

柏崎刈羽原子力発電所
1号機タービン建屋オペレーティングフロア
上部大梁のコンクリート片落下について

平成21年3月11日

東京電力株式会社



東京電力

事象の経緯

■はじめに

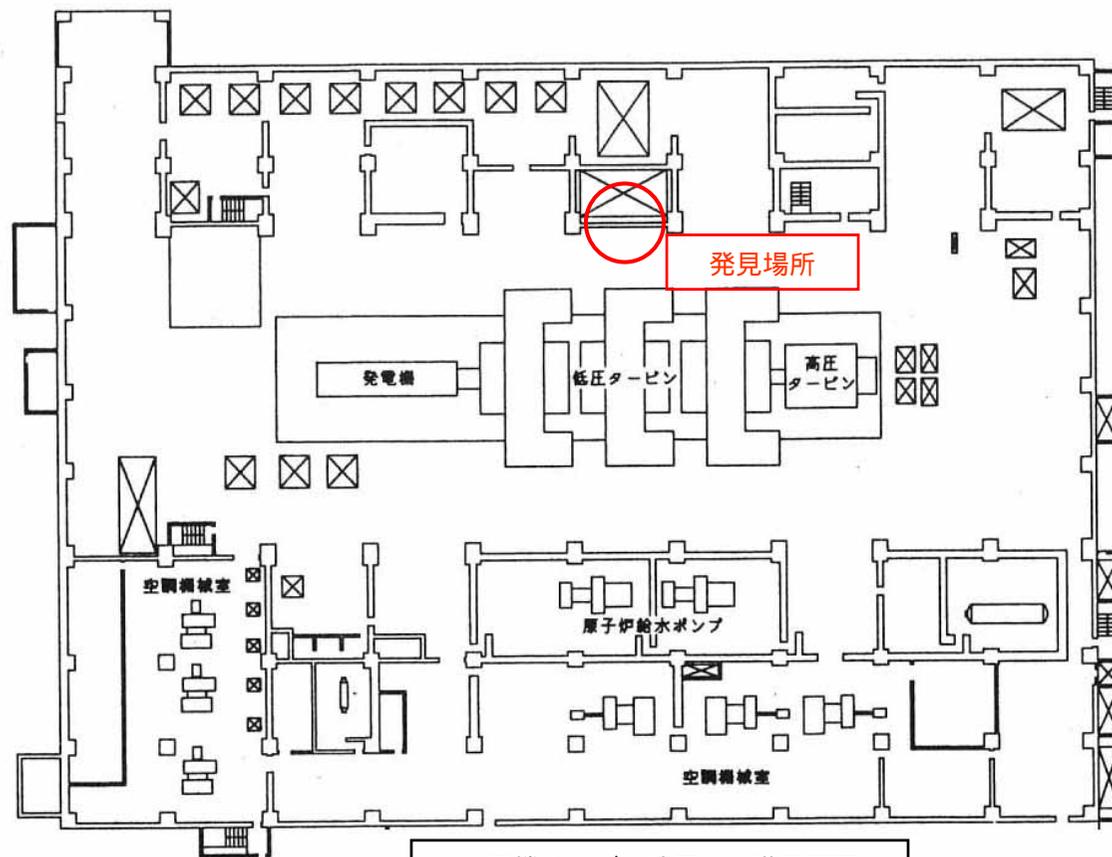
平成21年1月14日に、柏崎刈羽原子力発電所1号機タービン建屋1階オペレーティングフロア（以下、オペフロという）でコンクリート片（大きさ：20cm×20cm×厚3cm）の落下物が確認された。

これを受け、現況の調査、断面欠損が躯体強度に与える影響、補修方法について、とりまとめた。

■経緯

- 1月14日 1号機タービン建屋ランウェイガーダ頂部脇からコンクリート片が落下
当社と建設会社にて現場を確認
- 1月15日 足場架け後、当該部の目視確認および打診調査を実施
～16日
- 1月20日 応急処置として、当該エリアのはつり作業を実施
～23日
- 2月7日 保安院による立入検査
- 2月9日 第29回構造WG
- 2月11日 当社と建設会社他にて、現地躯体調査を追加実施
～14日

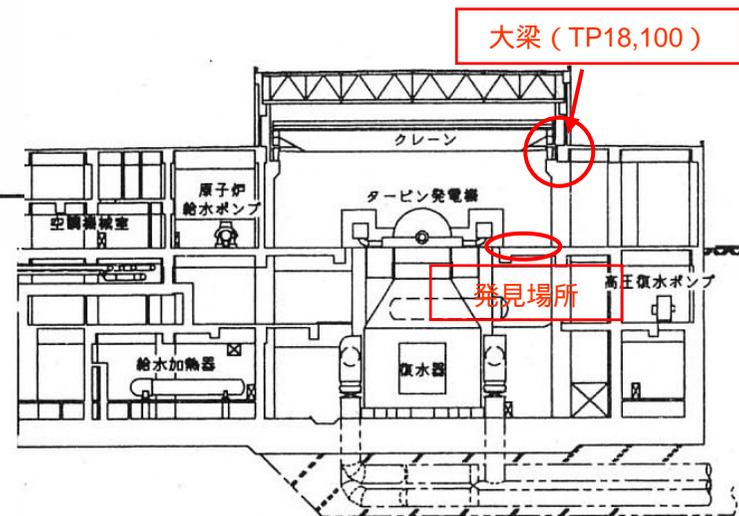
コンクリート片発見場所



1号機タービン建屋 1階平面図

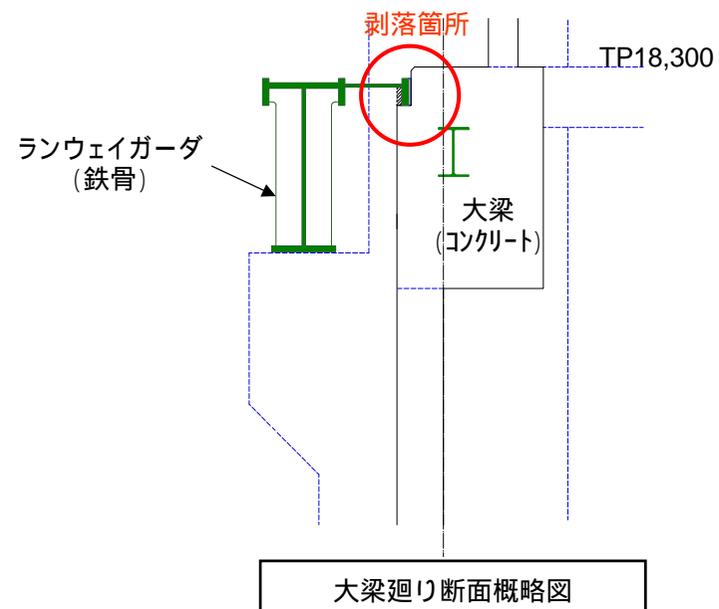


落下したコンクリート片



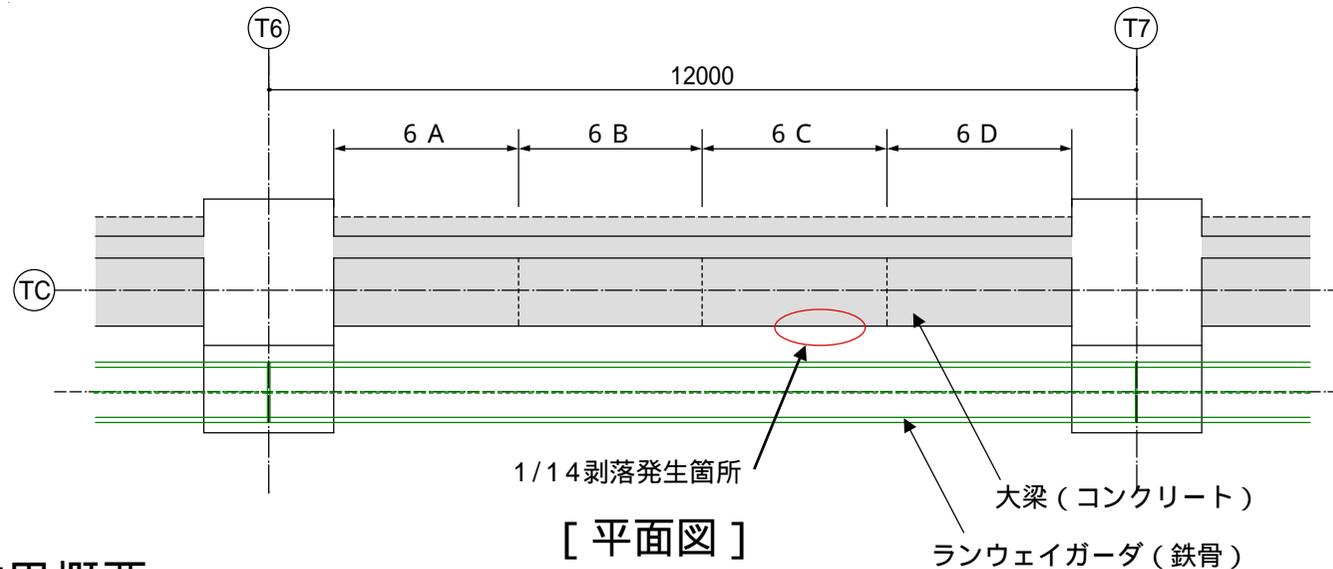
1号機タービン建屋 断面図

コンクリート片発見場所



目視確認，打診調査

当該大梁(T6～T7通り)の頂部および側面のうち，以下に示す6A～6Dの4箇所について，目視確認および打診調査を実施した。

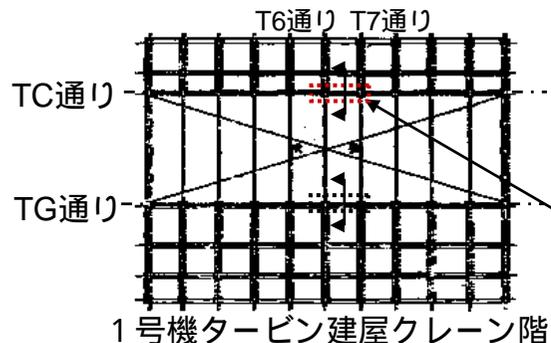


■調査結果概要

- 6 A：鉄骨部とコンクリート部の境界（上フランジの鉄骨から約200mm下がり）に沿ってひび割れあり
- 6 B：既にコンクリートの剥落を確認（剥落時期は不明）
- 6 C：コンクリートにひび割れ，浮きあり
- 6 D：コンクリートにひび割れあり

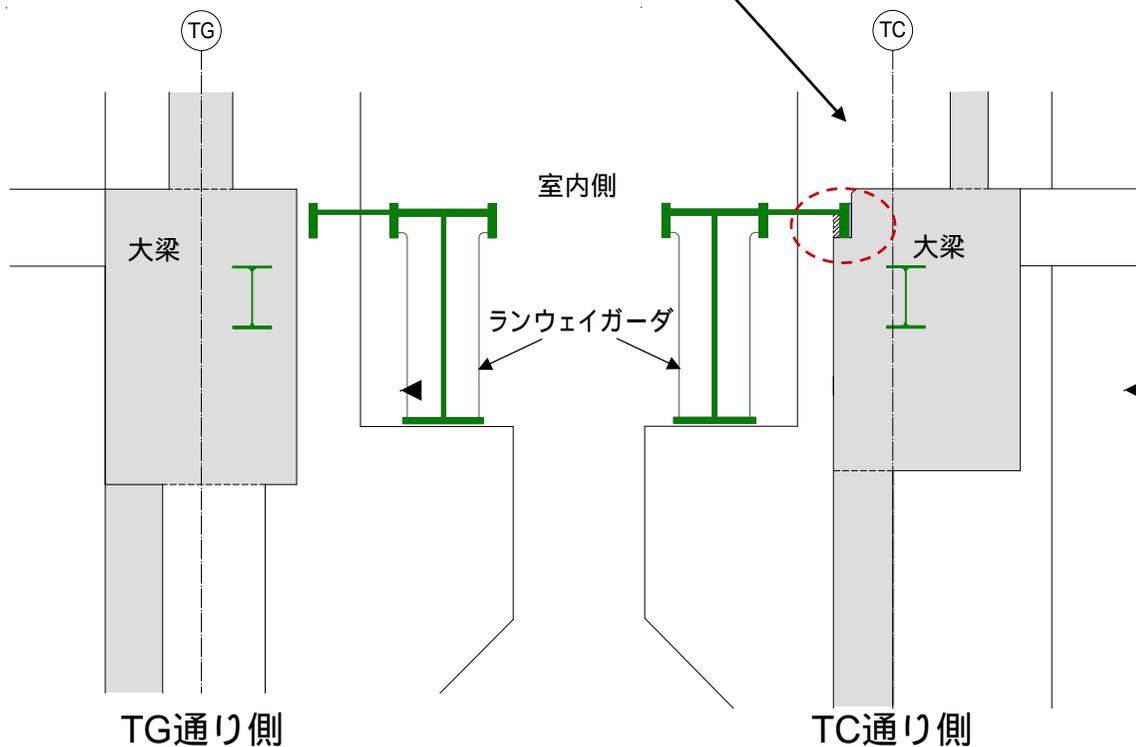
目視確認および打診調査の結果を受け，安全確保のための応急処置として，T6～T7間について剥落部と同様の箇所のはつり作業を実施した。

当該部位の構造について

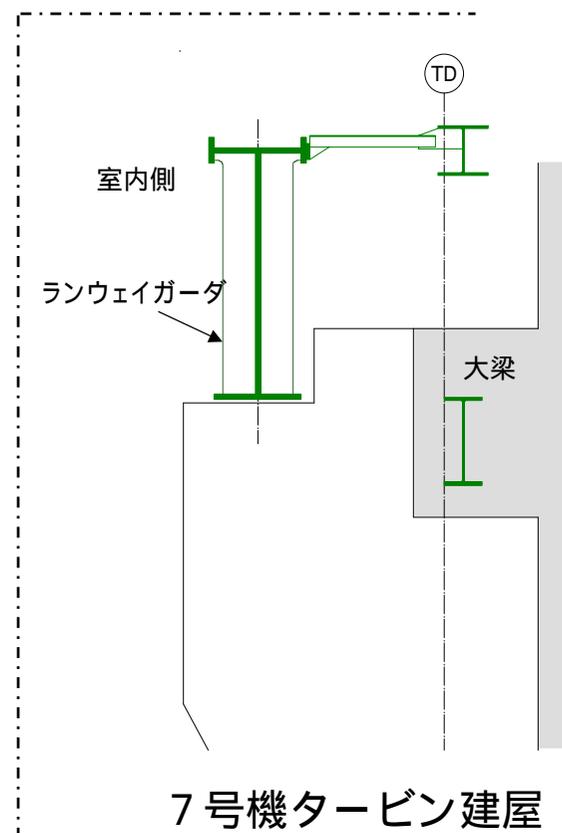


コンクリート片の剥落が発見された箇所(TC通り)の構造を示す。
ランウェイガーダと躯体との干渉について柏崎他号機および福島
サイトについて調査した結果、1号機タービン建屋のTC通りの
ような干渉の無いことが確認された。

今回剥落が発見された部位
(TC通り, T6-T7間)



1号機タービン建屋



7号機タービン建屋
(参考)

現地躯体調査概要

■調査の概要

現況の調査として、目視確認および打診調査を行った上で、応急処置を実施した。（前頁までにご説明）

上記に加え、ここでは、今後の対策を検討するため、躯体調査を行い、躯体形状及び鉄筋位置を確認した。

■調査内容

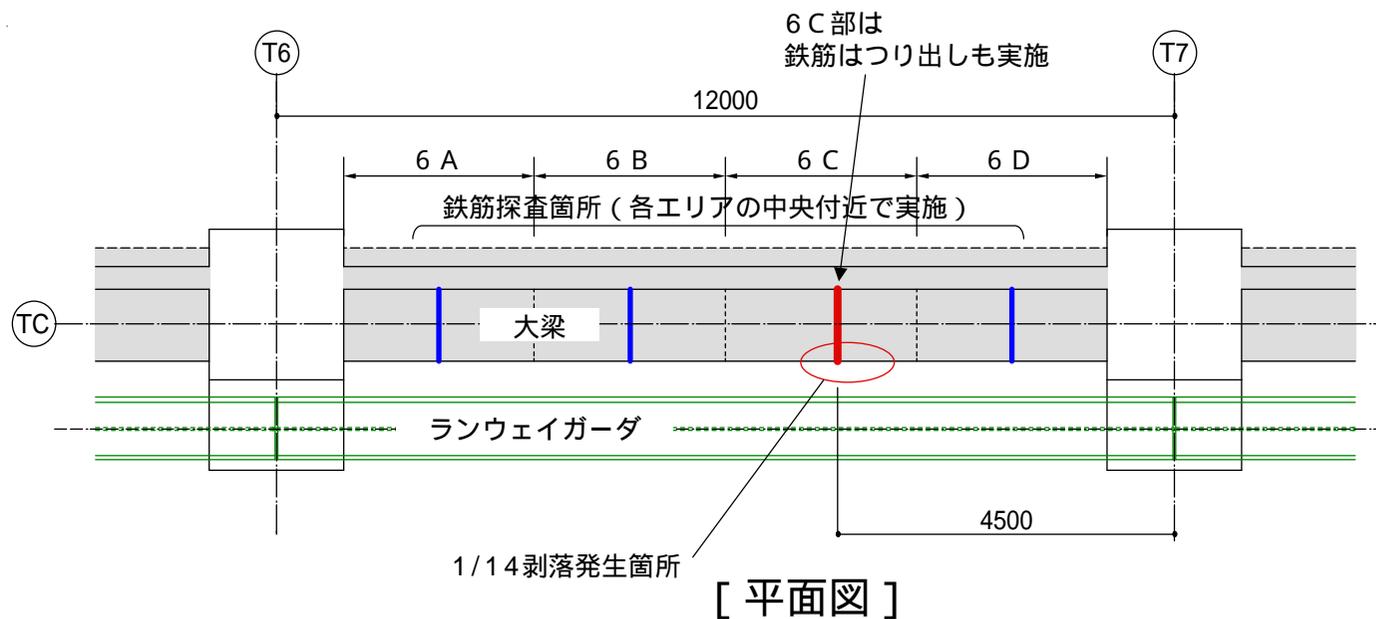
- 躯体形状の確認
- 鉄筋位置の確認
 - ◆ 非破壊検査による位置の確認
 - ◆ はつり出しによる位置の確認*

*：非破壊検査を行った4箇所のうち、1箇所を代表してはつり出した

調査箇所

当該大梁(T6～T7通り)の頂部及び側面のうち，以下に示す6A～6Dの4箇所について，非破壊検査により鉄筋位置を確認した。

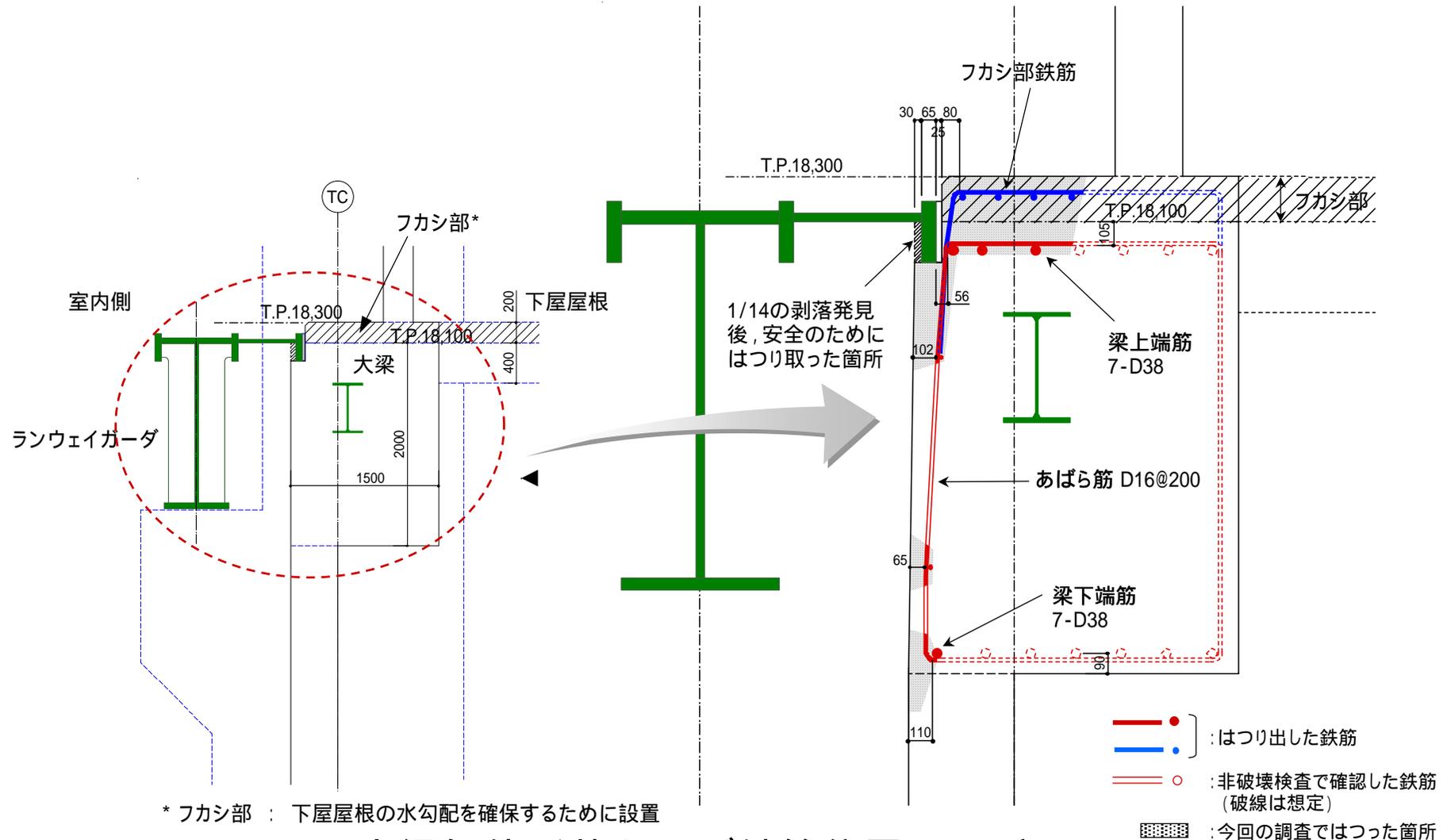
さらに，1月14日に剥落のあった6C部を代表としてコンクリートの一部をはつり，鉄筋位置を確認した。



鉄筋探査位置

調査結果

調査の結果確認された大梁の形状及び鉄筋位置を以下に示す。



大梁躯体形状および鉄筋位置 (6C部)

干渉の発生原因

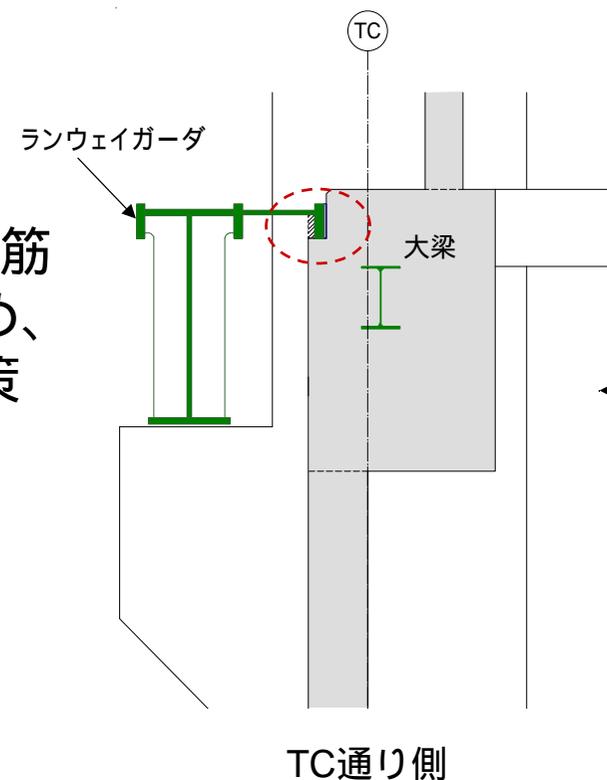
■設計時

当該部位はランウェイガーダと鉄筋コンクリート躯体が近接して計画される部位であり、両者が干渉することの無いよう、設計段階で十分な干渉チェックが必要である。

しかしながら、設計段階での確認が十分に行われず、今回の不具合（干渉）が生じたものと推察される。^{*1}

■建設時

現場での施工直前にランウェイガーダと鉄筋コンクリート躯体との干渉が確認されたため、設計～施工間で協議の上、今回の干渉回避策がとられたものと推察される^{*1}。



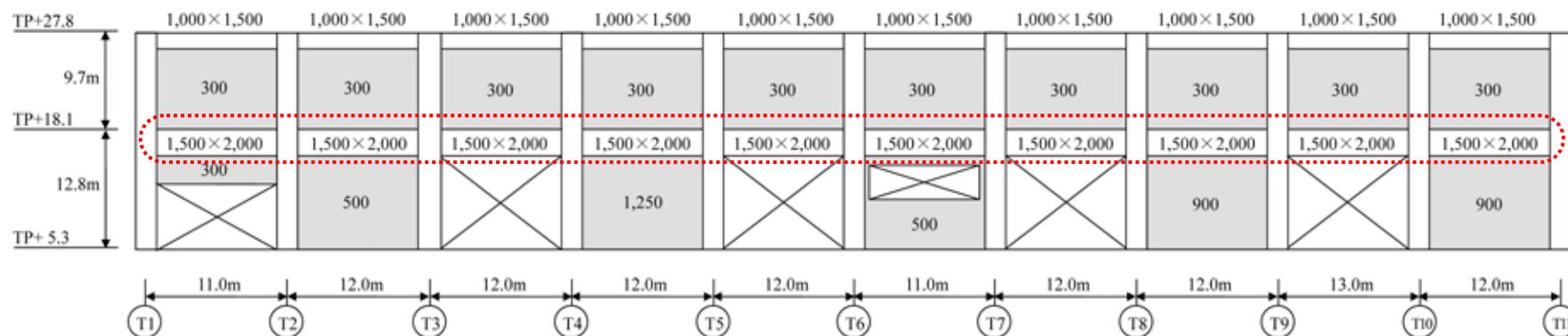
^{*1} 事実確認できる書類は発見できなかったため、当時の状況を推察したものである。

断面欠損が躯体強度に与える影響について (1/3)

■ TC通り架構の概要

今回、大梁のコンクリートの一部に剥離が生じたTC通りフレーム架構図を下記に示す。

- 当該部の大梁（図中の赤点線部）は、連続した耐震壁を構成する部材の一部で、鉛直荷重や地震荷重に対しては耐震壁と一体となって抵抗する構造（耐震壁付きフレーム構造）である。この大梁については、耐震壁での応力負担が大きく大梁の応力負担が小さいために、設計時においては計算外規定により配筋量が決定していた。
- TC通りフレームに架構に対する設計時の応力図と大梁の断面欠損を考慮した場合の応力図を、2/3頁に示す。
- この応力図で最も大きな荷重発生部位について、梁幅が1500mm 1300mmと仮定した場合の構造検討を、3/3頁に示す。



TC通りフレーム架構図

断面欠損が躯体強度に与える影響について (2/3)

TC通りフレーム架構応力図 (設計時：地震荷重時)

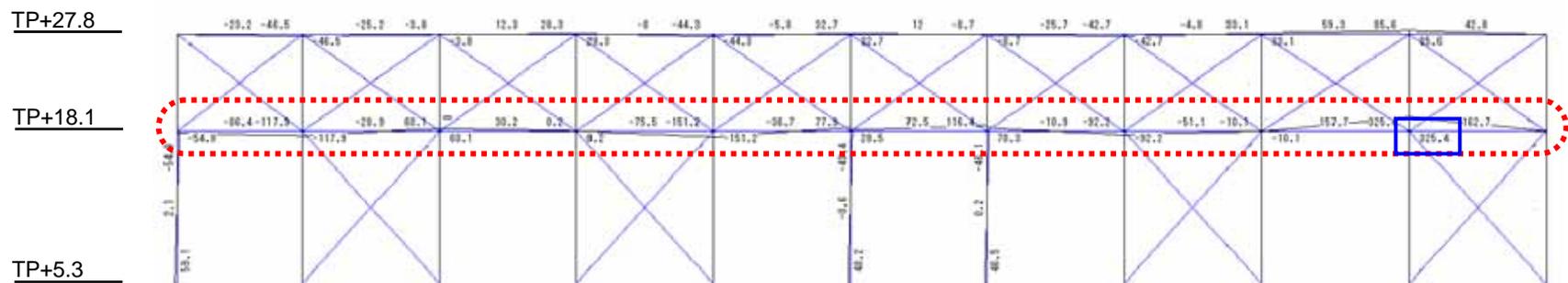


図1 曲げモーメント分布[t·m]

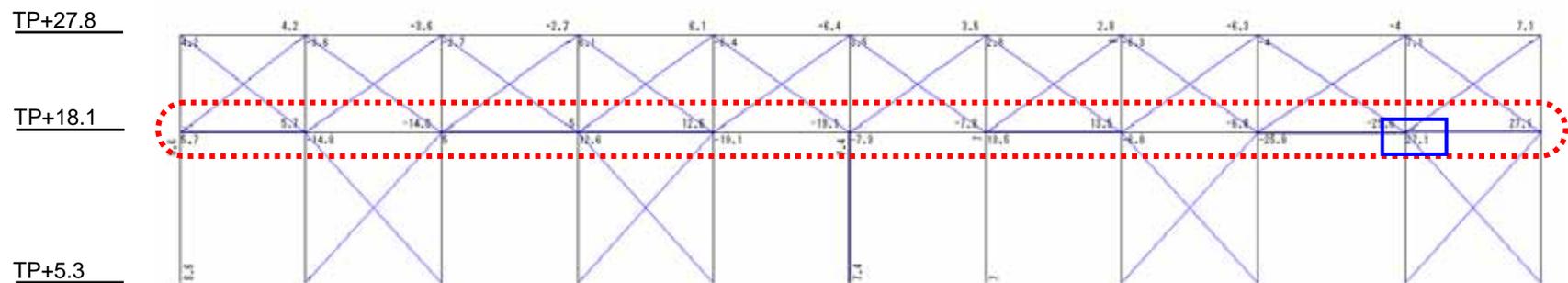


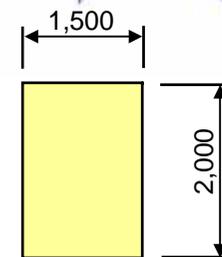
図2 せん断力図[t]

TC通りフレーム架構応力図 (設計時：地震荷重時)

(図中の赤点線部は、当該部大梁の応力を示す。)

□ 内は最大値を示す。

大梁断面：1,500 × 2,000



断面欠損が躯体強度に与える影響について (3/3)

■断面欠損が大梁強度に与える影響

前頁の最大応力に対して、大梁の幅が20cm欠損したと仮定した場合の断面検討結果を以下に示す。

- ・最大曲げモーメント $M = 325.4 \text{ t} \cdot \text{m}$
- ・最大せん断力 $Q = 27.1 \text{ t}$
- ・断面寸法 $130\text{cm} \times 200\text{cm}$ (梁幅 × 梁せい), $d_c = 15\text{cm}, j = 7/8 \times (200 - 15) = 161.8\text{cm}$
- ・設計配筋 7-D38 (上下共: 全断面共通), $SD35, f_t = 3,500\text{kg/cm}^2$ (短期)
- ・コンクリートの設計基準強度 $F_c = 240\text{kg/cm}^2, f_s = 11.1\text{kg/cm}^2, f_a = 23.1\text{kg/cm}^2$

1) 梁の曲げモーメントに対する検討 (地震荷重時)

$$\text{必要鉄筋量} = M / (f_t \cdot j) = 325.4 \times 10^5 / (3,500 \times 161.8) = 57.5\text{cm}^2 < 79.8\text{cm}^2 (7\text{-D38}) \text{ OK}$$

2) 梁のせん断力に対する検討 (地震荷重時)

$$\text{せん断応力度の検討} = Q / (b \cdot j) = 27.1 \times 10^3 / (130 \times 161.8) = 1.29\text{kg/cm}^2 < 11.1 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

鉄筋の付着に対する検討

$$req = Q / (f_a \cdot j) = 27.1 \times 10^3 / (23.1 \times 161.8) = 7.25\text{cm} < 84.0\text{cm} \text{ OK}$$

以上より、大梁の断面欠損 (幅が20cm欠損したと想定) を考慮しても、作用応力に対して十分な裕度を保有しており、断面欠損が躯体強度に与える影響はないと判断できる。

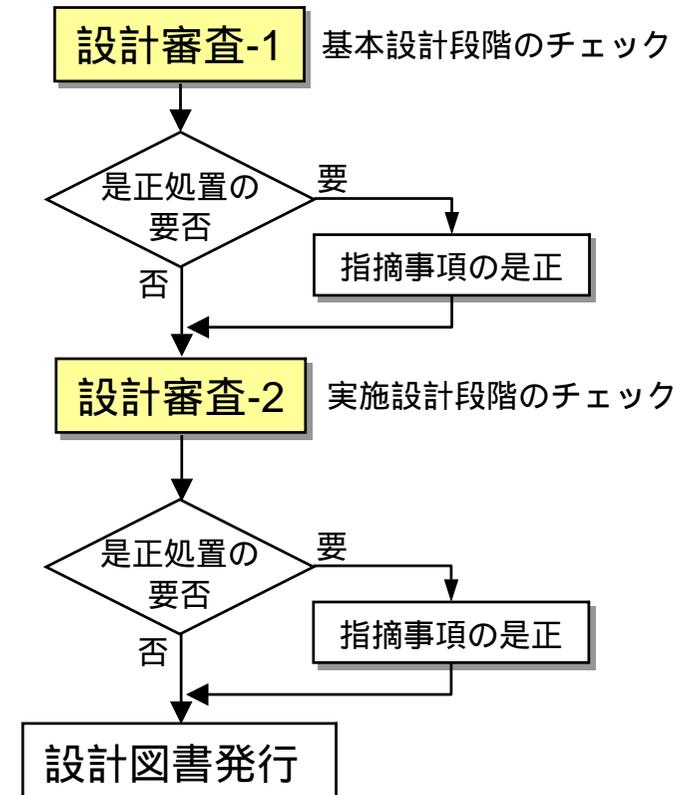
再発防止策について

■設計管理の現状

- ・現在の設計図面は、CADシステムで管理し、機器配管系を含めて干渉調整を実施しているため、今回のような事例は発生しにくくなっている。
- ・現在は、品質管理・品質保証の国際規格であるISO9001に基づく品質マネジメントシステムを構築し、設計業務の各段階で設計審査を義務付け、露見した設計上の不具合事象に対する是正処置を講じている。

■今回の事象に対する是正措置

- ・今回の不具合事象の発生を踏まえ、品質マネジメントシステムに従って設計及び工事に係わる関連部署に対応策を水平展開し、同様の不具合事象の発生を未然に防止するための措置を講じることとする。

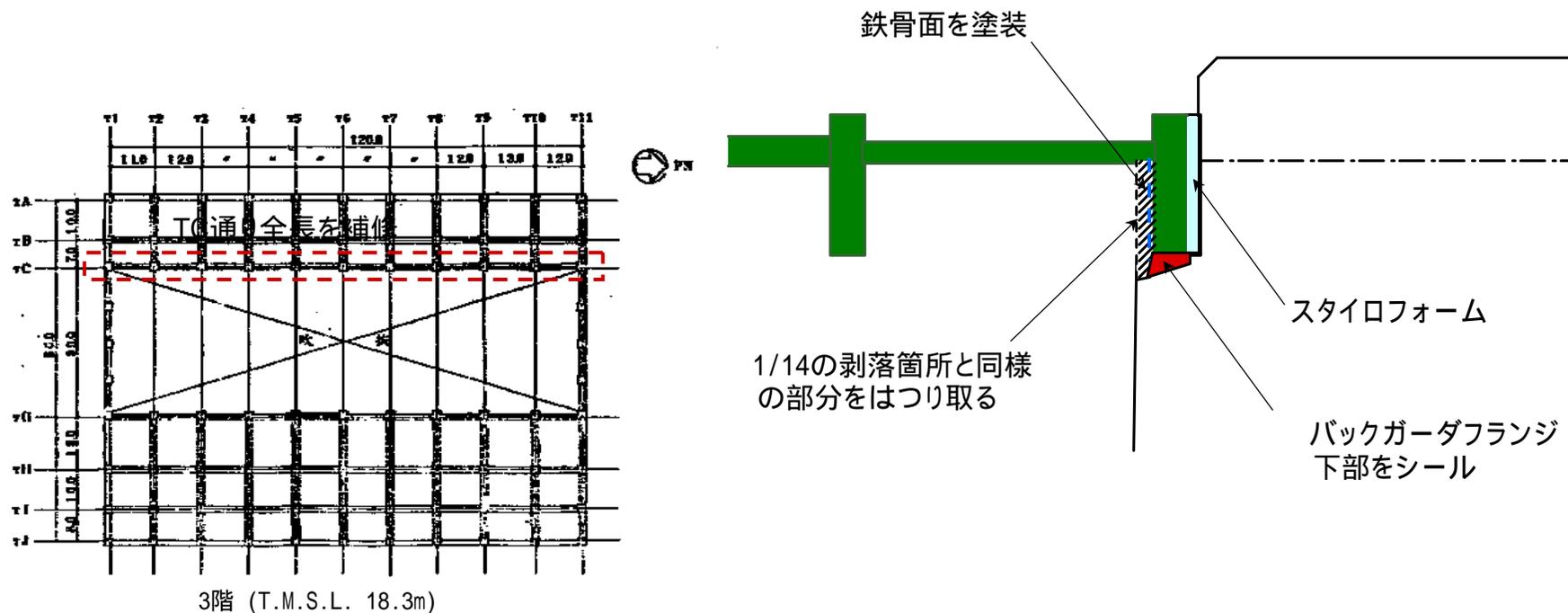


設計審査（デザインレビュー）の手順

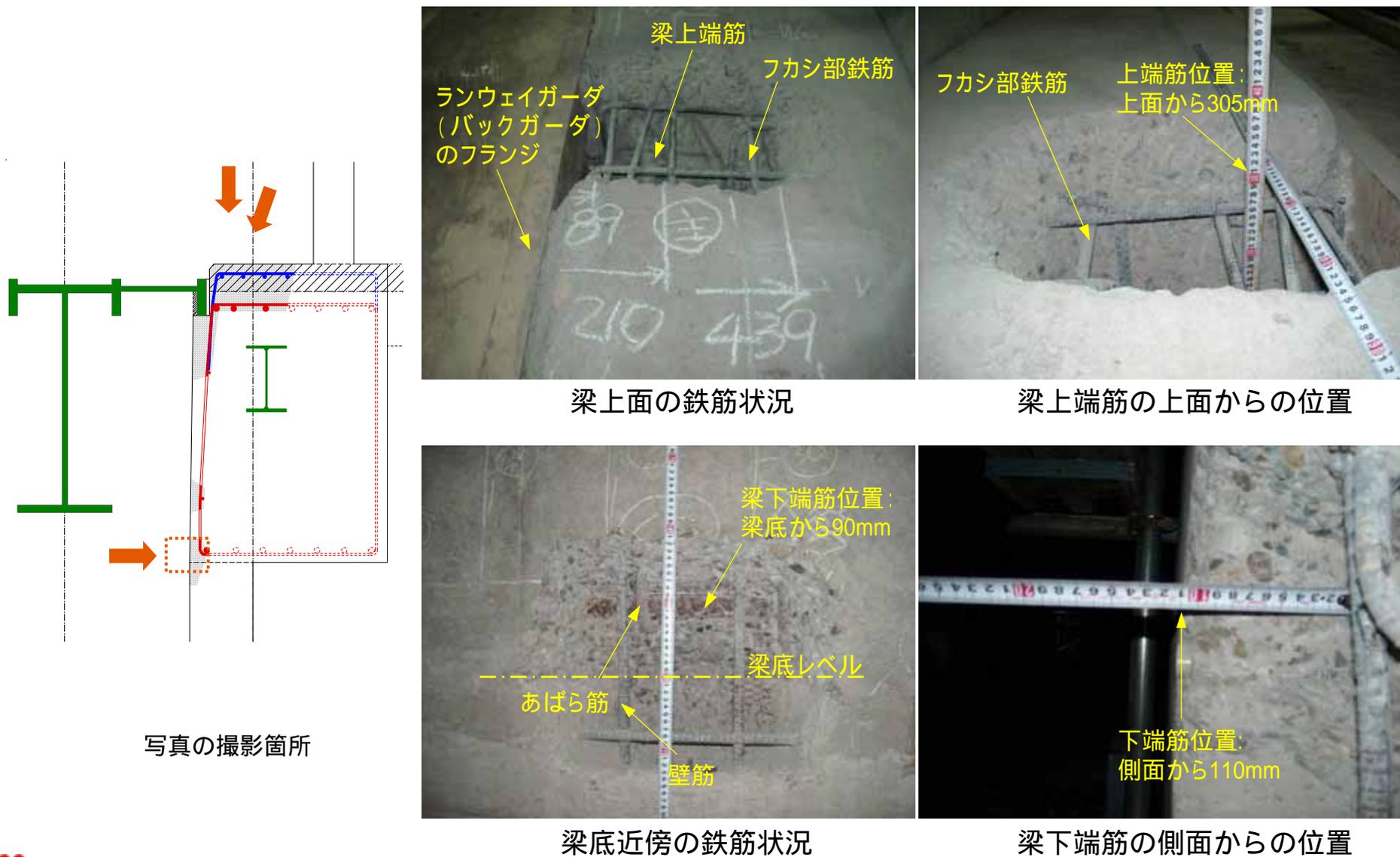
補修方法

今後の作業安全のため、干渉しているTC通り全長にわたって以下の補修を実施する。

- ・ 1月14日の剥落部と同様の箇所をはつり取り，鉄骨との取り合い部をシールする。
- ・ 鉄骨面を塗装する。



参考 はつり取りによる鉄筋位置の確認状況（6C部）



写真の撮影箇所

梁上面の鉄筋状況

梁上端筋の上面からの位置

梁底近傍の鉄筋状況

梁下端筋の側面からの位置