

91 無型枠中空ダムの設計について

徳島県土木部砂防課

○豊桑 徹

同 上

重本 誠司

徳島県川島土木事務所

加藤 建男

(財)砂防・地すべり技術センター

鈴木 宏

同 上

中村 徹

同 上

浅井 信秀

1. はじめに

中空ダムは、コンクリートダム内部に中空部を設けることにより、大幅にコンクリート量の削減が図れる上に、見かけのダム単位体積重量が小さくなるので、支持力の小さい基礎地盤についても適応できるなどの長所をもっている。

しかしながら、通常のコンクリートダムに比べて構造が複雑になるため、中空部の型枠工、支保工などに余分の人力・材料がかかるなどの短所を合わせもっている。

このため、土木作業者不足、さらに労務単価が高騰している最近では、中空ダムはほとんど採用されなくなってきた。

このような状況下で、昭和60年度砂防学会研究発表会で報告したように徳島県久井谷砂防ダム（昭和61年完工）では、従来の中空ダムの短所である型枠工・支保工の手間等を中空部に土砂を先行して中詰することとエキスパンドメタル埋殺し型枠により解決した「中空中詰ダム」を採用し、中空ダムの一つの手法を提案した。

本報では、地盤支持力が小さい箇所における省力化を考慮した砂防ダムとして、中空部に通常の型枠工および中詰土砂を用いない「無型枠中空ダム」の設計について述べる。

2. 計画概要

2.1 計画諸元

- ・施工地 : 徳島県 吉野川右支川川田川
- ・流域面積 : 4.02 km²
- ・地質 : 黒色片岩、緑色片岩、石英片岩などからなる三波川帯
- ・河床勾配 : 1/12
- ・ダム規模 : 堤高 14.5 m 、堤長 50.0 m

2.2 基礎地盤の状況

ダムサイトの地盤は、河床部で厚さ 8 m、幅 15 m にわたって、上流から流出した河床堆積物で構成されている。左岸側は露岩している。右岸側は、地すべりによる押しだしの疊まじり土の層が 10 m 以上にわたって堆積している。この地盤のダム地点における許容支持力は、地質調査結果および支持力公式による算定などから 40 t/m² とした。

3. ダム構造形式の選定

当ダム計画地点は河床勾配1/12と急流であり、直径1～3mの転石も河床に多く点在している土石流下地であることから、コンクリート構造のダムを計画することとした。ただし、当地点はダムの支持地盤が礫まじり土層であり、コンクリートダムのような剛体構造の場合、支持力の不足による不同沈下に対しての抵抗性が小さいため、基礎地盤の支持力に対して十分に安全な構造となるよう設計しなければならない。そこで、ダムの基礎地盤の許容支持力が40t/m²以下となる条件を満足するコンクリートダムの構造形式を検討した。これらの構造形式の特徴および経済性、省力性等について比較したものを表-1に示す。なお、中空ダムについては省力化を図るために通常の型枠を一切用いず、型枠代わりとしてバットレス部には連結コンクリートブロック、内部上下流面には形鋼とデッキプレートを用いた。この比較検討結果より、経済性、省力化に最も優れた中空コンクリートダムを採用することにした。

表-1 ダム構造形式の比較検討

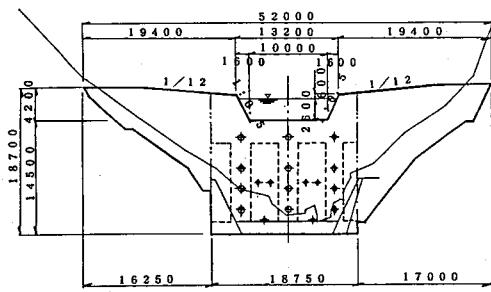
| 標準断面 | | A: 重力式コンクリートダム | B: 中空中詰コンクリートダム | C: 中空コンクリートダム |
|--------|--|---|--|--|
| 安定計算結果 | 滑動の安全率 合意の作用位置 最大地盤反力 | $F_s = 2.61 \geq 1.2$ $e = 1.747 \text{ m} \leq B/6 = 4.3 \text{ m}$ $q_{max} = 39.9 \text{ t/m}^2 \leq 40 \text{ t/m}^2$ | $F_s = 2.00 \geq 1.2$ $e = 1.677 \text{ m} \leq B/6 = 3.52 \text{ m}$ $q_{max} = 39.9 \text{ t/m}^2 \leq 40 \text{ t/m}^2$ ・ダム内部を土砂で詰き換え、ダム重量を軽くし、地盤反力を軽減した構造。 ・型枠代わりのコンクリートブロックを使用しているため、薄肉構造に対して表面ひび割れ防止に効果が大きい。 | $F_s = 1.39 \geq 1.2$ $e = 1.916 \text{ m} \leq B/6 = 2.80 \text{ m}$ $q_{max} = 39.9 \text{ t/m}^2 \leq 40 \text{ t/m}^2$ ・ダム内部を土砂で詰き換え、ダム重量を軽くし、地盤反力を軽減した構造。 ・型枠代わりのコンクリートブロックを使用しているため、薄肉構造に対して表面ひび割れ防止に効果が大きい。 |
| 構造上の特徴 | ・最大地盤反力が許容支持力以下となるように上流面勾配を緩くする。 ・構造が単純である。 | ・上流面勾配が非常に緩いためコンクリートの施工が困難である。 ・生コンの運搬量が多い。 | ・中詰土砂を足場、支保工でできるため、仮設材が不要であり施工が早い。 ・型枠代わりのコンクリートブロックを使用しているので、生コンの運搬量が少なくてすみ、熟練型枠工を必要とせず、省力化が可能である。 | ・中空部に直立壁ができるので施工中の安全対策が必要となる。 ・型枠代わりのコンクリートブロックを使用しているので、生コンの運搬量が少なくてすみ、熟練型枠工を必要とせず、省力化が可能である。 |
| 施工上の特徴 | 経済性 <堤長1m当たり直接工事費> | 73,250千円 (100%) | 56,590千円 (77%) | 49,409千円 (67%) |
| | 現場労力 <堤長1m当たり> | 1,220人工 (100%) | 643人工 (53%) | 546人工 (45%) |
| | 現場運搬 <堤長1m当たり> | 8,956t (100%) | 5,308t (59%) | 4,497t (50%) |
| 総合評価 | ・経済性、施工性ともに他の工法に比べて劣る。 | ・施工性では良い工法であるが中空ダムに比べてダム重量が重いために断面が大きくなり、若干高くなる。当ダムの場合、河床に大転石が多く、中詰には不向きである。 | ・経済性において最も優れている。現場での省力化の面でも他の工法に比べて著しく優れている。 | |

4. 中空ダムの設計

4.1 基本形状

中空部の単位ブロックの形状（上流ヘッドの厚さ、バットレスの厚さ、下流壁面の厚さなど）は、過去の中空ダムの実績を参考に施工面を考慮した上で、構造計算により安全を確かめて決定した。また、全体形状は安定計算により決定した。水通し天端部は、摩耗衝撃を考慮して厚さ3mのコンクリートとした。なお、当ダムの中空率は、水通し部全体で約23%、本ダム全体で約16%である。図-1に概略図を示す。

正面図



断面図

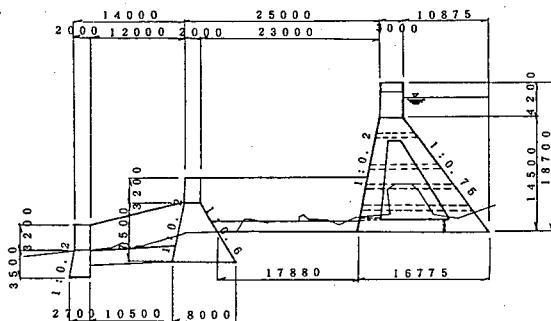


図-1 中空ダム概略図

4.2 安定計算

当ダムは高さ15m未満であるので、建設省河川砂防技術基準（案）により、設計荷重は自重と静水圧とした。安定計算の結果は、表-1中に示すとおりである。

4.3 構造計算

中空部の構造計算として、①上流ヘッド部の応力解析、②バットレス部の応力検討、③フーチング部の応力検討を行った。

①上流ヘッド部の応力解析は、有限要素法を用いて、中空上部と中空底部について行った結果、図-2に示すとおり最大引張応力度で 2.2 kg/cm^2 となったので、配筋を行った。

②バットレス部に発生する最大圧縮応力度は 9.6 kg/cm^2 であり、問題はない。

③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。

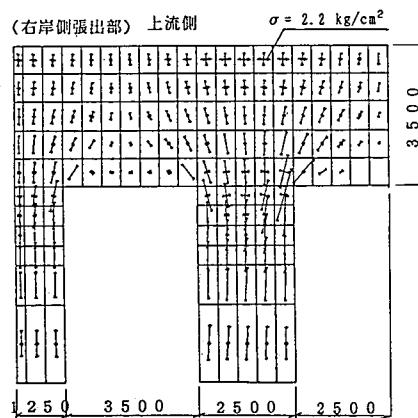


図-2 上流ヘッド部主応力図（中空底部）

4.4 中空部の細部設計

4.4.1 バットレス部

バットレス部は直立壁となるため、施工性、経済性、省力化を考慮して自立性が高く各ブロックを一体化するため鋼棒により連結したプレキャストブロックを用いることとした。

4.4.2 内部上下流面

内部の上下流面はオーバーハングしているので、通常型枠を用いると、重支保工を設置する必要があり、その施工と撤去に非常に大きな手間を要するので、鋼材（H形鋼または山形鋼と、デッキプレート）を用いた捨て型枠工を採用した。

中空部の構造を図-3に示す。

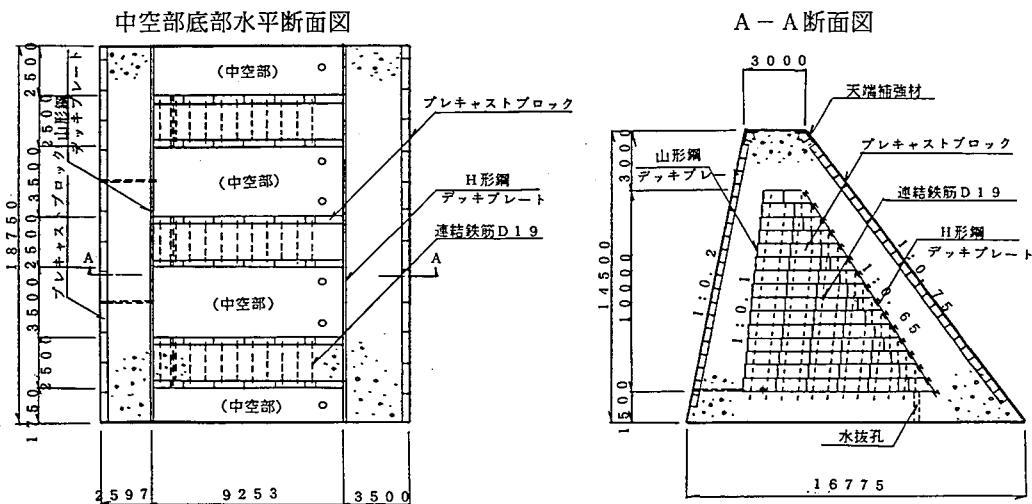


図-3 中空部の構造

5. おわりに

從来から、地盤支持力が小さい箇所における砂防ダムとして「中空ダム」は非常に有効なダム工法であったが、構造が複雑なためトータルで見ると不経済であったため、採用件数は少なかった。本件では、プレキャストブロック等を用いて大幅な現場省力化を図り、他工法と比べても経済的で省力化が図れる設計となった。建設労働者不足の折から今後、現場における省力化は非常に大きな課題であり、本構造はその一つの手法であると言える。