

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0620-4_改2
提出年月日	2020年11月25日

補足 620-4 【制御建屋の地震応答計算書に関する補足説明資料】

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

VI-2-2-3「制御建屋の地震応答計算書」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

別紙 1 制御建屋に対する平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震等の影響

別紙 1-1 制御建屋の東北地方太平洋沖地震等に対する構造的影響評価（点検結果）

別紙 1-2 東北地方太平洋沖地震等に対する制御建屋のシミュレーション解析

別紙 1-2-1 制御建屋の追設地震計による地震観測記録を用いた建屋モデルの検討

別紙 1-3 3次元 FEM 等価線形モデルによるシミュレーション解析（制御建屋）

別紙 1-3-1 3次元 FEM 等価線形モデルによるシミュレーション解析と点検結果の比較（制御建屋）

別紙 2 制御建屋の地震応答解析における既工認と今回工認の解析モデル及び手法の比較

別紙 3 制御建屋の地震応答解析における耐震壁のスケルトンカーブの設定

別紙 4 制御建屋の地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討

別紙 4-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定について

別紙 4-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

今回ご提示資料

別紙 1-1 制御建屋の東北地方太平洋沖地震等に対する
構造的影響評価（点検結果）

目 次

1. はじめに.....	別紙 1-1-1
2. 建屋に関する地震後設備健全性の確認方法.....	別紙 1-1-2
2.1 地震後健全性確認の基本的な考え方.....	別紙 1-1-2
2.2 点検方法策定にあたっての基本的な考え方.....	別紙 1-1-2
2.3 鉄筋コンクリート躯体に関する点検方法及び判定基準.....	別紙 1-1-3
2.4 第三者機関による確認.....	別紙 1-1-5
3. 耐震壁のひび割れ分布の点検結果.....	別紙 1-1-6
3.1 ひび割れ分布の記録.....	別紙 1-1-6
4. 地震後の補修.....	別紙 1-1-8
4.1 地震後のひび割れ補修.....	別紙 1-1-8
5. まとめ.....	別紙 1-1-9

付録 1 制御建屋のひび割れ分布

1. はじめに

3.11 地震及び 4.7 地震により、女川原子力発電所では一部周期帯において基準地震動 $S_s - D$ を上回る地震動を観測したことから、女川原子力発電所の設備健全性に及ぼした影響を評価することを目的に「女川原子力発電所 2 号機 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震及び 2011 年 4 月 7 日宮城県沖の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）」（以下「点検・評価計画書（建物・構築物編）」という。）に基づき点検・評価作業を実施している。

制御建屋の結果をとりまとめた。

2. 建屋に関する地震後設備健全性の確認方法

2.1 地震後健全性確認の基本的な考え方

点検・評価とは、建物・構築物における点検、地震応答解析による評価及び両者の結果を踏まえた健全性の総合評価をいう。

点検は、各建物・構築物に共通的に実施する目視点検により行う。地震応答解析では、本地震の観測記録に基づく各建物・構築物の解析的な評価を実施する。

点検・評価に関しては、以下の基本的な考え方に従った。（図2-1参照）

- ① 耐震安全上重要な建物・構築物については、点検と地震応答解析を実施し、両者の結果を照合して健全性の総合評価を行う。
- ② 目視点検で異常が確認された場合は、必要に応じ追加点検を行い、必要に応じて補修を実施することも検討する。
- ③ 地震応答解析結果において裕度が比較的小さい場合は、詳細検討を行う。

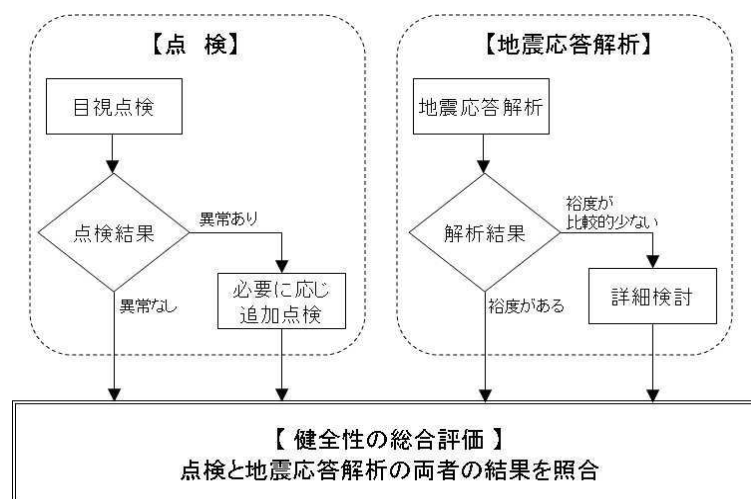


図2-1 建物・構築物の点検・評価の全体フロー

2.2 点検方法策定にあたっての基本的な考え方

点検の実施にあたっては、以下を考慮する。

- ① 対象とする建物・構築物の構造形式ごとに地震時に想定される影響を把握し、点検手法に反映させる。
- ② 目視点検によって健全性が十分確認できない場合は、適宜非破壊試験等の実施を検討する。
- ③ 作業員被ばく低減、人身安全等の観点から点検が困難な場合については、構造的に類似した部位の点検結果及び解析結果を踏まえた上で必要に応じ合理的な評価方法を策定する。

2.3 鉄筋コンクリート躯体に関する点検方法及び判定基準

鉄筋コンクリート構造物への地震の影響については、ひび割れ及び剥離・剥落が想定され、外観の確認が有効であると考えられるため、目視点検*を主体とした点検を実施した。

また、「基本的な考え方」に従い、人身安全等の観点から歩行できる箇所からの目視点検を実施し、作業員被ばく低減の観点から高線量エリアの点検は行わないこととした。

制御建屋に関しては、壁面付近に盤などが設置されていて目視でコンクリート躯体の確認が行えない箇所が多いことから、外壁に足場を設け、外壁塗膜を除去した上で点検を実施した。

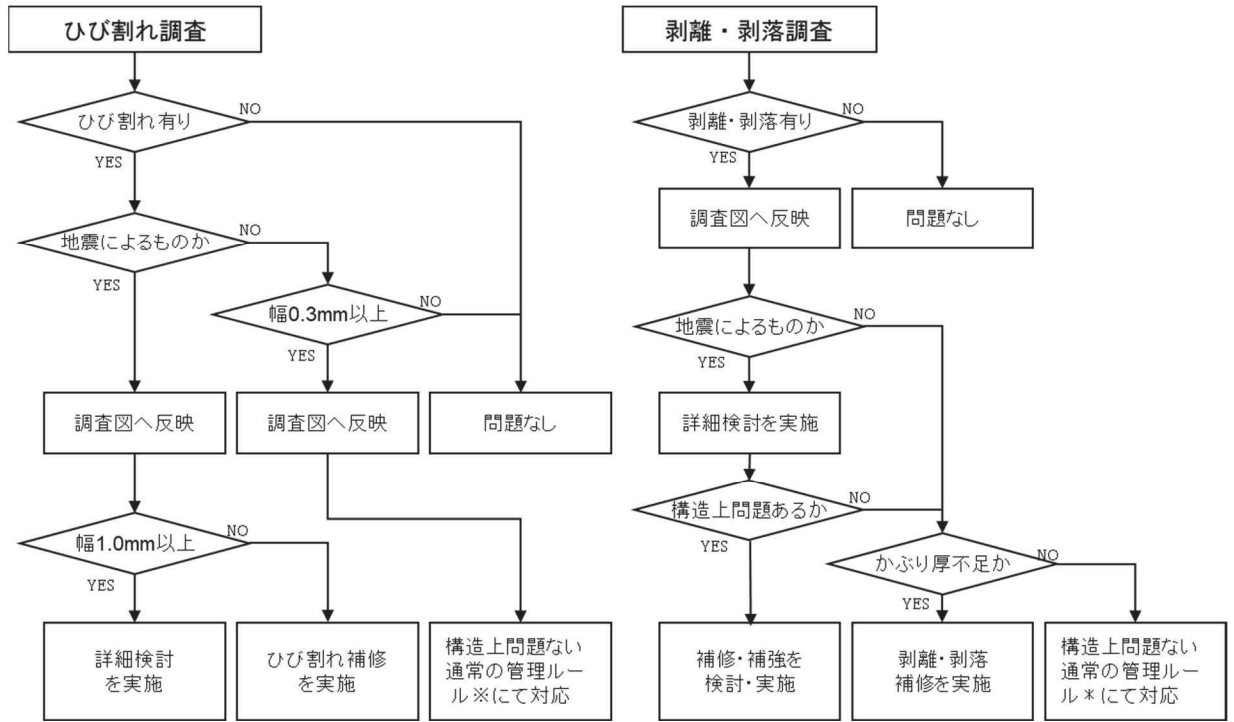
注記*：耐震壁のひび割れは、地震時のせん断力により生じるひび割れを想定しており、主に斜め45度方向に発生すると考えられ、断面方向には若干方向を変えながら進展し、裏面側のほぼ同じ場所にもひび割れを生じると考えられる。また、せん断力により生じるひび割れは、耐震壁全体にほぼ一様にせん断力が加わることから、壁の上部と下部に同様に生じると考えられる。したがって、点検の際には基本的に片側から壁の下部を中心に点検を実施する。

表2-1 点検・評価計画書（建物・構築物編）の「判定基準例一覧」（1）

点検対象	判定基準
生体遮蔽装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ 遮蔽性能に影響を与える断面欠損がないこと
原子炉格納施設	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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

注記*：EPRI NP-6695 Guidelines for Nuclear Plant Response to an Earthquakeにおける以下の記載等を参考に設定。

- ① 幅0.06インチ(約1.5mm)を超えて新しく地震によって生じたひび割れ、コンクリートの剥離、目視で確認できるフレームの変形を重大な損傷とする。(0.06インチ以上のコンクリートひび割れは鉄筋の降伏を示している)
- ② コンクリート構造物のわずかなヘアークラックのような微細なひび割れは重要な被害ではない。



注記*：社内マニュアル

図 2-2 地震による影響評価の流れ

2.4 第三者機関による確認

「点検・評価計画書（建物・構築物編）」に従い，点検の計画及び点検結果の妥当性について，第三者機関の確認を受けている。

体制を図 2-3 に示す。

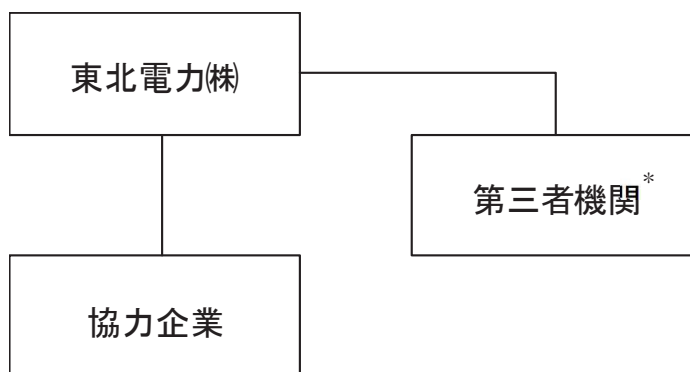


図 2-3 点検・評価の体制

注記*：建物の点検に関わる第三者機関は，「一般社団法人 建築研究振興協会」（国土交通省所管）

3. 耐震壁のひび割れ分布の点検結果

3.1 ひび割れ分布の記録

表 3-1 のとおり，地震によるひび割れは，幅に関わらず全て展開図に記録し，幅 0.3mm 以上の地震によらないひび割れについても展開図に記録した。

なお，幅 0.3mm 未満の乾燥収縮ひび割れ等の地震によらない微細なひび割れも見られるものの，本点検では対象としていない。

ひび割れ調査結果を付録 1 に示す。

表 3-1 記録の対象（展開図）

ひび割れの種類	ひび割れ幅	
	$W < 0.3\text{mm}$	$0.3\text{mm} \leq W$
地震によるひび割れ (地震が原因ではないと明確に判断できないひび割れを含む)	記録する	記録する
地震によらないひび割れ	調査は行うが記録しない	記録する

付録 1 のひび割れ分布図より，追加調査の目安となる地震により生じた幅 1.0mm 以上のひび割れ（図中の凡例は赤の太線）は確認されなかった。また，剥離，剥落も確認されなかった。

参考にひび割れの発生例を図 3-1 に示す。

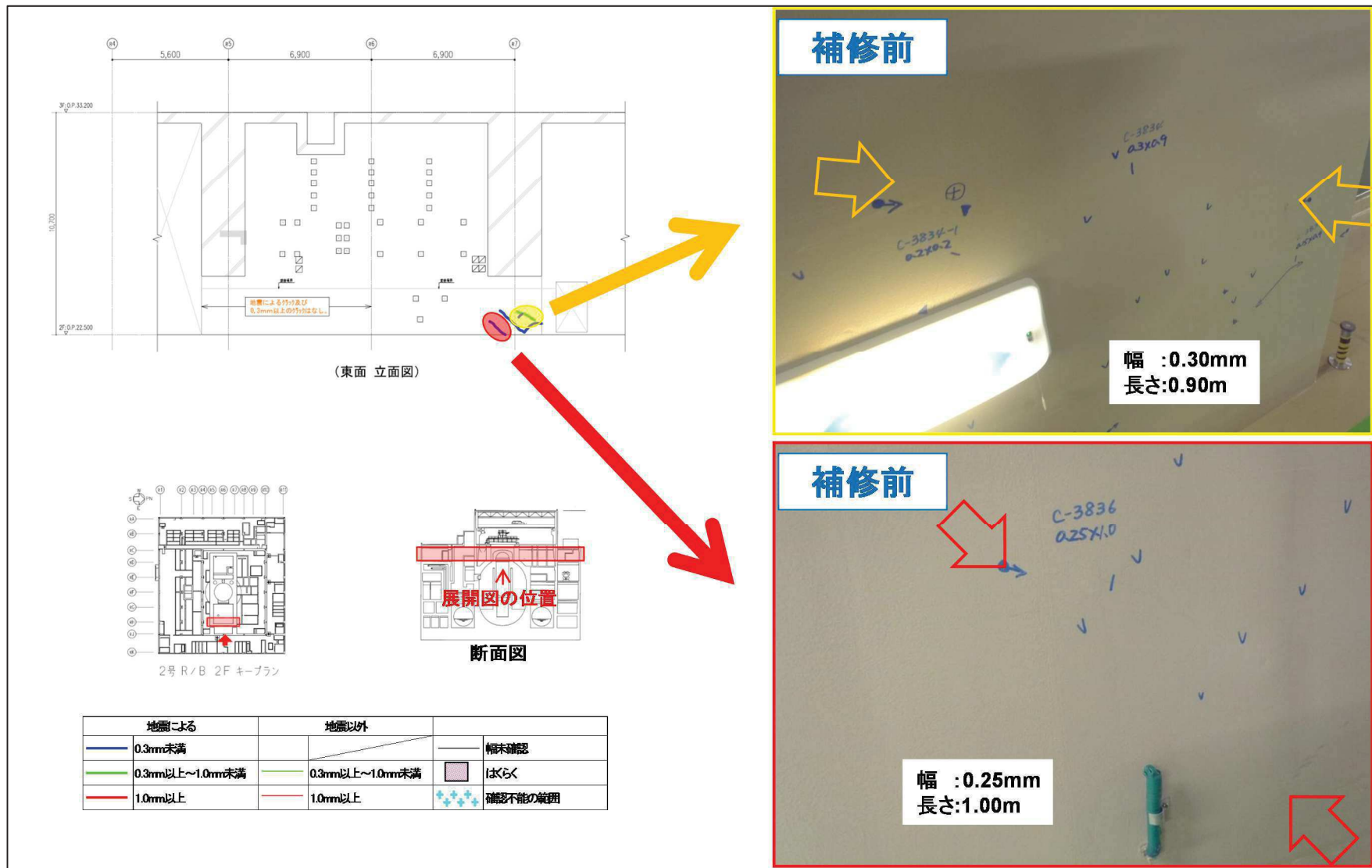


図 3-1 鉄筋コンクリート躯体のひび割れの例 (原子炉建屋地上 2 階)

4. 地震後の補修

4.1 地震後のひび割れ補修

地震による壁のひび割れについては，鉄筋コンクリートの耐久性維持の観点から，ひび割れ幅及び塗装の有無に応じて適切な補修方法を選択し実施する。

また，床等に発生している地震以外によって発生しているひび割れについては，鉄筋コンクリートの耐久性維持の観点から，従来通りひび割れ幅に応じて社内ルールに基づく補修を実施している。

補修工法の例を図4-1に示す。

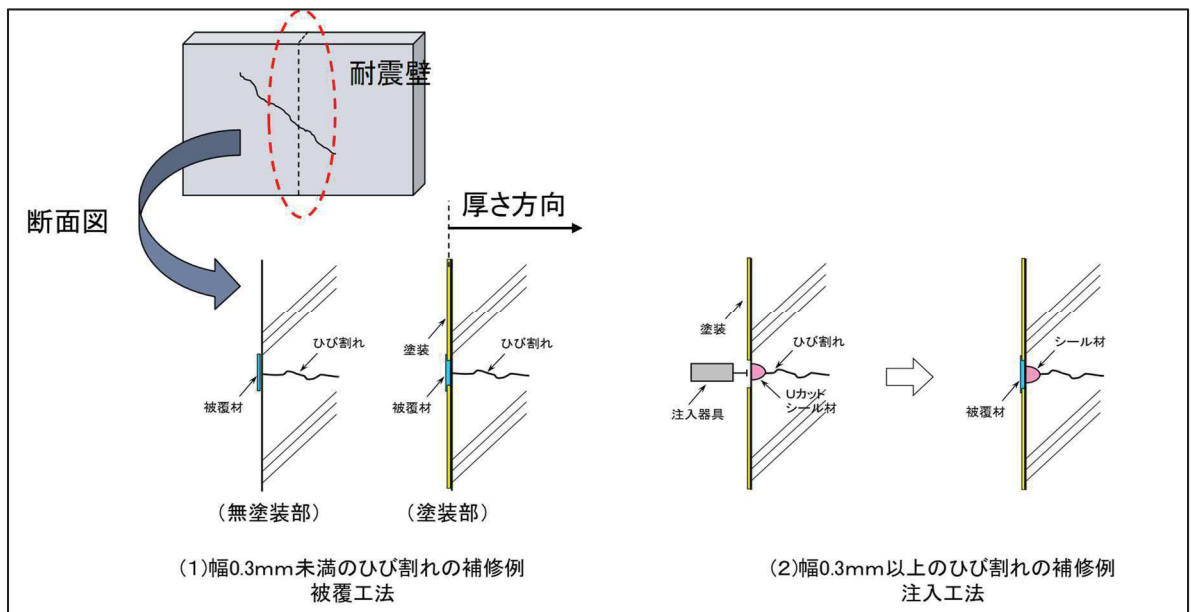


図4-1 補修工法例

5. まとめ

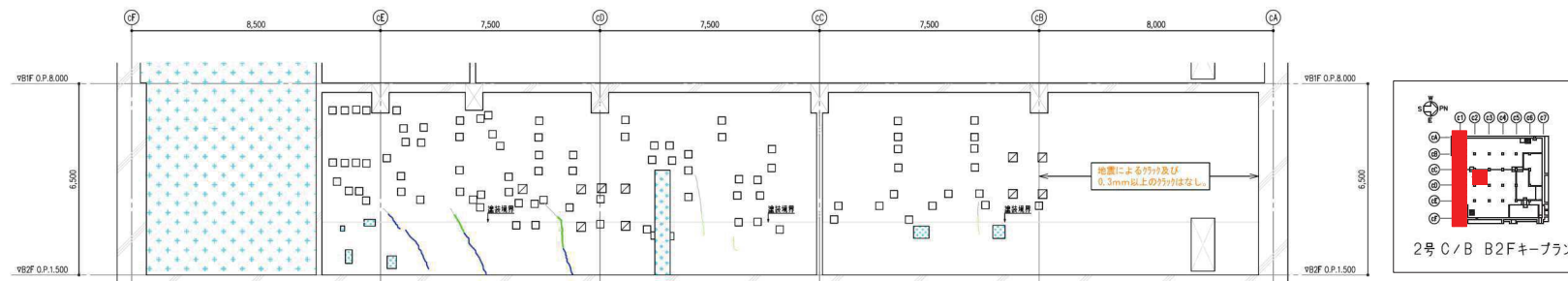
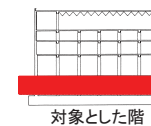
3.11地震及び4.7地震後の点検の結果、制御建屋の耐震壁には、地震により生じた幅1.0mmを超えるひび割れ、および剥離・剥落は確認されなかった。

なお、地震後の点検で確認されたひび割れについては、継続的に補修を実施している。

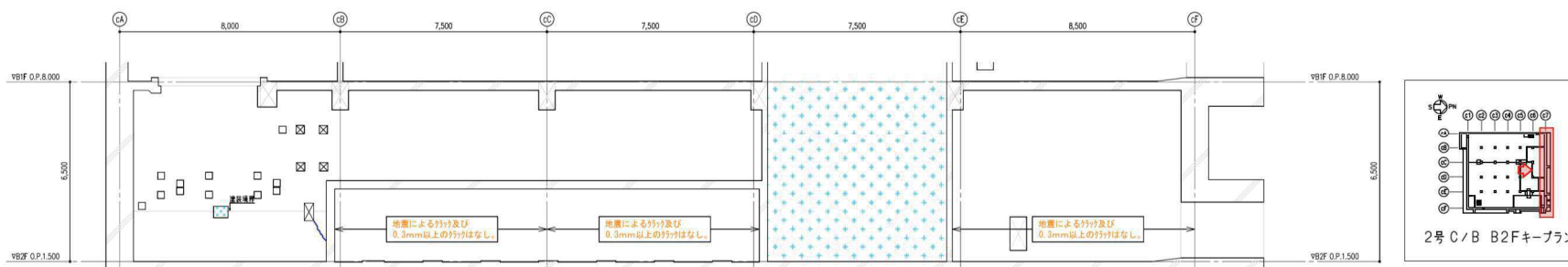
別紙 1-1 付録 1 制御建屋のひび割れ分布

地震による		地震以外	
0.3mm未満		0.3mm以上~1.0mm未満	
0.3mm以上~1.0mm未満		1.0mm以上	
1.0mm以上			

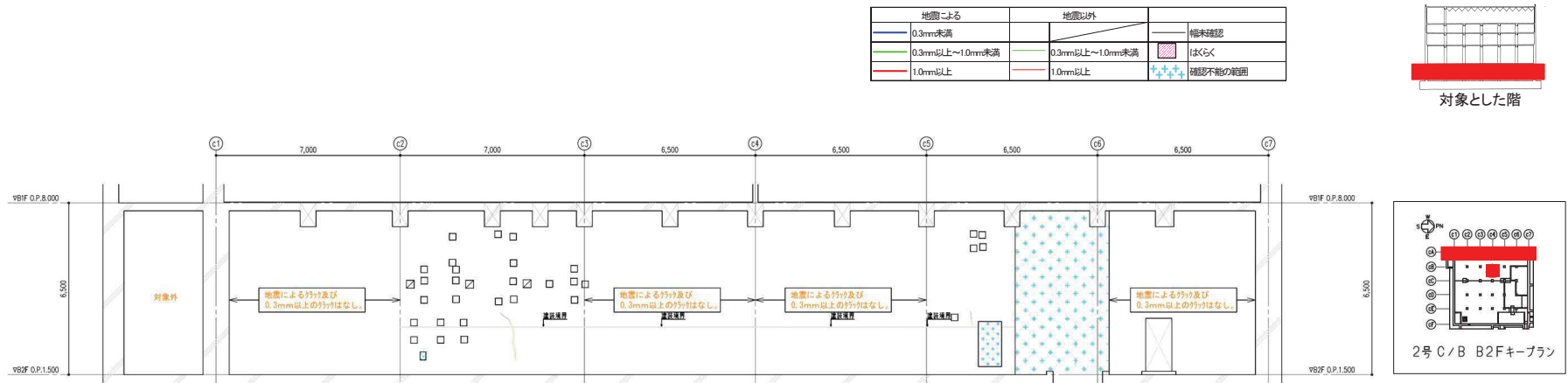
欄末確認	
はくらく	
確認不能の範囲	



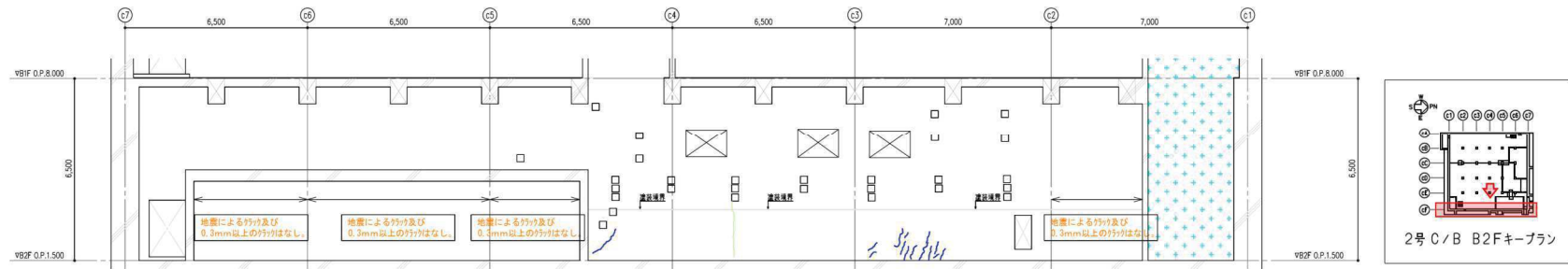
付図-1 制御建屋のひび割れ分布 耐震壁 (1) 地下2階 C1 通り



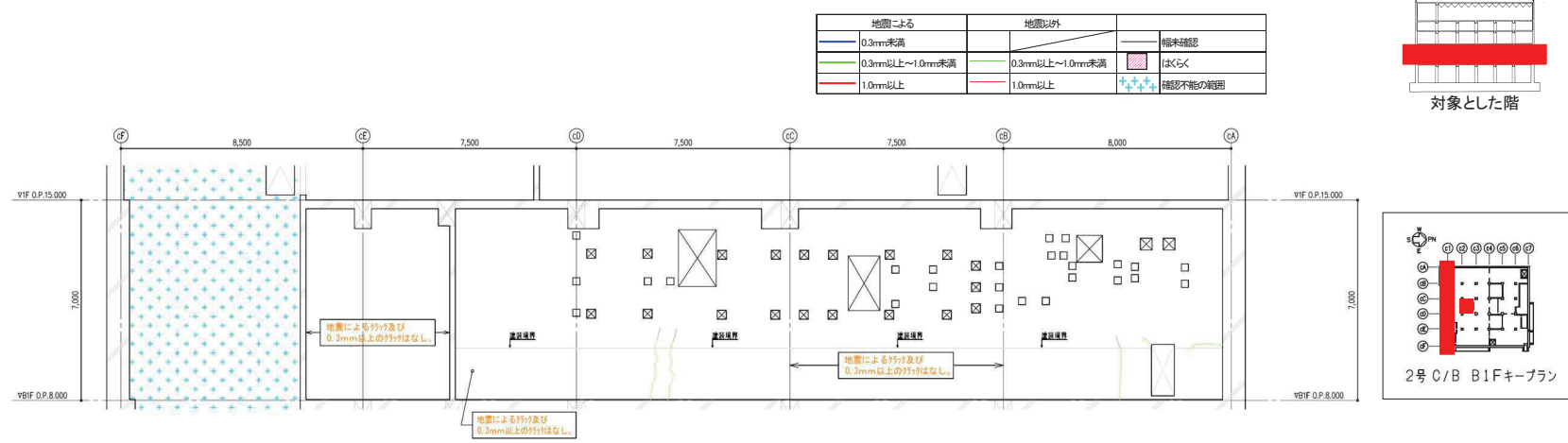
付図-2 制御建屋のひび割れ分布 耐震壁 (2) 地下2階 C7 通り



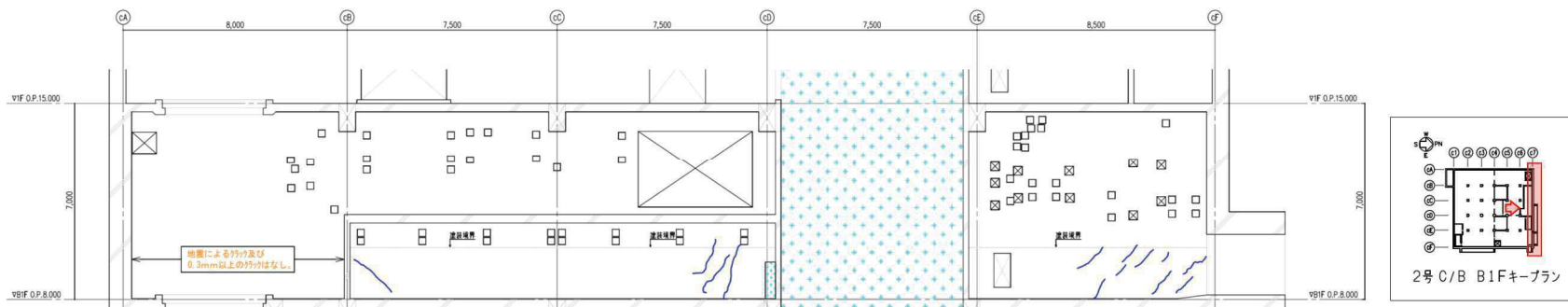
付図-3 制御建屋のひび割れ分布 耐震壁 (3) 地下2階 CA 通り



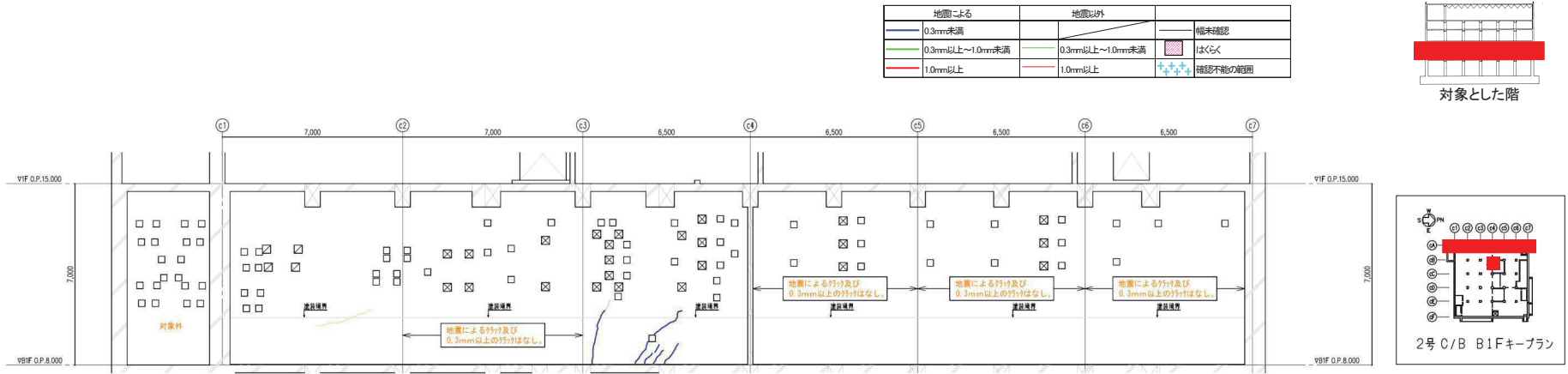
付図-4 制御建屋のひび割れ分布 耐震壁 (4) 地下2階 CF 通り



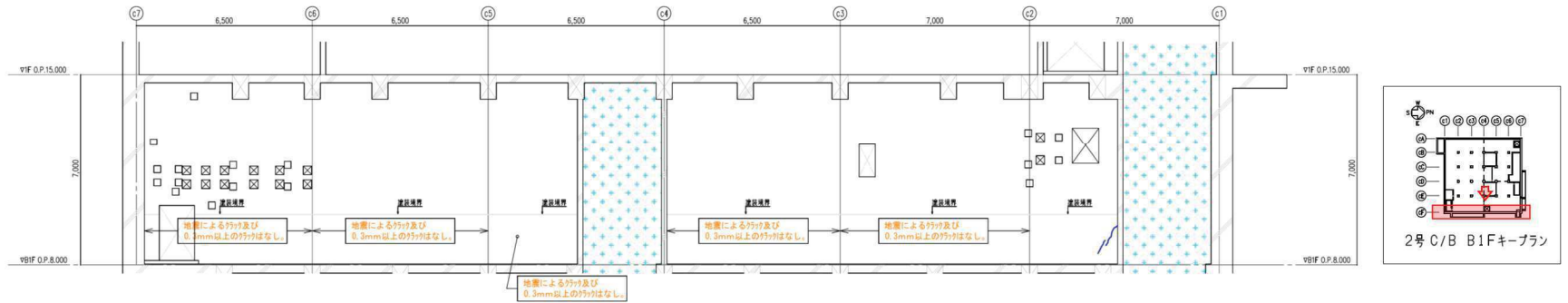
付図-5 制御建屋のひび割れ分布 耐震壁 (5) 地下1階 C1 通り



付図-6 制御建屋のひび割れ分布 耐震壁 (6) 地下1階 C7 通り

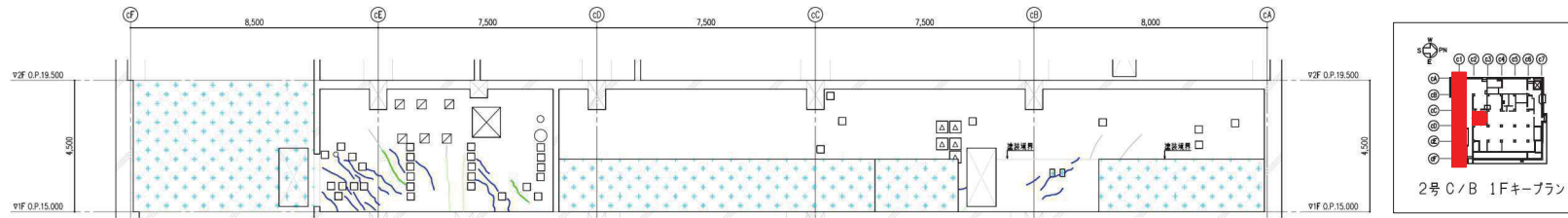
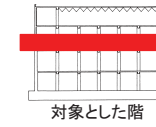


付図-7 制御建屋のひび割れ分布 耐震壁 (7) 地下1階 CA 通り

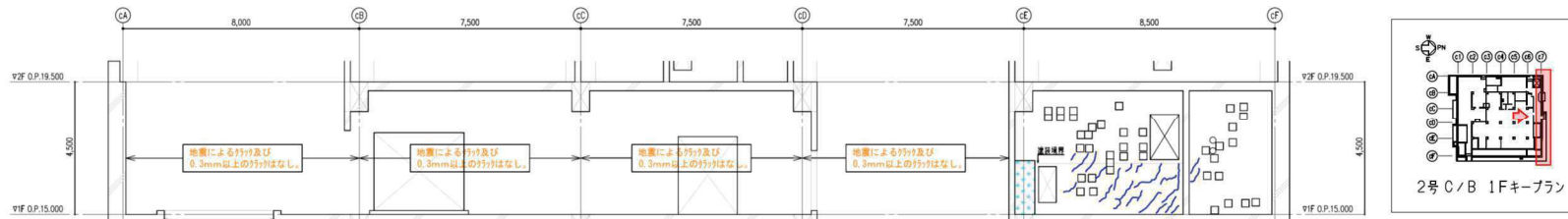


付図-8 制御建屋のひび割れ分布 耐震壁 (8) 地下1階 CF 通り

地震による		地震以外		
0.3mm未満	0.3mm以上～1.0mm未満	0.3mm以上～1.0mm未満	1.0mm以上	確認不能
0.3mm以上～1.0mm未満	1.0mm以上	0.3mm以上～1.0mm未満	1.0mm以上	はくらく
1.0mm以上				確認不能の範囲

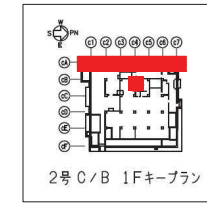
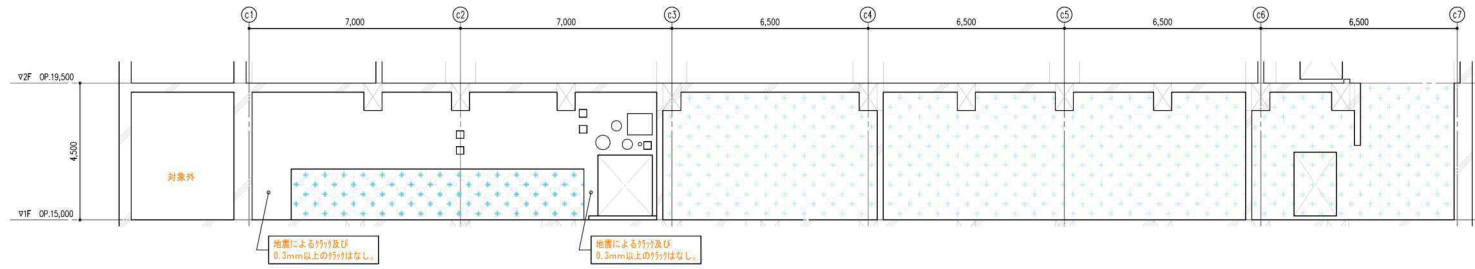
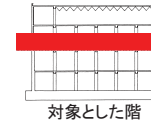


付図-9 制御建屋のひび割れ分布 耐震壁 (9) 1階 C1 通り

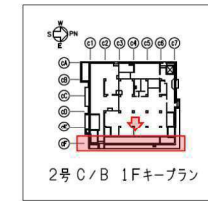
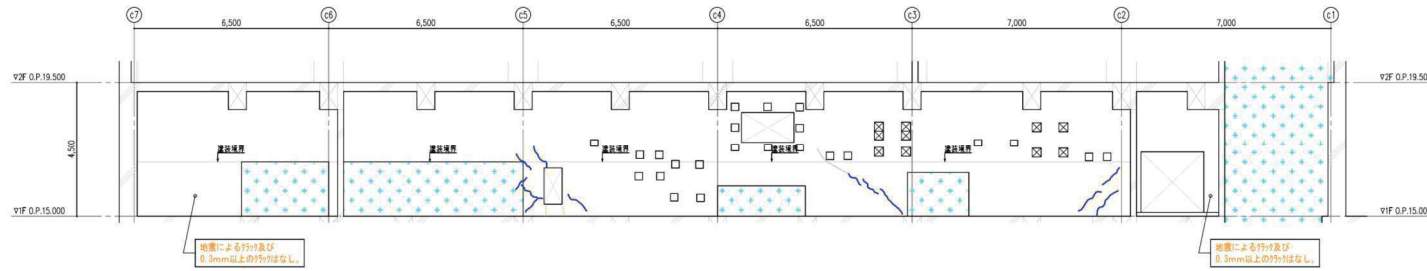


付図-10 制御建屋のひび割れ分布 耐震壁 (10) 1階 C7 通り

地震による		地震以外		
0.3mm未満				補未確認
0.3mm以上～1.0mm未満		0.3mm以上～1.0mm未満		はくらく
1.0mm以上		1.0mm以上		確認不能の範囲

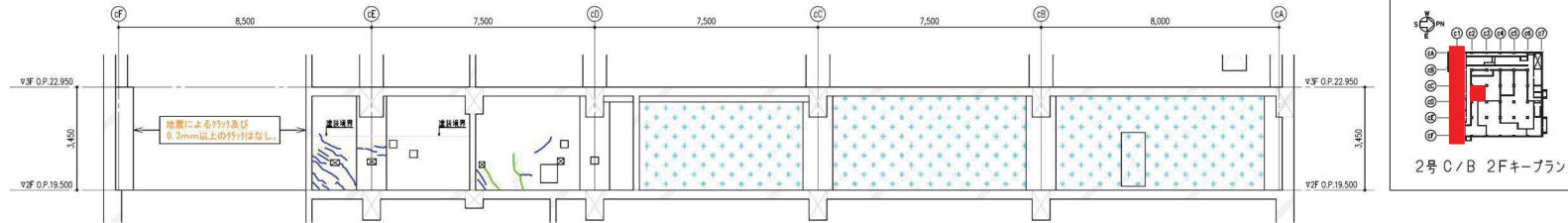
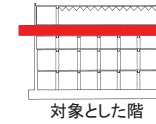


付図-11 制御建屋のひび割れ分布 耐震壁 (11) 1階 CA 通り

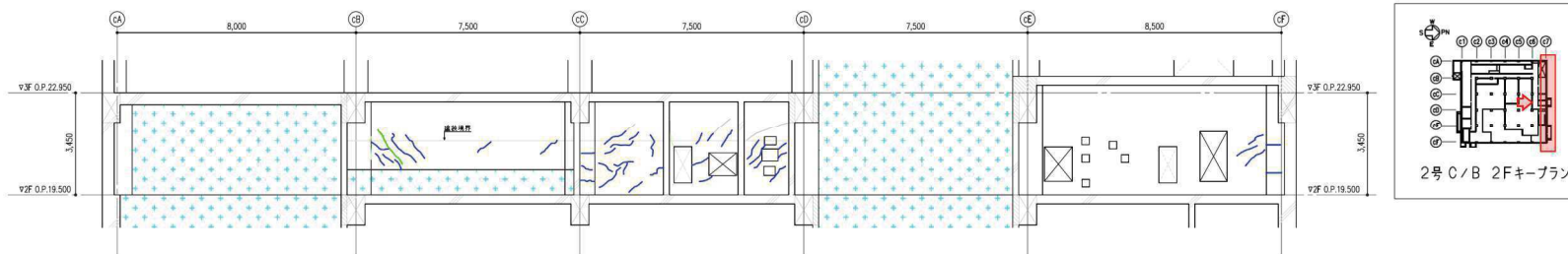


付図-12 制御建屋のひび割れ分布 耐震壁 (12) 1階 CF 通り

地震による		地震以外			
	0.3mm未満		0.3mm以上～1.0mm未満		確認未確認
	0.3mm以上～1.0mm未満		1.0mm以上		はくらく
	1.0mm以上				確認不能の範囲

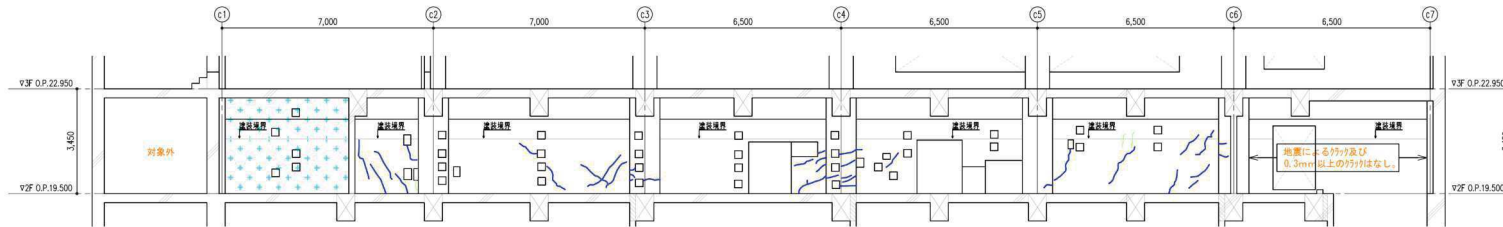
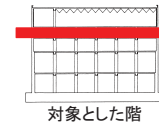


付図-13 制御建屋のひび割れ分布 耐震壁 (13) 2階 C1 通り

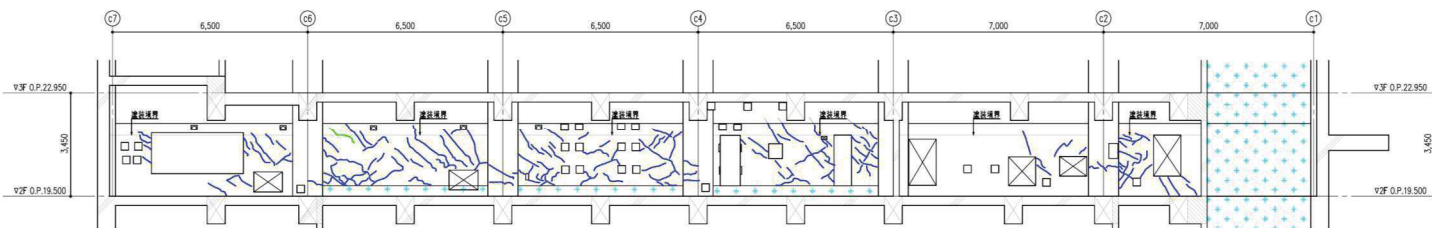


付図-14 制御建屋のひび割れ分布 耐震壁 (14) 2階 C7 通り

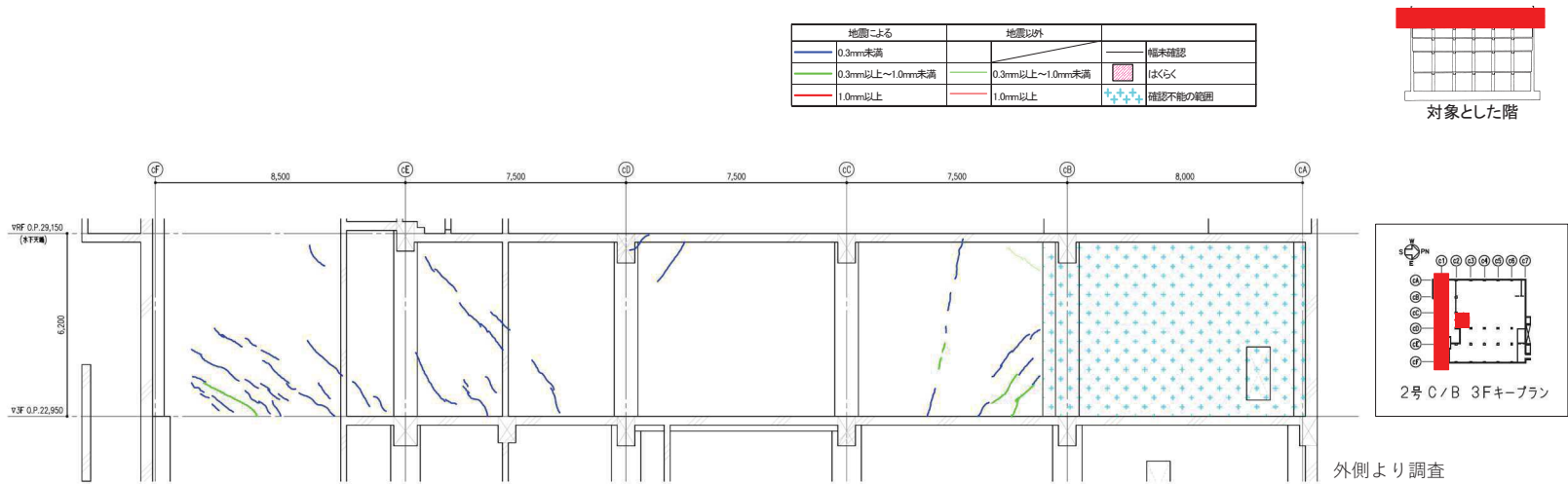
地震による		地震以外		
0.3mm未満		0.3mm以上~1.0mm未満		幅未確認
0.3mm以上~1.0mm未満		0.3mm以上~1.0mm未満		はくらく
1.0mm以上		1.0mm以上		確認不能の範囲



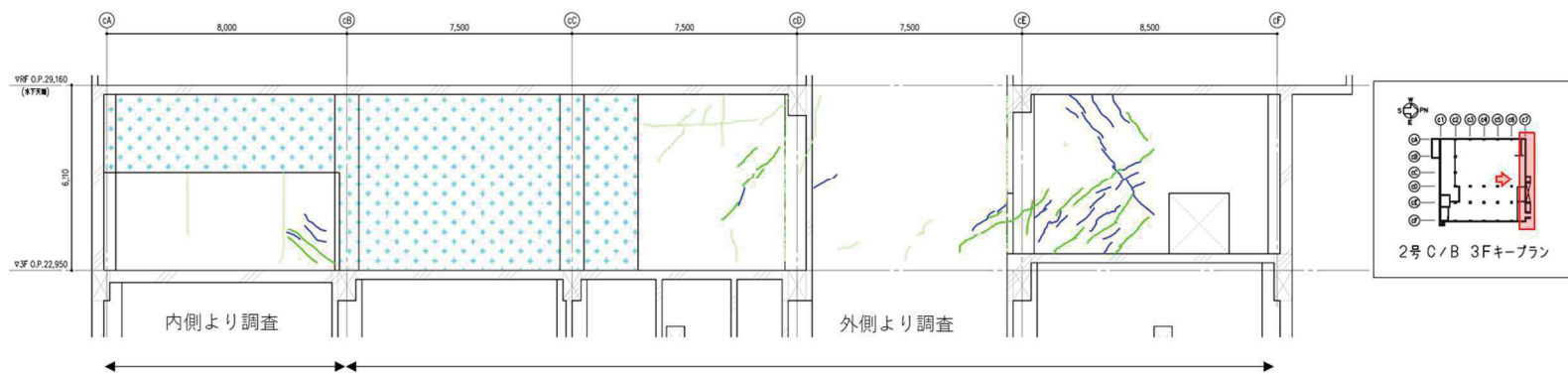
付図-15 制御建屋のひび割れ分布 耐震壁 (15) 2階 CA 通り



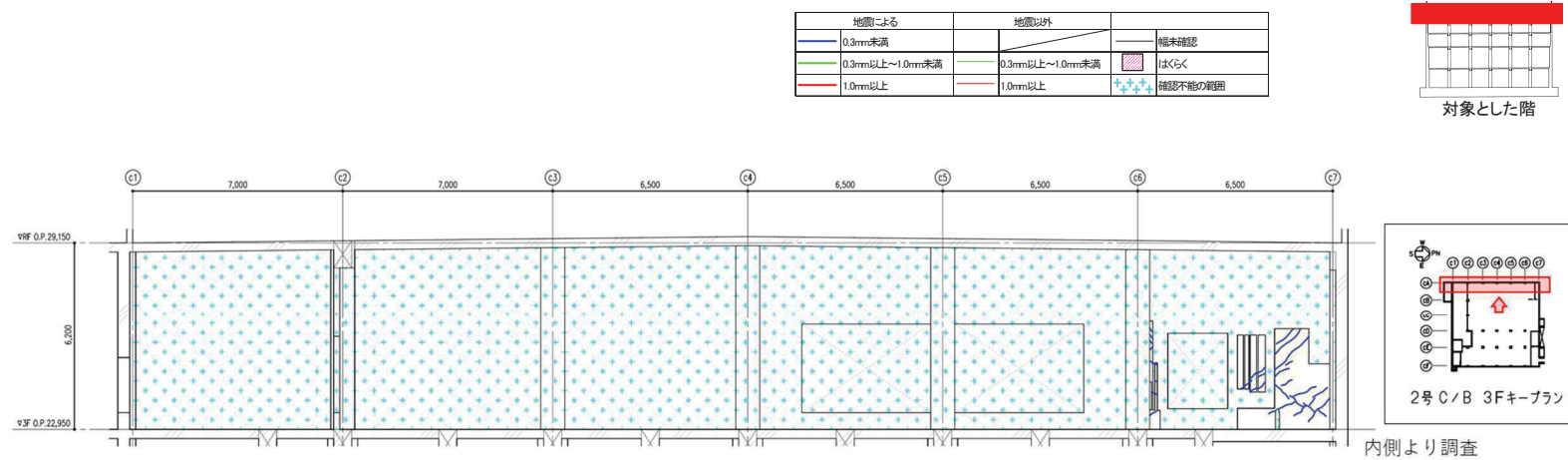
付図-16 制御建屋のひび割れ分布 耐震壁 (16) 2階 CF 通り



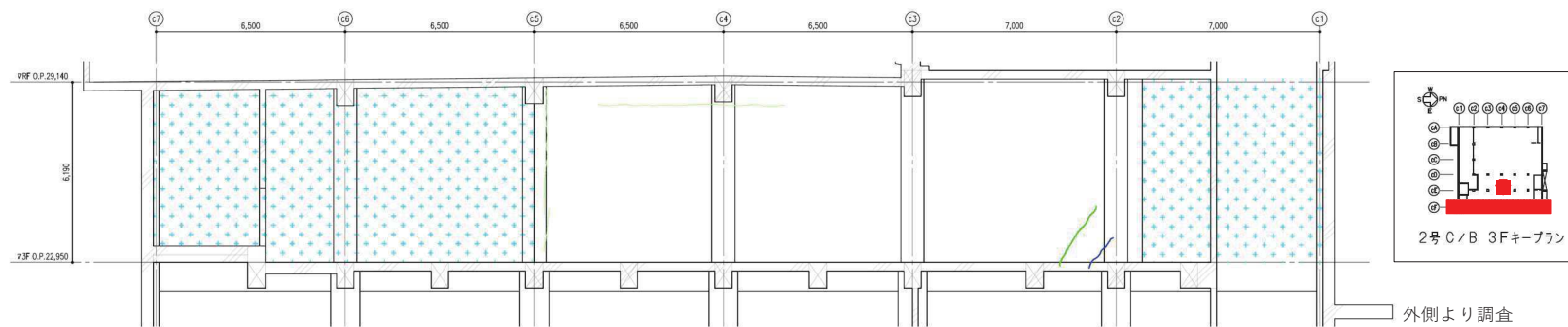
付図-17 制御建屋のひび割れ分布 耐震壁 (17) 3階 C1 通り



付図-18 制御建屋のひび割れ分布 耐震壁 (18) 3階 C7 通り



付図-19 制御建屋のひび割れ分布 耐震壁 (19) 3階 CA 通り



付図-20 制御建屋のひび割れ分布 耐震壁 (20) 3階 CF 通り

別紙 1-3-1 3次元 FEM 等価線形モデルによるシミュレーション
解析と点検結果の比較（制御建屋）

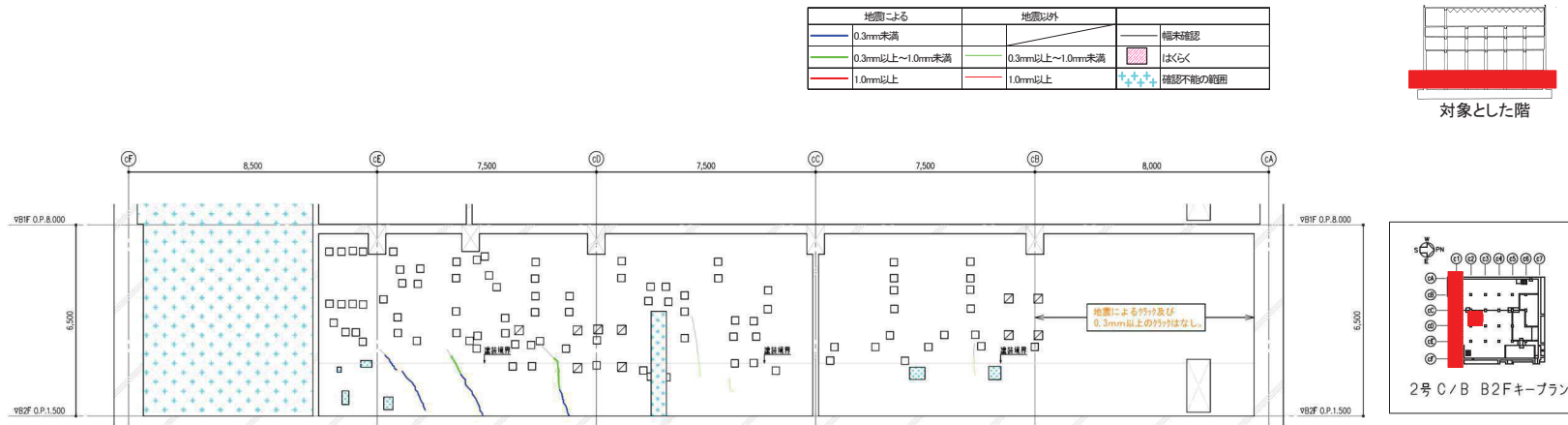


図 1 (1) 制御建屋のひび割れ分布 (耐震壁 地下 2 階 C1 通り)

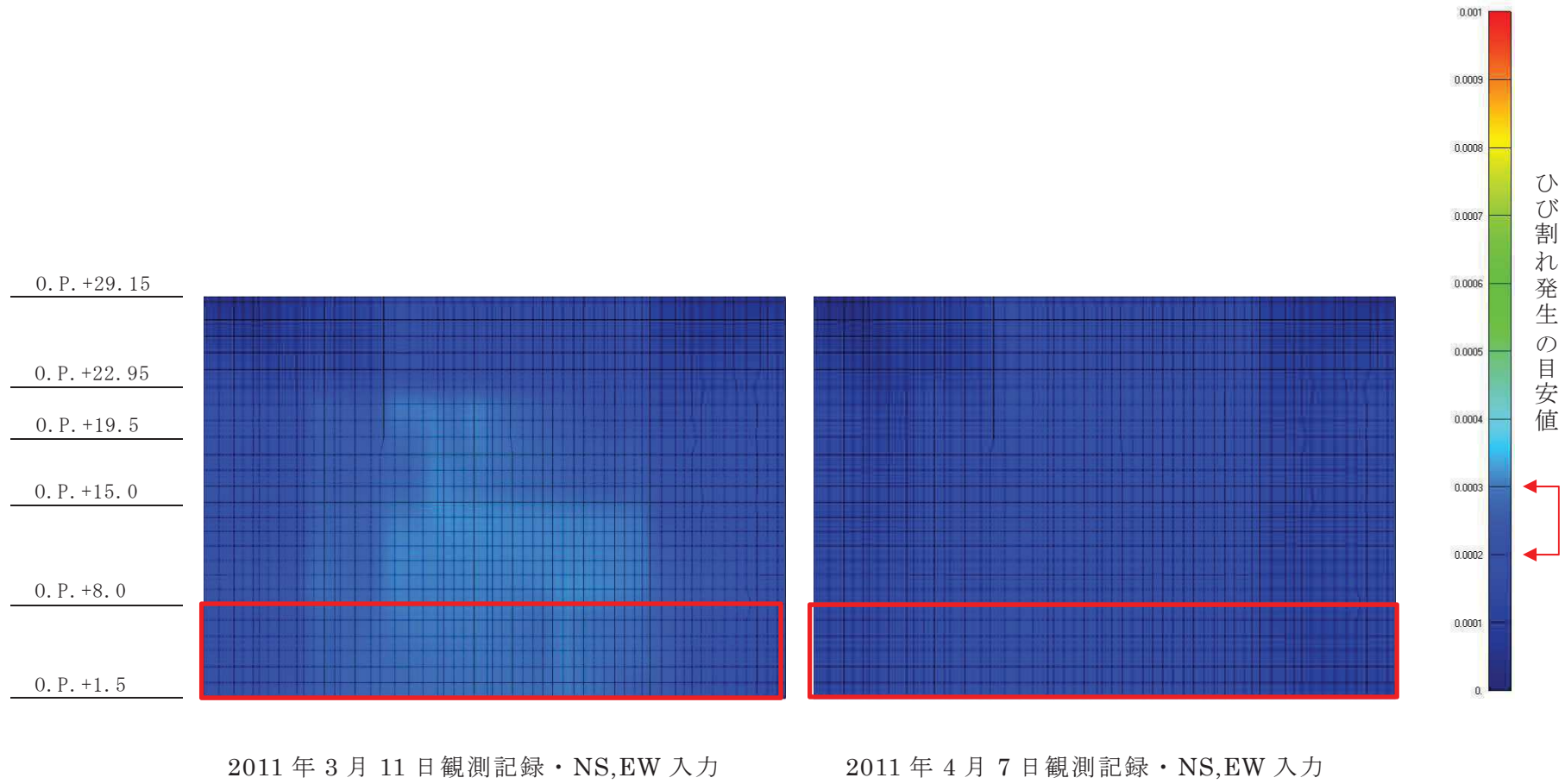


図 1 (2) 制御建屋の面内せん断ひずみコンター図 (耐震壁 地下 2 階 C1 通り)

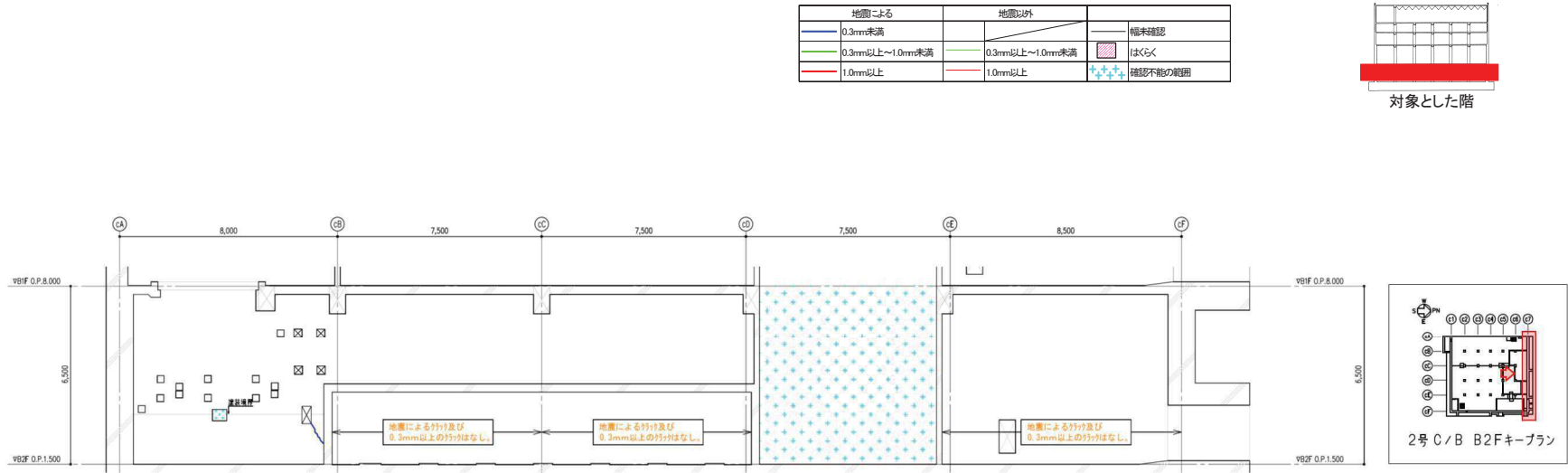


図 2 (1) 制御建屋のひび割れ分布 (耐震壁 地下 2 階 C7 通り)

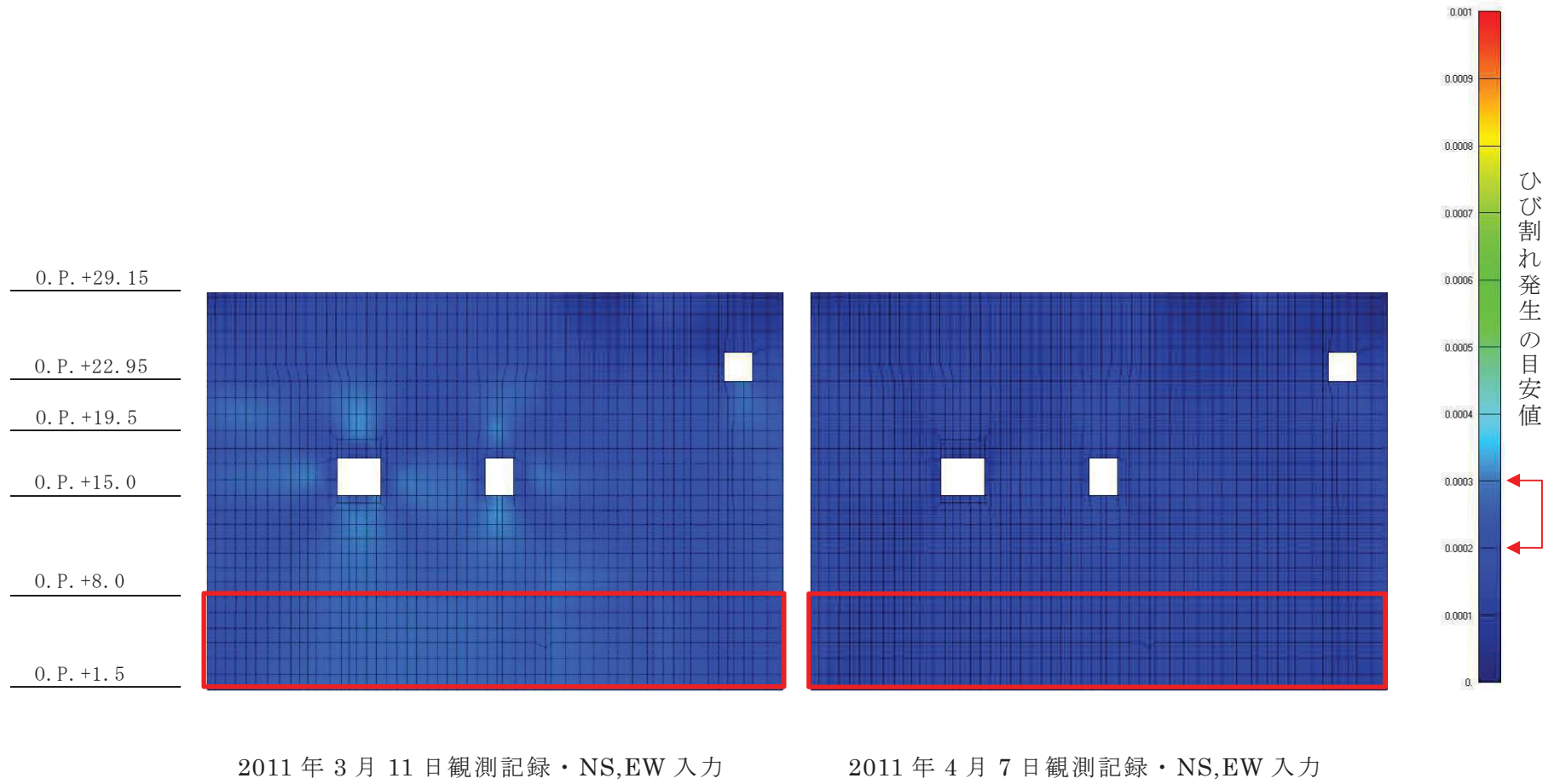


図 2 (2) 制御建屋の面内せん断ひずみコンター図 (耐震壁 地下 2 階 C7 通り)

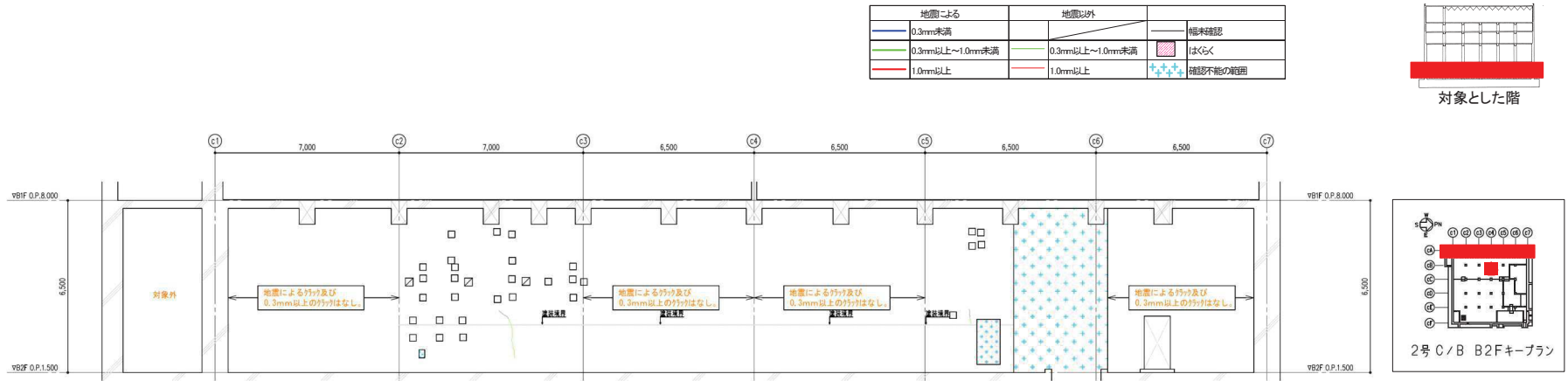


図 3 (1) 制御建屋のひび割れ分布 (耐震壁 地下 2 階 CA 通り)

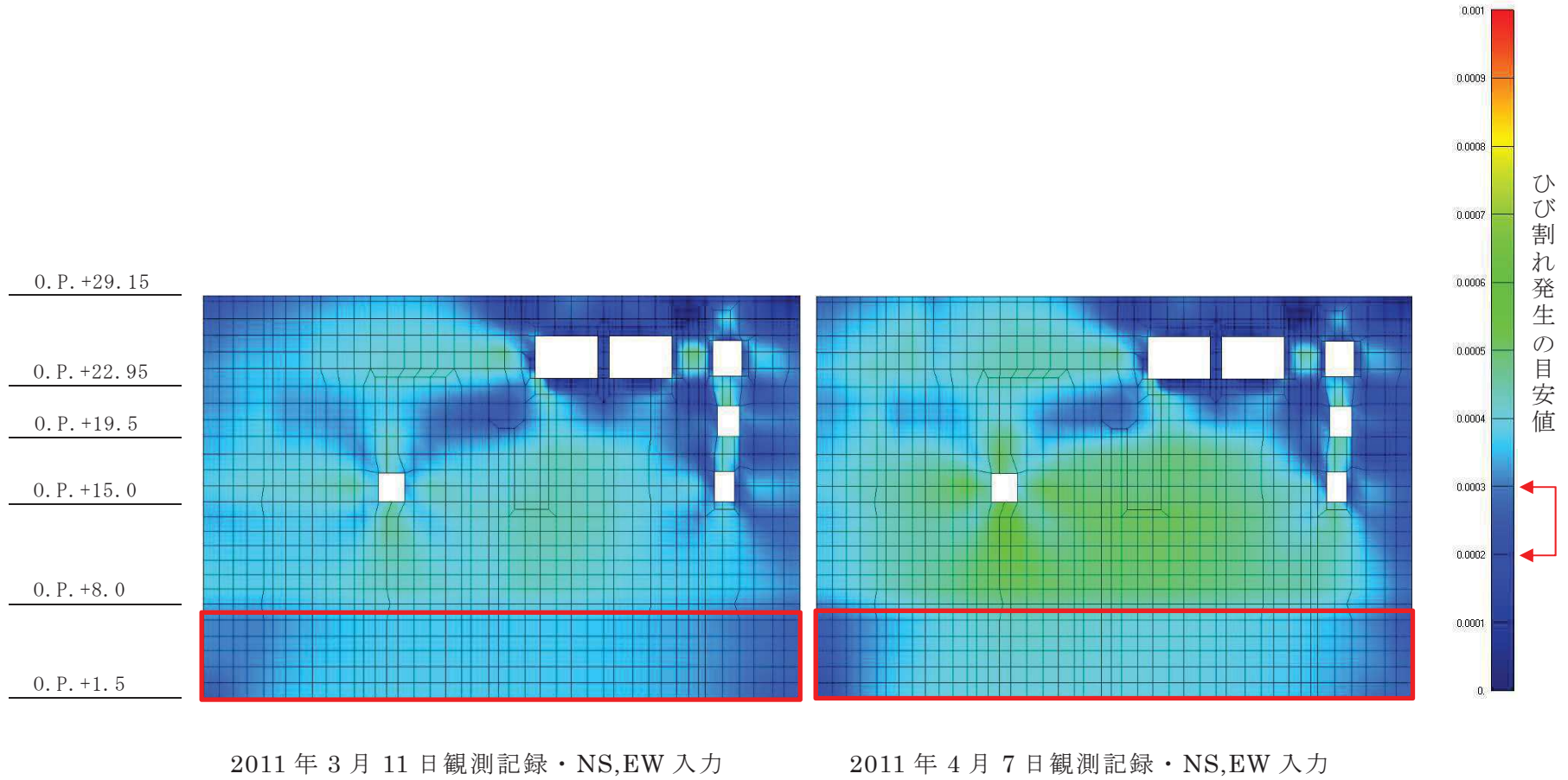


図 3 (2) 制御建屋の面内せん断ひずみコンター図 (耐震壁 地下2階 CA 通り)

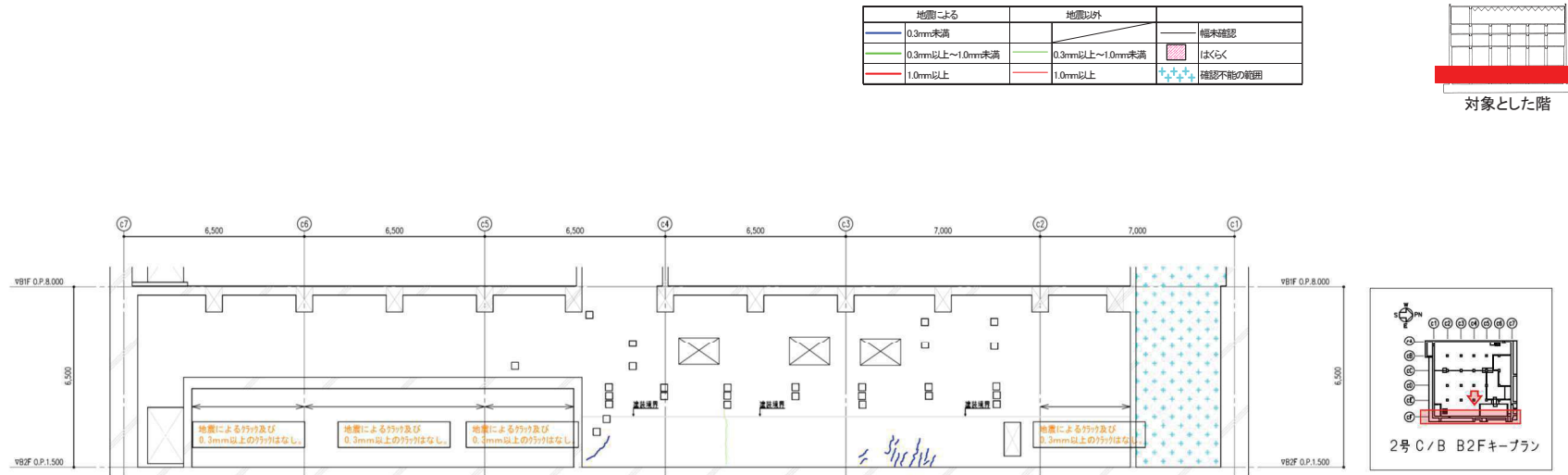
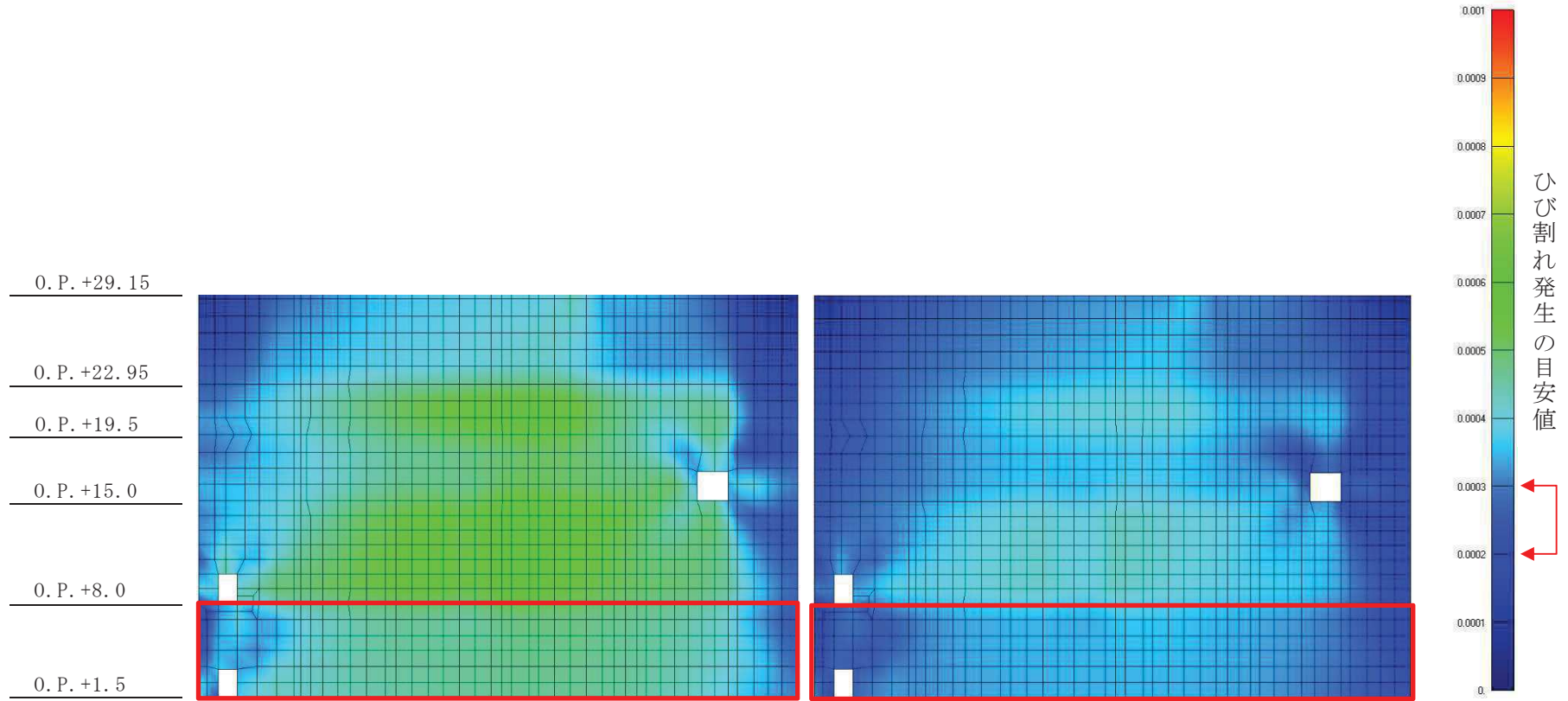


図 4 (1) 制御建屋のひび割れ分布 (耐震壁 地下 2 階 CF 通り)



2011年3月11日観測記録・NS,EW,UD 入力

2011年4月7日観測記録・NS,EW,UD 入力

図 4 (2) 制御建屋の面内せん断ひずみコンター図 (耐震壁 地下2階 CF 通り)

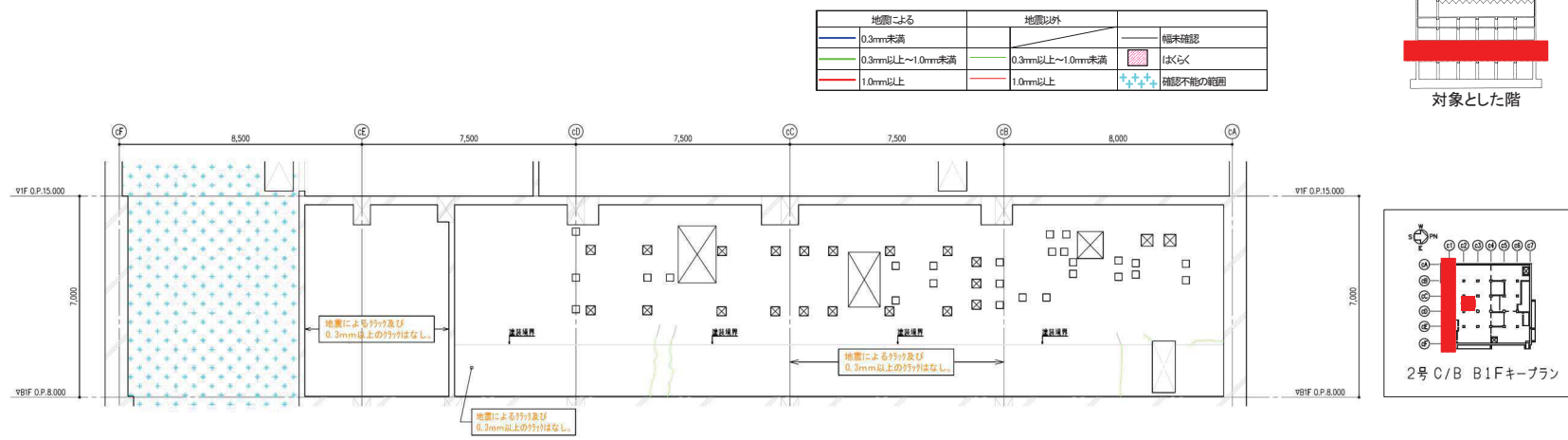


図 5 (1) 制御建屋のひび割れ分布 (耐震壁 地下 1 階 C1 通り)

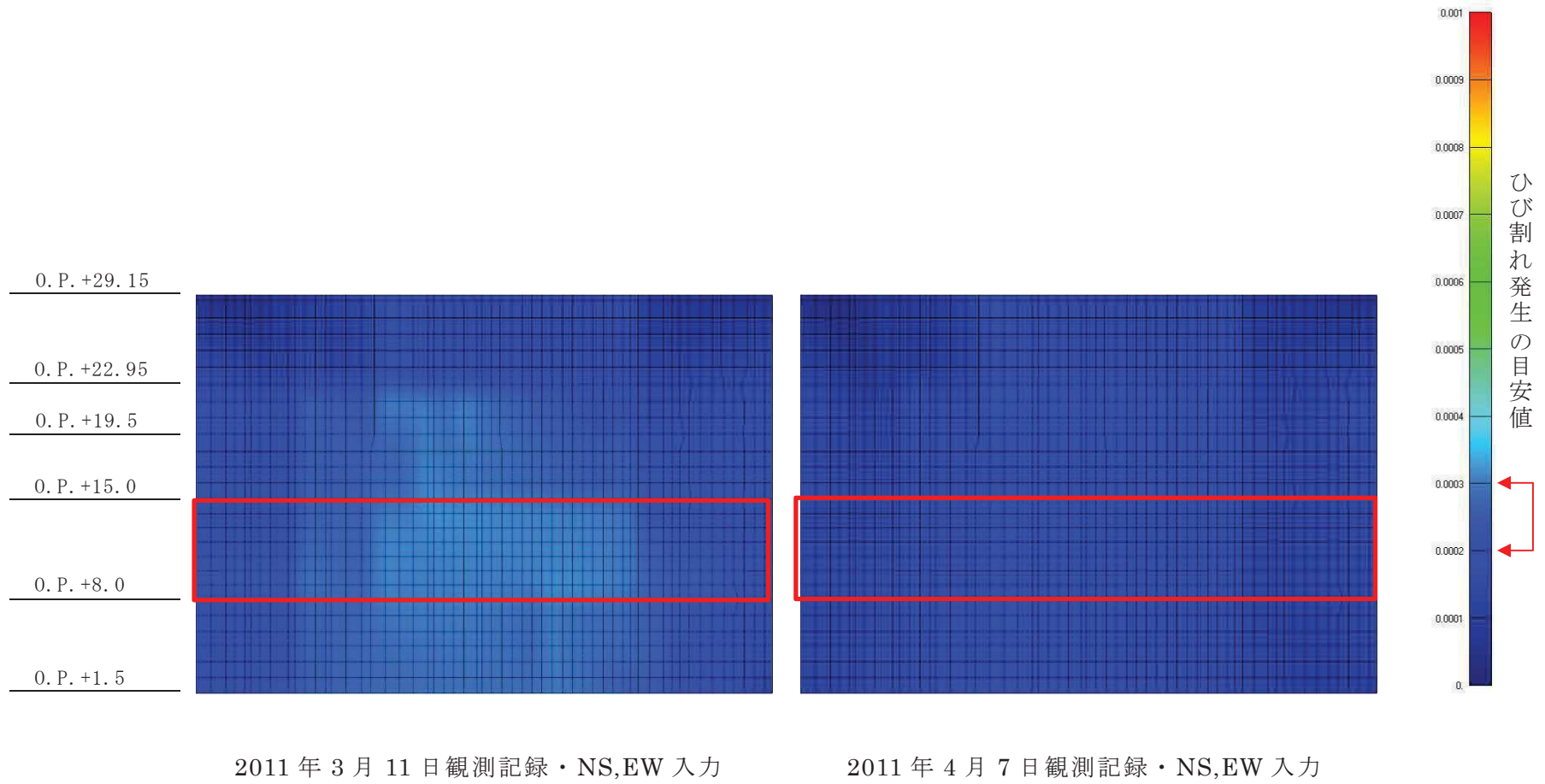


図 5 (2) 制御建屋の面内せん断ひずみコンター図 (耐震壁 地下1階 C1 通り)

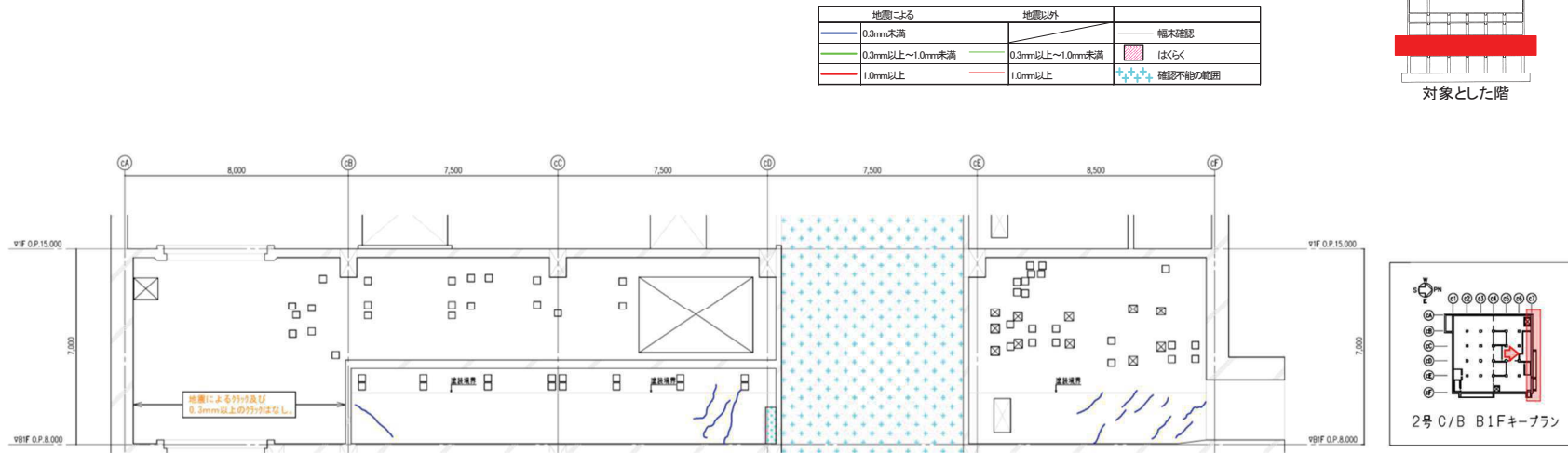


図 6 (1) 制御建屋のひび割れ分布 (耐震壁 地下 1 階 C7 通り)

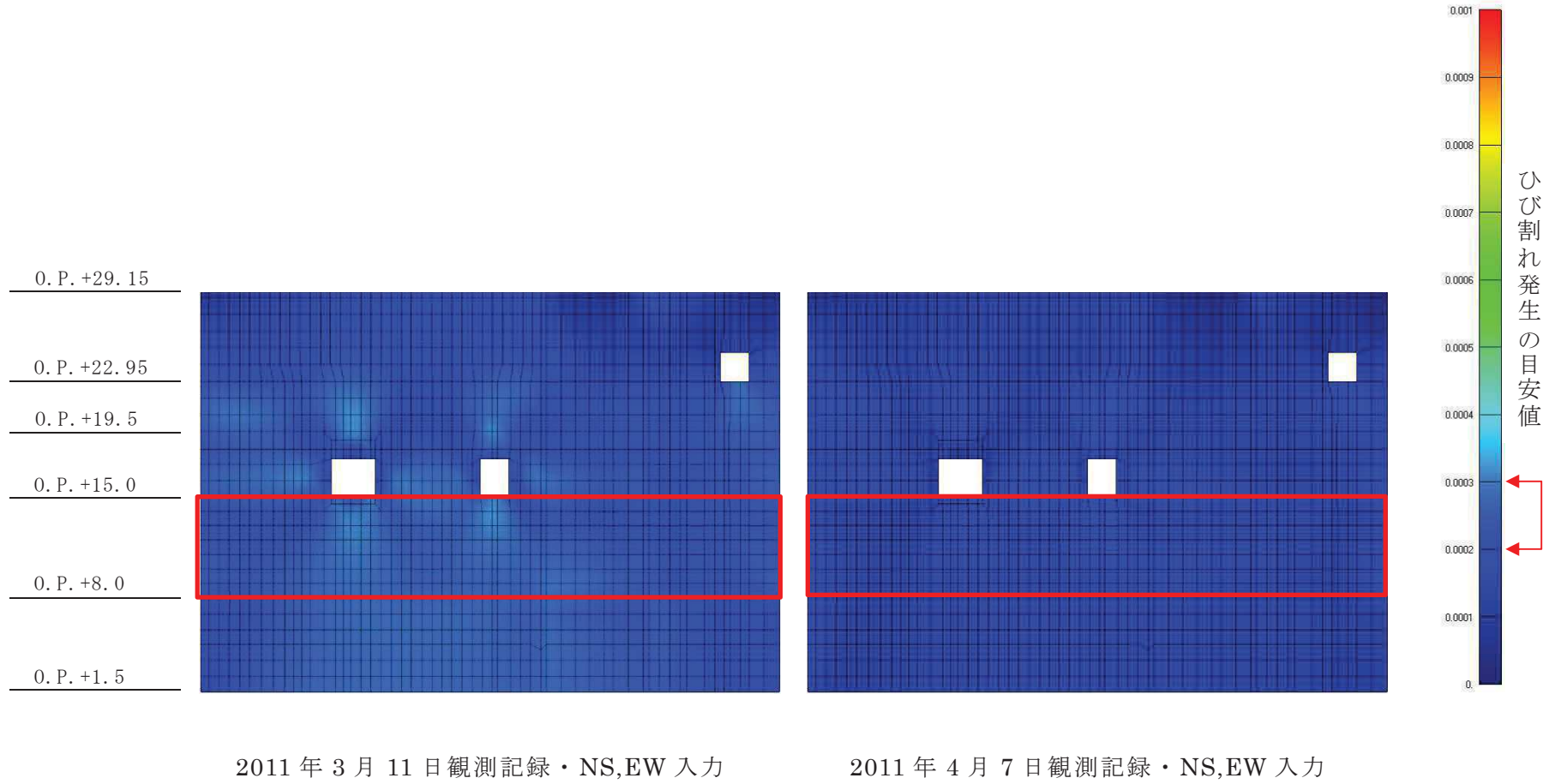


図 6 (2) 制御建屋の面内せん断ひずみコンター図 (耐震壁 地下1階 C7 通り)

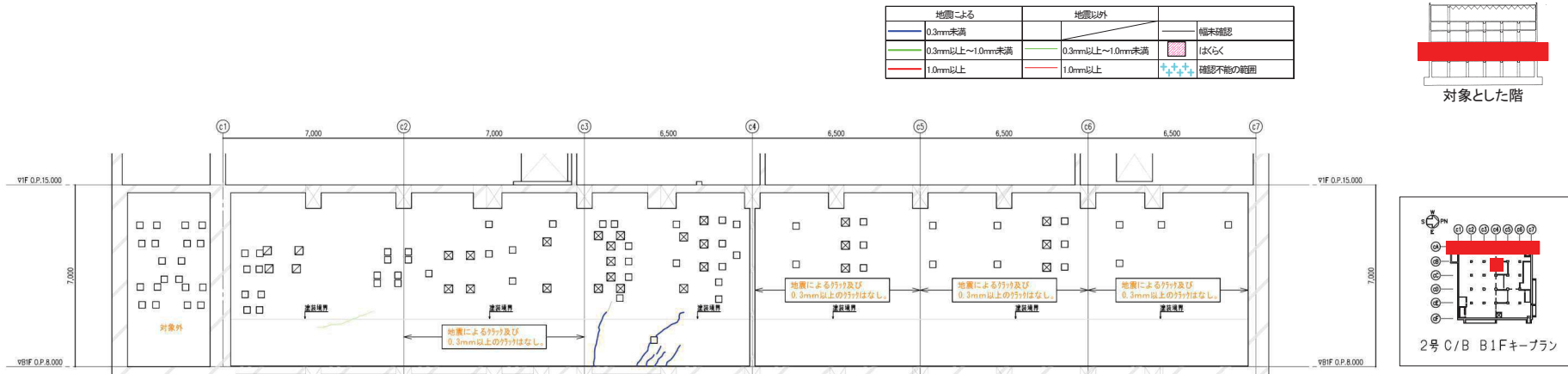
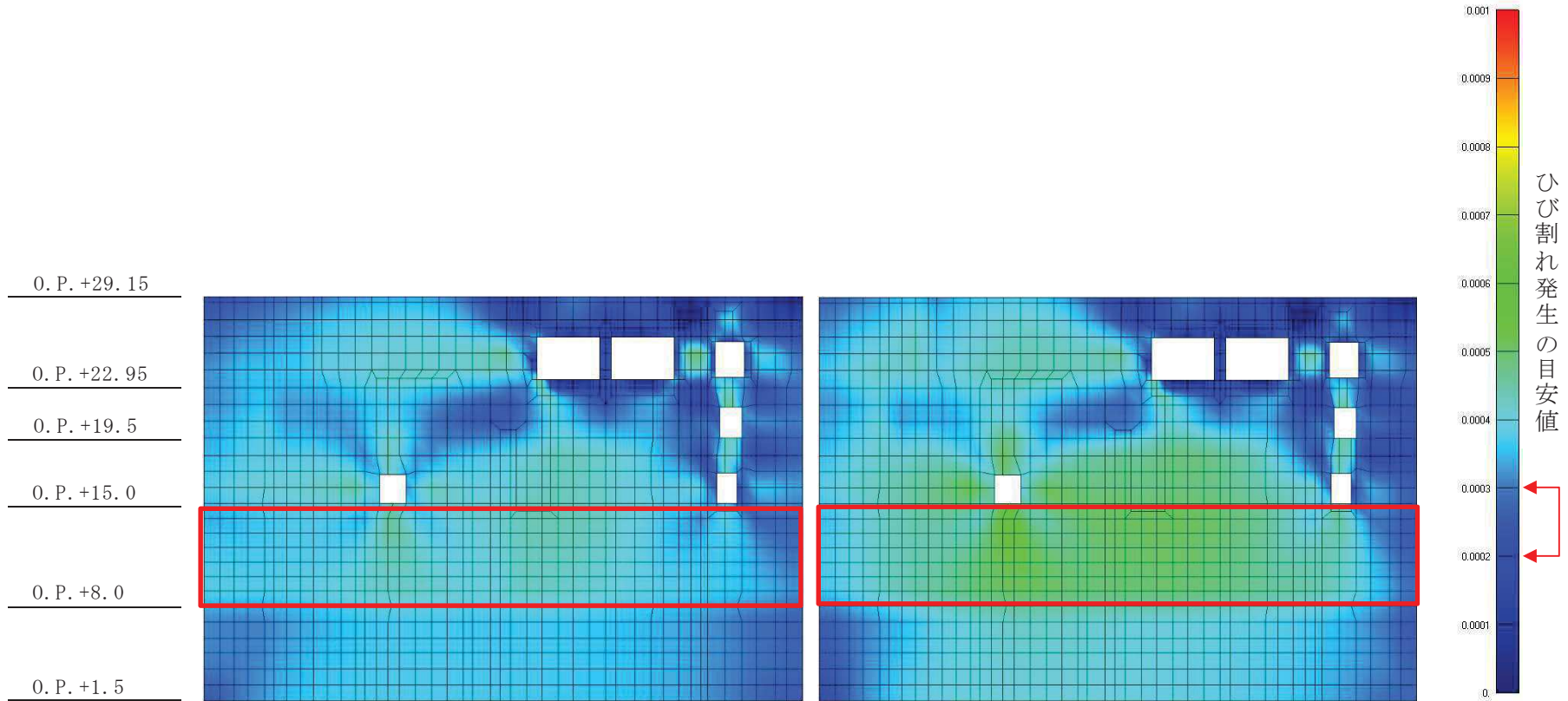


図 7 (1) 制御建屋のひび割れ分布 (耐震壁 地下 1 階 CA 通り)



2011年3月11日観測記録・NS,EW入力

2011年4月7日観測記録・NS,EW入力

図7(2) 制御建屋の面内せん断ひずみコンター図(耐震壁 地下1階 CA通り)

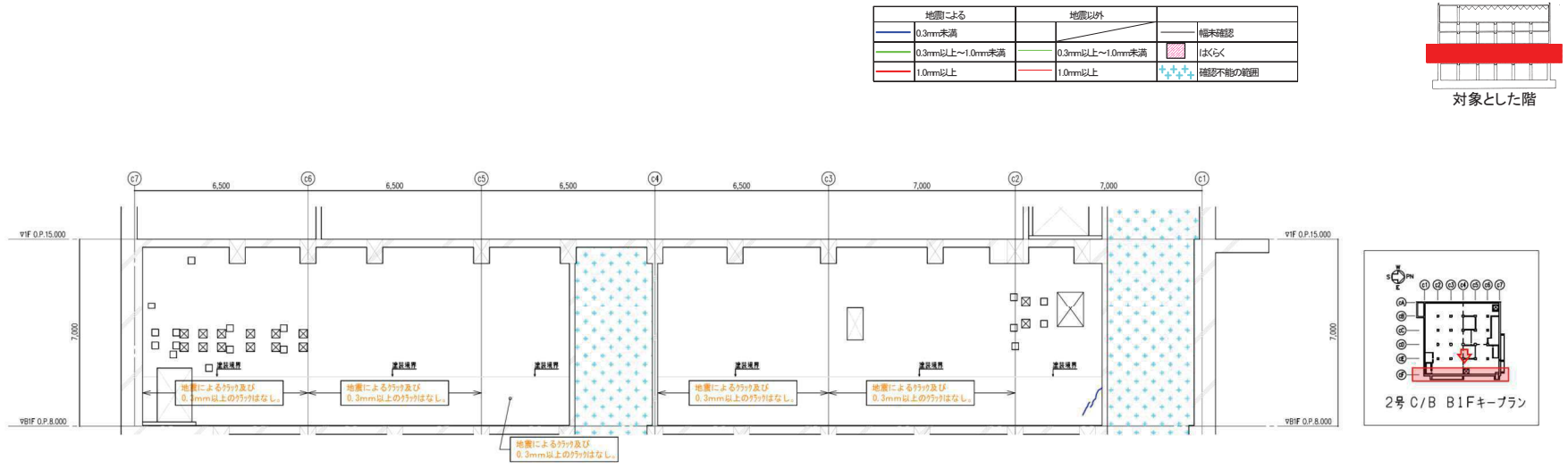


図 8 (1) 制御建屋のひび割れ分布 (耐震壁 地下 1 階 CF 通り)

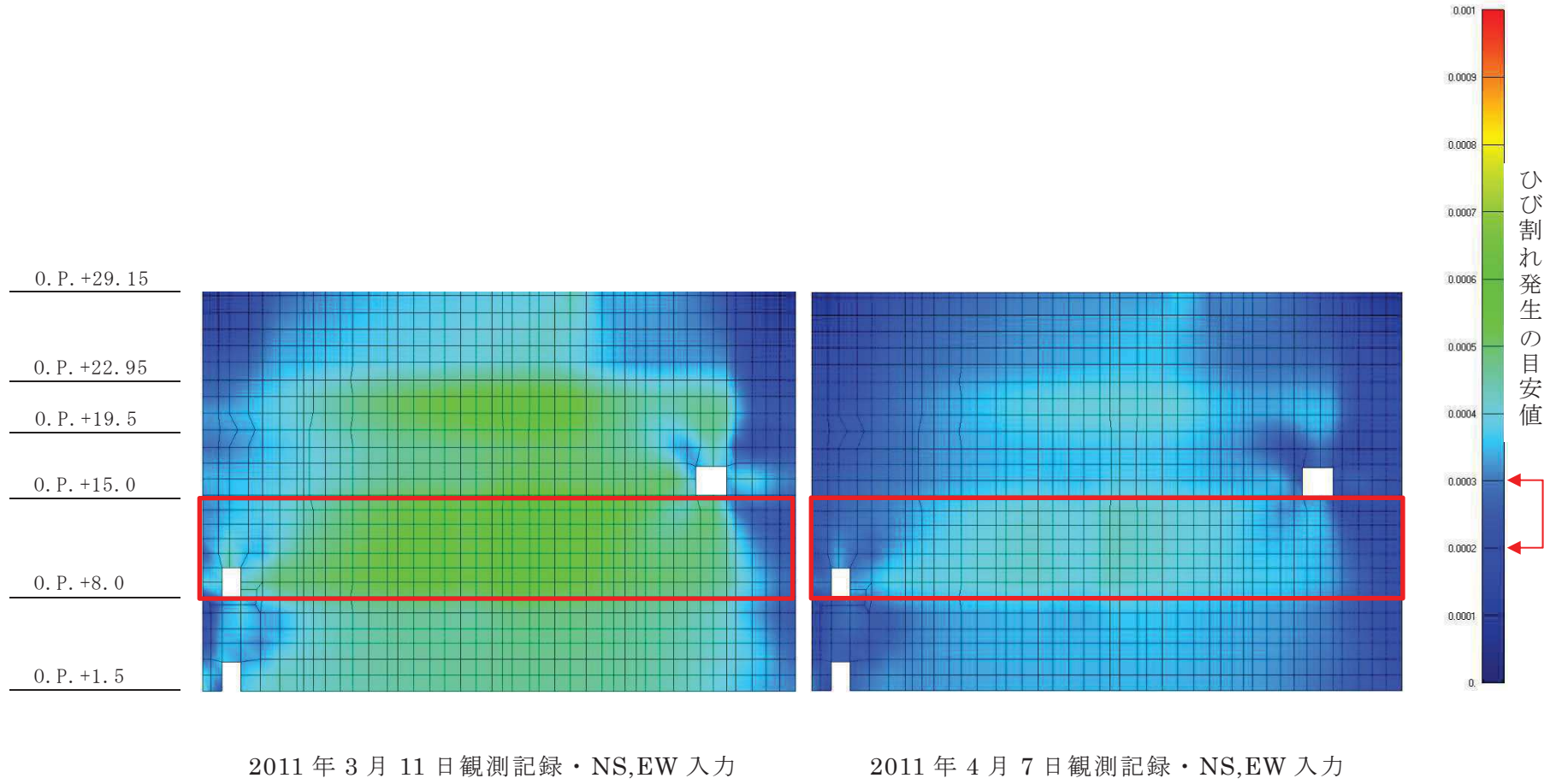


図 8 (2) 制御建屋の面内せん断ひずみコンター図 (耐震壁 地下1階 CF 通り)

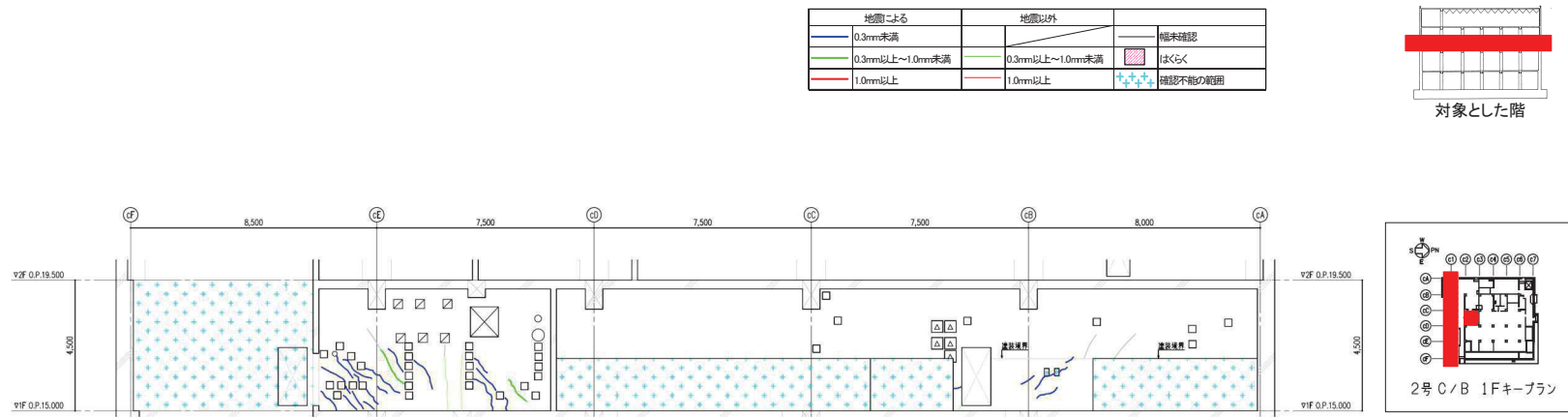


図 9 (1) 制御建屋のひび割れ分布 (耐震壁 1階 C1 通り)

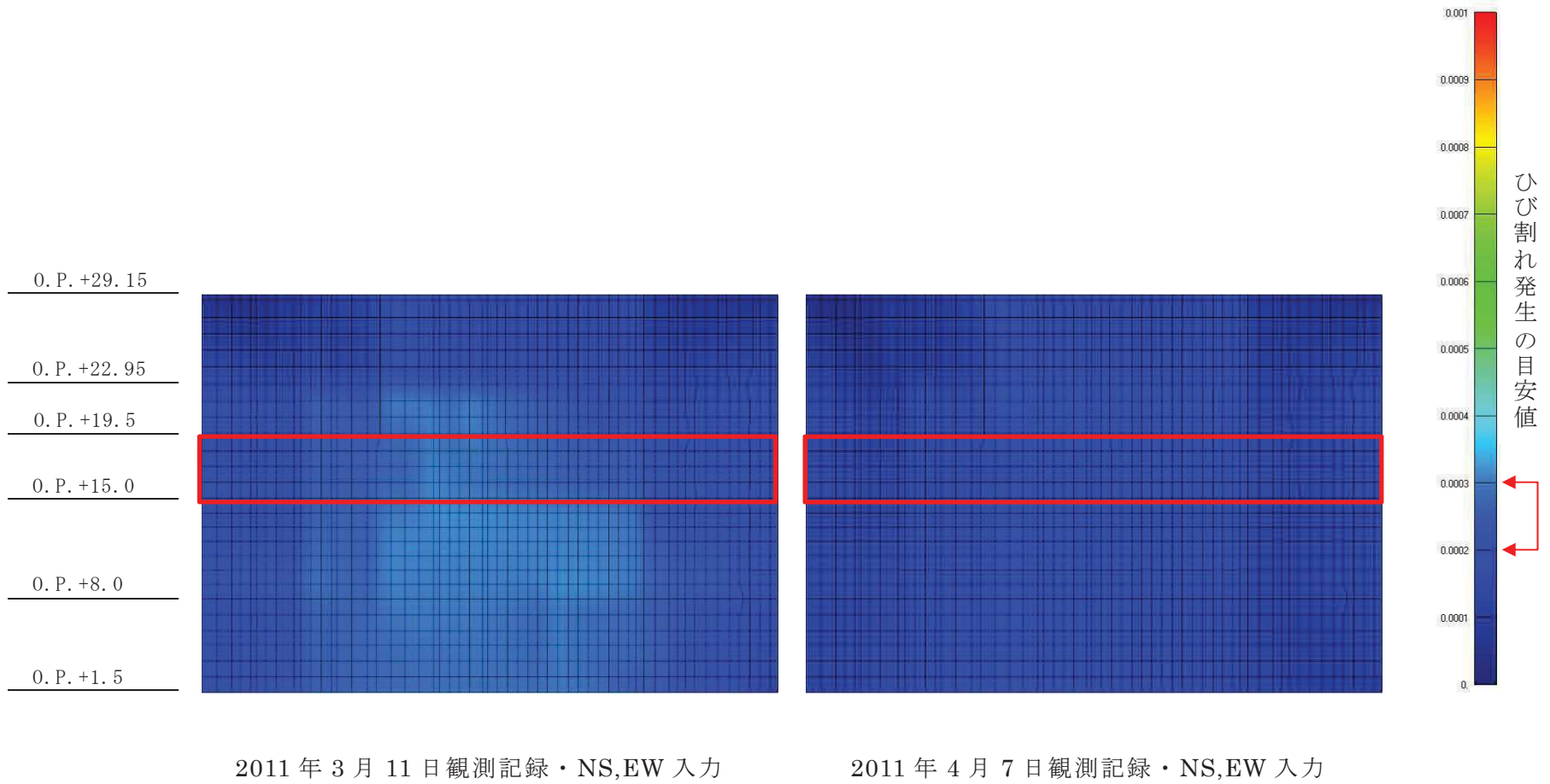


図 9 (2) 制御建屋の面内せん断ひずみコンター図 (耐震壁 1階 C1 通り)

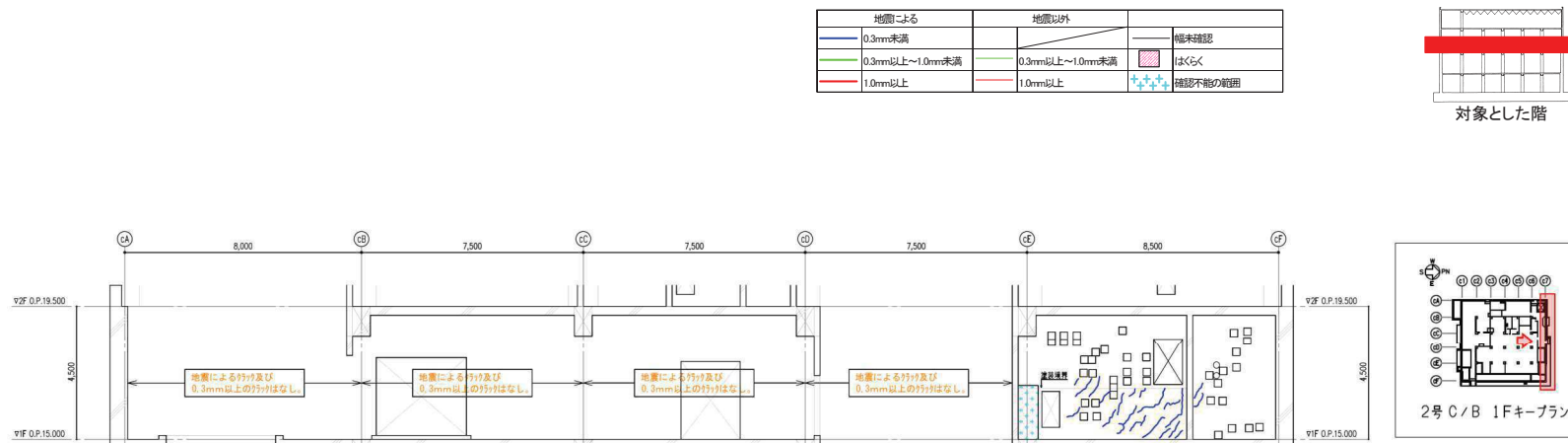
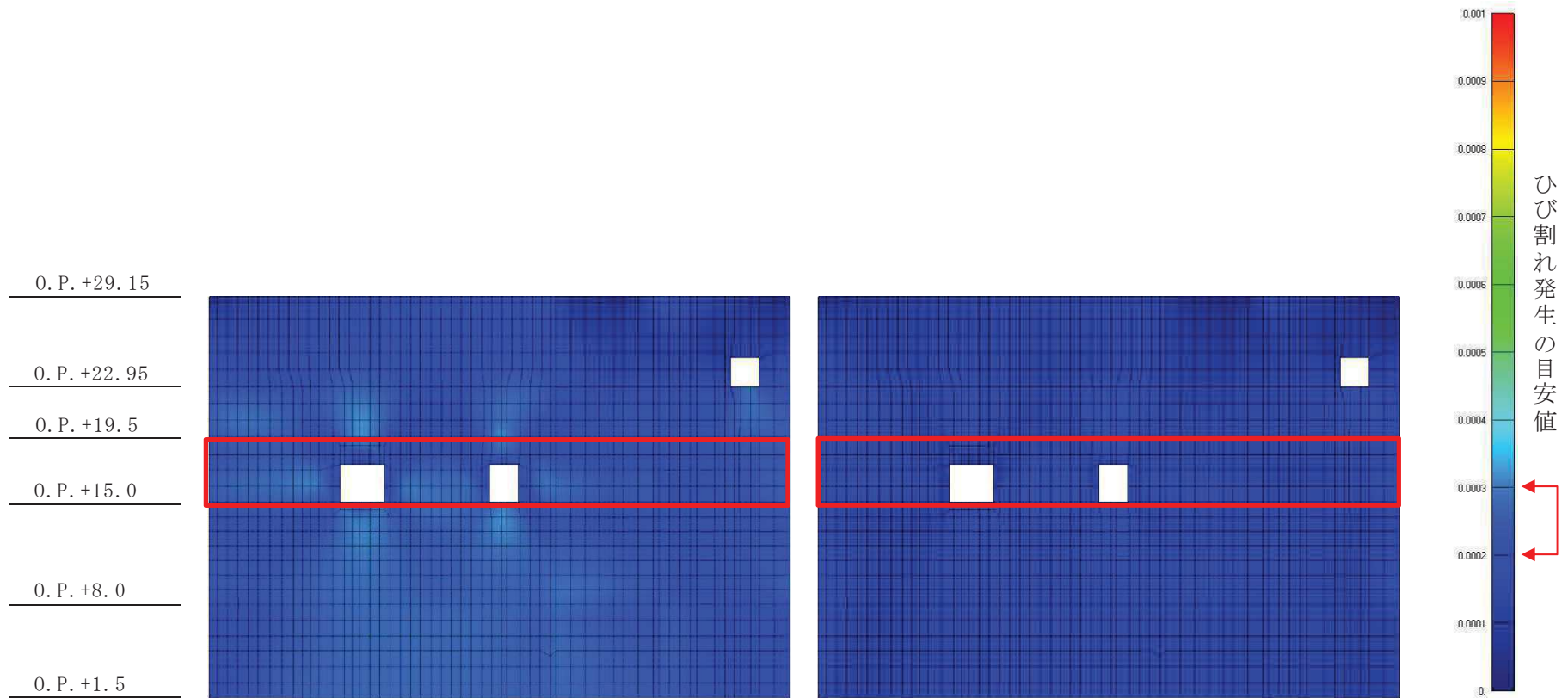


図 10 (1) 制御建屋のひび割れ分布 (耐震壁 1階 C7 通り)



2011年3月11日観測記録・NS,EW入力

2011年4月7日観測記録・NS,EW入力

図 10 (2) 制御建屋の面内せん断ひずみコンター図 (耐震壁 1階 C7 通り)

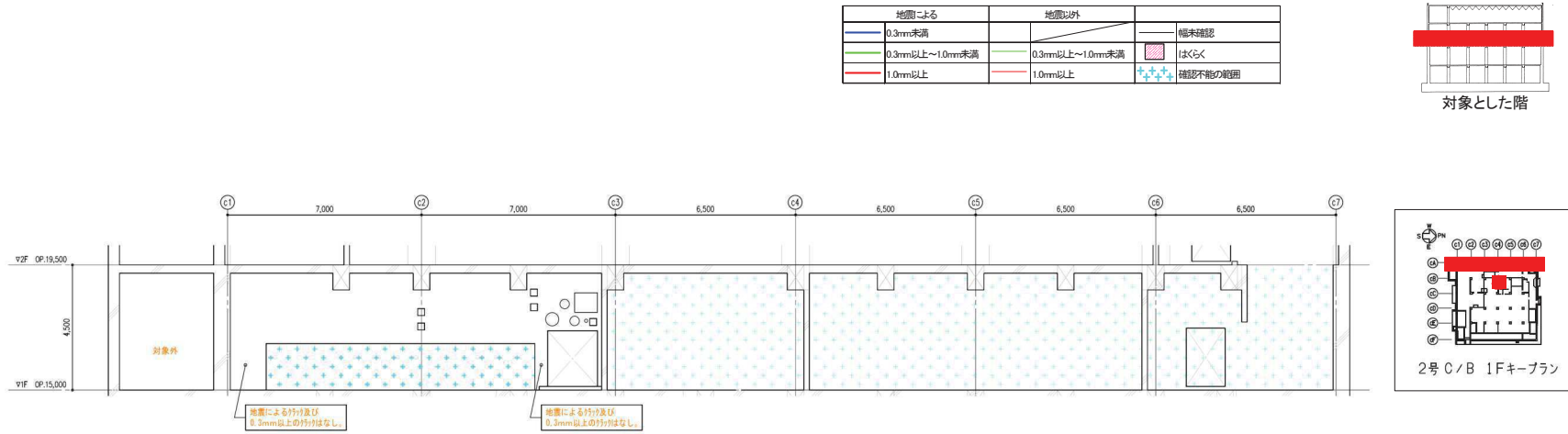


図 11 (1) 制御建屋のひび割れ分布 (耐震壁 1階 CA 通り)

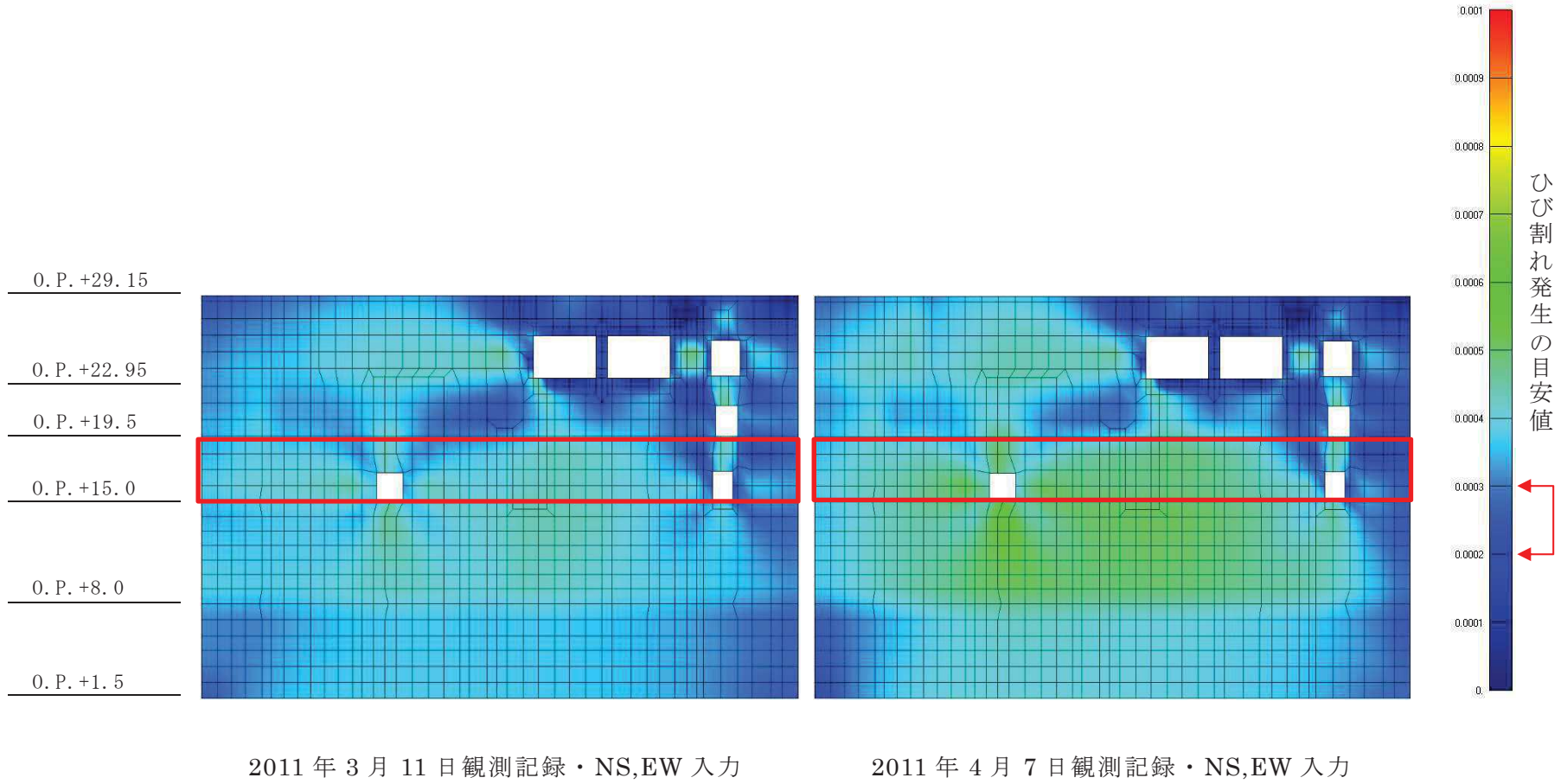


図 11 (2) 制御建屋の面内せん断ひずみコンター図 (耐震壁 1階 CA 通り)

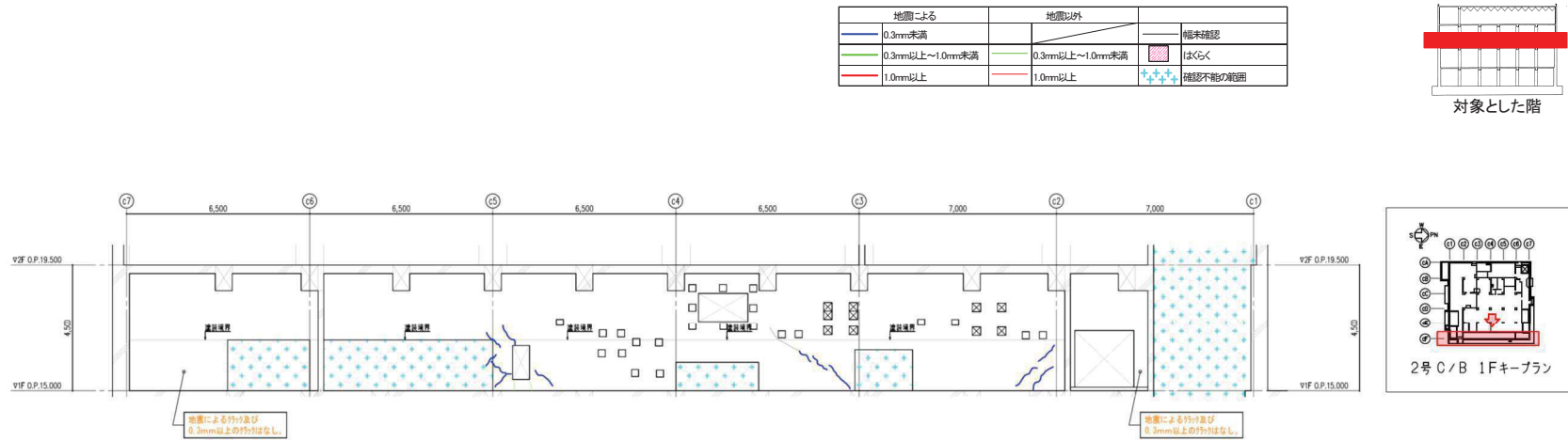


図 12 (1) 制御建屋のひび割れ分布 (耐震壁 1階 CF 通り)

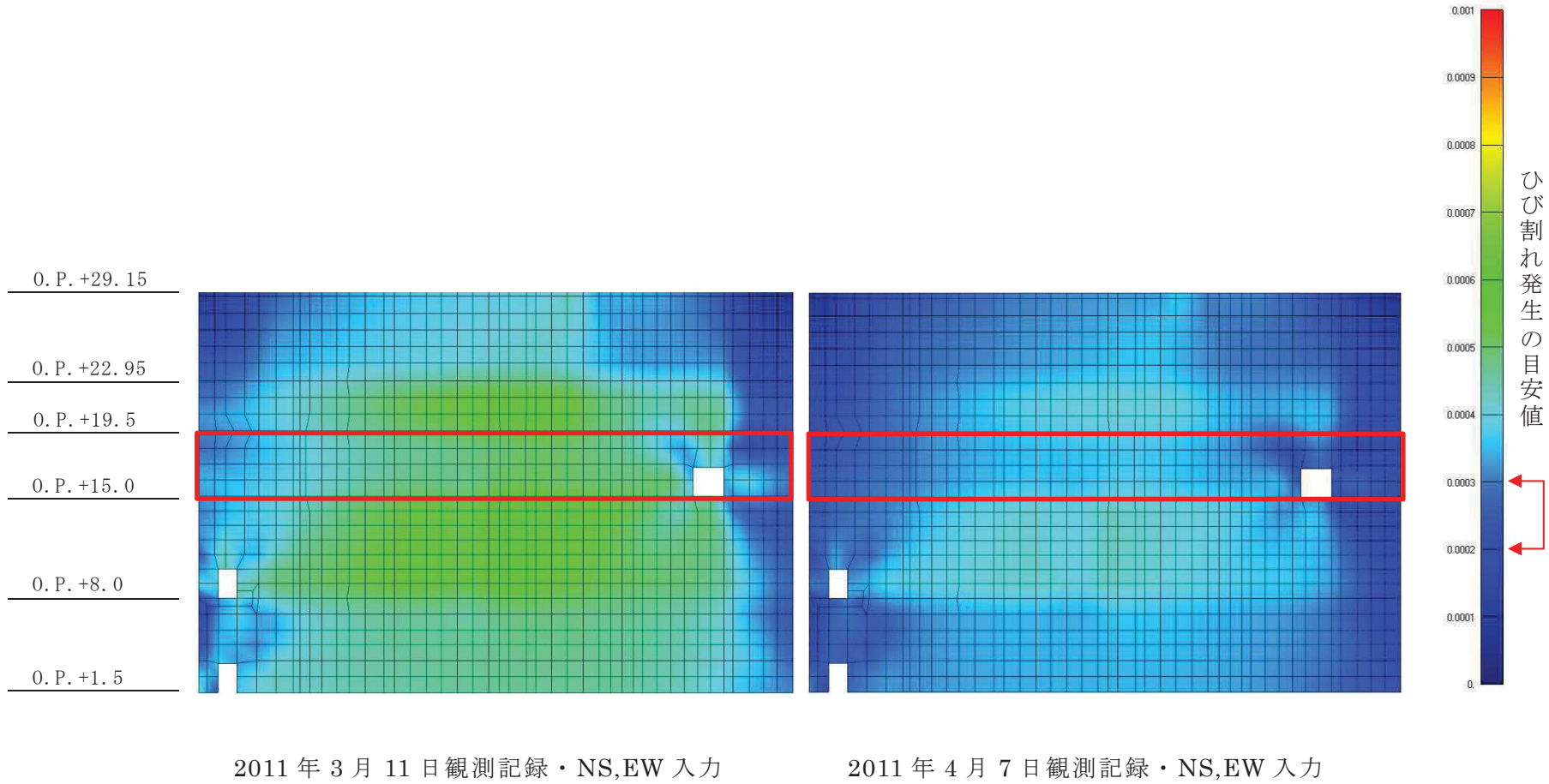


図 12 (2) 制御建屋の面内せん断ひずみコンター図 (耐震壁 1階 CF 通り)

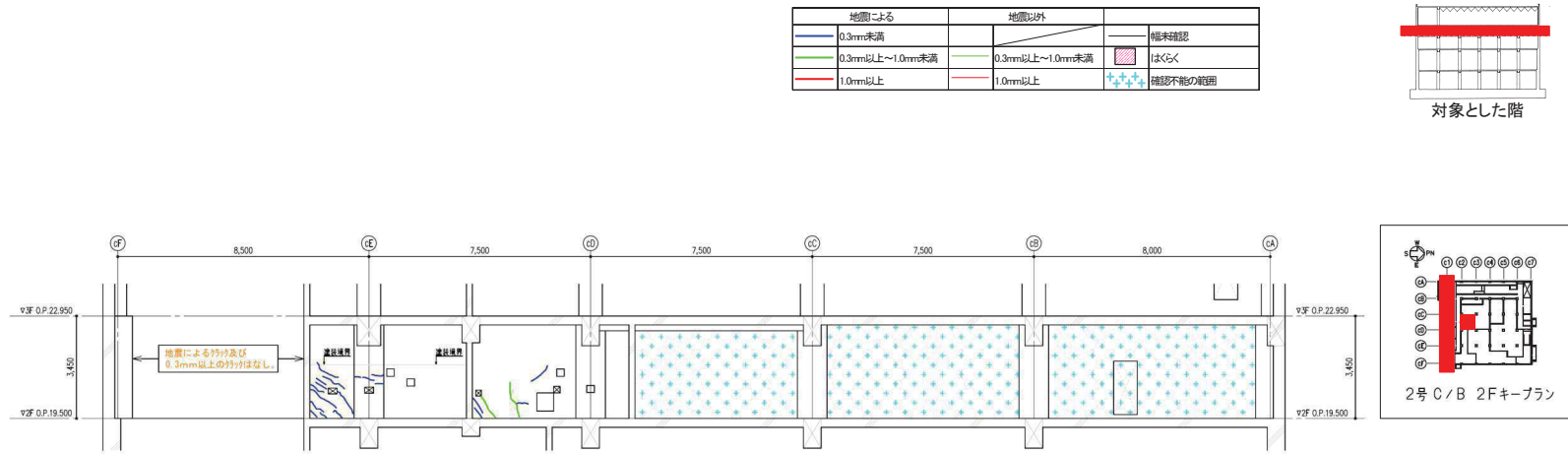


図 13 (1) 制御建屋のひび割れ分布 (耐震壁 2階 C1 通り)

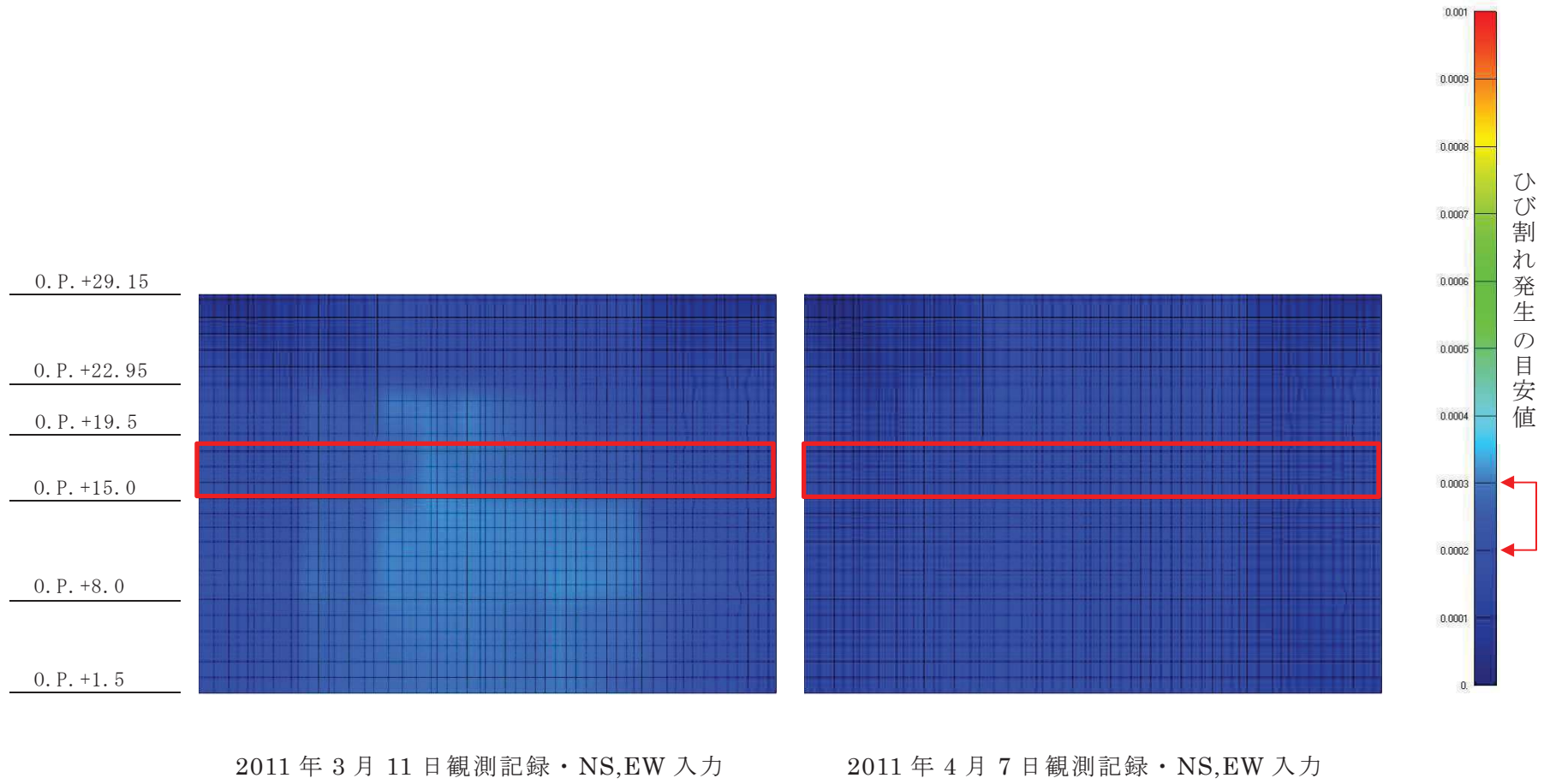


図 13 (2) 制御建屋の面内せん断ひずみコンター図 (耐震壁 2階 C1 通り)

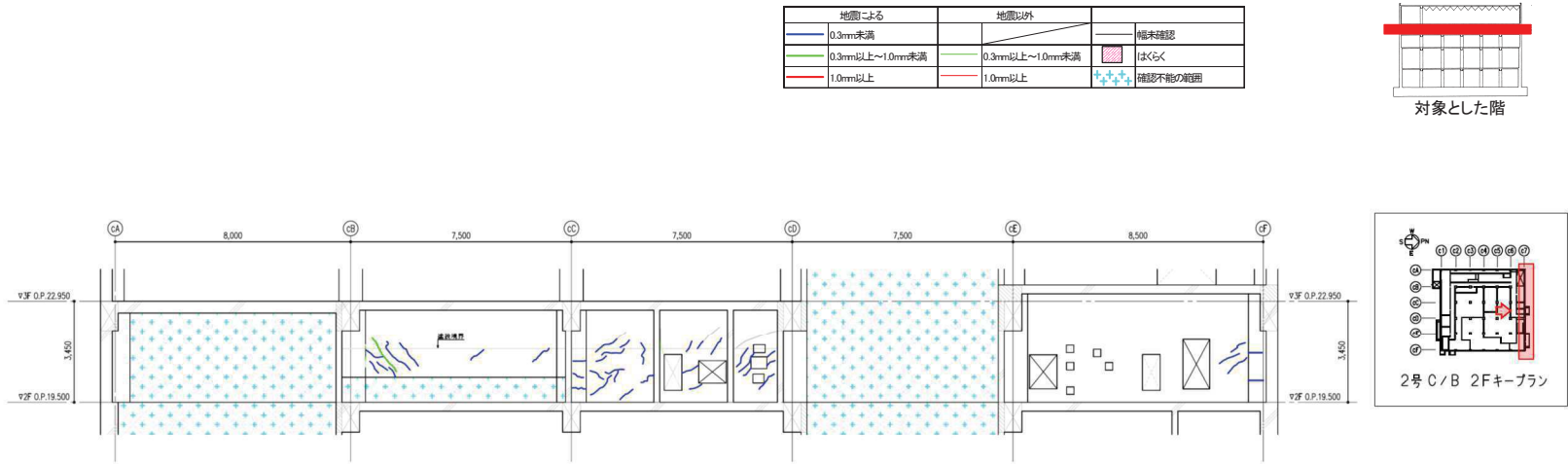


図 14 (1) 制御建屋のひび割れ分布 (耐震壁 2階 C7 通り)

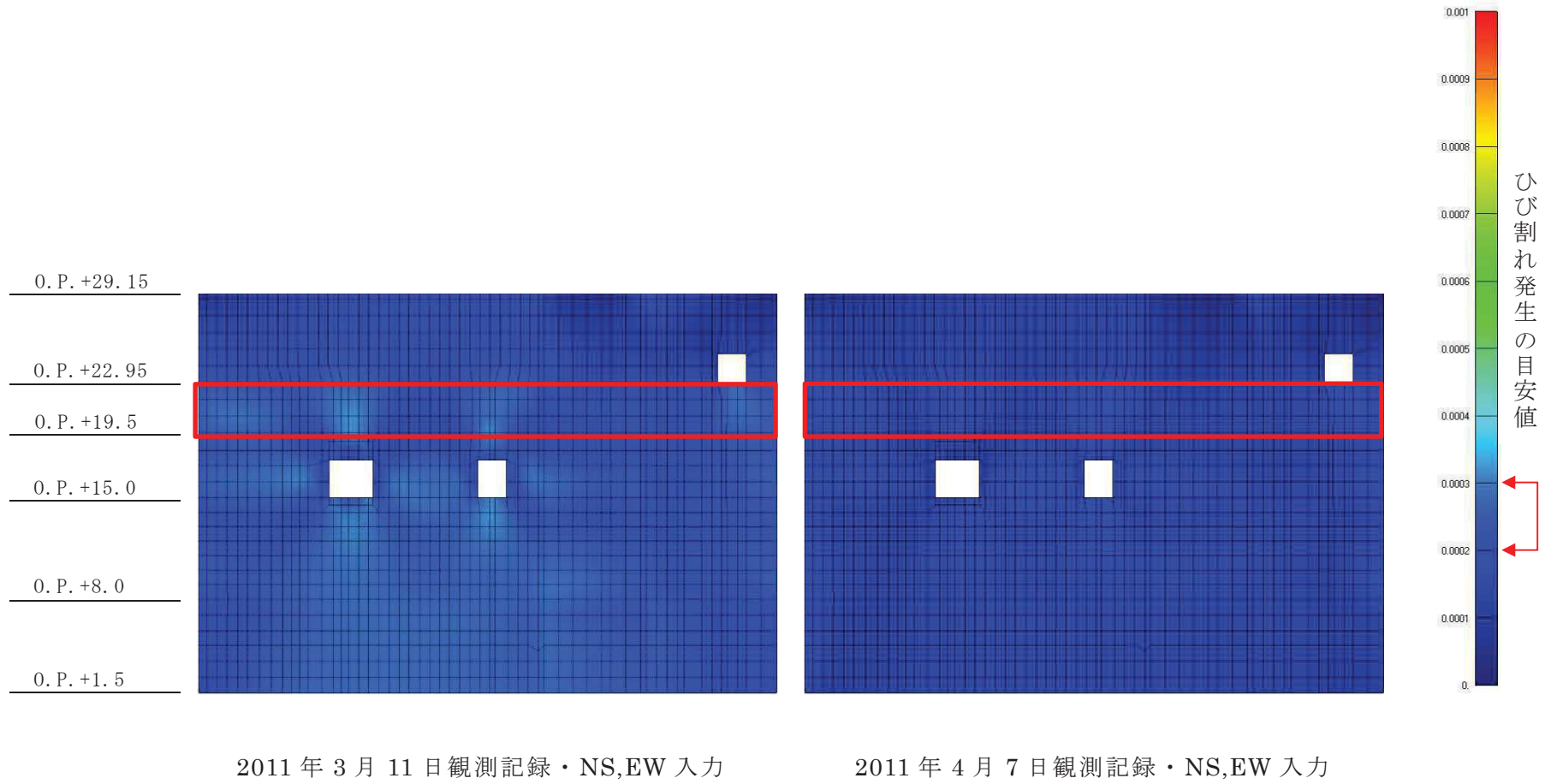


図 14 (2) 制御建屋の面内せん断ひずみコンター図 (耐震壁 2階 C7 通り)

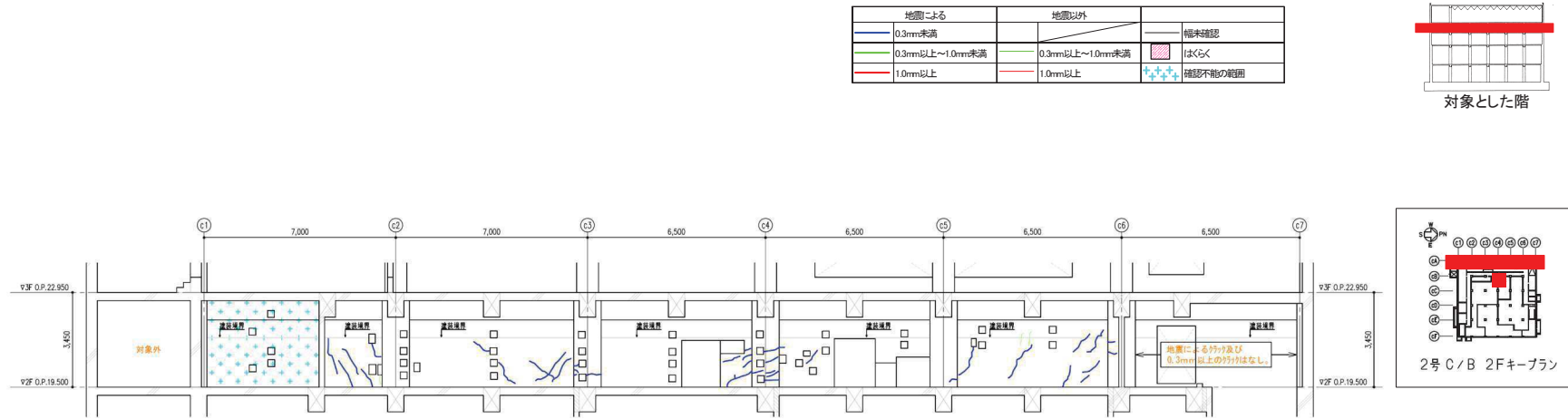


図 15 (1) 制御建屋のひび割れ分布 (耐震壁 2階 CA 通り)

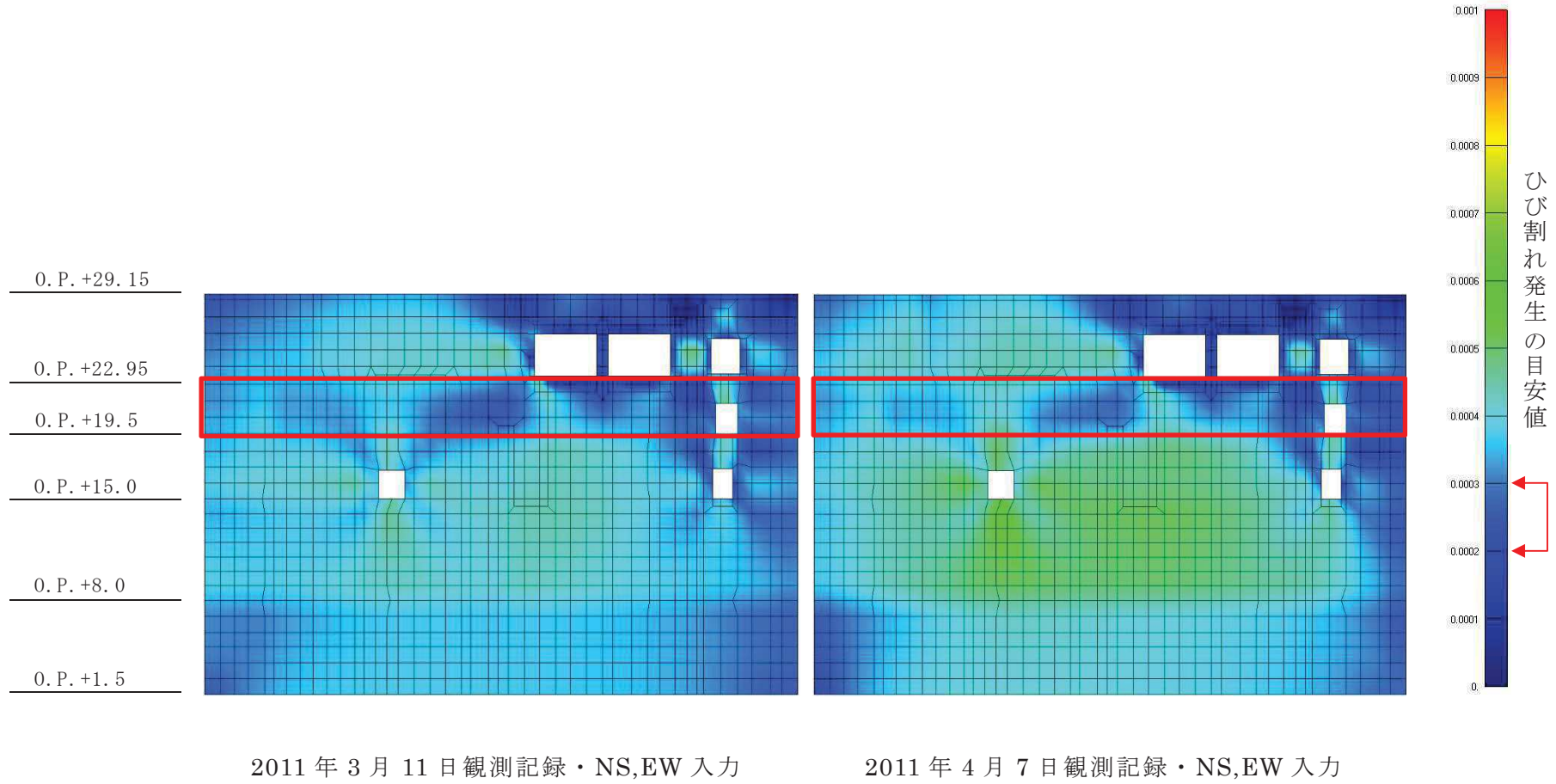


図 15 (2) 制御建屋の面内せん断ひずみコンター図 (耐震壁 2階 CA 通り)

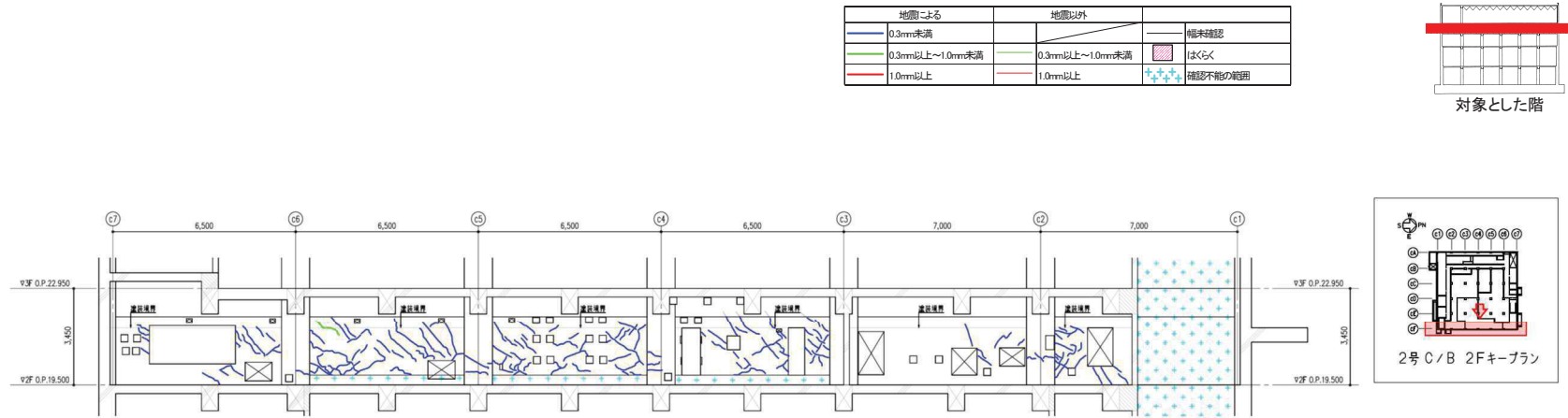


図 16 (1) 制御建屋のひび割れ分布 (耐震壁 2階 CF 通り)

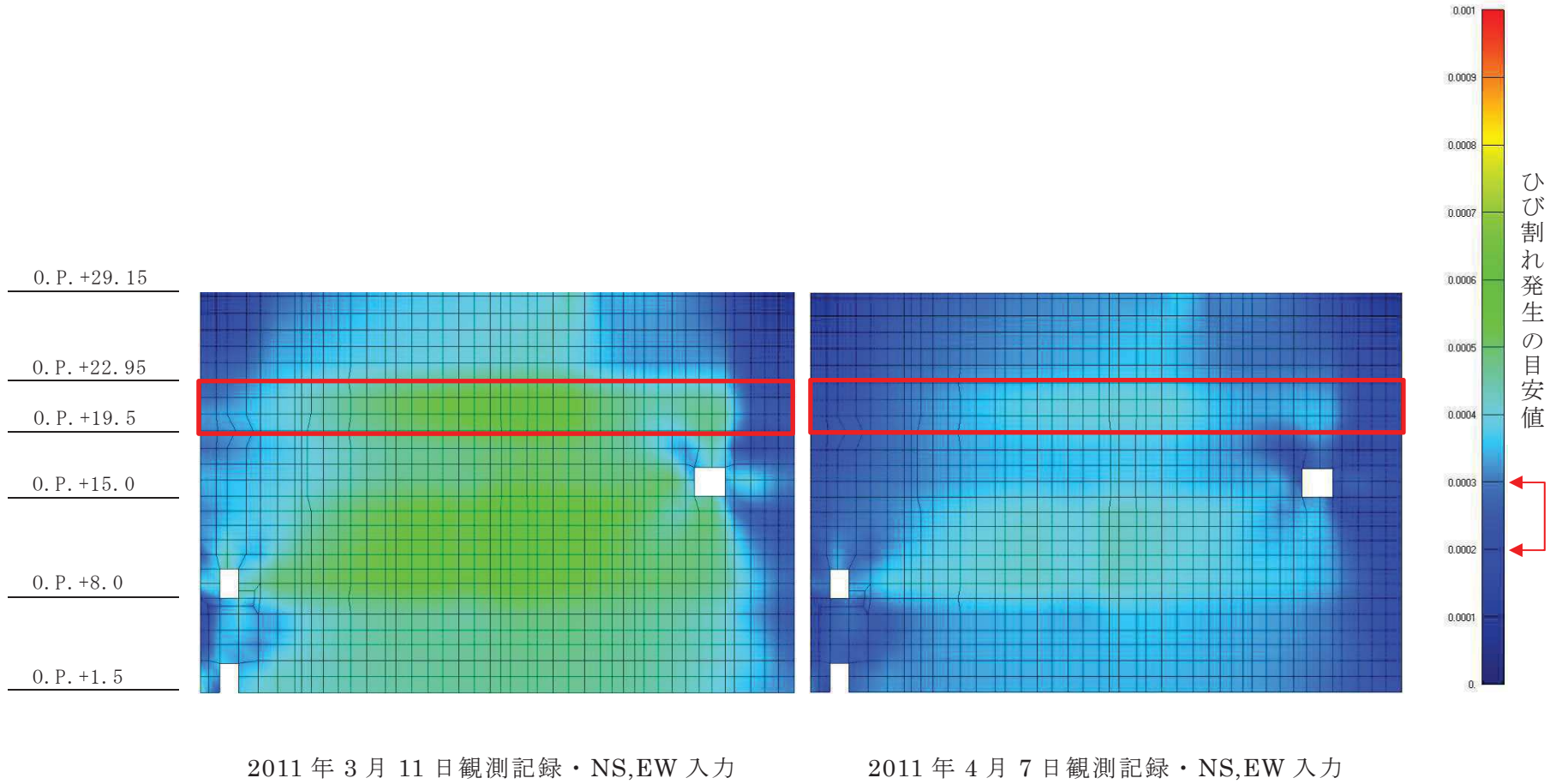


図 16 (2) 制御建屋の面内せん断ひずみコンター図 (耐震壁 2階 CF 通り)

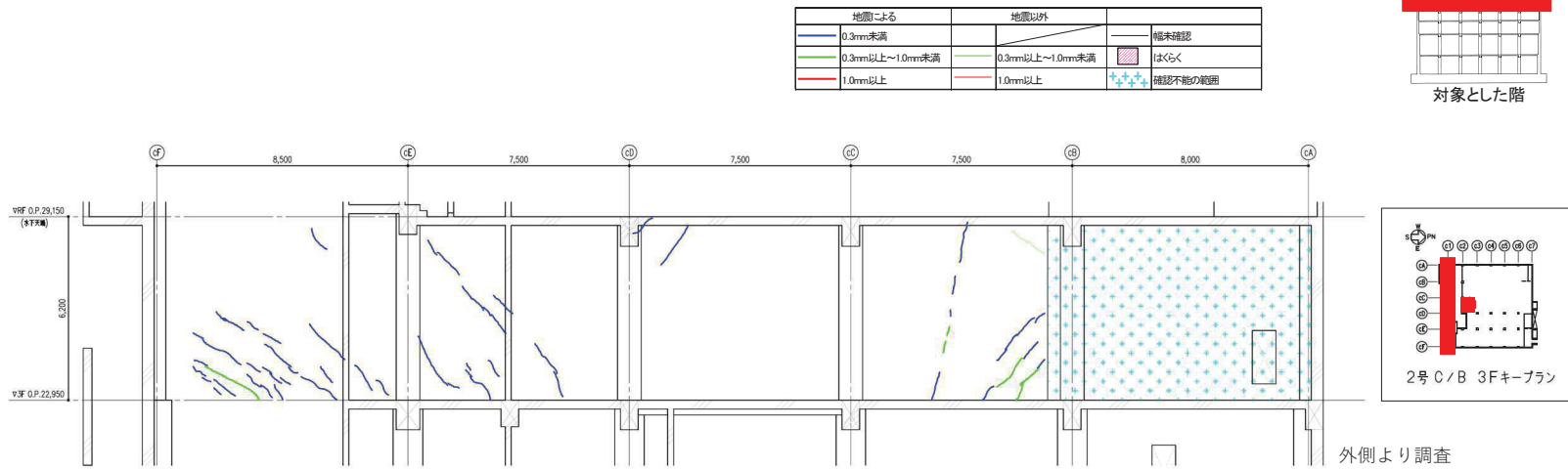
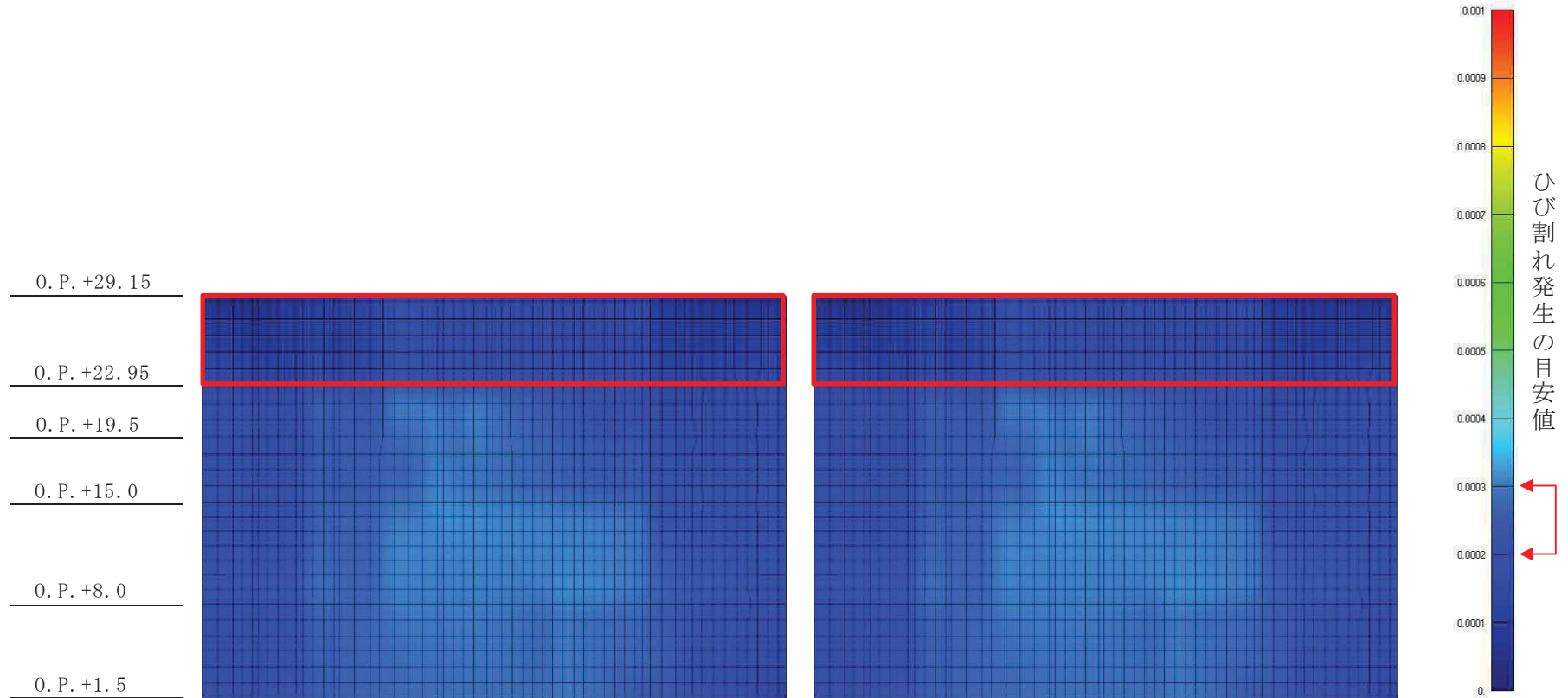


図 17 (1) 制御建屋のひび割れ分布 (耐震壁 3階 C1 通り)



2011年3月11日観測記録・NS,EW入力

2011年4月7日観測記録・NS,EW入力

図 17 (2) 制御建屋の面内せん断ひずみコンター図 (耐震壁 3階 C1 通り)

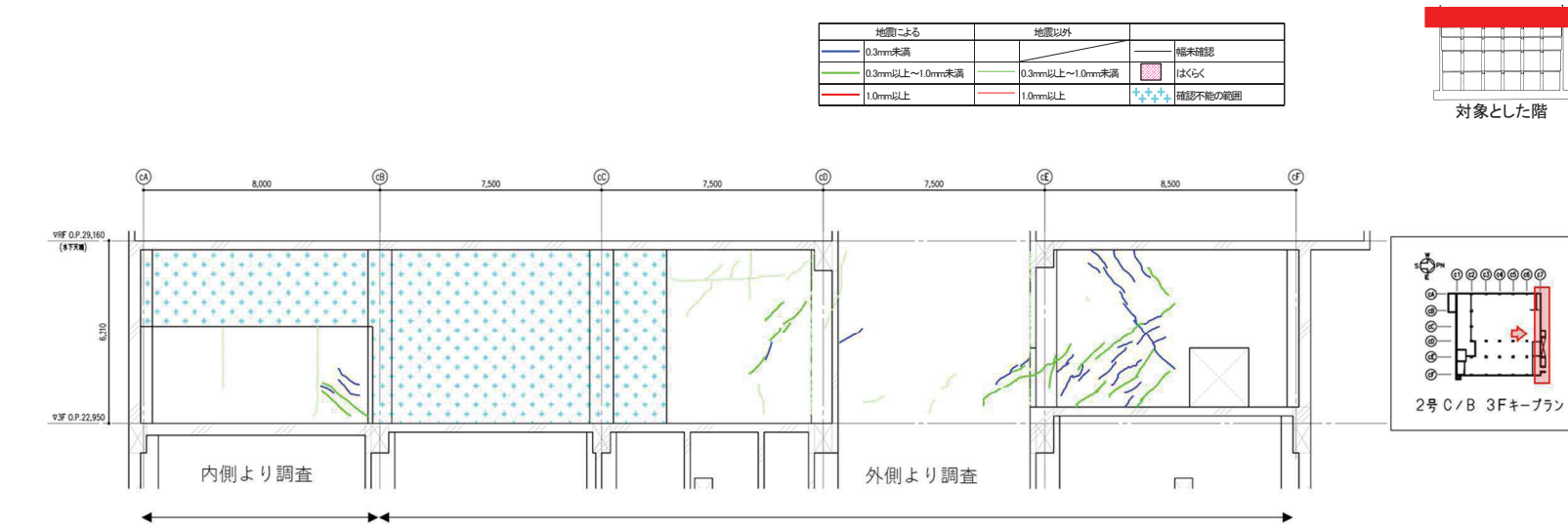


図 18 (1) 制御建屋のひび割れ分布 (耐震壁 3階 C7 通り)

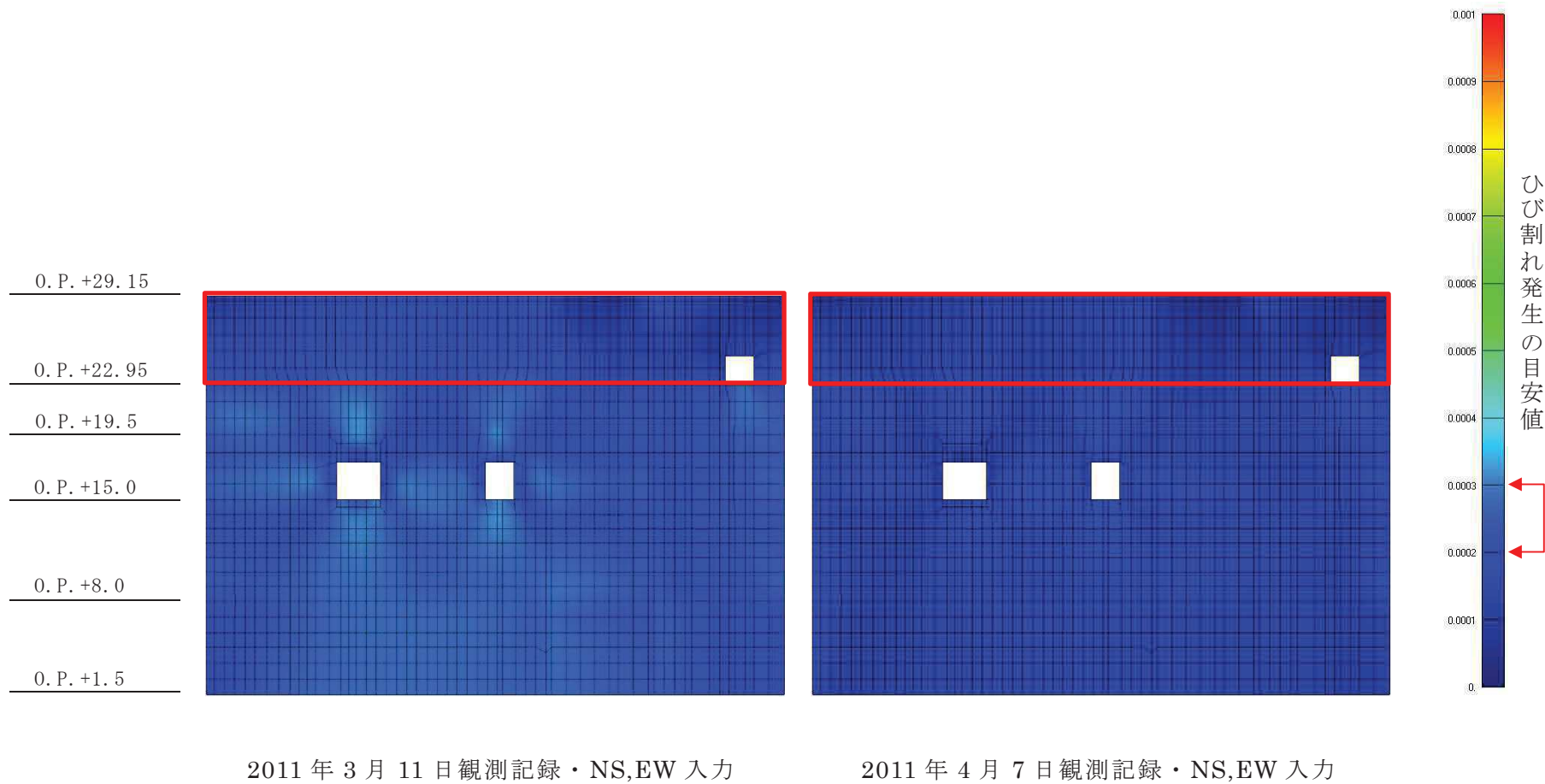


図 18 (2) 制御建屋の面内せん断ひずみコンター図 (耐震壁 3階 C7 通り)

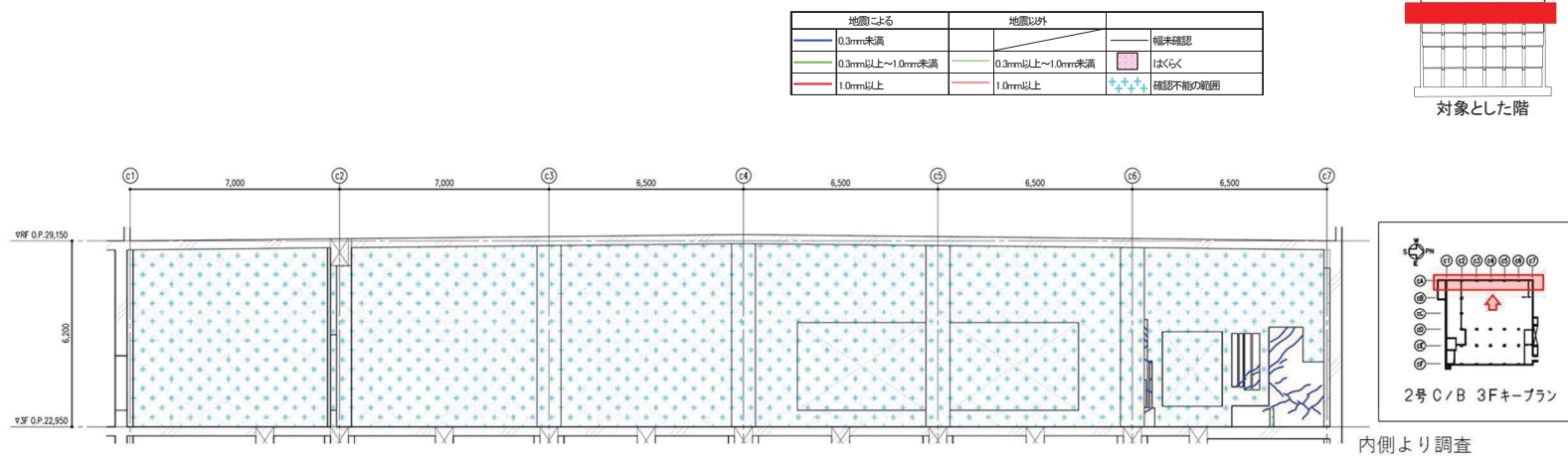
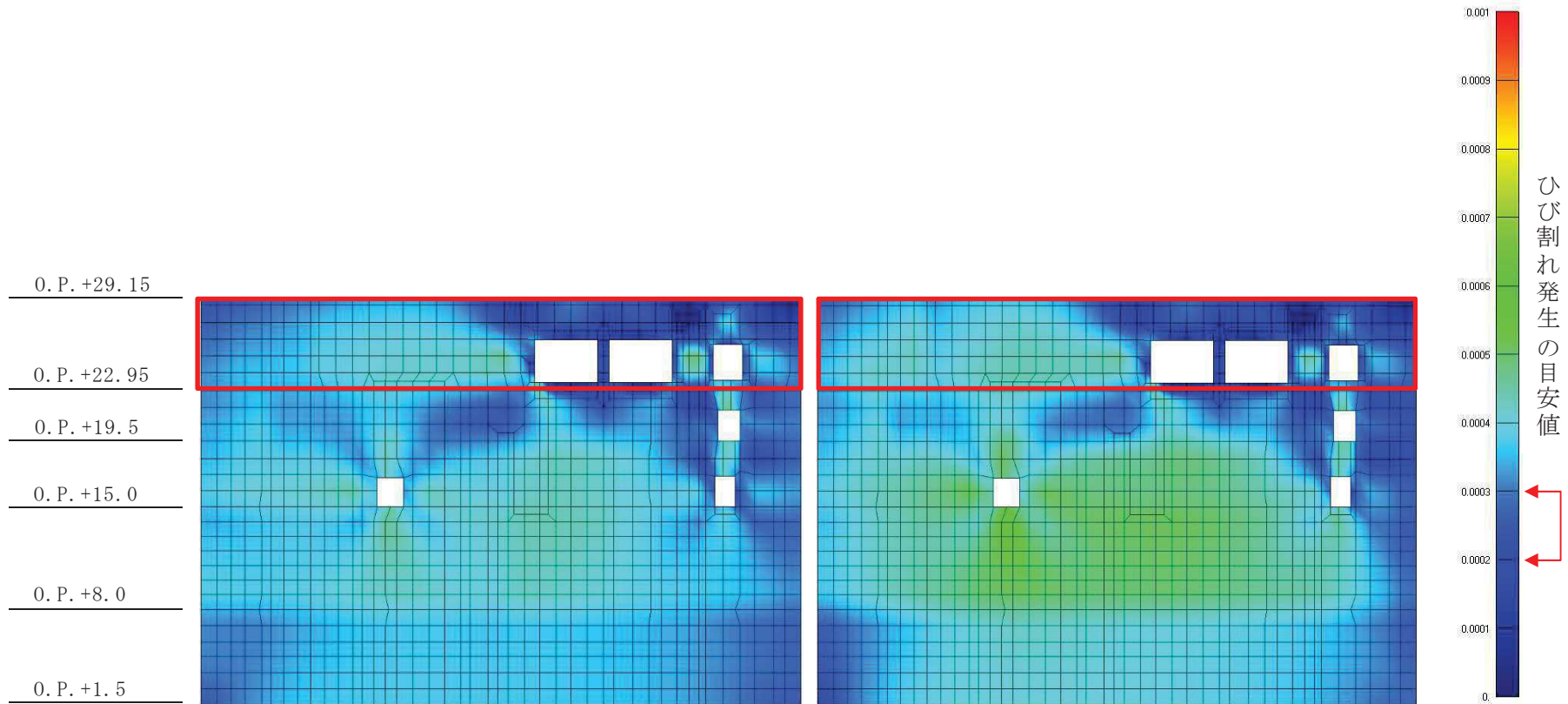


図 19 (1) 制御建屋のひび割れ分布 (耐震壁 3階 CA 通り)



2011年3月11日観測記録・NS,EW入力

2011年4月7日観測記録・NS,EW入力

図 19 (2) 制御建屋の面内せん断ひずみコンター図 (耐震壁 3階 CA 通り)

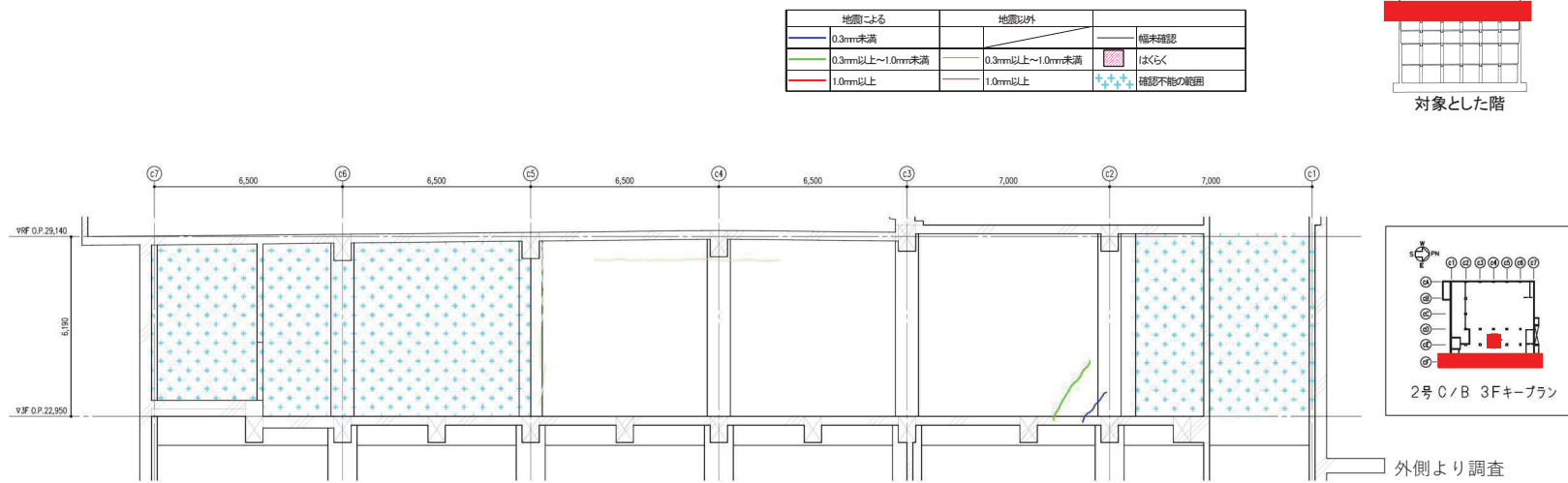
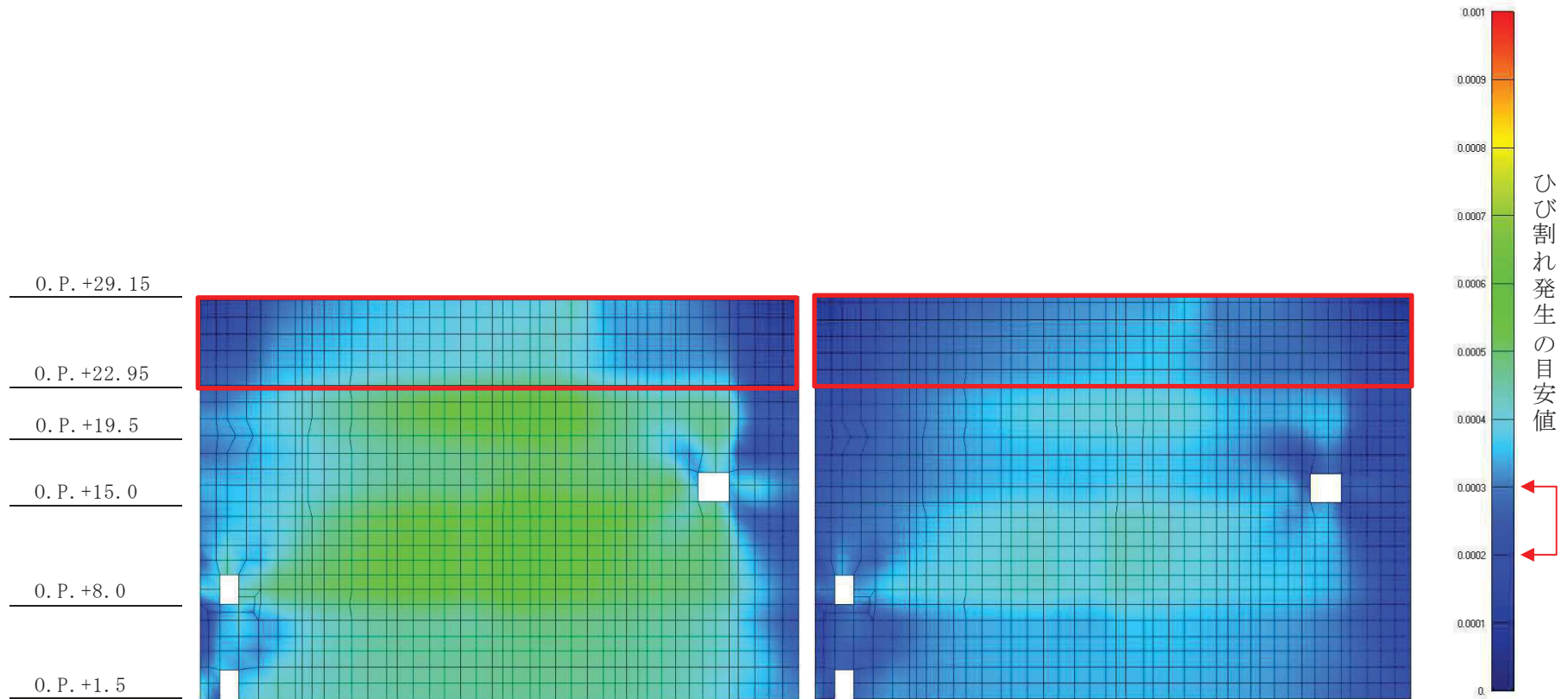


図 20 (1) 制御建屋のひび割れ分布 (耐震壁 3階 CF 通り)



2011年3月11日観測記録・NS,EW入力

2011年4月7日観測記録・NS,EW入力

図 20 (2) 制御建屋の面内せん断ひずみコンター図 (耐震壁 3階 CF 通り)