

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	外竜巻 16 <u>R 7</u>
提出年月日	令和 <u>4</u> 年 <u>1</u> 月 <u>26</u> 日

設工認に係る補足説明資料

竜巻防護対策設備の強度計算書に関する

構造及び評価について

1. 文章中の下線部は、R 6 から R 7 への変更箇所を示す。
2. 本資料（R 7）は、令和 3 年 9 月 13 日に提示した「竜巻防護対策設備の強度計算書に関する健全性について R 6」に対し、ヒアリングにおける主な指摘事項である事業者検査の実施を踏まえた記載内容の見直し及び他条文（耐震）との横並びを踏まえた記載の見直し並びに記載内容の適正化を図ったものである。

目 次

1. 概要	1
2. 飛来物防護設計の基本的な考え方	1
3. 竜巻防護対策設備の基本設計方針	1
3.1 飛来物防護ネットの設計方針	2
3.2 飛来物防護板の設計方針	2
4. <u>竜巻防護対策設備の構成部材の設計方針</u>	<u>3</u>
4.1 防護ネットの設計方針	<u>3</u>
4.2 防護板の設計方針	3
4.3 支持架構の設計方針	<u>4</u>
5. 部材の構造	<u>5</u>
5.1 防護ネットの構造	<u>5</u>
5.2 防護板の構造	<u>9</u>
5.3 支持架構の構造	<u>9</u>
6. <u>竜巻防護対策設備の評価対象部材</u>	<u>9</u>
6.1 防護ネットの評価対象部材	<u>9</u>
6.2 防護板の評価対象部材	<u>12</u>
6.3 支持架構の評価対象部材	<u>13</u>
<u>添付 1</u> <u>防護ネット（支持架構に直接設置）の電中研評価手法の適用</u>	
<u>添付 2</u> <u>防護ネット（支持架構に直接設置）の設置方法</u>	
<u>添付 3</u> <u>竜巻防護対策設備の設工認への展開について</u>	
<u>別紙 1</u> <u>飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B）の構造及び評価について</u>	

■については、商業機密の観点から公開できません。

1. 概要

本資料は、再処理施設に対する第1回設工認申請（令和2年12月24日申請）のうち、以下の添付書類に示す竜巻防護対策設備の強度計算の方針について補足説明するものである。

- ・再処理施設 添付書類「VI-1-1-1-2-4-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」
- ・再処理施設 添付書類「VI-1-1-1-2-5-2 竜巻防護対策設備の強度計算書」

本資料では、飛来物から竜巻防護対象施設を防護するための竜巻防護対策である竜巻防護対策設備について、設計方針及び強度評価の考え方を示す。

なお、本資料で示す竜巻防護対策設備の設計方針及び強度評価の考え方については、今回申請対象以外の再処理施設に係る竜巻防護対策設備に対しても適用するものである。

また、本資料は、第1回申請の対象設備を対象とした記載であることから、第2回申請時等の申請対象を踏まえて、記載を拡充していく。

2. 飛来物防護設計の基本的な考え方

飛来物防護設計の基本的な考え方を以下に示す。

- (1) 飛来物が竜巻防護対象施設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の対策である竜巻防護対策設備は、以下の施設を防護することを基本とする。
 - a. 屋外の竜巻防護対象施設
 - b. 建屋内に収納されるが防護が期待できない竜巻防護対象施設
- (2) 竜巻防護対策設備は、竜巻防護対象施設の安全機能を損なうことを防止するため、以下の設計とする。
 - a. 飛来物が竜巻防護対象施設に衝突し、安全機能を損なうことを防止するため、設計飛来物を通過させない設計とする。
 - b. 竜巻襲来時に作用する荷重に対し、竜巻防護対象施設の安全機能を損なわないよう、波及的影響を与えない設計とする。
 - c. 地震、火山の影響及び外部火災が生じたとしても、竜巻防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。地震、火山の影響及び外部火災に対する影響評価は、各事象にて説明する。なお、竜巻と地震、火山の影響及び外部火災の重畳は考慮しない。

3. 竜巻防護対策設備の基本設計方針

「2. 飛来物防護設計の基本的な考え方」を踏まえ、竜巻が襲来した場合の竜巻防護対策設備の設計方針を示す。

竜巻防護対策設備は、飛来物の運動エネルギーを吸収し捕捉する防護ネットや飛来物を受け止める防護板を用いて飛来物を竜巻防護対象施設に衝突させない設計とする。

竜巻防護対策設備は、竜巻襲来時に作用する荷重に対し竜巻防護対象施設

設に波及的影響を与えない強度を有する設計とする。

竜巻防護対策設備は、地震、火山の影響及び外部火災に対し竜巻防護対象施設に波及的影響を与えない強度を有する設計とする。

竜巻防護対策は、防護ネットを主体構造とし、一部防護板（鋼材）を採用する飛来物防護ネットと、防護板（鋼材もしくは鉄筋コンクリート）から構成される飛来物防護板の2種類の竜巻防護対策設備により、竜巻防護対象施設を防護する。

飛来物防護ネットと飛来物防護板の設計方針を以下に示す。

また、竜巻防護対策設備を構成する構成部材の設計方針は「4. 竜巻防護対策設備の構成部材の設計方針」にて示す。

3.1 飛来物防護ネットの設計方針

飛来物防護ネットは、防護ネット及び防護板（鋼材）とこれらを支持する支持架構により構成される。飛来物防護ネットは、冷却塔の冷却能力に悪影響を及ぼさないために、空気の流れを阻害しない防護ネットによる防護が必要である冷却塔の竜巻防護対策として採用する。飛来物防護ネットの設計方針を以下に示す。

- (1)防護ネットを主体構造とし、冷却塔の冷却能力へ悪影響を及ぼさない設計とする。
- (2)飛来物が防護ネットに衝突した際、ネットのたわみを考慮し、竜巻防護対象施設まで十分な離隔距離（以下、「必要離隔距離」という。）を確保する設計とする。
- (3)必要離隔距離を確保できない部分には、防護板を設置する設計とする。
- (4)ネットの変形を阻害するブレース材が存在する場合は、防護ネットを支持架構の内側に設置する内張り構造又は、防護板を設置する設計とする。
- (5)竜巻襲来時に作用する荷重に対し、竜巻防護対象施設に波及的影響を及ぼさない強度を有する設計とする。
- (6)地震、火山の影響及び外部火災による影響に対し、竜巻防護対象施設に波及的影響を及ぼさない強度を有する設計とする。

3.2 飛来物防護板の設計方針

後次回で申請予定

4. 竜巻防護対策設備の構成部材の設計方針

竜巻防護対策設備を構成する部材の設計方針を以下に示す。

4.1 防護ネットの設計方針

防護ネットは、鋼製枠を用いた防護ネット(以下「防護ネット(鋼製枠)」という。)と、支持架構に直接設置した防護ネット(以下「防護ネット(支持架構に直接設置)」という。)の2種類が存在する。防護ネットは、電力中央研究所報告書「高強度金網を用いた竜巻飛来物対策工の合理的な衝撃応答評価手法(総合報告：O01)」(以下「電中研報告書」という。)と同一の仕様である防護ネット(鋼製枠)を基本構造とするが、支持架構の耐震性成立が困難な場合には、鋼製枠の重量を低減し、耐震性向上が図れる防護ネット(支持架構に直接設置)を採用する。防護ネットの設計方針を示す。

- (1)設計飛来物である鋼製材の有する運動エネルギーを吸収可能な設計とする。
- (2)設計飛来物である鋼製パイプの通過を防止する設計とする。
- (3)防護ネットを構成する部材のうちネットは、飛来物衝突時に作用する荷重に対し、破断しない強度を有する設計とする。
- (4)防護ネットを構成する部材のうちネットを支持するための部材は、飛来物がネットに衝突した際、ネットから伝播する荷重に対し、破断しない強度を有する設計とする。
- (5)防護ネット(支持架構に直接設置)は、防護ネットと支持架構の隙間から飛来物が侵入することを防止するため、鋼製の補助防護板を設置する設計とする。
- (6)補助防護板は、防護ネットと支持架構の隙間が設定した飛来物(砂利)以下の寸法となるように設置する設計とする。
- (7)飛来物衝突時にワイヤ張力の急激な増加を抑制するため、4隅に緩衝装置を有する保持管を設置する設計とする。
- (8)支持架構と防護ネットの接続部は、防護ネットから伝播する荷重に対し、防護ネットを脱落させない強度を有する設計とする。

4.2 防護板の設計方針

防護板は、鋼材を用いた防護板(以下「防護板(鋼材)」という。)と、鉄筋コンクリートを用いた防護板(以下「防護板(鉄筋コンクリート)」という。)の2種類が存在する。防護板は、保守性や施工性の観点から、防護板(鉄筋コンクリート)を基本構造とするが、耐震性成立が困難な場合には、防護板の重量を低減し、耐震性向上が図れる防護板(鋼材)を採用する。

(1)防護板(鋼材)の設計方針

竜巻防護対策である防護板(鋼材)の設計方針を示す。

- a. 飛来物が衝突した際、防護板(鋼材)を貫通させない厚さを有す

る設計とする。

- b. 飛来物が衝突した際、防護板（鋼材）の支持部は防護板（鋼材）を脱落させない強度を有する設計とする。

(2) 防護板（鉄筋コンクリート）の設計方針

後次回で申請予定

4.3 支持架構の設計方針

防護ネット及び防護板を支持する支持架構の設計方針を示す。

- (1) 飛来物が衝突したとしても、支持架構を構成する部材は破断しない強度を有する設計とする。
- (2) 飛来物が竜巻防護対策設備に衝突したとしても、支持架構は脱落、倒壊及び転倒により、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えない強度を有する設計とする。
- (3) 竜巻襲来時に作用する荷重に対し、倒壊及び転倒しない構造強度を有する設計とする。
- (4) 地震、火山の影響及び外部火災に対し、倒壊及び転倒しない構造強度を有する設計とする。地震、火山の影響及び外部火災に対する影響評価は、各事象にて説明する。

5. 部材の構造

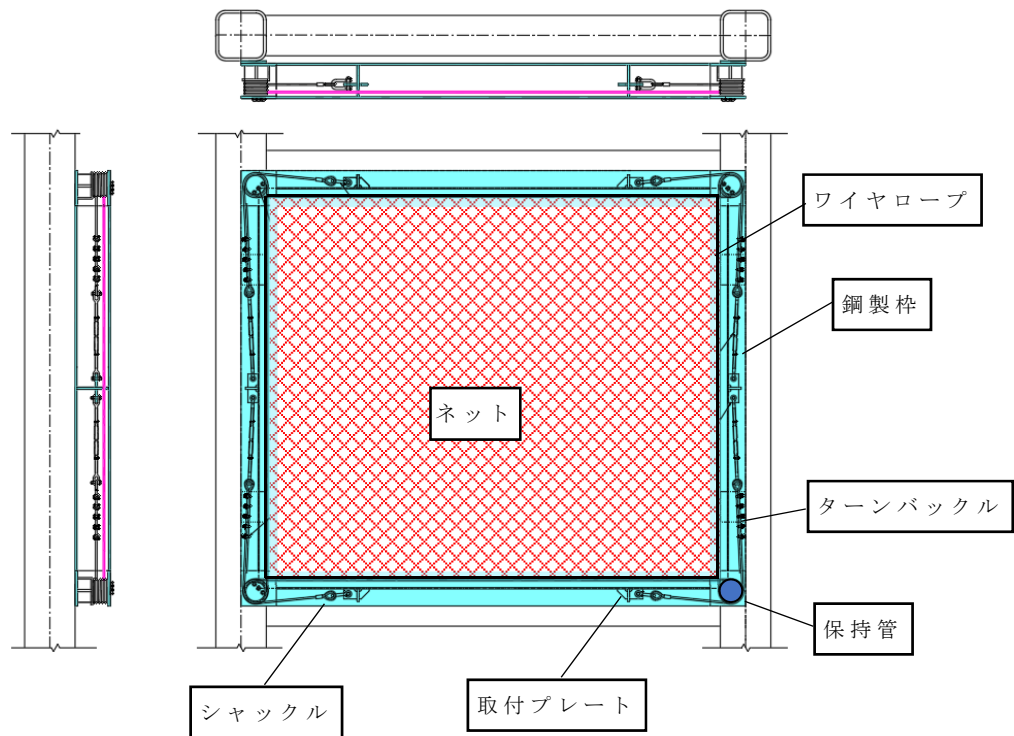
「4. 竜巻防護対策設備の構成部材の設計方針」を受けた、各部材の構造概要を以下に示す。

5.1 防護ネットの構造

防護ネットの構造を以下に示す。防護ネット(鋼製枠)と防護ネット(支持架構に直接設置)の構造上の差異に関する考察について添付1, 防護ネット(支持架構に直接設置)の設置方法を添付2, 補助防護板の設工認上の扱いについて添付3にて説明する。

(1) 防護ネット(鋼製枠)の構造

防護ネット(鋼製枠)の構造概要図を第5-1図に示す。防護ネット(鋼製枠)は、ネットをワイヤロープで支持し、ワイヤロープは4隅に設置した保持管、シャックル及びターンバックルにより支持される。更に、シャックル及びターンバックルは鋼製枠内に設置した取付プレートに支持される。

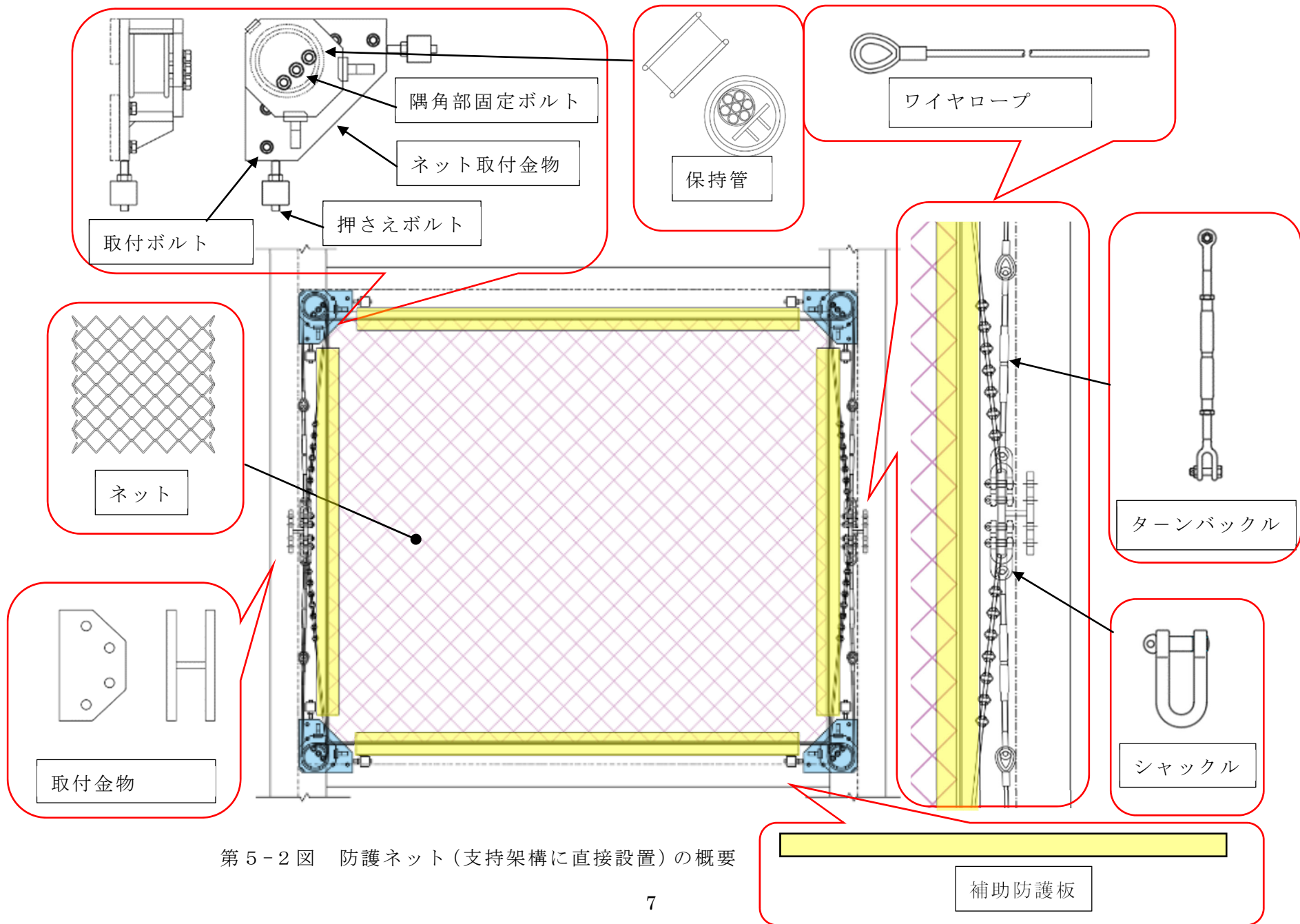


第5-1図 防護ネット(鋼製枠)の概要図

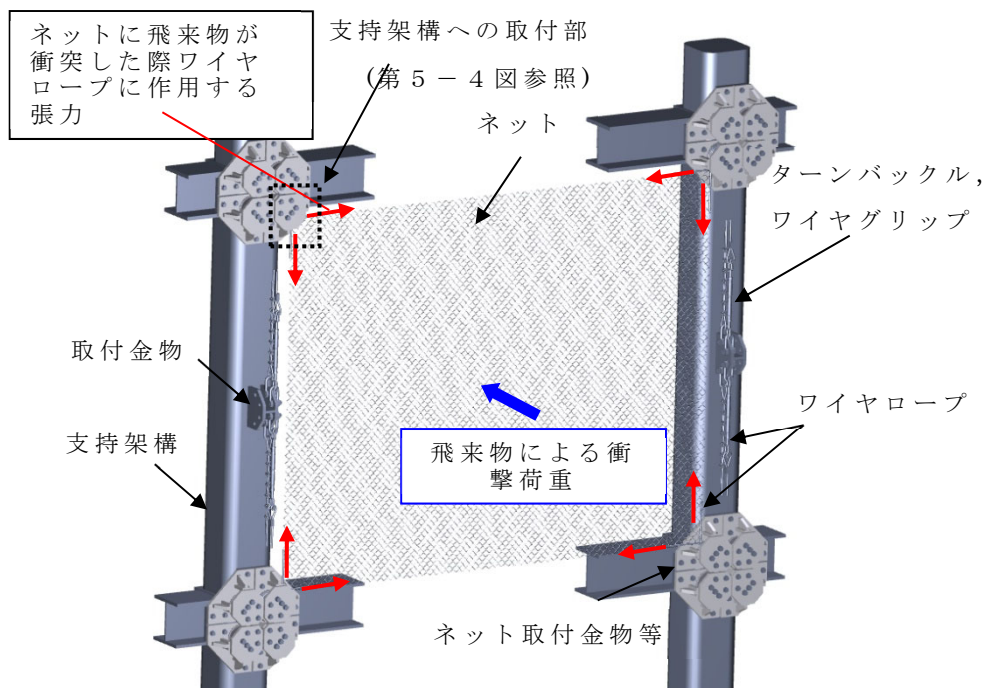
(2)防護ネット（支持架構に直接設置）の構造

防護ネット（支持架構に直接設置）の構造概要図を第5-2図に，鳥瞰図を第5-3図に，支持架構への取付部を第5-4図に示す。防護ネット（支持架構に直接設置）は，ネットをワイヤロープで支持し，ワイヤロープは4隅に設置した保持管，シャックル及びターンバックルにより支持される。シャックル及びターンバックルは，支持架構に設置した取付プレートにより支持される。

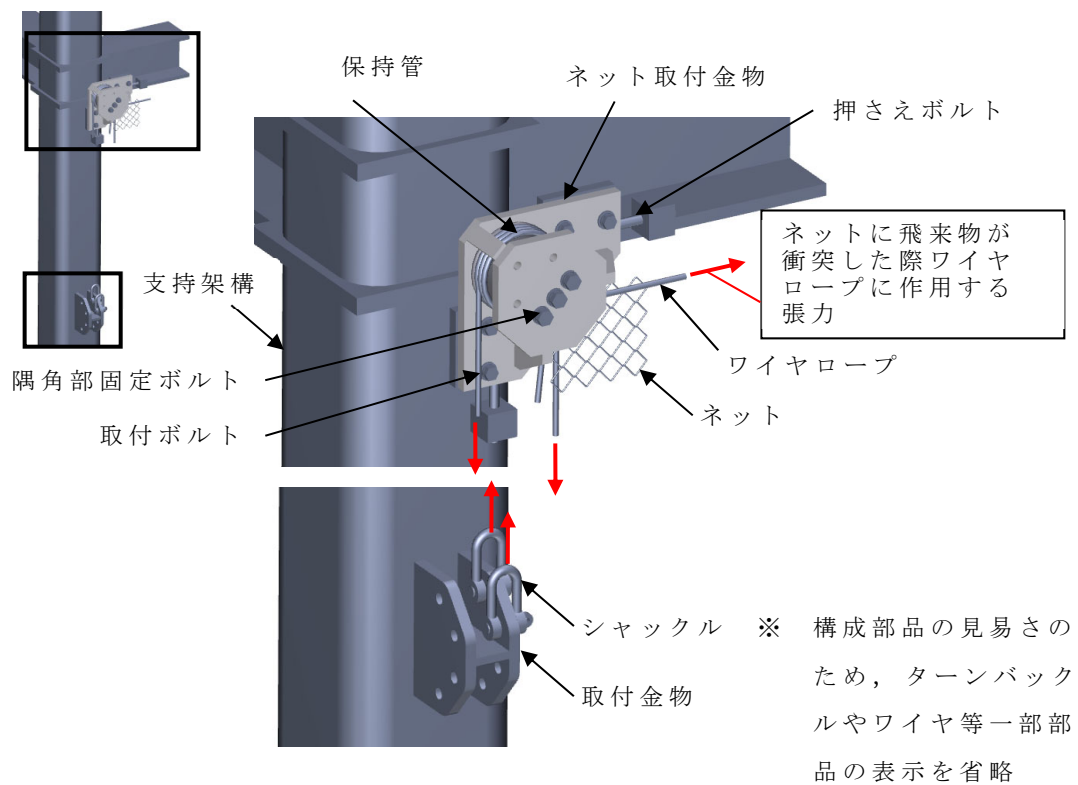
防護ネット（支持架構に直接設置）は，鋼製枠を設けないことから，ネットと支持架構の間に隙間が生じる。そのため，この隙間から飛来物が侵入することを防止するため，補助防護板を設置する。



第5-2図 防護ネット（支持架構に直接設置）の概要



第5-3図 防護ネット（支持架構に直接設置・外張り）の鳥瞰図



第5-4図 支持架構への取付部の詳細図

5.2 防護板の構造

(1) 防護板（鋼材）の構造

防護板（鋼材）は、支持架構に設置した防護板取付座により支持される。

(2) 防護板（鉄筋コンクリート）の構造

後次回で申請予定

5.3 支持架構の構造

支持架構は、H鋼や角型鋼管等の鋼材を用いたラーメン構造、ブレース構造及びトラス構造を適切に組み合わせた構造とする。

6. 竜巻防護対策設備の評価対象部材

竜巻防護対策設備は飛来物が竜巻防護対象施設に衝突することを防止し、波及的影響を与えない設計とする必要があり、竜巻襲来時に加わる荷重に対し、構造健全性を確認する必要がある。そのため、荷重の伝達経路を踏まえた、構造強度評価の対象部材を以下に示す。荷重の伝達経路の詳細は添付1に示す。

6.1 防護ネットの評価対象部材

防護ネットは飛来物が衝突した際、飛来物を補捉できる強度を有している必要があり、各構造に応じた評価対象部材を以下に示す。

(1) 防護ネット（鋼製枠）

防護ネット（鋼製枠）の評価対象となる部材を第6-1表に示す。

第 6-1 表 防護ネット（鋼製枠）の評価対象部材

部材		評価対象	選定理由
ネット		○	飛来物が衝突する部位である <u>ことから</u> 、評価対象とする。
ワイヤロープ		○	ネットを支持する部位であり、ネットから荷重を受けることから、評価対象とする。
接続治具	保持管	×	保持管は固定部がなく、ワイヤロープから受ける荷重によりスライドし、隅角部固定ボルトに荷重を伝える <u>ことから</u> 、評価対象外とする。
	隅角部固定ボルト	○	保持管がスライドした際、保持管を受け止める役割を担っており、保持管から荷重を受けることから評価対象とする。
	シャックル	○	ワイヤロープを支持する部位であり、ワイヤロープからの張力が作用することから、評価対象とする。
	ターンバックル	○	ワイヤロープを支持する部位であり、ワイヤロープからの張力が作用することから、評価対象とする。
	取付プレート	○	ワイヤロープを支持する部位であり、ワイヤロープからの張力が作用することから、評価対象とする。
接続部	鋼製枠取付ボルト	○	<u>支持架構と防護ネットを接続する部位</u> であり、飛来物による <u>衝撃荷重</u> が伝播することから、評価対象とする。
鋼製枠		×	取付プレートを介して、ワイヤロープからの張力を伝達するが、取付プレートと比べて十分な強度及び剛性を有しており、取付プレートの評価に包絡されることから、評価対象外とする。

<凡例>○：評価対象，×：評価対象外

(2)防護ネット（支持架構に直接設置）

防護ネット（支持架構に直接設置）の評価対象となる部材を第6-2表に示す。

第6-2表 防護ネット（支持架構に直接設置）の評価対象部材（1/2）

部材		評価対象	選定理由
ネット		○	飛来物が衝突する部材である <u>ことから</u> ，評価対象とする。
ワイヤロープ		○	ネットを支持する部材であり，ネットから受ける荷重を固定部に伝える機能を有していることから，評価対象とする。
接続治具	保持管	×	保持管は固定部がなく，ワイヤロープから受ける荷重によりスライドし， <u>隅角部固定ボルトに荷重を伝えることから</u> ，評価対象外とする。
	シャックル	○	ワイヤロープを支持する部材であり，ワイヤロープからの張力が作用することから，評価対象とする。
	ターンバックル	○	ワイヤロープを支持する部材であり，ワイヤロープからの張力が作用することから，評価対象とする。
	隅角部固定ボルト	○	保持管がスライドした際，保持管を受け止める役割を担っており，保持管から荷重を受けることから評価対象とする。
	ネット取付金物	×	保持管を収納する部材であり，隅角部固定ボルトから伝わる荷重を押しえボルト及び取付ボルトに伝達する。ネット取付金物は，押しえボルト及び取付ボルトと比べて十分な強度を有しており，押しえボルト及び取付ボルトの評価に包絡されることから，評価対象外とする。

＜凡例＞○：評価対象，×：評価対象外

第6-2表 防護ネット（支持架構に直接設置）の評価対象部材（2/2）

部材		評価対象	選定理由
接続部	押さえボルト	○	ネット取付金物を固定する部材であり、ネット取付金物からの荷重を受ける <u>ことから</u> 、評価対象とする。
	取付ボルト	○	ネット取付金物を固定する部材であり、ネット取付金物から荷重を受ける <u>ことから</u> 、評価対象とする。
	取付金物	○	ワイヤロープを支持する部材であり、ワイヤロープからの張力が作用することから、評価対象とする。
補助防護板		○	ワイヤロープと支持架構の隙間から侵入してくる飛来物を受け止める部材であり、飛来物を受け止めるための厚さ要求があることから、評価対象とする。

<凡例> ○：評価対象

6.2 防護板の評価対象部材

(1) 防護板（鋼材）

防護板（鋼材）の評価対象となる部材を第6-3表に示す。

第6-3表 防護板（鋼材）の評価対象部材

部材	評価対象	選定理由
鋼板	○	飛来物が衝突する部材である <u>ことから</u> 、評価対象とする。
支持部	○	鋼板を支持する部材であり、鋼板の荷重を受けることから評価対象とする。

<凡例> ○：評価対象

(2) 防護板（鉄筋コンクリート）

後次回で申請予定

6.3 支持架構の評価対象部材

支持架構は、飛来物の衝突に対し構成する部材が破断しない強度を有していること及び脱落、倒壊及び転倒しない構造強度を有していることを確認する必要がある。また、竜巻襲来時に作用する荷重に対し、倒壊及び転倒しない構造強度を有していることを確認する必要がある。

支持架構の評価対象となる部材を第6-4表に示す。

第6-4表 支持架構の評価対象部材

部材	評価対象	選定理由
柱	○	柱の破断が生じると、支持架構が倒壊するおそれがあることから、評価対象とする。
はり	○	はりの破断が生じると、支持架構が倒壊するおそれがあることから、評価対象とする。
はり端部 (柱はり 接続部)	○	支持架構の接続部に破断が生じると、部材が脱落するおそれがあることから、評価対象とする。
ブレース	○	ブレースの破断が生じると、支持架構が倒壊するおそれがあることから、評価対象とする。
柱脚部	○	柱脚部の引抜きが生じると、支持架構が転倒するおそれがあることから、評価対象とする。

<凡例> ○：評価対象

添付 1

防護ネット（支持架構に直接設置）の

電中研評価手法の適用

目 次

1. 概要	1
2. 電中研評価手法の適用について	1
2.1 評価手法の適用条件	1
3. 構造の差異による影響検討について	10
4. 防護ネットの強度評価部位について	13

1. 概要

本資料は、竜巻防護対策に用いる防護ネットについて、電中研報告書に記載されている防護ネットと異なる構造の防護ネット（支持架構に直接設置）を採用していることから、防護ネットの構造及び評価手法について補足説明するものである。

また、防護ネット（支持架構に直接設置）は、ブレース材のようなネットの変形を阻害するものがある場合には、支持架構の内側に防護ネットを設置する。防護ネット（支持架構に直接設置）の構造に差異はないが、防護ネット（支持架構に直接設置）を内側に設置することで、荷重の作用する方向が変わるため、荷重の伝達経路についても合わせて説明する。

2. 電中研評価手法の適用について

防護ネットは、電中研報告書に記載されている評価手法を用いてネットのサイズやネット支持部を設計している。

電中研報告書に記載されている評価手法は、電中研報告書に記載されている防護ネットに対し適用の検証がなされているが、再処理施設においては、電中研報告書の防護ネットと異なる構造の防護ネット（支持架構に直接設置）を採用している。

そのため、電中研報告書の評価手法が防護ネット（支持架構に直接設置）にも適用できることを確認するため、評価手法の適用性について検討する。

2.1 評価手法の適用条件

電中研報告書より、評価手法を適用するためには、以下の構造上の要求を満足する必要があることが分かる。

- ・電中研評価手法は電中研試験に用いたネット材料に対して有効とされており、試験で用いたネットと同一仕様であること。
- ・電中研評価手法はネットのアスペクト比（展開長／幅寸法）が1～2の間で有効とされており、同様であること。
- ・電中研評価手法と同様にネットから伝達される荷重を隅角部に集中させるため、ネットの長辺と短辺を1本のワイヤロープで支持するようにL字型に配置したワイヤロープで支持しており、同仕様であること。

防護ネット（支持架構に直接設置）がこれらの適用条件を満足していることを、電中研報告書の防護ネットと構造比較することで確認する。

なお、比較においては、電中研報告書の防護ネットと支持架構の外側に設置した防護ネット（支持架構に直接設置）（以下、「防護ネット（支持架構に直接設置・外張り）」という。）もしくは支持架構の内側に設置した防護ネット（支持架構に直接設置）（以下、「防護ネット（支持架構に直接設置・内張り）」という。）の比較を実施する。

(1) 電中研報告書の防護ネットと防護ネット（支持架構に直接設置・外張り）の構造比較

電中研報告書の防護ネットと防護ネット（支持架構に直接設置・外張り）の構造比較を第2-1表に，諸元の比較を第2-2表に示す。

構造比較結果，防護ネット（支持架構に直接設置・外張り）は，ワイヤロープの保持方法において，端部の処理方法に差異が確認されたが，L字型に配置した支持は確保できており，評価手法を適用するための条件を満足していることを確認できた。

構造比較結果において確認された構造上の差異については，「3. 構造の差異による影響検討について」にて，その影響について検討する。

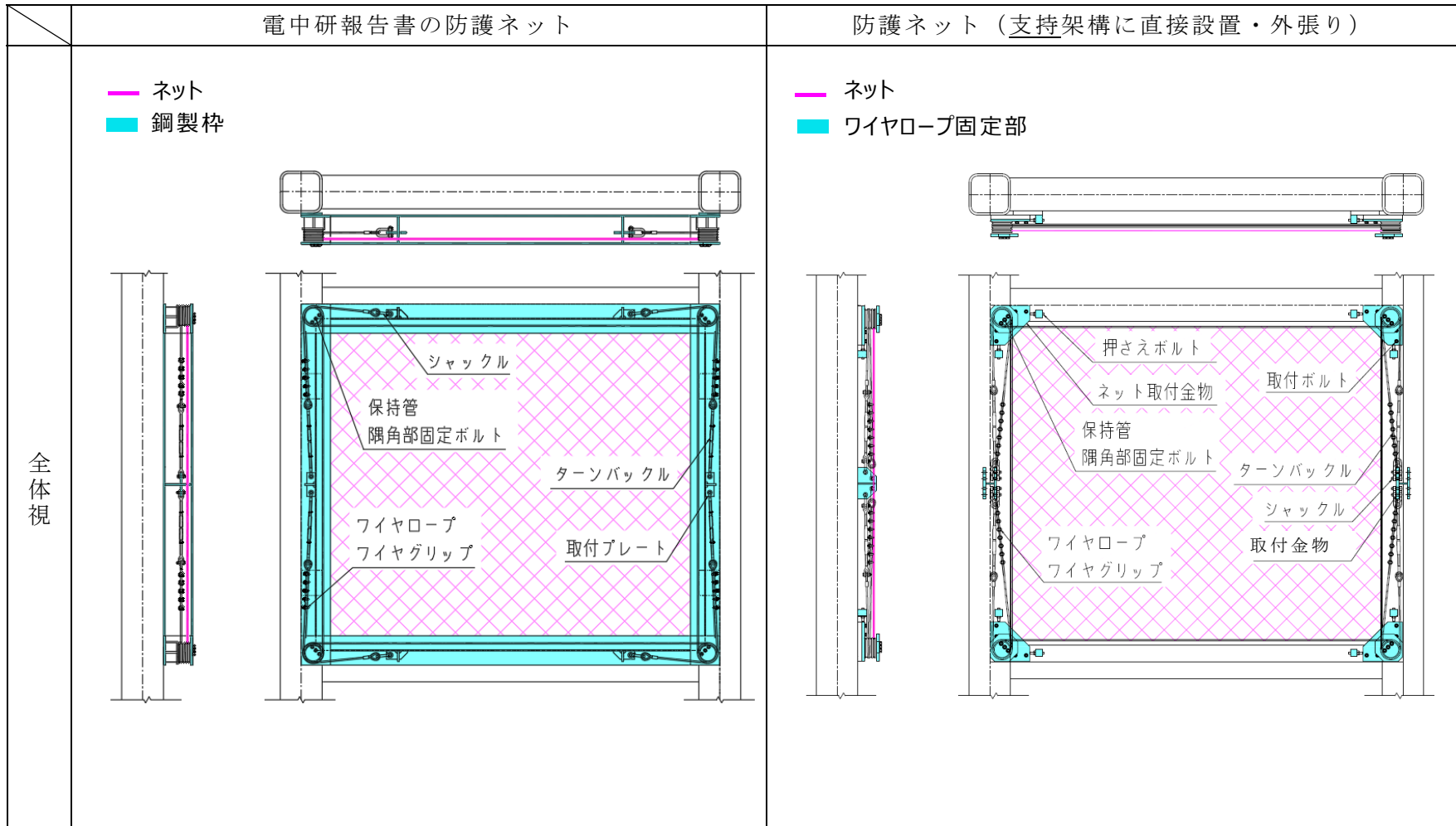
(2) 電中研報告書の防護ネットと防護ネット（支持架構に直接設置・内張り）の構造比較

電中研報告書の防護ネットと防護ネット（支持架構に直接設置・内張り）の構造比較を第2-3表に，諸元の比較を第2-4表に示す。

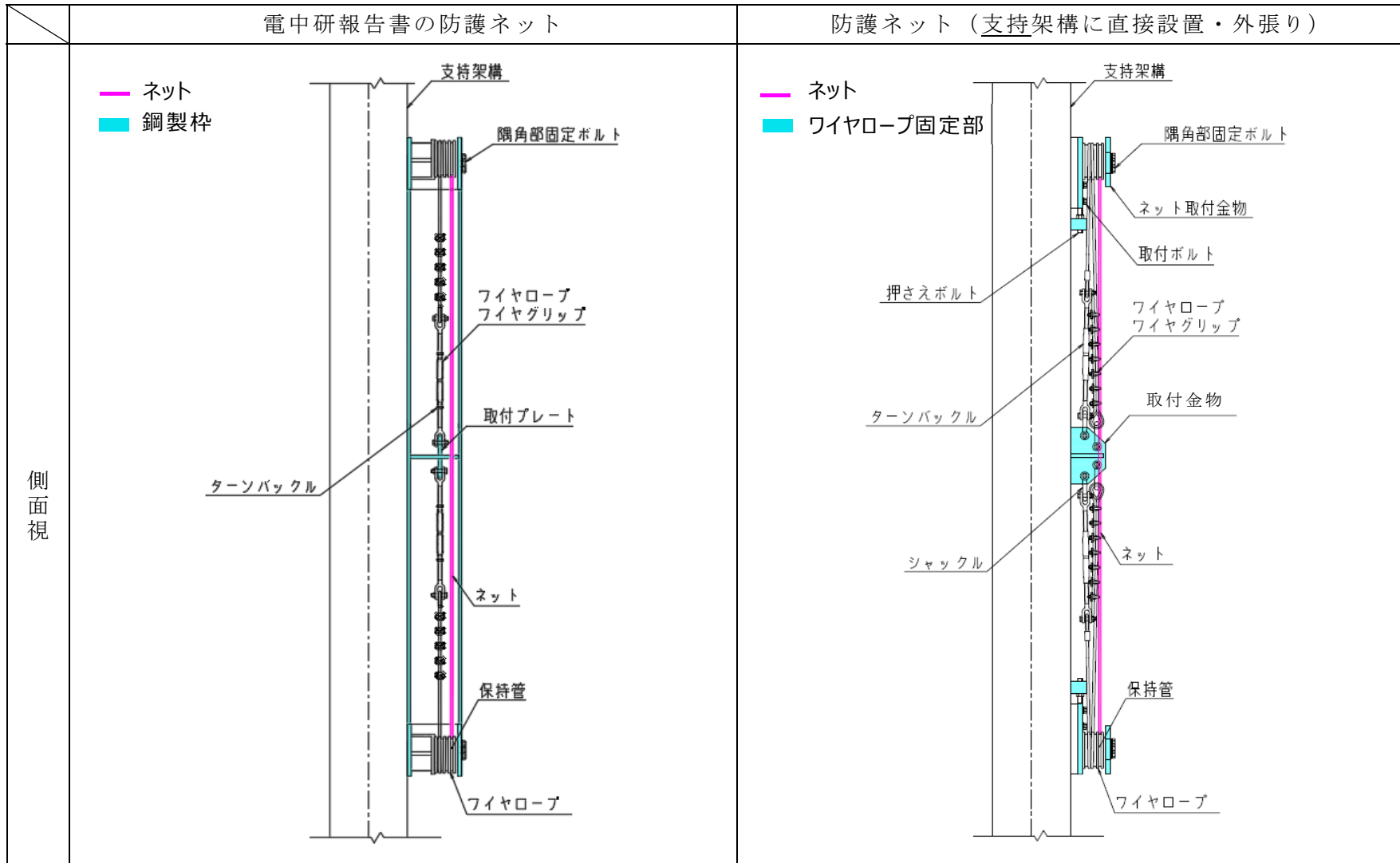
構造比較結果，防護ネット（支持架構に直接設置・内張り）は，防護ネット（支持架構に直接設置・外張り）と同構造であり，評価手法を適用するための条件を満足していることを確認できた。

構造比較結果において確認された構造上の差異については，「3. 構造の差異による影響検討について」にて，その影響について検討する。

第2-1表 電中研報告書の防護ネットと防護ネット（支持架構に直接設置・外張り）の構造比較（1/2）



第2-1表 電中研報告書の防護ネットと防護ネット（支持架構に直接設置・外張り）の構造比較（2/2）



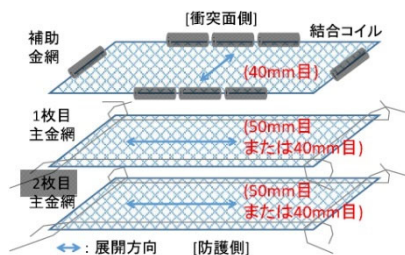
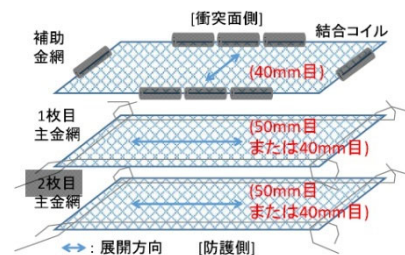
第2-2表 電中研報告書の防護ネットと防護ネット（支持架構に直接設置・外張り）の諸元比較（1/5）

項目		電中研報告書の防護ネット	防護ネット（ <u>支持</u> 架構に直接設置・外張り）	相違	評価概要	
部材	鋼製枠	防護ネット四隅の保持管及び取付プレート を鋼製枠に設置	防護ネット四隅の保持管を含む <u>ネット</u> 取 付金物及び取付 <u>金物</u> は支持架構に設置	有	電中研報告書の 防護ネット評価 手法の適用条件 に鋼製枠の有無 は該当しないた め評価へ影響を 与えない。	
	ネット	型式	高強度金網	高強度金網	無	-
		素線 径	φ 4mm	φ 4mm		
		素線 強度	1,400N/mm ²	1,400N/mm ²		
		目合 い寸 法	(主ネット) 50mm×50mm <u>又は</u> 40mm×40mm	(主ネット) 50mm×50mm		
		目合 い寸 法	(補助ネット) 40mm×40mm	(補助ネット) 40mm×40mm		

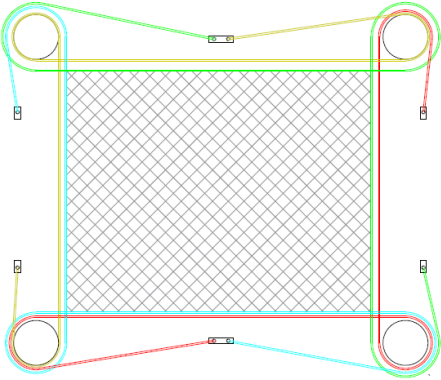
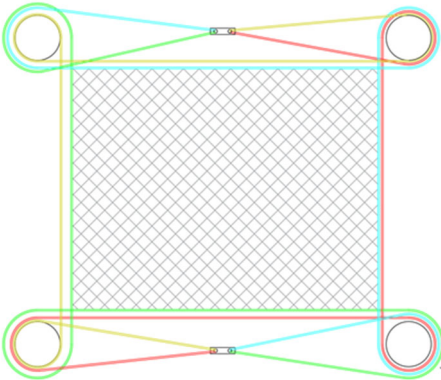
第2-2表 電中研報告書の防護ネットと防護ネット（支持架構に直接設置・外張り）の諸元比較（2/5）

項目		電中研報告書の防護ネット	防護ネット（ <u>支持</u> 架構に直接設置・外張り）	相違	評価概要	
部材	ワイヤロープ	型番	7×7 ZA/0 (規格破断荷重 165kN)	7×7 ZA/0 (規格破断荷重 165kN)	無	—
		径	φ 16mm	φ 16mm		
	ワイヤグリップ	型番	F16	F16	有	ワイヤグリップ数増加によりワイヤ効率を向上させている。
		数	5/1ヶ所	7/1ヶ所		
	保持管		緩衝装置：有（円柱形）	緩衝装置：有（円柱形）	無	—



第2-2表 電中研報告書の防護ネットと防護ネット（支持架構に直接設置・外張り）の諸元比較（3/5）

項目	電中研報告書の防護ネット	防護ネット（支持架構に直接設置・外張り）	相違	評価概要	
構造	<p>ネットの構成及び展開方向</p>	<p>主ネット：2枚 補助ネット：1枚 主ネット2枚の展開方向を一致させ、補助ネットは主ネットに対し展開方向を直交させる</p> 	<p>主ネット：2枚 補助ネット：1枚 主ネット2枚の展開方向を一致させ、補助ネットは主ネットに対し展開方向を直交させる</p> 	無	—
	防護ネットの保持方法	展開/展開直角方向に渡り、L字型にワイヤロープを配置し、ネットを保持	展開/展開直角方向に渡り、L字型にワイヤロープを配置し、ネットを保持	無	—

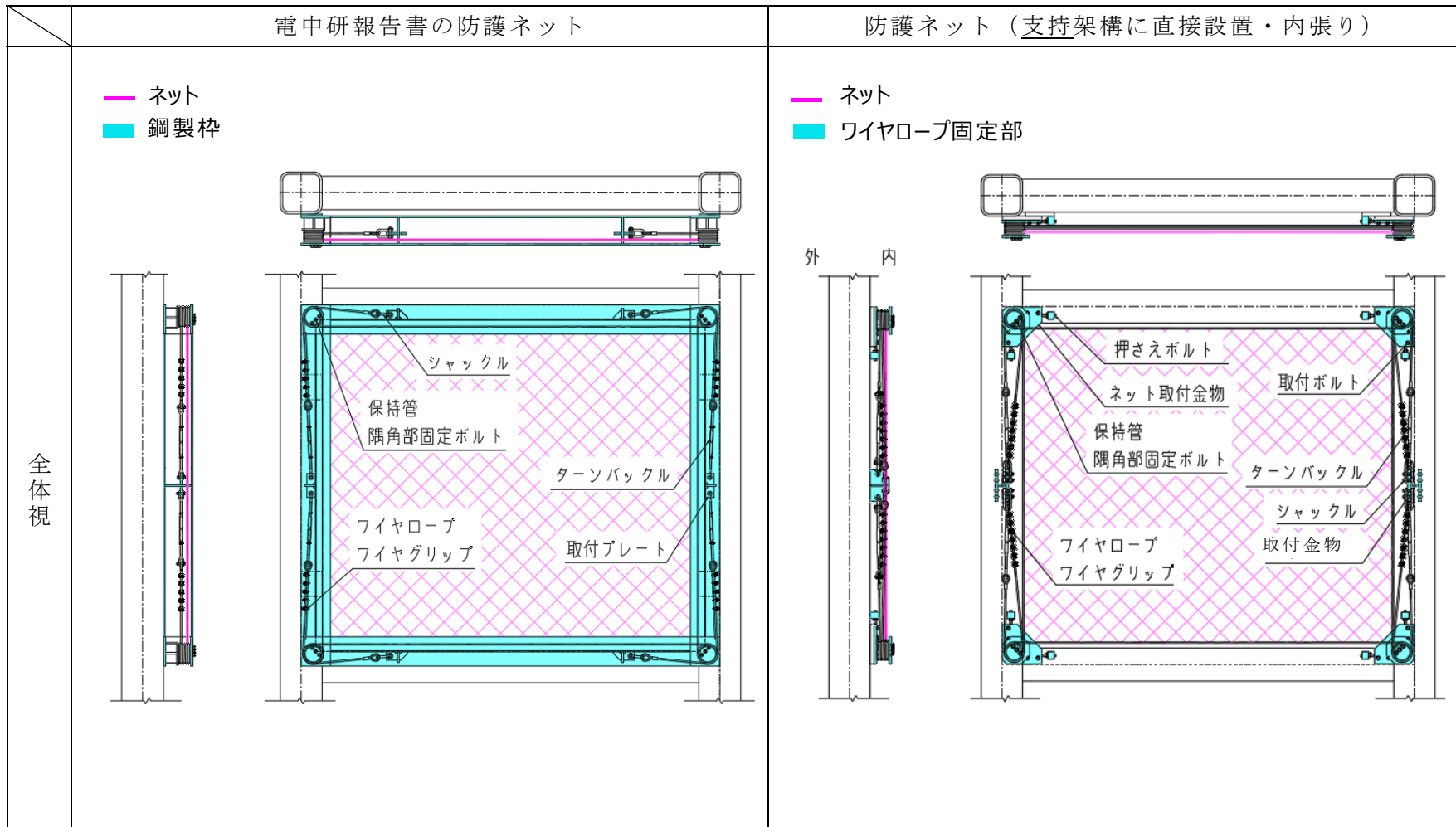
第2-2表 電中研報告書の防護ネットと防護ネット（支持架構に直接設置・外張り）の諸元比較（4/5）

項目		電中研報告書の防護ネット	防護ネット（支持架構に直接設置・外張り）	相違	評価概要
構造	ワイヤロープの保持方法	<p>取付プレート数は6個</p> 	<p>取付金物数は2個</p> 	有	電中研報告書では、保持管の間のワイヤロープで衝突荷重が伝達されるモデルのため評価へ影響を与えない。
	ワイヤロープの初期張力	<p>ロープ端部のターンバックル締付け時のトルク管理値 20N・m ※50mm目合いネット</p>	<p>ロープ端部のターンバックル締付け時のトルク管理値 20N・m ※50mm目合いネット</p>	無	—

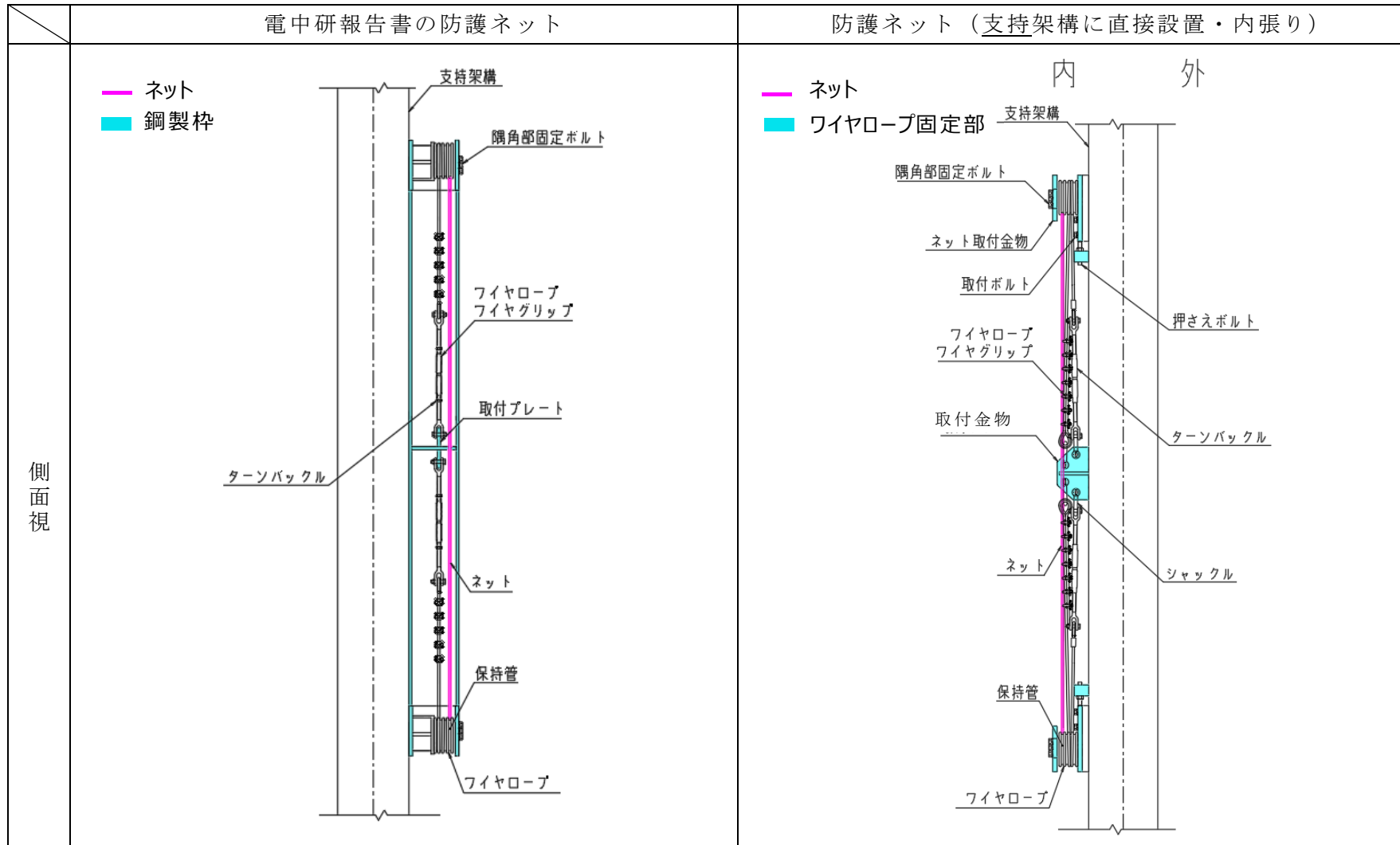
第2-2表 電中研報告書の防護ネットと防護ネット（支持架構に直接設置・外張り）の諸元比較（5/5）

項目		電中研報告書の防護ネット	防護ネット（ <u>支持</u> 架構に直接設置・外張り）	相違	評価概要
構造	ワイヤロープ取り回し	内巻 	内巻 	無	—
	アスペクト比	$1 \leq \text{アスペクト比 (展開長/幅寸法)} \leq 2$	$1 \leq \text{アスペクト比 (展開長/幅寸法)} \leq 2$	無	—

第2-3表 電中研報告書の防護ネットと防護ネット（支持架構に直接設置・内張り）の構造比較（1/2）



第2-3表 電中研報告書の防護ネットと防護ネット（支持架構に直接設置・内張り）の構造比較（2/2）



第2-4表 電中研報告書の防護ネットと防護ネット（支持架構に直接設置・内張り）の諸元比較

項目	電中研報告書の防護ネット	防護ネット（ <u>支持</u> 架構に直接設置・内張り）	相違	評価概要
<p>「第2-2表 電中研報告書の防護ネットと防護ネット（<u>支持</u>架構に直接設置・外張り）の諸元比較」と同じ</p>				

3. 構造の差異による影響検討について

(1) 鋼製枠の有無による影響について

電中研報告書から、鋼製枠は飛来物を補捉するプロセスにおいて、直接関係する部位ではないことを確認した。しかし、鋼製枠はワイヤロープを支持する取付プレートを具備し、防護ネットを四隅で固定している保持管を支持する役割を担っており、ワイヤロープから受ける張力に対し、構造強度上問題ない強度を有していることが求められている。

一方、防護ネット（支持架構に直接設置）においては、取付金物を支持架構に直接設置しており、保持管を支持する役割はネット取付金物が担っている。また、ネット取付金物は構造強度上問題ない強度を有していることを確認しており、鋼製枠による差異は、評価に影響しないことを確認した。

(2) ワイヤグリップの数の相違について

電中研報告書から、ワイヤグリップは飛来物を補捉するプロセスにおいて、直接関係する部位ではないことを確認した。ワイヤグリップはワイヤロープ末端のワイヤ保持力に影響を与え、ワイヤグリップ個数が多いほど増加する。このため、ワイヤグリップを7個使用することにより、ワイヤロープの許容引張力の計算に用いるワイヤグリップ効率はより確保されることから、本計画におけるネットの保持機能は確保できている。なお、ワイヤロープの許容引張力の計算においてもワイヤグリップを7個として反映している。

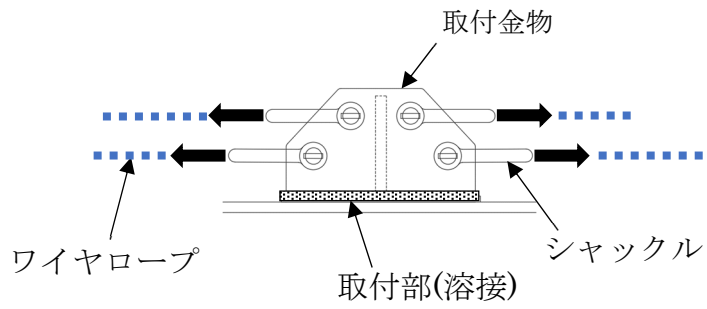
(3) ワイヤロープの保持方法の相違について

第3-1表に電中研報告書の防護ネットと防護ネット（支持架構に直接設置）のワイヤロープによるネットの保持方法を比較する。第3-1表に示すとおり、ワイヤロープ設置方法とそれに伴いワイヤロープの固定する場所が電中研報告書の防護ネットと防護ネット（支持架構に直接設置）で異なる。これは、防護ネット（支持架構に直接設置）の設計において、計4本のワイヤロープ端部を2箇所を取付金物の両端に取り付けることで、飛来物衝突時の取付金物と支持架構の溶接部に発生する応力低減効果を期待したものである。取付金物に作用する荷重の作用イメージを第3-1図に示す。なお、取付金物溶接部の強度評価において本低減効果は期待しない。

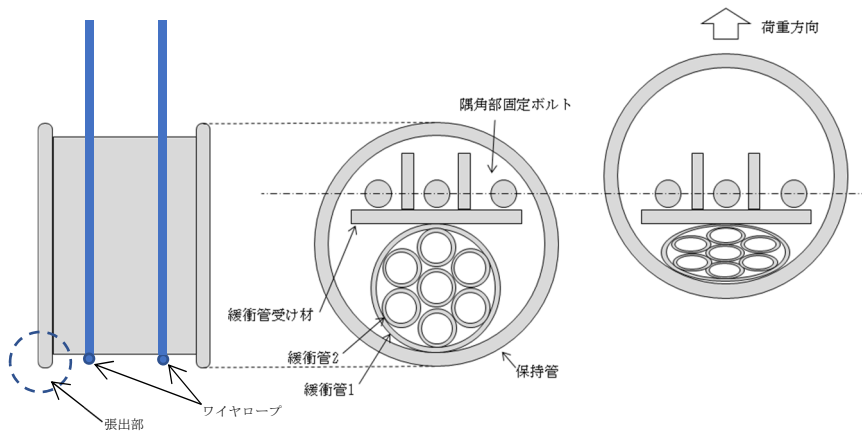
保持管は、防護ネットに飛来物が衝突した際、緩衝構造（緩衝管1，2）により動的効果の抑制を得るために設置をしている。

第3-2図で示すとおり、緩衝構造は保持管の外管と緩衝管受け材の間に設置されており、ワイヤロープの荷重はその取付方によらず荷重が作用する構造となっている。

そのため、ワイヤロープの巻き方に相違はあるが、緩衝構造には荷重が作用し変形することからワイヤロープの保持管への巻き方の相違は問題とはならず、電中研報告書の評価モデルの適用が可能であり、評価モデルへの影響はない。



第3_1図 取付金物への荷重作用状況



第3_2図 保持管の構造 (左：変形前, 右：変形後)

第3-1表 ワイヤロープ保持方法の比較

	電中研報告書の防護ネット	防護ネット（支持架構に直接設置）
主ネット（1枚目）		
主ネット（2枚目）		

4. 防護ネットの強度評価部位について

防護ネットの種類に応じた荷重の伝達経路を説明する。

(1) 荷重の伝達経路の洗い出し (第4-2図, 第4-2表)

防護ネット(鋼製枠)では、飛来物の衝突荷重はワイヤロープからターンバックル、シャックル及びワイヤグリップを介して取付プレート、鋼製枠に伝達される。保持管に作用する荷重は、隅角部固定ボルトを介して、鋼製枠、支持架構に伝達される。

一方、防護ネット(支持架構に直接設置)では、飛来物の衝突荷重はワイヤロープからターンバックル、シャックル及びワイヤグリップを介して取付金物、支持架構に伝達される。保持管に作用する荷重は、隅角部固定ボルトを介して、ネット取付金物へ伝達し、取付ボルト及び押さえボルトから支持架構に伝達される。

ネット取付金物の荷重を受け持つ部位については、斜め荷重が作用することから、圧縮応力又は引張応力とせん断応力を評価した。せん断応力は許容値以下であり、せん断応力を考慮しても圧縮応力の許容値は変わらないことを確認した。

以下に押さえボルトの例を示す。

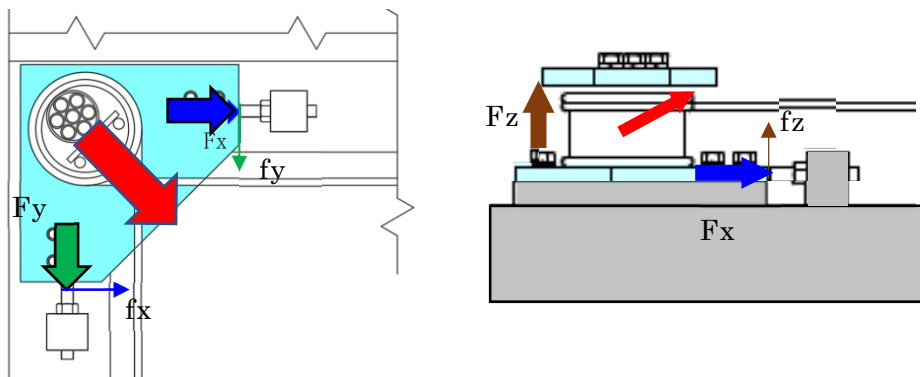
第4-1図のとおり衝突荷重が水平及び鉛直斜め方向に作用することを考慮して、押さえボルトに作用する圧縮力とせん断応力を考慮した結果を第4-1表に示す。

せん断応力は許容値以下である。また、せん断応力が圧縮許容応力と比べて小さいため、せん断応力を考慮しても、圧縮応力に対する許容値は変わらない。

第4-1表 ネット取付金物押さえボルトの荷重

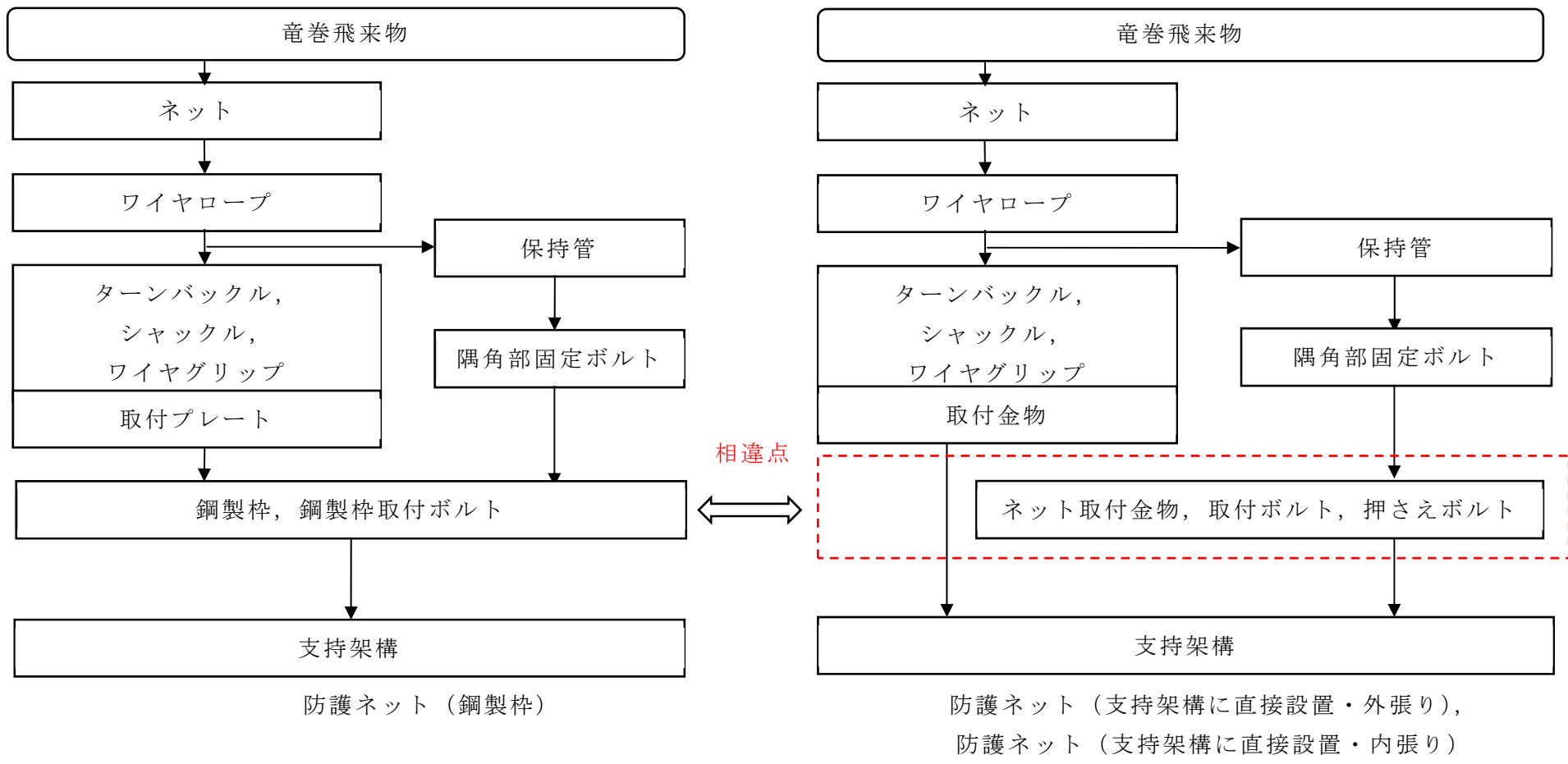
	応力	許容値
圧縮	714MPa	727MPa*
せん断 (水平)	19 MPa	420MPa
せん断 (鉛直)	17 MPa	420MPa

* : せん断応力を同時に受けるボルトの許容応力



第4-1図 ネット取付金物押さえボルトの荷重

以上のとおり、防護ネット(支持架構に直接設置)は鋼製枠がないため、荷重伝達経路に相違があるものの、飛来物衝突荷重を荷重伝達する部位についての強度評価を実施している。飛来物衝突荷重により発生する応力が、「鋼構造設計規準」の短期許容応力度に基づく許容限界を下回ることを確認しているため、飛来物衝突荷重に対して、ネット保持機能は維持される。

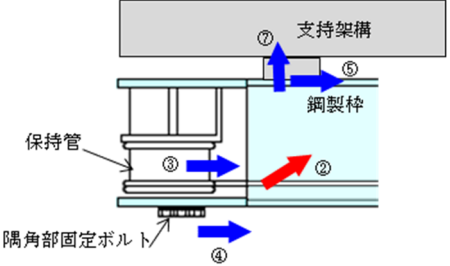
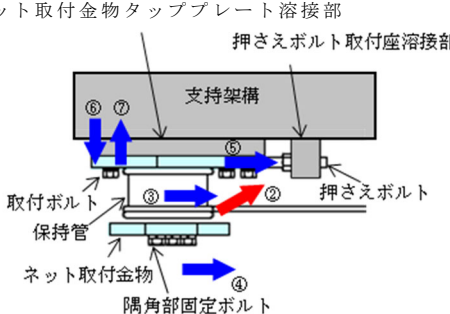
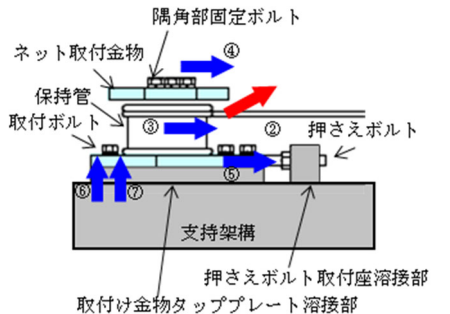


第 4-2 図 防護ネットの荷重伝達機構の比較

第4-2表 荷重伝達経路の比較 (1/2)

部位	防護ネット (鋼製枠)	防護ネット (支持架構に直接設置・外張り)	防護ネット (支持架構に直接設置・内張り)
ワイヤロープ 防護ネット	<p>① 飛来物がネットを押したときに発生する防護ネットの張力 ② ネットから受けるワイヤロープを引っ張る張力</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ワイヤロープ端はシャックル，ターンバックル，ワイヤグリップにて取付プレートもしくは取付金物に固定 ・ネット隅角部にて保持管を隅角部固定ボルトで固定 		
取付プレート 取付金物	<p>② ネットから受けるワイヤロープを引っ張る張力</p>		

第4-2表 荷重伝達経路の比較 (2/2)

部位	防護ネット（鋼製枠）	防護ネット（支持架構に直接設置・外張り）	防護ネット（支持架構に直接設置・内張り）
保持管周辺	 <p>③ワイヤロープの張力により保持管が押される</p> <p>④保持管に力が加わることにより、隅角部固定ボルトにせん断応力が作用する。</p> <p>⑤隅角部固定ボルトから鋼製枠に荷重が伝達され、鋼製枠取付ボルトにせん断荷重が作用する</p> <p>⑦ワイヤロープ張力の防護ネット直交方向成分が支持架構に伝達する</p>	 <p>③ワイヤロープ張力により、保持管が押される</p> <p>④保持管に力が加わることにより、隅角部固定ボルトにせん断応力が作用する</p> <p>⑤隅角部固定ボルトからネット取付金物に荷重が伝達され、押さえボルトに圧縮荷重が作用する</p> <p>⑥モーメントにより取付ボルトに引張荷重が作用する</p> <p>⑦ワイヤロープ張力の防護ネット直交方向成分が支持架構に伝達する</p>	 <p>③ワイヤロープ張力により、保持管が押される</p> <p>④保持管に力が加わることにより、隅角部固定ボルトにせん断応力が作用する</p> <p>⑤隅角部固定ボルトからネット取付金物に荷重が伝達され、押さえボルトに圧縮荷重が作用する</p> <p>⑥モーメントにより取付ボルトに引張荷重が作用する</p> <p>⑦ワイヤロープ張力の防護ネット直交方向成分により取付ボルトに引張荷重が作用する</p>

(2) 評価対象部位

(1)で整理した荷重伝達経路から，強度評価部位を整理し，各部位の許容荷重から代表評価部位を整理した結果を第4-3表に示す。

なお，強度評価の結果は添付書類「VI-1-1-1-2-5-2 竜巻防護対策設備の強度計算書」に記載されている。

第4-3表 強度評価部位

部位	防護ネット（鋼製枠）		防護ネット（支持架構に直接設置・外張り）		防護ネット（支持架構に直接設置・内張り）	
	許容荷重	評価対象	許容荷重	評価対象	許容荷重	評価対象
防護ネット	*1	○	*1	○	*1	○
ワイヤロープ	132kN	○	132kN	○	132kN	○
シャックル	156.8kN	○	156.8kN	○	156.8kN	○
ターンバックル	130.2kN	○	130.2kN	○	130.2kN	○
ワイヤグリップ*2	—	—	—	—	—	—
取付プレート	169kN	○	—	—	—	—
取付プレート溶接部	123kN	○	—	—	—	—
取付金物	—	—	460kN	○	460kN	○
取付金物溶接部	—	—	952kN*3	—	952kN*3	—
保持管*4	—	—	—	—	—	—
隅角部固定ボルト	153kN	○	153kN	○	153kN	○
鋼製枠	*5	—				
鋼製枠取付ボルト	*5	○				
ネット取付金物*6			1,735kN	—	1,735kN	—
取付ボルト			256kN	○	256kN	○
取付金物タッププレート溶接部			2,121kN*7	—	2,121kN*7	—
押さえボルト			333kN	○	333kN	○
押さえボルト取付座溶接部			930kN*8	—	930kN*8	—
支持架構	*9	—	*9	—	*9	—

*1：防護ネットは、吸収エネルギー評価、破断評価、たわみ評価を実施しており、防護ネットのサイズによって許容限界が異なるが、防護ネット（鋼製枠）、あるいは防護ネット（支持架構に直接設置・外張り）/防護ネット（支持架構に直接設置・内張り）で評価方法は同じ

*2：ワイヤグリップは、ワイヤロープの評価においてワイヤグリップ効率を考慮している

*3：防護ネット（支持架構に直接設置・外張り）/防護ネット（支持架構に直接設置・内張り）の取付金物溶接部は、同じ荷重を受ける部材のうち許容荷重が小さい取付金物の評価に包絡される

*4：保持管は固定されておらず、荷重がすべて隅角部固定ボルトに作用するため評価対象外

*5：鋼製枠及び鋼製枠取付ボルトの許容限界は各防護ネットによる

*6：ネット取付金物は、取付ボルト及び押さえボルトにて固定されているため評価対象外

*7：防護ネット（支持架構に直接設置・外張り）/防護ネット（支持架構に直接設置・内張り）の取付金物タッププレート溶接部は、同じ荷重を受ける部材のうち許容荷重が小さい取付ボルトの評価に包絡される

*8：防護ネット（支持架構に直接設置・外張り）/防護ネット（支持架構に直接設置・内張り）の押さえボルト固定座溶接部は、同じ荷重を受ける部材のうち許容荷重が小さい押さえボルトの評価に包絡される

*9：支持架構への飛来物衝突評価に包絡されるため評価対象外

添付 2

防護ネット（支持架構に直接設置）の設置方法

目 次

1. 概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
2. 防護ネット（支持架構に直接設置）の設置手順・・・・・・・・ 1

1. 概要

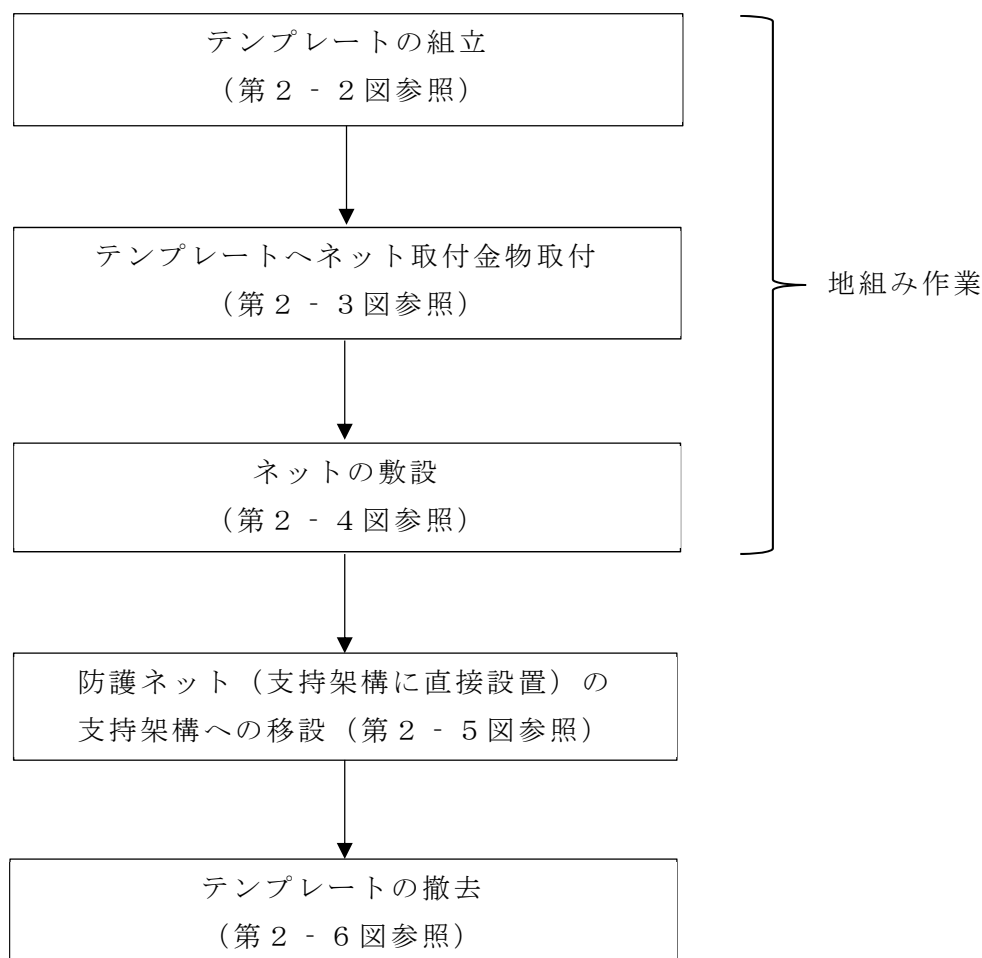
本資料は、防護ネット（支持架構に直接設置）について、鋼製枠を合理化したことに伴い、鋼製枠への部材の取り付けができないことから、設計通りの構造を取り付けるための取付け方法について説明する。

2. 防護ネット（支持架構に直接設置）の設置手順

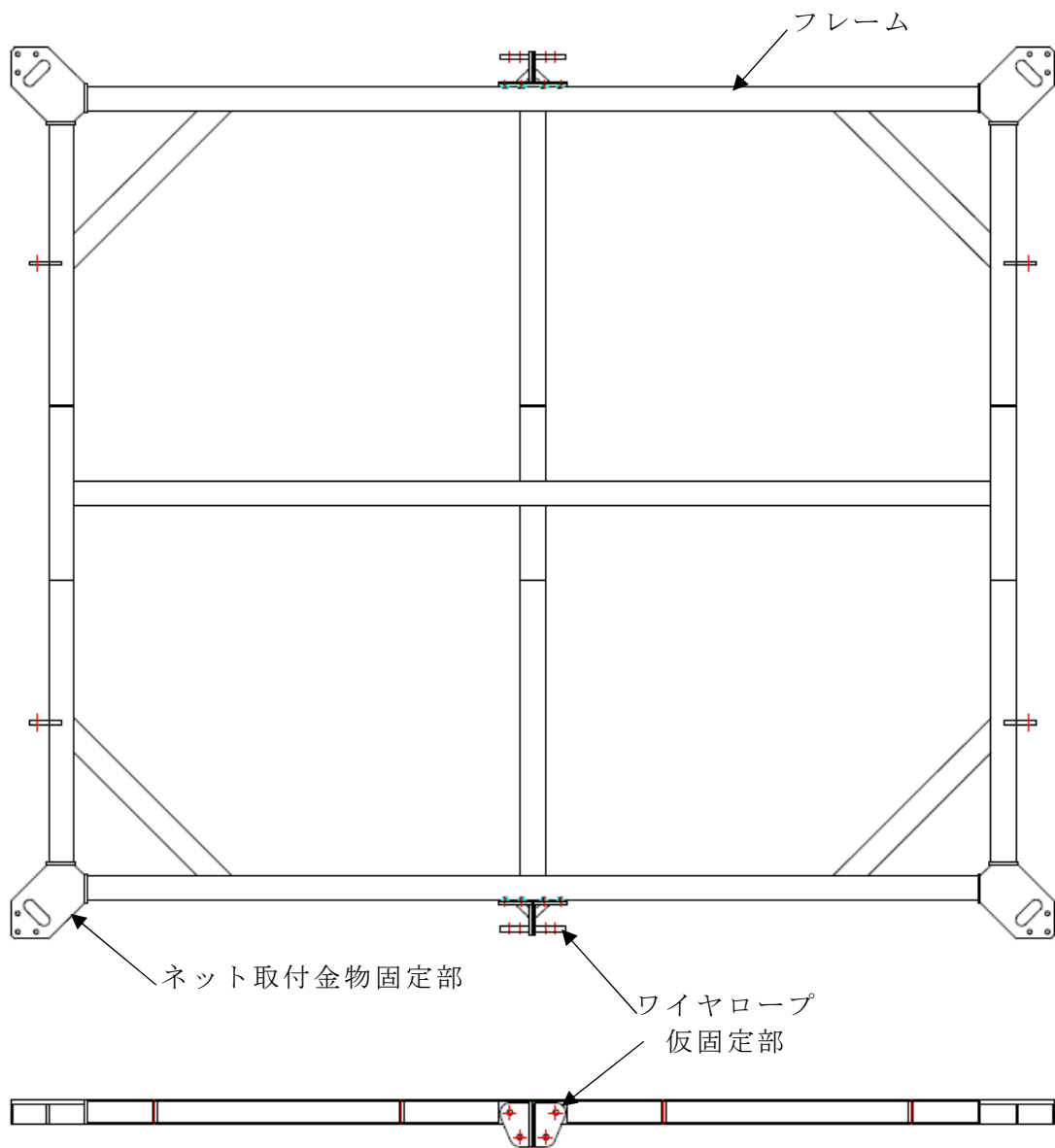
防護ネット（鋼製枠）は組み立ての際、鋼製枠に直接各部材を取り付けた後、支持架構へ取り付ける。一方で防護ネット（支持架構に直接設置）では、鋼製枠がなく、各部材を直接支持架構へ取り付けながら組み立てるのが困難であることからネット四隅固定用のネット取付金物間をテンプレートと称する仮設枠にて仮組・保持し、防護ネットの組み立てを行う計画である。

防護ネット（支持架構に直接設置）の組立フローを第2-1図に、作業の概略図を第2-2図から第2-6図に示す。

防護ネット（支持架構に直接設置）は、予め地上でテンプレート（治具）に取り付け、支持架構へ移設し取り付ける。



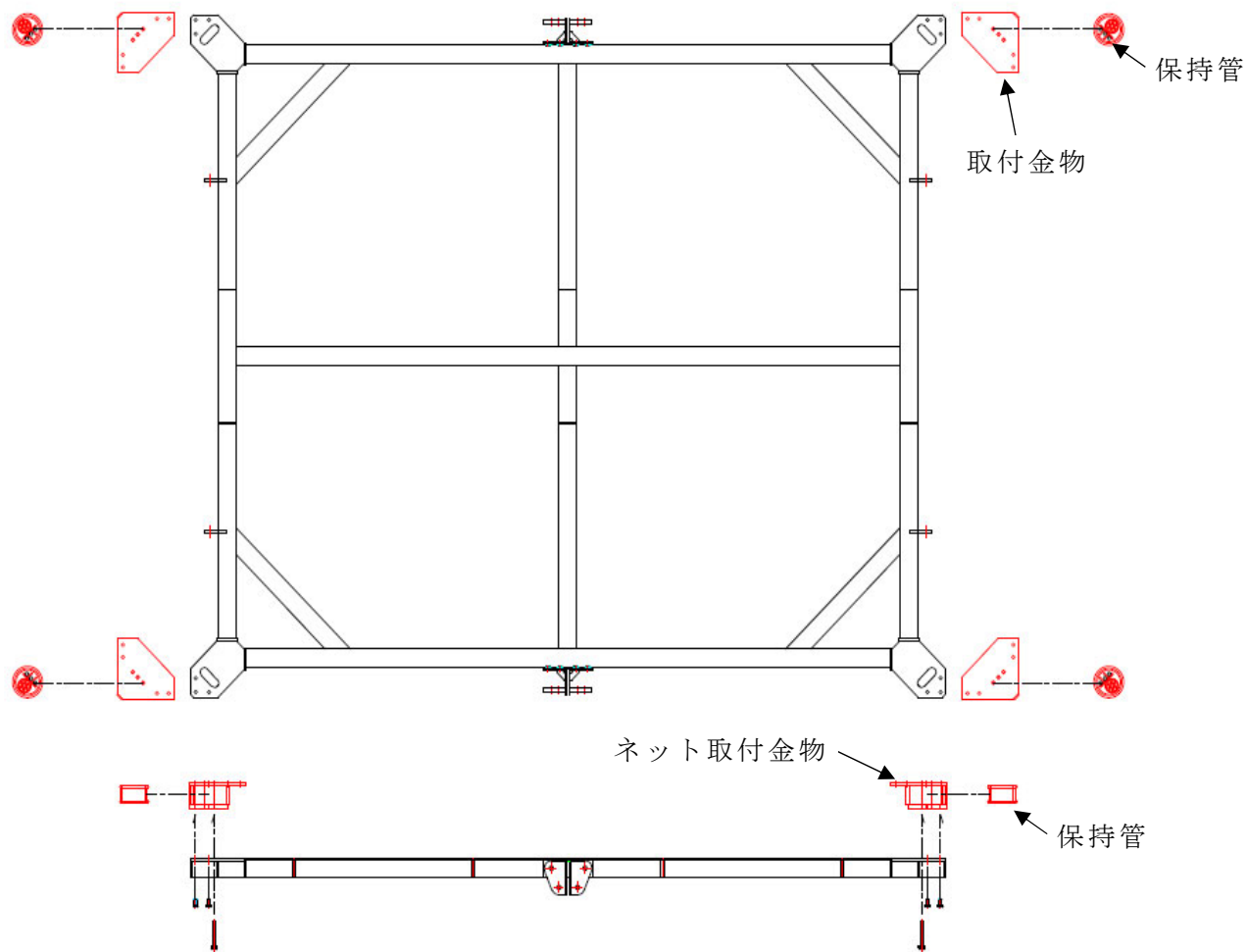
第2-1図 防護ネット（支持架構に直接設置）の組立フロー



第 2-2 図 テンプレートの組立

<作業概要>

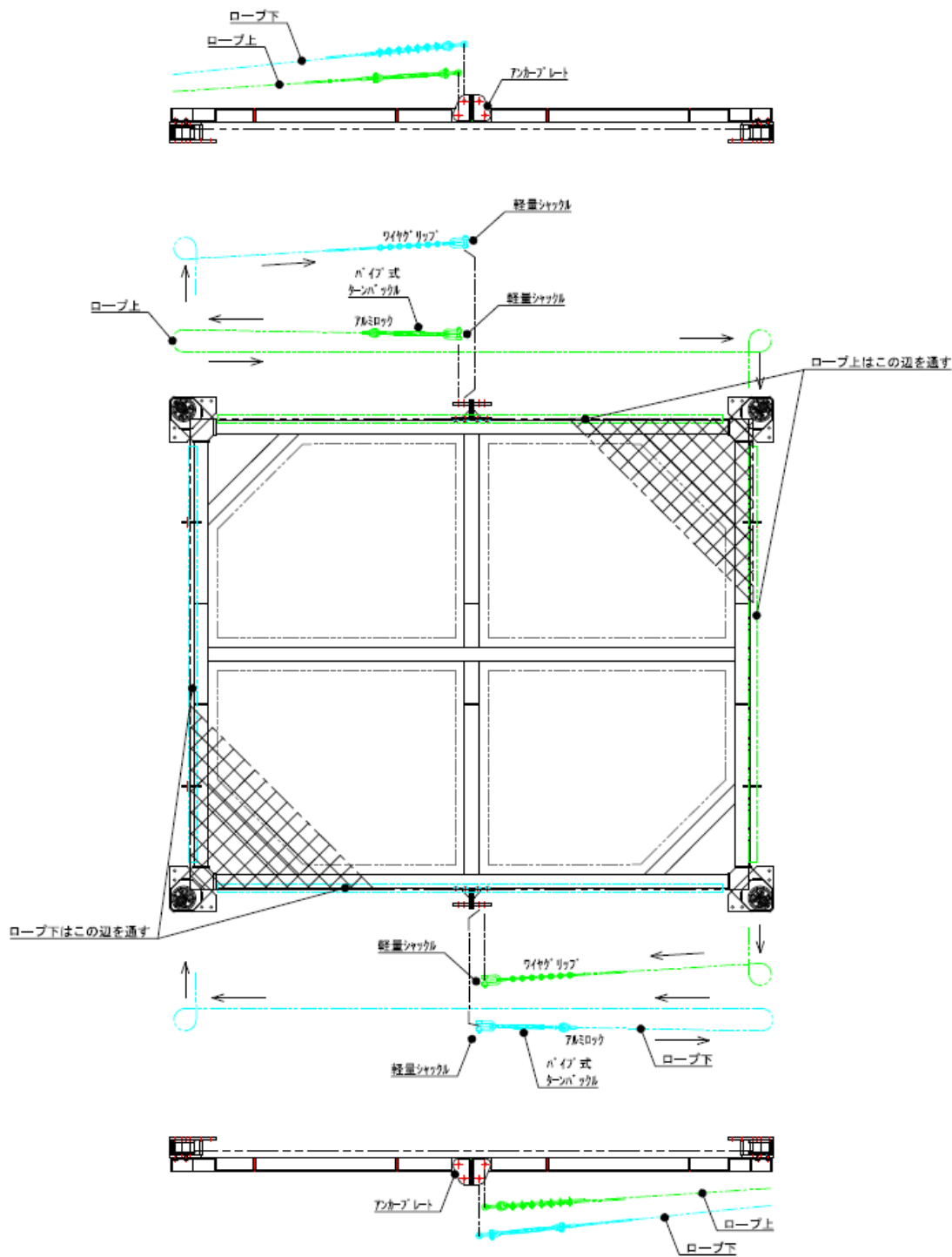
- (1) ネット取付金物固定部，フレーム，ワイヤロープ仮固定部を有するテンプレートを組み立てる。



第2-3図 テンプレートへネット取付金物取付

<作業概要>

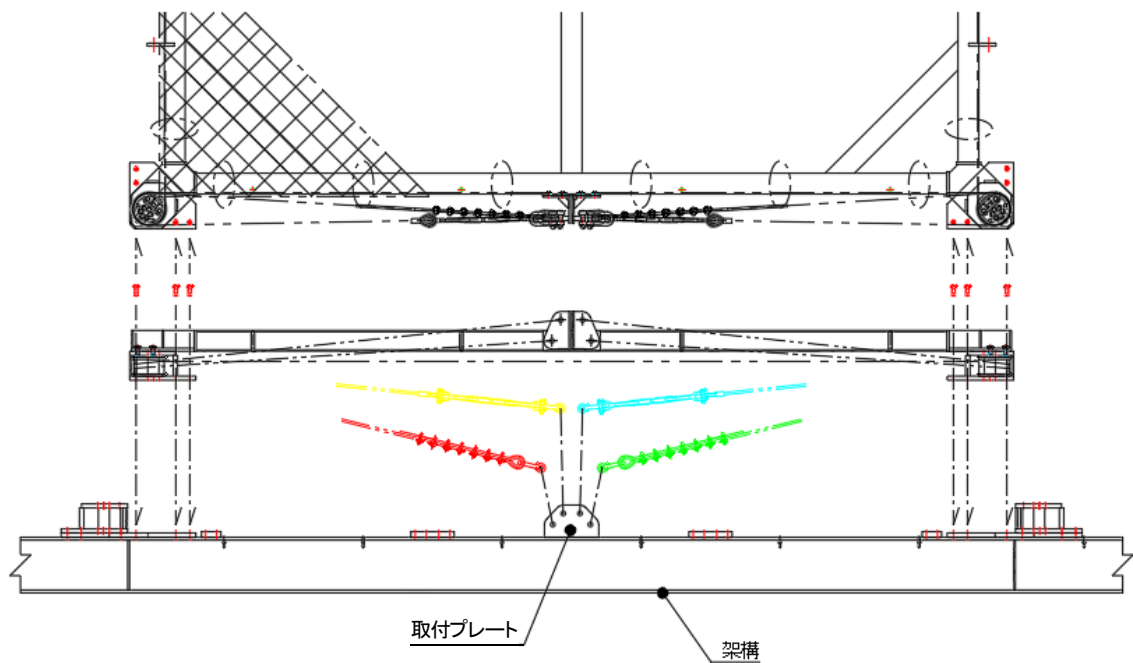
- (1) テンプレートにネット取付金物及び保持管をボルトで固定する。



第 2 - 4 図 ネットの敷設

< 作業概要 >

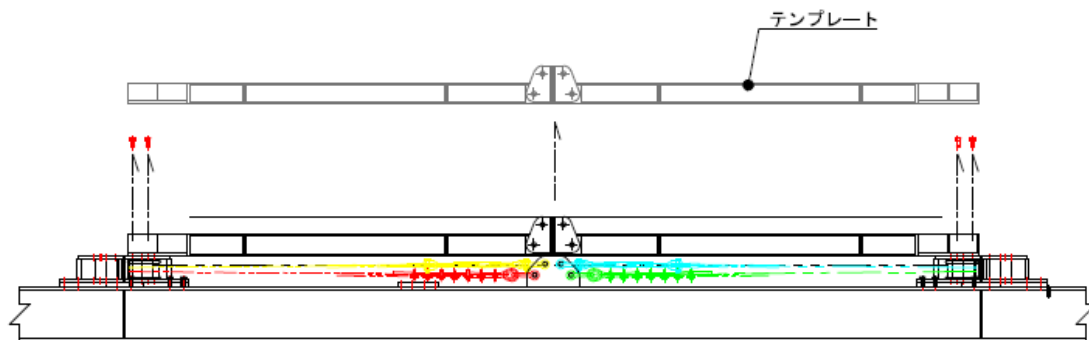
- (1) テンプレートに固定した ネット 取付金物及び 保持管 を用いてネットを敷設する。
- (2) ネットを展開しているワイヤロープの端部は、テンプレートのワイヤロープ仮固定部に固定する。



第2-5図 支持架構への移設

<作業概要>

- (1) テンプレートが取り付いていない側を下にして，四隅のネット取付金物を支持架構へボルトで固定する。
- (2) テンプレートのワイヤロープ仮固定部に固定していたワイヤロープを取り外し，支持架構の取付プレートに固定する。



第2_6図 テンプレート撤去

<作業概要>

- (1) テンプレートとネット取付金物を固定していたボルトを取り外し、テンプレートを撤去する。

以上の取付け方法により、防護ネット（支持架構に直接設置）の組立及び設置を行う。

添付 3

竜巻防護対策設備の設工認への展開について

目 次

1. 概要	1
2. 設工認にて担保すべき項目について	1
2. 1 補助防護板の設置目的	<u>1</u>
2. 2 補助防護板の担保事項	<u>1</u>
3. 設工認本文への記載について	1
4. 設工認の記載	<u>2</u>

1. 概要

防護ネット（支持架構に直接設置）の構造上、生じるネットと支持架構の隙間を埋めるための補助防護板について、設工認上の扱いについて検討する。

2. 設工認にて担保すべき項目について

2. 1 補助防護板の設置目的

補助防護板は、防護ネット（支持架構に直接設置）と支持架構の間に生じる僅かな隙間（約0.045m）から飛来物が侵入し、冷却塔に衝突することを防止する目的に設置する鋼板である。

なお、発電炉の防護ネットにおいては、鋼製柱に同等の役割を持たせる、もしくは支持架構の柱・はりの寸法（支持架構の上部に防護ネットが設置できる寸法の柱・はりとする）により、防護ネットと支持架構の間に隙間が生じないように設計している。

2. 2 補助防護板の担保事項

(1) 補助防護板の設置範囲について

防護ネットと支持架構の隙間（約0.045m）は、設計上、考慮している飛来物である鋼製材（4.2m×0.3m×0.2m）、鋼製パイプ（Φ2.0m×0.05m）及び砂利（0.04m×0.04m×0.04m）と比較し、砂利より大きい。飛来物防護ネットは、その設計において通過を許容している飛来物は砂利より小さな飛来物であり、補助防護板は、防護ネットと支持架構の隙間を、砂利より小さな寸法とする必要がある。そのため、補助防護板の設置範囲は、設工認の担保事項に該当する。

(2) 補助防護板の材質

補助防護板の必要厚さはBRL式から算出するため、鋼材である必要がある。そのため、補助防護板の材質は鋼材であることが設工認の担保事項に該当する。

(3) 補助防護板の厚さ

補助防護板は、飛来物を受け止める役割を担っていることから、必要厚さ以上の板厚を有する必要があるため、鋼板厚さは設工認の担保すべき事項に該当する。

3. 設工認本文への記載について

補助防護板について、設工認上本文へどのように展開するかを検討した。

(1) 補助防護板の設置範囲について

補助防護板の設置範囲に係る項目として、設工認にて以下の2点が担保事項に該当する。

①補助防護板の設置箇所

②防護ネットと支持架構の隙間

①については、補助防護板は防護ネット（支持架構に直接設置）の一部であることを踏まえ、防護ネット（支持架構に直接設置）とともに構造図に示す。使用前事業者検査においては、構造図に示す箇所に補助防護板が設置されていることを確認する。

②について、補助防護板は、防護ネットと支持架構の隙間を0.04m以下にすることが性能目標であり、性能目標を達成するため、防護ネットと補助防護板は重なるように設計することとしている。補助防護板と防護ネットが重なるように設計することで、隙間が0.04m以下となっていることは担保できることから、仕様表に寸法は記載しない。

また、使用前事業者検査では、この構造が達成されていることを確認するため、防護ネットの据付け確認時の記録として、補助防護板と防護ネットが重なっていることを確認項目として設け、記録を残すことで、重なっていることを記録確認する。

(2) 補助防護板の材質

補助防護板は、BRL式から必要厚さを算出している。しかしながら、防護板と異なり、補助防護板は設計飛来物を受け止めることを期待している部位ではないことを踏まえ、BRL式の適用条件である鋼材を用いていることを基本設計方針に記載する。

(3) 補助防護板の厚さ

補助防護板は飛来物を受け止める役割を担っていることから、補助防護板の厚さを仕様表に記載する。なお、補助防護板は、最大で0.045m程度の大きさを有する飛来物を受け止めることになるが、飛来物の設定が困難であることから、保守的に設計飛来物である鋼製材を受け止める厚さを設定する。

また、使用前事業者検査では、当該寸法を確認する。

4. 設工認の記載

補助防護板の設工認における具体的な記載例を別添に示す。

別添1 基本設計方針の記載について

別添2 仕様表記載について

第2章 個別項目

7. その他再処理設備の附属施設

7.9 竜巻防護対策設備の基本設計方針

竜巻に対する防護設計においては、設計荷重（竜巻）に対して、竜巻防護対象施設の安全機能を損なうおそれがないよう、機械的強度を有する建物により防護する設計を基本とする。

ただし、建屋による防護が期待できない竜巻防護対象施設及び屋外に設置される竜巻防護対象施設については、設計飛来物の衝突によって安全機能を損なうことを防止するため、必要に応じて竜巻防護対策設備を設置する。

竜巻防護対策設備は、設計竜巻によって発生する設計飛来物による竜巻防護対象施設への影響を防止するための飛来物防護板及び飛来物防護ネットとする。

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うおそれがないよう、次のような方針で設計する。

(1) 飛来物防護板

飛来物防護板は、防護板（鋼材）とそれを支持する支持架構、もしくは建屋に支持される防護板（鉄筋コンクリート）で構成し、以下の設計とする。

- a. 防護板（鋼材）及び防護板（鉄筋コンクリート）は、設計飛来物の貫通を防止することができる設計とする。
- b. 支持架構は、設計荷重（竜巻）に対して、構造健全性を維持できる設計とする。
- c. 飛来物防護板は、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。
- d. 飛来物防護板は、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。
- e. 飛来物防護板のうち、外部火災における航空機墜落火災の影響により、竜巻防護対象施設に波及的影響を及ぼすおそれがある防護板（鋼材）及び支持架構は、耐火被覆を施工する。

(2) 飛来物防護ネット

飛来物防護ネットは、防護ネット及び防護板（鋼材）とそれらを支持する支持架構で構成し、以下の設計とする。

- a. 防護ネットは、設計飛来物の運動エネルギーを吸収することができる強度を有する設計とする。
- b. 防護ネットは、飛来物の衝突によりたわみが生じた場合でも、竜巻防護対象施設に衝突しない離隔距離を確保する設計とする。
- c. 防護ネットは、設計飛来物が通過することを防止できる設計とする。
- d. 支持架構に直接設置する防護ネットは、ネットと支持架構の隙間を砂利の大きさ以下とするため、鋼製の補助防護板を設置する設計とする。
- e. 防護板（鋼材）は、設計飛来物の貫通を防止することができる設計とする。
- f. 支持架構は、設計荷重（竜巻）に対して、構造健全性を維持できる設計とする。
- g. 飛来物防護ネットは、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。

- h. 飛来物防護ネットは、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。
- i. 飛来物防護ネットは、外部火災における航空機墜落火災の影響を考慮し、耐火被覆を施工する。

2.4 その他の主要な事項

2.4.4 竜巻防護対策設備

(1) 建物・構築物

飛来物防護ネット (再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B) の例を示す

				変更前	変更後
名称		—		—	飛来物防護ネット (再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)
種類		—			防護ネット：金属製ネット 基礎：杭基礎
支持地盤		—			鷹架層 ^{*1}
杭の強度		N/mm ²			27
主要寸法	防護ネット	線径	mm		4 ^{*2}
		網目	mm		50 ^{*2} , 40 ^{*2}
	防護板	厚さ	mm		8.2 (9) ^{*2}
	支持架構	たて	mm		■ ^{*2}
		横	mm		■ ^{*2}
		高さ	mm		■ ^{*2}
	補助防護板	厚さ	mm		8.2 (9) ^{*2}
主要材料	防護ネット		—		硬鋼線材
	防護板		—		SUS304
	支持架構		—		BCP325, G385, SN490B
耐火被覆	種類		—	耐火塗料 ^{*3, *4}	
	厚さ		mm	2 以上 ^{*5}	
基数		式		1	

注記： *1 飛来物防護ネットは杭基礎を介して鷹架層に支持する。

*2 公称値を示す。

- *3 建築基準法第2条第七号に基づく国土交通大臣の認定番号FP060CN-0707を取得した主材及び下塗り材を使用する。
- *4 航空機墜落火災による熱影響に対し、機能維持のために必要な部材を塗装対象とし、全周塗装を基本とする。支持架構については、火炎直近の部材は塗装対象とし、別紙「離隔距離表」に基づき塗装範囲を決定する。板厚が表に記載されていない場合は、表に記載されている板厚のうち、薄い側の離隔距離を用いる。
- *5 主材厚さを示す。

別紙

外竜巻16【竜巻防護対策設備の強度計算書に関する構造及び評価について】

資料No.	別紙		提出日	Rev	備考
	名称				
別紙-1	飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の構造及び評価について		1/26	5	
別紙-2					
別紙-3					
別紙-4					
別紙-5					
別紙-6					
別紙-7					
別紙-8					
別紙-9					
別紙-10					
別紙-11					
別紙-12					
別紙-13					
別紙-14					
別紙-15					

令和4年1月26日 R5

別紙-1

飛来物防護ネット (再処理設備本体用 安全冷却水系
冷却塔 B) の構造及び評価について

目 次

1. 概要	1
2. 飛来物防護ネット（A 4 B）の設計方針	1
3. 飛来物防護ネット（A 4 B）の構造について	1
3.1 飛来物防護ネット（A 4 B）の全体概要	1
3.2 防護ネットの構造	9
3.3 防護板の構造	16
3.4 支持架構の構造	23
4. 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	<u>27</u>

1. 概要

本資料は、飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B）（以下、「飛来物防護ネット（A 4 B）」という。）にて使用している防護ネット及び防護板について、構造及び評価の考え方について補足説明するものである。

2. 飛来物防護ネット（A 4 B）の設計方針

本文「3. 1 飛来物防護ネット（A 4 B）の全体概要」に示すとおり、飛来物防護ネット（A 4 B）は防護ネット及び防護板（鋼材）とこれらを支持する支持架構により構成される。飛来物防護ネット（A 4 B）は、安全冷却水 B 冷却塔の冷却能力に悪影響を及ぼさないために、空気の流れを阻害しない防護ネットによる防護が必要である安全冷却水 B 冷却塔の竜巻防護対策として採用する。

3. 飛来物防護ネット（A 4 B）の構造について

飛来物防護ネット（A 4 B）の全体構造及び部位の概要について示す。

3. 1 飛来物防護ネット（A 4 B）の全体概要

飛来物防護ネット（A 4 B）の全景を第 3-1 図に示す。

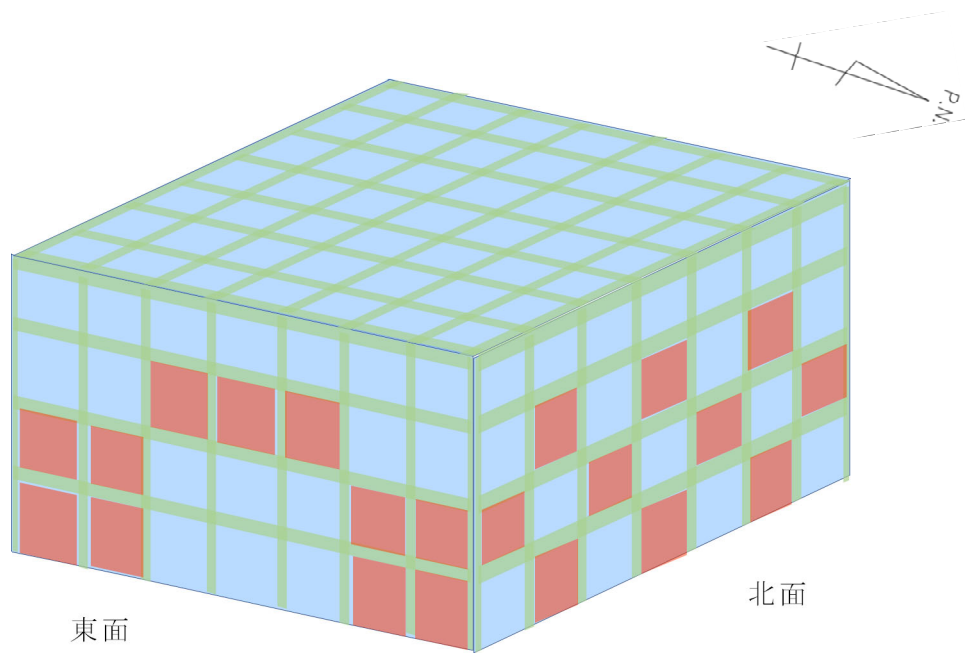
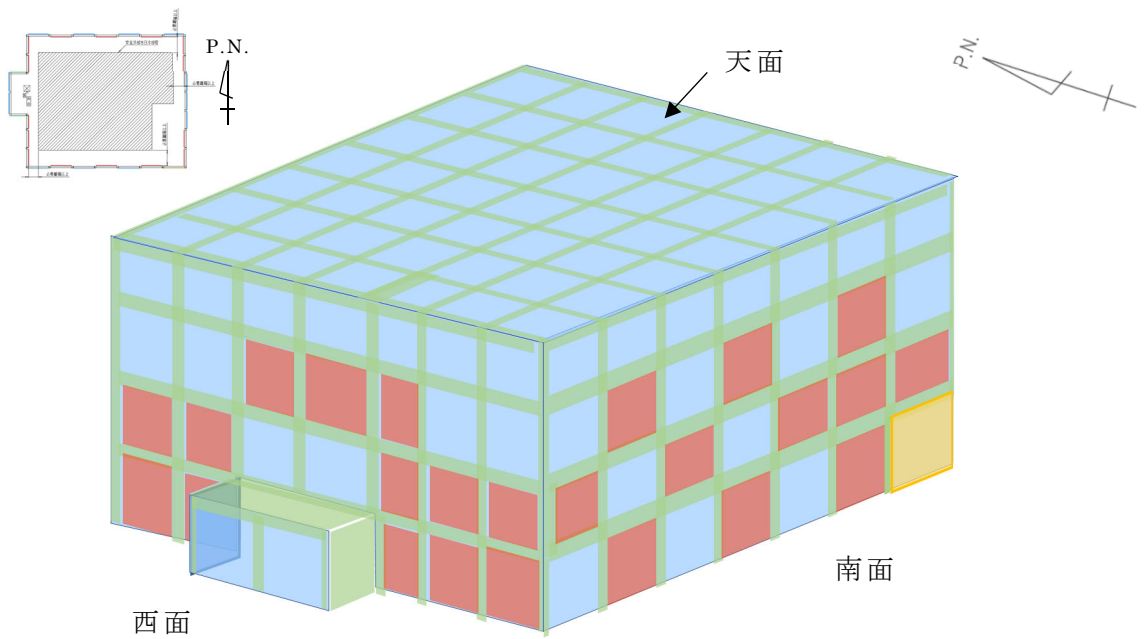
飛来物防護ネット（A 4 B）は、防護ネット、防護板及びそれらを支える支持架構で構成され、竜巻防護対象施設である安全冷却水 B 冷却塔の基礎より上部を防護するため、その上方及び側方四面を覆う様に設置する。

防護ネットは、設計飛来物衝突時の防護ネットの変形によるたわみを考慮しても、竜巻防護対象施設である安全冷却水 B 冷却塔に飛来物を衝突させないよう、安全冷却水 B 冷却塔の外側に必要離隔距離を確保して設置する。但し、設計飛来物衝突時の防護ネットの変形によるたわみが支持架構等と干渉する場合は、支持架構の内側に防護ネットを設置する。

そのうえで、防護ネットと支持架構の間に生じる隙間に対して、補助防護板を設置する。

また、防護ネットの変形によるたわみを考慮した際に必要離隔距離を確保出来ない箇所に対して、防護板を設置する。

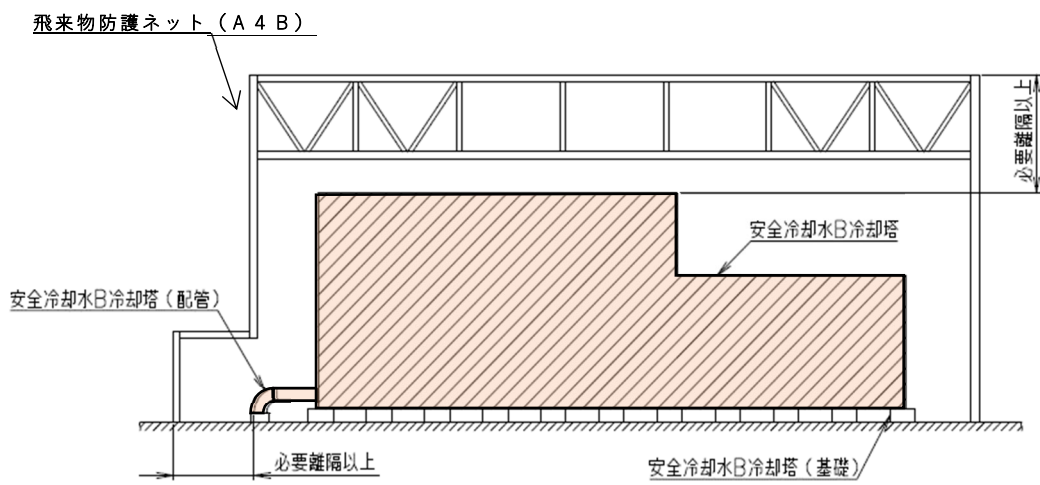
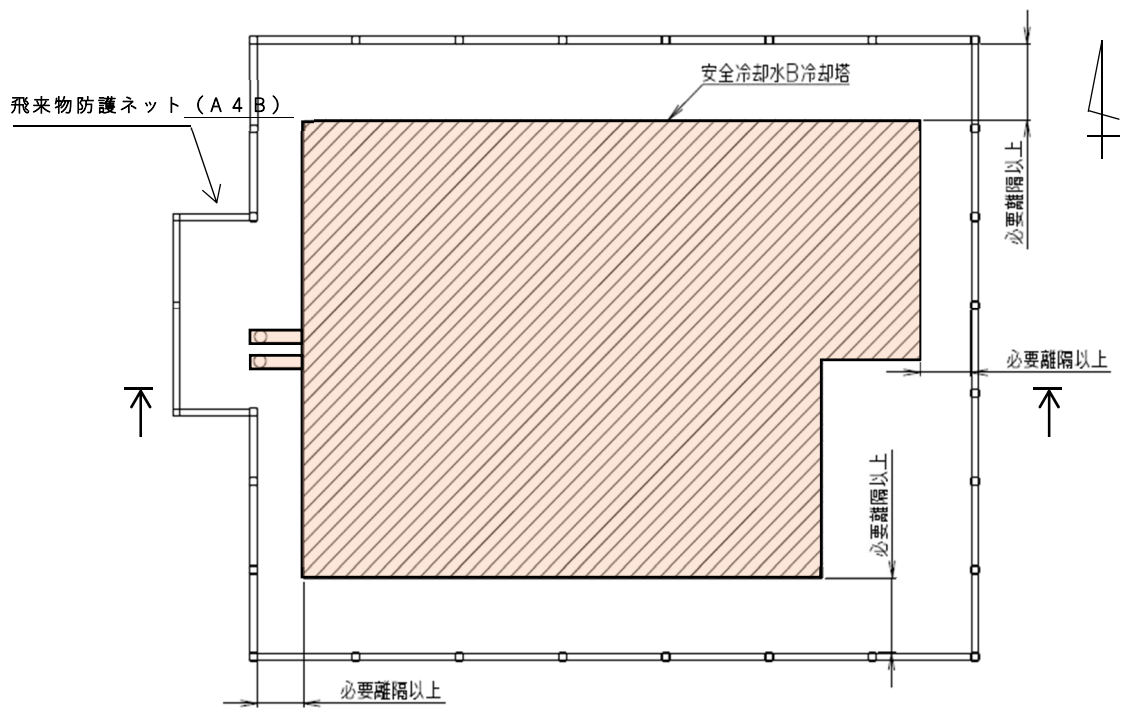
飛来物防護ネット（A 4 B）と竜巻防護対象施設である安全冷却水 B 冷却塔との配置を第 3-2 図に、飛来物防護ネットを構成する防護ネット、防護板、補助防護板の一覧と割付図をそれぞれ第 3-1 表及び第 3-3 図に示す。各要素の構造は、3. 2 節以降に記載する。



【凡例】

: 外張りネット
 : 内張りネット
 : 車両用扉
 : 防護板

第 3-1 図 飛来物防護ネット (A 4 B) 全景



: 防護対象

第 3-2 図 安全冷却水 B 冷却塔と飛来物防護ネット (A4B) の配置図

第3-1表 飛来物防護ネット(A4B)の構成要素(1/2)

番号	名称	数量	防護板の 使い分け
①	防護ネット (<u>支持</u> 架構に直接設置・ 外張り)	115 枚	—
②	防護ネット (<u>支持</u> 架構に 直接設置・内張り)	45 枚	—
③	防護ネット (車両用扉ネ ット)	1 枚	—
④	補助防護板 (①用, 片側防護, 外取付)	<u>171 枚</u>	防護ネット (支持架構に直接設置・ 外張り) で⑤, ⑥以外に適用。
⑤	補助防護板 (①用, 両側防護, 外取付)	<u>136 枚</u>	<u>はり</u> 及び柱を挟んで隣り合う防護 ネットが共に防護ネット (<u>支持架 構に直接設置・外張り</u>) の場合に適 用。
⑥	防護板 (①用, 内取付)	2 枚	防護ネット (<u>支持架構に直接設置・ 外張り</u>) で <u>支持</u> 架構との干渉によ り飛来物が通過するおそれのある 隙間に適用。
⑦	防護板 (②用, 防護板補強有 り, 外取付)	12 枚	防護ネット (<u>支持架構に直接設置・ 内張り</u>) で <u>支持</u> 架構との干渉によ り飛来物が通過するおそれのある 隙間に適用。防護板サイズが大き く, <u>設計竜巻の風圧力による荷重</u> や <u>積雪荷重</u> による変形対策が必要 な場合に適用。
⑧	防護板 (②用, 防護板補強無 し, 内取付)	12 枚	防護ネット (<u>支持架構に直接設置・ 内張り</u>) で <u>支持</u> 架構との干渉によ り飛来物が通過するおそれのある 隙間に適用。
⑨	補助防護板 (②用, はり取付用, 内取付)	63 枚	防護ネット (<u>支持架構に直接設置・ 内張り</u>) に適用。 <u>はり</u> に取り付ける 防護板に適用

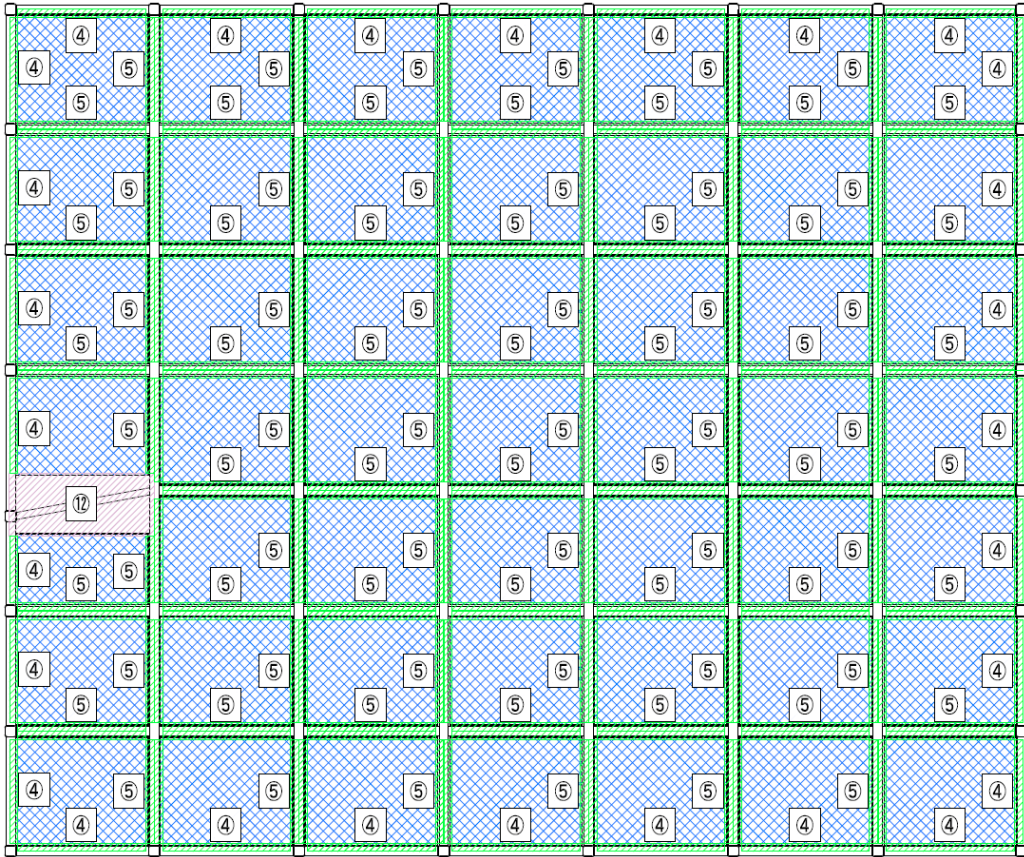
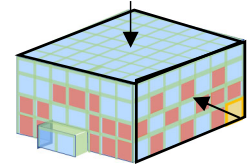
第3-1表 飛来物防護ネット (A4B) の構成要素 (2/2)

番号	名称	数量	防護板の 使い分け
⑩	補助防護板 (②用, 柱取付用, 内取付)	78 枚	防護ネット (支持 架構に直接設置・ 内張り) に適用。 柱に取り付ける防 護板に適用
⑪	補助防護板 (③用, 外取付)	2 枚	防護ネット (支持 架構に直接設置・ 外張り) に適用
⑫	防護板 (斜め梁部天面, 外取付)	1 枚	—
⑬	防護板 (張出部天面, 外取付)	6 枚	—
⑭	防護板 (張出部北側面, 外取付)	2 枚	—
⑮	防護板 (張出部南側面, 外取付) (人員用開口)	3 枚	—

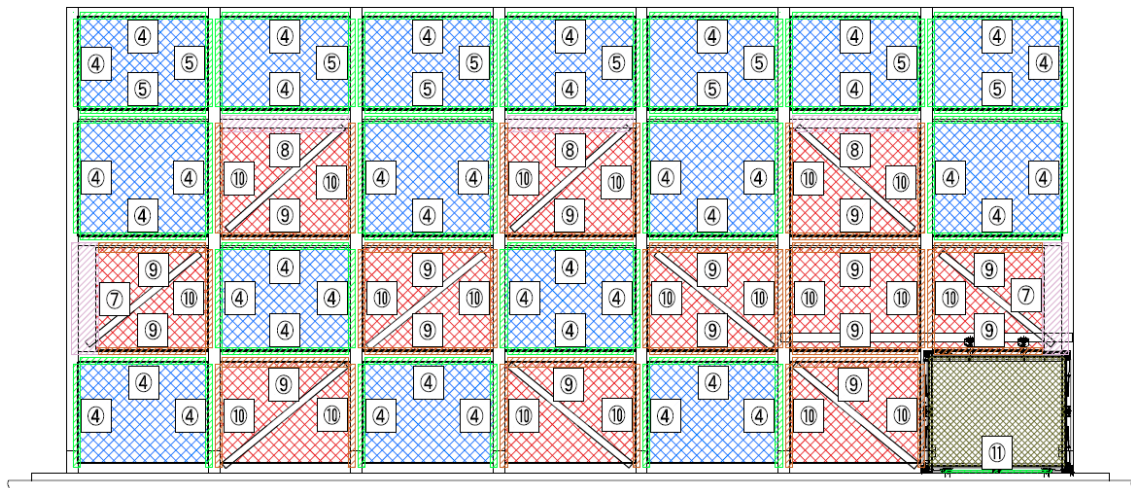
以上の防護ネット及び防護板の割付図を第3-3図に示す。

【凡例】

- : 外張りネット
- : 内張りネット
- : 防護板
- : 車面用扉
- : 補助防護板（外取付）
- : 補助防護板（内取付）



(天面)

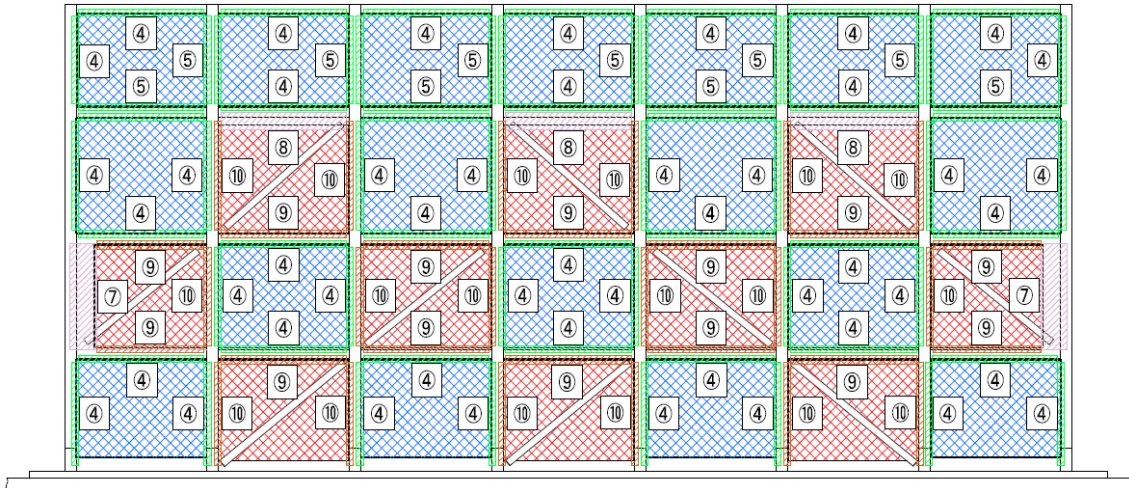
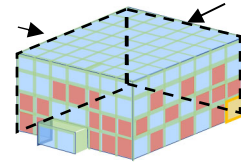


(南面)

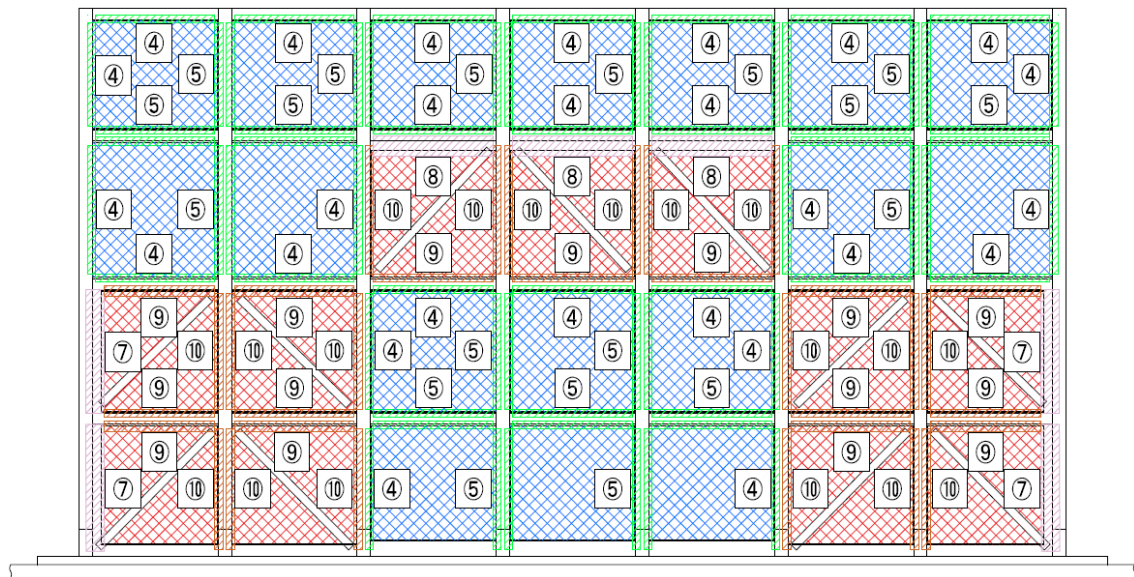
第 3 - 3 図 防護ネット及び防護板割付図 (1 / 3)

【凡例】

- : 外張りネット
 : 内張りネット
 : 防護板
- : 車面用扉
 : 補助防護板（外取付）
 : 補助防護板（内取付）









(北面)

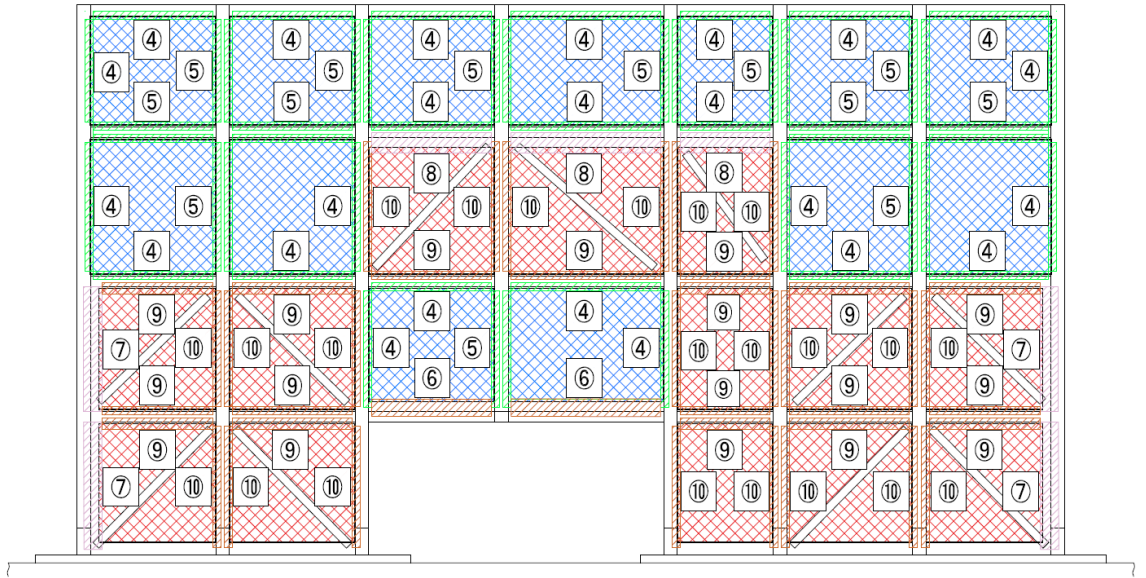
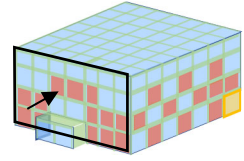


(東面)

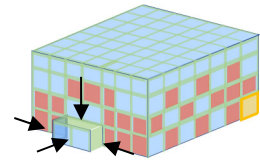
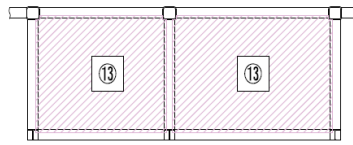
第3-3図 防護ネット及び防護板割付図 (2/3)

【凡例】

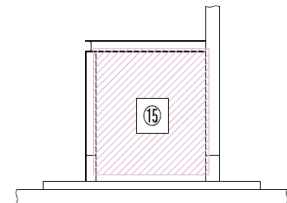
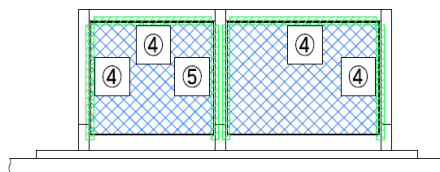
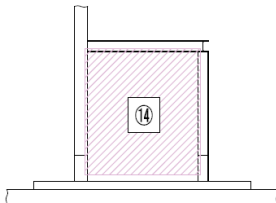
-  : 外張りネット
-  : 内張りネット
-  : 防護板
-  : 車面用扉
-  : 補助防護板（外取付）
-  : 補助防護板（内取付）



(西面)



(張出し部天面)



(張出し部南面，北面及び西面)

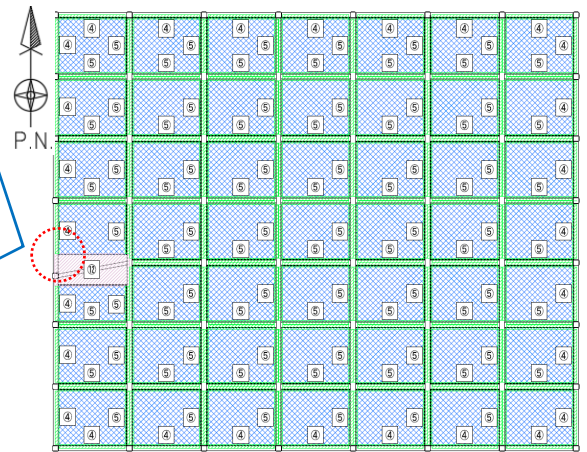
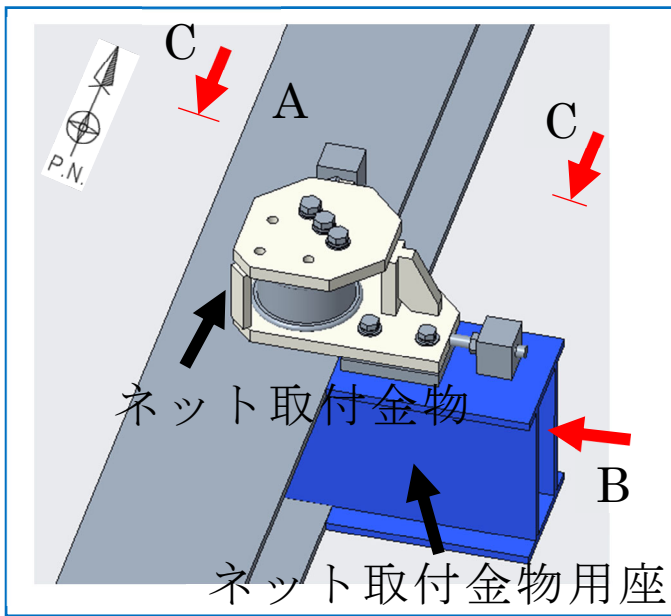
第 3-3 図 防護ネット及び防護板割付図 (3 / 3)

3.2 防護ネットの構造

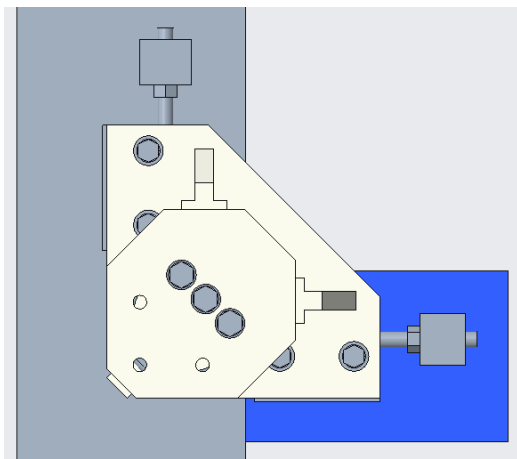
飛来物防護ネット（A 4 B）を構成する部位は，防護ネット（鋼製枠），防護ネット（支持架構に直接設置），防護板（鋼材）及び支持架構である。各部位のうち，飛来物防護ネット（A 4 B）における特有の構造を以下に示す。

(1) 防護ネット（支持架構に直接設置）

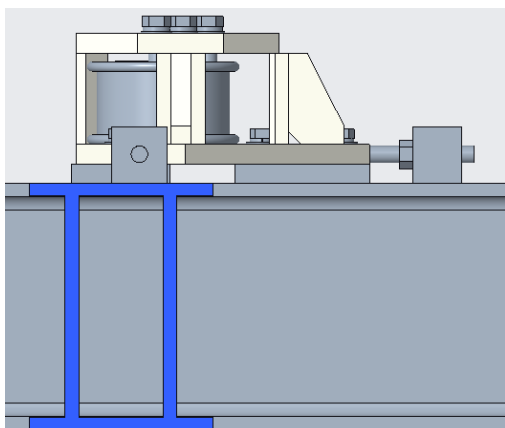
防護ネット（支持架構に直接設置）は，支持架構の柱やはりに設置することが基本であるが，柱やはりに囲われている箇所への防護ネットの取付として，取付金物用座を柱やはりに取付た上で，ネット取付金物を設置する。第3-4図に防護板隣接の防護ネット取付部の概要を示す。



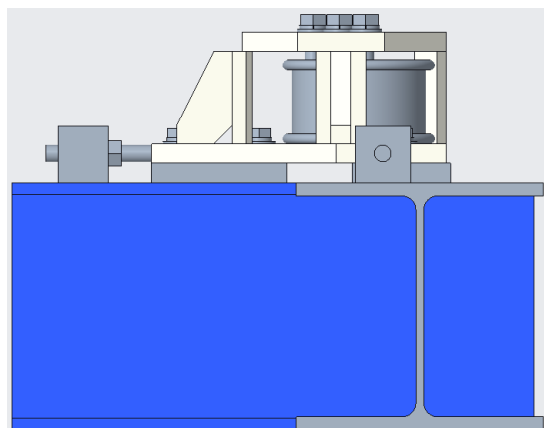
第3-3図 防護ネット及び防護板
割付図より天面



A 視



B 視



C 視

第3-4図 防護板隣接 防護ネット取付部概要

(2) 防護ネット（車両用扉ネット）

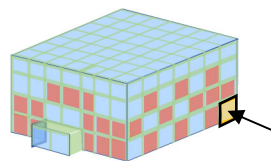
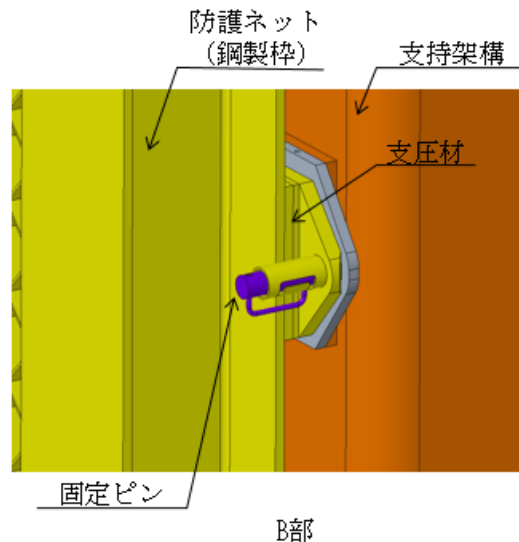
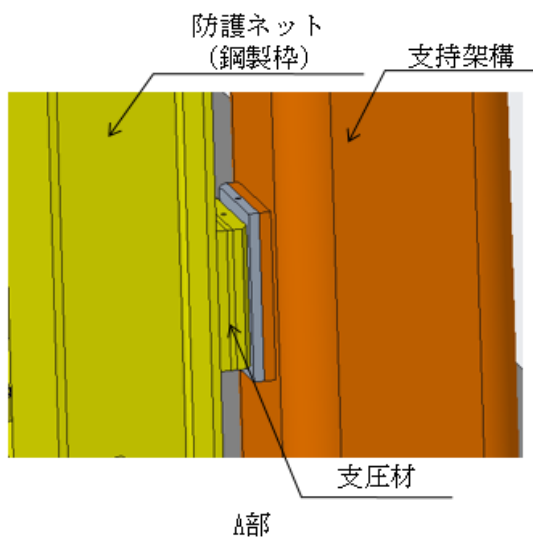
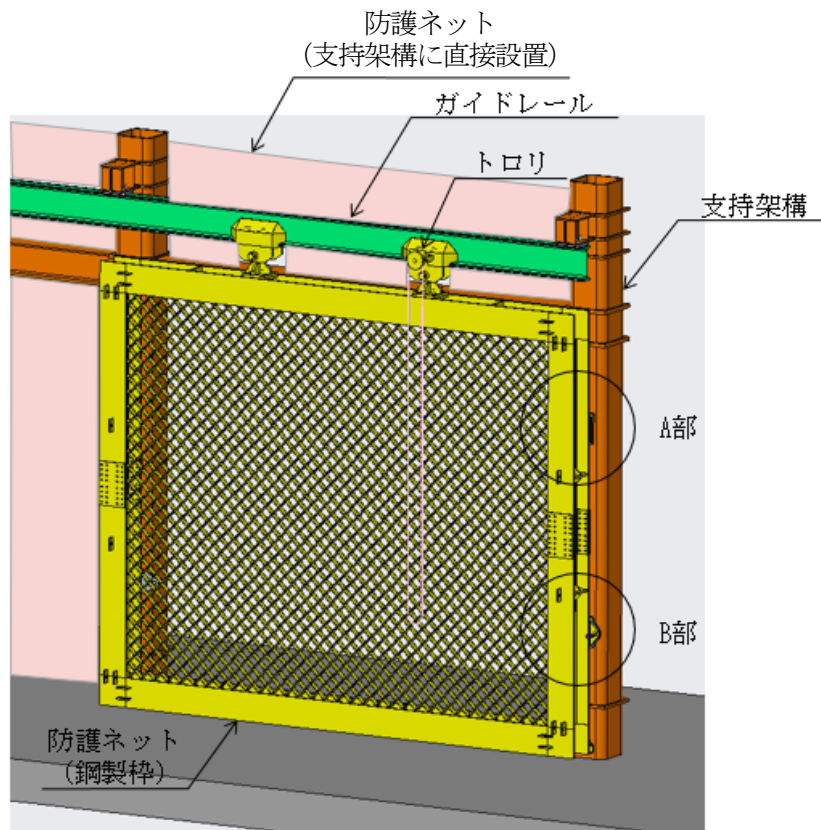
防護ネット（車両用扉ネット）は、飛来物防護ネット（A4B）南面に可動式の車両用扉として、支持架構に設置する。防護ネット（車両用扉ネット）は、安全冷却水B冷却塔のメンテナンス時に、飛来物防護ネット（A4B）の内側に車両等が通行可能となる開口を確保するための手動開閉式の防護ネットである。

防護ネット（車両用扉ネット）は、防護ネット（鋼製枠）、支圧材、トロリ及び固定ピンで構成される。設計竜巻による風圧力による荷重で扉が開かないよう車両用扉を固定ピンにより支柱に固定し、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。

飛来物衝突に対しては、防護ネットと支柱間に設置された4つの支圧材において、反力を支柱側へ伝達する構造となっている。第3-5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出来る。また、防護ネット（車両用扉ネット）は支持架構の支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安全冷却水B冷却塔へ影響は与えない。



第3-5図 防護ネット（車両用扉ネット）構造概要

(3) 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。

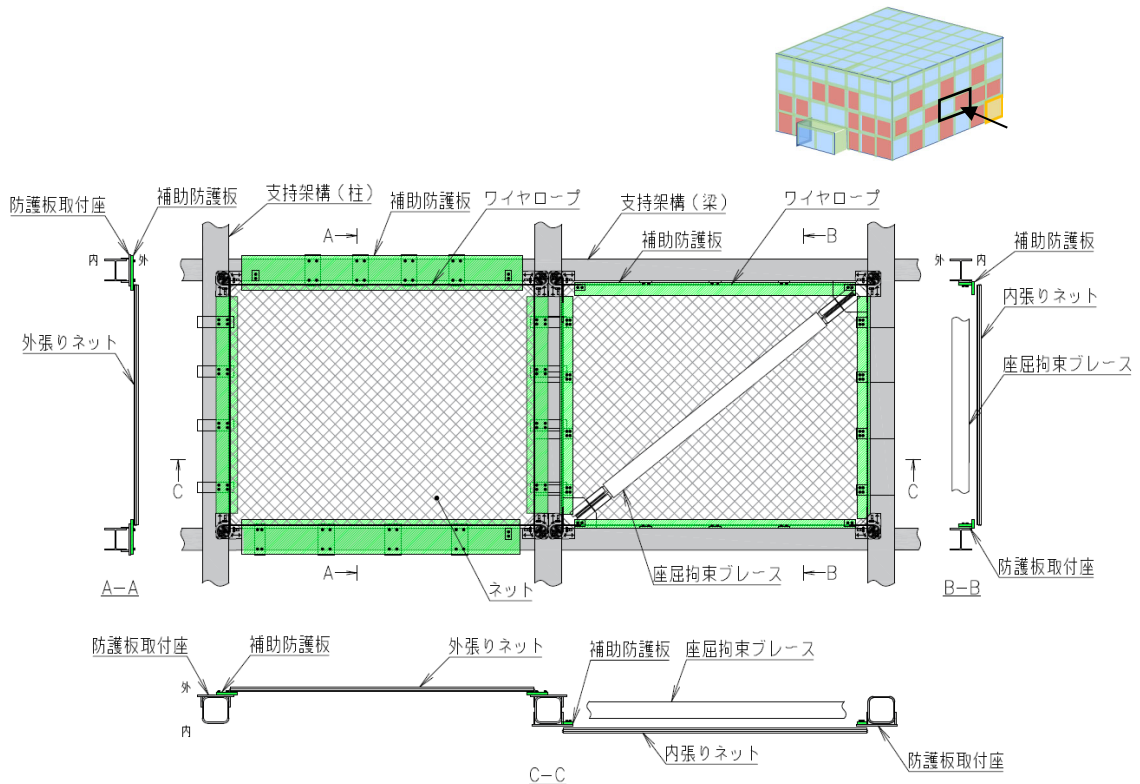
製作、据付公差によって隙間が生じるおそれがあることからの飛来物の侵入防止を目的として、防護ネット周囲に補助防護板を設置する。補助防護板は、防護ネットの位置に合わせて、支持架構の外側又は内側に設置する。

補助防護板と防護ネットの位置関係を第3-6図に、補助防護板のタイプ一覧を第3-2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3-7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3-8図）の2タイプが存在する。また、防護ネット（車両用扉ネット）と支持架構との隙間からの侵入を防止するための補助防護板を第3-9図に示す。

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。

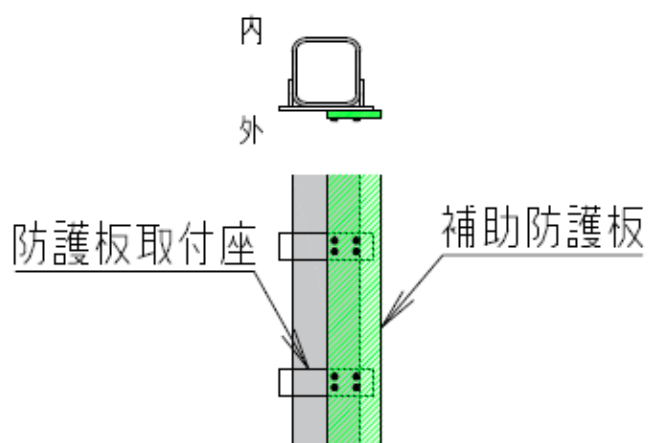
はりに取り付ける補助防護板は、第3-10図に示すL型の補助防護板構造とし、柱に取り付ける補助防護板は第3-11図に示す構造とする。



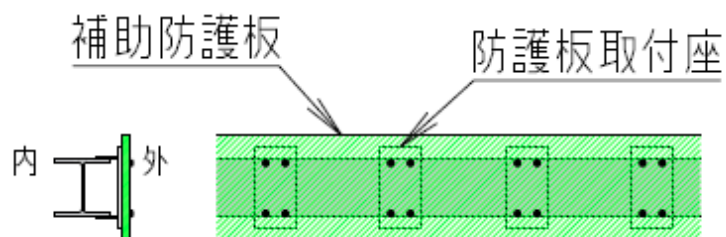
第3-6図 防護ネット補助防護板と防護ネットの位置関係

第 3 - 2 表 補助防護板のタイプ一覧

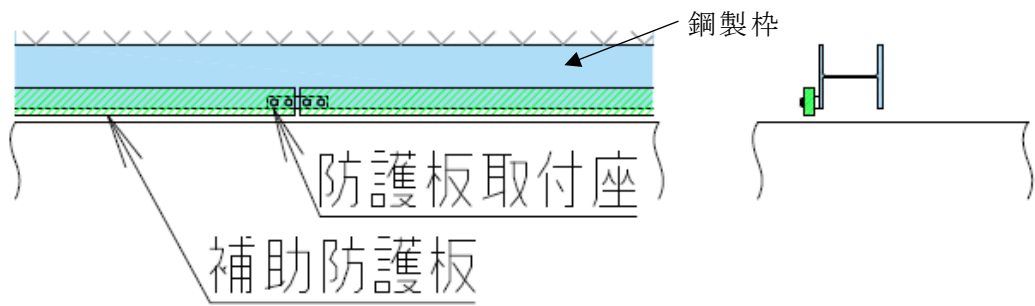
防護板タイプ	防護板構造	図
④補助防護板 (①用, 片側防護, 外取付)	SUS板 t9 (片側張り出し)	第 3 - 7 図
⑤補助防護板 (①用, 両側防護, 外取付)	SUS板 t9 (両側張り出し)	第 3 - 8 図
⑩補助防護板 (③用, 外取付)	SUS板 t9	第 3 - 9 図
⑨補助防護板 (②用, <u>はり</u> 取付用, 内取付)	SUS板 t9 (L型構造)	第 3 - 10 図
⑩補助防護板 (②用, 柱取付用, 内取付)	SUS板 t9	第 3 - 11 図



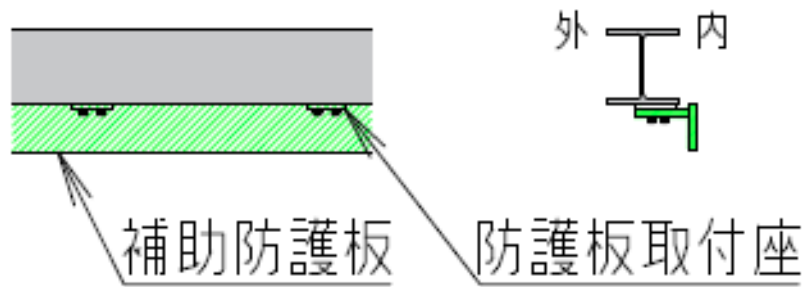
第 3 - 7 図 ④補助防護板



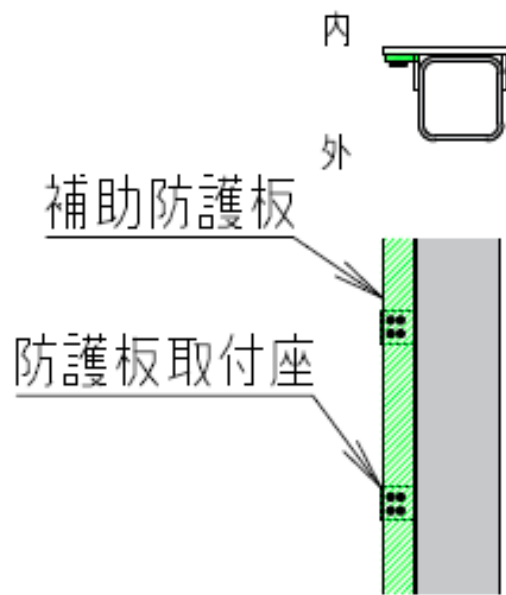
第 3 - 8 図 ⑤補助防護板



第 3 - 9 図 ①補助防護板



第 3 - 10 図 ⑨補助防護板



第 3 - 11 図 ⑩補助防護板

3. 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内側に防護ネットを取り付けるが、防護ネットの必要離隔距離を確保できない箇所、及び支持架構のはりが整形に配置されておらず、その上部の防護ネット同士に間隔が生じる箇所、防護ネットが支持架構の部材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出来ないことから、防護板を設置して安全冷却水B冷却塔への飛来物の衝突を防止する。防護板は、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。

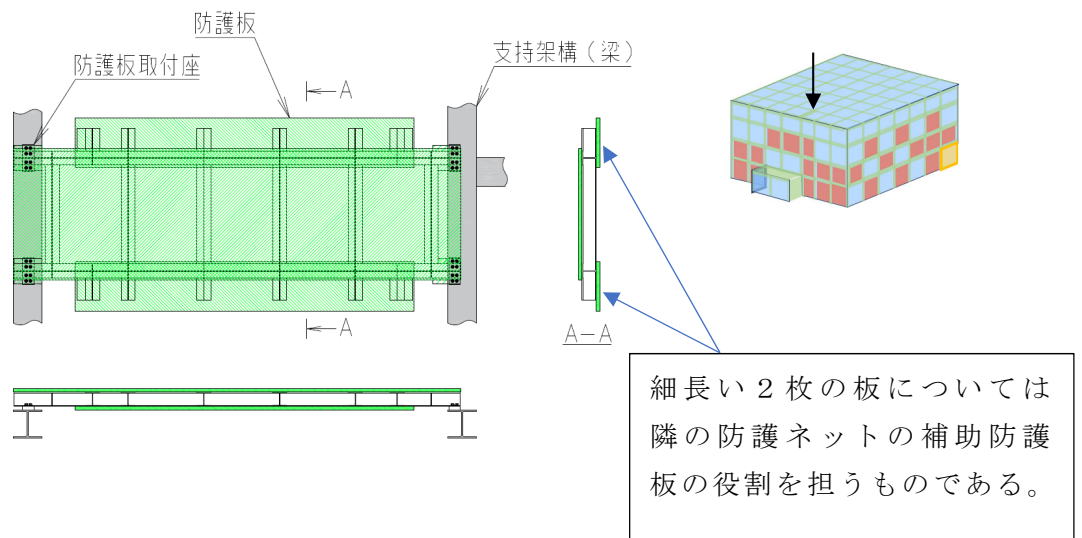
また、飛来物防護ネット内へ人がアクセスする際の入り口の防護板には、人員用開口を設ける。人員用開口は飛来物の侵入を防止するため、第3-12図に示すように防護板を組み合わせて、迷路構造となる様設置している。

防護板のサイズが大きいもの（⑦防護板、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（H型鋼及びアングル）を設け、溶接にて一体構造としている。

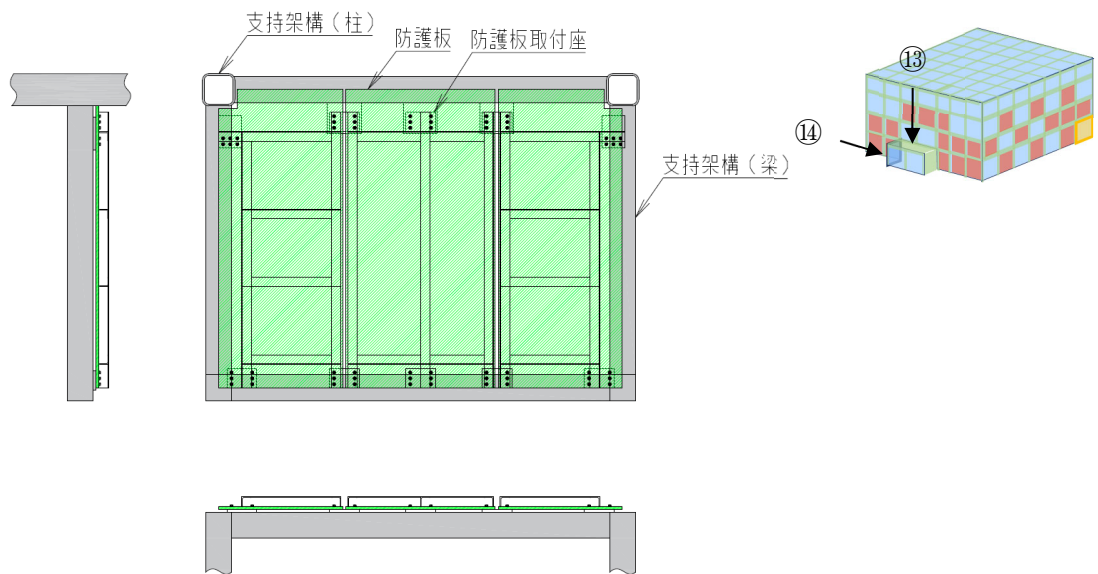
防護板のタイプ一覧を第3-3表に示す。

第3-3表 防護板のタイプ一覧

防護板タイプ	防護板構造	支持構造	図
⑫防護板 (斜め <u>はり</u> 部天面, 外取付)	SUS板 t9 +補強 H型鋼	相対する 2辺以上で支持	第3-12図
⑬防護板 (張出部天面, 外取付)	SUS板 t9 +補強アングル	相対する 2辺以上で支持	第3-13図
⑭防護板 (張出部北側側面, 外取付)			
⑮防護板 (張出部南側面, 人員用開口, 外取付)	SUS板 t9 +補強アングル	相対する 2辺以上支持	第3-14図
⑦防護板 (②用, 防護板補強有り, 外取付)	SUS板 t9 +補強アングル	1辺で支持	第3-15図
⑥防護板 (①用, 内取付)	SUS板 t9	1辺で支持	第3-16図
⑧防護板 (②用, 防護板補強無し, 内取付)			

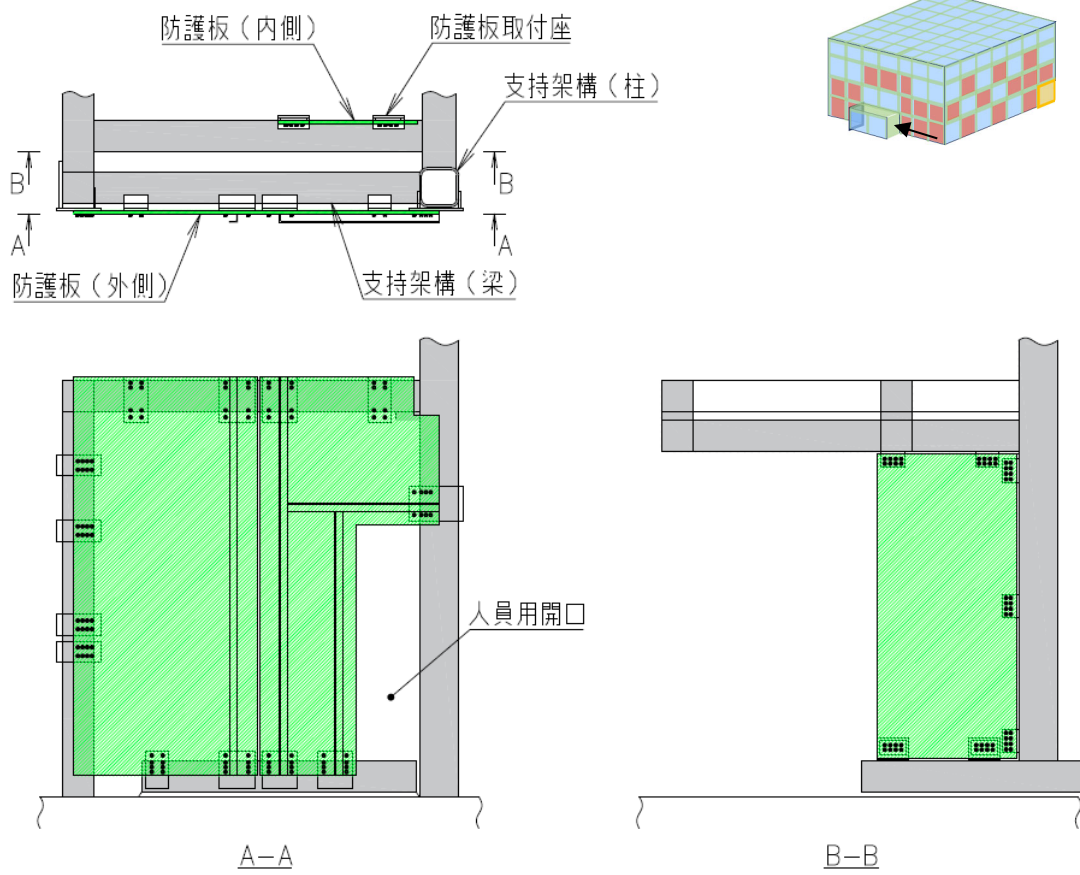


第3-12図 ⑫防護板（斜めはり部天面）

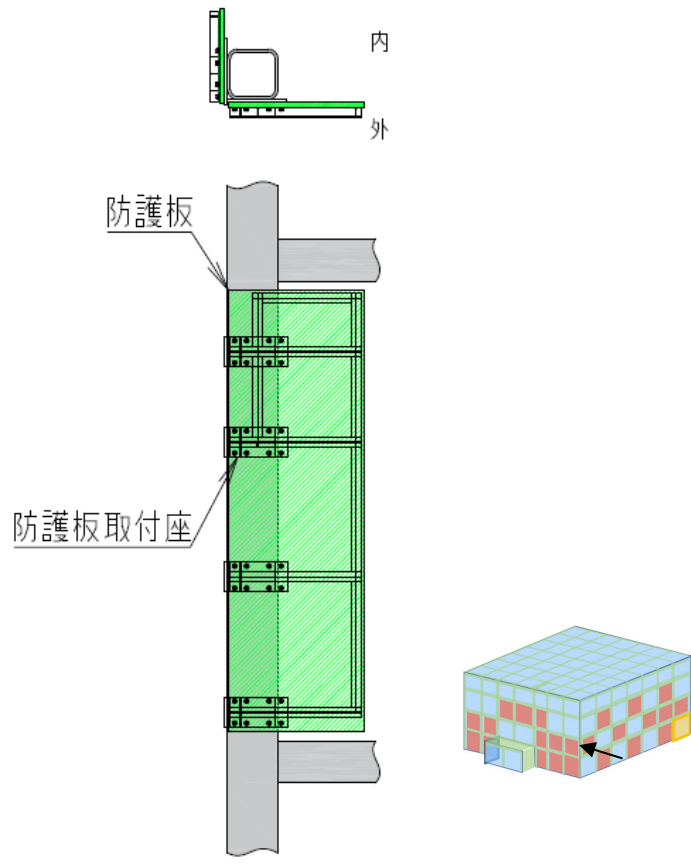


※⑭防護板（張出部北側面，外取付）についても同一の構造である。

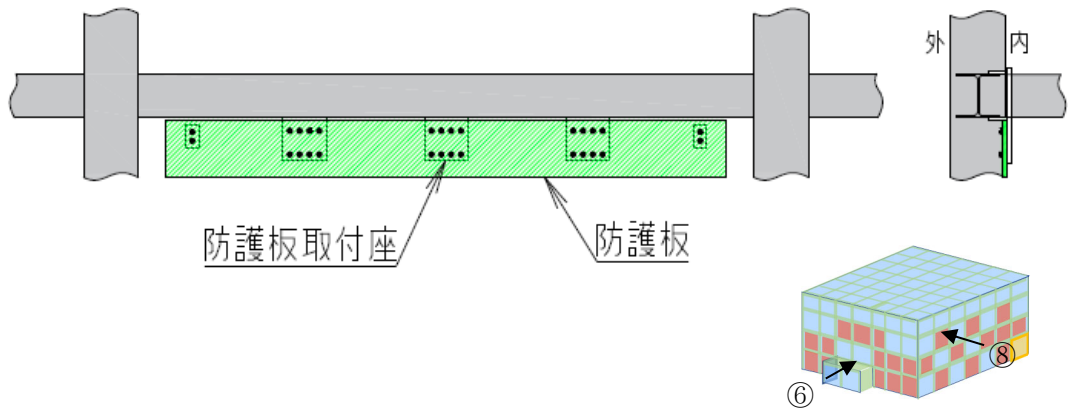
第3-13図 ⑬防護板（張出部天面）



第 3-14 図 ⑮防護板 (人員用開口)



第 3 - 15 図 ⑦防護板



※⑥防護板（①用，内取付）についても同一の構造である。

第 3 - 16 図 ⑧防護板

(2) 防護板（鋼材）の評価内容

防護板に対する評価項目として、貫通評価と支持部の評価がある。

貫通評価については、BRL 式にて必要厚さを算出し、それ以上の板厚があることを確認した。その結果は添付書類「VI-1-1-1-2-5-2 竜巻防護対策設備の強度計算書」に記載されている。

支持部の評価については、支持方式（1 辺で支持及び相対する 2 辺以上で支持）毎に LS-DYNA にて評価を実施した。評価対象は、飛来物による衝撃荷重により支持部に作用するモーメントが大きいと考えられるもの、すなわち飛来物速度及び防護板サイズが大きいものを選定した。

防護板が落下して安全冷却水 B 冷却塔への波及的影響を防止する観点から、支持部の評価の許容限界としては、防護板を固定するボルトが 2 本以上破断せずに残ることとする。

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と判定している。また、破断と判定されたボルトは、破断以降は荷重を負担しないモデルとしている。

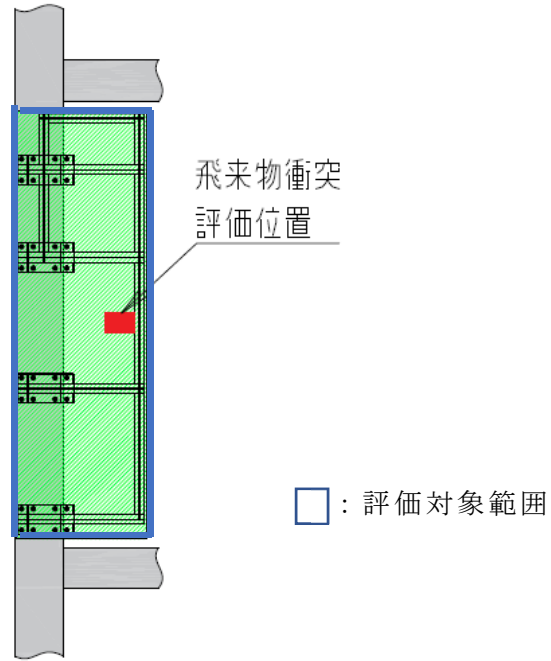
支持部の評価結果、防護板を固定するボルトが 2 本以上破断せずに残ることが確認できたことから、防護板は脱落しない。

なお、防護板に作用する荷重（自重+設計竜巻の風圧力による荷重+積雪荷重）に対して、取付ボルト 2 本でも十分耐える強度を有している。

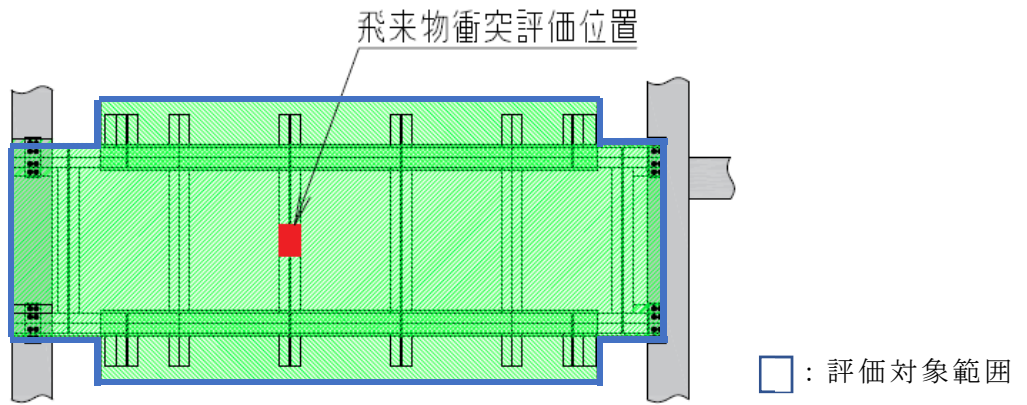
防護板の評価対象を第 3-4 表に示す。

第 3-4 表 防護板評価対象

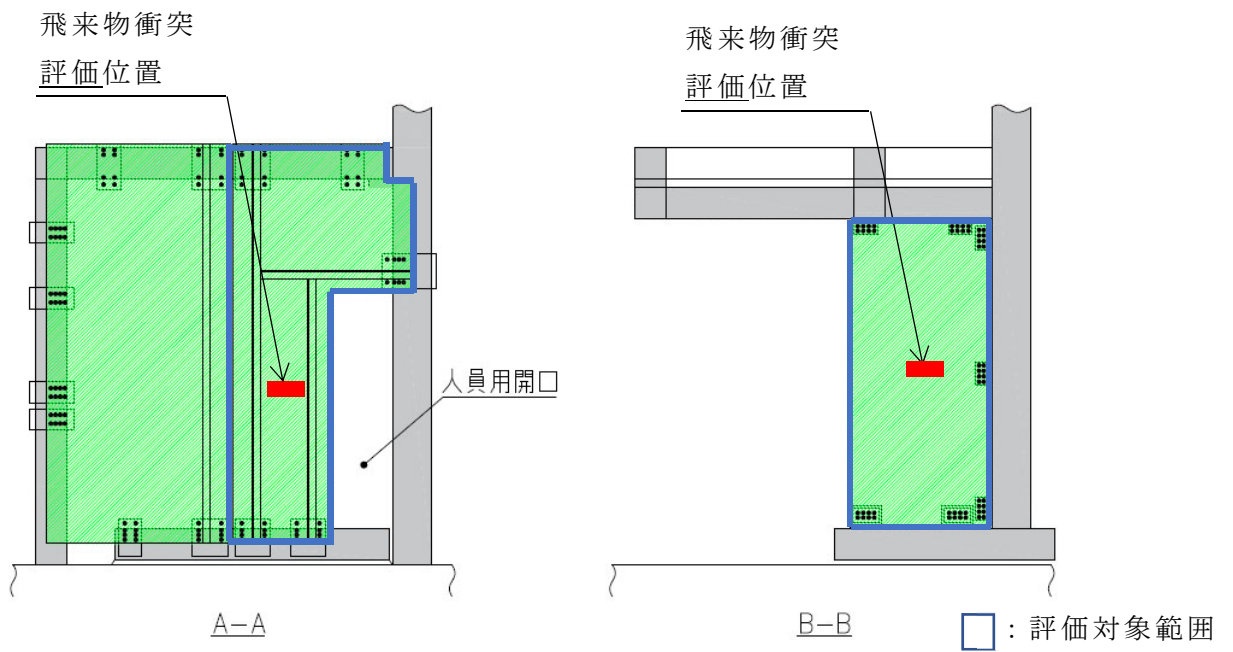
防護板評価対象支持方法	飛来物速度	防護板の種類	防護板サイズ	衝突位置
1 辺で支持	51 m/s ² (水平衝突)	⑦防護板	1,300 mm × 4,400 mm	第 3-17 図
相対する 2 辺 以上で支持	34 m/s ² (鉛直衝突)	⑫防護板	2,700 mm × 6,300 mm	第 3-18 図
	51 m/s ² (水平衝突)	⑮防護板	2,300mm × 5,100mm	第 3-19 図



第 3-17 図 1 辺で支持する防護板 飛来物衝突評価 (水平) 位置



第 3-18 図 相対する 2 辺以上で支持する防護板 飛来物衝突評価 (鉛直) 位置



第 3 - 19 図 相対する 2 辺以上で支持する防護板 飛来物衝突評価 (水平) 位置

3.4 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、溶接及び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3-20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、Ss地震動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3-21～23図に示す。

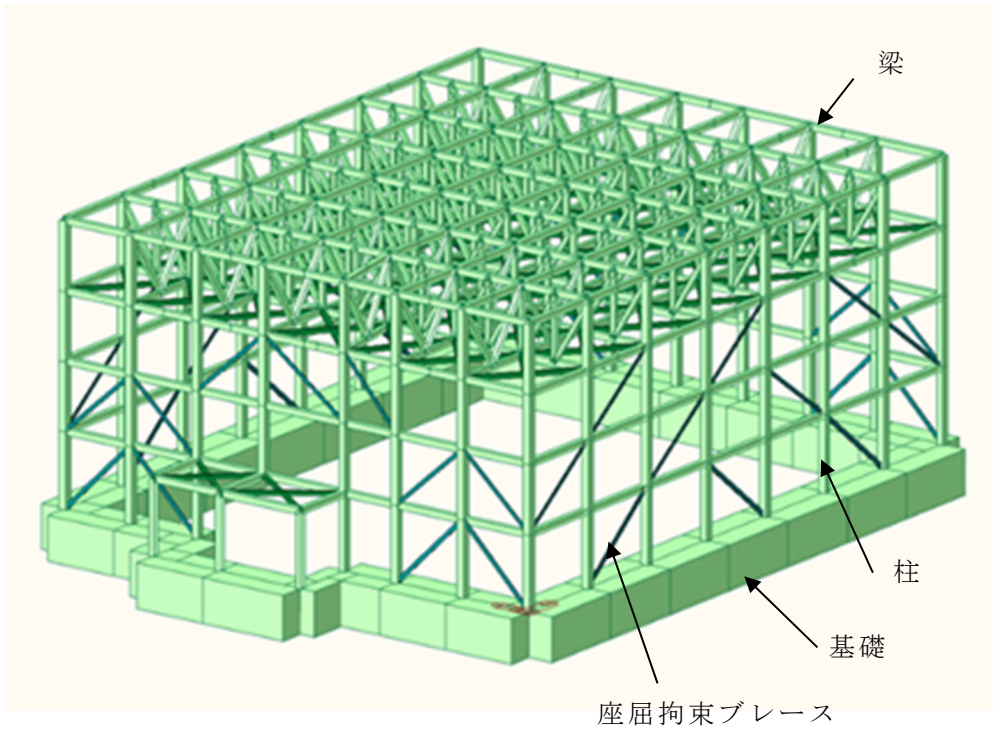
座屈拘束ブレースが設置されている箇所の防護ネットは、3.2項に示したとおりに座屈拘束ブレースの内側に防護ネット（支持架構に直接設置・内張り）を設置することから、座屈拘束ブレースによる影響を受けることなく飛来物を捕捉できる。

座屈拘束ブレースに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。

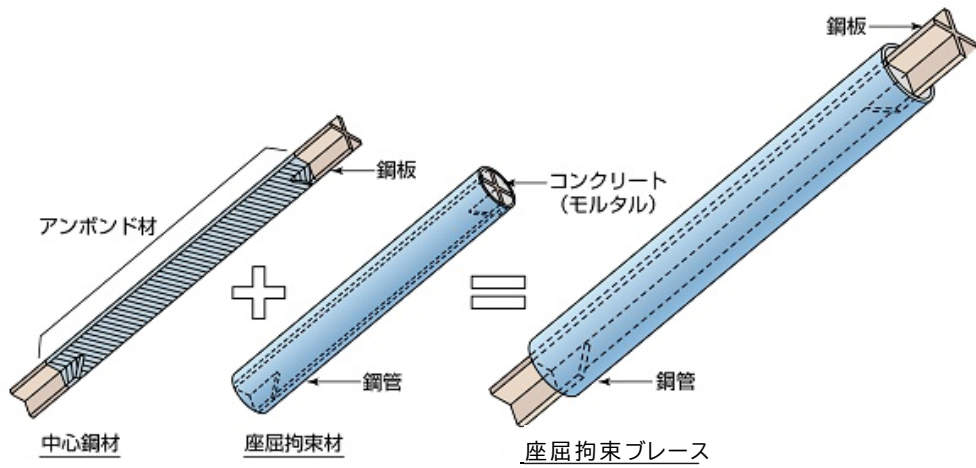
- 座屈拘束ブレースは鋼管（厚さ約6mm～約7mm）とその内側にモルタルと中心鋼材（厚さ約32mm）で構成されていることから、飛来物は座屈拘束ブレースの中心鋼材を貫通しない。
- 飛来物衝突により鋼管が破損し、内部のモルタルが飛散した場合でも40mmを超える大きさの破片は防護ネットを通過することはない。
- 40mm以下の破片は補足説明資料「外竜巻20 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算書に関する砂利等の極小飛来物による竜巻防護対象施設への影響について」に示す砂利等の極小飛来物に包絡できることから安全冷却水B冷却塔に対し貫通等は生じない。
- 設計荷重（竜巻）に対する座屈拘束ブレースの荷重負担状況から、飛来物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、安全冷却水B冷却塔へ影響を与えない。

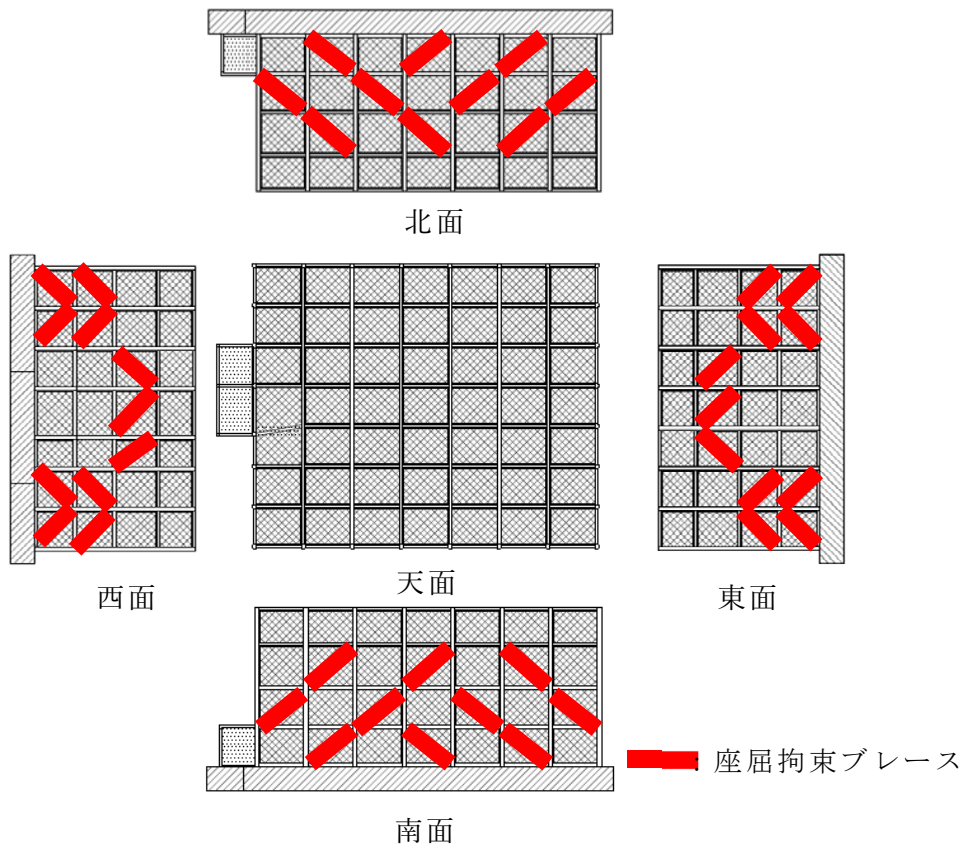
また、支持架構への飛来物衝突評価において、支持架構全体で負担する荷重が小さく座屈拘束ブレースに生じる応力が弾性域で収まることから、座屈拘束ブレースは通常のブレースと同様に弾性体としてモデル化して評価を行っている。



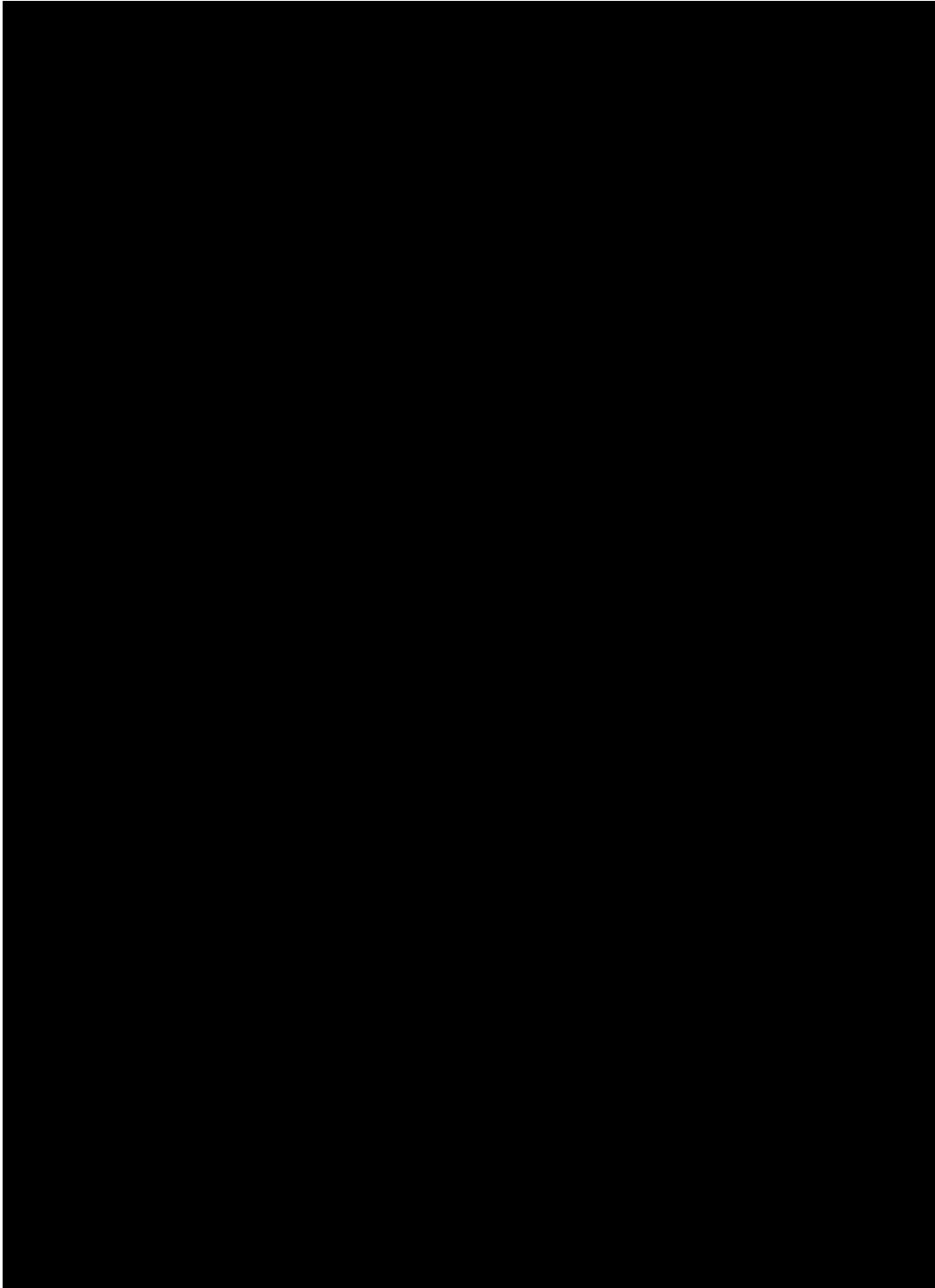
第 3 -20 図 支持架構の構造概要



第 3 -21 図 座屈拘束ブレースの構造概要



第3-22図 座屈拘束ブレースの配置概要



第 3 -23 図 座屈拘束ブレース 評定書

4. 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4-1表のとおり整理した。

第4-1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、<u>VI-1-1-1-2-5-2-1</u>のとおり、防護ネットにより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取込は阻害されない構造となっている。冷却塔の冷却空気の取込の阻害を防ぐため、空気の必要通過面積を確保できる。</p> <p>e. 項の地震については、<u>IV-2-1-4-2</u>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、<u>VI-1-1-1-3-5-1</u>に示す<u>とおり</u>、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>