

1号機ペDESTAL損傷状況を踏まえた原子炉建屋への影響確認

令和5年10月5日

原子力規制庁

1. はじめに

東京電力が実施した1号機ペDESTAL損傷状況を踏まえたRPV基礎部及びPCVの構造健全性評価は不確かさが大きく、精緻な検討が困難であるため、本資料では極端な事象を仮定して原子炉建屋への構造的な影響を検討した。

具体的には、RPVスタビライザやPCVスタビライザが地震時の水平荷重を支えず、ペDESTALの損傷部より上部のRPVや原子炉遮へい壁(BSW)が転倒等しPCVによりかかり、そのRPV、BSW、PCVの荷重が原子炉建屋に直接伝達した場合の影響を検討した。

2. 検討内容

RPV、BSW、PCVの転倒等による荷重が原子炉建屋に及ぼす影響について、(1)建屋の全体的な構造健全性の観点と(2)建屋の局所的な構造健全性の観点の2点から検討した。

(1) 建屋の全体的な構造健全性評価

検討内容：東京電力は資料2-1参考1において、Ss900時の水平荷重に加え、RPV、BSW、PCVの転倒等による水平荷重を追加的にオペフロ階に集中的にかけた場合の各階の最大せん断ひずみを算出し、評価基準値(4×10^{-3})と比較しており、その結果、各階の最大せん断ひずみは評価基準値を十分下回っていることを確認できたことから、建屋の機能に有意な影響はない。

(2) 建屋の局所的な構造健全性評価(詳細は別紙参照)

評価内容：原子炉建屋に、転倒等したRPV、BSW、PCV(合計約2000トン)が、地震時の加速度を考慮した速度で衝突した場合に、原子炉建屋内壁(厚さ約2m)を貫通するかどうか、裏面剥離するかどうかを評価した。

評価結果：衝突時の貫通限界厚さは約0.54mで、裏面剥離限界厚さは約1.2mとなった。よって、衝突部の原子炉建屋内壁(厚さ約2m)は貫通や裏面剥離することなく、建屋の機能に有意な影響はない。

3. まとめ

ペDESTALの損傷部より上部のRPVやBSW、PCVが一体となり原子炉建屋に転倒等し、原子炉建屋に直接衝突したり、水平荷重を伝達するという極端な事象を仮に想定した場合でも、原子炉建屋としての構造健全性は十分に維持できると考えられる。

建屋の局所的な構造健全性評価

1. 評価の概念

概略評価のため、極端な事象を想定しモデル化した。

具体的には、衝突物はペDESTALの損傷部より上部のRPV、BSW、PCVの質量を持った鋼製材（剛構造）と、衝突面積は格納容器上部で原子炉建屋と接続している格納容器シアラグの補強板1枚の面積と、それぞれモデル化し、それが地震により原子炉建屋内壁の鉄筋コンクリートに衝突するとして評価を実施した。

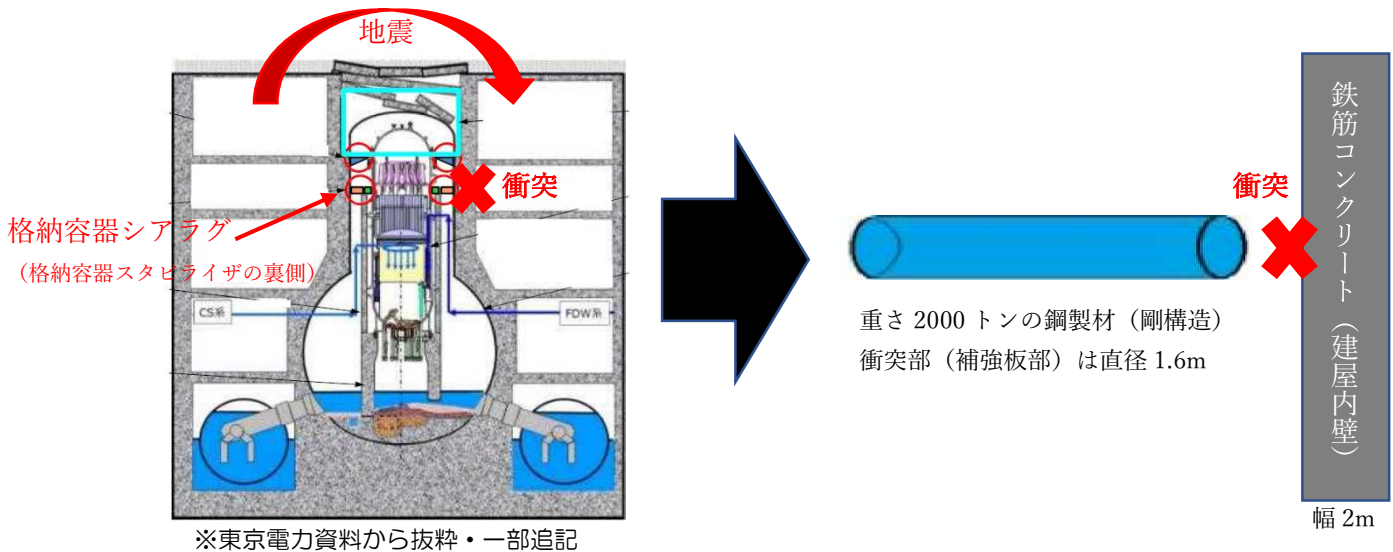


図1. 評価モデルのイメージ

2. 評価手法と評価内容

評価手法としては、米国 NRC の基準類に算定式として記載されており、国内の新規制基準適合性審査においても多数の許認可実績がある Degen 式（貫通限界厚さ）及び Chang 式（裏面剥離限界厚さ）を用いた。

(1) 貫通限界厚さ：Degen 式

$1.52 \leq X/d \leq 13.42$ の場合、

$$e = \alpha_c \{0.69 + 1.29(X/d)\} \cdot d$$

$1.52 \geq X/d$ の場合、

$$e = \alpha_c \{2.2(X/d) - 0.3(X/d)^2\} \cdot d$$

ここで、貫入深さ (X) は、

$X/d \leq 2.0$ の場合、

$$X/d = 2 \{ (12,145 / \sqrt{Fc}) \cdot N \cdot d^{0.2} \cdot D \cdot (V/1,000)^{1.8} \}^{0.5}$$

$X/d \geq 2.0$ の場合、

$$X/d = (12,145 / \sqrt{Fc}) \cdot N \cdot d^{0.2} \cdot D \cdot (V/1,000)^{1.8} + 1$$

表1. 入力条件等

記号	単位	定義	入力値	備考
e	cm	貫通限界厚さ（鉄筋コンクリート）	—	
α_e	-	低減係数	1	保守的に剛飛来物と仮定
X	cm	貫入深さ	—	
d	cm	飛来物直径	160	PCV シアラグ部の補強板の直径（設計値）
F_c	kgf/cm ²	コンクリート設計基準強度	225	設計値
N	-	飛来物の形状係数	1.14	保守的に剛飛来物と仮定
D	kgf/cm ³	飛来物直径密度（D=W/d ³ ）	—	
W	kgf	飛来物重量	2000000	上部のRPV,BSW,PCV の合計重量（概算値）
V	m/s	衝突速度	1.11	地震加速度（Ss900 のオペフロ 応答加速度：約 1200gal）と PCV と原子炉建屋内壁の距離から算出

(2) 裏面剥離限界厚さ：Chang 式

$$S = 1.84 \alpha_s \cdot \left(\frac{V_0}{V} \right)^{0.13} \cdot \frac{\left(\frac{W \cdot V^2}{g} \right)^{0.4}}{d^{0.2} \cdot f_c^{0.4}}$$

表2. 入力条件等

記号	単位	定義	入力値	備考
S	cm	裏面剥離限界厚さ（鉄筋コンクリート）	—	
α_s	-	低減係数	1	保守的に剛飛来物と仮定
d	cm	飛来物直径	160	PCV シアラグ部の補強板の直径（設計値）
f'_c	kgf/cm ²	コンクリート設計基準強度	225	設計値
V	cm/s	衝突速度	111	地震加速度（Ss900 のオペフロ 応答加速度：約 1200gal）と PCV と原子炉建屋内壁の距離から算出
V_0	cm/s	基準速度	6096	式の定義から 200ft/s
W	kgf	飛来物重量	2000000	上部のRPV,BSW,PCV の合計重量（概算値）

3. 評価結果

貫通限界厚さ	裏面剥離限界厚さ	(参考) 原子炉建屋内壁の厚さ
約 54cm	約 118cm	約 200cm