

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 (T/Gペデスタル)

平成22年 1月12日



東京電力

これまでの経緯

- 新潟県中越沖地震後、1号機タービン建屋において、タービン建屋とT/Gペデスタル間の取り合い部*周辺に、タービン建屋のコンクリート剥落が確認された。
- 剥落はコンクリートノロを介して、タービン建屋とT/Gペデスタル間で支圧力の伝達が行われたことが原因であると推定されるが、地震後に実施した点検の結果より、以下のことを確認している。
 - T/Gペデスタルとタービン建屋のコンクリート躯体同士が接触した痕跡が認められないこと
 - T/Gペデスタルの基礎定着部及びラーメン架構部を点検した結果より、構造・強度に影響を与えるような損傷は認められないこと

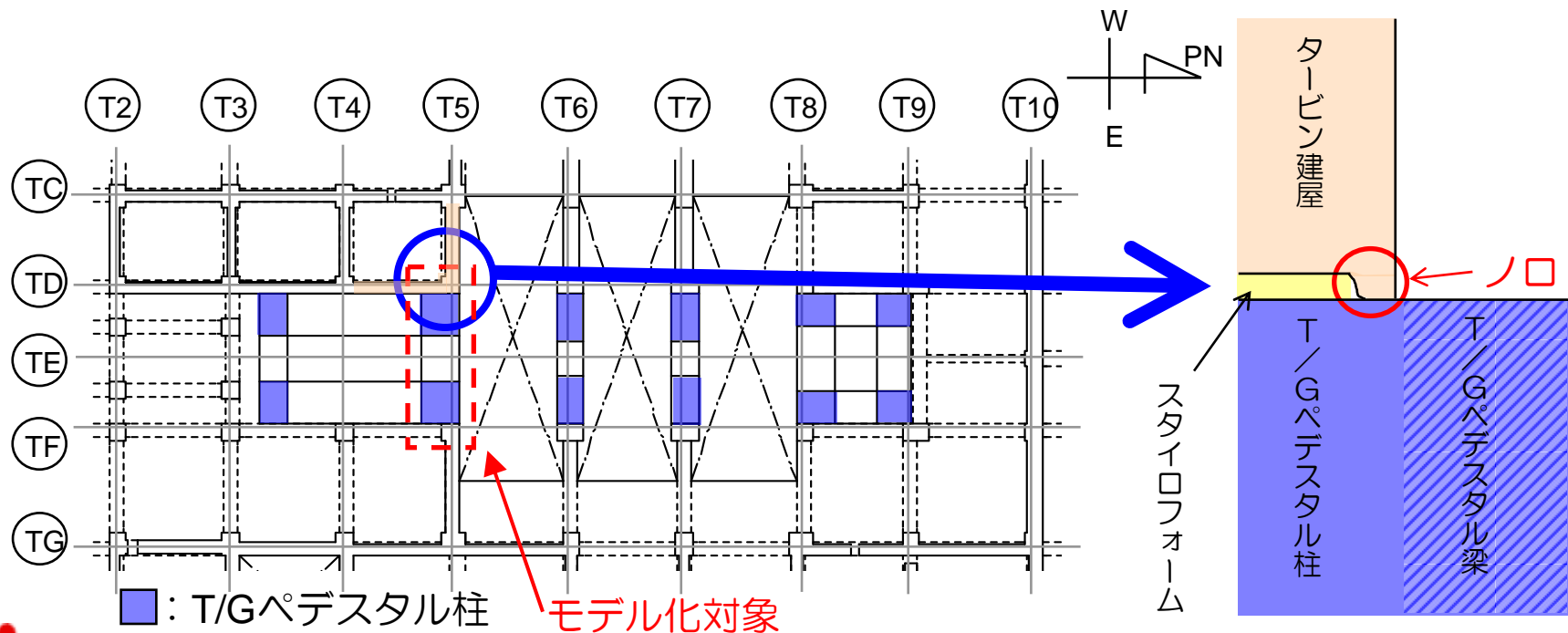
*タービン建屋とT/Gペデスタル間には、25mmのギャップが設けられている。

これまでの経緯と今回のご報告内容

- T/Gペデスタルとタービン建屋間で、コンクリートノロを介して支圧力の伝達が行われた部位については、発生したタービン建屋の剥落荷重に対するT/Gペデスタルの影響評価を行い、T/Gペデスタル側コンクリートの圧縮による損傷が起きないことを確認している。
- 今回は更に、上記支圧力の伝達による静的な構造計算により、T/Gペデスタル架構部の影響評価を実施する。

T/Gペデスタルのモデル化の考え方

- タービン建屋側が最も大きく剥落した部位を対象とする。
- T/Gペデスタルへの支圧力の伝達は(T5)通りの柱を直接介して行われていることから、最も大きな荷重を受けると考えられる(T5)通りのT/Gペデスタル短辺方向(EW方向)をモデル化対象とする。
- 安全側の評価を指向し、評価対象となるペデスタル柱に全ての支圧力が作用するよう、2次元フレームモデルを採用する。



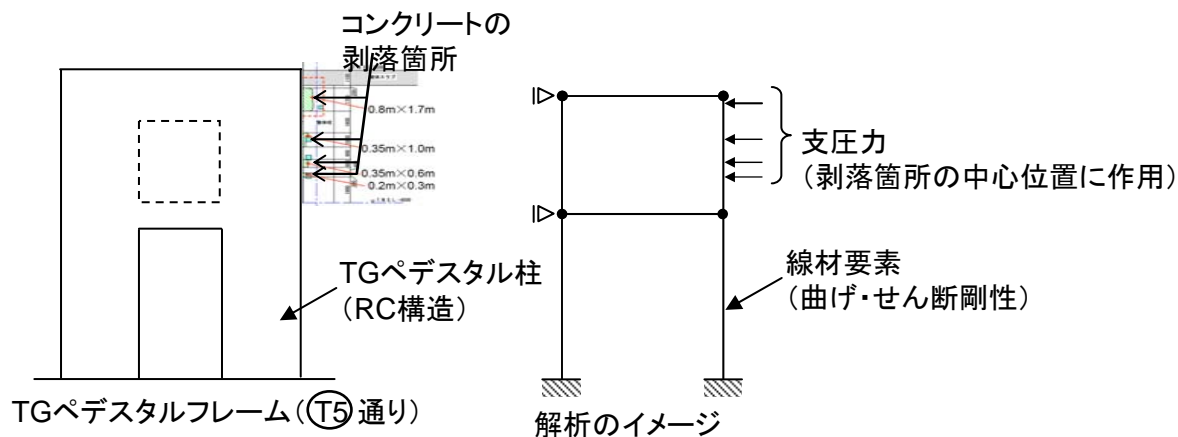
T/Gペデスタルのモデル化及び解析条件

- T/Gペデスタルには地震力とノロを介した支圧力が作用し、ペデスタル柱等に曲げモーメントが発生するため、この曲げモーメントによる柱内に発生する応力を評価する。
- 入力する支圧力はノロが剥落するまでの最大値（＝ノロ剥落時荷重）とする。今回の評価対象部位とした(T5)通りにおいては、4箇所の剥落箇所が確認されたため、支圧力の伝達は当該4箇所からそれぞれ行われたとした。
- 支圧力は、剥離面積と日本建築学会「鉄筋コンクリート構造 計算規準・同解説」およびコンクリート実強度を基に算出したコンクリートの剥落荷重を、さらに保守性を考慮し、2倍にして求めた。（最大剥落箇所で約3,500kN、剥落した4箇所合計で約4,600kN）
- 地震時の状況（定期検査中）を踏まえ、運転時荷重を除いた長期荷重を考慮する。
- 柱脚の断面寸法はNS 4.75m × EW 4.0mとした。
- その他材料諸元、解析諸元等は設計時の条件に基づく。

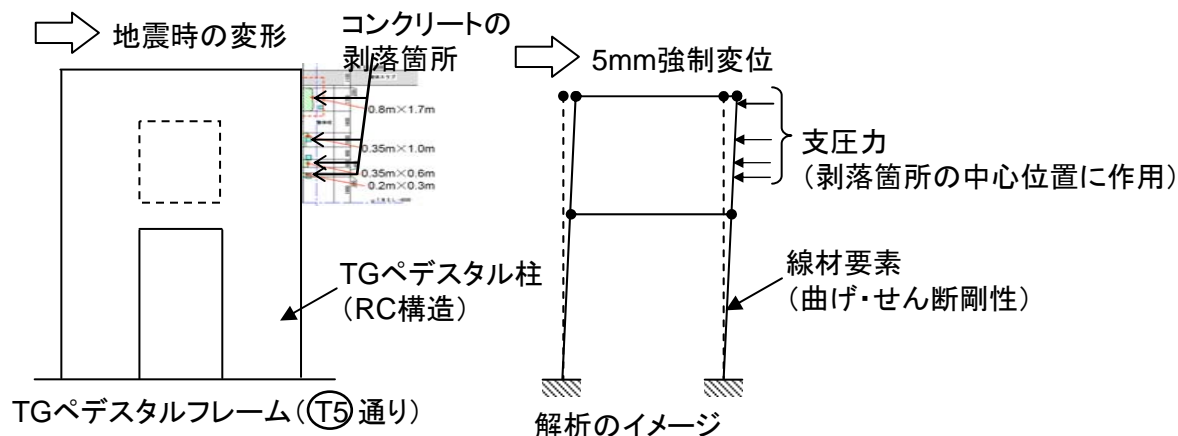
T/GペDESTALのモデル化及び解析条件

■評価は以下2つの条件にて実施した。

①水平方向変位を拘束する条件（支圧力のみに着目した影響評価）



②支圧力と5mm*の強制変位をかけた条件



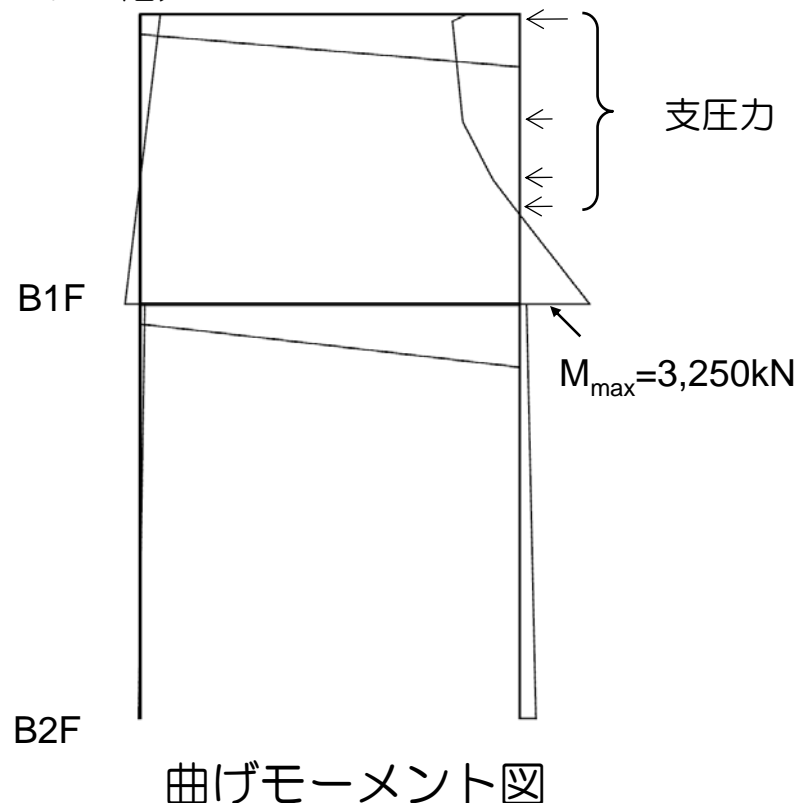
*当該剥落部に残存したノロとT/GペDESTALの間隙（実測値）

1号機T/Gペデスタルの解析評価結果

①水平方向変位を拘束する条件

支圧力を受けた柱の曲げモーメントは、B1Fの柱脚部において最大となり、 $M_{max} = 3,250\text{kNm}$ 程度である。これは、当該柱に作用する長期荷重を考慮すれば、柱主筋に引張応力を生じさせない程度の値であることがわかった。したがって、T/Gペデスタル柱の鉄筋の健全性は確保されると考えられる。

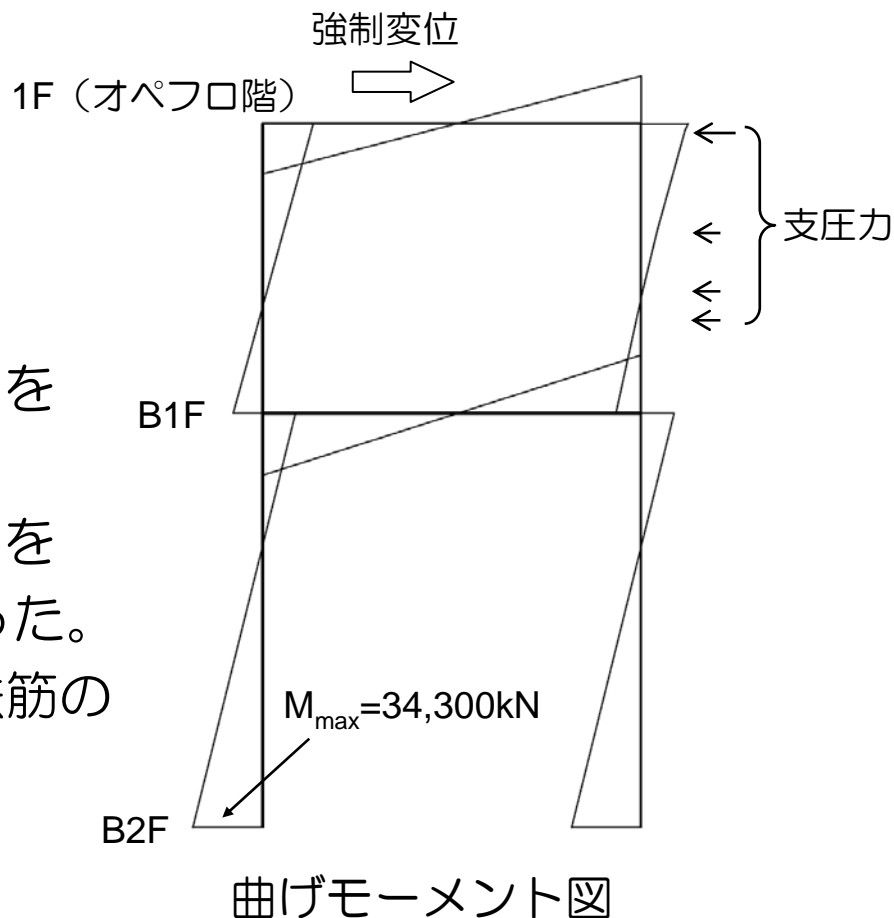
1F (オペフロ階)



1号機T/Gペデスタルの解析評価結果

②支圧力と5mmの強制変位をかけた条件

柱の曲げモーメントは、
B2Fの柱脚部において最大となり、
 $M_{max} = 34,300\text{kNm}$ 程度である。
これに、当該柱に作用する長期荷重を
考慮し、断面検討を行った結果、
必要鉄筋比は設計配筋による鉄筋比を
下回る（3分の1程度）ことがわかった。
したがって、T/Gペデスタル柱の鉄筋の
健全性は確保される。



参考)

当該部の設計における短期曲げモーメントは、 $60,000\text{kNm}$ 程度である

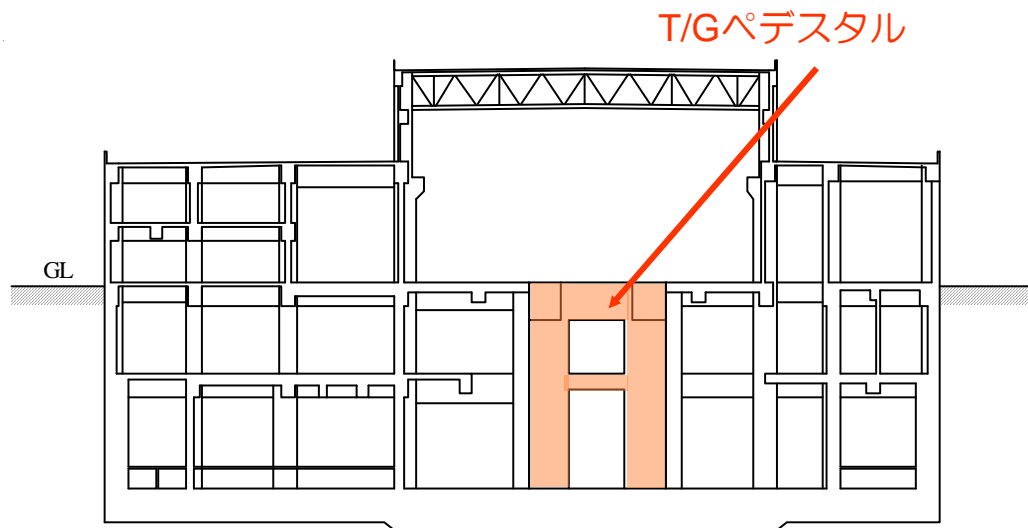
まとめと今後の予定

- 新潟県中越沖地震後、T/Gペデスタルとタービン建屋のコンクリート躯体同士が接触した痕跡は確認されていない。また、T/Gペデスタルラウメン架構部のコンクリート部を点検した結果においても、構造・強度に影響を与えるような損傷は確認されていない。
- 一方、T/Gペデスタルとタービン建屋間の一部で、コンクリートノロを介して支圧力の伝達が行われたことを確認しているが、静的な構造計算により、T/Gペデスタルに異常が認められないとの点検結果を裏付ける結論が得られた。
- 今後、点検結果の信頼性を更に補強する観点から、コンクリートノロを介して行われた支圧力の伝達によるT/Gペデスタルへの影響について、FEM等の離散モデルを用いた動的解析によるタービン建屋、T/Gペデスタルのコンクリート表面の損傷状況及び鉄筋の健全性確認を行う。

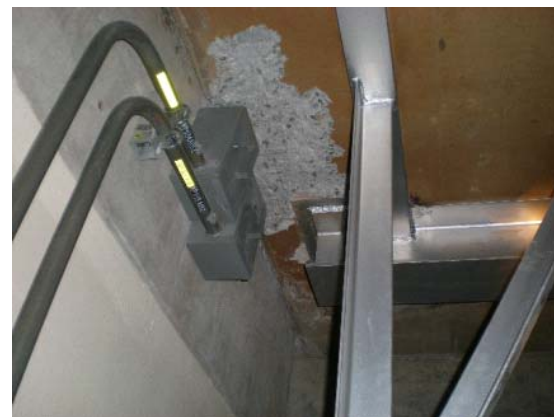
【参考】タービン建屋コンクリート剥落事象の概要（再掲）

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

※タービン建屋とT/Gペデスタル間には、25mmのギャップが設けられている。

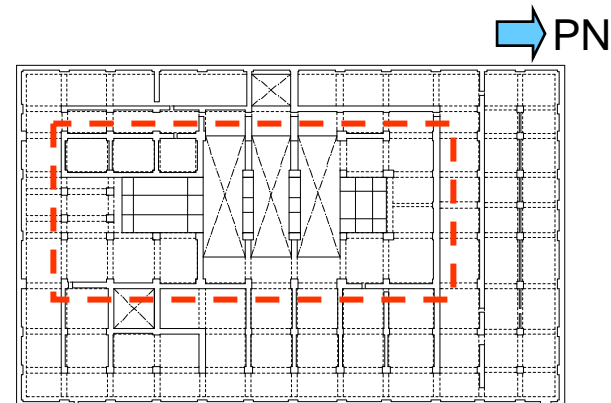


1号機タービン建屋断面図（東西方向）

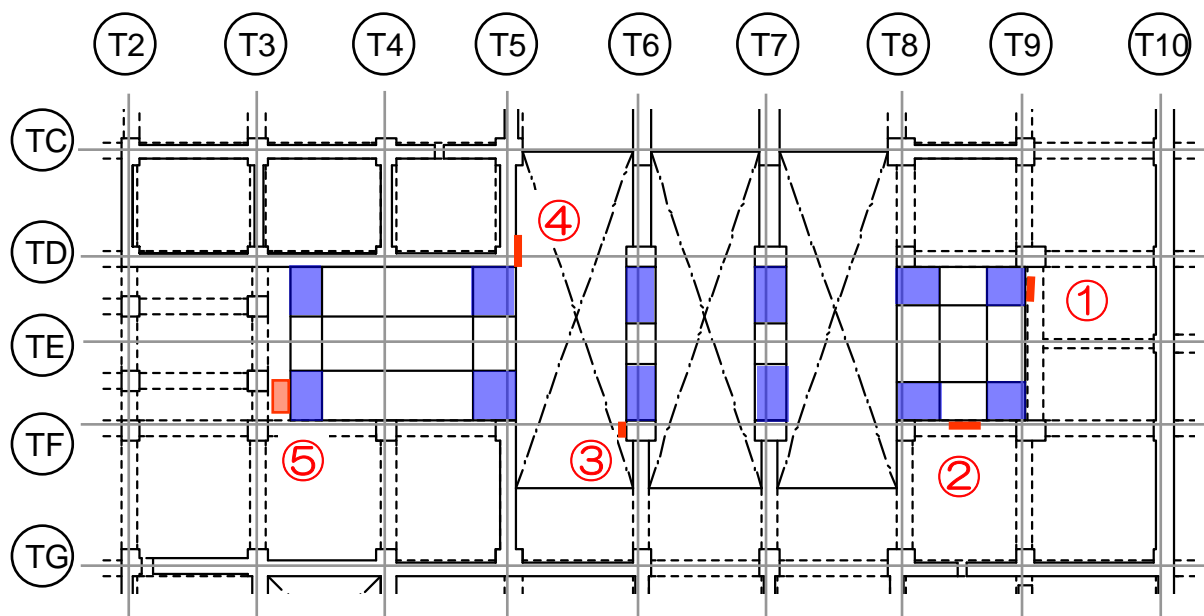


【参考】タービン建屋剥落箇所調査結果（再掲）

No.	発生部位	箇所数	剥落の大きさ 幅(m)×長さ(m)×深さ(mm)
①	梁底	1	0.35 × 0.60 × 40
②	梁底	1	0.1 × 0.2 × 30
③	柱	1	0.08 × 0.35 × 30
④	柱	4	最大 1.0 × 1.7 × 198
⑤	スラブ底	3	最大 0.6 × 1.5 × 30

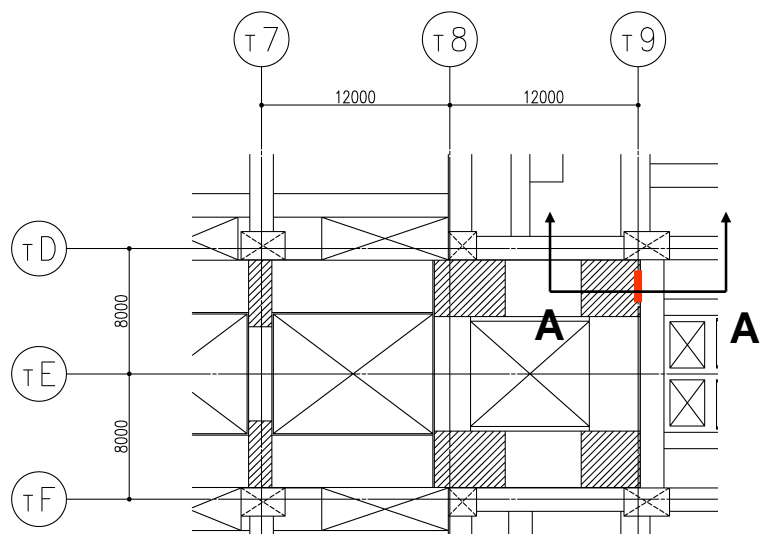


タービン建屋地下1階平面図



T/Gペデスタル周辺剥落箇所調査図

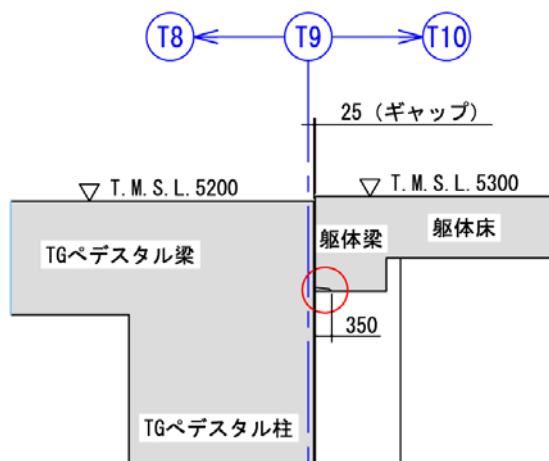
【参考】調査結果 (NO.①) (再掲)



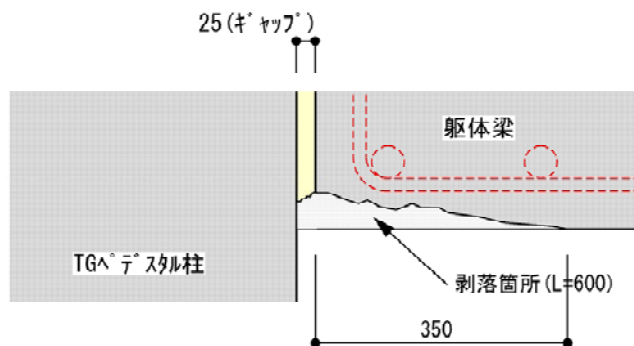
剥離箇所No.①周辺平面図



剥落部位写真

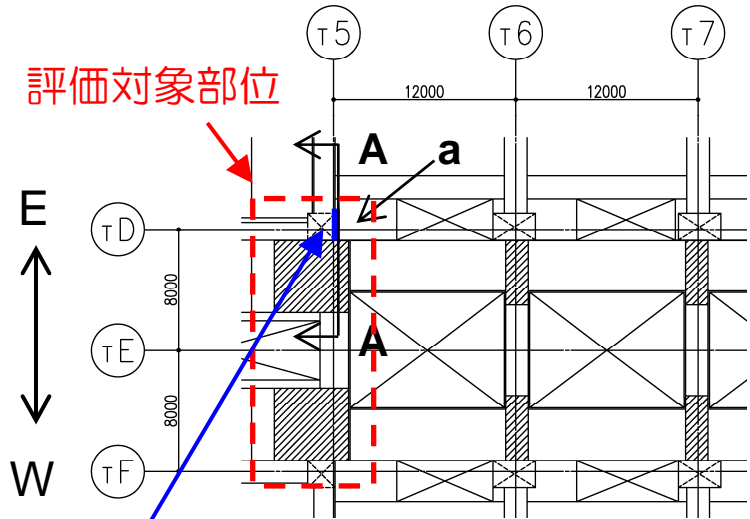


A-A断面図



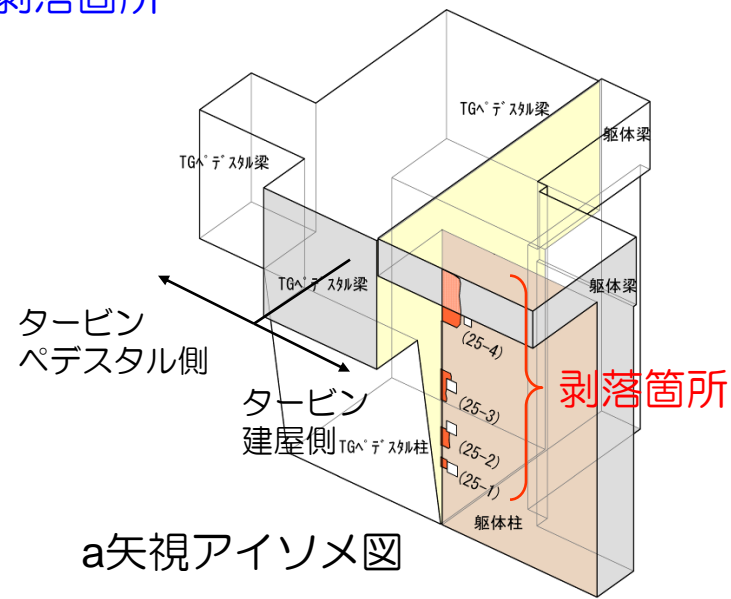
剥離部拡大図

【参考】調査結果 (NO.④) (最大剥落箇所) (再掲)



最大剥離箇所平面図

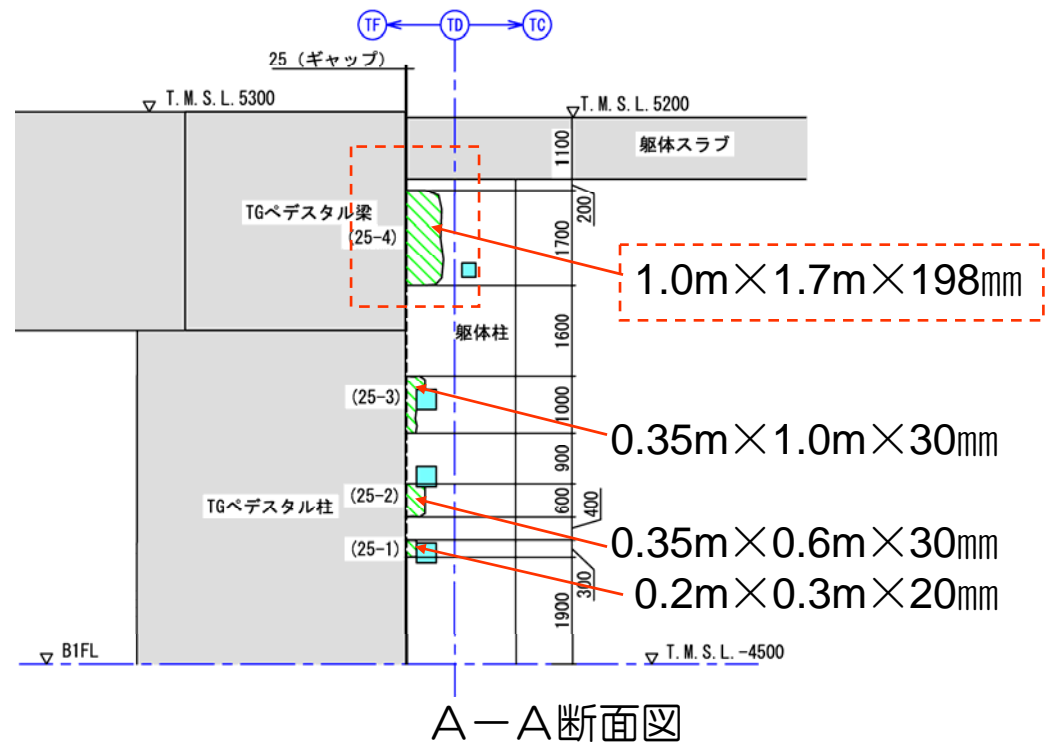
剥落箇所



a矢視アイソメ図

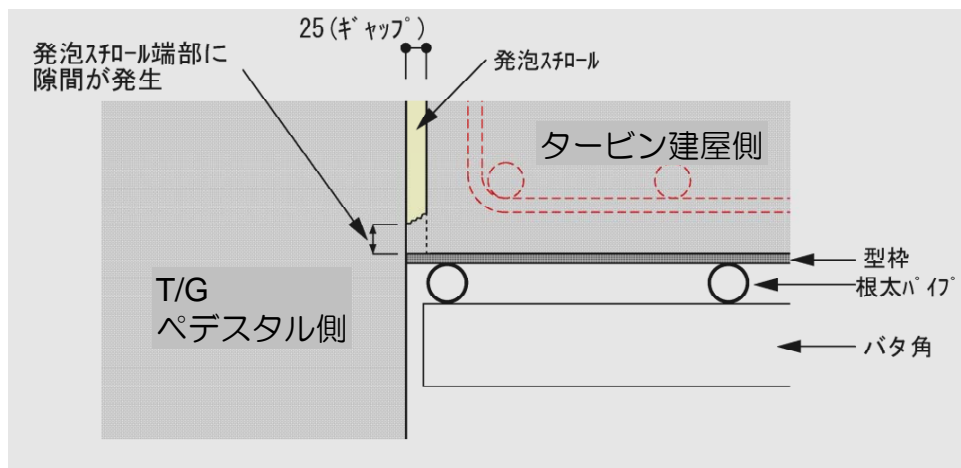


剥落部位写真

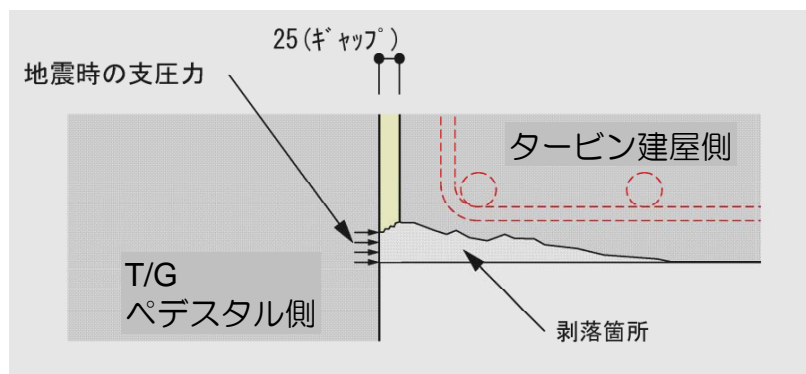


A-A断面図

【参考】剥落原因の推定（再掲）



施工時の状況



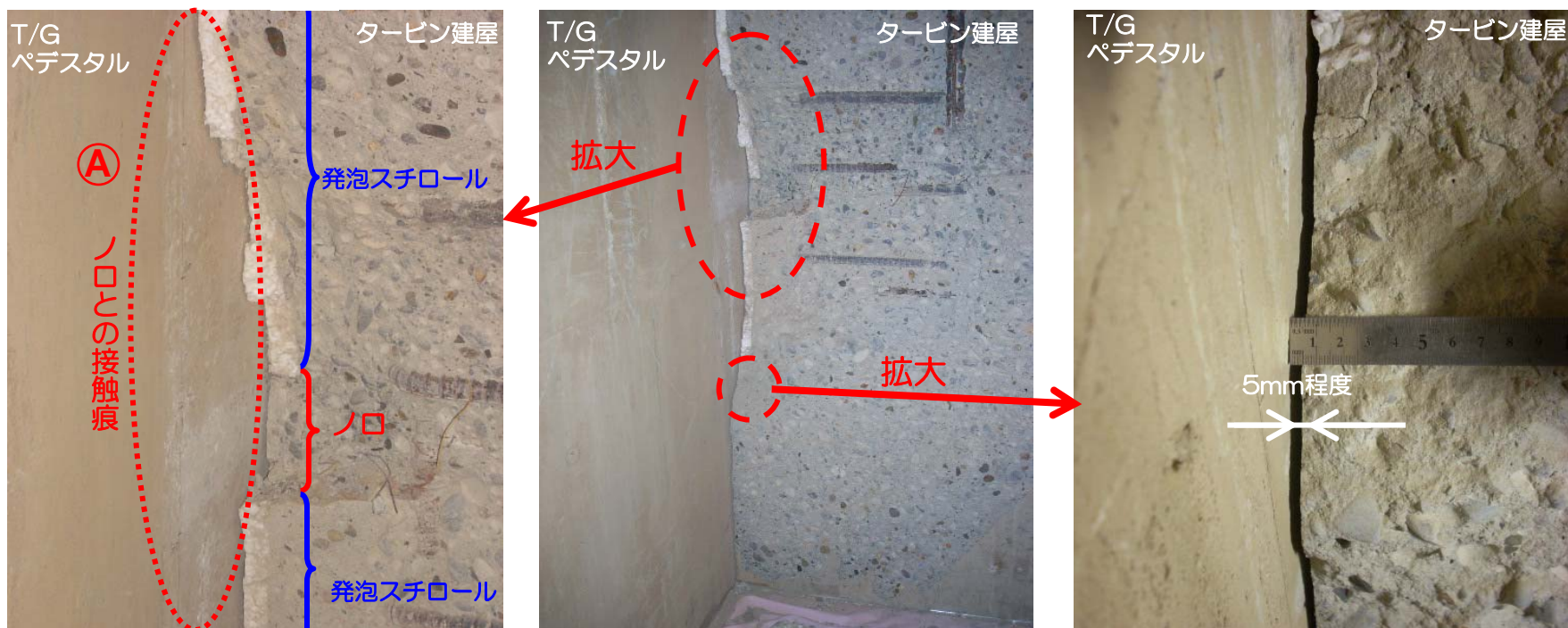
地震時の状況

○コンクリート剥落箇所周辺の状態を調査したところ、T/GペDESTAL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、T/GペDESTAL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。

【参考】 No.④（最大剥落箇所）近傍の点検結果（再掲）



- 剥落部を含め近傍には断続的にノコ（赤線部）が残存
- 発泡スチロール露出部にもつぶれや破れ等の変化は見られず、設計厚さとほぼ変化なく存在していることを確認
- 剥落部T/Gペデスタル側には、ノコとの接触を示す痕跡が認められるが、それ以外の箇所に接触を示す痕跡は確認されなかった（上記写真 ①部参照）
- T/Gペデスタル側コンクリートの損傷は確認されなかった
- ノコ残存部とT/Gペデスタルとの間隙は、5mm程度あることを確認

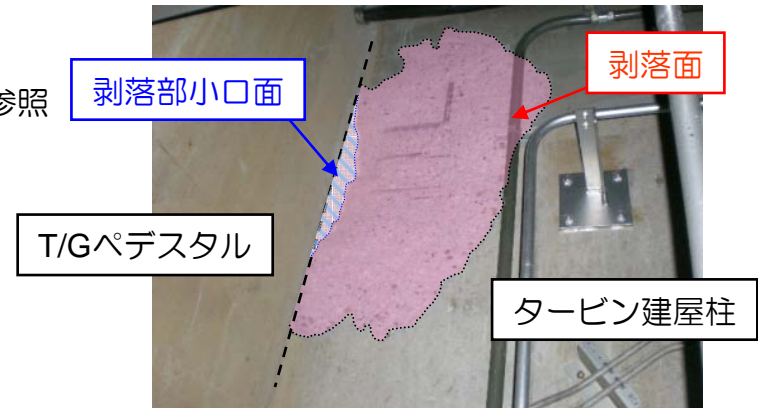
【参考】タービン建屋コンクリート剥落箇所の局所的影響評価（再掲）

■ 剥落荷重の評価*

* 日本建築学会「鉄筋コンクリート構造 計算規準・同解説」参照

◆ 剥落面積（最大剥落箇所）

- ・ 剥落部小口面積：約107,000mm²
- ・ 剥落面積：約1,237,000mm²



◆ タービン建屋コンクリートが剥落した場合にかかる短期許容最大支圧荷重

- ・ 短期許容応力度（せん断）：1.41N/mm²（実強度：450kg/cm²より算出）
- ・ 短期許容最大支圧荷重（せん断）：1.41 × 1,237,000 = 1745kN ……（1）

◆ T/GペDESTALコンクリートの短期許容最大支圧荷重

- ・ 短期許容応力度（圧縮）：18.2N/mm²（設計基準強度Fc：280kg/cm²より算出）
- ・ 短期許容最大支圧荷重（圧縮）：18.2 × 107,000 = 1947kN ……（2）



（1） < （2） より、T/GペDESTAL側が損傷せずにタービン建屋側の剥落が起きると評価