

## 枠構造の巨礫衝突緩衝材の解析

日鐵建材工業(株) ○岩釣敬一、大隅 久  
日鐵プラント設計(株) 是枝源一

### 1. はじめに

鋼製枠構造(以下、枠構造)は、1977年(昭和52年)の有珠山噴火災害の復旧に本格的に堰堤に大量に採用されてからすでに約25年になる。これまで、主に、砂防の堰堤工、土留工、治山の床固工、土留工、護岸工等に採用されてきている。現場打ちコンクリートと比べ、工期が早いこと、冬季間でも施工可能なこと、地盤の追従性がよいこと、中詰材が礫のため、透水性がよい等が特長となっている。また、鋼材の「さび色」と中詰礫が周囲の環境にマッチしているなどの評価も得てきている。

問題点としては、土石流のような巨礫の衝突荷重に部材が十分な耐力を有してないので、座屈変形は一定許容されるとしても、最悪の場合は中詰材が流出する恐れを指摘されていることである。

また、土石流流体力が枠構造に偏心して作用する(面外荷重)場合の設計手法が未解明であることも指摘されている。

対巨礫対策工としては、従来、①上流側を水通天端あるいは袖天端まで盛土する、②布団籠等を設置する、が採られている。しかし、盛土では流出の可能性があることや袖小口付近には設置しにくいこと、盛土量ぶんは貯砂量が減るとの問題がある。

ここでは、丸パイプと同様に比較的衝撃吸収能がよく、かつ枠構造に取付けし易い「鋼製角パイプ緩衝材」の効果を把握することを目的に、FEM解析を試みたので、その結果を報告する。

### 2. 解析条件

#### 2.1 使用ソフト: LS-DYNA

#### 2.2 モデル図

表-1に示すケースの内容について解析・検討する。解析モデルは、図-2参照。

なお、解析では、巨礫は剛体とし、枠構造本体は衝撃荷重に対して動かない(固定)ものと設定する。「鋼製角パイプ緩衝材」の大変形は許容するが、それを支持する台(縦梁)の変形は極力抑えるため補強リブをつける。

#### 2.3 境界条件

巨礫: 直径 1.0m、衝突速度: 6m/s、10m/s

支持台の高さ(=角パイプの許容変形量; Y方向): 今回の解析では約 160mmと仮定

表-1 解析ケース

ケース名	枠スパン数@2m	衝突速度	巨礫の衝突位置	解析上の角パイプのサイズ	角パイプの材質	縦柱の補強リブ	角パイプの組合せ
1	1	10m/s	ユニットの中心	□100×100×4.5	STKR400	なし	単独
2	2	10m/s	片側ユニットの中心	□125×125×4.5	STKR490	なし	単独
3	2	10m/s	左右ユニットの中心	□125×125×4.5	STKR490	あり	単独
4	2	10m/s	片側ユニットの中心	□125×125×6.0	STKR490	あり	単独
5	2	10m/s	片側ユニットの中心	□125×125×6.0	STKR490	あり	2本組
6	2	6m/s	片側ユニットの中心	□122×122×4.5	STKR490	あり	2本組
7	2	6m/s	片側ユニットの中心	□97×97×4.5	STKR490	あり	2本組

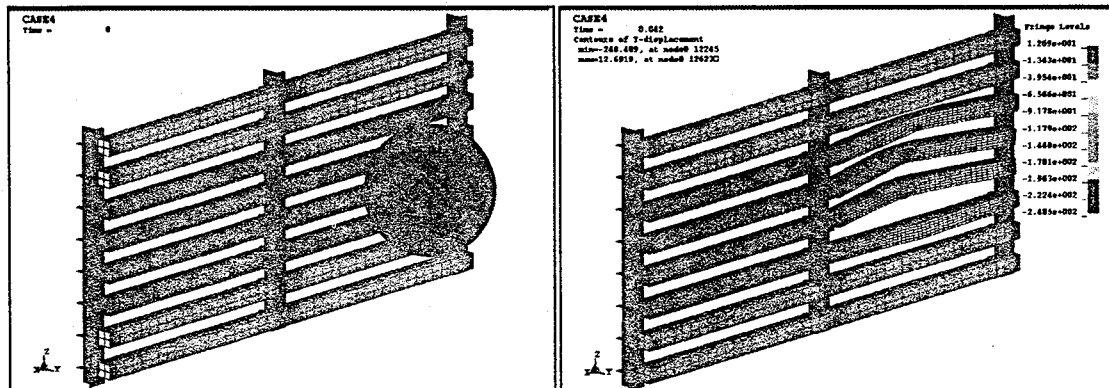


図-2 解析モデル

### 3. 解析結果および考察

以下の各項目の最大値についてまとめたものを、表-2に示す。

#### 3.1 相当塑性歪み

支持台は、なるべく交換することがないよう、特に、ウェブが塑性化しないことが理想的である。支持台に直撃位置になるケース3を除いて、2~3%に留まっている。

#### 3.2 角パイプの変形量

解析結果から、2本組の場合は、角パイプの変形を枠構造本体との隙間である約150~200mm程度にすれば枠に衝突しないことがわかった。1本単独の場合は、250~400mm程度必要となる。

#### 3.3 碟の跳ね返り速度

碟の跳ね返り速度が小さい程、緩衝材が碟の衝突エネルギーを吸収したことになると考えられる。しかし、解析結果では、モデル形状や衝突部位の違いがあることもあり、明瞭な違いはでない。

#### 3.4 支持反力

角パイプの変形量が大きくなっている分、衝撃をより吸収しており、本体に対する支持反力は小さくなっていることがわかる(ケース1と2、ケース6と7)。ケース6では、反力合計が約300kNであり、質量1.36tの碟から約23Gの衝撃を受けたことがわかる。

#### 3.5 ボルトの軸方向応力

高力ボルトF8Tを使用すれば、降伏応力は640Mpaなので塑性化しない結果である。

表-2 解析結果

ケース名	相当塑性歪み(%)			角パイプの変形量(mm)	跳ね返り速度(mm/s)	支持反力合計(kN)	ボルトの軸方向応力(Mpa)	解析上の角パイプのサイズ	角パイプの組合せ
	角パイプ	支持台(H形鋼)フランジ	支持台(H形鋼)ウェブ						
1	14.6	16.2	3.0	391	1.8	368	245	□100×100×4.5	単独
2	22.9	8.9	1.7	252	2.1	553	285	□125×125×4.5	単独
3	123.6	6.4	6.0	3	1.2	1439	213	□125×125×4.5	単独
4	22.6	10.9	0.7	222	2.0	711	332	□125×125×6.0	単独
5	22.3	7.3	2.3	183	2.1	548	321	□125×125×6.0	2本組
6	16.4	5.7	2.1	121	1.6	307	255	□122×122×4.5	2本組
7	11.5	7.1	0.6	161	1.6	213	244	□97×97×4.5	2本組

### 4. おわりに

本検討結果から、腐食しろを片側1.5mm考慮すれば、次のタイプが枠構造本体にほとんど影響を与えない「鋼製角パイプ緩衝材」といえることが判明した。衝突速度10m/sでは、□125×125×9.0(2本組)、衝突速度6m/sでは、□100×100×6.0(2本組)。今後は、面外荷重の影響や流体力(面外も含む)も考慮し、適切な「緩衝材」を提案していきたい。