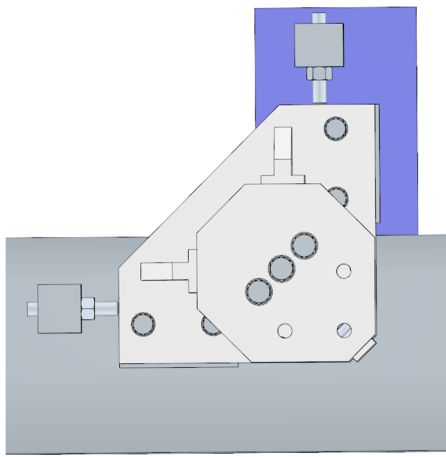
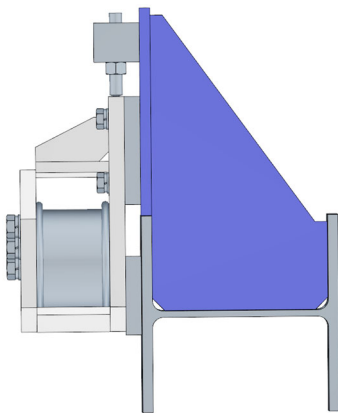


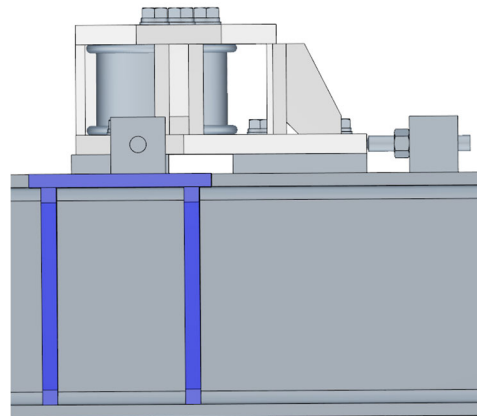
第 2-3 図 防護ネット及び防護板
割付図より北西斜め部



A 視

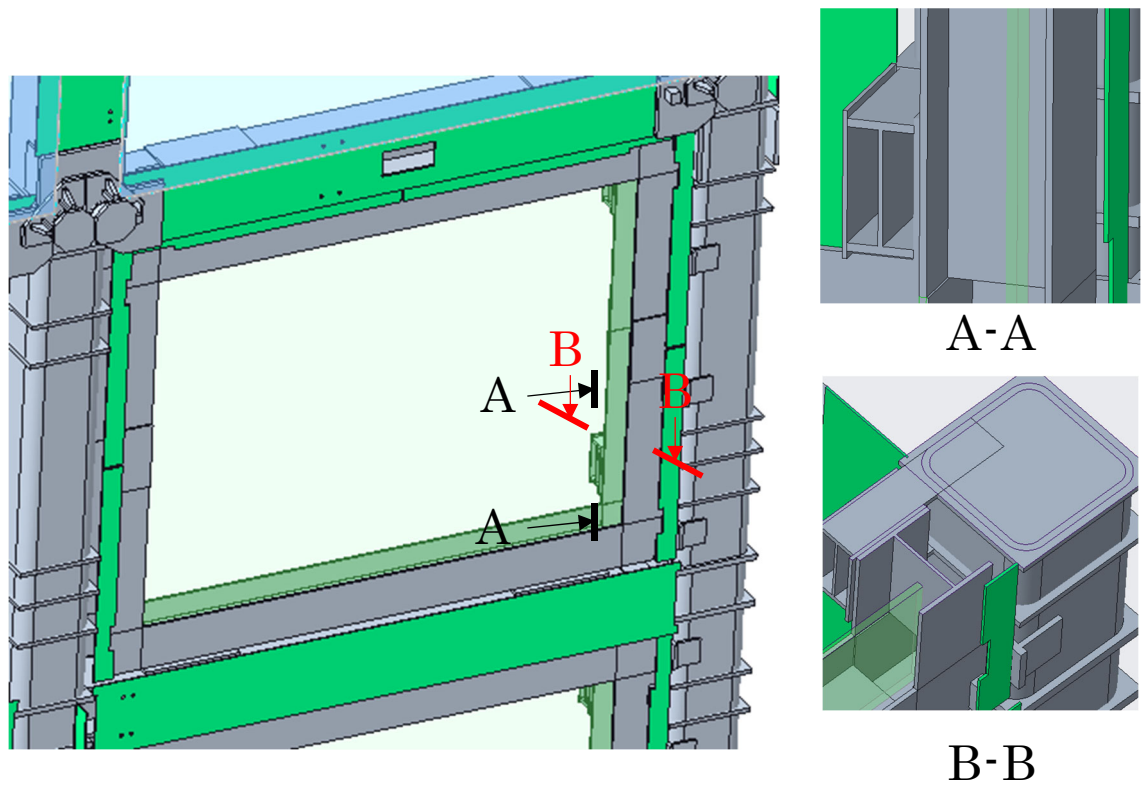
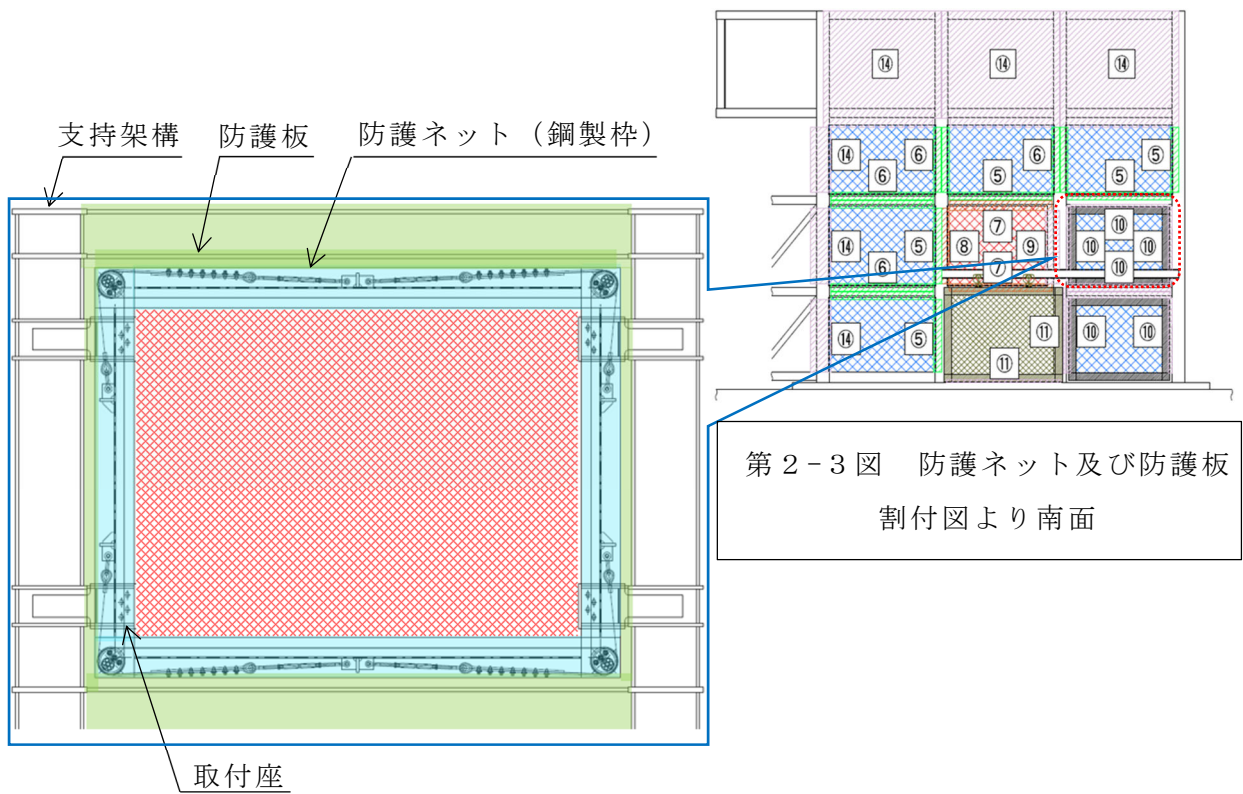


B 視



C 視

第 2-4 図 防護板隣接の防護ネット取付部概要



第2-5図 防護ネット（鋼製柵）取付部概要

(3)防護ネット(車両用扉ネット)

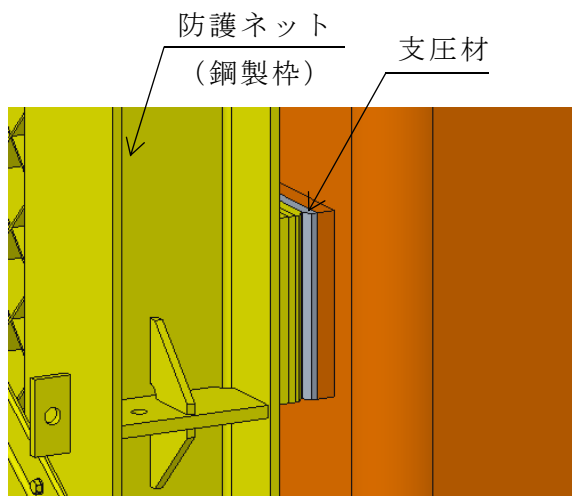
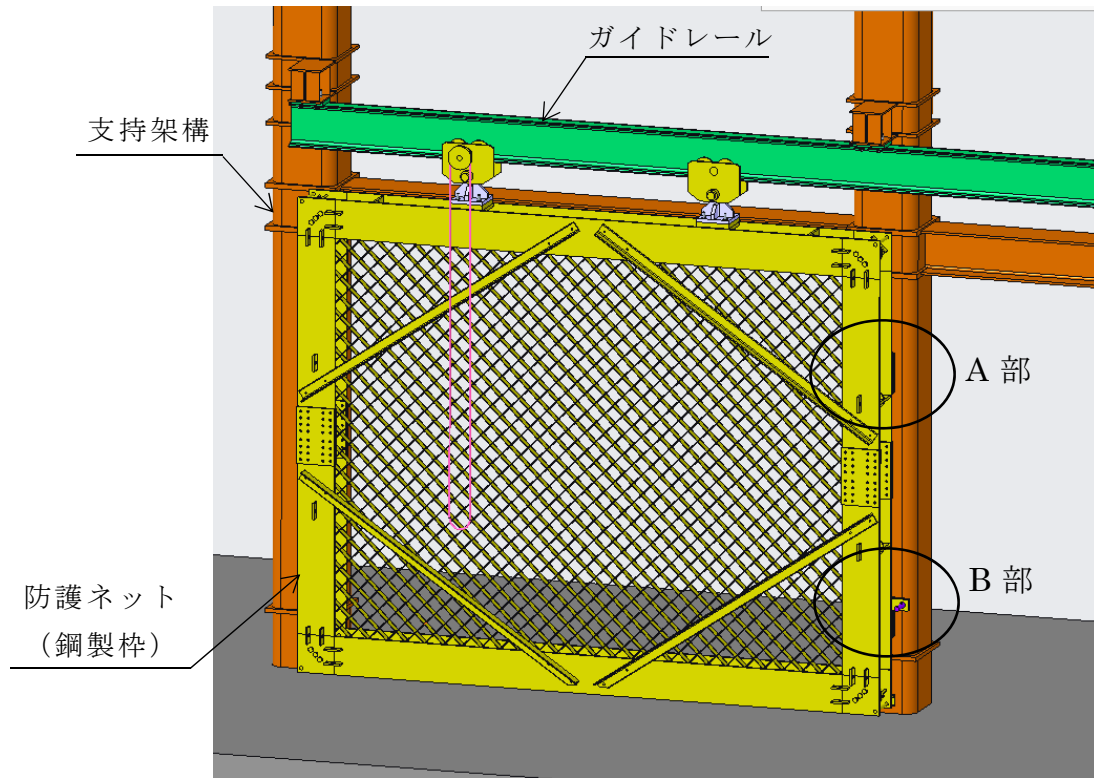
防護ネット(車両用扉ネット)は、可動式の車両用扉を飛来物防護ネット(G10A,B)南面の支持架構に設置する。防護ネット(車両用扉ネット)は、冷却塔A,Bのメンテナンス時に、飛来物防護ネット(G10A,B)の内側に車両等が通行可能となる開口を確保するための手動開閉式の防護ネットである。

防護ネット(車両用扉ネット)は、防護ネット(鋼製枠)、支圧材、トロリ、ガイドレール、固定ピン及び固定ピン受けで構成される。設計竜巻による風圧力による荷重で扉が開かないよう防護ネット(車両用扉ネット)を固定ピンにより支持架構に固定し、車両等が通行する際に、支持架構に設置されたガイドレール上を、トロリによって走行させることで開閉する機構を有する。

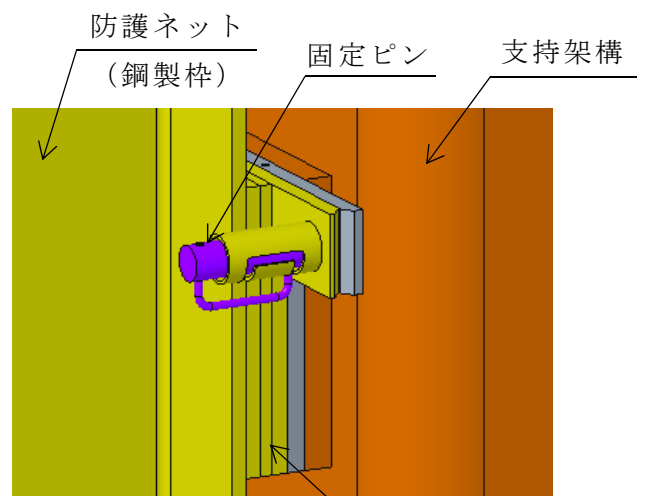
防護ネット(鋼製枠)は、電中研報告書にて採用された防護ネットと同等の構造であり、ネット四隅固定用の金物及びワイヤロープ取付プレートを鋼製枠に設置する。

設計飛来物の衝突に対しては、支持架構に設置された4つの支圧材において、反力を支持架構へ伝達する構造となっている。第2-6図に防護ネット(車両用扉ネット)の構造概要を示す。

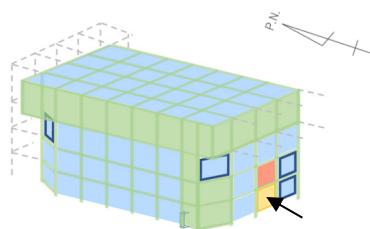
なお、防護ネット(車両用扉ネット)の固定部である固定ピン及び固定ピン受けは設計竜巻による風圧力による荷重を受けた場合でも健全性を維持することができる。また、防護ネット(車両用扉ネット)は支持架構の柱スパンよりも大きいことからトロリやガイドレールが破損した場合においても冷却塔A,Bへ影響は与えない。



A 部



B 部



第 2-6 図 防護ネット(車両用扉ネット)構造概要

(4) 補助防護板

防護ネットのワイヤロープと支持架構の位置関係は、隣接する防護ネットとの配置制約上、防護ネットのワイヤロープが支持架構の柱やはりの端面に近接している。

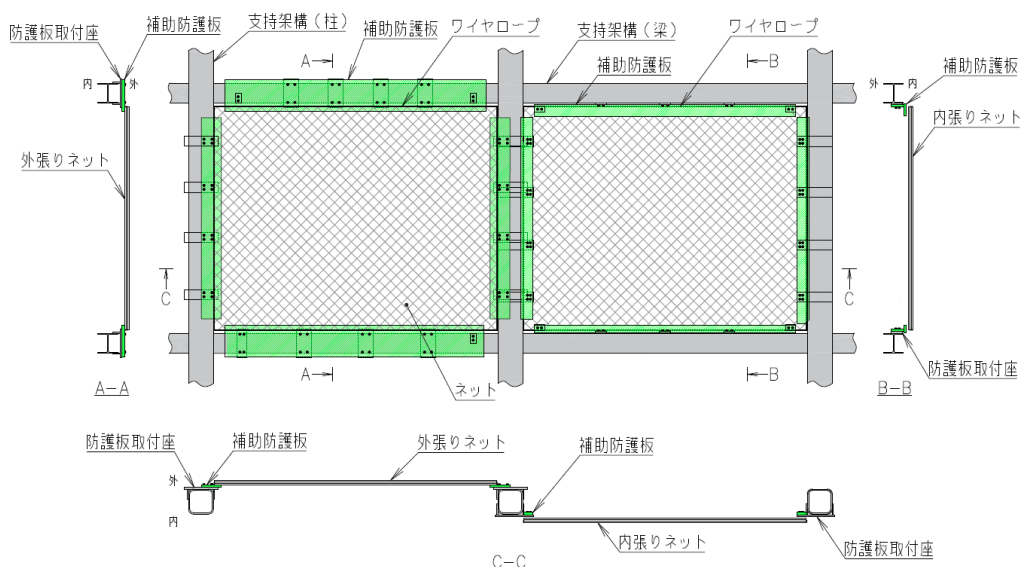
製作、据付公差によって隙間が生じるおそれがあることから設計飛来物及び飛来物(砂利)の侵入防止を目的として、防護ネット周囲に補助防護板を設置する。補助防護板は、防護ネット位置に合わせて、支持架構の外側又は内側に設置する。

補助防護板と防護ネットの位置関係を第2-7図に、補助防護板のタイプ一覧を第2-2表に示す。

防護ネット(支持架構に直接設置・外張り)と支持架構の隙間を塞ぐ補助防護板は、1枚の防護ネットの隙間を塞ぐ補助防護板(第2-8図)と、2枚の防護ネットの隙間を1枚の補助防護板で塞ぐ補助防護板(第2-9図)の2タイプが存在する。

一方、防護ネット(支持架構に直接設置・内張り)と支持架構の隙間を塞ぐ補助防護板については、支持架構と干渉回避の制約から、はりに取り付ける補助防護板と柱に取り付ける補助防護板の2タイプが存在する。

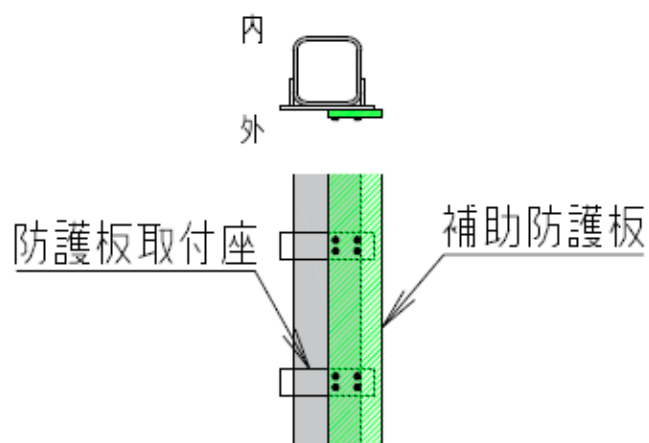
はりに取り付ける補助防護板は、第2-10図に示すL型構造とし、柱に取り付ける補助防護板は第2-11図に示す構造とする。



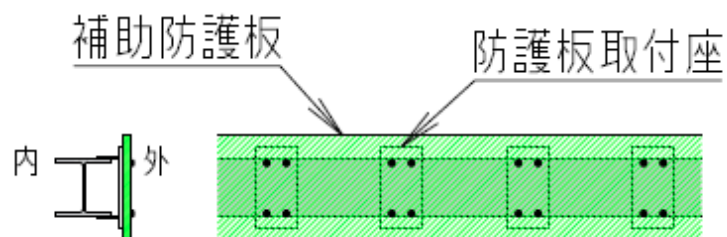
第2-7図 補助防護板と防護ネットの位置関係

第 2 - 2 表 補助防護板のタイプ一覧

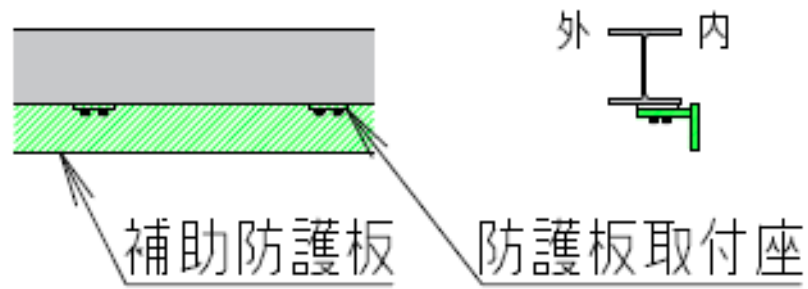
防護板タイプ	防護板構造	図
⑤補助防護板 (①用, 片側防護, 外取付)	SUS板 t9, 12 (片側張り出し)	第 2 - 8 図
⑥補助防護板 (①用, 両側防護, 外取付)	SUS板 t9, 12 (両側張り出し)	第 2 - 9 図
⑦補助防護板 (②用, はり取付用, 内取付)	SUS板 t9 (L型構造)	第 2 - 10 図
⑧補助防護板 (②用, 柱取付用, 内取付)	SUS板 t9	第 2 - 11 図



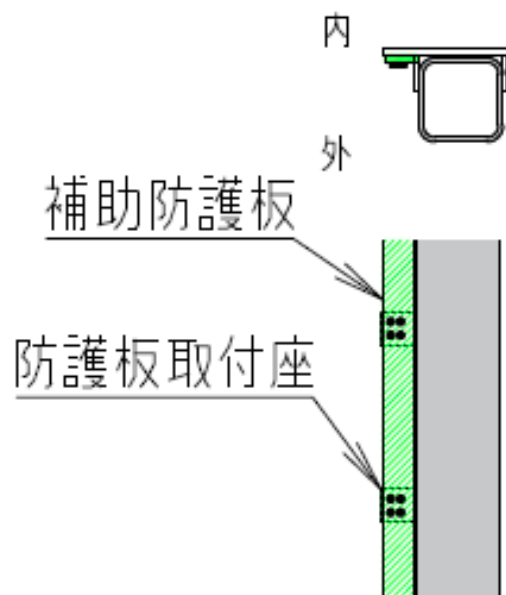
第 2 - 8 図 ⑤補助防護板(①用, 片側防護, 外取付)



第 2 - 9 図 ⑥補助防護板(①用, 両側防護, 外取付)



第 2 -10 図 ⑦補助防護板(②用, はり取付用, 内取付)



第 2 -11 図 ⑧補助防護板(②用, 柱取付用, 内取付)

2.3 防護板の構造

(1) 防護板(鋼材)の構造

支持架構に鉛直ブレースが取り付く箇所は支持架構の内側に防護ネットを取り付けるが、防護ネットの取付けが困難な箇所、防護ネットの必要離隔距離を確保できない箇所、防護ネットが支持架構の部材等と干渉する箇所では、防護ネットを隙間なく取り付けることができないことから、防護板(鋼材)を設置して冷却塔A,Bへの設計飛来物の衝突を防止する。

防護板(鋼材)は、設計飛来物の衝突に対し、貫通しない厚さを確保する設計とする。

防護ネット(車両用扉ネット)の隙間からの侵入を防止するための防護板を第2-13図に示す。

巡視点検等で飛来物防護ネット内へ人がアクセスする際の入り口の防護板には、人員用開口を設ける。人員用開口は設計飛来物の侵入を防止するため、第2-16図に示すように防護板を組み合わせて、迷路構造となるよう設置している。

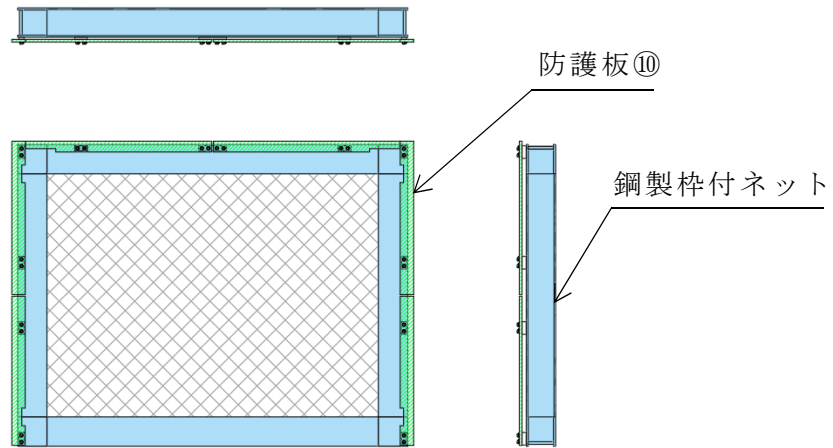
非常用電源建屋と飛来物防護ネット(G10A,B)の境界部は地震時の相対変位量を考慮した離隔距離を設ける必要がある。第2-20図に示すように、防護板を架構柱に据え付けて、迷路構造となるよう設置している。

防護板のサイズが大きいもの(⑫～⑮防護板)については、設計竜巻の風圧力による荷重及び積雪荷重による変形を防止するために、防護板に補強材(アングル、リブ、またはH形鋼)を設け、溶接にて一体構造としている。

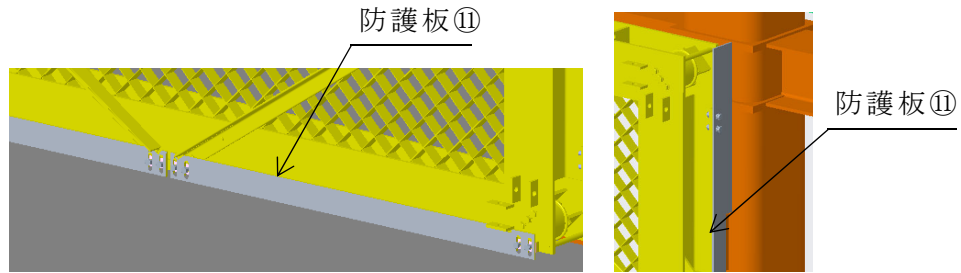
防護板のタイプ一覧を第2-3表に示す。

第 2 - 3 表 防護板のタイプ一覧

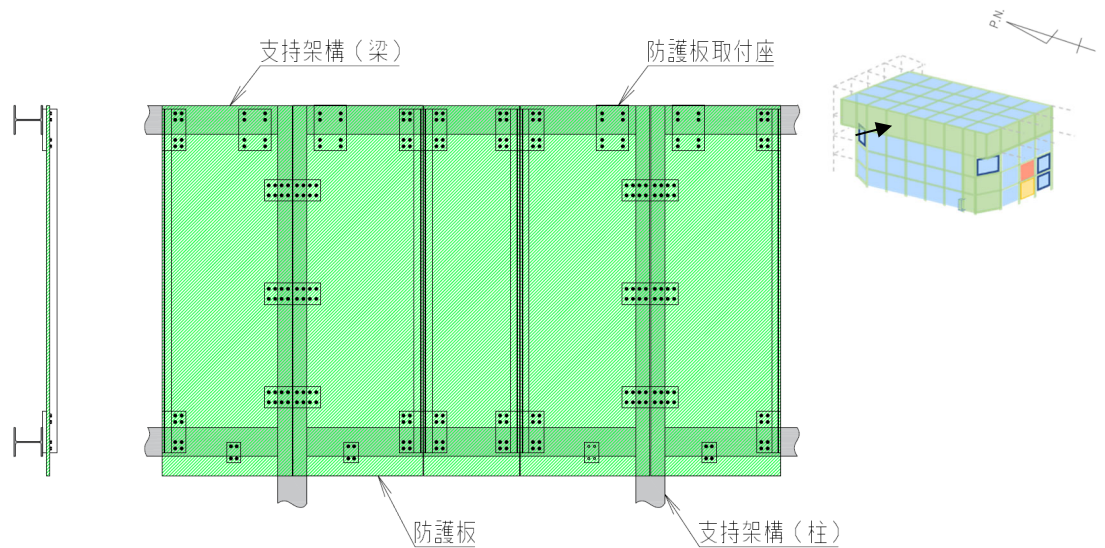
防護板タイプ	防護板構造	支持方法	図
⑩防護板 (③用, 外取付)	SUS板 t12	1辺で支持	第 2 -12 図
⑪防護板 (④用, 外取付)	SUS板 t12	1辺で支持	第 2 -13 図
⑭防護板 (側面, 外取付)	SUS板 t9 + アングル	相対する 2辺以上で支持	第 2 -14 図
⑮防護板 (非常用電源建屋天面との境界部 用防護板付, 外取付)	SUS板 t9 + リブ	相対する 2辺以上で支持	第 2 -15 図
⑯防護板 (人員用開口, 外取付)	SUS板 t9 + アングル + H形鋼	相対する 2辺以上で支持	第 2 -16 図
⑱防護板 (外取付)	SUS板 t9 + アングル + リブ	2辺以上で支持	第 2 -17 図
⑨防護板 (②用, 内取付)	SUS板 t9	1辺で支持	第 2 -18 図
⑫防護板 (②用, 防護板補強有り, 外取付)	SUS板 t9 + H形鋼 + リブ	1辺で支持	第 2 -19 図
⑲防護板 (非常用電源建屋側面との境界部 用, 外取付)	SUS板 t9 + リブ	1辺で支持	第 2 -20 図
⑳防護板 (側面, 支持架構基礎, 外取付)	SUS板 t9 + H形鋼 + リブ	1辺で支持	第 2 -21 図
⑬防護板 (防護板補強有り, 外取付)	SUS板 t12 + H形鋼 + リブ	1辺で支持	第 2 -22 図
⑰防護板 (③用, 外取付)	SUS板 t9	相対する 2辺以上で支持	



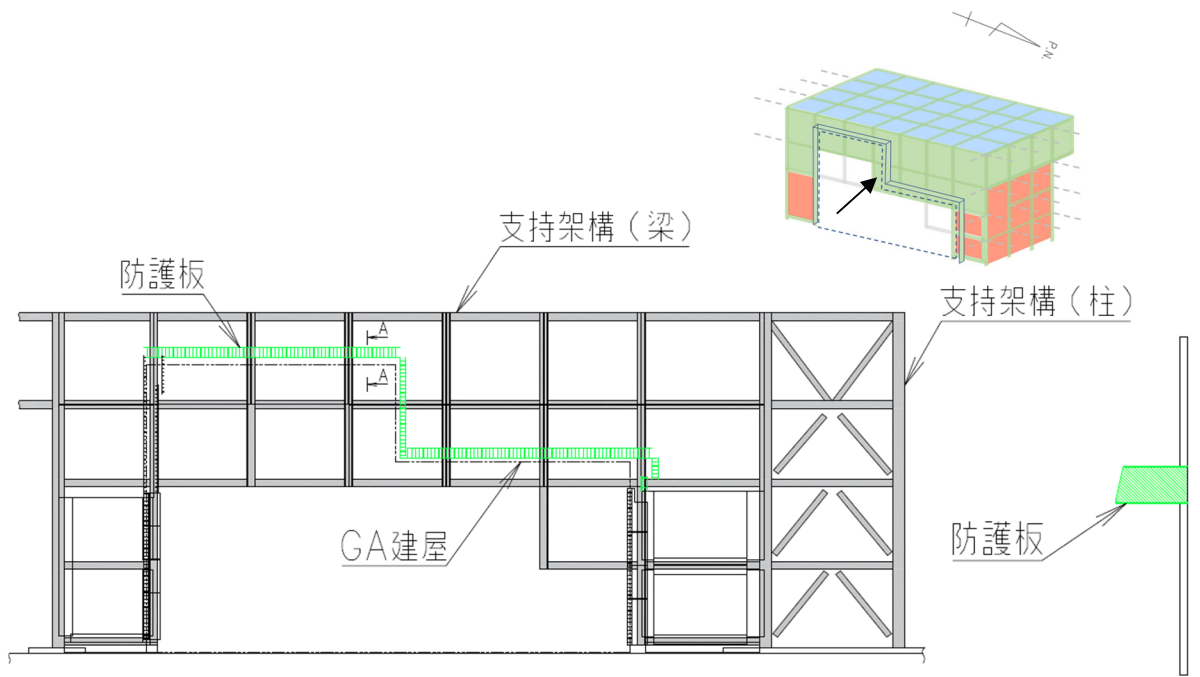
第 2 -12 図 ⑩防護板 ((③用, 外取付)



第 2 -13 図 ⑪防護板 (④用, 外取付)



第 2 -14 図 ⑭防護板 (側面, 外取付)

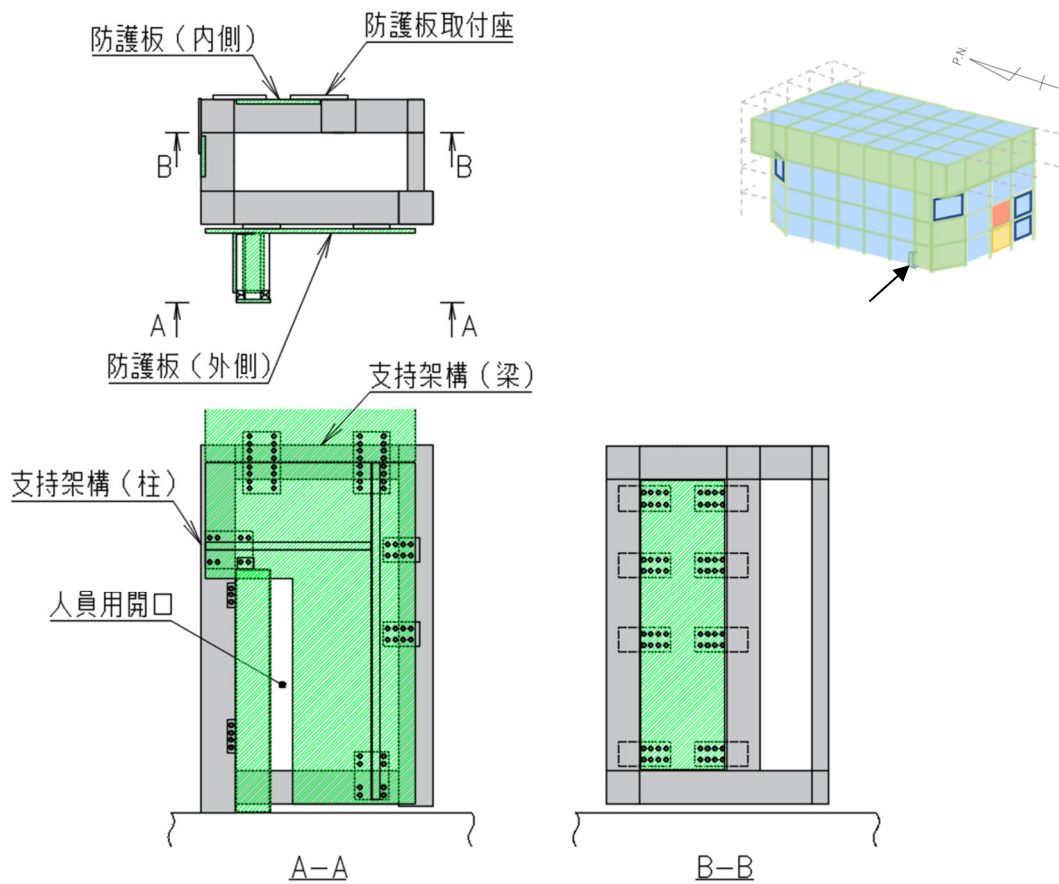


第 2-15 図 ⑮防護板

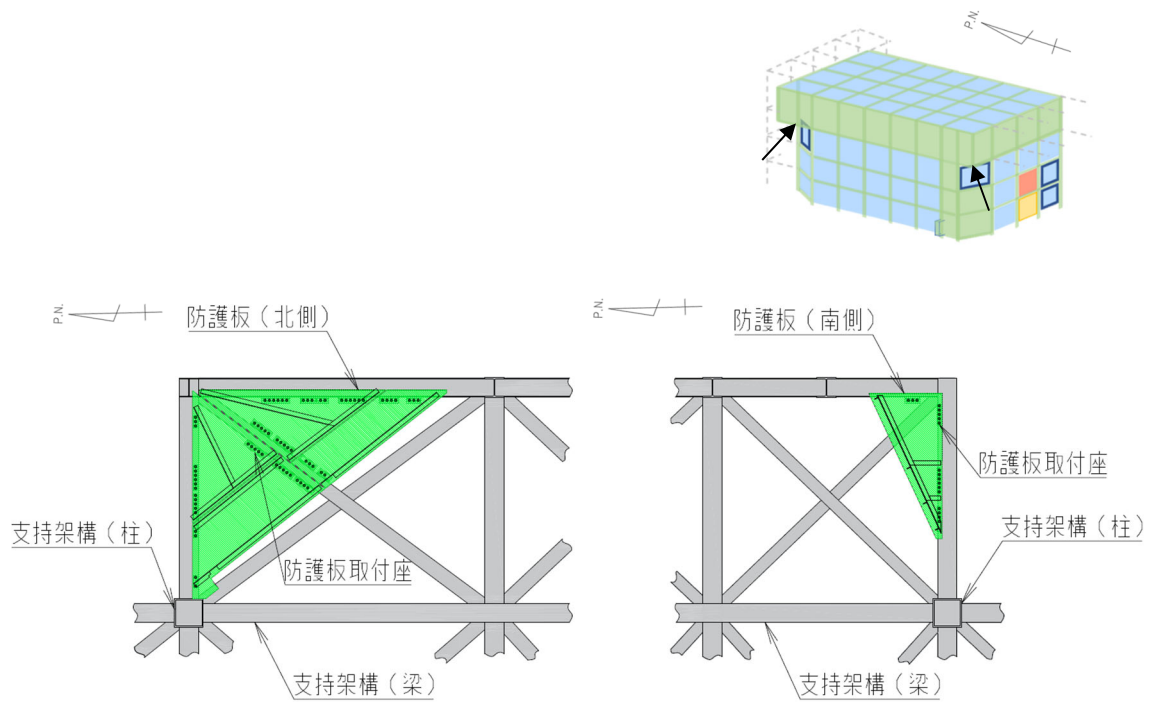
A-A

(東側面，非常用電源建屋天面との境界部用防護板付，外取付)※

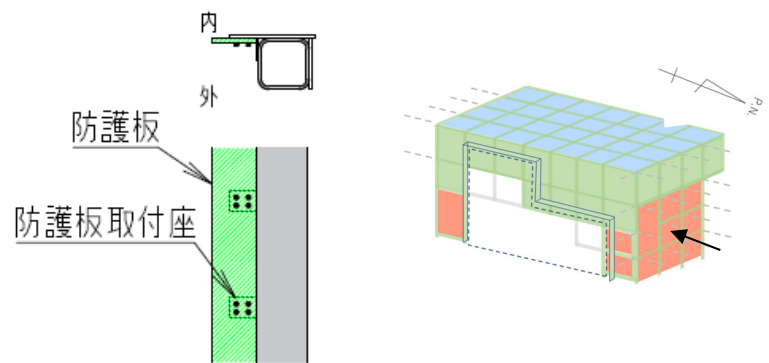
※：詳細設計中のため，設計完了後最終形の図に差し替える。



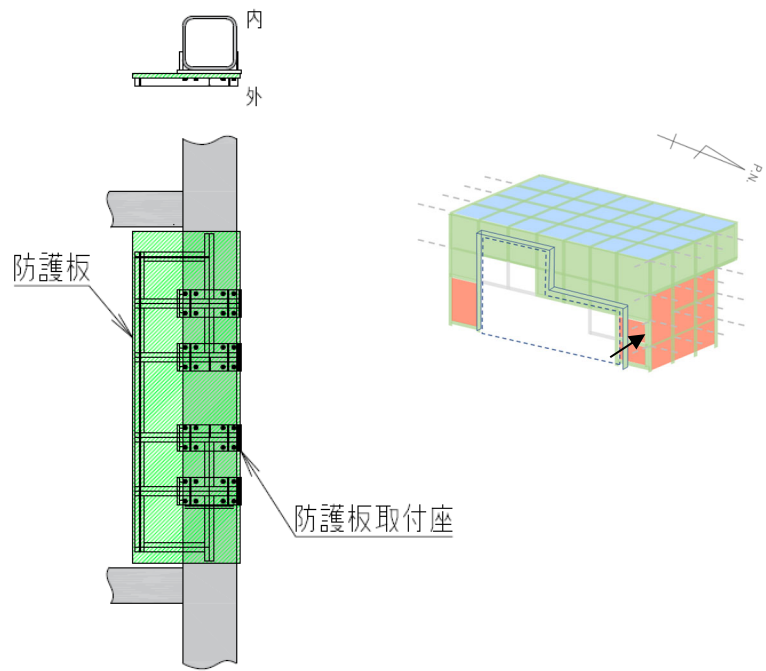
第 2-16 図 ⑯防護板(西側面，人員用開口，外取付)



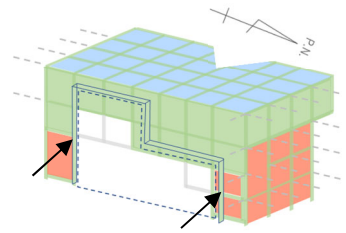
第 2-17 図 ⑱防護板 (北西及び南西側上面, 外取付)

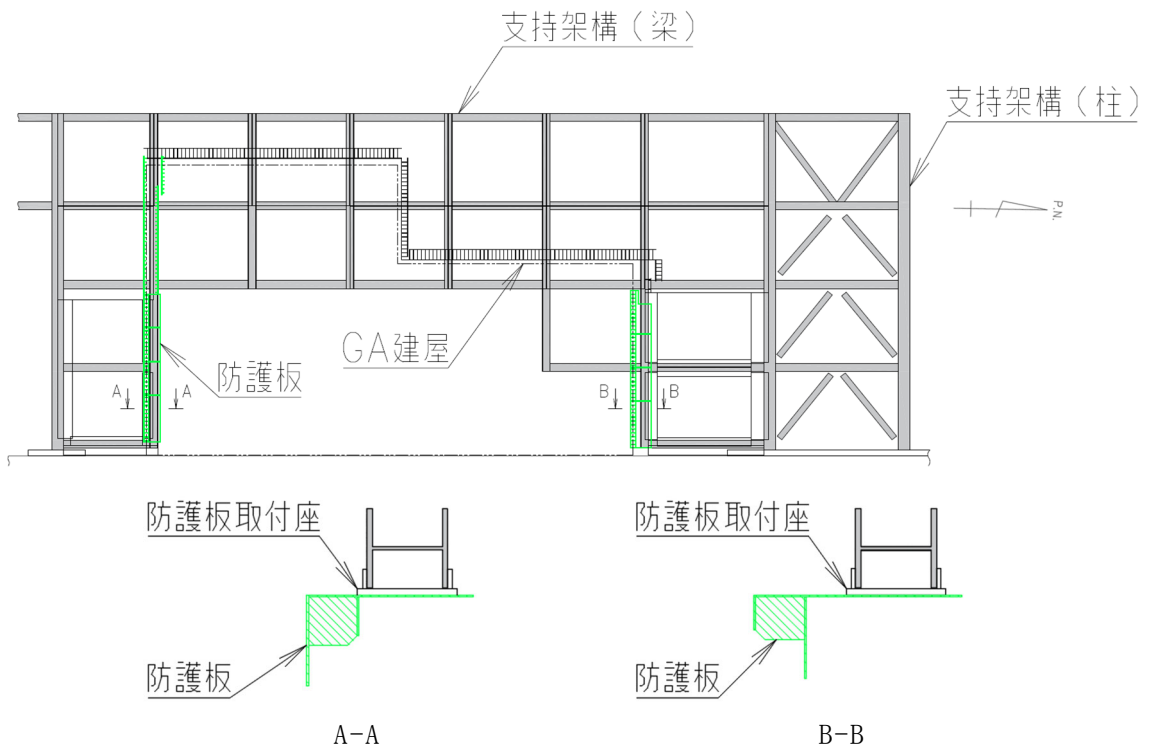


第 2-18 図 ⑨防護板 (②用, 内取付)

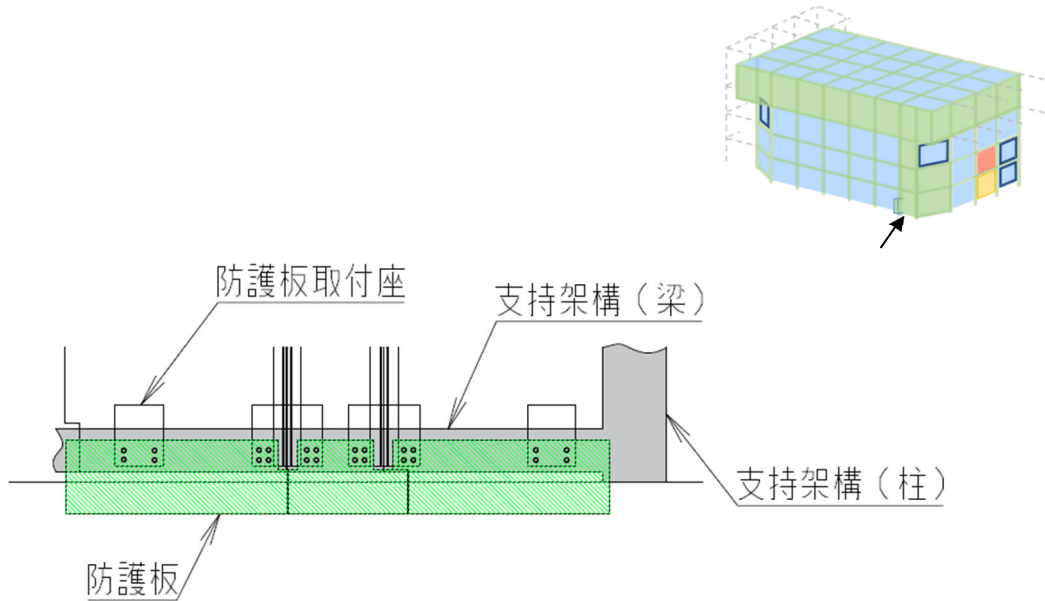


第 2 -19 図 ⑫防護板(②用, 防護板補強有り, 外取付)

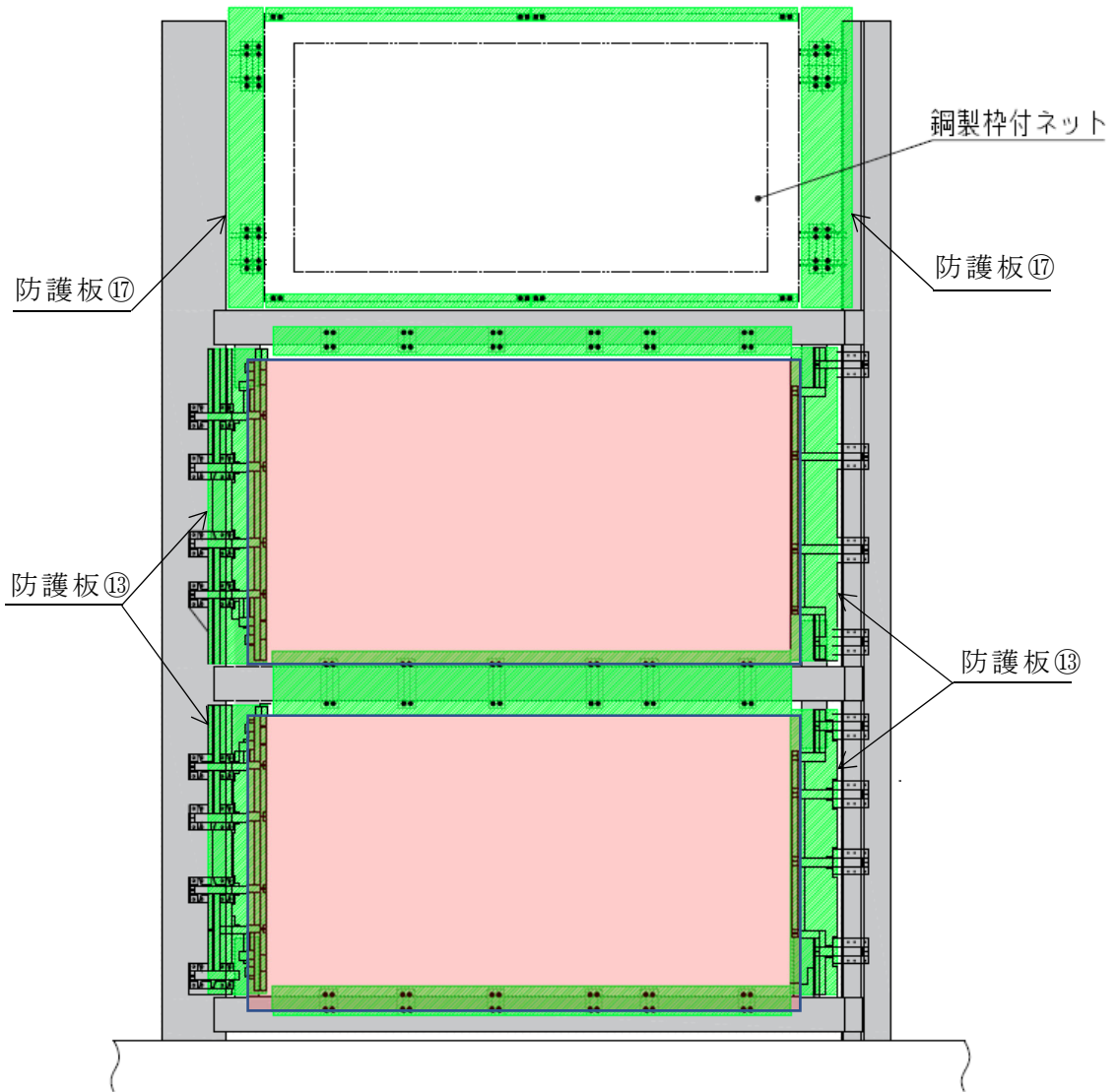
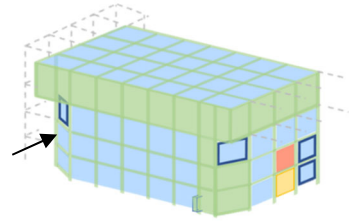




第2-20図 ⑱防護板（東側面，非常用電源建屋側面との境界部，外取付）※
 ※：詳細設計中のため，設計完了後最終形の図に差し替える。



第2-21図 ⑳防護板（側面，支持架構基礎，外取付）

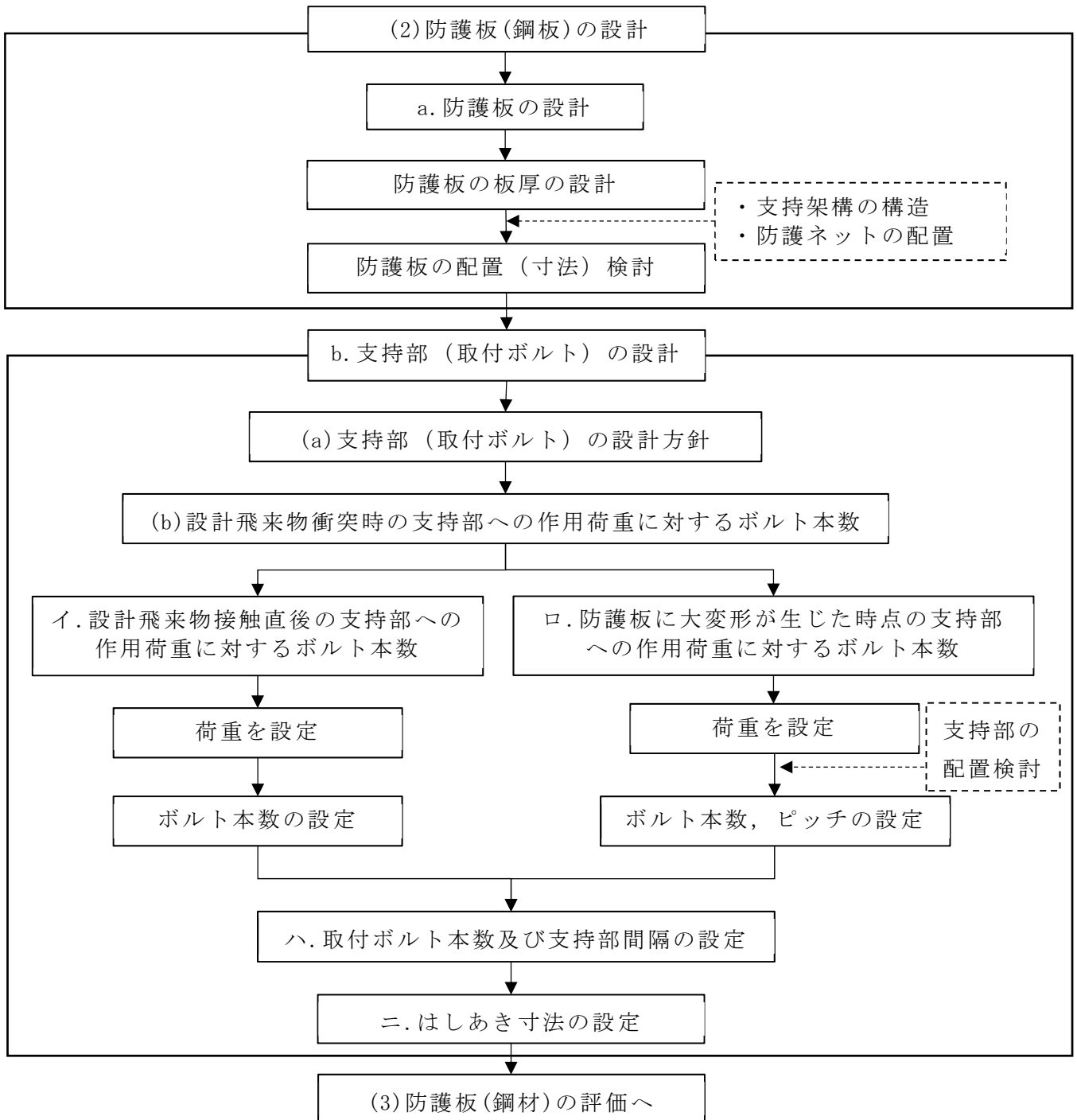


第 2 -22 図 ⑬防護板(南西側面, 防護板補強有り, 外取付),
⑰防護板(⑬用, 外取付)

(2) 防護板(鋼材)の設計

防護板(鋼材)は、設計飛来物の衝突に対して、貫通させない設計とするとともに脱落を防止する設計としている。

防護板(鋼材)の設計フローを第2-23図に示す。



第2-23図 防護板(鋼材)の設計フロー

a. 防護板の設計

防護板は、設計飛来物の貫通を防止できる板厚を有する設計とする。防護板を取付ボルトで支持架構に接続し、設計飛来物の荷重に対して防護板が脱落しないように、取付ボルト孔周辺の防護板の破断が取付ボルトの破断よりも先行しないような設計とする。

b. 支持部（取付ボルト）の設計

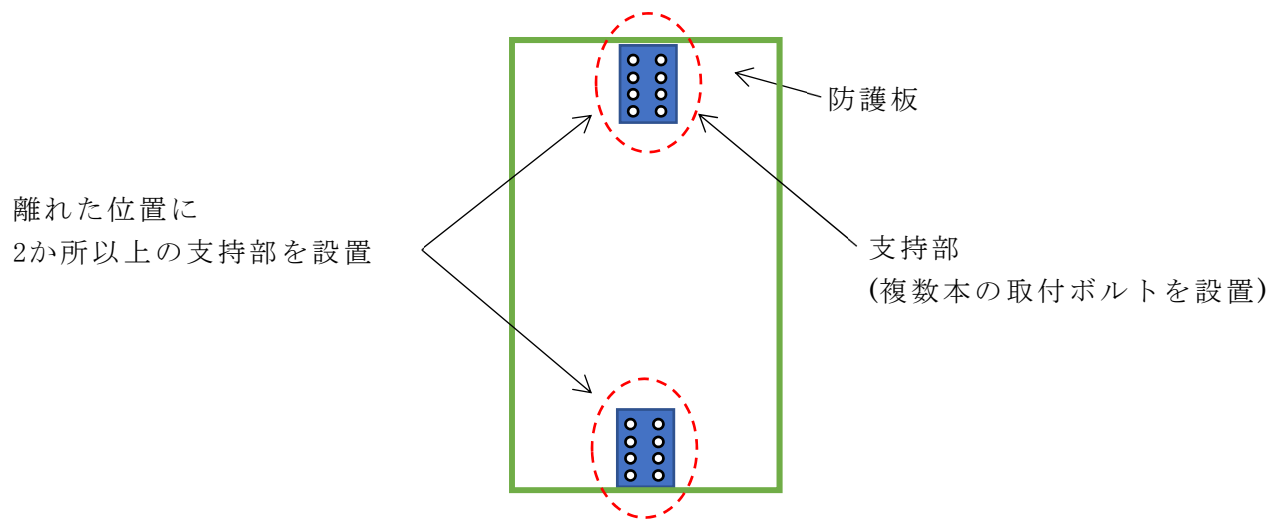
(a) 支持部（取付ボルト）の設計方針

防護板(鋼材)は取付ボルトにより支持架構に接続させ、設計飛来物の衝突により取付ボルトへ作用する荷重の種類、支持部の配置および支持部の耐力を踏まえ、取付ボルトの全数破断による防護板(鋼材)の脱落を防止することにより、冷却塔への波及的影響を防止する。支持部(取付ボルト)の設計方針を以下に示す。

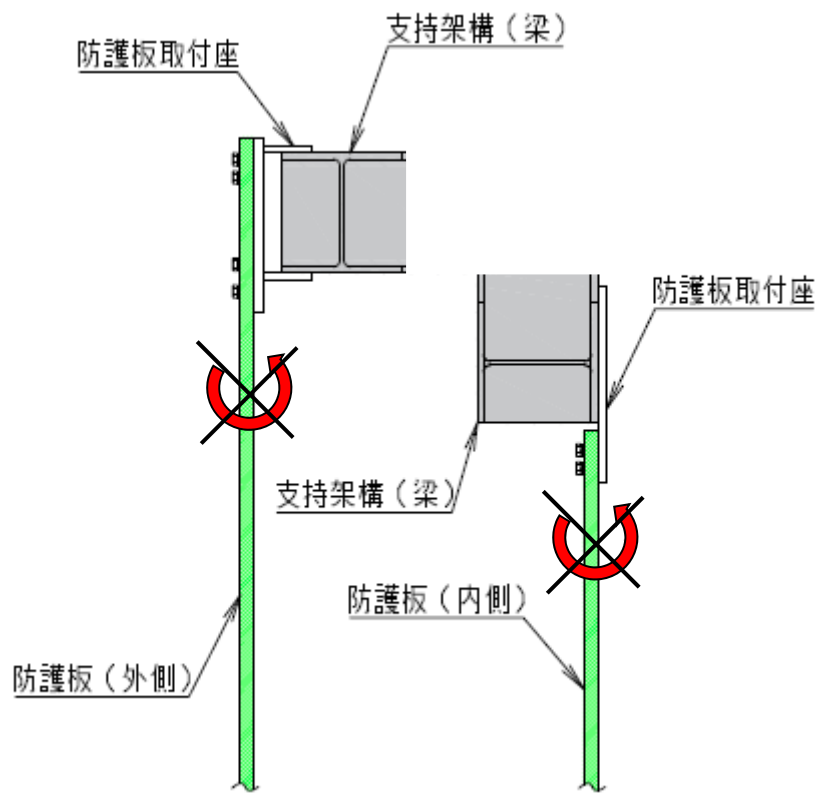
- ・支持部は、第2-24図に示すように防護板1枚あたり2か所以上を互いに離れた位置に設ける設計とすることにより、支持部近傍に設計飛来物が衝突した場合においても、取付ボルトの全数破断を防止し、防護板の脱落を防止する。
- ・設計飛来物の衝突により、防護板の内側への回転を防止しその場に留まるよう、第2-25図に示す通り防護板を支持部に対し外側から取り付ける。

このとき、支持部(取付ボルト)に関する諸元は以下の考え方により設定する。

- ・「2.3 (1) 防護板(鋼材)の構造」に示す通り、防護板による防護範囲を決定したのち、製作及び施工を考慮し、防護板の割付を設定する。
- ・支持辺は可能な限り確保する方針とし、防護板割付と支持架構の位置から、防護板の支持辺を決定する。
- ・飛来物防護ネット(G10A, B)では、支持架構には防護ネットの取付部等が設置され、防護板支持部の設置スペースが制限される。このため、複数本の取付ボルトを配置した支持部を設ける。このとき、支持部1か所あたりの取付ボルト本数は、ボルト穴間のせん断破壊を防止できるボルト間隔及び取り付ける支持架構部材寸法を考慮し、支持架構の梁継手の取付ボルト配置を参考として、取付ボルト(M24)8本配置を基本とする。
- ・衝突事象を考慮した作用荷重に対し、取付ボルト本数及び間隔を設定する。設置スペースの制限の観点から十分な取付ボルト本数が確保できない場合は取付ボルトサイズを大きくする。
- ・取付ボルトは、防護板(鋼材)に自重、積雪荷重、風圧力による荷重が作用したとしても、取付ボルト1本で支えることが可能であり、防護板(鋼材)の脱落を防止できるが、更に防護板(鋼材)が設置位置から動かないよう、防護板(鋼材)の回転を拘束できる構造とする。



第 2 -24 図 支持部の配置

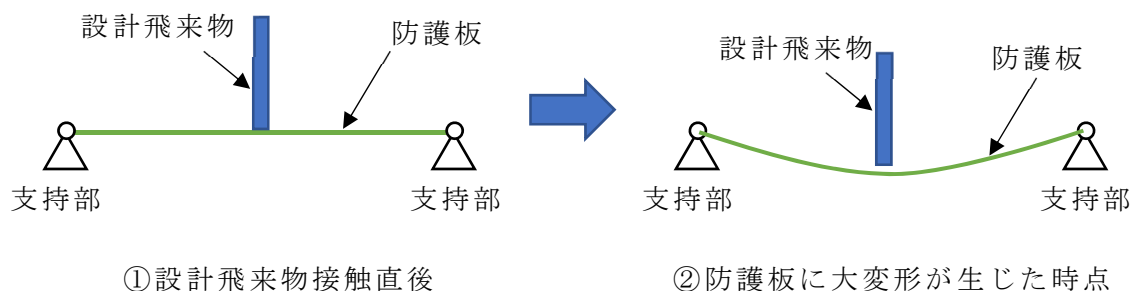


防護板を支持架構（または，防護板取付座）の外側に
取り付けることで，防護板の回転を防止する。

第 2 -25 図 防護板と支持架構の位置関係

(b) 設計飛来物衝突時の支持部への作用荷重に対する取付ボルト本数

防護板支持部への作用荷重は、防護板への設計飛来物衝突の進展に応じた衝突荷重として算定する。具体的には、①設計飛来物接触直後、②防護板に大変形が生じた時点 を考慮する。第 2-26 図に、防護板への設計飛来物の衝突の進展イメージを示す。



第 2-26 図 防護板への設計飛来物衝突の進展

イ. 設計飛来物接触直後の支持部への作用荷重に対する取付ボルト本数

第 2-27 図に示す通り、設計飛来物の衝突荷重により防護板にせん断荷重が作用し、支持部取付ボルトには、その反力として引張荷重が作用する。

設計飛来物接触直後の支持部への作用荷重は、設計飛来物と被衝突体の接触時間を設定し、設計飛来物の衝突前の運動量と衝突荷重による力積が等しいとして算定した静的な荷重として求める。荷重の計算式を以下に示す。

※設計飛来物による荷重の算出式

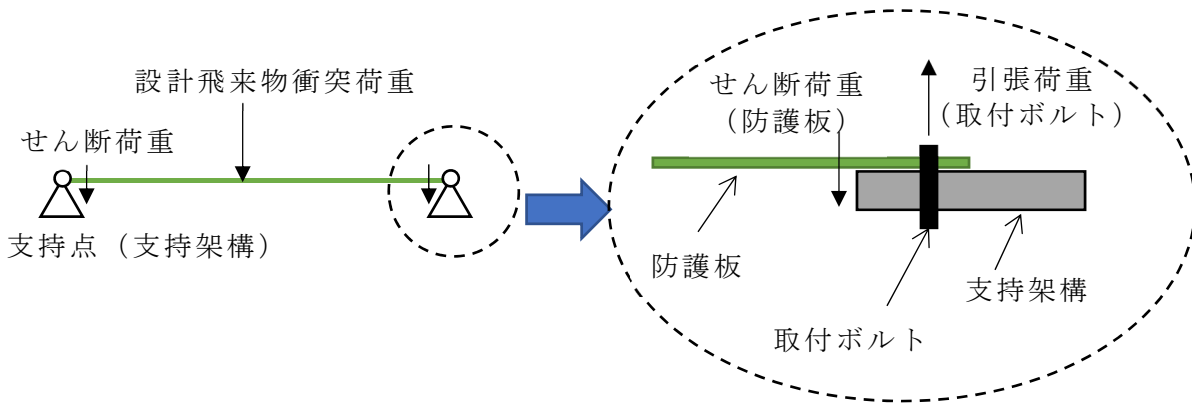
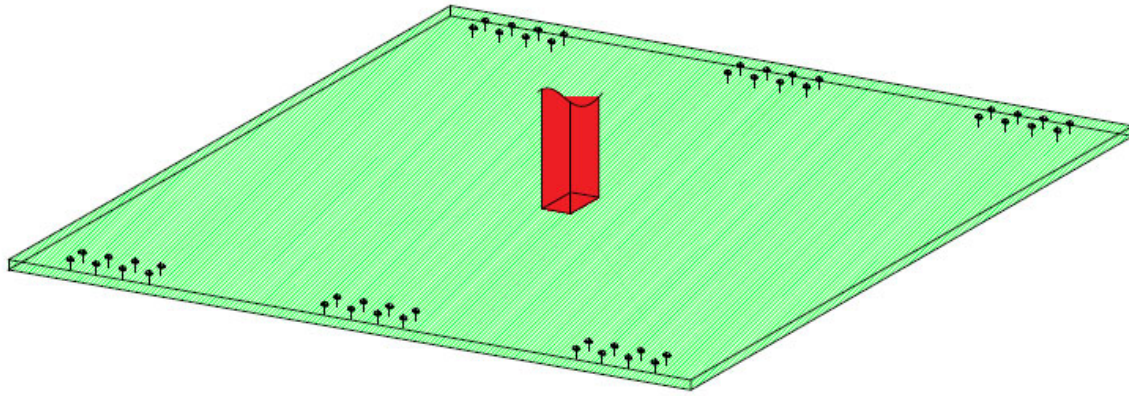
$$W_M = F_M = m \cdot V/t = m \cdot V^2/L_t$$

m (設計飛来物質量) : 135kg

V (設計飛来物の衝突速度) : 51m/s (水平方向)

L_t (設計飛来物の最も短い辺の長さ) : 0.2m

上記の算出式により、支持部への作用荷重は1756 kNと算定される。この荷重に対し必要となる支持部設置箇所 (取付ボルト本数) は、M24の取付ボルトで6本となる。



第 2 -27 図 設計飛来物接触直後の荷重

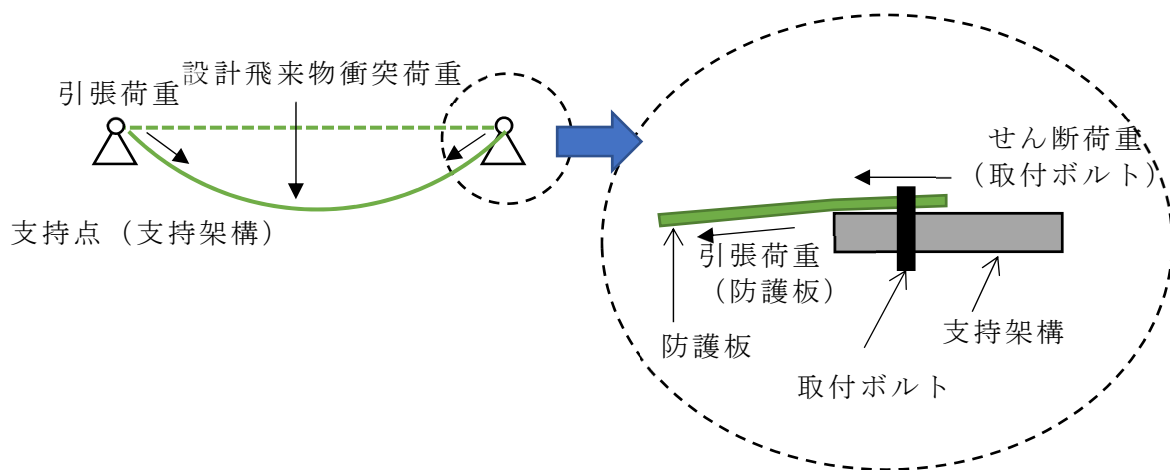
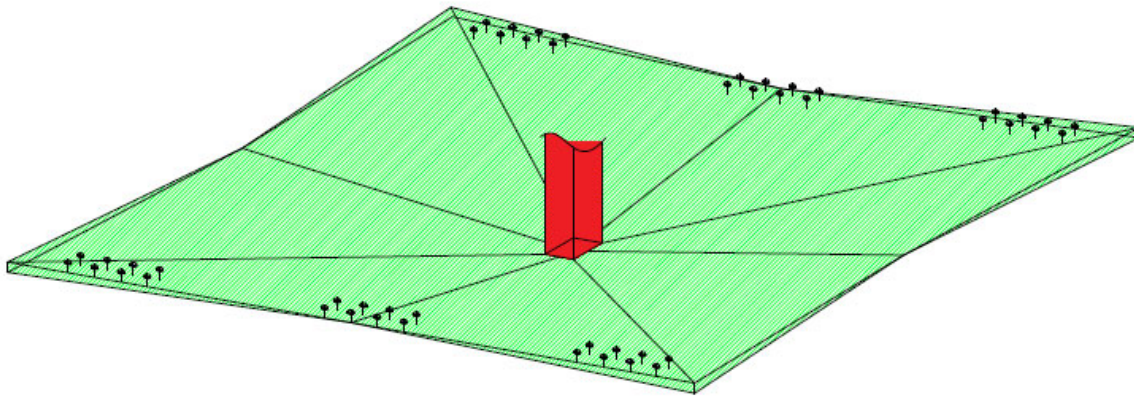
ロ. 防護板に大変形が生じた時点の支持部への作用荷重に対する取付ボルト本数

設計飛来物により防護板の大変形が生じた時点では、第2-28図に示すように、変形の進展により防護板に発生する荷重は引張荷重が顕著となる。このため、防護板の支持部は防護板の引張荷重を負担し、支持部の取付ボルトには、せん断荷重が作用するので、防護板に発生する引張荷重に耐えるよう支持部の設計を行う。

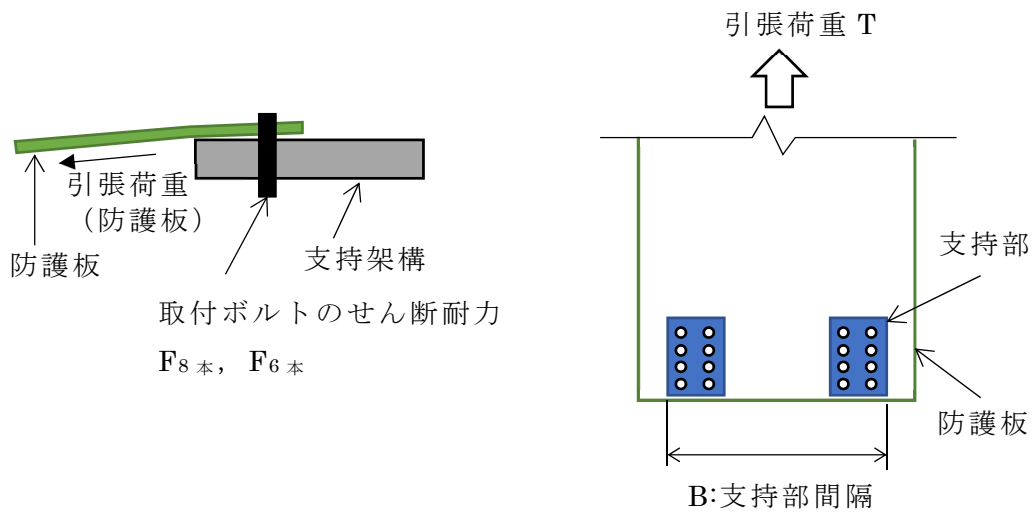
防護板の変形が進展し引張荷重が増加することにより、防護板断面は降伏に至る。防護板断面が降伏すると引張荷重の増加は緩やかとなる。そこで、支持部に作用する荷重は、防護板に降伏が生じる時の引張荷重により算定する。

ここで、支持部1か所あたりの取付ボルト本数は、ボルト穴間のせん断破壊を防止できるボルト間隔及び取り付ける支持架構部材寸法を考慮し、支持架構の梁継手の取付ボルト配置を参考として、M24ボルトを8本配置することを基本とする。なお、支持架構部材に対し2方向から防護ネットまたは防護板が取り付け、内側にはブレス材が取り付く場合など、支持部における取付ボルト配置が制約される場合は、6本配置を採用する。

第2-29図に示すように、支持部間隔（2か所の支持部の外寸幅）分の防護板が降伏する引張荷重に対して、取付ボルトのせん断耐力が上回るよう、支持部の間隔を定める。具体的には、取付ボルト本数8本の支持部間隔は1.7m、取付ボルト本数6本の支持部間隔は1.3mを原則とする。本設定は、支持辺数に関わらず共通となる。



第 2-28 図 防護板に大変形が生じた時点の支持部への作用荷重



防護板に作用する引張荷重 $T = S_y \times t \times B$

取付ボルトの耐荷重 $F = qu \times n$

$F_{8本} = qu \times 16$ (本), $F_{6本} = qu \times 12$ (本)

$B_{8本} = F_{8本} / (S_y \times t) = 1.7\text{m}$

$B_{6本} = F_{6本} / (S_y \times t) = 1.3\text{m}$

記号	定義	単位
S_y	防護板の設計降伏点	MPa
t	防護板の厚さ	mm
B	支持部間隔 (2か所の支持部の外寸幅)	mm
n	2か所の支持部のボルト本数	本
qu	取付ボルト1本あたりのせん断耐力	N

第 2 -29 図 防護板支持部間隔の設定

ハ. 取付ボルト本数および支持部間隔の設定

支持部に作用する荷重から求められた取付ボルト本数および支持部間隔を第2-4表にまとめる。取付ボルトの本数および支持部間隔は第2-4表に示す通り、防護板に大変形が生じた時点の作用荷重にて決定される。

第2-4表 支持部に作用する荷重から求められた取付ボルト本数および支持部間隔

支持部に作用する荷重	取付ボルト径	支持部1か所の取付ボルト本数	支持部間隔	取付ボルト総数(本)
設計飛来物接触直後の作用荷重	M24	—	—	6
防護板に大変形が作用した時点の作用荷重	M24	8本	1.7m	16本以上※
		6本	1.3m	12本以上※

※支持部は、防護板1枚あたり2か所以上を互いに離れた位置に設ける。

なお、取付ボルト配置が制約される場合は、M33の取付ボルト径を使用することで、同等以上の強度を確保する。防護板に大変形が作用した時点の作用荷重を負担する取付ボルト本数が配置の制約上、⑫～⑯及び⑳防護板では8本となるため、それぞれ取付ボルト径をM33にサイズアップさせることで、M24の16本配置と同等の強度を確保している。防護板の種類毎の取付ボルト耐荷重を第2-5表に示す。

第2-5表 防護板の種類毎の取付ボルト耐荷重

防護板の種類	取付ボルト径	取付ボルト本数	取付ボルト耐荷重F
基本ケース	M24	16本	2,800 kN (175 kN×16本)
⑫～⑯, ⑳ 防護板	M33	8本	2,760 kN (345 kN×8本)

二. はしあき寸法の設定

第2-30図に示すように、はしあき部の破断強度が、取付ボルトのせん断強度を上回るようにはしあき寸法を設定する。具体的には、取付ボルトのせん断耐力以上となる限界はしあき寸法 e を算出し、はしあき寸法 L が、限界はしあき寸法 e を上回ることを確認する。

はしあき部の許容せん断荷重 $Q >$ 取付ボルトのせん断耐力 q

$$\Rightarrow 2 \times e \times t \times Su / \sqrt{3} > q$$

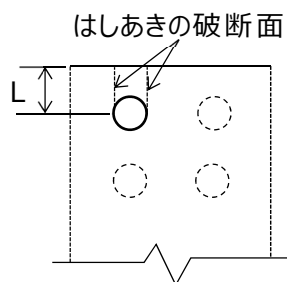
$$\Rightarrow e > q / (2 \times t \times Su / \sqrt{3})$$

記号	定義	単位
e	取付ボルトのせん断耐力以上となる限界はしあき寸法	mm
t	防護板の厚さ	mm
Su	防護板の引張強さ	MPa
q	取付ボルト1本あたりのせん断耐力	N

限界はしあき寸法 e とはしあき寸法の最小値 L の比較結果を第2-6表に示す。第2-6表より、はしあき寸法 L が、限界はしあき寸法 e を上回る。

第2-6表 はしあき寸法の確認結果

取付ボルト径	限界はしあき寸法 e	はしあき寸法の最小値 L
	mm	mm
M24	33	50
M33	64	70

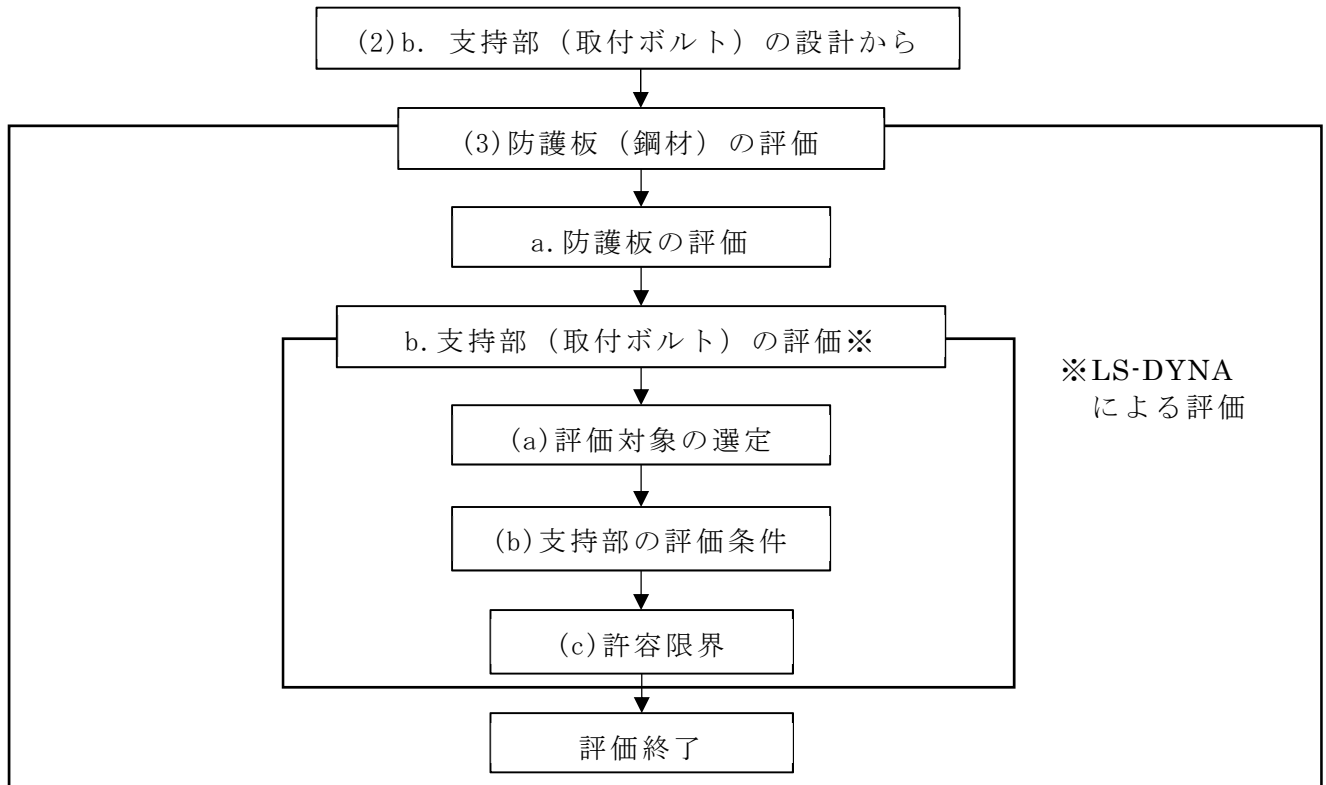


第2-30図 はしあきの破断面

(3) 防護板（鋼材）の評価

「(2) 防護板（鋼材）の設計」を踏まえて、防護板（鋼材）は、防護板の貫通評価と支持部である取付ボルトの破断評価を行う。

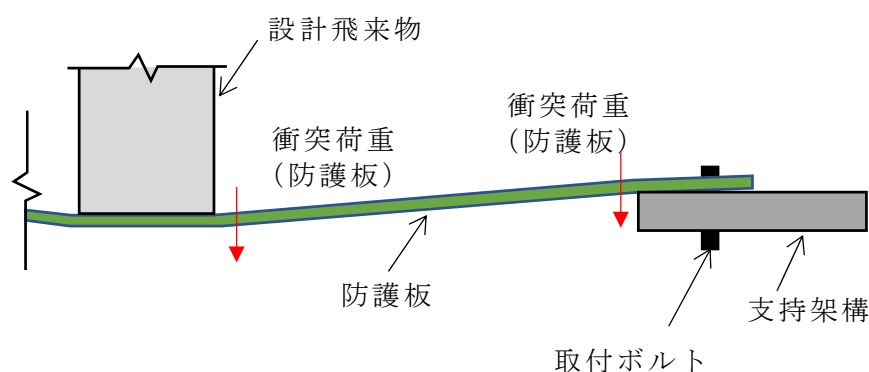
防護板（鋼材）の設計フローを第2-31図に示す。



第2-31図 防護板（鋼材）の評価フロー

a. 防護板の評価

第2-32図に示すように、貫通評価については、BRL式にて必要厚さを算出し許容限界板厚を設定し、最小板厚の防護板（鋼板）の設計板厚と比較し、許容限界板厚を上回っていることを確認する。なお、設計飛来物が衝突した際、防護板の衝突部近傍では衝突荷重（せん断および曲げ）が作用するが、防護板の厚さはBRL式により算出される貫通限界厚さ以上としており、破断は生じない。ここで支持部近くの防護板にも衝突荷重が作用するが、支持部を複数設けているため、支持部近くの防護板に作用する衝突荷重（せん断および曲げ）は分散し、設計飛来物衝突部近傍に作用する断荷重より小さくなる。このため、支持部近くの防護板においても防護板の破断は生じない。



第2-32図 防護板に作用する荷重

b. 支持部（取付ボルト）の評価

静荷重を用いて取付ボルトの強度設計をしているが、設計飛来物による衝突現象により支持部に作用する荷重は動的な荷重であることから、支持部のボルトに作用する動的荷重を評価可能な解析コード（LS-DYNA）を用いて、取付ボルト全数が破断しないことを確認している。

(a) 評価対象の選定

「ハ. 取付ボルト本数および支持部間隔の設定」に記載の通り，支持部（取付ボルト）の本数および支持間隔は，防護板に大変形が生じた時点の作用荷重から求められる取付ボルト本数の方が設計飛来物接触直後の作用荷重に比べて支配的である。このため，防護板に大変形が生じた状態が取付ボルト全体に対して厳しい状態であることから，この状態を想定して評価対象を選定する。

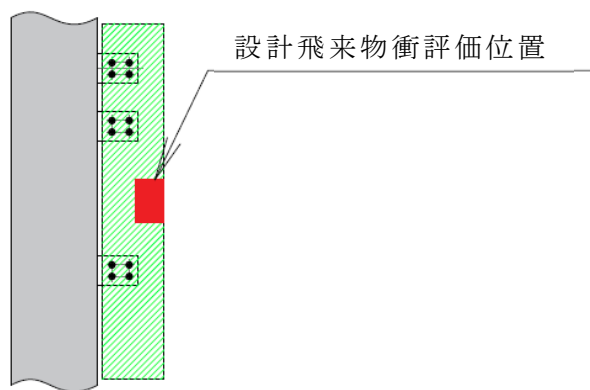
このとき，防護板に大変形が生じた時点の作用荷重は，防護板のたわみが大きいほど顕著となることから，支持方法（1辺で支持又は相対する2辺以上で支持）及び設計飛来物の速度ごとに防護板のたわみやすさを考慮して，評価対象の防護板（鋼材）を選定する。具体的には，防護板の支持スパン(l)の3乗と断面二次モーメント (I) の関係から求まるたわみ易さ (l^3/I) が大きくなるものを選定している。なお，支持部全体の取付ボルト強度が同等となる様な設計としていることから，取付ボルトのサイズ及び本数が変わっても，防護板の評価対象の選定に影響を与えない（第2-5表参照）。

また，設計飛来物の衝突位置は，衝突部のたわみ量が大きく，全体に配置された取付ボルトへの負担が等しくなるよう防護板中央部とする。

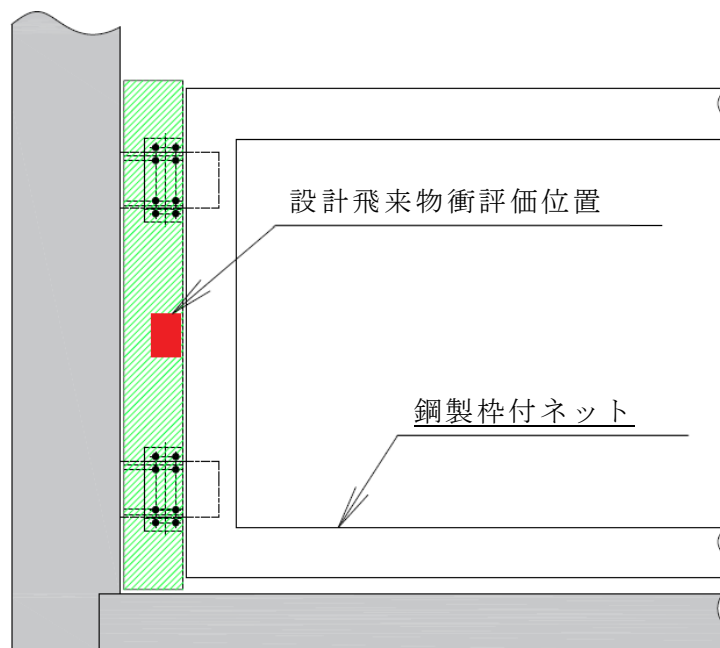
防護板の評価対象を第2-7表に示す。

第2-7表 防護板評価対象

防護板 支持方法	設計飛来物 速度	防護板 の種類	たわみ易さ l^3/I	代表となる 防護板		設計飛来物衝 突評価位置
				G10A	G10B	
1辺で支持	51 m/s (水平衝突)	⑨防護板	100	○	○	第2-33図
相対する2辺 以上で支持	51 m/s (水平衝突)	⑩防護板	200,000	○	○	第2-34図



第 2 -33 図 1 辺で支持する防護板 設計飛来物衝突評価位置



第 2 -34 図 相対する2辺以上で支持する防護板 設計飛来物衝突評価位置

(b) 支持部の評価条件

設計飛来物の衝突による防護板（鋼材）の変形に伴い，取付ボルトに作用する荷重は大きくなり，塑性変形若しくは破断が生じうる。そのため，支持部の評価においては，取付ボルトごとの剛性及び負担する荷重割合が時々刻々と変化することを踏まえ，取付ボルトをモデル化したFEM解析（LS-DYNA）にて取付ボルトの健全性を確認する。

解析においては，取付ボルトが防護板（鋼材）の変形により荷重を受けること及び取付ボルトの塑性変形及び破断を評価する必要があるため，防護板（鋼材）及び取付ボルトは弾塑性を考慮したモデルとし，破断と判定した取付ボルトは，破断以降は荷重を負担しないモデルとする。

取付ボルトの破断評価方法は，水平2方向のせん断応力及び鉛直方向の軸力について，破断荷重との比率を算出し，各成分の二乗和が1.0以上となれば破断したものと判定する。

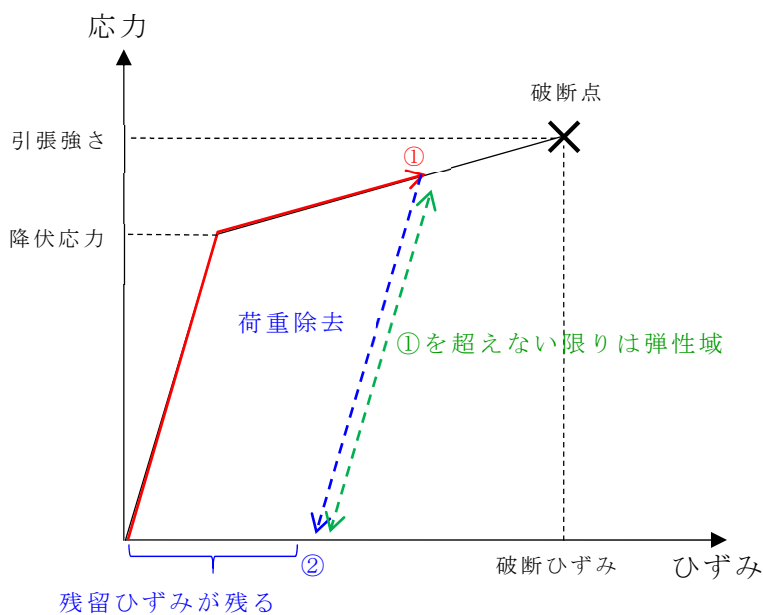
本評価においては，以下の設定とすることで，評価の保守性を確保する。

- ・取付ボルトの破断荷重には，破断荷重の実力値に十分な裕度を考慮したJISや鋼構造設計規準の規格値を用いることで，取付ボルトが破断しやすい条件とする。
- ・衝突させる設計飛来物は破断ひずみを超えても要素を消去せず，破断ひずみ以上に変形できるモデルとし，防護板（鋼材）の変形を大きくすることで，取付ボルトが破断しやすい条件とする。
- ・一般的に鋼材は，降伏（塑性変形）するとひずみ硬化が発生し，耐力が増加する。このとき，ひずみ速度が大きいと耐力の増加も大きくなるが，取付ボルトの破断判定においてはひずみ硬化における速度寄与を考慮しないことで，取付ボルトが破断しやすい条件とする。

(c) 許容限界

防護板は設計飛来物の有するエネルギーを防護板及び取付ボルトの変形により吸収することで設計飛来物の貫通を防止する設計としているため、防護板（鋼材）の脱落により冷却塔A,Bへの波及影響を与えないことを確認する。取付ボルトは、防護板（鋼材）に自重、積雪荷重、風圧力による荷重が作用したとしても、取付ボルト1本で支えることで防護板（鋼材）の脱落を防止し、冷却塔への波及的影響を防止できるが、防護板（鋼材）が設置位置から動かないよう、面内方向の回転を拘束するため、支持部の評価の許容限界としては、防護板（鋼材）を固定する取付ボルトが2本以上破断せずに残ることとする。

なお、残存した取付ボルトの一部は塑性変形しているおそれがあるが、第2-35図に示す応力-ひずみ線図に示すとおり、取付ボルトに作用する荷重が除荷されると、残留ひずみは残るものの、残存した取付ボルトは構造強度上の強度部材として期待ができる。



第2-35図 取付ボルトの応力-ひずみ線図

d. 防護板支持部評価モデルの妥当性

防護板支持部評価のモデルは，設計飛来物衝突による防護板の変形や取付ボルトに作用する荷重を適切に評価できるモデルとする必要がある。

防護板の変形は電中研の試験結果との比較により，解析にて算出した設計飛来物衝突時の防護板のひずみ量が妥当であることを確認している。

また，取付ボルトについては，実際に使用されるボルトサイズを適切にモデル化するとともに，その材料モデル（降伏荷重，破断荷重）をJISや鋼構造設計基準の規格値を用いて適切にモデル化している。その際，ボルトの材料モデルに規格値を採用することは，実物よりも破断荷重を小さく設定することになるため，破断が発生し易い条件となっており，破断に対して保守的な設定であると言える。

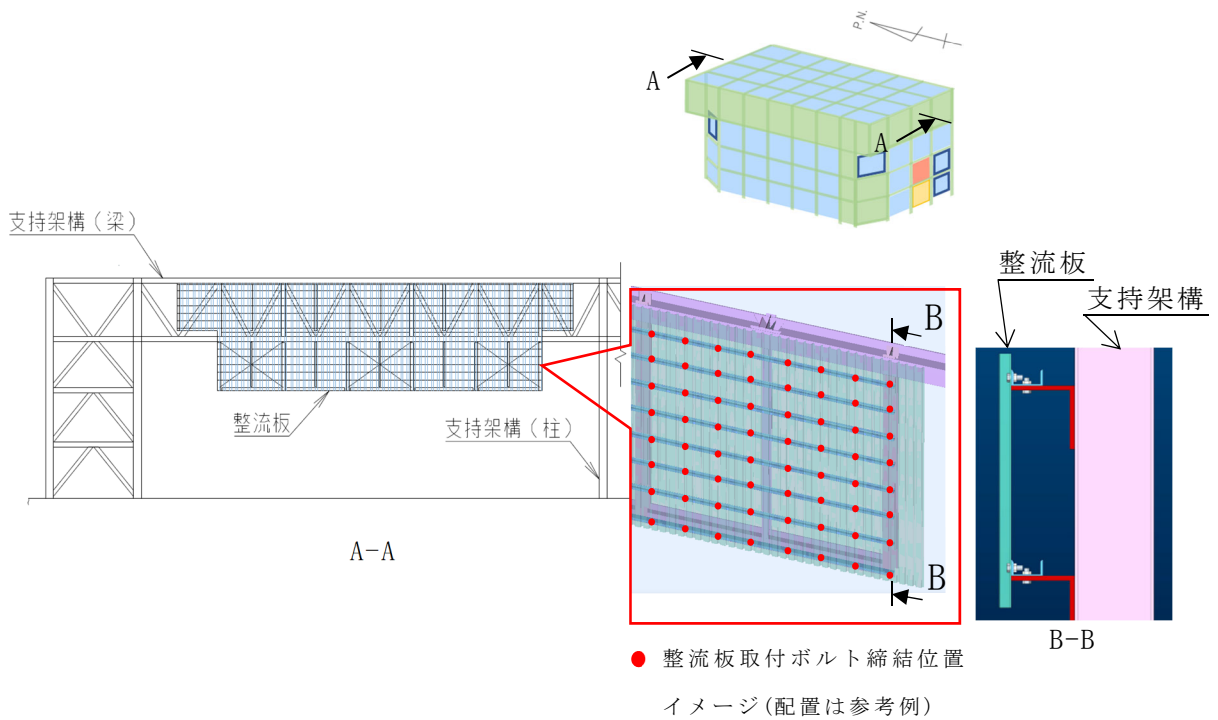
一方，ボルトが早く降伏することにより，同じ荷重が作用した時のボルトのひずみ量や吸収エネルギーが実物より大きいため，非保守側の評価となるものの，ボルトのひずみや吸収エネルギーは防護板のひずみや吸収エネルギーと比べて小さいことから，影響は小さい。

以上のことから，防護板支持部評価のモデルは，防護板及び取付ボルトともに適切にモデル化されており，防護板の脱落の有無を判断するために適切なモデルである。

2.4 整流板の構造

整流板は、冷却塔A,Bの周囲は3面が飛来物防護ネットで1面が非常用電源建屋となっており、非常用電源建屋側は、非常用電源建屋の影響を受けて冷却塔A,Bの排気が吸気として冷却塔A,Bに流れ込む可能性があることから、吸気と排気の流れを整流するために設置する。

整流板は、波目板で構成され、取り付け治具にボルトで締結され支持架構に溶接で接合される構造物である。冷却塔A,Bと非常用電源建屋の間でかつ、冷却塔A,Bの排気口付近から竜巻防護ネット天面までの間に垂直に配置される。その概要を第2-36図に示す。



第2-36図 整流板の構造概要

2.5 支持架構の構造

支持架構は、柱、はり及びブレースによって構成されるラーメン・トラス構造であり、溶接又はボルトにより接合される鉄骨構造物である。支持架構は、4つの基礎スラブで支持されており、基礎スラブは支持地盤である岩盤にマンメイドロックを介して設置されている。支持架構の構造概要を第2-37図に示す。

支持架構の特徴として、地震時の支持架構における転倒モーメントの低減を図るために座屈拘束ブレースを採用している。

座屈拘束ブレースは、ブレース材として働く中心鋼材を鋼管とコンクリート(モルタル)で拘束し、圧縮でも座屈させずに、引張と同様に、安定的に塑性化するようにしたブレースである。設計竜巻の風圧力による荷重や小地震に対して弾性範囲内で機能し、基準地震動 S_s 相当の大地震時に座屈拘束ブレースが安定的に塑性化することにより、地震によるエネルギーを消散させ支持架構に大きな減衰を付加することで、転倒モーメントを低減させることが可能となる。

座屈拘束ブレースは、日本建築センターに一般評定の申し込みを行い妥当なものと評定されている。

座屈拘束ブレースの構造概要及び配置並びに評定書を第2-38～40図に示す。

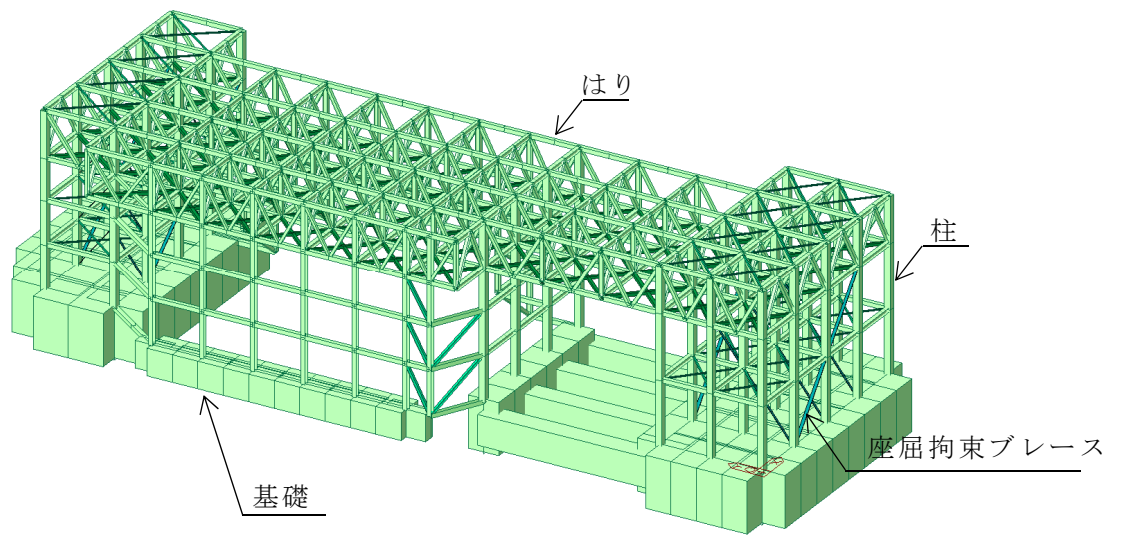
座屈拘束ブレースが設置されている箇所の防護ネットは、2.2項に示したとおり座屈拘束ブレースの内側に防護ネット(支持架構に直接設置・内張り)を設置することから、座屈拘束ブレースによる影響を受けることなく設計飛来物を捕捉できる。

座屈拘束ブレースに設計飛来物が衝突した場合の影響については下記のとおりである。

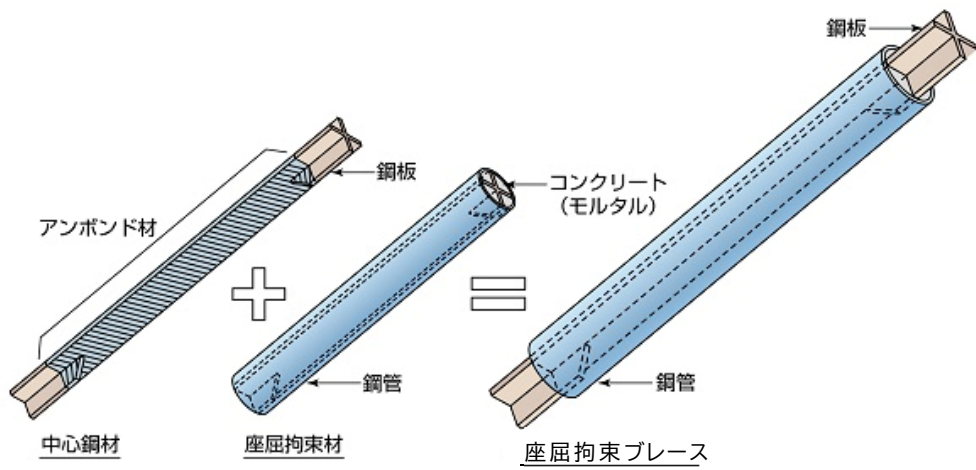
- 座屈拘束ブレースは鋼管(厚さ約6mm～約7mm)とその内側にモルタルと中心鋼材(厚さ約16mm以上)で構成されていることから、設計飛来物は座屈拘束ブレースの中心鋼材を貫通しない。
- 設計飛来物の衝突により鋼管が破損し、内部のモルタルが飛散した場合でも40mmを超える大きさの破片は防護ネット通過することはない。
- 40mm以下の破片は補足説明資料「外竜巻20 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算書に関する砂利等の極小飛来物による竜巻防護対象施設への影響について」に示す砂利等の極小飛来物に包絡できることから冷却塔A,Bに対し貫通等は生じない。
- 設計荷重(竜巻)に対する座屈拘束ブレースの荷重負担状況から、設計飛来物の衝突によって座屈拘束ブレースが破損した場合でも支持架構は倒壊しない。

以上のことから、冷却塔A,Bへ影響を与えない。

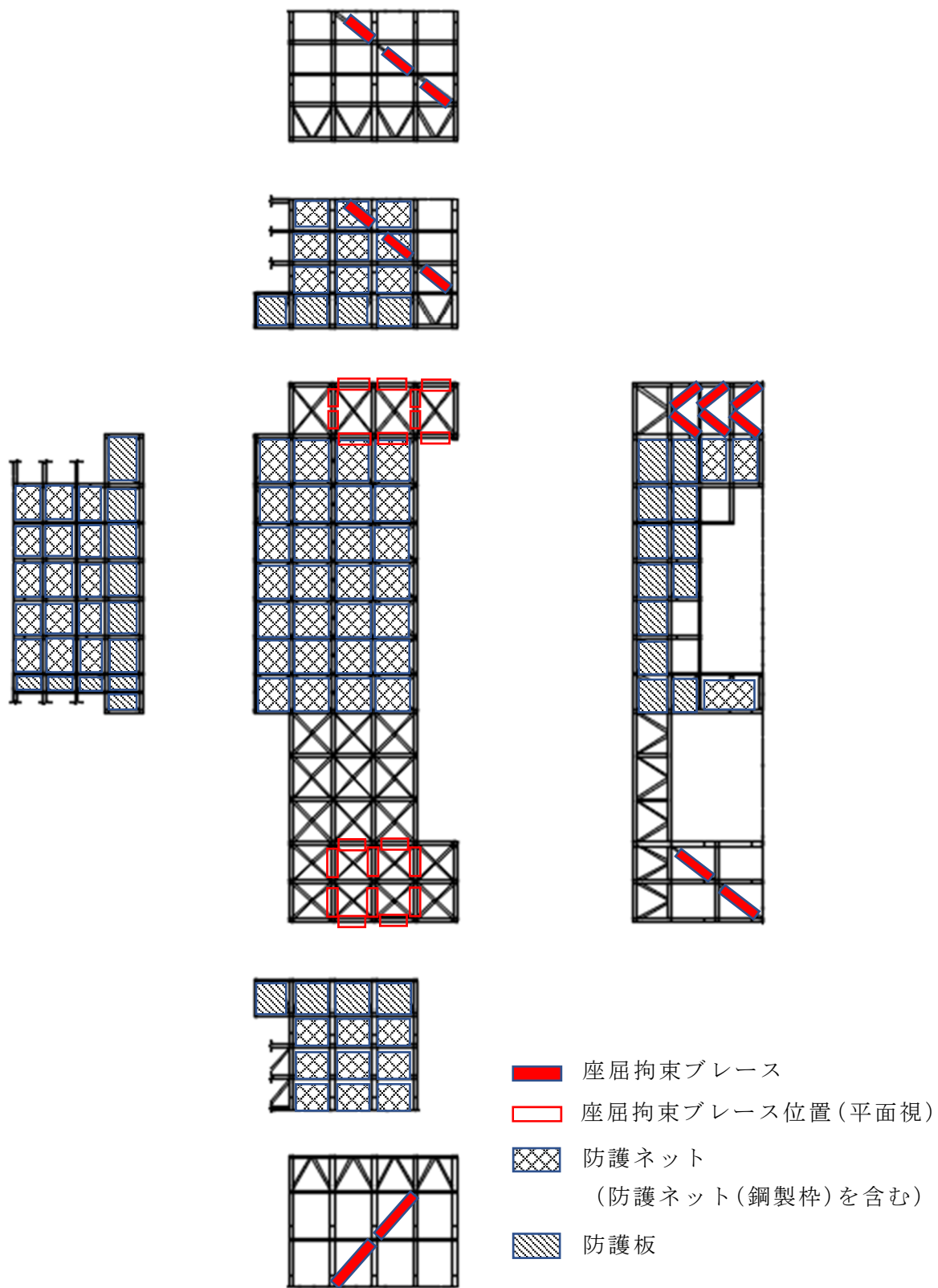
また、支持架構への設計飛来物衝突評価において、支持架構全体で負担する荷重が小さく座屈拘束ブレースに生じる応力が弾性域で収まることから、座屈拘束ブレースは通常のブレースと同様に弾性体としてモデル化して評価を行っている。



第 2-37図 支持架構の構造概要



第 2-38図 座屈拘束ブレースの構造概要



第 2-39 図 座屈拘束ブレースの配置概要



BCJ 評定-ST0126-06

評 定 書 (工法等)

申込者 日鉄エンジニアリング株式会社
都市インフラセクター長 村上 信行 様

件 名 制振用アンボンドブレース

令和 2 年 6 月 19 日付けで評定の申し込みのあった本件については、下記のとおり評定申込事項に係る技術的基準に適合しているものと評定します。

なお、本評定書の有効期間は、本評定日より令和 7 年 10 月 14 日までとします。

令和 2 年 9 月 18 日



記

1. 評定申込事項

本評定は、平成 12 年建設省告示第 1461 号の制振部材、平成 17 年国土交通省告示第 631 号のエネルギー吸収部材に係る評定の申し込みがなされたものである。

2. 評定の区分

更新

3. 評定をした工法等

別紙 1 のとおり

4. 評定の内容

(1) 方法

本評定は、鋼構造評定委員会（委員長：田淵基嗣）において、申込者から提出された資料に基づき審査を行ったものである。

(2) 審査内容

別紙 2 のとおり

5. 備考

本評定は、設計・施工・品質管理等が適切に行われることを前提に、提出された資料に基づいて行ったものであり、個々の工事等の実施過程及び実施結果の適切性は評定の範囲に含まれていない。

第 2-40 図 座屈拘束ブレース 評定書

3. 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書における設計方針との整合性について第3-1表の通り整理した。

第3-1表 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書 記載事項	対応
<p>9.11 竜巻防護対策設備</p> <p>9.11.2 設計方針</p> <p>竜巻防護対策設備の設計に際しては、竜巻防護対象施設が安全機能を損なわないよう、次のような方針で設計する。</p> <p>(2) 飛来物防護ネット</p> <p>a. 設計飛来物の運動エネルギーを吸収することができる設計とする。</p> <p>b. 設計飛来物の通過を防止できる設計とする。</p> <p>c. 設計荷重(竜巻)に対して、支持架構の構造健全性を維持できる設計とする。</p> <p>d. 冷却塔の冷却性能に影響を与えない設計とする。</p> <p>e. 地震、火山の影響及び外部火災により竜巻防護対象施設に波及的影響を与えない設計とする。</p>	<p>a. b. c. 項については、第2回設工認申請書添付書類「VI-1-1-1-2-4-2-2-2-3 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B)の強度計算書」のとおり、防護ネットにより設計飛来物の運動エネルギーを吸収し、通過を防止することができること、また、設計荷重(竜巻)に対して、支持架構の構造健全性を維持できることを確認している。</p> <p>d. 項については、防護板ではなく防護ネットを採用することにより冷却塔の冷却空気の通過を阻害しない構造となっている。防護ネットによる圧力損失が冷却塔のファンの静圧内に収まっていることを確認している。</p> <p>e. 項の地震については、第2回設工認申請書「VI-1-1-1-2-4-2-2-2-3 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B)の強度計算書」のとおり、竜巻防護対象施設である冷却塔に波及的影響を及ぼさないことを確認している。</p> <p>火山の影響については、第2回設工認申請書「VI-1-1-1-4-4-2-5-3 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B)の強度計算書」に示すとおり、火山の影響により支持架構の構造健全性を維持できることを確認している。</p> <p>外部火災については、熱影響がある支持架構の柱等に耐火塗装を施すことにより、支持架構の構造健全性を維持できる。</p>

令和 5 年 11 月 30 日 R0

別紙-4

飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)の構造及び評価について

目 次

1. 概要	1
2. 飛来物防護板(A1)の構造について	1
2.1 飛来物防護板(A1)の全体概要	1
2.2 防護板の構造	9
2.3 支持架構の構造	36
3. 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について	40

1. 概要

本資料は、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)(以下、「飛来物防護板(A1)」という。)の構造及び評価の考え方を補足説明するものである。

2. 飛来物防護板(A1)の構造について

2.1 飛来物防護板(A1)の全体概要

飛来物防護板(A1)は、設計飛来物が主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(主排気筒周り)並びに主排気筒管理建屋に衝突することにより、安全機能を損なうことを防止するために設置する。

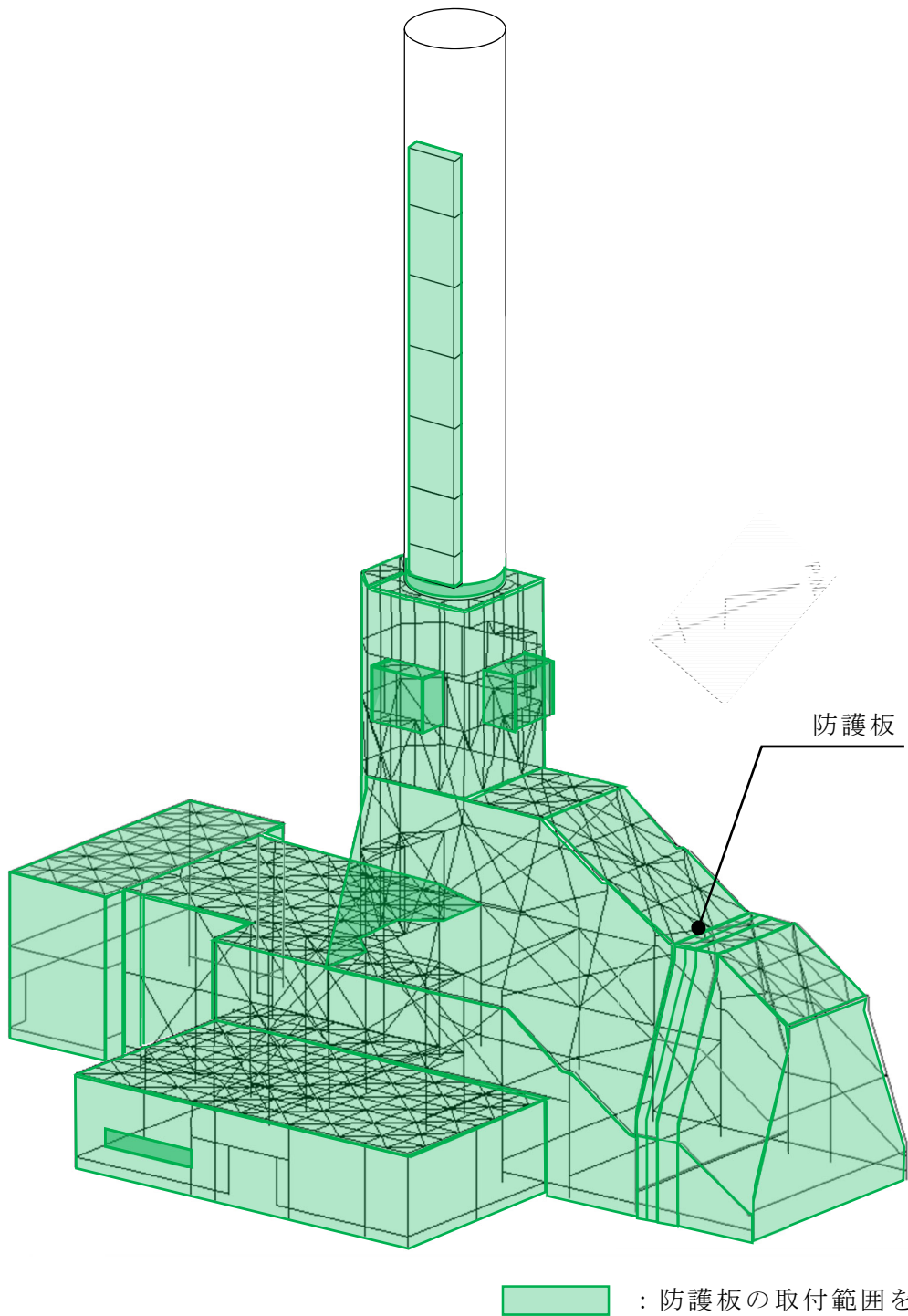
飛来物防護板(A1)の全景を第2-1図に示す。

飛来物防護板(A1)は、防護板(鋼材)及びそれらを支える支持架構で構成され、竜巻防護対象施設である主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(主排気筒周り)並びに主排気筒管理建屋を防護するため、その上方及び側方四面を覆うように設置する。

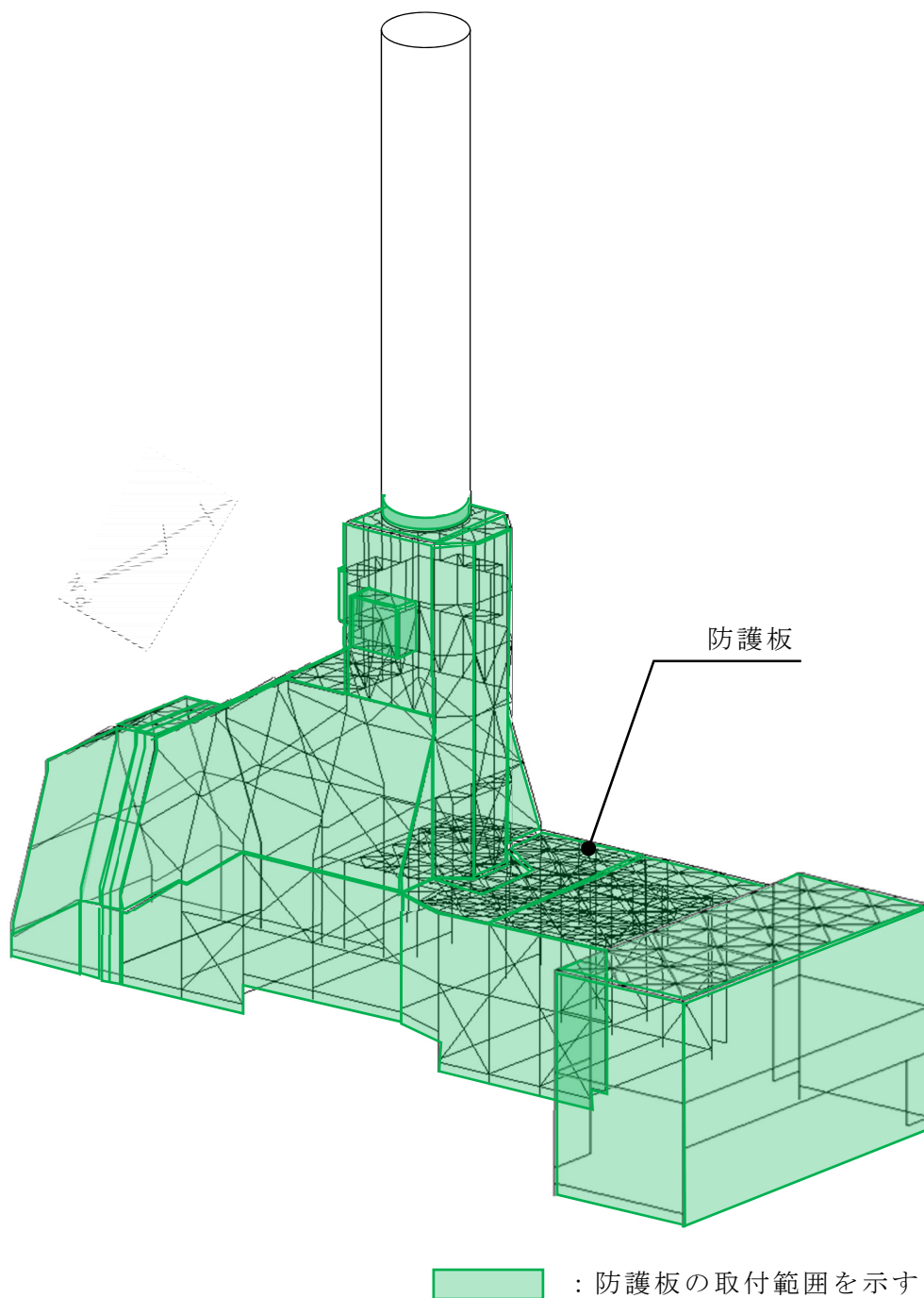
また、支持架構は耐震性成立のため、地上から約40m以上は防護対象が主排気筒筒身に沿うように設置されている屋外配管に限定され、筒身に直接防護板(鋼材)を設置することで、支持架構を軽量化することが可能であることから、地上から約40m以上については、支持架構を設置しない。

開口部が必要な場合については設計飛来物の侵入経路を制限し、飛来物が防護板(鋼材)等に衝突するように防護板(鋼材)等を配置する。

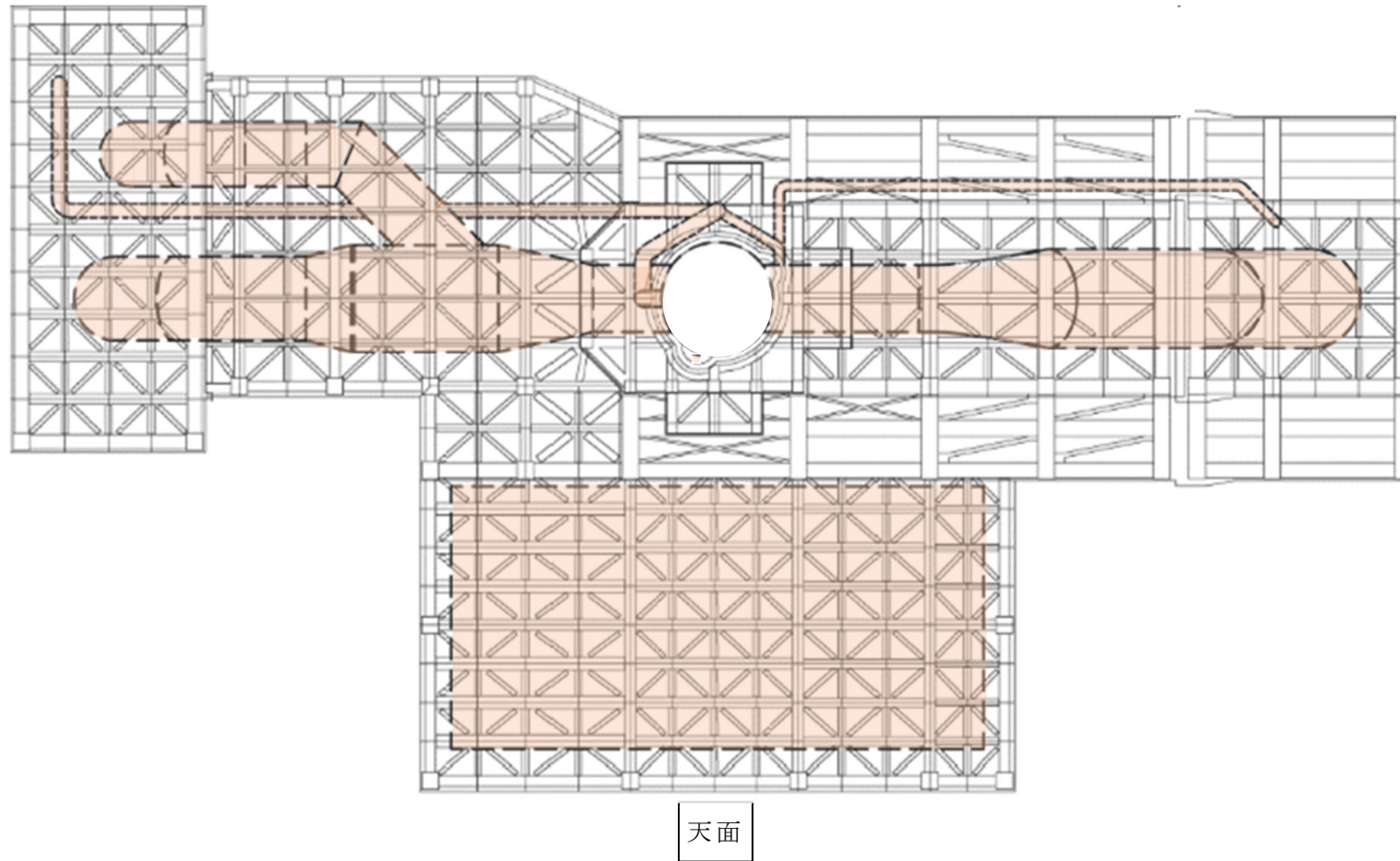
飛来物防護板(A1)と竜巻防護対象施設である主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(主排気筒周り)並びに主排気筒管理建屋を第2-2図に、飛来物防護板(A1)を構成する防護板の一覧と設置位置をそれぞれ第2-1表及び第2-3図に示す。防護板の構造は、2.2項以降に記載する。



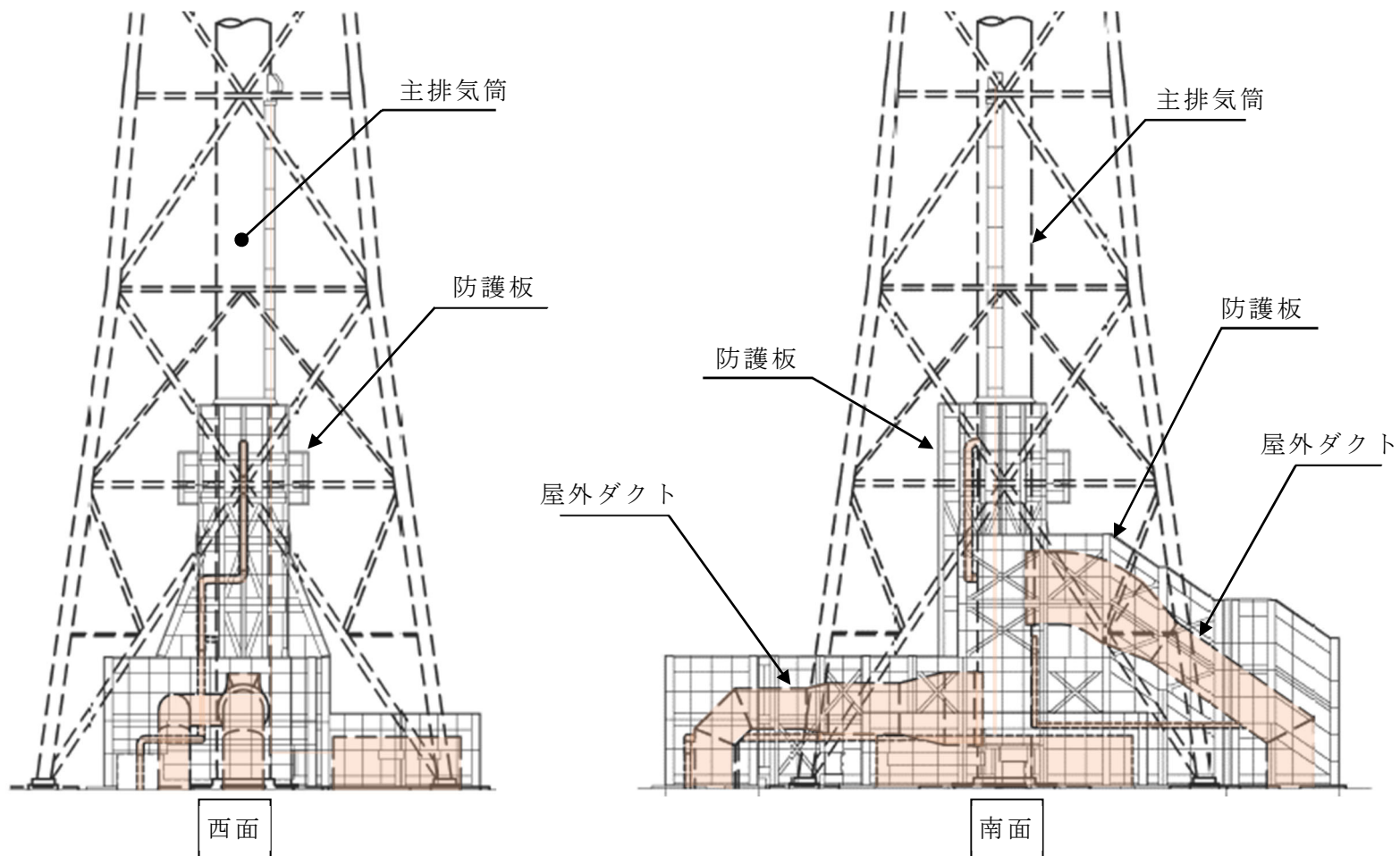
第 2 - 1 図 飛来物防護板 (A1) 全景 (1/2)



第 2 - 1 図 飛来物防護板 (A1) 全景 (2/2)



第 2-2 図 主排気筒に接続する屋外配管及び
屋外ダクト(主排気筒周り)と飛来物防護板(A1)の配置図(1/2)

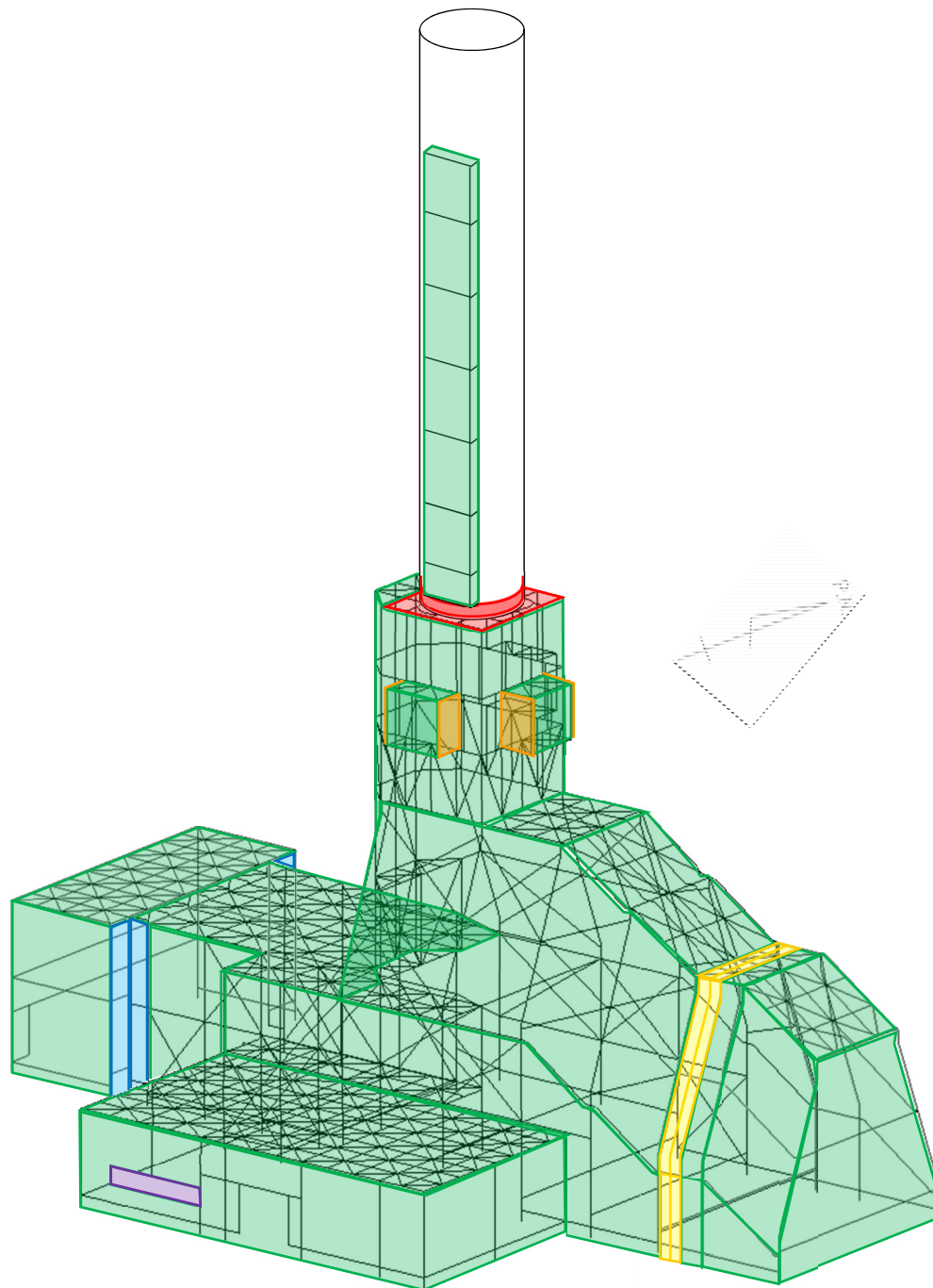


第2-2図 主排気筒に接続する屋外配管及び
屋外ダクト(主排気筒周り)と飛来物防護板(A1)の配置図(2/2)

第2-1表 飛来物防護板(A1)の構成要素

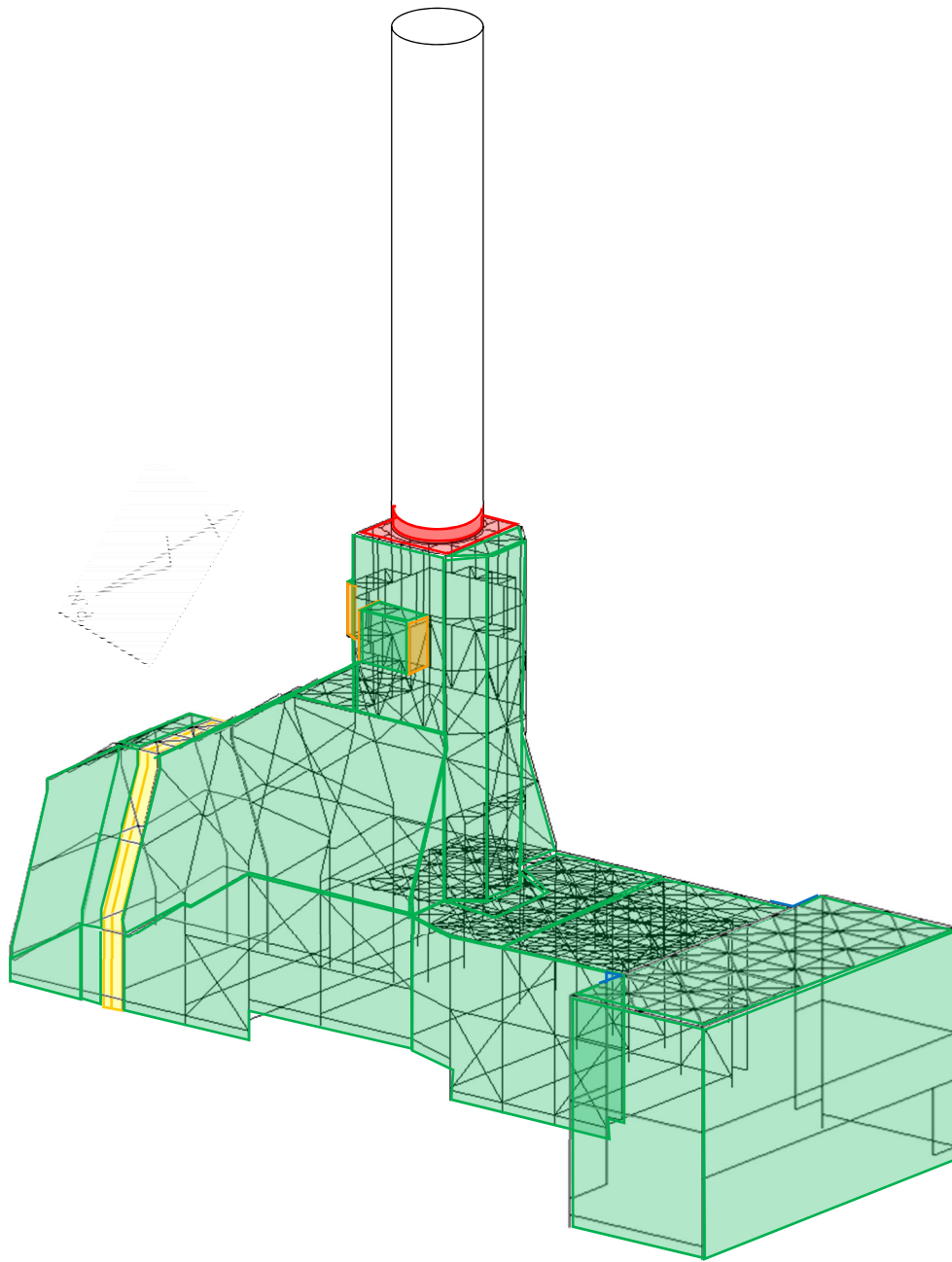
番号	名称	数量	防護板の 使い分け
①	防護板	約840枚※	—
②	防護板 (中央・西ブロック境界部)	約30枚※	—
③	防護板 (中央・東ブロック境界部, 防 護板補強有り)	約30枚※	—
④	防護板 (鉄塔貫通部, 防護板補強有 り)	約30枚※	—
⑤	防護板 (筒身貫通部, 防護板補強有 り)	約20枚※	—
⑥	防護板 (主排気筒管理建屋吸排気用フ ード部, 防護板補強有り)	約15枚※	—

※：詳細設計未完了のため、設計完了後確定した枚数を記載。



- ①防護板
- ②防護板 (中央・西ブロック境界部)
- ③防護板 (中央・東ブロック境界部, 防護板補強有り)
- ④防護板 (鉄塔貫通部, 防護板補強有り)
- ⑤防護板 (筒身貫通部, 防護板補強有り)
- ⑥防護板 (主排気筒管理建屋吸排気用フード部, 防護板補強有り)

第 2 - 3 図 防護板割付図 (1/2)



- ① 防護板
- ② 防護板 (中央・西ブロック境界部)
- ③ 防護板 (中央・東ブロック境界部, 防護板補強有り)
- ④ 防護板 (鉄塔貫通部, 防護板補強有り)
- ⑤ 防護板 (筒身貫通部, 防護板補強有り)

第 2 - 3 図 防護板割付図 (2/2)

2.2 防護板の構造

(1) 防護板(鋼材)の構造

防護板(鋼材)を設置することで主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(主排気筒周り)への設計飛来物の衝突を防止する。

防護板(鋼材)は、設計飛来物の衝突に対し、貫通しない厚さを確保する設計とする。

中央・西ブロック境界部, 中央・東ブロック境界部, 主排気筒筒身貫通部, 主排気筒鉄塔貫通部は、地震時の相対変位量を考慮した離隔距離を設ける必要がある。第2-5図～第2-8図に示すように、防護板を組み合わせて迷路構造としている。

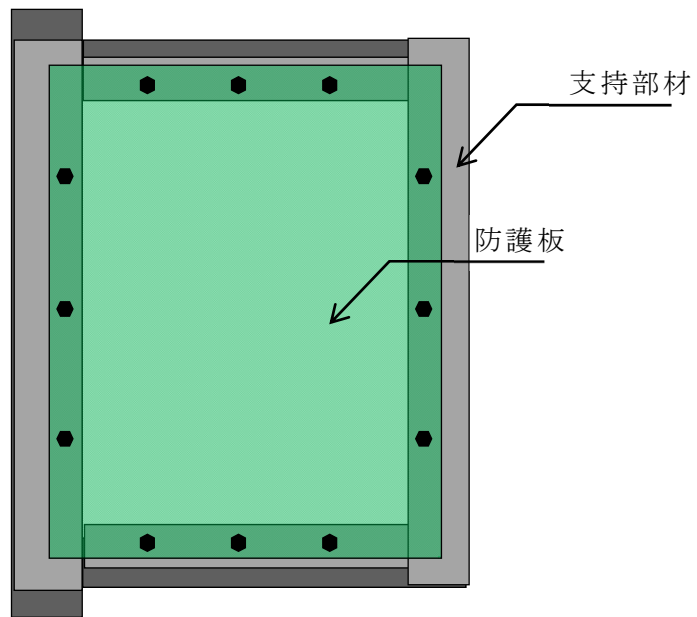
主排気筒管理建屋給排気用フード部は、換気設備の給排気経路を維持するため開口を設ける必要がある。第2-9図に示すように、防護板を組み合わせて迷路構造としている。

配置上の制約により防護板背面に支持部材を設置できない防護板(③～⑥)については、補強材(リブ)を設け、設計飛来物に対する強度を確保すること並びに設計竜巻の風圧力による荷重及び積雪荷重による変形を防止するために、溶接にて一体構造としている。

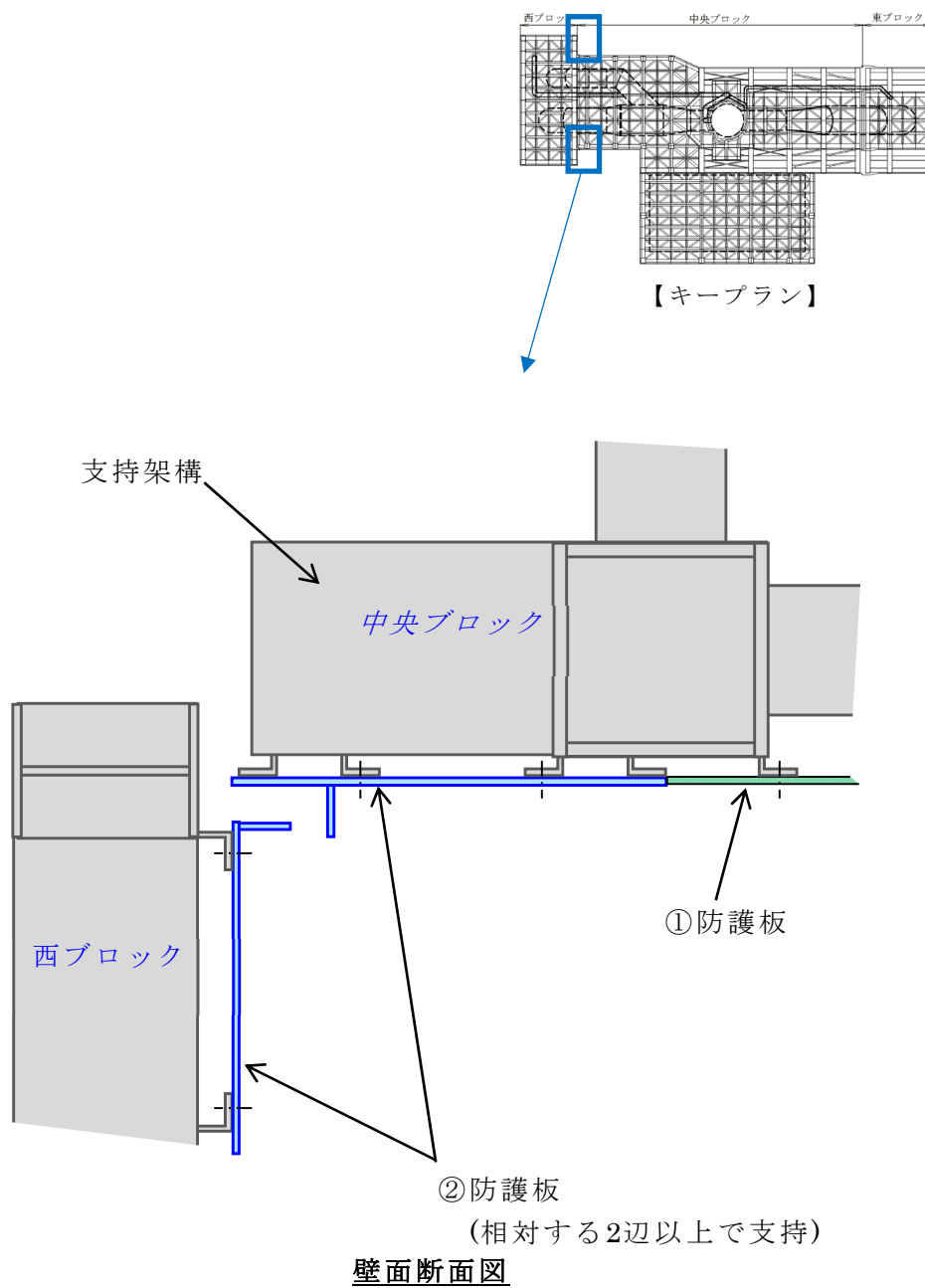
防護板のタイプ一覧を第2-2表に示す。

第 2 - 2 表 防護板のタイプ一覧

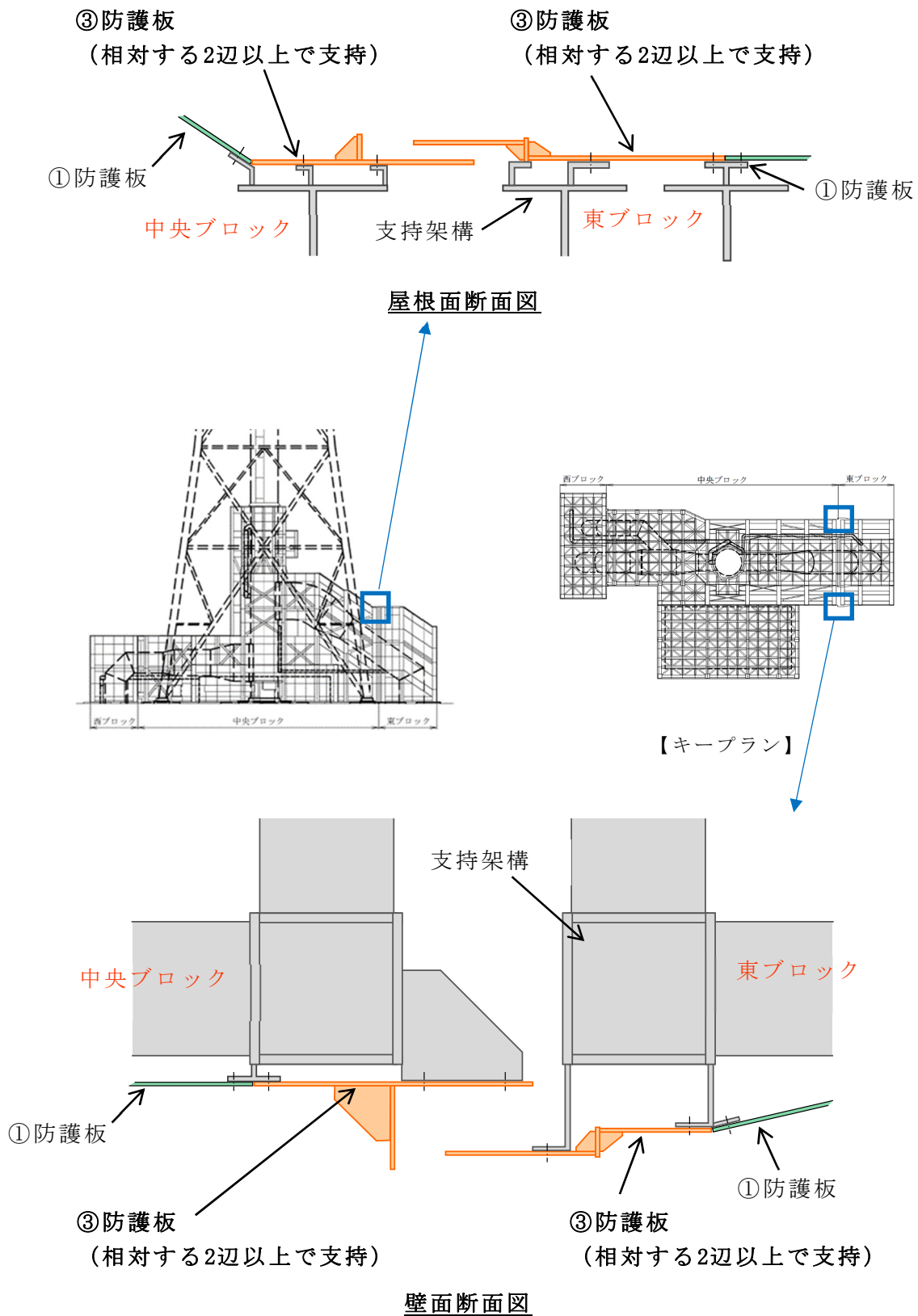
防護板タイプ	防護板構造	支持方法	図
①防護板	SUS板 t9, t12, t16, t19, t20	相対する 2辺以上で支持	第 2 - 4 図
②防護板 (中央・西ブロック境界部)	SUS板 t9	相対する 2辺以上で支持	第 2 - 5 図
③防護板 (中央・東ブロック境界部, 防護板補強有り)	SUS板 t9, t16, t20+リブ	相対する 2辺以上で支持	第 2 - 6 図
④防護板 (鉄塔貫通部, 防護板補強有り)	SUS板 t9 +リブ	相対する 2辺以上で支持	第 2 - 7 図
	SS400板 t12 +リブ	溶接	
⑤防護板 (筒身貫通部, 防護板補強有り)	SUS板 t9, t16 +リブ	相対する 2辺以上で支持	第 2 - 8 図
	SUS板 t19 +リブ	1辺で支持	
⑥防護板 (主排気筒管理建屋吸排気用フード部, 防護板補強有り)	SN490B板 t16, t19 +リブ	溶接	第 2 - 9 図



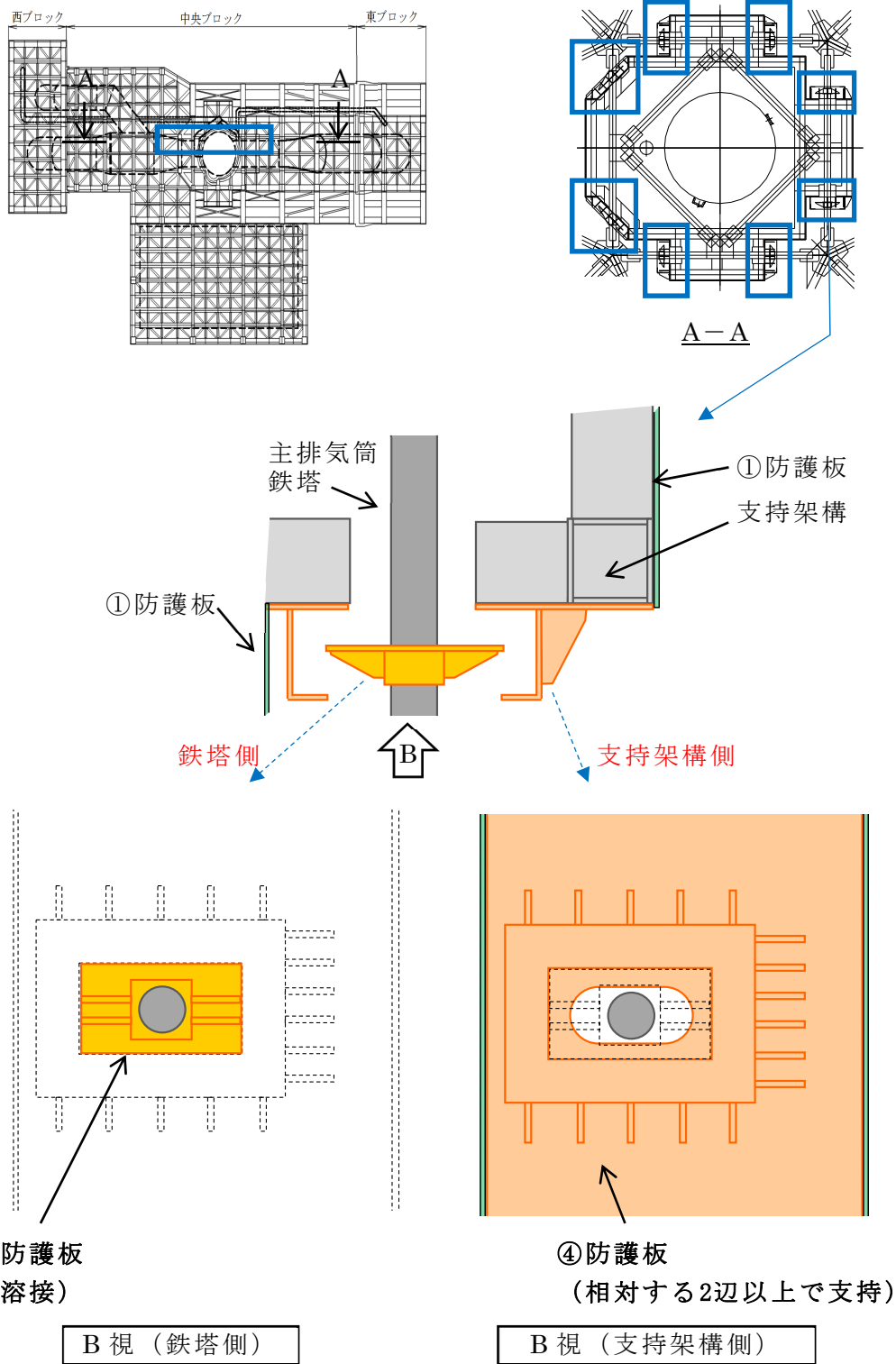
第 2 - 4 図 ①防護板 (相対する2辺以上で支持)



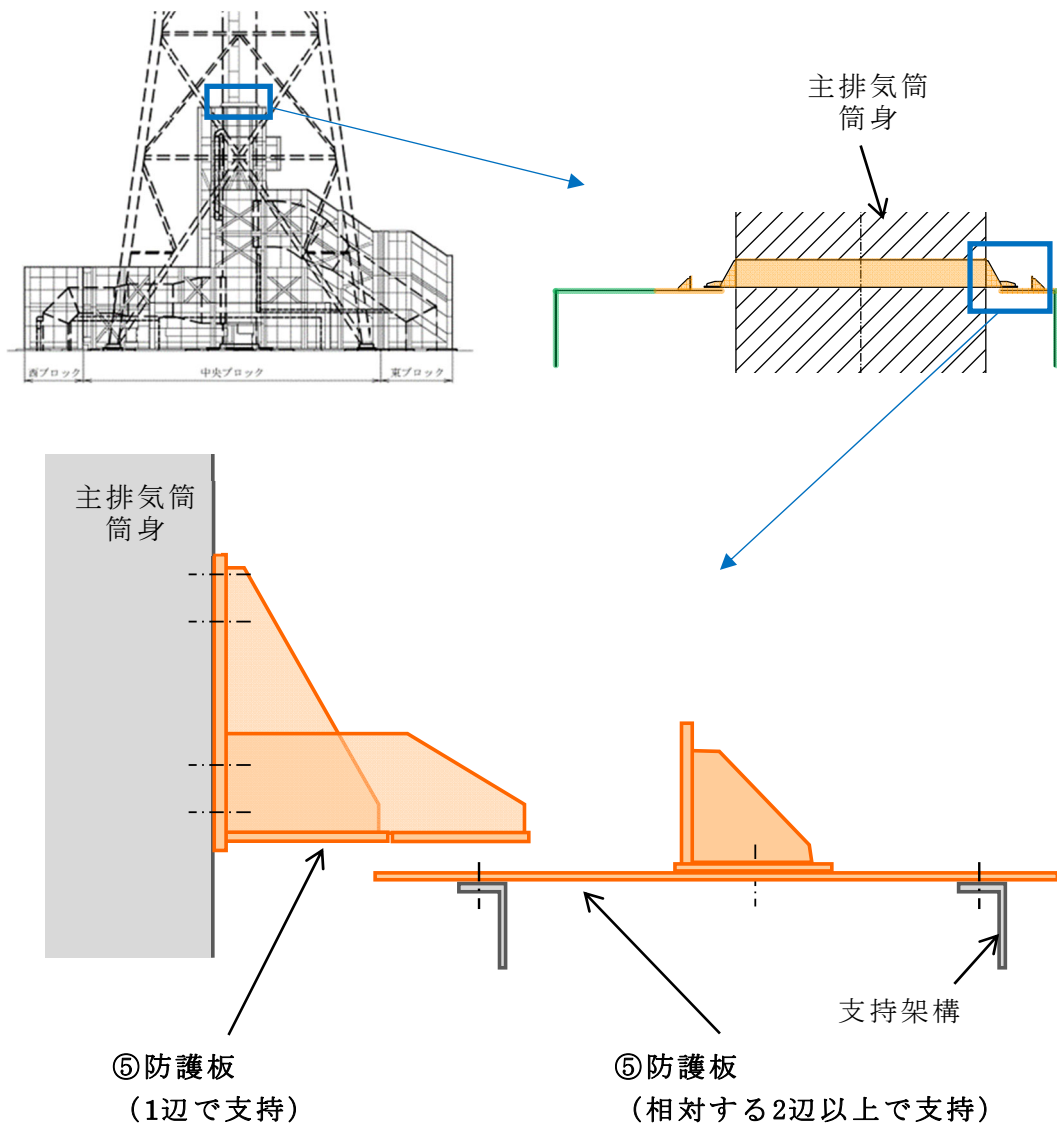
第2-5図 ②防護板(中央・西ブロック境界部)



第2-6図 ③防護板(中央・東ブロック境界部, 防護板補強有り)

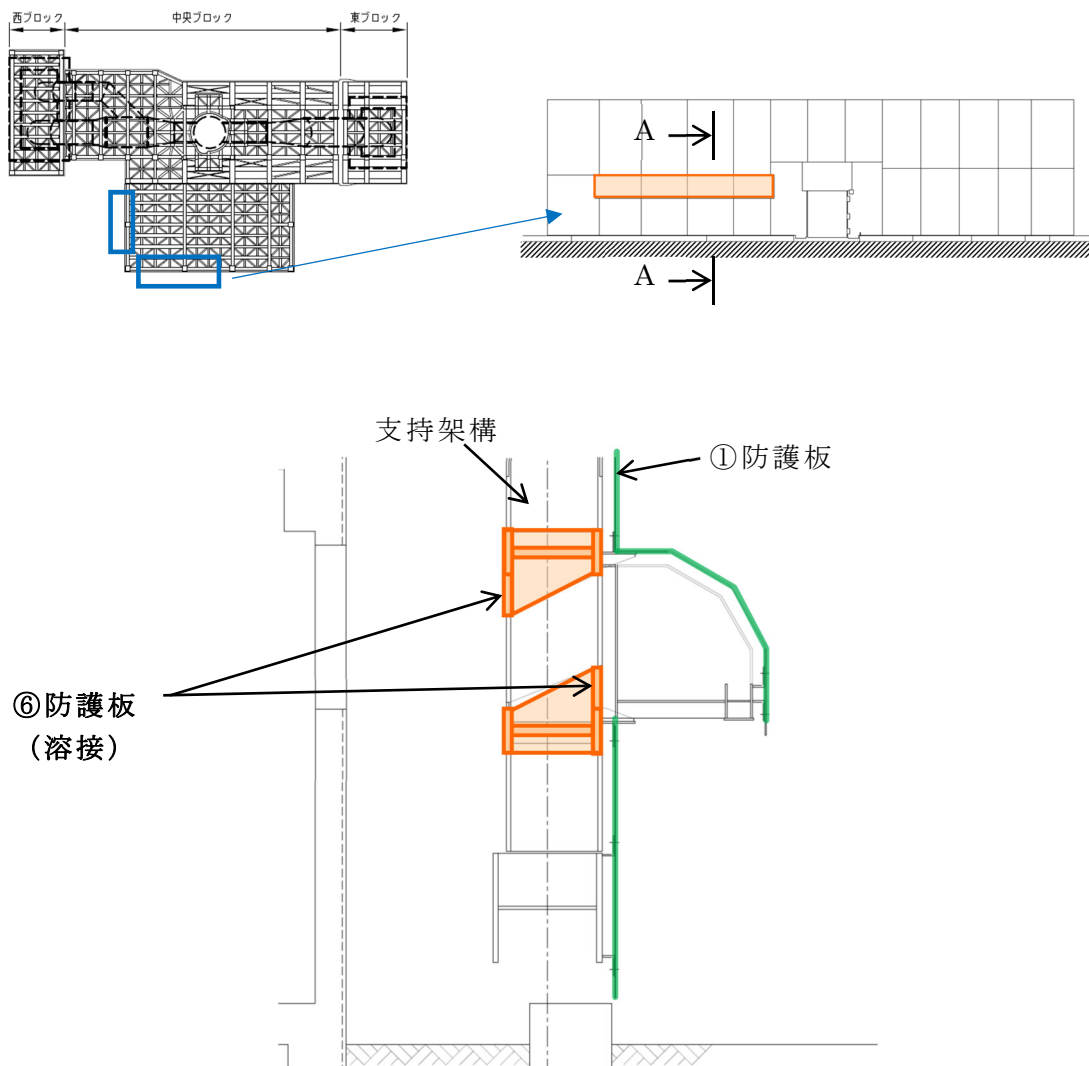


第 2 - 7 図 ④防護板(鉄塔貫通部, 防護板補強有り)



断面図 (詳細)

第 2-8 図 ⑤防護板 (筒身貫通部, 防護板補強有り)

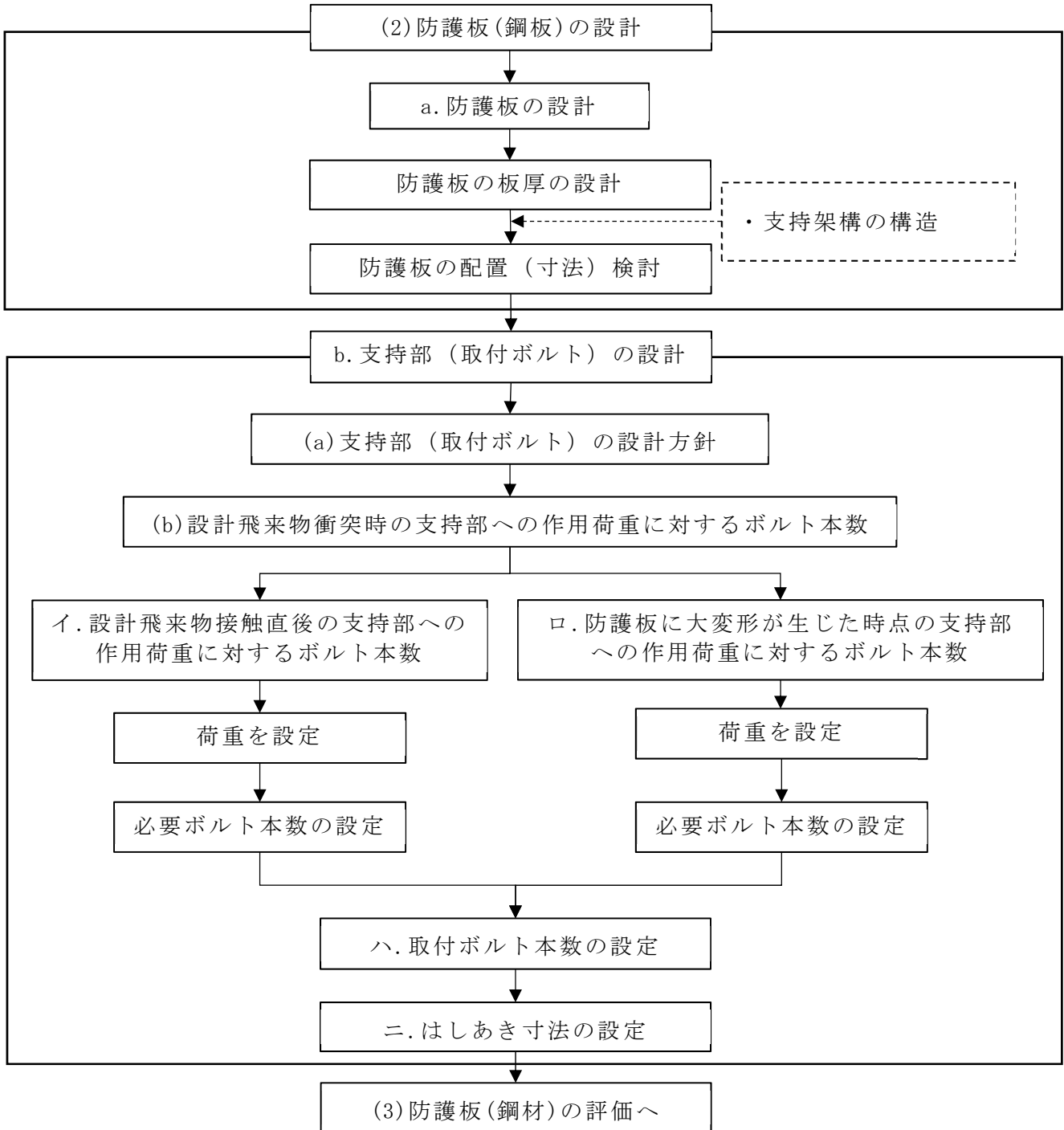


第 2 - 9 図 ⑥防護板(主排気筒管理建屋吸排気用フード部, 防護板補強有り)

(2) 防護板(鋼材)の設計

防護板(鋼材)は, 設計飛来物の衝突に対して, 貫通させない設計とするとともに脱落を防止する設計としている。

防護板(鋼材)の設計フローを第2-10図に示す。



第2-10図 防護板(鋼材)の設計フロー

a. 防護板の設計

防護板は、設計飛来物の貫通を防止できる板厚を有する設計とする。防護板を取付ボルトで支持架構に接続し、設計飛来物の荷重に対して防護板が脱落しないように、取付ボルト孔周辺の防護板の破断が取付ボルトの破断よりも先行しない設計とする。

b. 支持部（取付ボルト）の設計

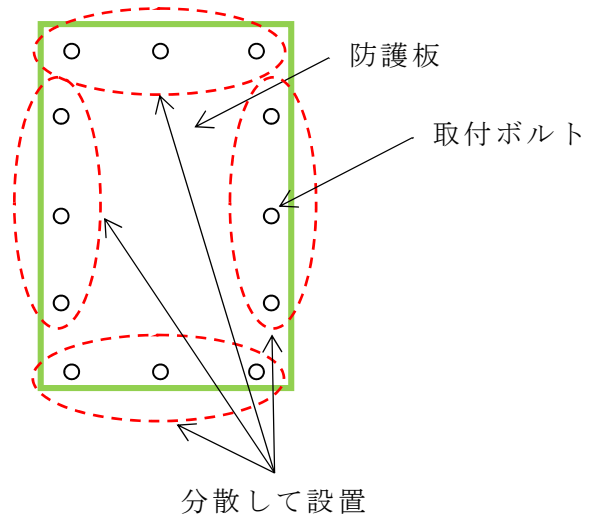
(a) 支持部（取付ボルト）の設計方針

防護板(鋼材)は取付ボルトにより支持架構に接続させ、設計飛来物の衝突により取付ボルトへ作用する荷重の種類、支持部の配置および支持部の耐力を踏まえ、取付ボルトの全数破断による防護板(鋼材)の脱落を防止することにより、主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(主排気筒周り)への波及的影響を防止する。支持部（取付ボルト）の設計方針を以下に示す。

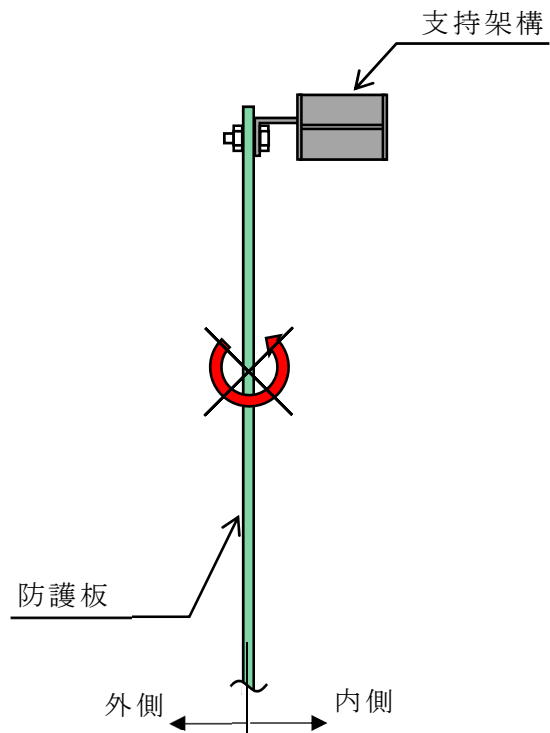
- ・支持部（取付ボルト）は、第2-11図に示すように衝突時に特定の取付ボルトへの負荷の偏りを避けるために防護板の支持辺ごとに分散して配置することにより、支持部近傍に設計飛来物が衝突した場合においても、取付ボルトの全数破断を防止し、防護板の脱落を防止する。
- ・設計飛来物の衝突により、防護板の内側への回転を防止しその場に留まるよう、第2-12図に示す通り防護板を支持部に対し外側から取り付ける。

このとき、支持部（取付ボルト）に関する諸元は以下の考え方により設定する。

- ・「2.2 (1) 防護板(鋼材)の構造」に示す通り、防護板による防護範囲を決定したのち、製作及び施工を考慮し、防護板の割付を設定する。
- ・支持辺は可能な限り確保する方針とし、防護板割付と支持架構の位置から、防護板の支持辺を決定する。
- ・衝突事象を考慮した作用荷重に対し、取付ボルト本数及び間隔を設定する。設置スペースの制限の観点から十分な取付ボルト本数が確保できない場合は取付ボルトサイズを大きくする。
- ・取付ボルトは、防護板(鋼材)に自重、積雪荷重、風圧力による荷重が作用したとしても、取付ボルト1本で支えることが可能であり、防護板(鋼材)の脱落を防止できるが、更に防護板(鋼材)が設置位置から動かないよう、防護板(鋼材)の回転を拘束できる構造とする。



第 2 -11 図 支持部の配置

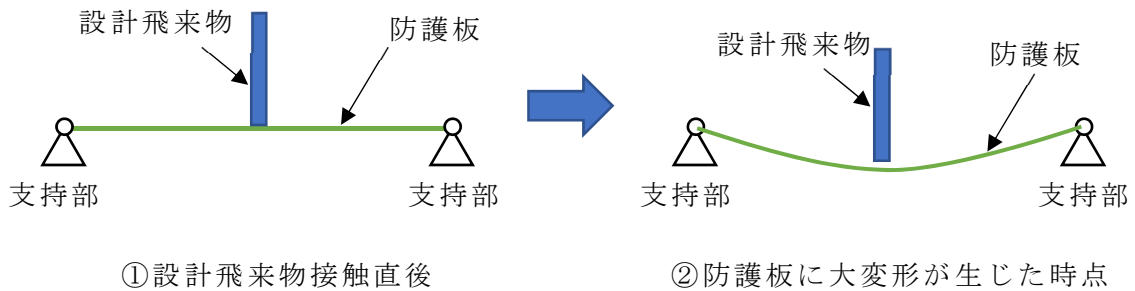


防護板を支持架構の外側に取り付けることで、
防護板の回転を防止する。

第 2 -12 図 防護板と支持架構の位置関係

(b) 設計飛来物衝突時の支持部への作用荷重に対する取付ボルト本数

防護板支持部への作用荷重は、防護板への設計飛来物衝突の進展に応じた衝突荷重として算定する。具体的には、①設計飛来物接触直後、②防護板に大変形が生じた時点を考慮する。第2-13図に、防護板への設計飛来物の衝突の進展イメージを示す。



第2-13図 防護板への設計飛来物衝突の進展

イ. 設計飛来物接触直後の支持部への作用荷重に対する取付ボルト本数

第2-14図に示す通り、設計飛来物の衝突荷重により防護板にせん断荷重が作用し、支持部取付ボルトには、その反力として引張荷重が作用する。

設計飛来物接触直後の支持部への作用荷重は、設計飛来物と被衝突体の接触時間を設定し、設計飛来物の衝突前の運動量と衝突荷重による力積が等しいとして算定した静的な荷重として求める。荷重の計算式を以下に示す。

※設計飛来物による荷重の算出式

$$W_M = F_M = m \cdot V/t = m \cdot V^2/L_t$$

m (設計飛来物質量) : 135kg

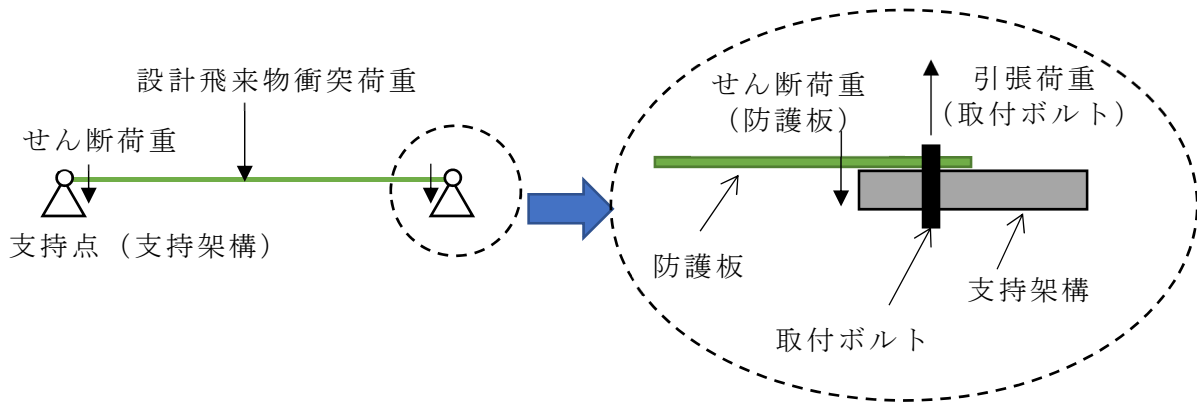
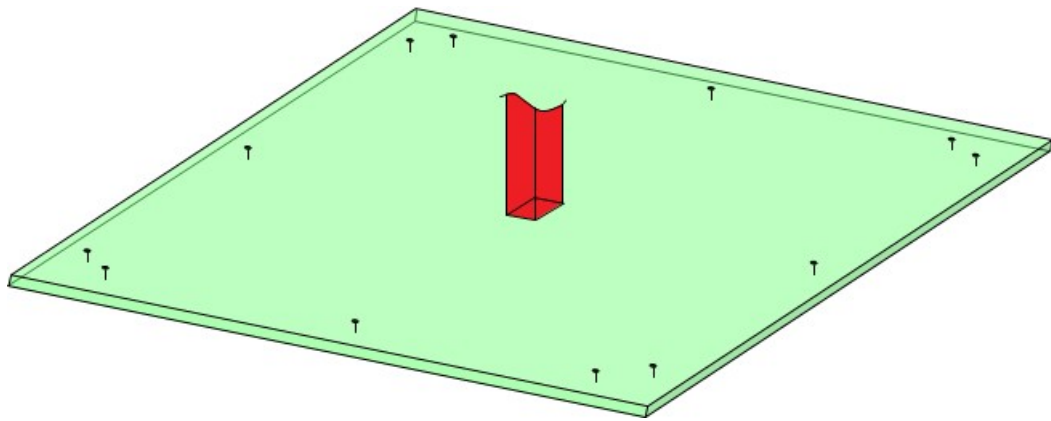
V (設計飛来物の衝突速度) : 51m/s (水平方向)

L_t (設計飛来物の最も短い辺の長さ) : 0.2m

上記の算出式により、支持部への作用荷重は1756kNと算定される。この荷重に対し必要となる取付ボルト本数を第2-3表に示す。M20、強度区分6.8の取付ボルトを用いる場合、必要となる取付ボルト本数は12本となる。なお、設置スペースの制限の観点から十分な取付ボルト本数が確保できない場合は、同等以上となるように径、本数、材質の取付ボルトを設定する。

第2-3表 防護板1枚あたりに必要となる取付ボルト本数
(設計飛来物接触直後)

取付ボルト径	強度区分	防護板1枚あたりの 必要ボルト本数	取付ボルト耐荷重 (引張)
M20	6.8	12本	1,764kN (147kN×12本)
	10.9	8本	2,032kN (245kN×8本)
M24	10.9	5本	1,765kN (353kN×5本)
M30	10.9	4本	2,244kN (561kN×4本)



第 2 -14 図 設計飛来物接触直後の荷重

ロ. 防護板に大変形が生じた時点の支持部への作用荷重に対する取付ボルト本数

設計飛来物により防護板の大変形が生じた時点では、第2-15図に示すように、変形の進展により防護板に発生する荷重は引張荷重が顕著となる。このため、防護板の支持部は防護板の引張荷重を負担し、支持部（取付ボルト）には、せん断荷重が作用するので、防護板に発生する引張荷重に耐えるよう支持部の設計を行う。

防護板の変形が進展し引張荷重が増加することにより、防護板断面は降伏に至る。防護板断面が降伏すると引張荷重の増加は緩やかとなる。そこで、支持部に作用する荷重は、防護板に降伏が生じる時の引張荷重により算定する。なお、防護板の全断面が降伏するときの引張荷重算定にあたっては、曲げモーメントにより防護板板厚方向上下端部が降伏する状態を考え、設計飛来物の衝突位置において防護板に全断面降伏が生じた状態を想定する。全断面降伏時に防護板に生じる引張荷重の計算式を以下に示す。また、防護板は板厚が小さいほど全断面降伏に対する余裕が小さいことから、取付ボルトの必要本数は板厚が最小の防護板(t9)に対して算定し、板厚が大きい防護板を適用する場合においても、防護板(t9)で算定した必要取付ボルト本数に準拠する。

※設計飛来物により防護板に作用する引張荷重Tの算出式

長方形断面が全断面降伏する場合の曲げモーメントと軸力の関係は以下の式で与えられる。

$$\frac{M_{pc}}{M_p} + \left(\frac{T}{N_y}\right)^2 = 1$$

$$M_{pc}(\text{軸力が同時に作用する場合の全塑性モーメント}) = \frac{B \cdot t^2 \cdot S_y}{6}$$

$$M_p(\text{軸力が作用しない場合の全塑性モーメント}) = \frac{B \cdot t^2 \cdot S_y}{4}$$

$$N_y(\text{降伏軸力}) = B \cdot t \cdot S_y$$

B：設計飛来物の接触幅(mm)

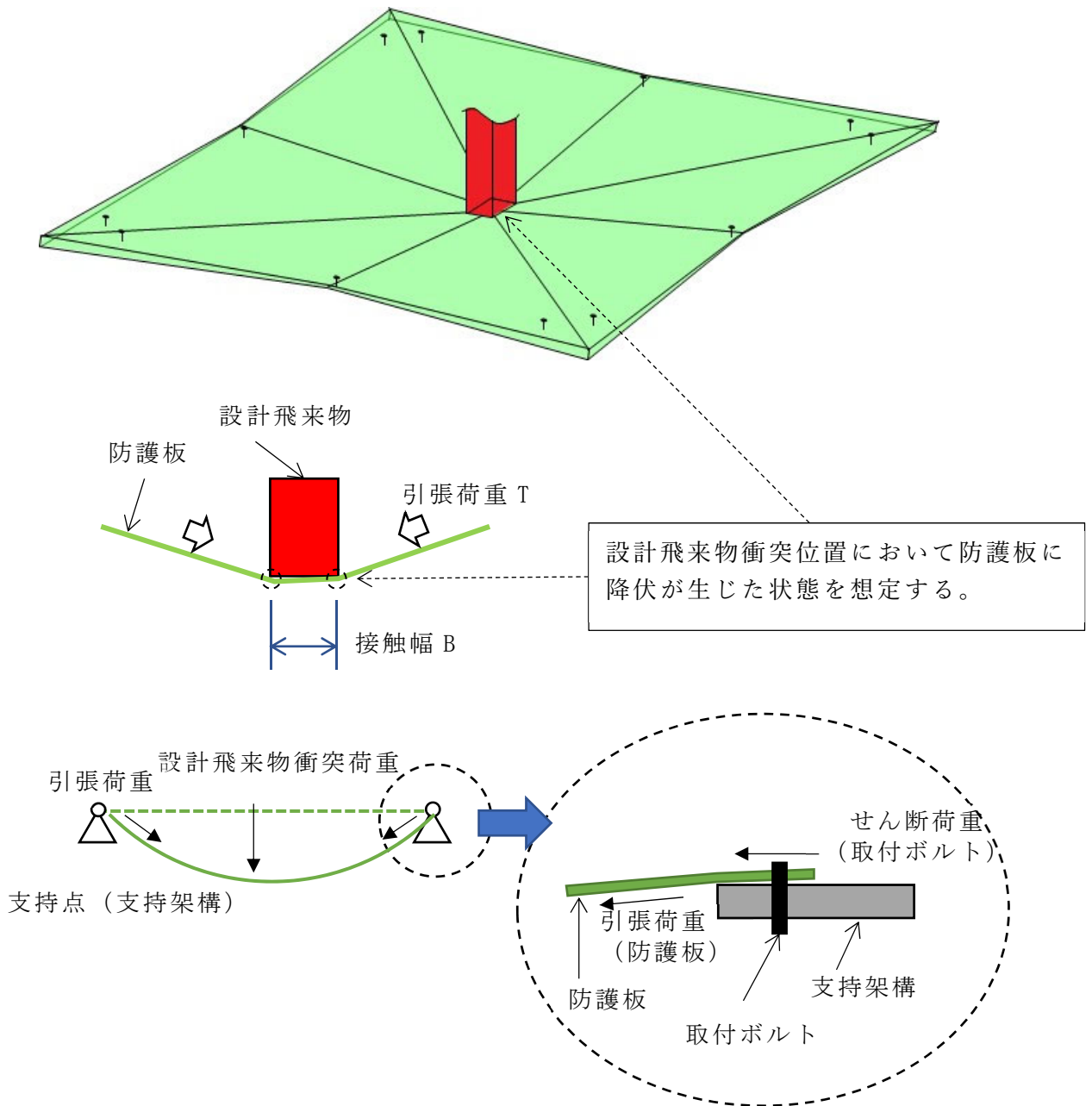
t：防護板の厚さ(mm)

S_y：防護板の設計降伏点(MPa)

ここで、防護板に作用する引張荷重Tが保守的となるように接触幅Bの1辺は鋼製材の長辺300mmとすると、防護板に作用する引張荷重は1,279kNと算定される。この荷重に対し必要となる取付ボルト本数を第2-4表に示す。M20、強度区分6.8の取付ボルトを用いる場合、必要となる取付ボルト本数は12本となる。なお、設置スペースの制限の観点から十分な取付ボルト本数が確保できない場合は、同等以上となるように径、本数、材質の取付ボルトを設定する。

第2-4表 防護板1枚あたりに必要となる取付ボルト本数
(防護板に大変形が生じた時点)

取付ボルト径	強度区分	防護板1枚あたりの 必要ボルト本数	取付ボルト耐荷重 (せん断)
M20	6.8	12本	1,356kN (113kN×12本)
	10.9	7本	1,316kN (188kN×7本)
M24	10.9	5本	1,355kN (271kN×5本)
M30	10.9	4本	1,696kN (424kN×5本)



第 2-15 図 防護板に大変形が生じた時点の支持部への作用荷重

ハ. 取付ボルト本数の設定

支持部に作用する荷重から求められた取付ボルト本数を第2-5表にまとめる。取付ボルトの本数は，設計飛来物接触直後の作用荷重に対して必要なボルト本数，及び防護板に大変形が作用した時点の作用荷重に対して必要なボルト本数を包絡するように決定する。

第2-5表 支持部に作用する荷重から求められた取付ボルト本数

支持部に作用する荷重	取付ボルト径	強度区分	防護板1枚あたりの必要ボルト本数
設計飛来物接触直後の作用荷重	M20	6.8	12本
		10.9	8本
	M24	10.9	5本
	M30	10.9	4本
防護板に大変形が作用した時点の作用荷重	M20	6.8	12本
		10.9	7本
	M24	10.9	5本
	M30	10.9	4本

なお，取付ボルト配置が制約される場合は，M33等の取付ボルト径を使用することで，同等以上の強度を確保する。または，配置の制約により大サイズボルトが使用できず，第2-5表に示す取付ボルト本数を確保できない場合※は，個別の衝突解析にて，設計飛来物の衝突によって鋼板が脱落しないことの確認により，飛来物防護板(鋼板)の健全性を確保する。

※：詳細設計中のため記載しているが，設計完了後該当がない場合は削除する

二. はしあき寸法の設定

第2-16図に示すように，はしあき部の破断強度が，取付ボルトのせん断強度を上回るようにはしあき寸法を設定する。具体的には，取付ボルトのせん断耐力以上となる限界はしあき寸法 e を算出し，設計はしあき寸法※は限界はしあき寸法 e を上回るように設定する。

※：詳細設計中のため設計方針を記載。設計完了後に第2-6表に設計はしあき寸法を記載する。

はしあき部の許容せん断荷重 $Q >$ 取付ボルトのせん断耐力 q

$$\Rightarrow 2 \times e \times t \times Su / \sqrt{3} > q$$

$$\Rightarrow e > q / (2 \times t \times Su / \sqrt{3})$$

t ：防護板の厚さ (mm)

Su ：防護板の設計引張強さ (MPa)

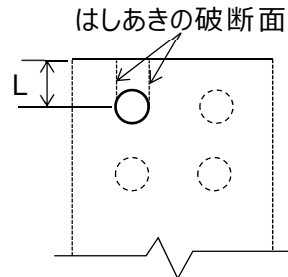
q ：取付ボルトのせん断耐力 (kN)

各防護板の限界はしあき寸法 e の計算結果を第2-6表に示す。

第2-6表 はしあき寸法の確認結果※

取付ボルト径	強度区分	限界はしあき寸法 e mm
M20	6.8	21
	10.9	35
M24	10.9	51
M30	10.9	79

※：詳細設計中のため限界はしあき寸法のみ記載しているが，設計完了後に設計はしあき寸法を追記し，限界はしあき寸法と設計はしあき寸法との比較表に差し替える。

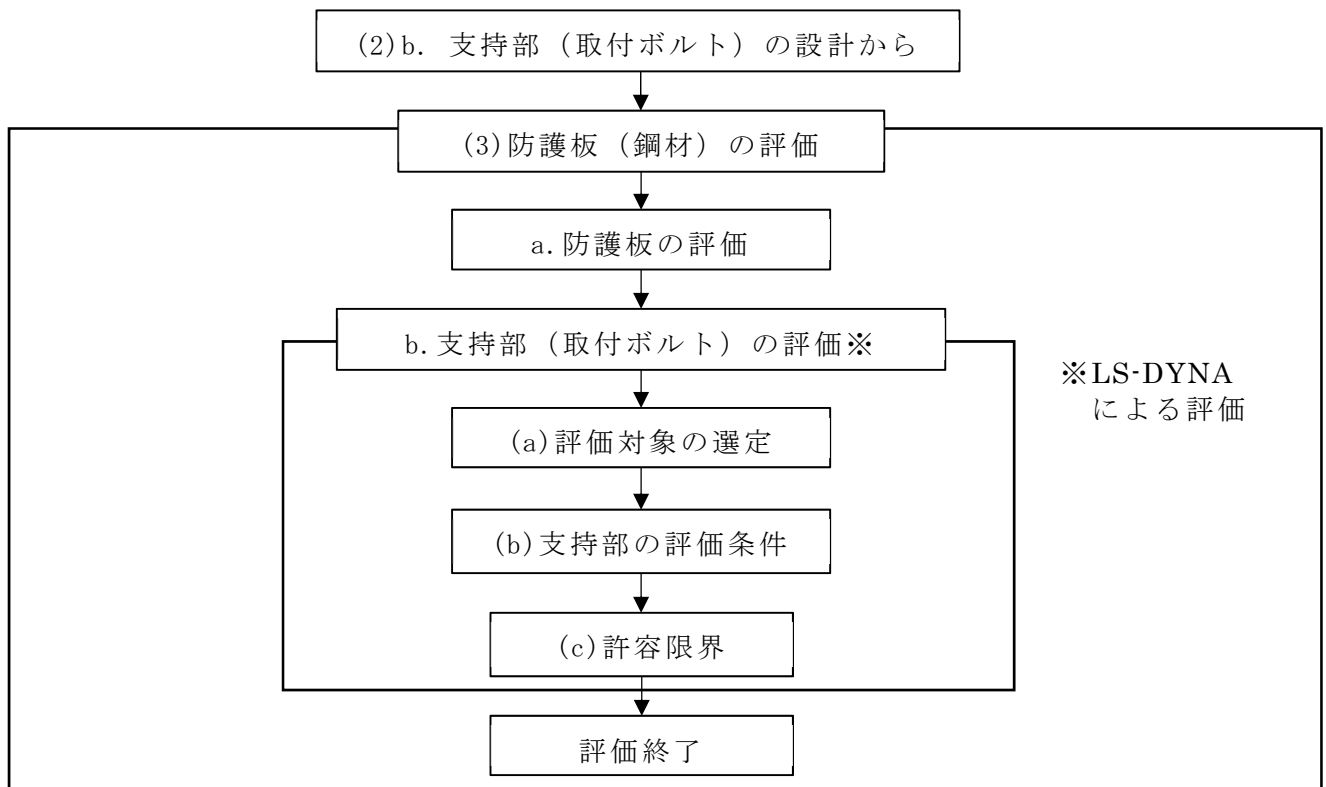


第2-16図 はしあきの破断面

(3)防護板（鋼材）の評価

「(2)防護板(鋼材)の設計」を踏まえて、防護板（鋼材）は、防護板の貫通評価と支持部である取付ボルトの破断評価を行う。

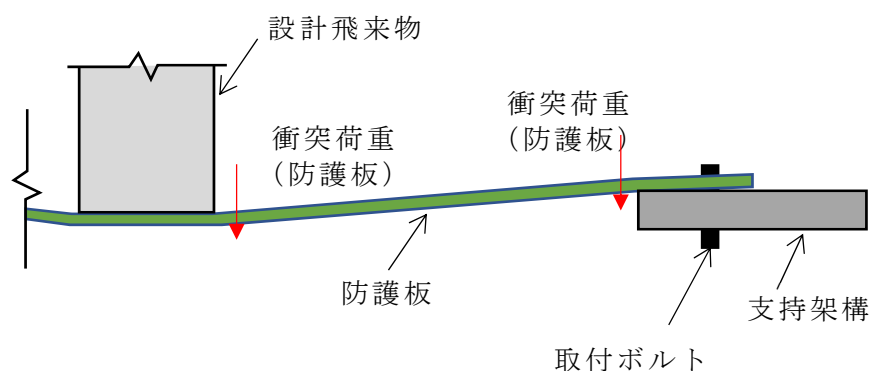
防護板（鋼材）の評価フローを第2-17図に示す。



第2-17図 防護板（鋼材）の評価フロー

a. 防護板の評価

第2-18図に示すように、貫通評価については、BRL式にて必要厚さを算出し許容限界板厚を設定し、最小板厚の防護板（鋼板）の設計板厚と比較し、許容限界板厚を上回っていることを確認する。なお、設計飛来物が衝突した際、防護板の衝突部近傍では衝突荷重（せん断および曲げ）が作用するが、防護板の厚さはBRL式により算出される貫通限界厚さ以上としており、破断は生じない。ここで支持部近くの防護板にも衝突荷重が作用するが、支持部を複数設けているため、支持部近くの防護板に作用する衝突荷重（せん断および曲げ）は分散し、設計飛来物衝突部近傍に作用する断荷重より小さくなる。このため、支持部近くの防護板においても防護板の破断は生じない。



第2-18図 防護板に作用する荷重

b. 支持部（取付ボルト）の評価

静荷重を用いて取付ボルトの強度設計をしているが、設計飛来物による衝突現象により支持部に作用する荷重は動的な荷重であることから、支持部のボルトに作用する動的荷重を評価可能な解析コード（LS-DYNA）を用いて、取付ボルト全数が破断しないことを確認している。

(a) 評価対象の選定

「ハ. 取付ボルト本数の設定」に記載の通り，支持部（取付ボルト）の本数は，設計飛来物接触直後の作用荷重に対して必要なボルト本数，及び防護板に大変形が作用した時点の作用荷重に対して必要なボルト本数を包絡するように決定する。設計飛来物の衝突による防護板（鋼材）の変形に伴い，取付ボルトに作用する荷重は大きくなり，塑性変形若しくは破断が生じることから，ここでは，防護板に大変形が生じた状態が取付ボルト全体に対して厳しい状態であることから，この状態を想定して評価対象を選定する。

このとき，防護板に大変形が生じた時点の作用荷重は，防護板のたわみが大きいほど顕著となることから，支持方法（1辺で支持又は相対する2辺以上で支持）及び設計飛来物の速度ごとに防護板のたわみやすさを考慮して，評価対象の防護板（鋼材）を選定する。具体的には，防護板の支持スパン(l)の3乗と断面二次モーメント (I) の関係から求まるたわみ易さ (l^3/I) が大きくなるものを選定している。なお，支持部全体の取付ボルト強度が同等となる様な設計としていることから，取付ボルトのサイズ及び本数が変わっても，防護板の評価対象の選定に影響を与えない（第2-3表及び第2-4表参照）。

また，設計飛来物の衝突位置は，衝突部のたわみ量が大きく，全体に配置された取付ボルトへの負担が等しくなるよう防護板中央部とする。

防護板の評価対象を第2-7表に示す。

第2-7表 防護板評価対象

防護板 支持方法	設計飛来物 速度	防護板 の種類	たわみ易さ l^3/I	代表となる 防護板
相対する 2辺以上で 支持	34 m/s (鉛直衝突)	①防護板	70,000※1	○ 第2-19図
		③防護板	詳細設計中※2	詳細設計中※2
		⑤防護板	詳細設計中※2	詳細設計中※2
	51 m/s (水平衝突)	①防護板	700,000※1	○ 第2-20図
		②防護板	詳細設計中※2	詳細設計中※2
		③防護板	詳細設計中※2	詳細設計中※2
		④防護板	詳細設計中※2	詳細設計中※2
1辺で支持	34 m/s (鉛直衝突)	⑤防護板	詳細設計中※2	詳細設計中※2

※1: 詳細設計中のためこれまでの代表防護板のたわみ易さを記載。設計完了後、
代表の変更があれば記載を修正する。

※2: 詳細設計中のため設計完了後に記載を修正する。

(b) 支持部の評価条件

設計飛来物の衝突による防護板（鋼材）の変形に伴い、取付ボルトに作用する荷重は大きくなり、塑性変形若しくは破断が生じうる。そのため、支持部の評価においては、取付ボルトごとの剛性及び負担する荷重割合が時々刻々と変化することを踏まえ、取付ボルトをモデル化したFEM解析（LS-DYNA）にて取付ボルトの健全性を確認する。

解析においては、取付ボルトが防護板（鋼材）の変形により荷重を受けること及び取付ボルトの塑性変形及び破断を評価する必要があるため、防護板（鋼材）及び取付ボルトは弾塑性を考慮したモデルとし、破断と判定した取付ボルトは、破断以降は荷重を負担しないモデルとする。

取付ボルトの破断評価方法は、水平2方向のせん断応力及び鉛直方向の軸力について、破断荷重との比率を算出し、各成分の二乗和が1.0以上となれば破断したものと判定する。

本評価においては、以下の設定とすることで、評価の保守性を確保する。

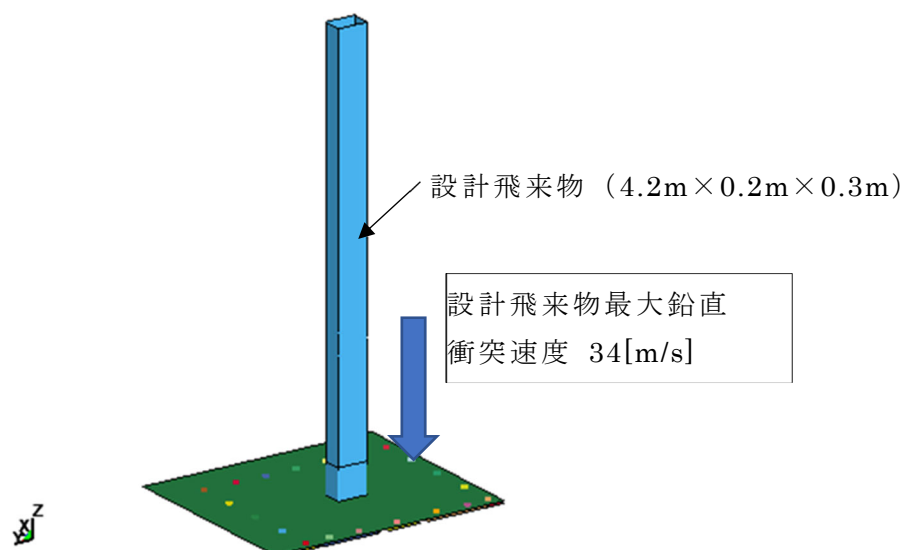
- ・取付ボルトの破断荷重には、破断荷重の実力値に十分な裕度を考慮したJISや鋼構造設計規準の規格値を用いることで、取付ボルトが破断しやすい条件とする。
- ・衝突させる設計飛来物は破断ひずみを超えても要素を消去せず、破断ひずみ以上に変形できるモデルとし、防護板（鋼材）の変形を大きくすることで、取付ボルトが破断しやすい条件とする。
- ・一般的に鋼材は、降伏（塑性変形）するとひずみ硬化が発生し、耐力が増加する。このとき、ひずみ速度が大きいと耐力の増加も大きくなるが、取付ボルトの破断判定においてはひずみ硬化における速度寄与を考慮しないことで、取付ボルトが破断しやすい条件とする。

(c) 許容限界

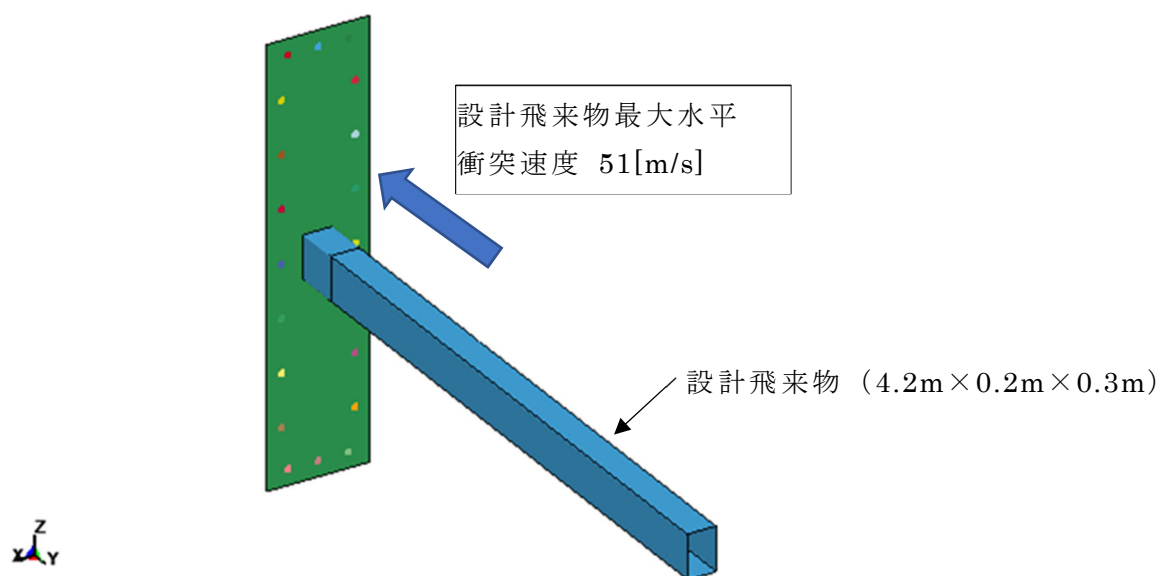
防護板は設計飛来物の有するエネルギーを防護板及び取付ボルトの変形により吸収することで設計飛来物の貫通を防止する設計としているため、防護板（鋼材）の脱落により主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト（主排気筒周り）並びに主排気筒管理建屋への波及影響を与えないことを確認する。取付ボルトは、防護板（鋼材）に自重、積雪荷重、風圧力による荷重が作用したとしても、取付ボルト1本で支えることで防護板（鋼材）の脱落を防止し、主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト（主排気筒周り）並びに主排気筒管理建屋への波及的影響を防止できるが、防護板（鋼材）が設置位置から動かないよう、面内方向の回転を拘束するため、支持部の評価の許容限界としては、防護板（鋼材）を固定する取付ボルトが2本以上破断せずに残ることとする。

なお、残存した取付ボルトの一部は塑性変形しているおそれがあるが、第2-21図に示す応力-ひずみ線図に示すとおり、取付ボルトに作用する荷重が除荷されると、残留ひずみは残るものの、残存した取付ボルトは構造強度上

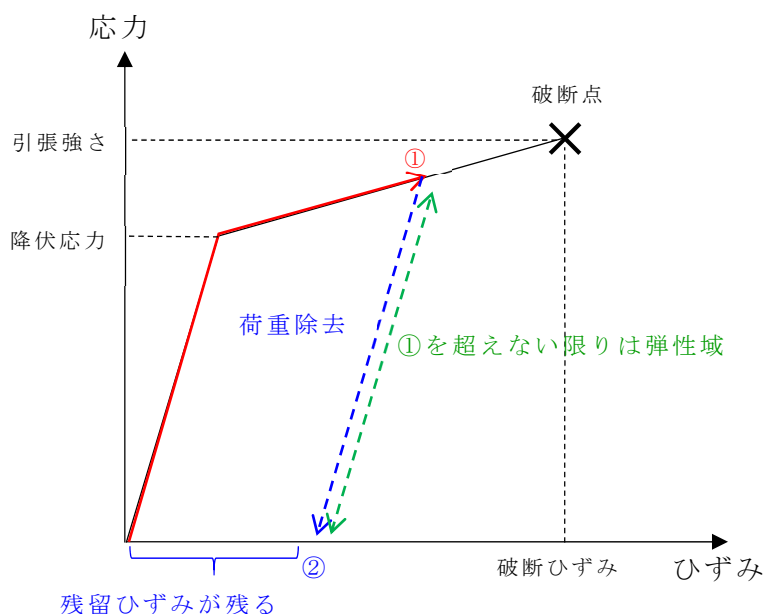
の強度部材として期待ができる。



第2-19図 相対する2辺以上で支持する防護板 設計飛来物衝突評価(鉛直)位置



第2-20図 相対する2辺以上で支持する防護板 設計飛来物衝突評価(水平)位置



第2-21図 取付ボルトの応力-ひずみ線図

d. 防護板支持部評価モデルの妥当性

防護板支持部評価のモデルは、設計飛来物衝突による防護板の変形や取付ボルトに作用する荷重を適切に評価できるモデルとする必要がある。防護板の変形は電中研の試験結果との比較により、解析にて算出した設計飛来物衝突時の防護板のひずみ量が妥当であることを確認している。

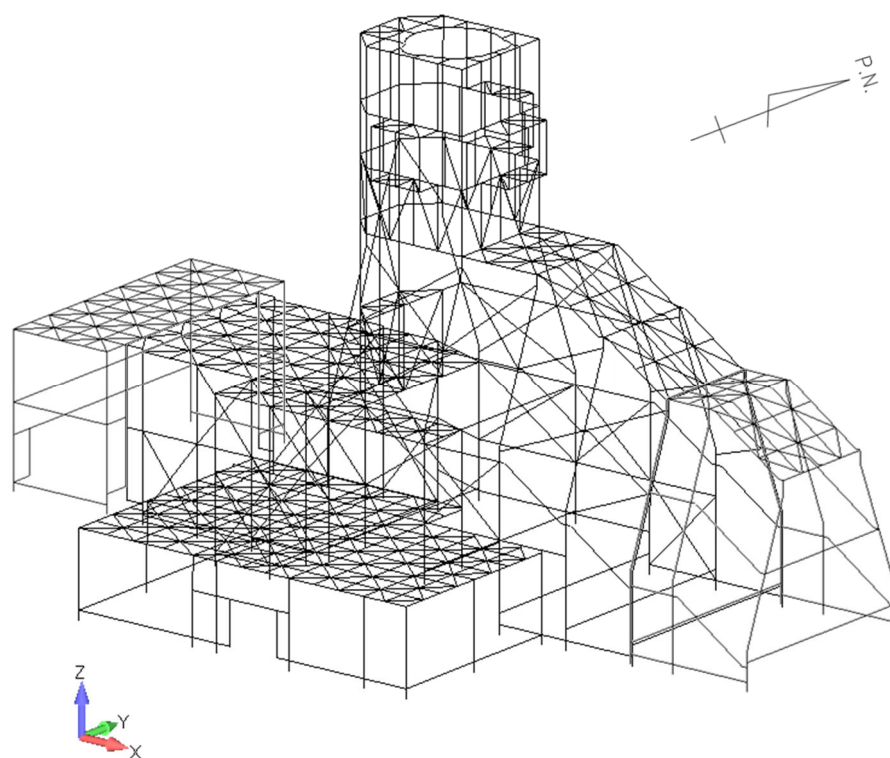
また、取付ボルトについては、実際に使用されるボルトサイズを適切にモデル化するとともに、その材料モデル（降伏荷重、破断荷重）をJISや鋼構造設計基準の規格値を用いて適切にモデル化している。その際、ボルトの材料モデルに規格値を採用することは、実物よりも破断荷重を小さく設定することになるため、破断が発生し易い条件となっており、破断に対して保守的な設定であると言える。

一方、ボルトが早く降伏することにより、同じ荷重が作用した時のボルトのひずみ量や吸収エネルギーが実物より大きいため、非保守側の評価となるものの、ボルトのひずみや吸収エネルギーは防護板のひずみや吸収エネルギーと比べて小さいことから、影響は小さい。

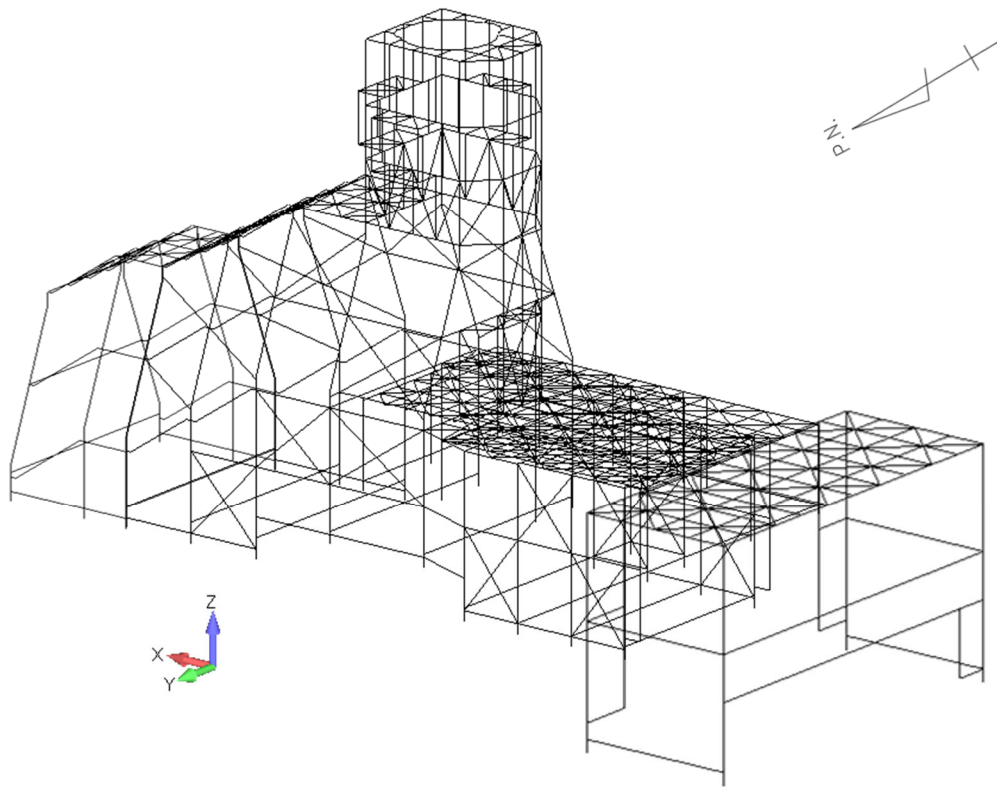
以上のことから、防護板支持部評価のモデルは、防護板及び取付ボルトともに適切にモデル化されており、防護板の脱落の有無を判断するために妥当なモデルである。

2.3 支持架構の構造

支持架構は、柱、はり及びブレースによって構成されるラーメン・トラス構造であり、溶接又はボルトにより接合される鉄骨構造物である。柱脚は、鉄筋コンクリート製の杭基礎により支持された、鉄筋コンクリート製の基礎に埋設して緊結する。支持架構の構造概要を第2-22図に示す。

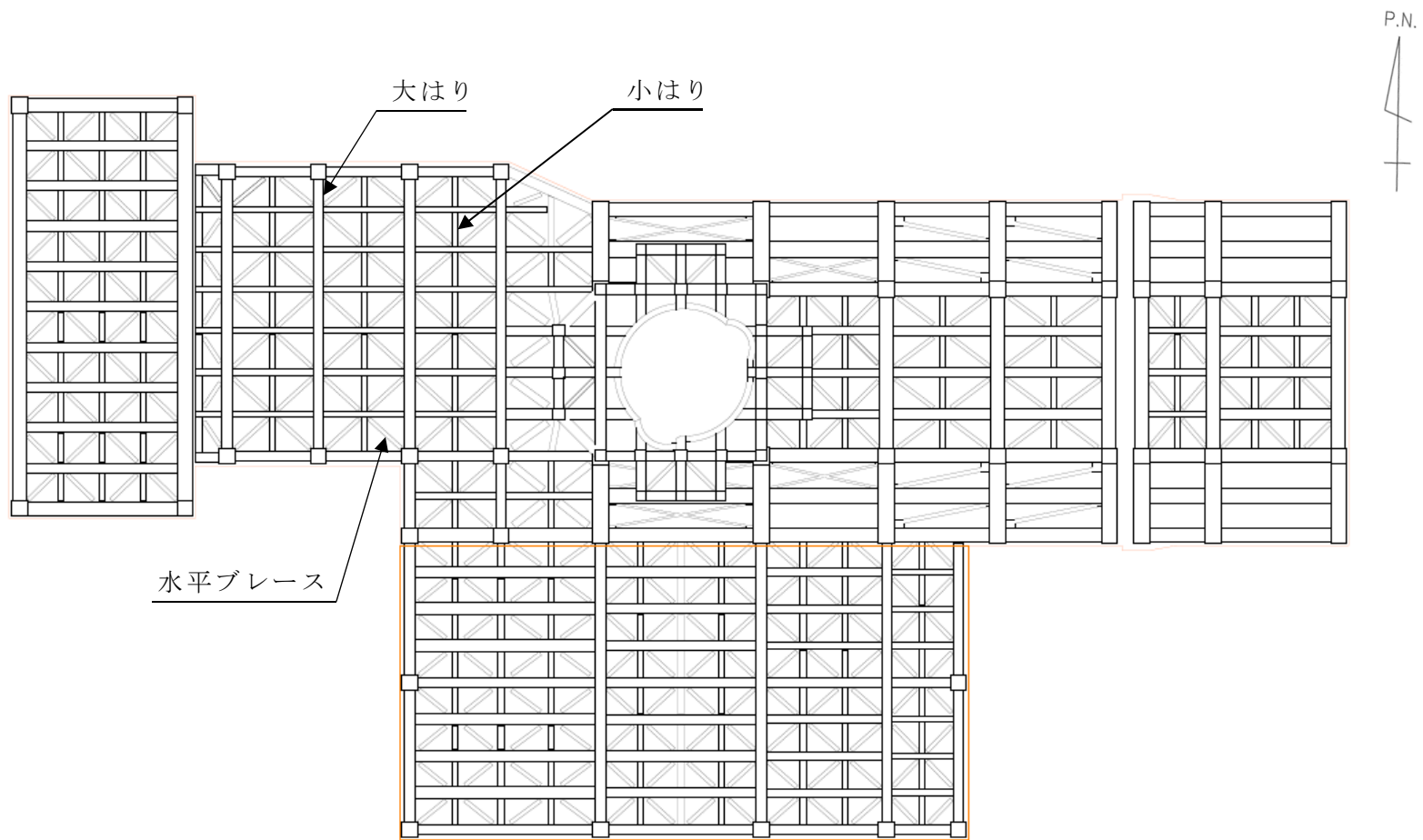


第2-22図 支持架構の構造概要(1/4)



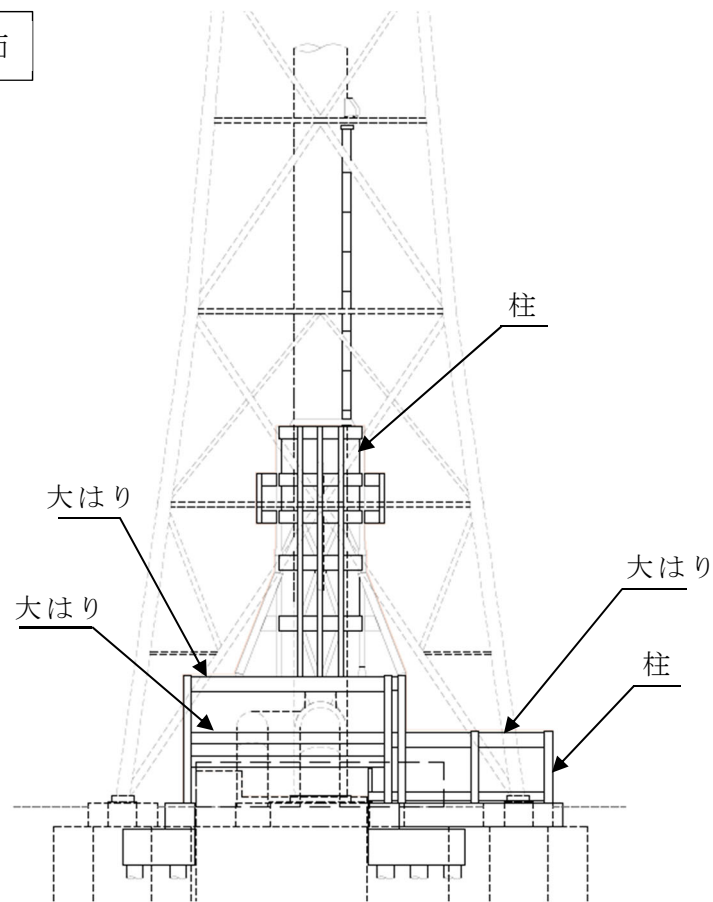
第 2 -22 図 支持架構の構造概要 (2/4)

天面

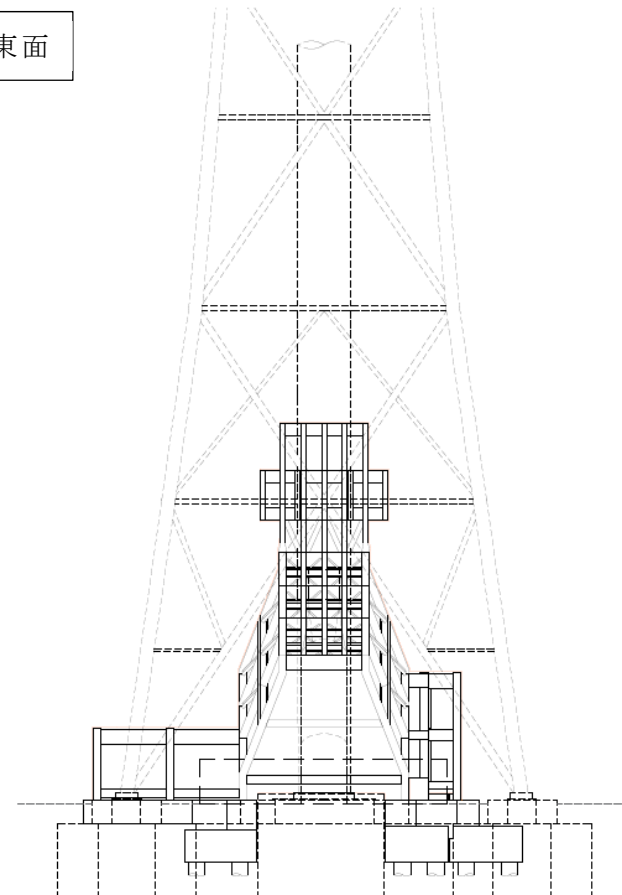


第 2-22 図 支持架構の構造概要 (3/4)

西面



東面



第 2-22 図 支持架構の構造概要 (4/4)

3. 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書における設計方針との整合性について第3-1表のとおり整理した。

第3-1表 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書 記載事項	対応
<p>9.11 竜巻防護対策設備</p> <p>9.11.2 設計方針</p> <p>竜巻防護対策設備の設計に際しては、竜巻防護対象施設が安全機能を損なわないよう、次のような方針で設計する。</p> <p>(1) 飛来物防護板</p> <p>a. 設計飛来物の貫通を防止することができる設計とする。</p> <p>b. 設計荷重(竜巻)に対して、支持架構の構造健全性を維持できる設計とする。</p> <p>c. 竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えない設計とする。</p> <p>d. 地震、火山の影響及び外部火災により竜巻防護対象施設に波及的影響を与えない設計とする。</p>	<p>a. b. 項については、第2回設工認申請書添付書類「VI-1-1-1-2-4-2-2-1-7 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)の強度計算書」のとおり、防護板により設計飛来物の貫通を防止することができること、また、設計荷重(竜巻)に対して、支持架構の構造健全性を維持できることを確認している。</p> <p>c. 項については、上記のとおり、設計荷重(竜巻)に対して、支持架構の構造健全性を維持できることから主気体廃棄物の廃棄施設の排気機能に影響を与えないことを確認している。</p> <p>d. 項の地震については、第2回設工認申請書添付書類「IV-2-2-2-1-1-8-2 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)(東ブロック)の耐震計算書」, 「IV-2-2-2-1-1-8-3 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)(西ブロック)の耐震計算書」, 「IV-2-2-2-1-1-9-2 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)(中央ブロック)の耐震計算書」のとおり、竜巻防護対象施設である主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(主排気筒周り)に波及的影響を及ぼさないことを確認している。</p> <p>火山の影響については、第2回設工認申請書添付書類「VI-1-1-1-4-4-2-4-1 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)の強度計算書」に示すとおり、火山の影響により支持架構の構造健全性を維持できることを確認している。</p> <p>外部火災については、熱影響がある防護板に耐火塗装を施すことにより、防護板の構造健全性を維持できる。</p>

令和 5 年 11 月 30 日 R0

別紙-5

飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト
分離建屋屋外)の構造及び評価について

目 次

1. 概要	1
2. 飛来物防護板(AB建屋)の構造について	1
2.1 飛来物防護板(AB建屋)の全体概要	1
2.2 防護板の構造	1 1
2.3 支持架構の構造	3 4
3. 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について	3 6

1. 概要

本資料は、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)(以下、「飛来物防護板(AB建屋)」という。)の構造及び評価の考え方を補足説明するものである。

2. 飛来物防護板(AB建屋)の構造について

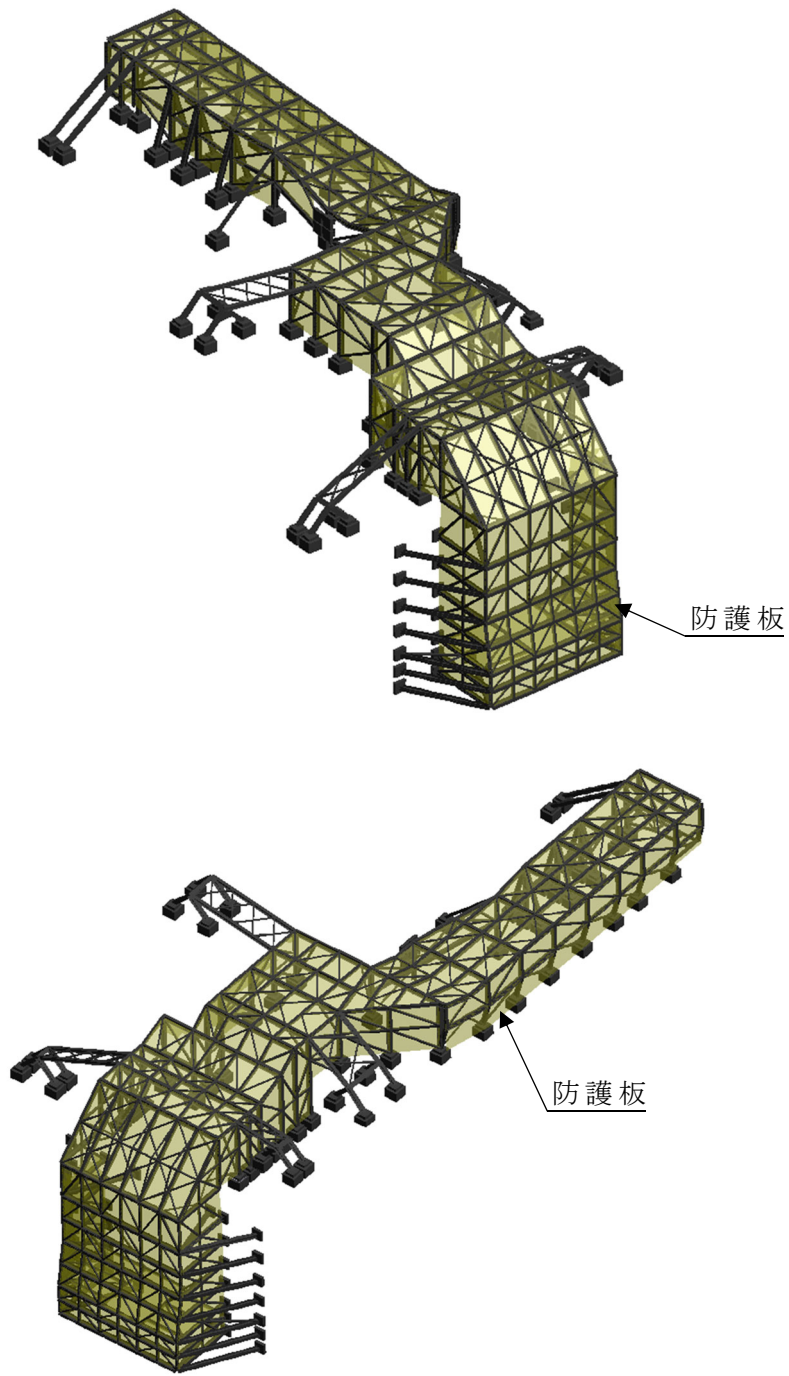
2.1 飛来物防護板(AB建屋)の全体概要

飛来物防護板(AB建屋)は、設計飛来物が主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(分離建屋屋外)に衝突することにより、安全機能を損なうことを防止するために設置する。

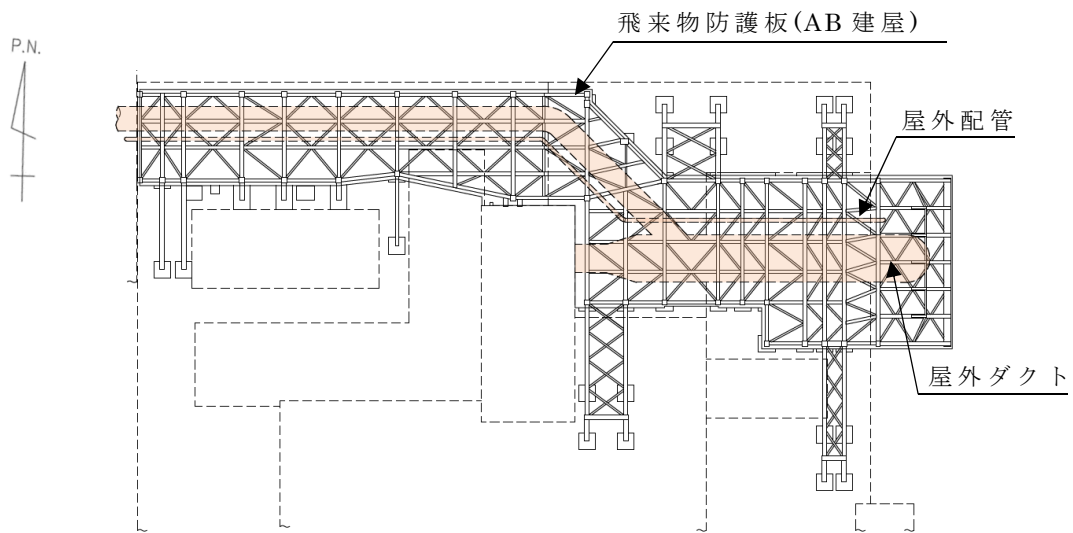
飛来物防護板(AB建屋)の全景を第2-1図に示す。

飛来物防護板(AB建屋)は、防護板(鋼材)及びそれらを支える支持架構で構成され、竜巻防護対象施設である主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(分離建屋屋外)を防護するため、その上方及び側方四面を覆うように設置する。

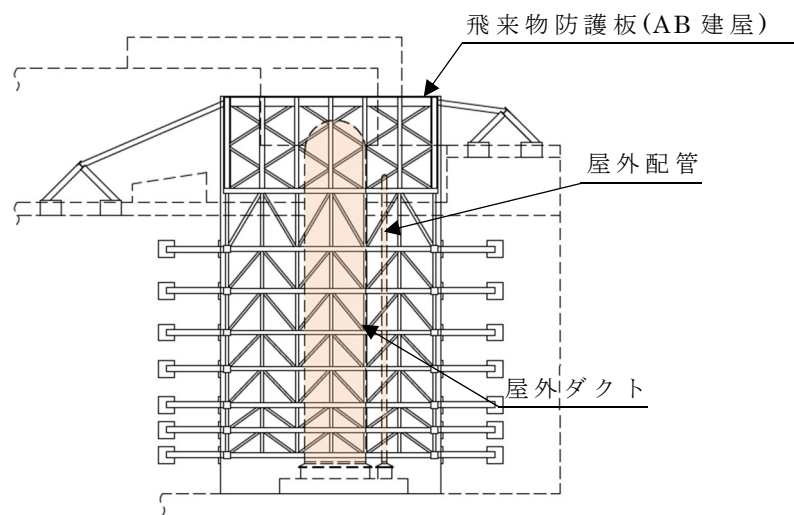
飛来物防護板(AB建屋)と竜巻防護対象施設である主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(分離建屋屋外)との配置を第2-2図に、飛来物防護板(AB建屋)を構成する防護板(鋼材)の一覧と設置位置をそれぞれ第2-1表及び第2-3図に示す。各要素の構造は、2.2項以降に記載する。




第 2 - 1 図 飛来物防護板 (AB建屋) 全景



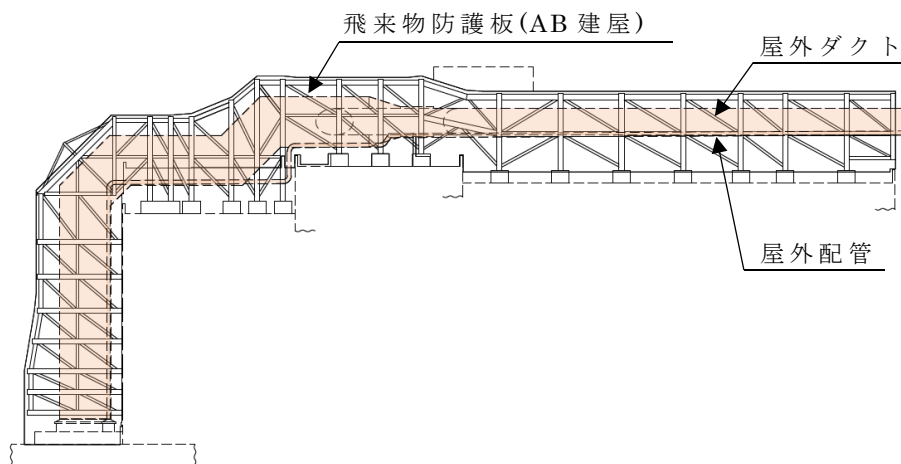
平面図




東側立面図

 : 竜巻防護対象施設

第 2 - 2 図 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(分離建屋屋外)と飛来物防護板(AB建屋)の配置図(1/2)



北側側立面図

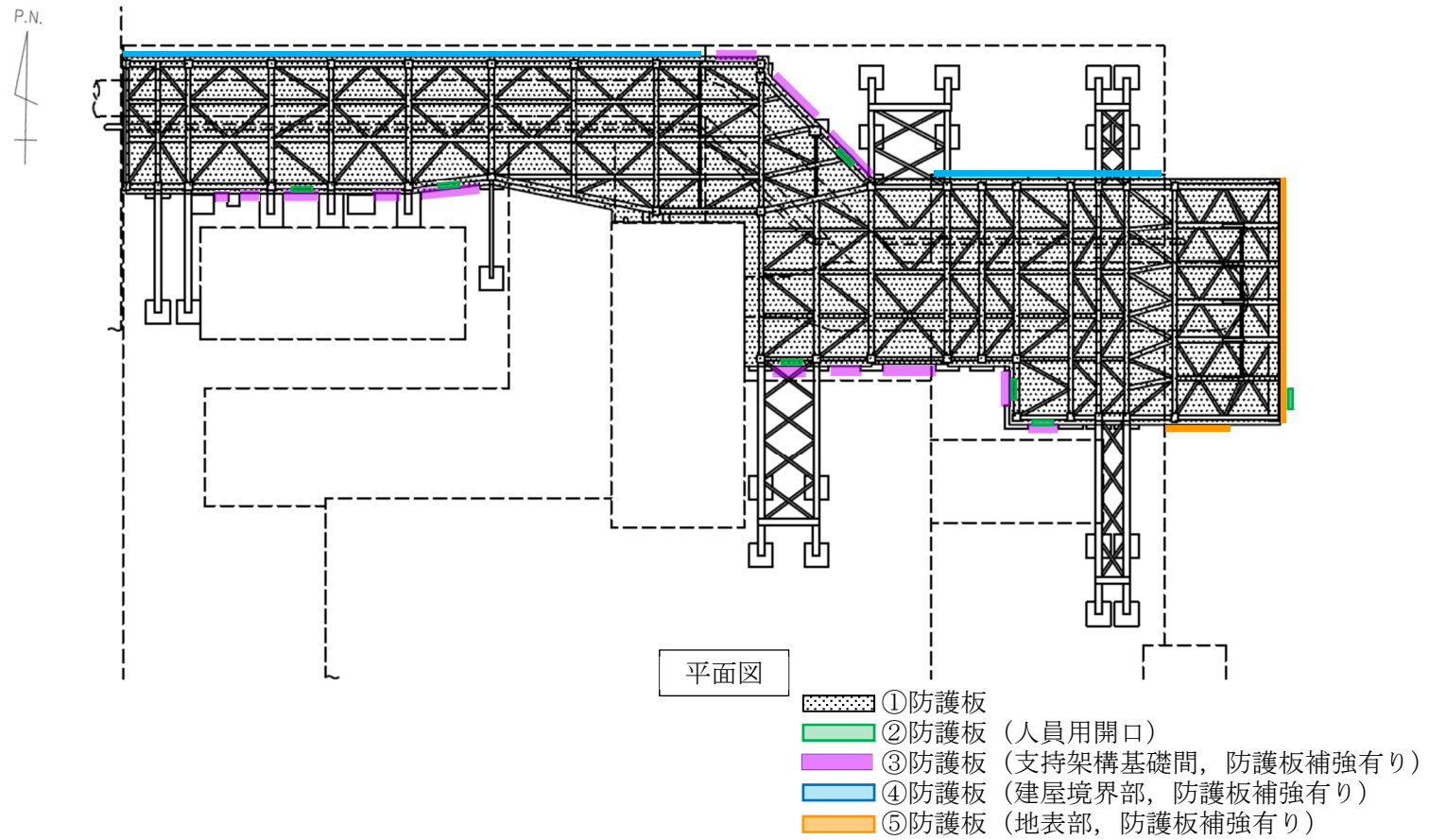
 : 竜巻防護対象施設

第 2 - 2 図 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(分離建屋屋外)と飛来物防護板(AB建屋)の配置図(2/2)

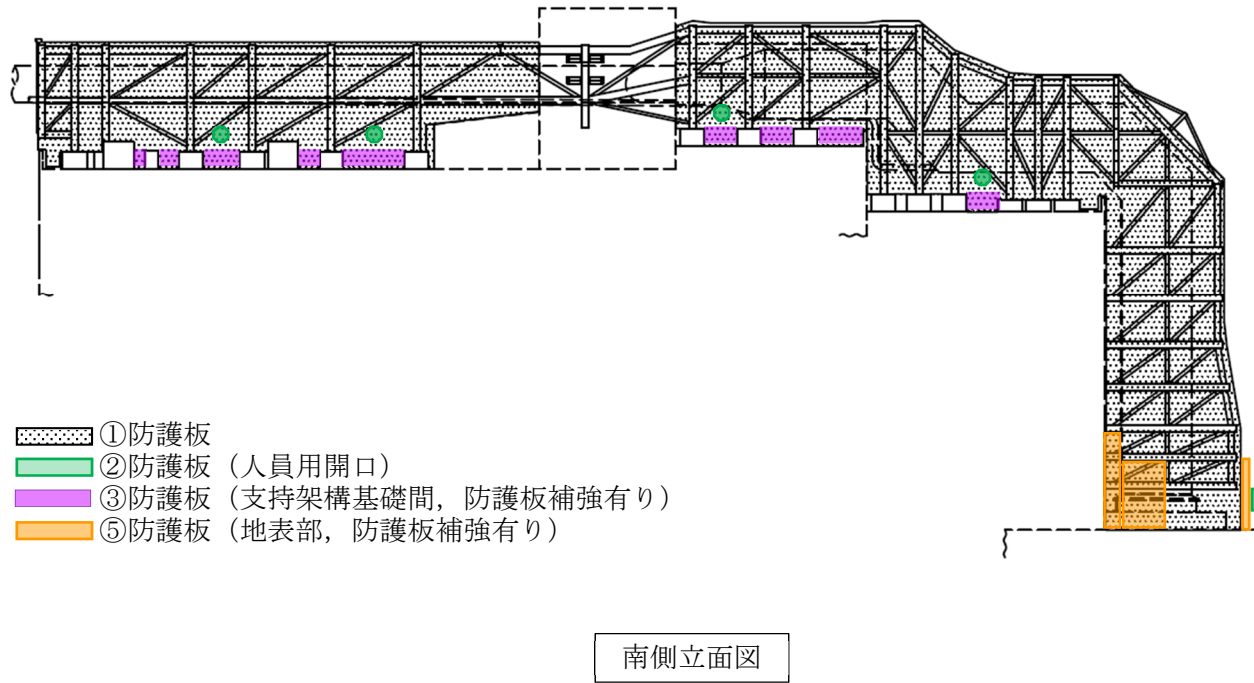
第 2 - 1 表 飛来物防護板 (AB建屋) の構成要素

番号	名称	数量	防護板の 使い分け
①	防護板	約 350 枚※	—
②	防護板 (人員用開口)	7 枚	—
③	防護板 (支持架構基礎間, 防護板補強 有り)	11 枚	配置上の制約に より防護板背面 に支持部材を設 置できない場合 に適用。
④	防護板 (建屋境界部, 防護板補強有り)	約 30 枚※	配置上の制約に より防護板背面 に支持部材を設 置できない場合 に適用。
⑤	防護板 (地表部, 防護板補強有り)	約 10 枚※	配置上の制約に より防護板背面 に支持部材を設 置できない場合 に適用。

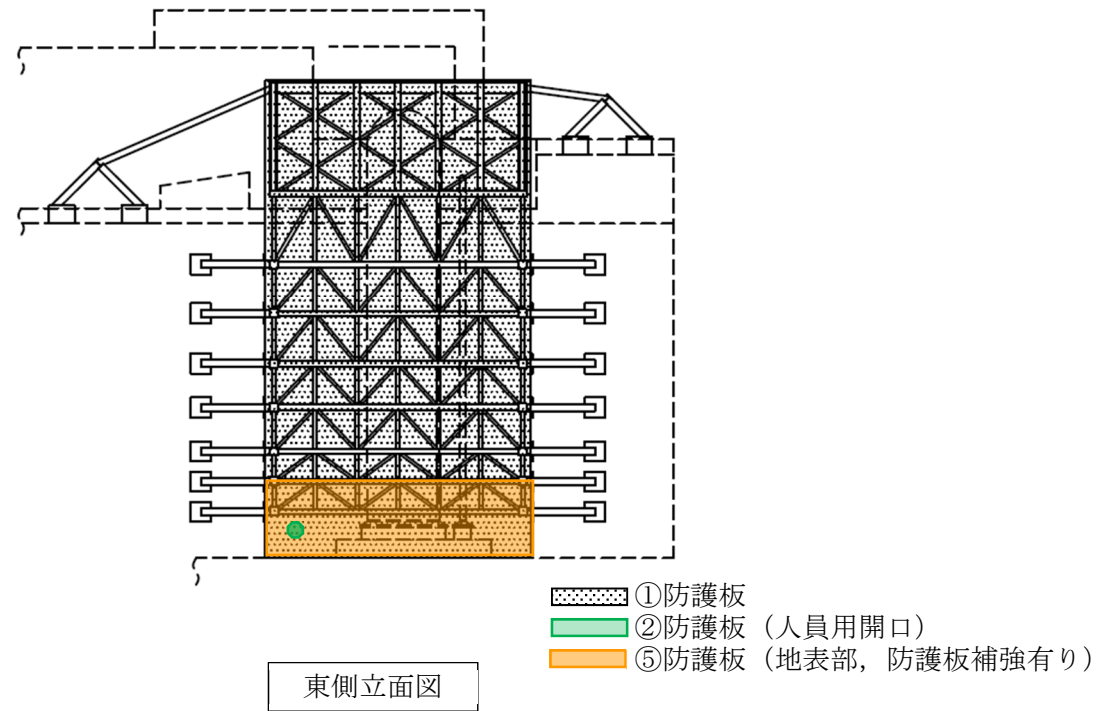
※：詳細設計未完了のため、設計完了後確定した枚数を記載する。



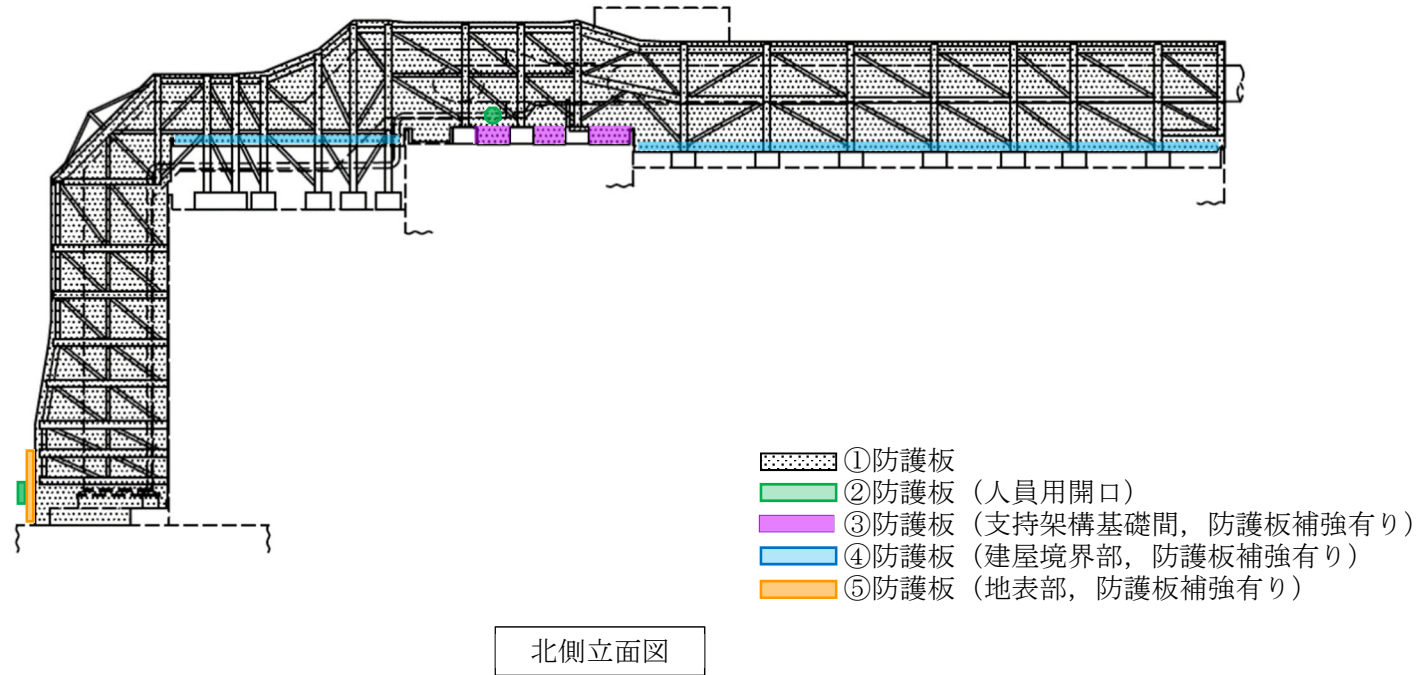
第 2 - 3 図 飛來物防護板 (AB建屋) 防護板配置図 (1/5)



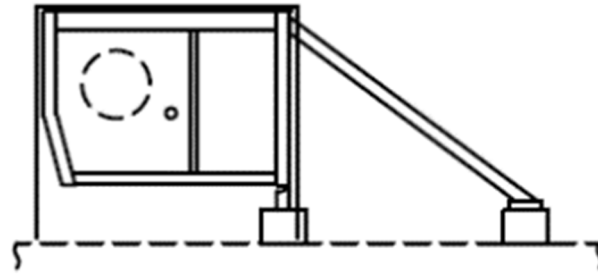
第 2 - 3 図 飛来物防護板 (AB建屋) 防護板配置図 (2/5)



第 2 - 3 図 飛来物防護板 (AB建屋) 防護板配置図 (3/5)



第 2 - 3 図 飛来物防護板 (AB建屋) 防護板配置図 (4/5)



西側立面図

第 2 - 3 図 飛来物防護板 (AB建屋) 防護板配置図 (5/5)

2.2 防護板の構造

(1) 防護板(鋼材)の構造

防護板(鋼材)を設置して主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(分離建屋屋外)への設計飛来物の衝突を防止する。

防護板(鋼材)は、設計飛来物の衝突に対し、貫通しない厚さを確保する設計とする。

巡視点検等で飛来物防護板内へアクセスする際の入り口の防護板には、人員用開口を設ける。人員用開口からの設計飛来物の侵入を防止するための防護板を第2-5図に示す。

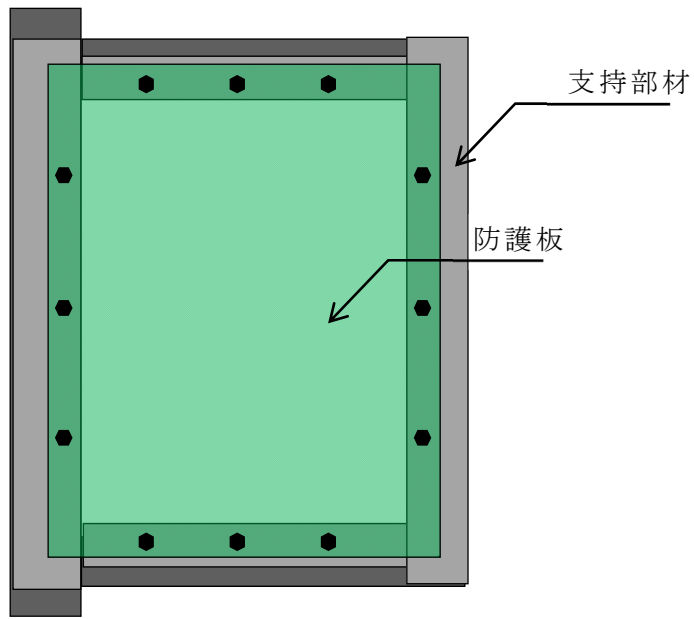
配置上の制約により背面に支持部材を設置できない防護板(③~⑤防護板)については、設計飛来物に対する強度を確保すること並びに設計竜巻の風圧力による荷重及び積雪荷重による変形を防止するために、防護板に補強材(SUS板、リブ、補強アングル)※を設け、溶接にて一体構造としている。

防護板(鋼材)のタイプ一覧を第2-2表に示す。

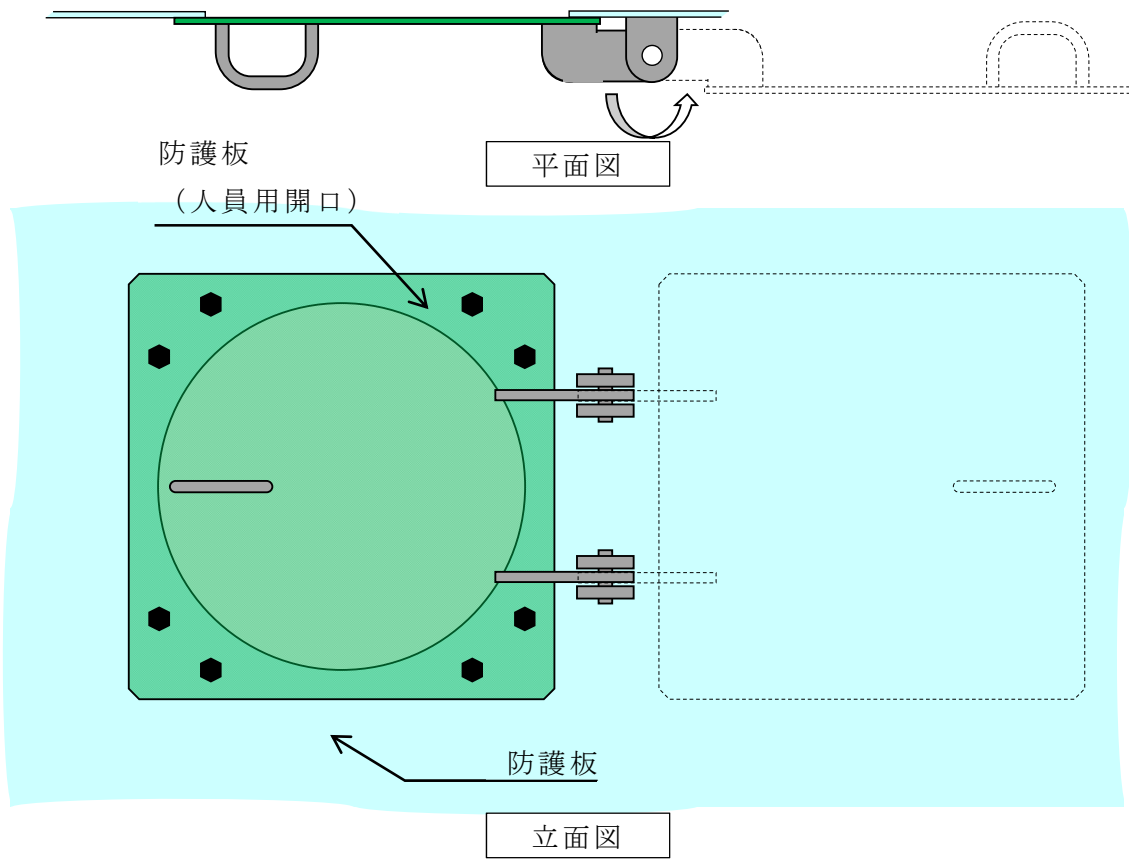
第2-2表 防護板(鋼材)のタイプ一覧

防護板タイプ	防護板構造	支持方法	図
①防護板	SUS板t9	相対する 2辺以上で支持	第2-4図
②防護板 (人員用開口)	SUS板t9	相対する 2辺以上で支持	第2-5図
③防護板 (支持架構基礎間、防護板補強 有り)	SUS板t12 +SUS板+リブ	相対する 2辺で支持	第2-6図
④防護板 (建屋境界部、防護板補強有り)	SUS板t12 +補強アングル※	1辺で支持	第2-7図
⑤防護板 (地表部、防護板補強有り)	SUS板t19 +リブ※	相対する 2辺以上で支持	第2-8図

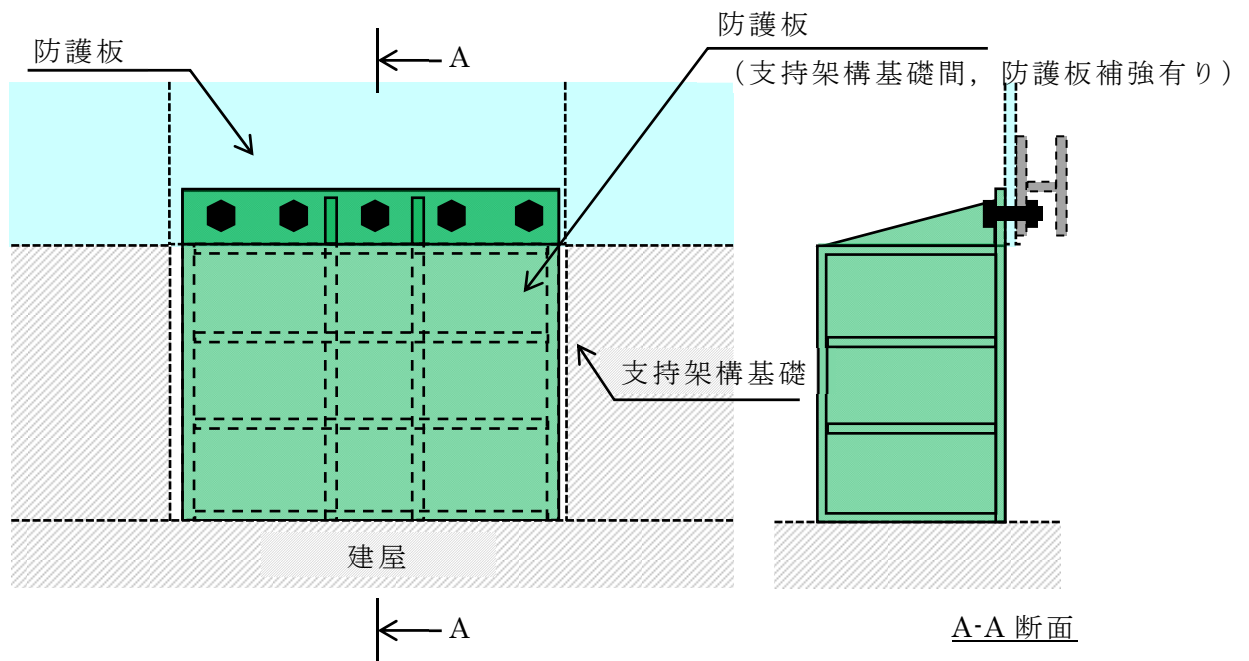
※：詳細設計未完了のため計画補強構造を記載。設計完了後、構造に変更がある場合は記載を修正する。



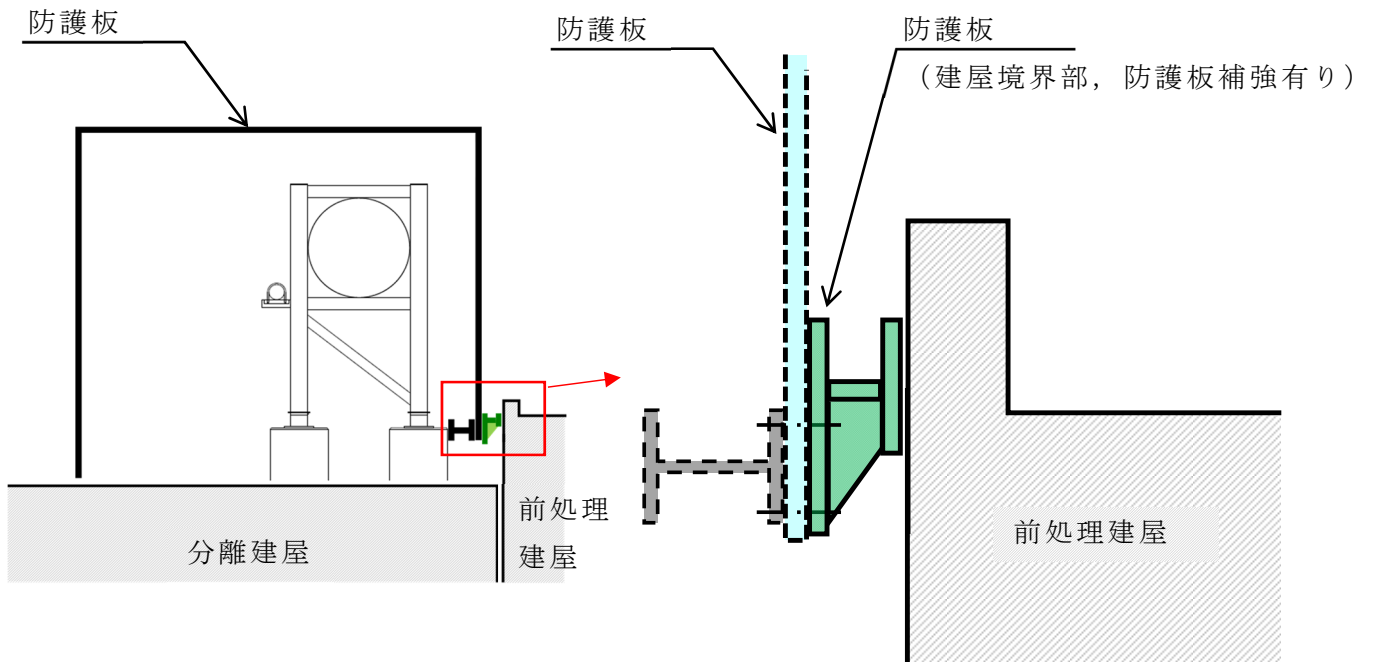
第 2 - 4 図 ①防護板



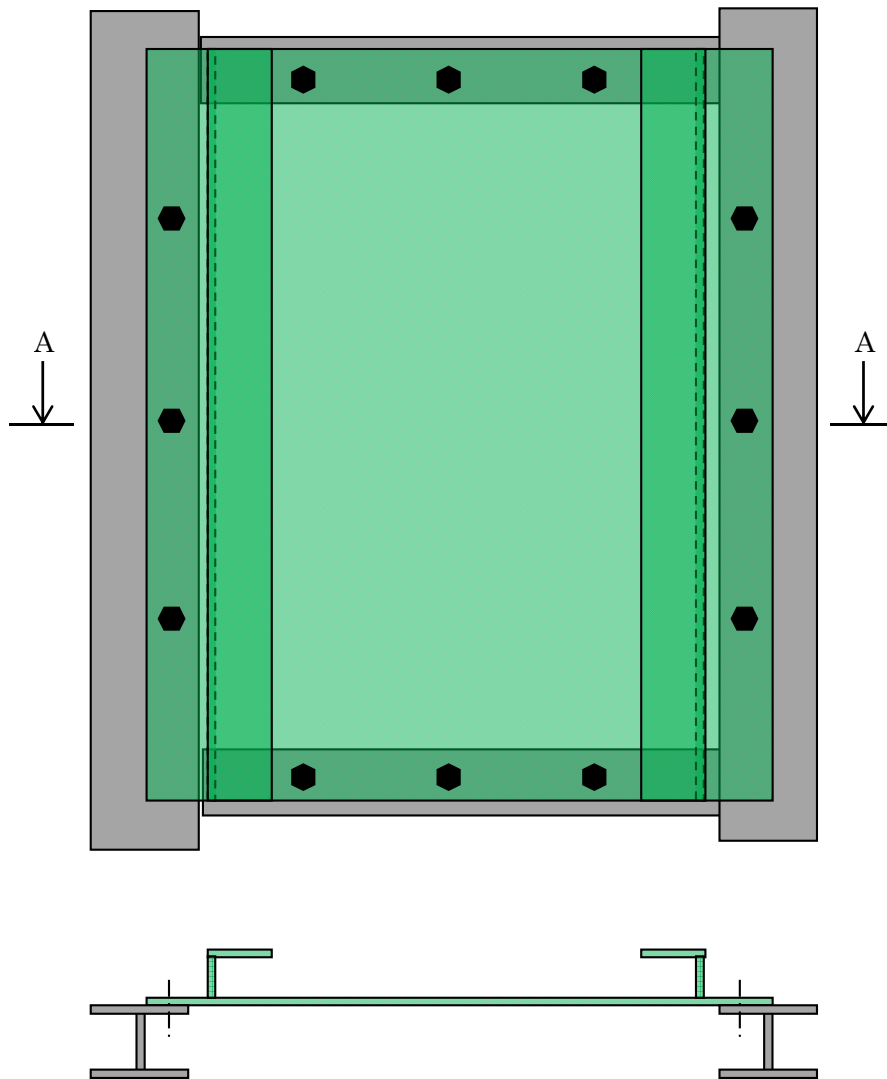
第 2 - 5 図 ②防護板 (人員用開口)



第 2 - 6 図 ③防護板 (支持架構基礎間, 防護板補強有り)



第 2 - 7 図 ④防護板 (建屋境界部, 防護板補強有り)



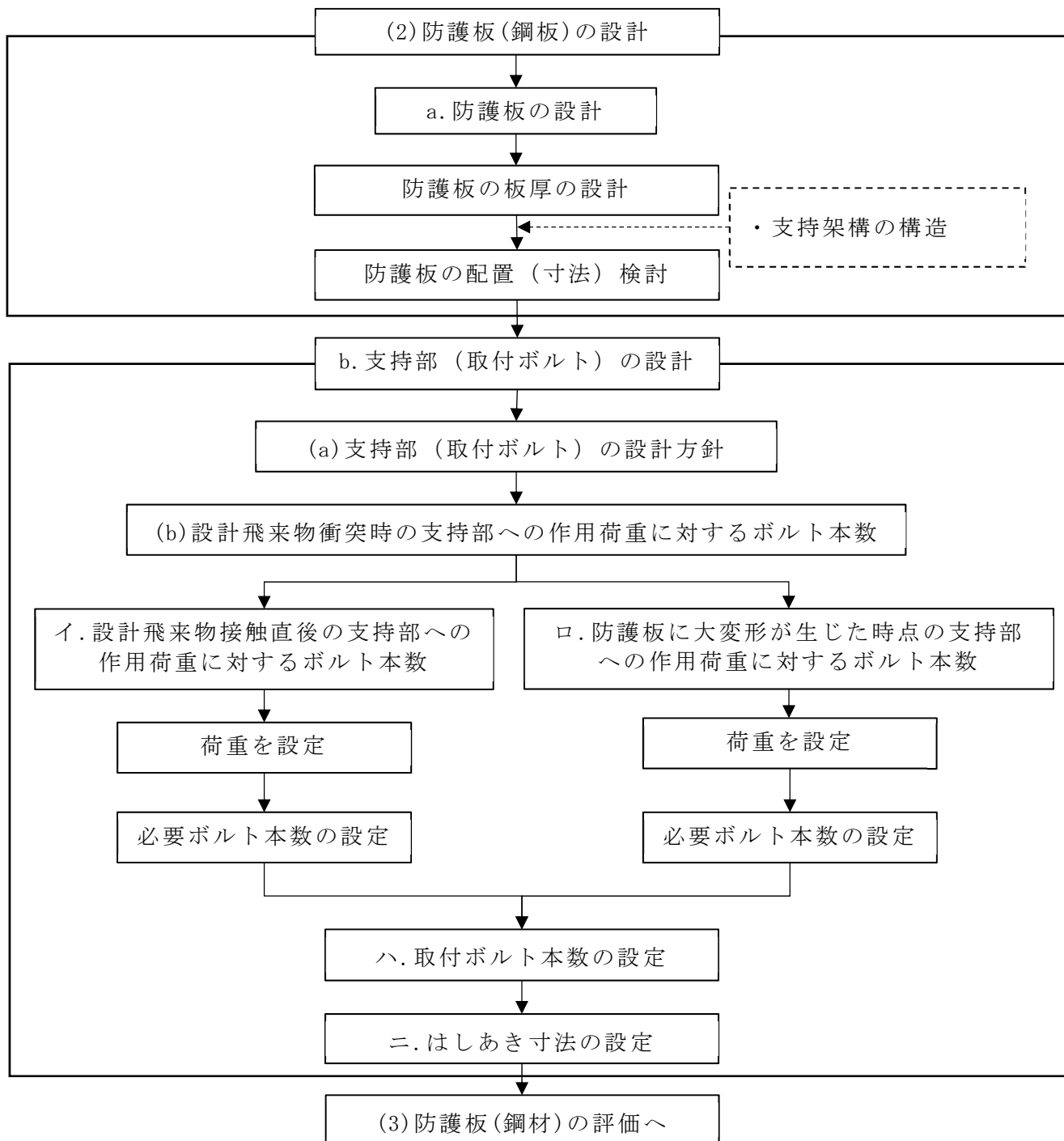
A-A 断面

第 2 - 8 図 ⑤防護板（地表部，防護板補強有り）

(2) 防護板(鋼材)の設計

防護板(鋼材)は, 設計飛来物の衝突に対して, 貫通させない設計とするとともに脱落を防止する設計としている。

防護板(鋼材)の設計フローを第2-9図に示す。



第2-9図 防護板(鋼材)の設計フロー

a. 防護板の設計

防護板は、設計飛来物の貫通を防止できる板厚を有する設計とする。防護板を取付ボルトで支持架構に接続し、設計飛来物の荷重に対して防護板が脱落しないように、取付ボルト孔周辺の防護板の破断が取付ボルトの破断よりも先行しないような設計とする。

b. 支持部（取付ボルト）の設計

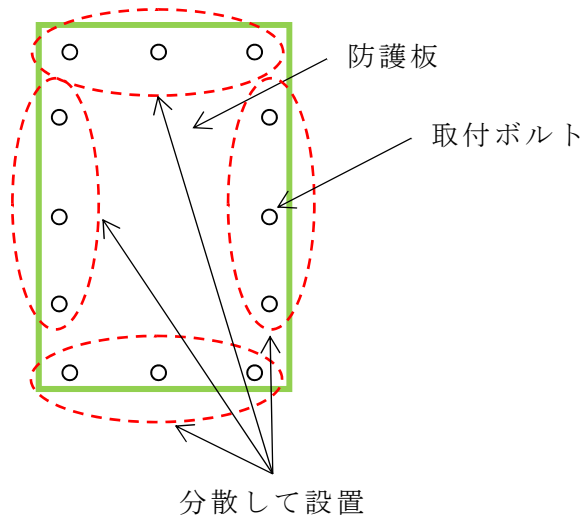
(a) 支持部（取付ボルト）の設計方針

防護板(鋼材)は取付ボルトにより支持架構に接続させ、設計飛来物の衝突により取付ボルトへ作用する荷重の種類、支持部の配置および支持部の耐力を踏まえ、取付ボルトの全数破断による防護板(鋼材)の脱落を防止することにより、主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(分離建屋屋外)への波及的影響を防止する。支持部（取付ボルト）の設計方針を以下に示す。

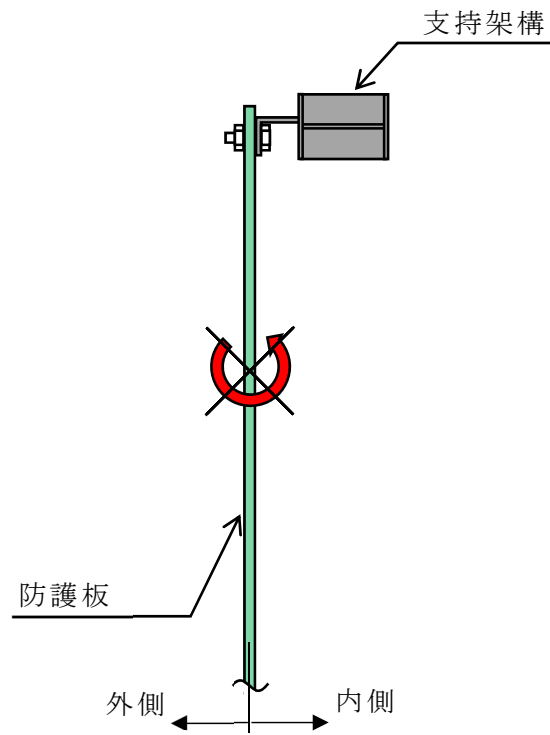
- ・支持部（取付ボルト）は、第2-10図に示すように衝突時に特定の取付ボルトへの負荷の偏りを避けるために防護板の支持辺ごとに分散して配置することにより、支持部近傍に設計飛来物が衝突した場合においても、取付ボルトの全数破断を防止し、防護板の脱落を防止する。
- ・設計飛来物の衝突により、防護板の内側への回転を防止しその場に留まるよう、第2-11図に示す通り防護板を支持部に対し外側から取り付ける。

このとき、支持部（取付ボルト）に関する諸元は以下の考え方により設定する。

- ・「2.2 (1) 防護板(鋼材)の構造」に示す通り、防護板による防護範囲を決定したのち、製作及び施工を考慮し、防護板の割付を設定する。
- ・支持辺は可能な限り確保する方針とし、防護板割付と支持架構の位置から、防護板の支持辺を決定する。
- ・衝突事象を考慮した作用荷重に対し、取付ボルト本数及び間隔を設定する。設置スペースの制限の観点から十分な取付ボルト本数が確保できない場合は取付ボルトサイズを大きくする。
- ・取付ボルトは、防護板(鋼材)に自重、積雪荷重、風圧力による荷重が作用したとしても、取付ボルト1本で支えることが可能であり、防護板(鋼材)の脱落を防止できるが、更に防護板(鋼材)が設置位置から動かないよう、防護板(鋼材)の回転を拘束できる構造とする。



第2-10図 支持部の配置

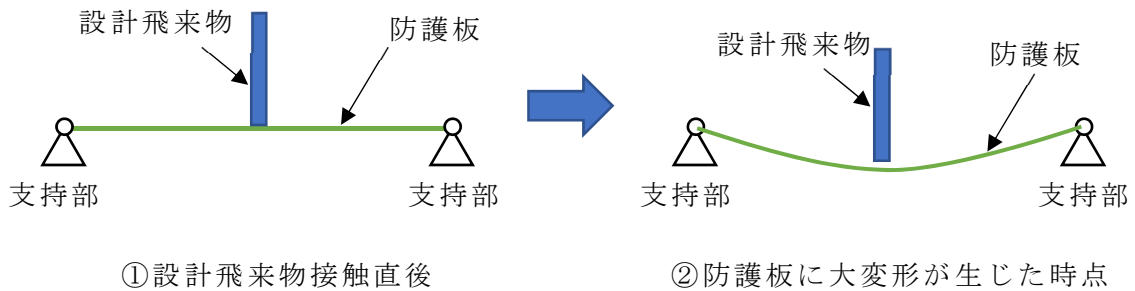


防護板を支持架構の外側に取り付けることで、
防護板の回転を防止する。

第 2 -11 図 防護板と支持架構の位置関係

(b) 設計飛来物衝突時の支持部への作用荷重に対する取付ボルト本数

防護板支持部への作用荷重は、防護板への設計飛来物衝突の進展に応じた衝突荷重として算定する。具体的には、①設計飛来物接触直後、②防護板に大変形が生じた時点を考慮する。第2-12図に、防護板への設計飛来物の衝突の進展イメージを示す。



第2-12図 防護板への設計飛来物衝突の進展

イ. 設計飛来物接触直後の支持部への作用荷重に対する取付ボルト本数

第2-13図に示す通り、設計飛来物の衝突荷重により防護板にせん断荷重が作用し、支持部取付ボルトには、その反力として引張荷重が作用する。

設計飛来物接触直後の支持部への作用荷重は、設計飛来物と被衝突体の接触時間を設定し、設計飛来物の衝突前の運動量と衝突荷重による力積が等しいとして算定した静的な荷重として求める。荷重の計算式を以下に示す。

※設計飛来物による荷重の算出式

$$W_M = F_M = m \cdot V/t = m \cdot V^2/L_t$$

m (設計飛来物質量) : 135kg

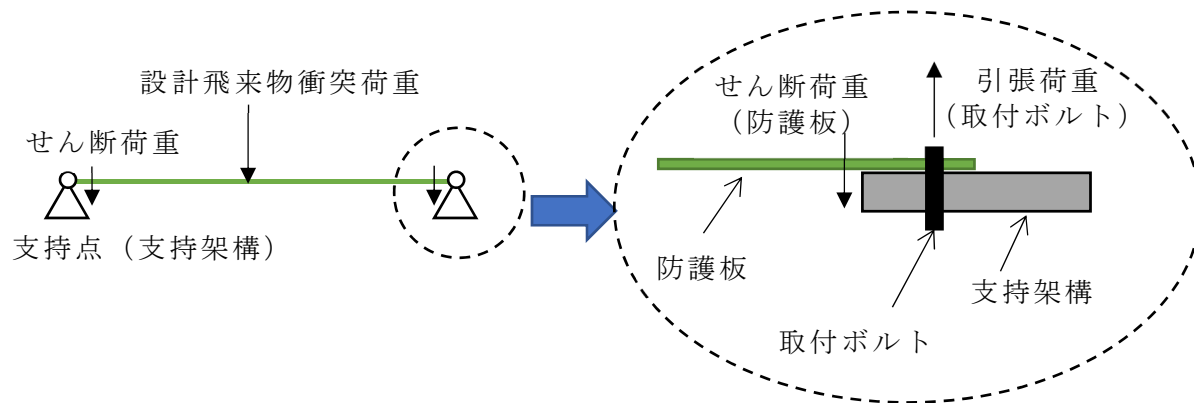
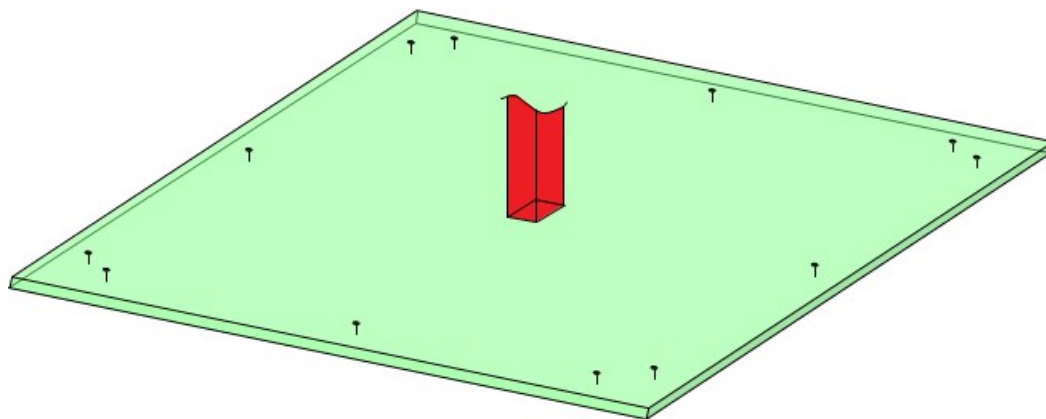
V (設計飛来物の衝突速度) : 51m/s (水平方向)

L_t (設計飛来物の最も短い辺の長さ) : 0.2m

上記の算出式により、支持部への作用荷重は1756kNと算定される。この荷重に対し必要となる取付ボルト本数を第2-3表に示す。M20、強度区分6.8の取付ボルトを用いる場合、必要となる取付ボルト本数は12本となる。なお、設置スペースの制限の観点から十分な取付ボルト本数が確保できない場合は、同等以上となるように径、本数、材質の取付ボルトを設定する。

第2-3表 防護板1枚あたりに必要となる取付ボルト本数
(設計飛来物接触直後)

取付ボルト径	強度区分	防護板1枚あたりの 必要ボルト本数	取付ボルト耐荷重 (引張)
M20	6.8	12本	1,764kN (147kN×12本)
	10.9	8本	2,032kN (245kN×8本)
M24	10.9	5本	1,765kN (353kN×5本)



第 2-13 図 設計飛来物接触直後の荷重

ロ. 防護板に大変形が生じた時点の支持部への作用荷重に対する取付ボルト本数

設計飛来物により防護板の大変形が生じた時点では、第2-14図に示すように、変形の進展により防護板に発生する荷重は引張荷重が顕著となる。このため、防護板の支持部は防護板の引張荷重を負担し、支持部（取付ボルト）には、せん断荷重が作用するので、防護板に発生する引張荷重に耐えるよう支持部の設計を行う。

防護板の変形が進展し引張荷重が増加することにより、防護板断面は降伏に至る。防護板断面が降伏すると引張荷重の増加は緩やかとなる。そこで、支持部に作用する荷重は、防護板に降伏が生じる時の引張荷重により算定する。なお、防護板の全断面が降伏するときの引張荷重算定にあたっては、曲げモーメントにより防護板板厚方向上下端部が降伏する状態を考え、設計飛来物の衝突位置において防護板に全断面降伏が生じた状態を想定する。全断面降伏時に防護板に生じる引張荷重の計算式を以下に示す。また、防護板は板厚が小さいほど全断面降伏に対する余裕が小さいことから、取付ボルトの必要本数は板厚が最小の防護板(t9)に対して算定し、板厚が大きい防護板を適用する場合においても、防護板(t9)で算定した必要取付ボルト本数に準拠する。

※設計飛来物により防護板に作用する引張荷重Tの算出式

長方形断面が全断面降伏する場合の曲げモーメントと軸力の関係は以下の式で与えられる。

$$\frac{M_{pc}}{M_p} + \left(\frac{T}{N_y}\right)^2 = 1$$

$$M_{pc}(\text{軸力が同時に作用する場合の全塑性モーメント}) = \frac{B \cdot t^2 \cdot S_y}{6}$$

$$M_p(\text{軸力が作用しない場合の全塑性モーメント}) = \frac{B \cdot t^2 \cdot S_y}{4}$$

$$N_y(\text{降伏軸力}) = B \cdot t \cdot S_y$$

B：設計飛来物の接触幅(mm)

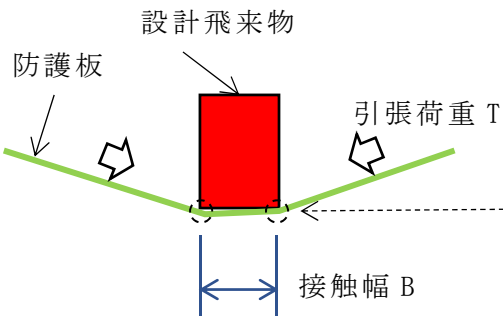
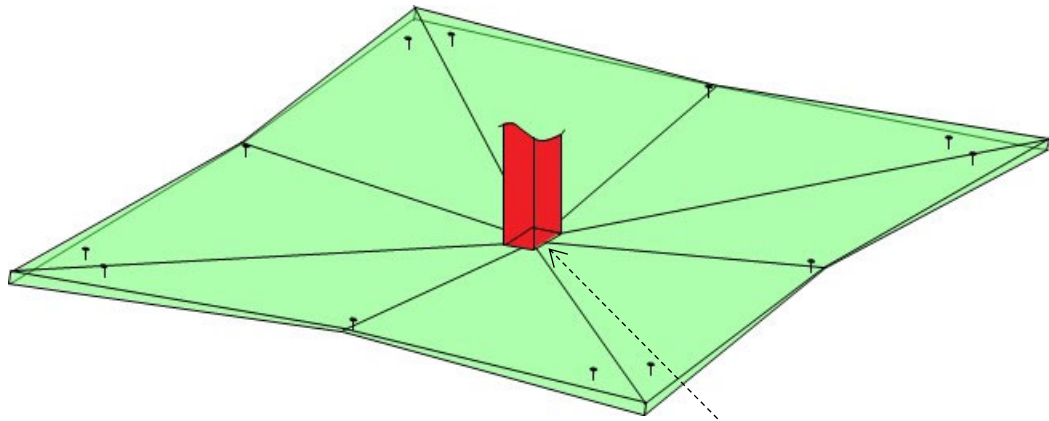
t：防護板の厚さ(mm)

S_y：防護板の設計降伏点(MPa)

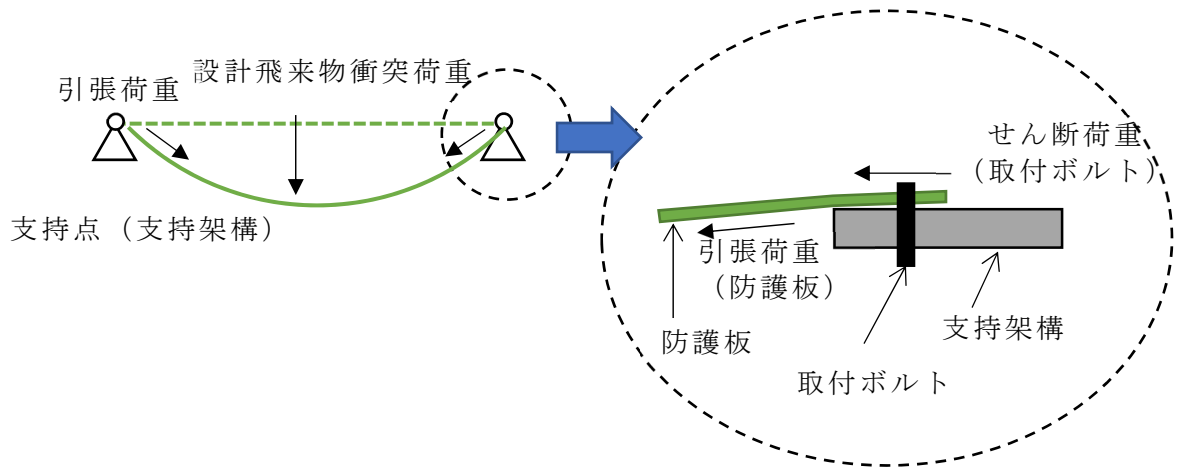
ここで、防護板に作用する引張荷重Tが保守的となるように接触幅Bの1辺は鋼製材の長辺300mmとすると、防護板に作用する引張荷重は1,279kNと算定される。この荷重に対し必要となる取付ボルト本数を第2-4表に示す。M20、強度区分6.8の取付ボルトを用いる場合、必要となる取付ボルト本数は12本となる。なお、設置スペースの制限の観点から十分な取付ボルト本数が確保できない場合は、同等以上となるように径、本数、材質の取付ボルトを設定する。

第2-4表 防護板1枚あたりに必要となる取付ボルト本数
(防護板に大変形が生じた時点)

取付ボルト径	強度区分	防護板1枚あたりの 必要ボルト本数	取付ボルト耐荷重 (せん断)
M20	6.8	12本	1,356kN (113kN×12本)
	10.9	7本	1,316kN (188kN×7本)
M24	10.9	5本	1,355kN (271kN×5本)



設計飛来物衝突位置において防護板に降伏が生じた状態を想定する。



第 2-14 図 防護板に大変形が生じた時点の支持部への作用荷重

ハ. 取付ボルト本数の設定

支持部に作用する荷重から求められた取付ボルト本数を第2-5表にまとめる。取付ボルトの本数は，設計飛来物接触直後の作用荷重に対して必要なボルト本数，及び防護板に大変形が作用した時点の作用荷重に対して必要なボルト本数を包絡するように決定する。

第2-5表 支持部に作用する荷重から求められた取付ボルト本数

支持部に作用する荷重	取付ボルト径	強度区分	防護板1枚あたりの必要ボルト本数
設計飛来物接触直後の作用荷重	M20	6.8	12本
		10.9	8本
	M24	10.9	5本
防護板に大変形が作用した時点の作用荷重	M20	6.8	12本
		10.9	7本
	M24	10.9	5本

なお，取付ボルト配置が制約される場合は，M30等の取付ボルト径を使用することで，同等以上の強度を確保する。または，配置の制約により大サイズボルトが使用できず，第2-5表に示す取付ボルト本数を確保できない場合※は，個別の衝突解析にて，設計飛来物の衝突によって鋼板が脱落しないことの確認により，飛来物防護板(鋼板)の健全性を確保する。

※：詳細設計中のため記載しているが，設計完了後該当がない場合は削除する。

二. はしあき寸法の設定

第2-15図に示すように、はしあき部の破断強度が、取付ボルトのせん断強度を上回るようにはしあき寸法を設定する。具体的には、取付ボルトのせん断耐力以上となる限界はしあき寸法 e を算出し、設計はしあき寸法※は限界はしあき寸法 e を上回るように設定する。

※：詳細設計中のため設計方針を記載。設計完了後に第2-6表に設計はしあき寸法を記載する。

はしあき部の許容せん断荷重 $Q >$ 取付ボルトのせん断耐力 q

$$\Rightarrow 2 \times e \times t \times Su / \sqrt{3} > q$$

$$\Rightarrow e > q / (2 \times t \times Su / \sqrt{3})$$

t ：防護板の厚さ(mm)

Su ：防護板の設計引張強さ(MPa)

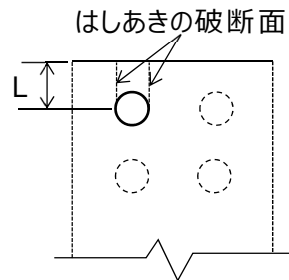
q ：取付ボルトのせん断耐力(kN)

各防護板の限界はしあき寸法 e の計算結果を第2-6表に示す。

第2-6表 はしあき寸法の確認結果※

取付ボルト径	強度区分	限界はしあき寸法 e mm
M20	6.8	21
	10.9	35
M24	10.9	51

※詳細設計中のため限界はしあき寸法のみ記載しているが、設計完了後に設計はしあき寸法を追記し、限界はしあき寸法と設計はしあき寸法との比較表に差し替える。

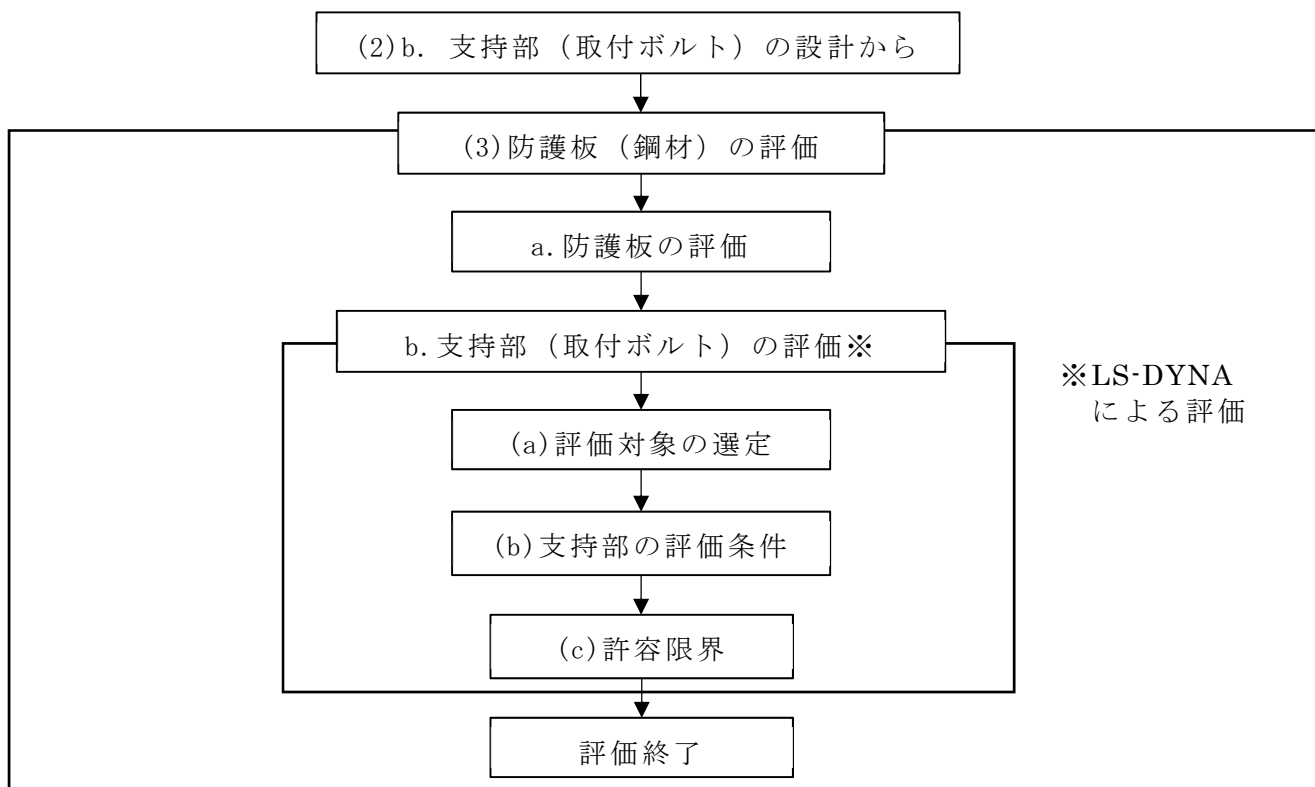


第2-15図 はしあきの破断面

(3)防護板（鋼材）の評価

「(2)防護板(鋼材)の設計」を踏まえて、防護板（鋼材）は、防護板の貫通評価と支持部である取付ボルトの破断評価を行う。

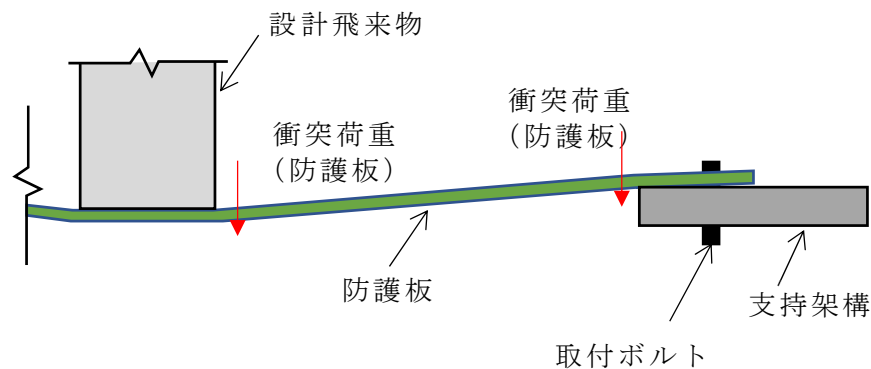
防護板(鋼材)の評価フローを第2-16図に示す。



第2-16図 防護板（鋼材）の評価フロー

a. 防護板の評価

第2-17図に示すように、貫通評価については、BRL式にて必要厚さを算出し許容限界板厚を設定し、最小板厚の防護板（鋼板）の設計板厚と比較し、許容限界板厚を上回っていることを確認する。なお、設計飛来物が衝突した際、防護板の衝突部近傍では衝突荷重（せん断および曲げ）が作用するが、防護板の厚さはBRL式により算出される貫通限界厚さ以上としており、破断は生じない。ここで支持部近くの防護板にも衝突荷重が作用するが、支持部を複数設けているため、支持部近くの防護板に作用する衝突荷重（せん断および曲げ）は分散し、設計飛来物衝突部近傍に作用する断荷重より小さくなる。このため、支持部近くの防護板においても防護板の破断は生じない。



第2-17図 防護板に作用する荷重

b. 支持部（取付ボルト）の評価

静荷重を用いて取付ボルトの強度設計をしているが、設計飛来物による衝突現象により支持部に作用する荷重は動的な荷重であることから、支持部のボルトに作用する動的荷重を評価可能な解析コード（LS-DYNA）を用いて、取付ボルト全数が破断しないことを確認している。

(a) 評価対象の選定

「ハ. 取付ボルト本数の設定」に記載の通り，支持部（取付ボルト）の本数は，設計飛来物接触直後の作用荷重に対して必要なボルト本数，及び防護板に大変形が作用した時点の作用荷重に対して必要なボルト本数を包絡するように決定する。設計飛来物の衝突による防護板（鋼材）の変形に伴い，取付ボルトに作用する荷重は大きくなり，塑性変形若しくは破断が生じることから，ここでは，防護板に大変形が生じた状態が取付ボルト全体に対して厳しい状態であることから，この状態を想定して評価対象を選定する。

このとき，防護板に大変形が生じた時点の作用荷重は，防護板のたわみが大きいほど顕著となることから，支持方法（1辺で支持又は相対する2辺以上で支持）及び設計飛来物の速度ごとに防護板のたわみやすさを考慮して，評価対象の防護板（鋼材）を選定する。具体的には，防護板の支持スパン（ l ）の3乗と断面二次モーメント（ I ）の関係から求まるたわみ易さ（ l^3/I ）が大きくなるものを選定している。なお，支持部全体の取付ボルト強度が同等となる様な設計としていることから，取付ボルトのサイズ及び本数が変わっても，防護板の評価対象の選定に影響を与えない（第2-3表及び第2-4表参照）。

また，設計飛来物の衝突位置は，衝突部のたわみ量が大きく，全体に配置された取付ボルトへの負担が等しくなるよう防護板中央部とする。

防護板の評価対象を第2-7表に示す。

第2-7表 防護板評価対象

防護板支持方法	設計飛来物速度	防護板の種類	たわみ易さ l^3/I	代表となる防護板
相対する 2辺以上で 支持	34 m/s (鉛直衝突)	①防護板	400,000※1	○ 第2-18図
	51 m/s (水平衝突)	①防護板	3,000,000※1	○ 第2-19図
		②防護板	詳細設計中※2	詳細設計中※2
		⑤防護板	詳細設計中※2	詳細設計中※2
相対する 2辺で支持	51 m/s (水平衝突)	③防護板	詳細設計中※2	詳細設計中※2
1辺で支持	34 m/s (鉛直衝突)	④防護板	詳細設計中※2	詳細設計中※2

※1：詳細設計中のためこれまでの代表防護板のたわみ易さを記載。設計完了後、代表の変更があれば記載を修正する。

※2：詳細設計中のため設計完了後に記載を修正する。

(b) 支持部の評価条件

設計飛来物の衝突による防護板（鋼材）の変形に伴い，取付ボルトに作用する荷重は大きくなり，塑性変形若しくは破断が生じうる。そのため，支持部の評価においては，取付ボルトごとの剛性及び負担する荷重割合が時々刻々と変化することを踏まえ，取付ボルトをモデル化したFEM解析（LS-DYNA）にて取付ボルトの健全性を確認する。

解析においては，取付ボルトが防護板（鋼材）の変形により荷重を受けること及び取付ボルトの塑性変形及び破断を評価する必要があるため，防護板（鋼材）及び取付ボルトは弾塑性を考慮したモデルとし，破断と判定した取付ボルトは，破断以降は荷重を負担しないモデルとする。

取付ボルトの破断評価方法は，水平2方向のせん断応力及び鉛直方向の軸力について，破断荷重との比率を算出し，各成分の二乗和が1.0以上となれば破断したものと判定する。

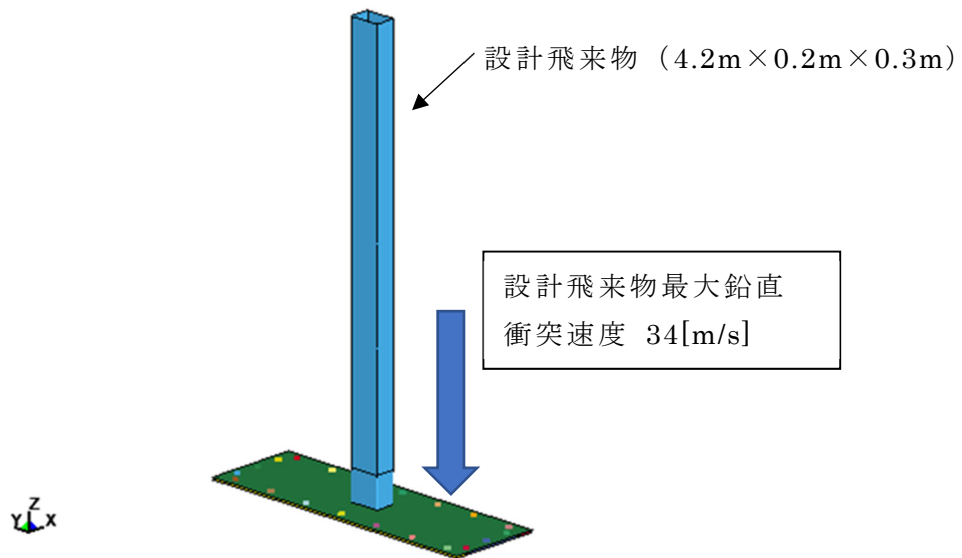
本評価においては，以下の設定とすることで，評価の保守性を確保する。

- ・取付ボルトの破断荷重には，破断荷重の実力値に十分な裕度を考慮したJISや鋼構造設計規準の規格値を用いることで，取付ボルトが破断しやすい条件とする。
- ・衝突させる設計飛来物は破断ひずみを超えても要素を消去せず，破断ひずみ以上に変形できるモデルとし，防護板（鋼材）の変形を大きくすることで，取付ボルトが破断しやすい条件とする。
- ・一般的に鋼材は，降伏（塑性変形）するとひずみ硬化が発生し，耐力が増加する。このとき，ひずみ速度が大きいと耐力の増加も大きくなるが，取付ボルトの破断判定においてはひずみ硬化における速度寄与を考慮しないことで，取付ボルトが破断しやすい条件とする。

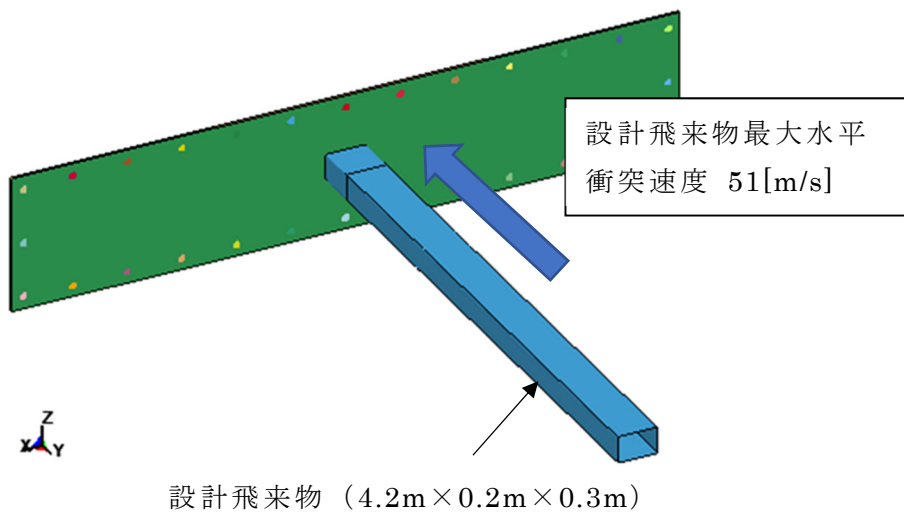
(c) 許容限界

防護板は設計飛来物の有するエネルギーを防護板及び取付ボルトの変形により吸収することで設計飛来物の貫通を防止する設計としているため，防護板（鋼材）の脱落により主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト（分離建屋屋外）への波及影響を与えないことを確認する。取付ボルトは，防護板（鋼材）に自重，積雪荷重，風圧力による荷重が作用したとしても，取付ボルト1本で支えることで防護板（鋼材）の脱落を防止し，主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト（分離建屋屋外）への波及的影響を防止できるが，防護板（鋼材）が設置位置から動かないよう，面内方向の回転を拘束するため，支持部の評価の許容限界としては，防護板（鋼材）を固定する取付ボルトが2本以上破断せずに残ることとする。

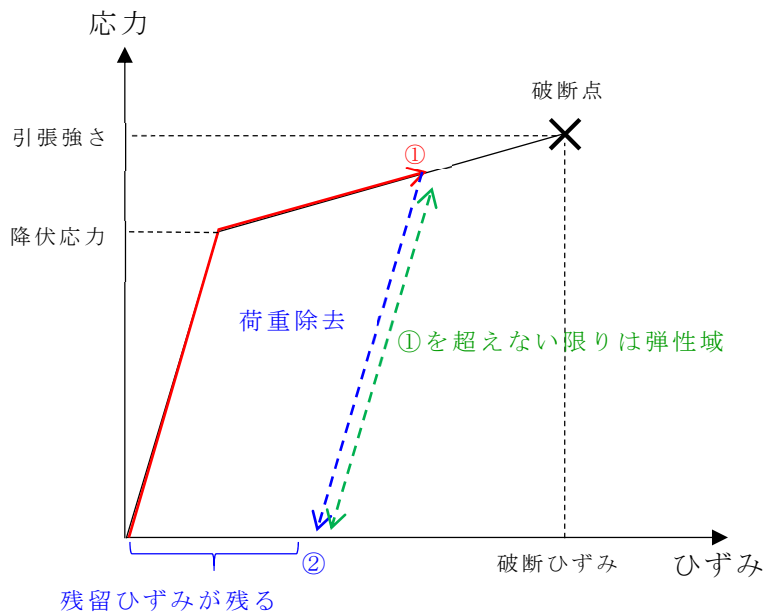
なお，残存した取付ボルトの一部は塑性変形しているおそれがあるが，第2-20図に示す応力-ひずみ線図に示すとおり，取付ボルトに作用する荷重が除荷されると，残留ひずみは残るものの，残存した取付ボルトは構造強度上の強度部材として期待ができる。



第 2-18 図 相対する 2 辺以上で支持する防護板 設計飛来物衝突評価(鉛直)位置



第 2-19 図 相対する 2 辺以上で支持する防護板 設計飛来物衝突評価(水平)位置



第 2-20 図 取付ボルトの応力-ひずみ線図

d. 防護板支持部評価モデルの妥当性

防護板支持部評価のモデルは，設計飛来物衝突による防護板の変形や取付ボルトに作用する荷重を適切に評価できるモデルとする必要がある。防護板の変形は電中研の試験結果との比較により，解析にて算出した設計飛来物衝突時の防護板のひずみ量が妥当であることを確認している。

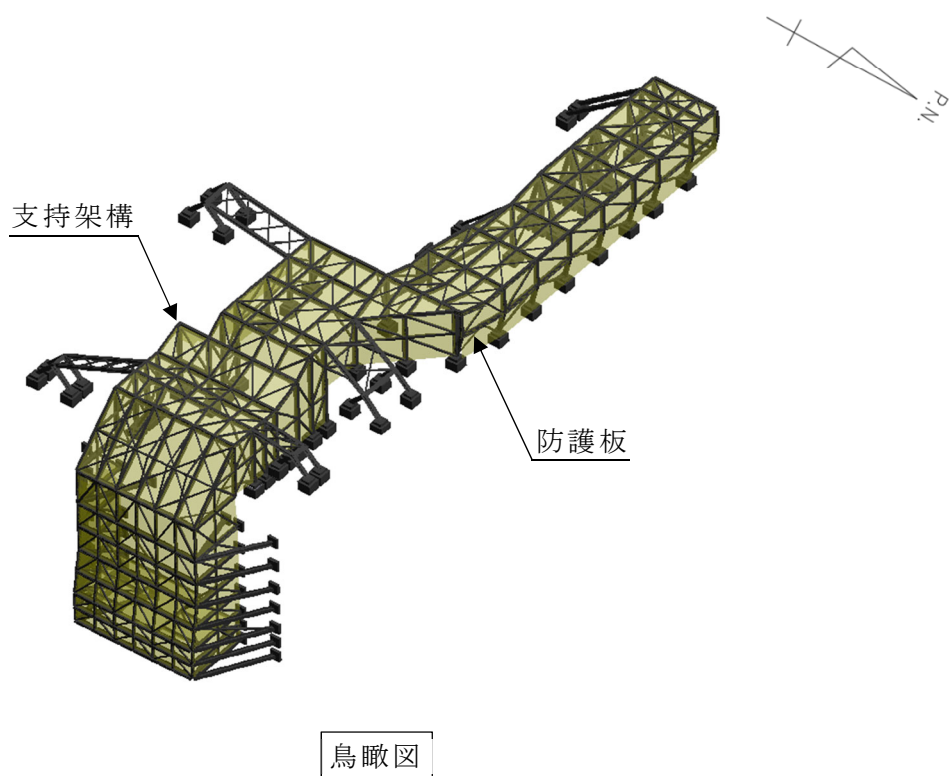
また，取付ボルトについては，実際に使用されるボルトサイズを適切にモデル化するとともに，その材料モデル（降伏荷重，破断荷重）を JIS や鋼構造設計基準の規格値を用いて適切にモデル化している。その際，ボルトの材料モデルに規格値を採用することは，実物よりも破断荷重を小さく設定することになるため，破断が発生し易い条件となっており，破断に対して保守的な設定であると言える。

一方，ボルトが早く降伏することにより，同じ荷重が作用した時のボルトのひずみ量や吸収エネルギーが実物より大きいため，非保守側の評価となるものの，ボルトのひずみや吸収エネルギーは防護板のひずみや吸収エネルギーと比べて小さいことから，影響は小さい。

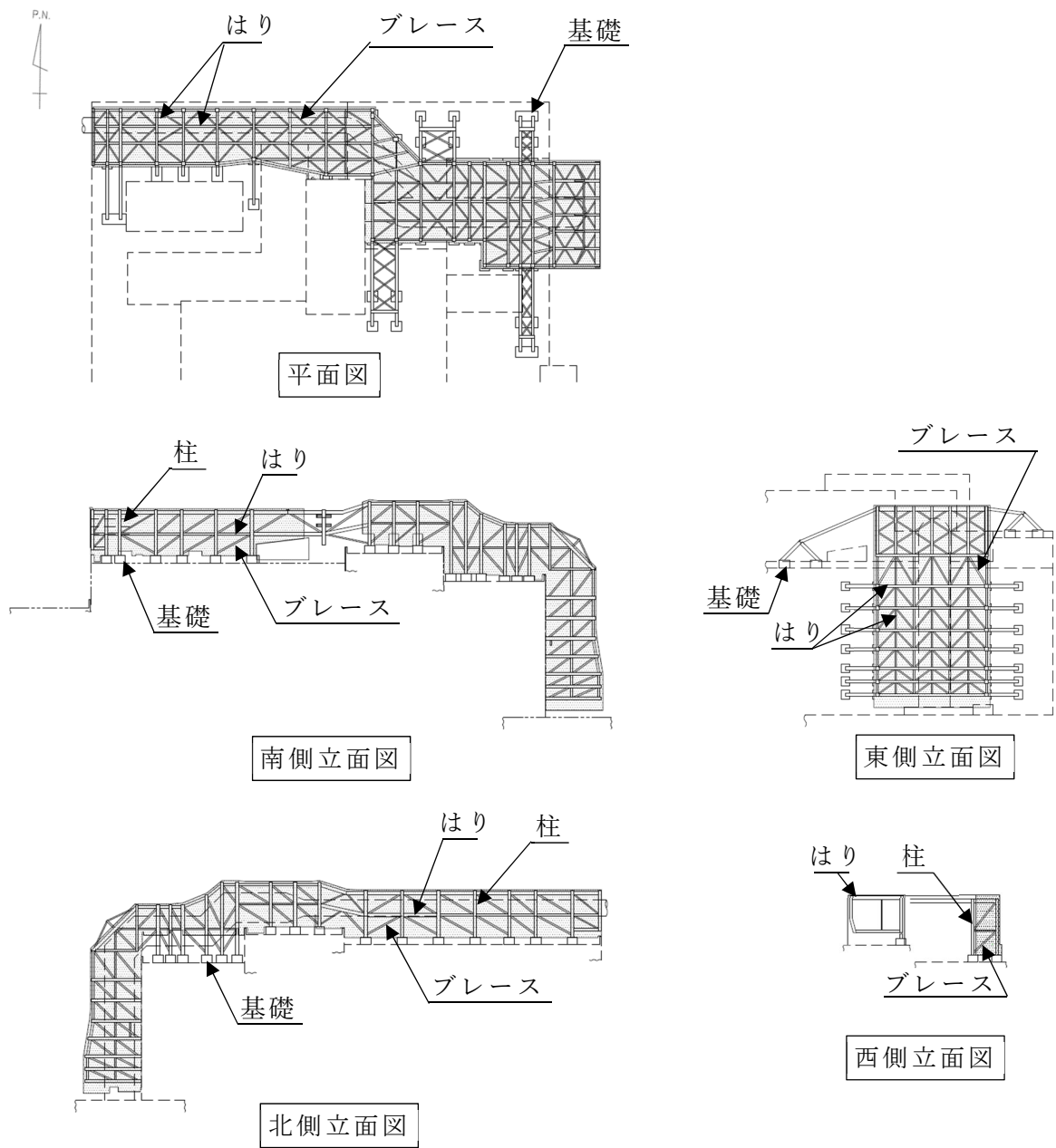
以上のことから，防護板支持部評価のモデルは，防護板及び取付ボルトともに適切にモデル化されており，防護板の脱落の有無を判断するために妥当なモデルである。

2.3 支持架構の構造

支持架構は、柱、はり及びブレースによって構成されるラーメン・トラス構造であり、溶接又はボルトにより接合される鉄骨構造物である。なお、飛来物防護板の支持架構は分離建屋の屋上に設けられた基礎及び壁面に基礎ボルトで接続支持されている。支持架構の構造概要を第2-21図に示す。



第2-21図 飛来物防護板(AB建屋)支持架構の構造概要図(1/2)



第 2 - 21 図 飛来物防護板 (AB) 支持架構の構造概要図 (2/2)

3. 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書における設計方針との整合性について第3-1表のとおり整理した。

第3-1表 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書 記載事項	対応
<p>9.11 竜巻防護対策設備</p> <p>9.11.2 設計方針</p> <p>竜巻防護対策設備の設計に際しては、竜巻防護対象施設が安全機能を損なわないよう、次のような方針で設計する。</p> <p>(1) 飛来物防護板</p> <p>a. 設計飛来物の貫通を防止することができる設計とする。</p> <p>b. 設計荷重(竜巻)に対して、支持架構の構造健全性を維持できる設計とする。</p> <p>c. 竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えない設計とする。</p> <p>d. 地震、火山の影響及び外部火災により竜巻防護対象施設に波及的影響を与えない設計とする。</p>	<p>a. b. 項については、第2回設工認申請書添付書類「VI-1-1-1-2-4-2-2-1-8 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)の強度計算書」のとおり、防護板により設計飛来物の貫通を防止することができること、また、設計荷重(竜巻)に対して、支持架構の構造健全性を維持できることを確認している。</p> <p>c. 項については、上記のとおり、設計荷重(竜巻)に対して、支持架構の構造健全性を維持できることから主気体廃棄物の廃棄施設の排気機能に影響を与えないことを確認している。</p> <p>d. 項の地震については、第2回設工認申請書添付書類「IV-2-2-2-1-1-10 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)の耐震計算書」のとおり、竜巻防護対象施設である主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(分離建屋屋外)に波及的影響を及ぼさないことを確認している。</p> <p>火山の影響については、第2回設工認申請書添付書類「VI-1-1-1-4-4-2-4-2 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)の強度計算書」に示すとおり、火山の影響により支持架構の構造健全性を維持できることを確認している。</p> <p>外部火災については、熱影響がある支持架構の柱等に耐火塗装を施すことにより、支持架構の構造健全性を維持できる。</p>

令和 5 年 11 月 30 日 R0

別紙-6

飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト
精製建屋屋外)の構造及び評価について

目 次

1. 概要	1
2. 飛来物防護板(AC建屋)の構造について	1
2.1 飛来物防護板(AC建屋)の全体概要	1
2.2 防護板の構造	1 1
2.3 支持架構の構造	3 2
3. 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について	3 4

1. 概要

本資料は、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)(以下、「飛来物防護板(AC建屋)」という。)の構造及び評価の考え方を補足説明するものである。

2. 飛来物防護板(AC建屋)の構造について

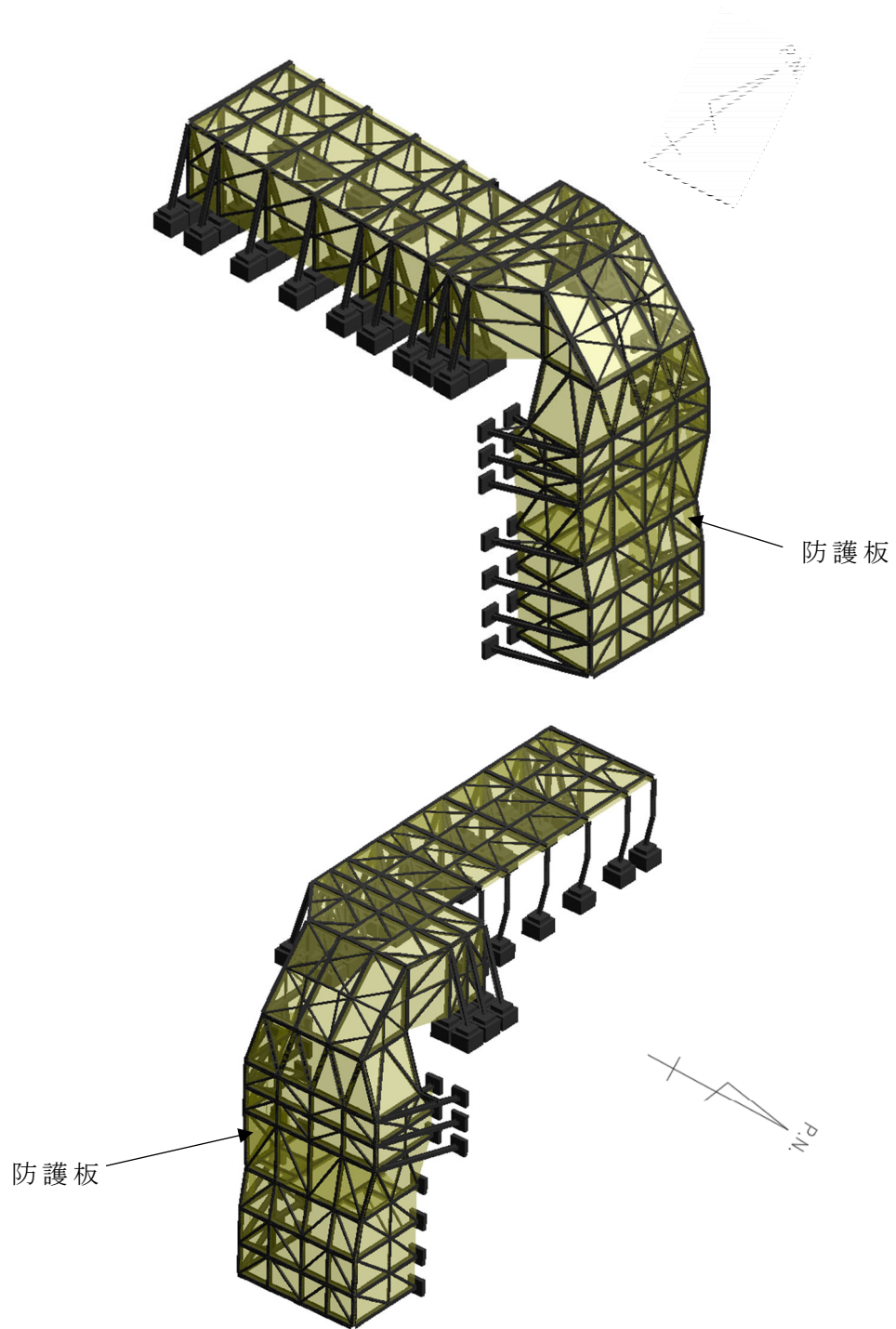
2.1 飛来物防護板(AC建屋)の全体概要

設計飛来物が主排気筒に接続する主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(精製建屋屋外)に衝突することにより、安全機能を損なうことを防止するために設置する。

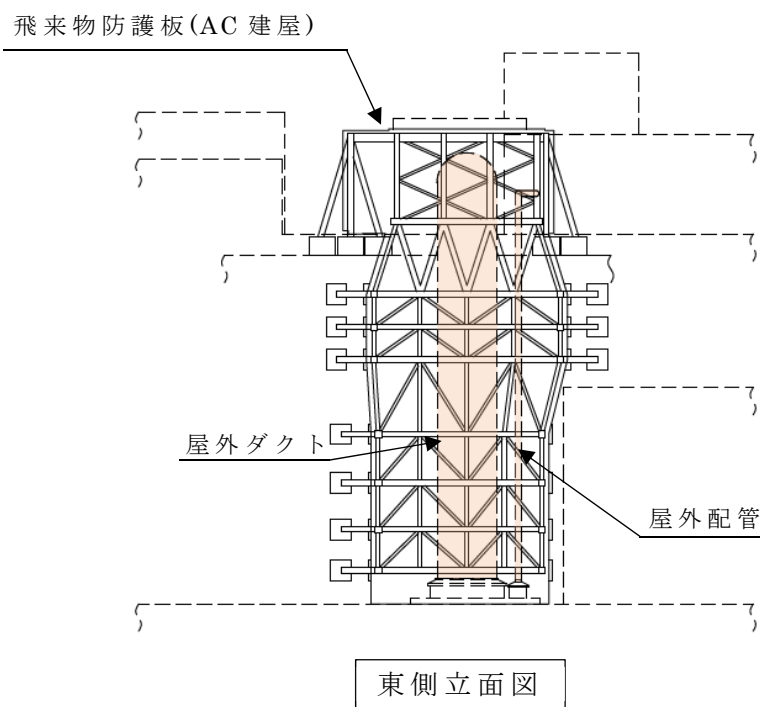
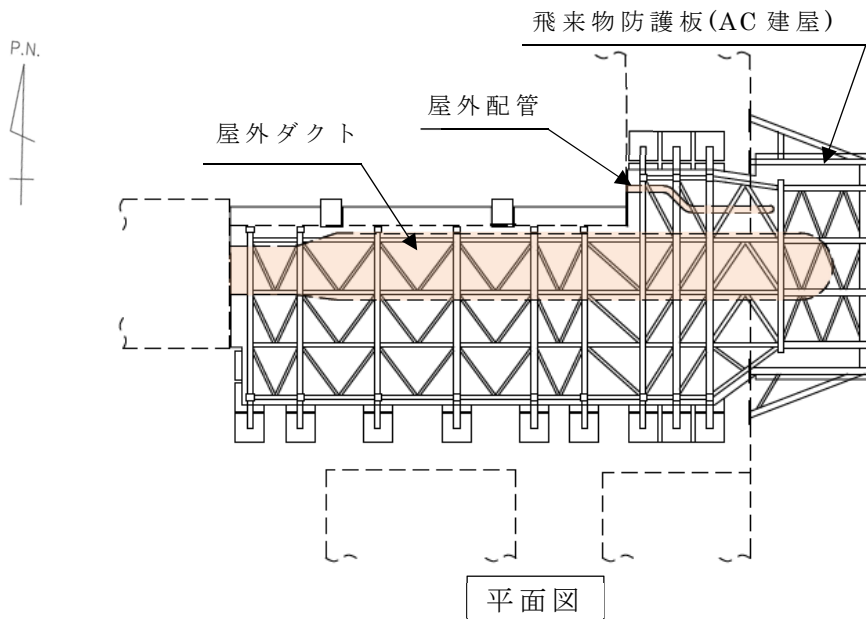
飛来物防護板(AC建屋)の全景を第2-1図に示す。


飛来物防護板(AC建屋)は、防護板(鋼材)及びそれらを支える支持架構で構成され、竜巻防護対象施設である主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(精製建屋屋外)を防護するため、その上方及び側方四面を覆うように設置する。

飛来物防護板(AC建屋)と竜巻防護対象施設である主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(精製建屋屋外)との配置を第2-2図に、飛来物防護板(AC建屋)を構成する防護板(鋼材)の一覧と設置位置をそれぞれ第2-1表及び第2-3図に示す。各要素の構造は、2.2項以降に記載する。

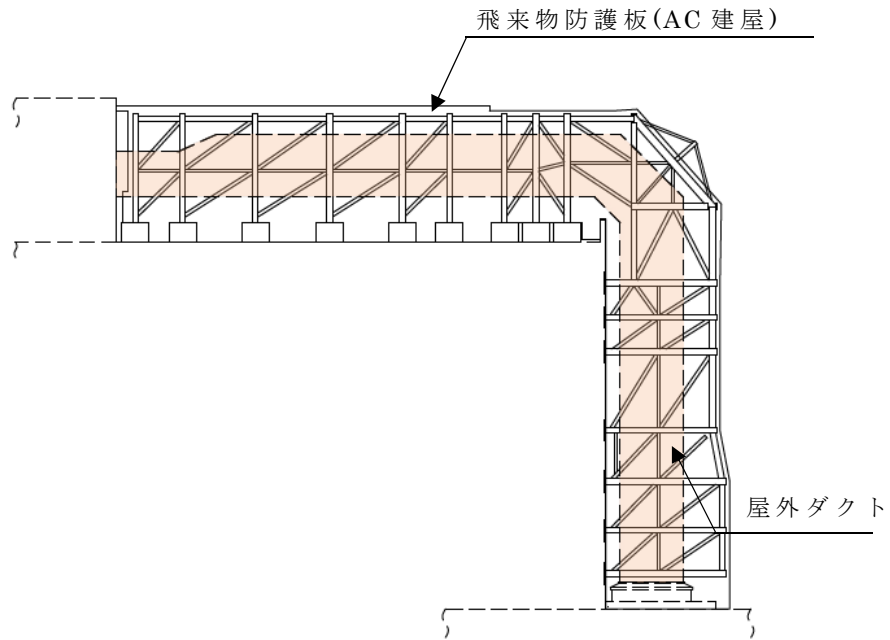


第 2 - 1 図 飛来物防護板 (AC建屋) 全景



 : 竜巻防護対象施設

第 2 - 2 図 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(精製建屋屋外)と飛来物防護板(AC建屋)の配置図(1/2)



南側側立面図

■ : 竜巻防護対象施設

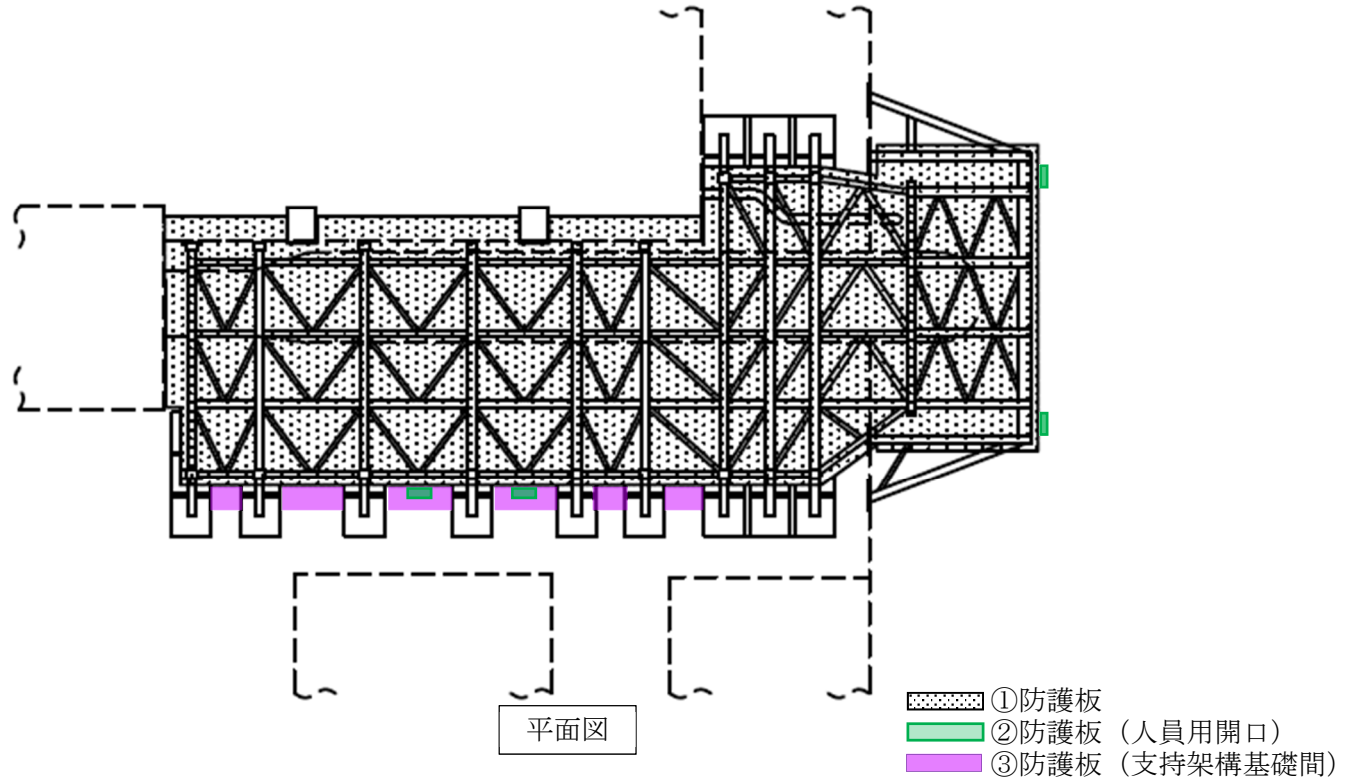
第 2 - 2 図 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(精製建屋屋外)と飛来物防護板(AC建屋)の配置図(2/2)

第 2 - 1 表 飛来物防護板(AC建屋)の構成要素

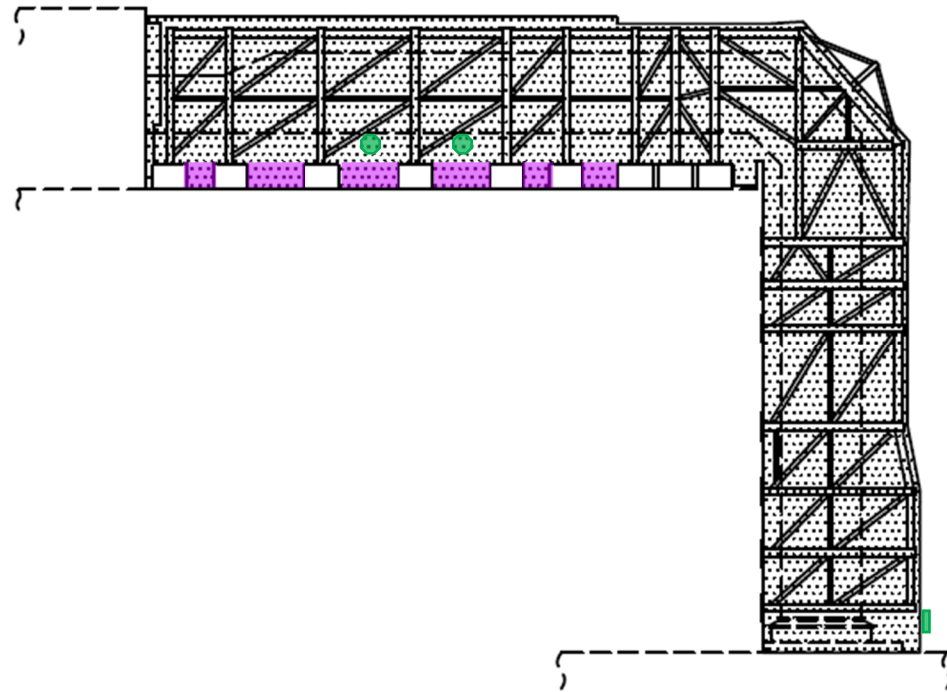
番号	名称	数量	防護板の 使い分け
①	防護板	約470枚※	—
②	防護板 (人員用開口)	4枚	—
③	防護板 (支持架構基礎間, 防護板補強 有り)	6枚	配置上の制約により防護板背面に支持部材を設置できない場合に適用。

※：詳細設計未完了のため，設計完了後確定した枚数を記載する。

P.N.



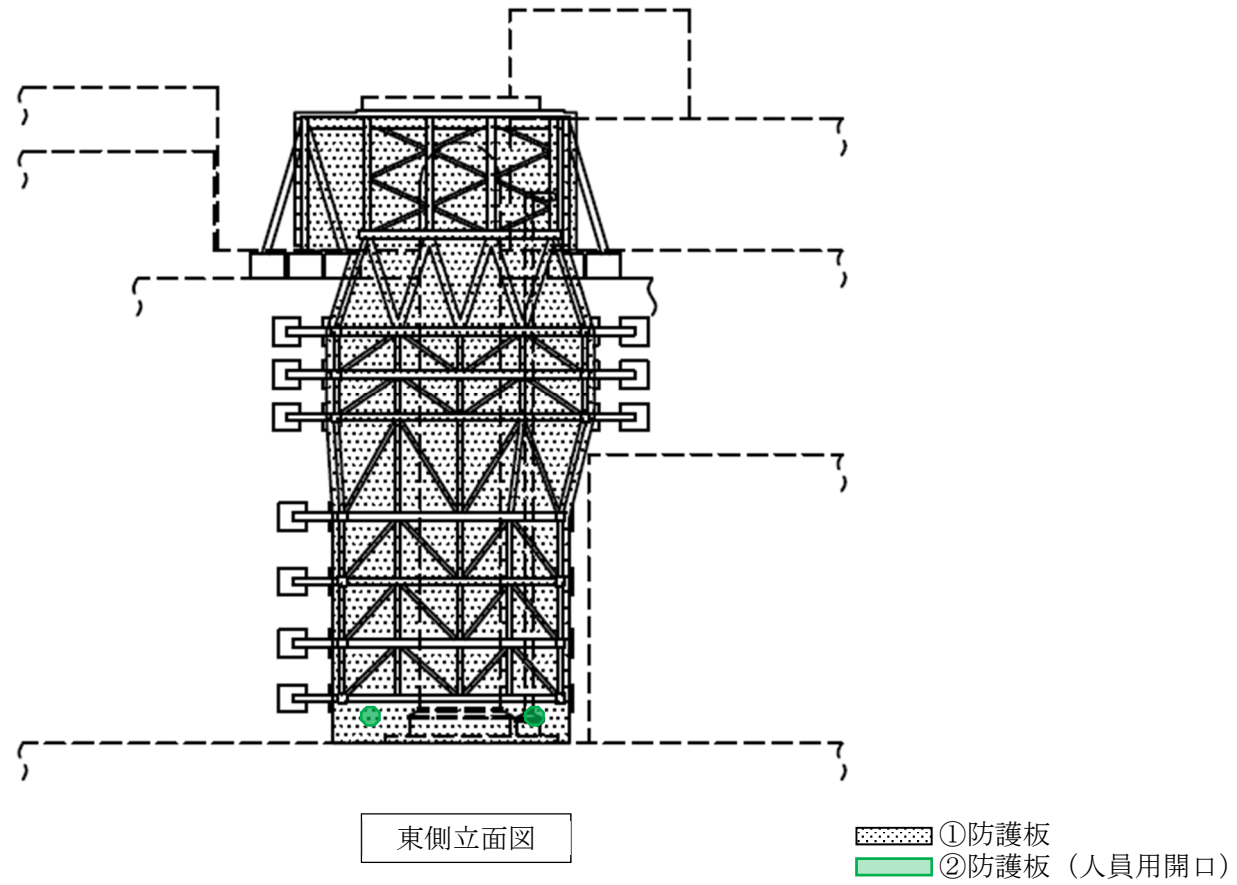
第 2 - 3 図 飛来物防護板 (AC建屋) 防護板配置図 (1/5)



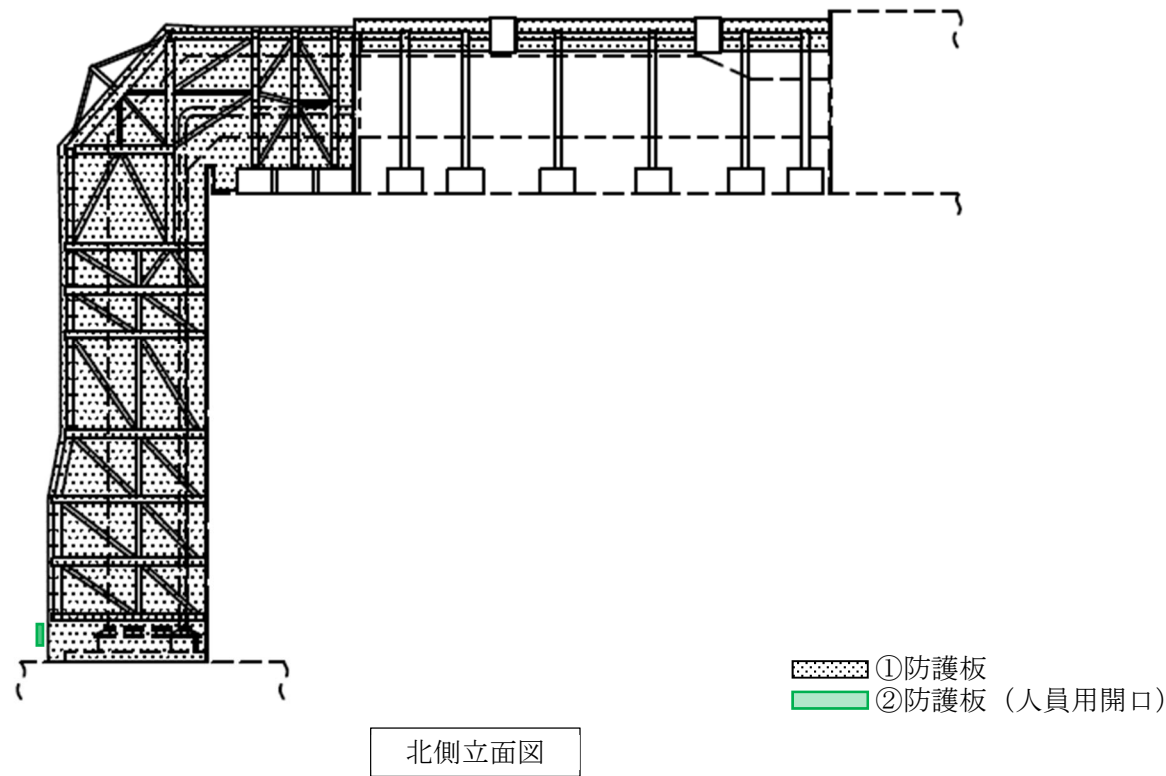
- ①防護板
- ②防護板 (人員用開口)
- ③防護板 (支持架構基礎間)

南側立面図

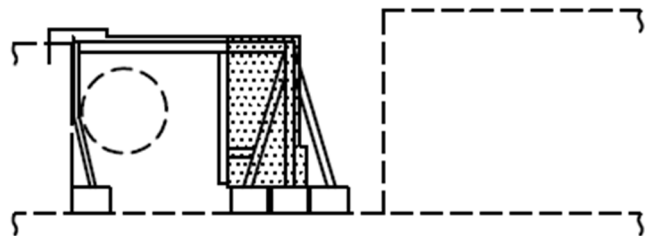
第 2 - 3 図 飛来物防護板 (AC建屋) 防護板配置図 (2/5)



第 2 - 3 図 飛来物防護板 (AC建屋) 防護板配置図 (3/5)



第 2 - 3 図 飛来物防護板 (AC建屋) 防護板配置図 (4/5)



西側立面図

①防護板

第 2 - 3 図 飛来物防護板 (AC建屋) 防護板配置図 (5/5)

2.2 防護板の構造

(1) 防護板(鋼材)の構造

防護板(鋼材)を設置して主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(精製建屋屋外)への設計飛来物の衝突を防止する。

防護板(鋼材)は、設計飛来物の衝突に対し、貫通しない厚さを確保する設計とする。

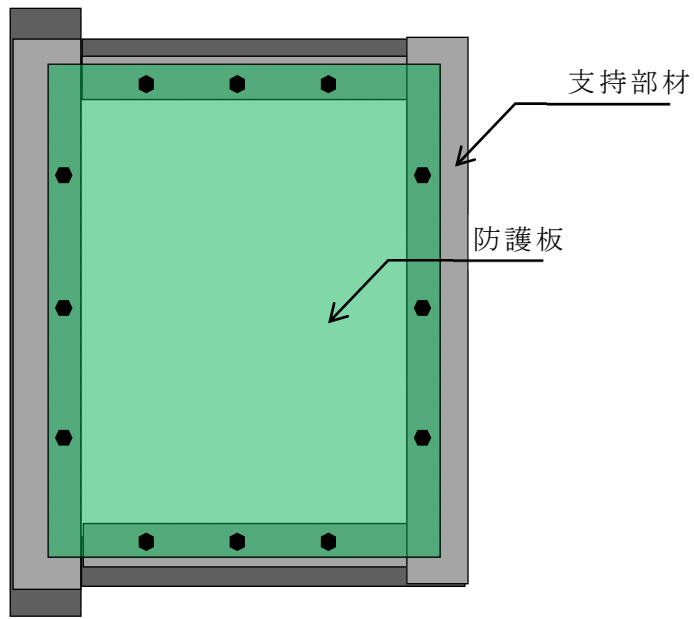
巡視点検等で飛来物防護板内へアクセスする際の入り口の防護板には、人員用開口を設ける。人員用開口からの設計飛来物の侵入を防止するための防護板を第2-5図に示す。

配置上の制約により背面に支持部材を設置できない防護板(支持架構基礎間)については、設計飛来物に対する強度を確保すること並びに設計竜巻の風圧力による荷重及び積雪荷重による変形を防止するために、防護板に補強材(SUS板及びリブ)を設け、溶接にて一体構造としている。

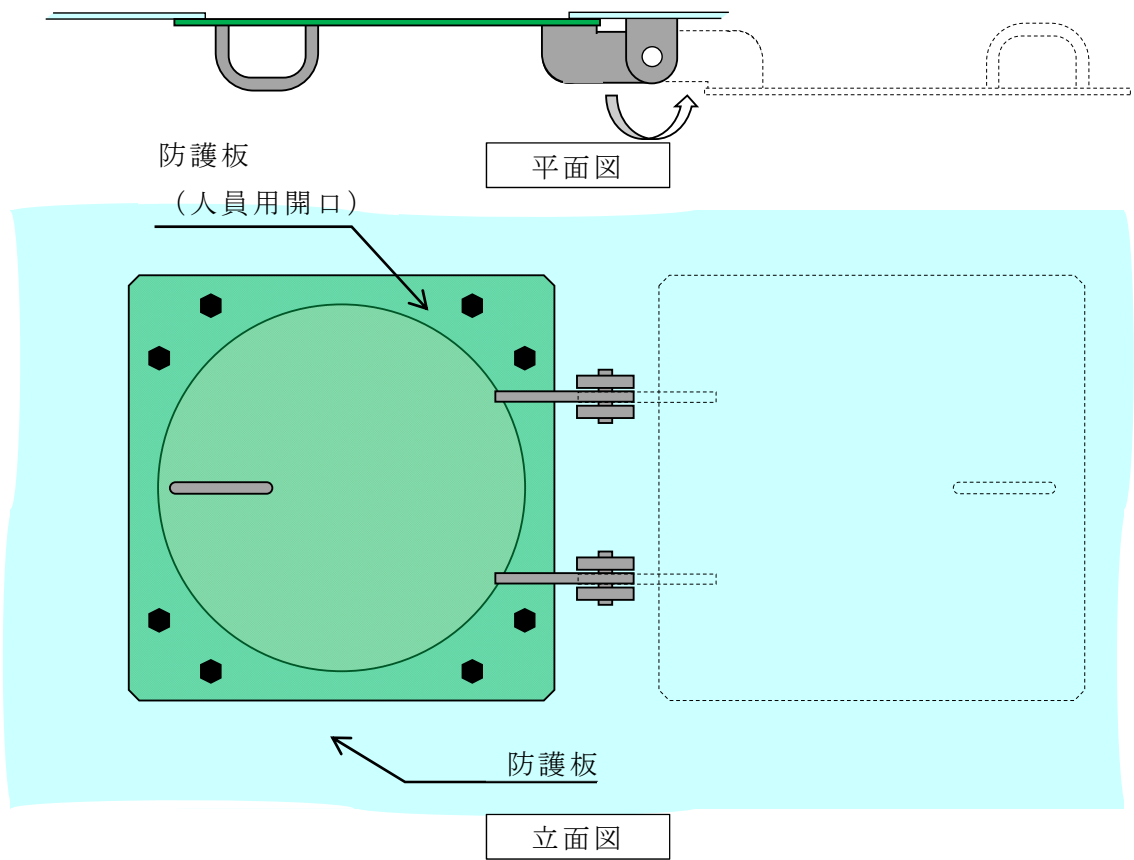
防護板(鋼材)のタイプ一覧を第2-2表に示す。

第2-2表 防護板(鋼材)のタイプ一覧

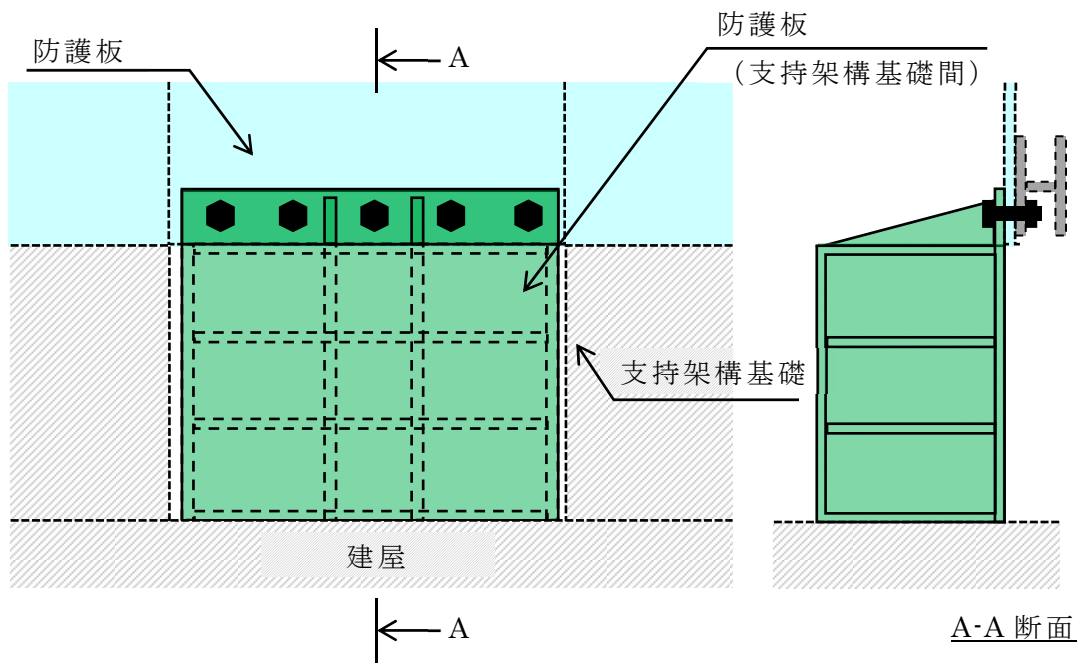
防護板タイプ	防護板構造	支持方法	図
①防護板	SUS板 t9	相対する 2辺以上で支持	第2-4図
②防護板(人員用開口)	SUS板 t9	相対する 2辺以上で支持	第2-5図
③防護板(支持架構基礎間, 防護板補強有り)	SUS板 t12 +SUS板+リブ	相対する 2辺で支持	第2-6図



第 2 - 4 図 ①防護板



第 2 - 5 図 ②防護板 (人員用開口)

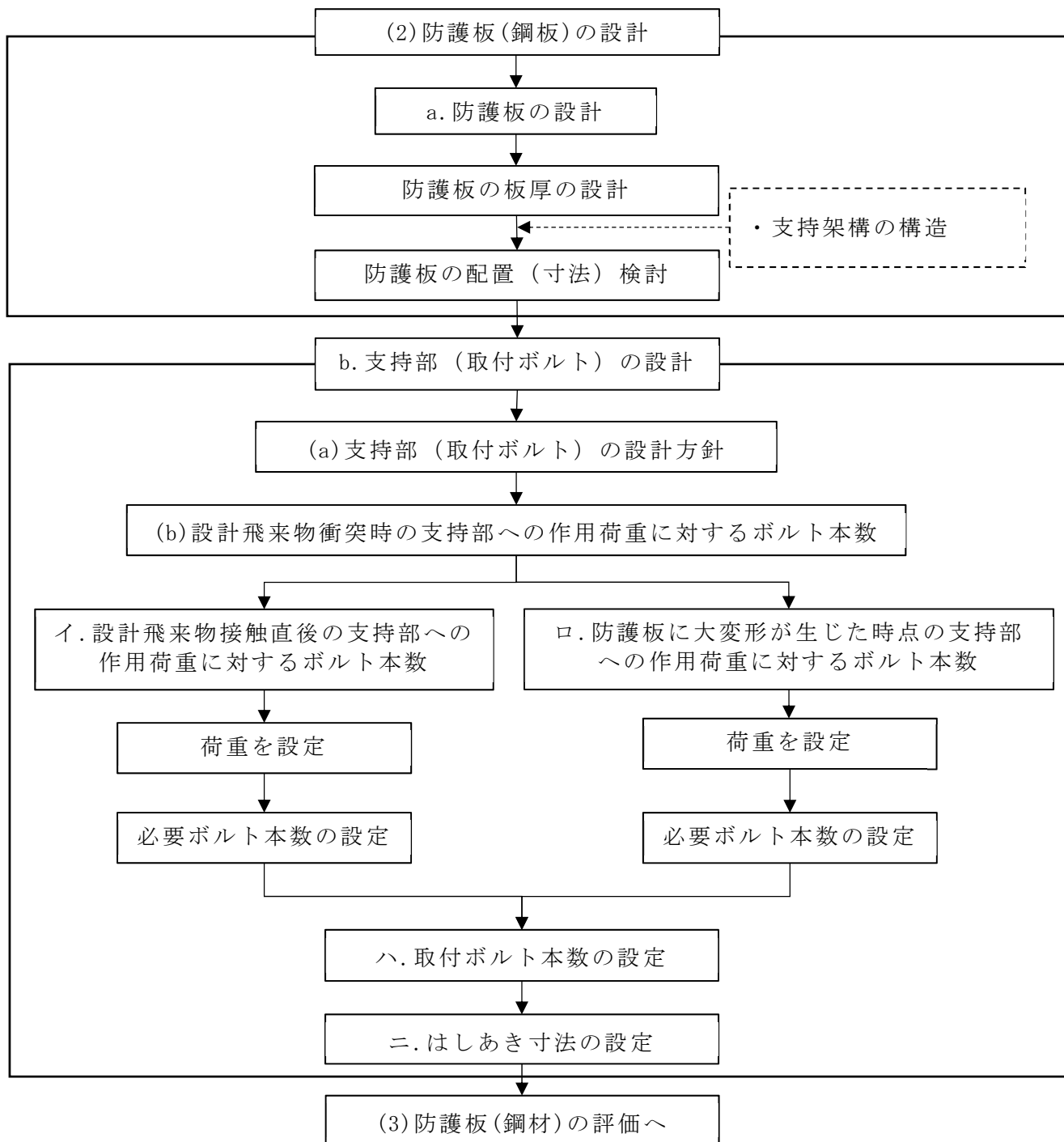


第 2 - 6 図 ③防護板 (支持架構基礎間)

(2) 防護板(鋼材)の設計

防護板(鋼材)は, 設計飛来物の衝突に対して, 貫通させない設計とするとともに脱落を防止する設計としている。

防護板(鋼材)の設計フローを第2-7図に示す。



第2-7図 防護板(鋼材)の設計フロー

a. 防護板の設計

防護板は、設計飛来物の貫通を防止できる板厚を有する設計とする。防護板を取付ボルトで支持架構に接続し、設計飛来物の荷重に対して防護板が脱落しないように、取付ボルト孔周辺の防護板の破断が取付ボルトの破断よりも先行しないような設計とする。

b. 支持部（取付ボルト）の設計

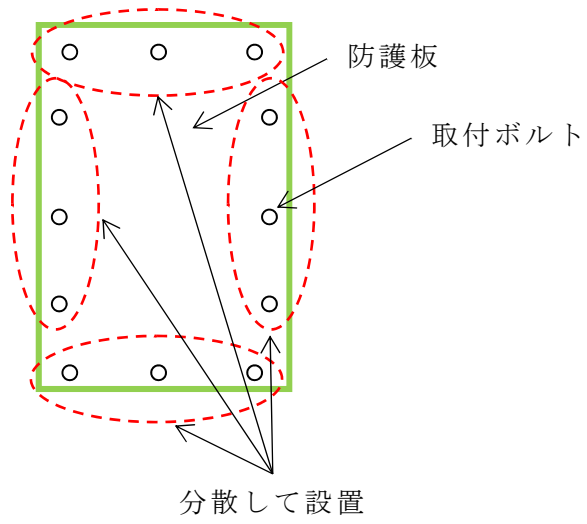
(a) 支持部（取付ボルト）の設計方針

防護板(鋼材)は取付ボルトにより支持架構に接続させ、設計飛来物の衝突により取付ボルトへ作用する荷重の種類、支持部の配置および支持部の耐力を踏まえ、取付ボルトの全数破断による防護板(鋼材)の脱落を防止することにより、主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(精製建屋屋外)への波及的影響を防止する。支持部(取付ボルト)の設計方針を以下に示す。

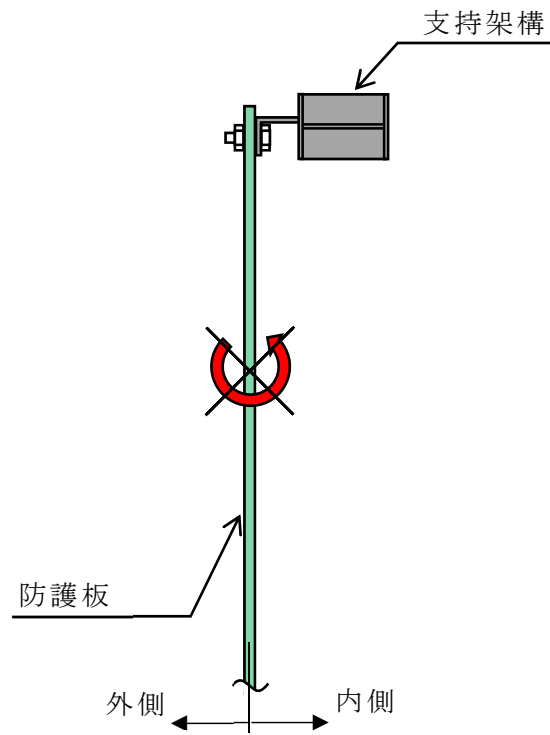
- ・支持部(取付ボルト)は、第2-8図に示すように衝突時に特定の取付ボルトへの負荷の偏りを避けるために防護板の支持辺ごとに分散して配置することにより、支持部近傍に設計飛来物が衝突した場合においても、取付ボルトの全数破断を防止し、防護板の脱落を防止する。
- ・設計飛来物の衝突により、防護板の内側への回転を防止しその場に留まるよう、第2-9図に示す通り防護板を支持部に対し外側から取り付ける。

このとき、支持部(取付ボルト)に関する諸元は以下の考え方により設定する。

- ・「2.2(1) 防護板(鋼材)の構造」に示す通り、防護板による防護範囲を決定したのち、製作及び施工を考慮し、防護板の割付を設定する。
- ・支持辺は可能な限り確保する方針とし、防護板割付と支持架構の位置から、防護板の支持辺を決定する。
- ・衝突事象を考慮した作用荷重に対し、取付ボルト本数及び間隔を設定する。設置スペースの制限の観点から十分な取付ボルト本数が確保できない場合は取付ボルトサイズを大きくする。
- ・取付ボルトは、防護板(鋼材)に自重、積雪荷重、風圧力による荷重が作用したとしても、取付ボルト1本で支えることが可能であり、防護板(鋼材)の脱落を防止できるが、更に防護板(鋼材)が設置位置から動かないよう、防護板(鋼材)の回転を拘束できる構造とする。



第2-8図 支持部の配置

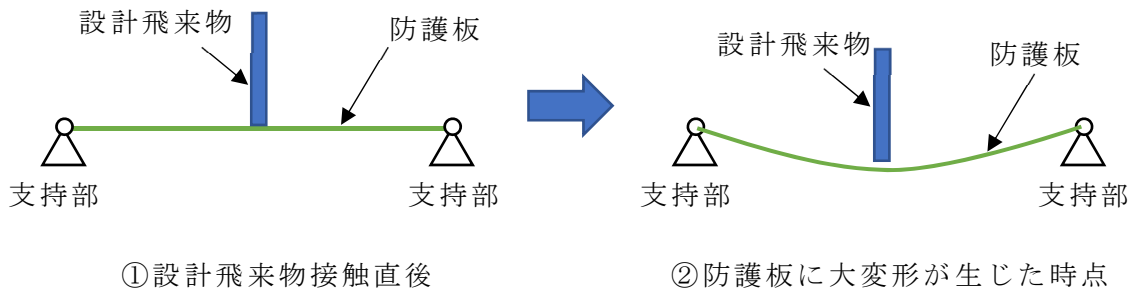


防護板を支持架構の外側に取り付けることで、
防護板の回転を防止する。

第 2 - 9 図 防護板と支持架構の位置関係

(b) 設計飛来物衝突時の支持部への作用荷重に対する取付ボルト本数

防護板支持部への作用荷重は、防護板への設計飛来物衝突の進展に応じた衝突荷重として算定する。具体的には、①設計飛来物接触直後、②防護板に大変形が生じた時点を考慮する。第2-10図に、防護板への設計飛来物の衝突の進展イメージを示す。



第2-10図 防護板への設計飛来物衝突の進展

イ. 設計飛来物接触直後の支持部への作用荷重に対する取付ボルト本数

第2-11図に示す通り、設計飛来物の衝突荷重により防護板にせん断荷重が作用し、支持部取付ボルトには、その反力として引張荷重が作用する。

設計飛来物接触直後の支持部への作用荷重は、設計飛来物と被衝突体の接触時間を設定し、設計飛来物の衝突前の運動量と衝突荷重による力積が等しいとして算定した静的な荷重として求める。荷重の計算式を以下に示す。

※設計飛来物による荷重の算出式

$$W_M = F_M = m \cdot V/t = m \cdot V^2/L_t$$

m (設計飛来物質量) : 135kg

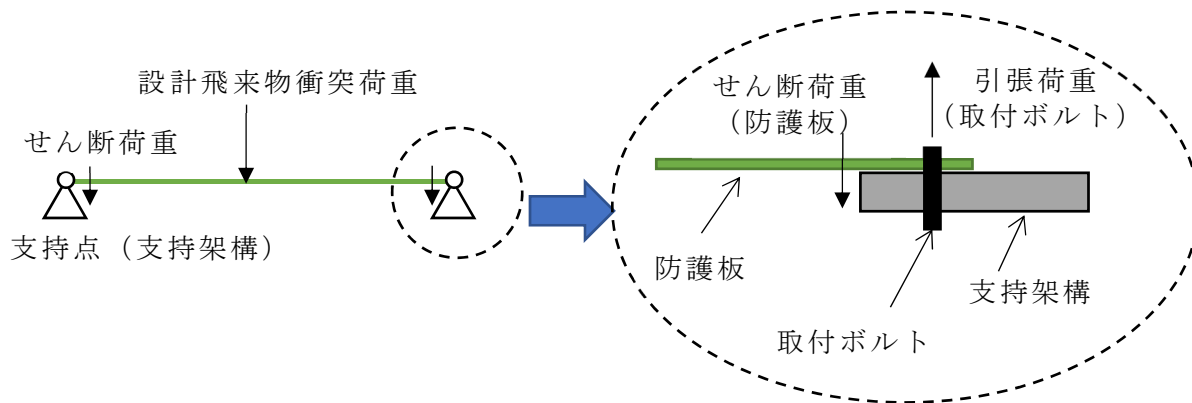
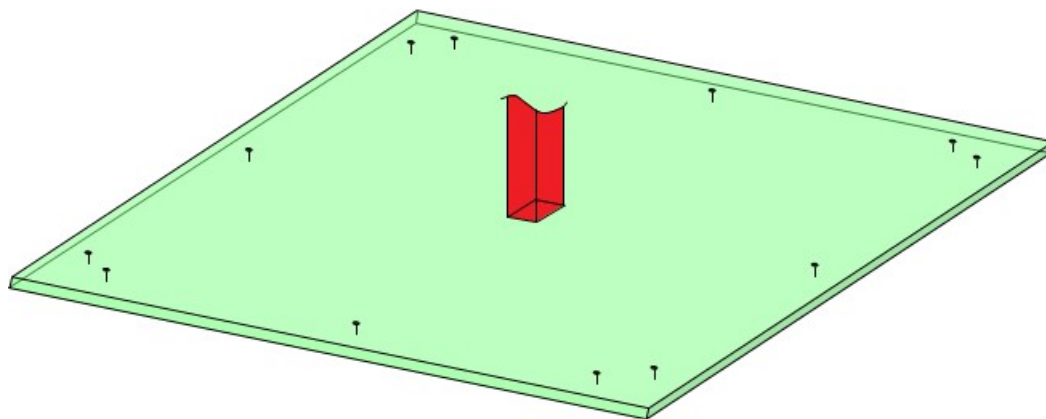
V (設計飛来物の衝突速度) : 51m/s (水平方向)

L_t (設計飛来物の最も短い辺の長さ) : 0.2m

上記の算出式により、支持部への作用荷重は1756kNと算定される。この荷重に対し必要となる取付ボルト本数を第2-3表に示す。M20、強度区分6.8の取付ボルトを用いる場合、必要となる取付ボルト本数は12本となる。なお、設置スペースの制限の観点から十分な取付ボルト本数が確保できない場合は、同等以上となるように径、本数、材質の取付ボルトを設定する。

第2-3表 防護板1枚あたりに必要となる取付ボルト本数
(設計飛来物接触直後)

取付ボルト径	強度区分	防護板1枚あたりの 必要ボルト本数	取付ボルト耐荷重 (引張)
M20	6.8	12本	1,764kN (147kN×12本)
	10.9	8本	2,032kN (245kN×8本)
M24	10.9	5本	1,765kN (353kN×5本)



第 2 -11 図 設計飛来物接触直後の荷重

ロ. 防護板に大変形が生じた時点の支持部への作用荷重に対する取付ボルト本数

設計飛来物により防護板の大変形が生じた時点では、第2-12図に示すように、変形の進展により防護板に発生する荷重は引張荷重が顕著となる。このため、防護板の支持部は防護板の引張荷重を負担し、支持部（取付ボルト）には、せん断荷重が作用するので、防護板に発生する引張荷重に耐えるよう支持部の設計を行う。

防護板の変形が進展し引張荷重が増加することにより、防護板断面は降伏に至る。防護板断面が降伏すると引張荷重の増加は緩やかとなる。そこで、支持部に作用する荷重は、防護板に降伏が生じる時の引張荷重により算定する。なお、防護板の全断面が降伏するときの引張荷重算定にあたっては、曲げモーメントにより防護板板厚方向上下端部が降伏する状態を考え、設計飛来物の衝突位置において防護板に全断面降伏が生じた状態を想定する。全断面降伏時に防護板に生じる引張荷重の計算式を以下に示す。また、防護板は板厚が小さいほど全断面降伏に対する余裕が小さいことから、取付ボルトの必要本数は板厚が最小の防護板(t9)に対して算定し、板厚が大きい防護板を適用する場合においても、防護板(t9)で算定した必要取付ボルト本数に準拠する。

※設計飛来物により防護板に作用する引張荷重Tの算出式

長方形断面が全断面降伏する場合の曲げモーメントと軸力の関係は以下の式で与えられる。

$$\frac{M_{pc}}{M_p} + \left(\frac{T}{N_y}\right)^2 = 1$$

$$M_{pc}(\text{軸力が同時に作用する場合の全塑性モーメント}) = \frac{B \cdot t^2 \cdot S_y}{6}$$

$$M_p(\text{軸力が作用しない場合の全塑性モーメント}) = \frac{B \cdot t^2 \cdot S_y}{4}$$

$$N_y(\text{降伏軸力}) = B \cdot t \cdot S_y$$

B：設計飛来物の接触幅(mm)

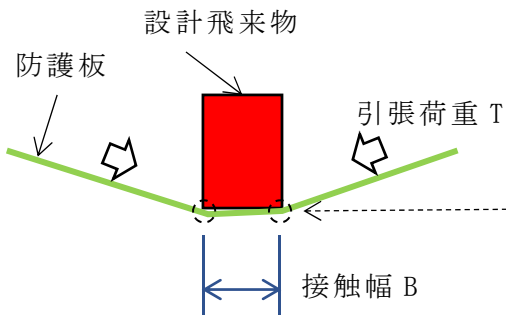
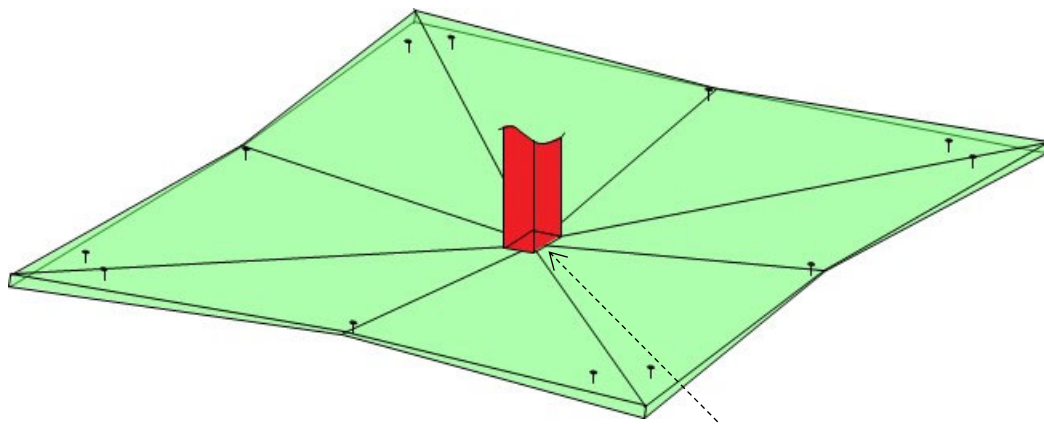
t：防護板の厚さ(mm)

S_y：防護板の設計降伏点(MPa)

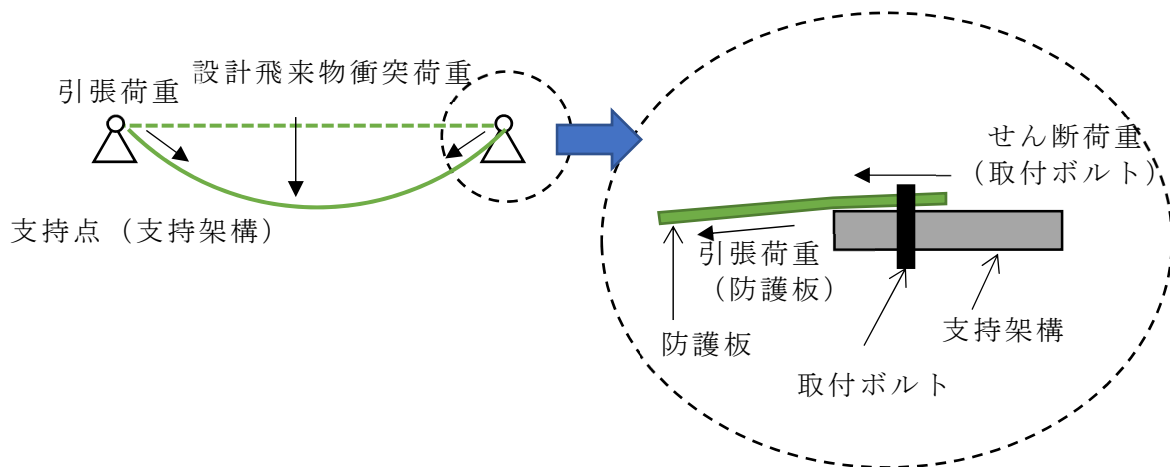
ここで、防護板に作用する引張荷重Tが保守的となるように接触幅Bの1辺は鋼製材の長辺300mmとすると、防護板に作用する引張荷重は1,279kNと算定される。この荷重に対し必要となる取付ボルト本数を第2-4表に示す。M20、強度区分6.8の取付ボルトを用いる場合、必要となる取付ボルト本数は12本となる。なお、設置スペースの制限の観点から十分な取付ボルト本数が確保できない場合は、同等以上となるように径、本数、材質の取付ボルトを設定する。

第2-4表 防護板1枚あたりに必要となる取付ボルト本数
(防護板に大変形が生じた時点)

取付ボルト径	強度区分	防護板1枚あたりの 必要ボルト本数	取付ボルト耐荷重 (せん断)
M20	6.8	12本	1,356kN (113kN×12本)
	10.9	7本	1,316kN (188kN×7本)
M24	10.9	5本	1,355kN (271kN×5本)



設計飛来物衝突位置において防護板に降伏が生じた状態を想定する。



第 2-12 図 防護板に大変形が生じた時点の支持部への作用荷重

ハ. 取付ボルト本数の設定

支持部に作用する荷重から求められた取付ボルト本数を第2-5表にまとめる。取付ボルトの本数は，設計飛来物接触直後の作用荷重に対して必要なボルト本数，及び防護板に大変形が作用した時点の作用荷重に対して必要なボルト本数を包絡するように決定する。

第2-5表 支持部に作用する荷重から求められた取付ボルト本数

支持部に作用する荷重	取付ボルト径	強度区分	防護板1枚あたりの必要ボルト本数
設計飛来物接触直後の作用荷重	M20	6.8	12本
		10.9	8本
	M24	10.9	5本
防護板に大変形が作用した時点の作用荷重	M20	6.8	12本
		10.9	7本
	M24	10.9	5本

なお，取付ボルト配置が制約される場合は，M30等の取付ボルト径を使用することで，同等以上の強度を確保する。または，配置の制約により大サイズボルトが使用できず，第2-5表に示す取付ボルト本数を確保できない場合※は，個別の衝突解析にて，設計飛来物の衝突によって鋼板が脱落しないことの確認により，飛来物防護板(鋼板)の健全性を確保する。

※：詳細設計中のため記載しているが，設計完了後該当がない場合は削除する。

二. はしあき寸法の設定

第2-13図に示すように，はしあき部の破断強度が，取付ボルトのせん断強度を上回るようにはしあき寸法を設定する。具体的には，取付ボルトのせん断耐力以上となる限界はしあき寸法 e を算出し，設計はしあき寸法※は限界はしあき寸法 e を上回るように設定する。

※：詳細設計中のため設計方針を記載。設計完了後に第2-6表に設計はしあき寸法を記載する。

はしあき部の許容せん断荷重 Q > 取付ボルトのせん断耐力 q

$$\Rightarrow 2 \times e \times t \times Su / \sqrt{3} > q$$

$$\Rightarrow e > q / (2 \times t \times Su / \sqrt{3})$$

t ：防護板の厚さ(mm)

Su ：防護板の設計引張強さ(MPa)

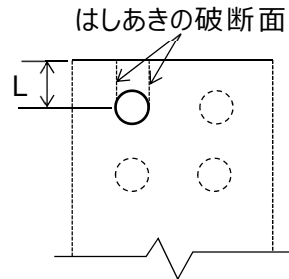
q ：取付ボルトのせん断耐力(kN)

各防護板の限界はしあき寸法 e の計算結果を第2-6表に示す。

第2-6表 はしあき寸法の確認結果※

取付ボルト径	強度区分	限界はしあき寸法 e mm
M20	6.8	21
	10.9	35
M24	10.9	51

※詳細設計中のため限界はしあき寸法のみ記載しているが，設計完了後に設計はしあき寸法を追記し，限界はしあき寸法と設計はしあき寸法との比較表に差し替える。

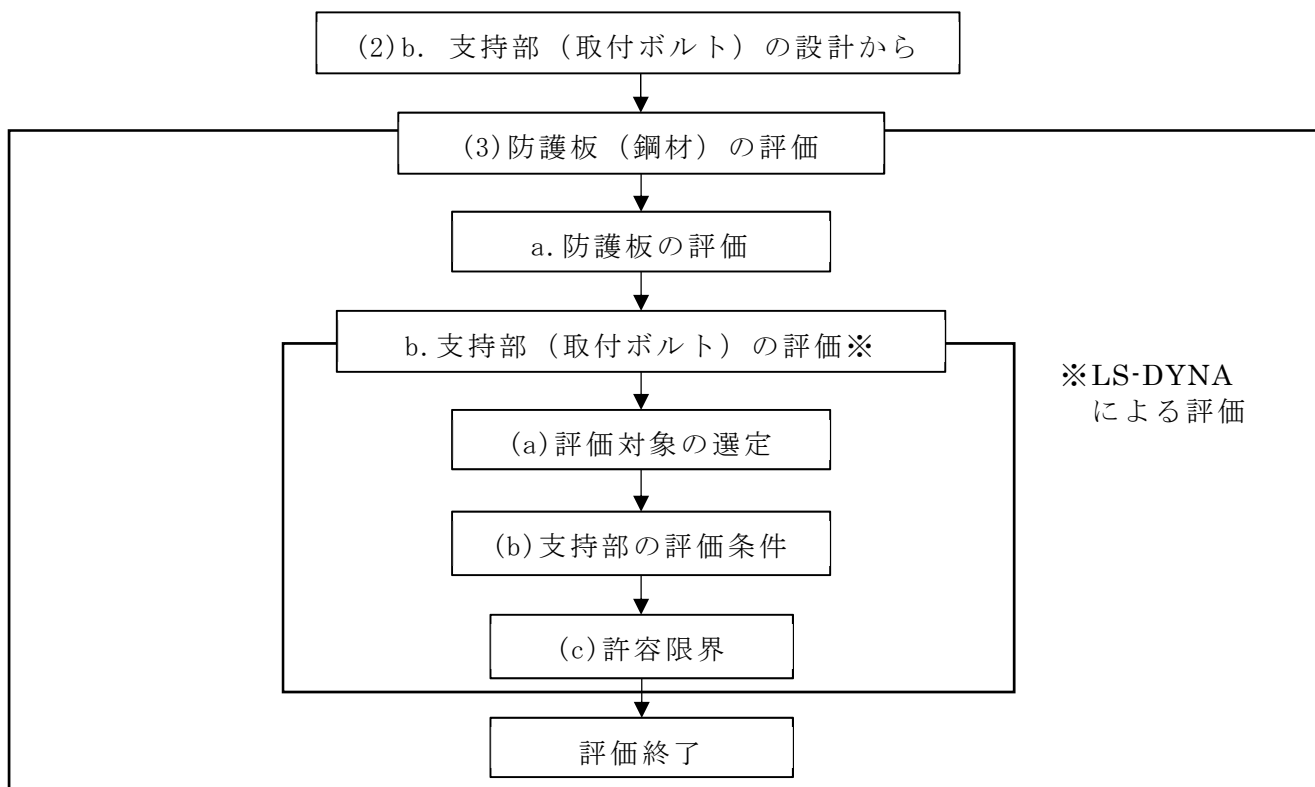


第2-13図 はしあきの破断面

(3)防護板（鋼材）の評価

「(2)防護板(鋼材)の設計」を踏まえて、防護板（鋼材）は、防護板の貫通評価と支持部である取付ボルトの破断評価を行う。

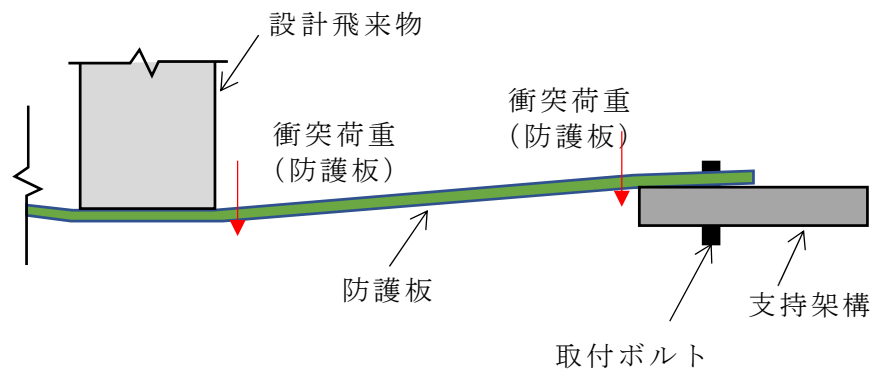
防護板(鋼材)の評価フローを第2-14図に示す。



第2-14図 防護板（鋼材）の評価フロー

a. 防護板の評価

第2-15図に示すように、貫通評価については、BRL式にて必要厚さを算出し許容限界板厚を設定し、最小板厚の防護板（鋼板）の設計板厚と比較し、許容限界板厚を上回っていることを確認する。なお、設計飛来物が衝突した際、防護板の衝突部近傍では衝突荷重（せん断および曲げ）が作用するが、防護板の厚さはBRL式により算出される貫通限界厚さ以上としており、破断は生じない。ここで支持部近くの防護板にも衝突荷重が作用するが、支持部を複数設けているため、支持部近くの防護板に作用する衝突荷重（せん断および曲げ）は分散し、設計飛来物衝突部近傍に作用する断荷重より小さくなる。このため、支持部近くの防護板においても防護板の破断は生じない。



第2-15図 防護板に作用する荷重

b. 支持部（取付ボルト）の評価

静荷重を用いて取付ボルトの強度設計をしているが、設計飛来物による衝突現象により支持部に作用する荷重は動的な荷重であることから、支持部のボルトに作用する動的荷重を評価可能な解析コード（LS-DYNA）を用いて、取付ボルト全数が破断しないことを確認している。

(a) 評価対象の選定

「ハ. 取付ボルト本数の設定」に記載の通り、支持部（取付ボルト）の本数は、設計飛来物接触直後の作用荷重に対して必要なボルト本数、及び防護板に大変形が作用した時点の作用荷重に対して必要なボルト本数を包絡するように決定する。設計飛来物の衝突による防護板（鋼材）の変形に伴い、取付ボルトに作用する荷重は大きくなり、塑性変形若しくは破断が生じることから、ここでは、防護板に大変形が生じた状態が取付ボルト全体に対して厳しい状態であることから、この状態を想定して評価対象を選定する。

このとき、防護板に大変形が生じた時点の作用荷重は、防護板のたわみが大きいほど顕著となることから、支持方法（1辺で支持又は相対する2辺以上で支持）及び設計飛来物の速度ごとに防護板のたわみやすさを考慮して、評価対象の防護板（鋼材）を選定する。具体的には、防護板の支持スパン（ l ）の3乗と断面二次モーメント（ I ）の関係から求まるたわみ易さ（ l^3/I ）が大きくなるものを選定している。なお、支持部全体の取付ボルト強度が同等となる様な設計としていることから、取付ボルトのサイズ及び本数が変わっても、防護板の評価対象の選定に影響を与えない（第2-3表及び第2-4表参照）。

また、設計飛来物の衝突位置は、衝突部のたわみ量が大きく、全体に配置された取付ボルトへの負担が等しくなるよう防護板中央部とする。

防護板の評価対象を第2-7表に示す。

第2-7表 防護板評価対象

防護板 支持方法	設計飛来物 速度	防護板 の種類	たわみ易さ l^3/I	代表となる 防護板
相対する 2辺以上で支 持	34 m/s (鉛直衝突)	①防護板	600,000※1	○ 第2-16図
	51 m/s (水平衝突)	①防護板	1,000,000※1	○ 第2-17図
		②防護板	詳細設計中※2	詳細設計中※2
相対する 2辺で支持	51 m/s (水平衝突)	③防護板	詳細設計中※2	詳細設計中※2

※1: 詳細設計中のためこれまでの代表防護板のたわみ易さを記載。設計完了後、代表の変更があれば記載を修正する。

※2: 詳細設計中のため設計完了後に記載を修正する。

(b) 支持部の評価条件

設計飛来物の衝突による防護板（鋼材）の変形に伴い，取付ボルトに作用する荷重は大きくなり，塑性変形若しくは破断が生じうる。そのため，支持部の評価においては，取付ボルトごとの剛性及び負担する荷重割合が時々刻々と変化することを踏まえ，取付ボルトをモデル化したFEM解析（LS-DYNA）にて取付ボルトの健全性を確認する。

解析においては，取付ボルトが防護板（鋼材）の変形により荷重を受けること及び取付ボルトの塑性変形及び破断を評価する必要があるため，防護板（鋼材）及び取付ボルトは弾塑性を考慮したモデルとし，破断と判定した取付ボルトは，破断以降は荷重を負担しないモデルとする。

取付ボルトの破断評価方法は，水平2方向のせん断応力及び鉛直方向の軸力について，破断荷重との比率を算出し，各成分の二乗和が1.0以上となれば破断したものと判定する。

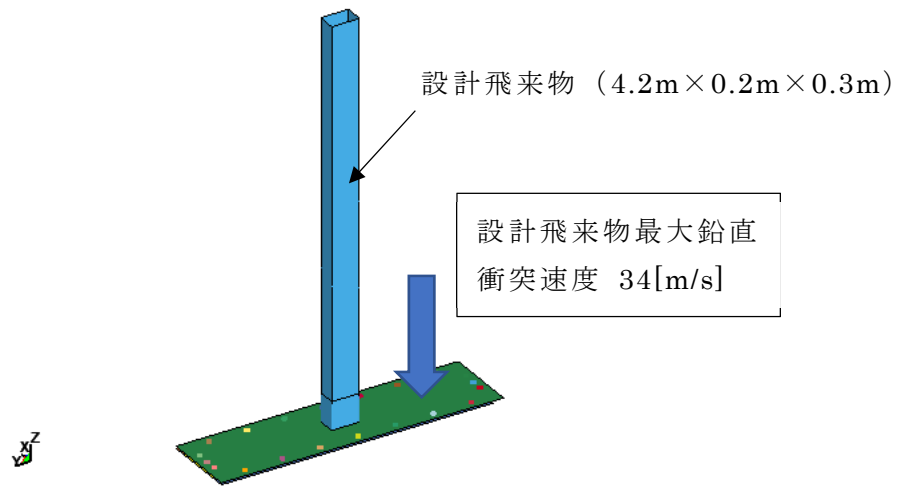
本評価においては，以下の設定とすることで，評価の保守性を確保する。

- ・取付ボルトの破断荷重には，破断荷重の実力値に十分な裕度を考慮したJISや鋼構造設計規準の規格値を用いることで，取付ボルトが破断しやすい条件とする。
- ・衝突させる設計飛来物は破断ひずみを超えても要素を消去せず，破断ひずみ以上に変形できるモデルとし，防護板（鋼材）の変形を大きくすることで，取付ボルトが破断しやすい条件とする。
- ・一般的に鋼材は，降伏（塑性変形）するとひずみ硬化が発生し，耐力が増加する。このとき，ひずみ速度が大きいと耐力の増加も大きくなるが，取付ボルトの破断判定においてはひずみ硬化における速度寄与を考慮しないことで，取付ボルトが破断しやすい条件とする。

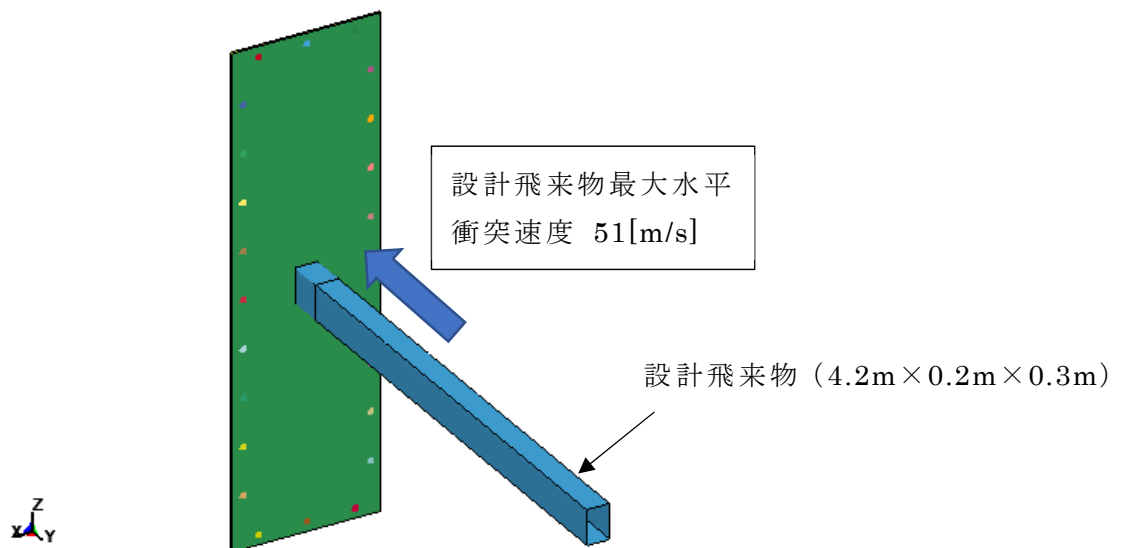
(c) 許容限界

防護板は設計飛来物の有するエネルギーを防護板及び取付ボルトの変形により吸収することで設計飛来物の貫通を防止する設計としているため，防護板（鋼材）の脱落により主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト（精製建屋屋外）への波及影響を与えないことを確認する。取付ボルトは，防護板（鋼材）に自重，積雪荷重，風圧力による荷重が作用したとしても，取付ボルト1本で支えることで防護板（鋼材）の脱落を防止し，主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト（精製建屋屋外）への波及的影響を防止できるが，防護板（鋼材）が設置位置から動かないよう，面内方向の回転を拘束するため，支持部の評価の許容限界としては，防護板（鋼材）を固定する取付ボルトが2本以上破断せずに残ることとする。

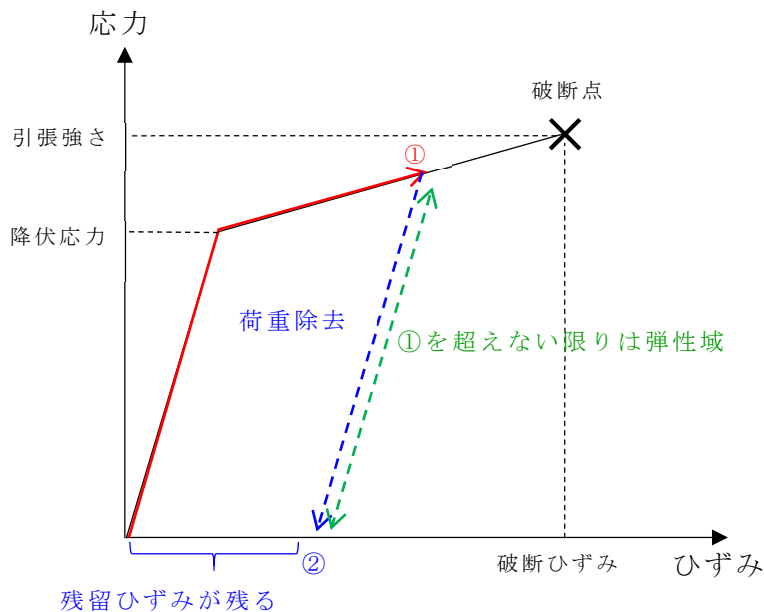
なお，残存した取付ボルトの一部は塑性変形しているおそれがあるが，第2-18図に示す応力-ひずみ線図に示すとおり，取付ボルトに作用する荷重が除荷されると，残留ひずみは残るものの，残存した取付ボルトは構造強度上の強度部材として期待ができる。



第 2 -16 図 相対する 2 辺以上で支持する防護板 設計飛来物衝突評価(鉛直)位置



第 2 -17 図 相対する 2 辺以上で支持する防護板 設計飛来物衝突評価(水平)位置



第2-18図 取付ボルトの応力-ひずみ線図

d. 防護板支持部評価モデルの妥当性

防護板支持部評価のモデルは、設計飛来物衝突による防護板の変形や取付ボルトに作用する荷重を適切に評価できるモデルとする必要がある。防護板の変形は電中研の試験結果との比較により、解析にて算出した設計飛来物衝突時の防護板のひずみ量が妥当であることを確認している。

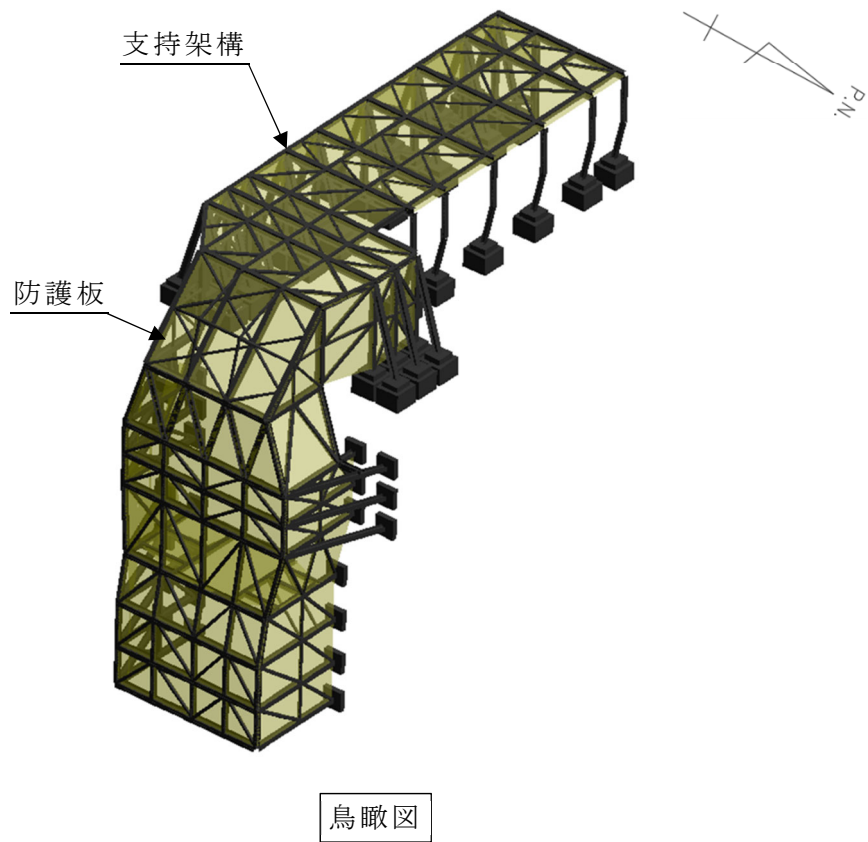
また、取付ボルトについては、実際に使用されるボルトサイズを適切にモデル化するとともに、その材料モデル（降伏荷重、破断荷重）をJISや鋼構造設計基準の規格値を用いて適切にモデル化している。その際、ボルトの材料モデルに規格値を採用することは、実物よりも破断荷重を小さく設定することになるため、破断が発生し易い条件となっており、破断に対して保守的な設定であると言える。

一方、ボルトが早く降伏することにより、同じ荷重が作用した時のボルトのひずみ量や吸収エネルギーが実物より大きいため、非保守側の評価となるものの、ボルトのひずみや吸収エネルギーは防護板のひずみや吸収エネルギーと比べて小さいことから、影響は小さい。

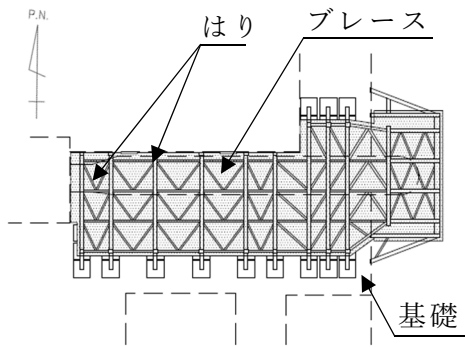
以上のことから、防護板支持部評価のモデルは、防護板及び取付ボルトともに適切にモデル化されており、防護板の脱落の有無を判断するために妥当なモデルである。

2.3 支持架構の構造

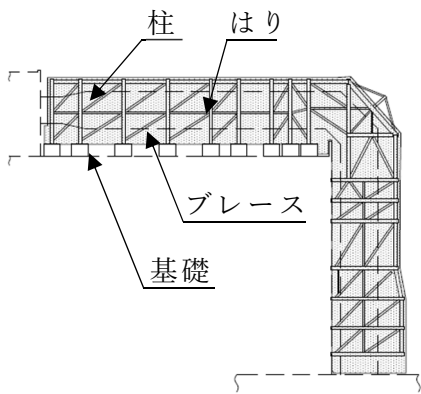
支持架構は、柱、はり及びブレースによって構成されるラーメン・トラス構造であり、溶接又はボルトにより接合される鉄骨構造物である。なお、飛来物防護板の支持架構は精製建屋の屋上に設けられた基礎及び壁面に基礎ボルトで接続支持されている。支持架構の構造概要を第2-19図に示す。



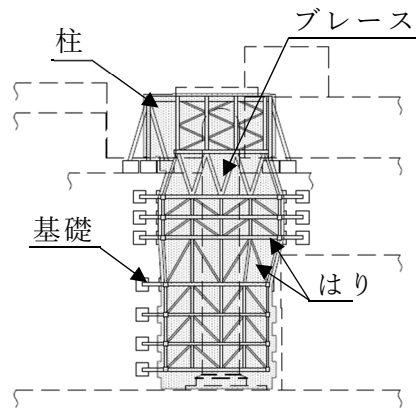
第2-19図 飛来物防護板(AC建屋)支持架構の構造概要図(1/2)



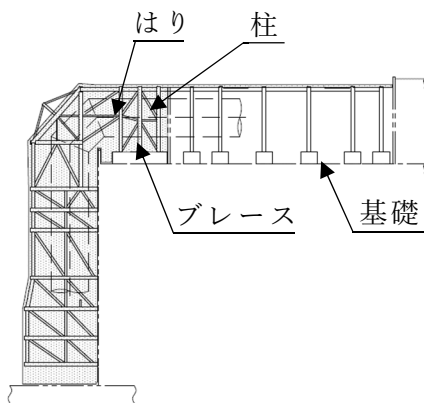
平面図



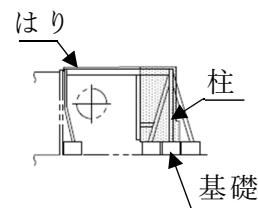
南側立面図



東側立面図



北側立面図



西側立面図

第2-19図 飛来物防護板(AC建屋)支持架構の構造概要図(2/2)

3. 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書における設計方針との整合性について第3-1表のとおり整理した。

第3-1表 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書 記載事項	対応
<p>9.11 竜巻防護対策設備</p> <p>9.11.2 設計方針</p> <p>竜巻防護対策設備の設計に際しては、竜巻防護対象施設が安全機能を損なわないよう、次のような方針で設計する。</p> <p>(1) 飛来物防護板</p> <p>a. 設計飛来物の貫通を防止することができる設計とする。</p> <p>b. 設計荷重(竜巻)に対して、支持架構の構造健全性を維持できる設計とする。</p> <p>c. 竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えない設計とする。</p> <p>d. 地震、火山の影響及び外部火災により竜巻防護対象施設に波及的影響を与えない設計とする。</p>	<p>a. b. 項については、第2回設工認申請書添付書類「VI-1-1-1-2-4-2-2-1-9 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)の強度計算書」のとおり、防護板により設計飛来物の貫通を防止することができること、また、設計荷重(竜巻)に対して、支持架構の構造健全性を維持できることを確認している。</p> <p>c. 項については、上記のとおり、設計荷重(竜巻)に対して、支持架構の構造健全性を維持できることから主気体廃棄物の廃棄施設の排気機能に影響を与えないことを確認している。</p> <p>d. 項の地震については、第2回設工認申請書添付書類「IV-2-2-2-1-1-11 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)の耐震計算書」のとおり、竜巻防護対象施設である主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(精製建屋屋外)に波及的影響を及ぼさないことを確認している。</p> <p>火山の影響については、第2回設工認申請書添付書類「VI-1-1-1-4-4-2-4-3 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)の強度計算書」に示すとおり、火山の影響により支持架構の構造健全性を維持できることを確認している。</p> <p>外部火災については、熱影響がある支持架構の柱等に耐火塗装を施すことにより、支持架構の構造健全性を維持できる。</p>

令和 5 年 11 月 30 日 R0

別紙-7

飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト
高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)の構造及び評価につ
いて

目 次

1. 概要	1
2. 飛来物防護板(KA建屋)の構造について	1
2.1 飛来物防護板(KA建屋)の全体概要	1
2.2 防護板の構造	1 1
2.3 支持架構の構造	3 2
3. 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について	3 4

1. 概要

本資料は、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)(以下、「飛来物防護板(KA建屋)」という。)の構造及び評価の考え方を補足説明するものである。

2. 飛来物防護板(KA建屋)の構造について

2.1 飛来物防護板(KA建屋)の全体概要

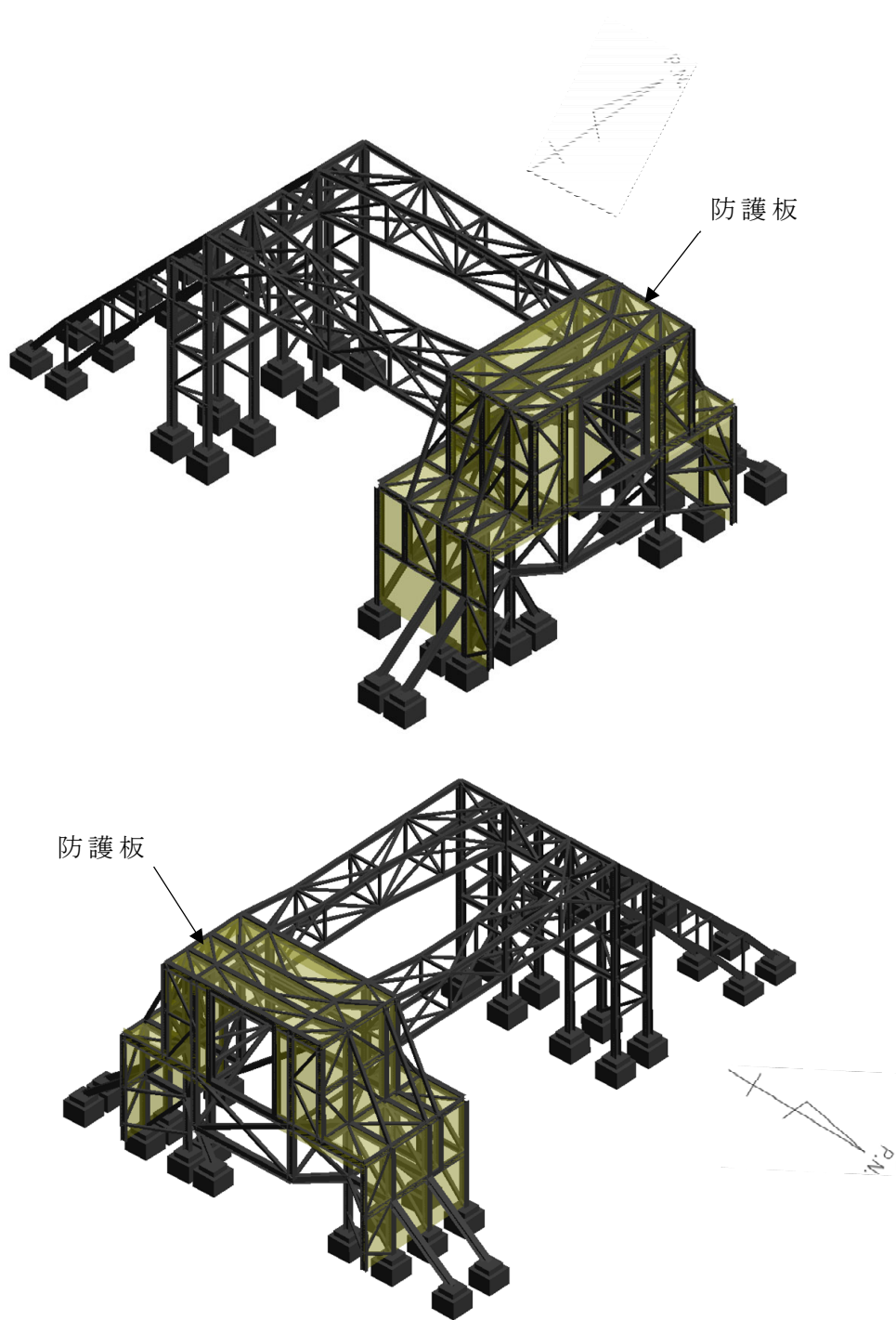
飛来物防護板(KA建屋)は、設計飛来物が主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)に衝突することにより、安全機能を損なうことを防止するために設置する。

飛来物防護板(KA建屋)の全景を第2-1図に示す。

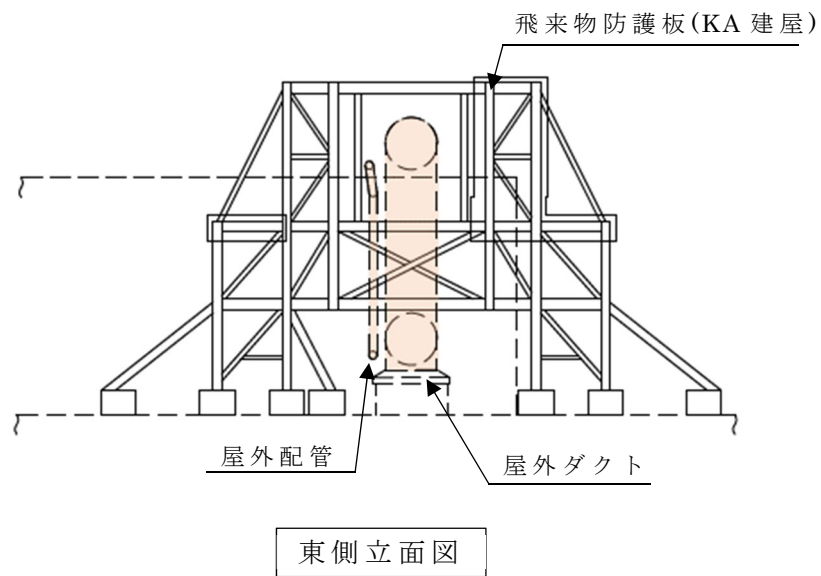
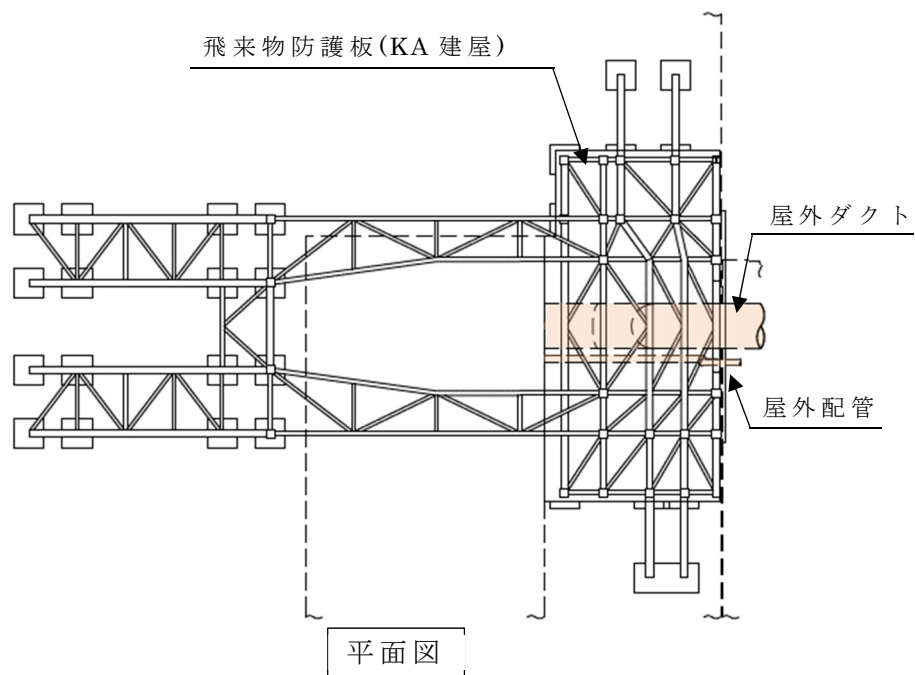
飛来物防護板(KA建屋)は、防護板(鋼材)及びそれらを支える支持架構で構成され、竜巻防護対象施設である主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)を防護するため、その上方及び側方四面を覆うように設置する。


開口部が必要な場合については設計飛来物の侵入経路を制限し、設計飛来物が防護板(鋼材)等に衝突するように防護板(鋼材)等を配置する。

飛来物防護板(KA建屋)と竜巻防護対象施設である主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)との配置を第2-2図に、飛来物防護板(KA建屋)を構成する防護板(鋼材)の一覧と設置位置をそれぞれ第2-1表及び第2-3図に示す。各要素の構造は、2.2項以降に記載する。

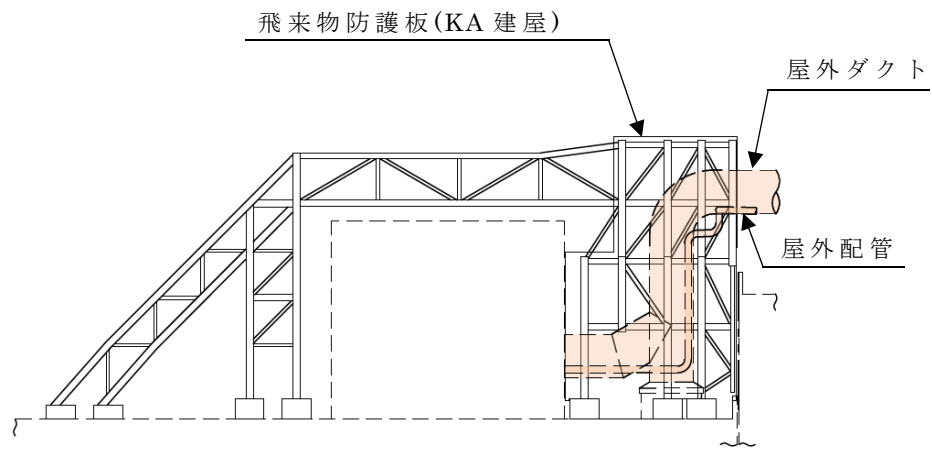


第 2 - 1 図 飛来物防護板 (KA建屋) 全景



 : 竜巻防護対象施設

第 2 - 2 図 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)と飛来物防護板(KA建屋)の配置図(1/2)



南側側立面図

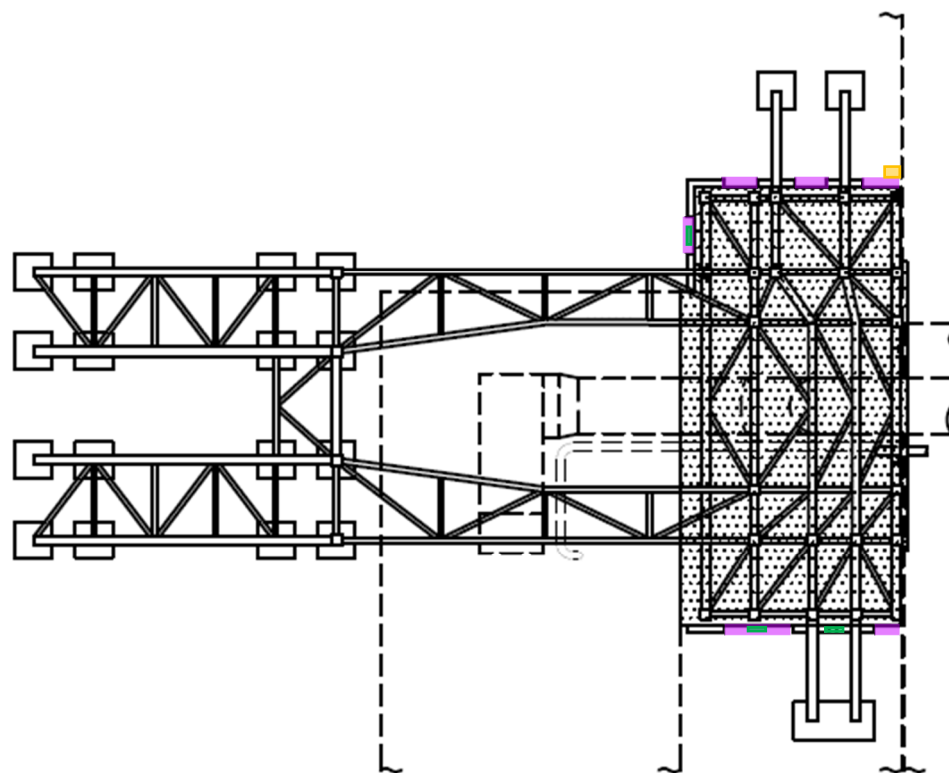
■ : 竜巻防護対象施設

第 2 - 2 図 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)と飛来物防護板(KA建屋)の配置図(2/2)

第 2 - 1 表 飛来物防護板 (KA建屋) の構成要素

番号	名称	数量	防護板の 使い分け
①	防護板	約160枚※	—
②	防護板 (人員用開口)	2枚	—
③	防護板 (支持架構基礎間, 防護板補強 有り)	6枚	配置上の制約により防護板背面に支持部材を設置できない場合に適用。
④	防護板 (前処理建屋・高レベル廃液ガ ラス固化建屋境界部)	約4枚※	—

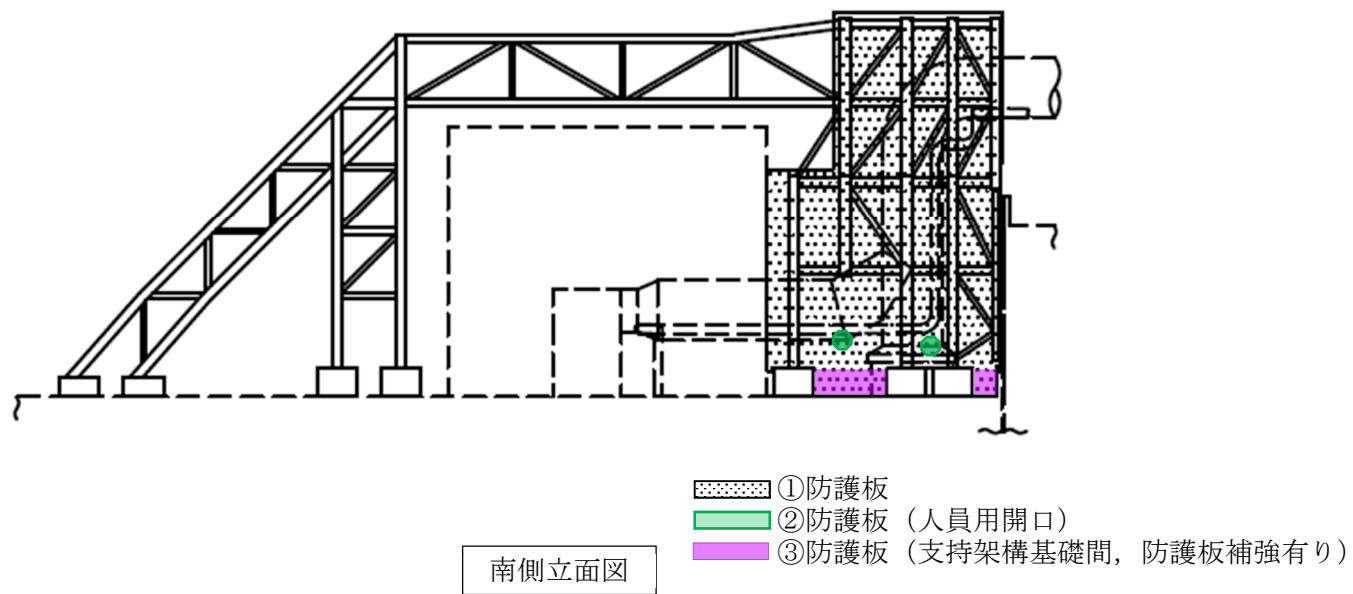
※：詳細設計未完了のため，設計完了後確定した枚数を記載。



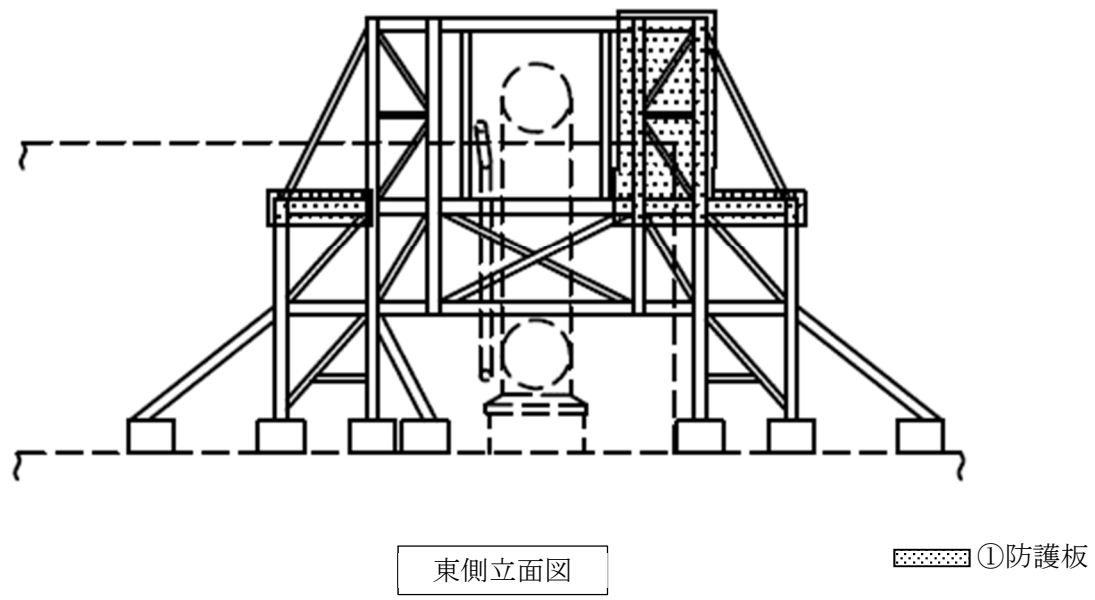
- ①防護板 (stippled pattern)
- ②防護板 (人員用開口) (green)
- ③防護板 (支持架構基礎間, 防護板補強有り) (purple)
- ④防護板 (前処理建屋・高レベル廃液ガラス固化建屋境界部) (orange)

平面図

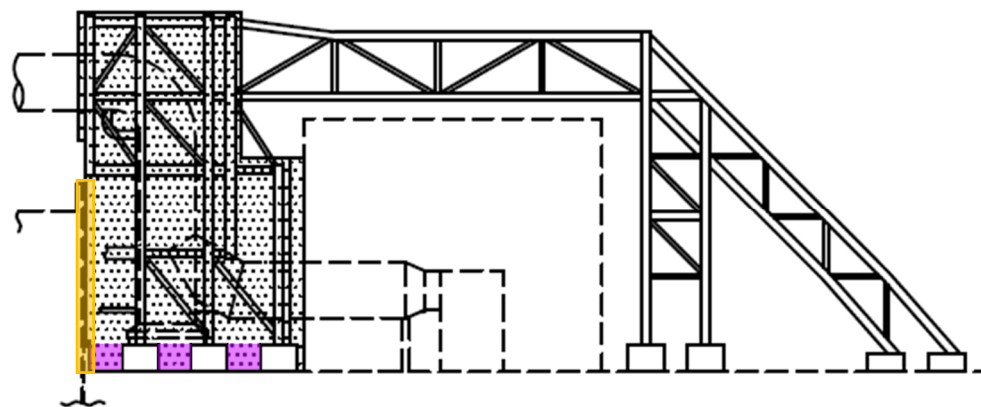
第 2 - 3 図 飛来物防護板 (KA建屋) 防護板配置図 (1/5)



第 2 - 3 図 飛来物防護板 (KA建屋) 防護板配置図 (2/5)



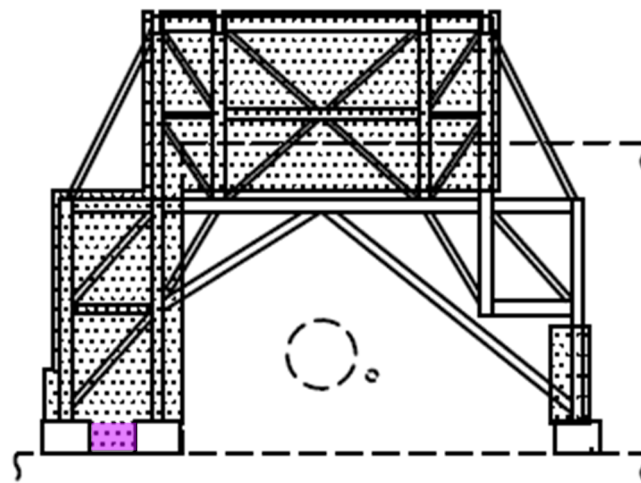
第 2 - 3 図 飛来物防護板 (KA建屋) 防護板配置図 (3/5)



- ①防護板
- ③防護板（支持架構基礎間，防護板補強有り）
- ④防護板（前処理建屋・高レベル廃液ガラス固化建屋境界部）

北側立面図

第 2 - 3 図 飛来物防護板 (KA建屋) 防護板配置図 (4/5)



西側立面図

- ①防護板
- ③防護板 (支持架構基礎間, 防護板補強有り)

第 2 - 3 図 飛来物防護板 (KA建屋) 防護板配置図 (5/5)

2.2 防護板の構造

(1) 防護板(鋼材)の構造

防護板(鋼材)を設置して主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)への設計飛来物の衝突を防止する。

防護板(鋼材)は、設計飛来物の衝突に対し、貫通しない厚さを確保する設計とする。

巡視点検等で飛来物防護板内へアクセスする際の入り口の防護板には、人員用開口を設ける。人員用開口からの設計飛来物の侵入を防止するための防護板を第2-5図に示す。

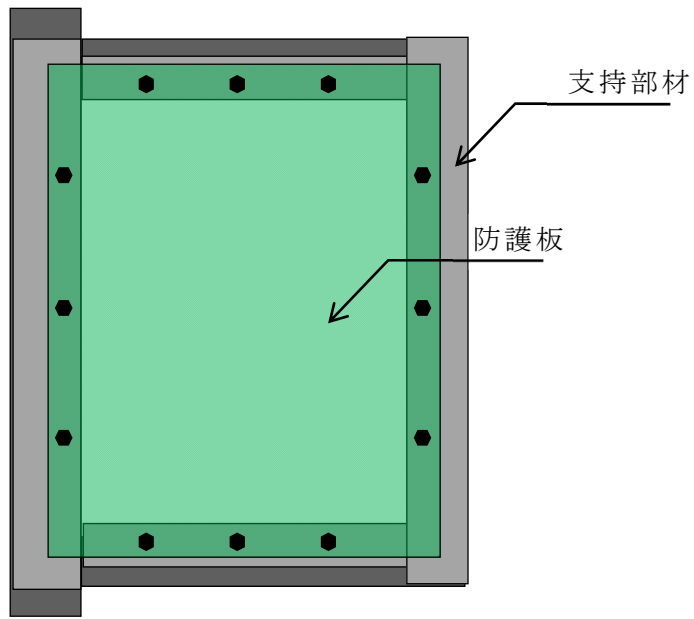
配置上の制約により背面に支持部材を設置できない防護板(支持架構基礎間)については、設計飛来物に対する強度を確保すること並びに設計竜巻の風圧力による荷重及び積雪荷重による変形を防止するために、防護板に補強材(SUS板及びリブ)を設け、溶接にて一体構造としている。

前処理建屋・高レベル廃液ガラス固化建屋境界部は地震時の相対変位量を考慮した離隔距離を設ける必要がある。第2-7図に示すように、防護板を組み合わせて迷路構造としている。

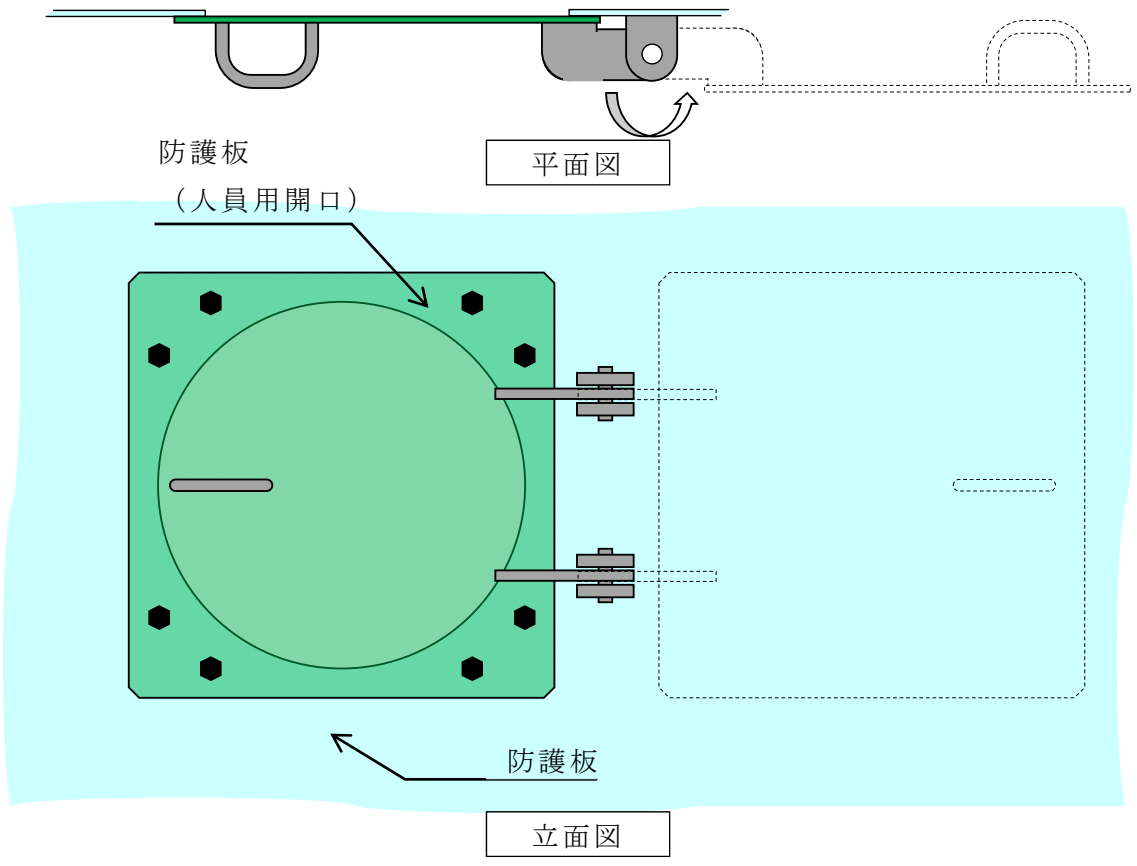
防護板(鋼材)のタイプ一覧を第2-2表に示す。

第2-2表 防護板(鋼材)のタイプ一覧

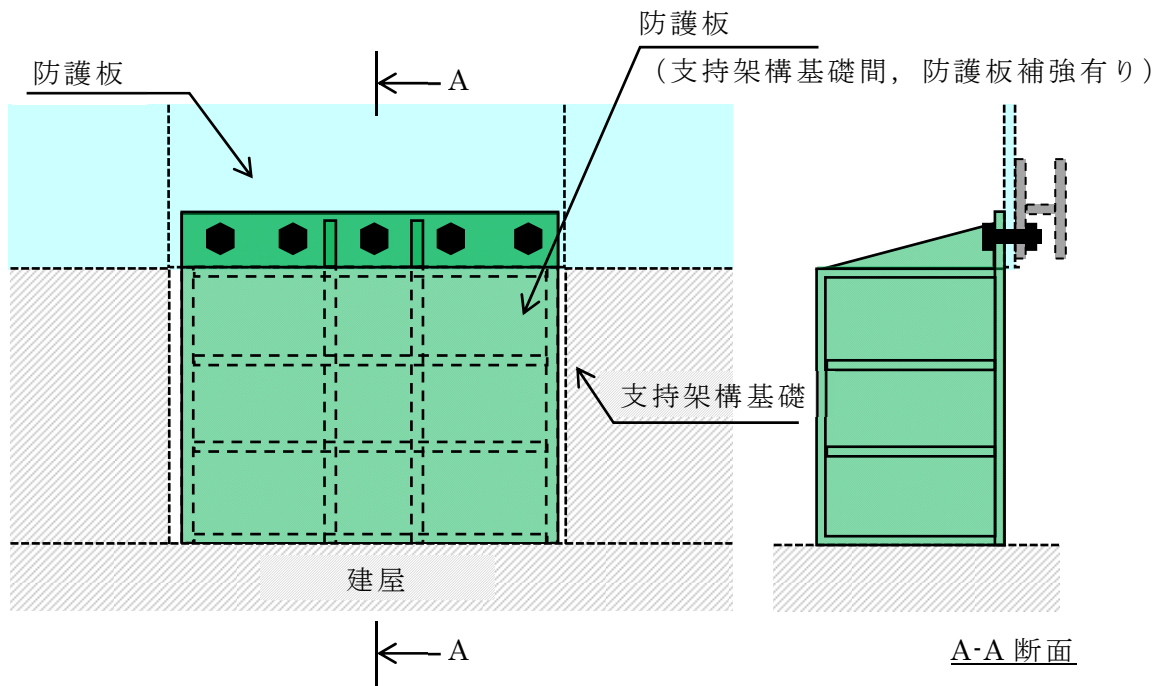
防護板タイプ	防護板構造	支持方法	図
①防護板	SUS板 t9	相対する 2辺以上で支持	第2-4図
②防護板(人員用開口)	SUS板 t9	相対する 2辺以上で支持	第2-5図
③防護板(支持架構基礎間, 防護板補強有り)	SUS板 t12 +SUS板+リブ	相対する 2辺で支持	第2-6図
④防護板 (前処理建屋・高レベル廃液 ガラス固化建屋境界部)	SUS板 t9	相対する 2辺以上で支持	第2-7図



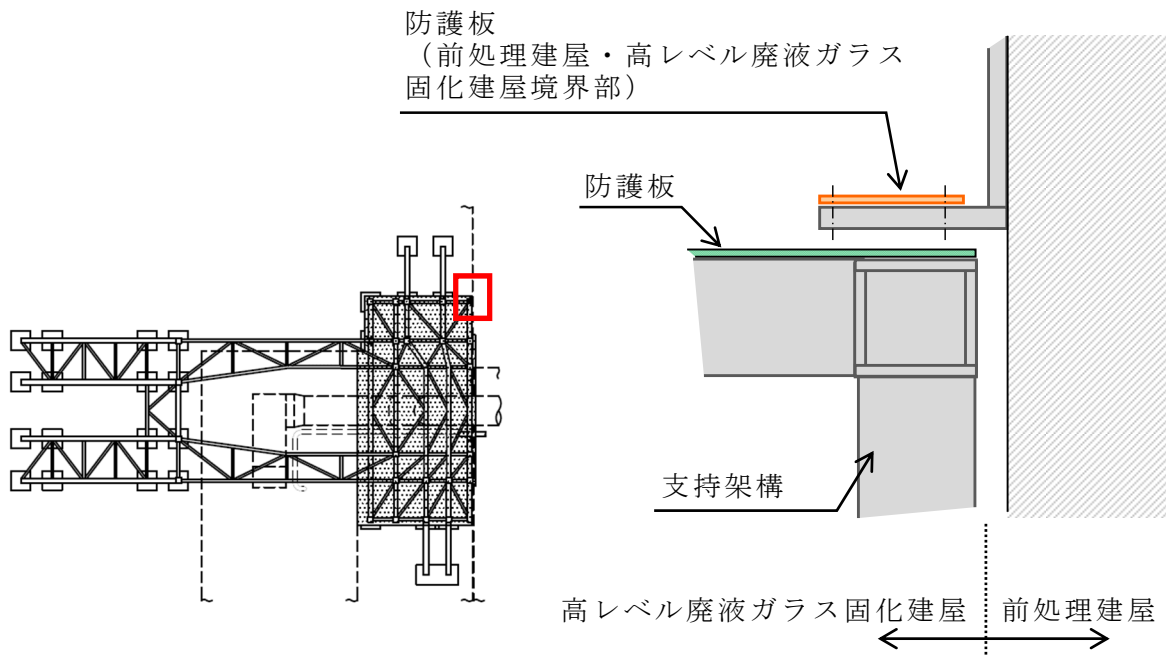
第 2 - 4 図 ①防護板



第 2 - 5 図 ②防護板 (人員用開口)



第 2 - 6 図 ③防護板 (支持架構基礎間, 防護板補強有り)

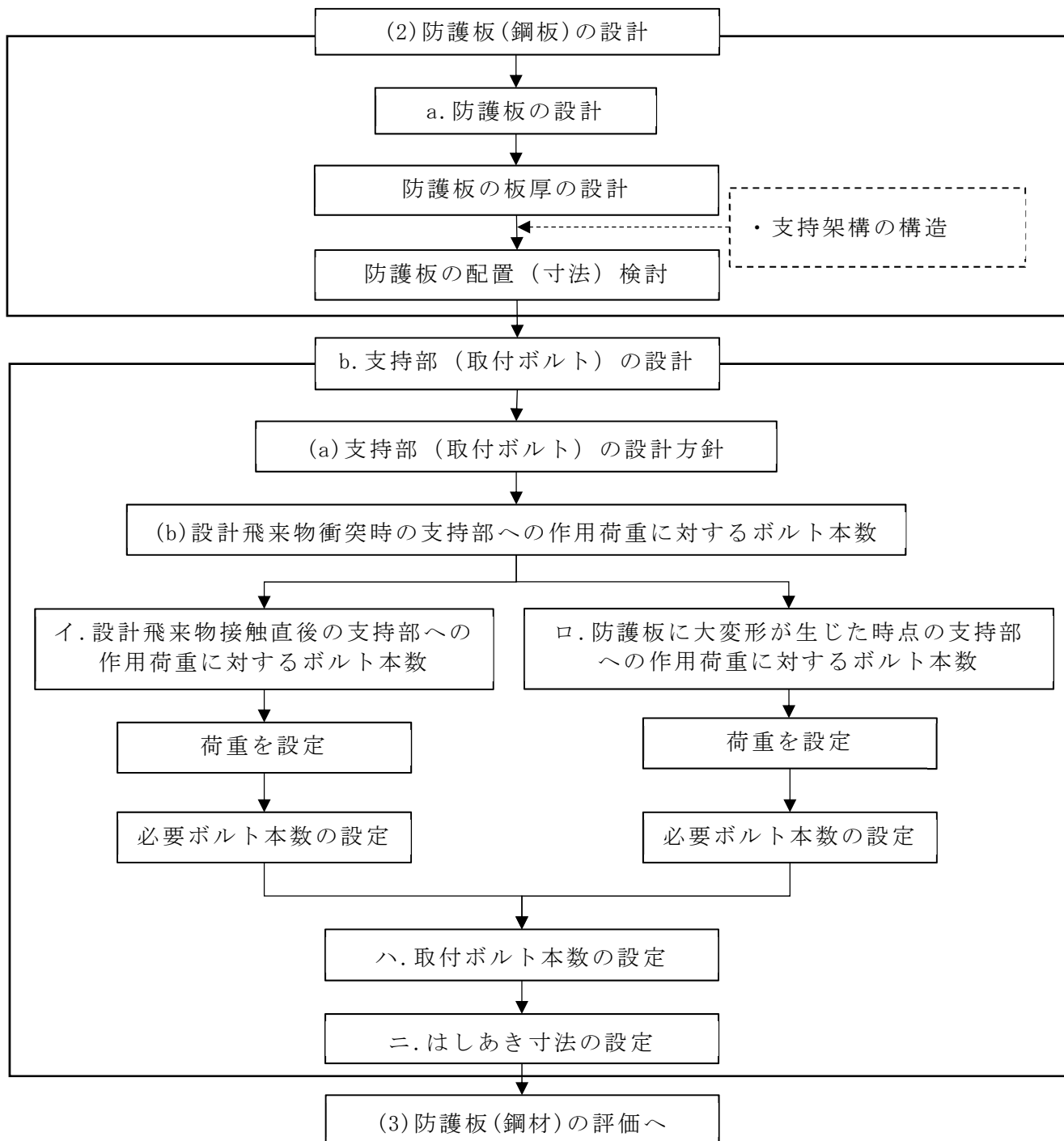


第 2 - 7 図 ④防護板
(前処理建屋・高レベル廃液ガラス固化建屋境界部)

(2) 防護板(鋼材)の設計

防護板(鋼材)は, 設計飛来物の衝突に対して, 貫通させない設計とするとともに脱落を防止する設計としている。

防護板(鋼材)の設計フローを第2-8図に示す。



第2-8図 防護板(鋼材)の設計フロー

a. 防護板の設計

防護板は、設計飛来物の貫通を防止できる板厚を有する設計とする。防護板を取付ボルトで支持架構に接続し、設計飛来物の荷重に対して防護板が脱落しないように、取付ボルト孔周辺の防護板の破断が取付ボルトの破断よりも先行しないような設計とする。

b. 支持部（取付ボルト）の設計

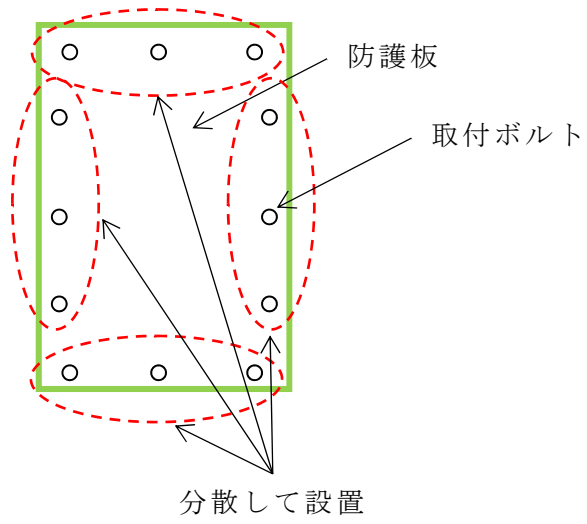
(a) 支持部（取付ボルト）の設計方針

防護板(鋼材)は取付ボルトにより支持架構に接続させ、設計飛来物の衝突により取付ボルトへ作用する荷重の種類、支持部の配置および支持部の耐力を踏まえ、取付ボルトの全数破断による防護板(鋼材)の脱落を防止することにより、主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)への波及的影響を防止する。支持部(取付ボルト)の設計方針を以下に示す。

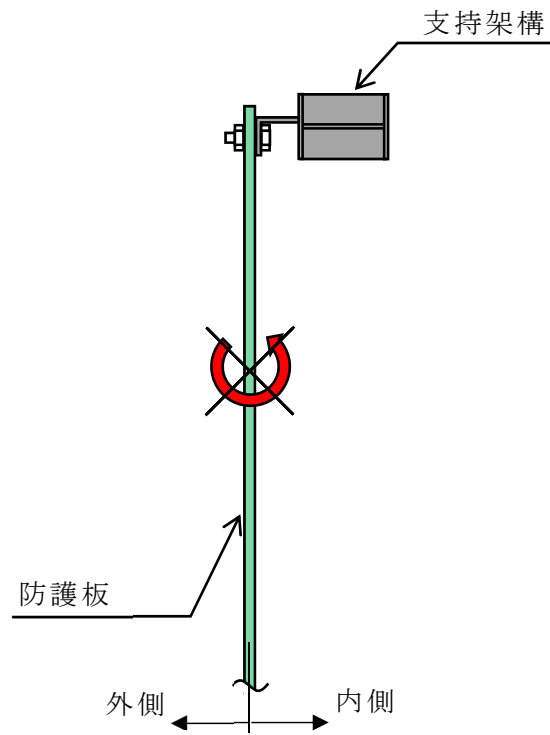
- ・支持部(取付ボルト)は、第2-9図に示すように衝突時に特定の取付ボルトへの負荷の偏りを避けるために防護板の支持辺ごとに分散して配置することにより、支持部近傍に設計飛来物が衝突した場合においても、取付ボルトの全数破断を防止し、防護板の脱落を防止する。
- ・設計飛来物の衝突により、防護板の内側への回転を防止しその場に留まるよう、第2-10図に示す通り防護板を支持部に対し外側から取り付ける。

このとき、支持部(取付ボルト)に関する諸元は以下の考え方により設定する。

- ・「2.2(1) 防護板(鋼材)の構造」に示す通り、防護板による防護範囲を決定したのち、製作及び施工を考慮し、防護板の割付を設定する。
- ・支持辺は可能な限り確保する方針とし、防護板割付と支持架構の位置から、防護板の支持辺を決定する。
- ・衝突事象を考慮した作用荷重に対し、取付ボルト本数及び間隔を設定する。設置スペースの制限の観点から十分な取付ボルト本数が確保できない場合は取付ボルトサイズを大きくする。
- ・取付ボルトは、防護板(鋼材)に自重、積雪荷重、風圧力による荷重が作用したとしても、取付ボルト1本で支えることが可能であり、防護板(鋼材)の脱落を防止できるが、更に防護板(鋼材)が設置位置から動かないよう、防護板(鋼材)の回転を拘束できる構造とする。



第2-9図 支持部の配置

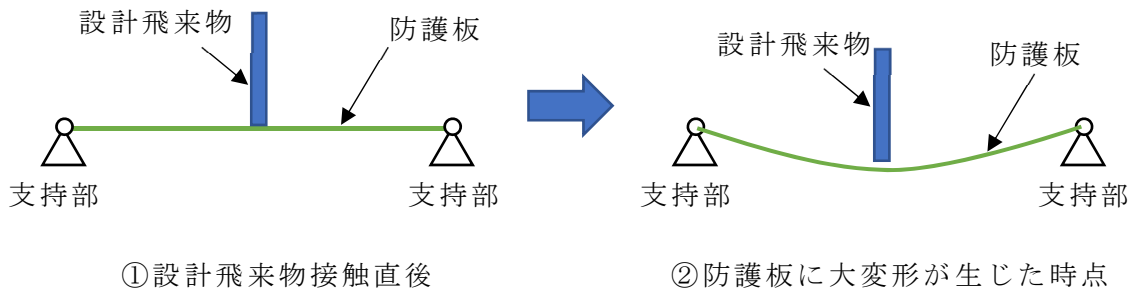


防護板を支持架構の外側に取り付けることで、
防護板の回転を防止する。

第 2 -10 図 防護板と支持架構の位置関係

(b) 設計飛来物衝突時の支持部への作用荷重に対する取付ボルト本数

防護板支持部への作用荷重は、防護板への設計飛来物衝突の進展に応じた衝突荷重として算定する。具体的には、①設計飛来物接触直後、②防護板に大変形が生じた時点を考慮する。第2-11図に、防護板への設計飛来物の衝突の進展イメージを示す。



第2-11図 防護板への設計飛来物衝突の進展

イ. 設計飛来物接触直後の支持部への作用荷重に対する取付ボルト本数

第2-12図に示す通り、設計飛来物の衝突荷重により防護板にせん断荷重が作用し、支持部取付ボルトには、その反力として引張荷重が作用する。

設計飛来物接触直後の支持部への作用荷重は、設計飛来物と被衝突体の接触時間を設定し、設計飛来物の衝突前の運動量と衝突荷重による力積が等しいとして算定した静的な荷重として求める。荷重の計算式を以下に示す。

※設計飛来物による荷重の算出式

$$W_M = F_M = m \cdot V/t = m \cdot V^2/L_t$$

m (設計飛来物質量) : 135kg

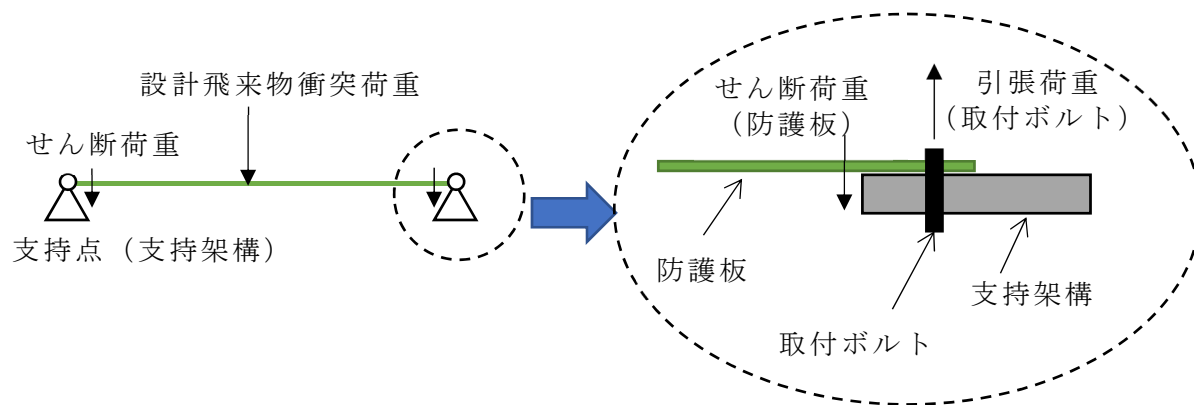
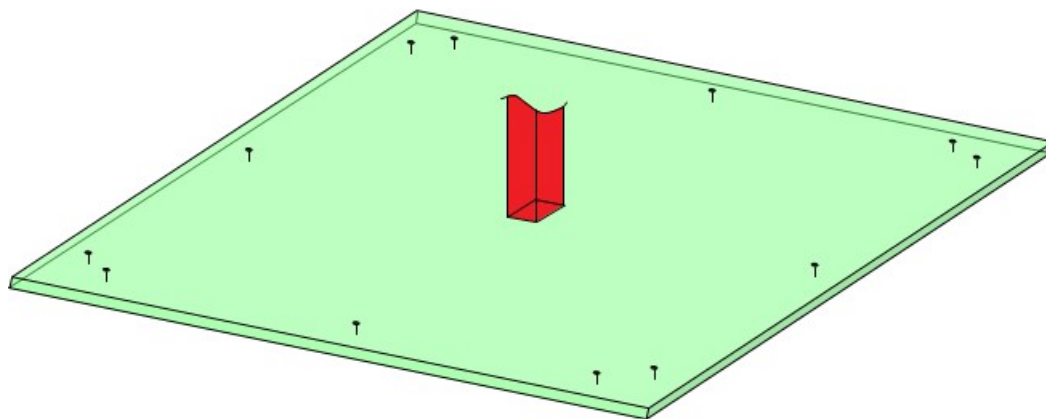
V (設計飛来物の衝突速度) : 51m/s (水平方向)

L_t (設計飛来物の最も短い辺の長さ) : 0.2m

上記の算出式により、支持部への作用荷重は1756kNと算定される。この荷重に対し必要となる取付ボルト本数を第2-3表に示す。M20、強度区分6.8の取付ボルトを用いる場合、必要となる取付ボルト本数は12本となる。なお、設置スペースの制限の観点から十分な取付ボルト本数が確保できない場合は、同等以上となるように径、本数、材質の取付ボルトを設定する。

第2-3表 防護板1枚あたりに必要となる取付ボルト本数
(設計飛来物接触直後)

取付ボルト径	強度区分	防護板1枚あたりの 必要ボルト本数	取付ボルト耐荷重 (引張)
M20	6.8	12本	1,764kN (147kN×12本)
	10.9	8本	2,032kN (245kN×8本)
M24	10.9	5本	1,765kN (353kN×5本)



第 2 -12 図 設計飛来物接触直後の荷重

ロ. 防護板に大変形が生じた時点の支持部への作用荷重に対する取付ボルト本数

設計飛来物により防護板の大変形が生じた時点では、第2-13図に示すように、変形の進展により防護板に発生する荷重は引張荷重が顕著となる。このため、防護板の支持部は防護板の引張荷重を負担し、支持部（取付ボルト）には、せん断荷重が作用するので、防護板に発生する引張荷重に耐えるよう支持部の設計を行う。

防護板の変形が進展し引張荷重が増加することにより、防護板断面は降伏に至る。防護板断面が降伏すると引張荷重の増加は緩やかとなる。そこで、支持部に作用する荷重は、防護板に降伏が生じる時の引張荷重により算定する。なお、防護板の全断面が降伏するときの引張荷重算定にあたっては、曲げモーメントにより防護板板厚方向上下端部が降伏する状態を考え、設計飛来の物衝突位置において防護板に全断面降伏が生じた状態を想定する。全断面降伏時に防護板に生じる引張荷重の計算式を以下に示す。また、防護板は板厚が小さいほど全断面降伏に対する余裕が小さいことから、取付ボルトの必要本数は板厚が最小の防護板(t9)に対して算定し、板厚が大きい防護板を適用する場合においても、防護板(t9)で算定した必要取付ボルト本数に準拠する。

※設計飛来物により防護板に作用する引張荷重Tの算出式

長方形断面が全断面降伏する場合の曲げモーメントと軸力の関係は以下の式で与えられる。

$$\frac{M_{pc}}{M_p} + \left(\frac{T}{N_y}\right)^2 = 1$$

$$M_{pc}(\text{軸力が同時に作用する場合の全塑性モーメント}) = \frac{B \cdot t^2 \cdot S_y}{6}$$

$$M_p(\text{軸力が作用しない場合の全塑性モーメント}) = \frac{B \cdot t^2 \cdot S_y}{4}$$

$$N_y(\text{降伏軸力}) = B \cdot t \cdot S_y$$

B：設計飛来物の接触幅(mm)

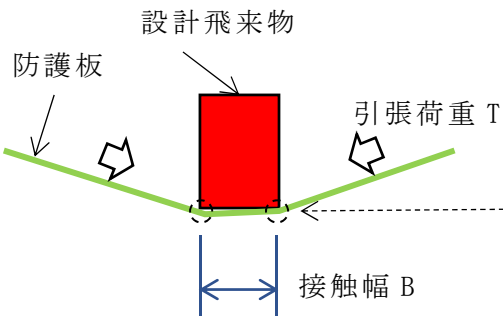
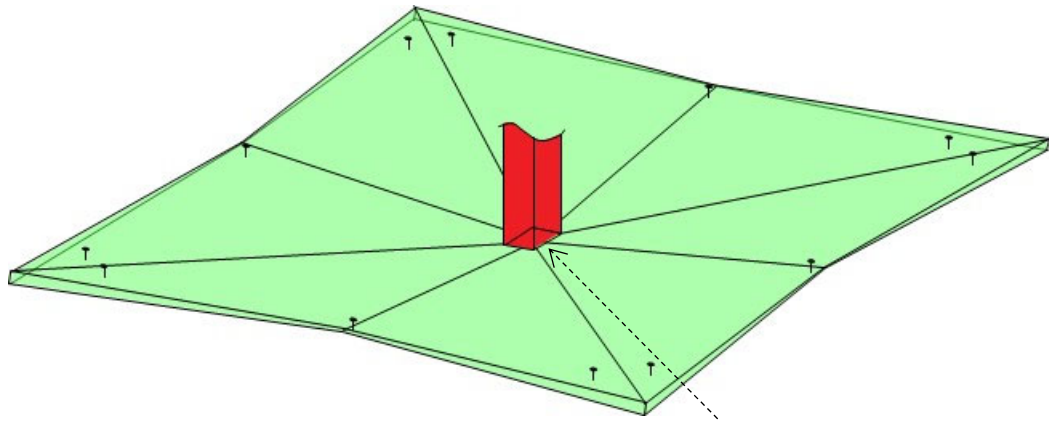
t：防護板の厚さ(mm)

S_y：防護板の設計降伏点(MPa)

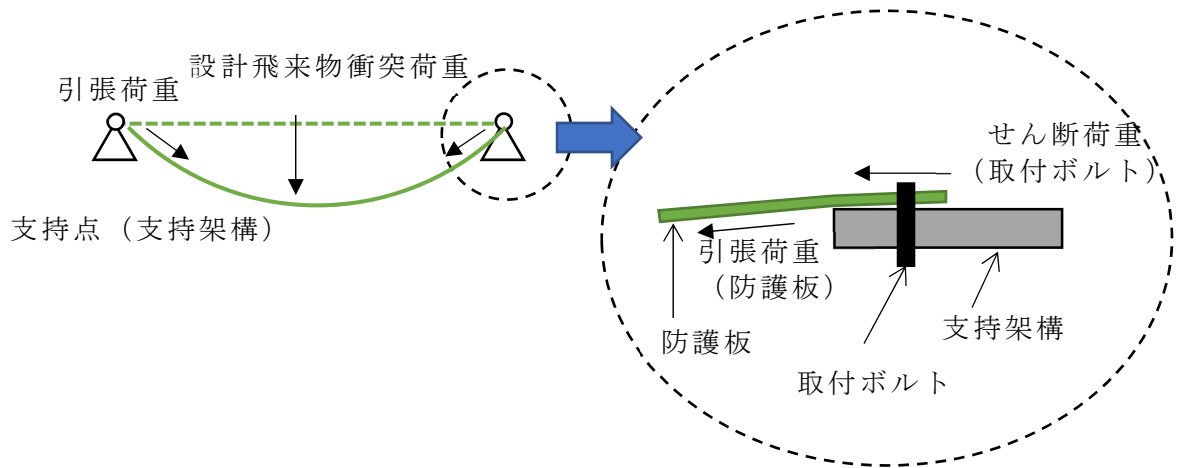
ここで、防護板に作用する引張荷重Tが保守的となるように接触幅Bの1辺は鋼製材の長辺300mmとすると、防護板に作用する引張荷重は1,279kNと算定される。この荷重に対し必要となる取付ボルト本数を第2-4表に示す。M20、強度区分6.8の取付ボルトを用いる場合、必要となる取付ボルト本数は12本となる。なお、設置スペースの制限の観点から十分な取付ボルト本数が確保できない場合は、同等以上となるように径、本数、材質の取付ボルトを設定する。

第2-4表 防護板1枚あたりに必要となる取付ボルト本数
(防護板に大変形が生じた時点)

取付ボルト径	強度区分	防護板1枚あたりの 必要ボルト本数	取付ボルト耐荷重 (せん断)
M20	6.8	12本	1,356kN (113kN×12本)
	10.9	7本	1,316kN (188kN×7本)
M24	10.9	5本	1,355kN (271kN×5本)



設計飛来物衝突位置において防護板に降伏が生じた状態を想定する。



第 2-13 図 防護板に大変形が生じた時点の支持部への作用荷重

ハ. 取付ボルト本数の設定

支持部に作用する荷重から求められた取付ボルト本数を第2-5表にまとめる。取付ボルトの本数は，設計飛来物接触直後の作用荷重に対して必要なボルト本数，及び防護板に大変形が作用した時点の作用荷重に対して必要なボルト本数を包絡するように決定する。

第2-5表 支持部に作用する荷重から求められた取付ボルト本数

支持部に作用する荷重	取付ボルト径	強度区分	防護板1枚あたりの必要ボルト本数
設計飛来物接触直後の作用荷重	M20	6.8	12本
		10.9	8本
	M24	10.9	5本
防護板に大変形が作用した時点の作用荷重	M20	6.8	12本
		10.9	7本
	M24	10.9	5本

なお，取付ボルト配置が制約される場合は，M30等の取付ボルト径を使用することで，同等以上の強度を確保する。または，配置の制約により大サイズボルトが使用できず，第2-5表に示す取付ボルト本数を確保できない場合※は，個別の衝突解析にて，設計飛来物の衝突によって鋼板が脱落しないことの確認により，飛来物防護板(鋼板)の健全性を確保する。

※：詳細設計中のため記載しているが，設計完了後該当がない場合は削除する。

二. はしあき寸法の設定

第2-14図に示すように、はしあき部の破断強度が、取付ボルトのせん断強度を上回るようにはしあき寸法を設定する。具体的には、取付ボルトのせん断耐力以上となる限界はしあき寸法 e を算出し、設計はしあき寸法※は限界はしあき寸法 e を上回るように設定する。

※：詳細設計中のため設計方針を記載。設計完了後に第2-6表に設計はしあき寸法を記載する。

はしあき部の許容せん断荷重 $Q >$ 取付ボルトのせん断耐力 q

$$\Rightarrow 2 \times e \times t \times Su / \sqrt{3} > q$$

$$\Rightarrow e > q / (2 \times t \times Su / \sqrt{3})$$

t ：防護板の厚さ(mm)

Su ：防護板の設計引張強さ(MPa)

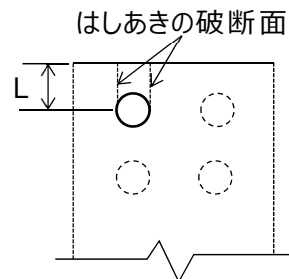
q ：取付ボルトのせん断耐力(kN)

各防護板の限界はしあき寸法 e の計算結果を第2-6表に示す。

第2-6表 はしあき寸法の確認結果※

取付ボルト径	強度区分	限界はしあき寸法 e mm
M20	6.8	21
	10.9	35
M24	10.9	51

※：詳細設計中のため限界はしあき寸法のみ記載しているが、設計完了後に設計はしあき寸法を追記し、限界はしあき寸法と設計はしあき寸法との比較表に差し替える。

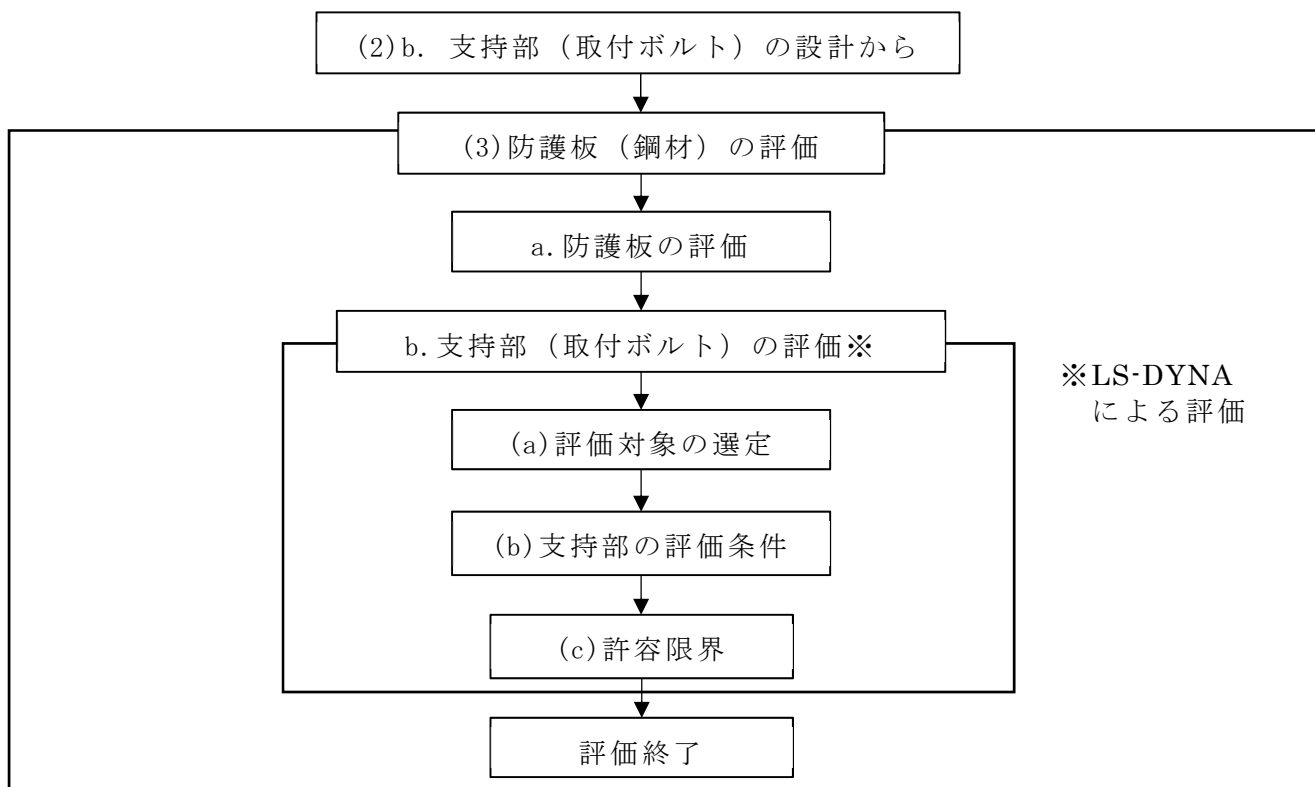


第2-14図 はしあきの破断面

(3)防護板（鋼材）の評価

「(2)防護板(鋼材)の設計」を踏まえて，防護板（鋼材）は，防護板の貫通評価と支持部である取付ボルトの破断評価を行う。

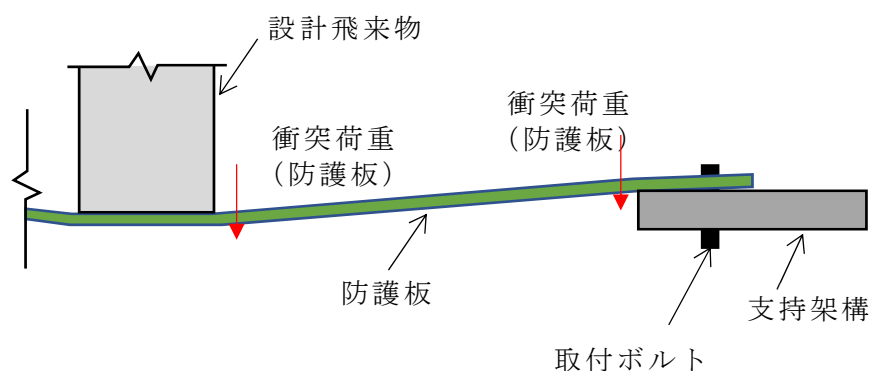
防護板(鋼材)の評価フローを第2-15図に示す。



第2-15図 防護板（鋼材）の評価フロー

a. 防護板の評価

第2-16図に示すように、貫通評価については、BRL式にて必要厚さを算出し許容限界板厚を設定し、最小板厚の防護板（鋼板）の設計板厚と比較し、許容限界板厚を上回っていることを確認する。なお、設計飛来物が衝突した際、防護板の衝突部近傍では衝突荷重（せん断および曲げ）が作用するが、防護板の厚さはBRL式により算出される貫通限界厚さ以上としており、破断は生じない。ここで支持部近くの防護板にも衝突荷重が作用するが、支持部を複数設けているため、支持部近くの防護板に作用する衝突荷重（せん断および曲げ）は分散し、設計飛来物衝突部近傍に作用する断荷重より小さくなる。このため、支持部近くの防護板においても防護板の破断は生じない。



第2-16図 防護板に作用する荷重

b. 支持部（取付ボルト）の評価

静荷重を用いて取付ボルトの強度設計をしているが、設計飛来物による衝突現象により支持部に作用する荷重は動的な荷重であることから、支持部のボルトに作用する動的荷重を評価可能な解析コード（LS-DYNA）を用いて、取付ボルト全数が破断しないことを確認している。

(a) 評価対象の選定

「ハ. 取付ボルト本数の設定」に記載の通り、支持部（取付ボルト）の本数は、設計飛来物接触直後の作用荷重に対して必要なボルト本数、及び防護板に大変形が作用した時点の作用荷重に対して必要なボルト本数を包絡するように決定する。設計飛来物の衝突による防護板（鋼材）の変形に伴い、取付ボルトに作用する荷重は大きくなり、塑性変形若しくは破断が生じることから、ここでは、防護板に大変形が生じた状態が取付ボルト全体に対して厳しい状態であることから、この状態を想定して評価対象を選定する。

このとき、防護板に大変形が生じた時点の作用荷重は、防護板のたわみが大きいほど顕著となることから、支持方法（1辺で支持又は相対する2辺以上で支持）及び設計飛来物の速度ごとに防護板のたわみやすさを考慮して、評価対象の防護板（鋼材）を選定する。具体的には、防護板の支持スパン（ l ）の3乗と断面二次モーメント（ I ）の関係から求まるたわみ易さ（ l^3/I ）が大きくなるものを選定している。なお、支持部全体の取付ボルト強度が同等となる様な設計としていることから、取付ボルトのサイズ及び本数が変わっても、防護板の評価対象の選定に影響を与えない（第2-3表及び第2-4表参照）。

また、設計飛来物の衝突位置は、衝突部のたわみ量が大きく、全体に配置された取付ボルトへの負担が等しくなるよう防護板中央部とする。

防護板の評価対象を第2-7表に示す。

第2-7表 防護板評価対象

防護板 支持方法	設計飛来物 速度	防護板 の種類	たわみ易さ l^3/I	代表となる 防護板
相対する 2辺以上で 支持	34 m/s (鉛直衝突)	①防護板	500,000※1	○ 第2-17図
	51 m/s (水平衝突)	①防護板	700,000※1	○ 第2-18図
		②防護板	詳細設計中※2	詳細設計中※2
		④防護板	詳細設計中※2	詳細設計中※2
相対する 2辺で支持	51 m/s (水平衝突)	③防護板	詳細設計中※2	詳細設計中※2

※1：詳細設計中のためこれまでの代表防護板のたわみ易さを記載。設計完了後、代表の変更があれば記載を修正する。

※2：詳細設計中のため設計完了後に記載を修正する。

(b) 支持部の評価条件

設計飛来物の衝突による防護板（鋼材）の変形に伴い、取付ボルトに作用する荷重は大きくなり、塑性変形若しくは破断が生じうる。そのため、支持部の評価においては、取付ボルトごとの剛性及び負担する荷重割合が時々刻々と変化することを踏まえ、取付ボルトをモデル化したFEM解析（LS-DYNA）にて取付ボルトの健全性を確認する。

解析においては、取付ボルトが防護板（鋼材）の変形により荷重を受けること及び取付ボルトの塑性変形及び破断を評価する必要があるため、防護板（鋼材）及び取付ボルトは弾塑性を考慮したモデルとし、破断と判定した取付ボルトは、破断以降は荷重を負担しないモデルとする。

取付ボルトの破断評価方法は、水平2方向のせん断応力及び鉛直方向の軸力について、破断荷重との比率を算出し、各成分の二乗和が1.0以上となれば破断したものと判定する。

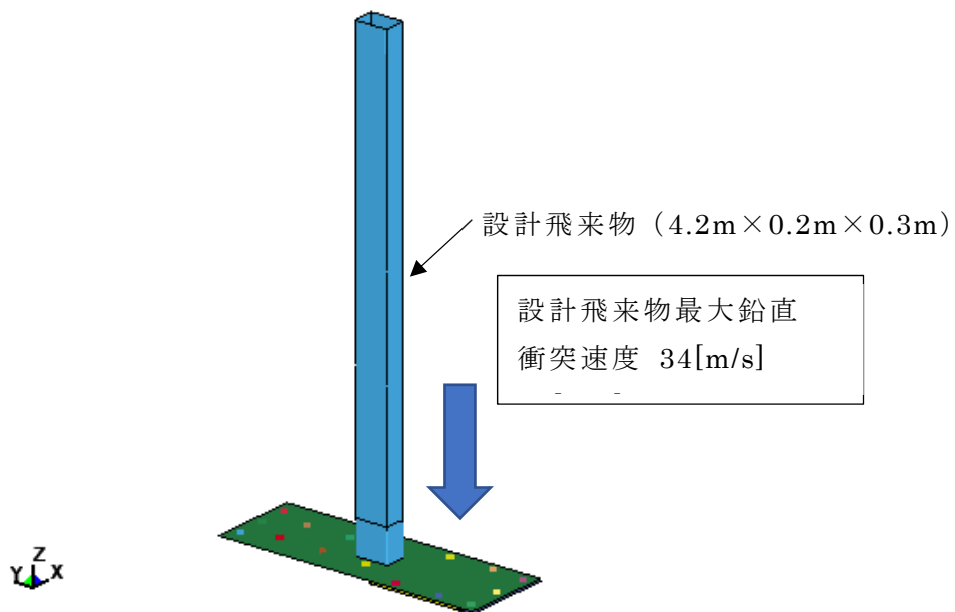
本評価においては、以下の設定とすることで、評価の保守性を確保する。

- ・取付ボルトの破断荷重には、破断荷重の実力値に十分な裕度を考慮したJISや鋼構造設計規準の規格値を用いることで、取付ボルトが破断しやすい条件とする。
- ・衝突させる設計飛来物は破断ひずみを超えても要素を消去せず、破断ひずみ以上に変形できるモデルとし、防護板（鋼材）の変形を大きくすることで、取付ボルトが破断しやすい条件とする。
- ・一般的に鋼材は、降伏（塑性変形）するとひずみ硬化が発生し、耐力が増加する。このとき、ひずみ速度が大きいと耐力の増加も大きくなるが、取付ボルトの破断判定においてはひずみ硬化における速度寄与を考慮しないことで、取付ボルトが破断しやすい条件とする。

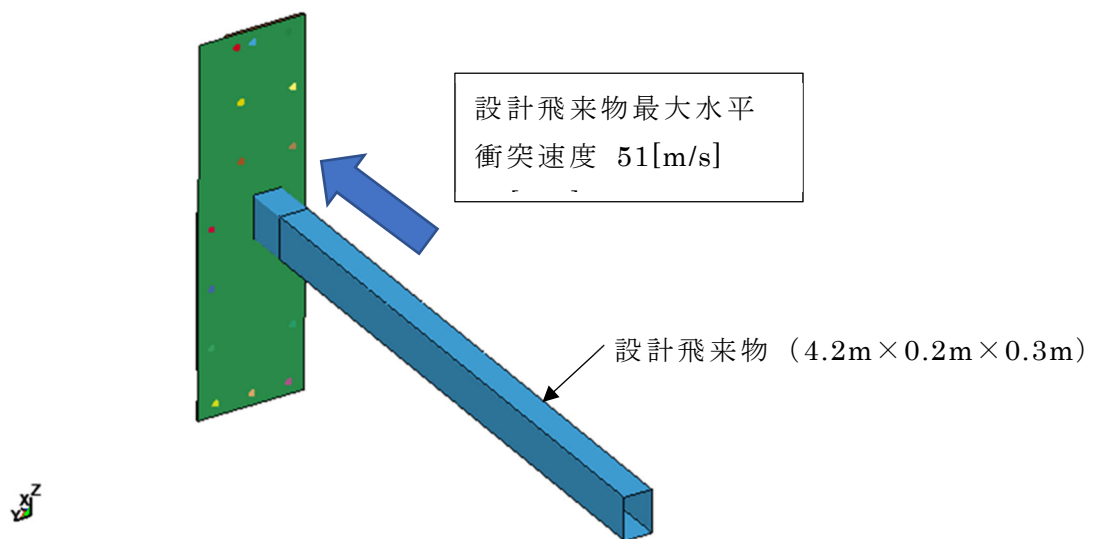
(c) 許容限界

防護板は設計飛来物の有するエネルギーを防護板及び取付ボルトの変形により吸収することで設計飛来物の貫通を防止する設計としているため、防護板（鋼材）の脱落により主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト（高レベル廃液ガラス固化建屋屋外）への波及影響を与えないことを確認する。取付ボルトは、防護板（鋼材）に自重、積雪荷重、風圧力による荷重が作用したとしても、取付ボルト1本で支えることで防護板（鋼材）の脱落を防止し、主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト（高レベル廃液ガラス固化建屋屋外）への波及的影響を防止できるが、防護板（鋼材）が設置位置から動かないよう、面内方向の回転を拘束するため、支持部の評価の許容限界としては、防護板（鋼材）を固定する取付ボルトが2本以上破断せずに残ることとする。

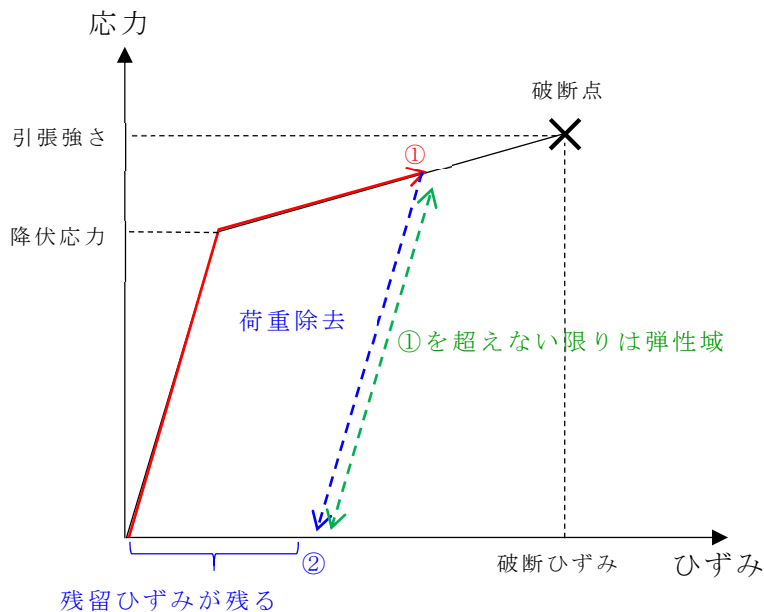
なお、残存した取付ボルトの一部は塑性変形しているおそれがあるが、第2-19図に示す応力-ひずみ線図に示すとおり、取付ボルトに作用する荷重が除荷されると、残留ひずみは残るものの、残存した取付ボルトは構造強度上の強度部材として期待ができる。



第 2 -17 図 相対する 2 辺以上で支持する防護板 設計飛来物衝突評価(鉛直)位置



第 2 -18 図 相対する 2 辺以上で支持する防護板 設計飛来物衝突評価(水平)位置



第2-19図 取付ボルトの応力-ひずみ線図

d. 防護板支持部評価モデルの妥当性

防護板支持部評価のモデルは、設計飛来物衝突による防護板の変形や取付ボルトに作用する荷重を適切に評価できるモデルとする必要がある。防護板の変形は電中研の試験結果との比較により、解析にて算出した設計飛来物衝突時の防護板のひずみ量が妥当であることを確認している。

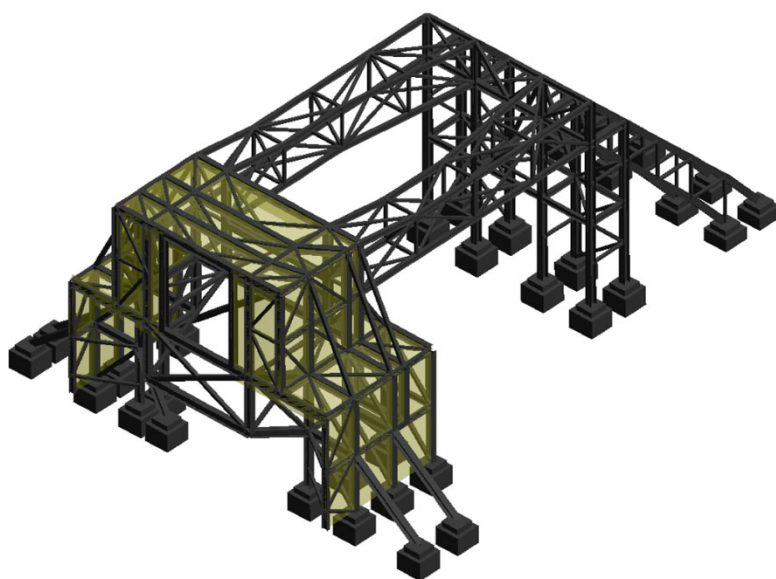
また、取付ボルトについては、実際に使用されるボルトサイズを適切にモデル化するとともに、その材料モデル（降伏荷重、破断荷重）をJISや鋼構造設計基準の規格値を用いて適切にモデル化している。その際、ボルトの材料モデルに規格値を採用することは、実物よりも破断荷重を小さく設定することになるため、破断が発生し易い条件となっており、破断に対して保守的な設定であると言える。

一方、ボルトが早く降伏することにより、同じ荷重が作用した時のボルトのひずみ量や吸収エネルギーが実物より大きいため、非保守側の評価となるものの、ボルトのひずみや吸収エネルギーは防護板のひずみや吸収エネルギーと比べて小さいことから、影響は小さい。

以上のことから、防護板支持部評価のモデルは、防護板及び取付ボルトともに適切にモデル化されており、防護板の脱落の有無を判断するために妥当なモデルである。

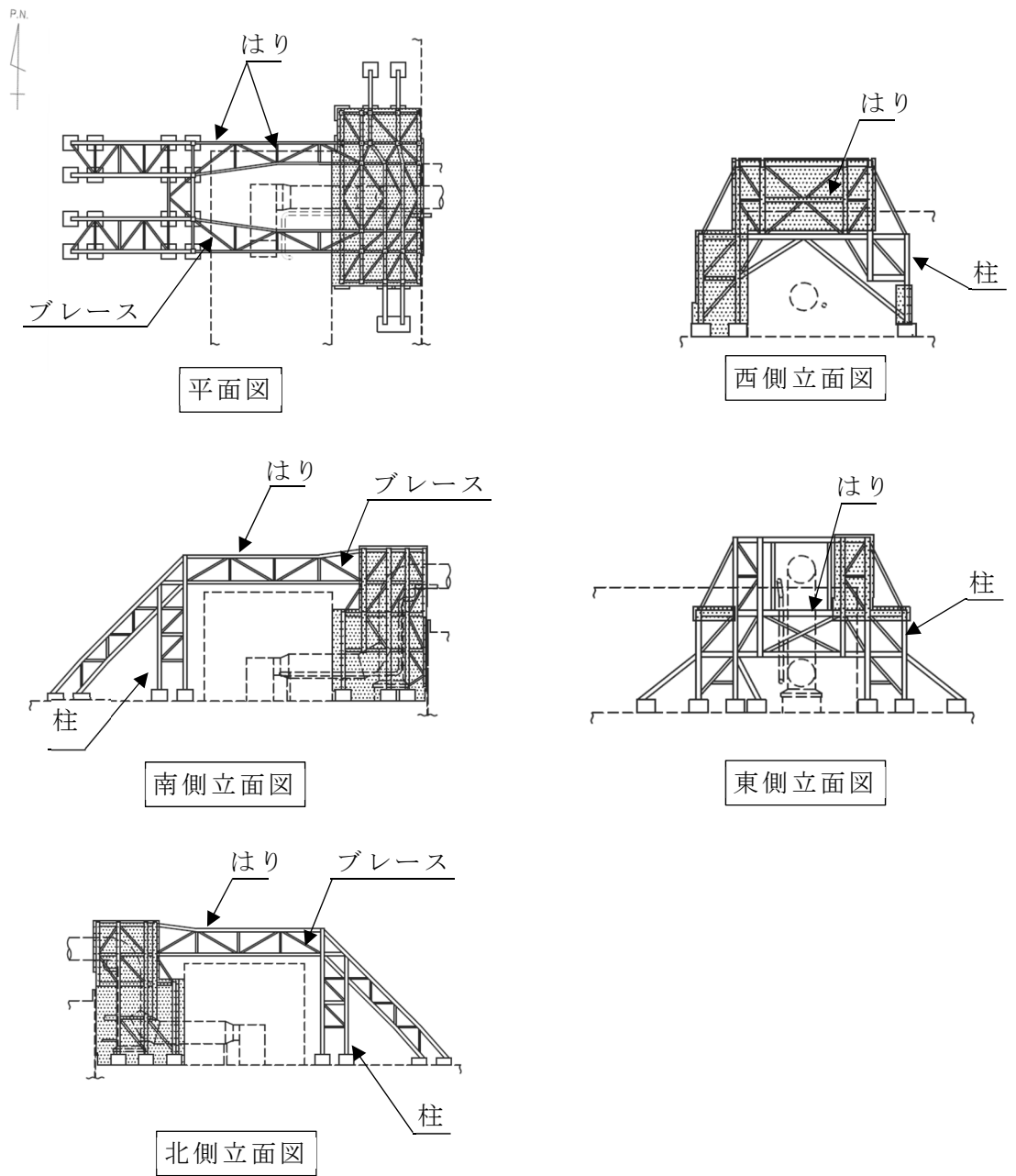
2.3 支持架構の構造

支持架構は、柱、はり及びブレースによって構成されるラーメン・トラス構造であり、溶接又はボルトにより接合される鉄骨構造物である。なお、飛来物防護板の支持架構は高レベル廃液ガラス固化建屋の屋上に設けられた基礎及び壁面に基礎ボルトで接続支持されている。支持架構の構造概要を第2-20図に示す。



鳥瞰図

第2-20図 飛来物防護板(KA建屋)支持架構の構造概要図(1/2)



第 2 - 20 図 飛来物防護板 (KA 建屋) 支持架構の構造概要図 (2/2)

3. 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書における設計方針との整合性について第3-1表のとおり整理した。

第3-1表 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書 記載事項	対応
<p>9.11 竜巻防護対策設備</p> <p>9.11.2 設計方針</p> <p>竜巻防護対策設備の設計に際しては、竜巻防護対象施設が安全機能を損なわないよう、次のような方針で設計する。</p> <p>(1) 飛来物防護板</p> <p>a. 設計飛来物の貫通を防止することができる設計とする。</p> <p>b. 設計荷重(竜巻)に対して、支持架構の構造健全性を維持できる設計とする。</p> <p>c. 竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えない設計とする。</p> <p>d. 地震、火山の影響及び外部火災により竜巻防護対象施設に波及的影響を与えない設計とする。</p>	<p>KA. 項については、第2回設工認申請書添付書類「VI-1-1-1-2-4-2-2-1-10 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)の強度計算書」のとおり、防護板により設計飛来物の貫通を防止することができること、また、設計荷重(竜巻)に対して、支持架構の構造健全性を維持できることを確認している。</p> <p>c. 項については、上記のとおり、設計荷重(竜巻)に対して、支持架構の構造健全性を維持できることから主気体廃棄物の廃棄施設の排気機能に影響を与えないことを確認している。</p> <p>d. 項の地震については、第2回設工認申請書添付書類「IV-2-2-2-1-1-1-2 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)の耐震計算書」のとおり、竜巻防護対象施設である主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト(高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)に波及的影響を及ぼさないことを確認している。</p> <p>火山の影響については、第2回設工認申請書添付書類「VI-1-1-1-4-4-2-4-4 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)の強度計算書」に示すとおり、火山の影響により支持架構の構造健全性を維持できることを確認している。</p> <p>外部火災については、熱影響がある支持架構の柱等に耐火塗装を施すことにより、支持架構の構造健全性を維持できる。</p>

令和5年11月30日 R0

別紙-8

飛来物防護板(前処理建屋の安全蒸気系設置室)

の構造及び評価について

目 次

1. 概要	1
2. 飛来物防護板(AA)の構造について	1
2.1 飛来物防護板(AA)の概要	1
2.2 飛来物防護板(AA)の設計	8
3. 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について	10

1. 概要

本資料は、飛来物防護板(前処理建屋の安全蒸気系設置室)(以下、「飛来物防護板(AA)」という。)の構造及び評価の考え方を補足説明するものである。

2. 飛来物防護板(AA)の構造について

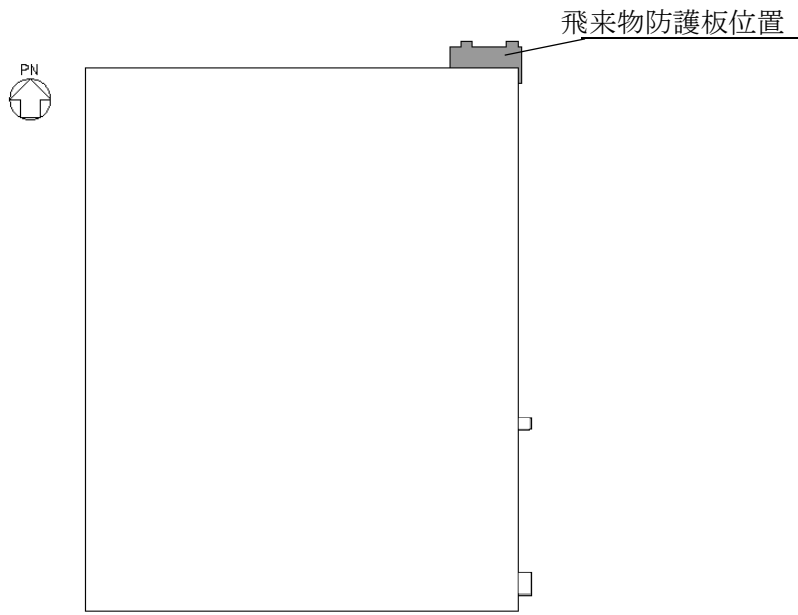
2.1 飛来物防護板(AA)の概要

飛来物防護板(AA)は、設計飛来物が安全蒸気系設備であるLPGボンベに衝突することにより、安全機能を損なうことを防止するために設置する。

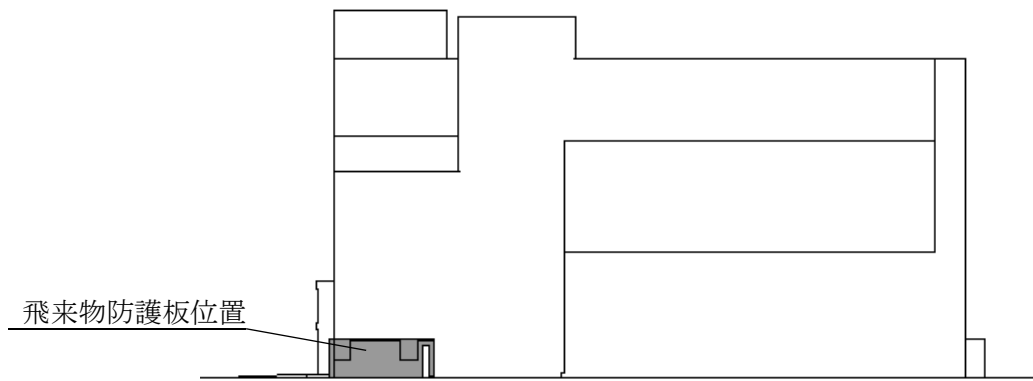
飛来物防護板(AA)の配置及び構造図を第2-1図～第2-6図に示す。

飛来物防護板(AA)は、鉄筋コンクリート造の壁及びスラブで構成されており、竜巻防護対象施設である安全蒸気系設備のLPGボンベを防護するため、既設の安全蒸気ボイラ燃料ボンベA室及びB室の開口部や外壁、スラブを覆うように設置する。

また、飛来物防護板(AA)は、設計飛来物衝突時に設計飛来物が貫通及び裏面剥離が生じない厚さを有するよう設置する。

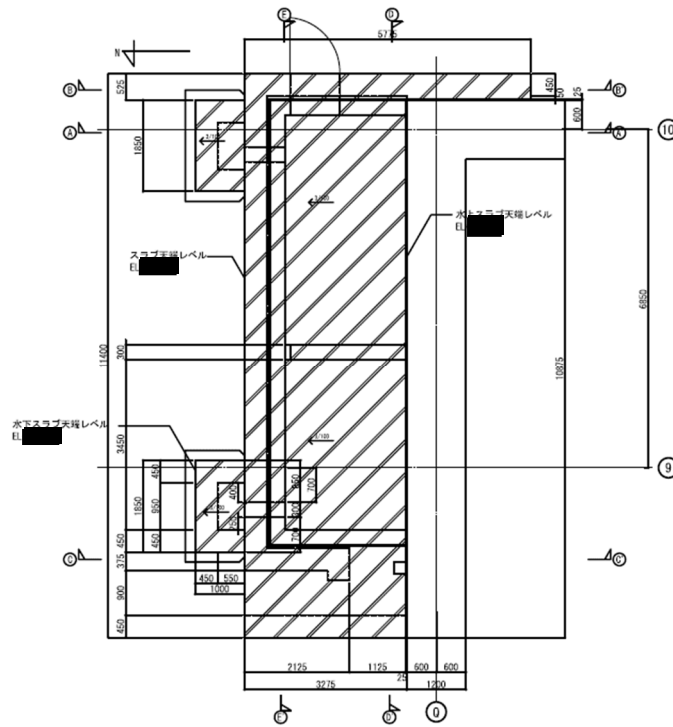


(配置図 (■■■■m~■■■■m))



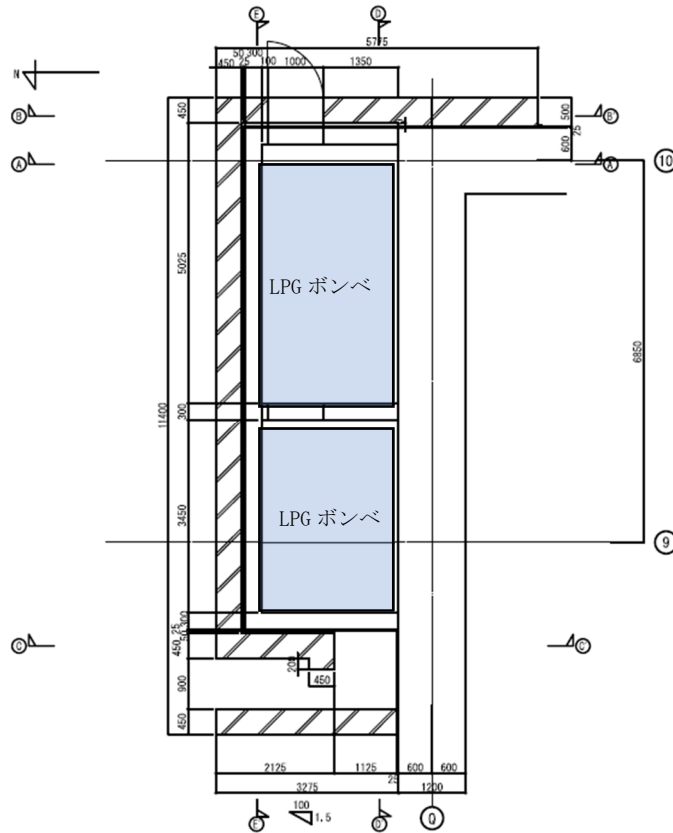
(北立面図)

第2-1図 飛来物防護板(AA)の配置図



: 飛来物防護板

(平面図 EL [redacted])

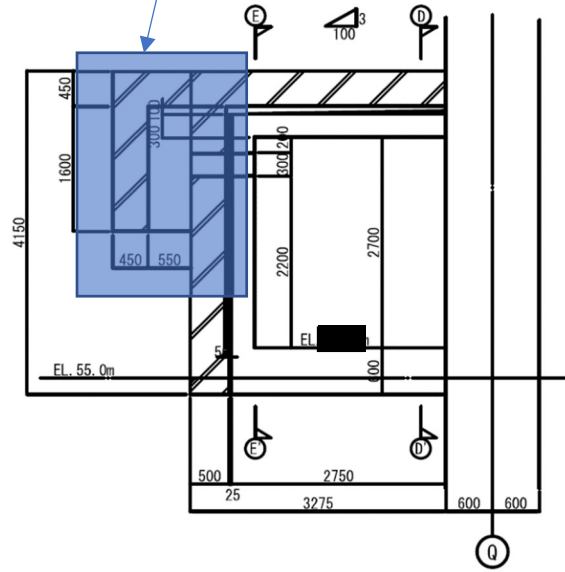


: 飛来物防護板


(平面図 EL [redacted])

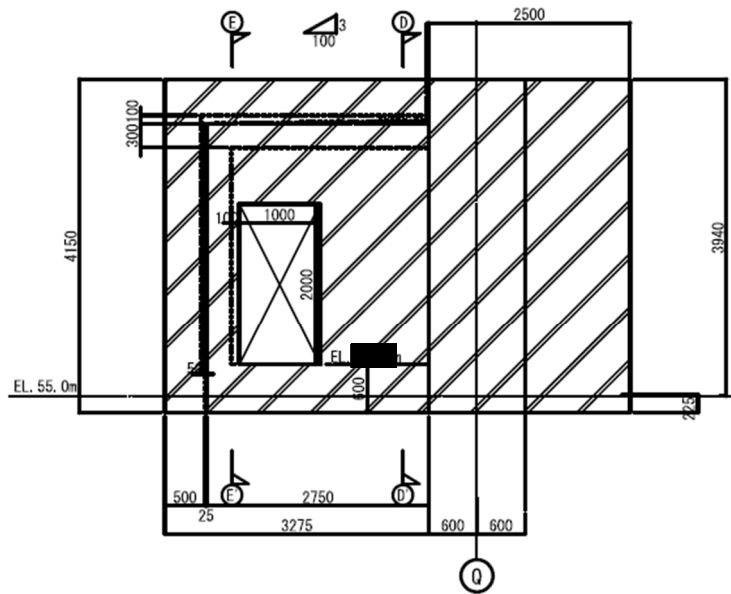
第 2 - 2 図 飛来物防護板(AA)の構造図

フード部(ハッチング部)については、第2-6図のとおり、迷路構造にすることを検討中。

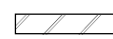


A-A' 矢視図

 : 飛来物防護板

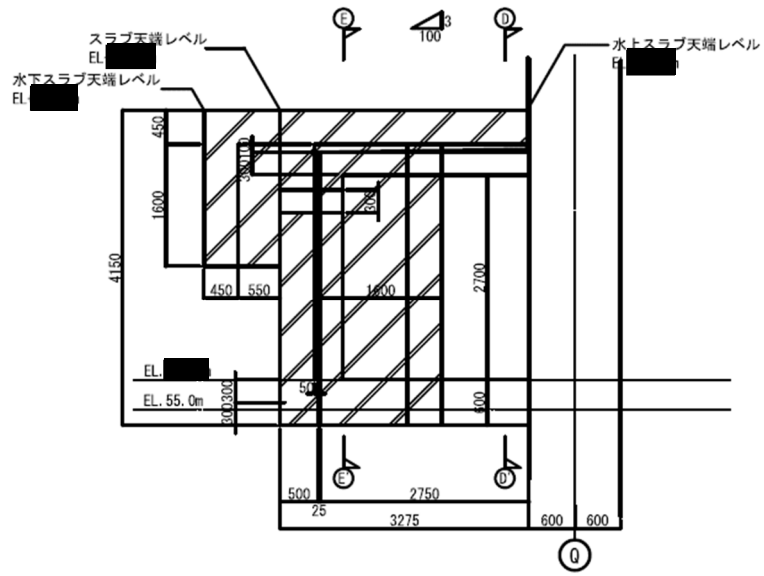


B-B' 矢視図


 : 飛来物防護板

第2-3図 飛来物防護板(AA)の構造図

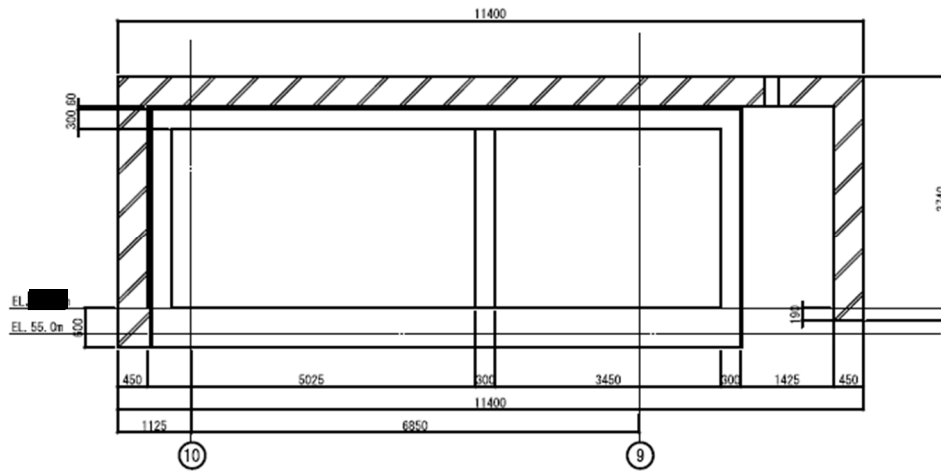
※ : 詳細設計未完了のため、設計完了後最終形の図に差し替える。



C-C' 矢視図

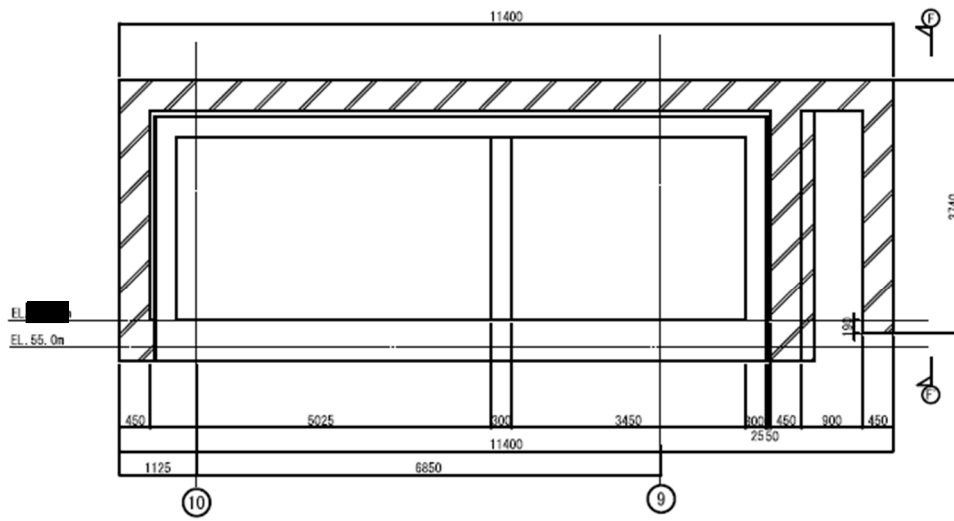
 : 飛来物防護板

第 2 - 4 図 飛来物防護板 (AA) の構造図



D-D' 矢視図

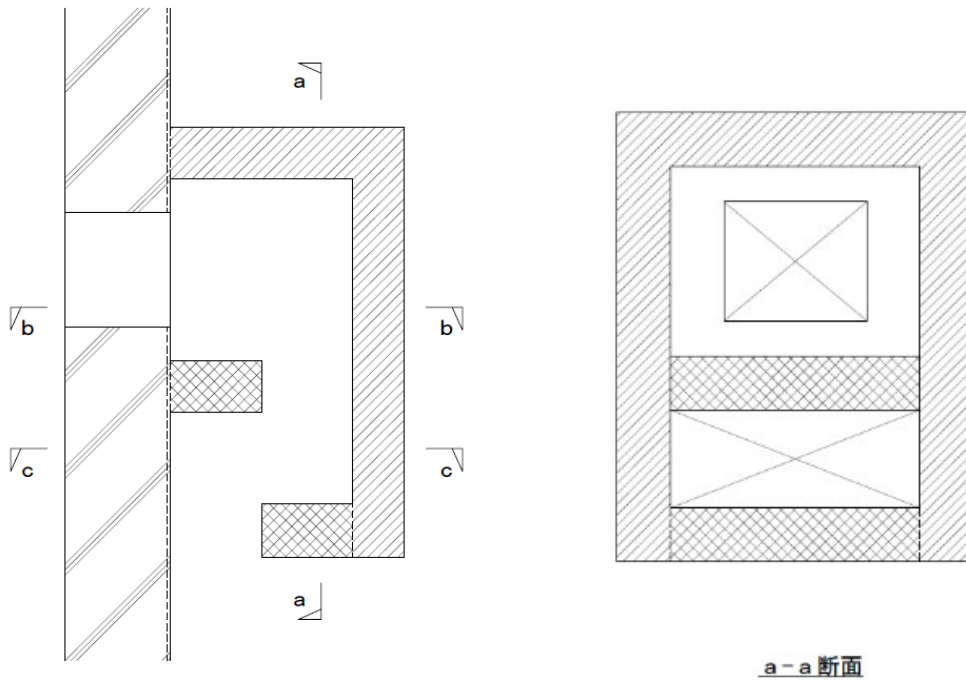
▨ : 飛来物防護板



F-F' 矢視図

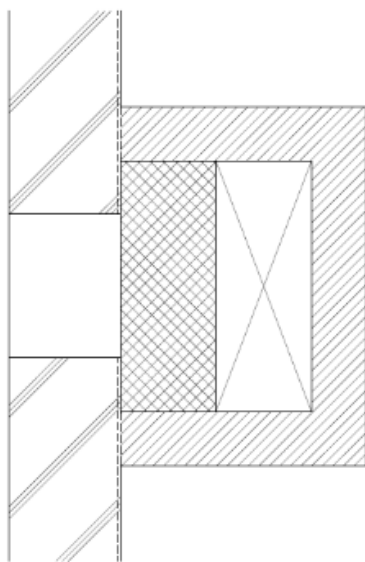
▨ : 飛来物防護板

第 2 - 5 図 飛来物防護板(AA)の構造図

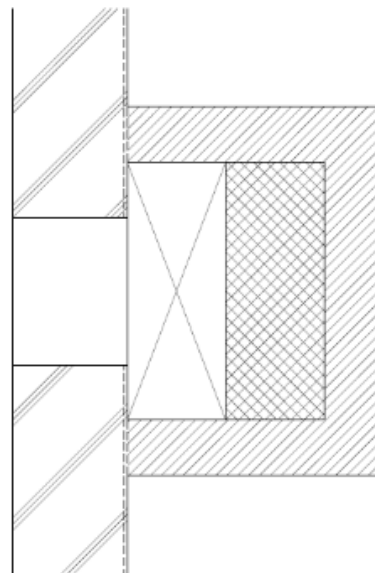


立断面

a-a断面



b-b断面 (平断面)



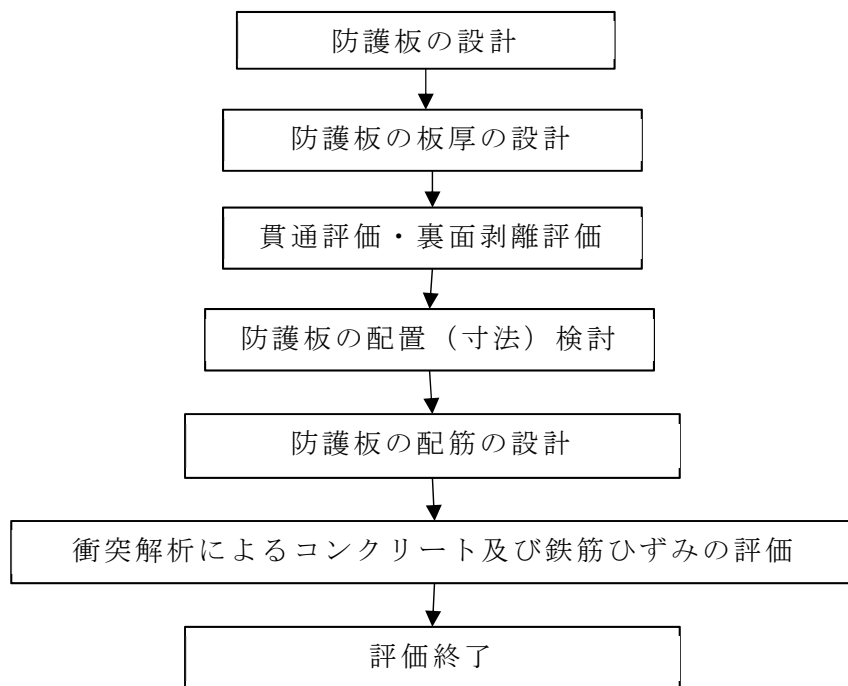
c-c断面 (平断面)

第 2 - 6 図 飛来物防護板 (AA) の迷路構造の概略図※

※：詳細設計未完了のため，設計完了後最終形の図に差し替える。

2.2 飛来物防護板(AA)の設計

飛来物防護板は、飛来物の衝突に対して、貫通及び裏面剥離させない設計とする。飛来物防護板(AA)の設計フローを第2-7図に示す。



第2-7図 飛来物防護板(AA)の設計フロー

a. 飛来物防護板(AA)の設計

飛来物防護板(AA)は,設計飛来物の貫通および設計飛来物の衝突による裏面剥離を防止できる板厚を有する設計とする。設計飛来物の衝突により、コンクリート及び鉄筋に生じるひずみ度が許容限界を超えないよう設計する。

3. 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書における設計方針との整合性について第3-1表のとおり整理した。

第3-1表 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書 記載事項	対応
<p>9.11 竜巻防護対策設備</p> <p>9.11.2 設計方針</p> <p>竜巻防護対策設備の設計に際しては、竜巻防護対象施設が安全機能を損なわないよう、次のような方針で設計する。</p> <p>(1) 飛来物防護板</p> <p>a. 設計飛来物の貫通を防止することができる設計とする。</p> <p>b. 設計荷重(竜巻)に対して支持架構の構造健全性を維持できる設計とする。</p> <p>c. 竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えない設計とする。</p> <p>d. 地震、火山の影響及び外部火災により竜巻防護対象施設に波及的影響を与えない設計とする。</p>	<p>a. c. 項については、添付書類「VI-1-1-1-2-4-2-2-1-1 飛来物防護板(前処理建屋の安全蒸気系設置室)の強度計算書」のとおり、飛来物防護板により飛来物の貫通及び裏面剥離を防止することができることを確認している。また、それにより竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えないことを確認している。</p> <p>b. 項については、飛来物防護板(AA)については支持架構を有していない。</p> <p>d. 項の地震については、添付書類「IV-2-2-2-1-1-13-1 飛来物防護板(前処理建屋の安全蒸気系設置室)の耐震計算書」のとおり、竜巻防護対象施設であるLPGボンベに波及的影響を及ぼさないことを確認している。</p> <p>火山の影響については、添付書類「VI-1-1-1-4-4-2-4-6 飛来物防護板(前処理建屋の安全蒸気系設置室)の強度計算書」に示すとおり、火山の影響により飛来物防護板(AA)が脱落し、竜巻防護対象施設であるLPGボンベに波及的影響を与えないことを確認している。</p> <p>外部火災については、対象としていない。</p>

令和 5 年 11 月 30 日 R0

別紙-9

飛来物防護板(精製建屋 非常用所内電源系統及び計測
制御系統施設設置室 A, B)の構造及び評価について

目 次

1. 概要	1
2. 飛来物防護板(AC)の構造について	1
2.1 飛来物防護板(AC)の概要	1
2.2 飛来物防護板(AC)の設計	4
3. 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について	6

1. 概要

本資料は、飛来物防護板(精製建屋 非常用所内電源系統及び計測制御系統施設設置室 A, B) (以下,「飛来物防護板(AC)」という。)の構造及び評価の考え方を補足説明するものである。

2. 飛来物防護板(AC)の構造について

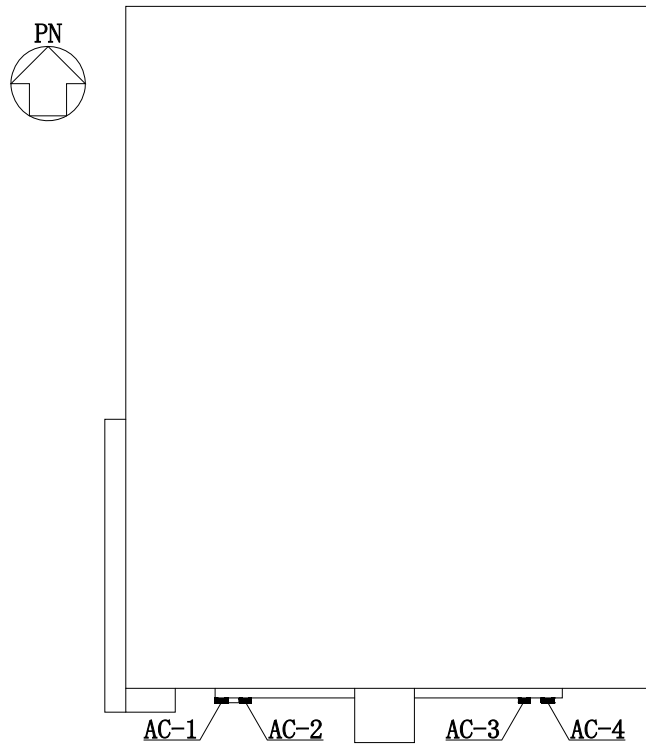
2.1 飛来物防護板(AC)の概要

飛来物防護板(AC)は、設計飛来物が非常用所内電源系統及び計測制御系設備に衝突することにより,安全機能を損なうことを防止するために設置する。

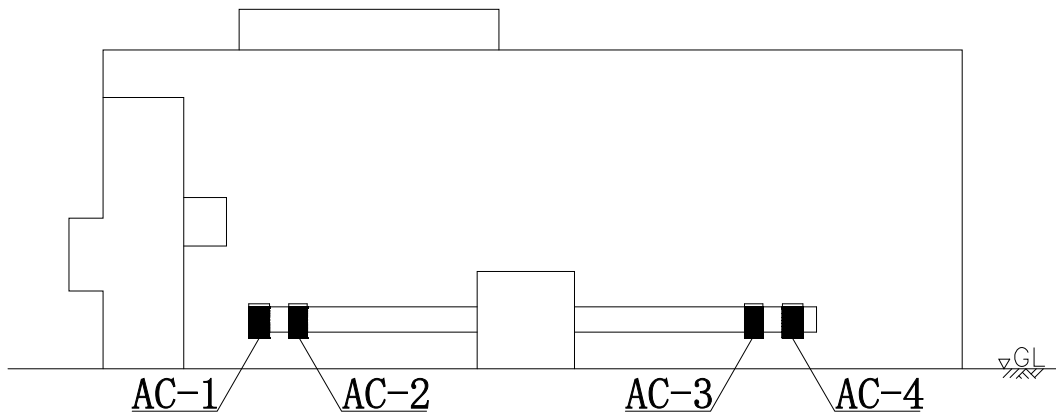
飛来物防護板(AC)の配置及び構造図を第 2 - 1 図～第 2 - 2 図に示す。

飛来物防護板(AC)は、鉄筋コンクリート板を支えるため建屋外壁に設けたアンカー筋で支持し,鉄筋コンクリート造の壁及びスラブで構成されており,竜巻防護対象施設である非常用所内電源系統及び計測制御系設備を防護するため,非常用所内電源系統及び計測制御系設備設置室 A, B の開口部の上方及び側面を覆うように設置する。

また,飛来物防護板(AC)は,設計飛来物衝突時に設計飛来物が貫通及び裏面剥離が生じない厚さを有するよう設置する。



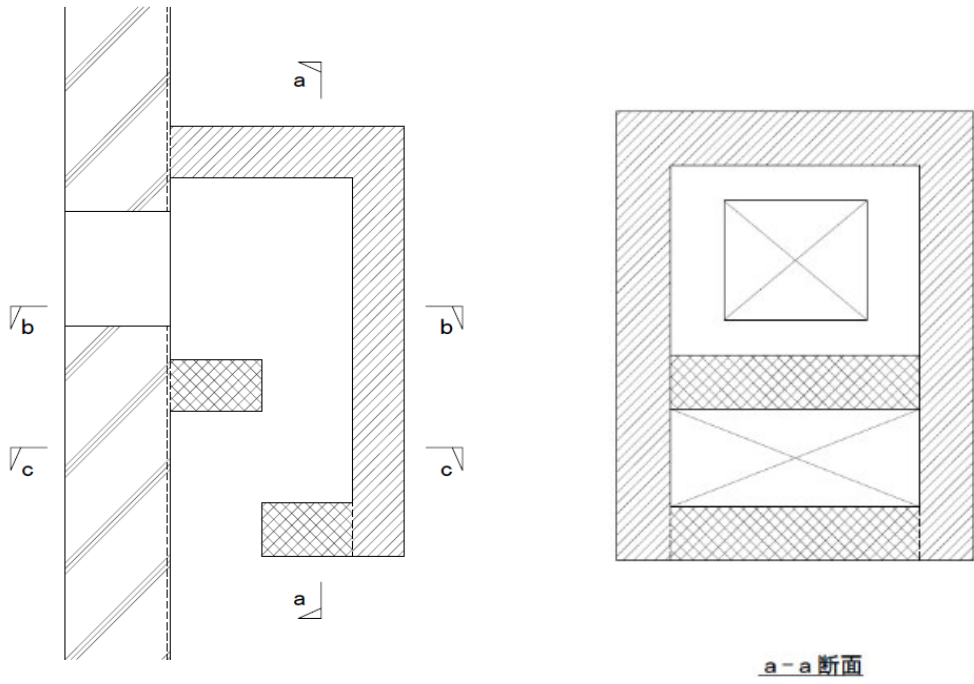
(配置図)



(南立面図)

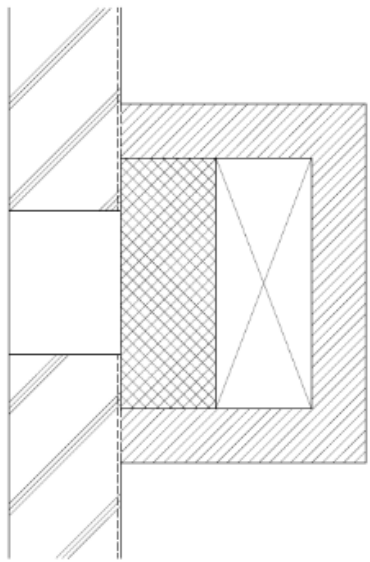
※東西対象であるため、西側の AC-1 及び AC-2 について示す。

第 2 - 1 図 飛来物防護板 (AC) の構造概要図

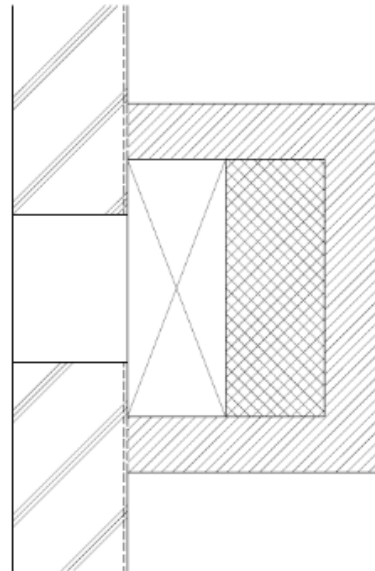


立断面

a-a断面



b-b断面 (平断面)



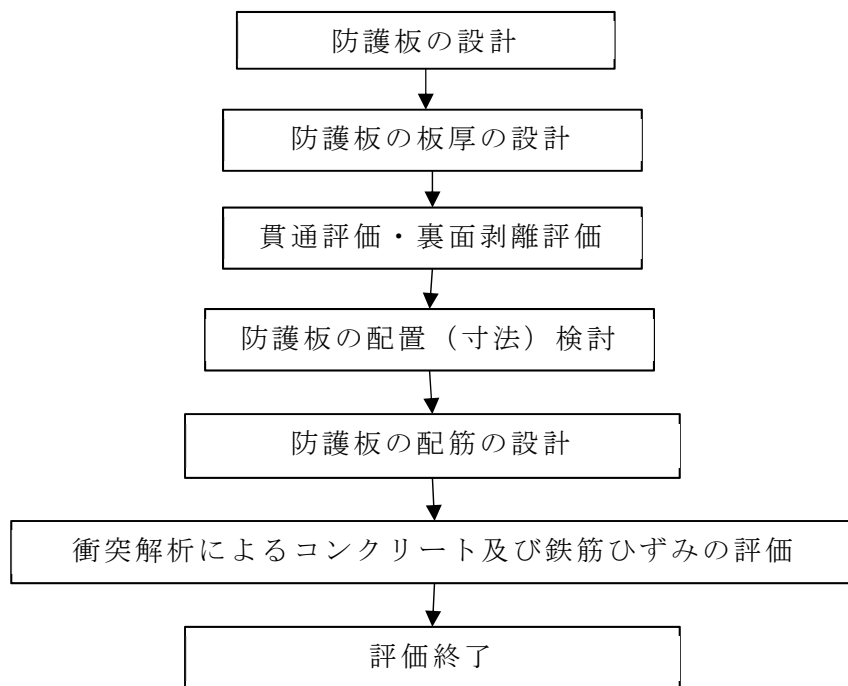
c-c断面 (平断面)

第 2 - 2 図 飛来物防護板(AC)の概要図*

※：詳細設計未完了のため，設計完了後最終形の図に差し替える。

2.2 飛来物防護板(AC)の設計

飛来物防護板は、飛来物の衝突に対して、貫通及び裏面剥離させない設計とする。飛来物防護板(AC)の設計フローを第2-3図に示す。



第2-3図 飛来物防護板(AC)の設計フロー

a. 飛来物防護板(AC)の設計

飛来物防護板(AC)は,設計飛来物の貫通および設計飛来物の衝突による裏面剥離を防止できる板厚を有する設計とする。設計飛来物の衝突により、コンクリート及び鉄筋に生じるひずみ度が許容限界を超えないよう設計する。

3. 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書における設計方針との整合性について第3-1表のとおり整理した。

第3-1表 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書 記載事項	対応
<p>9.11 竜巻防護対策設備</p> <p>9.11.2 設計方針</p> <p>竜巻防護対策設備の設計に際しては、竜巻防護対象施設が安全機能を損なわないよう、次のような方針で設計する。</p> <p>(1) 飛来物防護板</p> <p>a. 設計飛来物の貫通を防止することができる設計とする。</p> <p>b. 設計荷重(竜巻)に対して支持架構の構造健全性を維持できる設計とする。</p> <p>c. 竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えない設計とする。</p> <p>d. 地震、火山の影響及び外部火災により竜巻防護対象施設に波及的影響を与えない設計とする。</p>	<p>a. c. 項については、添付書類「VI-1-1-1-2-4-2-2-1-2 飛来物防護板(精製建屋 非常用所内電源系統及び計測制御系統施設設置室 A, B)の強度計算書」のとおり、飛来物防護板により飛来物の貫通及び裏面剥離を防止することができることを確認している。また、それにより竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えないことを確認している。</p> <p>b. 項については、飛来物防護板(AC)については支持架構を有していない。</p> <p>d. 項については、地震、火山の影響及び外部火災により飛来物防護板(AC)が脱落等し、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えるような位置関係ではないため、対象としていない。</p>

令和5年11月30日 R0

別紙-10

飛来物防護板(制御建屋 中央制御室換気設備設置室)
の構造及び評価について

目 次

1. 概要	1
2. 飛来物防護板 (AG) の構造について	1
2.1 飛来物防護板 (AG) の概要	1
2.2 飛来物防護板 (AG) の設計	4
3. 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について	6

1. 概要

本資料は、飛来物防護板(制御建屋 中央制御換気設備設置室) (以下、「飛来物防護板(AG)」という。)の構造及び評価の考え方を補足説明するものである。

2. 飛来物防護板(AG)の構造について

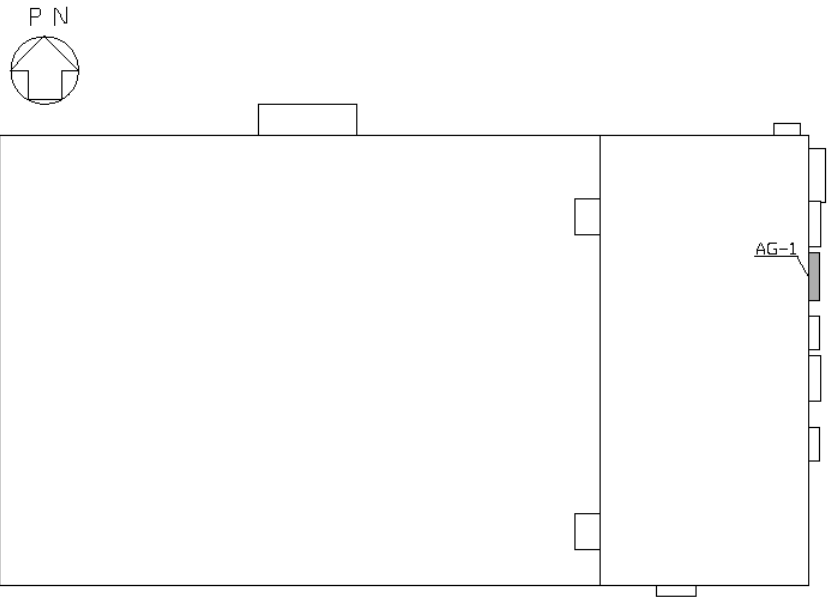
2.1 飛来物防護板(AG)の概要

飛来物防護板(AG)は、設計飛来物が中央制御室換気設備に衝突することにより、安全機能を損なうことを防止するために設置する。

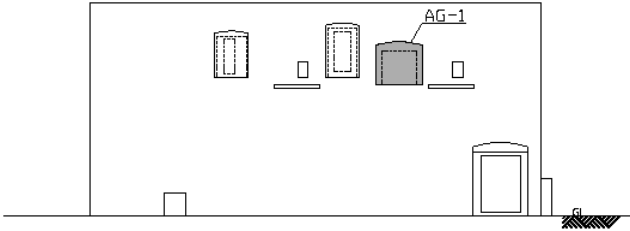
飛来物防護板(AG)の配置及び構造図を第2-1図～第2-2図に示す。

飛来物防護板(AG)は、鉄筋コンクリート板を支えるため建屋外壁に設けたアンカー筋で支持し、鉄筋コンクリート造の壁及びスラブで構成されており、竜巻防護対象施設である中央制御室換気設備を防護するため、中央制御室換気設備設置室の開口部の上方及び側面を覆うように設置する。

また、飛来物防護板(AG)は、設計飛来物衝突時に設計飛来物が貫通及び裏面剥離が生じない厚さを有するよう設置する。

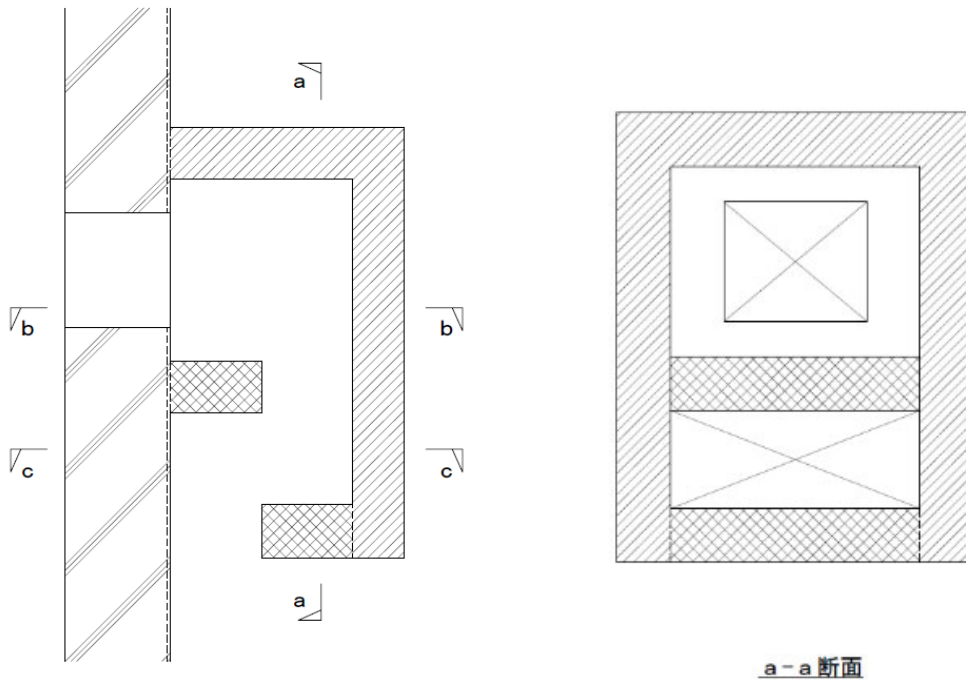


(配置図)



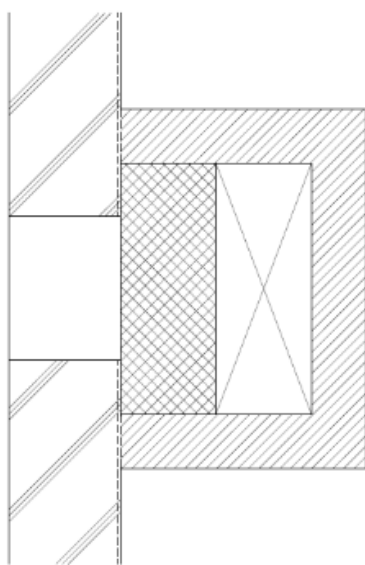
(東立面図)

第 2 - 1 図 飛来物防護板 (AG) の構造概要図

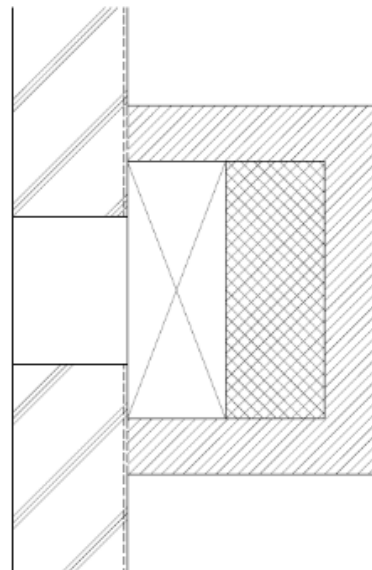


立断面

a-a断面



b-b断面 (平断面)



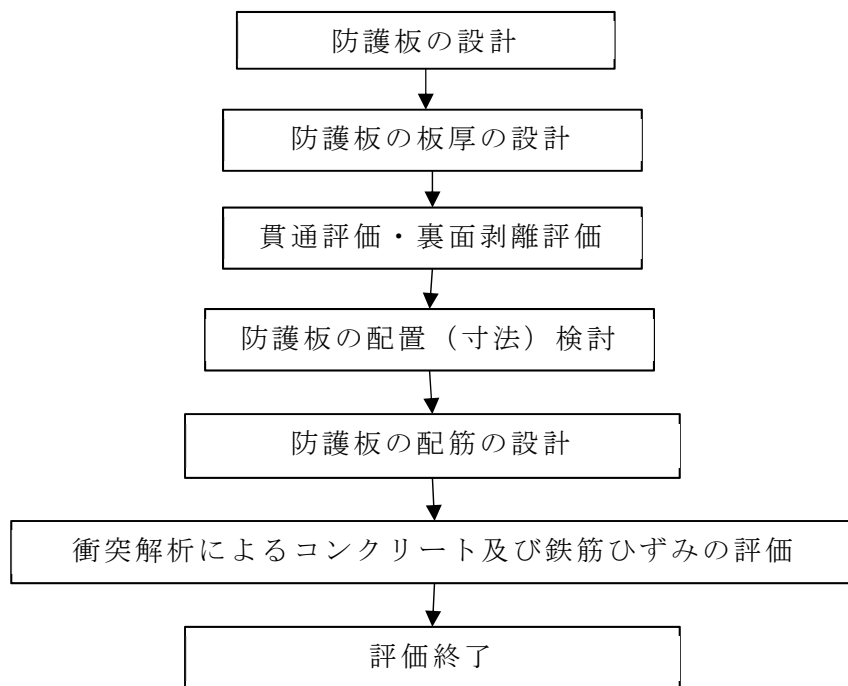
c-c断面 (平断面)

第 2 - 2 図 飛来物防護板 (AG) の概要図*

※：詳細設計未完了のため，設計完了後最終形の図に差し替える。

2.2 飛来物防護板 (AG) の設計

飛来物防護板は、飛来物の衝突に対して、貫通及び裏面剥離させない設計とする。飛来物防護板 (AG) の設計フローを第 2 - 3 図に示す。



第 2 - 3 図 飛来物防護板 (AG) の設計フロー

a. 飛来物防護板 (AG) の設計

飛来物防護板 (AG) は, 設計飛来物の貫通および設計飛来物の衝突による裏面剥離を防止できる板厚を有する設計とする。設計飛来物の衝突により、コンクリート及び鉄筋に生じるひずみ度が許容限界を超えないよう設計する。

3. 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書における設計方針との整合性について第3-1表のとおり整理した。

第3-1表 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書 記載事項	対応
<p>9.11 竜巻防護対策設備</p> <p>9.11.2 設計方針</p> <p>竜巻防護対策設備の設計に際しては、竜巻防護対象施設が安全機能を損なわないよう、次のような方針で設計する。</p> <p>(1) 飛来物防護板</p> <p>a. 設計飛来物の貫通を防止することができる設計とする。</p> <p>b. 設計荷重(竜巻)に対して支持架構の構造健全性を維持できる設計とする。</p> <p>c. 竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えない設計とする。</p> <p>d. 地震、火山の影響及び外部火災により竜巻防護対象施設に波及的影響を与えない設計とする。</p>	<p>a. c. 項については、添付書類「VI-1-1-1-2-4-2-2-1-3 飛来物防護板(制御建屋 中央制御室換気設備設置室)の強度計算書」のとおり、飛来物防護板により飛来物の貫通及び裏面剥離を防止することができることを確認している。また、それにより竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えないことを確認している。</p> <p>b. 項については、飛来物防護板(AG)については支持架構を有していない。</p> <p>d. 項については、地震、火山の影響及び外部火災により飛来物防護板(AG)が脱落等し、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えるような位置関係ではないため、対象としていない。</p>

令和5年11月30日 R0

別紙-11

飛来物防護板(第1 ガラス固化体貯蔵建屋 床面走行ク
レーン 遮蔽容器設置室)の構造及び評価について

目 次

1. 概要	1
2. 飛来物防護板(KB)の構造について	1
2.1 飛来物防護板(KB)の概要	1
2.2 飛来物防護板(KB)の設計	5
3. 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について	7

1. 概要

本資料は、飛来物防護板(第1 ガラス固化体貯蔵建屋 床面走行クレーン 遮蔽容器設置室) (以下、「飛来物防護板(KB)」という。)の構造及び評価の考え方を補足説明するものである。

2. 飛来物防護板(KB)の構造について

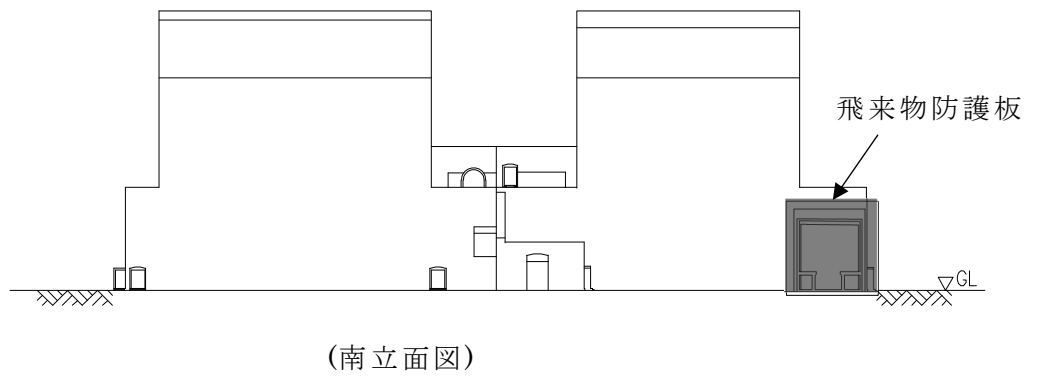
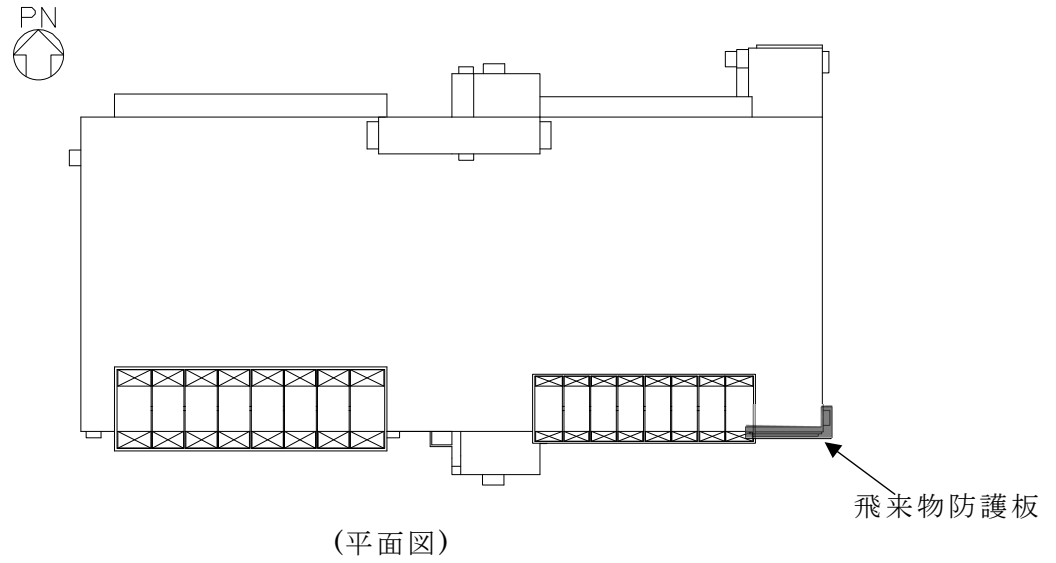
2.1 飛来物防護板(KB)の概要

飛来物防護板(KB)は、設計飛来物が床面走行クレーンに衝突することにより、安全機能を損なうことを防止するために設置する。

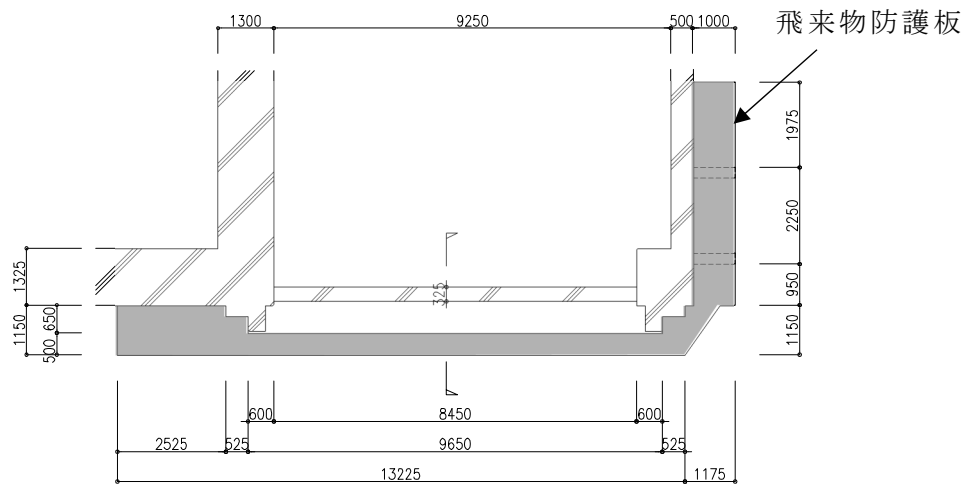
飛来物防護板(KB)の配置及び構造図を第2-1図～第2-3図に示す。

飛来物防護板(KB)は、鉄筋コンクリート板を支えるため建屋外壁に設けたアンカー筋で支持し、鉄筋コンクリート造の壁及びスラブで構成されており、竜巻防護対象施設である床面走行クレーンを防護するため、床面走行クレーン遮蔽容器設置室の開口部の上方及び側面を覆うように設置する。

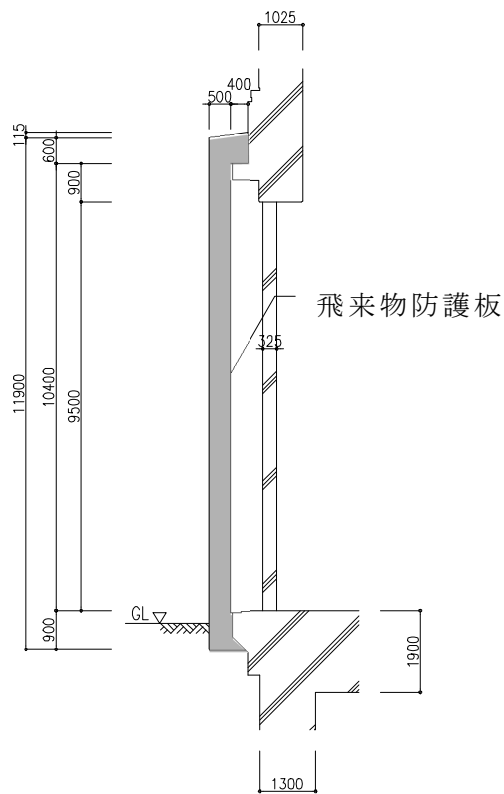
また、飛来物防護板(KB)は、設計飛来物衝突時に設計飛来物が貫通及び裏面剥離が生じない厚さを有するよう設置する。



第 2 - 1 図 飛来物防護板(KB)の概要図

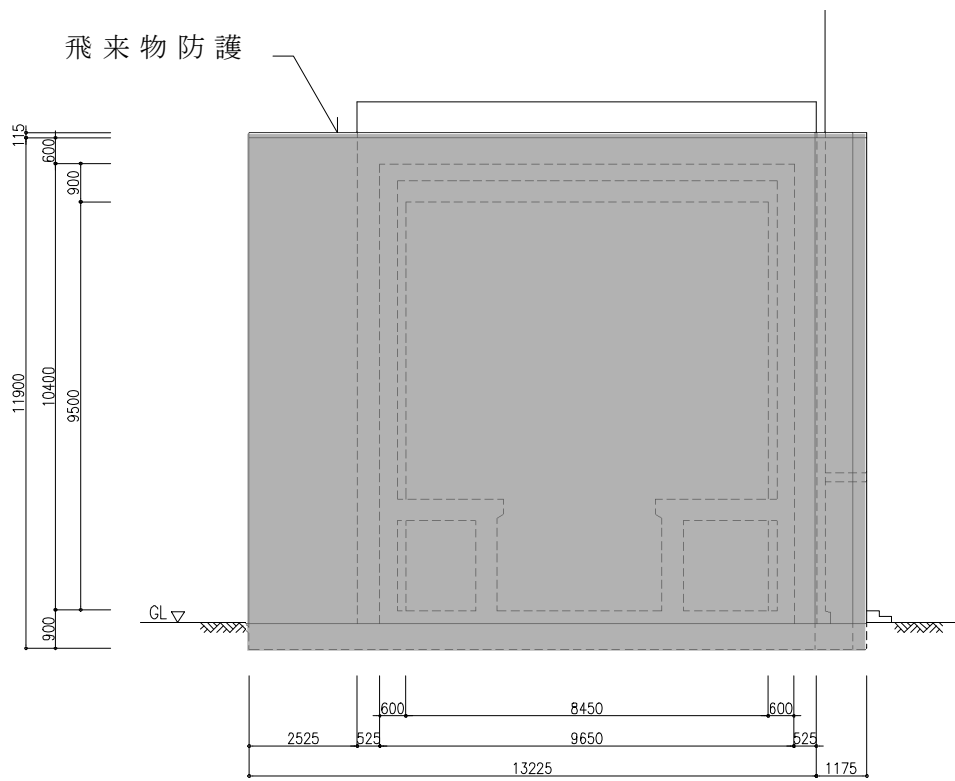


(平面図)



(断面図)

第 2 - 2 図 飛来物防護板 (KB) の構造図

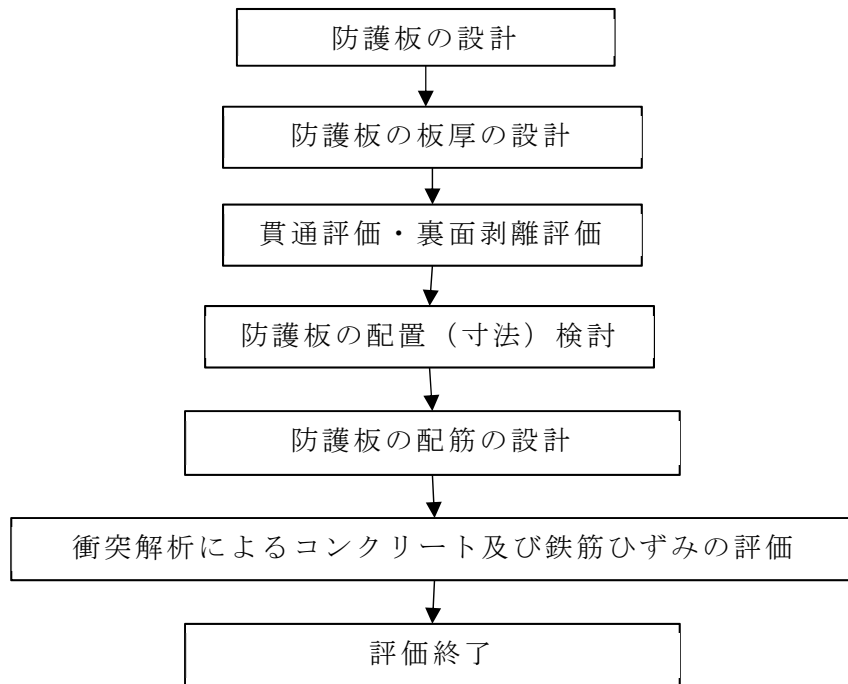


(立面図)

第 2 - 3 図 飛来物防護板 (KB) の構造図

2.2 飛来物防護板(KB)の設計

飛来物防護板は、飛来物の衝突に対して、貫通及び裏面剥離させない設計とする。飛来物防護板(KB)の設計フローを第2-4図に示す。



第2-4図 飛来物防護板(KB)の設計フロー

a. 飛来物防護板(KB)の設計

飛来物防護板(KB)は,設計飛来物の貫通および設計飛来物の衝突による裏面剥離を防止できる板厚を有する設計とする。設計飛来物の衝突により、コンクリート及び鉄筋に生じるひずみ度が許容限界を超えないよう設計する。

3. 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書における設計方針との整合性について第3-1表のとおり整理した。

第3-1表 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書 記載事項	対応
<p>9.11 竜巻防護対策設備</p> <p>9.11.2 設計方針</p> <p>竜巻防護対策設備の設計に際しては、竜巻防護対象施設が安全機能を損なわないよう、次のような方針で設計する。</p> <p>(1) 飛来物防護板</p> <p>a. 設計飛来物の貫通を防止することができる設計とする。</p> <p>b. 設計荷重(竜巻)に対して支持架構の構造健全性を維持できる設計とする。</p> <p>c. 竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えない設計とする。</p> <p>d. 地震、火山の影響及び外部火災により竜巻防護対象施設に波及的影響を与えない設計とする。</p>	<p>a. c. 項については、添付書類「VI-1-1-1-2-4-2-2-1-4 飛来物防護板(第1ガラス固化体貯蔵建屋 床面走行クレーン 遮蔽容器設置室)の強度計算書」のとおり、飛来物防護板により飛来物の貫通及び裏面剥離を防止することができることを確認している。また、それにより竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えないことを確認している。</p> <p>b. 項については、飛来物防護板(KB)については支持架構を有していない。</p> <p>d. 項については、地震、火山の影響及び外部火災により飛来物防護板(KB)が脱落等し、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えるような位置関係ではないため、対象としていない。</p>

令和5年11月30日 R0

別紙-12

飛来物防護板(非常用電源建屋 第2非常用ディーゼル
発電機及び非常用所内電源系統設置室 A北ブロッ
ク, A南ブロック, B北ブロック, B南ブロック)
の構造及び評価について

目 次

1. 概要	1
2. 飛来物防護板（GA）の構造について	1
2.1 飛来物防護板（GA）の概要	1
2.2 飛来物防護板（GA）の設計	10
3. 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について	12

1. 概要

本資料は、飛来物防護板(非常用電源建屋 第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室 A北ブロック, A南ブロック, B北ブロック, B南ブロック)(以下,「飛来物防護板(GA)」という。)の構造及び評価の考え方を補足説明するものである。

2. 飛来物防護板(GA)の構造について

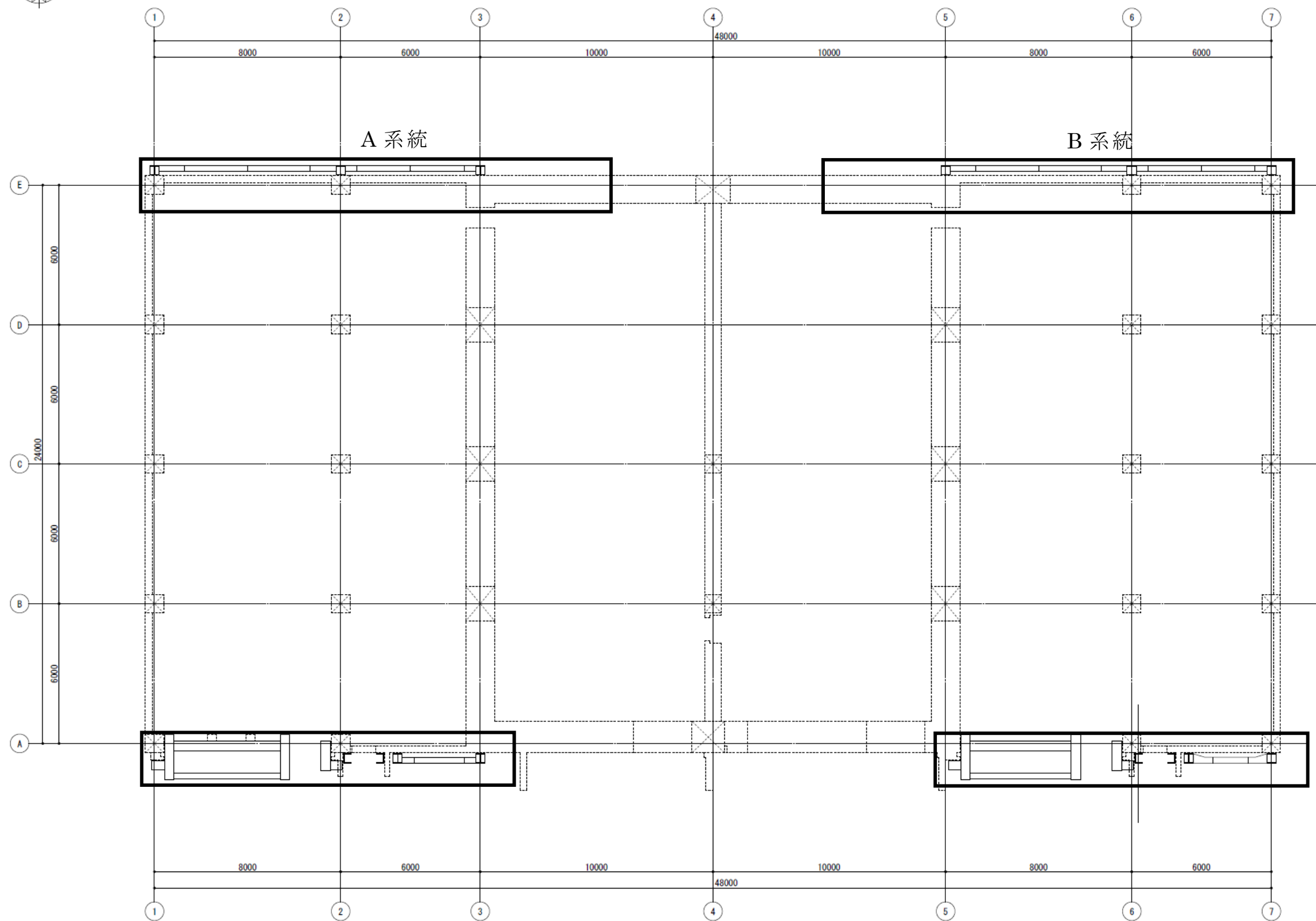
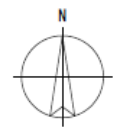
2.1 飛来物防護板(GA)の概要

飛来物防護板(GA)は,設計飛来物が第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統に衝突することにより,安全機能を損なうことを防止するために設置する。


飛来物防護板(GA)の配置及び構造図を第2-1図～第2-9図に示す。

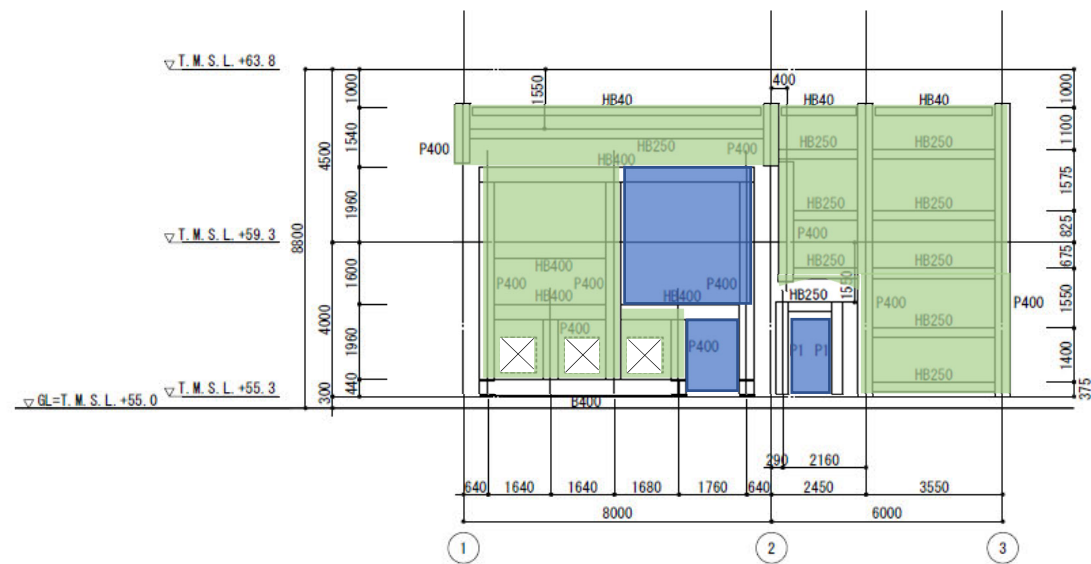
飛来物防護板(GA)は,鋼板とそれを支える支持架構で構成されており,竜巻防護対象施設である第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統を防護するため,第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室の開口部や外壁を覆うように設置する。

また,飛来物防護板(GA)は,設計飛来物衝突時に設計飛来物の貫通が生じない厚さを有するよう設置する。

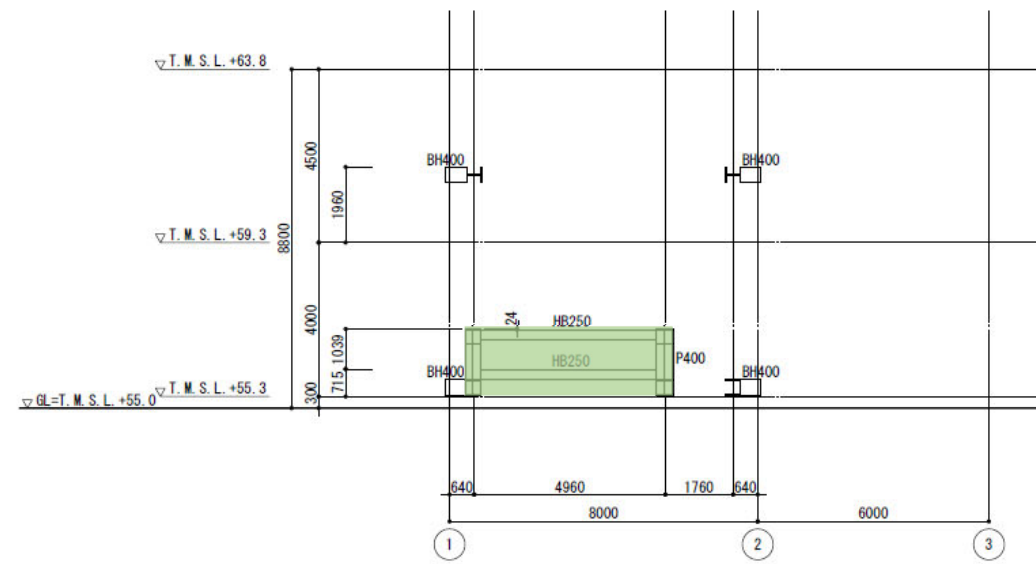


第 2 - 1 図 飛来物防護板 (GA) の設置位置

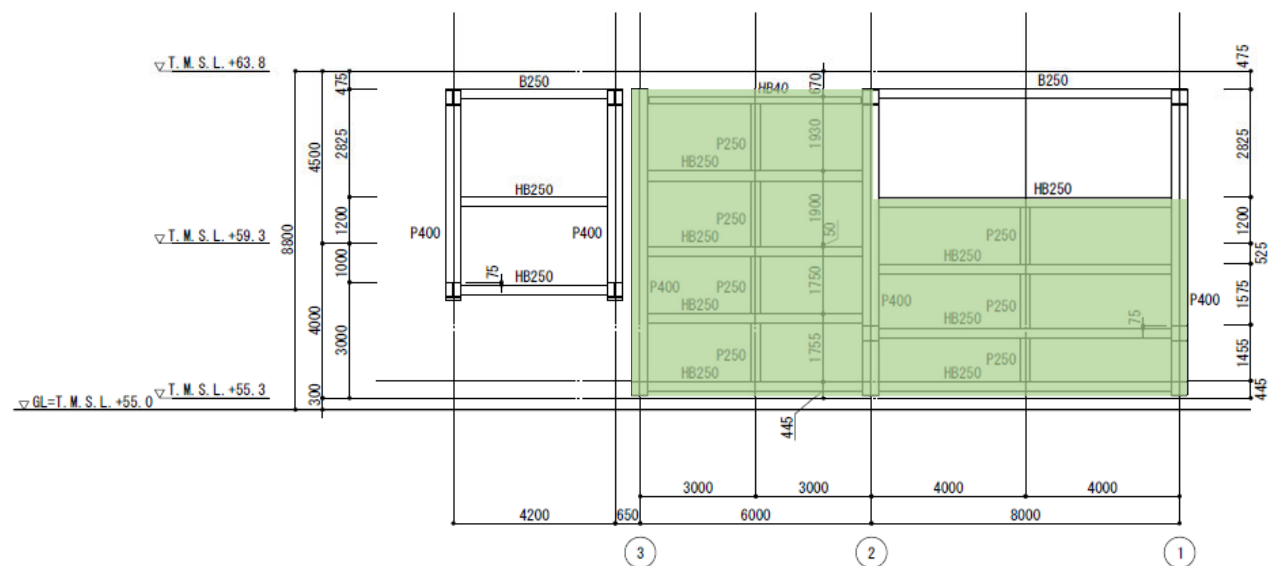
 : 飛来物防護板設置位置を示す。



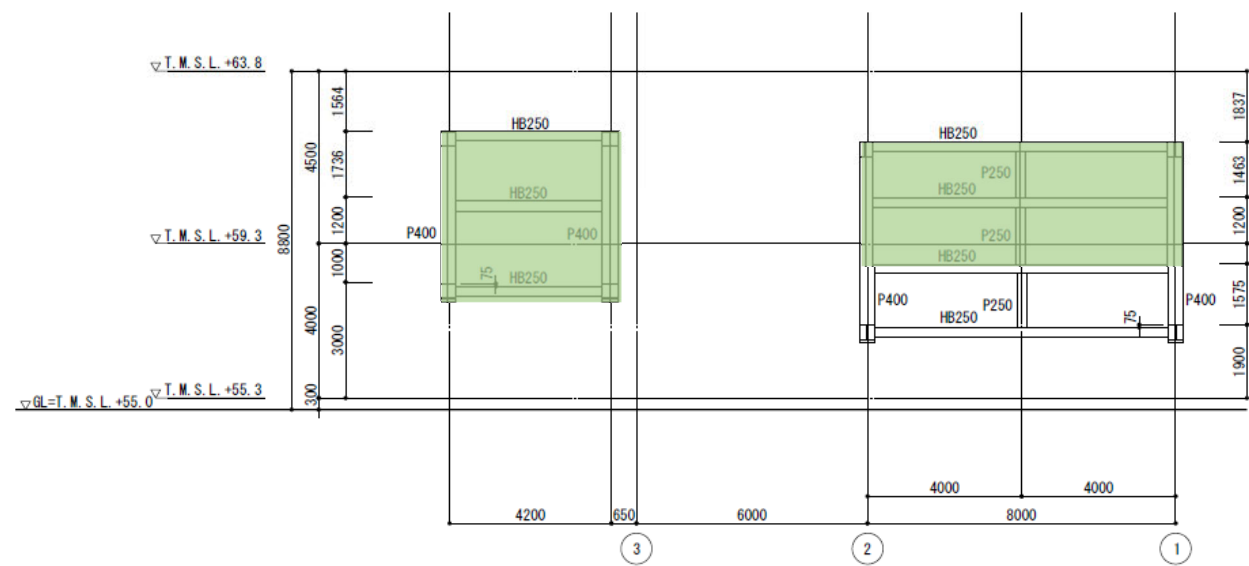
④ 通り-640~110軸組図



④ 通り-1319~940軸組図



⑤ 通り+640軸組図

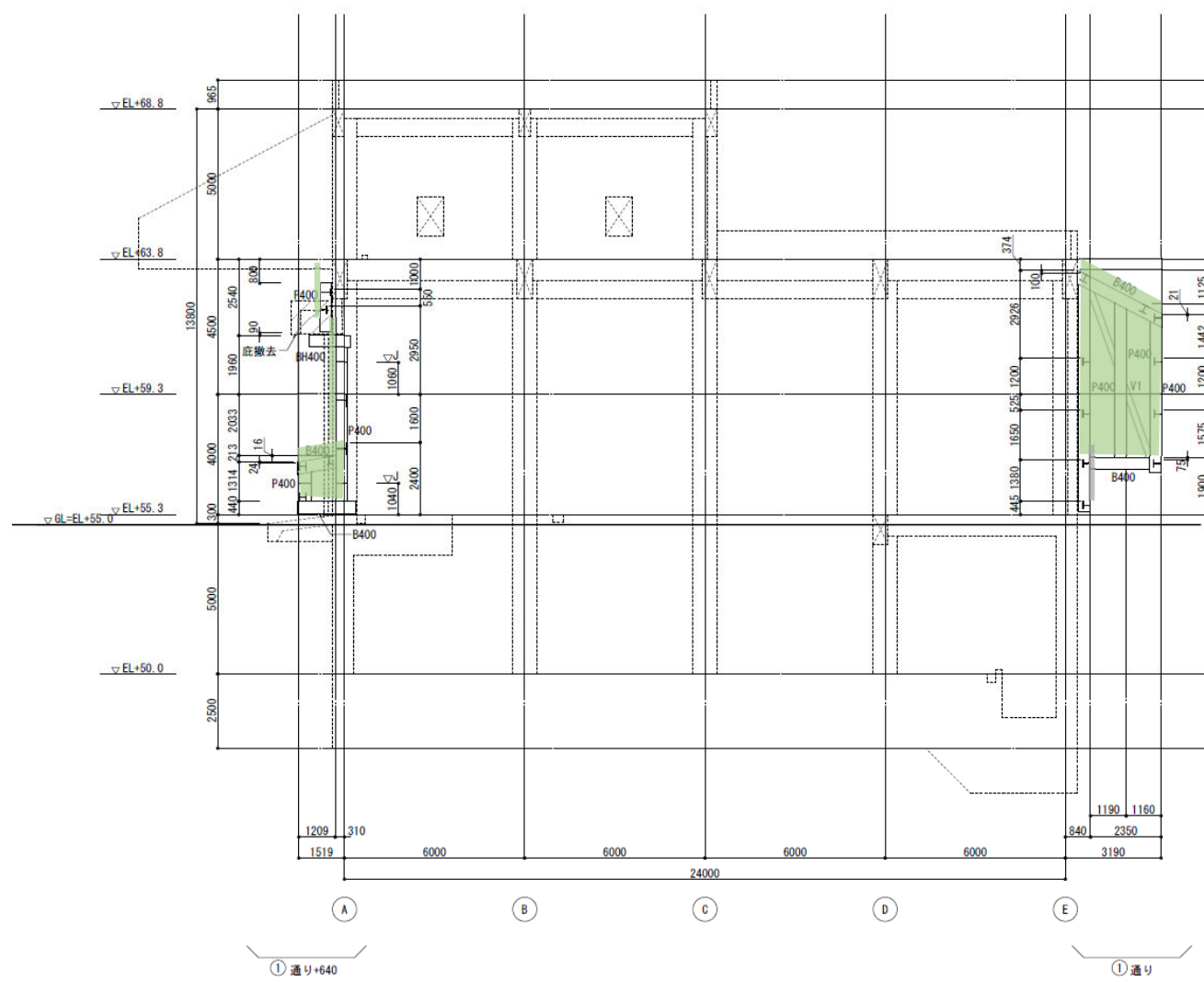


⑤ 通り+2250~+2990軸組図

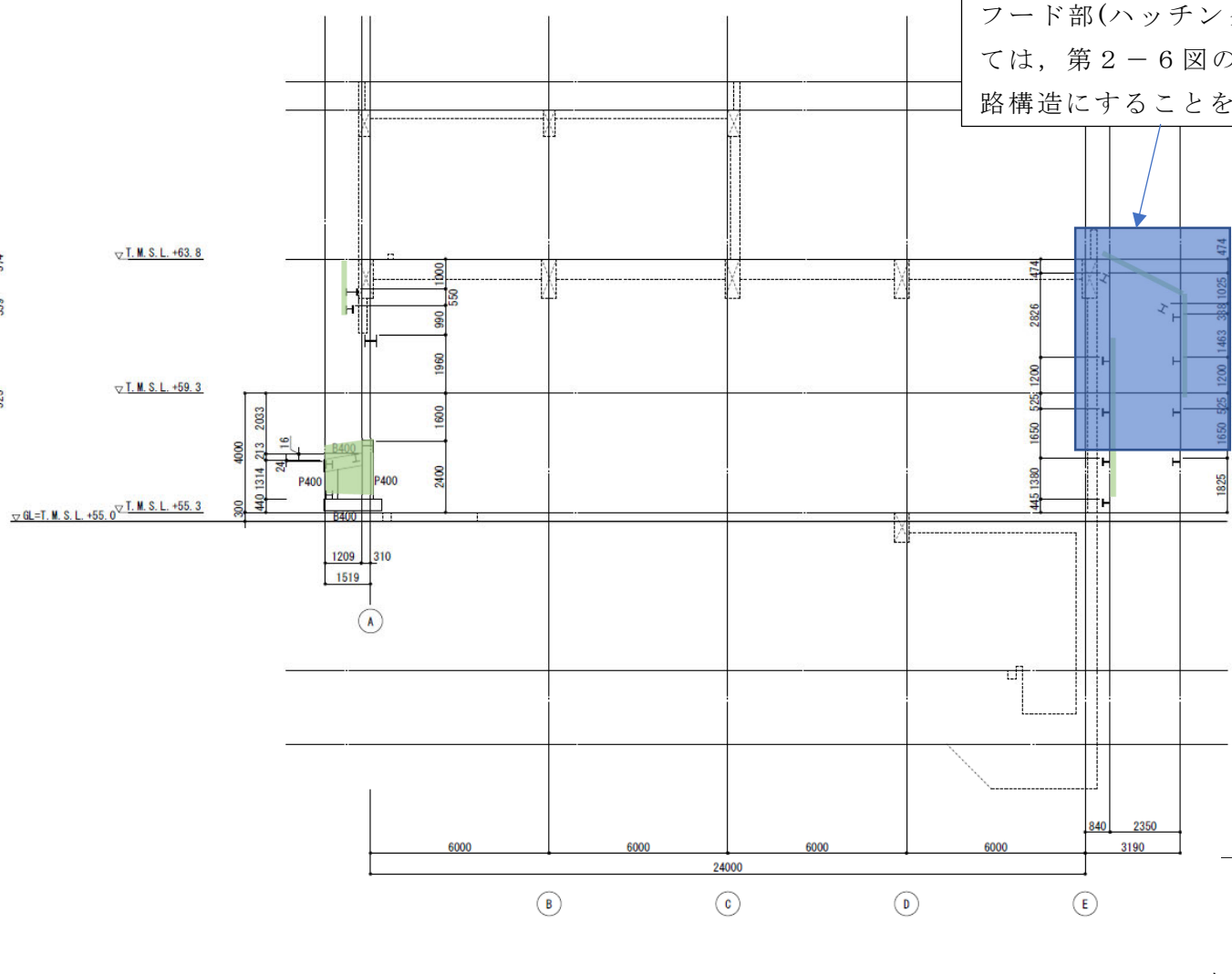
: 飛来物防護板
 : 扉

注記：図は A 系統を示す。(B 系統も同様)

第 2 - 2 図 飛来物防護板 (GA) の構造概要図

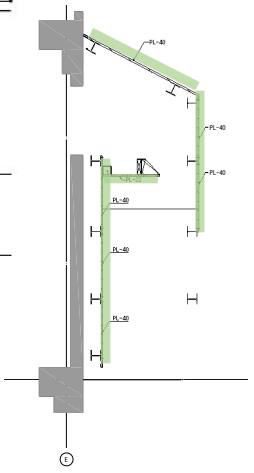


①通り~①通り+640軸組図



①通り+5600軸組図

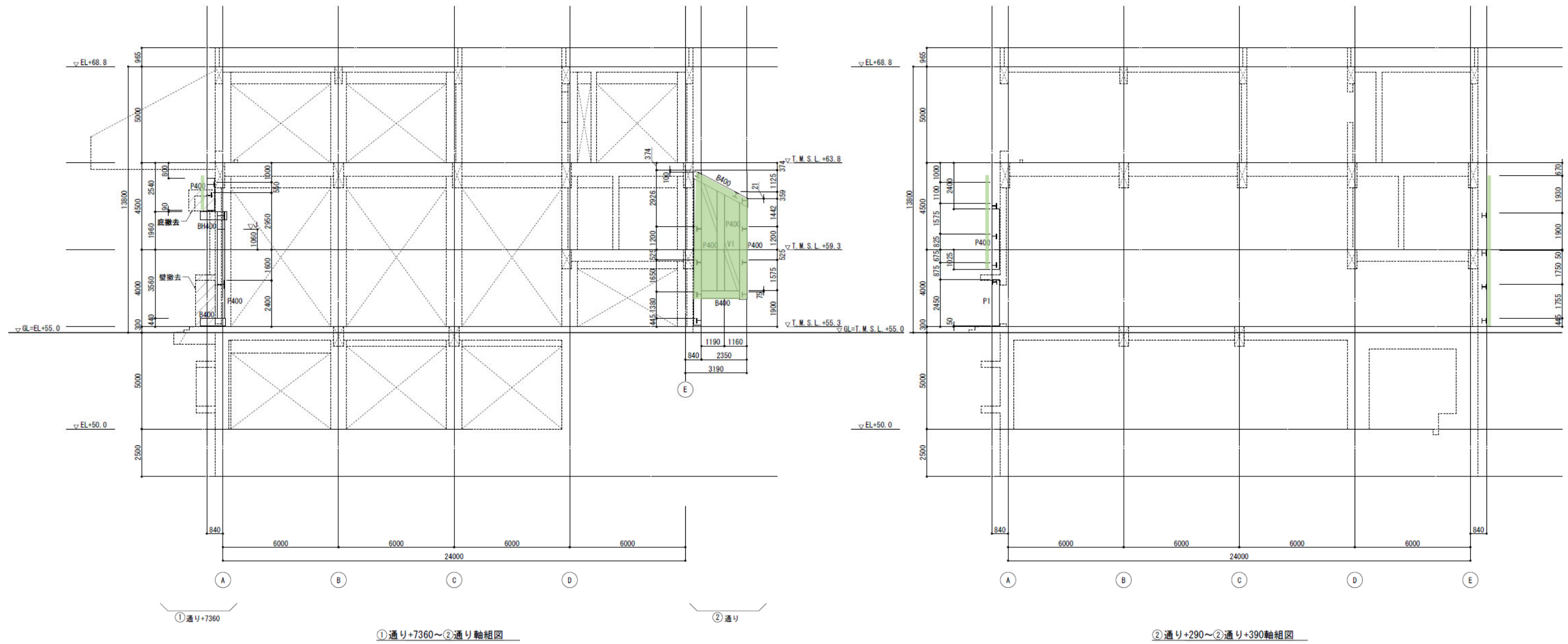
フード部(ハッチング部)については、第2-6図のとおり、迷路構造にすることを検討中。



迷路構造の概略図

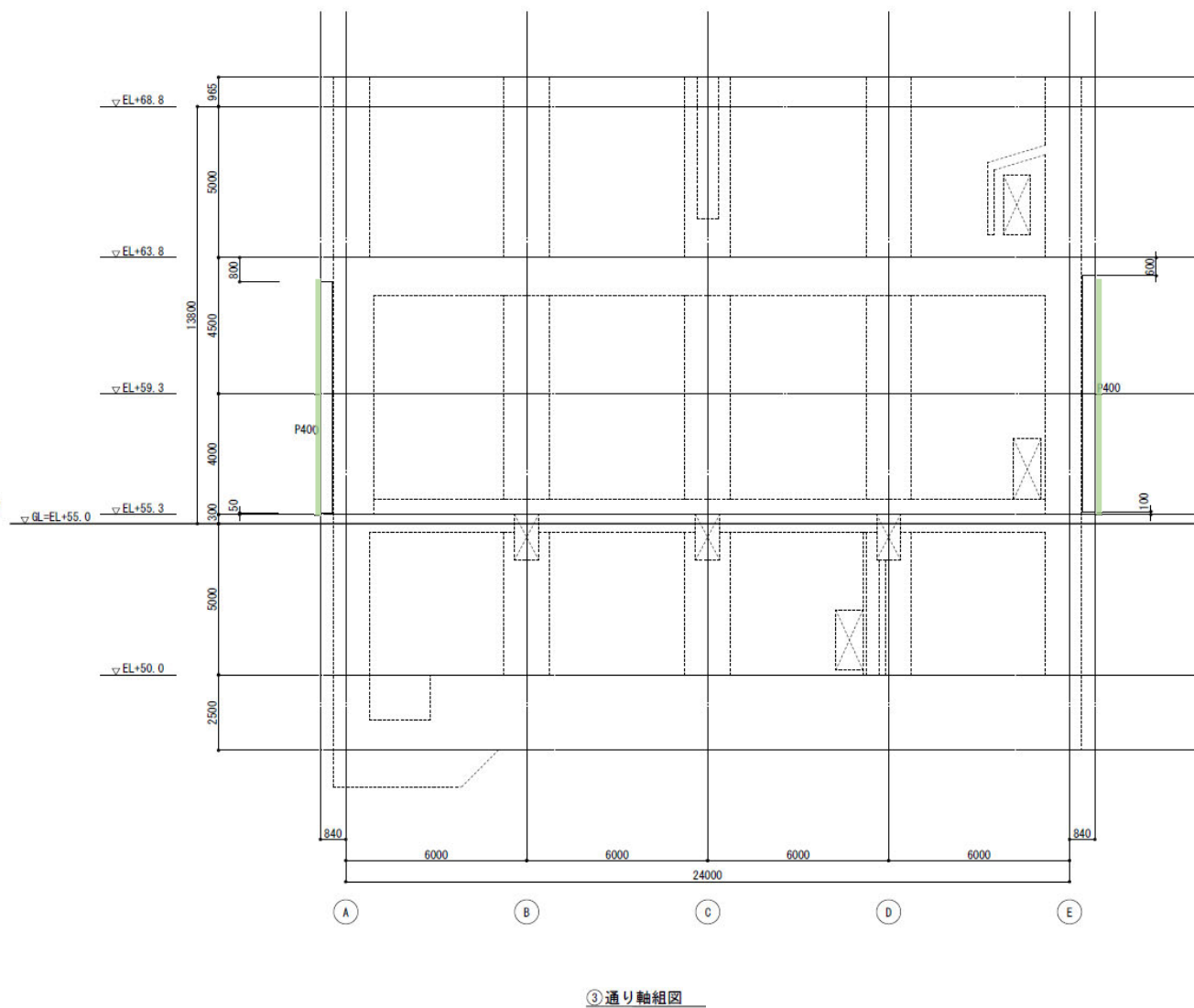
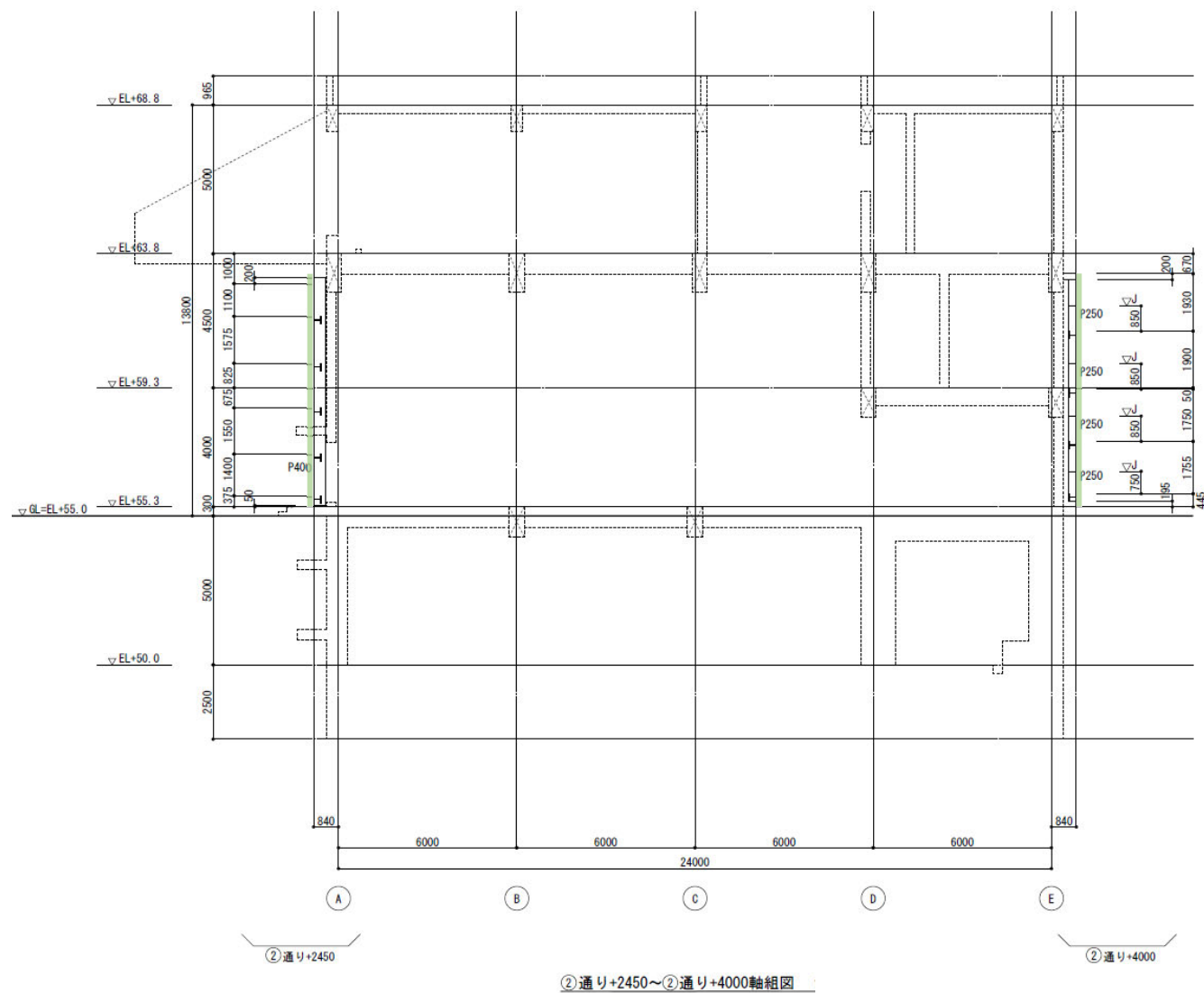
■ : 飛来物防護板

第2-3図 飛来物防護板(GA)の構造概要図
 ※: 詳細設計未完了のため、設計完了後最終形の図に差し替える。



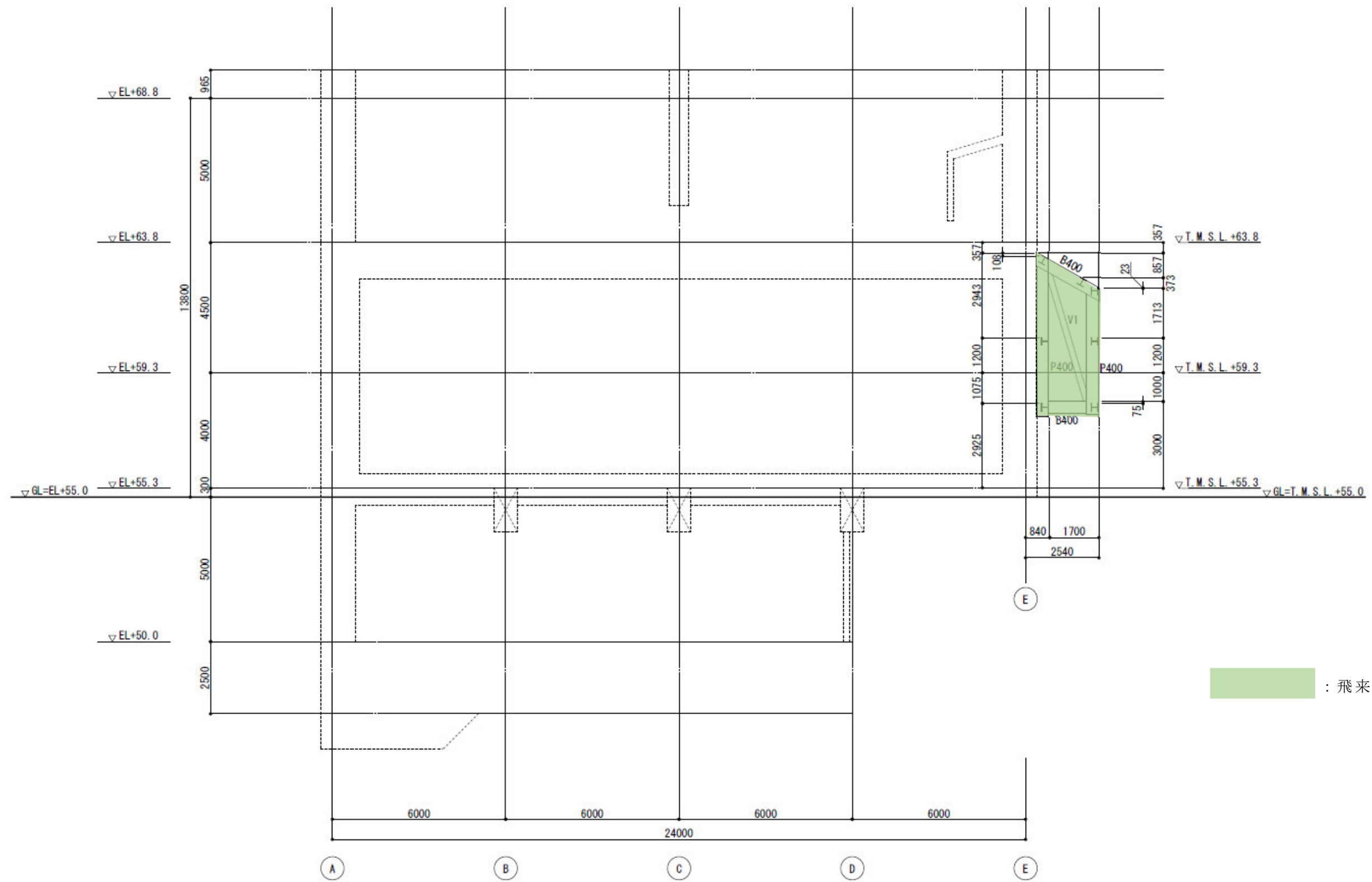
: 飛来物防護板

第 2 - 4 図 飛来物防護板 (GA) の構造概要図



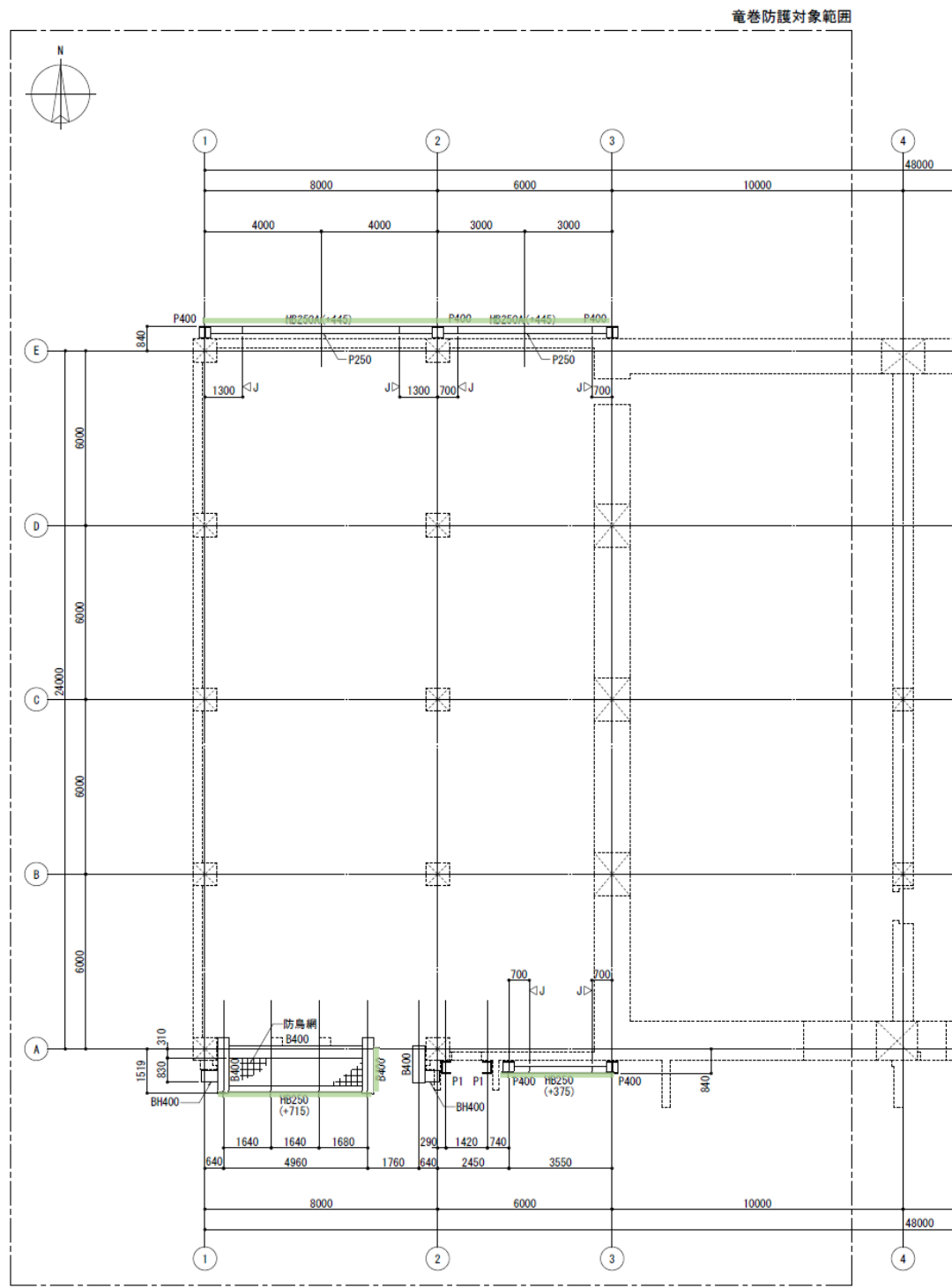
: 飛来物防護板

第 2 - 5 図 飛来物防護板(GA)の構造概要図

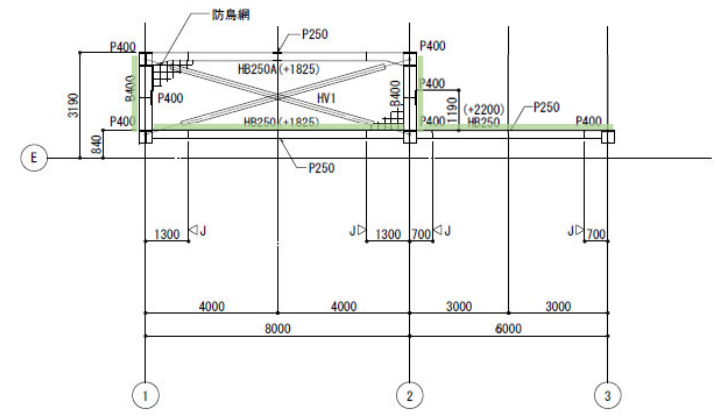


③通り+650,③通り+4850軸組図

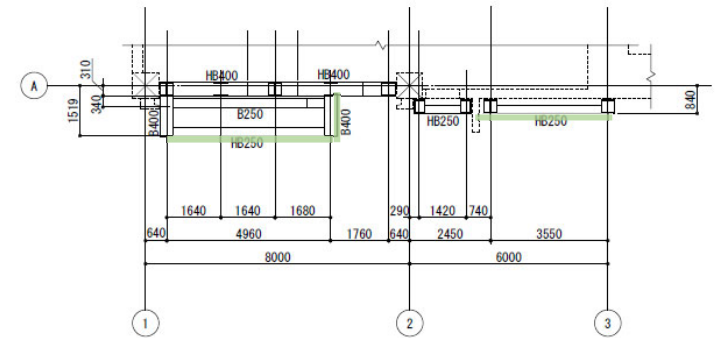
第2-6図 飛来物防護板(GA)の構造概要図



1FL±0 (EL+55.3m) 梁伏図
 特記外は下記に依る
 ・1FL = EL+55.3m = GL+300
 ・梁天端レベル 1FL+440
 ・()内は1FLからの梁天端レベルを示す。



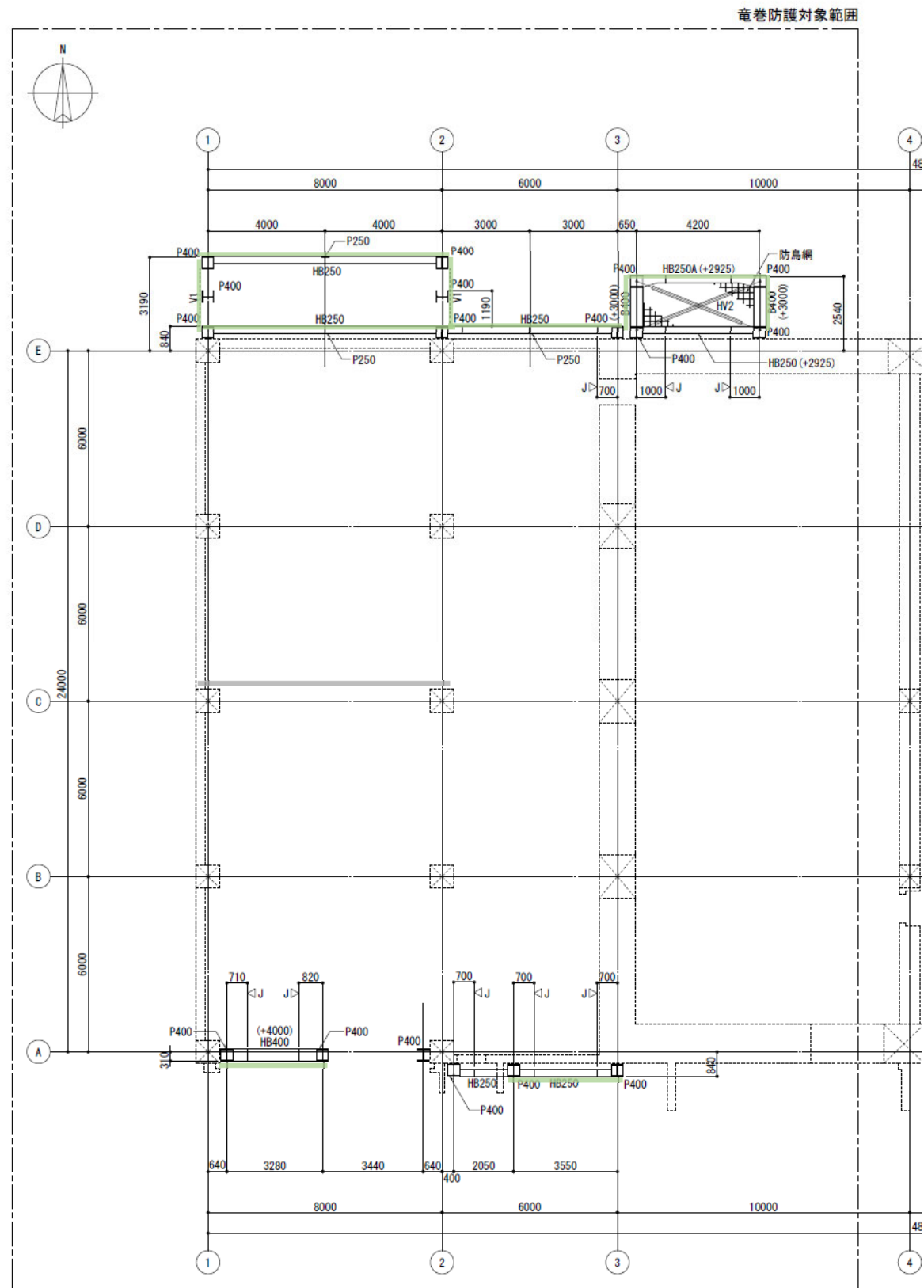
1FL+1900~+2500 (EL+57.2m~+57.8m) 梁伏図
 特記外は下記に依る
 ・1FL = EL+55.3m = GL+300
 ・梁天端レベル 1FL+1900
 ・()内は1FLからの梁天端レベルを示す。



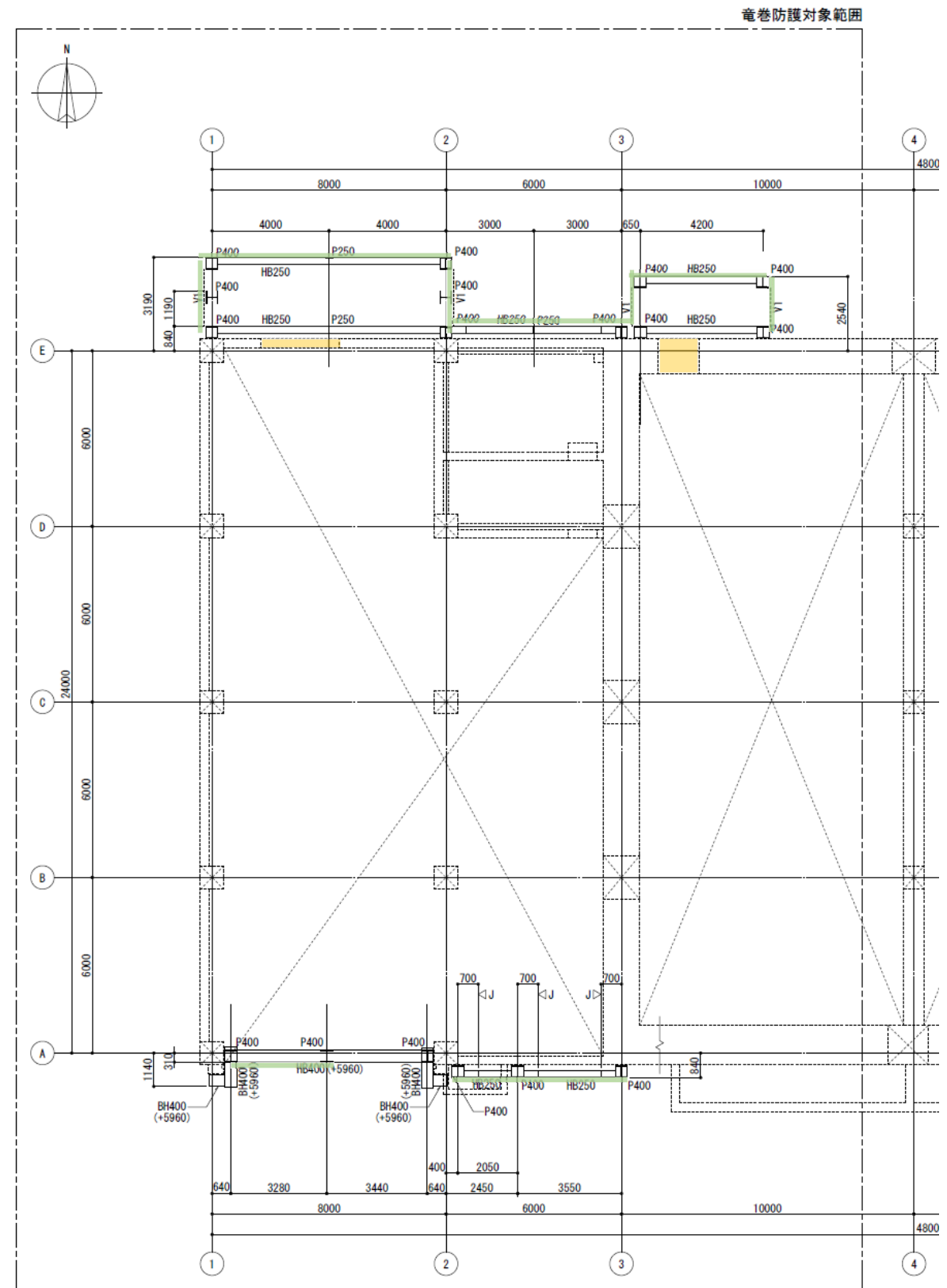
1FL+1825~+2450 (EL+57.125m~+57.75m) 梁伏図
 特記外は下記に依る
 ・1FL = EL+55.3m = GL+300
 ・梁天端レベル 1FL+1825
 ・()内は1FLからの梁天端レベルを示す。

: 飛来物防護板

第2-7図 飛来物防護板(GA)の構造概要図



1FL+2925~+4050 (EL+58.225~+59.35m) 梁伏図
 特記外は下記に依る
 ・IFL = EL+55.3m = GL+300
 ・梁天端レベル IFL+3325
 ・()内はIFLからの梁天端レベルを示す。

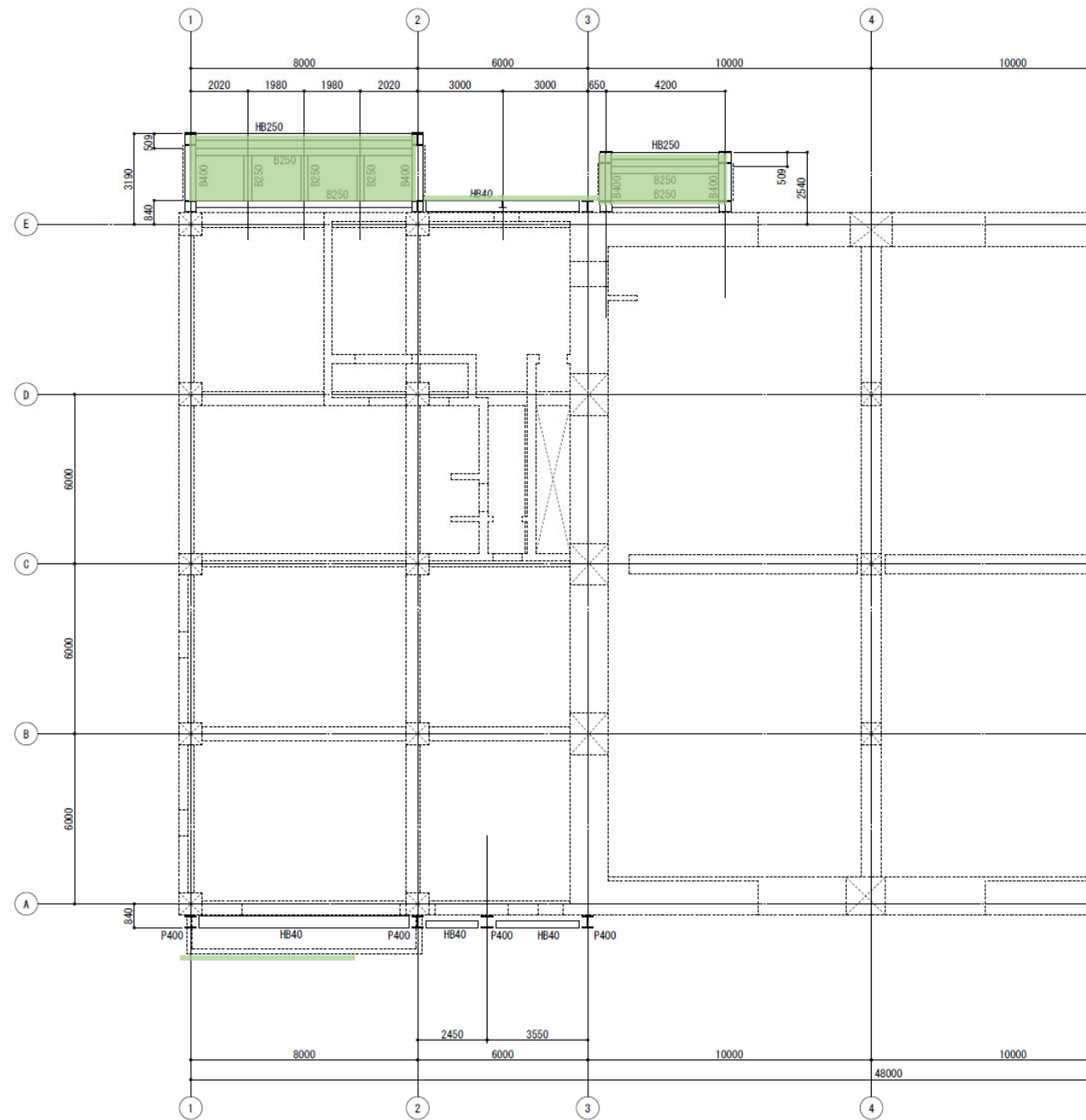


1FL+4825~+5960 (EL+60.125~+61.26m) 梁伏図
 特記外は下記に依る
 ・IFL = EL+55.3m = GL+300
 ・梁天端レベル IFL+4825
 ・()内はIFLからの梁天端レベルを示す。

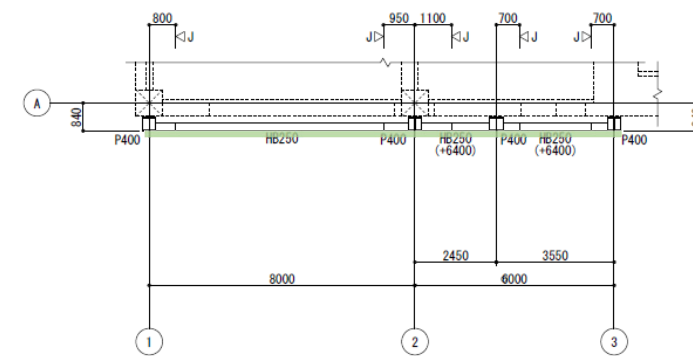
開口部

飛来物防護板

第 2 - 8 図 飛来物防護板 (GA) の構造概要図



1FL+7500~+8025 (EL+62.8~+63.325m) 梁伏図
 特記外は下記に依る
 ・1FL = EL+55.3m = GL+300
 ・梁天端レベル 1FL+7500
 ・()内は1FLからの梁天端レベルを示す。



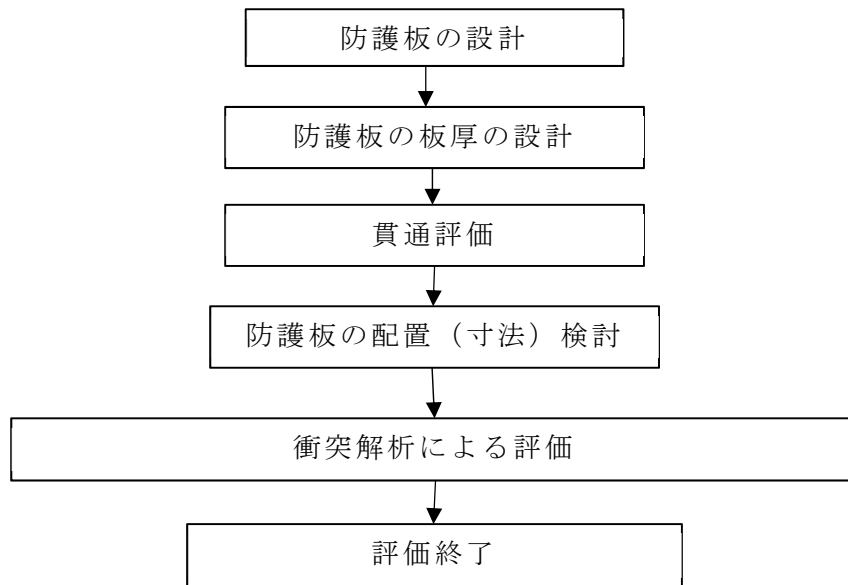
1FL+6400~+6950 (EL+64.7~+62.25m) 梁伏図
 特記外は下記に依る
 ・1FL = EL+55.3m = GL+300
 ・梁天端レベル 1FL+6950
 ・()内は1FLからの梁天端レベルを示す。

: 飛来物防護板

第2-9図 飛来物防護板(GA)の構造概要図

2.2 飛来物防護板(GA)の設計

飛来物防護板は，飛来物の衝突に対して，貫通及び裏面剥離させない設計とする。飛来物防護板(GA)の設計フローを第2-10図に示す。



第2-10図 飛来物防護板(GA)の設計フロー

a. 飛来物防護板 (GA) の設計

飛来物防護板 (GA) は, 設計飛来物の貫通を防止できる板厚を有する設計とする。設計飛来物の衝突により、飛来物防護板に生じるひずみ度が許容限界を超えないよう設計する。

3. 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書における設計方針との整合性について第3-1表のとおり整理した。

第3-1表 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書 記載事項	対応
<p>9.11 竜巻防護対策設備</p> <p>9.11.2 設計方針</p> <p>竜巻防護対策設備の設計に際しては、竜巻防護対象施設が安全機能を損なわないよう、次のような方針で設計する。</p> <p>(1) 飛来物防護板</p> <p>a. 設計飛来物の貫通を防止することができる設計とする。</p> <p>b. 設計荷重(竜巻)に対して支持架構の構造健全性を維持できる設計とする。</p> <p>c. 竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えない設計とする。</p> <p>d. 地震、火山の影響及び外部火災により竜巻防護対象施設に波及的影響を与えない設計とする。</p>	<p>a. c. 項については、添付書類「VI-1-1-1-2-4-2-2-1-5 飛来物防護板(非常用電源建屋 第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室 A北ブロック, A南ブロック, B北ブロック, B南ブロック)の強度計算書」のとおり、飛来物防護板により飛来物の貫通を防止することができることを確認している。また、それにより竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えないことを確認している。</p> <p>b. 項については、飛来物防護板(GA)については支持架構を有していない。</p> <p>d. 項については、地震、火山の影響及び外部火災により飛来物防護板(GA)が脱落等し、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えるような位置関係ではないため、対象としていない。</p>

令和5年11月30日 R0

別紙-13

飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)

の構造及び評価について

目 次

1. 概要	1
2. 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)の構造について	1
2.1 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)の概要	1
2.2 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)の概要	5
3. 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について	7

1. 概要

本資料は、飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)の構造及び評価の考え方を補足説明するものである。

2. 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)の構造について

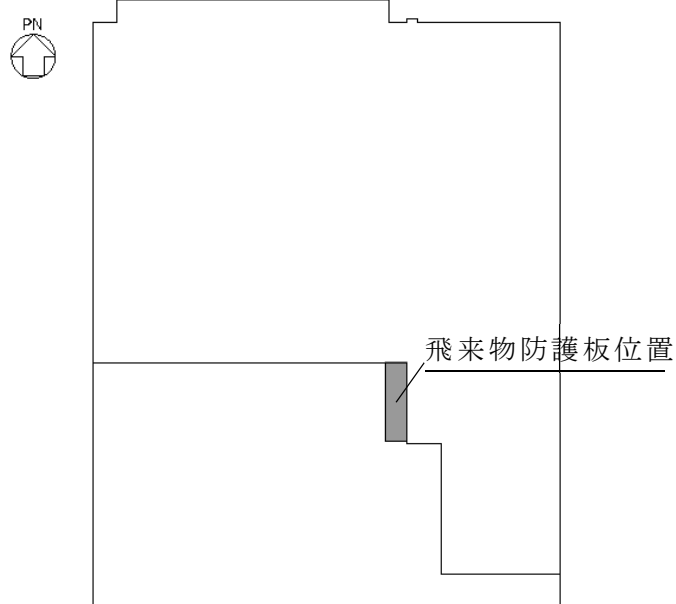
2.1 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)の概要

飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)は、設計飛来物が建屋外壁に設置される接続端子盤(A4A用)に衝突することにより、安全機能を損なうことを防止するために設置する。

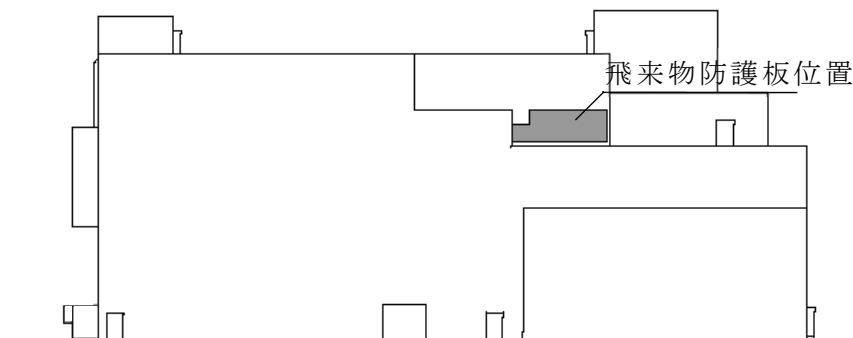
飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)の配置及び構造図を第2-1図～第2-3図に示す。

飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)は、鉄筋コンクリート板を支えるため建屋外壁に設けたアンカー筋で支持し、鉄筋コンクリート造の壁及びスラブで構成されており、竜巻防護対象施設である建屋外壁に設置される接続端子盤(A4A用)を防護するため、接続端子盤の上方及び側面を覆うように設置する。

また、飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)は、設計飛来物衝突時に設計飛来物が貫通及び裏面剥離が生じない厚さを有するよう設置する。

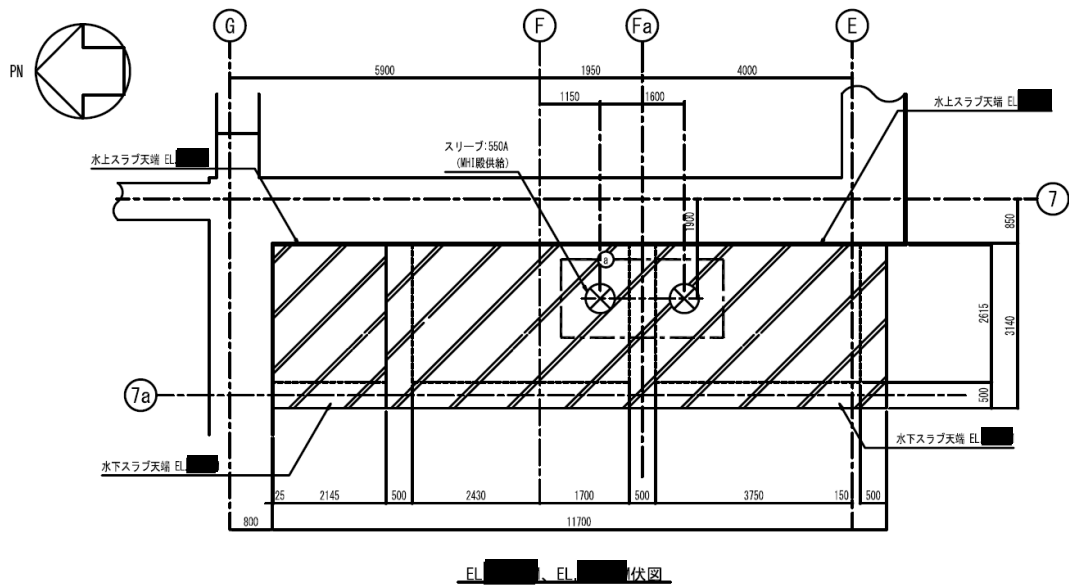



(配置図 (■■■■ m ~ ■■■■ m))

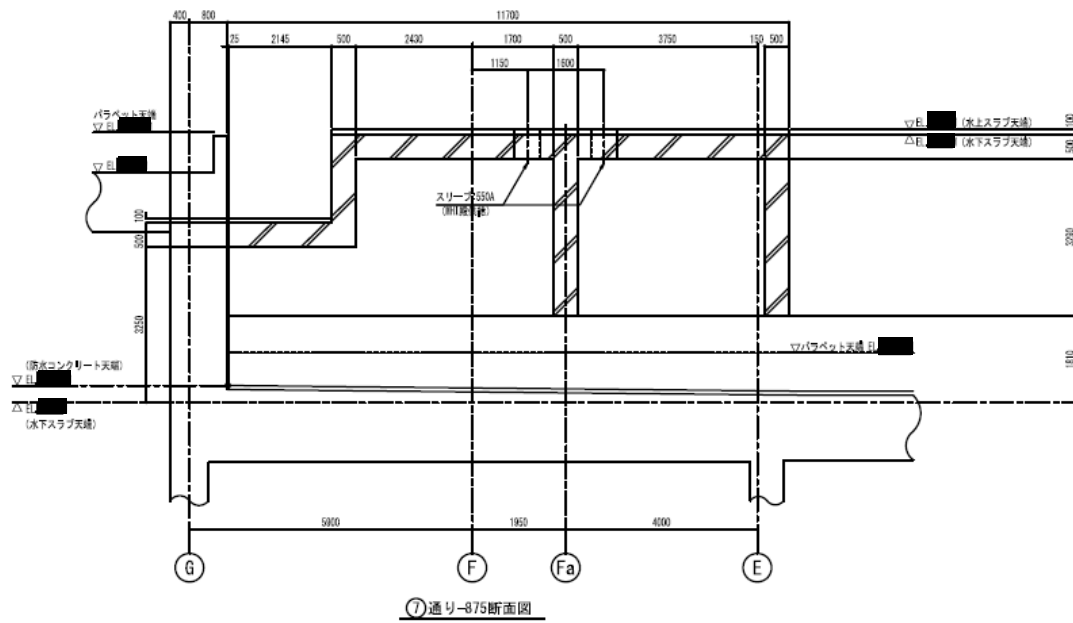


(西立面図)

第 2 - 1 図 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)の構造概要図

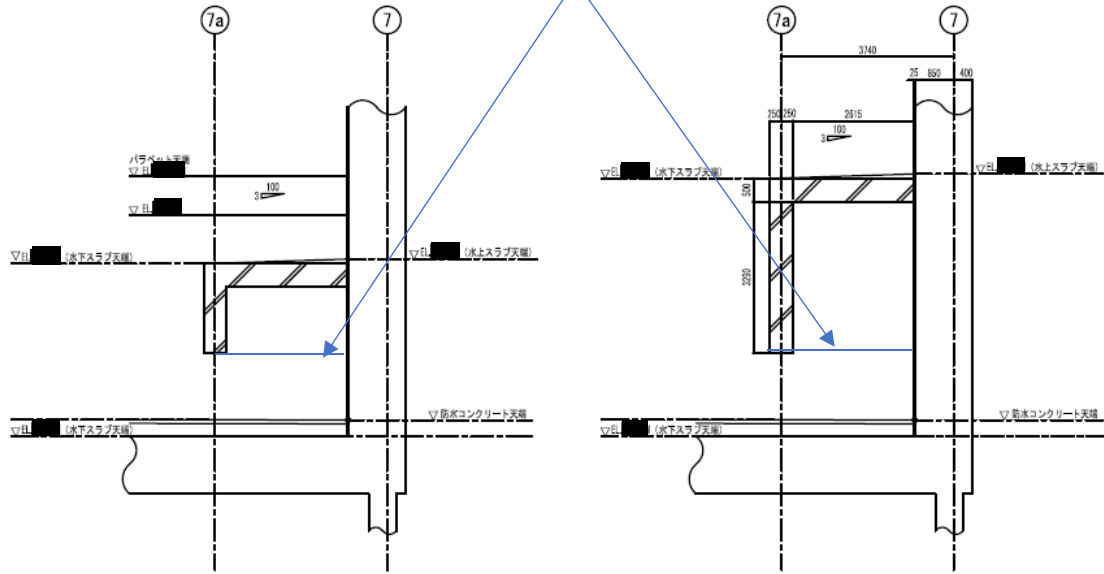


 : 飛来物防護板



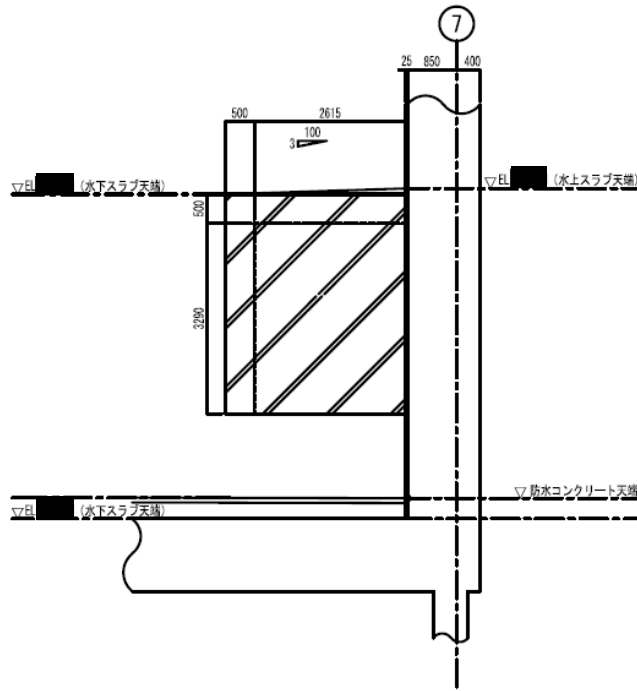
第 2 - 2 図 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)の構造概要図

フード下部については，鋼板により閉鎖することを検討中。




⑥ 通り-825断面図

⑥a 通り-250～4150断面図



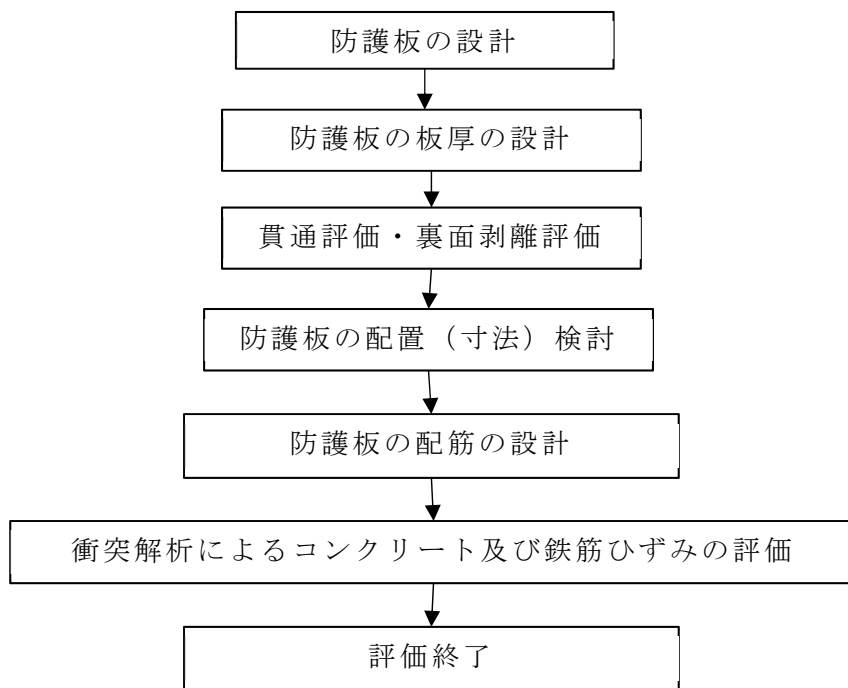
⑤ 通り-400断面図

 : 飛来物防護板

第 2 - 3 図 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)の構造概要図

2.2 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)の設計

飛来物防護板は、飛来物の衝突に対して、貫通及び裏面剥離させない設計とする。飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)の設計フローを第2-4図に示す。



第2-4図 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)の設計フロー

a. 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)の設計

飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)は、設計飛来物の貫通および設計飛来物の衝突による裏面剥離を防止できる板厚を有する設計とする。設計飛来物の衝突により、コンクリート及び鉄筋に生じるひずみ度が許容限界を超えないよう設計する。

3. 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書における設計方針との整合性について第3-1表のとおり整理した。

第3-1表 再処理事業変更許可申請書の設計方針との整合性について

再処理事業変更許可申請書 記載事項	対応
<p>9.11 竜巻防護対策設備</p> <p>9.11.2 設計方針</p> <p>竜巻防護対策設備の設計に際しては、竜巻防護対象施設が安全機能を損なわないよう、次のような方針で設計する。</p> <p>(1) 飛来物防護板</p> <p>a. 設計飛来物の貫通を防止することができる設計とする。</p> <p>b. 設計荷重(竜巻)に対して支持架構の構造健全性を維持できる設計とする。</p> <p>c. 竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えない設計とする。</p> <p>d. 地震、火山の影響及び外部火災により竜巻防護対象施設に波及的影響を与えない設計とする。</p>	<p>a. 項については、添付書類「VI-1-1-1-2-4-2-2-1-6 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)の強度計算書」のとおり、飛来物防護板により飛来物の貫通及び裏面剥離を防止することができることを確認している。また、それにより竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えないことを確認している。</p> <p>b. 項については、飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)については支持架構を有していない。</p> <p>d. 項の地震については、添付書類「IV-2-2-2-1-1-1 4-1 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)の耐震計算書」のとおり、竜巻防護対象施設である接続端子盤(A4A用)に波及的影響を及ぼさないことを確認している。</p> <p>火山の影響については、添付書類「VI-1-1-1-4-4-2-4-6 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)の強度計算書」に示すとおり、火山の影響により飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)が脱落し、竜巻防護対象施設である接続端子盤(A4A用)に波及的影響を与えないことを確認している。</p> <p>外部火災については、対象としていない。</p>