

柏崎刈羽原子力発電所 5 号機の建物・構築物の  
設備健全性に係る点検の実施状況に関する立入検査及び  
専門家による現地調査時の指摘事項に関する回答

平成 21 年 11 月 19 日

東京電力株式会社

## はじめに

平成 21 年 7 月 29 日に行われた、柏崎刈羽原子力発電所 5 号機の建物・構築物の設備健全性に係る点検の実施状況に関する立入検査及び専門家による現地調査における指摘事項（構造W39 - 3 参照）に関する回答を、次頁以降に示す。

○ 指摘事項

No.1 新潟県中越沖地震以前に発生していたひび割れのうち、当該地震によりひび割れの幅が広がった場所はどこか、という観点で整理すること。

○ 回答

地震以前から発生しているひび割れについては、柏崎刈羽原子力発電所で制定している「発電所本館建物管理区域内ひび管理・補修要領」（以下、ひび管理要領と呼ぶ）にて管理・補修を実施している。「ひび管理要領」では、ひび割れ幅 0.4mm 以上を管理対象のひび割れとし、記録管理することとしている。

新潟県中越沖地震によりひび割れ幅の広がった箇所については、上記の「ひび管理要領」に基づき管理している、ひび割れ幅 0.4mm 以上のひび割れの記録と比較を行うことにより整理し、該当箇所については、点検・評価報告書において、地震前の値を併記することにより表している。

ご指摘をいただいた 5 号機については、原子炉建屋・タービン建屋・海水熱交換器建屋の耐震壁における地震により発生したことが否定できないひび割れに関して、地震前から管理されているひび割れはないので、新潟県中越沖地震によりひび割れ幅が広がったことが確認されたひび割れもない（地震前から管理していないひび割れ幅 0.4mm 未満のひび割れが拡大した可能性はあるが、これについては確認できていない状況にある）。

○ 指摘事項

No.2 耐震壁のみではなく、補助壁のうち、構造上考慮すべき壁についても、同様の整理をすること。

○ 回答

新潟県中越沖地震後のひび割れの点検については、今回の地震の地震応答解析において新たに耐震要素として取り入れた補助壁についても、耐震壁と同様の点検を行っている。

現地での机上説明の際に用いたパワーポイント資料では、補助壁についての説明を省略していたためにご指摘いただいた内容であるが、この補助壁の点検結果については、先行号機と同様に5号機においても、点検・評価報告書において、耐震壁と同様に補助壁における地震により発生したことが否定できないひび割れとして整理し、報告を予定している。

○ 指摘事項

No.3 ひび割れが1階に多く発生している旨の説明があったが（原子炉建屋 38本中20本、タービン建屋 69本中22本）、その理由について検討すること。

○ 回答

(1) 耐震壁のひび割れ調査結果について

5号機原子炉建屋及びタービン建屋の耐震壁における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の調査結果を表3-1 および表3-2に示す。

原子炉建屋では、全38箇所中20箇所が1階に存在する調査結果であるが、ひび割れ幅は最大でも0.3mmであり、他の階に比べて特に大きい傾向は見られない。また、ひび割れ幅は、評価基準値1.0mmを十分下回っていることから、特に構造的に影響があるものとは考えていない。

また、タービン建屋では、全69箇所中22箇所が1階に存在する調査結果であるが、ひび割れ幅は最大でも0.4mmであり、他の階に比べて特に大きい傾向は見られない。また、ひび割れ幅は、評価基準値1.0mmを十分下回っていることから、特に構造的な影響があるものとは考えていない。

表3-1 5号機原子炉建屋耐震壁のひび割れ調査結果  
(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
	$W < 0.3$	$0.3 \leq W < 1.0$	$1.0 \leq W$	合計	
B4F	1	0	0	1	0.1mm
B3F	2	0	0	2	0.2mm
B2F	1	1	0	2	0.3mm
B1F	3	1	0	4	0.3mm
1F	19	1	0	20	0.3mm
2F	3	0	0	3	0.2mm
3F	3	3	0	6	0.6mm
4F	0	0	0	0	—
合計	32	6	0	38	

表 3-2 5号機タービン建屋耐震壁のひび割れ調査結果  
(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
	$W < 0.3$	$0.3 \leq W < 1.0$	$1.0 \leq W$	合計	
B2F	5	3	0	8	0.4mm
B1F	11	1	0	12	0.3mm
1F	17	5	0	22	0.4mm
2F	10	3	0	13	0.4mm
3F	11	3	0	14	0.4mm
合計	54	15	0	69	

(2) 5号機原子炉建屋1階耐震壁のひび割れ発生状況

5号機原子炉建屋1階の耐震壁における地震によって発生したことが否定できないひび割れの分布を図3-1に示す。また、ひび割れの箇所数を耐震壁の方向(南北方向および東西方向)で整理した結果を表3-3に示す。

これらを見ると、耐震壁における地震によって発生したことが否定できないひび割れは、大きな地震動を受けた東西方向の耐震壁に比較的多く発生している傾向がある。

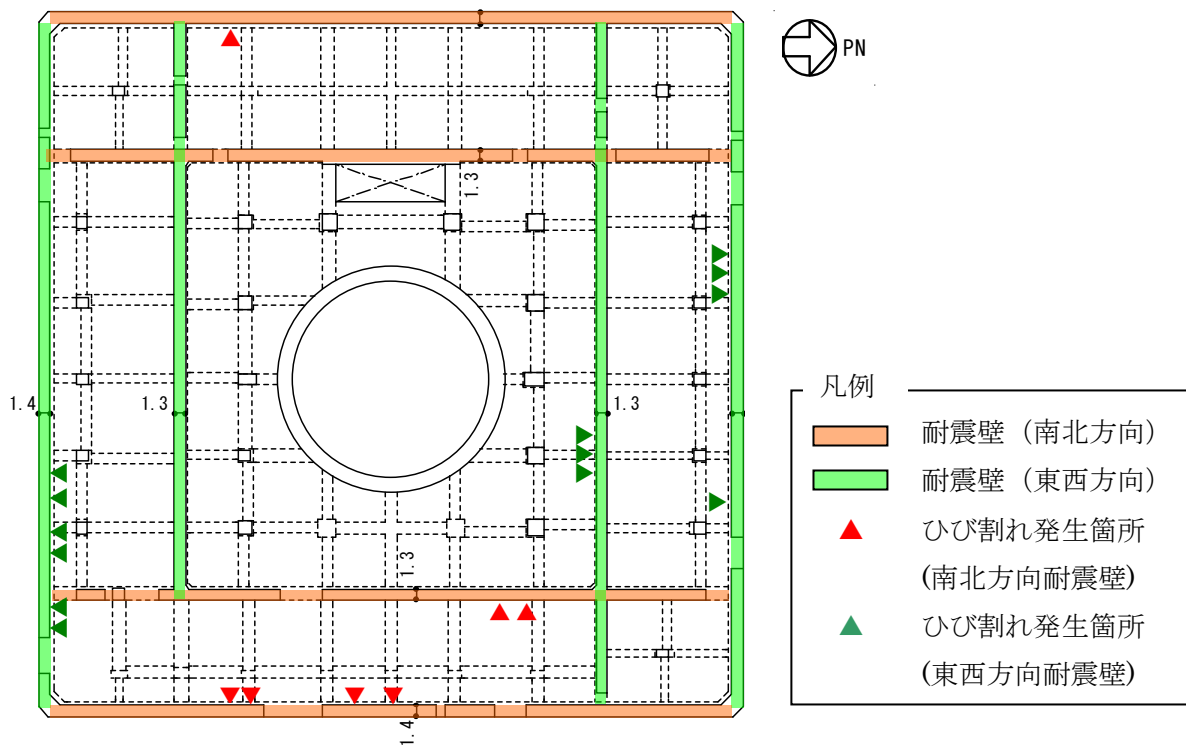


図 3-1 5号機原子炉建屋1階耐震壁におけるひび割れ分布

表 3-3 5号機原子炉建屋1階耐震壁のひび割れ箇所数

	南北方向	東西方向	計
耐震壁の ひび割れ箇所数	7	13	20

(3) 地震応答解析結果に基づく考察

5号機原子炉建屋の新潟県中越沖地震を入力とした地震応答解析により得られた各階のせん断応力を、設計配筋量のみで負担できる短期許容せん断応力度( $p_w \cdot \sigma_y$ )と併せて、図 3-2 に示す (構造W41-4-1 より)。

原子炉建屋1階におけるせん断応力は、設計配筋量のみで負担できる短期許容せん断応力度を下回っており、また、他の階に比べて特に大きなせん断応力を示す結果は見られなかった。また、方向別では、東西方向のせん断応力が南北方向に比べて大きい傾向が見られた。

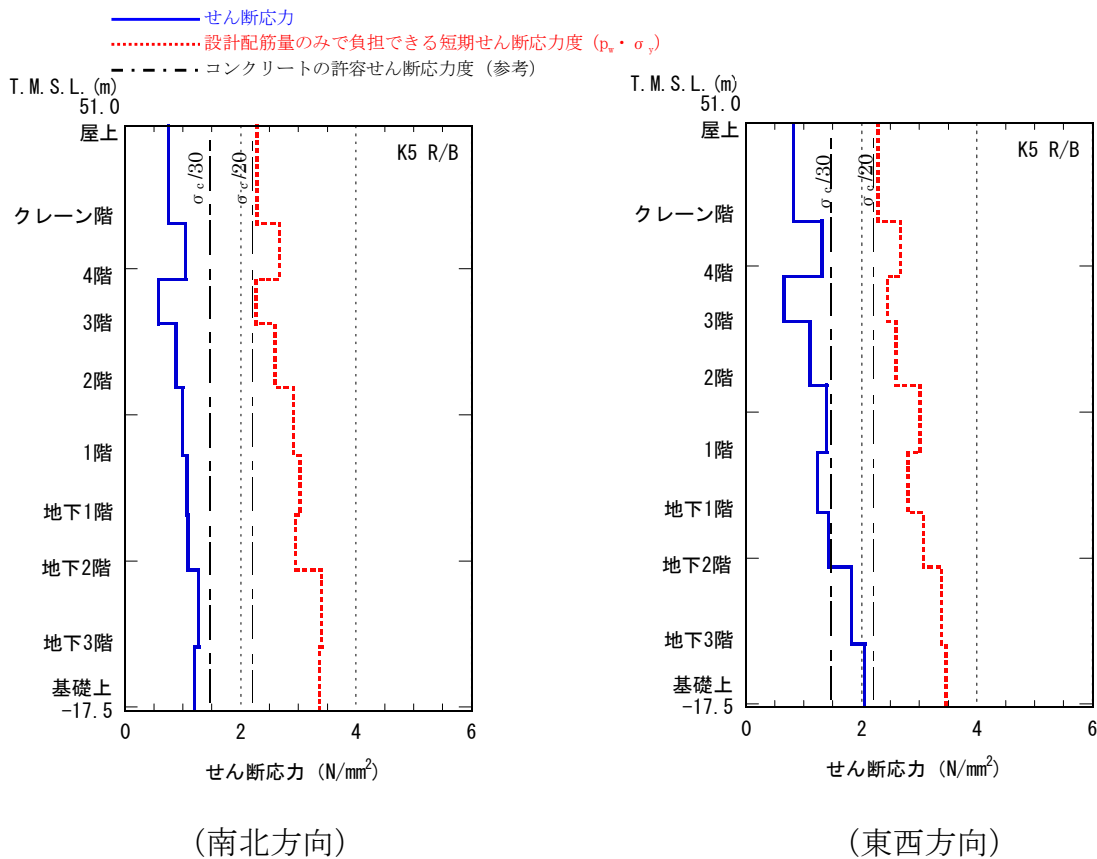


図 3-2 地震応答解析によるせん断応力

#### (4) 耐震壁・補助壁配置の連続性について

5号機原子炉建屋における地下1階から地上2階までの耐震壁・補助壁の配置を図3-3に示す。耐震壁については、階毎に壁厚が変化するものの、上下の階で連続するように配置されている。補助壁については、地下1階において、平面的に階全体に分布するが、地上1階・2階では、比較的中央に近い範囲に分布している。

壁の配置を見る限り、地上1階で特にひび割れが集中するような構造的な特異性はないと考えられる。

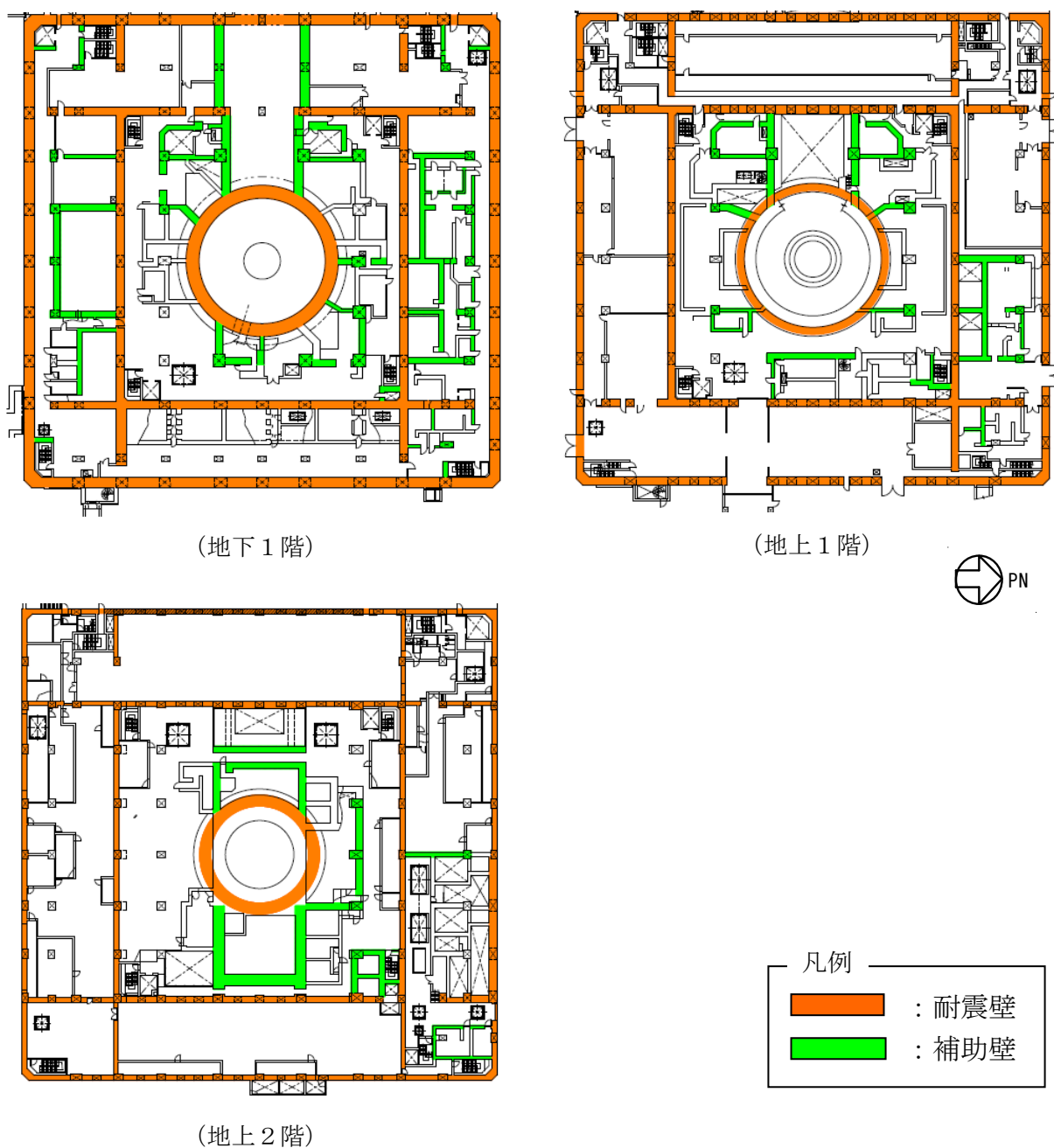


図3-3 5号機原子炉建屋各階の耐震壁・補助壁配置（地下1階～2階）



## (5) まとめ

5号機原子炉建屋・タービン建屋の耐震壁における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、1階に多く発生している傾向が見られるが、ひび割れ幅は、他の階に比べて特に大きい傾向は見られなかった。また、ひび割れ幅は、評価基準値 1.0mm を十分下回っていることから、構造的な影響があるものとは考えられない。

5号機原子炉建屋1階の耐震壁の地震によって発生したことが否定できないひび割れの箇所数は、大きな地震動を受けた東西方向に多い傾向が見られた。

5号機原子炉建屋の地震応答解析により得られた1階のせん断応力は、他の階と比較して特に大きい傾向はなかった。また、東西方向が南北方向に比べて、若干大きい傾向があるが、いずれも設計配筋量のみで負担できる短期許容せん断応力度を下回っている結果となった。

5号機原子炉建屋における耐震壁および補助壁の配置を比較したが、地上1階で特にひび割れが集中するような構造的な特異性はないと考えられる。

○ 指摘事項

No. 4 タービン建屋 1 階に存在するひび割れ「E011」は、壁厚 600mm の側面に新潟県中越沖地震を起因としたものとして、管理されていることを確認した。しかし、当該壁の裏側にひび割れ「E014」が存在し、同方向に亀裂が入っている。このひび割れは貫通しているのか確認すること。

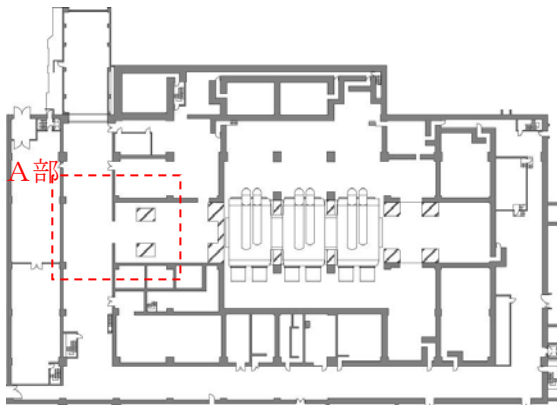
○ 回答

(1) ひび割れの発生状況について

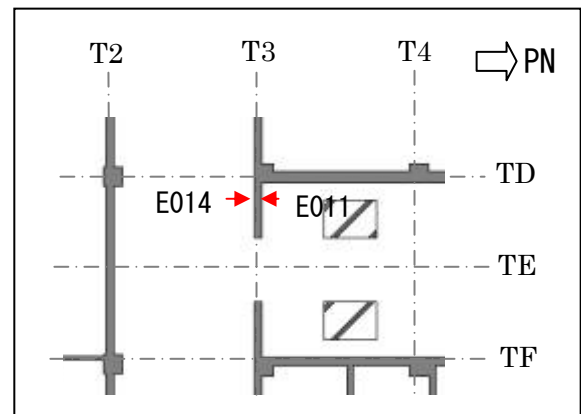
ひび割れ「E011」、「E014」は、タービン建屋 1 階 T3 通りの耐震壁の両面にほぼ同位置・同方向で存在している。

表 4-1 タービン建屋 1 階ひび割れ「E011」「E014」の諸元

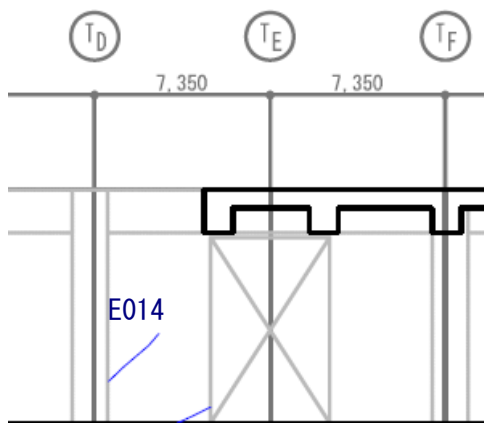
番号	ひび割れ幅	ひび割れ長さ	壁厚さ
E011	0.4mm	2.8m	600mm
E014	0.1mm	3.0m	



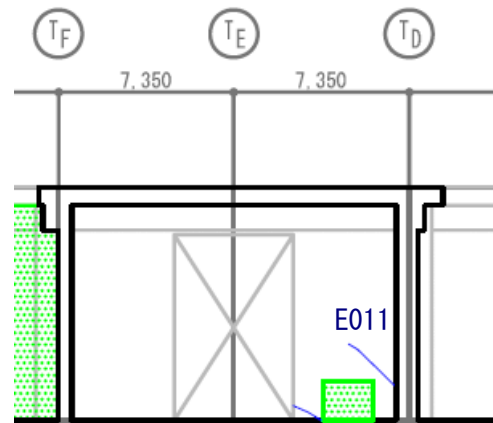
－ 5 号機タービン建屋 1 階平面図－



－ A 部詳細図－



－ E014 周辺展開図（南側より）－

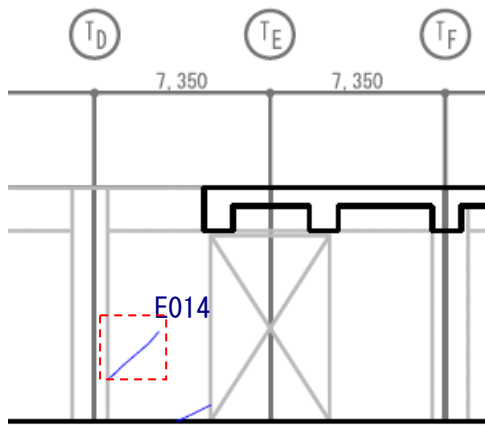


－ E011 周辺展開図（北側より）－

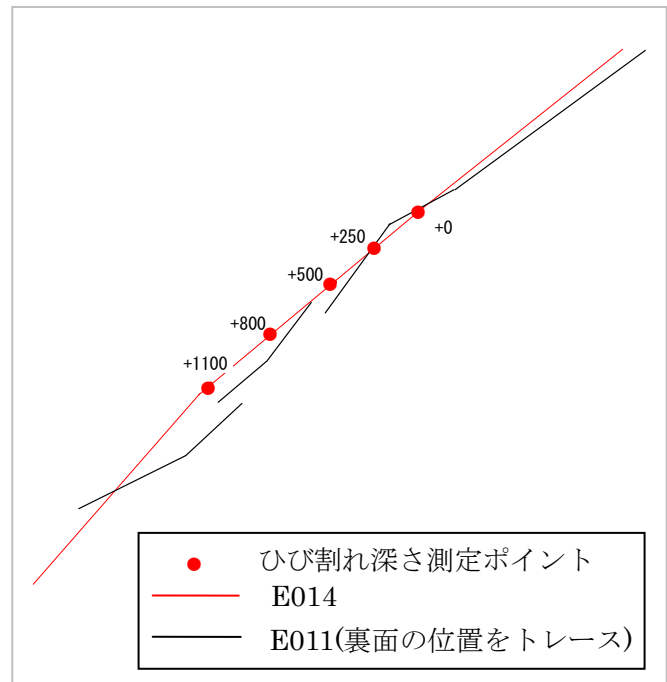
(2) 貫通の有無の確認

ひび割れ「E011」、「E014」について、貫通の有無を確認するため、ひび割れ深さの調査を実施した。ひび割れ深さは、ひび割れ「E014」側から、超音波センサーを使用しての直角回折波にて測定した。

この調査の結果、ひび割れ深さは測定を行った5箇所とも貫通が確認された。



－E014 周辺展開図（南側より）－



－E014 ひび割れ深さ測定位置－

表 4-2 ひび割れ深さ測定結果

測定ポイント	壁厚 (mm)	ひび割れ深さ (mm)	貫通の有無
+0	600	600	貫通
+250		600	貫通
+500		600	貫通
+800		600	貫通
+1100		600	貫通

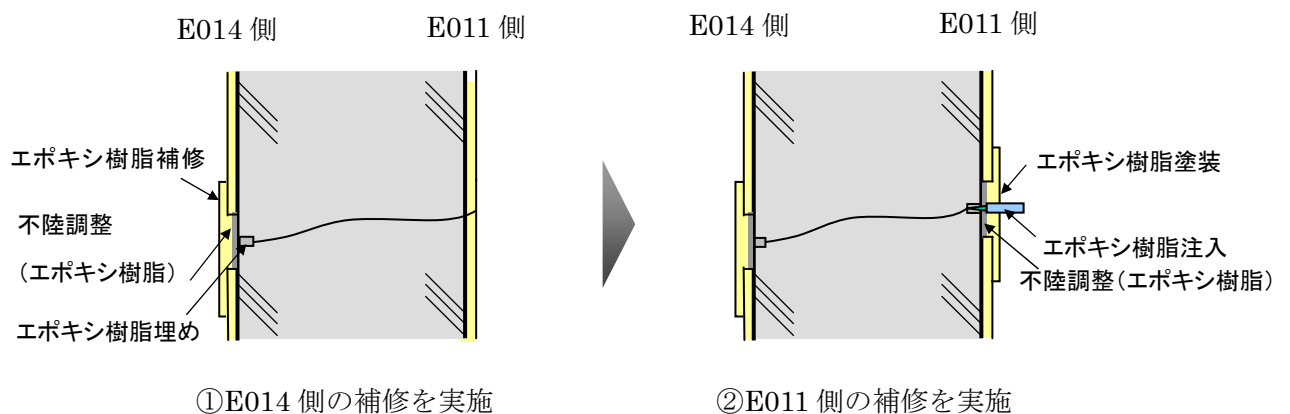
### (3) 補修方法

ひび割れが貫通している調査結果を受けて、この部分の補修方法をどのように実施するかということについて検討を行った。

第 21 回構造 WG において、「柏崎刈羽原子力発電所 7 号機建物・構築物におけるひび割れ補修について（構造 W21-2-4）」により地震によって発生したことが否定できないひび割れの補修方法として、以下の説明を実施している。

- ・ ひび割れ幅 0.2mm を超えるひび割れについては、エポキシ樹脂注入による補修を実施する。
- ・ ひび割れ幅 0.2mm 以下のひび割れについては、「発電所建物ひび管理・補修要領」に基づき補修を実施する。

ひび割れ深さ調査において貫通が確認された、ひび割れ「E011」、「E014」についても、それぞれのひび割れ幅に応じた補修を実施するが、ひび割れ幅の小さい「E014」側の補修を先行し、エポキシ樹脂注入を行う「E011」を後から補修する。エポキシ樹脂が十分に注入されていることの確認は、注入量の管理により行うこととする。



—貫通ひび割れ「E011」、「E014」の補修手順—

○ 指摘事項

No.5 今回立入検査対象としたのは、床上から確認できるひび割れであるが、床上から目視で確認できない（高いところにある）ひび割れについては、どのように取り扱うことにしているのか。

○ 回答

高所等で確認が困難な箇所において、その部位のみに大きなひび割れが発生するとは考えにくく、必ず他の見える範囲にも同じように生じているものと考えられる。したがって、ひび割れの点検では、床上からの確認を基本とし、目視可能な範囲で異常が確認され、それが高所等の床上からの目視困難な箇所に及ぶ可能性がある場合には、足場等を設置し、近接して確認を実施することとしている。

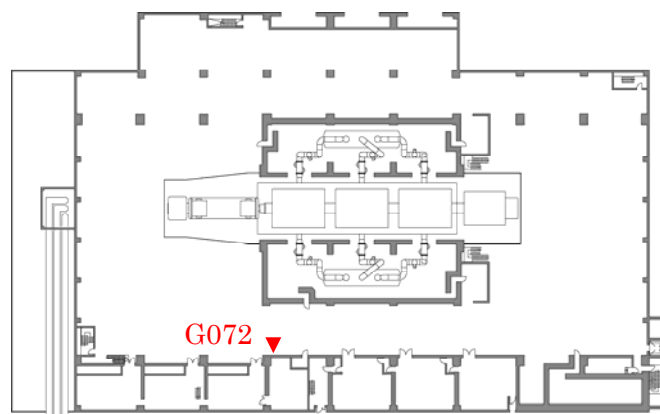
○ 指摘事項

No.6 タービン建屋2階の壁のひび割れ「G072」付近の補修記録を示してほしい。

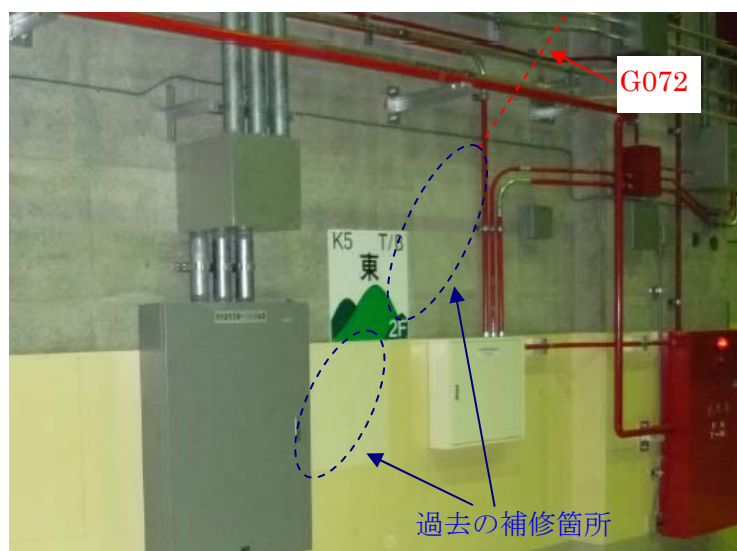
○ 回答

ご指摘のあった「G072」のひび割れは、新潟県中越沖地震発生より前に一部の補修を行ったものであり、補修を行っていない残りのひび割れが斜め方向に延びていることから、以前の補修記録を示してほしいとのご指摘に至ったというのが経緯である。

当該部位のひび割れについては、平成16年度に実施した点検により記録されており、耐久性の観点から平成18年3月にひび割れ幅の大きい部分の補修を実施している。地震後に実施した点検においては、補修範囲にひび割れの再発が確認されなかったことから、地震によるひび割れではないと判断している。



－ 5号機タービン建屋2階平面図－



－現在の状況－



—補修実施状況（エポキシ樹脂注入状況）—  
（平成 18 年 3 月）



—補修完了状況—  
（平成 18 年 3 月）

○ 指摘事項

No.7 設計・シミュレーションの結果と、地震に伴い生じたひび割れとの関係について整理すること。

○ 回答

指摘事項 No.3 にて示したとおり、5号機原子炉建屋の耐震壁における地震により発生したことが否定できないひび割れは、最大のひび割れ幅は0.6mmであり、大半が、0.3mm未満であった。これは、評価基準値として設定しているひび割れ幅1.0mmを十分下回っている結果である。

一方で、シミュレーション解析の結果からは、ほぼ弾性範囲と考えられる応答結果となっている。

これは、シミュレーション解析では原子炉建屋をマクロに評価するという観点から各層の平均的な応力を検討していることから、今回確認された小さなひび割れとの対応が困難な状況となっている。ただし、点検結果とシミュレーション解析結果より健全性については確保されており問題はないものと評価している。