

### 3 低強度建設材料を使用時の内部応力に関する一検討

砂防エンジニアリング株式会社 野村 一利 桜井 一也

○岡村 祐介 塚本 潔

#### 1. はじめに

近年、CSG工法をはじめとして、低強度の建設材料で砂防施設を構築する工法が開発されている。これらの工法では、構造物に発生する内部応力に対して目標強度を設定しているが、構造物の低強度化に伴う応力の変化や構造物の変形についての検討事例は少ない。

このような実状を考慮し、本報告は低強度建設材料を使用した砂防ダムを想定して有限要素解析を行い応力状態や変位量を算定し、低強度建設材料の砂防施設への適用性を検証したものである。

#### 2. 解析条件

解析条件を表-1に示す。今回の検討では、高さ15.0m未満の砂防ダムを対象とするため、便宜上ダム高は15.0mと設定し、設計外力は静水圧と土石流流体力とした。また、外力の大きさは対象土石流の規模が大きく、CSG工法により袖部を構築した水無川1号砂防ダムの値を参考にして設定した。なお、本解析では、内部応力について主眼をおくことより、堤体底を固定端とした解析モデルとするものとした。

表-1 解析条件

項目	諸元	項目	諸元	
ダム高H(m)	15.0	コンクリートの物性値	単位体積重量 $W$ ( $\text{kN/m}^3$ )	22.5
天端幅B(m)	3.0		弾性係数 $E_c$ ( $\text{kN/mm}^2$ )	22.0
下流勾配	1:0.2		ポアソン比	0.2
越流水深 $h_3$ (m)	2.5*	低強度材料の物性値	設計基準強度 $\sigma_{ck}$ ( $\text{N/mm}^2$ )	18.0
土石流の波高 $h_d$ (m)	2.2*		単位体積重量 $W$ ( $\text{kN/m}^3$ )	22.5
土石流の流体力 $F$ ( $\text{kN/m}$ )	68.5*		弾性係数 $E_c$ ( $\text{kN/mm}^2$ )	4.3
土石流の単位体積重量 $\rho_d$ ( $\text{kN/m}^3$ )	15.9*		ポアソン比	0.3
水の単位体積重量 $W_0$ ( $\text{kN/m}^3$ )	11.7		設計基準強度 $\sigma_{ck}$ ( $\text{N/mm}^2$ )	3.0

\* 水無川1号砂防ダムの諸元を基に設定

#### 3. 重力式コンクリート砂防ダムの内部応力および最大変位量

表-1の条件をもとに安定解析を行い決定した重力式コンクリート砂防ダムの断面を図-1に示す。なお、図-1は洪水時の条件により決定された断面である。

図-1の断面における有限要素解析結果を表-2に示す。堤体内の最大圧縮応力は下流端底部に発生しその大きさは $0.73\text{N/mm}^2$ であった。また、最大変位量は上流側水通し天端に発生しその大きさは約 $0.3\text{mm}$ であった。

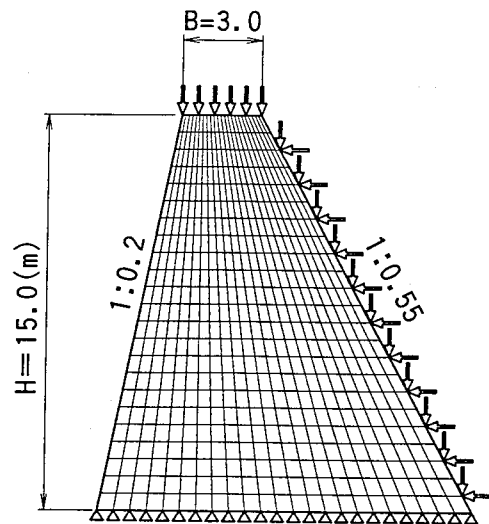


図-1 砂防ダムの断面

表-2 解析結果

項目	解析結果
最大内部圧縮応力 $\sigma_{max}$	$0.73$ ( $\text{N/mm}^2$ )
最大変位量	$0.27$ (mm)

#### 4. 低強度砂防ダムの内部応力および最大変位量

図-1に示した重力式コンクリート砂防ダムと同じ断面における低強度砂防ダムの有限要素解析結果を表-3にまとめる。堤体内の最大圧縮応力は $0.90\text{N/mm}^2$ (下流端底部に発生)を、最大変位量は $1.3\text{mm}$ (上流側水通し天端に発生)を示した。これらの値は、重力式コンクリート砂防ダムの最大圧縮応力及び最大変位量に対し1.2倍、4.8倍を示すが、絶対値として小さい値と判断できる。従って、低強度

建設材料を砂防ダムに適用することは、内部応力や変位量の観点から大きな支障はないものと判断できる。

### 5. 内部応力の低減に関する検討

低強度建設材料の目標強度は内部応力に対する抵抗性より設定するため、砂防施設の形状を内部応力が小さくするように設定することが望まれる。そこで、図-1 に示した解析断面においてのり面勾配を緩くしたケースの有限要素解析を実施し、内部応力や変位量の低減状況について検証した。その結果を図-2 及び図-3 に示す。なお、有限要素解析は、下流側のり面のみを緩くしたケース(CASE1)と上・下流側のり面の両方を緩くしたケース(CASE2)の2ケースについて実施した。

最大圧縮応力は、のり面勾配が緩くなるにつれ小さくなる傾向があり、1:0.4 程度まで比較的大きな値を示すものの1:0.6 以上で概ね一定値(約 0.4N/mm<sup>2</sup>)を示す。最大変位量についても同様な傾向があり、のり面勾配1:0.8 以上で0.6mm 以下となる。

ここで、目標強度  $\sigma_{28} \geq \text{最大圧縮応力} \times \text{安全率}$  と考え安全率  $n=4$  とすると、一般的な砂防ダム(下流のり勾配 1:0.2)では、目標強度は  $\sigma_{28}=3.6\text{N/mm}^2$  以上を設定する必要がある。しかし、のり勾配を1:0.6 とすることで  $\sigma_{28}=1.5\text{N/mm}^2$  程度まで低減することが可能となる。このことは、細粒分等を多く含み強度発現効果の低い現地発生材であっても、構造物の断面形状を適切に設定することで適用を可能とすることにつながるものである。

### 6. おわりに

内部応力のみを対象とする砂防施設または部位においては、低強度建設材料の適用は十分可能であることが有限要素解析により検証できた。また、のり勾配緩和することで最大内部応力を低減することができることも検証できた。

土石流の衝突が予想される部位や激しい気象作用や摩耗作用にさらされる部位への低強度建設材料の適用は現状では困難であると考えられ、外部はコンクリート、鋼材、練石積等で保護する必要がある。今後、このような複合構造となる場合の低強度建設材料の適用性について有限要素解析等により検証を行う必要がある。

表-3 低強度砂防ダムの解析結果

項目	解析結果
最大内部圧縮応力 $\sigma_{\max}$	0.90 (N/mm <sup>2</sup> )
最大変位量	1.35 (mm)

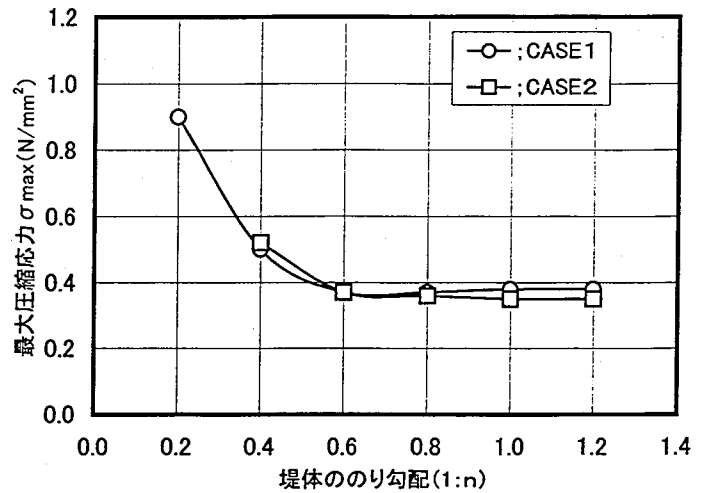


図-2 堤体ののり勾配と最大内部圧縮応力の関係

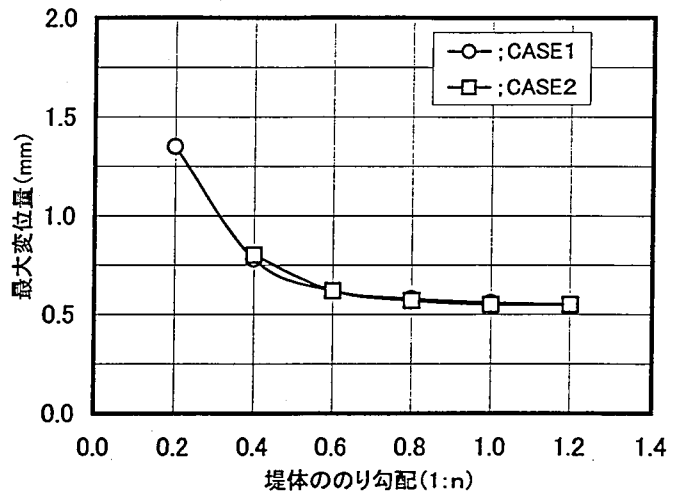


図-3 堤体ののり勾配と最大変位量の関係