土砂を有効に活用したい現場などには、好適な工法の一つであると思われる。