

資料 1 3 - 1 6 - 3 内部コンクリートの耐震計算書

目 次

|                        | 頁           |
|------------------------|-------------|
| 1. 概要 .....            | 添13-16-3-1  |
| 2. 基本方針 .....          | 添13-16-3-1  |
| 2.1 位置 .....           | 添13-16-3-1  |
| 2.2 構造概要 .....         | 添13-16-3-2  |
| 2.3 評価方針 .....         | 添13-16-3-9  |
| 2.4 準拠規格・基準等 .....     | 添13-16-3-11 |
| 3. 地震応答解析による評価方法 ..... | 添13-16-3-12 |
| 4. 評価結果 .....          | 添13-16-3-14 |
| 4.1 せん断ひずみの評価結果 .....  | 添13-16-3-14 |
| 4.2 保有水平耐力の評価結果 .....  | 添13-16-3-17 |

## 1. 概要

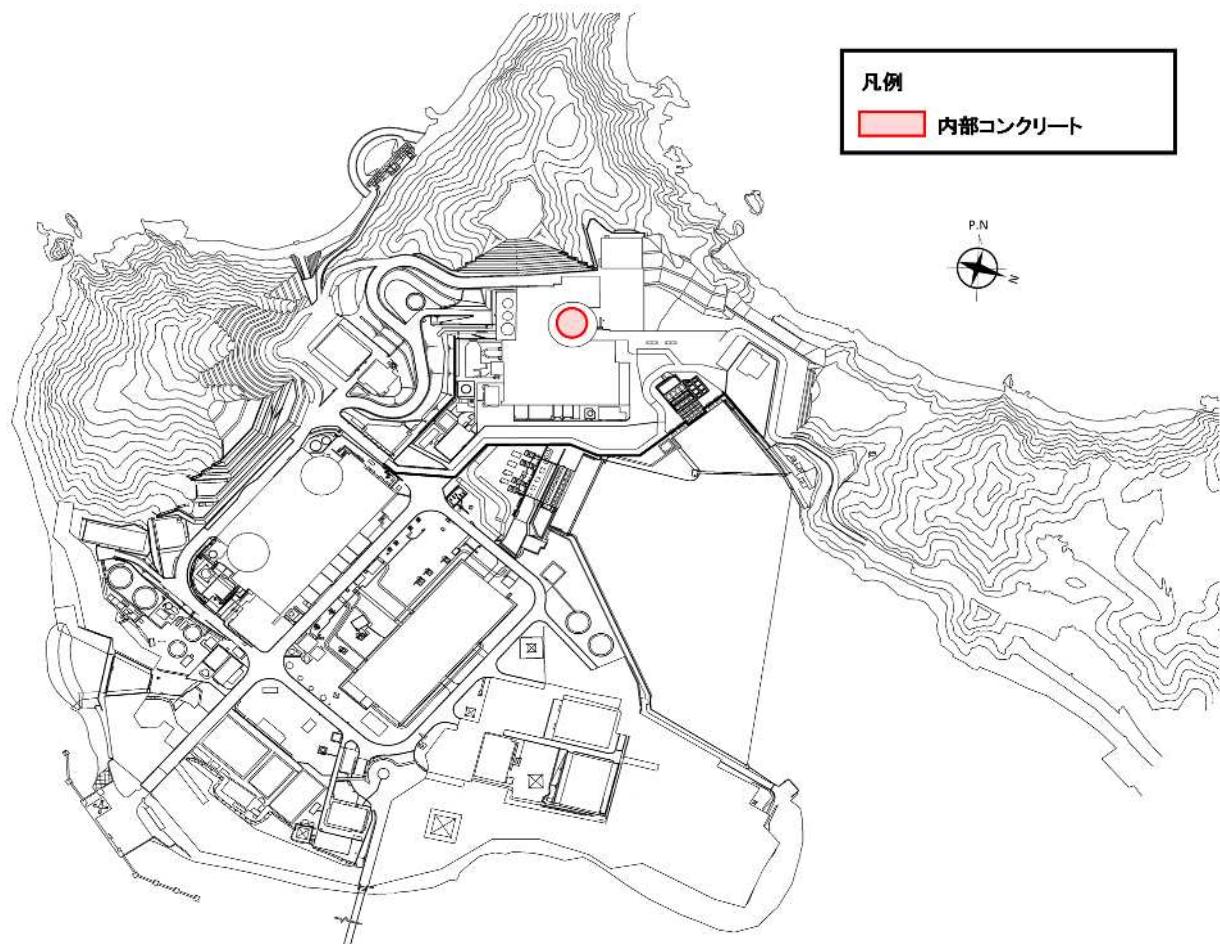
本資料は、資料 13-9「機能維持の基本方針」に基づき、内部コンクリートの地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価により行う。

内部コンクリートは、設計基準対象施設においては「S クラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

内部コンクリートは原子炉格納施設の一部を構成している。内部コンクリートの設置位置を第 2-1 図に示す。



第 2-1 図 内部コンクリートの設置位置

## 2.2 構造概要

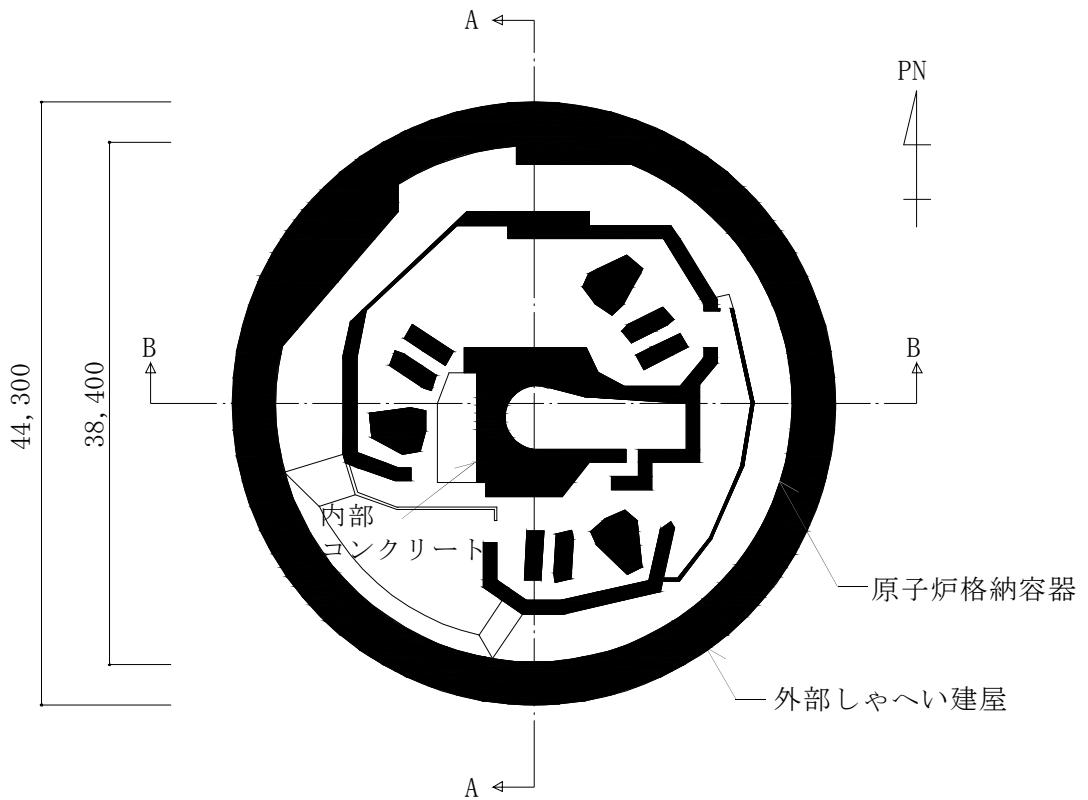
原子炉格納容器の内部に設けられる一次遮蔽及び二次遮蔽は、原子炉、蒸気発生器等の機器類の支持機能を有する構築物であり、これらを総称して内部コンクリートと呼ぶ。

内部コンクリートは、中央部に配置された原子炉を囲む一次遮蔽壁及びその周囲の蒸気発生器室等を構成する耐力壁を主要な耐震要素とする鉄筋コンクリート造の壁式構造物であり、周囲には3層の床版を有している。

本構築物の主要構造体を形成する中央コア部は、機能上の要求から複雑な形態となっているが、耐力壁となる一次遮蔽壁及び二次遮蔽壁の厚さは各々約290cm、約110cmである。

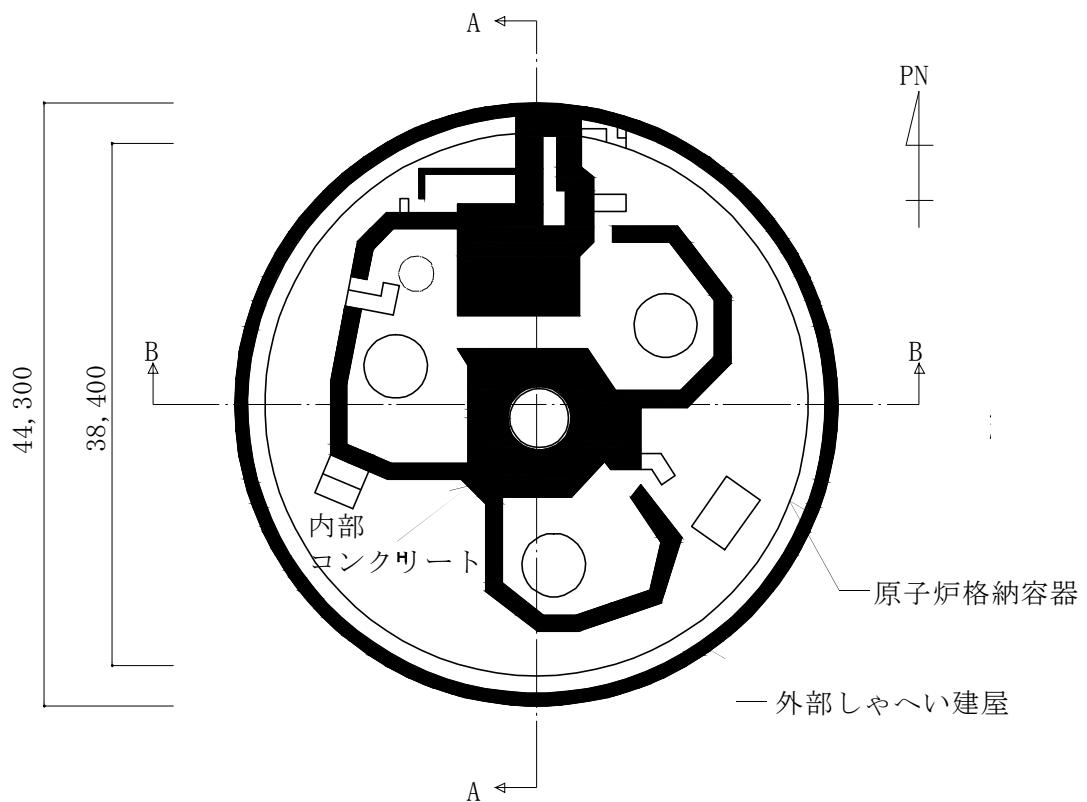
なお、本構築物に作用する水平方向の地震力は、剛性の高い中央コア部を構成する耐力壁で負担されるものとする。

内部コンクリートを含む原子炉格納施設の概略平面図を第2-2図に、概略断面図を第2-3図及び第2-4図に示す。



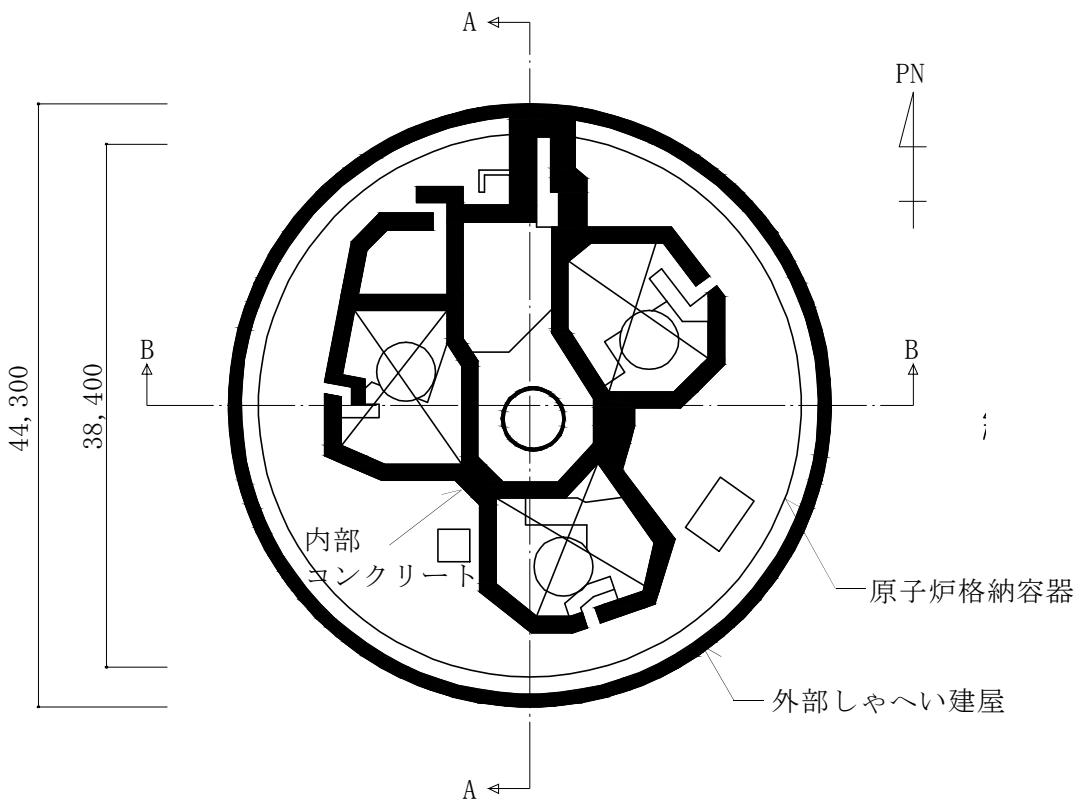
(a) E. L. +9. 6m

第2-2図 原子炉格納施設の概略平面図 (1/4)



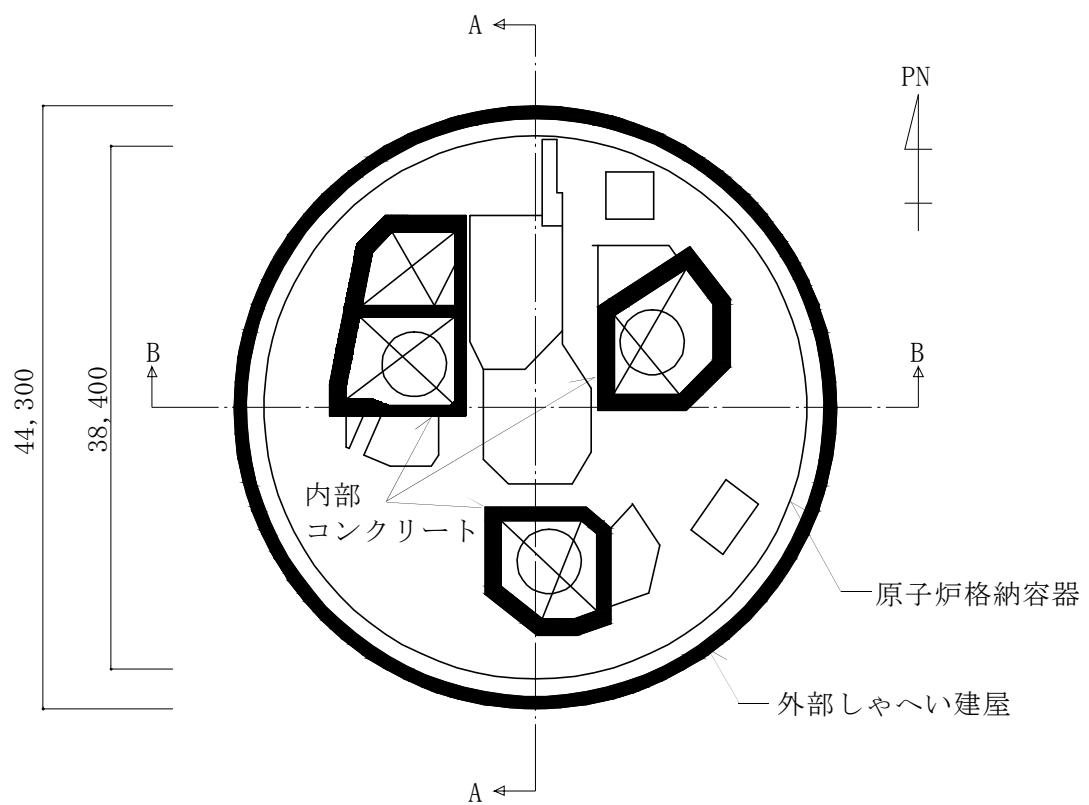
(b) E. L. +17. 0m

第2-2図 原子炉格納施設の概略平面図 (2/4)



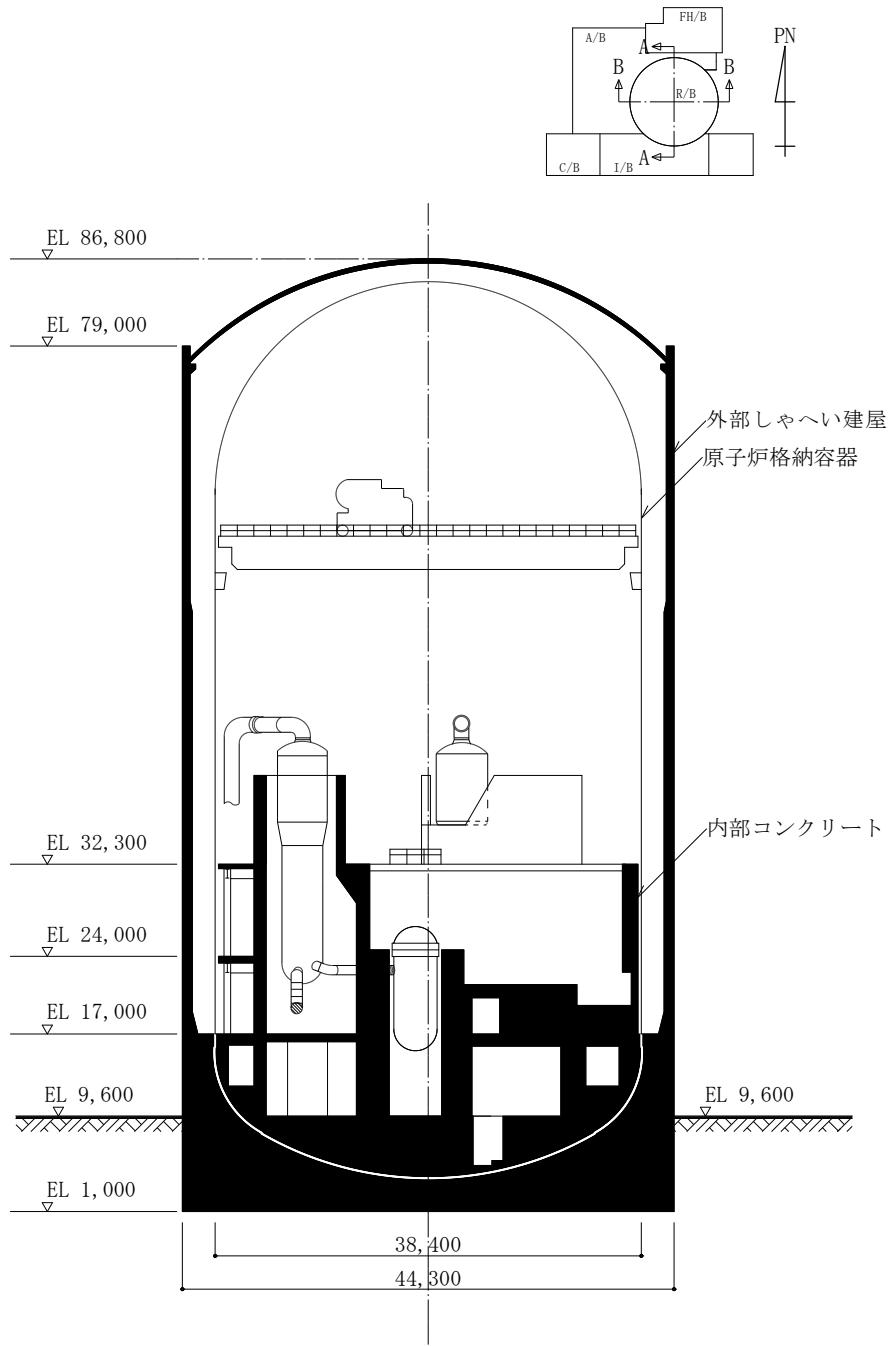
(c) E. L. +24.0m

第2-2図 原子炉格納施設の概略平面図 (3/4)



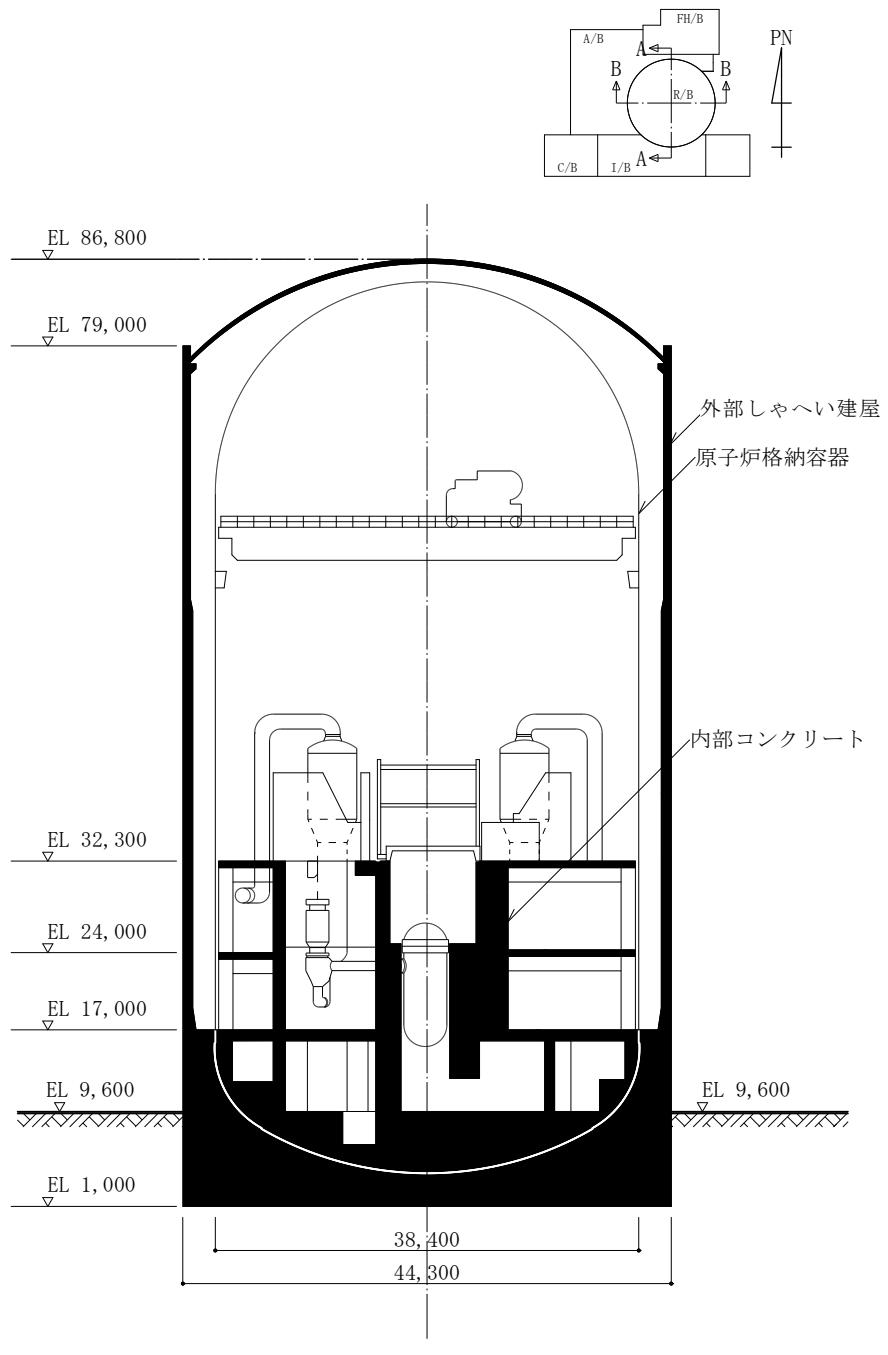
(d) E. L. +32.3m

第2-2図 原子炉格納施設の概略平面図 (4/4)



(A-A断面)

第2-3図 原子炉格納施設の概略断面図(NS方向)



第2-4図 原子炉格納施設の概略断面図(EW方向)

### 2.3 評価方針

内部コンクリートは、設計基準対象施設においては「S クラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

内部コンクリートの設計基準対象施設としての評価においては、基準地震動 Ss による地震力に対する評価（以下「Ss 地震時に対する評価」という）及び保有水平耐力の評価を行うこととし、それぞれの評価は資料 13-17-7-2 「原子炉格納施設の地震応答解析」の結果を踏まえたものとする。

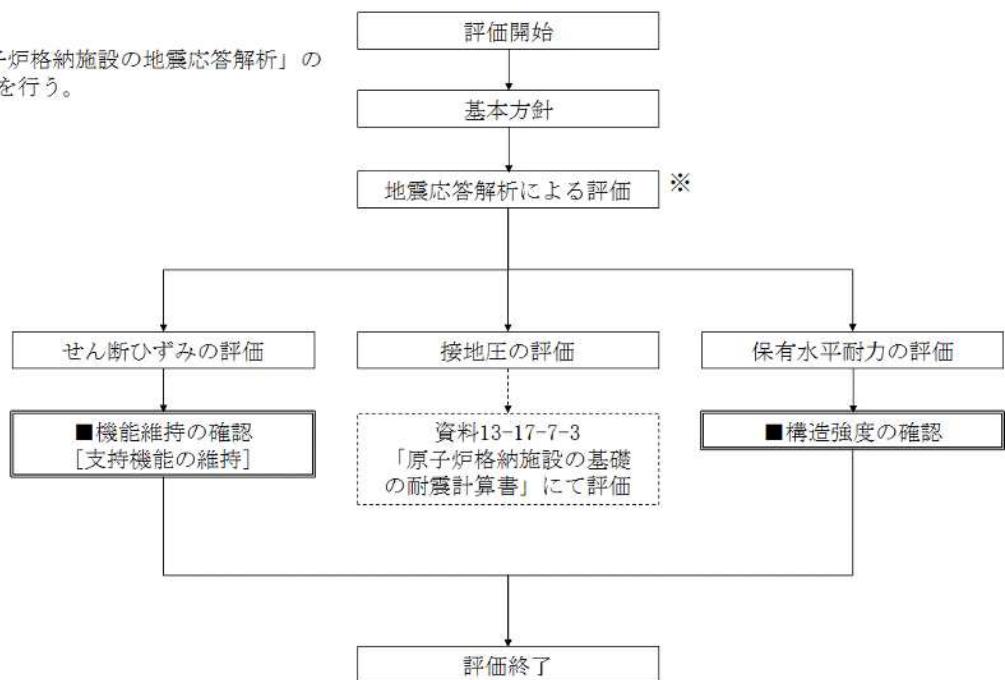
なお、資料 13-17-7-2 「原子炉格納施設の地震応答解析」にも示すとおり、原子炉格納施設のうち、外部しゃへい建屋については、既設のシリンダー部に対し耐震補強を行うが、耐震補強が地震応答解析モデルの振動性状に与える影響は軽微であることを確認していることから、原子炉格納施設の地震応答解析モデルは、外部しゃへい建屋の耐震補強を行う前の諸元に基づき設定している。従って、内部コンクリートの評価についても、外部しゃへい建屋の耐震補強前の諸元に基づいた地震応答解析より算定される設計用地震力を用いることとする。

内部コンクリートの評価は、資料 13-9 「機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においてせん断ひずみ及び保有水平耐力の評価を行うことで、内部コンクリートの地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。評価に当たっては地盤剛性の不確かさを考慮する。

また、重大事故等対処施設としての評価においては、Ss 地震時に対する評価及び保有水平耐力の評価を行う。ここで、内部コンクリートでは、運転時、設計基準事故時及び重大事故等時の状態において、温度の条件が異なるが、コンクリートの温度が上昇した場合においても、コンクリートの圧縮強度の低下は認められず、剛性低下は認められるがその影響は小さいと考えられること、また、「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格」では部材内の温度差及び拘束力により発生する熱応力は自己拘束的な応力であり十分な塑性変形能力がある場合は終局耐力に影響しないこととされていることから、重大事故等対処施設としての評価は、設計基準対象施設としての評価と同一となる。

第 2-5 図に内部コンクリートの評価フローを示す。

※：資料13-17-7-2「原子炉格納施設の地震応答解析」の結果を踏まえた評価を行う。



第2-5図 内部コンクリートの評価フロー

## 2.4 準拠規格・基準等

内部コンクリートの評価において、準拠する規格・基準等を以下に示す。

- ・建築基準法・同施行令
- ・発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格 ((社)日本機械学会、2003)
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度設計法－((社)日本建築学会、1999)
- ・原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説((社)日本建築学会、2005)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力度編 JEAG4601・補-1984((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協会)

### 3. 地震応答解析による評価方法

地震応答解析による評価において、内部コンクリートの構造強度については、資料 13-17-7-2「原子炉格納施設の地震応答解析」に基づき、保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認する。

また、支持機能の維持については、資料 13-17-7-2「原子炉格納施設の地震応答解析」に基づき、地盤剛性の不確かさを考慮した最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における内部コンクリートの許容限界は、資料 13-9「機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持の方針に基づき、第 3-1 表及び第 3-2 表のとおり設定する。

第 3-1 表 地震応答解析による評価における許容限界（設計基準対象施設としての評価）

| 要求機能            | 機能設計上の性能目標                | 地震力         | 部位                  | 機能維持のための考え方                         | 許容限界（評価基準値）                      |
|-----------------|---------------------------|-------------|---------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| 一<br>構造強度を有すること |                           | 基準地震動<br>Ss | 耐震壁 <sup>(注2)</sup> | 最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 最大せん断ひずみ<br>$2.0 \times 10^{-3}$ |
|                 |                           | 保有水平耐力      | 構築物全体               | 保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認 | 必要保有水平耐力                         |
| 支持機能<br>(注1)    | 機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと | 基準地震動<br>Ss | 耐震壁 <sup>(注2)</sup> | 最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 最大せん断ひずみ<br>$2.0 \times 10^{-3}$ |

(注 1) 「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響」の確認が含まれる。

(注 2) 構築物全体としては、地震力を主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、梁、間仕切壁等が耐震壁の変形に追従することと、全体にマッシブで剛性の高い構造のため、各層の耐震壁が最大せん断ひずみの許容限界を満足していれば、構築物に要求される機能は維持される。

第3-2表 地震応答解析による評価における許容限界（重大事故等対処施設としての評価）

| 要求機能         | 機能設計上の性能目標                | 地震力         | 部位                  | 機能維持のための考え方                         | 許容限界(評価基準値)                      |
|--------------|---------------------------|-------------|---------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| —            | 構造強度を有すること                | 基準地震動<br>Ss | 耐震壁 <sup>(注2)</sup> | 最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 最大せん断ひずみ<br>$2.0 \times 10^{-3}$ |
|              |                           | 保有水平耐力      | 構築物全体               | 保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認 | 必要保有水平耐力                         |
| 支持機能<br>(注1) | 機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと | 基準地震動<br>Ss | 耐震壁 <sup>(注2)</sup> | 最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 最大せん断ひずみ<br>$2.0 \times 10^{-3}$ |

(注1) 「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響」の確認が含まれる。

(注2) 構築物全体としては、地震力を主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、梁、間仕切壁等が耐震壁の変形に追従することと、全体にマッシブで剛性の高い構造のため、各層の耐震壁が最大せん断ひずみの許容限界を満足していれば、構築物に要求される機能は維持される。

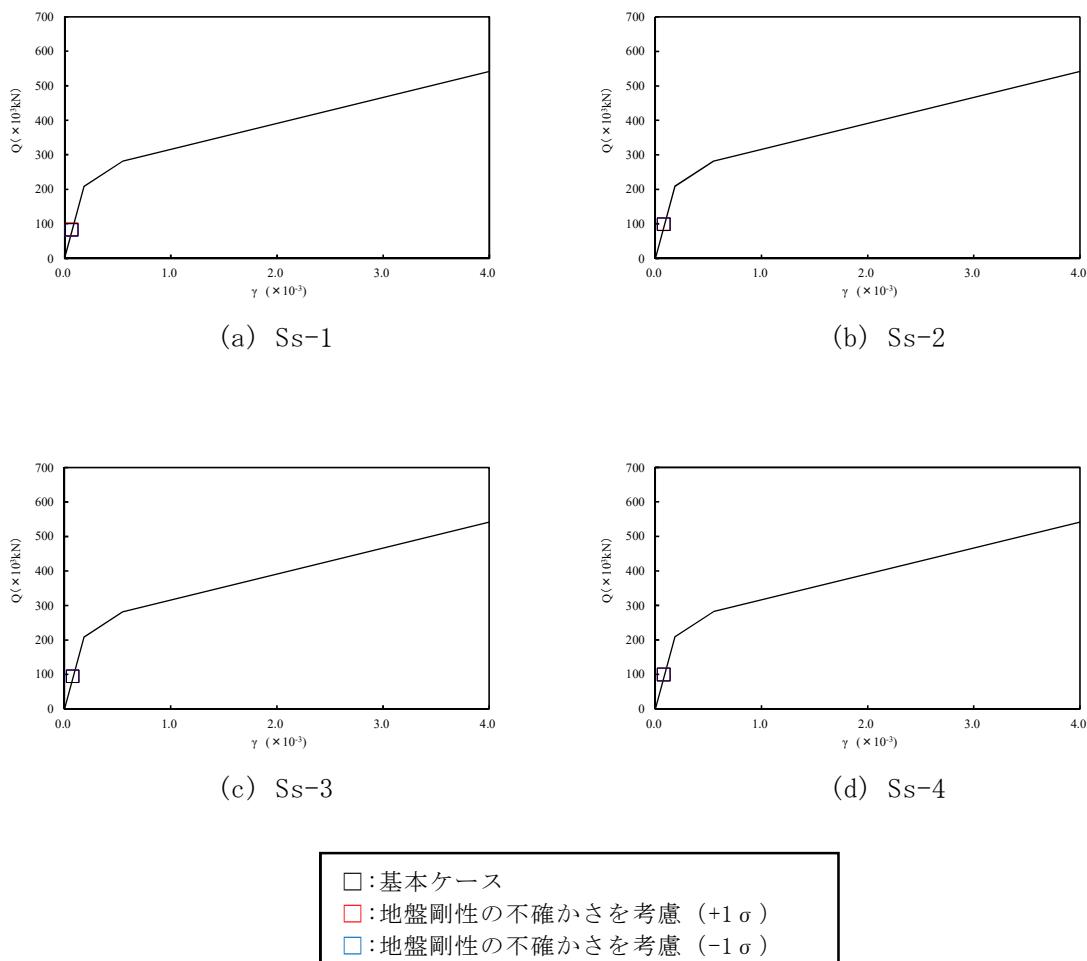
#### 4. 評価結果

評価結果を以下に示す。なお、参考として、外部しやへい建屋の耐震補強後の諸元に基づいた地震応答解析より算定される設計用地震力に対する評価結果についても、参考資料「外部しやへい建屋の耐震補強後の評価結果（内部コンクリート）」に示す。

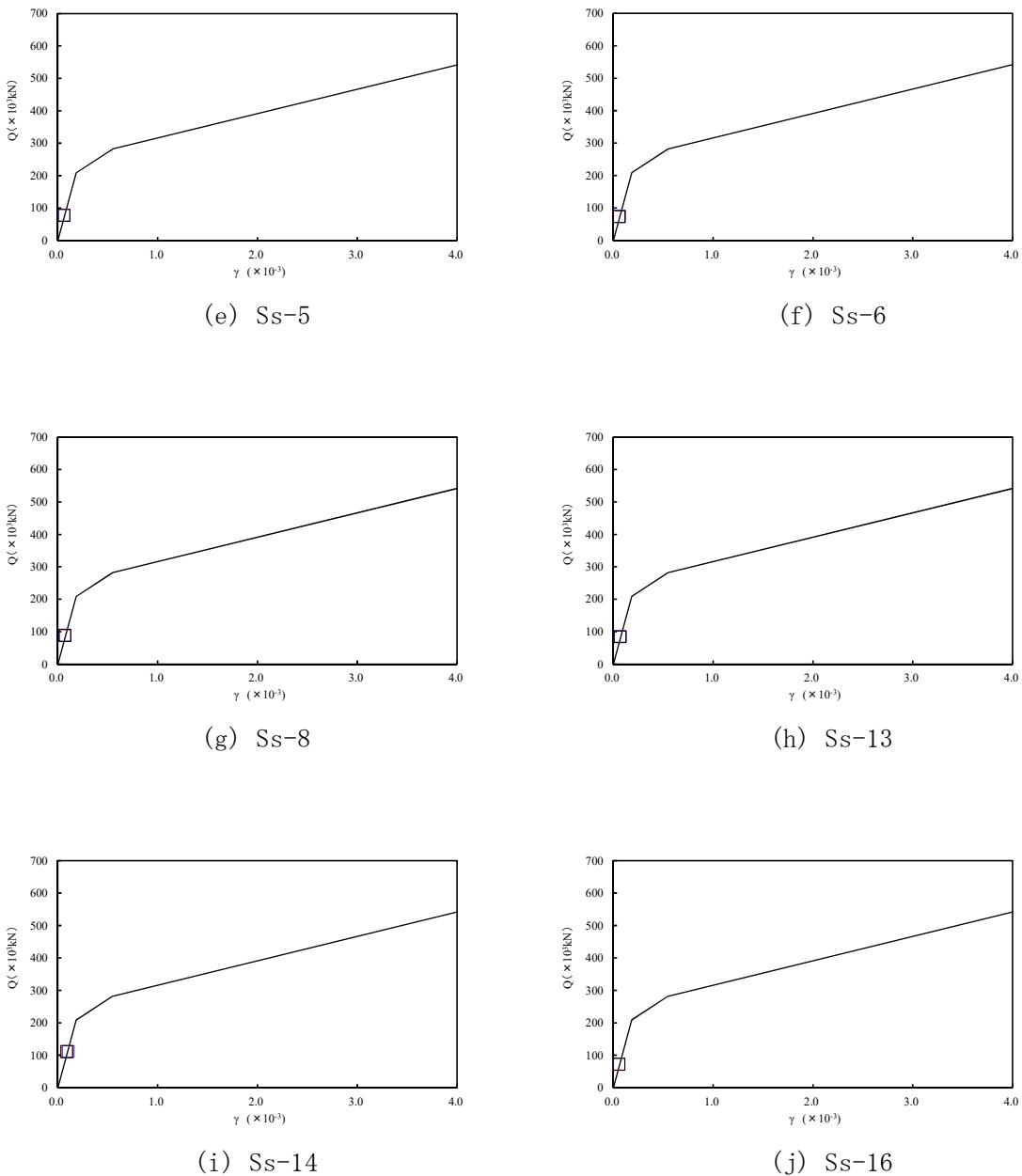
##### 4.1 せん断ひずみの評価結果

鉄筋コンクリート造耐震壁について、Ss 地震時の各層の最大せん断ひずみが許容限界 ( $2.00 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認する。

資料 13-17-7-2 「原子炉格納施設の地震応答解析」に基づき、地盤剛性の不確かさを考慮した最大せん断ひずみは  $0.0909 \times 10^{-3}$  (部材番号 19、EW 方向) であり、許容限界 ( $2.00 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認した。地盤剛性の不確かさを考慮した部材番号 19、EW 方向の Q- $\gamma$  関係と最大応答値を第 4-1 図に示す。

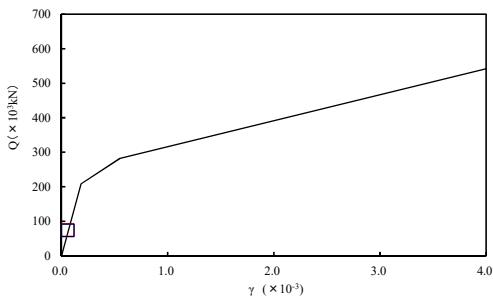


第 4-1 図 Q- $\gamma$  関係と最大応答値 (部材番号 19 EW 方向) (1/3)

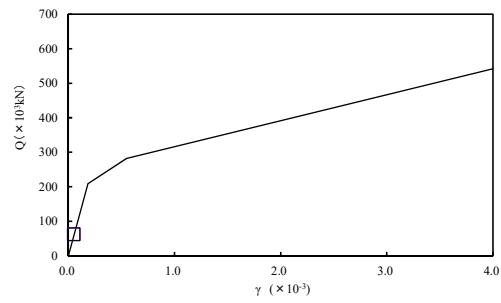


|                        |
|------------------------|
| □: 基本ケース               |
| ■: 地盤剛性の不確かさを考慮 (+1 σ) |
| △: 地盤剛性の不確かさを考慮 (-1 σ) |

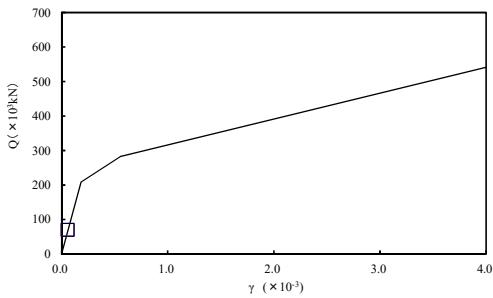
第 4-1 図 Q- $\gamma$  関係と最大応答値 (部材番号 [19] EW 方向) (2/3)



(k) Ss-18



(l) Ss-23 (NS)



(m) Ss-23 (EW)

|                        |
|------------------------|
| □: 基本ケース               |
| ■: 地盤剛性の不確かさを考慮 (+1 σ) |
| □: 地盤剛性の不確かさを考慮 (-1 σ) |

第 4-1 図 Q-γ 関係と最大応答値 (部材番号 [19] EW 方向) (3/3)

## 4.2 保有水平耐力の評価結果

必要保有水平耐力 $Q_{un}$ と保有水平耐力 $Q_u$ の比較結果を第4-1表に示す。各層において、保有水平耐力 $Q_u$ が必要保有水平耐力 $Q_{un}$ に対して妥当な安全余裕を有することを確認する。

なお、各層の保有水平耐力 $Q_u$ は、資料13-17-7-2「原子炉格納施設の地震応答解析」に示すせん断力のスケルトン曲線の $Q_3$ の値に基づき算出する。

第4-1表より、各層において、保有水平耐力 $Q_u$ が必要保有水平耐力 $Q_{un}$ に対して妥当な安全余裕を有することを確認した。

第4-1表 必要保有水平耐力 $Q_{un}$ と保有水平耐力 $Q_u$ の比較結果

| 部位                | 部材番号 | NS 方向                           |                              | EW 方向                           |                              |
|-------------------|------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
|                   |      | $Q_{un}$<br>( $\times 10^3$ kN) | $Q_u$<br>( $\times 10^3$ kN) | $Q_{un}$<br>( $\times 10^3$ kN) | $Q_u$<br>( $\times 10^3$ kN) |
| (C/I)<br>内部コンクリート | [21] | 25.5                            | 617                          | 27.5                            | 463                          |
|                   | [20] | 61.7                            | 933                          | 62.7                            | 939                          |
|                   | [19] | 72.4                            | 541                          | 72.4                            | 577                          |

※ $Q_{un}$ は4桁目を切り上げ、 $Q_u$ は4桁目を切り下げる。