

【公開版】

| | |
|----------|-----------------|
| 日本原燃株式会社 | |
| 資料番号 | 閉込 01 R 0 |
| 提出年月日 | 令和 5 年 3 月 31 日 |

設工認に係る補足説明資料

容器落下時のグローブボックスパネル健全性について

目 次

| | |
|------------------------|----|
| 1. 概要 | 1 |
| 2. パネルの耐衝撃性 | 1 |
| 2.1 落下試験 | 1 |
| 2.2 衝撃試験 | 4 |
| 2.3 グローブボックスパネルの耐衝撃性 | 7 |
| 3. 容器落下時の反発係数 | 7 |
| 3.1 2つの物体同士が衝突する際の反発係数 | 7 |
| 3.2 衝突速度と反発係数の関係性 | 9 |
| 4. 評価の保守性 | 11 |
| 4.1 反発係数 | 11 |

1. 概要

本資料は、MOX 燃料加工施設の第2回設工認申請のうち、以下の添付書類に示す容器落下時のグローブボックスパネルへの影響評価に関し、引用文献内容の詳細や係数等の妥当性についての補足説明を行うものである。

- ・「V-1-1-2-1 安全機能を有する施設の閉じ込めの機能に関する説明書」

2. パネルの耐衝撃性

グローブボックスへ実際に取り付ける厚さ 10 mm のグローブボックスパネルにおける耐衝撃性については、物体を落下させ、ポリカーボネートパネルへ直接衝突させて耐衝撃性を確認する落下試験及びポリカーボネートパネルの衝撃値を確認する衝撃試験に係る文献を参照し、それらの試験結果を基に評価している。

2.1 落下試験

高さ 36m の位置から 15.2 kg のレンガを落下させ、厚さ 3mm のポリカーボネートパネルへ直接衝突させても、割れが観察されなかったとの試験結果がある。この時の試験状態を第 2.1-1 図に示す。また、試験結果を第 2.1-1 表に示す。

この落下試験におけるポリカーボネートパネルへの衝撃力は、物体の落下高さと物体の質量から、以下のとおり求めることができる。

$$E(J) = mgh$$

m : 物体の質量 (kg)

g : 重力加速度 (m/s^2)

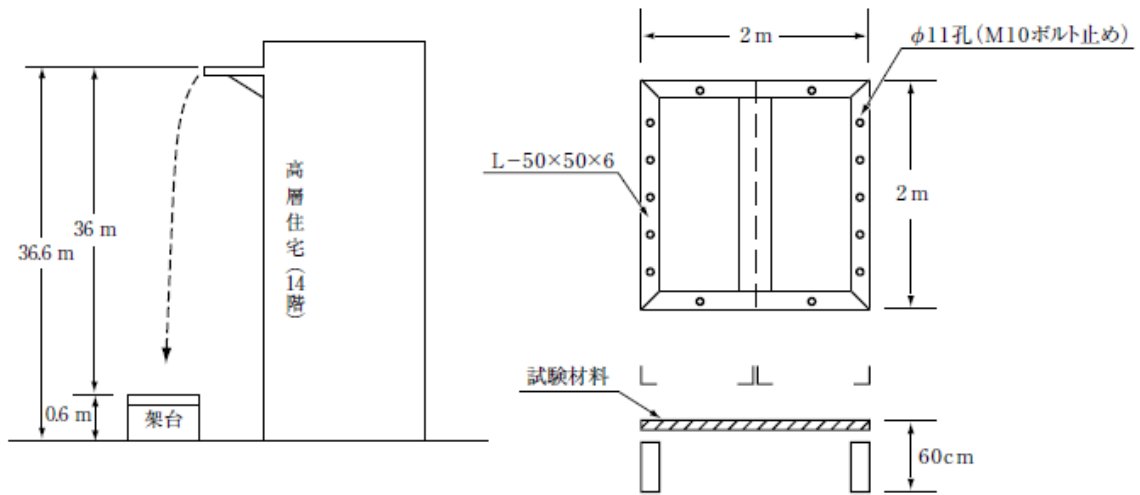
h : 落下距離 (m)

このため、 $E = 15.2 \times 9.8 \times 36 = 5363J$ となる。

これより、厚さ 3mm のポリカーボネートパネルは 5363J の衝撃力に耐えられる耐衝撃性を有していることが分かる。

試験 a-1…高さ36mからの落下

[試験方法]



14階ベランダより、種々の物を自由落下させ、地上に設けた架台上の試験材料に衝突させた。

第 2.1-1 図 落下試験状態

出典：ポリカーボネートプレート-総合技術資料- 2019年6月改訂版 タキロンシーアイ株式会社

第 2.1-1 表 落下試験結果

[試験結果]

| 落下物 | 材 料 板 厚 | ポリカーボネート プレート | アクリル | 塩 ビ | A B S | F R P | ネット (TW) |
|-------------------|------------|------------------|------|------|-------------|-------|------------------------|
| | | 3 mm | 5 mm | 5 mm | 3 mm | 5 mm | #14 25 mm 目 |
| ビール瓶 | 0.63kg | 固 ○ | 半 × | 半 ○ | 半 ○ | 半 × | 固 ^{へこみ} 10 cm |
| 植木鉢 | 3.0 kg | 固 ○ | 半 × | 半 × | 半固 × 固 ○ | 半 ○ | 固 15 cm |
| レンガ1個 | 1.9 kg | 半 ○ | - | 半 × | 固 ○ | 固 ○ | 固 20 cm |
| ◇ 4個 | 7.6 kg | 半 ○ | - | - | - | 固 ○ | - |
| ◇ 8個 | 15.2kg | 半 ○ | - | - | - | 固 × | - |
| 重 錘 (半径5cm) | 0.5 kg | - | - | - | - | - | 固 10 cm |
| ◇ (φ 6.2cm) | 1.0 kg | - | - | - | 固 ○ | - | - |
| ◇ (φ 7.9cm) | 2.0 kg | 半 ○ | - | - | 固 ○ | 固 × | 固 30 cm |

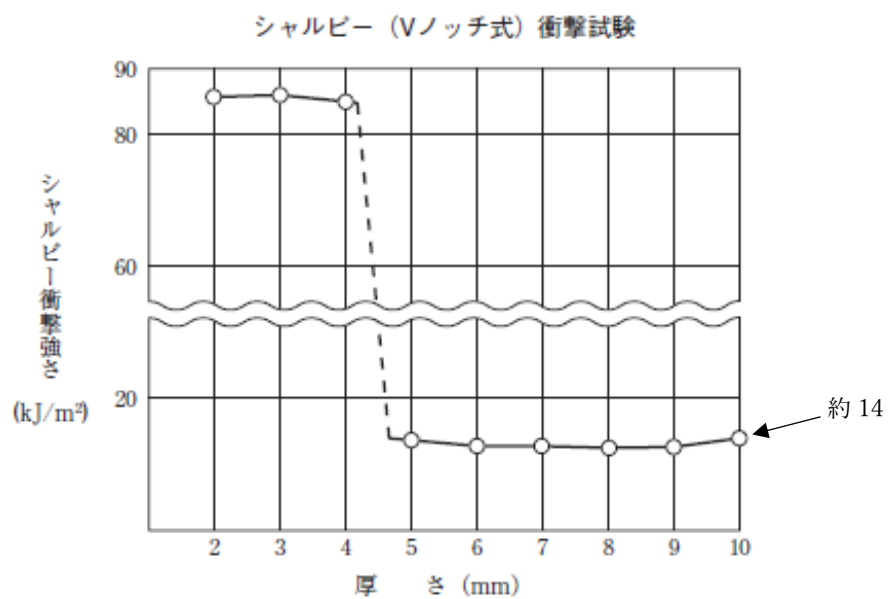
半 …………… 万力で押える ○ …………… 割れず
 固 …………… ボルト固定 × …………… 割れ

出典：ポリカーボネートプレート-総合技術資料- 2019年6月改訂版 タキロンシーアイ株式会社

2.2 衝撃試験

「JIS K 7111 プラスチック - シャルピー衝撃特性の求め方」の試験方法に基づき、ポリカーボネートパネルの衝撃値を求める衝撃試験が実施されており、この時の試験結果を第 2.2-1 図に示す。また、この時の試験におけるポリカーボネートパネルの物性特性値を第 2.2-1 表に示す。

第 2.2-1 図及び第 2.2-1 表からポリカーボネートパネルの破壊には、破壊までに大きな塑性変形を伴い、破壊部付近で著しい伸びやねじれ等の変形が生じる延性破壊と破壊までに塑性変形をほとんど伴わない脆性破壊があり、その転移厚さが 4~5mm の範囲に存在することが分かる。また、転移厚さである 4~5mm を超えるとポリカーボネートパネルの衝撃強さは 17%程度まで低下している。



第 2.2-1 図 衝撃試験結果

出典：ポリカーボネートプレート-総合技術資料- 2019年6月改訂版 タキロンシーアイ株式会社

第 2.2-1 表 ポリカーボネートパネルの物性特性値

| | 評 価 項 目 | 試 験 法 | 単 位 | 特 性 値 | JIS K 6735 規 格 値 |
|-----------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------------|----------------------|
| 機 械 的 性 質 | 比 重 | JIS K 7112 | - | 1.2 | - |
| | 引 張 降 伏 応 力 | JIS K 7161-2 | MPa | 63 | 55以上 |
| | 引 張 破 壊 時 呼 び ひ ず み | JIS K 7161-2 | % | 90 | 60以上 |
| | 引 張 弾 性 率 | JIS K 7161-2 | MPa | 2250 | 2200以上 |
| | 圧 縮 降 伏 応 力 | ASTM D 695 JIS K 7181 | MPa | 78 | - |
| | 剪 断 破 壊 応 力 | JIS K 7214 | MPa | 65 (厚さ3mm) | - |
| | 曲 げ 応 力 | JIS K 7171 | MPa | 91 | - |
| | 曲 げ 弾 性 率 | JIS K 7171 | MPa | 2300 | - |
| | 引 張 衝 撃 強 さ | JIS K 7160 | kJ/m ² | 220 (厚さ3mm) | 150以上 (厚さ<4mm) |
| | シャルピー 衝撃値 | JIS K 7111 | kJ/m ² | 84 (厚さ3mm) 13 (厚さ5mm) | - 6以上 (厚さ≥4mm) |
| ロ ッ ク ウ ェ ル 硬 度 | JIS K 7202 | - | M-67 R-125 | - | |

出典：ポリカーボネートプレート-総合技術資料- 2019年6月改訂版 タキロンシーアイ株式会社

2.3 グローブボックスパネルの耐衝撃性

実際のグローブボックスパネルは10mmの厚みであるため、2.1及び2.2の試験結果を踏まえると、グローブボックスパネルは5356Jの17%相当である911Jの衝撃力に耐えられる耐衝撃性を有していると評価することができる。

3. 容器落下時の反発係数

粉末容器落下時の衝突速度における反発係数0.55については、2つの球体同士の衝突に係る文献を参照し設定した。

3.1 2つの物体同士が衝突する際の反発係数

2つの物体同士の衝突における反発係数を第3.1-1表に示す。このうち、2つの鋼球の衝突における反発係数は、衝突速度2.8m/sにおいて0.55となっている。

第 3.1-1 表 物体の反発係数について

2・2表 反発係数

| 材 | 質 | 形状 | 衝突速度 (m/s) | e |
|-----|-------|----|---------------|------|
| 銅 | × 銅 | 球 | 2.8 | 0.55 |
| 木 | × 木 | 球 | 2.8 | 0.50 |
| コルク | × コルク | 球 | 2.8 | 0.55 |
| ガラス | × ガラス | 球 | 2.8 | 0.95 |
| ゾウゲ | × ゾウゲ | 球 | 2.8 | 0.95 |
| 鑄鉄 | × 鑄鉄 | — | — | 0.65 |
| 黄銅 | × 黄銅 | — | — | 0.35 |
| 鉛 | × 鉛 | — | — | 0.20 |

出典：新機械工学便覧(改訂版)

3.2 衝突速度と反発係数の関係性

衝突速度と反発係数の関係性を第 3.2-1 図に示す。第 3.2-1 図のとおり，衝突速度が大きくなると反発係数は小さくなる傾向が見られる。

粉末一時保管搬送装置の容器最大取扱高さ 1.34m から粉末容器の落下を想定した場合，床面に対する衝突速度は 5.13m/s となり，この時の反発係数は衝突速度 2.8m/s における 0.55 よりも小さくなる。

反発係数が大きくなると，物体に衝突した後の跳ね返り速度が大きくなることから，グローブボックスパネルへの間接衝突時の衝撃力の評価においては，保守側の評価となるよう，実際の反発係数よりも大きい 0.55 を採用した。

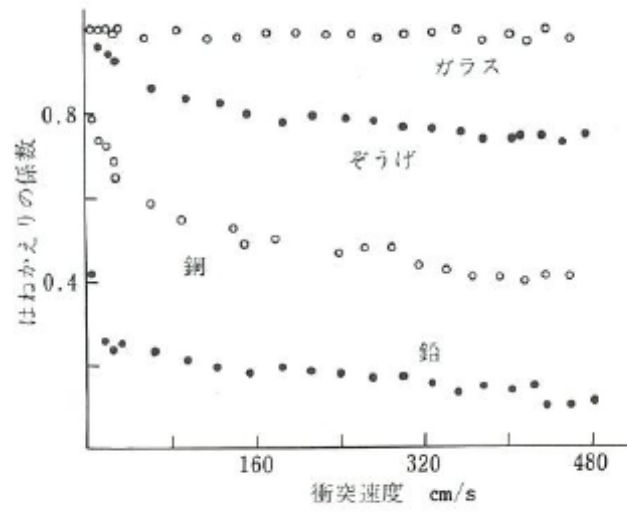


図 89 同質同大の 2 球の衝突における はねかえりの係数⁽¹⁰⁾
 第 3.2-1 図 衝突速度及び反発係数の関係性について

出典：機械工学便覧 A. 基礎編 B. 応用編 新版

4. 評価の保守性

「V-1-1-2-1 安全機能を有する施設の閉じ込めの機能に関する説明書」に示す容器の落下又は転倒時におけるグローブボックスパネルに対する影響評価の保守性について、以下に示す。

4.1 反発係数

反発係数の参考とした文献は、2つの球体同士の衝突に基づくものであり、粉末容器と実際に衝突するグローブボックス床面や内装機器の関係では、球体同士の衝突よりも衝突面積が増えるため、反発係数は小さくなると考えられる。

また、実際にはグローブボックス床面や内装機器は固定されていることから、衝突による変形やエネルギーの吸収が生じるため、反発係数は小さくなると考えられる。

以上のことから、「V-1-1-2-1 安全機能を有する施設の閉じ込めの機能に関する説明書」に示す容器の落下又は転倒時におけるグローブボックスパネルに対する影響評価は保守側の評価となっている。