

鋼製透過型砂防堰堤の補強法に関する解析的検討

防衛大学校 学生会員 ○小松喜治
防衛大学校 正会員 堀口俊行, 香月 智

1 緒 言

日本の自然災害は大規模なものとなっており、人々の生活に多大な影響を及ぼしている。特に、巨礫や流木を含んだ土石流は大きな破壊力を有しており、対策構造物の設置が求められている。その対策構造物の一つに鋼製透過型砂防堰堤（以下、鋼製堰堤と呼ぶ。）がある¹⁾。これは、土石流が発生した際に、土石流の先頭部に巨礫が集中する特性を利用し、土砂等を捕捉するものである。現行設計では、100年再現確率の土石流に耐えるように設計されているが、近年大規模な災害により、想定以上の土石流荷重が作用し、損壊する事例も発生している。よって、現行設計荷重より大きな荷重に対する新たな設計法についての検討が進められている²⁾。

そこで本研究は、新たな設計法が導入された際、耐力不足に陥る既存構造物の補強対策として、鋼製堰堤の両翼にあるコンクリート堰堤に接続するように補強部材を取り付ける方法の補強効果について解析的に検討するものである。

2 解析の概要

本解析では、骨組構造の動的弾塑性解析用の数値解析プログラムを使用した。図-1に、解析モデルを示す。解析で使用したモデルは、実在する鋼製堰堤を模したものであり、図-1(a)のAタイプは、底面のみが固定されており、高さ11.5m、幅5.7m、奥行き3.6mの構造モデルである。Bタイプは、前面（上流面）最上部の肩部に隣接するコンクリート堰堤部にかかるような張り出した横梁をつけた。さらに、Cタイプは中間部にも横梁を取り付けた。この2つの補強部材は、図-1(d)に示すようにコンクリート部に差し込ませず単純支持とした。補強部材には、堰堤と同じ断面の鋼管（ $D=60\text{ cm}$ 、 $t=22\text{ mm}$ ）とした。鋼管材料はSTK400とし、円管断面の曲げモーメント～曲率関係および引張力～ひずみ関係を断面分割法により予め求めた。これを3段階の弾塑性モデルとして近似させ、図-2のようにした。そのうえで弾性限界を表す関数 ϕ_y （以下、降伏関数と呼ぶ。）および塑性化を表す関数 ϕ_p （以下、塑性化関数と呼ぶ。）を次式として、関連流れ則による塑性変形を求めた。

$$\phi_y = \left(\frac{M_1}{M_y}\right)^2 + \left(\frac{M_2}{M_y}\right)^2 + \left(\frac{N}{N_y}\right)^2 + \left(\frac{T}{T_y}\right)^2 - 1.0 \leq 0 \quad (1)$$

$$\phi_p = \left(\frac{M_1}{M_p}\right)^2 + \left(\frac{M_2}{M_p}\right)^2 + \left(\frac{N}{N_p}\right)^2 + \left(\frac{T}{T_p}\right)^2 - 1.0 \leq 0 \quad (2)$$

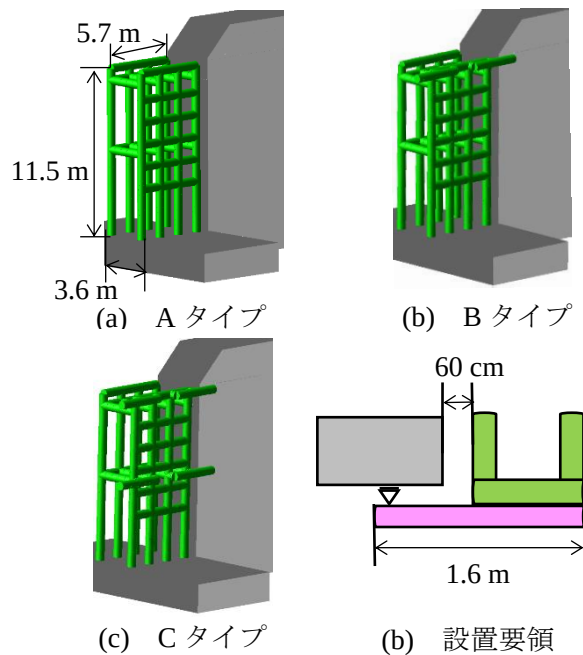
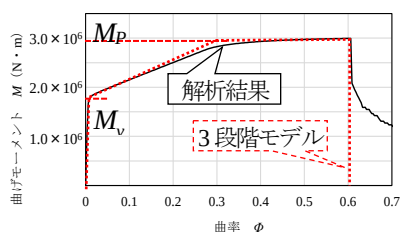
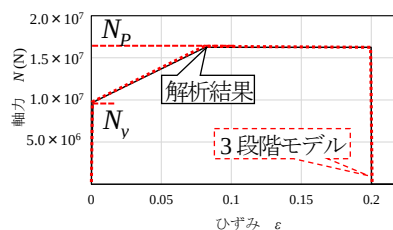


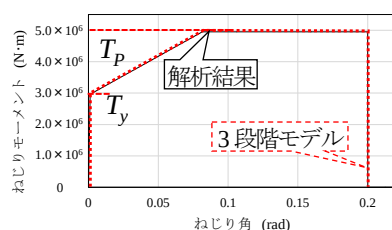
図-1 解析モデル



(a) モーメント～曲率関係



(b) 軸力～ひずみ関係



(c) ねじりモーメント～ねじり角

図-2 入力値

キーワード 土石流, 鋼製透過型砂防堰堤, 補強, 弾塑性解析

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校 建設環境工学科 TEL:046-841-3810 FAX:046-844-5913

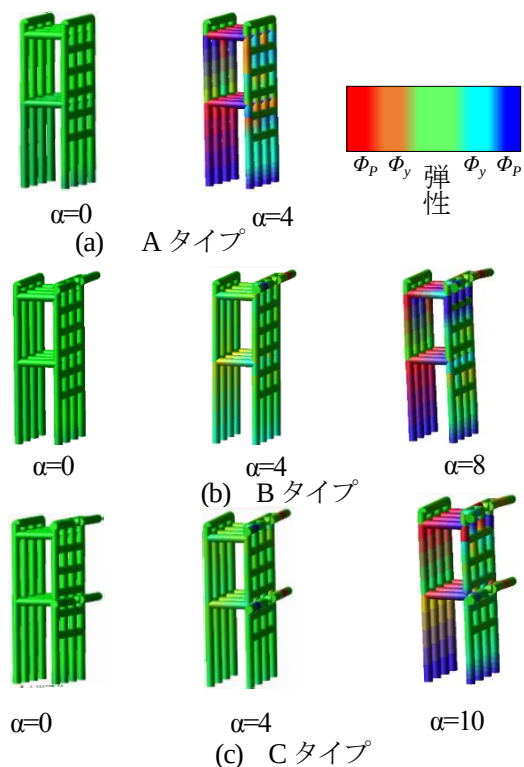


図-3 変形応答図

ここで、 M_1 , M_2 , N , T : 断面主軸および周りの曲げモーメント, 軸力, ねじりモーメント, M_y , M_p , N_y , N_p , T_y , T_p : それぞれ図-2 で示す降伏モーメント, 塑性モーメント, 降伏軸力, 塑性軸力, 降伏ねじりモーメント, 塑性ねじりモーメントである. 荷重分布は設計に用いられるモデルで作用させており, 堰堤の下部は堆砂圧荷重を台形分布として一定に作用させ, 上部は土石流流体力を等分布に徐々に増加させ作用するものとして, 準静的な構造応答を求めた.

3. 解析結果

図-3 に, 変形応答図を示す. A タイプにおいて, 荷重が作用している前面は弾性限界に達し, 後方の柱材はすべてが塑性化している. 特に, 前面と後方をつなぐ梁材および前面の下部の柱部材が塑性限界に近づいていることがわかる. 一方, B タイプでは, $\alpha = 4$ のとき A タイプでは塑性化していた後方の柱材の一部は弾性状態となり, 前面はほぼ全体が弾性状態になっており, 肩部を単純支持で補強したことにより下端部に及ぼす影響に低減効果がある. 次に, C タイプでは, $\alpha = 4$ のとき A タイプおよび B タイプと比較して構造物全体は弾性状態を保っている. また, B タイプの $\alpha = 8$ および C タイプの $\alpha = 10$ は頂部変位 5% のときのものを示しており, B タイプでは後方の柱部材が塑性化し, 傾斜しているのに対して, C タイプでは弾性限界であり傾斜していないことがわかる.

図-4 に, 荷重係数～変位関係を示す. ここでの荷重係数 α とは, 設計荷重のときの流体力を表している. 作用させる荷重を増加させていくと構造物の抵抗力は一定になる. このときの値をその構造物の耐力とすると, A タイプでは, 頂部変位 5% のときの荷

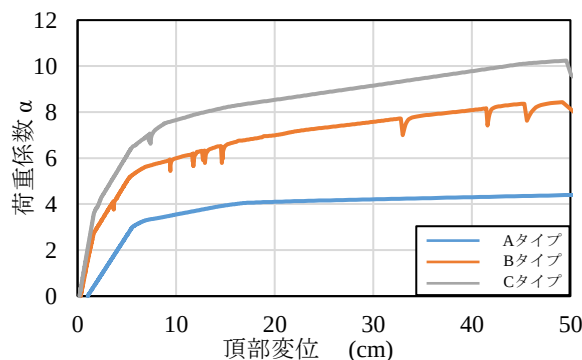


図-4 荷重係数～頂部変位関

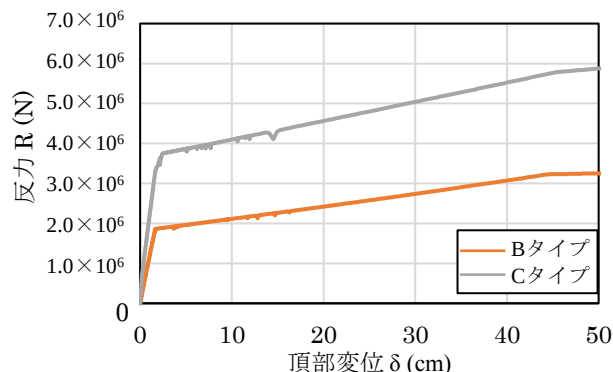


図-5 反力～頂部変位関係

重係数は 4α であり, B タイプでは 8α , C タイプでは 10α となっている. このことから, 上部に補強部材を取り付けることにより 2 倍に耐力が増加し, 上部および中間部に補強部材を取り付けると 2.5 倍となる. つまり補強部材を取り付けることで構造物の耐力が増加している.

図-5 に, B, C タイプの取り付けた補強部材に働く反力の総和と頂部の変位関係を表しており, 頂部変位 5% において, B タイプでは補強部材は全体が受ける荷重のうち 40 % を分担しており, C タイプで 60 % ほど分担することになる.

4. 結 言

本研究で得られた成果は以下のようになる.

- 1) 動的弾塑性解析を用い肩部補強した際の補強効果について, 実構造を模したモデルにおける補強効果を確認した.
- 2) 施工性の容易なコンクリート堰堤に単純支持の肩掛けとする方法において, 頂部のみの補強で 20 %, 中間部も合わせて補強すると 25 % の耐力の増加が得られる.

参考文献

- 1) 財団法人 砂防・地すべり技術センター 鋼製砂防構造物委員会編集: 平成 21 年版 鋼製砂防構造物設計便覧, エッセイエブロ, 2010
- 2) 石川信隆, 嶋丈示, 堀口俊行, 石川芳治: 大規模土石流 (レベル II 荷重) の検討の必要性和設定方法に関する一考察, 砂防学会研究発表会概要集, Vol.67, pp.57 ~ 58, 2018.5.