

グローブボックスの耐震設計及び耐震評価(解析モデル)に関する説明方針

○グローブボックスの耐震設計及び耐震評価（解析モデル）において説明すべき内容

① – 1 グローブボックスに要求される機能を整理する。

- ・グローブボックスが一次バウンダリとなることから、閉じ込め機能を確保することが必要
- ・閉じ込め機能を維持するために必要となる構造・部位を整理

① – 2 グローブボックス設計における構造要求を整理する。

- ・缶体を剛構造とすることが困難
(構造上の特徴や制約条件を整理)
- ・缶体内に内装機器が設置されるとともに、缶体に支持点を有している
(内装機器の配置や支持構造によるパターン化を検討)
- ・缶体の外部から接続される配管や外部機器が存在
(接続構造や配置による相互影響を考慮。なお、内部配管は剛体としてモデル化)

②その機能を果たすために、耐震設計において健全性を確認すべき部位を選定し、その部位に着目した評価が実施できる解析モデルを示す。

- ・グローブボックスの構造を踏まえ、評価において適切な解析モデルを構築するための考慮事項を整理
⇒上記①を踏まえた解析モデル
 - ・実機形状を模擬した有限要素モデル
 - ・設置されている内装機器の相互影響を考慮した連成モデル
- ・その解析モデルを用いた耐震評価の結果、必要な健全性を有していることを説明
⇒解析における考慮事項と結果と妥当性
 - ・構造強度としての説明及び機能維持としての説明
 - ・評価における類型化の考え方と代表の選定
 - ・入力条件に対する影響評価
 - ・入力地震動と振動モードの影響
 - ・解析モデルに対する計算機コードの適用性

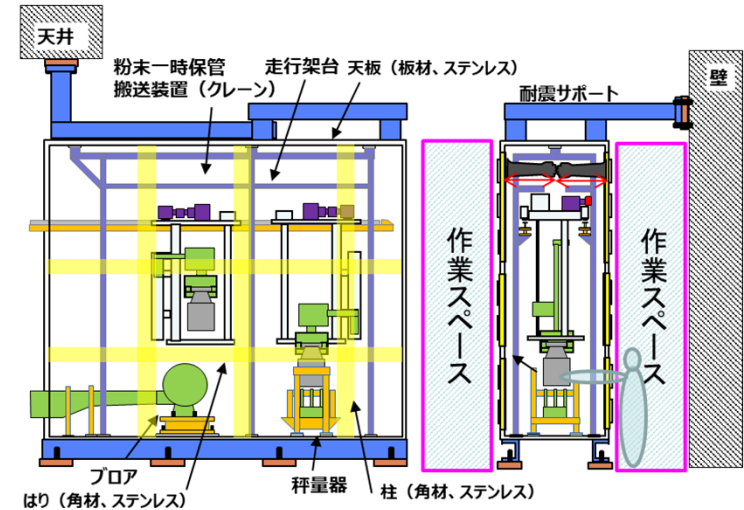
グローブボックスの耐震設計及び耐震評価(解析モデル)に関する説明方針

○資料3への主な反映事項

<グローブボックスを剛構造とすることが困難なことに関する説明の拡充>

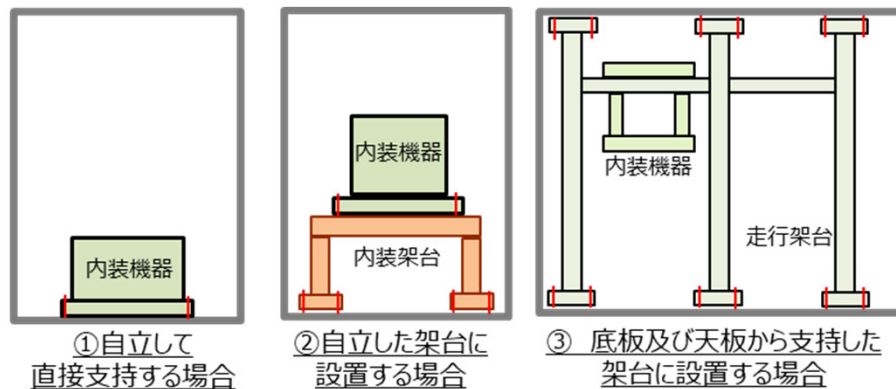
・機器は、支持構造物を含め剛構造とすることで建物・構築物との共振を防止することを基本とするが、多くのグローブボックスにおいては、以下①～⑤の構造上の特徴、制約から剛構造を達成することが困難である。

- ①グローブボックスは、その内部に作業環境中への核燃料物質の飛散又は漏えいを防止しながら容器等を取り扱うための搬送設備、貯蔵設備を有し、それら設備の操作・メンテナンス等を外部から行えるように、窓板部を取り付けるための開口を設けたフレーム構造が基本なる。
- ②上記、窓板部取り付け部に加え、物品の搬出入口、また、容器搬送を行う隣接グローブボックス間の連結部などの開口部も設けた構造とする必要がある。
- ③グローブポートから内装機器にアクセス可とするため奥行きに制限があり（約2m以内）、縦横比が大きい細長の形状となる。また、内装機器は、全高が比較的高いもの（保管棚等）や、高位置に設置する機器（搬送設備）があることから、グローブボックスの全高も比較的高いものが多い。
- ④内装機器の設置スペースおよびアクセス性の確保、ならびに、グローブボックス内、グローブボックス間で容器等を搬送するため、搬送装置及び搬送物が通過する空間を設ける必要があるため、柱・梁の太さ、及び、グローブボックス内側への補強材追加に制限がある。
- ⑤窓板部は、運転員のアクセス性確保のため耐震サポートを設置できないことから、耐震サポートでの支持は、缶体上部に限られる。



<保守管理における制約条件>

缶体は、内装機器のメンテナンス等の作業スペースを確保するため、耐震サポート等の支持構造物は、作業スペースに干渉しないよう取り付けられる構造とする。



内装機器の設置パターン

<内装機器の取付構造及びパターン検討>

グローブボックス内に機器を設置するため、機器を缶体の底板をボルト締結にて支持する又は缶体内に内装機器の支持構造物をボルトにて取り付け、缶体内の支持構造物から機器を溶接又はボルト締結にて支持する設計とする。リフタやクレーン等のグローブボックスの上部に機器を取り付ける場合は、機器及び搬送する容器等の荷重に耐えられるよう、天板からも支持する設計とする。

グローブボックスの耐震設計及び耐震評価(解析モデル)に関する説明方針

○次回(2月末)の審査会合での説明事項

グローブボックス(GB)に要求される機能を踏まえた耐震性を要求する部位の選定の考え方、当該部位に対するモデル作成の考え方、GBの特徴を踏まえた有限要素法でのモデル化の考え方、GB及び内装機器の形状等を踏まえた類型化の考え方、GBを内装機器との連成モデルとする考え方等の評価の前提となる事項の説明を行う。

資料3② グローブボックス(オープンポートボックス、フードを含む。)の構造設計

・ GBに要求される機能の整理(資料3② GB(OPB,フードを含む。)で説明。)

GBが一次バウンダリとなること等グローブボックスに要求される機能について説明している。

- ①非密封のMOXを取り扱うため、作業環境中への核燃料物質が飛散又は漏えい防止のため、GB内で加工機器、容器等を取り扱う設計とする。
- ②GB内に設置する加工機器等による運転、保守を考慮し、操作面にグローブポートを有する視認性を確保したパネル等を取り付ける構造とする。
- ③負圧維持のための給気口及び排気口、消火に必要となる消火配管等の管台、運転に必要なコネクタ部等を取り付ける構造とする。
- ④GB全体として核燃料物質等が漏えいし難い構造とし、換気設備により換気及び負圧を維持することにより密閉性を確保する設計とする。

・ GBに要求されることを踏まえた構造上の整理(資料3② GBの構造設計の缶体の詳細構造で記載の拡充を図る。)

①剛構造と設計することを基本とするが、多くのGBでは設計、運用に係る制約※により剛構造とすることが困難。

②剛構造とすることが困難であるが、固有振動数が建屋の共振領域(建屋の一次固有振動数の2倍以内(JEAG4601参照))から外れるよう材料、形状を考慮した構造とし、要求される荷重等に耐えるよう十分な構造強度を持つように設計する。

※GBが接続される構造となり、大きな開口を有すること。内装機器のメンテナンスのために幅が制限される。耐震サポートが天井、壁に離散的に配置されている。等

資料4 評価パターン(3) 強度・応力評価(6条27条-① 耐震評価(機器:有限要素,質点系)の冒頭部分にGBとしての耐震評価の考え方を追加する。)

・ GBに要求される機能を踏まえた評価部位の整理(資料4(3.1解析モデルの設定)で説明。)

GBに要求される機能の整理を踏まえ、どのような部位に着目して評価する必要があるかを説明。

- ①閉じ込め機能を維持するために機能維持評価が必要な部位 ⇒ パネル部、搬出入口、コネクタ部、磁性流体シール、ケーシング等
- ②閉じ込め機能を維持するために構造強度評価が必要な部位 ⇒ 缶体部、耐震サポート、基礎ボルト
- ③閉じ込め機能の維持に影響を及ぼすおそれのある下位クラスの設備 ⇒ GBに内装する機器、GB近傍に設置する機器

・ GBに有限要素モデルを用いていることの考え方の整理

GBは剛構造とすることが困難な複雑な構造であり、また、内装装置との接続箇所が存在するため、質点系のモデルではGBの複雑な振動の性状を説明することが困難であることから、複雑な構造を緻密にモデル化することができる有限要素法を用いることが適切であることを説明。

・ 構成部材のモデル化の考え方の整理

GBを有限要素でモデル化するにあたり、部材毎にどのようにモデルに落とし込むかの基本的な考え方を整理する。以下に例を示す。

- ①鋼材については梁要素、板部材についてはシェル要素でモデル化
- ②強度部材として考慮しない部材は付加質量として考慮。付加質量の与え方も明確化(質点、等分布荷重、シェル要素に付加する等の使い分けの考え方等)

・ GB内装機器との連成モデルとする考え方の整理

内装機器の支持構造(缶体の床面・側面・天井面)踏まえ、パターン分けによるGBとの相互影響を考慮した連成モデルを構築することの考え方について整理する。モデル化においては、内装装置がGB床面でのみ取り付けを有する剛体機器である場合を除いて、連成モデルによる解析評価を実施する。

・ GB及び内装機器の形状等を踏まえた類型化の考え方の整理

グローブボックス缶体や内装機器の構造はグローブボックス毎に異なるが、グローブボックスの要求機能を満足するための設備、部材構成(材料、接続方法)の考え方は共通であることから、形状等を踏まえた類型化を行うことで、代表設備での説明内容、及び、差分としての説明内容を示すことで、説明内容を明確化する。

・ GBの外部配管及び外部機器による影響評価の考え方の整理

GBに設けられた管台に外部から接続される配管(消火系配管等)や、缶体外部に設置される機器(制御盤等のGB近傍に設置される機器、PP/SGに必要となる機器等)について、GBの耐震評価に対する影響評価の考え方を明確化する。

グローブボックスの耐震設計及び耐震評価(解析モデル)に関する説明方針

○次々回（3月）の審査会合での説明事項

次回（2月末）の審査会合において説明予定の耐震評価の考え方について、各影響（内装機器のGBの評価に及ぼす影響、閉じ込め機能維持、接末続配管の相対変位、水平2方向等の影響評価等）を考慮しても問題ないことの説明

<次回（2月）の審査会合での説明予定内容>

- ・GBに有限要素モデルを用いていることの方の整理 ・構成部材のモデル化の考え方の方の整理
- ・GBを内装機器との連成モデルとする考え方の方の整理 ・GB及び内装機器の形状等を踏まえた類型化の考え方の方の整理
- ・GBの外部配管及び外部機器による影響評価の考え方の方の整理

資料4評価パターン（3） 強度・応力評価(6条27条-① 耐震評価（機器：有限要素、質点系））

- **GBの解析条件の整理**
GBのFEMモデル化に関して、解析条件を整理する。荷重条件や断面性状の設定、拘束条件等のFEMモデルの作成の考え方、及び、FEMモデルへの入力地震動の与え方について、耐震設計プロセス条件ごとに設定の考え方が判るように整理する。
また、この整理と合わせて解析コードにおいて使用しているコマンド等についても説明し、使用実績を有する解析コードの中で、過去の使用方法与異なる箇所の有無についても説明する。
- **固有周期、刺激係数、モード図の必要性の整理**
解析の結果得られたGBの固有周期について、各モードの結果を示す目的を明確にした上で、目的に応じたモード図を選定して結果を示す。なお、この場合に複数の視点からのモード図を示す等により、GB及び内装機器の振動状況が把握できるよう整理する。
- **構造強度の評価について**
解析の結果得られたGBの評価部位における応力を用いて構造強度評価を行い、各部材が概ね弾性範囲に留まることで閉じ込め機能を維持できることを説明する。
- **機能維持確認済み加速度の評価について**
GBのパネル部、搬出入口、コネクタ部等など、構造強度で耐震性の説明ができない箇所については、解析の結果得られたGBの評価部位における加速度を参照することで機能維持確認済み加速度との比較を行い、閉じ込め機能が維持できることを説明する。
- **GBの水平2方向の影響評価について**
GBの構造(隣接するGBとの接続のため大きな開口部が存在、弱軸側の揺れを耐震サポートが支持する構造、内装機器との相互影響 等)を考慮し、水平2方向の影響有無について考え方に整理した上で影響評価結果を示す。
- **GBと内装機器との連成に伴う影響**
GBと内装機器の相互作用を考慮して連成した解析モデルとしているが、内装機器のモデル化の仕方によりGBの耐震評価結果に悪影響を及ぼすようなことがなく、現在の評価が妥当であることについて説明する。
- **GBの外部配管及び外部機器による影響**
グローブボックスに接続する配管や外部機器について、グローブボックスの変位等による影響について説明することにより、設備の健全性を示す。