

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	外竜巻 20 R2
提出年月日	令和 3 年 6 月 7 日

設工認に係る補足説明資料

竜巻防護設計の基本方針に関する

砂利等の極小飛来物による

竜巻防護対象施設への影響について

(再処理施設)

目 次

1.	概要	1
2.	極小飛来物の影響について	1
2.1	飛来物の設定について	1
2.2	衝突による貫通	2
2.3	衝突による衝撃荷重	2
2.4	砂利の衝突に対する検討結果	3
3.	砂等の粒子状の飛来物の影響について	4

1. 概要

本資料は、再処理施設の設計基準対象施設に対する後次回申請を含めた竜巻防護対策設備等の強度計算の方針について補足説明するものである。

屋外に設置する竜巻防護対象施設には、飛来物の防護対策として飛来物防護ネットを設置している施設が存在する。

飛来物防護ネットは、設計飛来物（鋼製材 135kg）の持つ運動エネルギーを捕捉可能な設計をしていること、及び 50mm 目合いにネットを半目ズラして設置することに加えて 40mm 目合いのネットを設置していることから、設計飛来物より小さく、運動エネルギーが小さい飛来物も捕捉可能な設計となっている。また、設計飛来物以上の運動エネルギーや貫通力を有する資機材及び鉄筋等のネットをすり抜ける可能性のある資機材は固縛する運用としている。以上から、構内の資機材等が飛来物として竜巻防護対象施設に衝突することは考えにくい。

しかしながら、砂利等の極小飛来物は固縛が困難であり、かつ、ネットをすり抜ける可能性があることから、砂利などの極小飛来物を与える影響について説明する。

また、本資料は第1回申請（令和2年12月24日申請）のうち、以下に示す添付書類の補足説明に該当するものである。

- ・再処理施設 添付書類「V-別添 1-3 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」
- ・再処理施設 添付書類「V-別添 1-4 竜巻防護対策設備の強度計算書」

2. 極小飛来物の影響について

飛来物が竜巻防護対象施設に衝突した際、考慮すべき項目は2項目であり、それぞれの影響について検討する。

- ①衝突による貫通
- ②衝突による衝撃荷重

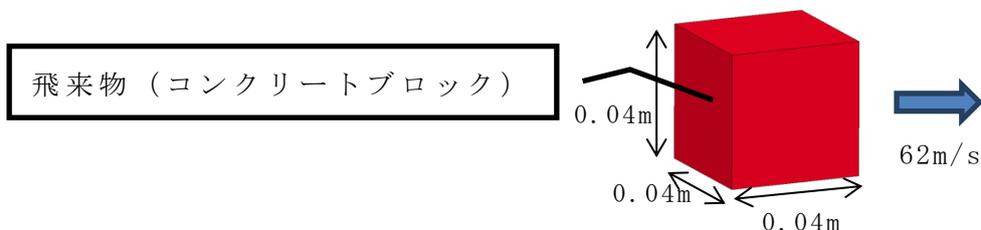
2. 1 飛来物の設定について

飛来物防護ネットは、50mm 目合いのネット2重（半目ずらし）と 40mm 目合いのネットを設置していることから、すり抜けることができるサイズはかなり小さいと考えられるが、ネットの製作誤差やネット設置時の施工誤差から、すり抜けるサイズの設定が困難である。そのため、保守的な評価となるようネットサイズの最小である 40mm を飛来物のサイズとして設定する。

また、材質として、再処理施設の敷地内に存在し、固縛されることがないものとして、コンクリートを設定する。

飛来物条件

- ・サイズ : 0.04×0.04×0.04 (m)
- ・質量 : 0.18 (kg)
- ・最大水平速度 : 62 (m/s) (TONBOSにより算出)



第1図 飛来物 (コンクリートブロック) 形状

2. 2 衝突による貫通

2. 1で設定したサイズのコンクリートブロックが衝突した際の貫通厚さを算出する。評価においては、鋼板の必要厚さを算出したのと同様，BRL式を用いて算出する。なお，評価条件は鋼板と同様である。

$$T^{\frac{3}{2}} = \frac{0.5mv^2}{1.4396 \times 10^9 \cdot K^2 \cdot d^{\frac{3}{2}}}$$

T : 貫通限界厚さ (m)

d : 飛来物が衝突する衝突断面の等価直径 (m)

(最も投影面積が小さくなる衝突断面の等価直径)

K : 鋼板の材質に関する係数 (= 1.0)

m : 飛来物の質量 (kg)

v : 飛来物の飛来速度 (m/s)

計算の結果，必要板厚は 0.758961…mm であり，これを保守的に切り上げて貫通限界厚さは 1.0mm とする。

冷却塔を構成する部位において，1.0mm を下回る板厚は存在しないため，極小飛来物が衝突したとしても，貫通することはない。

2. 3 衝突による衝撃荷重

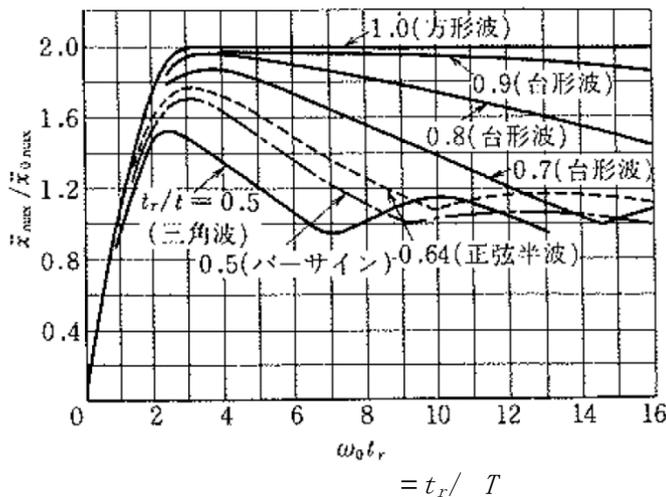
極小飛来物が設備に衝突した際の挙動を考察する。極小飛来物が設備に衝突した場合，実挙動としての衝突時間は瞬間的で，衝突時間は極めて短

いこと、及び衝突物と設備の質量差が大きいことから、設備は振動しにくく（衝撃荷重は全て伝わることはなく）破壊は生じないと考えられる。

この衝突にて伝達される荷重について、機械工学便覧の「過渡振動・衝撃」に、衝突時間と応答加速度の関係が示されており、第2図に示す。

第2図では、横軸は衝突時間（ t_r ）と衝突される設備の固有周期（ T ）との比として、 t_r/T 、縦軸は応答加速度 \ddot{x}_{\max} （設備に伝わった加速度）と入力加速度 $\ddot{x}_{0\max}$ （設備に伝えようとした加速度）の応答加速度比として、 $\ddot{x}_{\max}/\ddot{x}_{0\max}$ の関係としてまとめられている。

第2図より衝突時間が非常に短く、設備の固有周期との比 t_r/T が非常に小さいと、応答加速度比 $\ddot{x}_{\max}/\ddot{x}_{0\max}$ は非常に小さい値となる。ここから、飛来物の速度が速くて衝突時間が非常に短いと、エネルギーの伝達は小さく設備に有意な変位（応力）が生じないことを表している。



$\ddot{x}_{0\max}$: 飛来物による衝撃パルス
 の入力最大加速度
 \ddot{x}_{\max} : 機器の応答最大加速度
 T_r : 衝撃パルスの作用時間
 （飛来物との設備との接触時間）
 T : 機器の固有周期数

第2図 衝突時間と応答加速度の関係

2. 4 砂利の衝突に対する検討結果

砂利等の極小飛来物が竜巻防護対象施設に衝突したとしても、極小飛来物は竜巻防護対象施設を貫通することはないと、また衝撃荷重により竜巻防護対象施設が有する安全機能に影響を及ぼすような、有意な変形は生じないことを確認した。

そのため、砂利等の極小飛来物の衝突を考慮する必要はない。

3. 砂等の粒子状の飛来物の影響について

砂等の粒子状の飛来物による目詰まり，閉塞及び噛込みの影響について評価する。

砂等の極小飛来物による冷却塔のファンへの衝突，原動機，減速機の噛込み及び伝熱管の閉塞の影響について評価する。冷却塔の概要図を第3図に示す。

(1) ファン

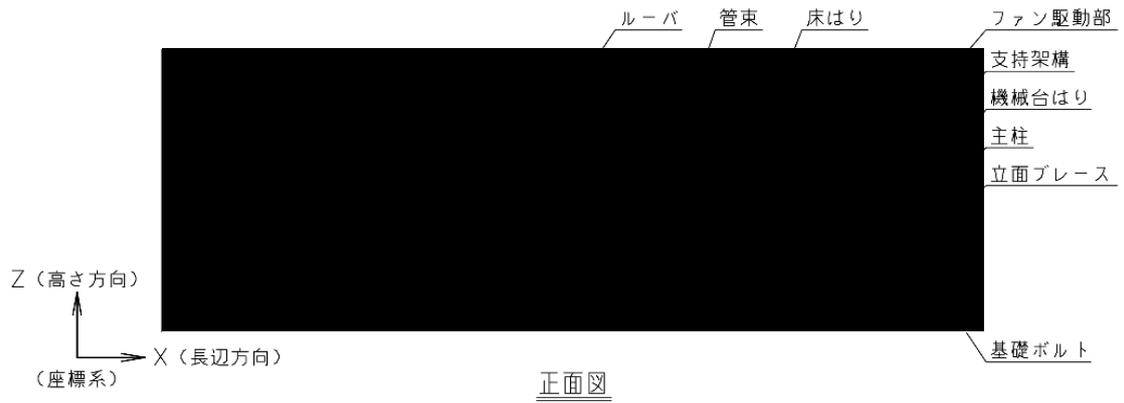
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted] ファンガードの設置状況を第5図に示す。 [Redacted]
[Redacted]
[Redacted]

(2) 原動機，減速機

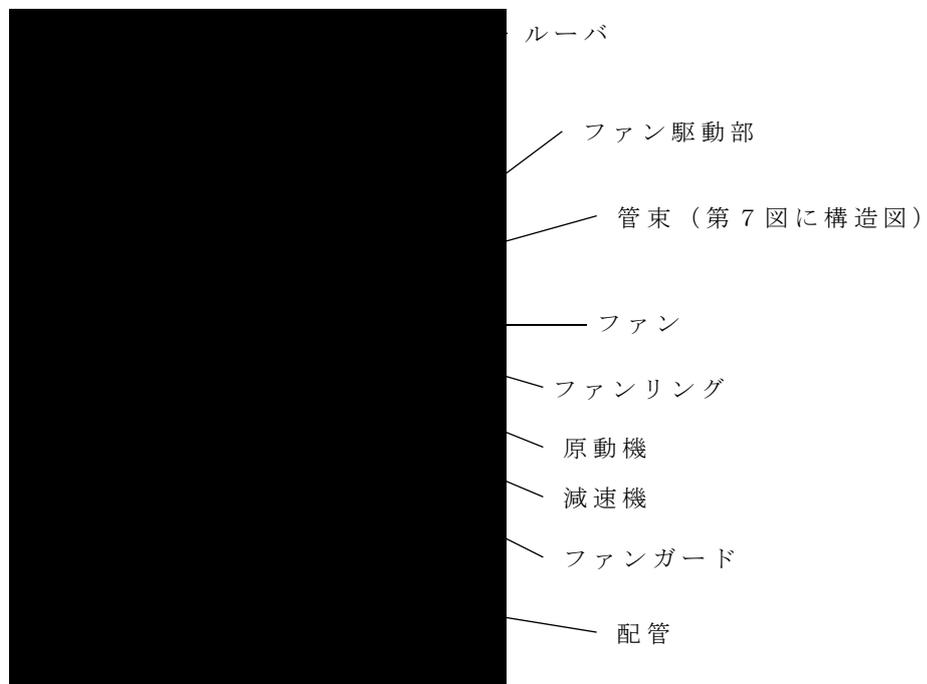
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted] 例として，減速機の構造を第6図に示す。

(3) 管束

第7図に管束の概要を示す。 [Redacted]
[Redacted]
[Redacted]



第3図 冷却塔概要図



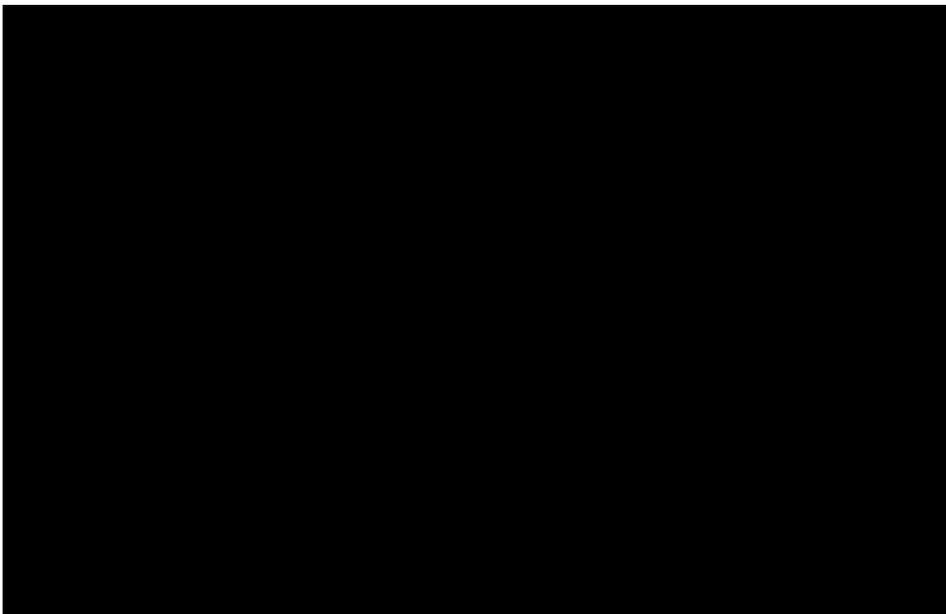
第4図 冷却塔断面図



第5図 ファンガード設置状況
(下方より上方を撮影)



第 6 図 減速機構造図



第 7 図 管束構造図

以 上