

柏崎刈羽原子力発電所5号機

新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る
点検・評価状況について
(タービン建屋におけるひび割れ補修状況)

平成22年5月27日

東京電力株式会社



東京電力

1. 報告の概要

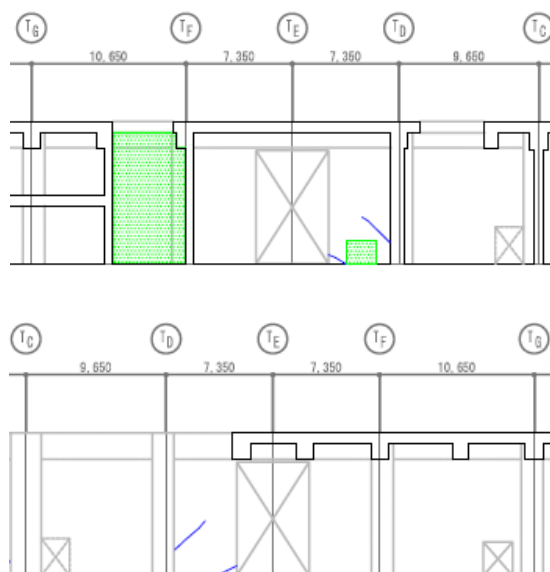
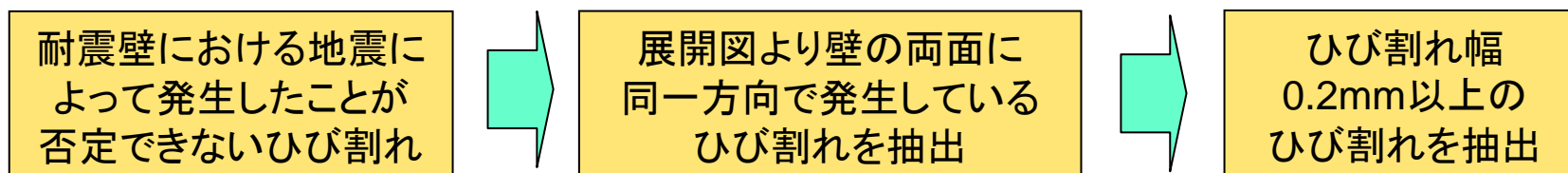
- 平成21年7月29日に行われた、柏崎刈羽原子力発電所5号機の建物・構築物の設備健全性に係る点検の実施状況に関する立入検査および専門家による現地調査において、以下の指摘を頂いた。

「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。」

- 上記指摘に対して、5号機タービン建屋のひび割れ「E011」、「E014」について、ひび割れ深さ調査を実施し、貫通が確認されたことおよびその補修方法について説明を実施している。(第48回構造WG)
- 本報告においては、第48回構造WGでの報告をもとに、当社が実施したひび割れ深さ調査および補修の状況についてご説明する。

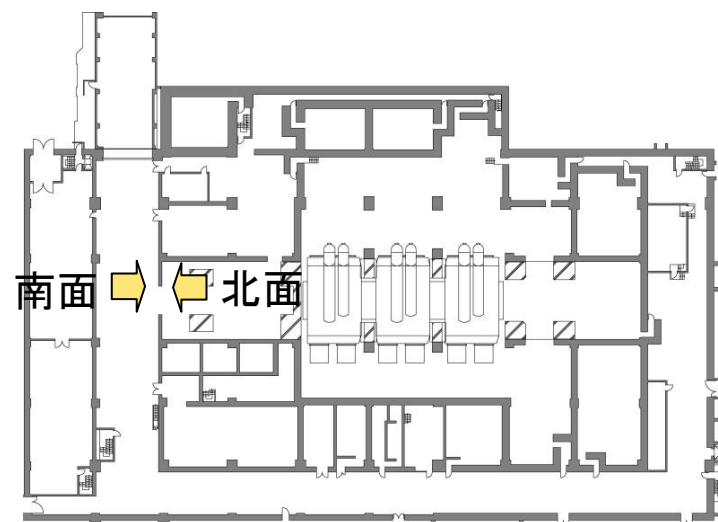
2. 調査対象の抽出(1)

- ひび割れ深さの調査箇所は、5号機タービン建屋耐震壁における、新潟県中越沖地震によって発生したことが否定できないひび割れから、補修方法の検討を目的として、壁の両面に同一方向で発生しているひび割れを抽出し、そのうち、ひびわれ幅が0.2mm以上である4組(8本)を抽出した。



展開図
(北面)

展開図
(南面)



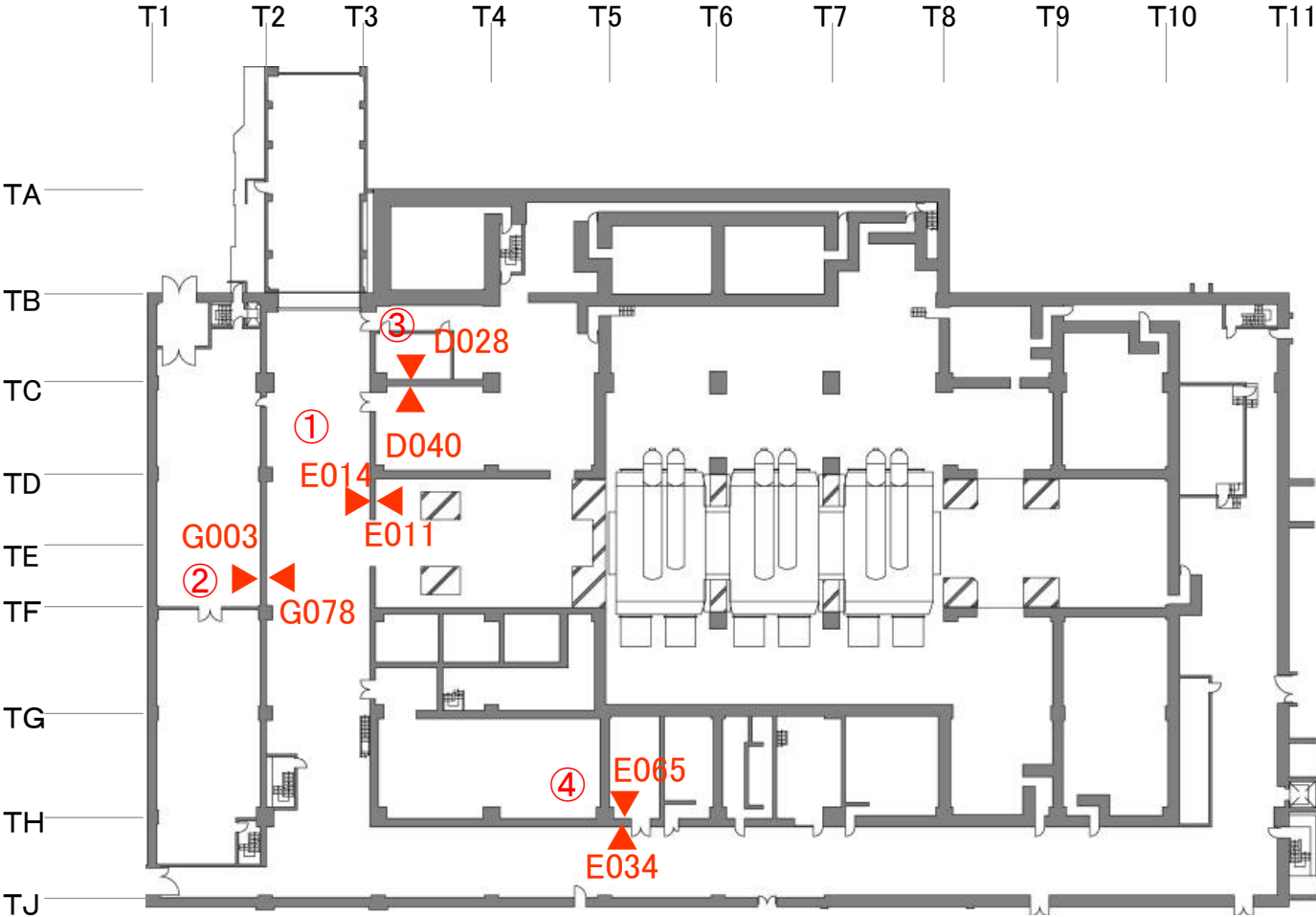
展開図による確認の例

2. 調査対象の抽出(2)

■ひび割れ深さの調査箇所としてサンプリングしたひび割れを以下に示す。

No.	階数	位置	壁厚 (mm)	ひび割れ 番号	ひび割れ幅 (mm)	ひび割れ長さ (m)
①	1階	T3-TD~E	600	E011	0.4	2.8
				E014	0.1	3.0
②	1階	T2-TE~F	600	G003	0.4	3.3
				G078	0.3	3.0
③	1階	TC-T3~4	600	D028	0.2	2.3
				D040	0.2	4.0
④	1階	TH-T5~6	900	E034	0.2	2.0
				E065	0.3	1.5

2. 調査対象の抽出(3)

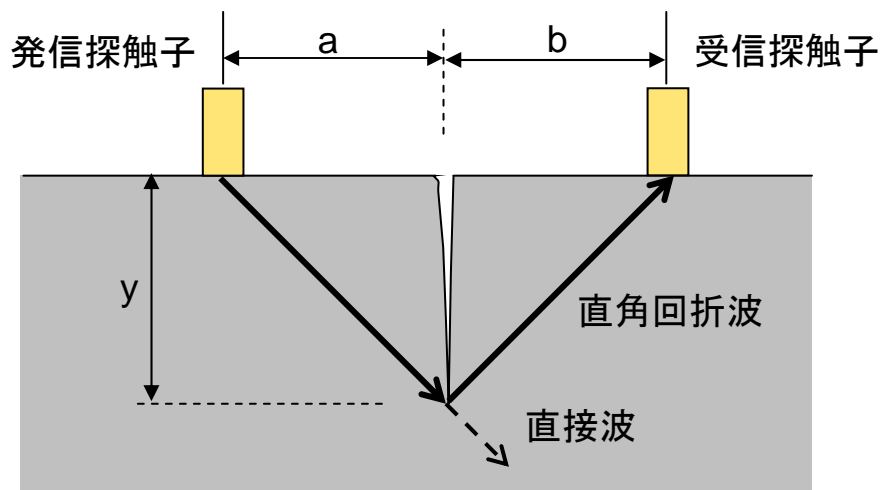


5号機タービン建屋1階 平面図

3. ひび割れ深さの測定方法(1)

- ひび割れ深さの測定は、直角回折波法(超音波の縦波がひび割れ先端で特有の直角回折現象を生じることを利用した方法)により、ひび割れから左右のセンサーまでの長さを測定し、下式によりひび割れ深さを算出する。

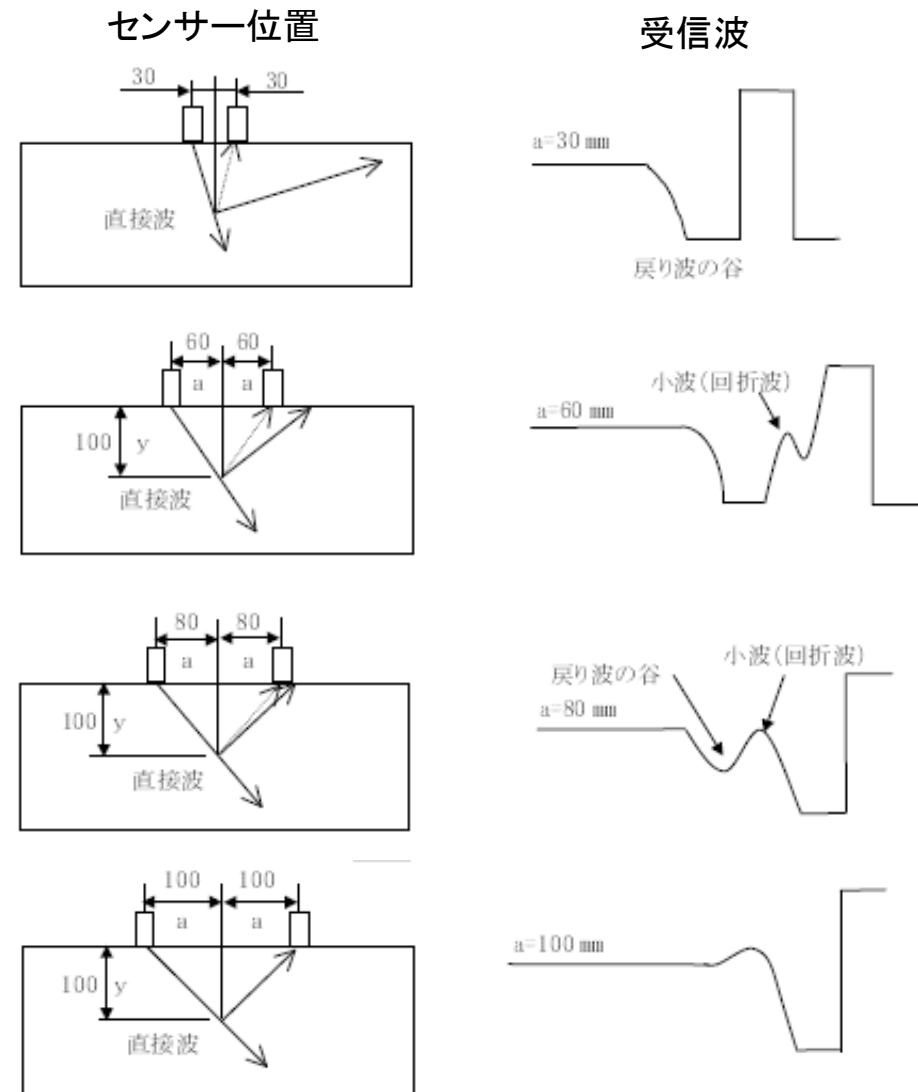
$$y = \sqrt{a} \times \sqrt{b}$$



—直角回折波法—

3. ひび割れ深さの測定方法(2)

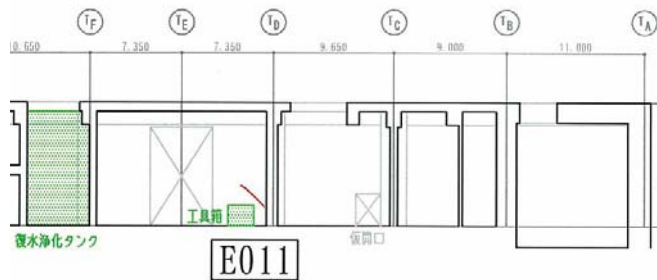
- ひび割れを挟む形で送・受信センサーを置き、それぞれのセンサーを等間隔で離しながら受信波を測定していく。
- 受信波の第一波が下向き(戻り波)から上向き(直角回折波)になる位置を確認する。
- この時の位置関係から、両センサーを結ぶ線を底辺、ひび割れの先端部を頂点とする直角三角形の幾何学的関係からひび割れ深さを求める。
- 送・受信センサーを壁厚に相当する距離以上に離しても、直角回折波が確認されない場合は、ひび割れが貫通している可能性があるかとみなした。



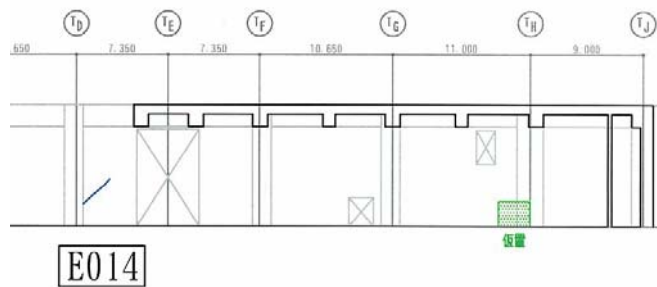
—センサー位置と受信波の関係—
(ひび割れ深さ100mmの場合)

4. ひび割れ深さ調査箇所(1)

■ No.① ひび割れ「E011」「E014」のひび割れ深さ調査



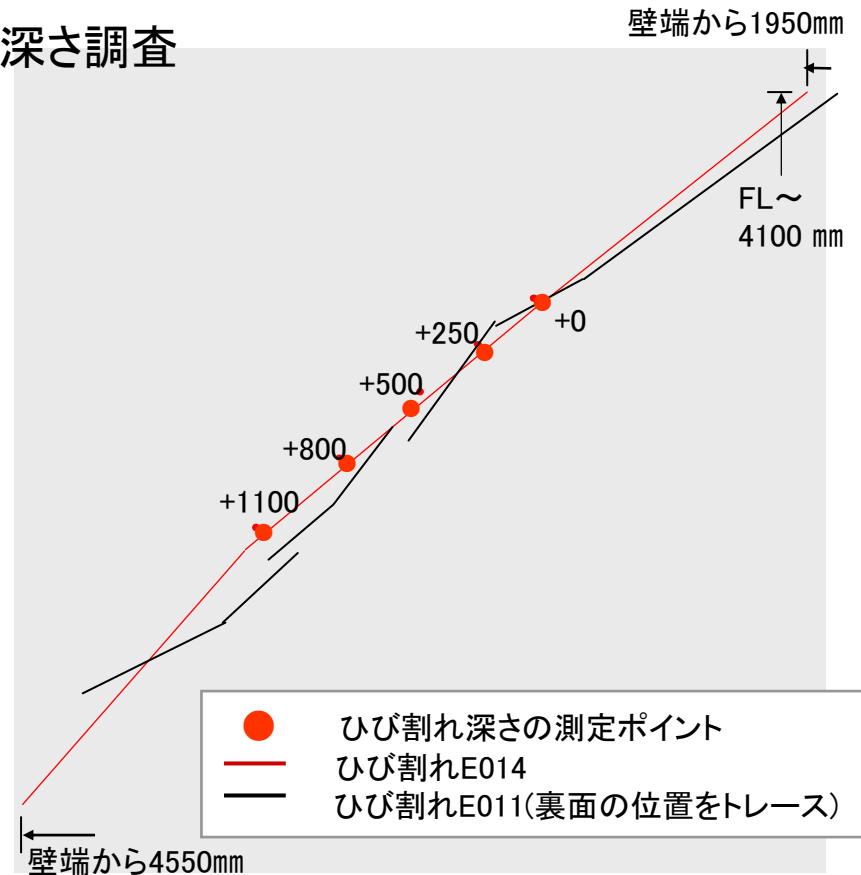
E011周辺展開図(北側より)



E014周辺展開図(南側より)

ひび割れ「E011」「E014」の諸元

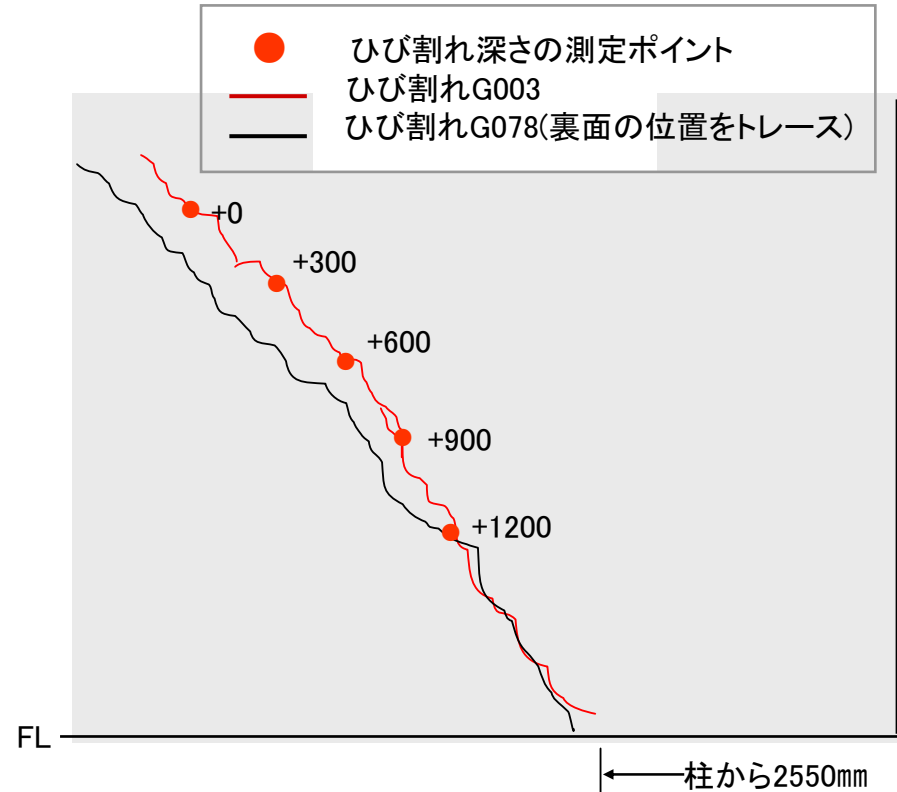
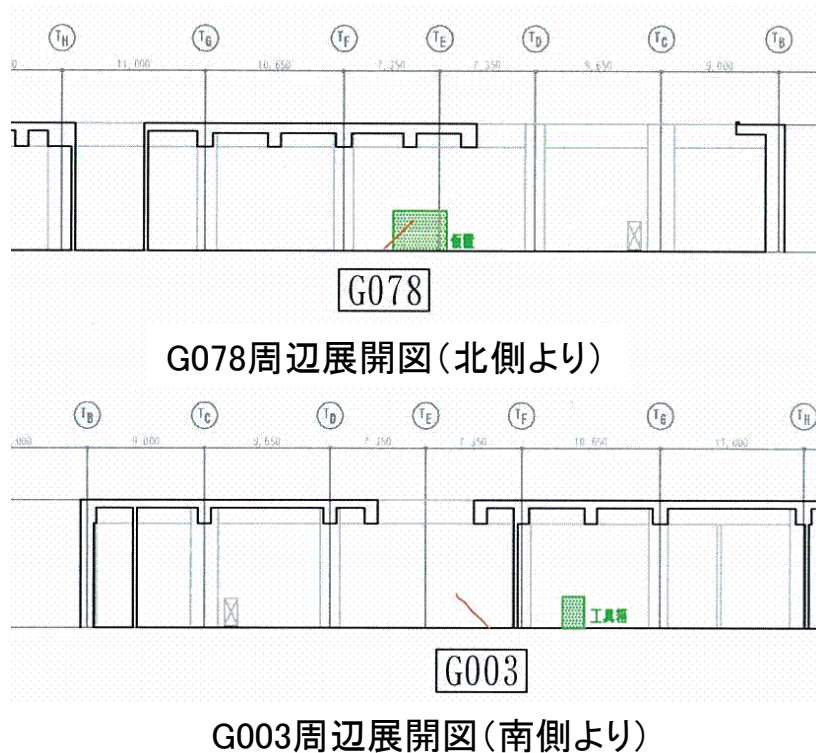
番号	ひび割れ幅	ひび割れ長さ	壁厚さ
E011	0.4mm	2.8m	600mm
E014	0.1mm	3.0m	



ひび割れ「E014」側から5点でひび割れ深さ測定を実施したが、5点とも直角回折波は確認されなかった。

4. ひび割れ深さ調査箇所(2)

■No.② ひび割れ「G003」「G078」のひび割れ深さ調査



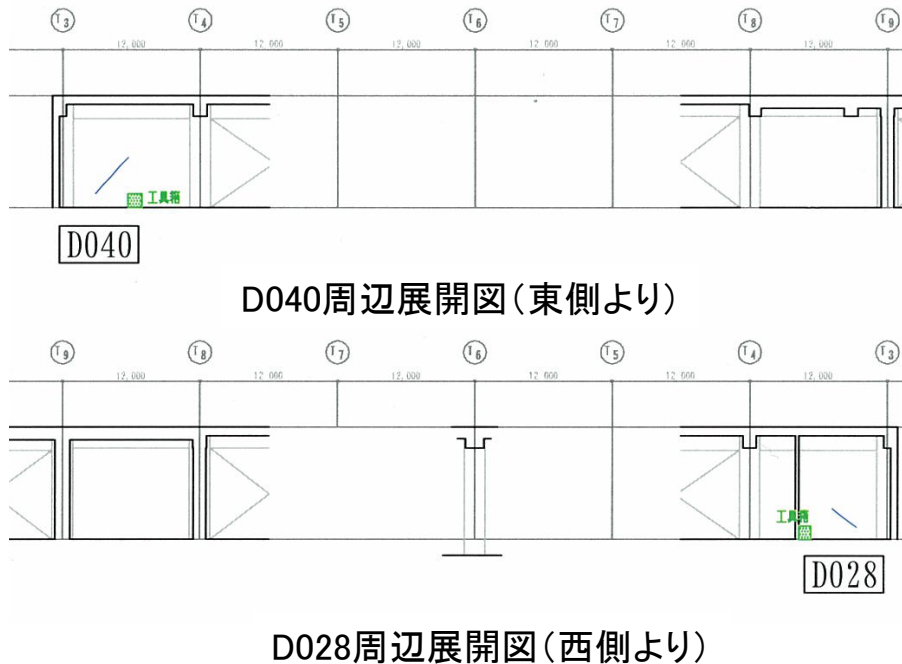
ひび割れ「G003」「G078」の諸元

番号	ひび割れ幅	ひび割れ長さ	壁厚さ
G003	0.4mm	3.3m	600mm
G078	0.3mm	3.0m	

ひび割れ「G003」側から5点でひび割れ深さ測定を実施したが、5点とも直角回折波は確認されなかった。

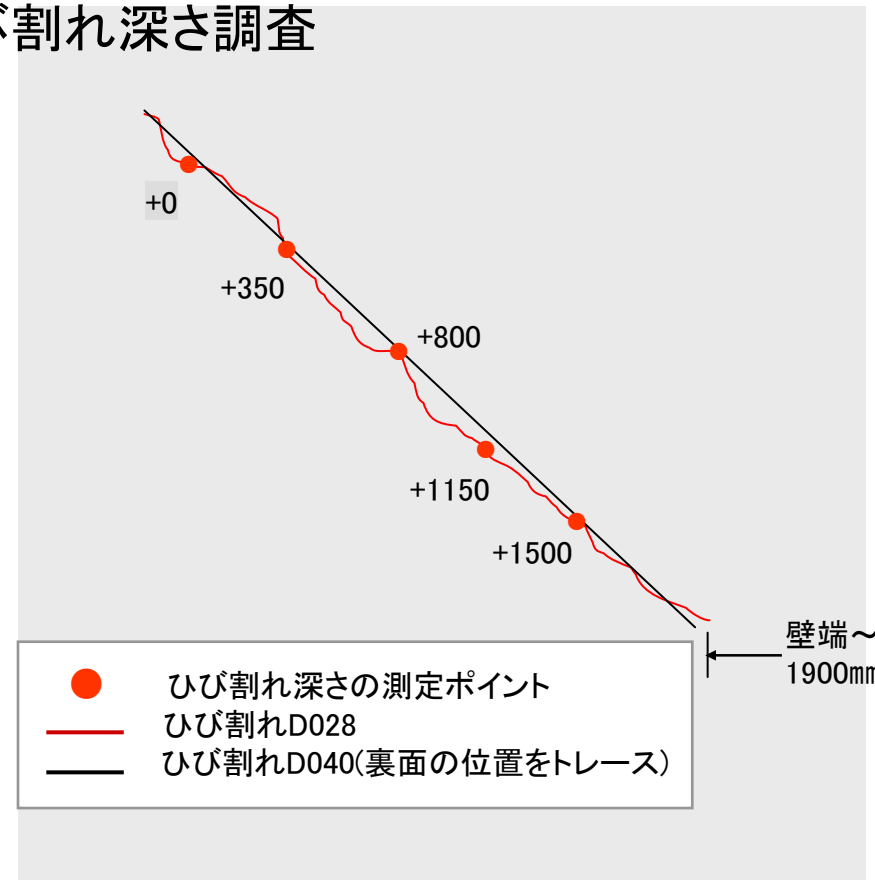
4. ひび割れ深さ調査箇所(3)

■No.③ ひび割れ「D028」「D040」のひび割れ深さ調査



ひび割れ「D028」「D040」の諸元

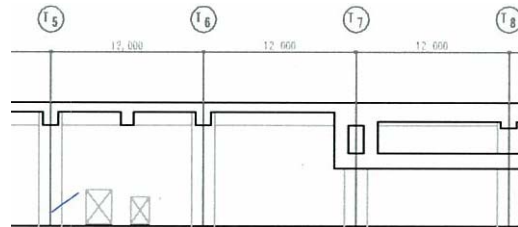
番号	ひび割れ幅	ひび割れ長さ	壁厚さ
D028	0.2mm	2.3m	600mm
D040	0.2mm	4.0m	



ひび割れ「D028」側から5点でひび割れ深さ測定を実施したが、5点とも直角回折波は確認されなかった。

4. ひび割れ深さ調査箇所(4)

■No.④ ひび割れ「E065」「E034」のひび割れ深さ調査



E034

E034周辺展開図(東側より)

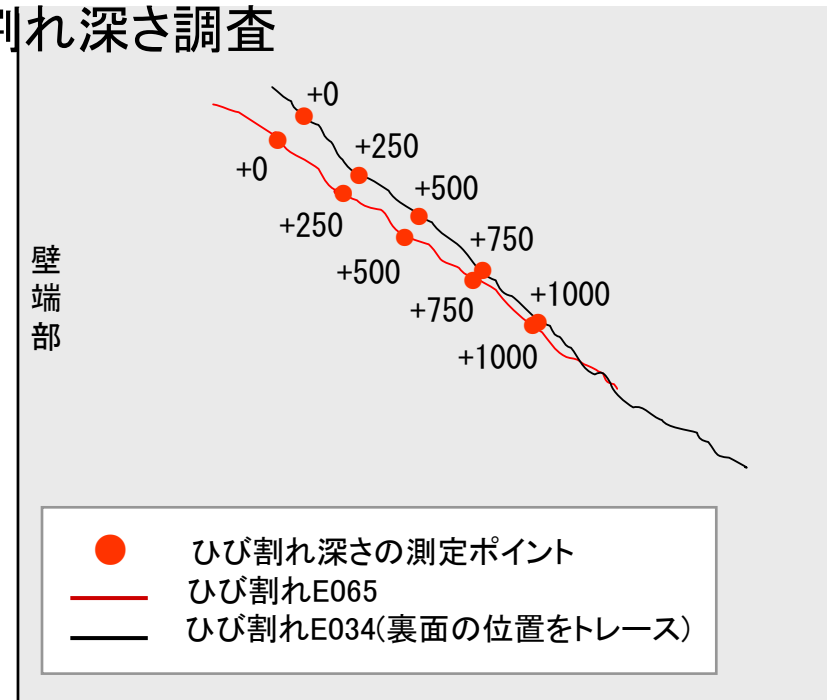


E065

E065周辺展開図(西側より)

ひび割れ「E065」「E034」の諸元

番号	ひび割れ幅	ひび割れ長さ	壁厚さ
E065	0.3mm	1.5m	900mm
E034	0.2mm	2.0m	



FL

ひび割れ「E065」側から5点でひび割れ深さ測定を実施し、測定ポイント+0において、ひび割れ深さ359mmと測定されたが、他の4点では、直角回折波は確認されなかった。
 また、「E034」側からも5点で測定を実施し、測定ポイント+0において、ひび割れ深さ232mmと測定されたが、他の4点では、直角回折波は確認されなかった。

5. 調査結果

- ひび割れ深さの調査結果を以下に示す。測定を実施した4箇所とも、ひび割れ先端からの直角回折波が確認できない測定ポイントが存在した。

ひび割れ深さ測定結果

No.	壁厚 (mm)	ひび割れ 番号	ひび割れ幅 (mm)	ひび割れ長さ (m)	ひび割れ深さ測定結果
①	600	E011	0.4	2.8	測定を実施した5点とも直角回折波は確認されなかった。
		E014	0.1	3.0	
②	600	G003	0.4	3.3	測定を実施した5点とも直角回折波は確認されなかった。
		G078	0.3	3.0	
③	600	D028	0.2	2.3	測定を実施した5点とも直角回折波は確認されなかった。
		D040	0.2	4.0	
④	900	E034	0.2	2.0	測定を実施したうち、1点においてひび割れ深さ(E034側:359mm、E065側:232mm)が測定されたが、他の4点では、直角回折波は確認されなかった。
		E065	0.3	1.5	

6. 補修方法(1)

- 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。

- ① ひび割れ幅が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。
- ② ひび割れ幅が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。

①既存塗膜剥がし

②凹カット

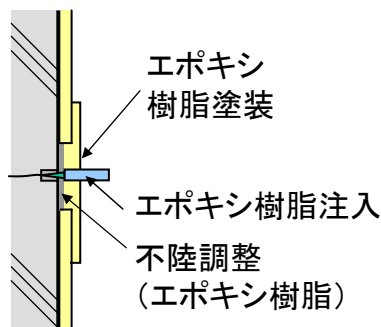
③座金取り付け

④シール

⑤エポキシ樹脂注入

⑥不陸調整(エポキシ樹脂)

⑦エポキシ樹脂塗装

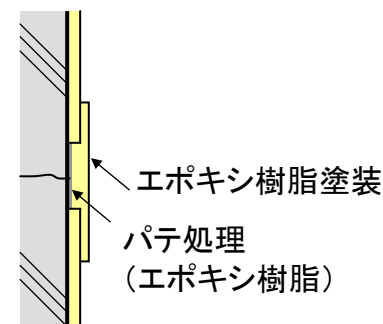


ひび割れ幅 $W > 0.2\text{mm}$
(壁面塗装あり)の場合

①既存塗膜剥がし

②パテ処理(エポキシ樹脂)

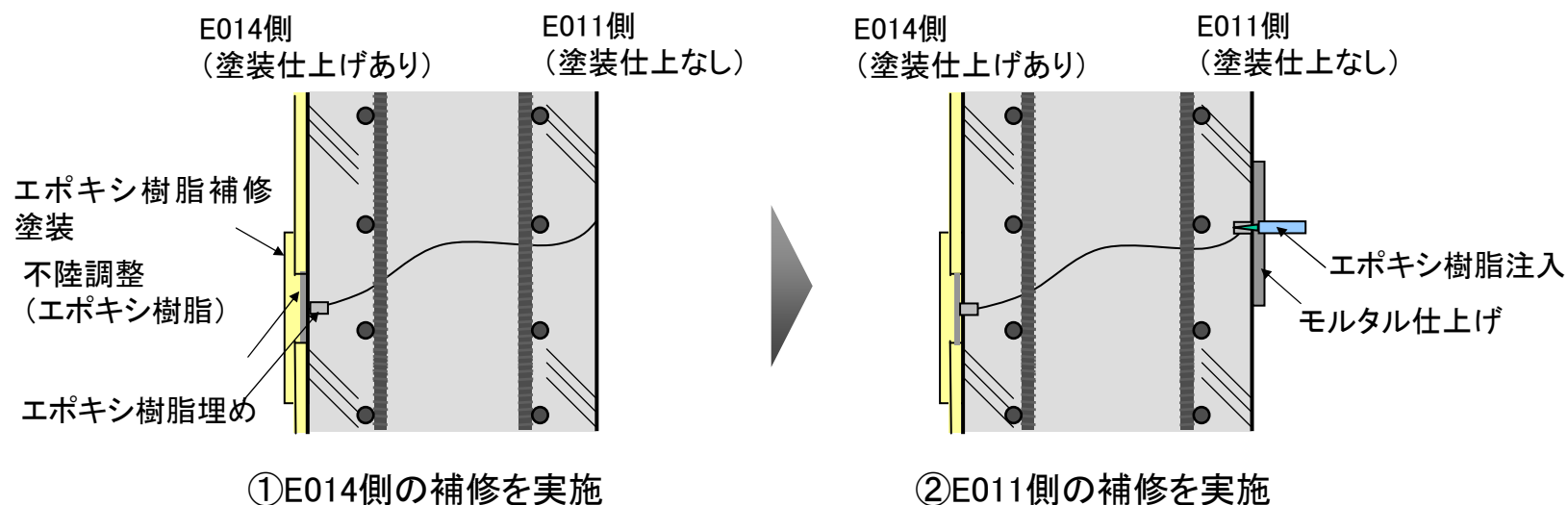
③エポキシ樹脂塗装



ひび割れ幅 $W < 0.2\text{mm}$
(壁面塗装あり)の場合

6. 補修方法(2)

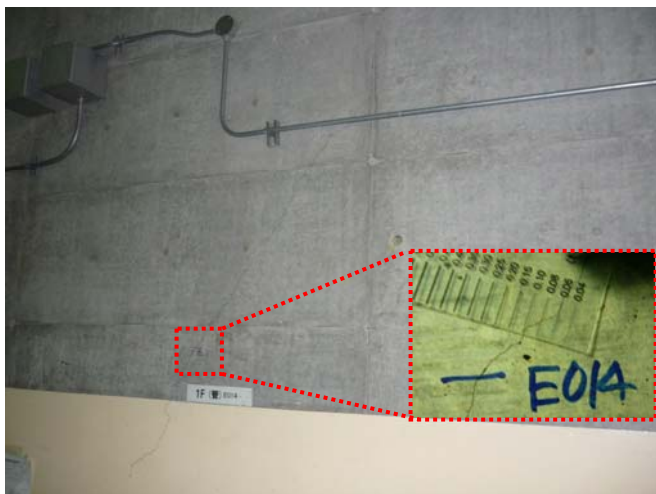
- 第48回構造WGにおいては、ひび割れ深さ調査により貫通の可能性があるひび割れの補修方法について、以下の説明を実施している。
 - ① それぞれのひび割れ幅に従った補修を実施する。
 - ② エポキシ樹脂の注入量の管理を行い、エポキシ樹脂が十分に注入されていることの確認を実施する。



「E014」「E011」の補修方法例

7. ひび割れ補修状況 (E014)

■ひび割れ(E014) 幅0.1mm×長さ3.0m(表面補修)



施工前



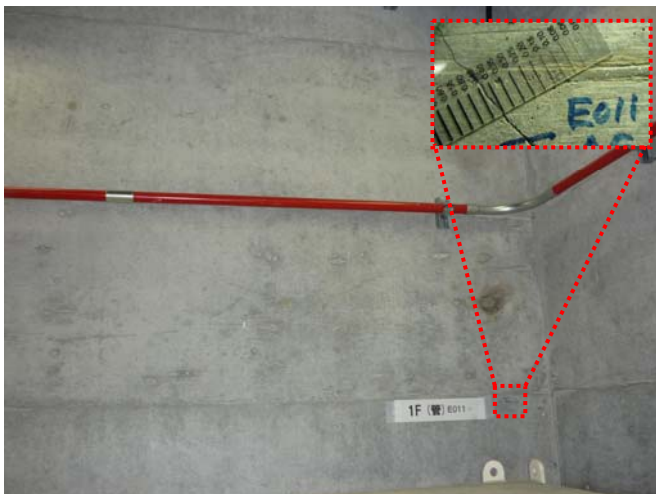
パテ処理(不陸調整)



仕上げ

7. ひび割れ補修状況 (E011)

■ ひび割れ (E011) 幅0.4mm × 長さ2.8m (エポキシ樹脂注入)



施工前



凹カット



エポキシ樹脂注入



仕上げ

7. ひび割れ補修状況 (G003)

- ひび割れ (G003) 幅0.4mm × 長さ3.3m (エポキシ樹脂注入)



施工前



エポキシ樹脂注入



仕上げ

7. ひび割れ補修状況 (G078)

■ ひび割れ (G078) 幅0.3mm × 長さ3.0m (エポキシ樹脂注入)



施工前



エポキシ樹脂注入



仕上げ

7. ひび割れ補修状況 (D028)

- ひび割れ(D028) 幅0.2mm×長さ2.3m(表面補修)



施工前



凹カット



仕上げ

7. ひび割れ補修状況 (D040)

- ひび割れ (D040) 幅0.2mm × 長さ4.0m (表面補修)



施工前



凹カット



仕上げ

7. ひび割れ補修状況 (E034)

■ ひび割れ (E034) 幅0.2mm × 長さ2.0m (表面補修)



施工前



凹カット



仕上げ

7. ひび割れ補修状況 (E065)

- ひび割れ (E065) 幅0.3mm × 長さ1.5m (エポキシ樹脂注入)



施工前



エポキシ樹脂注入



仕上げ

8. 補修後の確認

- 本報告で説明した箇所を含め、5号機の各建屋における、地震によって発生したことが否定できないひび割れが適切に補修されたことについては、記録または立会により確認している。

【材料検査】 製造メーカーの品質記録を全数記録確認

【施工工程検査】 施工者のチェックリストを全数記録確認

【外観目視検査】 補修後の現地を全数立会確認

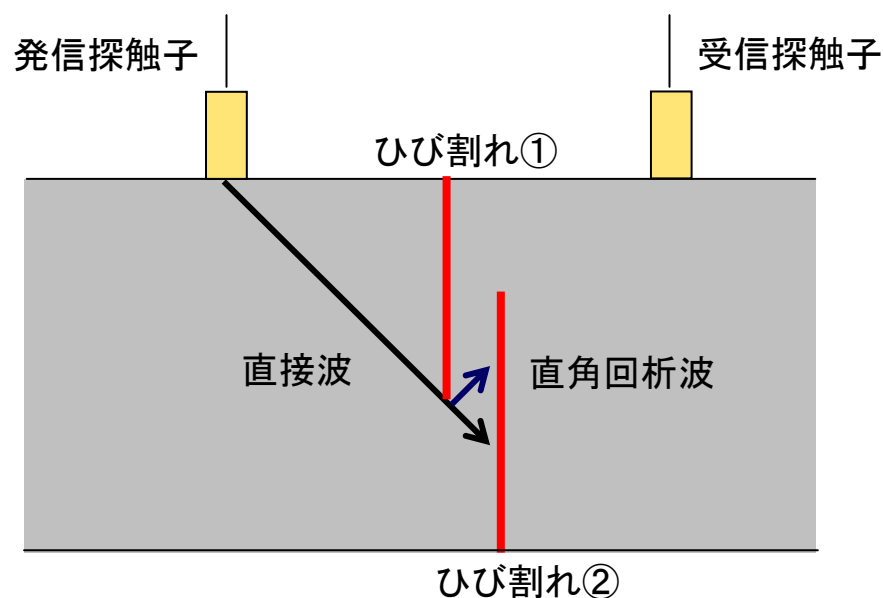
- 貫通の可能性があるひび割れについては、【施工工程検査】において、注入量を確認し、エポキシ樹脂が十分に注入されていることの確認を実施している。また、【外観目視検査】において、エポキシ樹脂注入を行った壁の裏面の状況を確認している。

9. まとめ

- 5号機タービン建屋耐震壁における、地震によって発生したことが否定できないひび割れについて、ひび割れ深さ測定を実施し、4箇所ともひび割れ先端からの直角回折波が確認できない測定ポイントが確認された。
- 貫通の可能性のあるひび割れについては、それぞれのひび割れ幅に従った補修を実施している。また、エポキシ樹脂の注入量の管理を行い、エポキシ樹脂が十分に注入されていることの確認を実施している。

(参考) ひび割れ深さ測定について

■ ひび割れが貫通していなくても、下図のように狭い範囲に隣接している場合には、ひび割れ①で回析した直角回析波がひび割れ②に遮られるため、受信側で測定することができない。このような場合は、どんなに探触子の距離をとっても直角回析波は受信できないため、ひび割れの深さは確認できない。



■ また、ひび割れが壁面に対して斜め方向に深い位置まで生じている場合には、ひび割れ深さが壁厚よりも大きくなり、ひび割れ深さが確認できない可能性がある。

ひび割れ

