

の設置台上に積雪したことを考えたとしても、設置台及び据付けボルトの発生応力はそれぞれ約□N/mm²(許容応力:136N/mm²)及び約□N/mm²(許容応力:102N/mm²)であり、許容応力を満足する(資料5設(付録1)参照)。

(7) 落雷

- 化学処理施設*、核燃料物質の貯蔵施設、廃棄施設、その他の加工施設(分析設備)工場棟転換工場、附属建物廃棄物管理棟、及び附属建物除染室・分析室に設置することから、避雷設備の設置は不要である。
 - *HF 検出器(作動端)(屋外)は除く

- 非常用ディーゼル発電機、HF 検出器(作動端)(屋外)

落雷について、建築基準法、消防法等に基づき避雷針を設置する。(9-4)

- [8.1-設 20]非常用ディーゼル発電機のラジエータ、及びHF 検出器(作動端)(屋外)は屋外設置であるが、建築基準法第三十三条にある高さ20m以上に該当せず、また危険物の規制に関する政令第十条や消防法第十条に定める指定数量以上の危険物の貯蔵及び取り扱いの施設に該当しないため避雷設備の設置は不要である。

(8) 地滑り

- 化学処理施設、核燃料物質の貯蔵施設、廃棄施設、その他の加工施設
東海村洪水・土砂災害ハザードマップに記載のとおり当社加工施設は土砂災害が発生しない場所に立地している。

(9) 火山の影響

- 化学処理施設*、核燃料物質の貯蔵施設、廃棄施設、その他の加工施設(分析設備)工場棟転換工場、附属建物廃棄物管理棟、及び附属建物除染室・分析室に設置することから、火山による影響はなく、安全機能に影響を及ぼすことはない
 - *HF 検出器(作動端)(屋外)は除く
- 非常用ディーゼル発電機、HF 検出器(作動端)(屋外)
 - [8.1-設 21]非常用ディーゼル発電機は附属建物発電機室内に設置されているが、附属設備のラジエータ(含む冷却水配管)は屋外に設置する。また、HF 検出器(作動端)(屋外)は屋外に設置する。降下火砕物の密度は1.2g/cm²(湿潤密度)であり積雪の約6倍であるが、積雪時の評価結果を鑑みると、降下火砕物の堆積に耐える実力(発生応力の許容応力:上記(6)参照)を有している。また、ラジエータへの冷却水配管は表面が丸い円筒形のため降下火砕物の堆積の影響を受けにくい構造である。なお、降下火砕物が加工施設で観測された場合、気中の降下火砕物の状態を踏まえて、除去作業等の措置を講じることとし、必要な保護具や資機材をあらかじめ用意することを保安規定に定める。

(10) 生物学的事象

- 化学処理施設*、核燃料物質の貯蔵施設、廃棄施設、その他の加工施設(分析設備)工場棟転換工場、附属建物廃棄物管理棟、及び附属建物除染室・分析室に設置することから、生物学的事象による影響はなく、安全機能に影響を及ぼすことはない
 - *HF 検出器(作動端)(屋外)は除く
- 非常用ディーゼル発電機、HF 検出器(作動端)(屋外)
 - [8.1-設 23]非常用ディーゼル発電機は附属建物発電機室内に設置されているが、附属設備のラジエータ(含む冷却水配管)は屋外に設置する。ただし、冷却水配管系統は開口部の無い構造であり配管への虫等の侵入は無い。

- [8.1-設 22]HF 検出器（作動端）（屋外）は屋外設置であることに対して、製のカバーで囲んでいることから、生物学的事象による影響は受けない。

○気体廃棄設備(1) スクラバ（蒸発・加水分解系統）

（生物学的影響）

生物学的影響について、配管を利用した外部供給水の設計、外気取入口へのフィルタを設置する。(9-5)

- [5.4.1-建 8(4次)] 外部から工水を供給する配管にストレーナ(60 メッシュ)を設置する。(三原燃第 19-0801 号の図イ建-1 参照)
本申請機器のうち、工業用水を使用するものは以下の通り。
気体廃棄設備(1) スクラバ（蒸発・加水分解系統）{618}

(11) 森林火災

○化学処理施設、核燃料物質の貯蔵施設、廃棄施設、その他の加工施設

当社加工施設の周辺には広大な森林は存在せず、最も近い雑木林までは約 400m 以上の離隔距離があるため、森林火災による加工施設への影響は無い。

2 安全機能を有する施設は、周辺監視区域に隣接する地域に事業所、鉄道、道路その他の外部からの衝撃が発生するおそれがある要因がある場合において、事業所における火災又は爆発事故、危険物を搭載した車両、船舶又は航空機の事故その他の敷地及び敷地周辺の状況から想定される事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）により加工施設の安全性が損なわれないよう、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。

(適合性の説明)

事業許可に示すように、国内外の基準や文献等に基づき人為事象を検討し、敷地及び敷地周辺の状況を基に、加工施設の安全に影響を及ぼし得る人為事象として、飛来物（航空機落下等）、敷地内の屋外危険物等貯蔵施設の火災・爆発、近隣工場の火災・爆発、ダムの崩壊、船舶の衝突、電磁的障害、有毒ガスの 7 事象を抽出した。なお、付属建物発電機室の航空機落下は対象外である。以下の通り安全機能を損なわないことを確認している。

(1) 航空機落下に伴う火災

○化学処理施設、核燃料物質の貯蔵施設、廃棄施設、その他の加工施設

工場棟転換工場、付属建物廃棄物管理棟、及び付属建物除染室・分析室に設置していること、また屋外に設置するラジエータ（含む冷却水配管）及び HF 検出器（作動端）（屋外）は核燃料物質及び廃棄物を内包しないことから、外部火災の影響が大きな事故の誘因とならない。付属建物発電機室には核燃料物質、及び廃棄物はなく、発電機室は、航空機落下防護対象外である。

(2) 敷地内の屋外危険物貯蔵施設の火災・爆発、近隣工場の火災・爆発、有毒ガス

○化学処理施設*¹、核燃料物質の貯蔵施設、廃棄施設、その他の加工施設（分析設備）

工場棟転換工場、付属建物廃棄物管理棟、及び付属建物除染室・分析室に設置することから、敷地内の屋外危険物貯蔵施設の火災・爆発、近隣工場の火災・爆発、有毒ガスによる影響はなく、安全機能に影響を及ぼすことはない。

* 1 HF 検出器（作動端）（屋外）は除く

○非常用ディーゼル発電機

- [8.2-設 4]非常用ディーゼル発電機は付属建物発電機室内に設置されているが、付属設備のラジエータ（含む冷却水配管）は屋外に設置する（図り配-1 参照）。

屋外に設置するラジエータは、付属建物発電機室と近接していることから、ラジエータへの影響は発電機室に対する影響評価結果（添付説明書一建5）と同程度となるため、ラジエータの健全性も確保されるといえる。

以上について、添付説明書一建5の発電機室に対する火災源・爆発源に対する影響評価の結果、最も影響を与える火災源及び爆発源である、A重油用タンクローリ及び液化アンモニアローリと、より近接する非常用ディーゼル発電機(2)のラジエータについて影響評価を実施した（資料5設（付録2））。その結果、A重油用タンクローリの火災によるラジエータの温度（201℃）は許容値（325℃）を満足することを確認した。また、液化アンモニアローリとの離隔距離（38m）は、危険限界距離（26.0m）以上であることを確認した。以上より、ラジエータの健全性は維持される。

○HF 検出器（作動端）（屋外）

- [8.2-設4]屋外に設置するHF検出器（作動端）（屋外）は転換工場の北面に設置し、その東及び西方向はそれぞれ第2核燃料倉庫及び転換工場前室の壁面に囲まれていることから（図イ設-18参照）、外部火災の輻射を受けることはなく、安全機能に影響を受けることはない。

(3) ダムの崩壊

○化学処理施設、核燃料物質の貯蔵施設、廃棄施設、その他の加工施設

当社加工施設は海拔約30m～32mの高台に立地しており、加工施設の北方約2.5km離れた低地を流れる久慈川上流の竜神ダムの崩壊による浸水のおそれはなく、安全機能に影響を及ぼすことはない。

(4) 船舶の衝突

○化学処理施設、核燃料物質の貯蔵施設、廃棄施設、その他の加工施設

事業許可に示すように、当社加工施設は海岸から約6km離れて立地しているため、安全機能に影響を及ぼすことはない。

(5) 電磁的障害

（電磁的障害）

ラインフィルタ、絶縁回路等の設置によるサージノイズの侵入防止により電磁干渉や無線電波干渉等を防止する設計とする。（9-7）

○蒸発器、UF₆フードボックス、UF₆防護カバー、コールドトラップ、コールドトラップ（小）、循環貯槽、堰（循環貯槽）、地震連動閉止ダンパ

- [8.2-設1]インターロック回路の信号の受け渡しはメカニカルリレーを使用する。インターロック機構を設置し、安全機能を担保する制御回路における信号の受け渡しは、機械的に開閉する接点を有することで入力側と出力側に絶縁回路を構成するメカニカルリレーを使用し、外部からのサージノイズの侵入による影響を受けない設計とする。

該当するインターロック及び警報を以下に示す。なお、以降の記述の中で、{ }内に示す数字は事業許可の「表 安全機能を有する施設の安全機能一覧」における該当機器の番号を示す。

- ・ { 3} シリンダ過加熱防止インターロック
- ・ { 4} シリンダ圧力高インターロック
- ・ { 5} UF₆漏えい拡大防止（電導度）インターロック
- ・ { 6} {621}地震インターロック（蒸発器・コールドトラップ・コールドトラップ（小）、地震連動閉止ダンパ）

- ・ { 7} シリンダ取外しインターロック
- ・ { 9} UF₆漏えい拡大防止 (HF 検知) インターロック
- ・ {15} コールドトラップ温度高インターロック
- ・ {16} コールドトラップ圧力高インターロック
- ・ {18} コールドトラップ (小) 温度高インターロック
- ・ {19} コールドトラップ (小) 圧力高インターロック
- ・ {20} コールドトラップ (小) 捕集中の温度高インターロック
- ・ {25} 液貯槽ポンプ停止インターロック
- ・ {26} 循環貯槽液位高インターロック
- ・ {27} 循環貯槽液位低インターロック
- ・ {24} 堰 (循環貯槽) 漏水検知警報

ラインフィルタ、絶縁回路等の設置により外部からの電磁干渉防止や無線電波干渉防止は、安全機能を失うことによる影響の大きいインターロック回路 (UF₆ の漏えいの防止に関わるインターロック、水素爆発防止に関わるインターロック) に対して行う。該当するインターロックを以下に挙げる。

- ・ { 3} シリンダ過加熱防止インターロック
- ・ { 4} シリンダ圧力高インターロック
- ・ { 5} UF₆漏えい拡大防止 (電導度) インターロック
- ・ { 6} {621} 地震インターロック (蒸発器・コールドトラップ・コールドトラップ (小)、地震連動閉止ダンパ)
- ・ { 7} シリンダ取外しインターロック
- ・ { 9} UF₆漏えい拡大防止 (HF 検知) インターロック
- ・ { 15} コールドトラップ温度高インターロック
- ・ { 16} コールドトラップ圧力高インターロック
- ・ { 18} コールドトラップ (小) 温度高インターロック
- ・ { 19} コールドトラップ (小) 圧力高インターロック
- ・ { 20} コールドトラップ (小) 捕集中の温度高インターロック
- ・ { 25} 液貯槽ポンプ停止インターロック
- ・ { 26} 循環貯槽液位高インターロック
- ・ { 27} 循環貯槽液位低インターロック
- ・ {10} {12} {13} UF₆漏えい警報設備 (フードボックス内、防護カバー内、防護カバー外)
- ・ { 98}* ロータリーキルンガスヒーター温度高インターロック
- ・ {101}* ロータリーキルン炉内圧力低インターロック
- ・ {102}* 燃焼チャンバ失火インターロック
- ・ {103}* ロータリーキルン過加熱防止インターロック
- ・ {104}* 水素漏えい検知インターロック
- ・ {105}* 地震インターロック
- ・ {319} {409}* 連続焼結炉供給ガス内圧力低インターロック
- ・ {320} {410}* 連続焼結炉着火源喪失インターロック
- ・ {321} {411}* 水素漏えい検知インターロック
- ・ {322} {412}* 連続焼結炉過加熱防止インターロック
- ・ {323} {413}* 連続焼結炉冷却水圧力低下インターロック
- ・ {324} {414}* 地震インターロック
- ・ {327}* 供給ガス圧力低インターロック

- ・ {328}* 着火源喪失インターロック
- ・ {329}* 水素漏えい検知インターロック
- ・ {330}* バッチ式小型焼結炉過加熱防止インターロック
- ・ {331}* バッチ式小型焼結炉冷却水圧力低下インターロック
- ・ {332}* 地震インターロック
- ・ {915}* 地震インターロック

なお、水素ガスを使用する設備（上記*を付したのもの）については、次回以降設工認を申請する。

- [8.2-設 2]インターロック回路のうち、アナログ信号ケーブルについてはシールド付ケーブルを使用し、警報設定器の電源には避雷器を設置する。

UF₆ 漏えいの発生防止、影響緩和に関わるインターロックは、その安全機能を失うことによる影響が大きいことから、検知器から警報設定器までのアナログ信号に使用するケーブルはシールド付ケーブルを採用する。また、警報設定器の電源には避雷器を設置することで外部からの電磁干渉や誘導雷による誤動作を防止する設計とする。

今回の申請において、該当するインターロックを以下に示す。

- ・ { 3} シリンダ過加熱防止インターロック
- ・ { 4} シリンダ圧力高インターロック
- ・ { 5} UF₆漏えい拡大防止（電導度）インターロック
- ・ { 6} {621} 地震インターロック（蒸発器・コールドトラップ・コールドトラップ（小）、地震連動閉止ダンパ）
- ・ { 9} UF₆漏えい拡大防止（HF 検知）インターロック
- ・ {15} コールドトラップ温度高インターロック
- ・ {16} コールドトラップ圧力高インターロック
- ・ {18} コールドトラップ（小）温度高インターロック
- ・ {19} コールドトラップ（小）圧力高インターロック
- ・ {20} コールドトラップ（小）捕集中の温度高インターロック
- ・ {10} {12} {13} UF₆漏えい警報設備（フードボックス内、防護カバー内、防護カバー外）

○非常用ディーゼル発電機

- [8.2-設 5]独立した建物に設置しており、電気回路については、鋼製筐体で覆われており、さらに接地をすることによって電磁的障害の侵入を防止する設計としている。

3 安全機能を有する施設は、航空機の墜落により加工施設の安全性を損なうおそれがある場合において、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。

○化学処理施設、核燃料物質の貯蔵施設、廃棄施設、その他の加工施設

航空機落下確率は、航空機落下評価ガイドで示される判断基準となる 10⁻⁷ 回/年未満であることから、航空機落下に対する防護設計は不要である。

積雪荷重を考慮した強度評価

1. 概要

水戸気象台が観測した最深積雪量を考慮した積雪量(約 60cm)が屋外に設置した設備上に積雪したことを考慮して強度評価を実施する。

2. 評価

2.1 評価対象

申請設備を構成する機器のなかで、屋外に設置する以下の設備を対象に評価する。

- ・非常用ディーゼル発電機のラジエータ (以下ラジエータと略)
- ・UF₆漏えい警報設備 HF 検出器 (作動端) (屋外) (以下 HF 検出器 (作動端) (屋外) と略)

2.2 評価条件

2.2.1 積雪による荷重

以下の積雪による荷重を考慮する。

積雪単位荷重 : 20N/cm/m² (建築基準法施行令第 86 条第 2 項による)

最深積雪量 : 60cm

2.2.2 設備の構造及び重量

設備側の評価条件は以下の通り。

(1) ラジエータ

重量 (冷却水含む) : N

ラジエータ上面の投影面積 : m² (保守的にラジエータ上面全体に積雪すると仮定する)

ラジエータ脚部の断面積 (4 脚) : mm²

(2) HF 検出器 (作動端) (屋外)

重量 : N

設置台上面の面積 : m² (積雪面積とする)

2.3 評価結果

(1) ラジエータ

ラジエータはその本体(荷重)を 4 脚の脚部で支持する構造であり、更にラジエータ上面に積雪したことを考慮すると、ラジエータの脚部 (4 脚) には、自重及び積雪荷重が作用する。従って、ラジエータ脚部に発生する応力は下式で評価できる。

発生応力 = 荷重 / 荷重負担断面積

$$= \frac{\text{重量}}{\text{ラジエータ脚部の断面積 (4 脚)}}$$

$$= \text{約 } \text{} \text{ N/mm}^2$$

以上より、積雪を考慮した時のラジエータ脚部の発生応力は約 N/mm² であり許容応力¹ (52.8 N/mm²) より十分小さく健全性は確保される。

¹ 鋼構造設計基準-許容応力度設計法-日本建築学会

(2) HF 検出器（作動端）（屋外）

HF 検出器（作動端）（屋外）は建物壁に取り付けた設置台に設置する。HF 検出器（作動端）（屋外）はカバーで囲まれているため、積雪荷重を受ける設置台の強度を評価する。

HF 検出器（作動端）（屋外）（ \square N）の積載による設置台の発生応力は、添付説明書一設 3-1-制 2（UF₆漏えい警報設備の耐震計算書）の添説設 3-1-制 2-3-4 表に示す通りであり、設計比が最も厳しくなる組み合わせ応力度は \square N/mm²（許容応力 136N/mm²）と評価される。また、同じのモデルで設置台の据付けボルトの最大発生応力を評価すると \square N/mm²と評価される。

一方、積雪による積載荷重は \square N（20 N/cm/m²×60cm× \square m²）と評価される。従って、設置台の積載荷重は積雪を考慮すると \square N（自重+積雪荷重）となり、自重のみの場合の 1.8 倍となる。すなわち、積雪時の発生応力は、自重のみを考慮したときの 1.8 倍と保守的に評価できることから \square N/mm²となり、許容応力（136N/mm²）に対して十分小さい。また、据付けボルトに発生する応力も同様の評価により \square N/mm²と評価され、許容応力²（102N/mm²）よりも十分小さい。

以上の結果より、積雪を考慮したときの発生応力は許容応力に対して十分小さく健全性は確保される。

² 鋼構造設計基準・許容応力度設計法・日本建築学会

外部火災・爆発による非常用ディーゼル発電機(1)(2)ラジエータに対する影響評価

1. 概要

附属建物発電機室（以下、「発電機室」と略）の屋外に設置する、非常用ディーゼル発電機(1)及び(2)のラジエータ（以下ラジエータと略）について、外部火災・爆発による影響を評価し、外部火災・爆発が発生してもラジエータの健全性が維持できることを確認する。

2. 評価

2.1 評価対象

図り配-1 (2/3) に示す通り、発電機室とラジエータの位置は近接しており、ラジエータの外部火災・爆発による影響は発電機室に対する評価結果と同様の傾向を示す。

従って、ラジエータの評価にあたっては、添付説明書一建 5 で発電機室に対する火災源・爆発源に対する影響評価の結果、最も影響を与えた火災源及び爆発源（資料設 5 付録 2-1 表）を対象に評価を行う。また、非常用ディーゼル発電機(1)及び(2)のラジエータは、発電機室を挟んで東西に配置しており、火災源に、より近い非常用ディーゼル発電機(2)ラジエータ（以下、ラジエータと略）（図り配-1 (2/3)）を対象に評価を行う。

資料設 5 付録 2-1 表 発電機室に最も影響を与えた火災源・爆発源とラジエータとの距離

影響モード	火災	爆発源
最も影響を与えた危険物の施設	A 重油用タンクローリ	液化アンモニアローリ
発電機室との離隔距離	7m	32m
ラジエータとの離隔距離	10m	38m

2.2 評価条件

2.2.1 火災源の影響

添付説明書一建 5 の添説建 5-3 表に示す A 重油用タンクローリの火災による影響を、添付説明書一建 5 の 1(2)の評価方法を使用して評価する（資料設 5 付録 2-2 表参照）。

資料設 5 付録 2-2 表 ラジエータの許容温度

評価対象	材質	許容温度
ラジエータ※1		325℃※1

※1：建築火災のメカニズムと火災安全設計による、「鋼材の強度低下率が 1 である範囲の上限温度」を許容温度とし、構造材であるラジエータ支持脚（板厚 \square mm）を対象に評価。なお、変形が認められないための許容温度は 450℃（添付説明書一建 5 の補足資料参照）と更に高い。

2.2.2 爆発源の影響

添付説明書一建5の添説建5-7表に示す液化アンモニアローリの爆発の影響を受ける範囲（危険限界距離）と、ラジエータの離隔距離とを比較する。

2.3 評価結果

2.3.1 火災に対する評価

2.2.1に基づき評価を実施した結果を、資料設5付録2-3表に示す。火災源からの影響を受けたラジエータの温度は、許容温度以下であり、健全性を維持できる。

資料設5付録2-3表 ラジエータの火災影響評価結果

評価対象	評価温度	許容温度	結果
ラジエータ	201℃	325℃	許容値以下

2.3.2 爆発に対する評価

2.2.2に基づき評価を実施した結果を、資料設5付録2-4表に示す。爆発の影響を受ける範囲（危険限界距離）より離隔距離を確保していることから、爆発の影響を受けず、健全性を維持できる。

資料設5付録2-4表 ラジエータの爆発影響評価結果

評価対象	危険限界距離	離隔距離	結果
ラジエータ	26.0m	38m	許容値を満足

屋外配管の F1 竜巻に対する強度評価

1. 概要

屋外に設置した配管について、F1 竜巻に対する強度評価を実施する。

2. 評価対象

申請設備を構成する配管のなかで、屋外に設置する以下の配管を対象に評価する。

- ・非常用ディーゼル発電機のラジエータへの冷却水配管 (以下ラジエータ配管と略)

(ラジエータ配管 : 、支持間隔は標準支持間隔である mm として評価)

3. 評価手法および結果

配管に荷重が負荷されたときのモーメントによる発生応力は下式で示される。

$$\sigma = M/Z \cdots (1)$$

σ : 発生応力

M : モーメント

Z : 断面係数 (mm³)

竜巻荷重が作用する場合のモーメントは下式にて算出する。

$$M = Ft \times L/8 \cdots (2)$$

M : モーメント (竜巻荷重による)

Ft : 竜巻荷重

L : スパン長 (mm)

F1 竜巻により配管に作用する竜巻荷重 (Ft) は添付説明書一設 4 に示す手法にて算出すると、水平方向および鉛直方向の荷重はそれぞれ N、N となる。上記で評価した竜巻荷重のうち大きい水平方向荷重による発生応力は、(1) 及び (2) 式より N/mm² となる。

また、配管には長期荷重による応力も発生しており、これは添付説明書一設 3-2 より N/mm² となる。

以上より、配管に竜巻が作用した場合に生じる応力は、長期荷重による応力と竜巻荷重による応力の合計である N/mm² となり、許容応力 (N/mm²) に対して小さく健全性は確保される。

(加工施設への人の不法な侵入等の防止)

第九条 加工施設を設置する工場又は事業所（以下この章において「工場等」という。）は、加工施設への人の不法な侵入、加工施設に不正に爆発性又は易燃性を有する物件その他人に危害を与え、又は他の物件を損傷するおそれがある物件が持ち込まれること及び不正アクセス行為（不正アクセス行為の禁止等に関する法律（平成十一年法律第二百二十八号）第二条第四項に規定する不正アクセス行為をいう。）を防止するため、適切な措置が講じられたものでなければならない。

(適合性の説明)

○附属建物発電機室

不法侵入防止設備を備えた十分な高さの金属製の柵等により立入制限区域を設定し、同区域への立入りを所定の出入口以外からの同区域への人の立入りを禁止するとともに、加工施設の建物は鉄筋コンクリート造、鉄扉等の堅牢な障壁を有する設計とする。(10-1)

- [9.1-建 1]附属建物発電機室は、鉄筋コンクリート造、鉄扉等の堅牢な障壁を有する設計とし当社の敷地内に設置する。出入口は施錠管理し、人の不法な出入りを防止する。

なお、当社の敷地内に入構する際には、爆発性又は易燃性を有する物件の他、人に危害を与え、又は他の物件を損傷するおそれがある物件が不正に持ち込まれないことを確認しており、附属建物発電機室に持ち込まれることはない。

なお、非常用ディーゼル発電機(1)、非常用ディーゼル発電機(2)は建物における出入り管理及び敷地入域時の出入り管理により人の不法な侵入対策が確立しており、設備単独での対策は不要である。

加工施設の防護のために必要な設備及び装置の操作に係る情報システムは、電気通信回線を通じて妨害行為又は破壊行為を受けることがないように、電気通信回路を通じた当該情報システムに対する外部からの不正アクセスを物理的に遮断する設計とする。(10-3)

- 今回申請するUF₆蒸発・加水分解設備の一部、焙焼還元設備の一部、粉碎・充填設備、気体廃棄設備(1)の一部、非常用設備の一部、分析設備の運転制御システムは外部と物理的に接続するシステム構成ではないため、外部からの不正アクセスができない設計としている。

(閉じ込めの機能)

第十条 安全機能を有する施設は、次に掲げるところにより、核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物（以下「核燃料物質等」という。）を限定された区域に閉じ込める機能を保持するように設置されたものでなければならない。

一 流体状の核燃料物質等を内包する容器又は管に核燃料物質等を含まない流体を導く管を接続する場合には、流体状の核燃料物質等が核燃料物質等を含まない流体を導く管に逆流するおそれがない構造であること。

二 六ふっ化ウランを取り扱う設備であつて、六ふっ化ウランが著しく漏えいするおそれがあるものは、漏えいの拡大を適切に防止し得る構造であること。

三 プルトニウム及びその化合物並びにこれらの物質の一又は二以上を含む物質（以下この条において「プルトニウム等」という。）を取り扱うグローブボックスは、その内部を常時負圧状態に維持し得るものであり、かつ、給気口及び排気口を除き、密閉することができる構造であること。

四 液体状のプルトニウム等を取り扱うグローブボックスは、当該物質がグローブボックス外に漏えいするおそれがない構造であること。

五 密封されていない核燃料物質等を取り扱うフードは、その開口部の風速を適切に維持し得るものであること。

六 プルトニウム等を取り扱う室（保管廃棄する室を除く。）及び核燃料物質等による汚染の発生のおそれがある室は、その内部を負圧状態に維持し得るものであること。

七 液体状の核燃料物質等を取り扱う設備が設置される施設（液体状の核燃料物質等の漏えいが拡大するおそれがある部分に限る。）は、次に掲げるところによるものであること。

イ 施設内部の床面及び壁面は、液体状の核燃料物質等が漏えいし難いものであること。

ロ 液体状の核燃料物質等を取り扱う設備の周辺部又は施設外に通ずる出入口若しくはその周辺部には、液体状の核燃料物質等が施設外へ漏えいすることを防止するための堰が設置されていること。

ただし、施設内部の床面が隣接する施設の床面又は地表面より低い場合であつて、液体状の核燃料物質等が施設外へ漏えいするおそれがないときは、この限りでない。

ハ 工場等の外に排水を排出する排水路（湧水に係るものであつて核燃料物質等により汚染するおそれがある管理区域内に開口部がないものを除く。）の上に施設の床面がないようにすること。ただし、当該排水路に核燃料物質等により汚染された排水を安全に廃棄する設備及び第十九条第二号に掲げる事項を計測する設備が設置されている場合は、この限りでない。

(適合性の説明)

○化学処理施設、核燃料物質の貯蔵施設、放射性廃棄物の廃棄施設、その他加工施設（分析設備）

添付説明書一設 6 に示す対象機器について以下を満足する設計としている。

また、ウランを手作業で取り扱うその他の加工施設（分析設備）は作業員が不在となる休日及び夜間は、サンプル保管庫に収納する。この管理については保安規定に規定する。

事業許可に該当する内容のうち

(1)UF₆を限定された区域に閉じ込める機能

- ・ UF₆を収納する設備・機器の材料に関する事項（4-1）
- ・ UF₆を正圧で取り扱う設備・機器の集約設置に関する事項（4-2）

- ・ UF₆を加熱して取り扱う設備・機器の圧力／温度異常に関する事項（4-3、4-33）
 - ・ UF₆の加水分解条件担保に関する事項（4-4）
 - ・ UF₆の冷却捕集設備・機器の冷却不足に対する対処に関する事項（4-5）
 - ・ 蒸発器に求める機能に関する事項（4-6、14-7、15-2、15-3）
 - ・ UF₆の漏えい対処に関する事項（4-7、4-8、4-23、4-30、14-7、15-1、17-6、17-13、22-2）
 - ・ 地震検知に対するUF₆の取扱いに関する事項（4-9、7-11、14-7）
 - ・ UF₆配管切り替えに対する誤操作防止に関する事項（12-4）
- (2) 粉末状のウランを限定された区域に閉じ込める機能
- ・ 粉末状のウランを収納する設備・機器に関する事項（4-10）
 - ・ 非密封のウランを取り扱うフードボックス、粉末状のウランを取り扱う混合機、プレス、研削装置等に設けるフード等に関する事項（4-12、4-23）
 - ・ 粉末状のウランを加圧状態で取り扱う設備・機器に関する事項（4-13）
 - ・ 設備・機器の過加熱を防止する設計（可燃性ガスを取り扱う設備・機器以外）（4-33）
- (3) 液体状のウランを限定された区域に閉じ込める機能
- ・ 液体状のウラン及び放射性液体廃棄物を収納する設備・機器に関する事項（4-15）
 - ・ 槽上部開口部のオーバーフロー対策に関する事項（4-16）
 - ・ 液体状の放射性物質の施設外への漏えい防止に関する事項（4-17）
 - ・ UO₂F₂溶液を取り扱う設備・機器に必要な対策に関する事項（4-19）
 - ・ 第1種管理区域の境界から外部へ溢水が流入出しない対策に関する事項（11-2）
- (4) ウランを限定された区域に閉じ込める機能
- ・ 気体又は液体の放射性物質を内包する設備・機器の逆流による拡散防止に関する事項（4-22）
 - ・ 容器等の落下を防止することに関する事項（4-32）
- (5) 第1種管理区域の閉じ込めに関わる機能
- ・ 気体廃棄設備における給排気経路確保及び経路維持に関する事項（4-25、4-29、17-1、17-3、17-4、17-13）
 - ・ 外部電源喪失時の第1種管理区域の負圧維持に関する事項（4-31）

に関する設計内容を添付説明書一設6に示す。

(閉じ込めの機能)

第十条の七号 液体状の核燃料物質等を取り扱う設備が設置される施設（液体状の核燃料物質等の漏えいが拡大するおそれがある部分に限る。）は、次に掲げるところによるものであること。

イ 施設内部の床面及び壁面は、液体状の核燃料物質等が漏えいし難いものであること。

(適合性の説明)

○工場棟転換工場 原料倉庫地下ピット

第 1 種管理区域の建物の内部の床及び人が触れるおそれがある壁は、表面をウランが浸透しにくく、除染が容易で、腐食しにくい樹脂系塗料等で仕上げる。(4-24)

- [10.1-建 6]工場棟転換工場 原料倉庫地下ピットの第 1 種管理区域の床、及び人が触れるおそれがある壁表面については、ウランが浸透しにくく、汚れがつきにくく除染が容易で、腐食しにくい樹脂系塗料(建築基準法施行令第一条第六号に基づき国土交通大臣の認定を受けた難燃材料)で仕上げる。

(火災等による損傷の防止)

第十一条 安全機能を有する施設は、火災又は爆発の影響を受けることにより加工施設の安全性に著しい支障が生ずるおそれがある場合において、消火設備（事業許可基準規則第五条第一項に規定する消火設備をいう。以下同じ。）及び警報設備（警報設備にあつては自動火災報知設備、漏電火災警報器その他の火災の発生を自動的に検知し、警報を発するものに限る。以下同じ。）が設置されたものでなければならない。

(適合性の説明)

○自動火災報知設備（火災感知設備及びそれに連動する警報設備）

火災を早期に感知し報知するために、消防法に基づき自動火災報知設備を設置する設計とする。(5-4)

付属建物発電機室は、以下の法令に該当しないため、自動火災報知設備を設置する必要はないが、火災の発生を早期に感知し知らせるために設置する。

- ・消防法施行令第二十一条第一項 4号で「防火対象物で、延べ面積が五百平方メートル以上」と定められているが、付属建物発電機室の延べ床面積は、約 80m²であることから、消防法施行令上は自動火災報知設備の設置は必要とされていない。
 - ・危険物の規制に関する政令第二十一条で「指定数量の倍数が十以上の製造所等」と定められているが、付属建物発電機室は指定数量の十倍未満であるため、危険物の規則に関する政令上は自動火災報知設備の設置は必要とされていない。
- [11.1-建 1] 付属建物発電機室には、自動火災報知設備（煙感知器、警報設備（ベル））を消防法施行規則第二十三条の設置基準を準用して、以下のとおり設置する。
- ・付属建物発電機室：2 個（煙）、2 個（警報設備（ベル））（図り建-10 参照）
- なお、付属建物発電機室は鉄筋コンクリート造であり、消防法施行令第二十一条に規定されている漏電火災警報機の設置基準にも該当しないため、本施設には当該警報機は設置不要である。

人が火災を発見した場合、消防法に基づき手動で火災信号を発信する発信機を設置する設計とする。(5-5)

- [11.1-建 2] 付属建物発電機室には、発電機室の各部分から発信機までの歩行距離が 50m 以内になるように、火災発生時に手動で通報出来る発信機（P 型）を消防法施行規則第二十四条の設置基準を準用して、以下のとおり設置する。
- ・付属建物発電機室：2 個（図り建-10 参照）

○消火設備（消火器）

初期消火を迅速かつ確実に行うために、消防法に基づき二酸化炭素消火器及び粉末消火器を設置する設計とする。なお、消火器の設置数は消防法で定める数以上を設置する設計とする。(5-6)

- [11.1-建 3] 初期消火を迅速かつ確実に行うために、危険物の規制に関する政令第二十条第一項二に基づき、消防の用に供する設備として、消火器を設置する。
- ・消防法施行令第十条第一項第二号で「消火器具の設置は延べ床面積 150m²以上」、また、消防法施行規則第六条では「消火設備の能力単位は床面積 100m²

あたり 1 以上」と定められている。付属建物発電機室の床面積は約 80m² であることから、消防法上は消防設備の設置は必要とされていない。

- ・所轄消防に確認した結果、「非常用ディーゼル発電機を 24 時間運転した際の燃料消費量 (A 重油は 4,140L(172.5L/h)、潤滑油は 19.44L(約 0.81L/h) が、危険物の規制に関する政令別表第三に定める指定数量(A 重油は 2,000L、潤滑油は 6,000L)を超えることから、危険物の一般取扱所とすること。)との指導を受けた。
- ・危険物の一般取扱所は、危険物の規制に関する政令第十九条第 2 項第三号、危険物の規制に関する政令第二十条第 1 項二に該当するため、第四種消火設備と第五種消火設備を設置する。屋外に設置する消火器の最低使用温度は-30℃以下とする。
- ・消火器の本数は、危険物の規制に関する規則第三十四条の第 2 項一に「第四種の消火設備をその放射能力範囲が建築物その他の工作物及び危険物を包含するように設け、並びに第五種の消火設備をその能力単位の数値が危険物の所要単位の数値の 1/5 以上になるように設けること。」と定められている。
- ・消火器までの歩行距離
 - 第四種消火設備：危険物の規制に関する規則第三十二条の十に基づき、消火器に至る歩行距離を 30m 以下とする。
 - 第五種消火設備：危険物の規制に関する規則第三十二条の十一に基づき、消火器に至る歩行距離を 20m 以下とする。
- ・上記の条件を鑑み、安全側に以下の消火器を設置する (能力単位合計：16)。
 - 第四種消火設備：50 型粉末消火器 1 本 (能力単位：10)
 - 第五種消火設備：10 型粉末消火器 2 本 (能力単位：6)

配置は、図り建-11 参照。なお配置は、所轄消防本部からの以下の指導を受け、出入口 (東西の避難口) 近傍の屋外に設置する。

一付属建物発電機室は、常時人がいる建物ではないので、建物内で火災が発生した際に屋外から来た人が消火活動ができるように、消火器は屋外に設置すること。

○消火設備 (屋外消火栓)

消防法に従い屋外消火栓、防火水槽、また、可搬消防ポンプを設置する設計とする。屋外消火栓は、消防法施行令第 19 条により、建物の各部分からホース接続口までの水平距離が 40m 以下となる様に設ける。防火水槽は、消防法施行令より、水平距離 100m 半径内に建築物の各部分を覆うことが出来るように配置する。(5-8)

- [11.1-建 4] 消防法施行令第十九条に基づく、屋外消火栓の設置は必要とされていないが、付属建物発電機室及びその周辺の火災を消火するために設置する。なお、配置は、図り建-11 に示す。
 - ・消防法施行令第十九条に基づき、建物各部から屋外消火栓のホース接続口までの水平距離が、40m 以下になるように屋外消火栓を設置し、近傍に 20m ホース 2 本を収納したホース格納箱を設置する。
 - ・屋外消火栓は、ポンプ室にある防火水槽 (100m³×2) と消火水配管 (一部、埋設) により接続されている。なお、消火水を貯留するための防火水槽及び電源喪失時等における消火用の可搬消防ポンプについては、次回以降申請する。

2. 前項の消火設備及び警報設備は、その故障、損壊又は異常な作動により安全上重要な施設の安全機能に著しい支障を及ぼすおそれがないものでなければならない。

加工施設に安全上重要な施設はないため、該当しない。

3. 安全機能を有する施設であって、火災又は爆発により損傷を受けるおそれがあるものは、可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用するとともに、必要に応じて防火壁の設置その他の適切な防護措置が講じられたものでなければならない。

(適合性の説明)

○附属建物発電機室、工場棟転換工場 原料倉庫地下ピット

加工施設の建物は、建築基準法等関係法令で定める耐火構造又は不燃性材料を使用した設計とする。(5-1)

加工施設の建物は、建築基準法等関係法令で定める耐火構造又は不燃性材料を使用した設計としている。(9-21)

➤ [11.3-建1]附属建物発電機室は、建築基準法第二条第九号の二で定める耐火建築物であり、主要構造部は不燃性材料(鉄筋コンクリート、鉄扉)で設計する。また、工場棟転換工場 原料倉庫地下ピットは、建築基準法第二条第九号の三で定める準耐火建築物であり、主要構造部は不燃性材料(鉄筋コンクリート)で設計する。

○緊急対策設備(2)(飛散防止用防護ネット)

加工施設の建物内に設置する核燃料物質を取り扱うフードボックス等の設備・機器は、火災発生防止のため、不燃性又は難燃性材料を使用した設計とする。

設備・機器は、火災発生防止のため、主要な構造材は不燃性又は難燃性材料を使用した設計とする。(5-2)

➤ [11.3-建7]工場棟転換工場本体、工場棟成型工場、工場棟組立工場本体、附属建物第2核燃料倉庫前室、放射線管理棟廃棄物一時貯蔵所及び附属建物除染室・分析室の緊急対策設備(2)(飛散防止用防護ネット)の主要な構造材は、不燃性のネット、ワイヤーロープ、ターンバックル、シャックル、強力長シャックル、結合コイル、及び結束線を使用する設計とする。緊急対策設備(2)(飛散防止用防護ネット)の配置は図り建-17(1/4)~(4/4)、図り建-18~22、取付の概略は図り建-23(1/8)~(8/8)を参照。

○附属建物発電機室

火災の延焼を防止するために、火災区域を設定し、万一の火災を想定しても、十分な耐火性能を備えた防火壁、防火扉等の防火設備を設けることで当該火災区域外への延焼を防止する設計とする。

火災防護対象設備を設置している建物に火災区域を設定する。

建築基準法に基づく防火区画を基本として、取扱物質及び管理区域の区分を考慮して、以下のとおり防火区画を一部細分化して火災区域を設定する。なお、火災区画は火災区域と同一とする。

火災の延焼を防止するために火災区域を設定し、火災区域内における火災の継続時間を示す指標に相当する等価時間が防火壁等の耐火時間を超えない設計とする。

(5-10)

- [11.3-建 2]原子力発電所の内部火災影響評価ガイド(平成 25 年 10 月原子力規制委員会)を参考に火災区域を設定し、火災を想定しても当該火災区域外への延焼を防止する設計とする。設定した火災区域を、図リ建-2 に示す。
- [11.3-建 3]附属建物発電機室は、図リ建-2 に示す火災区域における等価時間が、外壁、区画境界壁、屋根、床、鉄扉、及びフードの耐火時間を超えない設計とする。評価した結果を添付説明書-建 1 に示す。
- [11.3-建 4]附属建物発電機室は、原子力発電所の内部火災影響評価ガイドに基づき火災区域を設定し、万一の火災を想定しても、十分な耐火性能を備えた防火壁、防火扉、及び防火ダンパを設けることで当該火災区域外への延焼を防止する設計とする。なお、防火ダンパは、火災時に温度ヒューズが溶断することにより自動閉止することで、延焼を防止する。(図リ建-16 参照)

火災区域間の延焼を防止するため、電力用、計測用及び制御用ケーブルは、防火壁の貫通部に耐火シールを施工する設計とする。(5-19)

- [11.3-建 5]火災区域間の延焼を防止するために、附属建物発電機室において、電力用、計測用及び制御用ケーブルが貫通する火災区域境界の壁には、建築基準法施行令第百二十九条の二の四第 1 項第七号に基づき、国土交通大臣の認定を受けた耐火シールを施工する。

被水による設備・機器の電気火災の発生を防止するため、配線用遮断器を設置する。被水による設備・機器における電気火災の発生を防止するため、被水防止カバーを設置するか、配線用遮断器を設置する設計とする。(11-9)

使用電圧が高い幹線動力用ケーブルに接続する制御盤の設備高さについては、設備高さを没水許容高さより高くする設計とし、それ以外の制御盤は配線用遮断器を設置する設計とする。(11-16)

- [11.3-建 6]火災防護の観点から、設置している電源ケーブルに対して、過負荷や短絡での過電流による火災の発生を防止するため、電気設備技術基準第十四条に基づき、常用電源系統、非常用電源系統の全ての分電盤に、過電流遮断器として配線用遮断器を設置する。

○化学処理施設、核燃料物質の貯蔵施設、廃棄施設、その他の加工施設

加工施設の建物内に設置する核燃料物質を取り扱うフードボックス等の設備・機器は、事業許可に示すように、難燃性材料である[]又は[]を使用している。また、設備機器のフレーム材は、不燃材であるステンレス鋼又は一般構造用鋼を使用しているため、火災の発生源となることはない（添付説明書一設2）。

また、事業許可に該当する内容のうち

- ・使用材料に関する事項(5-2)
- ・UF₆を取り扱う設備・機器近傍の設置に関する事項(5-3)
- ・可燃性油類を使用する設備・機器に関する事項(5-12)
- ・電力用及び計測・制御用ケーブル損傷に関する事項(5-14)
- ・可燃性油類を使用する設備・機器並びに油火災に関する事項(5-15)
- ・火災の延焼防止に関する事項(5-21、5-22)

に関する設計内容を添付説明書一設2に示す。

なお、事業許可に記載(5-14)の通り、火災発生時の温度上昇による閉じ込め機能への影響が考えられる設備・機器については、温度高インターロックを設置し、ヒータの加熱を停止する設計とするとともに、電力用ケーブル及び計測・制御用ケーブルが火災によりその機能を喪失しても、当該の設備・機器が安全側に動作する（運転停止する）設計とする。

ここで、加熱機器においては、上記を防止するため、温度高インターロックを設置する。

今回申請する設備・機器のうち、蒸発器、コールドトラップ、コールドトラップ(小)のUF₆配管系統に敷設する保温ヒータは、臨界の恐れのないUF₆配管(直径50.8mm以下の配管。直径50.8mm以下の配管は、接続する本体機器の中性子実効増倍率に影響を与えない)を保温する加熱器であり、温度制御を逸脱しても、ヒータの加熱容量が小さいため、UF₆配管材料(閉じ込めの1次バウンダリ)損傷に至る恐れはなく、本申請の保温ヒータはその安全機能維持のため、温度高インターロックの設置は不要である。

次に、不純物分析設備(自動水分分析装置、自動ハロゲン分析装置)、物性測定設備(比表面積測定装置)に属する分析装置で電気ヒータによる加熱制御を有する分析装置は、臨界の恐れのない機器(分析設備は工場棟転換工場分光分析室及び除洗室・分析室の分析室全体で質量制限することにより核的制限値を担保)で加熱するものであり、分析装置選定上も温度制御を逸脱しない仕様の分析装置を選定するため、分析装置自体の構成材料損傷に至る恐れはなく、本申請の不純物分析設備、物性測定設備に属する分析装置で電気ヒータによる加熱制御を有する分析装置はその安全機能維持のため、温度高インターロックの設置は不要である。

また、UF₆シリンダを構内運搬する場合は、運搬設備(フォークリフト)の火災の可能性を想定し、火災に対するUF₆シリンダの保護のため、核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則第22条の規定に基づき承認された保護容器(輸送容器)に梱包して運搬することを保安規定に規定する。

4 水素を取り扱う設備(爆発の危険性がないものを除く。)は、適切に接地されているものでなければならない。

本申請の対象に水素を取り扱う設備はないため、該当しない。

5 水素その他の可燃性ガスを取り扱う設備（爆発の危険性がないものを除く。）を設置するグローブボックス及び室は、当該設備から可燃性ガスが漏えいした場合においてもこれが滞留しない構造とすることその他の爆発を防止するための適切な措置が講じられたものでなければならない。

本申請の対象に水素その他の可燃性ガスを取り扱う設備はないため、該当しない。

6 焼結設備その他の加熱を行う設備（次項において「焼結設備等」という。）は、当該設備の熱的制限値を超えて加熱されるおそれがないものでなければならない。

本申請の対象に焼結設備その他の加熱を行う設備はないため、該当しない。

7 水素その他の可燃性ガスを使用する焼結設備等（爆発の危険性がないものを除く。）は、前三項に定めるところによるほか、次に掲げるところによらなければならない。

一 焼結設備等の内部において空気の混入により可燃性ガスが爆発することを防止するための適切な措置を講ずること。

二 焼結設備等から排出される可燃性ガスを滞留することなく安全に排出するための適切な措置を講ずること。

三 焼結設備等の内部で可燃性ガスを燃焼させるものは、燃焼が停止した場合に可燃性ガスの供給を自動的に停止する構造とすること。

本申請の対象に水素その他の可燃性ガスを使用する焼結設備等はないため、該当しない。

(加工施設内における溢水による損傷の防止)

第十二条 安全機能を有する施設は、加工施設内における溢水の発生によりその安全性を損なうおそれがある場合において、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。

(適合性の説明)

○化学処理施設、核燃料物質の貯蔵施設、その他の加工施設

通常ウランが存在する最低部の高さを溢水高さより高くするなどにより、臨界防止の措置を講じている。また、設備・機器の制御盤又は分電盤に配線用遮断器を設置するなどにより、被水又は没水による設備・機器における電気火災の発生を防止する設計としている。(添付説明書-設5)

また、事業許可の内容のうち該当する

- ・核的制限値を設定する設備・機器は内部溢水に対し没水しない設計(2-11)
 - ・減速度で管理する設備・機器は消火水等が浸入しない対策(2-12)
 - ・被水又は没水によって臨界とならない設計(11-4)
 - ・被水又は没水による電気火災の発生を防止する設計(11-5)
 - ・被水による電気火災の発生を防止するため、被水防止カバー又は配線用遮断器を設置する設計(11-9)
 - ・形状寸法又は質量を管理する設計で、ウランに水の浸入を考慮し、最適減速度状態を想定した設計又は水の侵入を想定しないウランの減速度を管理する設計(11-11)
 - ・ウランが被水しないよう設備・機器内で取り扱う設計及び没水による水の浸入を防止する設計(11-12)
 - ・制御盤には配線用遮断器を設置する設計(11-16)
- に関する設計内容をあわせて添付説明書-設5に示す。

○放射性廃棄物の廃棄施設(気体廃棄設備(1))

被水又は没水による設備・機器における電気火災の発生を防止する設計としている。(添付説明書-設5)

また、事業許可の内容のうち該当する

- ・被水又は没水による電気火災の発生を防止する設計(11-5)
 - ・被水による電気火災の発生を防止するため、被水防止カバー、又は配線用遮断器を設置する設計(11-9)
 - ・制御盤には配線用遮断器を設置する設計(11-16)
- に関する設計内容をあわせて添付説明書-設5に示す。

○非常用ディーゼル発電機

被水又は没水による設備・機器における電気火災の発生を防止する設計としている。(添付説明書-設5)

また、事業許可の内容のうち該当する

- ・被水又は没水による電気火災の発生を防止する設計(11-5)
 - ・被水による電気火災の発生を防止するため、被水防止カバー、又は配線用遮断器を設置する設計(11-9)
 - ・制御盤には配線用遮断器を設置する設計(11-16)
- に関する設計内容をあわせて添付説明書-設5に示す。

(安全避難通路等)

第十三条 加工施設には、次に掲げる設備が設けられていなければならない。

- 一 その位置を明確かつ恒久的に表示することにより容易に識別できる安全避難通路
- 二 照明用の電源が喪失した場合においても機能を損なわない避難用の照明
- 三 設計基準事故が発生した場合に用いる照明（前号の避難用の照明を除く。）及びその専用の電源

(適合性の説明)

○緊急対策設備(1) (安全避難通路)

単純、明確かつ容易に識別できる安全避難通路及び非常口を設ける設計とする。
(13-1)

- [13.1-建1] 附属建物発電機室には、単純、明確かつ恒久的に表示し容易に識別できる緊急対策設備(1) (安全避難通路) 及び避難口を設置している。緊急対策設備(1) (安全避難通路) 及び避難口の配置は、図り建-8を参照。

○緊急対策設備(1) (非常用照明、誘導灯)

非常用ディーゼル発電機から供給される非常用照明及び誘導灯を設置する設計とする。(13-2)

- [13.1-建2] 附属建物発電機室は、停電時に非常用ディーゼル発電機から給電される緊急対策設備(1) (非常用照明、誘導灯) を設置する設計とする。
なお、附属建物発電機室は工場の用途に用いる建物であり、建築基準法施行令第二百二十六条の四に規定する緊急対策設備(1) (非常用照明) を必要とする建物ではないが、建築基準法施行令第二百二十六条の五の規定を準用し、緊急対策設備(1) (非常用照明) を設置する。また、避難口誘導灯は発電機室(1)、及び発電機室(2)が、それぞれ5m×8mであり、避難口誘導灯 (B級又はC級の認定品) までの歩行距離は、消防法施行規則第二十八条の三に規定する施行規則に定められた距離 (B級: 20~30m、C級: 15m) 以下となるように設置する。

(安全機能を有する施設)

第十四条 安全機能を有する施設は、通常時及び設計基準事故時に想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮することができるように設置されたものでなければならない。

(適合性の説明)

- 付属建物発電機室、工場棟転換工場 原料倉庫地下ピット、緊急対策設備(2) (飛散防止用防護ネット)、非常用通報設備 (放送設備、通信連絡設備)、消火設備 (屋外消火栓、消火器)、自動火災報知設備 (火災感知設備及びそれに連動する警報設備)、緊急対策設備(1) (非常用照明、誘導灯、安全避難通路)

安全機能を有する施設は、安全機能の重要度に応じて、その機能を確保する設計とする。(14-2)

核燃料物質の種類、取扱量、化学的性状、物理的形態を考慮し、その機能が期待される通常時及び設計基準事故時に想定される設置場所の温度、湿度、圧力、腐食性雰囲気、放射線等の全ての環境条件において、必要な安全機能を発揮できる設計とする。(14-3)

- [14. 1-建 1]安全機能を有する施設は、安全機能の重要度、核燃料物質の種類、取扱量、化学的性状、物理的形態を考慮し、その機能が期待される通常時及び設計基準事故時に想定される設置場所の温度、湿度、圧力、腐食性雰囲気、放射線等の全ての環境条件において、必要な安全機能を発揮できる設計とする。

(1) 通常時

付属建物発電機室、工場棟転換工場 原料倉庫地下ピット、緊急対策設備(2) (飛散防止用防護ネット)、非常用通報設備 (放送設備、通信連絡設備)、消火設備 (屋外消火栓、消火器)、自動火災報知設備 (火災感知設備及びそれに連動する警報設備)、緊急対策設備(1) (非常用照明、誘導灯、安全避難通路) は、管理区域の通常の作業環境下の温湿度状態、大気圧下に設置しており、腐食のおそれや放射線の影響はないため、それぞれの安全機能 (臨界防止、閉じ込め、遮蔽等) を設計どおりに発揮できる。

(2) 設計基準事故時

工場棟転換工場が対象となる設計基準事故は、①UF₆ガスの漏えい、②ウラン粉末の漏えい (水素爆発による漏えい) である。

- [14. 1-建 2]設計基準事故① 工場棟転換工場のUF₆ガスの漏えい時に想定される環境条件は、UF₆ガスを正圧で取り扱うUF₆配管の破断によりUF₆ガスが漏えいしても、漏えいしたUF₆ガスはUF₆フードボックスとその排気系統内に閉じ込められることから、緊急対策設備(2) (飛散防止用防護ネット)の安全機能に影響を及ぼすことなく必要な安全機能 (臨界防止、閉じ込め、遮蔽等) を発揮できる。(機能・性能に係る事項は次回以降申請とする。)
- [14. 1-建 3]設計基準事故② 工場棟転換工場のウラン粉末の漏えい (水素爆発による漏えい) 時に想定される環境条件は、ロータリーキルン (次回以降申請) における炉内爆発が発生しても、ウラン粉末を含む爆風はロータリーキルンの爆風圧力逃し機構 (破裂板) を通じて局所排気系統へ排気し、閉じ込め性が維持されることから、緊急対策設備(2) (飛散防止用防護ネット)の安全機能に影響を及ぼすことなく必要な安全機能 (臨界防止、閉じ込め、遮蔽等) を発揮できる。(機能・性能に係る事項は次回以降申請とする。)

2. 安全機能を有する施設は、当該安全機能を有する施設の安全機能を確認するための検査又は試験及び当該安全機能を健全に維持するための保守又は修理ができるように設置されたものでなければならない。

(適合性の説明)

- 附属建物発電機室、工場棟転換工場 原料倉庫地下ピット、緊急対策設備(2)(飛散防止用防護ネット)、非常用通報設備(放送設備、通信連絡設備)、消火設備(屋外消火栓、消火器)、自動火災報知設備(火災感知設備及びそれに連動する警報設備)、緊急対策設備(1)(非常用照明、誘導灯、安全避難通路)

安全機能を確認するための検査又は試験並びに安全機能を健全に維持するための保守又は修理ができる設計とする。(14-4)

- [14.2-建1]今回申請対象の設備・機器は、検査又は試験及び保守又は修理の必要が生じた場合に、設備・機器に容易にアクセスできるよう、設備・機器は、作業者の立入りが容易な場所に設置する設計とする。
- 緊急対策設備(2)(飛散防止用防護ネット)は、耐食性を有する材料()を使用することにより、長期間、保守、修理が不要である。

3. 安全機能を有する施設に属する設備であって、クレーンその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により損傷を受け、加工施設の安全性を損なうことが想定されるものは、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。

本申請の対象となる設備・機器はないため、該当しない。

(安全機能を有する施設)

第十四条 安全機能を有する施設は、通常時及び設計基準事故時に想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮することができるように設置されたものでなければならない。

(適合性の説明)

- 化学処理施設、核燃料物質の貯蔵施設、放射性廃棄物の廃棄施設（気体廃棄設備(1)の一部、保管廃棄設備）、その他の加工施設（非常用設備の一部及び分析設備）

安全機能を有する施設は、安全機能の重要度に応じて、その機能を確保する設計とする。(14-2)

核燃料物質の種類、取扱量、化学的性状、物理的形態を考慮し、その機能が期待される通常時及び設計基準事故時に想定される設置場所の温度、湿度、圧力、腐食性雰囲気、放射線等の全ての環境条件において、必要な安全機能を発揮できる設計とする。(14-3)

ユーティリティ（電源、バルブ作動用ガス）が喪失した場合においても、安全側に停止するフェールセーフとなる設計とする。(14-8)

- [14.1-設 1]安全機能を有する施設は、安全機能の重要度、核燃料物質の種類、取扱量、化学的性状、物理的形態を考慮し、その機能が期待される通常時及び設計基準事故時に想定される設置場所の温度、湿度、圧力、腐食性雰囲気、放射線等の全ての環境条件において、必要な安全機能を発揮できる設計とする。

(1) 通常時

化学処理施設、核燃料物質の貯蔵施設、放射性廃棄物の廃棄施設、その他の加工施設のうち今回申請する設備・機器は、管理区域、非管理区域の通常の作業環境下の温湿度状態、大気圧下に設置しており、腐食の恐れや放射線の影響はないため、それぞれの安全機能（臨界防止、閉じ込め、遮蔽等）を設計どおりに発揮できる。

(2) ユーティリティ喪失時

ユーティリティが喪失した場合、設備機器が停止するが、加工施設の設備・機器については、停止後に冷却機能など事故発生防止のための機能の維持を要するものは無い。なお、ユーティリティが喪失してもUF₆ガスの加熱及び移送は停止するとともに、気流輸送も供給停止する設計である。

(3) 設計基準事故時

化学処理施設、核燃料物質の貯蔵施設、放射性廃棄物の廃棄施設、その他の加工施設のうち今回申請する設備・機器が対象となる設計基準事故は、①UF₆ガスの漏えい、②ウラン粉末の漏えい（加圧機器からの漏えい）である。

化学処理施設（工場棟転換工場転換加工室内）にも設計基準事故②に相当する加圧機器はあるが、設計基準事故②は気流輸送1回当たりのウラン粉末取扱量が最も大きい成型施設（工場棟成型工場ペレット加工室内）の加圧機器が対象となるため、化学処理施設（工場棟転換工場転換加工室内）の加圧機器は設計基準事故②の対象とはならない。

なお、成型施設（工場棟成型工場ペレット加工室内）の加圧機器は次回以降申請する。

- [14.1-設 6]設計基準事故①UF₆ガスの漏えいはUF₆配管（蒸発器内のUF₆シリン

ダ、脱着式 UF₆ 配管からの漏えいは想定しない)での漏えいを想定している。この時に想定される環境条件※は、UF₆ を加圧で取り扱う配管破断により UF₆ がフードボックス内へ漏えいした状態を想定しても、他の安全機能に影響を及ぼすことなく必要な安全機能（臨界防止、閉じ込め、遮蔽等）を発揮できる設計とする。（機能・性能に係る事項は次回以降申請とする。）

※ UF₆ ガスの漏えい時に想定される環境条件は温度 108℃、圧力 0.407MPaG の UF₆ が 40 秒間漏えいし、UF₆ フードボックス内の空気との混合により UF₆ ガス温度上限は 85℃となるが、給気風量による希釈効果によりスクラバ到達時で常温まで低下するため、その構造に影響を及ぼすような温度、圧力には至らない。

- ▶ [14.1-設 8] UF₆ ガスを取り扱う配管は、ウラン通過部の断面積を m² (φ mm 相当) 以下とする。

今回申請する設備には上記設計基準事故のうち UF₆ の漏えいが該当するが、UF₆ の漏えい拡大防止を図る化学処理施設（UF₆ 蒸発加水分解設備）及び放射性廃棄物の廃棄施設（気体廃棄設備(1)の一部）の安全機能が有効に機能するため、化学処理施設（焙焼還元設備の一部、粉碎・充填設備）、放射性廃棄物の廃棄施設（保管廃棄設備）、核燃料物質の貯蔵施設、その他加工施設（非常用設備の一部及び分析設備）の安全機能に対する影響はないとともに、UF₆ の漏えいが発生するエリアとは壁で区画されたエリアに設置することから、その安全機能に対して影響を及ぼす対象とはならない。（機能・性能に係る事項は次回以降申請とする。）

UF₆ 漏えいに関する設計基準事故シナリオ、設計基準を超える事故シナリオ詳細は次回以降申請する。

機器等の破損、故障等により核燃料物質等を外部放出する可能性がある事象が発生した場合においても、公衆に著しい放射線被ばくを与えないよう、インターロック機構を設ける設計とする。（14-6）

インターロック機構は、損傷時の影響度に応じて、多重性又は多様性、耐震性による高い信頼性を確保する設計とする。

UF₆ 漏えい検知、地震検知により動作するインターロック機構については、独立二系統とし、水素ガス漏えい検知により動作するインターロック機構については、複数の検出端を設置する設計とする。（14-7）

添付説明書一設 6 の[10.1-設 10]、[10.1-設 13]参照。

2 安全機能を有する施設は、当該安全機能を有する施設の安全機能を確認するための検査又は試験及び当該安全機能を健全に維持するための保守又は修理ができるように設置されたものでなければならない。

(適合性の説明)

○化学処理施設、核燃料物質の貯蔵施設、放射性廃棄物の廃棄施設（気体廃棄設備(1)の一部、保管廃棄設備）、その他の加工施設（非常用設備の一部及び分析設備）

安全機能を確認するための検査又は試験並びに安全機能を健全に維持するための保守又は修理ができる設計とする。(14-4)

➤ [14.2-設1]今回申請対象の設備・機器は、検査又は試験及び保守又は修理の必要が生じた場合に、設備・機器に容易にアクセスできるよう、設備・機器は、作業者の立入が容易な場所に設置する。

3 安全機能を有する施設に属する設備であって、クレーンその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により損傷を受け、加工施設の安全性を損なうことが想定されるものは、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。

(適合性の説明)

○化学処理施設、核燃料物質の貯蔵施設、放射性廃棄物の廃棄施設（気体廃棄設備(1)の一部、保管廃棄設備）、その他の加工施設（非常用設備の一部及び分析設備）

今回申請する焙焼還元設備の一部、粉碎・充填設備を設置する部屋（工場棟転換工場の転換加工室）、分析設備を設置する部屋（工場棟転換工場の分光分析室、付属建物除染室・分析室の分析室）、非常用ディーゼル発電機を設置する部屋（発電機室）には今回申請する設備よりも上位の位置にクレーン等の飛散物となるものがなく、配管、ダクトも耐震重要度分類に適応する材料選定及び据え付けが行われるため、クレーン、その他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により損傷を受け、加工施設の安全性を損なうことはない。

また、今回申請するUF₆蒸発・加水分解設備、原料貯蔵設備（UF₆シリンダ）及び放射性廃棄物の廃棄施設（気体廃棄設備(1)）の一部を設置する部屋（工場棟転換工場の原料倉庫）、保管廃棄設備を設置する付属建物 廃棄物管理棟の測定室(2)は上位の位置にクレーンがあるが、クレーンに落下防止対策を施していること、配管、ダクトも耐震重要度分類に適応する材料選定及び据え付けが行われるため、地震によるクレーンの損壊に伴う飛散物により損傷を受け、加工施設の安全性を損なうことはない。

なお、工場棟転換工場の原料倉庫に設置するクレーンの落下防止対策は次回以降申請する。付属建物 廃棄物管理棟の測定室(2)に設置するクレーンは原規規発第 1806196 号で認可済である。

4 安全機能を有する施設は、他の原子力施設と共用し、又は安全機能を有する施設に属する設備を一の加工施設において共用する場合には、加工施設の安全性が損なわれないように設置されたものでなければならない。

○その他の加工施設（非常用設備の一部及び分析設備）、放射性廃棄物の廃棄施設（保管廃棄設備）

使用施設と共用する非常用ディーゼル発電機、第1廃棄物処理所、第2廃棄物処理所、第3廃棄物倉庫、廃棄物管理棟、分光分析室及び分析室（分析設備の一部、気体廃棄設備を含む。）は、共用によってその安全機能を損なわない設計とする。（14-5）

- [14. 4-設 1]使用施設と共用する非常用ディーゼル発電機は、使用施設の負荷も考慮した電源容量を確保する設計により、共用によってその安全機能を損なわない設計とする。
使用施設と共用する非常用ディーゼル発電機の電源容量は600kW/基×2基（1基は予備）とし、加工施設の想定する電源負荷445kW、共用する使用施設の想定する電源負荷35kWを十分カバーできる電源容量を有する。
- [14. 4-設 3]非常用ディーゼル発電機より給電する機器までの間に配線用遮断器を設置する。
使用施設と共用する非常用ディーゼル発電機は使用施設側の過負荷、短絡により非常用ディーゼル発電機が破損しないように、給電する機器までの間に配線用遮断器を設置する。
- [14. 4-設 7]分光分析室及び分析室では、使用施設や事業所外から分析サンプルを受け入れる場合、又は使用施設や事業所外へ分析サンプルを払い出す場合は、分光分析室及び分析室全体で質量管理を行い、核的制限値を超えないように管理する。
なお、使用施設と共用する分析装置は、工場棟転換工場分光分析室に設置する同位体分析設備の表面電離型質量分析装置(1)、(2)、不純物分析設備の固体発光分光分析装置及び付属建物除染室・分析室の分析室に設置する不純物分析設備のうち自動ハロゲン分析装置、サンプル保管庫である。
- [14. 4-設 8]ドラム缶ウラン量測定装置で測定する使用施設の固体廃棄物は、加工施設と同様に2000ドラム缶に収納することにより使用施設と共用する。

(材料及び構造)

第十五条 安全機能を有する施設に属する容器及び管並びにこれらを支持する構造物のうち、加工施設の安全性を確保する上で重要なもの（以下この項において「容器等」という。）の材料及び構造は、次に掲げるところによらなければならない。この場合において、第一号及び第三号の規定については、法第十六条の三第二項に規定する使用前事業者検査の確認を行うまでの間適用する。

一 容器等に使用する材料は、その使用される圧力、温度、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分を有すること。

二 容器等の構造及び強度は、次に掲げるところによるものであること。

イ 設計上定める条件において、全体的な変形を弾性域に抑えること。

ロ 容器等に属する伸縮継手にあつては、設計上定める条件で応力が繰り返し加わる場合において、疲労破壊が生じないこと。

ハ 設計上定める条件において、座屈が生じないこと。

三 容器等の主要な溶接部（溶接金属部及び熱影響部をいう。以下同じ。）は、次に掲げるところによるものであること。

イ 不連続で特異な形状でないものであること。

ロ 溶接による割れが生ずるおそれがなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶込み不良その他の欠陥がないことを非破壊試験により確認したものであること。

ハ 適切な強度を有するものであること。

ニ 機械試験その他の評価方法により適切な溶接施工法及び溶接設備並びに適切な技能を有する溶接士であることをあらかじめ確認したものにより溶接したものであること。

2 安全機能を有する施設に属する容器及び管のうち、加工施設の安全性を確保する上で重要なものは、適切な耐圧試験又は漏えい試験を行ったとき、これに耐え、かつ、著しい漏えいがないように設置されたものでなければならない。

(適合性の説明)

○蒸発器、コールドトラップ、コールドトラップ(小)、UO₂ブロータンク、UO₂フィルタ、UO₂受けホッパ、UF₆シリンダ

加工施設の安全性を確保する上で重要なものである、蒸発器、コールドトラップ、コールドトラップ(小)、UO₂ブロータンク、UO₂フィルタ、UO₂受けホッパ、UF₆シリンダについては、以下の設計とする。なお、加工施設の安全性を確保する上で重要なものの該非判定及び最高使用圧力等設備仕様を整理した結果を、図イ系-補 1/補 2 加工施設技術基準第 15 条該非判定結果に示す。

➤ [15.1-設 1] 蒸発器、コールドトラップ、コールドトラップ(小)、UF₆シリンダ、UO₂ブロータンク、UO₂フィルタ、UO₂受けホッパは、使用される圧力、温度、荷重その他の使用条件に対して十分な強度及び耐食性を有する材料を使用する。

➤ [15.1-設 2] 蒸発器、コールドトラップ、コールドトラップ(小)、UF₆シリンダ、UO₂ブロータンク、UO₂フィルタ、UO₂受けホッパは、十分な強度及び耐食性を有する構造とする。強度計算結果を添付説明書一設 7*1,*2 に示す。

なお、これらの設備には伸縮継手は設置しない。

また、コールドトラップ、コールドトラップ(小)、UF₆シリンダについては、負圧状態(最低使用圧力)での使用も考慮し、十分な強度を有することにより、座屈が生じない構造とする。

*1: UF₆シリンダは、添付説明書一設 7 で示す強度計算結果に加え、ANSI 規格 30B 型に定められた圧力仕様に沿った耐圧強度 (1.38MPaG 以上) を有する構造とする。

*2：コールドトラップ、コールドトラップ(小)の容器構造に強度上の変更はないが、最高使用温度、最高使用圧力を見直したことより、改めて強度計算を行い、十分な強度を有することを確認する。

- [15.1-設3] 蒸発器、コールドトラップ、コールドトラップ(小)、UF₆シリンダの主要な溶接部は、不連続で特異な形状でなく、適切な強度を有する構造とし、非破壊検査にて有害な欠陥がないことを確認する。

蒸発器は、UF₆シリンダ内のUF₆の加熱容器であり、UF₆シリンダからの大気圧を超えるUF₆の漏えいの拡大を防止する機能を有するものであることから、核燃料物質の加工の事業に関する規則(加工規則)で定められる、溶接検査対象設備(加工施設技術基準加工第3種容器)として該当するが、本設備は、溶接検査の法令制定(加工規則昭和61年改正)前に導入した設備であり、労働安全衛生法施工令で定める第1種圧力容器として施設し、その後、溶接検査対象部位の改造は実施していない。

なお、労働安全衛生法施工令で定める第1種圧力容器は、加工規則と同様、材料検査、溶接部の非破壊試験(放射線検査)、溶接士の技量管理、耐圧試験等の規定があり、これに基づき試験検査を実施して合格している。このことから、加工規則に適合しているといえる。

コールドトラップ、コールドトラップ(小)は、核燃料物質の加工の事業に関する規則で定められる溶接検査対象設備(加工施設技術基準加工第2種容器)に該当する。本設備の施設時には労働安全衛生法施工令で定める第1種圧力容器として設置し、その後、設備更新時に旧加工規則に基づく許認可及び溶接検査を受検して合格している*3。

なお、本設備は、新規制基準に基づく対応において、容器として構造強度上の変更はなく、溶接施工も実施しない。

*3：核燃料物質の加工施設の変更に関する設計及び工事の方法についての認可申請書(平成21年5月15日付け環安第211号)にて認可。コールドトラップは、平成22年1月7日付け09サ計受溶-0004として、コールドトラップ(小)は、平成21年12月15日付け09サ計受溶-0005として、独立行政法人原子力安全基盤機構より、溶接検査合格取得済み。

UF₆シリンダは、核燃料物質の加工の事業に関する規則で定められる溶接検査対象設備(加工施設技術基準加工第2種容器)に該当する。本設備は、核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則で輸送容器として承認を受けたものである。また、本設備はANSI-N14.1規格で定められた30B型若しくはその改良型である。

ANSI規格では、UF₆シリンダの構造及び材質の規定と共に、製作並びに溶接部の非破壊試験(放射線透過試験)及び耐圧試験の実施が規定されており、UF₆シリンダの製作はASME規格の規定に従い、適切な溶接施工法にて技能を有する溶接士が施工し、非破壊試験及び耐圧試験が実施され、ASMEの公認検査員による検査を受けて合格していることから、加工規則に適合しているといえる。

UO₂ ブロータンク、UO₂ フィルタ、UO₂ 受けホッパについては、溶接を行わない構造とする。

- ▶ [15.2-設1] 蒸発器、コールドトラップ、コールドトラップ(小)、UF₆ シリンダ、UO₂ ブロータンク、UO₂ フィルタ、UO₂ 受けホッパは、耐圧試験により、変形及び漏えいのないことを確認する。

蒸発器については、耐圧試験として、最高使用圧力 MPaG の 1.5 倍以上となる試験圧力 MPaG に水で加圧することで変形及び漏えいのないことを確認する。

コールドトラップ、コールドトラップ(小)については、耐圧試験として、最高使用圧力 MPaG の 1.5 倍以上となる試験圧力 MPaG に水で加圧することで変形及び漏えいのないことを確認している。

なお、最低使用圧力は MPaG であり、この場合の外圧に対する耐圧性能については、前述の試験条件により確認する。

UF₆ シリンダについては、耐圧試験として、最高使用圧力 MPaG に対し、試験圧力 2.8MPaG まで水で加圧することで変形及び漏えいのないことを確認している*4。なお、最低使用圧力は MPaG であり、この場合の外圧に対する耐圧性能については、前述の試験条件により確認する。

*4：試験要領は ANSI-N14.1 に基づく。

UO₂ ブロータンク、UO₂ フィルタ、UO₂ 受けホッパについては、耐圧試験として、最高使用圧力 MPaG の 1.25 倍以上となる試験圧力 MPaG に窒素または圧縮空気で加圧することで変形及び漏えいのないことを確認する。

(搬送設備)

第十六条 核燃料物質を搬送する設備（人の安全に著しい支障を及ぼすおそれがないものを除く。）は、次に掲げるところによるものでなければならない。

- 一 通常搬送する必要がある核燃料物質を搬送する能力を有するものであること。
- 二 核燃料物質を搬送するための動力の供給が停止した場合に、核燃料物質を安全に保持しているものであること。

本申請の対象に搬送設備はないため、該当しない。

(核燃料物質の貯蔵施設)

第十七条 核燃料物質を貯蔵する設備には、必要に応じて核燃料物質の崩壊熱を安全に除去できる設備が設けられていなければならない。

本申請の対象では、崩壊熱除去のために冷却が必要となる核燃料物質は取り扱わないため、該当しない。

(警報設備等)

第十八条 加工施設には、その設備の機能の喪失、誤操作その他の要因により加工施設の安全性を著しく損なうおそれが生じたとき、次条第一号の放射性物質の濃度が著しく上昇したとき又は液体状の放射性廃棄物の廃棄施設から液体状の放射性物質が著しく漏えいするおそれが生じたときに、これらを確実に検知して速やかに警報する設備が設けられていなければならない。

(適合性の説明)

○自動火災報知設備（火災感知設備及びそれに連動する警報設備）

火災を早期に感知し報知するために、消防法に基づき自動火災報知設備を設置する設計とする。(5-4)

- [18. 1-建 1]消防法に基づく自動火災報知設備（火災感知設備及びそれに連動する警報設備）の設置は必要とされていないが、火災を早期に感知し報知するため、附属建物発電機室に自動火災報知設備（火災感知設備及びそれに連動する警報設備）を設置する。

2. 加工施設には、その設備の機能の喪失、誤操作その他の要因により加工施設の安全性を著しく損なうおそれが生じたときに、核燃料物質等を限定された区域に閉じ込める能力の維持、熱的、化学的若しくは核的制限値の維持又は火災若しくは爆発の防止のための設備の作動を速やかに、かつ、自動的に開始させる回路が設けられていなければならない。

(適合性の説明)

○附属建物発電機室

- 今回申請する附属建物発電機室の設備に該当するものはない。

(警報設備等)

第十八条 加工施設には、その設備の機能の喪失、誤操作その他の要因により加工施設の安全性を著しく損なうおそれが生じたとき、次条第一号の放射性物質の濃度が著しく上昇したとき又は液体状の放射性廃棄物の廃棄施設から液体状の放射性物質が著しく漏えいするおそれが生じたときに、これらを確実に検知して速やかに警報する設備が設けられていなければならない。

(適合性の説明)

○化学処理施設 (UF₆蒸発・加水分解設備の一部)、廃棄施設 (気体廃棄設備(1)の一部)、その他の加工施設 (分析設備)

なお、以下警報の詳細は添付説明書一設 6 にて説明する。

- [18.1-設 1] UF₆漏えい警報設備 (バッテリー付) を設置する。
UF₆ フードボックス内部、防護カバー内部及び原料倉庫内には UF₆ が著しく漏えいする恐れが生じたときに、これを確実に検知して速やかに警報する設備を設置する。(機能・性能に係る事項は次回以降申請とする。)
- [18.1-設 4] 堰には漏水検知器を設置する。
堰 (循環貯槽) には液体状の放射性物質が著しく漏えいする恐れが生じたときに、これを確実に検知して速やかに警報する設備を設置する。(機能・性能に係る事項は次回以降申請とする。)
- [13.1-建 1(4 次)] 液体状の放射性物質を収納する機器には、施設外への漏えいを防止するための堰に漏水検知警報設備 (次回以降申請) を設置する。(4 次申請の 13.1-建 1 参照)

2 加工施設には、その設備の機能の喪失、誤操作その他の要因により加工施設の安全性を著しく損なうおそれが生じたときに、核燃料物質等を限定された区域に閉じ込める能力の維持、熱的、化学的若しくは核的制限値の維持又は火災若しくは爆発の防止のための設備の作動を速やかに、かつ、自動的に開始させる回路が設けられていなければならない。

(適合性の説明)

○化学処理施設 (UF₆蒸発・加水分解設備の一部)、廃棄施設 (気体廃棄設備(1)の一部)、その他の加工施設 (非常用設備の一部及び分析設備)

以下説明において機能・性能に係る事項は次回以降申請とする。

核燃料物質等を限定された区域に閉じ込める能力の維持、熱的、化学的若しくは核的制限値の維持又は火災若しくは爆発の防止のための設備の作動を速やかに、かつ、自動的に開始するために以下インターロックを設置する。

なお、以下インターロックの詳細は添付説明書一設 6 にて説明する。

- ・ [18.2-設 2] 過加熱防止インターロック (熱的制限値) を設置する。
- ・ [18.2-設 2] 温度高インターロック (温度) を設置する。
- ・ [18.2-設 3] UF₆漏えいを検知するインターロック (電導度/HF 濃度) を設置する。

- ・ [18.2-設 4] UF₆の供給停止インターロック（ポンプ作動/液位/地震加速度）を設置する。
- ・ [18.2-設 5] 防護カバーフード部の給気口およびフードボックス排気口を閉鎖する地震インターロック（地震加速度 0.15G 以下）を設置する（独立二系統）。
- ・ [18.2-設 7] 圧力高インターロック（圧力）を設置する。
- ・ [18.2-設 8] UF₆の捕集停止インターロック（温度）を設置する。
- ・ [18.2-設 9] UF₆移送ライン確保のインターロックを設置する。
- ・ [18.2-設 10] オーバーフローを防止するため、液位異常インターロック（液位）を設置する。

○非常用ディーゼル発電機

- ・ [18.2-設 35] 停電時、40 秒以内に非常用ディーゼル発電機が起動する設計とする（詳細は資料 21 設を参照）。

(放射線管理施設)

第十九条 工場等には、次に掲げる事項を計測する放射線管理施設が設けられていなければならない。この場合において、当該事項を直接計測することが困難な場合は、これを間接的に計測する施設をもって代えることができる。

- 一 放射性廃棄物の排気口又はこれに近接する箇所における排気中の放射性物質の濃度
- 二 放射性廃棄物の排水口又はこれに近接する箇所における排水中の放射性物質の濃度
- 三 管理区域における外部放射線に係る原子力規制委員会の定める線量当量、空気中の放射性物質の濃度及び放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質の密度

本申請の対象に放射線管理施設はないため、該当しない。

(廃棄施設)

第二十条 放射性廃棄物を廃棄する設備（放射性廃棄物を保管廃棄する設備を除く。）は、次に掲げるところによるものでなければならない。

一 周辺監視区域の外の空気中及び周辺監視区域の境界における水中の放射性物質の濃度が、それぞれ原子力規制委員会の定める濃度限度以下になるように加工施設において発生する放射性廃棄物を廃棄する能力を有するものであること。

二 放射性廃棄物以外の廃棄物を廃棄する設備と区別して設置すること。ただし、放射性廃棄物以外の流体状の廃棄物を流体状の放射性廃棄物を廃棄する設備に導く場合において、流体状の放射性廃棄物が放射性廃棄物以外の流体状の廃棄物を取り扱う設備に逆流するおそれがないときは、この限りでない。

三 気体状の放射性廃棄物を廃棄する設備は、排気口以外の箇所において気体状の放射性廃棄物を排出することがないものであること。

四 気体状の放射性廃棄物を廃棄する設備にろ過装置を設ける場合にあつては、ろ過装置の機能が適切に維持し得るものであり、かつ、ろ過装置の核燃料物質等による汚染の除去又はろ過装置の取替えが容易な構造であること。

五 液体状の放射性廃棄物を廃棄する設備は、排水口以外の箇所において液体状の放射性廃棄物を排出することがないものであること。

(適合性の説明)

○放射性廃棄物の廃棄施設

本申請の気体廃棄設備について以下を満足する設計としている（添付説明書一設6）。

事業許可に該当する内容のうち

- ・ 放射性廃棄物を廃棄する設備は、排気経路を確保することにより、加工施設において発生する放射性廃棄物を廃棄できる設計とする(17-4、17-13)
- ・ UF₆ の漏えいに対し、発生する放射性廃棄物を廃棄できる設計とする(4-7、4-30、14-7、17-6)

に関する設計内容を添付説明書一設6に示す。

以下に示す機能を有する設備、機器については次回以降申請。

- ・ 気体状の放射性廃棄物を廃棄する設備は、排気口以外の箇所において気体状の放射性廃棄物を排出しない設計
- ・ 気体状の放射性廃棄物を廃棄する設備に設けたろ過装置は、機能が適切に維持され、かつ、汚染の除去又はろ過装置の取替えが容易な構造

(核燃料物質等による汚染の防止)

第二十一条 加工施設のうち人が頻繁に出入りする建物内部の壁、床その他の部分であつて、核燃料物質等により汚染されるおそれがあり、かつ、人が触れるおそれがあるものの表面は、核燃料物質等による汚染を除去しやすいものでなければならない。

(適合性の説明)

○発光分光分析装置の撤去

第1種管理区域は、無窓構造とするとともに、室内の圧力を外気に対して負圧に維持する設計とする。また、同区域の建物の内部の床及び人が触れるおそれがある壁は、表面をウランが浸透しにくく、除染が容易で、腐食しにくい樹脂系塗料等で仕上げる。(4-24)

- [21.1-設1]本申請において撤去する装置は、第1種管理区域の床面に設置されているため、撤去後の床表面をウランが浸透しにくく、除染が容易で、腐食しにくい樹脂系塗料(難燃性)で塗装する。

(核燃料物質等による汚染の防止)

第二十一条 加工施設のうち人が頻繁に出入りする建物内部の壁、床その他の部分であつて、核燃料物質等により汚染されるおそれがあり、かつ、人が触れるおそれがあるものの表面は、核燃料物質等による汚染を除去しやすいものでなければならない。

(適合性の説明)

○工場棟転換工場 原料倉庫地下ピット

第 1 種管理区域の建物の内部の床及び人が触れるおそれがある壁は、表面をウランが浸透しにくく、除染が容易で、腐食しにくい樹脂系塗料等で仕上げる(4-24)

- ▶ [21.1-建 1]工場棟転換工場 原料倉庫地下ピットの第 1 種管理区域の床、及び人が触れるおそれがある壁表面を、ウランが浸透しにくく、汚れがつきにくく除染が容易で腐食しにくい樹脂系塗料（建築基準法施行令第一条第六号に基づき国土交通大臣の認定を受けた難燃材料）で仕上げる。

(遮蔽)

第二十二條 安全機能を有する施設は、通常時において加工施設からの直接線及びスカイシャイン線による工場等周辺の線量が原子力規制委員会の定める線量限度を十分下回るように設置されたものでなければならない。

本申請の対象には、通常時において加工施設からの直接線及びスカイシャイン線による工場等周辺の線量が原子力規制委員会の定める線量限度を十分下回るよう施設しなければならない施設に該当するものはない。

なお、次回以降申請する加工施設の壁、屋根等の遮蔽により周辺監視区域外における実効線量は $7 \times 10^{-2} \text{mSv/年}$ となり、周辺監視区域外の線量は、「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」（平成 27 年 8 月 31 日原子力規制委員会告示第 8 号。）で定められた線量限度（年間 1mSv）より十分小さい。このとき、ウランが放出するガンマ線による線量を考慮するものとし、中性子線による線量は小さいため無視した。直接線及びスカイシャイン線による周辺監視区域外における実効線量に関する説明を添付説明書一建 6 に示す。

2. 工場等内における外部放射線による放射線障害を防止する必要がある場所には、放射線障害を防止するために必要な遮蔽能力を有する遮蔽設備が設けられたものでなければならない。この場合において、当該遮蔽設備に開口部又は配管その他の貫通部がある場合であって放射線障害を防止するために必要がある場合には、放射線の漏えいを防止するための措置が講じられたものでなければならない。

本申請の対象には、工場等内における外部放射線による放射線障害を防止するために施設する遮蔽設備に該当するものはない。なお、次回以降申請する建物の壁等により管理区域を区画し、その境界における線量率を $2 \mu\text{Sv/h}$ 以下に管理する。管理区域境界における線量に関する説明を添付説明書一建 6 に示す。

(換気設備)

第二十三条 加工施設内の核燃料物質等により汚染された空気による放射線障害を防止する必要がある場所には、次に掲げるところにより換気設備が設けられていなければならない。

- 一 放射線障害を防止するために必要な換気能力を有するものであること。
- 二 核燃料物質等により汚染された空気が逆流するおそれがない構造であること。
- 三 ろ過装置を設ける場合にあつては、ろ過装置の機能が適切に維持し得るものであり、かつ、ろ過装置の核燃料物質等による汚染の除去又はろ過装置の取替えが容易な構造であること。

(適合性の説明)

○放射性廃棄物の廃棄施設

本申請の気体廃棄設備について以下を満足する設計としている。

事業許可に該当する内容のうち

- ・ 第1種管理区域は給排気経路確保した換気設備により換気を行い、負圧を維持する設計とする(4-29)
- ・ 第1種管理区域の換気施設(室内排気系統)にはろ過装置を設け、機能が適切に維持され、かつ、汚染の除去又はろ過装置の取替えが容易な構造とする(4-25、17-1、17-3)

に関する設計内容を添付説明書一設6に示す。

また、以下に示す機能を有する設備、機器については次回以降申請。

- ・ 第1種管理区域内の空気の逆流を防止する設計とする

(非常用電源設備)

第二十四条 加工施設には、外部電源系統からの電気の供給が停止した場合において、加工施設の安全性を確保するために必要な設備の機能を維持するために、内燃機関を原動力とする発電設備又はこれと同等以上の機能を有する非常用電源設備が設けられていなければならない。

(適合性の説明)

- 非常用通報設備（放送設備、通信連絡設備）、自動火災報知設備（火災感知設備及びそれに連動する警報設備）、緊急対策設備(1)（非常用照明、誘導灯）

外部電源系統の機能喪失に対して、第1種管理区域の負圧を維持するための局所排気系統、放射線監視設備、火災等の警報設備、通信連絡設備、非常用照明及び誘導灯の安全機能の確保を確実にを行うため、それらの設備が作動し得るに十分な容量、機能及び信頼性がある非常用電源設備として、2基（うち1基は予備）からなる非常用ディーゼル発電機（1式）を備えた設計とする。(20-1)

- [24.1-建 1] 全ての非常用通報設備（放送設備、通信連絡設備（電話設備(有線式)）及び自動火災報知設備（火災感知設備及びそれに連動する警報設備）は、それぞれ放送設備本体、電話交換機、受信器、及び中継盤を介して、非常用ディーゼル発電機と接続されているため、外部電源系統が喪失した場合でも機能を維持する。非常用通報設備（放送設備、通信連絡設備（電話設備(有線式)）の配置を、図リ建-9に、自動火災報知設備（火災感知設備及びそれに連動する警報設備）の配置を、図リ建-10に示す。非常用通報設備及び自動火災報知設備の設置状況を資 21-1 表に示す。
- [24.1-建 2] 附属建物発電機室の全ての緊急対策設備(1)（非常用照明、誘導灯）は、本申請で設置される非常用ディーゼル発電機から既設の副変電所（第2変電所）の切替器を介して非常用ディーゼル発電機に接続されているため、外部電源系統が喪失した場合でも機能を維持する。緊急対策設備(1)（非常用照明、誘導灯）の配置を、図リ建-8に示す。緊急対策設備(1)の設置状況を資 21-1 表に示す。

資 21-1 表 非常用設備設置一覧

	非常用通報設備				自動火災報知設備		緊急対策設備(1)	
	非常ベル設備	放送設備	通信連絡設備 (電話設備)		火災感知設備	警報設備	非常用照明	誘導灯
			有線式	無線式				
附属建物発電機室	—	○	○	○	○	○	○	○

なお、本申請のとおり、非常用ディーゼル発電機を2基（うち1基は予備）設置し、既設の非常用ディーゼル発電機を撤去するが、本申請で設置する非常用ディーゼル発電機の供用開始までは既設の非常用ディーゼル発電機に接続するため、附属建物発電機室に設置する非常用設備（非常用通報設備（放送設備、通信連絡設備（電話設備(有線式)））、自動火災報知設備（火災感知設備及びそれに連動する警報設備）、及び緊急対策設備(1)（非常用照明、誘導灯））は、外部電源系統が喪失した場合でも機能を維持する。

2. 加工施設の安全性を確保するために特に必要な設備には、無停電電源装置又はこれと同等以上の機能を有する設備が設けられていなければならない。

(適合性の説明)

○非常用通報設備（放送設備、通信連絡設備）、自動火災報知設備（火災感知設備及びそれに連動する警報設備）、緊急対策設備(1)（非常用照明、誘導灯）

人が常時立ち入る場所については、停電時に自動的にバッテリーに切り替わり、その機能を維持できるよう電力を供給するものを1個以上設置する設計とする。(13-3)

放射線管理棟管理室に集中して設置している監視、警報、放送等の機能を備える設備には無停電電源装置（1式）を接続し、非常用ディーゼル発電機が給電するまでの間も連続して機能を維持できる設計とする。(20-2)

各設備の設置場所が離れて点在している設備（モニタリングポスト、火災等の警報設備、通信連絡設備（無線式を除く）、一部の非常用照明及び誘導灯）は、個別にバッテリーを内蔵し、非常用ディーゼル発電機が給電するまでの間も連続して機能を維持できる設計とする。(20-3)

外部電源により動作する有線式の通信連絡設備は、非常用ディーゼル発電機に接続し、また無停電電源装置に接続又はバッテリーを設置することにより、外部電源喪失時でも通信連絡できる設計とする。(21-2)

無線式の通信連絡設備（業務用無線設備等）は、バッテリーを内蔵し、連続して機能を維持できる設計とする。(20-4)

➤ [24. 2-建 1] 附属建物発電機室の「安全性を確保するために特に必要な設備」は、緊急対策設備(1)（非常用照明、誘導灯）がこれに該当する。

図リ建一8 に示した附属建物発電機室に設置する緊急対策設備(1)（非常用照明、誘導灯）は、以下の基準を満たす製品を使用する。

- ・バッテリーを内蔵し、停電時に非常用ディーゼル発電機が給電するまでの間（40秒）その機能を維持できる設計とする。
- ・非常用照明、誘導灯のバッテリーによる作動時間は、30分間、20分間となっており、それぞれ建設省告示第1830号、消防法施行規則第二十八条の三に規定されている。

また警備所、事務本館、放射線管理棟に設置している非常用通報設備（放送設備、通信連絡設備（電話設備（有線式））及び自動火災報知設備（火災感知設備及びそれに連動する警報設備）の放送設備本体、電話交換機、受信器、及び中継盤は、非常用ディーゼル発電機と接続するとともに、非常用ディーゼル発電機が給電するまでの間（40秒）その機能を維持できるように、バッテリーを内蔵、又は非常用ディーゼル発電機との間に無停電電源装置を接続する設計とする。

- ・バッテリーを内蔵している非常用設備（非常用通報設備（放送設備、通信連絡設備（電話設備（有線式）））、自動火災報知設備（火災感知設備及びそれに連動する警報設備）、緊急対策設備(1)（非常用照明、誘導灯））は、外部電源系統が機能を喪失しても非常用ディーゼル発電機が給電を開始するまでの間（40秒）、バッテリーによりその機能を維持できる。
- ・非常用ディーゼル発電機との間に無停電電源装置を接続している非常用設備（非常用通報設備（放送設備））は、外部電源系統が機能を喪失しても非常用ディーゼル発電機が給電を開始するまでの間（40秒）、無停電電源装置から継続して給電され機能を維持できる。

- ・バッテリーを内蔵、又は、非常用ディーゼル発電機との間に無停電電源装置を接続している非常用設備は、非常用ディーゼル発電機が給電を開始後は、非常用ディーゼル発電機から給電される。
- ・非常用通報設備（通信連絡設備（電話設備（無線式）））は、バッテリーを内蔵し、連続して機能を維持できる設計とする。

なお、非常用設備の電源接続系統を資 21-2 表に示す。

資 21-2 表 非常用設備電源接続系統一覧表

	設備		非常用ディーゼル発電機	無停電電源装置	内蔵バッテリー
非常用通報設備	放送設備*1		○	○	○
	通信連絡設備 (電話設備)	有線式*2	○	—	○
		無線式	—	—	○
自動火災報知設備	火災感知設備*3		○	—	○
	警報設備(ベル)*4		○	—	○
緊急対策設備(1)	非常用照明		○	—	○
	誘導灯		○	—	○

*1：放送設備本体を介して接続

*2：電話交換機を介して接続

*3：受信器を介して接続

*4：中継盤を介して接続

(非常用電源設備)

第二十四条 加工施設には、外部電源系統からの電気の供給が停止した場合において、加工施設の安全性を確保するために必要な設備の機能を維持するために、内燃機関を原動力とする発電設備又はこれと同等以上の機能を有する非常用電源設備が設けられていなければならない。

2 加工施設の安全性を確保するために特に必要な設備には、無停電電源装置又はこれと同等以上の機能を有する設備が設けられていなければならない。

(適合性の説明)

○非常用ディーゼル発電機

外部電源系統の機能喪失に対して、第 1 種管理区域の負圧を維持するための局所排気系統、放射線監視設備、火災等の警報設備、通信連絡設備、非常用照明及び誘導灯の安全機能の確保を確実にを行うため、それらの設備が作動し得るに十分な容量、機能及び信頼性がある非常用電源設備として、2 基（うち 1 基は予備）からなる非常用ディーゼル発電機（1 式）を備えた設計とする。

非常用ディーゼル発電機は、負荷容量に対して十分な容量を有する設計とし、機能及び信頼性を確保するために、予備機を設置する。また、外部電源系統の機能喪失時（以下「停電時」という。）から商用電源の復旧及び非常用ディーゼル発電機から商用電源への切替えまでの時間を考慮し、余裕をみて 7 日間継続運転が可能な燃料を確保する設計とする。（20-1）

非常用電源設備である非常用ディーゼル発電機は、内燃機関を原動力とし所定の電圧を確立する能力を有する設計とする。（20-5）

非常用ディーゼル発電機は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」の第 52 条に基づく使用施設（以下「使用施設」という。）と加工施設へ同時給電するのに十分な能力を有する設計とする。（20-6）

その給電系統には過電流保護機構を設置し、共用によってその安全機能を失うことのない設計とする。（20-7）

- [24. 1-設 1] [18. 2-設 35] 停電時、第 1 種管理区域の負圧を維持し、閉じ込めによる安全機能を維持するために必要な設備負荷容量 480kW（詳細は以下）に対し、十分に余裕を持った 750kVA（600kW）発電容量を有する非常用ディーゼル発電機を 2 基（うち 1 基は予備）設置する。また、停電時、40 秒以内に非常用ディーゼル発電機が起動する（注 1）こととし、燃料油タンク（600L）に継続的に燃料補給することによって、連続稼働 7 日間を担保する設計とする。なお、各タンクの上限值（燃料油タンク：600L、潤滑油タンク：50L）は保安規定で規定する。連続稼働 7 日間運転するために必要な燃料は、A 重油で約 29,000L、潤滑油で約 140L であるが、必要な燃料は構内に保管しており、管理については、保安規定で規定する。

注 1：昭和 48 年 2 月 10 日消防庁告示第 1 号「自家発電設備の基準」に基づく。

非常用電源設備	非常用負荷系統	負荷設備	負荷容量 (kW)
非常用ディーゼル 発電機(1):750kVA (600kW) 非常用ディーゼル 発電機(2):750kVA (600kW) (1基は予備)	成型・組立工場 (155kW)	気体廃棄設備	50
		放射線監視設備	25
		非常用照明・誘導灯	6
		工程設備	20
		その他設備	54
	第3核燃料倉庫 (12kW)	気体廃棄設備	4
		放射線監視設備	6
		非常用照明・誘導灯	2
	廃棄物処理所、他 (108kW)	屋外消火栓設備	20
		気体廃棄設備	19
		放射線監視設備	10
		非常用照明・誘導灯	2
		工程設備	6
	加工棟 (40kW)	その他設備	51
		気体廃棄設備	22
		放射線監視設備	12
		非常用照明・誘導灯	4
	工場棟転換工場 (130kW)	工程設備	2
		気体廃棄設備	75
		放射線監視設備	12
非常用照明・誘導灯		6	
燃料加工試験棟 [使用施設] (35kW)	工程設備	37	
	気体廃棄設備	25	
	放射線監視設備	3	
	非常用照明・誘導灯	2	
合計			480

- [24.1-設2]ディーゼル機関を原動力とし、既設接続設備で要求されるのに必要な電圧3300Vを確立する設計とする。(屋外ケーブル系統は次回以降申請)
- [24.1-設3]給電系統に過電流保護機構を設置する。
- [24.1-設4] 排気中のUF₆を処理するスクラバは非常用ディーゼル発電機に接続する。

(通信連絡設備)

第二十五条 工場等には、設計基準事故が発生した場合において工場等内の人に対し必要な指示ができるよう、警報装置及び多様性を確保した通信連絡設備が設けられていなければならない。

(適合性の説明)

○非常用通報設備（放送設備、通信連絡設備）

通信連絡設備は、設計基準事故時に事業所内の人に対し、退避に必要な指示等を行うための放送設備及び多様性を確保した電話設備（有線式及び無線式）並びに無線通信設備を設ける。(21-1)

外部電源により動作する有線式の通信連絡設備は、非常用ディーゼル発電機に接続し、また無停電電源装置に接続又はバッテリーを設置することにより、外部電源喪失時でも通信連絡できる設計とする。(21-2)

通信回線は輻輳等による制限を受けない直接回線による有線式の電話設備及び輻輳等による制限を受けにくい衛星電話（固定式及び携帯式）及び携帯電話端末を備える。(21-3)

- [25. 1-建 1] 敷地内の他の加工施設で設計基準事故が発生した場合、退避に必要な指示等を行うために、非常用通報設備（放送設備及び通信連絡設備（電話設備（有線式及び無線式）））を設置する設計とする。非常用通報設備（放送設備、通信連絡設備（電話設備（有線式及び無線式）））の配置を図り建-9に示す。非常用通報設備（放送設備、通信連絡設備（電話設備（有線式）））の本体は、それぞれ非常用ディーゼル発電機に接続され、停電時でも機能は維持される。また、非常用通報設備（放送設備、通信連絡設備（電話設備（有線式）））の本体は無停電電源装置に接続、又はバッテリーを内蔵し、停電時に非常用ディーゼル発電機が給電するまでの間（40秒）、その機能を維持できる設計とする。非常用通報設備（通信連絡設備（電話設備（無線式）））は、バッテリーを内蔵し、連続して機能を維持できる設計とする。

2. 工場等には、設計基準事故が発生した場合において加工施設外の通信連絡をする必要がある場所と通信連絡ができるよう、多様性を確保した専用通信回線が設けられていなければならない。

加工施設外の通信連絡をするための多様性を確保した専用通信回線は、付属建物発電機室以外の場所である防災ルーム及び警備所に施設する。本申請対象には該当しない。

(その他事業許可で求める仕様)

○緊急対策設備(2) (飛散防止用防護ネット)

耐震重要度分類第 1 類の設備・機器は、水平地震力 1.0G で弾性範囲となる設計とする。(1-2)

[99-建 1]耐震重要度分類第 1 類である設備・機器、緊急対策設備(2) (飛散防止用防護ネット) は、S クラスに属する施設に求められる地震力 (1G 程度) に対して十分な強度を有するよう、水平地震力が 1.5G、2.0G で弾性範囲となるように設計している。耐震評価した結果については、添付説明書一建 7 に示す。

- ・ 中間層の水平地震力：1.5G
- ・ 上層階の水平地震力：2.0G

○付属建物発電機室

RC 造 (SRC 造 (鉄骨鉄筋コンクリート造) を含む) で屋根が RC の建物の場合、F3 竜巻に対し、建物の屋根、外壁が損傷しない設計とし、建物のシャッタ等の開口部を鉄扉に交換することで損傷しない設計とする。(1-3)

核燃料物質又は廃棄物を取り扱う建物のうち、鉄筋コンクリート造又は鉄骨鉄筋コンクリート造 (以下「SRC 造」という。) で、屋根構造が RC 造の建物は、F3 竜巻に対し、建物の外壁及び屋根が損傷しない設計とする。SRC 造である成型工場、組立工場は外壁補強を行う。(9-10)

- 竜巻による損傷の防止を評価した結果を添付説明書一建 3 に示す。
- [99-建 2] 付属建物発電機室は、核燃料物質又は廃棄物を取り扱う建物ではないが、停電時に核燃料物質を取り扱う建物に給電する非常用発電機を設置しているため、更なる安全裕度の向上策として、付属建物発電機室に、F3 竜巻 (最大風速 92m/s) に対し、図リ建-1 に示す竜巻防護ラインを設定する。
F3 竜巻に対する更なる安全裕度の向上策として、付属建物発電機室の保有水平耐力が、F3 竜巻の風圧力及び気圧差により付属建物発電機室に作用する水平方向の竜巻荷重を上回ることを確認する。また、付属建物発電機室の竜巻防護ライン対象部位の終局耐力が単位面積当たりの竜巻荷重を上回ることを確認する。

(付属建物発電機室)

- ・ 外壁 (鉄筋コンクリート)
- ・ 鉄扉

○緊急対策設備(2) (飛散防止用防護ネット)

風荷重により、屋根が損傷するおそれがある施設 (転換工場、成型工場 (放射線管理棟を含む)、組立工場、除染室・分析室、第 1 廃棄物処理所、第 2 廃棄物処理所) は、建物内に設置される設備・機器等が建物外部へ飛散することを防止するため、建物の屋根下に飛散防止用防護ネットを設置する。(9-15)

竜巻の風圧力により屋根が損傷する場合は、飛散防止用防護ネットが飛来物の落下による運動エネルギーを吸収することで建物内部の設備・機器の損傷を防止する。(9-20)

- [99-建 3] F3 竜巻来襲時に屋根が損傷するおそれがある施設 (工場棟転換工場本体、工場棟成型工場、工場棟組立工場本体、放射線管理棟廃棄物一時貯蔵所、付属建物第 2 核燃料倉庫前室、付属建物除染室・分析室) は、建物内に設置されている設備・機器等が建物外部へ飛散することを防止するため、建物の屋根下に緊急対策設備(2) (飛散防止用防護ネット) を設置する。また、緊急対策設

備(2)(飛散防止用防護ネット)は、竜巻が襲来時に想定される敷地外からの飛来物である、プレハブ物置(大)、軽トラックが工場内へ落下することの防止も可能な設計とする。

緊急対策設備(2)(飛散防止用防護ネット)が吸収可能なエネルギーは、実際の設置方法を考慮して事業許可での吸収エネルギーから変更しているが、緊急対策設備(2)(飛散防止用防護ネット)で飛来物のエネルギーを吸収する基本的な考え方、評価方法に変更はない。

なお、建物内からの想定される飛散物は、事業許可の記載と同様にダクトを想定しており、外部からの想定飛来物の衝撃荷重は、F3 竜巻による風圧力荷重(金網の充実率考慮)と飛散物衝撃荷重を組み合わせたものを包絡する荷重であることから、緊急対策設備(2)(飛散防止用防護ネット)はF3 竜巻荷重で損傷しない。

また、工場棟転換工場本体は、屋根下に配置されたダクトの落下による設備・機器の損傷対策として、梁下にも緊急対策設備(2)(飛散防止用防護ネット)を設置する。

工場棟組立工場本体、付属建物第2核燃料倉庫前室、放射線管理棟廃棄物一時貯蔵所、及び付属建物除染室・分析室は、ダクトを固縛することで設備・機器への落下を防止する。工場棟成型工場は、上層階の床により設備・機器への落下を防止する。(添付説明書一建7参照)

屋根が損傷した場合、緊急対策設備(2)(飛散防止用防護ネット)はF3 竜巻荷重を受けるが、竜巻荷重は飛来物による荷重より小さいことから、緊急対策設備(2)(飛散防止用防護ネット)は損傷しない。

なお、事業許可では、付属建物第2核燃料倉庫前室は核燃料物質の貯蔵・保管を行わないことから緊急対策設備(2)(飛散防止用防護ネット)を設置しないこととしていたが、付属建物第2核燃料倉庫への核燃料物質の搬出入時に通過するため、緊急対策設備(2)(飛散防止用防護ネット)を設置することとした。

○付属建物発電機室

敷地外から飛来する軽トラック、プレハブ物置は建物で防護する設計とする。民家の駐車場等から、防護フェンスを超えて飛来する車両については、飛来する車両の運動エネルギーに応じ、建物の外壁を補強することにより防護する。(9-14)

- 飛来物に対する損傷の防止を評価した結果を添付説明書一建3に示す。
- [99-建4]F3 竜巻時のプレハブ物置(大)の最大飛散距離は約211m、軽トラックは約160mであり、付属建物発電機室から最も近い民家や公道までは240m以上離れていることから、付属建物発電機室に到達しない。

なお、飛来物対策として、放射線管理棟の南側の公道との境界に防護フェンスを設置することで、竜巻襲来時に敷地外からの飛来物を防止する設計とする。当該設備は、次回以降申請を予定している。

また、公道沿いには、飛来物を防護できる鉄筋コンクリート造の一般建物等があるが、評価では、一般建物には期待していない。

○付属建物発電機室

非常用ディーゼル発電機を設置する発電機室を新設する。(23-2)

- [99-建5]新設する付属建物発電機室の配置を図イ建-1に示す。

(その他事業許可で求める仕様)

○化学処理施設、放射性廃棄物の廃棄施設、その他の加工施設

耐震重要度分類第 1 類の設備・機器は、水平地震力 1.0G で弾性範囲となる設計とする。(1-2)

六ふっ化ウランを正圧で取り扱う設備は、耐震重要度分類第 1 類とし、水平地震力 1.0G(注) で弾性範囲の設計とする。(2)

耐震重要度 第 1 類

UF₆ ガス取扱設備 (大きな地震時に閉じ込めを期待する設備) 及び著しく大きな地震力が作用する前に大きな地震を検知した場合に作動を期待するインターロック機構(添 5-22) (7-11)

設計基準を上回る地震力 (静的地震力 1G) を受けた場合に、UF₆ を正圧で取り扱う建物、UO₂F₂ 溶液を取り扱う建物が大規模な損壊に至らない、また、設備・機器が転倒しない等の設計をする。(247, 添 7-22) (22-1)

[99-設 1] 耐震重要度分類第 1 類の設備・機器は、S クラスに属する施設に求められる地震力 (1G 程度) に対して十分な強度を有するよう、水平地震力 1.0G に対して弾性範囲となる設計とする。これにより、S クラス相当の地震力を想定し、第 2 類及び第 3 類の設備・機器の閉じ込め機能がすべて損失したとしても公衆の実効線量は基準 (5mSv) を下回る結果となる (事業許可)。

○放射性廃棄物の廃棄施設 (給排気逆流防止ダンパ (原料倉庫との境界部))

設計基準を上回る地震力 (静的地震力 1G) を受けた場合に、UF₆ を正圧で取り扱う建物、UO₂F₂ 溶液を取り扱う建物が大規模な損壊に至らない、また、設備・機器が転倒しない等の設計をする。(247, 添 7-22) (22-1)

- [99-設 11] UF₆ を正圧で取り扱う建物開口部には外部への放出量を低減するダンパ(カウンターウェイトによる自動閉止式)を設ける。
設計基準事故を超える事故時には建物開口部を閉止し、外部への UF₆ または HF の放出を低減するためのダンパ(カウンターウェイトによる自動閉止式)を設ける。当該のダンパは耐震重要度分類を建物と同等の第 1 類として設計している。なお、ダンパは逆流及び空気流停止に対して閉止する機構について公共建築工事標準仕様書 (機械設備工事編) 平成 31 年版に適合した仕様とし、接続するダクトと合わせて耐震重要度分類第 1 類を満たす材質及び板厚を選定している。

○化学処理施設、分析設備

核燃料物質又は廃棄物を取り扱う建物のうち、屋根構造が RC 造以外の建物（第 3 廃棄物倉庫は除く）は、F3 竜巻に対し、建物の屋根の損傷を前提とするが、外壁は損傷しない設計とする。S 造である転換工場、第 1 廃棄物処理所、第 2 廃棄物処理所、除染室・分析室は、補強のためにサイディングを追設する。屋根の損傷を仮定した建物は、屋根の損傷箇所を経由する風の吹き込みに対して、建物内部の床、壁により、設備・機器を防御する設計とするか、屋根の損傷により設備・機器に直接風圧力が作用する場合は、それら設備・機器（排気ダクトは除く）を耐風圧設計とする。（添 5-33）(9-11)

UF₆を正圧で取り扱う設備・機器に対しては防護カバーを設置する。(9-16)

ウランを内包する設備・機器に対しては固縛等の補強を行う。(9-17)

RC造で屋根がRCでない建物及びS造の建物の場合、RC造で屋根がRCでない成型工場、組立工場は、F3竜巻に対して外壁が損傷しないように外壁補強を行う設計とし、S造の建物である転換工場、第1廃棄物処理所、第2廃棄物処理所、除染室・分析室は、外壁に対しサイディング補強を行う設計とする。また、これらの建物のシャッタ等の開口部を鉄扉に交換することで、外壁が損傷しない設計とする。上記の屋根が損傷する建物では、建物内部へ吹き込む風の風速に対して設備・機器の補強を行う。(1-4)

[99-設 3] 更なる安全裕度向上策確認用の F3 竜巻に対し、RC 造の建物は健全であることから、これらの施設に内包される設備・機器は、施設により竜巻から防護される。一方、RC 造以外の建物である工場棟転換工場、付属建物除染室・分析室は、F3 竜巻に対し、屋根が損傷するおそれがある。そのため、施設に内包される設備・機器である化学処理施設及び分析設備を F3 竜巻に耐えるようボルト（拘束金具含む）で固定する（以下耐風圧設計と呼ぶ）。また、UF₆ 漏洩警報の屋外作動端の HF 検出器についても F3 竜巻に耐えるようボルトで固定する。添付説明書一設 4 に示す竜巻防護の基本方針に基づき評価し耐風圧設計であることを確認した。

なお、UF₆を正圧で取り扱う設備・機器(蒸発器、UF₆フードボックス、コールドトラップ、コールドトラップ(小)、循環貯槽、堰(循環貯槽))は、F3 竜巻に耐える防護カバー内に設置する。また、分析室及び分光分析室では、竜巻警報発報時、夜間休日不在時には分析サンプルをサンプル保管庫にて保護する。この管理については保安規定に規定する。

○非常用ディーゼル発電機

竜巻に対して安全機能を有する施設の安全機能を損なうことがないように加工施設の建物・構築物は、竜巻荷重を上回る強度を有する設計とする。(9-1)

- [99-設 3]更なる安全裕度向上策確認用の F3 竜巻に対し、RC 造の建物である発電機室は健全であることから、非常用ディーゼル発電機は施設により竜巻から防護される。一方、室外に設置する発電機室横のラジエータについては、F3 竜巻に耐えるようボルト等にて固定する。これらの竜巻防護設計について評価した結果を添付説明書一設 4 に示す。

各工程におけるウランの形態に応じた核燃料物質を貯蔵するために必要な容量を有する核燃料物質の貯蔵施設を設ける。(16-1)

貯蔵施設はウランの形態に応じて、臨界防止、遮蔽及び閉じ込めの機能を確保する設計とする。(16-2)

➤ UF₆シリンダを貯蔵する工場棟転換工場原料倉庫のシリンダ貯蔵架台、原料貯蔵所のシリンダ貯蔵ピットで臨界防止、遮蔽及び閉じ込めに対する安全機能を確保する。

また、工場棟転換工場原料倉庫のシリンダ貯蔵架台、原料貯蔵所のシリンダ貯蔵ピットは事業許可に示す六ふっ化ウランの貯蔵量以下で六ふっ化ウランを貯蔵する容量を有する。

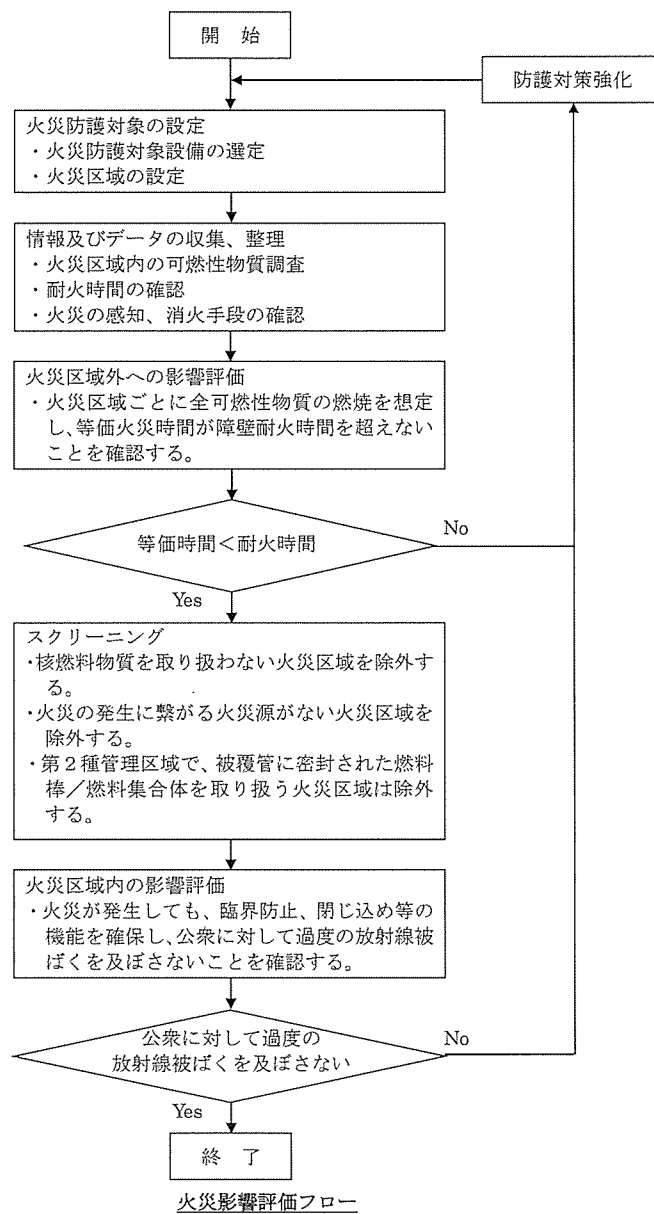
なお、UF₆シリンダを貯蔵する工場棟転換工場原料倉庫のシリンダ貯蔵架台、原料貯蔵所のシリンダ貯蔵ピット及びこれらを支持する原料貯蔵所は、次回以降申請する。

核燃料物質の 状態	貯蔵室名	最大貯蔵 能力	機器名	最大貯蔵量
六ふっ化ウラン	原料貯蔵所	521tonU	{487}シリンダ貯蔵ピット	次回以降申請
	工場棟転換工場 原料倉庫	62tonU	{491}シリンダ貯蔵架台	次回以降申請

火災等による損傷の防止に関する説明書

1. 評価方法

原子力発電所の内部火災影響評価ガイド等に従い、以下の火災影響評価フローに基づいて火災影響評価を行い、万一の火災発生時においても安全機能を有する施設が機能を維持できることを確認する。



(1) 火災防護対象の設定

火災防護対象は、事業許可に示すとおり、万一の火災発生時に延焼を防止し、公衆に対し過度の放射線被ばくを及ぼさないために、臨界防止、閉じ込め及び遮蔽機能を有する設備・機器及び建物とした。

非常用ディーゼル発電機は、外部電源系統の機能喪失時に、第1種管理区域の負圧を維持するための局所排気系統、放射線監視設備、火災等の警報設備、通信連絡設備、非常用照明及び誘導灯の安全機能を確保するために必要である。したがって、非常用ディーゼル発電機を設置する付属建物発電機室を火災防護対象に設定した。

非常用ディーゼル発電機は2基設置しており、万一、1基を設置した部屋で火災が発生しても、残りの1基を設置した部屋に延焼しなければ、安全機能は維持される。したがって、2基の非常用ディーゼル発電機を設置した部屋を、別個の火災区域とした。設定した火災区域を図り建-2に示す。

付属建物発電機室は、建築基準法に基づく防火区画に該当せず、事業許可では火災区域を設定していなかったが、火災区域を新たに追加した。

(2) 可燃性物質・難燃性物質の調査

火災区域内の可燃性物質・難燃性物質の種類及び可燃性物質量・難燃性物質量を調査した。

調査した結果を添説建1-2表に示す。

(3) 等価時間の算出

等価時間は、添説建1-1表に示すガイドに基づき算出した。

添説建 1-1 表 ガイド等において参考にした箇所

ガイド等	参考にした箇所
原子力発電所の内部火災影響評価ガイド	火災影響評価手法
NFPA 801: Standard for Fire Protection for Facilities Handling Radioactive Materials 2014 Edition	・ 火災影響評価の要求 ・ 換気空調に関する設計
NFPA FIRE PROTECTION Handbook 20th Edition (以下「NFPA Handbook」という。)	・ コンクリートの厚さと耐火時間の関係 ・ 熱含有量

等価時間の算出結果を添説建1-3表に示す。

(4) 耐火時間の設定

耐火時間は、火災区域を構成する全ての耐火構造物の設計仕様を考慮して設定した。

付属建物発電機室の火災区域の耐火時間、および出典を添説建1-4表に示す。

耐火時間は、火災区域を構成する耐火構造物のうち、最も厳しい(小さい)値とした。また、材質が同じ耐火構造物については、保守的に最も厚さが小さいものの耐火時間で評価した。

2. 評価結果

付属建物発電機室の等価時間と耐火時間を比較した結果を、添説建1-5表に示す。耐火時間は等価時間を上回っており、万一の火災発生時にも延焼を防止できることから、非常用ディーゼル発電機の安全機能は維持される。

添説建1-2表 付属建物発電機室の各火災区域の可燃性/難燃性物質質量

対象火災区域	可燃性物質質量 (kg)										難燃性物質質量 (kg)				盤内可燃物の発熱量 (MJ)
	火災区域を示す記号↓	床面積 (m ²)	プラスチック	紙	布・ウエス	木材	洗浄剤	試薬	各種油	水素	塩化ビニル	ポリカーボネート	ゴム	電線被覆	
発電機室(1)	Z1	40	0	0	0	0	0	0	638 ^{※3}	0	0	0	0	17	3,108
発電機室(2)	Z2	40	0	0	0	0	0	0	638 ^{※3}	0	0	0	0	17	3,108
各物質の発熱量(kJ/kg) ^{※1}		47,700	18,594	30,800	21,800	42,400	-	44,991	141,790	17,950	31,500	23,246	47,700	-	-

※1 熱含有量は、原子力発電所の内部火災影響評価ガイドまたはNFPA Handbookより引用した。

※2 盤内可燃物は、盤のサイズが大きく、盤内部の収納密度が高い分電盤と制御盤を選定し、それぞれ盤内の物質質量を調査し、熱含有量を乗じて発熱量を算出した。これら盤の容積と発熱量を基準として、それ以外の盤については基準との容積比で発熱量を算出した。

※3 内包油質量：650 ℓ (内訳：A重油600 ℓ、潤滑油50 ℓ)

内部火災影響評価ガイドでは、可燃物油量を重量で評価することが定められているため、NUREG-1805に基づいて、以下の通り換算する。

NUREG-1805

A重油の比重1.000kg/ℓから 600 ℓ×1.000 kg/ℓ=600 kg 潤滑油の比重0.760 kg/ℓから 50 ℓ×0.760 kg/ℓ=38 kg 合計：638 kg

添説建1-3表 付属建物発電機室の各火災区域の等価時間の算出結果

火災区域	可燃性物質質量 (kg)										難燃性物質質量 (kg)				盤内可燃物の発熱量 (MJ)
	プラスチック	紙	布・ウエス	木材	洗浄剤	試薬	各種油	水素	塩化ビニル	ポリカーボネート	ゴム	電線被覆			
発電機室(1) Z1	0	0	0	0	0	0	28,704	0	0	0	0	811	3,108		
発熱量(MJ)=物質質量×熱含有量	32,624														
合計発熱量(MJ)	908,095														
燃焼率(MJ/m ² /h) ^{※1}	0.90														
等価時間(h)=合計発熱量/床面積/燃焼率															
発電機室(2) Z2	0	0	0	0	0	0	28,704	0	0	0	0	811	3,108		
発熱量(MJ)=物質質量×熱含有量	32,624														
合計発熱量(MJ)	908,095														
燃焼率(MJ/m ² /h) ^{※1}	0.90														
等価時間(h)=合計発熱量/床面積/燃焼率															

※1 燃焼率は、原子力発電所の内部火災影響評価ガイドより引用した。

添説建1-4表 附属建物発電機室の火災区域の構造毎の耐火時間

火災区域	耐火構造物	材質	厚さ	耐火時間	出典 ¹⁾
Z1	外壁			3時間耐火	NFPA Handbook
	区画境界壁			3時間耐火	
	屋根			3時間耐火	
	床			3時間耐火	
	鉄扉			1時間耐火	建設省告示第1369号
	防火ダンパ ²⁾			1時間耐火	
Z2	外壁			3時間耐火	NFPA Handbook
	区画境界壁			3時間耐火	
	屋根			3時間耐火	
	床			3時間耐火	
	鉄扉			1時間耐火	建設省告示第1369号
	防火ダンパ ²⁾			1時間耐火	

- 1) 詳細を補足資料に示す。
 2) 給気/排気フードの効果を見込まず、保守的に防火ダンパを火災区域の境界とした。防火ダンパから屋外までのダクトは、厚さ□mmの□であり、防火ダンパと同じ材質、厚さである。

添説建1-5表 附属建物発電機室の火災区域外への影響評価結果

火災区域 火災区域を示す記号↓	評価結果(*1)			
	等価時間(h)	耐火時間(h)		
発電機室(1)	Z1	0.90	1.00	○
発電機室(2)	Z2	0.90	1.00	○

備考) *1…評価結果 ○…等価時間<耐火時間 ×…等価時間≥耐火時間

耐火時間の設定について

1. コンクリート壁、屋根、床

NFPA Handbook (CHAPTER 2 Structural Integrity During Fire 19-53 FIGURE 19.2.20) のNormal aggregate ; 普通骨材におけるコンクリート厚さと耐火時間の関係を参考にして、表1のとおり耐火時間を設定した。

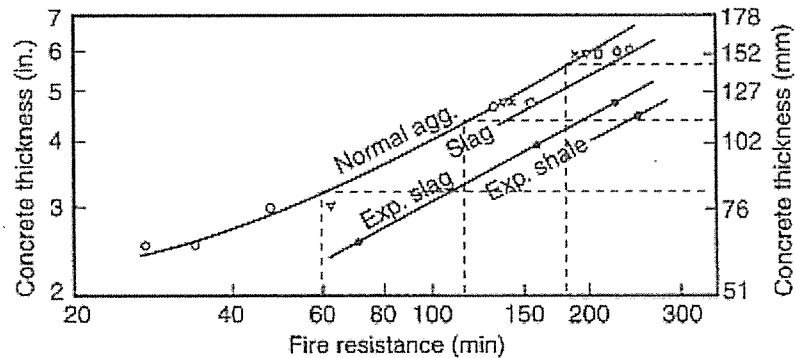


FIGURE 19.2.20 Relationship of Slab Thickness and Type of Aggregate to Fire Endurance

表 1. コンクリートの耐火時間

コンクリート厚さ : T	耐火時間
80mm ≤ T < 110mm	1.0hr
110mm ≤ T < 150mm	2.0hr
150 ≤ T	3.0hr

	T(mm)	耐火時間
1 時間耐火	80	1.00hr
	85	1.17hr
	90	1.33hr
	95	1.50hr
	100	1.67hr
	105	1.83hr
2 時間耐火	110	2.00hr
	115	2.13hr
	120	2.25hr
	125	2.38hr
	130	2.50hr
	135	2.63hr
	140	2.75hr
	145	2.88hr
3 時間耐火	150	3.00hr

2. 扉、防火ダンパ

一般的には、扉、防火ダンパの耐火性能(時間)については防火戸としての役割を担う防火設備として規定されており、その種類として防火区画に使用される 1 時間耐火性能を有する「特定防火設備」がある。

特定防火設備の構造規定は以下に示す通り定められている。

- ・ 鉄製で鉄板の厚さが 1.5mm 以上の防火戸又は防火ダンパとすること。
- ・ 骨組みを鉄製とし、両面にそれぞれ厚さ 0.5mm 以上の鉄板を張った防火戸とすること。
- ・ 開口面積が 100cm² 以内の換気孔に設ける鉄板、モルタル板その他これらに類する材料で造られた防火覆い又は地面からの高さが 1 m 以下の換気孔に設ける網目 2mm 以下の金網とすること。

<出典>建設省告示第 1369 号「特定防火設備の構造方法を定める件」抜粋

厚さ mm 以上の鉄板で造られた「特定防火設備」と同等の性能を有する鉄扉、防火ダンパを 1 時間耐火と設定する。

加工施設の耐震性に関する説明書

I. 耐震設計の基本方針

1. 耐震設計の方針

本加工施設の耐震設計は、以下の方針とする。

- ・ 安全機能を有する施設に関して、地震力に十分に耐えることができる設計とする。
- ・ 地震による安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて耐震設計上の重要度を分類し、地震力を設定する。
- ・ 安全機能を有する施設を設置する建物、構築物は、常時作用する固定荷重及び積載荷重に加え、前記の耐震重要度分類の各分類に応じて算定する地震力が作用した場合においても、十分な支持性能を有する砂礫層への杭基礎、又は十分な支持性能を有する砂礫層の上部を地盤改良し直接基礎に支持させる。十分な支持性能を有する砂礫層のN値は30以上とする。ただし、「N値30以上」のN値とは、杭基礎の場合は杭先端付近の算定平均N値を示し、直接基礎の深層混合処理工法により改良された地盤（改良コラム）の場合は、改良コラム下端面付近の算定平均N値を示す。

なお、杭基礎及び改良コラムの平均N値の算定は下記の図書に従い行う。

- ・ 杭基礎 : 建築基礎構造設計指針（日本建築学会）
- ・ 改良コラム : 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針（日本建築センター）

また、基礎荷重の小さい建物、構築物は、地表近くのローム層に支持させる。

- ・ 放射線被ばくのおそれを低減するために、第1類に属する建物については、Sクラスに属する施設に求められる程度の静的地震力（1.0G程度）に対して、建物が過度の変形、損傷することを防止するため終局に至らない設計とする。

2. 耐震設計上の重要度分類

ウランを取り扱う設備、機器及びウランを収納する設備、機器等並びにこれらを収納する建物については、地震の発生による当該設備、機器の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度に応じて分類する。また、耐震重要度分類において、上位に属するものは、下位の分類に属するものの破損によって波及的破損が生じないものとするとともに、下位の分類に属するものを上位の分類の建物及び構築物と構造的に一体に設計することが必要な場合には、上位の分類による設計とする。耐震設計上独立した建物を接続する場合は、エキスパンションジョイントを介して接続する設計とする。なお、本加工施設には、耐震重要施設（Sクラスに属する施設）はなく、Sクラスの設備、機器及び建物はない。

【第1類】

安全機能を失うことによる影響の大きい設備、機器とする。なお、これらの設備、機器を収納する建物、構築物を含む。ウランを内包する設備、機器における第1類及び第2類の区分については、閉じ込め機能及び臨界防止機能が失われたことによる影響が大きいものとして、最小臨界質量以上のウランを取り扱うものを第1類に、それ未満のウランを取り扱うものを第2類とする。

- ① 非密封ウランを取り扱う設備、機器及び非密封ウランを閉じ込めるための設備、機器のうち、以下を含めその機能を失うことによる影響の大きい設備、機器。
 - ・ UF₆ガス取扱設備（大きな地震時に閉じ込めを期待する設備）及び著しく大きな地震力が作用する前に大きな地震を検知した場合に作動を期待するインターロック機構
 - ・ 水素取扱設備及び著しく大きな地震力が作用する前に大きな地震を検知した場合に作動を期待するインターロック機構
- ② 臨界安全上の核的制限値を有し、形状寸法を核的制限値とする設備、機器、中性子吸収材を使用する設備、機器又は最小臨界質量以上のウランを取り扱い、減速度を制限する設備、機器であって、その機能喪失による影響の大きい設備、機器。また、最小臨界質量未満のウランを取り扱う設備、機器であって、変形、破損等により最小臨界質量以上のウランが集合する可能性のある設備、機器。
- ③ 上記②の核的制限値を維持するための設備、機器であって、その機能を失うことによる影響の大きい設備、機器。
- ④ 上記①から③の設備、機器を収納する建物及び構築物。

【第2類】

安全機能を失うことによる影響の小さい設備、機器とする。なお、これらの設備、機器を収納する建物、構築物を含む。

- ① 非密封ウランを取り扱う設備、機器及び非密封ウランを閉じ込めるための設備、機器であって、その機能を失うことによる影響の小さい設備、機器。
- ② 臨界安全上の核的制限値を有し、最小臨界質量未満のウランを取り扱う設備、機器及びその制限値を維持するための設備、機器であって、その機能喪失による影響の小さい設備、機器。
- ③ 非常用電源設備、放射線管理設備であって、その機能喪失により加工施設の安全性が損なわれるおそれがある設備、機器。
- ④ 熱的制限値を有する設備、機器。
- ⑤ UF₆ガス漏えい時に局所排気中のUF₆等の除去を行う設備、機器。
- ⑥ 上記①～⑤の設備、機器を収納する建物及び構築物。

【第3類】

第1類及び第2類以外の設備、機器並びにそれらを収納する建物及び構築物。

3. 設計用地震力の算定

3.1. 建物、構築物の設計用地震力の算定

建物、構築物に対する地震力の算定は、以下に示す方法による。

- ・ 建物、構築物の耐震設計法については、各クラスとも原則として静的設計法を基本とし、かつ建築基準法等関係法令による。
- ・ 上位の分類に属するものは、下位の分類に属するものの破損によって波及的破損が生じないようにする。
- ・ 上位の分類の建物、構築物と構造的に一体に設計することが必要な場合には、上位の分類による設計とする。

【一次設計】

静的地震力は、建築基準法施行令第88条に規定する地震層せん断力係数 C_i に、耐震重要度に応じて下記に示す割り増し係数を乗じて算定する。ここで、地震層せん断力係数 C_i は、標準せん断力係数 C_0 を0.2とし、建物、構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値とする。

【二次設計】

保有水平耐力の算定においては、建築基準法施行令第82条の3に規定する構造計算により安全性を確認することを原則とする。また、必要保有水平耐力については、同条第2号に規定する式で計算した数値に下記に示す割り増し係数を乗じた値とする。また、必要保有水平耐力の算出に使用する標準せん断力係数 C_0 は1.0とする。

【割り増し係数】

耐震重要度分類第1類：1.5以上

耐震重要度分類第2類：1.25以上

耐震重要度分類第3類：1.0以上

3.2. 設備、機器の設計用地震力の算定

設備、機器に対する地震力の算定は、以下に示す方法による。

- ・ 設備、機器の耐震設計法については、原則として静的設計法を基本とする。
- ・ 上位の分類に属するものは、下位の分類に属するものの破損によって波及的破損が生じないようにする。
- ・ 上位の分類の建物、構築物と構造的に一体に設計することが必要な場合には、上位の分類による設計とする。
- ・ 設備、機器は一次固有振動数を算出し、20Hz 以上の場合を剛構造とし、20Hz 未満を剛構造とならない設備、機器とする。
- ・ 固有振動数の算出式は原則として下記の式を用いる。

$$\text{一次固有振動数} = \frac{1}{T} = \frac{C}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

$$\text{一次固有周期 } T = \frac{\sqrt{\delta}}{C} \text{ [S]}$$

T : 弾性域における固有周期で国住指第 1335 号 4 (3) ①により定められる式

C : 国住指第 1335 号 4 (3) ①により定められる定数で、平屋建ての建築物にあつては 5.0 を用いる。

δ : それ自体の重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]

- ・ 剛構造となる設備、機器は、各クラスともに一次設計を行う。常時作用している荷重と一次地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して許容応力度を許容限界とする設計とする。
- ・ 剛構造となる設備、機器において、耐震重要度分類第 1 類の設備、機器は、上記の一次設計に加え、二次設計を行う。常時作用している荷重と二次地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、設備、機器の相当部分が降伏し、塑性変形する場合でも過大な変形、亀裂、破損等が生じ、その施設の安全機能に重大な影響を及ぼすことがない設計とする。
- ・ 剛構造とならない設備、機器は、「建築設備耐震設計・施工指針（一般財団法人 日本建築センター発行）2014 年版」の局部震度法による「設備機器の設計用標準震度」に基づく水平地震力と常時作用している荷重の組み合わせに対して弾性範囲にとどまる設計を行う。

剛構造の地震力

【一次設計】

一次設計で使用する地震力は一次地震力であり、地震層せん断係数 C_i に、耐震重要度に応じて以下に示す割増係数を乗じたものに 20%増しして算定するものとする。

割り増し係数

耐震重要度分類第 1 類 : 1.5 以上

耐震重要度分類第 2 類 : 1.25 以上

耐震重要度分類第 3 類 : 1.0 以上

地震層せん断係数 C_i は以下に方法より算出する。

$$C_i = Z \times R_t \times A_i \times C_0$$

C_i : 建築物の地上部分の一定の高さにおける地震層せん断力係数。

Z : その地方における過去の地震の記録に基づく震害の程度及び地震活動の状況その他地震の性状に応じて 1.0 から 0.7 までの範囲内において国土交通大臣が定める数値。昭和 55 年建設省告示第 1793 号第 1 により定められる値。

R_t : 建築物の振動特性を表す物として、建築物の弾性域における固有周期及び地盤の種類に応じて国土交通大臣が定める方法（昭和 55 年建設省告示第 1793 号第 2）により算出した数値。

A_i : 建築物の振動特性に応じて地震層せん断力係数の建築物の高さ方向の分布を表す物として国土交通大臣が定める方法により算出した数値。昭和 55 年建設省告示第 1793 号第 3 により算出する値。

C_0 : 標準せん断力係数。建築基準法施工令第 88 条第 2 項より 0.2 とする。

【二次設計】

耐震重要度分類第1類において二次設計で使用する地震力は、一次地震力に1.5以上を乗じたものとする。

上記の方法により算出した地震力を添説建2-I.3.2-1表に示す。

添説建2-I.3.2-1表 設備の地震力

建物/重要度分類		C _o	A _i	C _i	一次設計			二次設計
					第1類	第2類	第3類	第1類
建物	1F	0.2	1.0	0.2	0.36G	0.3G	0.24G	0.54G

なお、設備、機器の耐震設計で一次設計に用いる設計用地震力は、上記の地震力に対して余裕をみた地震力である「建築設備耐震設計・施工指針（一般財団法人 日本建築センター発行）2014年版」の局部震度法による「設備機器の設計用標準震度」に基づく水平地震力を設定する。

添説建2-I.3.2-2表に設計に用いる地震力を示す。

添説建2-I.3.2-2表 設備機器の設計用標準震度に基づく水平地震力

耐震重要度分類	第1類	第2類	第3類
地階及び1階	1.0G	0.6G	0.4G
中間層	1.5G	1.0G	0.6G
上層階、屋上及び塔屋	2.0G	1.5G	1.0G

ここで、耐震重要度分類第1類の設備、機器は、二次設計を行うこととしているが、一次設計で使用する設計用地震力は二次設計で使用する地震力を上回り、弾性範囲であることを確認するため、二次設計は一次設計の結果に包絡される。

剛構造とならない設備、機器の地震力

剛構造とならない設備、機器の地震力は「建築設備耐震設計・施工指針（一般財団法人 日本建築センター発行）2014年版」の局部震度法による「設備機器の設計用標準震度」に基づく水平地震力を設定する。

添説建2-I.3.2-2表に設計に用いる地震力を示す。

4. 建物、構築物の耐震計算の方法

4. 1. 評価方法

建物の耐震計算フローの概要を添説建 2-I.4.1-1 図に示す。

【一次設計】

建築基準法に基づき、常時作用している荷重に加え、地震力による荷重が作用した結果として発生する応力が、許容限界を超えないことを原則とする。

【二次設計】

- ① 保有水平耐力 (Q_u) と必要保有水平耐力 (Q_{un}) を求め、 Q_u が各耐震重要度に応じた割増係数を乗じた Q_{un} の値を上回る設計とする。
- ② 保有水平耐力 (Q_u) は、増分解析法で求めることを原則とする。
- ③ 保有水平耐力 (Q_u) は、鉄筋コンクリート造建物の建築耐震設計で一般的に用いられている、ある層の層間変形角が 1/100 に達した時点の値とする。また、鉄骨鉄筋コンクリート造建物及び鉄骨造建物の場合も保守的に鉄筋コンクリート造建物と合わせて、ある層の層間変形角が 1/100 に達した時点の値とする。

一般に建築、土木に関する技術計算においては以下の定義による用語を用いており、本資料もこれに準拠することとする。

応力 : 部材に作用する内力を意味し、せん断力、軸力等の荷重の次元を持つ場合あるいは曲げモーメント、トルク等の荷重×距離の次元を持つ場合がある。

応力度 : 内力による単位面積あたりの荷重を意味し、荷重を面積で除した次元を持つ。

耐力 : 骨組や部材が破壊せずに耐えられる限界の応力を意味する。

4. 2. 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せを以下に示す。

荷重は、常時作用する固定荷重及び積載荷重と地震荷重を考慮し、建築基準法に基づき添説建 2-I.4.2-1 表のと通りの組み合わせとする。

添説建 2-I.4.2-1 表 荷重の組合せ

荷重の状態		荷重の組合せ
長期	常時	G+P
短期	地震時	G+P+K

注) G: 固定荷重、P: 積載荷重、K: 地震荷重

4.3. 許容限界

【一次設計】

日本建築学会「鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」、「鋼構造設計規準」に準拠して定めた許容応力度を許容限界とする。

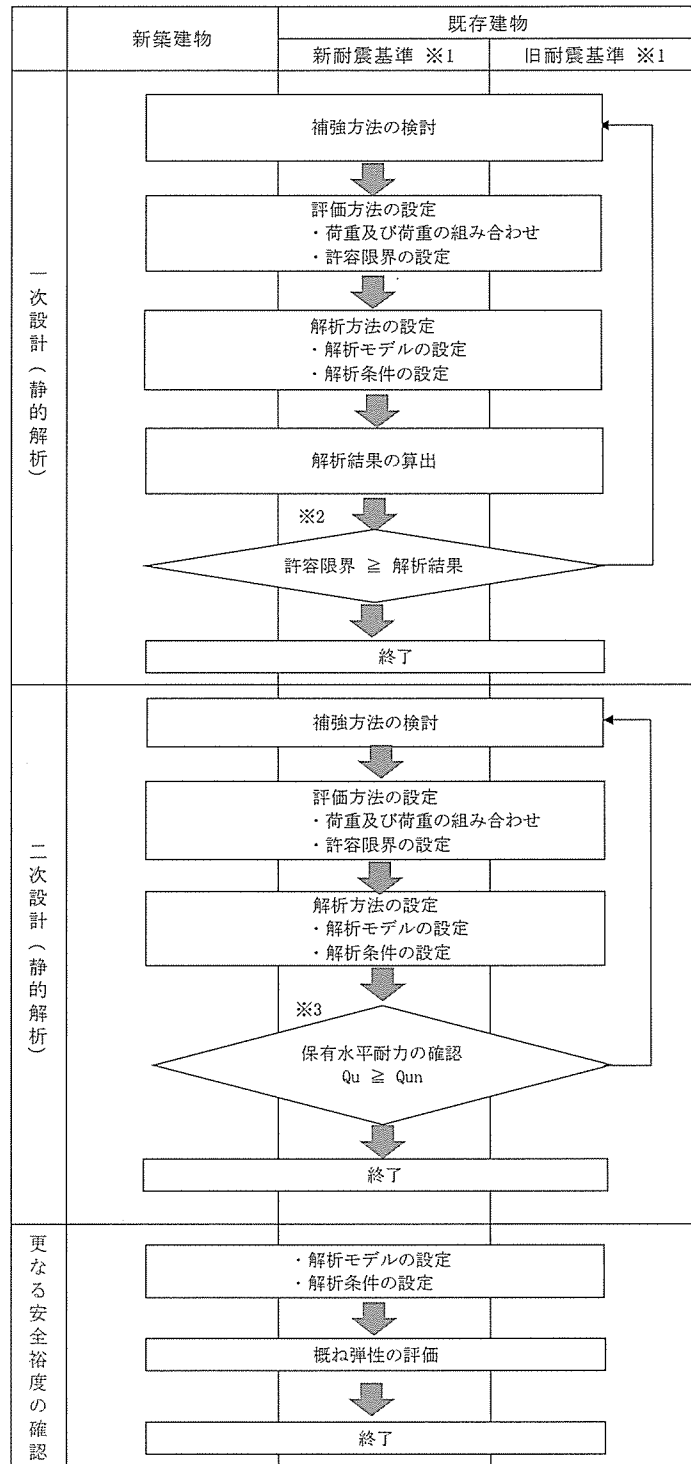
【二次設計】

建築基準法に基づいた方法(増分解析法)による保有水平耐力(Q_u)が必要保有水平耐力(Q_{un})以上であること。

4.4. 適用規格

設計は原則として、次の関係規準に準拠する。

- ・ 建築基準法・同施行令・告示等
- ・ 日本産業規格 (JIS) (日本規格協会)
- ・ 鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (日本建築学会)
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (日本建築学会)
- ・ 鋼構造設計規準 — 許容応力度設計法 — (日本建築学会)
- ・ 建築基礎構造設計指針 (日本建築学会)
- ・ 2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書 (建築研究所)
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会)
- ・ 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針 (日本建築センター)
- ・ 建築工事標準仕様書・同解説 (日本建築学会)
- ・ 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針及び同解説 (日本建築防災協会)



【記号の説明】

Q_u : 保有水平耐力

Q_{un} : 必要保有水平耐力 ($= D_s \cdot F_{es} \cdot Q_{ud}$)

D_s : 構造特性係数 (鉄筋コンクリート構造の D_s は0.3~0.55, 鉄骨造の D_{st} は0.25~0.5)

F_{es} : 形状係数 (1.0~3.0で、偏心が大きい程大きい)

Q_{ud} : 地震力によって生じる水平力 (ここで耐震重要度に応じた割増し係数を考慮)

※1 : 1981年(S56年)6月1日以降の建物は二次設計が追加された新耐震基準で設計

※2 : 許容限界は許容応力度を原則とする。

※3 : 保有水平耐力は増分解析法により求めることを原則とする。

添説建 2-I.4.1-1 図 建物の耐震計算フロー概要

5. 更なる安全裕度の確認

建物の更なる安全裕度の向上策の確認として、耐震重要度分類第1類の建物は、Sクラス相当の割増係数3.0を乗じた静的地震力 $3C_i$ (0.6G)に対して概ね弾性範囲にある設計となっており、Sクラスに属する施設に求められる程度の地震力に対しても十分な強度を有していることを確認する。

5.1. 概ね弾性の評価方法

建物の概ね弾性の評価フローの概要を添説建2-I.4.1-1図に示す。概ね弾性の評価は、一次設計及び二次設計、竜巻補強が反映された評価モデルを用いて建物に作用する水平荷重(Q)と変形量(δ)の関係を示す曲線(以下「Q- δ 曲線」と略記)を作成し、Q- δ 曲線を用いてSクラスに属する施設に求められる程度の静的水平地震力 $3C_i$ (0.6G)での状態を下記の評価基準を用いて評価する。なお、本体が鉄筋コンクリート造(RC造)で、その一部構造が鉄骨造(S造)となっている建物の場合は、本体の構造(RC造)にて概ね弾性の評価を行う。

5.2. 概ね弾性範囲の考え方

建物のQ- δ 曲線において、以下の場合を概ね弾性範囲にあると考える。

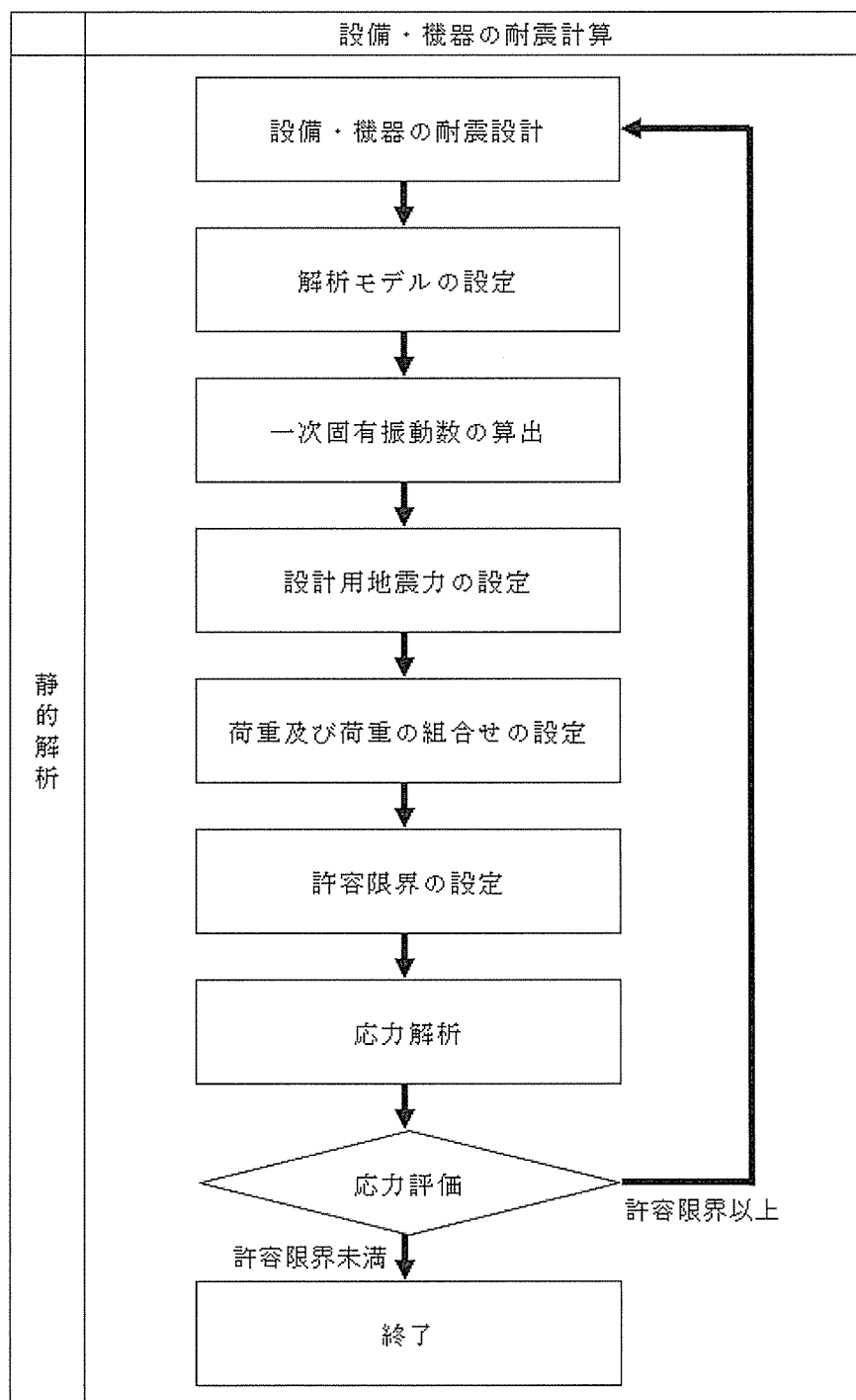
- ・ 鉄筋コンクリート造(RC造)の建物にあつては、Sクラスに属する施設に求められる程度の地震力 $3C_i$ (0.6G)に対して変形量が第2折れ点以内で変形曲線の弾性域にある場合
- ・ 鉄骨造(S造)の建物にあつては、Sクラスに属する施設に求められる程度の地震力 $3C_i$ (0.6G)に対して層間変形角が1/200(地震力による構造耐力上主要な部分の変形によって建築物の部分に著しい損傷が生じるおそれのない場合にあつては1/120)以内にある場合
- ・ 鉄骨鉄筋コンクリート造(SRC造)の建物にあつては、RC造とS造の両方の特性をもっており、Sクラスに属する施設に求められる程度の地震力 $3C_i$ (0.6G)に対して、Q- δ 曲線に応じてRC造とS造どちらかの見方の範囲内にある場合

6. 設備、機器の耐震計算の方法

6.1. 評価方法

設備、機器の耐震評価方法は、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果を踏まえた地震力、固定荷重及び積載荷重を用いて応力を算出し、許容限界と比較する。

設備の耐震計算フローの概要を添説建2-I.6.1-1図に示す。



添説建 2-I.6.1-1 図 設備の耐震計算フロー概要

6.2. 荷重及び荷重の組合せ

設備、機器の荷重及び荷重の組合せを以下に示す。

剛構造となる設備、機器の一次設計、二次設計、および剛構造とならない設備、機器の設計で考慮する荷重は、常時作用する荷重である固定荷重と積載荷重及び地震荷重を考慮し、「鋼構造設計規準」に基づき添説建2-I.6.2-1表のと通りの組み合わせとする。

添説建 2-I.6.2-1 表 荷重の組合せ

荷重の状態		荷重の組合せ
長期	常時	G+Q
短期	地震時	G+Q+E

注) G: 固定荷重、Q: 積載荷重、E: 地震荷重

6.3. 許容限界

設備、機器の許容限界は原則として、以下の通りとする。

【一次設計】

一次設計で使用する許容限界は、長期状態において降伏応力又はこれと同等な安全性を有する応力に2/3を乗じた応力とし、短期状態において降伏応力又はこれと同等な安全性を有する応力とする。

【二次設計】

耐震重要度分類第1類の二次設計で使用する許容限界は、設備、機器の相当部分が降伏し、塑性変形する場合でも過大な変形、亀裂、破損などが生じ、その施設の安全機能に重大な影響を及ぼすことがないこととする。

【剛構造とはならない設備、機器】

剛構造とはならない設備、機器の耐震設計で使用する許容限界は、長期状態において弾性範囲に2/3を乗じた範囲にとどまることとし、短期状態において弾性範囲にとどまることとする。

6.4. 適用規格

設計は原則として、次の関係規準に準拠する。

- ・ 建築基準法・同施行令・告示等
- ・ 日本産業規格 (JIS) (日本規格協会)
- ・ 日本ステンレス協会規格 (SAS)
- ・ 鋼構造設計規準 — 許容応力度設計法 — (日本建築学会)
- ・ 軽鋼構造設計施工指針・同解説 (日本建築学会)
- ・ 建築設備耐震設計・施工指針 2014年版 (日本建築センター)
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会)
- ・ 発電用原子力設備規格 材料規格 (2012年)

II. 付属建物 発電機室 耐震計算書

1. 発電機室の概要

1.1. 構造概要

(1) 位置

発電機室の設置位置を図イ建-1「敷地内建物配置図」に示す。

(2) 建物の概要

発電機室は平屋建ての鉄筋コンクリート造（RC造）であり、平面形状は約 10.0m×約 8.0m、高さ約 6.45m の整形な新設建物である。

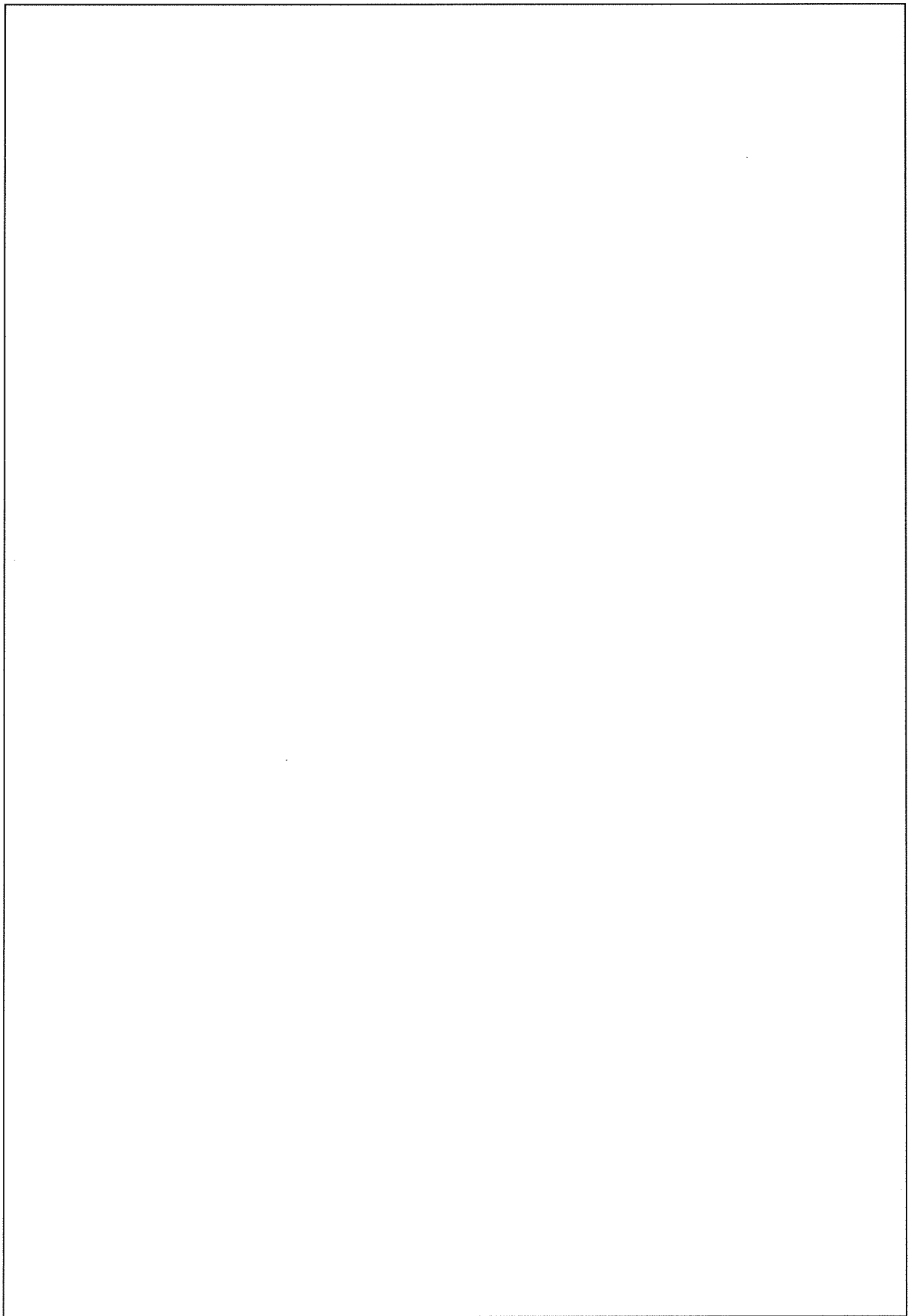
架構形式は X 方向、Y 方向ともに耐震壁付ラーメン構造である。

1 階床は構造スラブである。

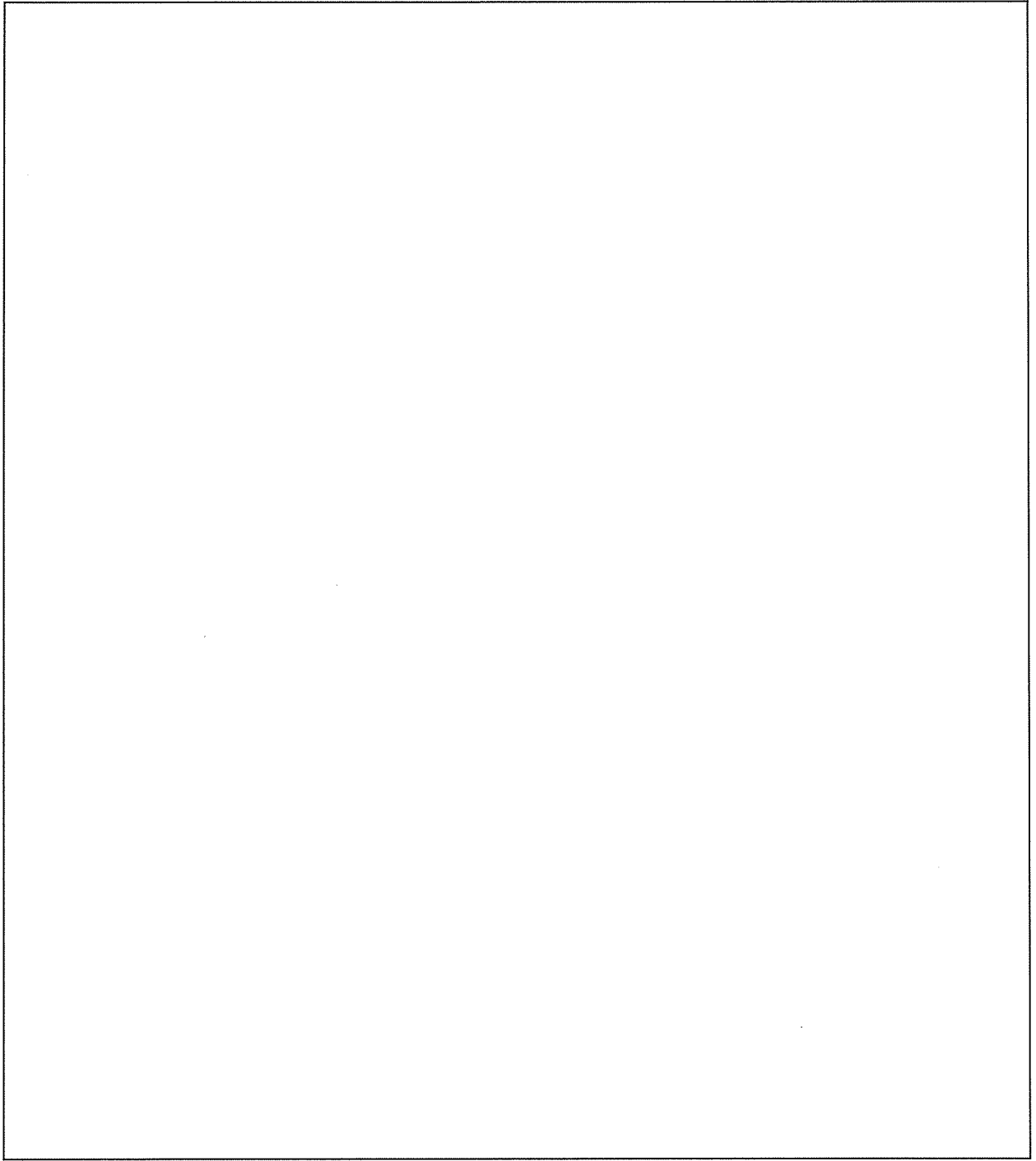
本建物の基礎形式は直接基礎である。地耐力を確保するため、十分な支持性能を有する N 値が 30 以上ある砂礫層の上部を地盤改良する。

本建物の平面図、屋根伏図、立面図、断面図を添説建 2- II. 1. 1-1 図～添説建 2- II. 1. 1-4 図に示す。

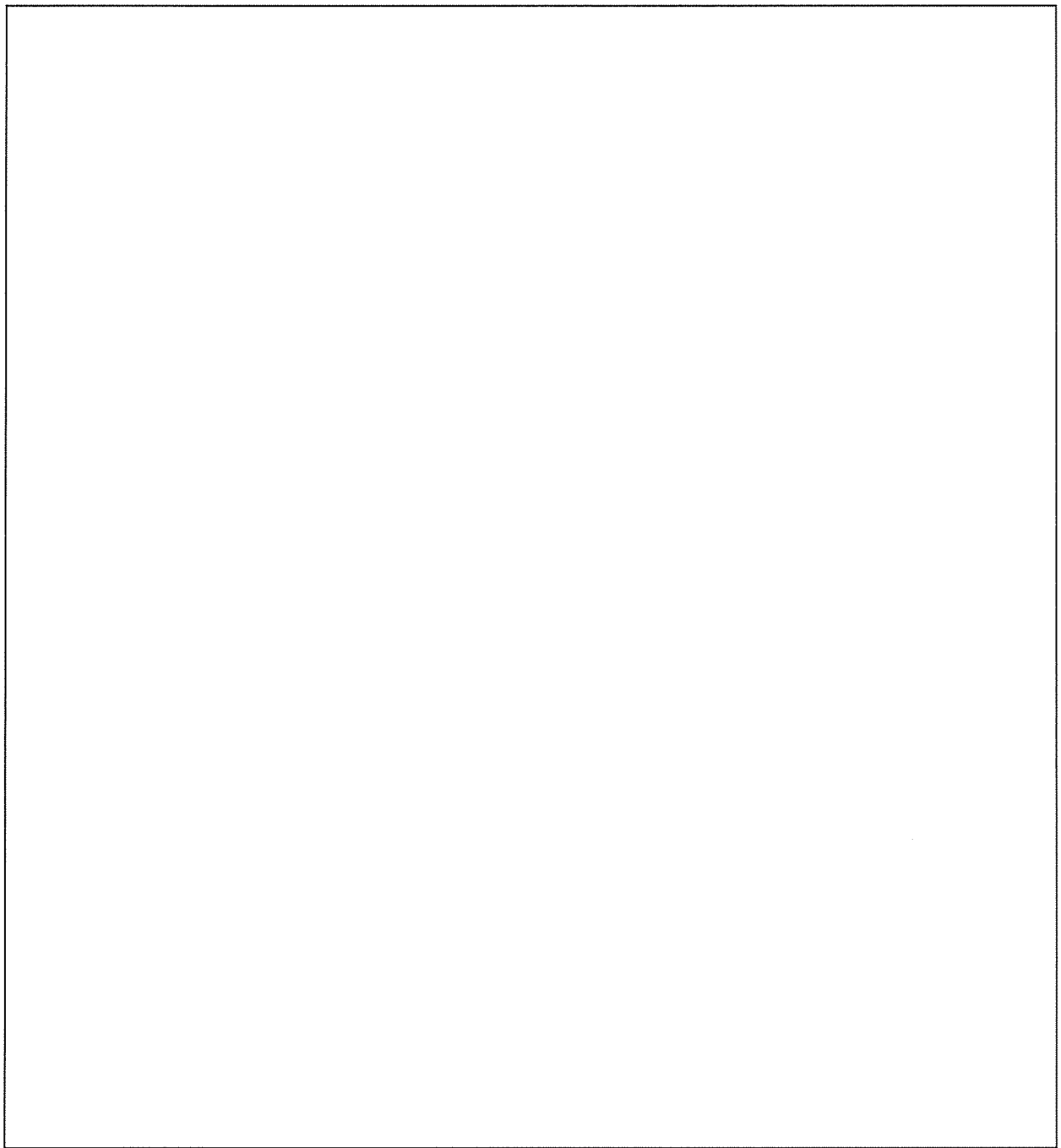
注) 添付説明書の図に示す寸法の単位は、特記以外ミリメートルとする。



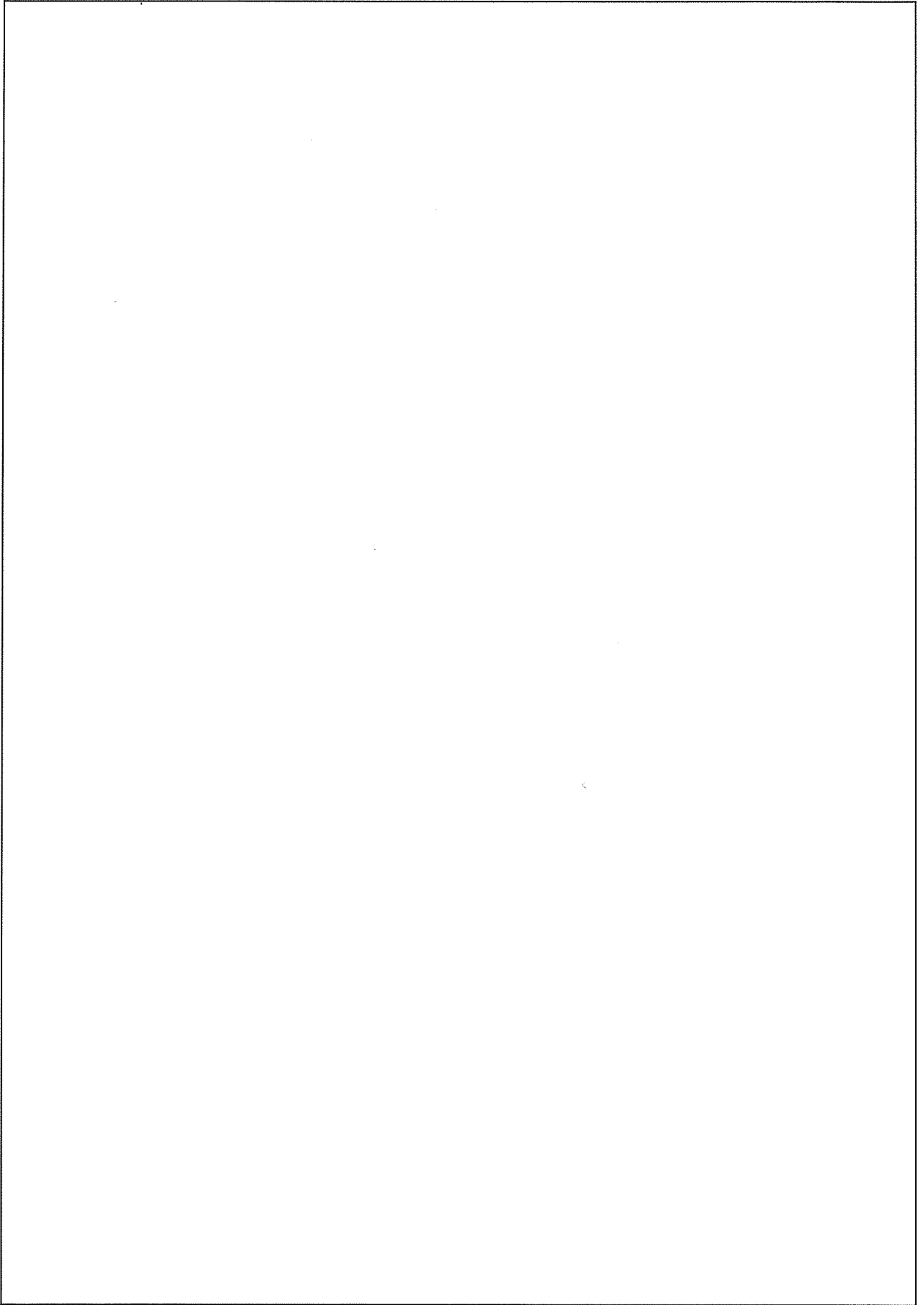
添説建 2-Ⅱ. 1. 1-1 図 1 階平面図、屋根伏図



添説建 2-Ⅱ. 1. 1-2 図 立面図 (1/2)



添説建 2-Ⅱ. 1. 1-3 図 立面図 (2/2)



添説建 2-Ⅱ. 1. 1-4 図 断面図

1.2. 評価方法

(1) 設計方針

本建物は、「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」に基づく耐震上の重要度分類において第2類に属している。すなわち、耐震計算における層せん断力係数は、建築基準法施行令第88条に示す該当数値の1.25倍である。一次設計には $C_0=0.2$ として $0.2 \times 1.25=0.25$ 、二次設計には $C_0=1.0$ として $1.0 \times 1.25=1.25$ を採用し、これにより建物に作用する水平方向の静的地震力を想定する。

上記の地震力に対し、一次設計として構造体を構成する鉄筋、コンクリートの応力が、(3)項に示す日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」等に定められた許容応力度以下に留まっていることを確認する。また、二次設計として建築基準法施行令第82条の3に規定する構造計算により、安全性を確認する。

(2) 具体的な解析方針

1) 解析プログラム

解析には一貫構造計算ソフト「Super Build/SS3 Ver.1.1.1.42」を使用する。

なお、Super Build/SS3は、国土交通大臣認定プログラムであるSuper Build/SS2をベースとしたプログラムである。

2) 一次設計

- a) 応力解析方法は、立体フレーム弾性解析とする。
- b) 地震時はX方向、Y方向ともに正負加力の解析を行う。
- c) 建築基準法施行令第82条に短期に生じる荷重及び外力を想定する状態として、暴風時、積雪時、地震時を想定する。暴風時については、建築基準法施行令第87条に準じて計算した風圧力が建築基準法施行令第88条に準じて計算した地震荷重を超えないことを確認し、また、積雪時については、建築基準法施行令第86条に準じて計算した積雪量を負荷した時に各部材に発生する応力と許容耐力との比が固定荷重及び積雪荷重が負荷された長期荷重時の各部材に発生する応力と許容耐力との比を超えないことを確認の上、本書では耐震計算書として地震時の評価結果のみを示すものとする。
- d) 本項においては保守的に評価するため、許容数値は切り捨て、想定荷重は切上げる。
- e) 応力解析の結果より、柱、大梁、耐震壁、基礎梁、杭等の各部位に対して長期荷重、短期荷重それぞれの検定を行う。
- f) 断面検定は日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」等に準拠して1.7.項で定める許容応力度に基づいて行う。

3) 二次設計（保有水平耐力設計）

建築基準法施行令第 82 条の 3 により保有水平耐力 (Q_u) が下式で与えられる必要保有水平耐力 (Q_{un}) 以上であることを確認する。保有水平耐力の検討は荷重増分解析を用いて行う。部材の許容限界は終局耐力とし、鋼材の場合は降伏強度（基準強度の 1.1 倍）、コンクリートに対しては圧縮強度（基準強度）とする。保有水平耐力の判定は、層間変形角が 1/100 に達した時点とし、保有水平耐力が必要保有水平耐力を上回ることを確認する。

Q_{un} : 必要保有水平耐力

$$Q_{un} = D_s \times F_{es} \times Q_{ud}$$

Q_{ud} : 地震力によって生じる水平力

$$Q_{ud} = Z \times R_t \times A_i \times C_o \times \sum W_i \quad (\text{各記号の説明は 1. 6. 項に示す。})$$

D_s : 構造特性係数

(各階の構造特性を表すものとして、建築物の構造耐力上主要な部分の構造方法に応じた減衰性及び各階の靱性を考慮して国土交通大臣が定める数値で、昭和 55 年建設省告示第 1792 号第 1～第 6 で定められる値)

F_e : 偏心率 (R_e) に応じた数値

(各階の形状特性を算出するための各階の偏心率に応じて、国土交通大臣が定める方法により算出した数値で、昭和 55 年建設省告示第 1792 号第 7 で定められる値)

F_s : 剛性率 (R_c) に応じた数値

(各階の形状特性を算出するための各階の剛性率に応じて、国土交通大臣が定める方法により算出した数値で、昭和 55 年建設省告示第 1792 号第 7 で定められる値)

F_{es} : 形状係数 (= $F_e \times F_s$)

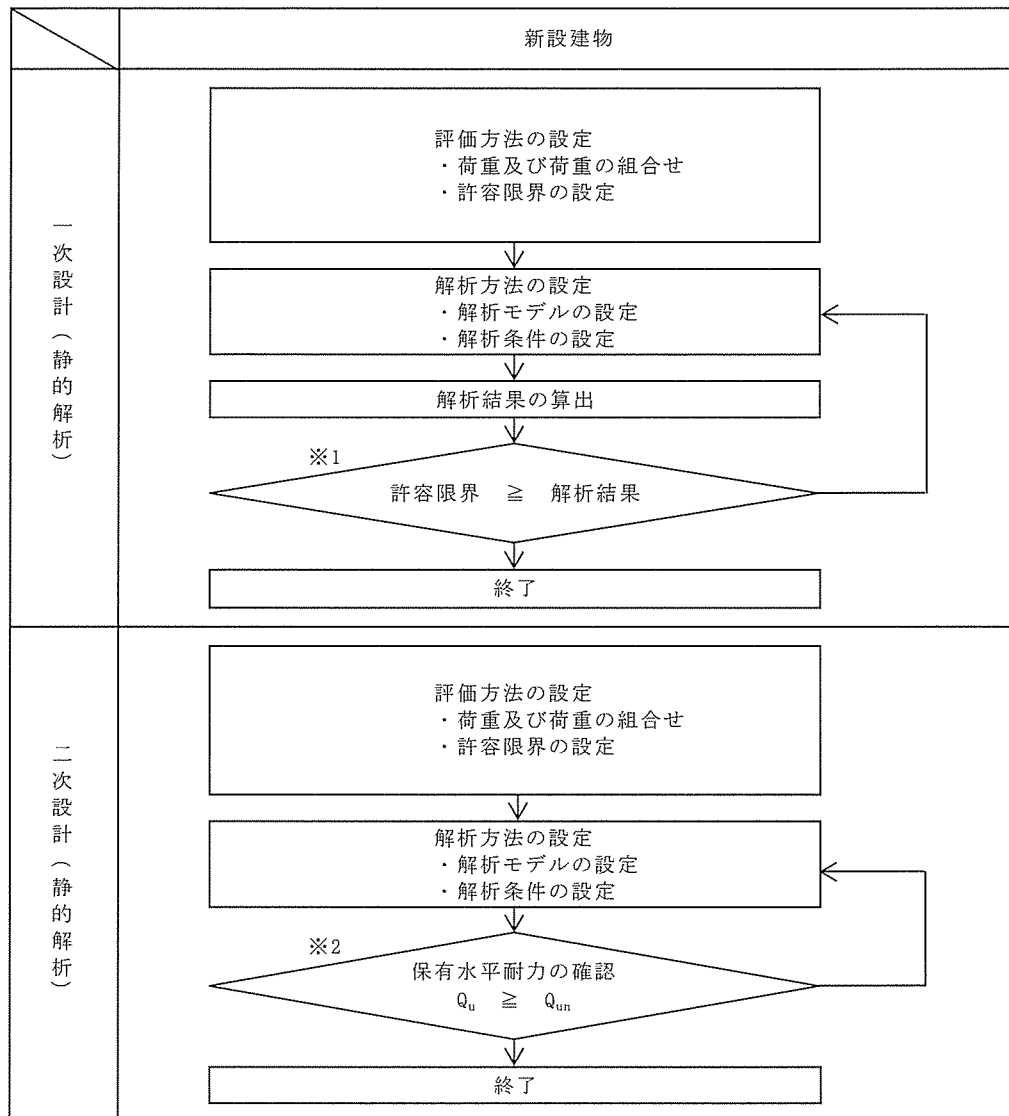
(各階の形状特性を表すものとして、各階の剛性率及び偏心率に応じて国土交通大臣が定める方法により算出した数値で、昭和 55 年建設省告示第 1792 号第 7 で定められる値)

(3) 適用基準

設計は原則として、次の関係基準に準拠する。

- ・ 建築基準法・同施行令・告示等
- ・ 日本産業規格（JIS）（日本規格協会）
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会）
- ・ 建築基礎構造設計指針（日本建築学会）
- ・ 2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書（建築研究所）
- ・ 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針（日本建築センター）

耐震設計のフローチャートは添説建 2-Ⅱ.1.2-1 図のとおりである。



【記号の説明】

Q_u : 保有水平耐力

Q_{un} : 必要保有水平耐力 ($=D_s \times F_{es} \times Q_{ud}$)

D_s : 構造特性係数 (鉄筋コンクリート造の D_s は0.30~0.55、
鉄骨造及び鉄骨鉄筋コンクリート造の D_s は0.25~0.50)

F_{es} : 形状係数 (1.0~3.0で、偏心が大きい程大きい)

Q_{ud} : 地震力によって生じる水平力 (ここで耐震重要度に応じた割増係数を考慮)

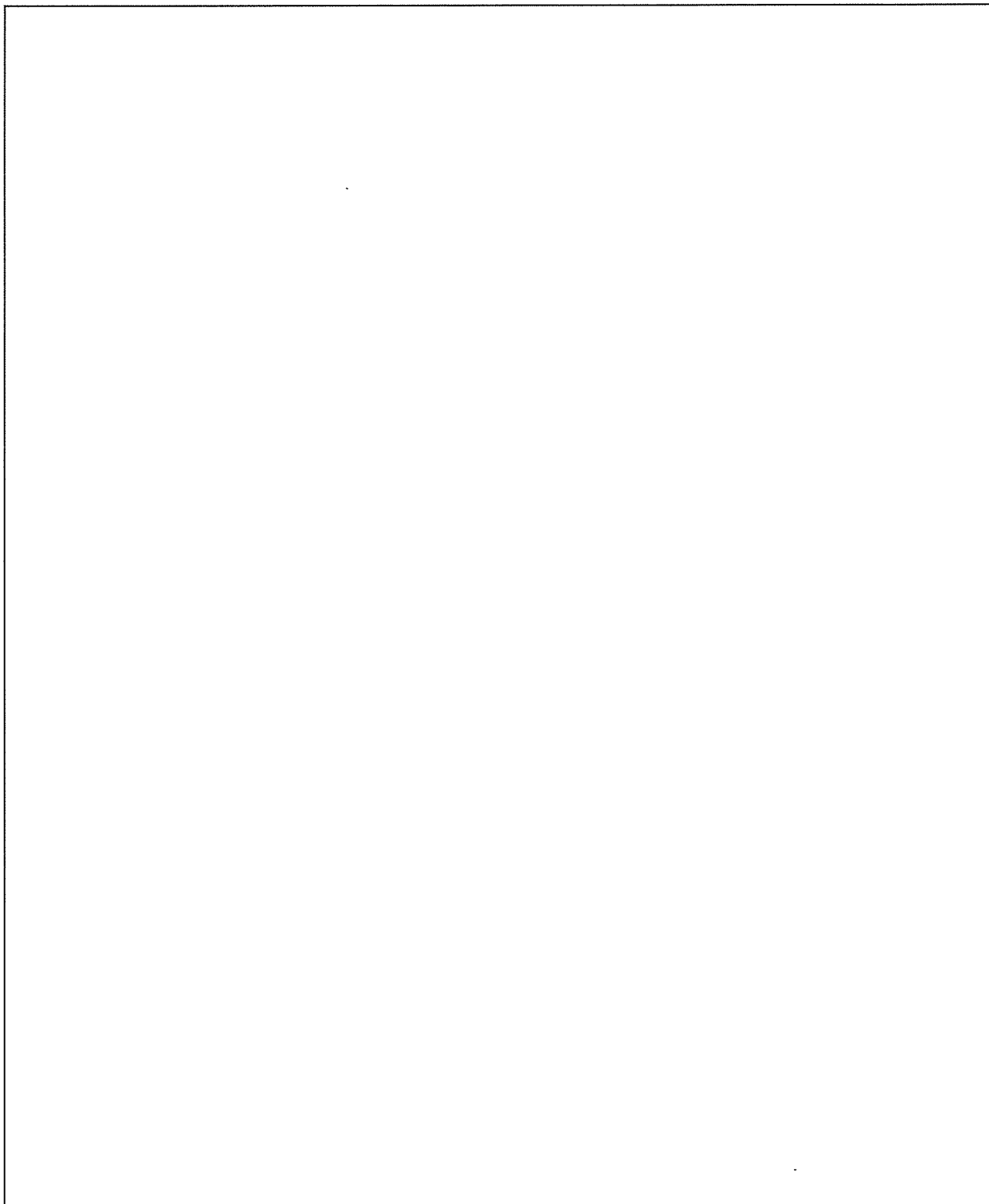
※1 : 許容限界は許容応力度を原則とする。

※2 : 保有水平耐力は増分解析法により求めることを原則とする。




添説建 2-Ⅱ.1.2-1 図 耐震設計フロー

1.3. 構造図

平面図、軸組図を添説建 2-Ⅱ.1.3-1 図～添説建 2-Ⅱ.1.3-4 図に示す。



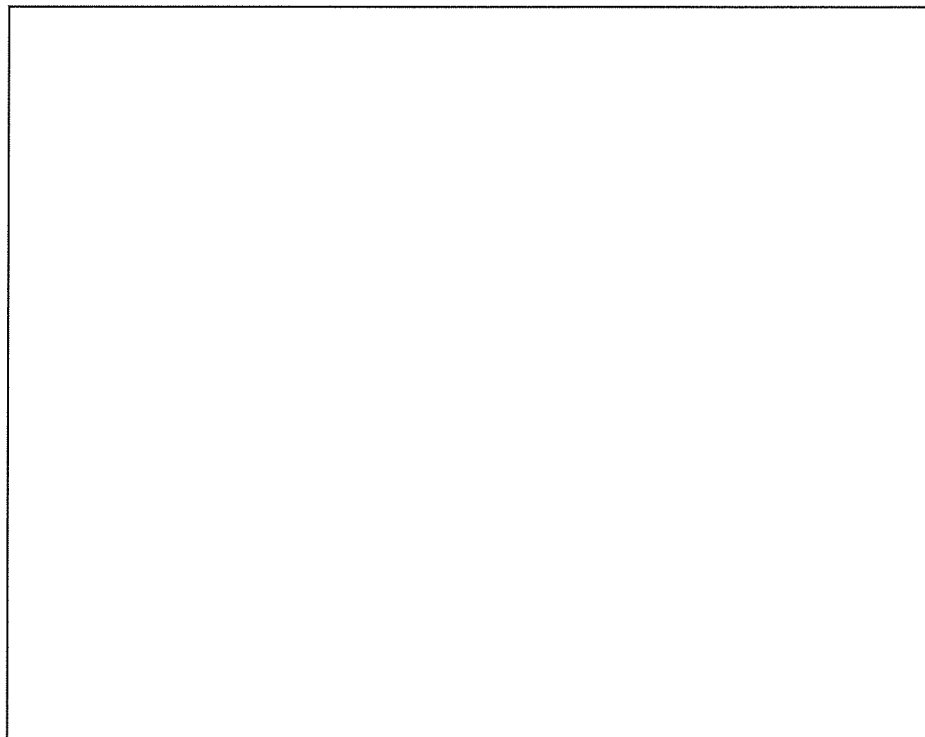
注記

1. 特記なきスラブはFS1とする。
2.  はFS2、FS3を示す。
3.  はピットを示す。
4.  は増打ちコンクリートを示す。

1階床伏図

凡例	
F1, F2	: 基礎
FG1, FG11, FG12, FB1, FCB1	: 基礎梁
FS1, FS2, FS3	: 床スラブ

添説建 2-Ⅱ.1.3-1 図 基礎伏図、1階床伏図






凡例	
G1, G11	: RC大梁
B1	: RC小梁
S1	: 屋根スラブ
CS1	: 吸気・排気フード
CS2	: 庇

添説建 2- II. 1. 3-2 図 屋根伏図 (見上げ図)

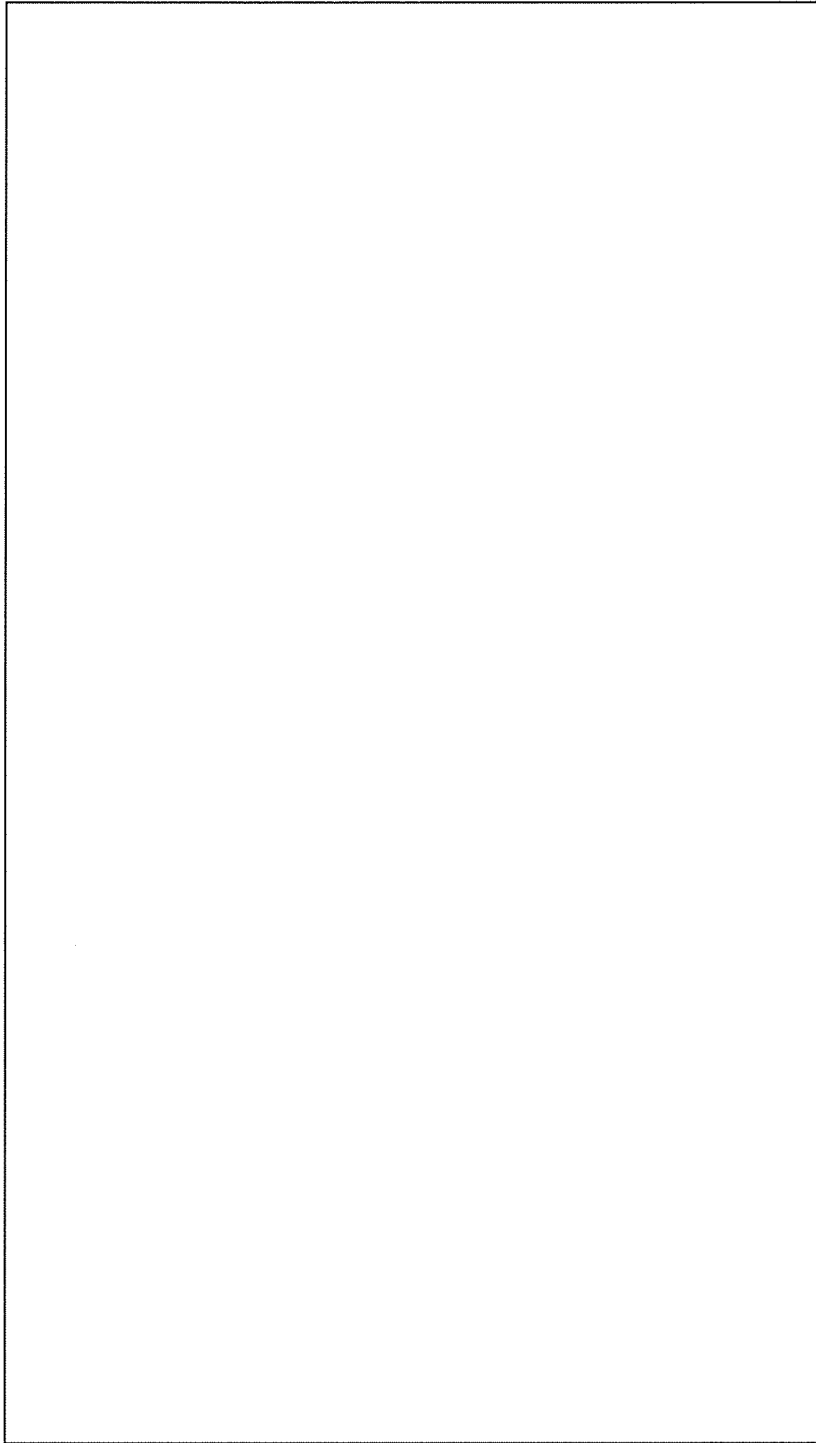


注記




1. 基礎梁天端は1FL-50とする。
2.  は増打ちコンクリートを示す。
3.  は地盤改良を示す。
4.  は開口部を示す。

凡例	
G11	: RC大梁
C1	: RC柱
F1, F2	: 基礎
FG11, FG12	: 基礎梁
SW25	: 耐震壁

添説建 2-Ⅱ.1.3-3 図 X1、X2、X3 通り軸組図



注記

1. 基礎梁天端は1FL-50とする。
2.  は地盤改良を示す。
3.  は開口部を示す。
4.  は開口部を示す。

凡例	
G1	: RC大梁
C1	: RC柱
F1, F2	: 基礎
FG1	: 基礎梁
SW25	: 耐震壁
W25	: 雑壁

添説建 2- II. 1. 3-4 図 Y1、Y2 通り軸組図

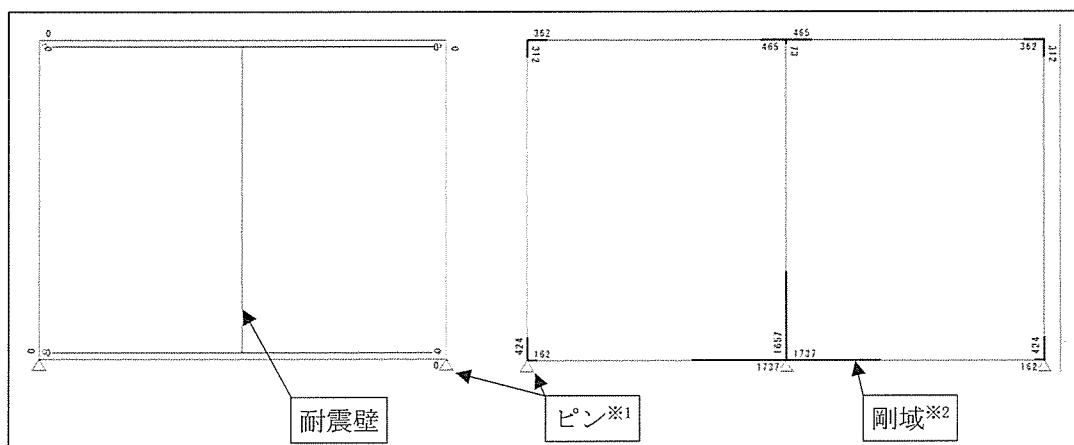
1.4. 構造解析モデル

部材番号図を添説建 2-Ⅱ.1.4-1 図～添説建 2-Ⅱ.1.4-3 図に、解析モデル図を添説建 2-Ⅱ.1.4-4 図～添説建 2-Ⅱ.1.4-6 図に示す。

モデル図凡例を以下に示す。

解析モデル図の水平方向の寸法は柱芯間を示している。構造図、部材番号図で示す通り芯（壁芯）と区別するため、解析モデル図では通り符号を X'、Y' と表記する。また、部材番号図の階高さは梁天端高さを示し、解析モデル図は基礎梁の X 方向、Y 方向それぞれの天端高さについて平均値を求め、さらに両者の平均値を階高さとする。

凡例



※1：支点条件

柱脚曲げモーメントを基礎梁で負担：ピン

※2：剛域

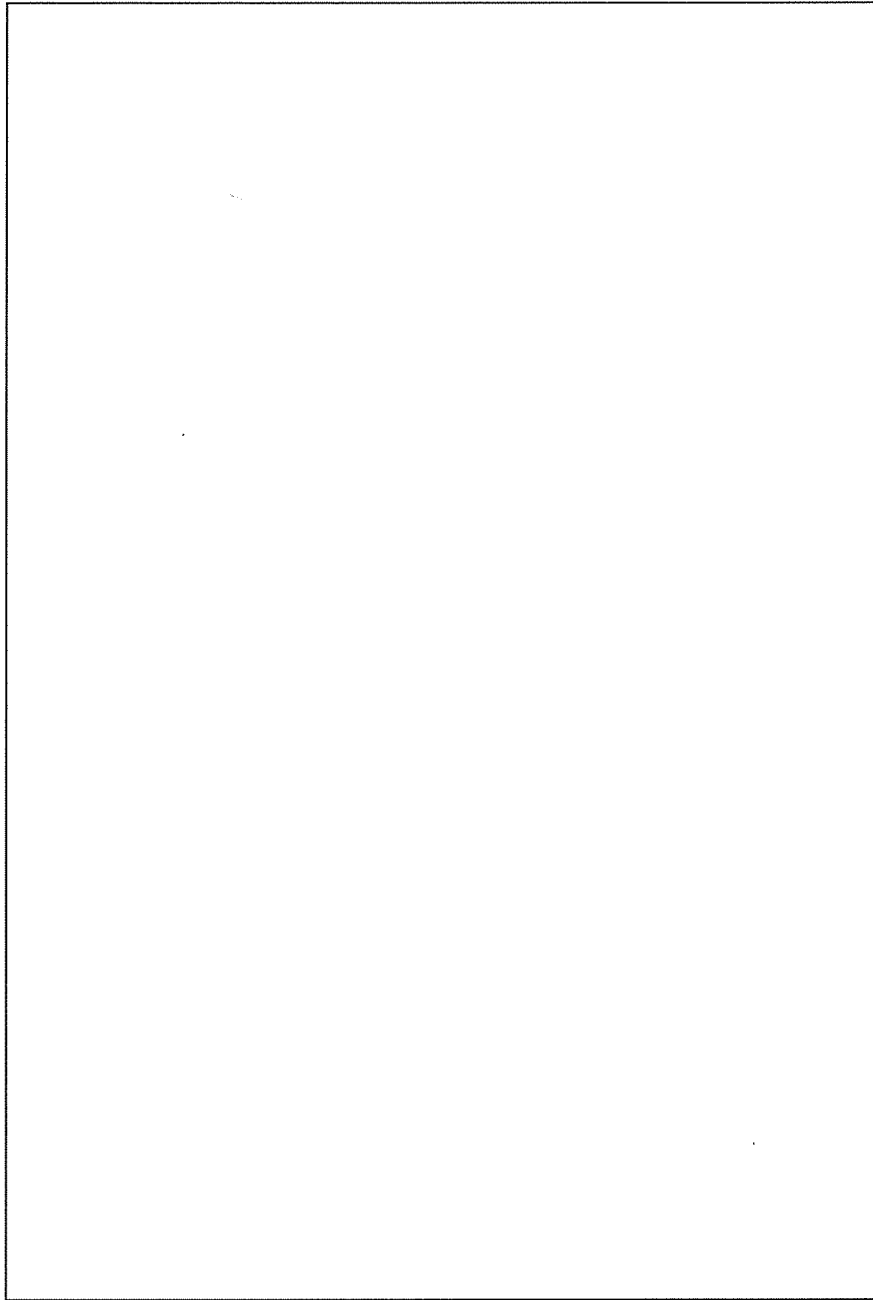
「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」による剛域を示す。

数字は節点からの長さを示す。

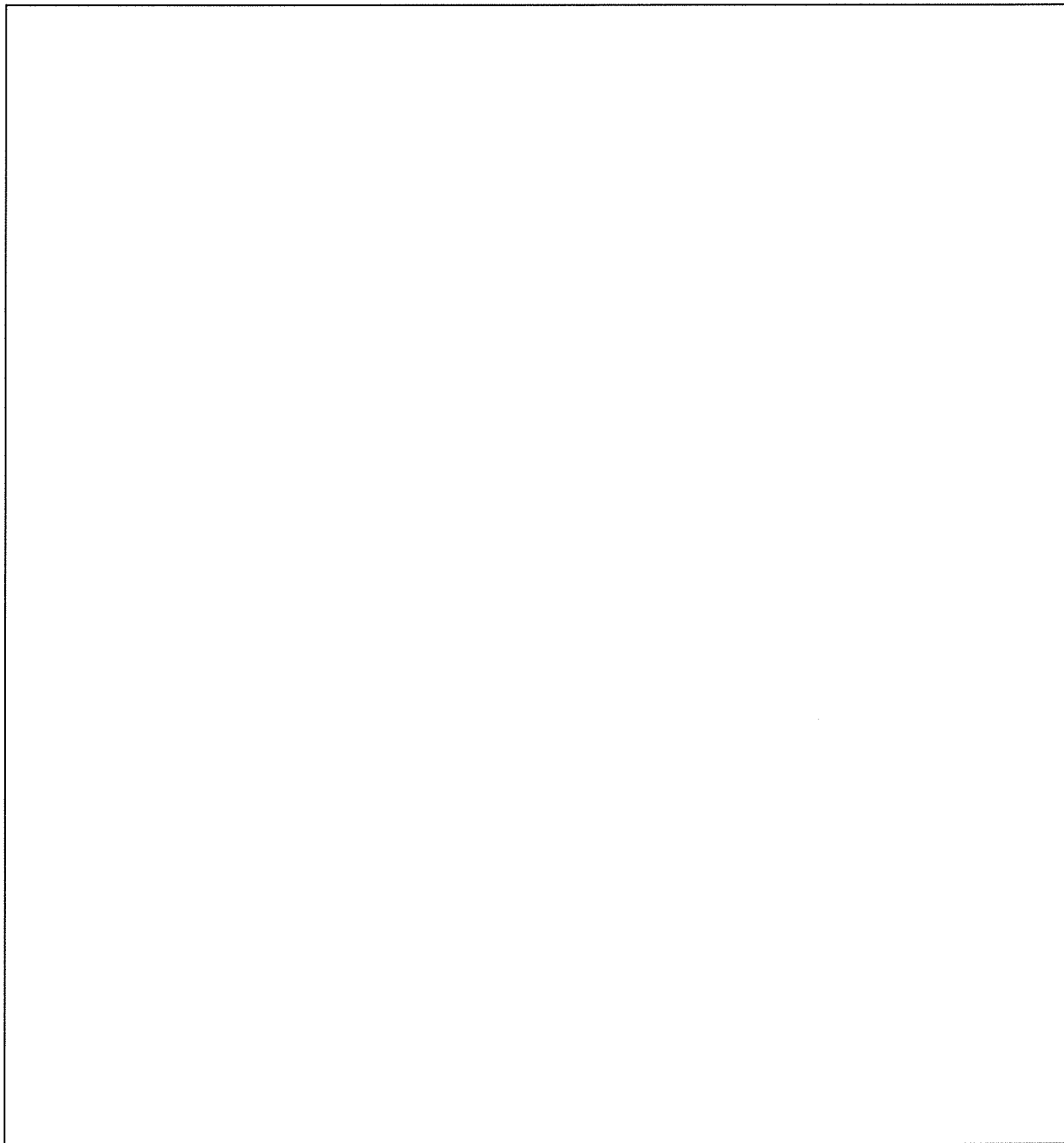
なお、解析部材番号は便宜上、構造図と異なる付番としている。読替対応表を添説建 2-Ⅱ.1.4-1 表に示す。

添説建 2-Ⅱ.1.4-1 表 部材番号読替対応表

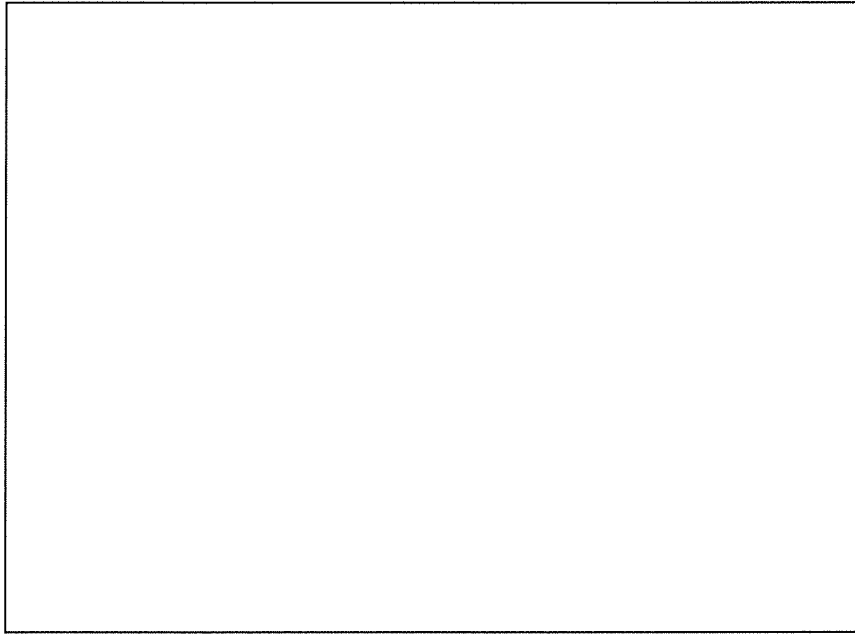
部材	解析 部材番号		構造図 部材番号	部材	解析 部材番号		構造図 部材番号
柱	1C1	→	C1	基礎梁	FG1	→	FG1
大梁	RG1	→	G1		FG11	→	FG11
	RG11	→	G11		FG12	→	FG12
雑壁	W1	→	W25	片持ち梁	CG3	→	—
耐震壁	EW25(1)	→	SW25				



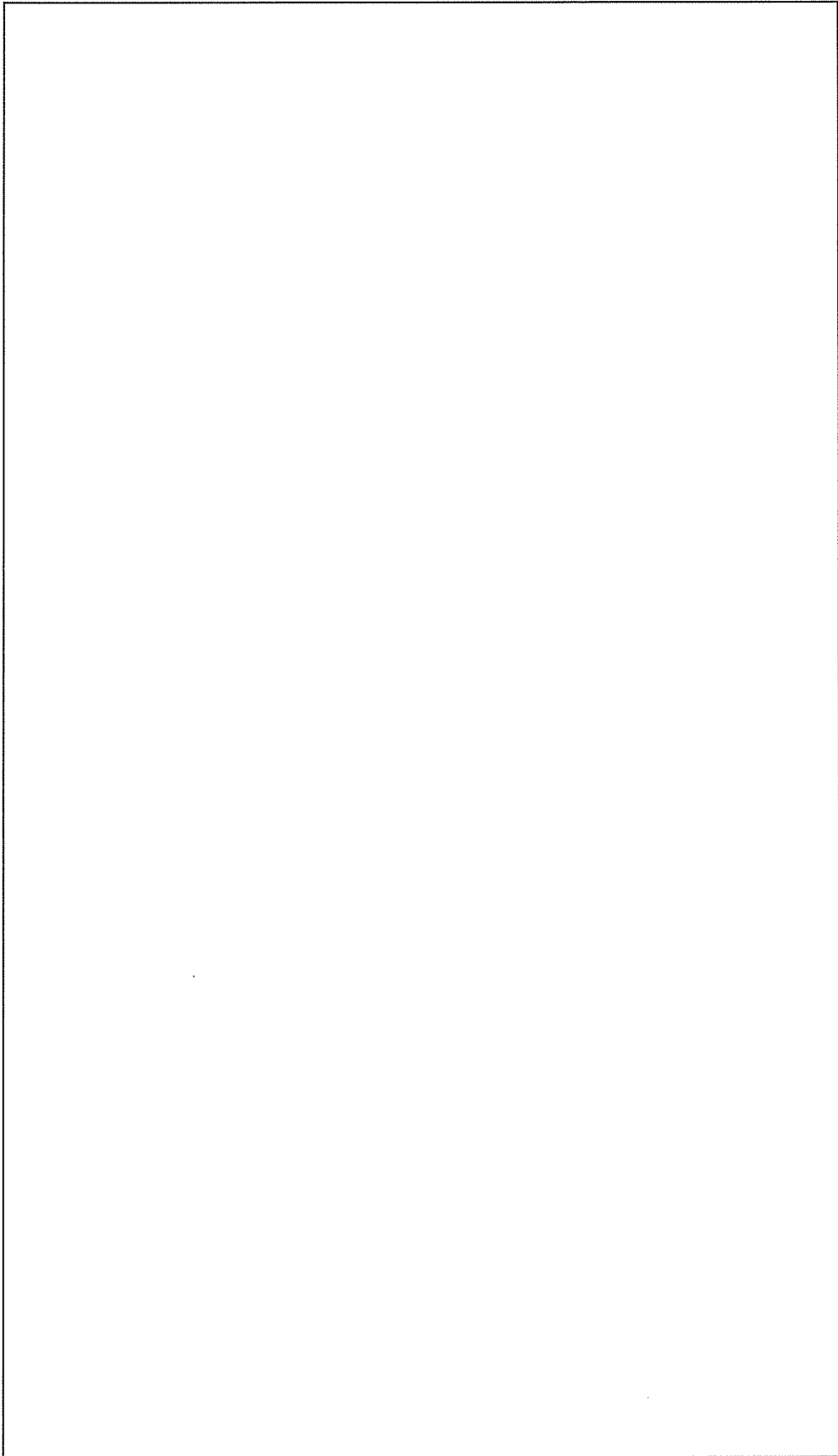
添説建 2-Ⅱ.1.4-1 図 部材番号図 (1/3)



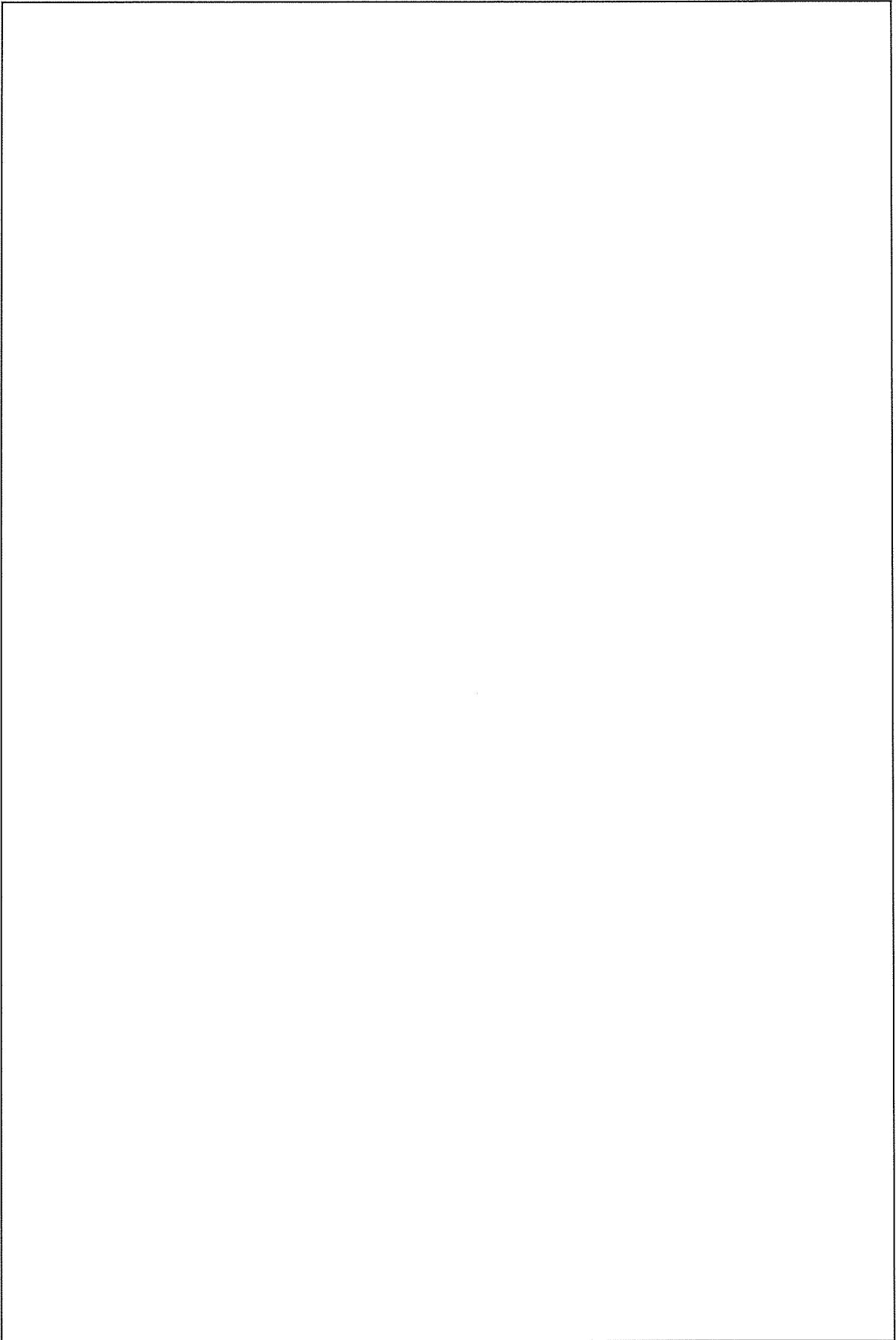
添説建 2-Ⅱ.1.4-2 図 部材番号図 (2/3)



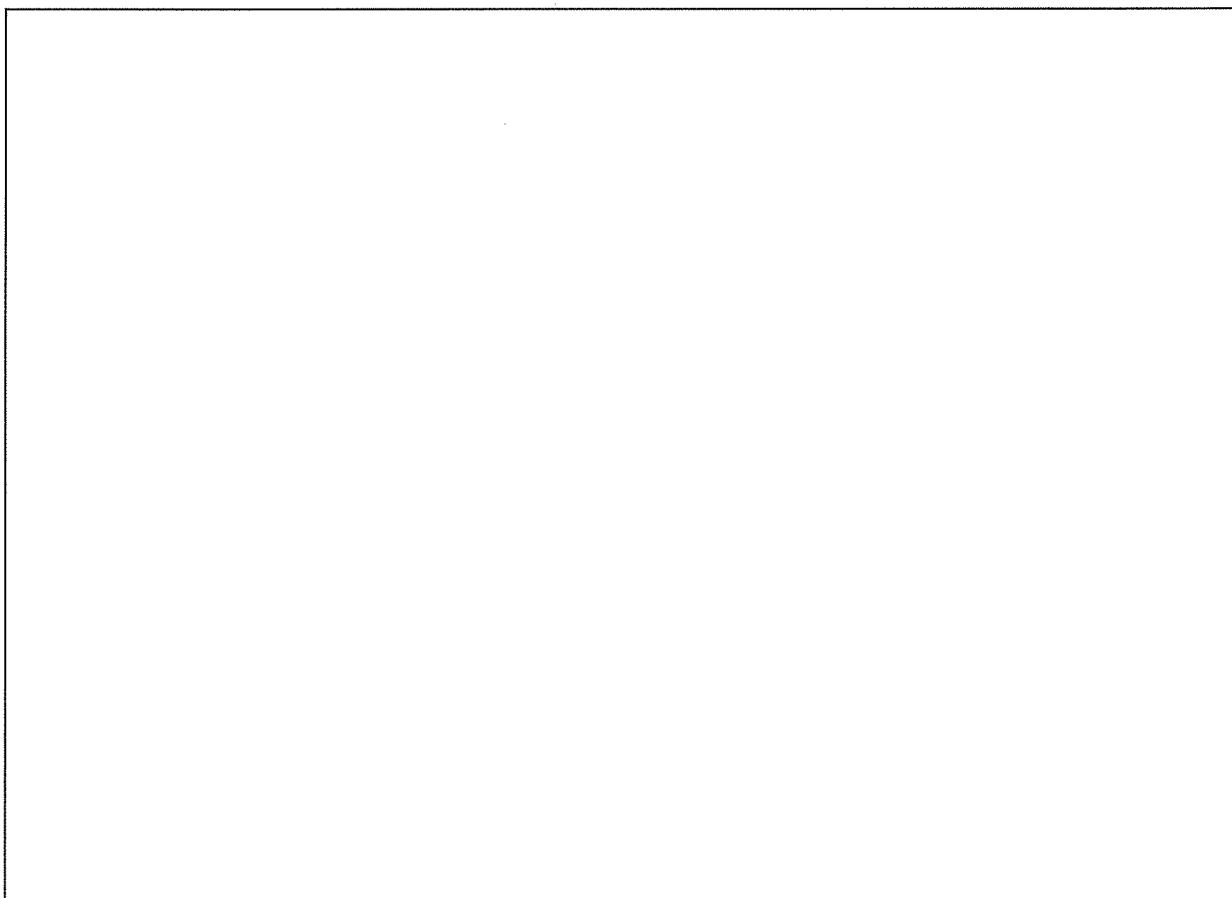
添説建 2-Ⅱ. 1. 4-3 図 部材番号図 (3/3)



添説建 2-Ⅱ.1.4-4 図 解析モデル図 (1/3)



添説建 2-Ⅱ. 1. 4-5 図 解析モデル図 (2/3)



添説建 2-Ⅱ. 1. 4-6 図 解析モデル図 (3/3)

1.5.部材一覧

柱、梁、スラブ、壁、基礎梁、基礎に関する各部材一覧（配筋図）を添説建 2-Ⅱ.1.5-1 表～添説建 2-Ⅱ.1.5-6 表に示す。

添説建 2-Ⅱ.1.5-1 表 柱一覧

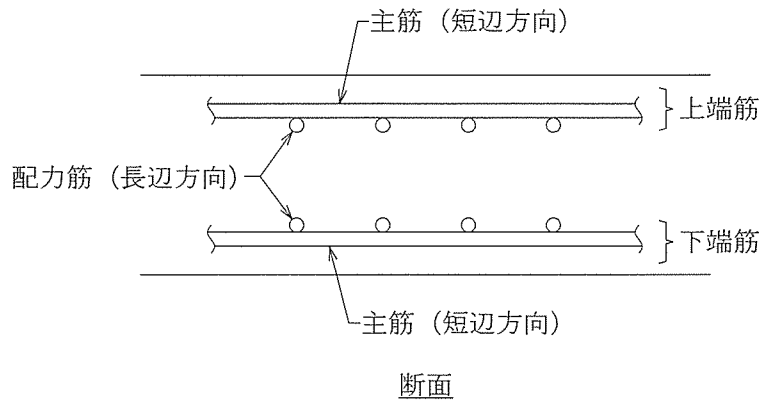
符号	C1
位置	全断面
断面	
主筋	
フープ	
材質	
特記	

添説建 2-Ⅱ.1.5-2 表 梁一覧

符号	G1、G11	B1	
位置	全断面	X1、X3端部	X2端部、中央部
断面			
上端筋			
下端筋			
スターラップ			
腹筋			
材質			
特記			

添説建 2-Ⅱ.1.5-3 表 スラブー覧

断面				
符号	厚さ	位置	主筋	配力筋
S1				
FS1				
FS2				
FS3				
材質				
特記				



添説建 2-Ⅱ.1.5-4 表 壁一覧

	符号	厚さ	主筋	水平断面 ^{※1}
雑壁	W25			
耐震壁	SW25			
材質				
特記				

※1：現場施工性を考慮し、室外側に設置したコンクリート型枠に対して室内側から縦筋を先行、それに横筋を配筋する手順の実施工で適用される配筋を示す。

添説建 2-Ⅱ.1.5-5 表 基礎梁一覧

符号	FG1、FG11	FG12
位置	全断面	全断面
断面		
上端筋		
下端筋		
スターラップ		
腹筋		
材質		
特記		

添説建 2-Ⅱ.1.5-6 表 基礎一覽

符号	F1	F2
断面		

1.6. 設計用荷重

(1) 荷重諸元

建築基準法施行令第 83 条に従い設定する。

なお、各荷重の後の符号は建築基準法施行令第 82 条に従っている。

1) 固定荷重(G)

柱、梁、床、屋根、壁、その他建物部材の自重とする。

鉄筋コンクリート部材の場合には、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 表 7.1」により単位体積重量を 24kN/m^3 とする。

柱、大梁、スラブ、壁の重量は、一貫構造計算ソフト内での自動計算により算出され、二次部材や各建具等については、個別に重量を積算する。

2) 積載荷重(P)

各階の積載荷重を、添説建 2-Ⅱ.1.6-1 表に示す。

添説建 2-Ⅱ.1.6-1 表 積載荷重一覧

階	用途	設計対象	床用 (N/m^2)	小梁用 (N/m^2)	架構用 (N/m^2)	地震用 (N/m^2)
R	屋根 ※1					
1	発電機室 ※2					
	発電装置架台 ※2					
	ラジエータ置場 ※2					

※1：非歩行屋根として、建築基準法施行令第 85 条における住宅居室の積載荷重の $1/2$ とした。

※2：実際の設備機器重量をその重量の作用面積で割った値を保守的に丸めた荷重とした。

ラジエータ置場の積載荷重及び二次部材であるラジエータ置場の構造スラブ、それを支持する片持ち基礎梁の固定荷重については、これら荷重が伝達される主構造部材である直接基礎間をつなぐ基礎梁への荷重として、耐震解析モデルへ反映する。

3) 積雪荷重(S)

建築基準法施行令第 86 条に従い、積雪荷重を計算する。積雪荷重は、建築基準法施行令第 82 条により、短期に生じる力とする。

4) 風荷重(W)

建築基準法施行令第 87 条に従い、風圧力を計算する。風圧力は建築基準法施行令第 82 条により、短期に生じる力とする。

5) 地震荷重(K)

建築基準法施行令第 88 条に従い、地震力を計算する。

昭和 55 年建設省告示第 1793 号第 1～第 3 より

- 地震地域係数 : $Z = 1.0$
- 地盤種別 : 第 2 種地盤 $T_c = 0.6$
- 建築物の設計用一次固有周期 : $T = 0.02h = 0.02 \times 5.85 = 0.117(\text{sec})$
- 振動特性係数 : $R_t = 1.0$ ($T < T_c$ の場合)
- せん断力分布係数 : $A_i = 1 + (1 / \sqrt{\alpha_i - \alpha_i}) \times 2T / (1 + 3T)$
 $\alpha_i = \Sigma W_i / W$

建築基準法施行令第 88 条より

- 地震層せん断力係数 : $C_i = Z \times R_t \times A_i \times C_o$
- 標準せん断力係数 : $C_o = 0.2$ (一次設計)
 $C_o = 1.0$ (二次設計)
- 地震層せん断力 : $Q_i = n \times C_i \times \Sigma W_i$

- 耐震重要度に応じた割増係数 : $n = 1.25$
 - 重量 : $\Sigma W_i =$ 当該階より上の固定荷重と積載荷重との和
 - 地上部分の全重量 : W
 - 建築物の高さ : $h = 5.85(\text{m})$
- ここで i は、当該階を示す。

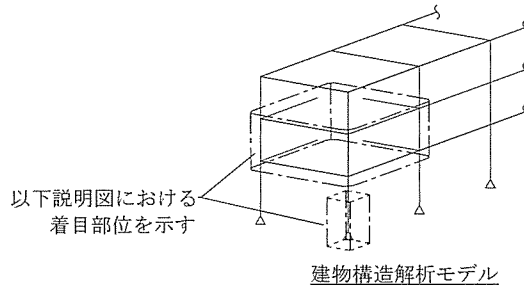
地震時の水平力を添説建 2-Ⅱ. 1. 6-2 表に示す。

添説建 2-Ⅱ. 1. 6-2 表 地震時水平力

階	共通パラメータ				一次設計用		二次設計用	
	W_i (kN)	ΣW_i (kN)	A_i	n	C_{i1}	Q_{i1} (kN) = $n \times C_{i1} \times \Sigma W_i$	C_{i2}	Q_{i2} (kN) = $n \times C_{i2} \times \Sigma W_i$
1								

(2) 解析モデルの荷重設定

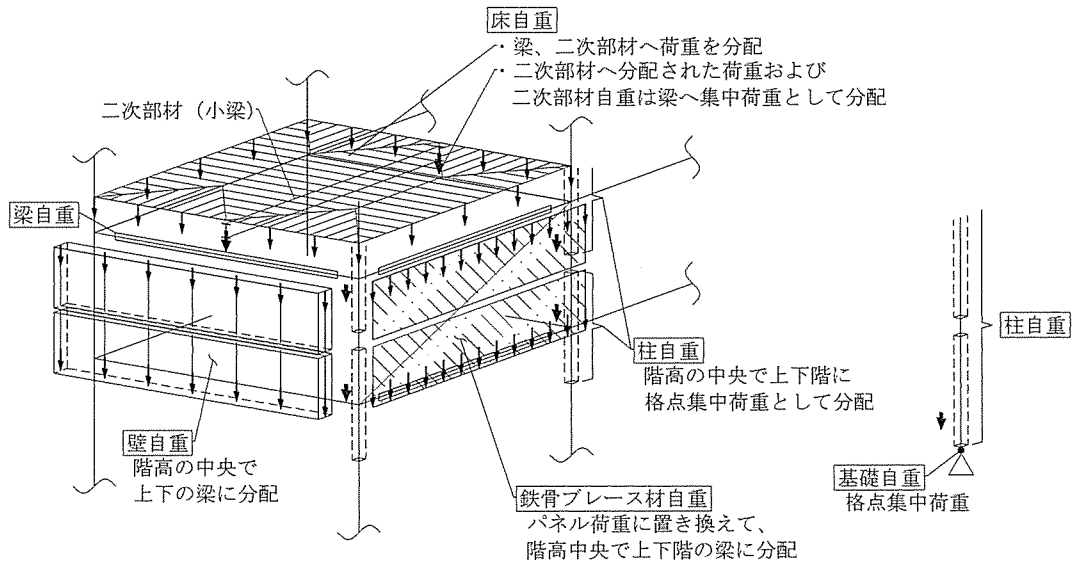
解析モデルへの長期荷重、短期荷重の設定方法概要を以下の説明図にて示す。



1) 長期荷重

a) 固定荷重

柱、梁、床、壁、基礎及びその他建物部材の自重は、以下の方法にて解析モデルに設定される。



b) 積載荷重

単位面積当りの積載荷重については、床自重の設定方法と同様とする。

2) 短期荷重

短期荷重のうち地震荷重については、以下の方法にて解析モデルに設定される。

a) 一次設計用地震荷重

各階に分配された長期荷重（固定荷重、積載荷重）それぞれに、一次設計用地震層せん断力係数 (C_{i1}) を乗じた地震荷重を X 方向、Y 方向の正負加力として設定する。

b) 二次設計用地震荷重

各階に分配された長期荷重（固定荷重、積載荷重）それぞれに、二次設計用地震層せん断力係数 (C_{i2}) を乗じた地震荷重を設定し、それに基づく荷重増分解析により保有水平耐力を計算する。

(3) 許容限界

一次設計においては、各評価部位に対して日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」等に準拠して定めた許容応力度を許容限界として断面検定を行う。

二次設計においては、保有水平耐力 (Q_u) が必要保有水平耐力 (Q_{un}) 以上であることを確認する。

1.7. 使用材料の許容応力度

コンクリート、鉄筋の基準強度、許容応力度を添説建 2-Ⅱ.1.7-1 表～添説建 2-Ⅱ.1.7-4 表に示す。

(1) コンクリート

添説建 2-Ⅱ.1.7-1 表 コンクリートの設計基準強度 F_c

コンクリート種別	設計基準強度 (N/mm^2)	使用箇所

添説建 2-Ⅱ.1.7-2 表 コンクリートの許容応力度

材料	長期		短期	
	圧縮 (N/mm^2)	せん断 (N/mm^2)	圧縮 (N/mm^2)	せん断 (N/mm^2)

建築基準法・同施行令・告示等

日本産業規格 (JIS) (日本規格協会)

鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (日本建築学会) による

(2) 鉄筋

添説建 2-Ⅱ.1.7-3 表 鉄筋の基準強度 F

鉄筋の種類	基準強度 (N/mm^2)	鉄筋径

添説建 2-Ⅱ.1.7-4 表 鉄筋の許容応力度

種別	長期			短期		
	圧縮 (N/mm^2)	引張 (N/mm^2)	せん断 (N/mm^2)	圧縮 (N/mm^2)	引張 (N/mm^2)	せん断 (N/mm^2)

建築基準法施行令第 90 条

建築基準法・同施行令・告示等

日本産業規格 (JIS) (日本規格協会)

鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (日本建築学会) による

1.8. 評価結果

部材評価にあたっては、建築基準法施行令第 82 条に基づき、長期または短期荷重時に各部材に生じる応力度が、それぞれの材料の許容応力度を超えないこと、もしくは各部材に生じる応力が許容応力度をもとに定める部材の許容耐力を超えないことを確認する。

確認は、各部材に生じる応力度に対する許容応力度の比、もしくは各部材に生じる応力に対する許容耐力の比を検定比とし、それが 1.0 以下になることにより行う。

なお、各部材の許容応力度、許容耐力の値は、鉄筋コンクリート部材については「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会）」に基づき算定する。

(1) 一次設計

いずれの部材についても最も厳しい箇所の検定比が 1.0 以下であることを確認する。

評価結果として、構造部位種別ごとの検定比最大箇所の計算結果を添説建 2-Ⅱ. 1.8-1 表～添説建 2-Ⅱ. 1.8-13 表に示す。

なお、主構造部材以外の二次部材については、別途検討のうえ健全であることを確認している。

1) RC 柱の断面検定

添説建 2-Ⅱ. 1.8-1 表 長期荷重による断面検定

曲げ			せん断		
X1 通り/Y2 通り(柱頭) C1			X1 通り/Y2 通り C1		
応力 ML (kN・m)	耐力 MAL (kN・m)	検定比	応力 QL (kN)	耐力 QAL (kN)	検定比

添説建 2-Ⅱ. 1.8-2 表 短期荷重による断面検定

方向	曲げ			せん断		
	X2 通り/Y2 通り(柱脚) C1			X2 通り/Y2 通り C1		
	X 方向地震時			X 方向地震時		
	応力 MS (kN・m)	耐力 MAS (kN・m)	検定比	応力 QS (kN)	耐力 QAS (kN)	検定比
X						
Y						

※1：耐震壁もしくはそれに相当する壁付柱については、壁面内方向の地震時水平力に対し壁が抵抗し、柱には応力が発生しないため記載を省略する。

2) RC 大梁の断面検定

添説建 2-Ⅱ.1.8-3 表 長期荷重による断面検定

曲げ			せん断		
Y2 通り/X1-X2 通り間(X2 側) G1			Y2 通り/X1-X2 通り間(X2 側) G1		
応力 ML (kN・m)	耐力 MAL (kN・m)	検定比	応力 QL (kN)	耐力 QAL (kN)	検定比

添説建 2-Ⅱ.1.8-4 表 短期荷重による断面検定

曲げ			せん断		
Y2 通り/X1-X2 通り間(X2 側) G1			Y2 通り/X1-X2 通り間(X2 側) G1		
応力 MS (kN・m)	耐力 MAS (kN・m)	検定比	応力 QS (kN)	耐力 QAS (kN)	検定比

3) 耐震壁の断面検定

添説建 2-Ⅱ.1.8-5 表 断面検定 (短期荷重のみ)

せん断 ^{※2}		
Y1 通り/X1-X2 通り間 SW25		
応力 QS (kN)	耐力 QAS (kN)	検定比

※2：耐震壁部材は曲げ剛性が非常に大きく、強度評価はせん断耐力にて決定されるため、曲げの断面検定は省略する。

4) 基礎梁の断面検定

添説建 2-Ⅱ.1.8-6 表 長期荷重による断面検定

曲げ			せん断		
Y2 通り/X1-X2 通り間 (X2 側) FG1			Y2 通り/ X1-X2 通り間 (X2 側) FG1		
応力 ML (kN・m)	耐力 MAL (kN・m)	検定比	応力 QL (kN)	耐力 QAL (kN)	検定比

添説建 2-Ⅱ.1.8-7 表 短期荷重による断面検定

曲げ			せん断		
Y2 通り/ X1-X2 通り間 (X2 側) FG1			Y2 通り/X1-X2 通り間 (X2 側) FG1		
応力 MS (kN・m)	耐力 MAS (kN・m)	検定比	応力 QS (kN)	耐力 QAS (kN)	検定比

ここで、改良コラム杭頭曲げモーメントを基礎梁への付加曲げモーメントとして断面検定に考慮する。

F1 基礎の改良コラムの杭頭曲げモーメント M_0 (kN・m/本) :

F1 基礎の改良コラムに作用する水平力 Q_p (kN/本) :

基礎梁 FG1 の梁高さ D (m) :

捨てコンクリート厚さ t_c (m) :

F1 基礎 1 箇所当りの改良コラム本数 n (本) :

※3：添付説明書-建 2-Ⅱ 付録 1 より

基礎梁に作用する付加曲げモーメント M_0'

$$M_0' = \{M_0 + Q_p \times (t_c + D / 2)\} \times n$$

$$= \text{$$

$$= \text{$$

付加曲げモーメントを考慮した設計曲げ応力 MS'

$$MS' = MS + M_0' = \text{$$

検定比

$$MS' / MAS = \text{$$
 < 1.0 OK

5) 基礎

a) 概要

基礎は直接基礎とする。建物の自重、地震力に対して十分な耐力を確保するため、基礎下部にセメント系固化材を用いた深層混合処理地盤改良工法による地盤改良（以下「改良コラム」と略記）を行う。改良コラムを介して、これらの荷重を安全に支持地盤に伝える設計とする。

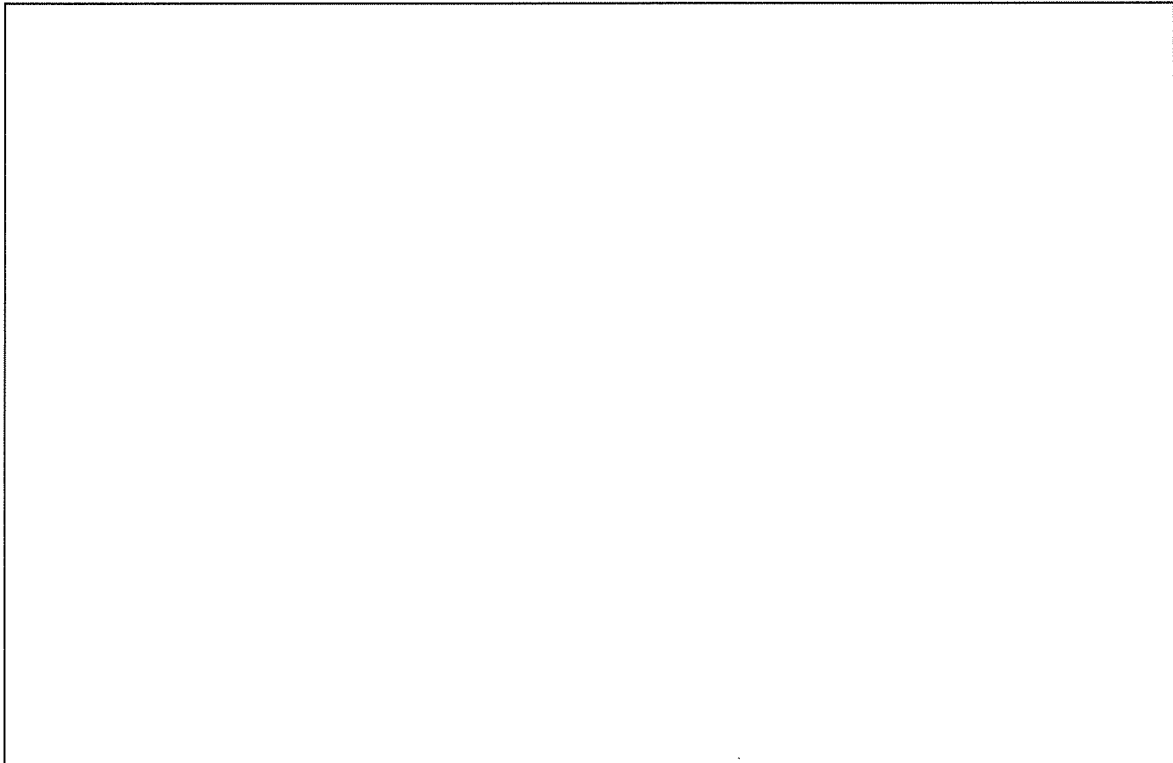
支持地盤は、GL-7.5m 以深の N 値 30 以上の砂礫層とし、計画地における柱状図を用いて、基礎の設計を行う。

b) 改良地盤の鉛直支持力度

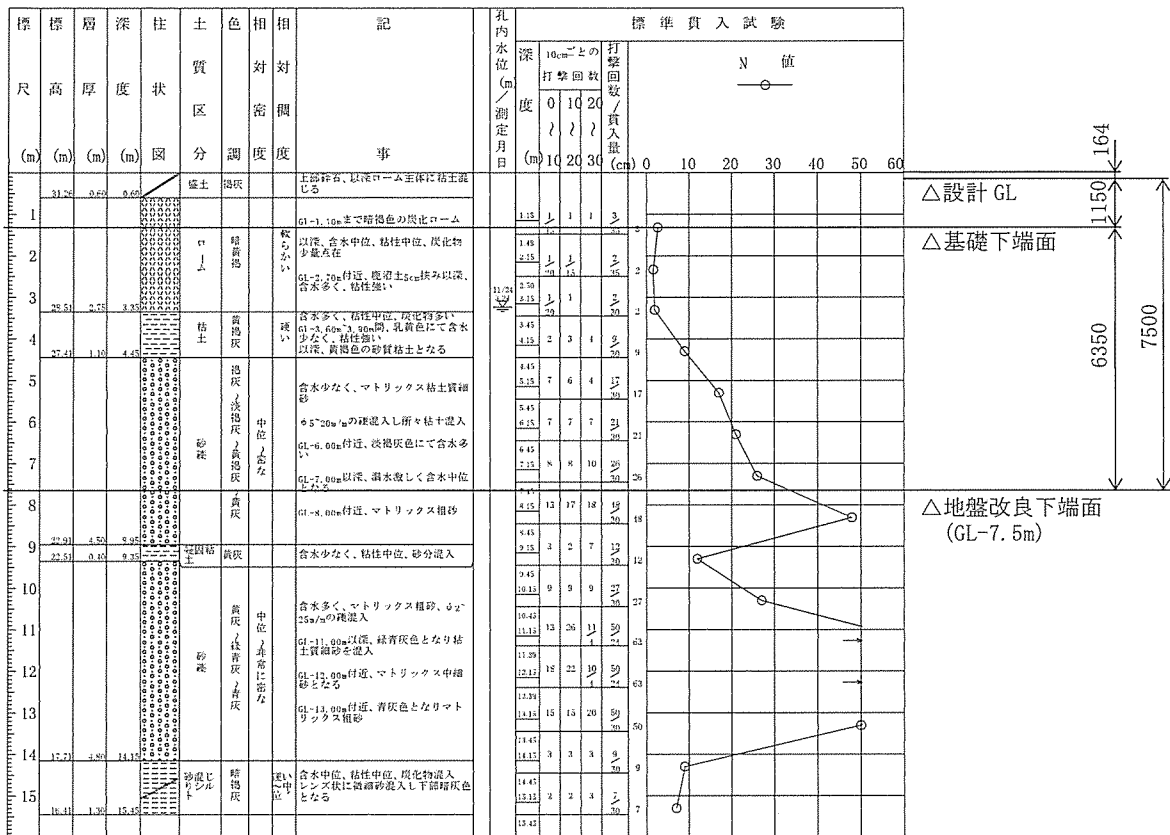
日本建築センター「改訂版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」に準拠して設計する。

該当箇所の位置と柱状図を添説建 2-Ⅱ.1.8-1 図～添説建 2-Ⅱ.1.8-3 図に示す。事業許可に記載の通り、本加工施設を設置する敷地の土層は液状化の恐れがない洪積層の上にあることから、液状化の判定は不要としているが、念のため建設予定地の地質調査を実施した際に液状化危険度を調査し、いずれの土層についても液状化の危険度が低いと判定されており、問題がないことを確認している。

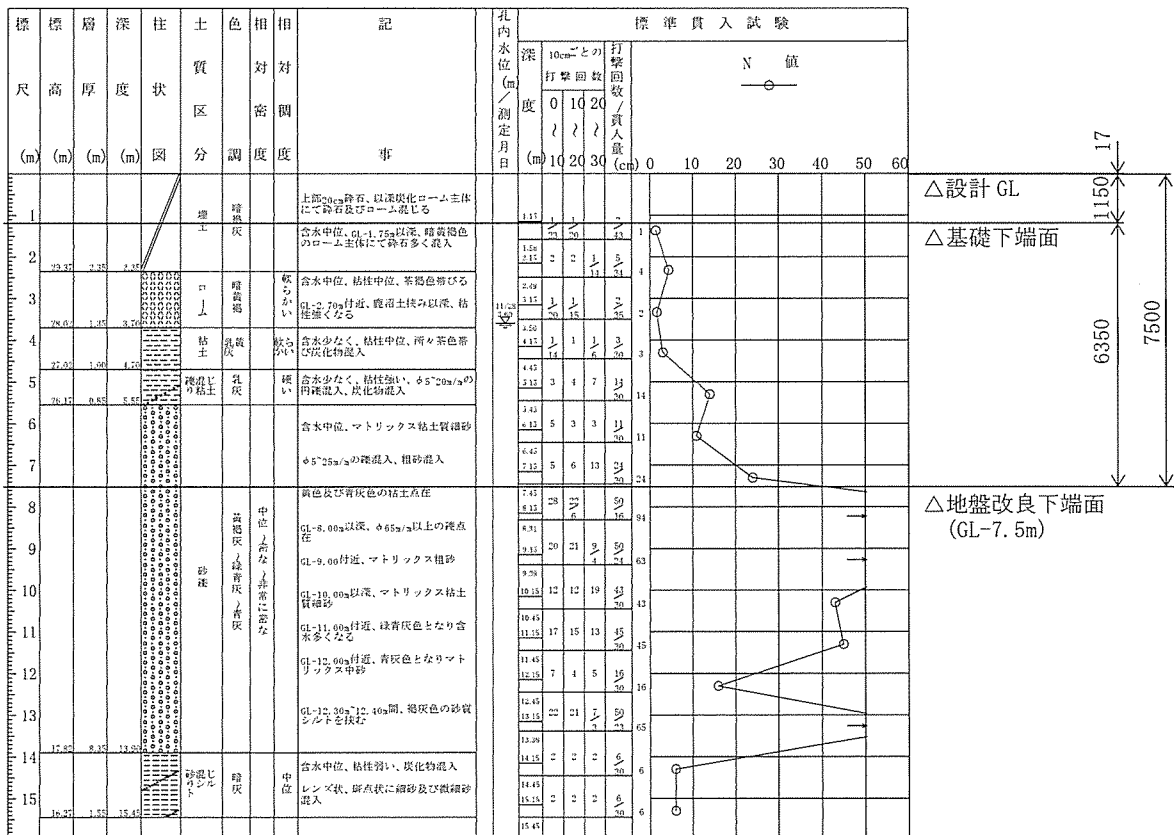
また、不等沈下については、建物の基礎は十分な支持性能を有する N 値が 30 以上ある砂礫層の上部を地盤改良し、直接支持させることとしており、不等沈下は起こらない。



添説建 2-Ⅱ.1.8-1 図 ボーリング採取位置図



添説建 2-Ⅱ. 1.8-2 図 ボーリング柱状図 (①地点)



添説建 2-Ⅱ. 1.8-3 図 ボーリング柱状図 (②地点)

c) 基礎の検定

基礎に作用する接地圧、曲げ、せん断それぞれに対する基礎耐力の最大検定比が 1.0 以下であることを確認する。評価結果を添説建 2-Ⅱ.1.8-8 表～添説建 2-Ⅱ.1.8-10 表に示す。

添説建 2-Ⅱ.1.8-8 表 接地圧評価結果

部位	荷重	接地圧の検討				
		軸力 N (kN)	基礎自重 NF (kN)	接地圧 σ (kN/m ²)	地耐力 f _e (kN/m ²)	検定比
F1 (X2/Y2 通り)	長期					
	短期					

添説建 2-Ⅱ.1.8-9 表 曲げ評価結果

部位	荷重	曲げ (X 方向)			曲げ (Y 方向)		
		応力 M (kN・m)	耐力 MA (kN・m)	検定比	応力 M (kN・m)	耐力 MA (kN・m)	検定比
F1 (X2/Y2 通り)	長期						
	短期						

添説建 2-Ⅱ.1.8-10 表 せん断評価結果

部位	荷重	せん断 (X 方向)			せん断 (Y 方向)		
		応力度 τ (N/mm ²)	許容値 f _s (N/mm ²)	検定比	応力度 τ (N/mm ²)	許容値 f _s (N/mm ²)	検定比
F1 (X2/Y2 通り)	長期						
	短期						

d) 改良コラムの検定

改良コラムの評価結果を添説建 2-Ⅱ.1.8-11 表、添説建 2-Ⅱ.1.8-12 表に示す。評価内容の詳細については、「添付説明書-建 2-Ⅱ付録 1」に示す。

添説建 2-Ⅱ.1.8-11 表 圧縮応力度に対する評価結果

部位	荷重	圧縮応力度 (kN/m ²)	曲げ応力度 (kN/m ²)	重ね合わせ応力度 q _p (kN/m ²)	許容圧縮応力度 f _c (kN/m ²)	検定比
F1 (X2/Y2 通り)	長期					
F1 (X2/Y2 通り)	短期					

添説建 2-Ⅱ.1.8-12 表 せん断応力度に対する評価結果

部位	荷重	最大せん断応力度 τ _{max} (kN/m ²)	許容せん断応力度 f _t (kN/m ²)	検定比
F1 (X2/Y2 通り)				

e) 支持地盤の検定

支持地盤の評価結果を添説建 2-Ⅱ.1.8-13 表に示す。評価内容の詳細については、「添付説明書-建 2-Ⅱ付録 1」に示す。

添説建 2-Ⅱ.1.8-13 表 支持地盤の評価結果

部位	荷重	接地圧 σ _e (kN/m ²)	許容鉛直支持力度 q _a (kN/m ²)	検定比
F1 (X2/Y2 通り)	長期			
F1 (X2/Y2 通り)	短期			

(2) 二次設計

保有水平耐力 (Q_u) は、X方向、Y方向のいずれの加力に対しても必要保有水平耐力 (Q_{un}) 以上であることを確認する。

形状係数 (F_{es}) の算出結果及び保有水平耐力の評価結果を添説建 2-Ⅱ. 1. 8-14 表～添説建 2-Ⅱ. 1. 8-17 表及び添説建 2-Ⅱ. 1. 8-18 表～添説建 2-Ⅱ. 1. 8-21 表に示す。

$$Q_u \geq Q_{un} \quad (Q_u / Q_{un} \geq 1.0 \text{ であること})$$

$$Q_{un} = D_s \times F_{es} \times Q_{ud}$$

ここに

D_s : 構造特性係数

F_{es} : 形状係数 ($=F_e \times F_s$)

Q_{ud} : 地震力によって生じる水平力

(ここで耐震重要度に応じた割増し係数を考慮)

1) 形状係数 (F_{es}) の計算

各階の形状係数 (F_{es}) は、建築基準法施行令82条の6の規定による剛性率に応じた値 (F_s)、偏心率に応じた値 (F_e) を用い、両者を乗じて算出する。なお、 F_s 、 F_e の値は、昭和55年建設省告示第1792号第7より、剛性率 (R_s) が0.6以上の場合は $F_s=1.0$ となる。また、偏心率 (R_e) が0.15以下の場合は $F_e=1.0$ となる。各記号の詳細については、1. 2. (2) 3)二次設計 (保有水平耐力設計) に示す。

添説建 2-Ⅱ. 1. 8-14 表 形状係数 (F_{es}) の算出結果 (X方向正加力時)

階	R_s	F_s	R_e	F_e	F_{es}
1					

添説建 2-Ⅱ. 1. 8-15 表 形状係数 (F_{es}) の算出結果 (X方向負加力時)

階	R_s	F_s	R_e	F_e	F_{es}
1					

添説建 2-Ⅱ. 1. 8-16 表 形状係数 (F_{es}) の算出結果 (Y方向正加力時)

階	R_s	F_s	R_e	F_e	F_{es}
1					

添説建 2-Ⅱ. 1. 8-17 表 形状係数 (F_{es}) の算出結果 (Y方向負加力時)

階	R_s	F_s	R_e	F_e	F_{es}
1					

2) 保有水平耐力の評価結果

添説建 2-Ⅱ. 1. 8-18 表 保有水平耐力の評価結果 (X 方向正加力)

階	Q_u (kN)	D_s	F_{es}	Q_{ud} (kN)	Q_{un} (kN)	Q_u/Q_{un}
1						

添説建 2-Ⅱ. 1. 8-19 表 保有水平耐力の評価結果 (X 方向負加力)

階	Q_u (kN)	D_s	F_{es}	Q_{ud} (kN)	Q_{un} (kN)	Q_u/Q_{un}
1						

添説建 2-Ⅱ. 1. 8-20 表 保有水平耐力の評価結果 (Y 方向正加力)

階	Q_u (kN)	D_s	F_{es}	Q_{ud} (kN)	Q_{un} (kN)	Q_u/Q_{un}
1						

添説建 2-Ⅱ. 1. 8-21 表 保有水平耐力の評価結果 (Y 方向負加力)

階	Q_u (kN)	D_s	F_{es}	Q_{ud} (kN)	Q_{un} (kN)	Q_u/Q_{un}
1						

地盤改良（深層混合処理工法）の強度評価に関する説明書

1. 概要

付属建物 発電機室は直接基礎を介して深層混合処理工法により改良された地盤（以下「改良コラム」と略記）で支持する構造としている。

この支持地盤の評価は、「建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針（日本建築センター）」（以下「指針」と略記）に基づき、長期、短期の改良コラムの支持力の評価を行い、何れも許容値を満足していることを計算により確認する。

2. 支持力の評価内容

以下の2項についての評価を行う。

(1) 改良コラムの応力度

改良地盤の強度、即ち改良コラムの応力度についての評価を行う。直接基礎から伝達された荷重に対して改良コラムの耐力が安全であることを確認する。

(2) 改良コラム支持地盤の支持力度

改良コラムからその下にある支持地盤に伝達された荷重に対して支持地盤の耐力が安全であることを確認する。

3. 改良コラムと支持地盤の許容値

3.1 改良コラムの形状

直接基礎、改良コラム寸法諸元を添説建 2—Ⅱ. 付 1—1 表に示す。

添説建 2—Ⅱ. 付 1—1 表 直接基礎、改良コラムの寸法諸元（1ヶ所当り）

		単位	F1	F2
直接基礎	底面寸法 (B×W)	m		
	底面積 (A _r)	m ²		
改良コラム	直径 (d)	m		
	断面積 (A _p)	m ²		
	設計長さ (L)	m		
	本数 (n)	本		

※1：捨てコンクリート含む

F1 基礎 改良コラムの許容せん断応力度

$$F_{\tau} = \text{[]}$$

$$= \text{[]}$$

$$= \text{[]} \rightarrow \text{[]} \text{ kN/m}^2$$

$$f_{\tau} = F_{\tau} / F_s = \text{[]} = \text{[]} \text{ kN/m}^2$$

F2 基礎 改良コラムの許容せん断応力度

$$F_{\tau} = \text{[]}$$

$$= \text{[]}$$

$$= \text{[]} \rightarrow \text{[]} \text{ kN/m}^2$$

$$f_{\tau} = F_{\tau} / F_s = \text{[]} = \text{[]} \rightarrow \text{[]} \text{ kN/m}^2$$

3.3.改良コラム支持地盤の許容支持力度

改良コラムは、直接基礎をバランスよく保持できるように配置し、指針に基づき改良コラム底面接地圧が支持地盤の許容支持力度より小さく、下部地盤が改良コラムの伝達する荷重に対して安全であることを確認する。

(1) 改良コラム支持地盤の極限鉛直支持力 R_u

事前に実施したボーリング調査の結果から改良コラムの下端位置の地盤は砂礫層（粘土混じり）であることが分かっている。改良コラムは事業許可に記載したとおり N 値 30 以上の地盤まで到達させるが、設計では保守的に考えて砂質土層での極限鉛直支持力を用いる。指針では改良コラムの極限鉛直支持力は先端支持力+周面摩擦支持力の合計より算出することになっているが、保守的に考えて周面摩擦支持力は無視することとし、先端支持力のみで評価する。

上記の条件での極限鉛直支持力は以下の式となる。

指針（第1編）5.1.12 式より

$$R_u = R_{pu} \text{（先端支持力のみを考慮した場合）}$$

$$R_{pu} = 75 \times \bar{N} \times A_p \text{（砂質土の場合）}$$

R_{pu} : 改良コラム先端での先端支持力 (kN)

\bar{N} : 先端地盤から下に 1d、上に 1d の範囲の N 値の平均値 (d : 改良コラム直径)
 ボーリング柱状図より平均 N 値が 30 を上回ることを確認（添付説明書一建 2-II 付録 2 参照）のうえ、保守的に考えて $\bar{N}=24$ とする。

A_p : 改良コラム 1 本当り断面積 (m^2)

この場合の改良コラム 1 本当りの地盤の極限鉛直支持力 (R_u) は以下の通り。

F1 基礎 改良コラムの極限鉛直支持力

$$R_{pu} = \text{[]} = \text{[]} \text{ kN}$$

$$R_u = \text{[]} \text{ kN}$$

F2 基礎 改良コラムの極限鉛直支持力

$$R_{pu} = \text{[]} = \text{[]} \text{ kN}$$

$$R_u = \text{[]} \text{ kN}$$

(2) 改良コラム支持地盤の許容鉛直支持力度 q_a

指針（第1編）5.1.4式より

$$q_a = 1 / F_s \times (n \times R_u) / A_r$$

q_a : 改良コラム支持地盤の許容鉛直支持力度 (kN/m²)

F_s : 安全率 (長期 = 3、短期 = 1.5)

n : 直接基礎を支える改良コラム本数

A_r : 直接基礎の底面積 (m²)

F1 基礎 改良コラム支持地盤の許容鉛直支持力度

$$q_a \text{ (長期)} = \boxed{} = \boxed{} \text{ kN/m}^2$$

$$q_a \text{ (短期)} = \boxed{} = \boxed{} \text{ kN/m}^2$$

F2 基礎 改良コラム支持地盤の許容鉛直支持力度

$$q_a \text{ (長期)} = \boxed{} = \boxed{} \text{ kN/m}^2$$

$$q_a \text{ (短期)} = \boxed{} = \boxed{} \text{ kN/m}^2$$

4. 改良コラムの評価

全ての基礎の改良コラムに関して長期荷重、短期荷重時に発生する応力度について評価する。

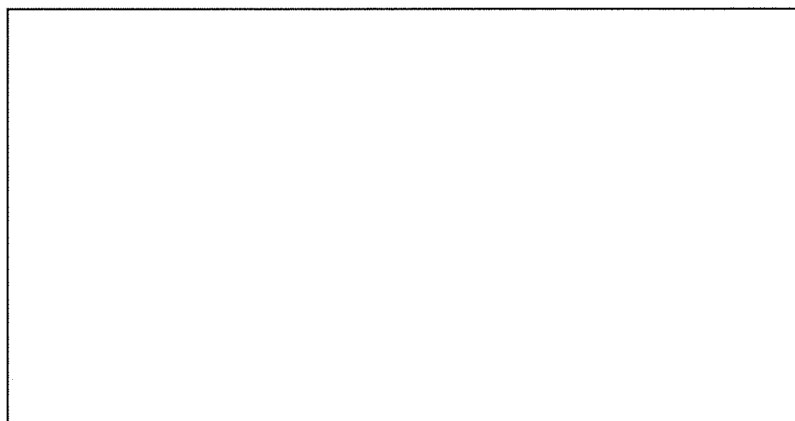
改良コラムには、長期は鉛直荷重のみ、短期は地震時における鉛直荷重＋水平荷重が作用する。

4.1 評価方法

(1) 鉛直荷重についての評価方法

改良コラムに加わる鉛直荷重は、建物上部構造の固定荷重、積載荷重に加え、直接基礎の固定荷重である。

基礎の改良コラム配置を添説建 2-Ⅱ. 付 1-1 図に示す。直接基礎から伝達される鉛直荷重は、改良コラムと改良コラムの無い部分の両方で支持されるが、直接基礎底面積より改良コラムの断面積が小さいため、保守的に考えて改良コラムの応力評価時には改良コラムだけで支持される状態を想定する。



添説建 2-Ⅱ. 付 1-1 図 基礎の改良コラム配置

判定基準： $q_p / f_c \leq 1$

$$q_p = \mu_p \times \sigma_e$$

$$\mu_p = 1 / a_p$$

$$a_p = n \times A_p / A_f$$

q_p : 改良コラムの設計圧縮応力度 (kN/m²)

f_c : 許容圧縮応力度 (kN/m²)

μ_p : 応力集中係数

σ_e : 基礎底面に作用する接地圧 (kN/m²)

a_p : 改良率

n : 改良コラム 1ヶ所当り本数 (本)

A_p : 改良コラム 1本当り断面積 (m²)

A_f : 基礎底面積 (m²)

(2) 水平荷重についての評価方法

風荷重は地震荷重に包絡されるため、水平荷重は地震時のケースを対象とする。即ち地震時水平力を改良コラムの設計水平荷重とする。

改良コラムに載荷される地震時水平力 (Q) は上部構造物の地震時せん断力 (Q₁) と地中部分の構造物の地震時せん断力 (Q₂) の和となる。

改良コラムは地中に設置されるため、水平震度は建築基準法施行令第 88 条 4 項に基づくものとし、最も大きな水平力となる地盤面の水平震度 (k) は 0.1 を採用する。

なお、地域係数 (Z) は上部構造物と同一の 1.0 を採用する。

1) 地震時水平力

上部構造地中部重量 W_{SP} (kN)

:

(固定荷重、積載荷重、(特殊荷重含む))

直接基礎自重 ΣW_f (kN)

:

地中部分の構造体の重量 W (kN)

: $W_{SP} + \Sigma W_f =$

耐震重要度に応じた割増係数 n

:

地中部分の水平震度 k

:

地域係数 Z

:

上部構造 1 階の地震時せん断力 Q_1 (kN)

: (添付説明書一建 2 より)

地中部分の構造物の地震時せん断力 Q_2 (kN)

: $n \times W \times k \times Z =$

= →

地震時水平力 Q (kN)

: $Q_1 + Q_2 =$ =

(改良コラムの設計水平荷重)

→ 保守的に考えて kN とする。

2) 地震時水平力の分担

地震時水平力を地震時鉛直荷重比により各基礎改良コラムに分担させるものとする。

$$Q_p = Q_{p1} / n$$

$$Q_{p1} = Q \times (NS / \Sigma NL)$$

Q_p : 改良コラム 1 本当り水平荷重

Q_{p1} : 改良コラム 1 ヶ所当り水平荷重

n : 改良コラム 1 ヶ所当りの本数

Q : 地震時水平力 (改良コラムの設計水平荷重)

NS : 各基礎に作用する地震時鉛直荷重の最大値

ΣNL : 上部構造総鉛直荷重

各基礎改良コラムの地震時最大鉛直荷重発生箇所に着目した水平力は以下の通り。

F1 基礎 (Y2-X2) 改良コラムに作用する水平荷重

$$\Sigma NL = \boxed{} \text{ kN}$$

$$NS = \boxed{} \text{ kN}$$

$$Q_{p1} = Q \times (NS / \Sigma NL) = \boxed{} = \boxed{} \text{ kN}$$

$$Q_p = Q_{p1} / n = \boxed{} = \boxed{} \text{ kN}$$

F2 基礎 (Y1-X3) 改良コラムに作用する水平荷重

$$\Sigma NL = \boxed{} \text{ kN}$$

$$NS = \boxed{} \text{ kN}$$

$$Q_{p1} = Q \times (NS / \Sigma NL) = \boxed{} = \boxed{} \text{ kN}$$

$$Q_p = Q_{p1} / n = \boxed{} = \boxed{} \text{ kN}$$

3) 最大曲げモーメント

地震時水平力が改良コラム上端に作用した時に発生する最大曲げモーメント (M_d) を算出する。

F1 基礎、F2 基礎における改良コラムの最大曲げモーメント (M_d) の算出は、両基礎共に X 方向及び Y 方向に基礎梁が取り付け、構造スラブも設置している架構形式であるため、固定度 α_y を 0.25 (半固定) として指針に従い線形弾性地盤反力法によって行い、結果を添説建 2-Ⅱ. 付 1-2 表に示す。なお、算出した改良コラム杭頭曲げモーメントは、発電機室基礎梁への付加曲げモーメントとして基礎梁断面検定に考慮する。

添説建 2-Ⅱ. 付 1-2 表 改良コラムの曲げモーメント算出

項目	単位	算出式	基礎タイプ	
			F1	F2
設計基準強度	F_c	kN/m ²		
改良コラムの変形係数	E_p	kN/m ²	$= 180 \times F_c$	
N 値 (ボーリング No. 2 の基礎下端)	N			
地盤の変形係数	E_0	kN/m ²	$= 7 \times N \times 100$	
加力直角方向幅	b_1	cm		
係数	α			
原地盤の水平方向地盤反力係数	k_h	kN/m ³	$= (1 / 30) \times \alpha \times E_0 \times (b_1 / 30)^{-3/4} \times 10^2$	
群杭効果に関する係数	μ_{12}			
群杭効果を考慮した水平方向地盤反力係数	k_h'	kN/m ³	$= \mu_{12} \times k_h$	
改良コラムの直径	ϕ	m		
改良コラムの断面 2 次モーメント	I_p	m ⁴	$= \pi \times \phi^4 / 64$	
杭の特性を示す係数	β	m ⁻¹	$= \sqrt[4]{\{(k_h' \times b_1 / 100) / (4 \times E_p \times I_p)\}}$	
改良コラム長	L	m		
指針表 6.1.2 の係数	Z		$= \beta \times L$	
地中部最大曲げモーメントに関する係数	R_{Mmax}		指針の表 6.1.2 より	
改良コラム杭頭曲げモーメントに関する係数	R_{M0}		指針の表 6.1.2 より	
改良コラム 1 本当りの水平力	Q_p	kN		
改良コラム地中部最大曲げモーメント	M_{max}	kN・m	$= (Q_p / (2 \times \beta)) \times R_{Mmax}$	
改良コラム杭頭曲げモーメント	M_0	kN・m	$= (Q_p / (2 \times \beta)) \times R_{M0}$	
改良コラム最大曲げモーメント	M_d	kN・m	$= \max(M_{max}, M_0)$	
改良コラムの断面係数	Z_p	m ³	$= 2 \times I_p / \phi$	

4) 判定基準

地震時水平力が作用した時の水平荷重と最大曲げモーメントにより改良コラムに発生する圧縮応力度とせん断応力度が改良コラムの許容応力度以下であるものとする。

圧縮応力度の評価に当たっては、最大曲げモーメント (M_d) により発生する応力度と鉛直荷重により発生する応力度との重ね合わせ応力度により行う。

4.2.評価結果

(1) 長期の評価結果

改良コラムに作用する長期荷重により発生する圧縮応力度が、許容圧縮応力度以下であることを確認する。検定比が最大となる基礎について添説建 2-Ⅱ. 付 1-3 表に示す。

添説建 2-Ⅱ. 付 1-3 表 圧縮応力度の評価結果（長期）

基礎 タイプ	基礎 位置	上部構造 鉛直荷重 NL (kN)	基礎 自重 W_f (kN)	設計 鉛直荷重 $NL+W_f$ (kN)	改良コラム 面積 $n \times A_p$ (m^2)	基礎 底面積 A_f (m^2)	底面 接地圧 σ_e $= (NL+W_f) / A_f$ (kN/m^2)	応力集中 係数 μ_p ※1	圧縮 応力度 q_p ※1 (kN/m^2)	改良コラム 許容圧縮 応力度 f_c ※2 (kN/m^2)	検定比 q_p / f_c
F1	Y2-X2										
F2	Y1-X3										

※1：4.1.(1)項 参照

※2：3.2.(1)項 参照

(2) 短期の評価結果

1) 圧縮応力度の評価

改良コラムに作用する短期荷重により発生する圧縮応力度が、許容圧縮応力度以下であることを確認する。検定比が最大となる基礎について添説建 2-Ⅱ. 付 1-4 表に示す。

添説建 2-Ⅱ. 付 1-4 表 圧縮応力度の評価結果（短期）

基礎 タイプ	基礎 位置	上部構造 鉛直荷重 NS (kN)	基礎 自重 W_f (kN)	設計 鉛直荷重 $NS+W_f$ (kN)	改良コラム 面積 $n \times A_p$ (m^2)	基礎 底面積 A_f (m^2)	底面 接地圧 σ_e $= (NS+W_f) / A_f$ (kN/m^2)	応力集中 係数 μ_p ※1	圧縮 応力度 q_p ※1 (kN/m^2)	改良コラム 許容圧縮 応力度 f_c ※2 (kN/m^2)	検定比 q_p / f_c
F1	Y2-X2										
F2	Y1-X3										

※1：4.1.(1)項 参照

※2：3.2.(1)項 参照

2) 曲げ応力度の評価

改良コラムに作用する最大曲げモーメントによる曲げ応力度と鉛直荷重による圧縮応力度との重ね合わせ応力度が、許容圧縮応力度以下であることを確認する。検定比が最大となる基礎について添説建 2-Ⅱ. 付 1-5 表に示す。

添説建 2-Ⅱ. 付 1-5 表 曲げ応力度の評価結果 (短期)

基礎 タイプ	基礎 位置	評価 位置	最大曲げ モーメント M_d ※1 (kN・m)	断面 係数 Z_p ※1 (m ³)	改良コラム 曲げ応力度 σ_b = M_d/Z_p (kN/m ²)	改良コラム 圧縮応力度 q_p ※2 (kN/m ²)	重ね合わ せ応力度 σ = σ_b+q_p (kN/m ²)	許容圧縮応力度 f_c ※3 (kN/m ²)	検定比 σ / f_c
								許容引張応力度 f_t ※4 (kN/m ²)	検定比 σ / f_t
F1	Y2-X2	圧縮側							
		引張側							
F2	Y1-X3	圧縮側							
		引張側							

- ※1: 4. 1. (2) 3)項 参照
- ※2: 4. 2. (2) 1)項 参照
- ※3: 3. 2. (1)項 参照
- ※4: 3. 2. (2)項 参照
- ※5: 改良コラムに引張応力は発生しない。

3) せん断応力度の評価

改良コラムに作用する地震時水平力による最大せん断応力度が、許容せん断応力度以下であることを確認する。検定比が最大となる基礎について添説建 2-Ⅱ. 付 1-6 表に示す。

指針 (第 1 編) 6. 1. 7 式より

$$\tau_{max} = \kappa \times (Q_p / A_p)$$

τ_{max} : 形状を考慮した断面内の最大せん断応力度 (kN/m²)

A_p : 改良コラム 1 本当り断面積 (m²)

κ : 形状係数 (円形、非ラップ配置の場合 4/3)

Q_p : 設計水平力 (kN)

添説建 2-Ⅱ. 付 1-6 表 せん断応力度の評価結果 (短期)

基礎 タイプ	基礎 位置	形状係数 κ	設計水平力 Q_p ※1 (kN)	改良コラム 断面積 A_p (m ²)	最大せん断 応力度 τ_{max} (kN/m ²)	許容せん断 応力度 f_τ ※2 (kN/m ²)	検定比 τ_{max}/f_τ
F1	Y2-X2						
F2	Y1-X3						

- ※1: 4. 1. (2) 2)項 参照
- ※2: 3. 2. (3)項 参照

5. 改良コラム支持地盤の評価

全ての改良コラムの下部地盤が改良コラムの伝達する荷重に対して安全であることを指針に基づいて確認する。

支持地盤の評価は長期、短期について行うものとし、支持地盤には長期、短期ともに鉛直荷重のみが作用する。

5.1. 評価方法

指針より、「支持地盤面の抵抗力から改良地盤の有効重量を減じないで良い」とされていることから、直接基礎の底面接地圧が改良コラムを介してそのまま支持地盤へ伝達されるものとし、改良コラム底面の接地圧 = 直接基礎の底面接地圧 (σ_e) として評価する。

5.2. 評価結果

長期、短期の評価を行い、いずれの位置においても許容値以内であることを確認する。検定比が最大となる場合の評価結果を添説建 2-Ⅱ. 付 1-7 表に示す。

添説建 2-Ⅱ. 付 1-7 表 支持地盤の評価結果

荷重 ケース	基礎タイプ	基礎位置	改良コラム 底面接地圧 σ_e (kN/m ²)	支持地盤の 許容支持力度 q_a ※3 (kN/m ²)	検定比
長 期	F1	Y2-X2			
	F2	Y1-X3			
短 期	F1	Y2-X2			
	F2	Y1-X3			

※1 : 4. 2. (1) 項 参照

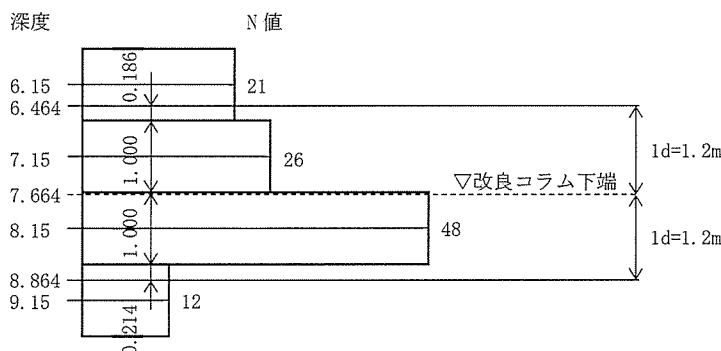
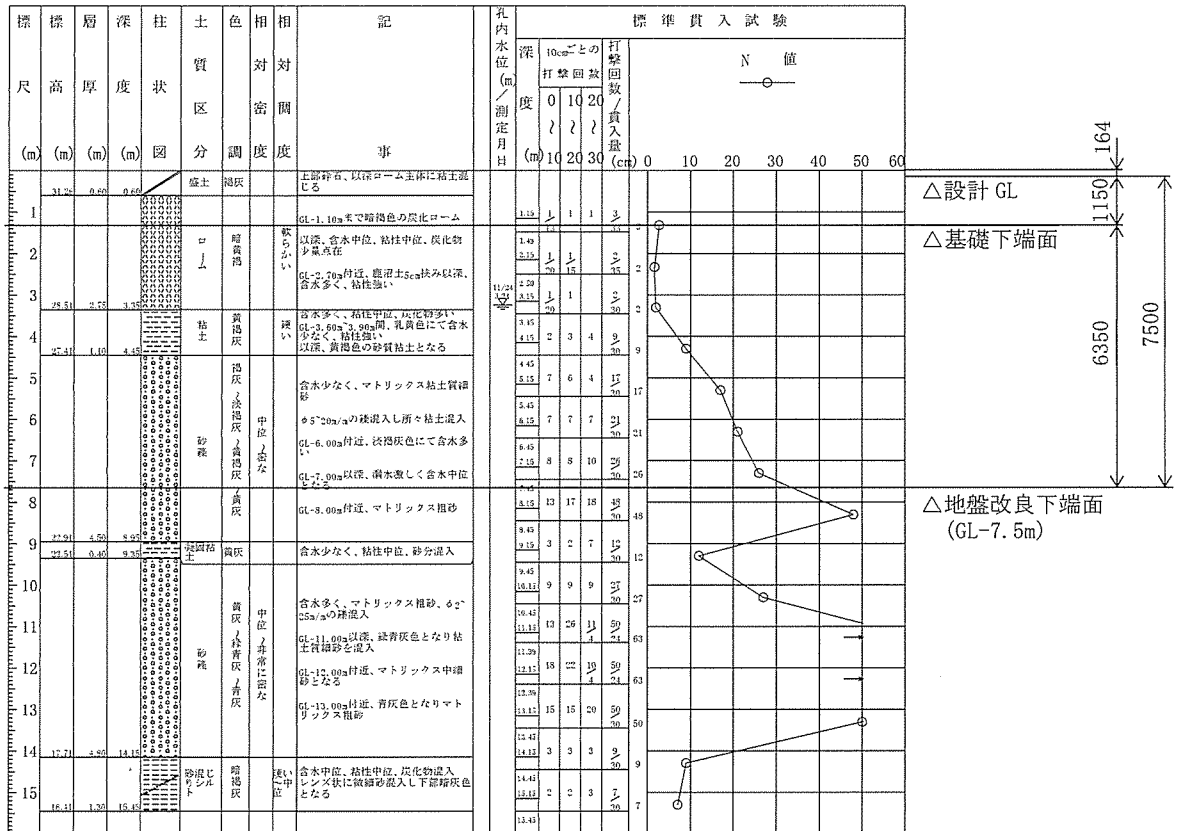
※2 : 4. 2. (2) 項 参照

※3 : 3. 3. (2) 項 参照

発電機室 改良コラム先端付近の平均N値の検討

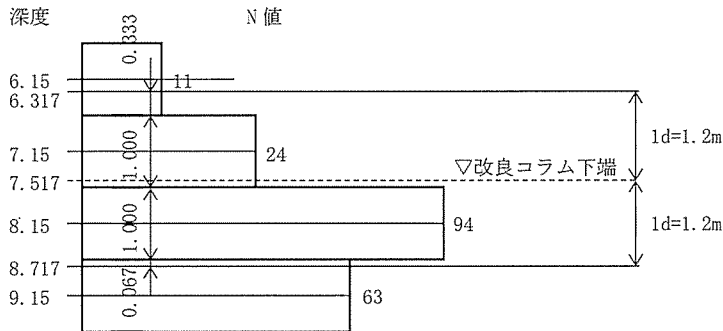
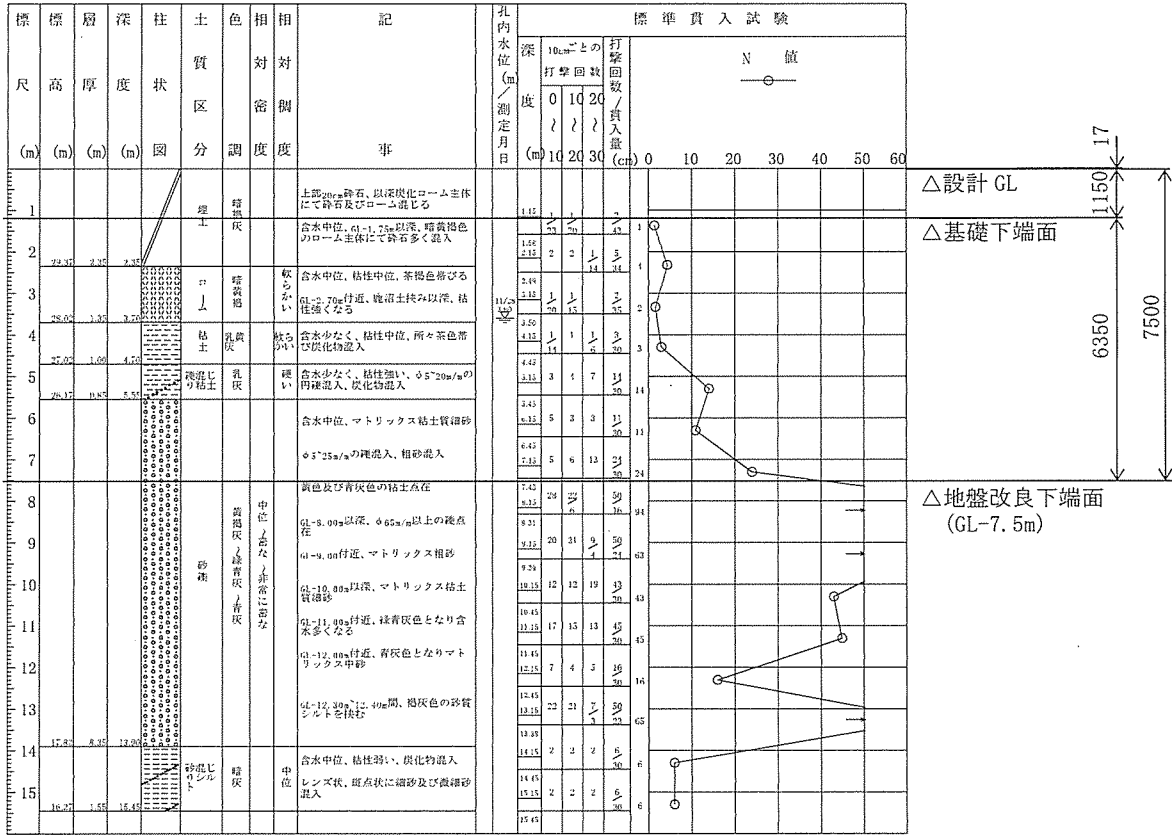
改良コラム先端付近の平均N値の算定にあたっては、先端地盤から下に1d、上に1dの範囲のN値の平均値（d：改良コラム直径）とし、dは保守的にF1改良コラムの1.2mを適用する。（建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針—セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法—（日本建築センター））

ボーリング柱状図 No.1 による平均N値



$$\bar{N} = (0.186 \times 21 + 1.000 \times 26 + 1.000 \times 48 + 0.214 \times 12) / 2.4 = 33.53 \rightarrow 33 > 30 \text{ OK}$$

ボーリング柱状図 No. 2 による平均 N 値



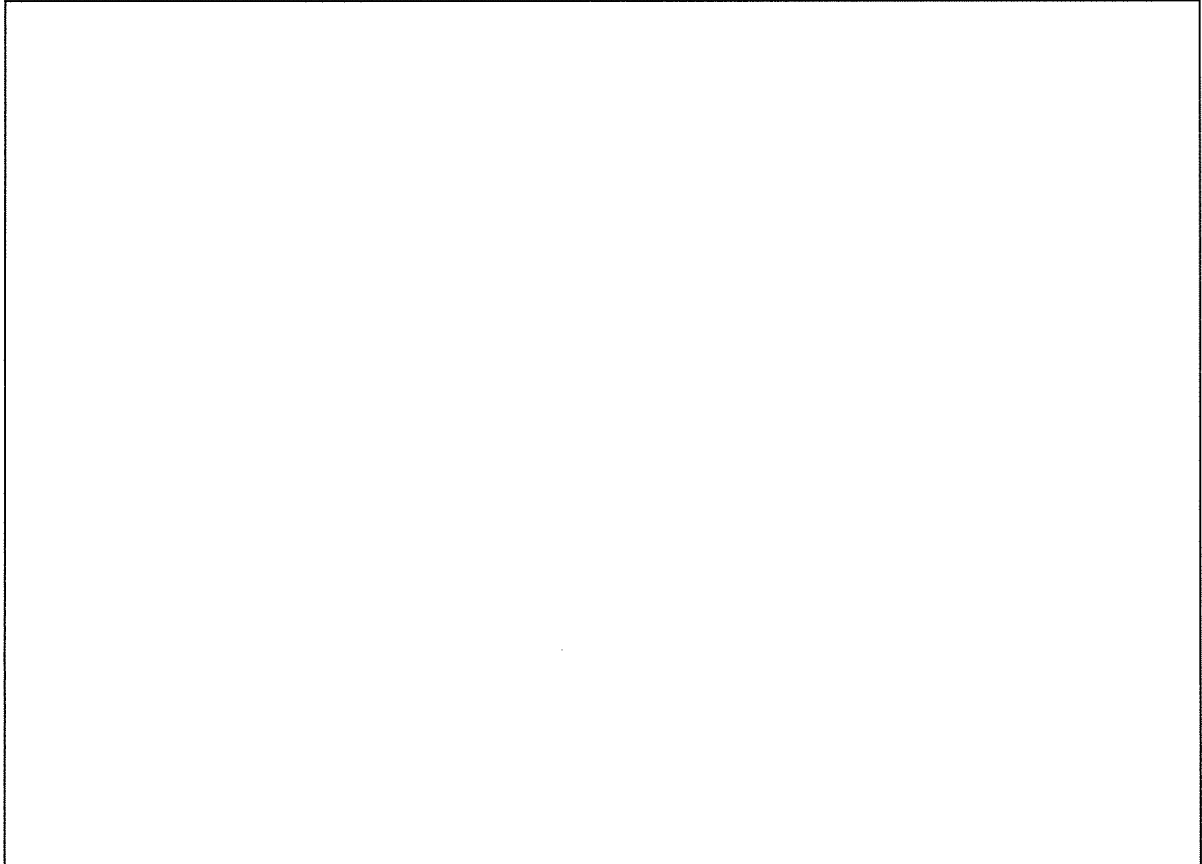
$$\bar{N} = (0.333 \times 11 + 1.000 \times 24 + 1.000 \times 94 + 0.067 \times 63) / 2.4 = 52.45 \rightarrow 52 > 30 \text{ OK}$$

Ⅲ. 工場棟 転換工場の原料倉庫地下ピット 耐震計算書

1. 転換工場原料倉庫地下ピットの概要

1.1. 位置

転換工場の原料倉庫地下ピットの設置位置を添説建 2-Ⅲ. 1. 1-1 図に示す。



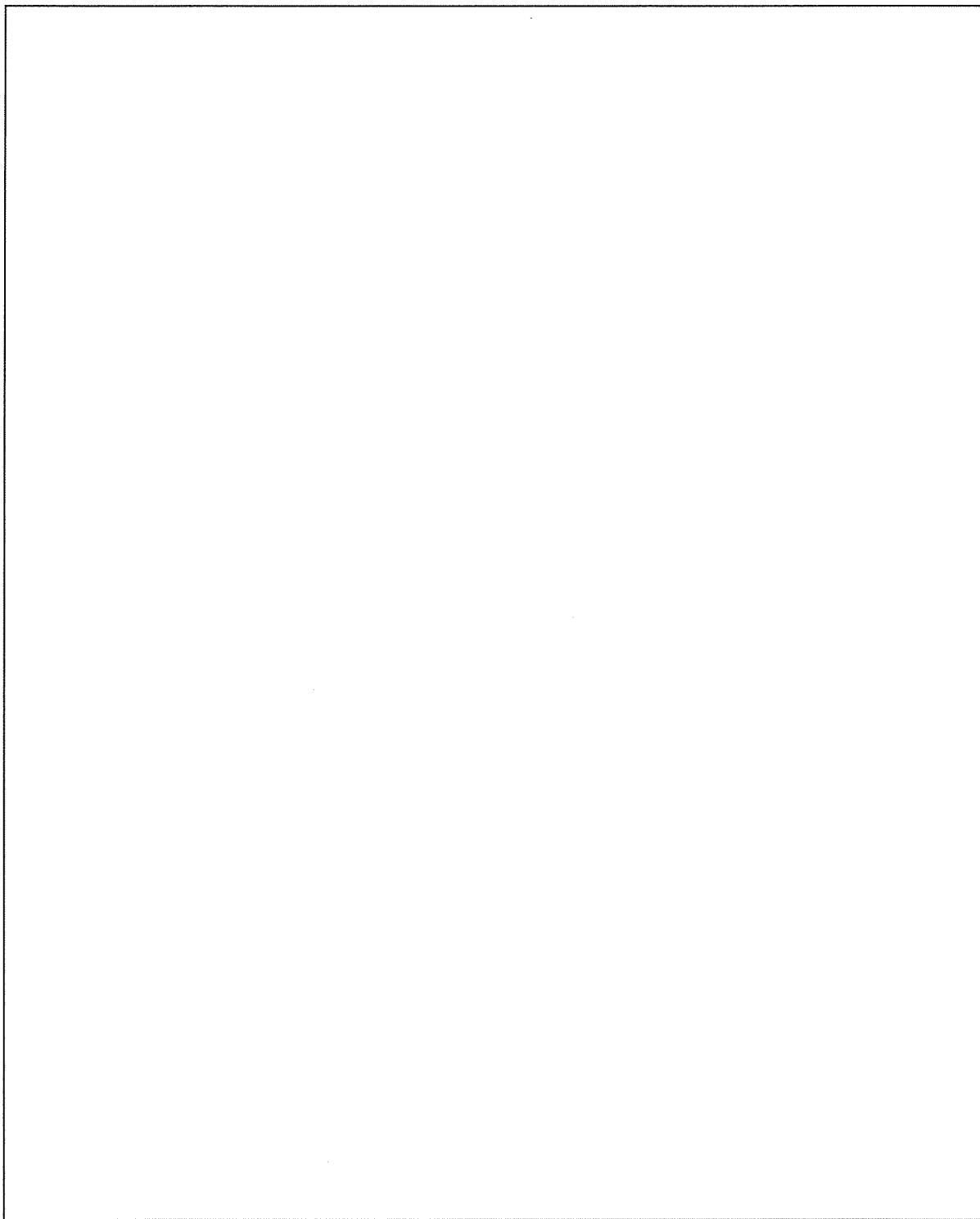
添説建 2-Ⅲ. 1. 1-1 図 配置図

1.2. 構造概要

原料倉庫地下ピットは、平面形状が主要部分で \square m \times \square m、深さ \square m の鉄筋コンクリート造であり、上部構造は無い。

原料倉庫地下ピットの平面図及び断面図を添説建 2-Ⅲ. 1. 2-1 図に示す。

注) 添付説明書の図に示す寸法の単位は、特記以外ミリメートルとする。



添説建 2-III. 1. 2-1 図 平面図及び断面図

2. 評価方法

2.1. 検討方針

検討は建築基準法及び施行令で規定された地震力により耐震性の評価を行い、建物の耐震安全性を確認するものとする。

なお、地下部分の地震力に対しては、短期の許容応力度を超えないことを確認する。(2015年版建築物の構造関係技術基準解説書)

2.2. 適用基準

検討は原則として、下記の関係基準に準拠する。

- 1) 建築基準法・同施行令・告示等
- 2) 日本産業規格 (JIS) (日本規格協会)
- 3) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (日本建築学会)
- 4) 鉄筋コンクリート構造計算用資料集 (日本建築学会)
- 5) 建築基礎構造設計指針 (日本建築学会)
- 6) 2015年版建築物の構造関係技術基準解説書 (建築研究所)
- 7) 建築物荷重指針・同解説 (日本建築学会)
- 8) 構造力学公式集 (土木学会)

3. 使用材料

原料倉庫地下ピットに使用されている材料及び許容応力度を添説建 2-III.3-1 表、添説建 2-III.3-2 表に示す。

添説建 2-III.3-1 表 コンクリートの許容応力度 (単位: N/mm²)

設計基準強度	長期		短期	
	圧縮	せん断	圧縮	せん断

添説建 2-III.3-2 表 鉄筋の許容応力度 (単位: N/mm²)

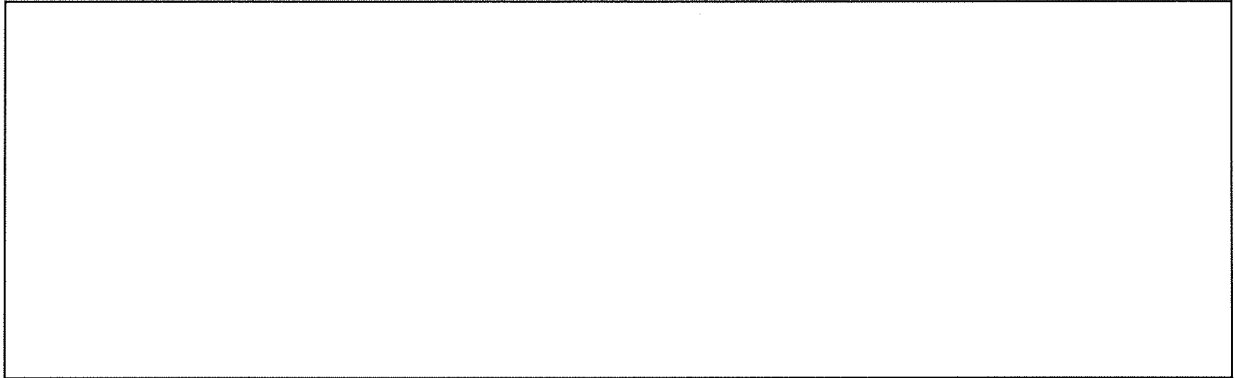
種別	使用範囲	長期		短期	
		引張・圧縮	せん断	引張・圧縮	せん断
SR24	壁、底版				

4. 原料倉庫地下ピットの耐震検討

4.1. 検討方法

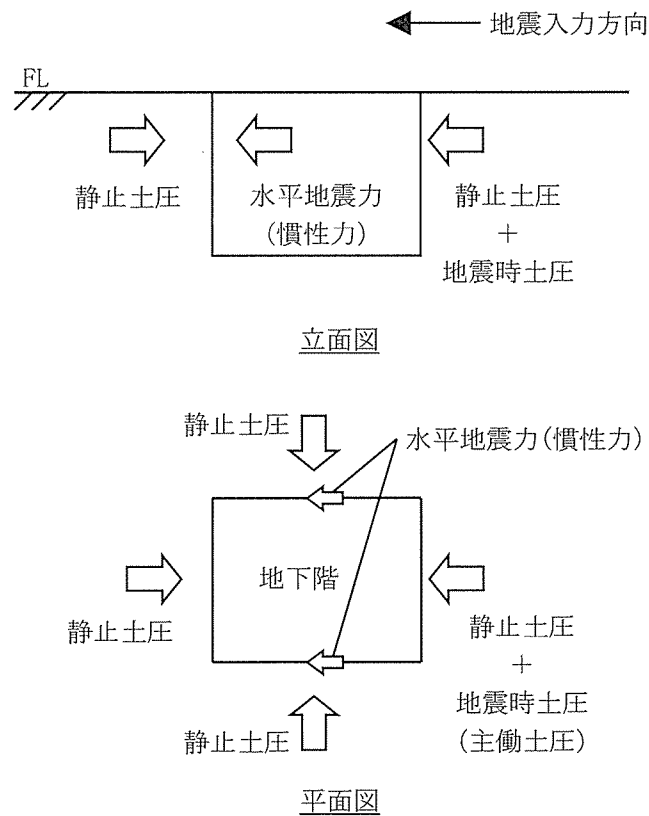
原料倉庫地下ピットの地震時の耐力評価は日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（以下「RC規準」と略記）に準拠する。

原料倉庫地下ピットの主要寸法を添説建 2-III. 4.1-1 図に示す。



添説建 2-III. 4.1-1 図 主要寸法と壁名称

地下部分にかかる水平地震力（慣性力）と土圧荷重の概念を添説建 2-III. 4.1-2 図に示す。



添説建 2-III. 4.1-2 図 荷重概念図

常時土圧（静止土圧）は周囲から中央に向けて作用するが、地震時土圧（主働土圧）は地震入力方向に対して直交する壁に作用する。また、原料倉庫地下ピット壁部に作用する水平地震力（慣性力）及び地震入力方向直交壁に作用する地震時土圧は全て地震力方向に対して平行な壁より地下ピット底版へ伝達されるものとする。ここでは、「静止土圧 + 地震時土圧」を受ける地震入力方向直交壁と「水平地震力（慣性力） + 地震時土圧」を底版へ伝達する地震入力方向平行壁に分けて検討する。

地下水については、発電機室の地盤ボーリング調査（添付説明書一建 2 II. 付属建物 発電機室 耐震計算書 参照）より、地下水位は地表面から深さ 3.2m～3.6m にあり、原料倉庫地下ピットの深さ約 2.0m に対して深く、また、降水により地下水位が FL まで上昇した場合であっても、外壁面に作用する地下水の水圧は地震時土圧より小さいことから、本検討においては水圧を考慮していない。

地下ピット底版に伝達された壁部の水平地震力、地震時土圧、底版部自体の重量に作用する水平地震力は、底版下面より地盤へ直接伝達されるものとする。

なお、壁 C については、直近の転換工場建物 15 通りに基礎梁及び基礎が平行に存在するため、静止土圧及び地震時土圧の作用が小さいことを考慮し、評価を省略する。

4.2. 水平地震力の算定

地下部分にある鉄筋コンクリート製ピットに作用する水平地震力 Q_2 は次式の水平震度により算定する。

$$Q_2 = n \times k \times W_{D2}$$

$$k \geq 0.1 \times (1 - H / 40) \times Z \quad (\text{建築基準法施行令第 88 条})$$

ここで

n : 耐震重要度に応じた割増係数 (=1.5)

k : 水平震度

W_{D2} : 鉄筋コンクリート製ピット壁部重量 (kN)

H : 地盤面からの深さ (20 を超えれば 20 とする。) (m)

Z : 地震地域係数 (1.0)

$$k = 0.1 \times (1 - H / 40) \times Z = 0.1 \times (1 - 0 / 40) \times 1.0 = 0.1$$

なお、水平震度 k は保守的に $H=0$ として算出する。

地下部分の地震時水平力は

$$Q_2 = n \times k \times W_{D2} = \boxed{} \text{ kN}$$

原料倉庫地下ピット壁部重量 (W_{D2}) による水平地震力を添説建 2-III. 4.2-1 表に示す。

添説建 2-III. 4.2-1 表 水平地震力

対象	壁部重量 W_{D2} (kN)	水平地震力 Q_2 (kN)
原料倉庫地下ピット		

4.3.土圧荷重

静止土圧荷重は基礎指針により以下となる。ピットに作用する静止土圧荷重を添説建 2-III. 4.3-1 図に、地震時土圧荷重を添説建 2-III. 4.3-2 図に示す。

$$P_0 = K_0 \times \gamma \times Z$$

ここで

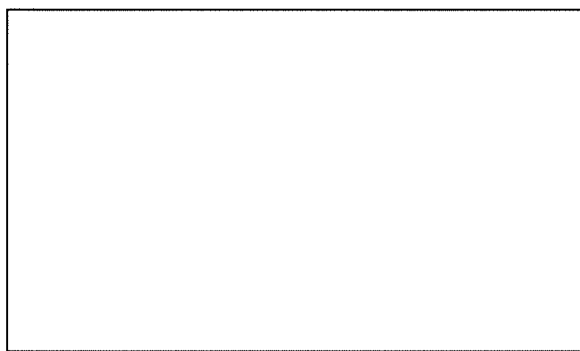
P_0 : 深さ Z における静止土圧 (kN/m^2)

K_0 : 静止土圧係数 (=)

γ : 土の単位体積重量 (kN/m^3) (建築物荷重指針・同解説 (日本建築学会))

Z : 地表面からの深さ (m)

$$P_{02} = \text{} \text{ kN/m}^2$$



添説建 2-III. 4.3-1 図 ピットに作用する静止土圧荷重

地震時土圧荷重は基礎指針に記載の物部の式を用いる。

地盤関連定数は転換工場のボーリング柱状図 (添付説明書一建 2-III 付録 1) を用いる。

ボーリング試験から抜粋した内容を添説建 2-III. 4.3-1 表に示す。

添説建 2-III. 4.3-1 表 ボーリング柱状図

深さ (m)	層厚 (m)	地質	標準貫入試験回数 N 値	重み付層厚 (m)	ピット深さ (m)
▽ 1.3					
▽ 2.3					
▽ 3.3					
▽ 4.4					
▽ 4.95					

N 値と重み付層厚から等価 N 値 (N_e) を算定する。

$$N_e = \text{}$$

土圧算定に用いる内部摩擦角は N 値を用いて基礎指針の大崎の式により算定する。

$$\phi = \text{}$$

土圧公式（物部式）による地震時土圧の算出

$$P_{EA} = \frac{1}{2} \times K_{EA} \times \gamma \times H^2$$

$$K_{EA} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \theta_k)}{\cos \theta_k \times \cos^2 \theta \times \cos(\delta + \theta + \theta_k) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \times \sin(\phi - \alpha - \theta_k)}{\cos(\theta - \alpha) \times \cos(\delta + \theta + \theta_k)}} \right\}^2}$$

P_{EA} : 地震時の主働土圧合力 (kN/m)

ϕ : 土の内部摩擦角 (度)

γ : 土の単位体積重量 (kN/m³)

H : 地下壁高さ (m)

θ : 地下壁と鉛直面のなす角 (度) (壁面が垂直⇒0)

δ : 壁面の摩擦角 (度) (保守的に考えて壁面摩擦を考慮しない⇒0)

α : 地表面傾斜角 (度) (地表が水平⇒0)

n : 耐震重要度に応じた割増係数 (=1.5)

k_h : 設計水平震度 (=0.1)

θ_k : 地震合成角 (度) $\theta_k = \tan^{-1}(n \times k_h) = \tan^{-1}(1.5 \times 0.1) = 8.54$

$K_{EA2} =$

=

$P_{EA2} =$ kN/m

地震時の土圧合力を通常の三角形分布と仮定する。

$$P_{EA2} = \frac{1}{2} \times W_{02} \times H_2$$

深さ H_2 における単位面積当たりの地震時土圧 W_{02} は

$$W_{02} = \frac{2 \times P_{EA2}}{H_2} =$$
 kN/m²

添説建 2-III. 4. 3-2 図 ピットに作用する地震時土圧荷重

4.4.コンクリート壁発生応力

(1) Y 方向地震時

1) 地震力方向直交壁 (壁 B、壁 D)

コンクリート壁に発生する応力は、ピット FL 高さに存在する溝形鋼床フレームの効果を保守的に考えて無視し、ピット上縁は自由辺として鉄筋コンクリート構造計算用資料集 (日本建築学会) の「等変分布荷重時 3 辺固定 1 辺自由スラブの応力算定図表」を用いる。(添付説明書一建 2-III 付録 2)

Y 方向地震時における地震力方向直交壁の土圧荷重による応力概念図を添説建 2-III. 4. 4-1 図に示す。

応力は全て単位幅 (1.0m) に対して算定する。



添説建 2-III. 4. 4-1 図 Y 方向地震時における地震力方向直交壁の土圧荷重による応力概念図

地震力方向直交壁には、静止土圧と地震時土圧が作用する。

$$w_2 = P_{02} + W_{02} = \boxed{} \text{ kN/m}^2$$

$$L_{x2} / H_2 = \boxed{}$$

$$M_{y1} = \beta \times w_2 \times H_2^2 = \boxed{} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

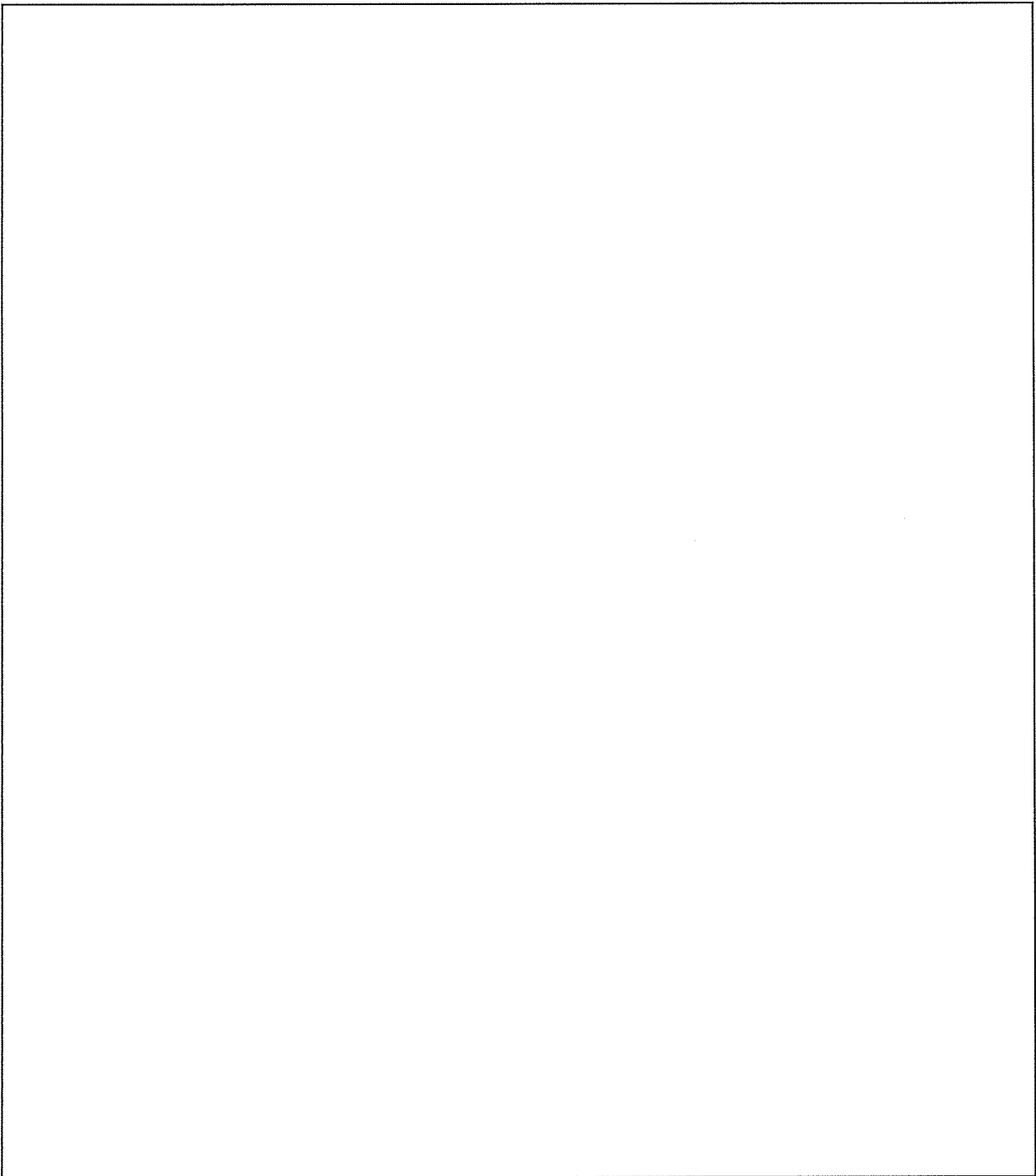
$$M_{y2 \text{ max}} = \beta \times w_2 \times H_2^2 = \boxed{} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{x1} = \beta \times w_2 \times H_2^2 = \boxed{} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{x2 \text{ max}} = \beta \times w_2 \times H_2^2 = \boxed{} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$M_{y1} > M_{y2 \text{ max}}$ より $M_{y2 \text{ max}}$ の評価は省略する。

上式の β の値は次頁の添説建 2-III. 4. 4-2 図より求める。



添説建 2-Ⅲ. 4. 4-2 図 3 辺固定 1 辺自由スラブの応力算定図表

2) 地震力方向平行壁 (壁 A)

水平地震力 (慣性力) と地震時土圧は、2 対の平行壁が均等に全て負担するものとし、静止土圧によるせん断力も保守的に考えて単純加算して算定する。

水平地震力 (慣性力) + 地震時土圧 + 静止土圧 = S_{21}

$$S_{21} = \frac{1}{2} \times Q_2 + \frac{1}{2} \times P_{EA2} \times L_{X2} + \frac{1}{2} \times P_{O2} \times L_{Y2} \times H_2$$

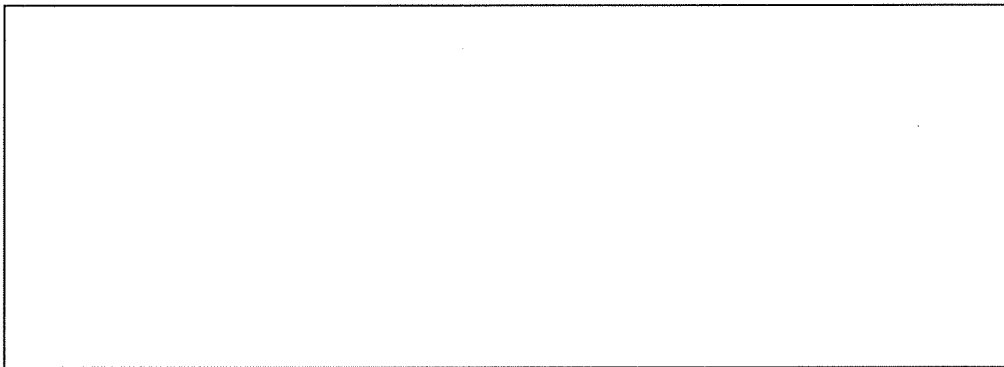
= kN

(2) X 方向地震時

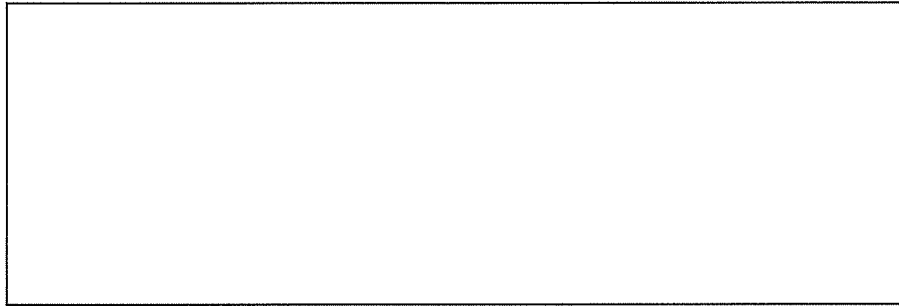
1) 地震力方向直交壁 (壁 A)

コンクリート壁に発生する応力は、ピット FL 高さ存在する溝形鋼床フレームの効果を考慮し、構造力学公式集 (土木学会) の「等変分布荷重を受ける相対 2 辺単純支持、他の 2 辺固定板の応力算定表」と「等変分布荷重を受ける 3 辺単純支持、1 辺固定板の応力算定表」を用いる。(添付説明書一建 2-III 付録 3)

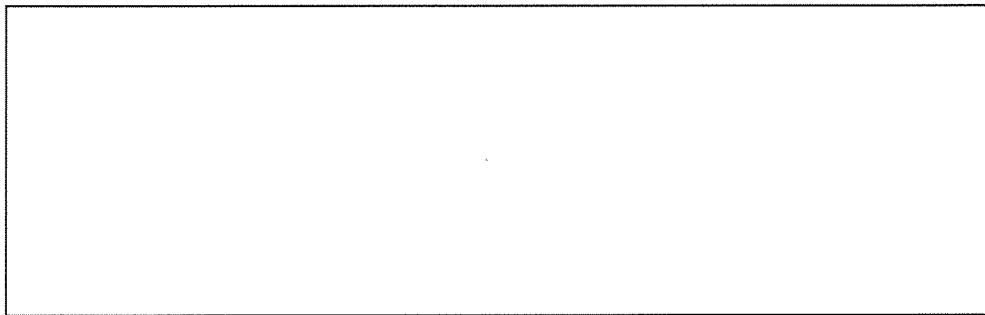
溝形鋼床フレームは、原料倉庫床レベルに合わせて地下ピット壁頂部に設置された床で、縞鋼板 $t=□$ mm を $□$ の格子で補剛した構造である。この格子構造の床フレームは、中央スラブとともに壁 A 頂部を支持し、壁 A 高さ上半分に作用する水平力を床フレーム両端部の壁 B、中央部壁、壁 D より底版へ伝達するため、壁 A 頂部は単純支持とした板モデルの応力算定表を適用する。



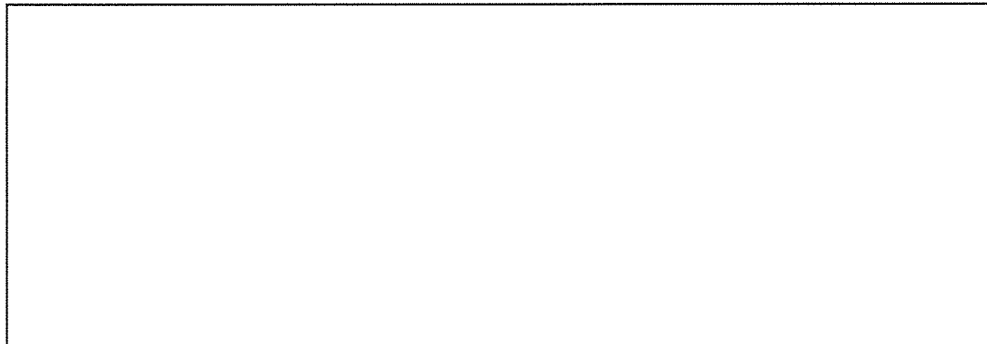
壁 A は、深さ 2.0m に対して、幅 11.2m 幅深さ比が大きいため、壁一般部左右端及び壁中央部の発生曲げモーメントの算出には、「相対 2 辺単純支持、他の 2 辺固定板の応力算定表」を用い、底部下端の発生曲げモーメントの算出には「3 辺単純支持、1 辺固定板の応力算定表」を用いるものとする。X 方向地震時における地震力方向直交壁の土圧荷重による応力概念図を添説建 2-III. 4. 4-3 図に示す。応力は全て単位幅 (1.0m) に対して算定する。



「相対 2 辺単純支持、他の 2 辺固定板」



「3 辺単純支持、1 辺固定板」



添説建 2-III. 4. 4-3 図 X 方向地震時における地震力方向直交壁の土圧荷重による応力概念図

壁 A 底部下端の曲げモーメント

$$M'_{x3} = \frac{(1 - \nu_1 \nu_2) \times M_{x3} + (\nu_2 - \nu_1) \times M_{y3}}{1 - \nu_1^2}$$

=

= kN・m/m

ここに

$M_{x3} =$ kN・m/m

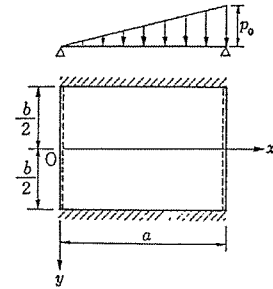
$M_{y3} =$ kN・m/m

$\nu_1 =$

$M'_{y1} > M'_{y2}$ より M'_{y2} の評価は省略する。

添説建 2-III. 4. 4-1 表

等変分布荷重を受ける相対 2 辺単純支持、他の 2 辺固定板のモーメント ($\nu_1=0.3$)



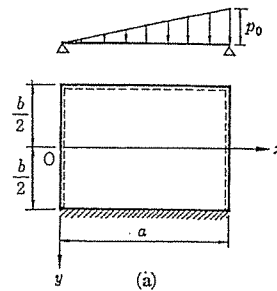
$\frac{b}{a}$	$x=a/2, y=0$		$x=3a/4, y=0$		$x=a/2, \nu=\pm b/2$	$x=3a/4, \nu=\pm b/2$	係 数
	M_x	M_y	M_x	M_y	M_y	M_y	
							$p_0 b^2$ $p_0 b^2$ $p_0 a^2$ $p_0 a^2$ $p_0 a^2$ $p_0 a^2$ $p_0 a^2$

添説建 2-Ⅲ. 4. 4-2 表

等変分布荷重を受ける 3 辺単純支持、1 辺固定板のたわみ及びモーメント ($\nu_1=0.3$)

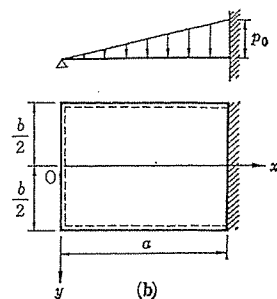
荷重状態 (a) の場合

$\frac{b}{a}$	$(M_y)_{y=b/2}$			係 数
	$x=a/4$	$x=a/2$	$x=3/4 a$	
∞	-0.039	-0.062	-0.055	$p_0 a^2$
2	-0.038	-0.061	-0.053	$p_0 a^2$
3/2	-0.034	-0.056	-0.050	$p_0 a^2$
1	-0.025	-0.042	-0.040	$p_0 a^2$
2/3	-0.030	-0.056	-0.060	$p_0 b^2$
1/2	-0.031	-0.061	-0.073	$p_0 b^2$
0	-0.031	-0.062	-0.094	$p_0 b^2$



荷重状態 (b) の場合

b/a	$(w)_{x=a/2, y=0}$	係 数	$(M_x)_{x=a/2, y=0}$	$(M_y)_{x=a/2, y=0}$	$(M_x)_{x=a, y=0}$	係 数
						$p_0 a^2$
						$p_0 a^2$
						$p_0 a^2$
						$p_0 a^2$
						$p_0 b^2$
						$p_0 b^2$
						$p_0 b^2$



2) 地震力方向平行壁 (壁 B、壁 D)

水平地震力 (慣性力) と地震時土圧は、保守的に考えて 2 対の平行壁が均等に全て負担するものとし、静止土圧によるせん断力も保守的に考えて単純加算して算定する。

水平地震力 (慣性力) + 地震時土圧 + 静止土圧 = S_{22}

$$S_{22} = \frac{1}{2} \times Q_2 + \frac{1}{2} \times P_{EA2} \times L_{V2} + \frac{1}{2} \times P_{02} \times L_{X2} \times H_2$$

= kN

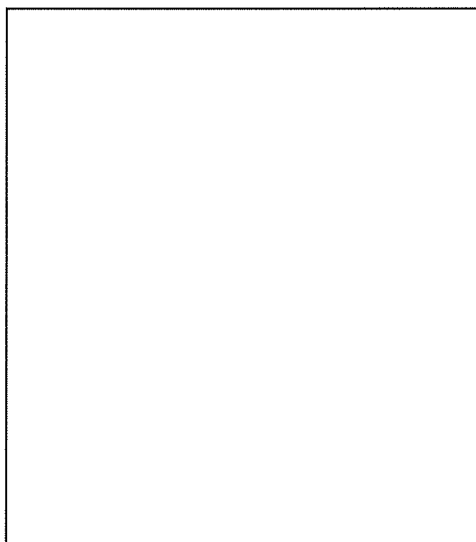
4.5.コンクリート壁検討条件

(1) コンクリート壁の配筋

ピットの各コンクリート壁の配筋は添説建 2-III.4.5-1 表の通り。

添説建 2-III.4.5-1 表 コンクリート壁の配筋位置による引張鉄筋断面積

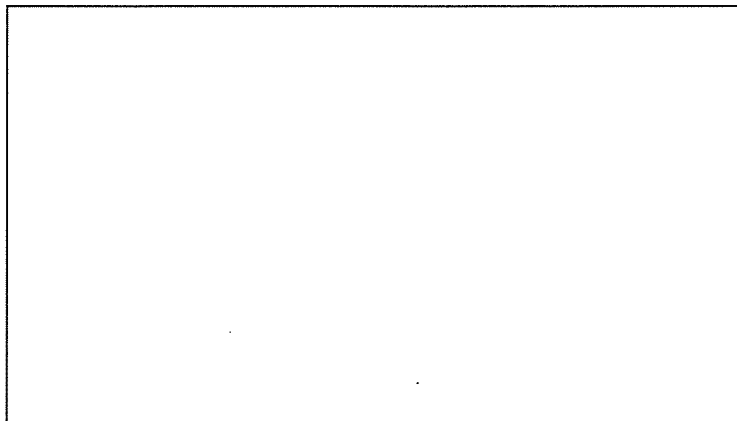
地震力方向	地震力方向直交壁位置	配筋位置		引張鉄筋 配筋 鉄筋径 ϕ (mm) - @ピッチ (mm)	単位幅当たり 引張鉄筋断面積 (mm^2)
		縦筋	横筋		
X 方向	壁 A	縦筋	一般部		
			底部		
		横筋	一般部		
			底部		
	壁 C	縦筋	一般部		
			底部		
横筋		一般部			
		底部			
Y 方向	壁 B	縦筋	一般部		
			底部		
	壁 D	横筋	一般部		
			底部		



15 通り基礎、基礎梁が直近に存在するため、静止土圧及び地震時土圧の作用が小さい壁 C については、評価を省略する。

(2) コンクリート壁厚

コンクリート壁厚さは、 mmとして評価する。コンクリート壁厚と位置名称を添説建 2-Ⅲ.4.5-1 図に示す。



添説建 2-Ⅲ.4.5-1 図 コンクリート壁厚と位置

4.6. 検討結果

地震時に各コンクリート壁に発生する単位幅当たりの応力に対して、許容応力との検定比にて評価する。

(1) Y 方向地震時の検討

1) 地震力方向直交壁

「静止土圧 + 地震時土圧」による発生曲げモーメントに対して評価を行う。

コンクリート壁の短期許容曲げモーメントは、RC 規準 (13.1) 式より算定する。

コンクリート壁断面と応力関係図を添説建 2-III. 4.6-1 図に、「静止土圧 + 地震時土圧」による曲げモーメント評価を添説建 2-III. 4.6-1 表に示す。

$$M_a = a_t \times f_t \times j$$

M_a : 短期許容曲げモーメント (kN・m)

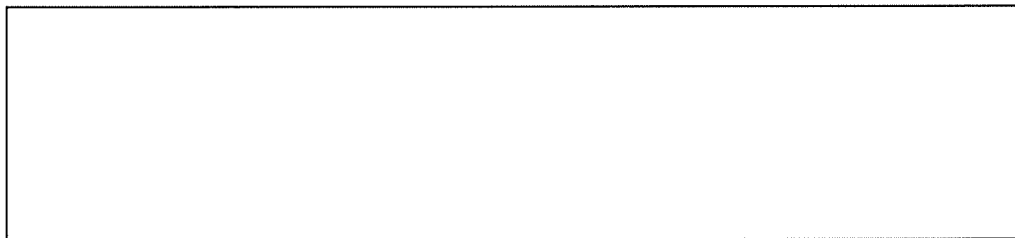
a_t : 引張鉄筋の断面積 (mm²)

f_t : 引張鉄筋の短期許容応力度 (=235 N/mm²)

j : 応力中心距離 (mm) (= (7/8) × d)

d : 有効せい (mm)

d_t : かぶり厚 (mm)



添説建 2-III. 4.6-1 図 コンクリート壁断面と応力関係図

添説建 2-III. 4.6-1 表

「静止土圧 + 地震時土圧」による曲げモーメント評価 (単位幅当たり) (Y 方向地震力)

地震力方向 直交壁位置	発生曲げ モーメント M (kN・m/m)	引張鉄筋		コンク リート 壁厚 t (mm)	有効 せい d (mm)	応力 中心 距離 j (mm)	短期許容 曲げ モーメント M _a (kN・m/m)	検定比 M/M _a	判定
		断面積 a _t (mm ²)	短期許容 応力度 f _t (N/mm ²)						
壁 B 壁 D	一般部 左右端								OK
	一般部 中央								OK
	底部 下端								OK

2) 地震力方向平行壁

「水平地震力（慣性力）＋ 地震時土圧 ＋ 静止土圧」により、地震力方向平行壁に発生するせん断力に対して評価を行う。

コンクリート壁の短期許容せん断力は、以下にて算定する。

「水平地震力（慣性力）＋ 地震時土圧 ＋ 静止土圧」によるせん断評価を添説建 2-III. 4. 6-2 表に示す。

$$S_a = f_s \times t \times L_{Y2}$$

S_a : 短期許容せん断力 (kN)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度 (=1.02 N/mm²)

t : コンクリート壁厚 (mm)

L_{Y2} : ピットの地震力方向長さ (mm)

添説建 2-III. 4. 6-2 表

「水平地震力（慣性力）＋ 地震時土圧 ＋ 静止土圧」によるせん断評価（Y方向地震力）

地震力方向平行壁位置	発生せん断力	短期許容せん断応力度	コンクリート壁厚	ピットの地震力方向長さ	短期許容せん断力	検定比	判定
	S_{21} (kN)	f_s (N/mm ²)	t (mm)	L_{Y2} (mm)	S_a (kN)	S_{21}/S_a	
壁 A 底部 下端							OK

以上より、原料倉庫地下ピットは、Y方向地震力に対して安全である。

(2) X方向地震時の検討

1) 地震力方向直交壁

(1)と同様の検討結果を添説建 2-III. 4. 6-3 表に示す。

添説建 2-III. 4. 6-3 表

「静止土圧 ＋ 地震時土圧」による曲げモーメント評価（単位幅当たり）（X方向地震力）

地震力方向直交壁位置	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	引張鉄筋		コンクリート壁厚 t (mm)	有効せい d (mm)	応力中心距離 j (mm)	短期許容曲げモーメント M_a (kN・m/m)	検定比 M/M_a	判定
		断面積 a_t (mm ²)	短期許容応力度 f_t (N/mm ²)						
壁 A	一般部 左右端								OK
	一般部 中央								OK
	底部 下端								OK

※1：横筋ピッチ変化のため、一般部と底部の平均値とした。

2) 地震力方向平行壁

(1)と同様の検討結果を添説建 2-III. 4. 6-4 表に示す。

添説建 2-III. 4. 6-4 表

「水平地震力（慣性力）+ 地震時土圧 + 静止土圧」によるせん断評価（X方向地震力）

地震力 方向平行 壁位置		発生 せん断力 S_{22} (kN)	短期許容 せん断応力度 f_s (N/mm ²)	コンクリート 壁厚 t (mm)	ピットの 地震力方向長さ L_{X2} (mm)	短期許容 せん断力 S_a (kN)	検定比 S_{22}/S_a	判定
壁 B 壁 D	底部 下端							OK

以上より、原料倉庫地下ピットは、X方向地震力に対して安全である。

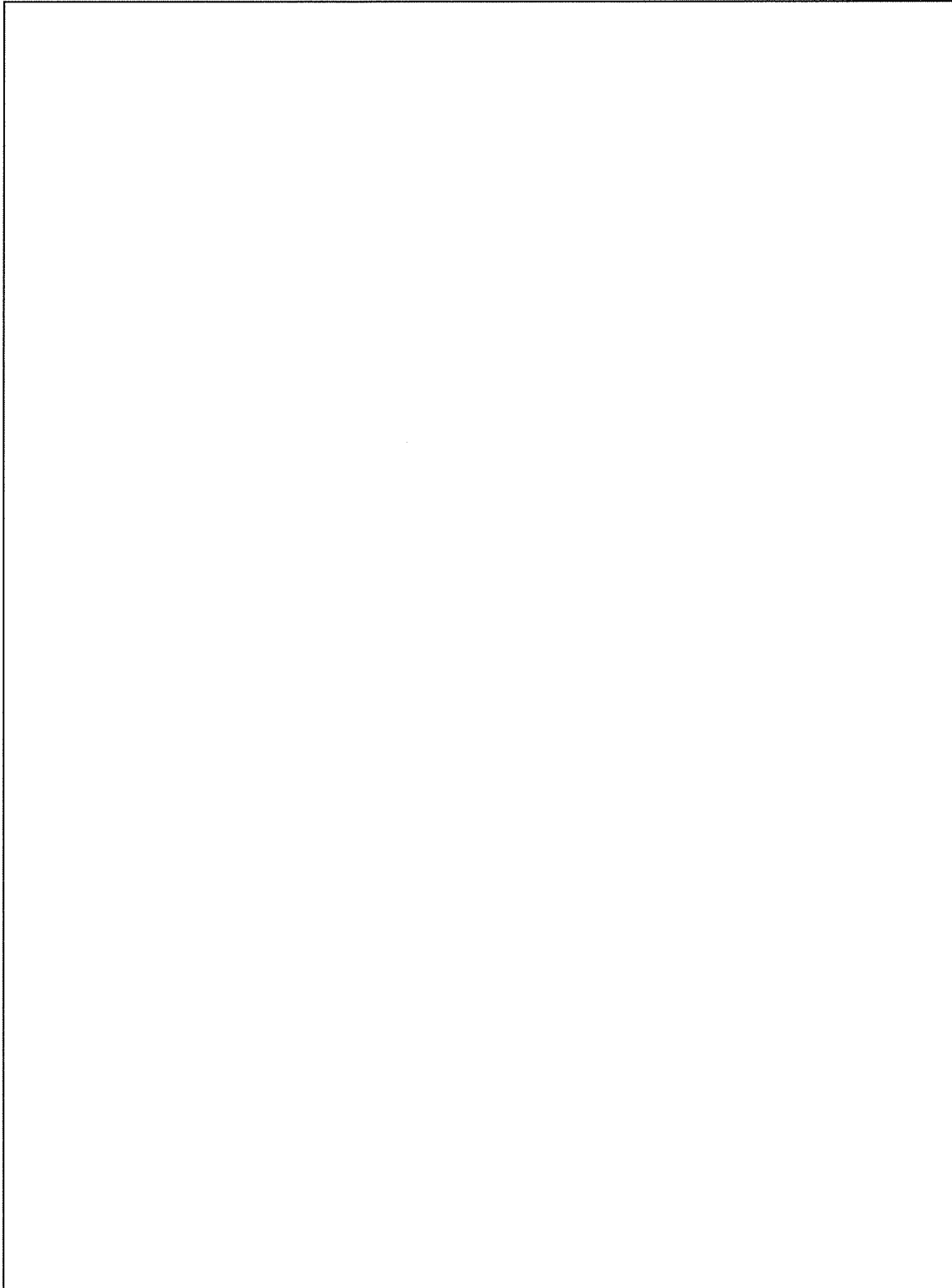
5. 地下ピット底版の強度検討

5.1 強度検討の対象設備機器

地下ピット底版の強度評価対象となる設備機器及び耐震解析により算出した底版に作用する設計反力は以下の通り。

設備機器名 : 蒸発器(1)-A

設計用水平震度 k_H : 1.0 (耐震重要度分類第1類)



5.2.長期荷重による評価

(1) 地下ピット底版の支持性能評価

蒸発器(1)-A のベースプレート設置面に作用する長期荷重と底版コンクリート許容圧縮荷重の比較を以下に示す。

長期支点反力 V_S (kN)	:	<input type="text"/>
ベースプレート面積 A (mm ²)	:	$a \times b =$ <input type="text"/>
底版コンクリート設計基準強度 F_C (N/mm ²)	:	<input type="text"/>
底版コンクリートの長期許容圧縮応力度 f_{c1} (N/mm ²)	:	$F_C / 3 =$ <input type="text"/>
グラウト厚さ t_M (mm)	:	<input type="text"/>
グラウト単位体積重量 γ_M (kN/m ³)	:	<input type="text"/> (保守的にコンクリート相当とした)
グラウト重量 W_M (kN)	:	$A \times t_M \times \gamma_M$
	=	<input type="text"/>
	=	<input type="text"/>

底版コンクリート上面作用荷重

$$V_S' = V_S + W_M = \text{} \text{ kN}$$

底版コンクリートの長期許容圧縮荷重

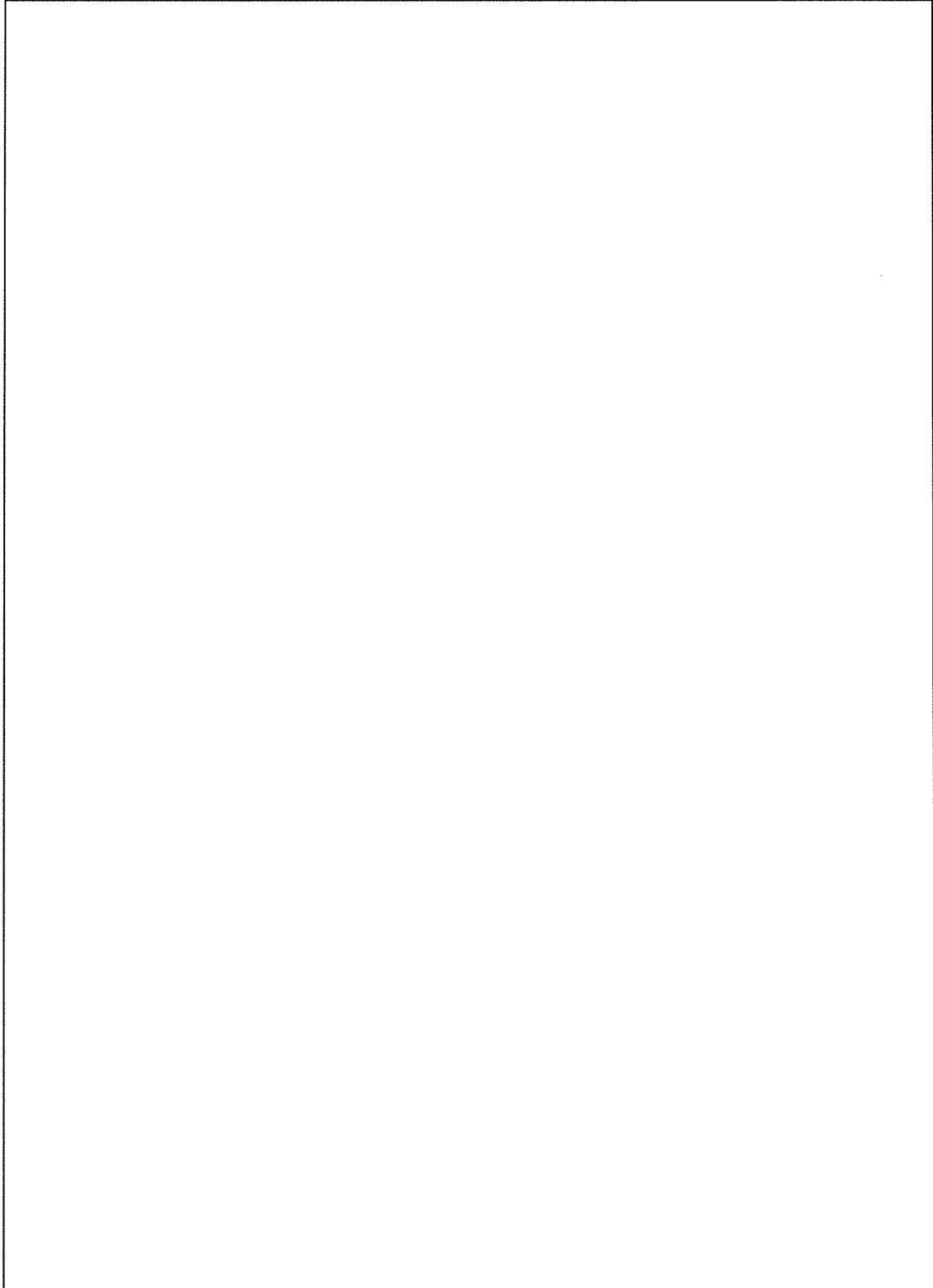
$$Q_{S1} = f_{c1} \times A = \text{} \text{ kN}$$

$$V_S' / Q_{S1} = \text{}$$

以上より、底版コンクリートの長期許容圧縮荷重は、設備機器支点反力を上回っていることを確認した。

(2) ローム層の支持性能評価

蒸発器(1)-A の長期支点反力が底版コンクリート、砕石層を介して直下のローム層に伝達されるものとする。



底版コンクリート荷重分散図

長期荷重時ローム層評価対象面積 S_0 (m²) :

コンクリート単位体積重量 γ_c (kN/m³) :

底版コンクリート厚さ t_c (mm) :

底版コンクリート単位面積重量 γ_{ca} (kN/m²) : $\gamma_c \times t_c =$ =

底版コンクリート重量 W_c (kN) : $S_0 \times \gamma_{ca} =$ =

砕石単位体積重量 γ_s (kN/m³) : (建築物荷重指針・同解説 日本建築学会)

砕石厚さ t_s (mm) :

砕石単位面積重量 γ_{sa} (kN/m²) : $\gamma_s \times t_s =$ =

砕石重量 W_s (kN) : $S_0 \times \gamma_{sa} =$ =

評価対象面積に作用する

設備ベースプレート個数 n_0 (個) :

評価対象面積に作用する設備重量 W' (kN) : $V_s' \times n_0 =$ =

ローム層の長期に生じる力に

対する許容応力度 σ_{c1} (kN/m²) : (建築基準法施行令第93条)

ローム層の評価対象面積に作用する長期荷重

$V_{0S} = W_c + W_s + W' =$ kN

ローム層の長期荷重による圧縮応力度

$\sigma_s = V_{0S} / S_0 =$ kN/m²

ローム層の長期に生じる力に対する許容荷重

$Q_{S2} = \sigma_{c1} \times S_0 =$ kN

$V_{0S} / Q_{S2} =$

以上より、ローム層の長期に生じる力に対する許容荷重は、設備機器支点反力を上回っていることを確認した。

5.3.短期荷重による評価

(1) 地下ピット底版の支持性能評価

前項で用いた蒸発器(1)-A のベースプレート設置面に作用する短期荷重と底版コンクリート許容圧縮荷重の比較を以下に示す。

$$\begin{aligned} \text{ベースプレート 1 箇所当りの支点反力 } V_E (\text{kN}) & : \boxed{} \\ \text{底版コンクリート短期許容圧縮応力度 } f_{c2} (\text{N/mm}^2) & : f_{c1} \times 2.0 = \boxed{} \end{aligned}$$

底版コンクリート上面作用荷重

$$V_E' = V_E + W_M = \boxed{} \text{ kN}$$

底版コンクリート短期許容圧縮荷重

$$Q_{E1} = f_{c2} \times A = \boxed{} \text{ kN}$$

$$V_E' / Q_{E1} = \boxed{}$$

以上より、底版コンクリート短期許容圧縮荷重は、設備に耐震重要度分類第1類の地震力(1.0G)が作用した場合の支点反力を上回っていることを確認した。

(2) ローム層の支持性能評価

蒸発器(1)-A の短期支点反力が底版コンクリート、砕石層を介して直下のローム層に伝達されるものとする。支点反力の伝達に対しては、長期荷重の検討時と同等の荷重分散効果を考慮する。

$$\begin{aligned} \text{短期荷重時ローム層評価対象面積 } S_0 (\text{m}^2) & : \boxed{} \\ \text{ローム層の短期に生じる力に} \\ \text{対する許容応力度 } \sigma_{c2} (\text{kN/m}^2) & : \boxed{} \text{ (建築基準法施行令第93条)} \end{aligned}$$

評価対象面積に作用する地震時荷重

$$V_E'' = V_E - V_S = \boxed{} \text{ kN}$$

ローム層の短期荷重による圧縮応力度

$$\sigma_E = V_E'' / S_0 = \boxed{} \text{ kN/m}^2$$

ローム層の評価対象面積に作用する短期荷重

$$V_{0E} = (\sigma_E + \sigma_S) \times S_0 = \boxed{} \text{ kN}$$

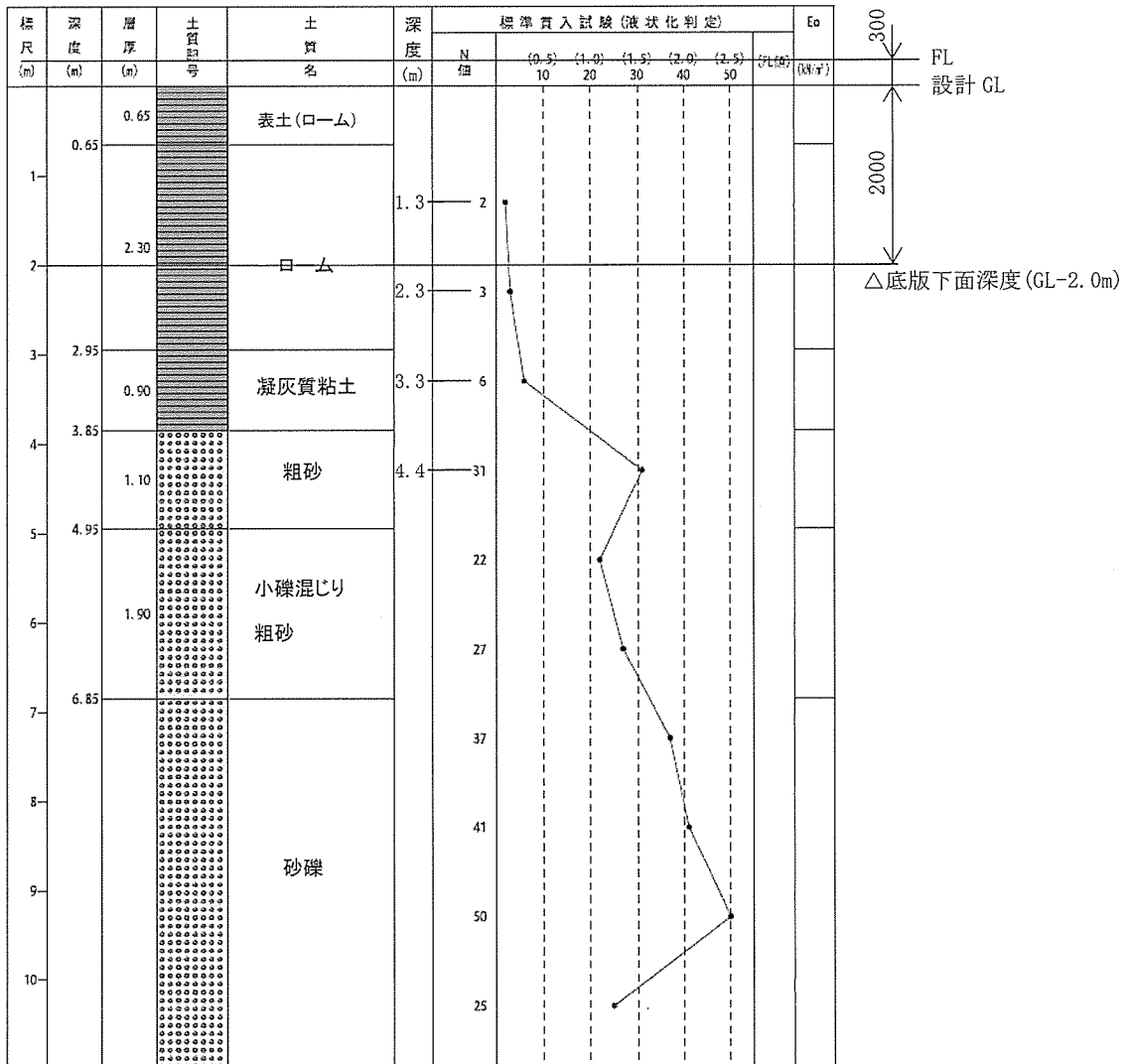
ローム層の短期に生じる力に対する許容荷重

$$Q_{E2} = \sigma_{c2} \times S_0 = \boxed{} \text{ kN}$$

$$V_{0E} / Q_{E2} = \boxed{}$$

以上より、ローム層の短期に生じる力に対する許容荷重は、設備に耐震重要度分類第1類の地震力(1.0G)が作用した場合の支点反力を上回っていることを確認した。

ボーリング柱状図



鉄筋コンクリート構造計算用資料集（日本建築学会）
 等変分布荷重時 3 辺固定 1 辺自由スラブの応力算定図表

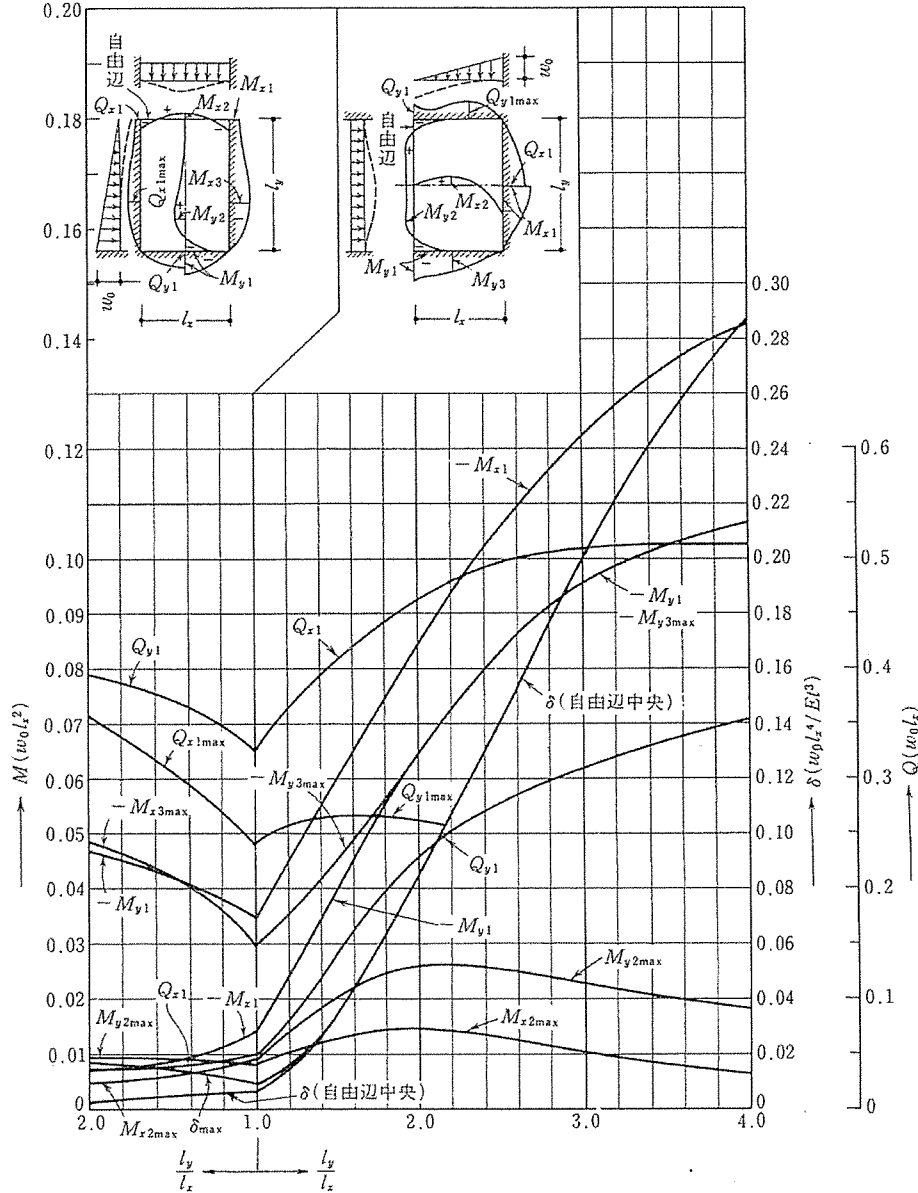


図 6.4 等変分布荷重時 3 辺固定 1 辺自由スラブの応力図と自由辺中央のたわみ¹⁾ ($\nu=0$)

上算定図表は、鉄筋コンクリート構造計算用資料集（日本建築学会）からの出典であり、ポアソン比 $\nu=0$ として計算されたものである。上記資料集に記載されている本図表の参考文献では、鉄筋コンクリートのポアソン比とした場合、正方形板中心の曲げモーメントで危険側に 15%程度の誤差が生じるとの記載とともに、工学的に扱うときは一般的に鉄筋コンクリートのポアソン比を 0 と仮定しても差し支えない場合が多いとも記載されている。本書の検討においては、ポアソン比の影響を受ける一般部中央の発生曲げモーメントは小さく、危険側誤差を考慮したとしても鉄筋コンクリート壁の強度は十分な裕度を持っているため、ポアソン比 $\nu=0$ の算定図表をそのまま適用するものとした。

構造力学公式集（土木学会）

相対 2 辺単純支持、他の 2 辺が固定である応力算定表

3 辺単純支持、1 辺が固定である応力算定表

等分布荷重，等変分布荷重，集中荷重などを受ける各種の形状および支持条件をもつ長方形板のたわみ，モーメントの値を 表 10.6 に示す^{1),2)}。

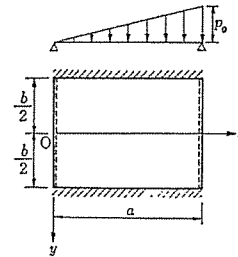
これらの表を利用するとき，もし求めようとする平板の辺長比 (b/a) が表にない場合は，隣接する辺長比に対する値を求め，線形補間によって計算することで実用的には十分である。またこの表では，ポアソン比 (ν) を 0.3, 1/6 または 0 と仮定した計算値が示されているが，これらの値以外のポアソン比に対しては，次式を用いて修正すれば実用的には十分である。

$$M_{x2} = \frac{(1-\nu_1\nu_2)M_{x1} + (\nu_2-\nu_1)M_{y1}}{1-\nu_1^2} \dots\dots\dots(10.112)$$

$$M_{y2} = \frac{(\nu_2-\nu_1)M_{x1} + (1-\nu_1\nu_2)M_{y1}}{1-\nu_1^2} \dots\dots\dots(10.113)$$

ここに， ν_1, M_{x1}, M_{y1} は表に示されたポアソン比およびモーメントであり， ν_2, M_{x2}, M_{y2} は求めようとする平板のポアソン比およびモーメントである。

表 10.6 (e) 等変分布荷重を受ける相対 2 辺単純支持，他の 2 辺固定板のモーメント ($\nu=0.3$)³⁾

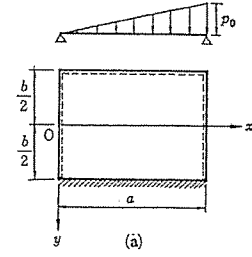


$\frac{b}{a}$	$x=a/2, y=0$		$x=3a/4, y=0$		$x=a/2,$ $y=\pm b/2$	$x=3a/4,$ $y=\pm b/2$	係 数
	M_x	M_y	M_x	M_y	M_y	M_y	
0.50	0.007	0.021	0.018	0.029	-0.042	-0.062	$p_0 b^2$
0.75	0.011	0.020	0.018	0.021	-0.040	-0.045	$p_0 b^2$
1.00	0.013	0.017	0.017	0.015	-0.035	-0.035	$p_0 a^2$
1.25	0.021	0.021	0.024	0.019	-0.045	-0.043	$p_0 a^2$
1.50	0.030	0.023	0.031	0.020	-0.051	-0.048	$p_0 a^2$
2.00	0.043	0.024	0.042	0.020	-0.060	-0.053	$p_0 a^2$
∞	0.053	0.019	0.055	0.017	-0.063	-0.055	$p_0 a^2$

表 10.6 (g) 等変分布荷重を受ける3辺単純支持, 1辺固定板のたわみおよびモーメント ($\nu=0.3$)¹⁾

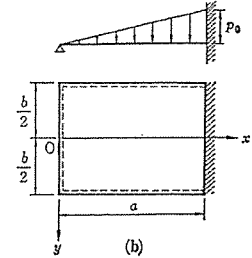
荷重状態 (a) の場合

$\frac{b}{a}$	$(M_y)_{y=b/2}$			係 数
	$x=a/4$	$x=a/2$	$x=3/4 a$	
∞	-0.039	-0.062	-0.055	$p_0 a^2$
2	-0.038	-0.061	-0.053	$p_0 a^2$
3/2	-0.034	-0.056	-0.050	$p_0 a^2$
1	-0.025	-0.042	-0.040	$p_0 a^2$
2/3	-0.030	-0.056	-0.060	$p_0 b^2$
1/2	-0.031	-0.061	-0.073	$p_0 b^2$
0	-0.031	-0.062	-0.094	$p_0 b^2$



荷重状態 (b) の場合

b/a	$(w)_{x=a/2, y=0}$	係 数	$(M_x)_{x=a/2, y=0}$	$(M_y)_{x=a/2, y=0}$	$(M_x)_{x=a, y=0}$	係 数
∞	0.0024	$p_0 a^4/D$	0.029	0.009	-0.067	$p_0 a^2$
2	0.0023	$p_0 a^4/D$	0.029	0.011	-0.063	$p_0 a^2$
3/2	0.0019	$p_0 a^4/D$	0.026	0.013	-0.061	$p_0 a^2$
1	0.0013	$p_0 a^4/D$	0.019	0.016	-0.048	$p_0 a^2$
2/3	0.0030	$p_0 b^4/D$	0.028	0.034	-0.071	$p_0 b^2$
1/2	0.0045	$p_0 b^4/D$	0.024	0.046	-0.084	$p_0 b^2$
0	0.0065	$p_0 b^4/D$	0.019	0.062	-0.125	$p_0 b^2$



IV. 工場棟及び付属建物 飛散防止用防護ネット耐震計算書

1. 概要

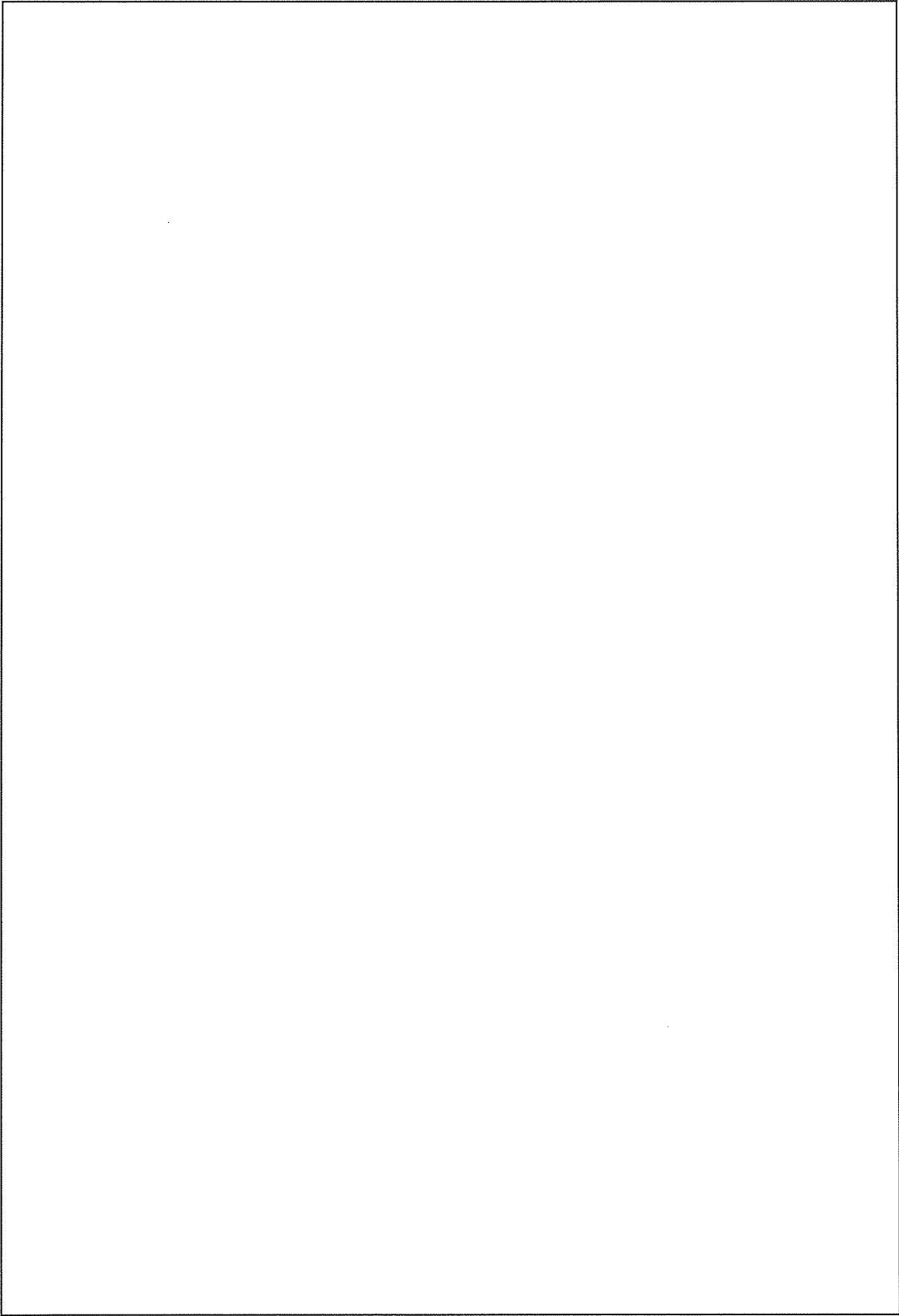
工場棟（転換工場、成型工場、組立工場）及び隣接する付属建物（除染室・分析室、第2核燃料倉庫前室）、放射線管理棟（一部）は、折板屋根もしくはALC屋根である。折板屋根及びALC屋根は、竜巻防護設計の竜巻である藤田スケールのF1の最大風速49m/sに対しては、安全機能を損なうことがないように、竜巻荷重を上回る強度を有する設計であるが、更なる安全裕度の向上策の確認として用いる藤田スケールのF3の最大風速92m/sに対しては、同建物の屋根が損傷することから、建物内に設置される設備・機器等の建物外部への飛散を防止するため、建物の屋根の下に飛散防止用防護ネット（以下、防護ネットという。）を設置する。

また、転換工場においては、屋根下に配置されるダクトの落下による設備・機器等の損傷対策としての防護ネットを設け、二重に防護ネットを敷設する。

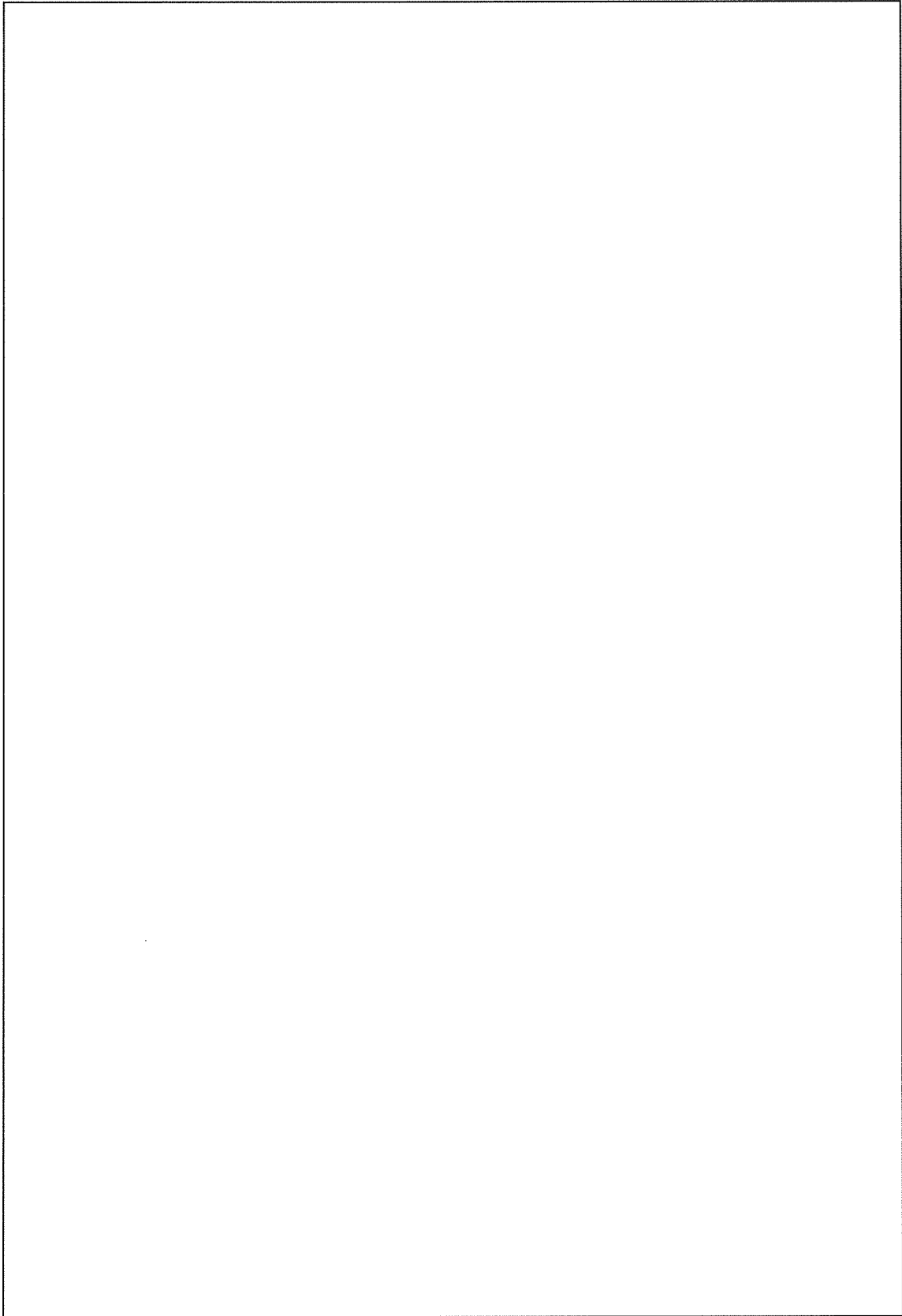
本説明書では、設置された防護ネットに対し、耐震強度検討を実施し、防護ネットが地震時に健全であることを確認する。

2. 防護ネットの設置位置

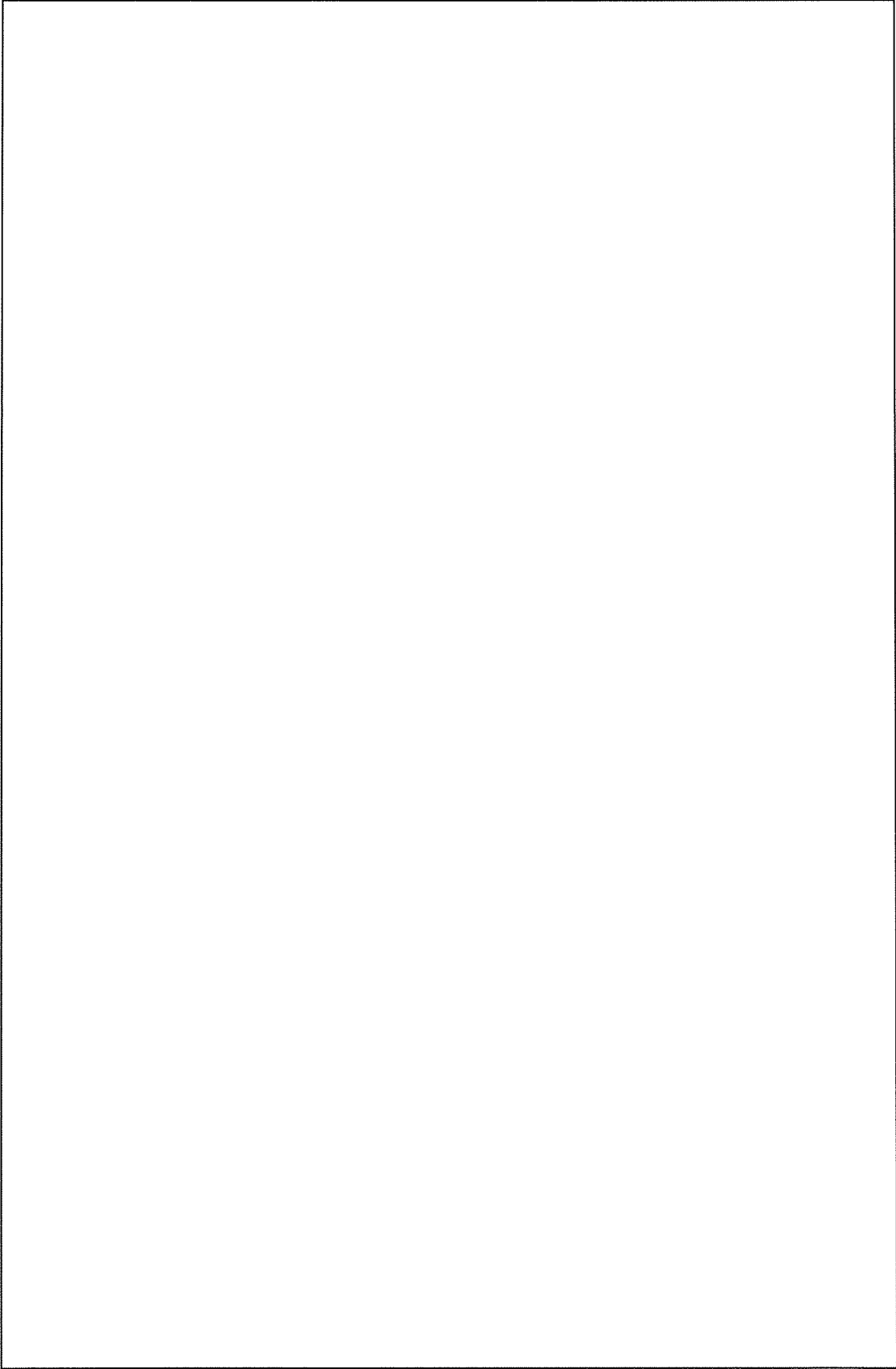
添説建 2-IV.2-1 図～添説建 2-IV.2-3 図に防護ネット設置範囲平面図を示す。



添説建2-IV.2-1 図 防護ネット設置範囲平面図 (成型工場・組立工場・組立工場・転換工場:上面)



添説建 2-IV.2-2-2 図 防護ネット設置範囲平面図 (転換工場:下面)



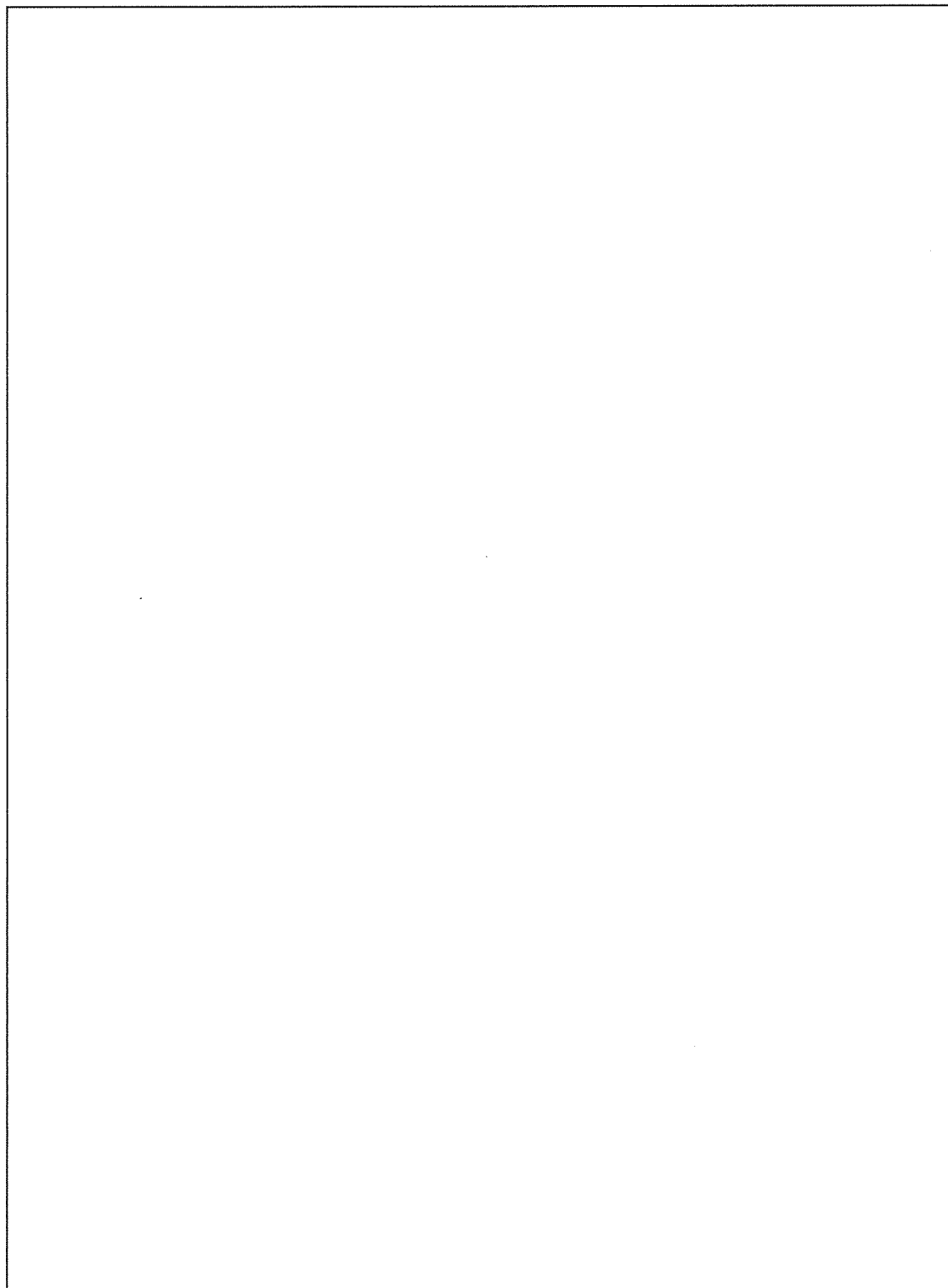
添説建2-IV.2-3 図 防護ネット設置範囲平面図（除染室・分析室・放射線管理棟（一部）、第2核燃料倉庫（前室）、転換工場（東側））

3. 防護ネット仕様

3.1. 防護ネット標準図

防護ネットの標準図を添説建 2-IV.3.1-1 図に示す。

防護ネットは、金網及び付属物からなる。



添説建 2-IV.3.1-1 図 防護ネット標準図 (組立工場)

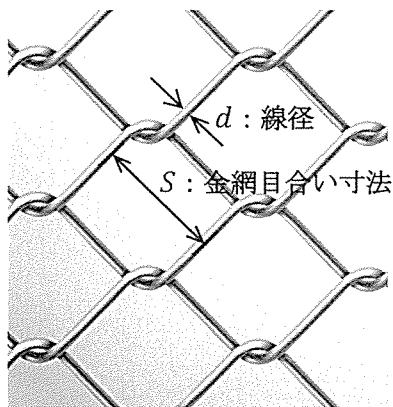
3. 2. 防護ネット各部の標準仕様

防護ネット各部の仕様を添説建 2-IV. 3. 2-1 表、添説建 2-IV. 3. 2-2 表、添説建 2-IV. 3. 2-1 図、添説建 2-IV. 3. 2-2 図に示す。

添説建 2-IV. 3. 2-1 表 防護ネット仕様（金網）

	項目	成型工場	組立工場	転換工場 ^{※1} (上面)	転換工場 (下面)
金網	線材材質				
	線材引張強度				
	線材破断伸び				
	目合い				
	線径				
	全体サイズ				

※1：転換工場（東側）、除染室・分析室、放射線管理棟一部、第2核燃料倉庫前室含む（以下、転換工場（上面）と総称する）

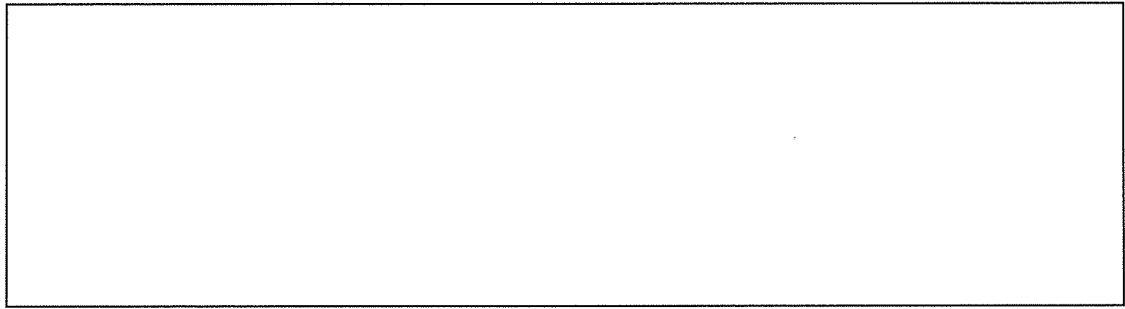


金網の線径を d
金網の網目の目合い寸法を S とする。

添説建 2-IV. 3. 2-1 図 金網線径と目合い寸法

添説建 2-IV.3.2-2 表 防護ネット仕様 (付属物)

成型工場		組立工場		転換工場 (上面)		転換工場 (下面)	
項目							
ワイヤーロープ	素線材質						
	縦弾性係数						
	径、断面積、破断強度						
クランプ	規格、材質						
	定着効率						
ターンバックル	規格、材質						
	破断荷重、ねじの呼び						
シャックル	規格、材質						
	使用荷重、ピン径						
強力長シャックル	規格、材質						
	使用荷重、ピン径						
接合コイル	線材質質						
	線径、内径、コイル長さ						
結束線	線材質質						
	線径、重ね						



添説建 2-IV. 3. 2-2 図 付属物取り付け図

4. 評価方法

(1) 設計方針

耐震重要度分類第 1 類の設備である防護ネットの建物構造への取付点である固定部の設計にあたっては、I. 耐震設計の基本方針に従い、局部震度法による水平地震力と常時作用している固定荷重の組み合わせに対し、弾性範囲にとどまる設計を行うものとする。

(2) 設計用荷重

固定部のシャックル取合孔部に作用する設計用荷重は以下の通り。

1) 固定荷重（鉛直方向荷重）

防護ネットの単位重量 w (kN/m²)^{※1} :
 防護ネットの展開長さ L_x (m) :
 防護ネットの展開直角長さ L_y (m) :
 固定部の個数 N (箇所) :
 固定部の孔数 n (箇所) :

※1 : 4 次申請の建物の耐震解析においては、防護ネット自重は建物上に常時固定されている物体の重量であり、移動が可能な積載荷重ではなく、固定荷重として解析モデルに織り込まれている。

鉛直方向荷重 : $F_z = w \times L_x \times L_y / N / n$
 = kN

2) 水平地震力（水平方向荷重）

水平震度 k : 2.0^{※2} (上層階、屋上及び塔屋)
 1.5^{※2} (中間層)

※2 : 添付説明書一建 2 I. 耐震設計の基本方針 3. 2. より

水平方向荷重分担固定部の個数 N' (箇所) :

水平方向荷重 上層階、屋上 : $F_{xy} = w \times L_x \times L_y \times k / N' / n$
 = kN

中間層 : $F_{xy} = w \times L_x \times L_y \times k / N' / n$
 = kN

3) 設計用荷重

固定荷重と水平地震力を組み合わせた設計荷重を設定する。

上層階、屋上 : $F_e = \sqrt{F_z^2 + F_{xy}^2} = \boxed{} = \boxed{} \text{ kN}$

中間層 : $F_e = \sqrt{F_z^2 + F_{xy}^2} = \boxed{} = \boxed{} \text{ kN}$

(3) 使用材料の仕様

使用材料の仕様は以下の通り。(日本建築学会「鋼構造設計規準 — 許容応力度設計法 —」による)

1) 固定部

鋼板 :
 材質 :
 基準強度 f (N/mm²) :
 短期許容せん断応力度 $f/\sqrt{3}$ (N/mm²) :

山形鋼 :
 材質 :
 基準強度 f (N/mm²) :
 短期許容せん断応力度 $f/\sqrt{3}$ (N/mm²) :

2) 高力ボルト

種類 :
 サイズ :
 軸断面積 A_b (mm²) :
 高力ボルトの設計ボルト張力 T_o (kN) :
 長期許容引張り応力度 σ_{ta} (N/mm²) :
 長期許容せん断応力度 f_{s0} (N/mm²) :
 一面摩擦短期許容せん断力 Q_{sa} (kN/本) :

(4) 適用基準

- ・ 建築基準法・同施行令・告示等
- ・ 日本産業規格 (JIS) (日本規格協会)
- ・ 鋼構造設計規準 — 許容応力度設計法 — (日本建築学会)

5. 防護ネット固定部の耐震強度検討

防護ネットの固定部は、建物構造の部材格点部に位置しており、飛来物による衝撃荷重は、その格点部から建物構造に伝達され建物全体構造で抵抗する。また、防護ネット設置のために建物との取合が必要な箇所（除染室・分析室）には、防護ネット設置用鋼材を設置し、防護ネット固定部に必要な耐震強度、飛散物及び飛来物が防護ネットに衝突した際の強度を確保する。

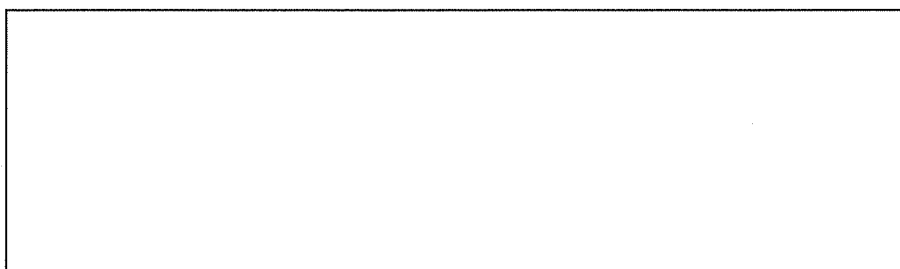
なお、防護ネットの固定部の耐震強度検討は、成型工場、組立工場、転換工場、それぞれについて行うものとする。

以下に各工場の検討結果を示す。

(1) 成型工場

1) 孔部端抜けの検討

固定部のシャックルが取り合う孔部の端抜けの検討を行う。



端抜け検討位置

設計用荷重 F_e (kN) :

端抜けライン長さ L_s (mm) :

固定部板厚 t (mm) :

短期許容端抜け抵抗力 Q_s

$$Q_s = L_s \times t \times f / \sqrt{3} = \text{} \text{ kN}$$

地震時端抜け検定比 R_{e1}

$$R_{e1} = \frac{F_e}{Q_s} = \text{}$$

検定比より、実力は弾性範囲内であることが確認できた。

2) 梁部の検討

固定部の梁部の検討を行う。

(a) 梁部の仕様

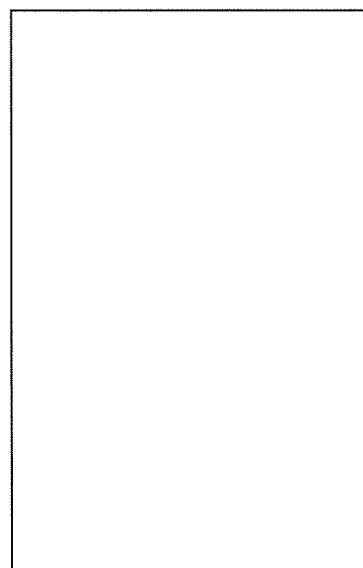
梁スパン L (mm) :

断面積 A (mm²) :

水平方向断面係数 Z_h (mm³) :

鉛直方向断面係数 Z_v (mm³) :

※1 : シャックル取合孔の欠損を考慮する

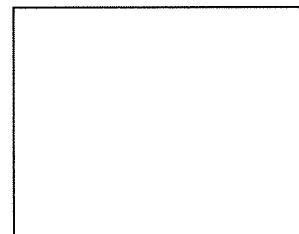


(b) 梁部に作用する荷重の集約 梁部に作用する地震時荷重の集約

以降の梁部の検討においては、2つのシャックル取合孔に作用する地震時荷重を水平方向力、鉛直方向力のそれぞれ合力荷重にて集約して検討する。

水平方向荷重 $F_{eh} = w \times L_x \times L_y \times k / N'$
 $=$ kN

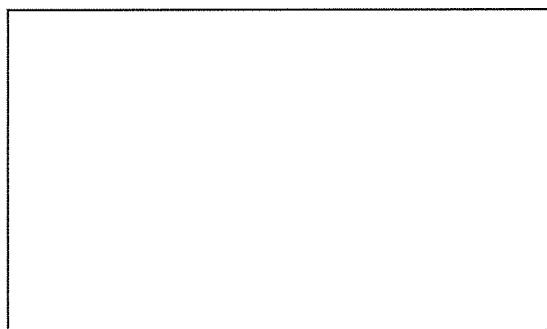
鉛直方向荷重 $F_{ev} = w \times L_x \times L_y / N$
 $=$ kN



梁に作用する水平力

(c) 梁部の断面検討

梁部はボルト接合部を支点とした単純梁にモデル化して検討を行う。



梁部の単純梁モデル

水平方向荷重 F_{eh} による曲げモーメント M_{eh}

$M_{eh} = \frac{1}{4} \times F_{eh} \times L =$
 $=$ N·mm

鉛直方向荷重 F_{ev} による曲げモーメント M_{ev}

$M_{ev} = \frac{1}{4} \times F_{ev} \times L =$
 $=$ N·mm

梁に発生する曲げ応力度 σ_{be}

$\sigma_{be} = \frac{M_{eh}}{Z_h} + \frac{M_{ev}}{Z_v} =$
 $=$ N/mm²

地震時曲げ応力度検定比 R_{e2}

$R_{e2} = \frac{\sigma_{be}}{f} =$

水平方向荷重 F_{eh} によるせん断力に対しては、梁の水平フランジが負担するものとし、鉛直方向荷重 F_{ev} によるせん断力に対しては、鉛直フランジが負担するものとする。

水平フランジ断面積 A_{fh}

$A_{fh} =$ mm²

鉛直フランジ断面積 A_{fv}

$$A_{fv} = \boxed{} \text{ mm}^2$$

水平方向荷重 F_{eh} により梁に発生するせん断応力度

$$\tau_{eh} = \frac{F_{eh}}{A_{fh}} = \boxed{}$$

$$= 5.1 \text{ N/mm}^2$$

鉛直方向荷重 F_{ev} により梁に発生するせん断応力度

$$\tau_{ev} = \frac{F_{ev}}{A_{fv}} = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

地震時せん断応力度検定比 R_{e3}

$$R_{e3} = \frac{\max(\tau_{eh}, \tau_{ev})}{f/\sqrt{3}} = \boxed{}$$

梁のせん断力負担フランジ

3) 高力ボルトの検討

固定部の高力ボルトの検討をおこなう。

高力ボルト本数 n_b (本) : $\boxed{}$

水平方向荷重 F_{eh} による高力ボルト引張応力度 σ_{est}

$$\sigma_{est} = \frac{F_{eh}}{2 \times n_b \times A} = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

鉛直方向荷重 F_{ev} による高力ボルトせん断応力度 τ_{est}

$$\tau_{est} = \frac{F_{ev}}{2 \times n_b \times A} = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

引張力を同時に受ける高力ボルトの短期許容せん断応力度 f_{est}

$$f_{est} = f_{so} \times \left(1 - \frac{\sigma_{est} \times A}{T_o}\right) \times 1.5 = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

地震時高力ボルト検定比 R_{e4}

$$R_{e4} = \frac{\tau_{est}}{f_{est}} = \boxed{}$$

4) 固定部の最大検定比

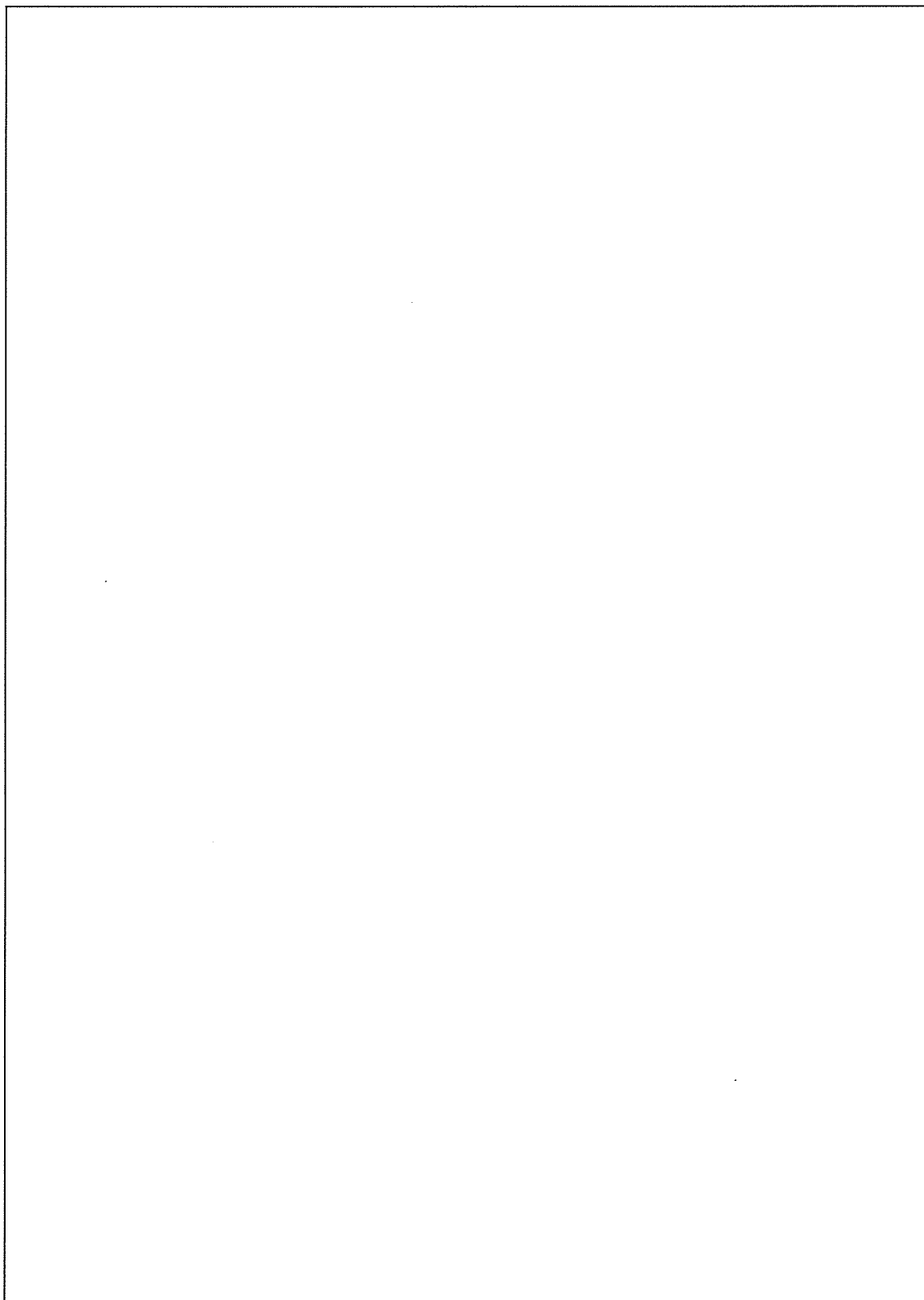
防護ネット固定部の最大検定比 K

$$K = \max(R_{e1}, R_{e2}, R_{e3}, R_{e4},)$$

$$= \max(\boxed{})$$

$$= \boxed{}$$

防護ネット固定部詳細図を添説建 2-IV.5-1 図に示す。

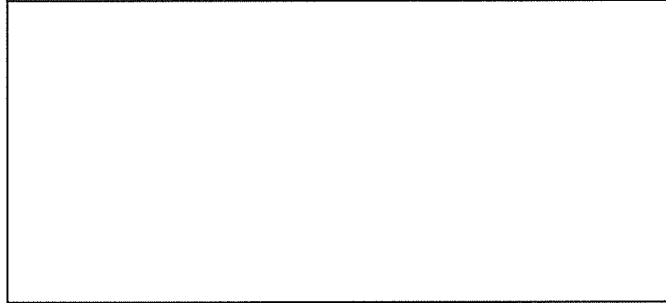


添説建 2-IV.5-1 図 防護ネット固定部詳細図 (成型工場)

(2) 組立工場

1) 孔部端抜けの検討

固定部のシャックルが取り合う孔部の端抜けの検討を行う。



端抜け検討位置

設計用荷重 F_e (kN) :

端抜けライン長さ L_s (mm) :

固定部板厚 t (mm) :

短期許容端抜け抵抗力 Q_s

$$Q_s = L_s \times t \times f / \sqrt{3}$$
$$= \text{} \text{ kN}$$

地震時端抜け検定比 R_{e1}

$$R_{e1} = \frac{F_e}{Q_s} = \text{}$$

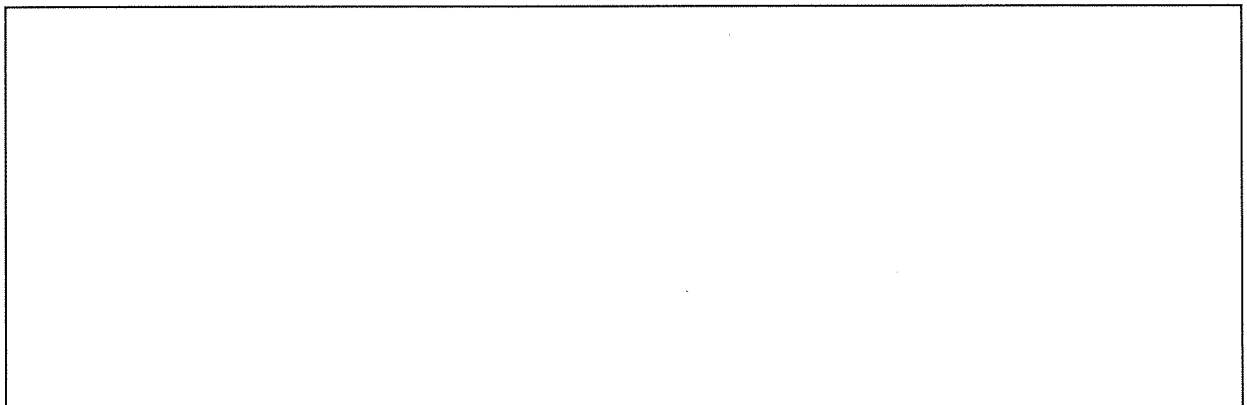
検定比より、実力は弾性範囲内であることが確認できた。

2) ガセット部の検討

固定部のガセット部の検討を行う。

(a) ガセット部の仕様

ガセット部の諸寸法は下図の通り

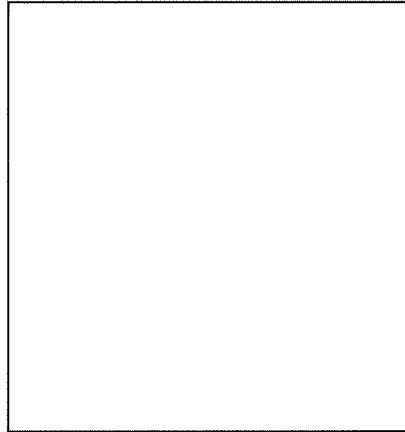


ガセットプレート平面図

A 部板組図

(b) ガセットプレート板曲げの検討

シャックルから伝達される鉛直荷重に対してガセットプレートの板曲げの検討を行う。
板曲げ検討にあたっては、リブプレート位置からの片持ち梁モデルにて行う。



板曲げ片持ち梁モデル

板曲げモーメント M_{e2}

$$M_{e2} = F_z \times \ell_2 = \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

板曲げ有効幅部の断面係数 Z_2

$$Z_2 = \frac{1}{6} \times a \times t^2 = \boxed{}$$
$$= \boxed{} \text{ mm}^3$$

板曲げ有効幅部の短期許容曲げモーメント M_{ea}

$$M_{ea} = Z_2 \times f = \boxed{}$$
$$= \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

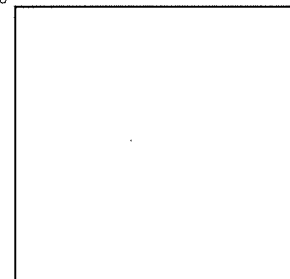
板曲げモーメントに対する検定比 R_{e2}

$$R_{e2} = \frac{M_{e2}}{M_{ea}} = \boxed{}$$

(c) ガセット部に作用する地震時荷重の集約

以降のガセット部の検討においては、2つのシャックル取合孔に作用する荷重を水平方向力、鉛直方向力のそれぞれ合力荷重にて集約して検討する。

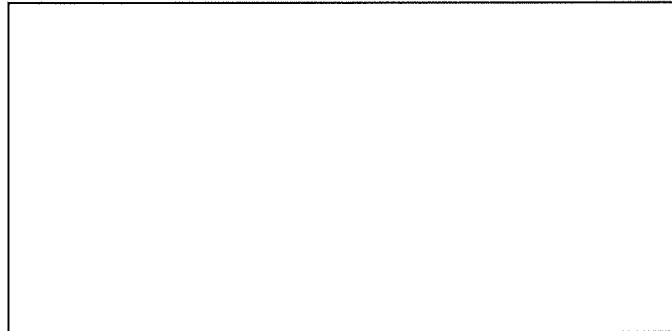
$$\text{水平方向荷重 } F_{eh} = \boxed{} \text{ kN}$$
$$\text{鉛直方向荷重 } F_{ev} = \boxed{} \text{ kN}$$



ガセットに作用する水平力

(d) ガセットプレートの水平方向荷重に対する検討

ガセットプレートに作用する水平方向荷重に対しては、ガセットプレートのせん断力にてベースプレートまで伝達する。



断面積算定位置

ガセットプレート断面積 A_g

$$A_g = \boxed{} \text{ mm}^2$$

地震時水平方向荷重によるせん断力 Q_{e3}

$$Q_{e3} = F_{eh} / 2 = \boxed{} \\ = \boxed{} \text{ N}$$

ガセットプレートの短期許容せん断力 Q_{ea}

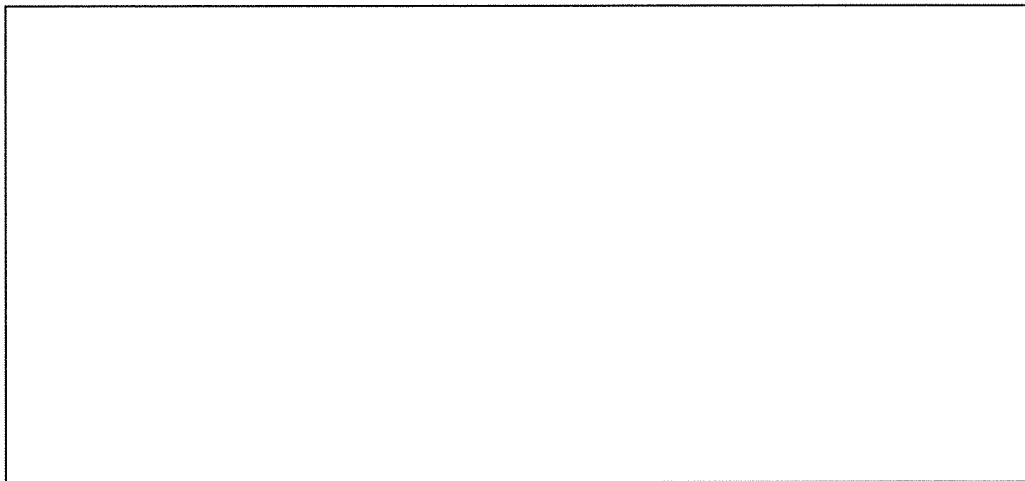
$$Q_{ea} = A_g \times f / \sqrt{3} = \boxed{} \\ = \boxed{} \text{ N}$$

ガセットプレートの水平荷重に対する検定比 R_{e3}

$$R_{e3} = \frac{Q_{e3}}{Q_{ea}} = \boxed{}$$

(e) ガセットプレートの鉛直方向荷重に対する検討

ガセットプレートの鉛直方向荷重に対しては、リブプレートとガセットプレートで構成された片持ち梁で負担する。



ガセットプレート片持ち梁モデル

片持ち梁の固定端モーメント M_{e4}

$$M_{e4} = F_{ev} \times \ell_4 = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

片持ち梁の断面係数 Z_4 : $\boxed{} \text{ mm}^3$

片持ち梁の短期許容曲げモーメント M_{ea}

$$M_{ea} = Z_4 \times f = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

片持ち梁の固定端モーメントに対する検定比 R_{e4}

$$R_{e4} = \frac{M_{e4}}{M_{ea}} = \boxed{}$$

(f) 片持ち梁固定端モーメントに対する検討

片持ち梁固定端モーメントに対しては、ガセットプレートとフランジリブプレートによる偶力モーメントに置き換えて検討する。

偶力モーメント図

片持ち梁固定端モーメントによる偶力 H_e

$$H_e = M_{e4} / \ell_5 = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N}$$

偶力 H_e に対し、フランジリブプレートが梁として抵抗する。フランジリブプレート梁は両端固定梁モデルとして検討する。

フランジリブプレート両端固定梁モデル

偶力 H_e によりフランジリブプレートに発生する曲げモーメント M_{e5}

$$M_{e5} = \frac{1}{8} \times H_e \times \ell_5' = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

フランジリブプレートの断面係数 Z_5

$$Z_5 = \boxed{} \text{ mm}^3$$

フランジリブプレートの短期許容曲げモーメント M_{ea}

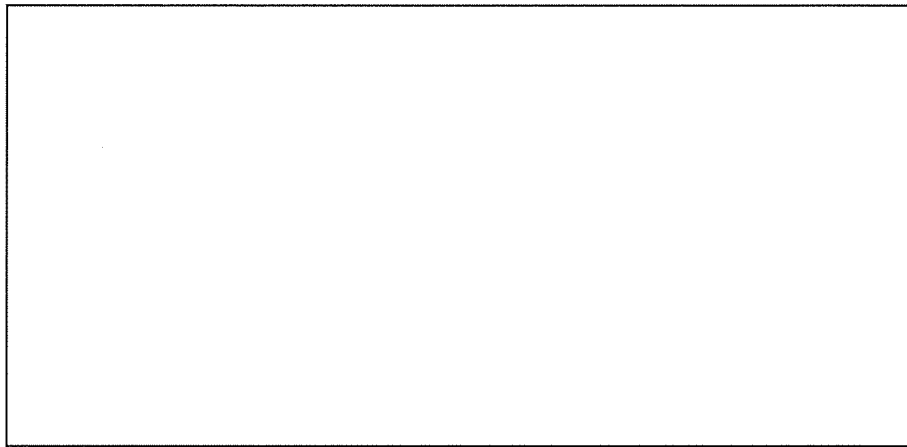
$$M_{ea} = Z_5 \times f = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

片持ち梁固定端モーメントによる偶力に対する検定比 R_{e5}'

$$R_{e5}' = \frac{M_{e5}}{M_{ea}} = \boxed{}$$

ここで、フランジプレート、ウェブプレート、ガセットプレートで構成された梁に作用する曲げモーメントを考慮する。



両端固定梁モデル

梁には、リブプレートから伝達する F_{ev} が作用する。これに対して両端固定梁モデルにて検討する。

F_{ev} により梁に発生する曲げモーメント M_{e5}'

$$M_{e5}' = \frac{1}{8} \times F_{ev} \times \ell_5' = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

梁の断面係数 Z_5'

$$Z_5' = \boxed{} \text{ mm}^3$$

梁の短期許容曲げモーメント M_{ea}'

$$M_{ea}' = Z_5' \times f = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

梁作用による曲げモーメントに対する検定比 R_{e5}''

$$R_{e5}'' = \frac{M_{e5}'}{M_{ea}'} = \boxed{}$$

片持ち梁固定端モーメント及び梁作用曲げモーメントに対する検定比 R_{e5}

$$R_{e5} = R_{e5}' + R_{e5}'' = \boxed{}$$

3) 高力ボルトの検討

ガセット部の高力ボルトに対しては、水平方向荷重によるせん断力と鉛直方向荷重によるせん断力にて検討を行う。

高力ボルト本数 n_b (本) :

水平方向荷重により接合面に作用するせん断力 F_{ehs}

$$F_{ehs} = \frac{F_{eh}}{\sqrt{2}} = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N}$$

鉛直方向荷重により接合面に作用するせん断力 F_{evs}

$$F_{evs} = \frac{F_{ev}}{2} = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N}$$

高力ボルト接合面に作用するせん断力 F_{es}

$$F_{es} = \sqrt{F_{ehs}^2 + F_{evs}^2} = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N}$$

高力ボルト接合面の短期許容せん断力 F_{esa}

$$F_{esa} = Q_{sa} \times n_b = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N}$$

高力ボルト接合面に作用するせん断力に対する検定比 R_{e6}

$$R_{e6} = \frac{F_{es}}{F_{esa}} = \boxed{}$$

4) 固定部の最大検定比

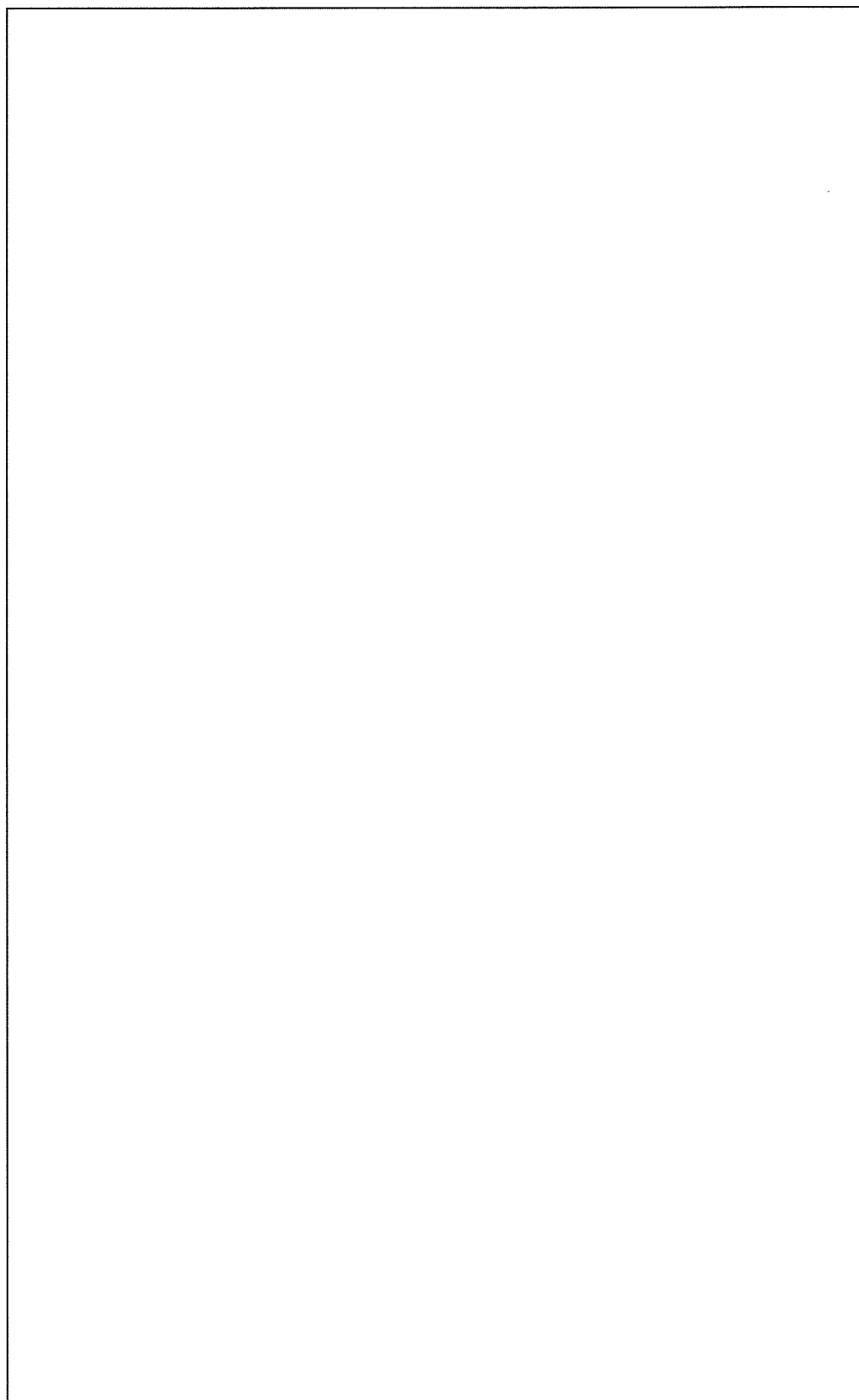
防護ネット固定部の最大検定比 K

$$K = \max(R_{e1}, R_{e2}, R_{e3}, R_{e4}, R_{e5}, R_{e6})$$

$$= \max(\boxed{})$$

$$= \boxed{}$$

防護ネット固定部詳細図を添説建 2-IV.5-2 図に示す。

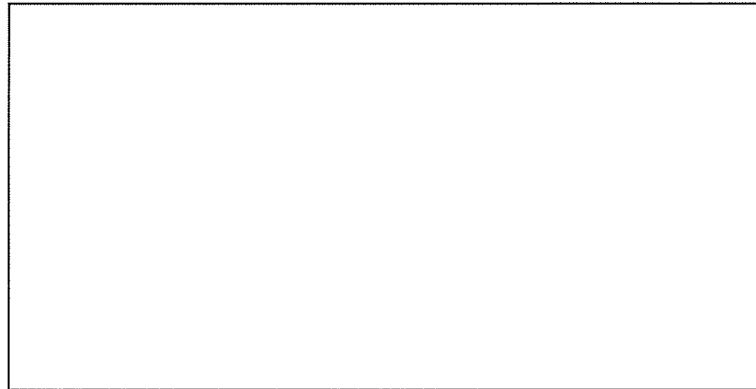


添説建 2-IV.5-2 図 防護ネット固定部詳細図 (組立工場)

(3) 転換工場(上面)

1) 孔部端抜きの検討

固定部のシャックルが取り合う孔部の端抜きの検討を行う。



端抜け検討位置

設計用荷重 F_e (kN)

:

端抜けライン長さ L_s (mm)

:

固定部板厚 t (mm)

:

短期許容端抜け抵抗力 Q_s

$$Q_s = L_s \times t \times f / \sqrt{3}$$

$$= \text{} \text{ kN}$$

地震時端抜け検定比 R_{e1}

$$R_{e1} = \frac{F_e}{Q_s} = \text{}$$

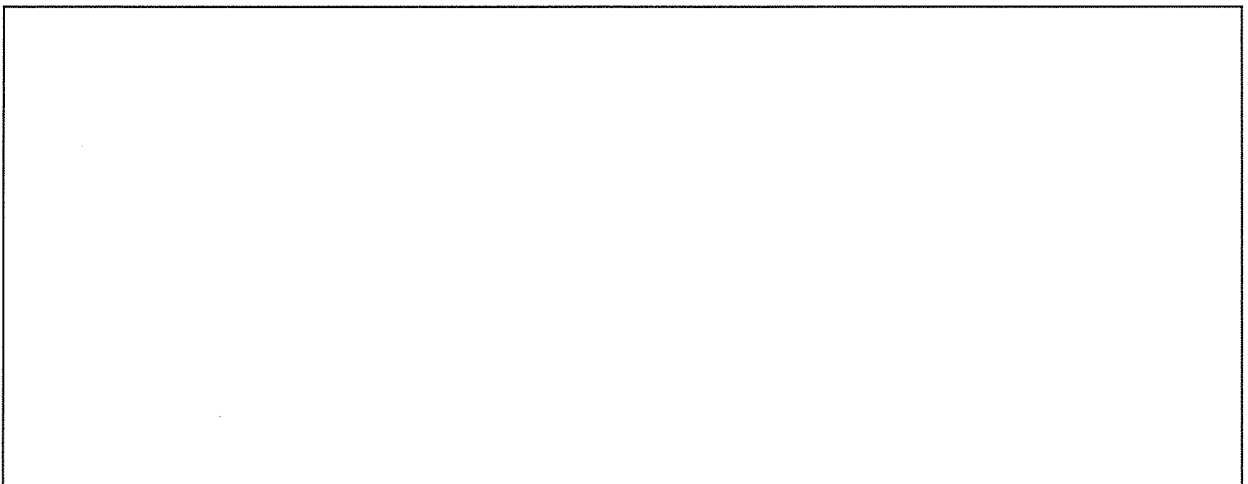
検定比より、実力は弾性範囲内であることが確認できた。

2) ガセット部の検討

固定部のガセット部の検討を行う。

(a) ガセット部の仕様

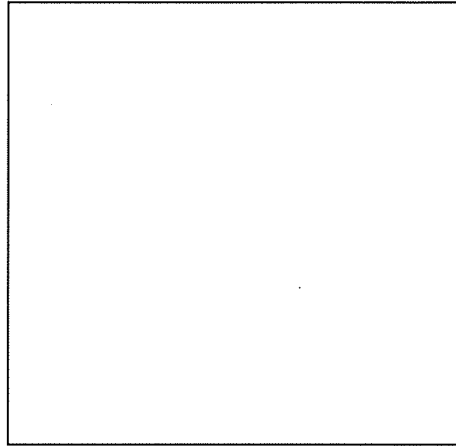
ガセット部の諸寸法は下図の通り。



(b) ガセットプレート板曲げの検討

シャックルから伝達される鉛直荷重に対してガセットプレートの板曲げの検討を行う。

板曲げ検討にあたっては、リブプレート位置からの片持ち梁モデルにて行う。



板曲げ片持ち梁モデル

板曲げモーメント M_{e2}

$$M_{e2} = F_z \times \ell_2 = \boxed{} \\ = \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

板曲げ有効幅部の断面係数 Z_2

$$Z_2 = \frac{1}{6} \times a \times t^2 = \boxed{} \\ = \boxed{} \text{ mm}^3$$

板曲げ有効幅部の短期許容曲げモーメント M_{ea}

$$M_{ea} = Z_2 \times f = \boxed{} \\ = \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

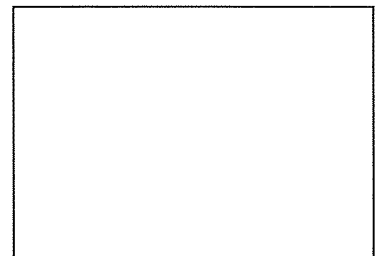
板曲げモーメントに対する検定比 R_{e2}

$$R_{e2} = \frac{M_{e2}}{M_{ea}} = \boxed{}$$

(c) ガセット部に作用する地震時荷重の集約

以降のガセット部の検討においては、2つのシャックル取合孔に作用する荷重を水平方向力、鉛直方向力のそれぞれ合力荷重にて集約して検討する。

$$\text{水平方向荷重 } F_{eh} = \boxed{} \text{ kN} \\ \text{鉛直方向荷重 } F_{ev} = \boxed{} \text{ kN}$$

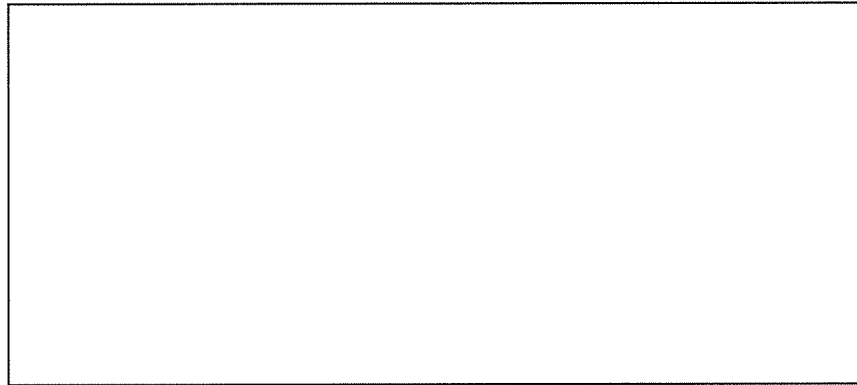


ガセット部に作用する水平力

(d) リブプレートの検討

i) 張り出し部

ガセットプレートに作用する荷重に対して、固定端モーメントと引張力を受ける片持ち梁にモデル化して検討を行う。



片持ち梁モデル

片持ち梁諸元

張り出しスパン L_1 (mm)

断面積 A_1 (mm²)

断面係数 Z_1 (mm³)

:	
:	
:	

水平方向荷重 F_{eh} により片持ち梁断面に発生する引張力 T_{e1}

$$T_{e1} = F_{eh} = \boxed{} \text{ N}$$

片持ち梁断面の短期許容引張力 T_{ea1}

$$T_{ea1} = f \times A_1 = \boxed{} \\ = \boxed{} \text{ N}$$

鉛直方向荷重 F_{ev} により片持ち梁固定端に発生する曲げモーメント M_{e1}

$$M_{e1} = F_{ev} \times L_1 = \boxed{} \\ = \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

片持ち梁断面の短期許容曲げモーメント M_{ea1}

$$M_{ea1} = f \times Z_1 = \boxed{} \\ = \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

水平方向荷重 F_{eh} による引張力と鉛直方向荷重 F_{ev} による曲げモーメントに対する
検定比 R_{e3}

$$R_{e3} = \frac{T_{e1}}{T_{ea1}} + \frac{M_{e1}}{M_{ea1}} = \boxed{}$$

ii) リブプレート固定部

ガセットプレートに作用する荷重に対して、主構造トラス上弦材に荷重を伝達する部分について検討する。

リブプレート固定部に発生する引張力 T_2

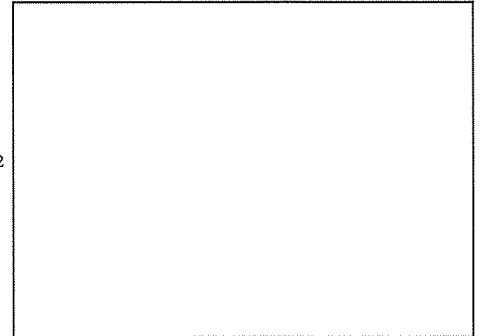
$$T_2 = F_{ev}$$

リブプレート固定部に発生する曲げモーメント M_2

$$M_2 = F_{eh} \times L_2 - F_{ev} \times L_1$$

リブプレート固定部に発生するせん断力 Q_2

$$Q_2 = F_{eh}$$



リブプレート固定部断面諸元

断面積 A_2 (mm²)

:

断面係数 Z_2 (mm³)

:

リブプレート固定部に発生する引張力 T_{e2}

$$T_{e2} = F_{ev} = \text{[]} \text{ N}$$

リブプレート固定部の短期許容引張力 T_{ea2}

$$T_{ea2} = f \times A_2 = \text{[]}$$

$$= \text{[]} \text{ N}$$

リブプレート固定部に発生する曲げモーメント M_{e2}

$$M_{e2} = F_{eh} \times L_2 - F_{ev} \times L_1 = \text{[]}$$

$$= \text{[]} \text{ N} \cdot \text{mm}$$

リブプレート固定部の短期許容曲げモーメント M_{ea2}

$$M_{ea2} = f \times Z_2 = \text{[]}$$

$$= \text{[]} \text{ N} \cdot \text{mm}$$

引張力と曲げモーメントに対する検定比 R_{e4}

$$R_{e4} = \frac{T_{e2}}{T_{ea2}} + \frac{M_{e2}}{M_{ea2}} = \text{[]}$$

リブプレート固定部に発生するせん断力 Q_{e2}

$$Q_{e2} = F_{eh} = \text{[]} \text{ N}$$

リブプレート固定部の短期許容せん断力 Q_{ea2}

$$Q_{ea2} = f/\sqrt{3} \times A_2 = \text{[]}$$

$$= \text{[]} \text{ N}$$

せん断力に対する検定比 R_{e4}'

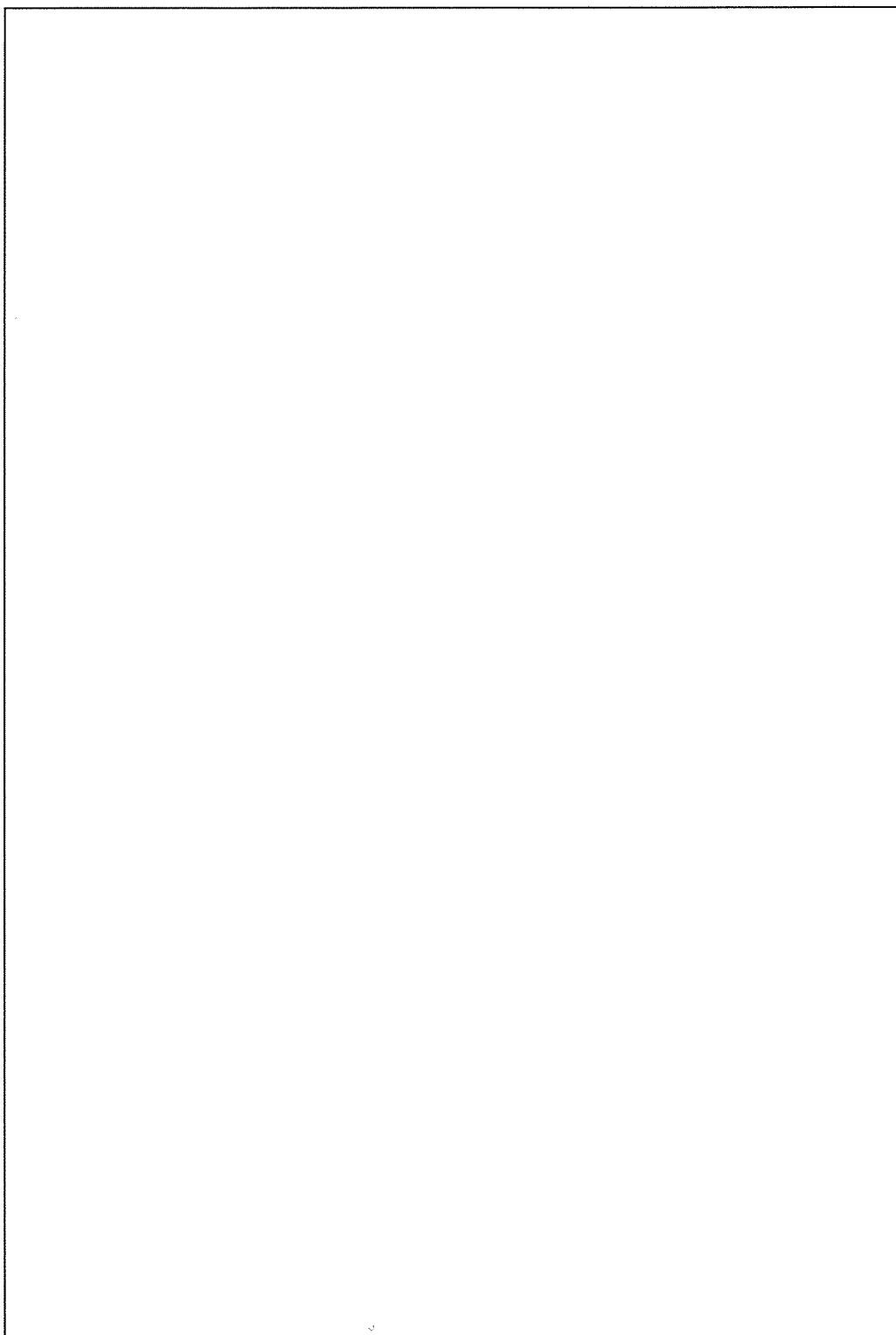
$$R_{e4}' = \frac{Q_{e2}}{Q_{ea2}} = \text{[]}$$

3) 固定部の最大検定比

防護ネット固定部の最大検定比 K

$$\begin{aligned} K &= \max(R_{e1}, R_{e2}, R_{e3}, R_{e4}, R'_{e4}) \\ &= \max(\boxed{\phantom{R_{e1}, R_{e2}, R_{e3}, R_{e4}, R'_{e4}}}) \\ &= \boxed{\phantom{R_{e1}, R_{e2}, R_{e3}, R_{e4}, R'_{e4}}} \end{aligned}$$

防護ネット固定部詳細図を添説建 2-IV. 5-3 図に示す。

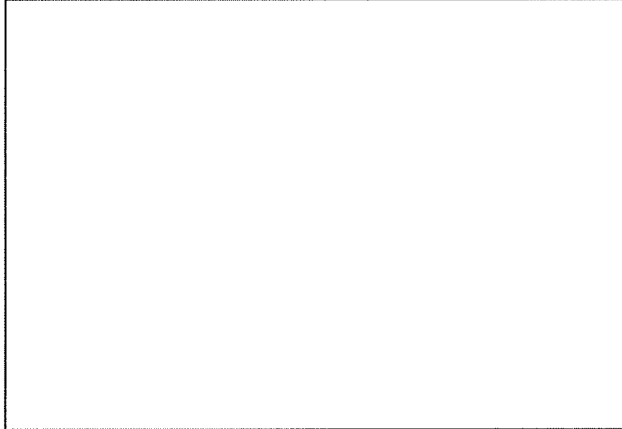


添説建 2-IV. 5-3 図 防護ネット固定部詳細図（転換工場：上面）

(4) 転換工場(下面)

1) 孔部端抜けの検討

固定部のシャックルが取り合う孔部の端抜けの検討を行う。



設計用荷重 F_e (kN)

:

端抜けライン長さ L_s (mm)

:

固定部板厚 t (mm)

:

短期許容端抜け抵抗力 Q_s

$$Q_s = L_s \times t \times f / \sqrt{3} = \text{}$$
$$= \text{} \text{ kN}$$

地震時端抜け検定比 R_{e1}

$$R_{e1} = \frac{F_e}{Q_s} = \text{}$$

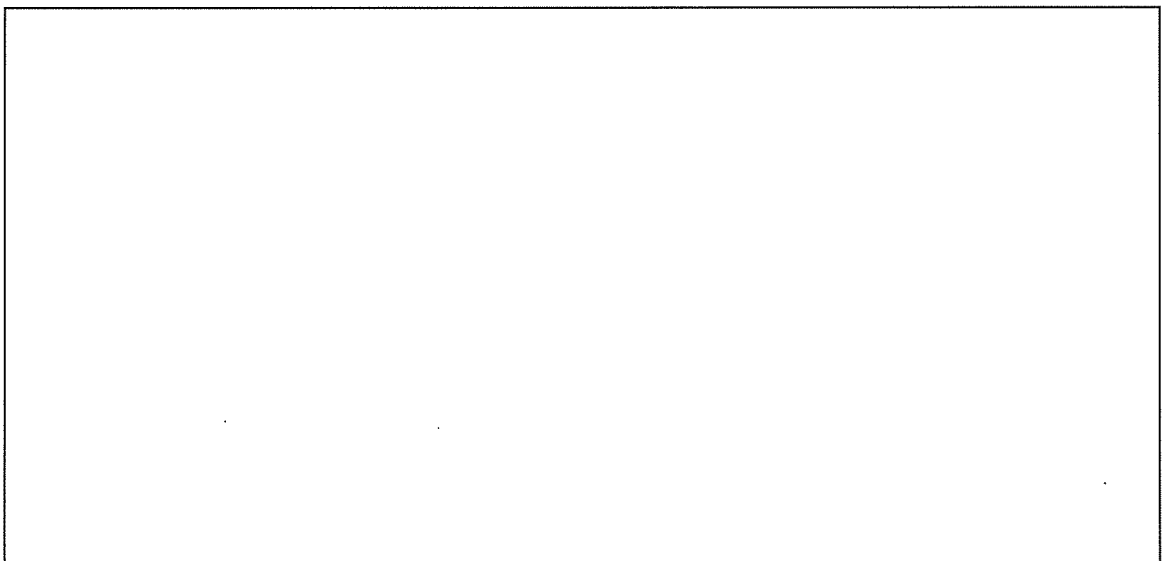
検定比より、実力は弾性範囲内であることが確認できた。

2) ガセット部の検討

固定部のガセット部の検討を行う。

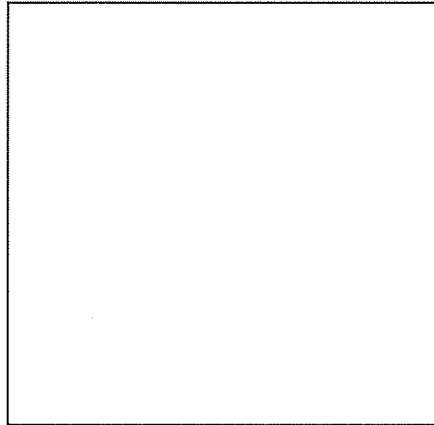
(a) ガセット部の仕様

ガセット部の諸寸法は下図の通り。



(b) ガセットプレート板曲げの検討

シャックルから伝達される鉛直荷重に対してガセットプレートの板曲げの検討を行う。
板曲げ検討にあたっては、リブプレート位置からの片持ち梁モデルにて行う。



板曲げ片持ち梁モデル

板曲げモーメント M_{e2}

$$M_{e2} = F_z \times \ell_2 = \boxed{}$$
$$= \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

板曲げ有効幅部の断面係数 Z_2

$$Z_2 = \frac{1}{6} \times a \times t^2 = \boxed{}$$
$$= \boxed{} \text{ mm}^3$$

板曲げ有効幅部の短期許容曲げモーメント M_{ea}

$$M_{ea} = Z_2 \times f = \boxed{}$$
$$= 513,240 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

板曲げモーメントに対する検定比 R_{e2}

$$R_{e2} = \frac{M_{e2}}{M_{ea}} = \boxed{} = \boxed{}$$

(c) ガセット部に作用する地震時荷重の集約

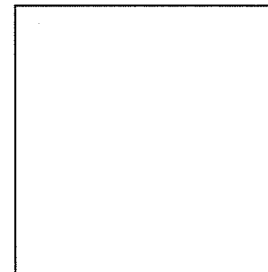
以降のガセット部の検討においては、2つのシャックル取合孔に作用する荷重を水平方向力、鉛直方向力のそれぞれ合力荷重にて集約して検討する。

水平方向荷重 $F_{eh} = w \times L_x \times L_y \times k / N'$

$$= \boxed{} \text{ kN}$$

鉛直方向荷重 $F_{ev} = w \times L_x \times L_y / N$

$$= \boxed{} \text{ kN}$$



ガセット部に作用する水平力

(d) リブプレートの水平方向荷重に対する検討

ガセットプレートに作用する水平方向荷重に対して、リブプレートのせん断力にてベースプレートまで伝達する。

リブプレートの断面積 A_1

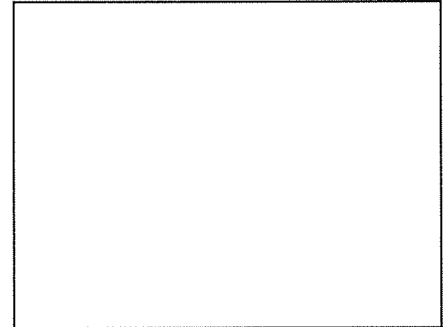
$$A_1 = \boxed{} \text{ mm}^2$$

リブプレートの短期許容せん断力 Q_{ea}

$$Q_{ea} = A_1 \times f / \sqrt{3} = \boxed{} \text{ N}$$

リブプレートの水平方向荷重に対する検定比 R_{e3}

$$R_{e3} = \frac{F_{eh}}{Q_{ea}} = \boxed{}$$



(e) リブプレートの鉛直方向荷重に対する検討

ガセットプレートに作用する鉛直方向荷重に対して、リブプレートの引張力にてベースプレートまで伝達する。

リブプレートの引張有効幅は保守的に考えて、ガセットプレート板曲げ有効幅 a と同等とする。

リブプレートの引張断面積 A_2

$$A_2 = \boxed{} \text{ mm}^2$$

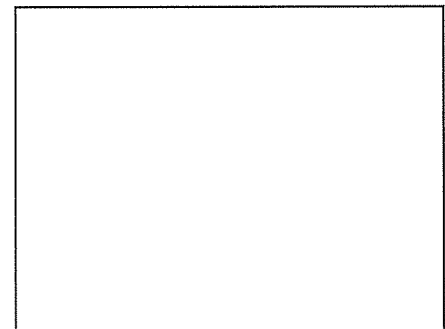
リブプレートの短期引張耐力 T_{ea}

$$T_{ea} = A_2 \times f = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N}$$

リブプレートの鉛直方向荷重に対する検定比 R_{e4}

$$R_{e4} = \frac{F_{ev}}{T_{ea}} = \boxed{}$$



3) 固定部の最大検定比

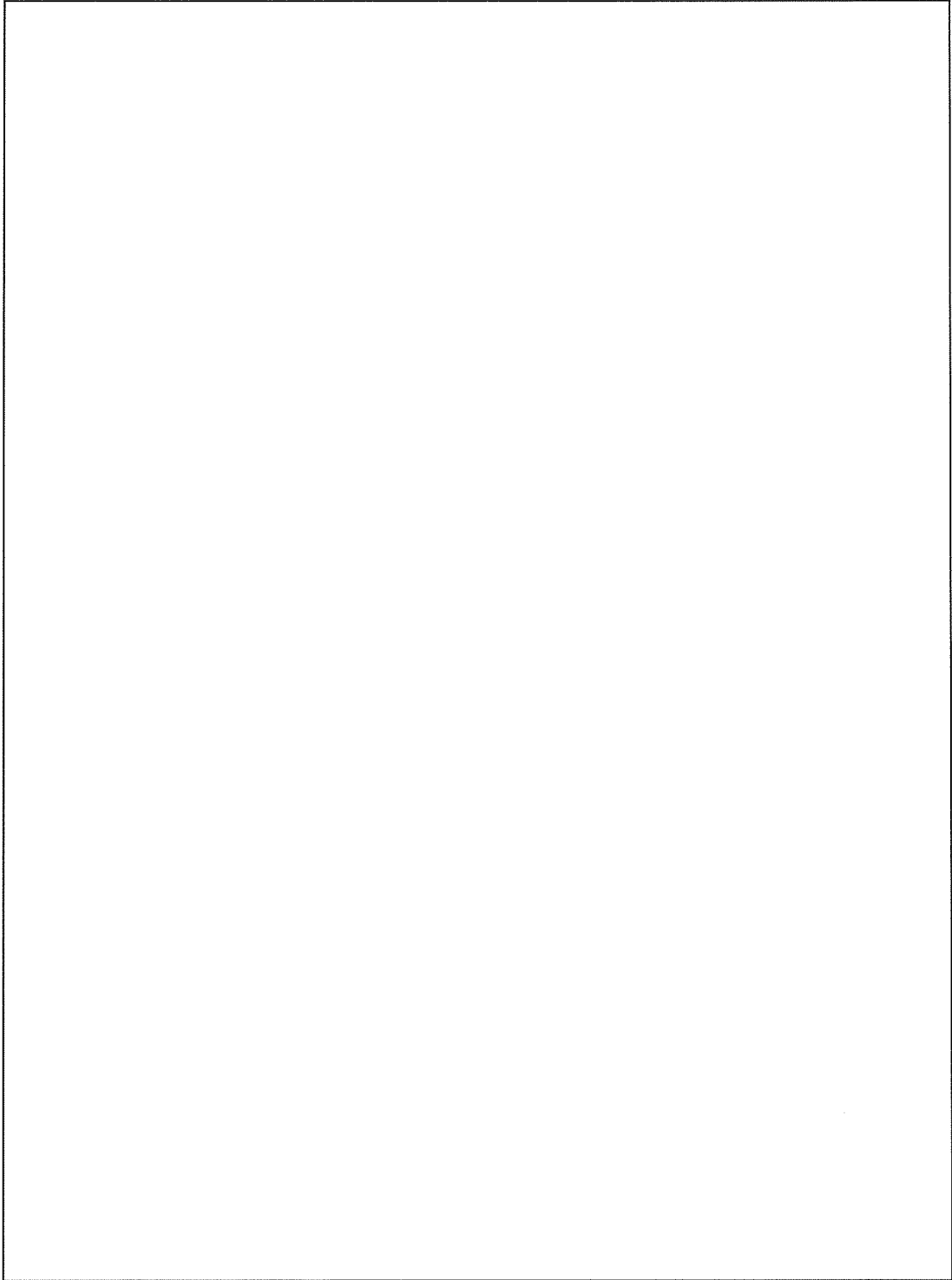
防護ネット固定部の最大検定比 K

$$K = \max(R_{e1}, R_{e2}, R_{e3}, R_{e4})$$

$$= \max(\boxed{})$$

$$= \boxed{}$$

防護ネット固定部詳細図を添説建 2-IV. 5-4 図に示す。



添説建 2-IV. 5-4 図 防護ネット固定部詳細図 (転換工場：下面)

6. 評価結果一覧

工場棟（成型工場、組立工場、転換工場）に設置する防護ネット取付金物の耐震強度評価結果（検定比）を添説建2-IV.6-1表に総括する。

添説建2-IV.6-1表 取付金物の耐震強度評価結果（検定比）一覧

各部検定比	成型工場	組立工場	転換工場 （上面）	転換工場 （下面）
取付金物				

以上より、水平地震力作用時に固定金物は健全であり、弾性範囲内にあることが確認できた。

竜巻による損傷防止に関する説明書

I. 竜巻防護設計の基本方針

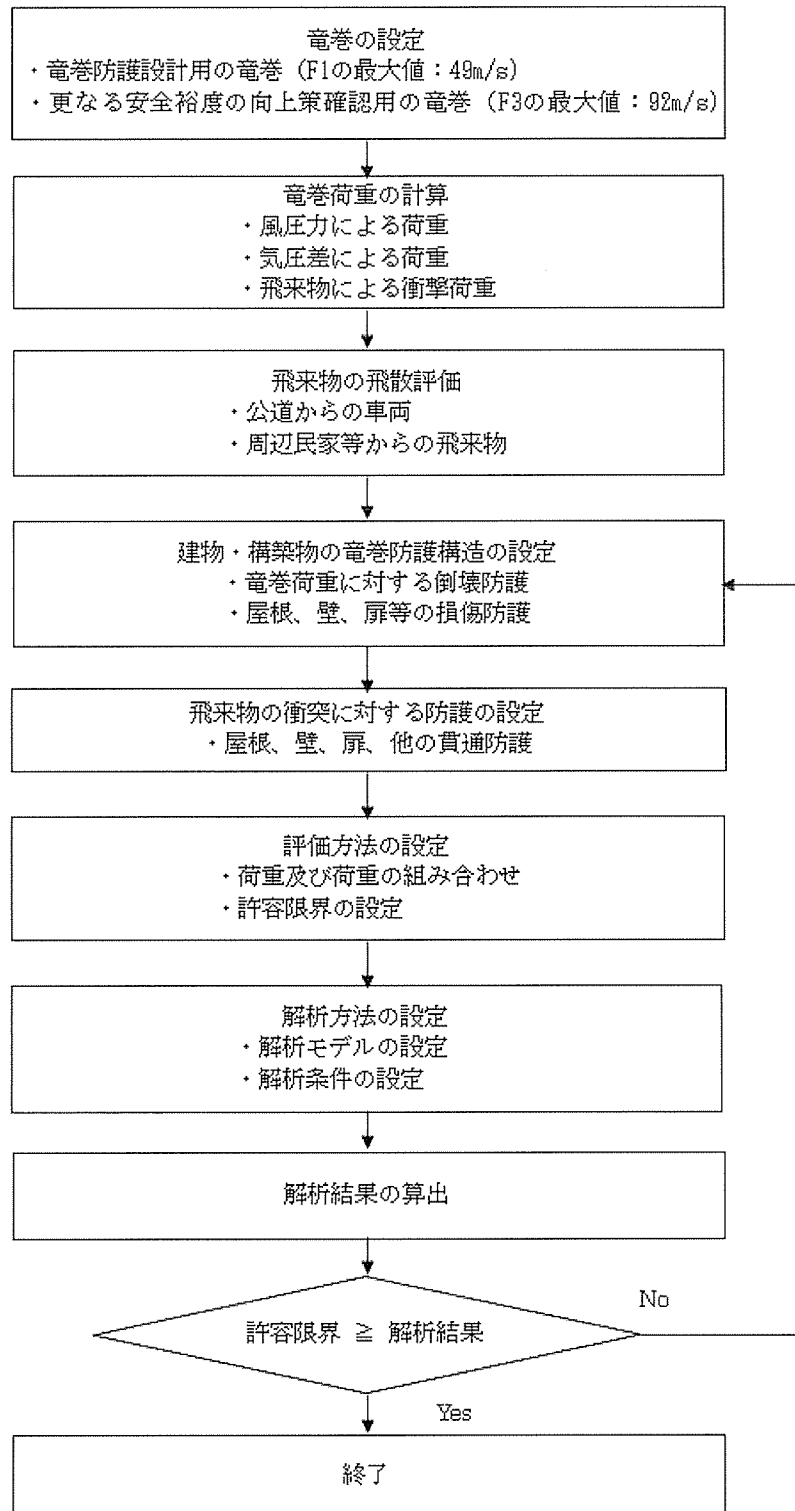
1. 竜巻防護設計の方針

「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」（以下「竜巻ガイド」と略記）を参考に算出した本加工施設が立地する地域での竜巻規模は、稀に発生する竜巻として年超過確率 10^{-4} に相当する風速は41m/sであり、藤田スケールのF1(33～49m/s)にあたる。

以上より、加工施設の建物、構築物の竜巻防護設計において想定する風速はF1の最大風速の49m/sとし、安全機能を有する施設の安全機能を損なうことがないように、竜巻荷重を上回る強度を有する設計とする。具体的には、建物に作用する竜巻荷重に対して、保有水平耐力との比較と局部評価として屋根、壁、扉、シャッタの強度との比較を実施する。飛来物については、敷地内の飛来物は予め防護対策を行うことから、敷地外からの飛来物に対して防護設計を実施する。

また、更なる安全裕度の向上策の確認として、藤田スケールのF3の最大風速（92m/s）で、同様の評価を実施する。

建物、構築物の竜巻防護設計フローの概要を添説建3-I.1-1図に示す。



添説建 3-I.1-1 図 建物、構築物の竜巻防護設計フロー概要

2. 竜巻荷重の算定

建物、構築物の竜巻防護の構造設計に用いる竜巻荷重は、竜巻ガイドを参考に以下のとおり算出する。

2. 1. 気圧低下による荷重

- ・ 竜巻の移動速度 : $V_T = 0.15 \times V_D$ (m/s)
- ・ 竜巻の最大接線風速 : $V_m = V_D - V_T$ (m/s)
- ・ 竜巻の最大接線風速が生じる位置での半径 : $R_m = 30$ (m)
- ・ 竜巻の最大気圧低下量 : $\Delta P_{max} = \rho \times V_m^2$ (Pa)

ここで、 ρ は空気密度 (=1.22kg/m³) である。

F1 竜巻及び F3 竜巻の特性値は、以下に示すとおりである。

設計評価用 F1 竜巻の特性値

$$\begin{aligned}V_D &= 49 \text{ (m/s)} \\V_T &= 7 \text{ (m/s)} \\V_m &= 42 \text{ (m/s)} \\ \Delta P_{max} &= 2152 \text{ (Pa)}\end{aligned}$$

更なる安全裕度の向上策の確認用 F3 竜巻の特性値

$$\begin{aligned}V_D &= 92 \text{ (m/s)} \\V_T &= 14 \text{ (m/s)} \\V_m &= 78 \text{ (m/s)} \\ \Delta P_{max} &= 7422 \text{ (Pa)}\end{aligned}$$

これら特性値を用いて、竜巻荷重を算出する。

2. 2. 風圧力による荷重

竜巻の最大風速 (V_D) における風圧力 (P_D) は、竜巻ガイドを参考に次式で算出する。

$$P_D = q \cdot G \cdot C \cdot A$$

ここで、 q は設計用速度圧、 G はガスト影響係数、 C は風力係数、 A は施設の受圧面積を表し、 q は次式による。

$$q = (1/2) \cdot \rho \cdot V_D^2$$

なお、本評価では $G = 1.0$ とする。

また、風力係数 C 値については、建物を上面からみた場合の風向方向の建物寸法を D 、風向に垂直な方向の建物寸法を B とした場合の壁の風力係数を添説建3-I.2.2-1表、風上側からの屋根根部からの距離を R_b とした場合の屋根の風力係数を添説建3-I.2.2-2表に示す。(各係数の値は事業許可と同じ)

添説建3-I.2.2-1表 風力係数 C_w (正が圧縮、負が引張) (壁)

		風力係数
風上側 C_{wU}		0.80
風下側 C_{wL}	D/B比 ≤ 1	-0.50
	D/B比 > 1	-0.35

D : 風向方向の建物寸法

B : 風向に直交する方向の建物寸法

添説建3-I.2.2-2表 風力係数 C_R (正が圧縮、負が引張) (屋根)

風上側からの屋根端部からの距離 Rb	風力係数 (外圧係数)
$Rb \leq 0.50B$	-1.20
$0.50B < Rb \leq 1.50B$	-0.60
$Rb > 1.50B$	-0.20

2.3. 竜巻防護設計の組み合わせ荷重

建物、構築物に負荷される竜巻荷重としては、竜巻の最大風速における風圧力による荷重(W_w)、建物内外の気圧差による荷重(W_p)及び設計飛来物による衝撃荷重(W_M)がある。竜巻ガイドを参考に、これらの荷重を以下のとおり組み合わせて算出する。なお、加工施設においては飛来物衝撃は発生しないため、 W_M は考慮しない。

$$W_{T1} = W_p$$

$$W_{T2} = W_w + 1/2W_p + W_M$$

ここで

W_w : 竜巻の風圧力による荷重

W_p : 竜巻による気圧差による荷重

W_M : 飛来物による衝撃荷重

なお、荷重は評価対象部分の面積の取り方によって変化することから便宜上圧力の単位で検討する場合がある。圧力の単位で表記する場合、 W を小文字(w)で表す。荷重の単位で表す場合は W を大文字(W)で表す。

(1) 建物、構築物に作用する水平方向の竜巻荷重

建物、構築物の構造設計に用いる水平方向（x ないし y 方向）の竜巻荷重は以下の方法で算定する。なお、建物には気圧差が作用しても建物の水平方向の両側で打ち消しあうが、ここでは、保守的に建物の風下側の面にのみ気圧差が作用するものとする。

$$W_{T1} = w_p \cdot A_L$$

$$W_{T2} = (C_{WU} \cdot q \cdot A_U - C_{WL} \cdot q \cdot A_L) + \frac{1}{2} \cdot w_p \cdot A_L$$

A_U : 風上側面積

A_L : 風下側面積

C_{WU} : 風上側風力係数

C_{WL} : 風下側風力係数

(2) 屋根、壁、扉、シャッタ等に作用する竜巻荷重

建物の屋根、壁、扉、シャッタ等の局部強度設計に用いる竜巻荷重は、以下の方法で算定する。

【屋根に作用する竜巻荷重】

屋根については、風圧力と気圧差が作用する方向は常に上向きである。

なお、 W_{T2r} については、局部強度に対する設計荷重であることを添え字の r で示す。

$$W_{T1} = W_P$$

$$W_{T2-r} = C_R \cdot q + \frac{1}{2} W_P$$

【壁、扉、シャッタ等に作用する竜巻荷重】

壁、扉、シャッタ等に作用する荷重は、気圧差の大きさによって、風上側と風下側のいずれか厳しい結果を選択する。気圧差単独の荷重 $W_{T1} = W_P$ も含めて、評価すべき荷重は次のとおり算出される。なお、 W_{T2w} については、局部評価荷重であることを添え字の w で示す。

$$W_{T1} = W_P$$

$$W_{T2-w} = \begin{cases} C_{WU} \cdot q + \frac{1}{2} W_P & \text{if } (C_{WU} + C_{WL}) \cdot q \geq -W_P \\ C_{WL} \cdot q + \frac{1}{2} W_P & \text{if } (C_{WU} + C_{WL}) \cdot q < -W_P \end{cases}$$

3. 飛来物の飛散評価

竜巻ガイドを参考に、防護対象施設に影響を与える可能性がある飛来物を抽出し、飛散評価を実施する。飛来物の選定に際しては、大きな運動エネルギーをもつ飛来物（自動車、プレハブ物置等）、貫通力が大きな飛来物（鉄骨部材等）を考慮する。

飛散評価は、F1竜巻（風速49m/s）の条件下で実施し、飛散評価には電力中央研究所が開発した竜巻飛来物解析コード「TONBOS」を用いる。また、TONBOSで解析する際の竜巻風速場にはフジタモデル（DBT-77モデル）を適用する。

なお、F1竜巻（風速49m/s）で、敷地内で防護対象施設に影響を与える飛来物となり得るプレハブ物置については固縛措置等を講じることから、対象とする飛来物は敷地外にある自動車、プレハブ物置、鉄骨部材（竜巻ガイドに記載の鋼材等）とする。

4. 建物、構築物の竜巻防護設計の方法

4.1. 建物、構築物の構造強度評価

建物、構築物の保有水平耐力と建物、構築物に作用する水平方向（xないしy方向）の竜巻荷重の比較を行い、保有水平耐力が竜巻荷重を上回る設計とする。

4.2. 屋根、壁、扉、シャッタの局部評価

竜巻荷重に対して、屋根、壁、扉、シャッタ等の局部的な強度評価を行い、弾性範囲に留める設計とする。

一般に建築、土木に関する技術計算においては以下の定義による用語を用いており、本資料もこれに準拠することとする。

応力：部材に作用する内力を意味し、せん断力、軸力等の荷重の次元を持つ場合あるいは曲げモーメント、トルク等の荷重×距離の次元を持つ場合がある。

応力度：内力による単位面積当りの荷重を意味し、荷重を面積で除した次元を持つ。

耐力：骨組や部材が破壊せずに耐えられる限界の応力を意味する。

4.3. 飛来物の衝突に対する評価

(1) 鉄筋コンクリート壁の貫通評価

鉄筋コンクリートの屋根や外壁等の貫通限界厚さは、下記の修正 NDRC 式(1)及び Degen 式(2)により求める。

$$x_c = \alpha_c \sqrt{4KWND \left(\frac{V}{1000D} \right)^{1.8}} \quad (1)$$

x_c : 貫入深さ (in)

$$K = 180 / \sqrt{F_c}$$

W : 重量 (lbs)

F_c : コンクリート強度 20.6N/mm²=2987.8 (psi)

D : 飛来物直径 (飛来物面積と等しくなる直径) (in)

V : 衝突速度 (ft/s)

N : 形状係数 (自動車の場合、0.72)

α_c : 飛来物低減係数 (1)

$$t_p = \alpha_p D \left\{ 2.2 \left(\frac{x_c}{\alpha_c D} \right) - 0.3 \left(\frac{x_c}{\alpha_c D} \right)^2 \right\} \quad (2)$$

t_p : 貫通限界厚さ (in)

α_p : 飛来物低減係数 (自動車の場合、0.65)

(2) 鋼板の貫通評価

鋼板で防護する壁や鉄扉等の貫通限界厚さは、下記に示す BRL 式 (3) により求める。

$$T^{3/2} = \frac{0.5MV^2}{17400 K^2 D^{3/2}} \quad (3)$$

T : 鋼板の貫通限界厚さ (in)

M : 飛来物質量 (lb \cdot s²/ft)

V : 飛来物速度 (ft/s)

D : 飛来物直径 (飛来物面積と等しくなる直径) (in)

K : 鋼板の材質に関する係数 (≈ 1)

4.4. 許容限界

- ・ 建物、構築物に対する防護設計竜巻 F1 (49m/s) の水平荷重に対する許容限界は、建物、構築物の保有水平耐力とする。
- ・ 建物の屋根、壁、扉等の局部評価の許容限界は、単位面積当りの許容短期荷重を原則とする。
- ・ 鉄筋コンクリート屋根、壁、鋼板に対する飛来物貫通の許容限界は、4.3.項に示す貫通評価式で算出した厚さとする。

5. 更なる安全裕度の向上策の確認

竜巻ガイドを参考に、加工施設が立地する地域及び日本全国の類似の気象条件の地域において、過去に発生した最大規模の竜巻による風速及び竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速を求め、その結果、当該地域において発生するおそれがある最大の竜巻の規模は、藤田スケールで F3 規模となると推定した。また、日本全土で過去に発生した最大級の竜巻の規模は F3 である。

以上より、更なる安全裕度の向上策の確認は、竜巻 F3 の最大風速の 92m/s に対して、壁や屋根、扉等に部分的に塑性変形が仮に生じたとしても破断することが無いこと、また、建物が倒壊することが無いことを評価し、加工施設に大きな影響を及ぼすおそれが無いことを確認する。

5.1. 建物、構築物の構造強度評価

- ・ 建物、構築物の保有水平耐力と建物、構築物に作用する水平方向（x ないし y 方向）の竜巻荷重の比較を行い、保有水平耐力が竜巻荷重を上回ることを確認する。
- ・ 屋根が折板等の建物で F3 竜巻では屋根が損傷する場合は、屋根内外の気圧差は解消されるものとして竜巻荷重を算定する。

5.2. 屋根、壁、扉等の局部評価

- ・ 竜巻荷重による、屋根、壁、扉等の局所的な荷重と終局耐力荷重との比較評価により、部分的に塑性変形することはあるが、破断することが無いことを確認する。
- ・ 屋根が折板等の建物で F3 竜巻で屋根が損傷する場合は、屋根内外の気圧差は解消されるものとして竜巻荷重を算定する。
- ・ 屋根が損傷して屋内の設備、機器に竜巻が影響する場合は、設備、機器に 92m/s の風が作用した場合の竜巻荷重を上回る強度を有する設計とする。（アンカー補強、固縛等による防護）

5.3. 飛来物の衝突に対する評価

- ・ 4.3. 項と同様の方法で評価する。
- ・ 屋根が損傷する建物で、建物上部まで飛来物が到達する場合は、屋根の下に設置する屋内の設備、機器等の飛散防止用防護ネットでそれらを飛来物からも防護する設計とする。
- ・ 飛散防止用防護ネットを通過して飛来物（プレハブ物置のプレス）が到達する場合は、屋内の設備、機器に対する飛来物の影響を評価する。

5.4. 許容限界

- ・ 建物、構築物に対する F3 竜巻（92m/s）の水平荷重に対する許容限界は、建物、構築物の保有水平耐力とする。
- ・ 建物の屋根、壁、扉等の強度評価の許容限界は、単位面積当りの終局耐力荷重を原則とする。
- ・ 鉄筋コンクリート屋根、壁、鋼板に対する飛来物貫通の許容限界は、4.3. 項に示す貫通評価式で算出した厚さとする。

6. 適用規格

設計は原則として、次の関係規準に準拠する。

- ・ 原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（原子力規制委員会）
- ・ 原子力発電所の竜巻影響評価ガイド(案)及び解説（原子力安全基盤機構）
- ・ 建築基準法・同施行令・告示等
- ・ 日本産業規格（JIS）（日本規格協会）
- ・ 鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会）
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会）
- ・ 鋼構造設計規準 — 許容応力度設計法 —（日本建築学会）
- ・ 建築基礎構造設計指針（日本建築学会）
- ・ 2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書（建築研究所）
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会）
- ・ 建築工事標準仕様書・同解説（日本建築学会）

II. 付属建物 発電機室 竜巻防護設計計算書

1. 発電機室の概要

1.1. 位置

発電機室の設置位置を図イ建一「敷地内建物配置図」に示す。

設置場所は敷地内中央の南側に位置し、最も近い民家や公道から 240m 以上離れている。

1.2. 建物の概要

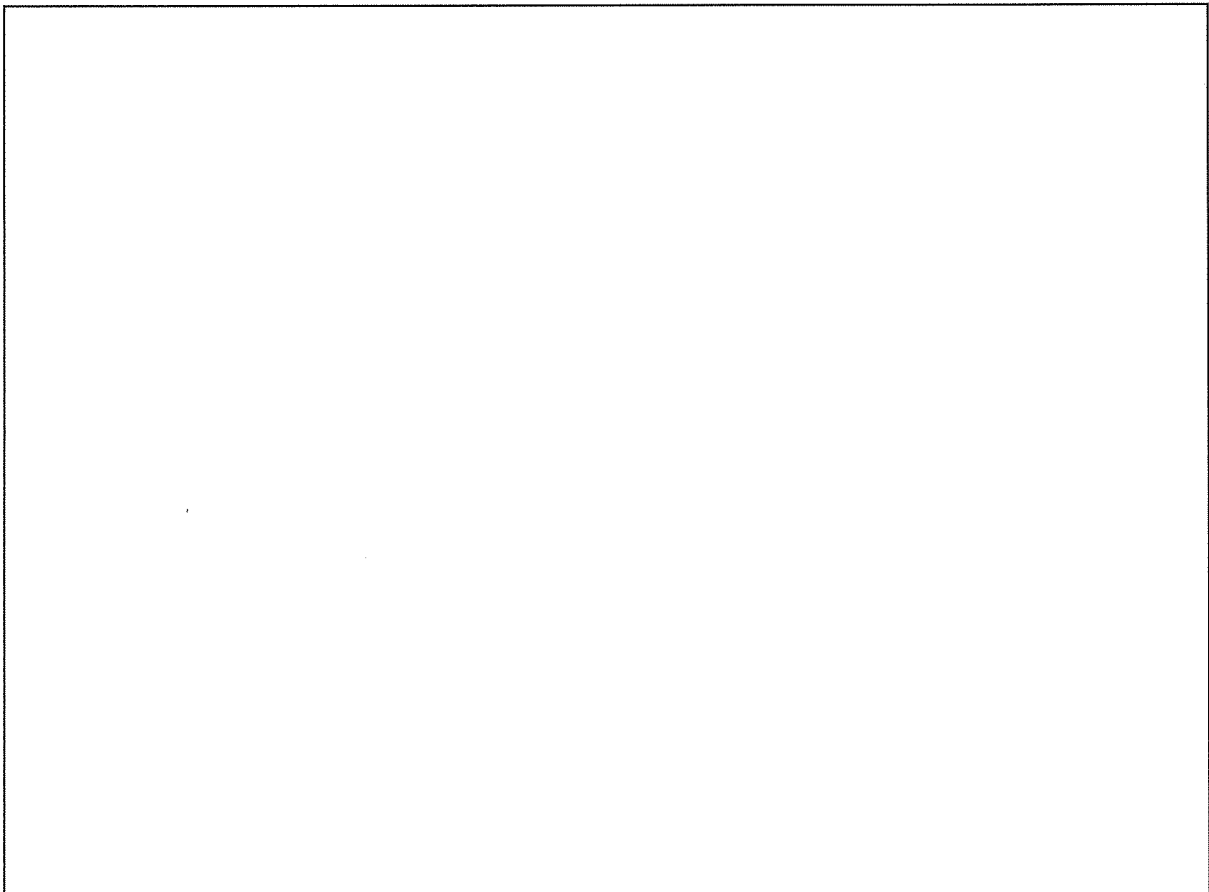
発電機室は平屋建ての鉄筋コンクリート造（RC 造）であり、平面形状は、約 、
高さ約 の整形な新設建物である。

屋根はスラブと RC 梁で構成されている。

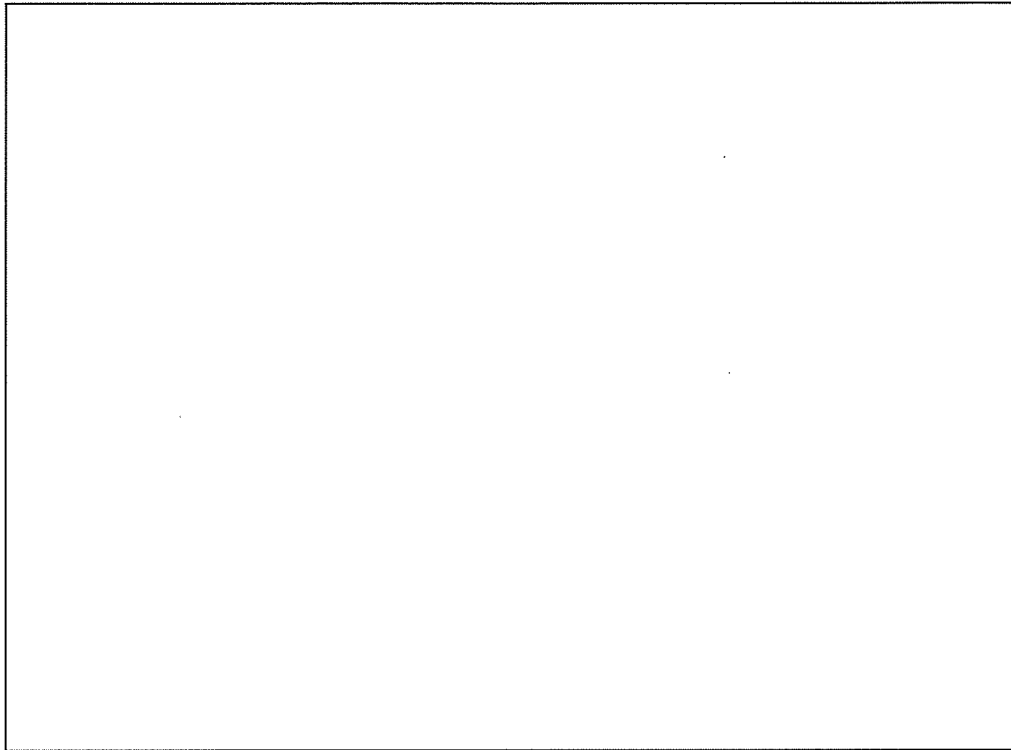
開口部としては、鉄扉、空調用開口を設置している。

本建物の屋根伏図、断面図を添説建 3-Ⅱ.1.2-1 図、添説建 3-Ⅱ.1.2-2 図に示す。

注) 添付説明書の図に示す寸法の単位は、特記以外ミリメートルとする。



添説建 3-Ⅱ.1.2-1 図 屋根伏図

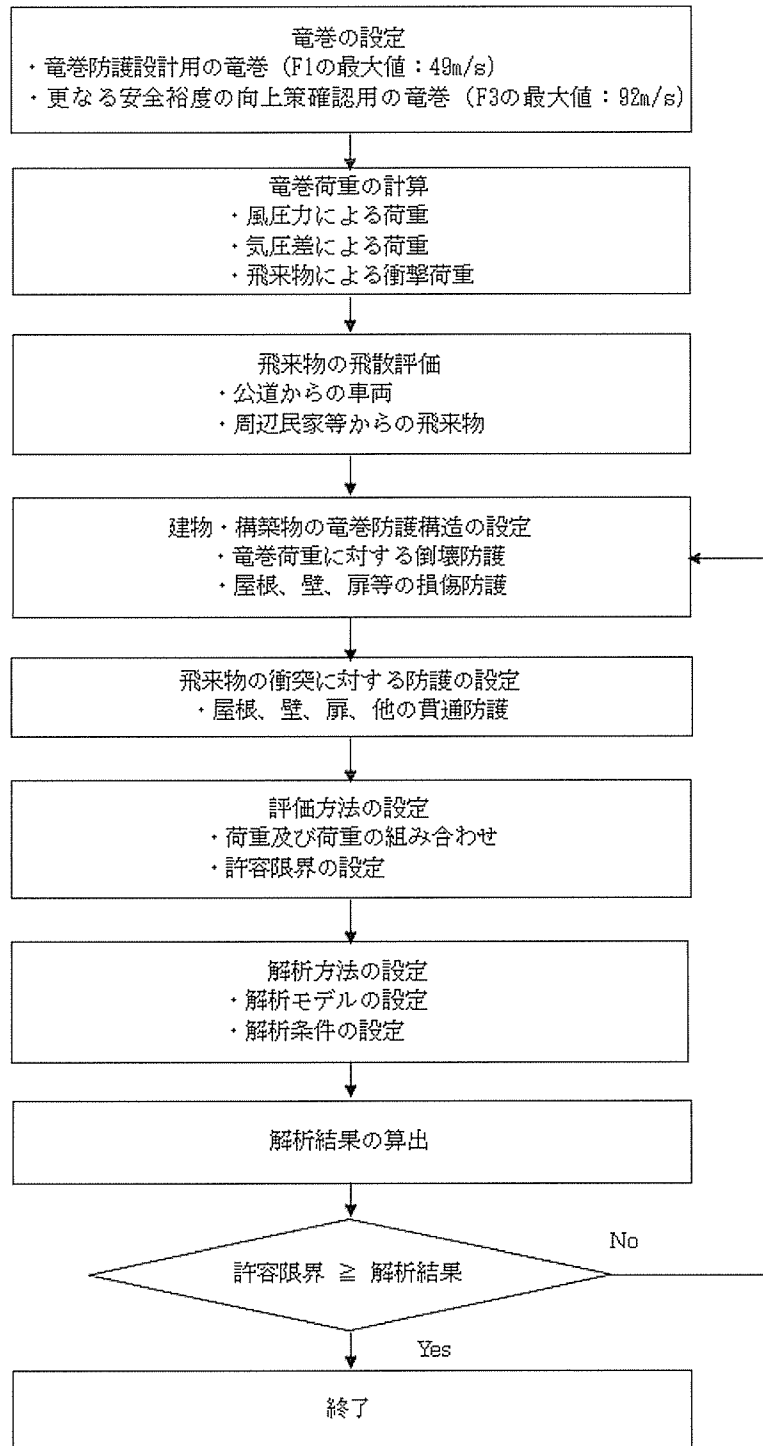


添説建 3-Ⅱ.1.2-2 図 A-A 断面図

1.3.設計方針

竜巻防護設計の方針に従い、竜巻は風速を藤田スケール F1 の最大風速 49m/s とし、構造強度評価「建物に作用する竜巻荷重と保有水平耐力との比較」、局部評価「屋根、壁、鉄扉等に作用する荷重と強度との比較」を実施する。なお、敷地内の飛来物は、加工施設に影響の無い距離まで離すことや固縛等を行うので対象外とし、評価対象は敷地外から想定される飛来物とする。

また、更なる安全裕度の向上策の確認として、F3 の最大風速 92m/s で同様の評価を実施する。建物、構築物の竜巻防護設計フローの概要を添説建 3-Ⅱ.1.3-1 図に示す。



添説建 3-Ⅱ. 1. 3-1 図 建物、構築物の竜巻防護設計フロー概要

2. 竜巻荷重の計算

2.1 建物の構造強度評価に用いる竜巻荷重の計算

構造強度評価は、「建物の保有水平耐力と同建物に作用する気圧差による荷重」と「気圧差による荷重と風圧力による荷重を組合わせた荷重」との比較で行う。この評価により、発電機室が竜巻により倒壊することが無いことを確認する。

(1) 竜巻荷重の計算

気圧差による荷重 W_{T1} 、気圧差による荷重と風圧力による荷重を組合わせた荷重 W_{T2} は以下の式で計算し、荷重の大きい方を採用する。また、F3 竜巻荷重についても同様に計算する。

$$W_{T1} = w_p \times A_L$$

$$W_{T2} = (C_{wU} \times q \times A_U - C_{wL} \times q \times A_L) + 1 / 2 \times w_p \times A_L$$

ここで

A_U : 風上側面積

A_L : 風下側面積

w_p : 竜巻による気圧差による荷重

C_{wU} : 風上側風力係数

C_{wL} : 風下側風力係数

q : 設計用速度圧

速度圧、気圧差による荷重の計算式と各パラメータを下記に示す。

$$q = 1 / 2 \times \rho \times V_D^2$$

$$w_p = \rho \times V_m^2$$

ここで

ρ : 空気密度 = 1.22 kg/m³

V_D : F1 竜巻最大風速 = 49 m/s、F3 竜巻最大風速 = 92 m/s

V_m : F1 竜巻の最大接線風速 = 42 m/s、F3 竜巻の最大接線風速 = 78 m/s

(2) 風力係数

壁、鉄扉の風力係数を添説建 3-Ⅱ.2.1-1 表（原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（案）及び解説（独立行政法人 原子力安全基盤機構）より）に示す。風下側の風力係数 C_{wL} は、風向方向の建物寸法 D と風向に直交する方向の建物寸法 B の比で整理されるが、保守的に絶対値が大きい -0.50 を用いて評価する。

添説建 3-Ⅱ.2.1-1 表 壁等の風力係数 C_w （正が圧縮、負が引張）

		風力係数
風上側 C_{wU}		0.80
風下側 C_{wL}	D/B 比 ≤ 1	-0.50
	D/B 比 > 1	-0.35

D : 風向方向の建物寸法

B : 風向に直交する方向の建物寸法

2.2. 局部評価に用いる竜巻荷重の計算

(1) 荷重計算方法

荷重計算方法を以下に示す。局部評価用の F1 竜巻荷重は、壁、鉄扉については w_{T1} と w_{T2_w} の大きい方、屋根については w_{T1} と w_{T2_r} の大きい方とする。

1) 壁、鉄扉

$$w_{T1} = w_p$$

$$w_{T2_w} = \begin{cases} C_{WU} \times q + 1 / 2 \times w_p & (C_{WU} + C_{WL}) \times q \geq -w_p \text{ の場合} \\ C_{WL} \times q + 1 / 2 \times w_p & (C_{WU} + C_{WL}) \times q < -w_p \text{ の場合} \end{cases}$$

2) 屋根

$$w_{T1} = w_p$$

$$w_{T2_r} = C_R \times q + 1 / 2 \times w_p$$

(2) 風力係数

壁、鉄扉の風力係数は添説建 3-Ⅱ. 2. 1-1 表に示す通りである。なお、風下側は、保守的に絶対値が大きい-0.5 を用いて評価する。

屋根の風力係数を添説建 3-Ⅱ. 2. 2-1 表（原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（案）及び解説（独立行政法人 原子力安全基盤機構）より）に示す。屋根に作用する荷重は、風上側の屋根端部からの距離 R_b で整理されるが、保守的に絶対値が大きい-1.20 を用いて評価する。

添説建 3-Ⅱ. 2. 2-1 表 屋根の風力係数 C_R （屋根健全時 正が圧縮、負が引張）

	風力係数
$R_b \leq 0.5B$	-1.20
$0.5B < R_b \leq 1.5B$	-0.60
$R_b > 1.5B$	-0.20

R_b : 風上側の屋根端部からの距離

B : 風向に直交する方向の建物寸法

3. 建物健全性の評価結果

3.1. 建物の構造強度評価

建物に作用する水平方向の竜巻荷重と保有水平耐力を比較することで構造強度評価を行う。保有水平耐力は、「添付説明書ー建2 II. 附属建物 発電機室耐震計算書」1.8. 評価結果(2)二次設計の保有水平耐力の評価のうちのX方向、Y方向それぞれについて正負加力2ケースのうち小さい方の値を用いる。

保有水平耐力と竜巻荷重の比較結果を添説建3ーII. 3.1ー1表に示す。評価の結果、保有水平耐力はF1竜巻荷重を上回っており、F1竜巻荷重に対して建物は健全である。

添説建3ーII. 3.1ー1表 保有水平耐力とF1竜巻荷重の比較評価

	保有水平耐力 (kN)	F1 竜巻荷重 (kN) ※1	検定比	評価
X 方向 (東西方向)				○
Y 方向 (南北方向)				○

※1：添付説明書ー建3ーII付録2 参照

3.2. 屋根、壁、鉄扉の局部評価

短期許容荷重と竜巻荷重とを比較した局部評価結果を添説建3ーII. 3.2ー1表に示す。評価の結果、各部の強度はF1竜巻荷重を上回っており、F1竜巻荷重に対して健全である。

添説建3ーII. 3.2ー1表 局部評価

	単位面積当りの 短期許容荷重 (Pa)	単位面積当りの F1 竜巻荷重 (Pa)	検定比	評価
屋根				○
壁				○
鉄扉				○

※1：添付説明書ー建3ーII付録5 参照

(ただし、屋根については、F1竜巻荷重が屋根固定荷重(6200 N/m²)以下であり、浮き上がり力は生じないことから検討を省略)

※2：添付説明書ー建3ーIII. 発電機室新設標準鉄扉説明書 参照

※3：添付説明書ー建3ーII付録4 参照

注) 表記の検定比は、建物の外殻を構成する屋根、外壁、建具等の各部におけるF1竜巻荷重に対する短期許容荷重の比の最大値を示す。ただし、構成各部の評価の過程において、検定比がF1竜巻荷重時の発生応力度に対する許容応力度で計算されている場合は、短期許容荷重は載荷されているF1竜巻荷重を検定比で割り戻す(短期許容荷重=F1竜巻荷重/検定比)ことで算出する。

3.3 飛来物の飛散による壁、屋根の貫通評価結果

電力中央研究所が開発した竜巻飛来物解析コード「TONBOS」を用いて飛来物の飛散評価を行う。TONBOS で解析する際の竜巻風速場にはフジタモデル (DBT-77 モデル) を適用する。F1 竜巻での評価結果を添説建 3-Ⅱ. 3. 3-1 表に示す。

評価の結果、最大飛散距離はプレハブ物置 (大) が 55m であるが、最も近い民家や公道から発電機室までは 240m 以上離れており、同建物まで到達する飛来物は無いことから、建物の壁、屋根の貫通評価は不要である。

添説建 3-Ⅱ. 3. 3-1 表 F1 竜巻での敷地外からの飛来物評価結果

竜巻条件 (F1)

最大風速	49	(m/s)
最大接線風速	42	(m/s)
移動速度	7	(m/s)

品名	長さ (m)	幅 (m)	高さ (m)	設置高さ (m)	重量 (kgf)	空力係数 (m ² /kg)	最大水平速度 (m/s)	最大鉛直速度 (m/s)	運動エネルギー (水平) (kJ)	運動エネルギー (鉛直) (kJ)	最大飛散距離 (m)	最大飛散高さ (m)
鋼製材	4.2	0.2	0.3	0	135	0.0065	0.0	0.0	0	0	0	0.0
鋼製パイプ	0.05	2	0.05	0	8.4	0.0057	0.0	0.0	0	0	0	0.0
乗用車 (ワゴン)	5.2	1.9	2.3	0	1890	0.0073	0.0	0.0	0	0	0	0.0
軽自動車 1	3.4	1.5	1.6	0	840	0.0102	0.0	0.0	0	0	0	0.0
軽自動車 2	3.4	1.5	1.5	0	710	0.0116	4.2	0.2	6	0	1	0.0
軽トラック	3.4	1.5	1.8	0	740	0.0122	8.5	0.7	26	0	4	0.1
4 t トラック	8.1	2.2	2.5	0	3900	0.0059	0.0	0.0	0	0	0	0.0
15t トラック	12.0	2.5	3.3	0	9420	0.0045	0.0	0.0	0	0	0	0.0
バス (路線バスタイプ)	10.3	2.5	3.1	0	9920	0.0035	0.0	0.0	0	0	0	0.0
バス (観光バスタイプ)	12.0	2.5	3.5	0	13080	0.0034	0.0	0.0	0	0	0	0.0
プレハブ物置 (小)	0.75	1.10	1.305	0.18	60	0.0356	24.8	5.2	18	1	31	1.9
プレハブ物置 (中)	1.37	2.21	2.075	0.1	223	0.0309	27.0	6.0	31	4	45	3.1
プレハブ物置 (大)	2.22	5.14	2.35	0.1	599	0.0316	28.7	6.3	246	12	55	3.7

4. 更なる安全裕度の向上策の確認

4.1 建物の構造強度評価

建物に作用する水平方向の竜巻荷重と保有水平耐力を比較することで構造強度評価を行う。保有水平耐力は、「添付説明書一建 2 II. 付属建物 発電機室耐震計算書」1.8. 評価結果(2) 二次設計の保有水平耐力の評価のうちの X 方向、Y 方向それぞれについて正負加力 2 ケースのうち小さい方の値を用いる。

保有水平耐力と竜巻荷重の比較結果を添説建 3- II. 4.1-1 表に示す。評価の結果、保有水平耐力は F3 竜巻荷重を上回っており、F3 竜巻荷重に対して建物は健全である。

添説建 3- II. 4.1-1 表 保有水平耐力と F3 竜巻荷重の比較評価

	保有水平耐力 (kN)	F3 竜巻荷重 (kN) ※1	検定比	評価
X 方向 (東西方向)				○
Y 方向 (南北方向)				○

※1：添付説明書一建 3- II 付録 3 参照

4.2.屋根、壁、鉄扉の局部評価

終局耐力荷重と竜巻荷重とを比較した局部評価結果を添説建 3-Ⅱ.4.2-1 表に示す。評価の結果、各部の強度は F3 竜巻荷重を上回っており、F3 竜巻荷重に対して、部分的に塑性変形が発生する可能性はあるが、終局耐力内であり、健全である。

F3 竜巻荷重については、発電機室の壁に空調用開口があるため、気圧差は発生しないものとして竜巻荷重を算出する。

添説建 3-Ⅱ.4.2-1 表 局部評価

	単位面積当りの 終局耐力荷重 (Pa)	単位面積当りの F3 竜巻荷重 (Pa)	検定比	評価
屋根				○
壁				○
鉄扉				○

※1：添付説明書—建 3-Ⅱ付録 5 参照

(ただし、屋根については、F3 竜巻荷重が屋根固定荷重 (6200 N/m²) 以下であり、浮き上がり力は生じないことから検討を省略)

※2：添付説明書—建 3-Ⅲ. 発電機室新設標準鉄扉説明書 参照

※3：添付説明書—建 3-Ⅱ付録 4 参照

注) 表記の検定比は、建物の外殻を構成する屋根、外壁、建具等の各部における F3 竜巻荷重に対する終局耐力荷重の比の最大値を示す。ただし、構成各部の評価の過程において、検定比が F3 竜巻荷重時の発生応力度に対する許容応力度で計算されている場合は、終局耐力荷重は載荷されている F3 竜巻荷重を検定比で割り戻す (終局耐力荷重=F3 竜巻荷重/検定比) ことで算出する。

4.3 飛来物の飛散による壁、屋根の貫通評価結果

F1 竜巻と同様に F3 竜巻での飛来物評価を実施する。F3 竜巻での評価結果を添説建 3-Ⅱ.4.3-1 表に示す。また、その内でプレハブ物置（大）、軽トラックの F3 竜巻時における飛散距離を添説建 3-Ⅱ.4.3-1 図に示す。

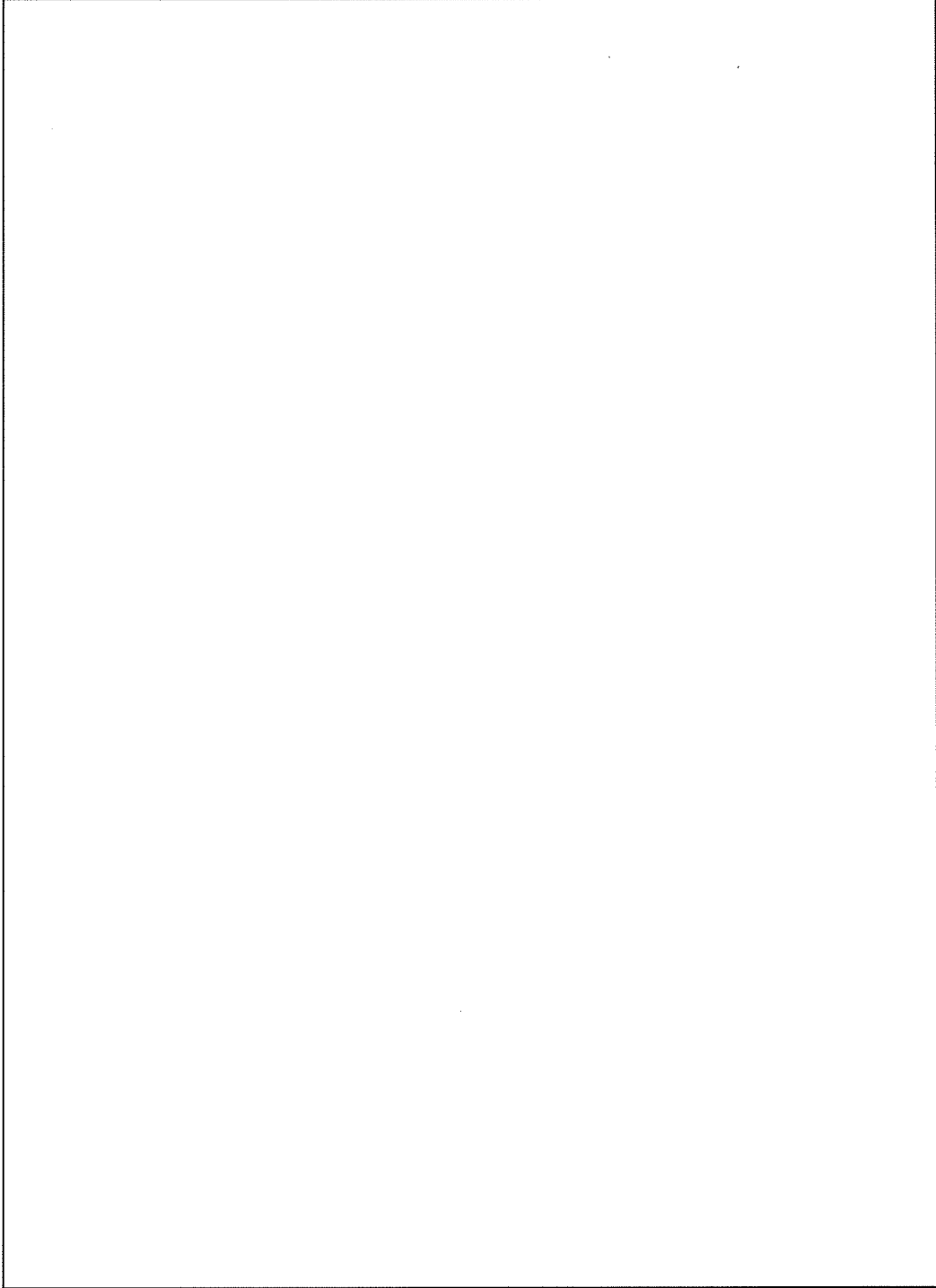
評価の結果、上記の飛散距離図に示す通り、最大飛散距離はプレハブ物置（大）が 211m であるが、最も近い民家や公道から発電機室までは 240m 以上離れており、同建物まで到達する飛来物は無いことから、建物の壁、屋根の貫通評価は不要である。

添説建 3-Ⅱ.4.3-1 表 F3 竜巻での敷地外からの飛来物評価結果

竜巻条件 (F3)

最大風速	92	(m/s)
最大接線風速	78	(m/s)
移動速度	14	(m/s)

品名	長さ (m)	幅 (m)	高さ (m)	設置高さ (m)	重量 (kgf)	空力係数 (m ² /kg)	最大水平速度 (m/s)	最大鉛直速度 (m/s)	運動エネルギー (水平) (kJ)	運動エネルギー (鉛直) (kJ)	最大飛散距離 (m)	最大飛散高さ (m)
鋼製材	4.2	0.2	0.3	0	135	0.0065	11.1	0.9	8	0	6	0.2
鋼製パイプ	0.05	2	0.05	0	8.4	0.0057	0.0	0.0	0	0	0	0.0
乗用車 (ワゴン)	5.2	1.9	2.3	0	1890	0.0073	42.5	7.8	1710	58	95	4.9
軽自動車 1	3.4	1.5	1.6	0	840	0.0102	46.2	7.7	896	25	99	4.9
軽自動車 2	3.4	1.5	1.5	0	710	0.0116	48.6	7.6	839	21	136	5.3
軽トラック	3.4	1.5	1.8	0	740	0.0122	50.5	9.3	944	32	160	8.2
4 t トラック	8.1	2.2	2.5	0	3900	0.0059	38.4	7.2	2880	101	71	3.9
15t トラック	12.0	2.5	3.3	0	9420	0.0045	32.8	6.7	5074	211	59	3.4
バス (路線バスタイプ)	10.3	2.5	3.1	0	9920	0.0035	22.9	3.0	2612	45	30	1.1
バス (観光バスタイプ)	12.0	2.5	3.5	0	13080	0.0034	23.9	3.4	3740	74	33	1.3
プレハブ物置 (小)	0.75	1.1	1.305	0.18	60	0.0356	63.6	12.4	121	5	191	20.3
プレハブ物置 (中)	1.37	2.21	2.075	0.1	223	0.0309	63.2	14.0	445	22	208	25.4
プレハブ物置 (大)	2.22	5.14	2.35	0.1	599	0.0316	63.7	14.4	1217	62	211	27.8



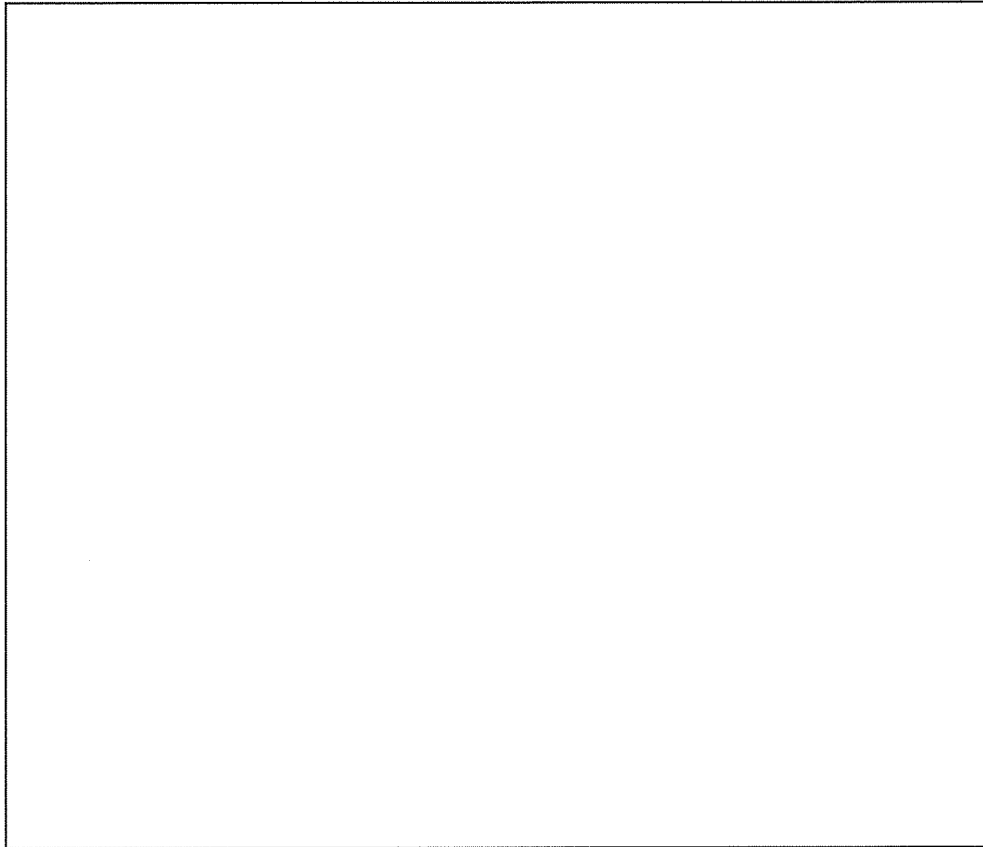
添説建 3-Ⅱ. 4. 3-1 図 プレハブ物置 (大)、軽トラックの飛散距離図 (F3 竜巻時)

見付面積の算出方法について

見付面積 (A_p, A_{IF}) の算出にあたり、高さ方向の寸法はパラペットなどの上端部から一律 200mm を加算して裕度を確保する。また、X 方向、Y 方向の寸法は、通り芯から両側に一律 150mm を加算して裕度を確保する。

X 方向（東西方向）の見付面積

見付面積の算出範囲を添説建 3-Ⅱ. 付 1-1 図に示す。



添説建 3-Ⅱ. 付 1-1 図 X 方向見付面積

a = 壁幅 + 両側幅裕度
 = m

b = パラペット高さ + 高さ裕度
 = m

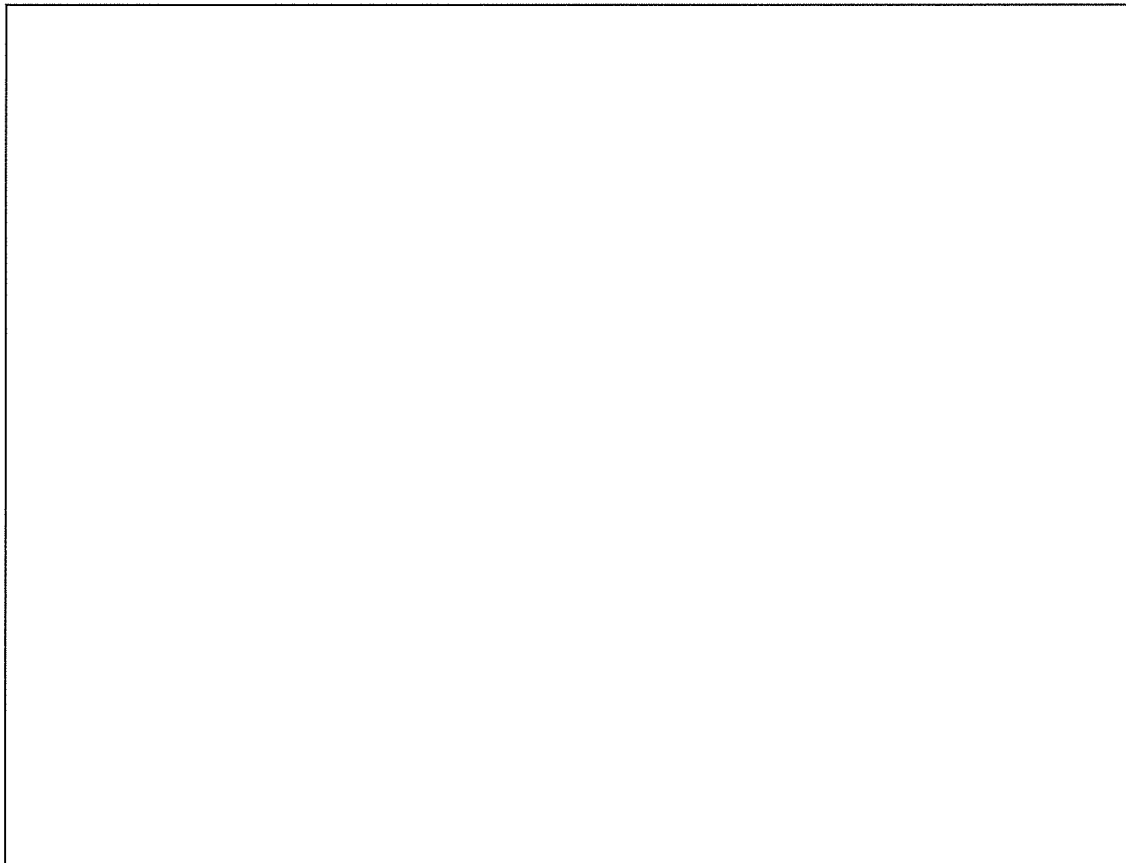
c = (1 階壁高さ + 150) / 2
 = m

各階見付面積

1F: パラペット $A_p = a \times b =$ m^2
 壁 $A_{IF} = a \times c =$ m^2

Y方向（南北方向）の見付面積

見付面積の算出範囲を添説建3-Ⅱ.付1-2図に示す。



添説建3-Ⅱ.付1-2図 Y方向見付面積

a = 壁幅 + 両側幅裕度

= m

b = パラペット高さ + 高さ裕度

= m

c = (1階壁高さ + 150) / 2

= m

各階見付面積

1F: パラペット $A_p = a \times b =$ m^2

壁 $A_{1F} = a \times c =$ m^2

「添説建 3—II. 3. 1—1 表 保有水平耐力と F1 竜巻荷重の比較評価」の竜巻荷重（層せん断力）の算出方法について

添説建 3—II. 付 2—1 表 X 方向（東西方向）の水平方向の竜巻荷重

階	算定位置	見付面積	風力係数	風圧力による荷重	風圧力による層せん断力	気圧差による荷重	気圧差による層せん断力	層せん断力の 組合わせ荷重	
		A ※1 (m ²)	C (—)	q×A×C (kN)	Ww (kN)	ΔP×A (kN)	Wp (kN)	W _{T1} =Wp (kN)	W _{T2} =Ww+ 0.5×Wp (kN)
1	パラペット								
	風上								
	風下								

※1：見付面積は、添付説明書—建 3—II 付録 1 による。

※2：風上 0.8 と風下 0.5 の合計値。

添説建 3—II. 付 2—2 表 Y 方向（南北方向）の水平方向の竜巻荷重

階	算定位置	見付面積	風力係数	風圧力による荷重	風圧力による層せん断力	気圧差による荷重	気圧差による層せん断力	層せん断力の 組合わせ荷重	
		A ※1 (m ²)	C (—)	q×A×C (kN)	Ww (kN)	ΔP×A (kN)	Wp (kN)	W _{T1} =Wp (kN)	W _{T2} =Ww+ 0.5×Wp (kN)
1	パラペット								
	風上								
	風下								

※1：見付面積は、添付説明書—建 3—II 付録 1 による。

※2：風上 0.8 と風下 0.5 の合計値。

発電機室の保有水平耐力との比較評価に用いる竜巻荷重による水平方向の層せん断力算出において気圧低下による荷重と風圧力による荷重は下記の値とする。

「I. 竜巻防護設計の基本方針」の「2. 竜巻荷重の算定」より、

- ・気圧低下による荷重：ΔP = (Pa) → (Pa) として計算に使用
- ・風圧力による荷重：q = (Pa) → (Pa) として計算に使用

「添説建 3-Ⅱ. 4. 1-1 表 保有水平耐力と F3 竜巻荷重の比較評価」の竜巻荷重（層せん断力）の算出方法について

添説建 3-Ⅱ. 付 3-1 表 X 方向（東西方向）の水平方向の竜巻荷重

階	算定位置	見付面積	風力係数	風圧力による荷重	風圧力による層せん断力	気圧差による荷重	気圧差による層せん断力	層せん断力の組み合わせ荷重	
		A ※1 (m ²)	C (-)	q×A×C (kN)	W _w (kN)	ΔP×A (kN)	W _p (kN)	W _{T1} =W _p (kN)	W _{T2} =W _w + 0.5×W _p (kN)
1	パラベット								
	風上								
	風下								

※1：見付面積は、添付説明書一建 3-Ⅱ付録 1 による。

※2：風上 0.8 と風下 0.5 の合計値。

添説建 3-Ⅱ. 付 3-2 表 Y 方向（南北方向）の水平方向の竜巻荷重

階	算定位置	見付面積	風力係数	風圧力による荷重	風圧力による層せん断力	気圧差による荷重	気圧差による層せん断力	層せん断力の組み合わせ荷重	
		A ※1 (m ²)	C (-)	q×A×C (kN)	W _w (kN)	ΔP×A (kN)	W _p (kN)	W _{T1} =W _p (kN)	W _{T2} =W _w + 0.5×W _p (kN)
1	パラベット								
	風上								
	風下								

※1：見付面積は、添付説明書一建 3-Ⅱ付録 1 による。

※2：風上 0.8 と風下 0.5 の合計値。

発電機室の保有水平耐力との比較評価に用いる竜巻荷重による水平方向の層せん断力算出において気圧低下による荷重と風圧力による荷重は下記の値とする。

「Ⅰ. 竜巻防護設計の基本方針」の「2. 竜巻荷重の算定」より、

- ・気圧低下による荷重：ΔP = □(Pa) (気圧差荷重□)
- ・風圧力による荷重：q = □(Pa) → □(Pa)として計算に使用

1. 「添説建 3-Ⅱ. 3. 2-1 表 局部評価」の F1 竜巻荷重の算出方法について

添説建 3-Ⅱ. 付 4-1 表 F1 竜巻の特性値

空気密度	ρ	(kg/m ³)	1.22
竜巻最大風速	V_D	(m/s)	49
竜巻接線風速	V_m	(m/s)	42
速度圧	q	(Pa)	1465
気圧低下による荷重	ΔP_{max}	(Pa)	-2152

添説建 3-Ⅱ. 付 4-2 表 F1 竜巻の局部評価用荷重の算定

風の方向		風上	風下
風力係数 (壁・鉄扉等)	C_w	—	0.8 / -0.5
風力係数 (屋根)	C_r	—	-1.2
気圧差荷重	W_p	(Pa)	-2152
壁・鉄扉等への荷重	W_{T1}	(Pa)	※
	W_{T2}	(Pa)	— / -1808
屋根への荷重	W_{T1}	(Pa)	-2152
	W_{T2}	(Pa)	※

注) ・建物外殻への荷重が外側から内側に作用する場合は正、その逆が負

・※印の値が評価で使用した荷重

2. 「添説建 3-Ⅱ. 4. 2-1 表 局部評価」の F3 竜巻荷重の算出方法について

添説建 3-Ⅱ. 付 4-3 表 F3 竜巻の特性値

空気密度	ρ	(kg/m ³)	1.22
竜巻最大風速	V_D	(m/s)	92
竜巻接線風速	V_m	(m/s)	78
速度圧	q	(Pa)	5163
気圧低下による荷重	ΔP_{max}	(Pa)	0

添説建 3-Ⅱ. 付 4-4 表 F3 竜巻の局部評価用荷重の算定

風の方向		風上	風下
風力係数 (壁・鉄扉等)	C_w	—	0.8 / -0.5
風力係数 (屋根)	C_r	—	-1.2
気圧差荷重	W_p	(Pa)	0
壁・鉄扉等への荷重	W_{T1}	(Pa)	0
	W_{T2}	(Pa)	※
屋根への荷重	W_{T1}	(Pa)	0
	W_{T2}	(Pa)	※

注) ・建物外殻への荷重が外側から内側に作用する場合は正、その逆が負

・※印の値が評価で使用した荷重

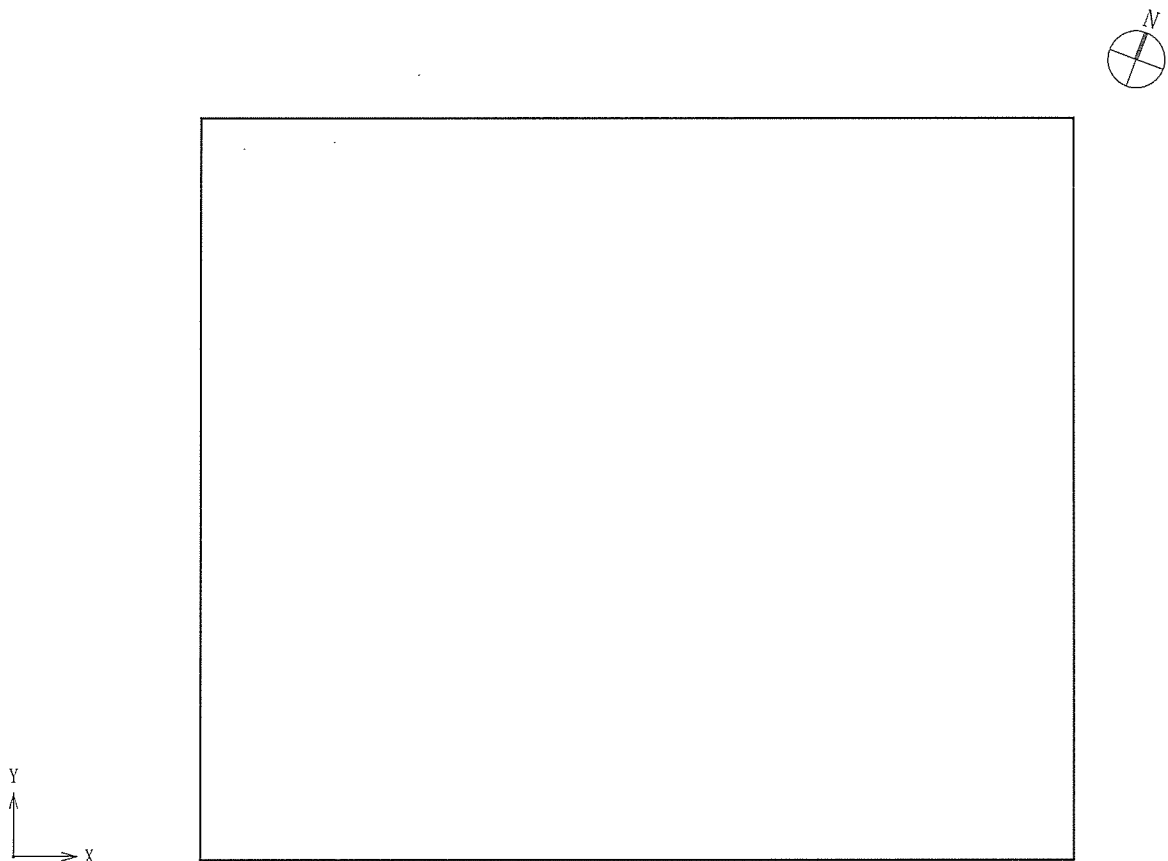
竜巻に対する局所評価用の竜巻許容荷重の計算に関する説明書

建物の損傷防護の観点から、局部評価として建物の屋根、壁とそれらを支持する構造二次部材について評価を行う。

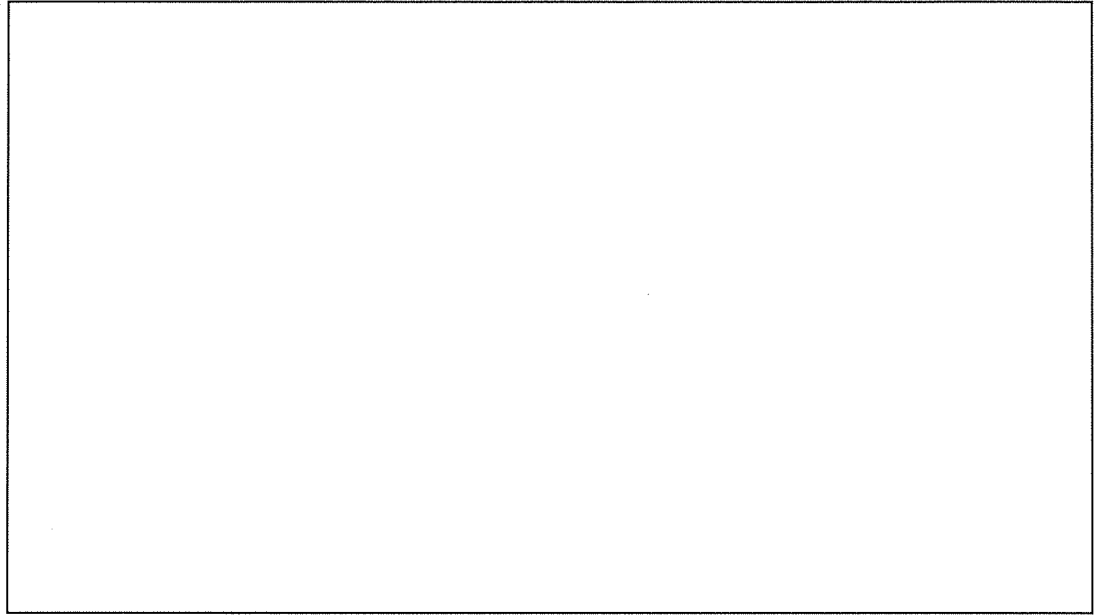
1. 屋根、壁の評価位置と評価モデルについて

発電機室の屋根、壁は鉄筋コンクリート構造であり、屋根スラブ、RC 小梁、壁スラブについて検討を行う。

検討対象を添説建 3-Ⅱ. 付 5-1 図、添説建 3-Ⅱ. 付 5-2 図に示す。スラブは内法寸法で評価する。



添説建 3-Ⅱ. 付 5-1 図 屋根検討対象（見上げ図）



添説建 3-Ⅱ. 付 5-2 図 壁検討対象

2. 竜巻許容荷重の考え方

屋根スラブ、RC 小梁、壁スラブは F1 竜巻時に作用する最大曲げモーメントが短期曲げ耐力以下、F3 竜巻時は終局曲げ耐力以下であることを確認する。確認にあたり、日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（以下「RC 規準」と略記）に基づき評価する。

以上の評価により安全機能を損なわないことを確認する。

3. 竜巻許容荷重の算出

3.1 荷重

竜巻荷重は負圧で評価するため、固定荷重の値は切り捨てとする。

(1) 固定荷重

屋根スラブ (S1)

単位体積重量 γ_{RC} (N/m³) :
 厚さ t_{RC} (m) :
 単位面積重量 w_{RC1} (N/m²) : $\gamma_{RC} \times t_{RC} =$
 仕上げ荷重 w_{RC2} (N/m²) :
 検討用固定荷重 w_{RC} (N/m²) : $w_{RC1} + w_{RC2} =$

(2) 竜巻荷重

添説建 3-Ⅱ. 付 5-1 表に示す。(添付説明書-建 3-Ⅱ 付録 4 参照)

添説建 3-Ⅱ. 付 5-1 表 竜巻荷重

竜巻荷重	屋根	壁
F1 竜巻荷重 (短期) w_{F1} (N/m ²)		
F3 竜巻荷重 (終局) w_{F3} (N/m ²)		

3.2 使用材料と許容値

(1) コンクリート

設計基準強度 $F_c =$ N/mm²

(2) 鉄筋

使用材料 : 設計図書より
 短期許容引張応力度 $f_t =$ N/mm²
 降伏応力度 $\sigma_y =$ N/mm²

3.3. 屋根の検討

添説建 3-Ⅱ. 付 5-2 表に竜巻荷重と屋根固定荷重の比較を示す。F1 竜巻荷重、F3 竜巻荷重は屋根固定荷重以下であり、浮き上がり力は生じないため、屋根スラブ、RC 小梁の検討を省略する。

添説建 3-Ⅱ. 付 5-2 表 竜巻荷重と固定荷重の比較

F1 竜巻荷重 (N/m ²)	F3 竜巻荷重 (N/m ²)		屋根固定荷重 (N/m ²)

3.4. 壁の検討

(1) 壁スラブ (SW25)

1) 寸法諸元、パネル支持条件

水平スパン長 (パネル長) L(m) :

鉛直スパン長 (パネル幅) B(m) :

単位面積当り F1 竜巻荷重 w_{F1} (kN/m²) :

単位面積当り F3 竜巻荷重 w_{F3} (kN/m²) :

壁スラブ諸元

厚さ t(mm) :

配筋

縦筋 :

横筋 :

1 本当り断面積 (D13) A_{D13} (mm²) :

鉄筋

短期許容引張応力度 f_t (N/mm²) :

降伏応力度 σ_y (N/mm²) :

支持条件 :

2) 検討結果

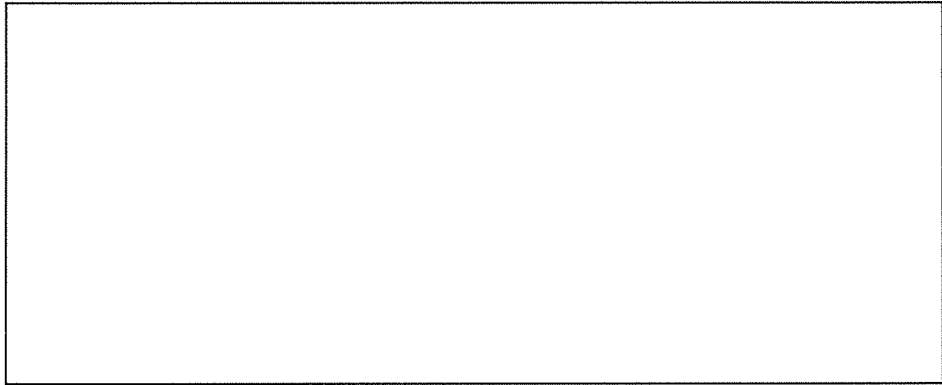
曲げモーメントが最大となる端部にて検討を行う。

引張側表面より引張側鉄筋中心までの距離 d_t (mm) :

有効せい d (mm) : $t - d_t =$

応力中心距離 j (mm) : $(7 / 8) \times d =$

引張鉄筋断面積 (1m 幅当り) a_t (mm²/m) : $1000 / 200 \times A_{D13}$
 =



a) F1 竜巻

最大曲げモーメント M (壁 1m 幅当り) は、RC 規準 (10.1) 式より

$$M = 1 / 12 \times \{L^4 / (B^4 + L^4)\} \times w_{F1} \times B^2$$

$$=$$
 kN・m/m

短期曲げ耐力 M_a (壁 1m 幅当り) は、RC 規準 (13.1) 式より

$$M_a = a_t \times f_t \times j =$$
 kN・m/m

最大曲げモーメント M と短期曲げ耐力 M_a の検定比

$$R_1 = M / M_a =$$
 OK

b) F3 竜巻 ($d=193$ となるが保守的に 189 として検討)

最大曲げモーメント M (壁 1m 幅当り) は、RC 規準 (10.1) 式より

$$M = 1 / 12 \times \{L^4 / (B^4 + L^4)\} \times w_{F3} \times B^2$$

$$=$$
 kN・m/m

終局曲げ耐力 M_u (壁 1m 幅当り) は、RC 規準 (解 8.21) 式より

$$M_u = 0.9 \times a_t \times \sigma_y \times d =$$
 = kN・m/m

最大曲げモーメント M と終局曲げ耐力 M_u の検定比

$$R_2 = M / M_u =$$
 OK

(2) 壁の単位面積当りの短期許容荷重、終局耐力荷重

短期許容荷重 $w_a = w_{F1} / R_1 =$ N/m²

終局耐力荷重 $w_u = w_{F3} / R_2 =$ N/m²

以上より、対象 F1 竜巻荷重 (短期)、F3 竜巻荷重 (終局) に対して、壁は健全である。

Ⅲ. 付属建物 発電機室 鉄扉説明書

1. 概要

付属建物 発電機室の F3 竜巻荷重に対する新設鉄扉 4 箇所について検討を行う。

本説明書では、扉面積が最大となる鉄扉を代表例に強度検討の詳細を示し、それ以外の検討結果を一覧表の形式にて記載する。

検討の結果、全ての鉄扉は、竜巻荷重に対して健全である。

2. 評価対象鉄扉の検定比及び鉄扉配置図

2.1. 検定比最大鉄扉

竜巻荷重に対する鉄扉の強度評価において、検定比が最大となる鉄扉を添説建 3-Ⅲ. 2. 1-1 表に示す。

添説建 3-Ⅲ. 2. 1-1 表 付属建物 発電機室 検定比最大鉄扉

	鉄扉部位	項目	記号	単位	SD-202
					両開
鉄扉仕様	竜巻荷重	F1	q_1	N/m ²	
		F3	q_3	N/m ²	
	扉	幅	W	mm	
		高さ	H	mm	
		厚み	T	mm	
		表面板厚	t	mm	
評価	許容荷重 (q_{1a}, q_{3u})	F1	q_{1a}	N/m ²	
			K_1	—	
		判定		OK	
	検定比 (K_1, K_3)	F3	q_{3u}	N/m ²	
			K_3	—	
		判定		OK	

2.2. 鉄扉配置図

鉄扉の配置については、本文図り建-2 及び図り建-4 に示す。

3. 鉄扉の強度評価

3.1. 鉄扉概要

各鉄扉の概要を添説建 3-III. 3.1-1 表に示す。なお、計算書の図に示す寸法の単位は、特記以外ミリメートルとする。

添説建 3-III. 3.1-1 表 竜巻対応鉄扉一覧

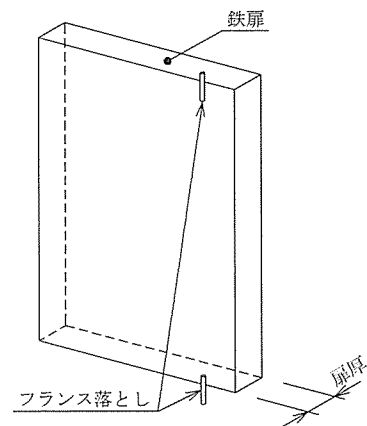
扉番号	場所	型式		枚数	扉幅 W (mm)	扉高さ H (mm)	竜巻荷重	
							スケール	強度 (N/m ²)
SD-200		両開		2			F3	
SD-201		両開		2			F3	
SD-202		両開	親扉	1			F3	
			子扉	1				
SD-203		両開	親扉	1			F3	
			子扉	1				

各鉄扉の概要図を添説建 3-III. 3.1-2 表に示す。

添説建 3-Ⅲ. 3. 1-2 表 鉄扉の概要図

鉄扉番号	SD-200	SD-201
竜巻荷重	F3	F3
概要図		
扉厚		

鉄扉番号	SD-202	SD-203
竜巻荷重	F3	F3
概要図		
扉厚		



3. 2. 使用材料

鋼材の基準強度を添説建 3-III. 3. 2-1 表に示す。

添説建 3-III. 3. 2-1 表 鋼材の設計基準強度[F]

鋼材の種別	基準強度

$t \leq 40^* \text{mm}$ (鉄扉の部材は厚さ $\square \text{mm}$ 以下)

※鋼構造設計規準—許容応力度設計法— (日本建築学会)

3. 3. 鉄扉の強度評価方法

(1) 評価方針

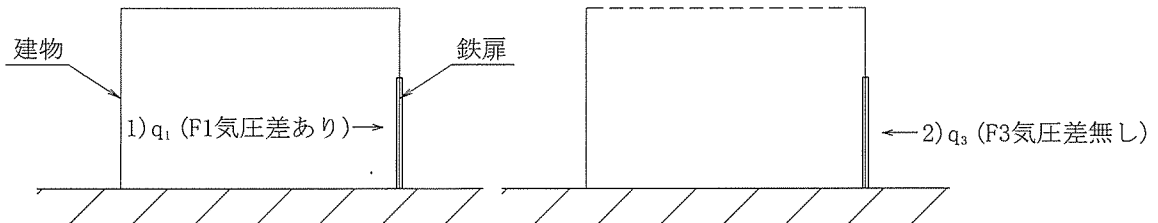
竜巻対応鉄扉の評価に当たっては、竜巻荷重が作用する以下の構成要素について、作用応力が耐力より小さいことを確認する。

- ・鉄扉表面板
- ・鉄扉内部構造材
- ・鉄扉扉枠
- ・フランス落とし

(2) 設計荷重

鉄扉の強度評価に使用する竜巻荷重 (局部評価用荷重のうち鉄扉への荷重) を添説建 3-III. 3. 3-1 図に示す。

- 1) F1 竜巻荷重 気圧差ありの場合 : $q_1 = 2152 \text{ N/m}^2$
- 2) F3 竜巻荷重 気圧差無しの場合 : $q_3 = 4130 \text{ N/m}^2$



添説建 3-III. 3. 3-1 図 鉄扉の竜巻荷重

(3) 許容耐力

短期許容曲げモーメント (F1 の場合)

$$F(\text{基準強度}) = \boxed{} (\text{N/mm}^2)$$

Z : 弾性断面係数 (mm^3)

$$M_{1a} = F \times Z = \boxed{} (\text{N}\cdot\text{mm})$$

終局曲げ耐力 (F3 の場合)

$$F_y = F(\text{基準強度}) \times \boxed{} (\text{N/mm}^2)$$

Z_p : 塑性断面係数 (mm^3)

$$M_{3u} = F_y \times Z_p = \boxed{} \times Z_p (\text{N}\cdot\text{mm})$$

短期許容せん断力 (F1 の場合)

A : せん断応力抵抗断面積 (mm^2)

$$S_{1a} = \frac{F}{\sqrt{3}} \times A = \boxed{} (\text{N})$$

終局せん断耐力 (F3 の場合)

A : せん断応力抵抗断面積 (mm^2)

$$S_{3u} = \frac{F_y}{\sqrt{3}} \times A = \boxed{} (\text{N})$$

(4) 適用基準

- ・ 建築基準法・同施行令・告示等
- ・ 鋼構造設計規準—許容応力度設計法— (日本建築学会)
- ・ 鋼構造塑性設計指針 (日本建築学会)
- ・ 日本産業規格 (JIS) (日本規格協会)

3.4. 鉄扉の強度検討

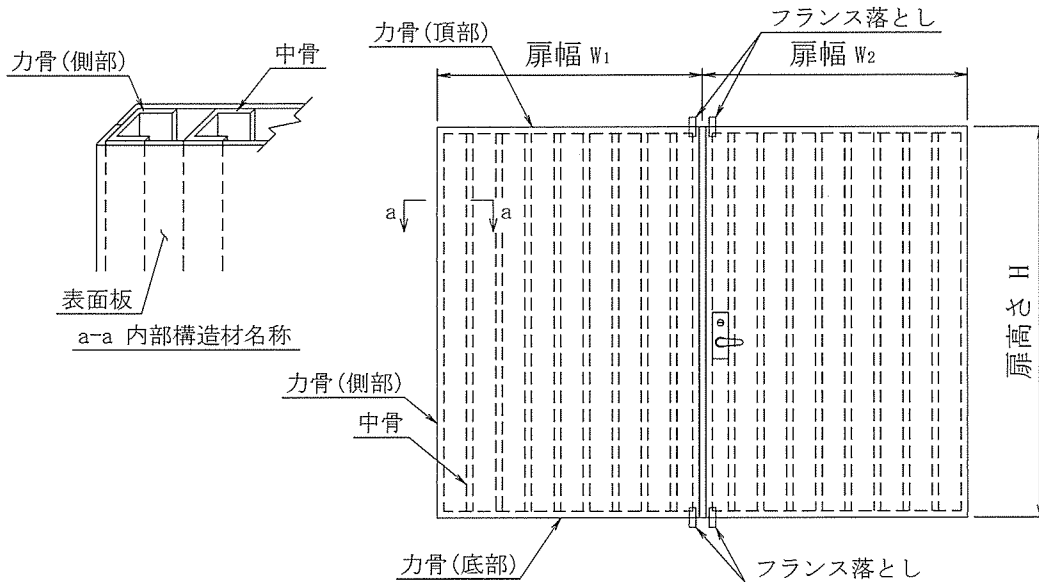
鉄扉の竜巻に対する強度検討に当たっては、扉面積が最大となる SD-200 に着目し、検討詳細を示す。SD-200 の寸法諸元を添説建 3-III. 3.4-1 表に、構造概要を添説建 3-III. 3.4-1 図に示す。

また、SD-200 以外の鉄扉については、同様方法による検討結果を添説建 3-III. 3.5-1 表に記載する。

(1) 鉄扉 SD-200 の寸法諸元

添説建 3-III. 3.4-1 表 鉄扉 SD-200 の寸法諸元

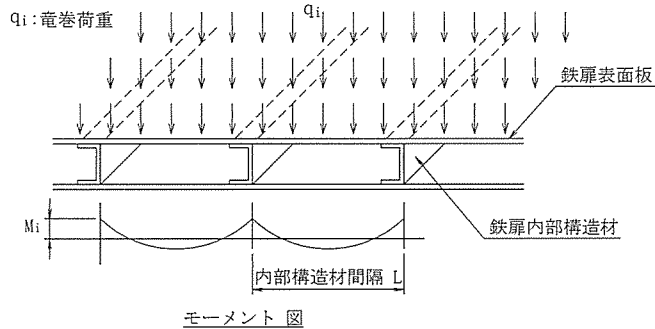
大項目	小項目	名称	記号	数値	単位	
荷重	短期荷重	竜巻荷重 F1	q_1	2152	N/m ²	
	終局荷重	竜巻荷重 F3	q_3	4130	N/m ²	
寸法諸元	扉	幅	W_1, W_2		mm	
		高さ	H		mm	
		厚さ	T		mm	
		表面板厚	t		mm	
		内部補強材	力骨(側部)	t_1		mm
			力骨(頂部、底部)	t_2		mm
			中骨(縦部)	t_3		mm
	内部補強材(中骨)ピッチ	L		mm		
フランス落とし	ピン径	D_f		mm		



添説建 3-III. 3.4-1 図 鉄扉 SD-200 の構造概要

(2) 鉄扉表面板の曲げ強度

鉄扉内部構造材で支持された鉄扉表面板が竜巻荷重を受けた場合に発生する曲げ応力に対して検討する。鉄扉表面には添説建 3-III. 3. 4-2 図に示す荷重が作用する。



添説建 3-III. 3. 4-2 図 鉄扉表面板の荷重負担

竜巻荷重 q_i

F1 竜巻荷重 : q_1

F3 竜巻荷重 : q_3

表面板の曲げ応力 M_i

$$M_i = \frac{1}{12} \times q_i \times L^2 \quad (\text{両端固定条件、単位幅 1mm 当り}) \quad (i=1, 3)$$

弾性断面係数 Z

$$Z = \frac{t^2}{6} \quad (\text{単位幅 1mm 当り})$$

塑性断面係数 Z_p

$$Z_p = \frac{t^2}{4} \quad (\text{単位幅 1mm 当り})$$

曲げ耐力 M_{1a}, M_{3u}

短期許容曲げモーメント $M_{1a} = F \times Z$ (単位幅 1mm 当り)

終局曲げ耐力 $M_{3u} = F_y \times Z_p$ (単位幅 1mm 当り)

検定比 K_i

$$K_1 = \frac{M_1}{M_{1a}}, \quad K_3 = \frac{M_3}{M_{3u}}$$

許容荷重 q_{1a}, q_{3u} (検定比 1.0 相当の F1, F3 の竜巻荷重)

$$\text{短期許容荷重 } q_{1a} = \frac{q_1}{K_1} \quad \text{終局許容荷重 } q_{3u} = \frac{q_3}{K_3}$$

計算結果を添説建 3-III. 3. 4-2 表に示す。

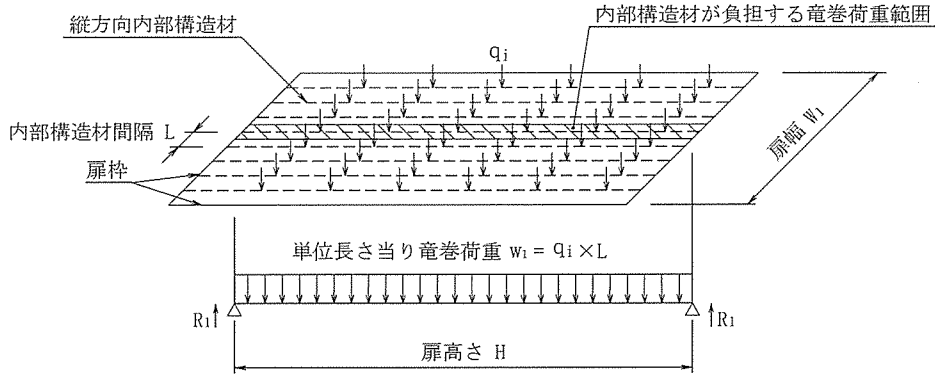
添説建 3-III. 3. 4-2 表 鉄扉表面板の強度検討

ケース	q_1, q_3 (N/m ²)	L (mm)	t (mm)	M_1, M_3 (N・mm/mm)	F, F_y (N/mm ²)	Z, Z_p (mm ³ /mm)	M_{1a}, M_{3u} (N・mm/mm)	検定比 K_1, K_3	許容荷重 q_{1a}, q_{3u} (N/m ²)
F1									
F3									

(3) 鉄扉の内部構造材強度

鉄扉表面板を支持する内部構造材は、扉枠に支持された梁として検討する。

鉄扉内部構造材には添説建 3-III. 3. 4-3 図に示す荷重が作用する。



添説建 3-III. 3. 4-3 図 鉄扉内部構造材の荷重負担範囲

内部構造材の曲げ応力 M_i

$$M_i = \frac{1}{8} \times w_1 \times H^2 = \frac{q_i \times L \times H^2}{8} \quad (i = 1, 3)$$

曲げ耐力 M_{1a}, M_{3u}

短期許容曲げモーメント $M_{1a} = F \times Z_{DS1}$

終局曲げ耐力 $M_{3u} = F_y \times Z_{DS1}$

検定比 K_i

$$K_1 = \frac{M_1}{M_{1a}}, \quad K_3 = \frac{M_3}{M_{3u}}$$

許容荷重 q_{1a}, q_{3u} (検定比 1.0 相当の F1, F3 の竜巻荷重)

$$\text{短期許容荷重 } q_{1a} = \frac{q_1}{K_1} \quad \text{終局許容荷重 } q_{3u} = \frac{q_3}{K_3}$$

計算結果を添説建 3-III. 3. 4-3 表に示す。

添説建 3-III. 3. 4-3 表 鉄扉内部構造材の強度検討

ケース	q_1, q_3 (N/m ²)	L (mm)	H (mm)	M_1, M_3 (N・m)	F, F _y (N/mm ²)	Z _{DS1} (mm ³)	M_{1a}, M_{3u} (N・m)	検定比 K ₁ , K ₃	許容荷重 q _{1a} , q _{3u} (N/m ²)
F1									
F3									

Z_{DS1} : 縦方向内部構造材の弾性断面係数

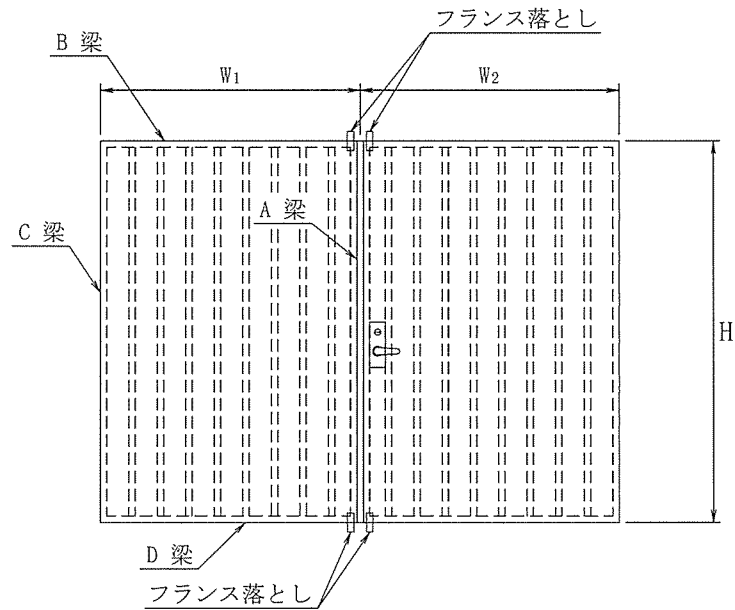
(4) 鉄扉の扉枠強度

鉄扉の側部扉枠 A 梁及び頂部扉枠 B 梁について検討する。

側部扉枠 C 梁及び底部扉枠 D 梁については上記扉枠と同様につき、検討を省略する。

各扉枠は、フランス落としを支点とした単純梁モデルとして検討する。

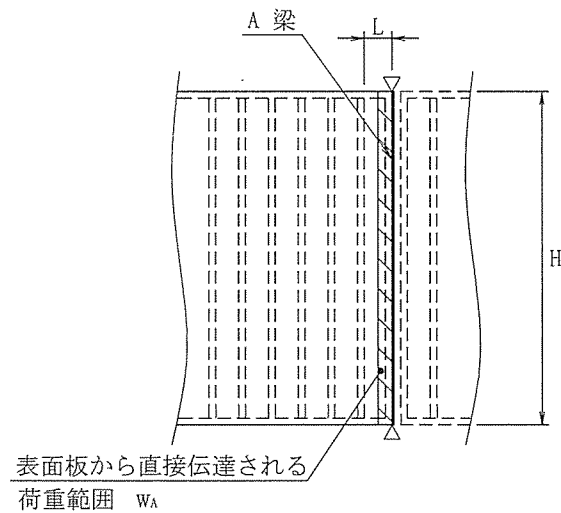
鉄扉の扉枠梁材の名称を添説建 3-III. 3. 4-4 図に示す。



添説建 3-III. 3. 4-4 図 鉄扉の扉枠梁材の名称

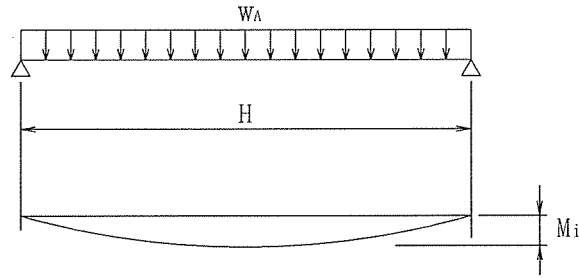
1) 側部（召し合わせ側）扉枠 A 梁

扉枠 A 梁には、添説建 3-III. 3. 4-5 図に示す荷重が作用する。



添説建 3-III. 3. 4-5 図 側部扉枠 A 梁の荷重負担範囲

添説建 3-III. 3. 4-6 図に示す梁モデルとして検討する。



添説建 3-III. 3. 4-6 図 側部扉枠 A 梁の梁モデル

表面板から直接伝達される荷重 w_A

$$w_A = q_i \times \frac{L}{2}$$

扉枠 A 梁の曲げ応力 M_i

$$M_i = \frac{w_A \times H^2}{8} = \frac{q_i \times L \times H^2}{16} \quad (i = 1, 3)$$

曲げ耐力 M_{1a}, M_{3u}

$$\text{短期許容曲げモーメント } M_{1a} = F \times Z_{DA}$$

$$\text{終局曲げ耐力 } M_{3u} = F_y \times Z_{PDA}$$

検定比 K_i

$$K_1 = \frac{M_1}{M_{1a}}, \quad K_3 = \frac{M_3}{M_{3u}}$$

許容荷重 q_{1a}, q_{3u} (検定比 1.0 相当の F1, F3 の竜巻荷重)

$$\text{短期許容荷重 } q_{1a} = \frac{q_1}{K_1} \quad \text{終局許容荷重 } q_{3u} = \frac{q_3}{K_3}$$

計算結果を添説建 3-III. 3. 4-4 表に示す。

添説建 3-III. 3. 4-4 表 側部扉枠 A 梁の強度検討

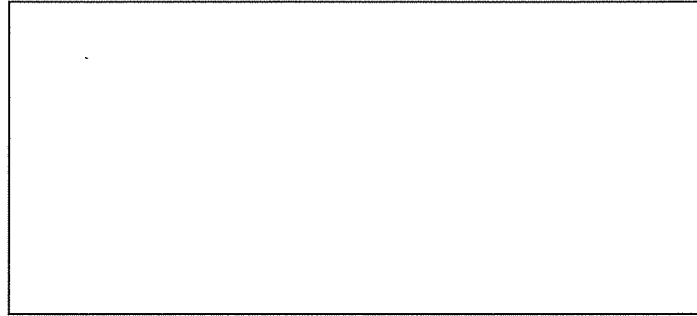
ケース	q_1, q_3 (N/m^2)	L (mm)	H (mm)	M_1, M_3 ($\text{N}\cdot\text{m}$)	F, F_y (N/mm^2)	Z_{DA}, Z_{PDA} (mm^3)	M_{1a}, M_{3u} ($\text{N}\cdot\text{m}$)	検定比 K_1, K_3	許容荷重 q_{1a}, q_{3u} (N/m^2)
F1									
F3									

Z_{DA} : 扉枠 A 梁の弾性断面係数

Z_{PDA} : 扉枠 A 梁の塑性断面係数

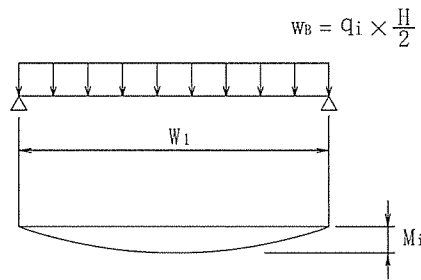
2) 頂部扉枠 B 梁

扉枠 B 梁には添説建 3-III. 3. 4-7 図に示す縦方向内部構造材の反力として伝達される荷重 R_1 が作用する。



添説建 3-III. 3. 4-7 図 頂部扉枠 B 梁の荷重負担範囲

添説建 3-III. 3. 4-8 図に示す梁モデルとし、曲げ応力については安全側に梁全長の等分布荷重として検討する。



添説建 3-III. 3. 4-8 図 頂部扉枠 B 梁の梁モデル

内部構造材から伝達される荷重 w_B

$$w_B = q_i \times \frac{H}{2}$$

扉枠 B 梁の曲げ応力 M_i

$$M_i = \frac{1}{8} \times w_B \times W_1^2 = \frac{q_i \times H \times W_1^2}{16} \quad (i = 1, 3)$$

曲げ耐力 M_{1a}, M_{3u}

$$\text{短期許容曲げモーメント } M_{1a} = F \times Z_{DC}$$

$$\text{終局曲げ耐力 } M_{3u} = F_y \times Z_{PDC}$$

検定比 K_i

$$K_1 = \frac{M_1}{M_{1a}}, \quad K_3 = \frac{M_3}{M_{3u}}$$

許容荷重 q_{1a}, q_{3u} (検定比 1.0 相当の F1, F3 の竜巻荷重)

$$\text{短期許容荷重 } q_{1a} = \frac{q_1}{K_1} \quad \text{終局許容荷重 } q_{3u} = \frac{q_3}{K_3}$$

計算結果を添説建 3-III. 3. 4-5 表に示す。

添説建 3-III. 3. 4-5 表 頂部扉枠 B 梁の強度検討

ケース	q_1, q_3 (N/m ²)	H (mm)	W_1 (mm)	M_1, M_3 (N・m)	F, F_y (N/mm ²)	Z_{DB}, Z_{PDB} (mm ³)	M_{1a}, M_{3u} (N・m)	検定比 K_1, K_3	許容荷重 q_{1a}, q_{3u} (N/m ²)
F1									
F3									

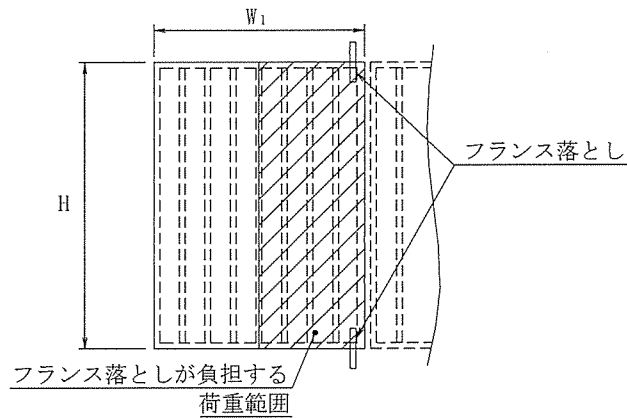
Z_{DB} : 扉枠 B 梁の弾性断面係数

Z_{PDB} : 扉枠 B 梁の塑性断面係数

(5) フランス落としの検討

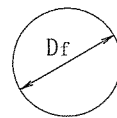
扉に作用する荷重の 1/2 については、扉上下の新設フランス落としが全て負担するものとし、ピンの必要最小寸法を確認する。

フランス落としには添説建 3-III. 3. 4-9 図に示す荷重が作用する。



添説建 3-III. 3. 4-9 図 フランス落としの荷重負担範囲

フランス落としピンの断面積 A_f



$$A_f = \frac{\pi}{4} \times D_f^2$$

フランス落とし断面

ピンの形状係数 κ : 4/3 (円形断面) “構造力学公式集, 土木学会” より
扉のフランス落としに作用する荷重 R_{fi}

$$R_{fi} = \kappa \times \frac{q_i \times H \times W_1}{4} \quad (i = 1, 3)$$

せん断耐力 S_{1a}, S_{3u}

短期許容せん断力 $S_{1a} = \square \times A_f$ (N)

終局せん断耐力 $S_{3u} = \square \times A_f$ (N)

検定比 K_i

$$K_1 = \frac{R_{f1}}{S_{1a}}, \quad K_3 = \frac{R_{f3}}{S_{3u}}$$

許容荷重 q_{1a}, q_{3u} (検定比 1.0 相当の F1, F3 の竜巻荷重)

$$\text{短期許容荷重 } q_{1a} = \frac{q_1}{K_1} \quad \text{終局許容荷重 } q_{3u} = \frac{q_3}{K_3}$$

計算結果を添説建 3-III. 3. 4-6 表に示す。

添説建 3-III. 3. 4-6 表 フランス落としの強度検討

ケース	q_1, q_3 (N/m ²)	H (mm)	W_1 (mm)	D_f (mm)	A_f (mm ²)	R_{f1}, R_{f3} (N)	$F/\sqrt{3},$ $F_y/\sqrt{3}$ (N/mm ²)	S_{1a}, S_{3u} (N)	検定比 K_1, K_3	許容荷重 q_{1a}, q_{3u} (N/m ²)
F1										
F3										

3.5. 付属建物 発電機室 鉄扉最大検定比一覧

竜巻荷重に対する鉄扉の強度評価において、各鉄扉の最大検定比を添説建 3-III.3.5-1 表に示す。全ての竜巻対応鉄扉は、竜巻荷重に対して健全である。

添説建 3-III.3.5-1 表 各鉄扉の最大検定比一覧

	鉄扉部位	項目	記号	単位	SD-200	SD-201
					新設	新設
					両開	両開
鉄扉仕様	竜巻荷重	F1	q_1	N/m ²		
		F3	q_3	N/m ²		
	扉	幅	W	mm		
		高さ	H	mm		
		厚み	T	mm		
フランス落とし	ピンサイズ	RB ^{※1}	mm			
評価	許容荷重 (q_{1a}, q_{3u})	F1	q_{1a}	N/m ²		
			K_1	—		
		判定				
	検定比 (K_1, K_3)	F3	q_{3u}	N/m ²		
			K_3	—		
		判定				

	鉄扉部位	項目	記号	単位	SD-202	SD-203
					新設	新設
					両開	両開
鉄扉仕様	竜巻荷重	F1	q_1	N/m ²		
		F3	q_3	N/m ²		
	扉	幅	W	mm		
		高さ	H	mm		
		厚み	T	mm		
フランス落とし	ピンサイズ	RB ^{※1}	mm			
評価	許容荷重 (q_{1a}, q_{3u})	F1	q_{1a}	N/m ²		
			K_1	—		
		判定				
	検定比 (K_1, K_3)	F3	q_{3u}	N/m ²		
			K_3	—		
		判定				

※1 RB : 丸鋼 (ROUND BAR)

積雪及び降下火砕物による損傷防止に関する説明書

I. 積雪及び降下火砕物による損傷防止に関する方針

1. 基本方針

加工施設の安全機能に影響を及ぼし得る自然現象のうち、積雪及び降下火砕物による損傷防止に関する基本方針は以下のとおりとする。

- ・ 敷地及び敷地周辺の自然環境を基に想定される積雪及び降下火砕物に対し、安全機能を有する施設が安全機能を損なわない設計とする。具体的には、加工施設の建物の主な屋根構造である鉄骨下地構造屋根（以下「折板屋根」及び「ALC 板屋根」と略記）及び鉄筋コンクリート屋根（以下「RC 屋根」と略記）の実耐荷重がそれぞれ降下火砕物（湿潤密度 1.2g/cm^3 ）で約 10cm （約 60cm の積雪に相当）及び約 28cm （約 168cm の積雪に相当）に耐える実力を有する設計とする。
- ・ 降下火砕物が加工施設で観測された場合、気中の降下火砕物の状態を踏まえて、除去作業等の措置を講じることとする。
- ・ 積雪及び降下火砕物の重疊を踏まえ、安全機能を損なうことがないよう、余裕をもって堆積物を取り除く方針とする。

2. 設計方針

2.1. 荷重

(1) 積雪荷重

積雪単位荷重 $m_s (\text{N/cm/m}^2)$: 20 (建築基準法施行令第 86 条第 2 項による)

1) 折板屋根

検討用積雪深度 $d_s (\text{cm})$: 60

検討用積雪荷重 $w_s (\text{N/m}^2)$: $m_s \times d_s = 20 \times 60 = 1200$

2) ALC 板屋根

検討用積雪深度 $d_{ALCS} (\text{cm})$: 60

検討用積雪荷重 $w_{ALCS} (\text{N/m}^2)$: $m_s \times d_{ALCS} = 20 \times 60 = 1200$

3) RC 屋根

検討用積雪深度 $d_{RCS} (\text{cm})$: 168

検討用積雪荷重 $w_{RCS} (\text{N/m}^2)$: $m_s \times d_{RCS} = 20 \times 168 = 3360$

(2) 固定荷重

検討対象物に応じて設定する。

(3) 荷重の組み合わせ

建築基準法施行令第 82 条に基づき積雪荷重（多雪区域以外の場合）は短期荷重として評価する。

短期荷重：固定荷重 + 積雪荷重

2. 2. 使用材料と許容値

検討対象物に応じて設定する。

2. 3. 評価方法

(1) 折板屋根

屋根の支持スパンがメーカー資料による許容スパン以下となっていることを確認する。折板を支える小梁は鉄骨構造であるため、日本建築学会「鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー」に基づき、梁に作用する最大曲げ応力度が短期許容曲げ応力度以下であることを確認する。

(2) ALC 板屋根

屋根の支持スパンがメーカー資料による許容スパン以下となっていることを確認する。ALC 板を支える小梁は鉄骨構造であるため、日本建築学会「鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー」に基づき、梁に作用する最大曲げ応力度が短期許容曲げ応力度以下であることを確認する。

(3) RC 屋根

日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」に基づき、スラブ及び小梁に作用する最大曲げモーメントが終局曲げ耐力以下であることを確認する。

これらの確認により安全機能を損なわないことを確認する。

一般に建築、土木に関する技術計算においては以下の定義による用語を用いており、本資料もこれに準拠することとする。

応力：部材に作用する内力を意味し、せん断力、軸力等の荷重の次元を持つ場合あるいは曲げモーメント、トルク等の荷重×距離の次元を持つ場合がある。

応力度：内力による単位面積あたりの荷重を意味し、荷重を面積で除した次元を持つ。

耐力：骨組や部材が破壊せずに耐えられる限界の応力を意味する。

3. 適用規格

設計は原則として、次の関係規準に準拠する。

- ・ 建築基準法・同施行令・告示等
- ・ 日本産業規格（JIS）（日本規格協会）
- ・ 鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー（日本建築学会）
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会）
- ・ ALC パネル構造設計指針・同解説（ALC 協会）

II. 付属建物 発電機室 積雪及び降下火砕物による損傷防止に関する計算書

1. 発電機室の概要

1.1 .位置

発電機室の設置位置を図イ建-1「敷地内建物配置図」に示す。

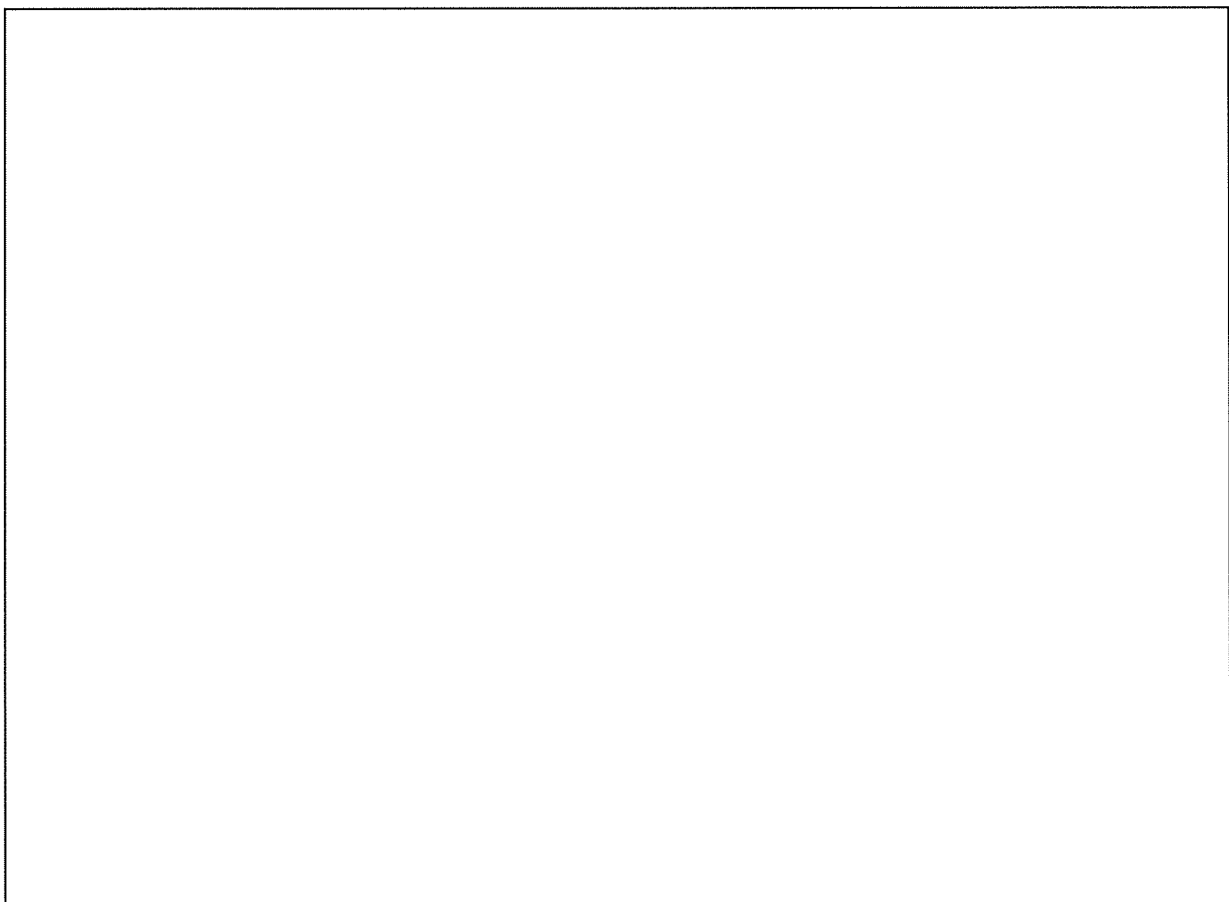
1.2 .建物の概要

発電機室は平屋建ての鉄筋コンクリート造（RC造）であり、平面形状は、約 高さ約 の整形な新設建物である。

屋根はスラブと RC 梁で構成されている。

本建物の屋根伏図を添説建 4- II. 1. 2-1 図に示す。

注) 添付説明書の図に示す寸法の単位は、特記以外ミリメートルとする。



添説建 4- II. 1. 2-1 図 屋根伏図

2. 設計方針

2.1 荷重

(1) 屋根固定荷重

屋根スラブ (S1)

単位体積重量 γ_{RC} (N/m³)

:

厚さ t (m)

:

単位面積重量 w_{RC1} (N/m²)

: $\gamma_{RC} \times t =$

仕上げ荷重^{※1} w_{RC2} (N/m²)

:

検討用固定荷重 w_{RC} (N/m²)

: $w_{RC1} + w_{RC2} =$

※1: 仕上げ重量にはシート防水増し打ち、設備荷重を含む

RC 小梁 (B1)

高さ h (m)

:

幅 b (m)

:

検討用固定荷重 w_B (N/m)

: $\gamma_{RC} \times b \times (h - t)$
=

(2) 積雪荷重

検討用積雪深度 d_{RCS} (cm) : (降下火砕物 28cm に相当)

積雪単位荷重 m_s (N/cm/m²) : (建築基準法施行令第 86 条第 2 項による)

検討用積雪荷重 w_{RCS} (N/m²) : $m_s \times d_{RCS} =$

(3) 荷重の組み合わせ

建築基準法施行令第 82 条に基づき、積雪荷重 (多雪区域以外の場合) は短期荷重として評価する。

短期荷重: 固定荷重 + 積雪荷重

2.2 使用材料と許容値

(1) コンクリート

設計基準強度 $F_c =$ N/mm²

(2) 鉄筋

使用材料: 設計図書より

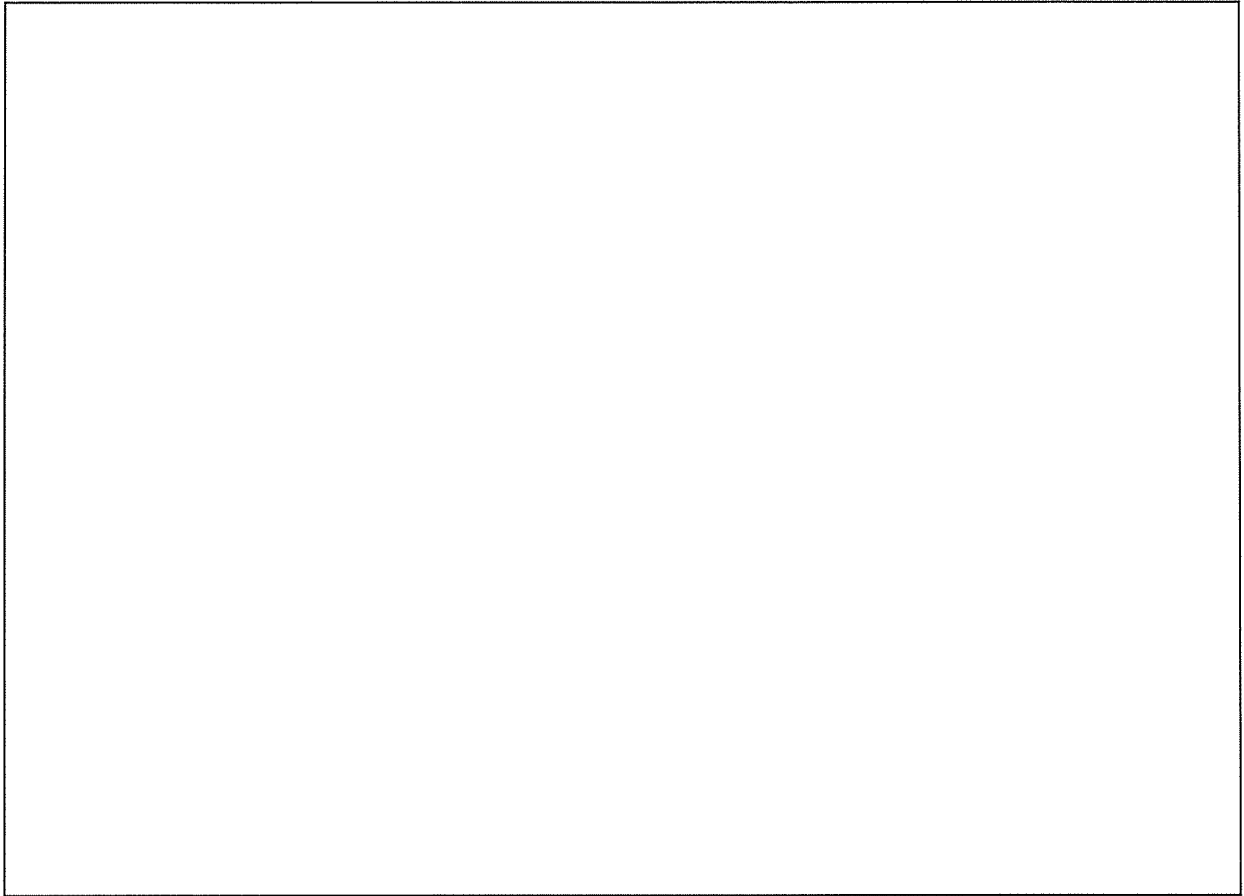
SD295A : 短期許容引張応力度 $f_{t1} =$ N/mm²

SD345 : 短期許容引張応力度 $f_{t2} =$ N/mm²

3. 検討対象

検討対象は、添説建 4-Ⅱ.3-1 図に示す屋根スラブ、RC 小梁とする。

屋根スラブは内法寸法で評価する。積雪荷重に対して厳しくなる箇所（積雪荷重を受ける面積が大きい箇所）を選定して評価する。



添説建 4-Ⅱ.3-1 図 検討対象（見上げ図）

4. 検討結果

4.1. 評価方法

屋根スラブ、RC小梁は積雪荷重時に作用する最大曲げモーメントが短期曲げ耐力以下であることを確認する。確認にあたり、屋根スラブ、RC小梁は日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（以下「RC規準」と略記）に基づき評価する。（発電機室は新設の建物であり弾性範囲の設計とする）

以上の評価により安全機能を損なわないことを確認する。

4.2. 評価結果

(1) 屋根スラブ (S1)

1) 計算諸条件

長辺スパン長 L (m) :

短辺スパン長 B (m) :

単位面積当り積雪荷重 w_{RCS} (kN/m²) :

屋根スラブ諸元

厚さ t (mm) :

単位面積当り固定荷重 w_{RC} (kN/m²) :

配筋

上端筋 主筋 :

配力筋 :

下端筋 主筋 :

配力筋 :

1本当り断面積 (D10) A_{D10} (mm²) :

(D13) A_{D13} (mm²) :

鉄筋 (SD295A)

短期許容引張応力度 f_{t1} (N/mm²) :

支持条件

着目方向 :

単位面積当り荷重 w (kN/m²) : $w_{RC} + w_{RCS} =$

2) 短辺方向（端部）での検討結果

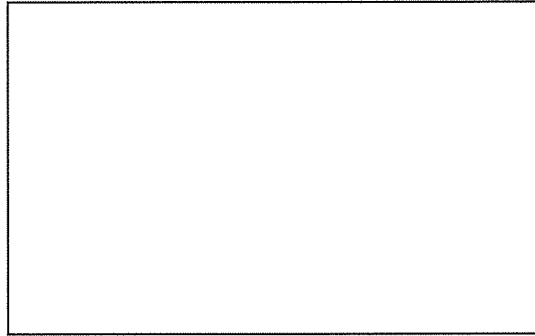
この位置での計算条件は以下の通り。

引張側表面より引張側鉄筋中心までの距離 d_t (mm) :

有効せい d (mm) : $t - d_t =$

応力中心距離 j (mm) : $(7 / 8) \times d =$

引張鉄筋断面積（スラブ 1 m 幅当り） a_t (mm²/m) : $1000 / 200 \times (A_{D10} + A_{D13}) / 2$
 =



屋根スラブ断面（端部）

最大曲げモーメント M （スラブ 1 m 幅当り）は、RC 規準（10.1）式より

$$M = 1 / 12 \times \{L^4 / (B^4 + L^4)\} \times w \times B^2$$

= kN·m/m

短期曲げ耐力 M_a （スラブ 1 m 幅当り）は、RC 規準（13.1）式より

$$M_a = a_t \times f_{t1} \times j =$$
 kN·m/m

最大曲げモーメント M と短期曲げ耐力 M_a の検定比

$$R = M / M_a =$$
 OK

3) 短辺方向（中央部）での検討結果

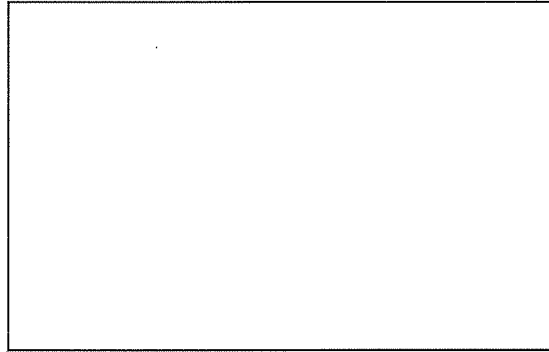
この位置での計算条件は以下の通り。

引張側表面より引張側鉄筋中心までの距離 d_t (mm) :

有効せい d (mm) : $t - d_t =$

応力中心距離 j (mm) : $(7 / 8) \times d =$

引張鉄筋断面積（スラブ 1 m 幅当り） a_t (mm²/m) : $1000 / 200 \times A_{D10}$
 =



屋根スラブ断面（中央）

最大曲げモーメント M （スラブ 1 m 幅当り）は、RC 規準（10.1）式より

$$M = 1 / 18 \times \{L^4 / (B^4 + L^4)\} \times w \times B^2$$

= kN・m/m

短期曲げ耐力 M_a （スラブ 1 m 幅当り）は、RC 規準（13.1）式より

$$M_a = a_t \times f_{t1} \times j =$$
 kN・m/m

最大曲げモーメント M と短期曲げ耐力 M_a の検定比

$$R = M / M_a =$$
 OK

以上より、積雪深さ 168cm の積雪荷重に対して、屋根スラブ（S1）は健全である。

(2) RC 小梁 (B1)

1) 計算諸条件

支持スパン長 L (m) :
屋根スラブ単位面積当り固定荷重 w_{RC} (kN/m²) :
RC 屋根単位面積当り積雪荷重 w_{RCS} (kN/m²) :

小梁諸元

高さ h (m) :
幅 b (m) :
単位長さ当り固定荷重 W_B (kN/m) :

配筋

端部 上端筋 :
 下端筋 :
中央部 上端筋 :
 下端筋 :
1 本当り断面積 (D19) A_{D19} (mm²) :

鉄筋 (SD345)

短期許容引張応力度 f_{t2} (N/mm²) :

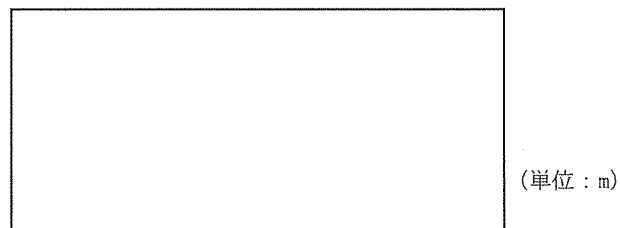
小梁の分担する単位長さ当り荷重

荷重分担幅 B_b (m) :
屋根スラブ固定荷重 w_{RC} (kN/m) : $w_{RC} \times B_b =$
積雪荷重 w_{RCS} (kN/m) : $w_{RCS} \times B_b =$
小梁分担荷重 W (kN/m) : $w_{RC} + W_B + w_{RCS}$
=

集中荷重

チェーンブロック P_C (kN) :

チェーンブロックの載荷位置を以下に示す。



2) 小梁の検討結果

梁の端部では上端側、中央部では下端側に引張が発生する。引張が発生する側の配筋は端部と中央部で同じ※1であるため、曲げモーメントが最大となる端部にて検討を行う。

この位置での計算条件は以下の通り。

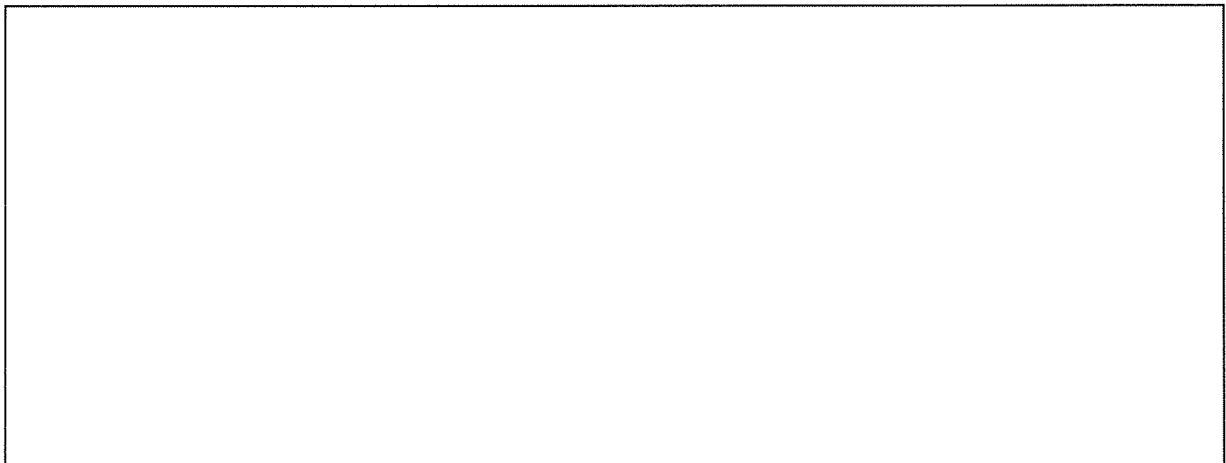
引張側表面より引張側鉄筋中心までの距離 d_t (mm) :

有効せい d (mm) : $h - d_t =$

応力中心距離 j (mm) : $(7 / 8) \times d =$

引張鉄筋断面積 a_t (mm²) : $A_{D19} \times 3^{※1} =$

※1：端部上端筋は4本であるが、保守的に3本と考える。



端部断面

中央部断面

分布荷重による曲げモーメント M_w

$M_w = 1 / 12 \times W \times L^2 =$ kN・m

集中荷重による最大曲げモーメント M_p

$M_p = P_c \times a_p \times b_p^2 / L^2 =$ kN・m

最大曲げモーメント M

$M = M_w + M_p =$ kN・m

短期曲げ耐力 M_a は、RC 規準 (13.1) 式より

$M_a = a_t \times f_{t2} \times j =$ kN・m

最大曲げモーメント M と短期曲げ耐力 M_a の検定比

$R = M / M_a =$ OK

以上より、積雪深さ 168cm の積雪荷重に対して、RC 小梁 (B1) は健全である。

外部火災・爆発による損傷防止に関する説明書

1. 評価対象と方法

(1) 評価対象

1) 対象建物及び評価箇所

評価対象建物は、非常用ディーゼル発電機(1), (2)が設置されている付属建物発電機室とした。以下に評価対象建物と部位等の構造、評価の要否を示す。

○：評価が必要 ×：評価が不要

建物	部位	材料	寸法 (厚さ)	評価要否
付属建物発電機室 (図り建-3(1/2)、(2/2) 参照)	壁			○
	屋根			○
	防火ダンパ ^{注1}			○
	鉄扉			○

注1：給気/排気フードの効果を見込まず、保守的に防火ダンパを評価対象とした。防火ダンパから屋外までのダクトは、厚さ mm の であり、防火ダンパと同じ材質、厚さである。

2) 対象とする危険物（施設・車両）

対象とする危険物（施設・車両）は、以下の通り選定した。

・敷地内：

事業許可 添付書類五の別添り-18 に示す危険物（施設・車両）のすべてを選定した（添説建 5-1 図参照）。

・敷地外：

事業許可 別添り-24 及び別添り-25 に示す危険物（施設・車両）のすべてを選定した（添説建 5-1 図参照）。

添説建 5-1 図～添説建 5-4 図に各危険物の施設と付属建物発電機室との位置関係と障壁および離隔の関係を示す。図り建-3 に付属建物発電機室と危険物（施設・車両）との評価対象と離隔距離を示す。

(2) 影響評価方法

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」に則り、影響モードとして敷地内外の火災、爆発を設定し評価した。

- ・火災：発生した火災からの輻射熱により施設の外壁、屋根、鉄扉が加熱されることを想定し、壁面温度を評価した。

$$T = T_0 + \frac{E}{h} \left(1 - e^{-\frac{ht}{C_v}} \right)$$

$$C_v = \rho \times C_p \times X$$

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left[\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right) - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right) \right]$$

(「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」より)

T：壁の入熱後の温度 (°C) T₀：初期温度 (°C)

E：輻射強度=R_f×φ (W/m²) R_f：輻射発散度 (W/m²) h：熱伝達率 (W/m²/K)

t：燃焼継続時間 (s)

C_v：建物壁の面積あたりの熱容量 (J/m²/K)

ρ：建物壁の密度 (kg/m³) C_p：建物壁材の比熱 (J/kg/K)

X：壁の厚み (m)

φ：形態係数 n=L/R m=H/R≒3

A=(1+n)²+m² B=(1-n)²+m² L：離隔距離 (m)

H：炎の高さ (m) R：燃焼半径=√S/π (m) S：燃焼面積 (m²)

- ・爆発：爆発源から発生した爆風 (危険限界距離*) を想定し、爆風による影響の有無を評価した。

$$X=0.04 \times 14.4 \sqrt[3]{K \times W} \quad (\text{「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」より})$$

X：危険限界距離 (m) K：石油類の定数 (-) W：設備定数 (-)

* 「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」に記載されている、人体に対して影響を与える爆風圧が及ぶ範囲で、範囲外の建物は爆発の影響を受けないとしている。

(3) 判定基準

1) 敷地内の火災

- ・ 火災源と対象建物との間に影響を遮る障壁がある場合は、火災の影響が及ばないものとする。
- ・ 危険物と対象建物との最短距離を離隔距離として評価する。
- ・ 評価温度 $T(^{\circ}\text{C})$ と許容温度を比較し、評価温度 < 許容温度であることを確認する。
- ・ 許容温度は、以下のとおりとする。

壁・屋根（コンクリート）：

200 $^{\circ}\text{C}$ （出典：建築火災のメカニズムと火災安全設計）

鉄扉（）、防火ダンパ（）：

450 $^{\circ}\text{C}$ （出典：建築火災のメカニズムと火災安全設計（自重（長期荷重）に対して変形が認められない温度（許容鋼材温度）））・・・補足資料参照

2) 敷地外の火災

- ・ 敷地外のタンクローリの火災は、敷地内の火災と同様に評価し判定する。
- ・ 当社敷地の東側に隣接するニュークリア・デベロップメント株式会社の火災源（危険物屋外タンク貯蔵所）に最も近い当社加工施設の建物は、事業許可のとおり第1廃棄物処理所（次回以降申請）であり、火災源との距離は109mである。
- ・ 対象建物と敷地外の火災源の距離は109m以上であることから、外壁温度が許容温度になる危険距離が109mより小さいことを確認する。

3) 敷地内の爆発

- ・ 爆発源と対象建物との間に影響を遮る障壁がある場合は、爆発の影響が及ばないものとする。
- ・ 爆発源と対象建物との最短距離を、離隔距離として評価する。
- ・ 危険限界距離 $X(\text{m})$ と離隔距離 $L(\text{m})$ を比較し、危険限界距離 < 離隔距離であることを確認する。

4) 敷地外の爆発

- ・ 敷地外のタンクローリの爆発は、敷地内の爆発と同様に評価し判定する。
- ・ 当社敷地の西側に隣接する三菱マテリアル株式会社の爆発源（LPガス貯蔵設備、高圧ガス貯蔵所（第二種貯蔵所））に最も近い当社加工施設の建物は、事業許可のとおり容器管理棟であり、爆発源との距離は228mである。
- ・ 対象建物と敷地外の爆発源との距離が228m以上であることから、危険限界距離 < 離隔距離であることを確認する。

2. 評価結果

対象建物に対する危険物（施設・車両）の影響モードと、評価結果を添説建 5-1 表に示す。
なお、評価に際しては、以下の通り保守的な評価を行った。

附属建物発電機室：

附属建物発電機室の壁、屋根は、コンクリート製のため、最も評価結果が厳しくなるように、厚さが最も薄い屋根について評価した。壁の評価結果は、屋根の評価結果に包絡される。

また、附属建物発電機室の鉄扉は、厚さ□mmの□の鋼板の2枚張りであるが、保守的な評価となるように外側鋼板1枚として評価した。また、防火ダンパは厚さ□mmの□であることから、鉄扉と防火ダンパは厚さ□mmの鋼板であることより、鉄扉と防火ダンパを纏めて評価した。

評価の結果、火災及び爆発に対して対象建物は健全性を維持できることを確認した。

添説建 5-1 表 危険物(施設・車両)の仕様と火災・爆発評価結果 (1/2)

敷地内の火災影響評価

区分	危険物の施設	油種等	影響モード	評価結果
				付属建物発電機室
敷地内	危険物屋外タンク貯蔵所(1)	A重油	火災	離隔距離評価及び温度評価により外部火災の影響はない。 (添説建 5-2 表参照)
	危険物屋外タンク貯蔵所(2)	灯油	火災	離隔距離評価及び温度評価により外部火災の影響はない。 (添説建 5-2 表参照)
	危険物屋外タンク貯蔵所(3)	灯油	火災	障壁となる建物(シリンダ洗浄棟 [※])があるため影響はない。 (添説建 5-1 図参照)
	高圧ガス製造所	液化アンモニア	火災	離隔距離評価及び温度評価により外部火災の影響はない。 (添説建 5-3 表参照)
			爆発	危険限界距離(26.6m)以上離隔している(29m)ため影響はない。 (添説建 5-7 表参照)
	LPガス供給設備	液化プロパンガス	火災	障壁となる建物(高圧ガス貯蔵所障壁 [※])があるため影響はない。 (添説建 5-1 図参照)
			爆発	障壁となる建物(高圧ガス貯蔵所障壁 [※])があるため影響はない。 (添説建 5-1 図参照)
	高圧ガス貯蔵所	水素	爆発	障壁となる建物(高圧ガス貯蔵所障壁 [※])があるため影響はない。 (添説建 5-1 図参照)
	A重油用タンクローリ	A重油	火災	離隔距離評価及び温度評価により外部火災の影響はない。 (添説建 5-3 表参照)
	灯油用タンクローリ	灯油	火災	離隔距離評価及び温度評価により外部火災の影響はない。 (添説建 5-4 表参照)
	液化アンモニアローリ	液化アンモニア	火災	離隔距離評価及び温度評価により外部火災の影響はない。 (添説建 5-4 表参照)
			爆発	危険限界距離(26.0m)以上離隔している(32m)ため影響はない。 (添説建 5-7 表参照)
LPガスローリ	液化プロパンガス	火災	離隔距離評価及び温度評価により外部火災の影響はない。 (添説建 5-5 表参照)	
		爆発	危険限界距離(47.8m)以上離隔している(219m)ため影響はない。 (添説建 5-7 表参照)	
水素トレーラ	水素	爆発	危険限界距離(50.6m)以上離隔している(219m)ため影響はない。 (添説建 5-7 表参照)	

※ シリンダ洗浄棟、第2廃棄物処理所、高圧ガス貯蔵所障壁は、次回以降申請する。

添説建 5-1 表 危険物(施設・車両)の仕様と火災・爆発評価結果(2/2)

敷地外の開催影響評価

区分	危険物の施設	油種等	影響モード	評価結果
				付属建物発電機室
敷地外	タンクローリ ^{*1}	ガソリン	火災	障壁となる建物(成型工場、組立工場)があるため影響はない。 (添説建 5-1 図参照)
			爆発	障壁となる建物(成型工場、組立工場)があるため影響はない。 (添説建 5-1 図参照)
		液化プロパンガス	爆発	障壁となる建物(成型工場、組立工場)があるため影響はない。 (添説建 5-1 図参照)
		液化天然ガス	爆発	障壁となる建物(成型工場、組立工場)があるため影響はない。 (添説建 5-1 図参照)
	危険物屋外タンク貯蔵所 ^{*2}	A重油	火災	隔離距離評価により外部火災影響はない。 (添説建 5-6 表参照)
LPガス貯蔵設備 ^{*3}	液化プロパンガス	爆発	危険限界距離(33.6m)以上隔離している(228m以上)ため影響はない。 (添説建 5-7 表参照)	
高圧ガス貯蔵所 ^{*3} (第二種貯蔵所)	水素	爆発	危険限界距離(27.4m)以上隔離している(228m以上)ため影響はない。 (添説建 5-7 表参照)	

*1: 当社敷地から最も近い公道である国道6号線におけるタンクローリ

*2: 当社敷地の東側に隣接するニュークリア・デベロップメント株式会社に設置

*3: 当社敷地の西側に隣接する三菱マテリアル株式会社に設置

添説建 5-2 表 危険物屋外タンク貯蔵所(1)、(2)の付属建物発電機室に対する火災影響評価結果

項目	単位	危険物屋外タンク貯蔵所(1)		危険物屋外タンク貯蔵所(2)	
		A 重油	火災	灯油	火災
油種等	—				
影響モード	—				
L	m	15		193	
S	m ²	80		4.12	
R	m	5.1		1.2	
t	s	25,880		3,530	
φ	—	0.1547		0.0001	
R _f	kW/m ²	23		50	
E	W/m ²	3558.4		3.8	
T ₀	°C	40		40	
h	W/m ² /K	17		17	
—	—				
X	m				
ρ	kg/m ³	2,400 ³⁾	7,830 ³⁾	2,400 ³⁾	7,830 ³⁾
C _p	J/kg/K	900 ³⁾	465 ³⁾	900 ³⁾	465 ³⁾
C _v	J/m ² /K	432,000	5,820	432,000	5,820
T	°C	174	250	41	41
—	°C	200	450	200	450
—	—	無し	無し	無し	無し
L ₀	m	13.1	8.4	1.5	3.9

添説建5-3表 高圧ガス製造所、A重油タンクローリーの付属建物発電機室に対する火災影響評価結果

項目	単位	高圧ガス製造所		A重油タンクローリー	
		液化アンモニア	火災	液化アンモニア	火災
—	—				
—	—				
L	m	30		7	
S	m ²	27.36		23.78	
R	m	3.0		2.8	
t	s	84,480		13,930	
φ	—	0.0194		0.1897	
R _f	kW/m ²	134		23	
E	W/m ²	2603.2		4362.6	
T ₀	°C	40		40	
h	W/m ² /K	17		17	
—	—				
X	m				
ρ	kg/m ³	2,400 ³⁾	7,830 ⁵⁾	2,400 ³⁾	7,830 ⁵⁾
C _p	J/kg/K	900 ³⁾	465 ⁵⁾	900 ³⁾	465 ⁵⁾
C _v	J/m ² /K	432,000	5,820	432,000	5,820
T	°C	188	194	149	297
—	°C	200	450	200	450
—	—	無し	無し	無し	無し
L ₀	m	28.8	17.8	5.0	4.6

添説建 5-4 表 灯油用タンクローリ、液化アンモニアローリの付属建物発電機室に対する火災影響評価結果

項目	単位	灯油用タンクローリ		液化アンモニアローリ	
		灯油	火災	液化アンモニア	火災
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
L	m	219	30	219	30
S	m ²	13.99	23.78	13.99	23.78
R	m	2.2	2.8	2.2	2.8
t	s	5,600	85,030	5,600	85,030
φ	—	0.0002	0.0170	0.0002	0.0170
R _r	kW/m ²	50	134	50	134
E	W/m ²	9.8	2274.3	9.8	2274.3
T ₀	°C	40	40	40	40
h	W/m ² /K	17	17	17	17
—	—	—	—	—	—
X	m	2,400 ³⁾	7,830 ³⁾	2,400 ³⁾	7,830 ³⁾
ρ	kg/m ³	900 ³⁾	465 ³⁾	900 ³⁾	465 ³⁾
C _p	J/kg/K	432,000	5,820	432,000	5,820
C _v	J/m ² /K	41	41	170	174
T	°C	200	450	200	450
—	—	無し	無し	無し	無し
—	—	無し	無し	無し	無し
L ₀	m	4.0	7.0	26.9	16.6

添説建 5-5 表 LP ガスローリの付属建物発電機室に対する火災影響評価結果

項目	単位	LP ガスローリ		
—	油種等	—	液化プロパンガス	
—	影響モード	—	火災	
L	離隔距離	m	219	
S	燃焼面積	m ²	14.25	
R	燃焼半径	m	2.2	
t	燃焼継続時間	s	2,000	
φ	形態係数	—	0.0002	
R _f	輻射発散度 ¹⁾	kW/m ²	74	
E	輻射強度	W/m ²	14.4	
T ₀	初期温度	°C	40	
h	熱伝達率 ²⁾	W/m ² /K	17	
—	評価対象外壁種類	—		
X	壁の厚み	m		
ρ	建物壁の密度	kg/m ³	2,400 ³⁾	7,830 ⁵⁾
C _p	建物壁材の比熱	J/kg/K	900 ³⁾	465 ⁵⁾
C _v	壁の単位面積あたりの熱容量	J/m ² /K	432,000	5,820
T	外壁評価温度	°C	41	41
—	許容温度 ⁴⁾	°C	200	450
—	影響	—	無し	無し
L ₀	危険距離	m	2.3	9.2

添説建 5-6 表 敷地外危険物屋外タンク貯蔵所の付属建物発電機室に対する危険距離

項目	単位	付属建物発電機室の壁、屋根、給気／排気フード、鉄扉	
—	油種等	—	A 重油
—	影響モード	—	火災
S	燃焼面積	m ²	20.8
R	燃焼半径	m	2.6
t	燃焼継続時間	s	13,460
φ	形態係数	—	0.2863 0.3002
R _r	輻射発散度 ¹⁾	kW/m ²	23
E	輻射強度	W/m ²	6583.9 6905.6
T ₀	初期温度	°C	40
h	熱伝達率 ²⁾	W/m ² /K	17
—	評価対象外壁種類	—	
X	壁の厚み	m	
ρ	建物壁の密度	kg/m ³	2,400 ³⁾ 7,830 ⁵⁾
C _p	建物壁材の比熱	J/kg/K	900 ³⁾ 465 ⁵⁾
C _v	壁の単位面積あたりの熱容量	J/m ² /K	432,000 5,820
—	許容温度 ⁴⁾	°C	200 450
L ₀	危険距離	m	4.5 4.3

1) 原子力規制委員会. 原子力発電所の外部火災影響評価ガイド. 2013, B-8.

2) 社団法人 空気調和・衛生工学会. 空気調和・衛生工学便覧 1. 基礎編. 第14版, 2010, p. 402.

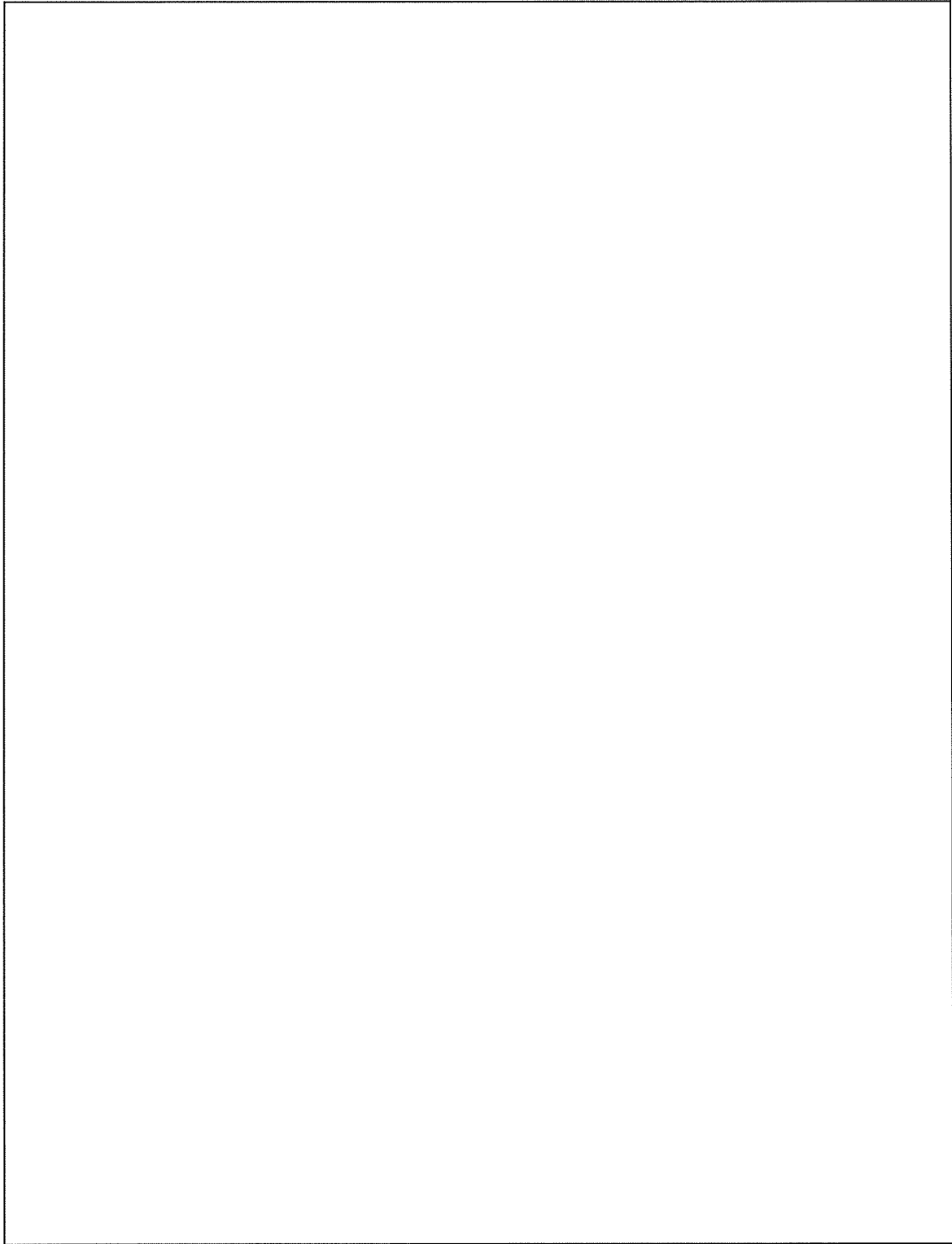
3) 社団法人 日本機械学会. 伝熱工学資料. 改訂第4版, 2005, p. 322.

4) 原田和典. 建築火災のメカニズムと火災安全設計. 財団法人 日本建築センター, 2007.

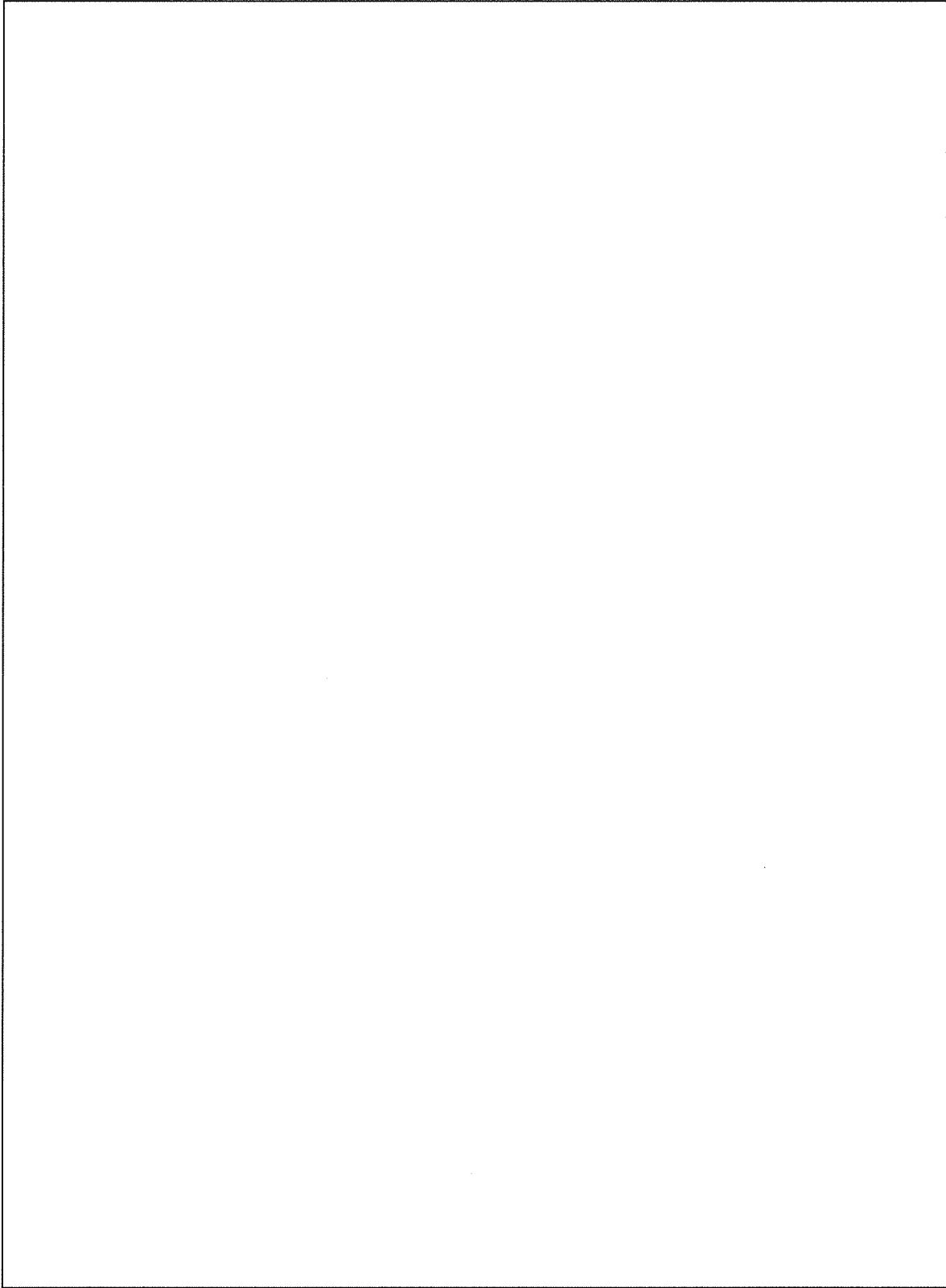
5) 社団法人 日本機械学会. 機械工学便覧. 1990, A6-176

添説建 5-7 表 危険物(施設・車両)の爆発における危険限界距離
(事業許可 別添リ-18、リ-24、リ-25 より抜粋)

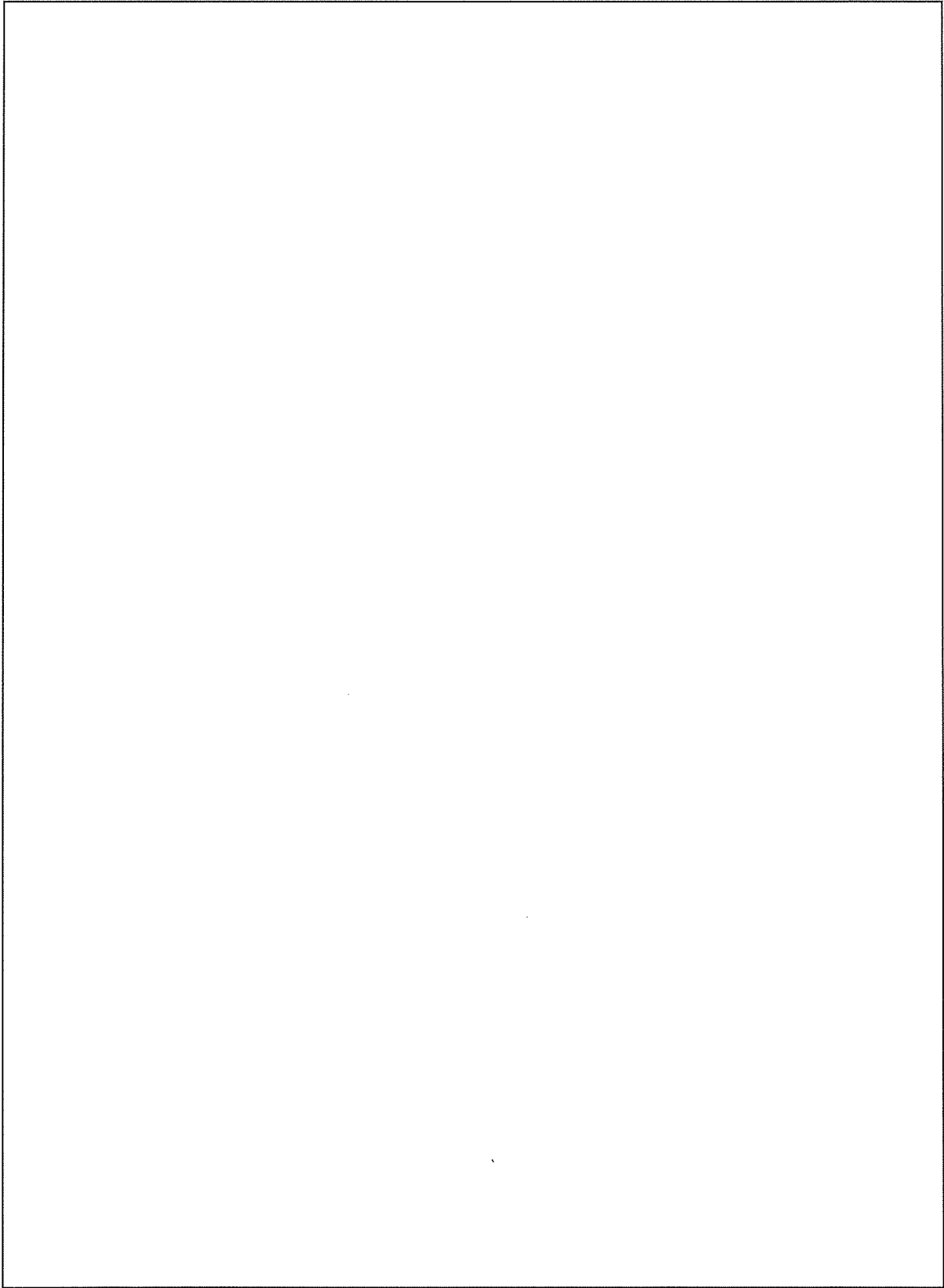
危険物の施設	ガス種	貯蔵量	K 値	W 値	危険限界距離
高压ガス製造所	液化アンモニア				
LP ガス供給設備	液化プロパンガス				
高压ガス貯蔵所	水素				
液化アンモニアローリ	液化アンモニア				
LP ガスローリ	液化プロパンガス				
水素トレーラ	水素				
タンクローリ (ガソリン)	ガソリン				
タンクローリ (液化プロパンガス)	液化プロパンガス				
タンクローリ (液化天然ガス)	液化天然ガス				
LP ガス貯蔵設備	液化プロパンガス				
高压ガス貯蔵所 (第二種貯蔵所)	水素				



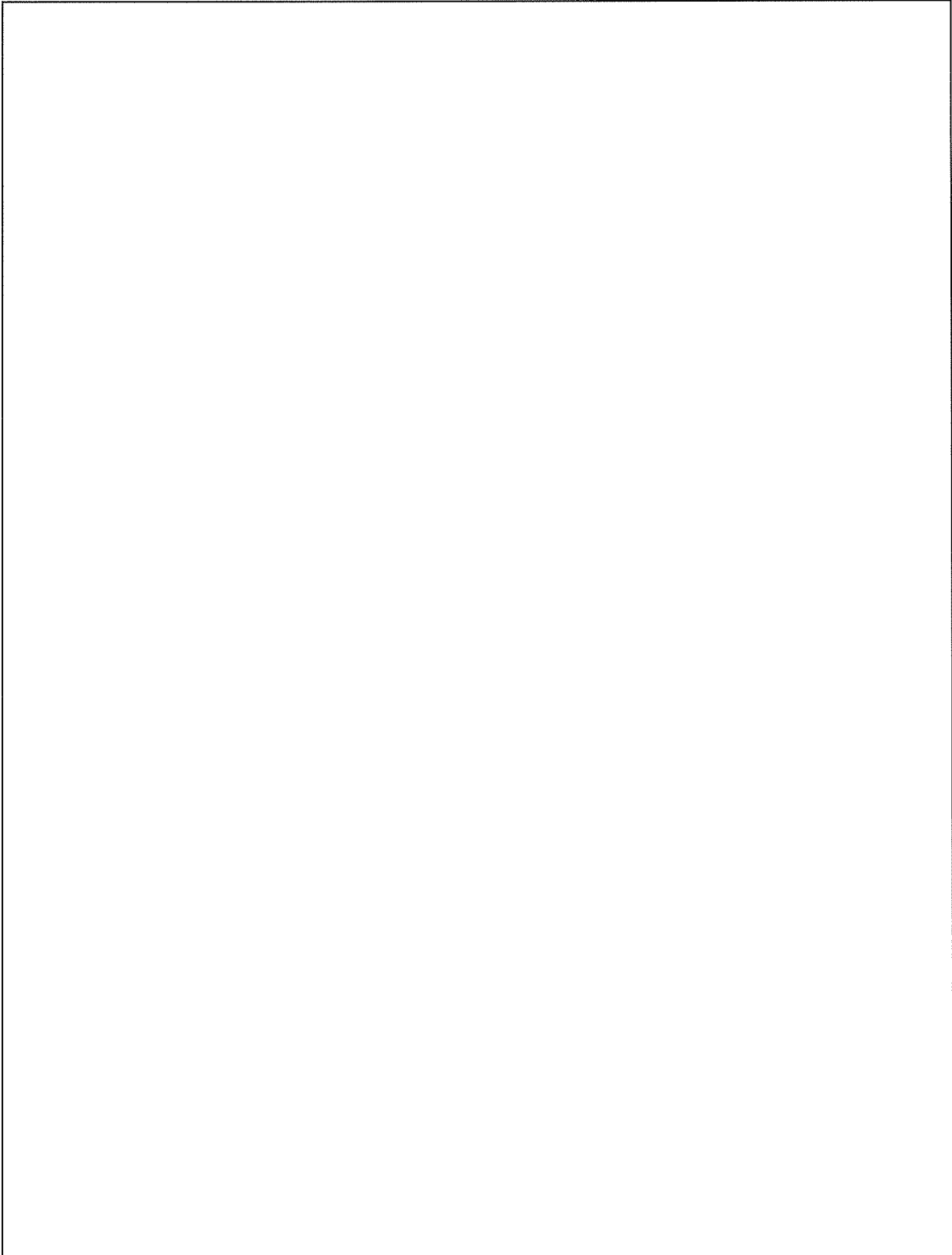
添説建5-1図 危険物(施設・車両)と付属建物発電機室との離隔距離・位置関係説明図



添説建5-2図 A重油用タンクローリ、灯油用タンクローリの移動経路と付属建物発電機室との位置関係説明図



添説建5-3図 液化アンモニアローリ、LPガスローリの移動経路と付属建物発電機室との位置関係説明図



添説建5-4図 水素トレーラの移動経路と付属建物発電機室との位置関係説明図

SS400、亜鉛めっき鋼板の許容温度
 「建築火災のメカニズムと火災安全設計」
 (原田 和貴著 財団法人 日本建築センター発行より抜粋)

鋼材の特性を踏まえ、高温時の構造計算には1%ひずみ時の耐力を用いる。図1に、各種鋼材の1%ひずみ時耐力の測定結果を示す。縦軸の値は、各温度での測定値を常温の基準強度(F値)で割ったものであり、これを鋼材の強度低下率と呼ぶ。構造耐火設計のためには、測定値の下限をとり次式で強度低下率が定義されている。

$$\kappa(T) = \delta y(T) / F = \begin{cases} 1 & (T \leq 325) \\ (700 - T) / 375 & (325 < T \leq 700) \end{cases}$$

これを用いると、素材としての限界温度を求めることができる。例えば、鋼材の長期許容応力度は基準強度の2/3なので、長期許容応力度一杯で設計された部材では、

$$0.667 = (700 - T) / 375$$

より、450℃が許容鋼材温度となる。

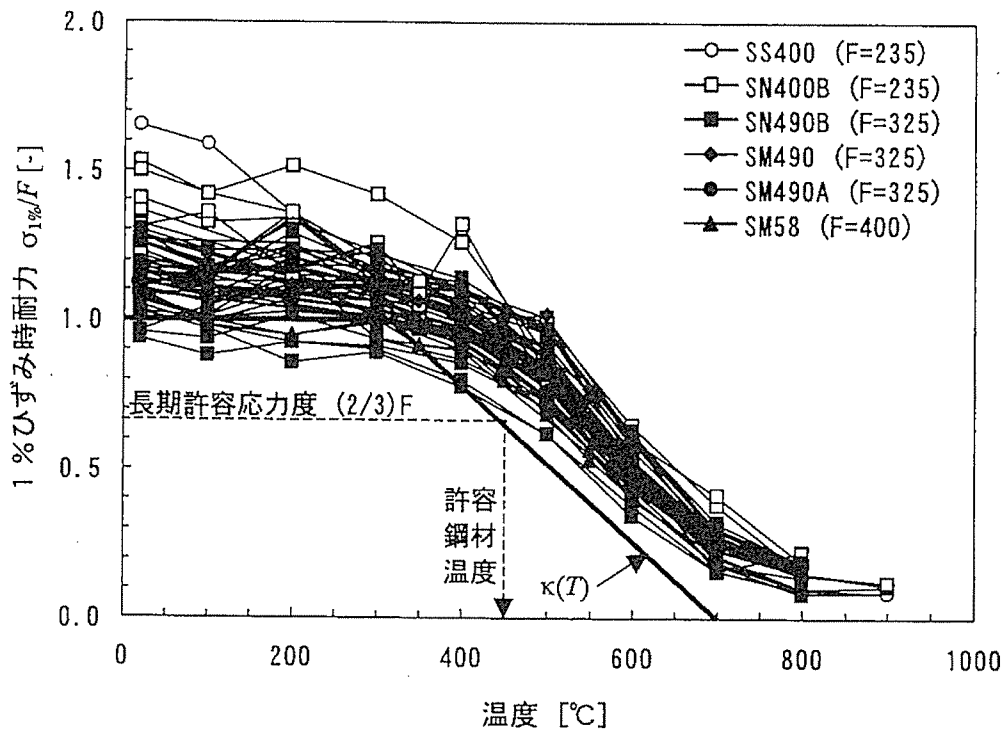


図1 各種鋼材の高温時の1%歪時耐力

放射線による被ばく防止に関する説明書

1. 放射線業務従事者の被ばく線量

今回申請する設備・機器における取り扱いウラン量は、事業許可から変更はない。今後再生濃縮ウランを充填した UF₆ シリンダの加熱蒸発は行わないこととするため、本申請により放射線業務従事者の内部被ばく及び外部被ばくは従来よりも減少する。

過去 5 年間（平成 26 年度から平成 30 年度）における放射線業務従事者の外部被ばくの実績は、全工程における最高値で年間 2.4mSv である。また、内部被ばくの実績はない。

2. 管理区域境界での線量

従来から管理区域境界は建物の壁等により区画し、その境界における線量率を 2 μSv/h 以下に管理しており、3 ヶ月間の実効線量は、以下に示すとおり 1.0mSv/3 ヶ月となるため、「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」（以下「線量告示」という）に基づく管理区域の設定基準 1.3mSv/3 ヶ月を下回る。

$$2 (\mu\text{Sv/h}) \times 500 (\text{h}/3 \text{ ヶ月})^{(\text{注}1)} = 1.0\text{mSv}/3 \text{ ヶ月}$$

（注 1）「国際放射線防護委員会の勧告（ICRP Pub. 60）の取り入れ等による放射線障害防止関係法令の改正について（通知）」（平成 12 年 10 月 23 日、科学技術庁原子力安全局放射線安全課長）に基づき、3 ヶ月間の時間を 500 時間とした。

なお上記 1 項と同様、本申請の設備・機器における取り扱いウラン量については、変更はなく、再生濃縮ウランを充填した UF₆ シリンダの加熱蒸発は行わないこととするため、本申請により管理区域境界での線量は従来よりも減少する。

3. 周辺監視区域境界での線量

事業許可において、周辺監視区域境界における実効線量は、各建物における核燃料物質等の貯蔵及び放射性固体廃棄物の保管が最大量であることを前提で評価している。別途申請する加工施設の壁、屋根等の遮蔽により周辺監視区域境界における最大線量は年間 7×10^{-2} mSv であることが確認され、線量告示に定められる周辺監視区域外の線量限度である年間 1mSv より十分に低い数値となる。このとき、ウランが放出す

るガンマ線による線量を考慮するものとし、中性子線による線量は小さいため無視した。

工場棟及び付属建物 飛散防止用防護ネット説明書

1. 概要

工場棟（転換工場、成型工場、組立工場）及び隣接する付属建物（除染室・分析室）、放射線管理棟（一部）の屋根材は[]の折板（以下、折板屋根という。）であり、また、付属建物（第2核燃料倉庫）前室の屋根はALC屋根である。折板屋根及びALC屋根は、竜巻防護設計の竜巻である藤田スケールのF1の最大風速49m/sに対しては、安全機能を損なうことがないように、竜巻荷重を上回る強度を有する設計であるが、更なる安全裕度の向上策の確認として用いる藤田スケールのF3の最大風速92m/sに対しては、同建物の屋根が損傷することから、建物内に設置される設備・機器等の建物外部への飛散を防止するため、建物の屋根の下に飛散防止用防護ネット（以下、防護ネットという。）を設置する。

本説明書では、設置された防護ネットに対し、F3竜巻時において飛散物が防護ネットに衝突した時の強度検討を実施し、防護ネットが飛散物衝突時に健全であることを確認する。

なお、核燃料物質（廃棄物を含む）を取扱う設備・機器等が設置される範囲については、竜巻襲来時の敷地外からの飛来物で、工場棟及び隣接する建物の屋根に落下する可能性がある飛来物（プレハブ物置（大）（以下、プレハブという。）及び軽トラック）も、当該の防護ネットにより屋内への落下防止も可能な設計とする。

検討にあたっては、事業許可の設計方針に従い、竜巻の風圧力による荷重、竜巻による気圧差による荷重、建物内飛散物（以下、飛散物という。）及び敷地外飛来物（以下、飛来物という。）の衝撃荷重を考慮することになるが、防護ネットへの荷重作用時は、建物屋根が損傷している状態であるため建物内外の気圧差は解消していること、竜巻による風圧力荷重、飛散物衝撃荷重は、建物内側から外側への荷重方向となり、飛来物衝撃荷重を相殺する方向であること、また、飛来物衝撃荷重は、F3竜巻による風圧力荷重（金網の充実率考慮）と飛散物衝撃荷重を組み合わせたものを包絡する荷重であることを考慮し、防護ネットの評価は保守的に飛来物の衝撃荷重だけを対象に行う。

なお、転換工場においては、屋根下に配置されるダクトの落下による設備・機器等の損傷対策としての防護ネットを設け、二重に防護ネットを敷設する。

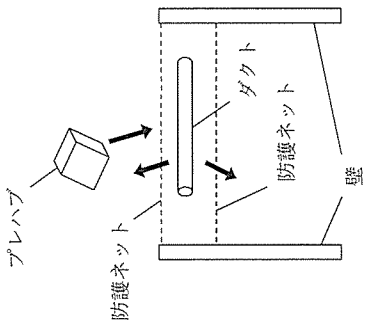
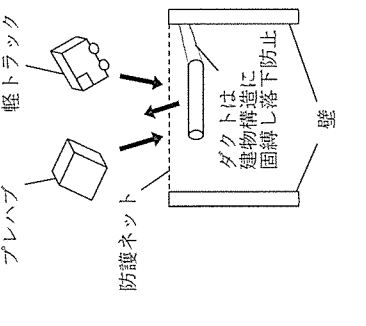
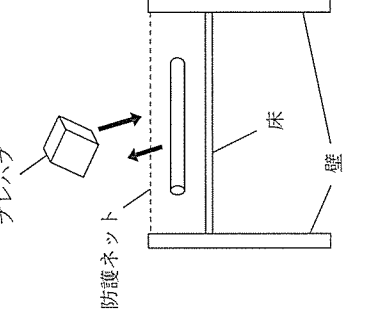
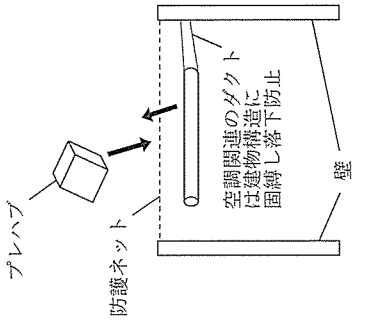
2. 防護ネットの機能と設置位置

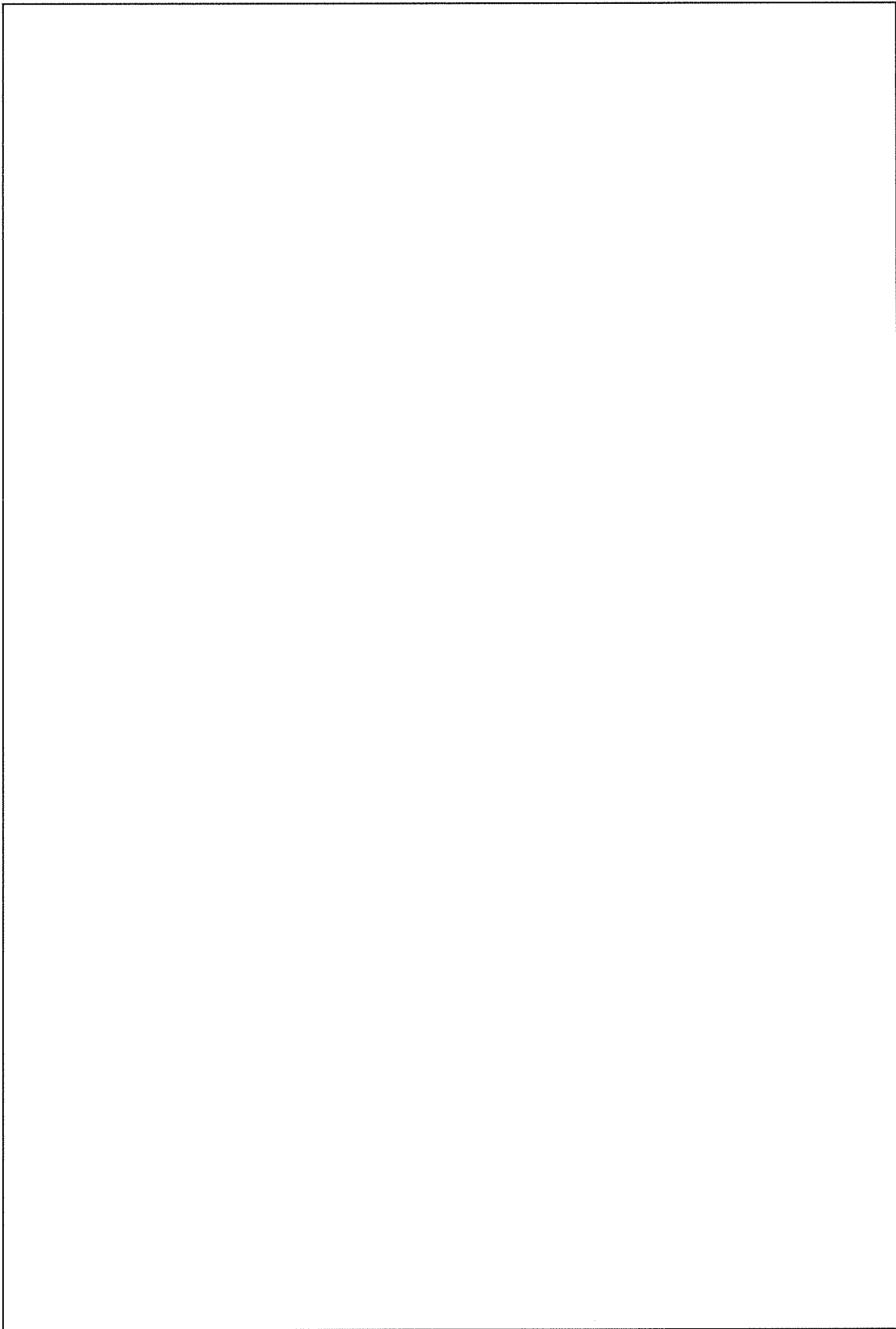
添説建 7.2-1 表に各建物の防護ネット機能とその対象物を示す。

なお、同表には軽トラックも対象物となる建物もあるが、鉛直方向の運動エネルギーは軽トラック(32kJ)に対しプレハブ(62kJ)の方が大きいことから、対象飛来物はプレハブとして検討する。(添説建 3-II.4.3-1 表 F3 竜巻での敷地外からの飛来物評価結果 参照)

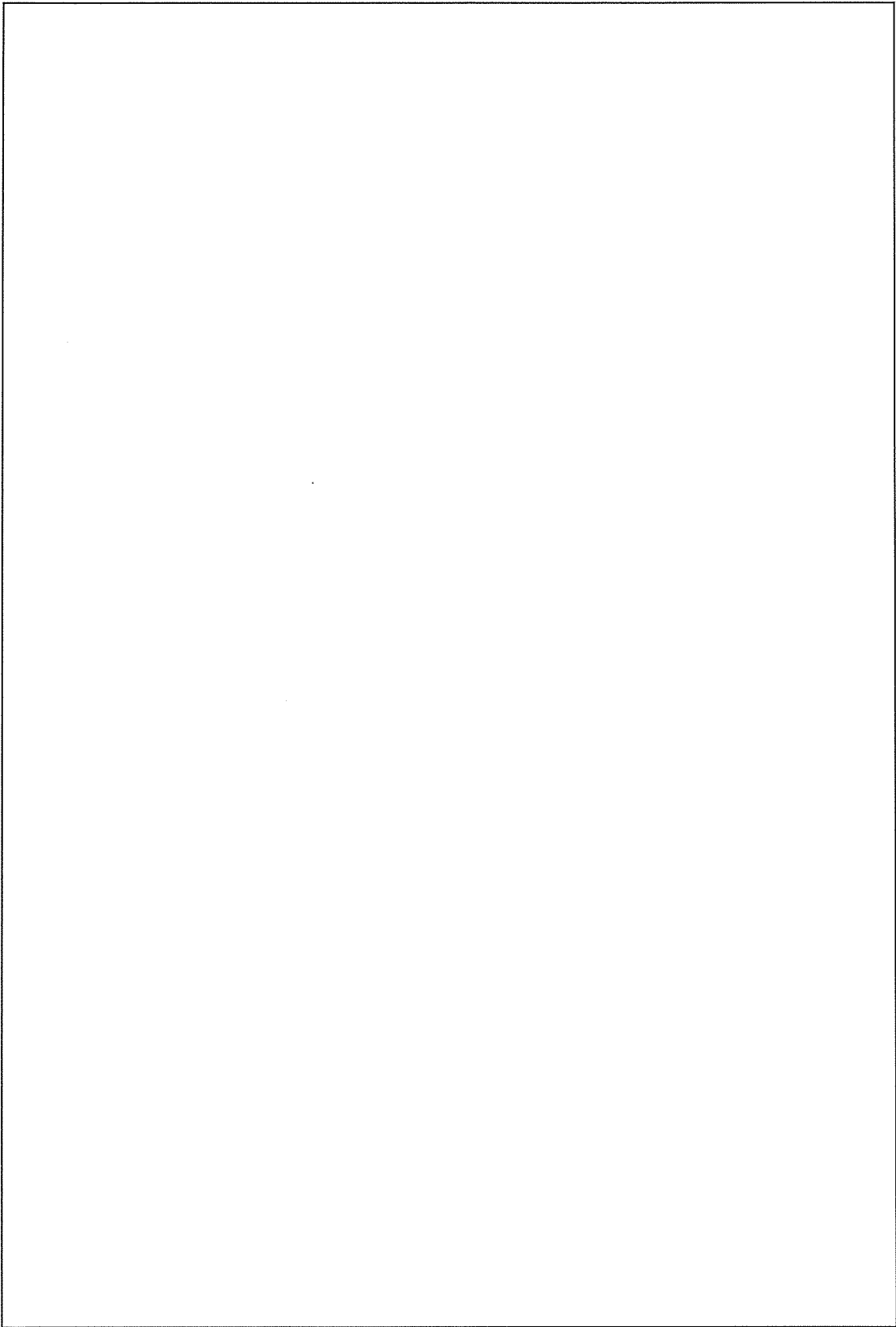
また、添説建 7.2-1 図～添説建 7.2-3 図に防護ネット設置範囲平面図を示す。

添説建 7.2-1 表 各建物の防護ネット機能とその対象物

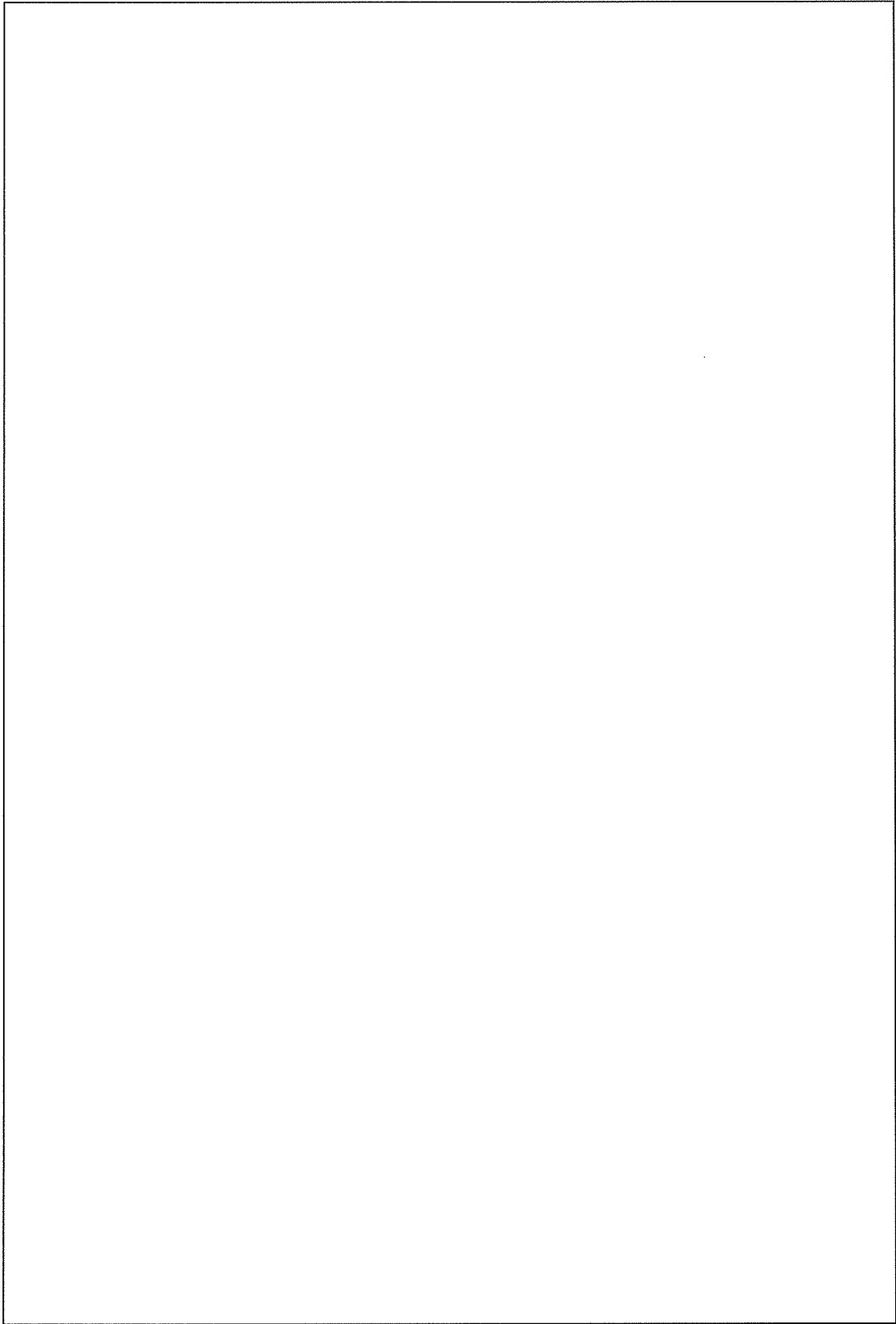
建物 機能	転換工場	転換工場 (東側) 除染室・分析室 放射線管理棟 (一部) 第2核燃料倉庫 (前室)	成型工場	組立工場
飛散防止機能	ダクト	ダクト	ダクト	ダクト
落下防止機能	ダクト	不要 (固縛による落下防止)	不要 (上層階の床あり)	不要 (固縛による落下防止)
飛来物防護機能	プレハブ	プレハブ 軽トララック	プレハブ	プレハブ
建物高さ	約 12m	約 5m	約 12m	約 12m
防護ネット 設置模式図				



添説建 7.2-1 図 防護ネット設置範囲平面図 (成型工場・組立工場・転換工場:上面)



添説建 7.2-2 図 防護ネット設置範囲平面図 (転換工場: 下面)



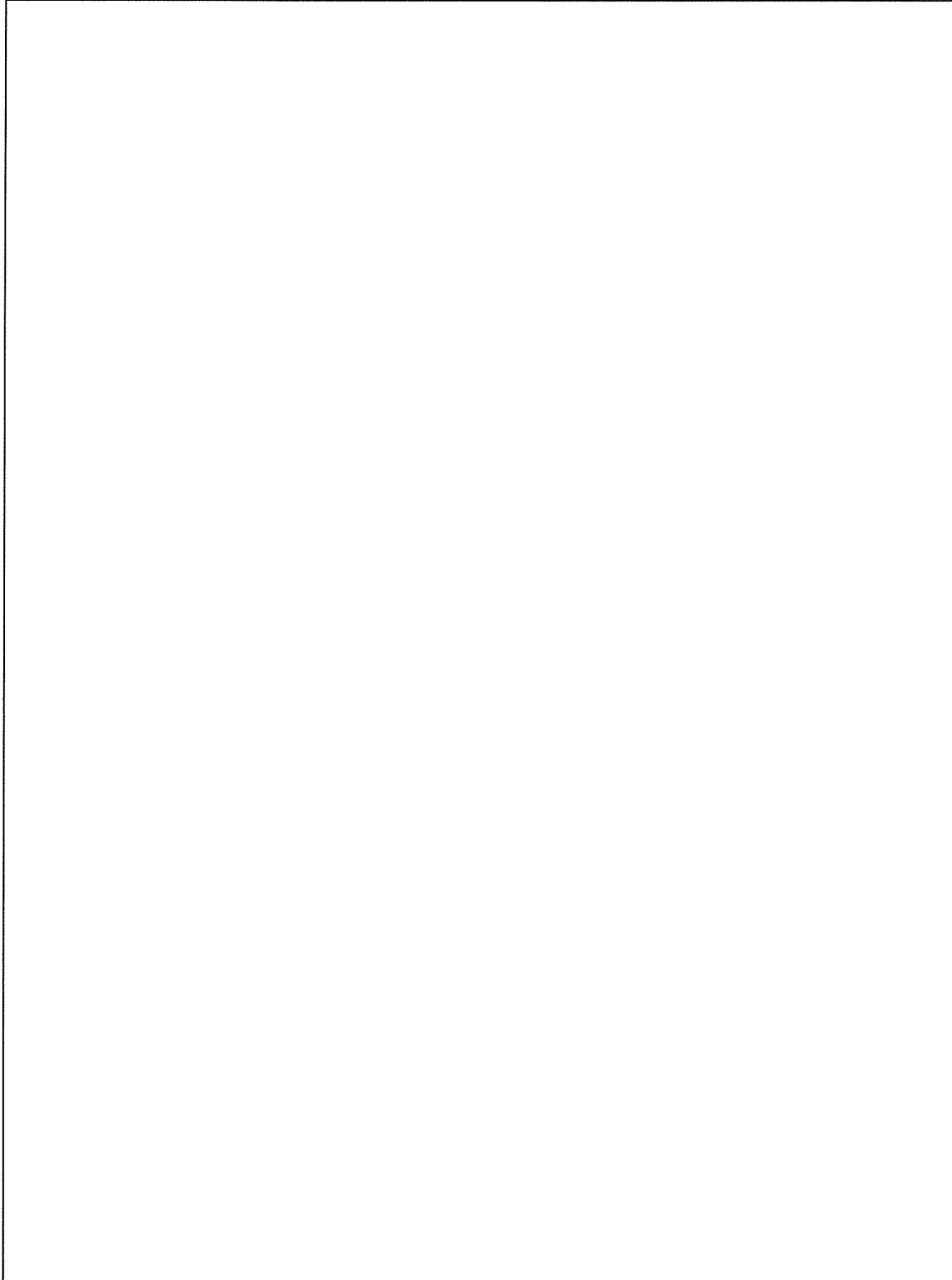
添説建 7.2-3 図 防護ネット設置範囲平面図 (除染室・分析室、放射線管理棟 (一部)、第 2 核燃料倉庫 (前室)、転換工場 (東側))

3. 防護ネット仕様

3.1. 防護ネット標準図

防護ネットの標準図を添説建 7.3.1-1 図に示す。

防護ネットは、金網及び付属物からなる。



添説建 7.3.1-1 図 防護ネット標準図 (組立工場)

3.2. 防護ネット各部の標準仕様

防護ネット各部の標準仕様の設定にあたっては、防護ネット各辺寸法を示す全体サイズを設定した。全体サイズは、最も標準的な建物区画寸法である本工場（成型工場、組立工場、転換工場）の建物通り芯間距離(6.7m×6.7m)を基本寸法とし、それに防護ネット固定部のシャックル取付孔位置、防護ネット施工性確保のために必要な建物主構造大梁、壁とワイヤーロープとの離隔距離を考慮して設定した防護ネットの標準サイズである。

防護ネット各部の標準仕様は、上記の全体サイズを前提に最大吸収エネルギー量が飛来物のエネルギー量を上回る金網仕様を決め、金網の吸収エネルギー量評価から定まる各部荷重に対し強度検討を実施して設定したものである。

各部の強度検討については6章に、検討の評価結果一覧を7章に示す。

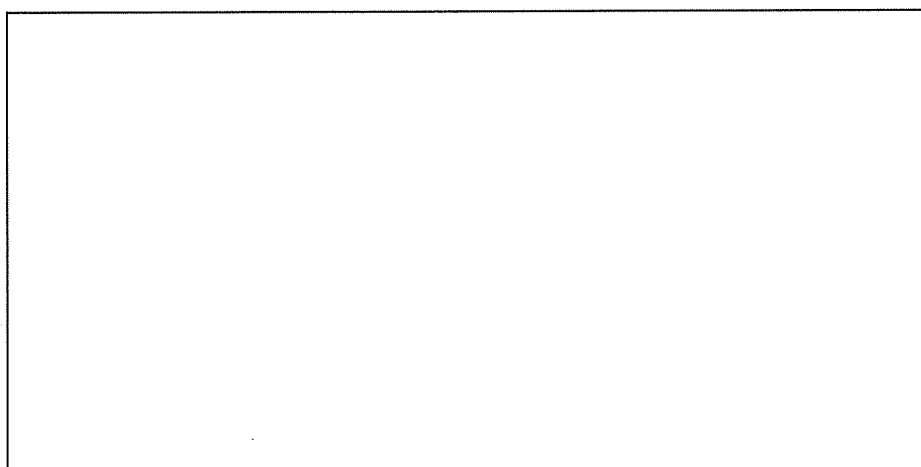
なお、防護ネットを設置する本工場、付属建物、放射線管理棟の各防護ネット設計における各部強度評価の検定比は、標準仕様の全体サイズにおいて最も厳しい金網の検定比を閾値としてこれを必ず下回るものとし、標準仕様が各建物の防護ネットの仕様を包絡するものとなっている。

防護ネット各部の仕様を添説建 7.3.2-1 表、添説建 7.3.2-2 表、添説建 7.3.2-1 図、添説建 7.3.2-2 図に示す。

添説建 7.3.2-1 表 防護ネット仕様（金網）

	項目	成型工場	組立工場	転換工場 ^{※1} (上面)	転換工場 (下面)
		金網			
線材引張強度					
線材破断伸び					
目合い					
線径					
全体サイズ					

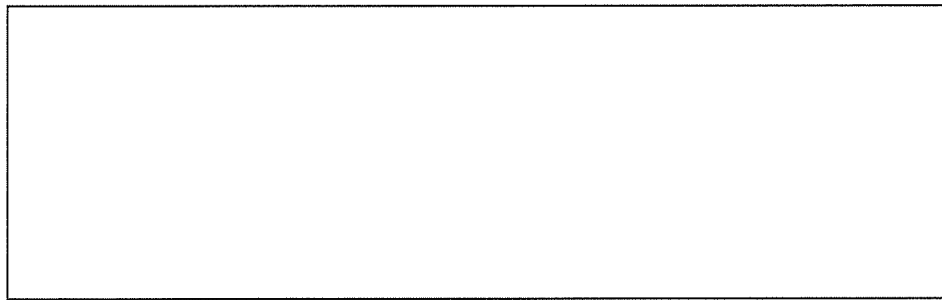
※1：転換工場（東側）、除染室・分析室、放射線管理棟一部、第2核燃料倉庫前室含む（以下、転換工場（上面）と総称する）



添説建 7.3.2-1 図 金網線径と目合い寸法

添説建 7.3.2-2 表 防護ネット仕様 (村属物)

		成型工場	組立工場	転換工場(上面)	転換工場(下面)
ワイヤーロープ	項目				
	素線材質				
	縦弾性係数				
クランプ	径、断面積、破断強度				
	規格、材質				
	定着効率				
ターンバックル	規格、材質				
	破断荷重、ねじの呼び				
シャックル	規格、材質				
	使用荷重、ピン径				
強力長シャックル	規格、材質				
	使用荷重、ピン径				
接合コイル	線材質質				
	線径、内径、コイル長さ				
	線材質質				
結束線	線径、重ね				



添説建 7.3.2-2 図 付属物取り付け図

4. 防護ネット評価手法の説明

本説明書で記載する防護ネット評価手法は、事業許可の通りのものである。これは電力中央研究所が開発した評価手法であり（9. 文献参照）、原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査で用いられているものである。

上記の評価手法の適用範囲は、9章の文献にある電中研報告「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(001)」に基づき、以下項目を考慮したものとする。

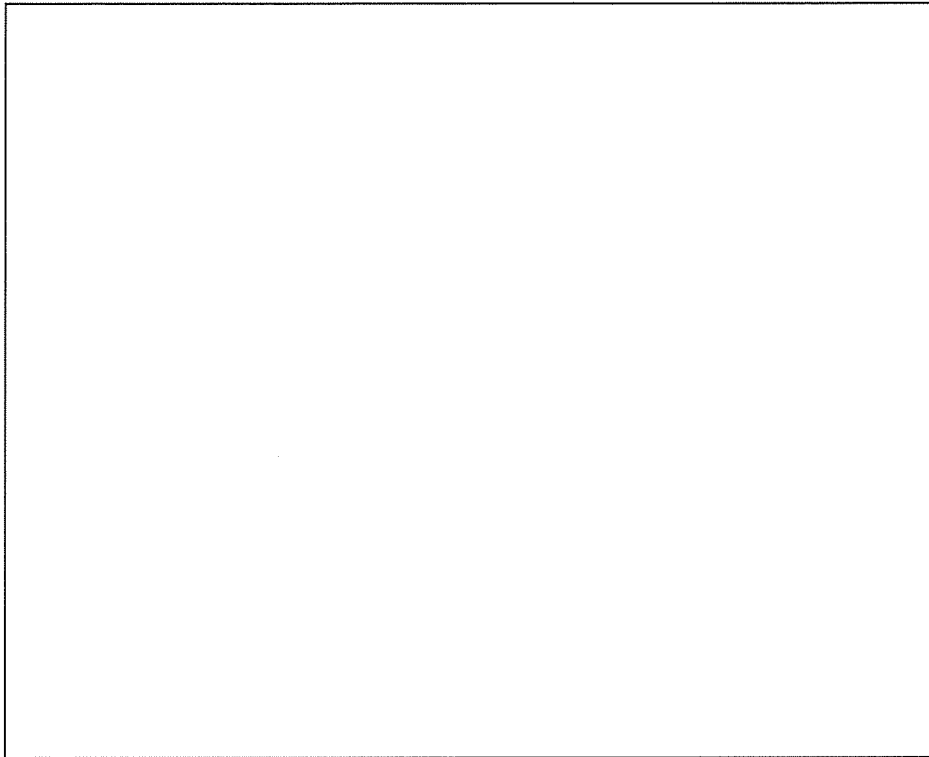
- ・金網幅寸法が展開長よりも大きい金網は、展開長を辺長とした正方形を有効範囲として吸収エネルギーを算出する。
- ・金網のアスペクト比（展開長/幅寸法）は2を上限とする。

金網寸法が上記に適合しない場合、適用範囲内に評価寸法を変更し、吸収エネルギーが保守的になるように評価する。

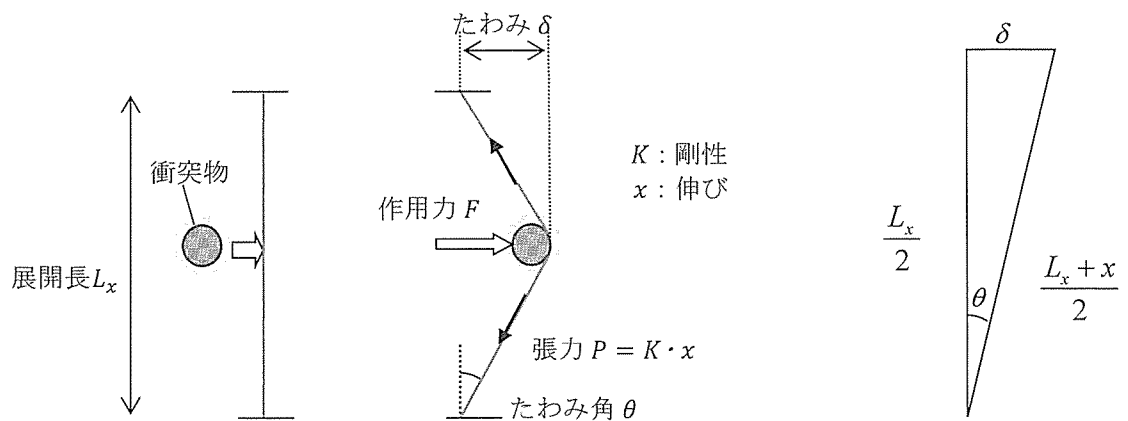
4.1. 防護ネット吸収エネルギー

ここでは、想定している防護ネットが吸収できるエネルギーについて、評価手法を示す。

金網の評価モデル及び全長（幅）を添説建 7.4.1-1 図に示す。添説建 7.4.1-1 図において、金網は編みこみの方向から x 方向が展開方向となる。また、金網の展開長さ L_x の中央に作用する荷重 F とたわみ δ の関係を添説建 7.4.1-2 図に示す。



添説建 7. 4. 1-1 図 金網の評価モデル及び全長（幅）



添説建 7. 4. 1-2 図 金網に作用する荷重

金網の吸収エネルギーの算出については9章の文献に基づき、次のように求める。

金網の展開方向を x 方向の水平面に展開されるとして、金網 1 交点の剛性を K , x 方向の交点数を N_x とすると、x 方向の剛性は、

$$K_x = \frac{K}{N_x} \quad (1)$$

となる。

i 列目の交点列の金網の張力を P_i とすると

$$P_i = K_x x_i \quad (2)$$

i 列目の交点列の金網の作用力 F_i は、

$$F_i = 2P_i \cdot \sin\theta_i = 2K_x x_i \cdot \sin\theta_i \quad (3)$$

となる。また、作用力方向のたわみを δ_i として、添説建 7.4.1-2 図より、

$$\delta_i^2 + \frac{L_x^2}{4} = \left(\frac{L_x + x_i}{2}\right)^2 \quad (4)$$

$$\sin\theta_i = \frac{\delta_i}{\frac{L_x + x_i}{2}} = \frac{\delta_i}{\sqrt{\delta_i^2 + \frac{L_x^2}{4}}} \quad (5)$$

式(4)より、

$$x_i = 2\sqrt{\delta_i^2 + \frac{L_x^2}{4}} - L_x \quad (6)$$

となる。また、式(5)、式(6)を式(3)に代入して、

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

したがって、

$$F_i = 4 \cdot K_x \delta_i \left(1 - \frac{L_x}{\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2}}\right) \quad (7)$$

i 列目の交点列の吸収エネルギーは次のとおり。

$$E_i = \int_0^{\delta_i} F_i d\delta$$

$$= \int_0^{\delta_i} 4K_x \delta \left(1 - \frac{L_x}{\sqrt{4\delta^2 + L_x^2}} \right) d\delta \quad (8)$$

$$\phi = 4\delta^2 + L_x^2 \quad \text{とすると} \quad (9)$$

$$\frac{d\phi}{d\delta} = 8\delta, d\delta = \frac{1}{8\delta} d\phi$$

$$E_i = \int_0^{\delta_i} 4K_x \delta \left(1 - \frac{L_x}{\sqrt{4\delta^2 + L_x^2}} \right) d\delta$$

$$= 4K_x \int_0^{\delta_i} \delta d\delta - \int_0^{\delta_i} \frac{4K_x L_x \delta}{\sqrt{4\delta^2 + L_x^2}} d\delta = 2K_x \delta_i^2 - \int_0^{\delta_i} \frac{4K_x L_x \delta}{\sqrt{\phi}} \frac{1}{8\delta} d\phi$$

$$\text{第 2 項} = - \int_0^{\delta_i} \frac{K_x L_x}{\sqrt{\phi}} \frac{1}{2} d\phi = \left[-K_x L_x \sqrt{4\delta^2 + L_x^2} \right]_0^{\delta_i} = -K_x L_x \sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2} + K_x L_x^2$$

したがって、

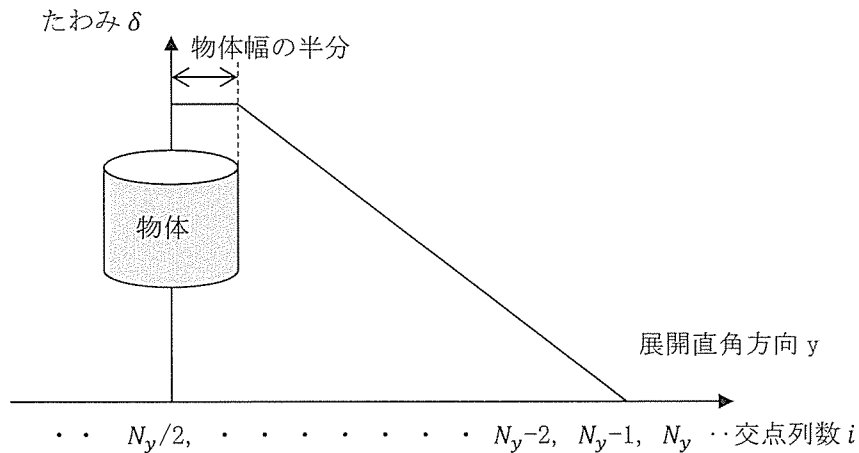
$$E_i = 2K_x \delta_i^2 - K_x L_x \left(\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2} - L_x \right) \quad (10)$$

金網の総吸収エネルギーは、

$$E = \sum_i^{N_y} E_i \quad (11)$$

以上のとおり、展開直角方向の各交点列のたわみ δ_i を決定することで金網全体の吸収可能エネルギーを求めることができる。

展開直角方向の金網のたわみは直線的になると考えられることから、衝突する物体と接触する中央部分はたわみ一定とし、添説建 7.4.1-3 図に示す通りとする。



添説建 7.4.1-3 図 金網各列のたわみの与え方

金網の吸収エネルギーを評価するうえで、金網の交点剛性を求める必要がある。ここではその評価手法を示す。

金網 1 交点分の剛性を求める。

1 本の線材の線方向の剛性は、

$$K_s = \frac{AE}{S} \quad (12)$$

ここで、

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

E : 線材のヤング率

S : 目合い寸法 (線材の長さ)

金網は展開方向のみに伸びるものとし、金網の角度は変化するとする。目合い寸法 S の金網に対し、1 目合い分の金網の展開方向 (x) の伸びを q 、金網の線材方向の伸びを r とする。金網の 1 交点の変形模式図を添説建 7. 4. 1-4 図に示す。

金網の張力 P は金網 1 目合い分の線材の剛性より、

$$P = K_s r \quad (13)$$

金網の初期角度を 45° として、破断伸びを ε_u とすると、破断する直前の角度を μ として、

$$r = \varepsilon_u \cdot S$$

$$\cos\mu = \frac{q + \frac{S}{\sqrt{2}}}{S + r} = \frac{q + \frac{S}{\sqrt{2}}}{S(1 + \varepsilon_u)}$$

一方、添説建 7. 4. 1-4 図より、

$$\left(\frac{S}{\sqrt{2}} + q\right)^2 = (S + r)^2 - \left(\frac{S}{\sqrt{2}}\right)^2 \quad (14)$$

$$q = \sqrt{(S + r)^2 - \left(\frac{S}{\sqrt{2}}\right)^2} - \frac{S}{\sqrt{2}}$$

となる。

金網 1 交点に作用する展開方向力 F は、

$$F = 2P \cdot \cos\mu = 2K_s r \cos\mu$$

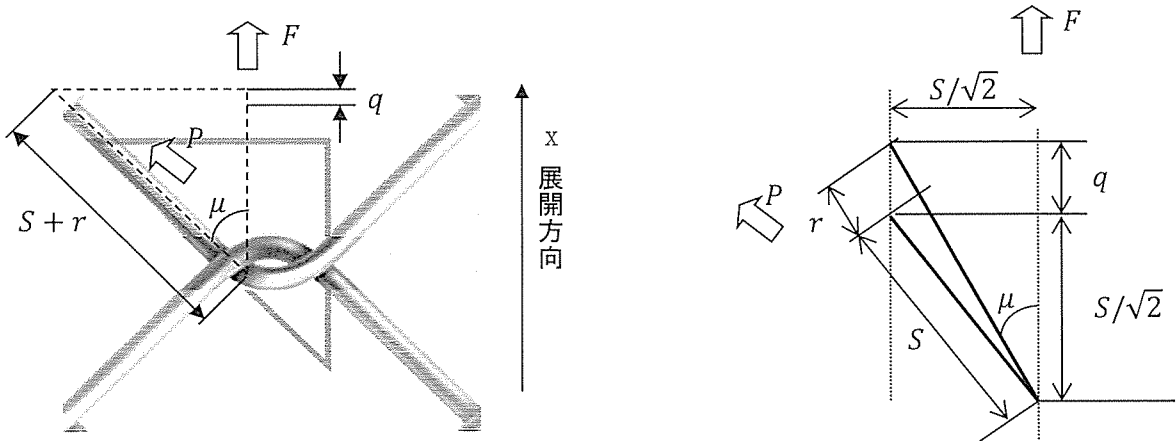
1 交点の剛性 K は展開方向張力 F を添説建 7. 4. 1-4 図に示した q の 2 倍のたわみ量で除し、

$$K = \frac{F}{2q} = \frac{rcos\mu}{q} K_s = \eta K_s \quad (15)$$

ここで、

$$\eta = \frac{rcos\mu}{q} = \frac{\frac{\varepsilon_u}{1+\varepsilon_u}\left(q + \frac{S}{\sqrt{2}}\right)}{\sqrt{(S+r)^2 - \left(\frac{S}{\sqrt{2}}\right)^2} - \frac{S}{\sqrt{2}}} \quad (16)$$

とすると、破断伸び ε_u が与えられれば η を求めることができ、1 交点の展開方向の引張剛性を線材の諸元から求めることができる。



添説建 7.4.1-4 図 1 交点の変形模式図

なお、線材のヤング率 E は塑性変形後の挙動を評価するため、以下の E_p を用いる。

$$E_p = \frac{\sigma_u}{\varepsilon_u}$$

E_p : 塑性変形を考慮したヤング率 (N/mm²)

σ_u : 引張強さ (N/mm²)

ε_u : 破断伸び (-)

また、金網破断時のたわみ角は以下の通りとなる。金網の線材が破断するときの最大のたわみ角は添説建 7.4.1-2 図より伸びを x_i とし、金網の展開長 L_x とすると、

$$\cos\theta_i = \frac{\frac{L_x}{2}}{\frac{L_x + x_i}{2}} = \frac{L_x}{L_x + x_i}$$

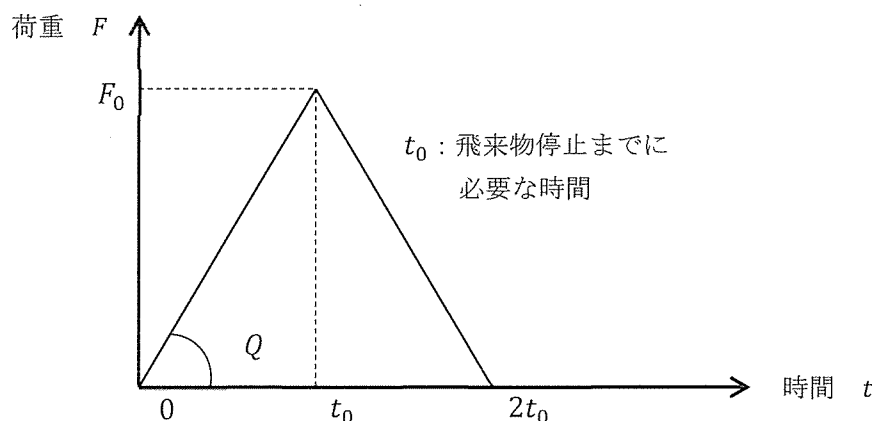
となり、破断伸びを ε_u とすると、 $x_i = L_x \varepsilon_u$

$$\cos\theta_i = \frac{L_x}{L_x + L_x \varepsilon_u} = \frac{1}{1 + \varepsilon_u}$$

$$\theta_i = \cos^{-1}\left(\frac{1}{1 + \varepsilon_u}\right)$$

4.2. 防護ネット作用荷重

飛来物が防護ネットに衝突することで、防護ネットに衝撃荷重が作用する。この衝撃荷重は金網のたわみとともに時間的に変化するが、この荷重変化を添説建 7.4.2-1 図に示す通り、二等辺三角形荷重と仮定する。この場合、金網に作用する荷重 F は時間とともに比例する。この比例定数を Q とする。



添説建 7.4.2-1 図 二等辺三角形荷重（金網への衝撃荷重の時刻歴変化）

金網に作用する衝撃荷重 F は、

$$F = Qt \quad (17)$$

金網に衝突した物体が初速 v_0 からある速度 v に至るまでの運動量変化は、飛来物に作用する力積に等しいので、飛来物の質量を m とすると、

$$mv_0 - mv = \int_0^t F dt = \int_0^t Qt dt = \frac{1}{2} Qt^2 \quad (18)$$

$$v = -\frac{Qt^2}{2m} + v_0 \quad (19)$$

変位 d は速度 v を時間で積分したものとなるため、

$$d = \int_0^t v dt = -\frac{Qt^3}{6m} + v_0 t \quad (20)$$

$t = t_0$ のとき、変位 d は最大値 d_{max} となり、 v は 0 となる。

$$v_0 = \frac{Qt_0^2}{2m} \quad (21)$$

$$d_{max} = -\frac{Qt_0^3}{6m} + v_0 t_0 = t_0 \left(-\frac{v_0}{3} + v_0 \right) = \frac{2}{3} v_0 t_0 \quad (22)$$

$$t_0 = \frac{3d_{max}}{2v_0} \quad (23)$$

$$F_0 = Qt_0 = \frac{2mv_0}{t_0} = \frac{4mv_0^2}{3d_{max}} \quad (24)$$

飛来物の運動エネルギーは $E = mv_0^2/2$ 、とあらわされるので

$$F_0 = \frac{8E}{3d_{max}} \quad (25)$$

このように飛来物の運動エネルギー E と金網の最大たわみ d_{max} を用いて金網に作用する最大荷重を求めることができる。

4. 3. 防護ネット取付部荷重

9章の電中研文献に基づく、金網の周を縁取るワイヤーロープ（以下、ワイヤーという。）に作用する荷重として、以下の式が提案されている。

$$T_w = \frac{F}{4n \cdot \sin\theta} \quad (26)$$

ここで、

T_w : ワイヤー張力

n : 金網枚数

θ : 金網たわみ角

F : 金網に作用する衝撃力

このワイヤーからの支持部材に作用する荷重の評価手法は以下の方法による。

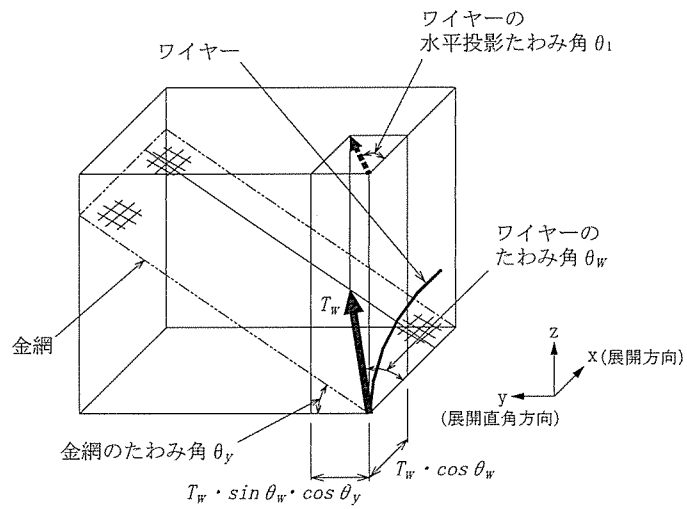
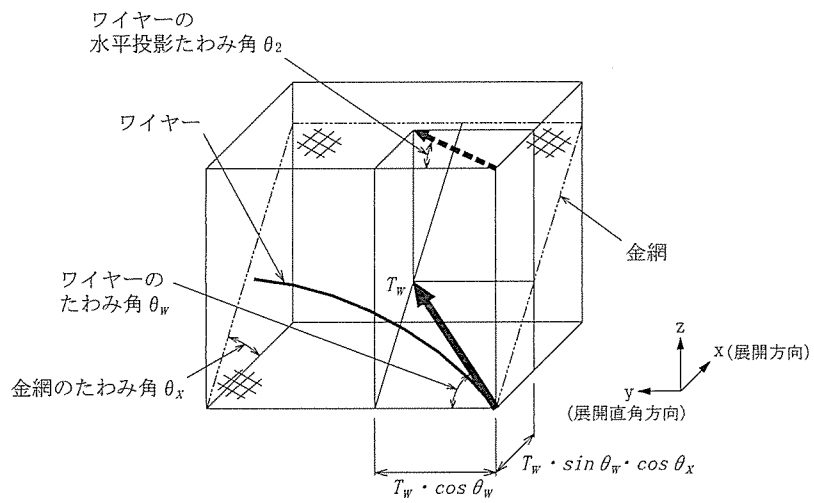
金網の一つのコーナー部についての荷重の状況を添説建 7. 4. 3-1 図に示す。

ここで、

x 軸と金網のなす角度を θ_x 、y 軸と金網のなす角度を θ_y 、

x 方向（展開方向）の金網の長さを L_x 、y 方向（展開直角方向）の金網の長さを L_y 、

金網のたわみを δ とする。



添説建 7. 4. 3-1 図 ワイヤーの水平投影たわみ角

(1) 金網の展開直角方向の辺に設置されているワイヤーについて

$$\theta_x = \tan^{-1} \left(\frac{2\delta}{L_x} \right) \quad (27)$$

T_W が x-z 平面に投影される成分は

$$T_W \cdot \sin\theta_w \quad (28)$$

さらにこの成分が x 軸に投影される成分は

$$T_W \cdot \sin\theta_w \cdot \cos\theta_x \quad (29)$$

T_W が y 軸に投影される成分は

$$T_W \cdot \cos\theta_w \quad (30)$$

ここから、このワイヤーと y 軸とのなす角度が x-y 平面に投影される角度は

$$\theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{T_W \cdot \sin\theta_w \cdot \cos\theta_x}{T_W \cdot \cos\theta_w} \right) = \tan^{-1}(\tan\theta_w \cdot \cos\theta_x) \quad (31)$$

ここで、ワイヤーのたわみを δ_w とすると、

$$\theta_w = \tan^{-1} \left(\frac{4\delta_w}{L_x} \right) \quad (32)$$

(2) 金網の展開方向の辺に設置されているワイヤーについて

$$\theta_y = \tan^{-1} \left(\frac{2\delta}{L_y} \right) \quad (33)$$

T_W が y-z 平面に投影される成分は

$$T_W \cdot \sin\theta_w \quad (34)$$

さらにこの成分が y 軸に投影される成分は

$$T_W \cdot \sin\theta_w \cdot \cos\theta_y \quad (35)$$

T_W が x 軸に投影される成分は

$$T_W \cdot \cos\theta_w \quad (36)$$

ここから、このワイヤーと x 軸とのなす角度が x-y 平面に投影される角度は

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{T_W \cdot \sin\theta_w \cdot \cos\theta_y}{T_W \cdot \cos\theta_w} \right) = \tan^{-1}(\tan\theta_w \cdot \cos\theta_y) \quad (37)$$

ここで、ワイヤーのたわみを δ_w とすると、

$$\theta_w = \tan^{-1} \left(\frac{4\delta_w}{L_y} \right) \quad (38)$$

(3) θ_w の導出について

ワイヤーが放物線形状となるものとする、

$$y = a \left(x - \frac{L}{2} \right)^2 + b \quad (39)$$

とできる。

ここで

y : ワイヤータわみ

L : 変形前のワイヤー長さ

x : ワイヤー座標

$x = L/2$ のとき、たわみが δ_w であるとする、 $b = \delta_w$

$x = 0$ のときたわみが 0 であるとする、

$$a = -\frac{4\delta_w}{L^2} \quad (40)$$

$x = 0$ のときのワイヤーのたわみ角を θ_w とすると、

$$\tan\theta_w = \frac{dy}{dx}_{x=0} = 2a\left(x - \frac{L}{2}\right)_{x=0} = 2\frac{4\delta_w L}{L^2} \frac{L}{2} = \frac{4\delta_w}{L} \quad (41)$$

$$\theta_w = \tan^{-1}\left(\frac{4\delta_w}{L}\right) \quad (42)$$

(4) δ_w の計算について

ワイヤーに作用する張力からワイヤーの歪を求め、ワイヤーの伸び δ' を求める。

$$\delta' = L \cdot \varepsilon \quad (43)$$

ワイヤーの縦弾性係数を E_w とすると、ワイヤーの歪は張力を下式に代入して求める。

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E_w} = \frac{T_w}{AE_w} \quad (44)$$

ワイヤーが放物線上にたわむとすると、その変形後の長さ S は放物線の線積分から以下の式が導出される。

$$S = \frac{1}{2}\sqrt{L^2 + 16\delta_w^2} + \frac{L^2}{8\delta_w} \ln\left(\frac{4\delta_w + \sqrt{L^2 + 16\delta_w^2}}{L}\right) \quad (45)$$

この S が $S = L + \delta'$ となることから、 δ_w を逆算する。 S の算出式については、後述する。

(5) 防護ネット取付部荷重について

標準金網を $\phi 16$ のワイヤーで縁取った場合の金網 4 コーナーのワイヤー固定部分 1 箇所作用する荷重を以下の通り求める。

鉛直方向荷重 F_z

$$F_z = \frac{1}{4}F \quad (46)$$

水平方向荷重 F_x

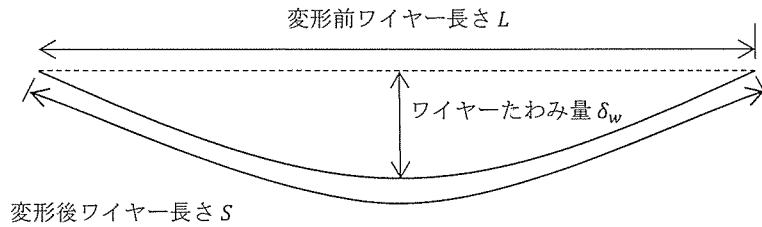
$$F_x = \sqrt{T_w^2 - F_z^2} \cos\theta_1 + \sqrt{T_w^2 - F_z^2} \sin\theta_2 \quad (47)$$

水平方向荷重 F_{xy}

$$F_y = \sqrt{T_w^2 - F_z^2} \cos\theta_2 + \sqrt{T_w^2 - F_z^2} \sin\theta_1 \quad (48)$$

(6) 変形後のワイヤー長さ S の式の導出について

ワイヤーの変形状態を添説建 7.4.3-2 図に示す。



添説建 7.4.3-2 図 ワイヤー変形図

S の求め方について、変形後のワイヤーの形状が放物線になるものとして、式を再掲すると、

$$y = a \left(x - \frac{L}{2} \right)^2 + b \quad (49)$$

この線積分は

$$2 \int_{x=0}^{x=\frac{L}{2}} \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2} dx \quad (50)$$

$$2 \int \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2} dx = 2 \int \sqrt{1 + 4a^2 \left(x - \frac{L}{2} \right)^2} dx \quad (51)$$

ここで、 $t = 2a(x - L/2)$ とすると、

$$dt/dx = 2a \quad dx = dt/2a$$

$$2 \int \sqrt{1 + 4a^2 \left(x - \frac{L}{2} \right)^2} dx = \frac{1}{a} \int \sqrt{1 + t^2} dt \quad (52)$$

$$\int \sqrt{1 + t^2} dt = \frac{1}{2} \left\{ t\sqrt{t^2 + 1} + \ln(t + \sqrt{t^2 + 1}) \right\} \quad (53)$$

$$x = 0 \rightarrow t = -aL$$

$$x = \frac{L}{2} \rightarrow t = 0$$

$$\begin{aligned} \int_{x=0}^{x=\frac{L}{2}} \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2} dx &= \left[\frac{1}{a} \frac{1}{2} \left\{ t\sqrt{t^2 + 1} + \ln(t + \sqrt{t^2 + 1}) \right\} \right]_{t=-aL}^{t=0} \\ &= \frac{1}{a} \frac{1}{2} \left\{ aL\sqrt{(aL)^2 + 1} - \ln(-aL + \sqrt{(aL)^2 + 1}) \right\} \\ &= \frac{1}{2} L\sqrt{(aL)^2 + 1} - \frac{1}{2a} \ln(-aL + \sqrt{(aL)^2 + 1}) \end{aligned} \quad (54)$$

式(40)で a を求めているので、これを式(54)に代入し、

$$a = -\frac{4\delta_w}{L^2} \quad (55)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}L\sqrt{\left(\frac{4\delta_w}{L}\right)^2 + 1} + \frac{L^2}{8\delta_w}\ln\left(\frac{4\delta_w}{L} + \sqrt{\left(\frac{4\delta_w}{L}\right)^2 + 1}\right) \\ = \frac{1}{2}\sqrt{16\delta_w^2 + L^2} + \frac{L^2}{8\delta_w}\ln\left(\frac{4\delta_w + \sqrt{16\delta_w^2 + L^2}}{L}\right) \end{aligned} \quad (56)$$

したがって、

$$S = \frac{1}{2}\sqrt{16\delta_w^2 + L^2} + \frac{L^2}{8\delta_w}\ln\left(\frac{4\delta_w + \sqrt{16\delta_w^2 + L^2}}{L}\right) \quad (57)$$

(7) 動的倍率について

飛来物が防護ネットに衝突することで、防護ネットに衝撃荷重が作用する。

この荷重が防護ネットの支持構造物に伝達する際、動的倍率を考慮する必要がある。

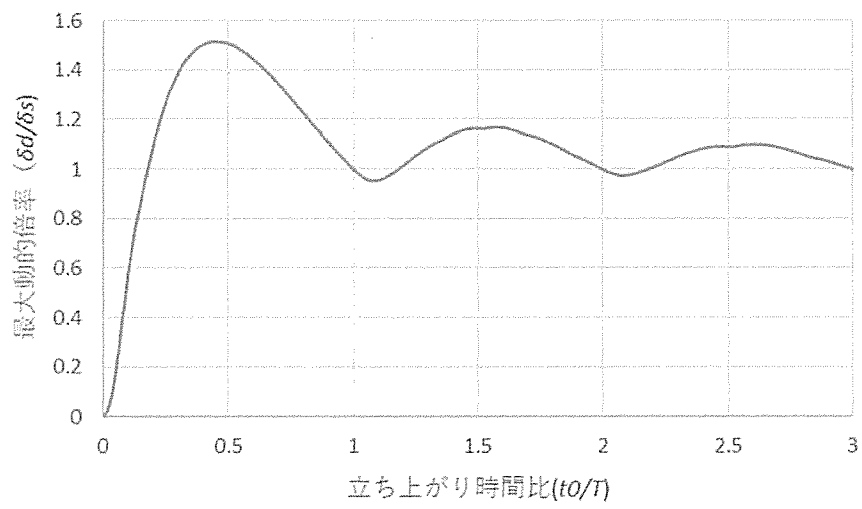
防護ネット及びその支持構造物全体の系の固有周期を $T(=2\pi/\omega)$ とする一質点系モデルに添説建 7.4.2-1 図に示す二等辺三角形荷重が作用する場合の動的変位の倍率（動的変位 δ_d / 静的変位 δ_s ）は、二等辺三角形荷重の立ち上がり時間を t_0 とすると、時間 t の区分毎に以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} 0 \leq t \leq t_0 \\ \frac{\delta_d}{\delta_s} = \frac{t}{t_0} - \frac{\sin\omega t}{\omega t_0} \end{aligned} \quad (58)$$

$$\begin{aligned} t_0 \leq t \leq 2t_0 \\ \frac{\delta_d}{\delta_s} = 2 - \frac{t}{t_0} - \frac{\sin\omega t}{\omega t_0} + \frac{2}{\omega t_0}\sin\omega(t - t_0) \end{aligned} \quad (59)$$

$$\begin{aligned} 2t_0 \leq t \\ \frac{\delta_d}{\delta_s} = \frac{1}{\omega t_0}\{2\sin\omega(t - t_0) - \sin\omega t - \sin\omega(t - 2t_0)\} \end{aligned} \quad (60)$$

立ち上がり時間 t_0 と固有周期 T の比（立ち上がり時間比 t_0/T ）を横軸として最大動的倍率を求めると、添説建 7.4.3-3 図のとおりとなる。ここで、9章の電中研文献によると最大動的倍率は最大で 1.52 となる。この動的倍率を荷重に考慮することとする。



添説建 7. 4. 3—3 図 二等辺三角形荷重に対する最大動的倍率

5. 防護ネット評価結果

各建物の防護ネットに対し、最大吸収可能エネルギー量、評価用ワイヤー張力及び取付金物作用荷重の評価結果を添説建 7.5-1 表に示す。

評価にあたっては、最大吸収可能エネルギー量に対して、対象飛来物、飛散物のエネルギーの比が最も厳しくなる目合い寸法 40mm、線径 $\phi 2.6\text{mm}$ の金網を使用した防護ネットを対象とした。

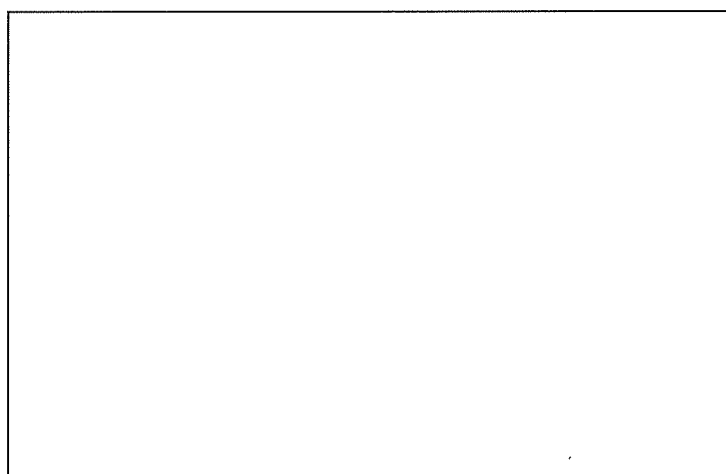
なお、評価の仮定条件として、飛来物は防護ネットの最も柔な中央部分に転がって移動し、飛来物の荷重は防護ネット中央部に作用するものとする。

添説建 7.5-1 表 防護ネット 評価結果

項目		成型工場	組立工場	転換工場(上面)	転換工場(下面)
金網の仕様 目合い、線径					
最大吸収可能エネルギー					
プレハブ落下時エネルギー ^{※2}					
ダクト飛散時鉛直エネルギー ^{※2}					
動的倍率					
評価用鉛直荷重					
評価用ワイヤー張力					
取付金物 作用荷重 ^{※1}	展開方向 水平荷重 F_{xx}				
	展開直角方向 水平荷重 F_{xy}				
	鉛直方向 荷重 F_{xz}				
	展開方向 水平荷重 F_{yx}				
	展開直角方向 水平荷重 F_{yy}				
	鉛直方向 荷重 F_{yz}				

※1: ワイヤー固定部分 1 箇所 (添説建 7.5-1 図) に作用する荷重

※2: 飛来物、飛散物のエネルギー評価は、電力中央研究所が開発した竜巻飛来物解析コード「TONBOS」を用いて行い、竜巻風速場にはフジタモデル(DBT-77 モデル)を適用した。



添説建 7.5-1 図 取付金物作用荷重

6. 防護ネット各部の強度検討

成型工場、組立工場、転換工場に設置する防護ネットの各部の強度検討を行う。

各部の強度検討にあたっては、防護ネットが更なる安全裕度の向上策として設置されるものであることより、金網の最大吸収可能エネルギー量は金網素線の破断伸びまでを考慮したもの（4.1 防護ネット吸収エネルギー）とし、同様に付属物についても破断強度（引張荷重）を許容荷重として強度評価を行うものとする。

6.1. 金網の強度検討

成型工場、組立工場、転換工場（上面）の金網の強度評価においては、飛来物（プレハブ）が落下した時のエネルギーを対象とし、金網の最大吸収可能エネルギーとの比で検討する。

また、転換工場（下面）の金網については、ダクト飛散時の鉛直エネルギーを対象とし、金網の最大吸収可能エネルギーとの比で検討する。

対象飛来物、飛散物エネルギー量 : E (kJ)

金網の最大吸収可能エネルギー量 : E_a (kJ)

$$\text{検定比 } K_1 = \frac{E}{E_a}$$

検定比が最も厳しくなる目合い40mm、線径 ϕ 2.6mmの検討結果を添説建7.6.1-1表に示す。

添説建7.6.1-1表 金網の吸収エネルギー検討

	成型工場	組立工場	転換工場 (上面)	転換工場 (下面)
防護対象	プレハブ落下	プレハブ落下	プレハブ落下	ダクト飛散
対象エネルギー量 E (kJ)				
最大吸収可能エネルギー量 E_a (kJ)				
検定比 K_1				

なお、金網の吸収エネルギーは、金網素線が破断に至る限界から算出しているため、飛来物の運動エネルギーが金網の吸収エネルギーよりも小さい限り素線は破断しない。ただし、鋼製材のように小さい断面を持つ飛来物を想定する場合は、金網に局所的な荷重が作用するため、素線自体の破断に対する強度確認が必要となる。これに対し、本検討では、対象となる飛来物の軽トラ、プレハブが十分な大きさを持つため、金網に対する局所的な荷重影響は小さく、よって金網素線の破断強度評価の記載は省略する。

6. 2. 防護ネット付属物の強度検討

防護ネットを構成する付属物であるワイヤー、ターンバックル、シャックルの強度検討を行う。
 強度検討にあたっては、最大吸収可能エネルギー量に対して、飛来物のエネルギー量の比が最も厳しくなる目合い40mm、線径φ2.6mmの金網を使用した防護ネットを対象とし、「添説建7.5.1-1表」の評価用ワイヤー張力を用いて行う。各付属物の検討結果を添説建7.6.2-1表～添説建7.6.2-3表に示す。

(1) ワイヤー

ワイヤー端末施工部に工場圧着シンコークランプもしくは現地圧着シンコークランプを使用するものとし、定着効率は、保守的に考えて現場圧着型の90%を採用し検討する。

ワイヤー :

使用径 : ϕD (mm)

破断荷重 : BL_0 (kN)

クランプ :

現地圧着シンコークランプ (定着効率 90%)
(NEXCO 総研 承認品)

クランプ定着効率 : 90%^{※1}

評価用破断荷重 : BL (kN)

$BL = BL_0 \times 0.90$

評価用ワイヤー張力 : T (kN)

検定比 $K_2 = \frac{T}{BL}$

※1：メーカー技術資料を三菱原子燃料株式会社にて確認、保証したものである。

添説建 7.6.2-1 表 ワイヤーの強度検討

	成型工場	組立工場	転換工場 (上面)	転換工場 (下面)
評価用ワイヤー張力 T (kN)				
使用ワイヤー径 ϕD (mm)				
破断荷重 BL_0 (kN)				
評価用破断荷重 BL (kN)				
検定比 K_2				

(2) ターンバックル

ターンバックルの強度検討にあたっては、棒式ターンバックル SUS304 の破断荷重に対する評価用ワイヤー張力との比で評価する。

ターンバックル :

破断荷重 : TB (kN)

評価用ワイヤー張力 : T (kN)

検定比 $K_3 = \frac{T}{TB}$

添説建 7.6.2-2 表 ターンバックルの強度検討

	成型工場	組立工場	転換工場 (上面)	転換工場 (下面)
評価用ワイヤー張力 T (kN)				
ねじの呼び				
破断荷重 TB (kN) ※1				
検定比 K_3				

※1：メーカーによる引張試験結果を三菱原子燃料株式会社にて確認、保証したものである。

(3) シャックル

シャックルの強度検討にあたっては、シャックル JIS B2801 では、「使用荷重に相当する力の5倍以上の引張荷重に耐えなければならない」となっているため安全率を保守的に 5.0 とし、それに乗じた値を評価用引張荷重として、評価用ワイヤー張力との比で評価する。

シャックル : (JIS B 2801)

使用荷重 : WL_1 (kN)

安全率 F : 5.0

評価用引張荷重 : SH (kN)

$SH = WL_1 \times F = WL_1 \times 5.0$

評価用ワイヤー張力 : T (kN)

検定比 $K_4 = \frac{T}{SH}$

添説建 7.6.2-3 表 シャックルの強度検討※1

	成型工場	組立工場	転換工場 (上面)	転換工場 (下面)
評価用ワイヤー張力 T (kN)				
JIS 形シャックル				
使用荷重 WL_1 (kN) ※2				
評価用引張荷重 SH (kN)				
検定比 K_4				

※1：強力長シャックルの使用荷重は JIS 形シャックル SC16 より大きいので記載省略

※2：JIS B 2801 使用荷重(t)×9.80665

6.3. 防護ネット固定部の強度検討

防護ネットの固定部は、建物構造の部材格点部に位置しており、飛来物による衝撃荷重は、その格点部から建物構造に伝達され建物全体構造で抵抗する。ただし、固定部が部材格点部に無い場合（第2核燃料倉庫前室の片持ち梁構造）については、既設部構造強度確認（添付説明書一建7-1付録1参照）のうえ固定部の検討を行う。

固定部の検討にあたっては、最大吸収可能エネルギー量に対して、飛来物のエネルギー量の比が最も厳しくなる目合い40mm、線径φ2.6mmの金網を使用した防護ネットを対象とし、「添説建7.5-1表」の取付金物作用荷重を用いて行う。また、防護ネット設置のために建物との取合が必要な箇所（除染室・分析室）には、防護ネット設置用鋼材を設置し、防護ネット固定部に必要な耐震強度、飛散物及び飛来物が防護ネットに衝突した際の強度を確保する。

なお、検討は、日本建築学会「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」（以下、「S規準」という。）に準拠して行う。以下に各工場の固定部の検討を示す。

6.3.1. 成型工場

(1) 固定部の仕様

材質	:	<input type="text"/>
サイズ	:	<input type="text"/>
基準強度 f (N/mm ²)	:	<input type="text"/> (S規準)
終局強度 f_y (N/mm ²)	:	<input type="text"/> (第2464号告示より $f_y = f \times 1.1$)
短期許容せん断応力度 $f/\sqrt{3}$ (N/mm ²)	:	<input type="text"/> (S規準)
終局せん断耐力 $f_y/\sqrt{3}$ (N/mm ²)	:	<input type="text"/> (第2464号告示より $f_y = f \times 1.1$)

(2) 高力ボルトの仕様

種類	:	<input type="text"/>
サイズ	:	<input type="text"/>
軸断面積 A_b (mm ²)	:	<input type="text"/>
高力ボルトの設計ボルト張力 T_o (kN)	:	<input type="text"/>
ボルト本数 n_b (本)	:	<input type="text"/>
長期許容引張り応力度 σ_{ta} (N/mm ²)	:	<input type="text"/>
長期許容せん断応力度 f_{s0} (N/mm ²)	:	<input type="text"/>

(3) 固定部に作用する荷重

固定部のシャックル取合孔部に作用する飛来物衝撃時荷重を計算する。

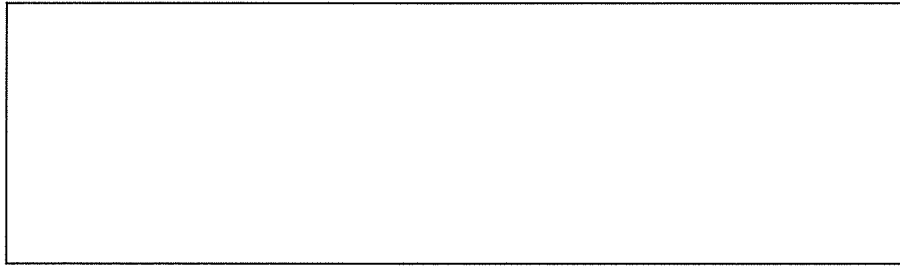
展開方向 水平荷重	F_{xx} (kN)	:	<input type="text"/>
展開直角方向 水平荷重	F_{xy} (kN)	:	<input type="text"/>
鉛直方向荷重	F_{xz} (kN)	:	<input type="text"/>

上記の F_{xx}, F_{xy}, F_{xz} の数値は、添説建7.5-1表を参照。

飛来物衝撃時作用荷重 $F_i = \sqrt{F_{xx}^2 + F_{xy}^2 + F_{xz}^2} = \text{ kN}$

(4) 孔部端抜きの検討

固定部のシャックルが取り合う孔部の端抜きの検討を行う。



端抜け検討位置

飛来物衝撃時作用荷重 F_i (kN) :

端抜けライン長さ L_s (mm) :

固定部板厚 t (mm) :

終局端抜け抵抗 Q_p

$Q_p = L_s \times t \times f_y / \sqrt{3} =$

$=$ kN

飛来物衝撃時端抜け検定比 R_{i1}

$R_{i1} = \frac{F_i}{Q_p} =$

(5) 梁部の検討

固定部の梁部の検討を行う。

1) 梁部の仕様

梁スパン L (mm) :

断面積 A (mm²) :

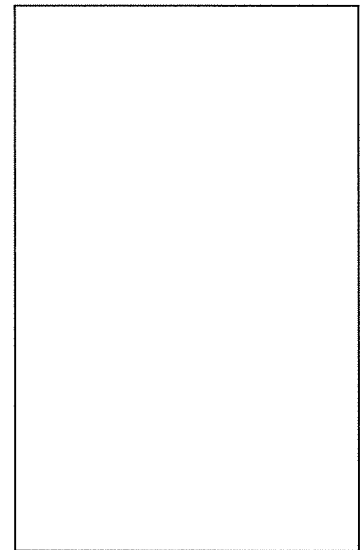
水平方向断面係数 Z_h (mm³) :

鉛直方向断面係数 Z_v (mm³) :

水平方向塑性断面係数 Z_{ph} (mm³) :

鉛直方向塑性断面係数 Z_{pv} (mm³) :

※1 : シャックル取合孔欠損考慮



2) 梁部に作用する荷重の集約

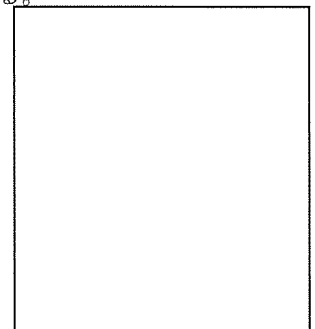
以降の梁部の検討においては、2つのシャックル取合孔に作用する飛来物衝撃時荷重を水平方向力、鉛直方向力のそれぞれ合力荷重にて集約して検討する。

水平方向荷重 $F_{ih} = \sqrt{(F_{xx} + F_{yx})^2 + (F_{yy} + F_{xy})^2}$

$=$ kN

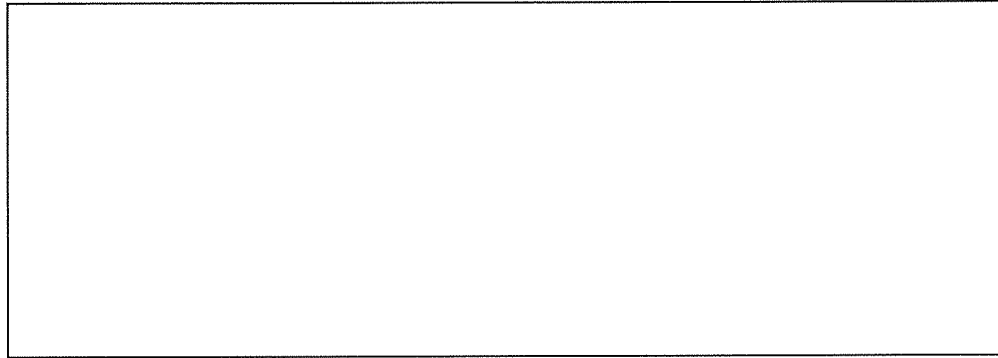
鉛直方向荷重 $F_{iv} = F_{xz} + F_{yz}$

$=$ kN



3) 梁部の断面検討

梁部はボルト接合部を支点とした単純梁にモデル化して検討を行う。



梁部の単純梁モデル

梁のせん断力負担フランジ

水平方向荷重 F_{ih} による曲げモーメント M_{ih}

$$M_{ih} = \frac{1}{4} \times F_{ih} \times L = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

鉛直方向荷重 F_{iv} による曲げモーメント M_{iv}

$$M_{iv} = \frac{1}{4} \times F_{iv} \times L = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

梁に発生する曲げ応力度 σ_{bi}

$$\sigma_{bi} = \frac{M_{ih}}{Z_{ph}} + \frac{M_{iv}}{Z_{pv}} = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

飛来物衝撃時曲げ応力度検定比 R_{i2}

$$R_{i2} = \frac{\sigma_{bi}}{f_y} = \boxed{}$$

水平方向荷重 F_{ih} により梁に発生するせん断応力度 τ_{ih}

$$\tau_{ih} = \frac{F_{ih}}{A_{fh}} = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

鉛直方向荷重 F_{iv} により梁に発生するせん断応力度 τ_{iv}

$$\tau_{iv} = \frac{F_{iv}}{A_{fv}} = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

飛来物衝撃時せん断応力度検定比 R_{i3}

$$R_{i3} = \frac{\max(\tau_{ih}, \tau_{iv})}{f_y/\sqrt{3}} = \boxed{}$$

(6) 高力ボルトの検討

水平方向荷重 F_{ih} による高力ボルト引張応力度 σ_{ist}

$$\sigma_{ist} = \frac{F_{ih}}{2 \times n_b \times A} = \boxed{}$$
$$= \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

鉛直方向荷重 F_{iv} による高力ボルトせん断応力度 τ_{ist}

$$\tau_{ist} = \frac{F_{iv}}{2 \times n_b \times A} = \boxed{}$$
$$= \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

引張力を同時に受ける高力ボルトの終局許容せん断応力度 f_{ist} は、保守的に考えて短期許容せん断応力度を適用する。

$$f_{ist} = f_{so} \times \left(1 - \frac{\sigma_{ist} \times A}{T_o}\right) \times 1.5 = \boxed{}$$
$$= \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

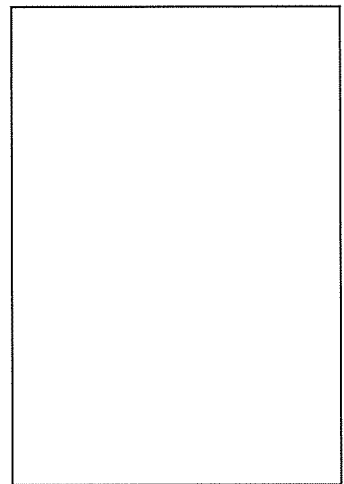
飛来物衝撃時高力ボルト検定比 R_{i4}

$$R_{i4} = \frac{\tau_{ist}}{f_{ist}} = \boxed{}$$

(7) 固定部の最大検定比

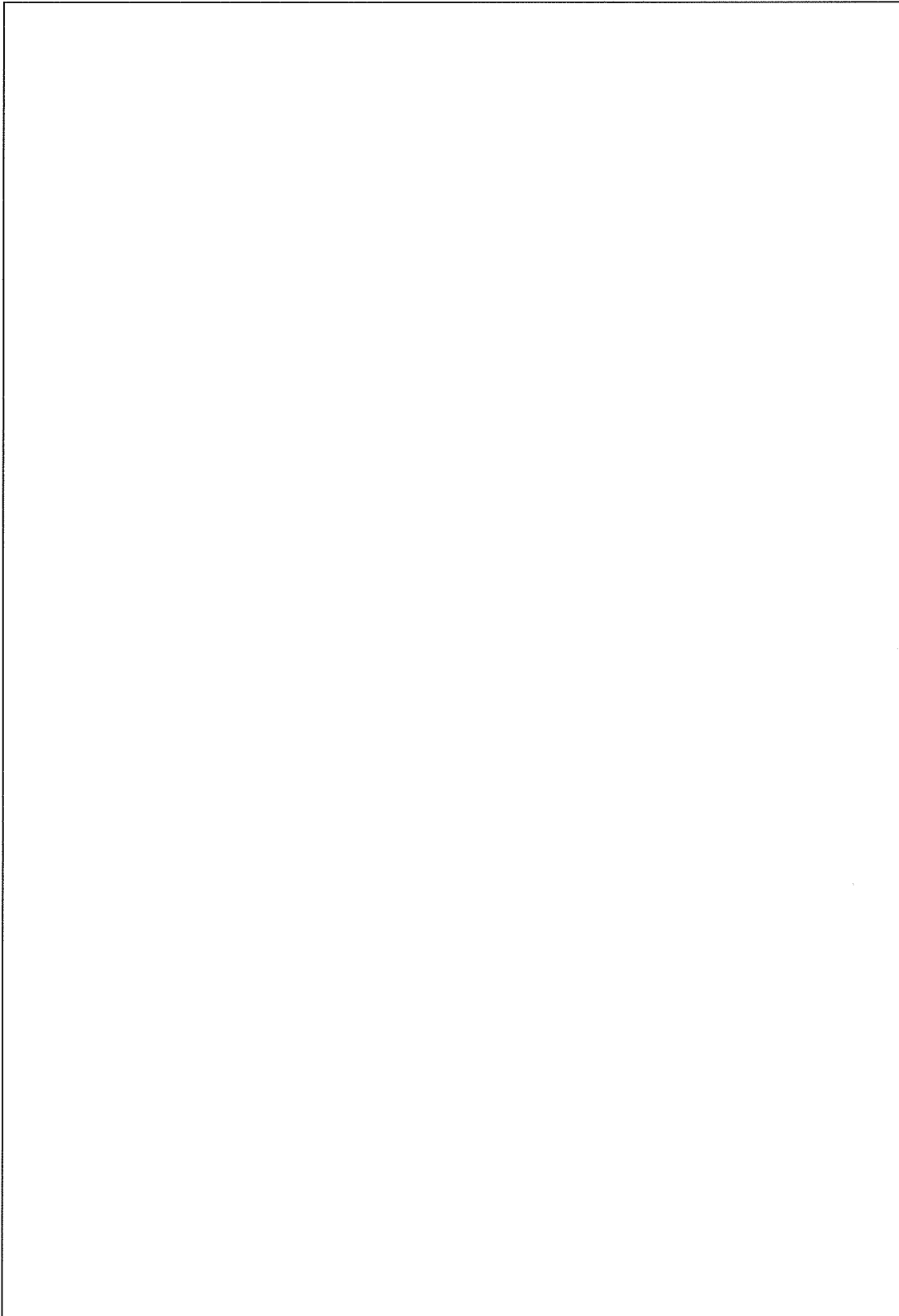
防護ネット固定部の最大検定比 K

$$K = \max(R_{i1}, R_{i2}, R_{i3}, R_{i4})$$
$$= \boxed{}$$
$$= \boxed{}$$



a - a

防護ネット固定部詳細図を添説建 7. 6. 3-1 図に示す。



添説建 7. 6. 3-1 図 防護ネット固定部詳細図 (成型工場)

6.3.2. 組立工場

(1) 固定部の仕様

材質	:	<input type="text"/>
サイズ (ガセットプレート)	:	<input type="text"/>
(リブプレート)	:	<input type="text"/>
基準強度 f (N/mm ²)	:	<input type="text"/> (S 規準)
終局強度 f_y (N/mm ²)	:	<input type="text"/> (第 2464 号告示より $f_y = f \times 1.1$)
短期許容せん断応力度 $f/\sqrt{3}$ (N/mm ²)	:	<input type="text"/> (S 規準)
終局せん断耐力 $f_y/\sqrt{3}$ (N/mm ²)	:	<input type="text"/> (第 2464 号告示より $f_y = f \times 1.1$)

(2) 高力ボルトの仕様

種類	:	<input type="text"/>
サイズ	:	<input type="text"/>
軸断面積 A_b (mm ²)	:	<input type="text"/>
高力ボルトの設計ボルト張力 T_o (kN)	:	<input type="text"/>
ボルト本数 n_b (本)	:	<input type="text"/>
1 面摩擦短期許容せん断力 Q_{sa} (kN/本)	:	<input type="text"/>

(3) 固定部に作用する荷重

固定部のシャックル取合孔部に作用する飛来物衝撃時荷重を計算する。

展開方向 水平荷重	F_{xx} (kN)	:	<input type="text"/>
展開直角方向 水平荷重	F_{xy} (kN)	:	<input type="text"/>
鉛直方向 荷重	F_{xz} (kN)	:	<input type="text"/>

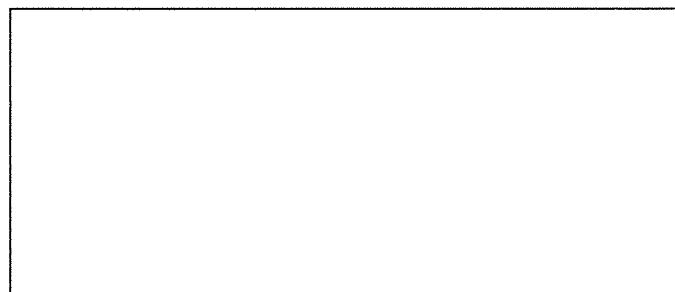
上記の F_{xx}, F_{xy}, F_{xz} の数値は、添説建 7.5-1 表を参照。

飛来物衝撃時作用荷重 $Fi = \sqrt{F_{xx}^2 + F_{xy}^2 + F_{xz}^2}$

= kN

(4) 孔部端抜けの検討

固定部のシャックルが取り合う孔部の端抜けの検討を行う。



端抜け検討位置

飛来物衝撃時作用荷重 F_i (kN) :

端抜けライン長さ L_s (mm) :

固定部板厚 t (mm) :

終局端抜け抵抗力 Q_p

$$Q_p = L_s \times t \times f_y / \sqrt{3}$$

= kN

飛来物衝撃時端抜け検定比 R_{i1}

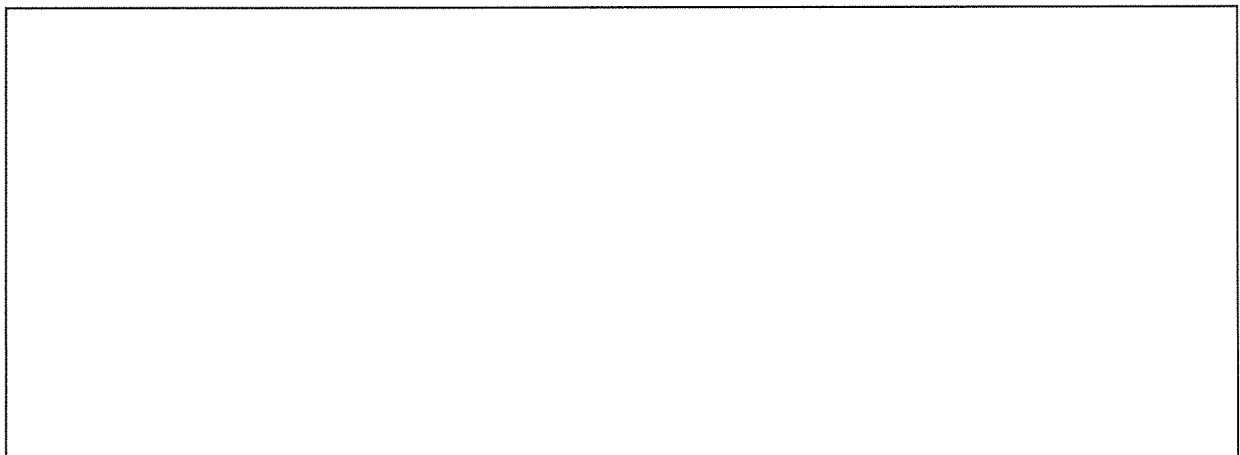
$$R_{i1} = \frac{F_i}{Q_p} =$$

(5) ガセット部の検討

固定部のガセット部の検討を行う。

1) ガセット部の仕様

ガセット部の諸寸法は下図の通り



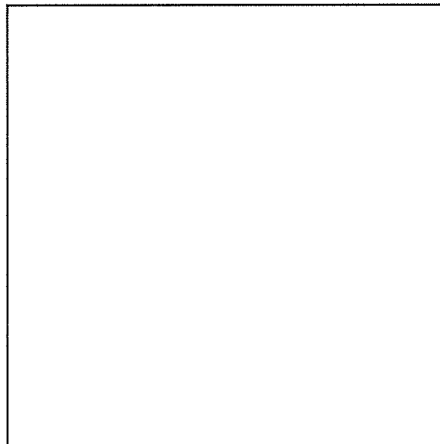
ガセットプレート平面図

A 部板組図

2) ガセットプレート板曲げの検討

シャックルから伝達される鉛直荷重に対してガセットプレートの板曲げの検討を行う。

板曲げ検討にあたっては、リブプレート位置からの片持ち梁モデルにて行う。



板曲げ片持ち梁モデル

ガセットプレートの終局せん断耐力 Q_{ia}

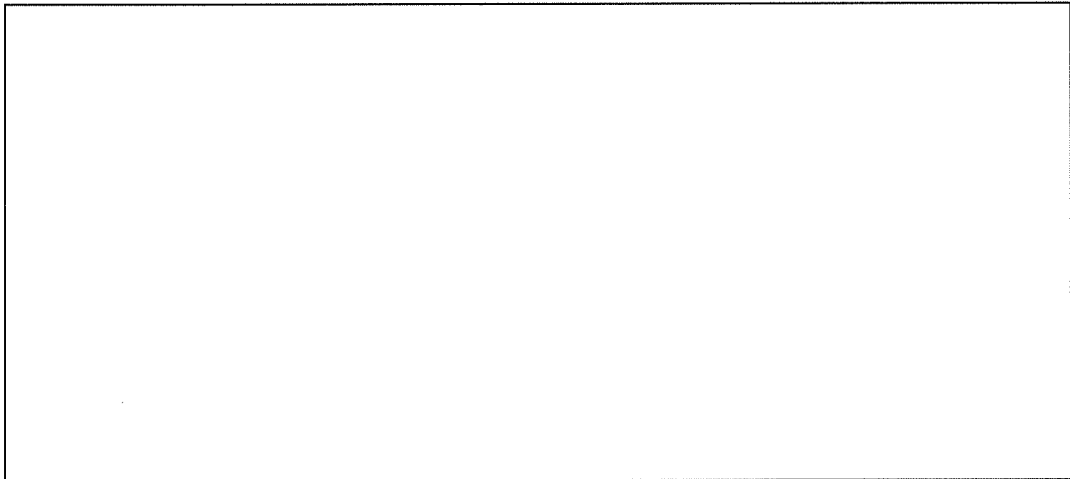
$$Q_{ia} = A_g \times f_y / \sqrt{3} = \boxed{} \\ = \boxed{} \text{ N}$$

ガセットプレートの水平荷重に対する検定比 R_{i3}

$$R_{i3} = \frac{Q_{i3}}{Q_{ia}} = \boxed{}$$

5) ガセットプレートの鉛直方向荷重に対する検討

ガセットプレートの鉛直方向荷重に対しては、リブプレートとガセットプレートで構成された片持ち梁で負担する。



ガセットプレート片持ち梁モデル

片持ち梁の固定端モーメント M_{i4}

$$M_{i4} = F_{iv} \times \ell_4 = \boxed{} \\ = \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

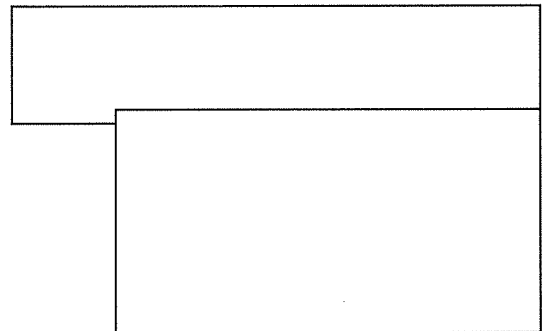
片持ち梁の塑性断面係数 Z_{p4} : $\boxed{} \text{ mm}^3$

片持ち梁の終局曲げ耐力 M_{ia}

$$M_{ia} = Z_{p4} \times f_y = \boxed{} \\ = \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

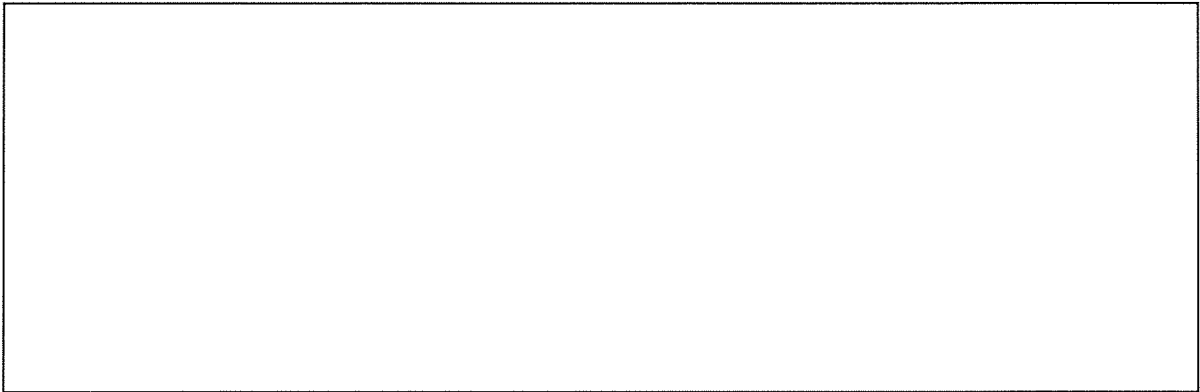
片持ち梁の固定端モーメントに対する検定比 R_{i4}

$$R_{i4} = \frac{M_{i4}}{M_{ia}} = \boxed{}$$



6) 片持ち梁固定端モーメントに対する検討

片持ち梁固定端モーメントに対しては、ガセットプレートとフランジリブプレートによる偶力モーメントに置き換えて検討する。



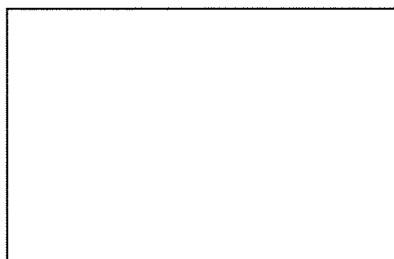
偶力モーメント図

片持ち梁固定端モーメントによる偶力 H_i

$$H_i = M_{i4} / \ell_5 = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N}$$

偶力 H_i に対し、フランジリブプレートが梁として抵抗する。フランジリブプレート梁は両端固定梁モデルとして検討する。



フランジリブプレート両端固定梁モデル

偶力 H_i によりフランジリブプレートに発生する曲げモーメント M_{i5}

$$M_{i5} = \frac{1}{8} \times H_i \times \ell_5' = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

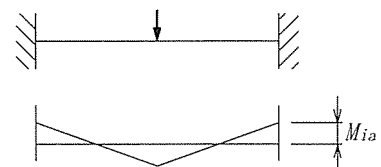
フランジリブプレートの塑性断面係数 Z_{p5}

$$Z_{p5} = \boxed{} \text{ mm}^3$$

フランジリブプレートの終局曲げ耐力 M_{ia}

$$M_{ia} = Z_{p5} \times f_y = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

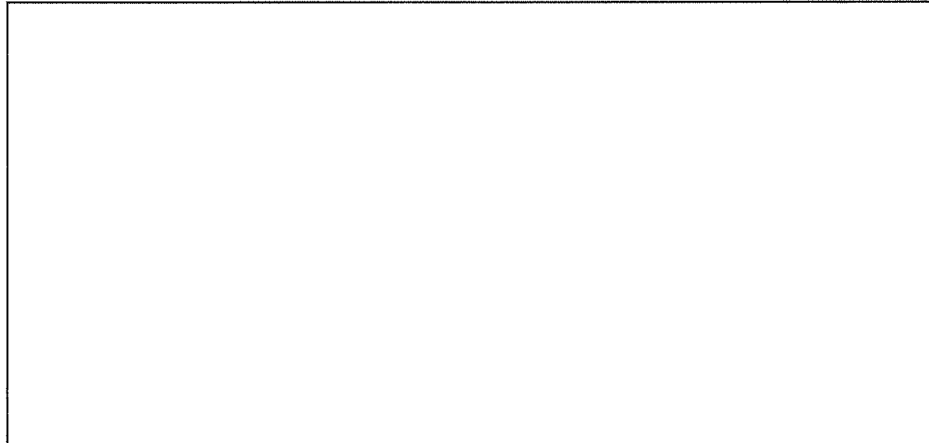


終局曲げ耐力図

片持ち梁固定端モーメントによる偶力に対する検定比 R_{i5}'

$$R_{i5}' = \frac{M_{i5}}{M_{ia}} = \boxed{}$$

ここで、フランジプレート、ウェブプレート、ガセットプレートで構成された梁に作用する曲げモーメントを考慮する。



両端固定梁モデル

梁には、リブプレートから伝達する F_{iv} が作用する。

F_{iv} により梁に作用する曲げモーメント M_{i5}'

$$M_{i5}' = \frac{1}{8} \times F_{iv} \times \ell_5' = \boxed{}$$
$$= \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

梁の塑性断面係数 Z_{p5}'

$$Z_{p5}' = \boxed{} \text{ mm}^3$$

梁の終局曲げ耐力 M_{ia}'

$$M_{ia}' = Z_{p5}' \times f_y = \boxed{}$$
$$= \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

梁作用による曲げモーメントに対する検定比 R_{i5}''

$$R_{i5}'' = \frac{M_{i5}'}{M_{ia}'} = \boxed{}$$

片持ち梁固定端モーメント及び梁作用曲げモーメントに対する検定比 R_{i5}

$$R_{i5} = R_{i5}' + R_{i5}'' = \boxed{}$$

(6) 高力ボルトの検討

ガセット部の高力ボルトに対しては、水平方向荷重によるせん断力と鉛直方向荷重によるせん断力にて検討を行う。

水平方向荷重により接合面に作用するせん断力 F_{ihs}

$$F_{ihs} = \frac{F_{ih}}{\sqrt{2}} = \boxed{} \\ = \boxed{} \text{ N}$$

鉛直方向荷重により接合面に作用するせん断力 F_{ivs}

$$F_{ivs} = \frac{F_{iv}}{2} = \boxed{} \\ = \boxed{} \text{ N}$$

高力ボルト接合面に作用するせん断力 F_{is}

$$F_{is} = \sqrt{F_{ihs}^2 + F_{ivs}^2} = \boxed{} \\ = \boxed{} \text{ N}$$

高力ボルト接合面の終局せん断耐力 F_{isa} については、保守的に考えて短期許容せん断力を適用する。

$$F_{isa} = \boxed{} \text{ N}$$

高力ボルト接合面に作用するせん断力に対する検定比 R_{i6}

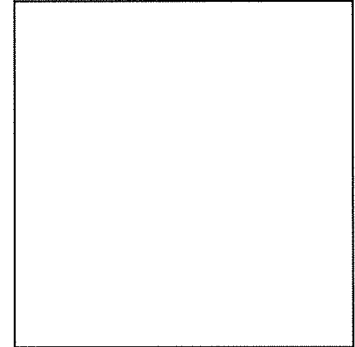
$$R_{i6} = \frac{F_{is}}{F_{isa}} = \boxed{}$$

(7) 固定部の最大検定比

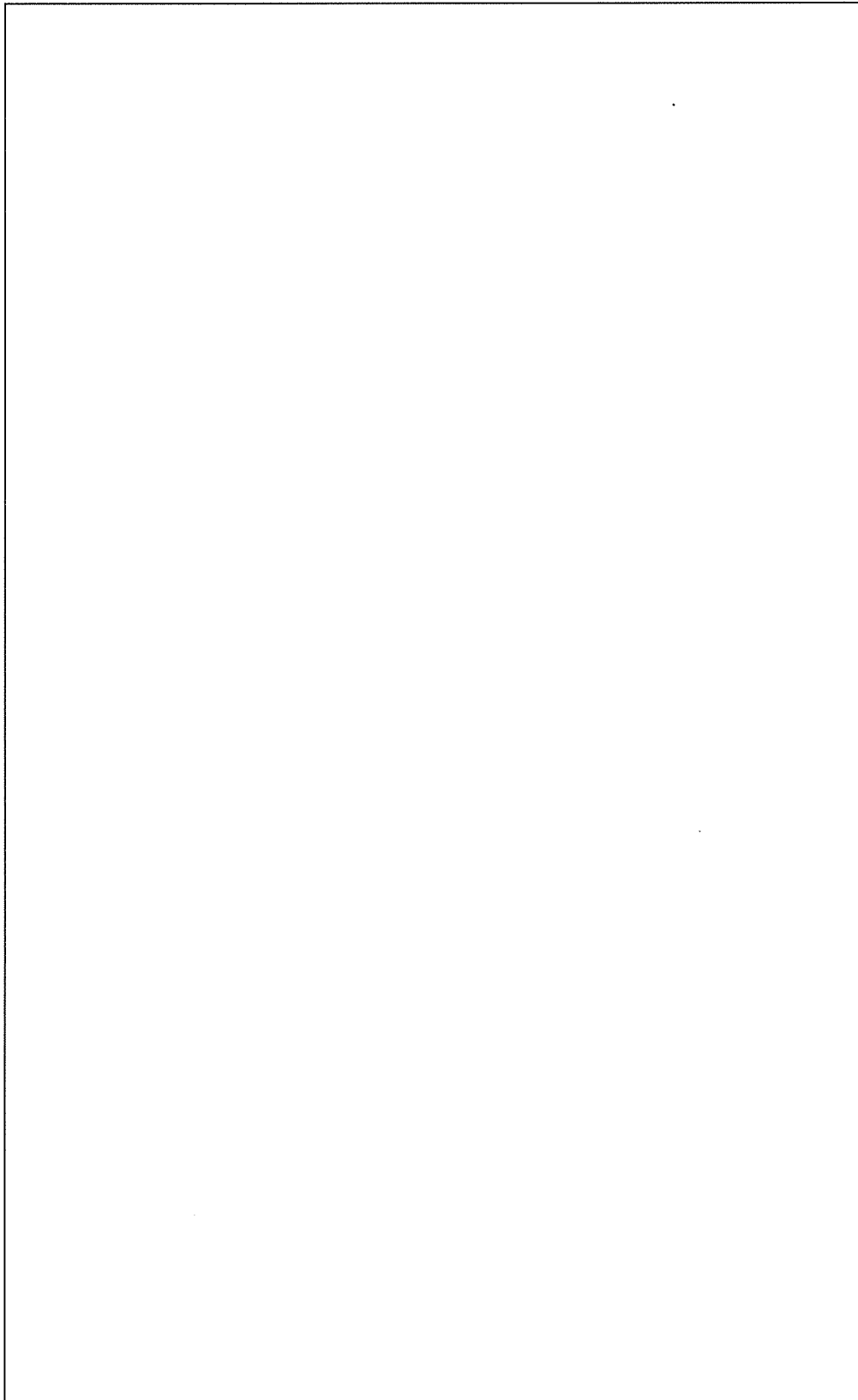
防護ネット固定部の最大検定比 K

$$K = \max(R_{i1}, R_{i2}, R_{i3}, R_{i4}, R_{i5}, R_{i6})$$

$$= \boxed{} \\ = \boxed{}$$



防護ネット固定部詳細図を添説建 7.6.3-2 図に示す。



添説建 7.6.3-2 図 防護ネット固定部詳細図 (組立工場)

6.3.3. 転換工場(上面)

(1) 固定部の仕様

材質	:	<input type="text"/>
サイズ (ガセットプレート)	:	<input type="text"/>
(リブプレート)	:	<input type="text"/>
基準強度 f (N/mm ²)	:	<input type="text"/> (S 規準)
終局強度 f_y (N/mm ²)	:	<input type="text"/> (第 2464 号告示より $f_y = f \times 1.1$)
短期許容せん断応力度 $f/\sqrt{3}$ (N/mm ²)	:	<input type="text"/> (S 規準)
終局せん断耐力 $f_y/\sqrt{3}$ (N/mm ²)	:	<input type="text"/> (第 2464 号告示より $f_y = f \times 1.1$)

(2) 固定部に作用する荷重

固定部のシャックル取合孔部に作用する飛来物衝撃時荷重を計算する。

展開方向 水平荷重	F_{xx} (kN)	:	<input type="text"/>
展開直角方向 水平荷重	F_{xy} (kN)	:	<input type="text"/>
鉛直方向 荷重	F_{xz} (kN)	:	<input type="text"/>

上記の F_{xx}, F_{xy}, F_{xz} の数値は、添説建 7.5-1 表を参照。

飛来物衝撃時作用荷重 $F_i = \sqrt{F_{xx}^2 + F_{xy}^2 + F_{xz}^2}$
 $=$ kN

(3) 孔部端抜けの検討

固定部のシャックルが取り合う孔部の端抜けの検討を行う。



端抜け検討位置

飛来物衝撃時作用荷重 F_i (kN)	:	<input type="text"/>
端抜けライン長さ L_s (mm)	:	<input type="text"/>
固定部板厚 t (mm)	:	<input type="text"/>

終局端抜け抵抗 Q_p
 $Q_p = L_s \times t \times f_y / \sqrt{3}$
 $=$ kN

飛来物衝撃時端抜け検定比 R_{i1}

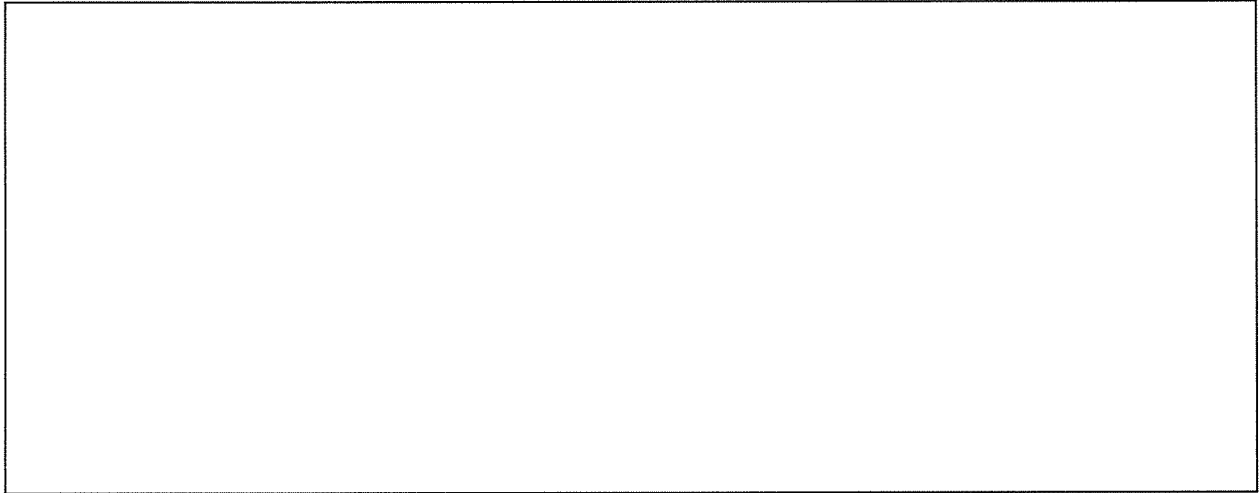
$R_{i1} = \frac{F_i}{Q_p} =$

(4) ガセット部の検討

固定部のガセット部の検討を行う。

1) ガセット部の仕様

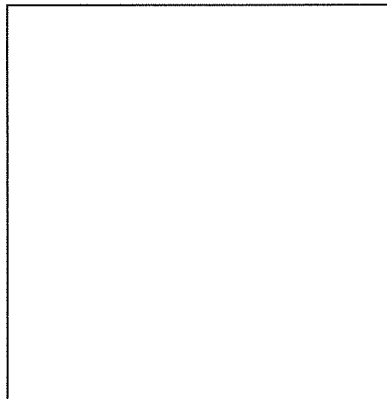
ガセット部の諸寸法は下図の通り。



2) ガセットプレート板曲げの検討

シャックルから伝達される鉛直荷重に対してガセットプレートの板曲げの検討を行う。

板曲げ検討にあたっては、リブプレート位置からの片持ち梁モデルにて行う。



板曲げ片持ち梁モデル

板曲げモーメント M_{i2}

$$M_{i2} = F_{xz} \times \ell_2 = \boxed{} \\ = \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

板曲げ有効幅部の塑性断面係数 Z_{p2}

$$Z_{p2} = \frac{1}{4} \times a \times t^2 = \boxed{} \\ = \boxed{} \text{ mm}^3$$

板曲げ有効幅部の終局曲げ耐力 M_{ia}

$$M_{ia} = Z_{p2} \times f_y = \boxed{} \\ = \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

板曲げモーメントに対する検定比 R_{i2}

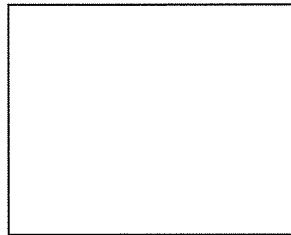
$$R_{i2} = \frac{M_{i2}}{M_{ia}} = \boxed{}$$

3) ガセット部に作用する荷重の集約

以降のガセット部の検討においては、2つのシャックル取合孔に作用する飛来物衝撃時荷重を水平方向力、鉛直方向力のそれぞれ合力荷重にて集約して検討する。

水平方向荷重 $F_{ih} = \sqrt{(F_{xx} + F_{yx})^2 + (F_{yy} + F_{xy})^2}$
= $\boxed{}$ kN

鉛直方向荷重 $F_{iv} = F_{xz} + F_{yz}$
= $\boxed{}$ kN

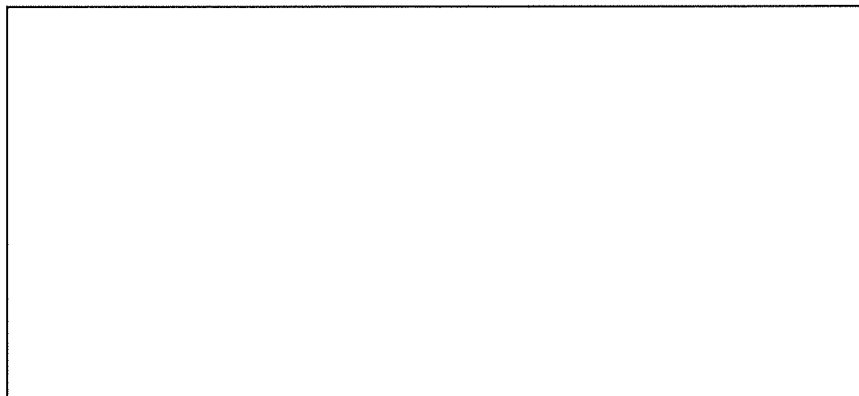


ガセット部に作用する水平力

4) リブプレートの検討

(a) 張り出し部

ガセットプレートに作用する荷重に対して、固定端モーメントと引張力を受ける片持ち梁にモデル化して検討を行う。



片持ち梁モデル

片持ち梁諸元

ベースプレート有効幅は、保守的に考えてリブプレート板厚及び溶接脚長を考慮したものにす。

張り出しスパン L_1 (mm) :
 断面積 A_1 (mm²) :
 断面係数 Z_1 (mm³) :
 塑性断面係数 Z_{p1} (mm³) :

水平方向荷重 F_{ih} により片持ち梁断面に発生する引張力 T_{i1}

$$T_{i1} = F_{ih} = \boxed{} \text{ N}$$

片持ち梁断面の終局引張耐力 T_{ia1}

$$T_{ia1} = f_y \times A_1 = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N}$$

鉛直方向荷重 F_{iv} により片持ち梁固定端に発生する曲げモーメント M_{i1}

$$M_{i1} = F_{iv} \times L_1 = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

片持ち梁断面の終局曲げ耐力 M_{ia1}

$$M_{ia1} = f_y \times Z_{p1} = \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

水平方向荷重 F_{ih} による引張力と鉛直方向荷重 F_{iv} による曲げモーメントに対する
検定比 R_{i3}

$$R_{i3} = \frac{T_{i1}}{T_{ia1}} + \frac{M_{i1}}{M_{ia1}} = \boxed{}$$

(b) リブプレート固定部

ガセットプレートに作用する荷重に対して、主構造トラス上弦材に荷重を伝達する部分について検討する。

リブプレート固定部に発生する引張力 T_2

$$T_2 = F_{iv}$$

リブプレート固定部に発生する曲げモーメント M_2

$$M_2 = F_{ih} \times L_2 - F_{iv} \times L_1$$

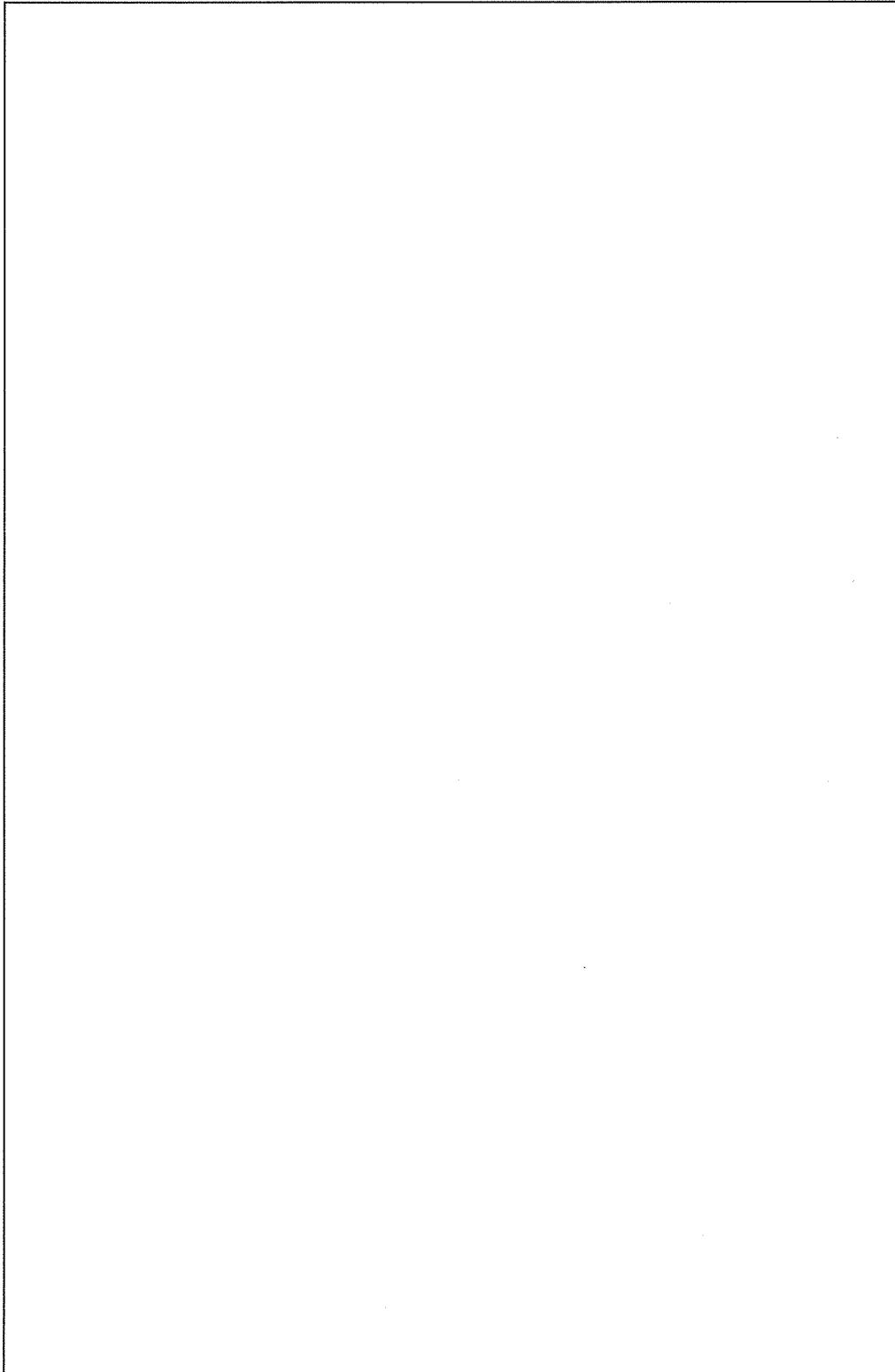
リブプレート固定部に発生するせん断力 Q_2

$$Q_2 = F_{ih}$$

リブプレート固定部断面諸元

断面積 A_2 (mm²) :
 断面係数 Z_2 (mm³) :
 塑性断面係数 Z_{p2} (mm³) :

防護ネット固定部詳細図を添説建 7.6.3-3 図に示す。



添説建 7.6.3-3 図 防護ネット固定部詳細図（転換工場：上面）

6.3.4. 転換工場(下面)

(1) 固定部の仕様

材質	:	<input type="text"/>
サイズ (ガセットプレート)	:	<input type="text"/>
(リブプレート)	:	
基準強度 f (N/mm ²)	:	<input type="text"/> (S 規準)
終局強度 f_y (N/mm ²)	:	<input type="text"/> (第 2464 号告示より $f_y = f \times 1.1$)
短期許容せん断応力度 $f/\sqrt{3}$ (N/mm ²)	:	<input type="text"/> (S 規準)
終局せん断耐力 $f_y/\sqrt{3}$ (N/mm ²)	:	<input type="text"/> (第 2464 号告示より $f_y = f \times 1.1$)

(2) 固定部に作用する荷重

固定部のシャックル取合孔部に作用する飛来物衝撃時荷重を計算する。

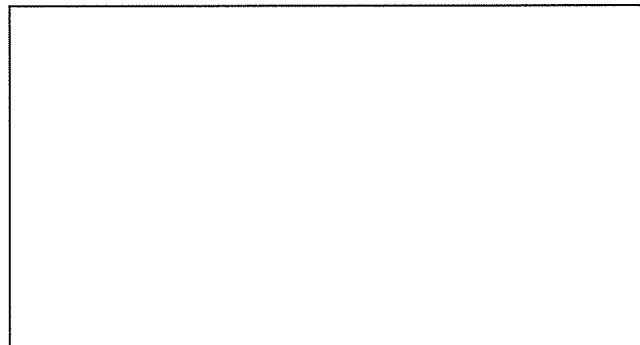
展開方向 水平荷重	F_{xx} (kN)	:	<input type="text"/>
展開直角方向 水平荷重	F_{xy} (kN)	:	
鉛直方向 荷重	F_{xz} (kN)	:	

上記の F_{xx}, F_{xy}, F_{xz} の数値は、添説建 7.5-1 表を参照。

飛来物衝撃時作用荷重 $F_i = \sqrt{F_{xx}^2 + F_{xy}^2 + F_{xz}^2}$
 $=$ kN

(3) 孔部端抜けの検討

固定部のシャックルが取り合う孔部の端抜けの検討を行う。



端抜け検討位置

飛来物衝撃時作用荷重 F_i (kN)	:	<input type="text"/>
端抜けライン長さ L_s (mm)	:	
固定部板厚 t (mm)	:	

終局端抜け抵抗力 Q_p
 $Q_p = L_s \times t \times f_y / \sqrt{3} =$ $=$ kN

飛来物衝撃時端抜け検定比 R_{i1}

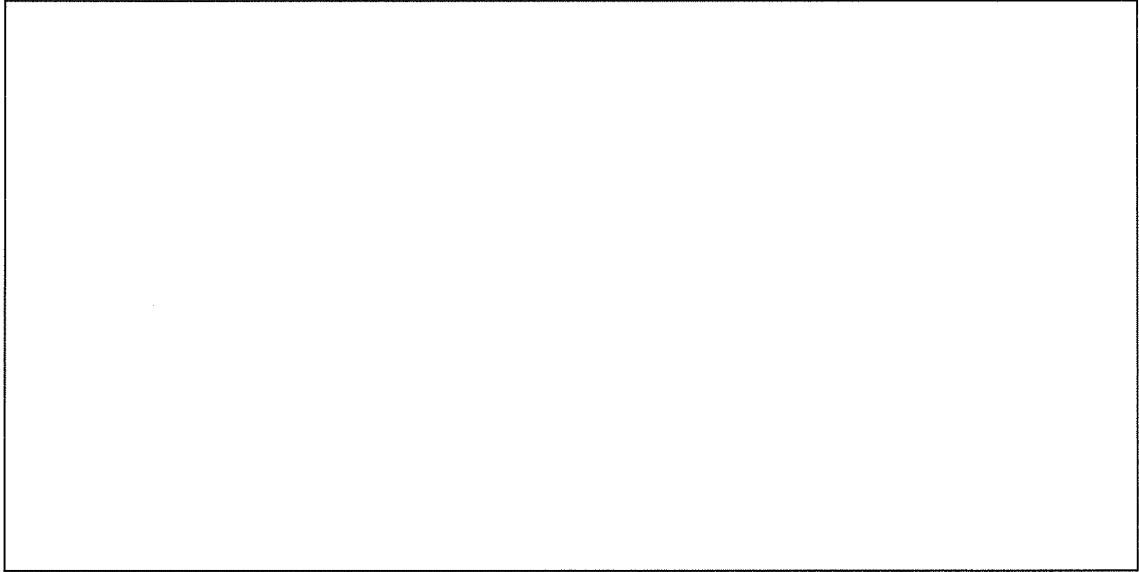
$R_{i1} = \frac{F_i}{Q_p} =$

(4) ガセット部の検討

固定部のガセット部の検討を行う。

1) ガセット部の仕様

ガセット部の諸寸法は下図の通り。



2) ガセットプレート板曲げの検討

シャックルから伝達される鉛直荷重に対してガセットプレートの板曲げの検討を行う。

板曲げ検討にあたっては、リブプレート位置からの片持ち梁モデルにて行う。

板曲げモーメント M_{i2}

$$M_{i2} = F_{xz} \times \ell_2 = \boxed{} \\ = \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

板曲げ有効幅部の塑性断面係数 Z_{p2}

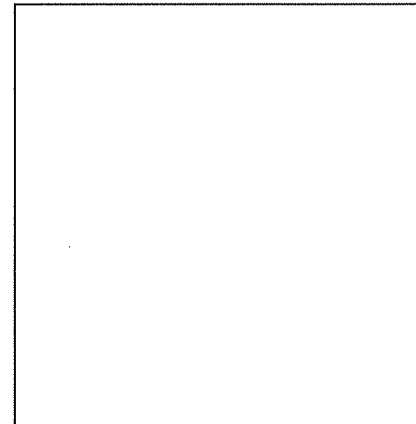
$$Z_{p2} = \frac{1}{4} \times a \times t^2 = \boxed{} \\ = \boxed{} \text{ mm}^3$$

板曲げ有効幅部の終局曲げ耐力 M_{ia}

$$M_{ia} = Z_{p2} \times f_y = \boxed{} \\ = \boxed{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

板曲げモーメントに対する検定比 R_{i2}

$$R_{i2} = \frac{M_{i2}}{M_{ia}} = \boxed{}$$



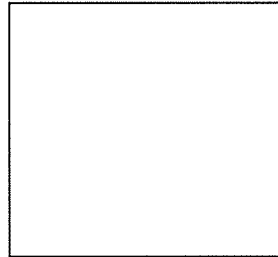
板曲げ片持ち梁モデル

3) ガセット部に作用する荷重の集約

以降のガセット部の検討においては、2つのシャックル取合孔に作用する荷重を水平方向力、鉛直方向力のそれぞれ合力荷重にて集約して検討する。

水平方向荷重 $F_{ih} = \sqrt{(F_{xx} + F_{yx})^2 + (F_{yy} + F_{xy})^2}$
 $=$ kN

鉛直方向荷重 $F_{iv} = F_{xz} + F_{yz} =$
 $=$ kN

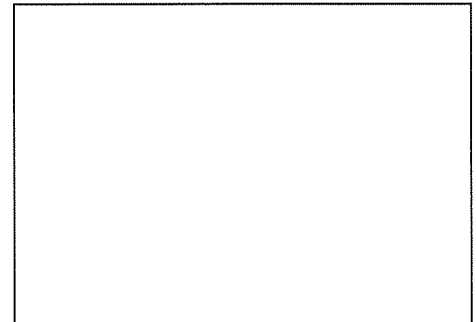


ガセット部に作用する水平力

4) リブプレートの水平方向荷重に対する検討

ガセットプレートに作用する水平方向荷重に対して、リブプレートのせん断力にてベースプレートまで伝達する。

リブプレートの終局せん断耐力 Q_{ia}
 $Q_{ia} = A_1 \times f_y / \sqrt{3} =$ N
 リブプレートの水平方向荷重に対する検定比 R_{i3}
 $R_{i3} = \frac{F_{ih}}{Q_{ia}} =$

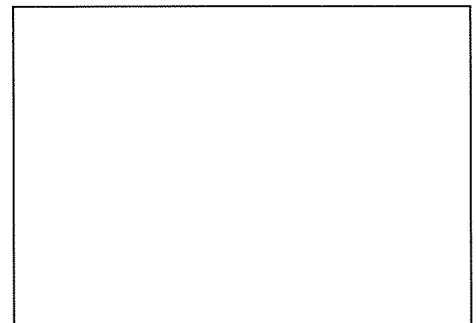


5) リブプレートの鉛直方向荷重に対する検討

ガセットプレートに作用する鉛直方向荷重に対して、リブプレートの引張力にてベースプレートまで伝達する。

リブプレートの引張有効幅は保守的に考えて、ガセットプレート板曲げ有効幅 a と同等とする。

リブプレートの終局引張耐力 T_{ia}
 $T_{ia} = A_2 \times f_y =$
 $=$ N
 リブプレートの鉛直方向荷重に対する検定比 R_{i4}
 $R_{i4} = \frac{F_{iv}}{T_{ia}} =$



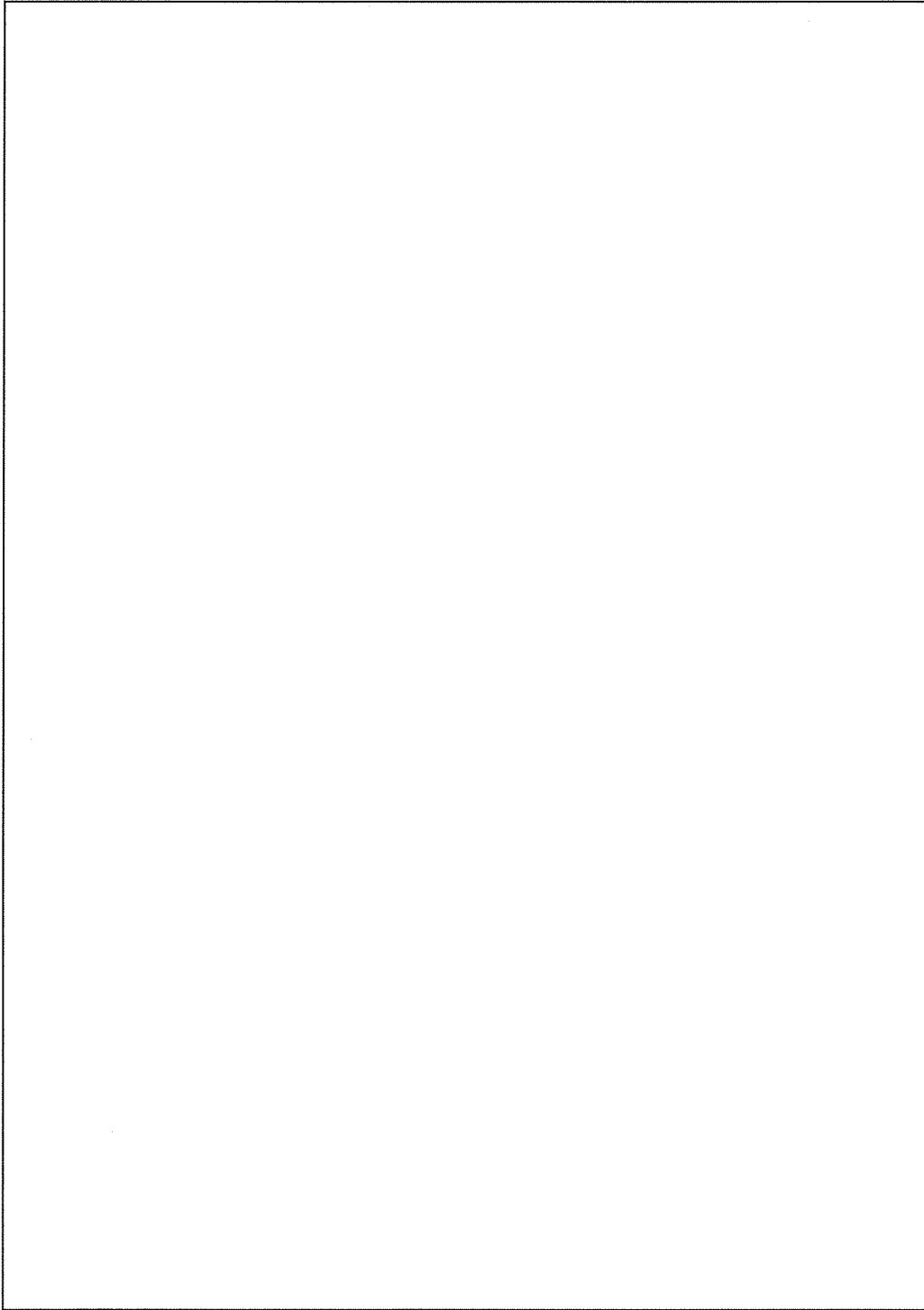
(5) 固定部の最大検定比

防護ネット固定部の最大検定比 K

$$K = \max(R_{i1}, R_{i2}, R_{i3}, R_{i4})$$

$$= \boxed{\phantom{\text{answer}}}$$

防護ネット固定部詳細図を添説建 7.6.3-4 図に示す。



添説建 7.6.3-4 図 防護ネット固定部詳細図（転換工場：下面）

7. 防護ネット評価結果一覧

工場棟（成型工場、組立工場、転換工場）に設置する防護ネットの各部強度評価結果（検定比）を添説建 7.7-1 表に総括する。また、各建物の全ての防護ネットに対する吸収エネルギー評価結果を添付説明書ー建 7ー付録 2 に示す。

添説建 7.7-1 表 防護ネットの強度評価結果（検定比）一覧

防護ネット各部		成型工場	組立工場	転換工場 (上面)	転換工場 (下面)
金網					
ワイヤーロープ					
ターンバックル					
シャックル					
取付金物	端抜け				
	曲げ、HTB				

各建物共に、防護ネット各部のうち金網の検定比が最も大きくなる。

8. 防護ネットたわみの影響

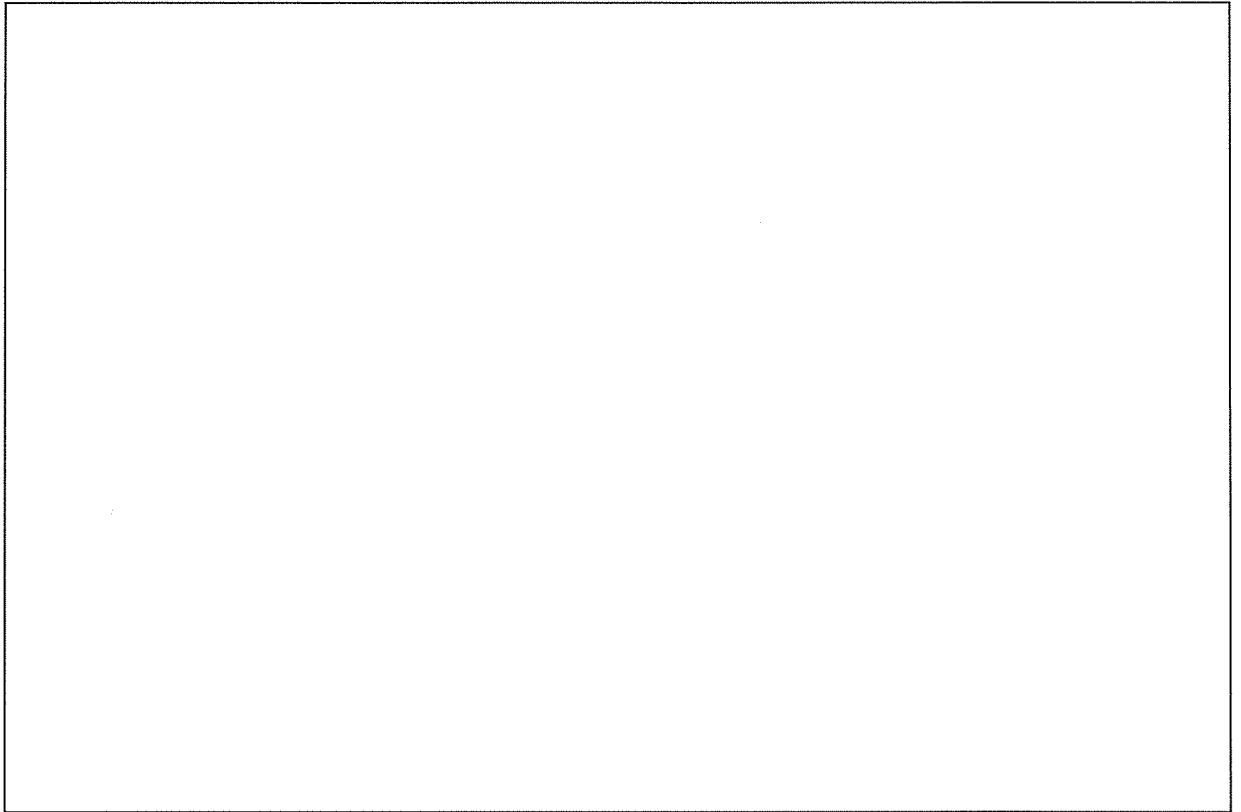
外部飛来物を対象とする防護ネットに、飛来物が落下した際のたわみによる影響評価を核燃料物質（廃棄物を含む）を取扱う設備・機器に対して実施し、影響がないことを確認した。

9. 文献

- ・ 電中研報告：竜巻飛来物に対する防護ネットの評価手法と対策工法の提案（N13014）
- ・ 土木学会：竜巻防護設備に用いる金網形状の異なる高強度金網に関する吸収エネルギー算定手法の適用性
- ・ 電中研報告：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（001）

第 2 核燃料倉庫前室 建物内飛散物衝撃荷重による RC 片持ち梁の検討

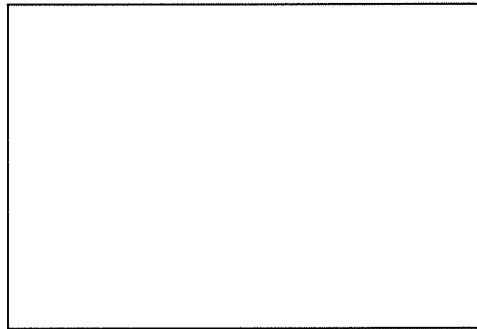
1. 防護ネット荷重作用位置



2. 計算諸条件

- RC 片持ち梁スパン長 L (m) :
- RC 片持ち梁の屋根重量分担間隔 B (m) :
- RC 片持ち梁幅 b (m) :
- RC 片持ち梁高 h (m) :
- ALC 屋根単位面積当り重量 (固定荷重) w_{ALC} (kN/m²) :
- 前室内飛散物(ダクト)による防護ネット衝撃荷重時における
- 定着部シャックル孔 1 箇所当り鉛直荷重 f_N (kN) :
- 鉄筋コンクリートの単位体積重量 γ (kN/m³) :
- RC 片持ち梁 1 本あたりの ALC 屋根重量 W_1 (kN/m) : $w_{ALC} \times B =$
- (屋根面竜巻荷重は負圧で評価するため安全側に切捨数値とする)
- RC 片持ち梁の自重 W_2 (kN/m) : $\gamma \times b \times h =$
- 定着部 1 箇所当り鉛直荷重 F_N (kN) : $f_N \times 2 =$
- RC 片持ち梁断面 : 引張側 2-D19、圧縮側 4-D19 ($A_{D19} =$ mm²/本)
- 鉄筋 SD295A : 短期許容引張応力度 $f_t =$ N/mm²
- 降伏応力度 $\sigma_y = f_t \times 1.1 =$ N/mm²

3. RC片持ち梁の曲げ応力度の検討結果



端部断面

RC片持ち梁の有効高さ d (mm) : $h - d_t =$

引張鉄筋断面積 a_t (mm²) : =

RC片持ち梁の終局曲げ耐力

$$M_u = 0.9 \times a_t \times \sigma_y \times d = \text{} \text{ N}\cdot\text{mm} \rightarrow \text{} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

RC片持ち梁の最大曲げモーメント

$$M = F_N \times (L_1 + L_2) - 1 / 2 \times (W_1 + W_2) \times L^2$$
$$= \text{} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

RC片持ち梁に作用する最大曲げモーメントと終局曲げ耐力の検定比

$$R_3 = M / M_u = \text{} < 1.0 \quad \text{OK}$$

以上より、建物内飛散荷重に対して、屋根部RC片持ち梁は安全である。

工場棟及び付属建物の各区画における防護ネット設計と吸収エネルギーについて

1. 概要

工場棟（転換工場、成型工場、組立工場）、付属建物（第 2 核燃料倉庫前室、除染室・分析室）、放射線管理棟廃棄物一時貯蔵所のすべての区画における防護ネットの仕様及び吸収エネルギー評価を添説建 7-付 2-1 表の一覧表に整理した。

評価の結果、すべての防護ネットの吸収エネルギーが、防護する対象の持つエネルギーを上回ることを確認した。よって、想定される内部飛散物及び外部飛来物の運動エネルギー（内部飛散物：最大 31kJ 及び最大 10kJ（一部）、外部飛来物：最大 62kJ）を防護ネットの吸収エネルギーが上回り、F3 竜巻時に屋根損傷部から吹き込む風圧力により損傷するおそれがあるダクトが建物外部へ飛散することを防護できることを確認した。

また、屋内に核燃料物質（廃棄物を含む）があり、外部飛来物に対する防護が必要な範囲の屋内への飛来物の落下防止が可能なことを確認した。ただし、防護ネットの位置（区画番号）の転換工場（東側）1 階の④（工作室）及び⑤（通路）、除染室・分析室の⑨（更衣エリア）には核燃料物質（廃棄物を含む）がないことから、外部飛来物に対する防護は不要であり、内部飛散物に対し屋外への飛散が防止できることを確認した。

なお、事業許可では、第 2 核燃料倉庫前室への防護ネットは設置することにしていないが、更なる安全性確保のため、屋外への飛散防止が可能な防護ネットを設置することとし、屋外への飛散防止が可能なことを確認した。

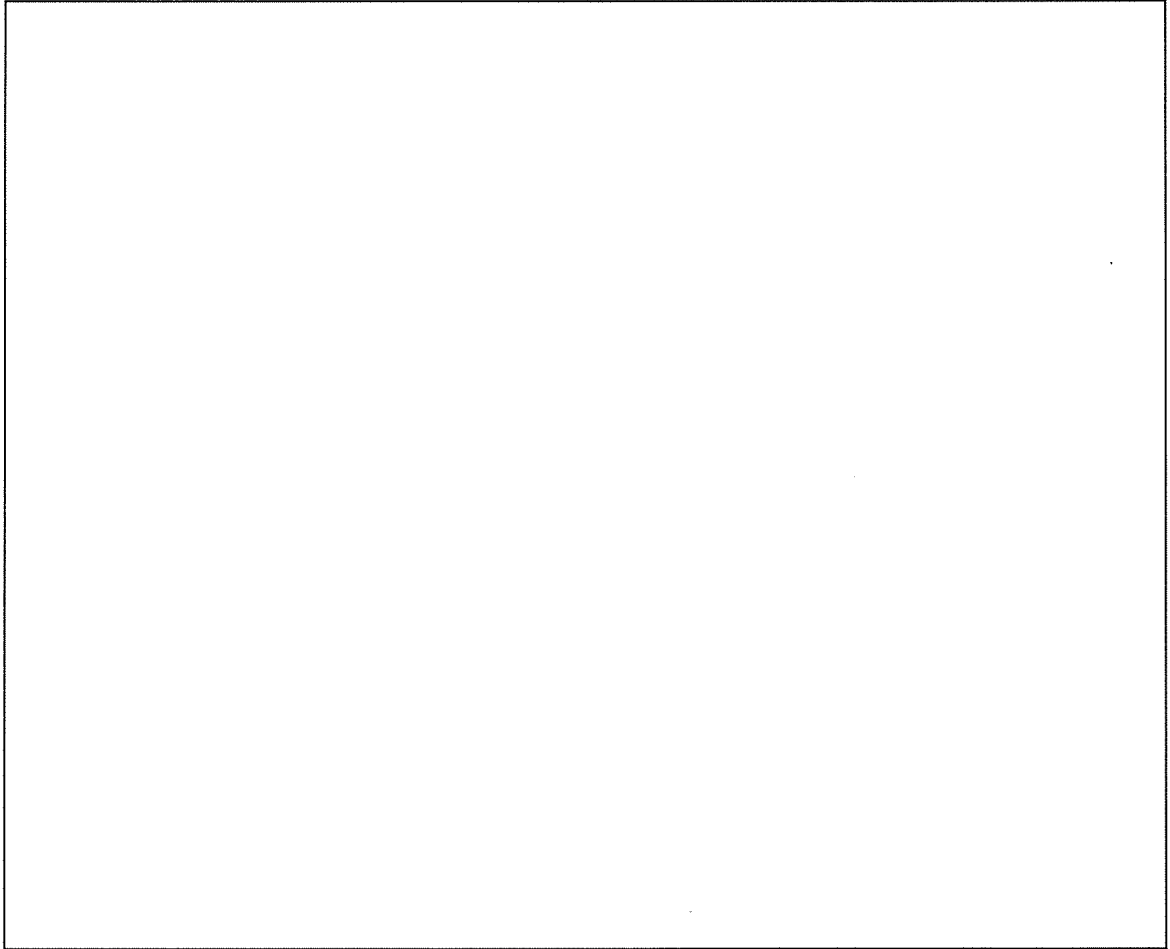
評価手法の適用範囲として、電中研報告「高強度金網を用いた竜巻飛来物対策工の合理的な衝撃応答評価手法(001)」に基づき、以下項目を考慮している。

- ・金網幅寸法が展開長よりも大きい金網は、展開長を辺長とした正方形を有効範囲として吸収エネルギーを算出する。
- ・金網のアスペクト比（展開長／幅寸法）は 2 を上限とする。

ネット寸法が上記に適合しない場合、適用範囲内に評価寸法を変更し、吸収エネルギーが保守的になるようにして評価している。

2. 防護ネット評価寸法

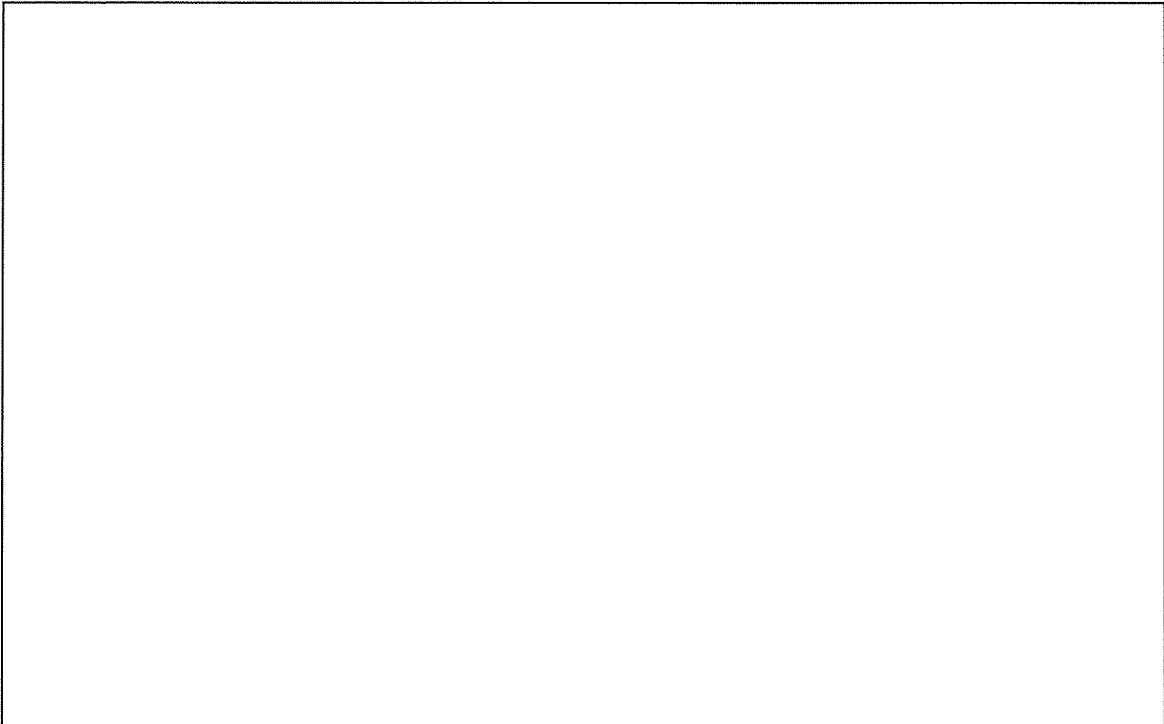
防護ネットの吸収エネルギーの算定にあたっては、各防護ネットの評価寸法を添説建 7-付 2-3 図に示す要領にて設定する。



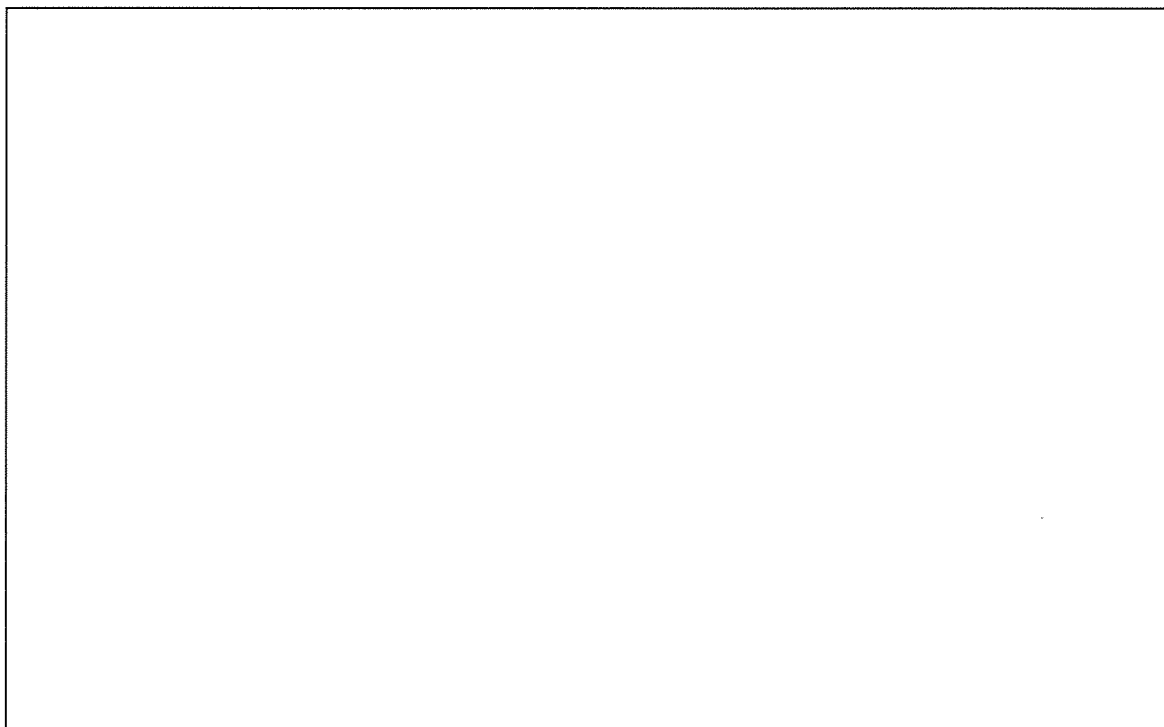
添説建 7-付 2-3 図 防護ネット評価寸法模式図

3. 防護ネット配置図

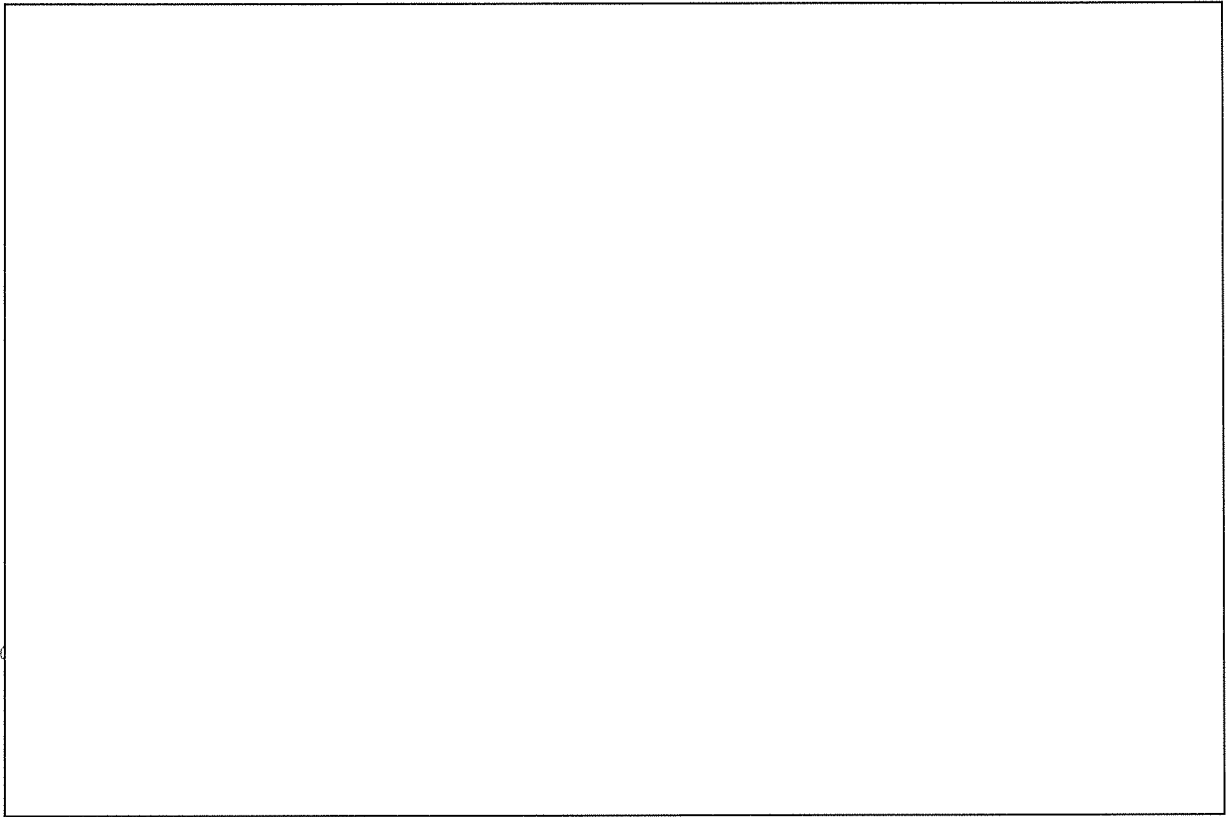
各建物の防護ネット配置図を添説建 7-付 2-4 図～添説建 7-付 2-8 図に示す。各防護ネットは評価寸法毎に付番し、各評価寸法の吸収エネルギーを算定する。



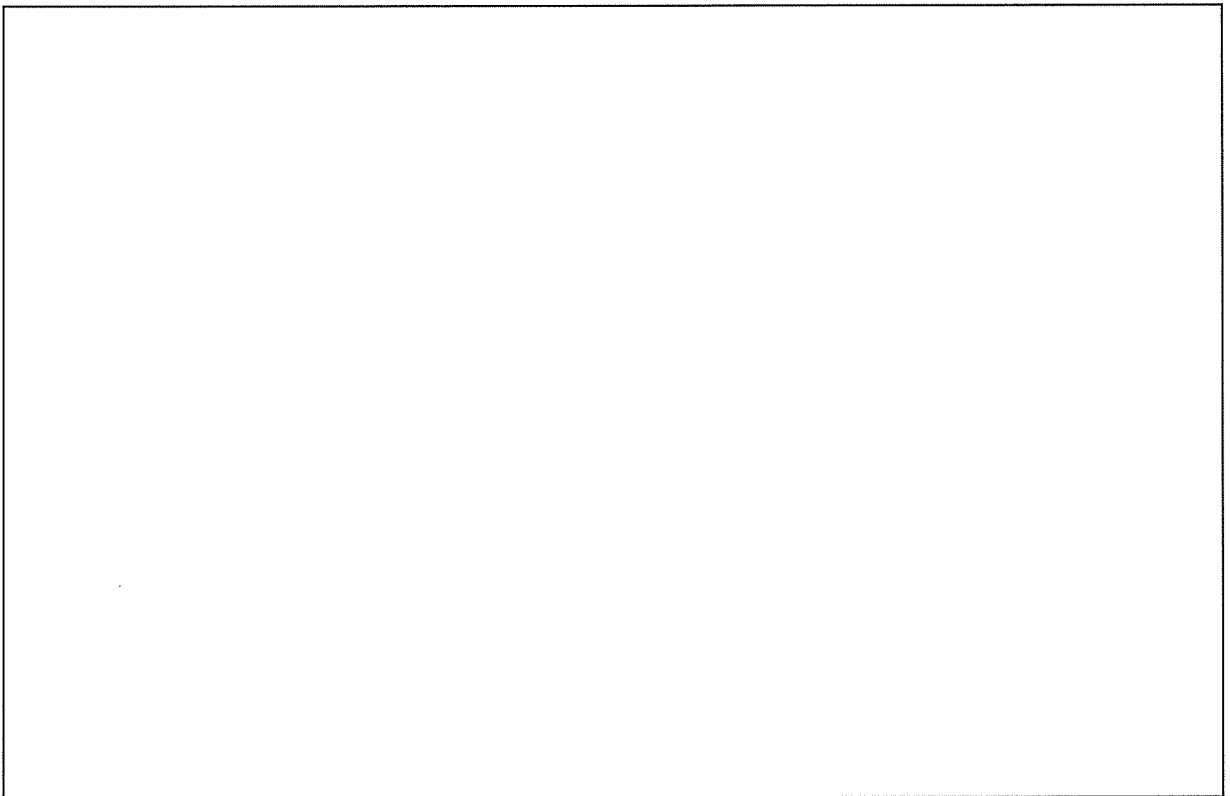
添説建 7-付 2-4 図ネット配置図 (成型工場)



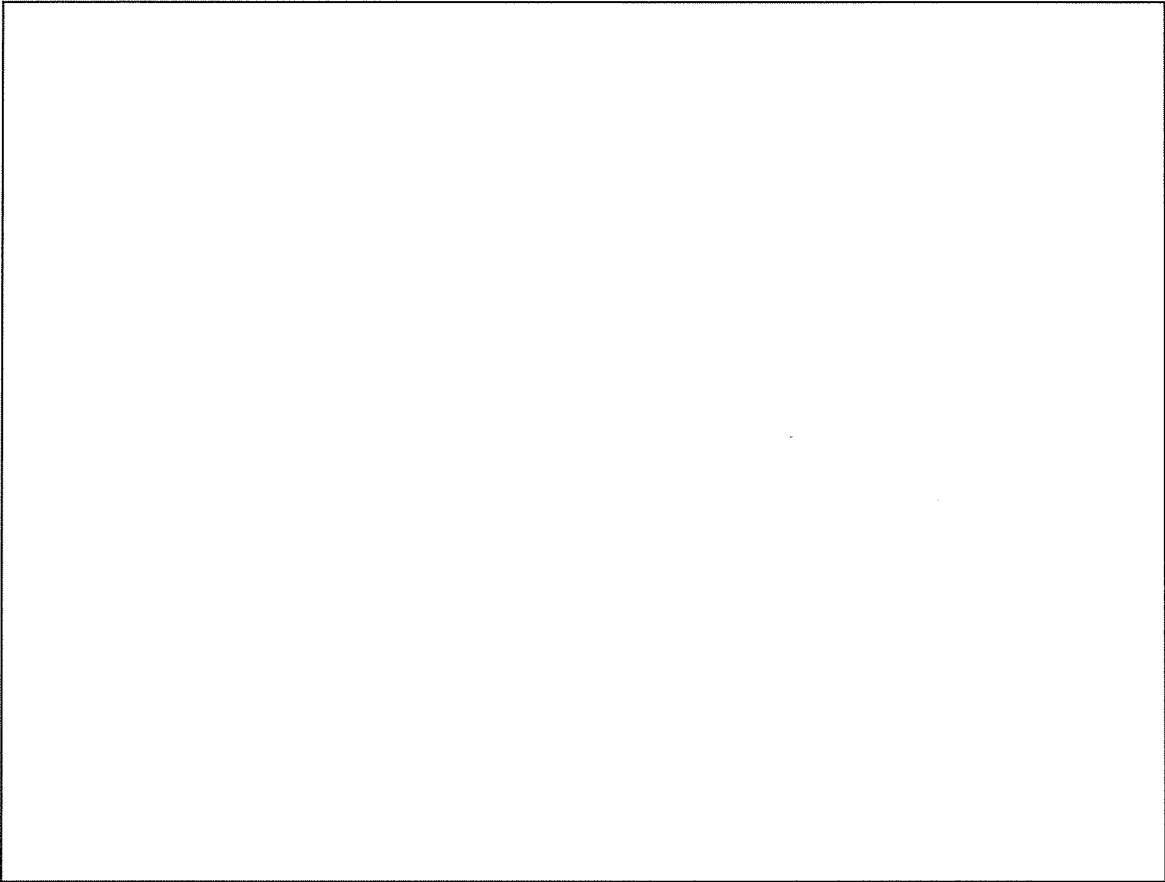
添説建 7-付 2-5 図ネット配置図 (組立工場)



添説建 7-付 2-6 図 ネット配置図 (転換工場 3F 上面)



添説建 7-付 2-7 図 ネット配置図 (転換工場 3F 下面)



添説建 7-付 2-8 図 ネット配置図（転換工場東側 1F、放射線管理棟廃棄物一時貯蔵所）

4. 防護ネットの吸収エネルギー一覧

各建物の防護ネット評価寸法毎の吸収エネルギー算定結果を添説建 7-付 2-1 表に示す。

添説建 7-付 2-1 表 各建物の防護ネット評価寸法毎の吸収エネルギー算定結果

区分(工場)	位置 (区画番号)	防護ネット仕様		評価結果		
		評価寸法(m) 展開長×直角長	仕様(mm) 目合い 線径	吸収エネルギー (kJ) ④	飛来物/飛散物エネルギー(kJ) ⑧	検定比 ⑧/④
成型・組立・転換(上面)標準ネット	—					
転換(下面)標準ネット	—					
成型工場 3階	①					
	②					
	③					
	④					
組立工場 3階	①					
	②					
	③					
	④					
	⑤					
	⑥					
	⑦					
	⑧					
	⑨					
転換工場 3階上面	①					
	②					
	③					
	④					
	⑤					
	⑥					
	⑦					
	⑧					
	⑨					
	⑩					
	⑪					
	⑫					
転換工場 3階下面	①					
	②					
	③					
	④					
	⑤					
	⑥					
	⑦					
	⑧					
	⑨					
	⑩					
	⑪					
	⑫					
	⑬					
	⑭					
	⑮					
	転換工場(東側) 1階	①				
②						
③						
④						
⑤						
除染室・分析室 1階	①					
	②					
	③					
	④					
	⑤					
	⑥					
	⑦					
	⑧					
	⑨					
廃棄物一時貯蔵所 1階	①					
	②					
第2核燃料倉庫前室	①					
	②					

核燃料物質の臨界防止に関する説明書

1. 概要

本資料では、「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第二条及び「加工施設の技術基準に関する規則」第四条にて適合することが要求されている事項に対し、安全機能を有する施設において核燃料物質が臨界に達する恐れがないよう、臨界を防止するための措置その他適切な措置を講じることを説明する。

2. 基本方針

加工施設で取り扱う核燃料物質は、濃縮度5%以下の濃縮ウラン、天然ウラン及び劣化ウランとし、このうち濃縮ウランを取り扱う設備・機器に対して適切な核的制限値を設定して臨界管理を行う。

加工施設で取り扱う濃縮ウランは、通常時に予想される機械若しくは器具の単一故障、若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作を想定した場合に、核燃料物質が臨界に達する恐れがないようにするため、核燃料物質の取り扱い上の一つの単位を単一ユニットとし、形状寸法を制限し得るものについてはその形状寸法について適切な核的制限値を設ける。それが困難な設備・機器等については質量若しくは幾何学的形状を管理し、又はそれらのいずれかと減速度を組み合わせる。

複数の単一ユニットに対し、臨界安全評価を行う上で領域区分を定め、臨界安全評価により領域毎に核的に安全な配置を決定する。

3. 対象設備

対象設備は、工場棟転換工場に設置する化学処理施設、放射性廃棄物の廃棄施設、貯蔵施設及びその他の加工施設、附属建物 廃棄物管理棟に設置する放射性廃棄物の廃棄施設、附属建物 発電機室に設置するその他の加工施設及び附属建物 除染室・分析室に設置するその他の加工施設、附属建物 原料貯蔵所に設置する貯蔵施設を対象とする。対象となる機器は添付説明書一設 1 付録 1 に示す。

4. 臨界防止のための設計

本章に該当する適合性の対象は、以下となる。

◆ 「加工施設の技術基準に関する規則」 第四条

当社では次に示す設備を取り扱わない。

- ・ 臨界質量以上のウラン（ウラン二三五の量のウランの総量に対する比率が百分の五を超えるものに限る。）を取り扱う加工施設
- ・ プルトニウムを取り扱う加工施設

したがって、以下に示す「加工施設の技術基準に関する規則」 第四条のうち、破線で囲んだ部分を適合性説明の対象とする。

(核燃料物質の臨界防止)

第四条 安全機能を有する施設は、核燃料物質の取扱い上の一つの単位（次項において「単一ユニット」という。）において、通常時に予想される機械若しくは器具の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作が起きた場合に、核燃料物質が臨界に達するおそれがないよう、核燃料物質を収納する機器の形状寸法の管理、核燃料物質の濃度、質量若しくは同位体の組成の管理若しくは中性子吸収材の形状寸法、濃度若しくは材質の管理又はこれらの組合せにより臨界を防止するための措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。

2 安全機能を有する施設は、単一ユニットが二つ以上存在する場合において、通常時に予想される機械若しくは器具の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作が起きた場合に、核燃料物質が臨界に達するおそれがないよう、単一ユニット相互間の適切な配置の維持若しくは単一ユニットの相互間における中性子の遮蔽材の使用又はこれらの組合せにより臨界を防止するための措置が講じられたものでなければならない。

3 臨界質量以上のウラン（ウラン二三五の量のウランの総量に対する比率が百分の五を超えるものに限る。）又はプルトニウムを取り扱う加工施設には、臨界警報設備その他の臨界事故を防止するために必要な設備が設けられていなければならない。

◆ 事業許可の内容 (2-1~2-23)

3章で示した設備を対象とすることから、事業許可の内容のうち該当する以下の項目を適合性説明の対象とする。

【単一ユニットに関する機能 (4.1章)】

- ・ 設備・機器の形状寸法に対する核的制限値設定に関する事項(2-1)

- ・ 質量の核的制限値設定に関する事項(2-2)
- ・ 減速度の組み合わせ管理に関する事項(2-3)
- ・ 溶液状のウランを取り扱う形状寸法機器の材料に関する事項 (2-4)
- ・ 単一故障、誤作動又は誤操作を考慮した核的制限値設定に関する事項(2-6)
- ・ 水全反射条件を考慮した核的制限値設定に関する事項(2-7)
- ・ 二重装荷を想定しても未臨界となる質量管理、ウラン移動に伴い質量の核的制限値を超えない管理に関する事項(2-9)
- ・ ウラン溶液取扱い機器における全濃度担保を前提とした形状寸法に関する事項 (2-20)

なお、事業許可に該当する内容のうち

- ・ 核的制限値を設定する設備・機器は没水しない設計(2-11)
- ・ 減速度で管理する設備・機器は消火水等が浸入しない対策(2-12)

に関する設計内容については、溢水による損傷防止とも関連するため、添付説明書一設5「設備の溢水による損傷の防止に関する説明書」に示す。

4. 1. 単一ユニットに関する機能（第四条1）

事業許可にて新たに設定した単一ユニットの核的制限値を添付説明書一設1-1に示す。

各単一ユニットに対し、設備・機器の形状寸法を制限し得るものについては、形状寸法について核的制限値を設定し、その制限値を満足する設計とする。(2-1)

今回の申請設備において、単一ユニットに対する核的制限値として、濃縮度5%以下のウラン取扱いに対して形状寸法を設定する機器とその核的制限値を添説設1-1表に示す。なお、備考欄の{ }内に示す数字は事業許可の「表 安全機能を有する施設の安全機能一覧」における該当機器の番号を示す。

今回の申請設備において設定した核的制限値は、事業許可と同じである。なお、核的制限値を設定するにあたって、使用する計算コードは、実験値等との対比がなされ、信頼度の高いことが立証されたもの（KENO-IV、ANISN、WIMS-D及びJACSコードシステム）である。

➤ [4.1-設1]核的制限値を設定する。

添説設1-1表に示す機器は、各単一ユニットに対する核的制限値として、濃縮度5%以下のウラン取扱いに対して形状寸法を設定し、その制限値を満足する設計とする。

添説設 1-1 表 核的制限値として形状寸法制限を設定する機器

施設区分	機器名		核的制限値 (形状寸法)	備考
化学処理 施設	循環貯槽(1)	貯槽本体部	直 径 26.7cm 以下	{22}
		送液ポンプ	容 積 26.5L 以下	
		加水分解装置 (エジェクタ)	直 径 26.7cm 以下	{21}
	循環貯槽(2)	貯槽本体部	直 径 26.7cm 以下	{22}
		送液ポンプ	容 積 26.5L 以下	
		加水分解装置 (エジェクタ)	直 径 26.7cm 以下	{21}
	堰 (循環貯槽)		厚 み 12.7cm 以下	{23}
	熱交換器 (循環貯槽) (1)		容 積 26.5L 以下	{28}
	熱交換器 (循環貯槽) (2)		容 積 26.5L 以下	
	UO ₂ ブロータンク(1)	UO ₂ ブロータンク 本体部	直 径 25.1cm 以下	{106}
		サイクロン部	直 径 25.1cm 以下	
	UO ₂ ブロータンク(2)	UO ₂ ブロータンク 本体部	直 径 25.1cm 以下	
		サイクロン部	直 径 25.1cm 以下	
	UO ₂ フィルタ(1)		厚 み 11.7cm 以下	{107}
	UO ₂ フィルタ(2)		厚 み 11.7cm 以下	
	UO ₂ 受けホッパ(1)		直 径 25.1cm 以下	{110}
	UO ₂ 受けホッパ(2)		直 径 25.1cm 以下	
	粉砕機(1)	粉砕機本体部	厚 み 11.7cm 以下	{112}
		粉砕機 バグフィルタ部	厚 み 11.7cm 以下	{113}
	粉砕機(2)	粉砕機本体部	厚 み 11.7cm 以下	{112}
粉砕機 バグフィルタ部		厚 み 11.7cm 以下	{113}	
充填装置(1)		直 径 25.1cm 以下	{115}	
充填装置(2)		直 径 25.1cm 以下		

容器からウランを取り出す等、形状寸法を維持できない場合は、質量の核的制限値を設定し、管理する。(2-2)

今回の申請設備において、単一ユニットに対する核的制限値として、濃縮度 5%以下のウラン取扱いに対して質量制限を設定する設備とその核的制限値を添説設 1-2 表に示す。なお、備考欄の { } 内に示す数字は事業許可の「表 安全機能を有する施設の安全機能一覧」における該当機器の番号を示す。

今回の申請設備において設定した核的制限値は、事業許可と同じである。なお、核的制限値を設定するにあたって、使用する計算コードは、実験値等との対比がなされ、信頼度の高いことが立証されたもの (KENO-IV、ANISN、WIMS-D 及び JACS コードシステム) である。

➤ [4.1-設 1]核的制限値を設定する。

添説設 1-2 表に示す機器は、各単一ユニットに対する核的制限値として、機器を設置するエリア全体で濃縮度 5%以下のウラン取扱いに対して質量制限値を設定し、その制限値を超えないように管理する設計とする。

質量制限値を設定するエリアを添説設 1-1 図に示す。

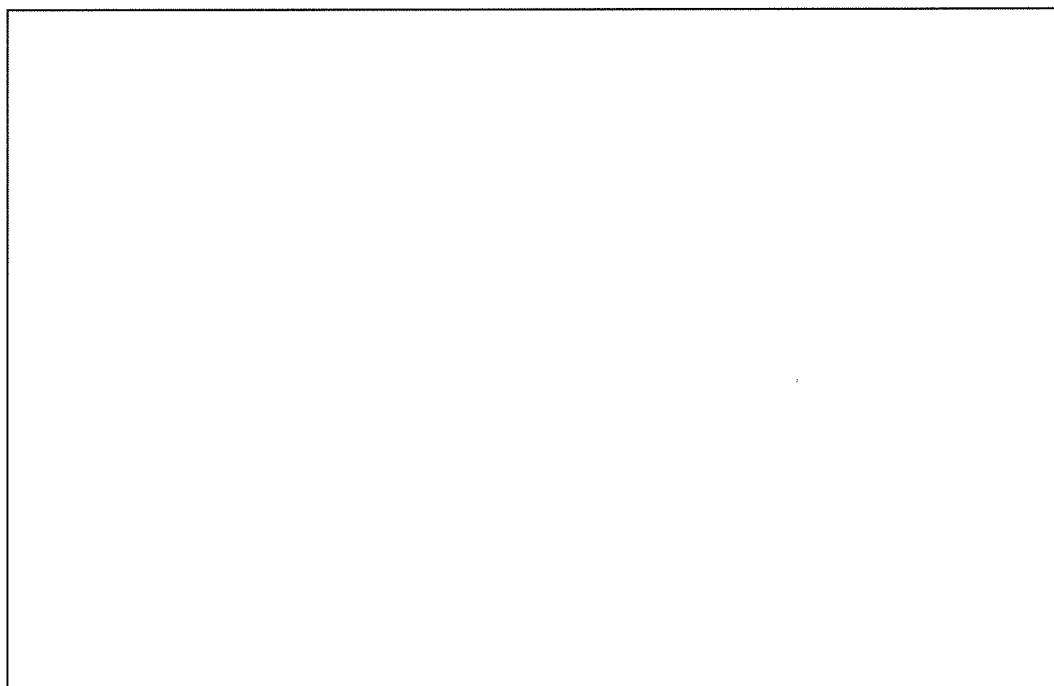
添説設 1-1 図に示す青枠のエリアで取り扱うウランの質量は 14.8kgU 以下を常に維持するように保安規定で規定する。

なお、分析室に設置する廃水タンクに流入する廃液は、保安規定に基づく操作記録により放射性液体廃棄物レベルに管理することから、廃水タンクは質量制限値管理機器の対象外とする。

添説設 1-2 表 核的制限値として質量制限を設定する機器

施設区分	機器名	設置場所	核的制限値 (質量制限)	備考
その他の加工施設	表面電離型質量分析装置(1)	工場棟	質量 14.8kgU 以下(分光分析室 及び分析室全体 で質量制限)※	{906}
	表面電離型質量分析装置(2)	転換工場		{907}
	固体発光分光分析装置	分光分析室		
	ICP 質量分析装置	付属建物 除染室・分析室 分析室		{908}
	ICP 発光分光分析装置			
	自動水分分析装置			
	炭素・硫黄同時分析装置			
	自動ハロゲン分析装置			
	α線スペクトル分析装置			
	サンプル保管庫			
	比表面積測定装置			
	高密度測定装置			
	平均粒径測定装置			
	試料回収ボックス	{909}		

※廃水タンクを除く



添説設 1-1 図 質量制限値を設定するエリア

最適減速条件の推定臨界下限値を超える量のウランを取り扱う場合は、減速度を組み合わせて管理する。(2-3)

今回の申請設備において、濃縮度 5%以下で最適減速条件の推定臨界下限値 (35kgU) を超える量のウランを取り扱う機器を添説設 1-3 表に示す。なお、備考欄の { } 内に示す数字は事業許可の「表 安全機能を有する施設の安全機能一覧」における該当機器の番号を示す。

今回の申請設備において設定した核的制限値は、事業許可と同じである。なお、核的制限値を設定するにあたって、使用する計算コードは、実験値等との対比がなされ、信頼度の高いことが立証されたもの (KENO-IV、ANISN、WIMS-D 及び JACS コードシステム) である。また、UF₆を取り扱う UF₆シリンダ、コールドトラップ(1)(2)、及びコールドトラップ(小)(1)(2)は、公表された信頼度の高い米国国家規格協会 (ANSI) の規格をもとに減速度 $H/U=0.088$ 以下としている。

➤ [4.1-設 1] 核的制限値を設定する。

添説設 1-3 表に示す機器は、濃縮度 5%以下で減速度を組み合わせて核的制限値を設定し、管理する設計とする。

なお、UF₆は減速度 $H/U=0.088$ 以下では無限体系で未臨界であるため、当該設備・機器内でのウランの質量管理は不要である。

また、UF₆シリンダ内のウランの濃縮度及び減速度は UF₆シリンダの受入時に内容物の材料証明書により、核的制限値以下であることを確認する。この核的制限値の確認は保安規定で規定する。

添説設 1-3 表 核的制限値として減速度を組み合わせて核的制限値を設定する機器

施設区分	機器名	核的制限値 (減速度+質量または形状寸法)	備考
化学処理 施設	蒸発器(1)-A 蒸発器(1)-B 蒸発器(2)-A 蒸発器(2)-B	— 〔 UF ₆ シリンダ 減速度 H/U=0.088 以下 〕	{1}
	UF ₆ シリンダ	減速度 H/U=0.088 以下	{2} ANSI N14.1- 2012 規定仕様
	コールドトラップ(1)	減速度 H/U=0.088 以下	{14}
	コールドトラップ(2)	減速度 H/U=0.088 以下	
	コールドトラップ (小) (1)	減速度 H/U=0.088 以下	{17}
	コールドトラップ (小) (2)	減速度 H/U=0.088 以下	
	UO ₂ バックアップフィルタ (1)	質 量 1,500kgU 以下 減速度 H/U=0.5 (含水率 1.6%) 以下	{108}
	UO ₂ バックアップフィルタ (2)	質 量 1,500kgU 以下 減速度 H/U=0.5 (含水率 1.6%) 以下	{108}
	核燃料物 質の貯蔵 施設	UF ₆ シリンダ	減速度 H/U=0.088 以下

溶液状のウランを取り扱う設備・機器で、その形状寸法を制限するものについては、ウラン溶液の温度上昇に対して変形、破損するおそれのない材料を用いる設計とする。
(2-4)

今回の申請設備において、溶液状のウランを取り扱い、その核的制限値を形状寸法で担保する機器とその使用主材料を添説設 1-4 表に示す。なお、備考欄の { } 内に示す数字は事業許可の「表 安全機能を有する施設の安全機能一覧」における該当機器の番号を示す。

溶液状のウランとはウランが物性的に液体として存在する化学形態とし、今回の申請範囲では UO_2F_2 溶液を通常操業において常時取り扱い、その核的制限値を形状寸法制限で担保する機器を本要求の対象とする。

また、 UO_2F_2 溶液が漏えいした場合にその漏えい拡大防止を図る堰についても本要求の対象とする。

- [4.1-設 5] 使用温度に対して核的制限値（形状寸法）を維持する材料を使用する。
添説設 1-4 表に示す機器は、濃縮度 5%以下のウラン溶液の温度上昇に対して変形、破損する恐れのない材料を用いる設計とする。
添説設 1-4 表に示す材料の熱膨張率は使用温度範囲内で $10^{-4} \sim 10^{-5}$ であり、核的制限値（形状寸法）に対して、十分小さい寸法変化である。したがって、ウラン溶液の温度上昇による核的制限値への影響はない。

添説設 1-4 表 核的制限値を形状寸法で担保する機器とその使用主材料

施設区分	機器名		使用温度 範囲	使用主材料	備考
化学処理 施設	循環貯槽(1)	循環貯槽本体部 (温度上昇部)	0~60℃		{22}
		循環貯槽内面部 (温度上昇部)			
		ポンプ本体部 (温度上昇部)			
		ポンプ内面部 (温度上昇部)			
		加水分解装置 (エジェクタ) (温度上昇部)	0~114℃		
	循環貯槽(2)	循環貯槽本体部 (温度上昇部)	0~60℃		{22}
		循環貯槽内面部 (温度上昇部)			
		ポンプ本体部 (温度上昇部)			
		ポンプ内面部 (温度上昇部)			
		加水分解装置 (エジェクタ) (温度上昇部)	0~114℃		
	堰 (循環貯槽) (温度上昇部)		0~60℃		{23}
	熱交換器 (循環貯槽) (1) (温度上昇部)		0~40℃		{28}
熱交換器 (循環貯槽) (2) (温度上昇部)					

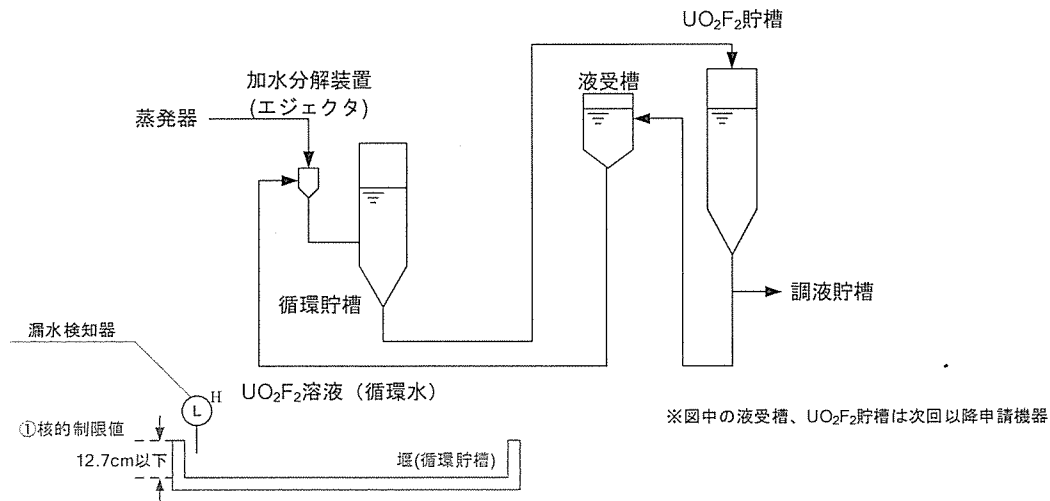
通常時に予想される設備・機器の単一故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作により、ウランが流入するおそれのある設備・機器は、臨界に達しないようあらかじめ核的制限値を設定し、その制限値を満足する設計とする。(2-6)

今回の申請設備において、設備・機器の単一故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作により、濃縮度 5%以下のウランが流入する恐れのある機器とそれに付与する核的制限値を添説設 1-5 表に示す。なお、備考欄の { } 内に示す数字は事業許可の「表安全機能を有する施設の安全機能一覧」における該当機器の番号を示す。

➤ [4.1-設 2]ウランが流入する恐れがある設備・機器に対して核的制限値を設定する。貯槽からの漏えいに備えて設置する堰（青色部）に設定する核的制限値の概要を添説設 1-2 図に示す。

① 貯槽において槽の損傷（故障）が起こった場合、槽から濃縮度 5%以下のウラン溶液が漏えいし、部屋内に拡散する恐れがあるため、拡散を防止する堰を設置し、その堰にも核的制限値を設定する。

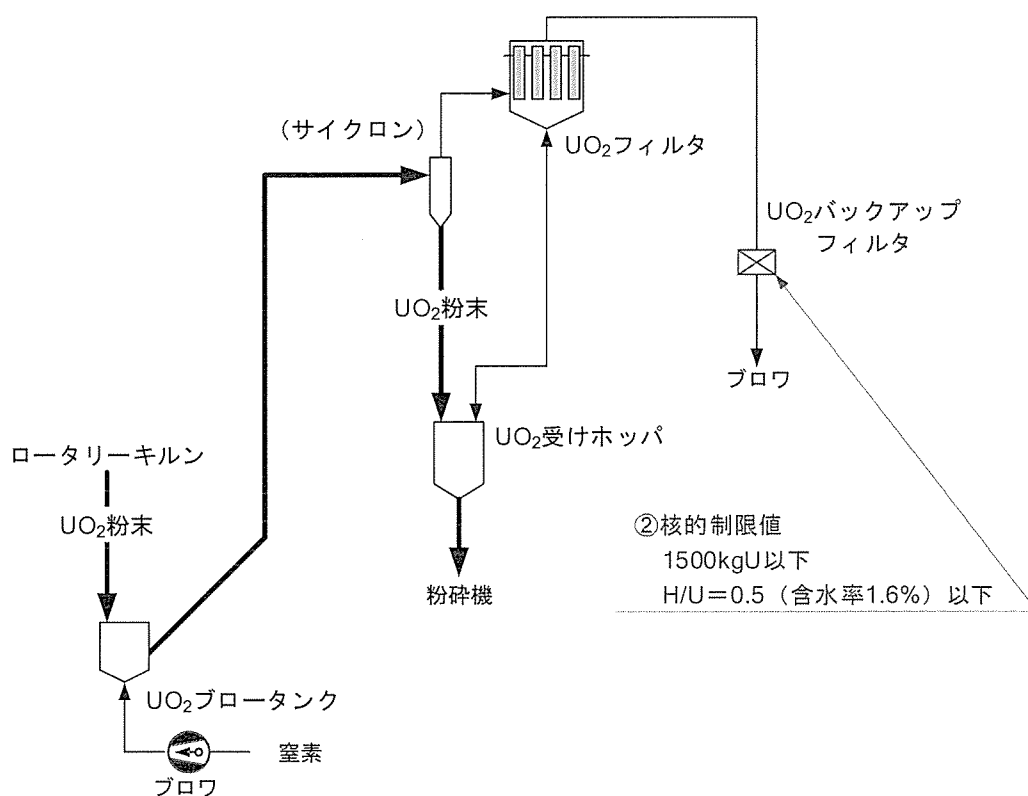
なお、貯槽からウランが漏えいすると、堰に漏えいするが、この場合には、集積されていたウランが拡散することになり、より中性子が逃げやすい形状となるため、臨界にはならない。



添説設 1-2 図 貯槽からの漏えいに備えて設定する核的制限値の概要

UO₂フィルタからの漏えいに備えて設置するUO₂バックアップフィルタ（青色部）に設定する核的制限値の概要を添説設1-3図に示す。

② 気流輸送する粉末状のウランはサイクロン及びUO₂フィルタを設置して、ウランを回収する。このサイクロン及びUO₂フィルタの損傷（故障）、脱落（誤作動）又は未装着（運転員の単一の誤操作）が起こった場合、その排気下流側に濃縮度5%以下の粉末状のウランが流入する恐れがあるため、サイクロン及びUO₂フィルタの下流側に設置するUO₂バックアップフィルタにも核的制限値を設定する。



添説設1-3図 UO₂バックアップフィルタに設定する核的制限値の概要

添説設 1-5 表 ウランが流入する恐れのある機器

施設区分	機器名	核的制限値	説明	備考
化学処理	堰 (循環貯槽)	厚み 12.7cm 以下	①	{23}
施設	UO ₂ バックアップフィルタ (1)	質量 1,500kgU 以下	②	{108}
	UO ₂ バックアップフィルタ (2)	減速度 H/U=0.5 (含水率 1.6%) 以下		

単一ユニットに係る核的制限値はすべて水全反射条件で設定することにより、裕度を見込んだ設計とする。(2-7)

事業許可に示したとおり単一ユニットに係る核的制限値はすべて水全反射条件で設定している。

なお、黒鉛減速は水全反射に比べ安全側の条件であるため、熱交換器(循環貯槽){28}に、事業許可9ページ第3表に示す水全反射条件で求めた単一ユニットの容積の核的制限値(容積26.5L以下)を適用するのは妥当である。

ウランの質量による核的制限値の管理については、二重装荷を想定しても未臨界となる質量とし、信頼性の高いインターロック、運転員と監視システムによる確認又は複数の運転員による確認措置を講じる。

質量の核的制限値を設定したバッチ処理の場合、移動するウランについて移動先の単一ユニットの核的制限値を超えないよう管理する。(2-9)

今回の申請設備において、核的制限値として質量を管理する機器とその管理方法を添説設1-6表に示す。

なお、表中の丸囲み数字は、以下文章中の丸囲み数字に該当する。また、備考欄の { } 内に示す数字は事業許可の「表 安全機能を有する施設の安全機能一覧」における該当機器の番号を示す。

添説設 1-6 表 核的制限値として質量を管理する機器とその管理方法

施設区分	機器名		核的制限値 (質量)	管理方法	備考	
その他の加工施設	表面電離型質量分析装置 (1)	工場棟	質量 14.8kgU 以下 (分光分析室及び分析室全体で質量制限) ※	①	{906}	
	表面電離型質量分析装置 (2)	転換工場				
	固体発光分光分析装置	分光分析室			{907}	
	ICP 質量分析装置					
	ICP 発光分光分析装置	付属建物				
	自動水分分析装置	除染室・分析室				
	炭素・硫黄同時分析装置				分析室	
	自動ハロゲン分析装置					
	α線スペクトル分析装置					
	サンプル保管庫					
	比表面積測定装置				{908}	
	嵩密度測定装置					
	平均粒径測定装置					
	試料回収ボックス				{909}	

※廃水タンクを除く

分析設備

➤ 複数の運転員によりウランの装荷量が核的制限値以下であることを確認する。（保安規定）

① 質量の核的制限値を有する設備に濃縮度5%以下のウランを挿入する際は、保安規定に基づく操作記録により核的制限値を管理する。

ウラン質量の核的制限値を有する機器にウランを挿入する場合、容器内のウラン質量が核的制限値以下であることを、ウランを容器に収納する際に運転員が2人以上でチェックし、容器に表示しているものを挿入する。

また、分析室及び分光分析室に分析サンプルを受け入れる場合、ウランを容器に収納する際に運転員がそのウラン質量を2人以上でチェックしたこと、及び分析室及び分光分析室エリアのウラン量が核的制限値以下であることを2人以上でチェックして受け入れる。

核的制限値を設定する設備・機器は、内部溢水に対し没水しない設計とする。(2-11)

減速度で管理する設備・機器については、火災時の消火水等が浸入しない対策を講じる。(2-12)

詳細は添付説明書-設5に示す。

転換加工工程等のウランを溶液として取り扱う設備・機器は、全濃度で未臨界となる設計とする。ただし、少量の溶液の化学分析に使用する分析機器、質量の核的制限値を設定したバッチ方式で処理を行い最小臨界質量以下のウランを取り扱う設備・機器は除く。(2-20)

今回の申請設備において、転換加工工程等で濃縮度 5%以下のウランを溶液として取り扱う機器を添説設 1-7 表に示す。なお、備考欄の { } 内に示す数字は事業許可の「表 安全機能を有する施設の安全機能一覧」における該当機器の番号を示す。

- [4.1-設 7]ウラン溶液を取り扱う設備・機器は全濃度で未臨界とする。
 添説設 1-7 表に示す機器は、濃縮度 5%以下のウランを取り扱う各単一ユニットに対する核的制限値として全濃度で未臨界となる形状寸法を設定し、管理する設計とする。

添説設 1-7 表 ウラン溶液を取り扱う機器とその核的制限値

施設区分	機器名		核的制限値 (形状寸法)	備考	
化学処理 施設	循環貯槽 (1)	貯槽本体部	直 径 26.7cm 以下	{22}	
		送液ポンプ	容 積 26.5L 以下		
		加水分解装置 (エジェクタ)	直 径 26.7cm 以下	{21}	
	循環貯槽 (2)	貯槽本体部	直 径 26.7cm 以下	{22}	
		送液ポンプ	容 積 26.5L 以下		
		加水分解装置 (エジェクタ)	直 径 26.7cm 以下	{21}	
		堰 (循環貯槽)		厚 み 12.7cm 以下	{23}
		熱交換器 (循環貯槽) (1)		容 積 26.5L 以下	{28}
		熱交換器 (循環貯槽) (2)		容 積 26.5L 以下	

本申請における新たな単一ユニットの核的制限値

① 核的制限値を新たに設定する設備・機器

新設又は改造に伴い、新規制基準に基づき受けた核燃料物質の事業の許可（平成 29 年 11 月 1 日付け原規規発第 1711011 号にて許可）に係る加工施設の変更として、核的制限値を新たに設定する設備・機器について、その核的制限値を添説設 1-1-1 表に示す。

なお、循環貯槽(1)(2)送液ポンプは、事業許可で主要なユニットとして、核的制限値を明記していないため、事業許可 9 ページ第 3 表単一ユニットの容積の核的制限値の値を適用した。

添説設 1-1-1 表 核的制限値を新たに設定する設備・機器

施設区分	設備・機器名称	核的制限値	備考 {安全機能一覧番号}
化学処理 施設	循環貯槽(1)送液ポンプ	濃縮度 5%以下	{22}
	循環貯槽(2)送液ポンプ	容積 26.5L 以下	
	堰(循環貯槽)	濃縮度 5%以下 厚み 12.7cm 以下	{23}
	熱交換器(循環貯槽) (1)	濃縮度 5%以下 容積 26.5L 以下	{28}
	熱交換器(循環貯槽) (2)		
	UO ₂ バックアップフィルタ(1)	濃縮度 5%以下 質量 1,500kgU 以下	{108}
	UO ₂ バックアップフィルタ(2)	減速度 H/U=0.5(含水率 1.6%) 以下	
	粉砕機(1) 粉砕機バグ フィルタ部	濃縮度 5%以下 厚み 11.7cm 以下	{113}
粉砕機(2) 粉砕機バグ フィルタ部			

② 核的制限値を変更する設備・機器

新設又は改造に伴い、核燃料物質の事業許可(平成20年8月29日付け平成19・06・20原第1号にて許可)に係る加工施設の変更として、核的制限値を変更する設備・機器について説明する。

(1) 臨界管理強化(全濃度安全形状管理化)のため、核的制限値において、従来は減速度制限(減速度 H/U=0.5(含水率1.6%)以下)と形状制限を組合せて管理していたものを形状制限のみとした。変更後の核的制限値を添説設1-1-2表に示す。

添説設1-1-2表 核的制限値を変更する設備・機器

施設区分	設備・機器名称	核的制限値	備考 {安全機能一覧番号}
化学処理 施設	UO ₂ ブロータンク(1)	濃縮度 5%以下	{106}
	UO ₂ ブロータンク本体部	直径 25.1cm 以下	
	UO ₂ ブロータンク(2)		
	UO ₂ ブロータンク本体部		
	UO ₂ ブロータンク(1) サイクロン部		
	UO ₂ ブロータンク(2) サイクロン部		
	UO ₂ 受けホッパ(1)	濃縮度 5%以下	{110}
	UO ₂ 受けホッパ(2)	直径 25.1cm 以下	
	充填装置(1)	濃縮度 5%以下	{115}
	充填装置(2)	直径 25.1cm 以下	
	UO ₂ フィルタ(1)	濃縮度 5%以下	{107}
	UO ₂ フィルタ(2)	厚み 11.7cm 以下	
	UO ₂ 受けホッパ(2)		
	粉砕機(1)粉砕機本体部	濃縮度 5%以下	{112}
	粉砕機(2)粉砕機本体部	厚み 11.7cm 以下	

<参考>

今回の申請設備において、濃縮度 5%以下のウランを取扱う設備・機器のうち核的制限値を変更しない(①及び②に該当しない)設備・機器を添説設 1-1-3 表～添説設 1-1-5 表に示す。

添説設 1-1-3 表 核的制限値を変更しない設備・機器
(形状寸法)

施設区分	設備・機器名称		核的制限値	備考
化学処理 施設	循環貯槽(1)	貯槽本体部	直 径 26.7cm 以下	{22}
		加水分解装置 (エジェクタ)	直 径 26.7cm 以下	{21}
	循環貯槽(2)	貯槽本体部	直 径 26.7cm 以下	{22}
		加水分解装置 (エジェクタ)	直 径 26.7cm 以下	{21}

添説設 1-1-4 表 核的制限値を変更しない設備・機器
(質量制限)

施設区分	機器名	核的制限値	備考	
その他の 加工施設	表面電離型質量分析装置(1)	質量 14.8kgU 以下 (分光分析室及び分析 室全体で質量制限)	{906}	
	表面電離型質量分析装置(2)		{907}	
	固体発光分光分析装置			
	ICP 質量分析装置			
	ICP 発光分光分析装置			
	自動水分分析装置			
	炭素・硫黄同時分析装置			
	自動ハロゲン分析装置			
	α線スペクトル分析装置			
	サンプル保管庫			
	比表面積測定装置			{908}
	嵩密度測定装置			
	平均粒径測定装置			
	試料回収ボックス	{909}		

添説設 1-1-5 表 核的制限値を変更しない設備・機器
(減速度+質量または形状寸法)

施設区分	機器名	核的制限値	備考
化学処理 施設	蒸発器(1)-A	—	{1}
	蒸発器(1)-B	$\left[\begin{array}{l} \text{UF}_6 \text{ シリンダ} \\ \text{減速度 } H/U=0.088 \text{ 以下} \end{array} \right]$	
	蒸発器(2)-A		
	蒸発器(2)-B		
	UF ₆ シリンダ		
	コールドトラップ(1)	減速度 H/U=0.088 以下	{14}
	コールドトラップ(2)	減速度 H/U=0.088 以下	
コールドトラップ (小) (1)	減速度 H/U=0.088 以下	{17}	
コールドトラップ (小) (2)	減速度 H/U=0.088 以下		
核燃料物 質の貯蔵 施設	UF ₆ シリンダ	減速度 H/U=0.088 以下	{488}、{492} ANSI N14.1- 2012 規定仕様

付録-1表 今回の申請対象となる機器リスト (1/2)

施設区分	設置場所	機器名
化学処理施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	蒸発器(1)-A, B、(2)-A, B
化学処理施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	UF ₆ シリンダ
化学処理施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	UF ₆ フードボックス
化学処理施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	UF ₆ 防護カバー
化学処理施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	コールドトラップ(1)(2)
化学処理施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	コールドトラップ(小)(1)(2)
化学処理施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	循環貯槽(1)(2)
化学処理施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	堰(循環貯槽)
化学処理施設	工場棟 転換工場 転換加工室	熱交換器(循環貯槽)(1)(2)
化学処理施設	工場棟 転換工場 転換加工室	UO ₂ ブロータンク(1)(2)
化学処理施設	工場棟 転換工場 転換加工室	UO ₂ フィルタ(1)(2)
化学処理施設	工場棟 転換工場 転換加工室	UO ₂ バックアップフィルタ(1)(2)
化学処理施設	工場棟 転換工場 転換加工室	UO ₂ 受けホッパ(1)(2)
化学処理施設	工場棟 転換工場 転換加工室	粉碎機(1)(2)
化学処理施設	工場棟 転換工場 転換加工室	充填装置(1)(2)
核燃料物質の貯蔵施設	工場棟 転換工場 原料倉庫 付属建物 原料貯蔵所	UF ₆ シリンダ
放射性廃棄物の廃棄施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	スクラバ(蒸発・加水分解系統)
放射性廃棄物の廃棄施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	切替ダンパ
放射性廃棄物の廃棄施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	地震連動閉止ダンパ
放射性廃棄物の廃棄施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	給気ダクト・ダンパ
放射性廃棄物の廃棄施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	排気ダクト・ダンパ(部屋、設備～ 高性能エアフィルタ)(原料倉庫局 所排気系統)
放射性廃棄物の廃棄施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	排気ダクト・ダンパ(部屋、設備～ 高性能エアフィルタ)(原料倉庫室 内排気系統)
放射性廃棄物の廃棄施設	工場棟 転換工場 機械室	給気逆流防止ダンパ(原料倉庫との 境界部)

付録-1 表 今回の申請対象となる機器リスト (2/2)

施設区分	設置場所	機器名
放射性廃棄物の廃棄施設	工場棟 転換工場 フィルタ室	排気逆流防止ダンパ (原料倉庫との境界部) (原料倉庫局所排気系統)
放射性廃棄物の廃棄施設	工場棟 転換工場 フィルタ室	排気逆流防止ダンパ (原料倉庫との境界部) (原料倉庫室内排気系統)
放射性廃棄物の廃棄施設	付属建物 廃棄物管理棟 測定室(2)	ドラム缶ウラン量測定装置
その他の加工施設	付属建物 発電機室 発電機室(1)	非常用ディーゼル発電機(1)
その他の加工施設	付属建物 発電機室 発電機室(2)	非常用ディーゼル発電機(2)
その他の加工施設	工場棟 転換工場 分光分析室	表面電離型質量分析装置(1)(2)
その他の加工施設	工場棟 転換工場 分光分析室	固体発光分光分析装置
その他の加工施設	工場棟 転換工場 分光分析室	ICP 質量分析装置
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	ICP 発光分光分析装置
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	自動水分分析装置
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	炭素・硫黄同時分析装置
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	自動ハロゲン分析装置
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	α 線スペクトル分析装置
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	廃水タンク
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	サンプル保管庫
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	比表面積測定装置
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	嵩密度測定装置
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	平均粒径測定装置
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	試料回収ボックス

設備の火災等による損傷の防止に関する説明書

1. 概要

本資料は、「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第五条及び「加工施設の技術基準に関する規則」第十一条にて適合することが要求されている事項に対し、火災又は爆発により加工施設の安全性を脅かされることのないよう、火災区域に対して、火災発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を行うことを説明するものである。

2. 基本方針

火災等により加工施設の安全性が損なわれないようにするため、火災及び爆発の発生防止、火災の感知及び消火並びに火災及び爆発の影響を軽減するための安全機能を有する設計とする。また、火災又は爆発の発生を想定しても加工施設全体として、公衆に対し過度の放射線被ばくを及ぼさない十分な臨界防止、閉じ込め等の機能が確保される設計とする。なお、火災及び爆発の発生防止、火災の感知及び消火並びに影響軽減の対策を行うに当たって、国内の法令及び規格に基づくとともに、施設の特徴に応じて、米国の「放射性物質取扱施設の火災防護に関する基準」を参考とする。

3. 対象設備

対象設備は、工場棟転換工場に設置する化学処理施設、放射性廃棄物の廃棄施設、貯蔵施設及びその他の加工施設、附属建物 廃棄物管理棟に設置する放射性廃棄物の廃棄施設、附属建物 発電機室に設置するその他の加工施設及び附属建物 除染室・分析室に設置するその他の加工施設、附属建物 原料貯蔵所に設置する貯蔵施設を対象とする。対象となる機器は添付説明書一設 1 付録 1 に示す。

4. 適合性の説明

本章に該当する適合性の対象は、以下となる。

◆ 加工施設の技術基準に関する規則第十一条

3章に示す設備・機器には以下を含まない。

- ・ 消火設備及び警報設備（警報設備にあつては自動火災報知設備、漏電火災警報器その他の火災の発生を自動的に検知し、警報を発する設備に限る）
- ・ 水素を取り扱う設備
- ・ 水素その他の可燃性ガスを取り扱う設備
- ・ 焼結設備

したがって、以下に示す加工施設の技術基準に関する規則第十一条のうち、破線で囲んだ部分を適合性説明の対象とする。

（火災等による損傷の防止）

第十一条 安全機能を有する施設は、火災又は爆発の影響を受けることにより加工施設の安全性に著しい支障が生ずるおそれがある場合において、消火設備（事業許可基準規則第五条第一項に規定する消火設備をいう。以下同じ。）及び警報設備（警報設備にあつては自動火災報知設備、漏電火災警報器その他の火災の発生を自動的に検知し、警報を発するものに限る。以下同じ。）が設置されたものでなければならない。

2 前項の消火設備及び警報設備は、その故障、損壊又は異常な作動により安全上重要な施設の安全機能に著しい支障を及ぼすおそれがないものでなければならない。

3 安全機能を有する施設であつて、火災又は爆発により損傷を受けるおそれがあるものは、可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用するとともに、必要に応じて防火壁の設置その他の適切な防護措置が講じられたものでなければならない。

4 水素を取り扱う設備（爆発の危険性がないものを除く。）は、適切に接地されているものでなければならない。

5 水素その他の可燃性ガスを取り扱う設備（爆発の危険性がないものを除く。）を設置するグローブボックス及び室は、当該設備から可燃性ガスが漏えいした場合においてもこれが滞留しない構造とすることその他の爆発を防止するための適切な措置が講じられたものでなければならない。

6 焼結設備その他の加熱を行う設備（次項において「焼結設備等」という。）は、当該設備の熱的制限値を超えて加熱されるおそれがないものでなければならない。

7 水素その他の可燃性ガスを使用する焼結設備等（爆発の危険性がないものを除く。）は、前三項に定めるところによるほか、次に掲げるところによらなければならない。

一 焼結設備等の内部において空気の混入により可燃性ガスが爆発することを防止するための適切な措置を講ずること。

二 焼結設備等から排出される可燃性ガスを滞留することなく安全に排出するための適切な措置を講ずること。

三 焼結設備等の内部で可燃性ガスを燃焼させるものは、燃焼が停止した場合に可燃性ガスの供給を自動的に停止する構造とすること。

◆ 事業許可の内容 (5-1～5-30)

3章で示した設備を対象とすることから、事業許可の内容のうち該当する以下の項目を適合性説明の対象とする。

【火災の発生防止 (4.1.章)】

- ・ 使用材料に関する事項(5-2)
- ・ UF₆を取り扱う設備・機器近傍の設置に関する事項(5-3)
- ・ 可燃性油類の漏えい防止に関する事項(5-12)

【火災影響の軽減対策 (4.2.章)】

- ・ 電力用及び計測・制御用ケーブル損傷に関する事項(5-14)
- ・ 可燃性油類を使用する設備・機器並びに油火災に関する事項(5-15)
- ・ スクラバに関する事項(5-21)
- ・ 火災の延焼防止(金属製容器)に関する事項(5-22)

4. 1. 火災発生の防止(第十一条3)

加工施設の建物内に設置する核燃料物質を取り扱うフードボックス等の設備・機器は、火災発生防止のため、不燃性又は難燃性材料を使用した設計とする。

設備・機器は、火災発生防止のため、主要な構造材は不燃性又は難燃性材料を使用した設計とする。(5-2)

➤ [11.3-設1]

加工施設の建物内に設置する核燃料物質を取り扱うフードボックス等の設備・機器及びその使用材料を材料一覧に示す。

材料一覧に示すとおり、加工施設の建物内に設置する核燃料物質を取り扱うフードボックス等の設備・機器は、不燃性材料又は事業許可に示す難燃性材料である塩化ビニル又はポリカーボネートを使用している。これらの難燃性材料は、「消防法施行令の一部改正に伴う運用について(通知)昭和54年10月2日」にて、酸素指数が26以上であることから不燃性又は難燃性を有するものとして取り扱うことが示されている。

材料一覧に示す材料のうち、鉄鋼や金属材料を除く材料の耐燃性を添説設2-1表に示す。

➤ [11.3-設2]

材料一覧に示すとおり、設備・機器の主要な構造材(設備・機器を構成する柱、はり及び気体廃棄設備のダンパ本体)は、不燃性材料を使用しているため火災の発生源となることはない。また、その他の安全機能を確保するための材料についても材料一覧に示すとおり不燃性材料又は難燃性材料を使用しているため火災の発生源となることはない。

なお、火災荷重が大きい廃棄施設のスクラバは金属製カバーで覆っていること、構成部材として木材を使用しているその他の加工施設の平均粒径測定装置(物性測定設備)は金属製カバーで覆っていることから、いずれも火災の発生源となることはない。

添説設 2-1 表 材料及び耐燃性（鉄鋼及び金属材料を除く）

材料	耐燃性区分
ポリカーボネート	難燃性 ^{注1}
塩化ビニル	難燃性 ^{注1}
フッ素樹脂	難燃性 ^{注1}
不浸透黒鉛	難燃性 ^{注2}
シリコンコーティングガラスクロス	難燃性 ^{注3}
繊維強化樹脂	可燃性 ^{注4}
ポリエチレン	可燃性 ^{注5}
シリコンゴム	難燃性 ^{注1}
クロロプレンゴム	可燃性 ^{注6}

注1：（出典）消防法施行令の一部改正に伴う運用について（通知）昭和54年10月2日

注2：不浸透黒鉛とは、黒鉛（炭素）を焼成させた際に生じる細孔への流体の浸透を防止する目的で細孔に合成樹脂を含浸し熱硬化させた材料であり、大部分が不燃性である黒鉛である。

注3：表面をシリコン（ケイ素樹脂）でコーティングしたもので、ケイ素樹脂は上記注1に示す運用にて難燃性を有する材料とされている。

注4：マトリックス部（母材）に樹脂を用いており、樹脂の種類によっては難燃性を示すものの一般的には可燃性材料として取り扱うものである。スクラバ等に用いる場合は耐腐食性が求められることから、火災対策として着火防止のため金属カバーで覆う設計としている（[11.3-設9]参照）。

注5：ポリエチレンは可燃性材料であるが、非常用ディーゼル発電機に用いるケーブルは、JIS C 3005「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」4.26項（難燃）に定める60度傾斜試験を満足する材料を用いる。

注6：クロロプレンゴムは一般的に難燃性を示す材料であるが、上記注1に示す運用内に記載がないため、ここでは保守的に可燃性材料として取り扱う。蒸発器のノズルパッキンはであるが、ノズルパッキンは不燃性材料であるノズル内に設置されていることから、火災の発生源となることはない。

UF₆を正圧で取り扱う設備・機器は転換工場原料倉庫へ集約するとともに、UF₆を取り扱う設備・機器の近傍には可能な限り火災源となり得るものを設置しない設計とする。

また、火災源となり得るものを設置する場合には、火災影響評価を実施し、閉じ込め機能を確保する設計とする。(5-3)

➤ [11.3-設6]

UF₆を正圧で取り扱う設備・機器を添説設 2-2 表に示す。

同表及び添付図(図イ配-1)に示すとおり、UF₆を正圧で取り扱う設備・機器については工場棟転換工場原料倉庫に集約している。

なお、コールドトラップ(1)(2)及びコールドトラップ(小)(1)(2)の近くに設置するポンプの潤滑油は火災源となりえるため、内包油の全量を溜め得るオイルパンを設置する設計とする。また、コールドトラップ(1)(2)及びコールドトラップ(小)(1)(2)に火炎の影響を与えないよう遮熱板を設置する設計とする。オイルパン及び遮熱板については、保安規定及び社内管理要領により適切に管理する。

火災源に最も近いUF₆を正圧で取り扱う設備・機器であるコールドトラップ(1)(2)及びコールドトラップ(小)(1)(2)に対して、オイルパンに滞留した油(内包油量の全量)が燃焼した場合の火災熱評価結果を添付説明書-設 2-1 付 1 に示す。

その結果、火災源からの離隔距離として、コールドトラップ(1)(2)は 0.4m、コールドトラップ(小)(1)(2)は 1.2m 確保した場合の昇温幅は最大 4℃と評価される。コールドトラップ(1)(2)及びコールドトラップ(小)(1)(2)の温度高インターロックセット値 130℃に対して昇温幅最大 4℃を考慮しても昇温後のコールドトラップ及びコールドトラップ(小)の温度は温度高インターロック設定値 134℃以下に維持できることから、火災時においてもコールドトラップ(1)(2)及びコールドトラップ(小)(1)(2)の閉じ込め機能は維持できる。

上記より、UF₆を正圧で取り扱う設備・機器が火災時に閉じ込め機能を維持できることを確認した。なお、UF₆フードボックスについては、主材料はステンレス鋼とし、部分的に覗き窓(ポリカーボネート)を配置しているが、火災時においてもUF₆フードボックスの閉じ込め機能を維持できることを確認している。

添説設 2-2 表 UF₆を正圧で取り扱う機器及びそれらの設置場所

設備・機器名	機器名	設置場所
UF ₆ 蒸発・加水分解設備	蒸発器(1)-A	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF ₆ 蒸発・加水分解設備	蒸発器(1)-B	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF ₆ 蒸発・加水分解設備	蒸発器(2)-A	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF ₆ 蒸発・加水分解設備	蒸発器(2)-B	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF ₆ 蒸発・加水分解設備	UF ₆ フードボックス	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF ₆ 蒸発・加水分解設備	UF ₆ 防護カバー	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF ₆ 蒸発・加水分解設備	コールドトラップ(1)	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF ₆ 蒸発・加水分解設備	コールドトラップ(2)	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF ₆ 蒸発・加水分解設備	コールドトラップ(小)(1)	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF ₆ 蒸発・加水分解設備	コールドトラップ(小)(2)	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF ₆ 蒸発・加水分解設備	循環貯槽(1)	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF ₆ 蒸発・加水分解設備	循環貯槽(2)	工場棟 転換工場 原料倉庫

可燃性油類を使用する設備・機器は、発火及び異常な温度上昇を防止する対策、可燃性油類の漏えいを防止する対策を講じる設計とする。(5-12)

➤ [11.3-設 15]

発電機室内での発火を防止するため、可燃性油以外の可燃物を設置しないこととし、可燃性油の発電機室内への漏えいを防止するため、内包油全量（650 リットル）を貯油するために十分な高さ 200mm 以上の防油堤を設置する（添付図り配—1 参照）。

4. 2. 火災影響の軽減対策(第十一条3)

使用電圧が高い幹線動力用ケーブル及び配電設備から大きな電流を扱う盤までのケーブルは、難燃性ケーブルを使用した設計とする。また、UF₆ガス及び水素を取り扱う設備に関し、地震時にそのガスの供給を自動停止するインターロックに係るケーブルについては、火災から防護するため、検出端から作動端まで金属製カバーに収納する設計とする。なお、設備機器に係る電力用ケーブル及び計測・制御用ケーブルについては、火災によるケーブル損傷でその機能を喪失しても、対象の設備機器は安全側に動作する(運転停止する)設計とする。(5-14)

➤ [11.3-設7]

3章に示す設備・機器のうち、地震時にUF₆ガスの供給を自動停止するインターロックを有する設備・機器は、蒸発器である。蒸発器及び気体廃棄設備(1)の地震連動閉止ダンパの地震インターロックに係るケーブルは添説設2-3表に示すとおり、厚さ約□mmの鋼製の管に収納する設計とし、火災による影響の軽減を図る。

➤ [11.3-設3]

3章に示す設備・機器のうち、使用電圧が高い幹線動力用ケーブル及び配電設備から大きな電流を扱う盤に該当する設備・機器は、非常用ディーゼル発電機([11.3-設16]参照)を除いて無いが、火災発生時の温度上昇による閉じ込め機能への影響が考えられる設備・機器を添説設2-4表に示す。火災発生時の温度上昇による閉じ込め機能への影響が考えられる設備・機器については、温度高インターロックを設置し、ヒータの加熱を停止する設計とするとともに、電力用ケーブル及び計測・制御用ケーブルが火災によりその機能を喪失しても、対象の設備機器が安全側に動作する(運転停止する)設計とする。なお、工場棟転換工場に設置し水素ガスを使用するロータリーキルンは次回以降申請の機器である。

なお、難燃性ケーブルは、高圧に区分される600V以上となる幹線電力用ケーブルと、一般用の電圧200Vよりも高く、かつ400A以上の大きな電流を扱う連続焼結炉、バッチ式小型焼結炉の電気盤までのケーブルとする。連続焼結炉及びバッチ式小型焼結炉は、次回以降の申請を予定している。連続焼結炉及びバッチ式小型焼結炉では水素を取り扱うため、地震時に水素の供給を自動停止するインターロックに係るケーブルは、検出端から作動端まで金属製カバーに収納する設計とするが、当該設備は次回以降申請の機器である。

➤ [11.3-設16]

3章に示す設備・機器のうち、非常用ディーゼル発電機に接続されるケーブルは、JIS C 3005「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」4.26項(難燃)に定める60度傾斜試験で確認した難燃性ケーブルを使用する。

添説設 2-3 表 UF₆ガス供給に関する地震インターロックケーブルの火災防護

施設区分	設備・機器名称	機器名	ガス	ILケーブルの火災防護対策
化学処理施設	UF ₆ 蒸発・加水分解設備	蒸発器(1)-A	UF ₆	鋼製の管(厚さ□)に収納
化学処理施設	UF ₆ 蒸発・加水分解設備	蒸発器(1)-B	UF ₆	鋼製の管(厚さ□)に収納
化学処理施設	UF ₆ 蒸発・加水分解設備	蒸発器(2)-A	UF ₆	鋼製の管(厚さ□)に収納
化学処理施設	UF ₆ 蒸発・加水分解設備	蒸発器(2)-B	UF ₆	鋼製の管(厚さ□)に収納
放射性物質の 廃棄施設	気体廃棄設備(1)	地震連動閉止 ダンパ	気体 廃棄物	鋼製の管(厚さ□)に収納

添説設 2-4 表 対象設備・機器及び機能喪失時の動作一覧

施設区分	設備・機器名称	機器名	機能喪失時の動作
化学処理施設	UF ₆ 蒸発・加水分解設備	蒸発器(1)-A	ケーブル損傷時は加熱停止
化学処理施設	UF ₆ 蒸発・加水分解設備	蒸発器(1)-B	ケーブル損傷時は加熱停止
化学処理施設	UF ₆ 蒸発・加水分解設備	蒸発器(2)-A	ケーブル損傷時は加熱停止
化学処理施設	UF ₆ 蒸発・加水分解設備	蒸発器(2)-B	ケーブル損傷時は加熱停止
化学処理施設	UF ₆ 蒸発・加水分解設備	コールドトラップ(1)	ケーブル損傷時は加熱停止
化学処理施設	UF ₆ 蒸発・加水分解設備	コールドトラップ(2)	ケーブル損傷時は加熱停止
化学処理施設	UF ₆ 蒸発・加水分解設備	コールドトラップ(小)(1)	ケーブル損傷時は加熱停止
化学処理施設	UF ₆ 蒸発・加水分解設備	コールドトラップ(小)(2)	ケーブル損傷時は加熱停止

油火災は燃焼速度が速く、周辺の難燃性物質に延焼するおそれがあることから、潤滑油や油圧作動油を内包する設備機器は、火災熱影響評価で閉じ込め機能が不全となる場合は、遮熱板を設置する等により影響軽減させる設計とする。(5-15)

➤ [11.3-設4]

火災の発生源として考慮すべき潤滑油や作動油を内包する部品を有する設備・機器及び火災の影響を受ける機器を添説設 2-5 表に示す。

潤滑油や作動油を内包する部位については、火災範囲を限定するためにオイルパンを設置する。なお、オイルパンの容量は内包油の全量を溜め得る設計とする。

ウラン粉末を取り扱う設備・機器のうち、加工中のウランの閉じ込めに直接寄与しているフードボックスパネル^(注1)（以下、フードパネルと称す）に難燃性樹脂材料を使用している設備・機器については、上記のオイルパンに滞留した油（内包油量の10%）が燃焼した場合の火災熱評価を実施し（添付説明書-設 2-1 付 2）、閉じ込め機能が不全となる場合は、以下の対策を施し影響を軽減させる設計とする（添付説明書-設 2-1）。

- ① 厚さ□mm以上の□の遮熱板を難燃性フードパネルから離隔距離を確保して設置する。
- ② フードパネル材を□に限定し、火災源から危険限界距離以上を確保する。

以上の考えを基に設計した結果を添説設 2-5 表に示す。同表に示すとおり油火災に対して閉じ込め機能不全を軽減させる設計とする。

注1：火災対策を図るフードパネルは、事業許可における「閉じ込めバウンダリとして難燃性材料のパネルを使用している」機器を指し、安全機能一覧において、ウラン形態として粉末状のウランを取り扱い、臨界防止を機能として有する機器として示されている。なお、ウランを直接取り扱う部位が不燃材で構成される機器を囲うフードパネルは、火災により閉じ込め機能が不全とならないため火災対策対象外とした。

添説設 2-5 表 潤滑油や作動油を内包する設備・機器と影響一覧（化学処理施設）

機器名	閉じ込め機能部		潤滑油・作動油を内包する部位	オイルパン	遮熱板	閉じ込め機能部材から遮熱板又は火災源までの距離 ^(注2) (mm)	判定基準 ^(注3) (mm)	判定
	安全機能番号	使用材料 ^(注1)						
粉碎機(1)(2)	— ^(注4)	— ^(注4)	減速機	設置	無	— ^(注4)	— ^(注4)	○
充填装置(1)(2)	{116}	PC、 <input type="text"/>	減速機	設置	無	PC：約 2400	> 54 (L' (PC))	○
UO ₂ フィルタ (1)(2)	{238} ^(注5)	PVC、 <input type="text"/>	ブロワ	設置	設置	— ^(注6)	> 2(L ₀ (PVC))	○

注 1：PC は を示す。

注 2：保守的に投影距離とした。

注 3：L' は水平火災熱評価距離を示す（添付説明書-設 2-1）。また、L₀は遮熱板から防護対象パネルまでの離隔距離を示す（添付説明書-設 2-1 付 2）。


注 4：火災熱評価エリア内に火災源より高い位置でウランを取り扱うフードボックスは無いため「—」とした。

注 5：隣接機器（次回以降申請）に対する閉じ込め機能への影響を考慮する。

注 6：防護対象までの距離は次回以降申請にて示す。

主要な構造材が難燃物であり火災荷重が大きなスクラバは、金属で覆うことにより延焼しない設計とする。(5-21)

➤ [11.3-設9]

気体廃棄設備（1）スクラバ（蒸発・加水分解系統）に使用している繊維強化樹脂は、周辺で発生した火災により着火し延焼する可能性が否定できない。したがって着火を防止する目的で繊維強化樹脂を金属製カバー（)で覆うことにより延焼しない設計とする（図ト設-1 参照）。

火災の延焼を防止するために、核燃料物質及び核燃料物質によって汚染された物は金属製容器に収納する設計とする。また、高性能エアフィルタの木枠は金属カバーで覆う設計とする。(5-22)

➤ [11.3-設5]

UF₆シリンダは核燃料物質を収納する容器である。UF₆シリンダの使用材料は、材料一覧に示すとおり[]であり不燃性材料であることから火災の延焼防止を図っている。なお、高性能エアフィルタは次回以降申請の機器である。

フードボックスパネルの設計について

1. はじめに

ウラン粉末を取り扱う機器のうち、加工中のウランの閉じ込めに直接寄与しているフードボックスパネル（以下、フードパネルと称す）の材料は、機器の導入時期や補修時の加工性の違いによって[]（以下、PVC と称す）と[]（以下、PC と称す）が混在している。また、火災源となりうる潤滑油や作動油の量やオイルパン寸法も機器によって異なる。以上のような条件を勘案し、以下の方針でフードパネルの設計を行った。

2. 設計方針

火災による損傷の防止について、加工施設の技術基準に関する規則第十一条 3（以下、技術基準と称す）では以下のとおり定められている。

加工施設の技術基準に関する規則第十一条

3 安全機能を有する施設であって、火災又は爆発により損傷を受けるおそれがあるものは、可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用するとともに、必要に応じて防火壁の設置その他の適切な防護措置が講じられたものでなければならない。

このうち、「安全機能を有する施設であって、火災又は爆発により損傷を受けるおそれがあるものについては、可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用する」に対しては、PVC、PCのいずれの材料を使用しても技術基準を満たすことができる。

一方、同条項の「必要に応じて防火壁の設置その他の適切な防護措置が講じられたものでなければならない」という点に対して、潤滑油は引火点が高いことから容易には引火しないが、これを火災源と仮定し、熱的影響を受ける場合は、火災源となりうる対象を遮熱板で囲うことで火災の影響を軽減させる設計とする。このとき、フードパネル材料の特性の違いから、同じ火災に対しても熱的な影響が異なるため、適合するための設計としては、熱影響を受けない材料を選択する、遮熱板をつけ熱影響を軽減させる、もしくは両者の組み合わせのいずれかの設計が選択できる。

3. フードパネルの設計の流れ

フードパネルの設計の流れを以下に示す。

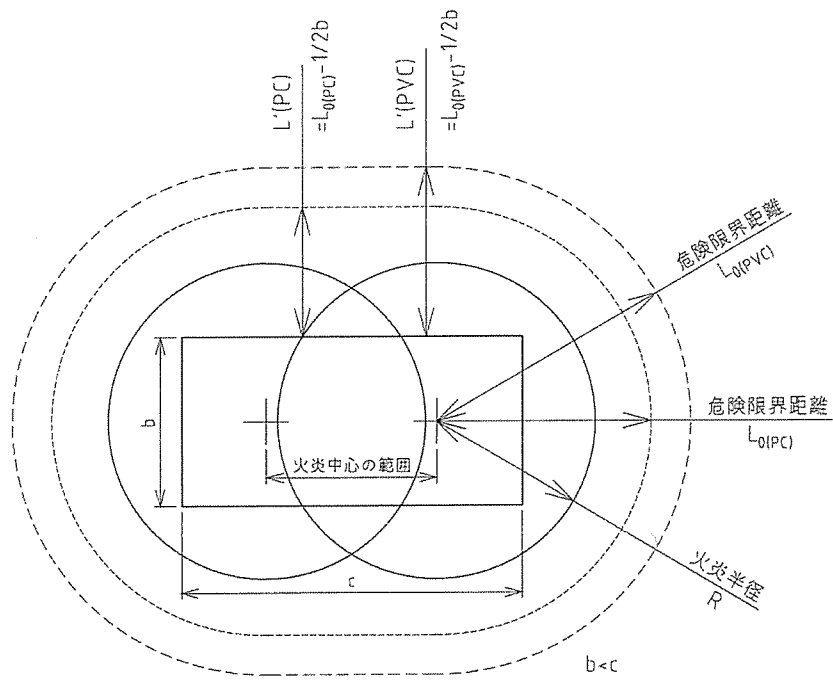
- (1) 潤滑油や作動油を内包する部品を抽出する。

- (2) 内包油全量を溜めることができるオイルパン寸法を設定する。
- (3) オイルパン寸法及び評価油量より PVC 及び PC の危険限界距離 (L_0) を求める。計算結果は添付説明書一設 2-1 付 2 参照。
- (4) オイルパン寸法、等価火炎の大きさ及び危険限界距離 (L_0) より、PVC 及び PC それぞれに対して火災熱評価エリアを以下の通り設定する。
- ・火災熱評価エリア（水平方向）：各材料の危険限界距離 (L_0) からオイルパンの短辺の 1/2 を引いた距離（水平火災熱評価距離 (L')）（添説設 2-1-1 図）をオイルパンの端部から材料毎に設定する（添説設 2-1-2 図）。
 - ・火災熱評価エリア（鉛直方向）：火炎高さ (H =等価火炎半径の 3 倍) 上端部から火災熱評価距離 (L') を材料毎に設定する。ここで、 $L' + H$ を鉛直火災熱評価距離 (H') と呼び、オイルパン下面から設定する。なお、鉛直方向のうちオイルパン上の全ての範囲を火炎による影響範囲とする（添説設 2-1-3 図）。
- (5) 火災熱評価エリア内のフードパネルの有無に応じて添説設 2-1-1 表に示す火災熱の影響軽減設計を図る。

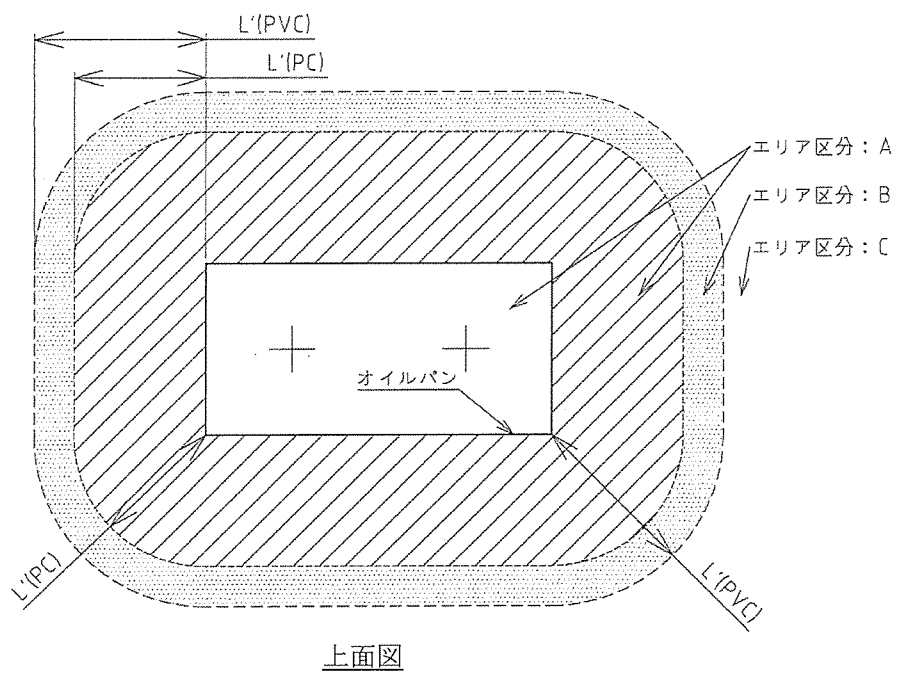
添説設 2-1-1 表 火災熱評価エリア区分に応じた影響軽減設計

火災熱評価 エリア区分 (添説設 2-1-2, 3 図)	A	B	C
	PC に対する火災熱評価エリア内	PVC に対する火災熱評価エリア内で PC の同エリア外	PVC に対する火災熱評価エリア外
火災源に対する設計	遮熱板の設置	遮熱板の設置 又は フードパネル材料を <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> に限定	対策不要

- (6) 添説設 2-1-1 表の火災熱評価エリア区分 B については、以下を考慮していずれかの対策を選択する。
- ① PVC 又は PC のいずれの材料も使用できるよう遮熱板を設置する。遮熱板はフードパネルと必要離隔距離（添付説明書一設 2-1 付 2 参照）以上の離隔距離を確保して設置する。遮熱板の設計については次項に示す。
 - ② 火災源を遮熱板で囲えない場合や、火災熱評価エリア内に PC 製のパネルのみが存在し、今後 PVC を用いる予定が無い場合は、フードパネル材料を PC に限定する。

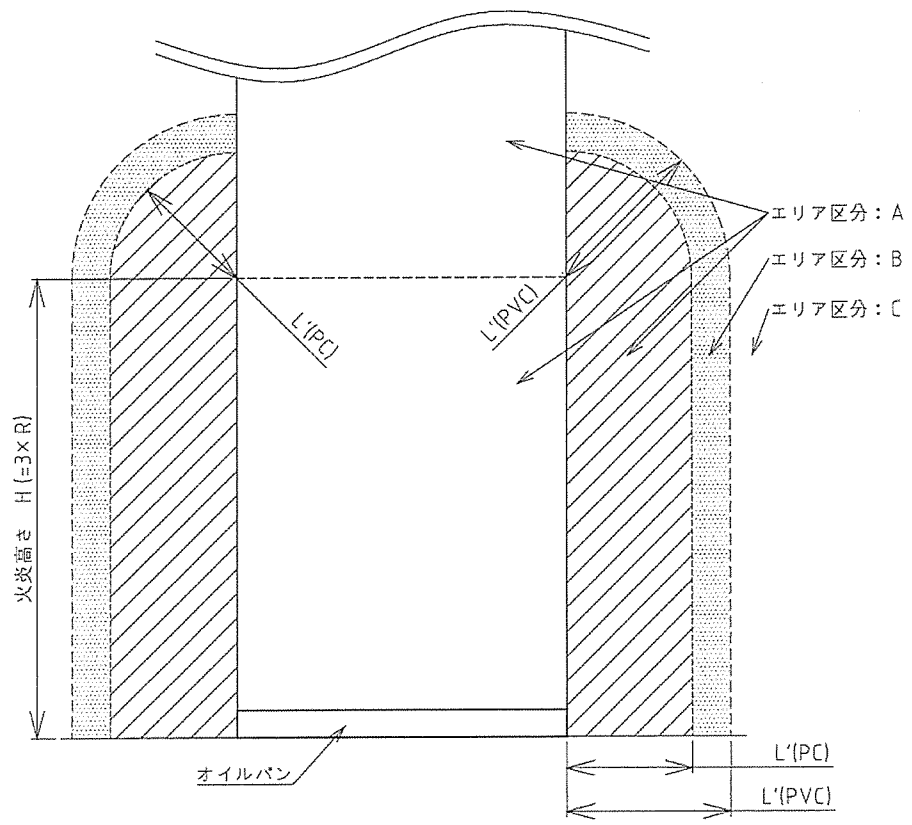


添説設 2-1-1 図 水平火災熱評価距離 (L')



上面図

添説設 2-1-2 図 火災熱評価エリア (水平方向)



側面図

添説設 2-1-3 図 火災熱評価エリア (鉛直方向)

4. 遮熱板について

遮熱板を設置することで、火炎による輻射熱を遮断できフードパネルの温度上昇を抑えることができる。金属機器本体で遮熱する場合も同様に輻射熱の遮断が可能である。また、前述のオイルパンと併用することで火炎の範囲を限定することにより火炎の影響範囲を軽減することができる。

以上より、遮熱板の設置により温度を低減させ、かつその影響範囲を限定させることで、火災時のウランの閉じ込め機能不全を防止する設計としている。さらには、薄板である遮熱板の表面は周辺の空気により冷やされるものの、室温より高い部分が存在するため、加工中のウランの閉じ込めに直接寄与しているフードボックスパネルに対して、必要離隔距離（添付説明書一設 2-1 付 2 参照）を確保して設置する設計とする。

UF₆ ガス取扱い機器の火災源火災に対する影響評価

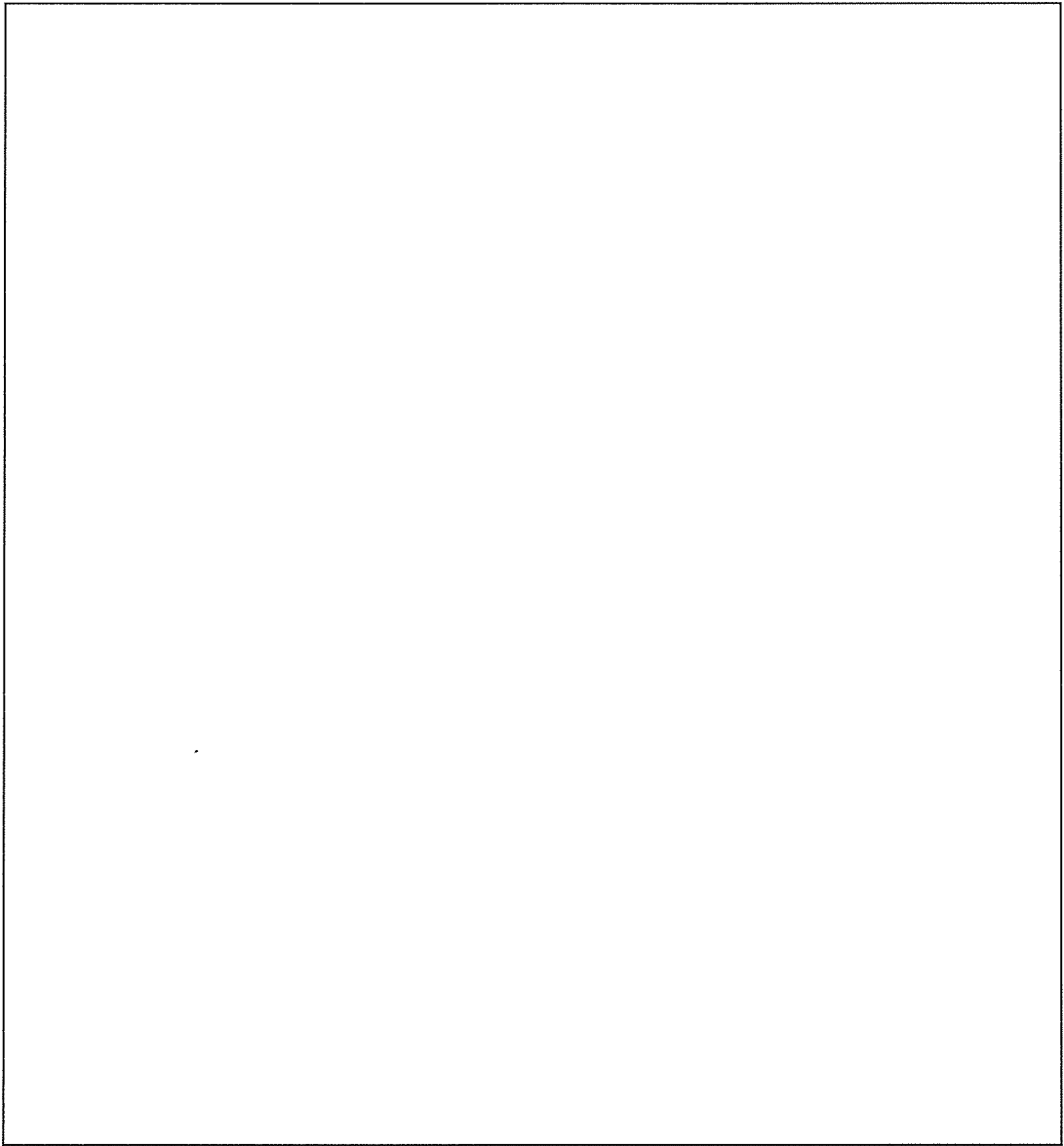
1. UF₆取扱機器への影響評価

潤滑油が燃焼した場合のコールドトラップ、コールドトラップ(小) (以下、「UF₆取扱設備」と称す) の閉じ込め機能への影響を評価する。コールドトラップ及びコールドトラップ(小)は周囲に保温材が施工されているため直接機器が加熱されることはないが、保守的に保温材が無いものとして評価する。

1.1 評価方法

UF₆取扱設備と火災が最も近いケースとして、真空ポンプの潤滑油が燃焼した際のUF₆取扱設備の閉じ込め機能への影響を「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」、「日本産業規格 (JIS)」、「建築基準法」の方法で評価する。なお、使用している潤滑油は容易には燃焼しないが、熱容量、燃焼時間の観点から保守的に灯油の物性値を用いて評価する。

ポンプ及びUF₆取扱設備の配置を添説設 2-1 付 1-1 図に示す。



添説設 2-1 付 1-1 図 オイルパン・遮熱板及びUF₆取扱設備配置図

1.2 燃焼半径の算出

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書」（以下「附属書」という。）に掲載の式より、添説設 2-1 付 1-1 表に示すとおり燃焼半径を算出した。

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = \sqrt{\frac{w \times d}{\pi}}$$

R：燃焼半径 (m)

S：燃焼面積 (m²)

w：幅 (m)

d：奥行き (m)

添説設 2-1 付 1-1 表 燃焼半径

項目	値	備考
幅 w (m)		真空ポンプのオイルパン外寸
奥行き d (m)		真空ポンプのオイルパン外寸
燃焼半径 R (m)		計算値

1.3 燃焼継続時間の算出

附属書に掲載の式より、添説設 2-1 付 1-2 表に示すとおり燃焼継続時間を算出した。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$$

t : 燃焼継続時間 (s)

V : 燃料積載量 (m³)

v : 燃焼速度 = M / ρ (m/s)

M : 質量低下速度 (kg/m²/s)

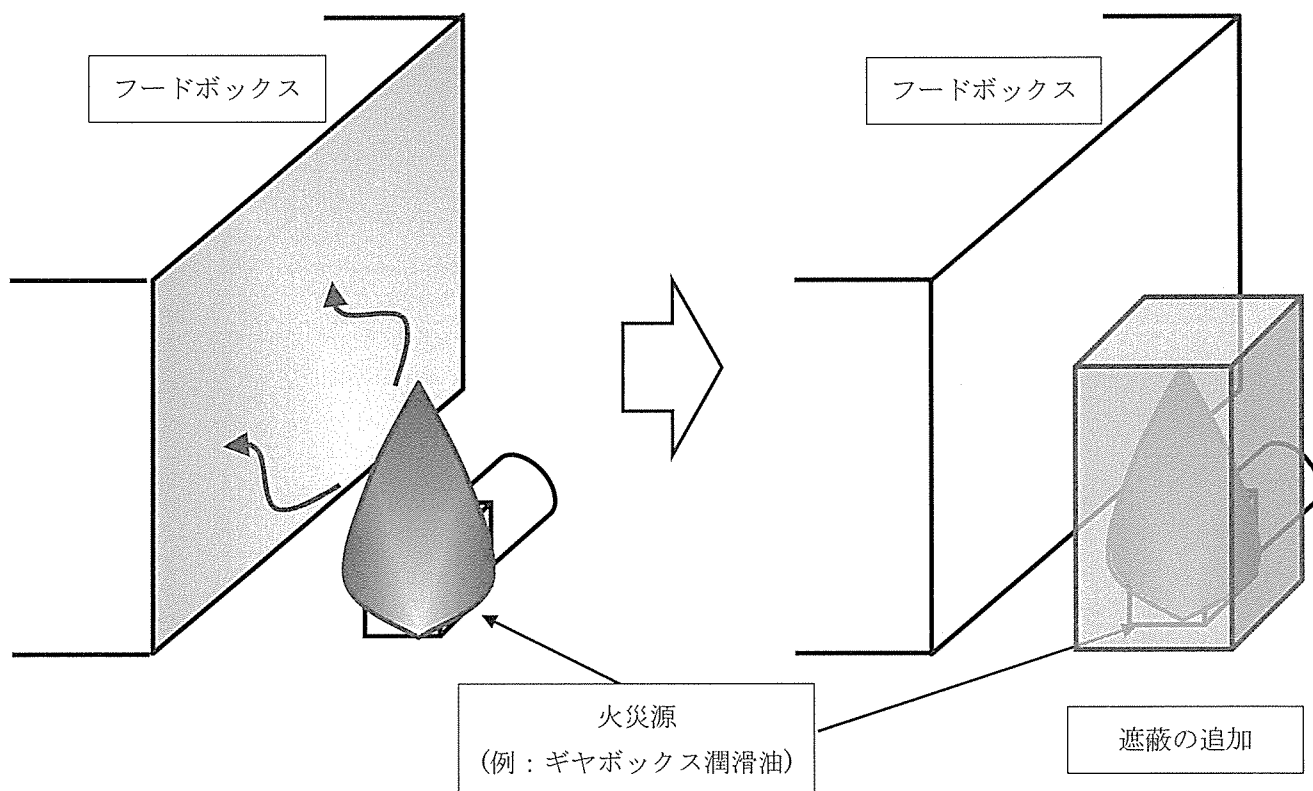
ρ : 燃料密度 (kg/m³)

添説設 2-1 付 1-2 表 燃焼継続時間

項目	値	備考
燃料積載量 V (m ³)		真空ポンプの内包油量
質量低下速度 M (kg/m ² /s)		灯油の値 (NRC「NUREG-1805」(Dec. 2004) より)
燃料密度 ρ (kg/m ³)		灯油の値 (NRC「NUREG-1805」(Dec. 2004) より)
燃焼速度 v (m/s)		計算値
燃焼継続時間 t (s)		計算値

1.4 遮熱板の温度上昇

閉じ込め機能に影響を与える火災源である潤滑油・作動油を貯留するタンク・ケーシングの外側に、火炎を遮蔽できる囲い（遮熱板）を設ける。添説設 2-1 付 1-2 表に示すとおり各火災の継続時間は 1 時間以下であることから、遮熱板の厚みは mm 以上の を用いる（1 時間以上の耐火時間を有する板厚：添付説明書一建 1「火災等による損傷の防止に関する説明書」の補足資料参照）（添説設 2-1 付 1-2 図参照）。

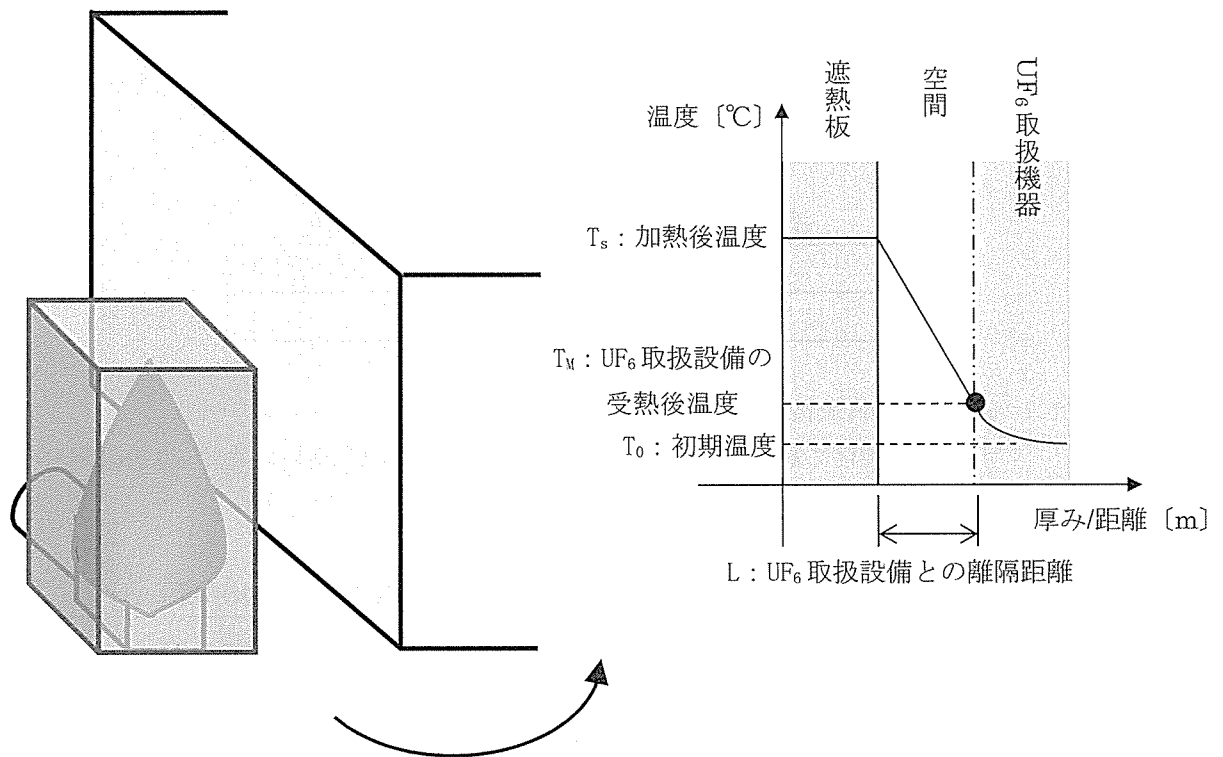


添説設 2-1 付 1-2 図 火災源対策実施例

遮熱板の設置により、輻射熱を発する火炎を遮蔽し火炎の影響を軽減できる。ただし、薄板である遮熱板の表面は周辺の空気により冷やされるものの、室温より高い部分が存在するため、遮熱板が加熱されることに伴う UF₆ 取扱設備の温度上昇を計算する。

1.5 遮熱板の温度上昇による設備・機器の温度上昇

遮熱板と UF₆ 取扱設備は空間を介して伝熱する。UF₆ フードボックス内の空気は強制的に局所排気されていること、室内空気は室内を循環しながら調温されていることから、伝導、対流による伝熱の効果は小さいが、空気が停止していると仮定し、日本産業規格に基づく伝導による伝熱計算を実施する。また、火災源による遮熱板の温度上昇について、実際の潤滑油・作動油の火炎は緩慢であるが、特定防火施設に対する建築基準法に基づく標準加熱曲線によるとし、高い負荷を想定した。モデル及び評価方法と結果について添説設 2-1 付 1-3 図、添説設 2-1 付 1-3 表及び添説設 2-1 付 1-4 表に示す。



$$T_M = T_s - q' \frac{L}{\lambda} = T_s - \frac{(T_s - T_0)}{\frac{L}{\lambda} + \frac{1}{h}} \times \frac{L}{\lambda}$$

L [m] : 遮熱板と UF₆ 取扱設備との距離

λ [W/m/K] : 遮熱板と UF₆ 取扱設備の間の空気の熱伝導率=0.0257^{※1}

T_s [°C] : 遮熱板の上昇温度^{※2}

T_M [°C] : UF₆ 取扱設備の上昇後温度

T₀ [°C] : UF₆ 取扱設備の初期温度

(コールドトラップ、コールドトラップ(小)はインターロックセット値)

h [W/m²/K] : 熱伝達率=8.29

※1 : 日本機械学会 機械工学便覧 1989

※2 : 建築基準法の標準加熱温度曲線式 $T=345 \times \log_{10}(8t+1)+20$ より計算した温度

t [min] : 燃焼継続時間

添説設 2-1 付 1-3 図 評価モデルと評価方法

1.6 遮熱板の温度

建築基準法の標準加熱温度曲線式及び添説設 2-1 付 1-2 表で算出した燃焼継続時間より、遮熱板の温度を算出した。添説設 2-1 付 1-3 表に示す。

添説設 2-1 付 1-3 表 遮熱板の上昇温度

燃焼継続時間 t	遮熱板の上昇温度 T_s

1.7 遮熱板と UF₆ 取扱設備との距離と上昇後温度

日本産業規格に基づく伝導による伝熱計算により、遮熱板による UF₆ 取扱設備の上昇後温度を算出した。添説設 2-1 付 1-4 表に示す。

添説設 2-1 付 1-4 表 遮熱板による UF₆ 取扱設備の上昇後温度

項目	コールド トラップ	コールド トラップ(小)	備考
離隔距離 L(m)			遮熱板と各設備との設計 最短距離
初期温度 T_0 (°C)			インターロックセット値
上昇後温度 T_M (°C)			計算値

1.8 評価結果

コールドトラップ及びコールドトラップ(小)の温度高インターロックセット値 130°C に対し、昇温幅は最大 3.7°C であることから、使用時に火災が発生したとしてもコールドトラップ及びコールドトラップ(小)の昇温後の温度は最大で 133.7°C となり、温度高インターロックの設定値 134°C 以下を下回る。燃焼しにくい潤滑油が遮熱板で閉じられている環境で理想的に燃焼する(標準加熱曲線に基づく燃焼)ことを想定していること、コールドトラップ及びコールドトラップ(小)の温度がインターロックのセット値に達してその温度を維持している際に火災が発生することを想定した場合においても、コールドトラップ及びコールドトラップ(小)の温度を温度高インターロック設定値 134°C 以下に維持できることから、火災時においてもコールドトラップ及びコールドトラップ(小)の閉じ込め機能は維持できる。

なお、詳細設計の結果、真空ポンプ油量を事業許可段階(0.0018m³)から 0.0025m³に変更しているが、本評価のとおりコールドトラップ及びコールドトラップ(小)への影響はない。また、真空ポンプを囲う UF₆ フードボックスは、金属を主な材料としており、火災が発生したとしても、これへの影響はない。

また、本変更は、先行申請での原料倉庫の火災区域評価(原料倉庫内の油量 44L)に

含んでおり、火災区域評価結果への影響はない。

火災源となる機器と影響評価

1. 火災影響評価の考え方

閉じ込め機能を有している設備・機器が、周囲機器の油火災により加熱され、温度が上昇することに対し、閉じ込め機能を担保している部位のうち、火災の熱影響を受け、機能喪失のおそれのある樹脂製の部位の温度上昇を計算する。工場棟の申請範囲の機器で、閉じ込め機能を担保している部位の材質を添説設 2-1 付 2-1 表に示す。

添説設 2-1 付 2-1 表 閉じ込め機能を担保している部位の材質、仕様

No.	材質名	主な使用部位	許容温度 ^{※6} T _M [°C]	比熱 C _p [J/kg/K]	密度 ρ _M [kg/m ³]	厚み X [mm]
①	<input type="text"/> (PVC)	フードボックス パネル・ダクト				
②	<input type="text"/> (PC)	フードボックス パネル				
③	ゴム	ガスケット				

※1 工業調査会 プラスチック材料読本 1983

※2 日本機械学会 機械工学便覧 1989

※3 NFPA Fire Protection Handbook Twentieth Edition

※4 JIS G 3459「配管用ステンレス鋼鋼管」

ゴムは主にステンレス製構造物の間で閉じ込め機能を担保していることから、受熱面積が小さいので、ステンレス鋼の温度上昇により加熱されると想定する。

※5 使用部材のうち、最も薄い厚みで評価する。

※6 本評価では、一定温度で放置した場合に変形変質して破損するおそれのある温度（耐熱温度）を許容温度とした。

火災源となる機器の周囲には、閉じ込め機能を有する機器が複数あり得ることから、火災源と添説設 2-1 付 2-1 表に示す材質との危険限界距離を算出し、危険限界距離外にある材質は閉じ込め機能が維持できるものとする。危険限界距離内にある材質は閉じ込め機能が維持できない可能性があるものとし、対策を実施する。

2. 評価計算

前提条件：

- ・評価の手法は、「原子力規制委員会 原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書 2013」（以下、「附属書」という。）に則ることとする。
 - ・「原子力規制委員会 原子力発電所の内部火災影響評価ガイド 2013」に基づき、火災源の油量については仕様上の最大量の10%が燃焼することを想定する。
 - ・初期温度 T_0 を 40 [°C] とする。
 - ・潤滑油・作動油の評価上の性能が不明な場合は、熱容量、燃焼時間の観点から保守的に灯油の物性値を用いて評価する。
- 以下に、油の仕様を添説設 2-1 付 2-2 表に示す。

添説設 2-1 付 2-2 表 火災源油の仕様

油種	燃料密度※1	質量低下速度※1	輻射発散度※2
—	ρ_f [kg/m ³]	M [kg/m ² /s]	R_f [kW/m ²]
灯油			

※1 NRC NUREG-1805 2004

※2 原子力規制委員会 原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 2013

計算方法：

- ① 添説設 2-1 付 2-1 表の通り、閉じ込め部材の種類と厚みを設定する。
- ② 附属書に掲載の式より、等価火炎の燃焼半径を算出する。

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = \sqrt{\frac{w \times d}{\pi}}$$

R：燃焼半径 [m]

S：燃焼面積 [m²]

w：幅 [m]

d：奥行き [m]

なお、w 及び d は火災範囲の寸法を用いる。

- ③ 附属書に掲載の式より、燃焼継続時間を算出する。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$$

t : 燃焼継続時間 [s]

V : 燃料積載量 [m³]

v : 燃焼速度 = M / ρ_f [m/s]

M : 質量低下速度 [kg/m²/s] ρ_f : 燃料密度 [kg/m³]

- ④ 附属書に掲載の式より、閉じ込め部材が許容温度 T に達する危険限界距離 L₀ を算出する (L₀ は火炎の中心からの距離)。

$$\Phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

$$m = H/R \doteq 3$$

$$n = L/R$$

$$A = (1+n)^2 + m^2$$

$$B = (1-n)^2 + m^2$$

Φ : 形態係数

L : 離隔距離 [m]

H : 炎高さ [m]

R : 燃焼半径 [m]

$$E = R_f \cdot \Phi$$

E : 輻射強度 [kW/m²]

R_f : 輻射発散度 [kW/m²]

Φ : 形態係数

$$T = T_0 + \frac{E}{h} \left(1 - e^{-\frac{ht}{c_v}} \right)$$

T : 閉じ込め部材の入熱後の温度 [°C]

T₀ : 初期温度 [°C]

ρ_M : 閉じ込め部材の密度 [kg/m³]

C_p : 閉じ込め部材の比熱 [J/kg/K]

h : 熱伝達率 [W/m²/K] = 8.29※

X : 閉じ込め部材の厚み [m]

C_v : 閉じ込め部材の面積あたりの熱容量 [J/m²/K] = ρ_M × C_p × X

※ 空気調和・衛生工学会 空気調和・衛生工学便覧 2010

- ⑤ 危険限界距離 L₀ の範囲外にある閉じ込め部材は、火災源で火災が発生しても機能が維持できるものとする。L₀ の範囲内の場合は閉じ込め機能が維持できない可能性があるものとし、対策を実施する。

3. 火災源の抽出と各計算結果

火災の発生源として考慮すべき潤滑油や作動油を内包する設備・機器及び、火災熱評価によって算出した、各材質に対する危険限界距離（ L_0 ）を添説設 2-1 付 2-3 表に示す。

添説設 2-1 付 2-3 表 工場棟 火災源となる機器と、閉じ込め部材に対する危険限界距離の結果

申請機器 名称	No. ※1	火災源	燃料 積載量 V [m ³]	火災範囲 寸法※2 [m]	オイルパン 高さ [m]	等価火炎 外寸※4 [m]		燃烧 継続 時間※5 t [s]	各材質に対する 危険限界距離 L ₀ [m]			
				w 幅×d 奥行き 又はφ直径	h 高さ	R 燃烧半径	H 炎高さ		PVC	PC	ゴム※3	
UO ₂ フィルタ (1) (2)	107	ブロワ										
粉碎機 (1) (2)	112	減速機										
充填装置 (1) (2)	115	減速機										

※1 事業許可の安全機能を有する施設の安全機能一覧表の No. に対応。

※2 オイルパンまたはオイル取扱機器を収納した機器の外寸。

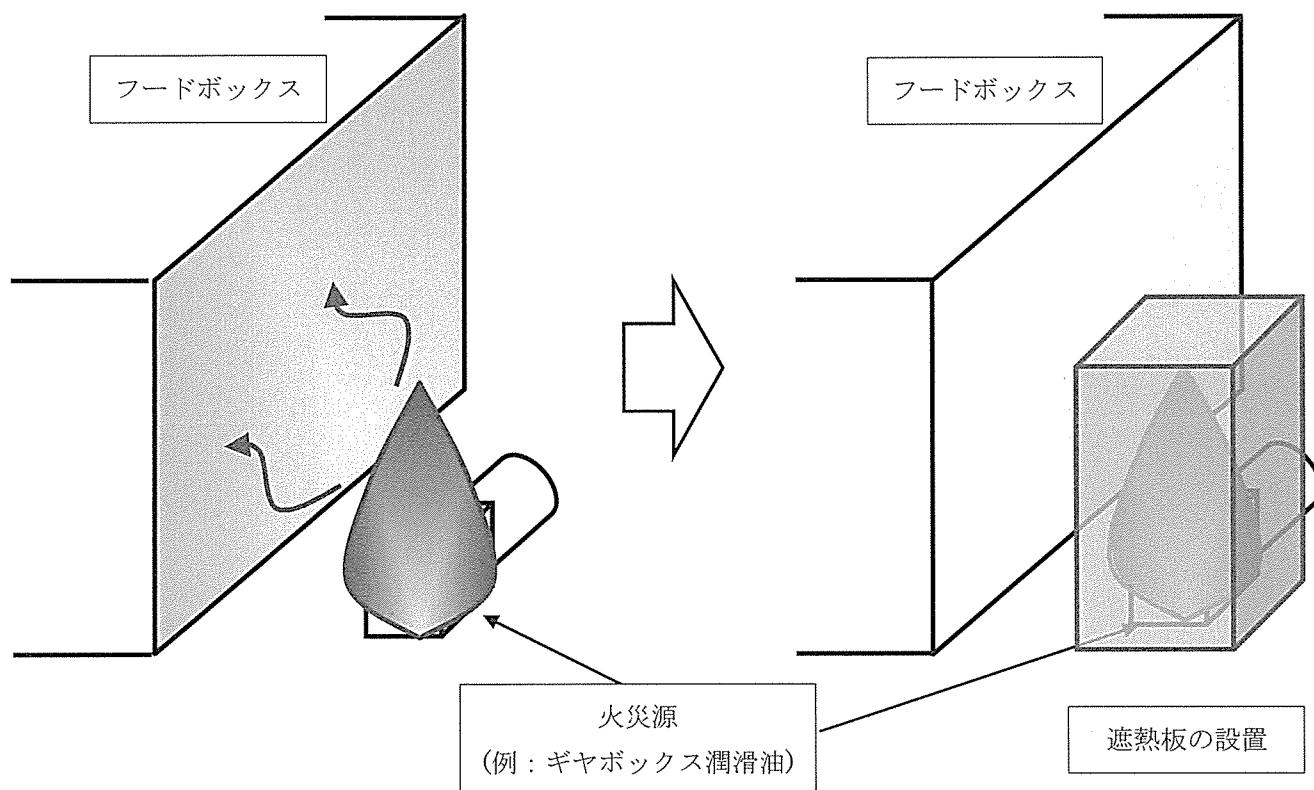
※3 ゴムは受熱面積が小さいことから、ステンレス鋼の温度上昇により加熱されると想定する。

※4 小数点以下第 3 位を四捨五入（計算中間値も四捨五入）。

※5 小数点以下第 1 位を切り上げ（計算中間値は四捨五入）。

4. 対策

閉じ込め機能に影響を与える火災源に対して、火炎を遮熱できる囲い(遮熱板)を設ける。添説設 2-1 付 2-3 表に示すとおり各火災の継続時間は 1 時間以下であることから、厚み mm 以上 (1 時間以上の耐火時間を有する板厚：添付説明書一建 1 「火災等による損傷の防止に関する説明書」の補足資料参照) の を用いる (添説設 2-1 付 2-1 図参照)。



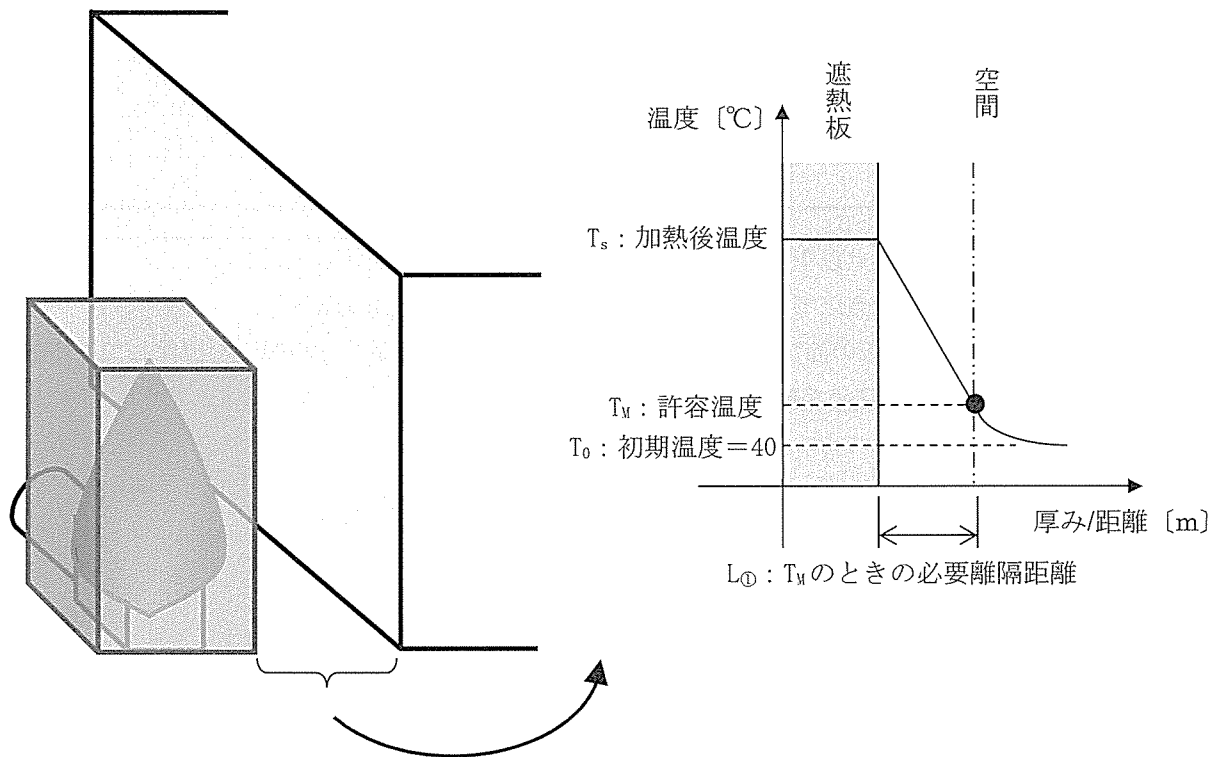
添説設 2-1 付 2-1 図 火災源対策実施例

遮熱板の設置により、輻射熱を発生する火炎を遮断し火炎の影響を軽減できる。ただし、薄板である遮熱板の表面は周辺の空気により冷やされるものの、室温より高い部分が存在するため、遮熱板が加熱されることによる閉じ込め部材の温度上昇を計算する。遮熱板の周囲には、閉じ込め機能を有する機器が複数あり得ることから、遮熱板と添説設 2-1 付 2-1 表に示す閉じ込め部材が許容温度¹に至らないための最小距離 (離隔距離 L_0) を算出した (添説設 2-1 付 2-4 表)。設置する遮熱板は、対象とする部材に対して離隔距離 L_0 以上を離して設置することとする。

¹ 一定温度で放置した場合に変形変質して破損するおそれのある温度 (耐熱温度)

○離隔距離の計算方法

遮熱板と閉じ込め部材は空間を介して伝熱する。室内空気は室内中を循環しながら調温されていることから、伝導、対流による伝熱は効果が小さいが、空気が停止していると仮定し、伝導による伝熱を検討する。また、火災による遮熱板の温度上昇について、実際の潤滑油・作動油の火災は緩慢であるが、特定防火施設に対する建築基準法に基づく標準加熱曲線によるとし、高い負荷を想定した。モデル及び評価方法と結果について、添説設 2-1 付 2-2 図及び添説設 2-1 付 2-4 表に示す。



$$T_M = T_S - q \cdot \frac{L_{\oplus}}{\lambda_{\oplus}} = T_S - \frac{(T_S - T_0)}{\frac{L_{\oplus}}{\lambda_{\oplus}} + \frac{1}{h}} \times \frac{L_{\oplus}}{\lambda_{\oplus}} \rightarrow L_{\oplus} = \frac{\lambda_{\oplus}}{(T_M - T_0)} \times \frac{(T_S - T_M)}{h}$$

L_{\oplus} [m] : 閉じ込め部材が許容温度 T_M [°C] になるときの必要離隔距離

λ_{\oplus} [W/m/K] : 火炎の遮熱板と閉じ込め部材の間の空気の熱伝導率=0.0257^{※1}

T_s [°C] : 火炎による遮熱板の上昇温度^{※2}

T_M [°C] : 閉じ込め部材の許容温度

T_0 [°C] : 初期温度=40

h [W/m²/K] : 熱伝達率=8.29

※1 : 日本機械学会 機械工学便覧 1989

※2 : 建築基準法の標準加熱温度曲線式 $T=345 \times \log_{10}(8t+1)+20$ より計算した温度

t [min] : 燃焼継続時間

添説設 2-1 付 2-2 図 評価モデルと評価方法

添説設 2-1 付 2-4 表 遮熱板と閉じ込め部材に対する必要離隔距離

申請機器名称	機器名称 (火災源)	燃料 積載量 V [m ³]	燃焼 継続 時間※1 t [s]	遮熱板の上昇 温度※1 Ts [°C]	各材質に対する 必要離隔距離 L _① [m] ※2
					PVC
UO ₂ フィルタ(1)(2)	ブロワ				

※1 小数点以下第 1 位を切り上げ (計算中間値は四捨五入)。

※2 小数点以下第 4 位を切り上げ (計算中間値は四捨五入)。

遮熱板の面からの距離が L_①以上であれば、各閉じ込め機能を担保している材質は健全であることを示す。

設備の耐震性に関する説明書

1. 耐震設計の基本方針

1-1. 耐震設計の方針

本加工施設の耐震設計は、以下の方針とする。

- ・安全機能を有する施設に関して、地震力に十分に耐えることができる設計とする。
- ・地震による安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて耐震設計上の重要度を分類し、地震力を設定する。

1-2. 耐震設計上の重要度分類

ウランを取り扱う設備・機器及びウランを収納する設備・機器等及びこれらを収納する建物については、地震の発生による当該設備・機器の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度に応じて分類する。また、耐震重要度分類において、上位に属するものは、下位の分類に属するものの破損によって波及的破損が生じないものとするとともに、下位の分類に属するものを上位の分類の建物及び構築物と構造的に一体に設計することが必要な場合には、上位の分類による設計とする。耐震設計上独立した建物を接続する場合は、エキスパンションジョイントを介して接続する設計とする。なお、本加工施設には、耐震重要施設（Sクラスに属する施設）及び、Sクラスの設備・機器及び建物は無い。

【第1類】

安全機能を失うことによる影響の大きい設備・機器とする。なお、これらの設備・機器を収納する建物・構築物を含む。ウランを内包する設備・機器における第1類及び第2類の区分については、閉じ込め機能及び臨界防止機能が失われたことによる影響が大きいものとして、最小臨界質量以上を取り扱うものを第1類に、それ未満を第2類とする。

- ① 非密封ウランを取り扱う設備・機器及び非密封ウランを閉じ込めるための設備・機器のうち、以下を含めその機能を失うことによる影響の大きい設備・機器。
 - ・UF₆ガス取扱設備（大きな地震時に閉じ込めを期待する設備）及び著しく大きな地震力が作用する前に大きな地震を検知した場合に作動を期待するインターロック機構
 - ・水素取扱設備及び著しく大きな地震力が作用する前に大きな地震を検知した場合に作動を期待するインターロック機構
- ② 臨界安全上の核的制限値を有し、形状寸法を核的制限値とする設備・機器、中性子吸収材を使用する設備・機器又は最小臨界質量以上のウランを取り扱い、減速度を制限する設備・機器であって、その機能喪失による影響の大きい設備・機器。また、最小臨界質量未満のウランを取り扱う設備・機器であって、変形、破損等により最小臨界質量以上のウランが集合する可能性のある設備・機器。
- ③ 上記②の核的制限値を維持するための設備・機器であって、その機能を失うことによる影響の大きい設備・機器。
- ④ 上記①から③の設備・機器を収納する建物及び構築物。

【第2類】

安全機能を失うことによる影響の小さい設備・機器とする。なお、これらの設備・機器を収納する建物・構築物を含む。

- ① 非密封ウランを取り扱う設備・機器及び非密封ウランを閉じ込めるための設備・機器であって、その機能を失うことによる影響の小さい設備・機器。
- ② 臨界安全上の核的制限値を有する設備・機器であって、最小臨界質量未満のウランを取り扱う設備・機器及びその制限値を維持するための設備・機器であって、その機能喪失による影響の小さい設備・機器。
- ③ 非常用電源設備、放射線管理設備であって、その機能喪失により加工施設の安全性が損なわれるおそれがある設備・機器。
- ④ 熱的制限値を有する設備・機器。
- ⑤ UF₆ガス漏えい時に局所排気中のUF₆等の除去を行う設備・機器。
- ⑥ 上記①～⑤の設備・機器を収納する建物及び構築物。

【第3類】

第1類及び第2類以外の設備・機器並びにそれらを収納する建物及び構築物。

1-3. 設計用地震力の算定

1-3.1. 設備・機器の設計用地震力の算定

設備・機器に対する地震力の算定は、以下に示す方法による。

- ・設備・機器の耐震設計法については、原則として静的設計法を基本とする。
- ・上位の分類に属するものは、下位の分類に属するものの破損によって波及的破損が生じないようにする。
- ・上位の分類の建物・構築物と構造的に一体に設計することが必要な場合には、上位分類の設計法による。
- ・設備・機器は一次固有振動数を算出し、20Hz 以上の場合を剛構造とし、20Hz 未満を剛構造とならない設備・機器とする。
- ・固有振動数の算出式は原則として下記の式を用いる。

$$\text{一次固有振動数} = \frac{1}{T} = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

T：弾性域における固有周期で国住指第 1335 号 4 (3) ①により定められる式

$$\text{一次固有周期 } T = \frac{\sqrt{\delta}}{C}$$

C：国住指第 1335 号 4 (3) ①により定められる定数で、平屋建ての建築物にあつては 5.0 を用いる。

δ ：それ自体の重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]

- ・剛構造となる設備・機器は各クラスともに一次設計を行う。常時作用している荷重と、一次地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、許容応力度を許容限界とする設計とする。
- ・剛構造となる設備・機器において耐震重要度分類第 1 類の設備は、上記の一次設計に加え、二次設計を行う。常時作用している荷重と二次地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、設備・機器の相当部分が降伏し、塑性変形する場合でも過大な変形、亀裂、破損等が生じ、その施設の安全機能に重大な影響を及ぼすことがない設計とする。
- ・剛構造とならない設備・機器は、「建築設備耐震設計・施工指針（一般財団法人日本建築センター発行）2014 年版」の局部震度法による「設備機器の設計用標準震度」に基づく水平地震力と常時作用している荷重の組み合わせに対して弾性範囲にとどまる設計を行う。

剛構造の地震力

【一次設計】

- ・一次設計で使用する地震力は一次地震力であり、地震層せん断係数 C_i に、耐震重要度に応じて以下に示す割増係数を乗じたものに20%増しして算定するものとする。

割増係数

耐震重要度分類第1類：1.5

耐震重要度分類第2類：1.25

耐震重要度分類第3類：1.0

- ・地震層せん断係数 C_i は以下に方法より算出する。

$$C_i = Z \times R_t \times A_i \times C_0$$

C_i ：建築物の地上部分の一定の高さにおける地震層せん断力係数。

Z ：その地方における過去の地震の記録に基づく震害の程度及び地震活動の状況その他地震の性状に応じて1.0から0.7までの範囲内において国土交通大臣が定める数値。

昭和55年建設省告示第1793号第1により定められる値であり、1.0とする。

R_t ：建築物の振動特性を表す物として、建築物の弾性域における固有周期及び地盤の種類に応じて国土交通大臣が定める方法により算出した数値。

昭和55年建設省告示第1793号第2により算出する値であり、1.0とする。

A_i ：建築物の振動特性に応じて地震層せん断力係数の建築物の高さ方向の分布を表す物として国土交通大臣が定める方法により算出した数値。

昭和55年建設省告示第1793号第3により算出する値。

C_0 ：標準せん断力係数。

建築基準法施工令第88条第2項より0.2とする。

【二次設計】

- ・耐震重要度分類第1類において二次設計で使用する地震力は、一次地震力に1.5を乗じたものとする。

上記の方法により算出した地震力を添説設3-1表に示す。

添説設3-1表 設置した設備の地震力

建物/重要度分類	C ₀	A _i	C _i	一次設計			二次設計
				第1類	第2類	第3類	第1類
1F	0.2	1.0	0.2	0.36 G	0.3 G	0.24 G	0.54 G
2F	0.2	1.0	0.2	0.36 G	0.3 G	0.24 G	0.54 G
3F	0.2	1.257	0.2	0.46 G	0.38 G	0.31 G	0.68 G

なお、設備・機器の耐震設計で一次設計に用いる設計用地震力は、上記の地震力に対して余裕をみた地震力である「建築設備耐震設計・施工指針」の局部震度法による「設備機器の設計用標準震度」に基づく水平地震力を用いる。

添説設3-2表に「設備機器の設計用標準震度」に基づく水平地震力を示す。なお、耐震クラスSは耐震重要度分類第1類、耐震クラスAは同第2類、耐震クラスCは同第3類、に読み替えている。

添説設3-2表 設備機器の設計用標準震度に基づく水平地震力

耐震重要度分類	第1類	第2類	第3類
地階*及び1階	1.0 G	0.6 G	0.4 G
中間層	1.5 G	1.0 G	0.6 G
上層階、屋上及び塔屋	2.0 G	1.5 G	1.0 G

*原料倉庫地下ピットの床に設置する設備・機器も含む

ここで、設備・機器の第1類は、二次設計を行うこととしているが、一次設計で使用する設計用地震力は二次設計で使用する地震力を上回り、弾性範囲であることを確認するため、二次設計は一次設計の結果に包絡される。

剛構造ではない設備・機器の地震力

剛構造ではない設備・機器の地震力は「建築設備耐震設計・施工指針（一般財団法人 日本建築センター発行）2014年版」の局部震度法による「設備機器の設計用標準震度」に基づく水平地震力を設定する。

添説設3-2表に設計に用いる地震力を示す。

1-4. 設備・機器の耐震計算の方法

1-4.1. 評価方法

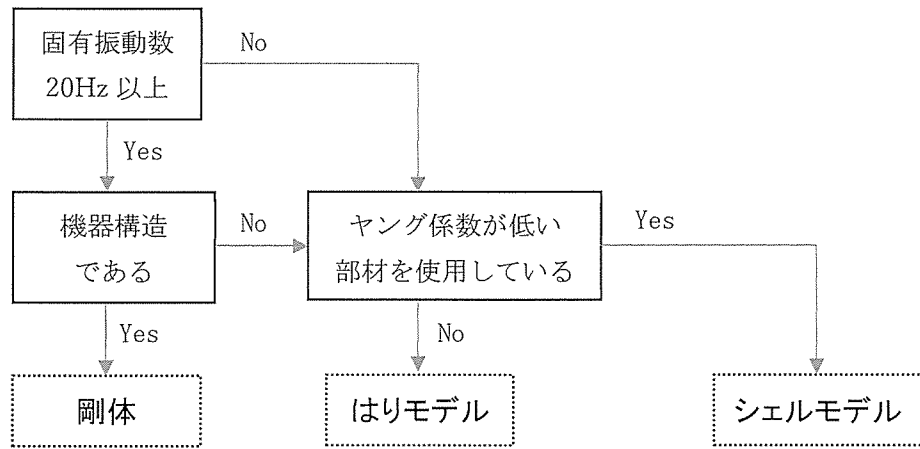
設備・機器の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。耐震重要度分類第1類、第2類の設備・機器は、はりモデル、シェルモデル及び剛体のいずれかでモデル化する。これらは、固有振動数、使用している部材、構造により選択する。モデル選択のフロー図を添説設3-1図に示す。なお、耐震重要度分類第3類の設備・機器は、据付ボルトを評価する。

インターロックは、検出端、制御部、作動端を対象に評価を実施する。

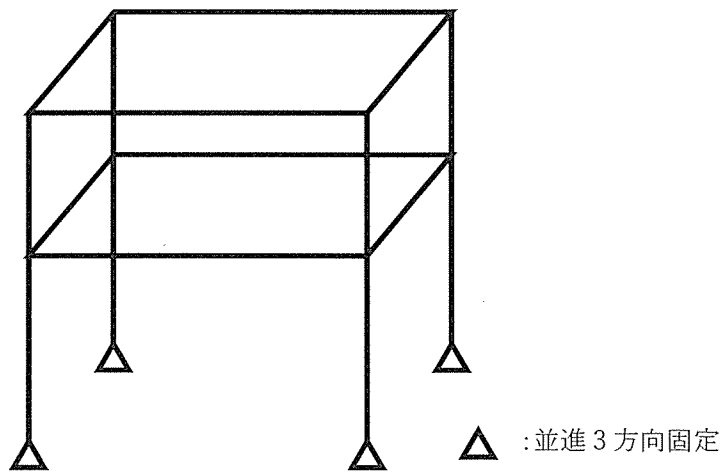
モデル化に際して、下記の通りとする。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び設置床レベルを考慮した設計用地震力を用いて、解析モデルに静的荷重を付与することで実施する。
- (2) 添説設 3-2 図に示すようなはりモデルの場合は、既設工認で使用実績がある、解析コード FAP-3 を使用する(スクラバ{618}は、シェルモデルを用いるため NASTRAN を使用する。)。部材は短期荷重作用時に水平方向に与えられる地震荷重による全体変形に伴うモーメントが支配的であることから、要素節点に着目する。
- (3) 拘束条件は、据付ボルト部では並進 3 方向固定とする。ただし、槽等の単純はりである場合は、据付ボルト部では固定とする。
- (4) 荷重は長期荷重と短期荷重を考慮する。長期荷重は鉛直方向の固定荷重、積載荷重である。短期荷重は長期荷重と地震力の合計であり、水平 2 方向についてそれぞれ考慮する。機器の重量や機器内のウラン等の物質による積載荷重を作用荷重とする。
- (5) 機器本体の据付ボルトについては、以下の条件を満たす場合は、架台の据付ボルトの応力評価で代表する。
 - ・ 機器本体の据付ボルトに比べ、架台の据付ボルトの方が機器重心からの距離が大きい場合で、機器本体の据付ボルトに比べ、架台の据付ボルトの本数及びボルト径が同等以下の場合。この条件を満たさない場合は、機器本体及び架台の据付ボルトを評価する。
- (6) 温度条件は原則常温とする。ただし、設備が加熱され温度が高くなる設備の本体については、温度を考慮した材料定数及び許容限界を用いる。温度を考慮する設備を添説設 3-3 表に示す。

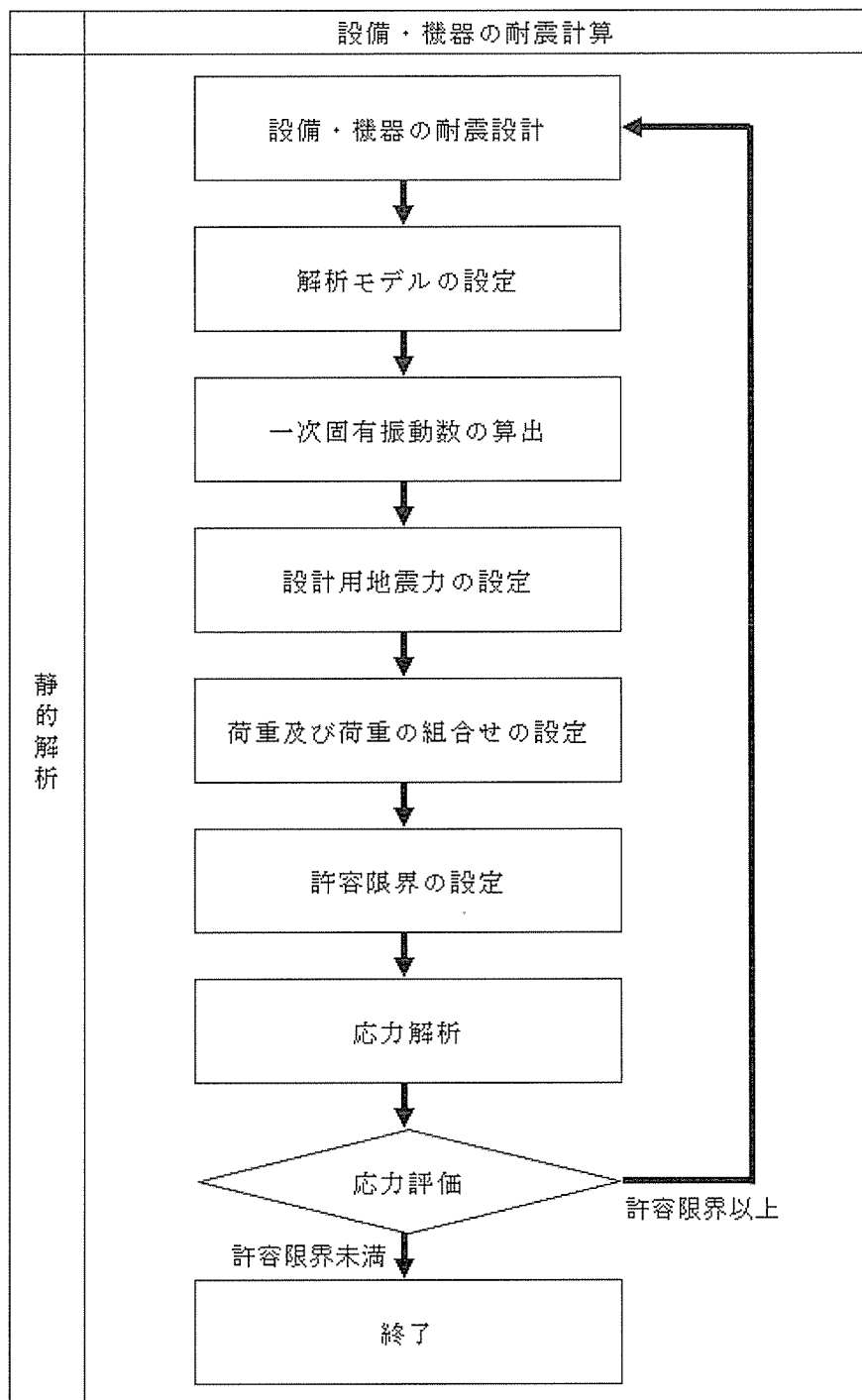
設備の耐震計算フローの概要を添説設3-3図に示す。



添説設3-1図 モデル選択フロー



添説設3-2図 3次元モデルの例



添説設3-3図 設備の耐震計算フロー概要

添説設3-3表 温度考慮をする設備

機器名	部位名称	温度 [°C]
蒸発器	蒸発器	
UO ₂ ブロータンク	UO ₂ ブロータンク	
UO ₂ 受けホッパ	UO ₂ 受けホッパ	

1-4.2. 荷重及び荷重の組合せ

設備・機器の荷重及び荷重の組合せを以下に示す。

剛構造の一次設計、二次設計、及び剛構造ではない設備・機器の設計で考慮する荷重は、常時作用する荷重である固定荷重と積載荷重及び地震荷重を考慮し、「鋼構造設計規準」に基づき添説設3-4表のと通りの組合せとする。積載部材のモーメントの考慮については、添付説明書-設3-1-付3に示す。

添説設 3-4 表 荷重の組合せ

荷重の状態		荷重の組合せ
長期	常時	G + Q
短期	地震時	G + Q + E

注) G : 固定荷重、Q : 積載荷重、E : 地震荷重

1-4.3. 許容限界

設備・機器の許容限界は原則として、以下の通りとする。

なお、使用する許容限界は添付説明書-設3-1-付1に示す。

【一次設計】

- ・一次設計で使用する許容限界は、長期状態において降伏応力又はこれと同等な安全性を有する応力に2/3を乗じた応力とし、短期状態において降伏応力又はこれと同等な安全性を有する応力とする。

【二次設計】

- ・耐震重要度分類第1類の二次設計で使用する許容限界は、設備・機器の相当部分が降伏し、塑性変形する場合でも過大な変形、亀裂、破損などが生じ、その施設の安全機能に重大な影響を及ぼすことがないこととする。

【剛構造とはならない設備・機器】

- ・剛構造とはならない設備・機器の耐震設計で使用する許容限界は、長期状態において弾性範囲に2/3を乗じた範囲にとどまることとし、短期状態において弾性範囲にとどまることとする。

1-4.4. 適用規格

設計は原則として、次の関係規準に準拠する。

- (1) 建築基準法・同施行令・告示等
- (2) 日本産業規格 (JIS) (日本規格協会)
- (3) 日本ステンレス協会規格 (SAS)
- (4) 鋼構造設計規準 — 許容応力度設計法 — (日本建築学会)
- (5) 軽鋼構造設計施工指針・同解説 (日本建築学会)
- (6) 建築設備耐震設計・施工指針 2014年版 (日本建築センター)
- (7) 各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会)
- (8) 発電用原子力設備規格 材料規格 (2012年)

設備の耐震計算書

目次

計算結果まとめ

各種評価結果

<化学処理施設>

添付説明書一設 3-1-転 1	蒸発器の耐震計算書
添付説明書一設 3-1-転 2	UF ₆ フードボックス・堰（循環貯槽）・UF ₆ 防護カバーの耐震計算書
添付説明書一設 3-1-転 3	コールドトラップの耐震計算書
添付説明書一設 3-1-転 4	コールドトラップ（小）の耐震計算書
添付説明書一設 3-1-転 5	循環貯槽及び熱交換器（循環貯槽）の耐震計算書
添付説明書一設 3-1-転 6	UO ₂ ブロータンクの耐震計算書
添付説明書一設 3-1-転 7	UO ₂ フィルタ及び UO ₂ バックアップフィルタの耐震計算書
添付説明書一設 3-1-転 8	UO ₂ 受けホッパの耐震計算書
添付説明書一設 3-1-転 9	粉砕機の耐震計算書
添付説明書一設 3-1-転 10	充填装置の耐震計算書

<放射性廃棄物の廃棄施設>

添付説明書一設 3-1-気 1	スクラバの耐震計算書
-----------------	------------

<その他の加工施設>

添付説明書一設 3-1-他 1	非常用ディーゼル発電機の耐震計算書
添付説明書一設 3-1-制 1	地震インターロックの耐震計算書
添付説明書一設 3-1-制 2	UF ₆ 漏えい警報設備の耐震計算書
添付説明書一設 3-1-分 1	不純物分析設備の耐震計算書

1. 設備・機器の耐震計算まとめ

耐震計算結果をまとめたものを添説設 3-1-1 表～添説設 3-1-5 表に示し、2 項に各種評価結果内容を添付計算書に示す。評価対象は部材と据付ボルトとする。

耐震重要度分類にもとづく耐震計算を実施した結果、申請機器は許容値を満足することを確認した。

添説設3-1-1表 転換工場 計算結果

申請書番号	機器名	部位名称	安全機能番号	耐震重要度分類	地震加速度	固有振動数(Hz)	剛柔	部材		据付ボルト		結果
								評価種類	検定比	評価種類	検定比	
添付説明書-設3-1-柱1	蒸発器	蒸発器	1	第1類	1.0							合格
添付説明書-設3-1-柱2	UF ₆ フードボックス・環（循環貯槽）・UF ₆ 防護カバー	UF ₆ フードボックス及び環	8.23	第1類	1.0							合格
		ガス溜めバッファ部1	8	第1類	1.0							合格
		ガス溜めバッファ部2	8	第1類	1.0							合格
		ガス溜めバッファ部3	8	第1類	1.0							合格
		ガス溜めバッファ部4	8	第1類	1.0							合格
		蒸発器用防護カバー	11	第1類	1.0							合格
		預発器用防護カバー架台	11	第1類	1.0							合格
		フードボックス用防護カバー	11	第1類	1.0							合格
		UF ₆ 配管用フードボックス	8	第1類	1.0							合格
		UF ₆ 配管用防護カバー	11	第1類	1.0							合格
添付説明書-設3-1-柱3	コールドトラップ	コールドトラップ*2	14	第1類	1.0						合格	
添付説明書-設3-1-柱4	コールドトラップ（小）	コールドトラップ（小）*2	17	第1類	1.0						合格	
添付説明書-設3-1-柱5	循環貯槽及び熱交換器（循環貯槽）	循環貯槽	22	第1類	1.0							合格
		熱交換器*2	28	第1類	1.0							合格
		循環貯槽架台	22	第1類	1.0							合格
		UF ₆ 配管用防護カバー（原料倉庫）	22	第1類	1.0							合格
		UF ₆ 配管用防護カバー（原料倉庫）架台	22	第1類	1.0							合格
添付説明書-設3-1-柱6	UF ₆ プロータンク	UF ₆ プロータンク	106	第1類	1.0							合格
		UF ₆ プロータンク架台	106	第1類	1.0							合格
添付説明書-設3-1-柱7	UF ₆ フィルタ及びUF ₆ バックアップフィルタ	UF ₆ フィルタ	107	第1類	1.0							合格
		フードボックス（UF ₆ フィルタ）	109	第1類	1.0							合格
		UF ₆ フィルタ架台	107	第1類	1.0							合格
		UF ₆ バックアップフィルタ*2	108	第1類	1.0							合格
添付説明書-設3-1-柱8	UF ₆ 受けホッパ	UF ₆ 受けホッパ	110	第1類	1.0						合格	
添付説明書-設3-1-柱9	粉砕機	フードボックス（粉砕機）*3	111,114	第1類	1.0							合格
		充填装置共通架台	112	第1類	1.0							合格
添付説明書-設3-1-柱10	充填装置	充填装置	115	第1類	1.0							合格
		フードボックス（充填装置）	116	第1類	1.0							合格
		充填装置架台	115	第1類	1.0							合格

添説設 3-1-2 表 気体廃棄設備 計算結果

申請書番号	機器名	部位名称	安全機能番号	耐震重要度分類	地震加速度	固有振動数(Hz)	剛柔	部材		据付ボルト		結果
								評価種類	検定比	評価種類	検定比	
添付説明書-設3-1-気1	スクラバ	スクラバ	618	第2類	0.6							合格
		スクラバ架台(1)	618	第2類	0.6							合格
		スクラバ架台(2)	618	第2類	0.6							合格

添説設 3-1-3 表 その他の加工施設 計算結果

申請書番号	機器名	部位名称	安全機能番号	耐震重要度分類	地震加速度	固有振動数(Hz)	剛柔	部材		据付ボルト		結果
								評価種類	検定比	評価種類	検定比	
添付説明書-設3-1-他1	非常用ディーゼル発電機	非常用ディーゼル発電機	888	第2類	0.6							合格
		精溜タンク*2	888	第2類	0.6							合格
		燃料油タンク*2	888	第2類	0.6							合格
		ラジエータ*2	888	第2類	0.6							合格
		発電機制御盤	888	第2類	0.6							合格

添説設 3-1-4 表 インターロック 計算結果

申請書番号	機器名	部位名	安全機能番号	制震装置 区分	地震 加速度	固有 振動数 (Hz)	剛柔	部材		据付ボルト		結果
								評価 係数	検定比	評価 係数	検定比	
添付説明書-設3-1-4-1	多層インターロック	地震計	6.021	第1種	1.0							合格
		制震器	6.021	第1種	1.0							合格
添付説明書-設3-1-4-2	UF ₂ 用えい台板設備	HF振出器《稼働時、作動時》(室内)	10.12	第1種	1.0							合格
		HF振出器《稼働時》(屋外)	13	第1種	1.0							合格

添説設 3-1-5 表 分析設備 計算結果

申請書番号	機器名	部位名	安全機能番号	制震装置 区分	地震 加速度	固有 振動数 (Hz)	剛柔	部材		据付ボルト		結果
								評価 係数	検定比	評価 係数	検定比	
添付説明書-設3-1-5-1	不純物分析設備	サンプル保管庫本体	907	第2種	0.6							合格
		サンプル保管庫設置架台	907	第2種	0.6							合格

- *1：明らかに高剛性の設備については、据付ボルト評価で代表する。
- *2：機器形状を考慮し、架台の評価で代表する。
- *3：粉砕機、粉砕機バグフィルタは、フードボックス（粉砕機）の評価で代表する。

2. 各種評価結果

各種評価結果内容を以下の添付計算書に示す。

蒸発器の耐震計算書

1. 設備・機器概要

1. 1. 耐震重要度分類

耐震重要度分類は第1類である。

1. 2. 設置位置

設置位置を添説設3-1-転1-1-1表に示す。

添説設3-1-転1-1-1表 対象設備 設置位置

機器名	建物名	区分	部屋名	参照図面
蒸発器(1)-A、蒸発器(1)-B、蒸発器(2)-A、蒸発器(2)-B	工場棟	転換工場	原料倉庫	添付図 図イ配-1

1. 3. 構造

構造図を添説設3-1-転1-1-2表に示す。

添説設3-1-転1-1-2表 対象設備 構造図

機器名	構造図
蒸発器	添付図 図イ設-1

2. 蒸発器の耐震計算

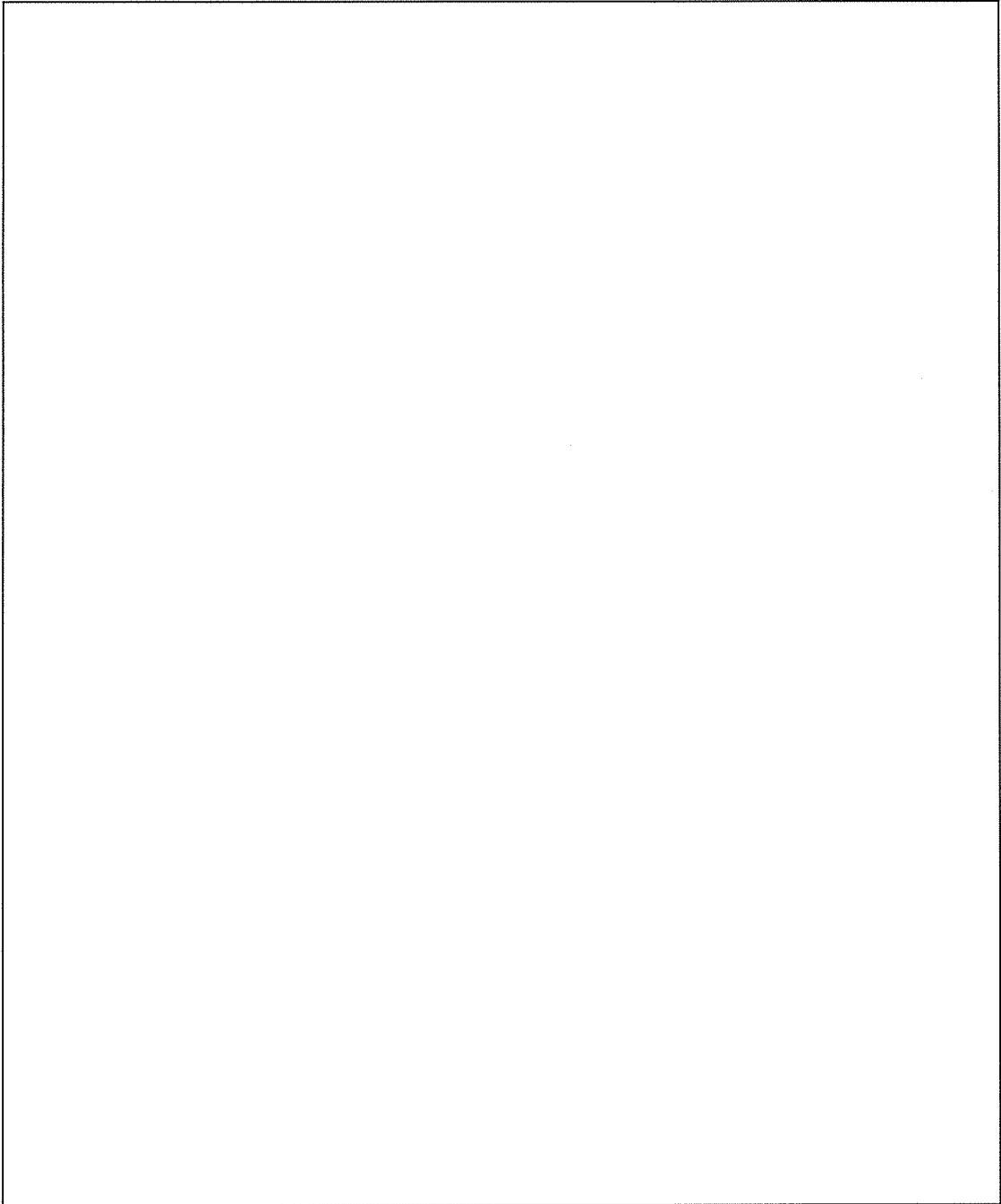
2. 1. 評価方法

蒸発器の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

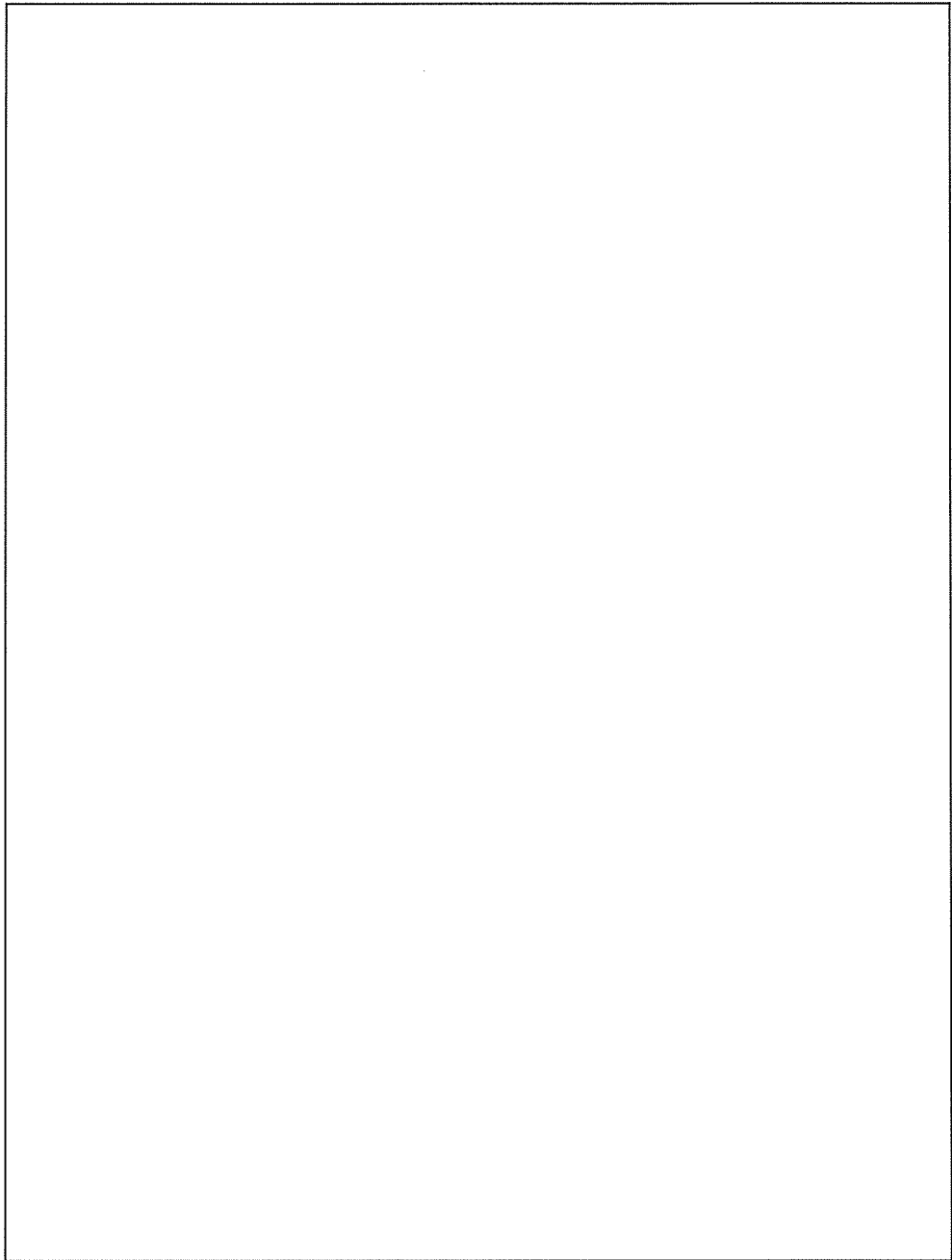
- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による 3 次元 FEM による静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードは FAP-3 を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進 3 方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平 2 方向の荷重をそれぞれ考慮する。

2. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-転 1-2-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-転 1-2-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-転 1-2-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-転 1-2-3 表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



添説設 3-1-転 1-2-1 図(1/2) 構造解析モデル



添説設 3-1-転 1-2-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-転 1-2-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm ²]	断面二次モーメント [mm ⁴] × 10 ⁴		断面係数 [mm ³] × 10 ³		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I _y	I _z	Z _y	Z _z	I	
柱										JIS G3192
柱										計算値
柱										計算値

添説設 3-1-転 1-2-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm ²]	せん断弾性係数 [N/mm ²]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準
				JSME S NJ1-2012

添説設 3-1-転 1-2-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*1

*1：節点番号は数字または階層と番号を下線()で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

*2：ウラン及びそれを内包する容器を含む。

2. 1. 2. 設計用地震力

2. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

$$\text{解析結果より、} \delta = \boxed{} \text{ [cm]}$$

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\boxed{}}} \doteq \boxed{} \cdot \cdot \cdot \doteq \boxed{} \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は $\boxed{}$ [Hz]となり、20[Hz]未満であるので、剛構造としない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

2. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造としない設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

2. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

2. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書-設 3-1-付 1 に示す。

2. 2. 応力評価

2. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 1-2-4 表及び添説設 3-1-転 1-2-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 1-2-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	—	03_03								
圧縮応力度	—	00_01								
せん断応力度	—	00_01								
曲げ応力度	—	03_01								
組合せ応力度	—	00_01								
組合せ応力	—	00_01								

添説設 3-1-転 1-2-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	X 正	03_02								
圧縮応力度	X 正	00_03								
せん断応力度	X 正	00_01								
曲げ応力度	X 正	03_01								
組合せ応力度	X 正	03_01								
組合せ応力	X 正	03_01								

2. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 1-2-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 1-2-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	X 正	00_02						
せん断応力度	X 正	00_01						
引抜力	X 正	00_02						

UF₆フードボックス・堰（循環貯槽）・UF₆防護カバーの
耐震計算書

1. 設備・機器概要

1. 1. 耐震重要度分類

耐震重要度分類は第1類である。

1. 2. 設置位置

設置位置を添説設3-1-転2-1-1表に示す。

添説設3-1-転2-1-1表 対象設備 設置位置

機器名	建物名	区分	部屋名	参照図面
UF ₆ フードボックス、 UF ₆ 防護カバー、堰（循環貯槽）	工場棟	転換工場	原料倉庫	添付図 図イ配-1

1. 3. 構造

構造図を添説設3-1-転2-1-2表に示す。UF₆フードボックス・堰・UF₆防護カバーは安全機能を有する設備としてUF₆フードボックス及び堰、ガス溜めバッファ部1, 2, 3, 4、蒸発器用防護カバー、蒸発器用防護カバー架台、フードボックス用防護カバー、UF₆配管用フードボックス及びUF₆配管用防護カバーを有する。

添説設3-1-転2-1-2表 対象設備 構造図

機器名	構造図
ガス溜めバッファ部1、ガス溜めバッファ部2、ガス溜めバッファ部3、ガス溜めバッファ部4、UF ₆ 配管用フードボックス	添付図 図イ設-3
蒸発器用防護カバー、蒸発器用防護カバー架台、フードボックス用防護カバー、UF ₆ 配管用防護カバー	添付図 図イ設-2
UF ₆ フードボックス及び堰	添付図 図イ設-3 添付図 図イ設-7

2. UF₆フードボックス及び堰の耐震計算

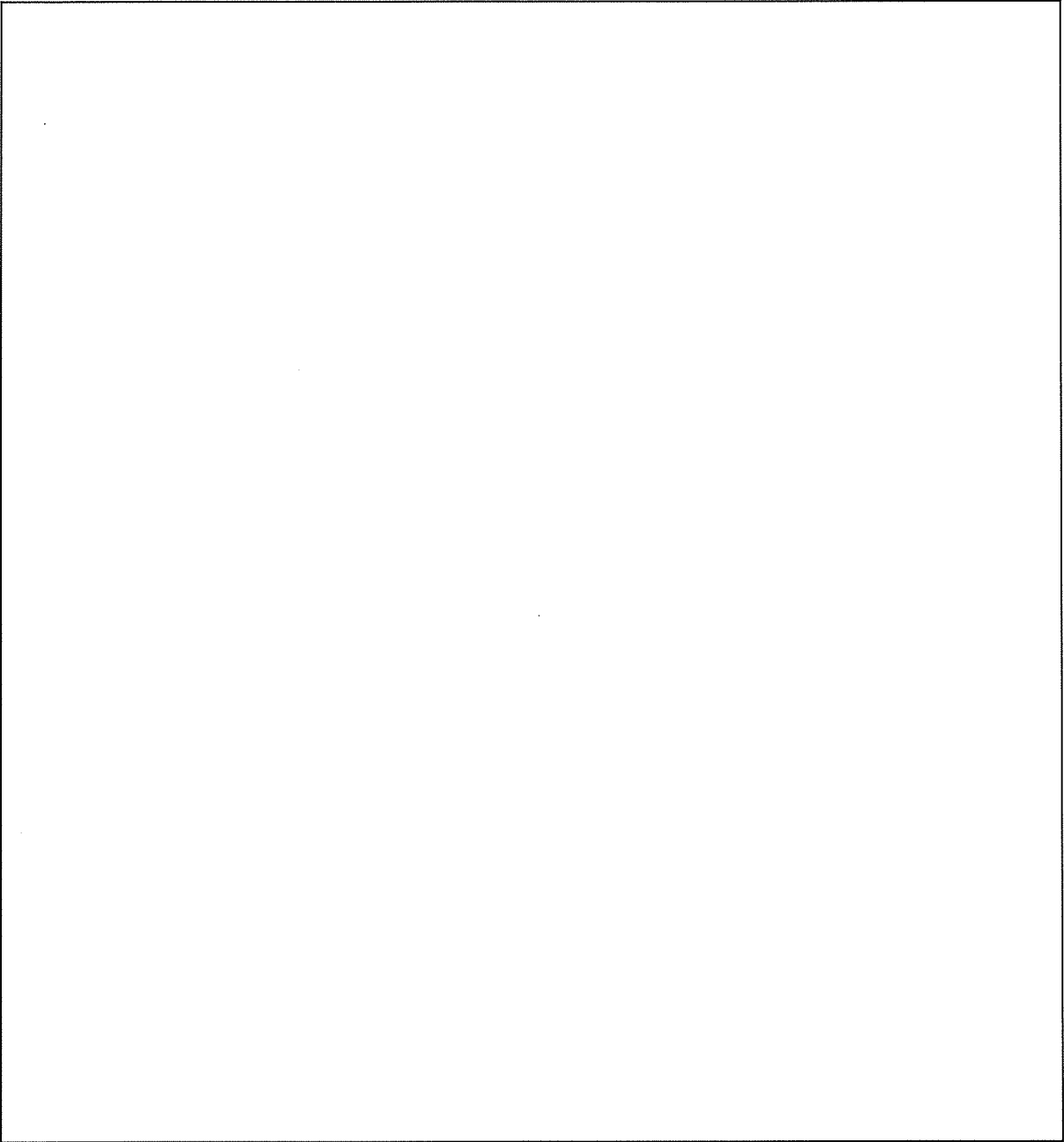
2. 1. 評価方法

UF₆フードボックス及び堰の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による 3 次元 FEM による静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードは FAP-3 を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進 3 方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平 2 方向の荷重をそれぞれ考慮する。

2. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-転 2-2-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-転 2-2-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-転 2-2-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-転 2-2-3 表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



添説設 3-1-転 2-2-1 図 構造解析モデル