

中詰材のせん断抵抗力を考慮した実構造鋼製自在枠の弾性解析

防衛大学校 学生会員 ○金子智成 正会員 森 雅美 正会員 香月 智
日鐵住金建材(株) 田附 正文 射場 茂夫

1. はじめに

中詰材を詰めて作られる鋼製枠砂防ダムの現行の設計法においては、水平力に対する抵抗材料として鋼製骨組または中詰材のみのいずれかを選択した上で、その単一のせん断抵抗力を解析し、安全性を検討している。これは、過剰な安全性を与え不経済な設計を行っていると考えられる。本報告は、実構造の鋼製自在枠を取り上げ、中詰材のせん断抵抗力を考慮した解析結果と考慮しない解析結果を比較し、経済設計の可能性を検討したものである。

2. 解析対象

解析対象は、図-1 に示す断面形状の実構造の鋼製自在枠（堤体）で、後壁面（堤体の上流側）は2段の階段枠となっている。堤体の主要な寸法は、堤体高さ $H=6.0\text{m}$ 、天端幅 $b=1.5\text{m}$ 、下幅 $B=4.2\text{m}$ 、後壁面の下の階段枠の高さ $H_1=4.0\text{m}$ 、上の階段枠の高さ $H_2=2.0\text{m}$ 、背面土の境界高さ $H_b=3.0\text{m}$ であり、計20部材で構成されている。各部材の材質はSS400であり、その断面諸元を表-1に示す。表中、断面積 A と断面2次モーメント I は腐食代1.5mmを考慮した値である。

3. 設計荷重

堤体に作用する設計荷重は、中詰材せん断抵抗力を考慮しない場合とする場合とも、図-2 に示す現行設計法に基づく水压と土圧（中詰材と背面土）とする。中詰材せん断抵抗力を考慮する場合には、図-3 に示すよう増分礫中詰材圧を付加する。

(1) 現行設計法

a) 水压

水压は次式に基づき与えた。

$$P_e = \gamma_w \angle h \lambda \quad (1)$$

$$P_w = \gamma_w h \lambda \quad (2)$$

$$P = P_e + P_w \quad (3)$$

ここに、 P_e ：越流による静水压(kN/m)、 P_w ：静水压(kN/m)、 P ：水压(kN/m)、 γ_w ：水の単位体積重量(=9.80 kN/m³)、 $\angle h$ ：越流水深(=1.0m)、 h ：静水压の作用する深さ(m)、 λ ：載荷幅(=2.0m)である。

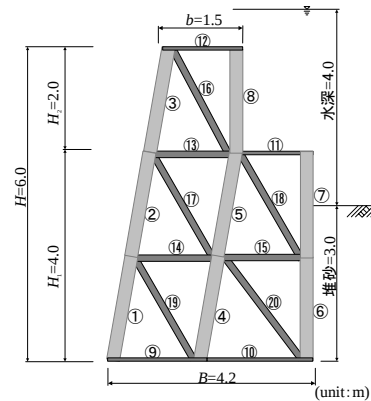


図-1 実構造の鋼製自在枠

表-1 断面諸元

No.	部材断面	A (mm ²)	I ×10 ⁴ (mm ⁴)
1~8	1-H250×125×6×9	22.46	2550.0
9~12	1-[125×65×6×8	9.85	254.0
13~15	2-[125×65×6×8	19.70	508.0
16~20	1-[125×65×6×8	9.85	254.0

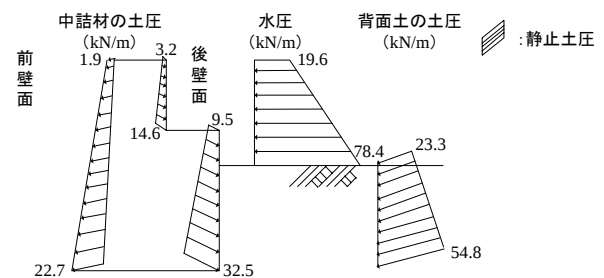


図-2 中詰材のせん断抵抗力を考慮しない場合の荷重分布

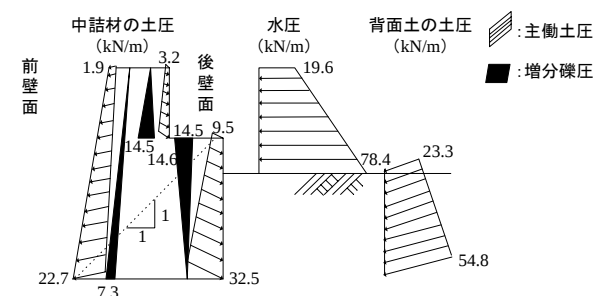


図-3 中詰材のせん断抵抗力を考慮する場合の荷重分布

b) 中詰材と背面土の土圧

治山技術基準解説¹⁾に基づき、中詰材と背面土の土圧は次式によって与えた。

キーワード 砂防ダム、鋼製自在枠、せん断抵抗力、増分礫中詰材圧

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 TEL : 046-841-3810(内 3518) FAX : 046-844-5913

$$P_a = K_a (\gamma h + q) \lambda \quad (4)$$

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cos(\alpha + \delta) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha - \beta)}} \right\}^2} \quad (5)$$

ここに、 P_a ：深さ h における Coulomb 土圧(kN/m)、 K_a ：主働土圧係数、 γ ：空中単位体積重量(kN/m³)、 h ：土圧の作用する深さ(m)、 q ：載荷重(kN/m²)、 α ：壁面と鉛直角のなす角(°)、 ϕ ：内部摩擦角(°)、 δ ：壁面と土との間の摩擦角(°)、 β ：地表面と水平面のなす角度(°)、 $\theta' (= \alpha + \delta)$ ：水平面と土圧のなす角(°)である。載荷重 q は中詰材（下流側）および中詰材（上流側、上の階段枠）、中詰材（上流側、下の階段枠）と背面土に対しそれぞれ $\gamma_w \Delta h$ 、 $\gamma_w (\Delta h + H_2)$ と $\gamma_w (\Delta h + H - H_b)$ となる。中詰材（下流側）、中詰材（上流側）と背面土に対する α 、 ϕ 、 δ 、 β と θ' の値を表-2 に示す。

(2) 増分礫中詰材圧

堤体のせん断変形に伴う初期の主働土圧分布からの増分の礫中詰材圧分布²⁾は、図-3 に示すように後壁面では前壁面下部から 45°に延びる線と後壁面が交わるまでの高さで基準値 σ_t を底辺とする逆三角形、これより上側の後壁面と前壁面ではそれぞれ基準値 σ_t と $\eta \sigma_t$ を底辺とする三角形となり、基準値 σ_t は次式によって求められる。

$$\sigma_t = 3\bar{M}\sigma_v \tan \phi / (1 - \eta/2) \quad (6)$$

ここに、 $\bar{M}$ は堤体のせん断変形 δ/H (δ ：堤体上部の水平変位量)に依存する次の実験式

$$\bar{M} = 4.44(\delta/H) + 0.169(\delta/H)^{0.2} \quad (7)$$

によって求められる無次元化せん断抵抗力であり、 σ_v ：底面に働く平均の垂直応力(= W/A_b) (kN/m²)、 W ：中詰材およびその上方に作用する荷重の総和(kN)、 A_b ：中詰材の底面積(m²)、 η ：前壁面の増分礫圧の後壁面の増分礫圧に対する低減値（ここでは 0.5 を用いる）である。

4. 中詰材の抵抗力を考慮した弾性解析

(1) 解析条件

解析は、平面骨組構造弾性解析を行う。中詰材のせん断抵抗力を考慮する場合は、式(6)、(7)に示すように変形 δ に応じて増分礫中詰材圧の基準値 σ_t が変化するため、繰返し収束計算が必要となる。すなわち、変形 δ の仮定値 δ_0 （初期値として中詰材のせん断抵抗力を考慮しない場合の解析で得られた計算値 δ を用いる）とそれに対応する基準値 σ_{t0} に基づく前・後壁面の増分礫圧分布に対する計算値 δ を比較し、その相対誤差が許容範囲内に収まるよう行った。

(2) 解析結果と考察

表-2 α 、 ϕ 、 δ 、 β と θ' の値

	中詰材 (下流側)	中詰材 (上流側)	背面土
$\alpha(^{\circ})$	-11.3	0.0	0.0
$\phi(^{\circ})$	45.0	45.0	30.0
$\delta(^{\circ})$	30.0	30.0	20.0
$\beta(^{\circ})$	0.0	0.0	0.0
$\theta(^{\circ})$	18.7	30.0	20.0

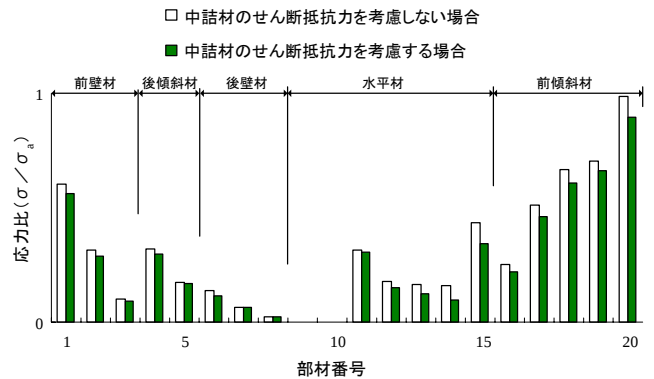


図-4 荷重系ごとの部材応力比の比較

図-4 に、中詰材のせん断抵抗力を考慮しない場合（白抜き棒）とする場合（黒塗り棒）の各部材の応力比 σ/σ_0 (σ ：応力、 σ_0 ：道路橋示方書³⁾で規定される許容応力度)を比較する。これより、応力比はいずれの解析においても後壁材（部材番号 6～8）では前壁材（部材番号 1～3）に比し、また後傾斜材（部材番号 4～5）では前傾斜材（部材番号 16～20）に比し小さく、これらの部材の負担は小さいことがわかる。また、中詰材のせん断抵抗力を考慮する場合の解析結果は、全部材に対して増分礫圧を考慮しない場合に比べ応力比が小さく、中詰材によって応力の分担がなされていることがわかる。このことは、中詰材のせん断抵抗力を考慮することにより、今回対象とした鋼製自在枠の断面を減少させる経済設計の可能性を示している。

5. おわりに

本報告は、中詰材のせん断抵抗力を考慮した実構造の鋼製自在枠の弾性解析を試みたものである。その結果、中詰材のせん断抵抗力を考慮することにより、今回対象とした鋼製自在枠の経済設計の可能性が示された。

参考文献

- 1) 林野庁監修：治山技術基準解説 総則・山地治山編，pp.264-267，1999.7.
- 2) 香月 智：鋼製枠砂防ダムの礫中詰材圧に関する研究，学位請求論文，pp.115-124，1991.3.
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書（I 共通編・II 鋼橋編）・同解説，2002.3.