

住友金属工業(株) ○寺澤岳真 喜田 浩 飯田 毅 高瀬幸紀  
 防衛大学校 石川信隆  
 建設省土木研究所 水山高久

1. まえがき

鋼製セル式砂防ダムは、鋼板または鋼板とコンクリートとの合成版を相互に接合して形成した円筒セル殻の内部に、施工時に現地で掘削される土砂や河床材などを中詰めした構造物である。本構造物に関しては既に重力式ダムとしての安定性検討法は確立されており<sup>1)・2)</sup>、巨礫衝突時のセル殻破断の有無に関しても、鋼板は破断しないことおよびコンクリートの被覆により衝撃力が緩和されることなどが確認されている<sup>3)・4)</sup>。ここでは、巨礫衝突に対するセル殻設計という見地から、実大部分模型を用いた衝撃载荷実験結果<sup>3)・4)</sup>に基づき中詰め材とセル殻鋼板の衝撃吸収エネルギーについて検討したのでその概要を報告する。

2. 鋼板と中詰め材の衝撃吸収エネルギー区分

文献<sup>3),4)</sup>で得られている表1および図1の実験結果を用いて、鋼板と中詰め材それぞれの衝撃エネルギー吸収量を以下のように算定した。

一般に重錘の有するエネルギー $E_w$ (衝突エネルギーとする)は、鋼板の塑性変形による吸収エネルギー $E_{sv}$ と、中詰め材の変形による吸収エネルギー $E_f$ 、その他の逸散エネルギー $E_D$ に費やされる。

$$E_w = E_{sv} + E_f + E_D \dots\dots\dots(1)$$

鋼板の塑性変形による吸収エネルギーを求めるため、図1に示す鋼板の塑性変形を次のように平面的に取扱う。図2のように载荷点を中心 $O$ とし、中心から半径 $r$ での微小鋼片( $dr \times rd\theta \times t$ )が塑性変形を生じ、 $\{(dr + \delta_r) \times (rd\theta + \delta_\theta) \times t\}$ となるものとする。このときの微小鋼片の吸収エネルギー $e_{sv}$ は、 $r$ 方向および $\theta$ 方向への荷重 $P_r$ 、 $P_\theta$ を用い、式(2)のように表わし得る。

$$e_{sv} = P_r \cdot \delta_r + P_\theta \cdot \delta_\theta \\
= (\epsilon_r + \epsilon_\theta + \epsilon_r \cdot \epsilon_\theta) \sigma_v \cdot t \cdot rd\theta \cdot dr \dots\dots\dots(2)$$

$t$ : 鋼板の板厚       $\sigma_v$ : 鋼板の降伏応力  
 $\epsilon_r$ :  $r$ 方向のひずみ       $\epsilon_\theta$ :  $\theta$ 方向のひずみ

次に式(2)を変形区間で積分し、変形前と変形後の鋼板の面積 $A_0 = \pi a^2$ および $A_1$ を用いると、変形した鋼板全体の吸収エネルギー $E_{sv}$ は、次式のように表わせる。

$$E_{sv} = \int_0^{2\pi} \int_0^a e_{sv} = \sigma_v \cdot t \cdot A_0 (\epsilon_r + \epsilon_\theta + \epsilon_r \cdot \epsilon_\theta) \\
= \sigma_v \cdot t \cdot A_0 (A_1 / A_0 - 1) \dots\dots\dots(3)$$

$a$ : 鋼板の塑性変形領域半径(ここでは50cmと仮定)

表1. 重錘の衝突速度、最大荷重と最大変位

落下回数 N(回)	衝突速度 V(m/sec)	最大荷重 P <sub>max</sub> (tf)	最大変位 δ <sub>max</sub> (mm)
1	10.4	1034	62
2	10.2	1032	86
3	10.3	973	106

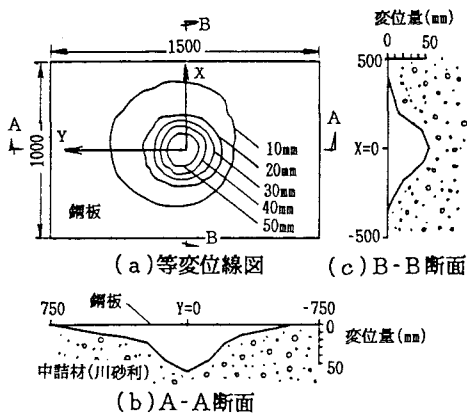


図1. 鋼板の変形状況

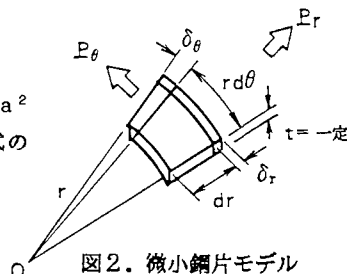


図2. 微小鋼片モデル

一方、中詰材の塑性変形による吸収エネルギー $E_F$ は、中詰材の平均変位 $\bar{\delta}$ （変形前の面積 $A_0$ と変形後の体積 $V_1$ で表わし得る）を用い、次のように表わされるものとする。

$$E_F = \frac{1}{2} P_{max} \cdot \bar{\delta} = \frac{1}{2} P_{max} \frac{V_1}{A_0} \dots\dots\dots (4)$$

文献3),4)の実験結果に基づき、鋼板の変形状態を図3のように載頭円錐部と載荷盤の球面に沿って変形している割球部との重ね合わせによってモデル化すると、変形後の鋼板面積 $A_1$ および体積 $V_1$ は以下のようになる。

$$A_1 = \pi (a + a') \sqrt{\delta_o^2 + (a + a')^2} + \pi \{ a'^2 + (\delta_{max} - \delta_o)^2 \}$$

$$V_1 = \pi (\delta_{max} - \delta_o) \{ 3a'^2 + (\delta_{max} - \delta_o)^2 \} / 6 + \pi \delta_o (a^2 + a a' + a'^2) / 3 \dots\dots (5)$$

- R : 載荷盤半径 (=37.5cm)
- a' : 載荷盤に沿う変形部の平面写影半径  
(実測値の平均)
- $\delta_{max}$  : 衝撃による最大変位 (表1実測値)
- $\delta_o$  : 割球底面の変位  
 $\delta_o = \delta_{max} - R + \sqrt{R^2 - a'^2}$

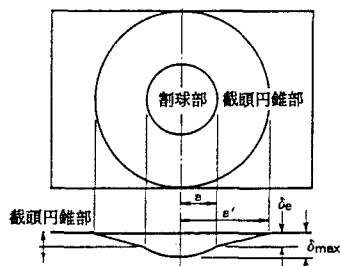


図3. 鋼板変形モデル

以上より求めた鋼板の塑性変形による吸収エネルギーと中詰材の吸収エネルギーを表2および図4に示す。これらから鋼板の吸収エネルギーは衝突エネルギーの15%前後を示し、水山らの結果<sup>5)</sup>同様、落下回数Nによらずほぼ一定値を示す。

表2. 吸収エネルギー

N(回)	衝突エネルギー	鋼板の吸収エネルギー	中詰材の吸収エネルギー	鋼板と中詰材の吸収エネルギー
	$E_w$	$E_{sy}$	$E_f$	$E_{sy} + E_f$
1	9.27	1.23(13.3)	9.00(97.1)	10.23(110.4)
2	8.92	1.27(14.2)	4.44(49.8)	5.71(64.0)
3	9.09	1.54(16.9)	4.18(46.0)	4.95(54.5)
摘要	単位: tf·m, ( )内は $E_w$ に対する割合(%)			

3. あとがき

鋼製セル式砂防ダムの実大部分模型への衝撃載荷実験結果を用いて、中詰材とセル殻の衝撃吸収エネルギーについて検討したところ重錘の衝突エネルギーの大部分は中詰材によって吸収され、鋼板への負担度は落下回数に拘らず15%前後であることが判明した。

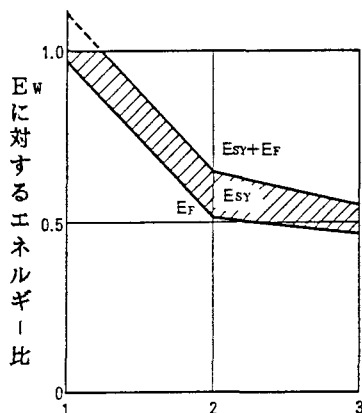


図4. 吸収エネルギー

参考文献

- 1) (社)日本港湾協会:港湾の施設の技術上の基準・同解説(改訂版),平成元年2月
- 2) (財)沿岸開発技術研究センター:根入れ式鋼板セル設計指針,昭和60年10月
- 3) 喜田,飯田,高瀬,寺澤,石川,水山:セル型鋼製砂防ダムの実大部分模型に対する衝撃載荷実験,昭和63年度砂防学会研究発表会,昭和63年5月
- 4) 寺澤,喜田,飯田,高瀬,石川,水山:セル型鋼製砂防ダムの実大部分模型に対する衝撃載荷実験(その1),土木学会第43回年次学術講演会第I部門,昭和63年10月
- 5) 水山,岡田,松村:鋼矢板セグメントに対する衝撃載荷実験,新砂防,Vol.41, No.1(156),昭和63年6月