

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12月18日



東京電力

ご報告内容

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、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。

- I. 1号機原子炉建屋3階柱コンクリート剥落事象
- 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

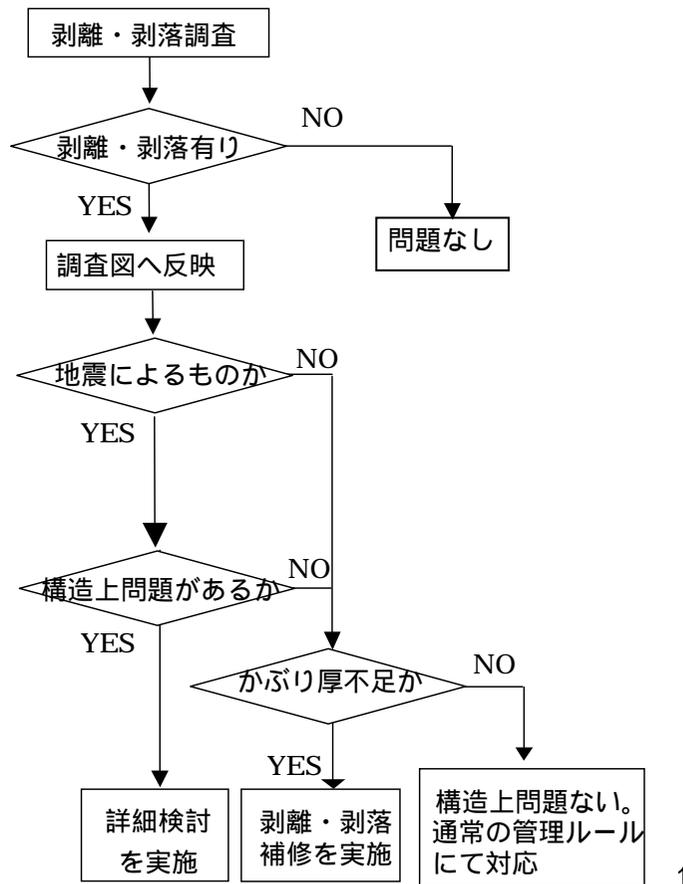
※中間取りまとめの報告実績

1号機原子炉建屋（H21.1.22 第28回構造WGにて報告）

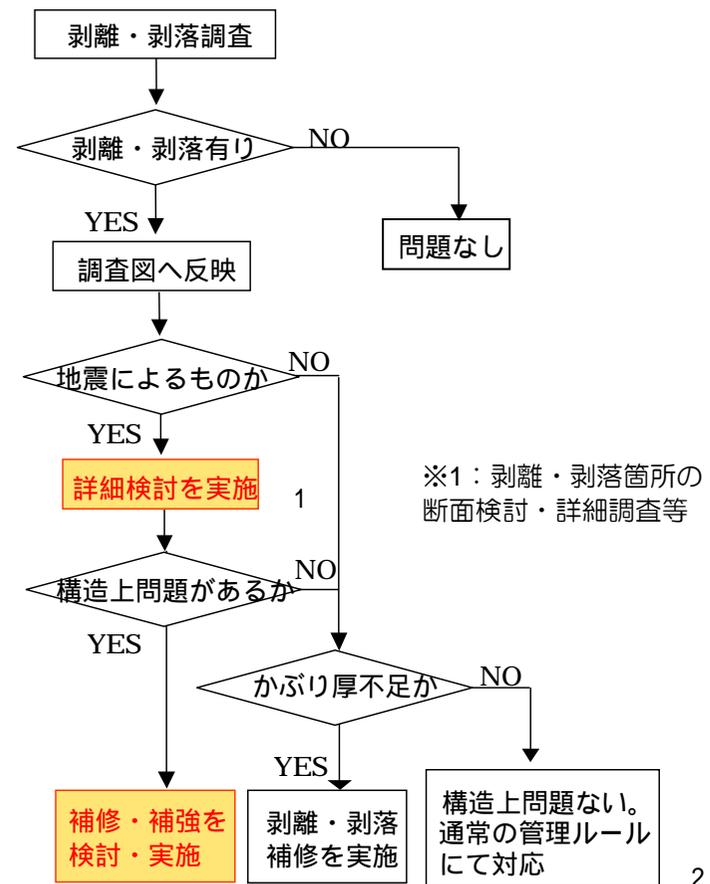
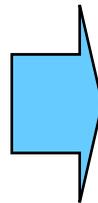
1号機タービン建屋（H21.4.27 第33回構造WGにて報告）

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。
 なお、立入検査時のコメントを反映して、フローの見直しを行った。



※1：発電所建物ひび管理要領などの社内マニュアル



※1：剥離・剥落箇所の断面検討・詳細調査等

※2：発電所建物ひび管理要領などの社内マニュアル

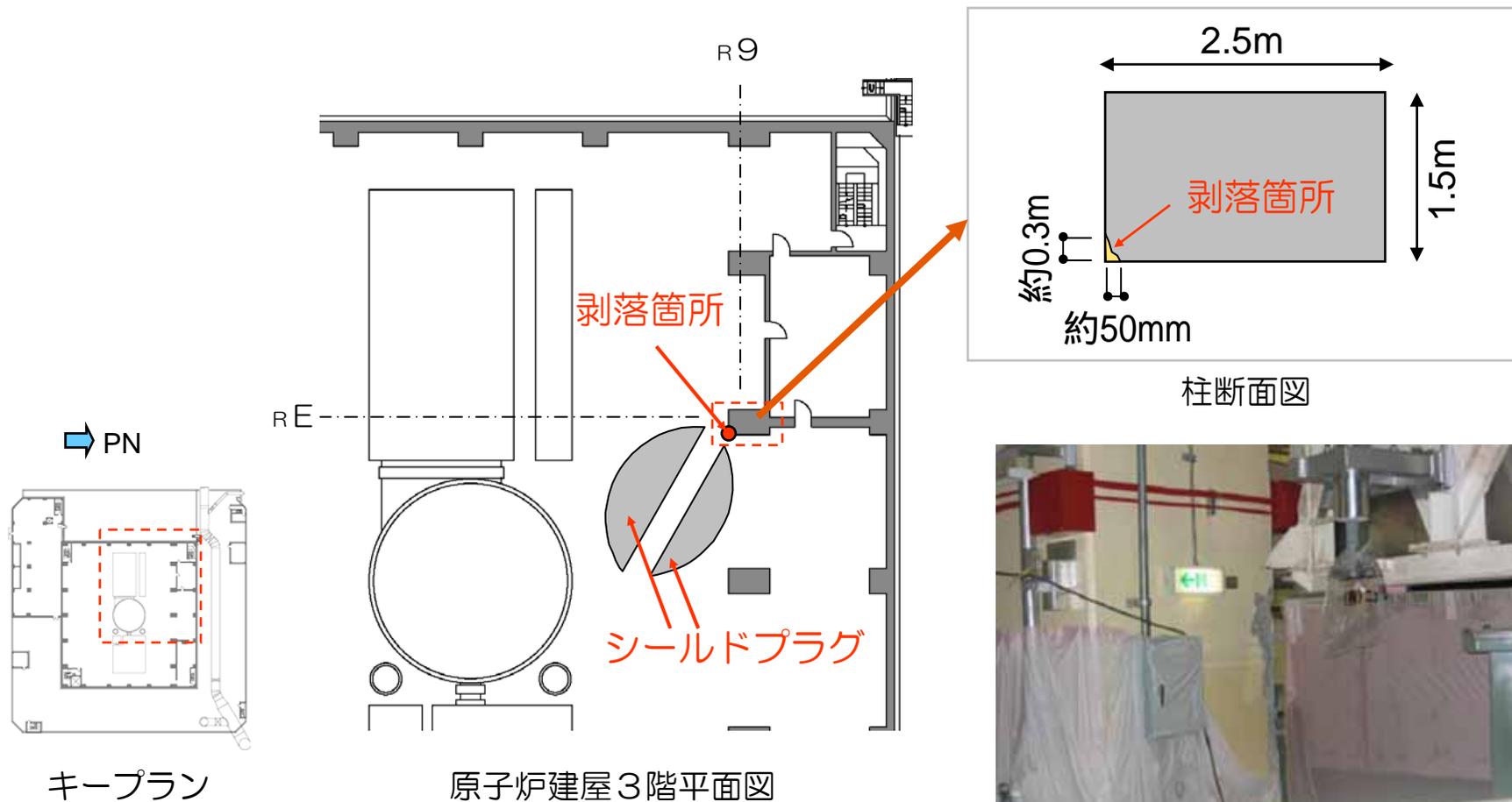
剥離・剥落に関する点検の流れ（点検・評価計画書より）

剥離・剥落に関する点検の流れ（見直し後）

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

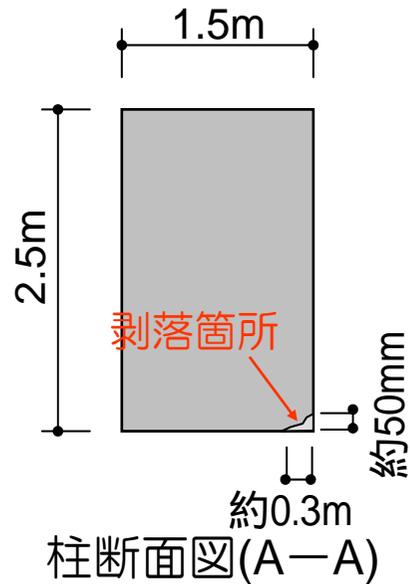
事象の概要

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。



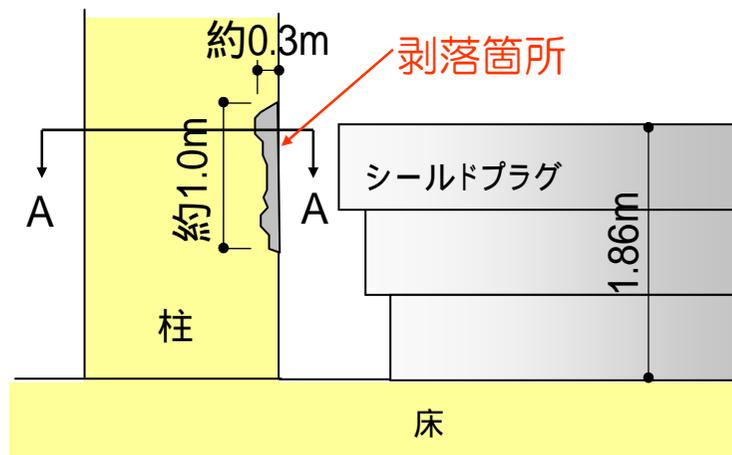
損傷状況

■ 柱損傷状況

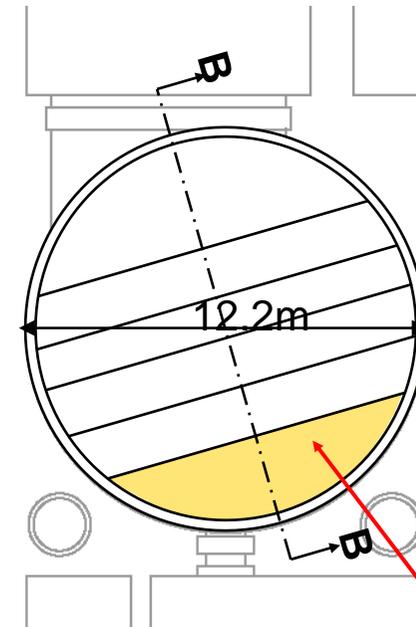


■ 剥落の大きさ

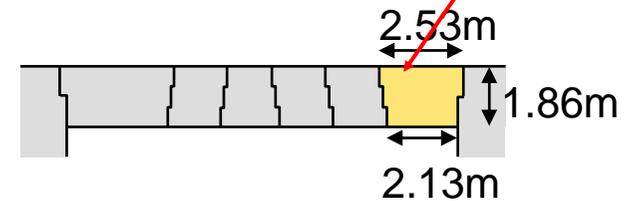
幅 : 約0.3m
長さ : 約1.0m
深さ : 約50mm
(鉄筋の露出は確認されなかった。)



損傷状況図



シールドプラグ平面図



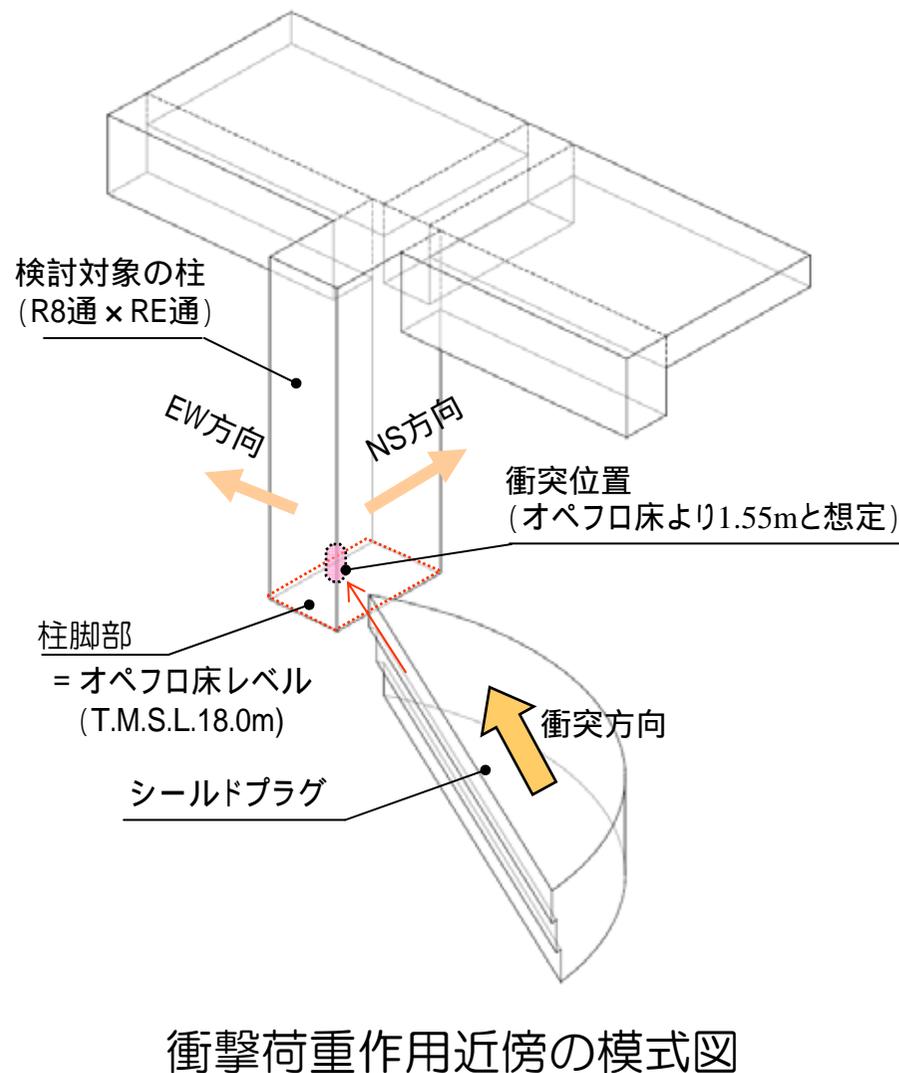
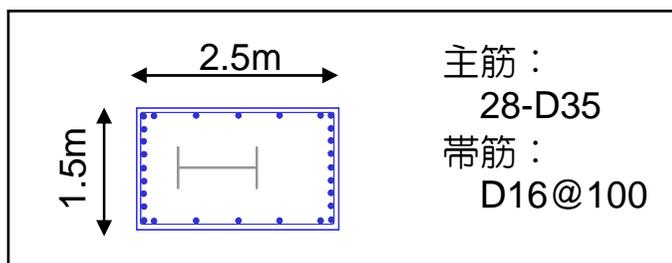
B-B断面図

シールドプラグの衝突に対する柱の健全性に関する検討

■ 検討方針

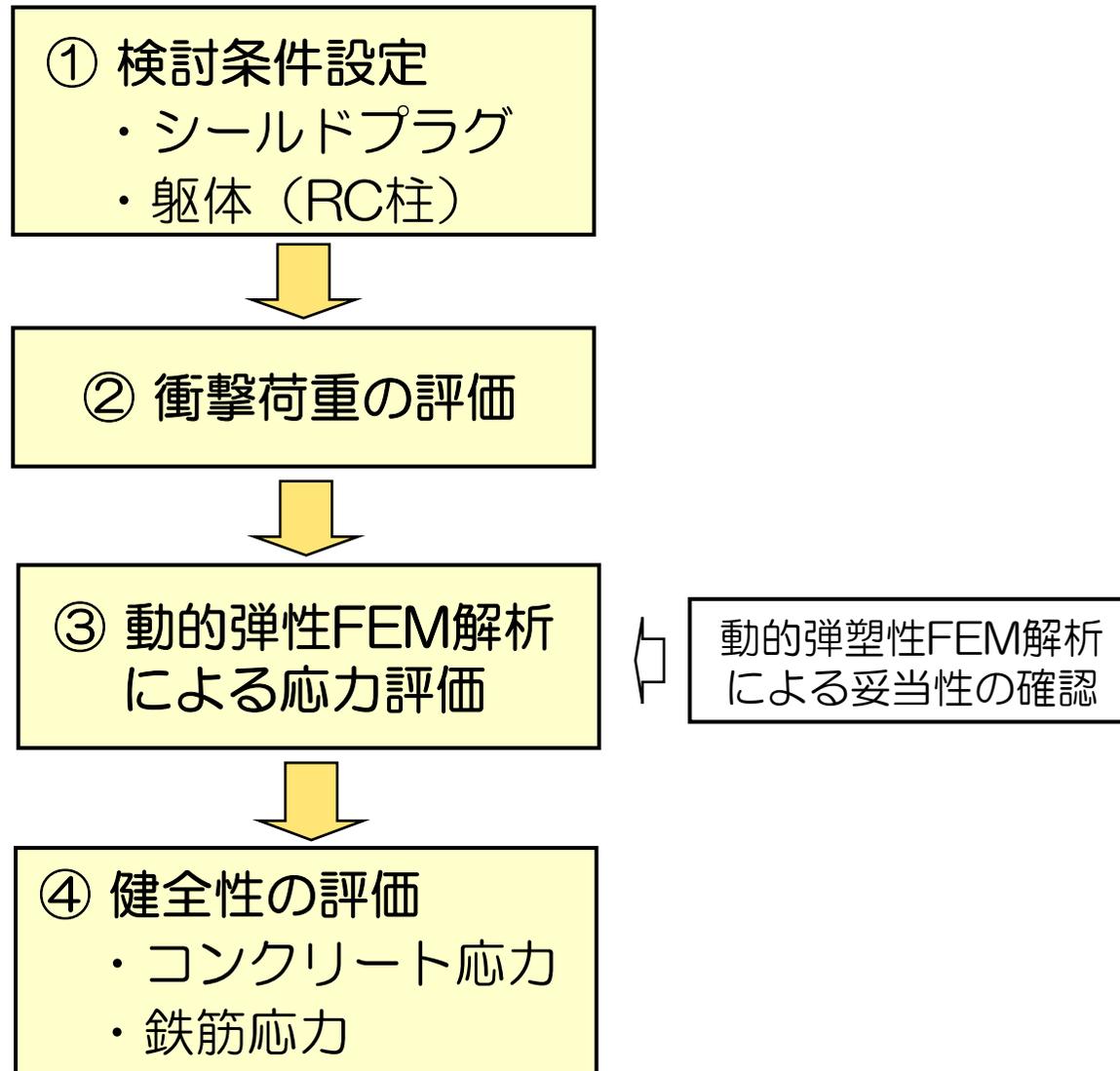
中越沖地震時に仮置き中のシールドプラグが移動して、RC柱へ衝突した際の当該RC柱の健全性を、動的弾性FEM解析を用いて検討する。なお、RC柱のひび割れ等を考慮した動的弾塑性FEM解析を用いた検討も比較のための参考例として実施し、弾性解析結果の妥当性を確認する。

柱の寸法・配筋



シールドプラグの衝突に対する柱の健全性に関する検討

■ 検討手順の概要



シールドプラグの衝突に対する柱の健全性に関する検討

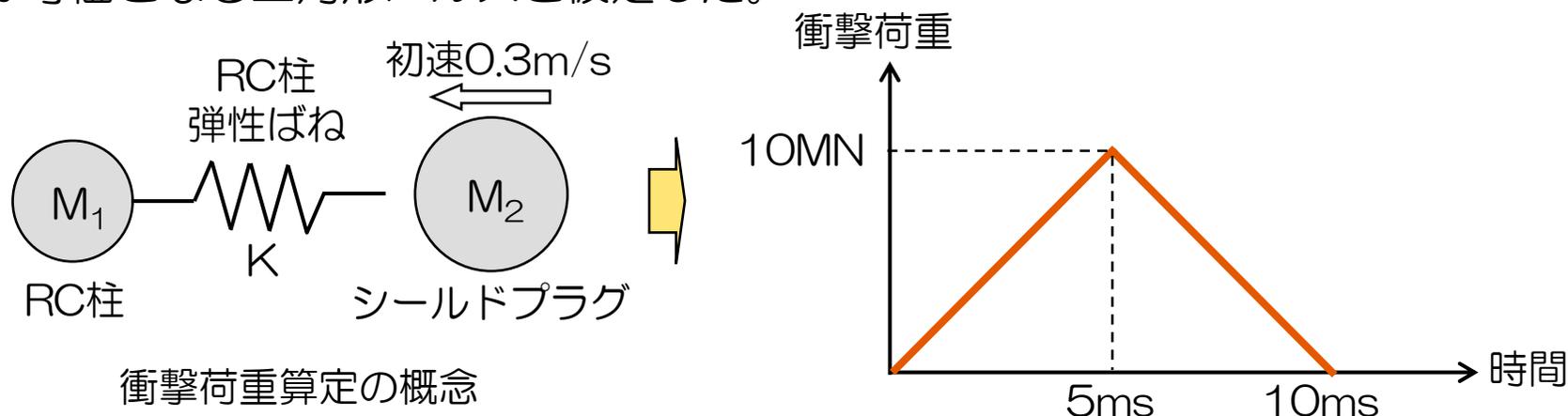
■ 検討条件の設定及び衝撃荷重の評価

① 重量及び衝突速度の設定

中越沖地震時の衝突前後の状況を踏まえて、シールドプラグ（重量722kN）が当該RC柱（重量459kN）に相対速度0.3m/s（30kine）で衝突すると仮定する。なお、地震応答解析から得られたオペフロ階での応答加速度時刻歴（水平2成分）を用いて、相対速度を設定した。

② 衝撃荷重の評価

衝突時は、シールドプラグの初期運動エネルギーがRC柱のひずみエネルギーと両者の運動エネルギーにより保存されると仮定し（減衰エネルギーによる消費は無視）、衝撃荷重を算定する。なお、正弦波衝撃荷重を力積が等価となる三角形パルスと仮定した。

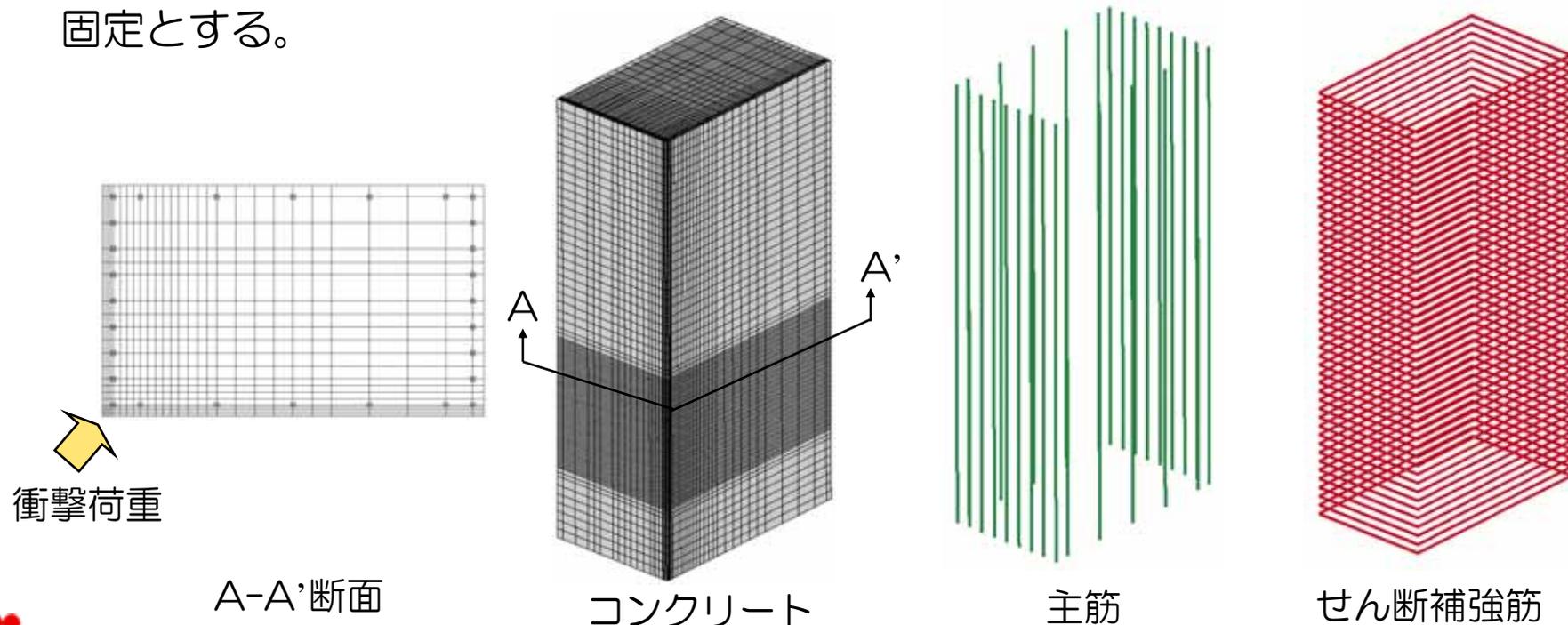


シールドプラグの衝突に対する柱の健全性に関する検討

動的弾性FEM解析による応力評価

コンクリートをソリッド要素で、鉄筋をばね要素でモデル化し、応力評価として保守的となる、動的弾性解析を実施する。なお、弾性解析のために、ひずみ速度に応じた強度上昇効果は考慮していない。

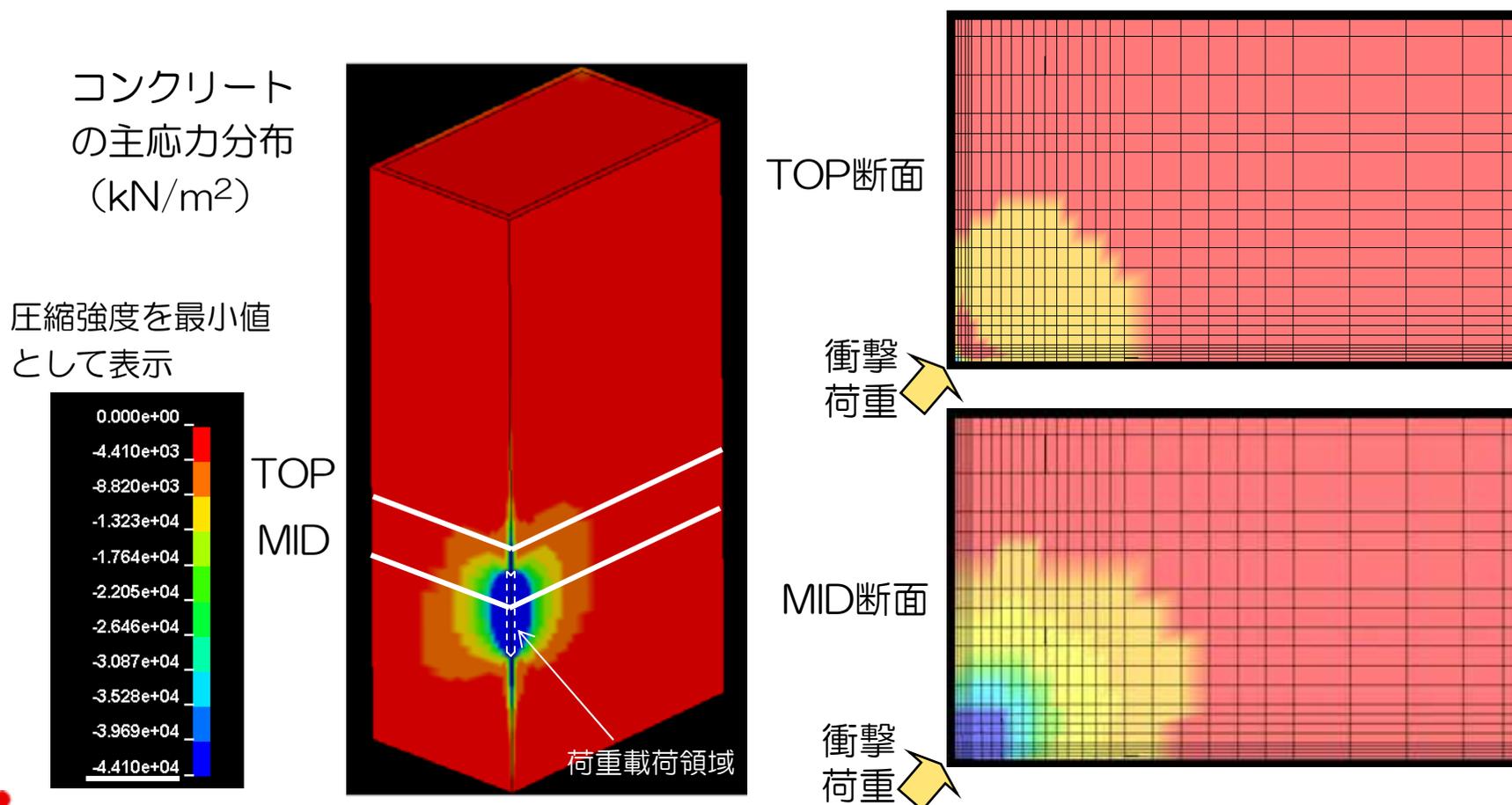
衝撃荷重の作用方向は、鉄筋応力が最も厳しくなる斜め45度方向に、シールドプラグ上部の衝突面相当の領域（床上から1.24m～1.86mにある、角一列の節点）に支配長さに応じて作用させる。なお、RC柱の減衰は無視し、柱両端は固定とする。



シールドプラグの衝突に対する柱の健全性に関する検討

■ コンクリートの主応力分布（衝撃荷重ピーク時）

衝突領域近傍のコンクリート圧縮主応力は圧縮強度を上回り、圧壊している可能性があるが、内部深くには達していない。また、解析から得られる損傷範囲は、実際の損傷よりも特に深さ方向で大きい。

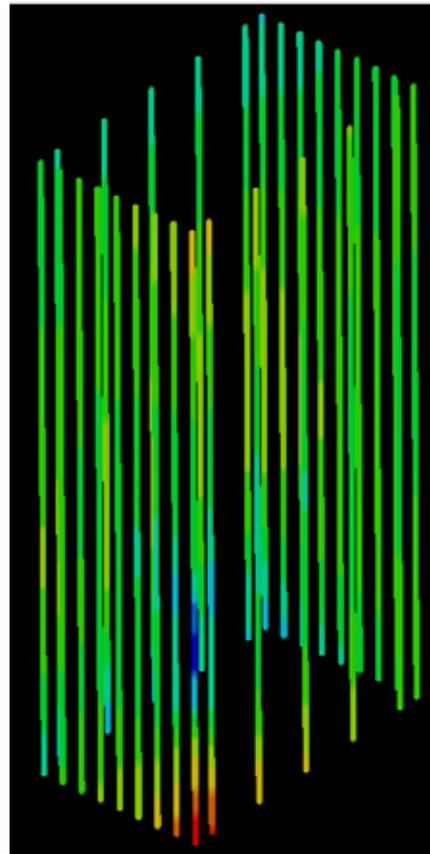
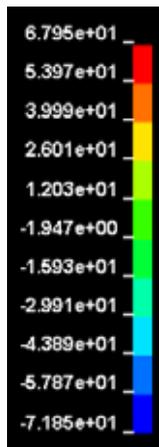


シールドプラグの衝突に対する柱の健全性に関する検討

■ 最大値発生時の鉄筋応力分布（ピーク荷重近傍）

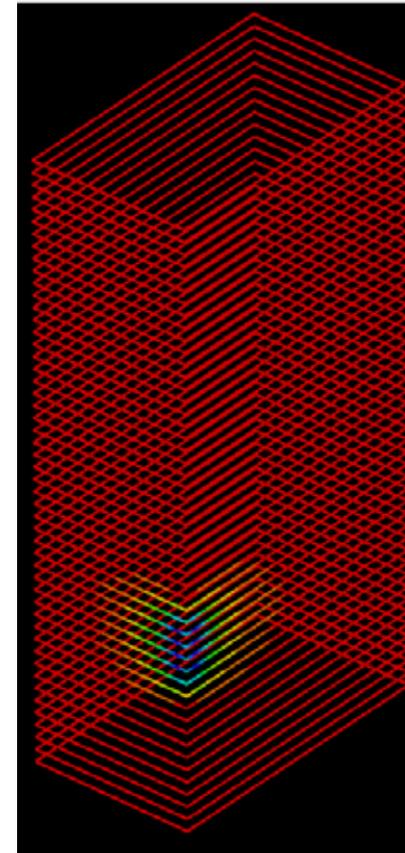
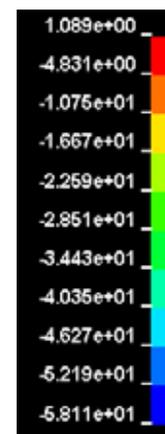
衝突領域近傍の主筋及びせん断補強筋の応力は大きくなるものの、降伏点には達していないために、RC柱としての健全性に問題はないと考えられる。

降伏点
±330kN
最大値
71.6kN
(圧縮)



主筋[SD345, D35]の軸力分布 (kN)

降伏点
±68.5kN
最大値
58.1kN
(圧縮)



せん断補強筋[SD345, D16]の軸力分布 (kN)

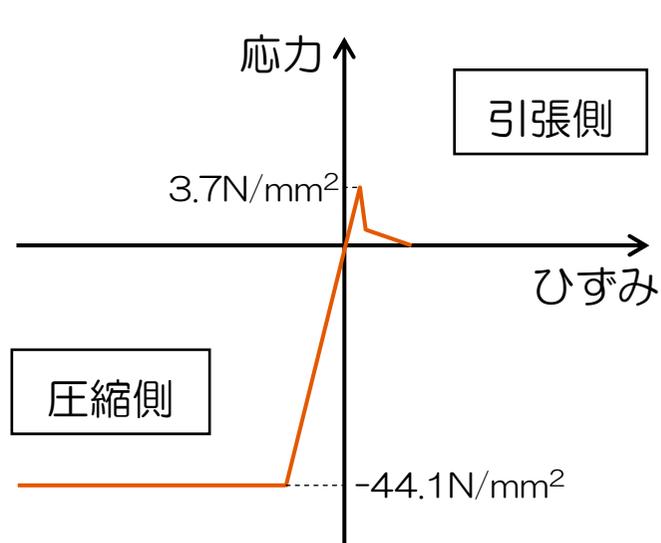
シールドプラグの衝突に対する柱の健全性に関する検討

■（参考）動的弾塑性FEM解析（1）

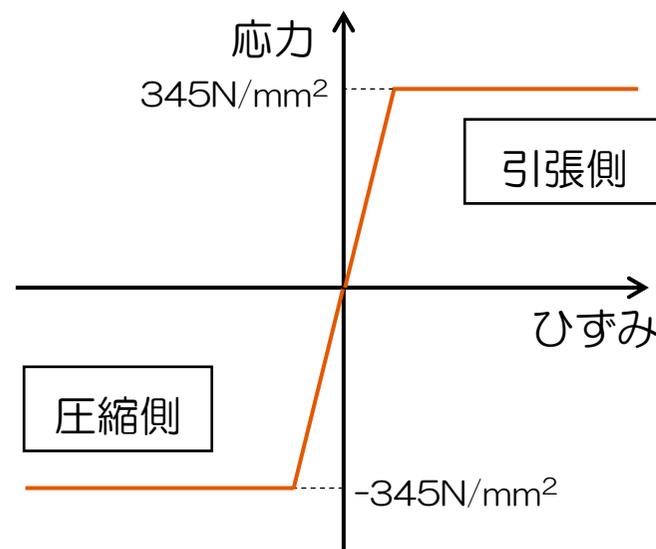
弾性解析では、コンクリートのひび割れによる応力再配分を保守的に無視しているために、コンクリートの損傷範囲は実際の損傷範囲よりも大きかった。

そこで、弾性解析結果の妥当性および仮定した条件の妥当性を確認するために、衝突領域近傍のコンクリートの損傷状況をより現実的に捉えることができる、コンクリートのひび割れを考慮した弾塑性解析を、比較のための参考例として実施する。

なお、下図に示すコンクリート及び鉄筋の弾塑性特性に加えて、ひずみ速度に応じた強度上昇を考慮している。



コンクリートの応力—ひずみ関係

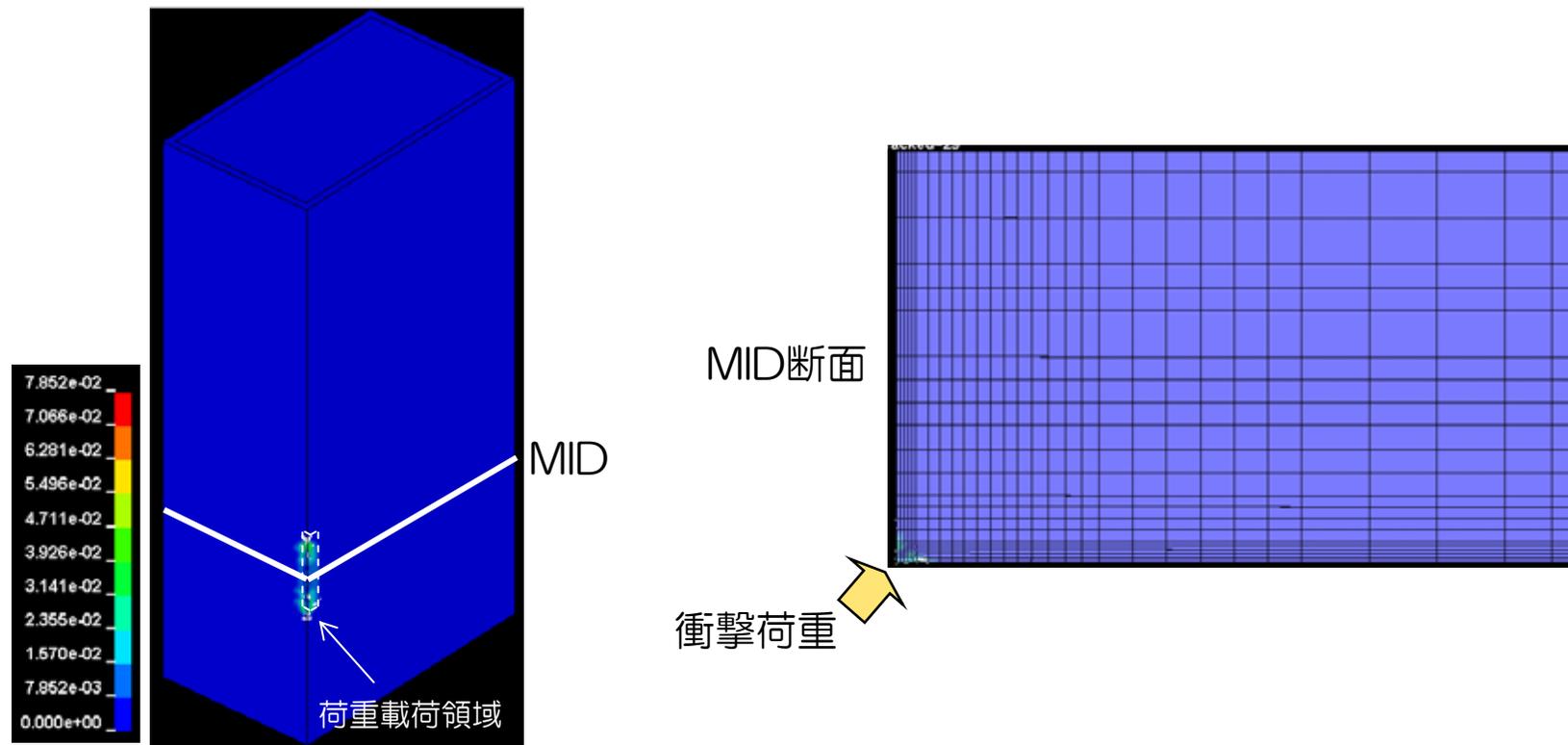


鉄筋の応力—ひずみ関係

シールドプラグの衝突に対する柱の健全性に関する検討

■（参考）動的弾塑性FEM解析（2）

荷重ピーク時では、コンクリートのひずみ及びひび割れは衝突領域に集中し、それ以外の箇所にはコンクリートにひび割れが発生していないことが観察できる。

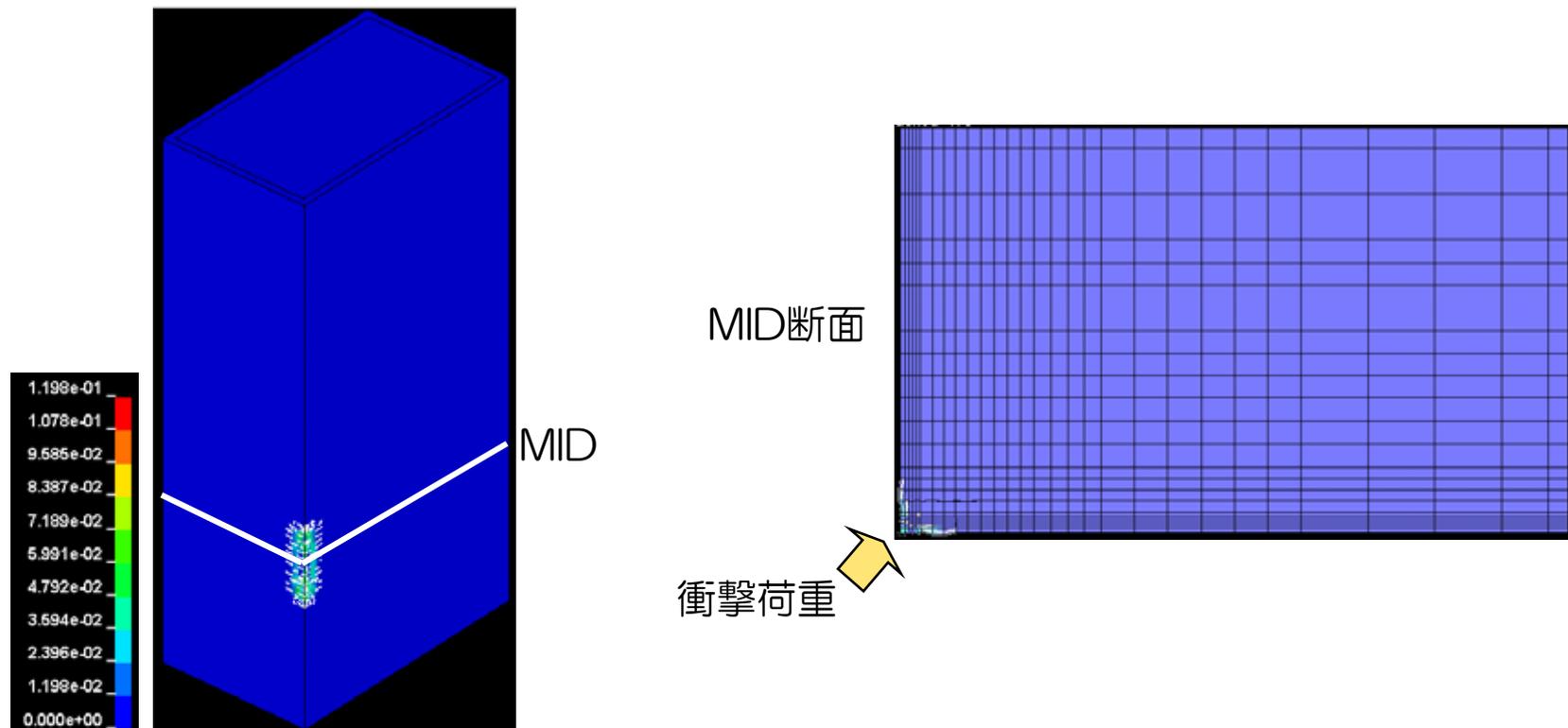


コンクリートの相当塑性ひずみ分布及びひび割れ状況[5ms（荷重ピーク時）]

シールドプラグの衝突に対する柱の健全性に関する検討

■（参考）動的弾塑性FEM解析（3）

衝突終了時には、コンクリートのひび割れは、かぶりコンクリートのみに残り、内部には達していない。これは実際の剥落深さにほぼ対応しているものの、解析から得られる損傷範囲は実際よりも衝突領域に集中している。これは、鉄筋応力の観点から保守的に設定した衝突方向による影響が大きいと考えられる。



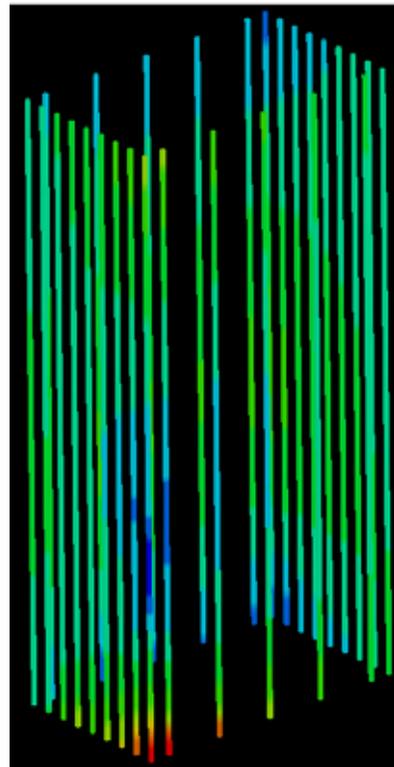
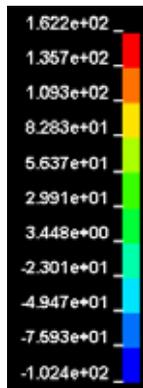
コンクリートの相当塑性ひずみ分布及びひび割れ状況[10ms（衝突終了時）]

シールドプラグの衝突に対する柱の健全性に関する検討

■（参考）動的弾塑性FEM解析（4）

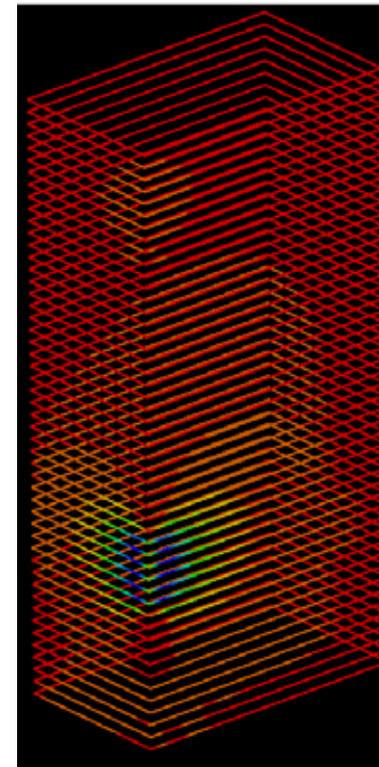
弾性解析と同様に、衝突領域近傍の主筋及びせん断補強筋の応力は大きくなるものの、降伏点には達していない。以上より、衝突領域近傍のコンクリートの損傷状況をより現実的に捉えることができる弾塑性解析と比較することで、弾性解析の妥当性が確認された。

降伏点
±330kN
最大値
162.2kN
(引張)



主筋[SD345, D35]の軸力分布 (kN)

降伏点
±68.5kN
最大値
53.0kN
(圧縮)



せん断補強筋[SD345, D16]の軸力分布 (kN)

シールドプラグの衝突に対する柱の健全性に関する検討

■まとめ

中越沖地震時に仮置き中のシールドプラグが移動して、オペフロ柱へ衝突した際の当該RC柱の健全性を動的弾性・弾塑性FEM解析を用いて検討したところ、以下の結果が得られた。

衝突領域近傍のコンクリート応力は圧縮強度を上回り、圧壊している可能性があるが、内部深くには達していない。また、弾性解析から得られたコンクリートの損傷範囲は実際の損傷範囲よりも特に深さ方向で大きい。

さらに、衝突領域近傍の主筋及びせん断補強筋の応力は大きくなるものの、降伏点には達しておらず、RC柱としての健全性に問題はないと考えられる。

なお、衝突領域近傍のコンクリートの損傷状況をより現実的に捉えることが可能な、コンクリートのひび割れを考慮した弾塑性FEM解析も併せて実施し、上記に示された保守的な条件に基づく弾性FEM解析結果の妥当性および仮定した衝撃荷重条件の妥当性を確認した。

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、シールドプラグが当該柱へ衝突した際の柱の健全性を動的弾性・弾塑性FEM解析を用いて検討したところ、当該柱の健全性には問題ないと考えられる。

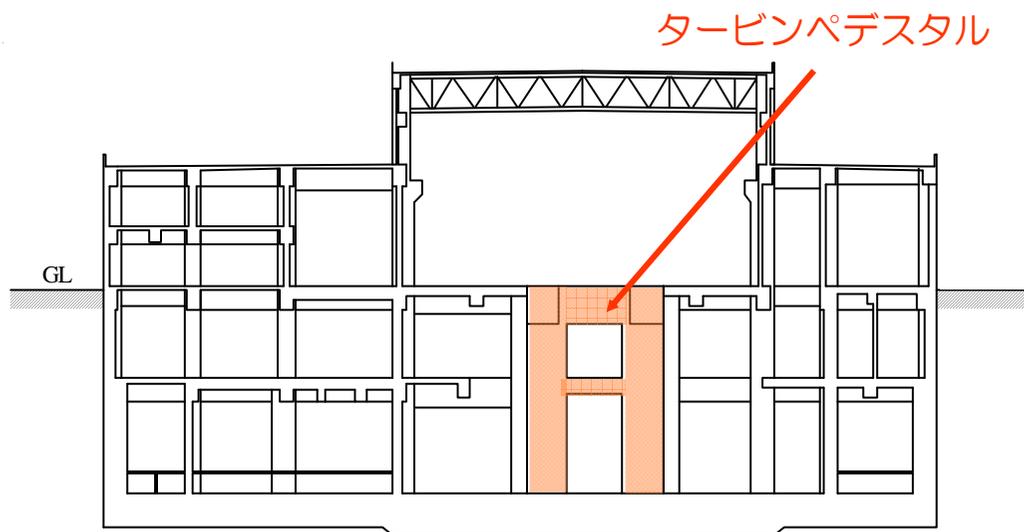
なお、柱に生じた剥落部分については、樹脂モルタルにて欠損断面の復旧を行うこととする。

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※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。

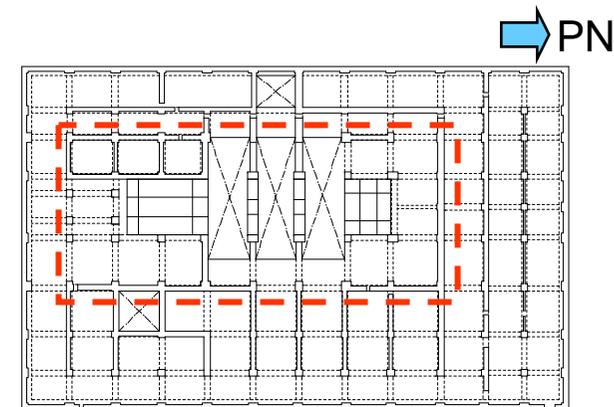
※タービン建屋とタービンペデスタル間には、タービンの振動を建屋側に伝えないため、25mmのギャップがもうけられている。



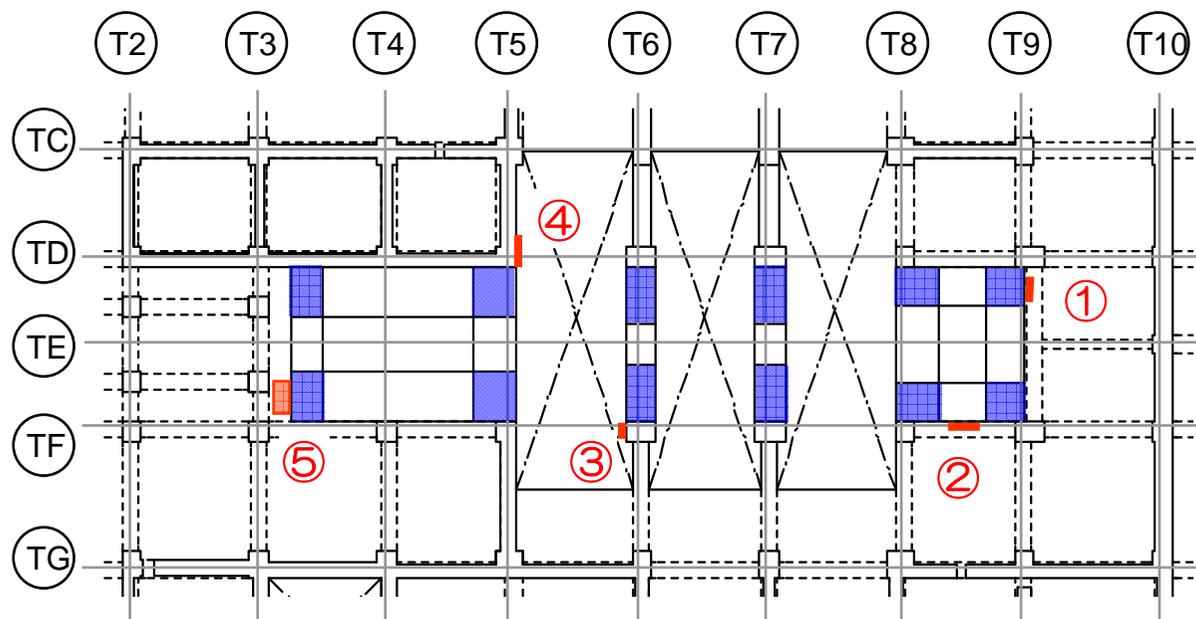
1号機タービン建屋断面図（東西方向）

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)×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

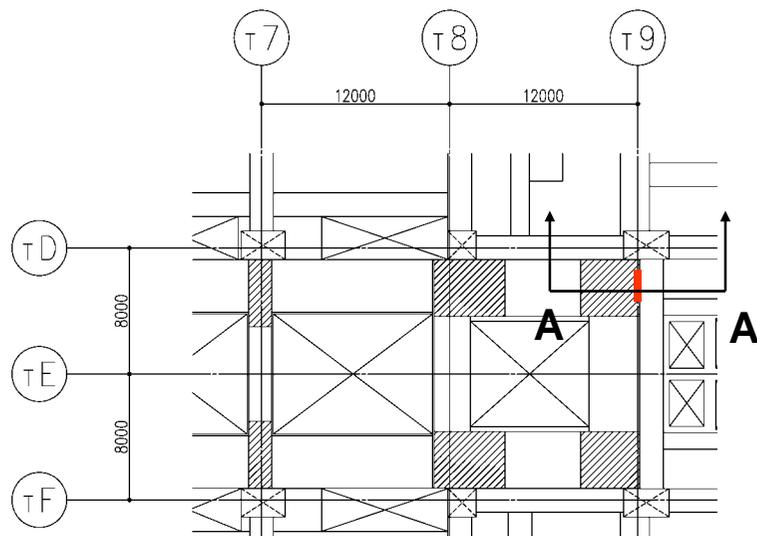


タービン建屋地下1階平面図

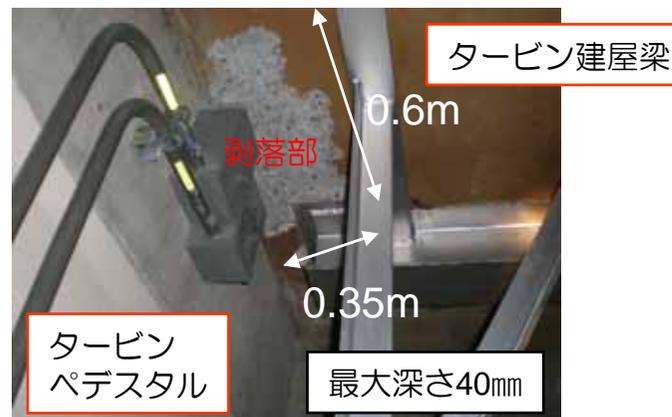


タービンペデスタル周辺剥落箇所調査図

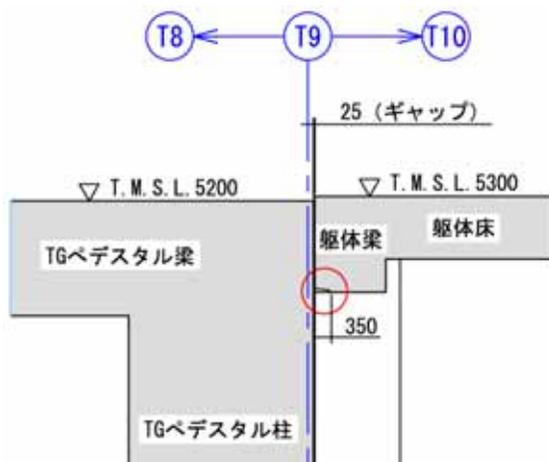
調査結果 (NO.①)



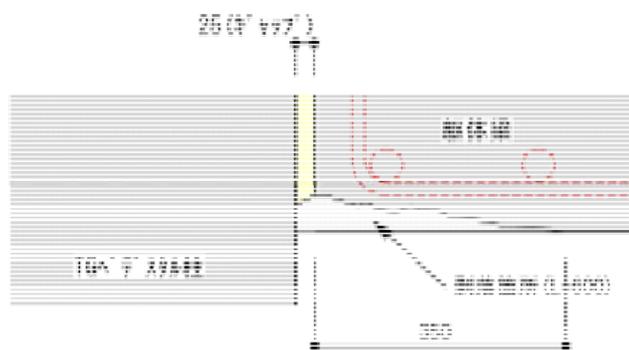
剥離箇所No.①周辺平面図



剥落部位写真

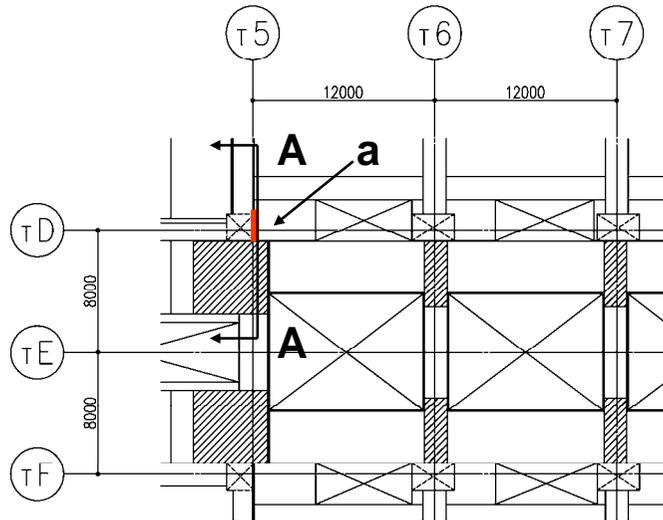


A-A断面図

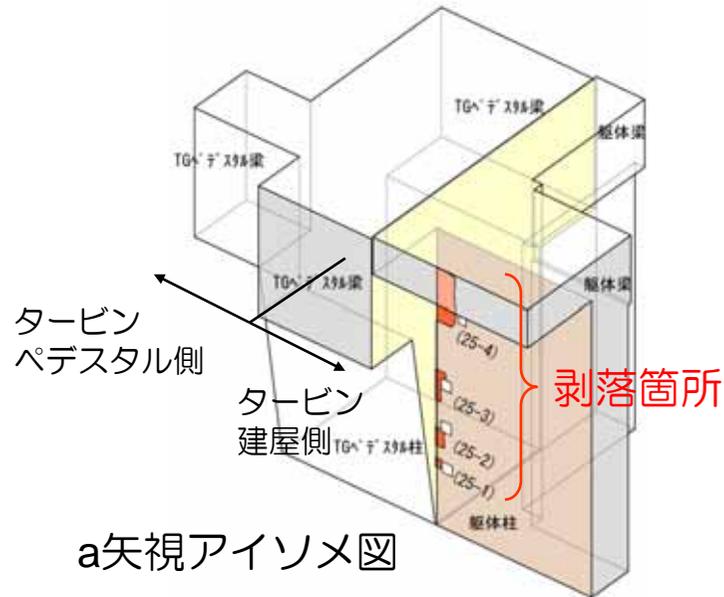


剥離部拡大図

調査結果 (NO.④)



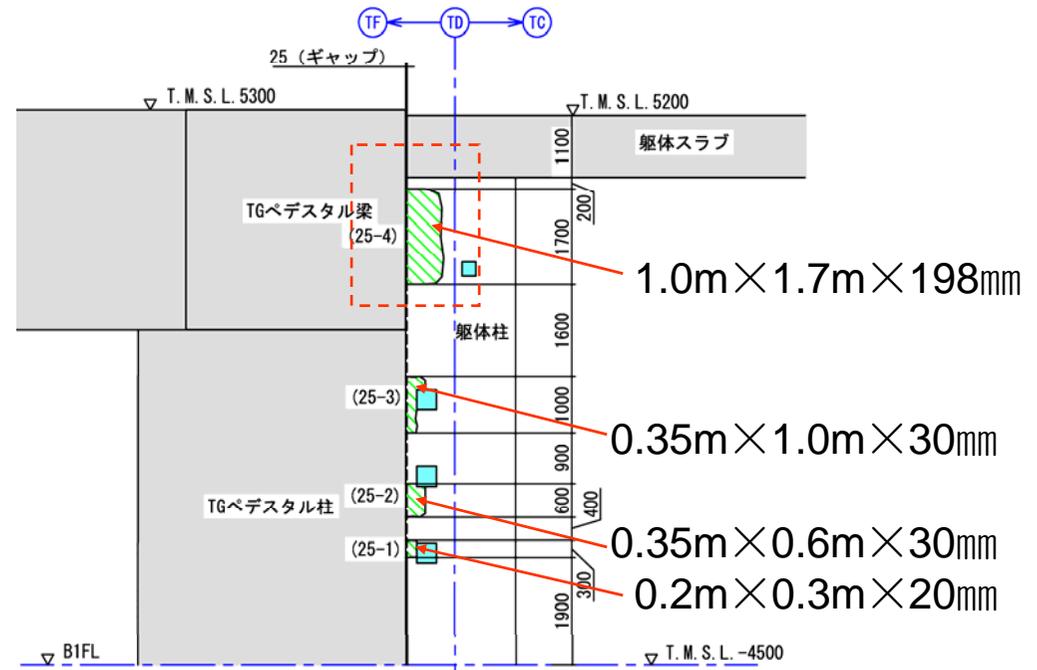
剥離箇所No.④周辺平面図



a矢視アイソメ図

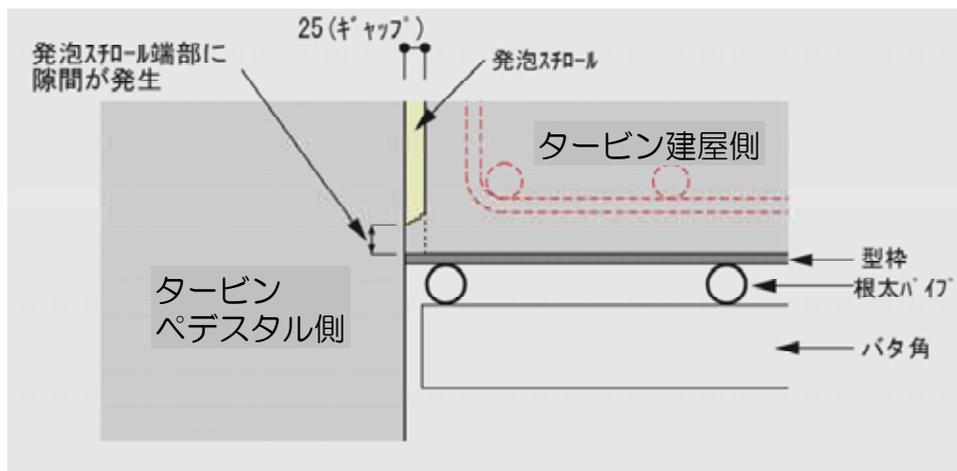


剥落部位写真

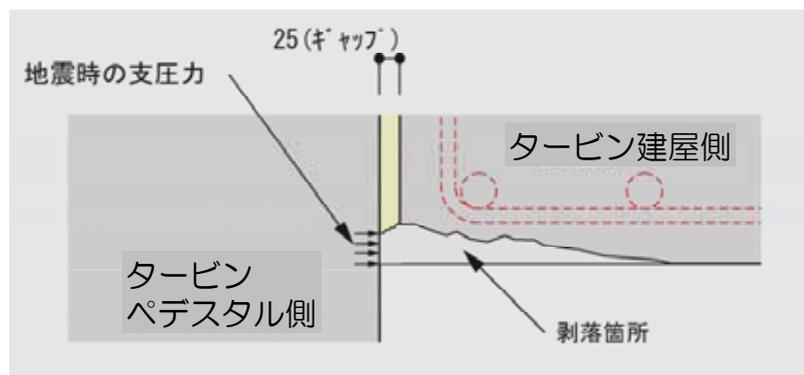


A-A断面図

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。

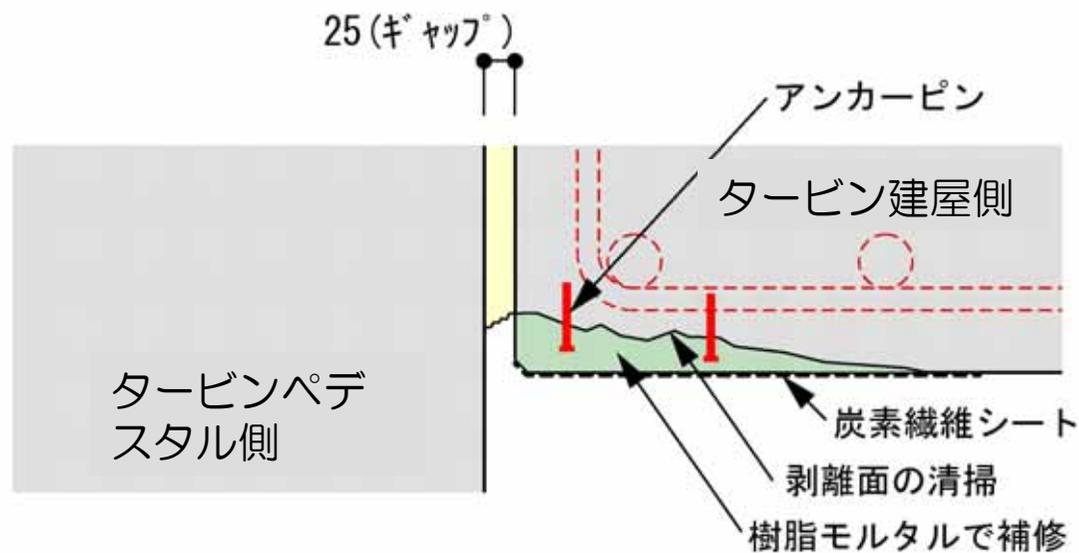
剥離箇所は局部的であり、建屋の耐震性能への影響は小さいものと評価するが、剥落部分については、欠損断面の復旧を行い、健全性を確保するものとする。

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。



No.①補修状況(炭素繊維シート貼)

Ⅲ. まとめ

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、衝突の際の当該柱の健全性を動的弾性・弾塑性FEM解析を用いて検討し、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。

1号機T/Gペデスタルの点検評価について

1号機T/Gペデスタルの点検評価について

- i. T/Gペデスタルの基本設計方針
- ii. T/Gペデスタルの点検方法及び点検結果
 - ii-1. ラーメン架構部
 - ii-2. 機器定着部（参考）
- iii. T/Gペデスタルへの影響評価
 - iii-1. T/Gペデスタルとタービン建屋の接触痕の確認
 - iii-2. タービン建屋コンクリート剥落箇所の評価

i. T/Gペデスタルの基本設計方針

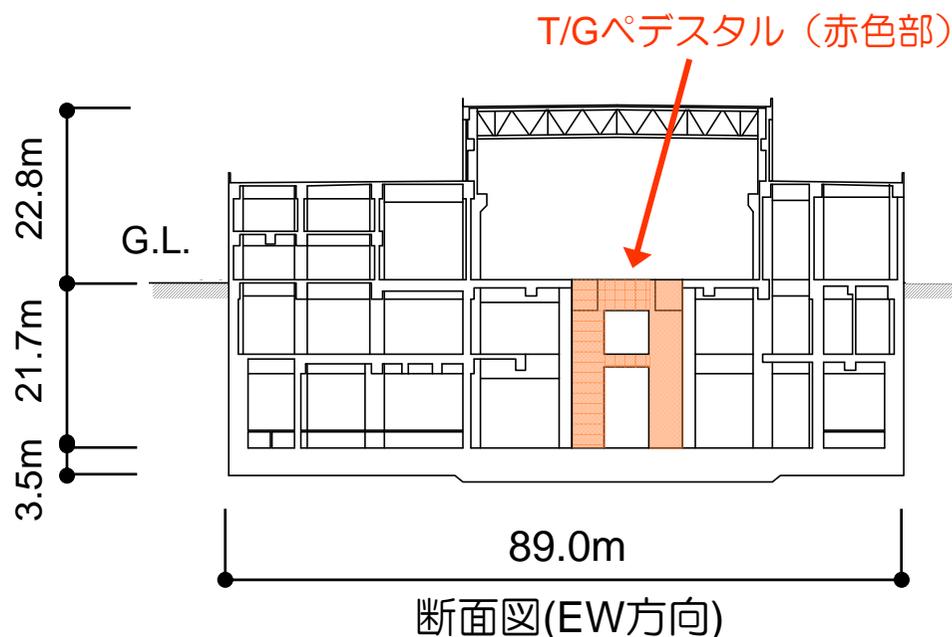
1号機T/Gペデスタルの基本設計方針

・・・タービン建屋のほぼ中央に位置するタービン発電機を支えるはり、柱及び壁によって構成される鉄筋コンクリート造の壁付ラーメン架構部・・・をいう。

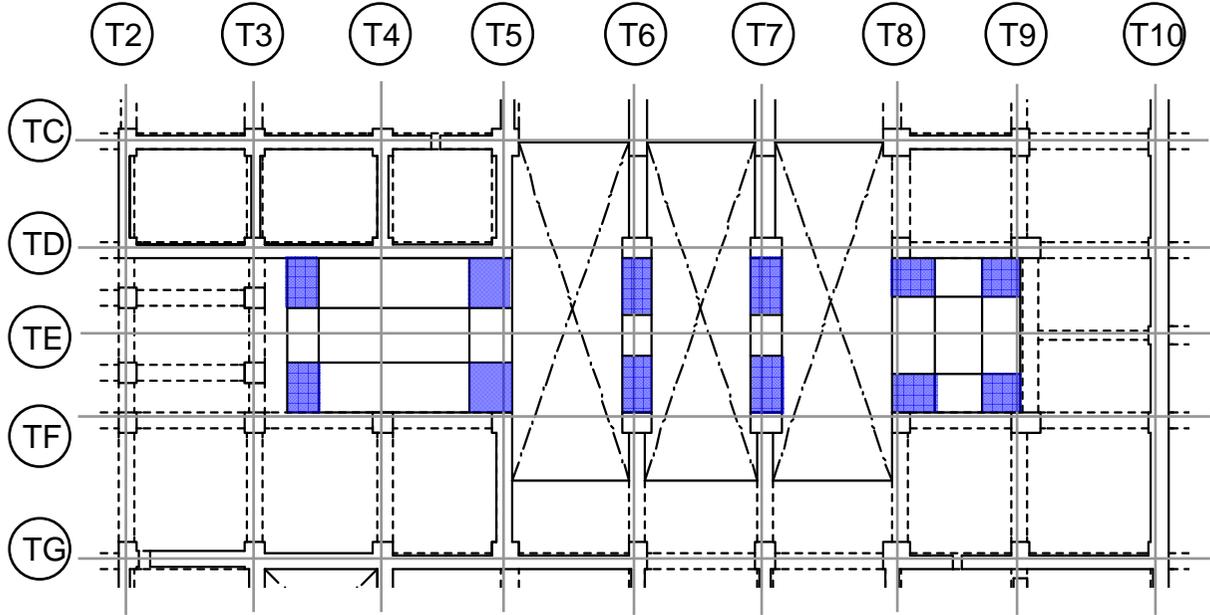
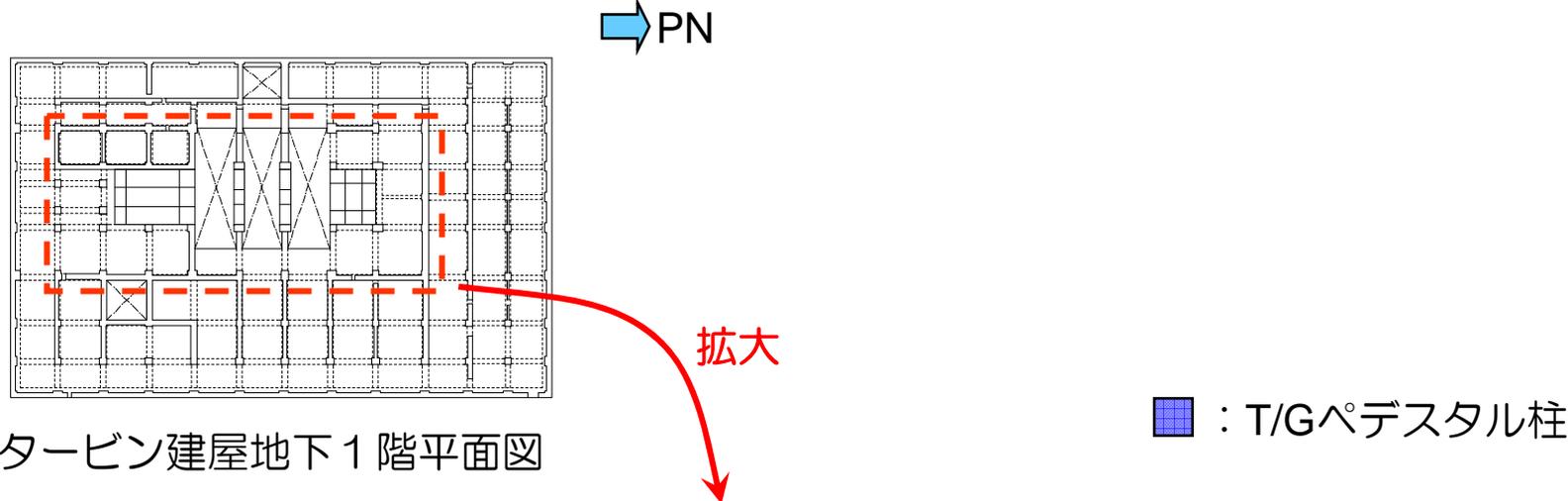
架構は、自重・機械運転時の荷重及び地震による水平力に対して十分安全であるように、また部材断面を極力大きくして剛性を高め運転時の振幅を制限するように設計されている。

(建設時工認より一部抜粋)

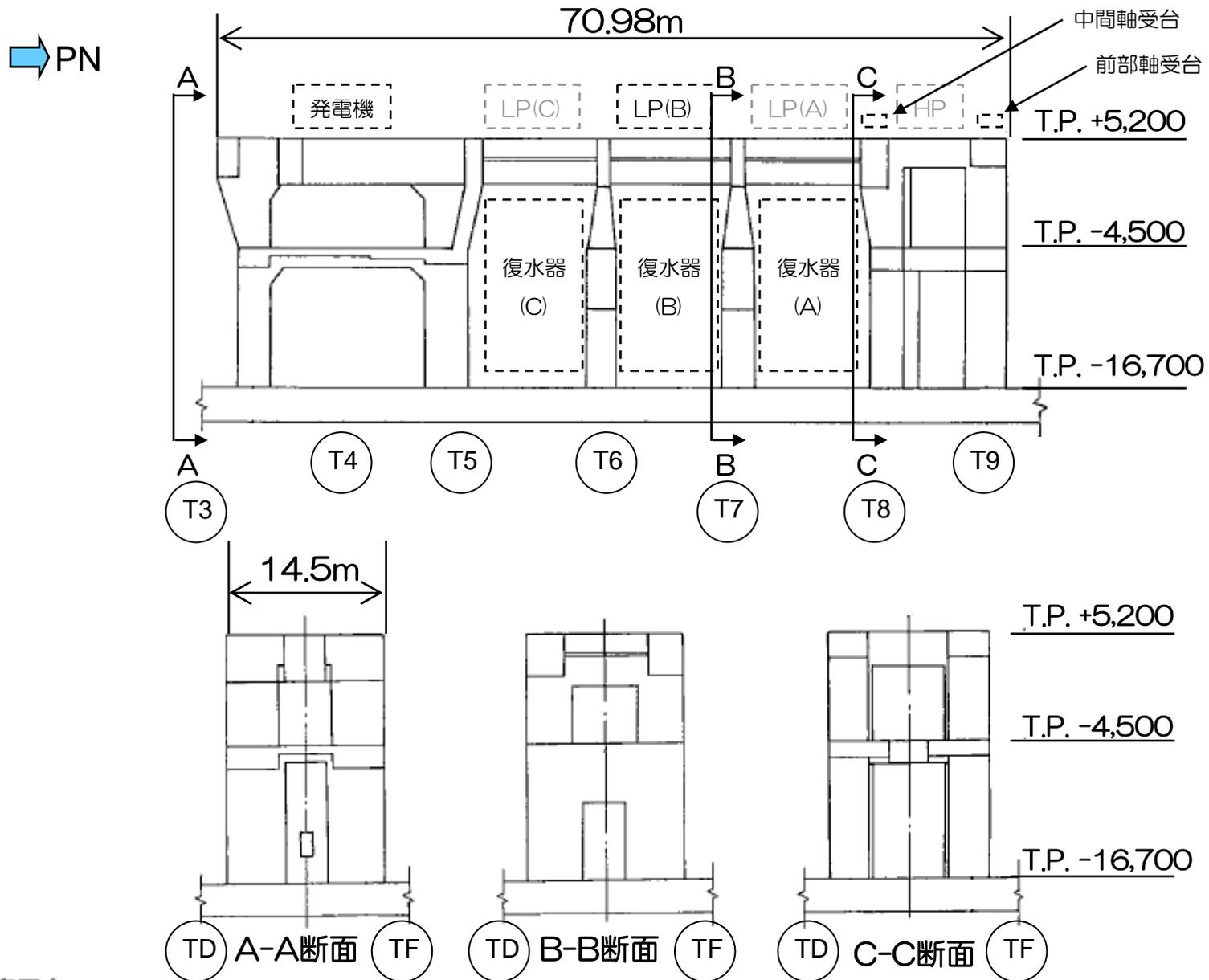
- 耐震クラス：Bクラス機器の間接支持構造物
- 安全上重要な設備：否
- コンクリートの設計基準強度 F_c
ラーメン構造部： 280kg/cm^2
(参考
タービン建屋： 240kg/cm^2)



タービン建屋とT/Gペデスタルの位置関係



1号機T/Gペデスタルの概略形状



ii. T/Gペデスタルの点検方法及び点検結果

ii -1. 機器定着部

ii -2. ラーメン架構部

T/Gペデスタル点検の概要

タービンペデスタルのひび割れ状況等についても適切に点検を行い、健全性評価を行うべき。

→T/Gペデスタルの点検は以下2つの観点から実施している。

ii -1. 機器定着部

点検範囲：基礎ボルト廻り

他の機器基礎同様、基礎ボルトから進展する破壊に着目して評価

ii -2. ラーメン架構部

点検範囲：ラーメン架構部全体

建物・構築物の点検方法に準じ、地震により発生するひび割れや剥離・剥落に着目して評価

ii -1. 機器定着部

T/Gペデスタル点検～機器定着部の点検方法

- 機器定着部では、ボルトを介してコンクリート部への荷重の伝達が行われていることから、ボルト周辺のコンクリートひび割れが想定される
- 上記ひび割れの検出には目視点検と打診試験が有効であることから、基礎コンクリート部の目視点検と打診試験を主体とした点検を実施している
- ひび割れが検出された場合
 - ひび割れが想定する損傷モード（次項参照）による想定ひび割れパターンのいずれかに該当するものか確認

機器定着部に想定される損傷

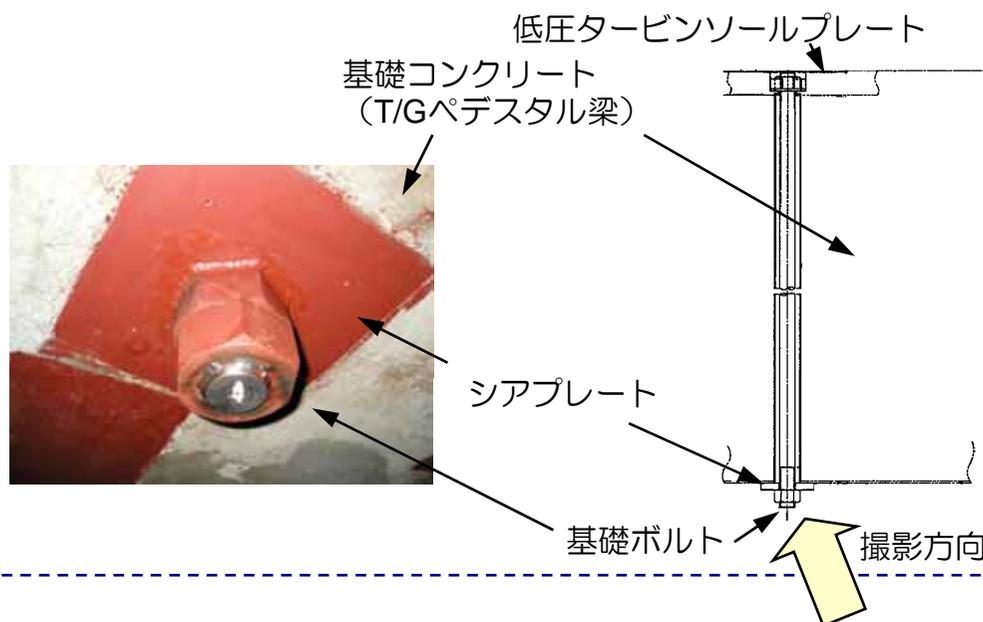
損傷部位	損傷モード	損傷過程	破壊イメージ	ひび割れパターン	
基礎台コンクリート部	コーン状破壊	コーン状破壊 (へりあきなし)	引張力によるコンクリート部の破壊		
		コーン状破壊 (へりあき考慮)	引張力によるコンクリート部の破壊		
	支圧破壊	支圧力の先行によるコンクリート部のコーン状破壊			
	へりあき部のせん断破壊	せん断力によるへりあき部のコーン状破壊			
	組合せ応力による破壊	引張力とせん断力の組合せ応力による破壊		上記、引張力とせん断力による破壊ひび割れ	

T/Gペデスタルにおける機器定着部の点検結果

- T/Gペデスタル上の基礎ボルト（各ソールプレート部、中間軸受台部等）周辺のコンクリート部を点検・評価計画に従い、点検を実施した結果、想定する損傷モードによるひび割れパターンのいずれかに該当するものはなく、機能に影響を与えるような損傷は確認されなかった。

例) 低圧タービンソールプレート基礎ボルト（T/Gペデスタル梁を貫通している）下部から見上げた写真

想定する損傷モードによる想定ひび割れパターンと一致したひび割れ等は確認されていない



ii -1. ラーメン架構部

ラーメン架構部の点検方法

- 「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・評価計画書（建物・構築物編）」に準じて点検を実施
 - 地震の影響として、ひび割れおよび剥離・剥落が想定されることから、外観目視点検が有効
 - 日本非破壊検査協会「コンクリート構造物の目視試験方法」に準拠し、目視点検を主体とした点検を実施
 - ひび割れ，剥離・剥落の他にも，目視点検で検出可能な異常については記録

- 以下を満足することを確認
 - 構造上問題となるひび割れがないこと（幅1.0mm以上のひび割れがないこと）
 - 構造上問題となる剥離・剥落がないこと

ラーメン架構部の点検結果（ひび割れ）

■ ラーメン架構部ひび割れ調査結果

（今回の地震によって発生したことが否定できないひび割れ）

階	ひび割れ箇所数（W：ひび割れ幅（mm））				最大幅
	$W < 0.3$	$0.3 \leq W$	$1.0 \leq W$	合計	
B2F	9	0	0	9	0.2mm
B1F	7	0	0	7	0.2mm
合計	16	0	0	16	

点検により、確認された、今回の地震によって発生したことが否定できないひび割れは最大でも0.2mmであり、すべて評価基準値（1.0mm）未満であることを確認した。

事例1：地震影響と判断したひび割れ

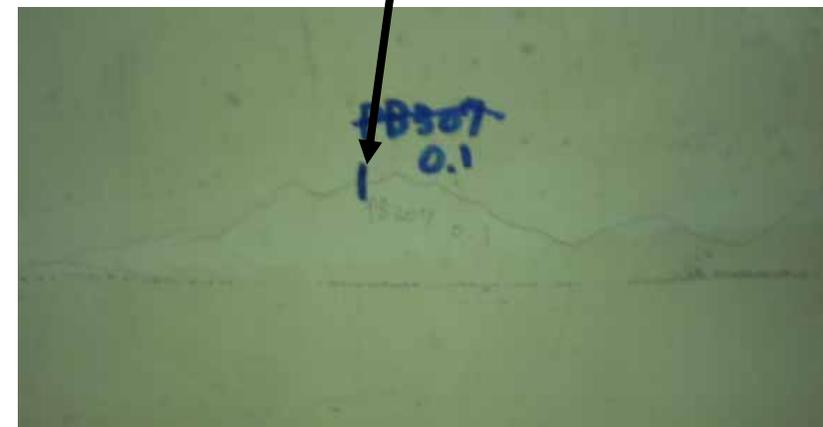
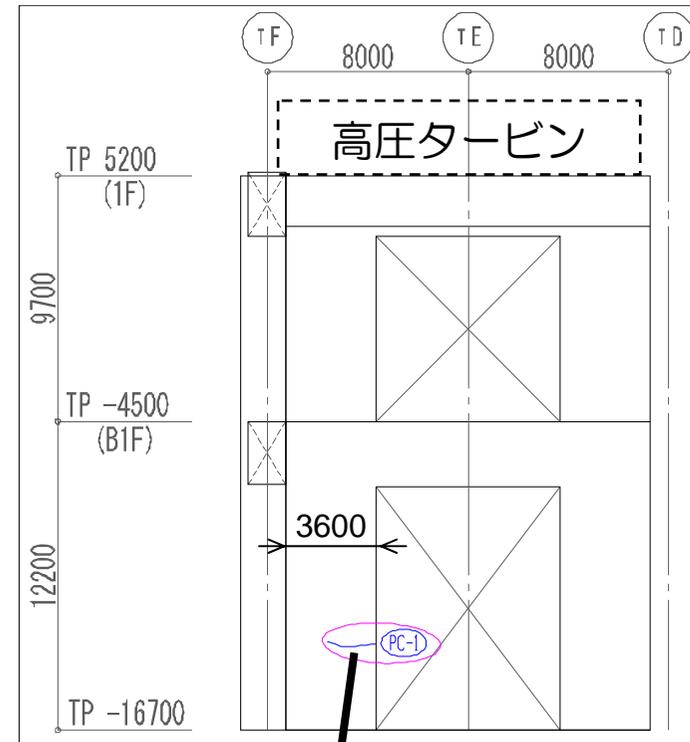
■ T9-TE～F間柱に確認したひび

事象： T9-TE～F間のT/GペDESTAL柱
（北面）に幅約0.1mm 長さ約1600mm
の水平に走り、且つ隣面（西面）
に回り込む「L字」状のひび割れ
を確認した。

評価： ひび割れは、乾燥収縮によるものとも
考えられるが、地震によって柱や
梁に対して曲げが生じた際、「L字」
または「コの字」状にひび割れが入
る「曲げひび割れ」に近い形状とも
考えられることから、地震に起因す
るひび割れである可能性も否定でき
ないとの評価した。

なお、ひび割れ幅は0.1mm程度と微
小であるため、T/GペDESTALの構
造・強度の健全性に影響を与える
ものではない。

対策： エポキシによる補修を実施した。



事例2：地震影響と判断しなかったひび割れ

■ T5~6-TD間に確認したひび割れ

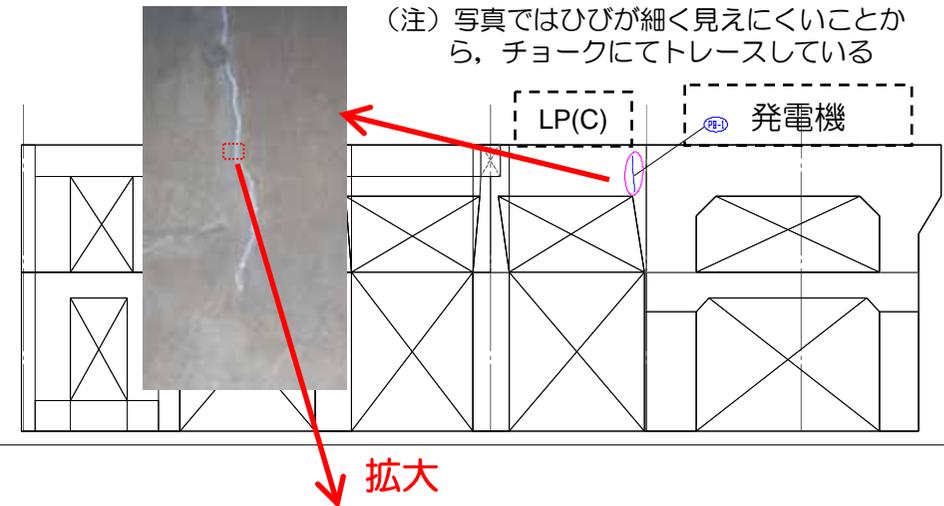
事象： T5~6-TD間のT/Gペデスタル
梁端部近傍の側面に、幅約0.35 mm
~0.1mm、長さ2900mmの垂直方向
に走るひび割れを確認した。

評価： 以下2点より、本事象は地震に起因
するひび割れではなく、乾燥収縮等
によるひび割れであると評価した。

- ①ひび割れ開口表面部（エッジ部）
が丸くなっており、地震発生前に
生じた古いひび割れであると考え
られること（右図参照）。
- ②ひび割れは梁側面（東面）のみで
あり、「L字」または「コの字」
状にひび割れが入る曲げひび割れ
と異なること。

なお、ひび割れ幅は0.35mm 程度
と微小であるため、T/Gペデスタル
の構造・強度の健全性に影響を与え
るものではない。

対策： 今後、補修を実施する。



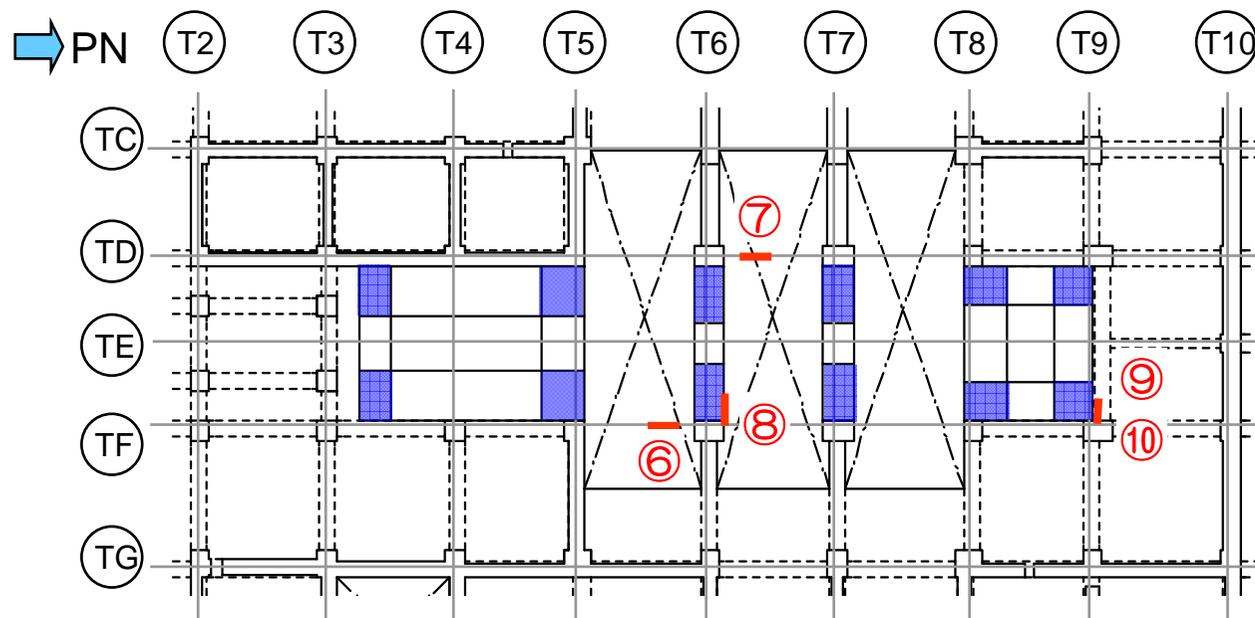
ラーメン架構部の点検結果（剥離・剥落）

■ ラーメン架構部剥落部調査結果

No.	発生部位	箇所数	剥落の大きさ 幅(m)×長さ(m)×深さ(mm)	地震影響
⑥	梁	1	0.3×1.35×30	有
⑦	梁	1	0.2×0.4×30	有
⑧	柱	1	0.3×0.03×10	無
⑨	柱	1	0.1×0.2×30	有
⑩	柱	1	0.35×0.85×65	有

→ 事例3

→ 事例4



点検により、確認された、剥落箇所は局部的であり、構造・強度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。

事例3：コンクリート剥落（その1）

■ T6-TE~F間に確認した剥落

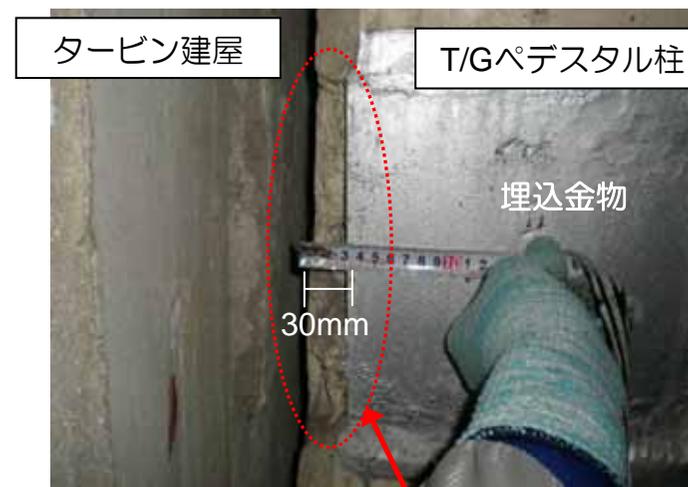
事象：T6-TE~F間のT/GペDESTAL柱コンクリートが一部剥落していることを確認した。

評価：以下2点より、本事象は地震による剥落ではないと評価する。

- ①剥落面に堆積した埃等から、剥落してから相当な時間が経過していると考えられ、地震前の事象であると推測されること。
- ② T/GペDESTAL柱コンクリートのコーナー付近（端部より30mm程度のところ）に埋込金物が設置されていた。乾燥収縮によるひび割れ等に起因し、剥落にまで至った事象と考えられること。

なお、剥落は表層部のみであったことから、構造・強度の健全性に影響を与えるものではない。

対策：モルタルによる補修を実施した。



補修前の状況

剥落部分

補修後の状況



補修部分

事例4：コンクリート剥落（その2）

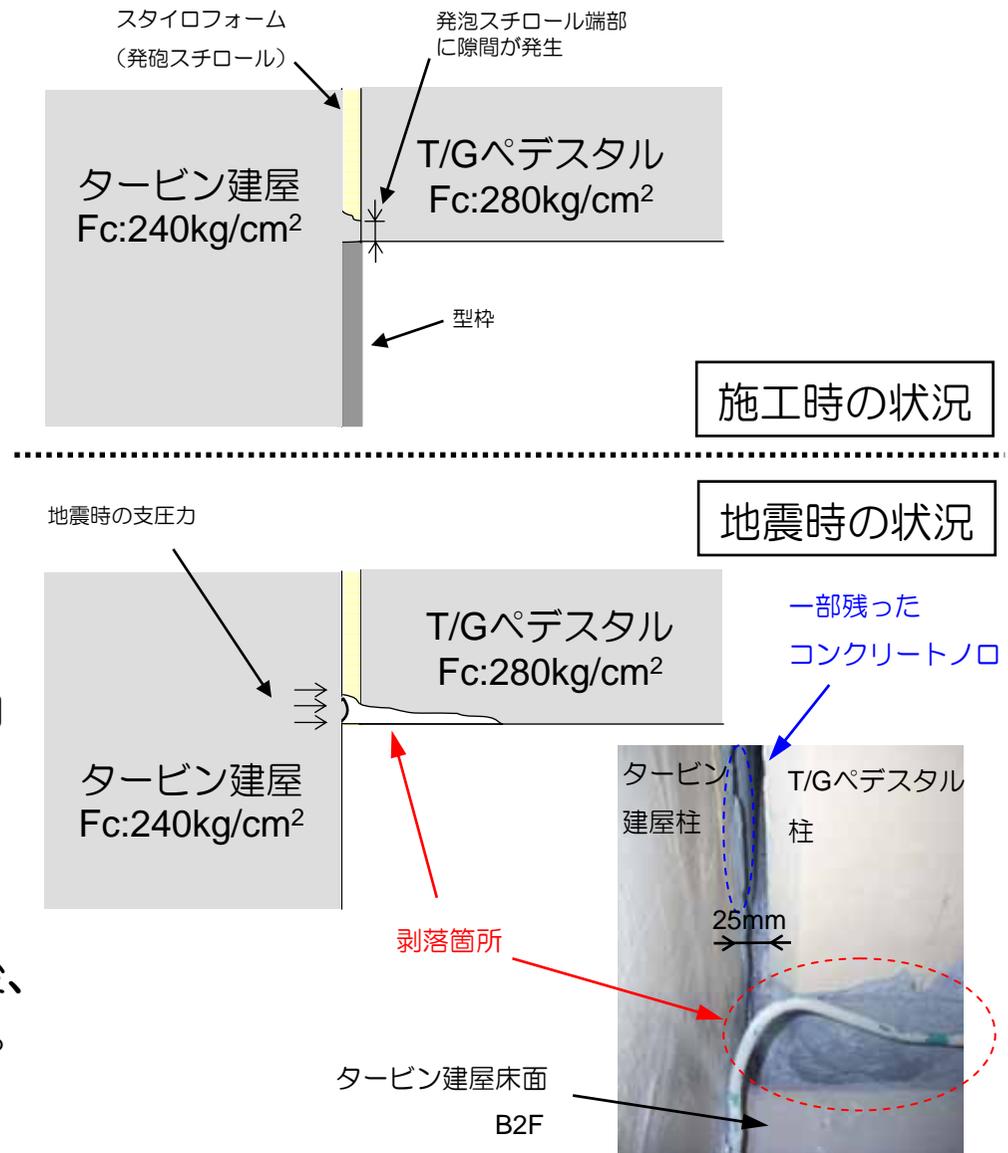
■ T9-TE~F間に確認した剥落

事象：T9-TE~F間のT/GペDESTAL柱
コンクリートが一部剥落している
ことを確認した。

評価：タービン建屋とT/GペDESTAL
の間に建設施工時のノロが回り
込み、地震発生時にそのノロを
介して、タービン建屋は圧縮と
して、T/GペDESTAL側はせん
断として荷重を受け、剥落に
至ったと推測される。

なお、剥落は表層部のかぶりコ
ンクリート部のみであったこと
から、構造・強度の健全性に影
響を与えるものではない。

対策：コンクリートノロを除去した後、
モルタルによる補修を実施する。



T/Gペデスタルにおけるラーメン架構部の点検結果

- T/Gペデスタルにおけるラーメン架構部のコンクリート部を点検・評価計画に従い、点検を実施した結果、構造・強度に影響を与えるような損傷は確認されなかった。

iii. T/Gペデスタルへの影響評価

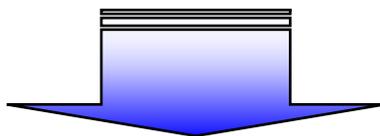
iii -1. T/Gペデスタルとタービン建屋の接触痕の確認

iii -2. タービン建屋コンクリート剥落箇所の影響評価

T/Gペデスタルへの影響評価の概要

タービン建屋の剥落箇所No.4上部の広範囲の剥落について、剥落の原因をノロによるものと推定しているが、剥落状況を見ると、タービン建屋とタービンペデスタルの接触によるものとも考えられる。検討してみてもどうか。

タービン建屋のコンクリート剥落自体には問題はないと思うが、適切なクリアランスが確保されている建屋とタービンペデスタルが接触したのであれば、タービンペデスタルの受けた影響についても検討すべき。

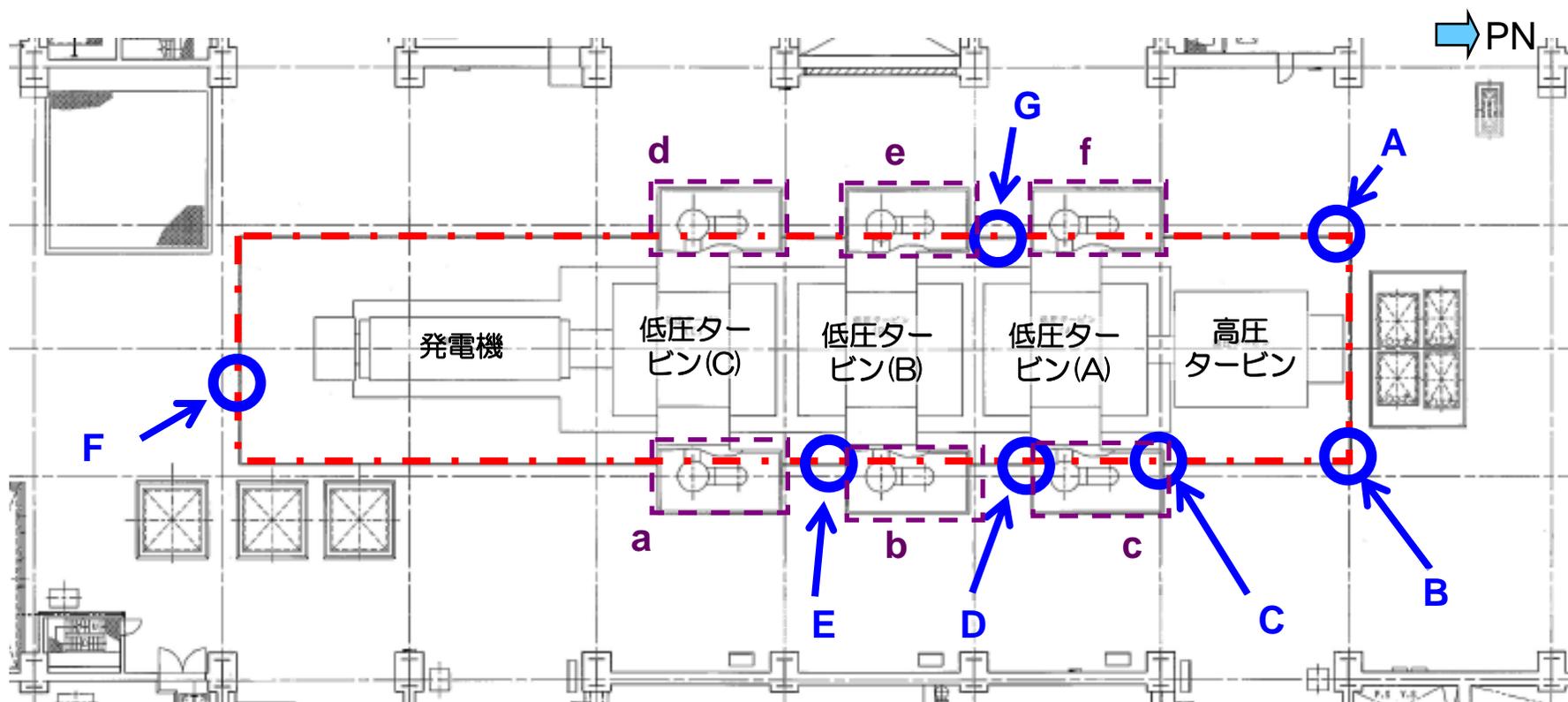


- タービン建屋とT/Gペデスタル躯体接触の痕跡確認
タービン建屋とT/Gペデスタルの躯体どうしが接触したことを示唆する痕跡がないか、確認を行う
- タービン建屋剥落事象の発生可能性の評価（=T/Gペデスタルが受けた荷重の評価）
局部的にタービン建屋とT/Gペデスタルのコンクリートが伝達した荷重について、T/Gペデスタルにかかった支圧荷重と、T/Gペデスタルの最大許容荷重との比較を行った

iii -1. T/Gペデスタルとタービン建屋の接触痕の確認

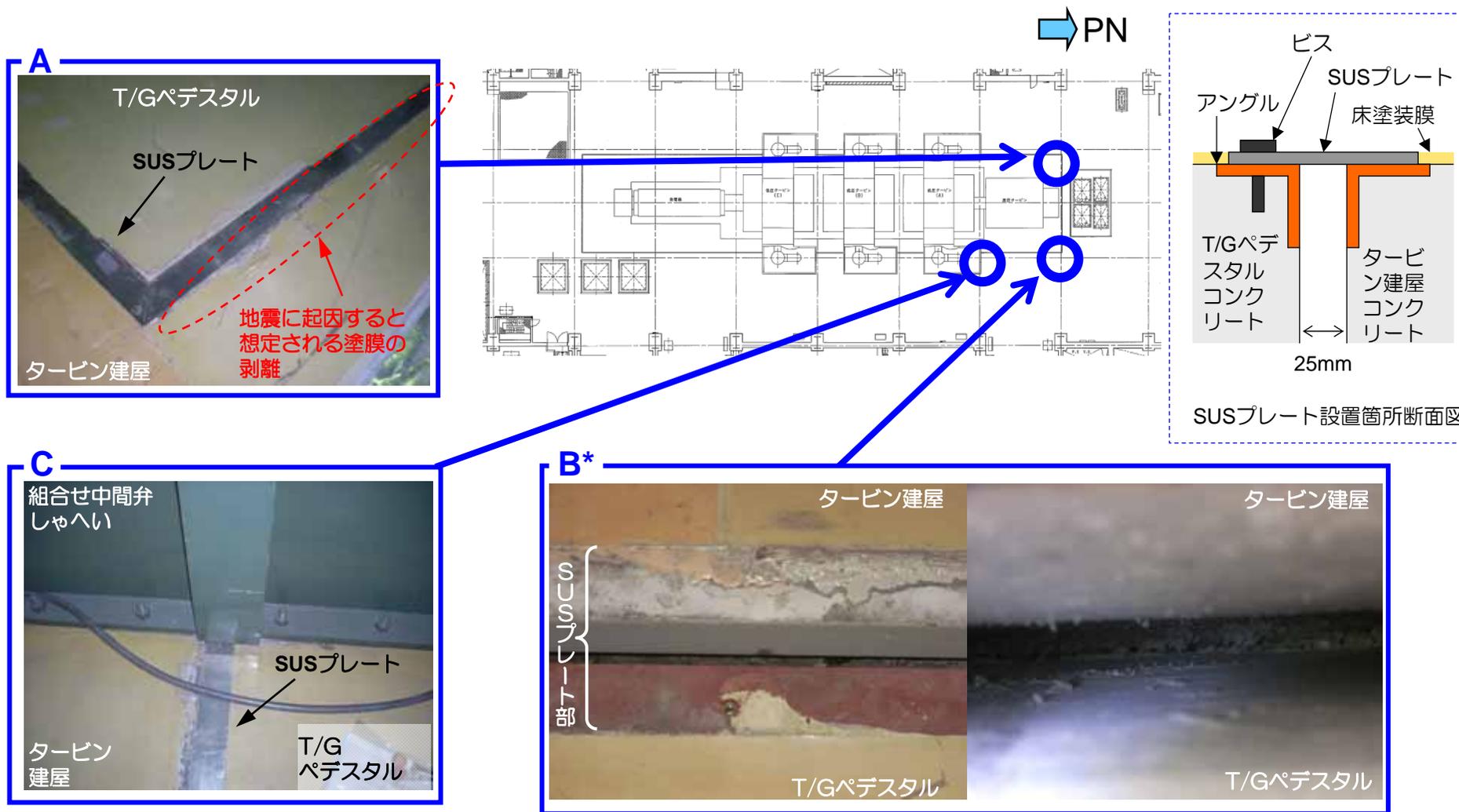
タービン建屋とT/Gペデスタルの接触痕跡確認方法

- タービン建屋、T/Gペデスタルともに、階高が上がれば応答変位も大きくなると考えられることから、T/Gペデスタル最上階であるタービン建屋運転床レベル（T.P. +5,200）における接触の痕跡の有無を確認
- さらに、タービン建屋側の剥落が認められた部位近傍の状態も確認



1号機タービン建屋運転床レベル配置図（T/Gペデスタル（赤線内側）近傍のみ）

タービン建屋運転床レベルの点検結果（その1）



* SUSプレートを取り外して撮影

- 床面塗装の剥離は確認されているものの、いずれの点検箇所にも躯体どうしの接触の痕跡は確認されていない

タービン建屋運転床レベルの点検結果（その2）

G*

タービン建屋

T/GペDESTAL

PN

F*

タービン建屋

T/GペDESTAL

E*

T/GペDESTAL

タービン建屋

D*

T/GペDESTAL

* SUSプレートを取り外して撮影

- いずれの点検箇所にも躯体どうしの接触の痕跡は確認されていない

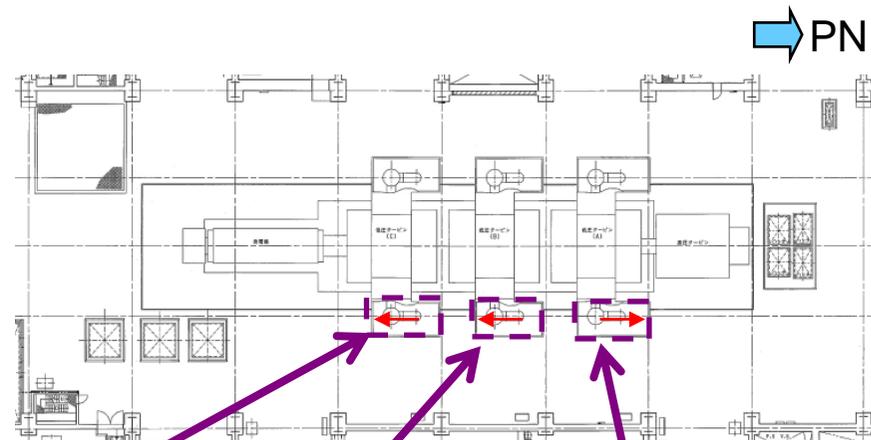
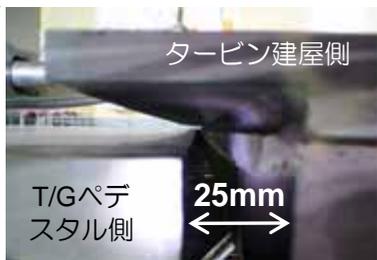
タービン建屋運転床レベルの点検結果（その3）

組み合わせ弁遮へいシールド部においても、タービン建屋設置部分とT/Gペデスタル設置部分に25mmの間隙がある。

→接触を示唆する痕跡の有無を確認



上面から見た写真



a (内側南側面上方)



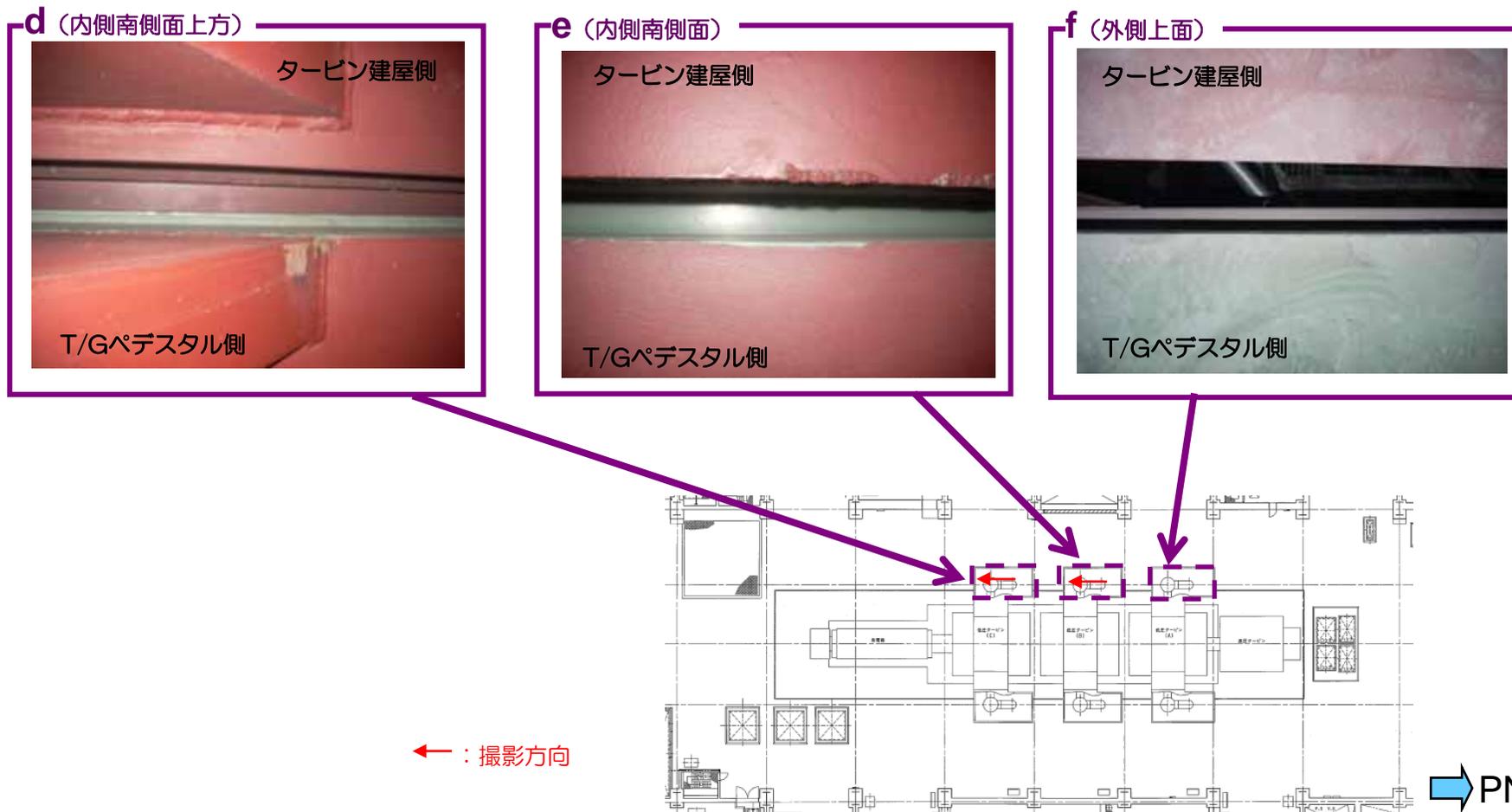
b (外側上面)



c (内側北側面下方)

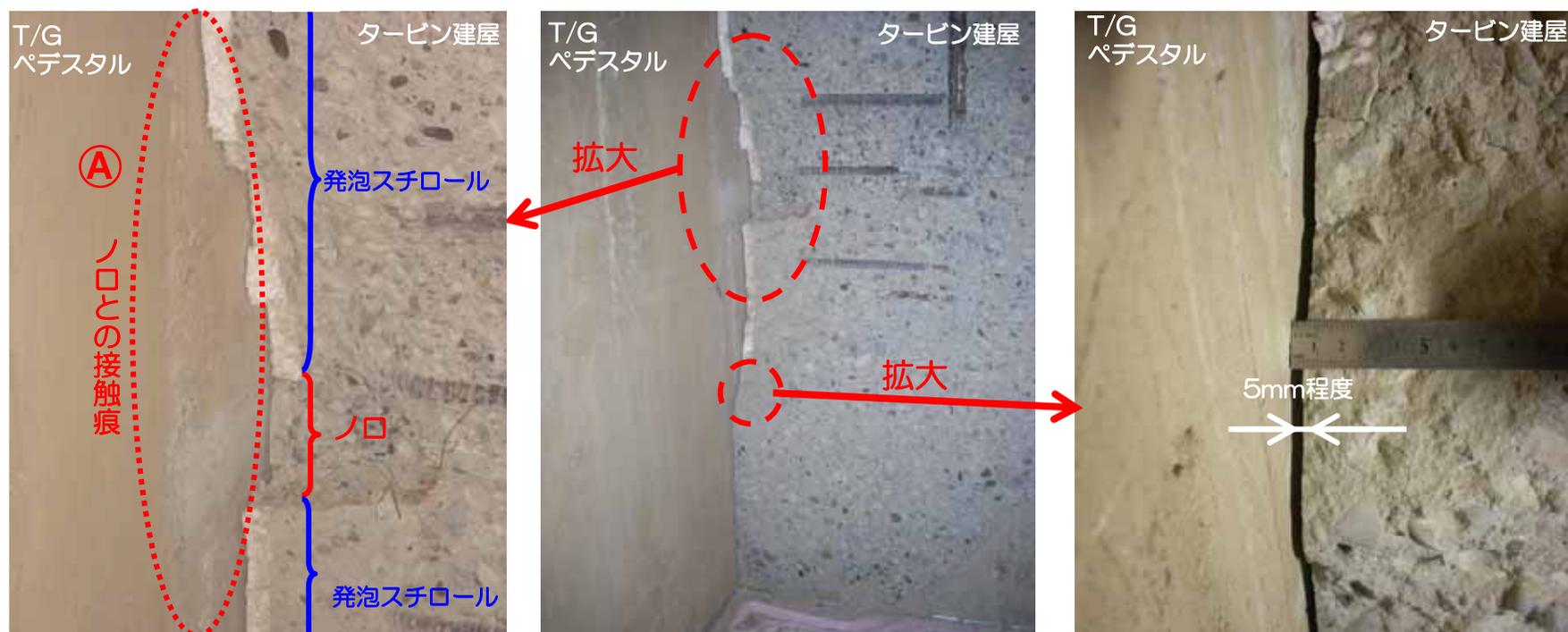


タービン建屋運転床レベルの点検結果（その4）



- 組み合わせ中間弁遮へいシールド繋ぎ目部にも接触した痕跡は確認されていない

タービン建屋コンクリート剥落部（No.④）近傍の点検結果



- 剥落部を含め近傍には断続的にノロ（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DESTAL側には、ノロ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DESTAL側コンクリートの損傷は確認されなかった
- ノロ残存部とT/GペDESTALとの間隙は、5mm程度あることを確認

T/Gペデスタルとタービン建屋の接触痕の確認結果

- タービン建屋とT/Gペデスタルの接触痕の有無を確認した結果、局所的にコンクリートノロを介して接触はしていたものの、T/Gペデスタルとタービン建屋が接触した痕跡は確認されなかった

→ 次項より、タービン建屋剥落事象の発生可能性の評価及びT/Gペデスタルコンクリート部への影響評価を行う

iii -2. タービン建屋コンクリート剥落箇所の影響評価

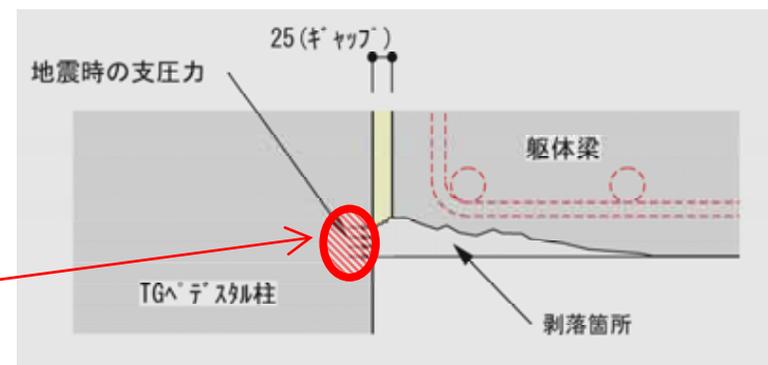
タービン建屋コンクリート剥落箇所の影響評価（その1）

- タービン建屋およびT/Gペデスタル間でノロを介して支圧力の伝達が行われたものと考えられる
- 支圧力の伝達によりT/Gペデスタル側が受けた影響を評価するため、剥落箇所のせん断破壊荷重の反力をT/Gペデスタルが圧縮荷重として受けた場合の影響を評価
- 荷重の算出にあたっては、日本建築学会「鉄筋コンクリート構造 計算規準・同解説」を参照*

* 普通コンクリートの許容応力度 (N/mm²)

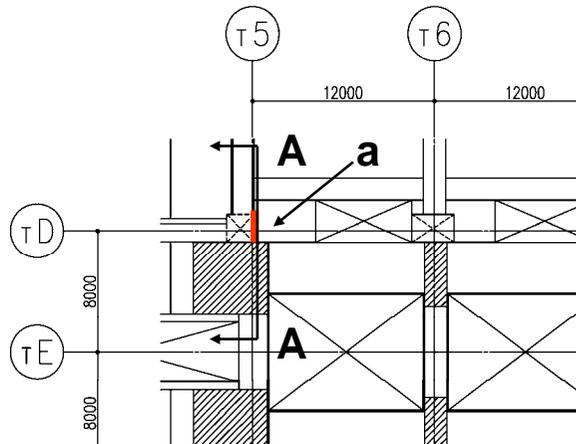
	長期	短期
圧縮	$\frac{1}{3} F_c$	長期に対する値の2倍
せん断	$\frac{1}{30} F_c$ かつ $\left(0.5 + \frac{1}{100} F_c\right)$ 以下	長期に対する値の1.5倍

支圧力が作用したと考えられる部分

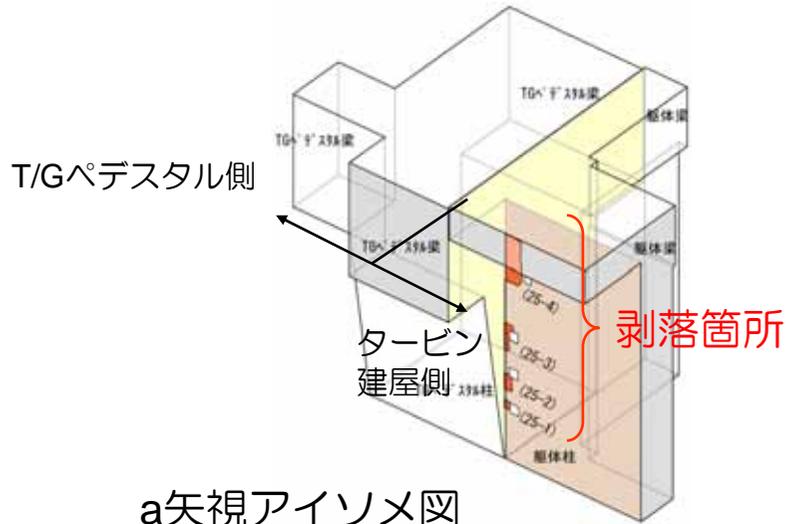


タービン建屋コンクリート剥落箇所の影響評価（その2）

- タービン建屋剥落事象の発生可能性を評価した（掲載は最大剥落箇所No.④）

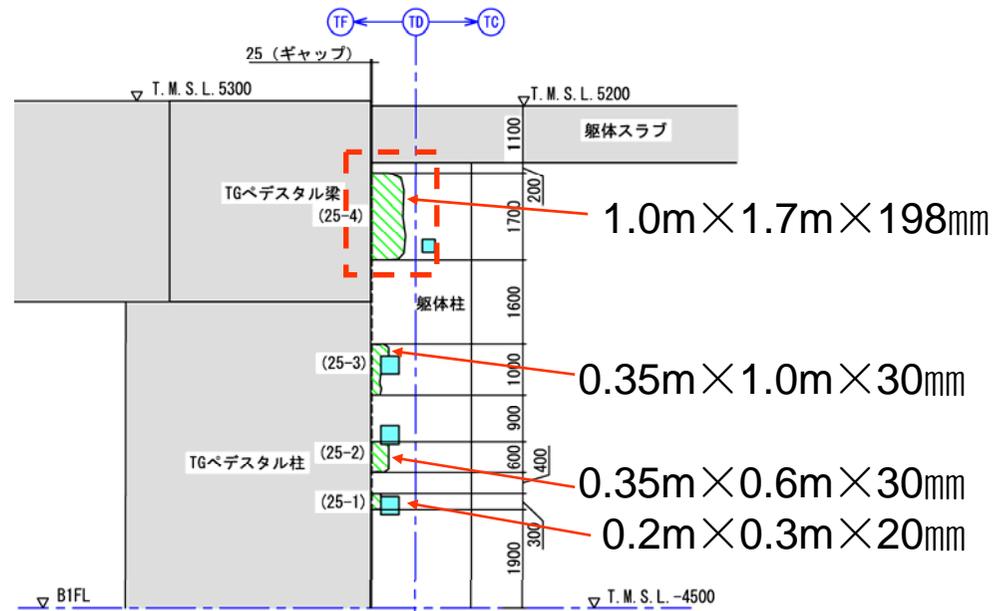


剥離箇所No.④周辺平面図



a矢視アイソメ図

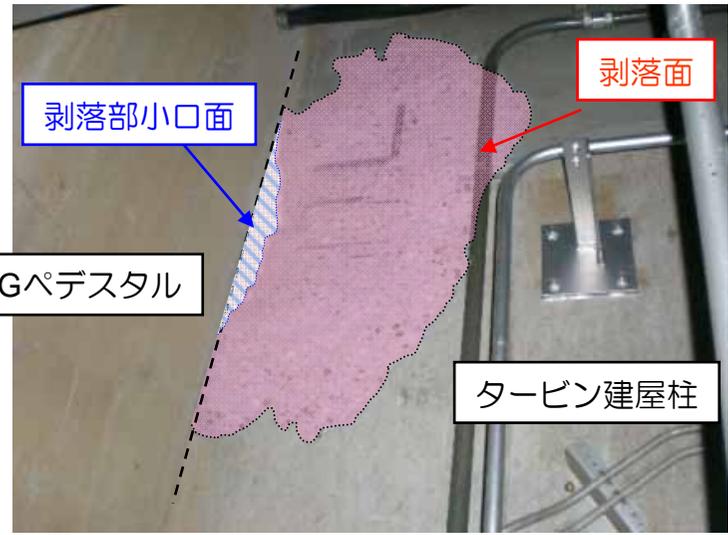
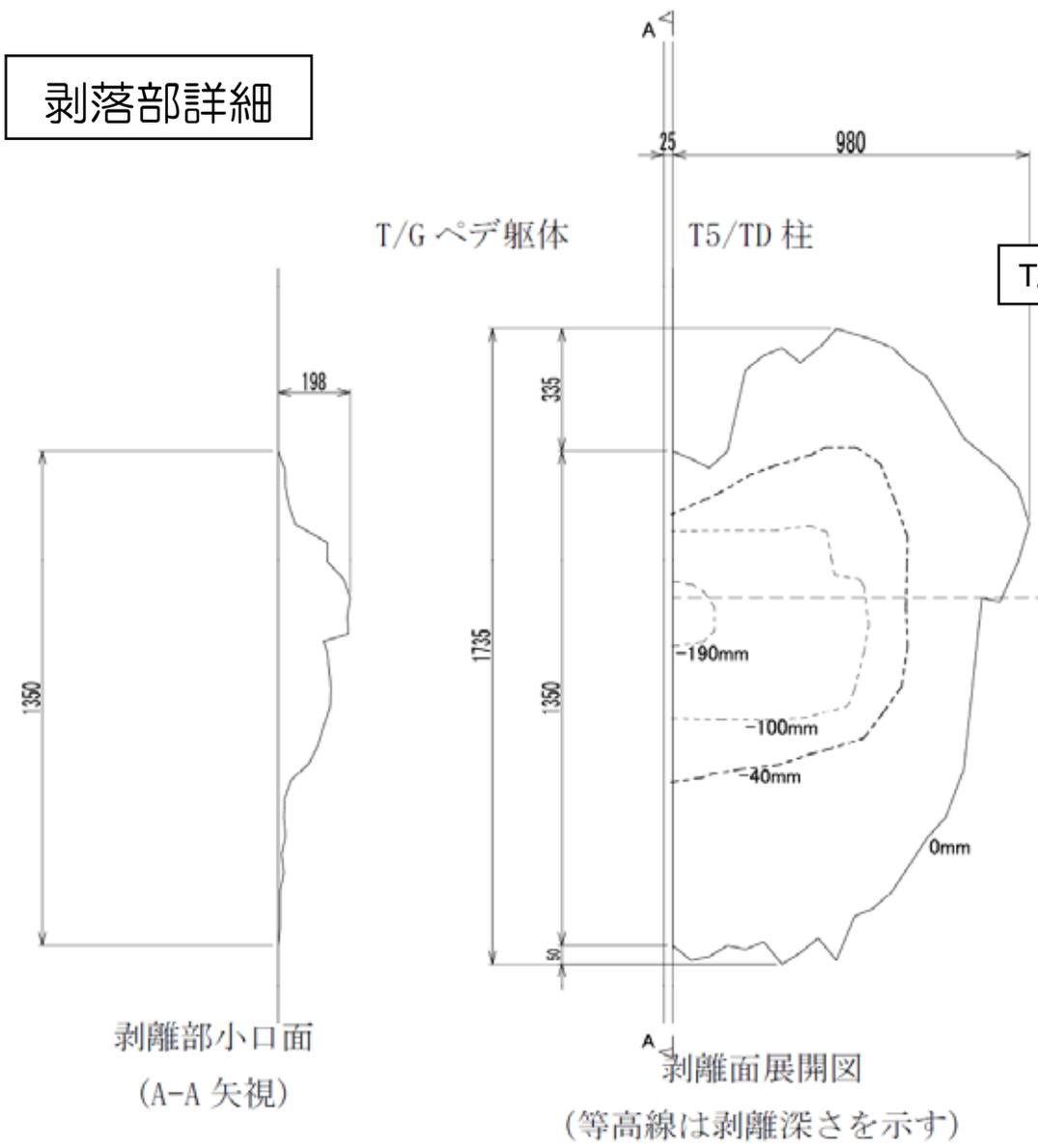
剥落部位写真



A-A断面図

タービン建屋コンクリート剥落箇所の影響評価（その3）

剥落部詳細



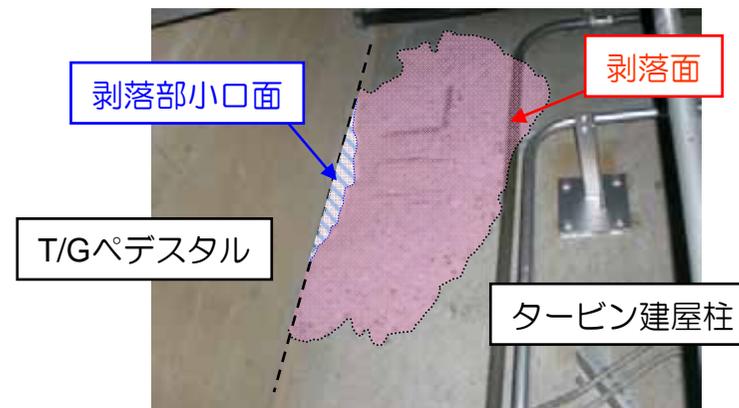
- 剥落部小口面（写真内青色部）のノロを介して支圧力の伝達が行われ、その結果剥落面のコンクリート破壊が発生したものと評価を実施

タービン建屋コンクリート剥落箇所の影響評価（その4）

■ 剥落荷重の評価

◆ 剥落面積

- ・ 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

タービン建屋コンクリート剥落箇所の影響評価結果

- ノロを介した支圧力の伝達により、タービン建屋側コンクリートを剥落させることがあるものの、T/Gペデスタル側コンクリートの損傷には至らないことが分かった

(参考) 1号機タービン・発電機の地震時の状態

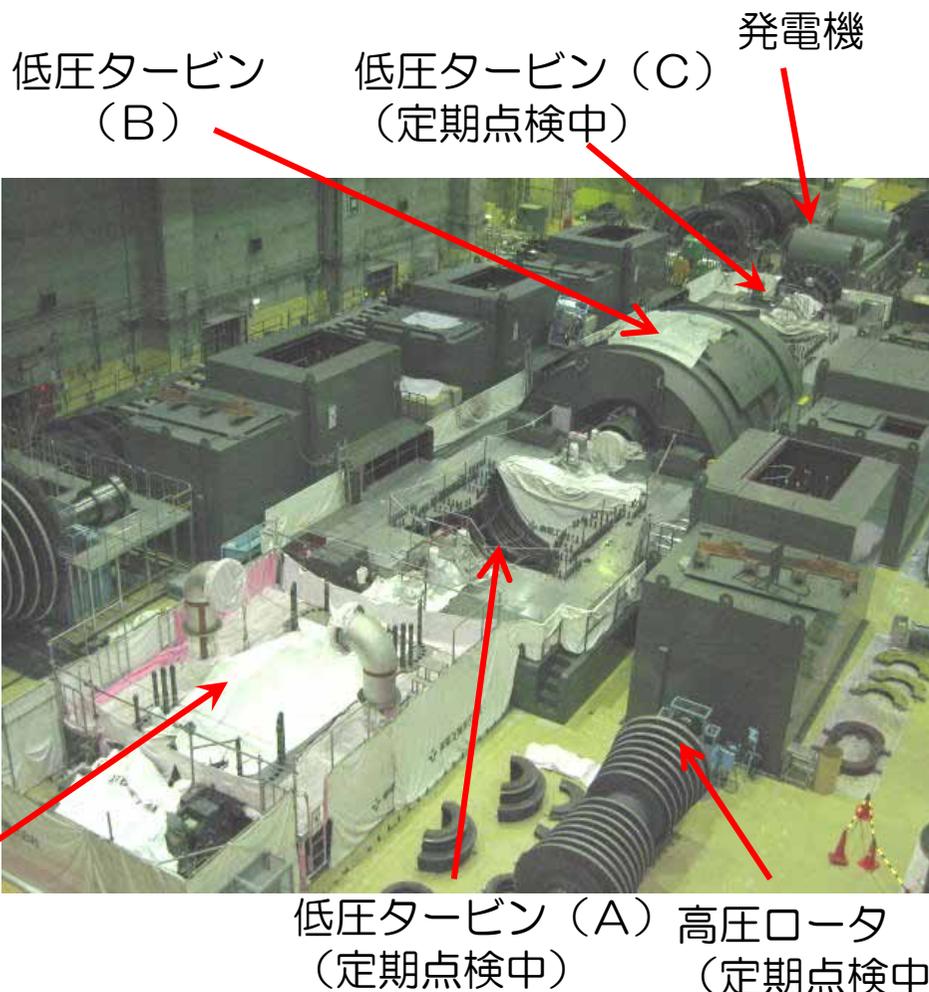
- 中越沖地震時、1号機は定期点検中であったことから、高圧タービンおよび低圧タービン(A) (C)については、分解点検中であった

地震発生時の点検状況

発電機	×
低圧タービン(A)	
低圧タービン(B)	×
低圧タービン(C)	
高圧タービン	

×：分解点検せず

○：分解点検中



高圧タービン
(定期点検中)

低圧タービン (A) 高圧ロータ
(定期点検中) (定期点検中)

注) 写真は地震後に撮影したもの