

危険物施設の屋根に設置する太陽電池モジュールの荷重が 放爆に及ぼす影響について

1 目的

危険物施設の屋根に設置する太陽電池モジュールの荷重により、早期に爆風圧を外に逃すことができなくなる場合、爆発エネルギーが増大して被害がより甚大なものとなる可能性がある。設置に当たっては、当該設備の設置により、危険物施設の屋根の放爆に影響を及ぼさないよう配慮されるべきである。

そこで、危険物施設の屋根に太陽電池モジュールを設置した場合の、屋根の放爆性能への影響について数値シミュレーションで検証する。

2 シミュレーションの概要

シミュレーションの解析モデルは三次元モデルとし、圧縮性流体解析により、爆発エネルギーが放散される際の危険物施設内の状況を数値解析する。

屋根に太陽電池モジュールを設置している場合と、設置していない場合の解析結果を比較し、屋根に太陽電池モジュールを設置することによる放爆性能への支障がどの程度あるのかを確認する。

(1) 危険物施設の仕様

ア 危険物施設の寸法

小規模施設と中規模施設をイメージして2パターンで検証を行う。

小規模施設は、消防庁が実施したアンケート調査結果から、比較的小規模な施設の寸法を用いた。中規模施設は、危険物倉庫として一般的に用いられている寸法を用いた。

危険物施設の寸法

	容積 [m ³]	床面積 [m ²]	たて [m]	よこ [m]	高さ [m]
①小規模施設	300	100	10	10	3
②中規模施設	6000	1000	25	40	6

イ 屋根の強度

危険物施設の屋根として多く用いられる折板屋根を想定し、最も破断しやすい折板と固定金具の強度を対象として次の2種類の強度で検証することとした。

屋根の強度

一般的に屋内貯蔵所を建築する際に用いられる折板屋根の数値を設定

- ① 4491N/m² (限界耐力)

耐力試験により固定金具のかしめ部が開いた際の最大荷重から求めた耐力値。

- ② 2246N/m² (設計耐力)

耐力試験の結果から安全側(耐力を低く見積もる側)に余裕を持たせて設定した設計上の耐力値。

(2) 太陽電池モジュールの重さ

太陽電池モジュールの重さは1枚で15~17kg程度であり、大きさは1m²を軽く超えるくらいのサイズが主流である。市場に出ているものから、太陽電池モジュールの1m²当たりの重さを次の通り想定した。

太陽電池モジュールの重さ

パネル 16kg/m² + 固定金具 0.9kg/個 × 6 = 5.4kg = 21kg/m² ⇒ 210N/m²

屋根の強度との比較

- ① 4491N/m² (限界耐力) の約5%
② 2246N/m² (設計耐力) の約10%

なお、架台の重さについては、梁の上に設置されるものであることから屋根の放爆には影響はないものとした。

(3) 爆発エネルギー

放爆口の効果が期待できる燃焼爆発を対象とする。

爆発エネルギーは大小で次の2種類を想定する。なお、危険物施設で取り扱っている危険物のうち第4類の危険物が圧倒的に多いことから、可燃性蒸気の発生量が多いガソリンの流出事故を想定する。

爆発エネルギーの大きさ

- ① 44MJ (ガソリン 1kg 相当)

ドラム缶等の容器で危険物を貯蔵・取扱いする施設における漏洩・爆発を想定

- ② 440MJ (ガソリン 10kg 相当)

①の少量漏洩と比較するため、危険物を大量に取り扱う製造所等における漏洩・爆発を想定

(4) 着火位置

燃焼爆発では、燃焼時間が継続されるにつれて爆発速度が大きくなり、爆発エネルギーが大きくなる。このことから、着火位置は次の2とおりを想定する。

着火位置

- ① 建物中央
最も爆発エネルギーが小さくなる位置を想定
- ② 建物の端
最も爆発エネルギーが大きくなる位置を想定

(5) 燃焼速度への影響因子

一般に施設内に構造物がある場合、物体後流に形成される乱流による攪拌推進効果により、燃焼速度が早くなることが予想される。そのため、施設内の乱雑度をパラメータとした解析を行う必要がある。施設内の乱雑度が大きい場合、火炎に対する乱流の影響が大きくなり、結果として被害が大きくなる。

施設内の乱雑度については、乱雑度がゼロ（ブランク値）と一定の乱雑度あるものの2種類を想定する。

燃焼速度への影響因子

- ① 乱雑度 なし
最も燃焼速度が加速されない場合を想定
- ② 乱雑度 あり
一般的にあり得る乱雑度により燃焼速度が加速される場合を想定

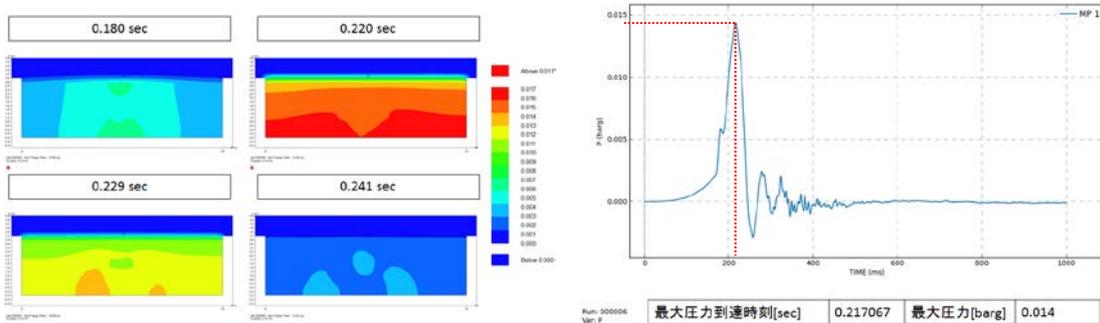
3 予備シミュレーション結果

表1の条件を用いてシミュレーションを実施した結果、施設内の圧力上昇状況について、図1のとおり良好に計算することができた。

表1 予備シミュレーション条件

危険物施設の規模	屋根の強度	爆発エネルギーの大きさ	着火位置	爆発速度への影響因子
小規模施設	850N/m ² ※	44MJ	建物中央	なし

※予備シミュレーションのため仮定した数値



施設内圧力の状況（施設断面図）

施設内中央の屋根直下の圧力の時刻歴

図1 予備シミュレーション結果

4 今後の予定

今後、表2のシミュレーション条件により、様々な条件下で、**屋根に太陽電池モジュールを設置している場合と、設置していない場合の最大圧力値を比較**し、屋根に太陽電池モジュールを設置することによる放爆性能への支障がどの程度あるのかを確認する。

表2 シミュレーション条件（案）

	危険物施設の規模	屋根の強度	爆発エネルギーの大きさ	着火位置	燃焼速度への影響因子
1	小規模施設	4491N/m ²	44MJ	建物中央	なし
2			440MJ		
3			2246N/m ²		
4	中規模施設	4491N/m ²	44MJ	建物中央	なし
5					あり
6				建物端	なし
7			440MJ	建物中央	なし
8					あり
9				建物端	なし
10		2246N/m ²	44MJ	建物中央	なし

※全ての条件について、**屋根に太陽電池モジュールを設置している場合と、設置していない場合で比較**