

想定外土石流荷重（偏在荷重）を受ける鋼製透過型砂防堰堤の安全性照査法

砂防鋼構造物研究会  
防衛大学校 香月 智  
京都大学大学院 水山高久

○石川信隆  
片出 亮

1. 緒言

本研究は、想定外土石流荷重の1つとして、作用位置が偏在する土石流流体力を想定して、透過型砂防堰堤の安全性照査法を検討するとともに、健全な場合と部材が消失した場合の耐力低下についても数値的に考察するものである。その手法は、3次元弾塑性骨組解析により、偏在土石流流体力を増加させて構造物の崩壊荷重まで追跡し、現行設計荷重(均一土石流荷重モデル)による解析結果と比較検討するものである。

2. 想定外荷重モデルとは

現行設計荷重<sup>1)</sup>で想定された以外の荷重をいい、ここではその1つとして土石流荷重の作用位置が偏在する場合<sup>2)</sup>を想定外荷重とした。つまり、図-1(a)に示すような均一土石流荷重モデルに対して、図-1(b)のような作用位置や大きさが偏在する土石流荷重モデルを想定外土石流荷重モデルとした。ここで用いた設計荷重条件は表-1に示すとおりである。

3. 鋼製透過型砂防堰堤モデル

解析対象とした構造物は、図-2に示すようなType-1からType-6までの6種類の鋼製透過型砂防堰堤モデルで、これらは許容応力設計でフルストレス設計を行い、すべて同じ荷重条件のもとで設計された構造物で、部材指数 $I_c$ <sup>3)</sup>(リダンタンシー評価)が異なっている。

4. 3次元弾塑性解析による安全性照査法

ここでは、3次元弾塑性解析を用いて荷重係数 $\alpha$ (図-1(b)の偏在流体力 $\gamma f_1$ ( $\gamma$ :偏在率)に $\alpha$ をかけた状態)を $\alpha=1.0$ から増加させて荷重係数と上端の水平変位との関係を求め、水平変位が無限大になったときの最大荷重係数を崩壊(終局限界)と定義した。つまり、構造物は最大荷重係数(崩壊)までの土石流の大きさに対しては安全であることが保障される。

5. 弾塑性解析結果

5.1 構造物が健全である場合

図-3は、Type-1からType-6までの弾塑性解析結果を示したもので、Type-1とType-4は均一荷重( $\gamma=1.0$ )に比べて偏在荷重( $\gamma=2.0$ )の方がそれぞれ約20%-23%低下していることが分かる。それに比べそれ以外の構造物はそれほど大きな差はない。

すなわち、偏在荷重の影響としては、Type-1では中間の梁材がないこと、またType-4では中間の柱材がないことが考えられる。つまり構造全体として振りの影響に対して弱いことが挙げられる。

一方、Type-2やType-3では少ない部材指数の場合でも中間の梁材や中間の柱材があるために、最大耐力が偏在土石流荷重に対してもほとんど低下することはないことが分かる。

またType-5およびType-6は、偏在荷重が作用しても、ほとんど耐力低下がなく、最大耐力が最も大きい(Type-6で $\alpha=5.3$ )。

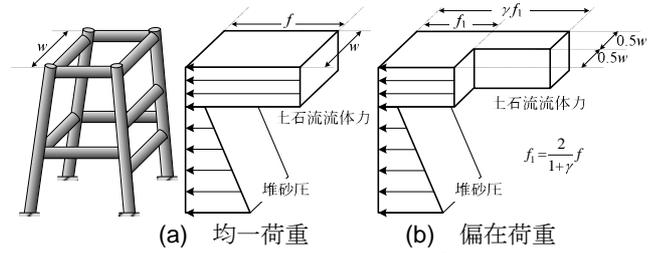


図-1 土石流荷重モデル

表-1 設計荷重条件

土石流	流体力	269.7kN/m
	水深	3.0m
	流速	7.0m/s
	単位体積重量	18.0kN/m <sup>3</sup>
堆砂	厚さ	5.0m
	単位体積重量	17.7kN/m <sup>3</sup>

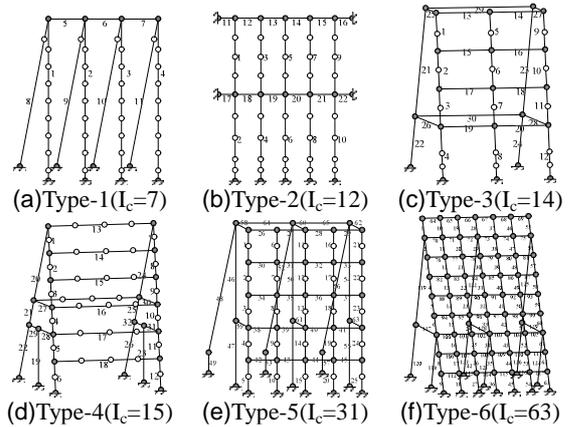


図-2 砂防透過型堰堤モデル

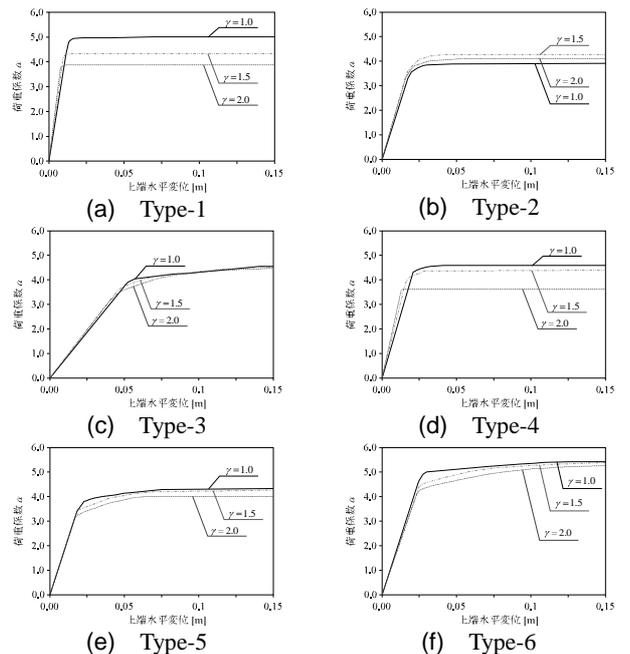


図-3 荷重係数と上端水平変位の関係

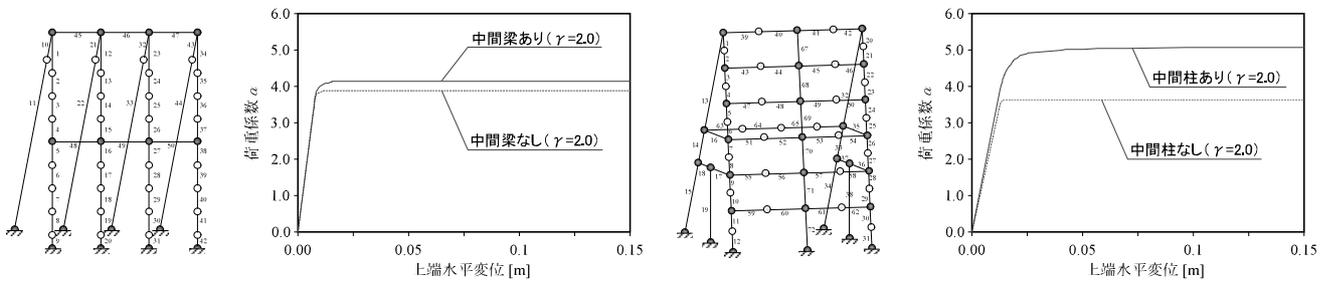


図-4 Type-1 に中間梁材、Type-4 に中間柱材を設置した場合の荷重係数—変位曲線 (偏在荷重の場合)

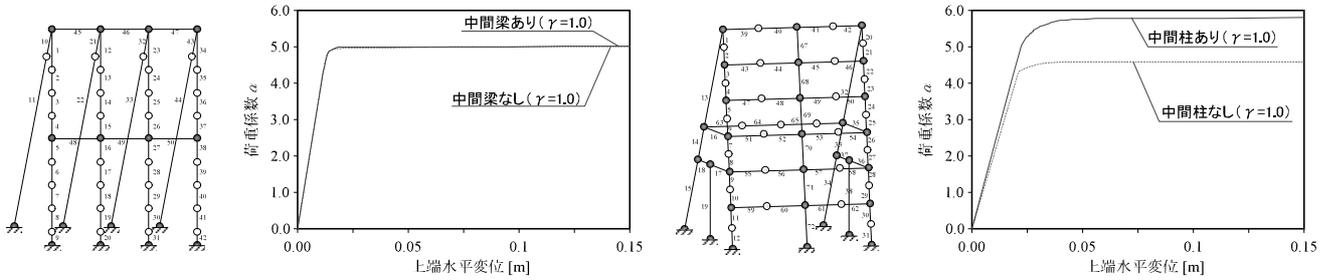


図-5 Type-1 に中間梁材、Type-4 に中間柱材を設置した場合の荷重係数—変位曲線 (均一荷重の場合)

## 5.2 中間梁材および中間柱材の影響

偏在荷重の影響が大きい Type-1 および Type-4 にそれぞれ中間の梁材および中間の柱材を設置した場合について、偏在荷重の影響について検討した。その結果、図-4 に示すように Type-1 では中間梁材を挿入しても、耐力の増加に影響がなかったが、Type-4 では中間柱材の影響により耐力が大幅に増加することを確認した。これは、中間柱材が基礎から反力を受けとることができたためである。また図-5 に均一荷重の場合を示したが、Type-4 でより一層中間柱材の影響が顕著であった (約 30% の耐力が増強)。

## 5.3 部材消失の影響

次に、Type-2 の場合に一部材が消失した場合 (図-2(b)の右上固定端の No.16 部材が消失) について検討した。図-6 は、一部材消失の場合の弾塑性解析結果を示したもので、均一荷重に比べ偏在荷重の影響は約 30% も耐力が低下することが分かる。つまり、健全な場合は偏在の影響があまりなかったが、一部材消失の場合 (特に右上固定端の部材消失) は偏在荷重による耐力低下が顕著であった。

## 6. 結論

想定外土石流荷重の 1 つとして作用位置が偏在する場合を想定し、透過型砂防堰堤を対象として 3 次元弾塑性解析結果を行い、安全性照査を行った。その結果、  
 (1) 偏在荷重の影響としては、一般に部材指数が多ければ、耐力低下はあまりない。  
 (2) 両サイドに固定がない中間梁材を挿入しても耐力増強につながらないことが判明した。  
 (3) 基礎に固定した中間柱材の挿入は、耐力増強に効果があることが明らかになった。

(4) Type-2 は、部材指数が比較的少なくても中間梁材を両サイドに固定しているため、偏在荷重の影響をあまり受けない。

(5) しかし、Type-2 の 1 部材 (右上固定端の No. 16) が消失した場合は均一荷重に対して約 30% も耐力低下が認められ、偏在荷重の影響を受けることが認められた。

本研究では、想定外荷重の 1 つとして偏在荷重の影響を調べたが、さらに斜め方向や上方・下方からの影響および大規模土石流など、想定外荷重をいくつか想定して安全性照査を検討していく必要がある。

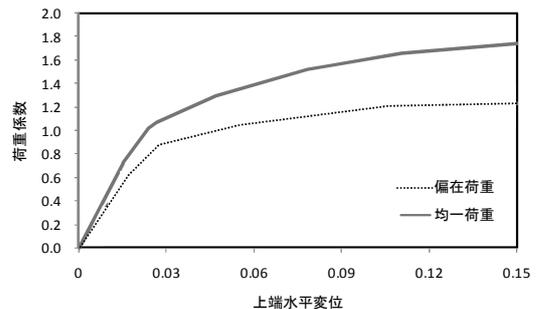


図-6 部材損失の場合の弾塑性解析 (Type-2 の右上固定端の No. 16 部材損失の場合)

## 参考文献

- (財) 砂防・地すべり技術センター：鋼製砂防構造物設計便覧, pp. 80-81, 平成 21 年度版, 平成 21 年 9 月。
- 片出亮, 金子智成, 香月智：土石流荷重の作用位置の不確定性と設計作用モデル, 構造工学論文集, Vol. 55A, pp. 195-207, 2009. 3.
- 片出亮, 香月智, 嶋丈示：鋼製砂防堰堤のリダンダンシー向上手法に関する一提案, 砂防学会誌, Vol. 62, No. 6, pp. 3-14, 2010