

82 砂防構造物の鋼材による補強法に関する研究

八千代エンジニアリング(株)	○下田 義文
京都大学農学部	水山 高久
建設省土木研究所	石川 芳治
	前田 昭浩
建設省近畿地方建設局	草野 慎一

1. 緒 元

オーストリアでは多くのスリットダムが建設されており、これらは鉄筋コンクリート (RC) 構造となっている。日本においても、最近ではスリットダムが造られるようになってきていること、および土石流対策砂防ダムの袖部は鋼材等で補強することが考えられていること等から、近い将来、RC砂防ダムの技術が必要となると考えられる。

本研究は、我国におけるRC砂防ダム技術導入の可能性を探るために、オーストラリアのRC砂防ダム技術について調査を行ったものである。

2. オーストリアにおけるRC砂防ダムの歴史

オーストリアにおいては、1960年代の始めに(1)人件費が高くなったのでコンクリート工事量を少なくして、経済性を追求する必要が生じたこと、(2)コンクリート施工機械が発達して現場において品質の良いコンクリートが製造できるようになったことが主たる原因となってRC砂防ダムの施工が始められた。砂防ダムを厚さの薄いRC構造にすることによりコンクリート量を約3分の1に減少させることができるので、特に山奥で施工する砂防ダムの運搬コストを大幅に削減することになって無筋コンクリートに比較して経済的なものとなっている。

RC砂防ダムが普及するに従って、細いコンクリート構造の設計、施工が可能になったので、スリットダム等の多様な形状をもつオープンタイプ砂防ダムが開発された。このオープンタイプ砂防ダムが開発されることにより、益々RC構造の技術開発の必要性が生じ、砂防技術におけるRC砂防ダムの発展をうながした。1992年現在では、オーストリア全土で多くのRC砂防ダムが建設されるようになり、特にザルツブルグ事務所管内では建設されるすべての砂防ダムがRC構造となっている。

3. RC砂防ダムの構造形式

3.1 構造形式の分類

オーストリアにおけるRC砂防ダムの構造形式は多様であり、スリット形状、谷の形状および基礎と兩岸の地質に応じて、力学に忠実に構造形式を選定して安定計算を行なっている。ザルツブルグ事務所でこれまで建設されている約50のRC砂防ダムの例を基に構造形式のタイプ分けをすると、以下の5タイプに分類できる。

(1) 逆T型 (L型、逆L型を含む)

逆T型は最も多く採用されている構造形式であり、比較的低い砂防ダム、谷幅の広い場所に建

設される砂防ダム、大暗渠砂防ダム、非岩盤基礎をもつRC砂防ダムに主として適用されている。

外力は図-1に示すように静水圧、泥圧、水重、泥重、コンクリート自重が考慮されている。全体の安定検討は、日本における砂防ダムの安定検討と同じように転倒、滑動および支持力について検討している。さらに、この安定計算結果に基づき各断面の曲げモーメントが求められて、この曲げモーメントに対する配筋計算が行なわれている。

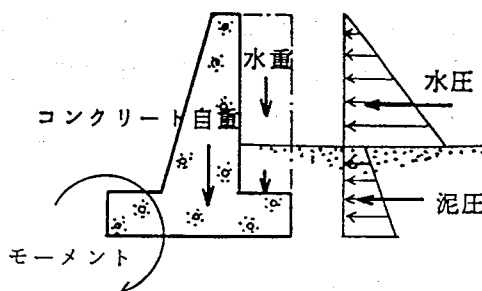


図-1 逆T擁壁タイプのRC砂防ダム

(2) 版構造タイプ

谷幅の比較的狭い場所に建設される深いスリットをもつ砂防ダムの場合は、上流又は下流側に控壁をもうけて、図-2に示すように袖部着岩、基礎および控壁の3辺を固定した版構造タイプとしている。

水平方向外力は水圧だけで、垂直方向はコンクリート自重だけと仮定している。水平方向外力に対しては基礎、袖着岩及び控壁によって固定された等価の3辺固定版に近似している。垂直方向の安定計算は図-2に示すようにコンクリート自重だけを考慮して、下記のように基礎反力の安定を検討している。なお、控壁の配筋計算、安定計算は後述のピアタイプの安定計算に準じて実施したり、あるいは経験的に形状及び配筋を定めているものも多い。

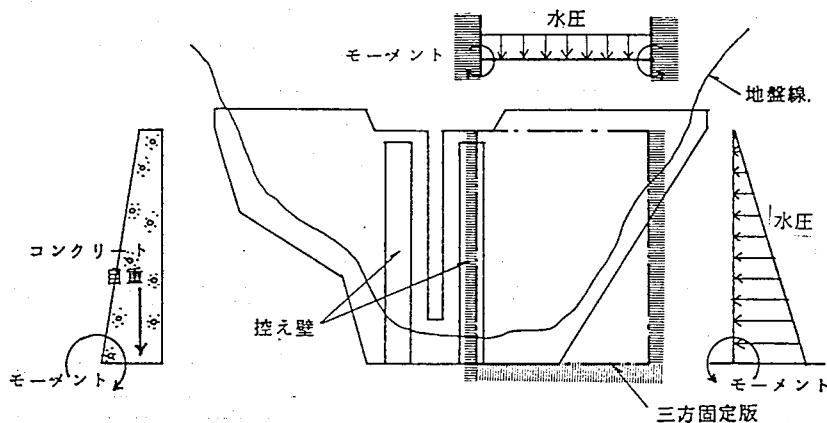


図-2 版構造砂防ダム

(3) 水平片持梁タイプ

谷幅が非常に狭いところに建設される、切込みの深いスリット砂防ダム、あるいは谷幅は少し広くてもスリット幅が谷底幅と同程度広くコンクリート部が狭いオープンタイプ砂防ダムの構造形式としては図-3に示すような水平片持梁タイプが用いられている。

外力は静水圧とスクリーンバーの反力の2種類であり、これを水平方向の片持梁構造として安定及び配筋計算を行っている。スクリーンバーに対する外力は流水の動水圧を考えている。安定性に関しては、着岩部のせん断破壊および曲げ破壊を検討し、せん断力、抵抗曲げモーメントが不足する場合はアンカー鋼材を用いて補強している。一方、配筋量は最大曲げモーメントに対する配筋を行なっている。

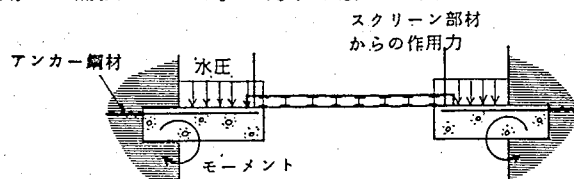


図-3 水平片持梁タイプのRC砂防ダム

(4) ピアタイプ

急流域で土石流及び泥流形態の土砂流出が考えられる場所に建設されるものでMudflow breakerと呼ばれている。図-4に示すような構造形式で、ダムは有効高で5～7m程度の比較的低いものである。

設計外力は図-4に示すように、コンクリート自重、土石流動水圧および土石流の重さを考慮して、日本の技術基準に示すのと同様の安定計算を行っている。外力はいずれもピア幅に作用する荷重とし、土石流動水圧は現河床から上部のピア全体に作用するものとしている。

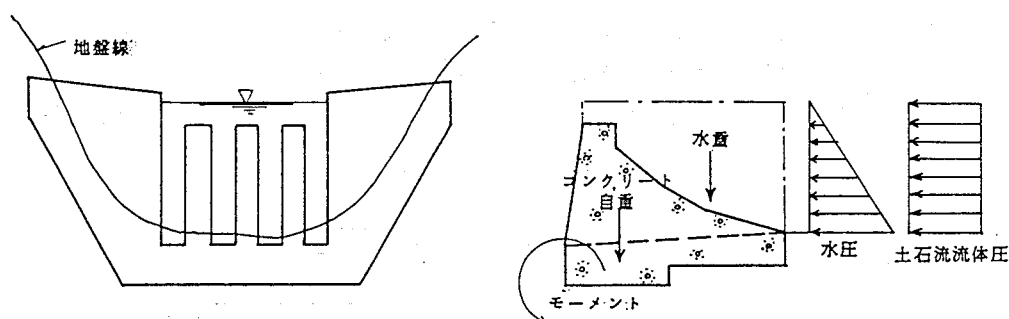


図-4 ピアタイプRC砂防ダム

(5) 連続ばりタイプ

水平片持梁タイプの変形したもので、谷幅が広い場合に前庭部の側壁護岸を控壁とした構造と考えて、この側壁を支点とした連続梁として構造解析を行っている。連続ばりタイプのRC砂防ダムの例を図-5に示す。梁自体は水平方向の最大曲げモーメントに対する配筋計算を行い、側岸の着岩部は片持梁タイプと同様にせん断破壊および曲げ破壊に対する安定性を検討している。

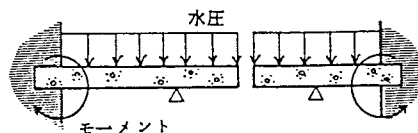


図-5 側壁を支店としたRC砂防ダム

3.2 構造形式の選定

オーストリアでは、経済的かつ機能的な砂防ダムを設計するためには、構造形式の決定が極めて重要と考えられており、この決定は、個々のサイトの地形、基礎の地質およびスリット形状等に応じて検討されている。ザルツブルグ州内に施工されているRC砂防ダムから、構造形式選定の考え方を

整理すると下記のように考えられる。

- ① ピアタイプ : a.土石流の流下区間と考えられる急勾配区間($i > 1/10$)。
b.ダム群の中の最上流に計画する砂防ダム
- ② 水平片持梁タイプ : a.狭谷部で両岸が強固な岩で構成されているサイトで、中央に深いスリットをもつ砂防ダム
b.オープン部の広い(谷底幅と同程度)スリットダムあるいはスクリーンダムで、両岸が強固な岩で構成されているサイト
- ③ 版構造タイプ : 谷幅が狭く両岸が強固な岩で構成されているサイト
- ④ 連続梁タイプ : 谷幅が比較的広く(必要水通し幅の3倍程度)、両岸が強固な岩で構成されているサイト
- ⑤ 逆T型 : a.谷幅が広いサイト
b.両岸に強固な岩盤が得られないサイト
c.低い砂防ダム($H < 10\text{m}$)

4. オーストリアと日本のコンクリート砂防ダムの設計方法の相異

4.1 全体の安定検討方法

荷重としては、日本の技術基準では $H < 15\text{m}$ では水圧と自重だけとしているが、オーストリアでは堆砂圧、水圧、自重をダム高に関係なく用いている。また、 $H > 15\text{m}$ においても、オーストリアで地震慣性力・地震時重力水圧および揚圧力は一般に考慮していない。揚圧力については、特にパイピング等の心配があるような条件をもつ場所で一例だけ考慮している例がある。

荷重の計算方法および定数等は日本とオーストリアでほとんど同じであるが、オーストリアでは元河床より上部についてのみ静水圧を考慮し、元河床より下位は堆砂圧を考慮する。この相異は設計思想の問題であるので、日本にRC砂防ダムを導入する場合は、静水圧の計算方法は日本の基準に従うことになる。

オーストリアのRC砂防ダムでは土石流の衝撃力が考慮されていない。RC砂防ダムは断面が薄くなるので、RC砂防ダム技術の導入に際しては、土石流衝撃力に対する安全性を十分検討する必要がある。

4.2 配筋計算方法

オーストラリアの砂防ダムの配筋計算は、任意の断面における曲げモーメント(M)を安定計算における外力および基礎反力に基づき求めて、そのMに対して必要な鉄筋量を複鉄筋ばりとして求めている。この配筋計算は日本の土木学会の定めたコンクリート標準示方書と同じであるが、用いている鉄筋の材質が異なるので許容応力が異なっている。

あとがき

本研究におけるオーストラリアでの調査において、ザルツブルグ工事事務所のDr.Gernot Fiebigerと新潟大学助教授の丸井英明氏の御協力をいただいたことに感謝の意を表します。