

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	外竜巻 00-01 <u>R19</u>
提出年月日	令和4年12月1日

設工認に係る補足説明資料

本文、添付書類、補足説明項目への展開（外竜巻）

（再処理施設）

1. 文章中の青字は、R18 からR19 への変更箇所を示す。
2. 本資料（R19）は、11月30日のヒアリングにおけるご指摘を踏まえ、別紙4及び参考資料について見直したものである。別紙4の修正の反映が必要なその他の別紙については今後適正化する。

1. 概要

- 本資料は、再処理施設の技術基準に関する規則「第8条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）」に関して、基本設計方針に記載する事項、添付書類に記載すべき事項、補足説明すべき事項について整理した結果を示すものである。
- 整理にあたっては、「共通 06：本文（基本設計方針、仕様表等）、添付書類（計算書、説明書）、添付図面で記載すべき事項」及び「共通 07：添付書類等を踏まえた補足説明すべき項目の明確化」を踏まえて実施した。

2. 本資料の構成

- 「共通 06：本文（基本設計方針、仕様表等）、添付書類（計算書、説明書）、添付図面で記載すべき事項」及び「共通 07：添付書類等を踏まえた補足説明すべき項目の明確化」を踏まえて本資料において整理結果を別紙として示し、別紙を以下の通り構成する。
 - 別紙 1：基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較
事業変更許可 本文、添付書類の記載をもとに設定した基本設計方針と発電炉の基本設計方針を比較し、記載程度の適正化等を図る。
 - 別紙 2：基本設計方針を踏まえた添付書類の記載及び申請回次の展開
基本設計方針の項目ごとに要求種別、対象設備、添付書類等への展開事項の分類、第 1 回申請の対象、第 2 回以降の申請書ごとの対象設備を展開する。
 - 別紙 3：基本設計方針の添付書類への展開
基本設計方針の項目に対して、展開事項の分類をもとに、添付書類単位で記載すべき事項を展開する。
 - 別紙 4：添付書類の発電炉との比較
添付書類の記載内容に対して項目単位でその記載程度を発電炉と比較し、記載すべき事項の抜けや論点として扱うべき差がないかを確認する。なお、規則の名称、添付書類の名称など差があることが明らかな項目は比較対象としない（概要などは比較対象外）。
 - 別紙 5：補足説明すべき項目の抽出
基本設計方針を起点として、添付書類での記載事項に対して補足が必要な事項を展開する。発電炉の補足説明資料の実績との比較を行い、添付書類等から展開した補足説明資料の項目に追加すべきものを抽出する。
 - 別紙 6：変更前記載事項の既設工認等との紐づけ
基本設計方針の変更前の記載事項に対し、既認可等との紐づけを示す。

別紙

■: 商業機密の観点から公開できない箇所

外竜巻00-01 【本文、添付書類、補足説明項目への展開(外竜巻)】

資料No.	別紙		備考	
	名称	提出日	Rev	
別紙1	基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較	11/22	14	今回添付しない
別紙2	基本設計方針を踏まえた添付書類の記載及び申請回次の展開	11/22	11	今回添付しない
別紙3	基本設計方針の添付書類への展開	11/22	11	今回添付しない
別紙4	添付書類の発電炉との比較	<u>12/1</u>	<u>15</u>	
別紙5	補足説明すべき項目の抽出	11/8	9	今回添付しない
別紙6	変更前記載事項の既設工認等との紐づけ	11/22	9	今回添付しない

別紙 4

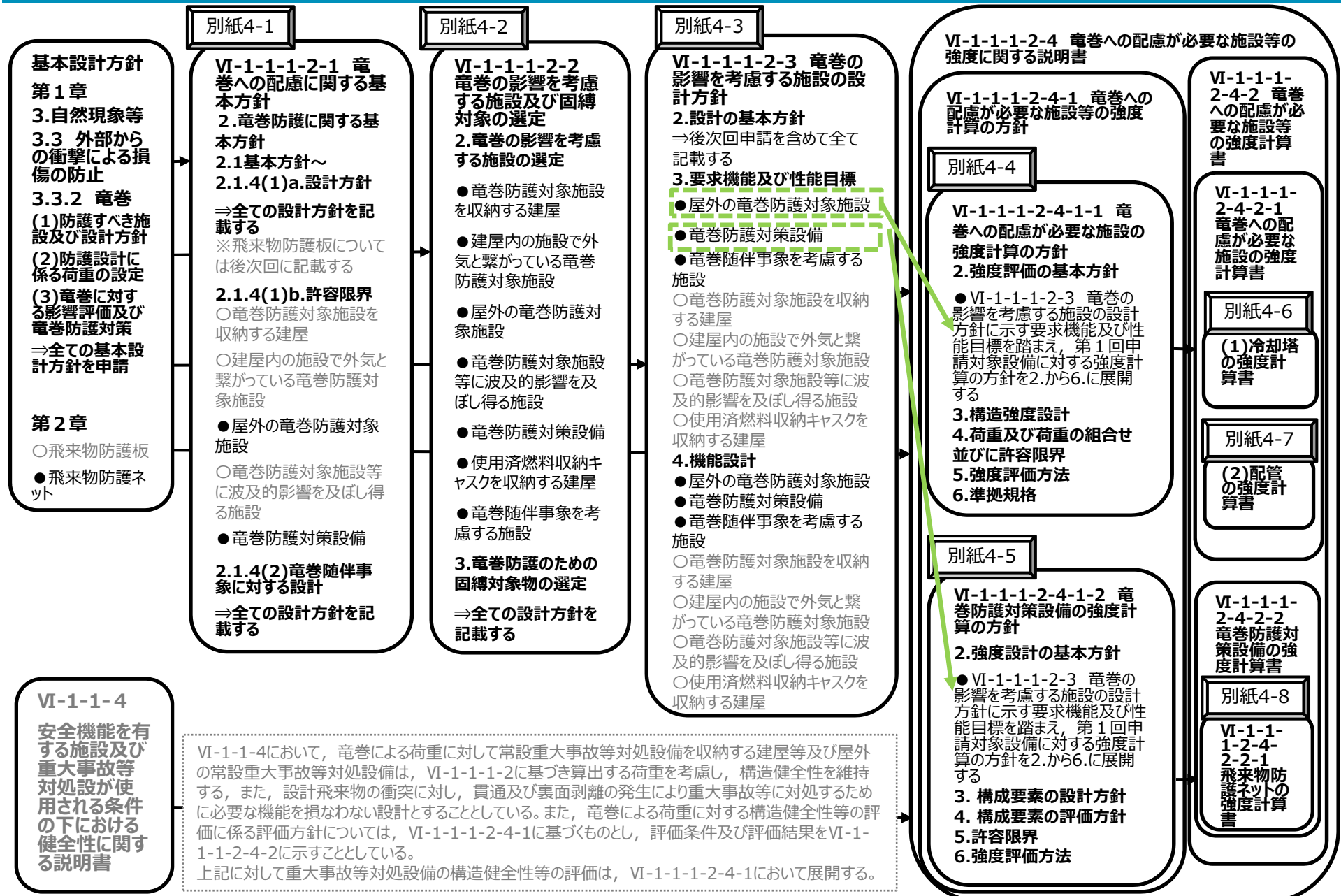
添付書類の発電炉との比較

別紙4リスト

令和4年12月1日 R15

資料No.	別紙			備考
	名称	提出日	Rev	
別紙4-1	竜巻への配慮に関する基本方針	12/1	15	
別紙4-2	竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定	11/22	12	
別紙4-3	竜巻防護に関する施設の設計方針	12/1	15	
別紙4-4	竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針	12/1	13	
別紙4-5	竜巻防護対策設備の強度計算の方針	12/1	14	
別紙4-6	冷却塔の強度計算書	12/1	11	
別紙4-7	配管の強度計算書	12/1	11	
別紙4-8	飛来物防護ネットの強度計算書	12/1	11	
別紙4-9	計算機プログラム(解析コード)の概要	11/22	2	

黒字は、第1回設工認申請で示す範囲、灰色字は基本設計方針と同様の設計方針は示すが詳細は後次回以降の申請で示す範囲とする。
 各添付書類の「1.概要」については、提出回数以降全て記載するため、下図には記載していない。
 また、強度計算書については各申請回数ごとに申請対象設備を記載するため、添付書類のタイトルのみとする。



別紙4－1

竜巻への配慮に関する基本方針

【凡例】

下線：

- ・プラントの違いによらない記載内容の差異
- ・章立ての違いによる記載位置の違いによる差異

二重下線：

- ・プラント固有の事項による記載内容の差異
- ・後次回の申請範囲に伴う差異

破線下線：

- ・基本設計方針での後次回申請による差異

再処理施設		発電炉	備 考
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1	
	VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針 1. 概要 2. 竜巻防護に関する基本方針 2.1 基本方針 2.1.1 竜巻防護に対する設計方針 2.1.2 設計竜巻及び設計飛来物の設定 <u>2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ</u> 2.1.4 竜巻の影響を考慮する施設に対する竜巻防護設計 2.2 準拠規格	V-1-1-2-3-1 竜巻への配慮に関する基本方針 1. 概要 2. 竜巻防護に関する基本方針 2.1 基本方針 2.1.1 竜巻より防護すべき施設 2.1.2 設計竜巻及び設計飛来物の設定 2.1.3 竜巻の影響を考慮する施設の竜巻防護設計方針 2.2 適用規格	基本設計方針の構成の差異
—	1. 概要 本資料は、再処理施設の竜巻に対する防護設計（以下「竜巻防護設計」という。）が「再処理施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第八条に適合することを説明するものである。	1. 概要 本資料は、発電用原子炉施設の竜巻防護設計が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第7条及びその「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（以下「解釈」という。）に適合することを説明し、 <u>技術基準規則第54条及び解釈に規定される「重大事故等対処設備」を踏まえた重大事故等対処設備への配慮についても説明するものである。</u>	当社は、重大事故等対処設備の環境条件等を考慮した対策について「VI-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」にて示すこととしているため。
3.3.2 竜巻 (1)防護すべき施設及び設計方針 安全機能を有する施設は、事業指定(変更許可)を受けた想定される竜巻(以下「設計竜巻」という。)が発生した場合においても、作用する設計荷重に対してその安全機能を損なわない設計とする。	2. 竜巻防護に関する基本方針 2.1 基本方針 <u>安全機能を有する施設は</u> 、事業指定(変更許可)を受けた想定される竜巻(以下「設計竜巻」という。)が発生した場合においても、作用する設計荷重に対してその安全機能を損なわない設計とする。	2. 竜巻防護に関する基本方針 2.1 基本方針 外部事象防護対象施設が、設計竜巻によりその安全機能が損なわれないよう、設計時にそれぞれの施設の設置状況等を考慮して、竜巻より防護すべき施設に対する設計竜巻からの影響を評価し、外部事象防護対象施設が安全機能を損なうおそれがある場合は、影響に応じた防護対策を講じる設計とする。	施設名称等の差異であり、新たな論点が生じるものではない。(以降同様)

再処理施設	発電炉	備考	
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1	
	<p>なお、「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4. 自然現象及び人為事象に対する防護対策 4.1 自然現象に対する防護対策 (1)風(台風)」及び「VI-1-1-1-4-1 火山への配慮に関する基本方針」の「2.1.4(1)b. 構造物への粒子の衝突に対する設計方針」に記載している粒子の衝突による影響についても、竜巻防護に対する設計方針の中で示す。</p>	<p><u>重大事故等対処設備は重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれないように、添付書類「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」の位置的分散、悪影響防止、環境条件等を考慮した設計とする。</u></p> <p>添付書類「V-1-1-2-1-1 発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「3.1.1 (2) 風(台風)」を踏まえ、風(台風)に対する設計についても、竜巻に対する設計で確認する。確認結果については本資料で示し、包括関係を確認する。</p>	<p>当社において、重大事故等対処設備は「VI-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」にて示すこととしているため。</p> <p>火山の記載を受けた追記であり、発電炉でも同様の記載が火山側にあることから、新たに論点が生じるものではない。</p>
<p>設計竜巻から防護する施設(以下「竜巻防護対象施設」という。)としては、安全評価上その機能を期待する建物・構築物、系統及び機器を漏れなく抽出する観点から、安全上重要な機能を有する建物・構築物、系統及び機器を対象とする。竜巻防護対象施設及びそれらを収納する建屋(以下「竜巻防護対象施設等」という。)は、竜巻に対し、機械的強度を有すること等により、竜巻防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。</p>	<p>2.1.1 竜巻防護に対する設計方針</p> <p>設計竜巻から防護する施設(以下「竜巻防護対象施設」という。)としては、安全評価上その機能を期待する建物・構築物、系統及び機器を漏れなく抽出する観点から、安全上重要な機能を有する建物・構築物、系統及び機器を対象とする。</p> <p>竜巻防護対象施設及びそれらを収納する建屋(以下「竜巻防護対象施設等」という。)は、竜巻に対し、機械的強度を有すること等により、竜巻防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。</p> <p><u>竜巻防護対象施設は、以下のように施設分類できる。</u></p> <p>(1) <u>建屋内の竜巻防護対象施設(外気と繋がっている竜巻防護対象施設を除く)</u></p> <p>(2) <u>建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設</u></p> <p>(3) <u>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</u></p> <p>(4) <u>屋外の竜巻防護対象施設</u></p>	<p>2.1.1 竜巻より防護すべき施設</p> <p><u>添付書類「V-1-1-2-1-1 発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「2.3 外部からの衝撃より防護すべき施設」に従い、竜巻より防護すべき施設は、外部事象防護対象施設及び重大事故等対処設備とする。</u></p> <p>事業変更許可の記載に合わせて竜巻防護対象施設を定義したものであり、記載の差異により新たな論点が生じるものではない。</p> <p>当社において、重大事故等対処設備は「VI-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」にて示すこととしているため。</p>	

再処理施設	発電炉	備考
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1
<p>また、その施設の倒壊等により竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼして安全機能を損なわせるおそれがある施設（以下「竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設」という。）の影響及び竜巻の随件事象による影響を考慮した設計とする。</p> <p>竜巻防護対象施設等以外の安全機能を有する施設は、竜巻及びその随件事象に対して機能を維持すること若しくは竜巻及びその随件事象による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修理を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、その安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>また、上記の施設に対する損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修理を行うことを保安規定に定めて、管理する。</p> <p>なお、使用済燃料収納キャスクは再処理施設内に一時的に保管されることを踏まえ、竜巻により使用済燃料収納キャスクを収納する建屋が使用済燃料収納キャスクに対して波及的破損を与えない設計とする。</p>	<p><u>また、その施設の倒壊等により竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼして安全機能を損なわせるおそれがある施設（以下「竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設」という。）の影響及び竜巻の随件事象による影響を考慮した設計とする。</u></p> <p><u>竜巻防護対象施設等以外の安全機能を有する施設は、竜巻及びその随件事象に対して機能を維持すること若しくは竜巻及びその随件事象による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修理を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、その安全機能を損なわない設計とする。</u></p> <p><u>また、上記の施設に対する損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修理を行うことを保安規定に定めて、管理する。</u></p> <p><u>なお、使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は、使用済燃料収納キャスクが再処理施設内に一時的に保管されることを踏まえ、竜巻により使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない設計とする。</u></p>	<p>「機械的強度を有すること等」の指す内容は設計飛来物よりも衝撃荷重が大きくなるものに対する運用を指すが、後段で明確化することから、「等」はそのままとした。</p> <p>基本設計方針からの展開を受け、追記した。（以降同様）</p> <p>「倒壊等」の指す内容は、倒壊又は転倒（機械的影響）、破損（機能的影響）であり、後段の「2.1.4 (1) a. (f) 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設の波及的影響を及ぼし得る施設」で示すため当該箇所では「等」とした。</p>

再処理施設		発電炉	備 考
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1	
い設計とする。			
<p>(2) 防護設計に係る荷重の設定</p> <p>竜巻に対する防護設計を行うための設計竜巻は事業指定(変更許可)を受けた最大風速 100m/s とし、設計荷重は、風圧力による荷重、気圧差による荷重及び飛来物による衝撃荷重を組み合わせた設計竜巻荷重並びに安全機能を有する施設に常時作用する荷重、運転時荷重及びその他竜巻以外の自然現象による荷重を適切に組み合わせたもの(以下「設計荷重(竜巻)」という。)を設定する。</p> <p>風圧力による荷重及び気圧差による荷重は、設計竜巻の特性値に基づいて設定する。</p> <p>飛来物による衝撃荷重としては、事業指定(変更許可)を受けた設計飛来物である鋼製材(長さ 4.2m×幅 0.3m×奥行き 0.2m、質量 135kg、最大水平速度 51m/s、最大鉛直速度 34m/s)が衝突する場合の荷重を設定する。</p> <p>さらに、設計飛来物に加えて、竜巻の影響を考慮する施設の設置状況及びその他環境状況を考慮し、評価に用いる飛来物の衝突による荷重を設定する。</p>	<p>2.1.2 設計竜巻及び設計飛来物の設定</p> <p>(1) 設計竜巻の設定</p> <p>風圧力による荷重及び気圧差による荷重は、事業指定(変更許可)を受けた設計竜巻(最大風速 100m/s)の特性値に基づいて設定する。</p> <p>なお、設計竜巻の最大風速 100m/s に対して、風(台風)の風速は 41.7m/s であるため、風(台風)の設計は竜巻の設計に包絡される。</p> <p>具体的な設計方針を、「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」に示す。</p> <p>(2) 設計飛来物の設定</p> <p>事業指定(変更許可)を受けたとおり、固縛等の運用、管理を考慮して、鋼製材(長さ 4.2m×幅 0.3m×奥行き 0.2m、質量 135kg、最大水平速度 51m/s、最大鉛直速度 34m/s)及び鋼製パイプ(長さ 2.0m×直径 0.05m、質量 8.4kg、最大水平速度 49m/s、最大鉛直速度 33m/s)を設計飛来物として設定する。<u>設計飛来物のうち鋼製パイプは、飛来物防護ネットが通過させない設計とすること、運動エネルギー及び貫通力は鋼製材の方が大きいことから、飛来物による衝撃荷重は、鋼製材が衝突する場合の荷重を設定する。</u></p> <p>さらに、設計飛来物に加えて、竜巻の影響を考慮する施設の設置状況及びその他環境状況を考慮し、防護ネットを通過する砂利(長さ 0.04m×幅 0.04m×奥行き 0.04m、質量 0.18kg、最大水平速度 62m/s、最大鉛直速度 42m/s)</p>	<p>2.1.2 設計竜巻及び設計飛来物の設定</p> <p>設計竜巻及び設計飛来物の設定について、以下に示す。</p> <p>(1) 設計竜巻</p> <p>設計竜巻の最大風速は 100 m/s と設定する。設計竜巻の最大風速 100 m/s に対して、風(台風)の風速は 30 m/s であるため、風(台風)の設計は竜巻の設計に包絡される。</p> <p>具体的な設計方針を、添付書類「V-1-1-2-3-3 竜巻防護に関する施設の設計方針」に示す。</p> <p>(2) 設計飛来物</p> <p>設置(変更)許可を受けたとおり、固縛等の運用、管理を考慮して、飛来した場合に運動エネルギー又は貫通力が最も大きくなる鋼製材(長さ 4.2 m×幅 0.3 m×高さ 0.2 m、質量 135 kg、飛来時の水平速度 51 m/s、飛来時の鉛直速度 34 m/s)を設計飛来物として設定する。また、評価対象物の設置状況及びその他環境状況に応じて、砂利についても、評価において設計飛来物に代わる飛来物として設定する。</p>	<p>立地条件の差異によるものであるため、記載の差異により新たな論点が生じるものではない。</p> <p>「固縛等」の指す内容は、固定、固縛、建屋収納又は撤去並びに車両の入構管理および退避であり、第 2.1.2-1 表の後段で示すため、ここでは、「等」とした。飛来物防護ネットの設計方針を受けた衝撃荷重の設定の明確化であり、鋼製パイプを衝撃荷重の算出に用いないのは発電炉も同様であり、記載の差異により新たな論点が生じるもの</p>

再処理施設	発電炉	備考
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1
<p>鋼製材よりも運動エネルギー又は貫通力が大きくなる資機材等の設置場所及び障害物の有無を考慮し、固定、固縛又は建屋収納並びに車両の入構管理及び退避を実施することにより、飛来物とならない設計とする。</p>	<p>についても、評価において設計飛来物に代わる飛来物として設定する。</p> <p><u>砂利は、衝突時の運動エネルギーは十分小さいため、竜巻防護対象施設に有意な変形は生じないが、防護ネットを通過することから、衝突による影響評価を実施する。</u></p> <p><u>火山における降下火砕物の粒子の衝突による影響評価は、降下火砕物の粒子の硬度が砂利より低い特性を持つため、砂利の評価に包絡される。</u></p> <p>飛来した場合の運動エネルギー又は貫通力が設計飛来物である鋼製材よりも大きな資機材等及び飛来物防護ネット内の資機材等については、設置場所及び障害物の有無を考慮し、固定、固縛又は建屋収納並びに車両の入構管理及び退避を実施することにより、飛来物とならない設計とする。</p> <p><u>車両については、退避を必要とする区域(以下「飛来対策区域」という。)を考慮した以下の運用とする。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>車両については、周辺防護区域内への入構を管理するとともに、竜巻の襲来が予想される場合に車両が飛来物とならないよう固縛又は飛来対策区域外の退避場所へ退避する。</u> ・<u>飛来対策区域は、車両の衝突を防止する対象として選定する施設と車両との間取るべき離隔距離を考慮して設定する。</u> ・<u>離隔距離の検討に当たっては、先ず解析により車両の最大飛来距離を求める。解析においては、フジタモデルの方がランキン渦モデルよりも地表面における竜巻の風速場をよく再現していること及び車両は地表面にあることから、フジタモデルを適用する。車両の最大飛来距離の算出結果は170mであるが、フジタモデルを適用した解析における不確実性を補うため、算出結果に安全余裕を考慮して、離隔距離を200mとする。</u> ・<u>車両の退避場所は、周辺防護区域内及び周辺防護区域外に設ける。また、フジタモデルを適用した解析における不確実性を補うため、周辺防護区域内の退避場所</u> 	<p>ではない。</p> <p>砂利及び粒子の影響に関する明確化のための記載であり、砂利は発電炉でも考慮していることから、新たな論点が生じるものではない。</p> <p>「飛来した場合の運動エネルギー又は貫通力が設計飛来物である鋼製材よりも大きな資機材等」の指す内容は「飛来した場合の運動エネルギー又は貫通力が設計飛来物である鋼製材よりも大きな屋外施設及び車両」、「飛来物防護ネット内の資機材等」の指す内容は「飛来物防護ネット内の屋外施設」であり、具体については、「VI-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」にて示すため、ここでは「等」とした。</p> <p>なお、東海発電所を含む当社敷地内において、飛来した場合の運動エネルギー又は貫通力が設計飛来物である鋼製材よりも大きな資機材等については、その保管場所、設置場所等を考慮し、外部事象防護対象施設、防護対策施設及び外部事象防護対象施設を内包する施設に衝突し、外部事象防護対象施設の機能に影響を及ぼす可能性がある場合には、固縛、固定又は外部事象防護対象施設、防護対策施設及び外部事象防護対象施設を内包する施設からの離隔、撤去並びに車両の入構管理及び退避を実施することを保安規定に定め、運用を行う。</p>

再処理施設	発電炉	備考	
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1	
<p>また、設計飛来物による衝撃荷重を上回ると想定される再処理事業所外からの飛来物は、飛来距離を考慮すると竜巻防護対象施設等に到達するおそれはないことから、衝撃荷重として考慮する必要のあるものはない。</p>	<p><u>に退避する車両については固縛の対象とする。</u></p> <p>また、<u>設計飛来物による衝撃荷重を上回ると想定される再処理事業所外から飛来するおそれがある飛来物としてむつ小川原ウィンドファームの風力発電施設のブレードがある。むつ小川原ウィンドファームの風力発電施設から竜巻防護対象施設等までの距離及び設計竜巻によるブレードの飛来距離を考慮すると、ブレードが竜巻防護対象施設等まで到達するおそれはないことから、ブレードは飛来物として考慮しない。</u></p> <p>固縛対象物の選定については、「VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」に示す。</p>	<p>また、当社敷地近傍の隣接事業所から、上記の設計飛来物（鋼製材）の運動エネルギー又は貫通力を上回る飛来物が<u>想定される場合は、隣接事業所との合意文書に基づきフェンス等の設置により飛来物となるものを配置できない設計とすること若しくは当該飛来物の衝撃荷重を考慮した設計荷重に対し、当該飛来物が衝突し得る外部事象防護対象施設及び外部事象防護対象施設を内包する施設（以下「外部事象防護対象施設等」という。）の構造健全性を確保する設計とすること若しくは当該飛来物による外部事象防護対象施設の損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること若しくは安全上支障のない期間で修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることで、その安全機能を損なわない設計とするとともに、運用に関する事項は保安規定に定める。</u></p> <p><u>なお、隣接事業所からの飛来物は、東海第二発電所及び東海発電所構内の現地調査によって確認した飛来物源を参考に、隣接事業所内に配置されることが想定でき、外部事象防護対象施設等に到達する可能性を有し、運動エネルギー又は貫通力が最大の物品として車両を設定する。</u></p> <p>固縛対象物の選定に当たっては、添付書類「V-1-1-2-3-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」に従った方針を保安規定に示す。</p>	<p>事業所外から飛来するおそれのある飛来物については立地固有の整理であり記載に差異がある。</p>
2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ		(2) 荷重の組合せ及び許容限界	

再処理施設	発電炉	備考
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1
	<p>竜巻防護設計を行うための設計荷重は事業指定(変更許可)を受けた最大風速 100m/s とし、設計荷重は、風圧力による荷重、気圧差による荷重及び飛来物による衝撃荷重を組み合わせた荷重(以下「設計竜巻荷重」という。)並びに安全機能を有する施設に常時作用する荷重、運転時荷重及びその他竜巻以外の自然現象による荷重を適切に組み合わせたもの(以下「設計荷重(竜巻)」という。)を設定する。</p> <p>竜巻防護設計における構造強度評価は、以下に示す設計荷重(竜巻)を適切に考慮して、施設の構造強度評価を実施し、その結果がそれぞれ定める許容限界内にあることを確認する。</p> <p>設計竜巻荷重の算出については、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示す。</p> <p>(1) 荷重の種類</p> <p>a. 常時作用する荷重(F_d)</p> <p>常時作用する荷重としては、持続的に生じる固定荷重(自重)及び積載荷重を考慮する。自重により作用する荷重は、評価対象部位の設置方向を考慮する。</p> <p>b. 設計竜巻荷重</p> <p>設計竜巻荷重としては、設計竜巻の風圧力による荷重、気圧差による荷重及び飛来物による衝撃荷重を考慮する。飛来物による衝撃荷重としては、設計飛来物である鋼製材が衝突する場合の荷重を設定する。これらの荷重は短期荷重とする。設計竜巻の特性値を第 2.1.3-1 表に示す。</p> <p>・設計竜巻の移動速度(V_T)</p> $V_T = 0.15 \cdot V_D$	<p>竜巻の影響を考慮する施設の竜巻防護設計における構造強度評価は、以下に示す設計竜巻荷重とそれ以外の荷重の組合せを適切に考慮して、施設の構造強度評価を実施し、その結果がそれぞれ定める許容限界内にあることを確認する。</p> <p>設計竜巻荷重の算出については、添付書類「V-3-別添 1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示す。</p> <p>a. 荷重の種類</p> <p>(a) 常時作用する荷重</p> <p>常時作用する荷重としては、持続的に生じる荷重である自重及び上載荷重を考慮する。</p> <p>(b) 設計竜巻荷重</p> <p>設計竜巻荷重としては、設計竜巻の風圧力による荷重、気圧差による荷重及び飛来物による衝撃荷重を考慮する。飛来物による衝撃荷重としては、設計飛来物等が衝突する場合の荷重を設定することを基本とする。これらの荷重は短期荷重とする。</p> <p>発電炉では、飛来物として車両を考慮しているが、再処理施設では、飛来物に車両を想定しないこと</p>

再処理施設	発電炉	備考								
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1								
	<p>V_D：設計竜巻の最大風速(m/s)</p> <ul style="list-style-type: none"> 設計竜巻の最大接線風速(V_{Rm}) $V_{Rm} = V_D - V_T$ <p>V_T：設計竜巻の移動速度(m/s)</p> <ul style="list-style-type: none"> 設計竜巻の最大気圧低下量(ΔP_{max}) $\Delta P_{max} = \rho \cdot V_{Rm}^2$ <p>ρ：空気密度(=1.22kg/m³)</p> <p>V_{Rm}：設計竜巻の最大接線風速(m/s)</p> <p style="text-align: center;">第2.1.3-1表 設計竜巻の特性値</p> <table border="1" data-bbox="678 571 1285 721"> <thead> <tr> <th>最大風速 V_D(m/s)</th> <th>移動速度 V_T(m/s)</th> <th>最大接線 風速 V_{Rm} (m/s)</th> <th>最大気圧低 下量 ΔP_{max} (N/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100</td> <td>15</td> <td>85</td> <td>8900</td> </tr> </tbody> </table> <p>(a) 風圧力による荷重(W_w)</p> <p>風圧力による荷重は、設計竜巻の最大風速による荷重である。</p> <p>竜巻の最大風速は、一般的には水平方向の風速として算出されるが、鉛直方向の風圧力に対して脆弱と考えられる竜巻防護対策設備が存在する場合には、鉛直方向の最大風速に基づいて算出した鉛直方向の風圧力についても考慮する。</p> <p>風圧力による荷重は、設備の形状により変化するため、設備の部位ごとに異なる。そのため、各設備及び評価対象部位に対して厳しくなる方向からの風を想定し、各設備の部位ごとに荷重を設定する。</p> <p>ガスト影響係数(G)は、設計竜巻の風速が最大瞬間風速をベースとしていること等から設備の形状によらず「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」(平成25年6月19日原規技発第13061911号 原子力規制委員会決定)(以下「竜巻ガイド」という。)を参考に、$G=1.0$とする。空気密度(ρ)は「建築物荷重指針・同解説(2015改定)」より$\rho=1.22\text{kg/m}^3$とする。</p> <p>設計用速度圧(q)については、設備の形状によらず$q=$</p>	最大風速 V_D (m/s)	移動速度 V_T (m/s)	最大接線 風速 V_{Rm} (m/s)	最大気圧低 下量 ΔP_{max} (N/m ²)	100	15	85	8900	<p>による差異。</p> <p>「配管にかかる内圧等」の「等」の具体は、ヘッダ内圧である。具体は「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1(1)c. 運転時荷重」にて示すため、ここでは「等」を用いる。</p> <p>当社は多雪区域に位置しており、環境条件による差異であるため、記載の差異により新たな論点が生じるものではない。</p> <p>b. 荷重の組合せ</p> <p>(a) 竜巻の影響を考慮する施設の設計における荷重の組合せとしては、常時作用する荷重、設計竜巻荷重及び運転時の状態で作用する荷重を適切に考慮する。</p> <p>(b) 設計竜巻荷重については、対象とする施設の設置場所及びその他の環境条件によって設定する。</p> <p>(c) 飛来物による衝突の設定においては、評価に応じて影響の大きくなる向きで衝突するように設定する。さらに、衝突断面積についても、影響が大きくなるような形状として設定する。</p>
最大風速 V_D (m/s)	移動速度 V_T (m/s)	最大接線 風速 V_{Rm} (m/s)	最大気圧低 下量 ΔP_{max} (N/m ²)							
100	15	85	8900							

再処理施設		発電炉	備 考
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1	
	<p>6100N/m²とする。</p> <p>(b) 気圧差による荷重(W_p) 外気と隔離されている区画の境界部など、気圧差による圧力影響を受ける設備の建屋壁、屋根等においては、設計竜巻による気圧低下によって生じる設備等の内外の気圧差による荷重が発生する。閉じた設備(通気がない設備)については、この圧力差により閉じた設備の隔壁に外向きに作用する圧力が生じるとみなし、気圧差による荷重を設定することを基本とする。</p> <p>部分的に閉じた施設(通気がある施設等)については、施設の構造健全性を評価する上で厳しくなるよう作用する荷重を設定する。</p> <p>上記に該当しないものは気圧差による荷重が生じないことから、W_p=0とする。</p> <p>(c) 飛来物による衝撃荷重(W_M) 設計飛来物である鋼製材及び鋼製パイプのうち、運動エネルギー及び貫通力が大きい鋼製材にて飛来物による衝撃荷重を算出する。</p> <p>竜巻防護対策設備を設置する竜巻防護対象施設は、設計飛来物が衝突しないことから、飛来物による衝撃荷重は考慮しない。</p> <p>なお、飛来物防護ネットを設置する竜巻防護対象施設は、鋼製パイプを通過させないために網目40mmの補助防護ネットを設置していることから、鋼製パイプを含めた設計飛来物による衝撃荷重は考慮しない。</p> <p>また、防護ネットの網目40mmを通過し得る飛来物として砂利のような極小飛来物が考えられる。しかし、砂利のような極小飛来物の衝突時間は極めて短く、また質量差もあることから、竜巻防護対象施設に有意な変形を生じさせることはないため、極小飛来物による衝撃荷重は考慮しない。</p> <p>一方、極小飛来物の衝突による貫通現象は想定されることから、衝突による影響評価として、網目40mmと同サイズの砂利を想定する。</p> <p>鋼製材が衝突した場合において、影響が大きくなる向</p>	<p>(d) 常時作用する荷重及び運転時の状態で作用する荷重については、組み合わせることで設計竜巻荷重の抗力となる場合には、保守的に組み合わせないことを基本とする。</p>	

再処理施設	発電炉	備考															
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1															
	<p>きで評価対象施設に衝突した場合の衝撃荷重を算出する。衝突評価においては、飛来物の衝突による影響が大きくなる向きで衝突することを考慮して評価を行う。</p> <p>飛来物の寸法、質量及び飛来速度を第2.1.3-2表に示す。設計飛来物の飛来速度については、事業指定(変更許可)を受けたとおり設定する。その他の飛来物として、防護ネットを通過する砂利については、解析コード「TONBOS」を用いて算出した速度を飛来速度として設定する。</p> <p>なお、評価に用いた解析コード「TONBOS」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。</p> <p style="text-align: center;">第2.1.3-2表 設計飛来物の諸元</p> <table border="1" data-bbox="683 715 1281 1066"> <thead> <tr> <th>飛来物の種類</th> <th>鋼製材</th> <th>砂利</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>寸法 (m)</td> <td>長さ×幅×奥行 4.2×0.3×0.2</td> <td>0.04×0.04×0.04</td> </tr> <tr> <td>質量 (kg)</td> <td>135</td> <td>0.18</td> </tr> <tr> <td>最大水平速度 (m/s)</td> <td>51</td> <td>62</td> </tr> <tr> <td>最大鉛直速度 (m/s)</td> <td>34</td> <td>42</td> </tr> </tbody> </table> <p>c. 運転時荷重(F_P) 運転時荷重としては、配管にかかる内圧等とする。</p> <p>d. 積雪荷重(SL) <u>その他の自然現象による荷重としては、冬季における竜巻の発生を想定し、「VI-1-1-1 再処理施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」の「2.2 組合せ」に基づき、組み合わせる積雪は、「青森県建築基準法等施行細則」による六ヶ所村の垂直積雪量 190cm に平</u></p>	飛来物の種類	鋼製材	砂利	寸法 (m)	長さ×幅×奥行 4.2×0.3×0.2	0.04×0.04×0.04	質量 (kg)	135	0.18	最大水平速度 (m/s)	51	62	最大鉛直速度 (m/s)	34	42	
飛来物の種類	鋼製材	砂利															
寸法 (m)	長さ×幅×奥行 4.2×0.3×0.2	0.04×0.04×0.04															
質量 (kg)	135	0.18															
最大水平速度 (m/s)	51	62															
最大鉛直速度 (m/s)	34	42															

再処理施設		発電炉	備 考
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1	
	<p>均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮し 66.5 cmとする。積雪荷重については、建築基準法施行令第 86 条第 2 項により、積雪量 1cm ごとに 30N/m² の積雪荷重が作用することから積雪荷重を 1,995N/m² を考慮する。</p> <p>また、積雪荷重は水平部に堆積するものとし、施設の形状を踏まえて堆積面積を設定し、荷重を算出する。</p> <p>なお、配管等の構造上積雪しにくい構造である場合は考慮しないこととする。</p> <p>(2) 荷重の組合せ</p> <p>a. 竜巻防護設計における荷重の組合せとしては、常時作用する荷重、設計竜巻荷重、運転時荷重及び積雪荷重を適切に考慮する。</p> <p>b. 設計竜巻荷重及び積雪荷重については、対象とする施設の設置場所及びその他の環境条件によって設定する。</p> <p>c. 飛来物による衝突の設定においては、評価に応じて影響の大きくなる向きで衝突するように設定する。さらに、衝突断面積についても、影響が大きくなるような形状として設定する。</p> <p>d. 常時作用する荷重及び運転時荷重については、組み合わせることで設計竜巻荷重の抗力となる場合には、保守的に組み合わせないことを基本とする。</p>		
(3) 竜巻に対する影響評価及び竜巻防護対策	<p>2.1.4 竜巻の影響を考慮する施設に対する竜巻防護設計</p> <p>「2.1.1 竜巻防護に対する設計方針」にて設定した竜巻防護対象施設について、設計荷重(竜巻)を踏まえた竜巻防護設計を実施する。</p>	<p>2.1.3 竜巻の影響を考慮する施設の竜巻防護設計方針</p> <p>「2.1.1 竜巻より防護すべき施設」にて設定した施設について、「2.1.2 設計竜巻及び設計飛来物の設定」にて設定した設計竜巻による荷重(設計竜巻の風圧力による荷重、気圧差による荷重及び設計飛</p>	

再処理施設		発電炉	備 考
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1	
	<p>竜巻防護設計として、設計荷重(竜巻)に対する影響評価を実施することから、影響評価の対象として、竜巻の影響を考慮する施設を選定する。</p> <p>竜巻の影響を考慮する具体的な施設については、「VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」に示す。</p> <p>選定したそれぞれの施設に対する詳細な設計方針について、「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」に示す。</p>	<p>来物等による衝撃荷重を組み合わせた荷重(以下「設計竜巻荷重」という。)及びその他考慮すべき荷重に対する竜巻防護設計を実施する。</p> <p>竜巻より防護すべき施設に対し、それぞれの設置状況等を踏まえ、設計竜巻荷重に対する影響評価を実施し、影響評価の結果を踏まえて、竜巻の影響について評価を行う施設(以下「竜巻の影響を考慮する施設」という。)を選定する。</p> <p>竜巻の影響を考慮する具体的な施設については、添付書類「V-1-1-2-3-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」に示し、選定したそれぞれの施設に対する詳細設計について、屋外の重大事故等対処設備以外については、添付書類「V-1-1-2-3-3 竜巻防護に関する施設の設計方針」に、<u>屋外の重大事故等対処設備については、添付書類「V-1-1-2-3-4 竜巻防護に関する屋外重大事故等対処設備の設計方針」に示す。</u></p>	<p>当社は、重大事故等対処設備の環境条件等を考慮した対策について「VI-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」にて示すこととしているため。</p>
<p>a. 竜巻に対する影響評価及び竜巻防護対策</p> <p>竜巻に対する防護設計において、竜巻防護対象施設は、設計荷重(竜巻)に対して機械的強度を有する建屋により保護すること、竜巻防護対策設備を設置すること等により、安全機能を損なわない設計とする。</p>	<p>(1) 設計竜巻による直接的影響に対する設計</p> <p>竜巻防護設計において、竜巻防護対象施設は、設計荷重(竜巻)に対して機械的強度を有する建屋により保護すること、竜巻防護対策設備を設置すること等により、安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>a. 設計方針</p>	<p>(1) 設計方針</p> <p>a. 外部事象防護対象施設</p> <p>外部事象防護対象施設は、設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対して、その施設に要求される機能を維持する設計とする。外部事象防護対象施設におけ</p>	

再処理施設	発電炉	備考	
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1	
<p>建屋内の竜巻防護対象施設は、設計荷重(竜巻)に対して竜巻防護対象施設を収納する建屋内に設置することにより、安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>竜巻防護対象施設を収納する建屋は、設計荷重(竜巻)に対して、構造強度評価を実施し、構造健全性を維持することにより、建屋内の竜巻防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>また、設計飛来物の衝突に対して、貫通及び裏面剥離の発生により竜巻防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。</p>	<p>(a) 建屋内の竜巻防護対象施設 建屋内の竜巻防護対象施設は、設計荷重(竜巻)に対して、竜巻時及び竜巻通過後において、安全機能を損なわないよう、<u>竜巻防護対象施設</u>を収納する建屋内に設置し、建屋により防護する設計とする。</p> <p>(b) <u>竜巻防護対象施設</u>を収納する建屋 竜巻防護対象施設を収納する建屋は、設計荷重(竜巻)に対して、構造強度評価を実施し、主要な構造部材の構造健全性を維持することにより、建屋内の<u>竜巻防護対象施設</u>が安全機能を損なわない設計とする。 また、設計飛来物の衝突に対して、貫通及び裏面剥離の発生により竜巻防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>(c) 建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象</p>	<p>る配置、施設の構造等を考慮した設計方針を以下に示す。</p> <p>(a) <u>屋外の外部事象防護対象施設</u> <u>屋外の外部事象防護対象施設は、設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、竜巻時及び竜巻通過後において、安全機能を損なわないよう、施設に要求される機能を維持する設計とする。なお、このとき外部事象防護対象施設が安全機能を損なうおそれがある場合は、防護措置として防護対策施設を設置する等の防護対策を講じる設計とする。</u></p> <p>(b) 屋内の外部事象防護対象施設 イ. 屋内の外部事象防護対象施設は、設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、竜巻時及び竜巻通過後において、安全機能を損なわないよう、建屋等の<u>竜巻より防護すべき施設</u>を内包する施設により防護する設計とする。</p> <p>d. <u>竜巻より防護すべき施設</u>を内包する施設 <u>竜巻より防護すべき施設</u>を内包する施設は、竜巻時及び竜巻通過後において、設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、内包する<u>竜巻より防護すべき施設</u>の安全機能を損なわないよう、設計飛来物等が<u>竜巻より防護すべき施設</u>に衝突することを防止可能な設計とする。</p>	<p>2.1.4(1)a.(e)に示している。</p> <p>発電炉では、外部事象防護対象施設及び重大事故等対処設備を竜巻より防護すべき施設と定義している。一方、当社では、重大事故等対処設備を「VI-1-1-4安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」にて示すこととしているため、本添付書類では竜巻防護対象施設に対して説明する。</p>

再処理施設		発電炉	備考
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1	
<p>塔槽類廃ガス処理設備等の建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設は、気圧差による荷重に対して構造強度評価を実施し、安全機能を損なわないよう、要求される機能を維持する設計とする。</p> <p>開口部等からの設計飛来物の侵入により、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は、竜巻防護対策設備を設置することにより、設計飛来物の衝突による影響に対して、安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>安全冷却水系の冷却塔等の屋外の竜巻防護対象施設は、設計荷重(竜巻)に対して、構造強度評価を実施し、安全機能を損なわないよう、要求される機能を維持する設計とする。また、設計飛来物の衝突による影響に対して安全機能を損なうおそれのある場合には、竜巻防護対策設備を設置することにより安全機能を損なわない設計とする。</p>	<p>施設</p> <p>建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設は、気圧差による荷重に対して、構造強度評価を実施し、竜巻時及び竜巻通過後において、安全機能を損なわないよう要求される機能を維持する設計とする。</p> <p>(d) 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</p> <p>開口部等からの設計飛来物の侵入により、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は、設計飛来物の侵入を防止するための防護対策として、竜巻防護対策設備を設置することにより、設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後において、安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>(e) 屋外の竜巻防護対象施設</p> <p>屋外の竜巻防護対象施設は、設計荷重(竜巻)に対して、構造強度評価を実施し、竜巻時及び竜巻通過後において、安全機能を損なわないよう要求される機能を維持する設計とする。また、設計飛来物の衝突による貫通、裏面剥離及び貫入に対し、安全機能を損なわないよう要求される機能を維持する設計とする。</p> <p>設計飛来物の衝突による影響に対して、竜巻防護対象施設が安全機能を損なうおそれがある場合には、防護措置として飛来物防護ネット等の竜巻防護対策設備を設置する設計とする。</p> <p>飛来物防護ネット内の屋外の竜巻防護対象施設は、飛来物防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し、竜巻防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。</p>	<p>ロ. 外気と繋がっている屋内の外部事象防護対象施設は、設計竜巻の気圧差による荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、竜巻時及び竜巻通過後において、安全機能を損なわないよう、施設に要求される機能を維持する設計とする。</p> <p>ハ. 建屋等による飛来物の防護が期待できない屋内の外部事象防護対象施設は、設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、竜巻時及び竜巻通過後において、安全機能を損なわないよう、<u>施設に要求される機能を維持する設計とする。</u>設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重により安全機能を損なうおそれがある場合には、防護措置として防護対策施設を設置する等の防護対策を講じる設計とする。</p> <p>(a) 屋外の外部事象防護対象施設</p> <p>屋外の外部事象防護対象施設は、設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、竜巻時及び竜巻通過後において、安全機能を損なわないよう、施設に要求される機能を維持する設計とする。なお、このとき外部事象防護対象施設が安全機能を損なうおそれがある場合は、防護措置として防護対策施設を設置する等の防護対策を講じる設計とする。</p>	<p>再処理施設では、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は、防護対策を講ずる設計としている。竜巻防護対策設備は発電炉でも設置していることから、新たな論点が生じるものではない。</p>

再処理施設	発電炉	備考
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1
		<p>b. 重大事故等対処設備</p> <p>(a) 屋外の重大事故等対処設備</p> <p>屋外の重大事故等対処設備は、添付書類「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件における健全性に関する説明書」に基づき、竜巻時及び竜巻通過後において、設計竜巻の風圧力による荷重に対し、重大事故等に対処するために必要な機能を損なわないよう、位置的分散等を考慮した設置又は保管とともに、浮き上がり又は横滑りによって設計基準事故対処設備並びに使用済燃料プールの冷却設備及び注水設備（以下「設計基準事故対処設備等」という。）や同じ機能を有する他の重大事故等対処設備に衝突する可能性がある設備に対し、飛散させないよう固縛の措置をとることにより、設計基準事故対処設備等や同じ機能を有する他の重大事故等対処設備が同時に損傷しない設計とする。なお、具体的な設計方針については、添付書類「V-1-1-2-3-4 竜巻防護に関する屋外重大事故等対処設備の設計方針」に記載する。</p> <p>(b) 屋内の重大事故等対処設備</p> <p>屋内の重大事故等対処設備は、添付書類「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件における健全性に関する説明書」に基づき、竜巻時及び竜巻通過後において、設計竜巻の風圧力による荷重に対し、環境条件を考慮しても、重大事故等に対処するために必要な機能を損なわず、また設計基準事故対</p>

当社において、重大事故等対処設備は「VI-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件における健全性に関する説明書」にて示すこととしているため。

再処理施設		発電炉	備考
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1	
<p>竜巻防護対策設備の基本設計方針については、第2章 個別項目の「7. その他再処理設備の附属施設 7.3 その他の主要な事項 7.3.4 竜巻防護対策設備」に示す。</p> <p>竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設のうち、破損に伴う倒壊、転倒又は飛散による機械的影響を及ぼし得る施設は、設計荷重(竜巻)に対して、構造強度評価を実施し、当該施設の倒壊又は転倒により、周辺の竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼさない設計とする。竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設のうち、当該施設が機能喪失に陥った場合に竜巻防護対</p>	<p>(f) 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設は、竜巻時及び竜巻通過後において、機械的影響及び機能的影響により竜巻防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設のうち、施設の破損に伴う倒壊、転倒による機械的影響を</p>	<p>処設備等や同じ機能を有する他の重大事故等対処設備に悪影響を及ぼさないよう、竜巻より防護すべき施設を内包する施設により防護する設計とする。</p> <p>c. 防護対策施設 <u>防護対策施設は、竜巻時及び竜巻通過後において、設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、内包する外部事象防護対象施設が安全機能を損なわないよう、設計飛来物等が外部事象防護対象施設に衝突することを防止可能な設計とする。</u> <u>また、防護対策施設は、その他考えられる自然現象(地震等)に対して、外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼさない設計とする。</u></p> <p>d. 竜巻より防護すべき施設を内包する施設</p> <p>e. 外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性がある施設 外部事象防護対象施設等は、竜巻時及び竜巻通過後において、設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、機械的及び機能的な波及的影響により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。 機械的な波及的影響としては、設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対</p>	<p>2.1.4(1)a. (f) に示している。</p> <p>2.1.4(1)a. (b) に示している。</p>

再処理施設		発電炉	備 考
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1	
<p>象施設も機能喪失させる機能的影響を及ぼし得る施設は、設計荷重(竜巻)に対して、必要な機能を維持する設計とする。</p> <p>使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は、設計荷重(竜巻)に対して、構造強度評価を実施し、構造健全性を維持することにより、使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない設計とする。</p> <p>第2章 個別項目 7. その他再処理設備の附属施設 7.3 その他の主要な事項 7.3.4 竜巻防護対策設備 竜巻防護対策設備の設計に係る共通的な設計方針については、第1章 共通項目の「2. 地盤」、「3. 自然現象等」、「5. 火災等による損傷の防止」、「6. 再処理施設内における溢水による損傷の防止」、「7. 再処理施設内における化学薬品の漏えいによる損傷の防止」及び「9. 設備に対する要求」に基づくものとする。 竜巻に対する防護設計においては、設計飛来物の衝突による影響に対して、建</p>	<p>及ぼし得る施設は、竜巻時及び竜巻通過後において、設計荷重(竜巻)に対し、構造強度評価を実施し、当該施設及び資機材等の倒壊、転倒、飛散により、周辺の竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼさない設計とする。竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設のうち、当該施設が機能喪失に陥った場合に竜巻防護対象施設も機能喪失させる機能的影響を及ぼし得る施設は、竜巻時及び竜巻通過後において、設計荷重(竜巻)に対し、必要な機能を維持する設計とする。</p> <p>(g) <u>使用済燃料収納キャスクを収納する建屋</u> <u>使用済燃料収納キャスクが頑健な構造であることを踏まえ、使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は、竜巻時及び竜巻通過後において、設計荷重(竜巻)に対し、使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の構造健全性を維持することにより、使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない設計とする。</u></p> <p>(h) 竜巻防護対策設備 竜巻防護対策設備は、竜巻時及び竜巻通過後において、設計荷重(竜巻)に対して、内包する竜巻防護対象施設が安全機能を損なわないよう、設計飛来物が竜巻防護対象施設に衝突することを防止し、竜巻防護対象施設に波及的影響を及ぼさない設計とする。</p>	<p>し、外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性がある施設や重大事故等対処設備、資機材等の倒壊、損傷、飛散等により外部事象防護対象施設等に与える影響を考慮し、機能的影響としては、設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼす可能性がある施設の損傷等による外部事象防護対象施設の機能喪失を考慮する。</p>	<p>再処理固有の配慮事項だが、建屋の評価は発電炉と同様であり、新たな論点が生じるものではない。</p>

再処理施設		発電炉	備 考
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1	
<p>屋による防護が期待できない竜巻防護対象施設及び安全機能を損なうおそれのある屋外に設置される竜巻防護対象施設が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、竜巻防護対策設備を設置する設計とすることを基本とする。</p> <p>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で構成する。</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>飛来物防護板は、防護板(鋼材)とそれを支持する支持架構又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。</p> <p>a. 防護板は、設計飛来物の貫通及び裏面剥離を防止できる設計とする。</p> <p>b. 支持架構は、設計荷重(竜巻)に対し、防護板(鋼材)を支持できる強度を有する設計とする。</p> <p>c. 飛来物防護板は、排気機能に影響を与えない設計とする。</p> <p>d. 飛来物防護板は、設計荷重(竜巻)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>e. 飛来物防護板は、竜巻以外の自然現象及び人為事象により、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><u>イ. 飛来物防護板</u></p> <p><u>飛来物防護板については、次回以降に詳細を説明する。</u></p>		<p>基本設計方針からの展開を受け、追加した。(以降同様)</p>

再処理施設	発電炉	備考
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1
<p>(2) 飛来物防護ネット 冷却塔周りに設置する飛来物防護ネットは、防護ネット(補助防護板を含む。)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。</p> <p>a. 防護ネットは、設計飛来物の運動エネルギーを吸収できる強度を有する設計とする。</p> <p>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。</p> <p>c. 防護ネット(補助防護板を含む。)は、設計飛来物の通過及び貫通を防止できる設計とする。</p> <p>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設計上考慮する飛来物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。</p> <p>e. 防護板(鋼材)は、設計飛来物の貫通を防止できる設計とする。</p> <p>f. 支持架構は、設計荷重(竜巻)に対し、防護ネット及び防護板(鋼材)を支持できる強度を有する設計とする。</p> <p>g. 飛来物防護ネットは、内包する冷却塔の冷却能力に影響を与えない設計とする。</p> <p>h. 飛来物防護ネットは、設計荷重(竜巻)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>i. 飛来物防護ネットは、竜巻以外の自然</p>	<p>ロ. <u>飛来物防護ネット</u> <u>冷却塔周りに設置する飛来物防護ネットは、防護ネット(補助防護板を含む。)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。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>防護ネット(補助防護板を含む。)は、設計飛来物の通過及び貫通を防止できる設計とする。</u></p> <p><u>支持架構に直接設置する防護ネットは、防護ネットと支持架構の隙間を設計上考慮する飛来物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。</u></p> <p><u>防護板(鋼材)は、防護ネットが設置できない箇所に設置し、設計飛来物の貫通を防止することができる設計とする。</u></p> <p><u>支持架構は、設計荷重(竜巻)に対して、防護ネット及び防護板(鋼材)の支持機能を維持可能な強度を有する設計とする。</u></p> <p><u>飛来物防護ネットは、防護ネットを主体構造とすることで、内包する冷却塔の冷却能力に影響を与えない設計とする。</u></p> <p><u>飛来物防護ネットは、設計荷重(竜巻)に対して、脱落、転倒及び倒壊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。</u></p> <p>竜巻防護対策設備は、竜巻以外の自然現象及び人為事</p>	<p>考慮する事象の明確</p>

再処理施設		発電炉	備 考
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1	
現象及び人為事象により、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><u>象に対して、構造強度評価又は耐火被覆の施工等を実施し、竜巻防護対象施設等に波及的影響を与えない設計とする。</u></p> <p><u>地震、火山の影響、外部火災に対する具体的な設計については、「IV 耐震性に関する説明書」、「VI-1-1-1-4 火山への配慮に関する説明書」、「VI-1-1-1-3 外部火災への配慮に関する説明書」において示し、地震、火山、外部火災以外の自然現象に対しては、「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」に基づき設計する。</u></p>	f. 竜巻随件事象を考慮する施設	<p>化であり、各事象にて構造健全性評価を実施していることから、竜巻にて新たな論点が生じるものではない。</p> <p>2.1.4(2)に示している。</p>
	<p>b. 許容限界</p> <p>許容限界は、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」(改定 令和元年9月6日原規技発第1909069号 原子力規制委員会)を参照し、設計竜巻荷重と地震荷重との類似性、規格等への適用性を踏まえ、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」((社)日本電気協会)、「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601-補1984」((社)日本電気協会)及び「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版」((社)日本電気協会)(以下「JEAG4601」という。)等の安全上適切と認められる規格及び基準又は試験等で妥当性が確認されている値を用いて、以下のことを確認する。</p> <p>(a) 建屋内の竜巻防護対象施設</p> <p><u>建屋内の竜巻防護対象施設の許容限界については、次回以降に詳細を説明する。</u></p>	<p>c. 許容限界</p> <p>外部事象防護対象施設及び重大事故等対処設備の許容限界は「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」(改正 平成26年9月17日原規技発第1409172号 原子力規制委員会)を参照し、設計竜巻荷重と地震荷重との類似性、規格等への適用性を踏まえ、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」((社)日本電気協会)、「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601-補1984」((社)日本電気協会)及び「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版」((社)日本電気協会)(以下「JEAG4601」という。)等の安全上適切と認められる規格及び基準又は試験等で妥当性が確認されている値を用いて、以下のことを確認する。</p> <p>(a) 外部事象防護対象施設及び重大事故等対処設備のうち外部事象防護対象施設と同一設備</p>	<p>重大事故等対処設備は、「VI-1-1-4 安全機能を有す</p>

再処理施設	発電炉	備考	
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1	
	<p>(b) 竜巻防護対象施設を収納する建屋</p> <p><u>竜巻防護対象施設を収納する建屋の許容限界については、次回以降に詳細を説明する。</u></p>	<p>外部事象防護対象施設及び重大事故等対処設備のうち外部事象防護対象施設と同一設備の許容限界は、設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、構成する主要構造部材が、おおむね弾性状態に留まることとする。</p> <p><u>(b) 屋外の重大事故等対処設備に取り付ける固縛装置</u> <u>屋外の重大事故等対処設備に取り付ける固縛装置の許容限界は、設計竜巻の風圧力による荷重に対し、固縛状態を維持するために、固縛装置の構成部材である連結材は破断が生じないよう十分な強度を有していること、固定材は塑性ひずみが生じる場合であっても、終局耐力に対し十分な強度を有すること及び基礎部は、取替が容易でないことから、弾性状態に留まることとする。</u></p> <p><u>(c) 防護対策施設</u></p> <p>(d) 竜巻より防護すべき施設を内包する施設</p> <p>竜巻より防護すべき施設を内包する施設については、設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対して、主要な構部材が終局状態に至るようなひずみ又は荷重が生じないこととする。また、竜巻より防護すべき施設を内包する施設の外殻を構成する部材が、評価式に基づく貫通を生じない最小必要厚さ以上とすること、及び竜巻より防護すべき施設が波及的影響を受けないう、竜巻より防護すべき施設</p>	<p>る施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」にて示すこととしているため。</p> <p>重大事故等対処設備は、「VI-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」にて示すこととしているため。</p> <p>2.1.4(1)b.(g) に示している。</p> <p>竜巻防護対象施設を収納する建屋は後次回で申請するため、本申請では記載せず、後次回で比較結果を示す。</p>

再処理施設	発電炉	備考	
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1	
	<p>(c) 建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設 <u>建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設の許容限界については、次回以降に詳細を説明する。</u></p> <p>(d) 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 <u>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の許容限界については、次回以降に詳細を説明する。</u></p> <p>(e) 屋外の竜巻防護対象施設 屋外の竜巻防護対象施設の許容限界は、設計荷重(竜巻)に対し、構成する主要構造部材が、おおむね弾性状態に留まることを基本とする。ただし、<u>設計飛来物の衝突を考慮する竜巻防護対象施設は、竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えるおそれのある変形を生じないこととする。</u> <u>また、設計飛来物の衝突に対し、竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えるおそれのある貫通、裏面剥離及び貫入を生じないこととする。</u></p> <p>(f) 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設</p>	<p>設を内包する施設の外殻を構成する部材が裏面剥離を生じない最小必要厚さ以上とすることとし、主要な構造部材が終局状態に至るようなひずみ又は荷重が生じないこととする。</p> <p>(a) <u>外部事象防護対象施設及び重大事故等対処設備のうち外部事象防護対象施設と同一設備</u> 外部事象防護対象施設及び重大事故等対処設備のうち外部事象防護対象施設と同一設備の許容限界は、設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、構成する主要構造部材が、おおむね弾性状態に留まることとする。</p> <p>(e) 外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性がある施設</p>	<p>建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設は後次回で申請するため、本申請では記載せず、後次回で比較結果を示す。 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は後次回で申請するため、本申請では記載せず、後次回で比較結果を示す。</p> <p>再処理施設では、設計飛来物の衝突を考慮する竜巻防護対象施設が存在することによる差異。</p> <p>竜巻防護対象施設に波及的影響を及ぼし</p>

再処理施設	発電炉	備考	
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1	
	<p><u>竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設の許容限界については、次回以降に詳細を説明する。</u></p> <p>(g) <u>使用済燃料収納キャスクを収納する建屋</u> <u>使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の許容限界については、次回以降に詳細を説明する。</u></p> <p>(h) 竜巻防護対策設備 竜巻防護対策設備の構成部品である防護ネットは、設計荷重(竜巻)に対し、主要な構造部材の破断が生じないよう、破断荷重に対して十分な余裕を持った強度を有し、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないものとする。また、たわみを生じて、設計飛来物が竜巻防護対象施設と衝突しないよう竜巻防護対象施設との離隔を確保できることとする。 <u>防護ネットのうち補助防護板は、設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために、設計飛来物が、防護板を貫通せず、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないものとする。</u></p>	<p>外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性がある施設は、倒壊、損傷等が生じる場合においても、機械的影響により外部事象防護対象施設等の必要な機能を損なわないよう十分な離隔を確保するか又は施設が終局状態に至ることがないよう構造強度を保持することとする。また、施設を構成する主要な構造部材に塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、外部事象防護対象施設等の安全機能を損なわないようにする。また、機能的影響により外部事象防護対象施設の必要な機能を損なわないよう、機能喪失に至る可能性のある変形を生じないこととする。</p> <p>(c) 防護対策施設 防護対策施設の構成部品である防護ネットは、設計竜巻の風圧力による荷重、設計飛来物による衝撃荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、主要な構造部材の破断が生じないよう、破断荷重に対して十分な余裕を持った強度を有し、たわみを生じて、設計飛来物が外部事象防護対象施設と衝突しないよう外部事象防護対象施設との離隔を確保できることとする。</p>	<p>得る施設は後次回で申請するため、本申請では記載せず、後次回で比較結果を示す。</p> <p>使用済燃料収納キャスクは後次回で申請するため、本申請では記載せず、後次回で比較結果を示す。</p> <p>再処理特有の設計である補助防護板に対する許容限界の明確化であり、内容は防</p>

再処理施設	発電炉	備考	
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1	
	<p>竜巻防護対策設備の構成品である防護板(鋼材)は、設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために、設計飛来物が、防護板を貫通せず、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないものとする。</p> <p>防護ネット及び防護板(鋼材)の支持構造物である支持架構は、設計荷重(竜巻)が防護ネット及び防護板(鋼材)に作用する場合には、主要な構造部材に塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないよう防護ネット等を支持出来るようにする。そのため、設計荷重(竜巻)が主要な構造部材に直接作用した際にも、主要な構成部材は貫通せず、構成部材の損傷に伴う架構の崩壊又は転倒に至らず、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないものとする。</p> <p>竜巻の影響を考慮する施設に対する設計の詳細について、「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」及び「VI-1-1-1-2-4 竜巻への配慮が必要な施設等の強度に関する説明書」に示す。</p>	<p>防護対策施設の構成品である防護鋼板は、設計竜巻の風圧力による荷重、設計飛来物による衝撃荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、設計飛来物が外部事象防護対象施設と衝突へ衝突することを防止するために、設計飛来物が、防護鋼板を貫通せず、外部事象防護対象施設に波及的影響を与えないものとする。</p> <p>防護ネット及び防護鋼板の支持構造物である架構は、設計竜巻の風圧力による荷重、設計飛来物による衝撃荷重及びその他考慮すべき荷重が防護ネット及び防護鋼板に作用する場合には、主要な構造部材に塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、外部事象防護対象施設の安全機能を損なわないよう防護ネット等を支持出来るようにする。また、設計竜巻の風圧力による荷重、設計飛来物による衝撃荷重及びその他考慮すべき荷重が主要な構造部材に直接作用した際にも、主要な構成部材は貫通せず又構成部材の損傷に伴う架構の崩壊に至らず、外部事象防護対象施設に波及的影響を与えないものとする。</p> <p><u>車両防護柵とする架構は、設計竜巻の風圧力による荷重、設計飛来物等による衝撃荷重及びその他考慮すべき荷重が架構に直接作用した際に、設計飛来物等が外部事象防護対象施設へ衝突することを防止するために、主要な構造部材は貫通せず、部材が終局状態に至るような荷重が生じないこととする。</u></p>	<p>護板(鋼材)と同様であることから、新たな論点が生じるものではない。</p> <p>立地条件の差異によるものであり、再処理施設は車両の飛散を考慮する必要はないため、記載の差異により新たな論点が生じるものではない。</p>

再処理施設		発電炉	備 考
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1	
<p>b. 竜巻随伴事象に対する設計方針</p> <p>過去の他地域における竜巻被害状況及び再処理施設の配置から、竜巻随伴事象として火災、溢水及び外部電源喪失を想定し、これらの事象が発生した場合においても、竜巻防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>竜巻随伴事象のうち火災に対しては、火災源と竜巻防護対象施設の位置関係を踏まえて熱影響を評価した上で、竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えない設計又は火災の感知・消火等の対策により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。竜巻随伴事象としての火災による影響は外部火災及び内部火災に対する防護設計に包絡されるため、「3.3.3 外部火災」の「(b) 近隣の産業施設の火災及び爆発に対する防護対策」及び「5. 火災等による損傷の防止」に基づく設計とする。</p> <p>竜巻随伴事象のうち溢水に対しては、溢水源と竜巻防護対象施設の位置関係を踏まえた影響評価を行った上で、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。竜巻随伴事象としての</p>	<p>(2) 竜巻随伴事象に対する設計</p> <p>竜巻防護対象施設は、竜巻による随伴事象として過去の竜巻被害の状況及び再処理施設における施設の配置から想定される、火災、屋外タンク等からの溢水及び設計竜巻又は設計竜巻と同時に発生する雷の影響による外部電源喪失によって、その安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>竜巻随伴事象のうち火災に対しては、<u>火災源と竜巻防護対象施設の位置関係を踏まえて熱影響を評価した上で、竜巻防護対象施設の許容温度を超えないことにより、竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えない設計又は火災の感知・消火等の対策により竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えない設計とし、当該設計については外部火災及び内部火災に対する防護設計に包絡されるため、「VI-1-1-1-3-1 外部火災への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(2) 近隣の産業施設の火災及び爆発に対する設計方針」及び「III-1-1 火災等による損傷の防止に関する説明書」に基づく設計とする。</u></p> <p>竜巻随伴事象のうち溢水に対しては、<u>溢水源と竜巻防護対象施設の位置関係を踏まえた影響評価を行った上で、竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えない設計とし、当該設計については、「VI-1-1-6-1 溢水による損傷の防止に対する基本方針」に基づく設計とす</u></p>	<p>f. 竜巻随伴事象を考慮する施設</p> <p>外部事象防護対象施設は、竜巻による随伴事象として過去の竜巻被害の状況及び発電所における施設の配置から想定される、危険物貯蔵施設の火災、屋外タンク等からの溢水及び設計竜巻又は設計竜巻と同時に発生する雷の影響による外部電源喪失によって、その安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>竜巻随伴による火災に対しては、火災による損傷の防止における想定に包絡される又は火災を起こさない設計とする。</p> <p>なお、竜巻随伴による溢水に対しては、溢水による損傷の防止における溢水量の想定に包絡される又は溢水を起こさない設計とする。</p>	<p>「危険物貯蔵施設等」及び「屋外タンク等」は、それぞれ「VI-1-1-1-3 外部火災への配慮に関する説明書」及び溢水評価に係る設計方針に統一した用語として用いることとして、具体は「VI-1-1-1-3-1」及び「VI-1-1-7-1」に示す。設計飛来物の建屋内への侵入を考慮して、内部火災に関する記載を明確化した。</p>

再処理施設		発電炉	備 考
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1	
<p>溢水による影響は溢水に対する防護設計に包絡されるため、「6. 再処理施設内における溢水による損傷の防止」の「6.3.4 その他の溢水」に基づく設計とする。</p> <p>竜巻随伴事象のうち外部電源喪失に対しては、外部電源喪失が生じたとしても非常用所内電源系統等の安全機能を確保する設計とし、非常用所内電源系統による電源供給を可能とすることで竜巻防護対象施設の安全機能を維持する設計とする。</p>	<p>る。</p> <p>竜巻随伴事象のうち外部電源喪失に対しては、外部電源喪失の発生を防止する設計とする。また、外部電源喪失が生じたとしても、非常用所内電源系統等の安全機能を確保する設計とし、非常用所内電源系統等による電源供給を可能とすることで竜巻防護対象施設の安全機能を維持する設計とする。</p>	<p>さらに、竜巻随伴による外部電源喪失に対しては、外部電源喪失を生じない又は代替設備による電源供給が可能な設計とする。</p>	
<p>c. 必要な機能を損なわないための運用上の措置</p> <p>竜巻に関する設計条件等に係る新知見の収集及び竜巻に関する防護措置との組合せにより安全機能を損なわないための運用上の措置として、以下を保安規定に定めて、管理する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 設計竜巻の特性値、竜巻と同時に発生する自然現象等について、定期的に新知見の確認を行い、新知見が得られた場合に評価を行うこと 資機材等の固定、固縛又は建屋収納並びに車両の入構管理及び退避を行うこと 	<p><u>(3) 必要な機能を損なわないための運用上の措置</u></p> <p><u>竜巻に関する設計条件等に係る新知見の収集及び竜巻に関する防護措置との組合せにより安全機能を損なわないための運用上の措置として、以下を保安規定に定めて、管理する。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <u>設計竜巻の特性値、竜巻と同時に発生する積雪等の自然現象、敷地周辺の環境条件について、定期的に新知見の確認を行い、新知見が得られた場合に評価を行うこと</u> <u>資機材等の固定、固縛又は建屋収納並びに車両の入構管理及び退避を行うこと</u> 		<p>運用に係る事項をまとめて記載したため。</p> <p>「竜巻に関する設計条件等」の指す内容は、竜巻に関する設計条件、竜巻と同時に発生する自然現象に関する設計条件などであり、冒頭の記載であるため、当該箇所では「等」を用いる。</p> <p>「積雪等」については、竜巻と同時に発生する自然現象を限定するものではないため、「等」を用いた。</p>
	<p>2.2 準拠規格</p> <p>準拠する規格、基準等を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> 建築基準法・同施行令・同告示 	<p>2.2 適用規格</p> <p>適用する規格、基準等を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> 建築基準法及び同施行令 「<u>発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針(平成2</u> 	<p>後次回申請時に申請対象設備に応じた準拠規格を記載するため、記載に差異がある。</p>

再処理施設	発電炉	備考
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1
	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984((社)日本電気協会) ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会) ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協会) ・「タービンミサイル評価について」(昭和52年7月20日 原子炉安全専門審査会) ・<u>原子力発電所の竜巻影響評価ガイド(原規技発第1909069号)</u> ・日本産業規格(JIS) ・「発電用原子力設備規格設計・建設規格 J S M E S N C 1 -2005/2007」(社)日本機械学会 ・鋼構造設計規準－許容応力度設計法－((社)日本建築学会, 2005) ・<u>機械工学便覧((社)日本機械学会)</u> ・ISES7607-3 昭和50年度日本原子力研究所委託調査「軽水炉構造機器の衝撃荷重に関する調査 その3 ミサイルの衝突による構造壁の損傷に関する評価式の比較検討」(昭和51年10月 高温構造安全技術研究組合) 	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>年8月30日 原子力安全委員会)」</u> ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 -補 1984」(社)日本電気協会 ・「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987」(社)日本電気協会 ・「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」(社)日本電気協会 ・<u>Methodology for Performing Aircraft Impact Assessments for New Plant Designs(Nuclear Energy Institute 2011 Rev8(NEI07-13))</u> ・「タービンミサイル評価について」(昭和52年7月20日 原子炉安全専門審査会) ・日本工業規格(J I S) ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 J S M E S N C 1 -2005/2007」(社)日本機械学会 ・「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－」((社)日本建築学会, 2005 改定) ・<u>「新版機械工学便覧」(日本機械学会編, 1987)</u> ・<u>「容器構造設計指針・同解説」((社)日本建築学会, 2010)</u> ・I S E S 7 6 0 7 -3 「軽水炉構造機器の衝撃荷重に関する調査 その3 ミサイルの衝突による構造壁の損傷に関する評価式の比較検討」(高温構造安全技術研究組合) ・「コンクリート標準示方書 設計編」

再処理施設	発電炉	備考
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1
	<ul style="list-style-type: none"> ・建築物荷重指針・同解説(社)日本建築学会(2004) ・<u>「建築物荷重指針・同解説」((社)日本建築学会, 2015改定)</u> ・小規模吊橋指針・同解説((社)日本道路協会) 	<ul style="list-style-type: none"> <u>((社)土木学会, 2007改定)</u> ・<u>「コンクリート標準示方書 設計編」</u> <u>((社)土木学会, 2012改定)</u> ・<u>「コンクリート標準示方書 構造性能照査編」((社)土木学会, 2002改定)</u> ・<u>「建築物荷重指針・同解説」((社)日本建築学会, 2004改定)</u> ・<u>「各種合成構造設計指針・同解説」((社)日本建築学会, 2010改定)</u> ・<u>「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」((社)日本建築学会, 1988)</u> ・<u>「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」((社)日本建築学会, 1999)</u> ・<u>「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」((社)日本建築学会, 2010)</u> ・<u>「塔状鋼構造設計指針・同解説」((社)日本建築学会, 1980)</u> ・<u>「煙突構造設計指針」((社)日本建築学会, 2007)</u> ・<u>「鋼構造塑性設計指針」((社)日本建築学会, 2010改定)</u> ・<u>「鋼構造接合部設計指針」(社)日本建築学会(2012改定)</u> ・<u>「煙突構造設計施工指針」((一財)日本建築センター, 1982)</u> ・<u>「2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書」(国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所2015)</u> ・<u>「伝熱工学資料(改訂第4版)」((社)日本機械学会, 1986)</u> ・<u>「小規模吊橋指針・同解説」((社)日本道路協会, 2008)</u>

再処理施設	発電炉	備考
基本設計方針	添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-1
	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>竜巻飛来物を模擬した角管の落下衝突による鋼板の貫通評価(日本機械学会論文集, Vol. 83, Vol1851(2017))</u> ・<u>発電用原子力設備規格 竜巻飛来物の衝撃荷重による構造物の構造健全性評価手法ガイドライン JSME S NS6-2019 2019年6月((社)日本機械学会)</u> ・<u>「Eの数値を算出する方法並びにVo及び風力係数の数値」(平成12年5月31日, 建設省告示第1454号)</u> ・<u>NEI07-13 Methodology for Performing Aircraft Impact Assessments for New Plant Designs April 2011</u> ・<u>鋼構造限界状態設計指針・同解説(2010)((社)日本建築学会)</u> ・<u>「動的繰返し大変形を受ける溶接鋼構造物の脆性破壊性能評価方法, WES2808:2003(社)日本溶接協会</u> なお, 次回以降に申請する施設に係る準拠規格については, 当該施設の申請に合わせて次回以降に示す。 	<p>・<u>「道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編, IV 下部構造編」(社)日本道路協会, 2012)</u> なお, 「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」(昭和55年通商産業省告示第501号, 最終改正平成15年7月29日経済産業省告示第277号)に関する内容については, 「発電用原子力設備規格設計・建設規格(2005年版(2007年追補版を含む))<第I編 軽水炉規格> JSME S NC1 2005/2007」((社)日本機械学会)に従うものとする。</p>

別紙4-2

竜巻の影響を考慮する施設 及び固縛対象物の選定

【凡例】

下線：

- ・プラントの違いによらない記載内容の差異
- ・章立ての違いによる記載位置の違いによる差異

二重下線：

- ・プラント固有の事項による記載内容の差異
- ・後次回の申請範囲に伴う差異

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-2	添付書類V-1-1-2-3-2	
(関連添付書類)VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針	VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定 1. 概要 2. 竜巻の影響を考慮する施設の選定 2.1 竜巻の影響を考慮する施設の選定の基本方針 2.2 竜巻の影響を考慮する施設 3. 竜巻防護のための固縛対象物の選定 3.1 竜巻防護のための固縛対象物の選定の基本方針 3.2 屋外に保管する資機材等	V-1-1-2-3-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定 1. 概要 2. 選定の基本方針 2.1 竜巻の影響を考慮する施設の選定の基本方針 2.2 竜巻防護のための固縛対象物の選定の基本方針 3. 竜巻の影響を考慮する施設の選定 <u>3.1 外部事象防護対象施設</u> <u>3.2 重大事故等対処設備</u> <u>3.3 防護対策施設</u> <u>3.4 竜巻より防護すべき施設を内包する施設</u> <u>3.5 外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性のある施設</u> <u>3.6 竜巻随件事象を考慮する施設</u> 4. 竜巻防護のための固縛対象物の選定 4.1 発電所敷地の屋外に保管する資機材等 4.1.1 発電所における飛来物の調査 4.1.2 固縛対象物の選定 4.2 屋外の重大事故等対処設備	章立ての違いによる差異であり、発電炉と同様の内容が「2.2 竜巻の影響を考慮する施設」で展開されていることから、新たな論点が生じるものではない。
	1. 概要 本資料は、「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」に基づき、竜巻の影響を考慮する施設及び竜巻防護のための固縛対象物の選定について説明するものである。	1. 概要 本資料は、添付書類「V-1-1-2-3-1 竜巻への配慮に関する基本方針」に基づき、竜巻の影響を考慮する施設及び竜巻防護のための固縛対象物の選定について説明するものである。	
2.1.1 竜巻防護に対する設計方針 設計竜巻から防護する施設(以下「竜巻防護対象施設」という。)としては、安全評価上その機能を期待する構築物、系統及び機器を漏れなく抽出する観点から、安全上重要な機能を有する構築物、系統及び機器を対象とする。 竜巻防護対象施設及びそれら	2. 竜巻の影響を考慮する施設の選定 2.1 竜巻の影響を考慮する施設の選定の基本方針 竜巻の影響を考慮する施設は、竜巻防護対象施設として選定した施設の設計方針を踏まえて選定する。	2. 選定の基本方針 竜巻の影響を考慮する施設の選定及び竜巻防護のための固縛対象物の選定の基本方針について説明する。 2.1 竜巻の影響を考慮する施設の選定の基本方針 竜巻の影響を考慮する施設は、その設置場所、構造等を考慮して選定する。 屋外に設置している外部事象防護対象施設、 <u>重大事故等対処設備及び防護措置として設置する防護対策施設</u> は、竜巻による荷重が作用するおそれがあるため、 <u>竜巻の影響を考慮する施設として選定する。</u>	後段に示している。

【VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定】

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-2	添付書類V-1-1-2-3-2	
<p>を収納する建屋(以下「竜巻防護対象施設等」という。)は、竜巻に対し、機械的強度を有すること等により、竜巻防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>竜巻防護対象施設は、以下のよう に分類できる。</p> <p>(1) 建屋内の竜巻防護対象施設 (外気と繋がっている竜巻防護対象施設を除く)</p> <p>(2) 建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設</p> <p>(3) 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</p> <p>(4) 屋外の竜巻防護対象施設</p>	<p>建屋内の<u>竜巻防護対象施設</u>(外気と繋がっている竜巻防護対象施設を除く)は、建屋により竜巻の影響から防護されるため、竜巻防護対象施設を収納する建屋を竜巻の影響を考慮する施設として選定する。</p> <p>建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設は、気圧差の影響を受けることから、竜巻の影響を考慮する施設として選定する。</p> <p>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は、竜巻防護対策設備を設置する方針としていることから、建屋内の竜巻防護対象施設の代わりに竜巻防護対策設備を竜巻の影響を考慮する施設として選定する。</p>	<p>屋内に設置している<u>外部事象防護対象施設及び重大事故等対処設備</u>は、建屋にて防護されることから、屋内の外部事象防護対象施設及び重大事故等対処設備の代わりに竜巻より防護すべき施設を内包する施設を竜巻の影響を考慮する施設として選定する。ただし、外気と繋がっている屋内の外部事象防護対象施設及び建屋等による飛来物の防護が期待できない屋内の外部事象防護対象施設については、竜巻の影響を考慮する施設として選定する。</p>	<p>外部衝撃に対する共通的な防護対象から竜巻の影響を考慮する施設を選定する発電炉と竜巻に対して防護対象施設を選定している違いによる記載の差異であり、新たな論点が生じるものではない。</p> <p>発電炉では、外部事象防護対象施設及び重大事故等対処設備を竜巻より防護すべき施設と定義している。</p> <p>一方、当社では、重大事故等対処設備を「VI-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に</p>

【VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定】

再処理施設	発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-2	添付書類V-1-1-2-3-2
<p>また、その施設の倒壊等により竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼして安全機能を損なわせるおそれがある施設(以下「竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設」という。)の影響及び竜巻の随件事象による影響を考慮した設計とする。</p> <p>上記に含まれない安全機能を有する施設は、竜巻及びその随件事象に対して機能を維持すること若しくは竜巻及びその随件事象による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修理を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、その安全機能を損なわない設計とする。</p>	<p>屋外に設置している竜巻防護対象施設及び防護措置として設置する竜巻防護対策設備は、竜巻による荷重が作用するため、竜巻の影響を考慮する施設として選定する。</p> <p>また、竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設として、破損に伴う施設の倒壊等により竜巻防護対象施設等に機械的影響を及ぼし得る施設及び機能的影響を及ぼし得る施設を抽出し、竜巻の影響を考慮する施設として選定する。</p>	<p>屋外に設置している外部事象防護対象施設、重大事故等対処設備及び防護措置として設置する防護対策施設は、竜巻による荷重が作用するおそれがあるため、竜巻の影響を考慮する施設として選定する。</p> <p>外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性がある施設として、発電所構内の施設のうち、機械的影響を及ぼす可能性がある施設、機能的影響を及ぼす可能性がある施設を抽出し、竜巻の影響を考慮する施設として選定する。</p> <p>「倒壊等」は倒壊、転倒、飛散であり、の「2.2.1(4)竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設」で示すため、ここでは、「等」のままとした。</p>

【VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定】

再処理施設	発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-2	添付書類V-1-1-2-3-2
<p>また、上記の施設に対する損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修理を行うことを保安規定に定めて、管理する。</p> <p>なお、使用済燃料収納キャスクは、再処理施設内に一時的に保管されることを踏まえ、竜巻により使用済燃料収納キャスクを収納する建屋が波及的破損を与えない設計とする。</p>	<p><u>なお、使用済燃料キャスクを収納する建屋は、倒壊により、使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与える可能性があることから、使用済燃料キャスクを収納する建屋を、竜巻の影響を考慮する施設として選定する。</u></p> <p>竜巻随件事象として想定される外部電源喪失は、外部電源喪失の発生を防止する設計又は、外部電源喪失が生じたとしても、非常用所内電源系統等の安全機能を確保する設計としていることから、非常用所内電源系統等を竜巻の影響を考慮する施設として選定する。</p> <p>なお、竜巻随件事象として想定される火災及び溢水については、「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」のとおり他事象の設計に基づくことから、本項での説明の対象としない。</p>	<p>また、竜巻随件事象として想定される火災、溢水、外部電源喪失も考慮し、竜巻の影響を考慮する施設を選定する。</p>
		2.2 竜巻防護のための固縛対象物の選定の基本方針
	<p>2.2 竜巻の影響を考慮する施設</p> <p>「2.1 竜巻の影響を考慮する施設の選定の基本方針」を踏まえ、以下のとおり竜巻の影響を考慮する施設を選定する。</p> <p>2.2.1 設計竜巻による直接的影響を考慮する施設の選定</p>	<p>3.1 外部事象防護対象施設</p> <p>竜巻から防護すべき施設のうち外部事象防護対象施設を以下のとおり選定する。</p> <p>(1) 屋外の外部事象防護対象施設</p>
		3.1 にて示している。
		2.2.1(3) にて示している。

【VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定】

再処理施設	発電炉	備考	
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-2	添付書類V-1-1-2-3-2	
	<p>(1) <u>竜巻防護対象施設</u>を収納する建屋 建屋内の<u>竜巻防護対象施設</u>は、建屋にて防護されることから、建屋内の<u>竜巻防護対象施設</u>の代わりに<u>竜巻防護対象施設</u>を収納する施設を、竜巻の影響を考慮する施設とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>使用済燃料受入れ・貯蔵建屋</u> ・<u>前処理建屋</u> ・<u>分離建屋</u> ・<u>精製建屋</u> ・<u>ウラン脱硝建屋</u> ・<u>ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋</u> ・<u>ウラン酸化物貯蔵建屋</u> ・<u>ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋</u> ・<u>高レベル廃液ガラス固化建屋</u> ・<u>第1ガラス固化体貯蔵建屋</u> ・<u>チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋</u> ・<u>ハル・エンドピース貯蔵建屋</u> ・<u>制御建屋</u> ・<u>分析建屋</u> ・<u>非常用電源建屋</u> ・<u>主排気筒管理建屋</u> ・<u>第1非常用ディーゼル発電設備重油タンク室</u> <p>なお、<u>竜巻防護対象施設</u>を収納する建屋のうち前処理建屋、<u>分離建屋</u>、<u>精製建屋</u>、<u>ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋</u>及び<u>高レベル廃液ガラス固化建屋</u>については、<u>安全上重要な施設</u>でもあり、当該施設自体が屋外の<u>竜巻防護対象施設</u>になることから、設計については屋外の<u>竜巻防護対象施設</u>として示す。</p>	<p>3.4 <u>竜巻より防護すべき施設</u>を内包する施設 屋内に設置している<u>竜巻より防護すべき施設</u>は、建屋にて防護されることから、<u>竜巻より防護すべき施設</u>の代わりに<u>竜巻より防護すべき施設</u>を内包する施設を、竜巻の影響を考慮する施設として選定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>タービン建屋(気体廃棄物処理系隔離弁等を内包する建屋)</u> ・<u>使用済燃料乾式貯蔵建屋(使用済燃料乾式貯蔵容器を内包する建屋)</u> ・<u>軽油貯蔵タンクタンク室(軽油貯蔵タンクを内包する構造物)</u>・<u>排気筒モニタ建屋(排気筒モニタを内包する建屋)</u> 	<p>発電炉では、外部事象防護対象施設及び重大事故等対処設備を竜巻より防護すべき施設と定義している。</p> <p>一方、当社では、重大事故等対処設備を「VI-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」にて示すこととしているため、本添付書類では竜巻防護対象施設に対して説明する。施設の選定結果の差異は施設の違いによるも</p>

【VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定】

再処理施設	再処理施設	発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-2	添付書類V-1-1-2-3-2	
	<p>(2) 建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設</p> <p>建屋内の竜巻防護対象施設のうち、外気と繋がっている竜巻防護対象施設については、竜巻の気圧差による荷重が作用するおそれがあるため、竜巻の影響を考慮する施設とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>せん断処理・溶解廃ガス処理設備</u> ・<u>前処理建屋塔槽類廃ガス処理設備</u> ・<u>分離建屋塔槽類廃ガス処理設備</u> ・<u>精製建屋塔槽類廃ガス処理設備</u> ・<u>ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備</u> ・<u>高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備</u> ・<u>高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備</u> ・<u>前処理建屋換気設備の排気系</u> ・<u>分離建屋換気設備の排気系</u> ・<u>精製建屋換気設備の排気系</u> ・<u>ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備の排気系</u> ・<u>ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の貯蔵室からの排気系</u> ・<u>高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備の排気系</u> ・<u>ガラス固化体貯蔵設備の収納管</u> ・<u>制御建屋中央制御室換気設備</u> ・<u>第1非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管</u> ・<u>第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管</u> 	<p>(2) 外気と繋がっている屋内の外部事象防護対象施設</p> <p>屋内に設置している外部事象防護対象施設のうち、外気と繋がる外部事象防護対象施設については、竜巻の気圧差による荷重が作用するおそれがあるため、竜巻の影響を考慮する施設として、以下の施設を選定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>中央制御室換気系隔離弁、ファン(ダクト含む。)、非常用ディーゼル発電機室換気系ダクト及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機室換気系ダクト</u> ・<u>原子炉建屋換気系隔離弁及びダクト(原子炉建屋原子炉棟貫通部)</u> 	<p>のであり、新たな論点が生じるものではない。 (以降同様)</p>

再処理施設	発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-2	添付書類V-1-1-2-3-2
		<p>(3) <u>建屋等による飛来物の防護が期待できない屋内の外部事象防護対象施設</u> <u>屋内に設置している外部事象防護対象施設のうち、建屋等による飛来物防護が期待できない外部事象防護対象施設については、設計竜巻による荷重が作用するおそれがあるため、竜巻の影響を考慮する施設として以下のとおり選定する。</u> <u>なお、建屋等による防護が期待できない外部事象防護対象施設は、損傷する可能性がある屋内の外部事象防護対象施設及び損傷する可能性のある開口部付近の外部事象防護対象施設を竜巻の影響を考慮する施設とする。</u></p> <p>a. <u>損傷する可能性がある屋内の外部事象防護対象施設</u> <u>原子炉建屋原子炉棟は、竜巻による気圧低下により、原子炉建屋外側ブローアウトパネルが開放され、外壁開口部が発生し、設計竜巻荷重が建屋内の防護対象施設に作用する可能性があるため、以下の施設を選定する。</u> <u>・使用済燃料プール及び燃料プール冷却浄化系真空破壊弁(以下「原子炉建屋原子炉棟6階 設置設備」という。)</u> <u>・燃料交換機及び原子炉建屋天井クレーン</u> <u>・非常用ガス処理系設備及び非常用ガス再循環系設備</u></p> <p>b. <u>損傷する可能性がある開口部付近の外部事象防護対象施設</u> <u>原子炉建屋付属棟の建屋開口部及び扉、使用済燃料乾式貯蔵建屋の建屋開口部等が飛来物の衝突により損傷し、飛来物が建屋内の外部事象防護対象施設に衝突する可能性があるため、以下の施設を選定する。</u> <u>・中央制御室換気系隔離弁、ファン(空気調和器含む。)</u> <u>及びフィルタユニット(以下「原子炉建屋付属棟3階中央制御室換気空調設備」という。)</u> <u>・非常用電源盤(電気室)</u> <u>・原子炉建屋換気系隔離弁及びダクト(原子炉建屋原子炉棟貫通部)</u> <u>・使用済燃料乾式貯蔵容器</u></p>
		建屋に収納されるが防護が期待できない竜巻防護対象施設は、竜巻防護対策設備を設置することで、竜巻の影響を受けない設計方針であることから、竜巻防護対策設備を選定している。

再処理施設	発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-2	添付書類V-1-1-2-3-2
		<p>・<u>使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン</u></p> <p>外部事象防護対象施設のうち竜巻の影響を考慮する施設の選定フローを図3-1に示す。</p>
	<p>(3) 屋外の竜巻防護対象施設</p> <p>屋外の竜巻防護対象施設のうち、以下の施設を、竜巻の影響を考慮する施設として選定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>前処理建屋</u> ・<u>分離建屋</u> ・<u>精製建屋</u> ・<u>ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋</u> ・<u>高レベル廃液ガラス固化建屋</u> ・<u>安全冷却水系冷却塔A, B</u> ・<u>安全冷却水A, B冷却塔</u> ・<u>冷却塔A, B</u> ・<u>安全冷却水系膨張槽</u> ・<u>安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A, B, 安全冷却水A, B冷却塔, 冷却塔A, B, 安全冷却水系膨張槽周りの配管)</u> ・<u>主排気筒</u> ・<u>ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備</u> ・<u>高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備</u> ・<u>前処理建屋換気設備</u> ・<u>分離建屋換気設備</u> ・<u>精製建屋換気設備</u> ・<u>ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備</u> ・<u>高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備</u> 	<p>(1) 屋外の外部事象防護対象施設</p> <p>外部事象防護対象施設のうち、屋外に設置している施設を、竜巻の影響を考慮する施設として以下の施設を選定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>残留熱除去系海水系ポンプ</u> ・<u>残留熱除去系海水系ストレーナ</u> ・<u>主排気筒</u> ・<u>中央制御室換気系冷凍機</u> ・<u>非常用ディーゼル発電機室ルーフトファン及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機室ルーフトファン(以下「非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)室ルーフトファン」という。)</u> ・<u>非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ(以下「非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプ」という。)</u> ・<u>非常用ディーゼル発電機用海水ストレーナ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナ(以下「非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ストレーナ」という。)</u> ・<u>非常用ディーゼル発電機吸気口及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機吸気口(以下「非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)吸気口」という。)</u> ・<u>配管及び弁(残留熱除去系海水系ポンプ, 中央制御室換気系冷凍機及び非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプ周り)</u>

【VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定】

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-2	添付書類V-1-1-2-3-2	
		<ul style="list-style-type: none"> ・非常用ガス処理系排気筒 ・原子炉建屋 ・排気筒モニタ ・放水路ゲート <p><u>外部事象防護対象施設のうち竜巻の影響を考慮する施設の選定フローを図3-1に示す。</u></p>	選定フローについては、補足説明資料で示すため、記載に差異がある。
		<p>3.2 重大事故等対処設備</p> <p><u>屋外に設置又は保管している重大事故等対処設備は、竜巻の影響を受けることから、全ての重大事故等対処設備を竜巻の影響を考慮する施設として選定する。</u></p> <p><u>屋外に設置する具体的な重大事故等対処設備については、添付書類「V-1-1-2-別添1 屋外に設置されている重大事故等対処設備の抽出」に示す。また、設計竜巻の風圧力による荷重に対し、固縛対象の選定の考え方については、「4.2 屋外の重大事故等対処設備」に示す。</u></p> <p>3.3 防護対策施設</p> <p>3.4 竜巻より防護すべき施設を内包する施設</p>	当社において、重大事故等対処設備は「VI-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」にて示すこととしているため。
	(4) 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設	3.5 外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性がある施設	2.2.1(5)にて示している。
			2.2.1(1)にて示している。

【VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定】

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-2	添付書類V-1-1-2-3-2	
	<p>竜巻防護対象施設等に対して、破損に伴う倒壊、転倒又は飛散による機械的影響を及ぼし得る施設及び付属施設の破損による機能的影響を及ぼし得る施設を竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設として抽出する。</p> <p>a. 機械的影響を及ぼし得る施設 倒壊又は転倒により竜巻防護対象施設等に機械的影響を及ぼし得る施設としては、施設高さが低い施設は倒壊しても竜巻防護対象施設等に影響を与えないため、当該施設の高さと竜巻防護対象施設等までの最短距離を比較することにより選定することを基本とするが、施設の設置状況、材質、形状、重量等を踏まえて、竜巻防護対象施設等に影響を与えないと判断できる場合は、機械的影響を及ぼし得る施設として選定しない。</p> <p>また、竜巻の風圧力による荷重により飛来物となる可能性がある資機材等のその他の施設についても機械的影響を及ぼし得る可能性がある施設として選定する。</p>	<p>外部事象防護対象施設等の機能に、機械的影響、機能的影響の観点から、波及的影響を及ぼす可能性がある施設を抽出する。</p> <p>(1) 機械的影響を及ぼす可能性がある施設 外部事象防護対象施設等に機械的影響を及ぼす可能性がある施設として、<u>外部事象防護対象施設を内包する施設に隣接し、外部事象防護対象施設を内包する施設との接触により、外部事象防護対象施設に損傷を及ぼす可能性がある外部事象防護対象施設を内包しない施設及び倒壊により外部事象防護対象施設に損傷を及ぼす可能性がある施設を竜巻の影響を考慮する施設として抽出する。</u> 倒壊により外部事象防護対象施設に損傷を及ぼす可能性がある施設としては、施設高さが低い施設は倒壊しても外部事象防護対象施設に影響を与えないため、当該施設の高さと外部事象防護対象施設までの最短距離を比較することにより選定する。</p> <p>また、竜巻の風圧力により飛来物となる可能性がある<u>屋外の重大事故等対処設備</u>及び資機材等のその他の施設についても機械的影響を及ぼす可能性がある施設として選定する。</p>	<p>基本設計方針の記載に合わせて、隣接する施設と倒壊する施設を統合した。 「材質、形状、重量等」の等は判定基準の総称であり、判定基準を限定するものではないことから等とした。</p> <p>当社において、重大事故等対処設備は「VI-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の</p>

【VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定】

再処理施設	発電炉	備考	
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-2	添付書類V-1-1-2-3-2	
	<p>(a) <u>倒壊又は転倒により竜巻防護対象施設等に損傷を及ぼし得る施設</u></p> <p>倒壊又は転倒により竜巻防護対象施設等に損傷を及ぼし得る以下の施設を選定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋</u> ・<u>使用済燃料輸送容器管理建屋（使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫）</u> ・<u>事務建屋（再処理事務所）</u> ・<u>ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の排気系</u> ・<u>北換気筒</u> ・<u>低レベル廃棄物処理建屋</u> ・<u>出入管理建屋</u> ・<u>運転訓練施設</u> <p>(b) その他の施設</p> <p>その他、竜巻の風圧力により機械的影響を及ぼし得る施設として、以下の施設を選定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・再処理事業所内の屋外に保管する資機材等 <p>運動エネルギー又は貫通力が設計飛来物より大きな資機材等及び飛来物防護ネット内の資機材等についても、固</p>	<p>a. <u>外部事象防護対象施設を内包する施設に隣接し外部事象防護対象施設を内包する施設との接触により外部事象防護対象施設に損傷を及ぼす可能性がある施設</u></p> <p><u>外部事象防護対象施設に隣接し、外部事象防護対象施設を内包する施設と接触する可能性がある以下の施設を選定する。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>サービス建屋（原子炉建屋及びタービン建屋に隣接する施設）</u> <p>b. <u>倒壊により外部事象防護対象施設等に損傷を及ぼす可能性がある施設</u></p> <p><u>倒壊により外部事象防護対象施設等に損傷を及ぼす可能性のある以下の施設を選定する。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>海水ポンプエリア防護壁（海水ポンプ室近傍の施設）</u> ・<u>鋼製防護壁（海水ポンプ室近傍の施設）</u> <p>c. その他の施設</p> <p>その他、竜巻の風圧力により機械的影響を及ぼす可能性があるものとして、以下の施設を選定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発電所敷地の屋外に保管する資機材、重大事故等対処設備等 <p><u>屋外の重大事故等対処設備は、飛来した場合に外部事象防護対象施設や同じ機能を有する他の重大事故等対処設備に衝突し、損傷させる可能性のある設備について、固縛等の飛来物発生防止対策を実施する。また、運動エネルギー又は貫通力が設計飛来物より大きな資機材等（屋外の</u></p>	<p>下における健全性に関する説明書」にて示すこととしているため。</p> <p>事業変更許可の記載に合わせて、発電炉記載の「a.」と「b.」の項を統合したものであり、新たな論点が生じるものではない。</p> <p>当社において、重大事故等対処設備は「VI-1-1-4 安全機</p>

【VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定】

再処理施設	添付書類VI-1-1-1-2-2	発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-2	添付書類V-1-1-2-3-2	
	<p>縛等の飛来物発生防止対策を実施する。</p> <p>具体的な固縛対象物については、「3. 竜巻防護のための固縛対象物の選定」に示す。</p> <p>b. 機能的影響を及ぼし得る施設 竜巻防護対象施設の屋外の付属施設の破損による機能的影響を及ぼす可能性のある施設としては、風圧力、気圧差及び飛来物の衝突により竜巻防護対象施設の安全機能を損なわせるおそれがある施設を選定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管</u> ・<u>安全圧縮空気系の安全空気脱湿装置の再生空気排気配管</u> ・<u>第1非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管</u> ・<u>第1非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器</u> ・<u>第1非常用ディーゼル発電機の燃料デイトンクのベント管</u> ・<u>第1非常用ディーゼル発電機の重油タンクのベント管</u> ・<u>第1非常用ディーゼル発電機の潤滑油タンクのベント管</u> ・<u>第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管</u> ・<u>第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器</u> ・<u>第2非常用ディーゼル発電機の燃料油貯蔵タンクのベント管</u> ・<u>第2非常用ディーゼル発電機の潤滑油タンクのベント管</u> 	<p><u>重大事故等対処設備を除く。</u>)についても、固縛等の飛来物発生防止対策を実施する。</p> <p>具体的な固縛対象物については、「4. 竜巻防護のための固縛対象物の選定」に示す。</p> <p>(2) 機能的影響を及ぼす可能性がある施設 外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性がある施設のうち、機能的影響を及ぼす可能性がある施設として、外部事象防護対象施設の屋外の付属設備を竜巻の影響を考慮する施設として選定する。</p> <p>a. 外部事象防護対象施設の屋外の付属設備 <u>外気と繋がっており、竜巻の風圧力及び気圧差による影響を受ける可能性があり、外部事象防護対象施設の付属配管である以下の施設を選定する。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>非常用ディーゼル発電機排気消音器及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機排気消音器(以下「非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)排気消音器」という。)(ディーゼル発電機等の付属設備)</u> ・<u>非常用ディーゼル発電機排気配管、非常用ディーゼル発電機燃料デイトンクベント管、非常用ディーゼル発電機潤滑油タンクベント管並びに高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機排気配管、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料デイトンクベント管、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機潤滑油タンクベント管(以下「非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)付属排気配管及びベント配管」という。)(ディーゼル発電機等の付属設備)</u> ・<u>残留熱除去系海水系配管(放出側)(残留熱除去系海水系ポンプの付属設備)</u> ・<u>非常用ディーゼル発電機用海水配管(放出側)及び高圧</u> 	<p>能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」にて示すこととしているため。</p> <p>施設の選定結果の差異は施設の違いによるものであり、新たな論点が生じるものではない。</p>

【VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定】

再処理施設	発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-2	添付書類V-1-1-2-3-2
		<p>炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水配管(放出側)(以下「非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水配管(放出側)」という。)(非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプの付属設備) 外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性がある施設の選定フローを、図3-2に示す。</p>
	<p>(5) <u>使用済燃料収納キャスクを収納する建屋</u> 使用済燃料収納を収納する建屋は、倒壊により使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与える可能性があることから、<u>使用済燃料収納キャスクを収納する建屋を、竜巻の影響を考慮する施設として選定する。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>使用済燃料輸送容器管理建屋（使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫）</u> 	<p>選定フローについては、補足説明資料で示すため、記載に差異がある。</p> <p>再処理固有の配慮事項だが、建屋の評価は発電炉と同様であり、新たな論点が生じるものではない。</p>
	<p>(6) 竜巻防護対策設備 竜巻防護対象施設の損傷防止のために防護措置として設置する施設を、竜巻の影響を考慮する施設として選定する。</p> <p>a. <u>飛来物防護板</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室)</u> ・<u>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)</u> ・<u>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 B)</u> ・<u>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)</u> 	<p>3.3 防護対策施設 外部事象防護対象施設の損傷防止のために防護措置として設置する施設を、竜巻の影響を考慮する施設として選定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)室ルーフトファン防護対策施設(防護ネット、防護鋼板及び架構)</u> ・<u>中央制御室換気系冷凍機防護対策施設(防護ネット、防護鋼板及び架構)</u> ・<u>海水ポンプエリア防護対策施設(防護ネット、防護鋼板及び架構)</u> ・<u>中央制御室換気系開口部防護対策施設(防護鋼板及び架構)</u>

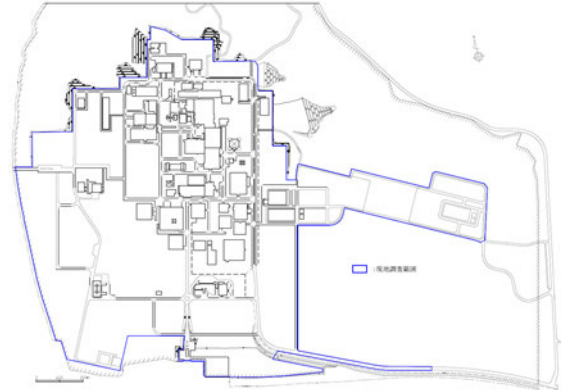
【VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定】

再処理施設	発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-2	
<p>添付書類VI-1-1-1-2-2</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 南ブロック) ・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 B 北ブロック) ・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 B 南ブロック) ・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) ・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) ・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) ・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) ・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) ・飛来物防護板(制御建屋 中央制御室換気設備設置室) ・飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備) <p>b. 飛来物防護ネット</p> <ul style="list-style-type: none"> ・飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A, B) ・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A, B) ・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) 	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉建屋外側ブローアウトパネル防護対策施設(防護ネット, 防護鋼板及び架構) ・原子炉建屋付属棟軽量外壁部防護対策施設(防護鋼板) ・原子炉建屋付属棟開口閉鎖部防護対策施設(防護鋼板) ・使用済燃料乾式貯蔵容器防護対策施設(防護ネット及び架構(車両防護柵を含む。)) 	
<p>2.2.2 竜巻随伴事象を考慮する施設の選定 外部電源喪失事象を考慮する施設として受電開閉設備等を選定する。</p>	<p>3.6 竜巻随伴事象を考慮する施設</p> <p>火災を考慮する施設として油を内包する屋外の危険物貯蔵施設や残留熱除去系海水系ポンプ及び非常用ディーゼ</p>	<p>随伴事象である</p>

【VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定】

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-2	添付書類V-1-1-2-3-2	
	<p>・<u>受電開閉設備等(外部電源喪失)</u></p>	<p>ル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプを選定し、溢水を考慮する施設として屋外タンク等を選定し、外部電源喪失事象を考慮する施設として送電線を選定する。</p> <p>・<u>屋外の危険物貯蔵施設(火災)</u> ・<u>残留熱除去系海水系ポンプ及び非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプ(火災)</u> ・<u>屋外タンク等(溢水)</u> ・<u>送電線(外部電源喪失)</u></p>	<p>火災及び溢水については、VI-1-1-1-2-1で外部火災及び溢水の事象に展開したため、記載しない。 施設の選定結果の差異は施設の違いによるものであり、新たな論点が生じるものではない。 受電開閉設備等の「等」は、受電変圧器を指す。</p>
<p>2.1.2 設計竜巻及び設計飛来物の設定 (2)設計飛来物の設定 飛来した場合の運動エネルギー又は貫通力が設計飛来物である鋼製材よりも大きな資機材等及び飛来物防護ネット内の資機材等については、設置場所及び障害物の有無を考慮し、固定、固縛又は建屋収納並びに車両の入構管理及び退避を実施することにより、飛来物とならない設計とする。</p>	<p>3. 竜巻防護のための固縛対象物の選定 3.1 竜巻防護のための固縛対象物の選定の基本方針 竜巻防護対象施設に対して竜巻による飛来物の影響を防止する観点から、竜巻による飛来物として想定すべき資機材等を調査し、設計竜巻により飛来物となり竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性があるものを固定、固縛又は建屋収納並びに車両の入構管理及び退避をする。</p>	<p>2.2 竜巻防護のための固縛対象物の選定の基本方針 外部事象防護対象施設に対して竜巻による飛来物の影響を防止する観点から、竜巻による飛来物として想定すべき資機材等を調査し、設計竜巻により飛来物となり外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性があるものを固縛、固定、外部事象防護対象施設等からの隔離及び頑健な建屋内に収納又は撤去する。</p> <p><u>屋外の重大事故等対処設備は、設計竜巻の風圧力による荷重に対して、位置的分散等を考慮した設置又は保管により、重大事故等に対処するために必要な機能を損なわない設計に加え、悪影響防止の観点から、浮き上がり</u></p>	<p>当社において、重大事故等対処設備は「VI-1-1-</p>

【VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定】

再処理施設	発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-2	添付書類V-1-1-2-3-2
	<p>再処理事業所内の屋外に保管する資機材等のうち、固縛を実施するものの選定について説明する。</p> <p>3.2 屋外に保管する資機材等</p> <p>3.2.1 再処理事業所内における飛来物の調査</p> <p>再処理事業所内において、竜巻防護の観点から想定すべき飛来物を選定するために現地調査を行い、その結果を基に想定すべき飛来物となり得る資機材等を抽出した。</p> <p>調査範囲は再処理事業所の建屋、構造物の外回り、建屋屋上、構内道路、駐車場及び資機材が保管可能な空き地を調査した。第3.2.1-1 図に再処理事業所における現地調査範囲を示す。</p> 	<p><u>又は横滑りによって設計基準事故対処設備等や同じ機能を有する他の重大事故等対処設備に衝突し、損傷させることのない設計とすることから、屋外の重大事故等対処設備は、設計竜巻の風圧力に対し、竜巻時及び竜巻通過後において、外部事象防護対象施設や同じ機能を有する他の重大事故等対処設備に衝突し、損傷させる可能性のあるものについて固縛する。</u></p> <p>4. 竜巻防護のための固縛対象物の選定</p> <p>発電所敷地の屋外に保管する資機材等及び屋外の重大事故等対処設備のうち、固縛を実施するものの選定について説明する。</p> <p>4.1 発電所敷地の屋外に保管する資機材等</p> <p>4.1.1 発電所における飛来物の調査</p> <p>東海第二発電所及び東海発電所構内において、竜巻防護の観点から想定すべき飛来物を選定するために現地調査を行い、その結果を基に想定すべき飛来物となりうる資機材等を抽出した。</p> <p>調査範囲は発電所構内の建屋、構造物の外回り、建屋屋上、構内道路、駐車場及び資機材が保管可能な空き地を調査した。図4-1 に発電所における現地調査範囲を示す。</p> <p>また、調査結果について表4-1 に示す。</p>
		<p>1 - 4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」にて示すこととしているため。</p>

再処理施設	発電炉	備考						
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類V-1-1-2-3-2							
	<p>第 3.2.1-1 図 現地調査範囲</p> <p>また、調査結果について第 3.2.1-1 表に示す。</p> <p>第 3.2.1-1 表 再処理事業所における竜巻防護の観点から想定すべき主な飛来物の一覧表</p> <table border="1" data-bbox="533 448 1151 571"> <thead> <tr> <th>棒状</th> <th>板状</th> <th>塊状</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> 鉄骨 鋼管 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 鋼板 鋼製架台 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> トラック 社用バス 乗用車 工事用車両 自動販売機 ドラム缶 コンテナ </td> </tr> </tbody> </table> <p>注記：各ジャンルにおける代表的な形状にて整理した表であり、ジャンル内の物品全てが同一の形状となるわけではない。</p> <p>3.2.2 固縛対象物の選定</p> <p>飛来物調査により抽出した、飛来物となり得る資機材等について、資機材等の寸法、質量及び形状より空力パラメータ ($C_D A/m$) を次式により算出する。</p> $\frac{C_D A}{m} = \frac{c(C_{D1} A_1 + C_{D2} A_2 + C_{D3} A_3)}{m}$ <p>A : 代表面積 (m^2) c : 係数 (1/3) C_D : 抗力係数 m : 質量 (kg)</p> <p>出典：東京工芸大学(平成 23 年 2 月)「平成 21～22 年度原子力安全基盤調査研究(平成 22 年度)竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究」, 独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究成果報告書</p> <p>代表面積 $A(m^2)$ は、想定すべき飛来物の形状に応じて直方体又は円柱に置換した各面の面積を表し、資機材等の形状に応じて適切に選定する。また、抗力係数 C_D は、想定すべき飛来物の形状に応じた係数として、表 4-2 に示す $C_{D1} \sim C_{D3}$ を用いる。</p>	棒状	板状	塊状	<ul style="list-style-type: none"> 鉄骨 鋼管 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼板 鋼製架台 	<ul style="list-style-type: none"> トラック 社用バス 乗用車 工事用車両 自動販売機 ドラム缶 コンテナ 	<p>4.1.2 固縛対象物の選定</p> <p>飛来物調査により抽出した、飛来物となり得る資機材等について、資機材等の寸法、質量及び形状より空力パラメータ ($C_D A/m$) を次式により算出する。</p> $\frac{C_D A}{m} = \frac{c(C_{D1} A_1 + C_{D2} A_2 + C_{D3} A_3)}{m}$ <p>A : 代表面積 (m^2) c : 係数 (0.33) C_D : 抗力係数 m : 質量 (kg)</p> <p>出典：東京工芸大学(平成 23 年 2 月)「平成 21～22 年度原子力安全基盤調査研究(平成 22 年度)竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究」, 独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究成果報告書</p>
棒状	板状	塊状						
<ul style="list-style-type: none"> 鉄骨 鋼管 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼板 鋼製架台 	<ul style="list-style-type: none"> トラック 社用バス 乗用車 工事用車両 自動販売機 ドラム缶 コンテナ 						

【VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定】

再処理施設	発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-2	添付書類V-1-1-2-3-2
	<p>1 表に示す $C_{D1} \sim C_{D3}$ を用いる。</p> <p>算出した空力パラメータを用いて、竜巻による風速場の中での飛来物の軌跡を解析する解析コードの「TONBOS」により、飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さを算出する。</p> <p>また、飛来物の運動エネルギー(=1/2・m・V²)は飛来物の質量と解析コード「TONBOS」により算出した速度から求める。</p> <p>さらに、飛来物の貫通力として、飛来物の衝突による貫通が発生する時の部材厚(以下「貫通限界厚さ」という。)を算出する。貫通限界厚さは、コンクリートに対して米国 NRC の基準類に算出式として記載されている修正 NDRC 式(4.1)及び Degen 式(4.2)、鋼板に対して「タービンミサイル評価(昭和 52 年 7 月 20 日 原子炉安全専門審査会)」の中で貫通厚さの算出式に使用されている BRL 式から求める。</p> <p><修正 NDRC 式及び Degen 式></p> <p>(4.1)</p> $\frac{x_c}{a_c d} \leq 2 \text{ の場合 } \frac{x_c}{d} = 2 \left\{ \left(\frac{12145}{\sqrt{F_c}} \right) N d^{0.2} \frac{M}{d^3} \left(\frac{V}{1000} \right)^{1.8} \right\}^{0.5}$ $\frac{x_c}{a_c d} \geq 2 \text{ の場合 } \frac{x_c}{d} = \left(\frac{12145}{\sqrt{F_c}} \right) N d^{0.2} \frac{M}{d^3} \left(\frac{V}{1000} \right)^{1.8} + 1$ <p>(4.2)</p> $\frac{x_c}{a_c d} \leq 1.52 \text{ の場合}$ $t_p = a_p d \left\{ 2.2 \left(\frac{x_c}{a_c d} \right) - 0.3 \left(\frac{x_c}{a_c d} \right)^2 \right\}$ $1.52 \leq \frac{x_c}{a_c d} \leq 13.42 \text{ の場合}$ $t_p = a_p d \left\{ 0.69 + 1.29 \left(\frac{x_c}{a_c d} \right) \right\}$ <p>tp : 貫通限界厚さ (cm) xc : 貫入深さ (cm)</p>	<p>算出した空力パラメータを用いて、竜巻による風速場の中での飛来物の軌跡を解析する解析コードの「TONBOS」により、飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さを算出する。</p> <p>また、飛来物の運動エネルギー(=1/2・m・V²)は飛来物の質量と解析コード「TONBOS」により算出した速度から求める。</p> <p>さらに、飛来物の貫通力として、飛来物の衝突による貫通が発生する時の部材厚(貫通限界厚さ)を算出する。貫通限界厚さは、コンクリートに対して米国 NRC の基準類に算出式として記載されている修正 NDRC 式(4.1)及び Degen 式(4.2)、鋼板に対して「タービンミサイル評価(昭和 52 年 7 月 20 日 原子炉安全専門審査会)」の中で貫通厚さの算出式に使用されている BRL 式から求める。</p> <p><修正 NDRC 式及び Degen 式></p> $\left. \begin{aligned} \frac{x_c}{\alpha_c d} \leq 2 \text{ の場合 } \frac{x_c}{d} &= 2 \left\{ \left(\frac{12145}{\sqrt{F_c}} \right) N d^{0.2} \frac{M}{d^3} \left(\frac{V}{1000} \right)^{1.8} \right\}^{0.5} \\ \frac{x_c}{\alpha_c d} \geq 2 \text{ の場合 } \frac{x_c}{d} &= \left(\frac{12145}{\sqrt{F_c}} \right) N d^{0.2} \frac{M}{d^3} \left(\frac{V}{1000} \right)^{1.8} + 1 \end{aligned} \right\} (4.1)$ $\left. \begin{aligned} \frac{x_c}{\alpha_c d} \leq 1.52 \text{ の場合 } t_p &= \alpha_p d \left\{ 2.2 \left(\frac{x_c}{\alpha_c d} \right) - 0.3 \left(\frac{x_c}{\alpha_c d} \right)^2 \right\} \\ 1.52 \leq \frac{x_c}{\alpha_c d} \leq 13.42 \text{ の場合 } t_p &= \alpha_p d \left\{ 0.69 + 1.29 \left(\frac{x_c}{\alpha_c d} \right) \right\} \end{aligned} \right\} (4.2)$ <p>tp : 貫通限界厚さ (cm) xc : 貫入深さ (cm)</p>

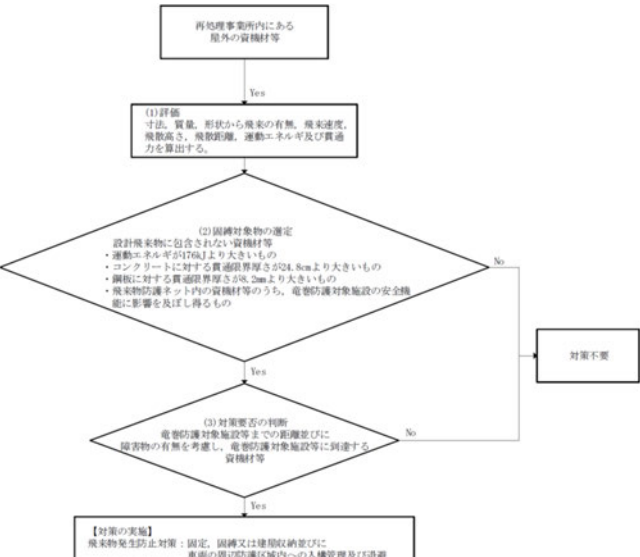
【VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定】

再処理施設	発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-2	添付書類V-1-1-2-3-2
<p>Fc : コンクリートの設計基準強度(固縛対象物の選定では300kgf/cm²とする。)</p> <p>d : 飛来物の直径(cm) (飛来物の衝突面の外形の最小投影面積に等しい円の直径)</p> <p>M : 飛来物の重量(kgf)</p> <p>V : 飛来物の最大水平速度(m/s)</p> <p>N : 飛来物の先端形状係数(=1.14) (保守的な評価となる, 非常に鋭い場合の数値を使用)</p> <p>α_c : 飛来物の低減係数(=1.0)</p> <p>α_p : 飛来物の低減係数(=1.0)</p> <p><BRL 式></p> $T^{\frac{3}{2}} = \frac{0.5mv^2}{1.4396 \times 10^9 \cdot K^2 \cdot d^{\frac{3}{2}}}$ <p>T : 貫通限界厚さ(m)</p> <p>d : 飛来物が衝突する衝突断面の等価直径(m) (最も投影面積が小さくなる衝突断面の等価直径)</p> <p>K : 鋼板の材質に関する係数(=1.0)</p> <p>m : 飛来物の質量(kg)</p> <p>v : 飛来物の飛来速度(m/s)</p> <p>固縛対象物の選定は, 設計上考慮している飛来物に包含されているか否かについての観点により, 以下の項目を満たすものを抽出する。</p> <p>[固縛対象物の選定]</p> <ul style="list-style-type: none"> 運動エネルギーが設計飛来物に設定している鋼製材の176kJより大きいもの。 コンクリートに対する貫通力(貫通限界厚さ)が設計飛来物に設定している鋼製材の<u>24.8cm</u>より大きいもの。 鋼板に対する貫通力(貫通限界厚さ)が設計飛来物に設 	<p>Fc : コンクリートの設計基準強度(固縛対象物の選定では250 kgf/cm²とする。)</p> <p>d : 飛来物の直径(cm) (飛来物の衝突面の外形の最小投影面積に等しい円の直径)</p> <p>M : 飛来物の質量(kg)</p> <p>V : 飛来物の最大水平速度(m/s)</p> <p>N : 飛来物の先端形状係数(=1.14) (保守的な評価となる, 非常に鋭い場合の数値を使用)</p> <p>α_c : 飛来物の低減係数(=1.0)</p> <p>α_p : 飛来物の低減係数(=1.0)</p> <p><BRL 式></p> $T^{\frac{3}{2}} = \frac{0.5mv^2}{1.4396 \times 10^9 \cdot K^2 \cdot d^{\frac{3}{2}}}$ <p>T : 貫通限界厚さ(m)</p> <p>d : 飛来物が衝突する衝突断面の等価直径(m) (最も投影面積が小さくなる衝突断面の等価直径)</p> <p>K : 鋼板の材質に関する係数(=1.0)</p> <p>m : 飛来物の質量(kg)</p> <p>v : 飛来物の飛来速度(m/s)</p> <p>固縛対象物の選定は, 設計飛来物に包含されているか否かについての観点により, 以下の項目を満たすものを抽出する。</p> <p>[固縛対象物(設計飛来物に包含されない物)の選定]</p> <ul style="list-style-type: none"> 運動エネルギーが設計飛来物に設定している鋼製材の176 kJより大きいもの。 コンクリートに対する貫通力(貫通限界厚さ)が設計飛来物に設定している鋼製材の<u>25.9 cm</u>より大きいもの。 鋼板に対する貫通力(貫通限界厚さ)が設計飛来物に設 	<p>コンクリート強度による差異</p>

【VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定】

再処理施設	再処理施設	発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-2	添付書類V-1-1-2-3-2	
	<p>定している鋼製材の <u>8.2mm</u> より大きいもの。</p> <p>・飛来物防護ネット内の資機材等のうち、竜巻防護対象施設の安全機能に影響を及ぼし得るもの。</p> <p>なお、評価に用いた解析コード「TONBOS」の検証、妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。</p> <p>固縛対象物の選定フローを第3.2.2-1 図に示す。</p>	<p>定している鋼製材の <u>31.2 mm</u> より大きいもの。</p> <p><u>設計飛来物に包含されない資機材等は、外部事象防護対象施設等及び防護対策施設までの距離又は障害物の有無を考慮し、離隔(退避含む)の対策を講じることができない資機材等は外部事象防護対象施設等及び防護対策施設に波及的影響を及ぼす可能性があることから固定又は固縛する。</u></p> <p>なお、評価に用いた解析コード「TONBOS」の検証、妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-9 計算機プログラム(解析コード)の概要・TONBOS」に示す。</p> <p>固縛対象物の選定フローを図4-2 に示す。</p>	<p>防護板(鋼材)の必要最小厚さを電中研の最新知見を用いてBRL式より算出していることの差異</p> <p>竜巻対策設備内の資機材に対する固縛の明確化であり、発電炉も同様であることから新たな論点が生じるものではない。(飛来物防護ネット内の資機材等を参考に示す)</p> <p>設計飛来物にしないための措置はVI-1-1-1-2-1に示す。</p>

【VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定】

再処理施設	発電炉	備考																
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-2	添付書類V-1-1-2-3-2																
	<p style="text-align: center;">第 3.2.2-1 表 飛来物の抗力係数</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>想定飛来物形状</th> <th>C_{p1}</th> <th>C_{p2}</th> <th>C_{p3}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>棒状物体</td> <td>2.0</td> <td>0.7(円形断面) 1.2(矩形断面)</td> <td>0.7(円形断面) 1.2(矩形断面)</td> </tr> <tr> <td>板状物体</td> <td>1.2</td> <td>1.2</td> <td>2.0</td> </tr> <tr> <td>塊上物体</td> <td>2.0</td> <td>2.0</td> <td>2.0</td> </tr> </tbody> </table>  <p style="text-align: center;">第 3.2.2-1 図 固縛対象物等及び固縛対象設備の選定フロー</p>	想定飛来物形状	C _{p1}	C _{p2}	C _{p3}	棒状物体	2.0	0.7(円形断面) 1.2(矩形断面)	0.7(円形断面) 1.2(矩形断面)	板状物体	1.2	1.2	2.0	塊上物体	2.0	2.0	2.0	<p>4.2 屋外の重大事故等対処設備</p> <p><u>屋外の重大事故等対処設備のうち、固縛を必要とする重大事故等対処設備(以下「固縛対象設備」という。)は、設計竜巻の風荷重により設計基準事故対処設備等(外部事象防護対象設備)や同じ機能を有する他の重大事故等対処設備に衝突し、損傷させる可能性があるかの観点で選定する。</u></p> <p><u>資機材等に対する固縛の要否と同様に、解析コードの「TONBOS」により、屋外重大事故等対処設備が飛散した時の速度、飛散距離及び飛散高さを算出する。算出され</u></p>
想定飛来物形状	C _{p1}	C _{p2}	C _{p3}															
棒状物体	2.0	0.7(円形断面) 1.2(矩形断面)	0.7(円形断面) 1.2(矩形断面)															
板状物体	1.2	1.2	2.0															
塊上物体	2.0	2.0	2.0															
		<p>当社において、重大事故等対処設備は「VI-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用さ</p>																

【VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定】

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-2	添付書類V-1-1-2-3-2	
		<p><u>た飛散距離と、外部事象防護対象設備や同じ機能を有する他の重大事故等対処設備との配置及び障害物の有無を考慮し、悪影響を及ぼす可能性がある重大事故等対処設備は、固縛対象設備として選定する。なお、固縛対象設備として選定されなかった屋外の重大事故等対処設備は、「4.1 発電所敷地の屋外に保管する資機材等」と同様に、設計飛来物による影響に包含されるかの観点で固縛の可否を選定する。</u></p> <p><u>なお、具体的な固縛対象設備については、添付書類「V-1-1-2-3-4 竜巻防護に関する屋外重大事故等対処設備の設計方針」に記載する。</u></p> <p>(以下、省略)</p> <p>図 4-1 発電所における現地調査範囲図</p> <p>表 4-1 発電所における竜巻防護の観点から想定すべき主な飛来物の一覧表</p> <p>(以下、省略)</p> <p>表 4-2 飛来物の抗力係数</p> <p>(以下、省略)</p> <p>(以下、省略)</p> <p>図 4-2 固縛対象物等及び固縛対象設備の選定フロー</p>	<p>れる条件の下における健全性に関する説明書」にて示すこととしているため。</p>

別紙4－3

竜巻防護に関する施設的设计方針

【凡例】

下線：

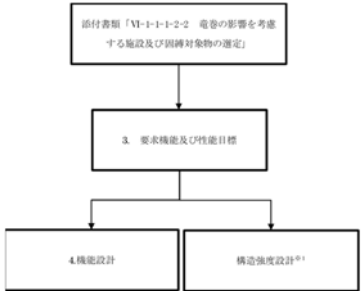
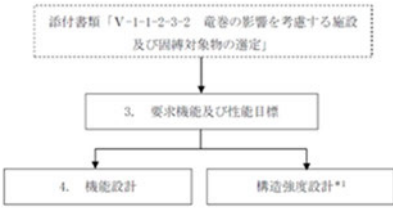
- ・プラントの違いによらない記載内容の差異
- ・章立ての違いによる記載位置の違いによる差異

二重下線：

- ・プラント固有の事項による記載内容の差異
- ・後次回の申請範囲に伴う差異

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
(関連添付書類) VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針	VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針 1. 概要 2. 設計の基本方針 3. 要求機能及び性能目標 3.1 設計竜巻による直接的影響を考慮する施設の防護設計方針 3.2 竜巻随伴事象を考慮する施設 4. 機能設計 4.1 設計竜巻による直接的影響を考慮する施設の機能設計 4.2 竜巻随伴事象を考慮する施設 5. 構造設計及び構造概要 5.1 構造設計 5.2 構造概要	V-1-1-2-3-3 竜巻防護に関する施設の設計方針 1. 概要 2. 設計の基本方針 3. 要求機能及び性能目標 3.1 <u>外部事象防護対象施設</u> 3.2 <u>防護対策施設</u> 3.3 <u>竜巻より防護すべき施設を内包する施設</u> 3.4 <u>外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性がある施設</u> 3.5 竜巻随伴事象を考慮する施設 4. 機能設計 4.1 <u>外部事象防護対象施設</u> 4.2 <u>防護対策施設</u> 4.3 <u>竜巻より防護すべき施設を内包する施設</u> 4.4 <u>外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性がある施設</u> 4.5 竜巻随伴事象を考慮する施設	基本設計方針の構成の差異 基本設計方針の構成の差異
	1. 概要 本資料は、「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」及び「VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」に基づき、竜巻防護に関する施設の施設分類、要求機能及び性能目標を明確にし、各施設分類の機能設計及び構造強度設計に対する設計方針について説明するものである。	1. 概要 本資料は、添付書類「V-1-1-2-3-1 竜巻への配慮に関する基本方針」及び添付書類「V-1-1-2-3-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」に基づき、竜巻防護に関する施設の施設分類、要求機能及び性能目標を明確にし、各施設分類の機能設計及び構造強度設計に関する設計方針について説明するものである。	

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
<p>2.1.4 竜巻の影響を考慮する施設に対する防護設計方針</p> <p>「2.1.1 竜巻防護に対する設計方針」にて設定した竜巻防護対象施設について、設計荷重(竜巻)を踏まえた竜巻防護設計を実施する。</p> <p>竜巻防護設計として、設計荷重(竜巻)に対する影響評価を実施することから、影響評価の対象として、竜巻の影響を考慮する施設を選定する。</p> <p>竜巻の影響を考慮する具体的な施設については、「VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」に示す。</p> <p>選定したそれぞれの施設に対する詳細設計について、「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」に示す。</p>	<p>2. 設計の基本方針</p> <p>「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」に基づき、竜巻防護対象施設が、その安全機能を損なうおそれがないようにするため、竜巻の影響を考慮する施設の防護設計を行う。</p> <p>防護設計に当たっては、「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」にて設定している竜巻防護設計の目的及び「VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」にて選定している施設分類を踏まえて、施設分類ごとの要求機能を整理するとともに、施設ごとに機能設計上の性能目標及び構造強度設計上の性能目標を定める。</p> <p>竜巻の影響を考慮する施設の機能設計上の性能目標を達成するため、施設分類ごとに各機能の設計方針を示す。</p> <p>竜巻の影響を考慮する施設の設計フロ</p>	<p>2. 設計の基本方針</p> <p>発電所に影響を与える可能性がある竜巻の発生により、添付書類「V-1-1-2-3-1 竜巻への配慮に関する基本方針」にて設定している<u>竜巻より防護すべき施設</u>が、その安全機能又は重大事故等に対処するために必要な機能を損なうおそれがないようにするため、竜巻の影響を考慮する施設の設計を行う。竜巻の影響を考慮する施設は、添付書類「V-1-1-2-3-1 竜巻への配慮に関する基本方針」にて設定している設計竜巻に対して、その機能が維持できる設計とする。</p> <p>竜巻の影響を考慮する施設の設計に当たっては、添付書類「V-1-1-2-3-1 竜巻への配慮に関する基本方針」にて設定している竜巻防護設計の目的及び添付書類「V-1-1-2-3-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」にて選定している施設の分類を踏まえて、施設分類ごとの要求機能を整理するとともに、施設ごとに機能設計上の性能目標及び構造強度設計上の性能目標を定める。</p> <p>竜巻の影響を考慮する施設の機能設計上の性能目標を達成するため、施設分類ごとに各機能の設計方針を示す。<u>なお、屋外の重大事故等対処設備の竜巻防護に関する位置的分散による機能維持設計及び悪影響防止のための固縛設計に関する設計方針は、添付書類「V-1-1-2-3-4 竜巻防護に関する屋外重大事故等対処設備の設計方針」に示す。</u></p> <p>竜巻の影響を考慮する施設の設計フロ</p>	<p>発電炉では、外部事象防護対象施設及び重大事故等対処設備を竜巻より防護すべき施設と定義している。</p> <p>一方、当社では、重大事故等対処設備は、「VI-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」にて示すこととしているため、本添付書類では竜巻防護対象施設に対して説明する。</p> <p>重大事故等対処設備は、「VI-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」にて示すこととしているため。</p>

再処理施設	発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3
	<p>一を第2-1図に示す。</p>  <p>第2-1図 施設的设计フロー※2</p> <p>注記※1 「VI-1-1-1-2-4-1 竜巻への配慮が必要な施設等の強度計算の方針」</p> <p>※2 フロー中の番号は本資料での記載箇所を示す。</p> <p>竜巻の影響を考慮する施設が構造強度設計上の性能目標を達成するための施設ごとの構造強度的设计方針等については、「VI-1-1-1-2-4-1 竜巻への配慮が必要な施設等の強度計算の方針」に示す。</p>	<p>一を図2-1に示す。</p>  <p>図2-1 施設的设计フロー※2</p> <p>注記 ※1: 添付書類「V-3-別添1 竜巻への配慮が必要な施設の強度に関する説明書」</p> <p>※2: フロー中の番号は本資料での記載箇所の章を示す。</p> <p>竜巻の影響を考慮する施設が構造強度設計上の性能目標を達成するための施設ごとの構造強度的设计方針等については、添付書類「V-3-別添1 竜巻への配慮が必要な施設の強度に関する説明書」に示すこととし、防護ネット等の防護対策施設を除く竜巻の影響を考慮する施設の強度計算の方針を添付書類「V-3-別添1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に、防護対策施設の強度計算の方針を添付書類「V-3-別添1-2 防護対策施設の強度計算の方針」に示す。</p> <p>なお、竜巻の影響に対する防護機能を期待する扉は、竜巻により防護すべき施設を内包する施設を構成する建具であることから、扉の強度計算の方針は原子炉建屋の一部として、添付書類「V-3-別添1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示す。</p>
		<p>章立ての違いによる差異であり、新たな論点が生じるものではない。</p> <p>建具は、竜巻防護対象施設を収納する建屋の一部であることから、後次回で申請するため、本申請では記載せず、後次回で比較結果を示す。</p>

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p>3. 要求機能及び性能目標</p> <p>竜巻防護設計を実施する目的は、再処理施設に影響を与える可能性がある竜巻の発生に伴い、竜巻防護対象施設の安全機能を損なわないことである。また、施設の分類については、「VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」に基づき、竜巻防護対象施設を収納する建屋、建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設、屋外の竜巻防護対象施設、竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設、竜巻防護対策設備及び竜巻随件事象を考慮する施設に分類している。これらを踏まえ、施設分類ごとに要求機能を整理するとともに、施設分類ごとの要求機能を踏まえた施設ごとの機能設計上の性能目標及び構造強度設計上の性能目標を設定する。</p>	<p>また、竜巻防護措置として設置する防護対策施設については、外部事象防護対象施設への地震による波及的影響を防止する設計としている。耐震計算の方針、方法及び結果については、添付書類「V-2 耐震性に関する説明書」に示す。</p> <p>3. 要求機能及び性能目標</p> <p>竜巻防護対策を実施する目的として、添付書類「V-1-1-2-3-1 竜巻への配慮に関する基本方針」において、発電所に影響を与える可能性がある竜巻の発生に伴い、外部事象防護対象施設の安全機能を損なうおそれがないこと及び<u>重大事故等対処設備の重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないこと</u>としている。また、施設の分類については、添付書類「V-1-1-2-3-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」において、外部事象防護対象施設、<u>重大事故等対処設備</u>、防護対策施設、竜巻より防護すべき施設を内包する施設、外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性がある施設及び竜巻随件事象を考慮する施設に分類している。これらを踏まえ、施設分類ごとの要求機能を整理するとともに、施設分類ごとの要求機能を踏まえた施設ごとの機能設計上の性能目標及び構造強度設計上の性能目標を設定する。</p>	<p>重大事故等対処設備は、「VI-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」にて示すこととしているため。</p> <p>重大事故等対処設備は、「VI-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」にて示すこととしているため。</p>
<p>(1) 設計竜巻による直接的影響に対する設計</p> <p>竜巻に対する防護設計においては、設計荷重(竜巻)に対して機械的強度を有する</p>	<p>3.1 設計竜巻による直接的影響を考慮する施設の防護設計方針</p>		

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
<p>建屋により保護すること，竜巻防護対策設備を設置すること等により，安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>a. 設計方針</p> <p>(a) 建屋内の竜巻防護対象施設 建屋内の竜巻防護対象施設は，設計荷重（竜巻）に対して，竜巻時及び竜巻通過後において，安全機能を損なわないよう，竜巻防護対象施設を収納する建屋内に設置し，建屋により防護する設計とする。</p> <p>(b) 竜巻防護対象施設を収納する建屋 竜巻防護対象施設を収納する建屋は，設計荷重（竜巻）に対して，構造強度評価を実施し，主要な構造部材の構造健全性を維持することにより，建屋内の竜巻防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。 また，竜巻防護対象施設を収納する建屋は，設計飛来物の衝突に対して，貫通並びに裏面剥離の発生により竜巻防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>b. 許容限界</p> <p>(a) 建屋内に収納される竜巻防護対象施設 建屋内に収納される竜巻防護対象施設の許容限界については，次回以降に詳細を説明する</p> <p>(b) 竜巻防護対象施設を収納する建屋 竜巻防護対象施設を収納する建屋の許容限界については，次回以降に詳細を説明する。</p>	<p>(1) 竜巻防護対象施設を収納する建屋</p> <p><u>竜巻防護対象施設を収納する建屋に対する要求機能及び性能目標については，次回以降に詳細を説明する。</u></p>	<p>3.3 竜巻より防護すべき施設を内包する施設</p> <p>(1) 施設</p> <p>a. <u>タービン建屋</u></p> <p>b. <u>使用済燃料乾式貯蔵建屋</u></p> <p>c. <u>軽油貯蔵タンクタンク室</u></p> <p>d. <u>排気筒モニタ建屋</u></p> <p>(2) 要求機能</p> <p><u>竜巻より防護すべき施設を内包するタービン建屋，使用済燃料乾式貯蔵建屋，軽油貯蔵タンクタンク室及び排気筒モニタ建屋は，設計竜巻の風圧力，気圧差及び設計飛来物等の衝突に対し，竜巻時及び竜巻通過後においても，設計飛来物等が竜巻より防護すべき施設に衝突することを防止し，また，防護すべき施設の必要な機能を損なわないことが要求される。</u></p> <p>(3) 性能目標</p> <p>a. <u>タービン建屋，使用済燃料乾式貯蔵建屋及び軽油貯蔵タンクタンク室</u> <u>タービン建屋，使用済燃料乾式貯蔵建屋及び軽油貯蔵タンクタンク室は，設計竜巻の風圧力，気圧差及び設計飛来物等の衝突に対し，竜巻時及び竜巻通過後においても，設計飛来物等が竜巻より防護すべき施設に衝突することを防止可能なものとし，竜巻より防護すべき施設として必要な機能を損なわないよう，波及的影響を与えな</u></p>	<p>竜巻防護対象施設を収納する建屋は後次回で申請するため，本申請では記載せず，後次回で比較結果を示す。</p>

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
		<p><u>いものとする</u>ことを機能設計上の性能目標とする。</p> <p><u>タービン建屋, 使用済燃料乾式貯蔵建屋及び軽油貯蔵タンクタンク室は, 設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対し, 設計飛来物等が竜巻より防護すべき施設に衝突することを防止するために, 設計飛来物等が竜巻より防護すべき施設を内包する施設の外殻を構成する部材を貫通せず, また, 竜巻より防護すべき施設に波及的影響を与えないために, 竜巻より防護すべき施設を内包する施設の外殻を構成する部材自体の転倒及び脱落が生じない設計とすることを, 構造強度設計上の性能目標とする。</u></p> <p><u>b. 排気筒モニタ建屋</u> 排気筒モニタ建屋は, 設計竜巻の風圧力, 気圧差及び設計飛来物等の衝突に対し, 竜巻時及び竜巻通過後においても, 竜巻より防護すべき施設として必要な機能を損なわないようにするが, 「3.1(1)c. 性能目標」に示すとおり内包する排気筒モニタは, 竜巻を起因として放射性廃棄物処理施設の破損が発生することはないため, 排気筒モニタ建屋も同様に, 安全上支障のない期間に補修等の対応を行うこととして, 設計基準事故時における安全機能を損なわない設計とすることを機能設計上の性能目標とする。</p> <p><u>c. 軽油貯蔵タンクタンク室</u></p>	
		<p>3.1 外部事象防護対象施設 (1) 屋外の外部事象防護対象施設</p>	3.1(3)に示す。

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
<p>a. 設計方針</p> <p>(c) 建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設</p> <p>建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設は、気圧差による荷重に対して、竜巻時及び竜巻通過後において、構造強度評価を実施し、安全機能を損なわないよう、施設に要求される機能を維持する設計とする。</p> <p>b. 許容限界</p> <p>(c) 建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設</p> <p>建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設の許容限界については、次回以降に詳細を説明する。</p>	<p>(2) 建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設</p> <p><u>建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設に対する要求機能及び性能目標については、次回以降に詳細を説明する。</u></p>	<p>(2) 外気と繋がっている屋内の外部事象防護対象施設</p> <p>a. 施設</p> <p><u>(a) 角ダクト及び丸ダクト(中央制御室換気系ダクト, 非常用ディーゼル発電機室換気系ダクト, 高圧炉心スプレイス系ディーゼル発電機室換気系ダクト及び原子炉建屋換気系ダクト(原子炉建屋原子炉棟貫通部))</u></p> <p><u>(b) 隔離弁(中央制御室換気系隔離弁及び原子炉建屋換気系隔離弁(原子炉建屋原子炉棟貫通部))</u></p> <p><u>(c) ファン(中央制御室換気系フィルタ系ファン)</u></p> <p>b. 要求機能</p> <p><u>外気と繋がっている屋内の外部事象防護対象施設は、設計竜巻の風圧力、気圧差及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、施設の安全性を損なわないことが要求される。</u></p> <p>c. 性能目標</p> <p><u>(a) 角ダクト及び丸ダクト(中央制御室換気系ダクト, 非常用ディーゼル発電機室換気系ダクト, 高圧炉心スプレイス系ディーゼル発電機室換気系ダクト及び原子炉建屋換気系ダクト(原子炉建屋原子炉棟貫通部))</u></p> <p><u>外気と繋がっている中央制御室換気系, 非常用ディーゼル発電機室換気系, 高圧炉心スプレイス系ディーゼル発電機室換気系及び原子炉建屋換気系(原子炉建屋原子炉棟貫通部))の角ダクト及び丸ダクトは、設</u></p>	<p>建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設は後次回で申請するため、本申請では記載せず、後次回で比較結果を示す。</p>

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
		<p><u>計竜巻の気圧差に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、換気空調を行う機能又は放射性物質の放出低減機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。</u></p> <p><u>外気と繋がっている中央制御室換気系、非常用ディーゼル発電機室換気系、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機室換気系及び原子炉建屋換気系(原子炉建屋原子炉棟貫通部)の角ダクト及び丸ダクトは、設計竜巻の気圧差による荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、原子炉建屋の壁面等にサポートで支持し、主要な構造部材が流路を確保する機能を維持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。</u></p> <p><u>なお、設計竜巻による風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重については、建屋及び防護対策施設により防護されることから考慮しない。</u></p> <p><u>(中略)</u></p> <p><u>(3) 建屋等による飛来物の防護が期待できない屋内の外部事象防護対象施設</u></p> <p><u>中央制御室換気空調設備、非常用電源盤、原子炉建屋換気系隔離弁及びダクト(原子炉建屋原子炉棟貫通部)並びに使用済燃料乾式貯蔵容器及び使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーンは、設計竜巻の風圧力及び気圧差に対し、建屋によって防護可能であるが、建屋の構造部材の一部である扉及び搬入開口部については設計飛来物の衝突に対し、防護機能は期待できない。これらの施設は、設計飛来物等の衝突に対して構造強度により安全機能を維持でき</u></p>	<p>建屋に収納されるが防護が期待できない竜巻防護対象施設は、竜巻防護対策設備により防護することから、竜巻防護対象施設を選定している。竜巻防護対策設備は発電炉も選定していることから、新たな論点が生じるものではない。</p>

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
		<p><u>ないことから、設計飛来物等を外部事象防護対象施設に衝突させないことを目的として原子炉建屋付属棟開口閉鎖部防護対策施設(防護鋼板)を設置又は竜巻の影響に対する防護機能を期待する扉を設置する。</u></p> <p><u>原子炉建屋原子炉棟 6 階設置設備は、設計竜巻による気圧低下により、原子炉建屋外側ブローアウトパネルが開放され、原子炉建屋原子炉棟の外壁に開口部が発生することにより、設計飛来物の衝突に対し、防護機能は期待できない。原子炉建屋原子炉棟 6 階設置設備は、設計飛来物の衝突に対して構造強度により安全機能を維持できないことから、設計飛来物を外部事象防護対象施設に衝突させないことを目的として防護対策施設を設置する。なお、設計竜巻の風圧力については構造的に風圧力の影響を受けないことから考慮せず、気圧差についても、外気と通じており気圧差は発生しないことから考慮しない。</u></p> <p><u>非常用ガス処理系設備及び非常用ガス再循環系設備は、設計竜巻による気圧低下により、原子炉建屋外側ブローアウトパネルが開放されることを考慮し、当該設備が配置される区画の原子炉建屋外側ブローアウトパネルの撤去及び開口部の閉止により、建屋により防護され、安全機能は損なわない設計とする。</u></p> <p><u>防護対策施設については、「3.2 防護対策施設」に、竜巻の影響に対する防護機能を期待する扉については、「3.1 屋外の外部事象防護対象施設」において、原子炉建屋の一部として記載する。</u></p>	

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
<p>a. 設計方針</p> <p>(e)屋外の竜巻防護対象施設 屋外の竜巻防護対象施設は、設計荷重(竜巻)に対して、構造強度評価を実施し、竜巻時及び竜巻通過後において、安全機能を損なわないよう要求される機能を維持</p>	<p>(3) 屋外の竜巻防護対象施設</p> <p>a. 施設</p> <ul style="list-style-type: none"> ・安全冷却水 B 冷却塔 ・安全冷却水系(安全冷却水 B 冷却塔まわり配管) 	<p>a. <u>施設</u></p> <p>(a) <u>燃料交換機及び原子炉建屋天井クレーン</u></p> <p>b. <u>要求機能</u></p> <p><u>建屋等による飛来物の防護が期待できない屋内の外部事象防護対象施設は、設計竜巻の風圧力、気圧差及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、施設の安全性を損なわないことが要求される。</u></p> <p>c. <u>性能目標</u></p> <p><u>燃料交換機及び原子炉建屋天井クレーンは、設計竜巻による気圧低下により、原子炉建屋外側ブローアウトパネルが開放され、原子炉建屋原子炉棟の外壁に開口部が発生し、設計飛来物に対して、構造強度により安全機能を維持できないことから、設計飛来物を外部事象防護対象施設に衝突させないことを目的として、原子炉建屋外側ブローアウトパネル防護対策施設(防護ネット、防護鋼板及び架構)を設置する。</u></p> <p><u>防護対策施設については、「3.2 防護対策施設」に記載する。</u></p> <p><u>(中略)</u></p> <p>3.1 外部事象防護対象施設</p> <p>(1) 屋外の外部事象防護対象施設</p> <p>a. 施設</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) <u>残留熱除去系海水系ポンプ</u> (b) <u>残留熱除去系海水系ストレーナ</u> (c) <u>主排気筒</u> 	<p>施設の選定結果の差異は施設のの違いによるものであり、新たな論点が生じるものではない。</p>

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
<p>する設計とする。また、また、設計飛来物の衝突による貫通、裏面剥離及び貫入に対し、安全機能を損なわないよう要求される機能を維持する設計とする。</p> <p>設計飛来物の衝突による影響に対して、竜巻防護対象施設が安全機能を損なうおそれがある場合には、防護措置として飛来物防護ネット等の竜巻防護対策設備を設置する設計とする。</p> <p>飛来物防護ネット内の屋外の竜巻防護対象施設は、飛来物防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し、竜巻防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>b. 許容限界</p> <p>(e) 屋外の竜巻防護対象施設</p> <p>屋外の竜巻防護対象施設の許容限界は、設計荷重(竜巻)に対し、構成する主要構造部材が、おおむね弾性状態に留まることを基本とする。ただし、設計飛来物の衝突を考慮する竜巻防護対象施設は、竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えるおそれのある変形を生じないこととする。</p>	<p><u>その他の屋外の竜巻防護対象施設に対する要求機能及び性能目標については、当該施設の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。</u></p> <p>b. 要求機能</p> <p>屋外の竜巻防護対象施設は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、安全機能を損なわないことが要求される。</p> <p>c. 性能目標</p> <p>屋外の竜巻防護対象施設のうち、設計飛来物の衝突により、安全機能を損なうおそれがある安全冷却水B冷却塔及び安</p>	<p>(d) <u>中央制御室換気系冷凍機</u></p> <p>(e) <u>非常用ディーゼル発電機(高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)</u> <u>室ルーフトファン</u></p> <p>(f) <u>非常用ディーゼル発電機(高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)</u> <u>用海水ポンプ</u></p> <p>(g) <u>非常用ディーゼル発電機(高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)</u> <u>用海水ストレーナ</u></p> <p>(h) <u>非常用ディーゼル発電機(高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)</u> <u>吸気口</u></p> <p>(i) <u>配管及び弁(残留熱除去系海水系ポンプ、中央制御室換気系冷凍機及び非常用ディーゼル発電機(高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。))用海水ポンプ周り)</u></p> <p>(j) <u>非常用ガス処理系排気筒</u></p> <p>(k) <u>原子炉建屋</u></p> <p>(l) <u>排気筒モニタ</u></p> <p>(m) <u>放水路ゲート</u></p> <p>b. 要求機能</p> <p>屋外の外部事象防護対象施設は、設計竜巻の風圧力、気圧差及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、施設の安全性を損なわないことが要求される。</p> <p>c. 性能目標</p> <p>屋外の外部事象防護対象施設のうち、設計飛来物に対して、構造強度により安全機能を維持できない残留熱除去系海水系ポ</p>	<p>その他の屋外の竜巻防護対象施設は後次回で申請するため、本申請では記載せず、後次回で比較結果を示す。</p> <p>施設の違いによるものであり、</p>

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p><u>全冷却水系(安全冷却水B冷却塔まわり配管)</u>は、設計飛来物から竜巻防護対象施設を防護することを目的として、竜巻防護対策設備である<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)</u>を設置する。</p> <p>(a) <u>安全冷却水B冷却塔</u> 竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水B冷却塔は、設計荷重(竜巻)及び防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、電源を確保するとともに、<u>冷却塔の冷却機能を維持することにより、崩壊熱除去の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。</u> 竜巻防護対策設備に内包される安全冷</p>	<p><u>ンプ、残留熱除去系海水系ストレナ、中央制御室換気系冷凍機、非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)</u>室ルーフベントファン、非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)<u>用海水ポンプ、非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)</u>用海水ストレナ並びに配管及び弁(残留熱除去系海水系ポンプ、中央制御室換気系冷凍機及び非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)<u>用海水ポンプ周り)</u>は、設計飛来物を外部事象防護対象施設に衝突させないことを目的として防護対策施設である<u>海水ポンプエリア防護対策施設(防護ネット、防護鋼板及び架構)、中央制御室換気系冷凍機防護対策施設(防護ネット、防護鋼板及び架構)及び非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)</u>室ルーフベントファン防護対策施設(防護ネット、防護鋼板及び架構)を設置する。</p> <p>防護対策施設については、「3.2 防護対策施設」に記載する。</p> <p>(a) <u>残留熱除去系海水系ポンプ</u> 防護対策施設に内包される残留熱除去系海水系ポンプは、設計竜巻の風圧力、気圧差による荷重及び防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、電源を確保するとともに、<u>ポンプの機能を維持することにより残留熱除去系負荷を冷却する機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。</u></p>	<p>新たな論点が生じるものではない。(以下同様であるため、省略)</p> <p>複合構造物における波及的影響</p>

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p><u>却水B冷却塔の構成品(冷却機能の維持に必要な機器を除く)のうち、飛散により機械的影響を及ぼし得るものは、固定又は固縛を実施し、安全冷却水B冷却塔の冷却機能に影響を及ぼす飛来物とならないことを機能設計上の性能目標とする。</u></p> <p><u>これらの構成品は、固定又は固縛により、飛来物とならない運用とすることから、構造強度上の性能目標は設定しない。</u></p> <p>竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水B冷却塔は、設計荷重(竜巻)に対し、設計竜巻の影響を受けない電路とするとともに、冷却機能を維持するために、 [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]</p> <p><u>通水する冷却水を冷却する機能を維持可能な構造強度を有すること、動的機能を維持することを構造強度設計上の性能目標とする。</u></p> <p>また、竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水B冷却塔は、竜巻防護対策設備を構成する防護ネットを通過する飛来物による衝撃荷重に対し、冷却機能を維持するために、安全機能に影響を及ぼすような貫入を生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。</p> <p><u>竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水B冷却の構成品(冷却機能の維持に必要な機器を除く)のうち、脱落及び転倒により、冷却機能の維持に必要な機器に機械的影響を及ぼし得るものは、設計荷重</u></p>	<p>防護対策施設に内包される<u>残留熱除去系海水系ポンプ</u>は、設計竜巻の風圧力による荷重、気圧差による荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、ポンプの機能を維持することにより残留熱除去系負荷を冷却する機能を維持するために、<u>海水ポンプ室床面のコンクリート基礎に本体を基礎ボルトで固定するとともに、ポンプの機能維持に必要な付属品を本体にボルト固定し、主要な構造部材が海水の送水機能を維持可能な構造強度を有すること及び海水を送水するための動的機能を維持することを構造強度設計上の性能目標とする。</u></p> <p>また、防護対策施設に内包される<u>残留熱除去系海水系ポンプ</u>は、防護対策施設を構成する防護ネットを通過する飛来物による衝撃荷重に対し、<u>海水により残留熱除去系負荷を冷却する機能を維持するために、有意な変形を生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。</u></p>	<p>響の明確化であり、波及的影響を及ぼし得る施設と同じ内容であることから、新たな論点が生じるものではない。</p> <p>複合構造物における波及的影響の明確化であり、波及的影響を及ぼし得る施設と同じ内容であることから、新たな論点が生じるものではない。</p>

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p><u>(竜巻)に対し、機械的影響を及ぼさない強度を有することを構造強度設計上の性能目標とする。</u></p> <p>(b) 安全冷却水系(安全冷却水B冷却塔まわり配管)</p> <p>竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水系(安全冷却水B冷却塔まわり配管)は、設計荷重(竜巻)及び防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、崩壊熱除去の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。</p> <p>竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水系(安全冷却水B冷却塔まわり配管)は、設計荷重(竜巻)に対し、支持構造物を基礎等に固定し、主要な構造部材が流路を確保する機能を維持することが可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。</p> <p>また、竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水系(安全冷却水B冷却塔まわり配管)は、竜巻防護対策設備を構成する防護ネットを通過する飛来物による衝撃荷重により貫入が生じたとしても、流路を確保</p>	<p><u>(b) 残留熱除去系海水系ストレーナ (中略)</u></p> <p>(i) 配管及び弁(残留熱除去系海水系ポンプ、中央制御室換気系冷凍機及び非常用ディーゼル発電機(高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプ周り)</p> <p>防護対策施設に内包される配管及び弁は、設計竜巻の風圧力、気圧差による荷重及び防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、残留熱除去系負荷を冷却する機能、中央制御室の空調用冷水を冷却する機能及びディーゼル発電機補機を冷却する機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。</p> <p>防護対策施設に内包される配管及び弁は、設計竜巻の風圧力、気圧差による荷重及び防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し、海水ポンプ室床面及び原子炉建屋付棟屋上床面に設けたコンクリート基礎、支持架構等に固定又は壁面にサポートで支持し、主要な構造部材が流路を確保する機能を維持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。</p> <p>また、防護対策施設に内包される配管及び弁は、防護対策施設を構成する防護ネットを通過する飛来物による衝撃荷重に対し、有意な変形を生じない設計とすること</p>	

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
<p>a. 設計方針</p> <p>(f) 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設</p> <p>竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設は、竜巻時及び竜巻通過後において、機械的影響及び機能的影響により竜巻防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設のうち、施設の破損に伴う倒壊、転倒による機械的影響を及ぼし得る施設は、竜巻時及び竜巻通過後において、設計荷重(竜巻)に対し、構造強度評価を実施し、当該施設及び資機材等の倒壊、転倒、飛散により、周辺の竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼさない設計とする。竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設のうち、当該施設が機能喪失に陥った場合に竜巻防護対象施設も機能喪失させる機能的影響を及ぼし得る施設は、竜巻時及び竜巻通過後において、設計荷重(竜巻)に対し、必要な機能を維持する設計とする。</p> <p>b. 許容限界</p> <p>(f) 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設</p> <p>竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設の許容限界については、次回以降に詳細を説明する</p>	<p>する機能を維持するために、耐圧強度上必要な厚さを確保する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。</p> <p>(4) 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設</p> <p><u>竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設に対する要求機能及び性能目標については、当該施設の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。</u></p> <p><u>なお、安全冷却水B冷却塔へ波及的影響を及ぼし得る施設はない。</u></p>	<p>を構造強度設計上の性能目標とする。</p> <p>3.4 外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性がある施設</p> <p>(1) 施設</p> <p>a. 機械的影響を与える可能性がある施設</p> <p><u>(a) サービス建屋</u></p> <p><u>(b) 海水ポンプエリア防護壁</u></p> <p><u>(c) 鋼製防護壁</u></p> <p><u>(d) 発電所敷地の屋外に保管する資機材及び重大事故等対処設備</u></p> <p>b. 機能的影響を与える可能性がある施設</p> <p><u>(a) 非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)排気消音器</u></p> <p><u>(b) 非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)付属排気配管及びベント配管</u></p> <p><u>(c) 残留熱除去系海水系配管(放出側)</u></p> <p><u>(d) 非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水配管(放出側)</u></p> <p>(2) 要求機能</p> <p><u>外部事象防護対象施設は、機械的及び機能的な波及的影響により、設計竜巻の風圧力、気圧差及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、施設の安全機能を損なわないことが要求される。</u></p> <p>(3) 性能目標</p> <p>a. 機械的影響を与える可能性がある施設</p>	<p>竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設は後次回で申請するため、本申請では記載せず、後次回で比較結果を示す。</p>

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
		<u>設</u> (中略)	
		<u>b. 機能的影響を与える可能性がある施設</u> (中略)	
<p>a. 設計方針</p> <p>(h) 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋</p> <p>使用済燃料収納キャスクが頑健な構造であることを踏まえ、使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は、竜巻時及び竜巻通過後において、設計荷重(竜巻)に対し、使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の構造健全性を維持することにより、使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない設計とする。</p> <p>b. 許容限界</p> <p>(g) 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋</p> <p>使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の許容限界については、次回以降に詳細を説明する。</p>	<p>(5) <u>使用済燃料収納キャスクを収納する建屋</u></p> <p><u>使用済燃料収納キャスクを収納する建屋に対する要求機能及び性能目標については、次回以降に詳細を説明する。</u></p>		<p>使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は後次回で申請するため、本申請では記載せず、後次回で比較結果を示す。</p>
<p>a. 設計方針</p> <p>(d) 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</p> <p>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は、設計飛来物の侵入を防止するための防護対策として、竜巻防護対策設備を設置することにより、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後</p>	<p>(6) 竜巻防護対策設備</p> <p>a. 施設</p> <p>(a) <u>飛来物防護板</u></p> <p><u>飛来物防護板に対する要求機能及び性能目標については、次回以降に詳細を説明する。</u></p> <p>(b) <u>飛来物防護ネット</u></p> <p><u>イ. 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)</u></p>	<p>3.2 防護対策施設</p> <p>(1) 施設</p> <p>a. <u>非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)室</u> <u>ルーフベントファン防護対策施設(防護ネット, 防護鋼板及び架構)</u></p> <p>b. <u>中央制御室換気系冷凍機防護対策施設</u> <u>(防護ネット, 防護鋼板及び架構)</u></p> <p>c. <u>海水ポンプエリア防護対策施設(防護ネット, 防護鋼板及び架構)</u></p>	<p>飛来物防護板は後次回で申請するため、本申請では記載せず、後次回で比較結果を示す</p> <p>施設の選定結果の差異は施設の違いによるものであり、新たな論点が生じるものではない。</p>

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
<p>において、安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>(h) 竜巻防護対策設備 竜巻防護対策設備は、竜巻時及び竜巻通過後において、設計荷重(竜巻)に対して、構造強度評価を実施し、内包する竜巻防護対象施設が安全機能を損なわないよう、設計飛来物が竜巻防護対象施設に衝突することを防止可能な設計とする。</p> <p>イ. 飛来物防護板 飛来物防護板については、次回以降に詳細を説明する。</p> <p>ロ. 飛来物防護ネット 冷却塔周りに設置する飛来物防護ネットは、防護ネット(補助防護板を含む。)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。 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。 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。 防護ネット(補助防護板を含む。)は、設計飛来物の通過及び貫通を防止できる設計とする。 支持架構に直接設置する防護ネットは、防護ネットと支持架構の隙間を設計上考慮する飛来物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。 防護板(鋼材)は、防護ネットが設置でき</p>	<p><u>その他の飛来物防護ネットに対する要求機能及び性能目標については、次回以降に詳細を説明する。</u></p> <p>b. 要求機能 竜巻防護対策設備は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、竜巻防護対象施設の安全機能を損なわないよう、竜巻防護対象施設に設計飛来物が衝突することを防止し、また、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないこと及び竜巻防護対象施設の有する安全機能に影響を与えないことが要求される。 また、竜巻防護対策設備を設計する上で、屋外の鋼製材等の飛来物となり得るものは、飛散防止管理を実施し、飛来物となるものが少なくなるように運用することにより、竜巻襲来時及び竜巻通過時において複数の飛来物が同一の竜巻防護対策設備に衝突する可能性は十分低いことから、同一の竜巻防護対策設備への複数の飛来物の衝突は考慮しない設計とする。</p>	<p>d. <u>中央制御室換気系開口部防護対策施設(防護鋼板及び架構)</u></p> <p>e. <u>原子炉建屋外側ブローアウトパネル防護対策施設(防護ネット、防護鋼板及び架構)</u></p> <p>f. <u>原子炉建屋付属棟軽量外壁部防護対策施設(防護鋼板)</u></p> <p>g. <u>原子炉建屋付属棟開口閉鎖部防護対策施設(防護鋼板)</u></p> <p>h. <u>使用済燃料乾式貯蔵容器防護対策施設(防護ネット及び架構(車両防護柵を含む。))</u></p> <p>(2) 要求機能 防護対策施設は、設計竜巻の風圧力、気圧差による荷重及び設計飛来物等の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、外部事象防護対象施設が必要な機能を損なわないよう、外部事象防護対象施設に設計飛来物等が衝突することを防止し、また、外部事象防護対象施設に波及的影響を与えないことが要求される。</p>	<p>その他の飛来物防護ネットは後次回で申請するため、本申請では記載せず、後次回で比較結果を示す。</p>

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
<p>ない箇所に設置し、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>支持架構は、設計荷重(竜巻)に対して、防護ネット及び防護板(鋼材)の支持機能を維持可能な強度を有する設計とする。</p> <p>飛来物防護ネットは、防護ネットを主体構造とすることで、内包する冷却塔の冷却能力に影響を与えない設計とする。</p> <p>飛来物防護ネットは、設計荷重(竜巻)に対して、脱落、転倒及び倒壊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>竜巻防護対策設備は、その他考えられる自然現象(地震、火山の影響、外部火災)に対して、構造強度評価又は耐火被覆の施工等を実施し、竜巻防護対象施設等に波及的影響を与えない設計とする。また、地震、火山、外部火災以外の自然現象に対しても、「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」に基づき設計する。</p> <p>地震、火山の影響、外部火災に対する具体的な設計については、「IV 耐震性に関する説明書」、「VI-1-1-1-4 火山への配慮に関する説明書」、「VI-1-1-1-3 外部火災への配慮に関する説明書」において示す。</p> <p>b. 許容限界</p> <p>(d) 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</p> <p>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の許容限界については、次回以降に詳細を説明する。</p>	<p>c. 性能目標</p> <p>(a) <u>飛来物防護板</u></p> <p><u>飛来物防護板の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。</u></p> <p>(b) <u>飛来物防護ネット</u></p> <p><u>イ. 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)</u></p> <p>冷却塔周りに設置する<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)</u>は、防護ネット、防護板(鋼材)及び支持架構で構成し、<u>冷却塔の冷却機能に影響を与えないことを機能設計上の性能目標とする。</u></p> <p>また、<u>設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能なものとし、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ことを機能設計上の性能目標とする。</u></p> <p><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)のうち防護ネット</u>は、設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために、主要な部材が破断せず、たわみが生じても、竜巻防護対象施設の機能喪失に至る可能性がある飛来物が衝突しないよう捕捉し、<u>支持架構と防護ネットの隙間から飛来物が侵入することを</u></p>	<p>(3) 性能目標</p> <p>a. <u>非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)室ルーフトファン防護対策施設(防護ネット、防護鋼板及び架構)</u></p> <p><u>非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)室ルーフトファン防護対策施設</u>は、防護ネット、防護鋼板及び架構で構成し、設計竜巻の風圧力及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、設計飛来物が外部事象防護対象施設へ衝突することを防止可能なものとし、また、外部事象防護対象施設が有する安全機能を損なわないよう、波及的影響を与えないことを機能設計上の性能目標とする。</p> <p><u>非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)室ルーフトファン防護対策施設</u>のうち防護ネットは、設計竜巻の風圧力による荷重、設計飛来物の鋼製材による衝撃荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、設計飛来物の鋼製材が外部事象防護対象施設へ衝突することを防止するために、主要な部材が破断せず、たわみが生じても、設計飛来物</p>	<p>飛来物防護板は後次回で申請するため、本申請では記載せず、後次回で比較結果を示す。</p> <p>施設の選定結果の差異は施設の違いによるものであり、新たな論点が生じるものではない。(以下同様であるため、省略)</p> <p>冷却塔の冷却能力への配慮事項の明確化であり、新たな論点が生じるものではない。</p> <p>防護ネットの構造の差異による記載の差</p> <p>防護ネットの構造の差異による記載の差(再処理施設では、</p>

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
<p>(g) 竜巻防護対策設備</p> <p>竜巻防護対策設備の構成品である防護ネットは、設計荷重(竜巻)に対し、主要な構造部材の破断が生じないよう、破断荷重に対して十分な余裕を持った強度を有し、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないものとする。また、たわみを生じて、設計飛来物が竜巻防護対象施設と衝突しないよう竜巻防護対象施設との離隔を確保できることとする。</p> <p>竜巻防護対策設備の構成品である防護板(鋼材)は、設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために、設計飛来物が、防護板を貫通せず、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないものとする。</p> <p>防護ネット及び防護板(鋼材)の支持構造物である架構は、設計荷重(竜巻)が防護ネット及び防護板に作用する場合には、主要な構造部材に塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、竜巻防護対象施設の波及的影響を与えないよう防護ネット等を支持出来るようにする。そのため、設計荷重(竜巻)が主要な構造部材に直接作用した際にも、主要な構成部材は貫通せず又構成部材の損傷に伴う架構の崩壊に至らず、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないものとする。</p>	<p>防止できる設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。</p> <p><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)のうち防護板(鋼材)</u>は、設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために、設計飛来物が防護板本体を貫通せず、また、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。</p> <p><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)のうち支持架構</u>は、設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために、設計飛来物が支持架構を構成する主要な構造部材を貫通せず、防護ネット及び防護板(鋼材)を支持する機能を維持可能な構造強度を有する設計とし、また、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないために、支持架構を構成する部材自体の倒壊、転倒及び脱落を生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。</p>	<p>の鋼製材が外部事象防護対象施設と衝突しないよう捕捉できる設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。</p> <p><u>非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)室ルーフレントファン防護対策施設のうち防護鋼板</u>は、設計竜巻の風圧力による荷重、設計飛来物の鋼製材による衝撃荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、設計飛来物の鋼製材が外部事象防護対象施設へ衝突することを防止するために、設計飛来物が防護鋼板を構成する主要な構造部材を貫通せず、十分な構造強度を有する設計とし、また、外部事象防護対象施設に波及的影響を与えないために、防護鋼板を構成する部材自体の転倒及び脱落を生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。</p> <p><u>非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)室ルーフレントファン防護対策施設のうち架構</u>は、設計竜巻の風圧力による荷重、設計飛来物の鋼製材による衝撃荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、設計飛来物の鋼製材が外部事象防護対象施設へ衝突することを防止するために、設計飛来物が架構の外殻を構成する主要な構造部材を貫通せず、防護ネット及び防護鋼板を支持する機能を維持可能な構造強度を有する設計とし、また、外部事象防護対象施設に波及的影響を与えないために、架構の外殻を構成する部材自体の転倒及び脱落を生じない設計とすることを構造強度設計上の性能</p>	<p>支持架構に直接設置する防護ネットが存在する。</p>

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p>なお、設計竜巻による気圧差による荷重については、外気と通じており気圧差は発生しないことから考慮しない。</p> <p><u>その他の飛来物防護ネットに対する要求機能及び性能目標については、当該施設の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。</u></p>	<p>目標とする。</p> <p>なお、設計竜巻による気圧差による荷重については、外気と通じており気圧差は発生しないことから考慮しない。</p> <p>b. <u>中央制御室換気系冷凍機防護対策施設(防護ネット、防護鋼板及び架構)</u> (中略)</p>	<p>その他の飛来物防護ネットは後次回で申請するため、本申請では記載せず、後次回で比較結果を示す。</p>
		<p><u>3.3 竜巻より防護すべき施設を内包する施設</u></p> <p><u>3.4 外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性がある施設</u></p>	<p>3.1(4)に示す。</p> <p>3.1(1)に示す。</p>
<p>(2) 竜巻随伴事象に対する設計</p> <p>竜巻随伴事象のうち火災に対しては、火災源と竜巻防護対象施設の位置関係を踏まえて熱影響を評価した上で、竜巻防護対象施設の許容温度を超えないことにより、竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えない設計又は火災の感知・消火等の対策により竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えない設計とし、当該設計については外部火災及び内部火災に対する防護設計に包絡されるため、「VI-1-1-1-3-1 外部火災への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(2) 近隣の産業施設の火災及び爆発に対する設計方針」及び「III-1-1 火災等による損傷の防止に関する説明書」に基づく設計とする。</p> <p>竜巻随伴事象のうち溢水に対しては、溢</p>	<p>3.2 竜巻随伴事象を考慮する施設</p> <p>(1) 施設</p> <p>a. <u>受電開閉設備等(外部電源喪失)</u></p> <p>(2) 要求機能</p> <p><u>受電開閉設備等(外部電源喪失)</u>は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、竜巻随伴事象により竜巻防護対象施設の機能を損なうおそれのないことが要求される。</p>	<p>3.5 竜巻随伴事象を考慮する施設</p> <p>(1) 施設</p> <p>a. 屋外の危険物貯蔵施設(火災)</p> <p>b. 残留熱除去系海水系ポンプ及び非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプ(火災)</p> <p>c. 屋外タンク等(溢水)</p> <p>d. <u>送電線(外部電源喪失)</u></p> <p>(2) 要求機能</p> <p><u>竜巻随伴事象を考慮する施設</u>は、設計竜巻の風圧力、気圧差及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、竜巻随伴事象により外部事象防護対象施設の安全機能を損なうおそれのないことが要求される。</p>	<p>施設の選定結果の差異は施設の違いによるものであり、新たな論点が生じるものではない。</p>

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
<p>水源と竜巻防護対象施設の位置関係を踏まえた影響評価を行った上で、竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えない設計とし、当該設計については、「VI-1-1-6-1 溢水による損傷の防止に対する基本方針」に基づく設計とする。</p> <p>竜巻随件事象のうち外部電源喪失に対しては、外部電源喪失の発生を防止する設計とする。また、外部電源喪失が生じたとしても、非常用所内電源系統等の安全機能を確保する設計とし、非常用所内電源系統等による電源供給を可能とすることで竜巻防護対象施設の安全機能を維持する設計とする。</p>	<p>(3) 性能目標</p> <p>a. <u>受電開閉設備等(外部電源喪失)</u> <u>竜巻の影響により受電開閉設備等(外部電源喪失)が損傷し、外部電源が喪失したとしても、非常用所内電源設備は、竜巻時及び竜巻通過後において、設計荷重(竜巻)に対して安全機能が損なわれず、電源供給ができることを機能設計上の性能目標とする。</u></p>	<p>(3) 性能目標</p> <p>d. <u>送電線(外部電源喪失)</u> <u>送電線は、設計竜巻の風圧力、気圧差及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、外部電源喪失を発生させない又は外部電源喪失が発生しても代替設備による電源供給ができることを機能設計上の性能目標とする。</u></p> <p>a. <u>屋外の危険物貯蔵施設(火災)</u> <u>屋外の危険物貯蔵施設は、設計竜巻の風圧力、気圧差及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、火災を発生させない又は火災が発生しても他の原因による火災の影響の範囲内に収まることを機能設計上の性能目標とする。</u></p> <p>b. <u>残留熱除去系海水系ポンプ及び非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプ(火災)</u> <u>残留熱除去系海水系ポンプ及び非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプは、設計竜巻の風圧力、気圧差及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、火災を発生させないことを機能設計上の性能目標とする。</u></p> <p>c. <u>屋外タンク等(溢水)</u> <u>屋外タンク等は、設計竜巻の風圧力、気圧差及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、溢水を発生させない又は溢水が発生しても他の原因による溢水の影響の範囲内に収まることを</u></p>	<p>施設選定の違いにより主語が異なるが、常用電気の代替設備による電源供給ができるように対策を講ずる方針は同じである。</p> <p>随件事象である火災については、「VI-1-1-1-2-1」で外部火災及び内部火災に展開したため、記載しない。</p>

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p>4. 機能設計 「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」で設定している設計竜巻に対し、「3. 要求機能及び性能目標」で設定している竜巻の影響を考慮する施設の機能設計上の性能目標を達成するために、各施設の機能設計の方針を定める。</p> <p>4.1 設計竜巻による直接的影響を考慮する施設の機能設計 (1) 竜巻防護対象施設を収納する建屋</p> <p><u>竜巻防護対象施設を収納する建屋に対する機能設計については、次回以降に詳細を説明する。</u></p>	<p>機能設計上の性能目標とする。</p> <p>4. 機能設計 添付書類「V-1-1-2-3-1 竜巻への配慮に関する基本方針」で設定している設計竜巻に対し、「3. 要求機能及び性能目標」で設定している竜巻の影響を考慮する施設の機能設計上の性能目標を達成するために、各施設の機能設計の方針を定める。</p> <p>4.3 竜巻より防護すべき施設を内包する施設 (1) 竜巻より防護すべき施設を内包する施設の設計方針 竜巻より防護すべき施設を内包する施設の設計方針は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.3(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。 a. <u>タービン建屋、使用済燃料乾式貯蔵建屋及び軽油貯蔵タンクタンク室</u> <u>タービン建屋、使用済燃料乾式貯蔵建屋及び軽油貯蔵タンクタンク室は、設計竜巻の風圧力、気圧差及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、設計飛来物が竜巻より防護すべき施設に衝突することを防止するために、竜巻より防護すべき施設を建屋、地中構造物の内部に設置し、また、竜巻より防護すべき施設に波及的影響を与えないために、竜巻から防護すべき施設に対し</u> <u>一定の離隔を有する設計とする。</u></p>	<p>竜巻防護対象施設を収納する建屋は後次回で申請するため、本申請では記載せず、後次回で比較結果を示す。</p>

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p>(2) 建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設 <u>建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設に対する機能設計については、次回以降に詳細を説明する。</u></p>	<p><u>b. 排気筒モニタ建屋</u> <u>排気筒モニタ建屋は、竜巻通過後において、内包する排気筒モニタの補修等の対応を考慮して、運転管理等の運用の措置により速やかに機能を復帰する運用とする。</u></p> <p>4.1 外部事象防護対象施設 <u>(1) 屋外の外部事象防護対象施設</u></p> <p>(2) 外気と繋がっている屋内の外部事象防護対象施設 <u>a. 角ダクト及び丸ダクト(中央制御室換気系ダクト、非常用ディーゼル発電機室換気系ダクト、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機室換気系ダクト及び原子炉建屋換気系ダクト(原子炉建屋原子炉棟貫通部))の設計方針</u> <u>角ダクト及び丸ダクト(中央制御室換気系ダクト、非常用ディーゼル発電機室換気系ダクト、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機室換気系ダクト及び原子炉建屋換気系ダクト(原子炉建屋原子炉棟貫通部))は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(2)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。</u> <u>外気と繋がっている中央制御室換気系、非常用ディーゼル発電機室換気系、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機室換気系及び原子炉建屋換気系(原子炉建屋原子炉棟貫通部)の角ダクト及び丸ダクトは、設計竜巻の気圧差に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、換気空調を行う機能又は放射性物質の放出低減機能を維持するた</u></p>	<p>4.1(3)にて示している。</p> <p>建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設は後次回で申請するため、本申請では記載せず、後次回で比較結果を示す。</p>

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
		<p><u>めに、流路を確保する機能を維持する設計とする。</u></p> <p>b. <u>隔離弁(中央制御室換気系隔離弁及び原子炉建屋換気系隔離弁(原子炉建屋原子炉棟貫通部))の設計方針</u> <u>隔離弁(中央制御室換気系及び原子炉建屋換気系(原子炉建屋原子炉棟貫通部))は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(2)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。</u> <u>防護対策施設に内包される、外気と繋がっている中央制御室換気系及び原子炉建屋換気系(原子炉建屋原子炉棟貫通部)の隔離弁は、設計竜巻の気圧差に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、換気空調を行う機能又は放射性物質の放出低減機能を維持するために、開閉可能な機能及び閉止性を維持する設計とする。</u></p> <p>c. <u>ファン(中央制御室換気系フィルタ系ファン)の設計方針</u> <u>ファン(中央制御室換気系フィルタ系ファン)は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(2)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。</u> <u>外気と繋がっている中央制御室換気系フィルタ系ファンは、設計竜巻の気圧差に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、換気空調を行う機能を維持するために、冷却用空気を送風する機能を維持する設計とする。</u></p>	
		(3) 建屋等による飛来物の防護が期待で	建屋に収納されるが防護が期

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p>(3) 屋外の竜巻防護対象施設</p> <p>a. <u>安全冷却水B冷却塔</u>の設計方針</p> <p><u>安全冷却水B冷却塔</u>は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(3)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。</p> <p>竜巻防護対策設備に内包される<u>安全冷却水B冷却塔</u>は、設計荷重(竜巻)及び防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、電源を確保するために、設計竜巻の影響を受けない<u>制御建屋</u>に設置している非常用所内電源から、設計竜巻の影響を受けない洞道及び<u>固定又は固縛</u>により経路を</p>	<p><u>きない屋内の外部事象防護対象施設</u></p> <p>a. <u>燃料交換機及び原子炉建屋天井クレーンの設計方針</u></p> <p><u>燃料交換機及び原子炉建屋天井クレーン</u>は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(3)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。</p> <p><u>燃料交換機及び原子炉建屋天井クレーン</u>は、設計竜巻の風圧力及び防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し、竜巻襲来予測時には、燃料取扱作業を中止し、外部事象防護対象施設に影響を及ぼさない待機位置への退避措置を行う運用等により、原子炉建屋外側ブローアウトパネル開放状態においても、燃料の落下を防止し、近傍の外部事象防護対象施設に転倒による影響を及ぼさない設計とする。</p> <p>(1) 屋外の外部事象防護対象施設</p> <p>a. <u>残留熱除去系海水系ポンプ</u>の設計方針</p> <p><u>残留熱除去系海水系ポンプ</u>は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(1)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。</p> <p>防護対策施設に内包される<u>残留熱除去系海水系ポンプ</u>は、設計竜巻の風圧力、気圧差及び防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、電源を確保するために、設計竜巻の影響を受けない<u>原子炉建屋</u>に設置している非常用所内電源から、地下等に設けたダクト内の電路を通じて受電する構成とす</p>	<p>待できない竜巻防護対象施設は、竜巻防護対策設備により防護することから、竜巻防護対象施設を選定している。竜巻防護対策設備は発電炉も選定していることから、新たな論点が生じるものではない。</p> <p>施設の選定結果の差異は施設のの違いによるものであり、新たな論点が生じるものではない。</p> <p>施設の選定結果の差異は施設のの違いによるものであり、新たな論点が生じるものではない。</p> <p>施設の構造の違いによるものであり、新たな論点が生じるものではない。</p>

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p><u>維持するケーブルトレイ内の電路を通じて受電する構成とする。</u></p> <p><u>また、安全冷却水 B 冷却塔の崩壊熱除去機能を維持するために、管束は流路を維持し、ファン駆動部は送風機能を維持することで、管束内を通水する冷却水を冷却する設計とする。</u></p> <p><u>安全冷却水 B 冷却塔の構成品のうち、脱落及び転倒により機械的影響を及ぼし得るものは、脱落及び倒壊しない強度を有する設計とする。</u></p> <p><u>安全冷却水 B 冷却塔の構成品のうち、飛散により機械的影響を及ぼし得るものは、固定又は固縛を実施し、安全冷却水 B 冷却塔の冷却能力に影響を及ぼす飛来物とならない設計とする。</u></p> <p>b. 安全冷却水系(安全冷却水 B 冷却塔まわり配管)の設計方針</p> <p>安全冷却水系(安全冷却水 B 冷却塔まわり配管)は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(3)c. 性能目標」で設定した機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。</p> <p>竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水系(安全冷却水 B 冷却塔まわり配管)</p>	<p>る。また、<u>ポンプの機能を維持することにより残留熱除去系負荷を冷却する機能を維持するために、ポンプモータへの電源供給を行い、ポンプの回転を維持することにより、残留熱除去系海水系に送水する設計とする。</u></p> <p>b. <u>残留熱除去系海水系ストレナの設計方針</u> (中略)</p> <p>i. <u>配管及び弁(残留熱除去系海水系ポンプ、中央制御室換気系冷凍機及び非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプ周り)の設計方針</u></p> <p>配管及び弁(残留熱除去系海水系ポンプ、中央制御室換気系冷凍機及び非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプ周り)は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(1)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。</p> <p>防護対策施設に内包される配管及び弁(残留熱除去系海水系ポンプ、中央制御室</p>	<p>(以降同様)</p> <p>電路に対する記載の明確化</p> <p>冷却能力の維持に関する方針を明確化したことによる差異であり、新たな論点が生じるものではない。</p> <p>複合構造物における波及的影響の明確化であり、波及的影響を及ぼし得る施設と同じ内容であることから、新たな論点が生じるものではない。</p>

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p>は、設計荷重(竜巻)及び防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、内部流体を保持する機能を維持するため、流路を確保する設計とする。</p> <p><u>その他の屋外の竜巻防護対象施設の機能設計は、次回以降に詳細を説明する。</u></p>	<p>換気系冷凍機及び非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプ周り)は、設計竜巻の風圧力、気圧差及び防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、残留熱除去系負荷を冷却する機能、中央制御室の空調用冷水を冷却する機能及びディーゼル発電機補機を冷却する機能を維持するため、流路を確保する機能を維持する設計とする。</p>	<p>その他の屋外の竜巻防護対象施設は後次回で申請するため、本申請では記載せず、後次回で比較結果を示す。</p>
		4.2 防護対策施設	4.1(6)にて示している。
		4.3 竜巻より防護すべき施設を内包する施設	4.1(1)にて示している。
	<p>(4) 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設</p> <p><u>竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設の機能設計については、次回以降に詳細を説明する。</u></p>	4.4 外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性がある施設	<p>竜巻の影響を考慮する施設に波及的影響を及ぼし得る施設は後次回で申請するため、本申請では記載せず、後次回で比較結果を示す。</p>
		<p><u>機械的影響を与える可能性がある施設のうち、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.4(3)a. (d) 発電所敷地の屋外に保管する資機材及び重大事故等対処設備等」については、それぞれ外部事象防護対象施設に機械的影響を与える可能性がある施設のため、機能設計上の設計目標を「(1) 機械的影響を与える可能性がある施設」の「d. 発電所敷地の屋外に保管する資機材及び重大事故等対処設備等の設計方針」に示す。</u></p>	

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
		<p>(1) <u>機械的影響を与える可能性がある施設</u></p> <p>a. <u>サービス建屋の設計方針</u> <u>サービス建屋は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.4(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。</u> <u>サービス建屋は、設計竜巻の風圧力、気圧差及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、竜巻より防護すべき施設に機械的影響を与えないために、竜巻より防護すべき施設を内包する原子炉建屋及びタービン建屋に対し一定の隔離を有する設計とする。</u></p> <p>b. <u>海水ポンプエリア防護壁の設計方針</u></p> <p>c. <u>鋼製防護壁の設計方針</u></p> <p>d. <u>発電所敷地の屋外に保管する資機材及び重大事故等対処設備等の設計方針</u></p> <p>(2) <u>機能的影響を与える可能性がある施設</u></p> <p>a. <u>非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)</u> <u>排気消音器の設計方針</u></p> <p>b. <u>非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)</u> <u>付属排気配管及びベント配管の設計方針</u></p> <p>c. <u>残留熱除去系海水系配管(放出側)の</u></p>	施設の選定結果、再処理施設では、機能的影響を与える可能性がある施設は存在しない。

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
		<u>設計方針</u>	
		d. <u>非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)</u> <u>用海水配管(放出側)の設計方針</u>	
	(5) 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋 <u>使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の機能設計については、次回以降に詳細を説明する。</u>		使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は後次回で申請するため、本申請では記載せず、後次回で比較結果を示す。
	(6) 竜巻防護対策設備 a. <u>飛来物防護板</u> <u>飛来物防護板の機能設計については、次回以降に詳細を説明する。</u> b. <u>飛来物防護ネット</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)は防護ネット、防護板(鋼材)及び支持架構で構成し、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(5)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。</u> <u>飛来物防護ネットは、冷却塔の空気による熱交換を可能とするため、空気の流出入を阻害しない防護ネットを主体構造とすることで、冷却能力に影響を与えない設計とする。</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)のうち防護ネットは、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び</u>	4.2 防護対策施設 (1) <u>非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)</u> <u>室ルーフベントファン防護対策施設(防護ネット、防護鋼板及び架構)の設計方針</u> <u>非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)</u> <u>室ルーフベントファン防護対策施設は、防護ネット、防護鋼板及び架構で構成し、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。</u> <u>非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)</u> <u>室ルーフベントファン防護対策施設は、防護ネット、防護鋼板及び架構で構成し、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。</u>	飛来物防護板は後次回で申請するため、本申請では記載せず、後次回で比較結果を示す。 施設の選定結果の差異は施設のの違いによるものであり、新たな論点が生じるものではない。 冷却塔の冷却能力への配慮事項の明確化であり、新たな論点が生じるものではない。 施設の選定結果の差異は施設のの違いによるものであり、新たな論点が生じるものではない。

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p>竜巻通過後においても、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能とするために、竜巻防護対象施設の上部及び側面に設置し、設計飛来物が防護ネットに衝突した際に主要な部材は破断せず、設計飛来物の鋼製材を捕捉する設計とする。</p> <p>防護ネットは設計竜巻の風圧力及び設計飛来物の鋼製材の衝突に対し、防護ネットがたわんだとしても、竜巻防護対象施設の必要な機能を損なわないように、竜巻防護対象施設に対し一定の離隔を有する設計とする。</p> <p>防護ネットについては、網目の細かいネット(補助防護ネット)を重ねて設置することにより、設計飛来物の鋼製パイプは補助防護ネットに衝突し、防護ネット内側に侵入させない設計とする。</p> <p>また、防護ネットと支持架構の間に生じる隙間を、防護ネットの通過を許容できる飛来物以下の大きさとするため、鋼製の補助防護板を設置する設計とする。</p> <p>竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないために、防護ネットの脱落を生じない設計とする。</p> <p>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)のうち防護板(鋼材)は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために、防護ネットが設置できない</p>	<p>フベントファン防護対策施設のうち防護ネットは、設計竜巻による風圧力及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、設計飛来物が外部事象防護対象施設へ衝突することを防止可能とするために、外部事象防護対象施設の上部及び側面に設置し、設計飛来物が防護ネットに衝突した際に破断せず、設計飛来物の鋼製材を受け止める設計とする。</p> <p>また、防護ネットは設計竜巻の風圧力及び設計飛来物の鋼製材の衝突に対し、防護ネットがたわんだとしても、外部事象防護対象施設の必要な機能を損なわないように、外部事象防護対象施設に対し一定の離隔を有する設計とする。</p> <p>防護ネットについては、網目の細かい複数枚のネットを重ねて設置することにより、設計飛来物の鋼製材はネットに衝突し、ネット内側に侵入させない設計とする。</p> <p>非常用ディーゼル発電機(高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)室ルーフベントファン防護対策施設のうち防護鋼板は、設計竜巻による風圧力及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、設計飛来物が外部事象防護対</p>	<p>な論点が生じるものではない。(以降同様)</p> <p>防護ネットの仕様の違いによる差異であり、再処理施設が採用した防護ネットは電中研報告書と同等であることから、新たな論点が生じるものではない。</p> <p>防護ネットの構造の差異による記載の差(再処理施設では、支持架構に直接設置する防護ネットが存在する)。</p> <p>飛来物防護ネットにおける防護ネットの設計要求の明確化であり、新たな論点が生じるものではない。</p> <p>飛来物防護ネットにおける防</p>

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p><u>箇所に設置し、設計飛来物が防護板(鋼材)を貫通できない設計とする。</u></p> <p>また、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないために、<u>防護板(鋼材)の脱落を生じない設計とする。</u></p> <p><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)のうち支持架構は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、竜巻防護対象施設が必要な機能を維持するために、設計飛来物が支持架構を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載する防護ネット及び防護板(鋼材)を支持し、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないために、<u>倒壊、転倒及び脱落を生じない設計とする。</u></u></p> <p><u>その他の飛来物防護ネットの機能設計については、次回以降に詳細を説明する。</u></p>	<p>象施設へ衝突することを防止するために、非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)室ルーフトファンを取り囲むように設置し、また、外部事象防護対象施設に波及的影響を与えない設計とする。</p> <p><u>非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)室ルーフトファン防護対策施設のうち架構は、設計竜巻による風圧力及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、外部事象防護対象施設が必要な機能を維持するために、防護ネット及び防護鋼板を支持し、また、外部事象防護対象施設に波及的影響を与えない設計とする。</u></p> <p>(2)中央制御室換気系冷凍機防護対策施設(防護ネット、防護鋼板及び架構)の設計方針 (中略)</p>	<p>護板(鋼材)の設計要求の明確化であり、新たな論点が生じるものではない。</p> <p>施設の選定結果の差異は施設の違いによるものであり、新たな論点が生じるものではない。</p> <p>支持架構の設計方針の明確化であり、新たな論点が生じるものではない。</p> <p>その他の飛来物防護ネットは後次回で申請するため、本申請では記載せず、後次回で比較結果を示す。</p>
	4.2 竜巻随伴事象を考慮する施設	<p>4.5 竜巻随伴事象を考慮する施設</p> <p><u>(1) 屋外の危険物貯蔵施設(火災)の設計方針</u></p> <p><u>屋外の危険物貯蔵施設(火災)は、「3.要求機能及び性能目標」の「3.4(3)性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。</u></p> <p><u>屋外の危険物貯蔵施設は、設計竜巻の風圧力、気圧差及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、<u>火災を発生させない又は火災が発生しても他の原因による火災の影響の範囲内に収</u></u></p>	<p>随伴事象である火災については、「VI-1-1-1-2-1」で外部火災及び内部火災に展開したため、記載しない。</p>

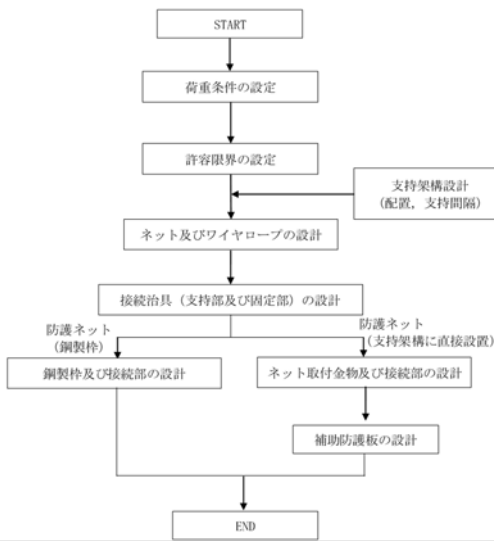
再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
		<p><u>まるように、火災による損傷の防止における想定に包絡される設計とする。</u></p> <p><u>屋外の危険物貯蔵施設に対する火災防護設計については、添付書類「V-1-1-2-5 外部火災への配慮に関する説明書」に示す。</u></p> <p>(2) <u>残留熱除去系海水ポンプ及び非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)の設計方針</u></p> <p><u>残留熱除去系海水ポンプ及び非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.4(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。</u></p> <p><u>残留熱除去系海水ポンプ及び非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)は、設計竜巻の風圧力、気圧差及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、火災を発生させないように、海水ポンプエリア防護対策施設を設置し、火災を引き起こし得る設計飛来物が衝突しない設計とする。</u></p> <p>(3) <u>屋外タンク等(溢水)の設計方針</u></p> <p><u>屋外タンク等(溢水)は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.4(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。</u></p> <p><u>屋外タンク等(溢水)は、設計竜巻の風圧</u></p>	<p>随伴事象である溢水については、「VI-1-1-1-2-1」で溢水に展開したため、記載しない。</p>

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p>(1) <u>受電開閉設備等</u>(外部電源喪失)の設計方針</p> <p><u>受電開閉設備等</u>(外部電源喪失)は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。</p> <p><u>受電開閉設備等</u>(外部電源喪失)が竜巻により損傷し、外部電源が喪失した場合を想定したとしても、代替設備による電源供給ができるように、設計荷重(竜巻)に対し、十分な強度を有する建屋等にディーゼル発電機を設置するとともに、竜巻時及び竜巻通過後においても、冷却水を冷却するための冷却塔は、構造健全性を維持できる設計とする。</p>	<p><u>力、気圧差及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、溢水を発生させない又は溢水が発生しても他の原因による溢水の影響の範囲内におさまるように、溢水による損傷防止における溢水量の想定に包絡される設計とする。</u></p> <p><u>屋外タンク等に対する溢水防護方針については、添付書類「V-1-1-8 発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」に示す。</u></p> <p>(4) 送電線(外部電源喪失)の設計方針</p> <p>送電線(外部電源喪失)は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.4(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。</p> <p><u>送電線は、設計竜巻の風圧力、気圧差及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、外部電源を喪失させない又は外部電源喪失が発生しても代替設備による電源供給ができるように、代替設備としての設計竜巻の風圧力、気圧差及び設計飛来物の衝突に対し、十分な強度を有する建屋等にディーゼル発電機を設置する設計とする。</u></p>	<p>施設選定の違いにより主語が異なるが、常用電気の代替設備による電源供給ができるように対策を講ずる方針は同じである。</p>
	<p>5. 構造設計及び構造概要</p> <p>5.1 構造設計</p> <p><u>「3. 要求機能及び性能目標」で示す構造強度上の性能目標を達成するための構造設計方針を評価対象施設分類ごとに示す。</u></p> <p>(1) 竜巻防護対象施設を収納する建屋</p>		

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p><u>竜巻防護対象施設を収納する建屋に対する機能設計については、次回以降に詳細を説明する。</u></p> <p>(2) <u>建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設</u> <u>建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設に対する機能設計については、次回以降に詳細を説明する。</u></p> <p>(3) <u>屋外の竜巻防護対象施設</u> a. <u>安全冷却水 B 冷却塔</u> <u>安全冷却水 B 冷却塔は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1.3 c.性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、設計荷重(竜巻)に対し、冷却水を冷却する機能を維持するために、</u> <u>冷却用空気の送気機能の維持及び流路の確保が可能な構造強度を有すること並びに冷却用空気を送風するための動的機能を維持する設計とする。</u> <u>また、防護ネットを通過する飛来物による衝撃荷重に対し、冷却塔の機能を維持するために、安全機能に影響を及ぼすような貫入を生じない設計とする。</u></p> p. <u>安全冷却水系(安全冷却水 B 冷却塔まわり配管)</u> <u>安全冷却水系(安全冷却水 B 冷却塔まわり配管)は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1.3 c.性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、設計</u>		

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p><u>荷重(竜巻)に対し、配管本体を基礎等に支持された支持構造物により支持し、主要な構造部材が流路を確保する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。</u></p> <p><u>また、防護ネットを通過する飛来物による衝撃荷重に対し、流路を確保する機能を維持するために、安全機能に影響を及ぼすような貫入を生じない設計とする。</u></p> <p><u>(4) 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設</u> <u>竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設の機能設計については、次回以降に詳細を説明する。</u></p> <p><u>(5) 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋</u> <u>使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の機能設計については、次回以降に詳細を説明する。</u></p> <p><u>(6) 竜巻防護対策設備</u> <u>竜巻防護対策設備は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1. (6) c.性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、竜巻防護対策設備を構成する要素間での荷重の受け渡し、要素ごとの設計及び設計結果の全体設計へ反映を行う。</u> <u>竜巻防護対策設備の設計フローを第5.1-1図に示す。</u></p>		

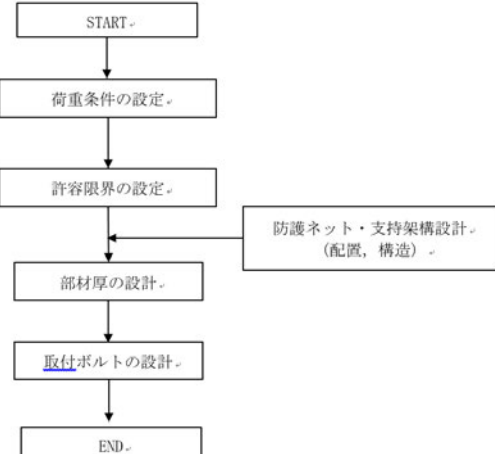
再処理施設	発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3
	<p>第 5.1-1 図 竜巻防護対策設備の設計フロー</p> <p>竜巻防護対策設備の構成要素の設計方針を以下に示す。</p> <p>a. 防護ネットの構造設計</p> <p>防護ネットは、竜巻防護対象施設の機能喪失に至る可能性のある飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能な設計とするため、設計飛来物の防護ネットへの衝突に対し、主要な部材が破断することなく支持架構に荷重を伝達し、たわみを生じて、設計飛来物が竜巻防護対象施設と衝突しないよう、防護ネットで捕捉できる設計とする。</p> <p>防護ネットの設計フローを第 5.1-2 図に示す。</p>	

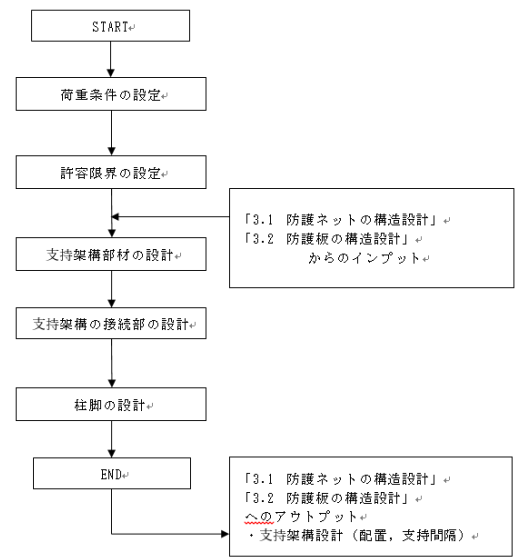
再処理施設	発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3
	 <pre> graph TD START[START] --> A[荷重条件の設定] A --> B[許容限界の設定] B --> C[ネット及びワイヤロープの設計] D[支持架構設計
(配置, 支持間隔)] --> C C --> E[接続治具 (支持部及び固定部) の設計] E --> F[防護ネット
(鋼製枠)] E --> G[防護ネット
(支持架構に直接設置)] F --> H[鋼製枠及び接続部の設計] G --> I[ネット取付金物及び接続部の設計] I --> J[補助防護板の設計] H --> END[END] J --> END </pre> <p>第 5.1-2 図 防護ネットの設計フロー</p> <p><u>防護ネット(支持架構に直接設置)のうちネットは, ネット端部の網目を縫うようにはわせたワイヤロープにより支持し, ワイヤロープはターンバックル及びシャックル並びに鋼製枠の四隅に設置した隅角部固定ボルトにて支持する。ターンバックル及びシャックルは支持架構に設置した取付プレートにより支持し, 隅角部固定ボルト, ネット取付金物は支持架構に設置した押さえボルト及び取付ボルトにより支持される構造とする。また, ネットと支持架構の隙間を砂利以下の大きさとするため, 補助防護板を設置する設計とする。</u></p> <p><u>防護ネット(鋼製枠)のうちネットは, ネット端部の網目を縫うようにはわせたワイヤロープにより支持し, ワイヤロープは</u></p>	備考

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p><u>ターンバックル及びシャックル並びに鋼製枠の四隅に設置した隅角部固定ボルトにて支持する。また、ターンバックル及びシャックルは、鋼製枠内に具備した取付プレートにより支持される構造とする。</u></p> <p><u>防護ネットは、50mm 目合いのネット 2 枚及び 40mm 目合いのネット 1 枚(補助ネット)で構成する。</u></p> <p><u>防護ネットは、電中研報告書にて適用性が確認されている評価式及びネットの物性値を用いた設計とする。</u></p> <p><u>防護ネットを構成するネット、ワイヤロープ、接続治具(支持部及び固定部)及び接続部についての構造設計を以下に示す。</u></p> <p><u>(a) ネット</u></p> <p><u>ネットは、らせん状の硬鋼線を 3 次元的に編み込み、編み込みの方向によって荷重を受け持つ展開方向と展開直角方向の異方性を有する。展開方向が主に荷重を受け持ち、展開方向と展開直角方向で剛性や伸び量が異なるため、これらの異方性を考慮した設計とする。ネットは、電中研報告書において、その剛性、最大たわみ時のたわみ角、1 目合いの破断変位等が確認されている。</u></p> <p><u>ネットの寸法は、支持架構の柱及びはりの間隔並びにネットの展開方向と展開直角方向の剛性や伸び量の異方性を考慮して、展開方向と展開直角方向の寸法の比(以下「アスペクト比」という。)について、電中研報告書にて適用性が確認されている範囲(1:1~2:1)に入るように設計する。ただし、設定する寸法での限界吸収エネルギー等を踏まえ、設置するネットの枚数を</u></p>		

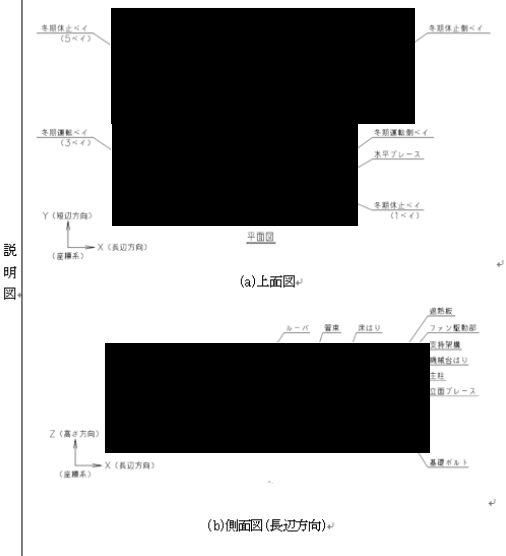
再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p><u>増やし、衝撃荷重に対する耐力を持たせるとともにたわみ量を低減させる設計とする。</u></p> <p><u>(b) ワイヤロープ</u></p> <p><u>ワイヤロープの取付部は、展開方向のワイヤロープと展開直角方向のワイヤロープで荷重の伝達分布が異なり、さらにワイヤロープの巻き方によりワイヤロープ間の荷重伝達に影響を及ぼす可能性があるため、ネットに対して2本をL字に設置することにより、ワイヤロープに作用する荷重が均一となるような設計とする。</u></p> <p><u>防護ネットの基本構造において、ワイヤロープは上下2段設置しており、上段のワイヤロープは50mm目合いと40mm目合いのネット2枚を支持するため、ワイヤロープは支持するネット枚数を考慮した設計とする。</u></p> <p><u>(c) 接続治具(支持部及び固定部)</u></p> <p><u>電中研報告書の評価式を適用するため、衝突試験における試験体と同じ構造を採用しており、飛来物衝突時に急激な荷重が作用するのを抑制するために、緩衝装置を有する保持管を四隅に設置する設計とする。</u></p> <p><u>接続治具(支持部及び固定部)は、ネットへの設計飛来物の衝突によりネットからワイヤロープを介して作用する荷重もしくは発生する応力に対して、破断することのない強度を有する設計とする。</u></p> <p><u>(d) 接続部</u></p> <p><u>接続部は、ネット取付金物から伝播する荷重に対し、破断することのない強度を有する設計とする。</u></p>		

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p>(e) <u>補助防護板</u></p> <p><u>防護ネット(支持架構に直接設置)のうち、補助防護板は、ネットと支持架構の隙間から飛来物が侵入し、竜巻防護対象施設に衝突することを防止可能な設計とするため、隙間から侵入する飛来物の衝突に対し、補助防護板が貫通することなく、また竜巻防護対象施設に波及的影響を与えない設計とする。</u></p> <p>b. <u>防護板(鋼材)の構造設計</u></p> <p><u>防護板(鋼材)は、竜巻防護対象施設の機能喪失に至る可能性のある飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能な設計とするため、飛来物の防護板(鋼材)への衝突に対し、防護板(鋼材)が貫通することなく支持架構に荷重を伝達させる。また、防護板(鋼材)は取付ボルトにより支持架構に接続し、飛来物の衝突によって脱落することのない設計とする。</u></p> <p><u>防護板(鋼材)の設計フローを第 5.1-3 図に示す。</u></p>		

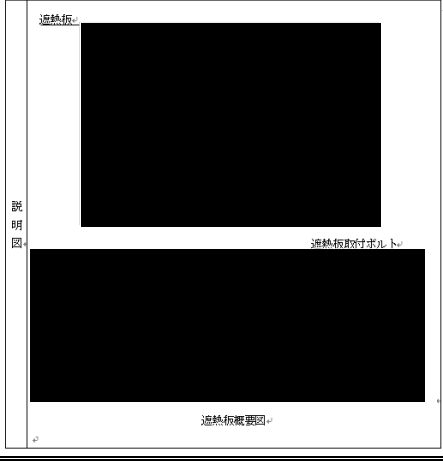
再処理施設	発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3
	 <p>第 5.1-3 図 防護板(鋼材)の設計フロー</p> <p><u>防護板(鋼材)は、鋼板で構成し、飛来物の衝突に対し防護板(鋼材)が貫通することがないように部材厚を有する設計とする。</u></p> <p><u>防護板(鋼材)は取付ボルトにより支持架構に接続させ、取付ボルト孔周辺の鋼板の破断が取付ボルトの破断よりも先行しない強度を有し、かつ取付ボルトの破断により脱落することのない設計とする。取付ボルトは、飛来物の衝突により作用する荷重の種類、支持部の配置及び支持部の耐力を考慮して取付ボルト本数、サイズを設定し、飛来物が衝突した際に、その近傍の取付ボルトが破断することが想定されるため、取付ボルトは互いに離れた位置に複数箇所設置し、取付ボルト全数が破断しないようにすることで、防護板(鋼材)の脱落を防止する。</u></p> <p><u>また、取付ボルトの一部が破断した場合においても、防護板(鋼材)に回転を生じ</u></p>	

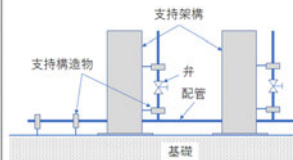
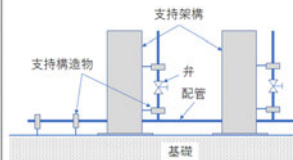
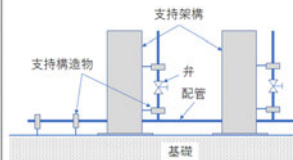
再処理施設	発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3
	<p>させず、その場に留まる設計とする。</p> <p>c. 支持架構の構造設計</p> <p><u>支持架構は、竜巻防護対象施設の機能喪失に至る可能性がある設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能な設計とするため、設計飛来物が支持架構を構成する主要な構造部材を貫通しない設計とする。また、上載する防護ネット及び防護板(鋼材)を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないために、脱落、倒壊及び転倒を生じない構造強度を有する設計とする。</u></p> <p><u>支持架構の設計フローを第 5.1-4 図に示す。</u></p>  <p>第 5.1-4 図 支持架構の設計フロー</p>	

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p><u>支持架構は、角形鋼管やH形鋼等から構成され、防護ネット及び防護板(鋼材)からの荷重を支持する設計とする。</u></p> <p><u>支持架構は、支持架構部材、支持架構部材の接続部及び柱脚部より構成され、支持架構の接続部は溶接又はボルトにより接続し、柱脚部は基礎又は建屋に固定する設計とする。支持架構部材の接続部については、母材と同等の耐力を有する設計とする。</u></p> <p><u>防護ネット及び防護板(鋼材)への飛来物衝突時の荷重は、隣り合う支持架構部材から柱などの主架構及び柱脚部を介して基礎又は建屋へ伝達する設計とする。飛来物が支持架構に直接衝突する場合は、支持架構から柱脚部を介して基礎又は建屋へ伝達する設計とする。</u></p>		
	<p>5.2 構造概要</p> <p>(1) <u>竜巻防護対象施設を収納する建屋</u> <u>竜巻防護対象施設を収納する建屋に対する機能設計については、次回以降に詳細を説明する。</u></p>		具体的対象は当該設備を申請する後次回申請時に示す。
	<p>(2) <u>建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設</u> <u>建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設に対する機能設計については、次回以降に詳細を説明する。</u></p>		具体的対象は当該設備を申請する後次回申請時に示す。
	<p>(3) <u>屋外の竜巻防護対象施設</u></p> <p>a. <u>安全冷却水B 冷却塔の設計方針</u> <u>安全冷却水B 冷却塔は、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「4. 荷重の組合せ及び許容限界」で設定している荷重を踏まえ、以</u></p>		

再処理施設	発電炉	備考											
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3											
	<p><u>ルーバはルーバフレーム、ルーバブレード、ブレードシャフト、ルーバ取付ボルトにより構成される。</u></p> <p><u>安全冷却水 B 冷却塔の構造計画を第5.2-1表に示す。</u></p> <p><u>第5.2-1表 冷却塔の構造計画</u></p> <table border="1" data-bbox="667 507 1182 667"> <thead> <tr> <th>施設名称[Ⓐ]</th> <th>冷却塔[Ⓐ]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">【位置】[Ⓐ]</td> </tr> <tr> <td colspan="2">冷却塔は、屋外に設置する設計としている。[Ⓐ]</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">計画の概要[Ⓐ]</td> <td>主要構造[Ⓐ]</td> <td>鋼製の支持架構に管束、ファン駆動部等を固定する構造とする。[Ⓐ]</td> </tr> <tr> <td>支持構造[Ⓐ]</td> <td>コンクリート基礎に基礎ボルトで固定する。[Ⓐ]</td> </tr> </tbody> </table> 	施設名称 [Ⓐ]	冷却塔 [Ⓐ]	【位置】 [Ⓐ]		冷却塔は、屋外に設置する設計としている。 [Ⓐ]		計画の概要 [Ⓐ]	主要構造 [Ⓐ]	鋼製の支持架構に管束、ファン駆動部等を固定する構造とする。 [Ⓐ]	支持構造 [Ⓐ]	コンクリート基礎に基礎ボルトで固定する。 [Ⓐ]	
施設名称 [Ⓐ]	冷却塔 [Ⓐ]												
【位置】 [Ⓐ]													
冷却塔は、屋外に設置する設計としている。 [Ⓐ]													
計画の概要 [Ⓐ]	主要構造 [Ⓐ]	鋼製の支持架構に管束、ファン駆動部等を固定する構造とする。 [Ⓐ]											
	支持構造 [Ⓐ]	コンクリート基礎に基礎ボルトで固定する。 [Ⓐ]											

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p>製造区</p> <p>(c)側面図(短辺方向) 安全冷却水冷却塔 概要図</p> <p>説明図</p> <p>ファン駆動部概要図</p> <p>ループ概要図</p>		

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	 <p>b. <u>安全冷却水系(安全冷却水 B 冷却塔まわり配管)の設計方針</u> <u>安全冷却水系(安全冷却水 B 冷却塔まわり配管)は、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「4. 荷重の組合せ及び許容限界」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。</u> <u>安全冷却水系(安全冷却水 B 冷却塔まわり配管)は、鋼製の配管及び弁を主体構造とし、支持構造物により建屋の床・壁や基礎等から支持する構造とする。また、作用する荷重については、配管本体に作用する構造とする。安全冷却水系(安全冷却水 B 冷却塔まわり配管(安全冷却水冷却塔～安全冷却水冷却塔供給ヘッダー合流点, 安全冷却水冷却塔戻りヘッダー分岐点～安全冷却水冷却塔))は、安全冷却水 B 冷却塔周辺に設置する。</u></p>		

再処理施設	発電炉	備考										
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3										
	<p><u>配管の構造計画を第 5.2-2 表に示す。</u></p> <p>第 5.2-2 表 配管の構造計画</p> <table border="1" data-bbox="660 359 1187 742"> <thead> <tr> <th rowspan="2">施設名称</th> <th colspan="2">計画の概要</th> <th rowspan="2">説明図</th> </tr> <tr> <th>主要構造</th> <th>支持構造</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>配管</td> <td>鋼製の配管本体及び弁で構成する。</td> <td>配管本体及び弁は支持構造物により、冷却塔本体の支持構造又は基礎上面から支持する。</td> <td>  </td> </tr> </tbody> </table> <p>【位置】 配管及び弁（安全冷却水 B 冷却塔）は、支持架構で支持する設計とする。</p>	施設名称	計画の概要		説明図	主要構造	支持構造	配管	鋼製の配管本体及び弁で構成する。	配管本体及び弁は支持構造物により、冷却塔本体の支持構造又は基礎上面から支持する。		
施設名称	計画の概要		説明図									
	主要構造	支持構造										
配管	鋼製の配管本体及び弁で構成する。	配管本体及び弁は支持構造物により、冷却塔本体の支持構造又は基礎上面から支持する。										
	<p><u>(4) 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設</u> <u>竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。</u></p>	<p>具体的対象は当該設備を申請する後次回申請時に示す。</p>										
	<p><u>(5) 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋</u> <u>使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。</u></p>	<p>具体的対象は当該設備を申請する後次回申請時に示す。</p>										
	<p><u>(6) 竜巻防護対策設備</u> a. <u>飛来物防護板</u> b. <u>飛来物防護ネット</u> <u>飛来物防護ネットは、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。）と同型の防護ネット（以下「防護ネッ</u></p>											

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p><u>ト(鋼製柱)」という。), 支持架構の耐震性への配慮から鋼製柱を設けず, 支持架構に直接設置する防護ネット(以下「防護ネット(支持架構に直接設置)」という。), 防護板(鋼材)及び支持架構で構成し, 竜巻防護対象施設を取り囲むように設置することで, 飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止し, 竜巻防護対象施設と防護ネットの離隔を確保することにより, 防護ネットにたわみが生じたとしても, 竜巻防護対象施設に飛来物を衝突させない構造とする。また, 支持架構は杭基礎により支持される構造とする。</u></p> <p><u>防護ネット(支持架構に直接設置)は, ネット, ワイヤロープ, ターンバックル, シャックル, 隅角部固定ボルト, 取付プレート, ネット取付金物, 取付ボルト及び押さえボルトを主体構造とし, これらを支持架構により支持する。また, ワイヤロープと支持架構の隙間を, 設計上考慮する飛来物である砂利以下の大きさとするため, 鋼製の補助防護板を設置する。なお, ターンバックル及びシャックルを接続治具(支持部), 隅角部固定ボルト及び取付プレートを接続治具(固定部), 取付ボルト及び押さえボルトを接続部とする。</u></p> <p><u>防護ネット(鋼製柱)は, ネット, ワイヤロープ, ターンバックル, シャックル, 隅角部固定ボルト, 取付プレート及び鋼製柱を主体構造とし, トロリを用いて支持架構から支持される。</u></p> <p><u>なお, ターンバックル及びシャックルを接続治具(支持部), 隅角部固定ボルト及び取付プレートを接続治具(固定部)とする。</u></p>		

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p><u>防護ネットのうちネットは、らせん状の硬鋼線を3次的に編み込み、編み込みの方向によって荷重を受け持つ展開方向と展開直角方向の異方性を持ち、支持架構の配置、ネットに作用する荷重及び竜巻防護対象施設との離隔距離に応じて、ネットの展開方向と展開直角方向の長さの比を考慮して、網目 50 mmのネットを複数枚重ねて設置する構造とする。また、設計飛来物である鋼製パイプを捕捉するため、網目 40 mmの補助ネットを設置する構造とする。</u></p> <p><u>防護ネットの構造計画を第 5.2-3 表に示す。</u></p> <p><u>防護板(鋼材)は、離隔距離が確保できない箇所やネットの変形を阻害するブレース材等が存在する箇所に設置する。鋼板は設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するため、設計飛来物が貫通しない厚さとする。また、設計荷重(竜巻)に対し、鋼板の破断による脱落を防止するために、鋼板のはしあき強度を確保する。</u></p> <p><u>鋼板を支持架構に固定する取付ボルトは、設計荷重(竜巻)に対し、鋼板の脱落を防止するため、以下の構造とする。</u></p> <p><u>鋼板の変形により作用する荷重を踏まえて取付ボルトのサイズ、本数及びボルトの設置間隔を設定する。更に、飛来物衝突位置近傍の取付ボルトは破断することが想定されるため、取付ボルトを複数配置することを基本構造とする。</u></p> <p><u>支持架構に対するボルト配置上の制約がある場合は、複数の取付ボルトを集約した支持部を2カ所以上設ける構造とする。</u></p>		

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<p><u>この際、支持部は鋼板の変形により作用する荷重を踏まえ、取付ボルトのサイズ、本数を設定し、耐力に応じた支持部の設置間隔を設定する。</u></p> <p><u>また、鋼板が内側へ回転することを防止できるように、支持架構に対して外面に設置する構造とする。なお、設計荷重（竜巻）により取付ボルトに破断が生じたとしても、鋼板の面内方向の移動も拘束できる構造とする。</u></p> <p><u>防護ネット及び防護板（鋼材）を支持する支持架構は、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、施設の外殻に作用する荷重並びに積載する防護ネット及び防護板（鋼材）からの荷重を支持する構造とする。また、支持架構を構成する柱は杭基礎を介して支持地盤である鷹架層に支持される構造とする。</u></p> <p><u>第5.2-3表 防護ネットの構造計画</u></p>		

再処理施設		発電炉	備考				
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3					
	<table border="1"> <tr> <td>設備名称</td> <td>飛来物防護ネット</td> </tr> <tr> <td>計画の概要</td> <td> <p>主要構造</p> <p>ネット、ワイヤロープ、接続治具（支持部及び固定部）、ネット取付金物及び接続部から構成する</p> <p>支持構造</p> <p>接続部及び取付プレートにより支持梁槽に直接支持され、支持梁槽を介して荷重を基礎に伝達する構造とする。</p> </td> </tr> </table> 	設備名称	飛来物防護ネット	計画の概要	<p>主要構造</p> <p>ネット、ワイヤロープ、接続治具（支持部及び固定部）、ネット取付金物及び接続部から構成する</p> <p>支持構造</p> <p>接続部及び取付プレートにより支持梁槽に直接支持され、支持梁槽を介して荷重を基礎に伝達する構造とする。</p>		
設備名称	飛来物防護ネット						
計画の概要	<p>主要構造</p> <p>ネット、ワイヤロープ、接続治具（支持部及び固定部）、ネット取付金物及び接続部から構成する</p> <p>支持構造</p> <p>接続部及び取付プレートにより支持梁槽に直接支持され、支持梁槽を介して荷重を基礎に伝達する構造とする。</p>						

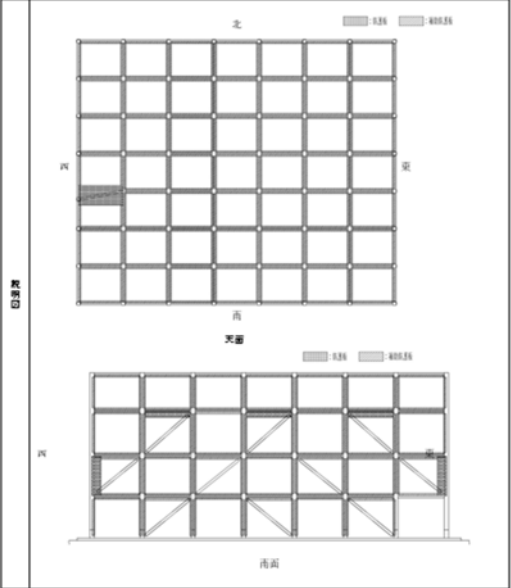
再処理施設	発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3
	<p>a 部</p> <p>隅角部固定ボルト周りの概要図</p> <p>b 部</p>	

再処理施設		発電炉	備考						
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3							
	<table border="1"> <tr> <td>設備名称</td> <td>竜巻物防網</td> </tr> <tr> <td>主要構造</td> <td>ネット、ワイヤロープ、接続器具（支柱部及び固定部）、ネット取付金物及び接続部から構成する。</td> </tr> <tr> <td>支柱構造</td> <td>支柱部及び取付プレートにより支柱部等に固定され、支柱部を通じて重量を基礎に伝達する構造とする。</td> </tr> </table>	設備名称	竜巻物防網	主要構造	ネット、ワイヤロープ、接続器具（支柱部及び固定部）、ネット取付金物及び接続部から構成する。	支柱構造	支柱部及び取付プレートにより支柱部等に固定され、支柱部を通じて重量を基礎に伝達する構造とする。		
設備名称	竜巻物防網								
主要構造	ネット、ワイヤロープ、接続器具（支柱部及び固定部）、ネット取付金物及び接続部から構成する。								
支柱構造	支柱部及び取付プレートにより支柱部等に固定され、支柱部を通じて重量を基礎に伝達する構造とする。								

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
	<div data-bbox="672 255 1176 829" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="660 1093 1187 1165">(a) <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)</u></p> <p data-bbox="660 1165 1187 1308"><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)は、防護ネット、防護板(鋼材)及び支持架構を組み合わせて、安全冷却水 B 冷却塔の周囲に設置する。</u></p> <p data-bbox="660 1308 1187 1420"><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)の構造計画を第 5.2-4 表に示す。</u></p>		

再処理施設		発電炉	備考				
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3					
	<p>第 5.2-4 表 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)の構造計画</p> <table border="1"> <tr> <td>設備名称</td> <td>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)</td> </tr> <tr> <td>計画の概要</td> <td> <p>主要構造 防護ネット(支持架構に直付設置)、防護ネット(鋼製枠)、防護板(鋼材)及び支持架構から構成する</p> <p>支持構造 杭基礎を介して支持地盤である層架層に支持される構造とする。</p> </td> </tr> </table> <p>【凡例】</p> <ul style="list-style-type: none"> ■: 防護ネット(支持架構に直付設置) ■: 防護ネット(鋼製枠) ■: 防護板 	設備名称	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)	計画の概要	<p>主要構造 防護ネット(支持架構に直付設置)、防護ネット(鋼製枠)、防護板(鋼材)及び支持架構から構成する</p> <p>支持構造 杭基礎を介して支持地盤である層架層に支持される構造とする。</p>		
設備名称	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)						
計画の概要	<p>主要構造 防護ネット(支持架構に直付設置)、防護ネット(鋼製枠)、防護板(鋼材)及び支持架構から構成する</p> <p>支持構造 杭基礎を介して支持地盤である層架層に支持される構造とする。</p>						

再処理施設	発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	
			

再処理施設		発電炉	備考
添付書類VI-1-1-1-2-1	添付書類VI-1-1-1-2-3	添付書類V-1-1-2-3-3	

別紙4－4

竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針

【凡例】

下線：

- ・プラントの違いによらない記載内容の差異
- ・章立ての違いによる記載位置の違いによる差異

二重下線：

- ・プラント固有の事項による記載内容の差異
- ・後次回の申請範囲に伴う差異

VI-1-1-1-2-4-1-1
竜巻への配慮が必要な施設の強度計
算の方針

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 強度評価の基本方針	1
2.1 評価対象施設	2
2.1.1 竜巻防護対象施設	2
2.1.2 重大事故等対処設備	3
2.2 評価方針	3
2.2.1 評価の分類	3
3. 構造強度設計	5
3.1 構造強度の評価方針	5
3.2 評価対象部位の選定	10
3.2.1 構造強度評価対象部位の選定	10
3.2.2 衝突評価対象部位の選定	13
4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	14
4.1 荷重の設定及び荷重の組合せ	14
4.2 許容限界	18
5. 強度評価方法	24
5.1 構造強度評価	24
5.1.1 建物・構築物に関する評価式	24
5.1.2 機器・配管系に関する評価式	24
5.2 衝突評価	41
5.2.1 建物・構築物	41
5.2.2 機器・配管系	41
6. 準拠規格	43

1. 概要

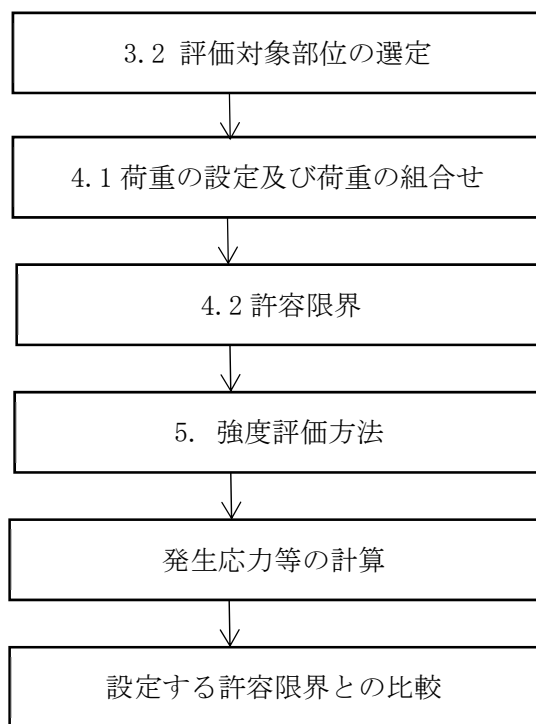
本資料は、「VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」及び「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」に基づき、竜巻の影響を考慮する施設が、設計荷重(竜巻)に対して要求される強度を有することを確認するための強度評価の方針について説明するものである。

強度評価は、「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.2 準拠規格」に示す規格を用いて実施する。

なお、竜巻への配慮が必要な施設のうち、竜巻防護対策設備(飛来物防護ネット及び飛来物防護板)の評価方針については、設計飛来物が竜巻防護対象施設に衝突することを防止するための防護措置であり、施設自体の変形によりエネルギーを吸収する設計としている。そのため、設計思想がその他の竜巻の影響を考慮する施設と異なることから、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」に示す。

2. 強度評価の基本方針

強度評価は、「2.1 評価対象施設」に示す評価対象施設を対象として、「4.1 荷重の設定及び荷重の組合せ」で示す設計荷重(竜巻)により生じる応力等が「4.2 許容限界」で示す許容限界内にあることを「5. 強度評価方法」に示す計算方法を使用し、「6. 準拠規格」に示す規格を用いて確認する。強度評価の全体の流れを第2-1図に示す。



第2-1図 強度評価の流れ※

※ フロー中の番号は本資料での記載箇所を示す。

2.1 評価対象施設

2.1.1 竜巻防護対象施設

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」にて構造強度設計上の性能目標を設定している竜巻の影響を考慮する施設を強度評価の対象とする。強度評価を行うにあたり、評価対象施設を以下のとおり分類することとし、第2.1.1-1表に示す。

(1) 建物・構築物

a. 竜巻防護対象施設を収納する建屋

建屋内の竜巻防護対象施設を防護する外殻となる、竜巻防護対象施設を収納する建屋とする。

b. 屋外の竜巻防護対象施設（建物・構築物）

設計荷重(竜巻)に対し構造強度を維持する必要がある建屋とする。

c. 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋

使用済燃料収納キャスクを防護する外殻となる、使用済燃料収納キャスクを収納する建屋とする。

d. 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設（建物・構築物）

竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性がある施設とする。

(2) 機器・配管系

a. 建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設

気圧差による荷重に対し構造強度を維持する必要がある、外気と繋がっている建屋内の竜巻防護対象施設とする。

b. 屋外の竜巻防護対象施設（機器・配管系）

設計荷重(竜巻)に対し構造強度を維持する必要がある屋外の竜巻防護対象施設とする。

c. 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設（機器・配管系）

竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性がある施設とする。

第2.1.1-1 評価対象施設(竜巻防護対象施設)

評価区分	施設区分	評価対象施設
機器・配管系	屋外の竜巻防護対象施設 (機器・配管系)	・安全冷却水 B 冷却塔 ・安全冷却水系(安全冷却水 B 冷却塔まわり配管)

注記：第 1 回設工認申請の対象設備のみを記載。

なお、その他の竜巻の影響を考慮する施設に係る強度計算の方針については、各施設の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

2.1.2 重大事故等対処設備

重大事故等対処設備については、当該設備の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

2.2 評価方針

竜巻の影響を考慮する施設を対象に、「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で示す構造強度設計上の性能目標を達成するため、竜巻に対する強度評価を実施する。

強度評価の評価方針は、それぞれ「2.2.1(1) 構造強度評価」の方針、「2.2.1(2) 衝突評価」の方針及び「2.2.1(3) 動的機能維持評価」の方針に分類でき、評価対象施設はこれらに示す評価を実施する。

2.2.1 評価の分類

(1) 構造強度評価

構造強度評価は、設計荷重(竜巻)により生じる応力等に対し、評価対象施設及びその支持構造物が、当該施設の機能を維持可能な構造強度を有することを確認する。構造強度評価は、構造強度により閉止性及び開閉機能を確保することの評価を含む。

構造強度評価は、評価対象施設の構造を考慮し、以下に示す分類ごとの評価方針を「3.1(1) 構造強度評価」に示す。

a. 建物・構築物

建物・構築物の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

b. 機器・配管系

機器・配管系における評価分類と評価対象施設を第2.2.1-1表に示す。

第2.2.1-1表 機器・配管系における評価分類と評価対象施設

評価区分	評価分類	評価対象施設
機器・配管系	冷却塔	・安全冷却水 B 冷却塔
	配管	・安全冷却水系 (安全冷却水B冷却塔まわり配管)

(2) 衝突評価

衝突評価は、設計竜巻による設計飛来物による衝撃荷重に対する直接的な影響の評価として、評価対象施設に貫入が生じた場合においても、当該施設の機能を維持可能な状態に留めることを確認する。

評価対象施設の構造及び当該施設の機能を考慮し、飛来物の衝突により想定される損傷モードを以下のとおり分類し、それぞれの評価方針を「3.1(2) 衝突評価」に示す。

a. 建物・構築物

建物・構築物の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

b. 機器・配管系

(a) 貫入

(3) 動的機能維持評価

動的機能維持評価は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後において、冷却塔のファン駆動部等の動的機器が、当該施設の動的機能を維持可能なことを確認する。

a. 機器・配管系

(a) 冷却塔

3. 構造強度設計

3.1 構造強度の評価方針

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度上の性能目標を達成するために「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.1 構造設計」に示す設計方針を踏まえ、「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重、「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.4 竜巻の影響を考慮する施設に対する竜巻防護設計」に示す許容限界を適切に考慮して、評価を実施する。

(1) 構造強度評価

a. 建物・構築物

建物・構築物の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

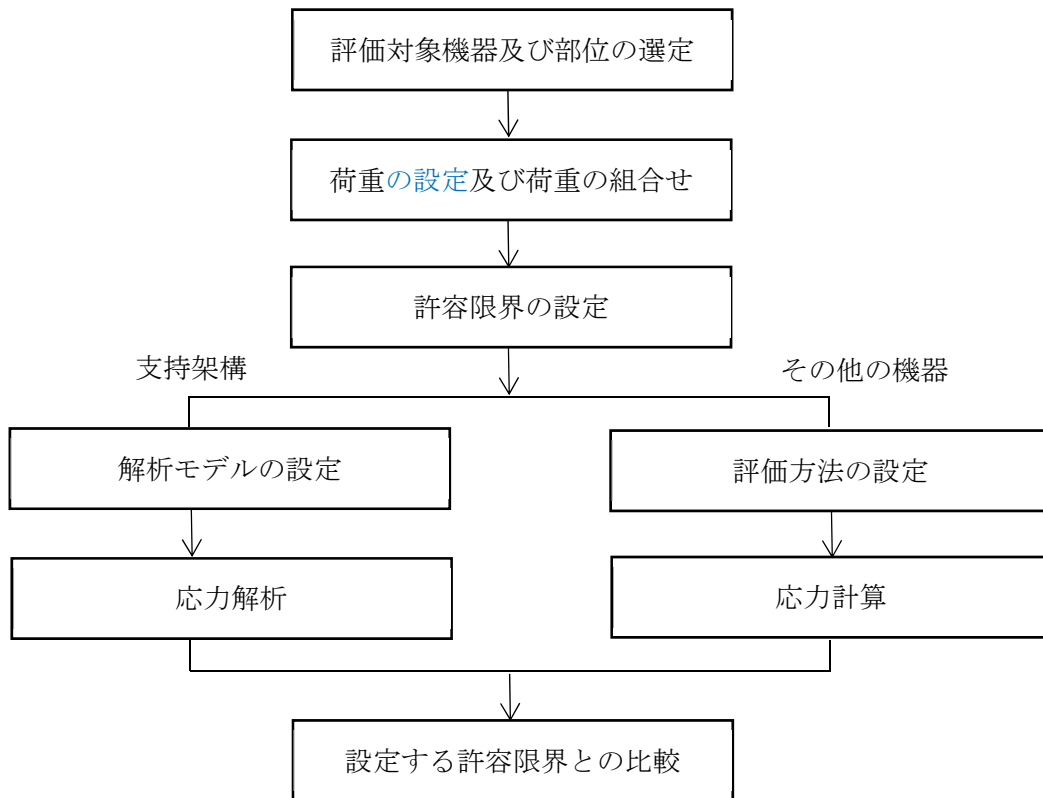
b. 機器・配管系

(a) 冷却塔

冷却塔の構造強度評価フローを第3.1-1図に示す。

構造強度評価については、設計荷重（竜巻）に対し、冷却塔の機能に影響を与える機器のうち、設計荷重（竜巻）が直接作用する部位及び直接作用する部位を介して荷重が作用する部位に生じる応力が、許容応力以下であることを計算により確認する。

評価方法としては、「5.1.2(1) 冷却塔」に示すとおり、FEM等を用いた解析法若しくは定式化された評価式を用いた解析法により評価対象部位に対する発生荷重及び発生モーメントを算定する。

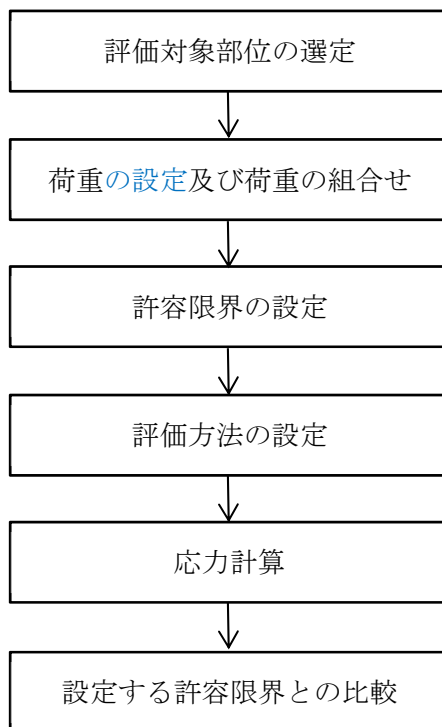


第3.1-1図 冷却塔の構造強度評価フロー

(b) 配管

配管の構造強度評価フローを第3.1-2図に示す。

構造強度評価については、設計荷重(竜巻)に対し、配管本体に生じる応力が許容応力以下であることを計算により確認する。評価方法としては、「5.1.2(2)配管」に示すとおり、評価式により算出した応力を基に評価を行う。



第3.1-2図 配管の強度評価フロー

(2) 衝突評価

a. 建物・構築物

建物・構築物の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

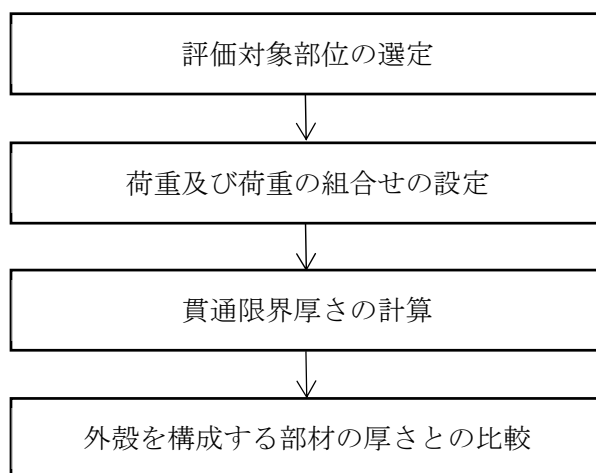
b. 機器・配管系

機器・配管系における衝突評価については、防護ネットを通過する飛来物である砂利による衝撃荷重に対し、外殻を構成する部材の厚さ未満であることを計算により確認することを基本とする。

耐圧部については、外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さ[※]を差し引いた残りの厚さが貫通限界厚さ以上となることを確認する。

評価方法としては、「5.2.2 機器・配管系」に示すとおり、評価式により算出した貫通限界厚さを基に評価を行う。

※ 耐圧強度上必要な厚さとは、最高使用圧力等使用環境から要求される厚さであり、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007」(社)日本機械学会(以下、「JSME」という。)に基づき算出される。



第 3.1-3 図 衝突評価フロー

(3) 動的機能維持評価

a. 機器・配管系

(a) 冷却塔

動的機能維持評価は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後において、動的機器であるファン駆動部が、動的機能を維持可能なことを確認する評価であり、以下の2点について評価を行う。

- ・ファンリングとファンの接触評価
- ・原動機等の軸受け部の破損評価

安全冷却水B冷却塔においては、動的機能を維持するため、以下の設計としている。

- ・ [REDACTED]
[REDACTED]十分な曲げ剛性を有する設計とすること
- ・ [REDACTED]
[REDACTED]変位は生じない設計とすること

上記の設計を踏まえ、各機器の取付ボルトの構造健全性を確認することで、動的機能は維持されていると判断できることから、動的機能維持評価は、取付ボルトの構造強度評価に包絡される。

3.2 評価対象部位の選定

3.2.1 構造強度評価対象部位の選定

(1) 建物・構築物

建物・構築物の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

(2) 機器・配管系

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.2 構造概要」に示す構造に基づき、設計荷重(竜巻)の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を選定する。

a. 冷却塔

冷却塔は、機器の形状を考慮した上で設計荷重（竜巻）が作用する機器のうち、冷却機能を維持するために必要な機器及び冷却機能を維持するために必要な機器に対し、影響を及ぼすおそれのある機器を評価対象機器とする。冷却塔における構造強度評価の評価対象機器の選定結果を第3.2.1-1表に示す。

第3.2.1-1表 冷却塔における構造強度評価の評価対象機器

評価分類	名称	評価対象機器	選定理由
冷却塔	安全冷却水 B冷却塔	管束	[Redacted]
		ファン駆動部	
		支持架構 (基礎ボルト含む)	
		遮熱板	
		ルーバ	

第3.2.1-1表で選定された機器に対し、荷重の伝達過程を踏まえて評価対象部位を選定する。冷却塔における評価対象部位の選定結果を第3.2.1-2表に示す。

(c) 遮熱板の評価対象部位

設計荷重(竜巻)は、遮熱板本体に作用し、遮熱板を介して取付ボルトに作用する。

遮熱板と遮熱板取付ボルトを構造強度評価の評価対象部位として選定する。

(d) ルーバの評価対象部位

構造強度評価の評価対象部位として選定する。

なお、ルーバを構成する部位のうち、ルーバブレード、ブレードシャフトについては、

評価対象外とする。ルーバフレームについては、
評価対象外とする。

第 3.2.1-2 表 構造強度評価の評価対象部位

評価分類	施設名称	評価対象機器	評価対象部位
冷却塔	安全冷却水B 冷却塔	管束	管束フレーム
			ヘッダー
			管束取付ボルト
		ファン駆動部	ファンリング
			ファンリングサポート
			ファンリングサポート取付ボルト
		支持架構 (基礎ボルト含む)	支持架構を構成する部材 (支柱, 床はり, 2F 機械台はり, 立面ブレース及び水平ブレース)
			基礎ボルト
		遮熱板	遮熱板
			遮熱板取付ボルト
ルーバ	ルーバ取付ボルト		

第3.2.2-1表 衝突評価の評価対象部位

評価分類	施設名称	評価対象機器	評価対象部位
冷却塔	安全冷却水B冷却塔	管束	管束フレーム
		ファン駆動部	ファンリング
		支持架構 (基礎ボルト含む)	床はり
		遮熱板	遮熱板本体

b. 配管

評価において考慮する飛来物の衝突により、配管に飛来物による衝撃荷重が作用し貫入する可能性があるため、貫入によりその施設の機能が喪失する可能性のある箇所を評価対象部位として設定する。弁を設置している箇所においては、弁の板厚は配管の板厚に比べ厚く、配管の評価に包絡されるため、配管のみを評価対象とする。第3.2.2-2表に評価対象機器と評価対象部位を示す。

第3.2.2-2表 構造強度評価の評価対象部位

評価分類	施設名称	評価対象部位
配管	安全冷却水系(安全冷却水B冷却塔周りの配管)	配管本体

4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

評価対象施設の強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せを、「4.1 荷重の設定及び荷重の組合せ」に、許容限界を「4.2 許容限界」に示す。

4.1 荷重の設定及び荷重の組合せ

(1) 荷重の組合せ

評価対象施設の設計に用いる設計竜巻荷重は、竜巻ガイドを参考に設計竜巻の風圧力による荷重(W_w)、気圧差による荷重(W_p)及び設計飛来物による衝撃荷重(W_M)を組み合わせた複合荷重とし、下式より算出する。

$$W_{T1} = W_p \quad \dots (4.1-1)$$

$$W_{T2} = W_w + 0.5 \cdot W_p + W_M \quad \dots (4.1-2)$$

評価対象施設には W_{T1} 及び W_{T2} の両荷重をそれぞれ作用させる。各施設の設計竜巻による荷重の組合せについては、施設の設置状況及び構造を踏まえ適切な組合せを設定する。

各評価対象施設における評価項目ごとの荷重の組合せ一覧表を第4.1-1表に示す。

第4.1-1表 竜巻の影響を考慮する施設の荷重の組合せ

分類	施設名称	評価項目	荷重							
			常時作用する荷重			風圧力による 荷重	気圧差による 荷重	飛来物による 衝撃荷重	運転時 荷重	積雪 荷重
			自重	水頭圧	積載荷重					
機器・配管系	安全冷却水 B 冷却塔	構造強度	○	—	○*1	○	○	—	○*2	○*3
		衝突	—	—	—	—	—	○	—	—
	安全冷却水系(安全冷却水 B 冷却塔まわり配管)	構造強度	○	—	—	○	○	—	○*4	—
		衝突	—	—	—	—	—	○	—	—

(○：考慮する荷重を示す。)

注記) *1：管束等の積載重量

*2：管束を構成する部位のうちヘッダーに作用する内圧

*3：支持架構の積雪荷重

*4：配管に作用する内圧

(2) 荷重の算定方法

「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(1) 荷重の種類」で設定している荷重の算出式を以下に示す。

a. 記号の定義

荷重の算出に用いる記号を第4.1-2表に示す。

第4.1-2表 荷重の算出に用いる記号

記号	単位	定義
a'	mm	施設の横方向の受圧寸法
b'	mm	施設の縦方向の受圧寸法
A	m ²	施設の受圧面積
C	—	風力係数(施設の形状や風圧力が作用する部位(屋根, 壁等)に応じて設定する。)
F _d	N	常時作用する荷重
F _p	N	運転時荷重
G	—	ガスト影響係数
g	m/s ²	重力加速度(g=9.80665)
H	N	自重による荷重
m	kg	質量
q	N/m ²	設計用速度圧
R _m	m	最大接線風速半径
V _D	m/s	設計竜巻の最大風速
V _{Rm}	m/s	設計竜巻の最大接線風速
W _M	N	飛来物による衝撃荷重
W _P	N	気圧差による荷重
W _W	N	風圧力による荷重
ρ	Kg/m ³	空気密度
ΔP _{max}	N/m ²	設計竜巻の最大気圧低下量

b. 自重による荷重の算出

自重による荷重は以下のとおり計算する。

$$H = m \cdot g \quad \dots (4.1-3)$$

c. 竜巻による荷重の算出

(a) 風圧力による荷重

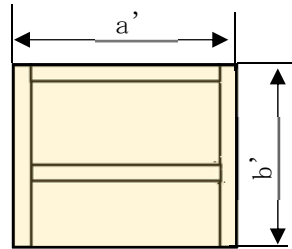
風圧力による荷重は、竜巻の最大風速による荷重であり、竜巻ガイドを参考に次式のとおり算出する。

$$W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A \quad \dots (4.1-4)$$

ここで、

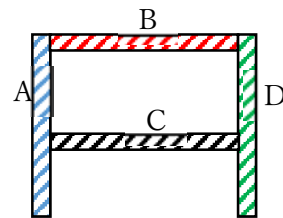
$$q = 1/2 \cdot \rho \cdot V_D^2 \quad \dots (4.1-5)$$

ここで、受圧面積は評価モデルを簡略化するため、投影面積で算出する方法と部材ごとに受圧面積を精緻化して算出する方法のどちらかにより算出することとする。受圧面積の考え方の概要図を第4.1-1図に示す。



$$\text{受圧面積 } A = a' \times b'$$

簡略化の考え方



部材 A の受圧面積： A_1

部材 B の受圧面積： A_2

部材 C の受圧面積： A_3

部材 D の受圧面積： A_4

$$\text{受圧面積 } A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

精緻化の考え方

第4.1-1図 受圧面積の算出方法

(b) 気圧差による荷重

気圧差による荷重は、次式のとおり算出する。

$$W_p = \Delta P_{\max} \cdot A \quad \dots (4.1-6)$$

ここで、

$$\Delta P_{\max} = \rho \times V_{Rm}^2 \quad \dots (4.1-7)$$

(c) 設計飛来物による衝撃荷重

設計飛来物による衝撃荷重を考慮する各施設の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

評価条件を第4.1-3表に示す。

第4.1-3表 評価条件

最大風速 V_D (m/s)	空気密度 ρ (kg/m ³)	ガスト影響 係数 G (—)	設計用 速度圧 q (N/m ²)	最大接線 風速 V_{Rm} (m/s)	最大気圧 低下量 ΔP_{max} (N/m ²)
100	1.22	1.0	6100	85	8900

4.2 許容限界

許容限界は、「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で示す構造強度設計上の性能目標及び「3.1 構造強度の評価方針」に示す評価方針を踏まえて、評価項目ごとに設定する。

「4.1 荷重の設定及び荷重の組合せ」で示す荷重及び荷重の組合せを含めた、評価項目ごとの許容限界を第4.2-1表に示す。

「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987」（（社）日本電気協会），「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編JEAG 4601-補 1984」（（社）日本電気協会）及び「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991追補版」（（社）日本電気協会）（以下、「JEAG4601」という。）を準用できる施設については、JEAG4601に基づきJSMEの付録材料図表及びJISの材料物性値により許容限界を算出している。その他施設や飛来物による衝撃荷重のみを考慮する施設については、JSMEや既往の実験式に基づき許容限界を設定する。

ただし、JSMEの適用を受ける機器であって、許容値の規定がJSMEにないものは機能維持の評価方針を考慮し、JEAG4601に基づいた許容限界を設定する。

第 4.2-1 表 施設ごとの許容限界(1/2)

施設名称	荷重の 組合せ	評価対象 部位	評価 項目	機能損傷モード		許容限界
				応力等の状態	限界状態	
安全冷却水 B 冷却塔	F _d +W _T (W _W , W _P)	管束フレーム ヘッダー 管束取付ボルト ファンリング ファンリングサポート ファンリングサポート取付ボルト 支持架構を構成する部材 基礎ボルト 遮熱板 遮熱板取付ボルト ルーバ取付ボルト	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	JEAG4601 等に準じて許容応力状態Ⅲ _A S の許容応力以下とする。
		外殻を構成する部材				施設の最小部材厚さが貫通限界厚さ以上とする。

第 4. 2-1 表 施設ごとの許容限界 (2/2)

施設名称	荷重の 組合せ	評価対象 部位	評価 項目	機能損傷モード		許容限界
				応力等の状態	限界状態	
安全冷却水系 (安全冷却水 B 冷却塔まわり 配管)	$F_d + W_T (W_W, W_P, W_M) + F_P$	配管本体	構造 強度	一次 (膜+曲げ)	部材の降伏	JEAG4601 等に準じて許容応 力状態Ⅲ _A S の許容応力以下 とする。
		外殻を構成する部材	衝突	変形	流路を確保 する機能の 喪失	評価式により算定した貫通 限界厚さが、外殻を構成する 部材の厚さから耐圧強度上 必要な厚さを差し引いた残 りの厚さ未満とする。

(1) 許容限界の設定

a. 構造強度評価

(a) 建物・構築物

建物・構築物の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

(b) 機器・配管系

イ. 冷却塔

構造強度評価においては、設計荷重(竜巻)に対し、冷却塔の機能に影響を与える機器を構成する部位のうち、設計荷重(竜巻)が直接作用する部位及び直接作用する部位を介して荷重が作用する部位が、概ね弾性域に収まることにより、その施設の安全機能に影響を及ぼすことのないことを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、JEAG4601等に準じて許容応力状態Ⅲ_ASの許容応力を許容限界として設定する。

ロ. 配管

構造強度評価においては、設計荷重(竜巻)に対し、配管本体が、概ね弾性域に収まることにより、その施設の安全機能に影響を及ぼすことのないことを踏まえ、JEAG4601等に準じて許容応力状態Ⅲ_ASの許容応力を許容限界として設定する。

b. 衝突評価

(a) 建物・構築物

建物・構築物の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

(b) 機器・配管系

衝突評価においては、飛来物による衝撃荷重に対し、外殻を構成する部材が、機能喪失に至る可能性のある変形を生じないことを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、部材厚さを許容限界として設定する。ただし、耐圧部については部材厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さを許容限界として設定する。冷却塔を構成する機器の外殻を構成する部材の厚さを第4.2-2表に示す。

配管における耐圧強度上必要な厚さについて平成7年7月22日付け7安(核規)第710号にて認可を受けた設工認申請書の「V-1 主要な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する設計の基本方針」の別添-6 図-37の値を用いる。配管の外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さを第4.2-3表に示す。

第 4.2-2 表 冷却塔を構成する機器の外殻を構成する部材厚さ

名称	評価対象機器	評価対象部位	板厚(mm)
安全冷却水 B 冷却塔	管束	管束フレーム	[Redacted]
	ファン駆動部	ファンリング	
	支持架構	床はり	
	遮熱板	遮熱板本体	

第 4.2-3 表 配管の外殻を構成する部材の厚さから
耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さ

竜巻防護対象施設	外殻を構成する 部材の厚さ (mm)	耐圧強度上 必要な厚さ (mm)	外殻を構成する部材の厚さか ら耐圧強度上必要な厚さを差 し引いた残りの厚さ (mm)
安全冷却水 B 冷却塔まわり配管 (安全冷却水 B 冷却塔～安全冷却水 B 冷却塔供給ヘッダー配管合流点, 安全冷却水 B 冷却塔戻りヘッダー 分岐点～安全冷却水 B 冷却塔)	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

(2) 構造強度評価における許容限界の算出

a. 建物・構築物

建物の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

b. 機器・配管系

(a) 冷却塔の許容限界

冷却塔の許容限界は、JEAG4601等を準拠し、「その他支持構造物」を適用する。 [Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted] 冷却塔の許容限界を第4.2-4表
に示す。

第4.2-4表 冷却塔の許容応力

許容応力状態	許容限界 (ボルト以外)				許容限界 (ボルト)	
	一次応力					
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
Ⅲ _A S	[Redacted]					

(b) 配管の許容限界

配管の許容限界は、JEAG4601等を準用し、「クラス2・クラス3配管」の許容限界を適用し、許容応力Ⅲ_ASから算出した許容応力を許容限界とする。

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]配管の許容限界を第4.2-5表に示す。

第4.2-5表 配管の許容応力

状態	許容限界
	一次応力(膜+曲げ)
許容応力状態Ⅲ _A S	Sy

5. 強度評価方法

評価手法は、以下に示す解析法により、適用性に留意の上、規格及び基準類並びに既往の文献において適用が妥当とされる手法に基づき実施することを基本とする。

- ・ FEM等を用いた解析法
- ・ 定式化された評価式を用いた解析法

竜巻ガイドを参照して、設計竜巻荷重は、地震荷重と同様に施設に作用する場合は、地震荷重と同様に外力として評価をするため、JEAG4601を適用可能とする。

ただし、閉じた施設となる屋外配管等については、その施設の大きさ及び形状を考慮した上で、気圧差を見かけ上の配管の内圧の増加として評価する。

風圧力による荷重の影響を考慮する施設については、建築基準法施行令等に基づき風圧力による荷重を考慮し、設備の受圧面に対して等分布荷重として扱って良いことから、評価上高さの1/2又は荷重作用点より高い重心位置に集中荷重として作用するものとする。

設計竜巻による荷重が作用する場合に強度評価を行う施設のうち、強度評価方法として、FEM等を用いた解析法、容器及び建屋等の定式化された評価式を用いた解析法を以下に示す。

5.1 構造強度評価

5.1.1 建物・構築物に関する評価式

建物・構築物の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

5.1.2 機器・配管系に関する評価式

(1) 冷却塔

a. 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を第5.1.2-1表に示す。

第5.1.2-1表 評価対象部位及び評価内容

評価分類	施設名称	評価対象機器	評価対象部位	応力等の状態
冷却塔	安全冷却水B 冷却塔	管束	管束フレーム	・曲げ
			ヘッダー	・曲げ
			管束取付ボルト	・せん断
		ファン駆動部	ファンリング	・曲げ
			ファンリングサポート	・曲げ
			ファンリングサポート取付ボルト	・引張 ・せん断
		支持架構 (基礎ボルト含む)	主柱, 床はり, 2F機械台はり, 水平ブレース, 立面ブレース	・引張 ・圧縮 ・せん断 ・曲げ ・組合せ(引張+曲げ) ・組合せ(圧縮+曲げ)
			基礎ボルト	・引張 ・せん断
		遮熱板	遮熱板	・曲げ
			遮熱板取付ボルト	・引張 ・せん断
		ルーバ	ルーバ取付ボルト	・引張 ・せん断

b. 評価条件

冷却塔の強度評価は、以下の条件に従うものとする。

(a) 管束, ファン駆動部, 遮熱板及びルーバ

イ. 支持架構搭載機器である管束, ファン駆動部, 遮熱板及びルーバは, 設計竜巻の風圧力による荷重を作用させ, 定型式を用いた評価を行う。

ロ. 設計竜巻の風圧力による荷重は発生応力が大きくなる方向から当たるものとする。

ハ. 荷重が全高の半分又はそれ以上となる位置に作用することとする。

c. 強度評価方法

(a) 記号の定義

イ. 機器本体（管束フレーム，ヘッダー，ファンリング，ファンリングサポート，遮熱板）

機器本体の応力評価に用いる記号を第5.1.2-2表に示す。

5.1.2-2表 機器本体の応力評価に用いる記号

記号	単位	定義
β_1	—	4辺支持平板として評価する機器の最大応力の係数
a	mm	4辺支持平板として評価する機器の短手側の辺の長さ
b	mm	4辺支持平板として評価する機器の長手側の辺の長さ
t	mm	4辺支持平板として評価する機器の板厚
σ_1	MPa	ヘッダーの風圧力による応力
σ_2	MPa	ヘッダーの内圧及び気圧差による応力
σ_i	MPa	ヘッダーの内圧による応力
B	mm	ヘッダーの高さ
L	mm	ヘッダーの支持間距離
P_i	MPa	ヘッダーの内圧
P_b	MPa	気圧差による圧力
g	m/s ²	重力加速度
h	mm	重心高さ
m	kg	自重
Z	mm ³	断面係数
n	本	ファンリングサポートの本数
ℓ	mm	機器中心と取付ボルトの距離
σ	MPa	発生応力
F	MPa	「JSME」SSB-3121.1(1)に定める値
1.5f _b	MPa	許容曲げ応力

- ロ. 機器取付ボルト（管束取付ボルト，ファンリングサポート取付ボルト，遮熱板取付ボルト，ルーバ取付ボルト）

機器取付ボルトの応力評価に用いる記号を第5.1.2-3表に示す。

第5.1.2-3表 機器取付ボルトの応力評価に用いる記号

記号	単位	定義
m	kg	各評価機器の自重
g	m/s^2	重力加速度
h	mm	各評価機器の重心高さ
A_b	mm^2	各評価機器の取付ボルトの軸断面積
n_t	本	引張力の作用する取付ボルトの評価本数
n	本	せん断力の作用する取付ボルトの評価本数
ℓ	mm	取付ボルト間の中心から，各取付ボルトまでの距離
L	mm	取付ボルト間の距離
σ_o	MPa	引張応力
F	MPa	「JSME」SSB-3121.1(1)に定める値
τ_b	MPa	せん断応力
$1.5f_t$	MPa	許容引張応力
$1.5f_s$	MPa	許容せん断応力

ハ. 支持架構を構成する部材の記号の定義

支持架構を構成する部材の構造強度評価に用いる記号を第5.1.2-4表に示す。

第5.1.2-4表 支持架構の応力評価に用いる記号

記号	単 位	定 義
F_a	N	はり要素に作用する引張, 圧縮荷重
F_y, F_z	N	はり要素に作用するせん断荷重
M_y, M_z	N・mm	はり要素に作用する曲げモーメント
M_a	N・mm	はり要素に作用するねじりモーメント
A_f	mm ²	部材の断面積
A_{f_y}, A_{f_z}	mm ²	部材の有効せん断断面積
Z, Z_y, Z_z	mm ³	部材の断面係数
Z_p	mm ³	部材のねじり断面係数
$1.5f_t$	MPa	許容引張応力
$1.5f_s$	MPa	許容せん断応力
$1.5f_c$	MPa	許容圧縮応力
$1.5f_b$	MPa	許容曲げ応力
σ_t	MPa	引張応力
σ_c	MPa	圧縮応力
σ_b	MPa	曲げ応力
τ	MPa	せん断応力
i, i_y, i_z	mm	部材の断面二次半径
E	MPa	縦弾性係数
F	MPa	「JSME S NC1」SSB-3121.1(1)に定める値

二. 基礎ボルト

基礎ボルトの応力評価に用いる記号を第5.1.2-5表に示す。

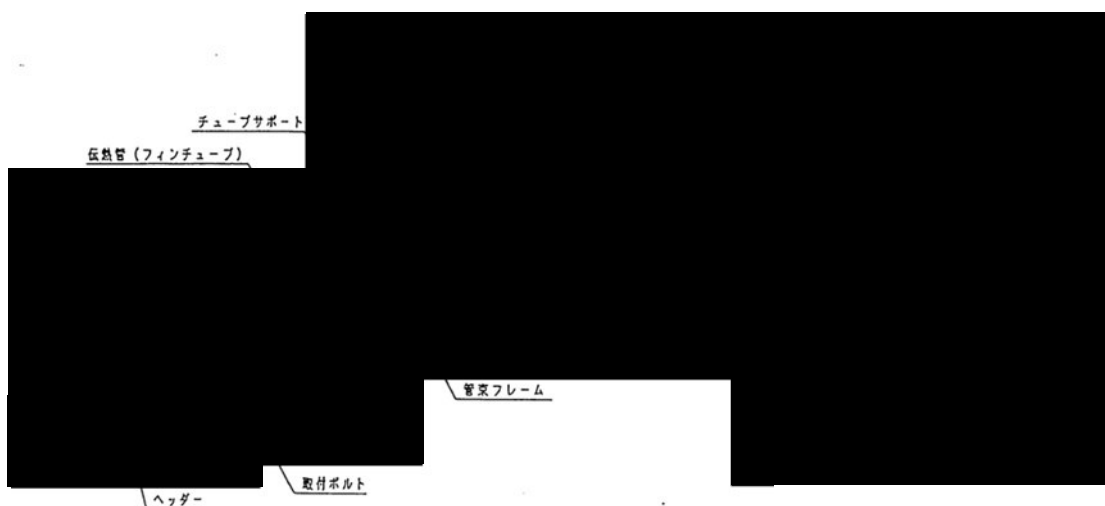
第5.1.2-5表 基礎ボルトの応力評価に用いる記号

記号	単位	定義
F_{bt}	N	ボルトの引張力
F_{bs}	N	ボルトのせん断力
A_b	mm ²	ボルトの断面積
σ_{ao}	MPa	ボルトに生じる引張応力
τ_b	MPa	ボルトに生じるせん断応力
n_a	本	柱脚部1ヶ所当たりのボルト本数
F	MPa	「JSME」SSB-3121.1(1)に定める値
$1.5f_t$	MPa	許容引張応力
$1.5f_s$	MPa	許容せん断応力

(b) 評価モデル

イ. 管束フレーム

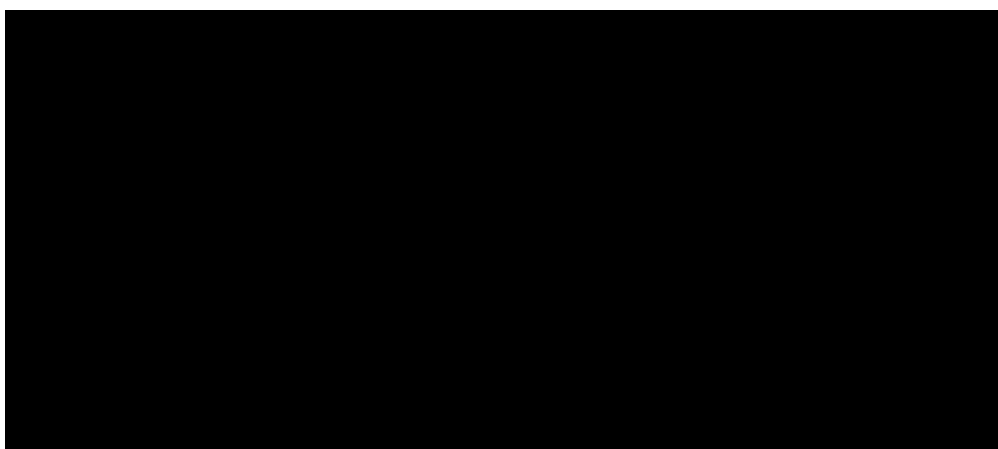
[Redacted]
[Redacted] 管束フレーム
の評価概要図を第5.1.2-1図に示す。



第5.1.2-1図 評価モデル (管束フレーム)

ロ. ヘッダー

[Redacted]
[Redacted]
[Redacted] ヘッ
ダーの評価概要図を第5.1.2-2図に示す。



第5.1.2-2図 評価モデル (ヘッダー)

ハ. ファンリング

[Redacted]
[Redacted]
[Redacted] ファンリングの評価概要図を第 5. 1. 2-3 図に示す。



第 5. 1. 2-3 図 評価モデル (ファンリング)

ニ. ファンリングサポート

[Redacted]
[Redacted] ファンリングサポートの評価概要図を第 5. 1. 2-4 図に示す。



第 5. 1. 2-4 図 評価モデル (ファンリングサポート)

(二) 遮熱板

以下の計算式により求めるものとする。

$$\sigma = \frac{W_w h - m g \ell}{Z} \quad \dots (5.1.2-14)$$

ロ. 機器取付ボルト (管束取付ボルト, ファンリングサポート取付ボルト, 遮熱板取付ボルト, ルーバ取付ボルト)

(イ) ファンリングサポート, 管束及びルーバ

① 引張応力

「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)」に記載されている式を準用し, 次式より算出する。

$$\sigma_0 = -\frac{m g \ell}{n_t LA_b} + \frac{W_w h}{n_t LA_b} \quad \dots (5.1.2-15)$$

② せん断応力

「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)」に記載されている式を準用し, 次式より算出する。

$$\tau_b = \frac{W_w}{A_b n} \quad \dots (5.1.2-16)$$

(ロ) 遮熱板

① 引張応力

(5.1.2-16)式において, 遮熱板はボルトの設置方向が異なることから, 次式により算出する。

$$\sigma_0 = \frac{W_w}{A_b n} \quad \dots (5.1.2-17)$$

② せん断応力

(5.1.2-15)式において, 遮熱板はボルトの設置方向が異なることから, 次式により算出する。

$$\tau_b = -\frac{m g \ell}{n LA_b} + \frac{W_w h}{n LA_b} \quad \dots (5.1.2-18)$$

ハ. 支持架構を構成する部材

以下以下の式により応力を算出する。

(イ) 引張応力及び圧縮応力

$$\sigma_t = \frac{F_a}{A} \quad \dots (5.1.2-1)$$

$$\sigma_c = \frac{F_a}{A} \quad \dots (5.1.2-2)$$

(ロ) 曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z} \quad \dots (5.1.2-3)$$

(ハ) せん断応力

$$\tau = \frac{F_y}{A_{fy}} + \frac{F_z}{A_{fz}} + \frac{M_a}{Z_p} \quad \dots (5.1.2-4)$$

(ニ) 組合せ

発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007((社)日本機械学会)に基づき、引張力と曲げモーメントを受ける部材の組合せ応力を下式より算出する。

$$\frac{\sigma_t + \sigma_b}{1.5 f_t} \leq 1.0 \quad \dots (5.1.2-5)$$

同様に、圧縮力と曲げモーメントを受ける部材の組合せ応力を下式より算出する。

$$\frac{\sigma_c}{1.5 f_c} + \frac{\sigma_b}{1.5 f_b} \leq 1.0 \quad \dots (5.1.2-6)$$

ニ. 基礎ボルト

以下の式により応力を算出する。

(イ) 引張応力

$$\sigma_{ao} = \frac{F_{bt}}{A_b \cdot n_a} \quad \dots (5.1.2-7)$$

(ロ) せん断応力

$$\tau_b = \frac{F_{bs}}{A_b \cdot n_a} \quad \dots (5.1.2-8)$$

(2) 配管

a. 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を第5.1.2-6表に示す。

第5.1.2-6表 評価対象部位及び評価内容

評価分類	施設名称	評価対象部位	応力等の状態
冷却塔	安全冷却水系(安全冷却水B 冷却塔まわり配管)	配管本体	・一次応力(膜+曲げ)

b. 評価条件

配管の強度評価は、以下の条件に従うものとする。

- (a) 配管は一定距離ごと支持構造物によって支えられているため、風圧力による一様な荷重を受ける単純支持はりとし、機械工学便覧の計算方法を参考に評価を行う。評価に用いる支持間隔は標準支持間隔を用いる。なお、標準支持間隔を用いて評価を行うことで、それ以下の支持間隔を持つ箇所の評価を包絡させる。
- (b) 弁を設置している箇所においては、弁の断面係数は配管に比べ大きく、配管の評価に包絡されるため配管の評価のみを実施する。
- (c) 支持構造物については、建屋内外にかかわらず地震に対して耐荷重設計がなされており、配管本体に竜巻による荷重が作用した場合でも、作用荷重は耐荷重以下であるため、竜巻による荷重に対する支持構造物の設計は耐震設計に包絡される。
- (d) 計算に用いる寸法は公称値を使用する。

c. 強度評価方法

(a) 記号の定義

配管の強度評価に用いる記号を第5.1.2-7表に示す。

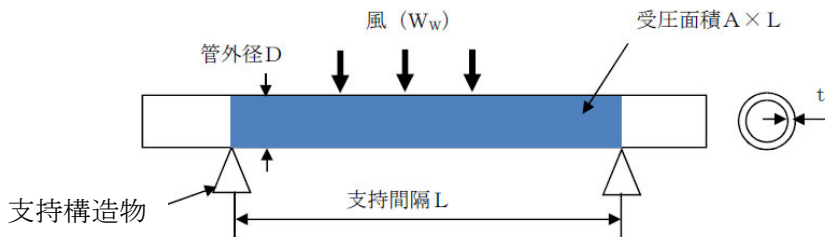
第5.1.2-7表 配管の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
A	m ² /mm	単位長さ当たりの施設の受圧面積(風向に垂直な面に投影した面積)
C	—	建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数
D	mm	管外径
G	—	ガスト影響係数
g	m/s ²	重力加速度
L	mm	支持間隔
M	N・mm	風により作用する曲げモーメント
m	kg/mm	単位長さ当たりの質量
P	MPa	内圧
q	N/m ²	設計用速度圧
Sy	MPa	JSME付録材料図表Part5の表にて規定される設計降伏点
t	mm	板厚
V _D	m/s	設計竜巻の最大風速
V _T	m/s	設計竜巻の移動速度
V _{Rm}	m/s	設計竜巻の最大接線風速
W _w	N/mm	単位長さ当たりの風圧力による荷重
w	N/mm	単位長さ当たりの自重による荷重
Z	mm ³	断面係数
ΔP _{max}	MPa	設計竜巻の最大気圧低下量
ρ	kg/m ³	空気密度
W _M	N	飛来物による衝撃荷重
σ ₁ , σ ₂	MPa	配管に生じる応力
σ _{WP}	MPa	気圧差により生じる応力
σ _{WT1} , σ _{WT2}	MPa	複合荷重により生じる応力
σ _{WW}	MPa	風圧力により生じる応力
σ _{自重}	MPa	自重により生じる応力
σ _{内圧}	MPa	内圧により生じる応力

(b) 計算モデル

配管は一定距離ごとに支持構造物によって支えられているため、風圧力による一様な荷重を受ける単純支持はりとして評価を行う。評価に用いる支持間隔は標準支持間隔とする。弁を設置している場合は支持構造物の支持間隔が短くなるため、弁を設置している場合の受圧面積は最大支持間隔での受圧面積に包絡される。

配管モデル図を第5.1.2-7図に示す。



第5.1.2-7図 配管モデル図

(c) 評価方法

イ. 竜巻による応力計算

(イ) 風圧力により生じる応力

風圧力による荷重が配管の支持スパンに等分布荷重として加わり、曲げ応力を発生させるものとして、以下の式により算定する。

$$\sigma_{ww} = \frac{M}{Z} = \frac{W_w \cdot L^2}{8Z} \quad \dots (5.1.2-19)$$

ここで、断面係数Zは以下の式により算定する。

$$Z = \frac{\pi}{32D} \{D^4 - (D - 2t)^4\} \quad \dots (5.1.2-20)$$

(ロ) 気圧差により生じる応力

気圧差による荷重は、気圧が低下した分、内圧により生じる一次一般膜応力が増加すると考えて、その応力増加分を以下の式により算定する。

$$\sigma_{WP} = \frac{\Delta P_{max} \cdot D}{4 \cdot t} \quad \dots (5.1.2-21)$$

したがって、イ.及びロ.項の複合荷重により生じる応力 σ_{WT1} 及び σ_{WT2} は以下の式により算出する。

$$\sigma_{WT1} = \sigma_{WP} \quad \dots (5.1.2-22)$$

$$\sigma_{WT2} = \sigma_{ww} + 0.5 \sigma_{WP} \quad \dots (5.1.2-23)$$

ロ. 組合せ応力

竜巻荷重と組み合わせる荷重として、配管に常時作用する荷重である自重及び運転時荷重である内圧を考慮する。自重により生じる曲げ応力及び内圧により生じる一次一般膜応力は、以下の式により算定する。

$$\sigma_{\text{自重}} = \frac{w \cdot L^2}{8Z} \quad \dots (5.1.2-24)$$

$$w = m \cdot g \quad \dots (5.1.2-25)$$

$$\sigma_{\text{内圧}} = \frac{P \cdot D}{4t} \quad \dots (5.1.2-26)$$

したがって、自重及び風圧力による荷重により生じる曲げ応力と気圧差による荷重及び内圧により生じる一次一般膜応力を足し合わせ、配管に生じる応力として以下の式により σ_1 及び σ_2 を算出する。

$$\sigma_1 = \sigma_{\text{自重}} + \sigma_{\text{内圧}} + \sigma_{\text{WT1}} \quad \dots (5.1.2-27)$$

$$\sigma_2 = \sigma_{\text{自重}} + \sigma_{\text{内圧}} + \sigma_{\text{WT2}} \quad \dots (5.1.2-28)$$

5.2 衝突評価

5.2.1 建物・構築物

建物・構築物の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

5.2.2 機器・配管系

(1) 貫入

a. 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を第5.2.2-1表に示す。

第5.2.2-1表 評価対象部位及び評価内容

評価分類	施設名称	評価対象機器	評価対象部位	応力等の状態
冷却塔	安全冷却水B冷却塔	管束	管束フレーム	衝突による貫通力
		ファン駆動部	ファンリング	
		支持架構 (基礎ボルト含む)	床はり	
		遮熱板	遮熱板本体	
配管	安全冷却水系(安全冷却水B冷却塔まわり配管)	—	配管本体	

b. 評価条件

衝突評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

衝突評価においては、評価対象機器に飛来物が衝突した際に跳ね返らず、貫入するものとして評価する。

c. 強度評価方法

(a) 記号の定義

衝突評価に用いる記号を第5.2.2-2表に示す。

第5.2.2-2 表 衝突評価に用いる記号

記号	単位	定義
d	m	評価において考慮する飛来物が衝突する衝突断面の等価直径
K	—	鋼板の材質に関する係数
M	kg	評価において考慮する飛来物の質量
T	mm	鋼板の貫通限界厚さ
T _c	mm	BRL 式の算出結果を実験で非貫通の結果が確認された比率で除した鋼板の貫通限界厚さ
v	m/s	評価において考慮する飛来物の飛来速度

(b) 評価方法

イ. BRL式による貫通限界厚さの算出

飛来物が竜巻防護対象施設に衝突する場合の貫通限界厚さを、「タービンミサイル評価について(昭和52年7月20日 原子炉安全専門審査会)」で用いられているBRL式を用いて算出する。

$$T^3 = \frac{0.5 \cdot M \cdot v^2}{1.4396 \times 10^9 \cdot K^2 \cdot d^2} \quad \dots (5.2.2-1)$$

等価直径は、「電力中央研究所報告O19003」(以下「O19003」という。)から「衝突部の周長と等価な周長の円の直径」として算出する。O19003における、設計飛来物である鋼製材のような四角形衝突に対する貫通限界厚さ付近の実験データが不十分であることを考慮し、BRL式の算出結果を実験で非貫通の結果が確認された比率(0.97)で除した値を貫通限界厚さとする。

したがって、BRL式の算出結果を実験で非貫通の結果が確認された比率で除した鋼板の貫通限界厚さは、以下の式により算出する。

$$T_c = T / 0.97 \quad \dots (5.2.2-2)$$

第5.2.2-3 表に飛来物の諸元を示す。

第 5.2.2-3 表 飛来物の諸元

飛来物	d (m)	K (-)	M (kg)	v (m/s)	
				水平方向	鉛直方向
鋼製材	0.311	1.0	135	51	34
砂利	0.05	1.0	0.18	62	42

6. 準拠規格

「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.2 準拠規格」においては、竜巻の影響を考慮する施設の設計に係る規格を示している。

これらのうち、竜巻防護対策設備及び屋外重大事故等対処設備の固縛装置を除く施設の強度設計に用いる規格、基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令・同告示
- ・ 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007((社)日本機械学会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601-補1984 ((社)日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版 ((社)日本電気協会)
- ・ タービンミサイル評価について(昭和52年7月20日 原子炉安全専門審査会)
- ・ 建築物荷重指針・同解説((社)日本建築学会, 2004)
- ・ 建築物荷重指針・同解説((社)日本建築学会, 2015 改定)
- ・ 機械工学便覧((社)日本機械学会)
- ・ 原子力発電所の竜巻影響評価ガイド(原規技発第1909069号)

なお、次回以降に申請する施設に係る準拠規格については、当該施設の申請に合わせて次回以降に示す。

別紙4－5

竜巻防護対策設備の強度計算の方針

【凡例】

下線：

- ・プラントの違いによらない記載内容の差異
- ・章立ての違いによる記載位置の違いによる差異

二重下線：

- ・プラント固有の事項による記載内容の差異
- ・後次回の申請範囲に伴う差異

VI-1-1-1-2-4-1-2
竜巻防護対策設備の強度計算の方針

目 次

ページ

1. 概要	1
2. 強度設計の基本方針	1
2.1 評価対象施設	1
3. 竜巻防護対策設備の評価方針	1
3.1 評価対象部位の選定	1
3.1.1 防護ネットの評価対象部位	2
3.1.2 防護板(鋼材)の評価対象部位	7
3.1.3 支持架構の評価対象部位	7
3.2 評価方針	8
3.2.1 防護ネットの評価方針	9
3.2.2 防護板(鋼材)の評価方針	15
3.2.3 支持架構の評価方針	15
4. 荷重の設定及び荷重の組合せ並びに荷重の算定方法	19
4.1 荷重の組合せ	19
4.2 荷重の算定方法	20
5. 許容限界	25
5.1 防護ネットの許容限界	25
5.1.1 許容限界の設定	25
5.1.2 許容限界の設定方法	29
5.2 防護板(鋼材)の許容限界	37
5.2.1 衝突評価	37
5.2.2 許容限界の設定方法	37
5.3 支持架構の許容限界	39
5.3.1 衝突評価	39
5.3.2 支持架構全体の波及的影響評価	39
5.4 防護板(鉄筋コンクリート)の許容限界	41
6. 強度評価方法	41
6.1 防護ネットの強度評価	41

6.2	防護板(鋼材)及び支持架構の強度評価	62
6.2.1	解析モデルの選定	62
6.2.2	解析モデルの設定条件	62
7.	適用規格	65

1. 概要

本資料は、「VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」及び「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」に基づき、竜巻の影響を考慮する施設のうち、竜巻防護対策設備が、設計荷重(竜巻)に対して要求される強度を有することを確認するための強度評価方針について説明するものである。

2. 強度設計の基本方針

強度評価は、「2.1 評価対象施設」に示す施設を対象として、「4. 荷重の設定及び荷重の組合せ並びに荷重の算定方法」で示す設計荷重(竜巻)を考慮し、「6. 強度評価方法」で示す評価方法により、「5. 許容限界」で設定する許容限界を超えない設計とする。

2.1 評価対象施設

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」に基づき、以下の竜巻防護対策設備を対象とする。

(1) 飛来物防護板

飛来物防護板の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

(2) 飛来物防護ネット

・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)

その他の飛来物防護ネットは、当該施設の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

3. 竜巻防護対策設備の評価方針

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度上の性能目標を達成するために、「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.1 構造設計」に示す設計方針を踏まえ、「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重、「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.4 竜巻の影響を考慮する施設に対する竜巻防護設計」に示す許容限界を適切に考慮して、評価を実施する。

3.1 評価対象部位の選定

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.2 構造概要」に示す構造に基づき、設計荷重(竜巻)の作用方向及び伝達過程を考慮し評価対象部位を選定する。評価対象部位の選定においては、設計荷重(竜巻)を伝達する全ての部位を抽出し、その中で構造強度評価上、厳しい部位を選定する。

3.1.1 防護ネットの評価対象部位

防護ネットに設計荷重(竜巻)が作用した際の荷重の伝達経路を踏まえ、選定した評価対象部位を第3.1.1-1表及び第3.1.1-2表に示す。また、防護ネット(支持架構に直接設置)における荷重の伝達経路を第3.1.1-1図、防護ネット(鋼製枠)における荷重の伝達経路を第3.1.1-2図に示す。

(1) 防護ネット(支持架構に直接設置)

a. ネット

設計飛来物は、ネットに直接衝突する。このため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、ネットとする。

b. ワイヤロープ

ワイヤロープはネットを支持する部材であり、ネットに作用した荷重は、ワイヤロープに作用するため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、ワイヤロープとする。ワイヤグリップは、ワイヤロープの一部としてワイヤグリップ効率を考慮する。

c. 接続治具(支持部)

接続治具(支持部)は、ワイヤロープを支持する部材であり、ネットに作用した荷重は、ワイヤロープを介して接続治具(支持部)に作用するため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、接続治具(支持部)のシャックル及びターンバックルとする。

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ことから、評価対象外とする。

d. 接続治具(固定部)

接続治具(固定部)は、保持管を固定する隅角部固定ボルト及び接続治具(支持部)を固定する取付プレートであり、ワイヤロープからの荷重が作用するため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、接続治具(固定部)の隅角部固定ボルト及び取付プレートとする。

取付プレートと支持架構の溶接部は、プレート本体と同じ荷重を受ける部材であり、プレート本体の評価結果に包絡されることから、評価対象外とする。ネット取付金物は、同じ荷重を受ける部位のうち、押さ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。取付金物タッププレート溶接部は、同じ荷重を受ける部位のうち、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。

e. 接続部

接続部は、防護ネットと支持架構を接続する部位であり、防護ネットが受ける荷重を支持架構に伝える部位であるため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、接続部の押さえボルト及び取付ボルトとする。

押さえボルト取付座及び溶接部は、ボルトと同じ荷重を受ける部材であり、ボルトの評価結果に包絡されることから、評価対象外とする。

f. 補助防護板

補助防護板は、ネットと支持架構の隙間が設計上通過を許容する飛来物以下のサイズにするための部材であり、隙間より侵入してきた飛来物は鋼板に直接衝突するため、衝突評価における設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、鋼板とする。

なお、波及的影響評価においては、ネットの前に設置されている補助防護板は、脱落したとしても、ネットに捕捉されることから評価対象外とする。また、ネットの後ろに設置されている補助防護板は、モーメントアームの長さが約200mmであるのに対して、評価対象である防護板(鋼材)のモーメントアームの長さは830mmであり、補助防護板に比べて防護板(鋼材)の方が約4倍モーメントアームが大きいことから、防護板(鋼材)の評価結果に包絡されるため、評価対象外とする。

(2) 防護ネット（鋼製枠）

a. ネット

設計飛来物は、ネットに直接衝突する。このため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、ネットとする。

b. ワイヤロープ

ワイヤロープはネットを支持する部材であり、ネットに作用した荷重は、ワイヤロープに作用するため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、ワイヤロープとする。
ワイヤグリップは、ワイヤロープの一部としてワイヤグリップ効率を考慮する。

c. 接続治具(支持部)

接続治具(支持部)は、ワイヤロープを支持する部材であり、ネットに作用した荷重は、ワイヤロープを介して接続治具(支持部)に作用するため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、接続治具(支持部)のシャックル及びターンバックルとする。

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ことから、評価対象外とする。

d. 接続治具(固定部)

接続治具(固定部)は、保持管を固定する隅角部固定ボルト及び接続治具(支持部)を固定する取付プレートであり、ワイヤロープからの荷重が作用するため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、接続治具(固定部)の隅角部固定ボルト及び取付プレート本体並びに溶接部とする。

e. トロリ、ガイドレール及び固定ピン

トロリ及びガイドレールは、防護ネット（鋼製枠）を開閉するための部材であり、破損しても、防護ネットは支持架構の支柱スパンよりも大きいいため、内部に転倒することはなく、竜巻防護対象施設へ影響は与えないことから、評価対象外とする。

固定ピンは、防護ネット（鋼製枠）が開かないよう固定するための部材であり、ネットに作用した荷重は防護ネット（鋼製枠）を介して支持架構に伝達し、固定ピンには作用しない。また、風圧力による荷重が側面に作用したとしても、防護ネット（鋼製枠）の自重により、動くことはないことから、評価対象外とする。

f. 鋼製枠

鋼製枠は、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。

g. 接続部

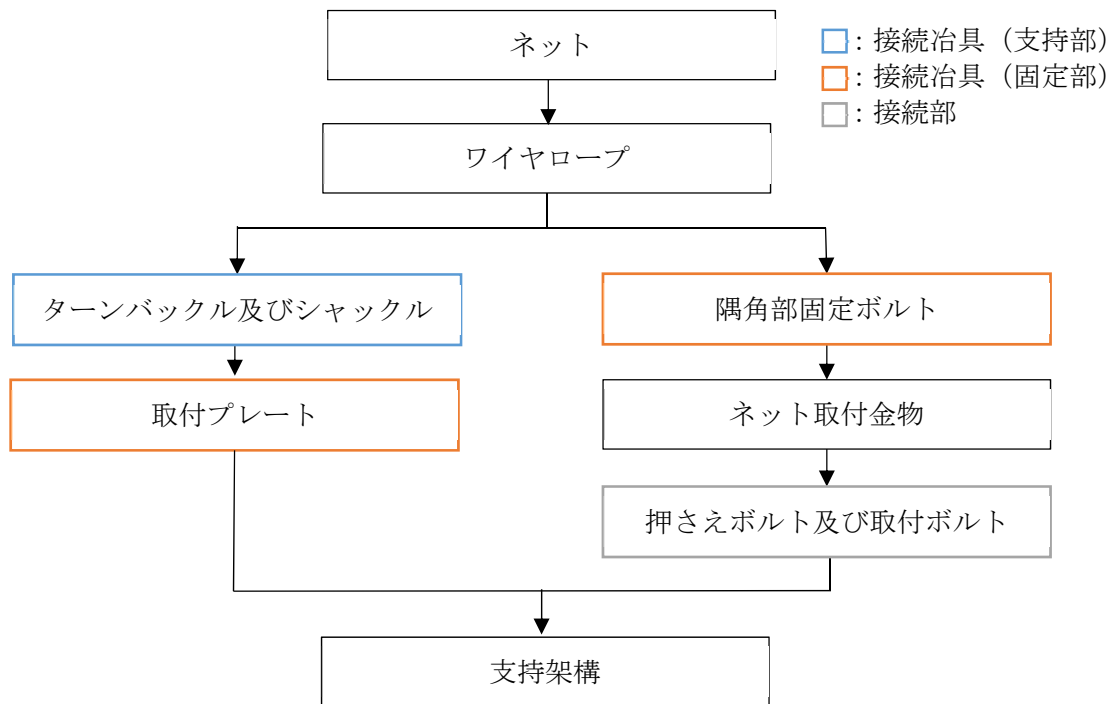
接続部は、防護ネット（鋼製柵）と支持架構を接続する部材であり、防護ネット（鋼製柵）が受ける荷重を支持架構に伝える部材であり、鋼製柵取付ボルト及び支圧材が接続部に該当する。鋼製柵取付ボルトは、防護ネット（鋼製柵）から受ける荷重を支持架構へ伝達する構造であるが、鋼製柵取付ボルトが破損すると防護ネット（鋼製柵）が脱落するおそれがあることから評価対象とする。支圧材は防護ネット（鋼製柵）から受ける荷重を支持架構へ伝達する構造であり、損傷しても防護ネットが脱落することはないことから、評価対象外とする。

第3.1.1-1表 防護ネット（支持架構に直接設置）の評価対象部位

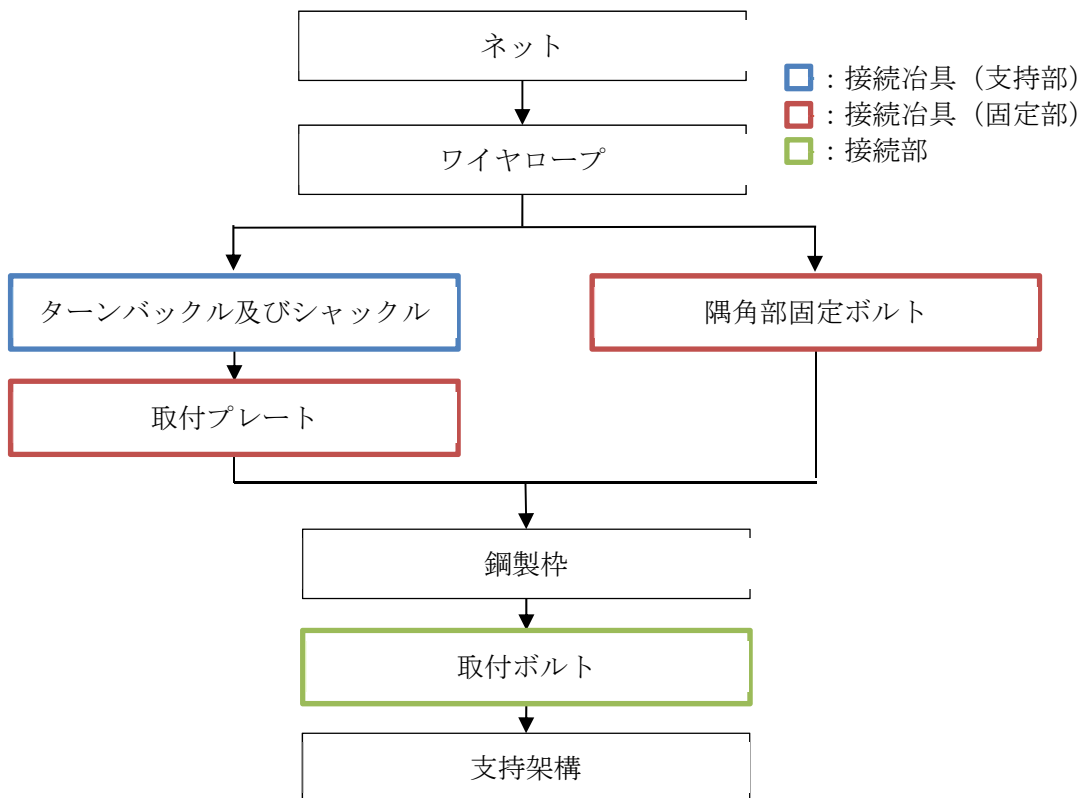
評価対象部位	
ネット	
ワイヤロープ	
接続治具（支持部）	シャックル
	ターンバックル
接続治具（固定部）	隅角部固定ボルト
	取付プレート
接続部	押さえボルト
	取付ボルト
補助防護板	

第3.1.1-2表 防護ネット（鋼製柵）の評価対象部位

評価対象部位	
ネット	
ワイヤロープ	
接続治具（支持部）	シャックル
	ターンバックル
接続治具（固定部）	隅角部固定ボルト
	取付プレート
接続部	鋼製柵取付ボルト



第3.1.1-1図 防護ネット(支持架構に直接設置)の荷重の伝達経路



第3.1.1-2図 防護ネット(鋼製柱)の荷重の伝達経路

3.1.2 防護板(鋼材)の評価対象部位

a. 鋼板

設計飛来物は、鋼板に直接衝突する。このため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、鋼板とする。

b. 取付ボルト

取付ボルトは、鋼板を支持架構に接続する部位であり、鋼板に作用する荷重は取付ボルトに作用するため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、取付ボルトとする。

鋼板に大変形が生じた状態の荷重が、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、鋼板に大変形が生じた時点の作用荷重は、鋼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)及び飛来物の速度ごとに鋼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。なお、取付ボルトのサイズが変わっても、支持部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は防護板(鋼材)の評価対象の選定に影響を与えない。

3.1.3 支持架構の評価対象部位

支持架構は、防護ネット及び防護板(鋼材)を支持する部材であり、防護ネット及び防護板(鋼材)に設計荷重(竜巻)が作用した際、伝播する荷重に対し、支持架構は上載する防護ネット及び防護板(鋼材)を支持する機能を維持可能な構造強度を有する必要がある。また、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻防護対象施設へ波及的影響を与えないための強度を有する必要があることから、支持架構の構造強度評価の評価対象部位は、支持架構を構成する柱、大はり、小はり、トラス柱、鉛直ブレース、水平ブレース及び座屈拘束ブレースを選定する。支持架構の強度評価においては、支持架構に設計荷重(竜巻)が直接作用した際に、その健全性をFEM解析により確認する方針としており、解析対象とする部材の選定の考え方を以下に示す。また、評価がもっとも厳しくなるよう、飛来物の衝突箇所としては、部材の中央位置とする。

a. 衝突評価

設計飛来物の衝突対象となる部材は、支持架構を構成する部材のうち、最も板厚が薄い部材とし、衝突位置も同様とする。なお、座屈拘束ブレースは、地震時の減衰効果を期待した部材であり、飛来物の衝突により破損したとしても、支持架構の構造強度への影響は軽微なこと及び竜巻防護対象施設への影響はないことから、衝突評価の対象とはしない。

b. 波及的影響評価

(a) 脱落評価

設計飛来物の衝突対象となる部材は、支持架構の接続部である部材に生じる

応力が最も大きくなるよう、最も長い部材とし、衝突位置については、接続部の両端が破断するよう衝突位置は部材中央とする。

(b) 倒壊評価

「a. 衝突評価」及び「b. (a) 脱落評価」の評価結果に基づき、支持架構の構造強度評価を実施することから、倒壊評価における衝突対象となる部材は選定しない。

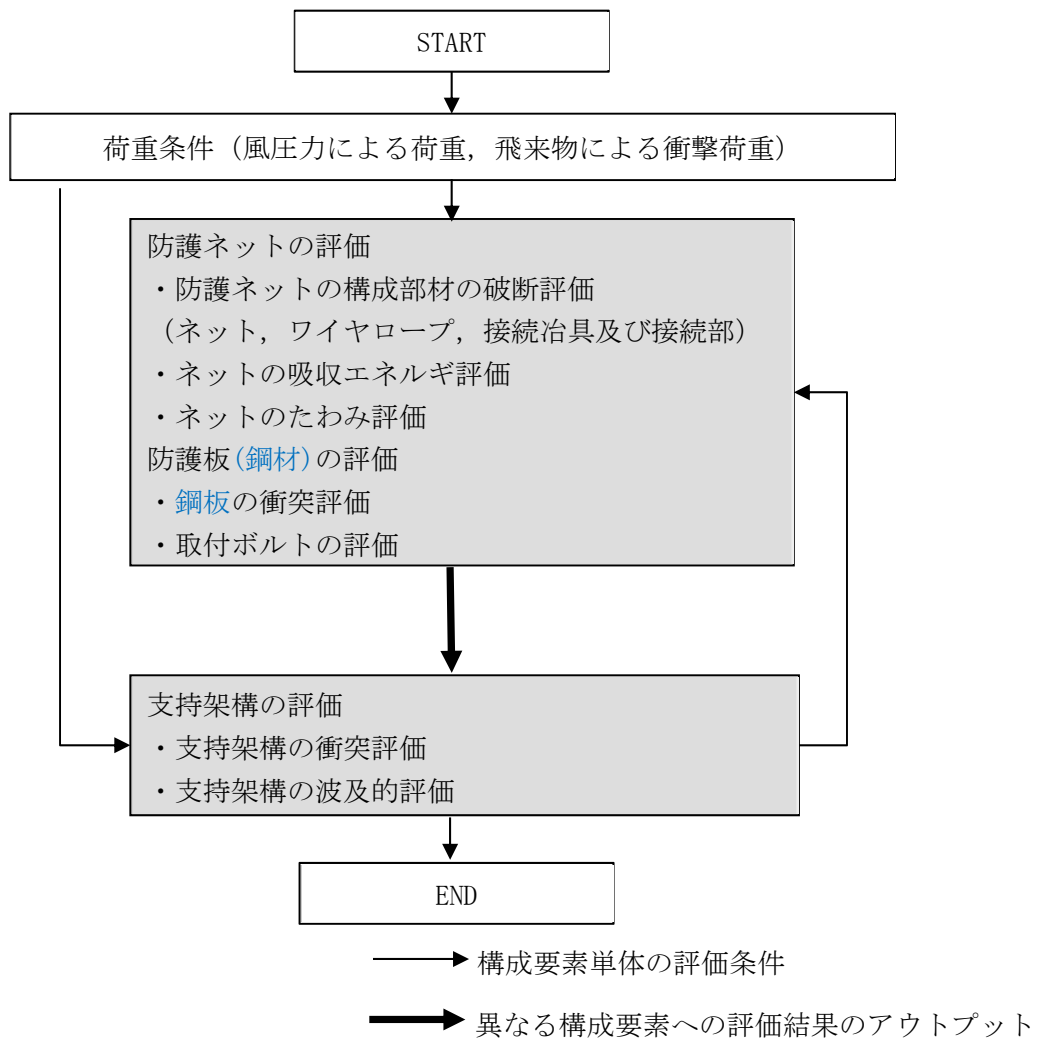
(c) 転倒評価

評価対象部位は、柱脚部に生じる応力が最も大きくなるよう、支持架構の頂部を衝突位置とする。

3.2 評価方針

竜巻防護対策設備は、飛来物の衝突に対し、「3.1 評価対象部位の選定」にて選定した部位が許容限界に至ることなく、竜巻防護対象施設が飛来物の影響を受けないことを確認する。

飛来物防護ネットの評価フローを第3.2-1図に示す。



第3.2-1図 飛来物防護ネットの評価フロー

3.2.1 防護ネットの評価方針

防護ネット(支持架構に直接設置)及び防護ネット(鋼製枠)は、「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.1(6)a. 防護ネットの構造設計」の設計方針に基づき、設計飛来物が竜巻防護対象施設に衝突することを防止するだけの強度を有していることを確認するため、以下の評価を実施する。

設計荷重(竜巻)に対し、主要な部材が破断しなければ設計飛来物は捕捉可能であり、設計飛来物は竜巻防護対象施設と衝突しない。従って、設計飛来物がネットに衝突した際の荷重の伝達経路を踏まえ、ワイヤロープ、接続治具(支持部及び固定部)及び接続部に破断が生じないように十分な余裕を持った強度を有していることを確認する。

また、設計荷重(竜巻)に対し、防護ネットのうちネット及びワイヤロープにたわみを生じて、設計飛来物が竜巻防護対象施設と衝突しないよう、竜巻防護対象施

設との離隔を確保できていることを計算により確認する。

防護ネット(支持架構に直接設置)の一部である補助防護板は、ワイヤロープと架構の隙間から侵入する飛来物が衝突しても貫通しない厚さを有していることを確認する。

設計荷重(竜巻)に対し、主要な部材が破断しないために、防護ネットのうちネット、ワイヤロープ、接続治具(支持部及び固定部)及び接続部が、破断が生じないよう十分な余裕を持った強度を有することを計算により確認する。その方法は、算出されるネットの限界吸収エネルギー及び衝撃荷重を基に吸収エネルギー評価及び破断評価を行う。

また、設計荷重(竜巻)に対し、ネット及びワイヤロープにたわみが生じて、飛来物が竜巻防護対象施設と衝突しないよう、竜巻防護対象施設との離隔を確保できることを計算により確認する。その方法は、算出されるネットのたわみ量を基にたわみ評価を行う。

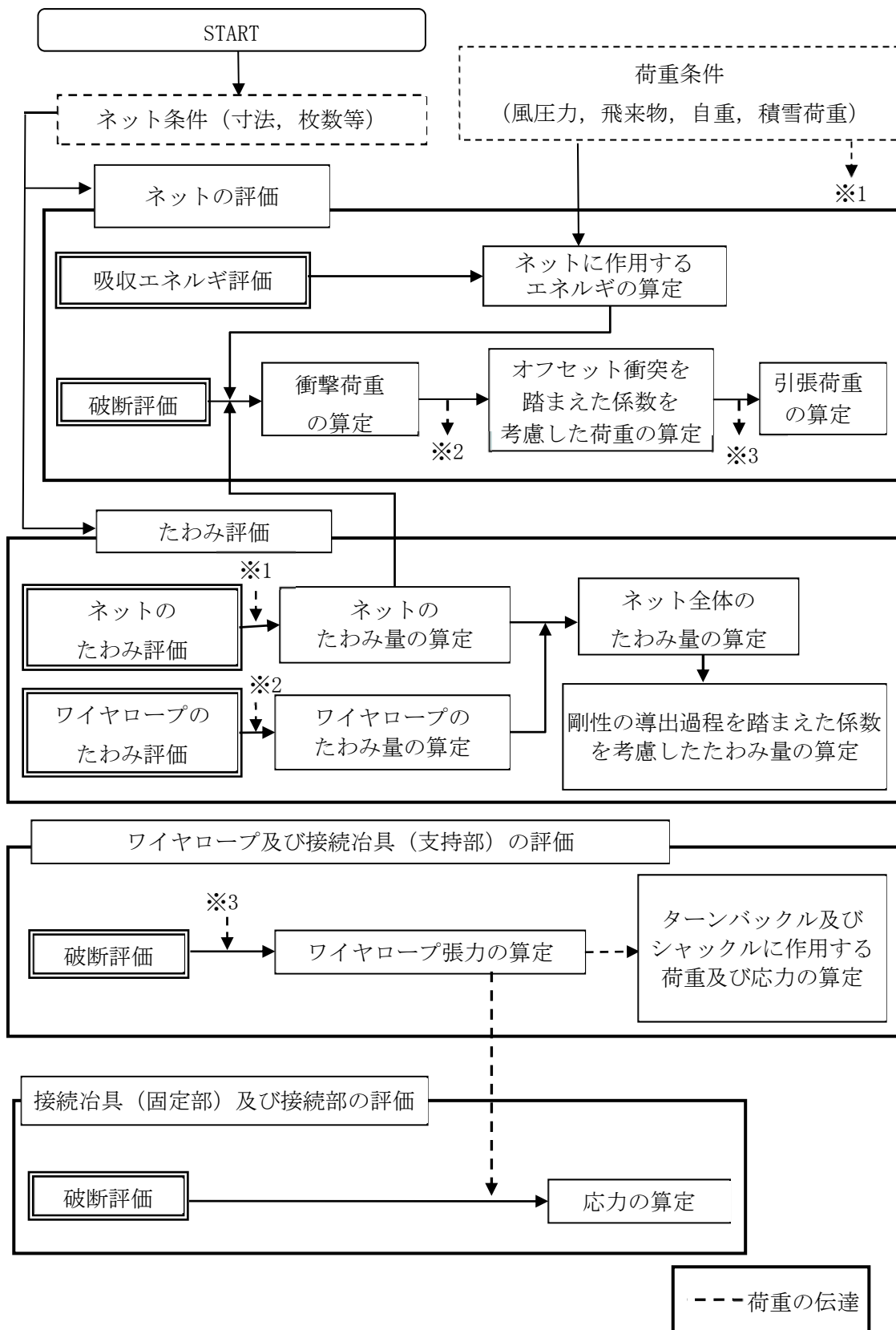
防護ネットの評価における配慮事項を第3.2.1-1表、評価フローを第3.2.1-1図に示す。

防護ネットの破断及びたわみに対する評価方針を以下に示す。

防護ネットの評価結果は、「VI-1-1-1-2-4-2-2 竜巻防護対策設備の強度計算書」に示す。

第3.2.1-1表 ネット評価の考慮事項の選定

	吸収エネルギー評価	破断評価	たわみ評価
算出方法	飛来物による衝撃荷重のエネルギーと自重、積雪荷重及び風圧力による荷重から生じるエネルギーを算出し、ネットに生じるエネルギーの総量を算出。	設計荷重(竜巻)に対し、ネットの引張荷重、ワイヤロープの張力、接続治具(支持部及び固定部)、接続部に発生する荷重及び応力を算出。	自重、積雪荷重、飛来物による衝撃荷重及び風圧力による荷重によりネット及びワイヤロープに生じるたわみ量を算出。
衝突位置	オフセット位置での衝突時のネットの吸収エネルギーは中央衝突時と同等であることから、オフセットによる影響は考慮不要。	オフセット位置での衝突時の飛来物による衝撃荷重が中央衝突時より増加することを算出荷重に考慮する。	ネットのたわみ量が最大となる中央位置への衝突時のたわみ量を算出。
ネット剛性	等価剛性の算出過程の影響から定められる係数を限界吸収エネルギーに考慮する。	等価剛性の算出過程の影響から定められる係数をネットの許容引張荷重に考慮する。	等価剛性の算出過程の影響から定められる係数を飛来物による衝突によりネット本体に生じるたわみ量に考慮する。
動的応答倍率	吸収エネルギー評価において考慮不要。	緩衝装置を有する保持管による効果を得られない接続部の荷重に考慮する。	たわみ評価において考慮不要。



第3.2.1-1図 防護ネットの評価フロー

(1) 強度評価

設計荷重(竜巻)に対し、主要な部材が破断しないために、防護ネットのうちネット、ワイヤロープ、接続治具(支持部及び固定部)及び接続部に破断が生じないよう十分な余裕を持った強度を有することを計算により確認する。

ネットについては、設計荷重(竜巻)に対し、ネット全体でエネルギーを吸収することから、ネットの吸収エネルギーを評価する。評価方法としては、電中研報告書において、ネットへの適用性が確認されている評価式(以下「電中研評価式」という。)を用いて評価する^(注)。また、飛来物の衝突箇所において破断が生じないことを確認するために、ネットに作用する引張荷重を、電中研評価式を参照して評価する。さらに、ネットが機能を発揮できるために、ネットに作用する荷重がワイヤロープ、接続治具(支持部及び固定部)及び接続部に伝達された際、その荷重により発生する荷重並びに応力が、各部材の許容値以下であることを確認する。

また、防護ネット(支持架構に直接設置)においては、補助防護板に飛来物が衝突したとしても、貫通しない厚さを有していること、及び竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないことを確認する。

(注)：防護ネット(支持架構に直接設置)は、電中研報告書にて検証された防護ネット構造と違いがあるものの、電中研評価手法を適用するための構造上の要求を満足していることから、電中研評価式が適用可能であることを確認している。

a. ネットの吸収エネルギー評価

ネットの吸収エネルギー評価においては、ネットの目合の方向に従ってネット剛性を設定し、ネットのエネルギー吸収に有効な面積を考慮し、ネットの有効面積を設定し評価を実施する。また、設計飛来物の衝突位置の違いによりたわみ量の影響があり、衝突位置、ネット剛性の設定によるたわみ量への影響を考慮して、評価を実施する。

b. ネット、ワイヤロープ、接続治具(支持部及び固定部)及び接続部の破断評価

ネット、ワイヤロープ、接続治具(支持部及び固定部)及び接続部の破断評価においては、飛来物の衝突位置として、中央位置からずれた(以下「オフセット」という。)衝突についても考慮する。具体的には、電中研評価式では飛来物がネット中央位置に衝突する場合についてのみ評価を実施するため、オフセット位置に衝突する場合の評価においては、中央位置に衝突する場合とオフセット位置に衝突する場合の飛来物の移動距離を考慮した評価を実施する。また、ネットの剛性の設定によるたわみ量への影響を考慮して、評価を実施する。

接続部の破断評価においては、緩衝装置を有する保持管によるワイヤロープ張力の急激な増加を抑制する効果が得られないため、動的応答倍率の影響を考慮

して評価を実施する。

c. 補助防護板

補助防護板は、ネットと支持架構の隙間から侵入する飛来物を貫通させない厚さを有する設計とすることから、「4.2 防護板(鋼材)の評価方針」に基づき、必要最小厚さを上回っていること及び竜巻防護対象施設と衝突するおそれがある補助防護板が脱落しないことを確認する。

なお、設計においては、ネットと支持架構の隙間から侵入してくる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を用いて必要厚さを設計する。

(2) たわみ評価

設計荷重(竜巻)に対し、飛来物が竜巻防護対象施設と衝突しないよう捕捉するために、防護ネットのうちネット及びワイヤロープにたわみが生じても、飛来物が竜巻防護対象施設と衝突しないよう竜巻防護対象施設との離隔距離を確保できることを計算により確認する。

防護ネットは、設計荷重(竜巻)がネットに作用する場合に、ネットがたわむことでエネルギーを吸収することから、ネット及びワイヤロープにたわみが生じても、ネットと竜巻防護対象施設が衝突しないことを確認するために、ネットとワイヤロープのたわみ量を考慮して評価する。評価方法としては、電中研評価式等を用いて評価する^(注)。

評価の条件についても、構造強度評価と同様に飛来物のネットの衝突位置、ネットの剛性の設定によるたわみ量への影響を考慮して評価を実施する。

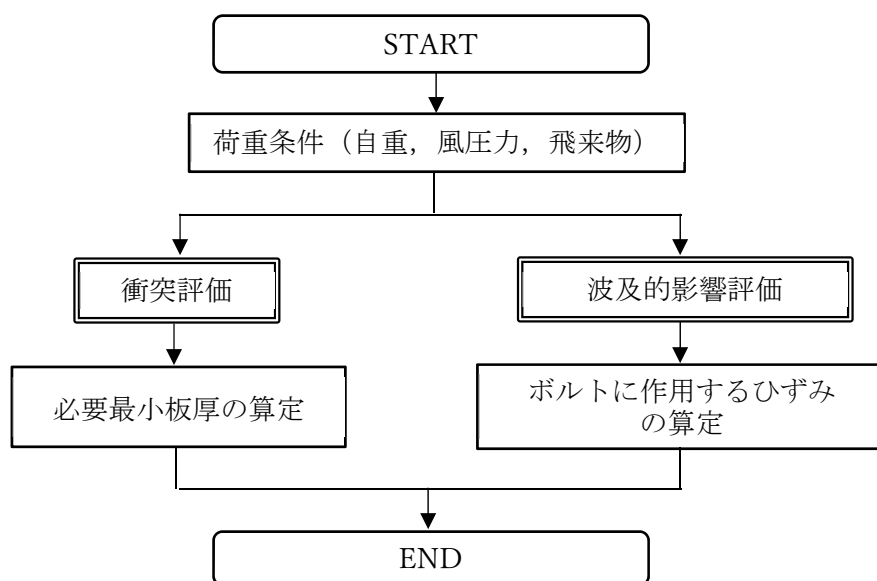
(注)：防護ネット(支持架構に直接設置)は、電中研報告書にて検証された防護ネット構造と違いがあるものの、電中研評価手法を適用するための構造上の要求を満足していることから、電中研評価式が適用可能であることを確認している。

3.2.2 防護板(鋼材)の評価方針

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.1(6) b. 防護板(鋼材)の構造設計」の設計方針に基づき、飛来物による衝撃荷重に対し、飛来物を貫通させないために、防護板(鋼材)が飛来物の貫通を生じない板厚を有していること及び脱落せず波及的影響を与えないことを確認する。

防護板(鋼材)の評価フローを第3.2.2-1図に示す。

防護板(鋼材)の評価結果は、「VI-1-1-1-2-4-2-2 竜巻防護対策設備の強度計算書」に示す。



第3.2.2-1図 防護板(鋼材)の評価フロー

(1) 衝突評価

設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来物が防護板(鋼材)を貫通しない設計とするために、防護板(鋼材)が設計飛来物の貫通を生じない最小厚さ以上であることを計算により確認する。

(2) 波及的影響評価

設計飛来物による衝撃荷重に対し、防護板(鋼材)が脱落しないことを、FEM解析を用いて確認する。

3.2.3 支持架構の評価方針

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.1(6) c. 支持架構の構造設計」の設計方針に基づき、設計荷重(竜巻)に対し、飛来物を貫通させないために、支持架構部材が破断に至るようなひずみを生じないことを解

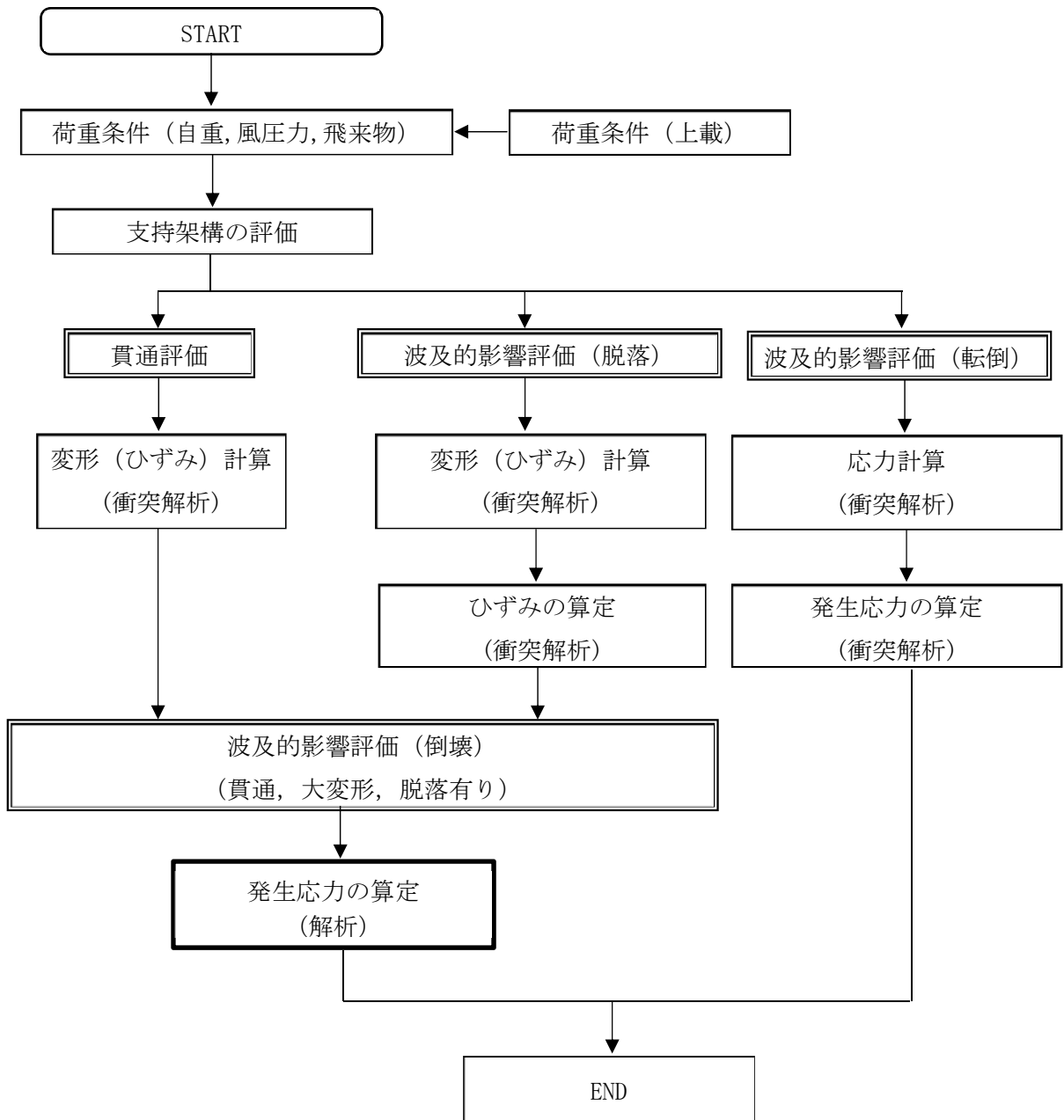
析により確認する。

また、上載する防護ネット及び防護板(鋼材)を支持する構造強度を有し、竜巻防護対象施設への波及的影響を与えないよう、支持架構を構成する部材が脱落しないこと及び支持架構が転倒しないことを解析により確認する。

なお、支持架構を構成する部材の貫通若しくは大変形が確認された場合、その影響範囲を確認し、支持架構が倒壊しないことを確認する。

支持架構の評価フローを第3.2.3-1図に示す。

支持架構の評価結果は、「VI-1-1-1-2-4-2-2 竜巻防護対策設備の強度計算書」に示す。



第3.2.3-1図 支持架構の評価フロー

(1) 貫通評価

設計荷重(竜巻)に対し、支持架構を構成する部材が飛来物を貫通させないために、支持架構部材が破断に至るようなひずみを生じないことをFEM解析により確認する。

(2) 波及的影響評価

設計荷重(竜巻)に対し、竜巻防護対策設備の支持架構が脱落、倒壊及び転倒により、上載する防護ネット及び防護板(鋼材)を支持する機能を損なわず、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないことを解析により確認する。

a. 脱落評価

飛来物が支持架構の主要部材に衝突した場合に、支持架構の接続部の両端が破断すると、飛来物は破断した部材とともに、竜巻防護対象施設に落下するおそれがあることから、設計荷重(竜巻)に対し、支持架構の接続部は十分な強度を有し、部材の脱落を生じさせないために、接続部が破断に至るようなひずみを生じないことをFEM解析により確認する。

b. 倒壊評価

「(1)貫通評価」若しくは「(2)a.脱落評価」において、部材の貫通、大変形若しくは脱落が確認された場合、支持架構は、当該部位を欠損した状態で構造健全性が維持されていることをFEM解析により確認する。

c. 転倒評価

支持架構と基礎を定着している柱脚部が破断すると、支持架構が転倒するおそれがあることから、設計荷重(竜巻)に対し、支持架構の柱脚部は十分な強度が確保されていることをFEM解析により確認する。

4. 荷重の設定及び荷重の組合せ並びに荷重の算定方法

竜巻防護対策設備の強度評価にて考慮する荷重及び荷重の組合せは、以下のとおり設定する。「VI-1-1-1 再処理施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうち「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(2) 荷重の組合せ」を踏まえ、以下のとおり設定する。

4.1 荷重の設定及び荷重の組合せ

防護ネットの常時作用する荷重は設置方向を考慮する。水平方向に設置した防護ネットは、自重は鉛直下向きに発生することを考慮することとする。鉛直に設置した防護ネットは、自重と飛来物による衝撃荷重は作用する方向が異なることから、自重は考慮しない。防護ネットのうちワイヤロープ及び接続治具(支持部、固定部)並びに防護板(鋼材)のうち取付ボルトに作用する自重については、ネット若しくは鋼板から作用する荷重に比べ十分に小さいことから考慮しない。防護ネットのうち、ワイヤロープ、接続治具(支持部、固定部)及び接続部の評価時は、積載荷重としてネットの自重を考慮する。

竜巻防護対策設備の設計に用いる竜巻の荷重は、気圧差による荷重(W_P)を考慮した複合荷重(W_{T1})、並びに設計竜巻の風圧力による荷重(W_W)、気圧差による荷重(W_P)及び飛来物による衝撃荷重(W_M)を組み合わせた複合荷重(W_{T2})を以下のとおり設定する。

$$W_{T1} = W_P$$

$$W_{T2} = W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$$

竜巻防護対策設備には W_{T1} 及び W_{T2} の両荷重をそれぞれ作用させる。各施設の設計竜巻による荷重の組合せについては、施設の設置状況及び構造を踏まえ適切な組合せを設定する。竜巻防護対策設備の構成部材別の荷重の組合せを第4.1-1表に示す。

第4.1-1表 竜巻防護対策設備の構成部材別の荷重の組合せ

名称	部材	常時作用する荷重	積雪荷重	飛来物の衝撃荷重	風圧力による荷重	
防護ネット	水平	ネット	○	○	○	-
		ワイヤロープ	○※1	○※2	○	-
		接続治具(支持部)	○※1	○※2	○	-
		接続治具(固定部)	○※1	○※2	○	-
		接続部	○※1	○※2	○	-
	鉛直	ネット	-	-	○	○※3
		ワイヤロープ	-	-	○	○※3
		接続治具(支持部)	-	-	○	○※3
		接続治具(固定部)	-	-	○	○※3
		接続部	-	-	○	○※3
防護板(鋼材)	水平	鋼板	-	-	○	-
		取付ボルト	○※4	○※5	○	-
	鉛直	鋼板	-	-	○	-
		取付ボルト	○※4	-	○	○※6
支持架構		○※7	○※8	○	○※9	

- 注記 ※1：ネットの自重
 ※2：ネットの積雪荷重
 ※3：ネットの風圧力による荷重
 ※4：防護板(鋼材)の自重
 ※5：防護板(鋼材)の積雪荷重
 ※6：防護板(鋼材)の風圧力による荷重
 ※7：防護ネット及び防護板(鋼材)の自重も考慮する。
 ※8：防護ネット及び防護板(鋼材)の積雪荷重も考慮する。
 ※9：防護ネット及び防護板(鋼材)の風圧力による荷重も考慮する。

4.2 荷重の算定方法

「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(1) 荷重の種類」で設定している荷重の算出式を以下に示す。

a. 防護ネット

(a) 記号の定義

防護ネットの部材の評価における荷重算出に用いる記号を、第4.2-1表に示す。

第4.2-1表 防護ネットの部材の評価における荷重算出に用いる記号

記号	単位	定義
A_w	m^2	風圧力による荷重を受けるネットの受圧面積
A_a	m^2	ネットの面積
C	—	風力係数(施設の形状や風圧力が作用する部位(屋根, 壁等)に応じて設定する。)
d	m	設計飛来物衝突後の設計飛来物の移動距離
E_f	kJ	設計飛来物衝突時にネットに作用するエネルギー
F_a	kN	設計飛来物衝突時にネットが受ける最大衝撃荷重
F_a''	kN	設計飛来物衝突時にネットが受ける衝撃荷重
G	—	ガスト影響係数
g	m/s^2	重力加速度 ($g = 9.80665$)
L_x	m	ネット展開方向寸法
L_y	m	ネット展開直角方向寸法
m	kg	設計飛来物の質量
m_1	kg/m^2	ネットの単位面積当たりの質量
m_2	kg/m^2	補助ネットの単位面積当たりの質量
n	—	ネット設置枚数
P_w	kN	ネットの自重により作用する荷重
Q	kN/s	衝撃荷重が時間とともに比例する際の比例係数
t	s	時間
t_1	s	設計飛来物が衝突しネットのたわみ量が最大になる時間
V	m/s	ネットへの衝突後の設計飛来物の移動速度
V_1	m/s	ネットへの設計飛来物の衝突速度
V_D	m/s	設計竜巻の最大風速
W_w	kN	風圧力による荷重
δ	m	設計飛来物衝突時のネットの最大たわみ量
ρ	kg/m^3	空気密度
ϕ	—	ネットの充実率

(b) 自重による荷重の算出

防護ネット及び防護板(鋼材)に常時作用する荷重として、自重を考慮する。自重により作用する荷重は、ネット等の設置方向を考慮する。水平設置の場合は、鉛直下向きに発生するものとして評価する。鉛直設置の場合は、自重と飛来物による衝撃荷重の作用する方向が異なることから考慮しない。

防護ネットにおいては、自重による荷重 P_w は、

$$P_w = \frac{A_a \cdot g \cdot (m_1 \cdot n + m_2 \cdot 1)}{1000}$$

と算出される。

A_a はネットの実寸法 L_x , L_y を用いて、以下の式で求められる。

$$A_a = L_x \cdot L_y$$

(c) 竜巻による荷重の算出

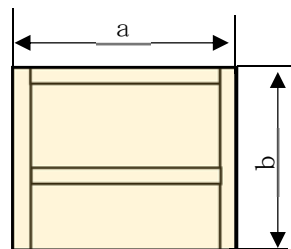
イ. 風圧力による荷重

風圧力による荷重は、竜巻の最大風速による荷重であり、竜巻ガイドを参考に次式のとおり算出する。

$$W_w = \frac{q \cdot G \cdot C \cdot A_w}{1000}$$

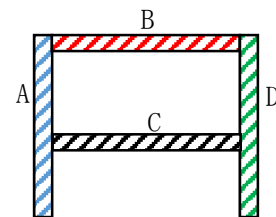
$$\text{ここで、 } q = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_D^2$$

なお、受圧面積は評価モデルを簡略化するため、投影面積で算出する方法と部材毎に受圧面積を精緻化して算出する方法のどちらかにより算出することとする。受圧面積の考え方の概要図を第4.2-1図に示す。



受圧面積 $A_w = a \times b$

簡略化の考え方



部材Aの受圧面積： A_1

部材Bの受圧面積： A_2

部材Cの受圧面積： A_3

部材Dの受圧面積： A_4

受圧面積 $A_w = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$

精緻化の考え方

第4.2-1図 受圧面積の算出方法

防護ネットにおいては、ネットの充実率を ϕ とすると、風圧力による荷重を受けるネットの受圧面積 A_w は次式のとおりとなる。

$$A_w = \phi \cdot A_a$$

(d) 飛来物による衝撃荷重の算出

防護ネットにおいて、設計飛来物の衝突時に受ける衝撃荷重 F_a'' は時間とともに比例して増加すると仮定すると、 F_a'' は以下のとおり算出される。

$$F_a'' = Q \cdot t \cdots (2.1)$$

したがって、ネットへの衝突後の設計飛来物の移動速度 V は、(2.1)式の衝撃荷重 F_a'' から、以下のとおり算出される。

$$\begin{aligned} V &= -\frac{1}{m} \int_0^t F_a'' dt \\ &= -\frac{Q \cdot t^2}{2 \cdot m} + V_1 \cdots (2.2) \end{aligned}$$

さらに、ネットへの衝突後の設計飛来物の移動距離 d は、(2.2)式の数値 V から以下のとおり算出される。

$$\begin{aligned} d &= \int_0^t V dt \\ &= -\frac{Q \cdot t^3}{6 \cdot m} + V_1 \cdot t \cdots (2.3) \end{aligned}$$

設計飛来物が衝突しネットのたわみが最大になる時間 t_1 におけるネットの最大変位 δ は、設計飛来物の速度は $V=0$ であるから、(2.2)式及び(2.3)式より、

$$Q \cdot t_1^2 = 2 \cdot m \cdot V_1 \cdots (2.4)$$

$$\delta = -\frac{Q \cdot t_1^3}{6 \cdot m} + V_1 \cdot t_1$$

上記2式を連立し、

$$\delta = \frac{2}{3} \cdot V_1 \cdot t_1$$

よって、

$$t_1 = \frac{3 \cdot \delta}{2 \cdot V_1} \cdots (2.5)$$

以上より、時間 t_1 における設計飛来物による衝撃荷重 F_a は(2.1)式及び(2.4)式より、

$$F_a = \frac{2 \cdot m \cdot V_1}{t_1}$$

さらに、(2.5)式と連立し、

$$F_a = \frac{4 \cdot m \cdot V_1^2}{3 \cdot \delta} \quad \dots (2.6)$$

また、時間 t_1 における設計飛来物の衝突によりネットに作用するエネルギー E_f は、衝突時の設計飛来物の運動エネルギーとして、以下より求められる。

$$E_f = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_1^2 \quad \dots (2.7)$$

したがって、(2.6)式及び(2.7)式より

$$F_a = \frac{8 \cdot E_f}{3 \cdot \delta} \quad \dots (2.8)$$

(2.8)式に、たわみ評価で算出する、設計飛来物が衝突する場合のネットの最大たわみ量 δ を代入し、 F_a を算出する。

5. 許容限界

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.1 構造設計」を踏まえ、竜巻防護対策設備の構成要素ごとの設計に用いる許容限界を設定する。

5.1 防護ネットの許容限界

5.1.1 許容限界の設定

(1) 強度評価

防護ネットは、内包する竜巻防護対象施設に設計飛来物を衝突させないために、設計飛来物の衝突荷重により破断せず、捕捉可能な設計とすることから、設計荷重（竜巻）に対し、破断が生じないよう十分な余裕を持った許容限界を防護ネットの主要な部材毎に設定する。

防護ネットのうちネット、ワイヤロープ、接続治具（支持部及び固定部）、接続部及び取付けボルトの許容限界を以下のとおり設定する。

a. ネット

ネットの許容限界は、吸収エネルギー評価及び破断評価（引張荷重評価）において設定する。

吸収エネルギー評価は、飛来物の有するエネルギーがネットの限界吸収エネルギー以下であることにより、ネットが破断しないことを確認することから、ネットの限界吸収エネルギーを許容限界とする。

破断評価は、ネットが破断を生じないよう十分な余裕を持った強度を有することを確認する評価方針としている。ネットは、飛来物の衝突に対し、塑性変形することでエネルギーを吸収し、飛来物を捕捉することから、飛来物による衝撃荷重に対し、ネットの許容引張荷重を許容限界とする。ネットの許容限界を第5.1.1-1表に示す。

第5.1.1-1表 ネットの許容限界

許容限界	
吸収エネルギー評価の許容値	破断評価の許容値
n枚のネット及び1枚の補助ネットを考慮した限界吸収エネルギー	ネット設置枚数を考慮した総交点強度
E_{max} *1	F_n *2

注記 *1：ネット1目合ごとの吸収エネルギーのネット総和より算出

*2：ネット交点の引張試験から求めた破断荷重からネット枚数及び有効交点数を乗じ算出

b. ワイヤロープ

ワイヤロープの端部にはワイヤグリップを取付ける。一般にワイヤロープの破断荷重の値はメーカーの引張試験によればJIS規格値よりも大きいので、ワイヤロープの許容限界は、JISに規定する破断荷重にワイヤグリップ効率 C_C を乗じた値とする。ワイヤロープの許容限界を第5.1.1-2表に示す。

第5.1.1-2表 ワイヤロープの許容限界

規格値	許容値
F_{bw}^{*1}	$C_C^{*2} \cdot F_{bw}^{*1}$

注記 *1：JIS G 3549の破断荷重

*2：JIS B 2809及び(社)日本道路協会「小規模吊橋指針・同解説」

c. 接続治具(支持部)

(a) ターンバックル

ワイヤロープの強度評価は、ワイヤロープから受ける引張荷重に対し、破断が生じない十分な強度を有することを確認する評価方針としていることを踏まえ、ターンバックルについてはJISに規定する保証荷重の1.5倍を許容限界とする。ターンバックルの許容限界を第5.1.1-3表に示す。

第5.1.1-3表 ターンバックル及びシャックルの許容限界

評価部位	許容荷重
ターンバックル	P_4^*

注記 *：JIS A 5540の保証荷重の1.5倍

(b) シャックル

シャックルの強度評価は、ワイヤロープから受ける引張荷重に対し、破断が生じない十分な強度を有することを確認する評価方針としていることを踏まえ、シャックルについては試験結果に基づくメーカー保証値を許容限界とする。シャックルの許容限界を第5.1.1-4表に示す。

第5.1.1-4表 ターンバックル及びシャックルの許容限界

評価部位	許容荷重
シャックル	P_5^*

注記 *：試験結果に基づくメーカー保証値

d. 接続治具(固定部)

(a) 隅角部固定ボルト

隅角部固定ボルトの破断評価は、破断が生じないように十分な余裕を持った強度を有することを確認する評価方針としていることを踏まえ、「鋼構造設計規準(2005改定)」に基づいた短期での許容応力を許容限界とする。

接続治具の許容限界を第5.1.1-5表に示す。

第5.1.1-5表 隅角部固定ボルトの許容限界

部位	隅角部固定ボルト
応力分類	せん断
許容限界	$1.5f_s^*$

注記 *：許容せん断応力「鋼構造設計規準」(2005改定)に基づき算出する。

(b) 取付プレート

取付プレートの破断評価は、取付けプレートに、破断が生じないように十分な余裕を持った強度を有することを確認する評価方針としていることを踏まえ、「鋼構造設計規準(2005改定)」に基づいた短期での許容応力を許容限界とする。

防護ネット(支持架構に直接設置)の取付プレートは支持架構に溶接されているため、溶接部が存在するが、同じ荷重が作用することから、許容荷重の小さいプレート本体を評価対象とする。

防護ネット(鋼製柱)の取付プレートは、プレート本体及び溶接部(プレートと鋼製柱、プレートとリブ及び鋼製柱とリブ)が存在するが、強度評価上、溶接脚長が短い取付けプレートとリブの溶接部及びプレート本体を評価対象部位とする。

取付プレート(防護ネット(支持架構に直接設置))の許容限界を第5.1.1-6表、取付プレート(防護ネット(鋼製柱))の許容限界を第5.1.1-7表に示す。

第5.1.1-6表 取付プレート(防護ネット(支持架構に直接設置))の許容限界

部位	プレート本体
応力分類	せん断
許容限界	$1.5f_s^*$

注記 *：許容せん断応力「鋼構造設計規準」(2005改定)に基づき算出する。

第5.1.1-7表 取付プレート(防護ネット(鋼製枠))の許容限界

部位	プレート本体及び溶接部
応力分類	せん断
許容限界	$1.5f_s^*$

注記 * : 許容せん断応力「鋼構造設計規準」(2005改定)に基づき算出する。

e. 接続部

(a) 取付ボルト

取付ボルトの破断評価は、取付ボルトに破断が生じないよう十分な余裕を持った強度を有することを確認する評価方針としていることを踏まえ、「鋼構造設計規準(2005改定)」に基づいた短期での許容応力を許容限界とする。

取付ボルトの許容限界を第5.1.1-8表に示す。

第5.1.1-8表 取付ボルトの許容限界

部位	取付ボルト
応力分類	引張
許容限界	$1.5f_t^*$

注記 * : 許容引張応力「鋼構造設計規準」(2005改定)に基づき算出する。

(b) 押さえボルト

押さえボルトの破断評価は、押さえボルトに、破断が生じないよう十分な余裕を持った強度を有することを確認する評価方針としていることを踏まえ、「鋼構造設計規準(2005改定)」に基づいた短期での許容応力を許容限界とする。

押さえボルトは支持架構に溶接されているため、溶接部が存在するが、同じ荷重が作用することから、許容荷重の小さいボルト部を評価対象とする。

押さえボルトの許容限界を第5.1.1-9表に示す。

第5.1.1-9表 押さえボルトの許容限界

部位	押さえボルト
応力分類	圧縮
許容限界	$1.5f_t^*$

注記 * : 許容引張応力「鋼構造設計規準」(2005改定)に基づき算出する。

(2) たわみ評価

防護ネットは、飛来物衝突時にたわんだとしても、飛来物が竜巻防護対象施設に衝突することがないように、十分な離隔を有していることを確認する評価方針としていることを踏まえ、ネットと竜巻防護対象施設の最小離隔距離 L_{min} を許容限界として設定する。

防護ネットのたわみ評価の許容限界を第5.1.1-10表に示す。

第5.1.1-10表 防護ネットのたわみ評価の許容限界

許容限界
防護ネットと竜巻防護対象施設の最小離隔距離
L_{min}

5.1.2 許容限界の設定方法

(1) 記号の定義

防護ネットのうち、ネットの強度評価における許容値の算出に用いる記号を第5.1.2-1表に示す。

第5.1.2-1表 ネットの強度評価における許容値の算出に用いる記号

記号	単位	定義
a	mm	ネット1目合いの対角寸法
a_s	mm	ネット1目合いの破断変位
b	mm	飛来物の端面の長辺方向寸法
c	mm	飛来物の端面の短辺方向寸法
E_i	kJ	i 番目の列におけるネットの吸収可能なエネルギー
E_{max}	kJ	ネットの限界吸収エネルギー
E_{max}'	kJ	ネットの補正限界吸収エネルギー
F_i	kN	飛来物衝突時の i 番目の列における作用力
F_n	kN	ネット設置枚数 n を考慮したネットの総交点強度
F_n'	kN	等価剛性のばらつきを考慮したネットの総交点強度
F_{50}	kN	50 mm目合いネットの1交点当たりの許容引張荷重
F_{40}	kN	40 mm目合いネットの1交点当たりの許容引張荷重
K	kN/m	ネット1目合いの等価剛性
K_x	kN/m	ネット設置枚数を考慮したネット1目合いの展開方向の1列の等価剛性
K_x'	kN/m	ネット1枚のネット1目合いの展開方向の1列の等価剛性
L_x	m	ネット展開方向寸法
L_y	m	ネット展開直角方向寸法
n	枚	ネット設置枚数
N_i	個	i 列目のネット展開直角方向目合い数
N_x	個	ネット展開方向目合い数
N_y	個	ネット展開直角方向目合い数
P_i	kN	飛来物衝突時にネットに発生する i 番目の列における張力
X_i	m	i 列目のネットの伸び
δ_i	m	飛来物衝突時の i 番目の列におけるネットのたわみ量
δ_{max}	m	ネットの最大たわみ量
θ_i	deg	i 番目の列におけるネットたわみ角
θ_{max}	deg	ネットの最大たわみ角

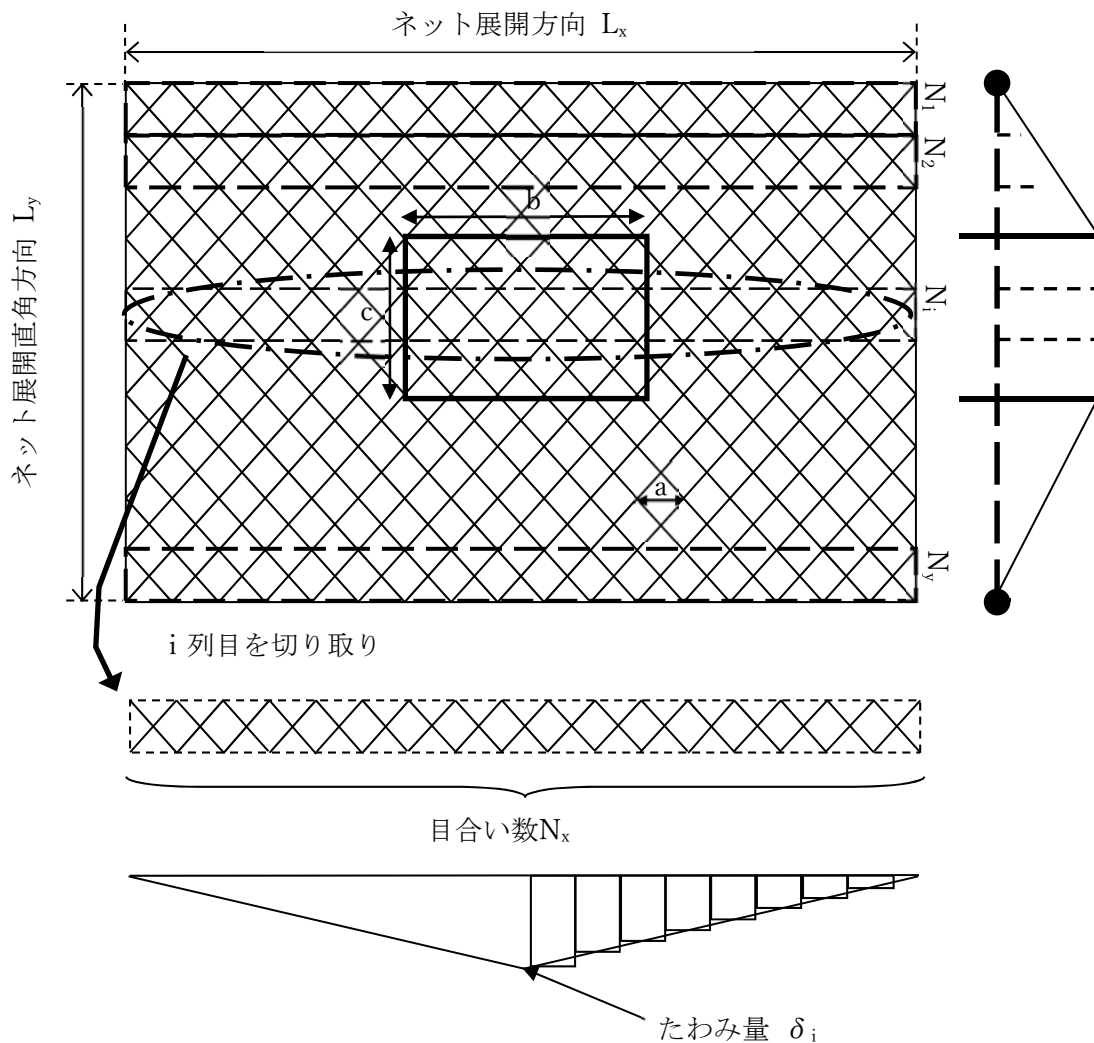
(2) ネットの吸収エネルギー評価

吸収エネルギー評価においては、計算により算出するネットの限界吸収エネルギーがネットに作用するエネルギー以上であることにより、ネットが破断しないことを確認する。ネット1目合いの要素試験の結果から得られる目合い展開方向の限界伸び量によりネットの最大変形角が定まり、ネット最大変形角における吸収エネルギーがネットの有する限界吸収エネルギー E_{max} となる。

限界吸収エネルギーは、複数枚を重ね合わせたネットを一体として扱ったモデルにて算出する。また、ネットの変形及び吸収エネルギーの分布を考慮したオフセット衝突位置での吸収エネルギー評価の結果、電中研報告書を参照して、ネット最大たわみ時のネットの全長は飛来物のネットへの衝突位置によらずネット最大たわみ時展開方向の長さで一定であり、ネットに発生する張力も一定となることから、飛来物のネットへの衝突位置によらずネットから飛来物への反力も同等となり、オフセット位置への飛来物の衝突時の吸収エネルギーは中央衝突時と同等となる。したがって、吸収エネルギー評価では中央衝突の場合にて評価を行う。

さらに、設計条件の設定において等価剛性の算出方法の影響を裕度として考慮する。評価に用いる等価剛性は、引張試験による荷重-伸び曲線から各々の最大荷重発生時までの最大エネルギーを算出し、これらの平均値と等価な剛性を用いており、平均値と実測値との間で最大5.6%の差があることから、本影響を係数として考慮する。吸収エネルギー評価においては、等価剛性の影響を考慮した係数を限界吸収エネルギーが小さくなるように考慮する。

限界吸収エネルギーは、ネット1目合いの展開方向の1列の等価剛性、展開方向寸法及びたわみ量から、以下のとおり算出される。吸収エネルギー評価におけるネットのモデル図を第5.1.2-1図に示す。



第5.1.2-1図 吸収エネルギー評価におけるネットのモデル図

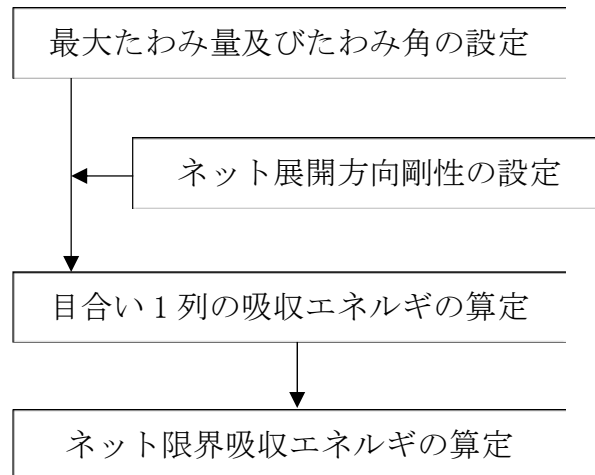
第5.1.2-1図に示すとおりネットの展開方向に1目合いごとに [---] で囲った形に帯状に分割し、 N_1 から N_y までの各列が分担するエネルギーを各列のたわみ量から算定し、それらを積算することによりネットの吸収するエネルギーを算出し、ネットが吸収可能な限界吸収エネルギーを算出する。

ただし、中央部の最大たわみ量が発生する列数は、飛来物の寸法及びネット目合いの対角寸法から算出されるネット展開直角方向目合い列数を考慮して設定する。飛来物の端部寸法($b \times c$)及びネット目合いの対角寸法 a を考慮し、最大たわみが発生する場合のネット展開直角方向目合い列数を以下のとおり算出する。ネットの吸収エネルギーが小さくなるよう、目合い列数の算出に用いる飛来物の寸法として値の小さい寸法 c を適用し、最大たわみが生じる目合い列数を少なくすることにより、限界吸収エネルギー量が小さくなるように評価する。

$$\text{ネット展開直角方向目合い列数} = \frac{c}{a}$$

評価モデルとしては、展開方向に1目合いごとに帯状に分割するモデルとしており、限界吸収エネルギー量が小さく算出されるよう、三角形モデルとして評価を実施する。

吸収エネルギー評価の許容限界の算定フローを第5.1.2-2図に示す。

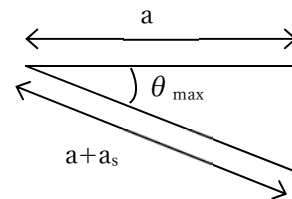


第5.1.2-2図 吸収エネルギー評価の許容限界の算定フロー

ネット1目合いの最大伸び量は、電中研報告書のネット目合いの引張試験から求められ、そこから算出する最大たわみ角から、飛来物が衝突した際の列の最大たわみ量 δ_{max} は次式により算定される。

$$\delta_{max} = \frac{L_x}{2} \cdot \tan(\theta_{max})$$

$$\theta_{max} = \cos^{-1} \left(\frac{a}{a+a_s} \right)$$



ネットを構成するネットの展開方向の目合い数 N_x は、ネット展開方向寸法 L_x 及びネット1目合いの対角寸法 a から求める。展開直角方向の目合い数 N_y は、ネット展開直角方向寸法 L_y 及びネット1目合いの対角寸法 a から求める。ネットを構成する1目合いはそれぞれ K の等価剛性を持っているため、1列当たりバネ定数 K を持つバネを N_x 個直列に接続したものと考えることができる。

そのため、1列当たりの剛性 K_x' は、

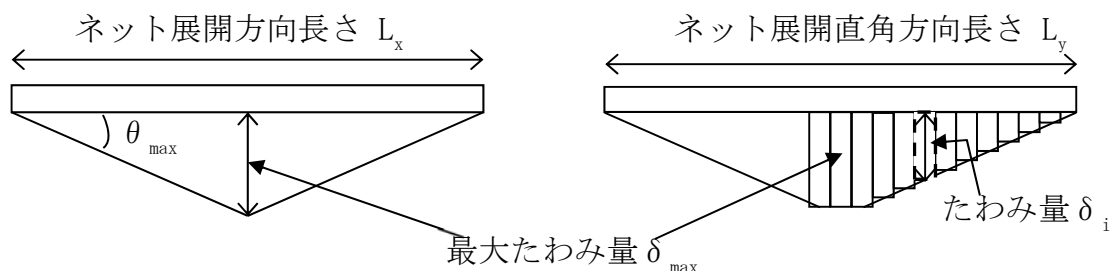
$$N_x = \frac{1000L_x}{a}, \quad N_y = \frac{1000L_y}{a}$$

$$\text{ネット展開方向剛性 } K_x' = \frac{K}{N_x}$$

となる。ただし、 N_x 、 N_y の算出において限界吸収エネルギーの値が小さくなるように N_x は保守的に切り上げ、 N_y は保守的に切り捨てた値を用いる。また、補助ネットはネット0.5枚相当のエネルギー吸収能力があるため、ネット設置枚数を考慮したネット展開方向剛性 K_x は、次式により算出される。

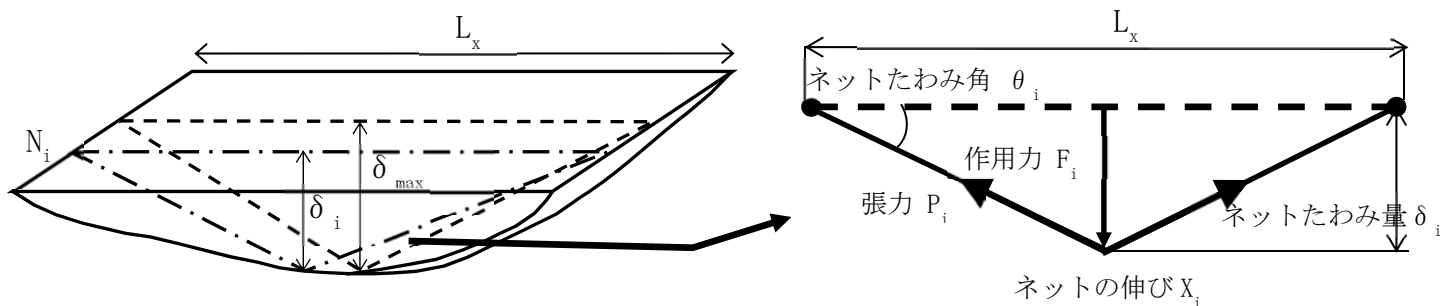
$$K_x = K_x' \cdot (n+0.5)$$

飛来物が衝突しなかった列のたわみ量 δ_i は、最大たわみ量 δ_{max} からネット端部のたわみ量0までの間を、非接触の列の数の分だけ段階的に減少していくと考える。ネットの最大たわみ量と最大たわみ角を第5.1.2-3図に示す。



第5.1.2-3図 ネットの最大たわみ量と最大たわみ角

ネットに飛来物が衝突した際のネットにかかる張力を、ネットの剛性及びネットの伸び量から算出する。ネットに作用する力のつり合いを第5.1.2-4図に示す。



第5.1.2-4図 ネットに作用する力のつり合い

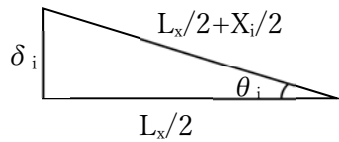
i 番目の列におけるネットの張力 P_i は、飛来物の衝突位置の左右を分割して考えると、伸び量は $\frac{X_i}{2}$ 、剛性は $2K_x$ となることから、

$$P_i = 2K_x \cdot \left(\frac{X_i}{2} \right)$$

$$= K_x \cdot X_i$$

となる。また、作用力 F_i は変位量とたわみ量の関係から、

$$\begin{aligned}
F_i &= 2P_i \cdot \sin(\theta_i) \\
&= 2K_x \cdot X_i \cdot \sin(\theta_i) \\
&= 2K_x \cdot L_x \cdot (\tan(\theta_i) - \sin(\theta_i)) \\
&= 4K_x \cdot \delta_i \cdot \left(1 - \frac{L_x}{\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2}}\right) \dots (5.1)
\end{aligned}$$



ネットに飛来物が衝突した際のネットにかかる作用力 F_i を積分することにより i 番目の列における吸収エネルギー E_i を次式に示す。

$$\begin{aligned}
E_i &= \int_0^{\delta_i} F_i d\delta_i \\
&= \int_0^{\delta_i} 4K_x \cdot \delta_i \cdot \left(1 - \frac{L_x}{\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2}}\right) d\delta_i \\
&= 2K_x \cdot \delta_i^2 - K_x \cdot L_x \left(\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2} - L_x\right) \dots (5.2)
\end{aligned}$$

以上から、 n 枚のネット及び1枚の補助ネットを考慮した限界吸収エネルギー E_{\max} は、各列の吸収エネルギー E_i を第1列から第 N_y 列まで積算することにより求められる。

$$\begin{aligned}
E_{\max} &= \sum_{i=1}^{N_y} E_i \\
&= \sum_{i=1}^{N_y} \left(2K_x \cdot \delta_i^2 - K_x \cdot L_x \left(\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2} - L_x\right)\right) \dots (5.3)
\end{aligned}$$

飛来物衝突時にネットに生じるエネルギー並びに自重、積雪荷重及び風圧力により生じるエネルギーの総量を算出し、等価剛性の算出方法の影響から定められる係数を考慮した n 枚のネット及び1枚の補助ネットから算出される限界吸収エネルギーを E_{\max}' とする。

等価剛性の算出方法の影響から定められる係数としては、「5.1.2(2) ネットの吸収エネルギー評価」より1/1.056倍と定める。

したがって、限界吸収エネルギーの許容限界は、以下のとおりである。

$$E_{\max}' = \frac{1}{1.056} E_{\max}$$

(3) ネットの許容引張荷重の評価

破断評価においては、計算により算出するネットに作用する荷重がネットの素材の持つ破断強度以下であることにより、ネットに破断が生じないよう十分な余裕を持った強度を有することを確認する。

破断評価モデルを第5.1.2-5図に示す。

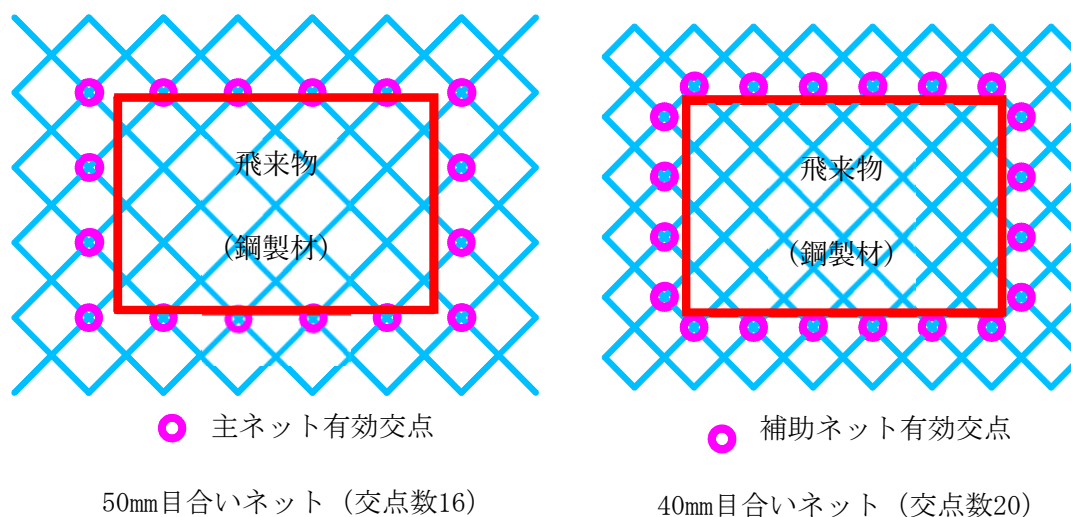
ネットの構造及び飛来物の大きさを考慮し、衝突位置周辺の交点数が最小となるモデル化を行う。衝突位置周辺の交点数はネット1枚あたり16点(主ネット)及び20点(補助ネット)となる。

ネットは、飛来物の衝突に対し、塑性変形することでエネルギーを吸収し、飛来物を捕捉することから、ネット交点の破断試験結果から算出したネット1目合いに作用する引張荷重を安全側に整理したものと全有効交点数から算出される総交点強度を許容限界とする。具体的には、引張強度評価においては、ネット交点に作用する引張荷重を算出するため、電中研報告書を参照してネット交点の引張試験に基づいたネット交点の破断荷重 F_{50} 及び F_{40} に全有効交点数を乗じた総交点強度 F_n を許容限界とする。なお、破断評価では補助ネットの交点数も考慮する。

$$F_n = F_{50} \times 16 \times 2 + F_{40} \times 20 \times 1$$

ここで、等価剛性の算出方法の影響を考慮し、ネットの破断評価における許容荷重を以下の通り算出する。

$$F_n' = \frac{F_n}{1.056}$$



第5.1.2-5図 破断評価モデル図

5.2 防護板(鋼材)の許容限界

5.2.1 衝突評価

飛来物による衝撃荷重に対し、飛来物が竜巻防護対象施設に衝突することを防止するために、飛来物が鋼板を貫通しないことを確認する評価方針としていることを踏まえ、計算にて求められる飛来物の貫通を生じない最小厚さを許容限界として設定する。

また、防護板(鋼材)の接続部について、設計飛来物が衝突したとしても、脱落しないことを解析により確認する評価方針としており、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。

5.2.2 許容限界の設定方法

(1) 衝突評価

a. 記号の定義

鋼板の貫通限界厚さの算出に用いる記号を第5.2.2-1表に示す。

第5.2.2-1表 BRL式による貫通限界厚さの算定に用いる記号

記号	単位	定義
D	m	飛来物の(等価)直径
K	—	鋼板の材質に関する係数
M	kg	飛来物の質量
T	m	鋼板の貫通限界厚さ
T _c	m	BRL式の算出結果を実験で非貫通の結果が確認された比率で除した鋼板の貫通限界厚さ
v	m/s	飛来物の衝突速度(水平)
L	m	飛来物断面の外周長さ

b. 鋼板の貫通限界厚さの評価

飛来物が鋼板に直接衝突した場合の貫通限界厚さを「タービンミサイル評価について(昭和52年7月20日 原子炉安全専門審査会)」で用いられているBRL式を用いて算出する。BRL式を以下に示す。

$$T^{\frac{3}{2}} = \frac{0.5 \cdot M \cdot V^2}{1.4396 \cdot 10^9 \cdot K^2 \cdot D^{\frac{3}{2}}}$$

ここで、等価直径Dは下式のとおり。

$$D = \frac{L}{\pi}$$

等価直径は、「電力中央研究所報告O19003」(以下「O19003」という。)から「衝突部の周長と等価な周長の円の直径」として算出する。O19003における、設計飛来物である鋼製材のような四角形衝突に対する貫通限界厚さ付近の実験データが不十分であることを考慮し、BRL式の算出結果を実験で非貫通の結果が確認された比率(0.97)で除した値を貫通限界厚さとする。

したがって、BRL式の算出結果を実験で非貫通の結果が確認された比率で除した鋼板の貫通限界厚さは、以下の式により算出する。

$$T_c = T / 0.97$$

第5.2.2-2表 飛来物の諸元

飛来物	d (m)	K (—)	M (kg)	v (m/s)	
				水平方向	鉛直方向
鋼製材	0.311	1.0	135	51	34

5.3 支持架構の許容限界

5.3.1 衝突評価

設計荷重(竜巻)に対し、支持架構が飛来物を貫通させないために、支持架構部材が終局状態に至るようなひずみが生じないことを解析により確認する評価方針としていることを踏まえて、部材のひずみが破断ひずみを超えないことを許容限界として設定する。破断ひずみは、JISに規定されている伸びの下限値を基に設定するが、「Methodology for Performing Aircraft Impact Assessments for New Plant Design」(以下「NEI07-13」という。)に従い、0.14/TF(多軸性係数)とする。ここで、「NEI07-13」において、TF(多軸性係数)を2とすることが推奨されていることを踏まえ、安全余裕としてTF= 2 を考慮して設定する。従って、破断ひずみは0.07とする。

5.3.2 支持架構全体の波及的影響評価

a. 記号の定義

支持架構の許容限界の算出に用いる記号を第5.3.2-1表に示す。

第5.3.2-1表 支持架構の許容限界の算定に用いる記号

記号	単位	定義
f_b	MPa	曲げに対する許容限界
f_c	MPa	圧縮に対する許容限界
f_s	MPa	せん断に対する許容限界
f_t	MPa	引張に対する許容限界
σ_b	MPa	支持架構の曲げ応力
σ_c	MPa	支持架構の圧縮応力
σ_t	MPa	支持架構の引張応力
τ_s	MPa	支持架構のせん断応力

b. 許容限界の設定方法

架構全体の評価は、飛来物が衝突した際の衝撃荷重により、支持架構を構成する部材の接続部が破断し脱落が生じないこと、倒壊に至るような変形が生じないこと及び柱脚部が破損し転倒しないことを確認する方針としていることを踏まえ、以下の通り許容限界を設定する。

(1) 脱落評価

設計飛来物が支持架構を構成する部材に衝突した際の局所的なひずみの影響を考慮し、ひずみ量を評価し、部材の接続に破断が生じないことを確認する評価方針

としていることを踏まえ、破断ひずみを許容限界として設定する。破断ひずみは、JISに規定されている伸びの下限値を基に設定するが「NEI07-13」に従い、 $0.14/TF$ (多軸性係数)とする。ここで、「NEI07-13」において、TF(多軸性係数)を2.0とすることが推奨されていることを踏まえ、安全余裕として $TF=2.0$ を考慮して設定する。従って、破断ひずみは0.07とする。最大ひずみが破断ひずみを超える場合には、破断箇所を確認し全断面に発生しないことを確認する。

(2) 倒壊評価

支持架構を構成する部材のうち、飛来物の衝突により大変形した部材を欠損させた状態で構造が自立可能であることを確認することを踏まえ、終局耐力に妥当な安全余裕を考慮した許容応力を許容限界として、「鋼構造設計規準」に基づき、応力比は1.0以下とする。

また、部材の塑性変形を許容する座屈拘束ブレースに対しては、座屈拘束ブレースの破断が生じないように、発生するひずみが日本建築センターの評定書 (BCJ評定一ST0126-06) に基づく許容限界を超えないことを確認する。座屈拘束ブレースの許容限界を第5.3.2-2表に示す。

第5.3.2-2表 座屈拘束ブレースの許容限界

評価項目	許容限界
軸ひずみ評価	3.0%

(3) 転倒評価

設計荷重(竜巻)に対し、柱脚部が構造健全性を維持することを確認することを踏まえ、柱脚部は十分な余裕を持った強度を許容限界とする。具体的には、「鋼構造設計規準」に基づいた短期の1.1倍での許容応力を許容限界とする。

軸力及び曲げモーメントが生じる部材は、座屈を考慮し、部材に生じる軸応力及び曲げ応力の組合せ応力が、許容限界を超えないことを確認する。

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1.0 \quad \text{又は} \quad \frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1.0$$

せん断力が生じる部材は、部材に生じるせん断応力が、許容限界を超えないことを確認する。

$$\frac{\tau_s}{f_s} \leq 1.0$$

5.4 防護板(鉄筋コンクリート)の許容限界

(1) 評価方針

防護板(鉄筋コンクリート)の申請に合わせて、次回以降に詳細で説明する。

(2) 許容限界の設定方法

防護板(鉄筋コンクリート)の申請に合わせて、次回以降に詳細で説明する。

6. 強度評価方法

評価手法は、以下に示す解析法により、適用性に留意の上、規格及び基準類や既往の文献において適用が妥当とされる手法に基づき実施することを基本とする。

- ・ 定式化された評価式を用いた解析法
- ・ FEM等を用いた解析法

6.1 防護ネットの強度評価

(1) 評価方針

- ネットの限界吸収エネルギーの算出においては、ネットの展開直角方向に1目合い毎に帯状に分割し、各列が分担するエネルギーを各列のたわみ量から算定し、それらを積算することによりネットの吸収するエネルギーを算出する。
- ネットの限界吸収エネルギーの算出においては、ネットを構成する1目合いはそれぞれ K の等価剛性を持っているため、1列当たりバネ定数 K を持つバネを N_x 個直列に接続したものとする。
- 自重、風圧力及び積雪荷重によるネットに作用する荷重は、ネット全体に等分布荷重として作用するものであり、ネット展開直角方向に対しては荷重が均一となるよう作用させる。
- 一方、ネット展開方向に対しては、設計モデル上均一に荷重を作用させることが困難であるため、保守的にエネルギー量が大きくなるよう、自重、風圧力及び積雪荷重によりネットに作用する荷重 F_w が全てネット展開方向 L_x の中央に作用したとして、ネットにかかる作用力の式を用いて1列当たりの自重及び風圧力による荷重によりネットが受けるエネルギーを算出し、列数倍することでネット全体が自重、風圧力及び積雪荷重による荷重により受けるエネルギーを算出する。
- 評価においては、飛来物の衝突位置として中央位置に衝突することを想定した評価を実施しており、中央位置からずれたオフセット位置に衝突する場合の影響を考慮する。
- 吸収エネルギー評価においては、電中研報告書を参照して、ネット最大たわみ時のネットの全長は飛来物のネットへの衝突位置によらずネット最大たわみ時展開方向の長さで一定であり、ネットに発生する張力も一定となることから、飛来物のネットへの衝突位置によらずネットから飛来物への反力も同等となり、

オフセット位置への飛来物の衝突時の吸収エネルギーは中央衝突時と同等となる。したがって、吸収エネルギー評価では中央衝突の場合にて評価を行う。

- g. 破断評価においては、中央位置への衝突に対してオフセット位置への衝突では、その移動距離が短くなることから、中央位置衝突時よりもオフセット位置衝突時の方が作用する荷重が大きくなることを踏まえ、作用する荷重が大きくなるように、中央位置衝突時とオフセット位置衝突時の移動距離を踏まえた係数を作用する荷重に乗じる。ただし、ネット端部近傍に衝突する場合には、飛来物は傾き、飛来物の側面がネットや支持架構に接触すると考えられ、飛来物による衝撃荷重は小さくなる。
- h. たわみ評価においては、ネットの全長が飛来物の衝突位置によらず、ネット最大たわみ時展開方向の長さで一定となるため、たわみの軌跡が楕円状となることを考慮して評価する。さらに、ネットに対して飛来物がオフセット位置へ衝突した場合においても、各ワイヤロープに対して均等に張力が発生するため、算出結果は飛来物の衝突位置によらず適用可能である。また、ワイヤロープの初期張力は小さくワイヤロープの評価において有意ではないため計算上考慮しない。

(2) 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を第6.1-1表に示す。

第6.1-1表 評価対象部位及び評価内容

評価対象部位		評価内容
ネット		・限界吸収エネルギー ・引張 ・たわみ
ワイヤロープ		・引張 ・たわみ*
接続治具 (支持部)	ターンバックル	・引張
	シャックル	・引張
接続治具 (固定部)	隅角部固定ボルト	・せん断
	取付プレート	・せん断
接続部	取付ボルト	・引張
	押さえボルト	・圧縮

注記 *：ネット全体のたわみ評価に用いる。

(3) 強度計算

a. 記号の定義

ネットの強度評価に用いる記号を第6.1-2表に示す。

第6.1-2表 強度評価に用いる記号(1/3)

記号	単位	定義
A_{b1}	mm^2	隅角部固定ボルト有効断面積
A_{b2}	mm^2	取付金物の取付ボルト有効断面積
A_{b3}	mm^2	取付金物の押さえボルト有効断面積
A_{s1}	mm^2	取付プレート(支持架構設置)の有効せん断面積
A_{s2}	mm^2	取付プレート(鋼製枠設置)の有効せん断面積
a_w	mm	取付プレート溶接部ののど厚
E_f	kJ	飛来物衝突時にネットに作用するエネルギー
E_i	kJ	i番目の列におけるネットの吸収可能なエネルギー
E_{max}	kJ	ネット設置枚数nを考慮した吸収エネルギー
E_t	kJ	ネット設置枚数nを考慮したネットに作用する全エネルギー
E_w	kJ	自重, 積雪荷重, 風圧力によりネットに作用するエネルギー
F_a	kN	飛来物衝突時にネットが受ける最大衝撃荷重
F_a'	kN	衝突位置を考慮した飛来物衝突時にネットが受ける衝撃荷重
F_p	kN	ワイヤロープにより支持部に作用する荷重
F_{p1}	kN	1枚目ネットのワイヤロープにより支持部に作用する荷重
F_{p2}	kN	2枚目ネットのワイヤロープにより支持部に作用する荷重
F_t	kN	ネット取付金物に作用する水平方向合成荷重
F_w	kN	自重, 積雪荷重, 風圧力によりネットに作用する荷重
F_x	kN	取付金物及び鋼製枠に作用する展開方向荷重
F_y	kN	取付金物及び鋼製枠に作用する展開直角方向荷重
F_z	kN	取付金物及び鋼製枠に作用する鉛直方向荷重
H	mm	取付金物の取付け面から保持管中心までの距離
K_x	kN/m	ネット設置枚数を考慮したネット1目合いの展開方向の1列の等価剛性
L_1	mm	取付金物のモーメント支点からボルトまでの距離
L_2	mm	取付金物のモーメント支点から保持管中心までの距離
L_b	m	変形前のワイヤロープ長さ
L_{pw}	mm	取付プレート溶接部の有効長さ

第6.1-2表 強度評価に用いる記号(2/3)

記号	単位	定義
L	mm	取付けプレートの面取り長さ
L _{p1}	mm	取付プレート(支持架構設置)取付け孔位置寸法
L _{p2}	mm	取付プレート(支持架構設置)取付け孔位置寸法
L _{p3}	mm	取付プレート(鋼製枠設置)長さ(縦方向)
L _{p4}	mm	取付プレート(鋼製枠設置)長さ(横方向)
L _{p5}	mm	取付プレート(鋼製枠設置)取付け孔位置寸法
L _x	m	ネット展開方向寸法
L _y	m	ネット展開直角方向寸法
L _z	m	ワイヤロープの全長
m	kg	飛来物の質量
N _y	個	ネット展開直角方向目合い数
n	枚	ネット設置枚数
n ₁	—	飛来物の衝突位置周辺のネット1枚当たりの目合いの個数
n ₂	個	隅角部固定ボルト本数
n ₃	個	取付金物の取付ボルト評価対象ボルト本数
P _s	kN	ネットへの積雪により作用する荷重
P _w	kN	ネットの自重により作用する荷重
P ₁	kN	取付金物の取付ボルトに作用する引張荷重
S	m	変形後のワイヤロープ長さ
S _x	m	ネット展開方向と平行に配置されているワイヤロープの変形後の長さ
S _y	m	ネット展開直角方向と平行に配置されているワイヤロープの変形後の長さ
S _w	mm	取付プレート(鋼製枠設置)溶接部の溶接脚長
T'	kN	飛来物のネットへの衝突によりn枚のネットに発生する張力の合計の最大値
T ₁	kN	飛来物のネット中央への衝突により1枚のネットのワイヤロープ1本に作用する張力の最大値
T ₁ '	kN	衝突位置を考慮した飛来物のネットへの衝突により1枚目のネットのワイヤロープ1本に作用する張力の最大値
T _T	kN	全ワイヤロープの合計張力
T _x	kN	飛来物がネットに衝突により展開方向のワイヤロープから発生するX方向荷重
T _x '	kN	飛来物がネットに衝突により展開直角方向のワイヤロープから発生するX方向荷重
T _y	kN	飛来物がネットに衝突により展開方向のワイヤロープから発生するY方向荷重
T _y '	kN	飛来物がネットに衝突により展開直角方向のワイヤロープから発生するY方向荷重
t ₂	mm	取付プレート(支持架構設置)の板厚
t ₃	mm	取付プレート(鋼製枠設置)の板厚
v ₁	m/s	飛来物衝突時の速度
W _w	kN	風圧力によりネットに作用する荷重
δ	m	飛来物衝突時のネットの最大たわみ量
δ'	m	飛来物衝突時のワイヤロープの変形による伸び量

第6.1-2表 強度評価に用いる記号(3/3)

記号	単位	定義
δ_a	m	自重, 積雪荷重及び風圧力による荷重によるたわみ量
δ_i	m	飛来物衝突時のi番目の列におけるネットのたわみ量
δ_t	m	ワイヤロープのたわみ量を含めたネット全体のたわみ量
δ_t'	m	等価剛性の導出過程を踏まえた係数を考慮したネット全体の最大たわみ量
δ_w	m	ワイヤロープのたわみ量
δ_{wx}	m	ネット展開方向に平行に配置されているワイヤロープの変形後のたわみ量
δ_{wy}	m	ネット展開直角方向に平行に配置されているワイヤロープの変形後のたわみ量
ε	-	ワイヤロープのひずみ量
θ	deg	飛来物衝突時のネットのたわみ角
θ_1	deg	ネット展開方向に平行なワイヤロープの水平投影たわみ角
θ_2	deg	ネット展開直角方向に平行なワイヤロープの水平投影たわみ角
θ_{h1}	deg	ネット展開方向に平行なワイヤロープの水平投影たわみ角
θ_{h2}	deg	ネット展開直角方向に平行なワイヤロープの水平投影たわみ角
θ_i	deg	i番目の列におけるネットたわみ角
θ_{w1}	deg	ネット展開方向に平行なワイヤロープのたわみ角
θ_{w2}	deg	ネット展開直角方向に平行なワイヤロープのたわみ角
θ_x	deg	飛来物衝突時のネット展開方向に平行のネットたわみ角
θ_y	deg	飛来物衝突時のネット展開直角方向に平行のネットたわみ角
σ_{b1}	MPa	取付金物の取付ボルトに発生する引張応力
σ_{b2}	MPa	取付金物の押さえボルトに発生する圧縮応力
τ_{p1}	MPa	取付プレート(支持架構設置)に発生するせん断応力
τ_{p2}	MPa	取付プレート(鋼製枠設置)に発生するせん断応力
τ_s	MPa	隅角部固定ボルトに発生するせん断応力
τ_w	MPa	取付プレート(鋼製枠設置)溶接部に発生するせん断応力
ϕ_{d1}	mm	取付プレート(支持架構設置)の孔径
ϕ_{d2}	mm	取付プレート(鋼製枠設置)の孔径

b. 吸収エネルギー評価

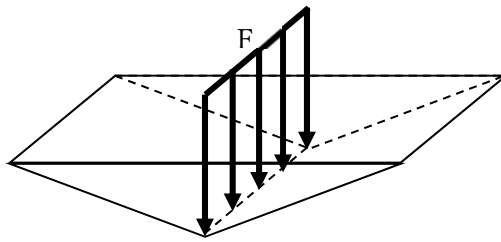
吸収エネルギー評価においては、電力中央研究所の評価式を参照して、ネットが異方性材料であることを考慮した吸収エネルギー量算定のモデル化を行い、自重、積雪荷重、風圧力による荷重及び飛来物による衝撃荷重によるエネルギーがネットの有する限界吸収エネルギーを下回ることを確認する。

(5.3)式より、 E_{max} は以下のとおりである。

$$E_{max} = \sum_{i=1}^{N_y} \left(2K_x \cdot \delta_i^2 - K_x \cdot L_x \left(\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2} - L_x \right) \right)$$

自重、積雪荷重及び風圧力による荷重によりネットに作用する荷重は、ネット全体に等分布荷重として作用するものであるため、実現象に合わせネット展開直角方向に対しては荷重が等分布となるよう作用させる。一方、ネット展開方向に対しては、評価モデル上の制約により均一に荷重を作用させることが困難であるため、ネットに作用するエネルギーが保守的に大きくなるよう、 F_w が全てネット展開方向 L_x の中央に作用したとして、ネットにかかる作用力の式を用いて展開方向の1列当たりの自重、積雪荷重及び風圧力による荷重によりネットが受けるエネルギーを算出し、列数倍することでネット全体が自重、積雪荷重及び風圧力による荷重により受けるエネルギーを算出する。自重、積雪荷重及び風圧力の作用イメージを第6.1-1図に示す。

評価条件である K_x 及び L_x 並びに自重、積雪荷重及び風圧力による荷重から算出する F_w を(5.1)式に代入して数値計算を実施することにより、自重、積雪荷重及び風圧力による荷重によるたわみ量 δ_a が算出される。



第6.1-1図 自重、積雪荷重及び風圧力の作用イメージ

$$F_w = N_y \cdot 4K_x \cdot \delta_a \left(1 - \frac{L_x}{\sqrt{4\delta_a^2 + L_x^2}} \right)$$

ただし、 $F_w = P_w + W_w + P_s$

上式にて算出した δ_a を(5.3)式において、展開方向の1列当たりの自重、積雪荷重及び風圧力による荷重によりネットが受けるエネルギーを列数倍する以下の

式に代入することにより、自重、積雪荷重及び風圧力による荷重によりネットが受けるエネルギー E_w が算出される。

$$E_w = N_y \cdot \left(2K_x \cdot \delta_a^2 - K_x \cdot L_x \left(\sqrt{4\delta_a^2 + L_x^2} - L_x \right) \right)$$

飛来物の衝突によりネットに作用するエネルギー E_f としては、衝突時の飛来物の運動エネルギーとして、以下より求められる。

$$E_f = \frac{1}{2} m v_1^2$$

飛来物の飛来速度は、ネット設置方向により水平設置の場合は鉛直の飛来速度、鉛直設置の場合は水平の飛来速度にて算出する。斜め方向から衝突した場合の飛来速度の水平方向速度成分及び鉛直方向速度成分は、評価に用いる水平最大飛来速度及び鉛直最大飛来速度を下回る。また、飛来物がネットに対して斜め方向から衝突する場合は、飛来物が衝突後に回転し、ネットと飛来物の衝突面積が大きくなるため、ネットに局部的に作用する荷重は小さくなる。したがって、飛来物の衝突方向は、ネットに局部的に作用する荷重が大きくなるようにネットに対して垂直に入射するものとし、その飛来速度はネット設置方向に応じ、水平設置の場合は鉛直最大飛来速度、鉛直設置の場合は水平最大飛来速度を用いる。

以上から、 n 枚のネット及び1枚の補助ネットを考慮したネットに作用する全エネルギー E_t が以下のとおり算出される。

$$E_t = E_f + E_w \quad \dots (6.1)$$

c. 破断評価

破断評価においては、電力中央研究所の評価式を参照して、ネットに作用する飛来物による衝撃荷重がネットの局部的な耐力未満であることを確認する。

評価に際しては、「3.2 評価方針」のとおり、飛来物の衝突位置の影響として、オフセット衝突する場合の影響を考慮する。以下に、オフセット衝突する場合の影響を係数として考慮した発生値の割増係数の設定方法を示す。

- ・オフセット衝突を考慮する係数

飛来物の移動距離が最も小さくなる場合のオフセット衝突を考えると、電中研報告書に基づき、中央衝突に比べ飛来物による衝撃荷重が1.22倍となる。ネット端部近傍に衝突する場合には、飛来物は傾き、飛来物の側面がネットや支持架構に接触すると考えられ、飛来物による衝撃荷重は小さくなる。

- ・動的応答倍率を考慮する係数

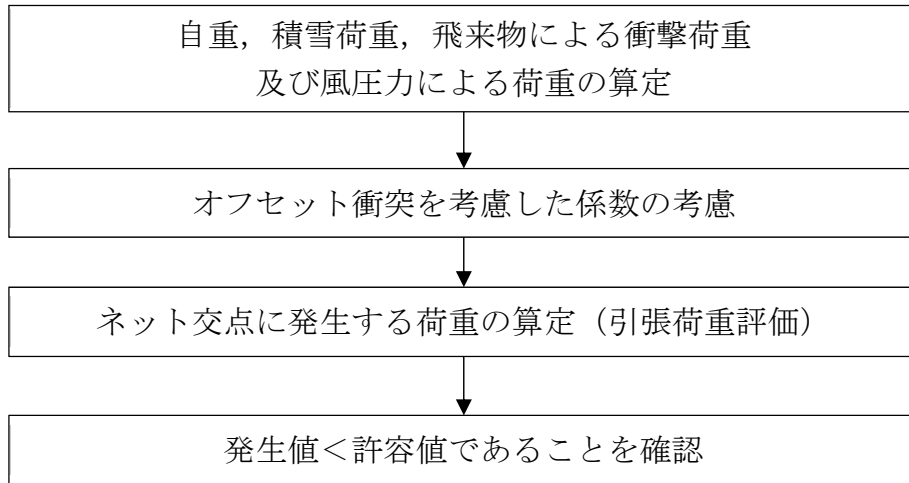
ネットの衝突試験結果より、金網に急速荷重を負荷した場合、作用時間と荷重を受ける構造物の固有周期の比に応じた動的倍率を考慮する必要がある。防護ネットには、急速荷重を抑制するため、緩衝装置を有する保持管を設置しているが、この効果が得られない部位に対して、動的応答倍率を考慮する。電中研報告書に基づき、ネットに設計飛来物が衝突する場合の動的応答倍率は、1.52とする。

- (a) ネットの引張荷重評価

ネットに飛来物が衝突した後、ネットのたわみが増加し、飛来物の運動エネルギーを吸収する。ネットに発生する飛来物による衝撃荷重はネット変位の増加に伴い大きくなり、最大変位発生時に最大値を示すため、破断評価では最大変位発生時の飛来物による衝撃荷重を用いる。

最大変位発生時において、飛来物の衝突によりネットの交点はネット展開方向に引張力を受けることから、破断評価としてネット交点の引張荷重評価を実施する。

ネットの破断評価の評価フローを第6.1-2図に示す。



第6.1-2図 ネットの破断評価フロー

ネットに飛来物が衝突した際に生じる衝撃荷重の最大値 F_a は、「4.2 荷重の算定方法」にて算出した(2.8)式のたわみ量と飛来物による衝撃荷重の関係式を用いて算出する。

飛来物の衝突による荷重に加え、自重、積雪荷重及び風圧力による荷重を考慮するため、 E_f を E_t と置き換えて、(6.1)式より、

$$F_a = \frac{8E_t}{3 \cdot \delta}$$

となる。

E_t としては、(6.1)式に基づいて飛来物による運動エネルギー E_f 並びに自重、積雪荷重及び風圧力による荷重によりネットが受けるエネルギー E_w から算出したネットに作用する全エネルギー量を代入する。 δ としては、たわみ評価で算出する飛来物が衝突する場合のネットの最大たわみ量を代入し、 F_a を算出する。

ここで、オフセット衝突による衝撃荷重の増加分を踏まえた係数1.22を考慮し、衝撃荷重の最大値 F_a' は

$$F_a' = F_a \cdot 1.22$$

と算出される。

(b) ワイヤロープの破断評価

破断評価における衝撃荷重と、ネットとワイヤロープの接続構造からワイヤロープに作用する荷重を導出する。

ワイヤロープの設計において、ワイヤロープに発生する荷重として以下を考慮する。

- ① ネットの自重により作用する荷重
- ② 風圧力及び積雪荷重によりネットに作用する荷重

③ 飛来物の衝突によりネットに作用する衝撃荷重

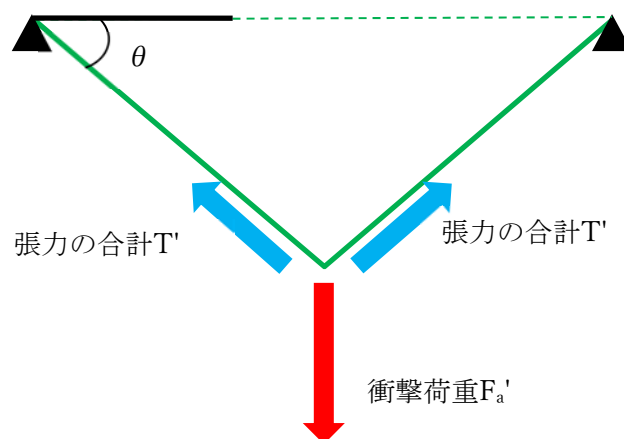
ネットは、電中研報告書と同様に2本のワイヤロープをL字に設置し、さらにワイヤロープが緩衝材により拘束されない構造としており、衝突試験における実測値が包絡されることを確認している評価式を用いて評価を実施する。ネットに発生する荷重のつり合いのイメージ図を第6.1-3図に示す。

自重、積雪荷重、飛来物の衝撃荷重及び風圧力による荷重によりネットに作用する衝撃荷重の最大値 F_a' が集中荷重として作用するとしてモデル化すると、飛来物が衝突する場合のネットn枚及び補助ネット1枚に発生する張力の合計の最大値 T' は、第6.1-3図の力のつり合いより以下のとおり算出される。

$$T' = \frac{F_a'}{2\sin\theta}$$

θ は以下の式で求められる。

$$\theta = \tan^{-1} \frac{2\delta}{L_x}$$



第6.1-3図 ネットに発生する荷重のつり合い

各辺のワイヤロープは結合されていることから張力が一定となるため、ワイヤロープ1本が負担する張力は等分されると設定する。電中研報告書を参照すると、ネットn枚及び補助ネット1枚を重ねて設置する場合、補助ネットを設置したネットのワイヤロープに作用する張力は、その他のネットの張力の1.5倍となることを考慮すると、ネットn枚及び補助ネット1枚を重ねて設置する場合、1枚のネットのワイヤロープに発生する張力の最大値 T_1' は、

$$T_1' \cdot 2 + \frac{2 \cdot 2}{3} T_1' \cdot (n-1) = T'$$

$$T_1' = \frac{3}{4n+2} T' = \frac{3}{4(2n+1)} \cdot \frac{F_a'}{\sin \theta}$$

と算出される。

また、全ワイヤロープの合計張力 T_T は、

$$T_T = \frac{T'}{2}$$

算出される。

ネットに対して飛来物がオフセット衝突した場合においても、各ワイヤロープに対して均等に張力が発生することが衝突試験により確認されており、算出結果は飛来物の衝突位置によらず適用可能である。

(c) 接続治具(支持部)の破断評価

イ. ターンバックル

ターンバックルの評価については、以下の評価を実施する。

ターンバックルに作用するワイヤロープに発生する張力の最大値が、ターンバックルの許容限界未満であることを確認する。

ロ. シャックル

シャックルの評価については、以下の評価を実施する。

シャックルに作用するワイヤロープに発生する張力の最大値が、シャックルの許容限界未満であることを確認する。

(d) 接続治具(固定部)の破断評価

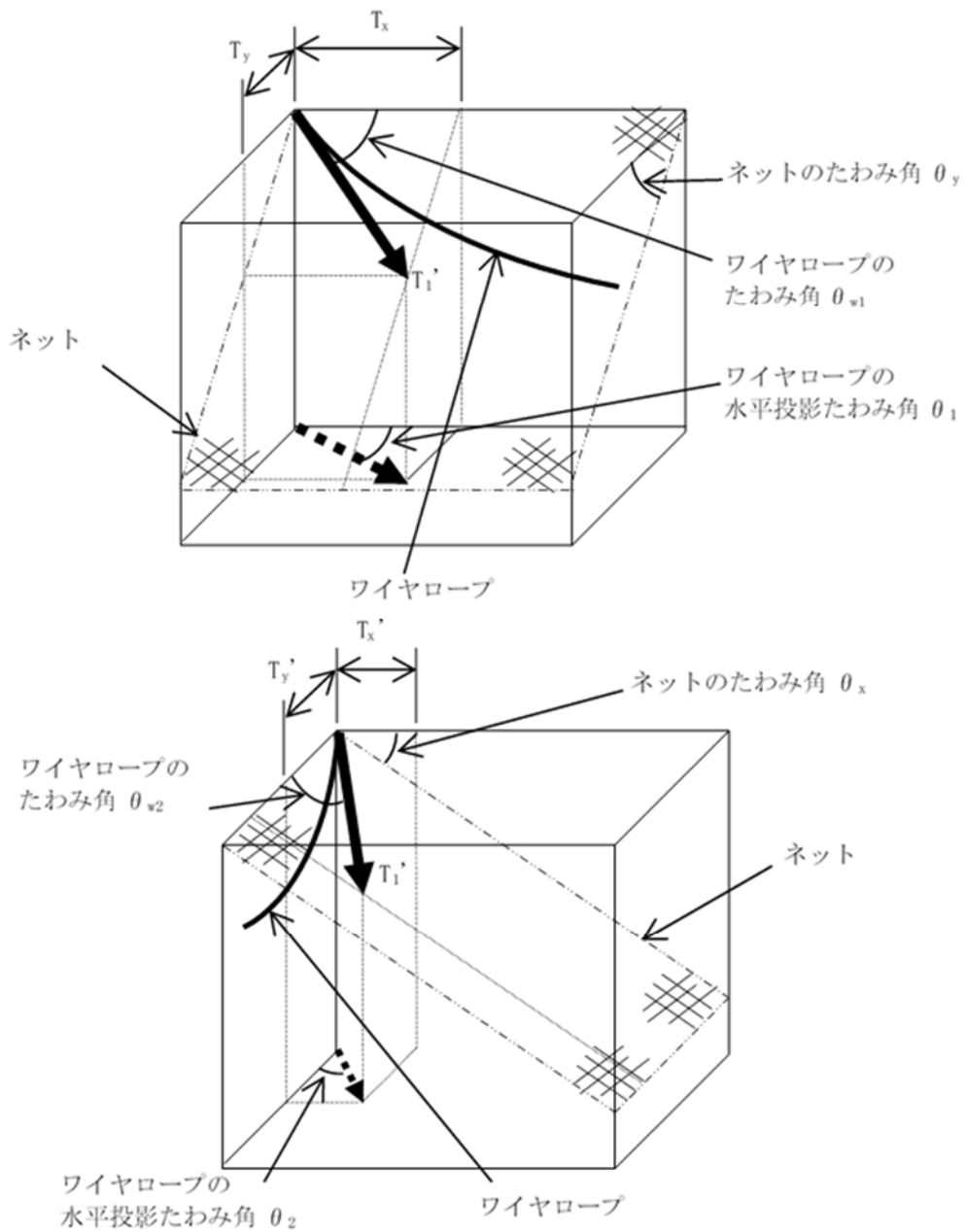
イ. 隅角部固定ボルト

ワイヤロープは、設置するネット枚数に応じて設置するため、隅角部固定ボルトにかかる応力は、ネット枚数毎に評価する。

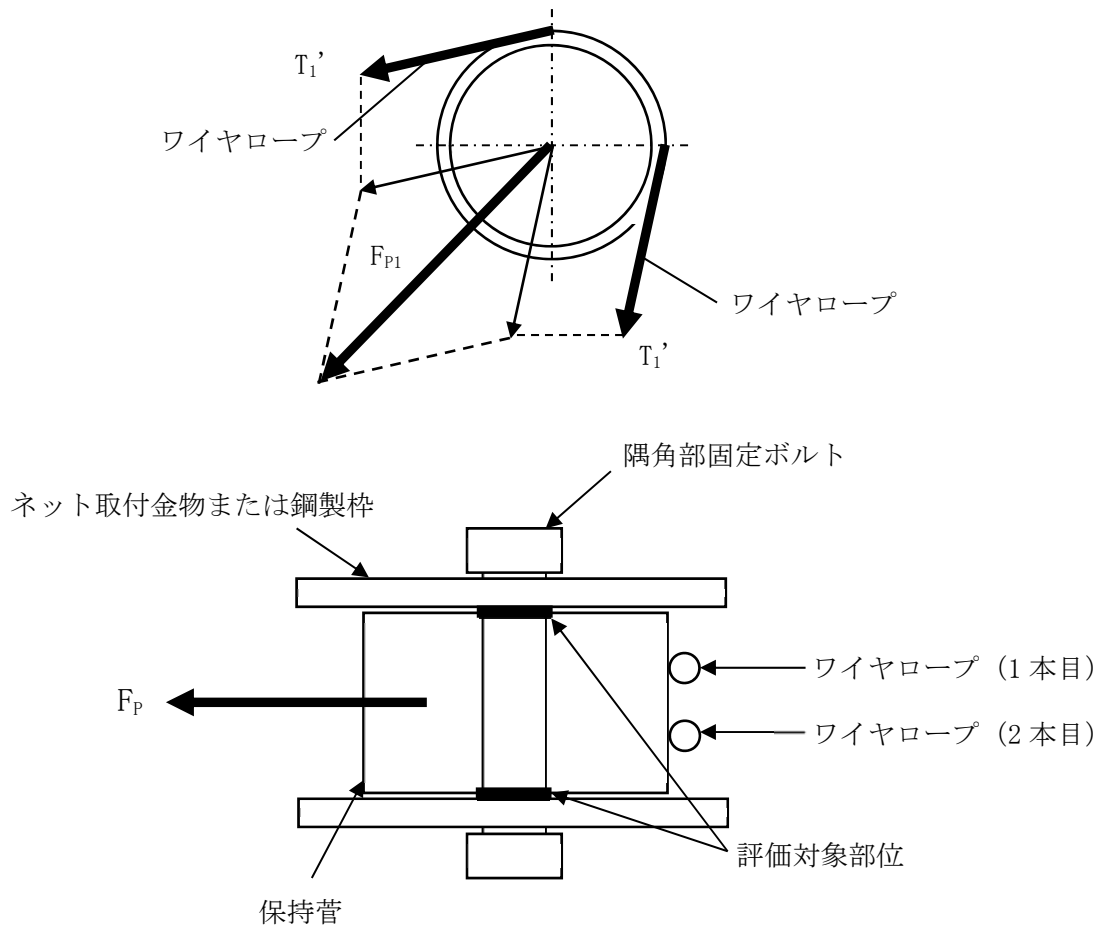
支持架構又は鋼製枠の四隅に設置した隅角部固定ボルトは、ワイヤロープの荷重を、保持管を介して受けることとなる。

ワイヤロープはたわみにより保持管に対して θ_{w1} 、 θ_{w2} のたわみ角を有することから、隅角部固定ボルトへ作用する荷重にはこのたわみ角を考慮する。

ネットのたわみとワイヤロープのたわみ角の関係を第6.1-4図に、隅角部固定ボルトの荷重状態を第6.1-5図に示す。



第6.1-4図 ネットのたわみとワイヤロープのたわみ角の関係



第6.1-5図 隅角部固定ボルトの荷重状態

隅角部固定ボルトに発生するせん断応力を力の釣合いの関係から以下の評価式を用いて算出する。

ネット展開方向ワイヤロープから発生する各方向の荷重， T_x 及び T_y は，以下のとおりとなる。

$$T_x = T_1 \cos \theta_{w1}$$

$$T_y = T_1 \cdot \sin \theta_{w1} \cdot \cos \theta_y$$

ただし， θ_y ， θ_{w1} は以下の式で求められる。

$$\theta_y = \tan^{-1} \left(\frac{2 \cdot \delta}{L_y} \right)$$

$$\theta_{w1} = \cos^{-1} \frac{1}{\sqrt{1 + 16 \left(\frac{\delta_{wx}}{L_x} \right)^2}}$$

また、ネット展開直角方向ワイヤロープから発生する各方向の荷重、 T_x' 及び T_y' は以下の関係となる。

$$T_x' = T_1 \cdot \sin \theta_{w2} \cdot \cos \theta_x$$

$$T_y' = T_1 \cdot \cos \theta_{w2}$$

ただし、 θ_x 、 θ_{w2} は以下の式で求められる。

$$\theta_x = \tan^{-1} \left(\frac{2 \cdot \delta}{L_x} \right)$$

$$\theta_{w2} = \cos^{-1} \frac{1}{\sqrt{1 + 16 \left(\frac{\delta_{wy}}{L_y} \right)^2}}$$

隅角部へ作用するX方向及びY方向への合成荷重は

$$F_x = T_x + T_x'$$

$$F_y = T_y + T_y'$$

より求まる。

1本目のワイヤロープから隅角部へ作用する合成荷重 F_{p1} は

$$F_{p1} = \sqrt{F_{x1}^2 + F_{y1}^2}$$

より求まる。

ここで、

$$F_{x1} = T_x + T_x'$$

$$F_{y1} = T_y + T_y'$$

2本目のワイヤロープから隅角部へ作用する合成荷重 F_{p2} は

$$F_{p2} = F_{p1}/1.5$$

より求まる。

ワイヤロープから隅角部へ作用する合成荷重 F_p は

$$F_p = F_{p1} + F_{p2}$$

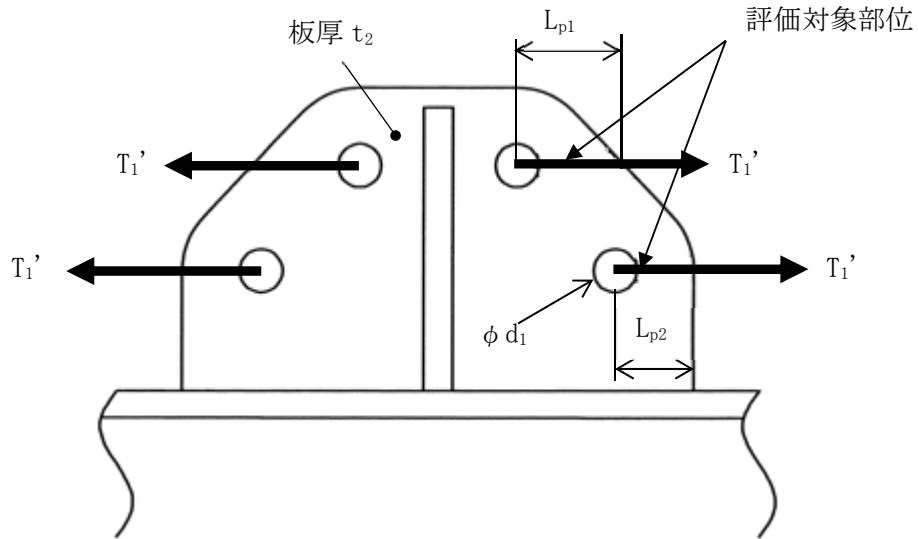
以上より，隅角部固定ボルトに発生するせん断応力 τ_s は，

$$\tau_s = \frac{F_p}{2 \cdot n_2 \cdot A_b}$$

ロ． 取付プレート

① 取付プレート(支持架構設置)

飛来物がネットに衝突する場合にネット取付部への衝撃荷重は，ワイヤロープの引張荷重 T_1' として作用し，取付プレートにせん断応力が発生するため，せん断応力評価を実施する。取付プレートを第6.1-6図に示す。



第6.1-6図 取付プレート(支持架構設置)

取付プレートの有効せん断面積 A_{s1} は，

$$A_{s1} = 2 \cdot \left(\text{Min}(L_{p1}, L_{p2}) - \frac{\phi d_1}{2} \right) \cdot t_2$$

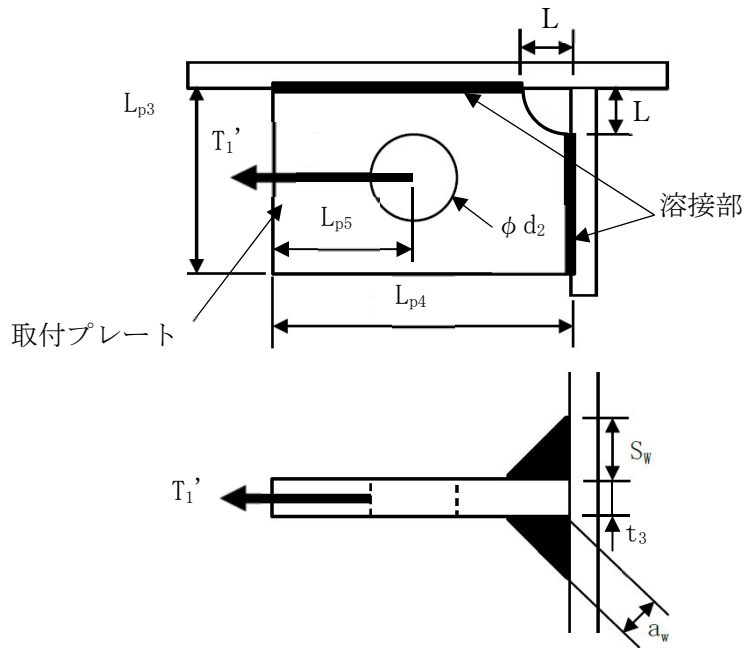
取付プレートに発生するせん断応力 τ_{p1} は，

$$\tau_{p1} = \frac{T_1'}{A_{s1}}$$

となる。

② 取付プレート(鋼製枠設置)

飛来物がネットに衝突する場合にネット取付部への衝撃荷重は，ワイヤロープの引張荷重 T_1' として作用し，取付プレート及び隅肉溶接部にせん断応力が発生するため，せん断応力評価を実施する。取付プレート及び溶接部を第6.1-7図に示す。



第6.1-7図 取付プレート(鋼製枠設置)

溶接部の有効長さ L_{pw} は、

$$L_{pw} = L_{p3} - L - 2 \cdot S_w + L_{p4} - L - 2 \cdot S_w$$

溶接部に発生するせん断応力 τ_w は、

$$\tau_w = \frac{T_1'}{2 \cdot a_w \cdot L_{pw}}$$

ここで、溶接部ののど厚 a_w は以下により求められる。

$$a_w = \frac{S_w}{\sqrt{2}}$$

取付プレートの有効せん断面積 A_{s2} は、

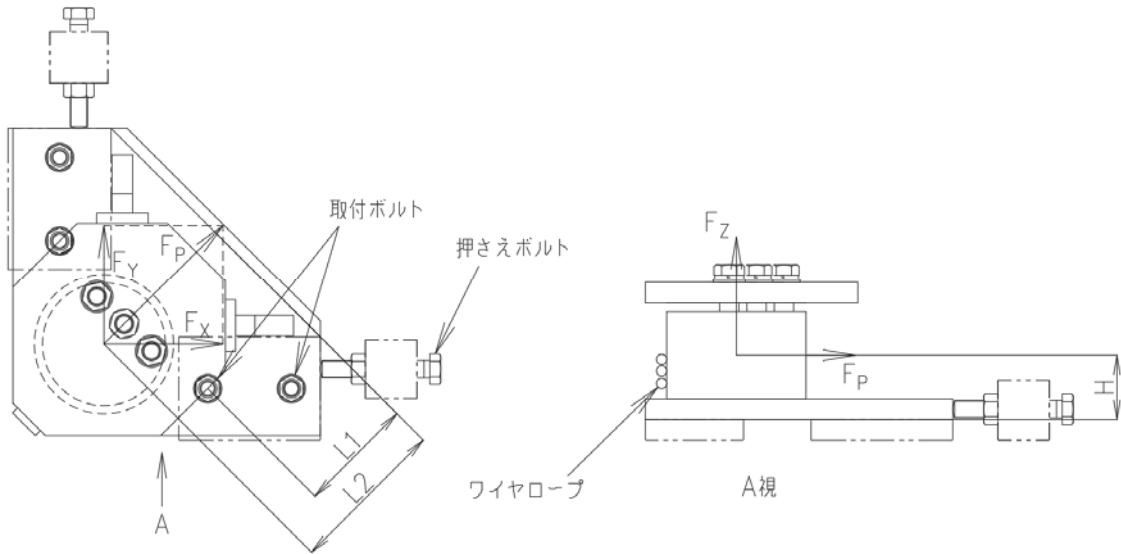
$$A_{s2} = 2 \cdot \left(L_{p5} - \frac{d_2}{2} \right) \cdot t_3$$

取付プレートに発生するせん断応力 τ_{p2} は、

$$\tau_{p2} = \frac{T_1'}{A_{s2}}$$

(e) 接続部の破断評価

飛来物がネットに衝突するとワイヤロープを介して取付金物に荷重 F_x , F_y , F_z が作用し、取付ボルトに引張応力が発生するため、引張応力評価を実施する。また、押さえボルトには圧縮応力が発生するため、圧縮応力評価を実施する。取付金物を第6.1-8図に示す。



※本図は内張り防護ネットにおけるネット取付金物に作用する荷重状態を示す。外張りの防護ネットにおいては、取付金物に作用する鉛直荷重Fzの向きが反対となる。

第6.1-8図 取付金物

取付ボルトへ作用する荷重 P_1 は、保持管中心部に生じるモーメントより、以下の式で求められる。

$$P_1 = \frac{F_p \cdot H + F_z \cdot L_2}{L_1}$$

ここで、

$$F_t = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

$$F_z = T_T \cdot \sin \theta_{w1} \cdot \sin \theta_y + T_T \cdot \sin \theta_{w2} \cdot \sin \theta_x$$

取付ボルトに生じる引張応力 σ_{b1} は、動的倍率を踏まえた係数1.52を考慮し、

$$\sigma_{b1} = \frac{P_1 \cdot 1.52}{n_3 \cdot A_{b2}}$$

また、押さえボルトに生じる圧縮応力 σ_{b2} は、動的倍率を踏まえた係数1.52を考慮し、

$$\sigma_{b2} = \frac{\text{Max}(F_x, F_y) \cdot 1.52}{A_{b3}}$$

ここで、

$$F_x = T_T \cdot \sin \theta_1 + T_T \cdot \cos \theta_2$$

$$F_y = T_T \cdot \cos \theta_1 + T_T \cdot \sin \theta_2$$

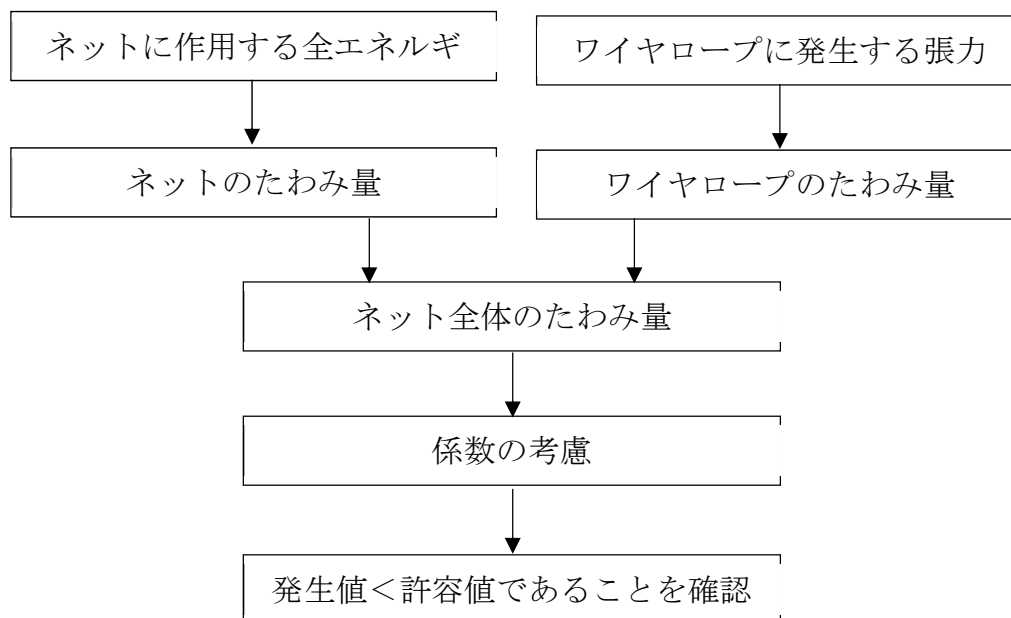
d. たわみ評価

たわみ評価においては、吸収エネルギー算定モデルを用い、飛来物の運動エネルギー、風圧力による荷重、積雪荷重及び自重によるエネルギーを吸収するために必要とな

るネットのたわみ量を算出する。また、合わせてワイヤロープ張力に応じたワイヤロープのたわみ量についても算出し、離隔距離未満であることを確認する。

たわみ評価においては、等価剛性の影響を考慮した「5.1.2 (2) ネットの吸収エネルギー評価」と同様の係数を最大たわみ量が大きくなるように考慮する。

たわみ評価の評価フローを第6.1-9図に示す。



第6.1-9図 たわみ評価の評価フロー

(a) ネットのたわみ量の算出

ネットの変位量と吸収エネルギーとの関係は(5.2)式のとおり、以下の式にて導出される。

$$E_i = 2K_x \cdot \delta_i^2 - K_x \cdot L_x \left(\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2} - L_x \right)$$

ここで、 K_x 及び L_x は定数であるため、

$$\sum_{i=1}^{N_y} E_i = E_t$$

とすることで、ネットへの付加エネルギーに応じたたわみ量 δ を算出することができる。

(b) ワイヤロープたわみ量を含めたネット全体のたわみ量の算出

ワイヤロープのたわみ量は、ネット張力によりワイヤロープが放物線状に変形するとし、算出したワイヤロープに発生する張力及びワイヤロープの引張試験結果(荷重-ひずみ曲線)から変形後のワイヤロープ長さを求めることで導出する。ネットのたわみ量は中央衝突時に最大となるため、ワイヤロープたわみ量を導出する際のワイヤロープ張力は、(6.2)式にて算出される中央衝突

時の値を用いる。

$$T_1 = \frac{3}{4(2n+1)} \cdot \frac{F_a}{\sin \theta} \cdots (6.2)$$

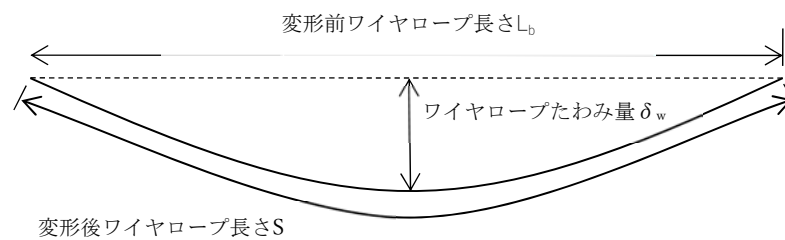
また、ワイヤロープの初期張力は小さくワイヤロープのたわみ量の算出において有意ではないため計算上考慮しない。

(6.2)式に示す計算方法を用いて算出されるワイヤロープに発生する張力からワイヤロープのひずみ量 ε が算出される。したがって、変形によるワイヤロープの伸び量 δ' は以下のとおり算出される。

$$\delta' = L_z \cdot \varepsilon$$

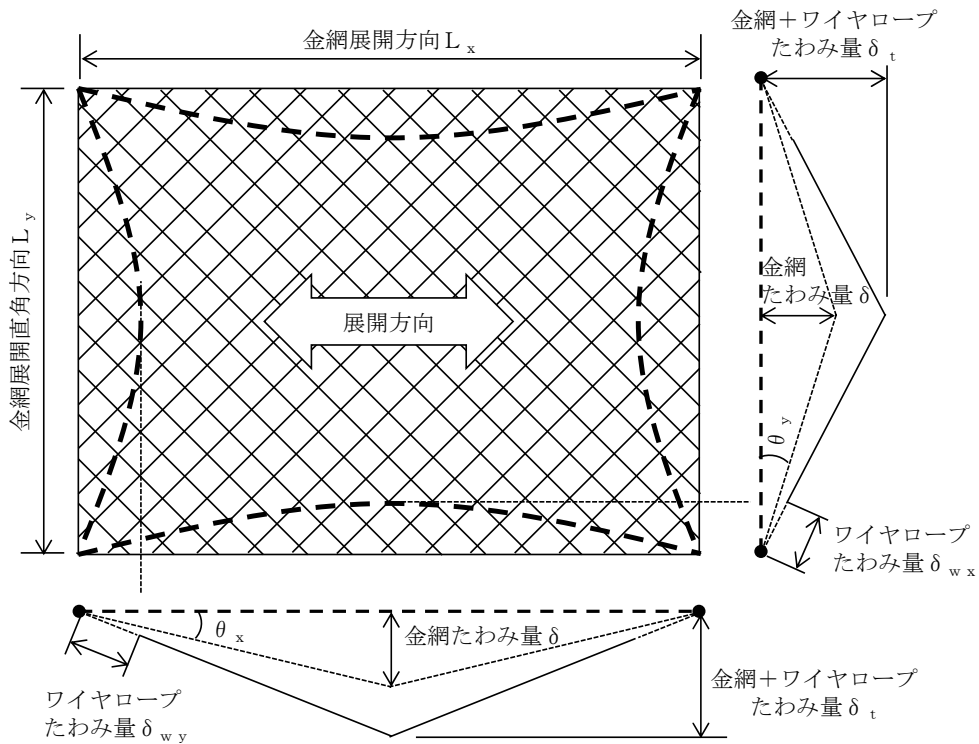
また、飛来物の衝突によりワイヤロープが第6.1-10図のとおり放物線状に変形すると、変形後のワイヤロープ長さSは放物線の弦長の式を用いて以下のとおり表される。

$$S = \frac{1}{2} \sqrt{L_b^2 + 16 \delta_w^2} + \frac{L_b^2}{8 \delta_w} \ln \left(\frac{4 \delta_w + \sqrt{L_b^2 + 16 \delta_w^2}}{L_b} \right)$$



第6.1-10図 ワイヤロープ変形図

ワイヤロープたわみ量を含めたネット全体のたわみ量の算出を行う。ネット及びワイヤロープ変形図を第6.1-11図に示す。



第6.1-11図 ネット及びワイヤロープ変形図

ネット展開方向と平行に配置されているワイヤロープの変形後の長さを S_x 、ネット展開直角方向に配置されているワイヤロープの変形後の長さを S_y とすると、 S_x 及び S_y はそれぞれ δ_{wx} 、 δ_{wy} の関数であり、ワイヤロープ伸び量 δ' は、

$$\delta' = (S_x (\delta_{wx}) - L_x) + (S_y (\delta_{wy}) - L_y)$$
と表される。

また、ネット展開方向と平行な断面から見たたわみ量と、ネット展開方向と直交する断面から見たたわみ量は等しいことから、

$$\delta_t = \sqrt{\left(\delta_{wy} + \frac{L_x}{2\cos\theta_x}\right)^2 - \left(\frac{L_x}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\delta_{wx} + \frac{L_y}{2\cos\theta_y}\right)^2 - \left(\frac{L_y}{2}\right)^2}$$

と表され、ワイヤロープたわみ量 δ_{wx} 及び δ_{wy} を導出することができ、同時にワイヤロープたわみ量を含めたネット全体のたわみ量 δ_t が算出される。

ここで、等価剛性の導出過程を踏まえた係数1.056を考慮し、ネット全体の最大たわみ量 δ_t' は、

$$\delta_t' = \delta_t \cdot 1.056$$

となる。

6.2 防護板(鋼材)及び支持架構の強度評価

6.2.1 解析モデルの選定

解析モデルの選定として、ビーム要素やシェル要素に置換した有限要素モデルを用いる。

ビーム要素モデルについては、防護板(鋼材)の取付ボルト及び支持架構の柱や梁等の部材をビーム要素としてモデル化する。シェル要素モデルについては、**防護板(鋼材)の鋼板**及び支持架構の衝突対象部材をシェル要素としてモデル化する。

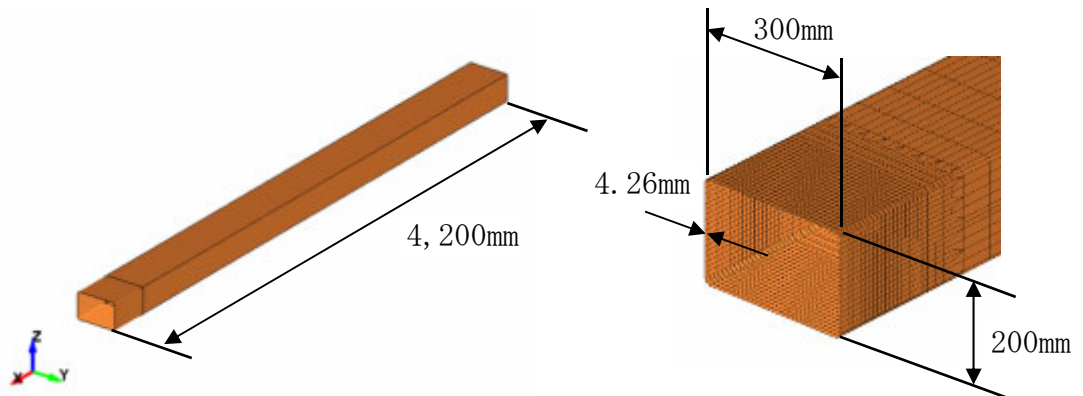
なお、これらのモデル化に当たっては、部材に生じるひずみや荷重を適切に算出できるように、節点及び要素数を適切に設定する。

6.2.2 解析モデルの設定条件

(1) 寸法

防護板(鋼材)及び支持架構の各部材形状を模擬した部材長さ及び断面特性を設定する。

飛来物の解析モデル図を第 6.2.2-1 図に示す。



第 6.2.2-1 図 飛来物の解析モデル図

(2) 拘束条件

防護板(鋼材)の拘束条件はボルトの取付方法等を考慮して設定することとし、シェル要素でモデル化した**鋼板**を、ボルトの剛性を考慮したビーム要素で並進 3 方向を拘束する。支持架構の拘束条件は支持位置及び剛性を考慮した適切な拘束条件を設定することとし、基礎梁下端をピン支持として設定する。

(3) 断面特性

断面特性については、防護板(鋼材)及び支持架構の実構造を踏まえ設定する。

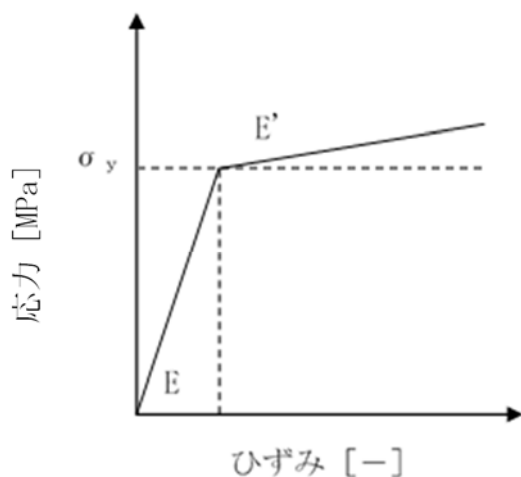
(4) 材料特性

材料特性は、防護板(鋼材)及び支持架構の各材料の物性値を踏まえて設定する。

なお、飛来物の衝突に対する解析は、変形速度が大きいためひずみ速度効果を考慮することとし、日本溶接協会の動的物性の推定式(WES式)を適用する。

材料の応力-ひずみ関係はバイリニア型とする。

バイリニア型応力-ひずみ関係の概念図を第6.2.2-2図に示す。



第6.2.2-2図 バイリニア型応力-ひずみ関係の概念図

(5) 質量

防護板(鋼材)及び支持架構の各要素の寸法及び密度により適切に設定する。

(6) 取付ボルトの破断判定

取付ボルトの破断判定に用いる記号を第6.2.2-1表に示す。

第6.2.2-1表 取付ボルトの許容限界の算定に用いる記号

記号	単位	定義
A_b	m^2	取付ボルトの有効断面積
p_u	N	取付ボルト1本あたりに生じる引張荷重
p_{ua}	N	取付ボルト1本あたりの引張耐力
q_u	N	取付ボルト1本あたりに生じるせん断荷重
q_{ua}	N	取付ボルト1本あたりのせん断耐力
S_u	MPa	取付ボルトの引張強さ

取付ボルトの破断判定は、「鋼構造限界状態設計指針」に基づき、下式より算出する。

$$\left(\frac{p_u}{p_{u a}}\right)^2 + \left(\frac{q_u}{q_{u a}}\right)^2 \leq 1$$

$$p_{u a} = S_u \times A_b$$

$$q_{u a} = 0.6 \cdot S_u \times A_b$$

7. 準拠規格

「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.2 準拠規格」においては、竜巻の影響を考慮する施設の設計に係る規格を示している。

これらのうち、竜巻防護対策設備の強度設計に用いる規格、基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令・同告示
- ・ 日本産業規格(JIS)
- ・ 建築物荷重指針・同解説(2015改定)((社)日本建築学会)
- ・ 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—((社)日本建築学会, 2005)
- ・ 小規模吊橋指針・同解説 ((社)日本道路協会)
- ・ 建築基準法・同施行令・同告示
- ・ Methodology for Performing Aircraft Impact Assessments for New Plant
- ・ Desings(Nuclear Energy Institute 2011 Rev 8P (NEI07-13))
- ・ 原子力発電所の竜巻影響評価ガイド(原子力規制委員会)
- ・ タービンミサイル評価について 昭和52年7月20日 原子炉安全専門審査会
- ・ ISES7607-3 昭和50年度日本原子力研究所委託調査「軽水炉構造機器の衝撃荷重に関する 調査 その3 ミサイルの衝突による構造壁の損傷に関する評価式の比較検討」(昭和51年 10月 高温構造安全技術研究組合)
- ・ 竜巻飛来物を模擬した角管の落下衝突による鋼板の貫通評価 (日本機械学会論文集, Vol. 83, Vol1851(2017))
- ・ 発電用原子力設備規格 竜巻飛来物の衝撃荷重による構造物の構造健全性評価手法ガイドライン JSME S NS6-2019 2019年6月 ((社)日本機械学会)
- ・ 鋼構造限界状態設計指針・同解説(2010)((社)日本建築学会)

別紙4－6

冷却塔の強度計算書

本添付書類は、別で定める方針に沿った評価・計算の結果を示すものであることから、発電炉との比較を行わない。

(1)-2 安全冷却水 B 冷却塔の強度 計算書

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 評価条件	3
2.1 安全冷却水 B 冷却塔の評価条件	3
2.2 安全冷却水 B 冷却塔の解析モデル	12
3. 評価結果	13
3.1 安全冷却水 B 冷却塔の評価結果	13

1. 概要

本計算書は、屋外の竜巻防護対象施設である安全冷却水B冷却塔の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、算出した結果を示す。

2. 評価条件

2.1 安全冷却水 B 冷却塔の評価条件

安全冷却水 B 冷却塔の評価条件を第 2.1-1 表から第 2.1-11 表に示す。

第 2.1-1 表 支持架構(冬期運転側ベイ)の評価条件 (1/2)

部材	断面形状	材料	運転重量	A_f (mm^2)	A_{fy} (mm^2)	A_{fz} (mm^2)	Z (mm^3)	
							Z_y	Z_z
主柱								
床 はり								
2F 機械台はり								
立面ブレース								
水平ブレース								

第 2.1-1 表 支持架構(冬期運転側ベイ)の評価条件 (2/2)

部材	断面形状	材料	i (mm)		E (MPa)	F (MPa)
			i	i		
主柱						
床 はり						
2F 機械台はり						
立面ブレース						
水平ブレース						

33

第2.1-2表 支持架構(冬期運転側ベイ)の風力係数及び受圧面積

名称		標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C (-)		受圧部寸法(mm)				受圧面積A (m ²)	
			NS方向*1	EW方向*1	NS方向*1		EW方向*1		NS方向*1	EW方向*1
					a'	b'	a'	b'		
安全冷却水 B 冷却塔	冬期運転側ベイ									

注記 * 1 : 風が作用する方向を示す。

第 2.1-3 表 支持架構(冬期休止側ベイ)の評価条件 (1/2)

部材	断面形状	材料	運転 重量 (kg)	A _f (mm ²)	A _{fy} (mm ²)	A _{fz} (mm ²)	Z (mm ³)	
							Z _y	Z _z
主柱								
床 はり								
2F 機械台はり								
立面ブレース								
水平ブレース								

第 2.1-3 表 支持架構(冬期休止側ベイ)の評価条件 (2/2)

部材	断面形状	材料	i (mm)		E (MPa)	F (MPa)
			i_y	i_z		
主柱						
床 はり						
2F 機械台はり						
立面ブレース						
水平ブレース						

5

第 2.1-4 表 支持架構(冬期休止側ベイ)の風力係数及び受圧面積

名称	標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C (-)		受圧部寸法(mm)				受圧面積A(m ²)	
		NS方向*1	EW方向*1	NS方向*1		EW方向*1		NS方向*1	EW方向*1
				a'	b'	a'	b'		
安全冷却水 B 冷却塔	冬期休止側ベイ								

注記 *1: 風が作用する方向を示す

第 2.1-5 表 基礎ボルト(冬期運転側ベイ)の評価条件

部材	材料	A_b (mm ²)	n_a (本)	F (MPa)
基礎ボルト				

第 2.1-6 表 基礎ボルト(冬期休止側ベイ)の評価条件

部材	材料	A_b (mm^2)	n_a (本)	F (MPa)
基礎ボルト				

第 2.1-7 表 機器本体(冬期運転側ベイ)の評価条件

機器	部材	材料	β_1 (-)	a (mm)	t (mm)	C (-)	F (MPa)
管束	管束フレーム						
ファン 駆動部	ファンリング						

9

機器	部材	材料	B (mm)	L (mm)	C (-)	σ_i (MPa)	P_i (MPa)	P_b (MPa)	Z (mm^3)	F (MPa)
管束	ヘッダー									

機器	部材	材料	h (mm)	m (kg)	受圧部寸法 (mm)		A (m^2)	C (-)	\varnothing (mm)	n (本)	Z (mm^3)	F (MPa)
					a'	b'						
ファン 駆動部	ファンリング サポート											
遮熱板	遮熱板											

第 2.1-8 表 機器取付ボルト(冬期運転側ベイ)の評価条件(1/2)

機器	部材	材料	m (kg)	h (mm)	A (m ²)	C (-)	取付 ボルト 配置	L (mm)	ℓ (mm)	A _b (mm ²)	n (本)	n _t (本)	F (MPa)
管束	管取付ボルト												
ファン 駆動部	ファンリング サポーター 取付ボルト												
遮熱板	遮熱 取付ボルト												
ルーバ	ルーバ 取付ボルト												

第 2.1-8 表 機器取付ボルト(冬期運転側ベイ)の評価条件(2/2)

機器	部材	材料	受圧寸法(mm)	
			a'	b'
管束	管取付ボルト			
ファン 駆動部	ファンリング サポーター 取付ボルト			
遮熱板	遮熱 取付ボルト			
ルーバ	ルーバ 取付ボルト			

第 2.1-9 表 機器本体(冬期休止側ベイ)の評価条件

機器	部材	材料	β_1 (-)	a (mm)	t (mm)	C (-)	F (MPa)	
管束	管束フレーム							
ファン 駆動部	ファンリング							

機器	部材	材料	B (mm)	L (mm)	C (-)	σ_i (MPa)	P_i (MPa)	P_b (MPa)	Z (mm ³)	F (MPa)
管束	ヘッダー									

機器	部材	材料	h (mm)	m (kg)	受圧部寸法 (mm)		A (m ²)	C (-)	\varnothing (mm)	n (本)	Z (mm ³)	F (MPa)
					a'	b'						
ファン 駆動部	ファンリング サポート											
遮熱板	遮熱板											

8

第 2.1-10 表 機器取付ボルト(冬期休止側ベイ)の評価条件(1/2)

機器	部材	材料	m (kg)	h (mm)	A (m ²)	C (-)	取付ボルト 配置	L (mm)	ℓ (mm)	A _b (mm ²)	n (本)	n _t (本)	F (MPa)
管束	管 取付ボルト												
ファン 駆動部	ファンリング サポート 取付ボルト												
遮熱板	遮熱 取付ボルト												
ルーバ	ルーバ 取付ボルト												

第 2.1-10 表 機器取付ボルト(冬期休止側ベイ)の評価条件(2/2)

機器	部材	材料	受圧寸法(mm)	
			a'	b'
管束	管 取付ボルト			
ファン 駆動部	ファンリング サポート 取付ボルト			
遮熱板	遮熱 取付ボルト			
ルーバ	ルーバ 取付ボルト			

第2.1-11表 荷重の組合せ

名称	評価対象機器	評価対象部位	考慮する荷重
安全冷却水B冷却塔	管束	管束フレーム	[Redacted]
		ヘッダー	
		管束取付ボルト	
	ファン駆動部	ファンリング	
		ファンリングサポート	
		ファンリングサポート 取付ボルト	
		支持架構 (基礎ボルト含む)	
	基礎ボルト		
	遮熱板	遮熱板	
		遮熱板取付ボルト	
	ルーバ	ルーバ取付ボルト	

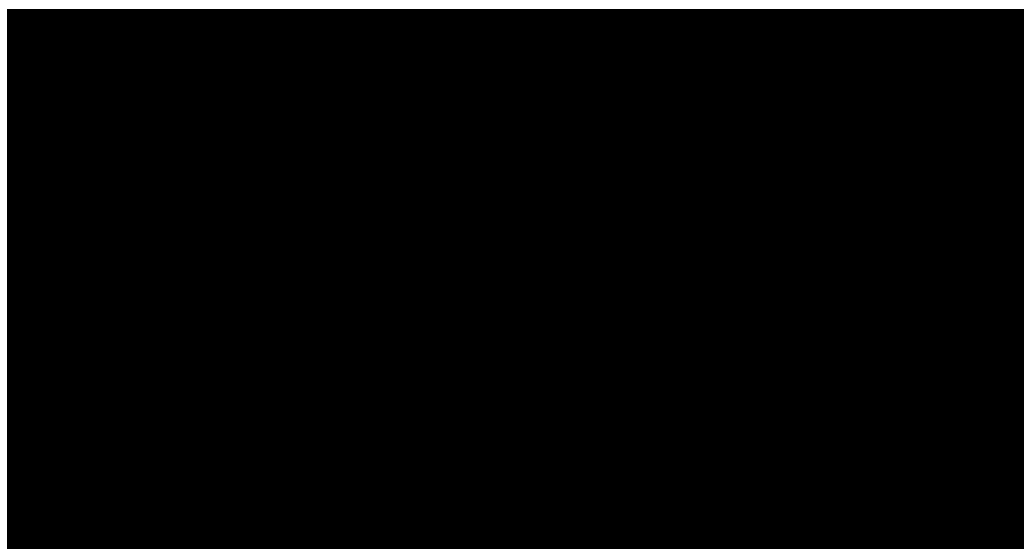
2.2 安全冷却水B冷却塔の解析モデル

支持架構及び基礎ボルトの構造強度評価は、解析コード「MSC NASTRAN(ver. 2008. 0. 4)」により、

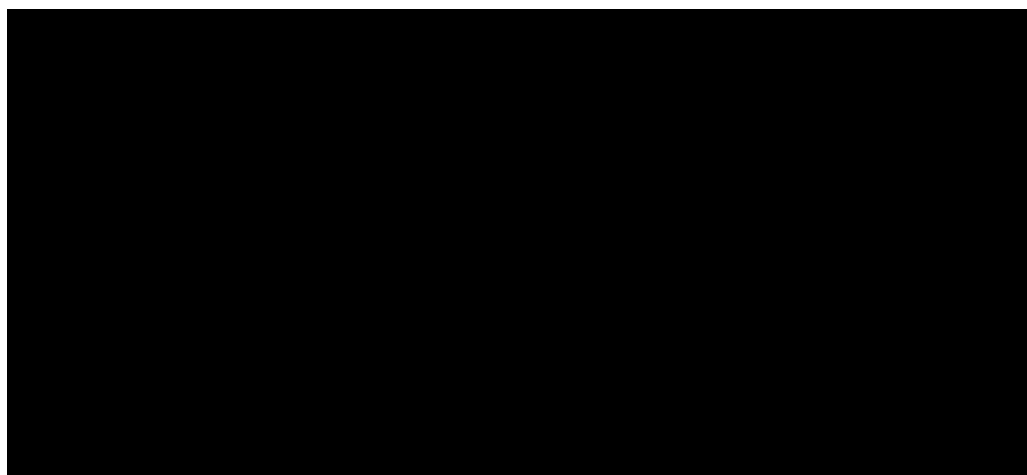
3次元はりモデルにて実施する。

構造強度評価に用いる解析コード「MSC NASTRAN(ver. 2008. 0. 4)」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

計算モデルを第2.2-1図及び第2.2-2図に、計算モデルの諸元を第2.2-1表に示す。



第 2. 2-1 図 安全冷却水 B 冷却塔の計算モデル(冬期運転側ベイ)



第 2. 2-2 図 安全冷却水 B 冷却塔の計算モデル(冬期休止側ベイ)

■

第 2.2-1 表 安全冷却水 B 冷却塔の計算モデル諸元

解析モデル	節点数	要素数
安全冷却水 B 冷却塔 冬期運転側ベイ	■	■
安全冷却水 B 冷却塔 冬期休止側ベイ	■	■
拘束条件	並進 3 方向拘束	
モデル重量 (kg)	■	■

3. 評価結果

3.1 安全冷却水 B 冷却塔の評価結果

(1) 支持架構の構造強度評価結果

支持架構の構造強度評価結果を第 3.1-1 表に示す。

支持架構に発生する応力が許容限界を超えないことを確認した。

第 3.1-1 表 支持架構の構造強度評価結果 (1/2)

名称	評価対象部位	応力分類	発生応力*1*2 (MPa)	許容応力*2 (MPa)	応力比*3	
安全冷却水 B 冷却塔	冬期運転側ベイ	支柱	引張	-	-	-
			圧縮			
			せん断			
			曲げ			
			組合せ(引張+曲げ)			
			組合せ(圧縮+曲げ)			
		床はり	引張			
			圧縮			
			せん断			
			曲げ			
			組合せ(引張+曲げ)			
			組合せ(圧縮+曲げ)			
		2F機械台はり	引張			
			圧縮			
			せん断			
			曲げ			
			組合せ(引張+曲げ)			
			組合せ(圧縮+曲げ)			
		立面ブレース	引張			
			圧縮			
			せん断			
			曲げ			
			組合せ(引張+曲げ)			
			組合せ(圧縮+曲げ)			
水平ブレース	引張					
	圧縮					
	せん断					
	曲げ					
	組合せ(引張+曲げ)					
	組合せ(圧縮+曲げ)					

注記 *1：組合せについては応力比を記載

*2：組合せについては応力比で評価を行うため単位なし

*3：応力比＝発生応力／許容応力

第 3.1-1 表 支持架構の構造強度評価結果 (2/2)

名称	評価対象 部位	応力分類	発生応力*1*2 (MPa)	許容応力*2 (MPa)	応力比*3
安全冷却水 B 冷却塔	冬期休止側ベイ	主柱	引張	[REDACTED]	[REDACTED]
			圧縮		
			せん断		
			曲げ		
			組合せ(引張+曲げ)		
			組合せ(圧縮+曲げ)		
		床はり	引張		
			圧縮		
			せん断		
			曲げ		
			組合せ(引張+曲げ)		
			組合せ(圧縮+曲げ)		
		2F機械台 はり	引張		
			圧縮		
			せん断		
			曲げ		
			組合せ(引張+曲げ)		
			組合せ(圧縮+曲げ)		
		立面 ブレース	引張		
			圧縮		
			せん断		
			曲げ		
			組合せ(引張+曲げ)		
			組合せ(圧縮+曲げ)		
水平 ブレース	引張				
	圧縮				
	せん断				
	曲げ				
	組合せ(引張+曲げ)				
	組合せ(圧縮+曲げ)				

注記 *1：組合せについては応力比を記載

*2：組合せについては応力比で評価を行うため単位なし

*3：応力比＝発生応力／許容応力

(2) 基礎ボルトの構造強度評価結果

基礎ボルトの構造強度評価結果を第 3. 1-2 表に示す。

基礎ボルトに発生する応力が許容限界を超えないことを確認した。

第 3. 1-2 表 基礎ボルトの構造強度評価結果

名称		評価対象 部位	応力 分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比*1
安全冷却水B 冷却塔	冬期運転側ベイ	基礎 ボルト	引張	■	■	■
			せん断			
	冬期休止側ベイ	基礎 ボルト	引張			
			せん断			

注記 *1 : 応力比 = 発生応力 / 許容応力

(3) 機器及び機器取付ボルトの構造強度評価結果

機器及び機器取付ボルトの構造強度評価結果を第 3. 1-3 表に示す。

機器及び機器取付ボルトに発生する応力が許容限界を超えないことを確認した。

第 3.1-3 表 機器及び機器取付ボルトの構造強度評価結果

名称	機器	評価対象 部位	応力 分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比*1	
安全冷却水 B 冷却塔	冬期 運転側 ベイ	管束	管束フレーム	曲げ	[REDACTED]	[REDACTED]	
			ヘッダー	組合せ			
			管束取付ボルト	引 せん断			
		ファン 駆動部	ファンリング	曲げ			
			ファンリングサポート	曲げ			
			ファンリング サポート取付ボルト	引 張 せん断			
		遮熱板	遮熱板	曲げ			
			遮熱板取付ボルト	引張 せん断			
		ルーバ	ルーバ取付ボルト	引張			
				せん断			
		冬期 休止側 ベイ	管束	管束フレーム			曲げ
				ヘッダー			組合せ
	管束取付ボルト			引 せん断			
	ファン 駆動部		ファンリング	曲げ			
			ファンリングサポート	曲げ			
			ファンリング サポート取付ボルト	引 張 せん断			
	遮熱板		遮熱板	曲げ			
			遮熱板取付ボルト	引張 せん断			
	ルーバ		ルーバ取付ボルト	引張			
				せん断			

注記 *1 : 応力比 = 発生応力 / 許容応力

(4) 衝突評価結果

竜巻発生時の砂利に対する貫通限界厚さの算出結果を第 3.1-4 表に示す。

砂利に対する貫通限界厚さ(1.0mm)と管束, ファン駆動部, 支持架構及び遮熱板の板厚を第 3.1-5 表に示す。

砂利に対する貫通限界厚さは, 板厚未満であることを確認した。

第 3.1-4 表 砂利に対する貫通限界厚さの算出結果

飛来物	貫通限界厚さ Tc (mm)	
	水平方向	鉛直方向
砂 利	1.0	1.0

第 3.1-5 表 評価対象機器の評価結果

評価対象機器	板厚 (mm)	貫通限界厚さ Tc (mm)	結 果
管束(管束フレーム* ¹)		1.0	貫通しない
ファン駆動部(ファンリング* ¹)		1.0	貫通しない
支持架構(床はり* ¹)		1.0	貫通しない
遮熱板		1.0	貫通しない

注記 * 1 : 評価対象となる部位を示す。

別紙4－7

配管の強度計算書

本添付書類は、別で定める方針に沿った評価・計算の結果を示すものであることから、発電炉との比較を行わない。

(2)-2 安全冷却水 B 冷却塔の配管 の強度計算書

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 評価条件	2
3. 評価結果	4

1. 概要

本計算書は、屋外の竜巻防護対象施設である安全冷却水B冷却塔まわり配管の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、算出した結果を示す。

2. 評価条件

(1) 構造強度評価の評価条件

配管の構造強度評価に用いる評価条件を第 2-1 表から第 2-3 表に示す。

第 2-1 表 構造強度評価に用いる評価条件

評価対象配管	管外径 D* ¹ (mm)	材 料	温度条件 (°C)	Sy* ³ (MPa)	支持間隔 L* ¹ (mm)	板 厚 t* ¹ (mm)	質量 m (kg/mm)	受圧面積 A (m ² /mm)	内 圧 P (MPa)
安全冷却水 B 冷却 塔まわり配管 (安全冷却水 B 冷 却塔～安全冷却水 B 冷却塔供給ヘッ ダー配管合流点, 安全冷却水 B 冷却 塔戻りヘッダー分 岐点～安全冷却水 B 冷却塔)									

注記 * 1 : 評価に用いる寸法は、公称値を使用する。

* 2 : 最高使用温度

* 3 : JSME

第 2-2 表 構造強度評価に用いる評価条件

q (N/m ²)	ΔP_{max} (MPa)	G (-)	C (-)	W_M (N)
6, 100	0. 0089	1. 0	1. 2	0

第2-3表 荷重の組合せ

名称	評価部位	考慮する荷重
安全冷却水 B 冷却塔まわり配管 (安全冷却水 B 冷却塔～安全冷却水 B 冷却塔 供給ヘッダー配管合流点, 安全冷却水 B 冷 却塔戻りヘッダー分岐点～安全冷却水 B 冷 却塔)	配管本体	<ul style="list-style-type: none"> ・ 常時作用する荷重 ・ 風圧力による荷重 ・ 気圧差による荷重 ・ 運転時荷重

3. 評価結果

(1) 配管の構造強度評価結果

竜巻発生時の構造強度評価結果を第 3-1 表に示す。

第 3-1 表 配管の構造強度評価結果

名称	管外径 D (mm)	a 許容応力 (MPa)	b σ_1 (MPa)	応力比 (b/a)	c σ_2 (MPa)	応力比 (c/a)
安全冷却水 B 冷却塔まわり配管 (安全冷却水 B 冷却塔～安全冷却 水 B 冷却塔供給ヘッダー配管合 流点, 安全冷却水 B 冷却塔戻り ヘッダー分岐点～安全冷却水 B 冷却塔)						

配管に発生する応力は、許容応力以下である。また、弁を設置している箇所においては、弁の断面係数は配管に比べ大きく配管の評価に包絡される。

(2) 衝突評価結果

竜巻発生時の砂利に対する貫通限界厚さの評価結果を第 3-2 表に示す。

第 3-2 表 砂利に対する貫通限界厚さの評価結果

飛来物	貫通限界厚さ Tc (mm)	
	水平方向	鉛直方向
砂 利	1.0	1.0

砂利に対する貫通限界厚さ(1.0mm)と配管の外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さとの比較を第 3-3 表に示す。

第 3-3 表 配管の外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さとの比較結果

名称	外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さ (mm)	貫通限界厚さ Tc (mm)	結果
安全冷却水 B 冷却塔まわり配管 (安全冷却水 B 冷却塔～安全冷却水 B 冷却塔供給ヘッダー配管合流点, 安全冷却水 B 冷却塔戻りヘッダー分岐点～安全冷却水 B 冷却塔)		1.0	貫通しない

砂利に対する貫通限界厚さは、外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さ未満である。また、弁の板厚は配管に比べ厚いため、配管の評価に包絡される。

別紙4－8

飛来物防護ネットの強度計算書

本添付書類は、別で定める方針に沿った評価・計算の結果を示すものであることから、発電炉との比較を行わない。

(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）の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 評価条件	2
2.1 荷重条件	2
2.2 防護ネットの評価条件	3
2.3 防護板(鋼材)の評価条件	15
2.4 支持架構の評価条件	19
3. 強度評価結果	23
3.1 防護ネットの強度評価結果	23
3.2 防護板(鋼材)の強度評価結果	46
3.3 支持架構の強度評価結果	47

1. 概要

本計算書は、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）の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」に基づき算出した結果を示す。

2. 評価条件

2.1 荷重条件

風圧力による荷重の算定条件を第2.1-1表に示す。

第2.1-1表 風圧力による荷重の算定条件

部材	C* ¹ (-)	A _w * ⁴ (m ²)	
		NS方向	EW方向
支持架構 (座屈拘束ブレース以外)	2.1	1,503.2	1,397.8
支持架構 (座屈拘束ブレース)* ³	1.2	100.0	96.0
防護板(鋼材)	1.2	48.8	—* ²
防護ネット	1.4	1,758.0	1,461.6

注記 *1 : NS方向, EW方向共に同じ値

*2 : EW方向に考慮すべき防護板(鋼材)は無い

*3 : 柱やはりの幅は取付けている防護板(鋼材)及び補助防護板を考慮して設定する。また, 柱やはりに取付けている防護板(鋼材)及び補助防護板の受圧面積は支持架構(座屈拘束ブレース以外)に含める。

*4 : 防護ネット(補助防護板含む), 防護板(鋼材), 支持架構部材の交差部では受圧面積を重複させている。

2.2 防護ネットの評価条件

(1) ネット

a. ネット仕様

ネット仕様として，電中研報告書等を参照し，引張試験に用いたネットの仕様を第2.2-1表に示す。

第2.2-1表 ネットの諸元

項目	記号	仕様		備考
		主ネット	補助ネット	
ネット材料	-	SWG F-4 (JIS G 3548)		-
ネット目合い寸法	-	50mm	40mm	電中研報告書による
ネット1目合いの対角寸法	a	$50 \times \sqrt{2} = 70.7\text{mm}$	$40 \times \sqrt{2} = 56.6\text{mm}$	
ネット1目合いの破断変位	a _s	17.6mm	13.9mm	
ネット素線の直径	-	4mm	4mm	
ネット1目合いの破断荷重	F _{bm}	15.1kN	17.2kN	
ネット1目合いの等価剛性	K	858kN/m	1,239kN/m	
衝突箇所周辺の ネットの1枚当たりの交点数	n ₁	16個	20個	
ネットの素線の引張強度	-	1,400N/mm ² 以上	1,400N/mm ² 以上	
破断時たわみ角	θ _{max}	36.8deg	36.6deg	
ネットの単位面積当たりの質量	-	4.6kg/m ²	5.7kg/m ²	メーカーの標準的な値
ネットの充実率	φ	0.39(3枚* ²)		(計算値* ¹)

注記 *1: $\phi = 1 - \left(\frac{(\text{ネット目合い寸法: } 50\text{mm})^2}{(\text{ネット目合い寸法: } 50\text{mm} + \text{ネット素線径: } 4\text{mm})^2} \right)^2$

$\cdot \frac{(\text{ネット目合い寸法: } 40\text{mm})^2}{(\text{ネット目合い寸法: } 40\text{mm} + \text{ネット素線径: } 4\text{mm})^2}$

*2: 補助ネットを含む。

b. ネット構成

ネットの構成を第2.2-2表及び第4.2-1図に示す。

第2.2-2表 ネットの構成(1/3)

No.	ネットサイズ(m)			ネット枚数 n
	Lx	×	Ly	
AT01-14	5.673	×	4.623	2枚 (1枚)
AT15	5.673	×	3.033	
AT16-21	5.673	×	4.623	
AT22	5.673	×	4.233	
AT23-49	5.673	×	4.623	
AS01-03	5.673	×	4.380	
AS04	5.890	×	4.730	
AS05-06	5.673	×	4.473	
AS07-10	5.673	×	4.973	
AS11-17	5.673	×	4.013	
AS18-20	5.673	×	4.380	
AS21	4.880	×	4.473	
AS22-24	5.673	×	4.473	
AS25	4.880	×	4.473	
AS26-28	5.673	×	4.680	
AN01-04	5.673	×	4.230	
AN05-07	5.673	×	4.473	
AN08-11	5.673	×	4.973	
AN12-18	5.673	×	4.013	
AN19-21	5.673	×	4.380	

()内は補助ネット枚数

第2.2-2表 ネットの構成(2/3)

No.	ネットサイズ(m)			ネット枚数 n
	Lx	×	Ly	
AN22	4.880	×	4.473	2枚 (1枚)
AN23-24	5.673	×	4.473	
AN25	4.880	×	4.473	
AN26-28	5.673	×	4.680	
AE01-03	4.623	×	4.230	
AE04-06	4.623	×	4.473	
AE07-10	4.973	×	4.623	
AE11-17	4.623	×	4.013	
AE18	4.380	×	4.305	
AE19-20	4.623	×	4.380	
AE21	4.380	×	4.305	
AE22	4.473	×	4.305	
AE23-24	4.623	×	4.473	
AE25	4.473	×	4.305	
AE26-28	4.680	×	4.623	
AW01	4.623	×	4.180	
AW02	5.723	×	4.180	
AW03-06	4.973	×	4.623	
AW07-09	4.623	×	4.013	
AW10	5.723	×	4.013	
AW11	4.013	×	3.523	
AW12-13	4.623	×	4.013	
AW14	4.380	×	4.305	
AW15	4.623	×	4.380	
AW16	4.380	×	3.523	
AW17	4.623	×	4.380	
AW18	4.380	×	4.305	

()内は補助ネット枚数

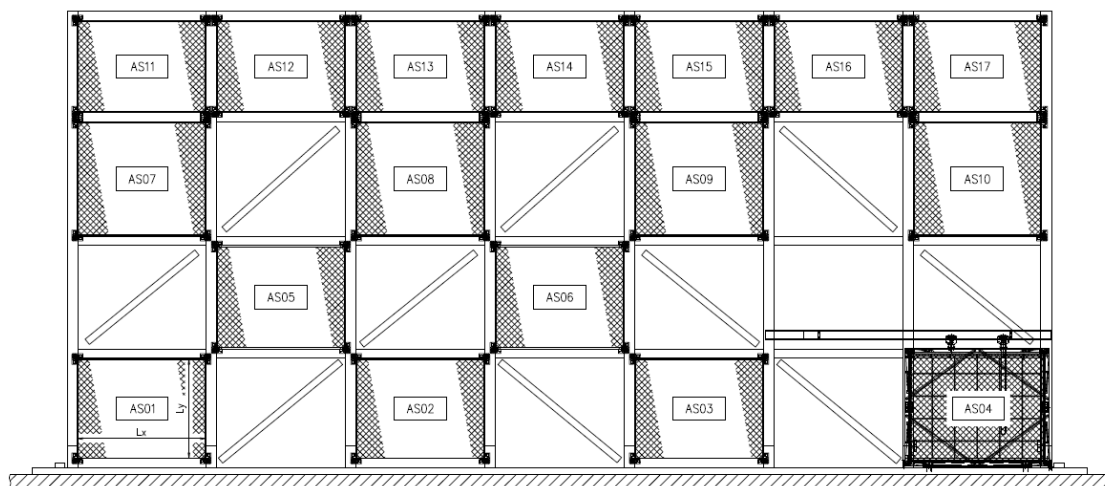
第2.2-2表 防護ネットの構成(3/3)

No.	ネットサイズ(m)			ネット枚数 n
	Lx	×	Ly	
AW19	4.473	×	4.305	2枚 (1枚)
AW20	4.623	×	4.473	
AW21	4.473	×	3.523	
AW22	4.623	×	4.473	
AW23	4.473	×	4.305	
AW24	4.680	×	3.523	
AW25	5.723	×	4.680	
AW26	4.680	×	4.623	
AHW01	4.623	×	4.230	
AHW02	5.723	×	4.230	

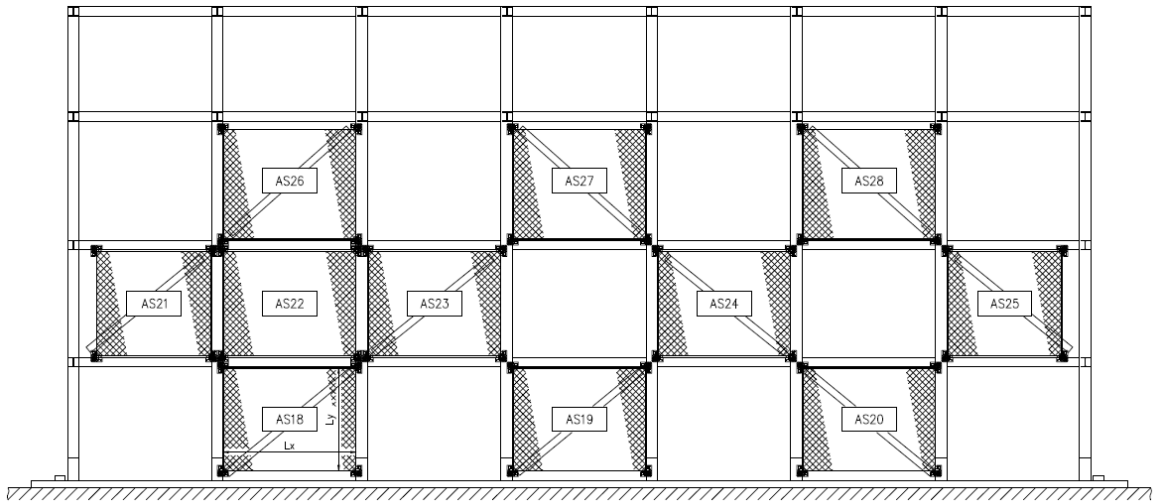
()内は補助ネット枚数



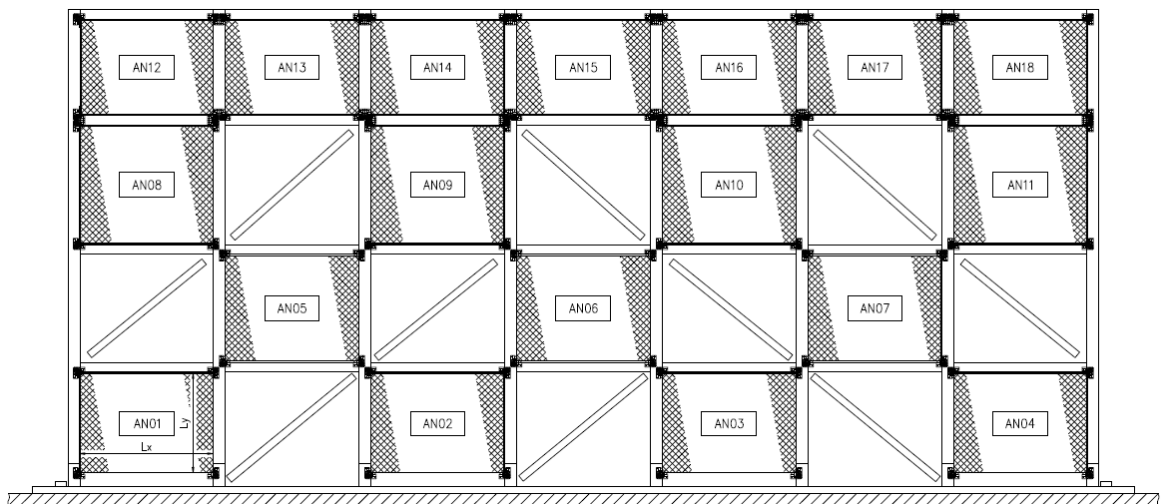
第2.2-1図 ネット割付展開図(天面) (1/10)



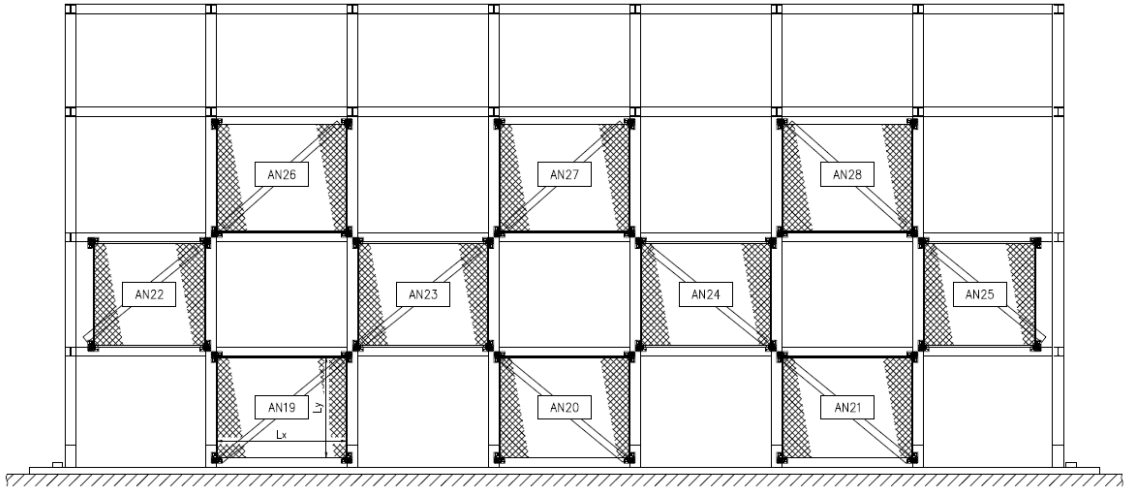
第2.2-1図 ネット割付展開図(南側外面) (2/10)



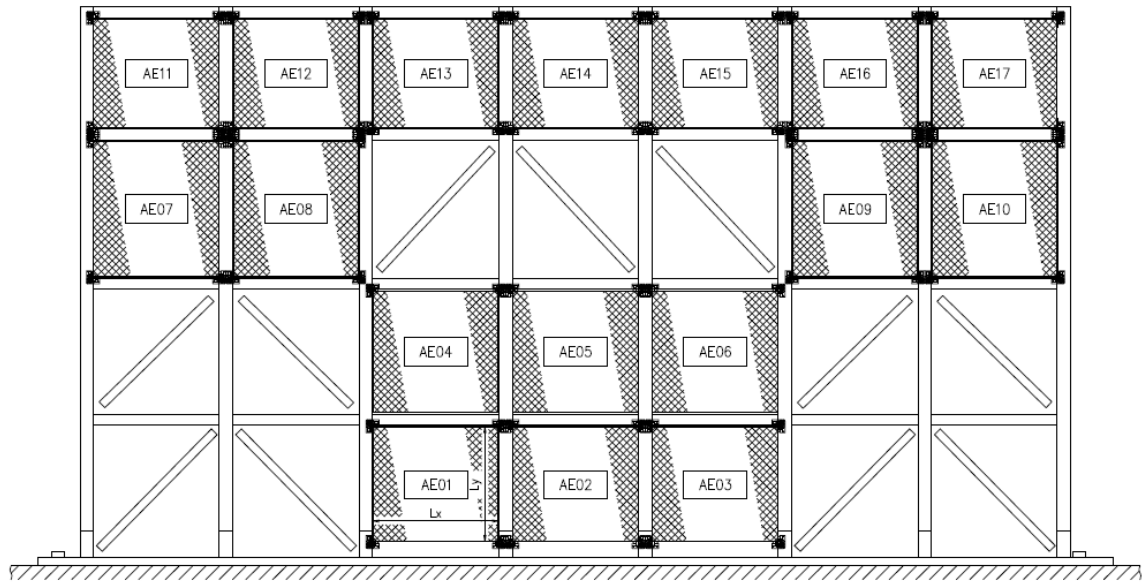
第2.2-1図 ネット割付展開図(南側内面) (3/10)



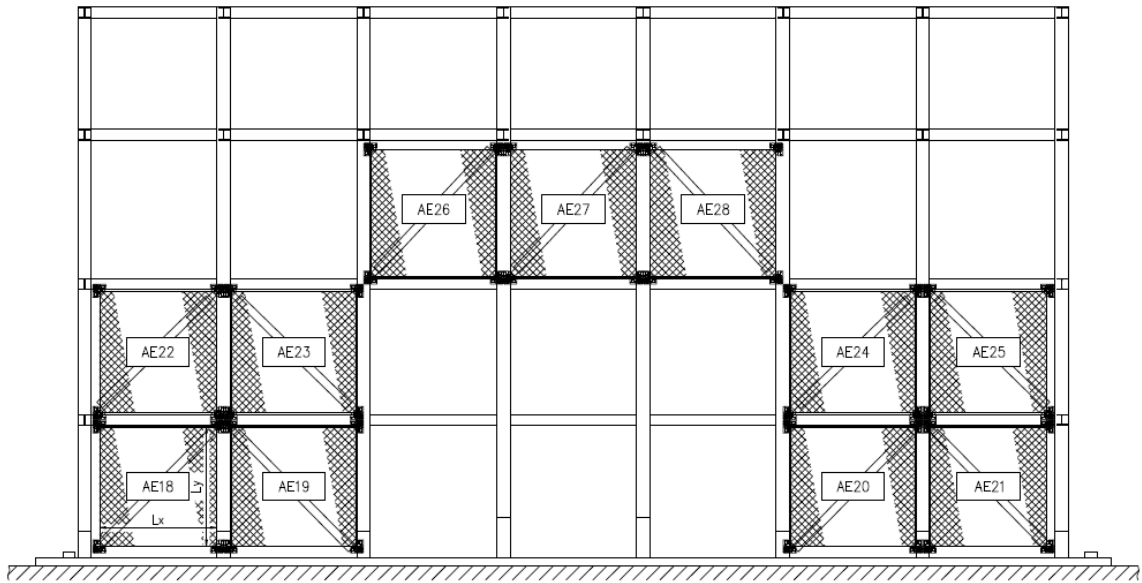
第2.2-1図 ネット割付展開図(北側外面) (4/10)



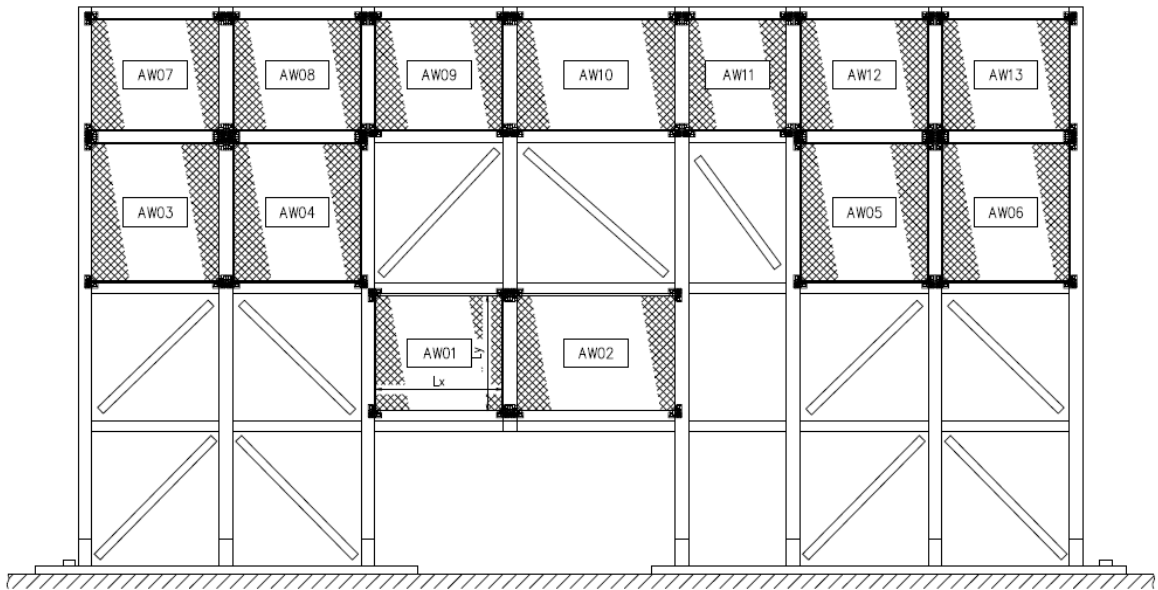
第2.2-1図 ネット割付展開図(北側内面) (5/10)



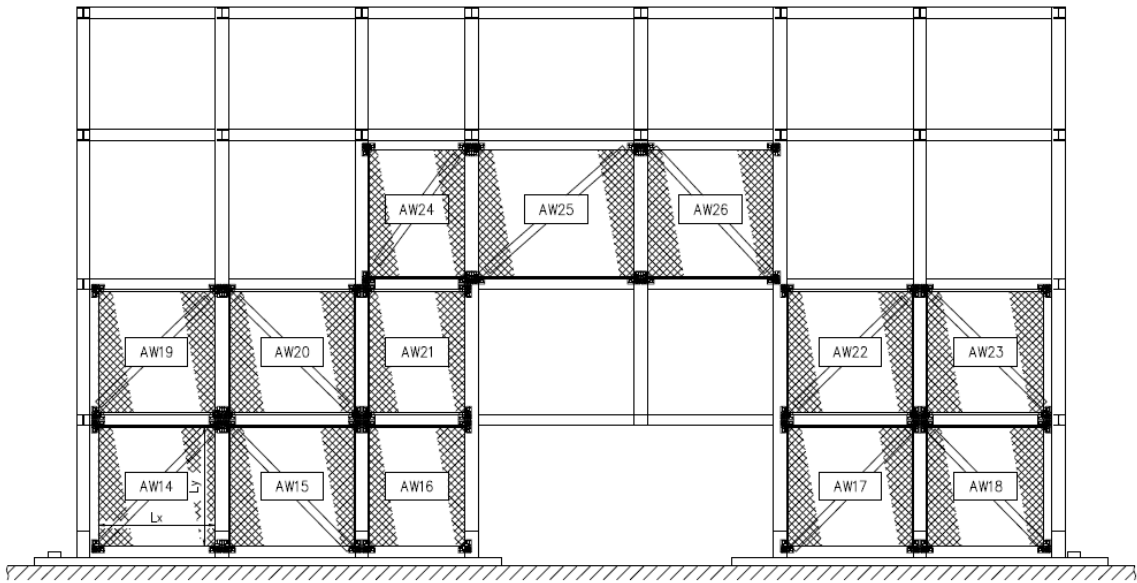
第2.2-1図 ネット割付展開図(東側外面) (6/10)



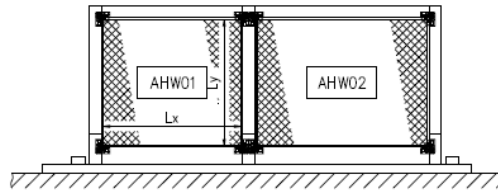
第2.2-1図 ネット割付展開図(東側内面) (7/10)



第2.2-1図 ネット割付展開図(西側外面) (8/10)



第2.2-1図 ネット割付展開図(西側内面) (9/10)



第2.2-1図 ネット割付展開図(西側張り出し部) (10/10)

(2) ワイヤロープ及び接続治具(支持部)

評価における条件を以下に示す。

a. ワイヤロープ

ワイヤロープの仕様を第2.2-3表に示す。

第2.2-3表 ワイヤロープの仕様

評価対象部位	仕様	径	破断荷重 F _{bw} (kN)	ワイヤグリップ効率 C _c
ワイヤロープ	7×7	φ16	165 ^(*1)	0.8 ^(*2)

注記 *1: JIS G 3549の破断強度

*2: JIS B 2809及び「小規模吊橋指針・同解説((社)日本道路協会)」

b. ターンバックル

ターンバックルの仕様を第2.2-4表に示す。

第2.2-4表 ターンバックルの仕様

評価対象部位	規格値 (kN)	許容限界 (kN)
ターンバックル	86.8	130.2

c. シャックル

シャックルの仕様を第2.2-5表に示す。

第2.2-5表 シャックルの仕様

評価対象部位	規格値 (kN)	許容限界 (kN)
シャックル	78.4	156.8

(3) 接続治具(固定部)

a. 接続治具(固定部)

評価における条件を以下に示す。

(a) 隅角部固定ボルト

隅角部固定ボルトの評価条件を第2.2-6表に示す。

第2.2-6表 隅角部固定ボルトの評価条件

評価対象部位	ボルト径	材質	ボルト本数 n_2
隅角部固定ボルト	M27	強度区分8.8	3本

(b) 取付プレート

イ. 支持架構設置

取付プレート(支持架構設置)の評価条件を第2.2-7表に示す。

第2.2-7表 取付プレート(支持架構設置)の評価条件

評価対象部位	材質	取付け孔位置寸法		取付け孔径 ϕd_1 (mm)	板厚 t_2 (mm)
		L_{p1} (mm)	L_{p2} (mm)		
取付プレート	SN490B	69.6	55	33	32

ロ. 鋼製枠設置

取付プレート(鋼製枠設置)の評価条件を第2.2-8表に示す。

第2.2-8表 取付プレート(鋼製枠設置)の評価条件

評価対象部位	材質	プレート長さ		取付け孔位置寸法 L_{p5} (mm)	面取り長さ L (mm)	取付け孔径 ϕd_2 (mm)	板厚 t_3 (mm)	溶接脚長 S_w (mm)
		L_{p3} (mm)	L_{p4} (mm)					
取付プレート	SS400	-	-	45	-	33	22	-
溶接部	SS400*1	100	130	-	25	-	-	9

注記 *1: 母材である取付プレートの材質

b. ネット取付金物等

ネット取付金物等の評価条件を第2.2-9表に示す。

第2.2-9表 ネット取付金物等の評価条件

評価対象部位	ボルト径	材質	モーメント支点からの距離		取付け面から保持管中心までの距離H (mm)	評価対象の取付ボルト本数 n_3 (本)
			ボルトまで L_1 (mm)	保持管中心まで L_2 (mm)		
取付ボルト	M24	強度区分10.9	180.3	245.5	106.5	2
押さえボルト	M27		-※	-※	-※	-※

※押さえボルトには、モーメントによる荷重は作用しないため、対象外。

2.3 防護板(鋼材)の評価条件

(1) 波及的影響評価

飛来物の衝突により鋼板の変形によって取付ボルトが破断し、鋼板が脱落しないことを確認するため、取付ボルトが許容限界未満であることを確認する。具体的には、鋼板に対する飛来物による衝撃荷重は、衝突位置部近傍のボルトに荷重が集中し塑性変形および破断することが考えられるため、鋼板とボルトをモデル化し、ボルトの変形、破断を考慮した衝突解析にて許容限界を満足することを確認する。

a. 評価モデル

計算においては、鋼板をシェル要素で、取付ボルトはビーム要素でモデル化し、解析コード「LS-DYNA(R. 7. 1. 2)」を用いて評価を実施する。

なお、評価に用いる解析コード「LS-DYNA(R. 7. 1. 2)」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

波及的影響評価の対象となる防護板(鋼材)の仕様を第2.3-1表、評価モデルを第2.3-1図に示す。

b. 材料モデル

材料モデルでは、取付ボルトの破断荷重を設定し、破断荷重を超えた取付ボルトは消去することにより取付ボルトの破断を表現する。

また、飛来物は保守的に破断荷重を超えても要素が消去しないものとする鋼板、取付ボルト及び飛来物に使用する鋼材の材料定数を第2.3-2表に示す。

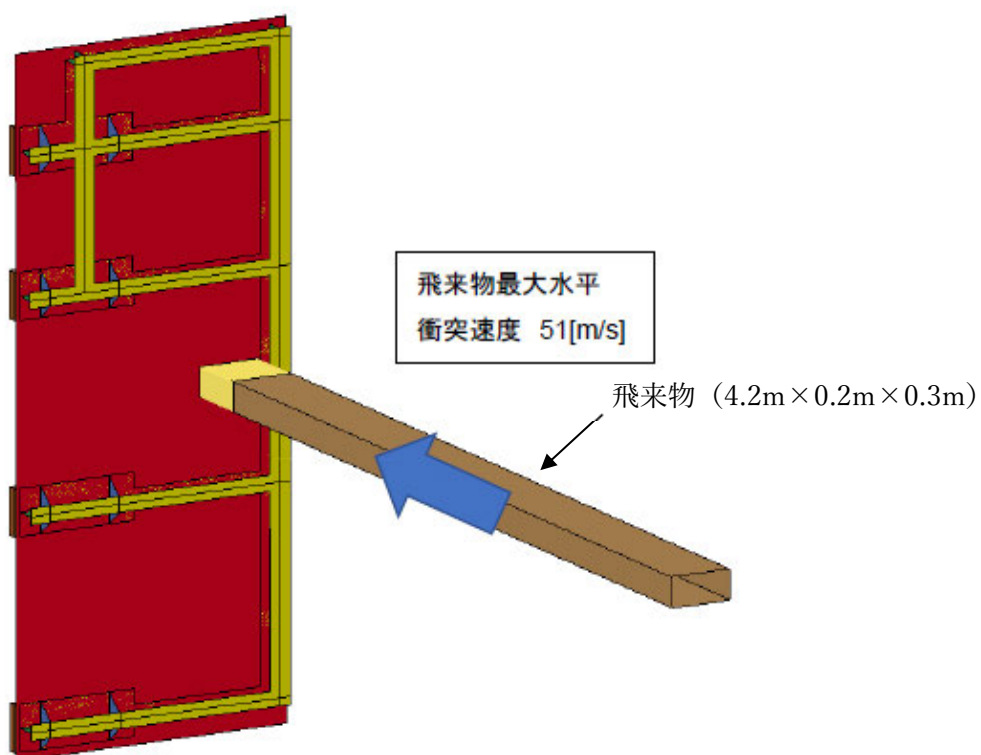
材料定数は、JIS及び「鋼構造設計規準」に基づき設定し、JIS規格値を使用することで実機より降伏しやすい評価とする。

第2.3-1表 防護板(鋼材)の評価に用いる条件

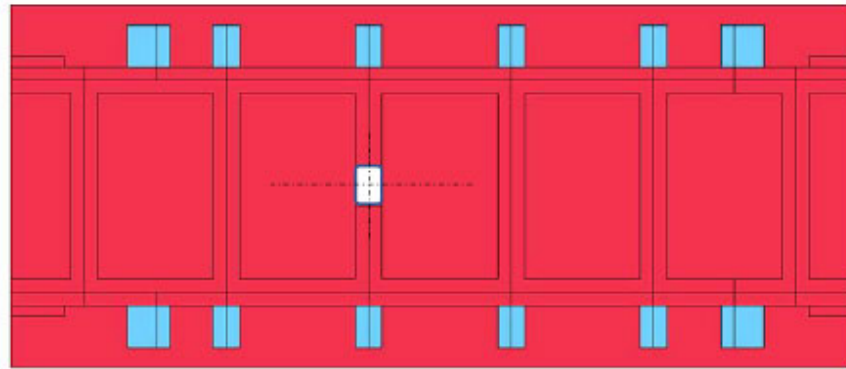
評価 ケース	防護板(鋼材)の 支持方法	飛来物速度 (m/s ²)	鋼板サイズ (mm)	全数 (本)	取付 ボルト 径	取付ボルト 引張強さSu (MPa)	取付ボルト 有効断面積A _b (mm ²)
①	1辺で支持	51 (水平衝突)	1, 300× 4, 400	32	M33	830	694
②	相対する2辺 以上で支持	34 (鉛直衝突)	2, 700× 6, 300	32	M24	830	353
③		51 (水平衝突)	2, 300× 5, 100	40(手前 側) 56(奥側)	M24	830	353

第2.3-2表 材料定数

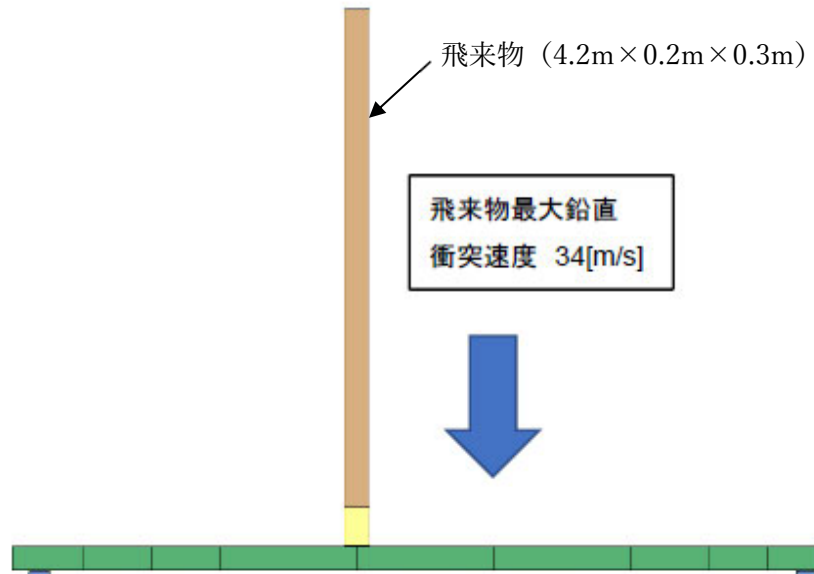
部材	材質	降伏応力 σ_y (MPa)	縦弾性係数 E (MPa)	接線係数 E' (MPa)	ポアソン比
鋼板	SUS304	205	1.95×10^5	1, 350	0.3
取付ボルト	強度区分8.8	660	2.05×10^5	1, 410	0.3
飛来物	SN490B	325	2.05×10^5	1, 380	0.3



第2.3-1図(1/3) 取付ボルト評価用の解析モデル図(ケース①)



屋上部分(伏図)

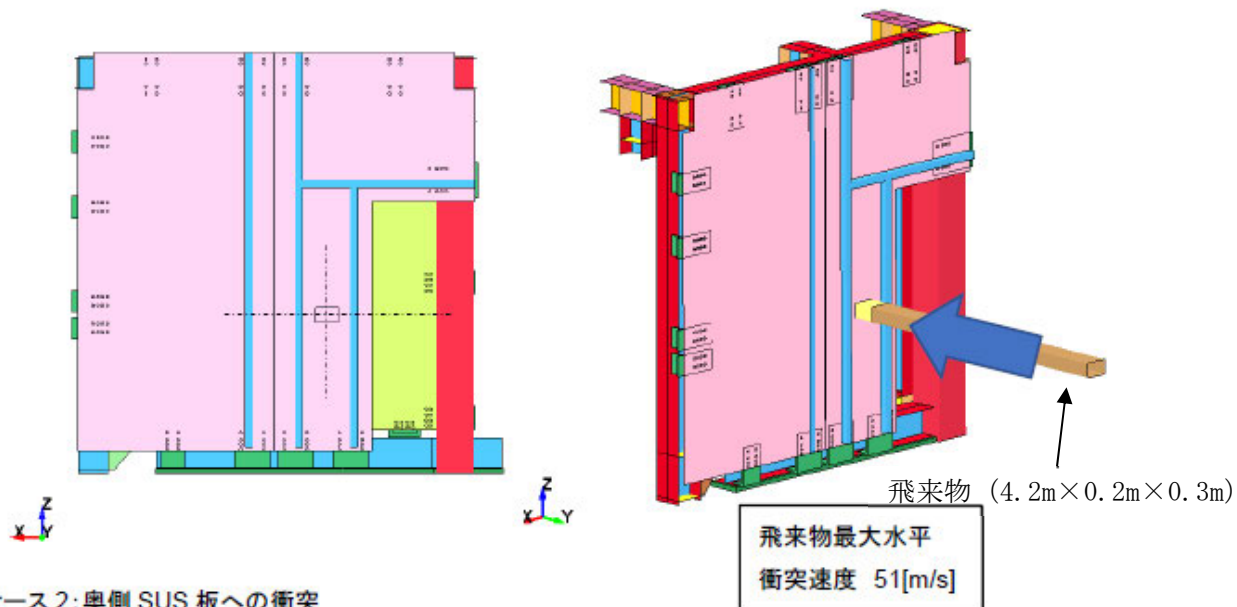


屋上部分(正面図)

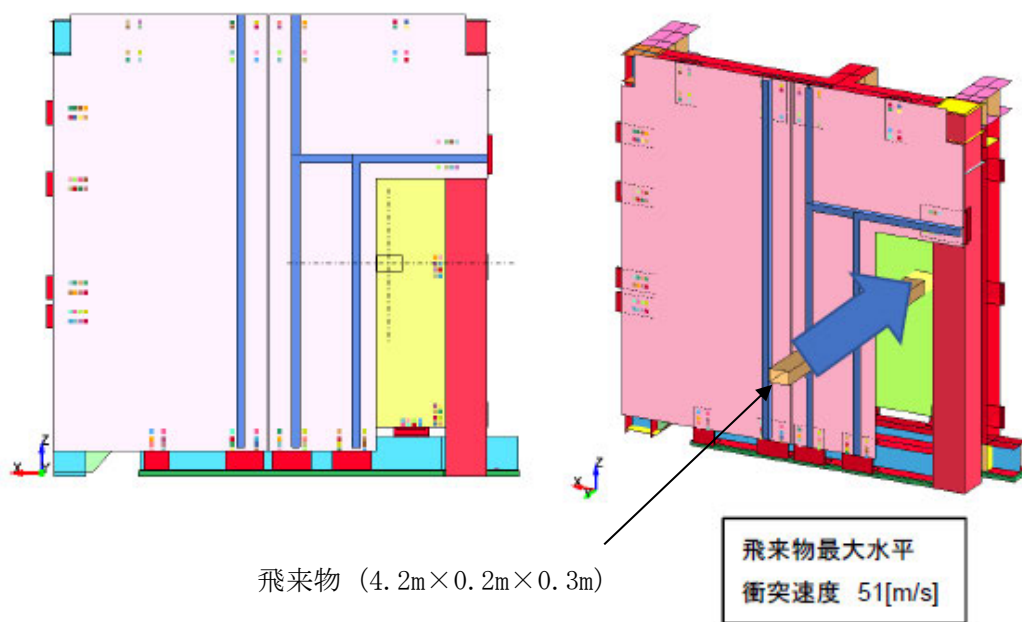


第2.3-1図(2/3) 取付ボルト評価用の解析モデル図(ケース②)

ケース1:手前側 SUS 板への衝突



ケース2:奥側 SUS 板への衝突



第 2.3-1 図(3/3) 取付ボルト評価用の解析モデル図(ケース③)

2.4 支持架構の評価条件

支持架構の評価対象となる部材の仕様を第2.4-1表から第2.4-3表，評価に用いる材料物性値を第2.4-4表，許容限界を第2.4-5表に示す。

第2.4-1表 飛来物防護ネットの貫通評価対象部位

対象		仕様(mm)	材質
支持架構	はり中央	H-400×400×13×21	SN490B

第2.4-2表 飛来物防護ネットの脱落評価対象部位

対象		仕様(mm)	材質
支持架構	はり端部 (柱はり接合部)	H-400×400×13×21	SN490B

第2.4-3表 飛来物防護ネットの転倒評価対象部位

対象		仕様(mm)	材質
支持架構	柱脚部1	□-500×500×28	BCP325
	柱脚部2	H-400×400×13×21	SN490B

第2.4-4表 材料定数

部材	材料	縦弾性係数E(MPa)	ポアソン比
支持架構	SN490B	2.05×10 ⁵	0.3
	BCP325		
飛来物	SN490B	2.05×10 ⁵	0.3

第2.4-5表 使用材料の許容限界

部材	材料	基準強度(MPa)	備考
支持架構	SN490B	325	短期応力の許容応力を1.1倍した値を許容限界として設定
	BCP325		
飛来物	SN490B		

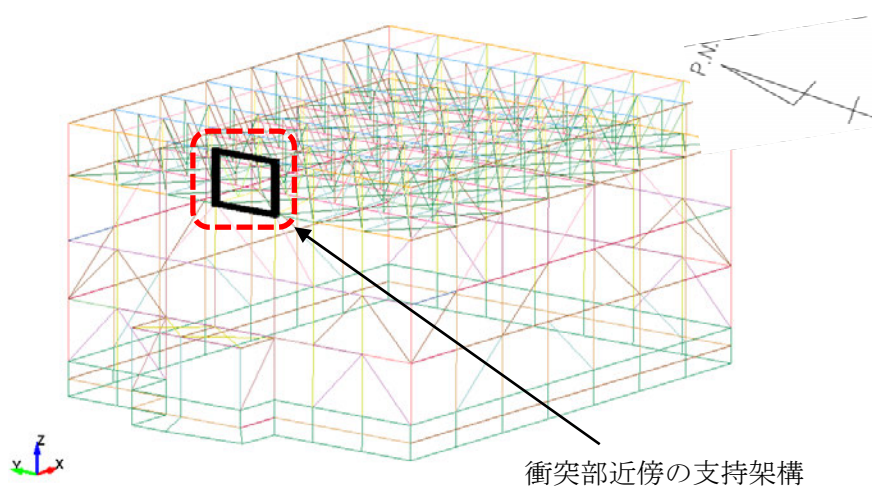
2.5 支持架構の評価モデル

(1) 評価モデル

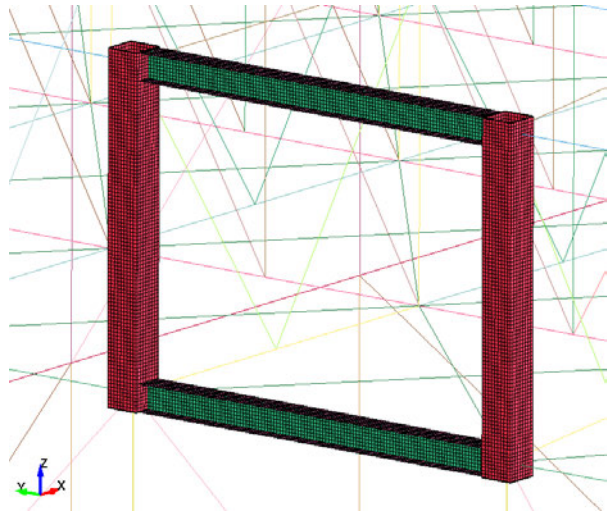
支持架構の評価モデルについては、支持架構全体を三次元フレームモデルによりモデル化し、解析コード「LS-DYNA(R.7.1.2)」を用いて評価を実施する。

なお、評価に用いる解析コード「LS-DYNA(R.7.1.2)」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

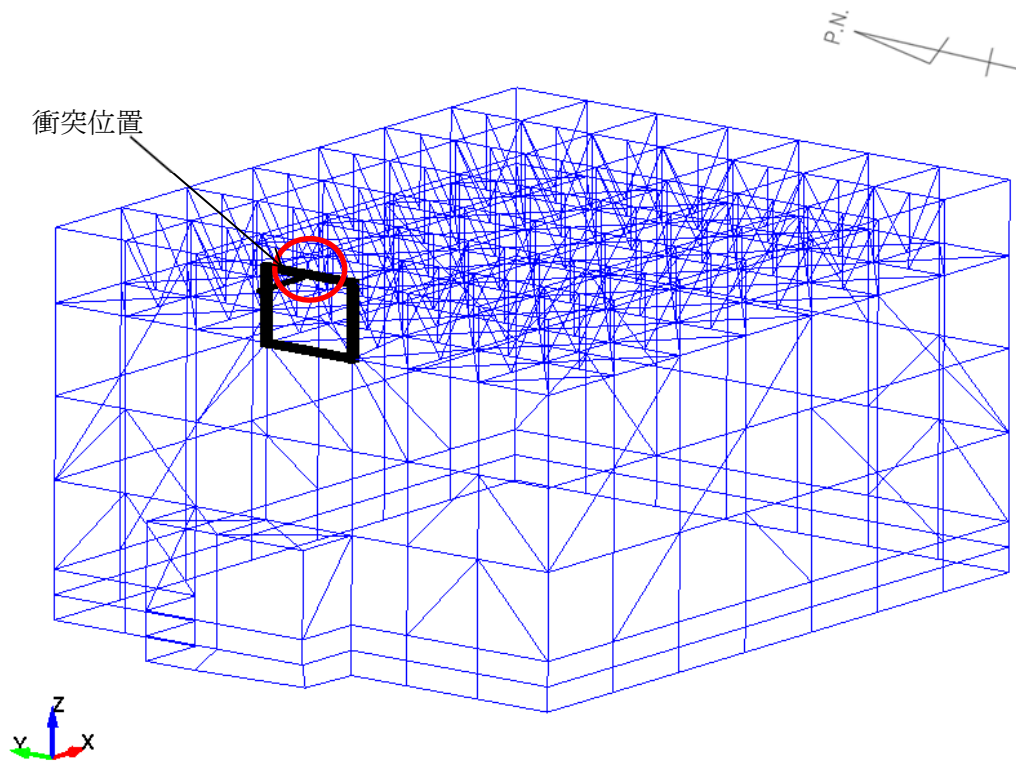
評価モデルを第2.5-1図に示す。また、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」に基づき、飛来物の衝突位置を第2.5-2図に示す。



第2.5-1図 飛来物防護ネットの評価モデル図(1/2)



第2.5-1図 飛来物防護ネットの評価モデル図(2/2)



第2.5-2図 飛来物衝突位置図

(2) 材料モデル

材料モデルでは，支持架構の破断ひずみを設定し，破断ひずみを越えた要素は消去することにより部材の破壊を表現する。鋼材の応力-ひずみ関係はバイリニア型とし，鋼材の材料モデルにおける折れ点の強度は，JISの規格値(降伏応力，引張強さ)の下限値に対してNEI07-13に従って動的増加率を乗じた値とする。動的増加率はNEI07-13に基づき，降伏応力1.29，引張強さ1.10とする。

また，飛来物は保守的に破断ひずみを越えても要素が消去しないものとし，破断ひずみはNEI07-13に従い0.14/TF(多軸性係数)とする。ここで，多軸性係数について，支持架構部材はTF=2，飛来物はTF=1とする。

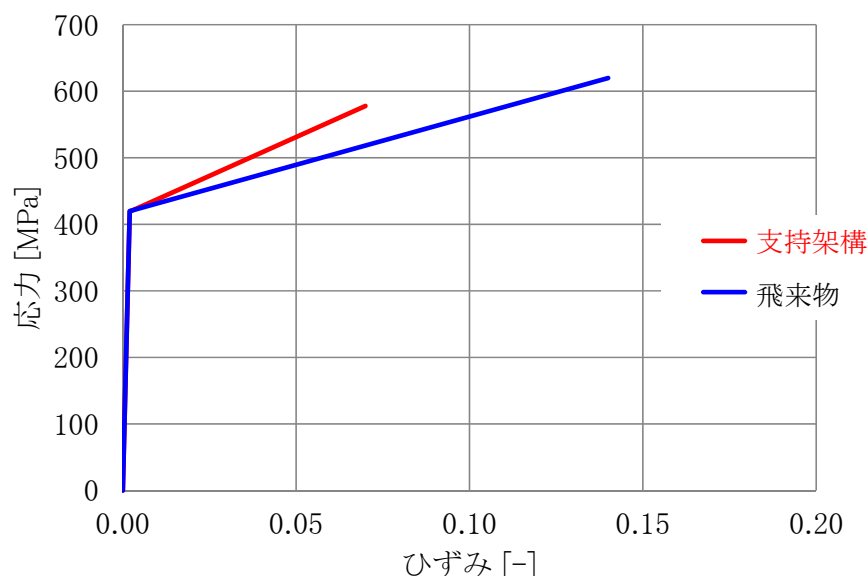
材料モデルの降伏応力及び引張強さの強度を第2.5-1表，材料モデルにおける破断ひずみを第2.5-2表，支持架構及び飛来物の応力-ひずみ線図を第2.5-4図に示す。

第2.5-1表 材料モデルの降伏応力及び引張強さ(単位：MPa)

対象	材質	規格値		材料モデル	
		降伏応力	引張強さ	降伏応力	引張強さ
支持架構	SN490B	325	490	419	578
飛来物	SN490B	325	490	420	620

第2.5-2表 材料モデルにおける破断ひずみ

対象	材質	破断ひずみ
支持架構	SN490B	0.07



第2.5-4図 支持架構及び飛来物の応力-ひずみ線図

3. 強度評価結果

3.1 防護ネットの強度評価結果

(1) 吸収エネルギー評価

竜巻発生時の吸収エネルギー評価結果を第3.1-1表に示す。

すべてのネットにおいて、作用する全エネルギー(E_t)は、ネットの限界吸収エネルギー(E_{max}')を下回っている。

第3.1-1表 吸収エネルギー評価結果(1/3)

No.	E_t (kJ)	E_{max}' (kJ)	検定比*1 (-)
AT01-14	86	390	0.23
AT15	83	249	0.34
AT16-21	86	390	0.23
AT22	85	358	0.24
AT23-49	86	390	0.23
AS01-03	189	369	0.52
AS04	191	391	0.49
AS05-06	189	380	0.50
AS07-10	190	397	0.48
AS11-17	188	323	0.59
AS18-20	189	369	0.52
AS21	185	325	0.57
AS22-24	189	380	0.50
AS25	185	325	0.57
AS26-28	189	376	0.51
AN01-04	188	358	0.53
AN05-07	189	380	0.50
AN08-11	190	397	0.48
AN12-18	188	323	0.59
AN19-21	189	369	0.52
AN22	185	325	0.57
AN23-24	189	380	0.50

注記 *1: 検定比= E_t/E_{max}' (小数第三位を切上げ)

第3.1-1表 吸収エネルギー評価結果(2/3)

(つづき)

No.	E_t (kJ)	E_{max}' (kJ)	検定比* ¹ (-)
AN25	185	325	0.57
AN26-28	189	376	0.51
AE01-03	184	292	0.64
AE04-06	184	309	0.60
AE07-10	186	342	0.55
AE11-17	183	263	0.70
AE18	183	268	0.69
AE19-20	184	301	0.62
AE21	183	268	0.69
AE22	183	271	0.68
AE23-24	184	309	0.60
AE25	183	271	0.68
AE26-28	184	321	0.58
AW01	183	292	0.63
AW02	188	365	0.52
AW03-06	186	342	0.55
AW07-09	183	263	0.70
AW10	188	329	0.58
AW11	181	217	0.84
AW12-13	183	263	0.70
AW14	183	268	0.69
AW15	184	301	0.62
AW16	182	238	0.77
AW17	184	301	0.62
AW18	183	268	0.69
AW19	183	271	0.68
AW20	184	309	0.60

注記 *1: 検定比= E_t/E_{max}' (小数第三位を切上げ)

第3.1-1表 吸収エネルギー評価結果(3/3)

(つづき)

No.	E_t (kJ)	E_{max}' (kJ)	検定比* ¹ (-)
AW21	182	240	0.76
AW22	184	309	0.60
AW23	183	271	0.68
AW24	182	251	0.73
AW25	190	383	0.50
AW26	184	321	0.58
AHW01	184	292	0.64
AHW02	188	365	0.52

注記 *1: 検定比= E_t/E_{max}' (小数第三位を切上げ)

(2) 破断評価

a. ネット

竜巻発生時の局部貫通(飛来物による衝撃荷重)評価結果を第3.1-2表に示す。

すべてのネットにおいて、飛来物による衝撃荷重(F_a')は、ネットの許容荷重(F_n)を下回っている。

第3.1-2表 局部貫通(飛来物による衝撃荷重)評価結果(1/3)

No.	F_a' (kN)	F_n' (kN)	検定比* ¹ (-)
AT01-14	200.4	783	0.26
AT15	173.2	783	0.23
AT16-21	200.4	783	0.26
AT22	194.2	783	0.25
AT23-49	200.4	783	0.26
AS01-03	352.4	783	0.46
AS04	347.1	783	0.45
AS05-06	355.1	783	0.46
AS07-10	360.3	783	0.47
AS11-17	338.8	783	0.44
AS18-20	352.4	783	0.46
AS21	389.8	783	0.50
AS22-24	355.1	783	0.46
AS25	389.8	783	0.50
AS26-28	353.6	783	0.46
AN01-04	348.1	783	0.45
AN05-07	355.1	783	0.46
AN08-11	360.3	783	0.47
AN12-18	338.8	783	0.44
AN19-21	352.4	783	0.46
AN22	389.8	783	0.50
AN23-24	355.1	783	0.46

注記 *1: 検定比= F_a'/F_n' (小数第三位を切上げ)

第3.1-2表 局部貫通(飛来物による衝撃荷重)評価結果(2/3)

(つづき)

No.	F _a ' (kN)	F _n ' (kN)	検定比* ¹ (-)
AN25	389.8	783	0.50
AN26-28	353.6	783	0.46
AE01-03	398.6	783	0.51
AE04-06	404.5	783	0.52
AE07-10	389.5	783	0.50
AE11-17	385.7	783	0.50
AE18	409.2	783	0.53
AE19-20	401.6	783	0.52
AE21	409.2	783	0.53
AE22	401.6	783	0.52
AE23-24	404.5	783	0.52
AE25	401.6	783	0.52
AE26-28	403.1	783	0.52
AW01	396.4	783	0.51
AW02	346.8	783	0.45
AW03-06	389.5	783	0.50
AW07-09	385.7	783	0.50
AW10	337.4	783	0.44
AW11	419.1	783	0.54
AW12-13	385.7	783	0.50
AW14	409.2	783	0.53
AW15	401.6	783	0.52
AW16	395.1	783	0.51
AW17	401.6	783	0.52
AW18	409.2	783	0.53
AW19	401.6	783	0.52
AW20	404.5	783	0.52

注記 *1: 検定比=F_a'/F_n' (小数第三位を切上げ)

第3.1-2表 局部貫通(飛来物による衝撃荷重)評価結果(3/3)

(つづき)

No.	F_a' (kN)	F_n' (kN)	検定比* ¹ (-)
AW21	387.8	783	0.50
AW22	404.5	783	0.52
AW23	401.6	783	0.52
AW24	374.8	783	0.48
AW25	354.1	783	0.46
AW26	403.1	783	0.52
AHW01	398.6	783	0.51
AHW02	346.5	783	0.45

注記 *1: 検定比= F_a' / F_n' (小数第三位を切上げ)

b. ワイヤロープ及び接続冶具(支持部)

(a) ワイヤロープ

竜巻発生時の評価結果を第3.1-3表に示す。

ワイヤロープが負担する荷重(T_1')は、ワイヤロープの許容荷重(P)を下回っている。

第3.1-3表 ワイヤロープ評価結果(1/3)

No.	T_1' (kN)	P (kN)	検定比* ¹ (-)
AT01-14	68.1	132	0.52
AT15	53.9	132	0.41
AT16-21	68.1	132	0.52
AT22	64.9	132	0.50
AT23-49	68.1	132	0.52
AS01-03	100.9	132	0.77
AS04	100.3	132	0.76
AS05-06	102.2	132	0.78
AS07-10	104.5	132	0.80
AS11-17	94.7	132	0.72
AS18-20	100.9	132	0.77
AS21	109.4	132	0.83
AS22-24	102.2	132	0.78
AS25	109.4	132	0.83
AS26-28	101.5	132	0.77
AN01-04	99.2	132	0.76
AN05-07	102.2	132	0.78
AN08-11	104.5	132	0.80
AN12-18	94.7	132	0.72
AN19-21	100.9	132	0.77
AN22	109.4	132	0.83
AN23-24	102.2	132	0.78

注記 *1: 検定比= T_1'/P (小数第三位を切上げ)

第3.1-3表 ワイヤロープ評価結果(2/3)

(つづき)

No.	T ₁ ' (kN)	P (kN)	検定比* ¹ (-)
AN25	109.4	132	0.83
AN26-28	101.5	132	0.77
AE01-03	109.8	132	0.84
AE04-06	112.6	132	0.86
AE07-10	110.3	132	0.84
AE11-17	104.2	132	0.79
AE18	111.0	132	0.85
AE19-20	111.2	132	0.85
AE21	111.0	132	0.85
AE22	109.0	132	0.83
AE23-24	112.6	132	0.86
AE25	109.0	132	0.83
AE26-28	112.9	132	0.86
AW01	109.2	132	0.83
AW02	99.2	132	0.76
AW03-06	110.3	132	0.84
AW07-09	104.2	132	0.79
AW10	94.6	132	0.72
AW11	109.6	132	0.84
AW12-13	104.2	132	0.79
AW14	111.0	132	0.85
AW15	111.2	132	0.85
AW16	105.0	132	0.80
AW17	111.2	132	0.85
AW18	111.0	132	0.85
AW19	109.0	132	0.83
AW20	112.6	132	0.86

注記 *1: 検定比=T₁'/P(小数第三位を切上げ)

第3.1-3表ワイヤロープ評価結果(3/3)

(つづき)

No.	T ₁ ' (kN)	P (kN)	検定比* ¹ (-)
AW21	103.2	132	0.79
AW22	112.6	132	0.86
AW23	109.0	132	0.83
AW24	100.5	132	0.77
AW25	102.0	132	0.78
AW26	112.9	132	0.86
AHW01	109.8	132	0.84
AHW02	99.0	132	0.75

注記 *1 : 検定比=T₁' / P (小数第三位を切上げ)

(b) ターンバックル

竜巻発生時の評価結果を第3.1-4表に示す。

発生荷重は、ターンバックルの許容限界を下回っている。

第3.1-4表 ターンバックルの評価結果

評価対象部位	発生荷重 (kN)	許容限界 (kN)	検定比 ^{*2} (-)
ターンバックル	112.9 ^{*1}	130.2	0.87

注記 *1：ワイヤロープ張力が最大である T_1' の値を示す。

*2：検定比=発生荷重/許容限界(小数第三位を切上げ)

(c) シャックル

竜巻発生時の評価結果を第3.1-5表に示す。

発生荷重は、シャックルの許容限界を下回っている。

第3.1-5表 シャックルの評価結果

評価対象部位	発生荷重 (kN)	許容限界 (kN)	検定比 ^{*2} (-)
シャックル	112.9 ^{*1}	156.8	0.73

注記 *1：ワイヤロープ張力が最大である T_1' の値を示す。

*2：検定比=発生荷重/許容限界(小数第三位を切上げ)

c. 接続治具(固定部)

(a) 隅角部固定ボルト

接続治具(固定部)のうち、隅角部固定ボルトの竜巻発生時の評価結果を第3.1-6表に示す。ワイヤロープが負担する荷重(T_1')による発生応力は、隅角部固定ボルトの許容限界を下回っている。

第3.1-6表 接続治具(固定部)(隅角部固定ボルト)の評価結果(1/3)

No.	T_1' (kN)	発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	応力比*1 (-)
AT01-14	68.1	65	334	0.20
AT15	53.9	51	334	0.16
AT16-21	68.1	65	334	0.20
AT22	64.9	62	334	0.19
AT23-49	68.1	65	334	0.20
AS01-03	100.9	98	334	0.30
AS04	100.3	97	334	0.30
AS05-06	102.2	99	334	0.30
AS07-10	104.5	101	334	0.31
AS11-17	94.7	91	334	0.28
AS18-20	100.9	98	334	0.30
AS21	109.4	107	334	0.33
AS22-24	102.2	99	334	0.30
AS25	109.4	107	334	0.33
AS26-28	101.5	98	334	0.30
AN01-04	99.2	96	334	0.29
AN05-07	102.2	99	334	0.30
AN08-11	104.5	101	334	0.31
AN12-18	94.7	91	334	0.28
AN19-21	100.9	98	334	0.30
AN22	109.4	107	334	0.33

注記 *1: 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

第3.1-6表 接続治具(固定部)(隅角部固定ボルト)の評価結果(2/3)

(つづき)

No.	T ₁ ' (kN)	発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	応力比*1 (-)
AN23-24	102.2	99	334	0.30
AN25	109.4	107	334	0.33
AN26-28	101.5	98	334	0.30
AE01-03	109.8	107	334	0.33
AE04-06	112.6	110	334	0.33
AE07-10	110.3	107	334	0.33
AE11-17	104.2	101	334	0.31
AE18	111.0	108	334	0.33
AE19-20	111.2	108	334	0.33
AE21	111.0	108	334	0.33
AE22	109.0	106	334	0.32
AE23-24	112.6	110	334	0.33
AE25	109.0	106	334	0.32
AE26-28	112.9	110	334	0.33
AW01	109.2	106	334	0.32
AW02	99.2	96	334	0.29
AW03-06	110.3	107	334	0.33
AW07-09	104.2	101	334	0.31
AW10	94.6	91	334	0.28
AW11	109.6	106	334	0.32
AW12-13	104.2	101	334	0.31
AW14	111.0	108	334	0.33
AW15	111.2	108	334	0.33
AW16	105.0	101	334	0.31
AW17	111.2	108	334	0.33
AW18	111.0	108	334	0.33
AW19	109.0	106	334	0.32

注記 *1 : 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

第3.1-6表 接続治具(固定部)(隅角部固定ボルト)の評価結果(3/3)

(つづき)

No.	T ₁ ' (kN)	発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	応力比* ¹ (-)
AW20	112.6	110	334	0.33
AW21	103.2	100	334	0.30
AW22	112.6	110	334	0.33
AW23	109.0	106	334	0.32
AW24	100.5	97	334	0.30
AW25	102.0	99	334	0.30
AW26	112.9	110	334	0.33
AHW01	109.8	107	334	0.33
AHW02	99.0	96	334	0.29

注記 *1: 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

(b) 取付プレート

イ. 支持架構設置

接続冶具(固定部)のうち、取付プレート(支持架構設置)の竜巻発生時の評価結果を第3.1-7表に示す。

ワイヤロープが負担する荷重(T_1')による発生応力は、取付プレート(支持架構設置)の許容限界を下回っている。

第3.1-7表 接続冶具(固定部)(取付プレート(支持架構設置))の評価結果(1/3)

No.	T_1' (kN)	発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	応力比*1 (-)
AT01-14	68.1	28	187	0.15
AT15	53.9	22	187	0.12
AT16-21	68.1	28	187	0.15
AT22	64.9	27	187	0.15
AT23-49	68.1	28	187	0.15
AS01-03	100.9	41	187	0.22
AS05-06	102.2	42	187	0.23
AS07-10	104.5	43	187	0.23
AS11-17	94.7	39	187	0.21
AS18-20	100.9	41	187	0.22
AS21	109.4	45	187	0.25
AS22-24	102.2	42	187	0.23
AS25	109.4	45	187	0.25
AS26-28	101.5	42	187	0.23
AN01-04	99.2	41	187	0.22
AN05-07	102.2	42	187	0.23
AN08-11	104.5	43	187	0.23
AN12-18	94.7	39	187	0.21
AN19-21	100.9	41	187	0.22
AN22	109.4	45	187	0.25
AN23-24	102.2	42	187	0.23

注記 *1: 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

第3.1-7表 接続治具(固定部)(取付プレート(支持架構設置))の評価結果(2/3)

(つづき)

No.	T ₁ ' (kN)	発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	応力比* ¹ (-)
AN25	109.4	45	187	0.25
AN26-28	101.5	42	187	0.23
AE01-03	109.8	45	187	0.25
AE04-06	112.6	46	187	0.25
AE07-10	110.3	45	187	0.25
AE11-17	104.2	43	187	0.23
AE18	111.0	46	187	0.25
AE19-20	111.2	46	187	0.25
AE21	111.0	46	187	0.25
AE22	109.0	45	187	0.25
AE23-24	112.6	46	187	0.25
AE25	109.0	45	187	0.25
AE26-28	112.9	46	187	0.25
AW01	109.2	45	187	0.25
AW02	99.2	41	187	0.22
AW03-06	110.3	45	187	0.25
AW07-09	104.2	43	187	0.23
AW10	94.6	39	187	0.21
AW11	109.6	45	187	0.25
AW12-13	104.2	43	187	0.23
AW14	111.0	46	187	0.25
AW15	111.2	46	187	0.25
AW16	105.0	43	187	0.23
AW17	111.2	46	187	0.25
AW18	111.0	46	187	0.25
AW19	109.0	45	187	0.25
AW20	112.6	46	187	0.25

注記 *1: 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

第3.1-7表 接続治具(固定部)(取付プレート(支持架構設置))の評価結果(3/3)

(つづき)

No.	T ₁ ' (kN)	発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	応力比* ¹ (-)
AW21	103.2	42	187	0.23
AW22	112.6	46	187	0.25
AW23	109.0	45	187	0.25
AW24	100.5	41	187	0.22
AW25	102.0	42	187	0.23
AW26	112.9	46	187	0.25
AHW01	109.8	45	187	0.25
AHW02	99.0	41	187	0.22

注記 *1: 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

ロ. 鋼製枠設置

接続治具(固定部)のうち, 取付プレート(鋼製枠設置)の竜巻発生時の評価結果を第3.1-8表に示す。

ワイヤロープが負担する荷重(T_1')による発生応力は, 取付プレート(鋼製枠設置)の許容限界を下回っている。

第3.1-8表 接続治具(固定部)(取付プレート(鋼製枠設置))の評価結果

No.	T_1' (kN)	発生応力(MPa)		許容限界(MPa)		応力比*1(-)	
		溶接部	プレート	溶接部	プレート	溶接部	プレート
AS04	100.3	55	80	135	135	0.41	0.60

注記 *1: 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

d. 接続部

ネット取付金物等のうち取付ボルト及び押さえボルトの竜巻発生時の評価結果を第3.1-9表に示す。

発生応力は、取付ボルト及び押さえボルトの許容限界を下回っている。

第3.1-9表 ネット取付金物等のうち取付ボルト及び押さえボルトの評価結果(1/3)

No.	発生応力 (MPa)		許容限界 (MPa)		応力比*1(-)	
	取付ボルト	押さえボルト	取付ボルト	押さえボルト	取付ボルト	押さえボルト
AT01-14	183	422	727	727	0.26	0.59
AT15	137	335	727	727	0.19	0.47
AT16-21	183	422	727	727	0.26	0.59
AT22	173	403	727	727	0.24	0.56
AT23-49	183	422	727	727	0.26	0.59
AS01-03	245	638	727	727	0.34	0.88
AS05-06	248	646	727	727	0.35	0.89
AS07-10	258	659	727	727	0.36	0.91
AS11-17	226	598	727	727	0.32	0.83
AS18-20	438	638	727	727	0.61	0.88
AS21	477	690	727	727	0.66	0.95
AS22-24	442	646	727	727	0.61	0.89
AS25	477	690	727	727	0.66	0.95
AS26-28	437	640	727	727	0.61	0.89
AN01-04	239	627	727	727	0.33	0.87
AN05-07	248	646	727	727	0.35	0.89
AN08-11	258	659	727	727	0.36	0.91
AN12-18	226	598	727	727	0.32	0.83
AN19-21	438	638	727	727	0.61	0.88
AN22	477	690	727	727	0.66	0.95
AN23-24	442	646	727	727	0.61	0.89
AN25	477	690	727	727	0.66	0.95
AN26-28	437	640	727	727	0.61	0.89

注記 *1：応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

第3.1-9表 ネット取付金物等のうち取付ボルト及び押さえボルトの評価結果(2/3)
(つづき)

No.	発生応力 (MPa)		許容限界 (MPa)		応力比*1(-)	
	取付ボルト	押さえボルト	取付ボルト	押さえボルト	取付ボルト	押さえボルト
AE01-03	266	692	727	727	0.37	0.96
AE04-06	275	710	727	727	0.38	0.98
AE07-10	270	696	727	727	0.38	0.96
AE11-17	249	656	727	727	0.35	0.91
AE18	485	698	727	727	0.67	0.97
AE19-20	486	701	727	727	0.67	0.97
AE21	485	698	727	727	0.67	0.97
AE22	475	685	727	727	0.66	0.95
AE23-24	491	710	727	727	0.68	0.98
AE25	475	685	727	727	0.66	0.95
AE26-28	492	711	727	727	0.68	0.98
AW01	264	689	727	727	0.37	0.95
AW02	238	628	727	727	0.33	0.87
AW03-06	270	696	727	727	0.38	0.96
AW07-09	249	656	727	727	0.35	0.91
AW10	225	598	727	727	0.31	0.83
AW11	257	691	727	727	0.36	0.96
AW12-13	249	656	727	727	0.35	0.91
AW14	485	698	727	727	0.67	0.97
AW15	486	701	727	727	0.67	0.97
AW16	462	662	727	727	0.64	0.92
AW17	486	701	727	727	0.67	0.97
AW18	485	698	727	727	0.67	0.97
AW19	475	685	727	727	0.66	0.95
AW20	491	710	727	727	0.68	0.98
AW21	453	651	727	727	0.63	0.90

注記 *1：応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

第3.1-9表 ネット取付金物等のうち取付ボルト及び押さえボルトの評価結果(3/3)
(つづき)

No.	発生応力 (MPa)		許容限界 (MPa)		応力比*1(-)	
	取付 ボルト	押さえ ボルト	取付 ボルト	押さえ ボルト	取付 ボルト	押さえ ボルト
AW22	491	710	727	727	0.68	0.98
AW23	475	685	727	727	0.66	0.95
AW24	440	635	727	727	0.61	0.88
AW25	440	644	727	727	0.61	0.89
AW26	492	711	727	727	0.68	0.98
AHW01	266	692	727	727	0.37	0.96
AHW02	239	626	727	727	0.33	0.87

注記 *1 : 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

(3) たわみ評価

竜巻発生時の評価結果を第3.1-10表に示す。

すべてのネットにおいて、飛来物の衝突によるネット全体の最大たわみ量(δ_t')は、防護ネットと竜巻防護対象施設の最小離隔距離(L_{min})を下回っている。

第3.1-10表 たわみ評価結果(1/3)

No.	δ_t' (m)	L_{min} (m)	検定比 ^{*1} (-)
AT01-14	1.85	2.97	0.63
AT15	1.89	2.97	0.64
AT16-21	1.85	2.97	0.63
AT22	1.85	2.97	0.63
AT23-49	1.85	2.97	0.63
AS01-03	2.22	5.92	0.38
AS04	2.30	5.92	0.39
AS05-06	2.22	4.86	0.46
AS07-10	2.24	6.10	0.37
AS11-17	2.25	5.17	0.44
AS18-20	2.22	5.16	0.44
AS21	2.01	4.09	0.50
AS22-24	2.22	4.09	0.55
AS25	2.01	4.09	0.50
AS26-28	2.24	5.33	0.43
AN01-04	2.22	5.92	0.38
AN05-07	2.22	4.86	0.46
AN08-11	2.24	19.45	0.12
AN12-18	2.25	5.17	0.44
AN19-21	2.22	5.16	0.44
AN22	2.01	4.09	0.50
AN23-24	2.22	4.09	0.55

注記 *1: 検定比= δ_t'/L_{min} (小数第三位を切上げ)

第3.1-10表 たわみ評価結果(2/3)

(つづき)

No.	δ_t' (m)	L_{min} (m)	検定比*1 (-)
AN25	2.01	4.09	0.50
AN26-28	2.24	18.68	0.12
AE01-03	1.94	4.20	0.47
AE04-06	1.94	3.53	0.55
AE07-10	2.04	17.35	0.12
AE11-17	1.96	6.20	0.32
AE18	1.89	3.43	0.56
AE19-20	1.94	3.43	0.57
AE21	1.89	3.43	0.56
AE22	1.92	2.77	0.70
AE23-24	1.94	2.77	0.71
AE25	1.92	2.77	0.70
AE26-28	1.96	16.59	0.12
AW01	1.94	3.23	0.61
AW02	2.23	3.23	0.70
AW03-06	2.04	4.07	0.51
AW07-09	1.96	6.20	0.32
AW10	2.26	6.20	0.37
AW11	1.77	6.20	0.29
AW12-13	1.96	6.20	0.32
AW14	1.89	3.13	0.61
AW15	1.94	3.13	0.62
AW16	1.88	3.13	0.61
AW17	1.94	3.13	0.62
AW18	1.89	3.13	0.61
AW19	1.92	2.47	0.78
AW20	1.94	2.47	0.79
AW21	1.90	2.47	0.77

注記 *1: 検定比= δ_t' / L_{min} (小数第三位を切上げ)

第3.1-10表 たわみ評価結果(3/3)

(つづき)

No.	δ_t' (m)	L_{min} (m)	検定比*1 (-)
AW22	1.94	2.47	0.79
AW23	1.92	2.47	0.78
AW24	1.96	3.31	0.60
AW25	2.25	3.31	0.68
AW26	1.96	3.31	0.60
AHW01	1.94	3.60	0.54
AHW02	2.23	3.60	0.62

注記 *1 : 検定比 = δ_t' / L_{min} (小数第三位を切上げ)

3.2 防護板(鋼材)の強度評価結果

(1) 貫通評価

鋼板の貫通評価結果を第3.2-1表に示す。

鋼板の設計板厚は、許容限界板厚を上回っており、飛来物が鋼板を貫通しないことから、飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。

第3.2-1表 鋼板の強度評価結果

評価対象部位	許容限界板厚 (mm)	設計板厚 (mm)
鋼板 (補助防護板含む)	8.2	9.0

(2) 波及的影響評価

取付ボルトの強度評価結果を第3.2-2表に示す。

解析結果よりボルトが2本以上破断せずに残るため、鋼板は脱落しないことを確認した。

第3.2-2表 取付ボルトの強度評価結果

評価対象部位	評価ケース	全数 (本)	残存数 (本)	必要残存数 (本)
取付ボルト	①	32	12	2
	②	32	28	2
	③	40(手前側) 56(奥側)	32(手前側) 8(奥側)	2

3.3 支持架構の強度評価結果

(1) 貫通評価

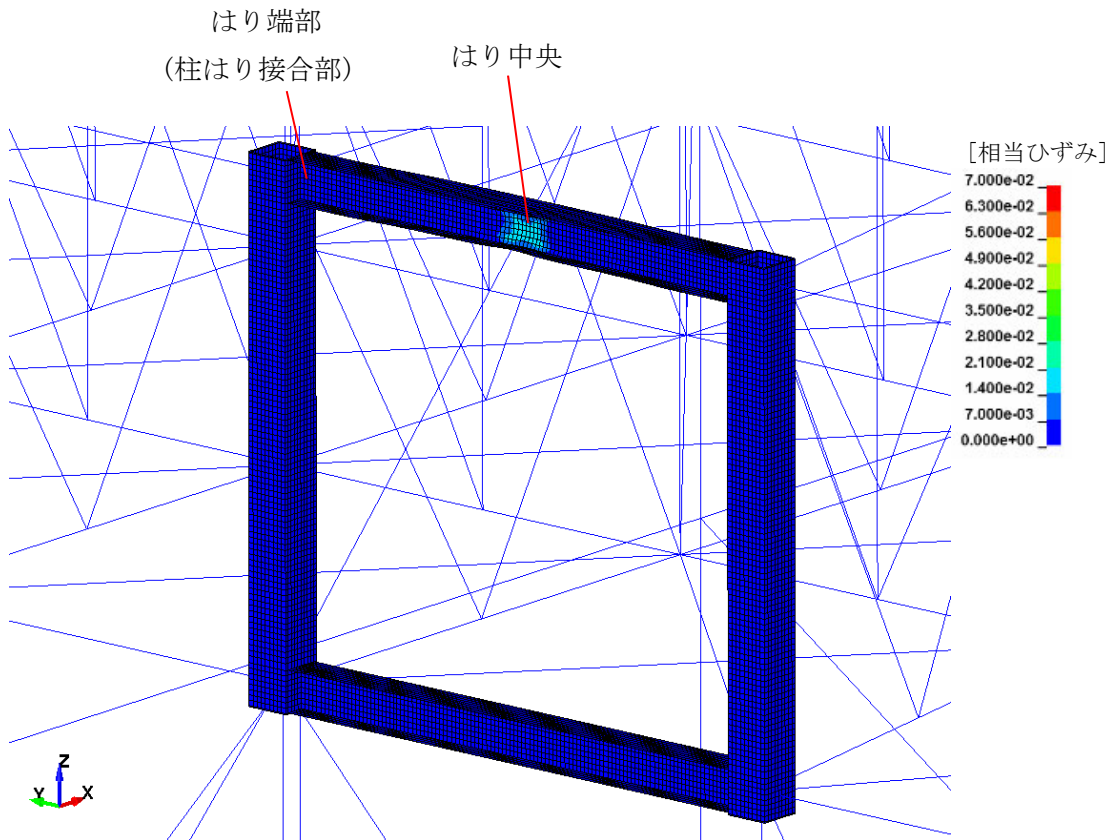
飛来物防護ネットの貫通評価結果を第3.3-1表に示す。飛来物が飛来物防護ネットから離れる直前の衝突位置拡大図を第3.3-1図及び飛来物防護ネットに最大ひずみが発生する時刻での衝突位置拡大図を第3.3-2図に示す。

評価結果は許容限界以下となっており、飛来物は評価対象部位を貫通しないことから、飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。

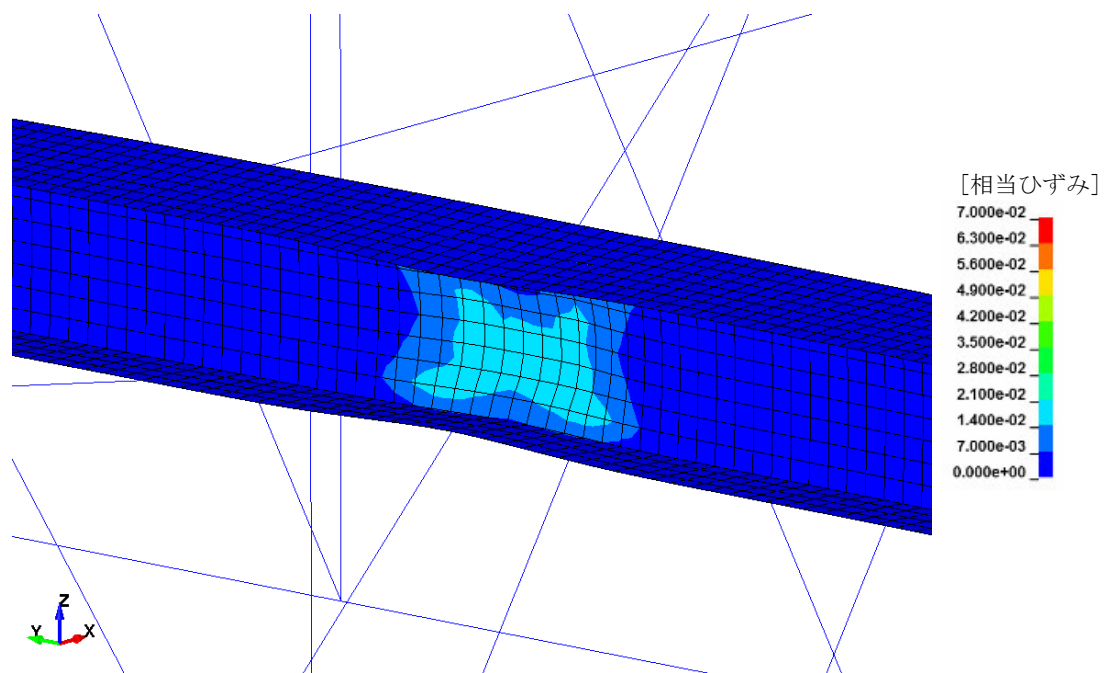
また、変形量も微小な範囲に留まっており、支持架構の構造健全性には影響ないと判断できることから、倒壊評価は実施しない。

第3.3-1表 飛来物防護ネットの貫通評価結果

対象		相当ひずみ	
		評価結果	許容限界
支持架構	はり中央	0.028	0.07



第3.3-1図 衝突位置拡大図
(飛来物防護ネットに最大ひずみが発生する時刻)



第3. 3-2図 衝突位置拡大図

(2) 波及的影響評価

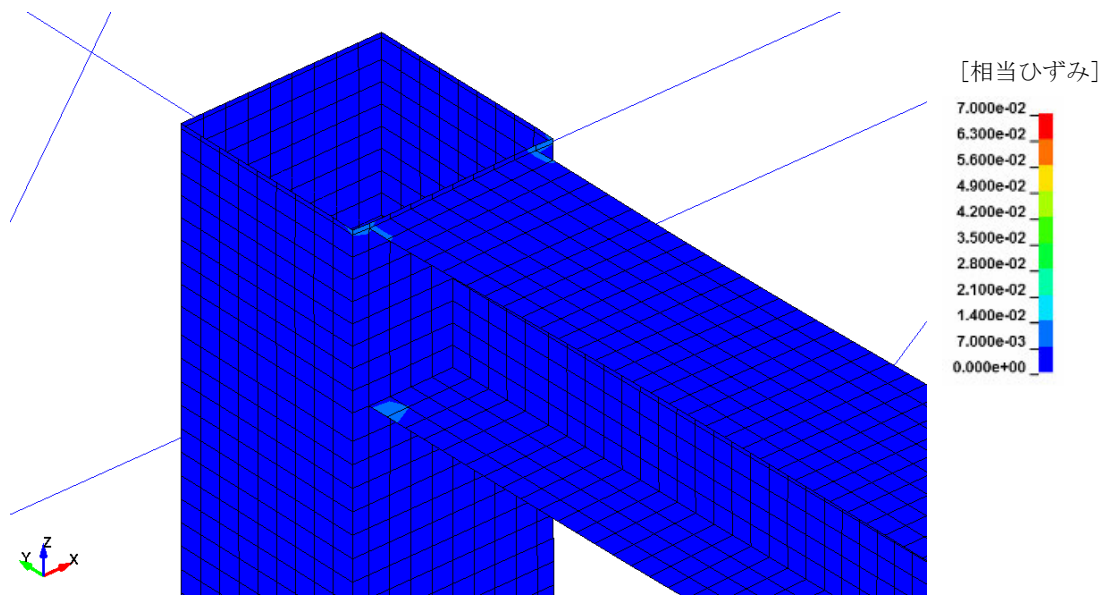
a. 脱落評価

飛来物防護ネットの部材の脱落評価結果を第3. 3-2表に示す。飛来物防護ネットの部材の接続部に最大ひずみが発生する時刻でのはり端部(柱はり接合部)拡大図を第3. 3-3図に示す。

評価結果，接続部は許容限界を超えないことから，部材は脱落しないことから，飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。

第3. 3-2表 飛来物防護ネットの脱落評価結果

対象		相当ひずみ	
		評価結果	許容限界
支持架構	はり端部 (柱はり接合部)	0.024	0.07



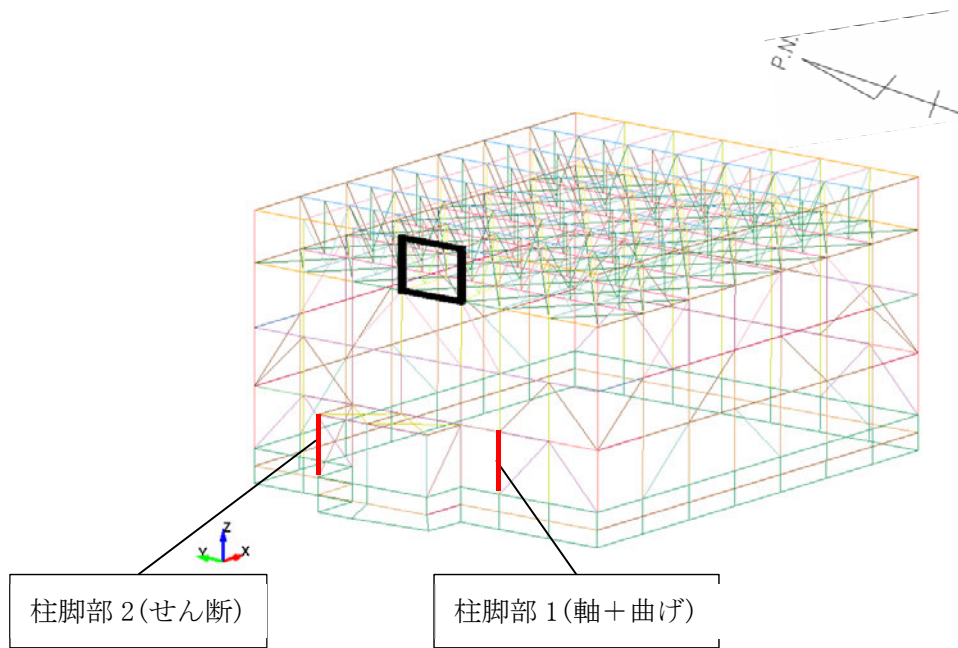
第3.3-3図 はり端部(柱はり接合部)拡大図

b. 転倒評価

飛来物防護ネットの支持架構全体の転倒評価結果を第3.3-3表に示す。また、最大応力比の発生箇所を第3.3-4図に示す。
 評価結果が許容限界を超えないことから、支持架構全体は、十分な構造強度を有している。

第3.3-3表 支持架構全体の転倒評価結果

対象	部材		応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比
飛来物防護ネット	支持架構	柱脚部1	引張	$\sigma_t = -$	$f_t = 357$	—
			圧縮	$\sigma_c = 18.59$	$f_c = 199$	0.10
			曲げ	$\sigma_{bx} = 4.97$	$f_{bx} = 357$	0.02
				$\sigma_{by} = 101.39$	$f_{by} = 357$	0.29
			せん断	$\tau_s = 9.66$	$f_s = 206$	0.05
			組合せ(引張+曲げ)	(応力比)—	(許容値)1.00	—
			組合せ(圧縮+曲げ)	(応力比)0.41	(許容値)1.00	0.41
		柱脚部2	引張	$\sigma_t = -$	$f_t = 357$	—
			圧縮	$\sigma_c = 30.83$	$f_c = 285$	0.11
			曲げ	$\sigma_{bx} = 4.64$	$f_{bx} = 357$	0.02
				$\sigma_{by} = 28.26$	$f_{by} = 357$	0.08
			せん断	$\tau_s = 134.04$	$f_s = 206$	0.65
			組合せ(引張+曲げ)	(応力比)—	(許容値)1.00	—
			組合せ(圧縮+曲げ)	(応力比)0.21	(許容値)1.00	0.21



第3.3-4図 飛来物防護ネットの最大応力比の発生箇所

別紙4－9

計算機プログラム（解析コード）の 概要

本添付書類は、別で定める方針に沿った解析コードの概要を示すものであることから、発電炉との比較を行わない。

目 次

	ページ
1. はじめに	1
TONBOS	2
MSC NASTRAN	5
LS-DYNA	7

1. はじめに

本資料は、「VI-1-1-1-2 竜巻への配慮に関する説明書」において使用した解析コードについて説明するものである。

「VI-1-1-1-2 竜巻への配慮に関する説明書」において使用した解析コードの使用状況一覧，解析コードの概要を以降に記載する。

TONBOS

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-1-1-1 -2-2	竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定	Ver. 3

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	TONBOS
開発機関	一般財団法人 電力中央研究所
開発時期	2013年
使用したバージョン	Ver. 3
使用目的	竜巻による飛来物の速度及び飛散距離等の評価
コードの概要	<p>TONBOS（以下「本解析コード」という。）は、一般財団法人電力中央研究所にて開発・保守されているプログラムである。</p> <p>空気中の物体が受ける抗力による運動を計算することで、竜巻による風速場の中での飛来物の飛散軌跡を評価することができる解析コードであり、飛来物の速度、飛散距離等の算出が可能である。</p> <p>仮定する風速場として、資機材等では、鉛直方向には構造が変化しないランキン渦とし、車両では、地面付近の風速場をよく表現できているフジタモデルDBT-77(DBT:Design Basis Tornado)とする。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】</p> <p>本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <p>(1) ランキン渦</p> <ul style="list-style-type: none"> • Simiu and Scanlan*¹による解析結果と同じ条件下で、竜巻風速場での飛散軌跡の解析を実施し、概ね一致した結果を得られた。 <p>(2) フジタモデル</p> <ul style="list-style-type: none"> • 車両の飛散解析においてフジタスケールの各スケールに対応する被災状況と概ね一致した結果が得られた。 • パイプ飛散解析において、Grand Gulf原子力発電所への竜巻襲来事例と概ね一致した結果が得られた。 • 車両の飛散解析において、佐呂間竜巻での車両飛散事例と概ね一致した結果を得られた。

(つづき)

<p>検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none">• 本解析コードは、竜巻により発生する飛来物の速度、飛散距離等の評価を目的に開発されたコードであり、使用目的が一致している。• 九州電力株式会社の玄海原子力発電所の工事計画認可申請において、本申請と同じ使用目的(ランキン渦)での実績を有することを確認している。• 日本原子力発電株式会社の東海第二発電所の工事計画認可申請において、本申請と同じ使用目的(フジタモデル)での実績を有することを確認している。• 本申請において使用するバージョンは、九州電力株式会社の玄海原子力発電所の工事計画認可申請にて使用しているもの (Ver. 1) と異なるが、バージョンアップに伴う変更点は、解析機能の拡張に関するものである。これはランキン渦、フジタモデルともに共通の変更点であり、日本原子力発電株式会社の東海第二発電所の工事計画認可申請において、本解析コード (Ver. 3) の使用実績があることを確認しているため、解析機能の拡張が解析結果の妥当性に影響を与えるものではない。• 開発機関が提示するマニュアルにより、本解析コードの適正な用途、適用範囲を確認している。• 評価は妥当性を確認している範囲内で行うようにしている。
--	--

注記 *1: Simiu, E. and Scanlan, R. H., Wind Effects on Structures: Fundamentals and Applications to Design, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, August 1996.

MSC NASTRAN

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-1-1-1 -2-4-2- 1	(1) 冷却塔の強度計算書	Ver. 2008.0.4

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	MSC NASTRAN
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2008.0.4
使用目的	3次元有限要素法による応力解析
コードの概要	<ul style="list-style-type: none"> MSC NASTRAN（以下「本解析コード」という。）は、航空機の機体強度解析を目的として開発された有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。 適用モデル（主にはり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。 数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木など様々な分野の構造解析に使用されている。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>本解析コードは、安全冷却水B冷却塔の3次元有限要素法による応力解析に使用している。</p> <p>【検証(Verification)】 本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 構造力学分野における一般的知見により解を求めることが出来る体系について、本解析コードを用いた3次元有限要素法による応力解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。 本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】 本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 日本原子力発電株式会社の東海第二発電所の工事計画認可申請において、使用済燃料乾式貯蔵建屋の静的応力解析及び動的応力解析に本解析コードが使用された実績がある。 検証の体系と今回申請で使用する体系が同等であることから、検証結果をもって解析機能の妥当性も確認できる。 今回の申請において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 本解析コードの適用制限として使用要素数があるが、使用した要素数は適用制限以下であり、本申請における使用用途及び使用方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

LS-DYNA

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-1-1-1 -2-4-2- 2-1	飛来物防護ネットの強度計算書	R7.1.2

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	LS-DYNA
開発機関	Livermore Software Technology Corporation
開発時期	1987年
使用したバージョン	R7.1.2
使用目的	竜巻による飛来物の衝突に対する構造物の健全性評価
コードの概要	<p>LS-DYNA（以下「本解析コード」という。）はLawrence Livermore研究所により開発・公開された陽解法有限要素法DYNA3Dを基に開発された構造解析用汎用コードである。機械・土木・建築その他広範な分野に及ぶ要素群、非線形モデルを多数サポートしており、自動車、航空宇宙、機会、建築、土木などの様々な分野において多くの利用実績があり、陽的時間積分を用いていることから、衝突問題など短時間の動的現象のシミュレーションに適している。また、大変形の非線形問題への適用が容易である点に特徴がある。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】 本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 開発機構がマニュアルにおいて提示している3次元有限要素法による衝突解析に関する例題解析を実施し、解析結果が提示するマニュアルにより、本解析コードの適正な用途、適用範囲を確認している。 はりの衝撃曲げ、平板の衝撃曲げ、応力波伝播に関する検証解析を実施し、解析結果と理論解が一致することを確認している。

(つづき)

<p>検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>【妥当性確認(Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none">・関西電力株式会社の高浜発電所(1号機)の工事計画認可申請において、竜巻飛来物防護対策設備及び防護対象設備を内包する建屋の建具の3次元有限要素法による衝突解析に本解析コードが使用された実績がある。・今回の申請において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。・本解析コードは、自動車、航空宇宙、機械、建築、土木などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。・本解析コードは、航空機が不時着した際の衝撃評価として、航空機のフレームの変形や接続部のリベットの破断評価を実施し、落下試験の破壊モードを再現できることが確認されている。・開発機関が提示するマニュアルにより、本解析コードの適正な用途、適用範囲を確認している。・設工認申請で行う要素(はり要素、シェル要素、ソリッド要素)による動的解析(衝突解析)の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。
--	---

参考

(1)-2 安全冷却水 B 冷却塔の強度 計算書

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.2.1 安全冷却水 B 冷却塔の概要	3
2.3 評価方針	6
2.3.1 衝突評価の評価方針	6
2.3.2 構造強度評価の評価方針	7
2.4 準拠規格	8
3. 強度評価方法	9
3.1 評価対象部位の選定方針	9
3.1.1 評価対象機器の選定	9
3.1.2 評価対象部位の選定	10
3.2 記号の定義	15
3.3 荷重及び荷重の組合せ	20
3.3.1 荷重の設定	20
3.3.2 荷重の組合せ	26
3.4 許容限界	26
3.5 評価方法	28
4. 評価条件	38
4.1 安全冷却水 B 冷却塔の評価条件	38
5. 評価結果	47
5.1 安全冷却水 B 冷却塔の評価結果	47

1. 概要

本資料は、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、屋外の竜巻防護対象施設である冷却塔が、設計荷重(竜巻)に対して、冷却塔の安全機能を損なわないよう、冷却塔の主要な構造部材が構造健全性を維持することを確認するものである。

「2.1 位置」から「2.4 準拠規格」の削除及び移行に伴い削除

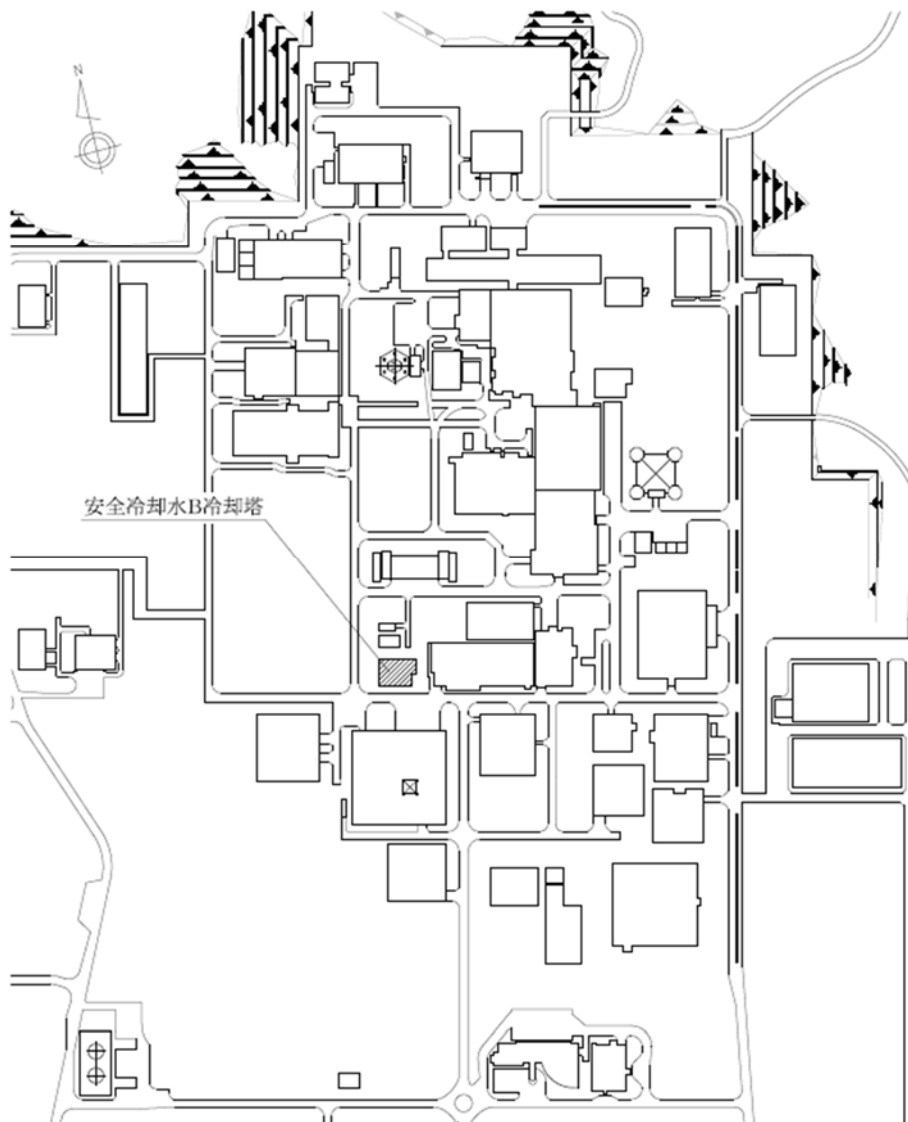
2. 基本方針

冷却塔について、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 構造強度の評価方針」に示す構造計画及び評価方針を踏まえ、「2.1 位置」、「2.2 構造概要」、「2.3 評価方針」及び「2.4 準拠規格」を示す。

「VI-2-1-2 第2.1-2図主要設備の配置の状況を明示した平面図」にて示すため削除

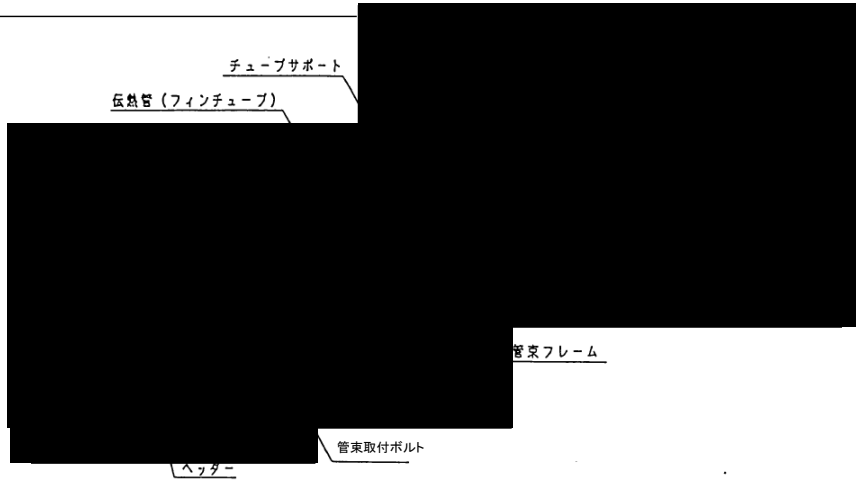
2.1 位置

安全冷却水B冷却塔の配置を第2.1-1図に示す。

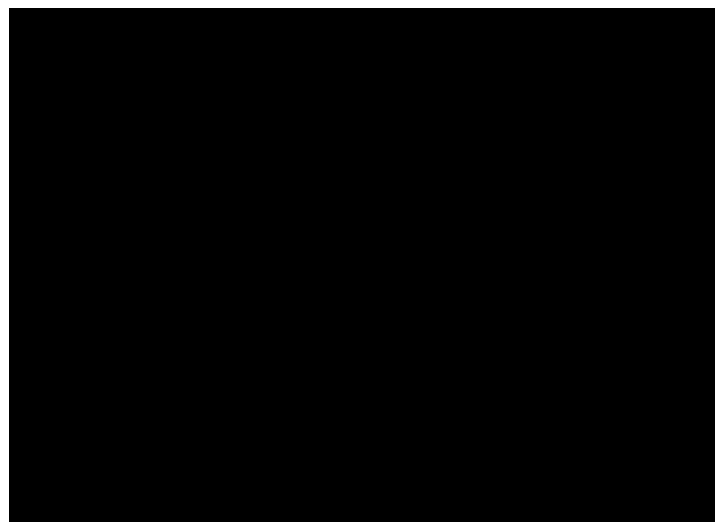


第2.1-1図 冷却塔の配置図

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.2 構造概要」の「(3)a. 安全冷却水 B 冷却塔の設計方針 第 5.2-1 表 冷却塔の構造計画」へ移行

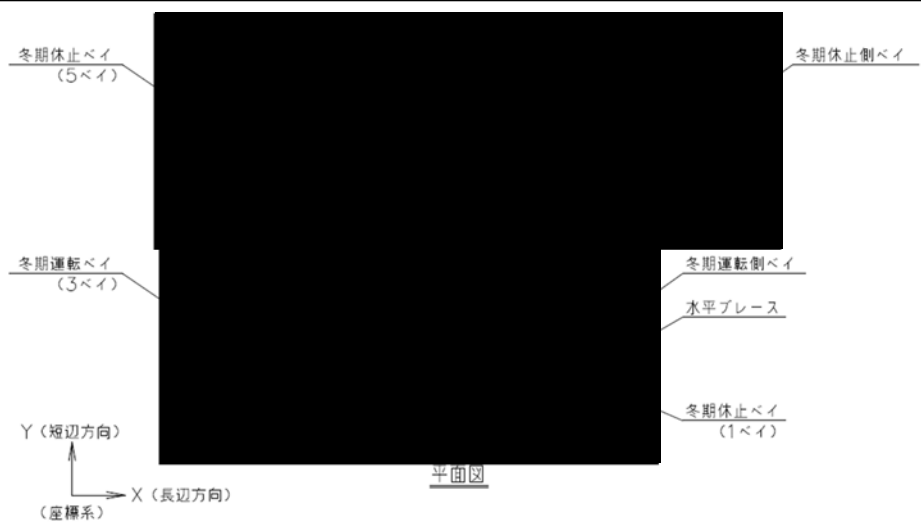


第 2.2.1-1 図 管束構造図



第 2.2.1-2 図 ファン駆動部構造図

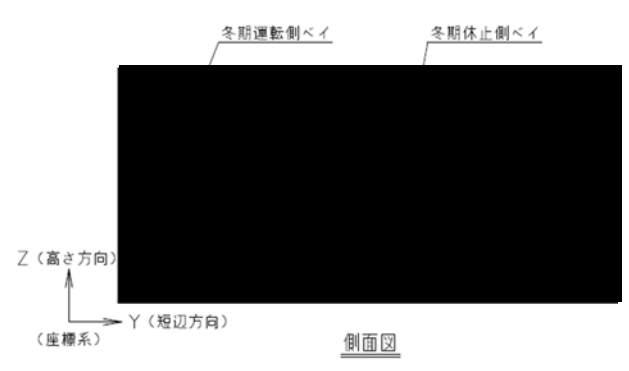
「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.2 構造概要」の「(3)a. 安全冷却水 B 冷却塔の設計方針 第 5.2-1 表 冷却塔の構造計画」へ移行



(a) 上面図



(b) 側面図(長辺方向)



(c) 側面図(短辺方向)

第 2.2.1-3 図 安全冷却水 B 冷却塔 概要図

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「2. 強度評価の基本方針」へ移行

2.3 評価方針

冷却塔の強度評価は「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」にて設定している、荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、冷却塔の評価対象部位に作用する応力等が、許容限界に収まることを「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「5. 評価結果」にて確認する。

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.1(2) 衝突評価」へ移行

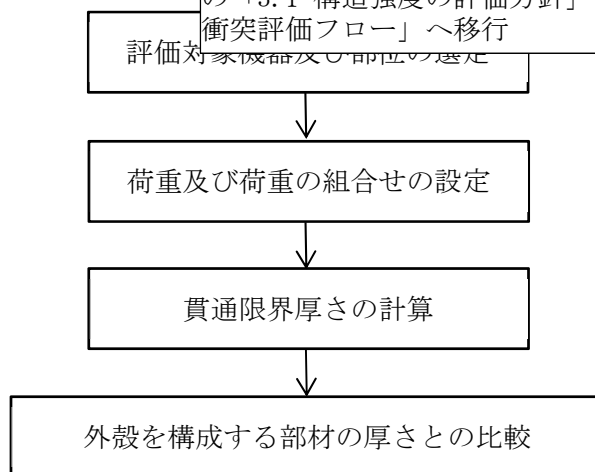
2.3.1 衝突評価の評価方針

冷却塔の衝突評価フローを第2.3.1-1図に示す。衝突評価においては、防護ネットを通過する飛来物である砂利による衝撃荷重に対し、外殻を構成する部材の厚さが貫通限界厚さ以上であることを確認する。

衝突評価では、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に示す衝突評価の評価式を用いる。

冷却塔の衝突評価において、外殻を構成する部材の厚さが貫通限界厚さ以上であることを確認する。この場合、外殻を構成する部材の厚さと許容限界厚さを比較する。この比較は、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」の「(1)b. (b) 機器・配管系」へ移行

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.1 構造強度の評価方針」の「(2)b. 機器・配管系 第3.1-3 図 衝突評価フロー」へ移行



第2.3.1-1図 冷却塔の衝突評価フロー

2.3.2 構造強度評価

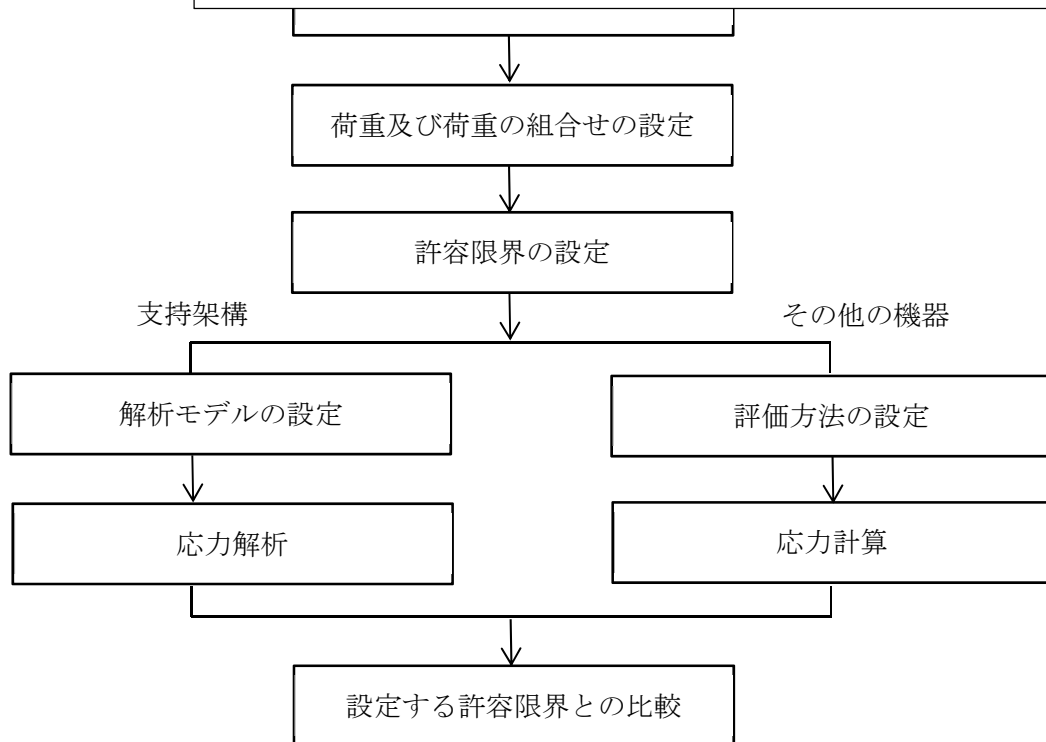
「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.1(1)b. 機器・配管系」及び「5.1.2(1)b. 評価条件」へ移行

冷却塔の構造強度評価フローを第2.3.2-1図に示す。

構造強度評価においては、冷却塔に対して、設計荷重(竜巻)により作用する応力が許容応力以下であることを確認する。各部材の構造強度評価において、その部材に対して応力が大きくなる方向から風が当たることを想定する。構造強度評価においては、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に示すとおり、FEM等を用いた解析法若しくは定式化された評価式を用いた解析法を用いて評価対象部位に対する発生荷重及び発生モーメントを算定する。

冷却塔の許容限界は、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」へ移行
電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987」((社)日本電気協会),「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編JEAG 4601-補 1984」((社)日本電気協会)及び「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991追補版」((社)日本電気協会)(以下、「JEAG4601」という。)に準じて許容応力状態Ⅲ_ASとする。

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.1(1)構造強度評価 第3.1-1 図 冷却塔の構造強度評価フロー」へ移行



第2.3.2-1 図 冷却塔の構造強度評価フロー

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「6. 準拠規格」へ移行

2.4 準拠規格

準拠する規格，規準等を以下に示す。

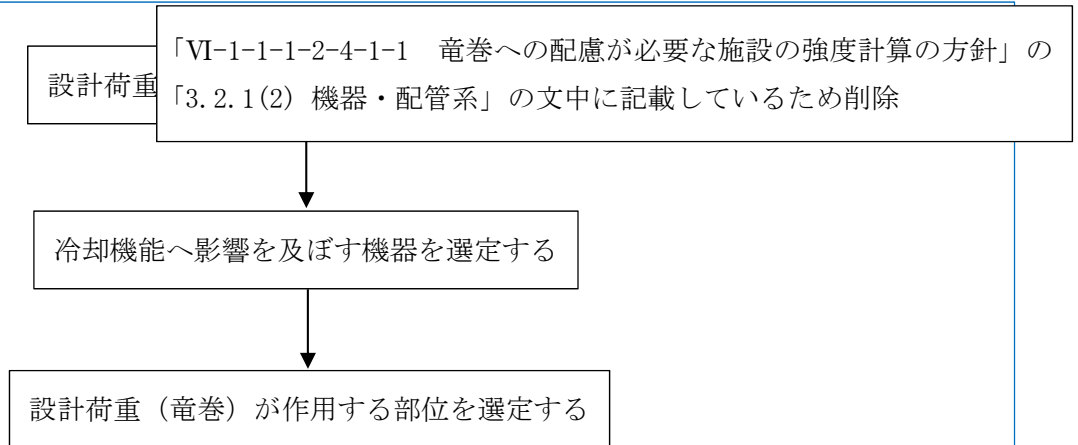
- ・タービンミサイル評価について(昭和52年7月20日 原子炉安全専門審査会)
- ・建築基準法・同施行令・同告示
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007((社)日本機械学会)(以下,「JSME」という。)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG 4601-補1984((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991追補版((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所の竜巻影響評価ガイド(原規技発第1909069号)
- ・機械工学便覧((社)日本機械学会)

3. 強度評価方法

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2.1(2) 機器・配管系」へ移行

3.1 評価対象部位の選定方針

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 構造強度の評価方針」に示している構造に基づき、設計荷重（竜巻）の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を選定する。第3.1-1図に評価対象部位選定フローを示す。



第 3.1-1 図 評価対象部位選定フロー

3.1.1 評価対象機器の選定

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2.1(2) 機器・配管系」へ移行

冷却塔の評価対象となる機器は、機器の形状を考慮した上で設計荷重（竜巻）が作用する機器を選定する。選定した機器のうち、冷却機能を維持するために必要な機器及び冷却機能を維持するために必要な機器に対し、影響を及ぼすおそれのある機器を評価対象機器とする。

冷却塔における構造強度評価の評価対象機器を第3.1.1-1表に示す。

(1) 安全冷却水B冷却塔

安全冷却水B冷却塔を構成する機器から上記に基づき管束，ファン駆動部，支持架構，遮熱板，ルーバを選定した。

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2.1(2) 機器・配管系 第 3.2.1-1 表 冷却塔における構造強度評価の評価対象機器」へ移行

全般論のため「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方

(2) 構造強度設計」の「3.2.1 構造強度評価対象部位の選定」の(2)冒頭宣言へ移行

「3.1.1 評価対象機器の選定」で選定した評価対象機器において、設計荷重(竜巻)が水平方向に作用する荷重であることを考慮し、[REDACTED]を評価対象部位として選定する。冷却塔における構造強度評価の評価対象部位を第3.1.2-2表に示す。

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2.1(2) 機器・配管系」へ移行

a. 安全冷却水 B 冷却塔
(a) 管束及びファン

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

以下の部位を構造強度評価の評価対象部位として選定する。

- ・管束フレーム
- ・ヘッダー
- ・管束取付ボルト
- ・ファンリング
- ・ファンリングサポート
- ・ファンリングサポート取付ボルト

なお、管束のうち伝熱管及びチューブサポートについては [REDACTED]

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]は生じない。

また、ファン駆動部のうちファンについては、 [REDACTED]

[REDACTED]
[REDACTED]は生じない。原動機及び減速機については、 [REDACTED]

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]影響はない。

全般論のため「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2.1 構造強度評価対象部位の選定」の(2)冒頭宣言へ移行

(b) 支持架構
支持架構の評

価対象部位の選定は、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3. 構造強度設計」に示している構造に基づき [REDACTED] 選定する。

支持架構の構造強度評価の評価対象部位は、支持架構を構成する主柱、床はり、2F機械台はり、立面ブレース及び水平ブレースを選定する。

また、

基礎ボルトを構造強度評価の評価対象部位として選定する。

(c) 遮熱板の評価対象部位

遮熱板の概要図を第3.1.2-1図に示す。遮熱板は遮熱板と遮熱板取付ボルトにより構成されている。

設計荷重(竜巻)は、遮熱板本体に作用し、遮熱板を介して取付ボルトに作用する

遮熱板と遮熱板取付ボルトを構造強度評価の評価対象部位として選定する。

(d) ルーバの評価対象部位

ルーバの概要図を第3.1.2-2図に示す。ルーバはルーバフレーム、ルーバブレード、ブレードシャフト、ルーバ取付ボルトにより構成される。

ルーバフレーム、ルーバブレード、ブレードシャフト、ルーバ取付ボルトを構造強度評価の評価対象部位として選定する。

なお、ルーバを構成する部位のうち、ルーバブレード、ブレードシャフトについては、

ルーバブレード、ブレードシャフトを評価対象外とする。ルーバフレームについては、ルーバフレームを評価対象外とする。

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2.1(2) 機器・配管系 第3.2.1-2 表 構造強度評価の評価対象部位」へ移行

第3.1.2-2 表 冷却塔における構造強度評価の評価対象部位

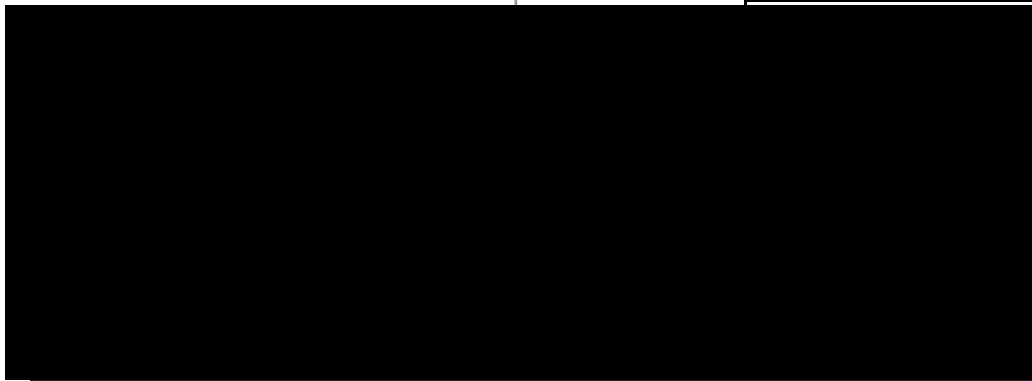
名称	評価対象機器	評価対象部位
安全冷却水B冷却塔	管束	管束フレーム
		ヘッダー
		管束取付ボルト
	ファン駆動部	ファンリング
		ファンリングサポート
		ファンリングサポート取付ボルト
	支持架構 (基礎ボルト含む)	主柱, 床はり, 2F機械台はり, 立面ブレース及び水平ブレース
		基礎ボルト
	遮熱板	遮熱板
		遮熱板取付ボルト
ルーバ	ルーバ取付ボルト	

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.2 構造概要」の
「(3)a. 安全冷却水 B 冷却塔の設計方針 第 5.2-1 表 冷却塔の構造計画」へ移行

遮熱板

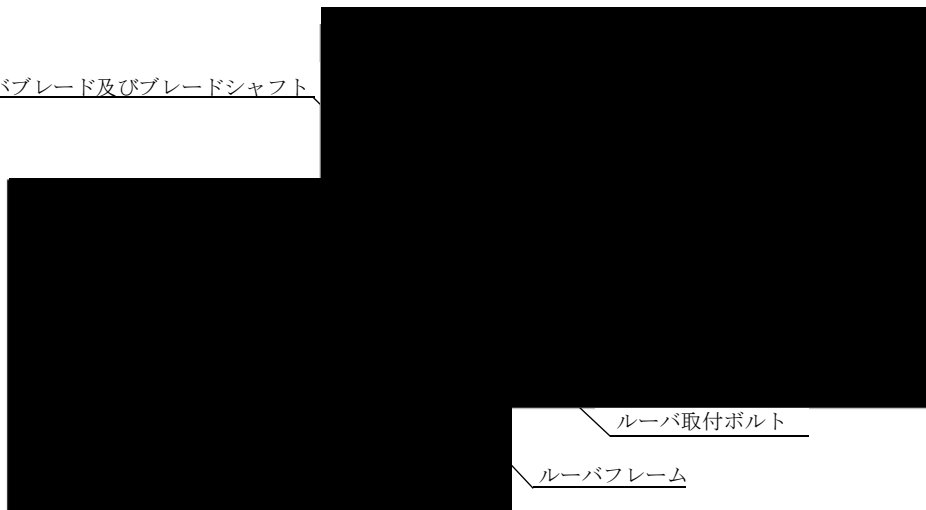


遮熱板取付ボルト



第 3.1.2-1 図 安全冷却水 B 冷却塔の遮熱板概要図

ルーバブレード及びブレードシャフト



ルーバ取付ボルト

ルーバフレーム

第 3.1.2-2 図 ルーバ構造図

3.2 記号の定義 「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5.2.2 機器・配管系 第5.2.2-2表 衝突評価に用いる記号」へ移行
 (1) 衝突評価の記号の定義

冷却塔の衝突評価に用いる記号を第3.2-1表に示す。

第3.2-1表 冷却塔の衝突評価に用いる記号

記号	単位	定義
d	m	評価において考慮する飛来物が衝突する衝突断面の等価直径
K	—	鋼板の材質に関する係数
M	kg	評価において考慮する飛来物の質量
T	mm	鋼板の貫通限界厚さ
Tc	mm	BRL式の算出結果を実験で非貫通の結果が確認された比率で除した鋼板の貫通限界厚さ
v	m/s	評価において考慮する飛来物の飛来速度

(2) 設計竜巻 「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重の設定及び荷重の組合せ 第4.1-2表 荷重の算出に用いる記号」へ移行
 設計竜巻による荷重の算出に用いる記号を第3.2-2表に示す。

第3.2-2表 設計竜巻による荷重の算定に用いる記号

記号	単位	定義
A	m ²	施設の受圧面積
C	—	風力係数(施設の形状や風圧力が作用する部位(屋根, 壁等)に応じて設定する。)
G	—	ガスト影響係数(G=1.0)
q	N/m ²	設計用速度圧
V _D	m/s	設計竜巻の最大風速(V _D =100)
W _W	N	風圧力による荷重
ρ	kg/m ³	空気密度(ρ=1.22)
V _T	m/s	設計竜巻の移動速度
V _{Rm}	m/s	設計竜巻の最大接線風速
ΔP _{max}	N/m ²	設計竜巻の最大気圧低下量
W _P	N	気圧差による荷重
W _M	N	飛来物による衝撃荷重

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の
 「5.1.2(1) 冷却塔 第5.1.2-2表 機器本体の応力評価に用いる記号」へ移行

(3) 機

機器本体の構造強度評価に用いる記号を第3.2-3表に示す。

第3.2-3表 機器本体の構造強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
β_1	—	4辺支持平板として評価する機器の最大応力の係数
a	mm	4辺支持平板として評価する機器の短手側の辺の長さ
b	mm	4辺支持平板として評価する機器の長手側の辺の長さ
t	mm	4辺支持平板として評価する機器の板厚
σ_1	MPa	ヘッダーの風圧力による応力
σ_2	MPa	ヘッダーの内圧及び気圧差による圧力による応力
σ_i	MPa	ヘッダーの内圧による応力
B	mm	ヘッダーの高さ
L	mm	ヘッダーの支持間距離
P_i	MPa	ヘッダーの内圧
P_b	MPa	気圧差による圧力
g	m/s ²	重力加速度
h	mm	重心高さ
m	kg	自重
Z	mm ³	断面係数
n	本	ファンリングサポートの本数
ℓ	mm	機器中心と取付ボルトの距離
σ	MPa	発生応力
F	MPa	「JSME」SSB-3121.1(1)に定める値
$1.5 f_b$	MPa	許容曲げ応力

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5.1.2(1) 冷却塔 第5.1.2-3表 機器取付ボルトの応力評価に用いる記号」へ移行

機器取付ボルトの構造強度評価に用いる記号を第3.2-4表に示す。

第3.2-4表 機器取付ボルトの構造強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
m	kg	各評価機器の自重
g	m/s^2	重力加速度($g=9.80665$)
h	mm	各評価機器の重心高さ
A_b	mm^2	各評価機器の取付ボルトの軸断面積
n_t	本	引張力の作用する取付ボルトの評価本数
n	本	せん断力の作用する取付ボルトの評価本数
\varnothing	mm	取付ボルト間の中心から、各取付ボルトまでの距離
L	mm	取付ボルト間の距離
σ_o	MPa	引張応力
F	MPa	「JSME」SSB-3121.1(1)に定める値
τ_b	MPa	せん断応力
$1.5 f_t$	MPa	許容引張応力
$1.5 f_s$	MPa	許容せん断応力

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5.1.2(1) 冷却塔 第5.1.2-4表 支持架構の応力評価に用いる記号」へ移行

(5)

支持架構の構造強度評価に用いる記号を第3.2-5表に示す。

第3.2-5表 支持架構の構造強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
F_a	N	はり要素に作用する引張, 圧縮荷重
F_y, F_z	N	はり要素に作用するせん断荷重
M_y, M_z	N・mm	はり要素に作用する曲げモーメント
M_a	N・mm	はり要素に作用するねじりモーメント
A_f	mm ²	部材の断面積
A_{fy}, A_{fz}	mm ²	部材の有効せん断断面積
Z, Z_y, Z_z	mm ³	部材の断面係数
Z_p	mm ³	部材のねじり断面係数
$1.5 f_t$	MPa	許容引張応力
$1.5 f_s$	MPa	許容せん断応力
$1.5 f_c$	MPa	許容圧縮応力
$1.5 f_b$	MPa	許容曲げ応力
σ_t	MPa	引張応力
σ_c	MPa	圧縮応力
σ_b	MPa	曲げ応力
τ	MPa	せん断応力
i, i_y, i_z	mm	部材の断面二次半径
E	MPa	縦弾性係数
F	MPa	「JSME」SSB-3121.1(1)に定める値

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5.1.2(1)

(6) 冷却塔 第5.1.2-5表 基礎ボルトの応力評価に用いる記号」へ移行

基礎ボルトの構造強度評価に用いる記号を第3.2-6表に示す。

第3.2-6表 基礎ボルトの構造強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
F_{bt}	N	ボルトの引張力
F_{bs}	N	ボルトのせん断力
A_b	mm ²	ボルトの断面積
σ_{ao}	MPa	ボルトに生じる引張応力
τ_b	MPa	ボルトに生じるせん断応力
n_a	本	柱脚部1ヶ所当たりのボルト本数
F	MPa	「JSME」SSB-3121.1(1)に定める値
$1.5f_t$	MPa	許容引張応力
$1.5f_s$	MPa	許容せん断応力

3.3 荷重及び荷重の組合せ

「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」へ移行

3.3.1 荷重の設定

(1) 衝突評価の荷重

衝突評価においては考慮する飛来物として防護ネット(ネットの網目寸法 40mm)をすり抜ける砂利を設定し、砂利による衝撃荷重を考慮する。

衝突評価においては、評価対象部位に砂利が衝突した際に跳ね返らず、貫入するものとして評価する。

砂利の諸元を第 3.3.1-1 表に示す。

第 3.3.1-1 表 砂利の諸元

飛来物	d (m)	K (-)	VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5.2.2 機器・配管系」へ移行		
砂利	0.05	1.0	0.18	62	42

(2) 構造強度評価の荷重

構造強度評価に用いる荷重
また、荷重の算定に用いる

「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ 第 2.1.3-1 表 設計竜巻の特性値」へ移行
竜巻の特性値を第 3.3.1-2 表に示す。

第 3.3.1-2 表 竜巻の特性値

最大風速 V_D (m/s)	移動速度 V_T (m/s)	最大接線 風速 V_{Rm}	最大気圧 低下量 ΔP_{max}
100	15		

「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」に移行
なお、機器名称等については代表を示していたものであり、全般論であることから削除

a. 常時作用する荷重

常時作用する荷重として、管束、
等の自重を考慮する。

b. 設計竜巻荷重

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」に従い、設計竜巻の風圧力による荷重を考慮する。自重により作用する荷重は、評価対象部位の設置方向を考慮する。

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重の設定及び荷重の組合せ」へ荷重の算出方法を移行。

(a) 風圧力

風圧力による荷重は、下式により算定する。受圧面積は、冷却塔の形状を考慮して算定する。

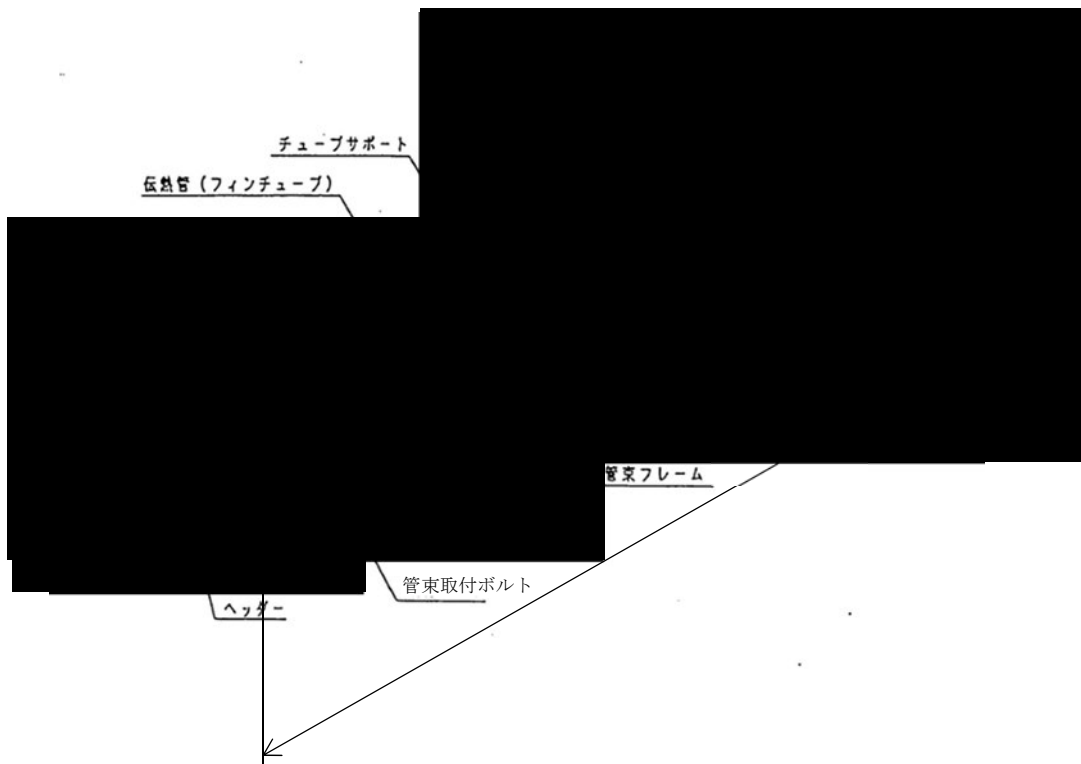
$$W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A$$

$$q = 1/2 \cdot \rho \cdot V_b^2$$

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」に構造図を移行。

イ. 管束, フレーム中の寸法は「VI-1-1-1-2-4-2-1 安全冷却水 B 冷却塔の強度計算書」の管束, フレーム「評価条件」に記載

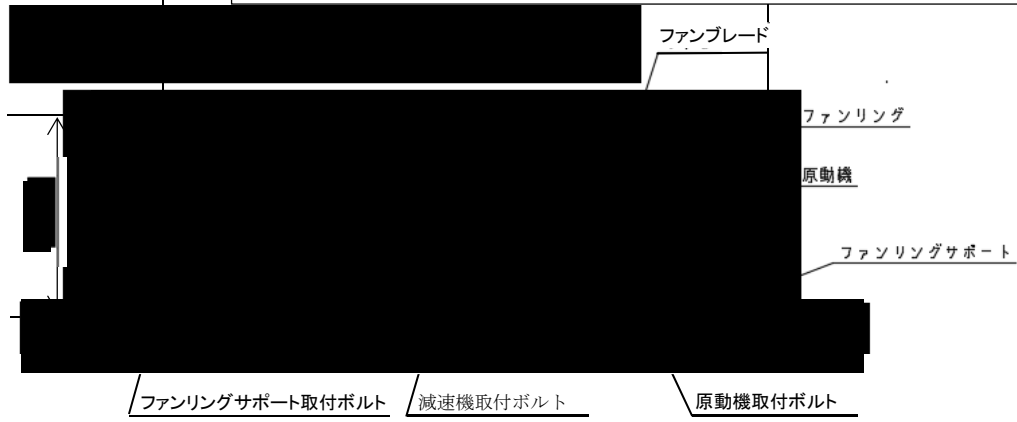
を示す図を第3.3.1-1図, 第3.3.1-2図, 第3.3.1-3図及び第3.3.1-4図に示す。



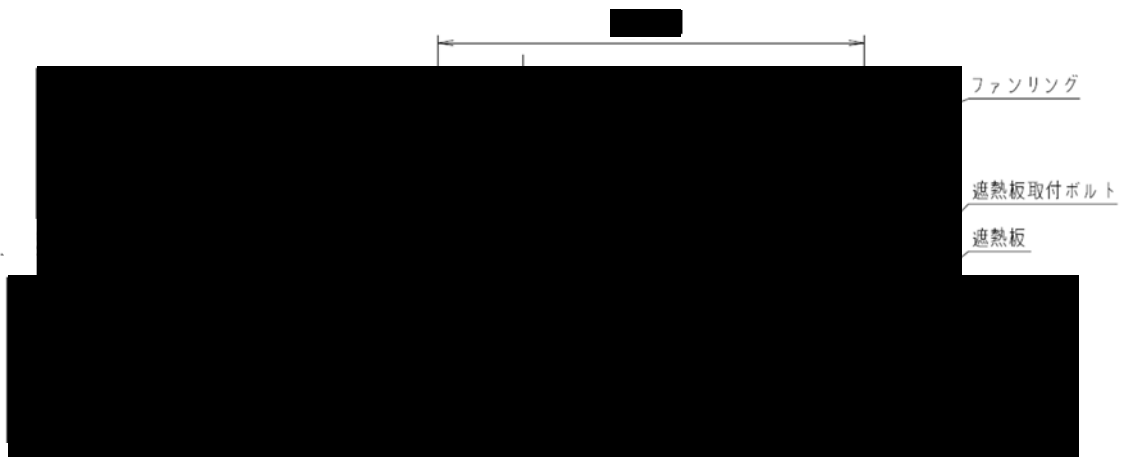
第 3.3.1-1 図 安全冷却水 B 冷却塔の管束の受圧部寸法(単位 : mm)

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」に構造図を移行。

図中の寸法は「VI-1-1-1-2-4-2-1 安全冷却水 B 冷却塔の強度計算書」の「評価条件」に記載

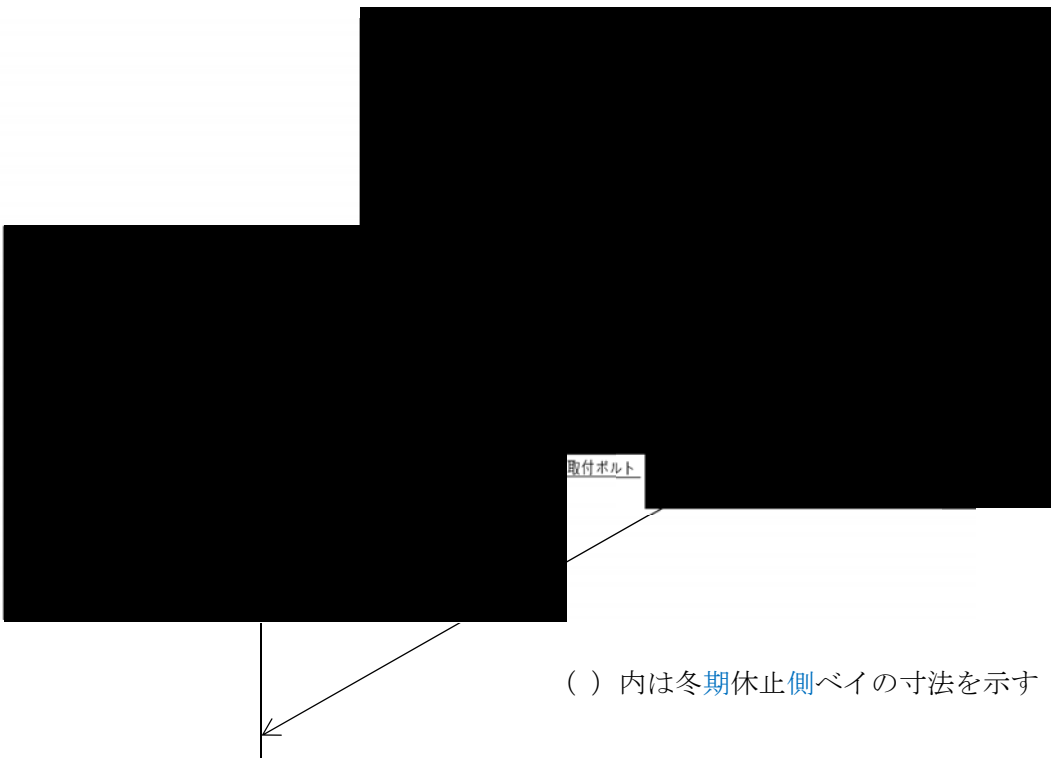


第 3. 3. 1-2 図 安全冷却水 B 冷却塔のファン駆動部(ファンリング)の受圧部寸法
(単位 : mm)



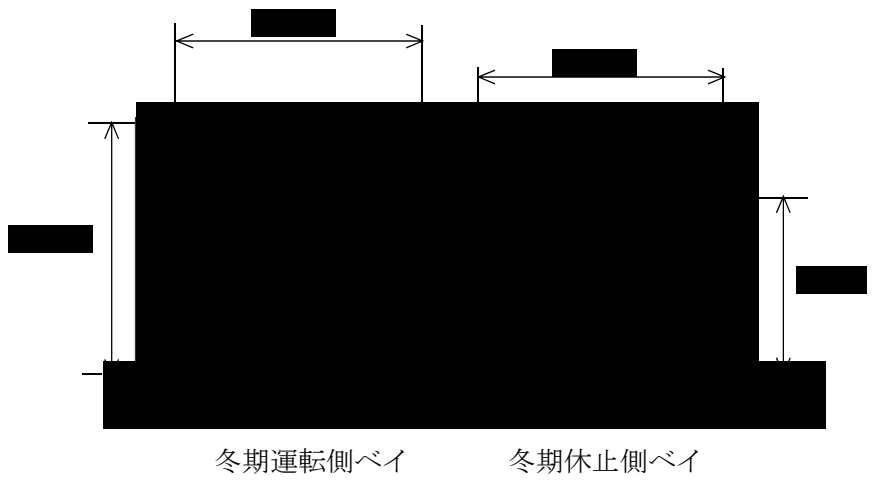
第3. 3. 1-3図 安全冷却水B冷却塔の遮熱板の受圧部寸法(単位 : mm)

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設的设计方針」に構造図を移行。
図中の寸法は「VI-1-1-1-2-4-2-1 安全冷却水 B 冷却塔の強度計算書」の
「評価条件」に記載

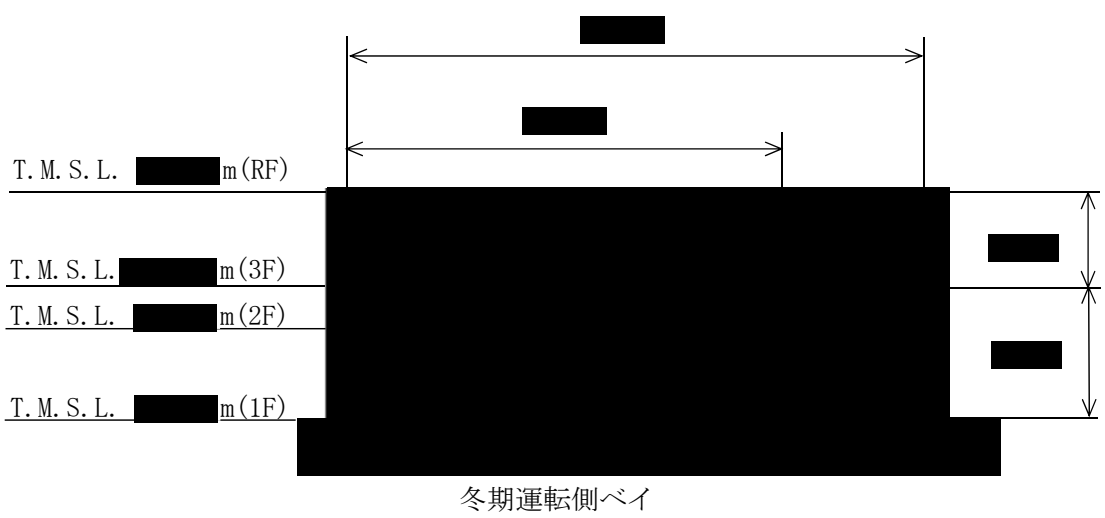


第 3.3.1-4 図 安全冷却水 B 冷却塔のルーバの受圧部寸法 (単位 : mm)

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設的设计方針」に構造図を移行。
 図中の寸法は「VI-1-1-1-2-4-2-1 安全冷却水 B 冷却塔の強度計算書」の
 「評価条件」に記載
 に示す。



第 3.3.1-5 図 安全冷却水 B 冷却塔の支持架構の EW 方向*受圧部寸法(単位: mm)



第 3.3.1-6 図 安全冷却水 B 冷却塔の支持架構の NS 方向*受圧部寸法(単位: mm)

* : 風が作用する方向を示す

「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の
「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」へ移行

(b) 気圧差による荷重

(c) 飛来物による衝撃荷重

本設備は、竜巻防護対策設備を設置することで、設計飛来物が衝突しないことから、 $W_M=0$ とする。

c. 運転時荷重

強度計算書の評価条件にヘッダーに内圧が作用することを記載

d. 積雪荷重

「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の
「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」へ移行

六ヶ所村統計書における観測記録上の極値 190cm に、平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した荷重とする。

受圧面積の設定については、堆積が想定される冷却塔の投影面を積雪による鉛直荷重が作用する範囲として設定する。

積雪荷重を第3.3.1-3表に示す。

第3.3.1-3表 積雪荷重

名称	積雪荷重
安全冷却水B冷却塔	■■■■ N/m ²

3.3.2 荷重の組合せ

構造強度評価に用いる荷重の組合せは、評価対象部位ごとに設定する。冷却塔の構造強度評価に用いる荷重の組合せを第3.3.2-1表に示す。

第3.3.2-1表 荷重の組合せ

名称	評価対象機器	評価対象部位	考慮する荷重
安全冷却水B冷却塔	管束	管束フレーム	[REDACTED]
		ヘッダー	
		管束取付ボルト	
	ファン駆動部	ファンリング	
		ファンリングサポート	
		ファンリングサポート取付ボルト	
	支持架構 (基礎ボルト含む)	主柱, 床はり, 2F機械台はり, 立面ブレース及び水平ブレース	
		基礎ボルト	
	遮熱板	遮熱板	
		遮熱板取付ボルト	
	ルーバ	ルーバ取付ボルト	

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」へ移行

3.4 許容限界

冷却塔の許容限界は、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて示している許容限界を踏まえ、「3.1.2 評価対象部位の選定」にて設定している評価対象部位ごとに [REDACTED]

[REDACTED] JEAG4601に準じて許容応力状態Ⅲ_ASを用いる。

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」の「(1)b. (b) 機器・配管系」へ移行

(1) 衝突評価の許容限界は、砂利に対し、
 [redacted]
 [redacted]を許容限界とする。

冷却塔を構成する機器の外殻を構成する部材の厚さを第3.4-1表に示す。

第3.4-1表 冷却塔を構成する機器の外殻を構成する部材厚さ

名称	評価対象機器	評価対象部位	板厚(mm)
安全冷却水 B 冷却塔	管束	管束フレーム	[redacted]
	ファン駆動部	ファンリング	[redacted]
	支持架構	床はり	[redacted]
	遮熱板	遮熱板本体	[redacted]

(2) 構造強度評価の許容限界は、
 冷却塔の許容限界は、
 設計荷重(竜巻)に対し
 れないことを計算によ

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」の「(2)b. 機器・配管系」へ移行
 なお、「過大な変形を起こして・・・」については「4.2 許容限界(1)」に示す概ね弾性域に収まると表現している

態III_ASから算出した以下の許容応力を許容限界とする。
 [redacted]
 [redacted]
 [redacted]
 [redacted]
 [redacted]

冷却塔における構造強度評価の許容限界を第3.4-2表に示す。

第3.4-2表 冷却塔における構造強度評価の許容限界

許容応力状態	許容限界 (ボルト以外)				許容限界 (ボルト)	
	一次応力					
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
III _A S	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

注記 [redacted]
 [redacted]

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5.2.2 機器・配管系」の「c. (b) 評価方法」へ移行

3.5 評価方法

(1) 衝突評価の評価方法

衝突評価は、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」にて設定している衝突評価が必要な機器の評価式を用いる。

飛来物が竜巻防護対象施設に衝突する場合の貫通限界厚さを、「タービンミサイル評価について(昭和52年7月20日 原子炉安全専門審査会)」で用いられているBRL式を用いて算出する。

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

等価直径は、「電力中央研究所報告O19003」(以下、「O19003」という。)から「衝突部の周長と等価な周長の円の直径」として算出する。O19003における、設計飛来物である鋼製材のような四角形衝突に対する実験データ数の不確かさを考慮し、BRL式の算出結果を実験で非貫通の結果が確認された比率(0.97)で除した値を貫通限界厚さとする。

したがって、BRL式の算出結果を実験で非貫通の結果が確認された比率で除した鋼板の貫通限界厚さは、以下の式により算出する。

$$T_c = T / 0.97$$

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」へ移行

(2) 構造強度評価の評価方法

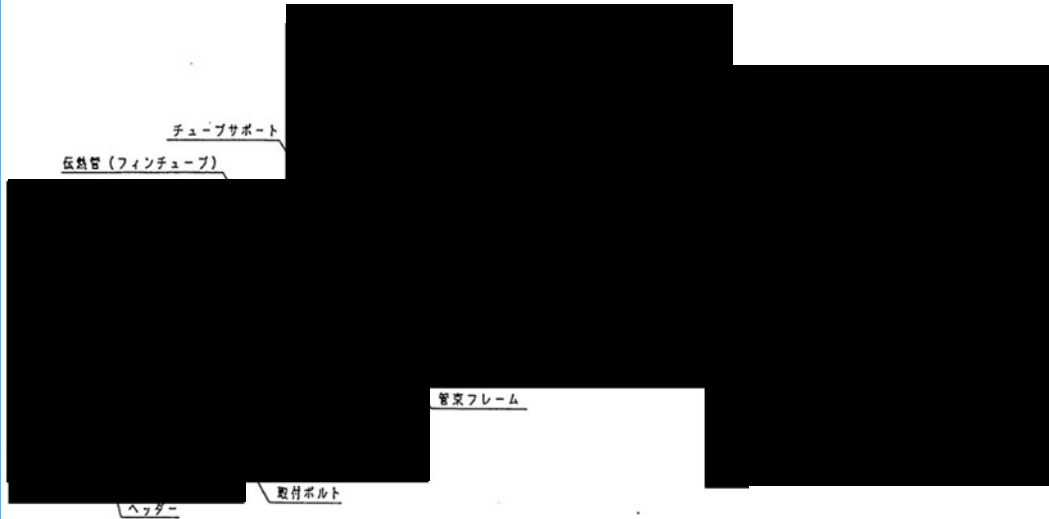
冷却塔の構造強度評価は、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」にて設定しているFEM等を用いた解析法又は定式化された評価式を用いた解析法により行う。

a. 機器本体の評価方法

(a) 計算モデル

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の
「5.1.2(1) 冷却塔」の「c. (b)評価モデル 第5.1.2-1 図 評価モデル (管束フ
レーム), 第5.1.2-2 図 評価モデル (ヘッダー)」へ移行

管束フレームの評
価概要図を第3.5-1 図に示す。

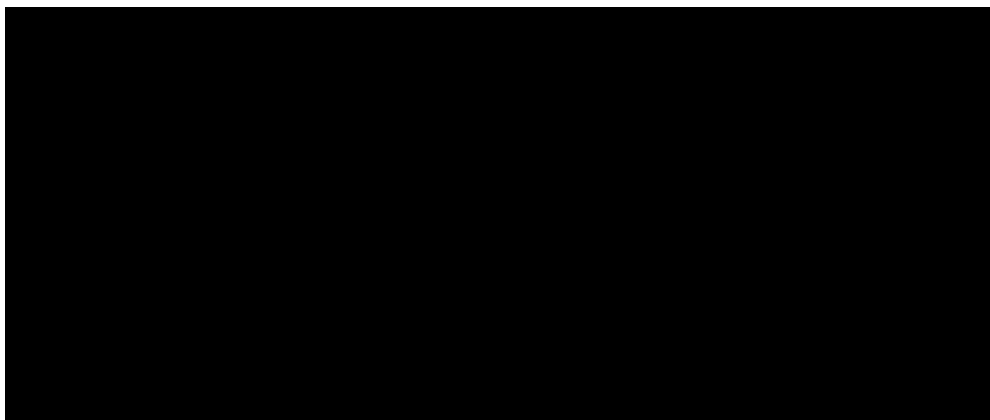


第3.5-1 図 管束フレーム評価概要図

ロ. ヘッダー



ダーの評価概要図を第3.5-2 図に示す。



第3.5-2 図 ヘッダー評価概要図

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の
「5.1.2(1) 冷却塔」の「c. (b)評価モデル 第5.1.2-3 図 評価モデル (ファン
リング), 第5.1.2-4 図 評価モデル (ファンリングサポート)」へ移行

ファンリングの評価概要図を第3.5-3図に示す。



第3.5-3 図 ファンリング評価概要図

ニ. ファンリングサポート

ファンリングサポートの評価概要図を第3.5-4図に示す。



第3.5-4 図 ファンリングサポート評価概要図

ロ. ヘッダー 針」の「5.1.2(1) 冷却塔」の「c. (c) 評価方法」へ移行

[Redacted text block]

以下の計算式により求める。

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2$$

$$\sigma_1 = \frac{C q G B L^2}{8 Z}$$

$$\sigma_2 = \sigma_i \frac{(P_i + 0.5 P_b)}{P_i}$$

ハ. ファンリング

[Redacted text block] 以下の計算式により求めるものとする。

$$\sigma = \beta_1 \cdot \frac{C q G a^2}{t^2}$$

ニ. ファンリングサポート

[Redacted text block] 以下の計算式により求めるものとする。

$$\sigma = \frac{W_w h - m g \ell}{n Z}$$

ホ. 遮熱板

[Redacted text block] 以下の計算式により求めるものとする。

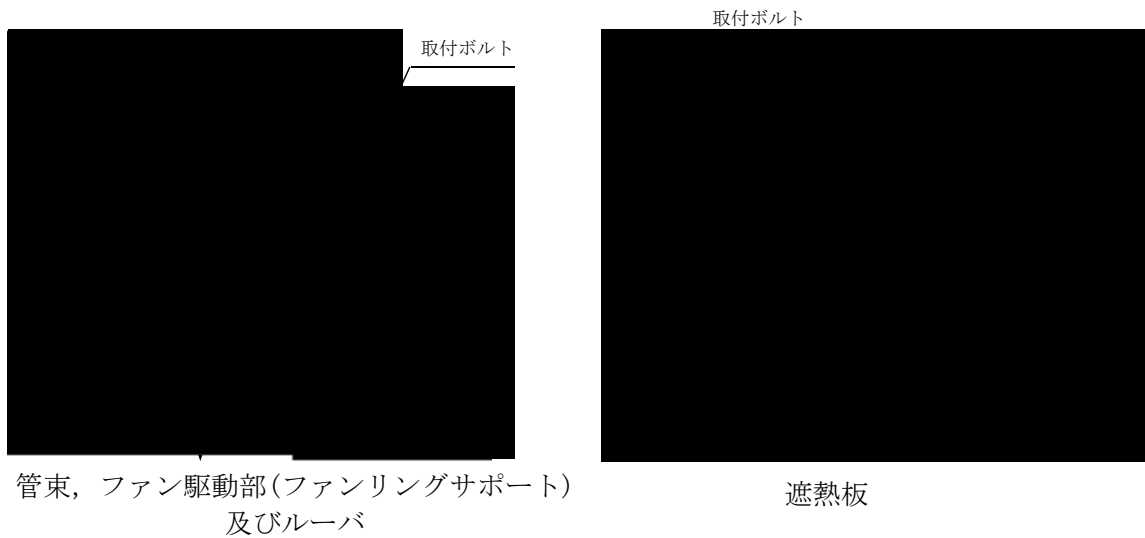
$$\sigma = \frac{W_w h - m g \ell}{Z}$$

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5.1.2(1) 冷却塔」の「c. (b)評価モデル 第5.1.2-6 図 取付ボルトの配置」へ移行

b. 機器取付ボルトの評価方法

(a) 計算モデル

管束，ファン駆動部(ファンリングサポート)，遮熱板及びルーバに生じるせん断応力及び引張応力は，取付ボルトの配置形状に応じて以下の計算式により求めるものとする。取付ボルト配置を第3.5-6図に示す。



「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5.1.2(1) 冷却塔」の「c. (c) 評価方法」へ移行

(b) 計算方法

イ. 管束，ファン駆動部（ファンリングサポート）及びルーバ

①引張応力

「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)」に記載されている式を準拠し，次式より算出する。

$$\sigma_0 = -\frac{m g \ell}{n_t L A_b} + \frac{W_w h}{n_t L A_b} \dots (1)$$

②せん断応力

「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)」に記載されている式を準拠し，次式より算出する。

$$\tau_b = \frac{W_w}{A_b n} \dots (2)$$

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5.1.2(1) 冷却塔」の「c. (c) 評価方法」へ移行

ロ. 遮熱板

①引張応力

(2)式において、遮熱板は取付ボルトの設置方向が違うことから、次式により算出する。

$$\sigma_0 = \frac{W_w}{A_b n_t} \dots (3)$$

②せん断応力

(1)式において、遮熱板は取付ボルトの設置方向が違うことから、次式により算出する。

$$\tau_b = -\frac{mg\ell}{nLA_b} + \frac{W_w h}{nLA_b} \dots (4)$$

c. 支持架構及び基礎ボルトの評価方法

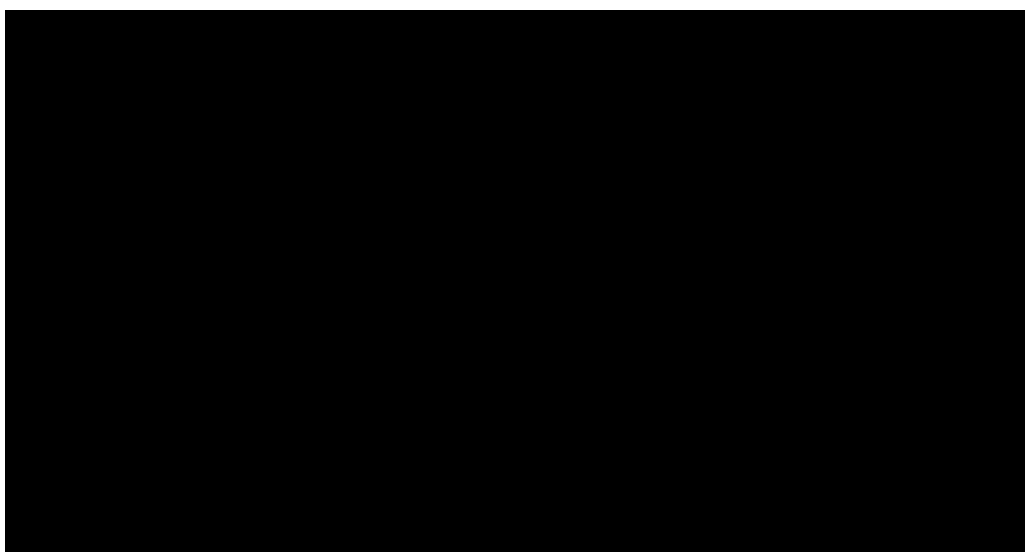
(a) 計算モデル

イ. 安全冷却水B冷却塔のモデル

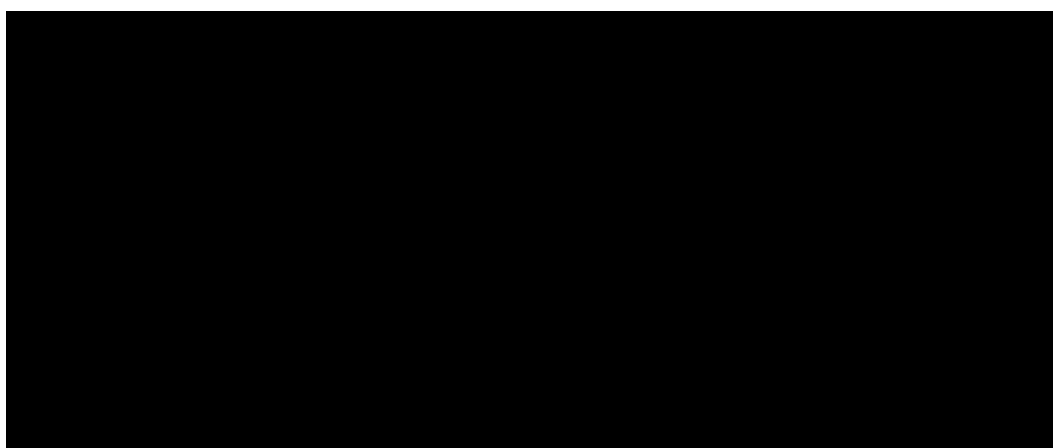
安全冷却水B冷却塔の計算モデルを第3.5-7図、第3.5-8図に、計算モデルの諸元を第3.5-1表に示す。

支持架構及び基礎ボルトの構造強度評価は、解析コード「MSC NASTRAN(ver. 2008.0.4)」により、
3次元はりモデルにて実施する。

構造強度評価に用いる解析コード「MSC NASTRAN(ver. 2008.0.4)」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。



第 3.5-7 図 安全冷却水 B 冷却塔の計算モデル(冬期運転側ベイ)



第 3.5-8 図 安全冷却水 B 冷却塔の計算モデル(冬期休止側ベイ)

第 3.5-1 表 安全冷却水 B 冷却塔の計算モデル諸元

解析モデル	節点数	要素数
安全冷却水 B 冷却塔 冬期運転側ベイ		
安全冷却水 B 冷却塔 冬期休止側ベイ		

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の
「5.1.2(1) 冷却塔」の「c.(c) 評価方法」へ移行

ロ. 基礎

以

下の式により応力を算出する。

(イ) 引張応力

$$\sigma_{ao} = \frac{F_{bt}}{A_b \cdot n_a}$$

(ロ) せん断応力

$$\tau_b = \frac{F_{bs}}{A_b \cdot n_a}$$

4. 評価条件

4.1 安全冷却水 B 冷却塔の評価条件

安全冷却水 B 冷却塔の「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を第 4.1-1 表から第 4.1-10 表に示す。

第 4.1-1 表 支持架構(冬期運転側ベイ)の評価条件 (1/2)

部材	断面形状	材料	運転重量 (kg)	A_f (mm ²)	A_{fy} (mm ²)	A_{fz} (mm ²)	Z (mm ³)		
							Z_y	Z_z	
主柱									
床 はり									
2F 機械台はり									
立面ブレース									
水平ブレース									

第 4.1-1 表 支持架構(冬期運転側ベイ)の評価条件 (2/2)

部材	断面形状	材料	i (mm)		E (MPa)	F (MPa)
			i_y	i_z		
主柱						
床 はり						
2F 機械台はり						
立面ブレース						
水平ブレース						

第4.1-2表 支持架構(冬期運転側ベイ)の風力係数及び受圧面積

名称		標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C (-)		受圧面積A(m ²)	
			NS方向*1	EW方向*1	NS方向*1	EW方向*1
安全冷却水B冷却塔	冬期運転側ベイ					

注記 * 1 : 風が作用する方向を示す。

第 4.1-3 表 支持架構(冬期休止側ベイ)の評価条件 (1/2)

部材	断面形状	材料	運転 重量 (kg)	A _f (mm ²)	A _{fy} (mm ²)	A _{fz} (mm ²)	Z (mm ³)	
							Z _y	Z _z
主柱								
床 はり								
2F 機械台はり								
立面ブレース								
水平ブレース								

第 4.1-3 表 支持架構(冬期休止側ベイ)の評価条件 (2/2)

部材	断面形状	材料	i (mm)		E (MPa)	F (MPa)
			i_y	i_z		
主柱	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
床 はり						
2F 機械台はり						
立面ブレース						
水平ブレース						

第4.1-4表 支持架構(冬期休止側ベイ)の風力係数及び受圧面積

名称		標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C (-)		受圧面積A (m ²)	
			NS方向*1	EW方向*1	NS方向*1	EW方向*1
安全冷却水 B 冷却塔	冬期休止側ベイ					

注記 *1: 風が作用する方向を示す

第4.1-5表 基礎ボルト(冬期運転側ベイ)の評価条件

部材	材料	A _b (mm ²)	n _a (本)	F (MPa)
基礎ボルト				

第4.1-6表 基礎ボルト(冬期休止側ベイ)の評価条件

部材	材料	A _b (mm ²)	n _a (本)	F (MPa)
基礎ボルト				

第 4.1-7 表 機器本体(冬期運転側ベイ)の評価条件

機器	部材	材料	β_1 (-)	a (mm)	t (mm)	C (-)	F (MPa)	
管束	管束フレーム							
ファン 駆動部	ファンリング							

機器	部材	材料	B (mm)	L (mm)	C (-)	σ_i (MPa)	P_i (MPa)	P_b (MPa)	Z (mm ³)	F (MPa)
管束	ヘッダー									

機器	部材	材料	h (mm)	m (kg)	A (m ²)	C (-)	ℓ (mm)	n (本)	Z (mm ³)	F (MPa)
ファン 駆動部	ファンリング サポート									
遮熱板	遮熱板									

第 4.1-8 表 機器取付ボルト(冬期運転側ベイ)の評価条件

機器	部材	材料	m (kg)	h (mm)	A (m ²)	C (-)	取付 ボルト 配置	L (mm)	ℓ (mm)	A _b (mm ²)	n (本)	n _t (本)	F (MPa)
管束	管 取付ボルト												
ファン 駆動部	ファンリング サポーター 取付ボルト												
遮熱板	遮熱 取付ボルト												
ルーバ	ルーバ 取付ボルト												

第 4.1-9 表 機器本体(冬期休止側ベイ)の評価条件

機器	部材	材料	β_1 (-)	a (mm)	t (mm)	C (-)	F (MPa)
管束	管束フレーム						
ファン 駆動部	ファンリング						

機器	部材	材料	B (mm)	L (mm)	C (-)	σ_i (MPa)	P_i (MPa)	P_b (MPa)	Z (mm ³)	F (MPa)
管束	ヘッダー									

機器	部材	材料	h (mm)	m (kg)	A (m ²)	C (-)	ℓ (mm)	n (本)	Z (mm ³)	F (MPa)
ファン 駆動部	ファンリング サポート									
遮熱板	遮熱板									

第 4.1-10 表 機器取付ボルト(冬期休止側ベイ)の評価条件

機器	部材	材料	m (kg)	h (mm)	A (m ²)	C (-)	取付ボルト配置	L (mm)	ℓ (mm)	A _b (mm ²)	n (本)	n _t (本)	F (MPa)
管束	管 取付ボルト												
ファン 駆動部	ファンリング サポート 取付ボルト												
遮熱板	遮熱 取付ボルト												
ルーバ	ルーバ 取付ボルト												

5. 評価結果

5.1 安全冷却水 B 冷却塔の評価結果

(1) 衝突評価結果

竜巻発生時の砂利に対する貫通限界厚さの算出結果を第 5.1-1 表に示す。

砂利に対する貫通限界厚さ (1.0mm) と管束, ファン駆動部, 支持架構及び遮熱板の板厚を第 5.1-2 表に示す。

砂利に対する貫通限界厚さは, 板厚未満であることを確認した。

第 5.1-1 表 砂利に対する貫通限界厚さの算出結果

飛来物	貫通限界厚さ Tc (mm)	
	水平方向	鉛直方向
砂 利	1.0	1.0

第 5.1-2 表 評価対象機器の評価結果

評価対象機器	板厚 (mm)	貫通限界厚さ Tc (mm)	結 果
管束(管束フレーム*1)		1.0	貫通しない
ファン駆動部(ファンリング*1)		1.0	貫通しない
支持架構(床はり*1)		1.0	貫通しない
遮熱板		1.0	貫通しない

注記 * 1 : 評価対象となる部位を示す。

(2) 支持架構の構造強度評価結果

支持架構の構造強度評価結果を第 5.1-3 表に示す。

支持架構に発生する応力が許容限界を超えないことを確認した。

第 5.1-3 表 支持架構の構造強度評価結果(1/2)

名称	評価対象部位	応力分類	発生応力*1*2 (MPa)	許容応力*2 (MPa)	応力比*3
安全冷却水 B 冷却塔	冬期運転側ベイ	主柱	引張	[REDACTED]	[REDACTED]
			圧縮		
			せん断		
			曲げ		
			組合せ(引張+曲げ)		
			組合せ(圧縮+曲げ)		
		床はり	引張		
			圧縮		
			せん断		
			曲げ		
			組合せ(引張+曲げ)		
			組合せ(圧縮+曲げ)		
		2F機械台はり	引張		
			圧縮		
			せん断		
			曲げ		
			組合せ(引張+曲げ)		
			組合せ(圧縮+曲げ)		
		立面ブレース	引張		
			圧縮		
			せん断		
			曲げ		
			組合せ(引張+曲げ)		
			組合せ(圧縮+曲げ)		
水平ブレース	引張				
	圧縮				
	せん断				
	曲げ				
	組合せ(引張+曲げ)				
	組合せ(圧縮+曲げ)				

注記 *1：組合せについては応力比を記載
 *2：組合せについては応力比で評価を行うため単位なし
 *3：応力比＝発生応力／許容応力

第 5.1-3 表 支持架構の構造強度評価結果 (2/2)

名称	評価対象部位	応力分類	発生応力*1*2 (MPa)	許容応力*2 (MPa)	応力比*3
安全冷却水 B 冷却塔	冬期休止側ベイ	主柱	引張	[REDACTED]	[REDACTED]
			圧縮		
			せん断		
			曲げ		
			組合せ(引張+曲げ)		
			組合せ(圧縮+曲げ)		
		床はり	引張		
			圧縮		
			せん断		
			曲げ		
			組合せ(引張+曲げ)		
			組合せ(圧縮+曲げ)		
		2F機械台はり	引張		
			圧縮		
			せん断		
			曲げ		
			組合せ(引張+曲げ)		
			組合せ(圧縮+曲げ)		
		立面ブレース	引張		
			圧縮		
			せん断		
			曲げ		
			組合せ(引張+曲げ)		
			組合せ(圧縮+曲げ)		
水平ブレース	引張				
	圧縮				
	せん断				
	曲げ				
	組合せ(引張+曲げ)				
	組合せ(圧縮+曲げ)				

注記 *1：組合せについては応力比を記載
 *2：組合せについては応力比で評価を行うため単位なし
 *3：応力比＝発生応力／許容応力

(3) 基礎ボルトの構造強度評価結果

基礎ボルトの構造強度評価結果を第 5. 1-4 表に示す。

基礎ボルトに発生する応力が許容限界を超えないことを確認した。

第 5. 1-4 表 基礎ボルトの構造強度評価結果

名称		評価対象 部位	応力 分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比*1
安全冷却水B 冷却塔	冬期運転側ベイ	基礎 ボルト	引張	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
			せん断			
	冬期休止側ベイ	基礎 ボルト	引張			
			せん断			

注記 *1 : 応力比 = 発生応力 / 許容応力

(4) 機器及び機器取付ボルトの構造強度評価結果

機器及び機器取付ボルトの構造強度評価結果を第 5. 1-5 表に示す。

機器及び機器取付ボルトに発生する応力が許容限界を超えないことを確認した。

第 5.1-5 表 機器及び機器取付ボルトの構造強度評価結果

名称	機器	評価対象 部位	応力 分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比*1	
安全冷却水 B 冷却塔	冬期 運転側 ベイ	管束	管束フレーム	曲げ	[Redacted]	[Redacted]	
			ヘッダー	組合せ			
			管束取付ボルト	引張 せん断			
		ファン 駆動部	ファンリング	曲げ			
			ファンリングサポート	曲げ			
			ファンリング サポート取付ボルト	引張 せん断			
		遮熱板	遮熱板	曲げ			
			遮熱板取付ボルト	引張 せん断			
		ルーバ	ルーバ取付ボルト	引張 せん断			
				引張 せん断			
		冬期 休止側 ベイ	管束	管束フレーム			曲げ
				ヘッダー			組合せ
	管束取付ボルト			引張 せん断			
	ファン 駆動部		ファンリング	曲げ			
			ファンリングサポート	曲げ			
			ファンリング サポート取付ボルト	引張 せん断			
	遮熱板		遮熱板	曲げ			
			遮熱板取付ボルト	引張 せん断			
	ルーバ		ルーバ取付ボルト	引張 せん断			
				引張 せん断			

注記 *1 : 応力比 = 発生応力 / 許容応力

(2)-2 安全冷却水 B 冷却塔の配管 の強度計算書

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	2
2.3 評価方針	3
2.4 準拠規格	5
3. 強度評価方法	6
3.1 評価対象部位の選定	6
3.2 記号の定義	6
3.3 荷重及び荷重の組合せ	8
3.3.1 荷重の設定	8
3.3.2 荷重の組合せ	9
3.4 許容限界	10
3.5 評価方法	11
4. 評価条件	14
5. 評価結果	16

1. 概要

本資料は、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、屋外の竜巻防護対象施設である安全冷却水B冷却塔まわり配管が、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わないよう、構造健全性を維持することを確認するものである。

2. 基本方針

「2.1 位置」から「2.4 準拠規格」の削除及び移行に伴い削除

配管について、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 構造強度の評価方針」に示す構造計画を踏まえ、「2.1 位置」, 「2.2 構造概要」, 「2.3 評価方針」及び「2.4 準拠規格」を示す

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.2 構造概要」の「(3)b. 安全冷却水系(安全冷却水 B 冷却塔まわり配管)の設計方針」へ移行

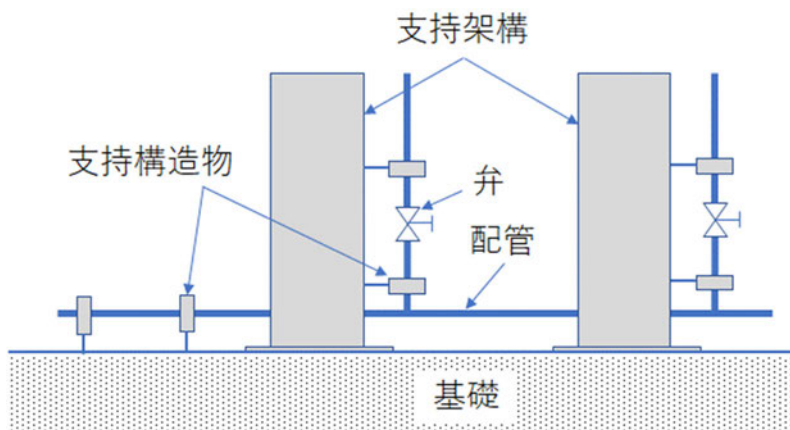
2.1 位置

配管の配置を以下に示す。

- (1) 安全冷却水 B 冷却塔まわり配管(安全冷却水 B 冷却塔～安全冷却水 B 冷却塔供給配管合流点, 安全冷却水 B 冷却塔戻り配管分岐点～安全冷却水 B 冷却塔)は, 安全冷却水 B 冷却塔周辺に設置する。

2.2 構造概要

配管は, 鋼管及び鋳鍛鋼材の弁で構成され, 支持構造物により基礎又は壁若しくは支持架構から支持する構造となる。配管の概要図を第 2.2-1 図に示す。



第 2.2-1 図 配管の概要図

2.3 評価方針

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「2. 強度評価の基本方針」へ移行

配管の構造強度評価は、評価対象部位に発生する応力等が、許容限界に収まることを「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「5. 評価結果」にて確認する。

(1) 衝突評価の評価方針

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.1(2) 衝突評価」及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「b. (e) 屋外の竜巻防護対象施設」へ移行

配管の衝突評価フローを第2.3-1図に示す。衝突評価においては、防護ネットを通過する飛来物である砂利による衝撃荷重に対し、外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さ^{*}を差し引いた残りの厚さが貫通限界厚さ以上となることをもって、その施設の実用機能に影響を及ぼすことを確認する。

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」の「(1)b. (b) 機器・配管系」へ移行
「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に示す衝突評価の評価式を用いる。配管の衝突評価における許容限界は、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に示す許容限界である、外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さとする。

※ 耐圧強度上必要な

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.1 構造強度の評価方針」の「(2)b. 機器・配管系」へ移行

り、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007」(社)日本機械学会(以下、「JSME」という。)に基づき算出される。

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.1 構造強度の評価方針」の「(2)b. 機器・配管系 第3.1-3図 衝突評価フロー」へ移行
なお、第3.1-3図 衝突評価フローでは「外殻を構成する部材の厚さとの比較」と表現に違いがあるが「3.1(2)b. 機器・配管系」に「耐圧部は耐圧強度上必要な厚さ^{*}を差し引いた残りの厚さが貫通限界厚さ以上」と記載しているため差分は生じない。

荷重及び荷重の組合せの設定

貫通限界厚さの計算

外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上
必要な厚さを差し引いた残りの厚さとの比較

第2.3-1図 配管の衝突評価フロー

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.1(1) b. 機器・配管系」へ移行

(2) 構造強度評価の評価方針

配管の構造強度評価フローを第 2.3-2 図に示す。

構造強度評価において

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5.1.2(2)b. 評価条件」へ移行

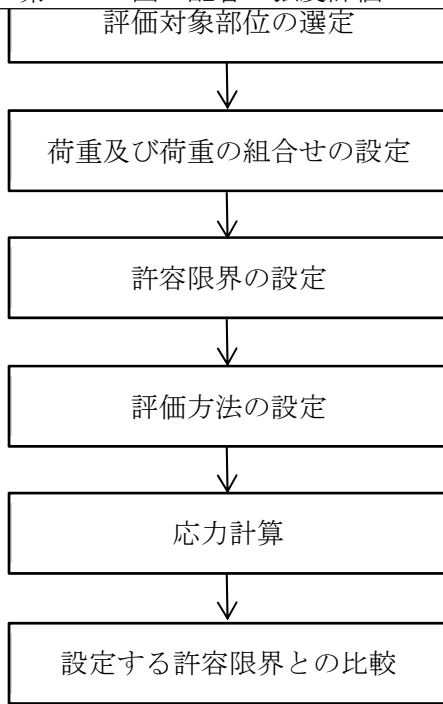
許容応力以下であることを確認する。構造強度評価においては、標準支持間隔を用いて評価を行い、それ以下の支持間隔を持つ箇所の評価を包絡させる。

配管の構造強度評価

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」へ移行

竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に示す許容限界である、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987」((社)日本電気協会), 「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG 4601-補1984」((社)日本電気協会)及び「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版」((社)日本電気協会)(以下、「JEAG4601」という。)に準じて許容応力状態 III_AS とする。

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.1(1) 構造強度評価」の「第 3.1-2 図 配管の強度評価フロー」へ移行



第 2.3-2 図 配管の強度評価フロー

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」
の「6. 準拠規格」へ移行

2.4 準拠規格

準拠する規格，規準等を以下に示す。

- ・タービンミサイル評価について(昭和 52 年 7 月 20 日 原子炉安全専門審査会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007(社)日本機械学会
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984(社)日本電気協会
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(社)日本電気協会
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版(社)日本電気協会
- ・建築物荷重指針・同解説(社)日本建築学会(2004)
- ・原子力発電所の竜巻影響評価ガイド(原規技発第 1909069 号)

3. 強度評価方法

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2.2(2) 機器・配管系」へ移行

3.1 評価対象部位の選定

(1) 衝突評価の評価対象部位

評価において考慮する飛来物の衝突により、配管に飛来物による衝撃荷重が作用し貫入する可能性があるため、貫入によりその施設の機能が喪失する可能性のある箇所を評価対象部位として設定する。弁を設置している箇所においては、弁の板厚は配管の板厚に比べ厚く、配管の評価に包絡されるため、配管のみを評価対象とする。

(2) 構造強度評価の評価

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2.1(2) 機器・配管系」へ移行

設計荷重(竜巻)は、鋼管に作用する。弁を設置している箇所においては、弁の断面係数は配管に比べ大きく、配管の評価に包絡されることから、配管のみを評価対象とする。支持構造物については、建屋内外に関らず地震に対して耐荷重設計がなされており、建屋外部に設計竜巻の風圧力による荷重が作用した場合でも、作用荷重は耐荷重以下であるため、設計竜巻の風圧力による荷重に対する支持構造物の評価は耐震評価に包絡されることから、評価対象外とする。

3.2 記号の定義

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5.2.2 機器・配管系」の「第5.2.2-2表 衝突評価に用いる記号」へ移行

(1) 衝突評価の記号の定義

配管の衝突評価に用いる記号を第3.2-1表に示す。

第3.2-1表 衝突評価に用いる記号

記号	単位	定義
d	m	評価において考慮する飛来物が衝突する衝突断面の等価直径
K	—	鋼板の材質に関する係数
M	kg	評価において考慮する飛来物の質量
T	mm	鋼板の貫通限界厚さ
T _c	mm	BRL 式の算出結果を実験で非貫通の結果が確認された比率で除した鋼板の貫通限界厚さ
v	m/s	評価において考慮する飛来物の飛来速度

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5.1.2(2) 配管」の「第5.1.2-7表 配管の強度評価に用いる記号」へ移行

(2) 構造強度評価の記号の定期

配管の構造強度評価に用いる記号を第3.2-2表に示す。

第3.2-2表 配管の構造強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
A	m ² /mm	単位長さ当たりの施設の受圧面積(風向に垂直な面に投影した面積)
C	—	建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数
D	mm	管外径
G	—	ガスト影響係数
g	m/s ²	重力加速度
L	mm	支持間隔
M	N・mm	風により作用する曲げモーメント
m	kg/mm	単位長さ当たりの質量
P	MPa	内圧
q	N/m ²	設計用速度圧
Sy	MPa	JSME 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計降伏点
t	mm	板厚
V _D	m/s	設計竜巻の最大風速
V _T	m/s	設計竜巻の移動速度
V _{Rm}	m/s	設計竜巻の最大接線風速
W _w	N/mm	単位長さ当たりの風圧力による荷重
w	N/mm	単位長さ当たりの自重による荷重
Z	mm ³	断面係数
ΔP _{max}	MPa	設計竜巻の最大気圧低下量
ρ	kg/m ³	空気密度
W _M	N	飛来物による衝撃荷重
σ ₁ , σ ₂	MPa	配管に生じる応力
σ _{WP}	MPa	気圧差により生じる応力
σ _{WT1} , σ _{WT2}	MPa	複合荷重により生じる応力
σ _{WW}	MPa	風圧力により生じる応力
σ _{自重}	MPa	自重により生じる応力
σ _{内圧}	MPa	内圧により生じる応力

「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」へ移行

3.3 荷重及び荷重の組合せ

3.3.1 荷重の設定

(1) 衝突評価の荷重

衝突評価においては考慮する飛来物として防護ネット(ネットの網目寸法 40mm)をすり抜ける砂利を設定し、砂利による衝撃荷重を考慮する。

衝突評価においては、評価対象部位に砂利が衝突した際に跳ね返らば、貫入するものとして評価する。

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「5.2.2 機器・配管系」へ移行

砂利の諸元を第 3.3.1-1 表に示す。

第 3.3.1-1 表 砂利の諸元

飛来物	d (m)	K (-)	M (kg)	v (m/s)	
				水平方向	鉛直方向
砂利	0.05	1.0	0.18	62	42

「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」の「第 2.1.3-1 表 設計竜巻の特性値」へ移行

(2) 構造強度評価の荷重

構造強度評価に用いる荷重を以下の a.～d. に示す。

また、荷重の算定に用いる竜巻の特性値を第 3.3.1-2 表に示す。

第 3.3.1-2 表 竜巻の特性値

最大風速 V_D (m/s)	移動速度 V_T (m/s)	最大接線 風速 V_{Rm} (m/s)	最大気圧 低下量 ΔP_{max} (MPa)
100	15	85	0.0089

「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」に移行

a. 常時作用する荷重

常時作用する荷重として、持続的に生じる荷重である自重を考慮する。

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重の設定及び荷重の組合せ」へ荷重の算出方法を移行。

b. 設計竜巻荷重

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」に従い、設計竜巻の風圧力による荷重を考慮する。

(a) 風圧力による荷重

風圧力による荷重は、下式により算定する。

$$W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A$$

$$q = 1/2 \cdot \rho \cdot V_b^2$$

「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」へ移行

(b) 気圧差による荷重

気圧差による荷重を考慮する。

(c) 飛来物による衝撃荷重 (W_M)

本設備は、竜巻防護対策設備を設置することで、設計飛来物が衝突しないことから、 $W_M=0$ とする。

c. 運転時荷重

運転時の状態で作用する荷重としては、配管に作用する内圧を考慮する。

d. 積雪荷重

配管は、構造上、積雪しにくい構造であることから、0 とする。

3.3.2 荷重の組合せ

構造強度評価に用いる荷重の組合せは、評価対象部位ごとに設定する。配管の構造強度評価に用いる荷重の組合せを第 3.3.2-1 表に示す。

第 3.3.2-1 表 荷重の組合せ

名称	評価部位	考慮する荷重
配管	配管本体	<ul style="list-style-type: none"> ・ 常時作用する荷重 ・ 風圧力による荷重 ・ 気圧差による荷重 ・ 運転時荷重

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」へ移行

3.4 許容限界

配管の許容限界は、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて示している許容限界を踏まえ、「3.1 評価対象部位の選定」にて設定している評価対象部位ごとに、機能損傷モードを考慮し、JEAG4601 に準じて許容応力状態Ⅲ_ASとする。

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」の「(1)b. (b) 機器・配管系」へ移行

(1) 衝突評価の許容限界

衝突評価における許容限界は、評価において考慮する飛来物による衝撃荷重に対し、外殻を構成する部材が、機能喪失に至る可能性のある変形を生じないことを計算により確認するため、評価式により算定した貫通限界厚さが配管の外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さ未満であることを許容限界とする。

配管における耐圧強度上必要な厚さについて平成7年7月22日付け7安(核規)第710号にて認可を受けた設工認申請書の「V-1 主要な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する設計の基本方針」の別添-6 図-37の値を用いる。配管の外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さを第3.4-1表に示す。

第3.4-1表 配管の外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さ

竜巻防護対象施設	外殻を構成する部材の厚さ (mm)	耐圧強度上必要な厚さ (mm)	外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さ (mm)
安全冷却水B冷却塔まわり配管(安全冷却水B冷却塔～安全冷却水B冷却塔供給配管合流点, 安全冷却水B冷却塔戻り配管分岐点～安全冷却水B冷却塔)			

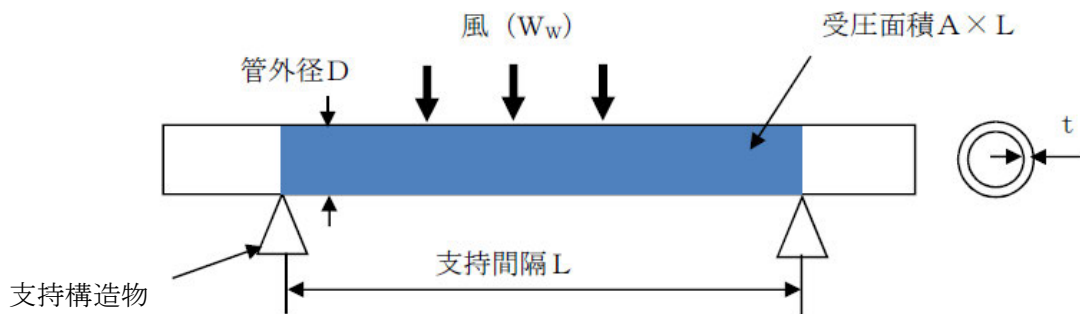
「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5.1.2(2) 配管」の「c. (b)計算モデル 第5.1.2-7 図 配管モデル図」へ移行

(2) 構造強度評価の評価方法

a. 計算モデル

配管は一定間隔ごとに支持構造物によって支えられているため、風圧力による荷重を一様に受ける単純支持はりとして評価を行う。評価に用いる支持間隔は標準支持間隔を用いる。弁を設置している場合は支持構造物の支持間隔が短くなるため、弁を設置している場合の受圧面積は標準支持間隔での受圧面積に包絡される。

配管モデル図を第 3.5-1 図に示す。



第 3.5-1 図 配管モデル図

b. 計算方法

「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5.1.2(2) 配管」の「c. (c)評価方法」へ移行

(a) 竜巻による応力計算

イ. 風圧力により生じる応力

風圧力による荷重が配管の支持間隔に等分布荷重として加わり、曲げ応力を発生させるものとして、以下の式により算定する。

$$\sigma_{ww} = \frac{M}{Z} = \frac{W_w \cdot L^2}{8Z}$$

ここで、断面係数 Z は以下の式により算定する。

$$Z = \frac{\pi}{32D} \{D^4 - (D - 2t)^4\}$$

ロ. 気圧差により生じる応力

気圧差による荷重は、気圧が低下した分、内圧により生じる一次一般膜応力が増加すると考えて、その応力増加分を以下の式により算定する。

$$\sigma_{WP} = \frac{\Delta P_{max} \cdot D}{4 \cdot t}$$

したがって、イ.及びロ.項の複合荷重により生じる応力 σ_{WT1} 及び σ_{WT2} は以下の式により算出する。

$$\begin{aligned}\sigma_{WT1} &= \sigma_{WP} \\ \sigma_{WT2} &= \sigma_{WW} + 0.5\sigma_{WP}\end{aligned}$$

(b) 組合せ応力

設計竜巻荷重と組み合わせる荷重として、配管に常時作用する荷重である自重及び運転時荷重である内圧を考慮する。自重により生じる曲げ応力及び内圧により生じる一次一般膜応力は、以下の式により算定する。

$$\begin{aligned}\sigma_{自重} &= \frac{w \cdot L^2}{8Z} \\ w &= m \cdot g \\ \sigma_{内圧} &= \frac{P \cdot D}{4t}\end{aligned}$$

したがって、自重及び風圧力による荷重により生じる曲げ応力と気圧差による荷重及び内圧により生じる一次一般膜応力を足し合わせ、配管に生じる応力として以下の式により σ_1 及び σ_2 を算出する。

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \sigma_{自重} + \sigma_{内圧} + \sigma_{WT1} \\ \sigma_2 &= \sigma_{自重} + \sigma_{内圧} + \sigma_{WT2}\end{aligned}$$

4. 評価条件

(1) 構造強度評価の評価条件

配管の構造強度評価に用いる評価条件を第 4-1 表及び第 4-2 表に示す。

第 4-1 表 構造強度評価に用いる評価条件

評価対象配管	管外径 D* ¹ (mm)	材 料	温度条件 (°C)	Sy* ³ (MPa)	支持間隔 L* ¹ (mm)	板 厚 t* ¹ (mm)	質量 m (kg/mm)	受圧面積 A (m ² /mm)	内 圧 P (MPa)
安全冷却水 B 冷却 塔まわり配管 (安全冷却水 B 冷 却塔～安全冷却水 B 冷却塔供給配管 合流点, 安全冷却 水 B 冷却塔戻り配 管分岐点～安全冷 却水 B 冷却塔)									

注記 * 1 : 評価に用いる寸法は, 公称値を使用する。

* 2 : 最高使用温度

* 3 : JSME

第 4-2 表 構造強度評価に用いる評価条件

q (N/m ²)	ΔP_{\max} (MPa)	G (-)	C (-)	g (m/s ²)	W _M (N)
6, 100	0. 0089	1. 0	1. 2	9. 80665	0

5. 評価結果

(1) 衝突評価結果

竜巻発生時の砂利に対する貫通限界厚さの評価結果を第 5-1 表に示す。

第 5-1 表 砂利に対する貫通限界厚さの評価結果

飛来物	貫通限界厚さ Tc (mm)	
	水平方向	鉛直方向
砂 利	1.0	1.0

砂利に対する貫通限界厚さ(1.0mm)と配管の外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さとの比較を第 5-2 表に示す。

第 5-2 表 配管の外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さとの比較結果

名称	外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さ (mm)	貫通限界厚さ Tc (mm)	結 果
安全冷却水 B 冷却塔まわり配管 (安全冷却水 B 冷却塔～安全冷却水 B 冷却塔供給配管合流点, 安全冷却水 B 冷却塔戻り配管分岐点～安全冷却水 B 冷却塔)		1.0	貫通しない

砂利に対する貫通限界厚さは、外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さ未満である。また、弁の板厚は配管に比べ厚いため、配管の評価に包絡される。

(2) 配管の構造強度評価結果

竜巻発生時の構造強度評価結果を第 5-3 表に示す。

第 5-3 表 配管の構造強度評価結果

名称	管外径 D (mm)	a 許容応力 (MPa)	b σ_1 (MPa)	応力比 (b/a)	c σ_2 (MPa)	応力比 (c/a)
安全冷却水 B 冷却塔まわり配管 (安全冷却水 B 冷却塔～安全冷却 水 B 冷却塔供給配管合流点, 安 全冷却水 B 冷却塔戻り配管分岐 点～安全冷却水 B 冷却塔)						

配管に発生する応力は、許容応力以下である。また、弁を設置している箇所においては、弁の断面係数は配管に比べ大きく配管の評価に包絡される。

(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）の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	7
2.3.1 防護ネットの評価方針	7
2.3.2 防護板(鋼材)の評価方針	11
2.3.3 支持架構の評価方針	12
2.4 準拠規格	13
3. 構造強度評価方法	14
3.1 構造強度評価の評価対象部位選定方針	14
3.1.1 防護ネットの評価対象部位	14
3.1.2 防護板(鋼材)の評価対象部位	22
3.1.3 支持架構の評価対象部位	23
3.2 記号の定義	25
3.3 荷重及び荷重の組合せ	32
3.4 許容限界	42
3.5 評価方法	52
3.5.1 防護ネットの評価方法	52
3.5.2 防護板(鋼材)の評価方法	67
3.5.3 支持架構の評価方法	73
4. 評価条件	77
4.1 荷重条件	77
4.2 防護ネットの評価条件	78
4.3 防護板(鋼材)の評価条件	90
4.4 支持架構の評価条件	94
5. 評価結果	96
5.1 防護ネットの強度評価結果	96
5.2 防護板(鋼材)の強度評価結果	119
5.3 支持架構の強度評価結果	120

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設的设计方針」の
「3.1 设计竜巻による直接的影響を考慮する施設の防護设计方針」に
移行

1. 概要

本資料は、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」に示すとおり、竜巻防護対策設備である飛来物防護ネットが、竜巻襲来時及び竜巻通過後においても、竜巻防護対象施設の機能喪失に至る可能性のある設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止し、また、波及的影響による機能を損なわないことを確認するために、以下を計算により確認するものである。

- ・防護ネットは設計飛来物を捕捉し、構成する主要な部材が破断しないこと。また、ネットにたわみが生じても、設計飛来物は竜巻防護対象施設に衝突しないこと。
- ・防護板(鋼材)は、飛来物を貫通させず、また脱落による波及的影響を与えないこと。
- ・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こと。

「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」の削除に伴い削除

2. 基本方針

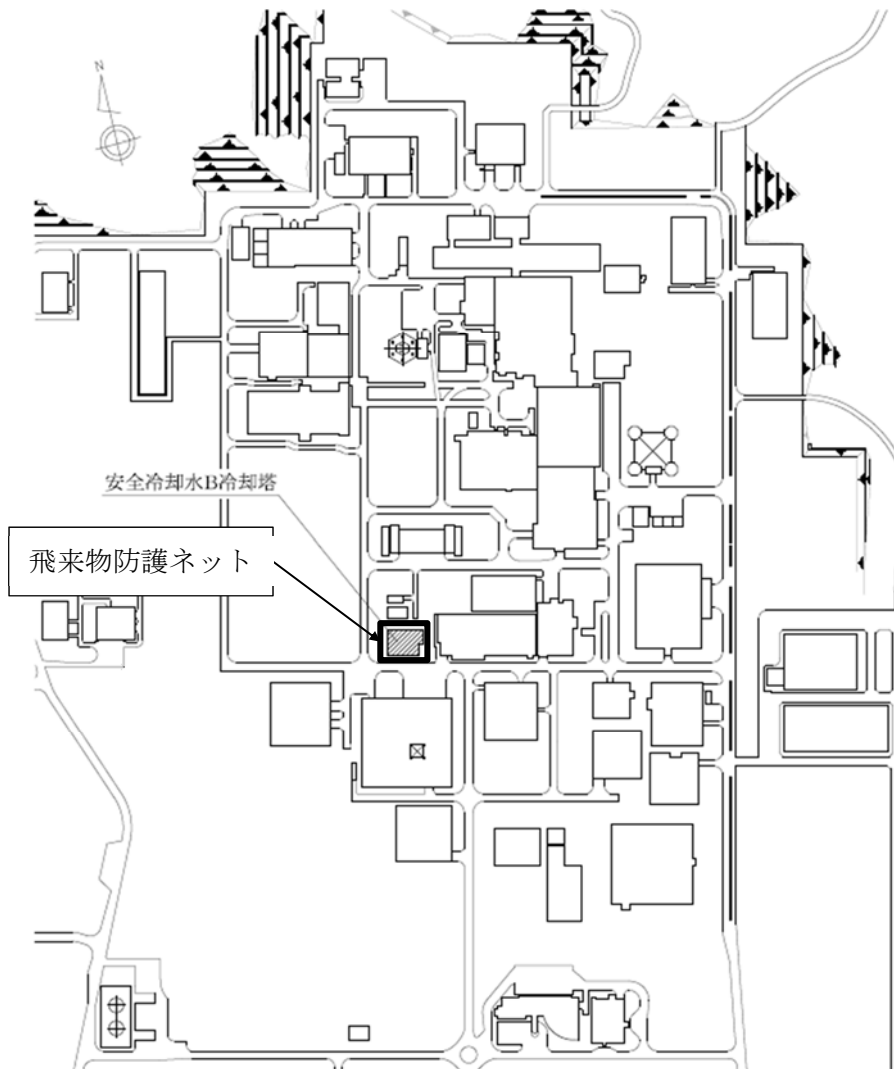
飛来物防護ネットは、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」を踏まえ、「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」を設定している。

「VI-2-1-2 第2.1-2 図主要設備の配置の状況を明示した平面図」にて示すため削除

2.1 位置

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)の設置位置は、竜巻防護対象施設である安全冷却水B冷却塔の周囲に設置している。

飛来物防護ネットの配置図を第2.1-1図に示す。



第2.1-1図 飛来物防護ネットの配置図

2.2 構造概要

飛来物防護ネット

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.2 構造概要」の「(6)b. 飛来物防護ネット」へ移行

の強度計算の方針」の「2.4 構造設計」を踏まえて設計し、防護ネット、防護板(鋼材)及び支持架構を組み合わせて、竜巻防護対象施設の周囲に設置する。

飛来物防護ネットを構成する部材を第2.2-1表に示す。

第2.2-1表 飛来物防護ネットの構成部材

名称	構成部材			
	防護ネット		防護板 (鋼材)	支持架構
	支持架構に 直接設置	鋼製枠		
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)	○	○	○	○

○：使用している部材，－：使用していない部材

(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)の構造概要

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)の防護ネットは、支持架構に直接設置する防護ネット(以下、「防護ネット(支持架構に直接設置)」という。)及び電中研報告書と同一構造の防護ネット(以下、「防護ネット(鋼製枠)」という。)の2種類が存在する。

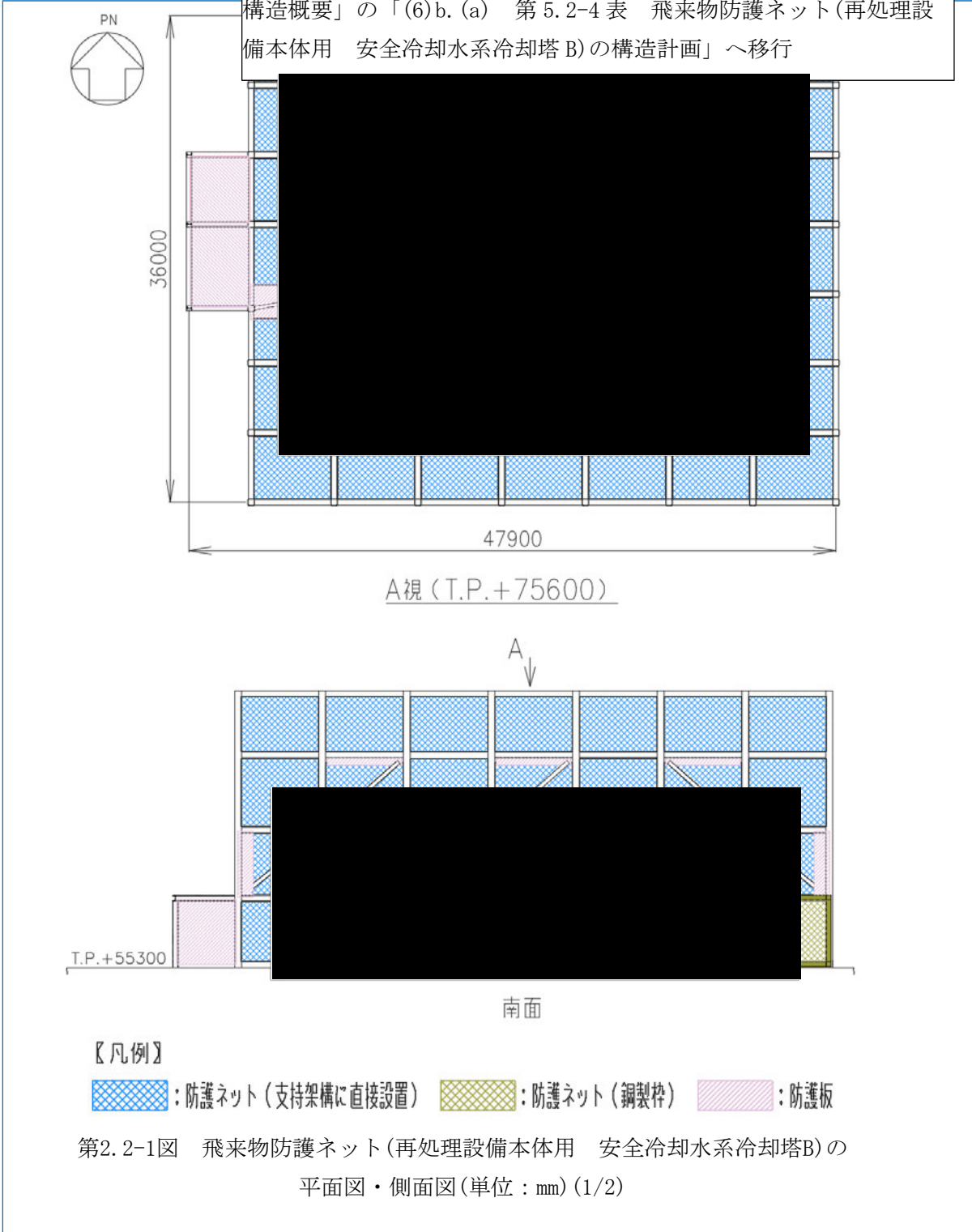
また、離隔距離が確保できない箇所やネットの変形を阻害するブレース材等が存在する箇所には防護板(鋼材)を設置する。

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。

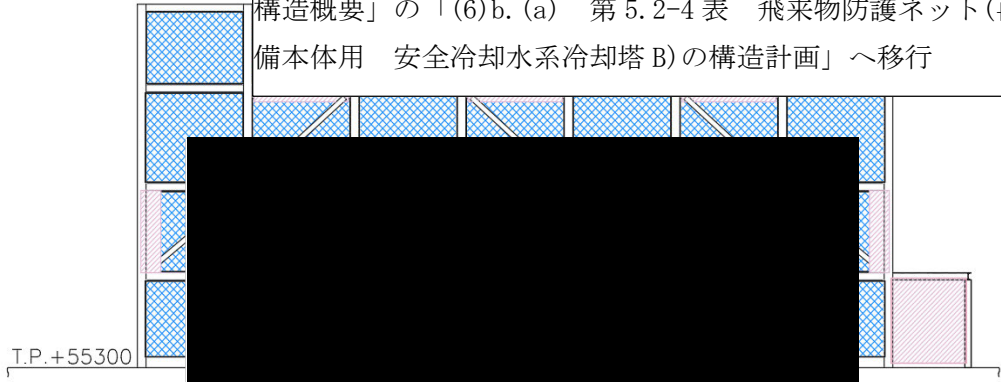
また、飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)は杭基礎を介して支持地盤である鷹架層に支持される構造としている。

構成部材は、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「3. 竜巻防護対策設備の構成要素の設計方針」に基づき設計し、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)の平面図・側面図を第2.2-1図に示す。また、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)の支持架構概要図を第2.2-2図に示す。

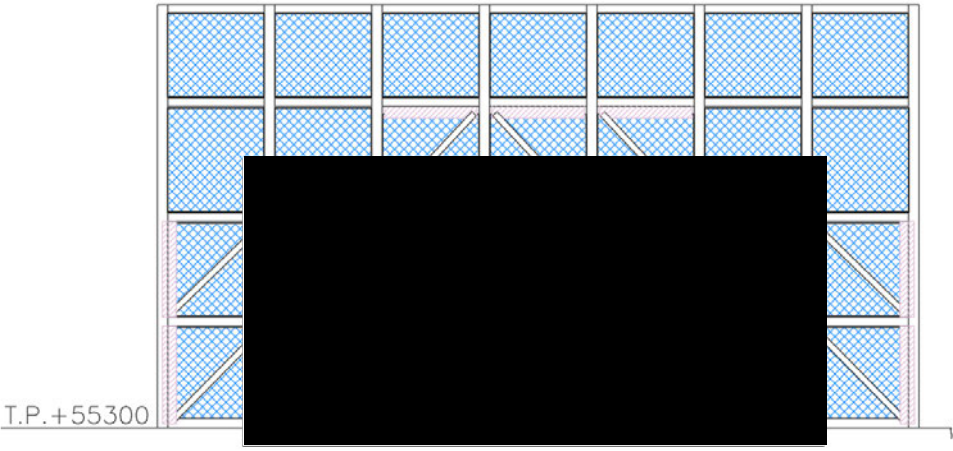
「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.2 構造概要」の「(6)b. (a) 第5.2-4表 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の構造計画」へ移行



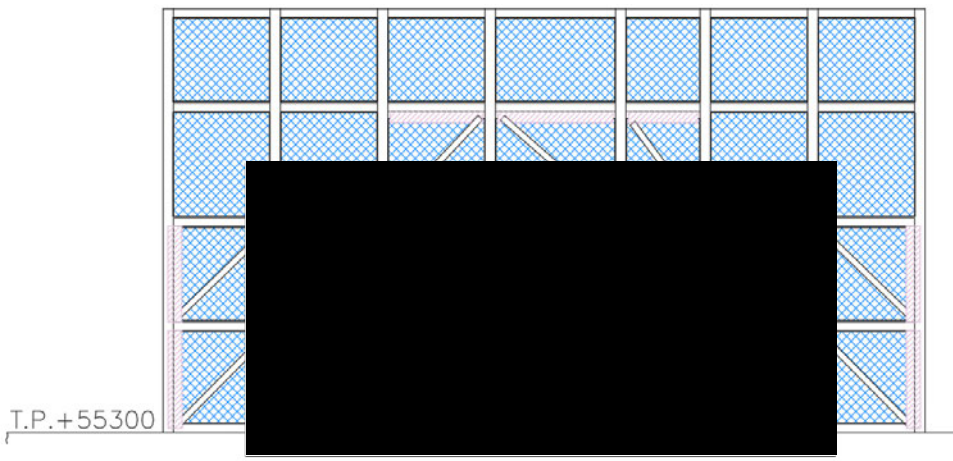
「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設的设计方針」の「5.2 構造概要」の「(6)b.(a) 第5.2-4表 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の構造計画」へ移行



北面



東面



西面

【凡例】

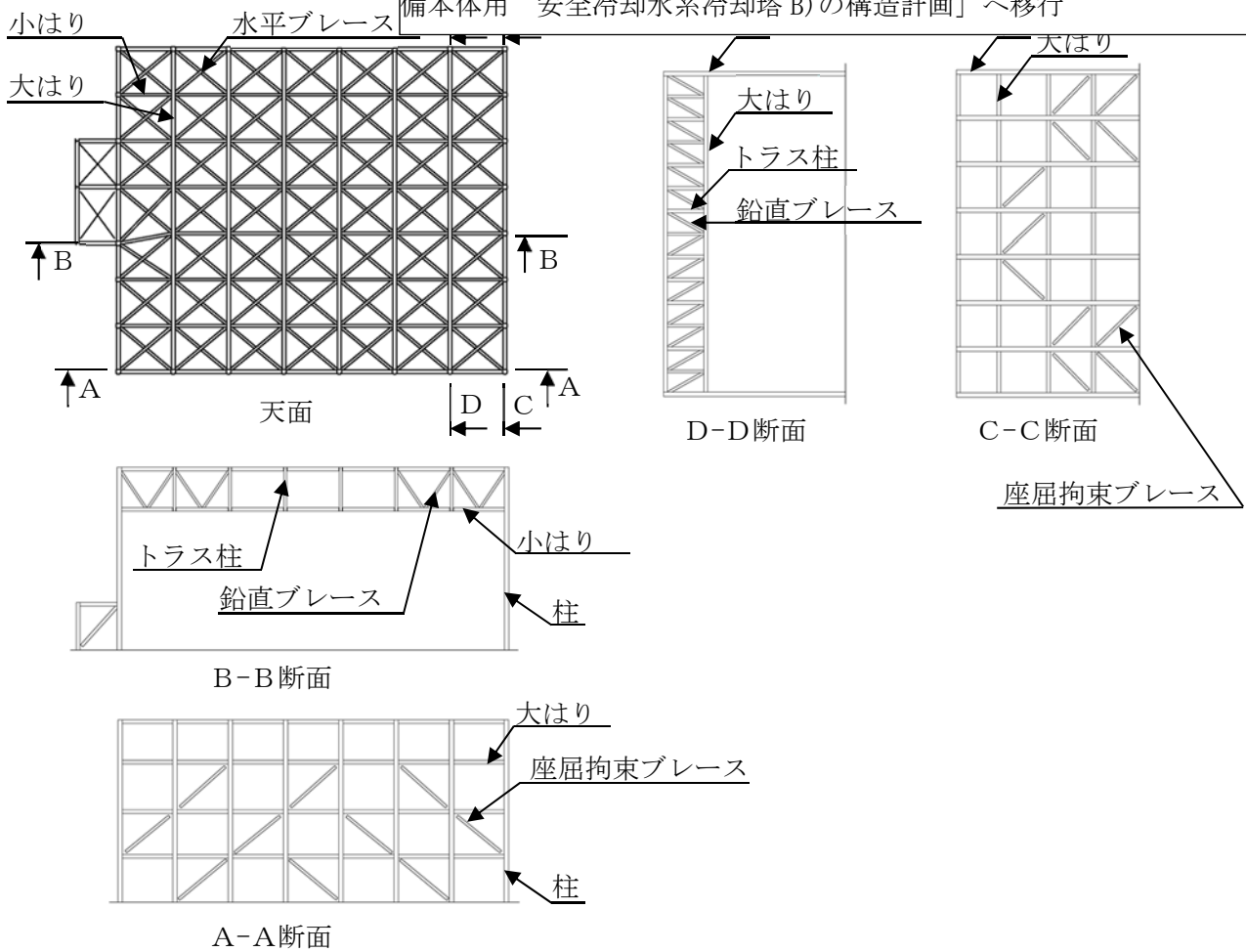
: 防護ネット(支持架構に直接設置)

 : 防護ネット(鋼製枠)

 : 防護板

第2.2-1図 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
平面図・側面図(単位: mm) (2/2)

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.2 構造概要」の「(6)b.(a) 第5.2-4表 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)の構造計画」へ移行



第2.2-2図 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)の支持架構概要図

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」
の「2. 強度設計の基本方針」へ移行

2.3 評価方針

飛来物防護ネットの構造強度評価は、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「2.3 荷重及び荷重の組合せ」, 「4. 竜巻防護対策設備の構成要素の評価方針」及び「5. 許容限界」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、飛来物防護ネットの評価対象部位に作用する応力が、許容限界に収まることを「3. 構造強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」
の「3.2.1 防護ネットの評価方針」へ移行

2.3.1 防護ネットの評価方針

防護ネットの構造強度評価は、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「4.1 防護ネットの評価方針」に基づき、以下を評価する。

防護ネットの評価における配慮事項を第2.3.1-1表に示す。

(1) 構造強度評価

設計荷重(竜巻)に対し、主要な部材が破断しないために、防護ネットのうちネット、ワイヤロープ、接続治具(支持部及び固定部)、接続部に破断が生じないように十分な余裕を持った強度を有することを計算により確認する。

ネットについては、設計荷重(竜巻)が作用する場合に、ネット全体でエネルギーを吸収することから、ネットの吸収エネルギーを評価する。評価方法としては、電中研報告書において、ネットへの適用性が確認されている評価式(以下、「電中研評価式」という。)を用いて評価する^(注)。また、飛来物の衝突により破断が生じないことを確認するために、ネットに作用する引張荷重を、電中研評価式を参照して評価する。さらに、ネットが機能を発揮できるように、ネットに作用する荷重がワイヤロープ、接続治具(支持部及び固定部)及び接続部に伝達された際、その荷重により発生する荷重並びに応力が、各部材の許容値以下であることを確認する。

防護ネット(支持架構に直接設置)においては、補助防護板に飛来物が衝突したとしても、貫通しない厚さを有していること及び竜巻防護対象施設に衝突するおそれのある補助防護板が脱落しないことを確認する。

(注)：防護ネット(支持架構に直接設置)は、電中研報告書にて検証された防護ネット構造と違いがあるものの、電中研評価手法を適用するための構造上の要求を満足していることから、電中研評価式が適用可能であることを確認している。

a. ネットの吸収エネルギー評価

ネットの吸収エネルギー評価においては、ネットの目合の方向に従ってネット剛性を設定し、ネットのエネルギー吸収に有効な面積を考慮し、ネットの有効面積を設定し評価を実施する。また、ネット剛性の設定によるたわみ量への影響を考慮して、評価を実施する。

- b. ネット，ワイヤロープ，接続治具(支持部及び固定部)及び接続部の破断評価
- ネット，ワイヤロープ，接続治具，及び接続部の破断評価においては，飛来物の衝突位置として，中央位置からずれた(以下，「オフセット」という。)衝突についても考慮する。具体的には，電中研評価式では飛来物がネット中央位置に衝突する場合についてのみ評価を実施しているため，オフセット位置に衝突する場合の評価においては，中央位置に衝突する場合とオフセット位置に衝突する場合の飛来物の移動距離を考慮した評価を実施する。また，ネット剛性の設定によるたわみ量への影響を考慮して，評価を実施する。

接続部の破断評価においては，緩衝装置を有する保持管によるワイヤロープ張力の急激な増加を抑制する効果が得られないため，動的応答倍率の影響を考慮して評価を実施する。

- c. 補助防護板

補助防護板は，ネットと支持架構の隙間から侵入する飛来物を貫通させない厚さを有する設計とすることから，「2.3.2 防護板(鋼材)の評価方針」の評価方針に基づき，必要最小厚さを上回っていること及び補助防護板の取付部が破断しないことを確認する。

なお，設計においては，ネットと支持架構の隙間から侵入してくる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を用いて必要厚さを設計する。

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の
「3.2.1 防護ネットの評価方針」の「(2) たわみ評価」へ移行

(2) たわみ評価

設計荷重(竜巻)に対し、飛来物が竜巻防護対象施設と衝突しないよう捕捉するために、防護ネットのうちネット及びワイヤロープにたわみが生じて、飛来物が竜巻防護対象施設と衝突しないよう竜巻防護対象施設との離隔距離を確保できることを計算により確認する。

防護ネットは、設計荷重(竜巻)がネットに作用する場合に、ネットがたわむことでエネルギーを吸収することから、ネット及びワイヤロープにたわみが生じて、ネットと竜巻防護対象施設が衝突しないことを確認する。この際、ネットとワイヤロープのたわみ量を考慮して評価する。評価方法としては、電中研評価式を用いて評価する^(注)。

評価の条件についても、構造強度評価と同様に飛来物のネットの衝突位置、ネット剛性の設定によるたわみ量への影響を考慮して評価を実施する。

(注)：防護ネット(支持架構に直接設置)は、電中研報告書にて検証された防護ネット構造と違いがあるものの、電中研評価手法を適用するための構造上の要求を満足していることから、電中研評価式が適用可能であることを確認している。

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「3.2.1 防護ネットの評価方針 第3.2.1-1表」へ移行

第2.3.1-1表 ネット評価の考慮事項の選定

	吸収エネルギー評価	破断評価	たわみ評価
算出方法	飛来物による衝撃荷重のエネルギーと自重、積雪荷重及び風圧力による荷重から生じるエネルギーを算出し、ネットに生じるエネルギーの総量を算出。	設計荷重(竜巻)に対し、ネットの引張荷重、ワイヤロープの張力、接続治具(支持部及び固定部)、接続部に発生する荷重及び応力を算出。	自重、積雪荷重、飛来物による衝撃荷重及び風圧力による荷重によりネット及びワイヤロープに生じるたわみ量を算出。
衝突位置	オフセット位置での衝突時のネットの吸収エネルギーは中央衝突時と同等であることから、オフセットによる影響は考慮不要。	オフセット位置での衝突時の飛来物による衝撃荷重が中央衝突時より増加することを算出荷重に考慮する。	ネットのたわみ量が最大となる中央位置への衝突時のたわみ量を算出。
ネット剛性	等価剛性の算出過程の影響から定められる係数を限界吸収エネルギーに考慮する。	等価剛性の算出過程の影響から定められる係数をネットの許容引張荷重に考慮する。	等価剛性の算出過程の影響から定められる係数を飛来物による衝突によりネット本体に生じるたわみ量に考慮する。
動的応答倍率	吸収エネルギー評価において考慮不要。	緩衝装置を有する保持管による効果を得られない接続部の荷重に考慮する。	たわみ評価において考慮不要。

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「3.2.2 防護板(鋼材)の評価方針」へ移行

2.3.2 防護板(鋼材)の評価方針

防護板(鋼材)の構造強度評価は、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「4.2 防護板(鋼材)の評価方針」に基づき、以下を評価する。

(1) 貫通評価

設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来物が防護板(鋼材)を貫通しない設計とするために、防護板(鋼材)が設計飛来物の貫通を生じない最小厚さ以上であることを計算により確認する。

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「3.2.2 防護板(鋼材)の評価方針」へ移行

(2) 波及的影響評価

設計飛来物による衝撃荷重に対し、防護板(鋼材)が脱落しないことを、FEM解析を用いて確認する。

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「3.2.3 支持架構の評価方針」へ移行

2.3.3 支持架構の評価方針

支持架構の構造強度評価は、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「4.3 支持架構の評価方針」に基づき、以下を評価する。

(1) 貫通評価

設計荷重(竜巻)に対し、支持架構を構成する部材が飛来物を貫通させないために、支持架構部材が破断に至るようなひずみを生じないことをFEM解析により確認する。

(2) 波及的影響評価

設計荷重(竜巻)に対し、竜巻防護対策設備の支持架構が脱落、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ことをFEM解析により確認する。

a. 脱落評価

設計荷重(竜巻)に対し、支持架構の接続部は十分な強度を有し、部材の脱落を生じさせないために、接続部が破断に至るようなひずみを生じないことをFEM解析により確認する。

b. 倒壊評価

「(1) 貫通評価」において、部材の貫通若しくは大変形が確認された場合、支持架構は、当該部位を欠損した状態で構造健全性が維持されていることをFEM解析により確認する。

c. 転倒評価

設計荷重(竜巻)に対し、支持架構の柱脚部は十分な強度が確保されていることをFEM解析により確認する。

2.4 準拠規格

準拠する規格，基準，指針等を以下に示す。

- 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—((社)日本建築学会，2005) (以下，「鋼構造設計規準」という。)
- 日本産業規格(JIS)
- 小規模吊橋指針・同解説((社)日本道路協会)
- タービンミサイル評価について(昭和52年7月20日原子炉安全専門審査会)
- ISES7607-3 昭和50年度日本原子力研究所委託調査「軽水炉構造機器の衝撃荷重に関する調査 その3 ミサイルの衝突による構造壁の損傷に関する評価式の比較検討」(昭和51年10月 高温構造安全技術研究組合)
- 発電用原子力設備規格 竜巻飛来物の衝撃荷重による構造物の構造健全性評価手法ガイドライン JSME S NS6-2019 2019年6月((社)日本機械学会)
- 「Eの数値を算出する方法並びに V_0 及び風力係数の数値」
(平成12年5月31日，建設省告示第1454号)
- NEI07-13 Methodology for Performing Aircraft Impact Assessments for New Plant Designs April 2011(以下，「NEI07-13」という。)
- 鋼構造限界状態設計指針・同解説(2010)((社)日本建築学会)
- 「動的繰返し大変形を受ける溶接鋼構造物の脆性破壊性能評価方法，WES2808:2003(社)日本溶接協会

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の
「3.1 評価対象部位の選定」へ移行

3. 構造強度評価方法

3.1 構造強度評価の評価対象部位選定方針

飛来物防護ネットの評価対象部位は、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「2.4 構造設計」及び「4. 竜巻防護対策設備の構成要素の評価方針」にて設定している構造に基づき、荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。評価対象部位の選定においては、設計荷重(竜巻)を伝達する全ての部位を抽出し、その中で構造強度評価上、厳しい部位を選定する。

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」

3.1.1 防護ネットの評価の「3.1.1 防護ネットの評価対象部位」へ移行

(1) 防護ネット(支持架構に直接設置)

a. ネット

設計飛来物は、ネットに直接衝突する。このため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、ネットとする。

評価対象部位について第3.1.1-1図に示す。

b. ワイヤロープ

ワイヤロープはネットを支持する部材であり、ネットに作用した荷重は、ワイヤロープに作用するため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、ワイヤロープとする。

ワイヤグリップは、ワイヤロープの一部としてワイヤグリップ効率を考慮する。評価対象部位について第3.1.1-1図に示す。

c. 接続治具(支持部)

接続治具(支持部)は、ワイヤロープを支持する部材であり、ネットに作用した荷重は、ワイヤロープを介して接続治具(支持部)に作用するため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、接続治具(支持部)のシャックル及びターンバックルとする。

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ことから、評価対象外とする。

評価対象部位について第3.1.1-1図に示す。

d. 接続治具(固定部)

接続治具(固定部)は、保持管を固定する隅角部固定ボルト及び接続治具(支持部)を固定する取付プレートであり、ワイヤロープからの荷重が作用するため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、接続治具(固定部)の隅角部固定ボルト及び取付プレートとする。

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の
「3.1.1 防護ネットの評価対象部位」へ移行

取付プレートは、取付ボルトの溶接部、プレート本体と同一荷重を受ける部分であり、プレート本体の評価結果に包絡されることから、評価対象外とする。ネット取付金物は、同じ荷重を受ける部位のうち、押さ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。取付金物タッププレート溶接部は、同じ荷重を受ける部位のうち、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。

評価対象部位について第3.1.1-1図、第3.1.1-3図及び第3.1.1-4図に示す。

e. 接続部

接続部は、防護ネットと支持架構を接続する部位であり、防護ネットが受ける荷重を支持架構に伝える部位であるため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、接続部の押さえボルト及び取付ボルトとする。

押さえボルト取付座及び溶接部は、ボルトと同じ荷重を受ける部材であり、ボルトの評価結果に包絡されることから、評価対象外とする。

評価対象部位について第3.1.1-1図及び第3.1.1-5図に示す。

f. 補助防護板

補助防護板は、ネットと支持架構の隙間が設計上通過を許容する飛来物以下のサイズにするための部材であり、隙間より侵入してきた飛来物は鋼板に直接衝突するため、貫通評価においては、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、鋼板とする。

評価対象部位について第3.1.1-6図に示す。

なお、波及的影響評価においては、ネットの前に設置されている補助防護板は、脱落したとしても、ネットに捕捉されることから評価対象外とする。また、ネットの後ろに設置されている補助防護板は、モーメントアームの長さが約200mmであるのに対して、評価対象である防護板(鋼材)のモーメントアームの長さは830mmであり、補助防護板に比べて防護板(鋼材)の方が約4倍モーメントアームが大きいことから、防護板(鋼材)の評価結果に包絡されるため、評価対象外とする。

(2) 防護ネット (鋼表材)

a. ネット

設計飛来物は、ネットに直接衝突する。このため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、ネットとする。

評価対象部位について第3.1.1-2図に示す。

b. ワイヤロープ

ワイヤロープはネットを支持する部材であり、ネットに作用した荷重は、ワイヤロープに作用するため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、ワイヤロープとする。

ワイヤグリップは、ワイヤロープの一部としてワイヤグリップ効率を考慮する。
評価対象部位について第3.1.1-2図に示す。

c. 接続治具(支持部)

接続治具(支持部)は、ワイヤロープを支持する部材であり、ネットに作用した荷重は、ワイヤロープを介して接続治具(支持部)に作用するため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、接続治具(支持部)のシャックル及びターンバックルとする。

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ことから、評価対象外とする。

評価対象部位を第3.1.1-2図に示す。

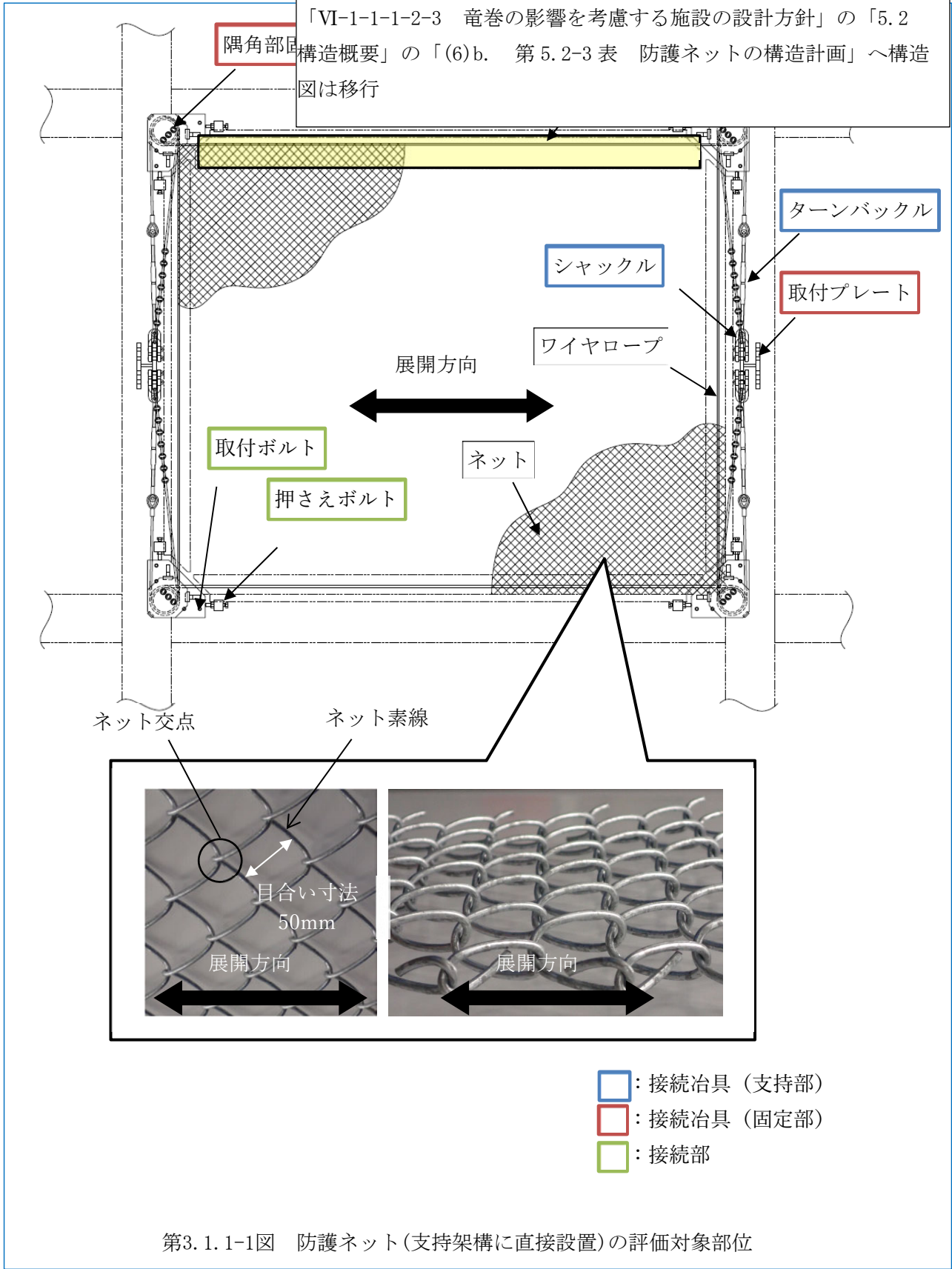
d. 接続治具(固定部)

接続治具(固定部)は、保持管を固定する隅角部固定ボルト及び接続治具(支持部)を固定する取付プレートであり、ワイヤロープからの荷重が作用するため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、接続治具(固定部)の隅角部固定ボルト及び取付プレート本体及び溶接部とする。

評価対象部位について第3.1.1-2図、第3.1.1-3図及び第3.1.1-4図に示す。

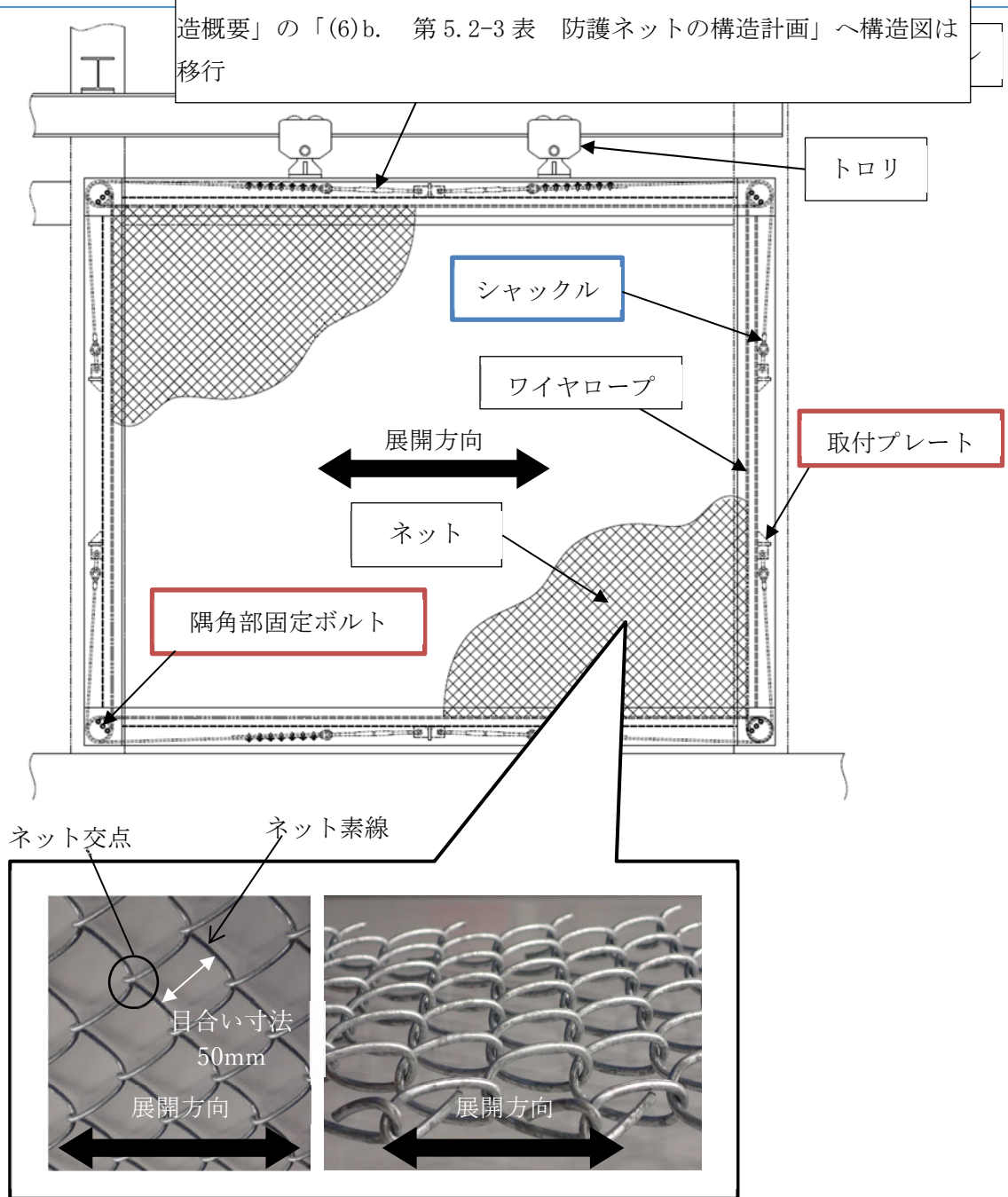
- e. トロリ、ガイドレール及び固定ピン
トロリ及びガイドレールは、防護ネット（鋼製枠）を開閉するための部材であり、破損しても、防護ネットは支持架構の支柱スパンよりも大きいため、内部に転倒することはない。また、竜巻防護対象施設へ影響は与えないことから、評価対象外とする。
- 固定ピンは、防護ネット（鋼製枠）が開かないよう固定するための部材であり、ネットに作用した荷重は防護ネット（鋼製枠）を介して支持架構に伝達し、固定ピンには作用しない。また、風圧力による荷重が側面に作用したとしても、防護ネット（鋼製枠）の自重により、動くことはないことから、評価対象外とする。
- f. 鋼製枠
鋼製枠は、取付プレートを介して、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。
- g. 接続部
接続部は、防護ネット（鋼製枠）と支持架構を接続する部材であり、防護ネット（鋼製枠）が受ける荷重を支持架構に伝える部材である支圧材が該当する。支圧材は防護ネット（鋼製枠）から受ける荷重を支持架構へ伝達する構造であることから、評価対象外とする。

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「3.1.1 防護ネットの評価対象部位」に表形式で移行。
 「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.2 構造概要」の「(6)b. 第5.2-3表 防護ネットの構造計画」へ構造図は移行



第3.1.1-1図 防護ネット(支持架構に直接設置)の評価対象部位

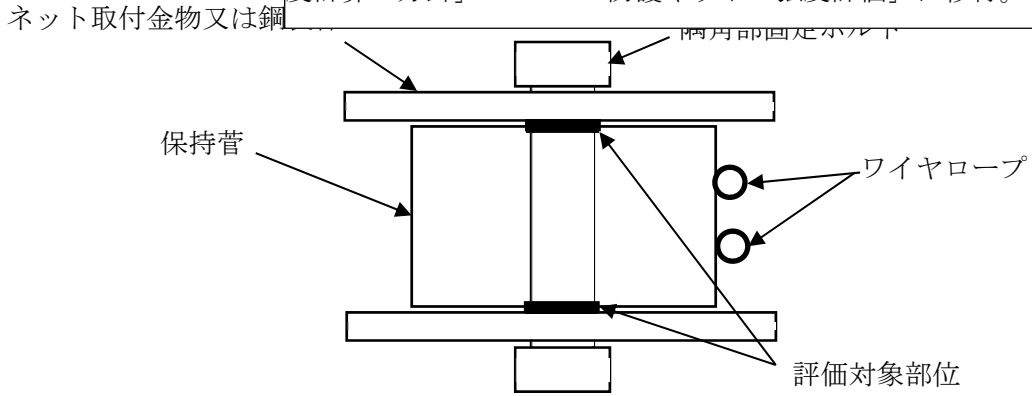
「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「3.1.1 防護ネットの評価対象部位」に表形式で移行。
 「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.2 構造概要」の「(6)b. 第5.2-3表 防護ネットの構造計画」へ構造図は移行



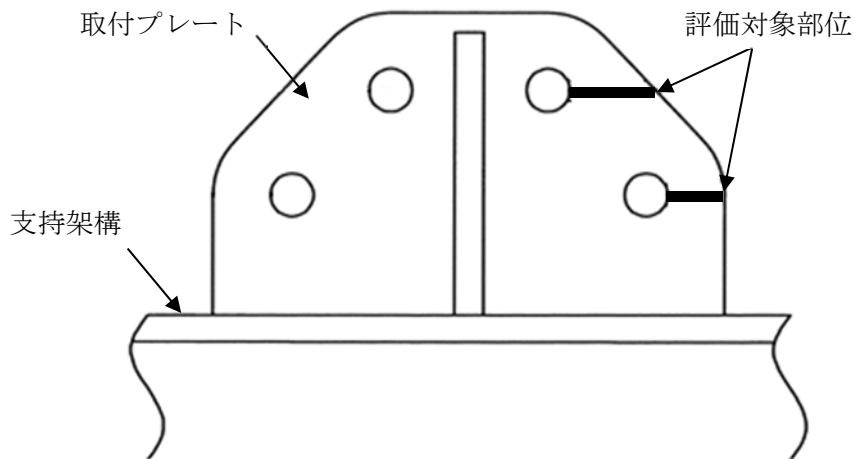
- : 接続治具 (支持部)
- : 接続治具 (固定部)

第3.1.1-2図 防護ネット(鋼製枠) の評価対象部位

評価対象部位は、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「6.1 防護ネットの強度評価」に移行。



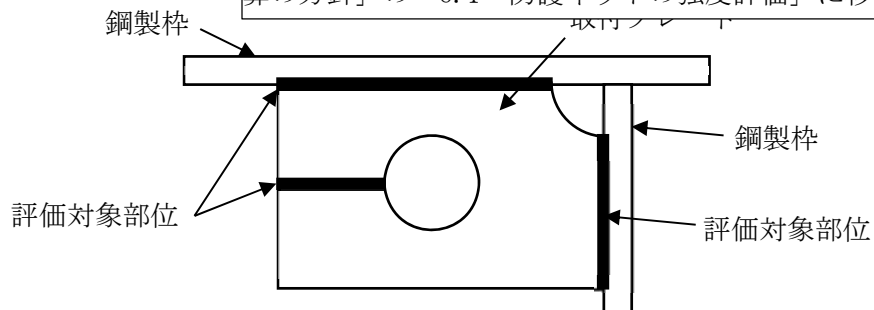
第3.1.1-3図 隅角部固定ボルトの評価対象部位



※取付プレート溶接部は、評価対象部位より許容荷重が大きいいため評価を省略している。

(i) 防護ネット(支持架構に直接設置)

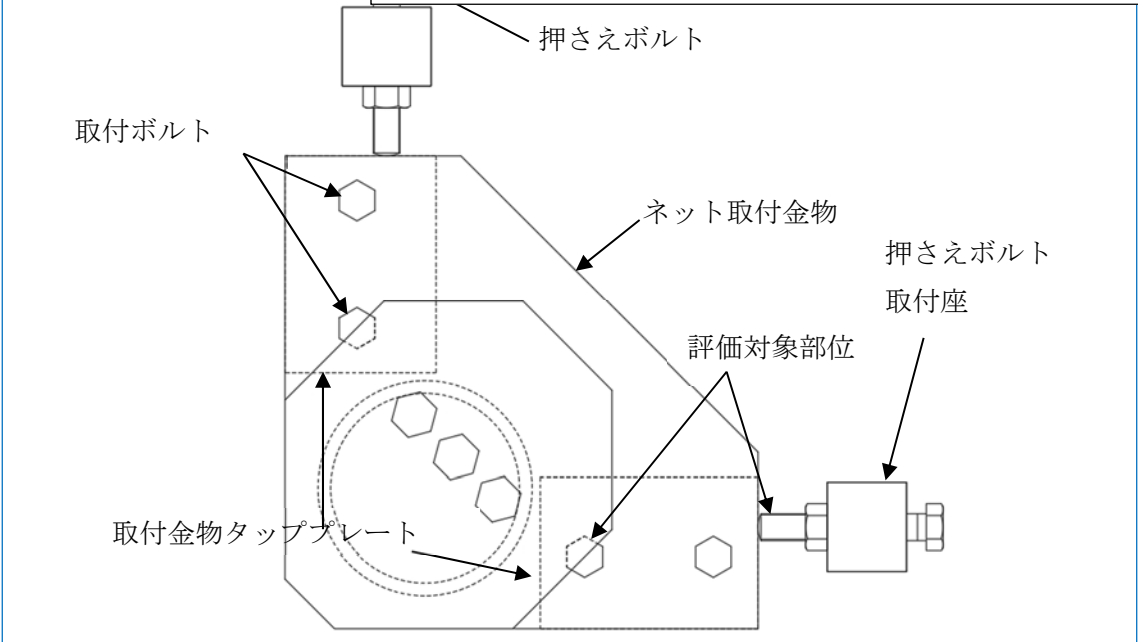
評価対象部位は、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「6.1 防護ネットの強度評価」に移行。



(ii) 防護ネット(鋼製棒)

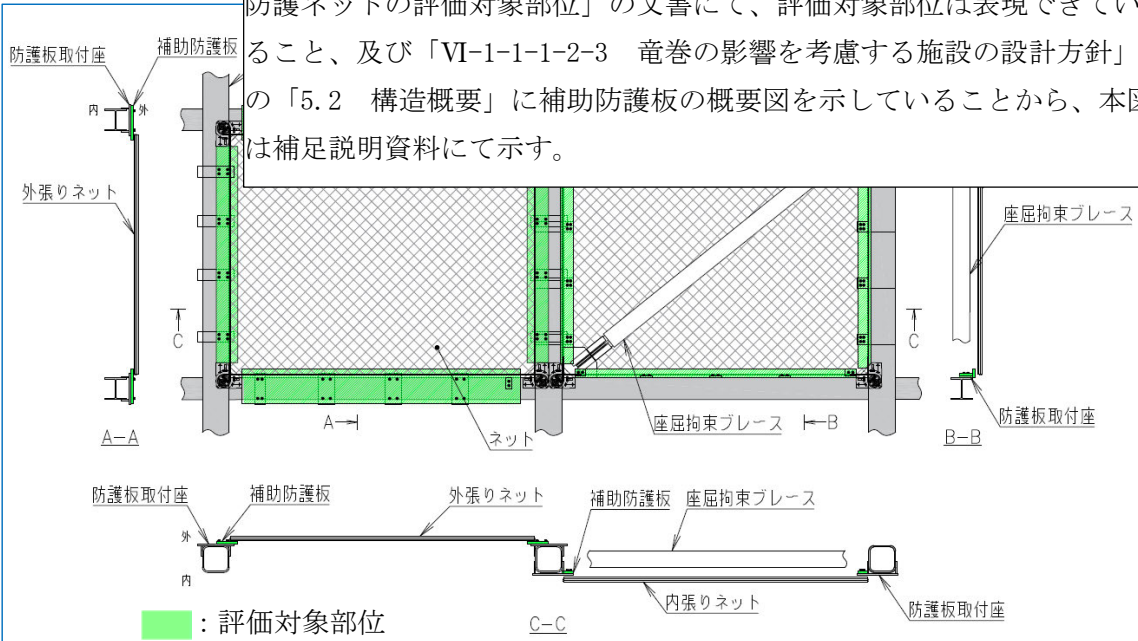
第3.1.1-4図 ワイヤロープの取付プレートの評価対象部位

評価対象部位は、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「6.1 防護ネットの強度評価」に移行



※ボルト取付座及び溶接部は評価対象部位より許容荷重が大きいため評価を省略している。

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「3.1.1 防護ネットの評価対象部位」の文書にて、評価対象部位は表現できていること、及び「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.2 構造概要」に補助防護板の概要図を示していることから、本図は補足説明資料にて示す。



第 3.1.1-6 図 補助防護板の評価対象部位

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「3.1.2 防護板(鋼材)の評価対象部位」へ移行

3.1.2 防護
なお、取付ボルトについては、至近のヒアリングを踏まえ、記載を修正する。

a. 鋼板

設計飛来物は、鋼板に直接衝突する。このため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、鋼板とする。

b. 取付ボルト

取付ボルトは、鋼板を支持架構に接続する部位であり、鋼板に作用する荷重は取付ボルトに作用するため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、取付ボルトとする。

評価対象とする取付けボルトは、防護板(鋼材)の支持方法、支持辺長さとモーメントアームを考慮して選定する。具体的には、取付ボルトは一定間隔で取り付ける設計としているため、ボルト本数は支持辺の長さに依存し、支持辺が短いほど本数が少なくなることから、モーメントアームが長く、支持辺長さが短い方が防護板(鋼材)のたわみ量が大きくなり、ボルトに対して保守的な評価となる。

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「3.1.3 支

3.1.3 支持架構の評価対象部位」へ移行

支持架構は、防護ネット及び防護板(鋼材)を支持する部材であり、防護ネット及び防護板(鋼材)に設計荷重(竜巻)が作用した際、伝播する荷重に対し、支持架構は上載する防護ネット及び防護板(鋼材)を支持する機能を維持可能な構造強度を有する必要がある。また、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻防護対象施設へ波及的影響を与えないための強度を有する必要があることから、支持架構の構造強度評価の評価対象部位は、支持架構を構成する柱、大はり、小はり、トラス柱、鉛直ブレース、水平ブレース及び座屈拘束ブレースを選定する。

なお、支持架構の構造強度評価は、評価が最も厳しくなるよう、支持架構に設計荷重(竜巻)が直接作用した際に、その健全性をFEM解析により確認する方針としており、FEM解析における飛来物の衝突箇所としては、部材の中央位置を選定する。

これは、衝突により支持架構に発生するひずみを大きくするため、被衝突部材の曲げモーメントが最大となる位置を選定したためである。

支持架構の評価項目に対する、衝突位置選定の考え方を以下に示す。

a. 貫通評価の評価対象部位

飛来物が支持架構の主要部材に衝突した場合に、被衝突部材が破断し貫通するお

それがあ
FEM解
支持架構の評価方針」へ移行

評価対象部位は、支持架構を構成する部材のうち、最も板厚が薄い部材とし、衝突位置も同様とする。なお、座屈拘束ブレースは、地震時の減衰効果を期待した部材であり、飛来物の衝突により破損したとしても、支持架構の構造強度への影響は軽微なこと及び竜巻防護対象施設への影響はないことから、貫通評価の対象とはしない。

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「3.1.3 支持架構の評価対象部位」へ移行

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「3.1.3 支持
架構の評価対象部位」へ移行

b. 波及的影響評価の評価対象部位

(a) 脱落評価

飛来物が支持架構の主要部材に衝突した場合に、支持架構の接続部の両端が
破断すると、飛立物は破断した部材として、竜巻防護対象施設に落下するお
それ
その
ての
「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「3.2.3 支
持架構の評価方針」へ移行

評価対象部位は、支持架構の接続部である部材に生じる応力が最も大きくな
るよう、最も長い部材とし、衝突位置については、接続部の両端が破断するよ
う衝突位置は部材中央とする

(b) 「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「3.1.3 支持
架構の評価対象部位」へ移行

「a. 貫通評価の評価対象部位」の結果、貫通若しくは大きな変形が確認さ
れた部材の欠損評価を実施する。

評価
「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「3.2.3 支
持架構の評価方針」へ移行

(c) 転倒評価

支持架構と基礎を定着している柱脚部が破断すると、支持架構が転倒するお
それがあることから、飛来物が支持架構の主要部材に直接衝突した場合につい
てのFEM解析を実施し、柱脚部の評価を行う。

評価対象部位は、柱脚部に生じる応力が最も大きくなるよう、支持架構の頂
部
「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「3.1.3 支持
架構の評価対象部位」へ移行

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「4.2 荷重の算定方法」, 「5.1.2 許容限界の設定方法」及び「6.1 防護ネットの強度評価」へ移行

3.2 記号の定義

a. 防護ネット

防護ネットの構造強度評価に用いる記号を第3.2-1表に示す。

第3.2-1表 防護ネットの構造強度評価に用いる記号(1/5)

記号	単位	定義
A_a	m^2	ネットの面積
A_{b1}	mm^2	隅角部固定ボルト有効断面積
A_{b2}	mm^2	ネット取付金物等のうち取付ボルト有効断面積
A_{b3}	mm^2	ネット取付金物等のうち押さえボルト有効断面積
A_{s1}	mm^2	取付プレート(支持架構設置)の有効せん断面積
A_{s2}	mm^2	取付プレート(鋼製枠設置)の有効せん断面積
A_w	m^2	風圧力による荷重を受けるネットの受圧面積
a	mm	ネット1目合の対角寸法
a_s	mm	ネット1目合の破断変位
a_w	mm	取付プレート(鋼製枠設置)溶接部ののど厚
b	mm	飛来物の端面の長辺方向寸法
c	mm	飛来物の端面の短辺方向寸法
C	-	風力係数(施設の形状や風圧力が作用する部位(屋根, 壁等)に応じて設定する。)
C_c	-	ワイヤグリップの効率
d	m	設計飛来物衝突後の設計飛来物の移動距離
E_f	kJ	設計飛来物衝突時にネットに作用するエネルギー
E_i	kJ	i番目の列におけるネットの吸収可能なエネルギー
E_{max}	kJ	ネットの限界吸収エネルギー
E_{max}'	kJ	ネットの補正限界吸収エネルギー
E_t	kJ	ネットに作用する全エネルギー
E_w	kJ	自重, 積雪荷重及び風圧力による荷重によりネットに作用するエネルギー
F_{40}	kN	40mm目合ネットの1交点当たりの許容引張荷重
F_{50}	kN	50mm目合ネットの1交点当たりの許容引張荷重
F_a	kN	設計飛来物衝突時にネットが受ける最大衝撃荷重
F_a'	kN	衝突位置を考慮した飛来物衝突時にネットが受ける飛来物による衝撃荷重
F_a''	kN	設計飛来物衝突時にネットが受ける衝撃荷重

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「4.2 荷重の算定方法」,
「5.1.2 許容限界の設定方法」及び「6.1 防護ネットの強度評価」へ移行

第 3.2-1 表 防護ネットの構造強度評価に用いる記号(2/5)

(つづき)

記号	単位	定義
F_{bm}	kN	飛来物衝突時のネットの許容荷重(ネット交点の破断荷重)
F_{bw}	kN	ワイヤロープ破断荷重(JIS 規格値)
F_i	kN	飛来物衝突時の <i>i</i> 番目の列における作用力
F_n	kN	ネット設置枚数 <i>n</i> を考慮したネットの総交点強度
F_n'	kN	等価剛性のばらつきを考慮したネットの総交点強度
F_p	kN	ワイヤロープにより隅角部に作用する荷重
F_{p1}	kN	1本目のワイヤロープにより隅角部に作用する荷重
F_{p2}	kN	2本目のワイヤロープにより隅角部に作用する荷重
f_s	MPa	許容せん断応力
f_t	MPa	許容引張応力
F_t	kN	ネット取付金物に作用する水平方向合成荷重
F_w	kN	自重, 積雪荷重及び風圧力による荷重によりネットに作用する荷重
F_x	kN	ネット取付金物に作用する展開方向荷重
F_y	kN	ネット取付金物に作用する展開直角方向荷重
F_{x1}	kN	飛来物がネットに衝突によりワイヤロープから発生する X 方向荷重
F_{y1}	kN	飛来物がネットに衝突によりワイヤロープから発生する Y 方向荷重
F_z	kN	ネット取付金物及び鋼製枠に作用する鉛直方向荷重
g	m/s^2	重力加速度($g=9.80665$)
G	-	ガスト影響係数
H	mm	ネット取付金物の取付け面から保持管中心までの距離
K	kN/m	ネット 1 目合の等価剛性
K_x	kN/m	ネット設置枚数を考慮したネット1目合の展開方向の1列の等価剛性
K_x'	kN/m	ネット1枚のネット1目合の展開方向の1列の等価剛性
L	mm	取付けプレート(鋼製枠設置)の面取り長さ
L_1	mm	ネット取付金物のモーメント支点からボルトまでの距離
L_2	mm	ネット取付金物のモーメント支点から保持管中心までの距離
L_b	m	変形前のワイヤロープ長さ
L_{min}	m	防護ネットと竜巻防護対象施設の最小離隔距離
L_{pw}	mm	取付プレート(鋼製枠設置)溶接部の有効長さ
L_{p1}	mm	取付プレート(支持架構設置)取付け孔位置寸法
L_{p2}	mm	取付プレート(支持架構設置)取付け孔位置寸法
L_{p3}	mm	取付プレート(鋼製枠設置)長さ(縦寸法)

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「4.2 荷重の算定方法」, 「5.1.2 許容限界の設定方法」及び「6.1 防護ネットの強度評価」へ移行

第 3.2-1 表 防護ネットの構造強度評価に用いる記号(3/5)

(つづき)

記号	単位	定義
L_{p4}	mm	取付プレート(鋼製枠設置)長さ(横寸法)
L_{p5}	mm	取付プレート(鋼製枠設置)取付け孔位置寸法
L_x	m	ネット展開方向寸法
L_y	m	ネット展開直角方向寸法
L_z	m	ワイヤロープの全長
m	kg	設計飛来物の質量
m_1	kg/m ²	ネットの単位面積当たりの質量
m_2	kg/m ²	補助ネットの単位面積当たりの質量
N_i	個	i 列目のネット展開直角方向目合数
N_x	個	ネット展開方向目合数
N_y	個	ネット展開直角方向目合数
n	-	ネット設置枚数
n_1	個	飛来物の衝突位置周辺のネット1枚当たりの交点数
n_2	個	隅角部固定ボルト本数
n_3	個	ネット取付金物等のうち取付ボルト評価対象ボルト本数
P	kN	ワイヤロープの許容荷重
P_i	kN	飛来物衝突時にネットに発生する i 番目の列における張力
P_s	kN	積雪荷重
P_w	kN	ネットの自重により作用する荷重
P_1	kN	ネット取付金物等のうち取付ボルトに作用する引張荷重
P_4	kN	ターンバックルの許容荷重
P_5	kN	シャックルの許容荷重
Q	kN/s	衝撃荷重が時間とともに比例する際の比例係数
q	N/m ²	設計用速度圧
S	m	変形後のワイヤロープ長さ
S_x	m	展開方向端部のワイヤロープの弧長
S_y	m	展開直角方向端部のワイヤロープの弧長
S_w	mm	取付プレート(鋼製枠設置)溶接部の溶接脚長
T'	kN	飛来物のネットへの衝突によりネットn枚及び補助ネット1枚に発生する張力の合計の最大値
T_1	kN	飛来物のネット中央への衝突により1枚のネットのワイヤロープ1本に作用する張力の最大値

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「4.2 荷重の算定方法」、 「5.1.2 許容限界の設定方法」及び「6.1 防護ネットの強度評価」へ移行

第 3.2-1 表 防護ネットの構造強度評価に用いる記号(4/5)

(つづき)

記号	単位	定義
T_1'	kN	衝突位置を考慮した飛来物のネットへの衝突により1枚目のネットのワイヤロープ1本に作用する張力の最大値
T_T	kN	全ワイヤロープの合計張力
T_x	kN	飛来物がネットに衝突により展開方向のワイヤロープから発生するX方向荷重
T_x'	kN	飛来物がネットに衝突により展開直角方向のワイヤロープから発生するX方向荷重
T_y	kN	飛来物がネットに衝突により展開方向のワイヤロープから発生するY方向荷重
T_y'	kN	飛来物がネットに衝突により展開直角方向のワイヤロープから発生するY方向荷重
t	s	時間
t_1	s	設計飛来物が衝突しネットのたわみ量が最大になる時間
t_2	mm	取付プレート(支持架構設置)の板厚
t_3	mm	取付プレート(鋼製柱設置)の板厚
V_D	m/s	設計竜巻の最大風速
v	m/s	ネットへの衝突後の設計飛来物の移動速度
v_1	m/s	ネットへの設計飛来物の衝突速度
W_w	kN	風圧力による荷重
X_i	m	i列目のネットの伸び
δ	m	設計飛来物衝突時のネットの最大たわみ量
δ'	m	飛来物衝突時のワイヤロープの変形による伸び量
δ_a	m	自重、積雪荷重及び風圧力による荷重によるたわみ量
δ_i	m	飛来物衝突時のi番目の列におけるネットのたわみ量
δ_{max}	m	ネットの最大たわみ量
δ_t	m	ネット変形、ワイヤたるみを考慮した対策工全体の最大たわみ量
δ_t'	m	等価剛性の算出過程を踏まえた係数を考慮した対策工全体の最大たわみ量
δ_w	m	ワイヤロープのたわみ量
δ_{wx}	m	ネット展開方向端部のワイヤロープのたわみ量

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「4.2 荷重の算定方法」, 「5.1.2 許容限界の設定方法」及び「6.1 防護ネットの強度評価」へ移行

第3.2-1表 防護ネットの構造強度評価に用いる記号(5/5)

(つづき)

記号	単位	定義
δ_{wy}	m	ネット展開直角方向端部のワイヤロープのたわみ量
ε	-	ワイヤロープの伸び率
θ	deg	飛来物衝突時のネットのたわみ角
θ_1	deg	ネット展開方向に平行なワイヤロープの水平投影たわみ角
θ_2	deg	ネット展開直角方向に平行なワイヤロープの水平投影たわみ角
θ_i	deg	i番目の列におけるネットたわみ角
θ_{max}	deg	ネットの最大たわみ角
θ_{w1}	deg	ネット展開方向に平行なワイヤロープのたわみ角
θ_{w2}	deg	ネット展開直角方向に平行なワイヤロープのたわみ角
θ_x	deg	飛来物衝突時のネット展開方向断面のネットたわみ角
θ_y	deg	飛来物衝突時のネット展開直角方向断面のネットたわみ角
σ_{b1}	MPa	ネット取付金物等のうち取付ボルトに発生する引張応力
σ_{b2}	MPa	ネット取付金物等のうち押さえボルトに発生する圧縮応力
ρ	kg/m ³	空気密度
τ_{p1}	MPa	取付プレート(支持架構設置)に発生するせん断応力
τ_{p2}	MPa	取付プレート(鋼製枠設置)に発生するせん断応力
τ_s	MPa	隅角部固定ボルトに発生するせん断応力
τ_w	MPa	取付プレート(鋼製枠設置)溶接部に発生するせん断応力
ϕ	-	ネットの充実率
ϕd_1	mm	取付プレート(支持架構設置)の孔径
ϕd_2	mm	取付プレート(鋼製枠設置)の孔径

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「4.2 荷重の算定方法」及び「5.2.2 許容限界の設定方法」へ移行

b. 防護板(鋼材)

防護板(鋼材)の構造強度評価に用いる記号を第3.2-2表に示す。

第3.2-2表 防護板(鋼材)の構造強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
A_b	m^2	取付ボルトの有効断面積
A_w	m^2	風圧力による荷重を受ける防護板(鋼材)の受圧面積
C	-	防護板(鋼材)の風力係数
d	m	飛来物の(等価)直径
E	MPa	使用材料の縦弾性係数
E'	MPa	使用材料の接線係数
G	-	ガスト影響係数
K	-	鋼材の材質に関する係数
M	kg	飛来物の質量
p_u	N	取付ボルト1本あたりに生じる引張荷重
p_{ua}	N	取付ボルト1本あたりの引張耐力
q	N/m^2	設計用速度圧
q_u	N	取付ボルト1本あたりに生じるせん断荷重
q_{ua}	N	取付ボルト1本あたりのせん断耐力
T	m	防護板(鋼材)の貫通限界厚さ
T_c	m	BRL式の算出結果を実験で非貫通の結果が確認された比率で除した防護板(鋼材)の貫通限界厚さ
S_u	MPa	取付ボルトの引張強さ
v	m/s	飛来物の飛来速度
V_D	m/s	設計竜巻の最大風速
W_w	kN	風圧力による荷重
ρ	kg/m^3	空気密度
σ_y	MPa	使用材料の降伏応力

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「4.2 荷重の算定方法」及び「5.3.2 支持架構全体の波及的影響評価」へ移行

c. 支持架構

支持架構の構造強度評価に用いる記号を第3.2-3表に示す。

第3.2-3表 支持架構の構造強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
A_w	m^2	風圧力による荷重を受ける受圧面積
C	—	風力係数
E	MPa	使用材料の縦弾性係数
f_b	MPa	曲げに対する許容限界
f_{bx}	MPa	X軸廻り曲げに対する許容限界
f_{by}	MPa	Y軸廻り曲げに対する許容限界
f_c	MPa	圧縮に対する許容限界
f_s	MPa	せん断に対する許容限界
f_t	MPa	引張に対する許容限界
G	—	ガスト影響係数
q	N/m^2	設計用速度圧
V_D	m/s	設計竜巻の最大風速
W_w	kN	風圧力による荷重
σ_b	MPa	支持架構の曲げ応力
σ_{bx}	MPa	支持架構のX軸廻り曲げ応力
σ_{by}	MPa	支持架構のY軸廻り曲げ応力
σ_c	MPa	支持架構の圧縮応力
σ_t	MPa	支持架構の引張応力
τ_s	MPa	支持架構のせん断応力
ρ	kg/m^3	空気密度

3.3 荷重及び荷重の組合せ 「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」
構造強度評価に用いるの「4.1 荷重及び荷重の算定方法」へ移行

2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「2.3 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重の種類を踏まえ設定する。

(1) 荷重の設定

a. 常時作用する荷重

自重及び積載荷重を考慮する。なお、防護ネットの常時作用する荷重は設置方向を考慮する。水平方向に設置した防護ネットは、自重は鉛直下向きに発生することを考慮することとする。鉛直に設置した防護ネットは、自重と飛来物による衝撃荷重は作用する方向が異なることから、自重は考慮しない。

また、防護ネットのうちワイヤロープ及び接続治具(支持部, 固定部)並びに防護板(鋼材)のうち取付ボルトに作用する自重については、ネット若しくは鋼板から作用する荷重に比べ十分に小さいことから考慮しない。

防護ネットのうち、ワイヤロープ、接続治具(支持部, 固定部)及び接続部の評価時は、積載荷重としてネットの自重を考慮する。

防護ネットにおいて 「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」
の「4.2 荷重の算定方法」へ移行

$$P_w = \frac{A_a \cdot g \cdot (m_1 \cdot n + m_2 \cdot 1)}{1000}$$

と算出される。

A_a はネットの実寸法 L_x , L_y を用いて、以下の式で求められる。

$$A_a = L_x \cdot L_y$$

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「4.2 荷重の算定方法」へ移行

b. 設計竜巻荷重

設計竜巻荷重として、飛来物による衝撃荷重及び風圧力による荷重を考慮する。飛来物による衝撃荷重としては、衝撃荷重が大きくなる向きで飛来物がネットに衝突することを想定する。構造強度評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

(a) 風圧力による荷重

風圧力による荷重は、防護ネット及び防護板(鋼材)の設置方向を考慮する。風圧力による荷重は水平方向に発生するため、鉛直方向に設置した防護ネット及び防護板(鋼材)に対し、考慮することとする。

$$W_w = \frac{q \cdot G \cdot C \cdot A_w}{1000}$$

$$q = \frac{1}{2} \rho V_D^2$$

ここで、防護ネットにおいては、ネットの充実率を ϕ とすると、風圧力による荷重を受けるネットの受圧面積 A_w は以下のとおり算出される。

$$A_w = \phi \cdot A_a$$

風圧力による荷重の受圧部寸法を第 3.3-1 図に示す。

構造図及び寸法は「VI-2-5 構造図」の「第 2.5.1.2.1-1 図 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) の構造図」へ移行。

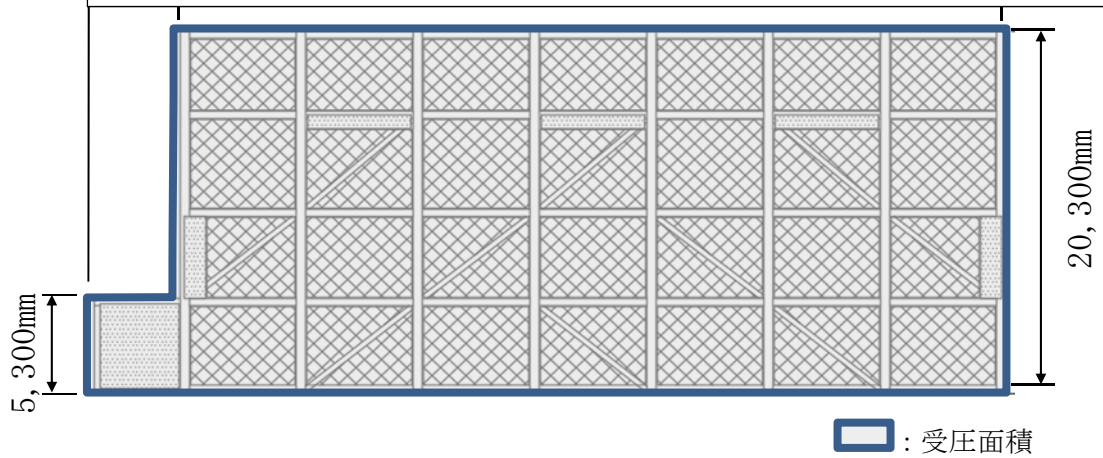
また、受圧面積の設定の考え方は「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「4.2 荷重の算定方法」へ移行。

受圧面積は強度計算書の評価条件にて示すことから「第 3.3-1 図」については補足説明資料「外竜巻 08」へ移行。

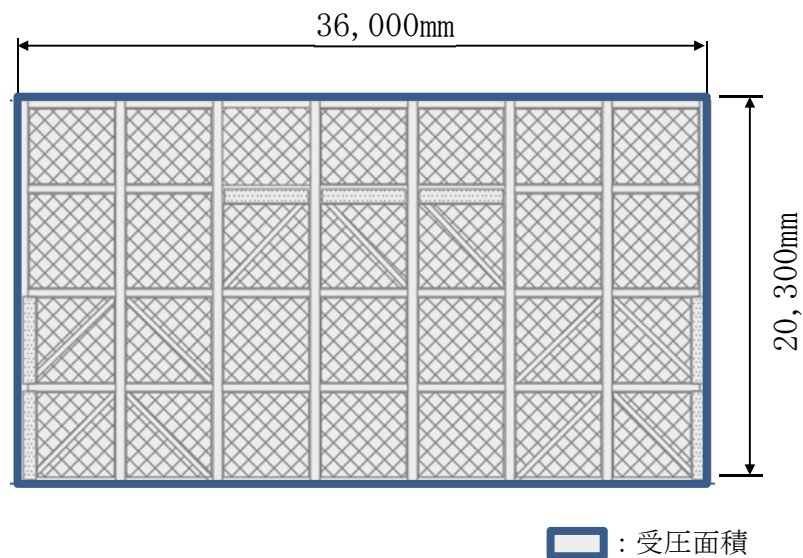
構造図及び寸法は「VI-2-5 構造図」の「第 2.5.1.2.1-1 図 飛来物防護ネット
(再処理設備本体用安全冷却水系冷却塔 b)の構造図へ移行。

また、受圧面積の設定の考え方は「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度
計算の方針」の「4.2 荷重の算定方法」へ移行。

4, 受圧面積は強度計算書の評価条件にて示すことから「第 3.3-1 図」については補
足説明資料「外竜巻 08」へ移行。



(NS方向)



(EW方向)

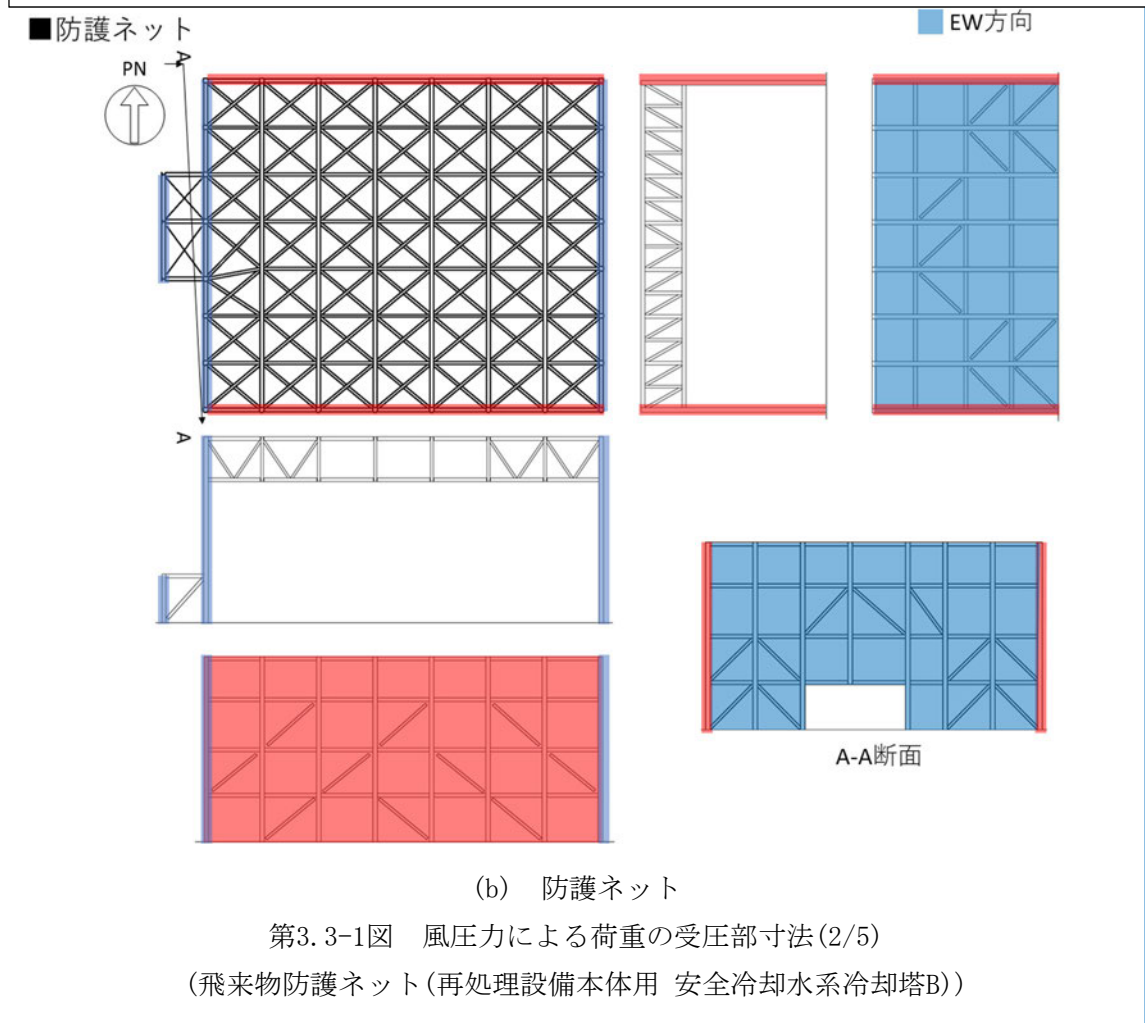
注記 * : 寸法は部材中心間の距離を示す。

(a) 全体図

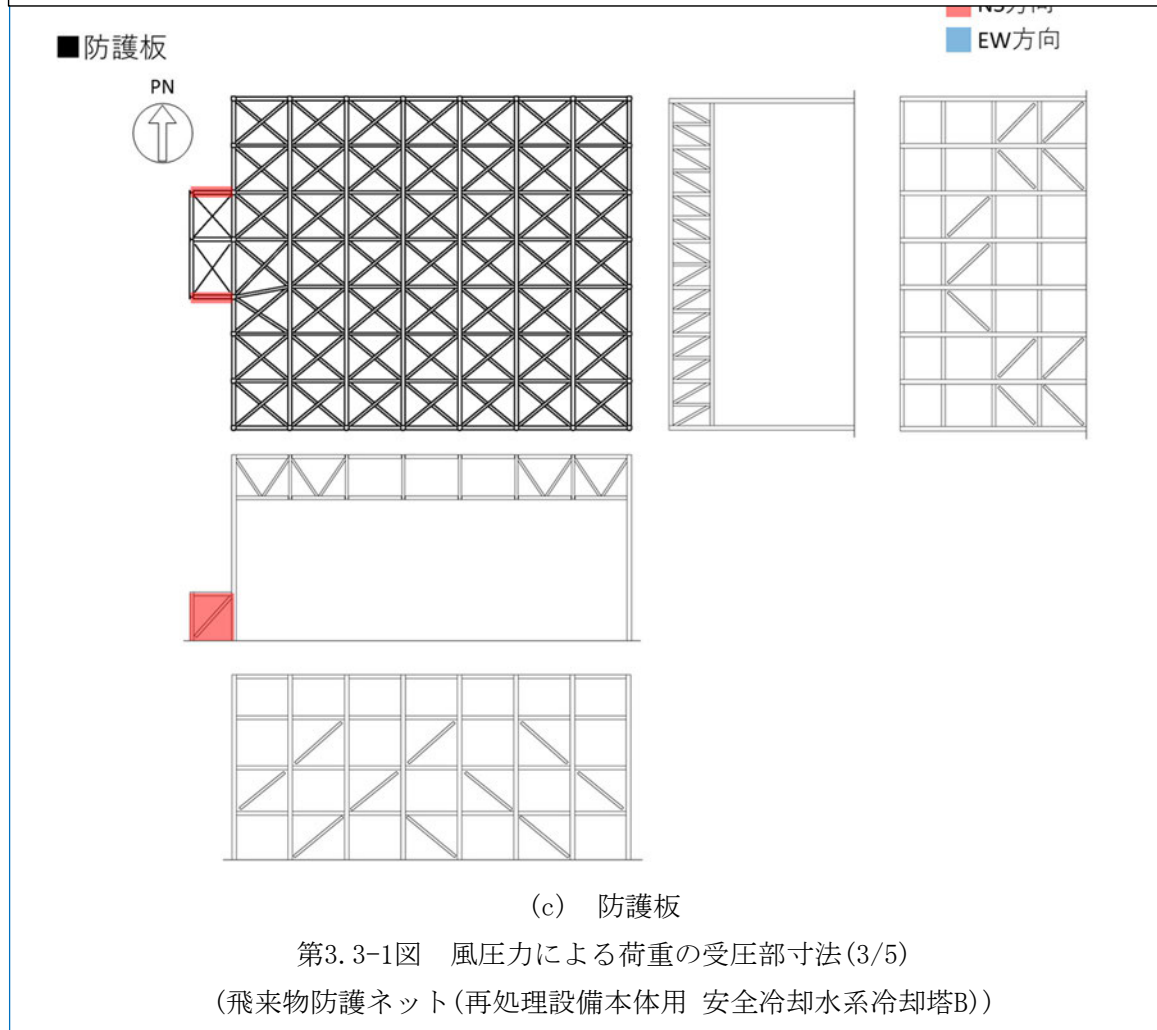
第3.3-1図 風圧力による荷重の受圧部寸法(1/5)

(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))

受圧面積の設定の考え方は「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「4.2 荷重の算定方法」へ移行。
 受圧面積は強度計算書の評価条件にて示すことから「第3.3-1図」については補足説明資料「外竜巻08」へ移行する。



受圧面積の設定の考え方は「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「4.2 荷重の算定方法」へ移行。
 受圧面積は強度計算書の評価条件にて示すことから「第3.3-1図」については補足説明資料「外竜巻08」へ移行する。

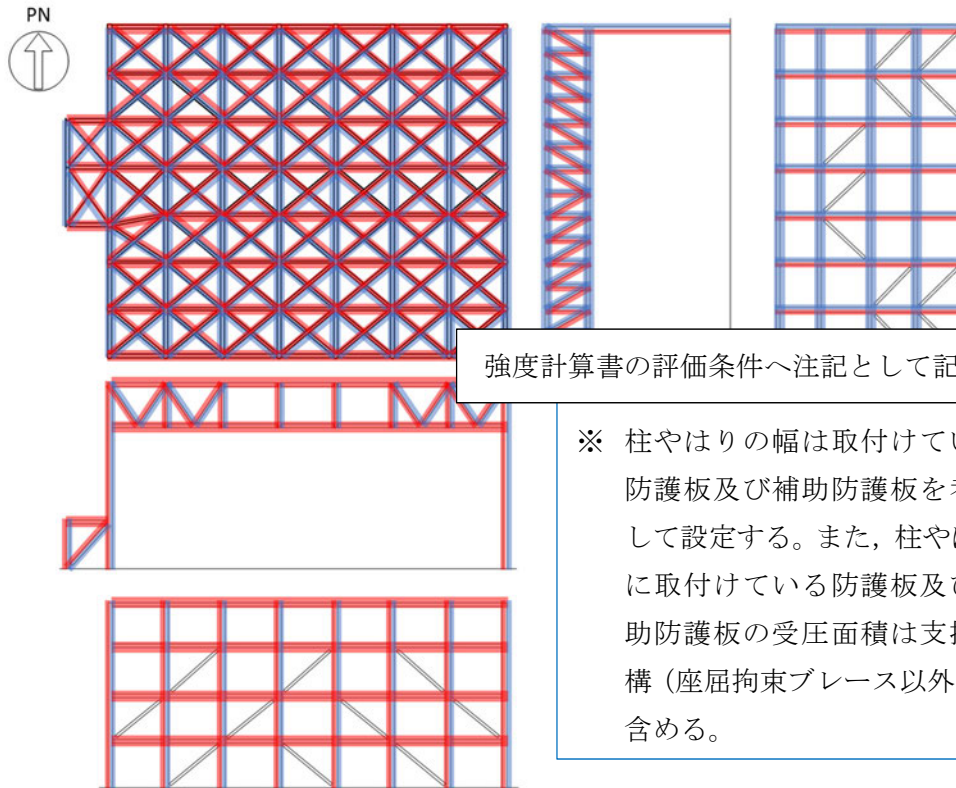


受圧面積の設定の考え方は「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「4.2 荷重の算定方法」へ移行。

受圧面積は強度計算書の評価条件にて示すことから「第3.3-1図」については補足説明資料「外竜巻08」へ移行する。

■支持架構（座屈拘束ブレース以外）

EW方向



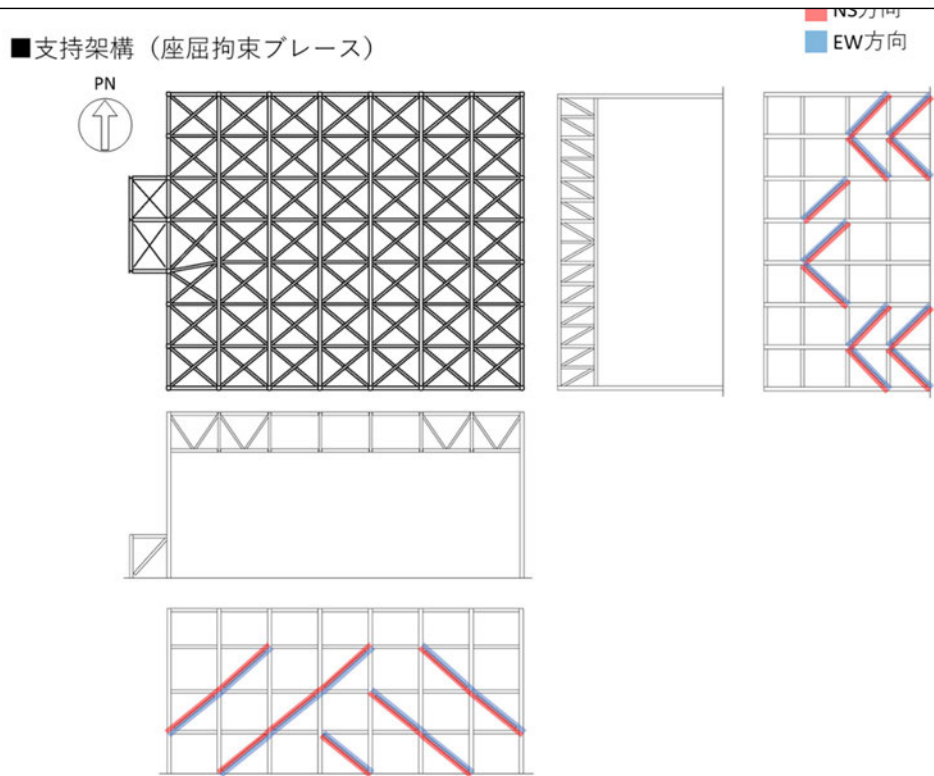
強度計算書の評価条件へ注記として記載

※ 柱やはりの幅は取付けている防護板及び補助防護板を考慮して設定する。また、柱やはりに取付けている防護板及び補助防護板の受圧面積は支持架構（座屈拘束ブレース以外）に含める。

(d) 支持架構(座屈拘束ブレース以外)

第3.3-1図 風圧力による荷重の受圧部寸法(4/5)
(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))

受圧面積の設定の考え方は「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「4.2 荷重の算定方法」へ移行。
 受圧面積は強度計算書の評価条件にて示すことから「第 3.3-1 図」については補足説明資料「外竜巻 08」へ移行する。



(e) 支持架構(座屈拘束ブレース)

第3.3-1図 風圧力による荷重の受圧部寸法(5/5)
 (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))

(b) 飛来物による衝撃荷重

防護ネットの破断評価においては、飛来物による衝撃荷重は以下のとおり算出する。

ネットの飛来物による衝撃荷重 F_a'' は時間とともに比例的に増加すると仮定すると、以下のとおり算出される。

$$F_a'' = Qt \cdots \textcircled{1}$$

したがって、飛来物の移動速度 v は式①の飛来物による衝撃荷重 F_a'' から、以下のとおり算出される。

$$\begin{aligned} v &= -\frac{1}{m} \int_0^t F_a'' dt \\ &= -\frac{Qt^2}{2m} + v_1 \cdots \textcircled{2} \end{aligned}$$

さらに、飛来物の移動距離 d は、式②の飛来物の移動速度 v から以下のとおり算出される。

$$\begin{aligned} d &= \int_0^t v dt \\ &= -\frac{Qt^3}{6m} + v_1 t \cdots \textcircled{3} \end{aligned}$$

飛来物が衝突しネットのたわみが最大になる時間 t_1 におけるネットの最大変位は δ 、飛来物の移動速度は $v=0$ であるから、式②、③より、

$$Qt_1^2 = 2mv_1 \cdots \textcircled{4}$$

$$\delta = -\frac{Qt_1^3}{6m} + v_1 t_1$$

上記2式を連立し、

$$\delta = \frac{2}{3} v_1 t_1$$

よって、

$$t_1 = \frac{3}{2v_1} \cdot \delta \cdots \textcircled{5}$$

以上より、時間 t_1 における飛来物による衝撃荷重 F_a は式①、④より、

$$F_a = \frac{2mv_1}{t_1}$$

さらに、式⑤と連立し、

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「4.2 荷重の算定方法」へ移行

$$F_a = \frac{4mv_1^2}{3 \cdot \delta} \dots \textcircled{6}$$

また、時間 t_1 における飛来物の衝突によりネットに作用するエネルギー E_f は、衝突時の飛来物の運動エネルギーとして、以下より求められる。

$$E_f = \frac{1}{2} mv_1^2 \dots \textcircled{7}$$

したがって、式⑥、⑦より、

$$F_a = \frac{8E_f}{3 \cdot \delta} \dots \textcircled{8}$$

式⑧にたわみ評価で算出する飛来物が衝突する場合のネットの最大たわみ量 δ を代入し、 F_a を算出する。

c. 積雪荷重
積雪荷重を考慮する。

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「4.1 荷重の組合せ 第4.1-1表」にて積雪荷重を考慮することを記載するため削除

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「4.1 荷重の組合せ 第4.1-1表」へ移行

(2) 荷重の組合せ

防護ネット及び防護板(鋼材)の設置方向を踏まえ、考慮すべき荷重の組合せを第3.3-1表に示す。

第3.3-1表 荷重の組合せ

名称			部材	常時作用する荷重	積雪荷重	飛来物の衝撃荷重	風圧力による荷重
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)	防護ネット	水平	ネット	○	○	○	-
			ワイヤロープ	○※1	○※2	○	-
			接続冶具(支持部)	○※1	○※2	○	-
			接続冶具(固定部)	○※1	○※2	○	-
			接続部	○※1	○※2	○	-
		鉛直	ネット	-	-	○	○※3
			ワイヤロープ	-	-	○	○※3
			接続冶具(支持部)	-	-	○	○※3
			接続冶具(固定部)	-	-	○	○※3
			接続部	-	-	○	○※3
	防護板(鋼材)	水平	鋼板	-	-	○	-
			取付ボルト	○※4	○※5	○	-
		鉛直	鋼板	-	-	○	-
			取付ボルト	○※4	-	○	○※6
支持架構			○※7	○※8	○	○※9	

注記 ※1：ネットの自重

※2：ネットの積雪荷重

※3：ネットの風圧力による荷重

※4：防護板(鋼材)の自重

※5：防護板(鋼材)の積雪荷重

※6：防護板(鋼材)の風圧力による荷重

※7：防護ネット及び防護板(鋼材)の自重も考慮する。

※8：防護ネット及び防護板(鋼材)の積雪荷重も考慮する。

※9：防護ネット及び防護板(鋼材)の風圧力による荷重も考慮する。

3.4 許容限界

許容限界は、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「5. 許容限界」にて設定している許容限界を踏まえて、「3.1 構造強度評価の評価対象部位選定方針」にて設定している評価対象部位ごとに、機能損傷モードを考慮して設定する。

- (1) 防護ネット許容限界の設定方法」の「(2) ネットの吸収エネルギー評価」へ移行
吸収エネルギー評価、破断評価及びたわみ評価の許容限界を以下に示す。

a. 吸収エネルギー評価

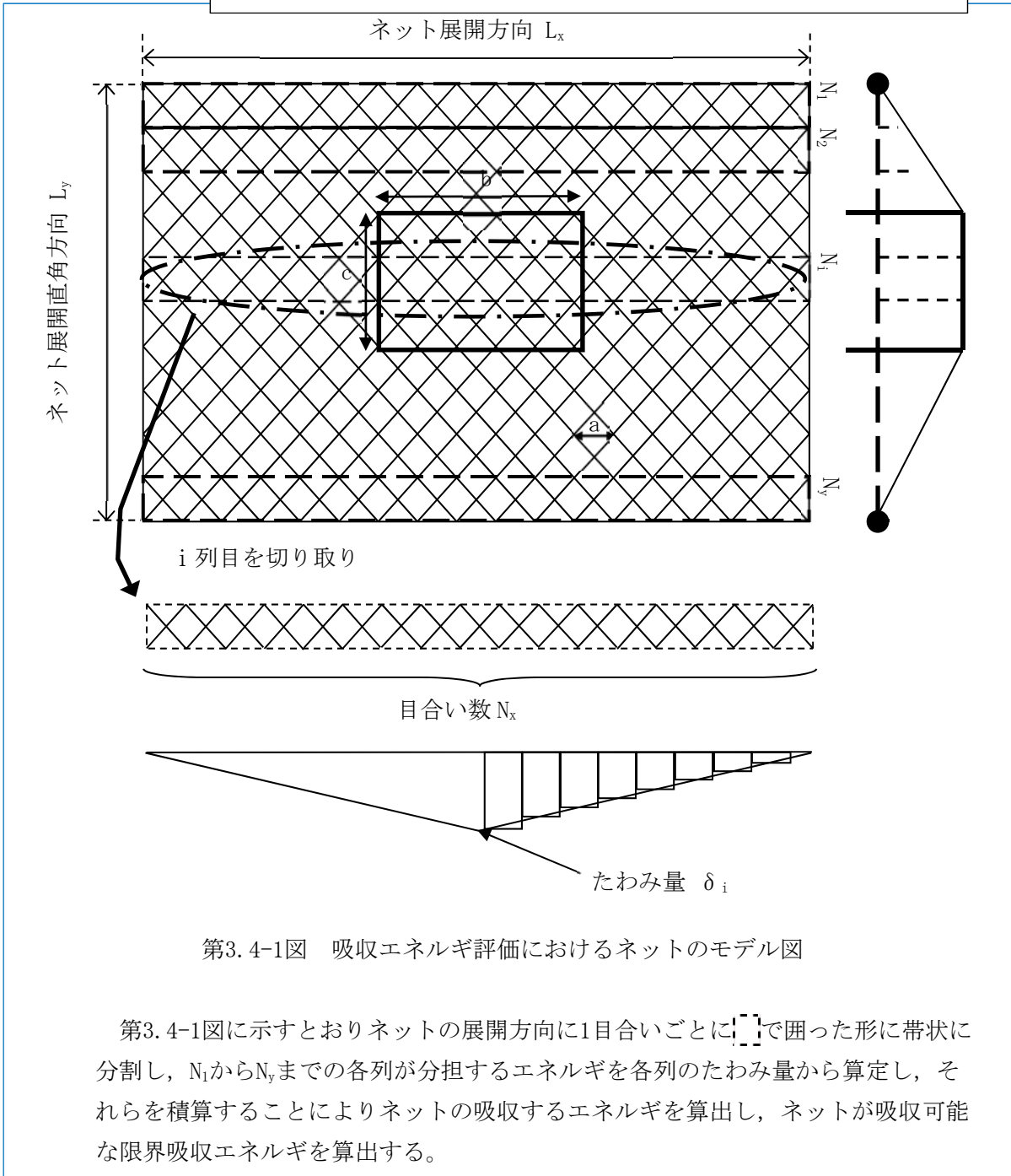
吸収エネルギー評価においては、計算により算出するネットの限界吸収エネルギーがネットに作用するエネルギー以上であることにより、ネットが破断しないことを確認する。ネット1目合の要素試験の結果から得られるネット展開方向の限界伸び量によりネットの最大変形角が定まり、ネット最大変形角における吸収エネルギーがネットの有する限界吸収エネルギー E_{max} となる。

限界吸収エネルギーは、複数枚を重ね合わせたネットを一体として扱ったモデルにて算出する。また、ネットの変形及び吸収エネルギーの分布を考慮したオフセット衝突位置での吸収エネルギー評価の結果、電中研報告書を参照して、ネット最大たわみ時のネットの全長は飛来物のネットへの衝突位置によらずネット最大たわみ時展開方向の長さで一定であり、ネットに発生する張力も一定となることから、飛来物のネットへの衝突位置によらずネットから飛来物への反力も同等となり、オフセット位置への飛来物の衝突時の吸収エネルギーは中央衝突時と同等となる。したがって、吸収エネルギー評価では中央衝突の場合にて評価を行う。

さらに、設計条件の設定において等価剛性の算出方法の影響を裕度として考慮する。評価に用いる等価剛性は、引張試験による荷重-伸び曲線から各々の最大荷重発生時までの最大エネルギーを算出し、これらの平均値と等価剛性を用いており、平均値と実測値との間で最大5.6%の差があることから、本影響を係数として考慮する。吸収エネルギー評価においては、等価剛性の影響を考慮した係数を限界吸収エネルギーが小さくなるように考慮する。

最大吸収エネルギーは、ネット1目合の展開方向の1列の等価剛性、展開方向寸法及びたわみ量から、以下のとおり算出される。吸収エネルギー評価におけるネットのモデル図を第3.4-1図に示す。

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「5.1.2 許容限界の設定方法」の「(2) ネットの吸収エネルギー評価」へ移行

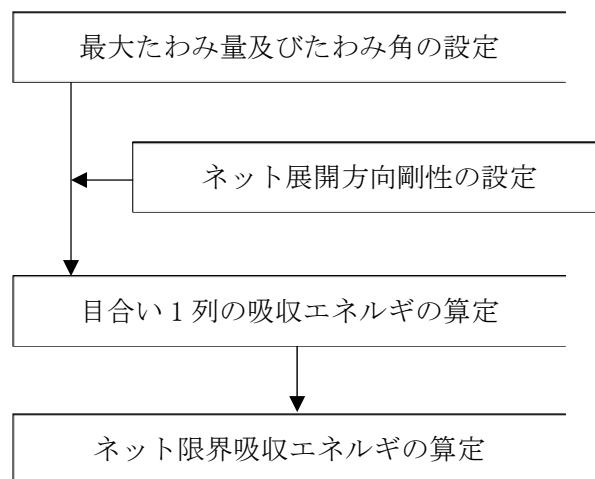


ただし、中央部の最大たわみ量が発生する列数は、飛来物の寸法及びネット目合いの対角寸法から算出されるネット展開直角方向目合い列数を考慮して設定する。飛来物の端部寸法(b×c)及びネット目合いの対角寸法aを考慮し、最大たわみが発生する場合のネット展開直角方向目合い列数を以下のとおり算出する。ネットの吸収エネルギーが小さくなるよう、目合い列数の算出に用いる飛来物の寸法として値の小さい寸法cを適用し、最大たわみが生じる目合い列数を少なくすることにより、限界吸収エネルギー量が小さくなるように評価する。

$$\text{ネット展開直角方向目合い列数} = \frac{c}{a}$$

評価モデルとしては、展開方向に1目合いごとに帯状に分割するモデルとしており、限界吸収エネルギー量が小さく算出されるよう、三角形モデルとして評価を実施する。

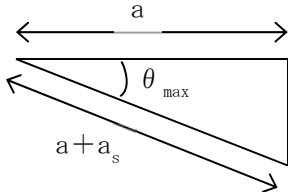
吸収エネルギー評価の許容限界の算定フローを第3.4-2図に示す。



第3.4-2図 吸収エネルギー評価の許容限界の算定フロー

ネット1目合いの最大伸び量は、電中研報告書のネット目合いの引張試験から1目合いの最大破断変位が求められ、そこから算出する最大たわみ角から、飛来物が衝突した際の列の最大たわみ量 δ_{\max} は次式により算定される。

$$\delta_{\max} = \frac{L_x}{2} \cdot \tan(\theta_{\max})$$

$$\theta_{\max} = \cos^{-1} \left(\frac{a}{a+a_s} \right)$$


ネットを構成するネットの展開方向の目合い数 N_x は、ネット展開方向寸法 L_x 及びネット1目合いの対角寸法 a から求める。展開直角方向の目合い数 N_y は、ネット展開直角方向寸法 L_y 及びネット1目合いの対角寸法 a から求める。ネットを構成する1目合いはそれぞれ K の等価剛性を持っているため、1列当たりバネ定数 K を持つバネを N_x 個直列に接続したものと考えることができる。

そのため、1列当たりの剛性 K_x' は、

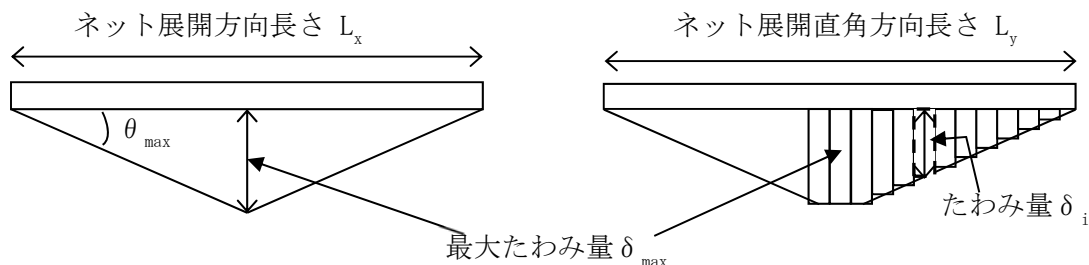
$$N_x = \frac{1000L_x}{a}, \quad N_y = \frac{1000L_y}{a}$$

$$\text{ネット展開方向剛性 } K_x' = \frac{K}{N_x}$$

となる。ただし、 N_x 、 N_y の算出において限界吸収エネルギーの値が小さくなるように N_x は保守的に切り上げ、 N_y は保守的に切り捨てた値を用いる。また、補助ネットはネット0.5枚相当のエネルギー吸収能力があるため、ネット設置枚数を考慮したネット展開方向剛性 K_x は、次式により算出される。

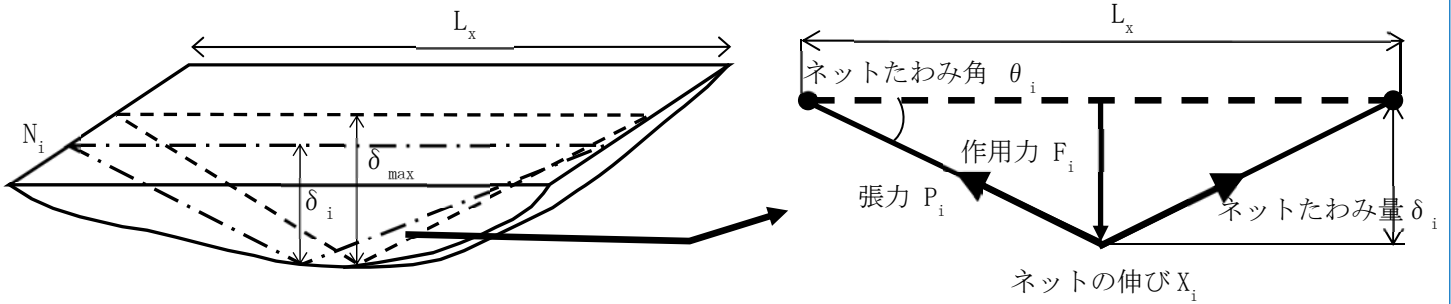
$$K_x = K_x' \cdot (n+0.5)$$

飛来物が衝突しなかった列のたわみ量 δ_i は、最大たわみ量 δ_{\max} からネット端部のたわみ量0までの間を、非接触の列の数の分だけ段階的に減少していくと考える。ネットの最大たわみ量と最大たわみ角を第3.4-3図に示す。



第3.4-3図 ネットの最大たわみ量と最大たわみ角

ネットに飛来物が衝突した際のネットにかかる張力を、ネットの剛性及びネットの伸び量から算出する。ネットに作用する力のつり合いを第3.4-4図に示す。



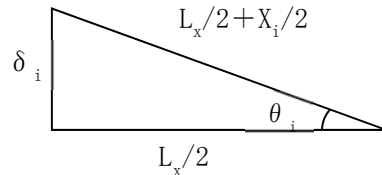
第3.4-4図 ネットに作用する力のつり合い

i 番目の列におけるネットの張力 P_i は、飛来物の衝突位置の左右を分割して考えると、伸び量は $\frac{X_i}{2}$ 、剛性は $2K_x$ となることから、

$$P_i = 2K_x \cdot \left(\frac{X_i}{2} \right) = K_x \cdot X_i$$

となる。また、作用力 F_i は変位量とたわみ量の関係から、

$$\begin{aligned} F_i &= 2P_i \cdot \sin(\theta_i) \\ &= 2K_x \cdot X_i \cdot \sin(\theta_i) \\ &= 2K_x \cdot L_x \cdot (\tan(\theta_i) - \sin(\theta_i)) \\ &= 4K_x \cdot \delta_i \cdot \left(1 - \frac{L_x}{\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2}} \right) \dots \textcircled{9} \end{aligned}$$



ネットに飛来物が衝突した際のネットにかかる作用力 F_i を積分することにより i 番目の列における吸収エネルギー E_i を次式に示す。

$$\begin{aligned} E_i &= \int_0^{\delta_i} F_i d\delta_i \\ &= \int_0^{\delta_i} 4K_x \cdot \delta_i \cdot \left(1 - \frac{L_x}{\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2}} \right) d\delta_i \\ &= 2K_x \cdot \delta_i^2 - K_x \cdot L_x \cdot (\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2} - L_x) \dots \textcircled{10} \end{aligned}$$

以上から、n枚のネット及び1枚の補助ネットを考慮した限界吸収エネルギー E_{\max} は、各列の吸収エネルギー E_i を第1列から第 N_y 列まで積算することにより求められる。

$$E_{\max} = \sum_{i=1}^{N_y} E_i$$

$$= \sum_{i=1}^{N_y} \left(2K_x \cdot \delta_i^2 - K_x \cdot L_x \left(\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2} - L_x \right) \right) \dots \textcircled{11}$$

飛来物衝突時にネットに生じるエネルギー並びに自重、積雪荷重及び風圧力により生じるエネルギーの総量を算出し、等価剛性の算出方法の影響から定められる係数を考慮したn枚のネット及び1枚の補助ネットから算出される限界吸収エネルギーを E_{\max}' とする。

係数としては、上記を踏まえ $\frac{1}{1.056}$ 倍と定める。

したがって、限界吸収エネルギーの許容限界は、以下のとおりである。

$$E_{\max}' = \frac{1}{1.056} E_{\max}$$

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「5.1.2 許容限界の設定方法」の「(3) ネットの許容引張荷重の評価」へ移行

b. 破断評価

(a) ネット

ネット交点の破断試験結果から算出したネット1目合い当たりが有する引張強度と設計飛来物が衝突した際に接触する交点数から算出する F_n に、等価剛性の算出方法の影響から定められる係数を考慮した F_n' を許容限界とする。

$$F_n = F_{50} \times 16 \times 2 + F_{40} \times 20 \times 1$$

ここに、等価剛性の算出方法の影響を考慮し、 F_n' を下式より算出する。

$$E' = \frac{1}{E} E$$

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「5.1.1 許容限界の設定」の「(1) 強度評価」の第5.1.1-2表から第5.1.1-4表へ移行

(b) ワイヤロープ

第3.4-1表に示すとおりワイヤロープの破断荷重に、ワイヤグリップ効率を考慮した値を許容限界とする。

第3.4-1表 ワイヤロープの破断評価の許容限界

規格値	許容値
F_{bw} (注1)	$P = C_c$ (注2) $\cdot F_{bw}$ (注1)

(注1) : JIS G 3549 の破断荷重

(注2) : JIS B 2809及び「小規模吊橋指針・同解説((社)日本道路協会)」

(c) 接続冶具(支持部)

ターンバックル及びシャックルの許容限界を第3.4-2表のとおりとする。

第3.4-2表 接続冶具(支持部)の許容限界

評価部位	許容荷重
ターンバックル	P_4 (注1)
シャックル	P_5 (注2)

(注1) : JIS A 5540 の保証荷重の1.5倍

(注2) : 試験結果に基づくメーカー保証値

(d) 接続冶具(固定部)

第3.4-3表に示すとおり「鋼構造設計規準」に基づいた短期での許容応力を許容限界とする。

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「5.1.1 許容限界の設定」の「(1) 強度評価」の第 5.1.1-5 表から第 5.1.1-10 表へ移行

第3.4-3表 接続治具(固定部)の許容限界

部位	隅角部固定ボルト及び取付プレート
応力分類	せん断
許容限界	$1.5f_s$ (注)

(注) f_s : 許容せん断応力「鋼構造設計規準」に基づき算出する。

(e) 接続部

第 3.4-4 表「鋼構造設計規準」に基づいた短期での許容応力を許容限界とする。

第3.4-4表 接続部の許容限界

部位	取付ボルト	押さえボルト
応力分類	引張	圧縮
許容限界	$1.5f_t$ (注)	

(注) f_t : 許容引張応力「鋼構造設計規準」に基づき算出する

c. たわみ評価

ネットに飛来物が衝突した際、ネットがたわんだとしても、竜巻防護対象施設に衝突しないことを確認することから、ネットと竜巻防護対象施設までの離隔距離を許容限界とする。なお、第 3.4-5 表に示すとおり離隔距離 L_{min} は、ネットと竜巻防護対象施設の最も短い距離とする。

第3.4-5表 ネットのたわみ評価の許容限界

許容限界
防護ネットと竜巻防護対象施設の最小離隔距離
L_{min}

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「5.2.2 許容限界の設定方法」の「(1) 貫通評価」へ移行

(2) 防護板(鋼材)

貫通評価及び波及的影響評価の許容限界を以下に示す。

a. 貫通評価

貫通評価の許容限界は、飛来物が防護板(鋼材)に直接衝突した場合の貫通限界厚さを「タービンミサイル評価について(昭和 52 年 7 月 20 日 原子炉安全専門審査会)」で用いられている BRL 式を用いて算出する。

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「5.2.2 許容限界の設定方法」の「(1) 貫通評価」へ移行

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

等価直径は、「電力中央研究所報告O19003」(以下、「O19003」という。)から「衝突部の周長と等価な周長の円の直径」として算出する。O19003における、設計飛来物である鋼製材のような四角形衝突に対する実験データ数の不確かさを考慮し、BRL式の算出結果を実験で非貫通の結果が確認された比率(0.97)で除した値を貫通限界厚さとする。

したがって、BRL式の算出結果を実験で非貫通の結果が確認された比率で除した鋼板の貫通限界厚さは、以下の式により算出する。

$$T_c = T / 0.97$$

b. 波及 「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「5.2.1 衝突評価」及び「鋼構造限界状態設計指針(同解説(2010)(注)日本建築学会)」に基づき、取付

ボルトに作用する各方向荷重と破断耐力との比率により破断判定を行い、取付ボルトが2本以上破断せずに残ることを許容限界とする

(3) 支持架構 「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「5.3 支持架構の許容限界」へ移行

貫通評価及び波及的影響評価の許容限界を以下に示す。

a. 貫通評価

貫通評価における許容限界として、破断ひずみを設定する。

破断ひずみはNEI07-13に従い、0.14/TF(多軸性係数)とする。ここで、多軸性係数について、支持架構部材はTF=2とする。従って、破断ひずみは0.07となる。

b. 波及的影響評価

(a) 脱落評価

部材の脱落評価における許容限界として、破断ひずみを設定する。

破断ひずみはNEI07-13に従い、0.14/TF(多軸性係数)とする。ここで、多軸性係数について、支持架構部材はTF=2とする。従って、破断ひずみは0.07となる。

(b) 倒壊評価

支持架構全体の倒壊評価における許容限界として、「鋼構造設計規準」に基づくものとして、応力比は1.0以下とする。

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「5.3 支持架構の許容限界」へ移行

部材の塑性変形を許容する座屈拘束ブレースに対しては、座屈拘束ブレースの破断が生じないように、発生するひずみが日本建築センターの評定書（BCJ 評定—ST0126-06）に基づく許容限界を超えないことを確認する。座屈拘束ブレースの許容限界を第 3.4-6 表に示す。

第3.4-6表 座屈拘束ブレースの許容限界

評価項目	許容限界
軸ひずみ評価	3.0%

(c) 転倒評価

柱脚部の構造健全性評価における許容限界として、「鋼構造設計規準」に基づき短期の 1.1 倍での許容応力に対し応力比は 1.0 以下とする。

評価方針を呼び込む記載のため削除

3.5 評価方法

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「6. 強度評価方法」に基づき、発生荷重等を算出し、「3.4 許容限界」にて設定した許容限界を満足「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「6.1 防護ネットの強度評価」の「(1) 評価方針」へ移行

3.5.1 防護ネットの評価方法

防護ネットの吸収エネルギー評価、破断評価及びたわみ評価の方法を以下に示す。

評価に際しては、飛来物の衝突位置の影響を考慮した評価を実施する。

評価においては、飛来物の衝突位置として中央位置に衝突することを想定した評価を実施しており、中央位置からずれたオフセット位置に衝突する場合の影響を考慮する。

吸収エネルギー評価においては、電中研報告書を参照して、ネット最大たわみ時のネットの全長は飛来物のネットへの衝突位置によらずネット最大たわみ時展開方向の長さで一定であり、ネットに発生する張力も一定となることから、飛来物のネットへの衝突位置によらずネットから飛来物への反力も同等となり、オフセット位置への飛来物の衝突時の吸収エネルギーは中央衝突時と同等となる。したがって、吸収エネルギー評価では中央衝突の場合にて評価を行う。

破断評価においては、中央位置への衝突に対してオフセット位置への衝突では、その移動距離が短くなることから、式⑧から中央位置衝突時よりもオフセット位置衝突時の方が作用する荷重が大きくなることを踏まえ、作用する荷重が大きくなるように、中央位置衝突時とオフセット位置衝突時の移動距離を踏まえた係数を作用する荷重に乗じる。ただし、ネット端部近傍に衝突する場合には、飛来物は傾き、飛来物の側面がネットや支持架構に接触すると考えられ、飛来物による衝撃荷重は小さくなる。

たわみ評価においては、ネットの全長が飛来物の衝突位置によらず、ネット最大たわみ時展開方向の長さで一定となるため、たわみの軌跡が楕円状となることを考慮して評価する。さらに、ネットに対して飛来物がオフセット位置へ衝突した場合においても、各ワイヤロープに対して均等に張力が発生するため、算出結果は飛来物の衝突位置によらず適用可能である。また、ワイヤロープの初期張力は小さくワイヤロープの評価において有意ではないため計算上考慮しない。

(1) 吸収エネルギー評価

吸収エネルギー評価においては、電力中央研究所の評価式を参照して、ネットが異方性材料であることを考慮した吸収エネルギー量算定のモデル化を行い、自重、積雪荷重、風圧力による荷重及び飛来物による衝撃荷重によるエネルギーがネットの有する最大吸収エネルギーを下回ることを確認する。

自重、積雪荷重及び風圧力による荷重によりネットに作用する荷重は、評価条件である K_x 及び L_x 並びに自重、積雪荷重及び風圧力による荷重から算出する F_w を式⑨に代入して数値計算を実施することにより、自重、積雪荷重及び風圧力による荷重によるたわみ量 δ_a が算出される。

$$F_w = N_y \cdot 4K_x \cdot \delta_a \left(1 - \frac{L_x}{\sqrt{4\delta_a^2 + L_x^2}} \right)$$

$$\text{但し, } F_w = P_w + W_w + P_s$$

上式にて算出したたわみ量 δ_a を式⑩において、展開方向の1列当たりの自重、積雪荷重及び風圧力による荷重によりネットが受けるエネルギーを列数倍する以下の式に代入することにより、自重、積雪荷重及び風圧力による荷重によりネットが受けるエネルギー E_w が算出される。

$$E_w = N_y \cdot \left(2K_x \cdot \delta_a^2 - K_x \cdot L_x \left(\sqrt{4\delta_a^2 + L_x^2} - L_x \right) \right)$$

飛来物の衝突によりネットに作用するエネルギー E_f としては、衝突時の飛来物の運動エネルギーとして、以下より求められる。

$$E_f = \frac{1}{2} m v_1^2$$

飛来物の飛来速度は、ネット設置方向により水平設置の場合は鉛直の飛来速度、鉛直設置の場合は水平の飛来速度にて算出する。

以上から、 n 枚のネット及び1枚の補助ネットを考慮したネットに作用する全エネルギー E_t が以下のとおり算出される。

$$E_t = E_f + E_w \cdot \dots \cdot \text{⑫}$$

(2) 破断評価

破断評価においては、電力中央研究所の評価式を参照して、ネットに作用する飛来物による衝撃荷重がネットの局所的な耐力未満であることを確認する。

評価に際しては、「2.3 評価方針」のとおり、飛来物の衝突位置の影響として、オフセット衝突する場合の影響を考慮する。以下に、オフセット衝突する場合の影響を係数として考慮した発生値の割増係数の設定方法を示す。

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「6.1 防護ネットの強度評価」の「(3) 強度計算」へ移行

・オフセット衝突を考慮する係数

飛来物の移動距離が最も小さくなる場合のオフセット衝突を考えると，電中研報告書に基づき，中央衝突に比べ飛来物による衝撃荷重が1.22倍となる。ネット端部近傍に衝突する場合には，飛来物は傾き，飛来物の側面がネットや支持架構に接触すると考えられ，飛来物による衝撃荷重は小さくなる。

・動的応答倍率を考慮する係数

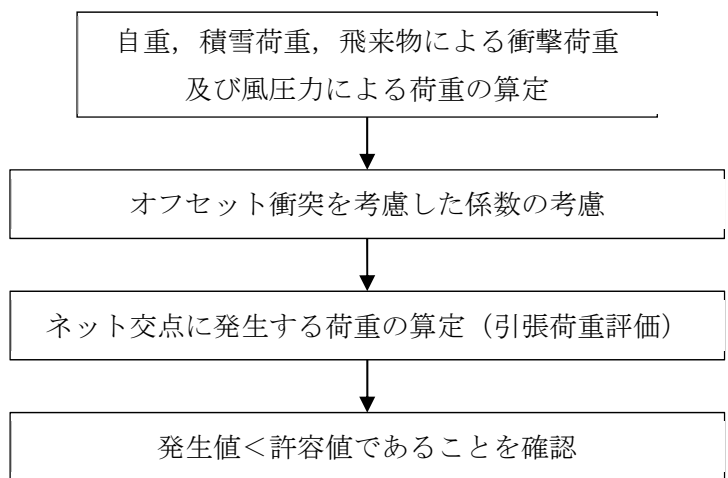
ネットの衝突試験結果より，金網に急速荷重を負荷した場合，作用時間と荷重を受ける構造物の固有周期の比に応じた動的倍率を考慮する必要がある。防護ネットには，急速荷重を抑制するため，緩衝装置を有する保持管を設置しているが，この効果が得られない部位に対して，動的応答倍率を考慮する。電中研報告書に基づき，ネットに設計飛来物が衝突する場合の動的応答倍率は，1.52とする。

a. ネット 「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「6.1 防護ネットの強度評価」の「(3) 強度計算」へ移行

ギを吸収する。ネットに発生する飛来物による衝撃荷重はネット変位の増加に伴い大きくなり，最大変位発生時に最大値を示すため，破断評価では最大変位発生時の飛来物による衝撃荷重を用いる。

最大変位発生時において，飛来物の衝突によりネットの交点はネット展開方向に引張力を受けることから，破断評価としてネット交点の引張荷重評価を実施する。

ネットの破断評価の評価フローを第3.5.1-1図に示す。



第 3.5.1-1 図 ネットの破断評価フロー

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「6.1 防護ネットの強度評価」の「(3) 強度計算」へ移行

ネットに飛来物が衝突した際に生じる飛来物による衝撃荷重が、ネットの破断荷重以下であり、ネットに破断が生じないよう十分な余裕を持った強度を有することを確認する。

ここで、ネットに飛来物が衝突する場合の最大変位 δ は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」にて算出した式⑧のたわみ量と飛来物による衝撃荷重の関係式を用いて算出する。

飛来物の衝突による荷重に加え、自重、積雪荷重及び風圧力による荷重を考慮するため、 E_f を E_t と置き換えて、式⑧より、

$$F_a = \frac{8E_t}{3 \cdot \delta}$$

となる。

E_t としては、式⑫に基づいて飛来物による運動エネルギー E_f 並びに自重、積雪荷重及び風圧力による荷重によりネットが受けるエネルギー E_w から算出したネットに作用する全エネルギー量を代入する。 δ としては、たわみ評価で算出する飛来物が衝突する場合のネットの最大たわみ量を代入し、 F_a を算出する。

ここで、オフセット衝突による衝撃荷重の増加分を踏まえた係数1.22を考慮し、飛来物による衝撃荷重の最大値 F_a' は

$$F_a' = F_a \cdot 1.22$$

と算出される。

b. ワイヤロープ及び接続治具(支持部)

(a) ワイヤロープ

飛来物による衝撃荷重については、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」において算出した飛来物が衝突する場合のネットごとに作用する飛来物による衝撃荷重の最大値 F_a' を考慮する。

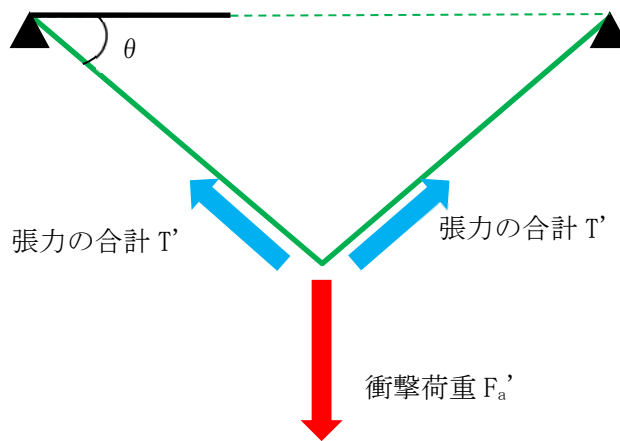
ネットは、電中研報告書と同様に2本のワイヤロープをL字に設置し、さらにワイヤロープが接続治具により拘束されない構造としており、電中研報告書において実施されている衝撃試験における実測値が包絡されることを確認している評価式を用いて評価を実施する。ネットに発生する荷重のつり合いのイメージ図を第3.5.1-2図に示す。

自重、積雪荷重、飛来物による衝撃荷重及び風圧力による荷重によりネットに作用する飛来物による衝撃荷重の最大値 F_a' が集中荷重として作用するとしてモデル化すると、飛来物が衝突する場合のネット n 枚及び補助ネット1枚に発生する張力の合計の最大値 T' は、第3.5.1-2図の力のつり合いより以下のとおり算出される。

$$T' = \frac{F_a'}{2\sin\theta}$$

θ は以下の式で求められる。

$$\theta = \tan^{-1} \frac{2\delta}{L_x}$$



第3.5.1-2図 ネットに発生する荷重のつり合いのイメージ

ネット n 枚及び補助ネット1枚を重ねて設置する場合、補助ネットを設置したネットのワイヤロープに作用する張力は、その他のネットの張力の1.5倍となることを考慮すると、ネット n 枚及び補助ネット1枚を重ねて設置する場合、1枚のネットのワイヤロープに発生する張力の最大値 T_1' は、

$$T_1' \cdot 2 + \frac{2 \cdot 2}{3} T_1' \cdot (n-1) = T'$$

$$T_1' = \frac{3}{4n+2} T' = \frac{3}{4(2n+1)} \cdot \frac{F_a'}{\sin\theta}$$

と算出される。

また、全ワイヤロープの合計張力 T_T は、

$$T_T = \frac{T'}{2}$$

と算出される。

(b) ターンバックル

ターンバックルの評価については、以下の評価を実施する。

ターンバックルに作用するワイヤロープに発生する張力の最大値が、ターンバックルの許容限界未満であることを確認する。

(c) シャックル

シャックルの評価については、以下の評価を実施する。

シャックルに作用するワイヤロープに発生する張力の最大値が、シャックルの許容限界未満であることを確認する。

c. 接続治具(固定部)

(a) 隅角部固定ボルト

ワイヤロープは、設置するネット枚数に応じて設置するため、隅角部固定ボルトにかかる応力は、ネット枚数毎に評価する。

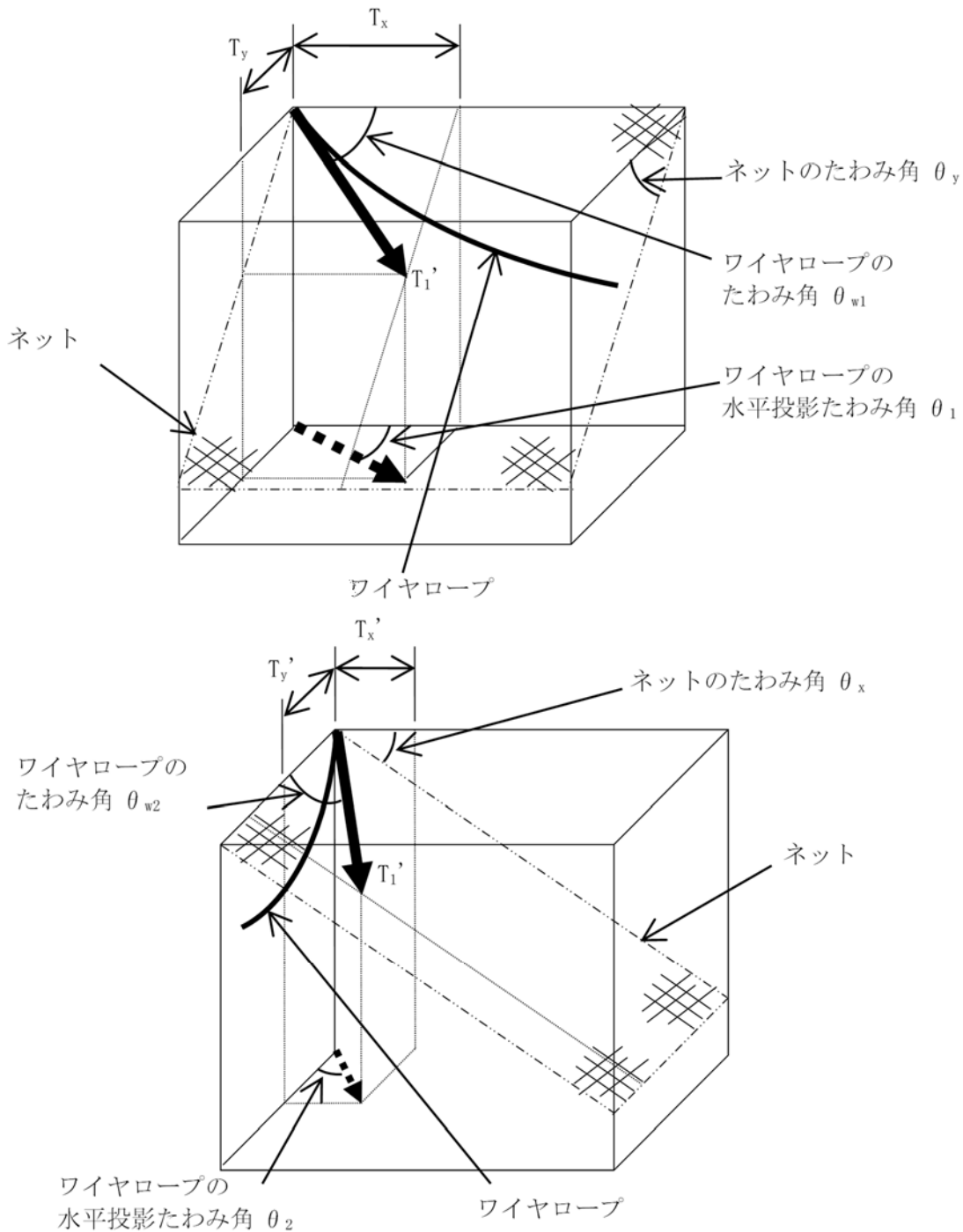
支持架構又は鋼製枠の四隅に設置した隅角部固定ボルトは、ワイヤロープの荷重を、保持管を介して受けることとなる。

ワイヤロープはたわみにより保持管に対して θ_{w1} 、 θ_{w2} のたわみ角を有することから、隅角部固定ボルトへ作用する荷重にはこのたわみ角を考慮する。

隅角部固定ボルトに発生するせん断応力を力のつり合いの関係から以下の評価式を用いて算出する。

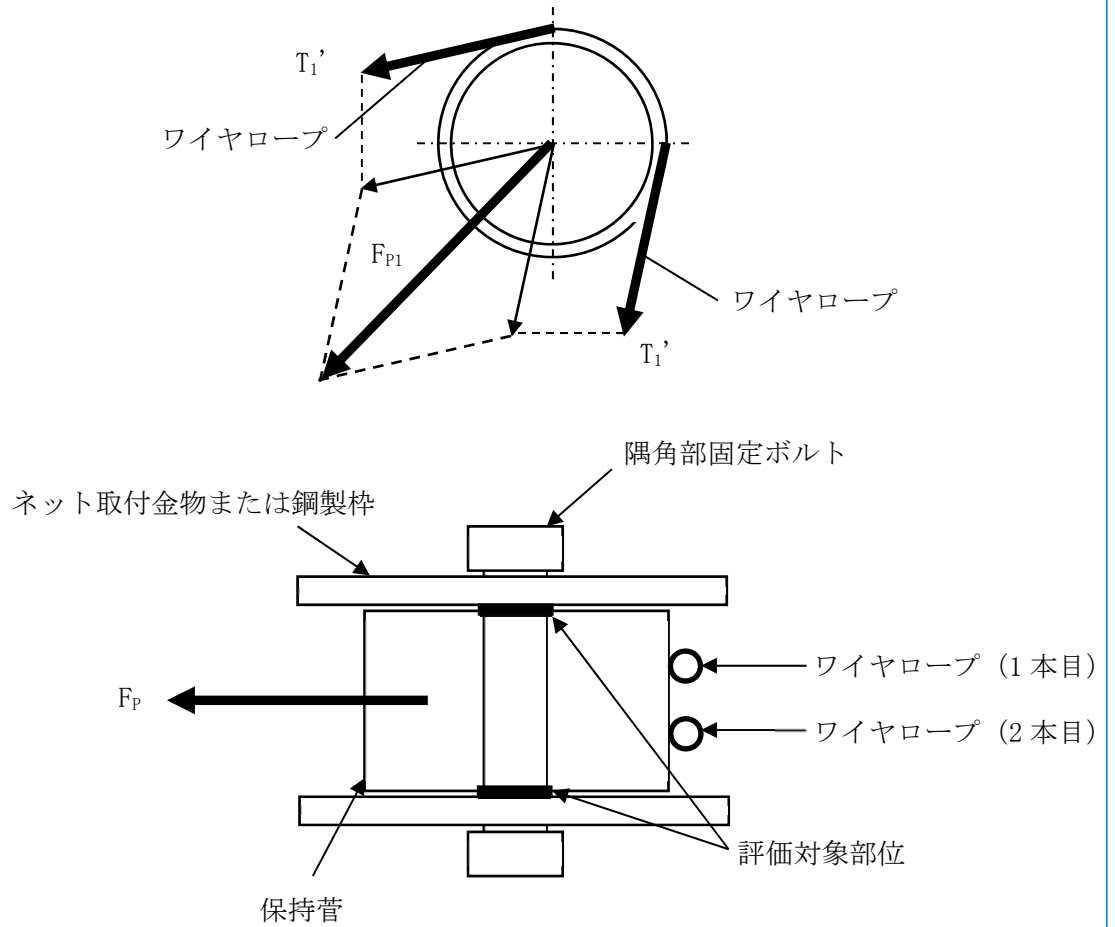
ネットのたわみとワイヤロープのたわみ角の関係を第3.5.1-3図に、隅角部固定ボルトの荷重状態を第3.5.1-4図に示す。

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「6.1 防護ネットの強度評価」の「(3) 強度計算」へ移行



第 3.5.1-3 図 ネットのたわみとワイヤロープのたわみ角の関係

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「6.1 防護ネットの強度評価」の「(3) 強度計算」へ移行



第3.5.1-4図 隅角部固定ボルトの荷重状態

1 本目のワイヤロープから隅角部へ作用する合成荷重 F_{p1} は

$$F_{p1} = \sqrt{F_{x1}^2 + F_{y1}^2}$$

より求まる。

ここで、

$$F_{x1} = T_x + T_x'$$

$$F_{y1} = T_y + T_y'$$

2 本目のワイヤロープから隅角部へ作用する合成荷重 F_{p2} は

$$F_{p2} = F_{p1}/1.5$$

より求まる。

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「6.1 防護ネットの強度評価」の「(3) 強度計算」へ移行

ワイヤロープから隅角部へ作用する合成荷重 F_p は

$$F_p = F_{p1} + F_{p2}$$

以上より、隅角部固定ボルトに発生するせん断応力 τ_s は、

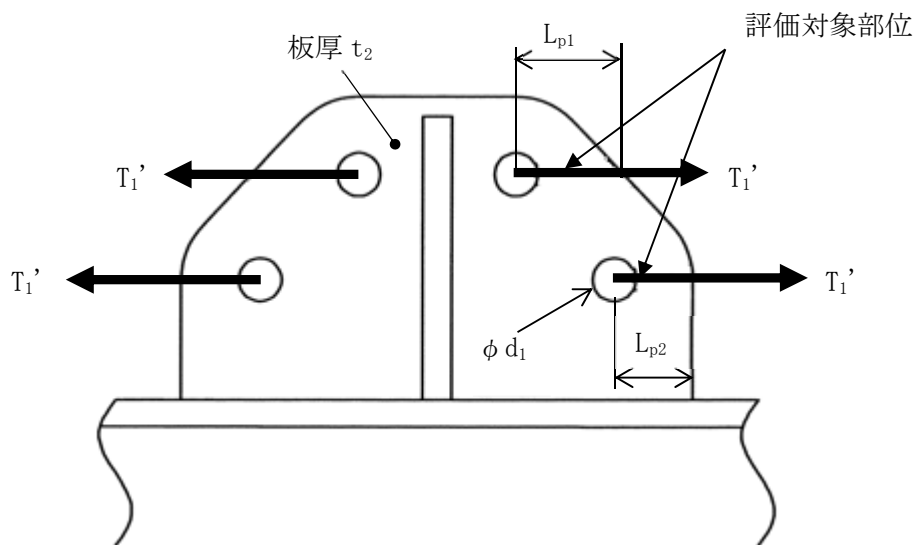
$$\tau_s = \frac{F_p}{2 \cdot n_2 \cdot A_{b1}}$$

となる。

(b) 取付プレート

イ. 支持架構設置

飛来物がネットに衝突する場合にネット取付部への飛来物による衝撃荷重は、ワイヤロープの引張荷重 T_1' として作用し、取付プレートにせん断応力が発生するため、せん断応力評価を実施する。取付プレートを第3.5.1-5図に示す。



第3.5.1-5図 取付プレート(支持架構設置)

取付プレートの有効せん断面積 A_{s1} は、

$$A_{s1} = 2 \cdot \left(\text{Min}(L_{p1}, L_{p2}) - \frac{\phi d_1}{2} \right) \cdot t_2$$

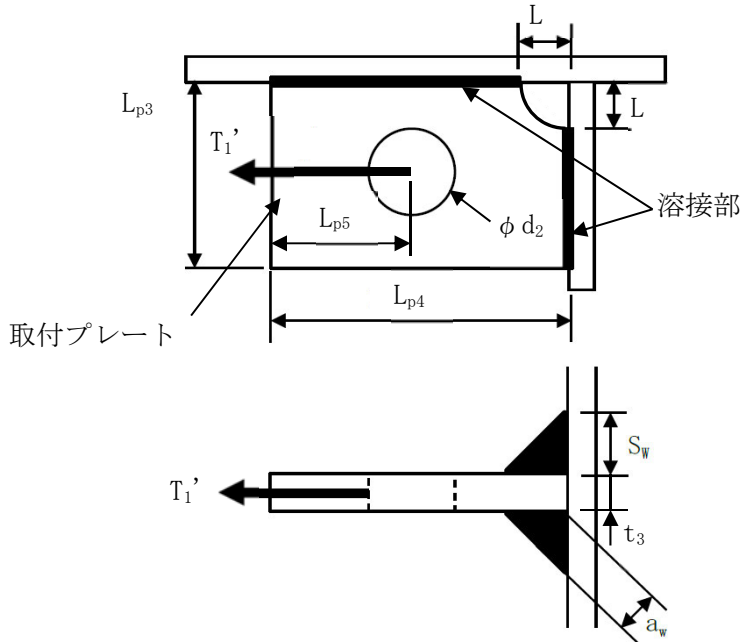
取付プレートに発生するせん断応力 τ_{p1} は、

$$\tau_{p1} = \frac{T_1'}{A_{s1}}$$

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「6.1 防護ネットの強度評価」の「(3) 強度計算」へ移行

ロ. 鋼製枠設置

飛来物がネットに衝突する場合にネット取付部への飛来物による衝撃荷重は、ワイヤロープの引張荷重 T_1' として作用し、取付プレート及び隅肉溶接部にせん断応力が発生するため、せん断応力評価を実施する。取付プレート及び溶接部を第3.5.1-6図に示す。



第3.5.1-6図 取付プレート(鋼製枠設置)

溶接部の有効長さ L_{pw} は、

$$L_{pw} = L_{p3} - L - 2 \cdot S_w + L_{p4} - L - 2 \cdot S_w$$

溶接部に発生するせん断応力 τ_w は、

$$\tau_w = \frac{T_1'}{2 \cdot a_w \cdot L_{pw}}$$

ここで、溶接部ののど厚 a_w は以下により求められる。

$$a_w = \frac{S_w}{\sqrt{2}}$$

取付プレートの有効せん断面積 A_{s2} は、

$$A_{s2} = 2 \cdot \left(L_{p5} - \frac{\phi d_2}{2} \right) \cdot t_3$$

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「6.1 防護ネットの強度評価」の「(3) 強度計算」へ移行

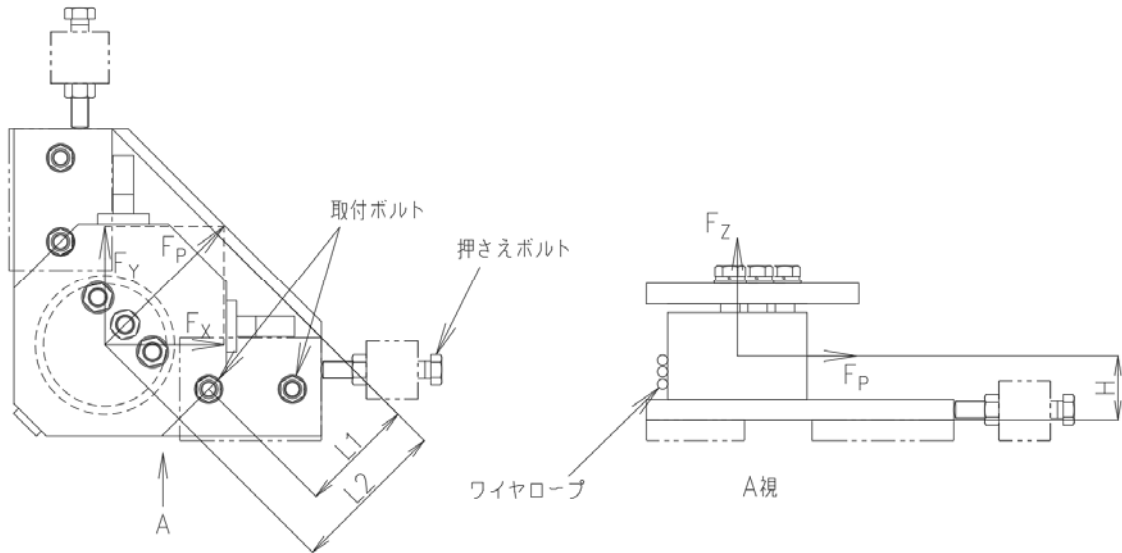
取付プレートに発生するせん断応力 τ_{p2} は、

$$\tau_{p2} = \frac{T_1'}{A_{s2}}$$

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「6.1 防護ネットの強度評価」の「(3) 強度計算」へ移行

d. 接続部

飛来物がネットに衝突するとワイヤロープを介してネット取付金物等に荷重 F_x , F_y , F_z が作用し、取付ボルトに引張応力が発生するため、引張応力評価を実施する。また、押さえボルトには圧縮応力が発生するため、圧縮応力評価を実施する。ネット取付金物等を第3.5.1-7図に示す。



※本図は内張り防護ネットにおけるネット取付金物に作用する荷重状態を示す。外張りの防護ネットにおいては、取付金物に作用する鉛直荷重 F_z の向きが反対となる。

第3.5.1-7図 ネット取付金物等

取付ボルトへ作用する荷重 P_1 は、保持管中心部に生じるモーメントより、以下の式で求められる。

$$P_1 = \frac{F_t \cdot H + F_z \cdot L_2}{L_1}$$

ここで、

$$F_t = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

$$F_z = T_T \cdot \sin \theta_{w1} \cdot \sin \theta_y + T_T \cdot \sin \theta_{w2} \cdot \sin \theta_x$$

取付ボルトに生じる引張応力 σ_{b1} は、動的倍率を踏まえた係数1.52を考慮し、

$$\sigma_{b1} = \frac{P_1 \cdot 1.52}{n_3 \cdot A_{b2}}$$

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「6.1 防護ネットの強度評価」の「(3) 強度計算」へ移行

また、押さえボルトに生じる圧縮応力 σ_{b2} は、動的倍率を踏まえた係数1.52を考慮し、

$$\sigma_{b2} = \frac{\text{Max}(F_x, F_y) \cdot 1.52}{A_{b3}}$$

ここで、

$$F_x = T_T \cdot \sin \theta_1 + T_T \cdot \cos \theta_2$$

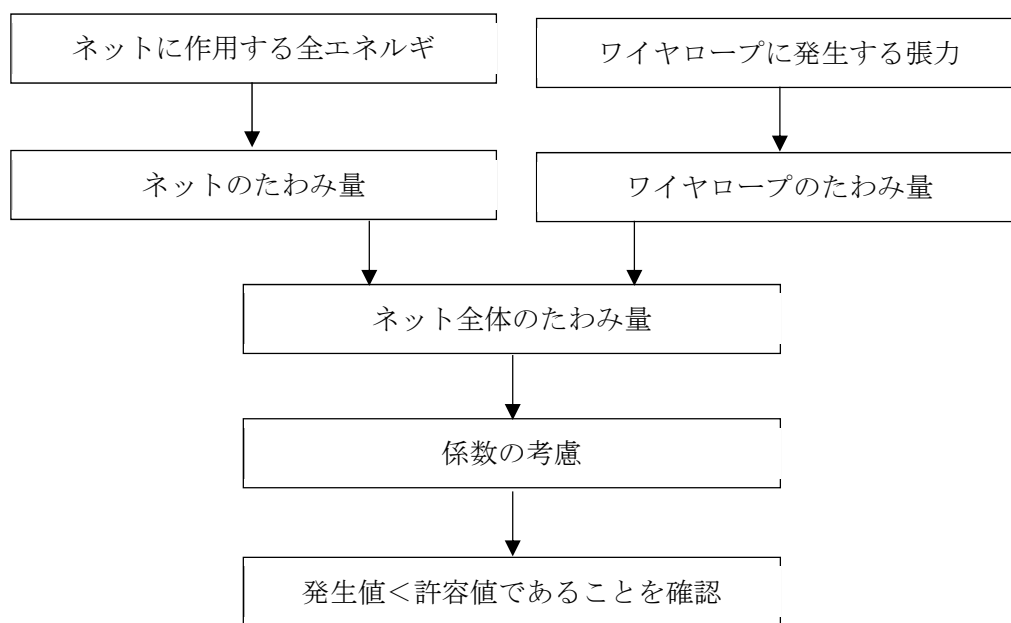
$$F_y = T_T \cdot \cos \theta_1 + T_T \cdot \sin \theta_2$$

(3) たわみ評価

たわみ評価においては、吸収エネルギー算定モデルを用い、飛来物の運動エネルギー、風圧力による荷重、積雪荷重及び自重によるエネルギーを吸収するために必要となるネットのたわみ量を算出する。また、合わせてワイヤロープ張力に応じたワイヤロープのたわみ量についても算出し、離隔距離未満であることを確認する。

たわみ評価においては、等価剛性の影響を考慮した「3.4 許容限界 (1) 防護ネット a. 吸収エネルギー評価」と同様の係数を最大たわみ量が大きくなるように考慮する。

たわみ評価の評価フローを第3.5.1-8図に示す。



第3.5.1-8図 たわみ評価の評価フロー

a. ネット

ネットの変位量と吸収エネルギーとの関係は式⑩のとおり，以下の式にて算出される。

$$E_i = 2K_x \cdot \delta_i^2 - K_x \cdot L_x (\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2} - L_x)$$

ここで， K_x 及び L_x は定数であるため，

$$\sum_{i=1}^{N_y} E_i = E_t$$

とすることで，ネットへの付加エネルギーに応じたたわみ量 δ を算出することができる。

b. ワイヤロープ，ターンバックル及びシャックル

(a) ワイヤロープたわみ量を含めたネット全体のたわみ量の算出

ワイヤロープのたわみ量は，ネット張力によりワイヤロープが放物線状に変形するとし，算出したワイヤロープに発生する張力及びワイヤロープの引張試験結果（荷重-ひずみ曲線）から変形後のワイヤロープ長さを求めることで算出する。ネットのたわみ量は中央衝突時に最大となるため，ワイヤロープたわみ量を算出する際のワイヤロープ張力は，式⑬にて算出される中央衝突時の値を用いる。

$$T_1 = \frac{3}{4(2n+1)} \cdot \frac{F_a}{\sin \theta} \dots \textcircled{13}$$

また，ワイヤロープの初期張力は小さくワイヤロープのたわみ量の算出において有意ではないため計算上考慮しない。

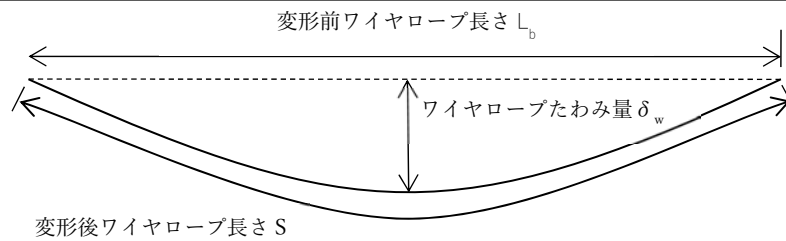
式⑬に示す計算方法を用いて算出されるワイヤロープに発生する張力からワイヤロープのひずみ量 ε が算出される。したがって，変形によるワイヤロープの伸び量 δ' は以下のとおり算出される。

$$\delta' = L_z \cdot \varepsilon$$

また，飛来物の衝突によりワイヤロープが第3.5.1-9図のとおり放物線状に変形すると，変形後のワイヤロープ長さ S は放物線の弦長の式を用いて以下のとおり表される。

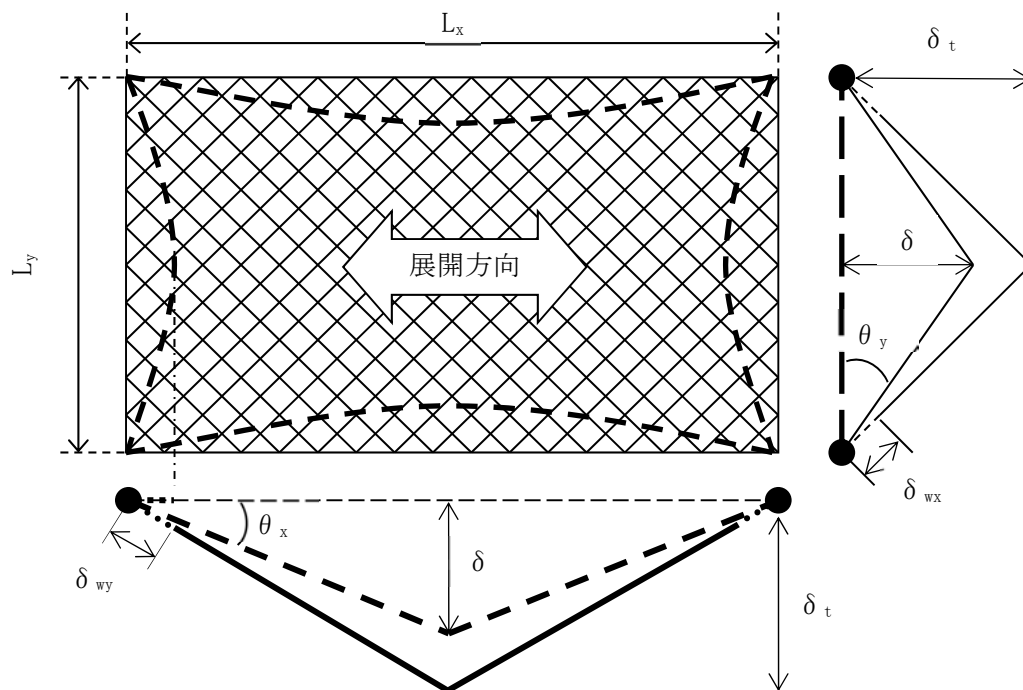
$$S = \frac{1}{2} \sqrt{L_b^2 + 16 \delta_w^2} + \frac{L_b^2}{8 \delta_w} \ln \left(\frac{4 \delta_w + \sqrt{L_b^2 + 16 \delta_w^2}}{L_b} \right)$$

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「6.1 防護ネットの強度評価」の「(3) 強度計算」へ移行



第3.5.1-9図 ワイヤロープ変形図

ワイヤロープたわみ量を含めたネット全体のたわみ量の算出を行う。ネット及びワイヤロープ変形図を第3.5.1-10図に示す。



第3.5.1-10図 ネット及びワイヤロープ変形図

ネット展開方向と平行に配置されているワイヤロープの変形後の長さを S_x 、ネット展開直角方向に配置されているワイヤロープの変形後の長さを S_y とすると、 S_x 及び S_y はそれぞれ δ_{wx} 、 δ_{wy} の関数であり、ワイヤロープ伸び量 δ' は、

$$\delta' = (S_x(\delta_{wx}) - L_x) + (S_y(\delta_{wy}) - L_y)$$

と表される。

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「6.1 防護ネットの強度評価」の「(3) 強度計算」へ移行

また、ネット展開方向と平行な断面から見たたわみ量と、ネット展開方向と直交する断面から見たたわみ量は等しいことから、

$$\delta_t = \sqrt{\left(\delta_{wy} + \frac{L_x}{2\cos\theta_x}\right)^2 - \left(\frac{L_x}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\delta_{wx} + \frac{L_y}{2\cos\theta_y}\right)^2 - \left(\frac{L_y}{2}\right)^2}$$

と表され、ワイヤロープたわみ量 δ_{wx} 及び δ_{wy} を算出することができ、同時にワイヤロープたわみ量を含めたネット全体のたわみ量 δ_t が算出される。

ここで、等価剛性の導出過程を踏まえた係数1.056を考慮し、ネット全体の最大たわみ量 δ_t' は、

$$\delta_t' = \delta_t \cdot 1.056$$

となる。「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「3.2.2 防護板(鋼材)の評価方針」の「(1) 衝突評価」へ移行

3.5.2 防護板(鋼材)の評価方法

(1) 貫通評価

防護板(鋼材)の貫通評価方法は、設定した許容限界板厚と設計板厚を比較し、設計板厚が許容限界板厚を上回っていることを確認することとする。

(2) 波及的影響評価

飛来物の衝突により防護板(鋼材)の変形によって取付ボルトが破断し、防護板(鋼材)が脱落しないことを確認するため、取付ボルトが許容限界未満であることを確認する。具体的には、防護板(鋼材)に対する飛来物による衝撃荷重は、衝突位置部近傍のボルトに荷重が集中し塑性変形および破断することが考えられるため、防護板とボルトをモデル化し、ボルトの変形、破断を考慮した衝突解析にて許容限界を満足することを確認する。

a. 評価モデル

計算においては、防護板(鋼材)をシェル要素で、取付ボルトはビーム要素でモデル化し、解析コード「LS-DYNA(R.7.1.2)」を用いて評価を実施する。

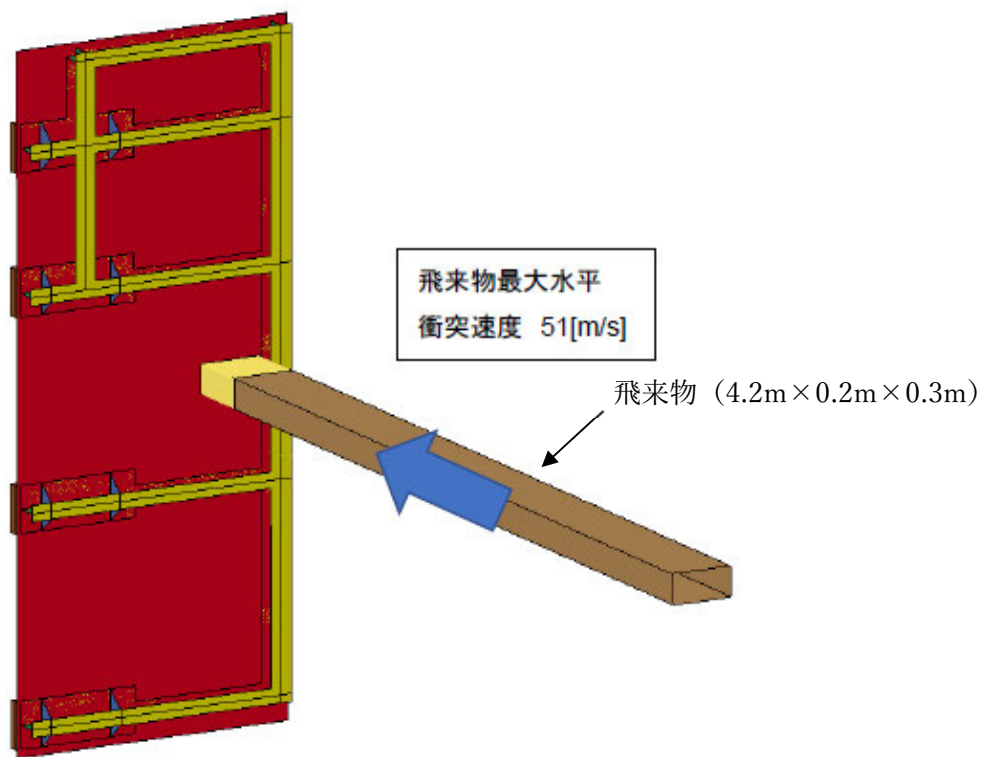
なお、評価に用いる解析コード「LS-DYNA(R.7.1.2)」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

「3.1.2 防護板(鋼材)の評価対象部位」に基づき、評価ケースを第3.5.2-1表に、評価モデルを第3.5.2-1図に示す。

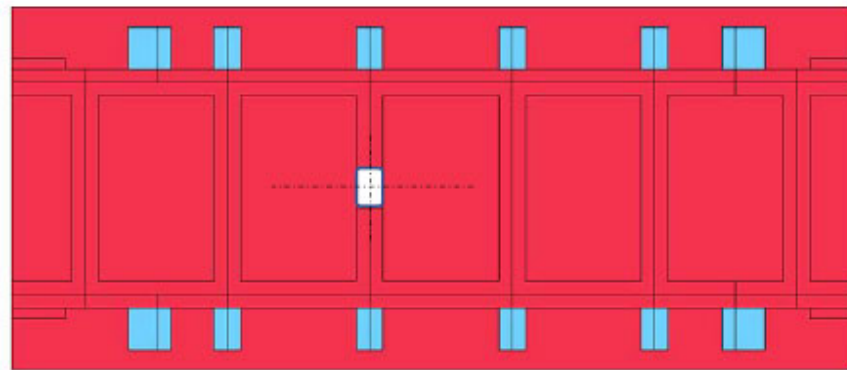
第3.5.2

強度計算書の取付ボルトの評価条件へ移行

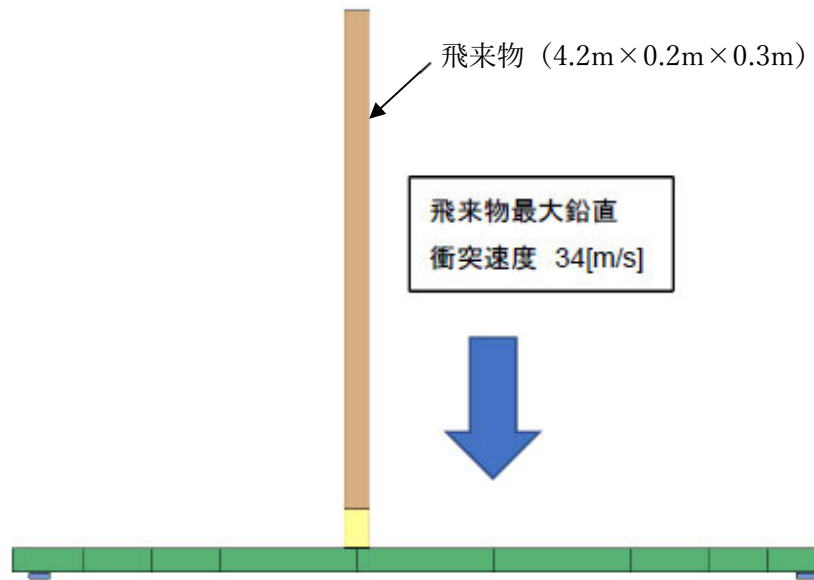
評価ケース	防護板(鋼材)の支持方法	取付ボルトの本数	飛来物速度	防護板(鋼材)のサイズ
①	1辺で支持	32	51m/s ² (水平衝突)	1,300mm× 4,400mm
②	相対する2辺以上で支持	32	34m/s ² (鉛直衝突)	2,700mm× 6,300mm
③		40(手前側) 56(奥側)	51m/s ² (水平衝突)	2,300mm× 5,100mm



第3.5.2-1図(1/3) 取付ボルト評価用の解析モデル図(ケース①)



屋上部分(伏図)

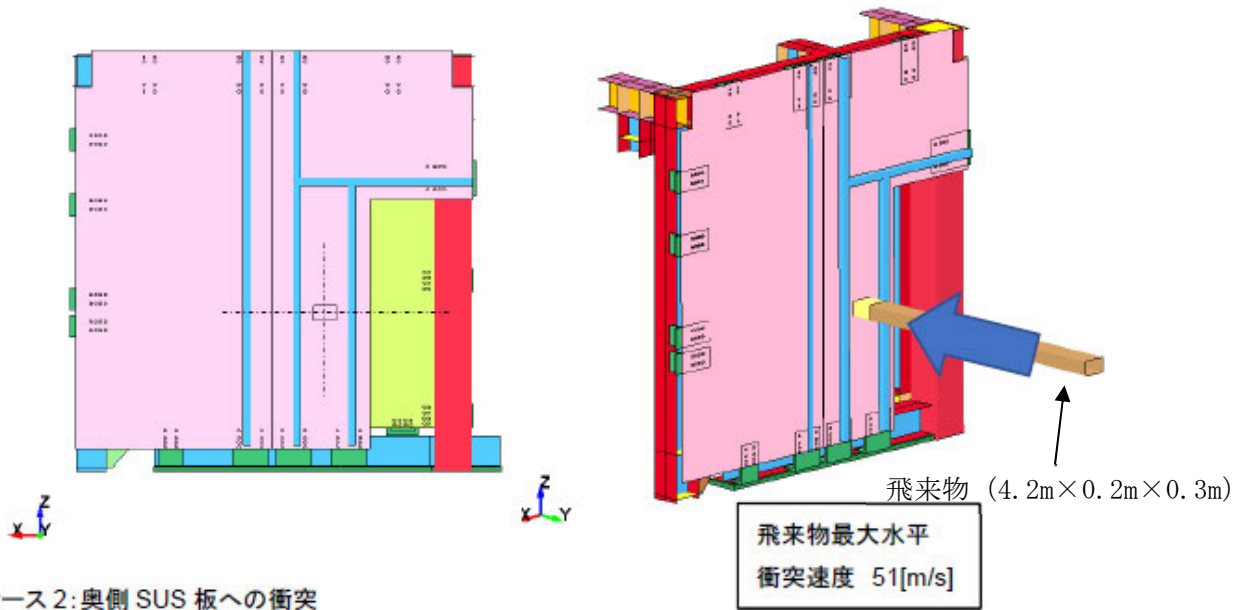


屋上部分(正面図)

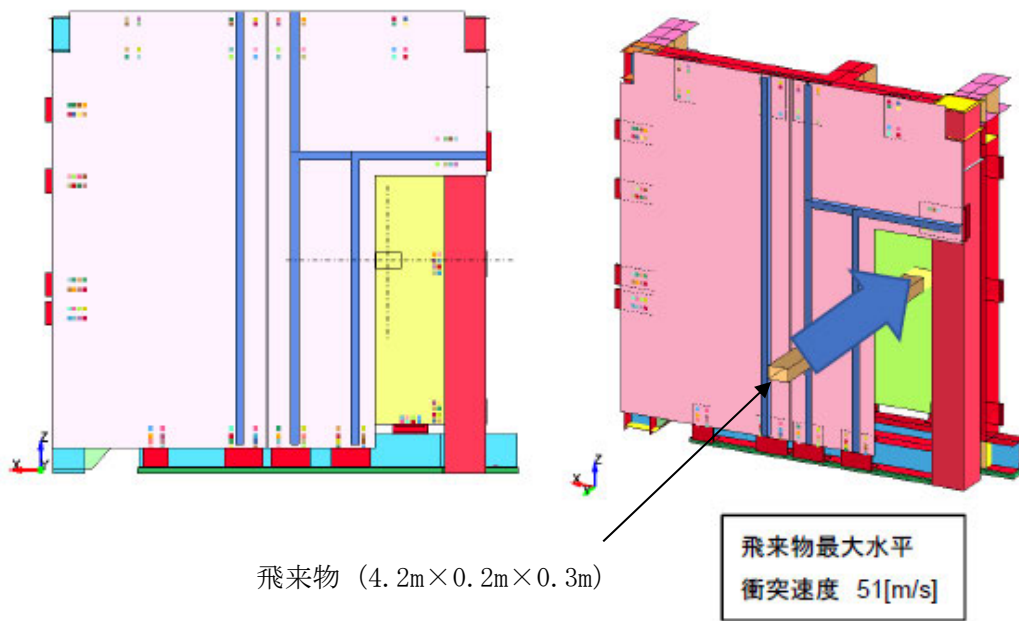


第3.5.2-1図(2/3) 取付ボルト評価用の解析モデル図(ケース②)

ケース1:手前側 SUS 板への衝突



ケース2:奥側 SUS 板への衝突



第3.5.2-1図(3/3) 取付ボルト評価用の解析モデル図(ケース③)

b. 材料モデル

材料モデルでは、取付ボルトの破断荷重を設定し、破断荷重を超えた取付ボルトは消去することにより取付ボルトの破断を表現する。

また、飛来物は保守的に破断荷重を超えても要素が消去しないものとする
防護板(鋼材)、取付ボルト及び飛来物に使用する鋼材の材料定数を第3.5.2-2表に示す。

材料定数は、JIS及び「鋼構造設計規準」に基づき設定し、JIS規格値を使用することで実機より降伏しやすい評価とする。

飛来物の衝突に対する解析は、変形速度が大きいためひずみ速度効果を考慮することとし、日本溶接協会の動的物性の推定式(WES式)を適用する。

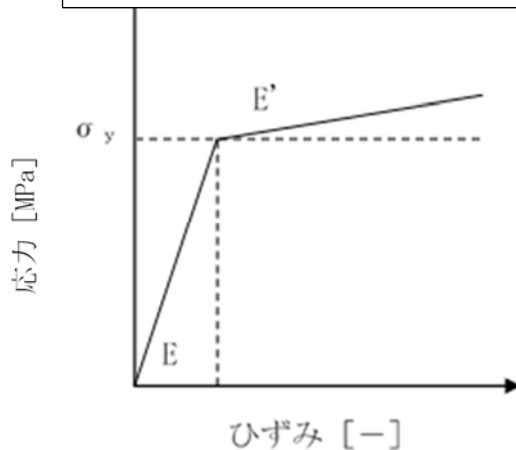
材料の応力-ひずみ関係はバイリニア型とする。

バイリニア型応力-ひずみ関係の概念図を第3.5.2-2図に示す。

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「6.2 防護板(鋼材)及び支持架構の強度評価」へ移行

部材	材質	降伏応力 σ_y (MPa)	縦弾性係数 E (MPa)	接線係数 E' (MPa)	ポアソン比
防護板(鋼材)	SUS304	205	1.95×10^5	1, 350	0.3
取付ボルト	強度区分8.8	660	2.05×10^5	1, 410	0.3
飛来物	SN490B	325	2.05×10^5	1, 380	0.3

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「6.2 防護板(鋼材)及び支持架構の強度評価」へ移行



「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「6.2.2 解析モデルの設定条件」へ移行

c. 評価式

ボルトに作用する各方向荷重と破断耐力との比率により破断判定を行い、ボルトが2本以上破断せずに残ることを確認する。

$$\left(\frac{p_u}{p_{u a}}\right)^2 + \left(\frac{q_u}{q_{u a}}\right)^2 \leq 1$$

$$p_{u a} = S_u \times A_b$$

$$q_{u a} = 0.6 \cdot S_u \times A_b$$

3.5.3 支持架構の評価方法

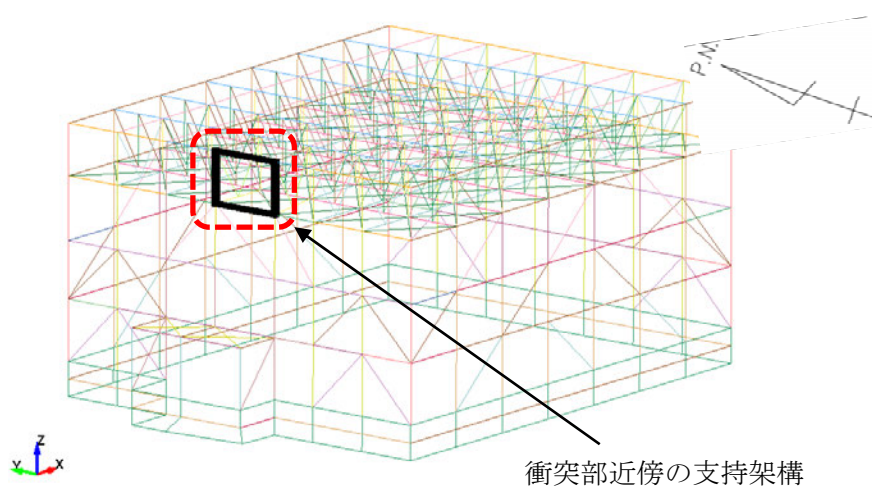
飛来物防護ネットの評価は，支持架構の評価モデルを用いて，貫通評価及び波及的影響評価を行い，許容限界未満であることを確認する。

(1) 評価モデル

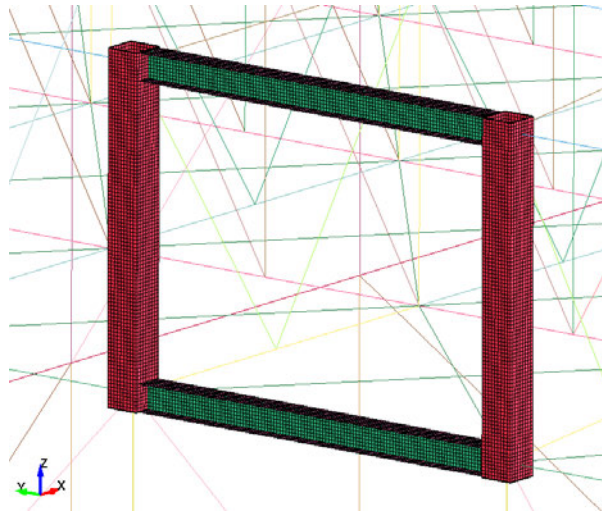
計算においては，支持架構全体を三次元フレームモデルによりモデル化し，解析コード「LS-DYNA(R. 7. 1. 2)」を用いて評価を実施する。

なお，評価に用いる解析コード「LS-DYNA(R. 7. 1. 2)」の検証及び妥当性確認等の概要については，「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

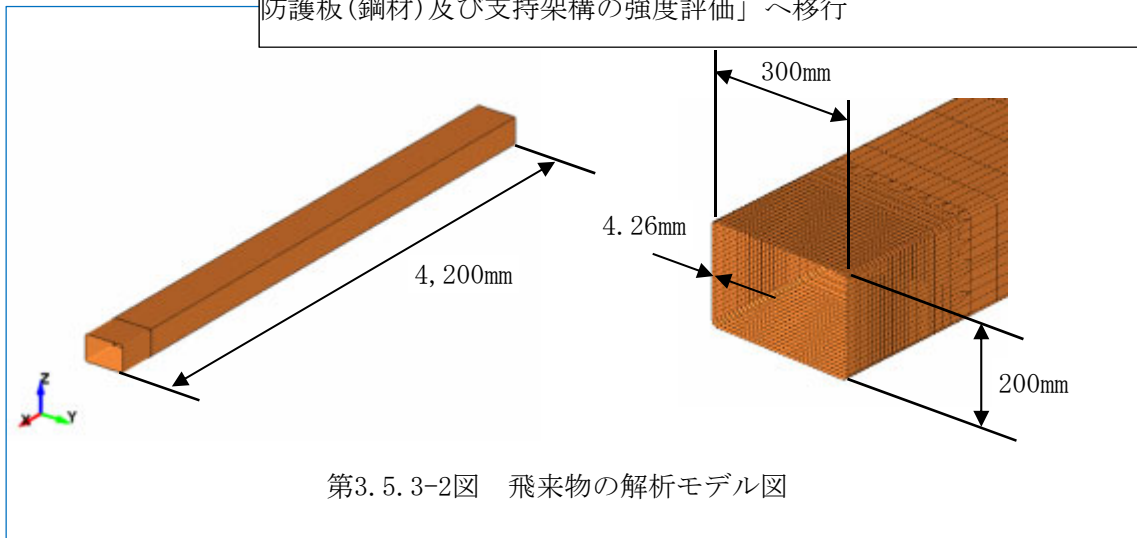
支持架構の評価モデルを第3.5.3-1図，飛来物の解析モデルを第3.5.3-2図に示す。



第3.5.3-1図 飛来物防護ネットの評価モデル図(1/2)



第3 「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「6.2 防護板(鋼材)及び支持架構の強度評価」へ移行



第3.5.3-2図 飛来物の解析モデル図

(2) 材料モデル

材料モデルでは、支持架構の破断ひずみを設定し、破断ひずみを超えた要素は消去することにより部材の破壊を表現する。鋼材の応力-ひずみ関係はバイリニア型とし、鋼材の材料モデルにおける折れ点の強度は、JISの規格値(降伏応力、引張強さ)の下限値に対してNEI07-13に従って動的増加率を乗じた値とする。動的増加率はNEI07-13に基づき、降伏応力1.29、引張強さ1.10とする。

また、飛来物は保守的に破断ひずみを超えても要素が消去しないものとし、破断ひずみはNEI07-13に従い $0.14/TF$ (多軸性係数)とする。ここで、多軸性係数について、支持架構部材は $TF=2$ 、飛来物は $TF=1$ とする。

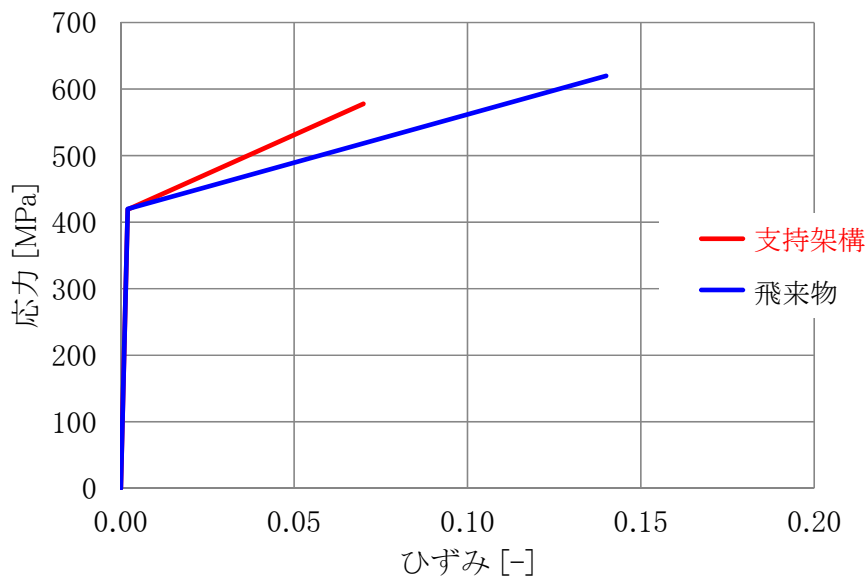
材料モデルの降伏応力及び引張強さの強度を第3.5.3-1表に、材料モデルにおける破断ひずみを第3.5.3-2表に、支持架構及び飛来物の応力-ひずみ線図を第3.5.3-3図に示す。

第3.5.3-1表 材料モデルの降伏応力及び引張強さ(単位：MPa)

対象	材質	規格値		材料モデル	
		降伏応力	引張強さ	降伏応力	引張強さ
支持架構	SN490B	325	490	419	578
飛来物	SN490B	325	490	420	620

第3.5.3-2表 材料モデルにおける破断ひずみ

対象	材質	破断ひずみ
支持架構	SN490B	0.07



第3.5.3-3図 支持架構及び飛来物の応力-ひずみ線図

(3) 評価式 「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「5.3.2 支持架構全体の波及的影響評価」へ移行

a. 軸力及び曲げモーメントに対する評価方法

軸力及び曲げモーメントが生じる部材は、座屈を考慮し、部材に生じる軸応力及び曲げ応力の組合せ応力が、許容限界を超えないことを確認する。

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1.0 \quad \text{又は} \quad \frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1.0$$

「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」の「5.3.2 支持架構全体の波及的影響評価」へ移行

b. せん断力に対する評価方法

せん断力が生じる部材は，部材に生じるせん断応力が，許容限界を超えないことを確認する。

$$\frac{\tau_s}{f_s} \leq 1.0$$

4. 評価条件

4.1 荷重条件

飛来物による衝撃荷重の算定条件を第4.1-1表に、風圧力による荷重の算定条件を第4.1-2表に、

「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」へ移行

第4.1-1表 飛来物の衝撃荷重の算定条件

飛来物	b×c (mm)	m (kg)	V ₁ (m/s)	
			鉛直方向	水平方向
鋼製材	300×200	135	34	51

「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」へ移行

部材	(-)	(m ²)		(-)	(kg/m ³)	(m/s)
		NS方向	EW方向			
支持架構 (座屈拘束ブレース以外)	2.1	1,503.2	1,397.8	1.0	1.22	100
支持架構 (座屈拘束ブレース)	1.2	100.0	96.0			
防護板	1.2	48.8	—*2			
防護ネット	1.4	1,758.0	1,461.6			

注記 *1 : NS方向, EW方向共に同じ値

*2 「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」へ移行

第4.1-3表 積雪荷重の算定条件

単位面積当たりの積雪荷重 (N/m ² /cm)	積雪高さ (cm)
30	66.5*1

注記 *1 : 六ヶ所村統計書における観測記録上の極値 190cm に、「建築基準法施行令」第八十二条に定める建築基準法の多雪区域における積雪荷重と地震荷重の組合せを適用して、平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した値

4.2 防護ネットの評価条件

(1) ネット

a. ネット仕様

ネット仕様として，電中研報告書等を参照し，引張試験に用いたネットの仕様を第4.2-1表に示す。

第4.2-1表 ネットの諸元

項目	記号	仕様		備考
		主ネット	補助ネット	
ネット材料	-	SWG F-4 (JIS G 3548)		-
ネット目合い寸法	-	50mm	40mm	電中研報告書による
ネット1目合いの対角寸法	a	$50 \times \sqrt{2} = 70.7\text{mm}$	$40 \times \sqrt{2} = 56.6\text{mm}$	
ネット1目合いの破断変位	a _s	17.6mm	13.9mm	
ネット素線の直径	-	4mm	4mm	
ネット1目合いの破断荷重	F _{bm}	15.1kN	17.2kN	
ネット1目合いの等価剛性	K	858kN/m	1,239kN/m	
衝突箇所周辺のネットの1枚当たりの交点数	n ₁	16個	20個	
ネットの素線の引張強度	-	1,400N/mm ² 以上	1,400N/mm ² 以上	
破断時たわみ角	θ _{max}	36.8deg	36.6deg	
ネットの単位面積当たりの質量	-	4.6kg/m ²	5.7kg/m ²	メーカーの標準的な値
ネットの充実率	φ	0.39(3枚* ²)		(計算値* ¹)

注記 *1:
$$\phi = 1 - \left(\frac{(\text{ネット目合い寸法: } 50\text{mm})^2}{(\text{ネット目合い寸法: } 50\text{mm} + \text{ネット素線径: } 4\text{mm})^2} \right)^2 \cdot \frac{(\text{ネット目合い寸法: } 40\text{mm})^2}{(\text{ネット目合い寸法: } 40\text{mm} + \text{ネット素線径: } 4\text{mm})^2}$$

*2: 補助ネットを含む。

b. ネット構成

ネットの構成を第4.2-2表及び第4.2-1図に示す。

第4.2-2表 ネットの構成(1/3)

No.	ネットサイズ(m)			ネット枚数 n
	Lx	×	Ly	
AT01-14	5.673	×	4.623	2枚 (1枚)
AT15	5.673	×	3.033	
AT16-21	5.673	×	4.623	
AT22	5.673	×	4.233	
AT23-49	5.673	×	4.623	
AS01-03	5.673	×	4.380	
AS04	5.890	×	4.730	
AS05-06	5.673	×	4.473	
AS07-10	5.673	×	4.973	
AS11-17	5.673	×	4.013	
AS18-20	5.673	×	4.380	
AS21	4.880	×	4.473	
AS22-24	5.673	×	4.473	
AS25	4.880	×	4.473	
AS26-28	5.673	×	4.680	
AN01-04	5.673	×	4.230	
AN05-07	5.673	×	4.473	
AN08-11	5.673	×	4.973	
AN12-18	5.673	×	4.013	
AN19-21	5.673	×	4.380	

()内は補助ネット枚数

第4.2-2表 ネットの構成(2/3)

No.	ネットサイズ(m)			ネット枚数 n
	Lx	×	Ly	
AN22	4.880	×	4.473	2枚 (1枚)
AN23-24	5.673	×	4.473	
AN25	4.880	×	4.473	
AN26-28	5.673	×	4.680	
AE01-03	4.623	×	4.230	
AE04-06	4.623	×	4.473	
AE07-10	4.973	×	4.623	
AE11-17	4.623	×	4.013	
AE18	4.380	×	4.305	
AE19-20	4.623	×	4.380	
AE21	4.380	×	4.305	
AE22	4.473	×	4.305	
AE23-24	4.623	×	4.473	
AE25	4.473	×	4.305	
AE26-28	4.680	×	4.623	
AW01	4.623	×	4.180	
AW02	5.723	×	4.180	
AW03-06	4.973	×	4.623	
AW07-09	4.623	×	4.013	
AW10	5.723	×	4.013	
AW11	4.013	×	3.523	
AW12-13	4.623	×	4.013	
AW14	4.380	×	4.305	
AW15	4.623	×	4.380	
AW16	4.380	×	3.523	
AW17	4.623	×	4.380	
AW18	4.380	×	4.305	

()内は補助ネット枚数

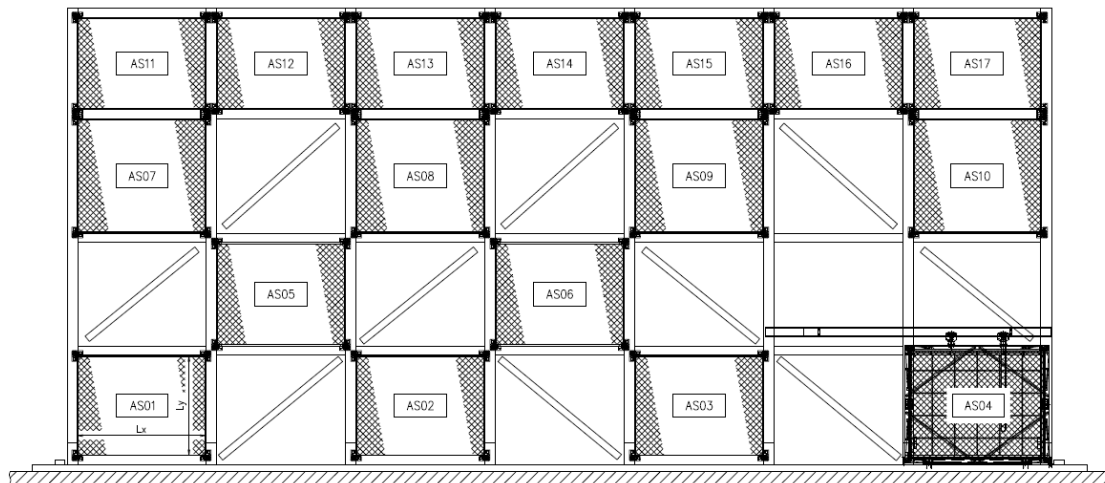
第4.2-2表 防護ネットの構成(3/3)

No.	ネットサイズ(m)			ネット枚数 n
	Lx	×	Ly	
AW19	4.473	×	4.305	2枚 (1枚)
AW20	4.623	×	4.473	
AW21	4.473	×	3.523	
AW22	4.623	×	4.473	
AW23	4.473	×	4.305	
AW24	4.680	×	3.523	
AW25	5.723	×	4.680	
AW26	4.680	×	4.623	
AHW01	4.623	×	4.230	
AHW02	5.723	×	4.230	

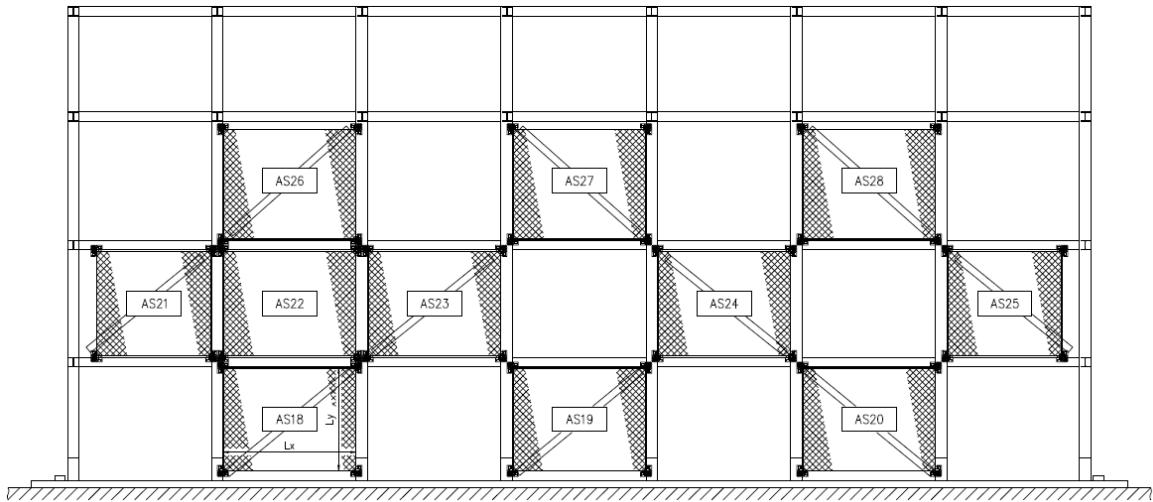
()内は補助ネット枚数



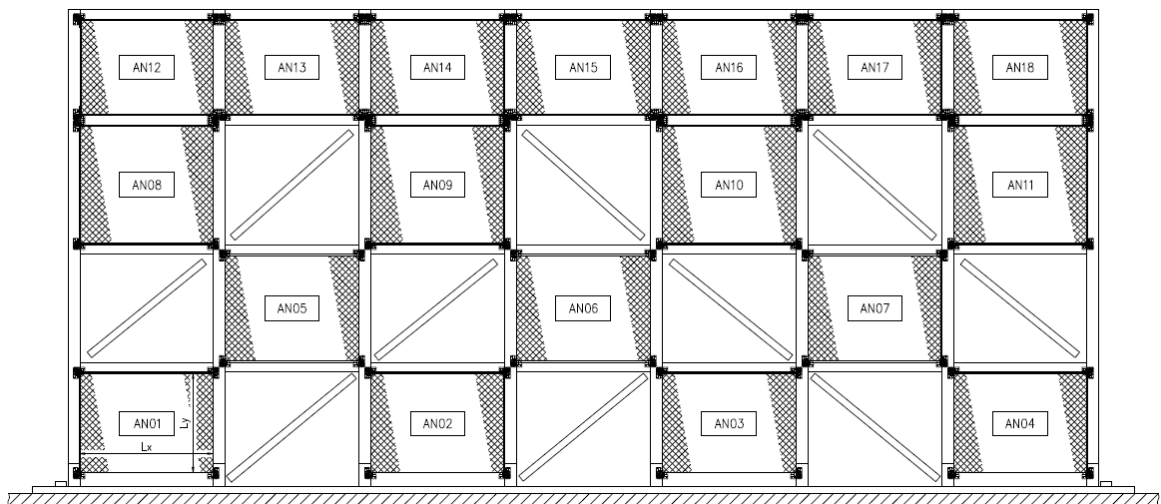
第4.2-1図 ネット割付展開図(天面) (1/10)



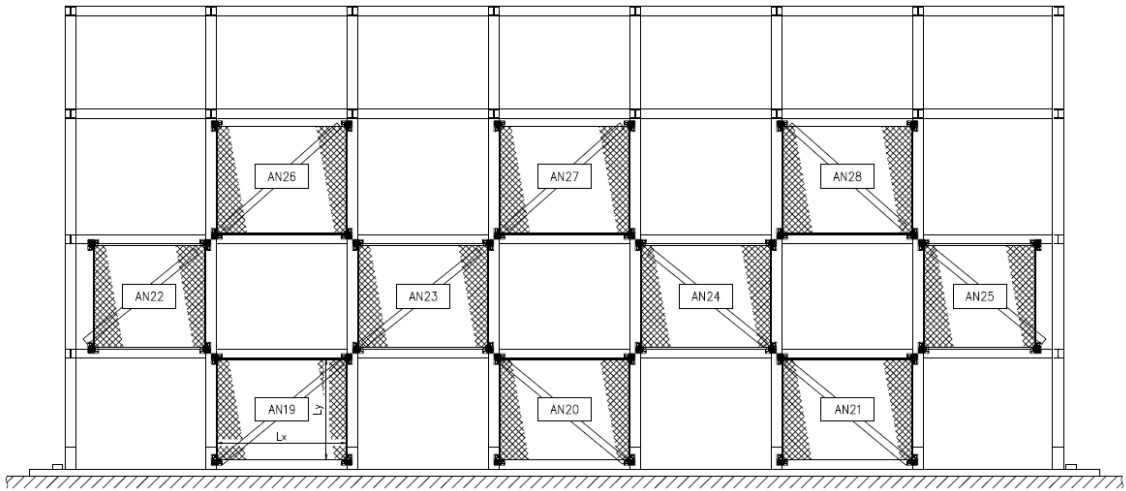
第4.2-1図 ネット割付展開図(南側外面) (2/10)



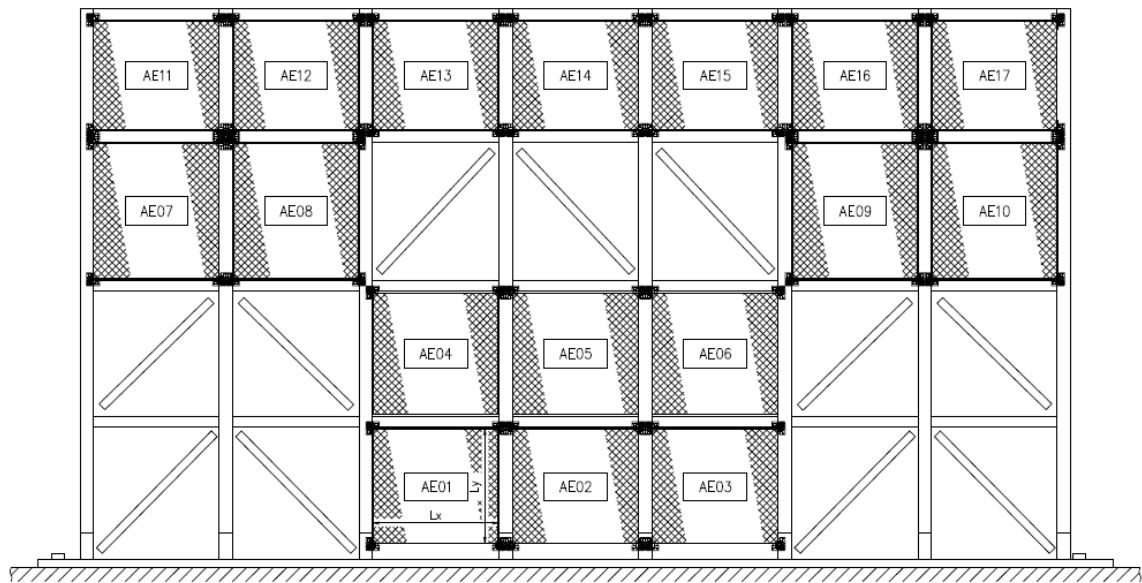
第4.2-1図 ネット割付展開図(南側内面) (3/10)



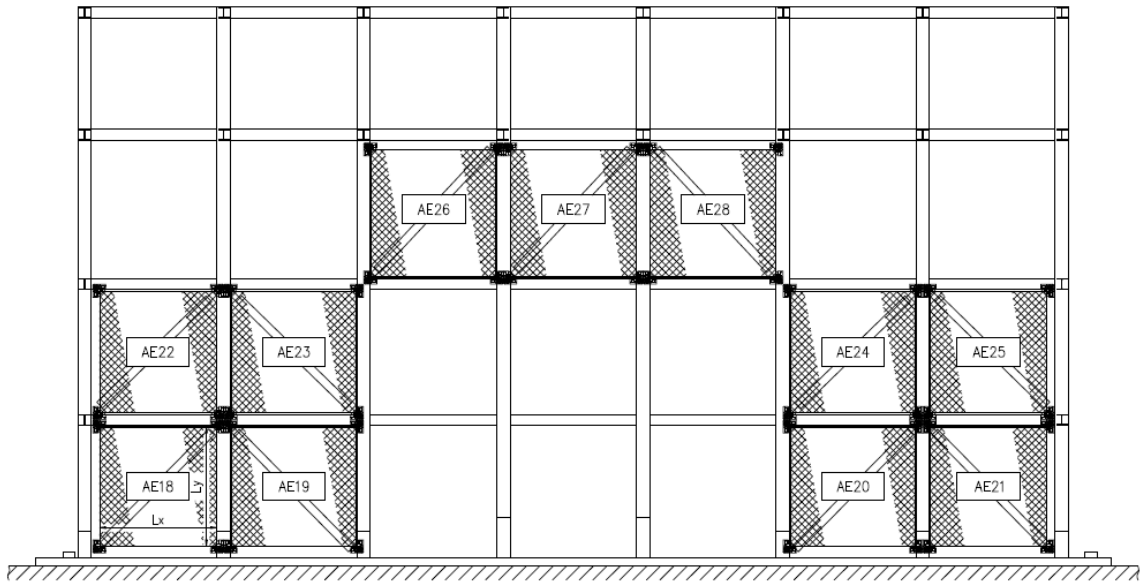
第4.2-1図 ネット割付展開図(北側外面) (4/10)



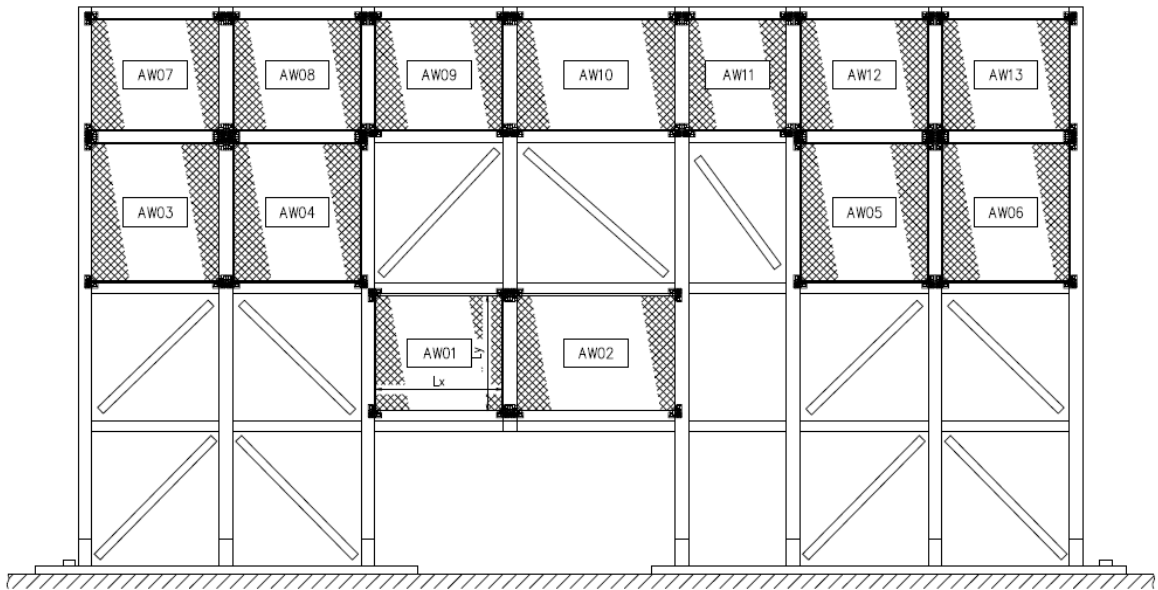
第4.2-1図 ネット割付展開図(北側内面) (5/10)



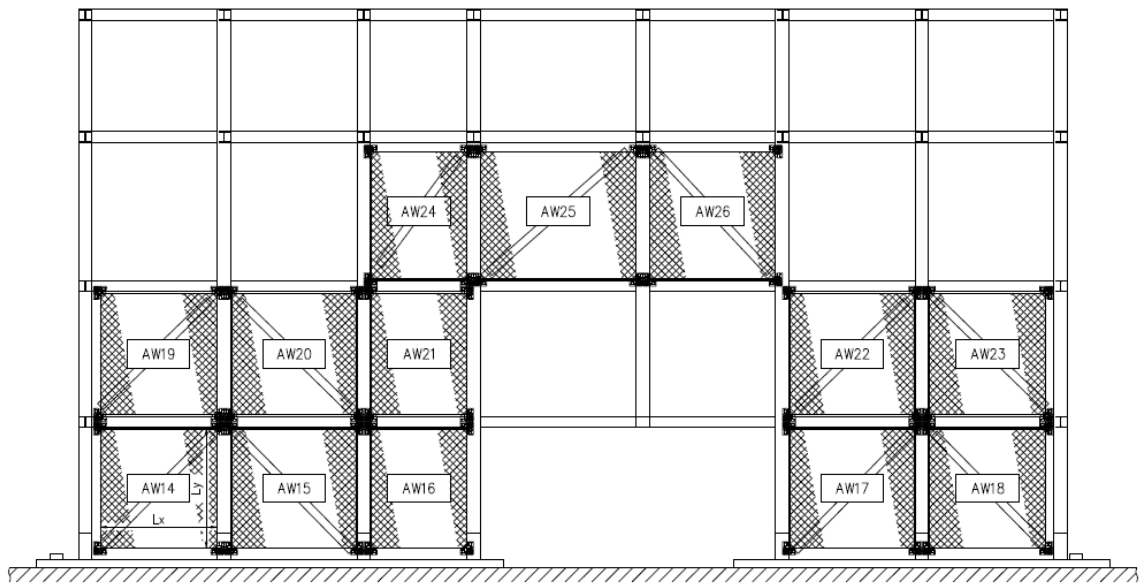
第4.2-1図 ネット割付展開図(東側外面) (6/10)



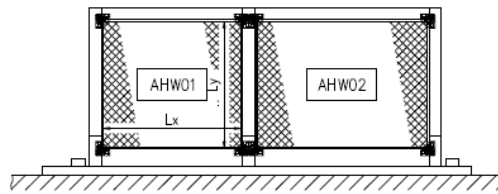
第4.2-1図 ネット割付展開図(東側内面) (7/10)



第4.2-1図 ネット割付展開図(西側外面) (8/10)



第4.2-1図 ネット割付展開図(西側内面) (9/10)



第4.2-1図 ネット割付展開図(西側張り出し部) (10/10)

(2) ワイヤロープ及び接続治具(支持部)

評価における条件を以下に示す。

a. ワイヤロープ

ワイヤロープの仕様を第4.2-3表に示す。

第4.2-3表 ワイヤロープの仕様

評価対象部位	仕様	径	破断荷重 F _{bw} (kN)	ワイヤグリップ効率 C _c
ワイヤロープ	7×7	φ16	165 ^(*1)	0.8 ^(*2)

注記 *1: JIS G 3549の破断強度

*2: JIS B 2809及び「小規模吊橋指針・同解説((社)日本道路協会)」

b. ターンバックル

ターンバックルの仕様を第4.2-4表に示す。

第4.2-4表 ターンバックルの仕様

評価対象部位	規格値 (kN)	許容限界 (kN)
ターンバックル	86.8	130.2

c. シャックル

シャックルの仕様を第4.2-5表に示す。

第4.2-5表 シャックルの仕様

評価対象部位	規格値 (kN)	許容限界 (kN)
シャックル	78.4	156.8

(3) 接続治具(固定部)

a. 接続治具(固定部)

評価における条件を以下に示す。

(a) 隅角部固定ボルト

隅角部固定ボルトの評価条件を第4.2-6表に示す。

第4.2-6表 隅角部固定ボルトの評価条件

評価対象部位	ボルト径	材質	ボルト本数 n_2
隅角部固定ボルト	M27	強度区分8.8	3本

(b) 取付プレート

イ. 支持架構設置

取付プレート(支持架構設置)の評価条件を第4.2-7表に示す。

第4.2-7表 取付プレート(支持架構設置)の評価条件

評価対象部位	材質	取付け孔位置寸法		取付け孔径 ϕd_1 (mm)	板厚 t_2 (mm)
		L_{p1} (mm)	L_{p2} (mm)		
取付プレート	SN490B	69.6	55	33	32

ロ. 鋼製枠設置

取付プレート(鋼製枠設置)の評価条件を第4.2-8表に示す。

第4.2-8表 取付プレート(鋼製枠設置)の評価条件

評価対象部位	材質	プレート長さ		取付け孔位置寸法 L_{p5} (mm)	面取り長さ L (mm)	取付け孔径 ϕd_2 (mm)	板厚 t_3 (mm)	溶接脚長 S_w (mm)
		L_{p3} (mm)	L_{p4} (mm)					
取付プレート	SS400	-	-	45	-	33	22	-
溶接部	SS400*1	100	130	-	25	-	-	9

注記 *1: 母材である取付プレートの材質

b. ネット取付金物等

ネット取付金物等の評価条件を第4.2-9表に示す。

第4.2-9表 ネット取付金物等の評価条件

評価対象部位	ボルト径	材質	モーメント支点からの距離		取付け面から保持管中心までの距離H (mm)	評価対象の取付ボルト本数 n_3 (本)
			ボルトまで L_1 (mm)	保持管中心まで L_2 (mm)		
取付ボルト	M24	強度区分10.9	180.3	245.5	106.5	2
押さえボルト	M27		-※	-※	-※	-※

※押さえボルトには、モーメントによる荷重は作用しないため、対象外。

4.3 防護板(鋼材)の評価 「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.2.2

(1) 貫通評価 許容限界の設定方法」へ移行

貫通評価に用いる条件を第4.3-1表に示す。

なお、評価において考慮する飛来物の飛来速度は、鉛直方向よりも値が大きい水平方向で代表する。

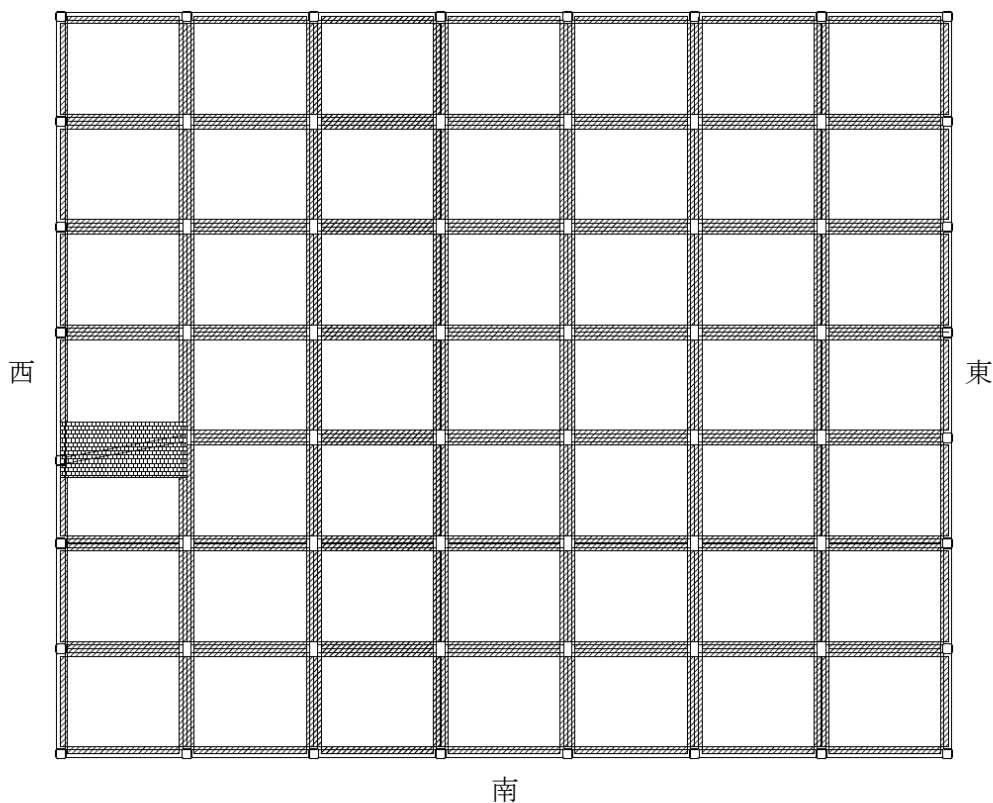
第4.3-1表 評価に用いる条件

記号	単位	数値
d	m	0.311
K	-	1.0
M	kg	135
v	m/s	51

(2) 波及的影響評価

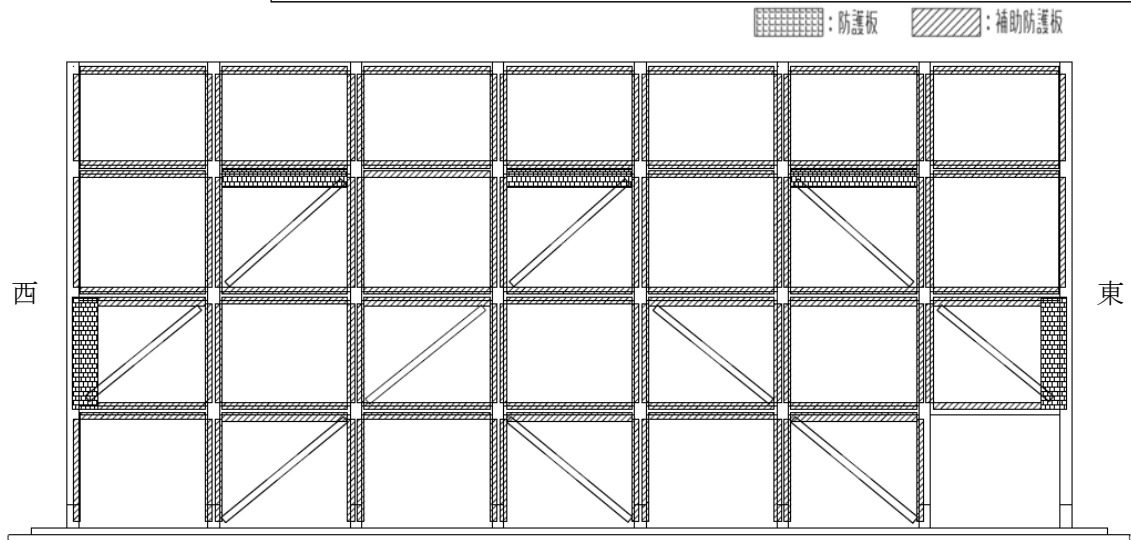
防護板及び補助防護の配置を第4.3-1図に示す。波及的影響評価に用いる条件を第4.3-2表に示す。

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.2 構造概要」の「(6)b. 飛来物防護ネット」へ移行

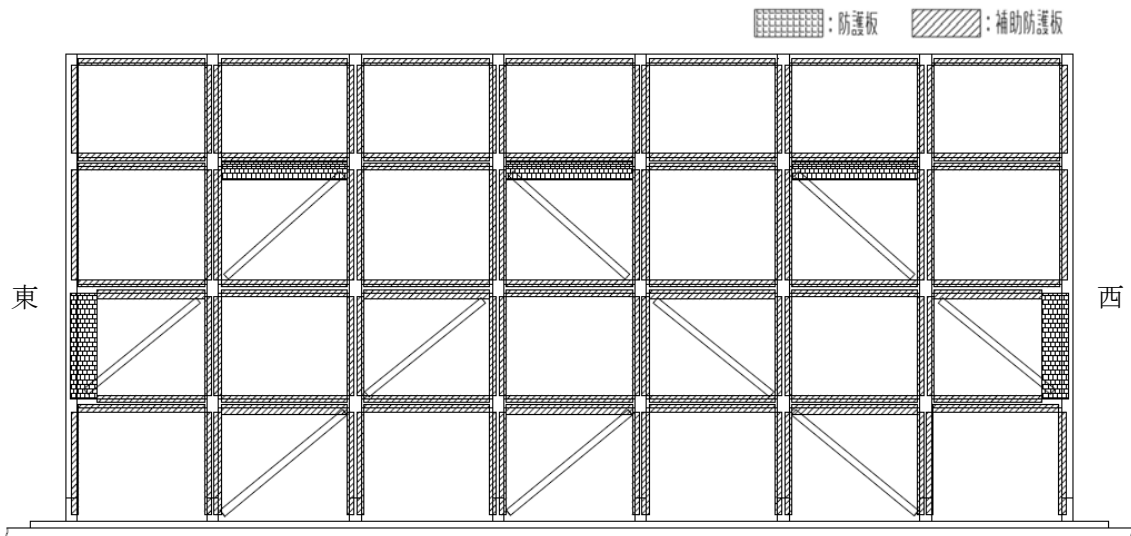


第4.3-1図 防護板及び補助防護板 配置図(天面) (1/6)

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.2 構造概要」の「(6)b. 飛来物防護ネット」へ移行

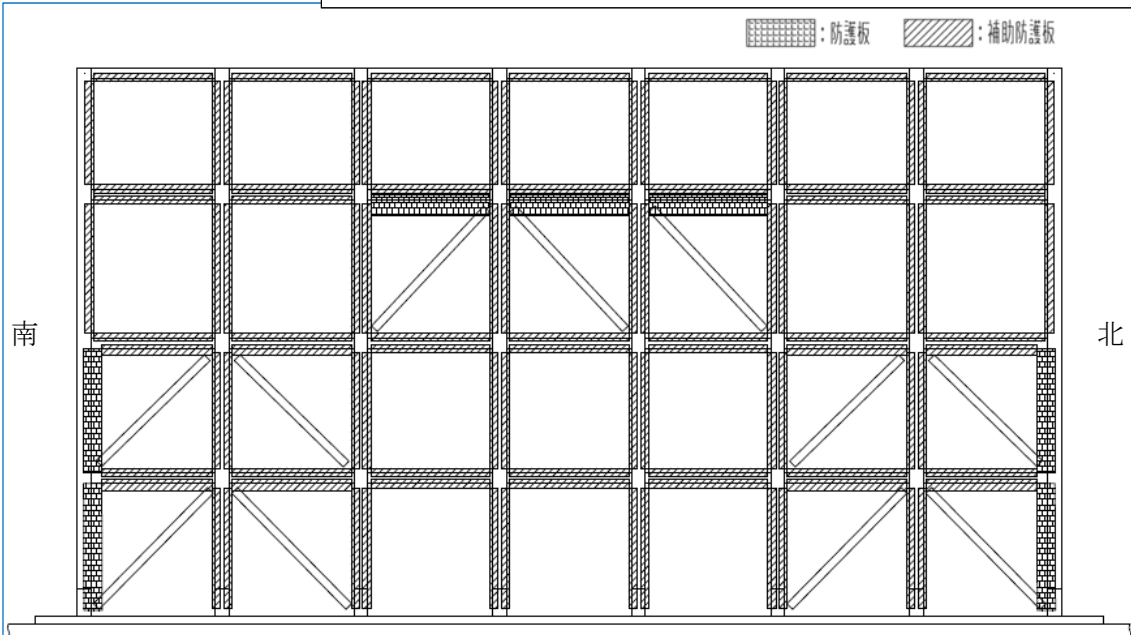


第4.3-1図 防護板及び補助防護板 配置図(南面) (2/6)

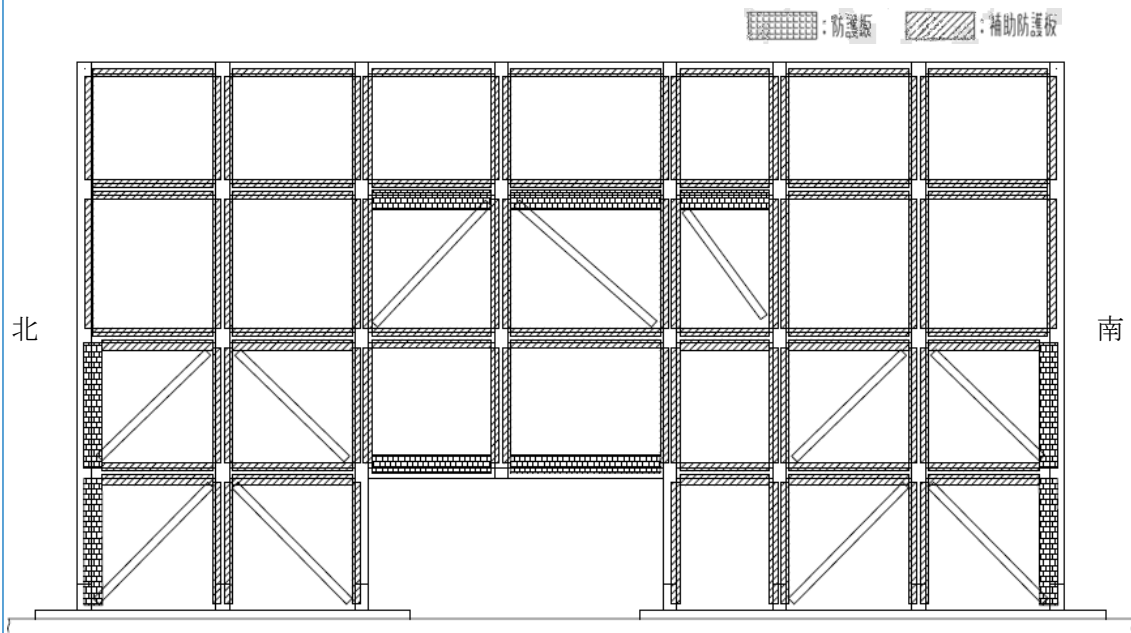


第4.3-1図 防護板及び補助防護板 配置図(北面) (3/6)

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設的设计方針」の「5.2 構造概要」の「(6)b. 飛来物防護ネット」へ移行

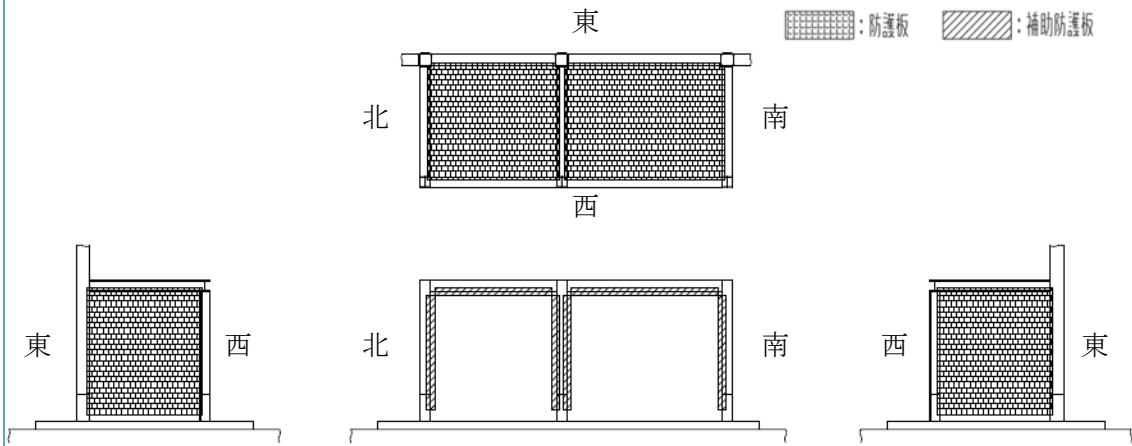


第4.3-1図 防護板及び補助防護板 配置図(東面) (4/6)



第4.3-1図 防護板及び補助防護板 配置図(西面) (5/6)

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設的设计方針」の「5.2 構造概要」の「(6)b. 飛来物防護ネット」へ移行



第4.3-1図 防護板及び補助防護板 配置図(西面) (6/6)

第4.3-2表 取付ボルトの評価に用いる条件

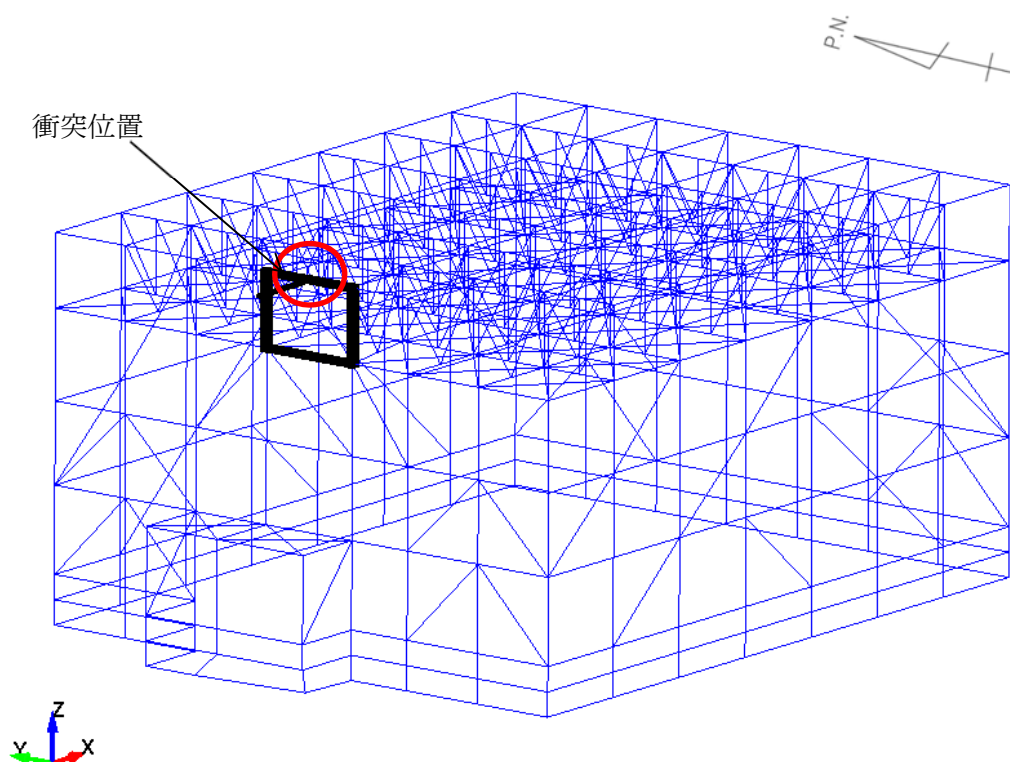
評価ケース	防護板(鋼材) サイズ (mm)	全数 (本)	取付ボルト 引張強さSu (MPa)	取付ボルト 有効断面積 A_b (mm^2)
①	1, 300×4, 400	32	830	694
②	2, 700×6, 300	32	830	353
③	2, 300×5, 100	40(手前側) 56(奥側)	830	353

4.4 支持架構の評価条件

(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)の評価モデル

「3.1.3 支持架構の評価対象部位」に基づき、飛来物の衝突位置を第4.4-1図に示す。飛来物の衝突位置は、以下の条件に該当する部材を選定した。

- ・支持架構を構成する部材のうち、板厚が最も薄いもの
- ・部材が最長のもの。
- ・支持架構の頂部のもの。



第4.4-1図 飛来物衝突位置図

(2) 材料定数

貫通評価に用いる部材の材料定数を第4.4-1表に示す。材料定数は、「鋼構造設計規準」に基づいて設定する。

第4.4-1表 材料定数

部材	材料	縦弾性係数E (MPa)	ポアソン比
支持架構	SN490B	2.05×10^5	0.3
	BCP325		
飛来物	SN490B	2.05×10^5	0.3

(3) 使用材料の許容限界

使用材料の許容限界を第4.4-2表、衝突部の仕様を第4.4-3表から第4.4-5表に示す。

第4.4-2表 使用材料の許容限界

部材	材料	基準強度(MPa)	備考
支持架構	SN490B	325	短期応力の許容応力を1.1倍した値を許容限界として設定
	BCP325		
飛来物	SN490B		

第4.4-3表 飛来物防護ネットの貫通評価対象部位

対象	仕様(mm)	材質
支持架構	はり中央	H-400×400×13×21

第4.4-4表 飛来物防護ネットの脱落評価対象部位

対象	仕様(mm)	材質
支持架構	はり端部 (柱はり接合部)	H-400×400×13×21

第4.4-5表 飛来物防護ネットの転倒評価対象部位

対象	仕様(mm)	材質
支持架構	柱脚部1	□-500×500×28
	柱脚部2	H-400×400×13×21

5. 強度評価結果

5.1 防護ネットの強度評価結果

(1) 吸収エネルギー評価

竜巻発生時の吸収エネルギー評価結果を第5.1-1表に示す。

すべてのネットにおいて、作用する全エネルギー(E_t)は、ネットの限界吸収エネルギー(E_{max}')を下回っている。

第5.1-1表 吸収エネルギー評価結果(1/3)

No.	E_t (kJ)	E_{max}' (kJ)	検定比*1 (-)
AT01-14	86	390	0.23
AT15	83	249	0.34
AT16-21	86	390	0.23
AT22	85	358	0.24
AT23-49	86	390	0.23
AS01-03	189	369	0.52
AS04	191	391	0.49
AS05-06	189	380	0.50
AS07-10	190	397	0.48
AS11-17	188	323	0.59
AS18-20	189	369	0.52
AS21	185	325	0.57
AS22-24	189	380	0.50
AS25	185	325	0.57
AS26-28	189	376	0.51
AN01-04	188	358	0.53
AN05-07	189	380	0.50
AN08-11	190	397	0.48
AN12-18	188	323	0.59
AN19-21	189	369	0.52
AN22	185	325	0.57
AN23-24	189	380	0.50

注記 *1 : 検定比= E_t/E_{max}' (小数第三位を切上げ)

第5.1-1表 吸収エネルギー評価結果(2/3)

(つづき)

No.	E_t (kJ)	E_{max}' (kJ)	検定比* ¹ (-)
AN25	185	325	0.57
AN26-28	189	376	0.51
AE01-03	184	292	0.64
AE04-06	184	309	0.60
AE07-10	186	342	0.55
AE11-17	183	263	0.70
AE18	183	268	0.69
AE19-20	184	301	0.62
AE21	183	268	0.69
AE22	183	271	0.68
AE23-24	184	309	0.60
AE25	183	271	0.68
AE26-28	184	321	0.58
AW01	183	292	0.63
AW02	188	365	0.52
AW03-06	186	342	0.55
AW07-09	183	263	0.70
AW10	188	329	0.58
AW11	181	217	0.84
AW12-13	183	263	0.70
AW14	183	268	0.69
AW15	184	301	0.62
AW16	182	238	0.77
AW17	184	301	0.62
AW18	183	268	0.69
AW19	183	271	0.68
AW20	184	309	0.60

注記 *1: 検定比= E_t/E_{max}' (小数第三位を切上げ)

第5.1-1表 吸収エネルギー評価結果(3/3)

(つづき)

No.	E_t (kJ)	E_{max}' (kJ)	検定比* ¹ (-)
AW21	182	240	0.76
AW22	184	309	0.60
AW23	183	271	0.68
AW24	182	251	0.73
AW25	190	383	0.50
AW26	184	321	0.58
AHW01	184	292	0.64
AHW02	188	365	0.52

注記 *1 : 検定比= E_t/E_{max}' (小数第三位を切上げ)

(2) 破断評価

a. ネット

竜巻発生時の局部貫通(飛来物による衝撃荷重)評価結果を第5.1-2表に示す。

すべてのネットにおいて、飛来物による衝撃荷重(F_a')は、ネットの許容荷重(F_n)を下回っている。

第5.1-2表 局部貫通(飛来物による衝撃荷重)評価結果(1/3)

No.	F_a' (kN)	F_n' (kN)	検定比* ¹ (-)
AT01-14	200.4	783	0.26
AT15	173.2	783	0.23
AT16-21	200.4	783	0.26
AT22	194.2	783	0.25
AT23-49	200.4	783	0.26
AS01-03	352.4	783	0.46
AS04	347.1	783	0.45
AS05-06	355.1	783	0.46
AS07-10	360.3	783	0.47
AS11-17	338.8	783	0.44
AS18-20	352.4	783	0.46
AS21	389.8	783	0.50
AS22-24	355.1	783	0.46
AS25	389.8	783	0.50
AS26-28	353.6	783	0.46
AN01-04	348.1	783	0.45
AN05-07	355.1	783	0.46
AN08-11	360.3	783	0.47
AN12-18	338.8	783	0.44
AN19-21	352.4	783	0.46
AN22	389.8	783	0.50
AN23-24	355.1	783	0.46

注記 *1: 検定比= F_a'/F_n' (小数第三位を切上げ)

第5.1-2表 局部貫通(飛来物による衝撃荷重)評価結果(2/3)

(つづき)

No.	F_a' (kN)	F_n' (kN)	検定比* ¹ (-)
AN25	389.8	783	0.50
AN26-28	353.6	783	0.46
AE01-03	398.6	783	0.51
AE04-06	404.5	783	0.52
AE07-10	389.5	783	0.50
AE11-17	385.7	783	0.50
AE18	409.2	783	0.53
AE19-20	401.6	783	0.52
AE21	409.2	783	0.53
AE22	401.6	783	0.52
AE23-24	404.5	783	0.52
AE25	401.6	783	0.52
AE26-28	403.1	783	0.52
AW01	396.4	783	0.51
AW02	346.8	783	0.45
AW03-06	389.5	783	0.50
AW07-09	385.7	783	0.50
AW10	337.4	783	0.44
AW11	419.1	783	0.54
AW12-13	385.7	783	0.50
AW14	409.2	783	0.53
AW15	401.6	783	0.52
AW16	395.1	783	0.51
AW17	401.6	783	0.52
AW18	409.2	783	0.53
AW19	401.6	783	0.52
AW20	404.5	783	0.52

注記 *1: 検定比= F_a'/F_n' (小数第三位を切上げ)

第5.1-2表 局部貫通(飛来物による衝撃荷重)評価結果(3/3)

(つづき)

No.	F_a' (kN)	F_n' (kN)	検定比* ¹ (-)
AW21	387.8	783	0.50
AW22	404.5	783	0.52
AW23	401.6	783	0.52
AW24	374.8	783	0.48
AW25	354.1	783	0.46
AW26	403.1	783	0.52
AHW01	398.6	783	0.51
AHW02	346.5	783	0.45

注記 *1: 検定比= F_a'/F_n' (小数第三位を切上げ)

b. ワイヤロープ及び接続冶具(支持部)

(a) ワイヤロープ

竜巻発生時の評価結果を第5.1-3表に示す。

ワイヤロープが負担する荷重(T_1')は、ワイヤロープの許容荷重(P)を下回っている。

第5.1-3表 ワイヤロープ評価結果(1/3)

No.	T_1' (kN)	P (kN)	検定比* ¹ (-)
AT01-14	68.1	132	0.52
AT15	53.9	132	0.41
AT16-21	68.1	132	0.52
AT22	64.9	132	0.50
AT23-49	68.1	132	0.52
AS01-03	100.9	132	0.77
AS04	100.3	132	0.76
AS05-06	102.2	132	0.78
AS07-10	104.5	132	0.80
AS11-17	94.7	132	0.72
AS18-20	100.9	132	0.77
AS21	109.4	132	0.83
AS22-24	102.2	132	0.78
AS25	109.4	132	0.83
AS26-28	101.5	132	0.77
AN01-04	99.2	132	0.76
AN05-07	102.2	132	0.78
AN08-11	104.5	132	0.80
AN12-18	94.7	132	0.72
AN19-21	100.9	132	0.77
AN22	109.4	132	0.83
AN23-24	102.2	132	0.78

注記 *1: 検定比= T_1'/P (小数第三位を切上げ)

第5.1-3表 ワイヤロープ評価結果(2/3)

(つづき)

No.	T ₁ ' (kN)	P (kN)	検定比* ¹ (-)
AN25	109.4	132	0.83
AN26-28	101.5	132	0.77
AE01-03	109.8	132	0.84
AE04-06	112.6	132	0.86
AE07-10	110.3	132	0.84
AE11-17	104.2	132	0.79
AE18	111.0	132	0.85
AE19-20	111.2	132	0.85
AE21	111.0	132	0.85
AE22	109.0	132	0.83
AE23-24	112.6	132	0.86
AE25	109.0	132	0.83
AE26-28	112.9	132	0.86
AW01	109.2	132	0.83
AW02	99.2	132	0.76
AW03-06	110.3	132	0.84
AW07-09	104.2	132	0.79
AW10	94.6	132	0.72
AW11	109.6	132	0.84
AW12-13	104.2	132	0.79
AW14	111.0	132	0.85
AW15	111.2	132	0.85
AW16	105.0	132	0.80
AW17	111.2	132	0.85
AW18	111.0	132	0.85
AW19	109.0	132	0.83
AW20	112.6	132	0.86

注記 *1: 検定比=T₁'/P(小数第三位を切上げ)

第5.1-3表ワイヤロープ評価結果(3/3)

(つづき)

No.	T ₁ ' (kN)	P (kN)	検定比* ¹ (-)
AW21	103.2	132	0.79
AW22	112.6	132	0.86
AW23	109.0	132	0.83
AW24	100.5	132	0.77
AW25	102.0	132	0.78
AW26	112.9	132	0.86
AHW01	109.8	132	0.84
AHW02	99.0	132	0.75

注記 *1 : 検定比=T₁' / P (小数第三位を切上げ)

(b) ターンバックル

竜巻発生時の評価結果を第5.1-4表に示す。

発生荷重は、ターンバックルの許容限界を下回っている。

第5.1-4表 ターンバックルの評価結果

評価対象部位	発生荷重 (kN)	許容限界 (kN)	検定比 ^{*2} (-)
ターンバックル	112.9 ^{*1}	130.2	0.87

注記 *1：ワイヤロープ張力が最大である T_1' の値を示す。

*2：検定比=発生荷重/許容限界(小数第三位を切上げ)

(c) シャックル

竜巻発生時の評価結果を第5.1-5表に示す。

発生荷重は、シャックルの許容限界を下回っている。

第5.1-5表 シャックルの評価結果

評価対象部位	発生荷重 (kN)	許容限界 (kN)	検定比 ^{*2} (-)
シャックル	112.9 ^{*1}	156.8	0.73

注記 *1：ワイヤロープ張力が最大である T_1' の値を示す。

*2：検定比=発生荷重/許容限界(小数第三位を切上げ)

c. 接続治具(固定部)

(a) 隅角部固定ボルト

接続治具(固定部)のうち、隅角部固定ボルトの竜巻発生時の評価結果を第5.1-6表に示す。ワイヤロープが負担する荷重(T_1')による発生応力は、隅角部固定ボルトの許容限界を下回っている。

第5.1-6表 接続治具(固定部)(隅角部固定ボルト)の評価結果(1/3)

No.	T_1' (kN)	発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	応力比*1 (-)
AT01-14	68.1	65	334	0.20
AT15	53.9	51	334	0.16
AT16-21	68.1	65	334	0.20
AT22	64.9	62	334	0.19
AT23-49	68.1	65	334	0.20
AS01-03	100.9	98	334	0.30
AS04	100.3	97	334	0.30
AS05-06	102.2	99	334	0.30
AS07-10	104.5	101	334	0.31
AS11-17	94.7	91	334	0.28
AS18-20	100.9	98	334	0.30
AS21	109.4	107	334	0.33
AS22-24	102.2	99	334	0.30
AS25	109.4	107	334	0.33
AS26-28	101.5	98	334	0.30
AN01-04	99.2	96	334	0.29
AN05-07	102.2	99	334	0.30
AN08-11	104.5	101	334	0.31
AN12-18	94.7	91	334	0.28
AN19-21	100.9	98	334	0.30
AN22	109.4	107	334	0.33

注記 *1: 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

第5.1-6表 接続治具(固定部)(隅角部固定ボルト)の評価結果(2/3)

(つづき)

No.	T ₁ ' (kN)	発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	応力比*1 (-)
AN23-24	102.2	99	334	0.30
AN25	109.4	107	334	0.33
AN26-28	101.5	98	334	0.30
AE01-03	109.8	107	334	0.33
AE04-06	112.6	110	334	0.33
AE07-10	110.3	107	334	0.33
AE11-17	104.2	101	334	0.31
AE18	111.0	108	334	0.33
AE19-20	111.2	108	334	0.33
AE21	111.0	108	334	0.33
AE22	109.0	106	334	0.32
AE23-24	112.6	110	334	0.33
AE25	109.0	106	334	0.32
AE26-28	112.9	110	334	0.33
AW01	109.2	106	334	0.32
AW02	99.2	96	334	0.29
AW03-06	110.3	107	334	0.33
AW07-09	104.2	101	334	0.31
AW10	94.6	91	334	0.28
AW11	109.6	106	334	0.32
AW12-13	104.2	101	334	0.31
AW14	111.0	108	334	0.33
AW15	111.2	108	334	0.33
AW16	105.0	101	334	0.31
AW17	111.2	108	334	0.33
AW18	111.0	108	334	0.33
AW19	109.0	106	334	0.32

注記 *1: 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

第5.1-6表 接続治具(固定部)(隅角部固定ボルト)の評価結果(3/3)

(つづき)

No.	T ₁ ' (kN)	発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	応力比* ¹ (-)
AW20	112.6	110	334	0.33
AW21	103.2	100	334	0.30
AW22	112.6	110	334	0.33
AW23	109.0	106	334	0.32
AW24	100.5	97	334	0.30
AW25	102.0	99	334	0.30
AW26	112.9	110	334	0.33
AHW01	109.8	107	334	0.33
AHW02	99.0	96	334	0.29

注記 *1: 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

(b) 取付プレート

イ. 支持架構設置

接続治具(固定部)のうち、取付プレート(支持架構設置)の竜巻発生時の評価結果を第5.1-7表に示す。

ワイヤロープが負担する荷重(T_1')による発生応力は、取付プレート(支持架構設置)の許容限界を下回っている。

第5.1-7表 接続治具(固定部)(取付プレート(支持架構設置))の評価結果(1/3)

No.	T_1' (kN)	発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	応力比*1 (-)
AT01-14	68.1	28	187	0.15
AT15	53.9	22	187	0.12
AT16-21	68.1	28	187	0.15
AT22	64.9	27	187	0.15
AT23-49	68.1	28	187	0.15
AS01-03	100.9	41	187	0.22
AS05-06	102.2	42	187	0.23
AS07-10	104.5	43	187	0.23
AS11-17	94.7	39	187	0.21
AS18-20	100.9	41	187	0.22
AS21	109.4	45	187	0.25
AS22-24	102.2	42	187	0.23
AS25	109.4	45	187	0.25
AS26-28	101.5	42	187	0.23
AN01-04	99.2	41	187	0.22
AN05-07	102.2	42	187	0.23
AN08-11	104.5	43	187	0.23
AN12-18	94.7	39	187	0.21
AN19-21	100.9	41	187	0.22
AN22	109.4	45	187	0.25
AN23-24	102.2	42	187	0.23

注記 *1: 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

第5.1-7表 接続治具(固定部)(取付プレート(支持架構設置))の評価結果(2/3)

(つづき)

No.	T ₁ ' (kN)	発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	応力比* ¹ (-)
AN25	109.4	45	187	0.25
AN26-28	101.5	42	187	0.23
AE01-03	109.8	45	187	0.25
AE04-06	112.6	46	187	0.25
AE07-10	110.3	45	187	0.25
AE11-17	104.2	43	187	0.23
AE18	111.0	46	187	0.25
AE19-20	111.2	46	187	0.25
AE21	111.0	46	187	0.25
AE22	109.0	45	187	0.25
AE23-24	112.6	46	187	0.25
AE25	109.0	45	187	0.25
AE26-28	112.9	46	187	0.25
AW01	109.2	45	187	0.25
AW02	99.2	41	187	0.22
AW03-06	110.3	45	187	0.25
AW07-09	104.2	43	187	0.23
AW10	94.6	39	187	0.21
AW11	109.6	45	187	0.25
AW12-13	104.2	43	187	0.23
AW14	111.0	46	187	0.25
AW15	111.2	46	187	0.25
AW16	105.0	43	187	0.23
AW17	111.2	46	187	0.25
AW18	111.0	46	187	0.25
AW19	109.0	45	187	0.25
AW20	112.6	46	187	0.25

注記 *1: 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

第5.1-7表 接続治具(固定部)(取付プレート(支持架構設置))の評価結果(3/3)

(つづき)

No.	T ₁ ' (kN)	発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	応力比*1 (-)
AW21	103.2	42	187	0.23
AW22	112.6	46	187	0.25
AW23	109.0	45	187	0.25
AW24	100.5	41	187	0.22
AW25	102.0	42	187	0.23
AW26	112.9	46	187	0.25
AHW01	109.8	45	187	0.25
AHW02	99.0	41	187	0.22

注記 *1: 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

ロ. 鋼製枠設置

接続治具(固定部)のうち, 取付プレート(鋼製枠設置)の竜巻発生時の評価結果を第5.1-8表に示す。

ワイヤロープが負担する荷重(T_1')による発生応力は, 取付プレート(鋼製枠設置)の許容限界を下回っている。

第5.1-8表 接続治具(固定部)(取付プレート(鋼製枠設置))の評価結果

No.	T_1' (kN)	発生応力(MPa)		許容限界(MPa)		応力比*1(-)	
		溶接部	プレート	溶接部	プレート	溶接部	プレート
AS04	100.3	55	80	135	135	0.41	0.60

注記 *1: 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

d. 接続部

ネット取付金物等のうち取付ボルト及び押さえボルトの竜巻発生時の評価結果を第5.1-9表に示す。

発生応力は、取付ボルト及び押さえボルトの許容限界を下回っている。

第5.1-9表 ネット取付金物等のうち取付ボルト及び押さえボルトの評価結果(1/3)

No.	発生応力 (MPa)		許容限界 (MPa)		応力比*1(-)	
	取付ボルト	押さえボルト	取付ボルト	押さえボルト	取付ボルト	押さえボルト
AT01-14	183	422	727	727	0.26	0.59
AT15	137	335	727	727	0.19	0.47
AT16-21	183	422	727	727	0.26	0.59
AT22	173	403	727	727	0.24	0.56
AT23-49	183	422	727	727	0.26	0.59
AS01-03	245	638	727	727	0.34	0.88
AS05-06	248	646	727	727	0.35	0.89
AS07-10	258	659	727	727	0.36	0.91
AS11-17	226	598	727	727	0.32	0.83
AS18-20	438	638	727	727	0.61	0.88
AS21	477	690	727	727	0.66	0.95
AS22-24	442	646	727	727	0.61	0.89
AS25	477	690	727	727	0.66	0.95
AS26-28	437	640	727	727	0.61	0.89
AN01-04	239	627	727	727	0.33	0.87
AN05-07	248	646	727	727	0.35	0.89
AN08-11	258	659	727	727	0.36	0.91
AN12-18	226	598	727	727	0.32	0.83
AN19-21	438	638	727	727	0.61	0.88
AN22	477	690	727	727	0.66	0.95
AN23-24	442	646	727	727	0.61	0.89
AN25	477	690	727	727	0.66	0.95
AN26-28	437	640	727	727	0.61	0.89

注記 *1：応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

第5.1-9表 ネット取付金物等のうち取付ボルト及び押さえボルトの評価結果(2/3)
(つづき)

No.	発生応力 (MPa)		許容限界 (MPa)		応力比*1(-)	
	取付ボルト	押さえボルト	取付ボルト	押さえボルト	取付ボルト	押さえボルト
AE01-03	266	692	727	727	0.37	0.96
AE04-06	275	710	727	727	0.38	0.98
AE07-10	270	696	727	727	0.38	0.96
AE11-17	249	656	727	727	0.35	0.91
AE18	485	698	727	727	0.67	0.97
AE19-20	486	701	727	727	0.67	0.97
AE21	485	698	727	727	0.67	0.97
AE22	475	685	727	727	0.66	0.95
AE23-24	491	710	727	727	0.68	0.98
AE25	475	685	727	727	0.66	0.95
AE26-28	492	711	727	727	0.68	0.98
AW01	264	689	727	727	0.37	0.95
AW02	238	628	727	727	0.33	0.87
AW03-06	270	696	727	727	0.38	0.96
AW07-09	249	656	727	727	0.35	0.91
AW10	225	598	727	727	0.31	0.83
AW11	257	691	727	727	0.36	0.96
AW12-13	249	656	727	727	0.35	0.91
AW14	485	698	727	727	0.67	0.97
AW15	486	701	727	727	0.67	0.97
AW16	462	662	727	727	0.64	0.92
AW17	486	701	727	727	0.67	0.97
AW18	485	698	727	727	0.67	0.97
AW19	475	685	727	727	0.66	0.95
AW20	491	710	727	727	0.68	0.98
AW21	453	651	727	727	0.63	0.90

注記 *1 : 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

第5.1-9表 ネット取付金物等のうち取付ボルト及び押さえボルトの評価結果(3/3)
(つづき)

No.	発生応力 (MPa)		許容限界 (MPa)		応力比*1(-)	
	取付 ボルト	押さえ ボルト	取付 ボルト	押さえ ボルト	取付 ボルト	押さえ ボルト
AW22	491	710	727	727	0.68	0.98
AW23	475	685	727	727	0.66	0.95
AW24	440	635	727	727	0.61	0.88
AW25	440	644	727	727	0.61	0.89
AW26	492	711	727	727	0.68	0.98
AHW01	266	692	727	727	0.37	0.96
AHW02	239	626	727	727	0.33	0.87

注記 *1 : 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

(3) たわみ評価

竜巻発生時の評価結果を第5.1-10表に示す。

すべてのネットにおいて、飛来物の衝突によるネット全体の最大たわみ量(δ_t')は、防護ネットと竜巻防護対象施設の最小離隔距離(L_{min})を下回っている。

第5.1-10表 たわみ評価結果(1/3)

No.	δ_t' (m)	L_{min} (m)	検定比 ^{*1} (-)
AT01-14	1.85	2.97	0.63
AT15	1.89	2.97	0.64
AT16-21	1.85	2.97	0.63
AT22	1.85	2.97	0.63
AT23-49	1.85	2.97	0.63
AS01-03	2.22	5.92	0.38
AS04	2.30	5.92	0.39
AS05-06	2.22	4.86	0.46
AS07-10	2.24	6.10	0.37
AS11-17	2.25	5.17	0.44
AS18-20	2.22	5.16	0.44
AS21	2.01	4.09	0.50
AS22-24	2.22	4.09	0.55
AS25	2.01	4.09	0.50
AS26-28	2.24	5.33	0.43
AN01-04	2.22	5.92	0.38
AN05-07	2.22	4.86	0.46
AN08-11	2.24	19.45	0.12
AN12-18	2.25	5.17	0.44
AN19-21	2.22	5.16	0.44
AN22	2.01	4.09	0.50
AN23-24	2.22	4.09	0.55

注記 *1: 検定比= δ_t' / L_{min} (小数第三位を切上げ)

第5.1-10表 たわみ評価結果(2/3)

(つづき)

No.	δ_t' (m)	L_{min} (m)	検定比*1 (-)
AN25	2.01	4.09	0.50
AN26-28	2.24	18.68	0.12
AE01-03	1.94	4.20	0.47
AE04-06	1.94	3.53	0.55
AE07-10	2.04	17.35	0.12
AE11-17	1.96	6.20	0.32
AE18	1.89	3.43	0.56
AE19-20	1.94	3.43	0.57
AE21	1.89	3.43	0.56
AE22	1.92	2.77	0.70
AE23-24	1.94	2.77	0.71
AE25	1.92	2.77	0.70
AE26-28	1.96	16.59	0.12
AW01	1.94	3.23	0.61
AW02	2.23	3.23	0.70
AW03-06	2.04	4.07	0.51
AW07-09	1.96	6.20	0.32
AW10	2.26	6.20	0.37
AW11	1.77	6.20	0.29
AW12-13	1.96	6.20	0.32
AW14	1.89	3.13	0.61
AW15	1.94	3.13	0.62
AW16	1.88	3.13	0.61
AW17	1.94	3.13	0.62
AW18	1.89	3.13	0.61
AW19	1.92	2.47	0.78
AW20	1.94	2.47	0.79
AW21	1.90	2.47	0.77

注記 *1 : 検定比 = δ_t' / L_{min} (小数第三位を切上げ)

第5.1-10表 たわみ評価結果(3/3)

(つづき)

No.	δ_t' (m)	L_{min} (m)	検定比*1 (-)
AW22	1.94	2.47	0.79
AW23	1.92	2.47	0.78
AW24	1.96	3.31	0.60
AW25	2.25	3.31	0.68
AW26	1.96	3.31	0.60
AHW01	1.94	3.60	0.54
AHW02	2.23	3.60	0.62

注記 *1 : 検定比 = δ_t' / L_{min} (小数第三位を切上げ)

5.2 防護板(鋼材)の強度評価結果

(1) 貫通評価

防護板(鋼材)の貫通評価結果を第5.2-1表に示す。

防護板(鋼材)の設計板厚は、許容限界板厚を上回っており、飛来物が防護板(鋼材)を貫通しないことから、飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。

第5.2-1表 防護板の強度評価結果

評価対象部位	許容限界板厚 (mm)	設計板厚 (mm)
防護板(鋼材) (補助防護板含む)	8.2	9.0

(2) 波及的影響評価

取付ボルトの強度評価結果を第5.2-2表に示す。

ボルトが2本以上破断せずに残るため、防護板(鋼材)は脱落しないことから健全である。

第5.2-2表 取付ボルトの強度評価結果

評価対象部位	評価ケース	全数 (本)	残存数 (本)	必要残存数 (本)
取付ボルト	①	32	12	2
	②	32	28	2
	③	40(手前側) 56(奥側)	32(手前側) 8(奥側)	2

5.3 支持架構の強度評価結果

(1) 貫通評価

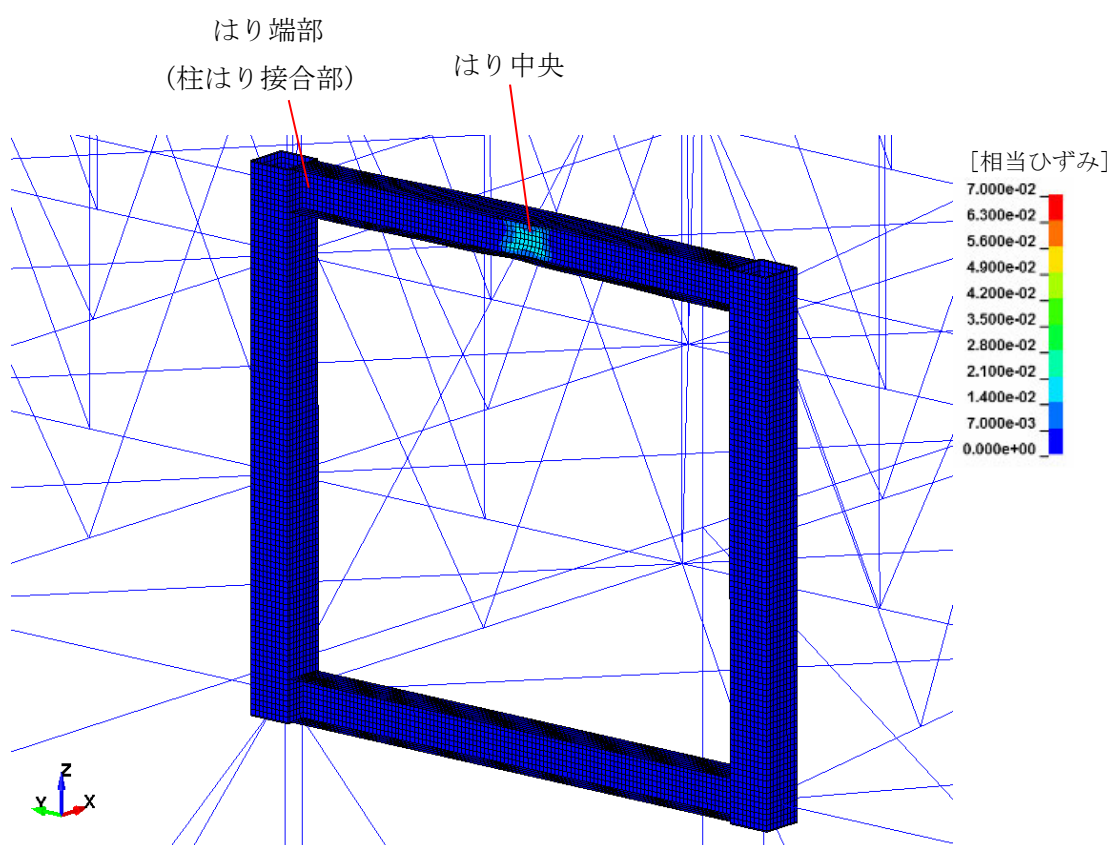
飛来物防護ネットの貫通評価結果を第5.3-1表に示す。飛来物が飛来物防護ネットから離れる直前の衝突位置拡大図を第5.3-1図及び飛来物防護ネットに最大ひずみが発生する時刻での衝突位置拡大図を第5.3-2図に示す。

評価結果は許容限界以下となっており、飛来物は評価対象部位を貫通しないことから、飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。

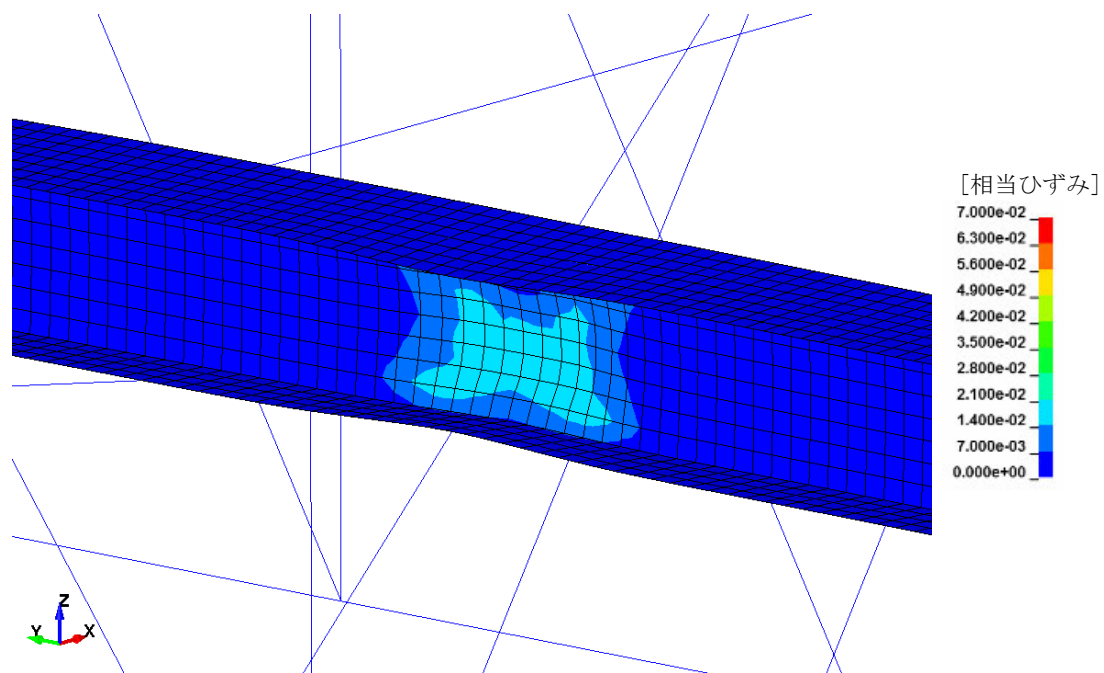
また、変形量も微小な範囲に留まっており、支持架構の構造健全性には影響ないと判断できることから、倒壊評価は実施しない。

第5.3-1表 飛来物防護ネットの貫通評価結果

対象		相当ひずみ	
		評価結果	許容限界
支持架構	はり中央	0.028	0.07



第5.3-1図 衝突位置拡大図
(飛来物防護ネットに最大ひずみが発生する時刻)



第5.3-2図 衝突位置拡大図

(2) 波及的影響評価

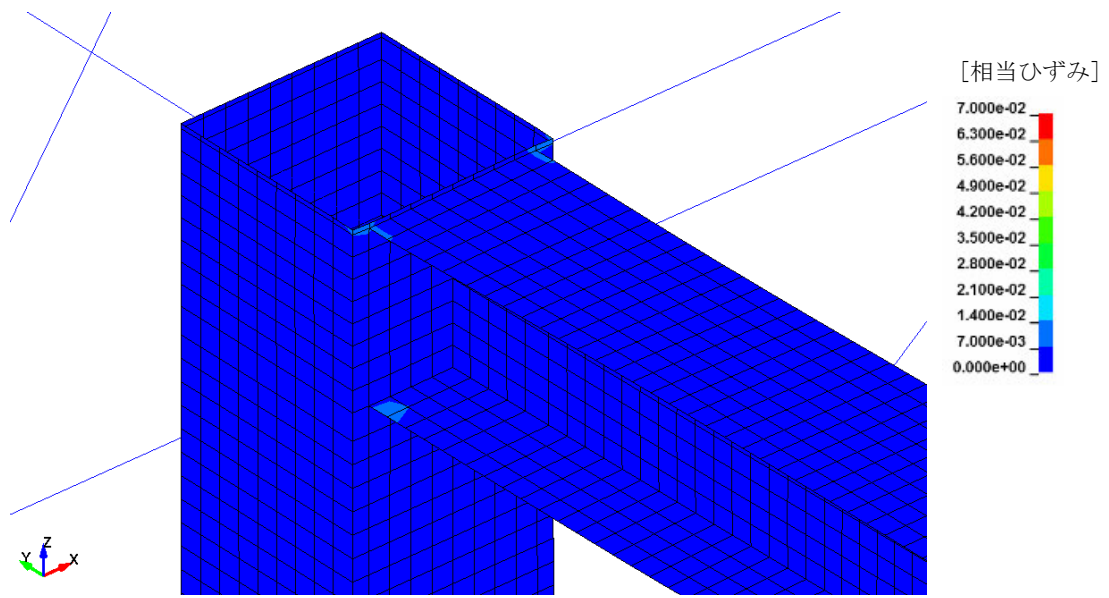
a. 脱落評価

飛来物防護ネットの部材の脱落評価結果を第5.3-2表に示す。飛来物防護ネットの部材の接続部に最大ひずみが発生する時刻でのはり端部(柱はり接合部)拡大図を第5.3-3図に示す。

評価結果、接続部は許容限界を超えないことから、部材は脱落しないことから、飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。

第5.3-2表 飛来物防護ネットの脱落評価結果

対象		相当ひずみ	
		評価結果	許容限界
支持架構	はり端部 (柱はり接合部)	0.024	0.07



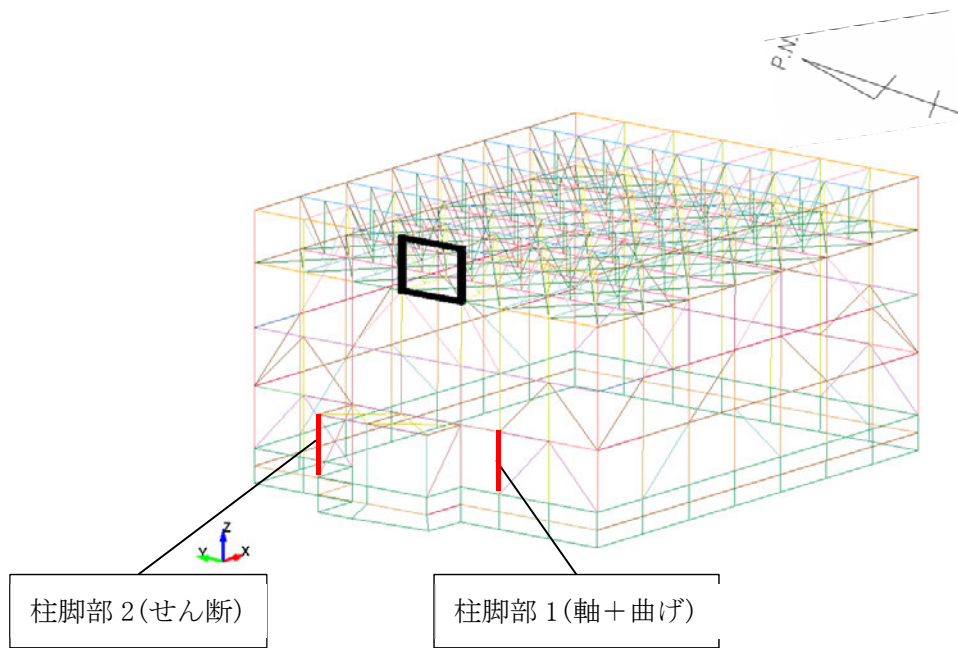
第5.3-3図 はり端部(柱はり接合部)拡大図

b. 転倒評価

飛来物防護ネットの支持架構全体の転倒評価結果を第5.3-3表に示す。また、最大応力比の発生箇所を第5.3-4図に示す。
 評価結果が許容限界を超えないことから、支持架構全体は、十分な構造強度を有している。

第5.3-3表 支持架構全体の転倒評価結果

対象	部材		応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比
飛来物防護ネット	支持架構	柱脚部1	引張	$\sigma_t = -$	$f_t = 357$	—
			圧縮	$\sigma_c = 18.59$	$f_c = 199$	0.10
			曲げ	$\sigma_{bx} = 4.97$	$f_{bx} = 357$	0.02
				$\sigma_{by} = 101.39$	$f_{by} = 357$	0.29
			せん断	$\tau_s = 9.66$	$f_s = 206$	0.05
			組合せ(引張+曲げ)	(応力比)—	(許容値)1.00	—
			組合せ(圧縮+曲げ)	(応力比)0.41	(許容値)1.00	0.41
		柱脚部2	引張	$\sigma_t = -$	$f_t = 357$	—
			圧縮	$\sigma_c = 30.83$	$f_c = 285$	0.11
			曲げ	$\sigma_{bx} = 4.64$	$f_{bx} = 357$	0.02
				$\sigma_{by} = 28.26$	$f_{by} = 357$	0.08
			せん断	$\tau_s = 134.04$	$f_s = 206$	0.65
			組合せ(引張+曲げ)	(応力比)—	(許容値)1.00	—
			組合せ(圧縮+曲げ)	(応力比)0.21	(許容値)1.00	0.21



第5.3-4図 飛来物防護ネットの最大応力比の発生箇所