

柏崎刈羽原子力発電所
耐震安全性の評価に関する補足説明

平成21年1月14日
東京電力株式会社



東京電力

ご説明事項

- 1 . 基礎地盤に係わる追加検討について
- 2 . 建屋傾斜評価及び津波安全性評価における地殻変動の解析手法について
- 3 . 建屋間の相対変位に対する非常用冷却系配管への影響について
- 4 . 北-2測線沿い地質断面図の更新について

1 . 基礎地盤に係わる追加検討について

コントロール建屋基礎地盤安定解析

二次元基礎地盤安定解析における奥行き方向の側面抵抗
効果に関する追加検討

活断層の変位に伴う基礎地盤の変形によるコントロール
建屋の傾斜について

コントロール建屋基礎地盤安定解析

コントロール建屋基礎地盤について，動的FEM解析により以下について検討

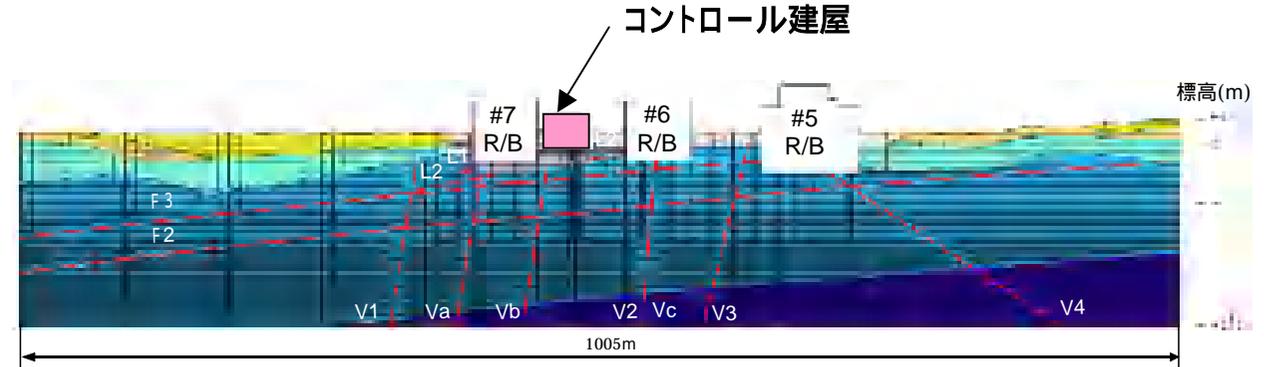
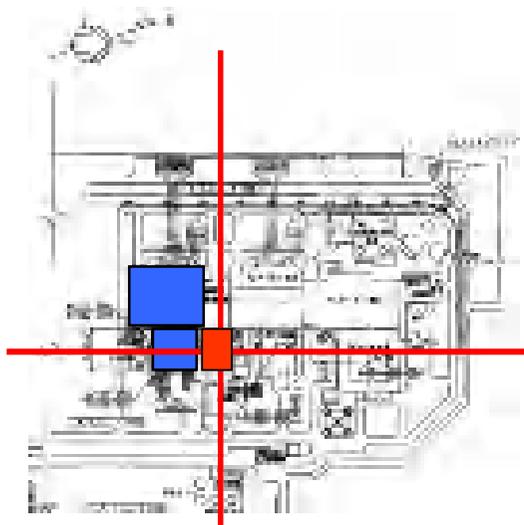
建屋基礎地盤に分布する弱層沿いのすべりに
対する安全性

建屋基礎底面の鉛直方向の相対変位・傾斜

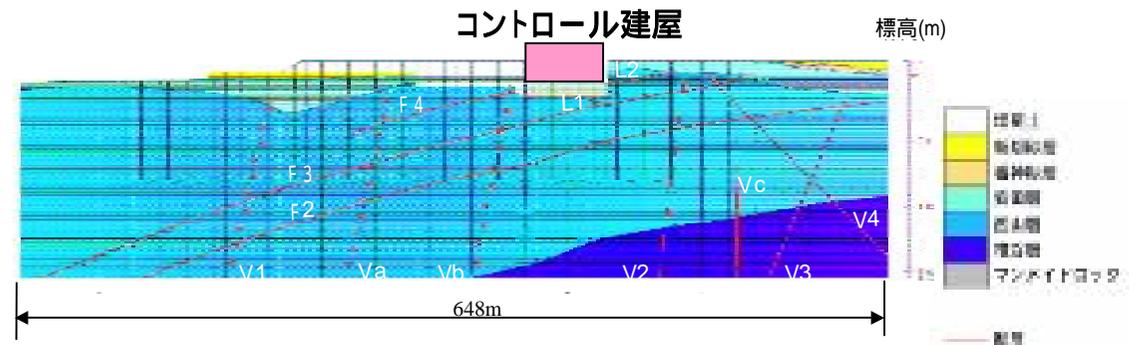
建屋基礎地盤の支持力

解析断面

原子炉建屋・コントロール建屋汀線平行方向



コントロール建屋汀線直交方向



コントロール建屋については地盤への影響が大きいS s - 1 , 3 を検討対象とした。

コントロール建屋基礎地盤安定解析結果

すべり安全率（汀線平行方向）

すべり線形状のパターン	S s - 1	S s - 3
 建屋底面のすべり	2.6	3.1
 建屋底面のすべり	3.5	3.9
 F3断層 + V系断層のすべり	2.0	1.7
 F2系断層のすべり	1.8	1.6
 F2断層 + V系断層のすべり	2.3	2.1

原子炉建屋基礎地盤の安定性評価のすべり安全率基準値を満足する

コントロール建屋基礎地盤安定解析結果

すべり安全率（汀線直交方向）

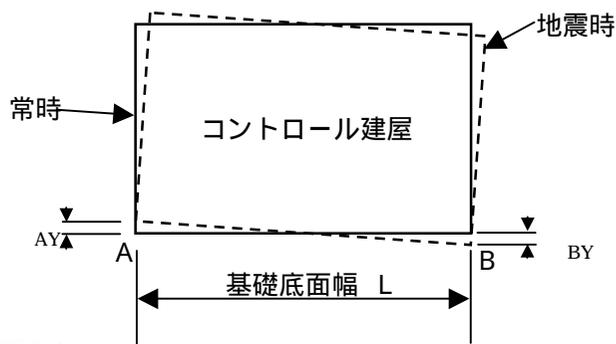
すべり線形状のパターン	S s - 1	S s - 3
 建屋底面のすべり	2.9	4.2
 建屋底面 + F3断層のすべり	1.6	2.2
 F3断層のすべり	1.9	2.3
 F2断層のすべり	3.3	2.8
 F2断層 + V系断層のすべり	3.2	3.0

原子炉建屋基礎地盤の安定性評価のすべり安全率基準値を満足する

コントロール建屋基礎地盤安定解析結果

コントロール建屋基礎底面の傾斜

	汀線平行		汀線直交	
	S s - 1	S s - 3	S s - 1	S s - 3
コントロール建屋基礎底面両端の鉛直方向の相対変位の最大値 $\max(A_Y - B_Y)$	1.7cm	1.2cm	1.7cm	1.4cm
コントロール建屋基礎底面の傾斜の最大値 $\max(A_Y - B_Y / L)$	1/2,400	1/3,500	1/3,400	1/4,200

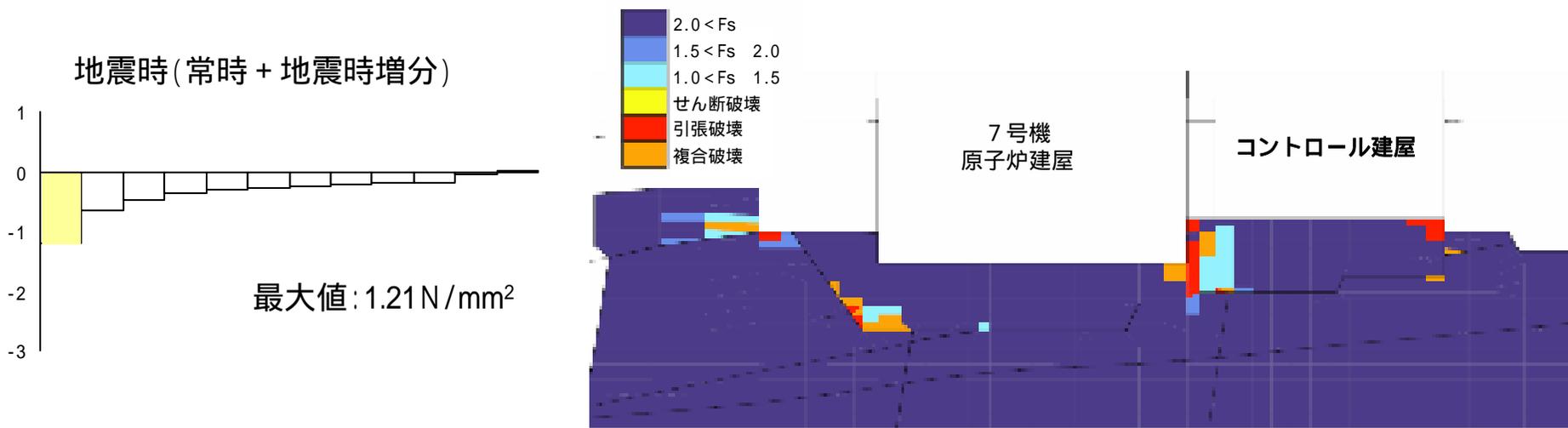


安全上重要な機器・配管系の安全機能に支障を与えるものではない。

コントロール建屋基礎地盤安定解析結果

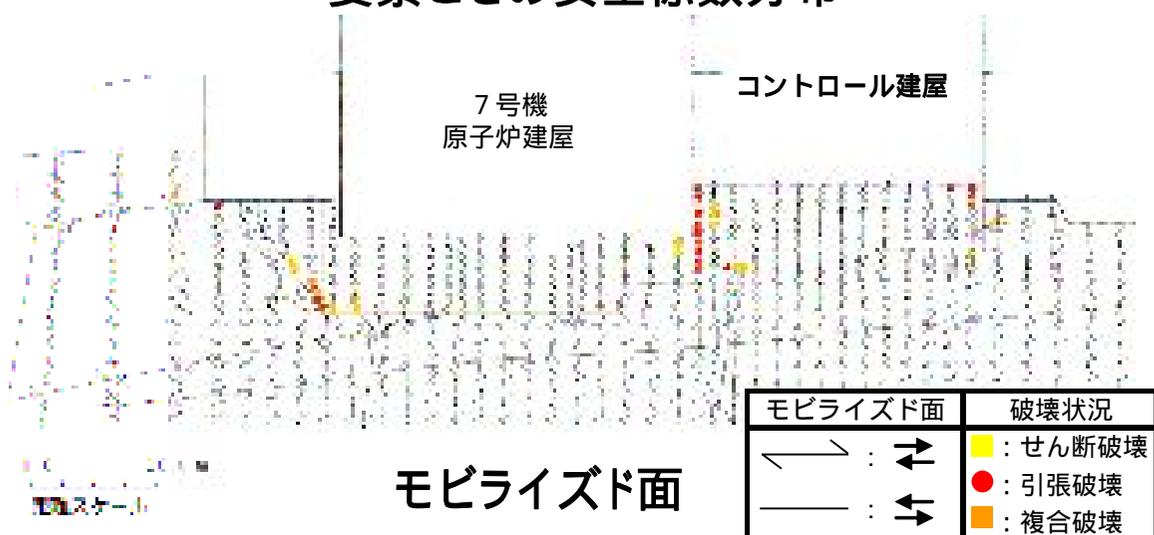
コントロール建屋の支持力

汀線平行断面，Ss-1，要素鉛直応力最大時（ $T=12.37$ 秒）



要素ごとの安全係数分布 破壊表示は当該時刻で判定

安全係数が1を下回る要素が連続せず，連続するすべり線を想定できない



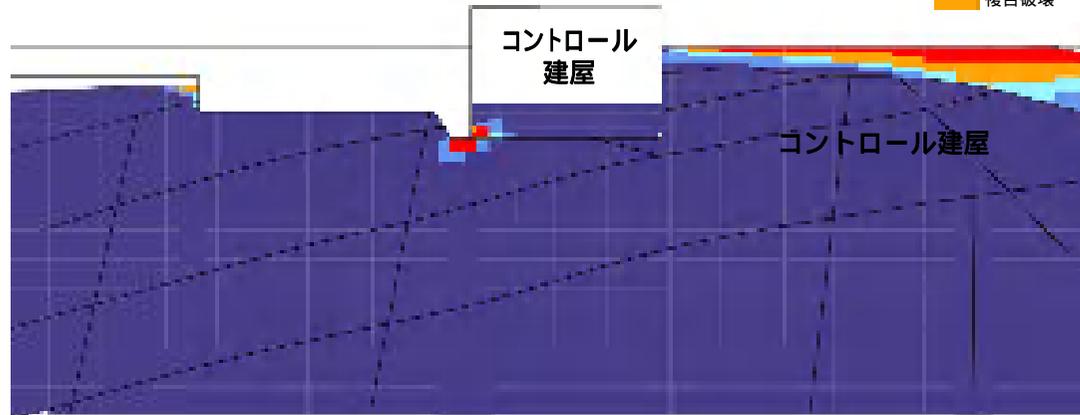
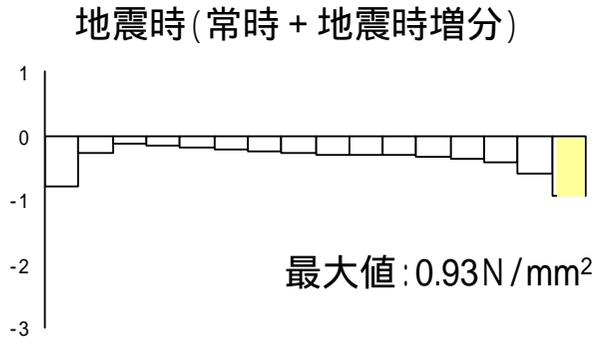
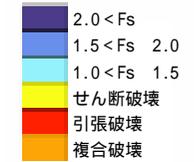
モビライズド面

モビライズド面	破壊状況
↔	せん断破壊
↔	引張破壊
↔	複合破壊

コントロール建屋基礎地盤安定解析結果

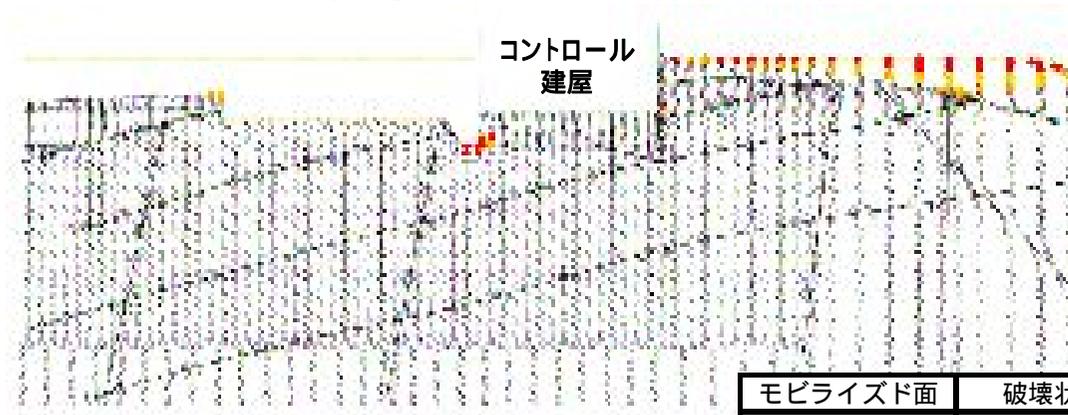
コントロール建屋の支持力

汀線直交断面，Ss-1，要素鉛直応力最大時（ $T=6.54$ 秒）



破壊表示は当該時刻で判定

要素ごとの安全係数分布



安全係数が1を下回る要素が連続せず，連続するすべり線を想定できない

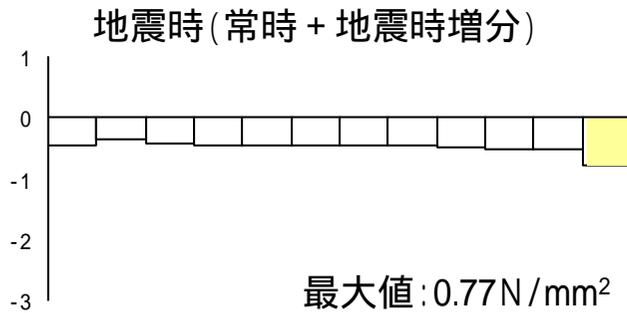
モビライズド面

モビライズド面	破壊状況
:	: せん断破壊
:	: 引張破壊
:	: 複合破壊

コントロール建屋基礎地盤安定解析結果

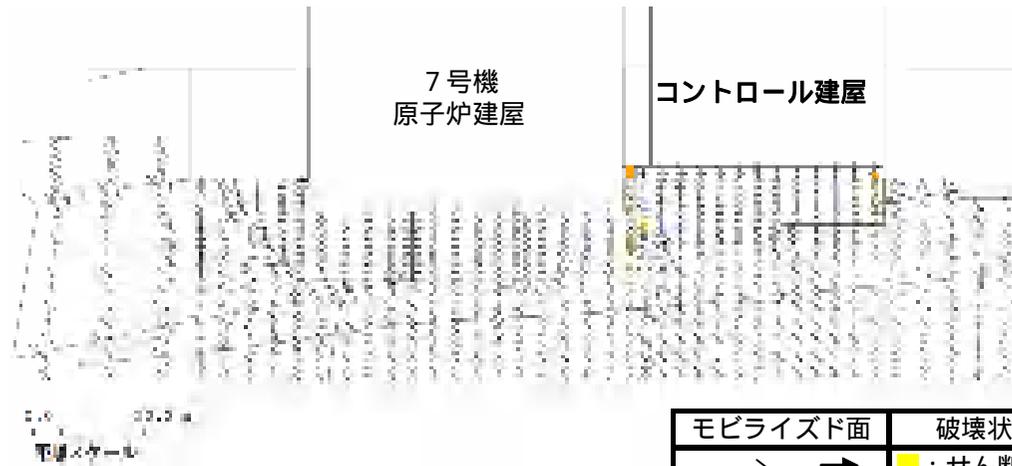
コントロール建屋の支持力

汀線平行断面，Ss-1，鉛直方向の合力最大時（T=15.98秒）



破壊表示は当該時刻で判定

要素ごとの安全係数分布



安全係数が1を下回る要素が連続せず，連続するすべり線を想定できない

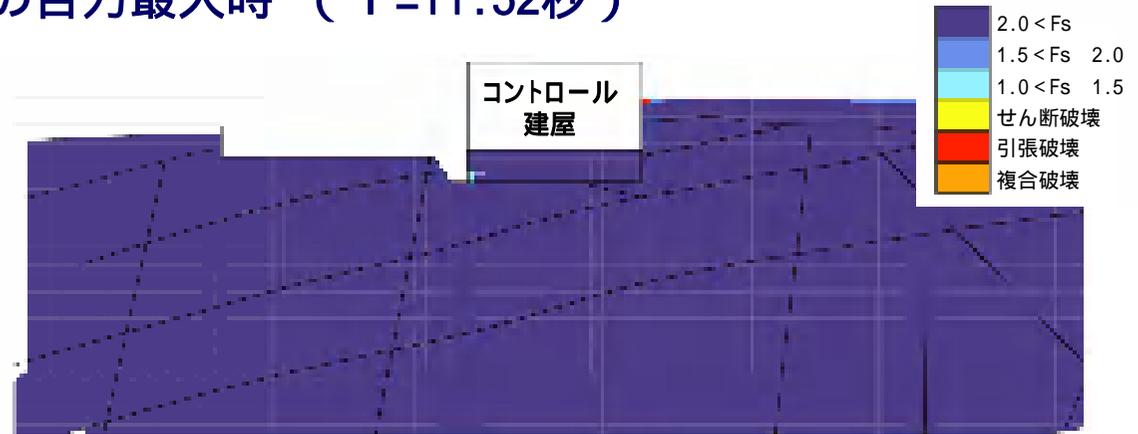
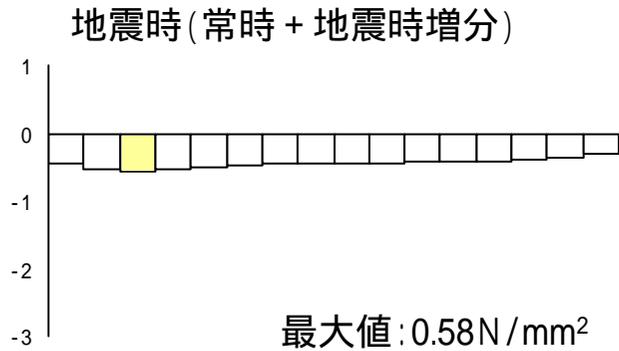
モビライズド面

モビライズド面	破壊状況
↔	せん断破壊
↔	引張破壊
↔	複合破壊

コントロール建屋基礎地盤安定解析結果

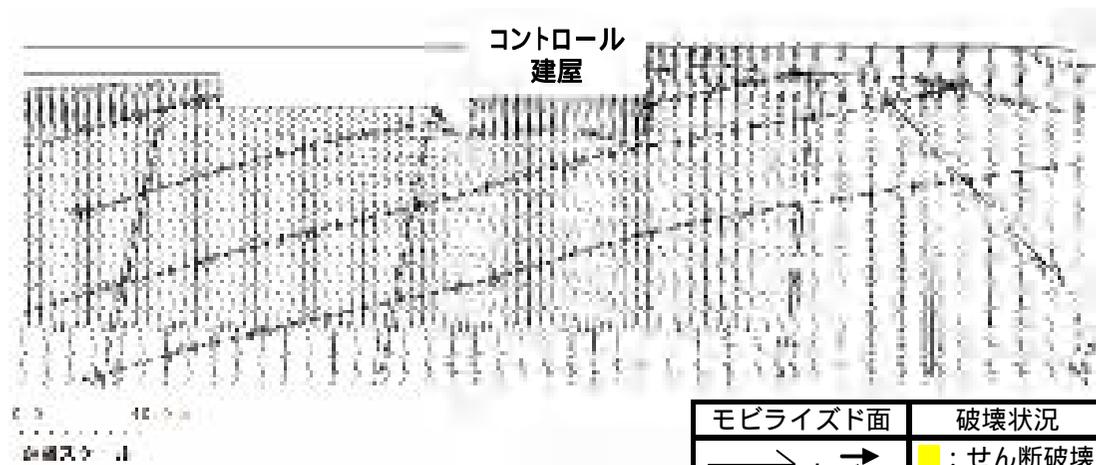
コントロール建屋の支持力

汀線直交断面，Ss-1，鉛直方向の合力最大時（ $T=11.52$ 秒）



破壊表示は当該時刻で判定

要素ごとの安全係数分布



モビライズド面

モビライズド面	破壊状況
↔	せん断破壊
↔	引張破壊
↔	複合破壊

安全係数が1を下回る要素が連続せず，連続するすべり線を想定できない

まとめ

【評価結果】

- (1) 想定すべり線における安全率
評価基準値1.5以上である
- (2) コントロール建屋基礎底面の傾斜
安全上重要な機器・配管系の安全機能に支障を
与えるものではない。
- (3) コントロール建屋基礎の支持力
要素ごとの安全係数が1を下回る要素が連続したすべり線を形成
しないことを確認

コントロール建屋基礎地盤が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な支持性能をもつことを確認した。

1 . コントロール建屋の基礎地盤に係わる追加検討 について

コントロール建屋基礎地盤安定解析

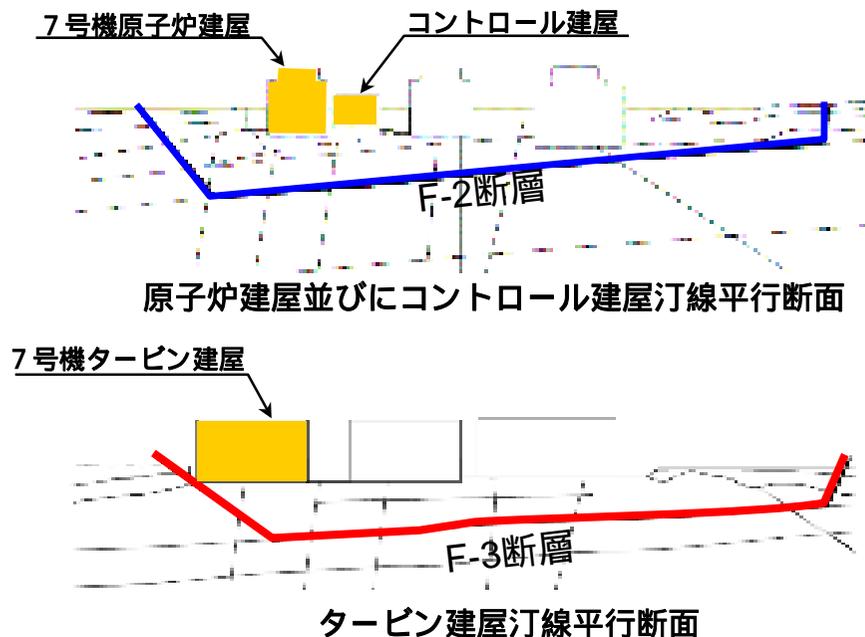
二次元基礎地盤安定解析における奥行き方向の側面抵抗
効果に関する追加検討

活断層の変位に伴う基礎地盤の変形によるコントロール
建屋の傾斜について

はじめに

原子炉建屋並びにコントロール建屋基礎地盤安定解析においてすべり安全率が最小となるのは、汀線平行方向断面F-2断層を通るすべり線である。
当該すべり線をすべり面とする奥行き方向の側面抵抗効果を考慮した解析的検討は第22回合同WGで報告済

タービン屋基礎地盤安定解析においてすべり安全率が最小となるのは、汀線平行断面F-3断層を通るすべり線である。
当該すべり線をすべり面とする奥行き方向の側面抵抗効果を考慮した解析的検討を今回報告。



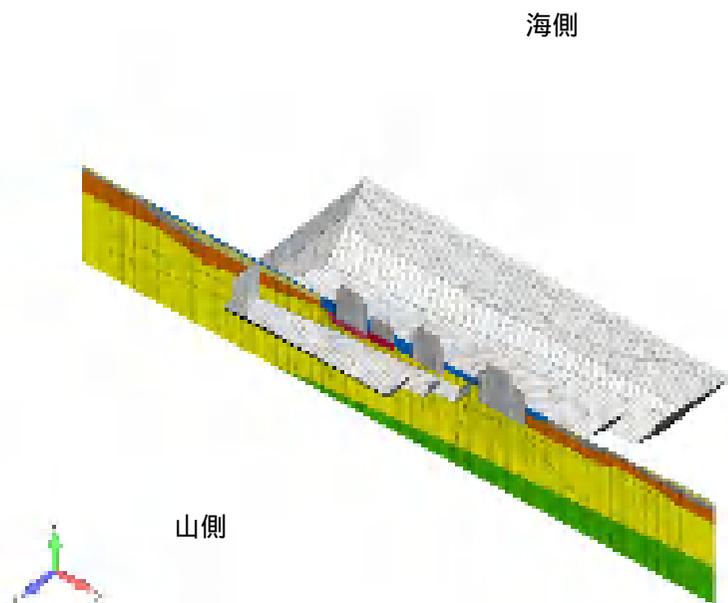
原子炉建屋並びにコントロール建屋汀線平行断面において最小すべり安全率 (1.6)となるすべり線
(入力地震動：Ss-3)

タービン建屋汀線平行断面において最小すべり安全率 (1.5)となるすべり線
(入力地震動：Ss-3)

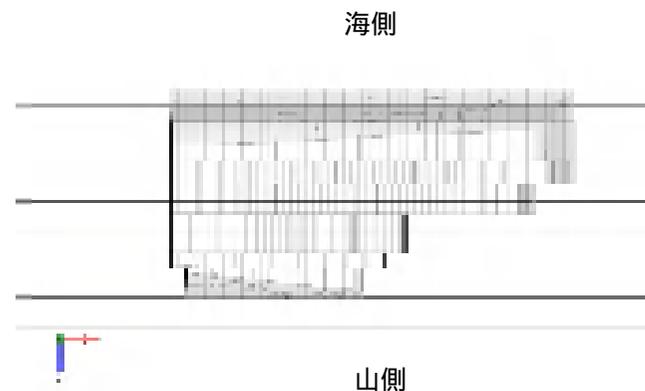
検討結果の例

汀線平行加震において最小すべり安全率が発生するケース
(奥行き幅 0.5 B, 立上げ角 45度, Ss-1)

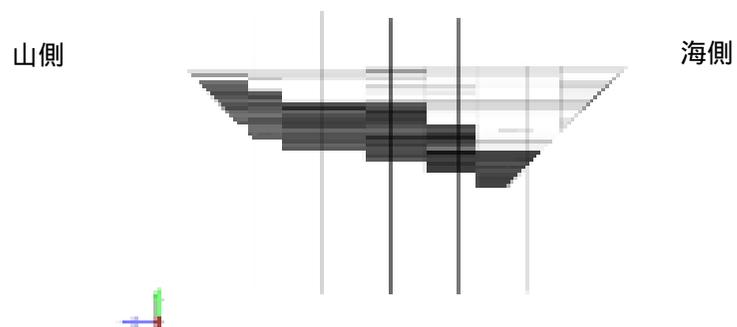
鳥瞰図



平面図



断面図



すべり安全率 2.9

検討結果とまとめ

汀線平行方向加震すべり安全率一覧

奥行き 立上位置 立上角度	0.0B (建屋側面)	0.5B	1.5B
22.5 度	3.4 3.8	-	-
30 度	-	3.0 3.2	-
45 度	3.3 3.6	2.9 3.0	3.1 3.1
67.5 度	3.4 3.5	3.0 3.0	3.0 3.0

汀線直交方向加震すべり安全率一覧

奥行き 立上位置 立上角度	0.0B (建屋側面)	1.0B	2.0B	2.5B
22.5 度	3.3 3.6	3.4 3.7	3.6 3.7	3.8 3.5
45 度	3.3 3.4	3.4 3.4	3.5 3.5	3.7 3.5
67.5 度	3.3 3.4	3.4 3.4	3.6 3.5	3.8 3.5

注)上段:Ss-1、下段:Ss-3 赤丸は検討ケースにおける最小すべり安全率

奥行き方向の側面抵抗効果を考慮した場合，すべり安全率は3程度となる。

1 . コントロール建屋の基礎地盤に係わる追加検討 について

コントロール建屋基礎地盤安定解析

二次元基礎地盤安定解析における奥行き方向の側面抵抗

効果に関する追加検討

活断層の変位に伴う基礎地盤の変形によるコントロール
建屋の傾斜について

活断層の変位に伴う基礎地盤の変形によるコントロール建屋の傾斜について

活断層の変位に伴う基礎地盤の変形によるコントロール建屋の傾斜について、原子炉建屋・タービン建屋の検討と同様の条件でくいちがいの弾性論を用いて検討し、地盤変動のばらつきを考慮して評価した。

検討ケース

計算ケース (断層名など)	断層の諸元				地盤変動評価 のための補正	
	長さ (km)	傾斜角 (°)	断層の幅 (km)	すべり量 (m)	すべり量(m)	
F-B断層	36	35	29.5	1.0	0.51	
			24			
長岡平野西縁断層帯	91	50	29.5		1.6	
		35	29.5		2.2	
			20			
新潟県中越沖 地震国土地理 院拡張モデル	南東傾斜	36	40	2	国土地理 院モデル の1.33倍	-
	北西傾斜	13.3	50	4		

検討結果

F-B断層モデル

評価位置	# 7R/B	# 7T/B	C / B
1~2	1/2400	1/5200	1/1500
2~3	1/2100	1/3700	1/2600
3~4	1/2700	1/3900	1/1600
4~1	1/2300	1/2900	1/2400
1~3	1/3700	1/6100	1/2200
2~4	1/2600	1/4300	1/3100

長岡平野西縁断層帯モデル(傾斜角50°)

評価位置	# 7R/B	# 7T/B	C / B
1~2	1/2400	1/4900	1/1500
2~3	1/2000	1/3300	1/2400
3~4	1/2700	1/3700	1/1600
4~1	1/2200	1/2600	1/2300
1~3	1/3300	1/5100	1/2000
2~4	1/2600	1/4100	1/3000

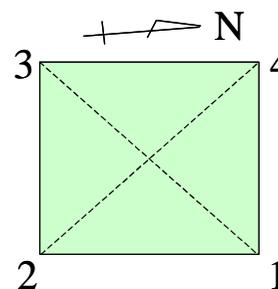
長岡平野西縁断層帯モデル(傾斜角35°)

評価位置	# 7R/B	# 7T/B	C / B
1~2	1/2400	1/4800	1/1500
2~3	1/2000	1/3300	1/2400
3~4	1/2600	1/3700	1/1600
4~1	1/2200	1/2600	1/2300
1~3	1/3300	1/4900	1/2000
2~4	1/2600	1/4100	1/2900

F-B断層モデル(断層幅24km)

評価位置	# 7R/B	# 7T/B	C / B
1~2	1/2400	1/5100	1/1500
2~3	1/2100	1/3700	1/2600
3~4	1/2700	1/3800	1/1600
4~1	1/2300	1/2900	1/2400
1~3	1/3700	1/6100	1/2200
2~4	1/2600	1/4200	1/3100

評価位置図



長岡平野西縁断層帯モデル(傾斜角50°, 断層幅20km)

評価位置	# 7R/B	# 7T/B	C / B
1~2	1/2400	1/4800	1/1500
2~3	1/1900	1/3000	1/2200
3~4	1/2600	1/3600	1/1600
4~1	1/2000	1/2400	1/2100
1~3	1/3000	1/4500	1/1900
2~4	1/2400	1/3800	1/2700

新潟県中越沖地震国土地理院拡張モデル

評価位置	# 7R/B	# 7T/B	C / B
1~2	1/2100	1/3900	1/1400
2~3	1/2000	1/3400	1/2400
3~4	1/2400	1/3200	1/1500
4~1	1/2200	1/2700	1/2300
1~3	1/3600	1/5500	1/2200
2~4	1/2300	1/3400	1/2600

コントロール建屋の基礎底面の傾斜は1/1,400程度であり,安全上重要な機器・配管系の安全機能に支障を与えるものではない。

合同W23-2-2及び合同W24-1-2におけるすべり量の補正に関する記載の訂正について

訂正の概要

建屋傾斜の算定に用いる地盤変動量の評価において，地震モーメントが強震動モデルの地震モーメント（ M_0 ）と同じになるよう補正したすべり量を訂正

計算ケース (断層名など)	地盤変動評価 のための補正		
	強震動モデル 地震モーメント ($N \cdot m$)	すべり量(m)	
		訂正前	訂正後
F - B断層	1.7×10^{19}	0.45	0.51
長岡平野西縁断層帯 (傾斜角 50°)	1.0×10^{20}	1.6	訂正なし
長岡平野西縁断層帯(傾斜角 35°)	1.8×10^{20}	1.2	2.2

赤字が訂正箇所

4 . 評価結果〔合同W23-2-2 , 20頁目 , 訂正前〕

- 基準地震動策定に用いた断層モデル（強震動モデル）は，エネルギーを発する断層面を地震発生層内に設定しているため，必ずしも地表付近の地殻変動を適切に表現できるものではない。
- 地質調査結果を踏まえて断層の長さを設定し，反射法地震探査結果等において確認された断層変位は地表付近まで及んでいることから，断層面を地表付近まで延長したモデル（地殻変動モデル）を用いた。
- 本検討では，多層媒質に対するWang et al. (2003)の方法を用い，すべり量を1 mとした。
- 但し，建屋傾斜の算定に用いる地盤変動量の評価においては，地震モーメントが強震動モデルの地震モーメント（ M_0 ）と同じになるように算定したすべり量を用いた結果を採用した。
- また，参考として中越沖地震を対象とした国土地理院モデルを拡張（断層長さ比例：36/27倍）したのものについても試算を行った。

計算ケース (断層名など)	断層の諸元				地盤変動評価 のための補正	
	長さ (km)	傾斜角 (°)	上端深さ (km)	すべり量 (m)	強震動モデル 地震モーメント (N・m)	すべり 量(m)
F - B断層	36	35	0.1	1.0	1.7×10^{19}	0.45
長岡平野西縁断層帯	91	50	0.1	1.0	1.0×10^{20}	1.6
	91	35	0.1	1.0	1.8×10^{20}	1.2
新潟県中越沖 地震国土地理 院拡張モデル	南東傾斜	36	40	2	国土地理 院モデル の1.33倍	-
	北西傾斜	13.3	50	4		-

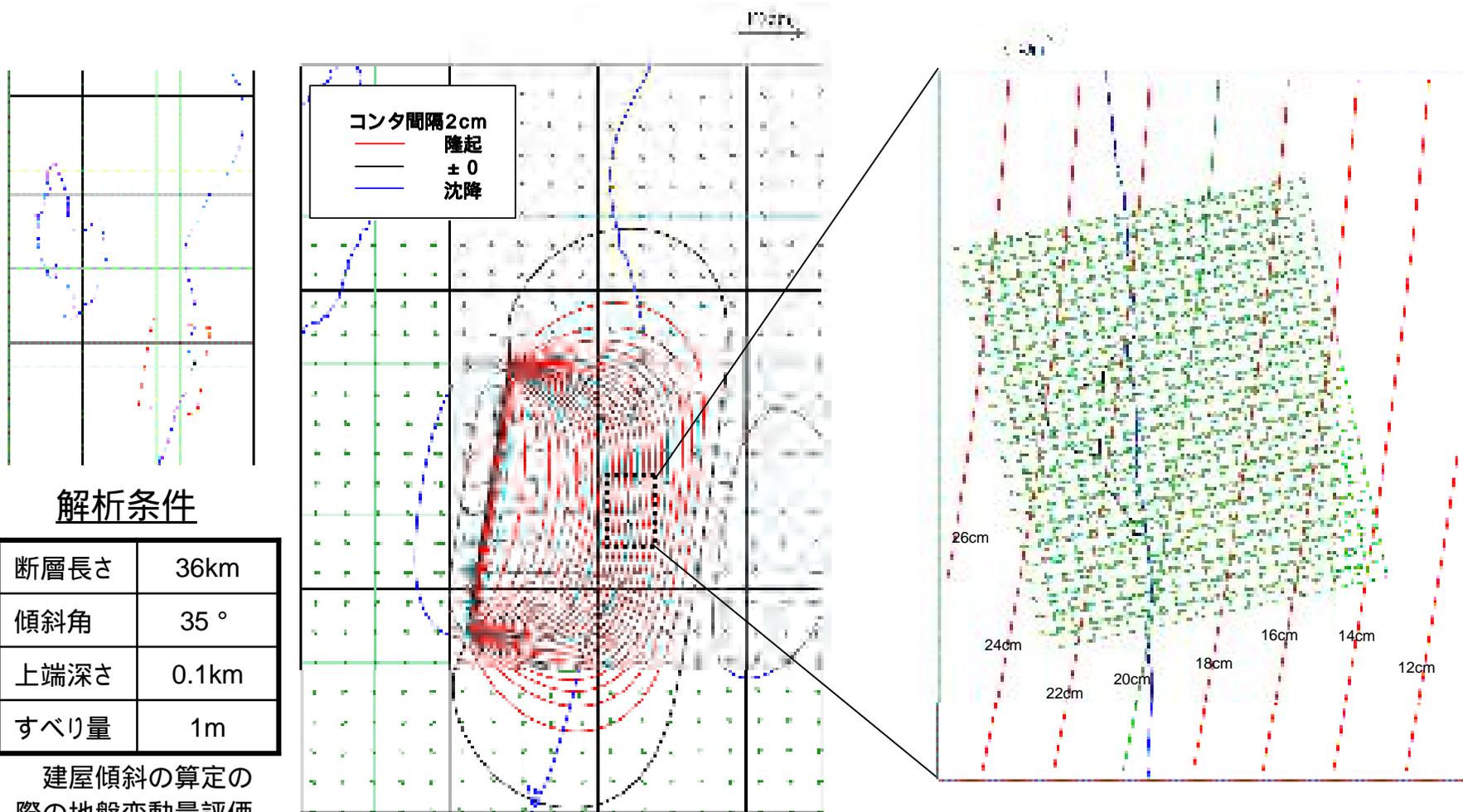
4 . 評価結果〔合同W23-2-2 , 20頁目 , 訂正後〕 : 訂正箇所

- 基準地震動策定に用いた断層モデル（強震動モデル）は，エネルギーを発する断層面を地震発生層内に設定しているため，必ずしも地表付近の地殻変動を適切に表現できるものではない。
- 地質調査結果を踏まえて断層の長さを設定し，反射法地震探査結果等において確認された断層変位は地表付近まで及んでいることから，断層面を地表付近まで延長したモデル（地殻変動モデル）を用いた。
- 本検討では，多層媒質に対するWang et al. (2003)の方法を用い，すべり量を1 mとした。
- 但し，建屋傾斜の算定に用いる地盤変動量の評価においては，地震モーメントが強震動モデルの地震モーメント（ M_0 ）と同じになるように算定したすべり量を用いた結果を採用した。
- また，参考として中越沖地震を対象とした国土地理院モデルを拡張（断層長さ比例：36/27倍）したのものについても試算を行った。

計算ケース (断層名など)	断層の諸元				地盤変動評価 のための補正	
	長さ (km)	傾斜角 (°)	上端深さ (km)	すべり量 (m)	強震動モデル 地震モーメント (N・m)	すべり 量(m)
F - B断層	36	35	0.1	1.0	1.7×10^{19}	0.51
長岡平野西縁断層帯	91	50	0.1	1.0	1.0×10^{20}	1.6
	91	35	0.1	1.0	1.8×10^{20}	2.2
新潟県中越沖 地震国土地理 院拡張モデル	南東傾斜	36	40	2	国土地理 院モデル の1.33倍	-
	北西傾斜	13.3	50	4		-

4 . 評価結果〔合同W23-2-2 , 21頁目 , 訂正前〕

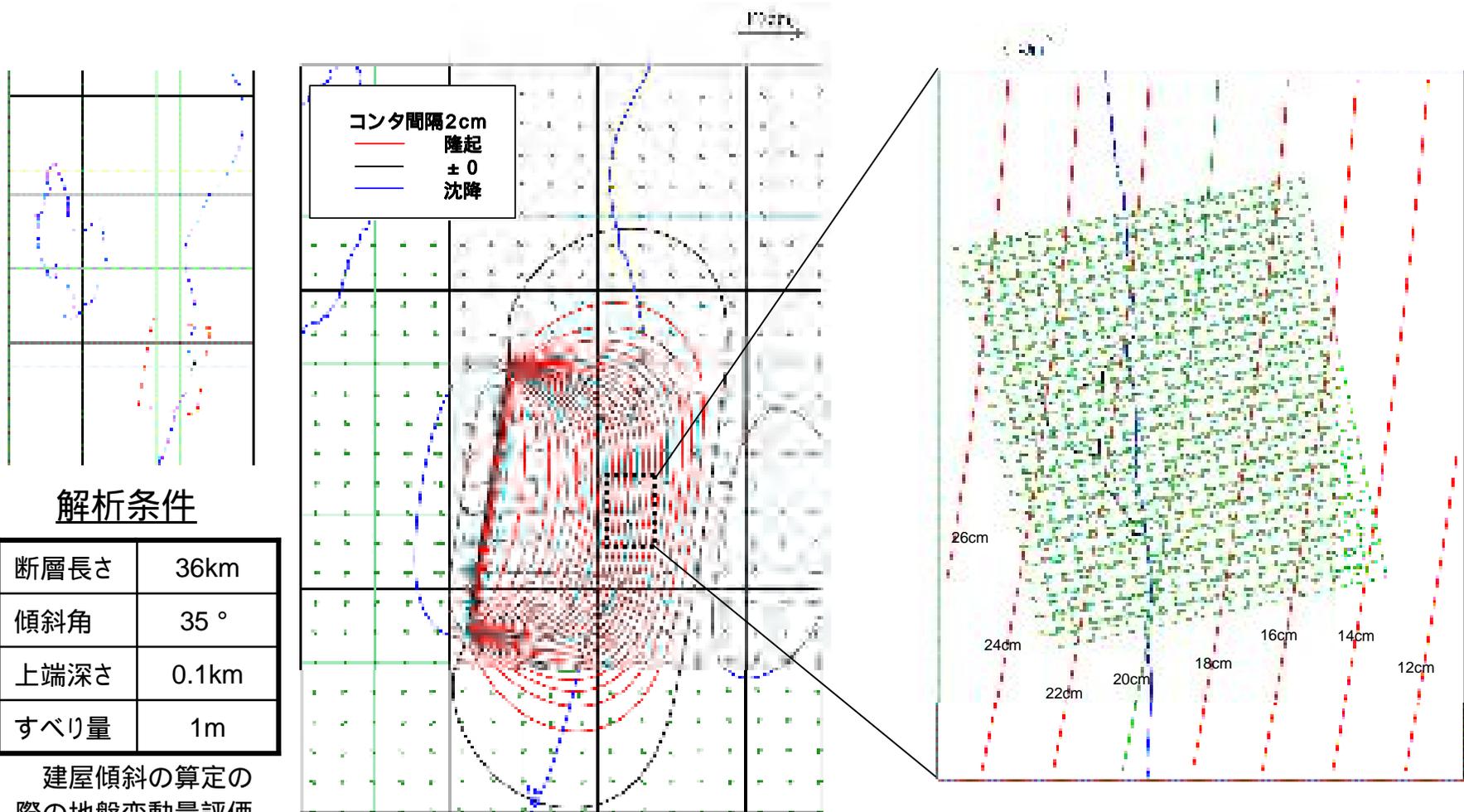
くいちがいの弾性論による敷地周辺の地殻変動量 (F-B断層モデル)



建屋傾斜の算定の際の地盤変動量評価にあたっては、すべり量を0.45倍している

4 . 評価結果〔合同W23-2-2 , 21頁目 , 訂正後〕 : 訂正箇所

くいちがいの弾性論による敷地周辺の地殻変動量 (F-B断層モデル)



解析条件

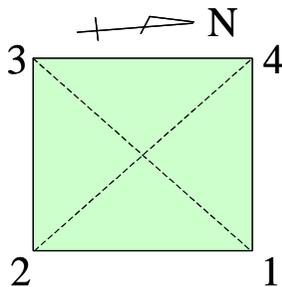
断層長さ	36km
傾斜角	35°
上端深さ	0.1km
すべり量	1m

建屋傾斜の算定の際の地盤変動量評価にあたっては、すべり量を 0.51倍 している

4 . 評価結果〔合同W23-2-2 , 22頁目 , 訂正前〕

傾斜算定の例 (F-B断層モデル)

評価位置図

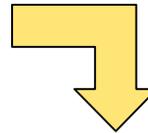


7号機原子炉建屋・タービン建屋の変動量

評価位置	7号原子炉建屋				7号タービン建屋			
	1	2	3	4	1	2	3	4
解析による地盤変動量*	94.1	93.9	94.5	94.8	94.8	94.5	95.4	95.6
ばらつき()	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8
+	102.9	102.7	103.3	103.6	103.6	103.3	104.2	104.4
-	85.3	85.1	85.7	86.0	86.0	85.7	86.6	86.8

* 強震動モデルの地震モーメント(M₀)と同じになるようにすべり量を0.45倍している

解析値にばらつきの± を考慮して傾斜を計算



現状の建屋傾斜

評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/10400	1/121000
2~3	1/6300	1/23400
3~4	1/19000	1/13300
4~1	1/8800	1/8200
1~3	1/22500	1/47000
2~4	1/7000	1/11800

現状の傾斜に
加算

+

ばらつきを考慮した最大傾斜変化量

評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/3200	1/5400
2~3	1/3200	1/4400
3~4	1/3200	1/5400
4~1	1/3200	1/4500
1~3	1/4500	1/7000
2~4	1/4400	1/6800



現状の傾斜を考慮した傾斜

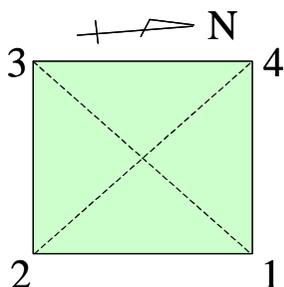
評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/2400	1/5200
2~3	1/2100	1/3700
3~4	1/2700	1/3900
4~1	1/2300	1/2900
1~3	1/3700	1/6100
2~4	1/2700	1/4300

* 傾斜の向きは考慮せずに
絶対値の足し合わせ

4 . 評価結果〔合同W23-2-2 , 22頁目 , 訂正後〕 : 訂正箇所

傾斜算定の例 (F-B断層モデル)

評価位置図

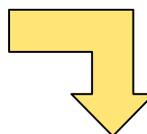


7号機原子炉建屋・タービン建屋の変動量

評価位置	7号原子炉建屋				7号タービン建屋			
	1	2	3	4	1	2	3	4
解析による地盤変動量*	106.7	106.4	107.1	107.4	107.5	107.0	108.1	108.3
ばらつき()	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8
+	115.5	115.2	115.9	116.2	116.3	115.8	116.9	117.1
-	97.9	97.6	98.3	98.6	98.7	98.2	99.3	99.5

* 強震動モデルの地震モーメント(M₀)と同じになるようにすべり量を 0.51倍 している

解析値にばらつきの± を考慮して傾斜を計算



現状の建屋傾斜

評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/10400	1/121000
2~3	1/6300	1/23400
3~4	1/19000	1/13300
4~1	1/8800	1/8200
1~3	1/22500	1/47000
2~4	1/7000	1/11800

現状の傾斜に加算

+

ばらつきを考慮した最大傾斜変化量

評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/3200	1/5400
2~3	1/3200	1/4400
3~4	1/3200	1/5400
4~1	1/3200	1/4400
1~3	1/4500	1/7000
2~4	1/4400	1/6700



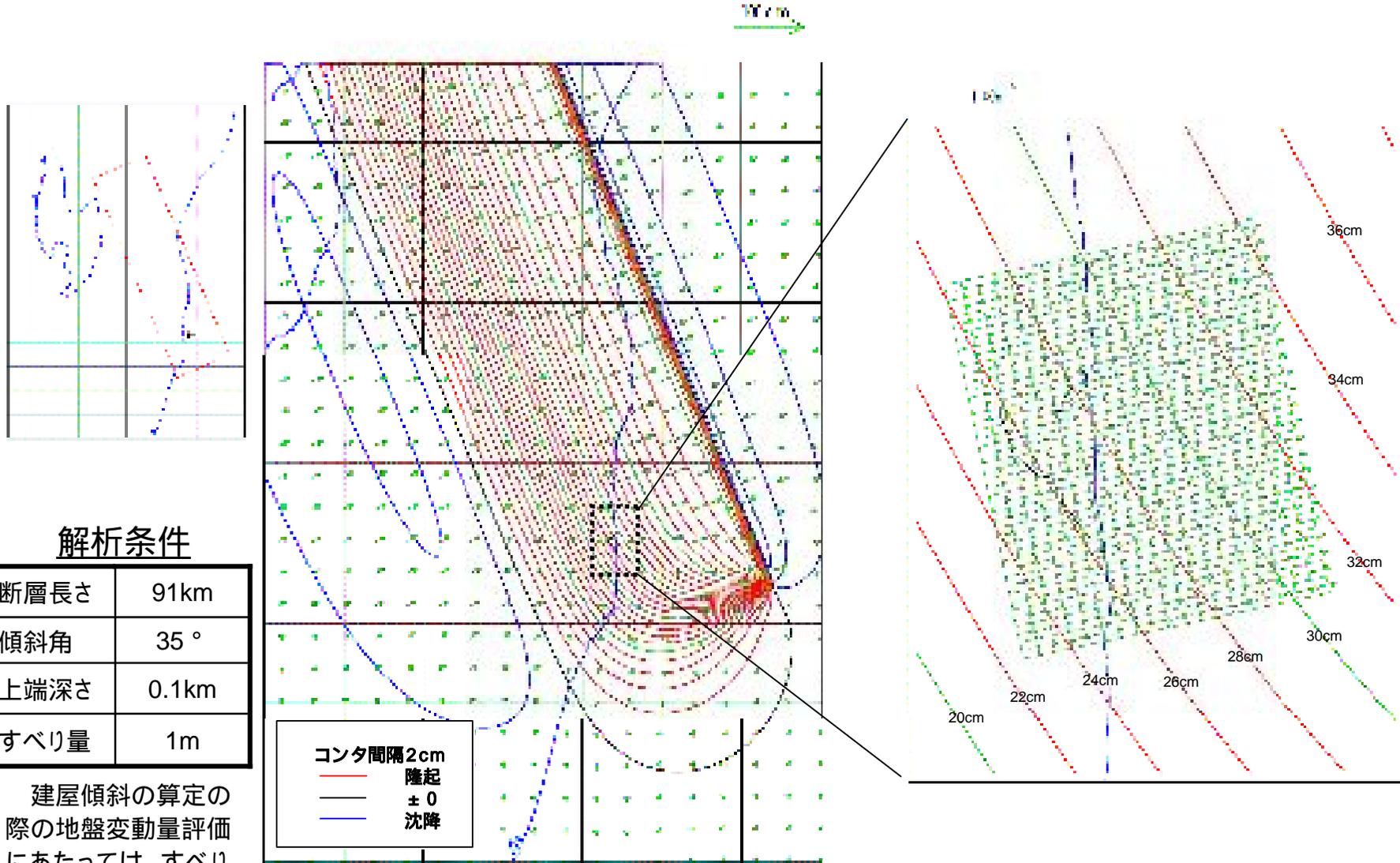
現状の傾斜を考慮した傾斜

評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/2400	1/5200
2~3	1/2100	1/3700
3~4	1/2700	1/3900
4~1	1/2300	1/2900
1~3	1/3700	1/6100
2~4	1/2600	1/4300

* 傾斜の向きは考慮せずに絶対値の足し合わせ

4 . 評価結果〔合同W23-2-2 , 24頁目 , 訂正前〕

くいちがいの弾性論による敷地周辺の地殻変動量 (長岡平野西縁断層帯モデル : 傾斜35度)



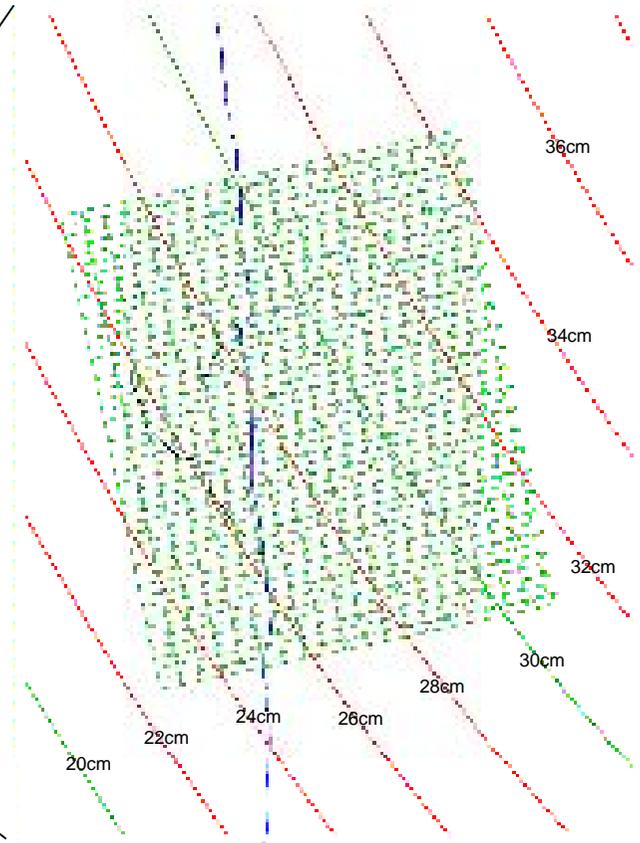
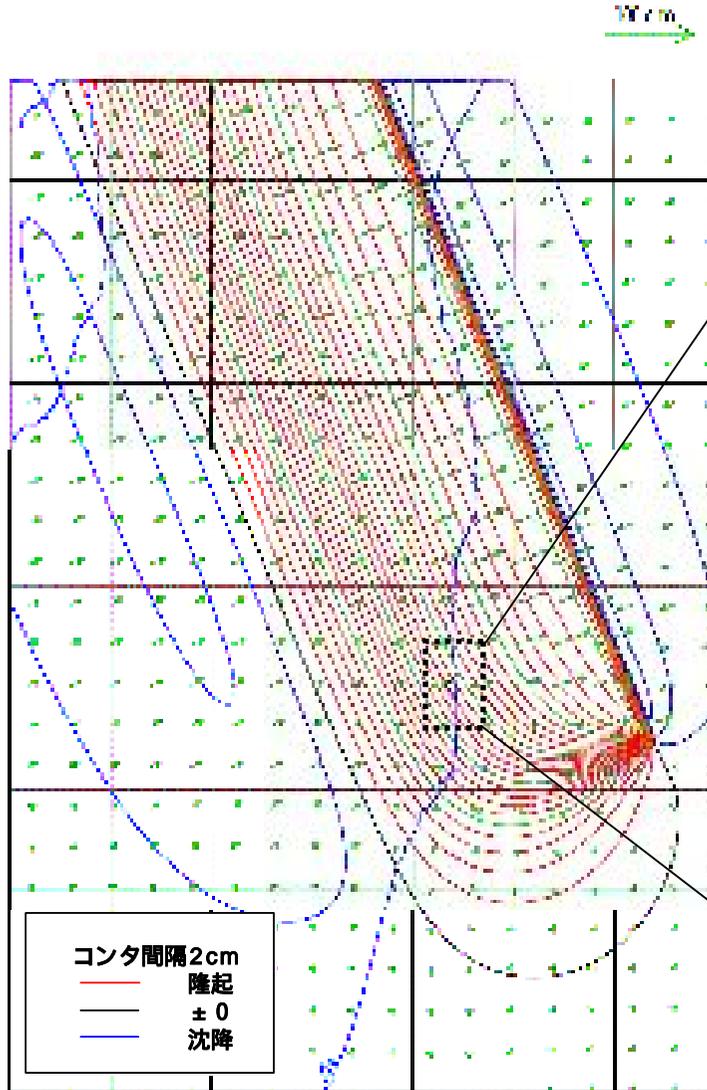
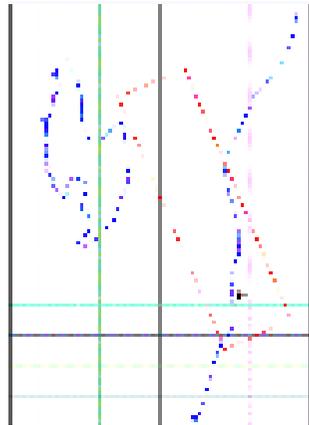
解析条件

断層長さ	91km
傾斜角	35°
上端深さ	0.1km
すべり量	1m

建屋傾斜の算定の際の地盤変動量評価にあたっては、すべり量を1.2倍して評価。

4 . 評価結果〔合同W23-2-2 , 24頁目 , 訂正後〕 : 訂正箇所

くいちがいの弾性論による敷地周辺の地殻変動量 (長岡平野西縁断層帯モデル : 傾斜35度)



解析条件

断層長さ	91km
傾斜角	35°
上端深さ	0.1km
すべり量	1m

建屋傾斜の算定の際の地盤変動量評価にあたっては、すべり量を 2.2倍 して評価。

4 . 評価結果〔合同W23-2-2 , 26頁目 , 訂正前〕

7号機原子炉建屋・タービン建屋の変動量及び傾斜 (F-B断層モデル)

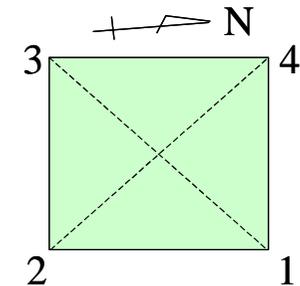
F-B断層モデル

評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/2400	1/5200
2~3	1/2100	1/3700
3~4	1/2700	1/3900
4~1	1/2300	1/2900
1~3	1/3700	1/6100
2~4	1/2700	1/4300

長岡平野西縁断層帯 (傾斜角50°)

評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/2400	1/4900
2~3	1/2000	1/3300
3~4	1/2700	1/3700
4~1	1/2200	1/2600
1~3	1/3300	1/5100
2~4	1/2600	1/4100

評価位置図



(参考) 新潟県中越沖地震
国土地理院拡張モデル

評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/2100	1/3900
2~3	1/2000	1/3400
3~4	1/2400	1/3200
4~1	1/2200	1/2700
1~3	1/3600	1/5500
2~4	1/2300	1/3400

長岡平野西縁断層帯 (傾斜角35°)

評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/2400	1/5000
2~3	1/2100	1/3500
3~4	1/2700	1/3800
4~1	1/2300	1/2800
1~3	1/3500	1/5400
2~4	1/2600	1/4300

建屋の傾斜は現状の建屋の傾斜を考慮しても 1 / 2,000 程度

4 . 評価結果〔合同W23-2-2 , 26頁目 , 訂正後〕 : 訂正箇所

7号機原子炉建屋・タービン建屋の変動量及び傾斜 (F-B断層モデル)

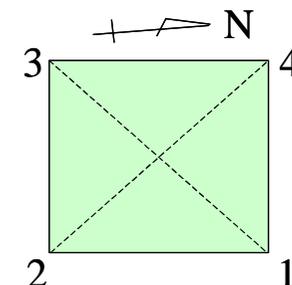
F-B断層モデル

評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/2400	1/5200
2~3	1/2100	1/3700
3~4	1/2700	1/3900
4~1	1/2300	1/2900
1~3	1/3700	1/6100
2~4	1/2600	1/4300

長岡平野西縁断層帯 (傾斜角50°)

評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/2400	1/4900
2~3	1/2000	1/3300
3~4	1/2700	1/3700
4~1	1/2200	1/2600
1~3	1/3300	1/5100
2~4	1/2600	1/4100

評価位置図



(参考) 新潟県中越沖地震
国土地理院拡張モデル

評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/2100	1/3900
2~3	1/2000	1/3400
3~4	1/2400	1/3200
4~1	1/2200	1/2700
1~3	1/3600	1/5500
2~4	1/2300	1/3400

長岡平野西縁断層帯 (傾斜角35°)

評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/2400	1/4800
2~3	1/2000	1/3300
3~4	1/2600	1/3700
4~1	1/2200	1/2600
1~3	1/3300	1/4900
2~4	1/2600	1/4100

建屋の傾斜は現状の建屋の傾斜を考慮しても 1 / 2,000 程度

検討ケース〔合同W24-1-2，4頁目，訂正前〕

計算ケース (断層名など)	断層の諸元				地盤変動評価 のための補正
	長さ (km) * パラメータ	傾斜角 (°)	断層の幅 (km) * パラメータ	すべり量 (m)	すべり量(m)
F - B 断層	36以下	35	29.5以下	1.0	0.45
長岡平野西縁断層帯	91以下	50	22.1以下	1.0	1.6
	91以下	35	29.5以下	1.0	1.2

- 基準地震動策定に用いた断層モデル（強震動モデル）は，エネルギーを発する断層面を地震発生層内に設定しているため，必ずしも地表付近の地殻変動を適切に表現できるものではない。
- 地質調査結果を踏まえて断層の長さを設定し，反射法地震探査結果等において確認された断層変位は地表付近まで及んでいることから，断層面を地表付近まで延長したモデル（地殻変動モデル）を用いた。
- 本検討では，多層媒質に対するWang et al. (2003)の方法を用い，すべり量を1 mとした。
- 建屋傾斜の算定に用いる地盤変動量の評価においては，地震モーメントが強震動モデルの地震モーメント（ M_0 ）と同じになるように算定したすべり量を用いた結果を採用し，パラメータスタディでのすべり量は変わらないものとした。

検討ケース〔合同W24-1-2，4頁目，訂正後〕

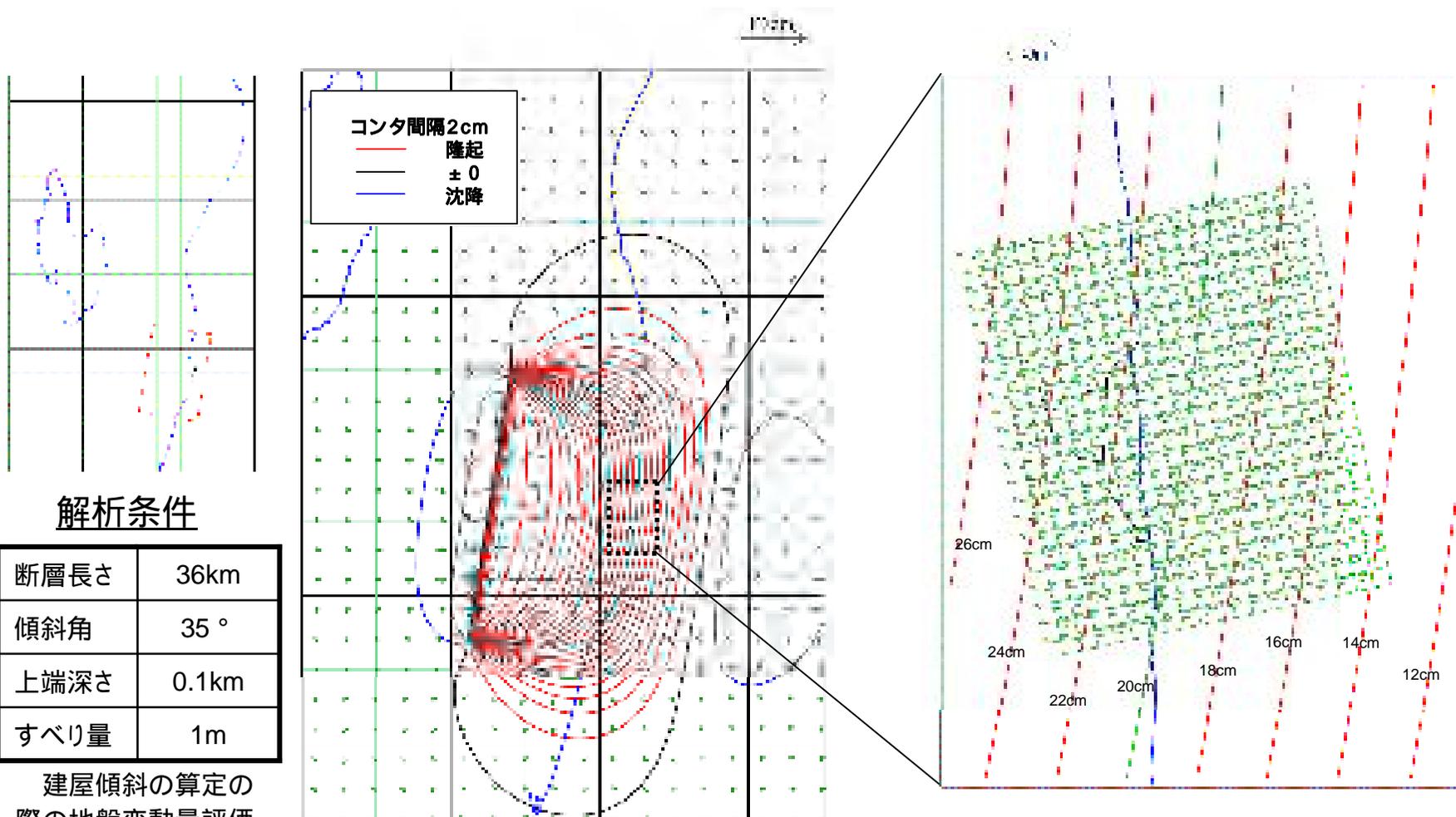
 : 訂正箇所

計算ケース (断層名など)	断層の諸元				地盤変動評価 のための補正
	長さ (km) <small>* パラメータ</small>	傾斜角 (°)	断層の幅 (km) <small>* パラメータ</small>	すべり量 (m)	すべり量(m)
F - B 断層	36以下	35	29.5以下	1.0	0.51
長岡平野西縁断層帯	91以下	50	22.1以下	1.0	1.6
	91以下	35	29.5以下	1.0	2.2

- 基準地震動策定に用いた断層モデル（強震動モデル）は，エネルギーを発する断層面を地震発生層内に設定しているため，必ずしも地表付近の地殻変動を適切に表現できるものではない。
- 地質調査結果を踏まえて断層の長さを設定し，反射法地震探査結果等において確認された断層変位は地表付近まで及んでいることから，断層面を地表付近まで延長したモデル（地殻変動モデル）を用いた。
- 本検討では，多層媒質に対するWang et al. (2003)の方法を用い，すべり量を1 mとした。
- 建屋傾斜の算定に用いる地盤変動量の評価においては，地震モーメントが強震動モデルの地震モーメント（ M_0 ）と同じになるように算定したすべり量を用いた結果を採用し，パラメータスタディでのすべり量は変わらないものとした。

前回WGでお示しした解析結果（F-B断層）〔合同W24-1-2，5頁目，訂正前〕

くいちがいの弾性論による敷地周辺の地殻変動量



解析条件

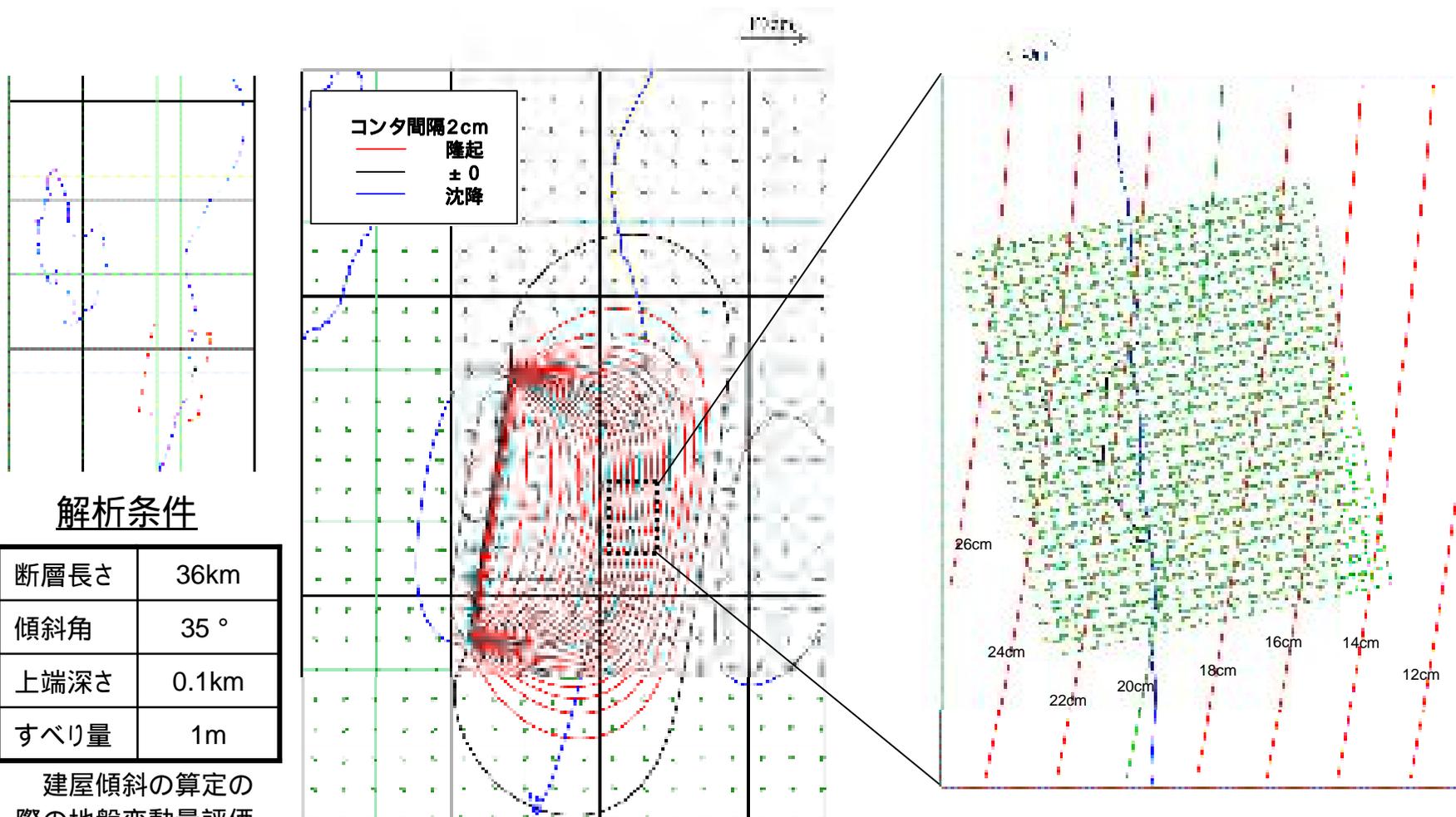
断層長さ	36km
傾斜角	35°
上端深さ	0.1km
すべり量	1m

建屋傾斜の算定の際の地盤変動量評価にあたっては、すべり量を0.45倍している

前回WGでお示しした解析結果（F-B断層）〔合同W24-1-2，5頁目，訂正後〕

くいちがいの弾性論による敷地周辺の地殻変動量

 : 訂正箇所



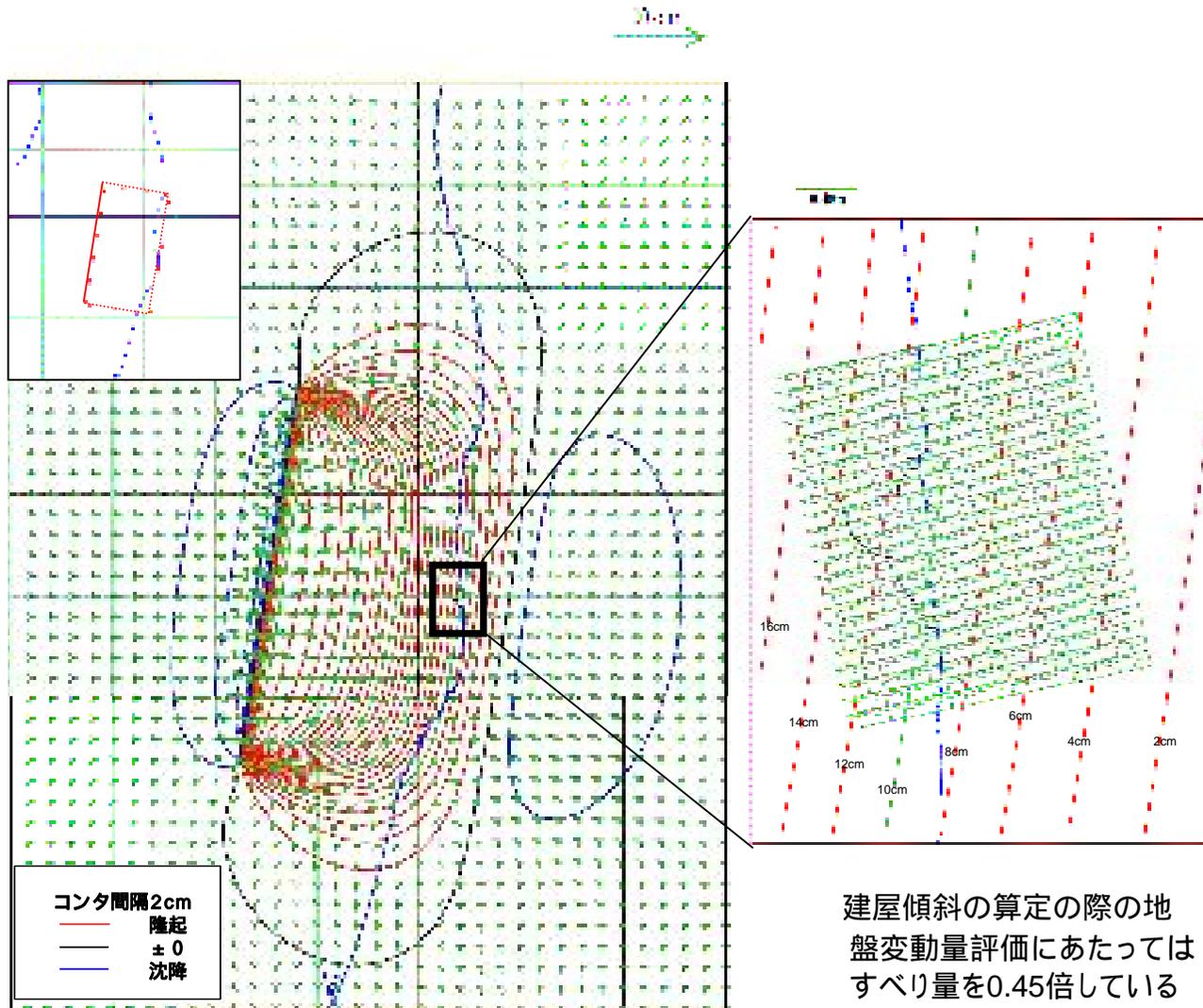
解析条件

断層長さ	36km
傾斜角	35°
上端深さ	0.1km
すべり量	1m

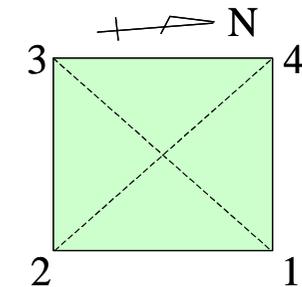
建屋傾斜の算定の際の地盤変動量評価にあたっては、すべり量を 0.51倍 している

解析結果および建屋傾斜 (F-B断層) [合同W24-1-2, 7頁目, 訂正前]

断層長さ36km, 断層幅24km



評価位置図



建屋傾斜算定結果

評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/2400	1/5200
2~3	1/2100	1/3700
3~4	1/2700	1/3800
4~1	1/2300	1/2900
1~3	1/3700	1/6100
2~4	1/2600	1/4300

(参考)基本ケース

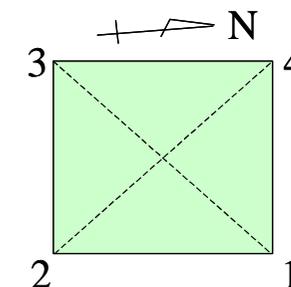
評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/2400	1/5200
2~3	1/2100	1/3700
3~4	1/2700	1/3900
4~1	1/2300	1/2900
1~3	1/3700	1/6100
2~4	1/2700	1/4300

解析結果および建屋傾斜 (F-B断層) [合同W24-1-2, 7頁目, 訂正後]

断層長さ36km, 断層幅24km

 : 訂正箇所

評価位置図

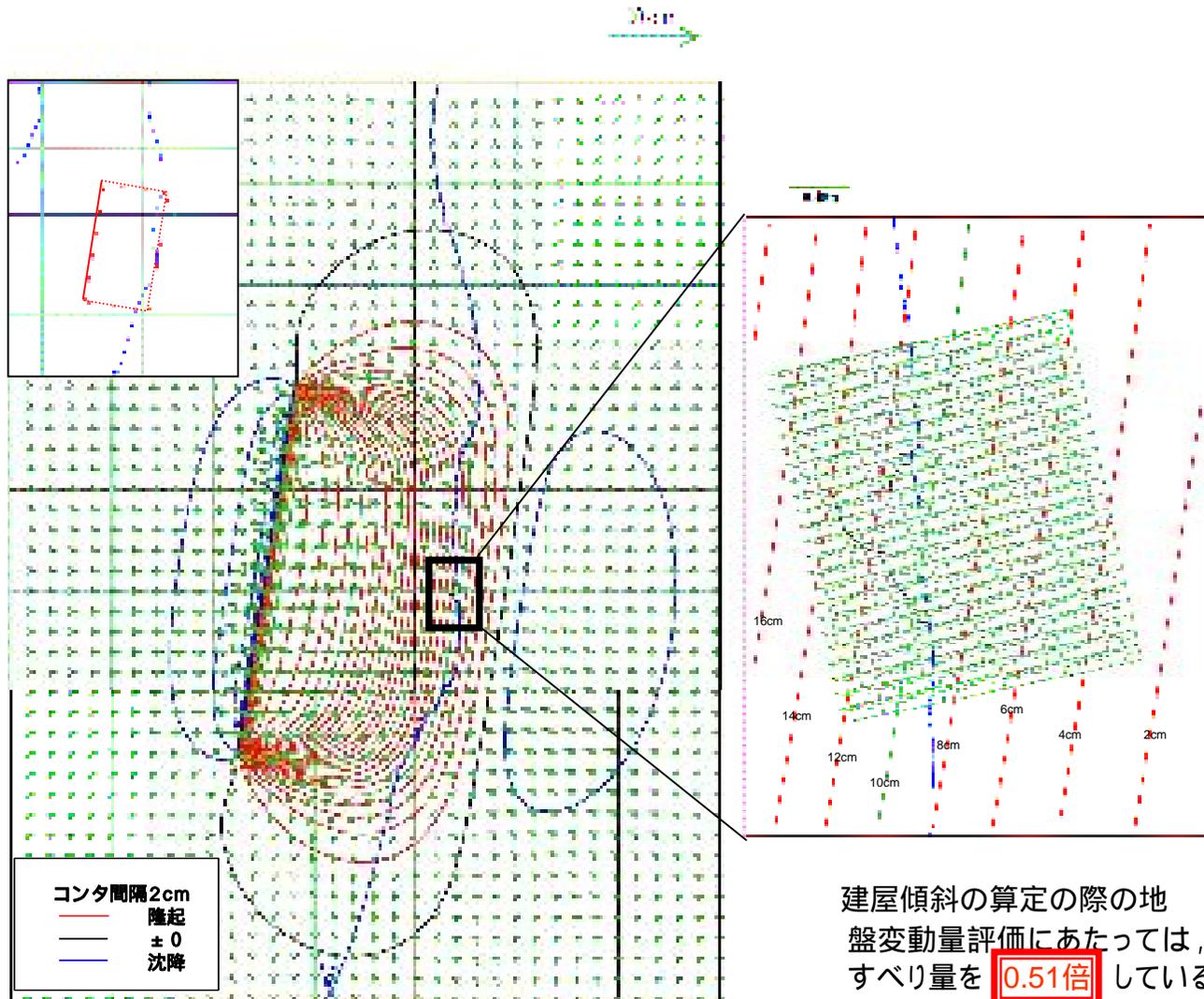


建屋傾斜算定結果

評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/2400	1/5100
2~3	1/2100	1/3700
3~4	1/2700	1/3800
4~1	1/2300	1/2900
1~3	1/3700	1/6100
2~4	1/2600	1/4200

(参考)基本ケース

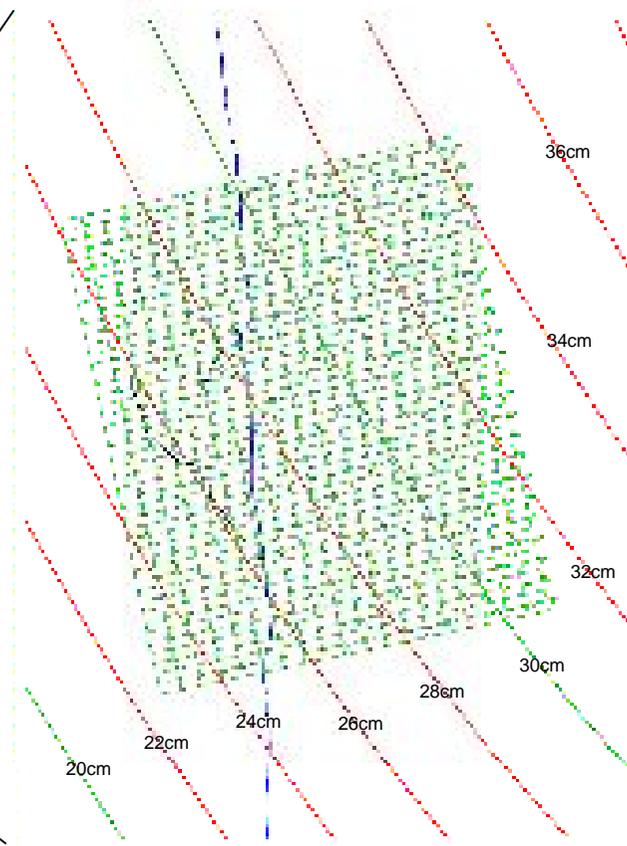
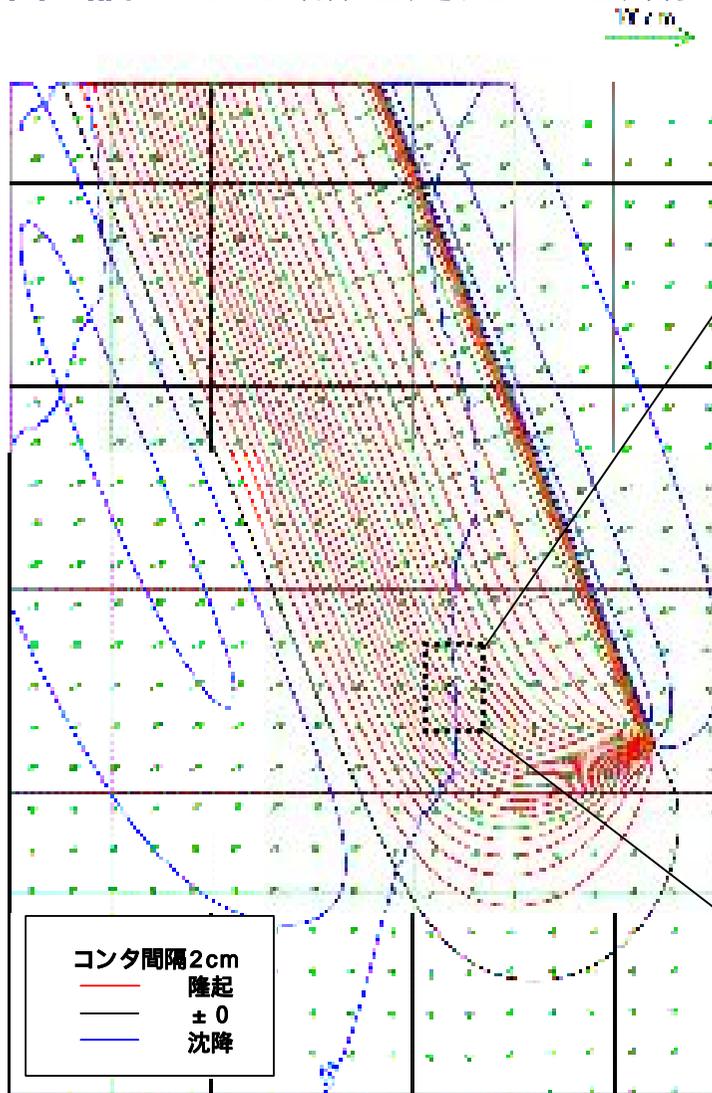
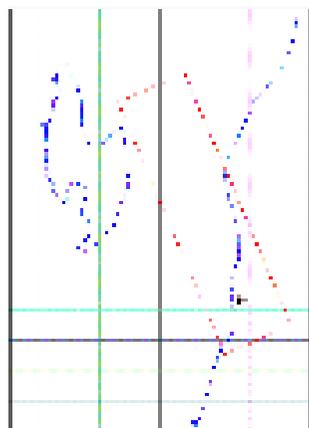
評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/2400	1/5200
2~3	1/2100	1/3700
3~4	1/2700	1/3900
4~1	1/2300	1/2900
1~3	1/3700	1/6100
2~4	1/2600	1/4300



建屋傾斜の算定の際の地盤変動量評価にあたっては、すべり量を 0.51倍 している

前回WGでお示しした解析結果（長岡平野西縁断層帯モデル：傾斜35度）

くいちがいの弾性論による敷地周辺の地殻変動量 [合同W24-1-2, 10頁目, 訂正前]



解析条件

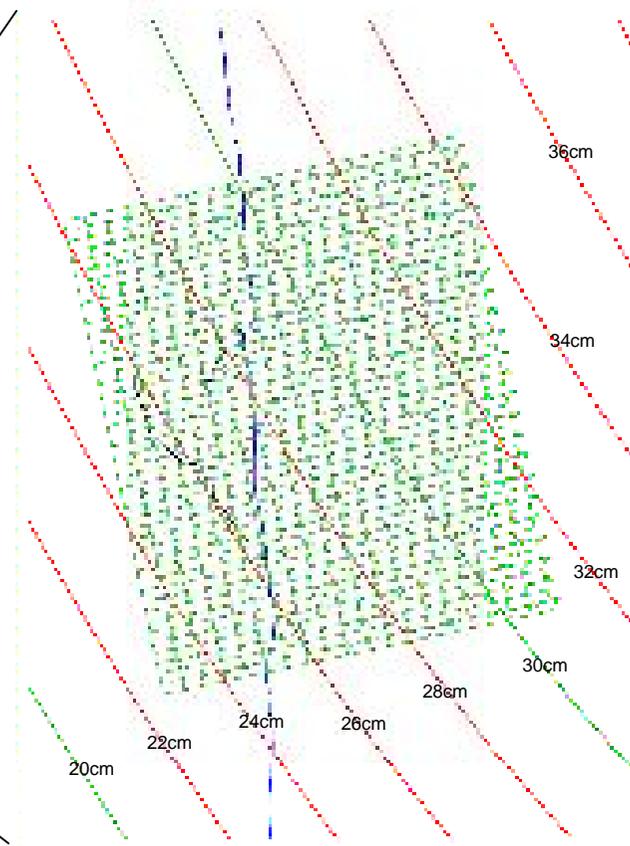
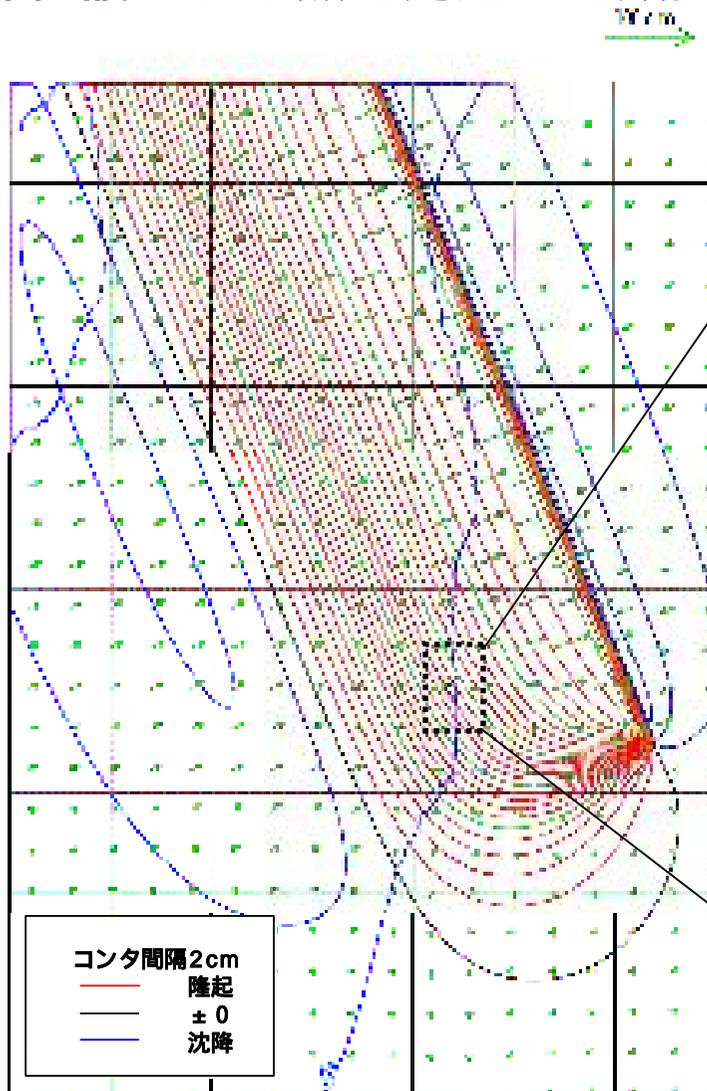
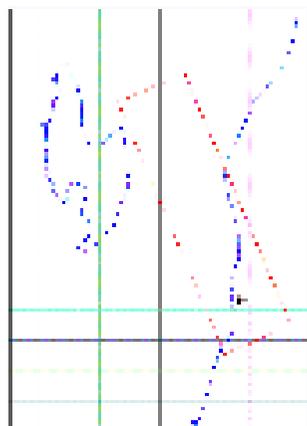
断層長さ	91km
傾斜角	35°
上端深さ	0.1km
すべり量	1m

建屋傾斜の算定の際の地盤変動量評価にあたっては、すべり量を1.2倍して評価。

前回WGでお示しした解析結果（長岡平野西縁断層帯モデル：傾斜35度）

くいちがいの弾性論による敷地周辺の地殻変動量 〔合同W24-1-2 , 10頁目 , 訂正後〕

 : 訂正箇所



解析条件

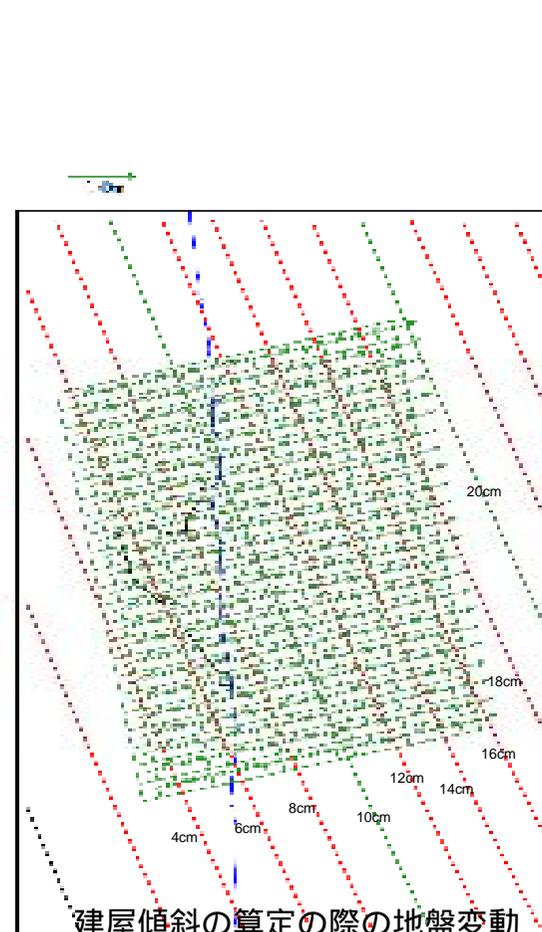
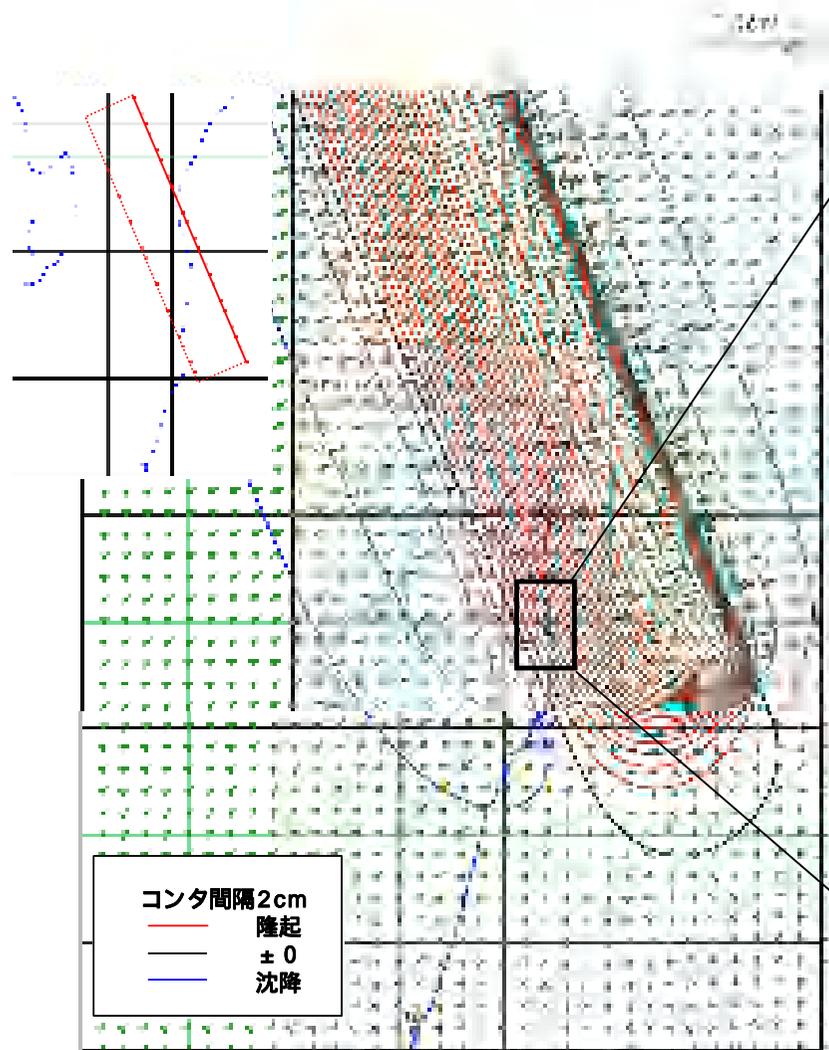
断層長さ	91km
傾斜角	35°
上端深さ	0.1km
すべり量	1m

建屋傾斜の算定の際の地盤変動量評価にあたっては、すべり量を 2.2倍 して評価。

解析結果および建屋傾斜算定結果（長岡平野西縁断層帯 傾斜35°）

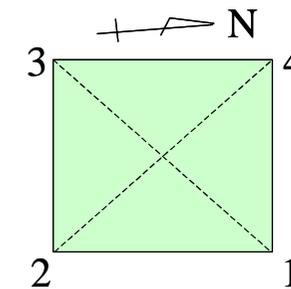
断層長さ91km，断層幅20km

〔合同W24-1-2，10頁目，訂正前〕



建屋傾斜の算定の際の地盤変動量評価にあたっては、すべり量を1.2倍して評価。

評価位置図



評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/2400	1/5000
2~3	1/2000	1/3300
3~4	1/2700	1/3700
4~1	1/2200	1/2600
1~3	1/3300	1/5100
2~4	1/2600	1/4100

(参考)基本検討ケース

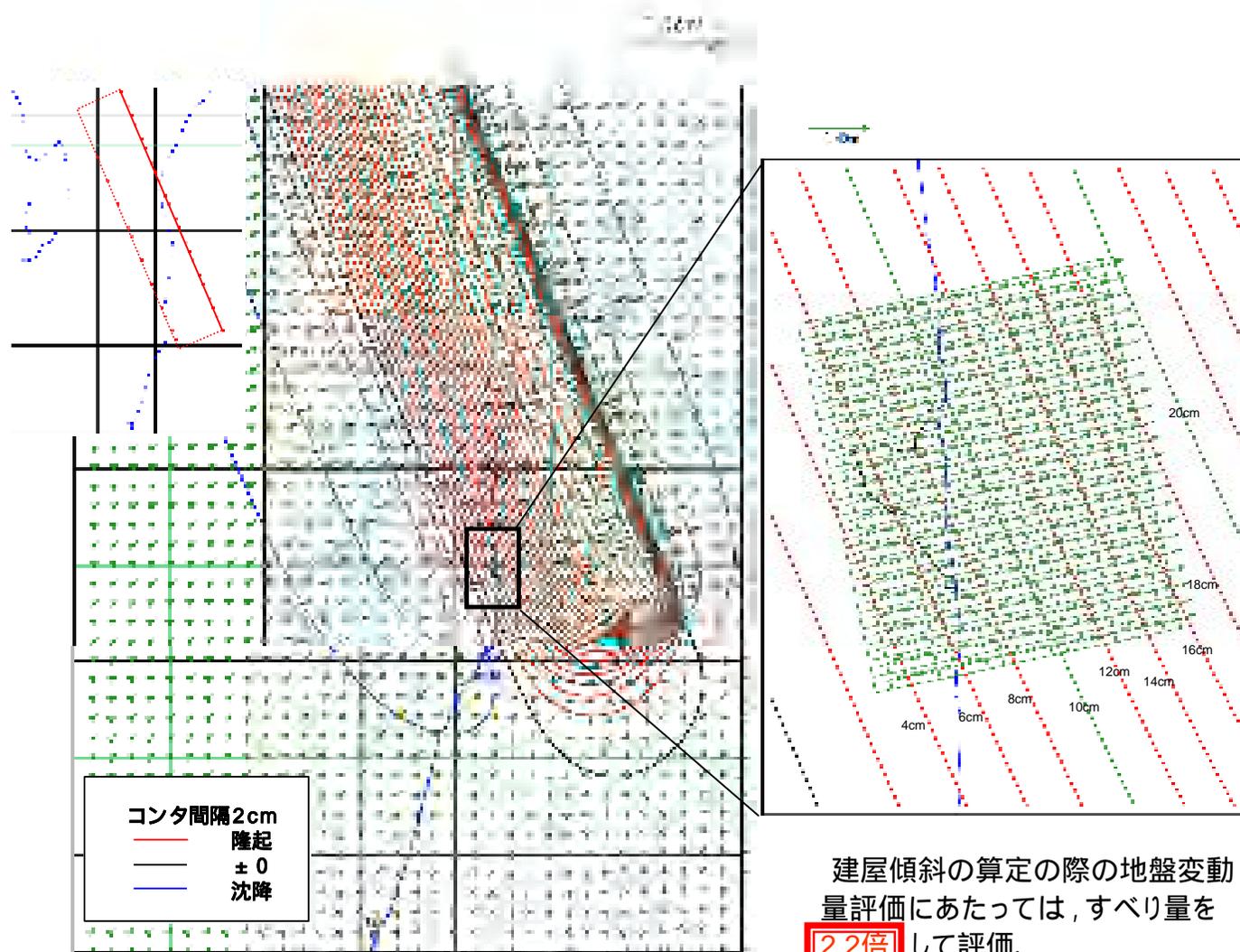
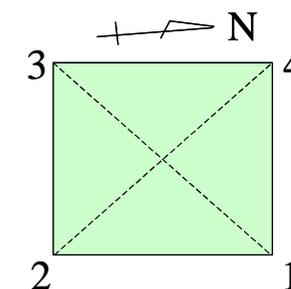
評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/2400	1/5000
2~3	1/2100	1/3500
3~4	1/2700	1/3800
4~1	1/2300	1/2800
1~3	1/3500	1/5400
2~4	1/2600	1/4300

解析結果および建屋傾斜算定結果（長岡平野西縁断層帯 傾斜35°）

断層長さ91km，断層幅20km

〔合同W24-1-2，10頁目，訂正後〕

 ：訂正箇所
評価位置図



評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/2400	1/4800
2~3	1/1900	1/3000
3~4	1/2600	1/3600
4~1	1/2000	1/2400
1~3	1/3000	1/4500
2~4	1/2400	1/3800

(参考)基本検討ケース

評価位置	# 7R/B	# 7T/B
1~2	1/2400	1/4800
2~3	1/2000	1/3300
3~4	1/2600	1/3700
4~1	1/2200	1/2600
1~3	1/3300	1/4900
2~4	1/2600	1/4100

建屋傾斜の算定の際の地盤変動量評価にあたっては、すべり量を 2.2倍 して評価。

2 . 建屋傾斜評価及び津波安全性評価における 地殻変動の解析手法について

解析方針

■ 建屋傾斜評価における地殻変動の解析方針

- 基準地震動策定に用いた断層モデル（強震動モデル）は，エネルギーを発する断層面を地震発生層内に設定しているため，必ずしも地表付近の地殻変動を適切に表現できるものではない
- 地質調査結果を踏まえて断層の位置，長さを設定し，反射法地震探査結果等において確認された断層変位は地表付近まで及んでいることから，断層面を地表付近まで延長したモデルを用い，地殻変動を解析する

■ 津波安全性評価における地殻変動の解析方針

- 地質調査結果を踏まえて断層の位置，傾斜を設定し，土木学会（2002）に示される解析方法に従って断層モデルを設定し，地殻変動を解析する
- なお，土木学会（2002）で示される解析方法は，地殻変動を再現するためのものではなく，痕跡高を再現するために検討されたものである

地殻変動の解析フロー

建屋傾斜評価

津波安全性評価

土木学会 (2002) による

基準地震動(Ss)
策定に用いた
断層モデルの
地震モーメントMo

断層上端0.1km
断層下端17km

$W = 16.9 / \sin(\theta)$
但し, θ : 断層の傾斜

断層幅Wの算定

$M_o = \mu LWD$
但し, μ : 震源断層付近の媒質の剛性率

すべり量Dの算定

くいちがいの弾性論
Wang et al.
(2003)

地質調査に基づく
断層長さL

武村 (1998) による
 $\log L = 0.75 M_w - 3.77$

モーメント
マグニチュードMw

Kanamori(1977)による
 $\log M_o (N \cdot m) = 1.5 M_w + 9.1$

地震モーメントMo

断層上端 0km
断層下端 15km

$W = 15 / \sin(\theta)$
但し, θ : 断層の傾斜

断層幅Wの算定

$M_o = \mu LWD$
但し, μ : 震源断層付近の媒質の剛性率

すべり量Dの算定

くいちがいの弾性論
Mansinha and
Smylie (1971)

解析方法及び断層モデル諸元

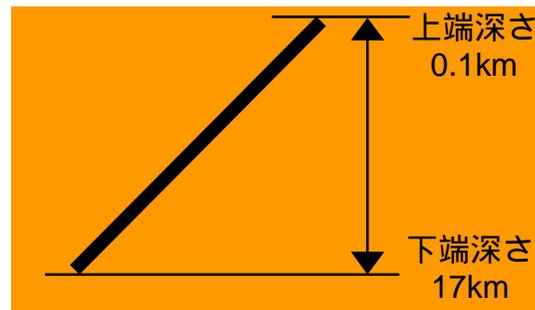
解析方法

項目	建屋傾斜評価	津波安全性評価
解析方法	Wang et al. (2003) に基づく多層モデル	Mansinha and Smylie (1971) に基づく成層モデル

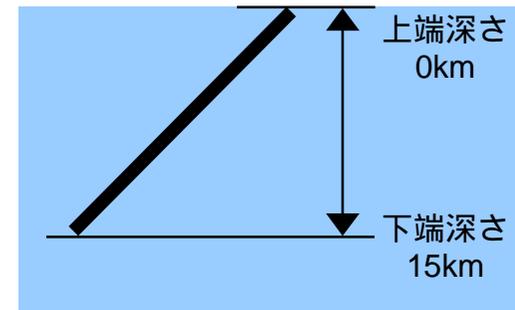
断層モデル諸元

項目	長岡平野西縁断層(35°)		F-B断層	
	建屋傾斜評価	津波安全性評価	建屋傾斜評価	津波安全性評価
断層長 L km	91	91	36	36
断層幅 W km	29.5	26.2	29.5	24.0
すべり量 D m	2.2	4.34	0.51	1.72
断層上端 km	0.1	0.0	0.1	0.0
断層下端 km	17.0	15.0	17.0	15.0
走向 θ °	187	187	39	39
傾斜 δ °	35	35	35	35
すべり角 λ °	90	72	90	90
Mo N·m	1.8×10^{20}	3.6×10^{20}	1.7×10^{19}	5.7×10^{19}
Mw -	7.4	7.6	6.7	7.1

断層モデルのイメージ

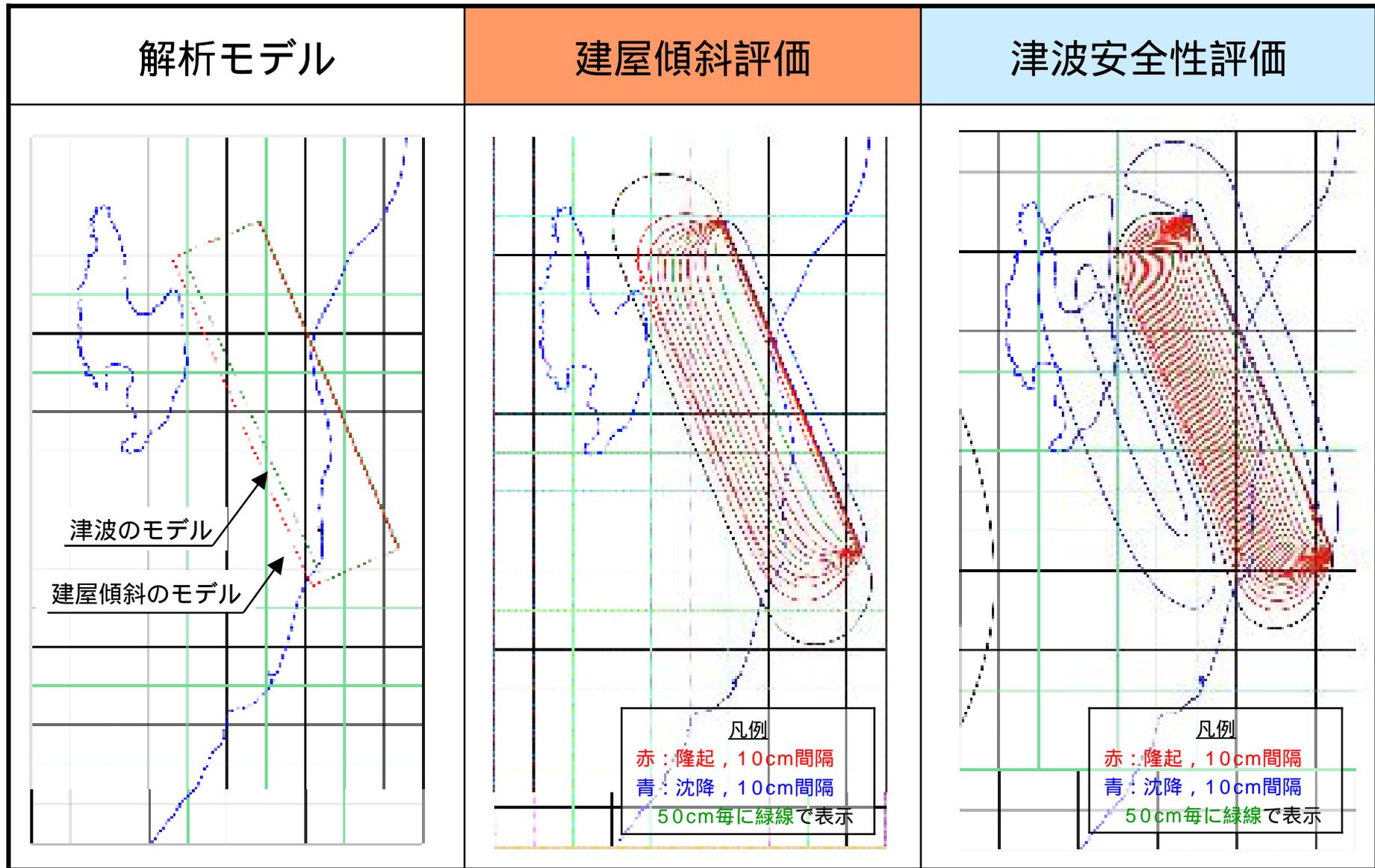


建屋傾斜評価の断層モデル

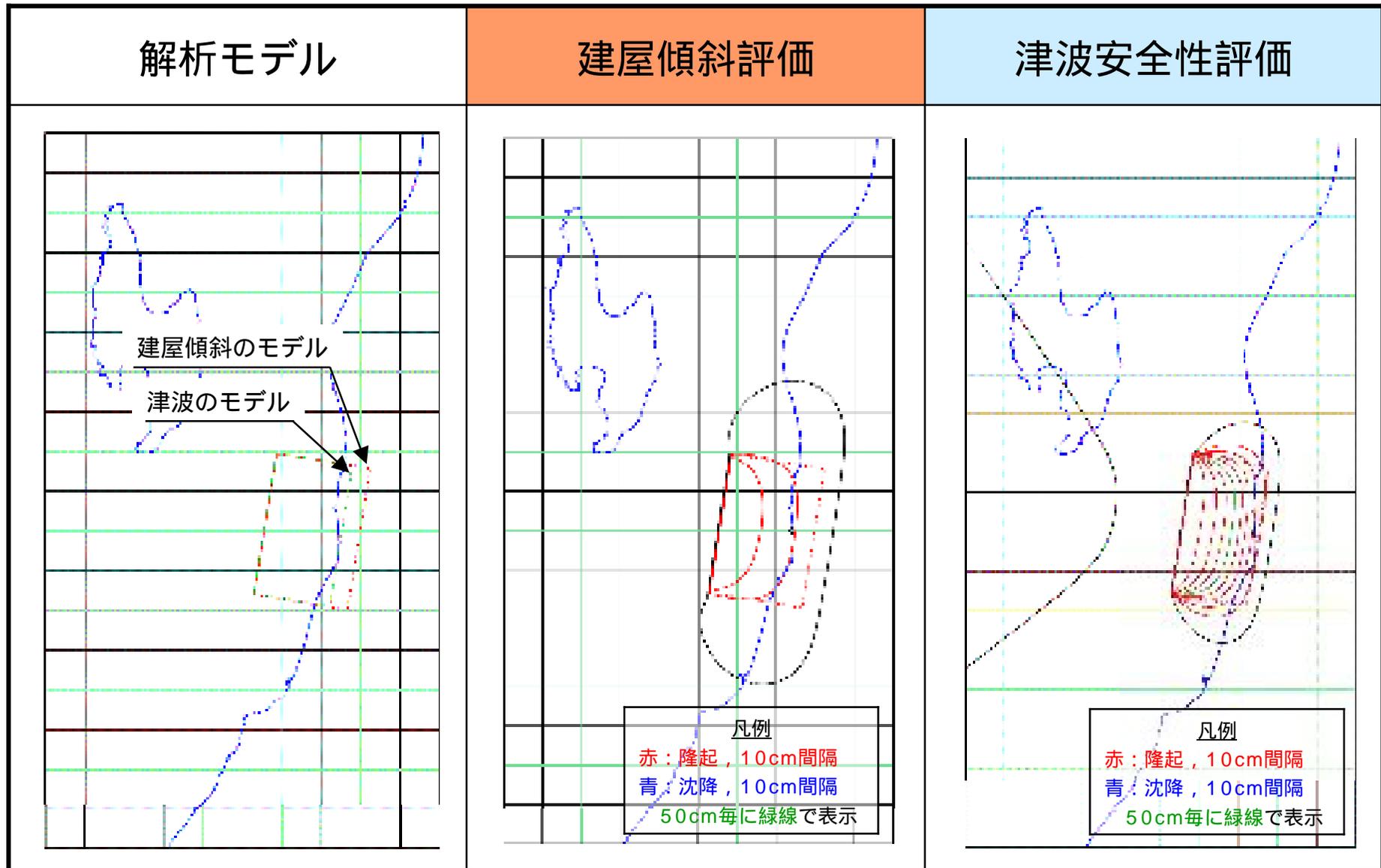


津波安全性評価の断層モデル

解析結果（長岡平野西縁断層，35°モデル）



解析結果 (F - B断層 , 3 6 k m)



参考文献

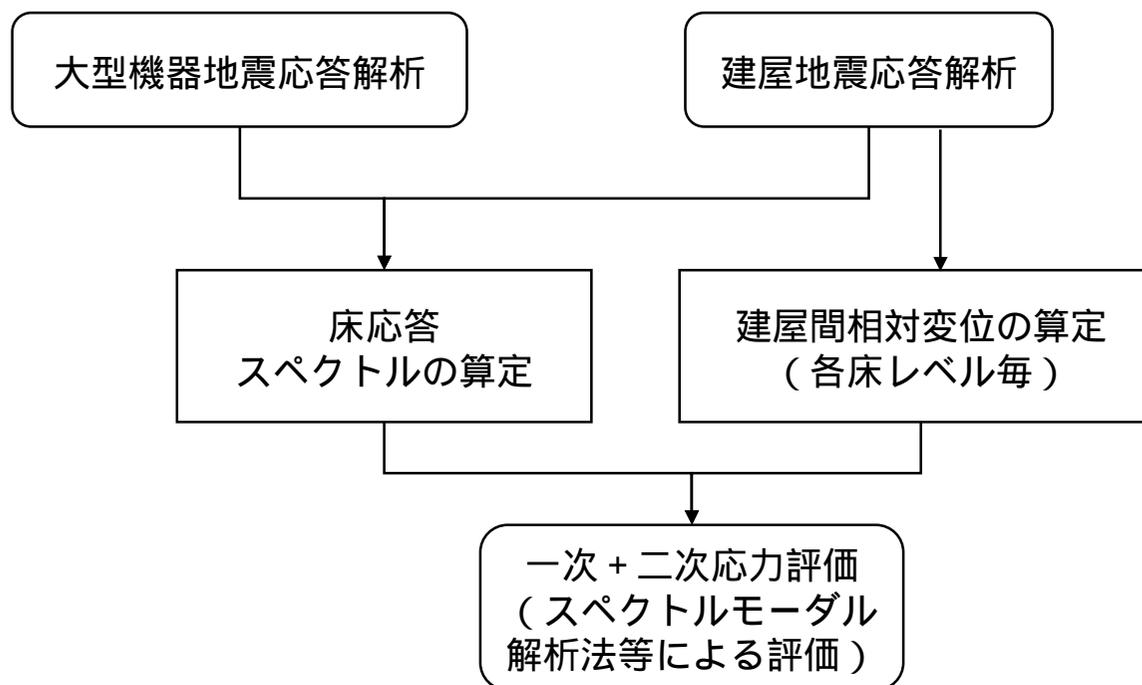
- 土木学会原子力土木委員会津波評価部会(2002)：原子力発電所の津波評価技術 平成14年2月，321p
- Mansinha,L.and D.E.Smylie(1971)：The displacement field of inclined faults, Bulletin of the Seismological Society of America,Vol.61,No.5,pp.1433-1440
- Rongjiang Wang, Francisco Lorenzo Martin, Frank Roth (2003)：Computation of deformation induced by earthquakes in a multi-layered elastic crust - FORTRAN programs, Computers & Geosciences 29 .
- Kanamori,H.(1977)：The energy release in great earthquakes, Journal of Geophysical Research, 82, 2981-2987
- 入倉孝二郎，三宅弘恵（2001）：シナリオ地震の強震動予測，地学雑誌，110,849-875
- 武村雅之（1998）：日本列島における地殻内地震のスケーリング則 - 地震断層の影響および地震被害との関連 - ，地震第2輯，第51巻，pp.211-228

3 . 建屋間の相対変位に対する非常用冷却系配管への影響について

建屋間相対変位による配管の応力評価について

相対変位を考慮した評価の流れ

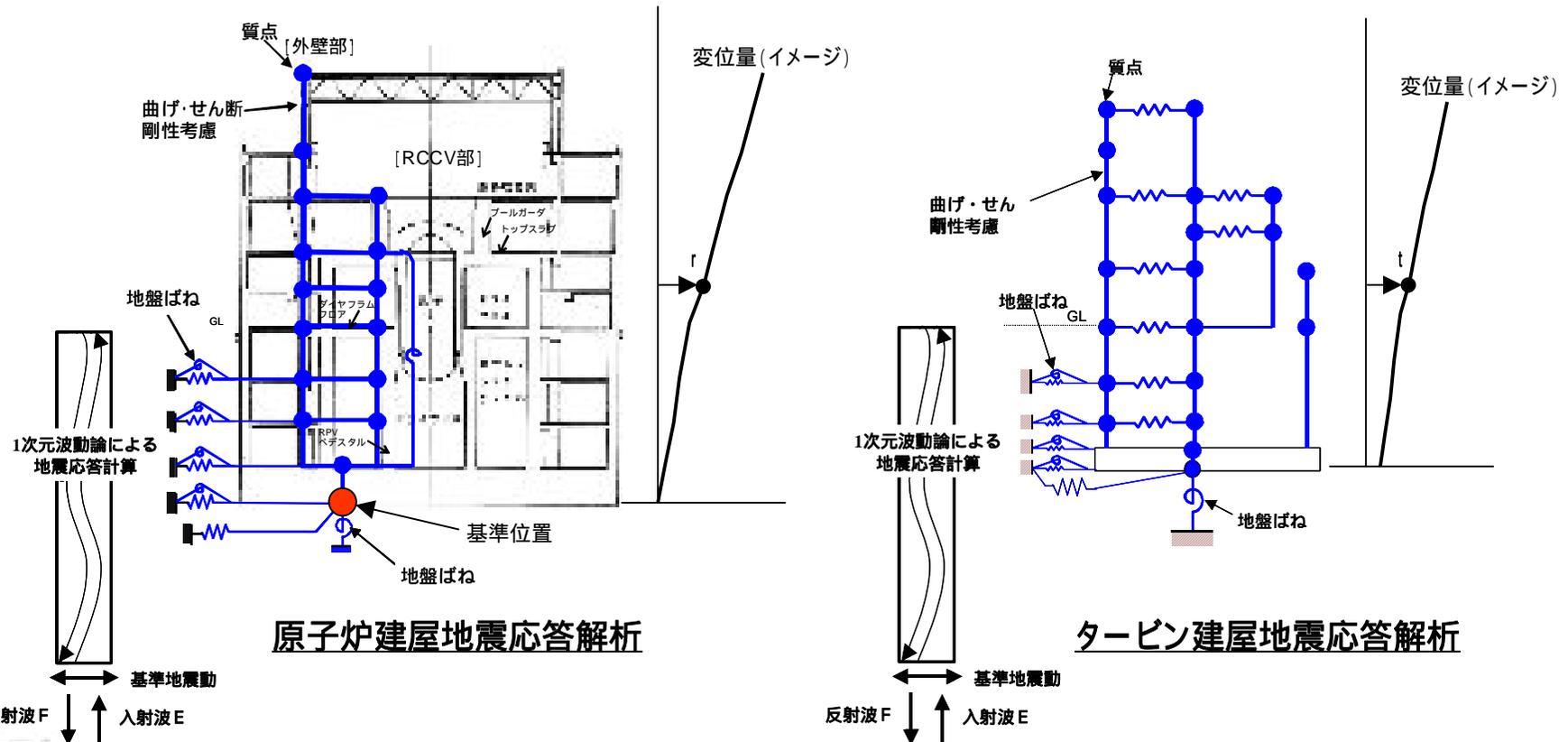
- 各建屋の地震応答解析
- 建屋解析結果から、各床レベルでの相対変位を算出
- 相対変位を考慮した、配管応力評価(一次 + 二次応力評価)



7号機原子炉建屋とタービン建屋の相対変位

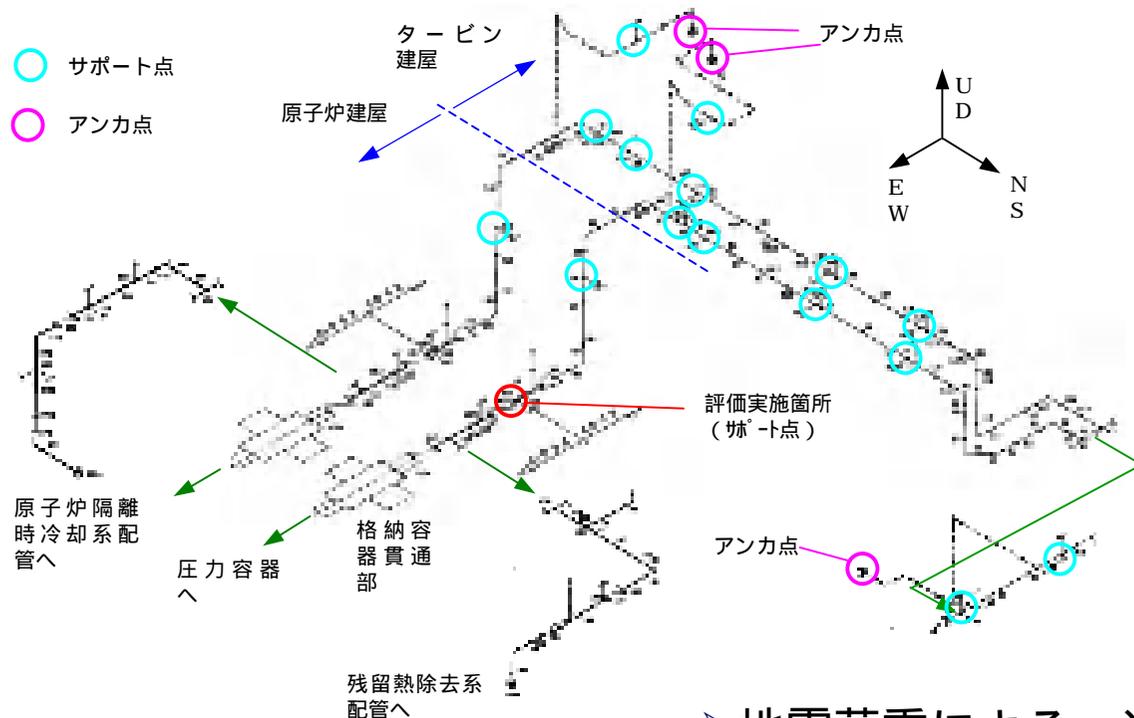
配管系の評価では、原子炉建屋・タービン建屋の基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果に基づく変位量から、各高さレベルでの相対変位を算出

- ・原子炉建屋基礎盤下を基準として、各建屋の床レベルでの高さ毎の変位の最大値を算出
(原子炉建屋変位 = r 、タービン建屋変位 = t)
- ・建屋の床レベル毎に相対変位を算出(水平・鉛直各方向)
(相対変位 = $r + t$)



建屋相対変位による配管の評価

▶ 建屋間の地震時相対変位により応力（一次 + 二次応力）が最も厳しくなると想定される設備として、給水系配管を対象に設計時と同等な評価を実施。



給水系配管評価実施箇所

建屋間相対変位

評価対象 配管の設置 レベル	相対変位(mm)		
	水平方向 (NS)	水平方向 (EW)	鉛直方向
...
18.1m	36.3	40.7	3.5
12.3m	27.3	30.9	3.3
...

▶ 地震荷重による一次 + 二次応力評価の結果、評価基準値を下回っていることを確認。

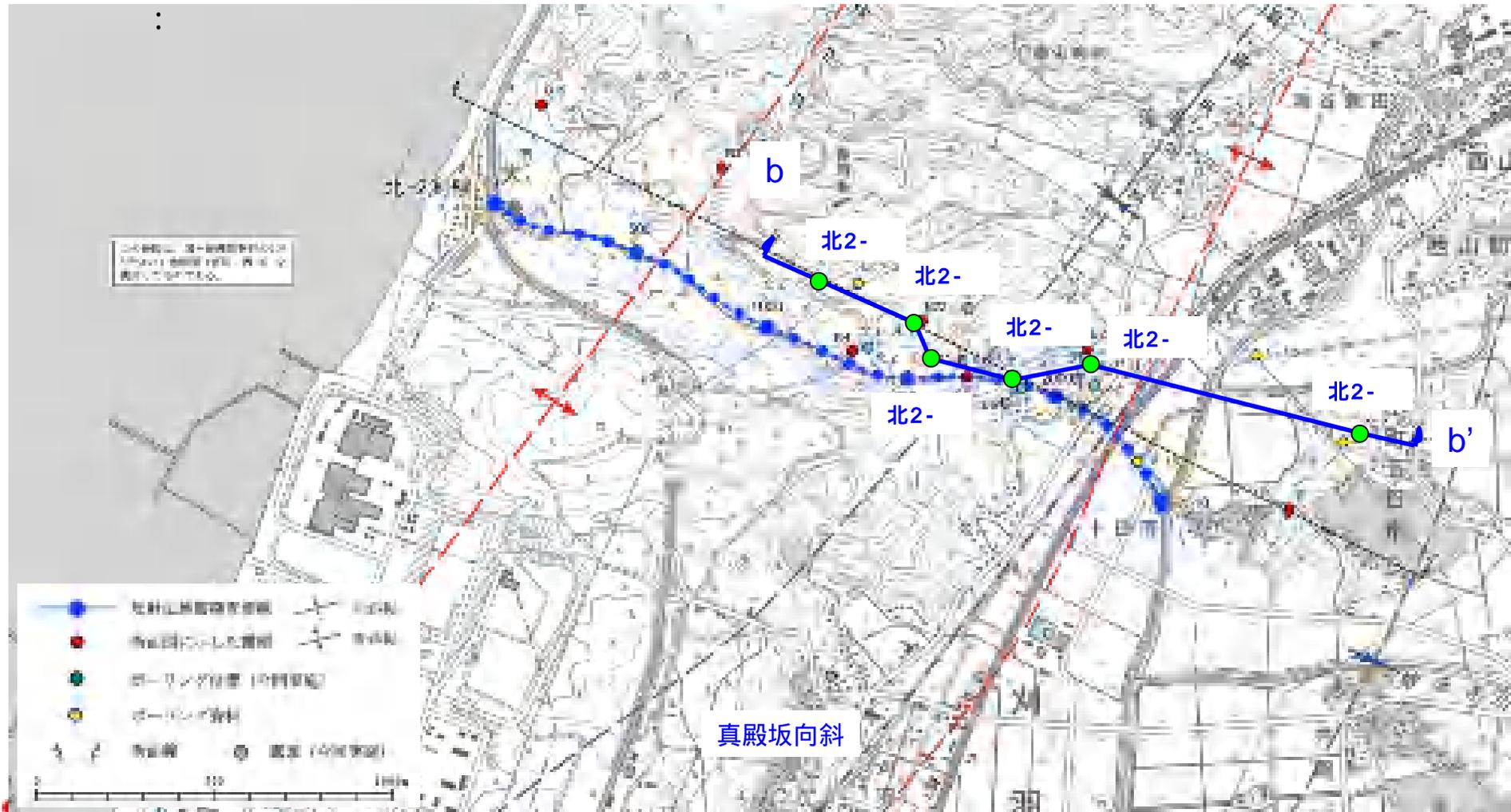
評価対象設備	応力分類	発生値 (MPa)	評価基準値 (MPa)
給水系配管	一次 + 二次応力	360	418

評価基準値を超えるときは、JEAG4601補1984に従い簡易弾塑性解析を実施。

4 . 北-2測線沿い地質断面図の更新について

敷地北側におけるボーリング調査位置

- 調査概要 : 西山丘陵の褶曲の活動性を再確認することを目的に、敷地北側においてボーリングを実施し、真殿坂向斜を横断し、阿多鳥浜テフラ等の分布を確認した。
- 調査項目 : ボーリング6ヶ所（深さ約40m～約80m）



北-2測線沿い地質断面図の更新について

- 北-2測線沿い地質断面図については，下表のとおり修正・更新を行った。なお，真殿坂断層の活動性評価には影響しないものである。

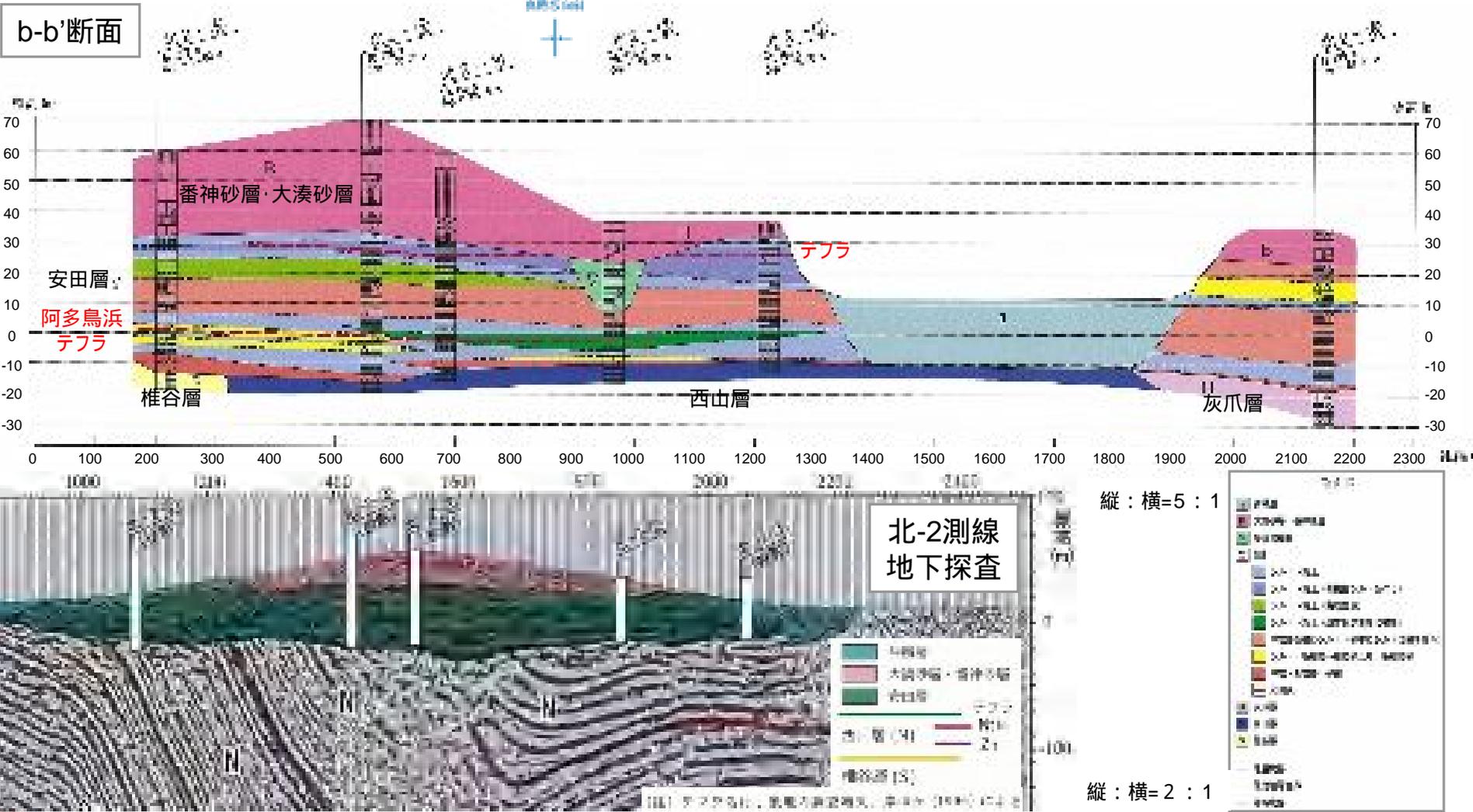
報告時期	報告・修正内容
7月23日 (第14回合同WG)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 北-2測線沿いのボーリング結果を踏まえて，地質断面図を作成 安田層下部に阿多鳥浜テフラの分布を確認
8月26日 (第16回合同WG)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地域からの「沖積層下の西山層を確認しているのか」との指摘を踏まえ，新潟群馬幹線No.10-bを追記し，沖積層基底面を修正（未確認部分は白抜き） ■ 既往露頭調査結果及び大湊層上限面を追記
9月24日 (第18回合同WG)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地元三団体申し入れに係る敷地北側の露頭調査結果（露頭a～h）の追記 ■ 上記露頭調査結果を踏まえ，安田層及び大湊砂層上限面を修正 ■ 安田層を一括して表示（地層毎の色分けで表示）
12月2日 (第15回地小委)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 保安院・県技術小委員会現地調査（11月22日実施）を踏まえ，露頭fの大湊砂層上限面を修正
12月2日 (第15回地小委:参考)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 上記現地調査の指摘を踏まえ，新潟県地盤図（2002）のボーリングデータ18-18を追記し，当該箇所付近の地層境界を修正（沖積層及び安田層下限面の修正） ■ なお，ボーリングデータ18-18については，「質の異なるデータであり，同列に扱うのはどうか」との指摘もあったことから，参考として提示

合同WG：原子力安全・保安部会耐震・構造設計小委員会地震・津波、地質・地盤合同WG

地小委：新潟県地震、地質・地盤に関する小委員会

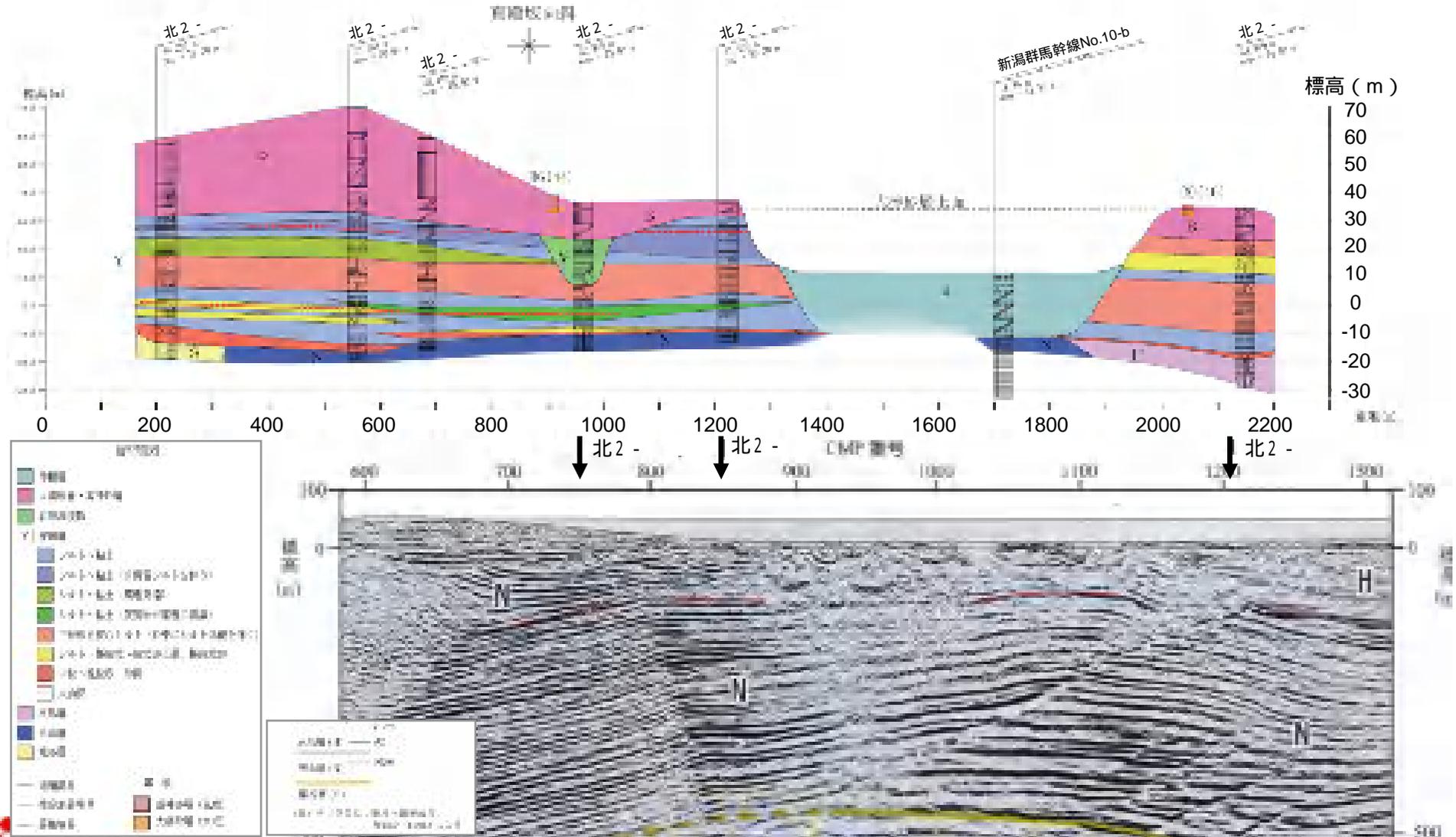
敷地北側におけるボーリング調査

- 安田層の下部に阿多鳥浜テフラ（Ata-Th、約24万年前）が、真殿坂向斜を横断し、ほぼ水平に堆積していることが確認された。確認された範囲でのテフラの全体的な標高分布は、5/1,000程度の緩やか南東傾斜を示すものの、西山層にみられる構造に対応する変形は認められない。



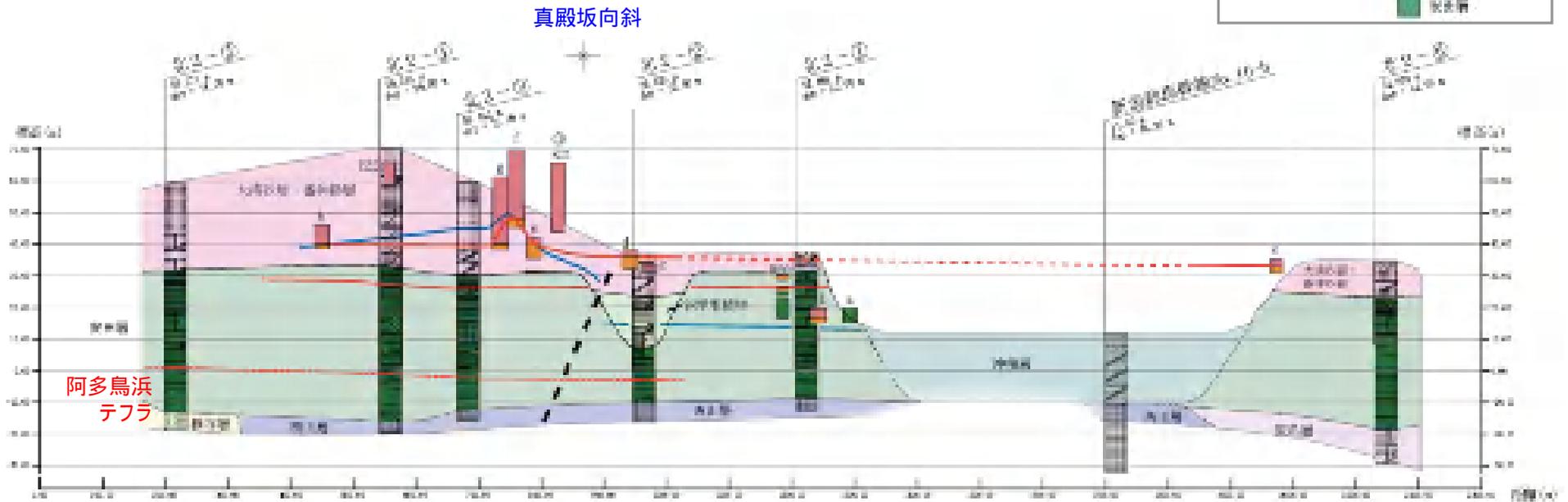
敷地北側の安田層 - 番神砂層境界面の標高分布について

- 露頭調査より認められる水成層である大湊砂層の上限面は、北2 - ~北2 - にかけての範囲で東緩傾斜を示す。なお、北2 - と北2 - の間に、高度差を生じさせる地質構造は地下探査の反射記録では認められない。



大湊砂層と番神砂層との境界の標高分布

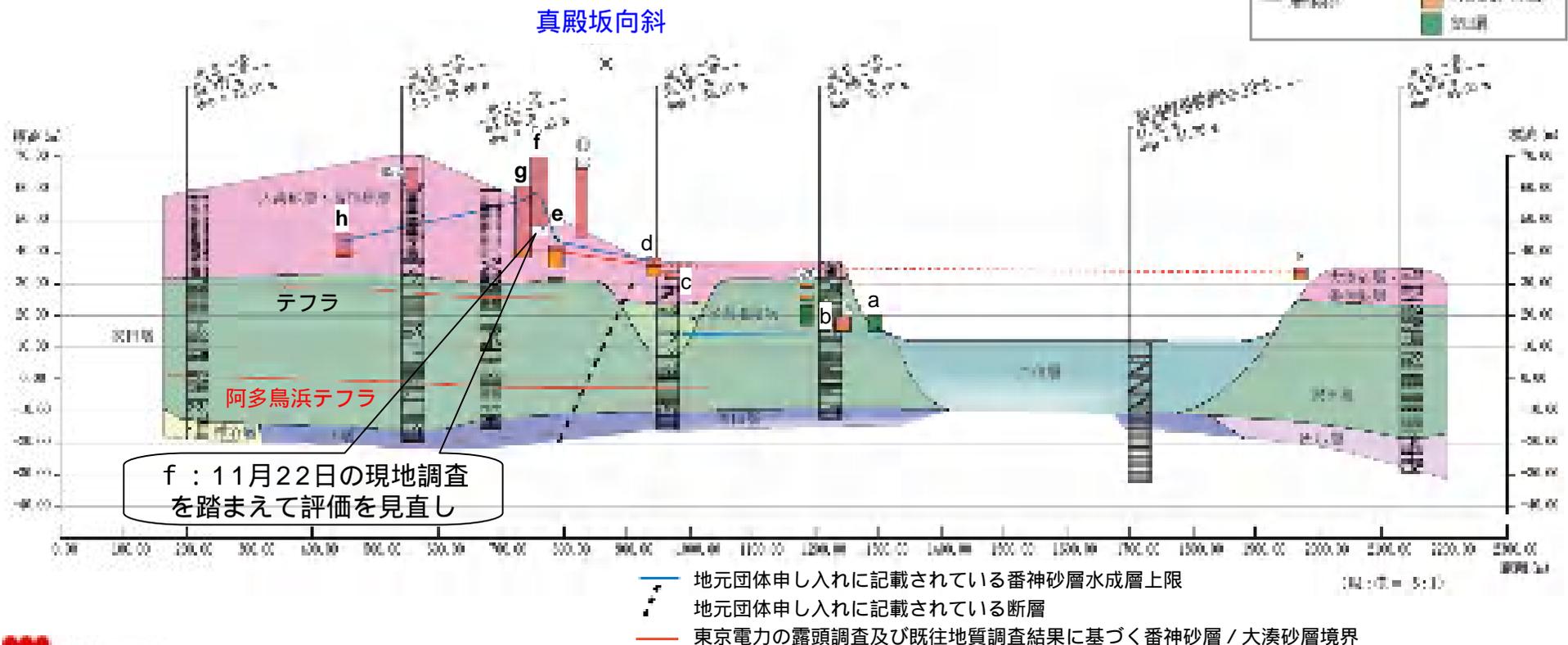
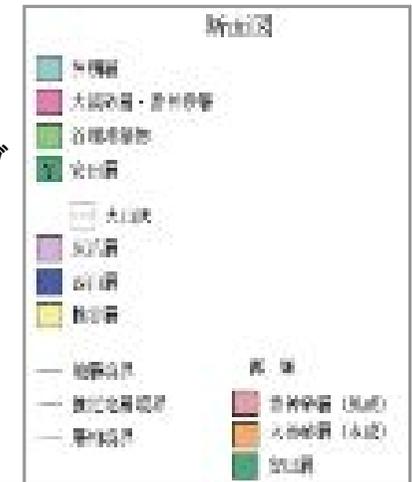
- 指摘される露頭で確認された大湊砂層（番神砂層下部水成層）と番神砂層（番神砂層上部風成層）との境界の標高は、地すべり箇所と想定される地点（Loc.bとLoc.c）及びLoc.f除き，おおむね35m～40mに分布し，真殿坂向斜を挟んで顕著な高度差は認められない
- Loc.fで確認された大湊砂層の標高は約48mであるが，断面上で両側となるLoc.eとLoc.gの大湊砂層の標高は約40mであること，阿多鳥浜テフラが，安田層の下部に真殿坂向斜を横断してほぼ水平に堆積し，西山層以下の地層にみられる褶曲構造に対応した変形が認められないことから，真殿坂断層の活動を示唆するものではないと考える



- 申し入れに記載されている番神砂層水成層上限 (縦・横 = 5:1)
- - - 申し入れに記載されている断層
- 露頭調査及び既往地質調査結果に基づく番神砂層 / 大湊砂層境界 (当社評価)

平成20年11月22日の現地調査を踏まえた 敷地北側における大湊砂層と番神砂層との境界の標高分布

- 大湊砂層（番神砂層下部水成層）と番神砂層（番神砂層上部風成層）との境界の標高は概ね35m～40mに分布し，真殿坂向斜を挟んで顕著な高度不連続は認められない
- 上記の境界標高よりも低いと指摘される地点（Loc.b，Loc.c）は，近傍のボーリング北2 - で安田層の上限面を標高約32mに確認していること，露頭の状況，周辺の地形から地すべりにより低下していると推定される
- 安田層中の阿多鳥浜テフラ等は概ね水平に分布し，西山層以下の地層にみられる褶曲構造に対応した変形が認められないことから，真殿坂断層の活動は示唆されない

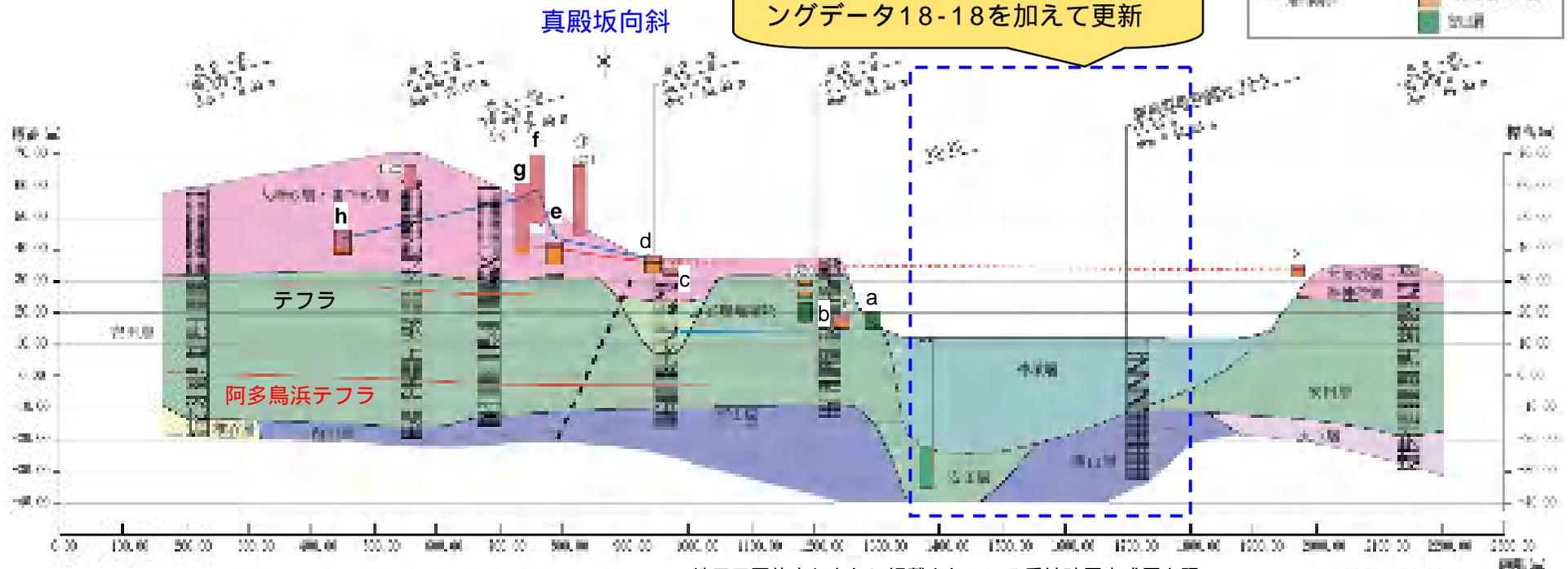


新潟県地盤図（2002）のボーリングデータを含めた調査結果

- H20.11.22の現地調査時の指摘を踏まえ，他機関の既存データである新潟県地盤図（2002）を加えて地質断面図を更新
- 北2 - 孔の東側では，安田層，西山層の侵食谷が標高 - 20m程度まで存在し，その上に沖積層が堆積している
- 真殿坂向斜付近における安田層，大湊砂層等の各地層境界面，安田層に挟在する阿多鳥浜テフラ等の標高分布が見直されるものではなく，真殿坂断層が推定されている非対称な向斜構造の安田層堆積以降における活動は認められず，評価に変更はない



新潟県地盤図（2002）のボーリングデータ18-18を加えて更新



- 地元三団体申し入れに記載されている番神砂層水成層上限
- - - 地元三団体申し入れに記載されている断層
- 露頭調査及び既往地質調査結果に基づく番神砂層 / 大湊砂層境界（東京電力評価）

参考文献

- 新潟県地盤図編集委員会編（2002）：新潟県地盤図及び同説明書，社団法人新潟県地質調査業協会