

BWR炉内構造物点検評価ガイドライン

[上部格子板]

(第2版)

平成27年3月

一般社団法人 原子力安全推進協会
炉内構造物等点検評価ガイドライン検討会

はじめに

我が国の原子力発電所では、安全・安定運転を確保するため、炉内構造物等の健全性を確認あるいは保証することが、重要な課題となっています。本ガイドラインは、このような重要性に鑑み、損傷発生の可能性のある構造物について、点検・評価・補修等に関する要領を提案するものです。

平成 12 年に（社）火力原子力発電技術協会に発足した「炉内構造物等点検評価ガイドライン検討会」は、平成 19 年より日本原子力技術協会に継承され、さらに平成 24 年 11 月の日本原子力技術協会の改組に伴い、炉内構造物点検評価ガイドライン検討会は、原子力安全推進協会に発展的に継承され、活動を継続しています。また、検討会での審議を経て制定する「炉内構造物等点検評価ガイドライン」は、関係者の利便性向上を図るため、関連情報と併せ協会ホームページより公開しています。

本ガイドラインの策定にあたっては、常に最新知見を取り入れ、見直しを行っていくことを基本方針としています。この方針に則り、現行版の発行後も最新知見の調査および収集に努めることと致します。本ガイドラインが原子力産業界で活用され、原子力発電所の安全・安定運転の一助になることを期待しております。

最後に、本ガイドラインの制定にあたり、絶大なご助言を賜りました学識経験者、電力会社、メーカーの方々等、関係各位に深く感謝いたします。

平成 27 年 3 月

炉内構造物等点検評価ガイドライン検討会
委員長 野本敏治

BWR 炉内構造物点検評価ガイドライン

改訂履歴

ガイドライン名：上部格子板

改訂年月	版	改訂内容	備考
平成 13 年 3 月	初版発行		
平成 27 年 3 月	第 2 版発行	適用する規格基準ほか見直し	

※ 改訂の詳細は参考資料 3 参照

ガイドラインの責任範囲

このガイドラインは、原子力安全推進協会に設置された炉内構造物等点検評価ガイドライン検討会において、専門知識と関心を持つ委員と参加者による審議を経て制定されたものである。

原子力安全推進協会はガイドライン記載内容に対する説明責任を有するが、ガイドラインを使用することによって生じる問題に対して一切の責任を持たない。またガイドラインに従って行われた点検、評価、補修等の行為を承認・保証するものではない。

従って本ガイドラインの使用者は、本ガイドラインに関連した活動の結果発生する問題や第三者の知的財産権の侵害に対し補償する責任が使用者にあることを認識して、このガイドラインを使用する責任を持つ。

炉内構造物等点検評価ガイドライン検討会 委員名簿

(平成 27 年 3 月現在, 順不同, 敬称略)

委員長	野本 敏治	東京大学名誉教授
副委員長	関村 直人	東京大学教授
委員	安藤 博	元(財)発電設備技術検査協会
委員	辻川 茂男	東京大学名誉教授
委員	西本 和俊	大阪大学名誉教授 福井工業大学教授
委員	橋爪 秀利	東北大学教授
委員	望月 正人	大阪大学教授
幹事	村井 荘太郎	東京電力(株)
幹事	中野 守人	関西電力(株)
幹事	小林 広幸	日本原子力発電(株)
委員	勝海 和彦	北海道電力(株)
委員	清水 敬輔	東北電力(株)
委員	吉田 伸司	東京電力(株)
委員	鈴木 俊一	東京電力(株)
委員	庄司 卓	中部電力(株)
委員	新屋 和彦	北陸電力(株)
委員	桑田 賢一郎	中国電力(株)
委員	松浦 正幸	四国電力(株)
委員	大久保 康志	九州電力(株)
委員	堂崎 浩二	日本原子力発電(株)
委員	浦辺 守	日本原子力発電(株)
委員	枘 明彦	電源開発(株)
委員	増田 稔	日立GEニュークリア・エナジー(株)
委員	磯 敦夫	(株)東芝
委員	小山 幸司	三菱重工業(株)
委員	太田 丈児	電力中央研究所
委員	杉江 保彰	原子力安全推進協会
事務局	関 弘明	原子力安全推進協会

BWR 炉内構造物点検評価ガイドライン [上部格子板]

目 次

第1章	目的及び適用	
1.1	目的	1
1.2	適用	1
第2章	点検対象	
2.1	基本的考え方	1
2.2	点検対象	1
第3章	点検及び評価	
3.1	点検方法	4
3.2	点検範囲	4
3.3	点検実施時期	5
3.4	評価	5
3.5	点検フロー	6
解説		
解説 1-1	ガイドライン制定の目的	7
解説 1-2	本ガイドラインの適用にあたって	7
解説 2-1	原子炉の安全性確保	7
解説 2-2	上部格子板に想定される経年変件事象	7
解説 2-3	点検対象の選定方針	8
解説 2-4	点検対象	8
解説 3-1	渦流探傷試験	10
解説 3-2	点検方法及び点検実施時期	10
解説 3-3	評価	11

付録

- 付録A 上部格子板の構造図
- 付録B 上部格子板の荷重伝達経路
- 付録C IASCCの可能性について
- 付録D レストレイント構造の点検必要範囲の検討
- 付録E 上部格子板の変位に関する検討
- 付録F ホールドダウン構造の点検必要範囲の検討

参考資料

- 参考資料1 BWR炉内構造物点検評価ガイドライン〔上部格子板〕の考え方
- 参考資料2 BWR炉内構造物点検評価ガイドライン〔上部格子板〕の概要
- 参考資料3 改訂経緯

第1章 目的及び適用

1.1 目的

本ガイドラインは、沸騰水型原子力発電所（BWR）用機器のうち、炉内構造物に要求される安全機能が維持されていることを確認するための、合理的な点検のあり方を示すことを目的とする。（解説 1-1）

1.2 適用

本ガイドラインは、炉内構造物のうち、上部格子板に適用する。ガイドラインの適用時期は、商業運転開始後の機器の供用期間中とする。（解説 1-2）

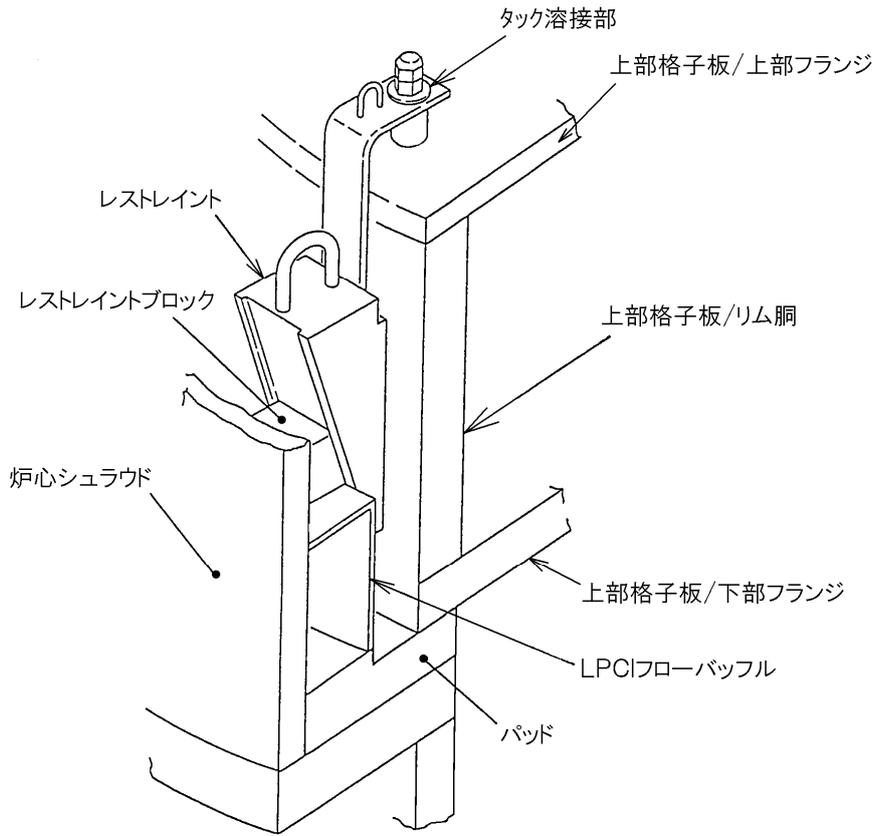
第2章 点検対象

2.1 基本的考え方

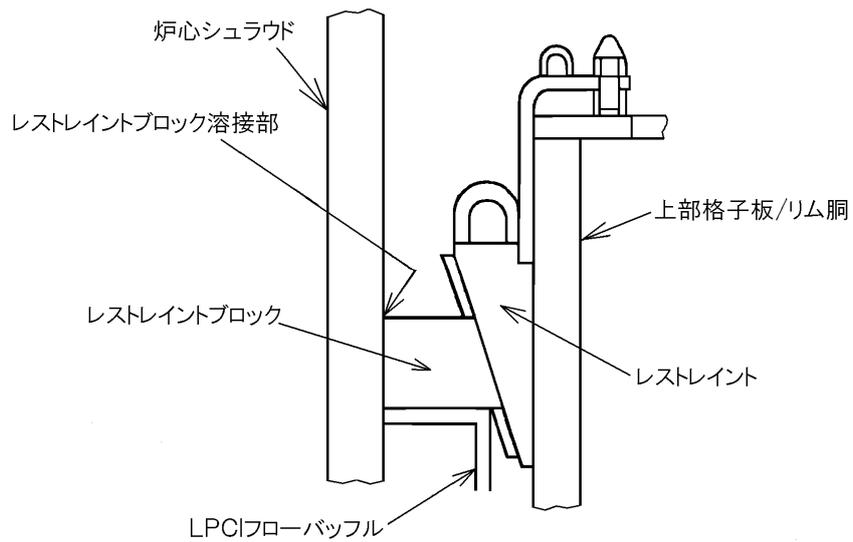
- (1) 対象の選定にあたっては、原子炉の安全性確保を基本とする。（解説 2-1）
- (2) 上部格子板に想定される経年変化事象として、応力腐食割れを想定する。
（解説 2-2）
- (3) 上部格子板の各部位の機能を評価し、上部格子板の機能上重要な部位を点検対象として選定する。（解説 2-3）

2.2 点検対象

レストレイント構造（図 2.2-1）及びホールドダウン構造（図 2.2-2）を点検対象とする。
（解説 2-4）



(a) 鳥瞰図



(b) 断面図

図 2.2-1 レストレイント構造

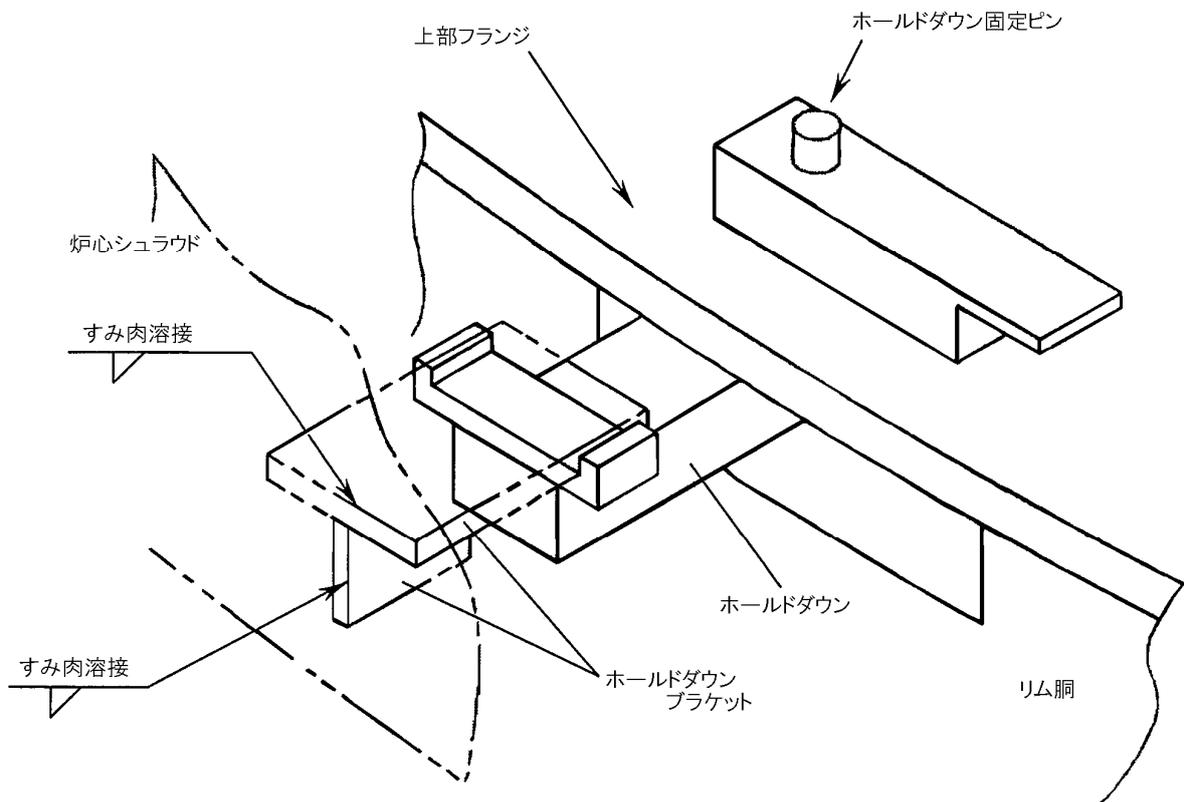


図 2.2-2 ホールドダウン構造

第3章 点検及び評価

3.1 点検方法

(1) 一般事項

点検に適用する非破壊試験は、目視試験、超音波探傷試験又は渦流探傷試験とする。

(2) 目視試験 (VT)

a. MVT-1

表面に開口している欠陥を検出するために行う試験であり、0.025mm 幅のワイヤの識別ができることを確認する。必要に応じて、クラッド除去等の表面処理を行う。

b. VT-3

機器の変形、芯合せ不良、傾き、隙間の異常、部品の破損、脱落及び機器表面における異常を検出するために行う試験とする。

(3) 超音波探傷試験 (UT)

超音波探傷試験は、JEAC 4207「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験規程」に従って実施するか、若しくはこれに類する手法等を用いて実施してよい。

(4) 渦流探傷試験 (ET)

渦流探傷試験は、JEAG 4217「原子力発電所用機器における渦電流探傷試験指針」に準拠して実施するか、若しくはこれに類する手法を用いて実施してよい。(解説 3-1)

3.2 点検範囲

レストレイント構造のレストレイント、ホールドダウン構造の固定ピン及びブラケットを点検部位とし、上部格子板の機能維持に必要な点検必要範囲を点検する。

(解説 2-4) (解説 3-2)

各点検部位の点検方法を表 3.2-1 に示す。

表 3.2-1 点検方法

点検対象	点検部位	試験方法	点検必要範囲
レストレイント構造	レストレイント	VT-3	機能維持に必要な個数
ホールドダウン構造	固定ピン	VT-3	機能維持に必要な個数
	ブラケット溶接部	MVT-1 ¹⁾	機能維持に必要な個数

1) 必要に応じて、UT 又は ET を実施しても良い。

3.3 点検実施時期

3.3.1 初回点検

(1) レストレイント構造

機器の供用開始後暦年で20年から30年の期間内に点検する。

(2) ホールドダウン構造

機器の供用開始後暦年で20年から30年の期間内に点検する。

3.3.2 再点検

(1) レストレイント構造

初回点検後、炉心シュラウド等近傍の部位の点検時期に合わせて点検する。

(2) ホールドダウン構造

初回点検後、炉心シュラウド等近傍の部位の点検時期に合わせて点検する。

3.4 評価

下記の判定基準により、点検の結果を評価する。(解説 3-3)

(1) 点検範囲に異常のないことが確認された場合は、継続使用できる。

(2) 点検で異常が発見された場合、

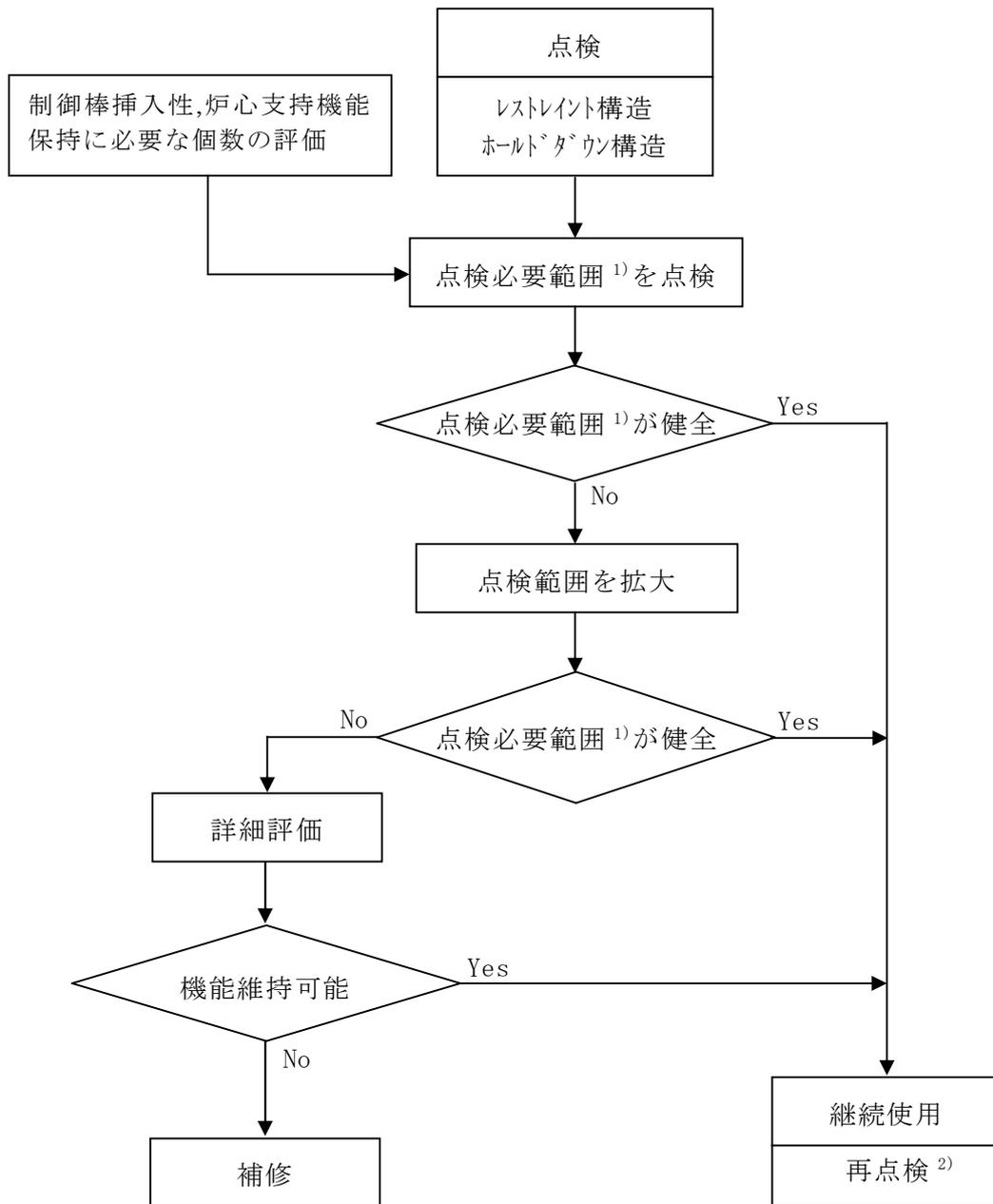
① 点検範囲を拡大して点検必要範囲の健全性が確認されれば、継続使用できる。

② 点検範囲の拡大により点検必要範囲の健全性を確認できない場合は、詳細評価を実施して機能維持可能と評価されれば、継続使用できる。

(3) 上記(1), (2)に適合しない場合は、補修等の措置を行う。

3.5 点検フロー

3.1 項から 3.4 項に従った上部格子板の点検フローを図 3.5-1 に示す。



1) 機能維持に必要な個数

2) 炉心シュラウド等近傍の部位の点検時期に合わせて実施

図 3.5-1 上部格子板の点検フロー

(解説 1-1) ガイドライン制定の目的

炉内構造物の点検では、構造上、点検装置の接近が制約される範囲が大きいことから、随時、最新の知見と技術を反映し、点検技術の向上に努めてきている。一方、国内において炉内構造物の溶接部に応力腐食割れに起因すると考えられるひび割れが散見されるようになっている。このため、複雑構造ゆえに点検範囲の制約が大きい炉内構造物の健全性を確認する方法を検討するにあたっては、炉内構造物全体を視野に置いて、包括的な点検のあり方を検討する必要性が高まってきていると考えられる。

以上の状況に鑑み、本ガイドラインは、炉内構造物の安全上要求される機能が維持されていることを確認するための合理的な点検のあり方を示すことを目的とする。

(解説 1-2) 本ガイドラインの適用にあたって

本ガイドラインで適用する点検及び評価は、日本電気協会の「原子力安全のためのマネジメント規程 (JEAC4111)」及び「原子力発電所の保守管理規程 (JEAC4209)」に基づき実施されることを前提としている。

本ガイドラインでは、引用する学協会規格の改訂年度を記載していない。学協会規格は新知見反映等の理由で定期改訂されるため、利用者は最新版の適用可否を確認するとともに、原子力規制委員会による技術評価等の状況を総合的に勘案して、適切に判断する必要がある。

また、本ガイドラインでは、旧耐震設計審査指針で定める基準地震動 S_2 を用いた評価結果が記載されている場合があるが、利用者は設置許可基準規則*1 により定める基準地震動 S_s を用いた評価を行う必要がある。さらに、ガイドライン付録で引用した材料物性値等についても、評価に際し適切に選定判断する必要がある。

注*1：「設置許可基準規則」とは、原子力規制委員会の「実用発電用原子炉及びその付属設備の位置、構造及び設備の基準に関する規則」をいう。

(解説 2-1) 原子炉の安全性確保

上部格子板には、炉心を支持し、制御棒挿入性を確保することが要求される。

本ガイドラインでは、仮に上部格子板に欠陥が存在し、設計用限界地震 (S_2 地震)、または主蒸気系配管の破断を想定した場合でも炉心は支持され、制御棒挿入性が満足されることを評価条件とした。

(解説 2-2) 上部格子板に想定される経年変化事象

本ガイドラインは、海外での損傷事例を考慮し、上部格子板の経年変化事象として粒界型応力腐食割れ (IGSCC)、及び照射誘起型応力腐食割れ (IASCC) を想定して策定したものである。

疲労に関しては、発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（告示 501 号）又は機械学会発電用原子力規格 設計・建設規格に基づく設計がなされていること、及び国内外で疲労による損傷事例がないことから、経年変化事象から除外した。

（解説 2-3）点検対象の選定方針

上部格子板は、付録Aに示すように、形状の異なる多数の部品から構成されている。また、上部格子板に作用する水平方向荷重を炉心シュラウドへ伝達する機能を有するレストレイントブロックや、垂直方向荷重を炉心シュラウドへ伝達するホールドダウンブラケットのように、炉心シュラウド上部胴内面に取り付けられてはいるものの、上部格子板の機能に関連した部品もある。

点検対象には、レストレイントブロックやホールドダウンブラケットを含め、上部格子板に要求される安全上重要な機能の維持に必要とされる部位を選定する。したがって、損傷が想定される部位でも、原子炉の安全性に影響を与えない部位は点検対象外とする。例えば、想定される損傷モードがないと考えられる荷重の伝達経路が当該部位以外に確保されている場合には、当該部位が損傷しても機能が維持され、原子炉の安全性に影響を与えないため、点検対象より除外する。一方、粒界型応力腐食割れ（IGSCC）及び照射誘起型応力腐食割れ（IASCC）による損傷可能性が小さい部位でも、万一損傷した場合に原子炉の安全性に影響を与える可能性がある場合は点検対象とする。

（解説 2-4）点検対象

上部格子板の点検評価の考え方を表 2-4-1 に、点検対象の選定フローを図 2-4-1 に示す。

格子板、調整ピン、ボルト、及びリム胴/下部フランジ溶接部は、損傷しても原子炉の安全性に影響を与えないため点検不要とした。

レストレイント構造（レストレイント及びレストレイントブロック）は、地震時の燃料集合体により格子板に作用する水平方向荷重を、炉心シュラウドへ伝達する機能を有する重要な部位である。付録Bに示した荷重の伝達経路からもわかる通り、レストレイント構造の機能が喪失すると、原子炉の安全性に影響を与える可能性があるため、点検対象とした。

ホールドダウン構造（ホールドダウン及びホールドダウンブラケット）は、主蒸気系配管が破断するような事故が発生した場合に生じる差圧による荷重を、炉心シュラウドへ伝達して上部格子板の浮き上がりを抑止する機能を有する重要な部位である。付録Bからもわかる通り、ホールドダウン構造の機能が喪失すると、原子炉の安全性に影響を与える可能性があるため、点検対象とした。

(1) レストレイント構造 (図 2.2-1)

レストレイント構造は、すみ肉溶接により炉心シュラウド上部胴に取り付けられたレストレイントブロック、及びレストレイントブロックと上部格子板リム胴との間に設置されたレストレイントから構成される。

レストレイント上部に取り付けられている留め板は、ボルト構造で上部格子板に固定されており、ボルトの緩み防止のためタック溶接されている。そのため、留め板固定用のボルトには、応力腐食割れ損傷モードが存在するが、タック溶接部の損傷によりボルトが緩み、留め板が脱落するようなことがあっても、レストレイントに作用する垂直方向荷重は十分に小さく、レストレイントが浮き上がることはないため、レストレイント構造に影響することはない。また、レストレイントには溶接部がなく、付録Cに示すように、照射誘起型応力腐食割れ (IASCC) 感受性を発現するしきい中性子照射量に達する可能性もないため、応力腐食割れによる有意な亀裂進展を考える必要はない。

レストレイントを支持するレストレイントブロックは、炉心シュラウド上部胴に、すみ肉溶接により取り付けられているため、応力腐食割れの可能性がある。ただし、低圧炉心注水 (LPCI) 系を有するプラントでは、図 2.2-1 に示すように、レストレイント構造の直下に LPCI フローバップルが取り付けられている部分があるため、この位置に取り付けられたレストレイントブロックは、溶接部が破断しても脱落することなく、レストレイント構造の機能は維持される。また、レストレイントブロックは炉心シュラウドとレストレイントにより横方向の変位が拘束されているため、LPCI フローバップルがない場合でもレストレイントブロックの溶接部破断による脱落の可能性は極めて低いと考えられる。

しかし、レストレイント構造が万一損傷すると、地震時に上部格子板が水平方向に変位し、原子炉の安全性に影響を与える可能性がある。したがって、レストレイント構造を点検対象とし、レストレイントの脱落の有無を確認する。

(2) ホールドダウン構造 (図 2.2-2)

ホールドダウン構造は、炉心シュラウド上部胴にすみ肉溶接により取り付けられたホールドダウンブラケット、及び上部フランジに取り付けられたホールドダウン等により構成される。上部格子板に作用する差圧荷重が、上部格子板の自重よりも大きくなった場合には、炉心シュラウドに取り付けられたホールドダウンブラケットが、上部フランジに取り付けられたホールドダウンを拘束することにより、上部格子板の浮き上がりを抑止する。

ホールドダウンブラケットは、すみ肉溶接により炉心シュラウドに取り付けられているため、応力腐食割れ感受性を有する。

ホールドダウンは、上部フランジに取り付けられており、また付録Cに示すように、照射誘起型応力腐食割れ（IASCC）感受性を発現するしきい中性子照射量に達する可能性がないため、応力腐食割れによる有意な亀裂進展を考える必要はない。

事故時に上部格子板に作用する差圧が自重を上回るプラントでは、ホールドダウン又はホールドダウンブラケットが万一損傷すると、事故時に上部格子板が浮き上がり、原子炉の安全性に影響を与える可能性があるため、ホールドダウン構造の構成部位として重要なホールドダウン固定ピン、及びホールドダウンブラケットの炉心シュランドへの溶接部を点検部位とする。（付録F参照）

（解説 3-1）渦流探傷試験

渦流探傷試験（ET）を適用する場合には、点検対象部位と電磁気的特性が同等な材料の校正試験片により、人工欠陥に対する検出感度を確認した手法を用いるものとする。試験装置及び器具等の要求仕様、試験の実施要領、並びに、信号の解析手法については、JEAG 4217「原子力発電所用機器における渦電流探傷試験指針」に準拠して設定する。

（解説 3-2）点検方法及び点検実施時期

レストレイント構造は、上部格子板の機能（制御棒挿入性保持、炉心支持）に影響する損傷の可能性が極めて低いと考えられるため、高経年化の技術評価時期を念頭に、機器の供用開始後暦年で 20 年から 30 年の期間内にレストレイントを VT により点検する。点検する個数は、レストレイント構造の機能維持に必要な数とする。また、初回点検後は損傷の可能性が極めて低いことを考慮し、炉心シュラウド等、近傍の部位の点検時期に合わせて再点検する。点検する個数は、上部格子板の機能維持に必要な数とする。（付録D参照）

ホールドダウン固定ピンは、想定される損傷モードがないと考えられるため、高経年化の技術評価時期を念頭に、供用開始後暦年で 20 年から 30 年の期間内に VT により点検する。点検する個数は、上部格子板の機能維持に必要な数とする。初回点検後は、損傷の可能性が極めて低いことを考慮し、炉心シュラウド等、近傍の部位の点検時期に合わせて再点検する。点検する個数は、ホールドダウン構造の機能維持に必要な数とする。

また、ホールドダウンブラケットについては、上部格子板の浮き上がり防止のためにホールドダウン構造を必要とするプラントのホールドダウンブラケット材が、SCC 感受性が低く、損傷の可能性が極めて低い SUS316L であるため、高経年化の技術評価時期を念頭に、供用開始後暦年で 20 年から 30 年の期間内に、ホールドダウンブラケットを VT により点検する。点検する個数は、上部格子板の機能維持に必要な数とする。また、初回点検後は、損傷の可能性が極めて低いことを考慮し、炉心シュラウド等、近傍の部位の点検時期に合わせて再点検する。点

検する個数は，上部格子板の機能維持に必要な数とする。(付録F参照)

(解説 3-3) 評価

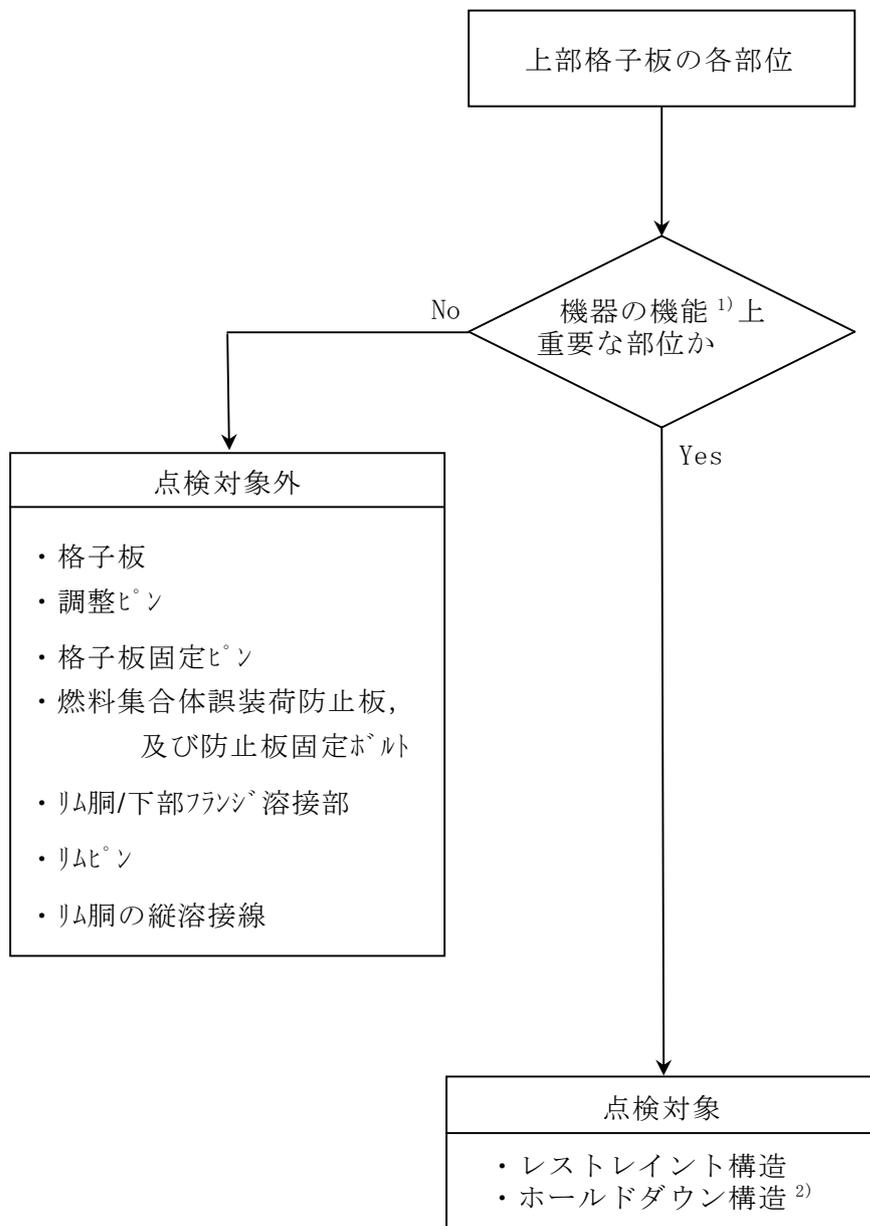
異常が発見された場合には，点検範囲を拡大し，点検必要範囲の健全性が確認されれば，継続使用することができる。点検必要範囲は，付録D（レストレイント構造）及び付録F（ホールダウン構造）に記載した方法により，評価することができる。

また，点検範囲を拡大しても，点検必要範囲の健全性が確認されない場合は，異常の程度を詳細調査し，調査結果に基づいて上部格子板の機能への影響がないと評価された場合は，継続使用することができる。

表 2-4-1 上部格子板の点検評価の考え方

検討対象部位	機能	外荷重条件	点検性(VT)	想定される劣化モード	点検評価の考え方	
					損傷による構造、機能への影響	点検要否
① 格子板	燃料集合体の位置決め及び支持	差圧：↑ 地震：→	可能	IASCC	・上側の格子板は、損傷しても機能に影響しない。 ・下側格子板は、2箇所破断により破断部が炉心支持板に落下する可能性があるが、制御棒挿入性は保持されるため、安全な炉停止が可能。	不要
② 調整ピソ	上部格子板の位置決め	地震：→	可能	IGSCC	上部格子板設置後は、損傷しても上部格子板の機能に影響しない。	不要
③ 格子板固定ピソ	・格子板の支持 ・水平方向荷重の支持	地震：→	可能	〔IGSCC タック溶接〕	損傷しても、ピソの位置が保持されるため、上部格子板の機能に影響しない。	不要
④ 燃料集合体誤装荷防止板及び防止板固定ホルト	燃料集合体の誤装荷防止	差圧：↑ 地震：→	可能	IGSCC	燃料集合体装荷後は、損傷しても上部格子板の機能に影響しない。	不要
⑤ レストリント構造 ・レストリント ・レストリント用ブロック	水平方向荷重の支持	地震：→	可能	IGSCC	・レストリント構造の機能が喪失する可能性は非常に小さいと考えられる。 ・水平方向荷重の伝達経路として重要なため、万一レストリント構造が喪失した場合には、上部格子板に要求される安全機能に影響大。	点検対象
⑥ ホールドダウン構造 ・ホールドダウン ・ホールドダウンブラケット	垂直方向荷重の支持	差圧：↑ 地震：→	可能	IGSCC	・ホールドダウン固定ピソ、又はホールドダウンブラケット溶接部が損傷すると、上部格子板に要求される安全機能に影響大。 ・上部格子板に作用する垂直方向荷重が自重より小さい場合は点検不要。	点検対象
⑦ リム胴/ 下部フランジ溶接部	・上部格子板構造の保持 ・水平方向荷重の支持	差圧：↑ 地震：→	可能	IGSCC	・損傷しても、上部格子板の構造は格子板固定ピソにより保持される。 ・損傷しても、レストリントにより水平方向荷重が支持されるため、上部格子板の機能に影響しない。	不要
⑧ リムピソ	・上部格子板構造の保持 ・水平方向荷重の支持	差圧：↑ 地震：→	可能	〔IGSCC タック溶接〕	損傷しても、ピソの位置及びピソ機能は保持されるため、上部格子板の機能に影響しない。	不要
⑨ リム胴の縦溶接線	上部格子板構造の保持	地震：→	可能	IGSCC	・損傷しても、リム胴/下部フランジ溶接部及びリムピソにより、上部格子板の構造は保持される。 ・損傷しても上部格子板の機能に影響しない。	不要
⑩ 格子板/ 格子板端部ブロック溶接部	・格子板の支持 ・水平方向荷重の支持	地震：→	可能	IGSCC	溶接部が破断しても、格子板の位置は保持され、水平方向荷重の伝達が可能なため、上部格子板の機能に影響しない。	不要

↑：垂直方向
→：水平方向

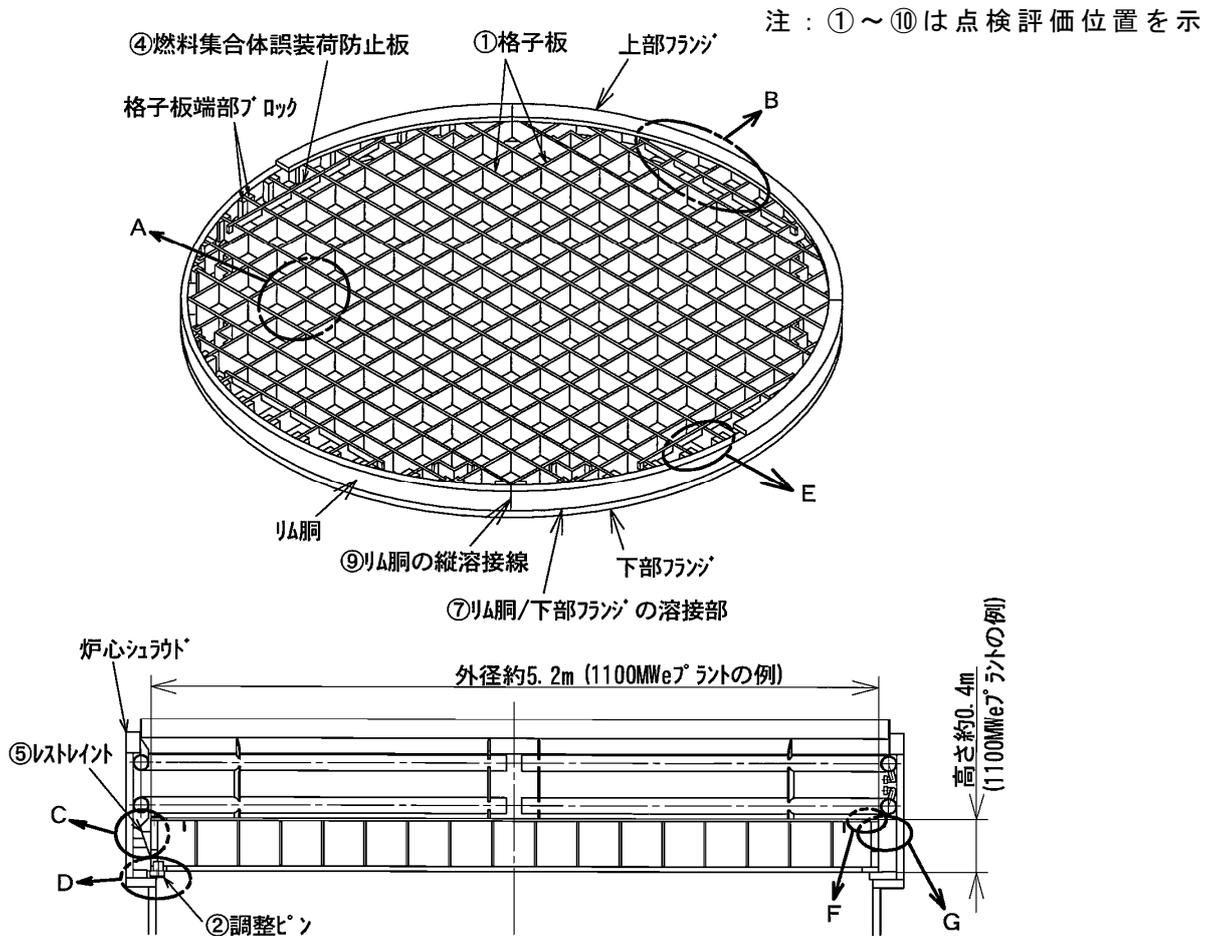


1) 制御棒挿入性，炉心支持機能

2) (差圧荷重<自重)の場合は点検不要

図 2-4-1 上部格子板の点検対象選定フロー

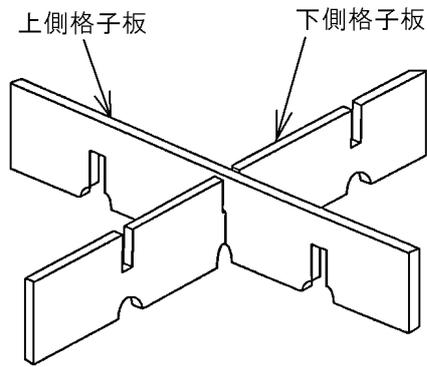
付録A 上部格子板の構造図



上部格子板材質の代表例

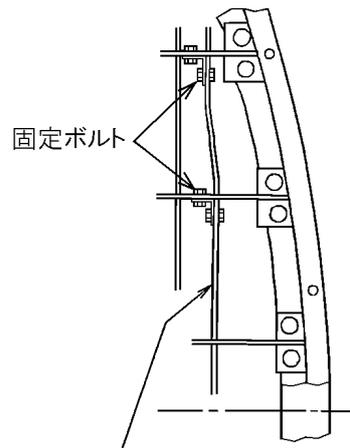
部 位	BWR-4 (800MWe)	BWR-5 (1100MWe)	BWR-5 (1100MWe)
格子板	SUS316	SUS304	SUS316L
調整ピン	SUS304	SUS304	SUS316L
調整ピン用ブロック	SUS304	—	—
格子板固定ピン	SUS304	SUS304	SUS316L
燃料集合体誤装荷防止板	SUS316	SUS304	SUS316L
燃料集合体誤装荷防止板固定ボルト	SUS304	SUS304	SUS316L
リストレイント	SUS304	SUS304	SUS316L
リストレイント用ブロック	SUS304	SUS304	SUS316L
ホールドダウン	SUS304	—	—
ホールドダウンブラケット	SUS304	—	—
リム胴	SUS304	SUS304	SUS316L
リムピン	SUS304	SUS304	SUS316L
フランジ (上部, 下部)	SUS304	SUS304	SUS316L
下部フランジ	SUS304	SUS304	SUS316L
格子板端部ブロック	—	SUS304	SUS316L

図 A-1 上部格子板の構造 (1/3)



① 格子板

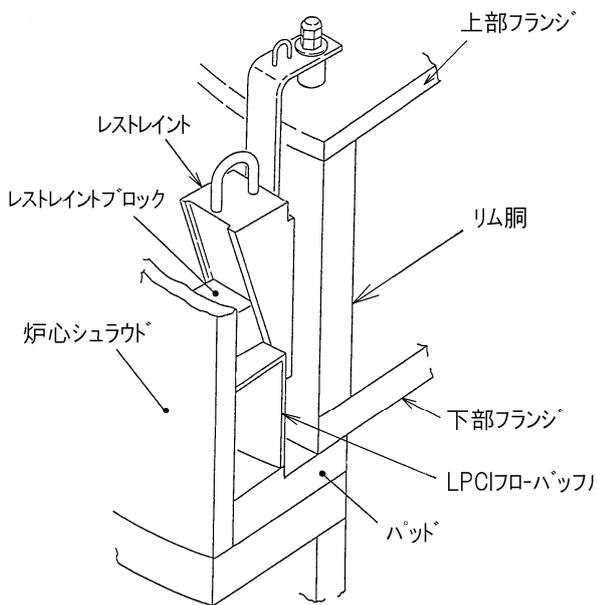
A 部詳細



燃料集合体誤装荷防止板

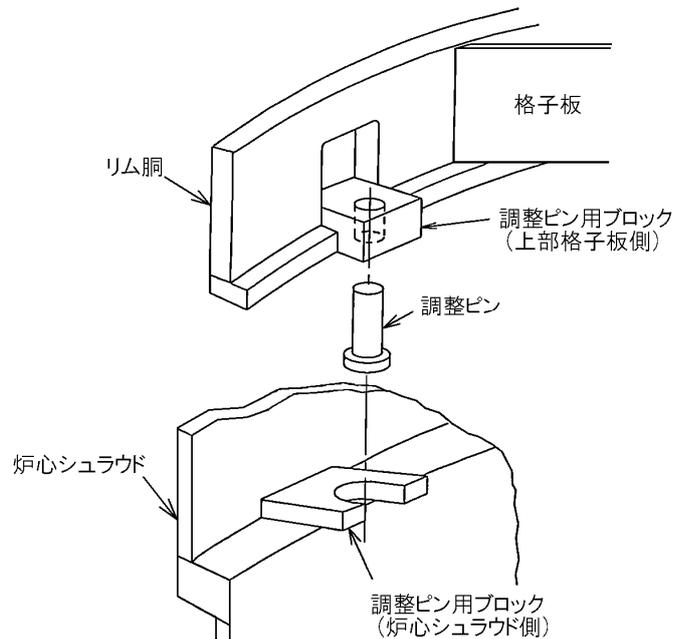
④ 燃料集合体誤装荷防止板及び防止板固定ボルト

B 部詳細



⑥ レストレイント構造

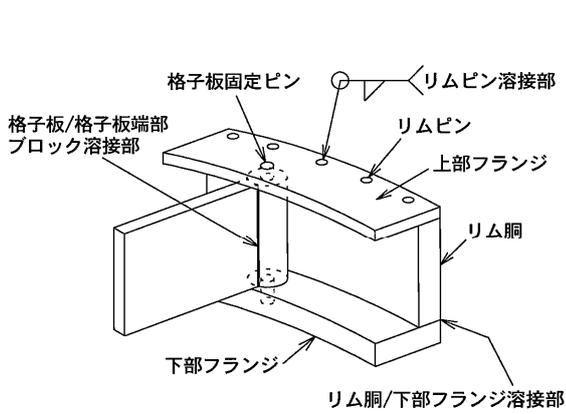
C 部詳細



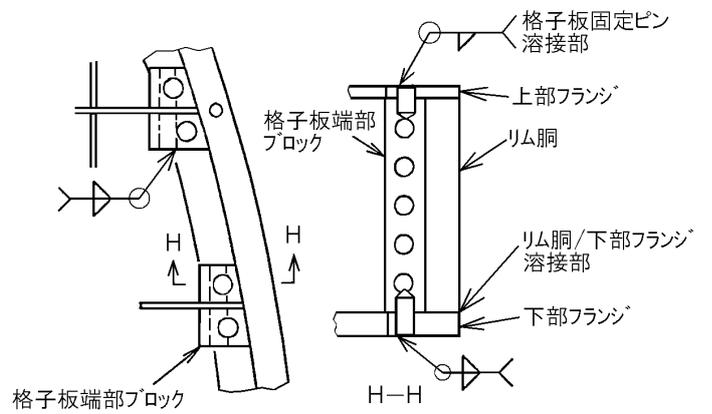
② 調整ピン, 調整ピン用ブロック

D 部詳細

図 A-2 上部格子板の構造 (2/3)

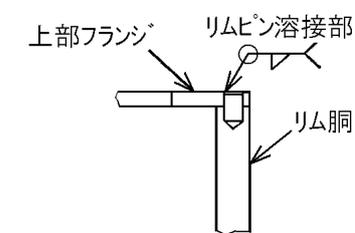
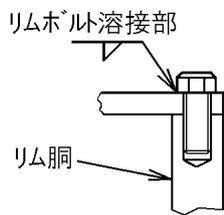


③ 格子板固定ピン



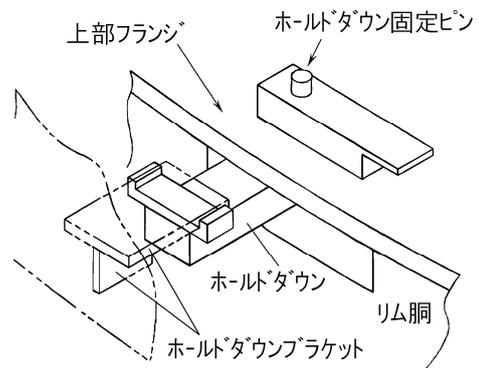
⑩ 格子板/格子板端部ブロックの溶接部

E 部詳細



⑧ リムピン

F 部詳細



⑥ ホールドダウン構造

G 部詳細

図 A-3 上部格子板の構造 (3/3)

付録B 上部格子板の荷重伝達経路

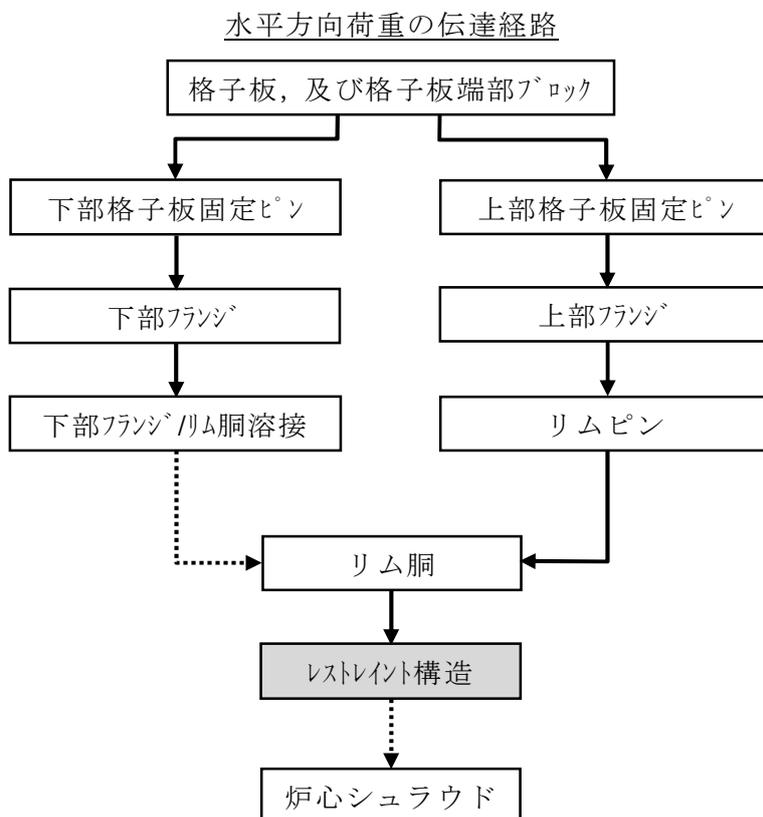
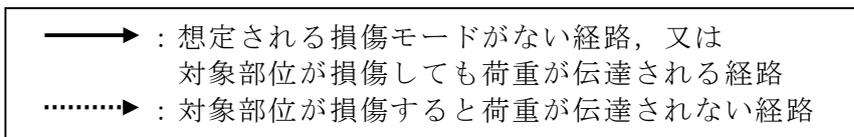


図 B-1A 上部格子板の水平方向荷重の伝達経路

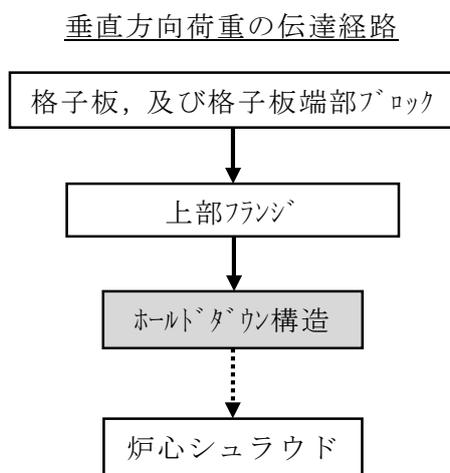


図 B-1B 上部格子板の垂直方向荷重の伝達経路

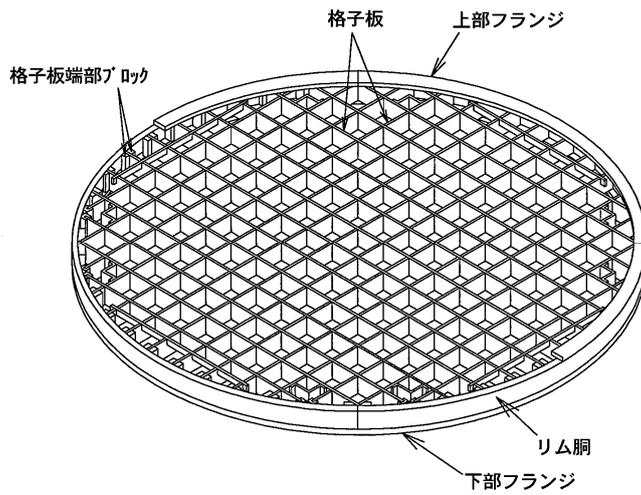


図 B-2 上部格子板の構造を示す鳥瞰図

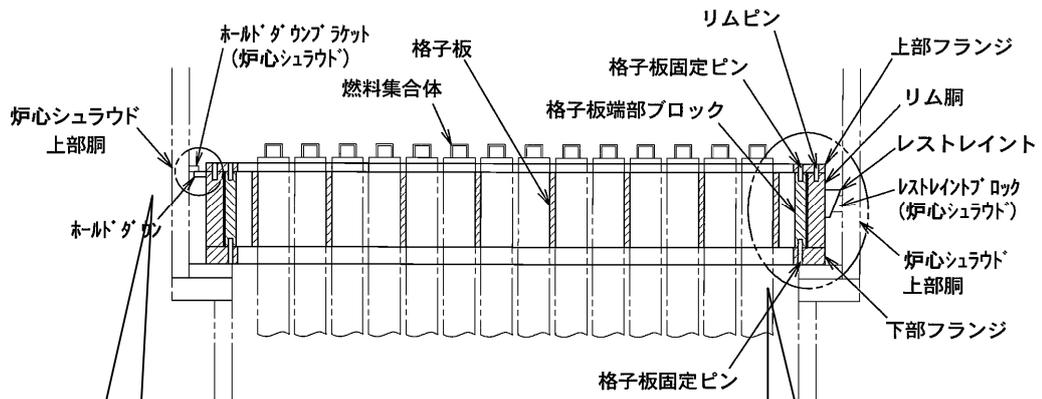


図 B-3 上部格子板の断面図

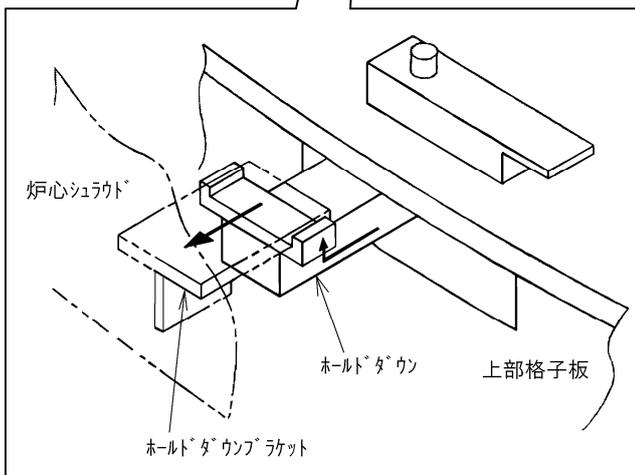


図 B-4A 上部フランジ→ホールドダウン→炉心シュラウドへの荷重伝達を説明した図

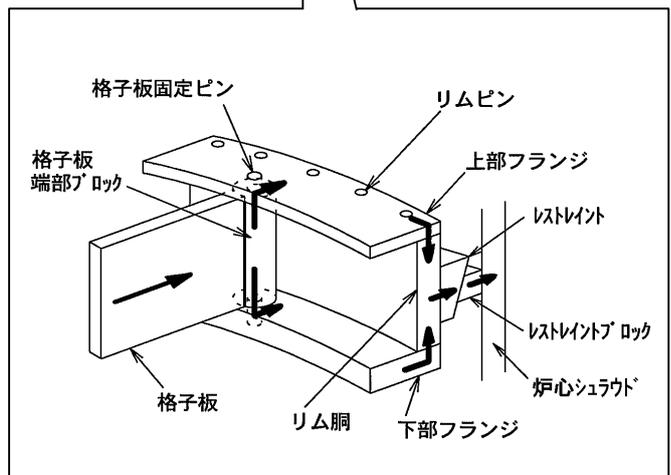


図 B-4B 格子板→格子板固定ピン→上部フランジ(下部フランジ)→リムピン(リム胴/下部フランジ溶接部)→リム胴→レストレイント→レストレイントブロック→炉心シュラウドへの荷重伝達を説明した図

付録C IASCCの可能性について

1. はじめに

本付録は、上部格子板のレストレイント構造及びホールドダウン構造における照射誘起型応力腐食割れ（IASCC）の可能性を検討したものである。

2. IASCC発生のしきい照射量

図 C-1 は、中性子照射したオーステナイトステンレス鋼の溶体化処理材を対象に、BWR 加速環境中で SSRT 試験した結果である[1]。SCC 感受性を示す IGSCC 破面率は、SUS304 系の場合には中性子照射量が約 5×10^{24} n/m² 以下、SUS316 系の場合には約 1×10^{25} n/m² 以下では見られないが、それ以上では中性子照射量とともに上昇する。したがって、IASCC 感受性が発現するしきい照射量は、SUS304 系では約 5×10^{24} n/m²、SUS316 系では約 1×10^{25} n/m² と考えられる。

3. レストレイント構造及びホールドダウン構造の IASCC 損傷可能性

二次元中性子輸送計算コード DOT3.5 を用いた 800 MWe 級プラントの炉内中性子束分布計算によると、上部格子板のレストレイント構造及びホールドダウン構造の位置における高速中性子束（エネルギー > 1MeV）は約 3×10^{15} n/m²・s であり、この中性子束を受ける部位が IASCC 感受性が発現するしきい照射量に達するのは、SUS304 系では供用開始後約 70 年（稼働率 80%）、SUS316 系では約 140 年（稼働率 80%）と評価される。

したがって、上部格子板のレストレイント構造及びホールドダウン構造で IASCC 損傷が生じる可能性は非常に小さいと考えられる。

[参考文献]

- [1] M. Kodama, R. Katsura, J. Morisawa, S. Nishimura, S. Suzuki, K. Asano, K. Fukuya and K. Nakata: Proc. 6th International Symposium on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems - Water Reactors, (1993) 583.

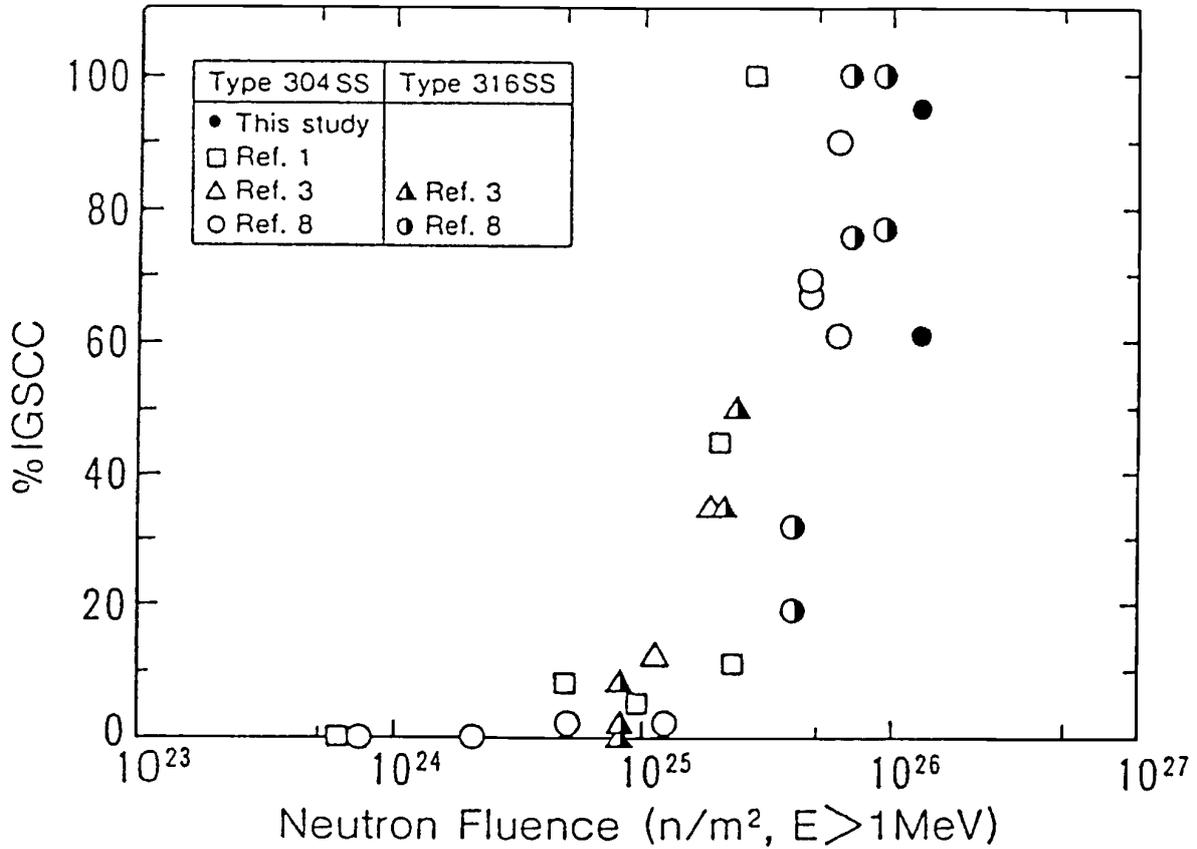


図 C-1 中性子照射したオーステナイトステンレス鋼の IGSCC 破面率と照射量の関係

[図 C-1 で引用されている参考文献]

- Ref. 1 : W. L. Clarke and A. J. Jacobs: Proc. 1st International Symposium on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems - Water Reactors, (1983) 451.
- Ref. 3 : A. J. Jacobs, G. P. Wozadlo, K. Nakata, T. Yoshida and I. Masaoka: Proc. 3rd International Symposium on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems - Water Reactors, (1987) 657.
- Ref. 8 : M. Kodama, S. Nishimura, J. Morisawa, S. Suzuki, S. Shima and M. Yamamoto : Proc. 5th International Symposium on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems - Water Reactors, (1991) 948.

付録D レストレイント構造の点検必要範囲の検討

1. はじめに

本付録は、地震時における制御棒挿入性の保持に必要なレストレイント構造の個数を求め、レストレイント構造の点検必要範囲を評価した例を示すものである。

2. 点検必要範囲の検討手法

地震時の上部格子板の変位を、点検範囲外とするレストレイント構造の機能は喪失したとして導出し、制御棒挿入性が保障される上部格子板の変位と比較することにより、レストレイント構造の点検必要範囲を評価する。図 D-1 に評価フローを示す。

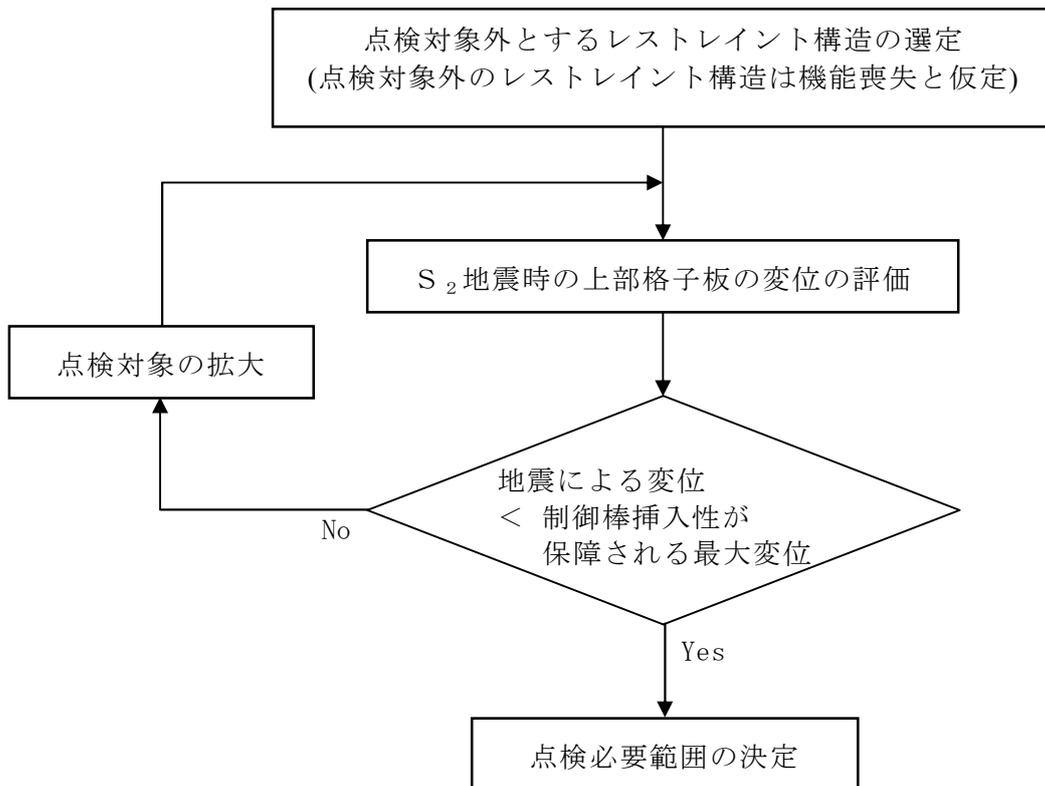


図 D-1 点検必要範囲の評価フロー

3. 点検必要範囲の評価例

3.1 制御棒挿入性の評価基準

地震時の制御棒挿入性確認のため、図 D-2 に示すような変位を上部格子板及び炉心支持板に与えた状態で、燃料集合体を振幅 40mm まで加振させた制御棒の挿入性解析を行っている。その結果、表 D-1 に示す変位を与えても、図 D-3 に示すように、通常運転時のスクラム仕様値である 3.5 秒を十分満足することを確認している。

炉心支持板と上部格子板の相対変位は、図 D-2 に示す B であり、制御棒挿入性が保障される相対変位は、表 D-1 より 9.6mm である。

上部格子板の変位の許容値は、保守的な評価とするため、地震により上部格子板と炉心支持板が反対方向へ変位した場合を想定し、上部格子板と炉心支持板の相対変位 (B) から炉心支持板の変位を差し引いた値とする。炉心支持板は、炉心支持板のボルトとボルト穴のギャップ分だけ横ずれすることが可能である。ボルトとボルト穴との最大ギャップはランダムな方向に分布すると考えられるため、炉心支持板の変位は、ボルト穴の中央にボルトがあると仮定した場合のギャップ 3.3mm とした。したがって、上部格子板の変位の許容値は、6.3mm (=9.6mm-3.3mm) になる。

表 D-1 解析のケース

ケース	1	2	3
A (mm)	3.6	7.1	10.9
B (mm)	+2.4	+5.8	+9.6

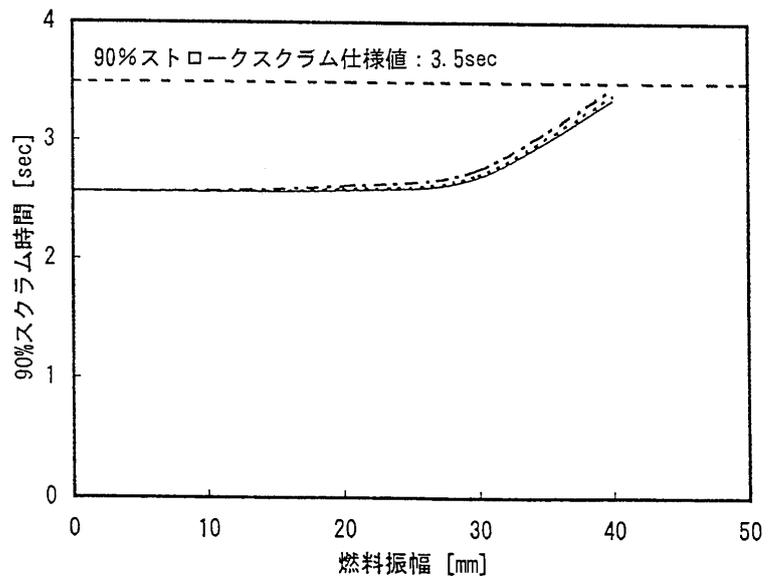
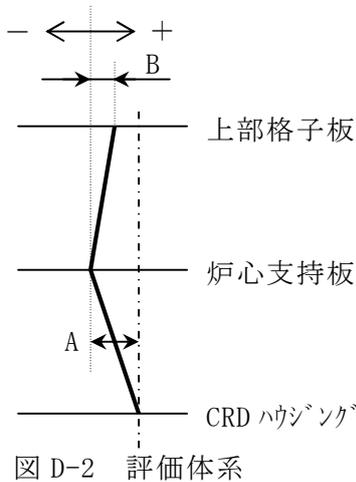


図 D-3 解析結果

3.2 点検必要範囲の検討

上部格子板の変位は，レストレイント構造の点検必要範囲（合計 3 ケース）を予め想定し，点検範囲外としたレストレイント構造の機能は喪失したと仮定して，地震時に予測される値を評価した。想定した点検必要範囲を図 D-4 に示す。

求めた上部格子板の変位は，制御棒挿入性が保障される変位の許容値と比較する。これにより想定した点検必要範囲の妥当性を評価する。また，本評価では 1100MWe 級プラントを対象としているが，同クラスのプラントに設置されている低圧炉心注水（LPCI）系の配置と合わせ点検必要範囲を決定する。なお，上部格子板の変位は， S_2 地震を想定し，弾性解析により求める。評価の詳細は付録 E に記載した。

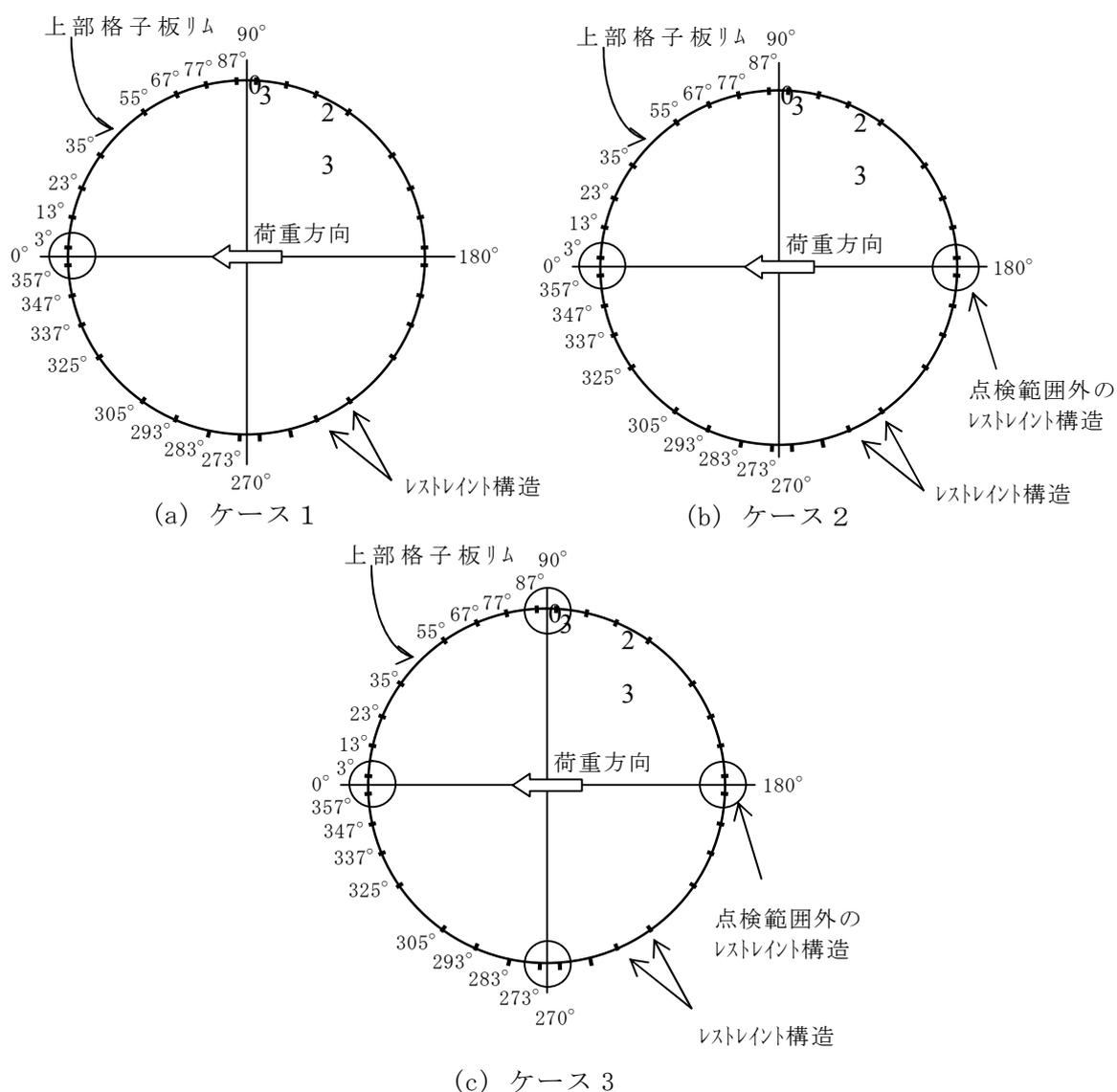


図 D-4 上部格子板の変位を検討したレストレイント構造の配置(○で囲んだ部分が点検範囲外)

(a) 2 個が点検範囲外，(b) 4 個が点検範囲外，(c) 8 個が点検範囲外

図 D-5 に上部格子板の変位を評価した結果を纏めた。

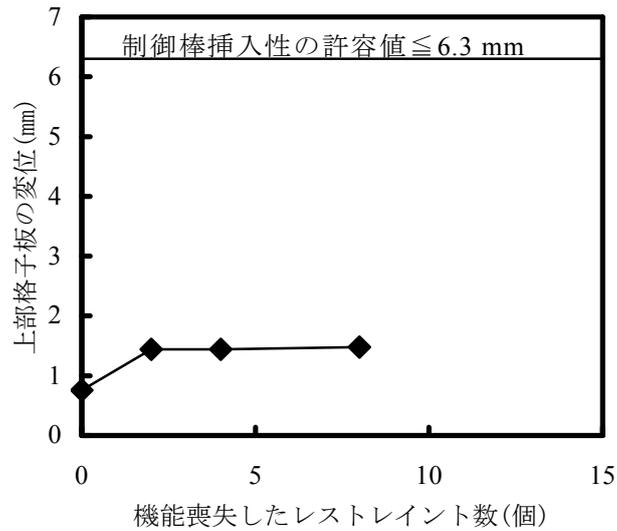


図 D-5 S₂地震における上部格子板の変位と機能を喪失したレストレイント数の関係
(1100MWe プラント)

ケース 1 では、点検範囲外とした 2 個のレストレイント構造が機能を喪失しても、上部格子板の変位は最大で 1.44mm であるため、制御棒挿入性に影響しない。

ケース 2 の 180° 離れた 2 対 (4 個) のレストレイント構造を点検範囲外とした場合も、点検範囲外としたレストレイント構造の機能が喪失しても、制御棒挿入性に影響しない。

ケース 3 の 90° ずつ離れた 4 対 (8 個) のレストレイント構造を点検範囲外とした場合は、上部格子板の変位は最大で 1.49mm となるため、制御棒挿入性に影響しない。

以上の検討から、8 個のレストレイント構造を点検範囲外とすることができる。同様の評価を繰り返すことにより、点検範囲外とできるレストレイント構造を増加できる可能性がある。なお、点検範囲外としたレストレイント構造の個数を、2 個から 4 個及び 8 個と不連続に増加させたのは以下の理由による。本評価では、点検範囲外としたレストレイント構造、すなわち機能が喪失したと想定したレストレイント構造の配置に対し、リム胴の変形が最も大きくなる方向に荷重を設定した。その場合、レストレイント構造の配置の対象性から、ある荷重の方向に対し、リム胴の変形が等しくなる等価な位置にある複数のレストレイント構造が存在し、それらも同時に点検範囲外とすることができるためである。

評価対象とした 1100MWe 級プラントには低圧炉心注水 (LPCI) 系が設置されている。このようなプラントでは、レストレイント構造の下部に LPCI フローバッフルが設置されているため、ここに設置されたレストレイント構造は落下する可能性がない。図 D-6 は 1100MWe プラントにおける LPCI フローバッフルの設置位置 (網掛け部) を示すが、網掛け部に設置さ

れたレストレイント構造は、機能を喪失する可能性がないため点検範囲外とすることができる。したがって、今までの検討範囲では、LPCI フローバッフル上にない 10 個のレストレイント構造のうち、両端の 2 個ずつ (3° , 357° の 2 個, 及び 267° , 273° の 2 個) を点検範囲外とできるため、全 32 中、6 個を点検必要範囲とすればよい。

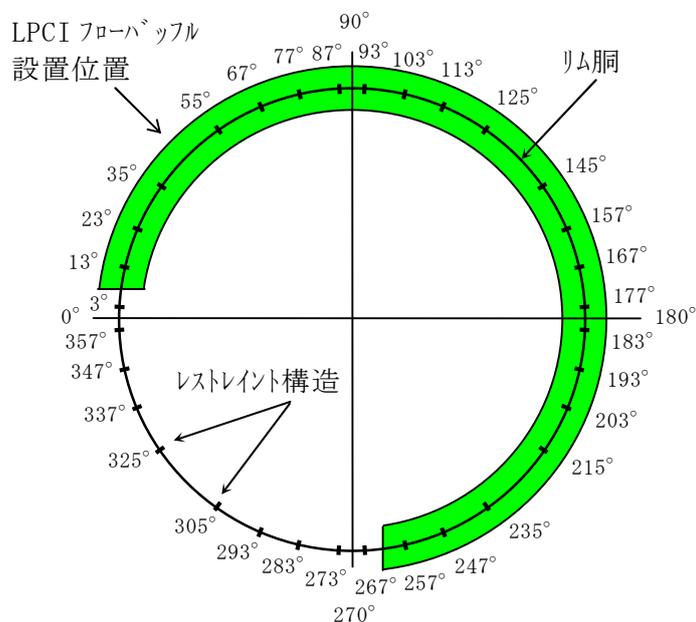


図 D-6 1100 MWe プラント上部格子板のフローバッフル設置位置
(網掛け部したレストレイント構造の下部に設置)

4. まとめ

レストレイント構造の点検必要範囲の評価方法を示した。1100MWe プラントを対象とした評価例では、全 32 個のレストレイント構造のうち、LPCI フローバッフルの直上でない 6 個が点検必要範囲に該当する。

5. 特記事項

本例は、点検必要範囲を特定するための評価例として記載したが、点検により、本例で仮定した位置以外のレストレイント構造が損傷した場合においても、本評価と同様な手法により、機能維持可能か否かについて評価することができる。

付録E 上部格子板の変位に関する検討

1. はじめに

本付録は、レストレイント構造が損傷した場合を想定し、地震時における上部格子板の変位を評価した結果をまとめたものである。

2. 解析内容

2.1 検討対象プラント

BWR5 の 1100 MWe 級プラントを検討対象とする。

2.2 レストレイント構造の配置

図 E-1 は、1100 MWe 級プラントに設置されたレストレイント構造（全 32 個）の配置を示す。レストレイント構造は、図中の 0° - 180° 及び 90° - 270° を軸として対称に配置されている。

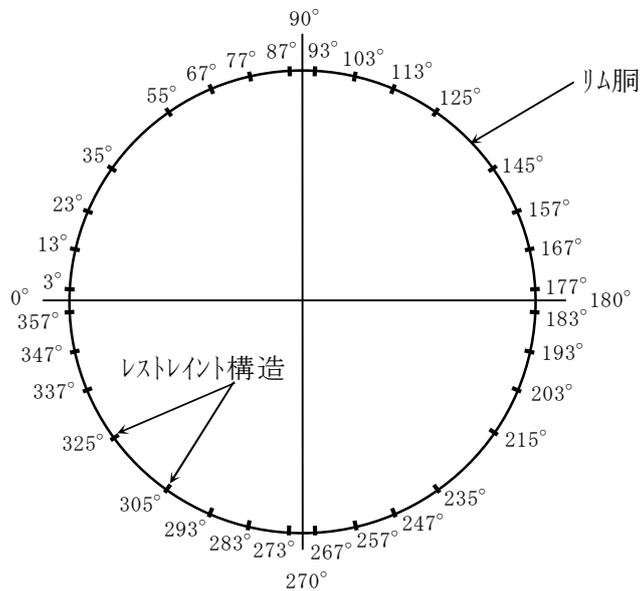


図 E-1 レストレイント構造の配置（全 32 個） レストレイント構造は 0° - 180° 及び 90° - 270° を軸として対称に配置（対象プラント：1100MWe 級）

2.3 解析方法

上部格子板に作用する最大の水平方向荷重は地震に起因することから、 S_2 地震を想定し、それによる上部格子板の変形量評価に基づき、その変位を評価する。

上部格子板の変形量は有限要素法によりを評価した。図 E-2 が解析モデルで (BWR5/1100 MWe 級の上部格子板)、平板を垂直に組んだ格子板、格子板を固定するためのリム胴、及びレストレイント構造より構成される。

レストレイント構造は、図 E-1 に示すように、 $0^\circ - 180^\circ$ 及び $90^\circ - 270^\circ$ を軸にして対称に配置されていることから、解析では、簡単のため、上部格子板の半分 ($0^\circ - 180^\circ$ の範囲) を対象とした。格子板の交差部分は、板幅の $1/2$ の深さまで切り込みがあり、その位置で板同士が組み合わされているため、モデルでは、格子板の板幅を $1/2$ とし、板同士が直交する部分を剛体接合とすることにより、その構造を模擬した。レストレイント構造は圧縮荷重のみ支持するとした。

2.4 解析条件

S_2 地震を想定し、それによる燃料集合体の変形により、格子板で区切られた各セルに燃料集合体 4 体分の水平荷重 10kN が作用するものとし、また、荷重が伝達されるシュラウドは剛体として、上部格子板の変形量を弾性解析した。

なお、レストレイント構造の設置間隔が狭い位置に設置されたレストレイント構造ほど、その機能が喪失したことによる、上部格子板の変位に対する影響が小さくなることから、本評価では、 0° 、 90° 、 180° 及び 270° 位置近傍に設置されたレストレイント構造 (図 E-1) を、点検対象外とした場合について評価する。

上部格子板の変形量は荷重方向に依存する。そのため、本評価では、まず 0° 位置近傍に設置されたレストレイント構造 ($\pm 3^\circ$) の機能が喪失した場合を想定し、その場合に、変形量が最大になると考えられる荷重方向として、 0° 方向に作用するとして評価した。その後、順次、 180° 、 90° 又は 270° 位置のレストレイント構造の機能が喪失したとして評価し、点検必要範囲の検討に反映する。

また参考のために、格子板に対して 45° の方向に荷重が作用する場合 (図 E-1 の 45° 方向) も解析し、 0° 方向に荷重を作用させた場合の変形量と比較することにより、検討対象とした荷重方向が (0° 方向)、レストレイント構造の機能喪失を想定する 0° 位置に対し、最も厳しい荷重方向であることを確認する。

2.5 物性値

解析で用いたステンレス鋼の物性値を表 E-1 に纏める。

表 E-1 解析で用いた物性値

縦弾性係数	176 kN/mm ² ¹⁾
ポアソン比	0.3

¹⁾ 出典：告示 501 号

3. 解析結果

3.1 全レストレイント構造が健全な場合

全レストレイント構造が健全な上部格子板の弾性解析結果を、図 E-3 に示す。荷重を 0° 方向に負荷すると、0° 位置での変形量が-0.17mm、180° 位置での変形量が-0.76mm であった。つまり、荷重方向である 0° 位置では、レストレイント構造によりリム胴の変形は抑制されるが、その反対側の 180° 位置では、格子板の変形の蓄積により、荷重方向に対する変形量が 0° 方向よりも大きくなることがわかる。

上部格子板の変形量としては、その値が大きくなる 180° 位置での変形を代表値とし、0.76mm とする。この変形量 (=0.76mm) と上部格子板リム胴の外径の比を上部格子板の弾性歪み (ε) とすれば $\varepsilon=1.5\times 10^{-4}$ である。一方、運転温度での SUS304 及び SUS316L の降伏歪み (ε_y) は、それぞれ 1.1×10^{-3} 、 9.5×10^{-4} であることから、上部格子板の変形は弾性変形内である。

参考のために実施した、荷重が-45° 方向に作用した場合の変形量は、図 E-4 に示すように、荷重方向である-45° 位置では-0.21mm、その反対である 135° 位置では-0.67mm であった。また、0° 位置では-0.12mm、90° 位置では-0.52mm であり、いずれも 0° 方向に荷重を負荷した場合の変形量 (-0.76mm) に比べて小さくなることを確認した。

3.2 2 個のレストレイント構造が機能を喪失した場合

本評価では、180° モデルによる解析のため、機能喪失を想定した 1 個のレストレイント構造に加え、それと 0° -180° 軸に対して対称な位置にあるレストレイント構造も機能喪失した場合を想定する。

図 E-5(a)に示すように、0° の±3° 位置に設置された 2 個のレストレイント構造の機能が喪失した場合を想定し、荷重は、2 個のレストレイント構造の中央位置である 0° 方向に作用するとした。

解析結果を図 E-6 に示す。この場合のリム胴外周部の変形量は、0° 方向も 180° 方向

もほぼ等しい値となった。この場合の上部格子板の変形量を約 1.5mm とし、変形量を弾性歪みに置き換えると $\varepsilon = 2.9 \times 10^{-4}$ であり、運転温度における SUS304 及び SUS316L の降伏歪みより小さい。したがって、上部格子板の変形は弾性変形内であり、強度上の問題は無い。

3.3 4 個のレストレイント構造が機能を喪失した場合

図 E-5(b)に示すように、 0° の $\pm 3^\circ$ 位置のレストレイント構造に加え、 180° 対称位置 (177° , 183°) の 2 個のレストレイント構造の機能が喪失したと想定し、 0° 方向に荷重が作用したとする。 180° 対称位置のレストレイント構造は、 0° 方向の荷重に対しては作用しないため、リム胴外周部の変形量は、レストレイント構造 2 個の機能喪失と同じ約 1.5mm になる。

3.4 8 個のレストレイント構造を点検対象外とした場合

図 E-5(c)に示すように、 0° 及び 180° 対称位置のレストレイント構造に加え、これらの中間位置である 90° 対称位置 (87° , 93°) 及び 270° 対称位置 (267° , 273°) のレストレイント構造を加えた合計 8 個を点検対象外とした場合を検討した。荷重の方向は同様に 0° 方向である。

解析結果を図 E-7 に示す。この場合のリム胴外周部の変形量は約 1.5mm で、変形量を弾性歪みに置き換えると $\varepsilon = 2.9 \times 10^{-4}$ であり、運転温度における SUS304 及び SUS316L の降伏歪みより小さい。したがって、上部格子板の変形は弾性変形内であり、強度上の問題は無い。

4. まとめ

S_2 地震を想定した場合の上部格子板の変位は、4 個のレストレイント構造の機能が喪失した場合には約 1.5 mm、8 個の場合も約 1.5mm であり、弾性変形範囲内である。

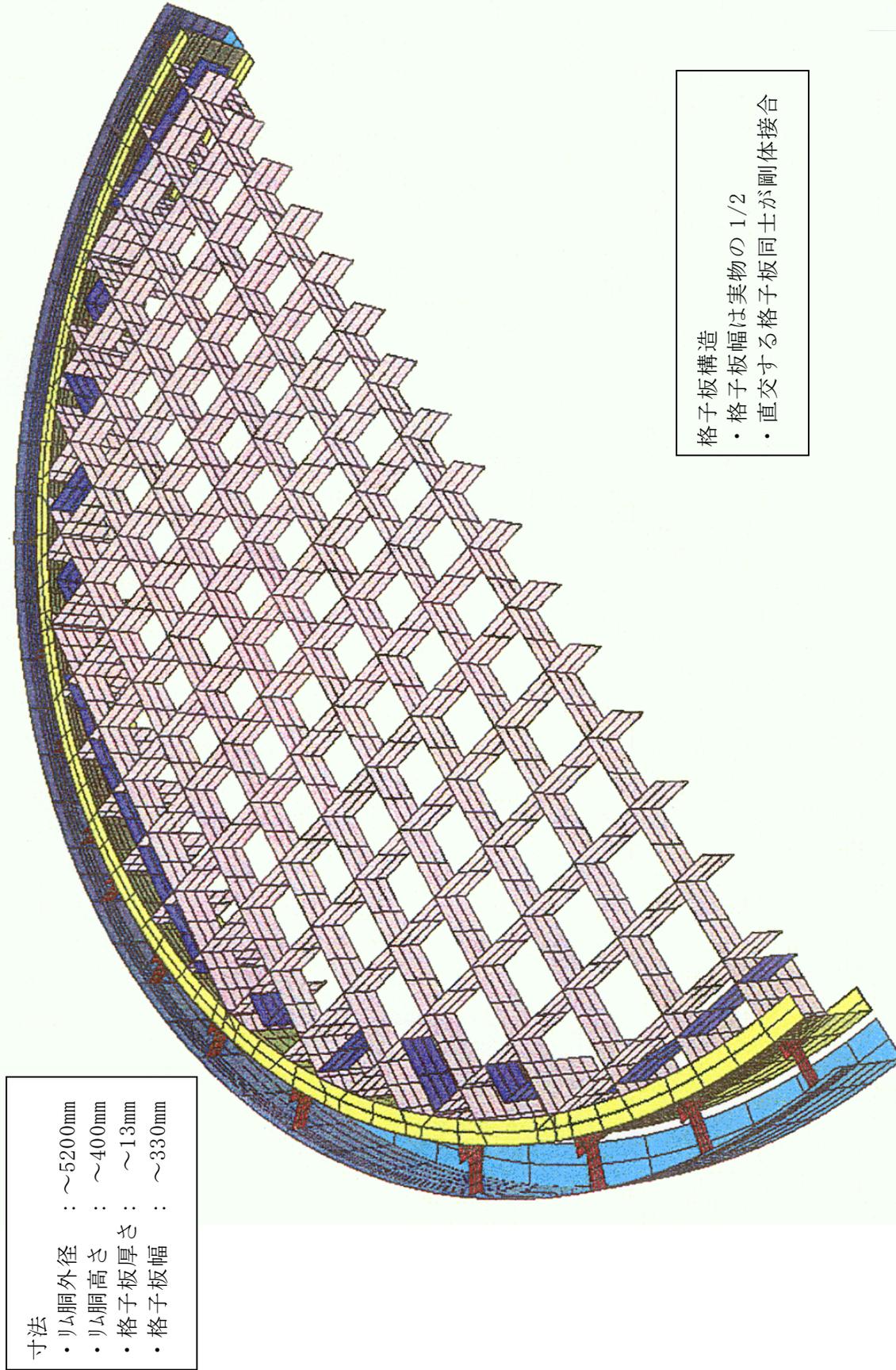
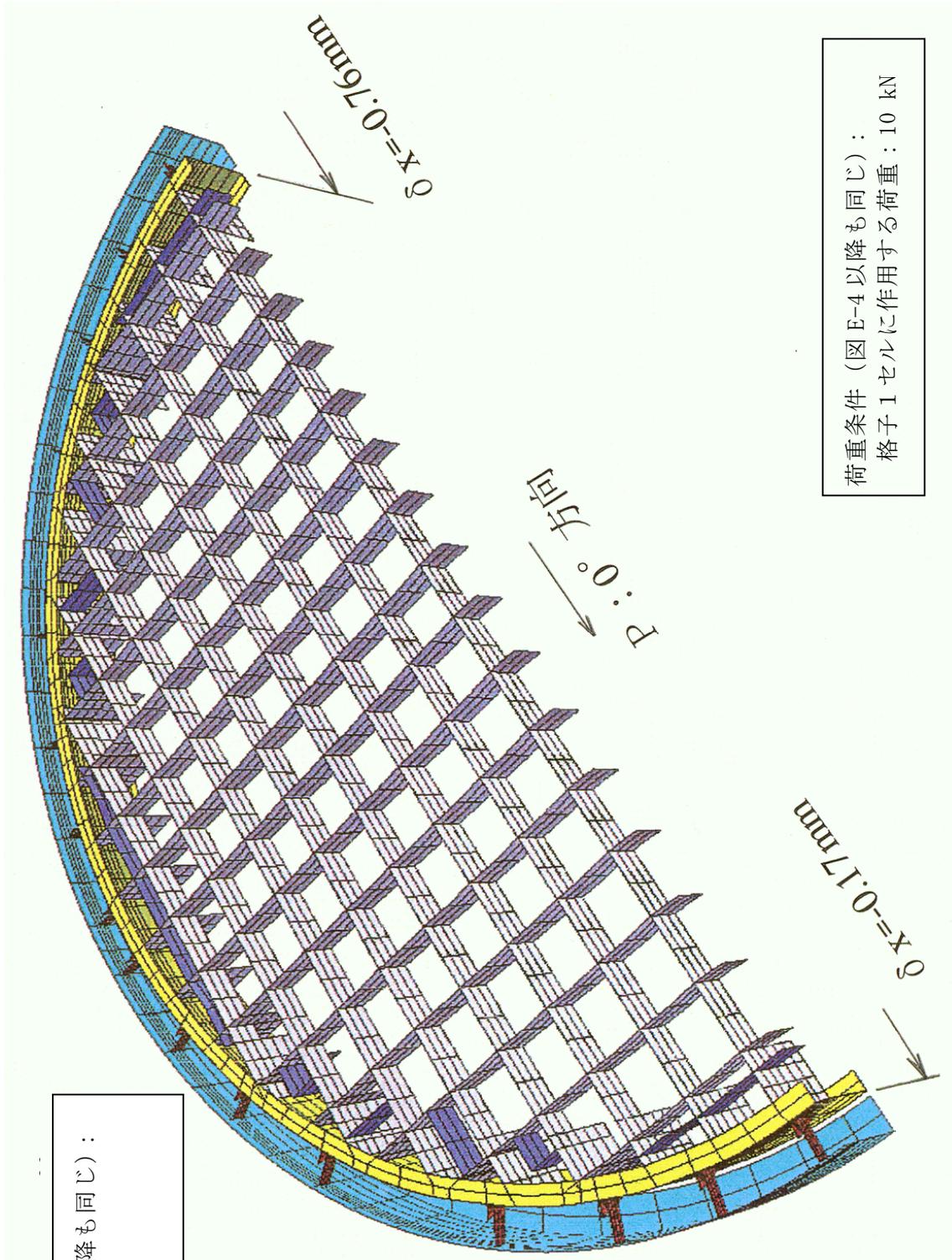


図 E-2 上部格子板モデル



物性値 (図 E-4 以降も同じ) :

- E : 176 kN/mm²
- ν : 0.3

荷重条件 (図 E-4 以降も同じ) :

格子 1 セルに作用する荷重 : 10 kN

図 E-3 全レストレイント構造が健全な場合 I (S₂地震時の上部格子板の変形)

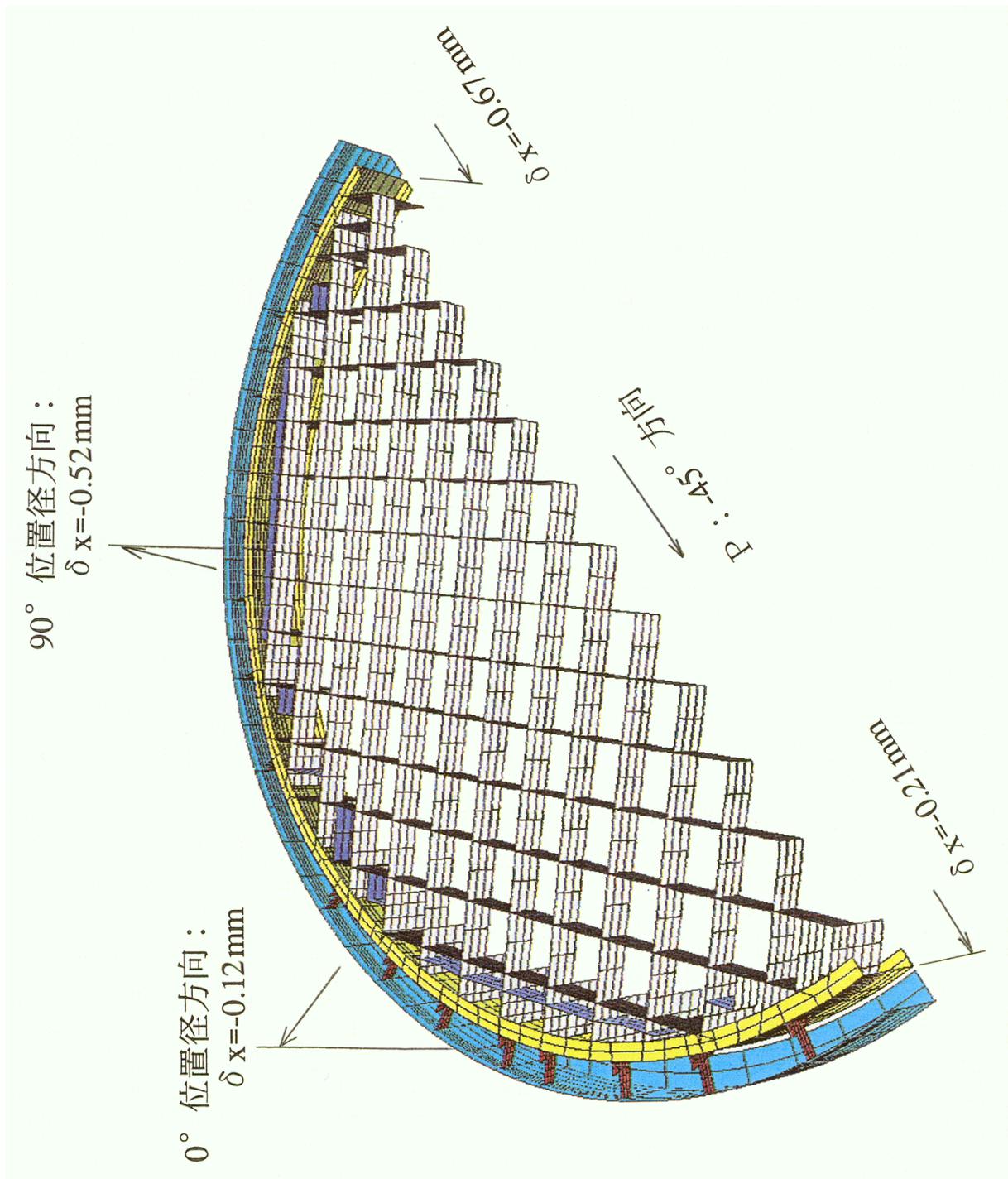
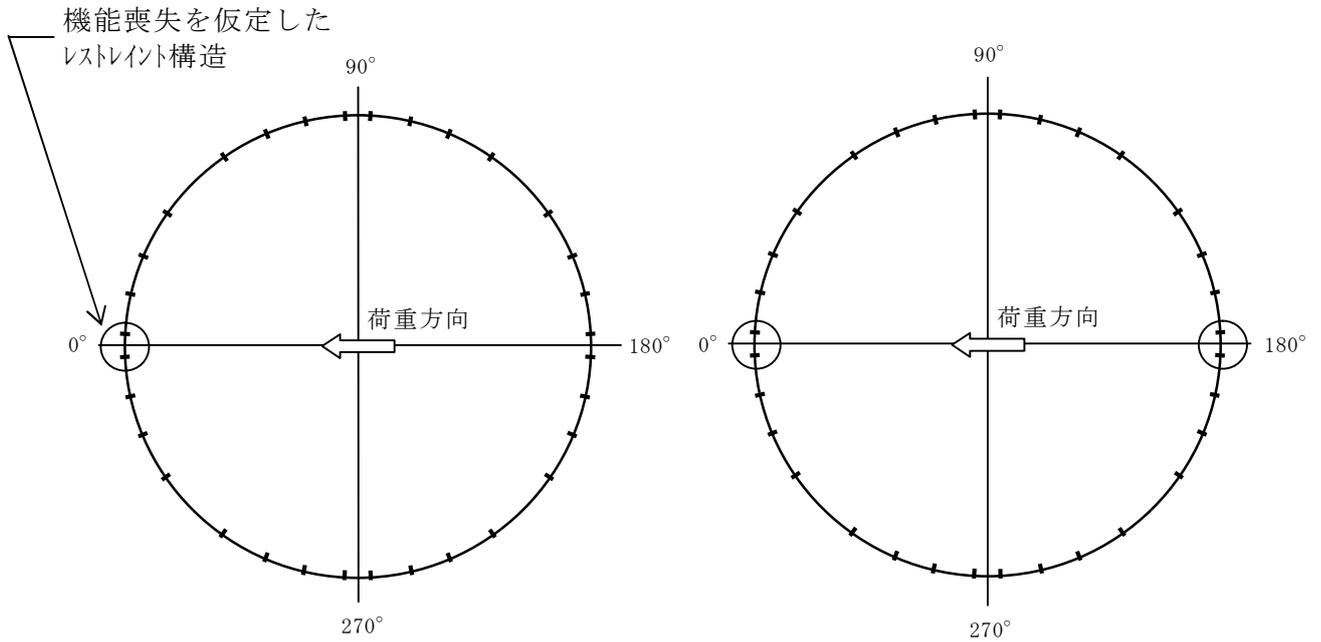
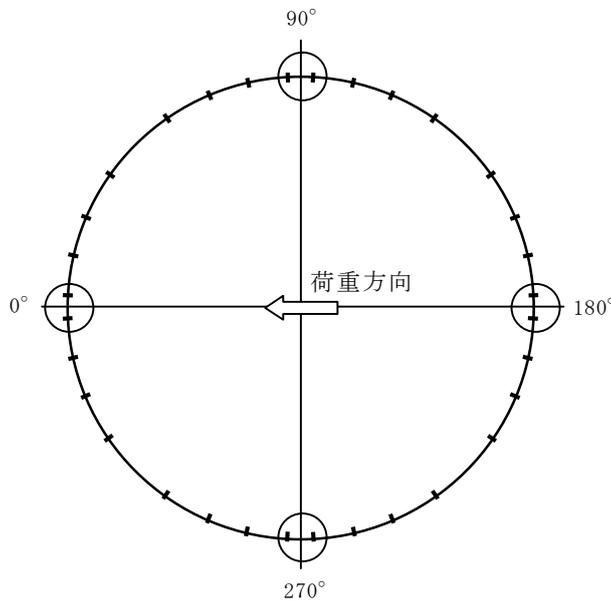


図 E-4 全レストレイント構造が健全な場合 II (S₂地震時の上部格子板の変形)



(a) 2 個のレストレイント構造の機能喪失を想定した
レストレイント構造の配置及び荷重の方向
(○で囲んだレストレイント構造が機能喪失)

(b) 4 個のレストレイント構造の機能喪失を想定した
レストレイント構造の配置及び荷重の方向
(○で囲んだレストレイント構造が機能喪失)



(c) 8 個のレストレイント構造の機能喪失を想定した
レストレイント構造の配置及び荷重の方向
(○で囲んだレストレイント構造が機能喪失)

図 E-5 上部格子板の変位を検討するレストレイント構造の配置

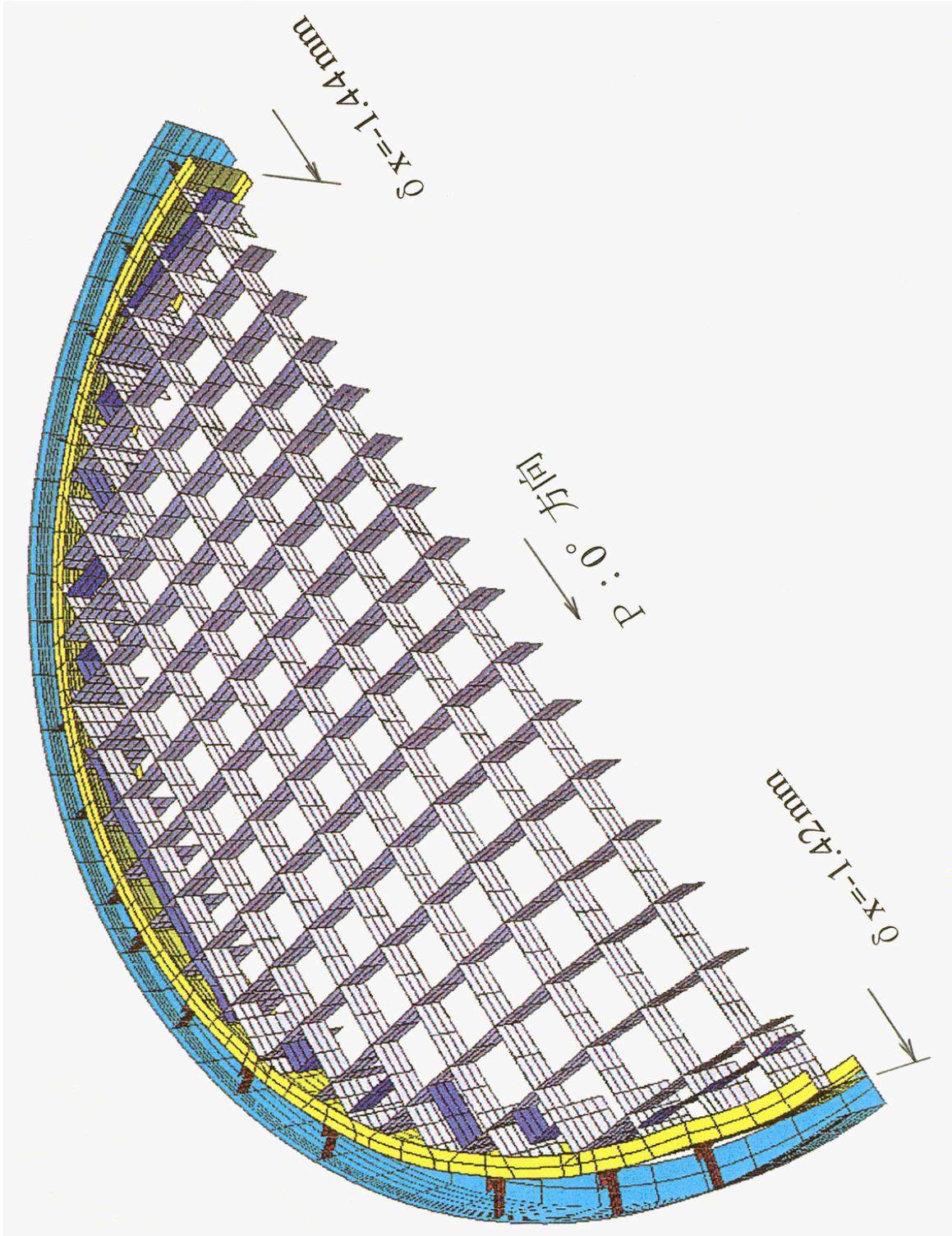


図 E-6 2 体のレストレイント構造が機能喪失した場合 (S₂地震時の上部格子板の変形)

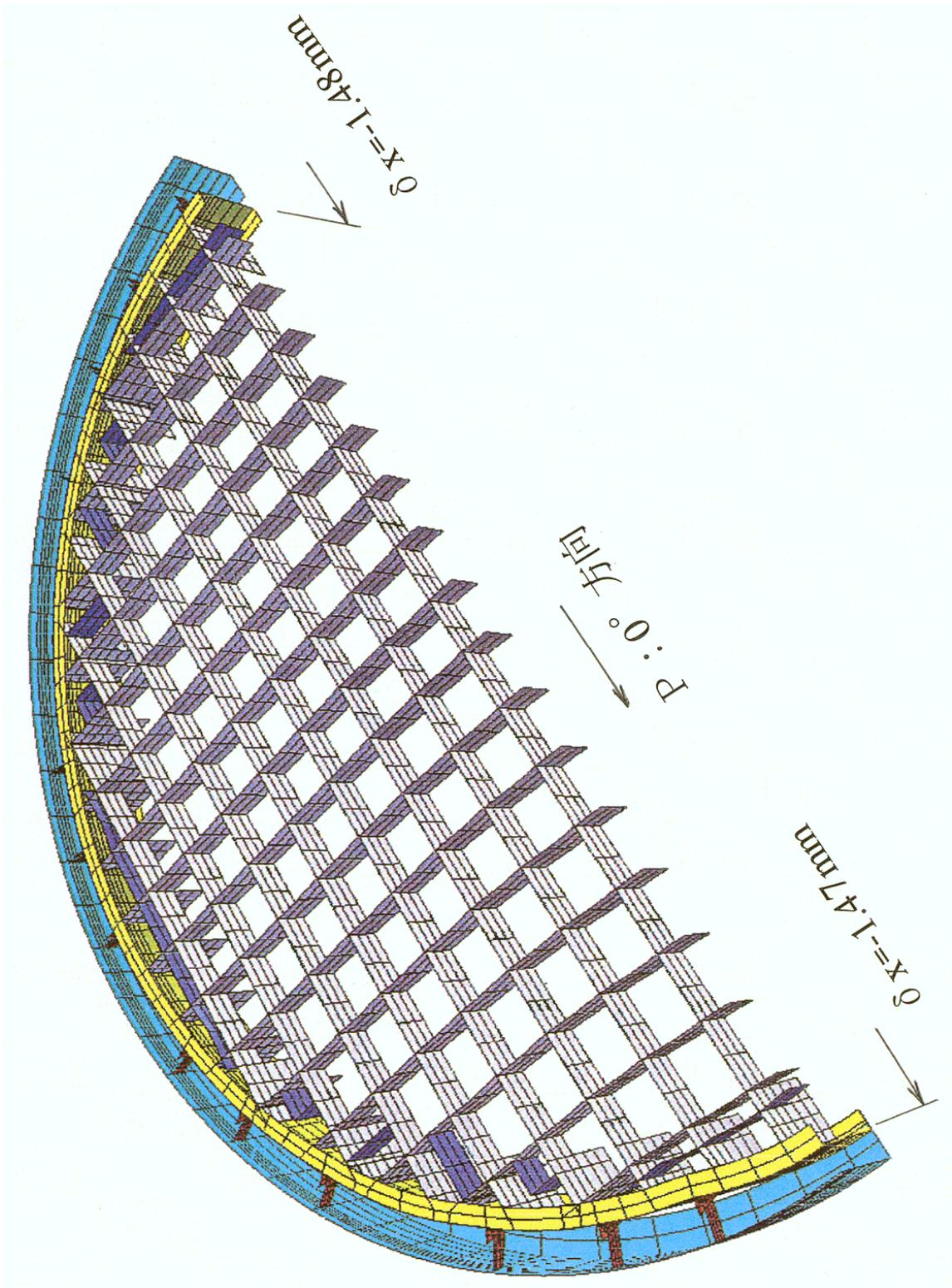


図 E-7 8 体のレストレイント構造が機能喪失した場合 (S₂地震時の上部格子板の変形)

付録F ホールドダウン構造の点検必要範囲の検討

1. はじめに

上部格子板の上側と下側では圧力に差異が生じるため、この差圧により、上部格子板には垂直方向荷重が作用する。この差圧による荷重は、主蒸気系配管が破断した LOCA 時に最大となり、自重より大きい場合には、上部格子板に、浮き上がる方向の荷重が作用する。そこで本付録では、500 MWe、800 MWe 及び 1100MWe クラスのプラントを対象に、上部格子板に作用する差圧荷重と自重を比較し、差圧荷重が上回るプラントについては、浮き上がり抑止のために設置されたホールドダウン構造の点検必要範囲を検討するため、浮き上がり抑止に必要なホールドダウン構造の個数を評価する。

2. 上部格子板に作用する差圧荷重と自重の比較

500 MWe、800 MWe、及び 1100 MWe プラントについて、上部格子板に作用する差圧荷重と、上部格子板の自重を比較した例を表 F-1 に示す。表中の差圧は解析で求め、それぞれ通常運転時と、主蒸気系配管の破断を想定した事故時の値を示した。表 F-1 に示す 500 MWe プラントの場合、事故時の差圧荷重が自重よりも大きく、上部格子板が浮き上がる方向の荷重が作用するが、上部格子板に取付けられたホールドダウン構造により、上部格子板の浮き上がりが抑止される。

表 F-1 差圧荷重と自重の比較例

	記号	単位	500 MWe プラント		800 MWe プラント		1100 MWe プラント	
			通常運転時	事故時	通常運転時	事故時	通常運転時	事故時
水中での自重	W_w	N	3.6×10^4		4.8×10^4		8.3×10^4	
受圧面積	A	mm^2	1.76×10^6		2.87×10^6		3.73×10^6	
差圧	ΔP	MPa	0.002	0.023	0.002	0.015	0.002	0.012
浮き上がり力	F_p	N	3.52×10^3	4.048×10^4	5.74×10^3	4.31×10^4	7.46×10^3	4.476×10^4
ホールドダウンに作用する浮き上がり力	F	N	0	4.48×10^3	0	0	0	0

3. ホールドダウン点検必要範囲の評価例

上部格子板に作用する事故時の差圧荷重が自重を上回る表 F-1 の 500MWe プラントを対象に、ホールドダウン構造（全 4 個）の点検必要範囲を評価するため、1 個のホールドダウン構造が支持できる荷重を求める。

検討したホールドダウン構造を図 F-1 に示す。ホールドダウンブラケット及びホールドダウンの計算モデルを図 F-2 及び図 F-3 に示す。いずれも片持梁とし、その先端に荷重が作用するものとして、1 個当たりの支持可能荷重を評価した結果を表 F-2 に示す。

表 F-2 ホールドダウンブラケット及びホールドダウンの支持荷重の評価結果

ホールドダウンブラケット			ホールドダウン		
梁の長さ(L1)	101.5	mm	梁の長さ(L2)	43	mm
梁の断面積	2.6×10^3	mm ²	梁の断面積	3.2×10^3	mm ²
梁の断面係数	1.1×10^4	mm ³	梁の断面係数	2.7×10^4	mm ³
支持可能荷重	2.3×10^4	N	支持可能荷重	2.0×10^5	N

事故時に上部格子板に作用する差圧荷重は、表 F-1 より約 4.5×10^3 N であることから、強度上は 1 個のホールドダウン構造で上部格子板を支持可能である。ただし、支持荷重のバランスを考慮すれば、対称位置のホールドダウンも必要であり、全 4 個のホールドダウン構造のうち、180° 離れた 2 個が点検必要範囲に該当する。

4. まとめ

- (1) 通常運転時に、上部格子板に作用する差圧荷重が自重を上回ることはない。
- (2) 一部のプラントでは、事故時に上部格子板に作用する差圧荷重が自重を上回るため、ホールドダウン構造が必要である。
- (3) 事故時に上部格子板に作用する差圧荷重が自重を上回るプラントでは、強度上は 1 個のホールドダウン構造で差圧荷重を支持できるが、支持荷重のバランスを考慮して、全 4 個のホールドダウン構造のうち、180° 離れた 2 個が点検必要範囲に該当する。

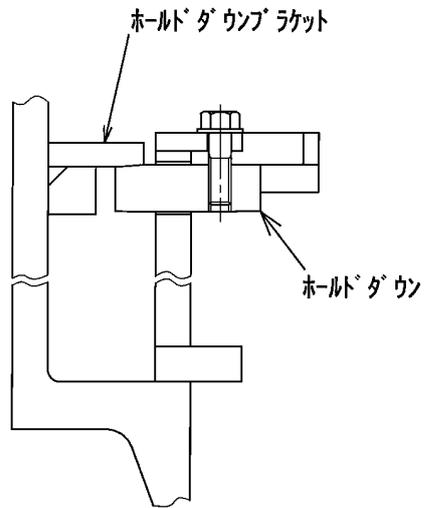


図 F-1 ホールドダウン構造

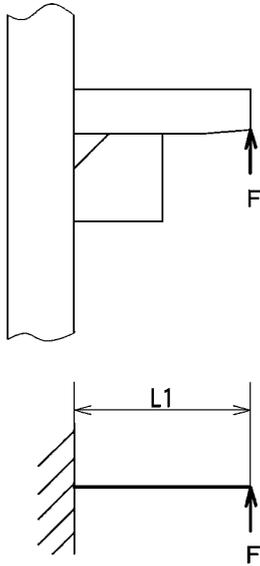


図 F-2 ホールドダウンブラケットの計算モデル

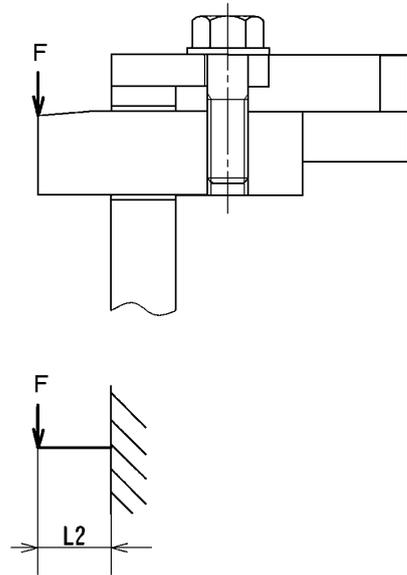
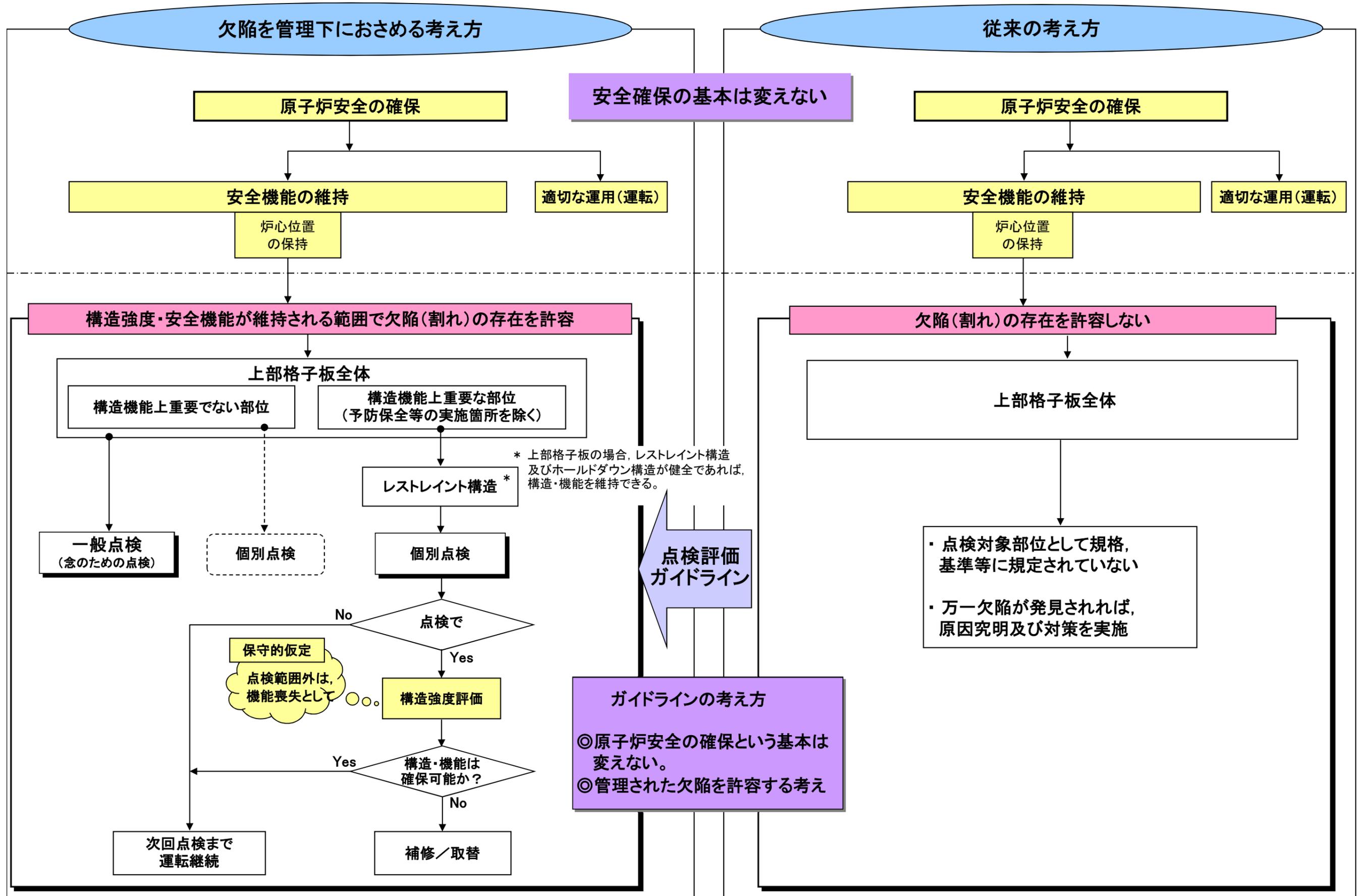


図 F-3 ホールドダウンの計算モデル



BWR 炉内構造物点検評価ガイドライン [上部格子板] の概要

1. 基本的考え方

- 原子炉安全性の確保を大前提とし、上部格子板 (図-1) に要求される機能を維持できるように合理的な点検範囲、点検周期を規定する。
 - ① 原子炉安全機能：炉心の支持機能 (制御棒挿入性) を維持する。
 - ② 経年変化事象：応力腐食割れを想定する。
 - ③ 点検対象部位：構造強度評価、安全機能維持の評価結果から重要な部位を選定する。

2. 点検対象部位

- 制御棒挿入性の確保に必要な下記の部位を点検対象とする。
 - (1) レストレイント構造 (図-2(1))
レストレイントブロック
 - (2) ホールドダウン構造 (図-2(2))
ホールドダウンブラケット
ホールドダウン固定ピン
(事故時の差圧荷重が自重を上回るプラント)

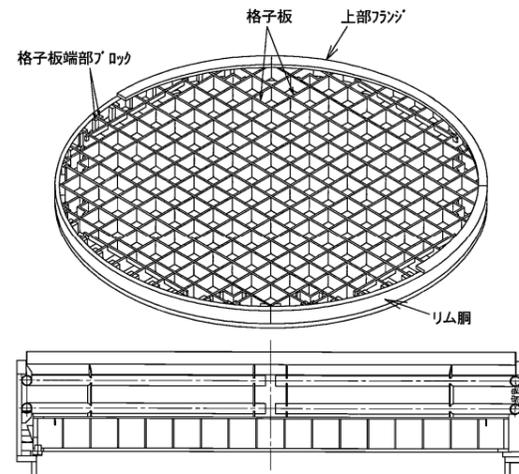


図-1 上部格子板の概略構造

3. 点検方法

- 目視試験を基本とする。
- ホールドダウンブラケットには、表面欠陥を検出可能な MVT-1 (0.025mm 幅のワイヤを識別) を適用する。
- レストレイント及びホールドダウン固定ピンは、異常の有無を検知可能な VT-3 を適用する。

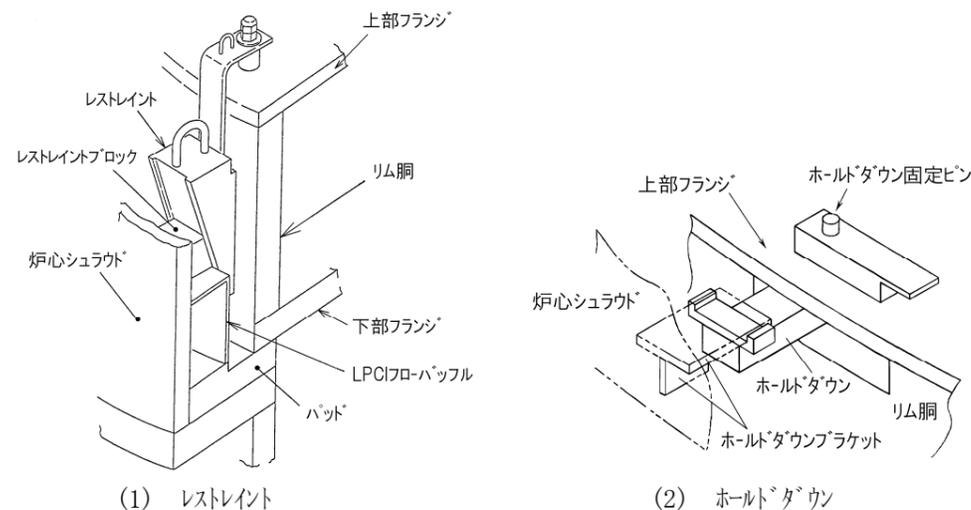


図-2 レストレイント構造およびホールドダウン構造

4. 点検範囲及び点検周期の考え方

- レストレイント構造の点検必要範囲は、地震時に制御棒挿入性が確保される上部格子板の変位の評価結果を基に定める (図-3)
- レストレイント構造は、制御棒挿入性や炉心支持に影響する損傷の可能性が極めて低いと考えられることから、供用開始後 20~30 年の期間内に初回点検を行う。
- ホールドダウン構造は、強度上 1 個で事故時の差圧荷重を支持できるが、荷重バランスを考慮して、180 度離れた 2 個を点検必要範囲とする。
- ホールドダウン固定ピンは想定される損傷モードがなく、また、ホールドダウンブラケットは SUS316L 材で SCC 感受性が低く損傷の可能性が低いことから、ホールドダウン構造は供用開始後 20~30 年の期間内に初回点検を行う。
- レストレイント構造、ホールドダウン構造共に、炉心シュラウド近傍の部位の点検に合わせて再点検を行う。
- 点検必要範囲が健全な場合は、継続使用できる。健全でない場合は、補修等の対策を行う。(図-4)

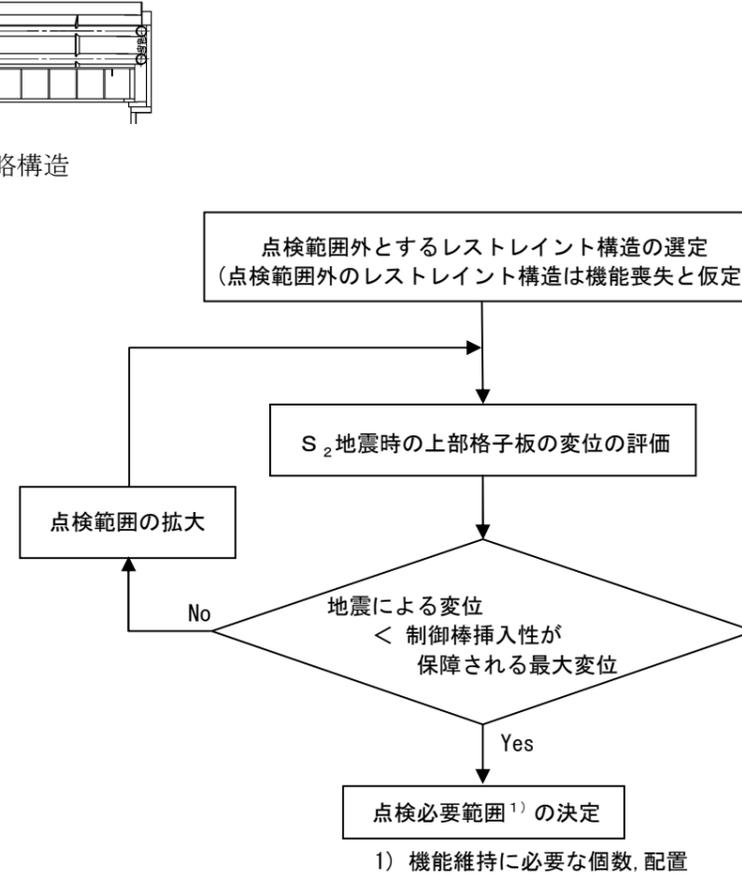


図-3 上部格子板の点検必要範囲の評価フロー

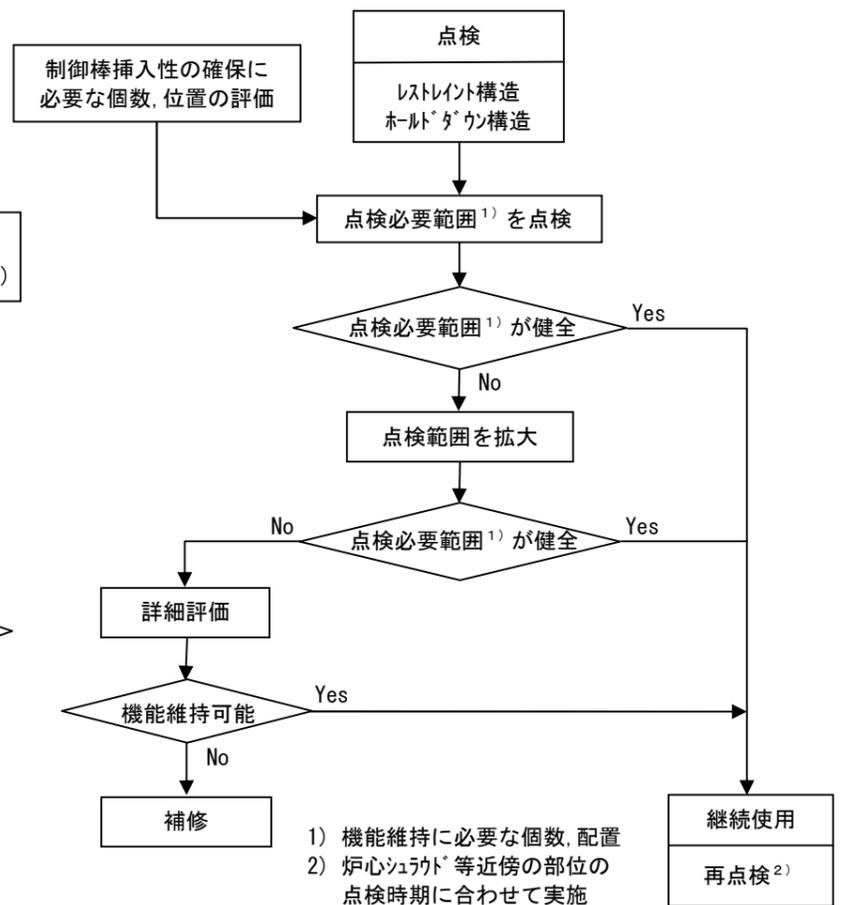


図-4 上部格子板の点検フロー

1) 機能維持に必要な個数、配置
2) 炉心シュラウド等近傍の部位の点検時期に合わせて実施

改訂経緯

平成 14 年 7 月 初版発行

平成 27 年 3 月 第 2 版発行

解説 1-2 にガイドライン適用にあたっての留意事項を記載し，適用する規格基準を見直した。

BWR 炉内構造物点検評価ガイドライン
[上部格子板]
(第2版)

編集者 一般社団法人 原子力安全推進協会
炉内構造物等点検評価ガイドライン検討会

発行者 一般社団法人 原子力安全推進協会
〒108-0014 東京都港区芝 5-36-7 三田ベルジュビル 13～15 階
TEL 03-5418-9312 FAX 03-5440-3606

©原子力安全推進協会，2015

本書に掲載されたすべての記事内容は、原子力安全推進協会の許可なく、
転載・複写することはできません。