

柏崎刈羽原子力発電所1号機

新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る 点検・評価状況に関する追加報告 (原子炉建屋及びタービン建屋)

平成21年10月13日



東京電力

ご説明内容

■建物・構築物の点検・評価状況に関する追加報告

新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る点検・評価において、1号機原子炉建屋およびタービン建屋については、既に構造WGにおいて、中間取りまとめをご報告しておりますが、以下の躯体コンクリート剥落事象の報告漏れがございましたので、追加報告いたします。

- (1) 1号機原子炉建屋3階柱コンクリート剥落事象
- (2) 1号機タービン建屋タービンペデスタル周辺コンクリート剥落事象

※中間取りまとめの報告実績

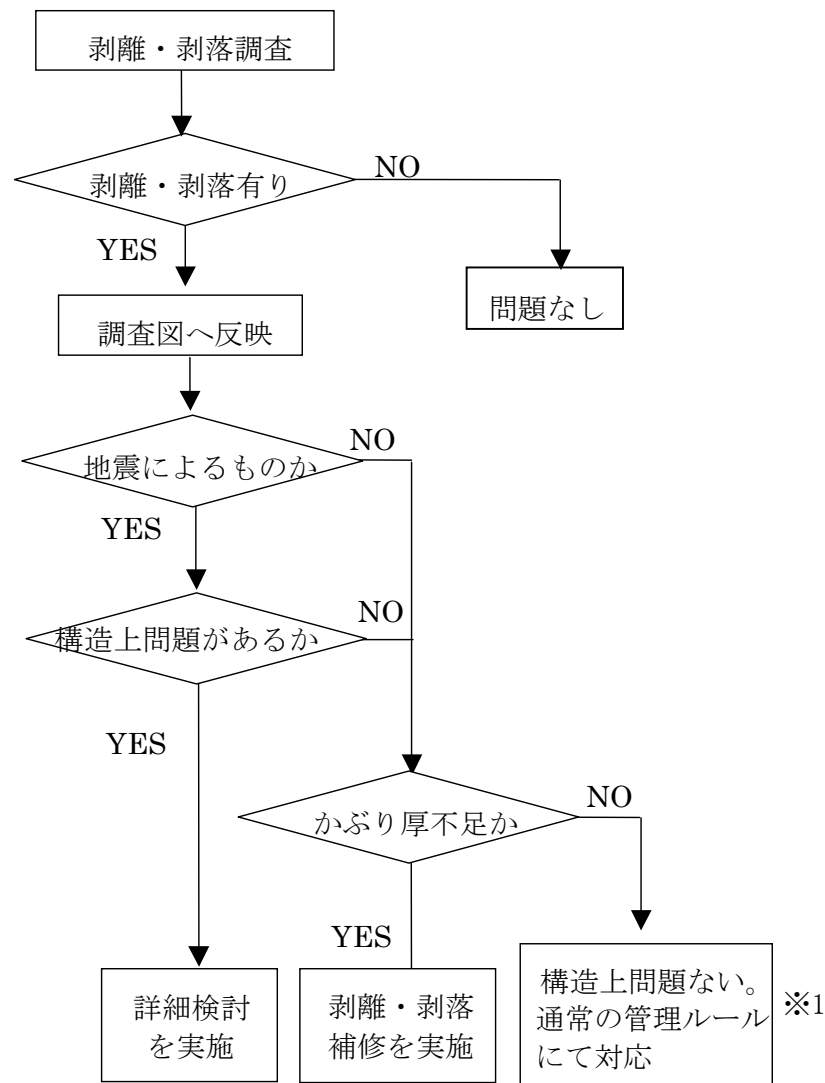
1号機原子炉建屋（H21.1.22 第28回構造WGにて報告）

1号機タービン建屋（H21.4.27 第33回構造WGにて報告）

剥離・剥落の点検方法

■鉄筋コンクリート構造物の剥離・剥落に対しては、以下の点検方針を設定。

- ・目視点検を主体とした点検を実施
- ・剥離・剥落に関しては、右図のフローに基づき、構造上の問題の有無・かぶり厚さを考慮して要求性能に与える影響の有無を確認する。



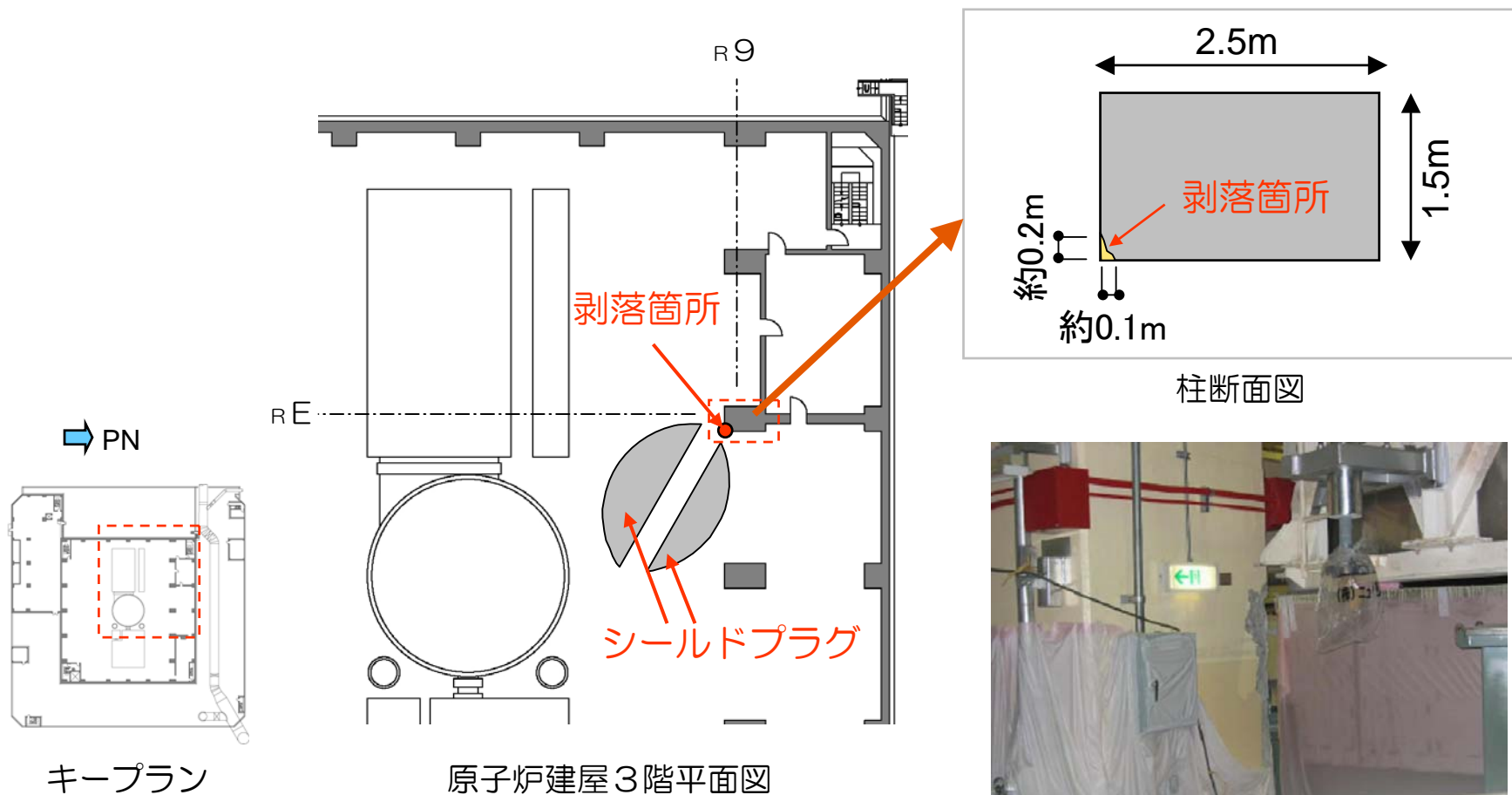
※1：発電所建物ひび管理要領などの社内マニュアル

剥離・剥落に関する点検の流れ

I. 1号機原子炉建屋3階柱コンクリート剥落事象について

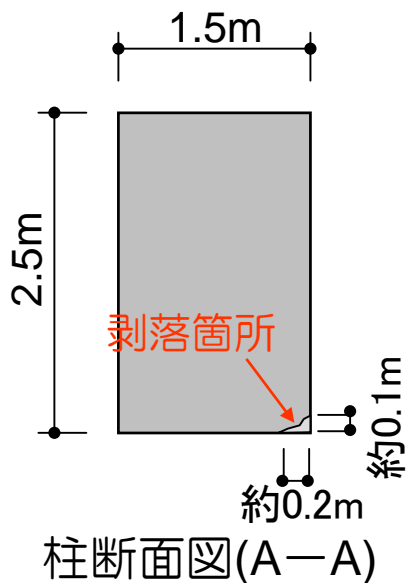
事象の概要

1号機原子炉建屋3階オペレーティングフロアにおいて、定期検査中のため仮置きされていたシールドプラグが新潟県中越沖地震により移動し、建屋の柱に衝突し、コンクリートが剥落する事象が確認された。



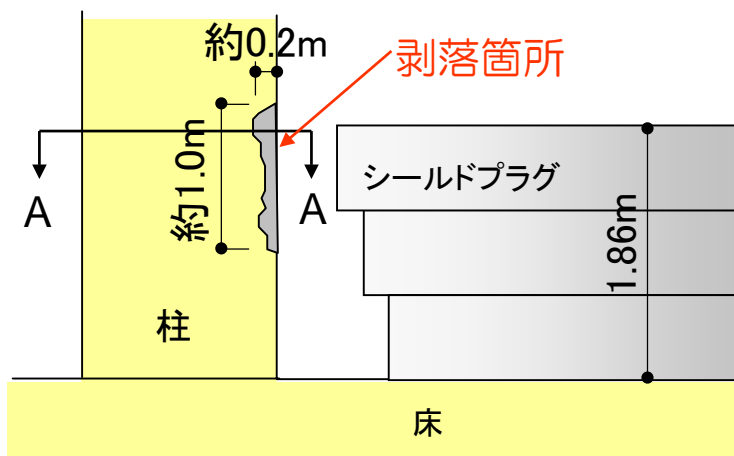
損傷状況

■ 柱損傷状況

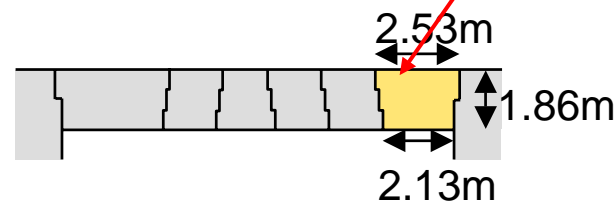
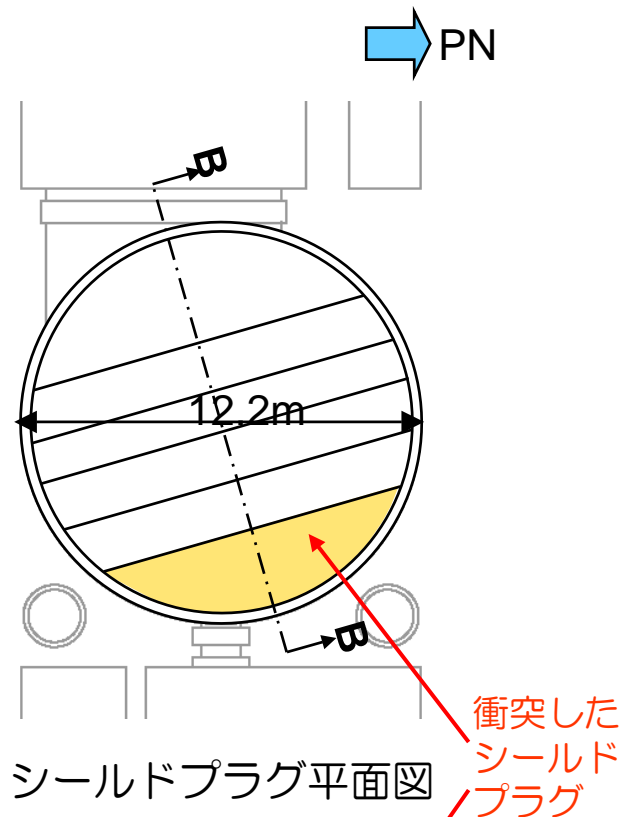


■ 剥落の大きさ

幅 : 約0.2m+0.1m
長さ : 約1.0m
(鉄筋の露出は確認されなかった。)



損傷状況図



B-B断面図

シールドプラグの衝突に対する柱の健全性検討(1)

■健全性検討の概要

中越沖地震及びシールドプラグの衝突により当該柱に発生する応力を算定し、組合せ応力に対する健全性を検討する。

■検討対象箇所

応力が最大となる柱脚部を対象とし、NS及びEW各方向についてそれぞれ検討する。

■検討条件

コンクリート強度：

設計基準強度(240kg/cm²)

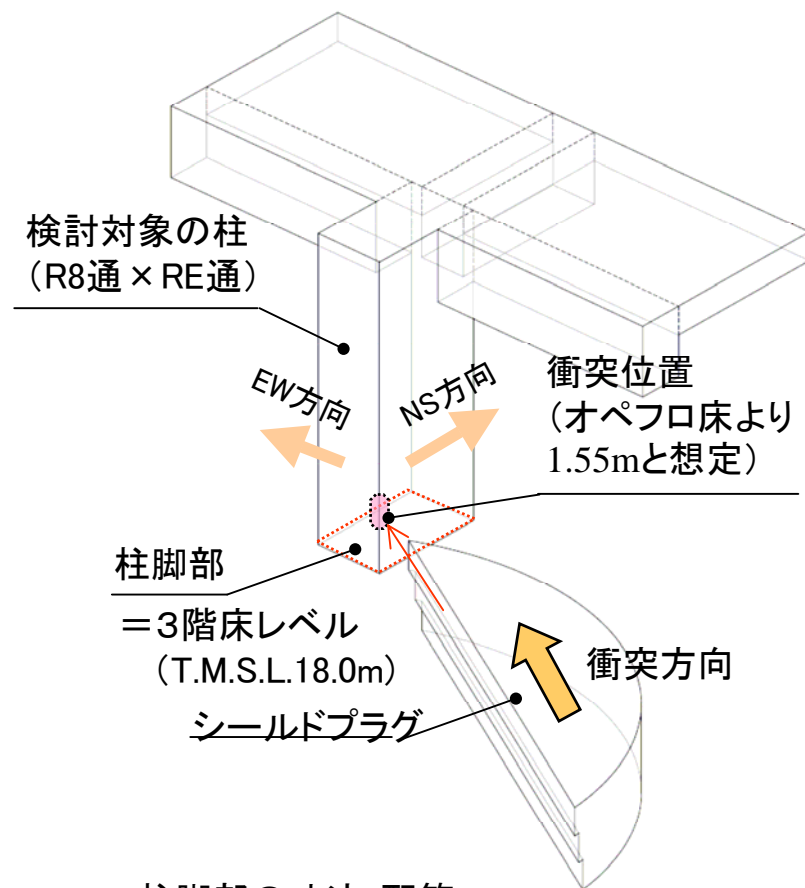
使用鉄筋：SD35

当該階の応答加速度：

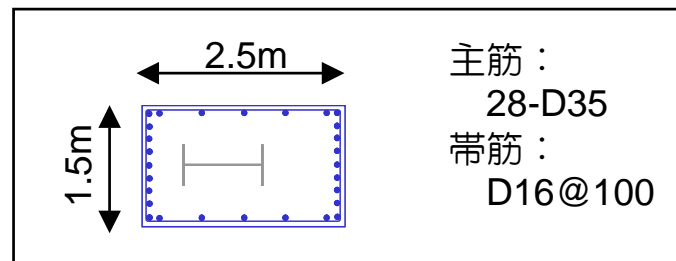
新潟県中越沖地震のシミュレーション

解析結果による。

※原子炉建屋は耐震として壁式構造であり、柱は補助的な構造として設計されている。



柱脚部の寸法・配筋



シールドプラグの衝突に対する柱の健全性検討(2)

■ 検討用応力の算定方法

検討用応力①（地震による慣性力）

$$\text{検討用応力① (地震)} = \frac{\text{中越沖地震による応答せん断力}}{\text{設計用地震力}} \times \text{設計時応力}$$

※検討用応力は、軸力N、曲げモーメントM、せん断力Qを考慮する。

検討用応力②（衝突相当）

$$\text{検討用応力② (衝突相当)} = \frac{\text{原子炉建屋3階の応答加速度 (震度)}}{\text{震度}} \times \text{シールドプラグ重量}$$

※検討用応力は、曲げモーメントM、せん断力Qを考慮する。

※床面との摩擦による反力は無視した。

当該柱の検討用応力＝検討用応力①＋検討用応力②

■ 検討方法

(1)曲げの検討 : 柱脚部の曲げによる鉄筋（主筋）の健全性確認

(2)せん断の検討 : 柱のせん断によるコンクリート及び鉄筋（帯筋）の健全性確認

※日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1979)」に準拠する。

シールドプラグの衝突に対する柱の健全性検討(3)

■ 検討結果 (NS方向)

検討用応力① (地震) N = 17.8 t M = 580.1 tm Q = 282.0 t	+	検討用応力② (衝突) N = 0.0 t M = 26.5 tm Q = 29.9 t	=	検討用応力 (①+②) N = 17.8 t M = 606.6 tm Q = 311.9 t
--	---	---	---	--

(1) 曲げの検討

必要鉄筋量 $P_t = 0.2163\%$

必要断面積 $a_t = 81.13\text{cm}^2 \rightarrow 8.5\text{-D}35 < 11\text{-D}35$ (設計配筋) **O.K.**

(2) せん断の検討

短期許容せん断力 $Q_a = B_j (f_s + 0.5 f_t (p_w - 0.002))$

$= 150 \times 196.9 \times (11.1 + 0.5 \times 3000 \times (0.00265 - 0.002)) / 1000$

$= 356.6 \text{ t} > 311.9 \text{ t}$ **O.K.**

B: 柱の幅 j: 柱の応力中心間距離 f_s : コンクリートの許容せん断応力度
 f_t : 帯筋のせん断補強用許容引張応力度 p_w : 帯筋比

シールドプラグの衝突に対する柱の健全性検討(4)

■ 検討結果（EW方向）

検討用応力①（地震） 壁付柱のため 設計応力は0	+	検討用応力②（衝突） N = 0.0 t M = 43.3 tm Q = 47.1 t	=	検討用応力（①+②） N = 0.0 t M = 43.3 tm Q = 47.1 t
--------------------------------	---	--	---	--

(1) 曲げの検討

必要鉄筋量 $P_t = 0.0251\%$

必要断面積 $a_t = 9.42 \text{ cm}^2 \rightarrow 1.0\text{-D35} < 9\text{-D35}$ （設計配筋） **O.K.**

(2) せん断の検討

短期許容せん断力 $Q_a = B_j f_s$

$= 250 \times 118.1 \times 11.1 / 1000$

$= 327.7 \text{ t} > 47.1 \text{ t}$ **O.K.**

健全性評価結果

■健全性評価結果

当該柱の剥落箇所は、鉄筋の露出がないことから、柱のかぶりコンクリートの範囲での剥落であったと判断できる。また、新潟県中越沖地震及びシールドプラグの衝突を想定した応力に対して、当該柱の健全性を評価した結果、構造的には問題ないと考えられる。

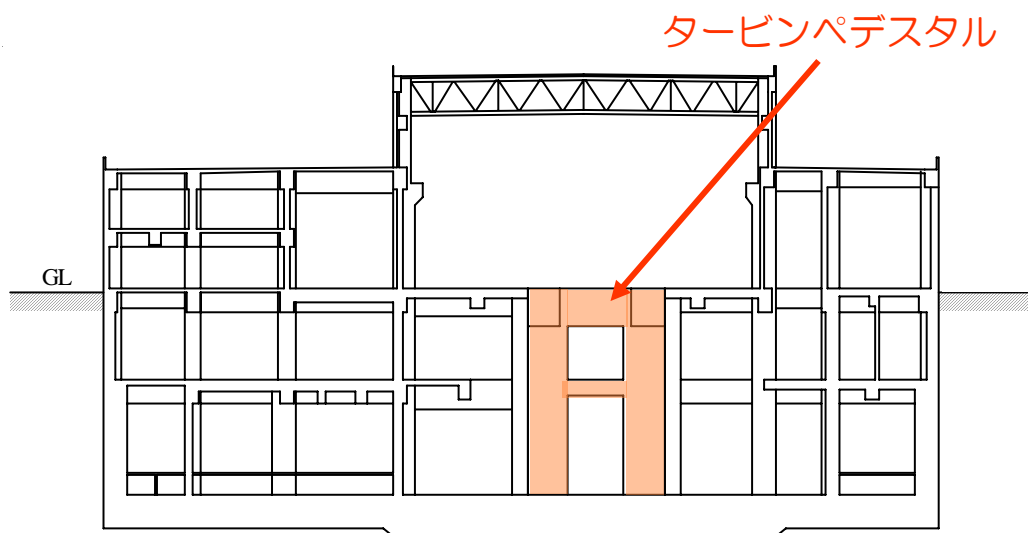
なお、柱に生じた剥落部分については、樹脂モルタルにて欠損断面の復旧を行うこととする。

Ⅱ. 1号機タービン建屋タービンペデスタル周辺 コンクリート剥落事象について

事象の概要

1号機タービン建屋において、タービン建屋とタービンペデスタル（タービン発電機の基礎）間の取り合い部において、タービン建屋側のコンクリートの剥落が確認された。

タービン建屋 : 耐震Bクラス
タービンペデスタル : 耐震Cクラス



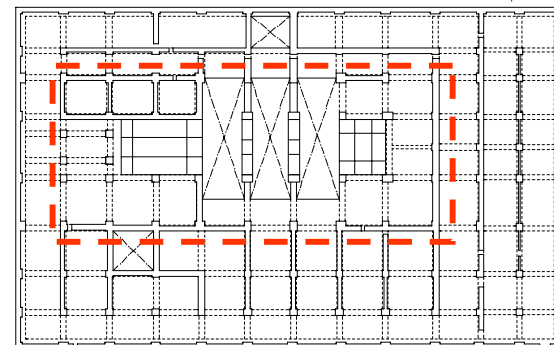
1号機タービン建屋断面図（東西方向）



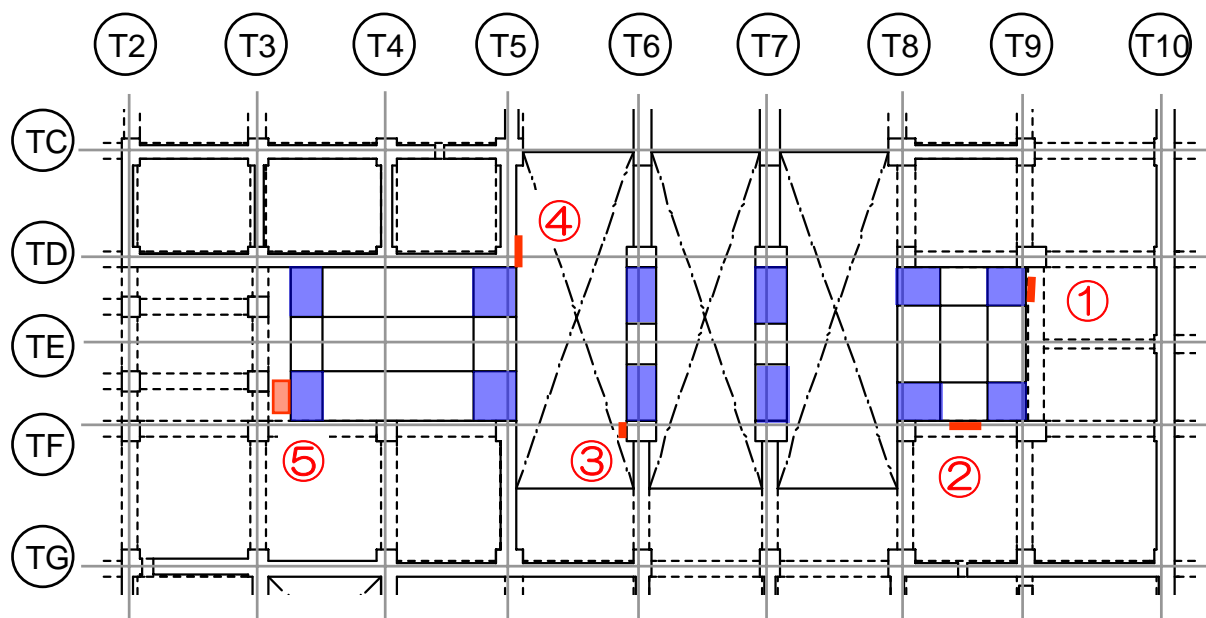
調査結果（全体）

No.	発生部位	箇所数	剥落の大きさ 幅(m)×長さ(m)
①	梁底	1	0.35×0.60
②	梁底	1	0.1×0.2
③	柱	1	0.08×0.4
④	柱	4	最大 0.8×1.7
⑤	スラブ底	3	最大 0.6×1.5

PN

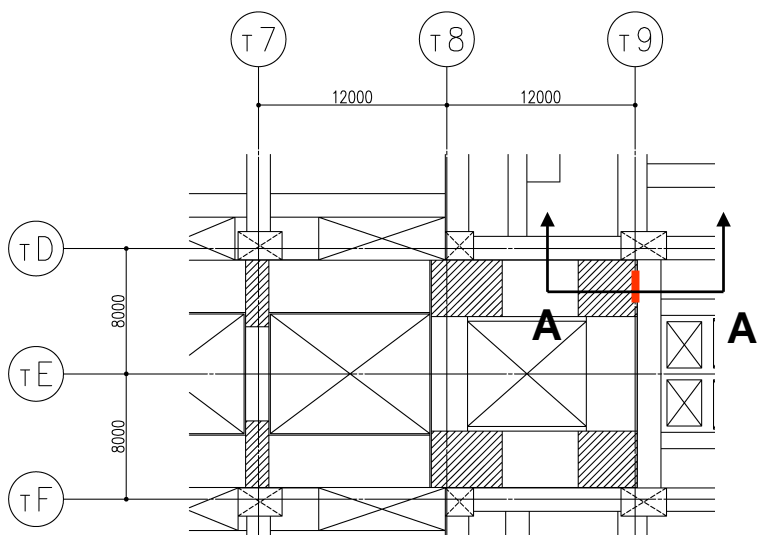


タービン建屋地下1階平面図



タービンペデスタル周辺剥落箇所調査図

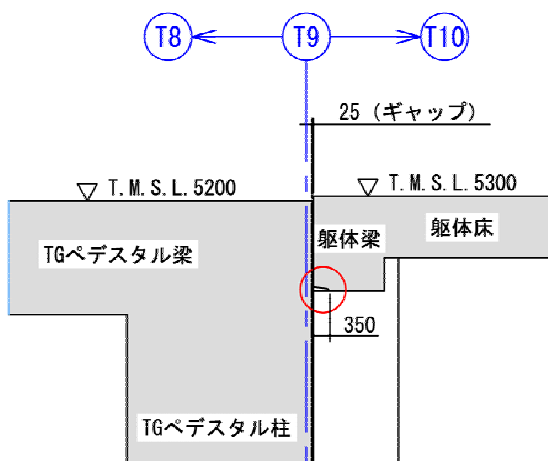
調査結果 (NO.①)



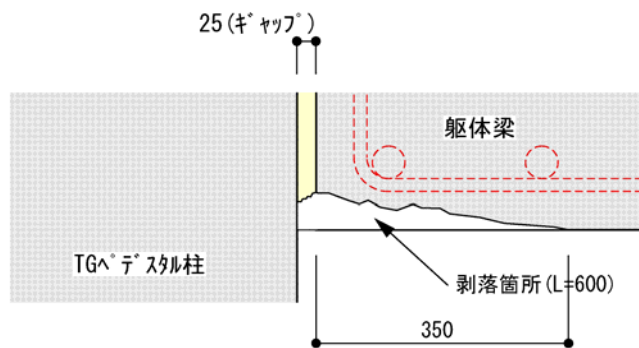
剥離箇所No.①周辺平面図



剥落部位写真

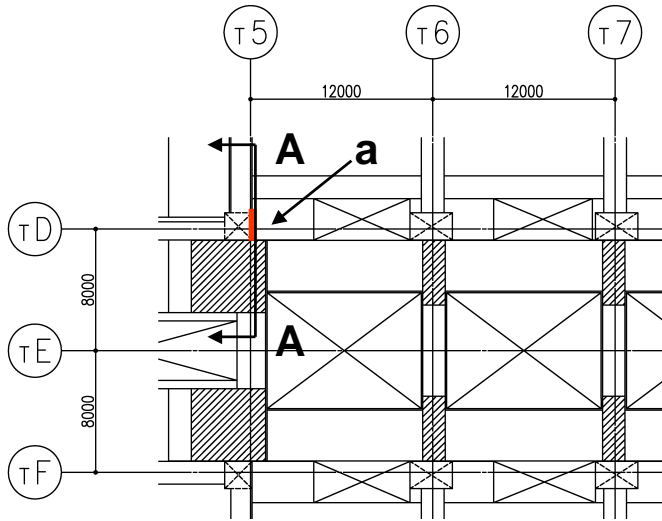


A-A断面図

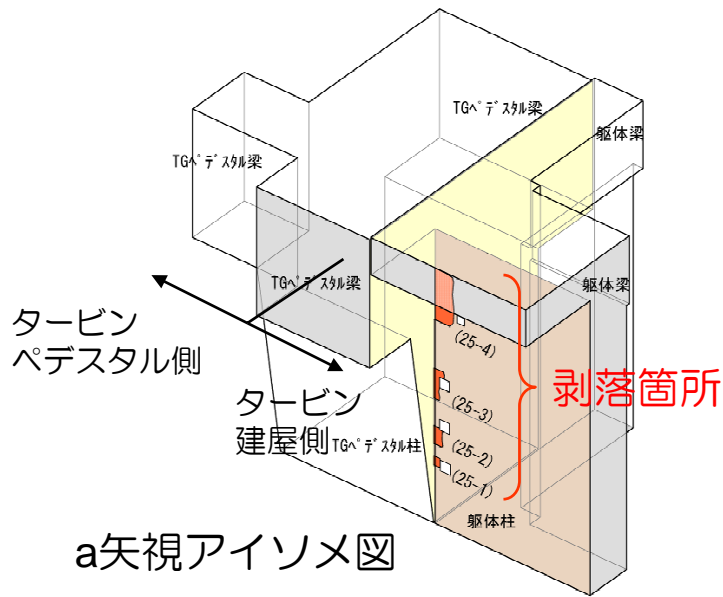


剥離部拡大図

調査結果 (NO.④)



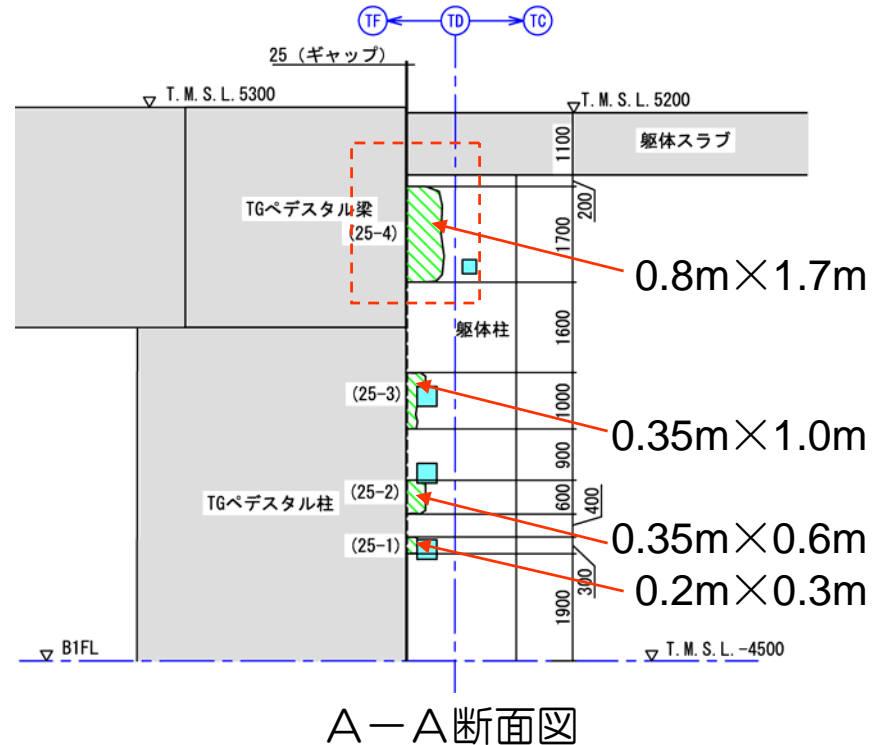
剥離箇所No.④周辺平面図



a矢視アイソメ図

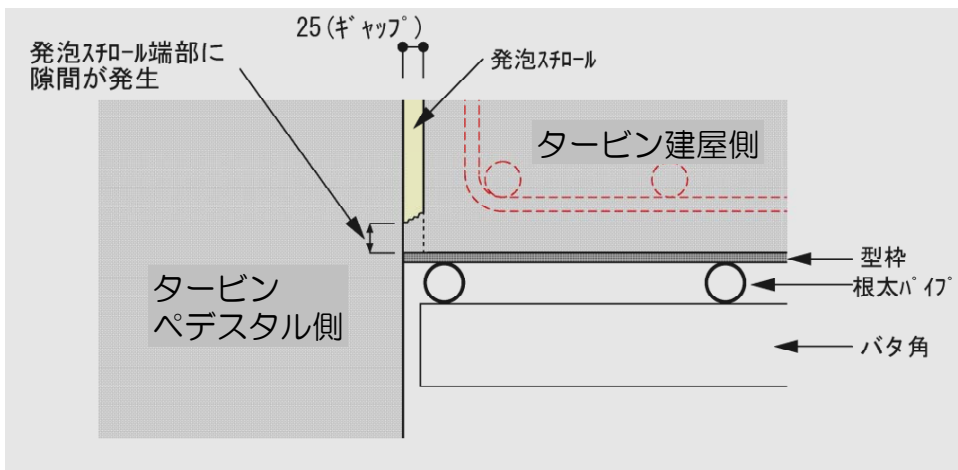


剥落部位写真

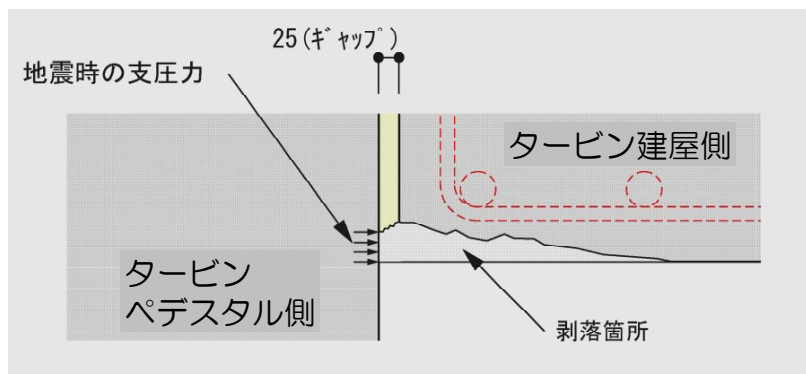


A-A断面図

剥落原因の推定



施工時の状況



地震時の状況

○コンクリート剥落箇所周辺の状況を調査したところ、タービンペデスタルと建屋間の25mmギャップが部分的に無い箇所が見られた。

○当該部位は、タービンペデスタル側の躯体を先行して施工し、ギャップ部に発泡スチロールを貼り付けた後、タービン建屋側の躯体を施工しているが、コンクリートの打設時に発泡スチロールが損傷する等の要因で、コンクリートのノロが回り込んだ可能性が考えられる。

○このような要因でギャップがふさがった箇所において、地震時に支圧力が作用し、躯体表面の剥離を生じたと考えられる。

健全性評価結果

■健全性評価結果

タービン建屋における各剥落箇所は、地震により発生したものであるが、施工時に部分的に所定のギャップが確保されていなかったことが直接の原因であると考えられる。

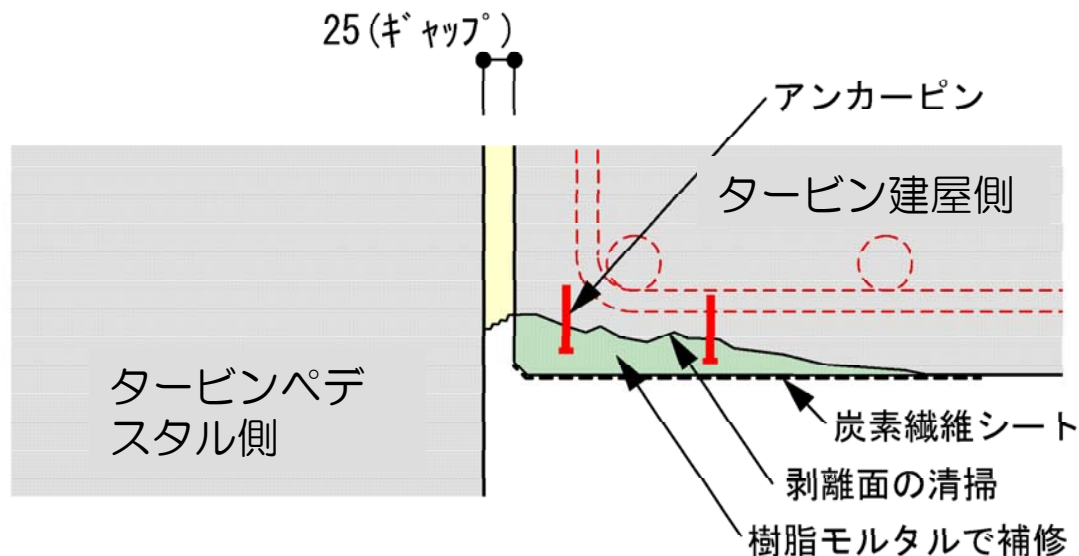
剥離箇所は局部的であり、建屋の耐震性能への影響は小さいものと評価するが、剥落部分については、欠損断面の復旧を行い、健全性を確保するものとする。

補修方法

○剥落部の大きさは、最大でもコンクリートのかぶり厚さ程度であることから、樹脂モルタルによる欠損断面の復旧を行う。

○なお、躯体との一体性を確実にするため、剥落厚さ20mm程度を超える場合については、アンカーピンを設置する他、鉄筋の表面が露出している箇所については、樹脂モルタル施工後に炭素繊維シートを貼り付けるものとする。

○また、剥落していないがギャップ部分がふさがっている部分については、念のため撤去し、所定のギャップを確保することとする。



Ⅲ. まとめ

■ 1号機原子炉建屋3階柱コンクリート剥落事象

1号機原子炉建屋3階において、仮置きされていたシールドプラグが地震により移動し、建屋の柱に衝突し、コンクリートが剥落する事象が確認された。

そのため、当該柱に対して、地震による応力及び衝突による応力を組み合わせて検討し、当該柱の健全性を確認した。剥落箇所については、適切な補修を実施する。

■ 1号機タービン建屋タービンペデスタル周辺コンクリート剥落事象

1号機タービン建屋において、建屋とタービンペデスタル間の取り合い部において、建屋側のコンクリートの剥落が確認された。本事象は建設時に建屋とタービンペデスタル間のギャップが部分的に塞がったために生じたと考えられる。剥落箇所については、適切な補修を実施する。

なお、本事象の報告が遅れた件につきましては、社内の情報共有が十分でなかったことが原因であり、再発防止に努めることとする。