

## 第4章 既施設のデータ取得と評価

## 第4章 既設施設のデータ取得と評価

### 4.1 本年度の既存施設の計測調査データ取得

#### 4.1.1 計測データ回収

##### (1) 既設計器の計測データ回収

現場計測室の計測用 PC より、既設計器で計測されたデータを回収した。対象計器は、表 4.1-1 に示す各部材に設置されている 631 個から動作不良の間隙水圧計 11 箇所を除く 620 個とした。

実施日：平成 28 年 11 月 24 日、平成 29 年 2 月 15 日

表 4.1-1 既設計器一覧

年度	部材名称	計器種別	数量	計
H19	坑内環境	温湿度 (百葉箱)	1	1
		間隙水圧計	31	
	周辺岩盤挙動	岩盤変位	6	37
		ひずみ計	106	
	埋戻し材	有効応力計	18	215
		無応力計	4	
		鉄筋計	34	
		温度計	53	
		土圧計	8	
	H20	底部緩衝材	加速度計	1
沈下計			5	
温度計			1	
水分計			12	
間隙水圧計			4	
ひずみ計			30	
底部低拡散材		有効応力計	6	62
		無応力計	1	
		温度計	15	
		継目計	5	
		せん断変位計	5	
底部コンクリートピット		ひずみ計	30	57
		有効応力計	10	
		無応力計	1	
		傾斜計	1	
	温度計	15		
側部コンクリートピット	ひずみ計	26	80	
	有効応力計	6		
	無応力計	2		
	温度計	26		
	鉄筋計	20		
H21	手前部 コンクリートピット	ひずみ計	10	32
		無応力計	1	
		鉄筋計	10	
		温度計	11	
	側部低拡散材	ひずみ計	16	57
		有効応力計	6	
		低剛性型有効応力計	1	
		無応力計	2	
		温度計	16	
		継目計	4	
充填材	せん断変位計	4	1	
	土圧計	6		
	加速度計	2		
H22	充填材	土圧計	2	3
		温度計	1	
	上部充填材	土圧計	1	2
		温度計	1	
	側部緩衝材	土圧計	2	3
加速度計	1			
H24	上部コンクリートピット	ひずみ計	6	12
		無応力計	1	
		温度計	3	
	上部低拡散材	有効応力計	2	34
		ひずみ計	18	
H25	上部緩衝材	無応力計	1	2
		温度計	9	
H26	上部埋戻し材	有効応力計	6	2
		土圧計	1	
全計測器数量				631

## (2) 地震計メンテナンス・計測データの回収

地震計のメンテナンスおよび計測データの回収を実施した。地震の発生状況については、地震速報などを活用して把握し、六ヶ所村での地震動の大きさについては、事前に **KiK-net** 六ヶ所のデータで概況を確認した。

メンテナンスのチェックシートを添付資料 2、地震動回収データを添付資料 5 に示す。

実施日：平成 28 年 6 月 7 日、11 月 24 日、平成 29 年 2 月 15 日

### 1) メンテナンス方法

メンテナンスに際してチェックシートを用意し、次の手順で行った。なお、メンテナンスの作業は、①～⑨を協力会社職員および電気工が行った。

#### メンテナンスの手順

- ①記録器の LED 表示を目視で確認し、システムが正常に動作していることを確認する。
- ②NTP サーバ (PC) の画面を目視し、時刻が正常であることを確認する。
- ③データ回収用 PC を PoE ハブに接続し、または NTP サーバ (PC) を用いて、SetupTool で加速度センサの応答があること、センサの時刻が正常であることを確認する。  
→PC 上で SetupTool を起動  
「IP アドレス」の欄にセンサのアドレスを入力  
「時刻」の欄の表記が正確な時刻であることを確認（表示される時刻は UTC（世界標準時刻）のため、日本の時刻より 9 時間遅い時刻を表示）
- ④センサの動作確認のため、あらかじめ、毎日 22:00 に定時測定を行うよう設定しておき、メンテナンス日の前日までデータ取得ができていることを確認する。
- ⑤メンテナンス時に手動設定により、センサの動作確認を行い、データ取得ができていることを確認する。
- ⑥試験空洞内および試験施設に設置している加速度センサ 3 台と PoE ハブ 1 台、メディアコンバータのボックス式 1 台の防水養生ケースをあけ、ケースに損傷がないこと、センサや機器が移動した形跡がないことなど、物理的な影響が与えられていないことを確認する。
- ⑦上記の防水養生ケースの中で結露がないことを確認する。また、乾燥剤のインジケータを確認し、寿命を迎えた場合など適切な時期に乾燥剤を交換する。
- ⑧ケーブル類を全長にわたって目視し、テーピングや結束がはがれていないこと、上部にものが載っていないことなど異常がないことを確認する。
- ⑨ケーブル類が原因で漏電などの電気関係のトラブルが発生した場合、電気工とともに現場に出向き、確認・復旧作業を行う。

## 2) データ回収方法

データの回収は、地震計のメンテナンスの際に行った。データの回収では、トリガ値の 1 gal を超えているデータがないか確認し、該当しているデータがある場合に回収した。

データの回収は、次の 2 つの手順のいずれかで行った。

### 【手順 1】 回収するデータ数が少ない場合

- ①NTP サーバ (PC) に USB メモリを接続
- ②データ保存フォルダのデータを USB メモリにコピー

### 【手順 2】 回収するデータ数が多い場合

- ①記録器のコンパクトフラッシュカードを初期設定済みの予備のカードと交換
- ②データ回収用 PC にコンパクトフラッシュカードを USB 接続し、読み取り
- ③各センサのフォルダのうち、トリガ値を超えたデータを選択して別のフォルダにコピー
- ④保存したファイルを EXCEL の変換ファイル (専用ソフト) で変換し、CSV 形式のデータファイルを作成

回収データの仕様を表 4.1-2 に示す。

表 4.1-2 回収データの仕様

項目	仕 様
トリガ条件	マスタとするセンサ (地震計①試験空洞底盤上 (入力側)) で、XYZ のいずれかが 1gal 以上 (マスタ・スレーブ方式) と設定
トリガ引き伸ばし時間	地震検知時間幅 10 秒 (設定時間の幅の間で加速度が正負両方向とも 1gal を超えたときに、その振動を地震動として検知し、データ回収を開始)
プレトリガ時間	トリガ検知前の収集時間 10 秒 (最初に 1gal を超えたところから遡ってデータ回収をする時間)
ポストトリガ時間	地震収束判断時間 60 秒 (最後に 1gal を超えたところから以降のデータ回収をする時間)
サンプリング周波数・時間	周波数 200Hz (1 秒間に 200 データを取得) 時間 最小で 3 分間 (180 秒、36,000 データ)
出力形式	データ変換後、CSV ファイル形式 1 列目に取得時刻、2~4 列目に XYZ の加速度データ (gal)

### 3) データ整理方法

トリガ値の 1gal を超えている回収データのうち、連続的にデータを取得している場合、地震以外のデータである可能性が高いので、当日の現場作業や KiK-net 六ヶ所・気象庁の地震データの有無と照合し、地震データではないことを確認したうえで、整理するデータのリストから消去した。

地震動のデータを取得している場合、気象庁 Web の地震情報などを活用し、発生時刻、震源地の位置（座標）、震源深さ、マグニチュード、震源地などを付加情報として整理した。また発生時刻については、取得データの記録と大きなずれがないことを確認した。

地震動のデータについては、センサごとに、加速度時刻歴のグラフを XYZ の順に作成した。

### 4) NTP サーバーの交換

平成 29 年 2 月 15 日の点検時に、NTP サーバー（パソコン）が起動しなかったため、後日詳細に点検してみると、ハードディスクが損傷し、平成 28 年 11 月 24 日以降のデータが保管されていないことが判明した。NTP サーバーは平成 29 年 3 月 21 日に交換予定である。

## (3) 間隙水圧計計測

計測対象とする間隙水圧計は、過年度に故障により連続計測を実施していない 9 箇所（A-①、A-③、B-②、B-④、C-①、C-②、C-③、C-④、D-④、E-④、E-⑤）、代替器による計測を行っている 2 箇所（C-⑤、D-⑥）の計 11 箇所である。代替機で計測を実施している 2 箇所については、現場計測室にて計測値の確認・記録を行った。計測は年 1 回実施した。

実施日：平成 27 年 10 月 11 日～10 月 14 日

### 1) 計測作業方法

#### a. 計測坑 B の計測作業方法

計測坑 B 内に位置している B-1 孔は、試験空洞壁面付近でボーリング孔先端が水理計測断面③に接するように、鉛直から 15° 傾斜（水平から 75° 傾斜）して掘進されている（図 4.1-1 参照）。このボーリング孔に、図 4.1-2 に示すように 5 つのパッカーで 5 つの計測区間を構築し、それぞれの計測区間から坑口まで立ち上げたチューブ内に 5 台の水位計を挿入して水面位置までの圧力水頭を計測した。

これらのうち、機能喪失した B-②および B-④に手ばかり水位計を図 4.1-3 のように挿入して水面までの深さを計測し、この深さをボーリング孔の傾斜で補正して水面標高を算出した。

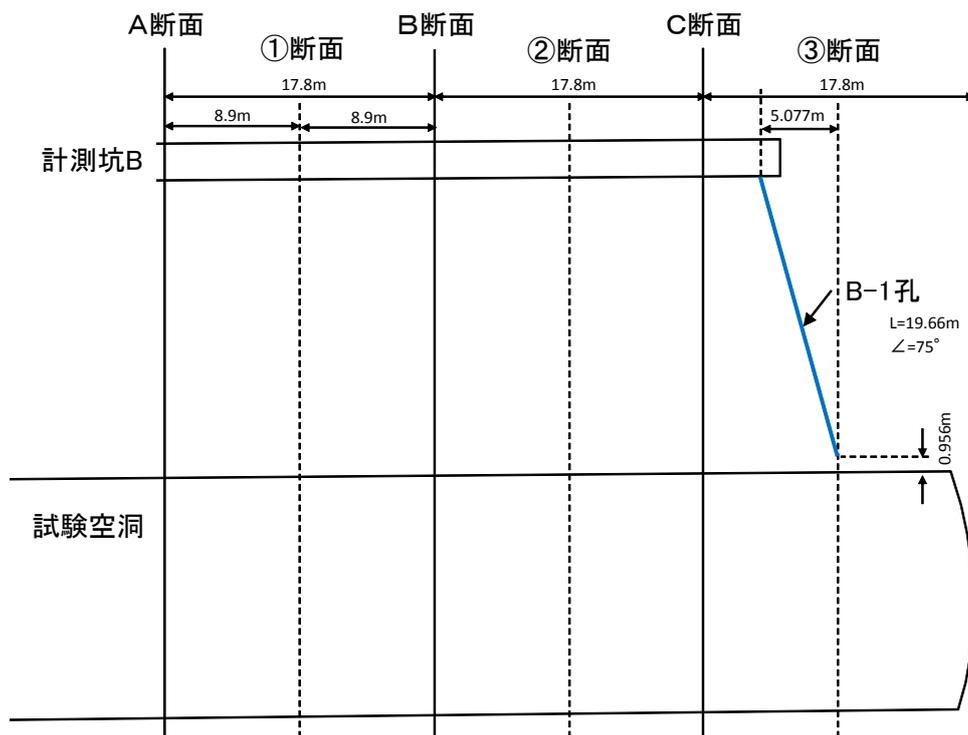


図 4.1-1 B-①孔の配置 (試験空洞沿い縦断面図)

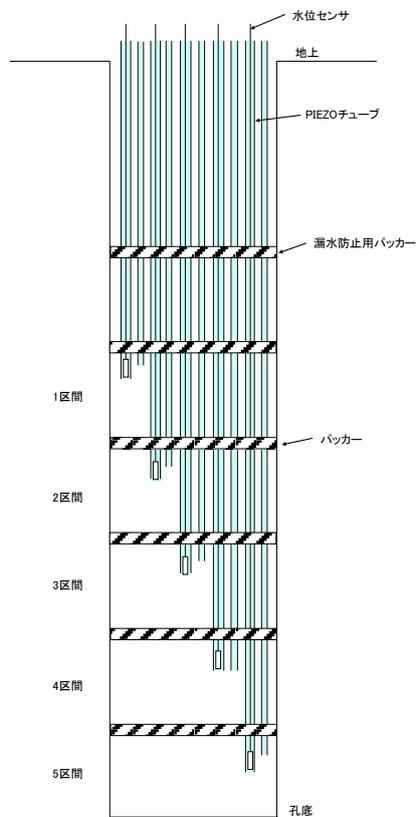


図 4.1-2 計測坑 B の間隙水圧計の概要図



図 4.1-3 手ばかり水位計による水位測定状況

b. 計測坑 B 以外の計測作業方法

計測坑 B 以外（計測坑 A、C および試験空洞 D、E）では、図 4.1-4 に示すように各計測区間から導出された圧力計測チューブの先端に、間隙水圧計が設置されている。これらのうち機能喪失した 7 ヶ所(A-①、A-③、C-①、C-②、C-③、C-④、D-④、E-④、E-⑤)に、準備した圧力計および圧力表示器を接続して間隙水圧を計測した。使用機器を表 4.1-3 に示す。

水頭換算した計測圧力と圧力計の設置標高から、それぞれの区間の水位を算出した。

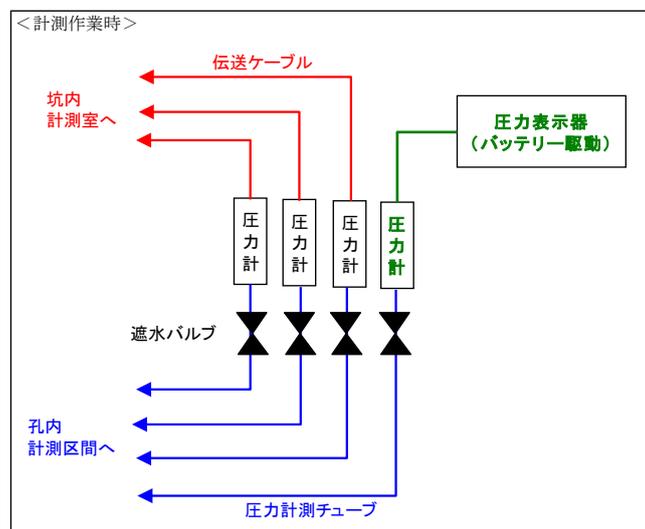


図 4.1-4 計測作業方法の概要

表 4.1-3 使用機器一覧

使用機器	仕様	台数
圧力計	測定レンジ：0～1MPa 精度：±0.1% 出力：4～20mA 電源：12～30VDC	1台
圧力表示器	電源：バッテリー方式 入力：4～20mA 電源出力：24VDC 表示：圧力表示（測定レンジ対応）	1台

2) 計測作業結果

a. 計測坑 A の計測結果

計測坑 A での測定結果を昨年度の測定結果と合わせて表 4.1-4 に示す。また、2015 年 12 月 1 日からの間隙水圧の経時変化を図 4.1-5 に示す。

①区間では、昨年 11 月の測定時と同様に、チューブ内の水位が口元まで達していないため測定不能であった。A-1 孔の孔口標高が EL-83.55m であることから、①区間の水位はこれより低いと判断された。

また、③区間の測定値は EL-80.91m であり、昨年 11 月の計測値とほぼ同様の値（昨年比+0.09m）であった。

昨年度からの間隙水圧の経時変化から、A-1 孔周辺は概ね安定した水位を維持していることが確認された。

表 4.1-4 計測坑 A の計測作業結果

	孔名/計測区間	孔口標高 (EL.m)	センサ設置標高(EL.m)	測定日時		水位 (EL.m)	備考
計測坑 A	A-1 孔 区間①	-83.55	-83.73	昨年度 (平成27年度)	11/11 13:30	-	水位低く測定不能 (EL-83.55mより低い)
				今年度 (平成28年度)	10/12 14:01	-	水位低く測定不能 (EL-83.55mより低い)
	A-1 孔 区間③	-83.55	-83.73	昨年度 (平成27年度)	11/11 15:00	-81.00	センサ故障が確認されたため手測りで計測
				今年度 (平成28年度)	10/12 13:51	-80.91	

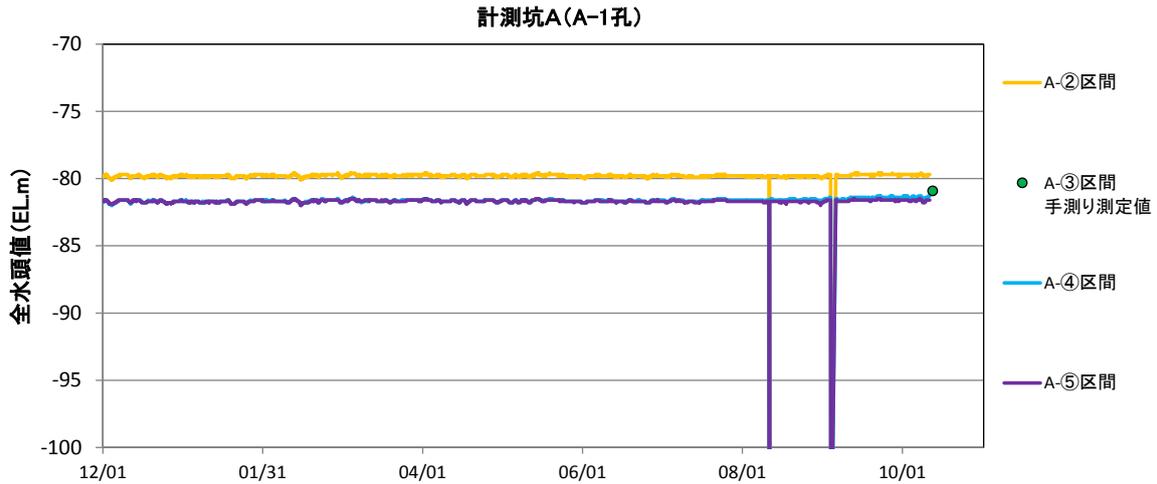


図 4.1-5 間隙水圧経時変化（計測坑 C、2014/10/1～2015/11/11）

b. 計測坑 B の計測結果

計測坑 B での測定結果を昨年度の測定結果と合わせて表 4.1-5 に示す。また、2015 年 12 月 1 日からの間隙水圧の経時変化を図 4.1-6 に示す。

B-1 孔の②、④区間の手測りによる測定値は、それぞれ EL-66.72m、EL-71.52m であり、昨年 11 月の計測値と比べて 0.10～0.22m 高い値を示した。しかし、昨年度からの間隙水圧の経時変化からも、B-1 孔周辺においては安定した水位を維持していることが確認された。

表 4.1-5 計測坑 B-1 孔②、④区間の測定結果

	孔名/計測区間	孔口標高 (EL.m)	センサ設置 標高(EL.m)	測定日時		水位 (EL.m)	備考
計測坑 B	B-1 孔 区間②	-54.65	-72.39	昨年度 (平成27年度)	11/10 10:20	-66.94	
				今年度 (平成28年度)	10/11 16:32	-66.72	
	B-1 孔 区間④	-54.65	-72.39	昨年度 (平成27年度)	11/10 10:24	-71.62	
				今年度 (平成28年度)	10/11 16:35	-71.52	

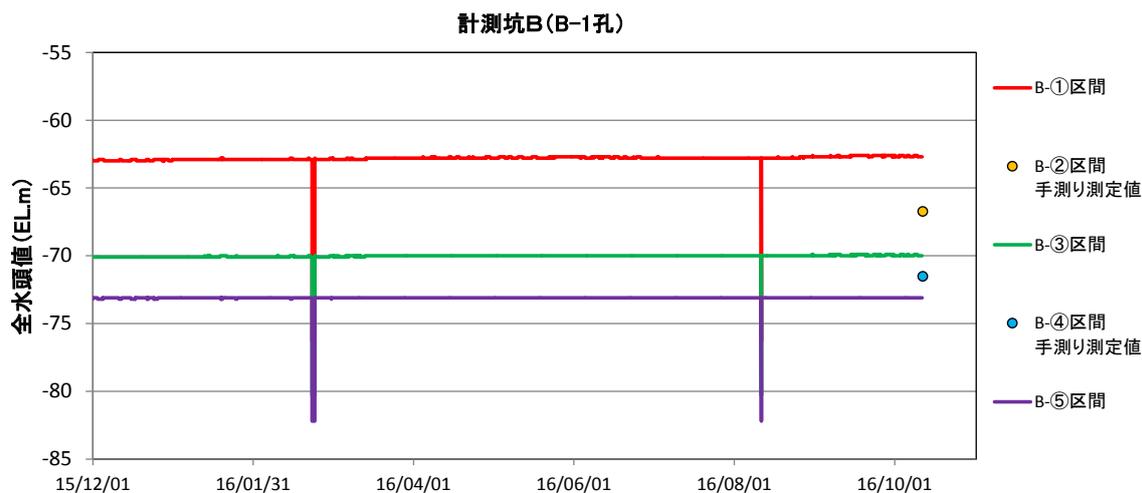


図 4.1-6 計測坑 B-1 孔の間隙水圧経時変化 (2015/12/1～2016/10/12)

c. 計測坑 C の計測結果

計測坑 C での測定結果を昨年度の測定結果と合わせて表 4.1-6 に、2015 年 12 月 1 日からの間隙水圧の経時変化を図 4.1-6 に示す。

①区間から⑤区間の測定値は、昨年 11 月の測定値とほぼ同様に EL-75.50m～EL-82.00m を示し、昨年比で全体に 0.10～0.50m やや高い値を示した。

ただし、C-1 孔全体の水圧分布は、試験空洞に近いほど水位（全水頭）が低い結果となり、昨年と同様の傾向が確認された。

昨年度および今回測定結果と図 4.1-6 に示した間隙水圧の経時変化から、C-1 孔周辺は多少の変動はしつつも概ね安定した水位を維持していることが確認された。

表 4.1-6 計測坑 C-1 孔の測定結果

計測坑 C	C-1孔 区間①	-83.55	-83.45	昨年度 (平成27年度)	11/11 14:30	-75.65	センサ故障が確認されたため手測りで計測
				今年度 (平成28年度)	10/12 14:33	-75.50	
	C-1孔 区間②	-83.55	-83.45	昨年度 (平成27年度)	11/10 8:46	-80.50	
				今年度 (平成28年度)	10/12 14:52	-80.40	
	C-1孔 区間③	-83.55	-83.45	昨年度 (平成27年度)	11/10 9:06	-81.71	
				今年度 (平成28年度)	10/12 15:11	-81.52	
	C-1孔 区間④	-83.55	-83.45	昨年度 (平成27年度)	11/10 9:28	-81.84	
				今年度 (平成28年度)	10/12 15:30	-81.69	
	C-1孔 区間⑤	-83.55	-83.45	昨年度 (平成27年度)	11/10 9:42	-82.50※	代替センサによる計測中 ※代替センサによる計測値
				今年度 (平成28年度)	10/11 14:00	-82.00※	代替センサによる計測中 ※代替センサによる計測値

※計測坑 C の C-1 孔⑤区間については、代替センサによる計測のため、計測値の確認・記録を行った。

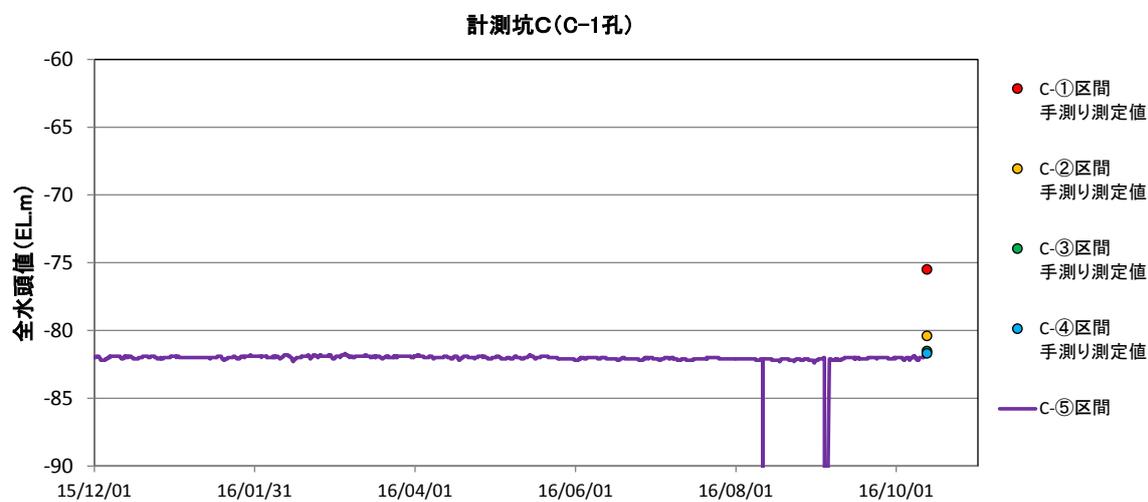


図 4.1-7 計測坑 C-1 孔の間隙水圧経時変化 (2015/12/1~2016/10/14)

d. 試験空洞の計測結果

試験空洞 D-1 孔、E-1 孔での測定結果を昨年度の測定結果と合わせて表 4.1-7 に、間隙水圧の経時変化図を図 4.1-8、図 4.1-9 に示す。本地点については、所定の測定区間のほか、後述の点検結果によりセンサケーブルの不良区間であった D-1 孔①区間および E-1 孔①区間、さらに、間隙水圧計が故障と判明した D-1 孔②区間についても別途測定した。

測定の結果、D-1 孔①区間の測定値は EL-89.14m であり、昨年と比べて 0.21m 高い値を示した。

D-1 孔②区間の測定値は EL-89.19m であり、①区間とほぼ同様の値を示した。

D-1 孔④、⑥区間の測定値はそれぞれ EL-83.63m、EL-77.60m であり、昨年 11 月の測定値と比べて 0.15～0.60m 高い値を示した。

また、E-1 孔①区間の測定値は EL-84.62m であり、昨年 11 月の測定値とほぼ同様の値を示した。

E-1 孔④、⑤区間の測定はそれぞれ EL-83.58m、EL-71.72m であり、昨年 11 月の測定値と比べて 0.10m 以内の差であった。

昨年度と比較すると間隙水圧の測定値は計測地点によって変動傾向が異なることが認められ、E-1 孔周辺では概ね間隙水圧は変動せず、D-1 孔周辺ではやや高い傾向を示した。しかし、その変動幅は小さく、間隙水圧の経時変化からも D-1 孔および E-1 孔周辺において間隙水圧は概ね安定していることが確認された。

表 4.1-7 試験空洞 (D-①、D-④、D-⑥、E-①、E-④、E-⑤) の計測作業結果

試験 空洞	D-1孔 区間①	-90.92	-90.2	昨年度 (平成27年度)	11/12 9:40	-89.35	
				今年度 (平成28年度)	10/13 11:43	-89.14	今年度センサケーブル不良のため手測りで計測
	D-1孔 区間②	-90.2	-90.2	今年度 (平成28年度)	10/13 13:46	-89.19	今年度センサ故障が確認されたため手測りで計測
	D-1孔 区間④	-90.92	-89.40	昨年度 (平成27年度)	11/9 14:56	-83.78	
				今年度 (平成28年度)	10/12 16:00	-83.63	
	D-1孔 区間⑥	-90.92	-89.40	昨年度 (平成27年度)	11/9 15:17	-78.20 <sup>※</sup>	代替センサによる計測中 ※代替センサによる計測値
				今年度 (平成28年度)	10/11 14:00	-77.60 <sup>※</sup>	代替センサによる計測中 ※代替センサによる計測値
	E-1孔 区間①	-84.40	-89.50	昨年度 (平成27年度)	11/12 10:09	-84.64	
				今年度 (平成28年度)	10/13 14:06	-84.62	今年度センサケーブル不良のため手測りで計測
	E-1孔 区間④	-84.40	-89.50	昨年度 (平成27年度)	11/9 15:17	-83.52	
				今年度 (平成28年度)	10/12 16:41	-83.58	
	E-1孔 区間⑤	-84.40	-89.50	昨年度 (平成27年度)	11/9 15:37	-71.82	
今年度 (平成28年度)				10/12 10:21	-71.72		

※試験空洞 D-1 孔⑥区間については、代替センサによる計測のため、計測値の確認・記録を行った。

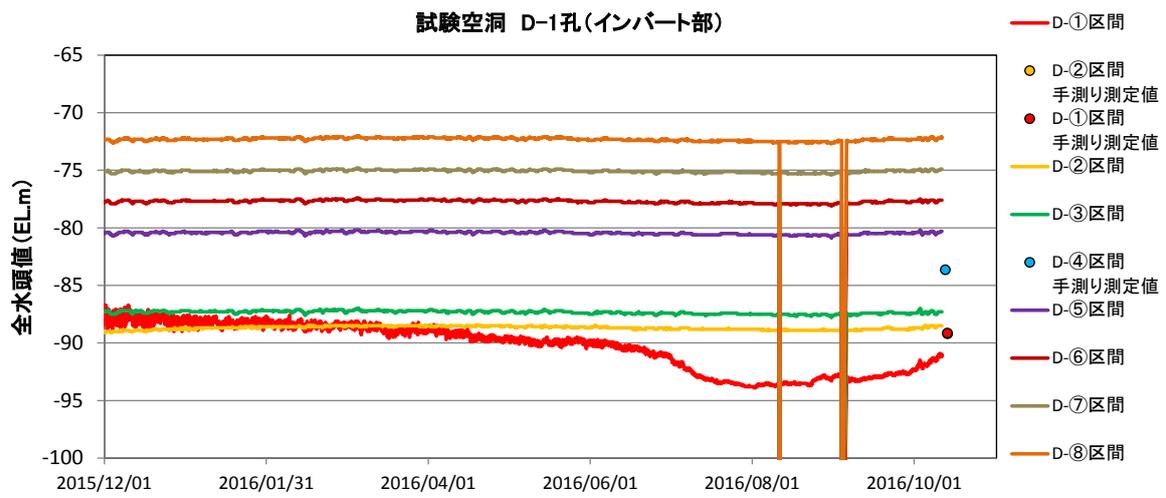


図 4.1-8 間隙水圧経時変化 (試験空洞 D、2015/12/1~2016/10/13)

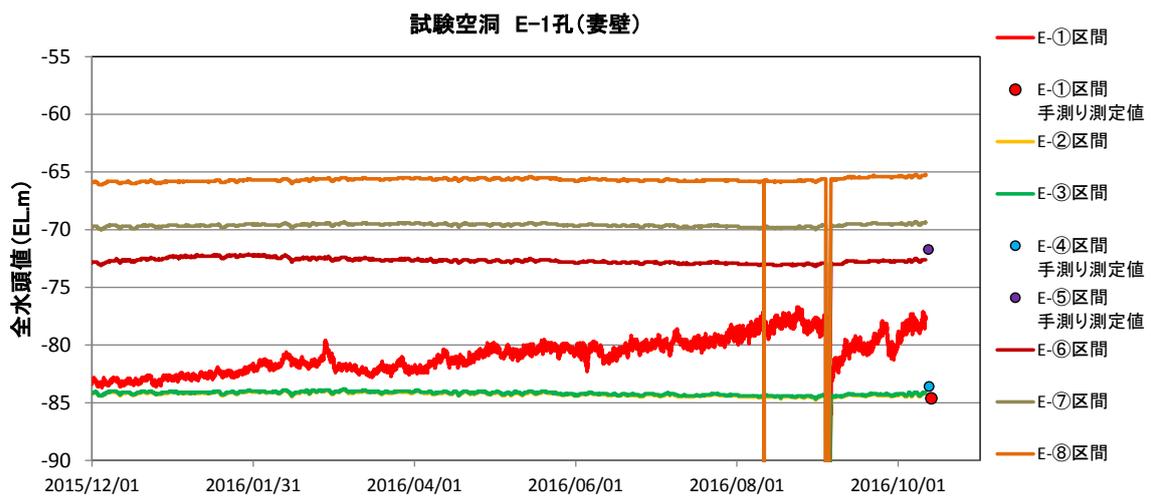


図 4.1-9 間隙水圧経時変化 (試験空洞 E、2015/12/1~2016/10/13)

#### (4) ひび割れ調査

##### 1) ひび割れ調査

###### a. 目的

「地下空洞型処分施設性能確証試験」および「地下空洞型処分施設閉鎖技術確証試験」において、セメント系材料により施工した試験施設部位のうち上部コンクリートピットと上部低拡散層上部、側部低拡散層左側のひび割れ状況を把握することを目的に実施した。

###### b. 対象範囲

平成 28 年度のひび割れ調査における対象範囲を図 4.1-10 に示す。調査対象部位は上部コンクリートピットおよび上部低拡散層の上面と側部低拡散層の左側である。なお、図 4.1-10 に示す側部低拡散層の一部（赤枠内、延長 400mm、高さ 2540mm）は、本業務開始前に埋没していたため、調査対象から除外した。

- ・側部低拡散層表面（左側）(29m<sup>2</sup>)・・・①
- ・上部低拡散層の上面(92m<sup>2</sup>)・・・②
- ・上部コンクリートピット上面(3m<sup>2</sup>)・・・③

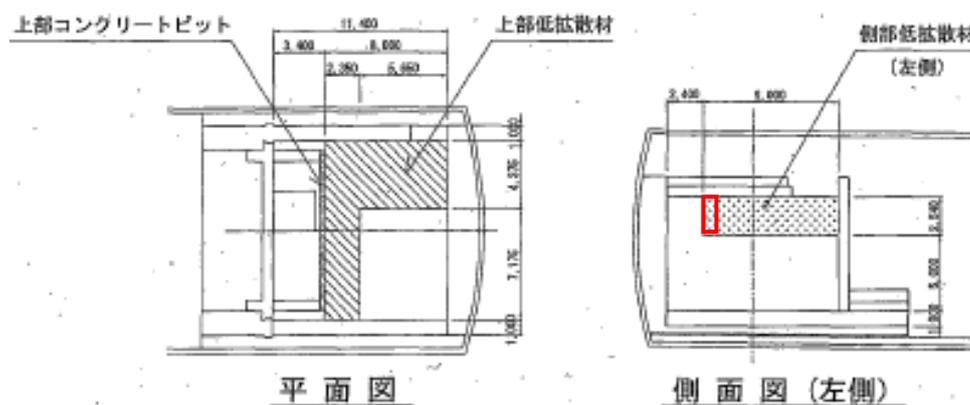


図 4.1-10 調査対象範囲

c. 調査方法

今回実施したひび割れ調査の方法を表 4.1-8 に示す。測定に使用するクラックスケールは最小 0.05mm 単位で計測できるものを使用した。また、ひび割れ幅の測定状況を図 4.1-11 に示す。ひび割れ幅の測定箇所は、過去の調査時に測定した箇所で実施した。

表 4.1-8 調査方法の概要

項目	概要	
評価項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ひび割れ幅</li> <li>・ひび割れの位置 (新たなひび割れが認められた場合)</li> </ul>	
評価方法	・ひび割れ幅	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1カ所でひび割れ幅が異なる場合は適当な数カ所で測定</li> <li>・ひび割れに段差がある場合は段差の寸法も記録</li> </ul>
	・ひび割れの位置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・巻尺やコンベックスで測定</li> <li>・段差が認められた場合もその位置を記録</li> </ul>
測定機器	<ul style="list-style-type: none"> <li>・クラックスケール 品番 58697 (シンワ社製)</li> </ul>	
測定幅	<ul style="list-style-type: none"> <li>・0.10 未満は 0.10 未満と表記</li> <li>・0.10～1.00 までは 0.05mm 単位でひび割れ幅を測定</li> <li>・1.00mm を超える場合は 0.10mm 単位でひび割れ幅を測定</li> </ul>	



図 4.1-11 ひび割れ幅の測定状況

d. 調査履歴

本業務で対象とする側部低拡散層、上部コンクリートピットおよび上部低拡散層の調査履歴を表 4.1-9 に示す。今年度 2 回目の調査時点で上部低拡散層は材齢 1472 日、上部コンクリートピットは材齢 1484 日、側部低拡散層は材齢 2646 日であった。

表 4.1-9 対象部位のひび割れ調査履歴

調査日				材齢 (日)		
				上部低拡散層	上部コンクリートピット	側部低拡散層
H21				2009/9/16 打設		
	2009.	10.	23	37		
	2009.	12.	14	89		
H22	2010.	10.	23	402		
H23	2011.	1.	5	476		
	2011.	12.	7	812		
H24	2012.	3.	13	2012/12/3 打設	2012/11/21 打設	909
H25	2013.	10.	16	317	329	1491
H26	2014.	2.	14	438	450	1612
	2014.	6.	22	566	578	1740
	2014.	12.	2	729	741	1903
H27	2015.	9.	4	1005	1017	2179
	2015.	12.	2	1094	1106	2268
H28	2016.	8.	4	1340	1352	2514
	2016.	12.	14	1472	1484	2646

e. 調査結果

(a) 上部コンクリートピットおよび上部低拡散層

上部低拡散層および上部コンクリートピットはそれぞれ 2012 年 12 月、2012 年 11 月に施工され、その後も年 2 回程度の継続的に調査が行われている。過去のひび割れ履歴図を図 4.1-12、図 4.1-13、図 4.1-14 に、本年度の調査結果を図 4.1-15、図 4.1-16 に示す。なお、それぞれの図において、灰色でハッチングされている部分は平成 25 年度に実施した上部埋戻し材の施工確認試験によって埋没した箇所を示している。

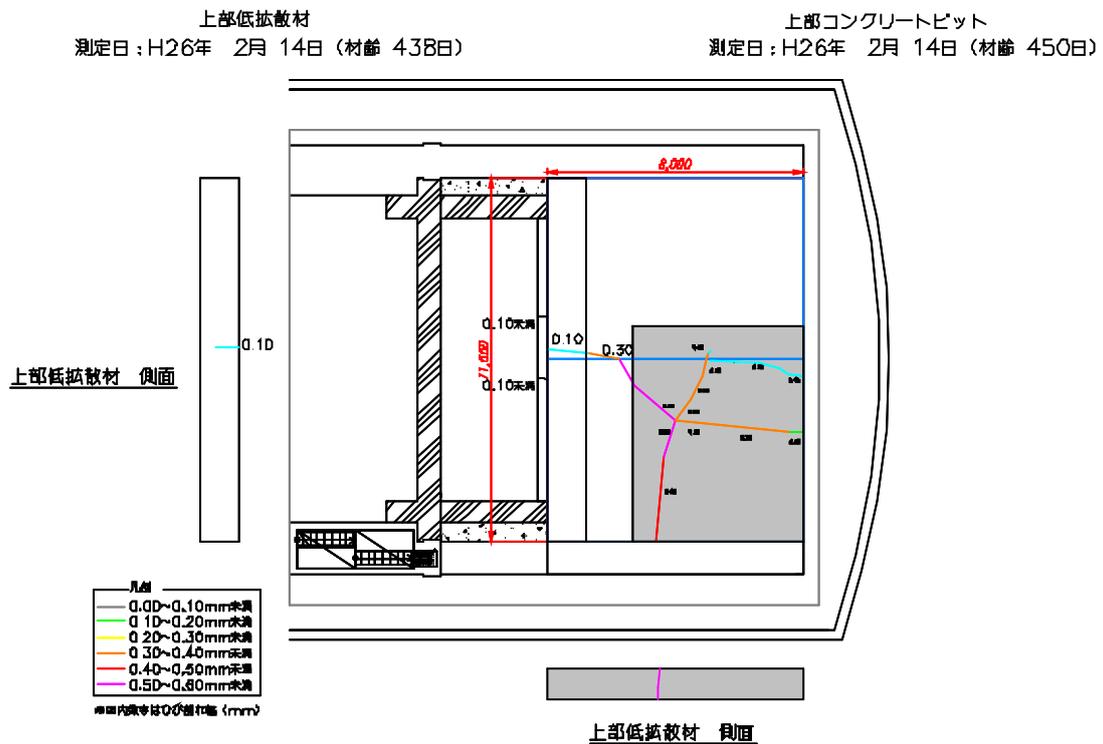
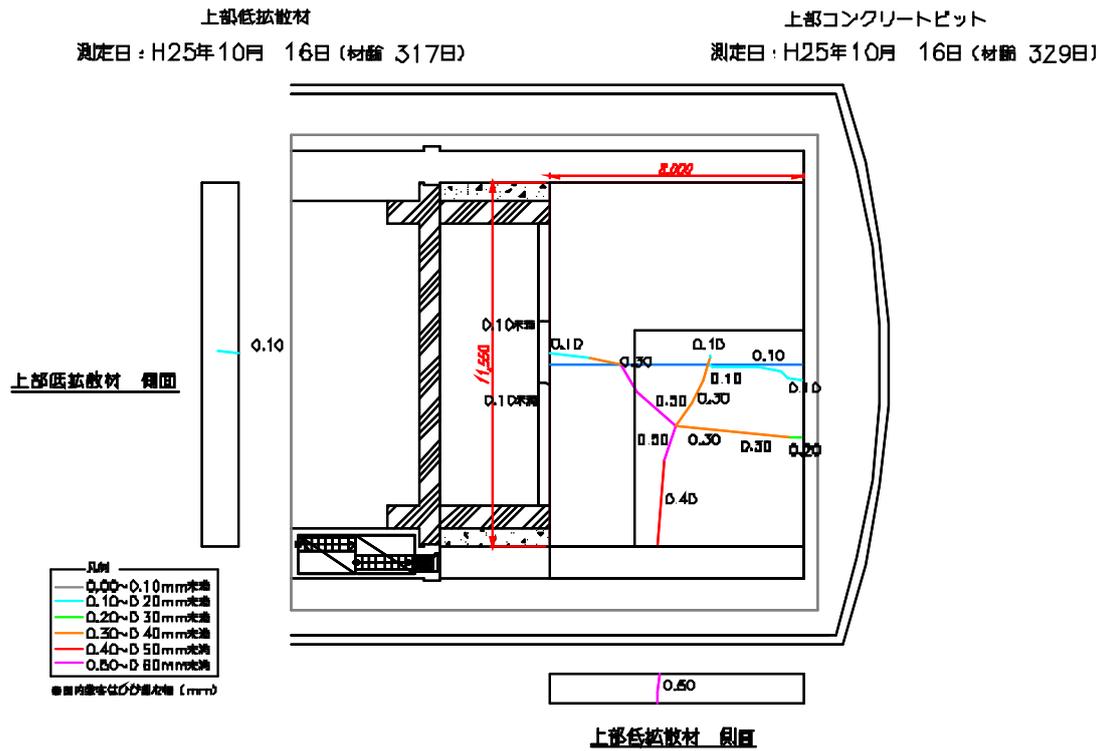


図 4.1-12 上部コンクリートピットおよび上部低拡散層のひび割れ履歴図（その1）

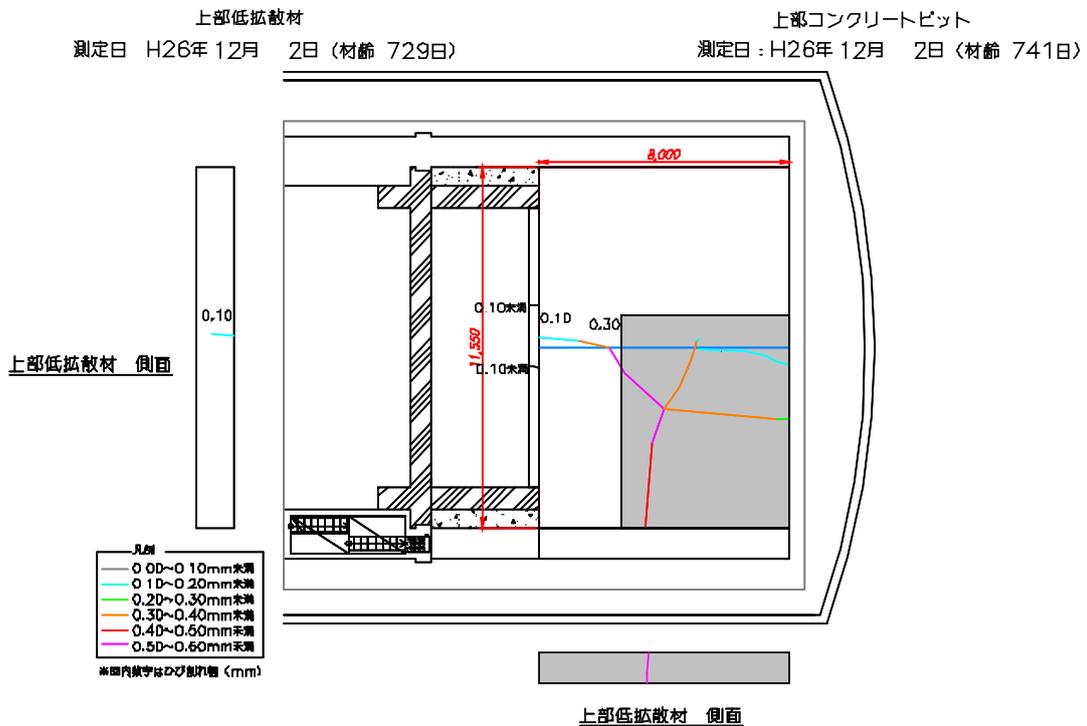
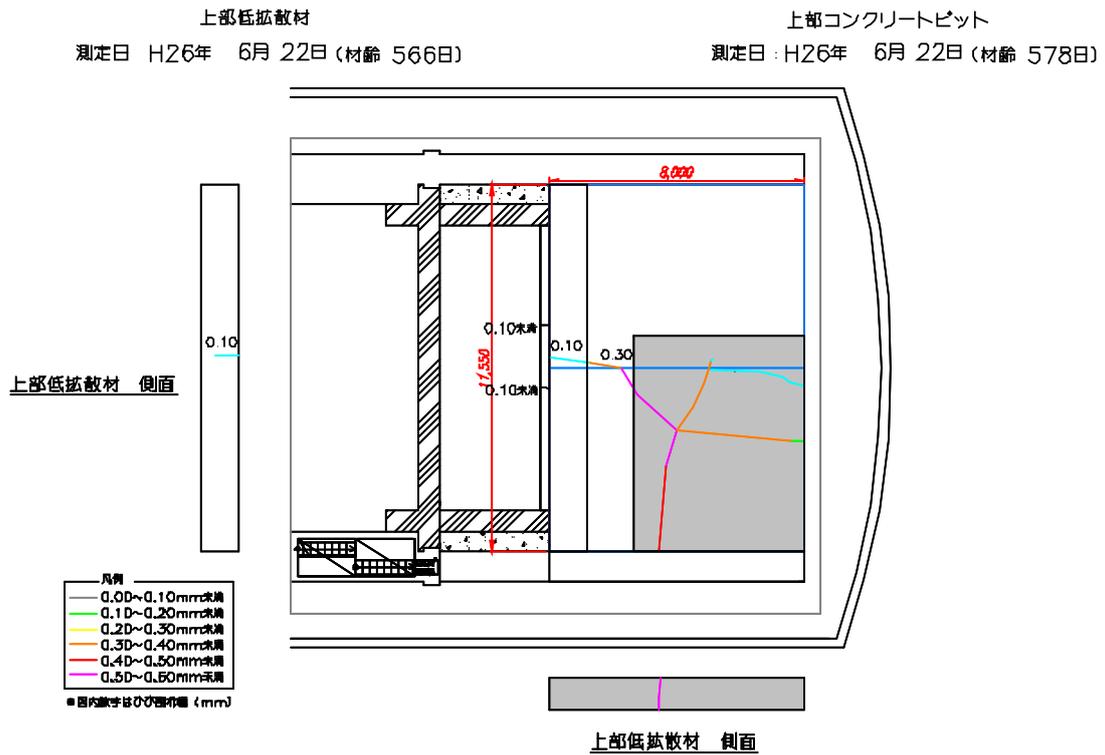


図 4.1-13 上部コンクリートピットおよび上部低拡散層のひび割れ履歴図 (その 2)

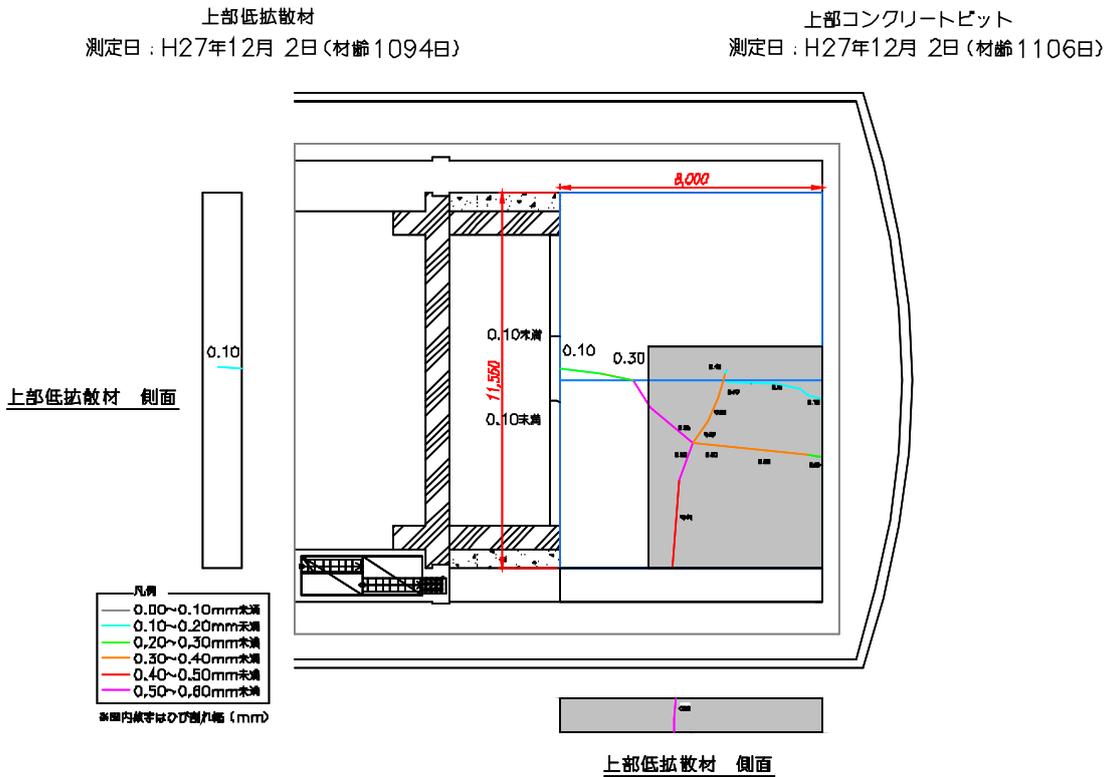
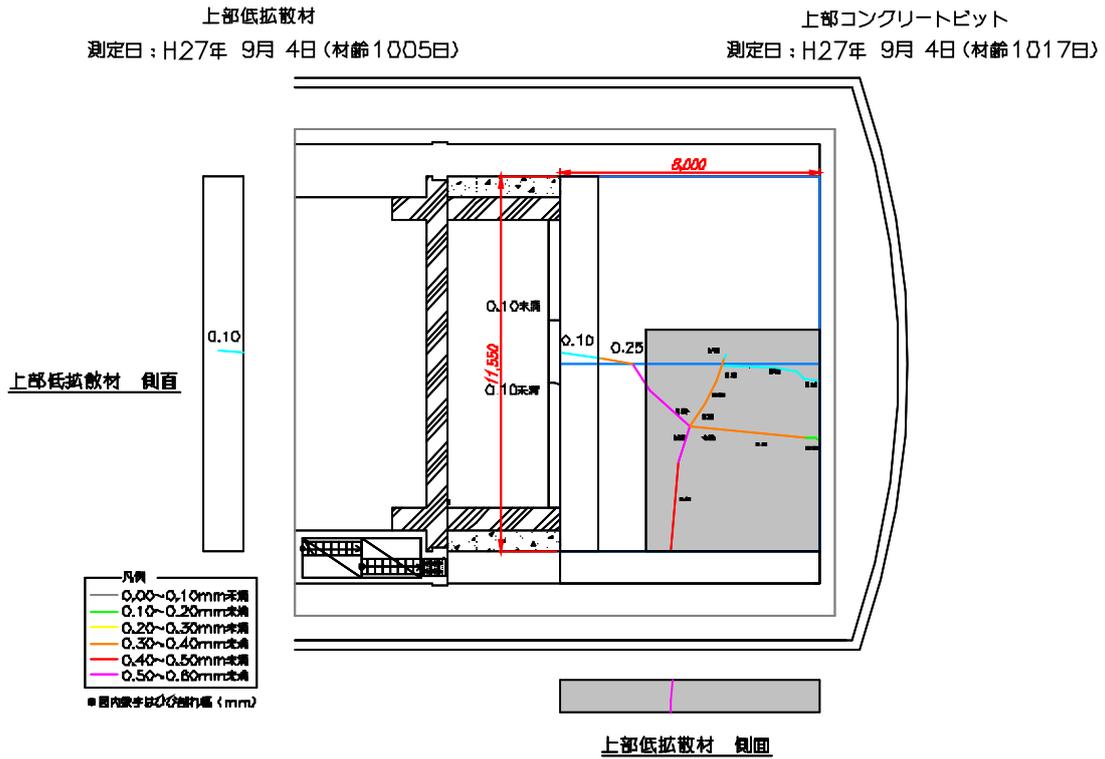


図 4.1-14 上部コンクリートピットおよび上部低拡散層のひび割れ履歴図（その3）

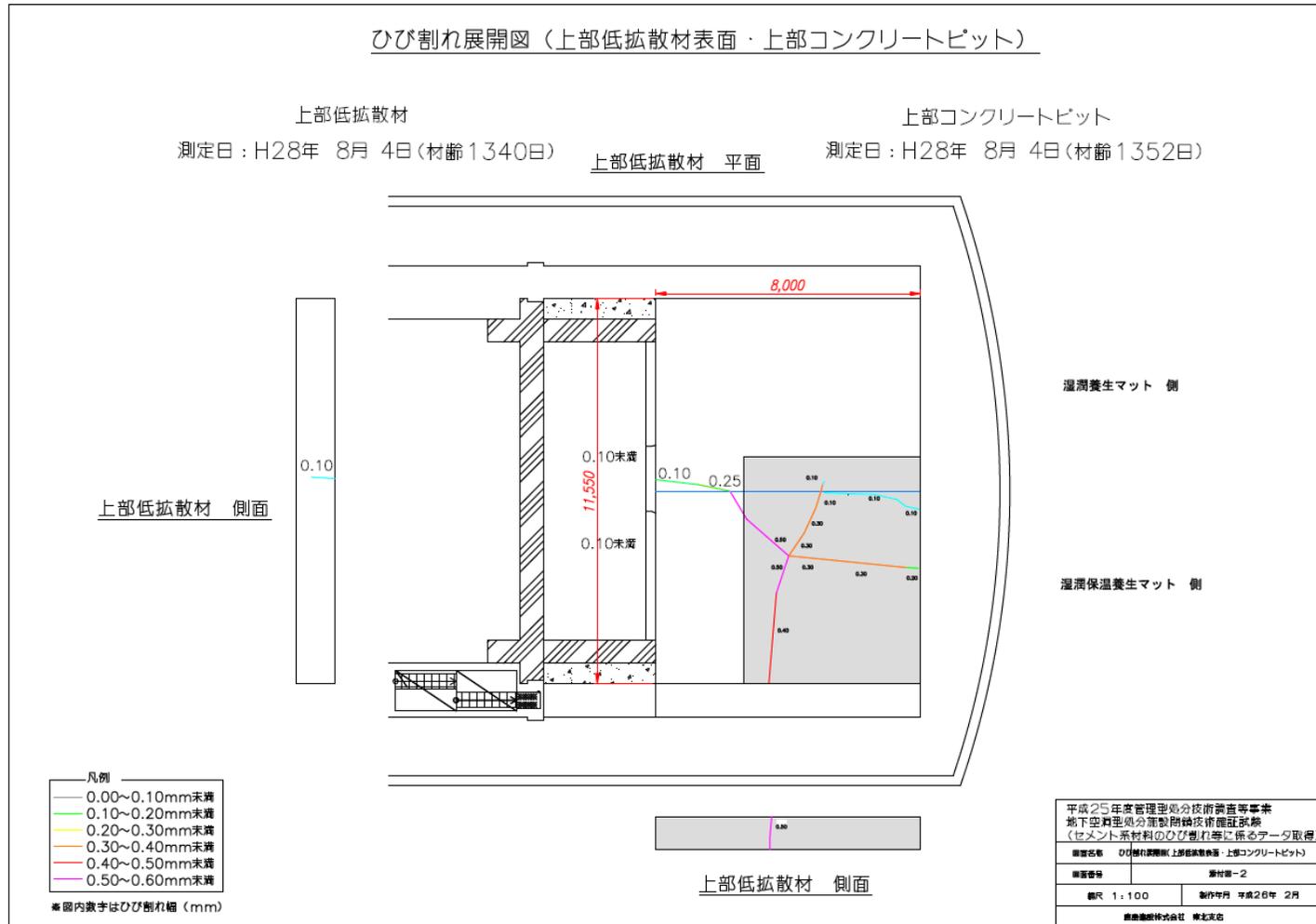


図 4.1-15 平成 28 年度第 1 回上部コンクリートピットおよび上部低拡散層の調査結果

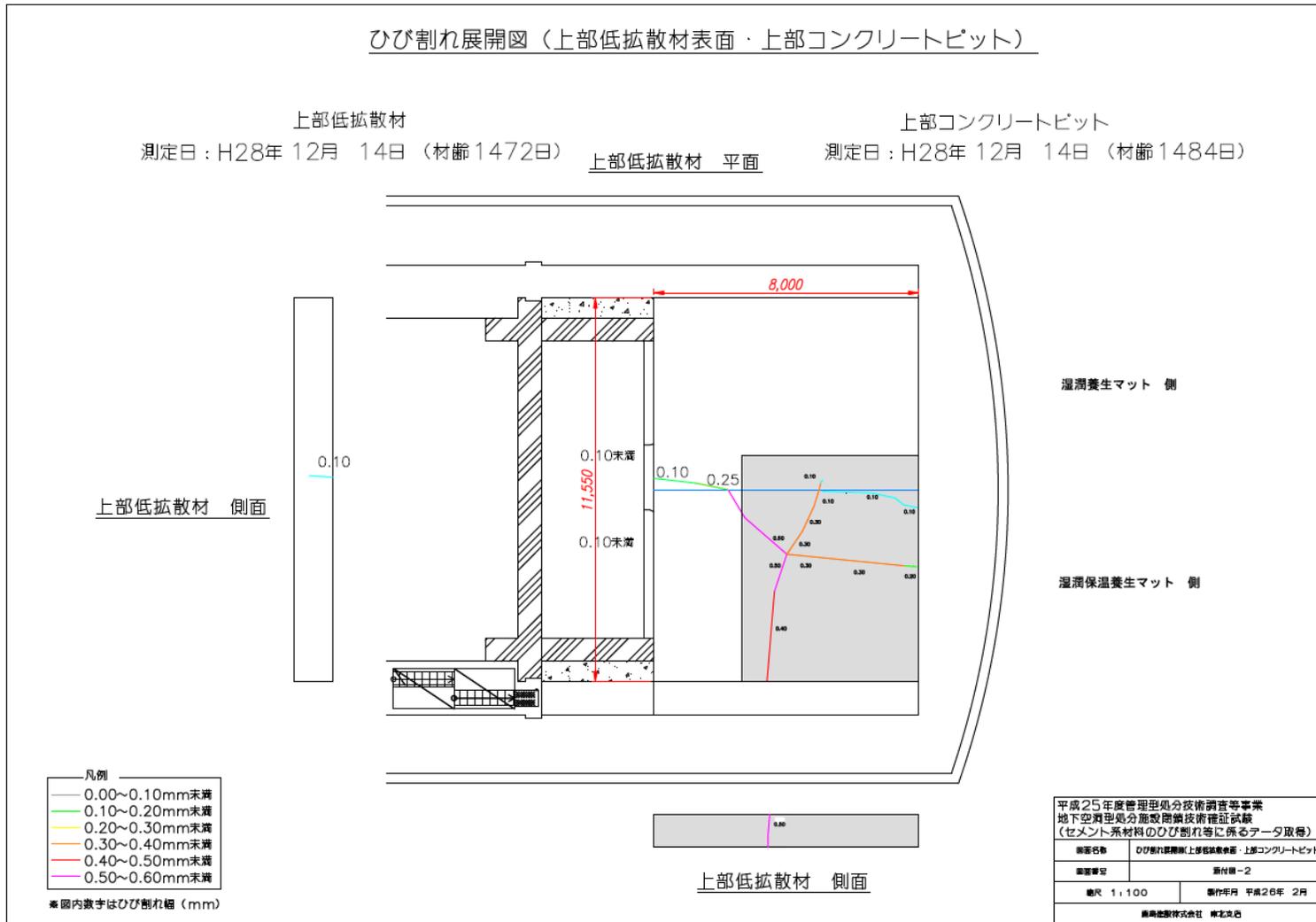


図 4.1-16 平成 28 年度第 2 回上部コンクリートピットおよび上部低拡散層の調査結果

(b) 側部低拡散層左側

側部低拡散層は2009年9月に施工され、その後も年2回程度の継続的な調査が行われている。これまでのひび割れの履歴を図4.1-17、図4.1-18、図4.1-19、図4.1-20に、本年度の調査結果を図4.1-21、図4.1-22に示す。

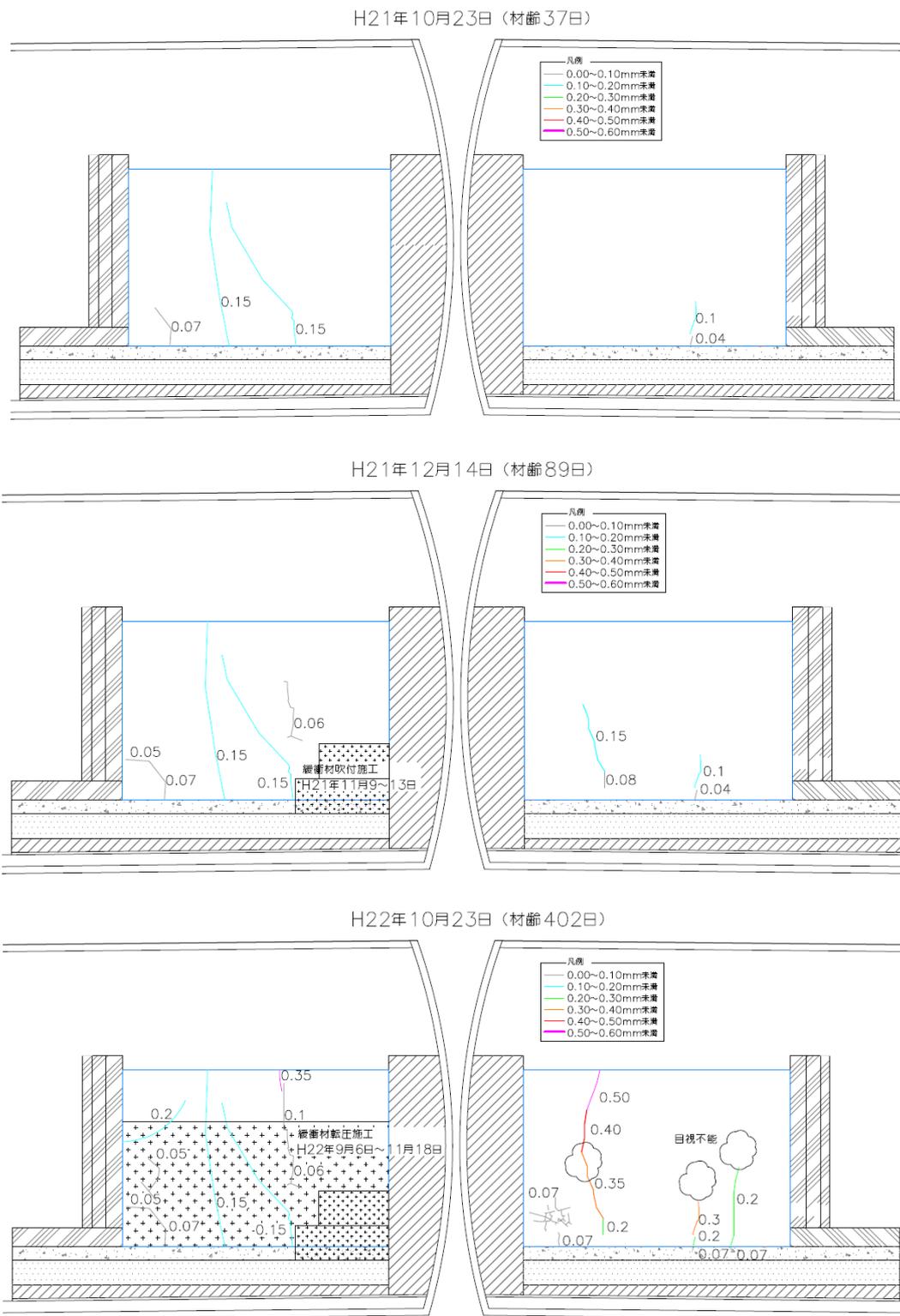
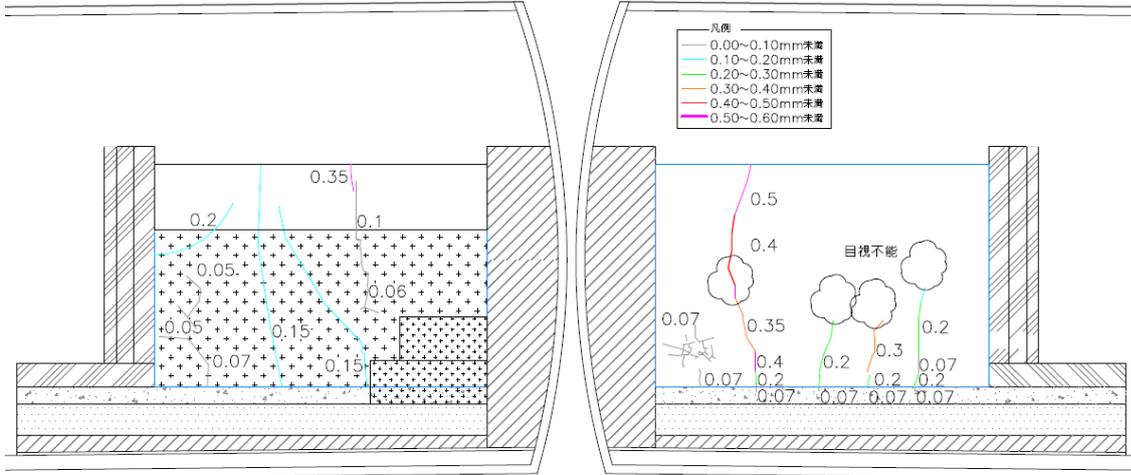
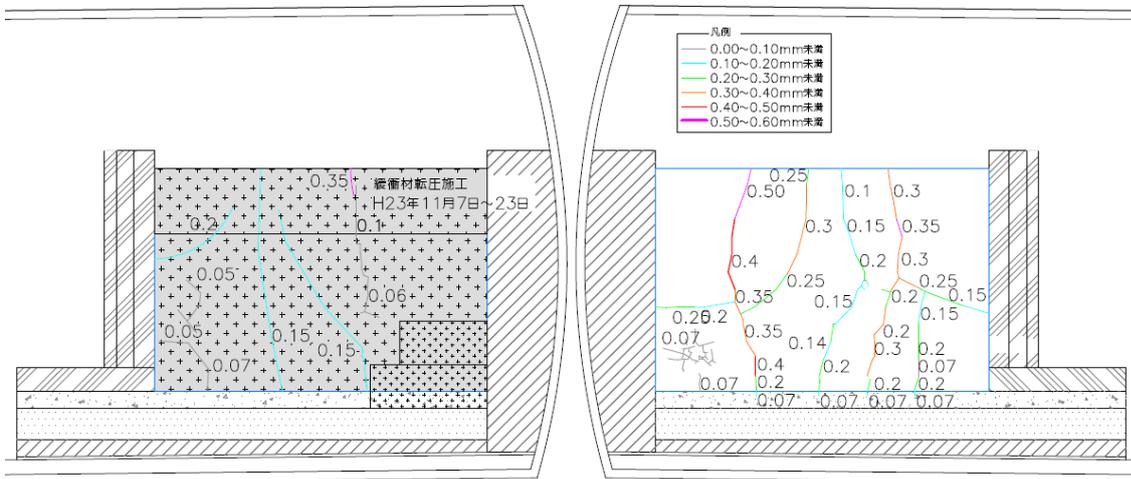


図 4.1-17 側部低拡散層のひび割れ履歴図 (その 1)

H23年1月5日 (材齢476日)



H23年12月7日 (材齢812日)



H24年3月13日 (材齢909日)

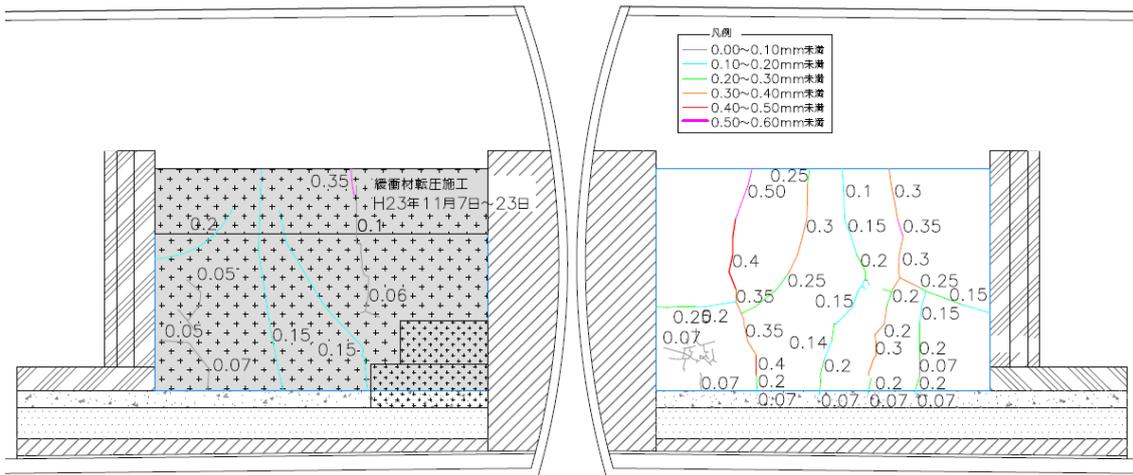
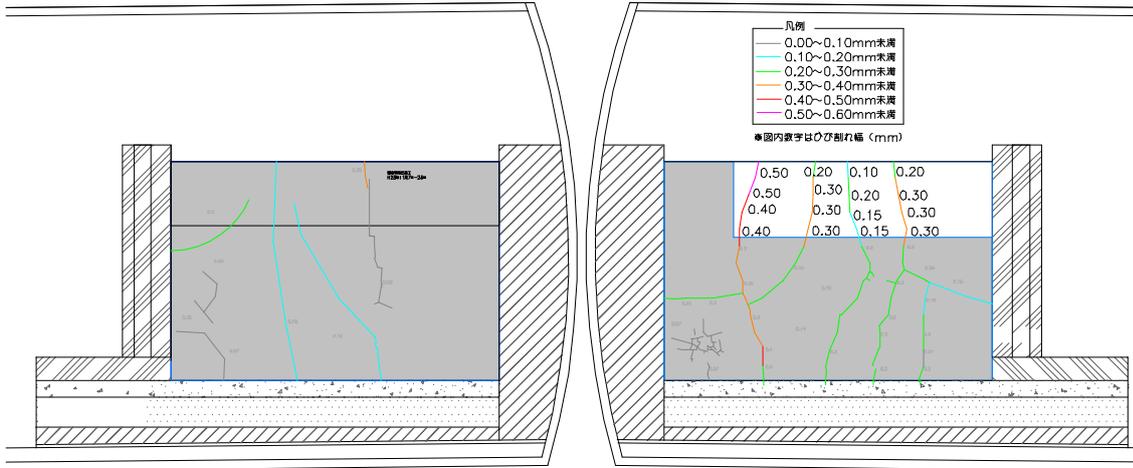
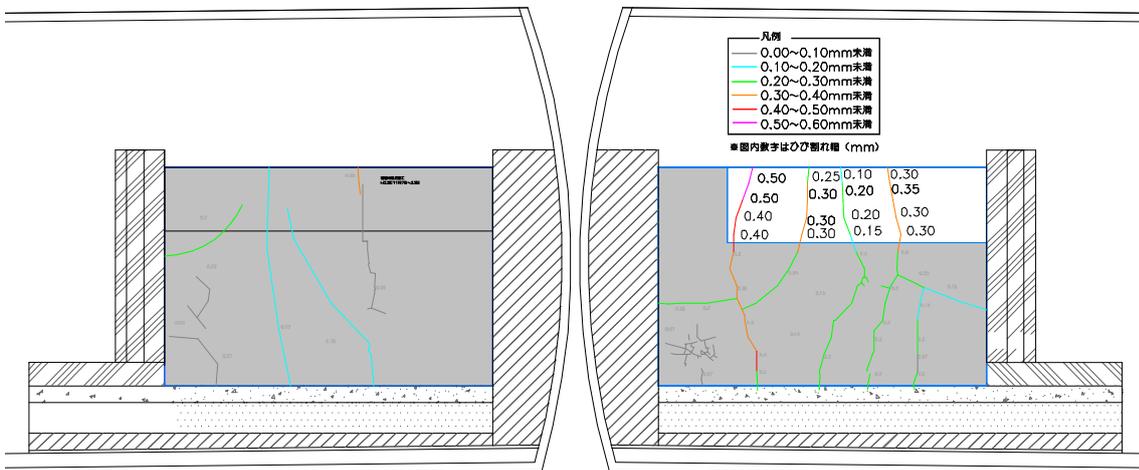


図 4.1-18 側部低拡散層のひび割れ履歴図 (その2)

測定日：H25年10月16日（材齢1491日）



測定日：H26年 2月14日（材齢1612日）



測定日：H26年6月22日（材齢 1740日）

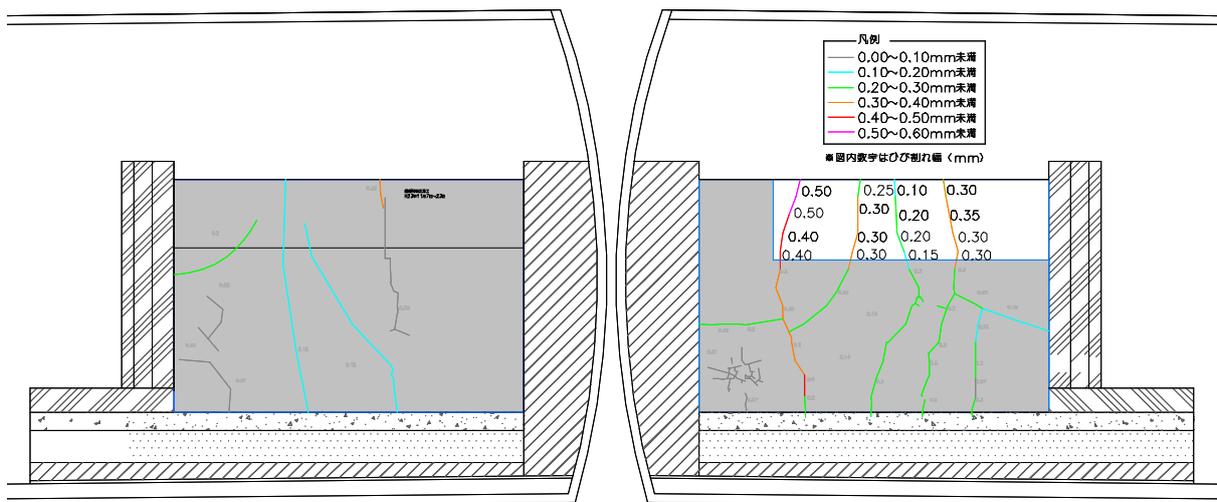
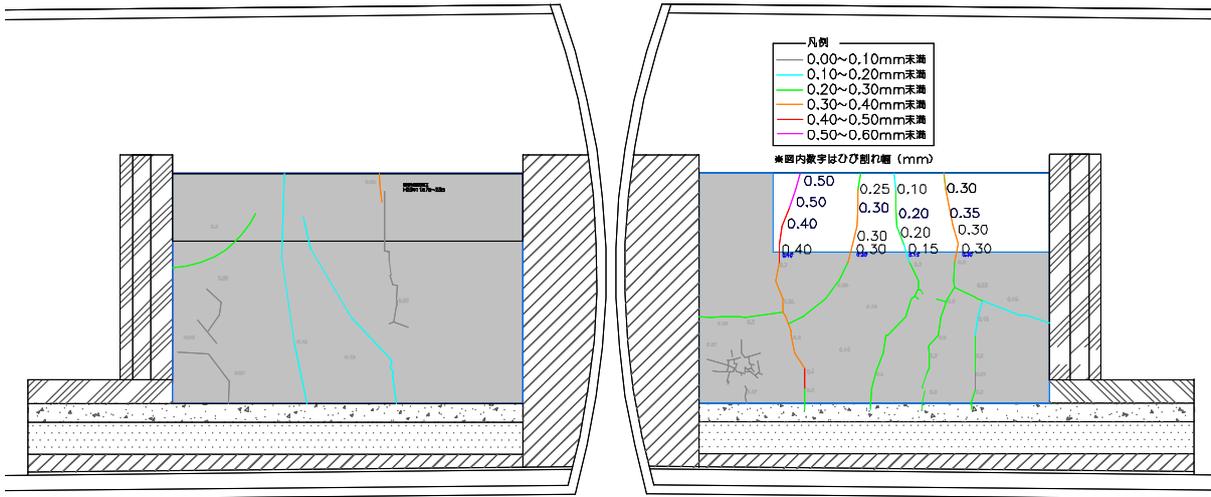
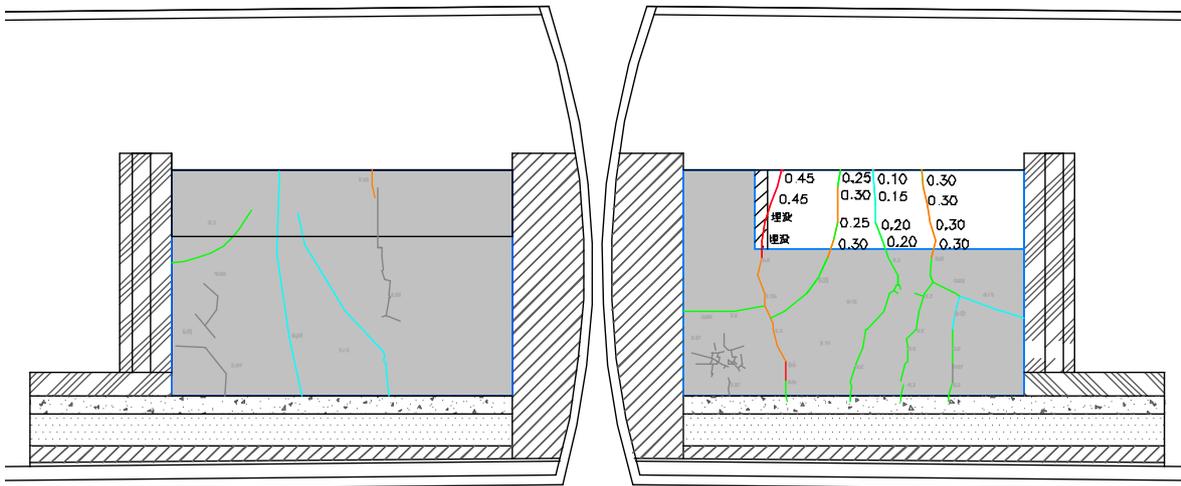


図 4.1-19 側部低拡散層のひび割れ履歴図（その3）

測定日：H26年12月 2日(材齢 1903日)



側部低拡散材 正面図(右) 測定日：H27年 9月4日(材齢2179日) 側部低拡散材 正面図(左)



側部低拡散材 正面図(右) 測定日：H27年12月 2日(材齢 2268日) 側部低拡散材 正面図(左)

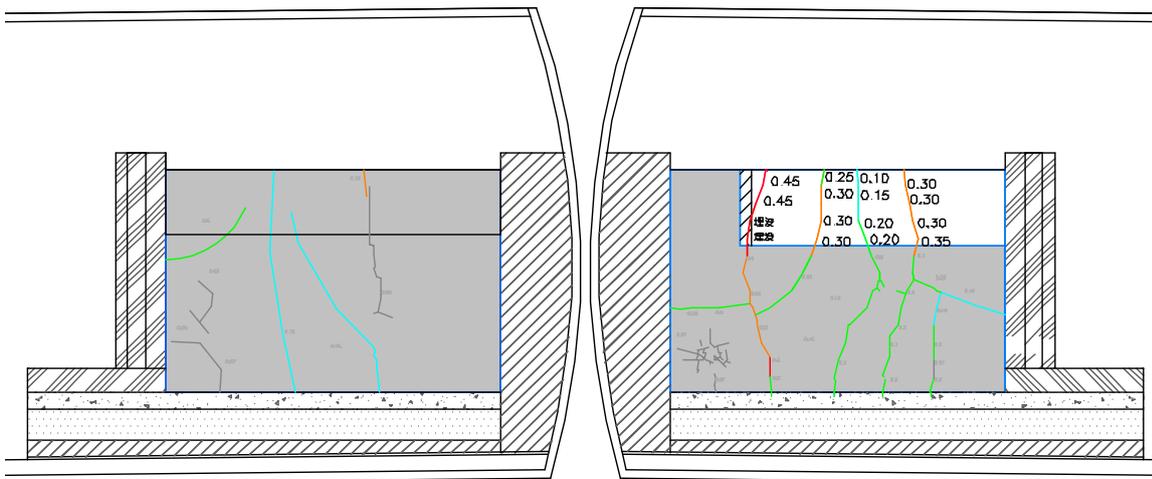


図 4.1-20 側部低拡散層のひび割れ履歴図 (その 4)

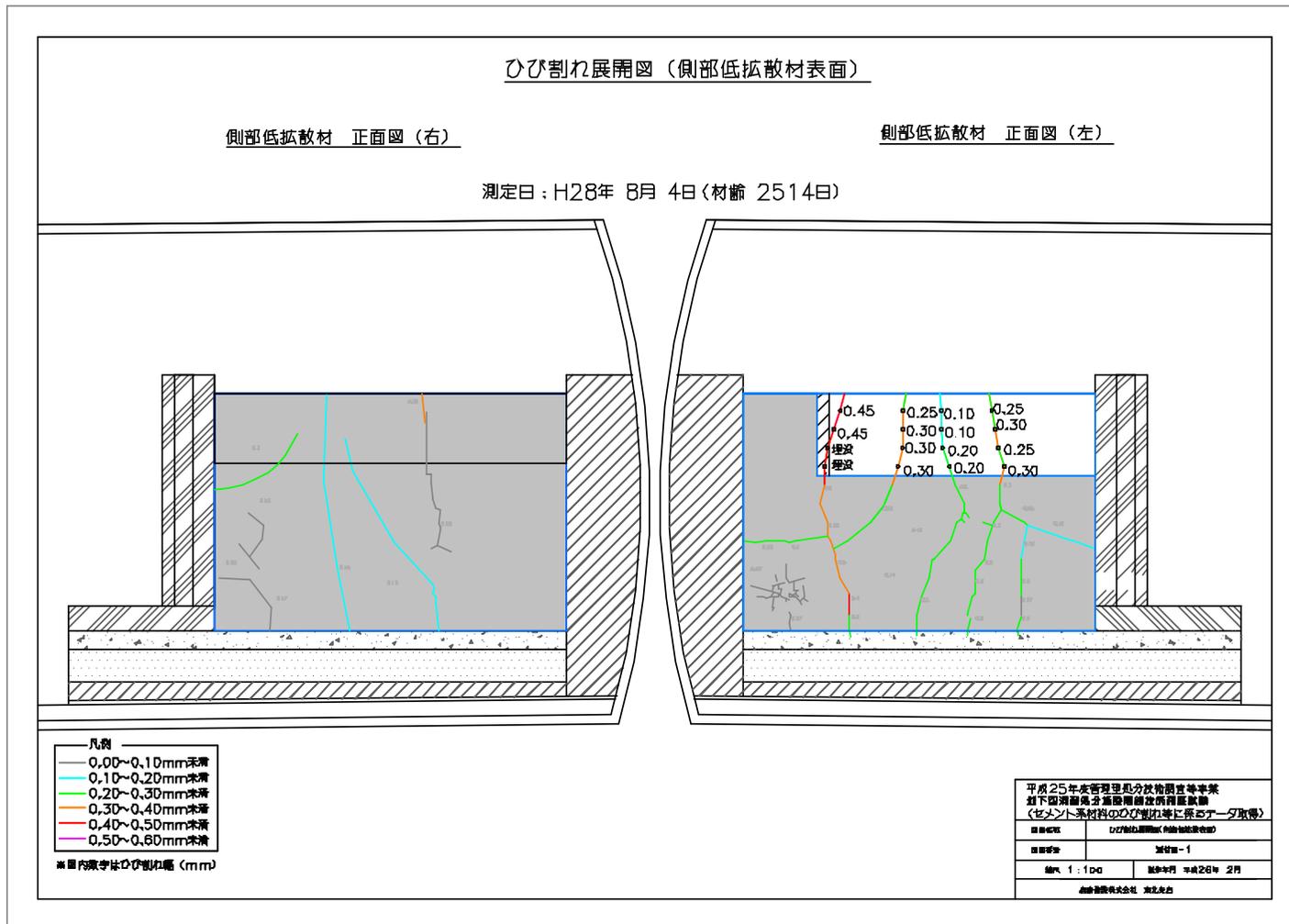


図 4.1-21 平成 28 年度第 1 回側部低拡散層の調査結果

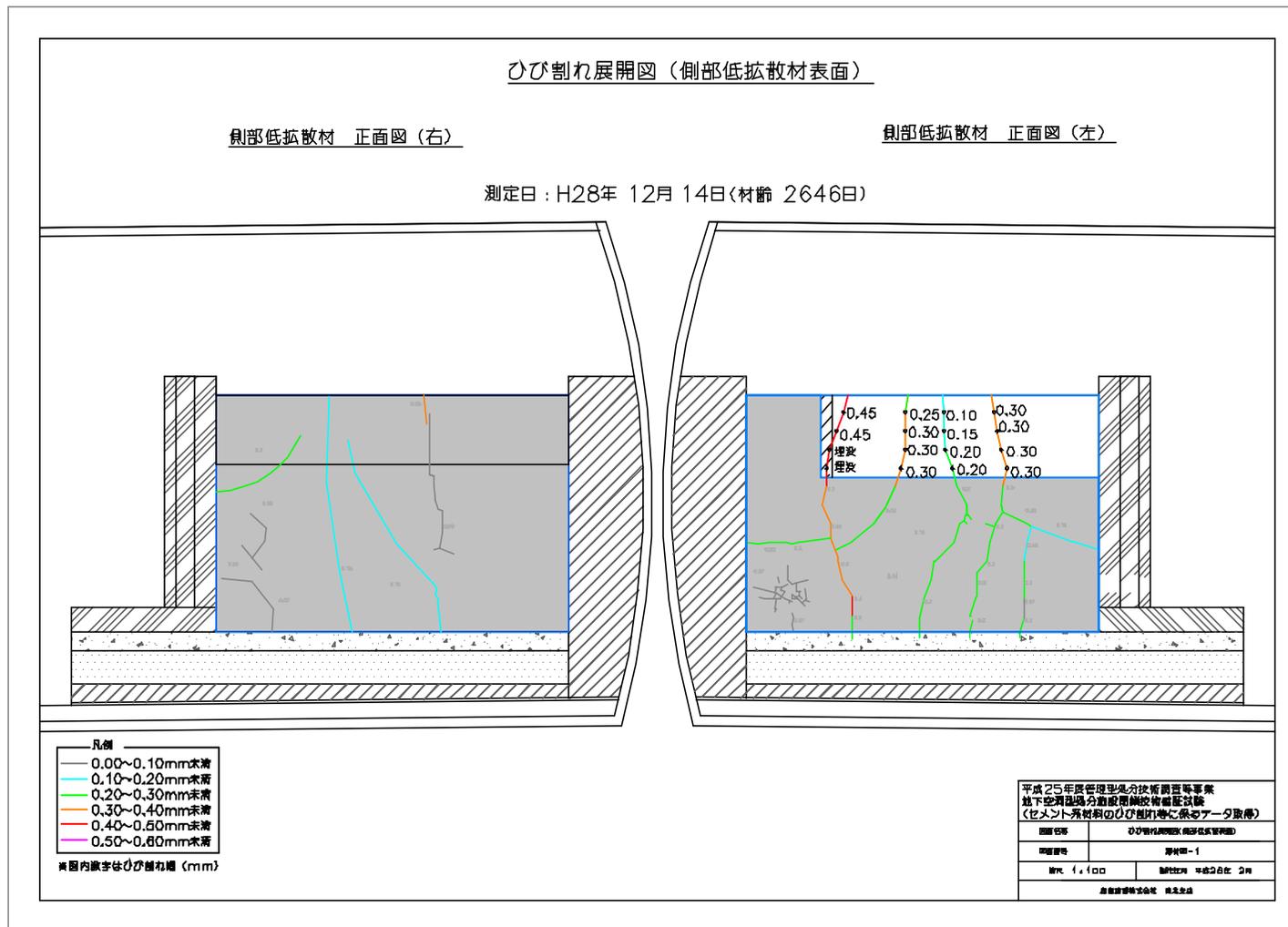


図 4.1-22 平成 28 年度第 2 回側部低拡散層の調査結果

## 2) 底部低拡散層 BTV 観察

### a. 目的

底部低拡散層のひび割れの新規発生、既存ひび割れの進展の有無を確認するため、既設ボーリング孔を利用して BTV 観察を実施した。

### b. 試験実施日

平成 28 年 12 月 14 日 (水)

### c. 試験概要

#### (a) ひび割れ観察孔位置

ボーリング孔の位置を図 4.1-23、図 4.1-24 示す。水平位置は部材中心から左へ 1,875mm である。鉛直位置は、厚さ 600mm の底部低拡散層上端より 250mm 下、下端より 350mm 上である。BTV 観察長は、ボーリング孔長 15.2m のうち、BTV 観察装置のカメラ設置位置より前方プローブ長分 (17cm) を除く、約 15.0m 程度とする。

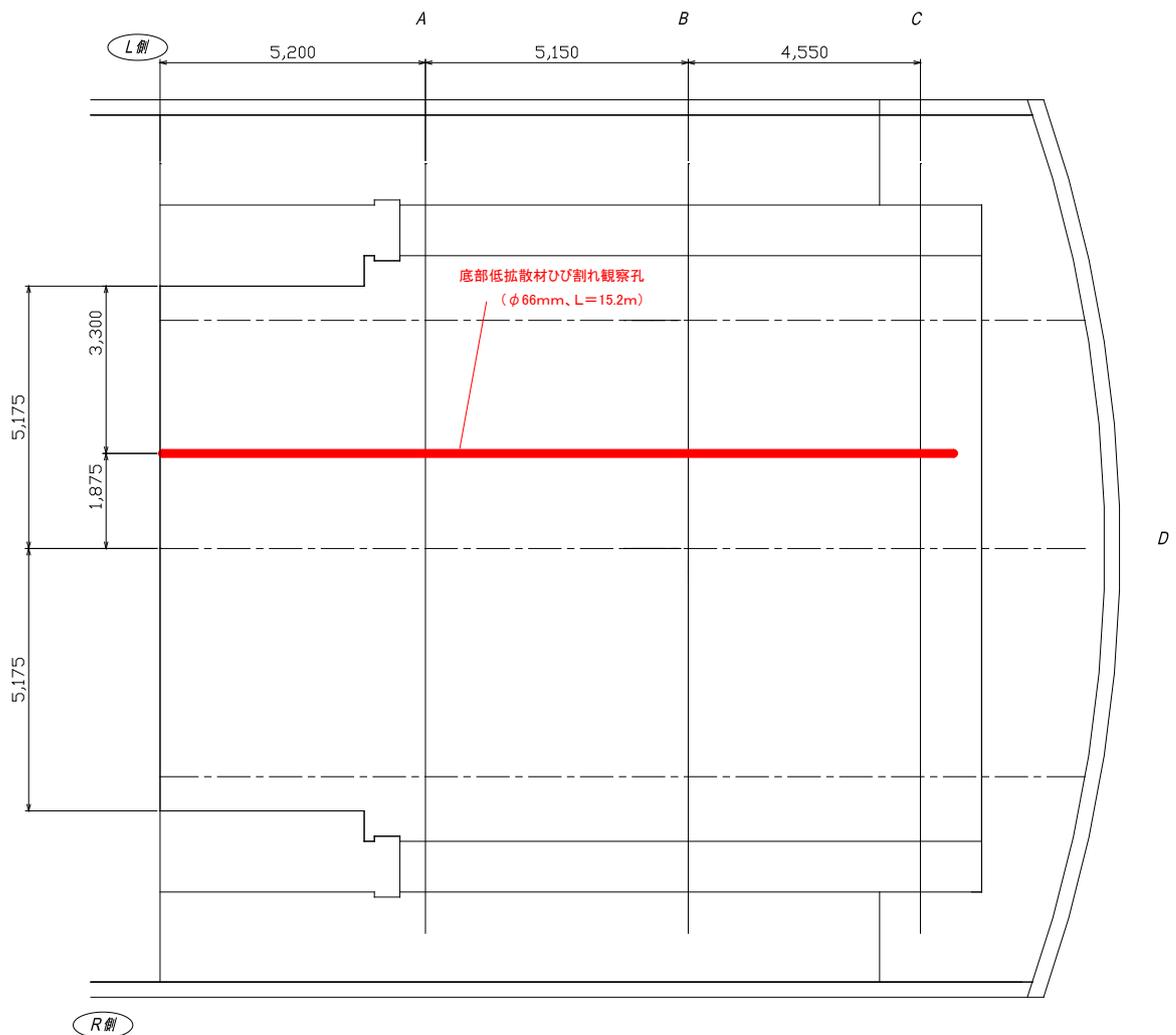


図 4.1-23 BTV 観察孔水平位置図

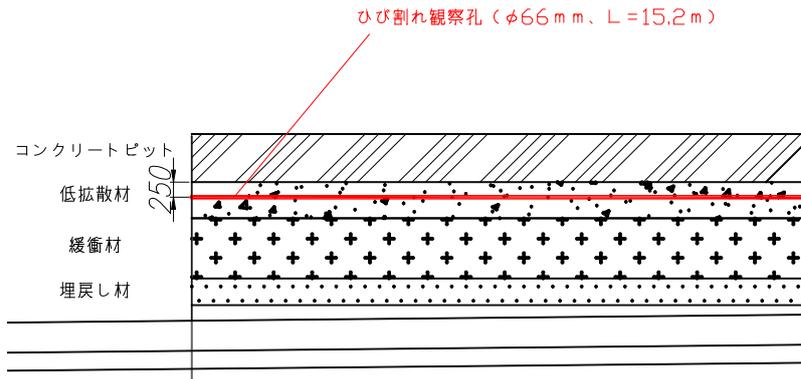


図 4.1-24 BTV 観察孔鉛直位置図

(b) BTV 装置

BTV 観察に先立って、平成 20 年度に孔口保護用に設置した鋼板を取り外した。ボーリング孔壁のひび割れ観察は下記仕様に基づいて行った。BTV 装置による観察後、孔壁展開画像の表示および亀裂の幾何学性状のデータ整理も行うシステムを用いた。

[ボアホール観察 BIP-V システム (レアックス) 概略仕様]

プローブ径：  $\phi 50\text{mm}$

画像観察記録：孔壁全周を連続的に定方位観察可能

孔方向：全方向可能 (鉛直孔、水平孔、傾斜孔)

観察速度：27m/時間 (0.45m/分)

測定可能な最小ひび割れ幅 (=1 ピクセルの空間分解能)：0.25mm



図 4.1-25 BTV 観察装置

(c) BTV 観察状況

底部低拡散層妻手前の碎石スロープ平場上に BTV の電動押し込みパーツを設置した。  
レイアウトを図 4.1-26 に、BTV 観察状況を図 4.1-27 に示す。

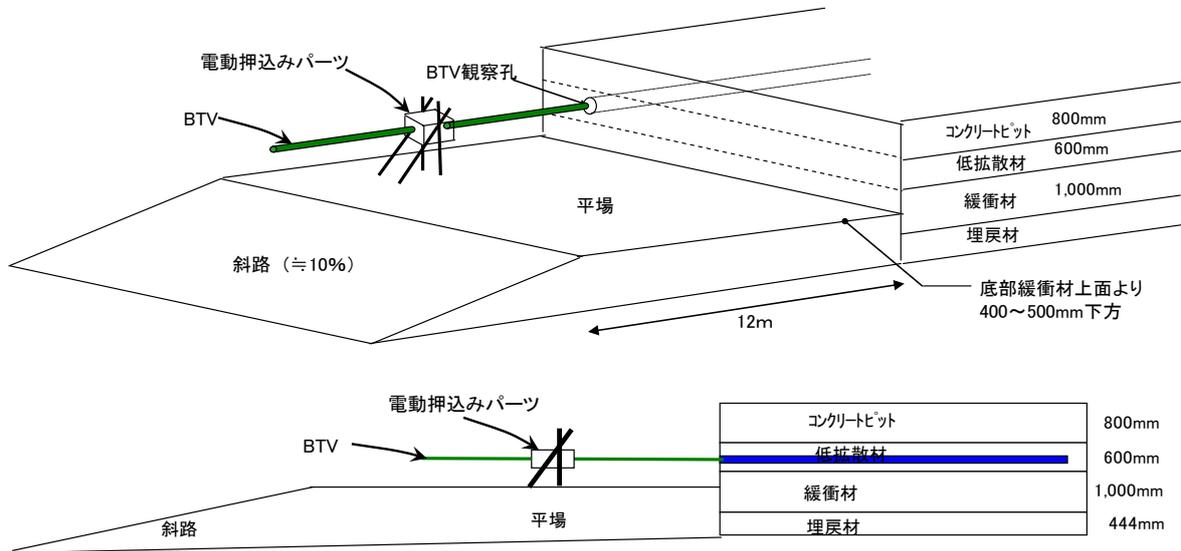


図 4.1-26 BTV 観察レイアウト



図 4.1-27 BTV 観察状況

#### d. BTV 観察結果

平成 20 年度（第 1 回目）から数えて 10 回目の計測を実施した結果を以下に示す。

- 深度0.00m～15.03mまでの画像データを取得した。機械的な深度誤差が発生したため、ロッド長およびカメラ長によりボーリング孔長が、掘削長である15.20mであることを確認し、カメラの構造上の死角である先端0.17mを差し引くとともに、初期値のデータに深度を合わせ込みBTVによる観察長を15.03m（補正後）とした。
  - 記録画像精度（分解能）を深度方向0.25mm、円周方向0.25mmとしBTV装置で得られる最高解像度（分解能）720ピクセルで画像記録を行った。
  - 前回までの計測時と同様に、削孔時に形成されたと考えられるボーリングを横断する同心円状の筋（展開画像では水平またはスパイラル状の筋）および、孔壁画像の両端部であるボーリング孔の下側で汚れが波状に見える状況であった。しかし、割れ目の認識に影響を与えるものではなかった。
  - 割れ目とは別に、骨材の剥離または気泡跡と思われる円形状の空隙を見ることができた。これも第1回目と比較し変化は見られなかった。
  - 前年度までの観測で確認されている3本の既存ひび割れ（図 4.1-28～図 4.1-33参照）以外に、新規の割れ目は確認されなかった。
  - 割れ目の開口幅は、どちらの割れ目も計測限界である0.25mm未満であり、第5回目調査と比較し開口幅の差異は認められなかった。
  - 図 4.1-34に示すように割れ目の方向は以下の様である。
    - ① 深度5.772m（N86W89N）：ボーリング孔に対して走向はほぼ直交し、ほぼ垂直に切断する。
    - ② 深度8.642 m（N52E79NW）：ボーリング孔に対して走向はN52Eで斜交し、ほぼ垂直に近い79度でボーリング孔を切断する
    - ③ 深度11.295 m（N66W85N）：ボーリング孔に対して走向はN66Wで斜交し、ほぼ垂直である85度でボーリング孔を切断する。
- 平成24年度、水の滲み出しによるとおもわれる“しみ”が確認されたが、平成25年度以降、平成27年度まで同位置で“しみ”確認されていない。
- 今回の計測（平成28年度）で、深度11.1m以深で水の滲み出しによるとおもわれる“しみ”と深度13.74m以深で“水の溜まり”が確認された（図 4.1-34参照）。
  - “水の溜まり”区間では薄い膜状の浮遊物も確認されている。

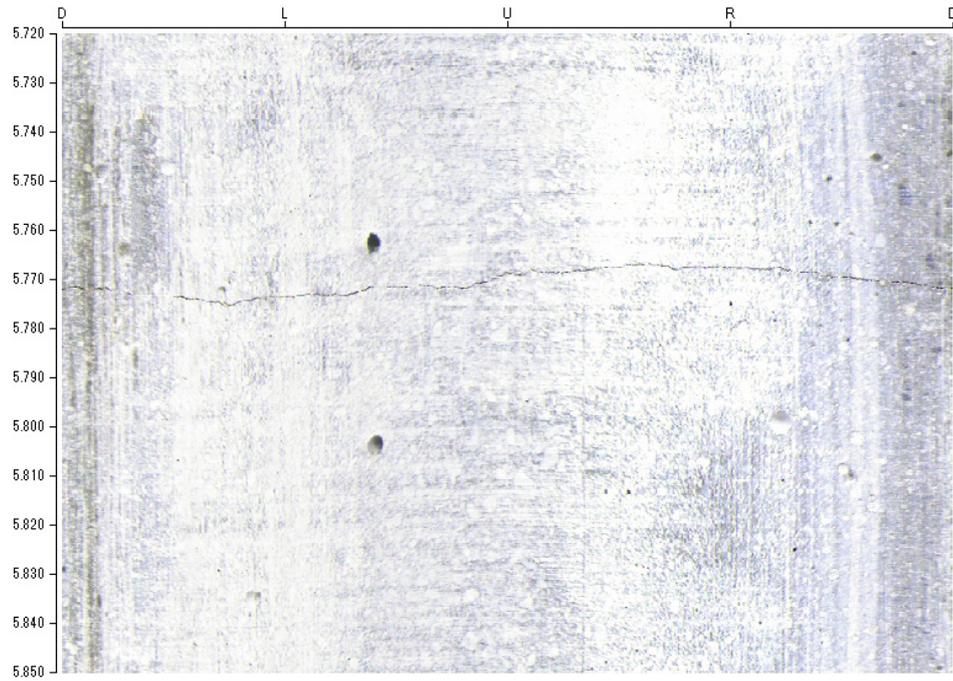
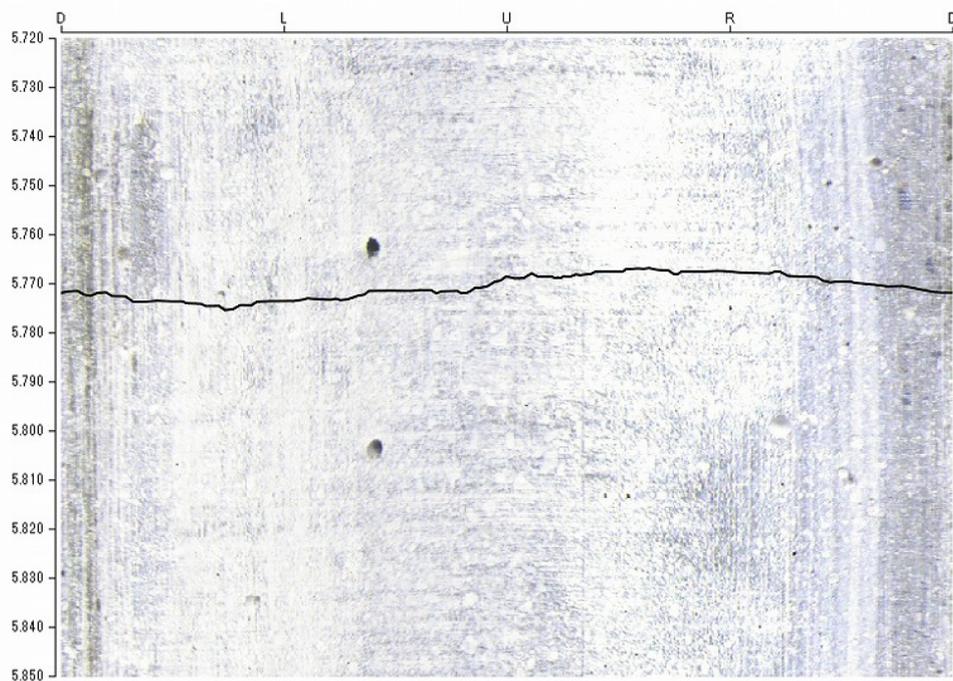


図 4.1-28 深度 5.772m 付近の割れ目



開口幅は、計測限界の0.25mm未満である。

割れ目の走向傾斜は、N86W89Nを示す。ボーリング孔に直交しほぼ垂直に切断している。

図 4.1-29 深度 5.772m 付近の割れ目 (トレース)

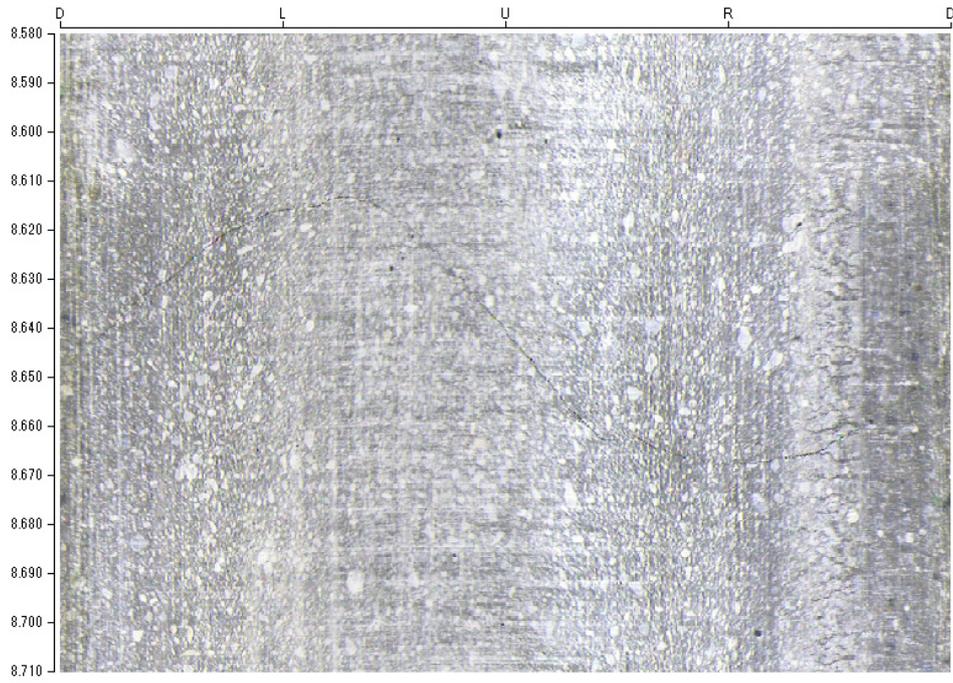
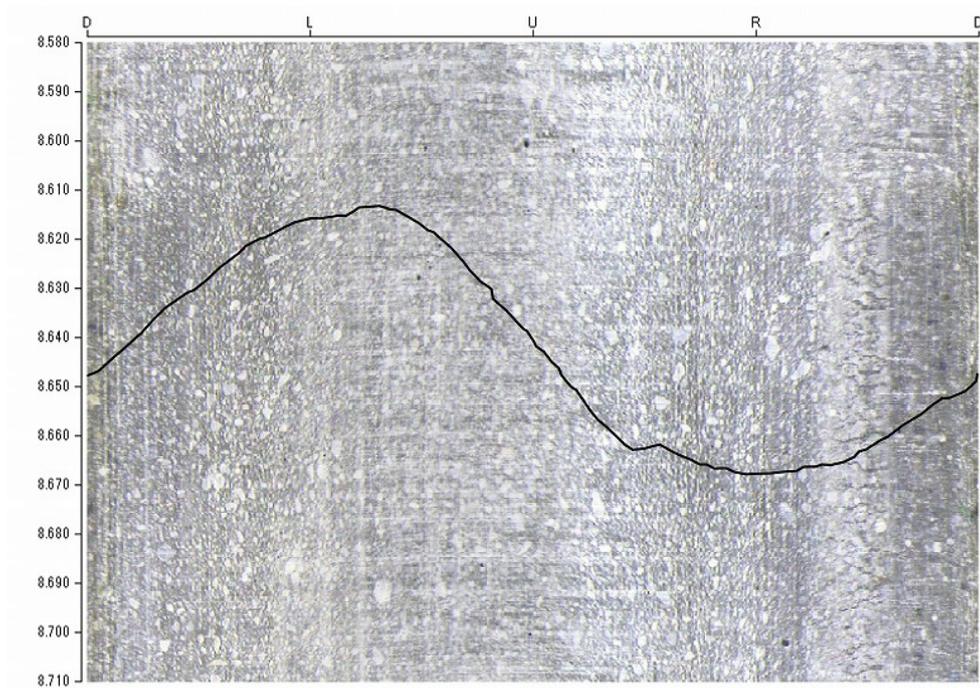


図 4.1-30 深度 8.646m 付近の割れ目



開口幅は、計測限界の0.25mm未満である。

割れ目の走向傾斜は、N52E79Nを示す。

図 4.1-31 深度 8.646m 付近の割れ目 (トレース)

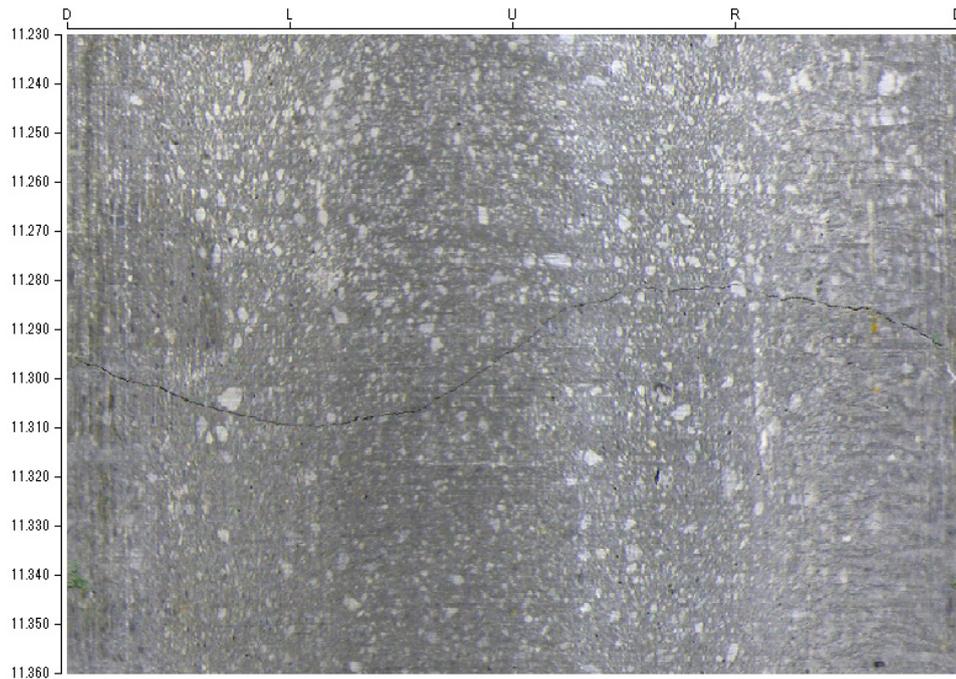
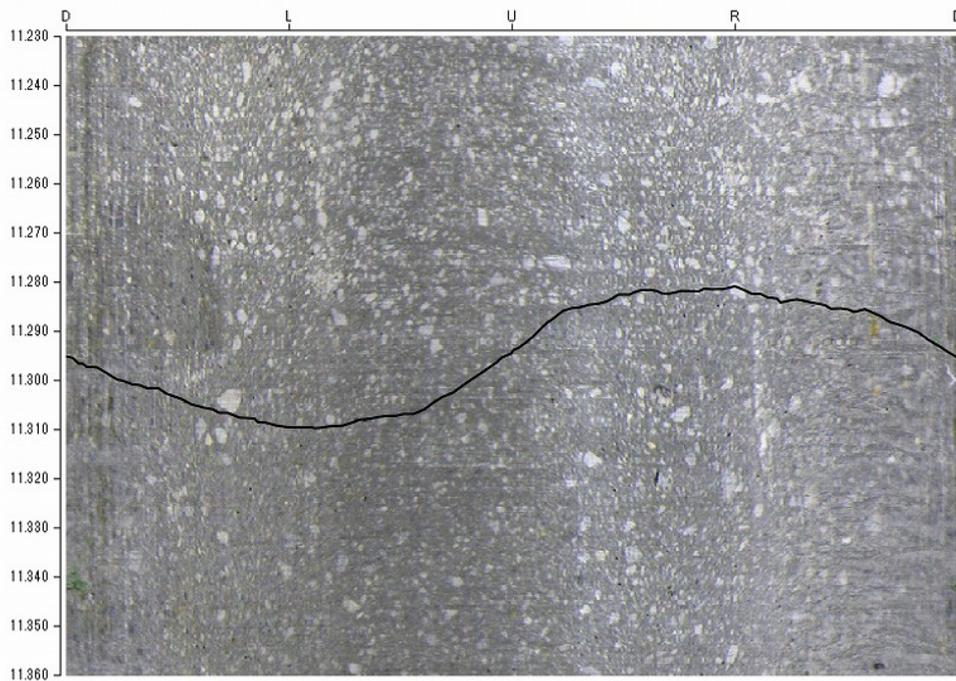


図 4.1-32 深度 11.295m付近の割れ目

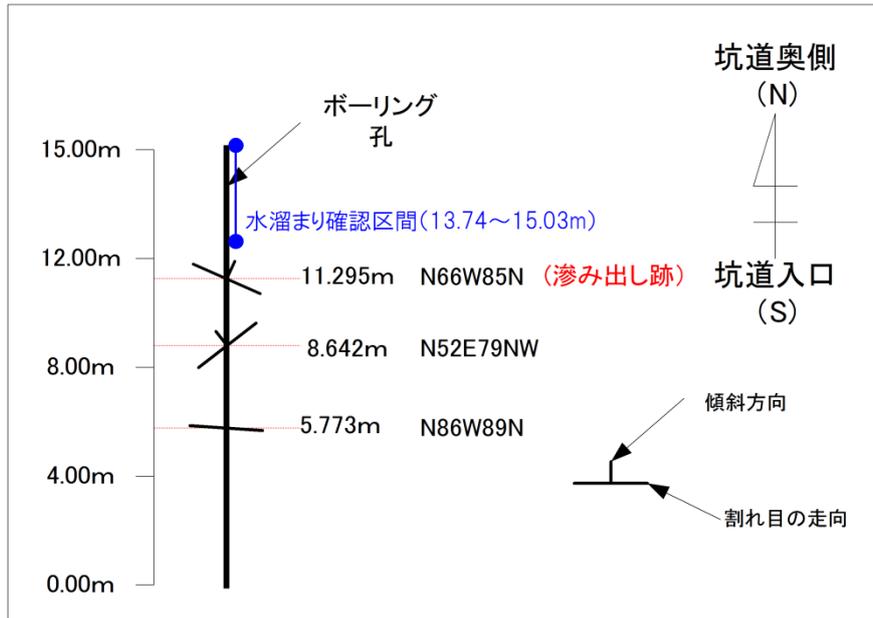


開口幅は、計測限界の0.25mm未満である。

割れ目の走向傾斜は、N66W85Nを示す。

図 4.1-33 深度 11.295m付近の割れ目（トレース）

平面図



断面図

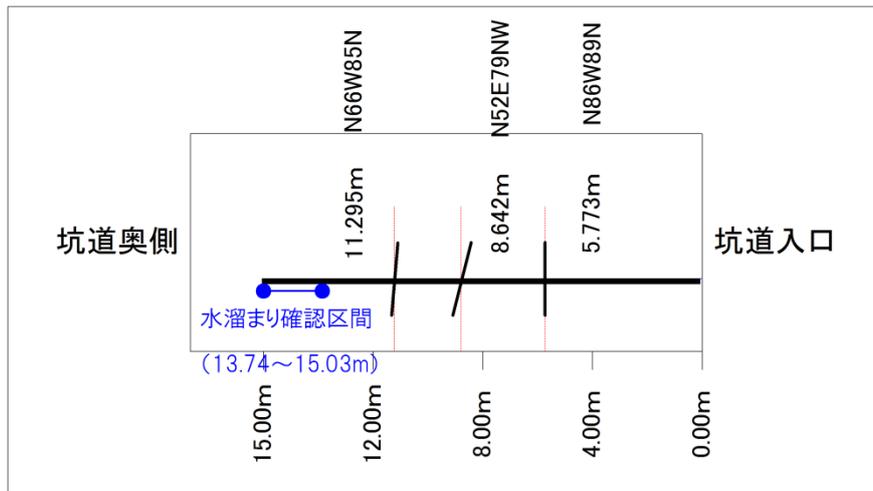


図 4.1-34 割れ目の発生位置および方向性と水溜まりの確認区間

e. 観察後の処理

今後、継続的にひび割れ観察を行うことが出来るよう孔の保護処理を行った。具体的には、一辺 200mm 等の鋼板（防錆処理済）を 4 点アンカー留め等の処置をした。観察孔養生後を図 4.1-35、図 4.1-36 に示す。

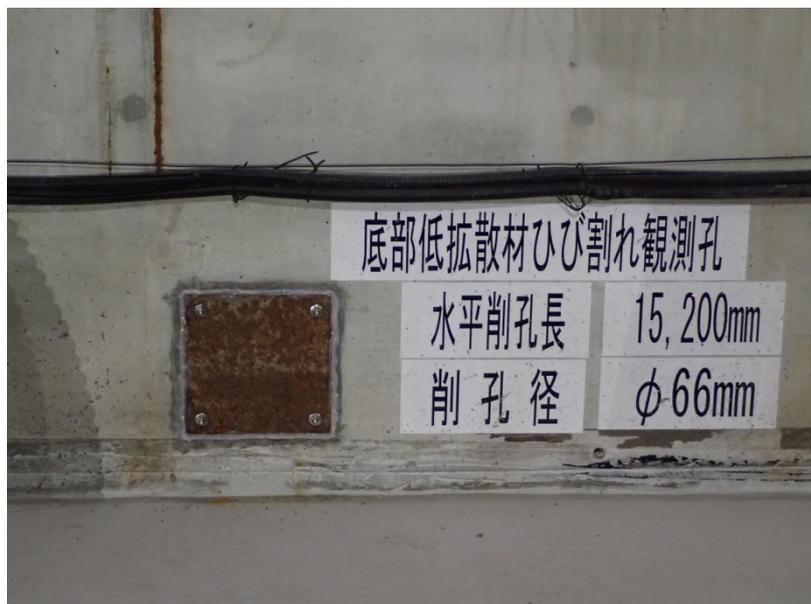


図 4.1-35 観察孔鉄板養生後



図 4.1-36 観察孔鉄板養生後（拡大）

### 3) 地中無線データ回収

底部低透水層の施設挙動計測の一環として、平成 20 年に同部材を施工した際に温度計、間隙水圧計を内蔵した地中無線送信装置が設置されており、センサの計測頻度は 1 回/日、データ取得頻度は 1 回/年として運用している。本業務では、送信装置内に記録されているそれぞれの地中無線データを回収している。温度と間隙水圧を図 4.1-37 にデータを示す。

温度は、坑道内の外気による換気の影響により外気温の年変化の影響を受けていることが分かる。間隙水圧については低透水層中に水が浸入していないため間隙水圧計のフィルター内の気圧を測定している状態であり、設置時の 1 気圧のまま変化していない。

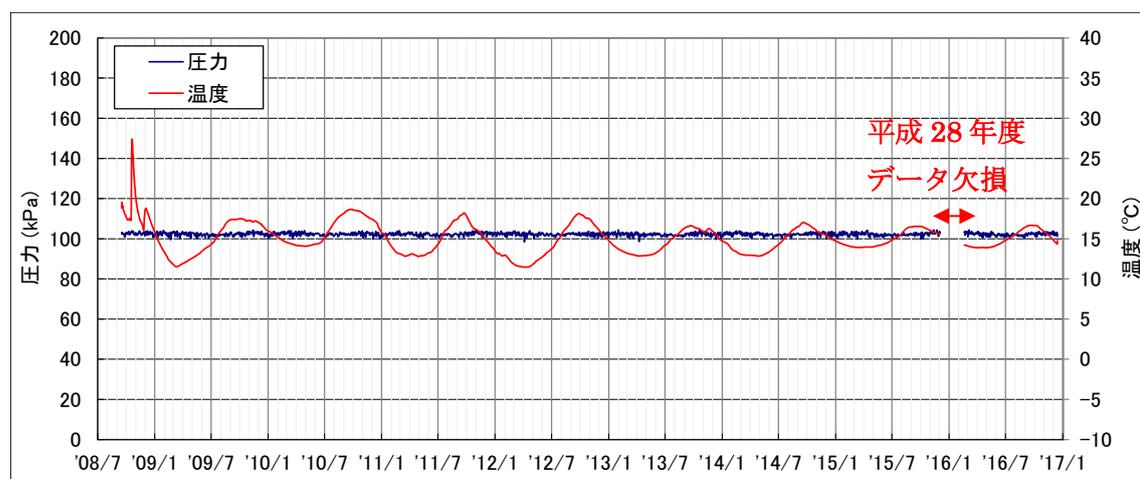


図 4.1-37 無線通信装置で測定中の低透水層中の温度と間隙水圧

地中無線全体システムを図 4.1-38、送信装置を図 4.1-39、センサの仕様を表 4.1-10、データ回収状況を図 4.1-40 に示す。通信システムは受信地点に受信機と命令送信機をセットし、埋設されている無線通信装置と常時双方向通信できるようになっているが、現在は、受信機を定期的にセットし、データを回収する形式で運用中である。データ取得時は、試験施設手前に受信装置を配置して、データ送信命令の信号を送ってデータを送信・受信している。

現在、無線通信装置は、内蔵している電池の消耗を極力防ぐため、月・水・金曜日の午前 10 時から午後 3 時まで 30 分間隔で、受信器から送られてくる指令を受信待機するモードになっている。

今回は、12 月 14 日（水）13:00~15:00 にかけて 5 回、データ回収を試みたが、2015 年 12 月 3 日~2016 年 2 月 18 日のデータが回収できなかった。原因としては、計測器のバッテリー消耗とデータ受信中に送受信機間で通信不具合が生じた事が挙げられている。バッテリー消耗に関しては、計測データと同時にバッテリー電圧の情報も送信されるが、稼働限界に近い数値を示している。坂田電機のバッテリー保障期間は 5 年であり、計器を稼働してから本年度で 8 年目となる。また、昨年度、無線通信装置内の時計には 1 分 30 秒程度のずれがみられたが、本年度では 3 分 30 秒のずれが確認されている。

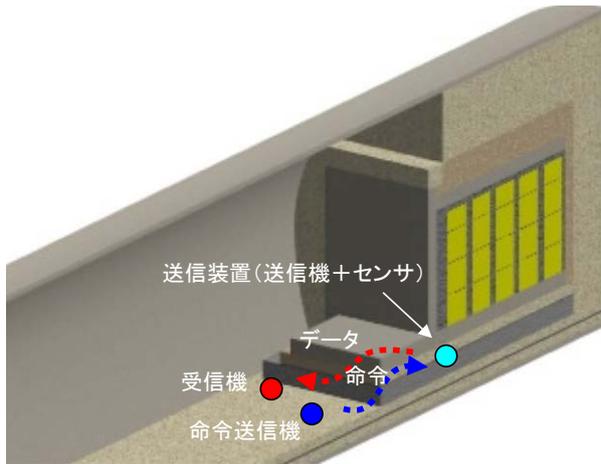


図 4.1-38 地中無線全体システム



- ・送信装置容器：φ215mm、L=310mm
- ・内部に通信制御回路、データロガー、電源関連装置等を収納

図 4.1-39 送信装置

表 4.1-10 センサの仕様

名称	仕様	センサ写真
温度計	測定範囲：+70℃ 精度：1℃以内	<p>バッテリー 温度計</p>
間隙水圧計	測定範囲：600kPa 精度：±1kPa	<p>間隙水圧計受圧部</p>

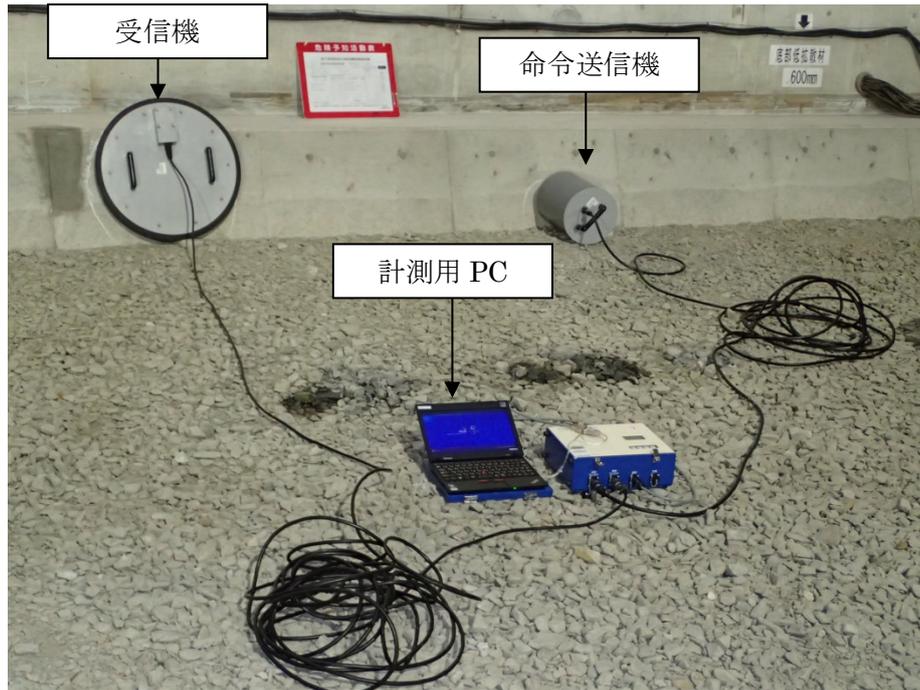


図 4.1-40 地中無線データ回収状況

また、地中無線計器近傍に有線計器を設置しており（図 4.1-41）、双方の温度計データを図 4.1-42、間隙水圧計データを図 4.1-43 に示す。地中無線計器の計測値は近傍の有線計器の計測値と同等であり、設置後約 8 年経過時点で、地中無線装置が正常に作動することを確認した。

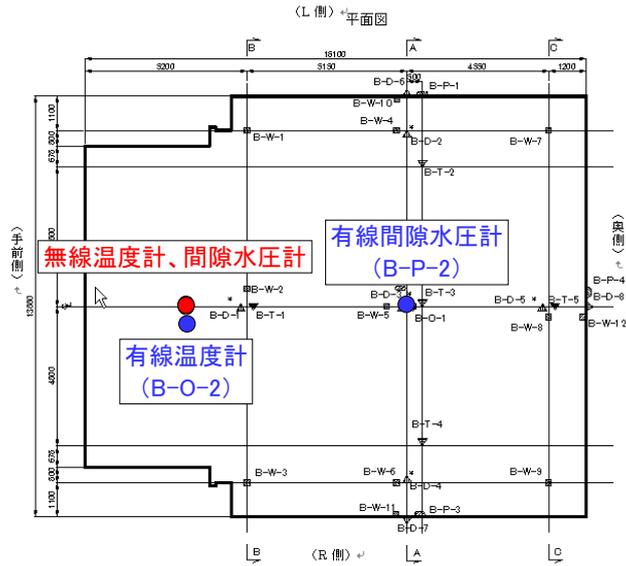


図 4.1-41 地中無線計器および有線計器の設置位置

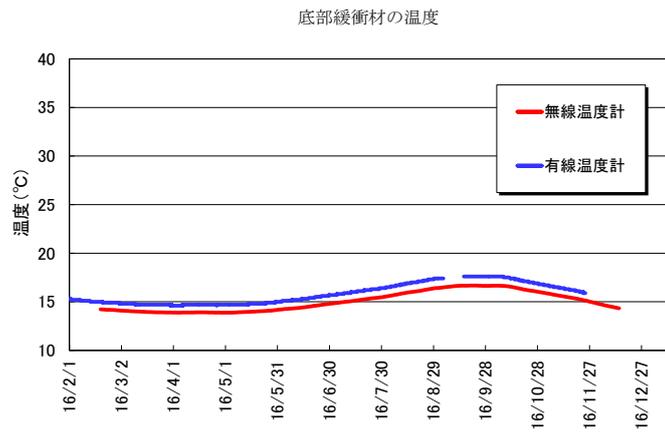


図 4.1-42 地中無線計器と有線計器の温度データ回収結果

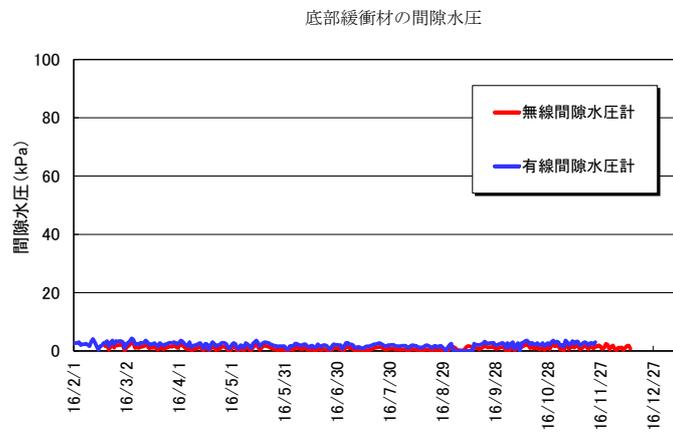


図 4.1-43 地中無線計器と有線計器の間隙水圧データ回収結果

#### 4.1.2 計測データの整理

今年度回収した計測データを整理、集約した。対象項目を表 4.1-11 に示す。

表 4.1-11 計測データ整理対象項目

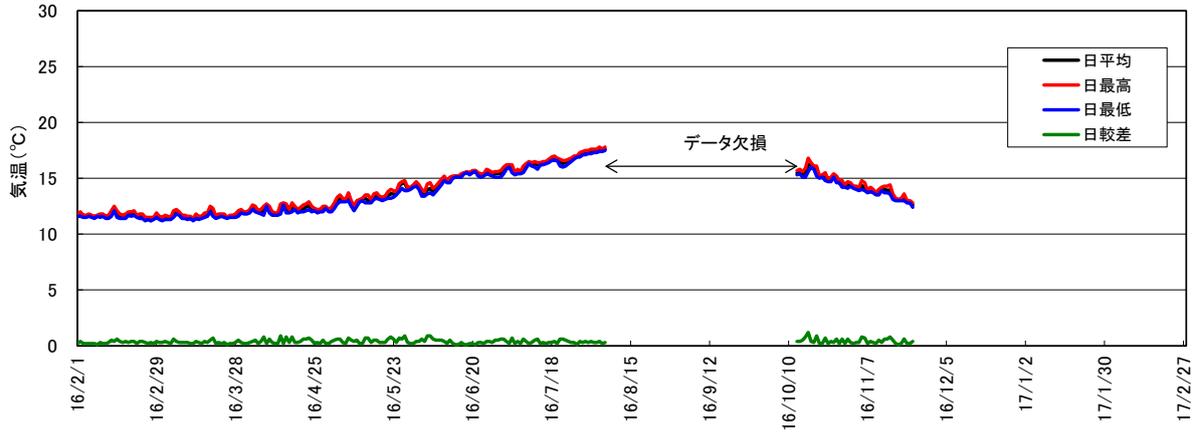
項目	内容	データ格納先
既設静的計測データ	経時変化図	添付資料 4 なお、分析評価は別途業務「既施設挙動・地震動挙動評価」で実施した。
地震動観測データ	経時変化図、付加情報	添付資料 5 なお、分析評価は別途業務「既施設挙動・地震動挙動評価」で実施した。

整理した図の例として、坑内環境（百葉箱温湿度計）の経時変化を図 4.1-44、上部埋戻し材の沈下計および温度計の経時変化を図 4.1-45～図 4.1-46、周辺岩盤挙動の岩盤変位計の経時変化を図 4.1-47、間隙水圧計の経時変化を図 4.1-48～図 4.1-49、観測された地震動データのうち最大加速度を記録した 2016 年 9 月 26 日の加速度時刻歴を図 4.1-50～図 4.1-52 に示す。



平面図

百葉箱気温



百葉箱湿度

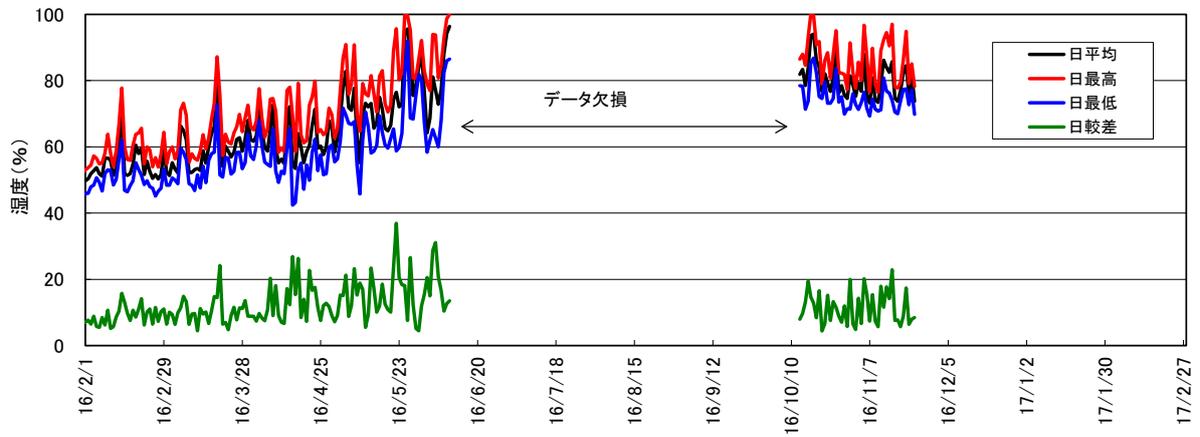
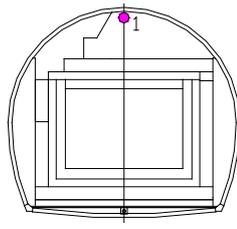


図 4.1-44 百葉箱温湿度計測結果



計測結果の凡例

U-T-x  
↓  
位置

上部埋戻し材の沈下

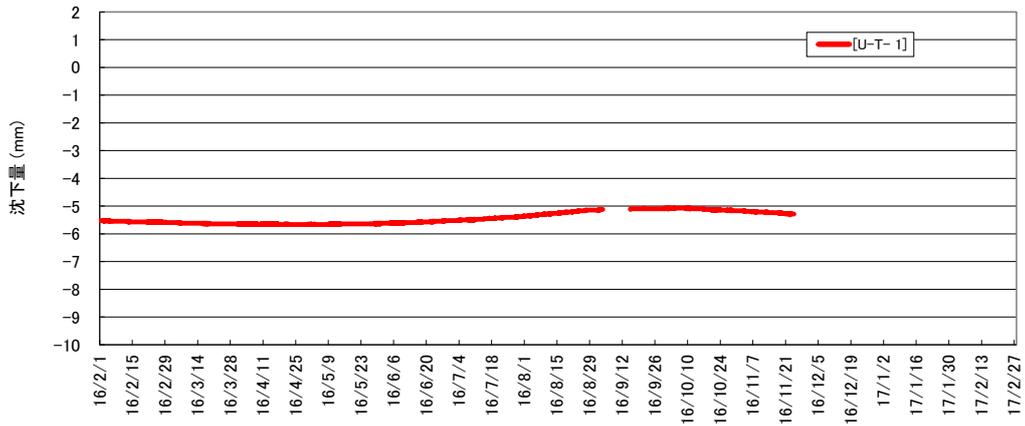
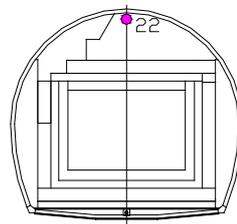


図 4.1-45 上部埋戻し材の沈下計測結果



計測結果の凡例

U-O-x  
↓  
位置

上部埋戻し材の温度

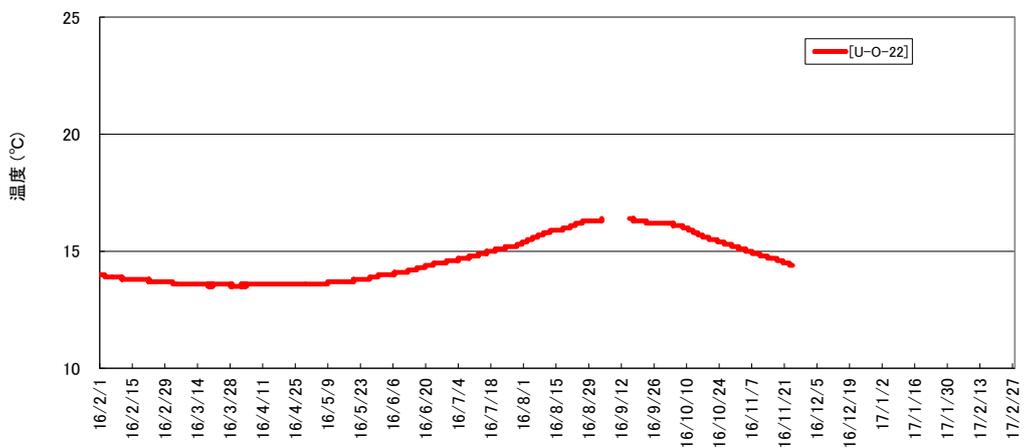
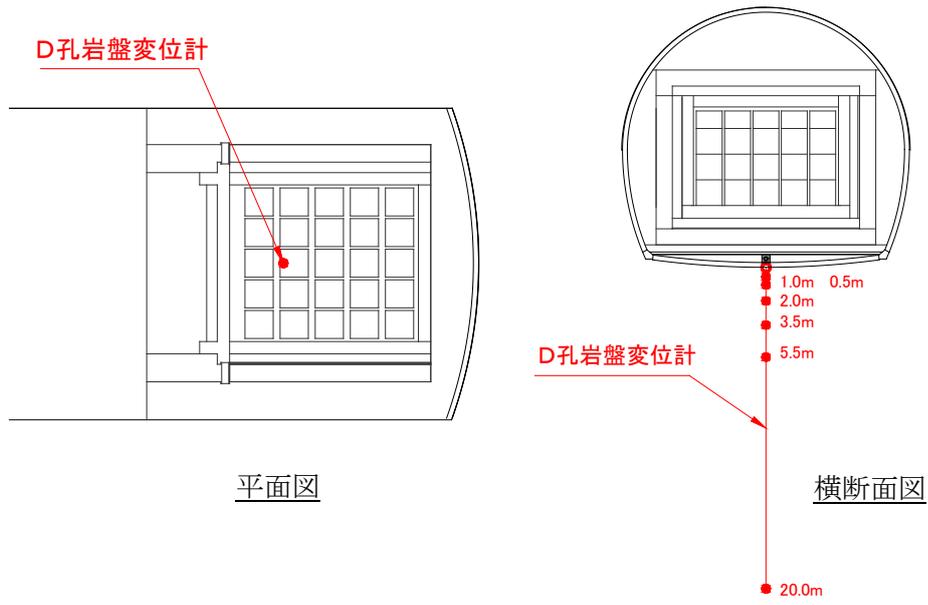


図 4.1-46 上部埋戻し材の温度計測結果



D孔岩盤變位計

+: 上昇 - : 沈下

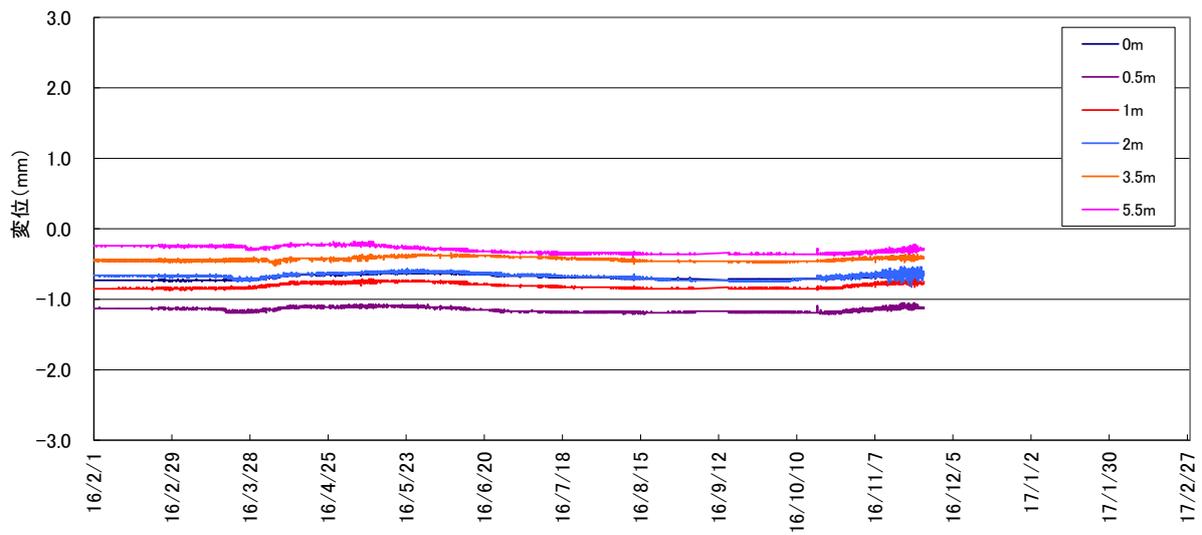
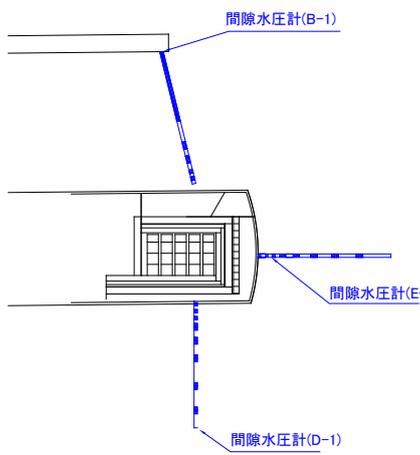
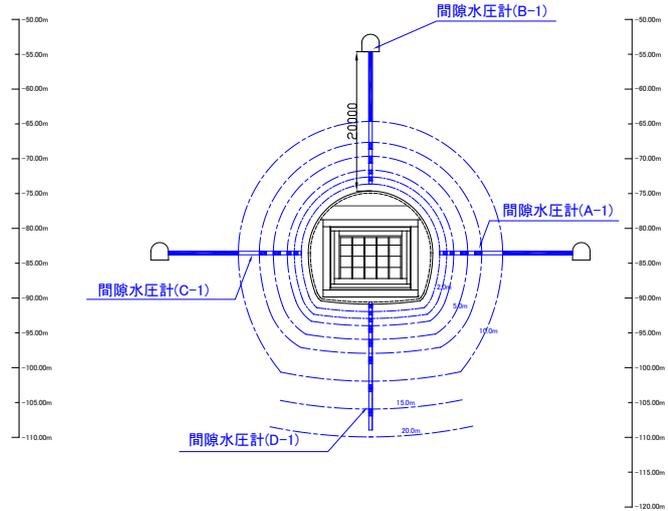


图 4.1-47 岩盤變位計測結果

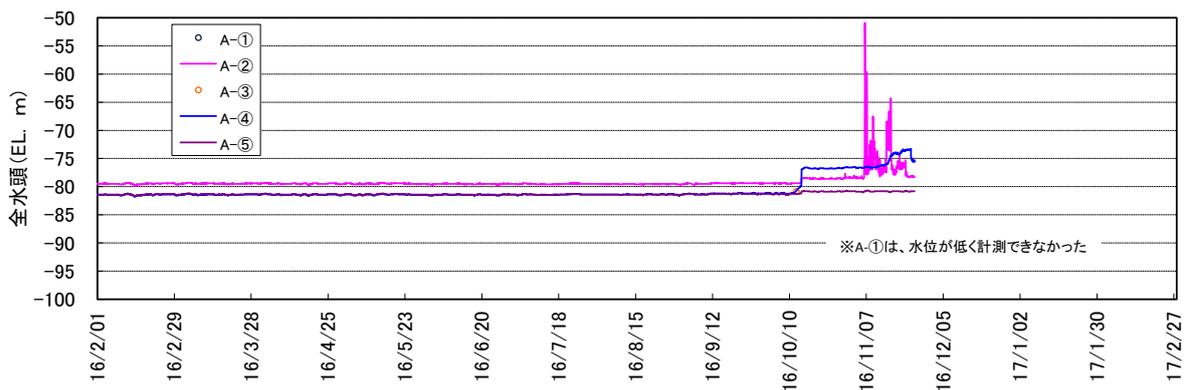


(試験空洞縦断面図)



(試験空洞横断面図)

A-1孔間隙水圧計経時変化グラフ



B-1孔間隙水圧計経時変化グラフ

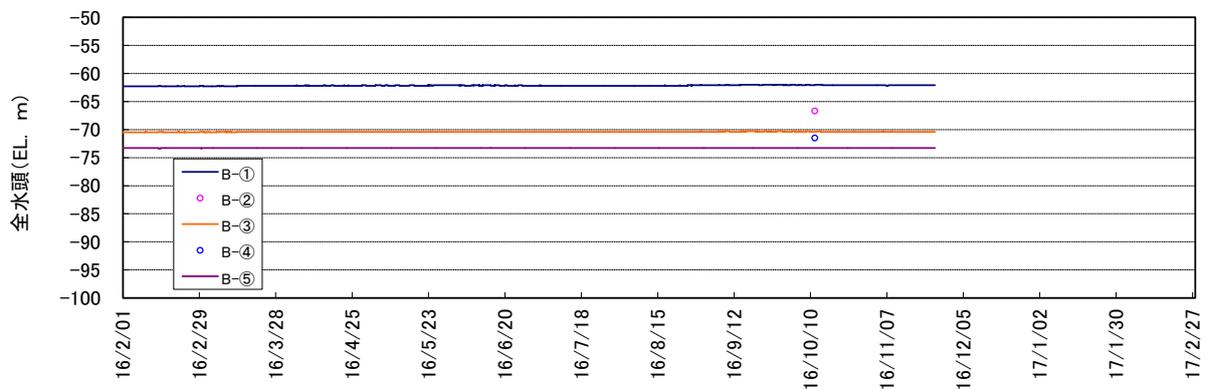
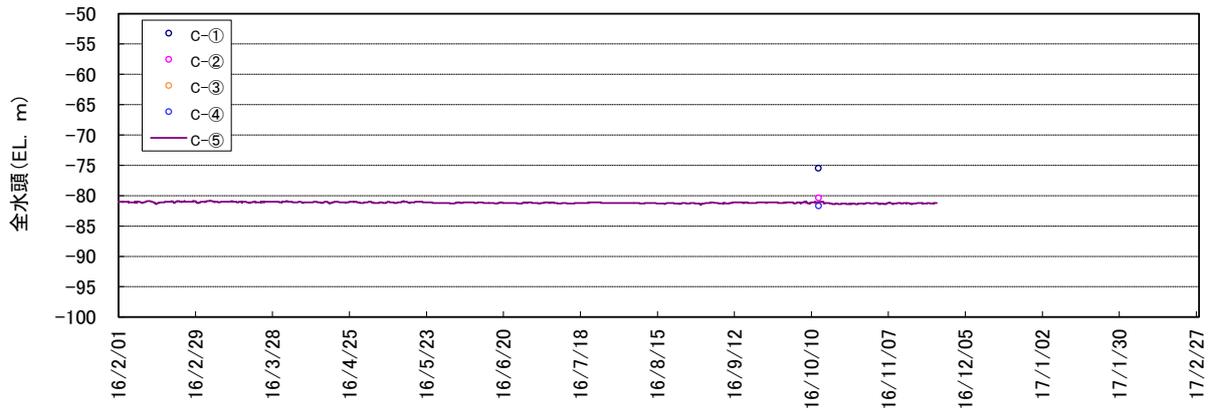
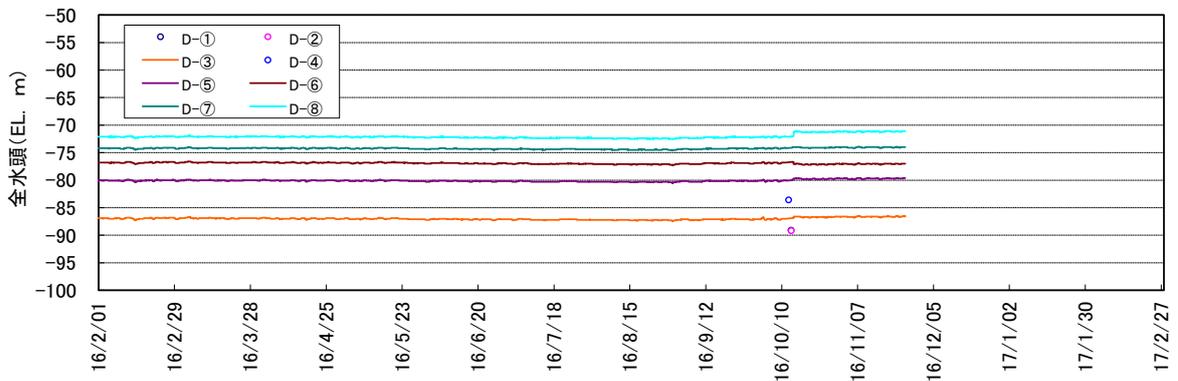


図 4.1-48 岩盤内間隙水圧計測結果 (1/2)

C-1孔間隙水圧計経時変化グラフ



D-1孔間隙水圧計経時変化グラフ



E-1孔間隙水圧計経時変化グラフ

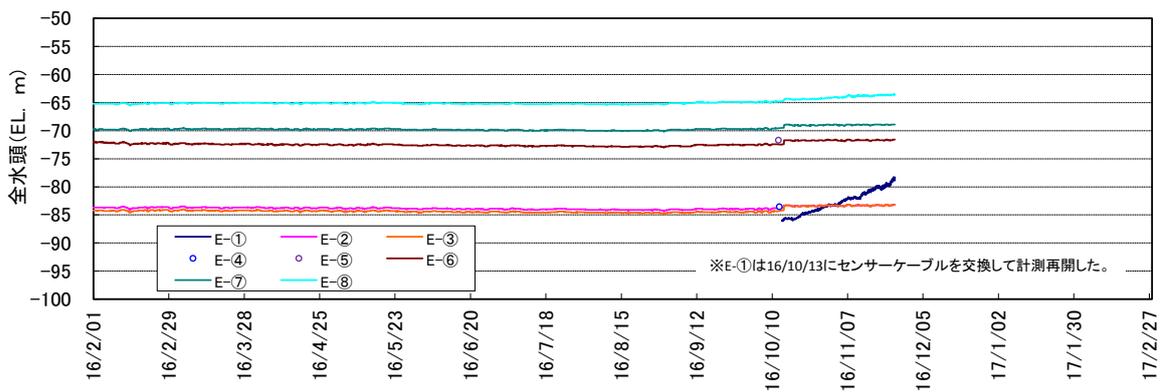
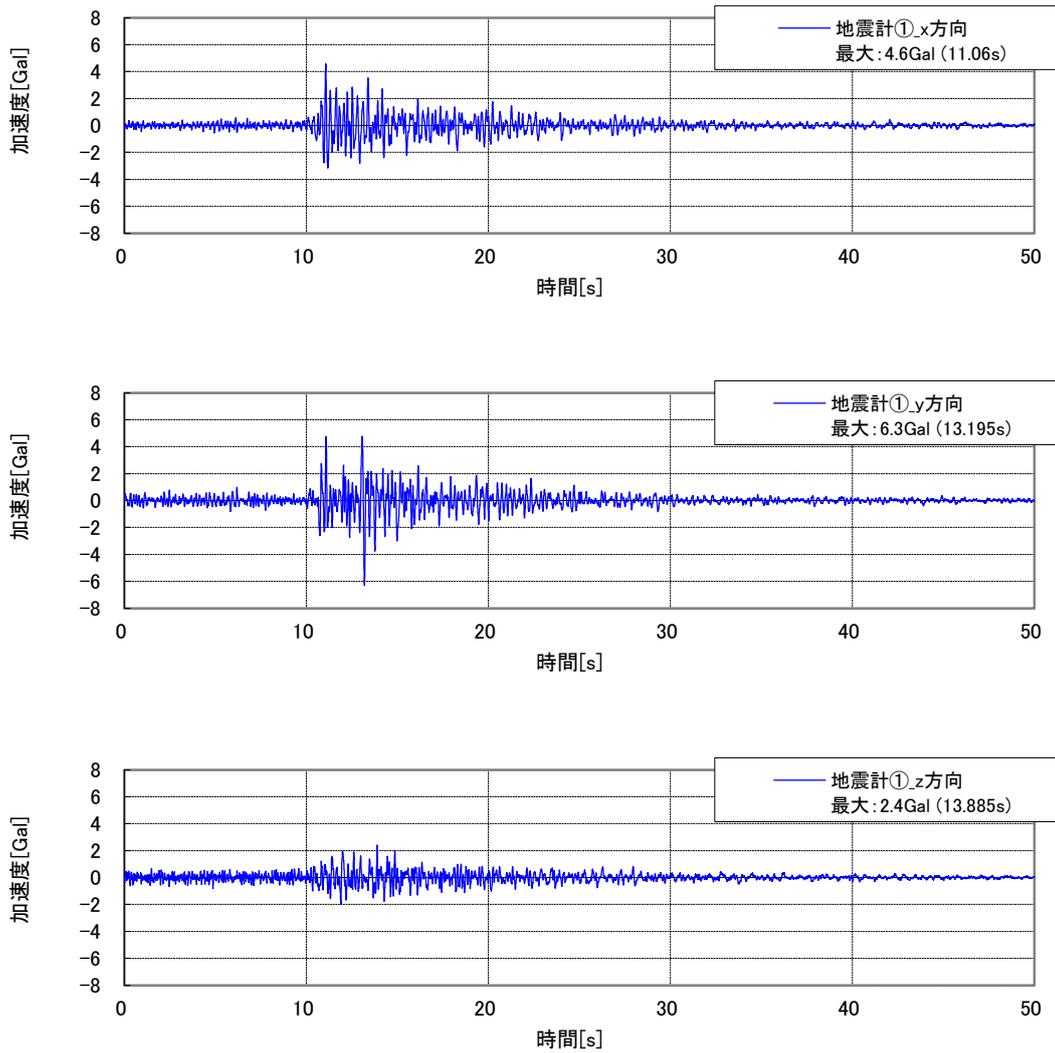
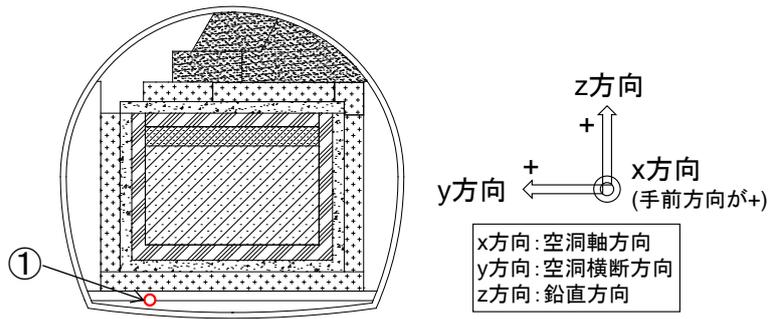
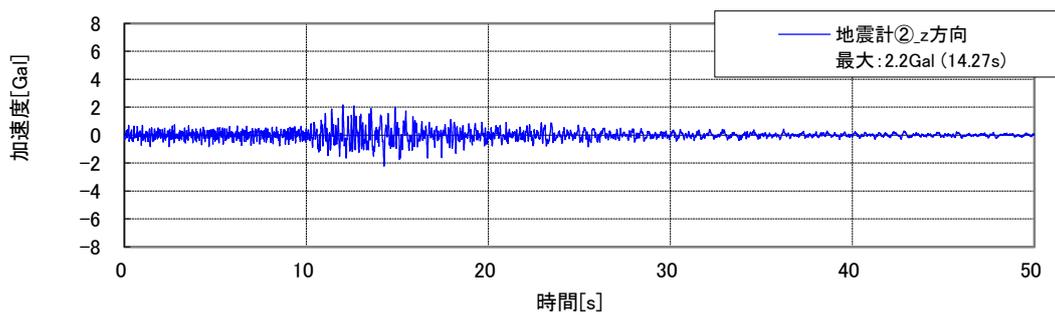
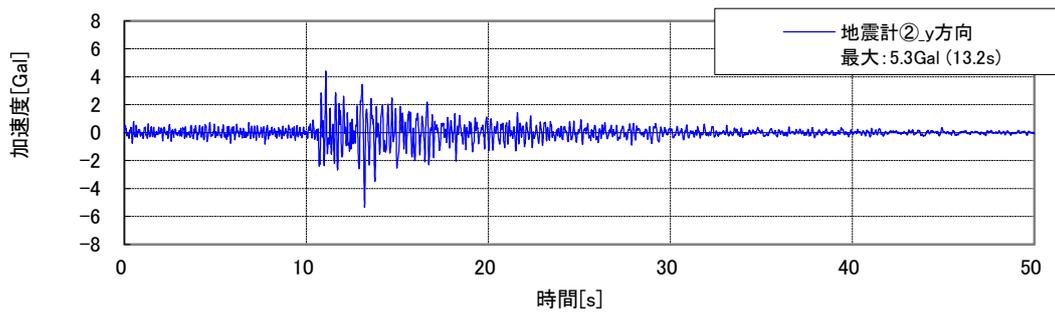
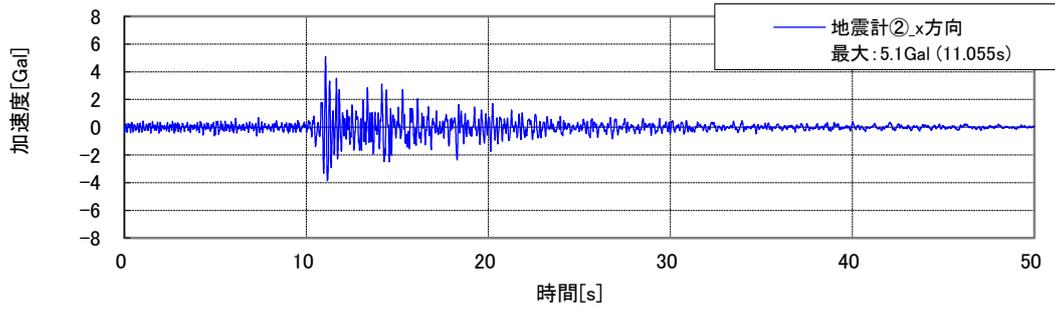
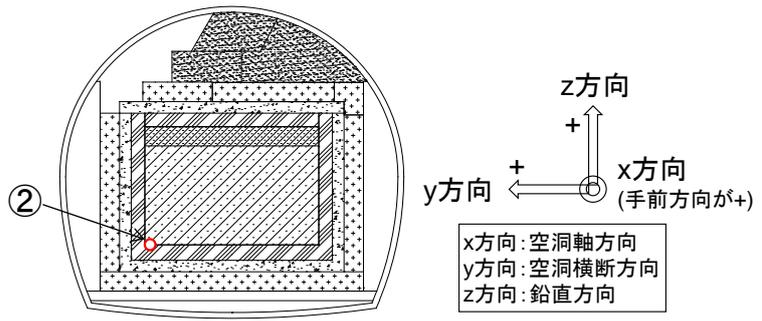


図 4.1-49 岩盤内間隙水圧計測結果 (2/2)



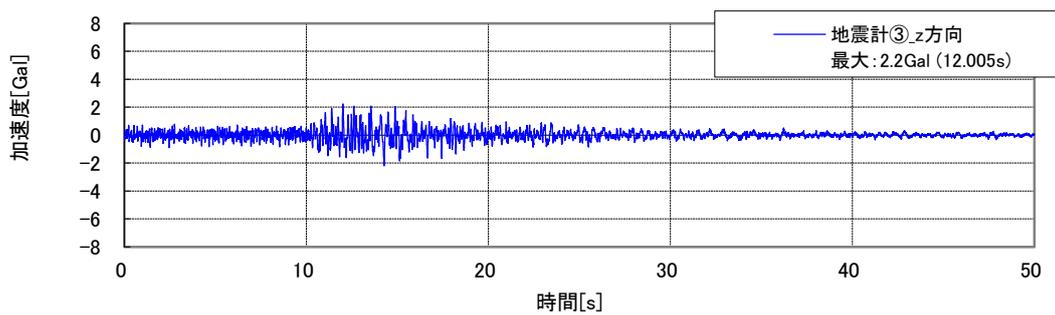
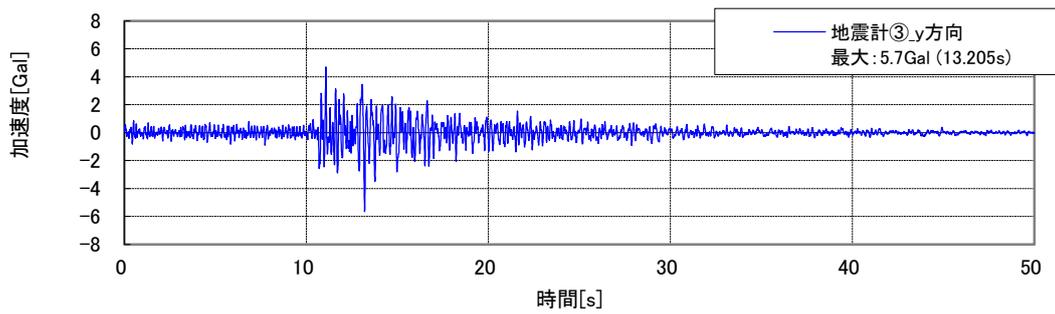
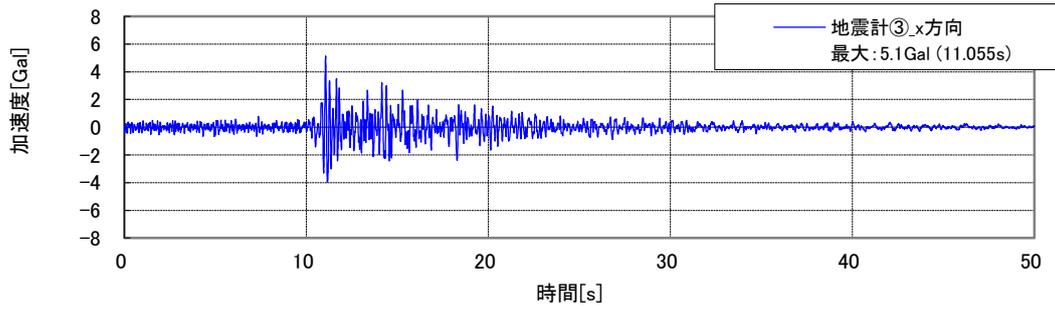
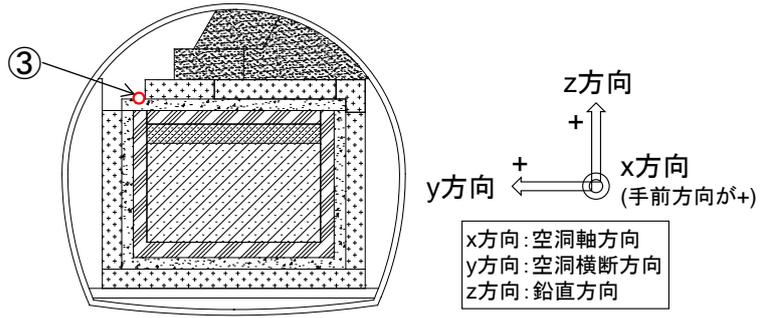
※上から x、y、z 方向

図 4.1-50 地震計①の加速度時刻歴 (2016年9月26日)



※上から x、y、z 方向

図 4.1-51 地震計②の加速度時刻歴 (2016年9月26日)



※上から x、y、z 方向

図 4.1-52 地震計③の加速度時刻歴 (2016年9月26日)

### 4.1.3 計測システムの保守・点検

#### (1) 既設静的設備の保守・点検

対象計測器は、これまでに設置された計測器 631 個から間隙水圧計（計 31 個）を除く 600 個である。なお周辺岩盤内の間隙水圧計の点検は、「(2) 間隙水圧計他点検」で実施した。

実施日：平成 28 年 10 月 12 日

#### 1) 静的計測設備点検

##### a. 調査手順

##### (a) 絶縁検査

既設測定器データロガーTDS-303にて絶縁測定を行う。

##### (b) バラツキ検査

既設測定器データロガーTDS-303にてバラツキ測定を行う。

##### b. 上記調査異常の場合

##### (a) 線間抵抗測定

テスターにて線間抵抗の測定をする。

##### (b) 持ち込み指示計測定

デジタルひずみ計 TC31K にて測定する。

静的計測計器点検よび測定の判定基準を表 4.1-12 に示す。

表 4.1-12 静的計測計器点検判定基準一覧表

検査項目	判定基準
絶縁検査	5 0 MΩ 以上
バラツキ検査	± 5 マイクロ (st) 以内
線間抵抗	赤黒間 350 Ω (±10 Ω 以内) 白緑間 350 Ω (±10 Ω 以内)
TC31K 測定	± 5 マイクロ (st) 以内

##### c. 判定方法

##### (a) (絶縁、バラツキ) 異常の場合

スイッチ BOX、計測器双方異常の可能性あり。

(b) 全検査異常

センサー異常の可能性あり。

(c) 措置

スイッチ BOX 異常の場合 (チャンネルの交換)

センサー異常の場合 (異常個所の記録と報告)

2) 点検結果

点検結果を添付資料 2 に示す。

(2) 間隙水圧計他点検

岩盤挙動計測設備の岩盤変位計 (6 個) および間隙水圧計 (31 個) から動作不良な間隙水圧計 11 個を除く 26 個の点検・校正係数の取得 (傾き、大気圧下出力) を実施した。岩盤変位計については「(1) 既設静的設備の保守・点検」で実施した。

実施日：平成 28 年 10 月 11 日～10 月 13 日

1) 点検方法

a. 絶縁抵抗検査

間隙水圧計の内部と外部とが完全に絶縁されていることを確認するため、絶縁抵抗検査を実施した。絶縁の基準は  $10M\Omega$  とした。絶縁抵抗検査の概要図を図 4.1-53 に示す。

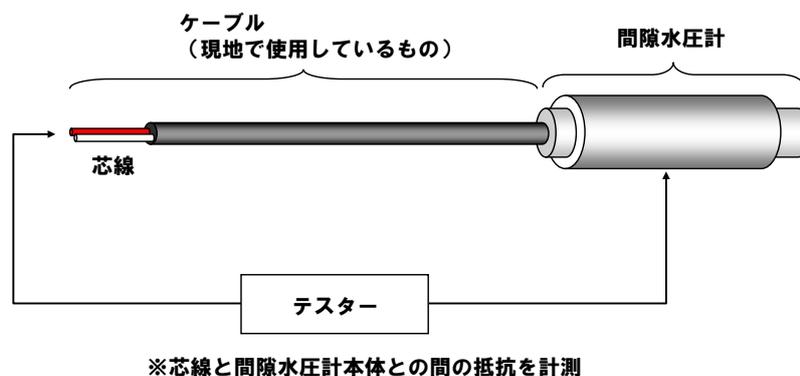


図 4.1-53 絶縁抵抗検査の概要図

b. 出力特性検査

間隙水圧計に圧力を作用させ、圧力に応じた出力が精度の範囲で得られ、間隙水圧計が正常に動作することを確認するため、出力特性検査を実施した。

出力特性検査の概要図を図 4.1-54 に示す。室内で、ポータブル圧力校正器 (GE センシング株式会社製 DPI610PC) により標準圧力を発生させて間隙水圧計に印加し、圧力に応じた出力を確認した。この際、印加する圧力範囲を間隙水圧計の測定レンジとし、この間を最大 5 分割して検査を実施した。この検査で、間隙水圧計の精度の範囲で圧力と出力

との関係が得られること、また、大気圧下における出力を確認した。

計測坑 A、C および試験空洞 D、E の間隙水圧計の仕様を表 4.1-13、計測坑 B の間隙水圧計の仕様を表 4.1-14、使用する圧力校正器の仕様を表 4.1-15 に示す。

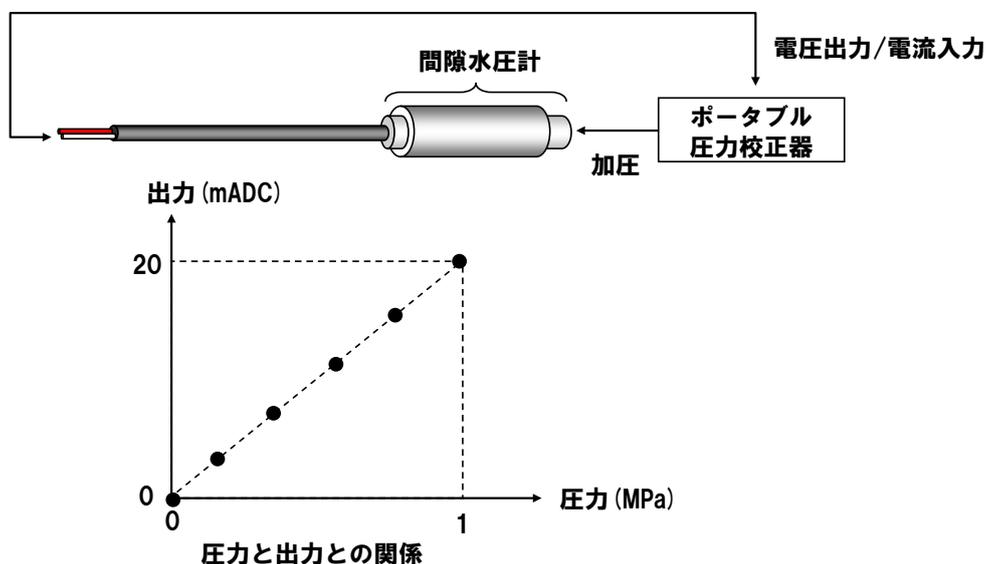


図 4.1-54 出力特性検査の概要図（計測坑 A、C および試験空洞 D、E の例）

表 4.1-13 間隙水圧計の仕様（計測坑 A、C および試験空洞 D、E）

項目	仕様	備考
メーカー	大倉電気(株)	
型式	PT3011 シリーズ	
測定レンジ	0～1MPa	
圧力基準	ゲージ圧	
出力	4～20mADC	2 線伝送方式
電源	12～30VDC	
精度定格	スパンの±0.1%	既設品と同等精度
長期安定性	スパンの±0.2%	

表 4.1-14 間隙水圧計の仕様（計測坑 B）

項目	仕様	備考
メーカー	ドラック	
型式	PDCR81	
測定レンジ	0～3bar	
圧力基準	ゲージ圧	
出力	0～75mVDC	2 線伝送方式
電源	5VDC	
精度定格	スパンの±0.2%	
長期安定性	スパンの±0.4%	

表 4.1-15 圧力校正器の仕様

項目	仕様
メーカー名	ドラック
名称	ポータブル圧力校正器
型式	DPI610PC
圧力媒体	気体（空圧）
圧力レンジ	-0.1～1MPa
精度	±0.025FS

c. 結果の評価方法

出力特性検査結果の評価方法を図 4.1-55 に示す。間隙水圧計の健全性を評価し、再設置後の計測値から圧力を換算する換算係数を算出するため、(1)実測出力と定格出力の比較と、(2)補正定格出力の算出を行った。

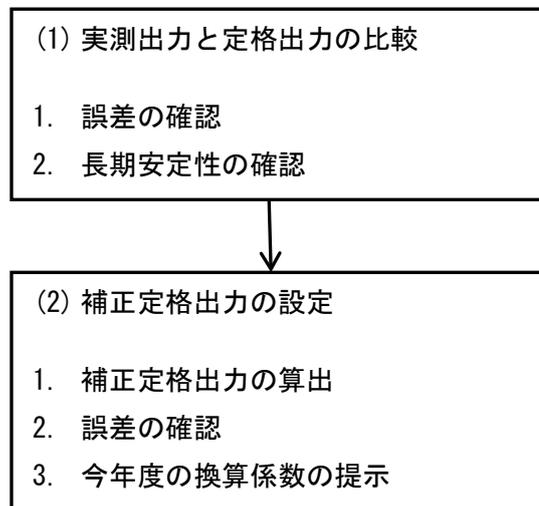


図 4.1-55 出力特性検査結果の評価

まず、(1)実測出力と定格出力の比較では、図 4.1-56 に示すように、“①定格出力”と“②実測出力”の差を“③誤差”とし、この誤差を間隙水圧計の長期安定性（スパンの±0.2%/年）の範囲と比較する。図 4.1-56 に示す“長期安定性”の範囲は計器設置後 1 年経過時の値である。なお、現時点で計器設置から長期間経過しているため、経過年数に比例して計器は劣化（精度が低下）するとした場合の“長期安定性の範囲”を判断基準として用いた。

n 年経過時の“長期安定性の範囲”は以下のように定義する。

$$\pm \alpha \times n \%$$

ここで、 $\alpha$ ：長期安定性の範囲（1 年相当）

n：計器設置からの経過年数

例えば 10 年経過時では、 $\alpha = \pm 0.2 \times 10 = 2.0\%$ となる。

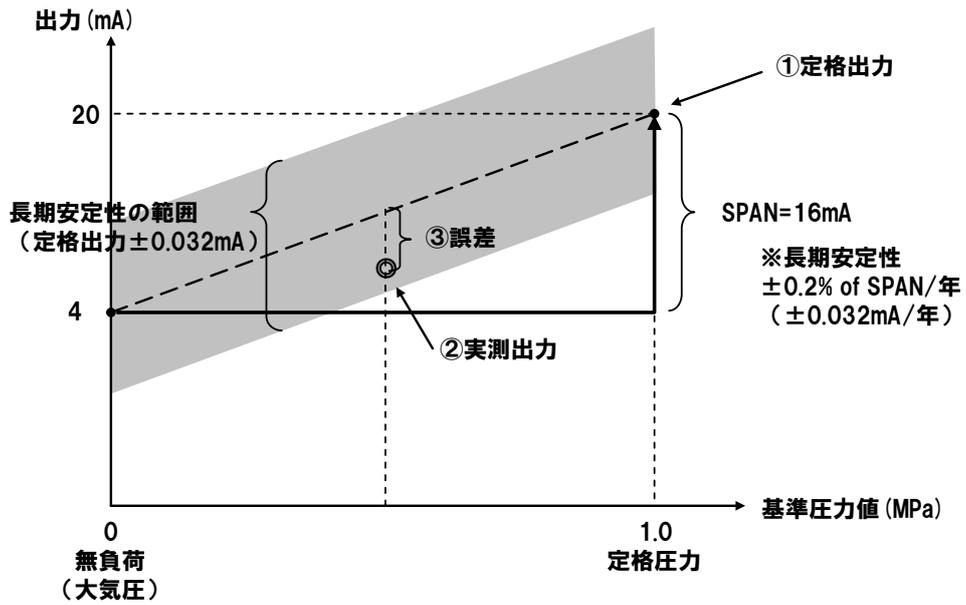


図 4.1-56 間隙水圧計の基本特性（長期安定性の定義）  
〔計測坑 A,C、試験空洞 D,E の例〕

次に②補正定格出力の算出では、図 4.1-57 に示すように、実測出力を直線近似して得られた“⑤補正定格出力”と“②実測出力”の差を“⑥誤差”として、間隙水圧の精度と比較し、今年度の換算係数を提示した。

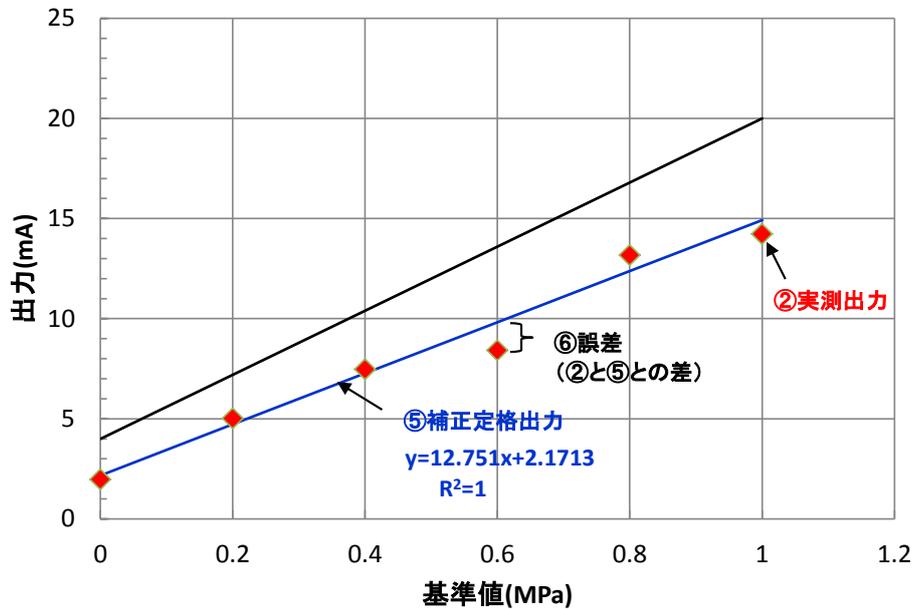


図 4.1-57 補正定格出力の算出

2) 点検結果

現地地点検作業の実施状況を表 4.1-16 に示す。

点検の結果、D-②センサに絶縁異常が認められた。その他の間隙水圧計においては絶縁抵抗が 10MΩ 以上であり、異常は認められなかった。

出力特性検査では、すべての間隙水圧計において検査の実施は可能であったが、A-1 孔の②区間ではゼロ出力値が不安定で落ち着きが悪く、出力特性検査（補正出力特性）に異常が確認された。その他の間隙水圧計においては特に問題は認められなかった。

表 4.1-16 現地地点検作業の実施状況

場所	孔名	孔口標高 (EL. m)	区間名	シリアルNo.	センサ 製造年月	点検作業の結果		備考
						絶縁抵抗検査	出力特性検査	
計測坑A	A-1	-83.55	①	-	-	-	-	計測対象区間
			②	9NA7042001	2009年9月	異常なし	検査実施(異常あり)	
			③	-	-	-	-	計測対象区間
			④	8NA7063002	2008年8月	異常なし	検査実施(異常なし)	
			⑤	8NA7063003	2008年8月	異常なし	検査実施(異常なし)	
計測坑B	B-1	-54.65	①	9565	2006年11月	異常なし	検査実施(異常なし)	
			②	-	-	-	-	計測対象区間
			③	9915	2006年11月	異常なし	検査実施(異常なし)	
			④	-	-	-	-	計測対象区間
			⑤	9920	2006年11月	異常なし	検査実施(異常なし)	
計測坑C	C-1	-83.55	①	-	-	-	-	計測対象区間
			②	-	-	-	-	計測対象区間
			③	-	-	-	-	計測対象区間
			④	-	-	-	-	計測対象区間
			⑤	4NA7009006	2004年	異常なし	検査実施(異常なし)	代替器
試験空洞	D-1	-90.92	①	6NA7091011	2006年11月	異常なし	検査実施(異常なし)	センサケーブル不良
			②	6NA7091012	2006年11月	異常あり	検査実施(異常あり)	
			③	6NA7091013	2006年11月	異常なし	検査実施(異常なし)	
			④	-	-	-	-	計測対象区間
			⑤	6NA7091015	2006年11月	異常なし	検査実施(異常なし)	
			⑥	4NA7009008	2004年	異常なし	検査実施(異常なし)	代替器
			⑦	6NA7091017	2006年11月	異常なし	検査実施(異常なし)	
			⑧	9NA7042004	2009年9月	異常なし	検査実施(異常なし)	
	E-1	-84.4	①	6NA7091019	2006年11月	異常なし	検査実施(異常なし)	センサケーブル不良 (予備に交換)
			②	6NA7091020	2006年11月	異常なし	検査実施(異常なし)	
			③	6NA7091021	2006年11月	異常なし	検査実施(異常なし)	
			④	-	-	-	-	計測対象区間
			⑤	-	-	-	-	計測対象区間
			⑥	6NA7091024	2006年11月	異常なし	検査実施(異常なし)	
			⑦	6NA7091025	2006年11月	異常なし	検査実施(異常なし)	
			⑧	6NA7091026	2006年11月	異常なし	検査実施(異常なし)	

### 3) 点検結果の評価

#### a. 実測出力と定格出力の比較

##### (a) 計測坑 A、C および試験空洞

間隙水圧計の長期安定性を確認するため、今年度の出力特性検査結果から得られた基準値(圧力)と誤差との関係を計測坑 A (A-1 孔)、計測坑 C (C-1 孔)、試験空洞 (D-1 孔、E-1 孔) の順に、図 4.1-58～図 4.1-61 にそれぞれ示す。これらの図には、1 年あたりの長期安定性 ( $\pm 0.2\%FS/\text{年}$ ) の範囲と、経過年数に比例して長期安定性が劣化するとした場合の範囲をそれぞれ示した。なお、経過年数はそれぞれの間隙水圧計の製造年を基準とした。

##### ・計測坑 A (A-1 孔)

②、④、⑤区間の間隙水圧計においては、誤差はプラス側またはマイナス側に一定して振れるものの、長期安定性における誤差範囲内であり、特に異常は認められなかった。

##### ・計測坑 C (C-1 孔)

⑤区間 (代替器) の間隙水圧計については、誤差はわずかにプラス側に振れているものの、長期安定性における誤差範囲内であり、特に異常は認められなかった。

##### ・試験空洞 D-1 孔

②区間の間隙水圧計については正常に計測できないほどの状態であったため除外した。それ以外の間隙水圧計については、基準値からマイナス側にわずかに振れるものの、長期安定性の誤差範囲内にあり、特に異常は認められなかった。

##### ・試験空洞 E-1 孔

⑥区間の間隙水圧計については誤差が基準値に対してマイナス側に若干大きく振れ、また、①区間の間隙水圧計については誤差が大きくなるほど比例してマイナス側に大きくなる傾向が認められたものの、すべての間隙水圧計において長期安定性の誤差範囲内にあり、特に異常は認められなかった。

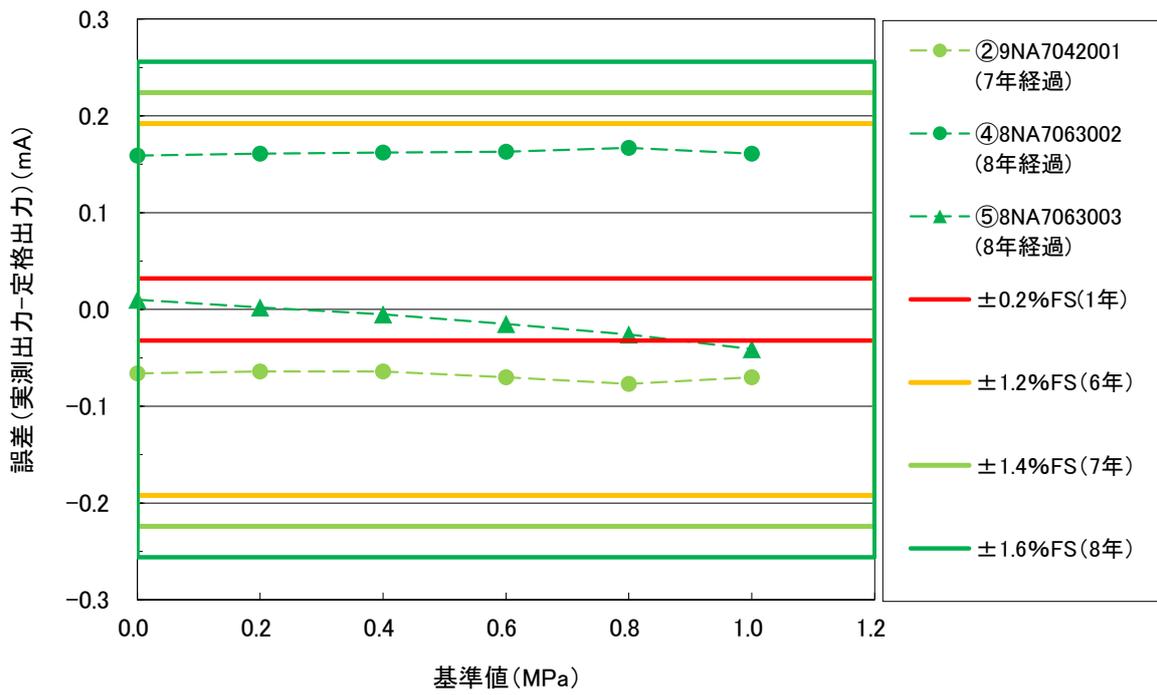


図 4.1-58 出力特性検査の結果 (計測坑 A)

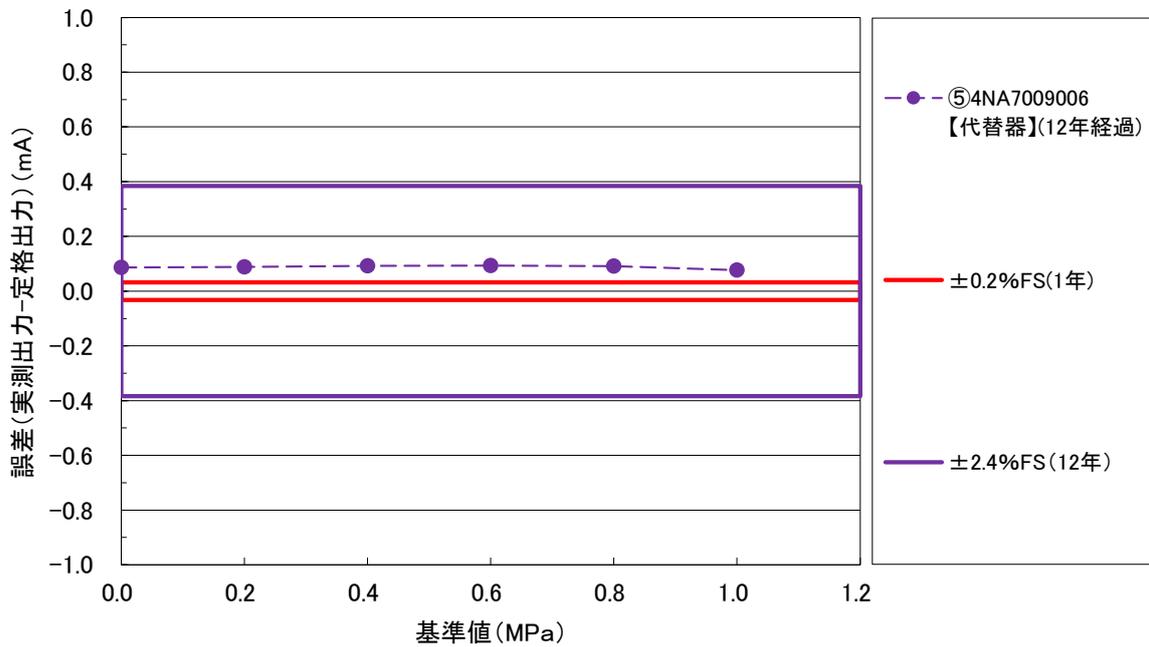


図 4.1-59 出力特性検査の結果 (計測坑 C)

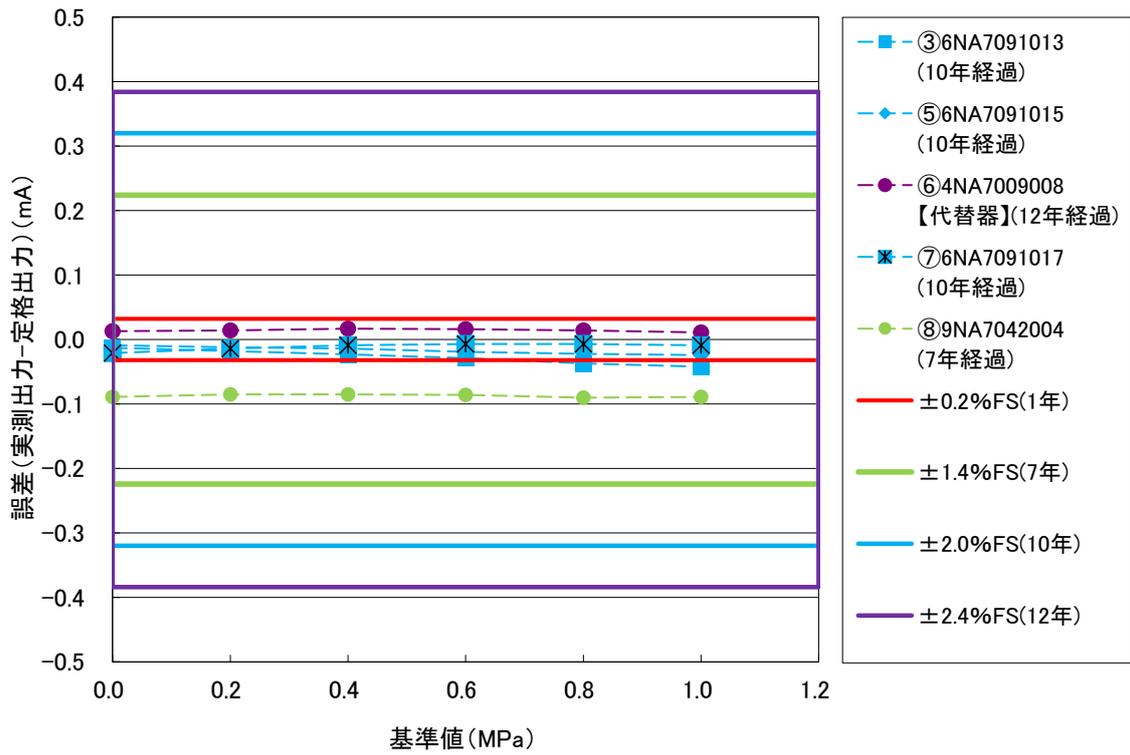


図 4.1-60 出力特性検査の結果（試験空洞（D-1 孔））

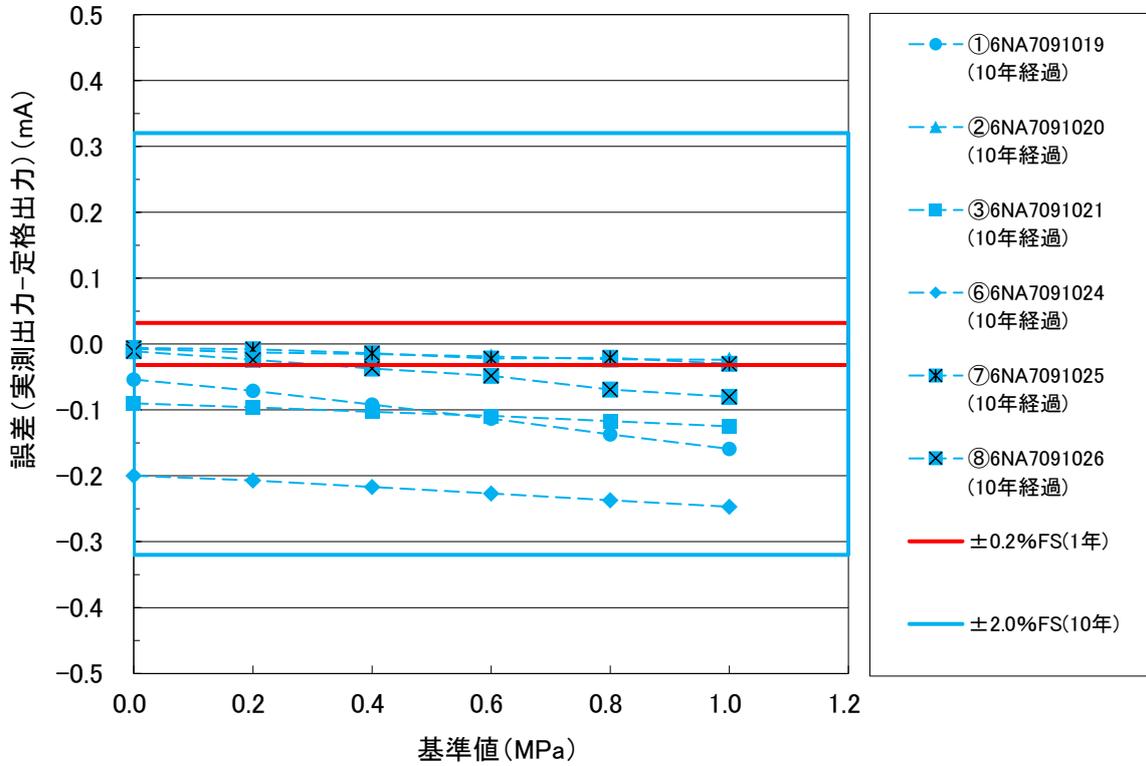


図 4.1-61 出力特性検査の結果（試験空洞（E-1 孔））

(b) 計測坑 B

計測坑 A、C、試験空洞と同じく間隙水圧計の長期安定性を確認するため、今年度の出力特性検査結果から得られた基準値(圧力)と誤差との関係を図 4.1-62 に示す。この図には、1年あたりの長期安定性を間隙水圧計の精度の2倍 ( $\pm 0.4\%FS/\text{年}$ ) としてその範囲を示すとともに、経過年数に比例して長期安定性が劣化するとした場合の範囲をそれぞれ示した。

図 4.1-62 に示すとおり、B-1 孔の①、③、⑤区間の間隙水圧計は設置後 11 年も経過しているにもかかわらず、誤差は概ね経過年数 1 年の範囲に分布しており、長期安定性について異常は認められなかった。

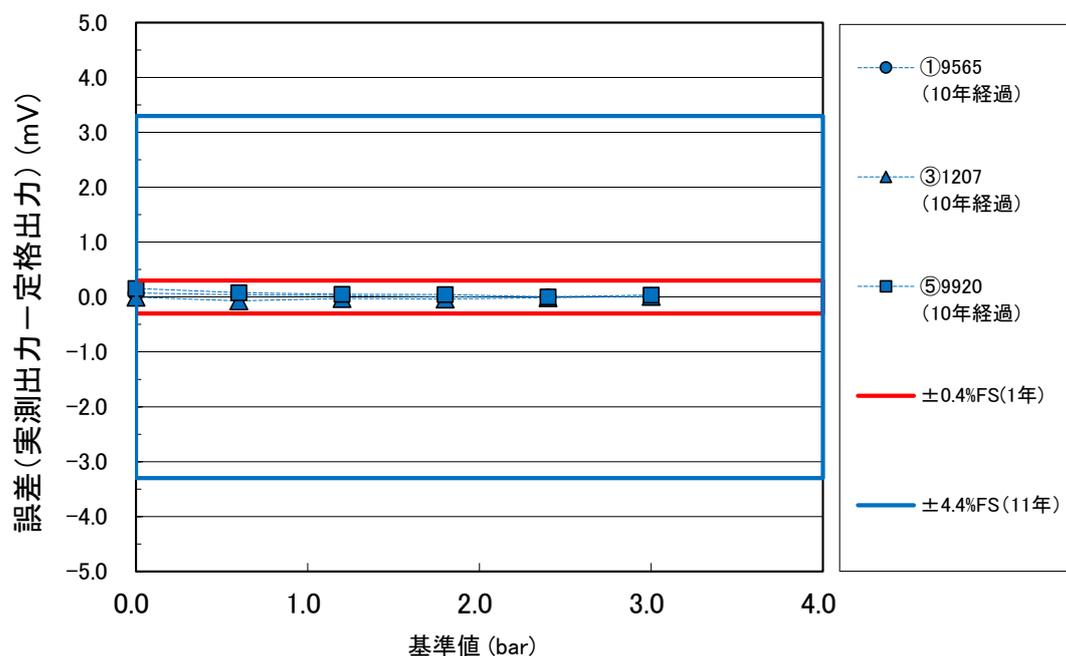


図 4.1-62 出力特性検査の結果 (計測坑 B)

b. 補正定格出力の算出

図 4.1-63 で示したように、実測出力を直線近似して定格出力を求め、実測値の誤差を確認した。基準値と誤差の関係を計測坑 A (A-1)、C (C-1 孔)、試験空洞 (D-1 孔、E-1 孔)、計測坑 B (B-1 孔) の順に図 4.1-64 から図 4.1-67 にそれぞれ示す。同図には、間隙水圧計の精度 (長期安定性の精度ではなく、出荷時の精度) の範囲を赤枠で示した。

実測値を直線近似して求めた補正定格出力と実測値との差は、計測坑 A の A-1 孔②区間を除いて、すべて間隙水圧計の精度の範囲内にあり、補正により間隙水圧計の出力を当初の精度内で保証できることが確認できた。

A-1 孔②区間の間隙水圧計に関しては、誤差が大きくなるほど比例してマイナス側に大きくなる傾向が認められ、0.6MPa 以上では許容値を超過し、異常と判断された。

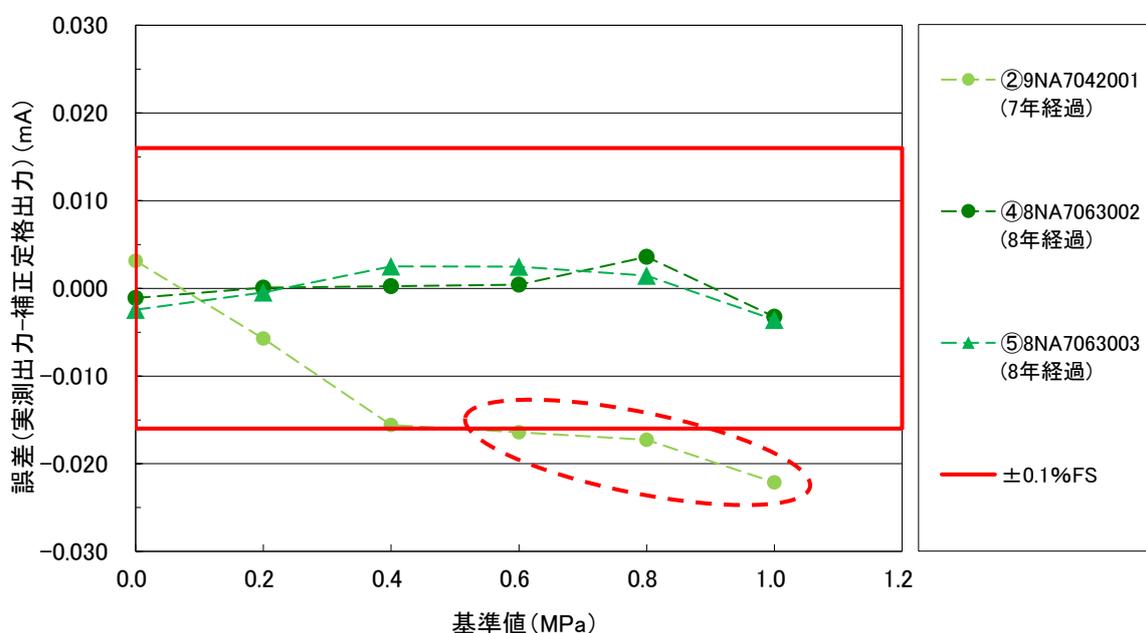


図 4.1-63 基準値と誤差 (実測出力-補正定格出力) [計測坑 A]

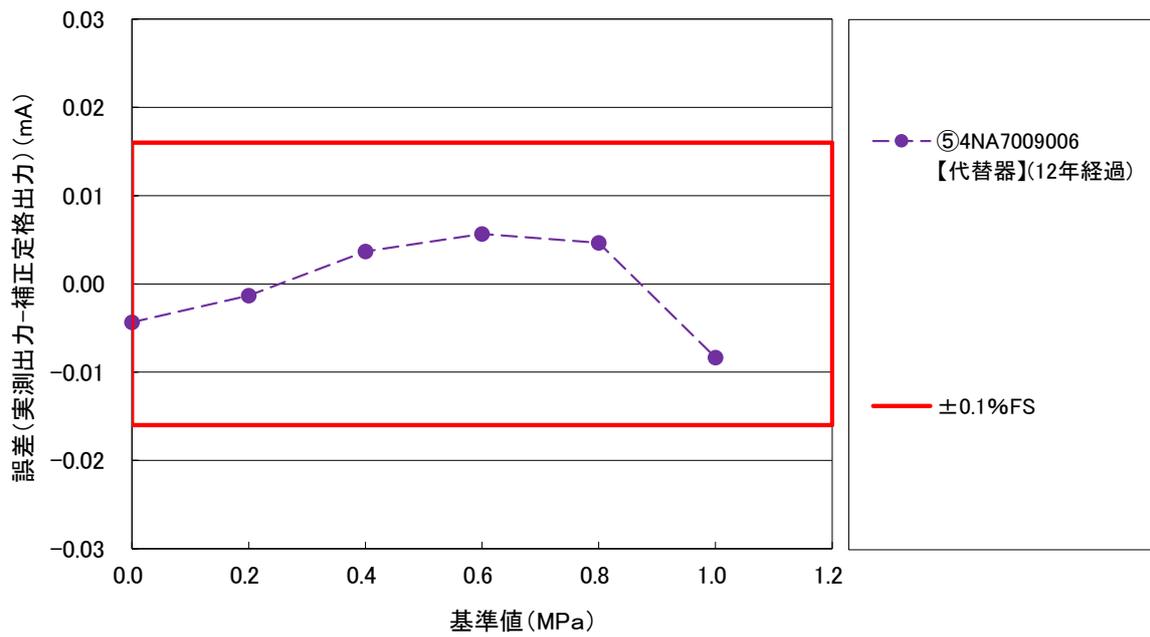


図 4.1-64 基準値と誤差 (実測出力-補正定格出力) [計測坑 C]

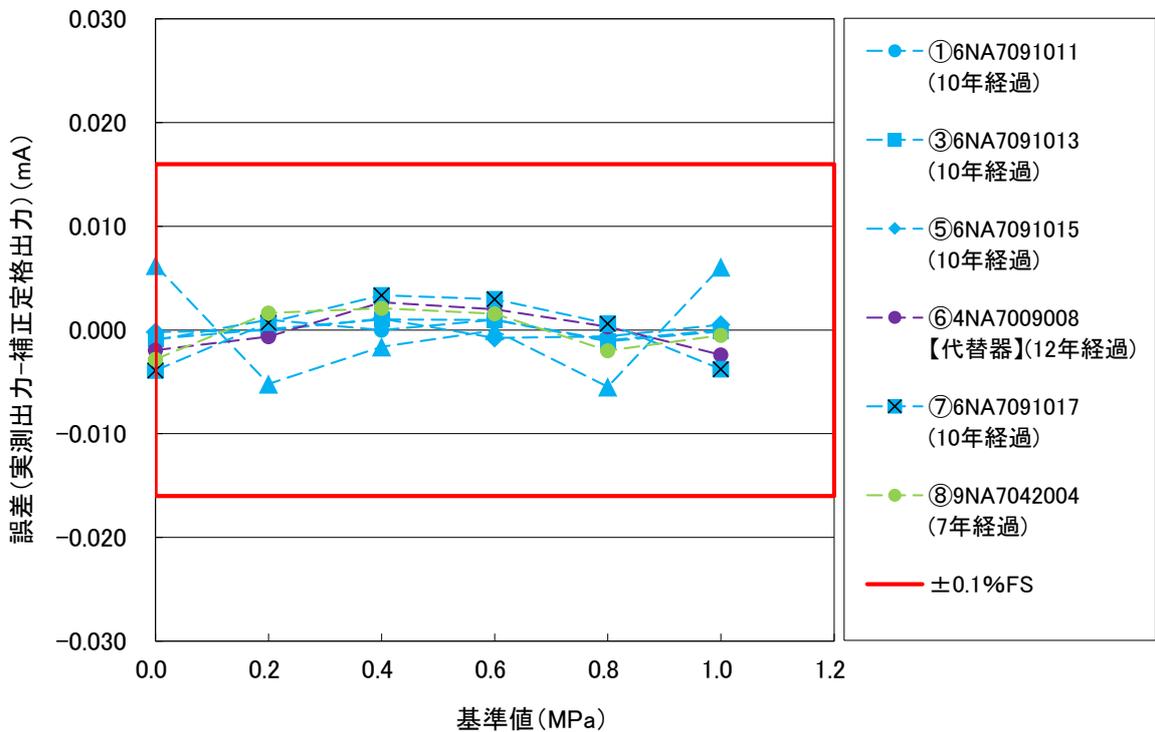


図 4.1-65 基準値と誤差 (実測出力-補正定格出力) [試験空洞 D-1 孔]

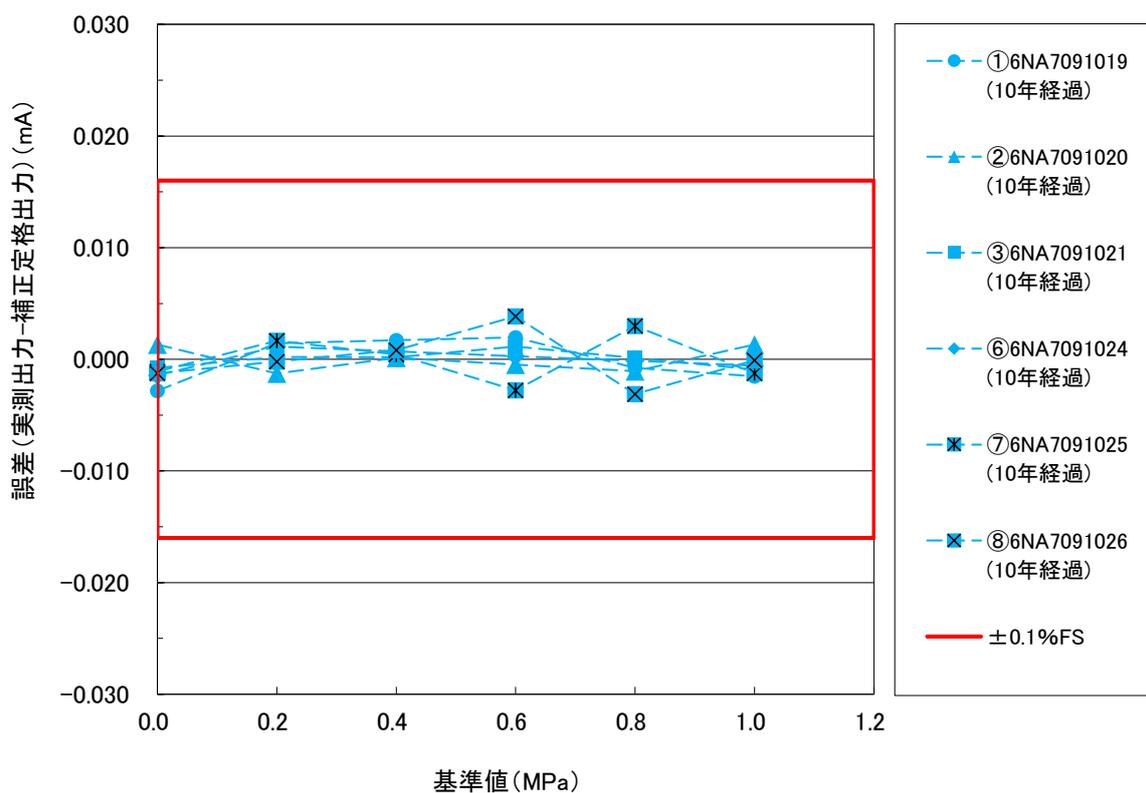


図 4.1-66 基準値と誤差 (実測出力-補正定格出力) [試験空洞 E-1 孔]

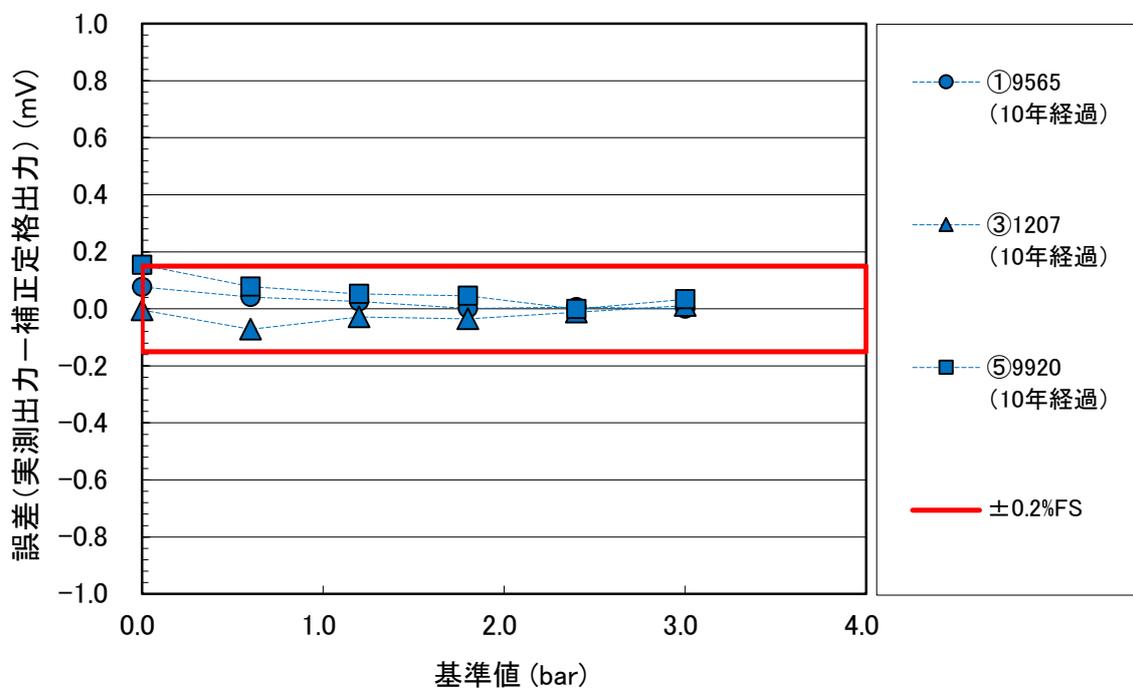


図 4.1-67 基準値と誤差 (実測出力-補正定格出力) [計測坑 B]

#### 4) 間隙水圧の経時変化の挙動確認

各区間の間隙水圧の挙動について、2015年12月1日～2016年10月13日までの各孔の間隙水圧の経時変化を図 4.1-68～図 4.1-72 に示す。この経時変化の水圧挙動に異常が認められた区間を以下に示す。

- ・ D-1 孔①区間（インバートから 0.50m～1.00m 区間）

D-1 孔の①区間では、2015 年 12 月ごろから 1m 程度上下に激しく振れながら徐々に低下する傾向を示し、他の計測区間と異なる挙動を示した。別途計測した手測りの値に対し 2m 程度低い値を示したことから、異常と考えられた。ただし、間隙水圧計の点検においては異常が認められなかったことから、後述に示すセンサケーブルの通信検査を実施した。

- ・ E-1 孔①区間（妻壁から 0.50m～1.00m 区間）

E-1 孔の①区間では、2014 年 12 月初旬ごろから 1m 程度上下に激しく振れながら不規則に上昇・下降しており、別途計測した手測りの値に対し 7.4m 程度高い値を示したことから、異常と考えられた。ただし、間隙水圧計の点検においては異常が認められなかったことから、後述に示すセンサケーブルの通信検査を実施した。

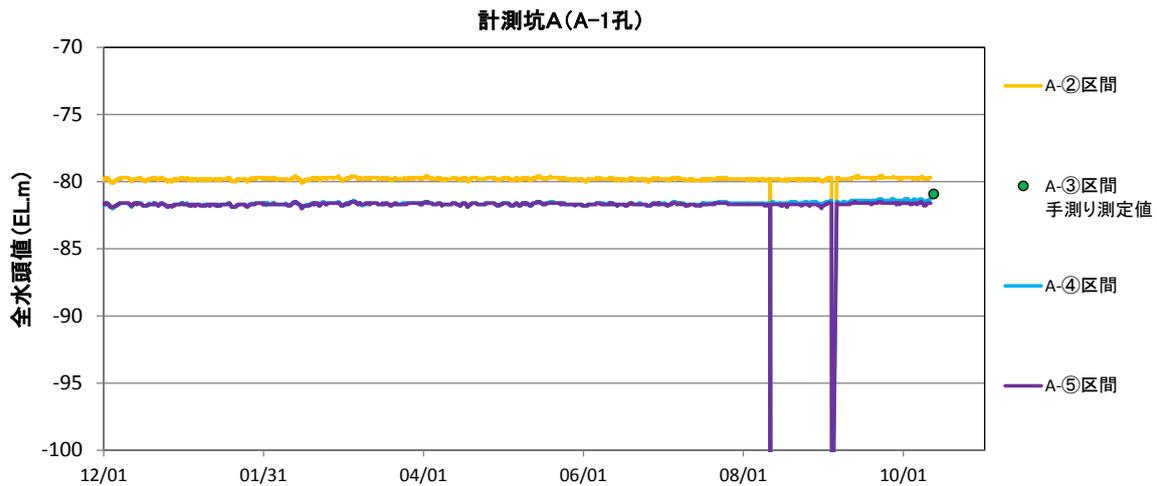


図 4.1-68 計測坑 A における間隙水圧経時変化

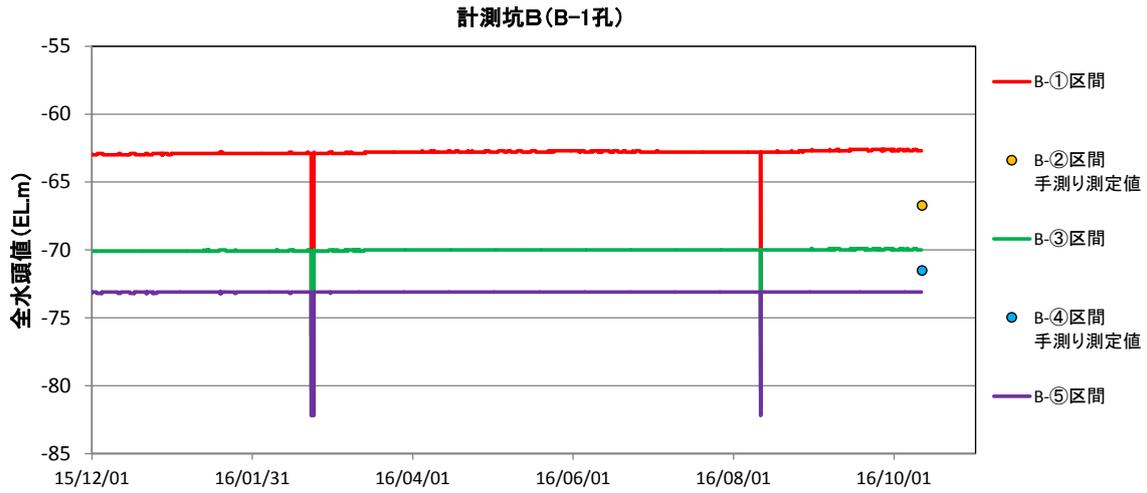


図 4.1-69 計測坑 B における間隙水圧継時変化

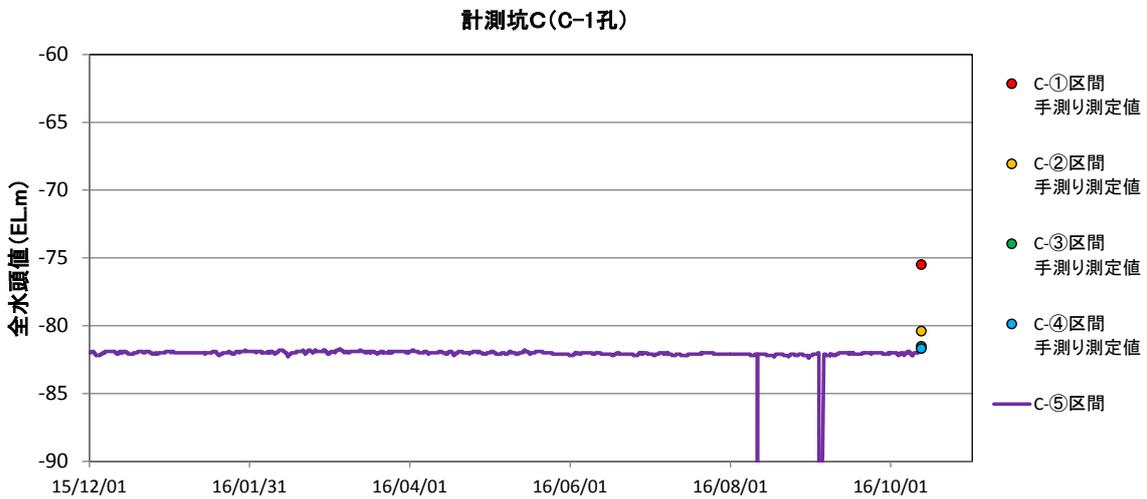


図 4.1-70 計測坑 C における間隙水圧継時変化

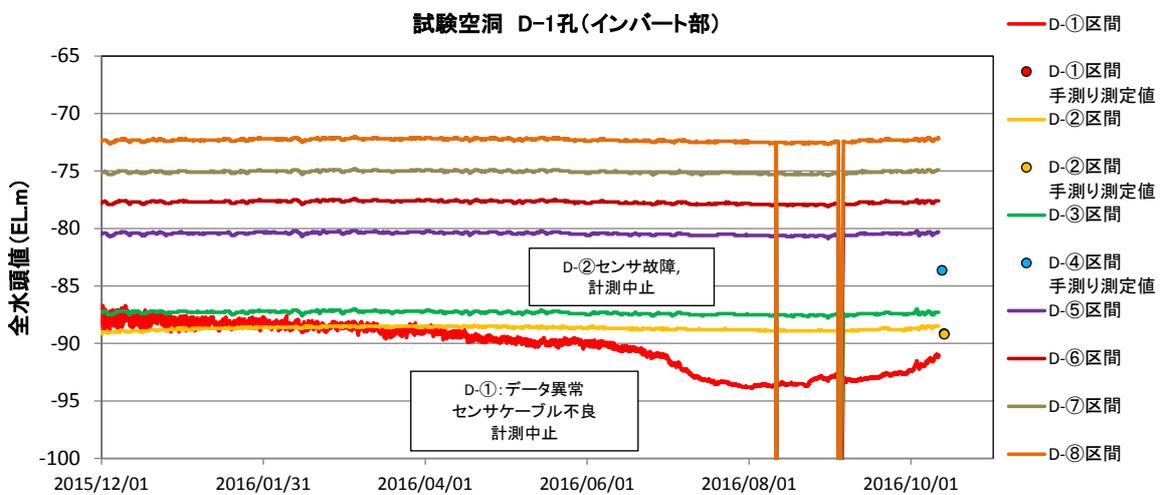


図 4.1-71 試験空洞 (D-1 孔) における間隙水圧継時変化

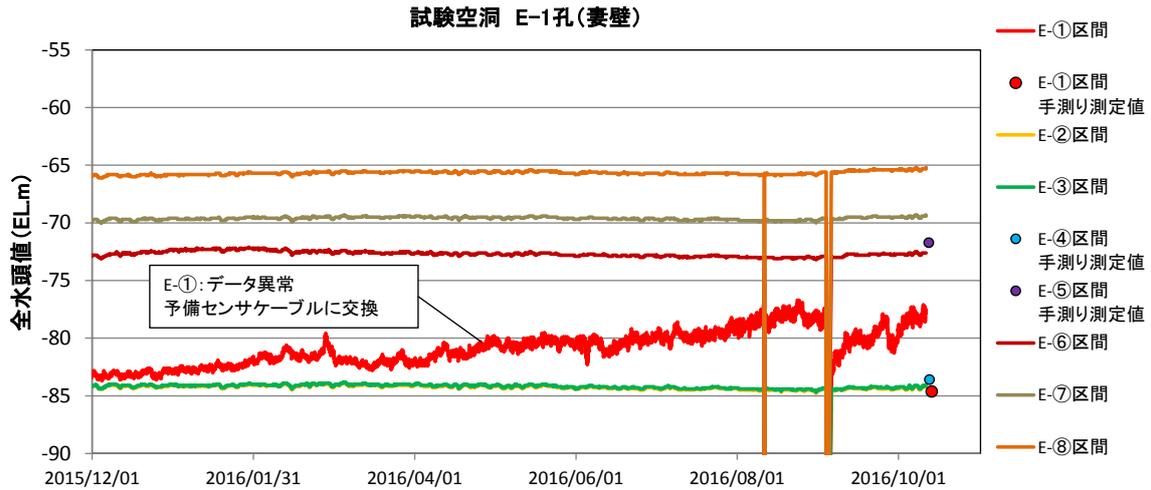


図 4.1-72 試験空洞 (E-1 孔) における間隙水圧経時変化

5) センサーケーブルの点検

間隙水圧の経時変化で異常な変動が認められた D-1 孔①区間、E-1 孔①区間は、間隙水圧計の点検では特に異常が認められなかったため、電流発生器 (CA71) を用いて間隙水圧計側から 4mA を印加し、計測室における表示値に異常がないか確認した (図 4.1-73)。

この結果、D-1 孔①区間の表示は概ね 2~4 分ごとに 0.1m 程度ずつ低下し続ける現象が確認され、E-1 孔①区間についても、0.1m~8.4m 程度の低下と上昇を不規則に繰り返す現象が確認された。したがって、どちらのセンサケーブルも断線はしていないものの、異常値を送り続けていることが確認され、センサケーブルの不良を確認した。

これを受け、予備のセンサケーブルへ配線を換えたが、点検終了後の経時変化で再度不安定な挙動を示すことが確認された。予備のセンサケーブルについても不良の可能性があることから、次年度に点検することとした。

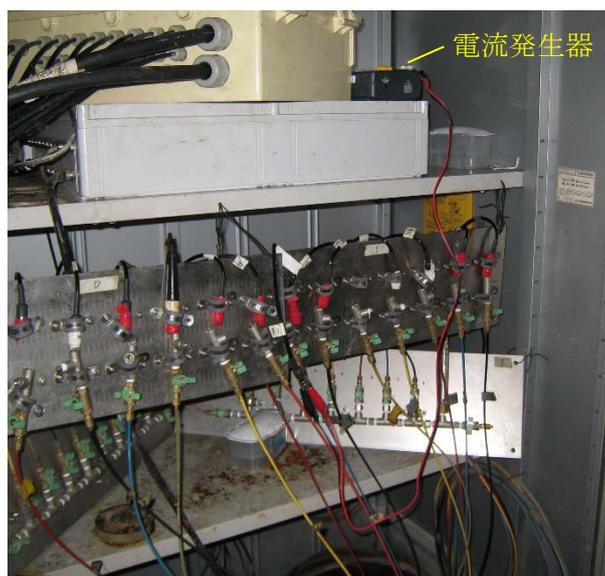


図 4.1-73 センサケーブルの点検状況

この他、2016年10月1日に調査坑内が停電したことにより、試験空洞内が95cm程度水没した。これにより、計測小屋内の下段に設置していたD-1孔①区間、D-1孔②区間の間隙水圧計が水没した可能性がある。それぞれの間隙水圧計のケーブルコネクタ内部には顕著な水滴は認められなかったものの、間隙水圧計およびケーブルコネクタ内部には、乳白色の細粒物質が多く付着していた（図4.1-74）。



センサコネクタ部（ケーブル側）

センサコネクタ部（センサ側）

図 4.1-74 センサケーブルの内部状況

## 6) 点検結果のまとめ

現地点検作業結果のまとめを表 4.1-17 に示す。同表では、各間隙水圧計の計測情報、点検作業の結果として絶縁抵抗検査結果・出力特性検査結果、経時変化の確認結果、今回の対応方針をまとめた。

点検の結果、故障、要経過観察または連続計測中止区間と判定された計器について下記に述べる。

なお、要経過観察は、「絶縁抵抗検査、出力特性検査の結果に顕著な異常は認められず検査時の出力は安定していることから概ね正常と判断されたものの、①センサの出力特性に劣化がはじまっている可能性がある計器、②経時変化で不安定な挙動を示した計器のように、緊急性はないが、今後故障する可能性が高い計器」と定義した。

### a. 故障

#### ・ D-1 孔②区間（底盤から 1.50m～2.00m 区間）

間隙水圧の経時変化からは特に異常は認められなかったものの、絶縁抵抗検査、出力特性検査で異常を示したことから、故障と判断した。

### b. 要経過観察

#### ・ A-1 孔②区間（坑壁から 13.50m～15.00m 区間）

間隙水圧計の点検結果で出力特性検査時の圧力が 0.6MPa 以上のときに許容値を超過する症状が認められたものの、実際の水圧は 0.04MPa 程度と低いことから大きな影響は受けていない可能性が高い。また、間隙水圧の経時変化は正常であり、絶縁抵抗検査も正常であった。本症状が故障の前兆の恐れはあるものの、現時点で正常に計測できていることもあり要経過観察とした。

#### ・ E-1 孔①区間（妻壁から 0.50m～1.00m 区間）

通信異常が確認されたため、センサケーブル不良により予備のケーブルに配線を換えて計測継続した。ただし、その後の計測値もやや不安定な挙動が確認されたことから、予備のセンサケーブルも不良である可能性があるため、要経過観察とした。

間隙水圧計本体については正常と判断されることから、継続使用とした。

### c. 連続計測中止区間

#### ・ D-1 孔①区間（妻壁から 0.50m～1.00m 区間）

間隙水圧計の点検結果から、計器は正常であると判断されるが、センサーケーブル異常と認められたため連続計測を中止した。

最後に補正定格出力の確認により、各間隙水圧計の出力特性(傾きと切片を換算係数として)を表 4.1-18 にまとめた。

表 4.1-17 間隙水圧計の点検結果まとめ

場所	孔名	孔口標高 (EL. m)	区間名	測定深度 (GL. -m)	SN	センサ 製造年月	間隙水圧計の点検作業結果				間隙水圧の 経時変化 水圧挙動	総合評価	今回の 対応方針	備考
							絶縁抵抗検査	出力特性検査						
								長期安定性との比較	補正出力特性	間隙水圧計 性能評価				
計測坑A	A-1	-83.55	①	10.00 ~ 12.50	-	-	-	-	-	-	-	-	計測対象区間(1回/年)	
			②	13.50 ~ 15.00	9NA7042001	2009年9月	異常なし	異常なし	異常あり	やや不安定	異常なし	要経過観察	現状のまま	
			③	16.00 ~ 17.00	0NA8012001	2010年10月	異常なし	-	-	-	-	-	-	計測対象区間(1回/年)
			④	17.50 ~ 18.00	8NA7063002	2008年8月	異常なし	異常なし	異常なし	良好	異常なし	異常なし	現状のまま	
			⑤	18.50 ~ 19.00	8NA7063003	2008年8月	異常なし	異常なし	異常なし	良好	異常なし	異常なし	現状のまま	
計測坑B	B-1	-54.65	①	10.00 ~ 12.50	9565	2006年11月	異常なし	異常なし	異常なし	良好	異常なし	異常なし	現状のまま	
			②	13.50 ~ 15.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	計測対象区間(1回/年)
			③	16.00 ~ 17.00	9915	2006年11月	異常なし	異常なし	異常なし	良好	異常なし	異常なし	現状のまま	
			④	17.50 ~ 18.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	計測対象区間(1回/年)
			⑤	18.50 ~ 19.00	9920	2006年11月	異常なし	異常なし	異常なし	良好	異常なし	異常なし	現状のまま	
計測坑C	C-1	-83.55	①	10.00 ~ 12.50	9NA7042002	-	-	-	-	-	-	-	計測対象区間(1回/年)	
			②	13.50 ~ 15.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	計測対象区間(1回/年)
			③	16.00 ~ 17.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	計測対象区間(1回/年)
			④	17.50 ~ 18.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	計測対象区間(1回/年)
			⑤	18.50 ~ 19.00	4NA7009006	2004年	異常なし	異常なし	異常なし	良好	異常なし	異常なし	現状のまま	代替器による計測中
試験空洞	D-1	-90.92	①	0.50 ~ 1.00	6NA7091011	2006年11月	異常なし	異常なし	異常なし	良好	異常あり	異常なし	計測中止	センサケーブル不良
			②	1.50 ~ 2.00	6NA7091012	2006年11月	異常あり	異常あり	異常あり	不良	-	異常あり	撤去	
			③	2.50 ~ 3.00	6NA7091013	2006年11月	異常なし	異常なし	異常なし	良好	異常なし	異常なし	現状のまま	
			④	4.00 ~ 5.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	計測対象区間(1回/年)
			⑤	6.00 ~ 7.50	6NA7091015	2006年11月	異常なし	異常なし	異常なし	良好	異常なし	異常なし	現状のまま	
			⑥	8.50 ~ 10.50	4NA7009008	2004年	異常なし	異常なし	異常なし	良好	異常なし	異常なし	現状のまま	代替器による計測中
			⑦	11.50 ~ 14.00	6NA7091017	2006年11月	異常なし	異常なし	異常なし	良好	異常なし	異常なし	現状のまま	
			⑧	15.00 ~ 19.00	9NA7042004	2009年9月	異常なし	異常なし	異常なし	良好	異常なし	異常なし	現状のまま	
	E-1	-84.4	①	0.50 ~ 1.00	6NA7091019	2006年11月	異常なし	異常なし	異常なし	良好	異常あり	要経過観察	現状のまま	予備センサケーブルに交換
			②	1.50 ~ 2.00	6NA7091020	2006年11月	異常なし	異常なし	異常なし	良好	異常なし	異常なし	現状のまま	伝送系に問題あり。E-⑤のケーブルを接続中(H27)。
			③	2.50 ~ 3.00	6NA7091021	2006年11月	異常なし	異常なし	異常なし	良好	異常なし	異常なし	現状のまま	
			④	4.00 ~ 5.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	計測対象区間(1回/年)
			⑤	6.00 ~ 7.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	計測対象区間(1回/年)
			⑥	8.50 ~ 10.50	6NA7091024	2006年11月	異常なし	異常なし	異常なし	良好	異常なし	異常なし	現状のまま	
			⑦	11.50 ~ 14.00	6NA7091025	2006年11月	異常なし	異常なし	異常なし	良好	異常なし	異常なし	現状のまま	
			⑧	15.00 ~ 19.00	6NA7091026	2006年11月	異常なし	異常なし	異常なし	良好	異常なし	異常なし	現状のまま	

表 4.1-18 平成 27 年度の換算係数

計測場所	孔名	孔口 標高 (EL.m)	区間	測定深度 (GL.~m)	センサ 設置 標高 SL (EL.m)	SN	圧力水頭への換算係数		絶縁抵抗 検査	出力特性検査結果		間隙水圧 経時変化 (計測状況)	今年度の 点検結果 (判定)	センサ製造 年月	備考	
							a(傾き) (m/mV)	b(原点) (mV)		長期安定性 との比較 (安定性あり: ○、なし: ×)	補正出力 特性 (精度内:○、 精度外:×)					
計測坑A	A-1	-83.55	①	10.00 ~ 12.50	-83.73	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			②	13.50 ~ 15.00	-83.73	9NA7042001	6.377E-02	388.5	正常	○	×	○	要経過 観察	2009年9月		
			③	16.00 ~ 17.00	-83.73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			④	17.50 ~ 18.00	-83.73	8NA7063002	6.371E-02	385.7	正常	○	○	○	○	○	2008年8月	
			⑤	18.50 ~ 19.00	-83.73	8NA7063003	6.393E-02	403.0	正常	○	○	○	○	○	2008年8月	
計測坑B	B-1	-54.65	①	10.00 ~ 12.50	-67.08	9565	0.400	0.946	正常	○	○	○	○	2006年11月		
			②	13.50 ~ 15.00	-69.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			③	16.00 ~ 17.00	-71.43	12071	0.389	0.740	正常	○	○	○	○	○	2006年11月	
			④	17.50 ~ 18.00	-72.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			⑤	18.50 ~ 19.00	-73.21	9920	0.401	1.040	正常	○	○	○	○	○	2006年11月	
計測坑C	C-1	-83.55	①	10.00 ~ 12.50	-83.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			②	13.50 ~ 15.00	-83.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			③	16.00 ~ 17.00	-83.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			④	17.50 ~ 18.00	-83.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			⑤	18.50 ~ 19.00	-83.45	4NA7009006 【代替器】	6.375E-02	422.7	正常	○	○	○	○	○	2004年	
試験空洞	D-1	-90.92	①	0.50 ~ 1.00	-90.20	6NA7091011	6.383E-02	-	正常	○	○	異常	計測中止	2006年11月	センサケー ブル不良に より計測中 止	
			②	1.50 ~ 2.00	-90.20	6NA7091012	×	×	異常	×	×	○	故障	2006年11月		
			③	2.50 ~ 3.00	-89.40	6NA7091013	6.385E-02	405.7	正常	○	○	○	○	○	2006年11月	
			④	4.00 ~ 5.00	-89.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			⑤	6.00 ~ 7.50	-89.40	6NA7091015	6.379E-02	404.4	正常	○	○	○	○	○	2006年11月	
			⑥	8.50 ~ 10.50	-89.40	4NA7009008 【代替器】	6.374E-02	417.2	正常	○	○	○	○	○	2004年	
			⑦	11.50 ~ 14.00	-89.40	6NA7091017	6.368E-02	412.5	正常	○	○	○	○	○	2006年11月	
			⑧	15.00 ~ 19.00	-89.40	9NA7042004	6.374E-02	388.8	正常	○	○	○	○	○	2009年9月	
	E-1	-84.40	①	0.50 ~ 1.00	-89.50	6NA7091019	6.416E-02	464.9	正常	○	○	異常	要経過 観察	2006年11月	予備のセン サケーブル に交換	
			②	1.50 ~ 2.00	-89.50	6NA7091020	6.380E-02	404.5	正常	○	○	○	○	○	2006年11月	
			③	2.50 ~ 3.00	-89.50	6NA7091021	6.387E-02	390.5	正常	○	○	○	○	○	2006年11月	
			④	4.00 ~ 5.00	-89.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			⑤	6.00 ~ 7.50	-89.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			⑥	8.50 ~ 10.50	-89.50	6NA7091024	6.392E-02	380.9	正常	○	○	○	○	2006年11月		
			⑦	11.50 ~ 14.00	-89.50	6NA7091025	6.383E-02	391.8	正常	○	○	○	○	2006年11月		
			⑧	15.00 ~ 19.00	-89.50	6NA7091026	6.401E-02	403.3	正常	○	○	○	○	2006年11月		

### (3) 計測システム構築（変更）、システム保守・点検

計測システム（計測ケーブル、現場計測室、スイッチボックス、パソコン、プログラム等含む）の保守・点検を実施した。

なお、今年度は新設した計測器がないため、計測システムの構築（変更）は実施しなかった。

#### 1) 静的計測システム点検

計測計測システムの点検を実施した。

実施日：平成 28 年 10 月 12 日

##### a. 点検機器

スイッチボックス（ひずみ発生器および電流・電圧発生器）～データロガー～静的計測用 PC

##### b. 点検方法

各スイッチボックスから模擬入力を行い、システムを通したデータロガーまたは PC の出力値が規格内であるかを判別し、各計測設備の稼働状況と計測設備間の通信状況について点検する。作業状況を図 4.1-75 に示す。

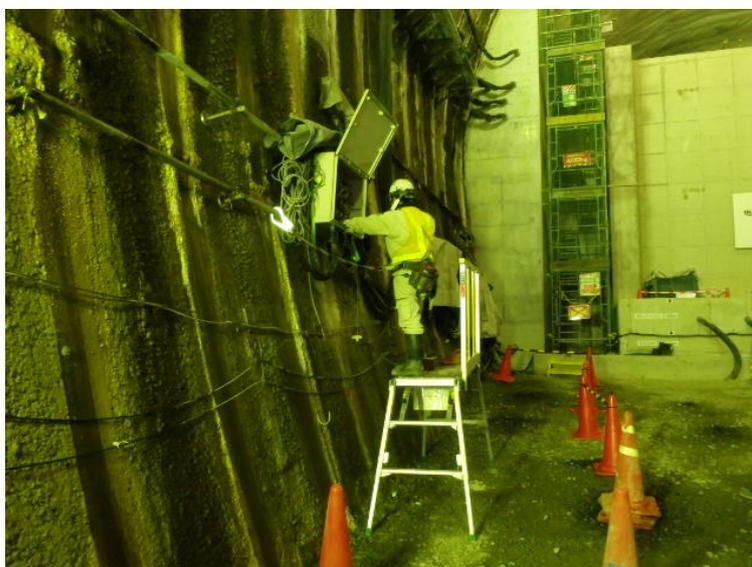


図 4.1-75 スwitchボックスでの模擬入力状況

##### c. 点検結果

点検結果を表 4.1-19 に示す。データ模擬入力による点検では、異常を示す計測器は見られなかった。また、PC においても静的計測システムは正常に作動しており、通信状況が正常であることを確認した。

表 4.1-19 データ模擬入力による点検結果

CH番号	計器番号	模擬入力値 (SWボックス)	出力値 (ロガー)	合否基準	合否
1352	P-U-2-V	$1000 \times 10^{-6}$	$1002 \times 10^{-6}$	$(1000 \pm 5) \times 10^{-6}$	○
1029	U-O-2-U	$1000 \times 10^{-6}$	$1000 \times 10^{-6}$	$(1000 \pm 5) \times 10^{-6}$	○
1479	P-H-12-M	$1000 \times 10^{-6}$	$999 \times 10^{-6}$	$(1000 \pm 5) \times 10^{-6}$	○
1539	P-H-9-M	$1000 \times 10^{-6}$	$999 \times 10^{-6}$	$(1000 \pm 5) \times 10^{-6}$	○
1639	F-D-2	$1000 \times 10^{-6}$	$999 \times 10^{-6}$	$(1000 \pm 5) \times 10^{-6}$	○

#### 4.1.4 現場計測室の維持管理

##### (1) 百葉箱、温湿度計の復旧

実施日：平成 28 年 10 月 12 日

##### 1) 既設温湿度計の性能確認

図 4.1-76 に示すように、百葉箱破損のため、損傷を受けた可能性のある既設温湿度計の性能を確認した（平成 28 年 9 月 5 日に回収）。図 4.1-77 に示すように、テスターによる検査の結果、計測器の故障が確認されたため、新規に購入し、再設置することとした。

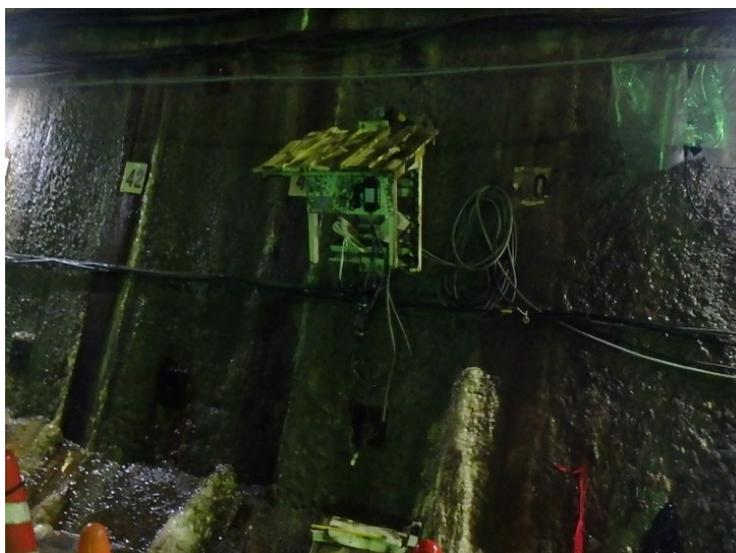


図 4.1-76 百葉箱破損状況



図 4.1-77 検査状況

2) 百葉箱の新設、温湿度計の復旧

今年度故障した百葉箱および温湿度計の再設置を行った。表 4.1-20 に設置機器数量、表 4.1-21 に計測器の仕様を示す。

表 4.1-20 設置機器数量

名称	単位	数量	備考
温湿度計	台	1	センサ、変換器、ACアダプタ、シールドケーブル含む
百葉箱	台	1	

表 4.1-21 計測器の仕様

名称	仕様	機種
温湿度計	測定範囲 (温度) : -10 ~ 80°C 測定範囲 (湿度) : 20~90%rh 精度 (温度) : ± 0.5°C 精度 (湿度) : ± 3%rh (at 25°C) 使用環境温度範囲 : -20 ~ 80°C (センサ部)、 0 ~ 60°C (本体) 使用環境湿度範囲 : 95 %r 以下	下記の製品又は同等品 ・温湿度センサ THT-B4T ・温湿度変換器 THT-B121 ・ACアダプタ NSDC-9A ・シールドケーブル NSC-3
百葉箱	形状 : 鉄柱型 内寸(mm) : 330×300×330	下記の製品又は同等品 商品 CD 64-0217 商品名 百葉箱 H7

## 作業内容

- ① 破損した百葉箱の撤去  
既設百葉箱と固定金具（単管）を接続しているUボルトを外して既設百葉箱を撤去した。
- ② 百葉箱取り付け  
新たに取り付ける百葉箱に、工場にて2箇所固定装置を取り付けた。現地においてUボルトで固定金具（単管部分）に固定した。
- ③ 温湿度計設置・接続  
百葉箱内に温湿度計をおいて既設ケーブルに接続した。  
百葉箱および温湿度計設置状況を図 4.1-78 に示す。



図 4.1-78 百葉箱および温湿度計設置状況

- ④ 動作確認  
正常にデータが取得されていることを確認した。復旧後の温湿度計の計測データを図 4.1-79 に示す。

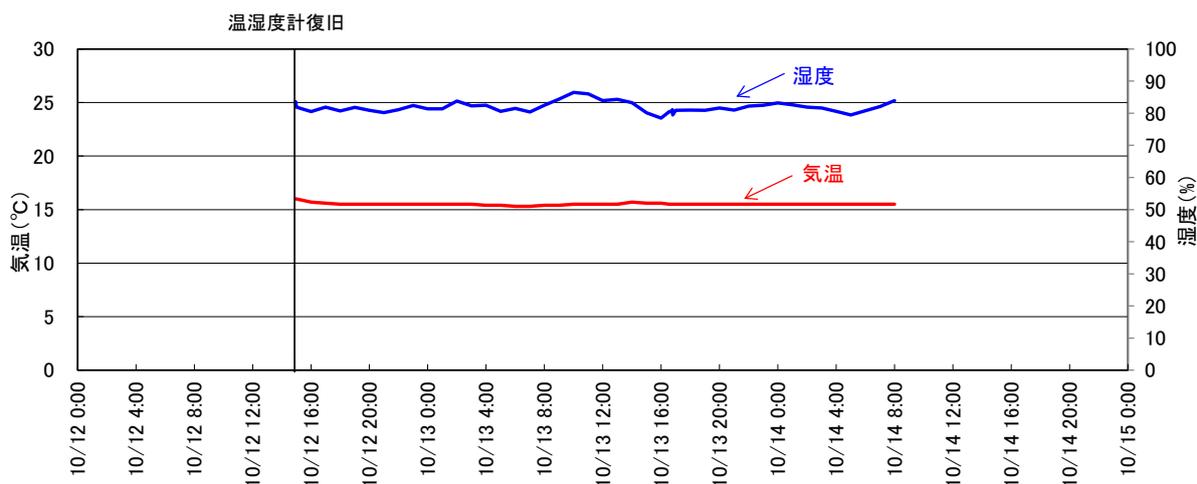


図 4.1-79 復旧後の温湿度計の計測データ

(2) 計測器室の空調機を取替え

現場計測室に設置してある空調機の劣化が原因とされる絶縁抵抗値低下が確認されたため、新規に空調機を設置することとした（平成 28 年 9 月 5 日に確認）。

実施日：平成 28 年 9 月 15 日

1) 空調機の設置

本作業の内容を以下に示す。

- a. 空調機機材の搬入（坑外～現場計測室）
- b. 既設空調機の撤去
  - ① フロンガス除去、室外機の取り外し
  - ② 室内機と室外機をつなぐ内外接続線の取り外し作業
  - ③ 接地線取り外し作業
  - ④ 冷媒配管等の取り外し
  - ⑤ 室内機の取り外し
- c. 新規空調機の設置
  - ① 室外機の設置
  - ② 室内機と室外機をつなぐ内外接続線に関連する作業
  - ③ 接地線に関連する作業
  - ④ 冷媒配管等の接続
  - ⑤ 室内機の計測室壁への固定作業

⑥ フロンガス注入



図 4.1-80 空調機設置状況

d. 既設空調機の搬出（現場計測室～坑外）

### (3) 計測システムの漏電調査

現場計測室から試験空洞に出ている 100V 電源ケーブル（計測システム用）においても、絶縁抵抗値低下が確認されたため(平成 28 年 9 月 5 日に確認)、漏電の原因調査を実施した。

実施日：平成 28 年 10 月 12 日～13 日

#### 1) 漏電調査

漏電調査の対象は、図 4.1-81 に示す電源系統図の、現場計測室のダウントランスから試験空洞に延びている電源ケーブルおよびスイッチボックスとした。

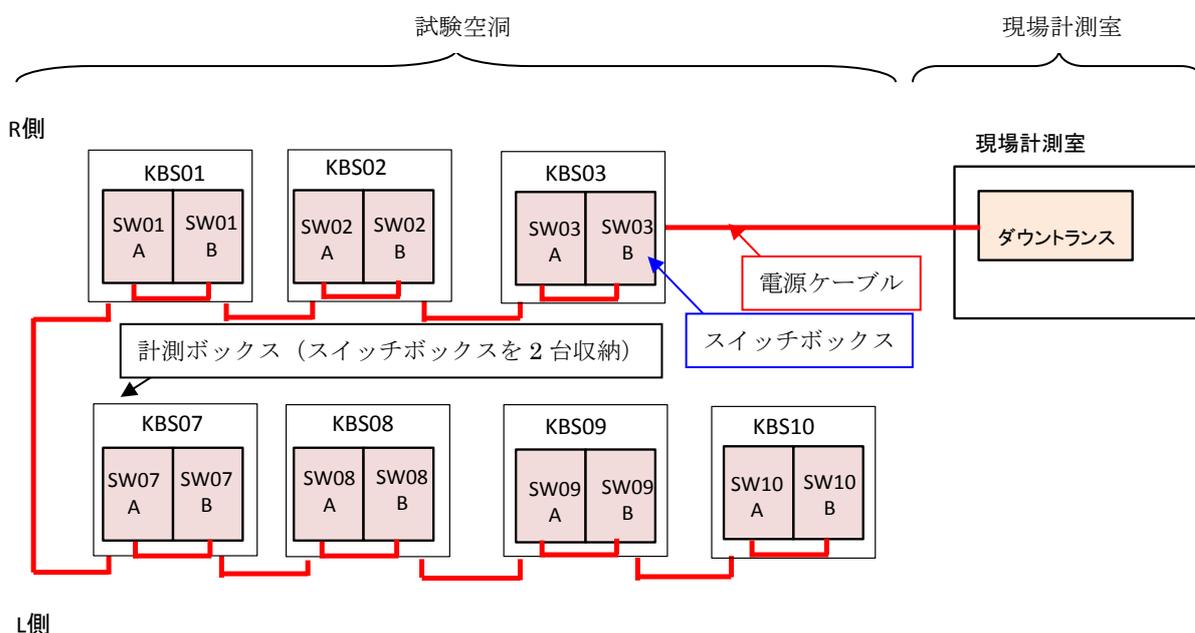


図 4.1-81 電源系統図

#### a. 現場計測室における調査

現場計測室のダウントランスに繋げている電源プラグで絶縁抵抗値を測定した。測定結果を表 4.1-22 に示す。平成 28 年 9 月 5 日の測定では、絶縁抵抗値が 0.003~0.007MΩ であり、平成 28 年 10 月 12 日の測定では、絶縁抵抗値が 5MΩ 以上であった。「電気設備の基準基準」における低圧電路 (300V 以下) の絶縁抵抗値 (0.1MΩ 以上) を参照すると、平成 28 年 9 月 5 日時点では漏電の可能性があったが、平成 28 年 10 月 12 日時点では漏電の可能性がないとの判定をした。

漏電の可能性がなくなった原因を以下に示す。

- ① 「4.1.4 (1) 百葉箱、温湿度計の復旧」に示したように、平成 28 年 10 月 12 日に温湿度計を復旧させたことにより、損傷した計測器が原因とされる絶縁抵抗値の低下が

改善された。

- ② 「4.1.4 (2) 計測器室の空調機の取替え」に示したように、平成 28 年 9 月 15 日に現場計測室の空調機を取替えたことにより、計測室内の環境（気温、湿度）が改善され、絶縁抵抗値の低下も改善された。

表 4.1-22 絶縁抵抗値測定結果（現場計測室）

測定日時	絶縁抵抗値	備考
平成 28 年 9 月 5 日	0.003~0.007MΩ	漏電の可能性はある
平成 28 年 10 月 12 日	5MΩ以上	漏電の可能性がない

以上より、計測システムの漏電の可能性は低いことが確認された。ただし、スイッチボックスにおいては、設置後 9 年経過しているスイッチボックスもあり、経年劣化の可能性も考えられるため、全スイッチボックスを対象として絶縁抵抗値を測定した。

b. スwitchボックスの調査

全スイッチボックスの絶縁抵抗値の測定結果を表 4.1-23 に示す。全スイッチボックスの絶縁抵抗値は、納入時の正常の判定基準（100MΩ以上）と同様となり、漏電の可能性がないことを確認した。作業状況を図 4.1-82 に示す。

表 4.1-23 絶縁抵抗値測定結果（スイッチボックス）

測定日時	スイッチボックス	絶縁抵抗値	備考
平成 28 年 10 月 13 日	SW01A	100MΩ以上	漏電の可能性はない
	SW01B		
	SW02A		
	SW02B		
	SW03A		
	SW03B		
	SW07A		
	SW07B		
	SW08A		
	SW08B		
	SW09A		
	SW09B		
	SW10A		
	SW10B		



図 4.1-82 作業状況

c. 調査結果

以上の結果により、計測システムの漏電の可能性はないことが確認されたため、今後も現状の計測システムのまま継続して計測することとした。

(4) 動作確認

動作確認は、現場計測室空調機取替え終了時および漏電調査終了時に実施した。

現場計測室空調機取替え終了時

- 空調機が正常に稼働していることを、一定時間確認した。
- 計測器近傍の分電盤ブレーカーが落ちないことを、一定時間確認して作業を終了した。

漏電調査終了時

- 空調機が正常に稼働していることを再度確認した。
- 温湿度計、計測ケーブルが接続されていることを目視した上で、データが取得されていることを確認した。

4.1.5 まとめ

既設計測器および試験施設と試験空洞底盤に設置した地震計によって計測されたデータを回収・整理した。また、既設計測器および計測用機器（パソコン、データロガー、スイッチボックス等）の保守・点検を行い、計測システムが正常に稼働していることを確認した。

また、破損した百葉箱、故障した温湿度計を復旧させて空洞内温度・湿度のデータ取得を再開させるとともに、現場計測室の空調機取替え、漏電調査を実施して計測データ取得上の問題点を解消した。

## 4.2 既存施設の計測調査データの評価

### 4.2.1 施設・岩盤挙動計測データの分析・評価

別途業務「既設施設のひび割れ等に係るデータ取得」および「既設施設挙動・地震動挙動に係るデータ取得」で取得したひずみ計等の試験施設の挙動計測データと、間隙水圧計等の周辺岩盤の挙動計測データの分析・評価を行う。

#### (1) 坑内環境計測結果の分析評価

##### 【目的】

試験空洞内の坑内気温および湿度の経時変化の傾向に着目し分析評価を行う。

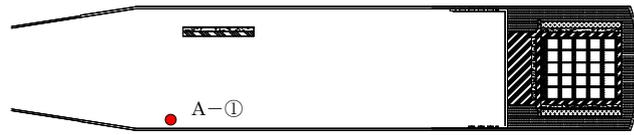
##### 【まとめ】

- ・ 坑内気温、坑内湿度ともに季節の気温・湿度変化に伴う変動が見られる。坑内平均気温は、H28年2～3月の冬季期間では11.2～12.5℃で、H28年7～8月の夏季期間では15.5～22.0℃となっている。坑内湿度では、夏季期間では日最高湿度と日最低湿度の差が20%未満であるが、それ以外では日最低湿度が小さく、湿度の差が30%を越える日が見られる。

#### 1) 坑内の気温および湿度

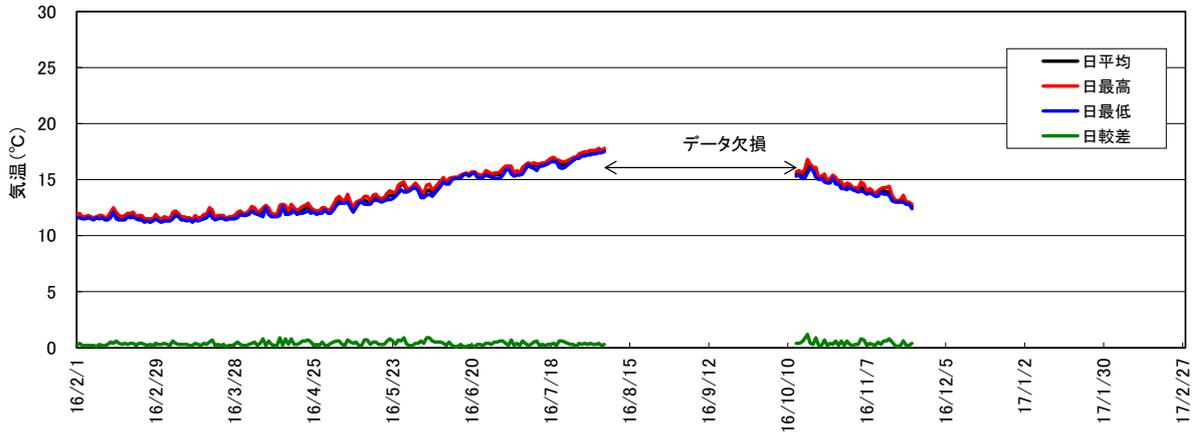
本試験における環境計測は、百葉箱温湿度計1基(A-①)による空洞手前で計測を行っている。百葉箱の劣化破損、百葉箱内に設置した温湿度計の故障により5月から10月にかけてデータ欠損があるため、試験施設直近の側壁に設置されている分散型温湿度計の計測も参照した。以下、H27年2月からH28年2月までの環境計測結果の分析結果について以下に示す。

百葉箱温湿度計A-①で計測された坑内気温と坑内湿度について、日平均、日最高、日最低、日較差を図4.2-1に示す。同様に分散型温湿度計B-①の坑内気温、坑内湿度を図4.2-2に示す。坑内気温については、日平均気温、日最高気温、日最低気温ともに季節の気温変化に伴う変動が見られる。坑内平均気温は、H28年2～3月の冬季期間では11.2～12.5℃で、H28年7～8月の夏季期間では15.5～22.0℃となっている。今年度は施工試験が実施されていないため、施工に伴う坑内気温の変動は特に見られなかった。坑内湿度についても季節の湿度変化に伴う変動が見られ、夏季期間では日最高湿度と日最低湿度の差が20%未満であるが、その他の時期においては日最低湿度が小さく、湿度の差が30%を越える日が見られる。



平面図

百葉箱気温



百葉箱湿度

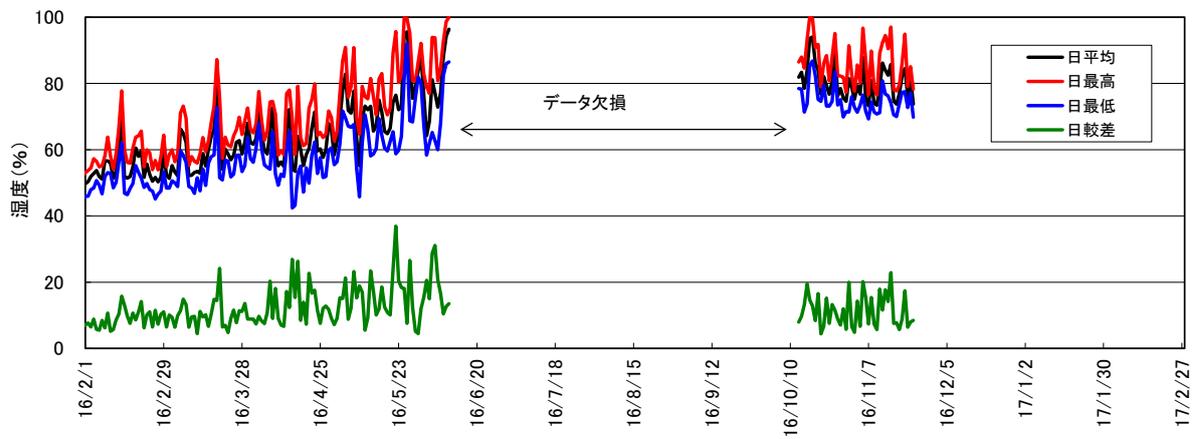
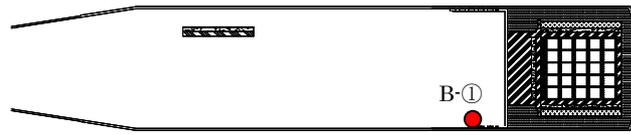
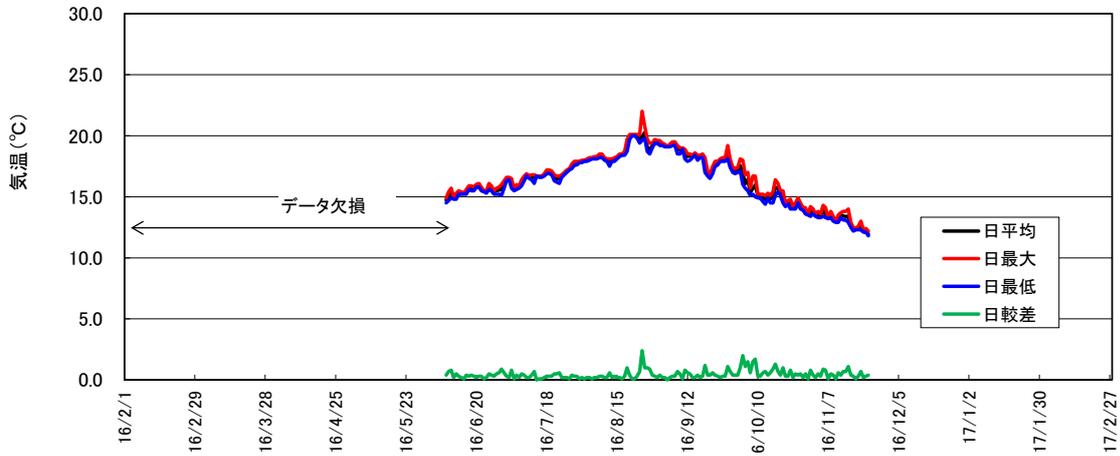


図 4.2-1 坑内気温・湿度の経時変化 (百葉箱温湿度計 A-①)



平面図

気温(試験施設(B-①))



湿度(試験施設(B-①))

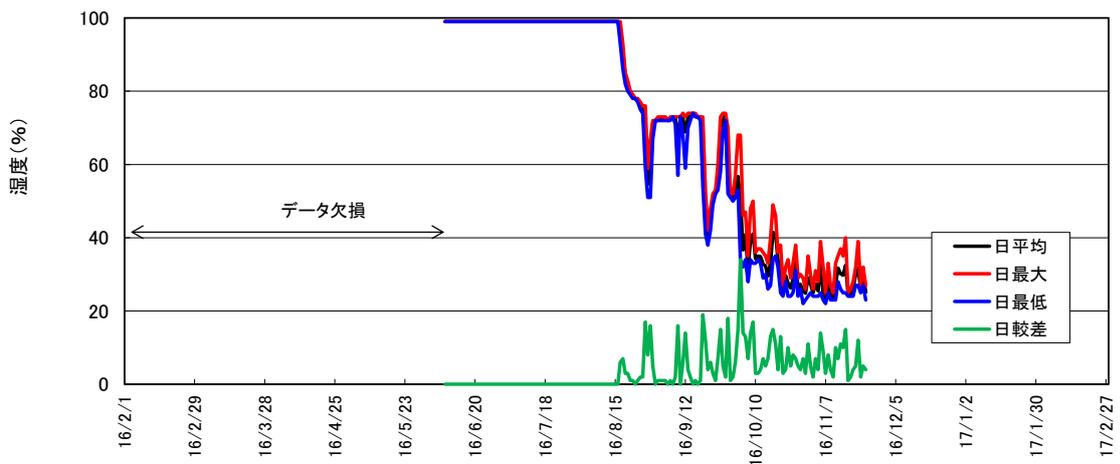


図 4.2-2 坑内気温・湿度の経時変化 (分散型温湿度計 B-①)

## (2) 上部埋戻し材の計測結果の分析評価

### 【目的】

上部埋戻し材は、試験空洞アーチ部分に接して施工される。上部埋戻し材の材料はベントナイト混合土であり、試験空洞アーチ部分は吹付けコンクリートとその内側の防水シートで構成されている。両者の界面に隙間が発生すると、そこが水みちとなり、施設への水の侵入を早めてしまうことが懸念される。本検討では、H26年度に上部埋戻し材の試験空洞天端付近に設置した沈下計および温度計の計測結果から、上部埋戻し材施工後の試験施設天端と上部埋戻し材間の隙間量の変動について分析する。

### 【まとめ】

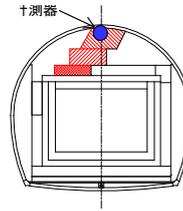
- ・ 沈下量は、H26年度の計測開始後から、上部埋戻し材および吹付けコンクリートの施工イベントに伴い粘性的な沈下挙動を示していたが、H27年5月時点で収束傾向が見られる。沈下量の最大値はH28年5月の約5.4mmである。
- ・ 季節の温度変化に伴い沈下量は変動し、その影響は約0.12 (mm/°C)であった。
- ・ 今後の課題として、計測値の妥当性を確認するために、上部埋戻し材を一部撤去して、施設天端と上部埋戻し材間に発生した隙間量を原位置で確認することが望まれる。さらに、発生した隙間が施設の安全性能に与える影響を、注水試験等により再冠水後のフェーズを踏まえて評価していくことが望まれる。

#### 1) 計測結果・分析

計測を開始したH26年9月からH28年11月までの沈下計および温度計の計測結果を図4.2-3～図4.2-4に示す。

図4.2-3に示すように、沈下量は、計測開始後の上部埋戻し材および吹付けコンクリートの施工イベントに伴い粘性的な沈下挙動を示し、H27年5月時点で収束傾向が見られる。H27年5月以降、図4.2-3と図4.2-4を比較すると、温度が夏期に向かって上昇するのに伴い、沈下量は減少し、逆に冬期に向かって温度が低下すると沈下量は増加する傾向が見られる。沈下量と温度の関係を図4.2-5に示す。図4.2-5より、計測開始からH27年5月までの期間（赤色の凡例）とH27年5月からH28年3月（青色の凡例）では、温度に対する沈下量の傾きが異なることがわかる。その後H28年4月からH28年11月までの期間（緑色の凡例）はH27年5月からH28年3月の傾きと同等である。これより沈下量は、H27年5月までの期間では施工イベントに伴う変動が支配的であるのに対して、その後の期間では季節の温度変化に伴う変動が支配的であることが推察される。なお、H27年5月以降の期間における、温度変化に伴う沈下量の変動は約0.12 (mm/°C)であった。また、沈下量の最大値はH28年5月の約5.6mmでH27年5月の沈下量（約5.4mm）と同等であった。

図4.2-3には、解析結果（3次元弾性FEM解析）を併記した。解析条件については、H26年度報告書を参照していただきたい。本解析は弾性解析であるため、計測で見られる粘性的な挙動は再現できないが、沈下が収束した後のH28年5月の沈下量の計測結果（約5.6mm）に対して、解析結果は4.4mm（約21%の差）であり、本解析が上部埋戻し材の沈下挙動を弾性範囲で概ね再現できていると考えられる。



※赤線部は H26 年度施工箇所

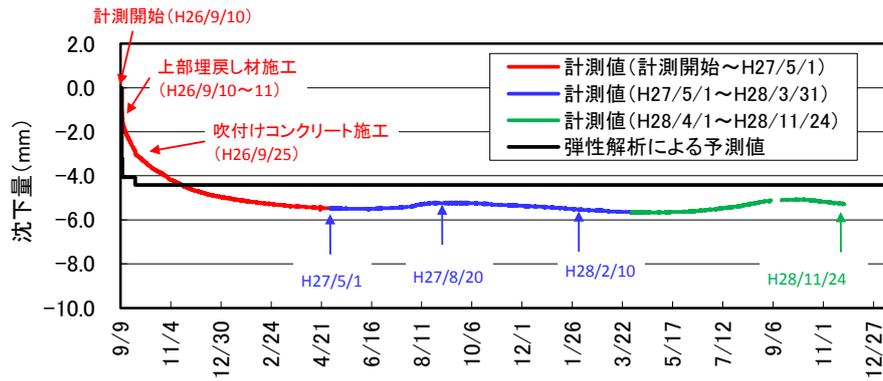


図 4.2-3 沈下計測結果

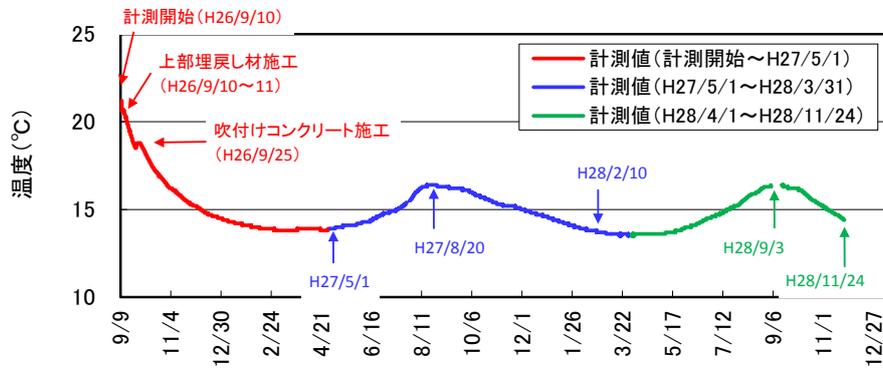


図 4.2-4 温度計測結果

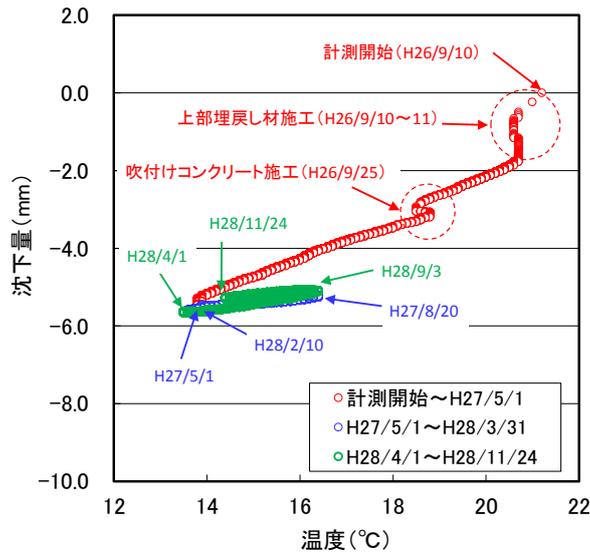
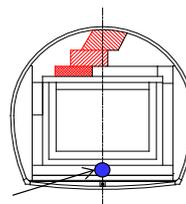


図 4.2-5 沈下量と温度の関係

2) 底部低透水層の沈下挙動の影響

上述した上部埋戻し材の沈下が、下部部材であるコンクリートピットや低拡散層等を含む施設全体の沈下の影響を受けていないかを確認するために、底部低透水層に設置した沈下計の計測結果を分析した。図 4.2-3 に示した上部埋戻し材の沈下計計測結果と同期間の、底部低透水層の沈下計計測結果を図 4.2-6 に示す。当該期間の底部低透水層の沈下量の変動（最大値－最小値）は 0.05mm 程度であり、沈下はほとんど発生しておらず、施設全体の沈下は認められない。よって、上部埋戻し材の沈下挙動の要因は、上部埋戻し材の沈下が主であると考えられる。



※赤斜線部は H26 年度施工箇所

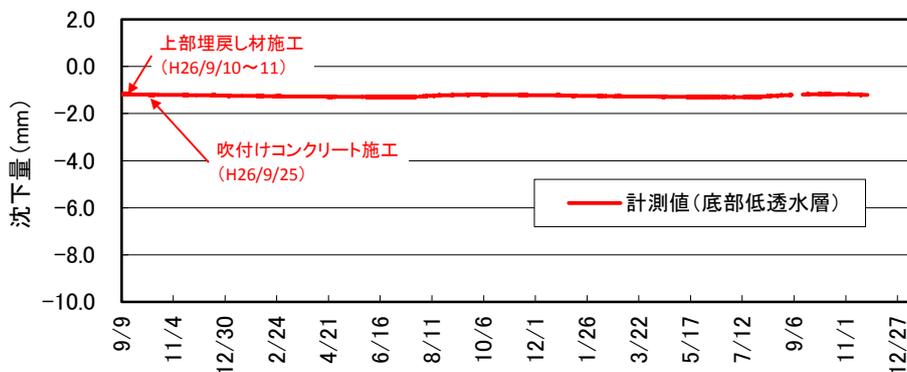


図 4.2-6 底部低透水層の沈下計計測結果

### (3) 底部低透水層の計測結果の分析評価

#### 【目的】

底部低透水層の要求機能の一つに、「建設・操業中の力学的安定性」がある。底部低透水層上において行われるコンクリートピットの構築、廃棄体定置作業等の上載荷重に対して、支持部材として十分な強度が要求される。

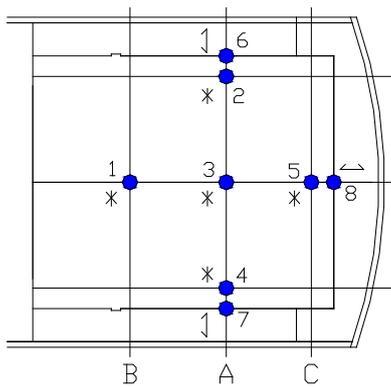
平成 26 年度までで試験施設の施工は終了しており、今年度は施工による上載荷重は変化していないが、低透水層にはクリープ的な挙動もこれまで確認されているため、底部低透水層に作用する土圧や沈下計による計測挙動を分析し、施工終了後の力学的安定性を確認する。

#### 【まとめ】

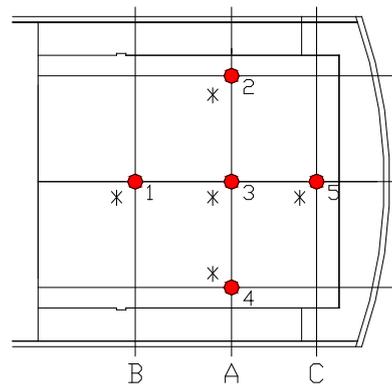
- ・ 今年度に生じた土圧最大値は  $0.15\text{N/mm}^2$  (A 断面左側) で、H22 年度に確認された最大値  $0.21\text{N/mm}^2$  より小さい値であった。また、過年度の最大値  $0.21\text{N/mm}^2$  では、底部低透水層の極限支持力  $1.85\text{N/mm}^2$  と比較して小さい。H24 年以降は、施設左側の土圧計は僅かな減少傾向が見られるのに対して、右側は僅かな増加傾向が見られ、これは試験施設の構成が左右対称ではないことにより、底部低透水層に均一に土圧が作用していないためであると推察される。
- ・ 今年度の沈下量の変動は最大  $0.05\text{mm}$  程度と小さい。
- ・ 現状の上載荷重に対して、土圧および沈下量の変化は、上載圧から推測される土圧量および 2 次元 FEM 弾性解析結果から推測される沈下量の範囲内であり、過大な土圧の作用や沈下は認められない。
- ・ 以上より、現時点において底部低透水層は力学的健全性が確保されていると考えられる。

#### 1) 計測器配置と上載荷重

底部低透水層には、図 4.2-7～図 4.2-8 に示すように、鉛直方向土圧測定のため底部埋戻し材界面に 5 箇所、側方土圧測定のため側部埋戻し材に 2 箇所、奥部埋戻し材に 1 箇所土圧計を設置している。また、沈下計は底部低透水層中に 5 箇所設置している。なお沈下計のうち空洞横断方向右側の計測器 (B-T-4) は測定不良のため、分析の対象からはずした。



計器番号：B-D-○ (○は上記番号)



計器番号：B-T-○ (○は上記番号)

1~5：底部埋戻し材との界面

6,7：側部                      "                      ↔ ↓：水平

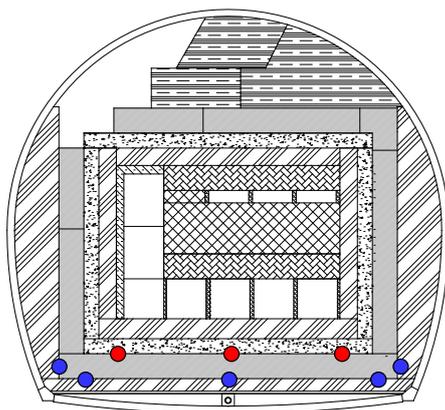
8：奥部                        "                        \*：鉛直

\*：鉛直

(1) 土圧計

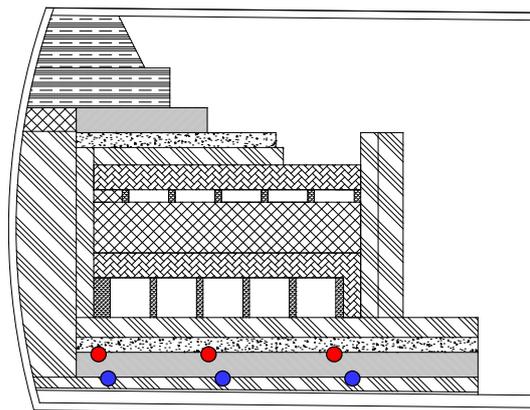
(2) 沈下計

図 4.2-7 土圧計・沈下計設置位置図 (平面図)



●：土圧計    ●：沈下計

(1) 横断面図



●：土圧計    ●：沈下計

(2) 縦断面図

図 4.2-8 土圧計・沈下計設置位置図 (横断面図、縦断面図)

H19 年度に実施した底部低透水層施工から H26 年度施工試験終了時までの施工イベント毎の上載荷重を表 4.2-1 に示す。H28 年度現在の累計重量は 40.67MN (累計上載圧 0.208N/mm<sup>2</sup>) である。

表 4.2-1 底部低透水層の上載荷重一覧

施工年度	No.	部材	単位重量 <sup>※3</sup> (tf/m <sup>3</sup> )	寸法			重量 (MN)	累計重量 (MN)	上載圧 <sup>※1</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	累計上載圧 (N/mm <sup>2</sup> )
				幅 (m)	奥行き (m)	高さ (m)				
H19~20	1	底部緩衝材	1.993	13.6	16.1	1.0	4.27	4.27	0.020	0.020
H20	2	底部低拡散材	2.247	11.6	16.1	0.6	2.46	6.72	0.013	0.033
	3	底部CP	2.497	10.4	16.1	0.8	3.27	9.99	0.018	0.050
	4	奥部CP	2.497	10.4	0.7	6.8	1.21	11.20	0.007	0.057
	5	側部CP(左右)	2.497	0.7	10.7	6.8	2.51	13.71	0.013	0.070
H21	6	模擬廃棄体(25ヶ)	2.686	1.6	1.6	1.6	2.70	16.41	0.015	0.085
	7	手前部CP	2.497	11.6	0.7	7.4	1.47	17.89	0.008	0.093
	8	側部低拡散材(左右)	2.247	0.6	11.4	7.6	2.30	20.19	0.012	0.105
	9	充填材	2.267	※2			0.41	20.60	0.002	0.107
	10	上部充填材	2.391	7.1	10.7	1.0	1.77	22.37	0.010	0.117
H22	11	普通コンクリート①	2.300	7.1	10.7	2.0	3.47	25.84	0.019	0.136
	12	普通コンクリート②	2.300	-	-	-	0.27	26.11	0.001	0.137
	13	模擬廃棄体(6ヶ)	-	-	-	-	0.09	26.20	0.001	0.138
	14	模擬廃棄体打設	2.300	-	-	-	1.16	27.36	0.006	0.144
	15	充填材(鉛直)	2.267	-	-	-	1.65	29.01	0.009	0.153
	16	充填材(水平)	2.267	-	-	-	0.15	29.16	0.001	0.153
	17	上部充填材	2.391	7.1	10.7	1.0	1.77	30.93	0.010	0.163
H22~24	18	側部緩衝材(左右)	1.993	1.0	11.4	8.2	3.63	34.56	0.017	0.180
H24	19	上部コンクリートピット	2.497	7.6	9.0	0.7	1.17	35.73	0.005	0.185
	20	上部低拡散材	2.247	8.0	11.6	0.6	1.22	36.95	0.006	0.191
H25	21	上部緩衝材(隅角部)	1.965	-	-	-	0.25	37.20	0.001	0.192
	22	上部緩衝材(平面部)	-	-	-	-	0.63	37.83	0.003	0.195
	23	上部埋戻し材(吹付け)	-	-	-	-	0.56	38.39	0.003	0.197
	24	上部埋戻し材(転圧)	-	-	-	-	0.80	39.19	0.004	0.201
H26	25	上部緩衝材	-	-	-	-	0.36	39.55	0.002	0.202
	26	上部埋戻し材	-	-	-	-	1.12	40.67	0.005	0.208

※1 重量を受面積で除して上載圧を算出している

(No.1:底部緩衝材面積、No.2~17:底部低拡散材面積、No.18~26:底部低拡散材+側部緩衝材面積)

※2 充填材体積は、(廃棄体体積を含む充填材体積)-(廃棄体体積)より算出している

※3 コンクリートピットの単位重量は、コンクリート標準示方書の鉄筋コンクリートの単位重量としている

## 2) 土圧挙動

H28年2月1日~H28年11月24日の土圧計計測値の経時変化を図4.2-9、図4.2-10に示す。土圧挙動は季節の温度変化に伴う変動をしている。

季節の温度変化に伴う変動の例として、A断面中央の土圧計(B-D-3)とその付近に設置してある温度計(B-O-1)の今年度の計測結果から求めた、土圧計計測値と温度計計測値の関係を図4.2-11に示す。これより土圧計計測値と温度計計測値には正の相関が見られる。

今年度の各計器の土圧最大値とH28年2月1日からの増分を表4.2-2に示す。今年度の増分は最大0.004N/mm<sup>2</sup>であった。また、A断面左側の計器で最大値0.15N/mm<sup>2</sup>が確認されている。これまでに確認されている土圧最大値はA断面左側でH22年度の0.21N/mm<sup>2</sup>であり今年度の値と同等である。H22年度地下空洞型処分施設性能確認試験の施設・周辺岩盤挙動計測において、底部低透水層の極限支持力を1.85N/mm<sup>2</sup>と設定[1]しており、支持力に対して土圧最大値は小さい値である。

H20年2月15日の計測開始からH28年11月24日までに測定されたA断面左右位置(B-D-2、B-D-4)の土圧計計測値の経年変化を図4.2-12に示す。両者とも、季節の温度変化に伴う変動を繰り返しながら、上載荷重の増加に伴い増加し、上載荷重レベルとほぼ同じように変化する。図中の実荷重は、表4.2-1の累計上載圧である。左右位置(B-D-2、B-D-4)で比較すると、H22年(2010年)9月の側部低透水層(右側)施工までは両者で同じトレンドで変動しているが、その後、H24年(2012年)7月の側部低透水層(左側)施工までは両者の土圧変化が反転するような挙動を示す。これは施工イベントが、H22~23年度で右側の側部低透水層施工、その後H23~24年度で左側の側部低透水層施工を実施しており、施工順

序に伴い本施設の季節変動の影響が左右で異なるためであると考えられる。H24 年（2012 年）7 月の側部低透水層（左側）施工後からは、左右の側部低透水層の状態がほぼ同等となり、両者で同じトレンドを示すようになる。季節の温度変化に伴う変動を繰り返しながら、左側（B-D-2）は僅かな減少傾向が見られるのに対して、右側（B-D-4）は僅かな増加傾向が見られる。これは、試験施設の構成が左右対称ではないことにより、底部低透水層に均一に土圧が作用していないためであると推察される。

H28 年 2 月現在で左側（B-D-2）が右側（B-D-4）より  $0.046\text{N/mm}^2$  大きくなっている。

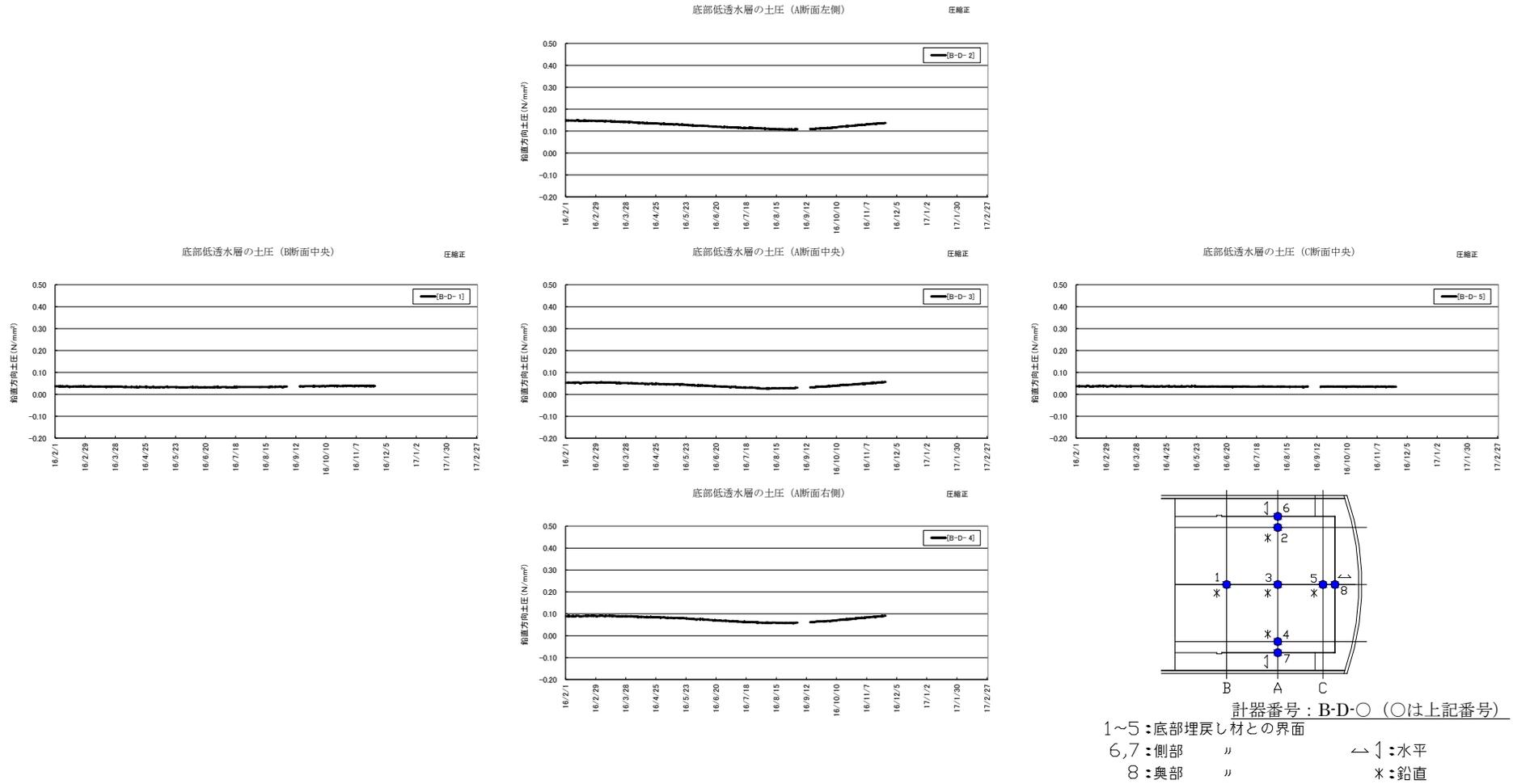
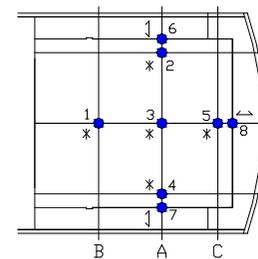
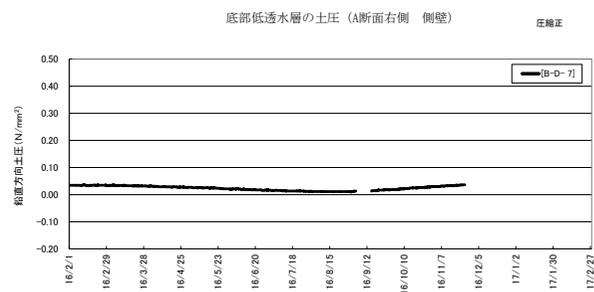
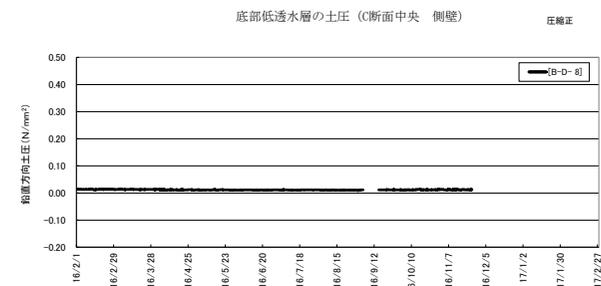
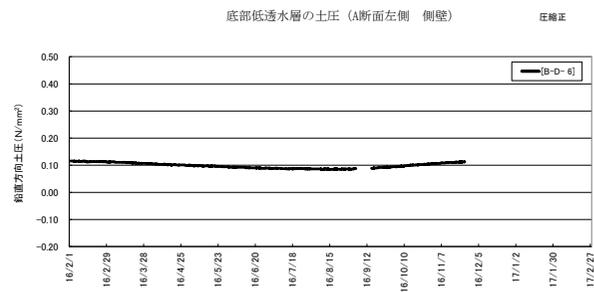


図 4.2-9 底部低透水層 土圧計計測結果 (鉛直方向)



計器番号: B-D-○ (○は上記番号)  
 1~5: 底部埋戻し材との界面  
 6,7: 側部 " △: 水平  
 8: 奥部 " \* : 鉛直

図 4.2-10 底部低透水層 土圧計測結果 (水平方向)

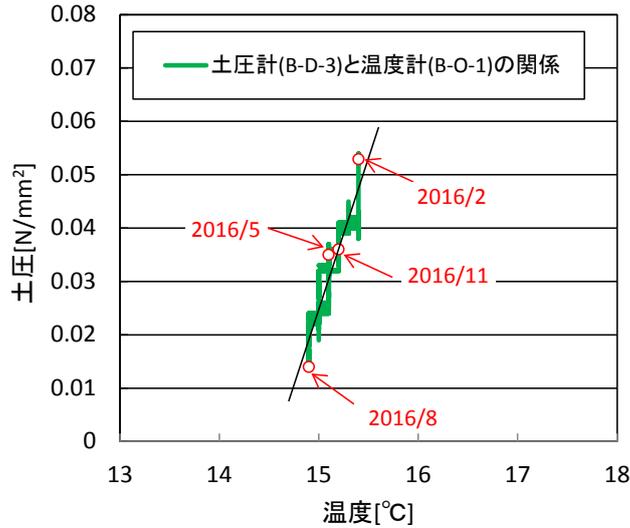


図 4.2-11 土圧計測値と温度計測値の関係 (H28年2月1日～H28年11月24日)

表 4.2-2 最大土圧一覧 (H27年2月1日～H28年2月10日)

	鉛直土圧					水平土圧		
	B断面中央	A断面左側	A断面中央	A断面右側	C断面中央	A断面左側壁	A断面右側壁	C断面中央壁
	[B-D-1]	[B-D-2]	[B-D-3]	[B-D-4]	[B-D-5]	[B-D-6]	[B-D-7]	[B-D-8]
最大土圧(H28/2/1～H28/11/24)	0.039	0.150	0.057	0.092	0.039	0.116	0.037	0.015
H28/2/1の土圧	0.037	0.148	0.053	0.089	0.037	0.116	0.035	0.014
増分	0.003	0.002	0.004	0.003	0.002	0.000	0.002	0.001

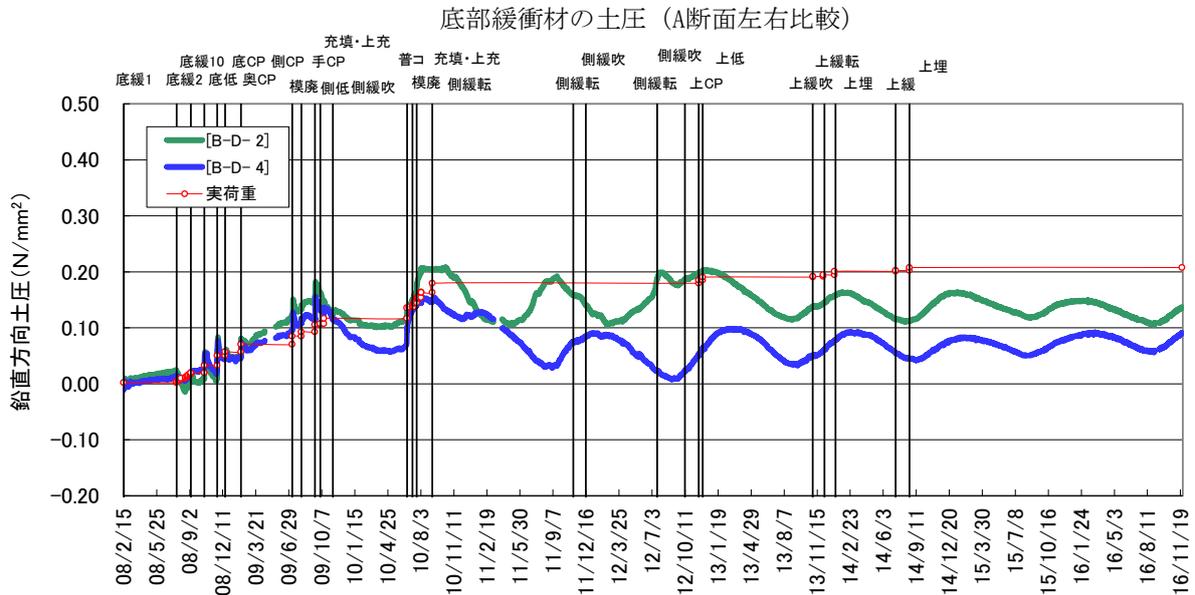


図 4.2-12 土圧計経年変化 (A断面左右、H20年2月15日～H28年11月24日)

### 3) 沈下挙動

H28年2月1日～H28年11月24日の沈下計測値の経時変化を図 4.2-13 に、今年度の各計器の最大沈下量を表 4.2-3 に示す。

図 4.2-13 に示すように、全体として季節の温度変化に伴う変動しているものの、表 4.2-3 に示す各位置の沈下量をみると、H28年2月1日の沈下量を基準とした今年度の最大沈下量の増分は、0.01～0.05mm であった。各断面の中央計器の値による空洞軸方向の沈下量分布を図 4.2-14 に示す。施設奥側では、奥部埋戻し材などの周辺部材の拘束が大きいため、底部低透水層の沈下を抑制していると推察される。C 断面と A 断面の間の水平距離（約 4.3m）と沈下量の差（約 0.9mm）から求めた底部低透水層表面の傾きは約 0.01 度と小さく、上載荷重作用による底部低透水層の沈下のばらつきは現時点で小さいといえる。季節の温度変化に伴う変動の例として、A 断面中央の沈下計(B-T-3)とその付近に設置してある温度計(B-O-1)の今年度の計測結果から求めた沈下計計測値と温度計計測値の関係を図 4.2-15 に示す。これより土圧計計測値と温度計計測値には相関は認められない。

H20年10月16日の計測開始から H28年11月24日までに底部低透水層の A 断面中央 (B-T-3) で計測された沈下量の経年変化を図 4.2-16 に示す。同図には、図 4.2-17 の横断面 2 次元モデルの FEM 解析結果の沈下量を併せて示した。解析に用いた低透水層の弾性係数は、底部低透水層で実施した平板載荷試験結果の最大値、最小値を用いている。実測の沈下量の変化傾向は解析結果と概ね整合している。ただし、実測の沈下量は上載荷重が一定の期間においても徐々に収束する傾向を示しており、低透水層のクリープ的な挙動が観測されている。

2 次元 FEM 弾性解析での底部低透水層沈下量と今年度の計測値との比較を図 4.2-17 に示す。計測値 (H28年11月24日のデータ) は、A 断面左側 1.5mm、A 断面中央 1.3mm であり、平板載荷試験結果の変形係数が平均値～最小値での解析結果に相当する値であった。計測値を説明できる解析の変形係数が、平板載荷試験結果の平均値～最小値となった理由としては、図 4.2-16 より、計測値に低透水層のクリープ的な挙動が生じていることによると考えられる。

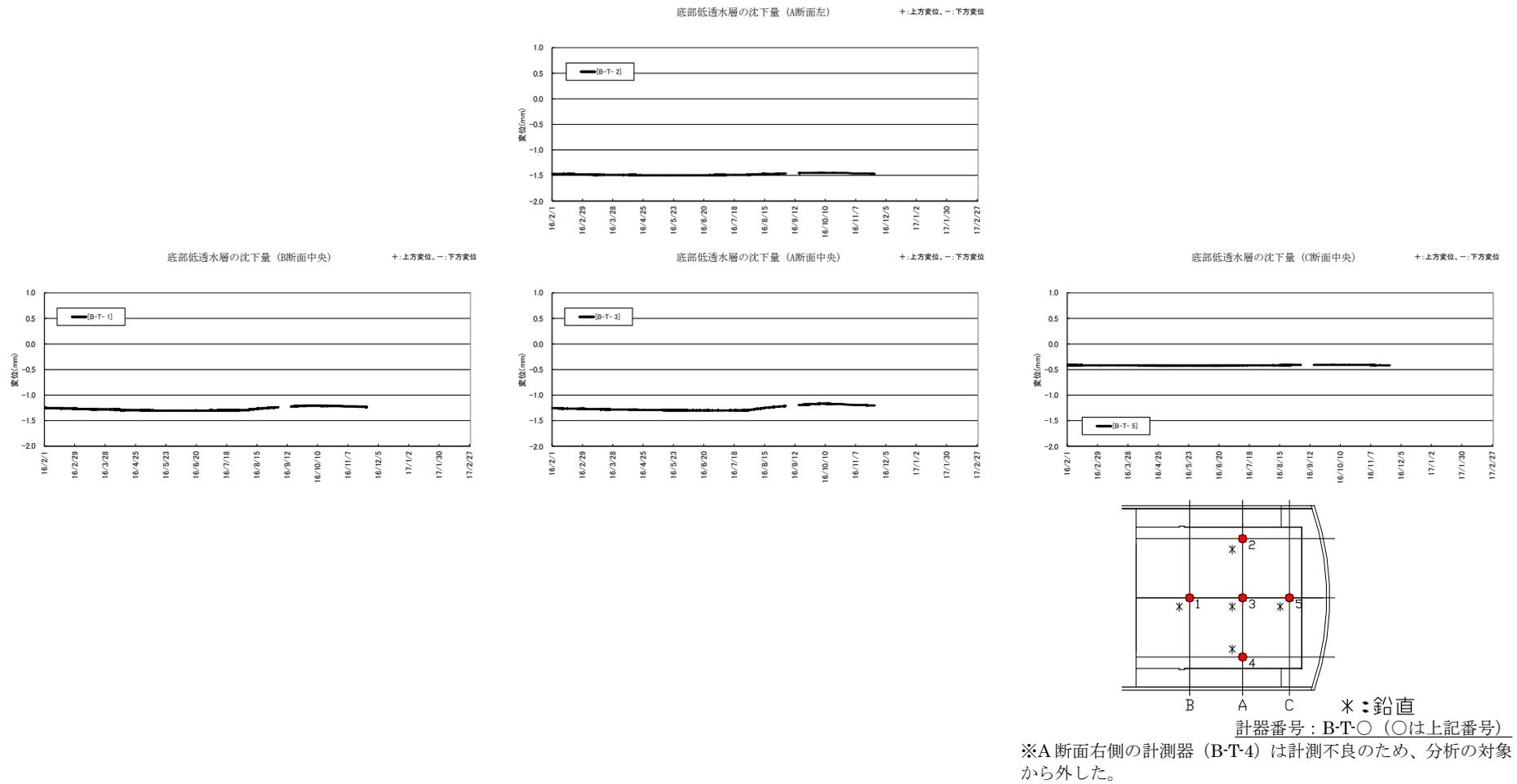


図 4.2-13 底部低透水層 沈下計計測結果

表 4.2-3 最大沈下量一覧 (H28年2月1日～H28年11月24日)

	単位:mm			
	B断面中央 [B-T- 1]	A断面左側 [B-T- 2]	A断面中央 [B-T- 3]	C断面中央 [B-T- 5]
最大沈下量(H28/2/1～H28/11/24)	-1.30	-1.50	-1.30	-0.43
H28/2/1の沈下量	-1.25	-1.47	-1.26	-0.42
増分	-0.05	-0.03	-0.04	-0.01

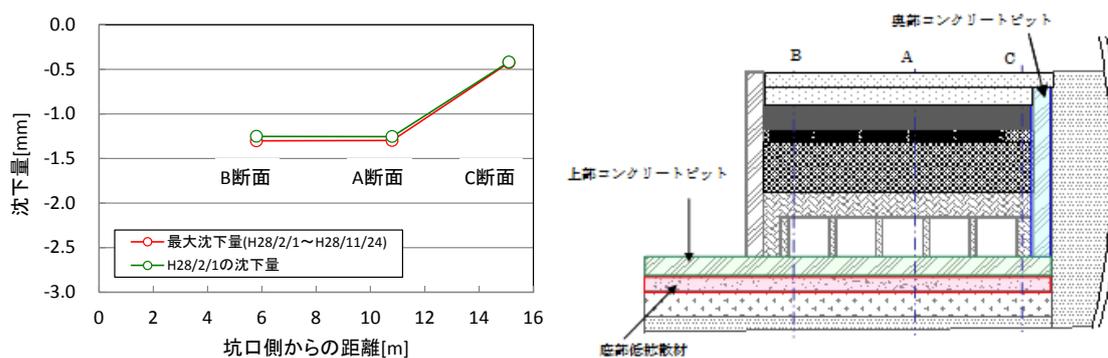


図 4.2-14 底部低透水層の沈下量分布 (空洞軸方向)

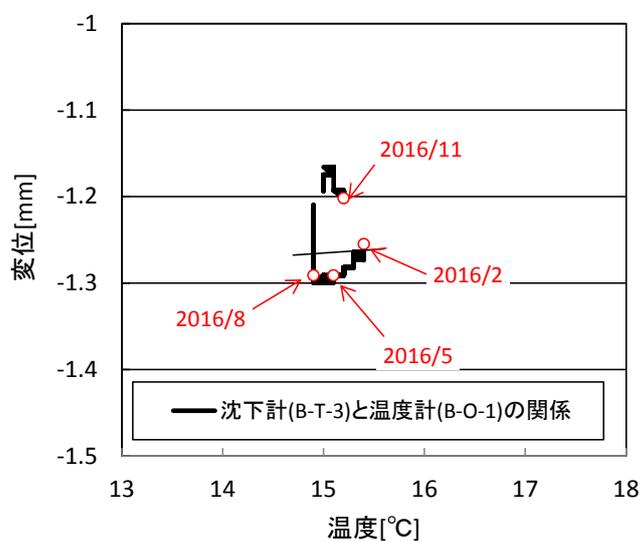


図 4.2-15 沈下計計測値と温度計計測値の関係 (H28年2月1日～H28年11月24日)

底部緩衝材の沈下量 (A断面中央)

+: 上方変位, -: 下方変位

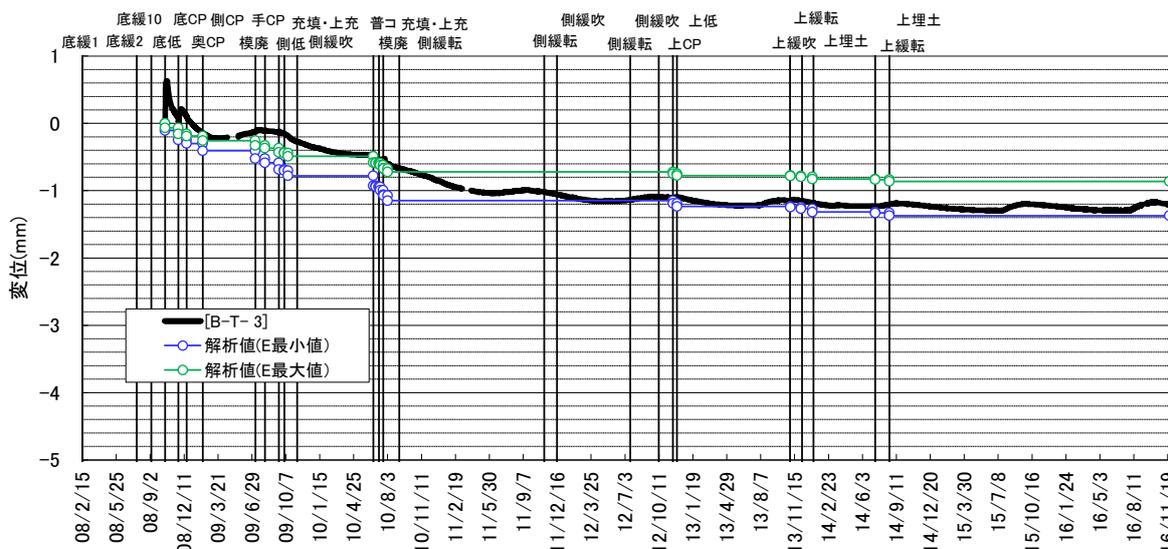


図 4.2-16 沈下計経年変化 (A断面中央)

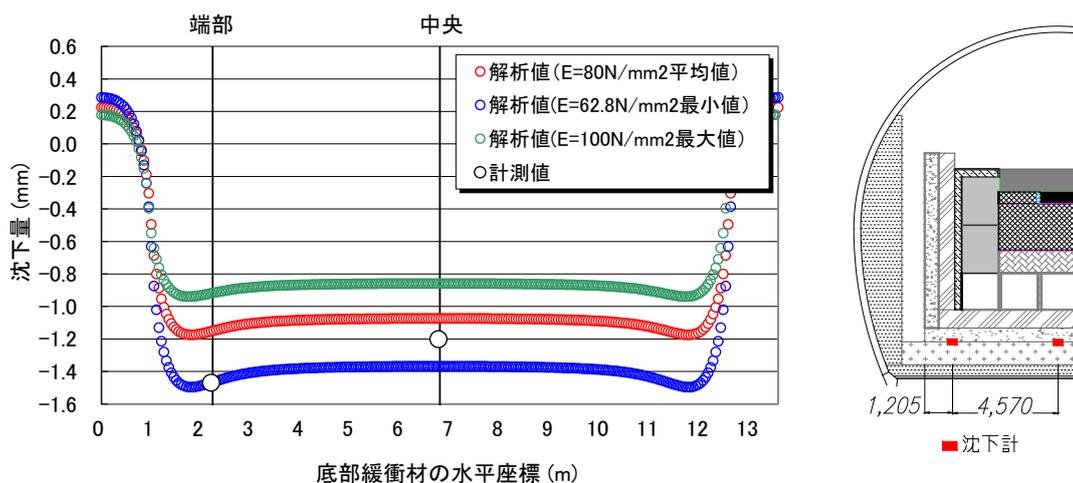


図 4.2-17 底部低透水層沈下量の計測値と解析値の比較 (A断面)

【解析条件】

- ・ FEM 弾性解析は、底部低透水層を横断面方向 2 次元でモデル化、3 辺拘束とした。上載荷重は等分布荷重として低透水層上面 (底部低拡散層に接する面) に作用させた。
- ・ 上載圧:  $0.171\text{N/mm}^2$  (表 4.2-1 の累計上載圧から底部低透水層に直接作用しない底部低透水層および側部低透水層の上載圧を除いた値)
- ・ 低透水層の変形係数は、H20 年度底部低透水層施工確認試験での平板載荷試験結果を参照し (下記記載)、ポアソン比は H20 年度ベントナイト材料特性試験の一軸圧縮試験結果を参照して設定した ( $\nu = 0.39$ )。

変形係数: 平均  $80.0\text{N/mm}^2$ 、最大値  $100.0\text{N/mm}^2$ 、最小値  $62.8\text{N/mm}^2$   
 試料数 9

#### 4) 温度変化

底部低透水層の温度は2箇所で計測を行っている。図 4.2-18 に示すように、手前部コンクリートピットより坑口側で1箇所 (B-O-2)、試験施設中央付近 (A 断面) で1箇所 (B-O-1) である。H20 年 10 月 16 日の計測開始から H28 年 2 月 10 日までの経年変化を図 4.2-19 に示す。B-O-1、B-O-2 とともに季節変動を繰り返すが、B-O-1 は施工が進むにつれて季節変動量が B-O-2 より小さくなる傾向がある。また、今年度の温度経時変化を図 4.2-20 に示す。坑口側端部に近い B-O-2 は約 14.7°C~17.5°C の間で変動し、端部に近いため坑内気温の影響を受けている。一方、試験施設中央の B-O-1 は約 14.6°C~17.6°C であり変動は小さい。

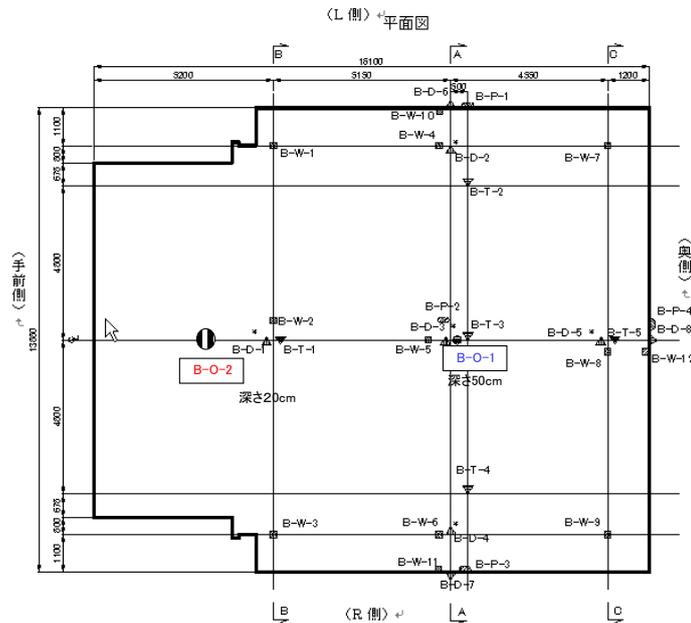


図 4.2-18 温度計設置位置

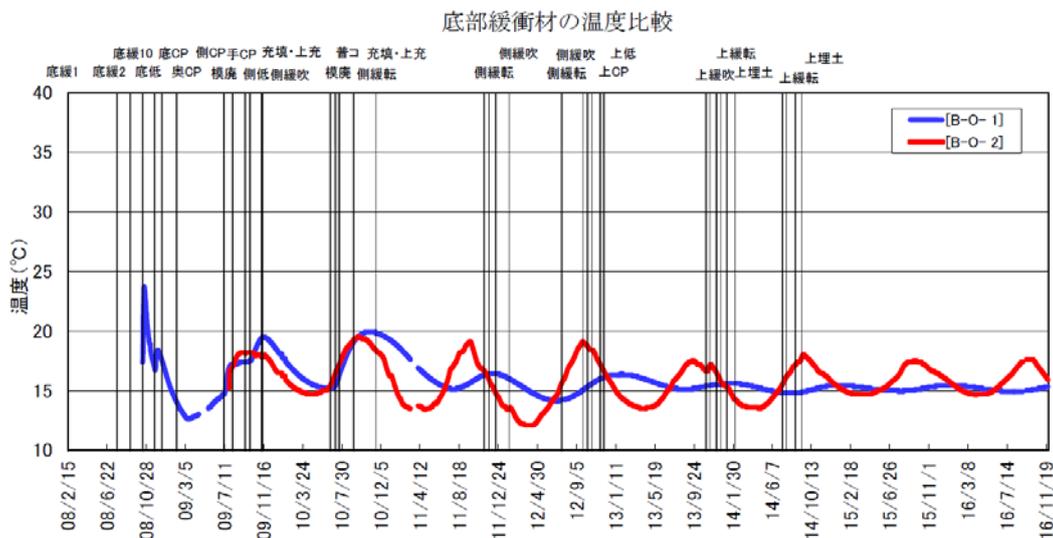


図 4.2-19 底部低透水層の温度経年変化

底部緩衝材の温度比較

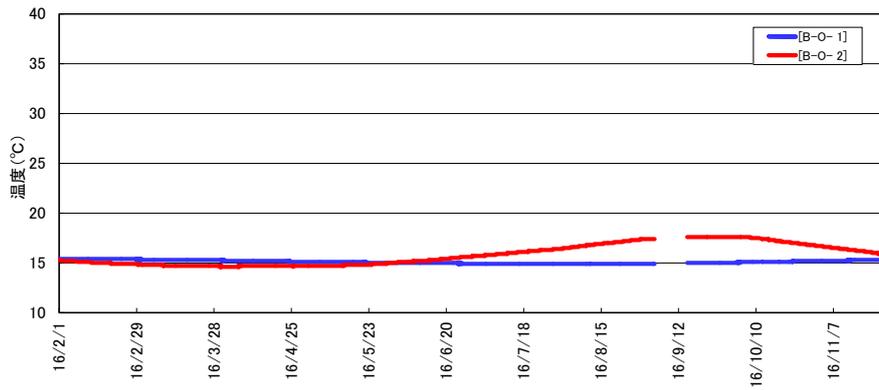
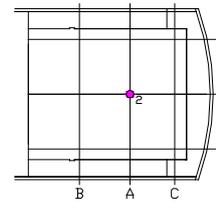


図 4.2-20 底部低透水層の温度経時変化

5) 水圧変化

底部低透水層の下部部材である底部埋め戻し材表面に設置した間隙水圧計では、今年度の間隙水圧の変化は認められず、底部低透水層中の間隙水圧に変動はないといえる。代表例として A 断面中央設置計器 (B-P-2) の今年度の経時変化を図 4.2-21 に示す。



底部低透水層の間隙水圧 (A断面中央)

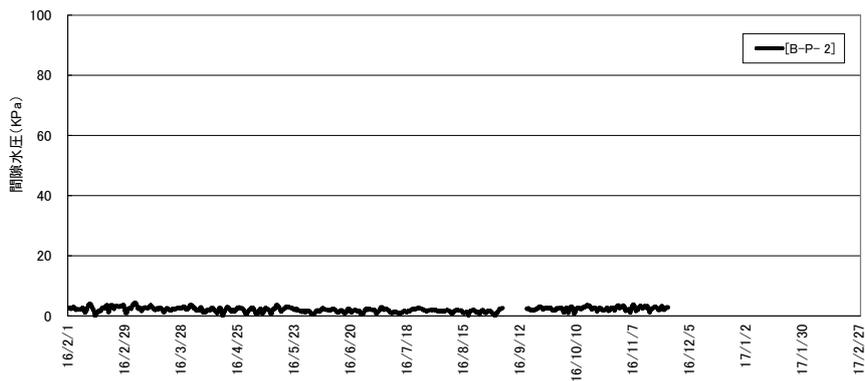


図 4.2-21 底部低透水層の間隙水圧経時変化

#### (4) セメント系材料の計測結果の分析評価

##### 【目的】

今年度の計測期間中における、セメント系材料の挙動を評価することを目的として、以下の部材を対象として、部材の温度およびひずみ履歴を分析する。

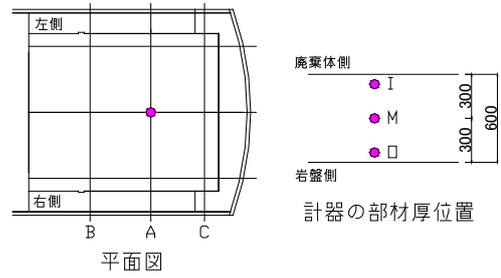
- ・ 底部低拡散層
- ・ 側部低拡散層
- ・ 上部低拡散層
- ・ 底部コンクリートピット
- ・ 側部コンクリートピット
- ・ 手前部コンクリートピット
- ・ 上部コンクリートピット

##### 【まとめ】

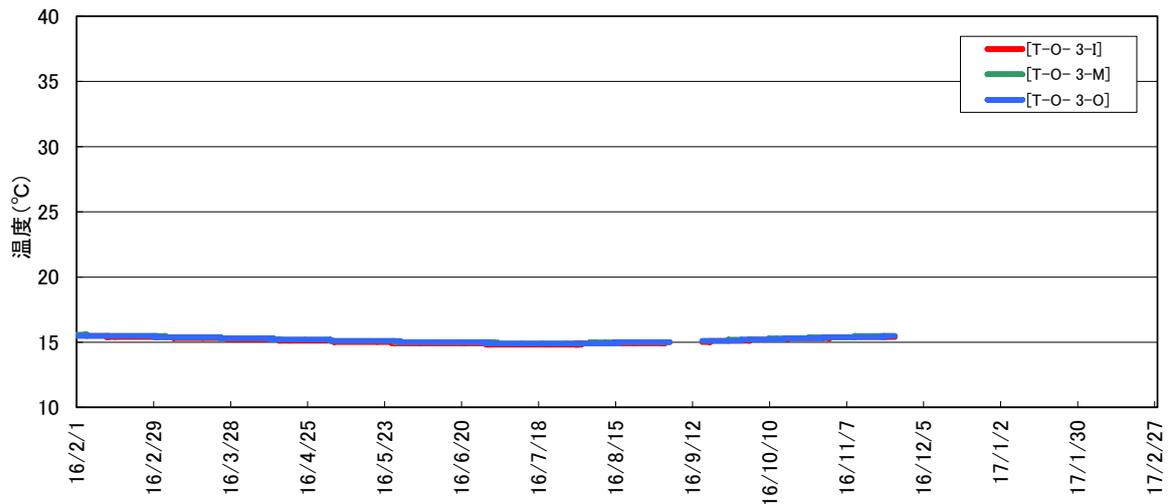
- ・ いずれの対象部材においても、季節の温度変化に対応したひずみ変化しか認められず、今年度の計測期間中におけるセメント系材料の状態変化はほとんどないものと評価される。

##### 1) 温度およびひずみ履歴

対象部材の部材中心位置における温度およびひずみ計測結果を図 4.2-22～図 4.2-28 に示す。いずれの部材においても、季節の温度変化に対応したひずみ変化しか認められず、不連続な挙動や、過大なひずみの発生は認められないことから、今年度の計測期間中におけるセメント系材料の状態変化はほとんどないものと評価される。



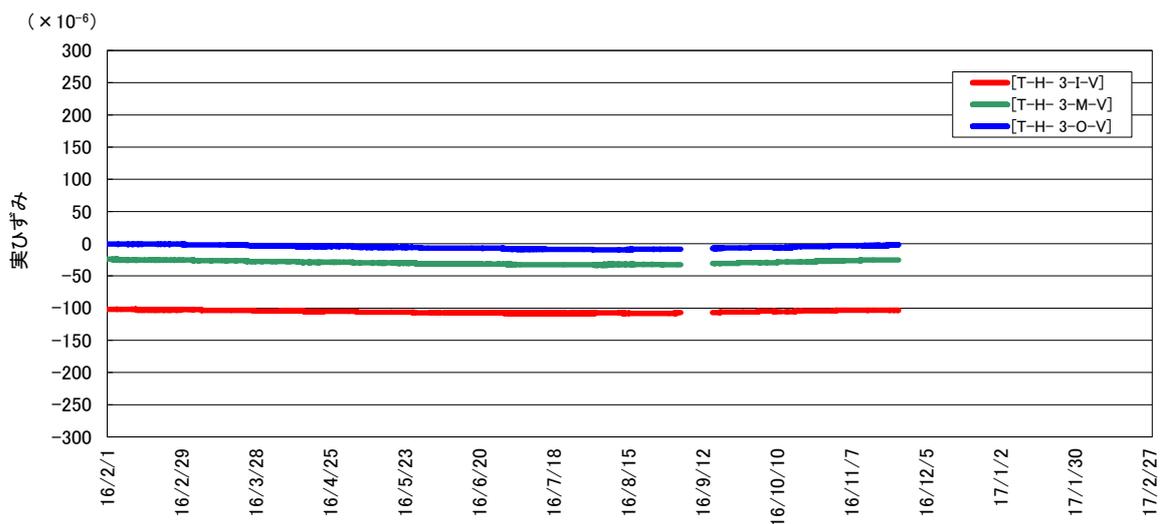
底部低拡散層の温度 (A断面中央)



(1) 温度

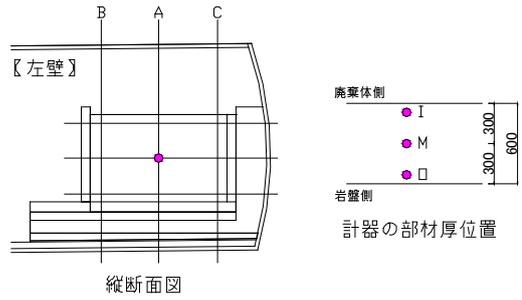
底部低拡散層の空洞軸方向突ひずみ (A断面中央)

+ : 膨張、- : 収縮

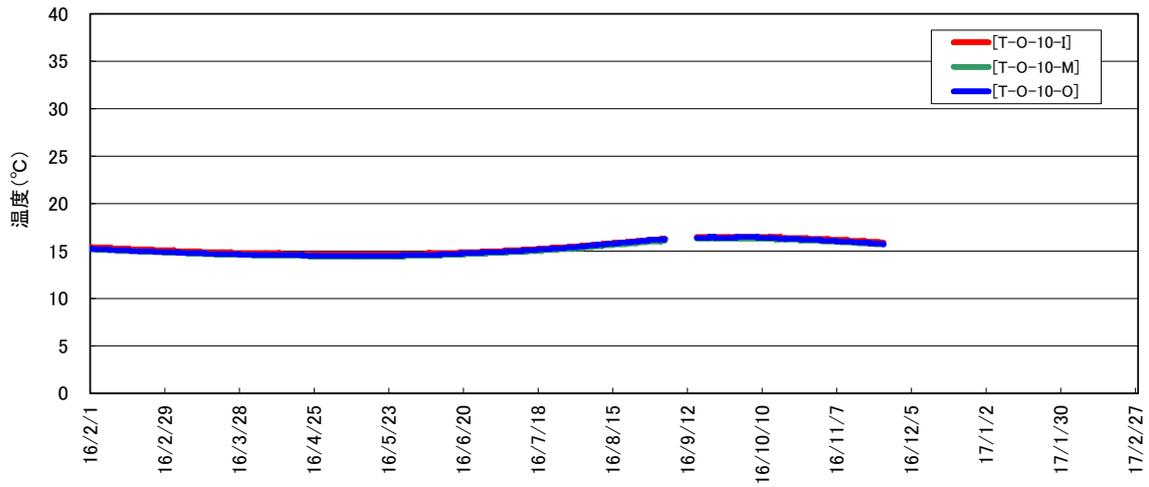


(2) ひずみ

図 4.2-22 底部低拡散層の計測結果 (部材中央)



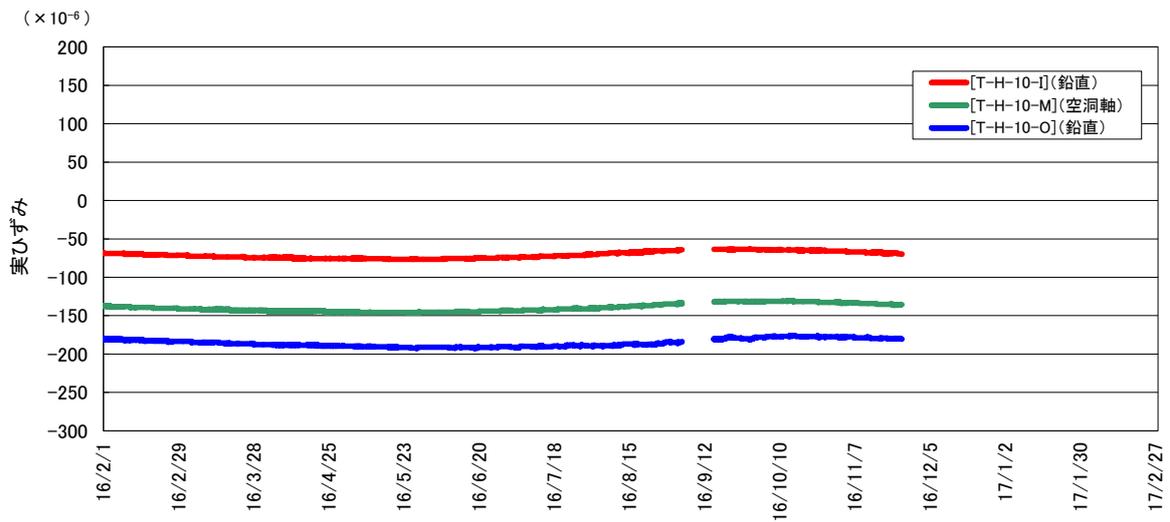
側部低拡散層の温度(A断面中段)



(1) 温度

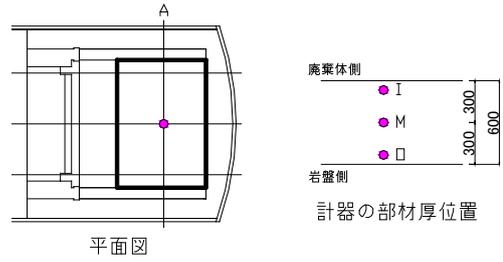
側部低拡散層の実ひずみ (A断面中段)

+ : 膨張、- : 収縮

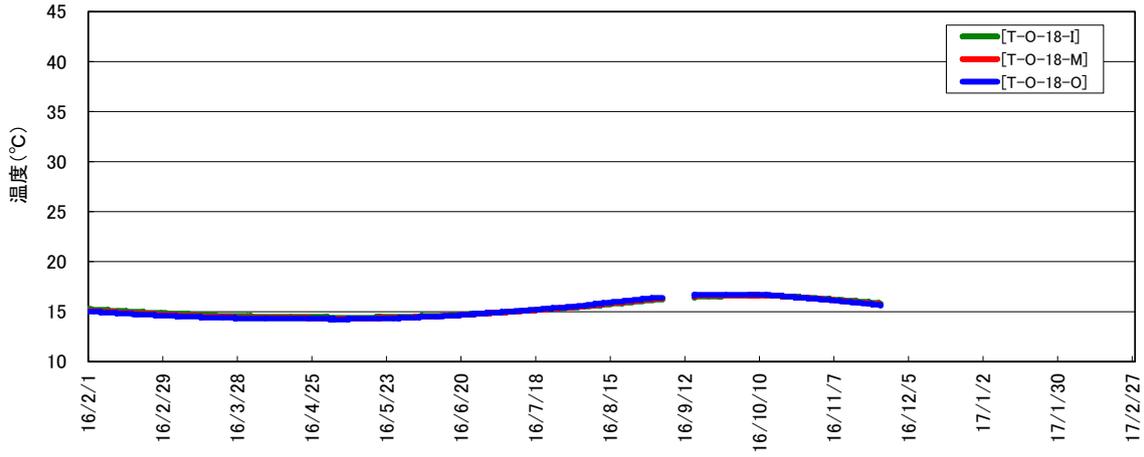


(2) ひずみ

図 4.2-23 側部低拡散層の計測結果 (部材中央)



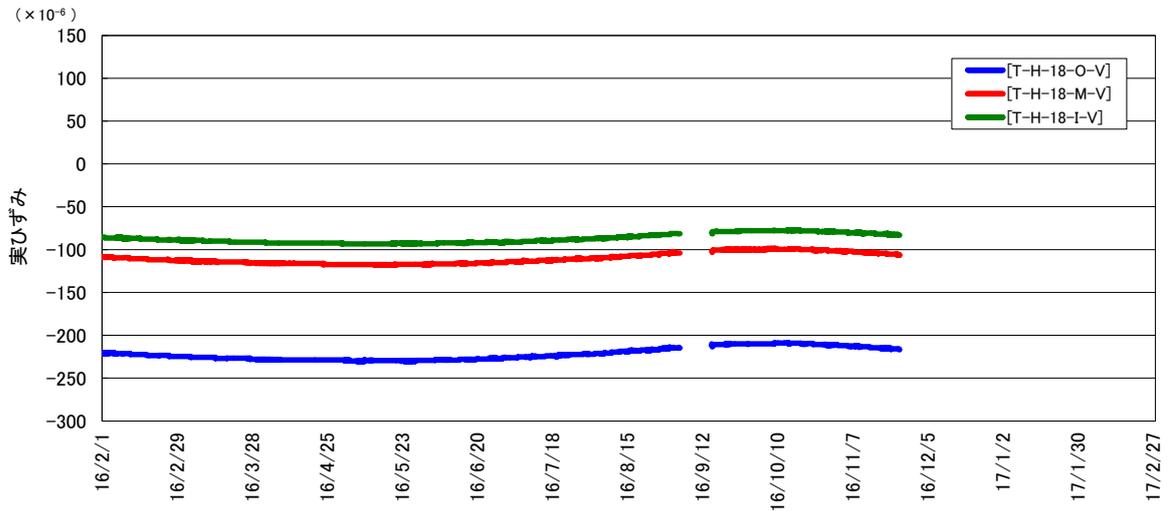
上部低拡散層の温度(中央)



(1) 温度

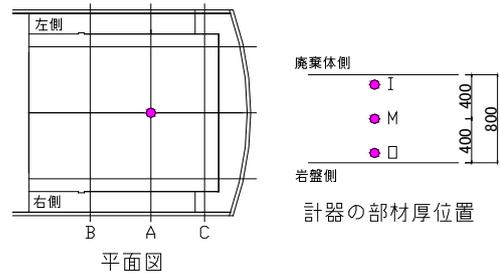
上部低拡散層の実ひずみ (中央、空洞軸方向)

+ : 膨張、- : 収縮

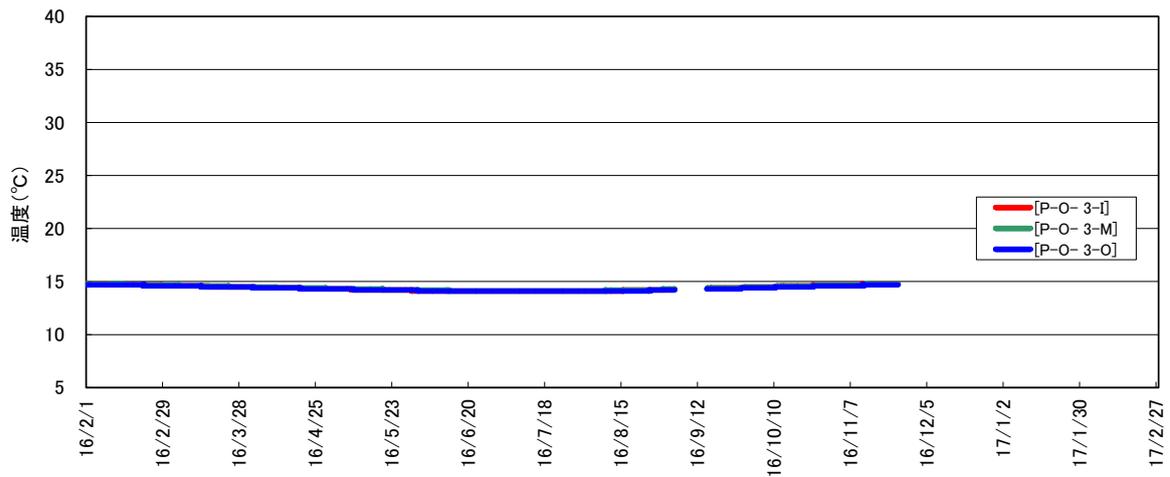


(2) ひずみ

図 4.2-24 上部低拡散層の計測結果 (部材中央)



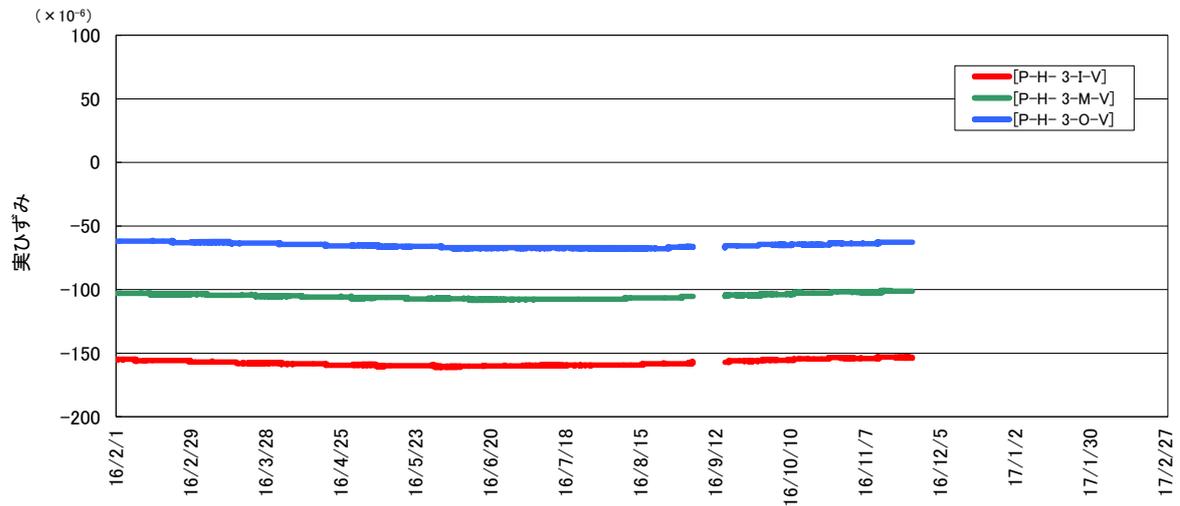
底部コンクリートピットの温度(A断面中央)



(1) 温度

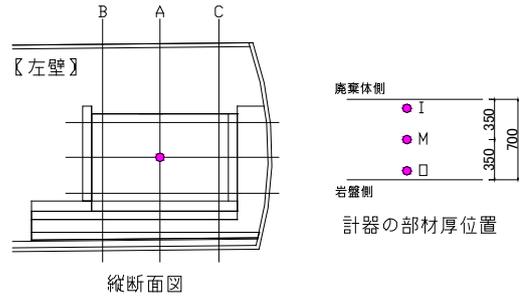
底部コンクリートピットの空洞軸方向実ひずみ (A断面中央)

+ : 膨張、- : 収縮

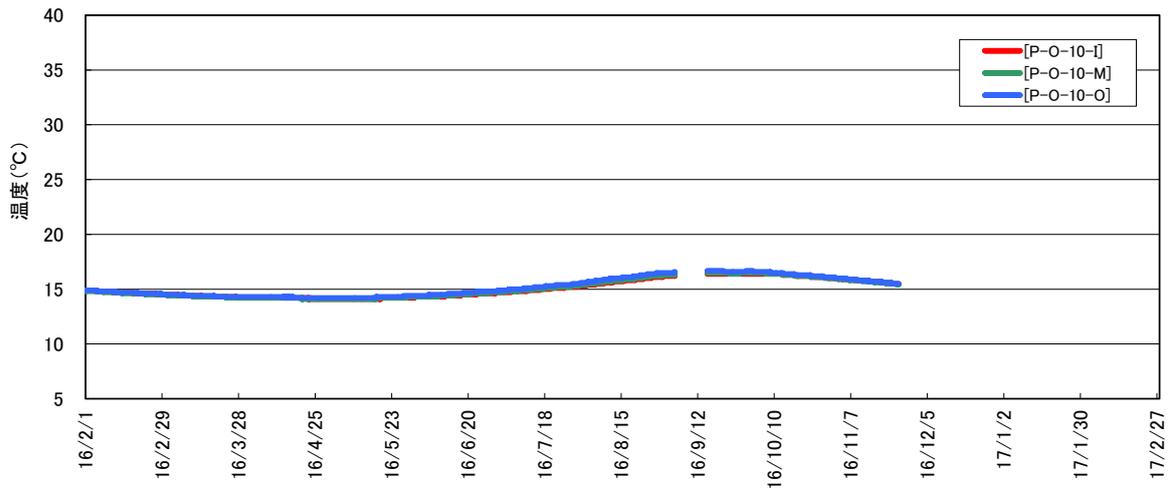


(2) ひずみ

図 4.2-25 底部コンクリートピットの計測結果 (部材中央)



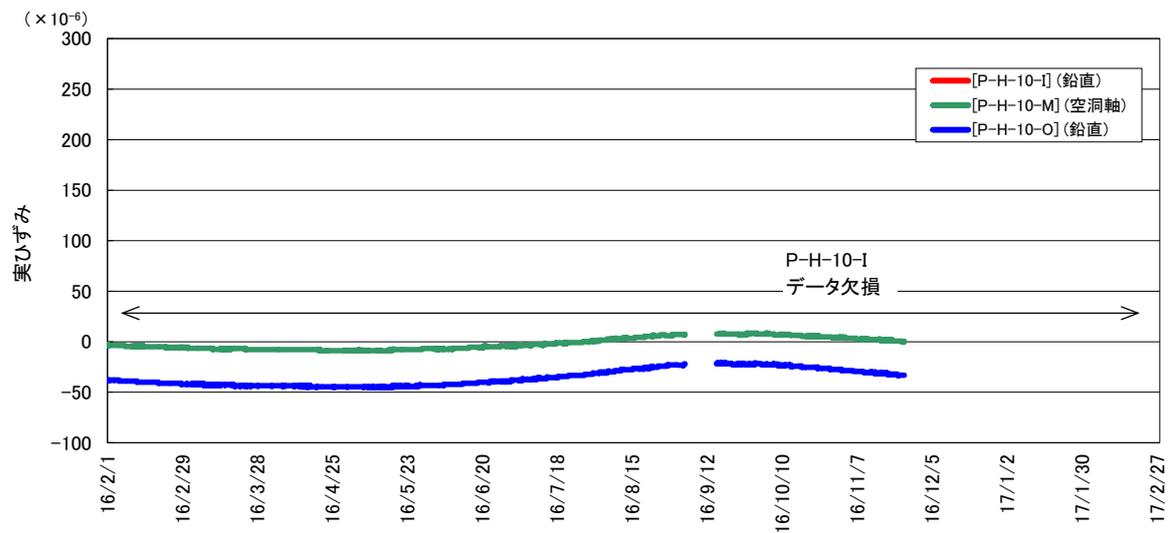
側部コンクリートピットの温度(A断面中段)



(1) 温度

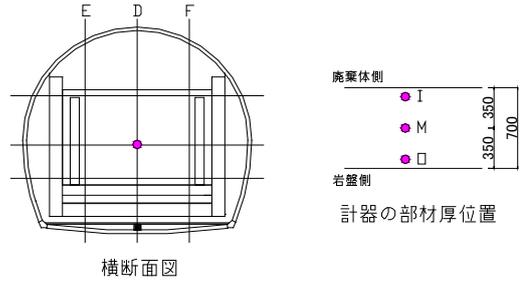
側部コンクリートピットの実ひずみ (A断面中段)

+ : 膨張、- : 収縮

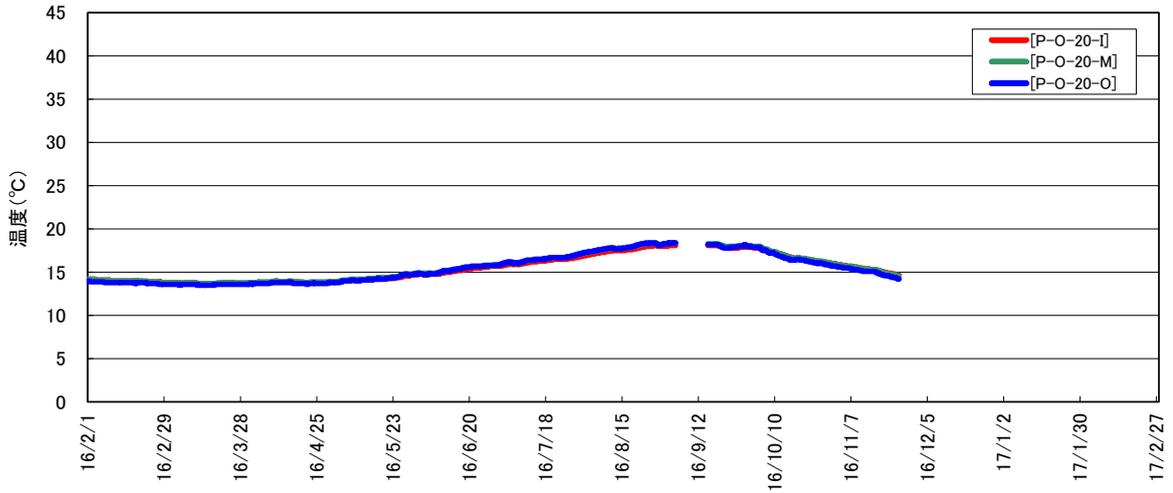


(2) ひずみ

図 4.2-26 側部コンクリートピットの計測結果 (部材中央)



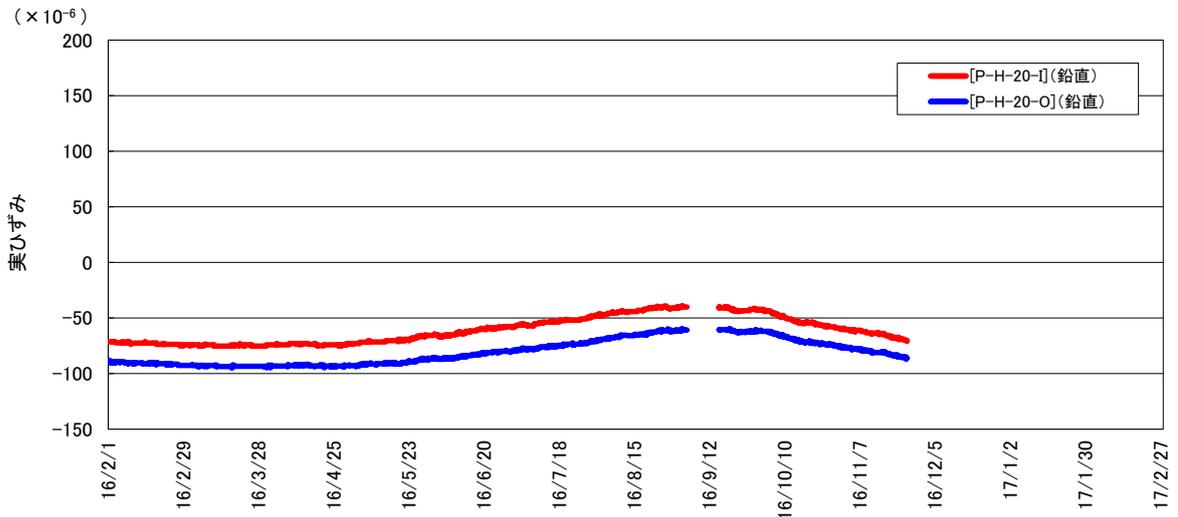
手前部コンクリートピットの温度(中央中段)



(1) 温度

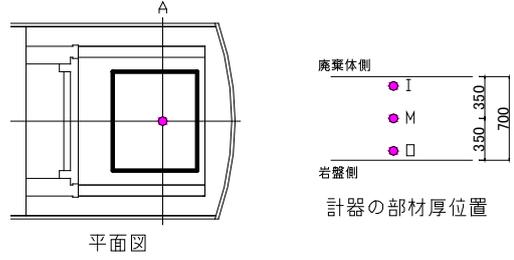
手前部コンクリートピットの実ひずみ (中央中段)

+ : 膨張、- : 収縮

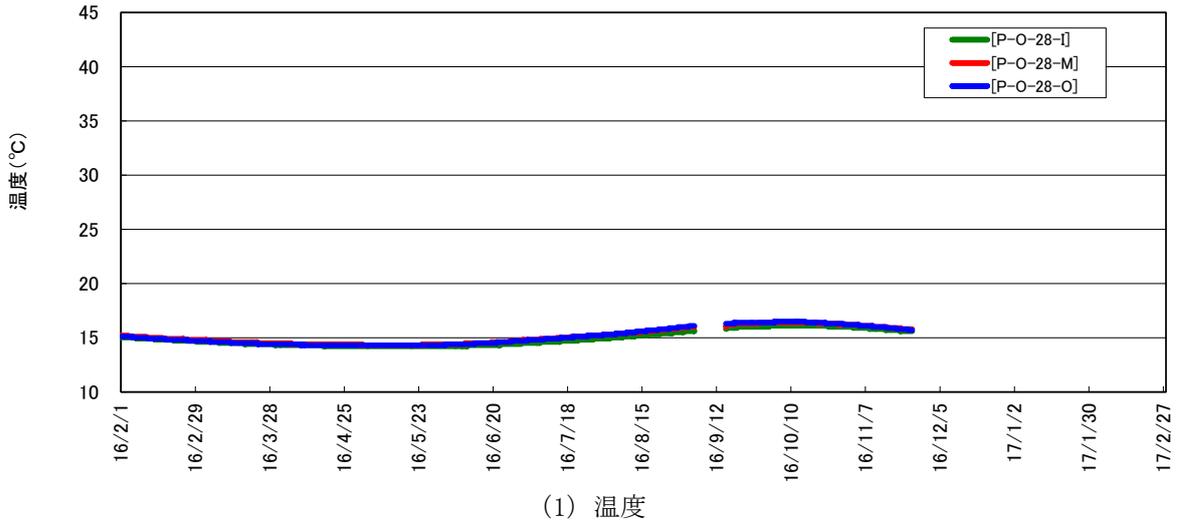


(2) ひずみ

図 4.2-27 手前部コンクリートピットの計測結果 (部材中央)



上部コンクリートピットの温度



上部コンクリートピットの実ひずみ (中央、空洞軸方向)

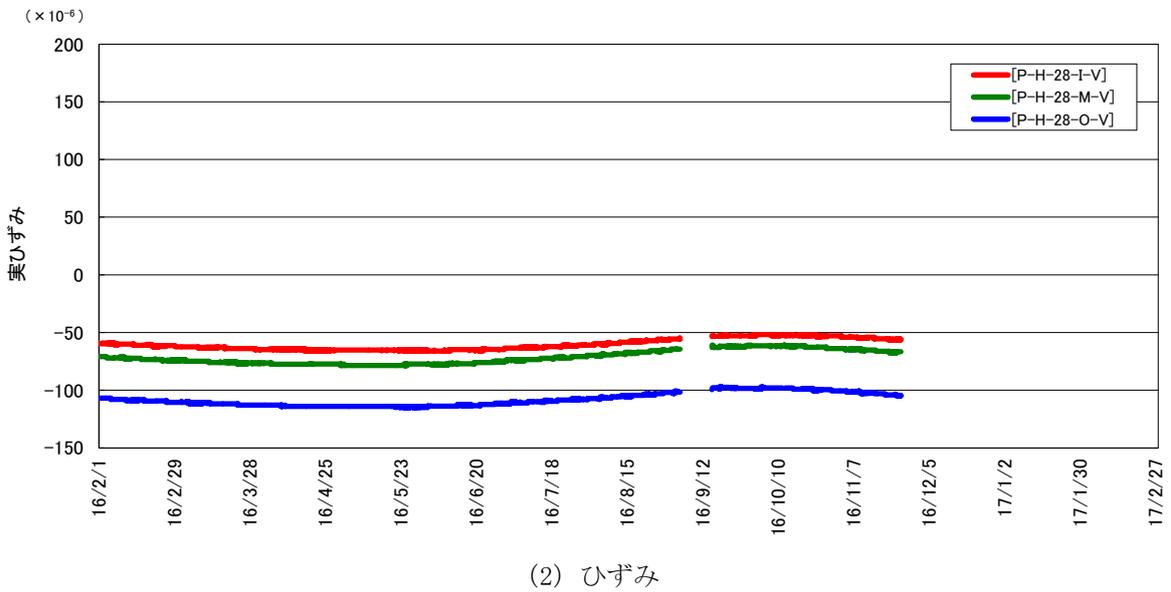


図 4.2-28 上部コンクリートピットの計測結果 (部材中央)

## (5) ひび割れ調査の分析評価

### 【目的】

上部低拡散層、上部コンクリートピット、側部低拡散層のひび割れ調査結果に関して、施設の挙動計測結果と比較・分析し、セメント系材料のひび割れ幅の増大、進展、新たなひび割れの発生について考察する。

調査対象は下記のとおりとし、調査実施日 H28 年 8 月 4 日および H28 年 12 月 14 日とした。

- ・ 上部低拡散層の上面
- ・ 上部コンクリートピットの上面
- ・ 左側側部低拡散層表面

同様に、底部低拡散層の BTV 観察結果に関して、施設の挙動計測結果と比較・分析し、セメント系材料のひび割れ幅の増大、進展、新たなひび割れの発生について考察する。

調査対象は下記のとおりとし、調査実施日 H28 年 12 月 14 日とした。

- ・ 底部低拡散層の水平ボーリング孔内

### 【まとめ】

- ・ 今年度のひび割れ調査結果より、上部低拡散層、上部コンクリートピット、左側側部低拡散層において昨年度の調査時からのひび割れ幅の増大、進展、新たなひび割れの発生は確認されなかった。
- ・ 上記対象部材の挙動計測結果においても、季節の温度変化に対応した応力変化が認められ、ひび割れの発生や進展するような不連続な応力挙動が認められないことから、ひび割れの発生や進展は生じていないものと評価され、ひび割れ調査結果と整合する結果が得られた。
- ・ 今年度の BTV 観察結果より、昨年度の観察時からの底部低拡散層のひび割れ幅の増大、進展、新たなひび割れの発生は確認されなかったが、深度 11.1m 以深で水の滲み出しによる“と考えられる”しみ”と、深度 13.74m 以深で“水の溜まり”が確認された。
- ・ 底部低拡散層の応力計測結果より、部材右側（空洞軸方向）で応力の急激な変化が認められた。隣接するひずみ計で同様な傾向が無いものの、計器近傍において空洞横断方向にひび割れが発生した可能性がある。
- ・ 底部低拡散層左側の BTV 観察孔で新規ひび割れの発生は確認されていないことから、仮にひび割れが生じたと仮定しても、そのひび割れ長さは短い局所的なもの、あるいは既存ひび割れが空洞横断方向に進展したのと考えられる。
- ・ 今後ひび割れの発生も含めて、BTV 観察孔で認められた溜まり水の起源、侵入経路の特定を検討する必要がある。

## 1) ひび割れ調査結果

### a. 上部低拡散層・上部コンクリートピット・側部低拡散層左側

上部低拡散層、上部コンクリートピットおよび側部低拡散層はそれぞれ2012年12月、2012年11月、2009年9月に施工され、その後も年2回程度の継続的に調査が行われている。今年度も調査を2回実施した（2016年8月4日、12月14日）。

上部低拡散層および上部コンクリートピットひび割れ調査結果（2回目）を図4.2-29、左側側部低拡散層のひび割れ調査結果（2回目）を図4.2-30に示す。どの部材においても、前回のひび割れ調査時から、ひび割れ幅の増大、進展、新たなひび割れの発生は確認されなかった。

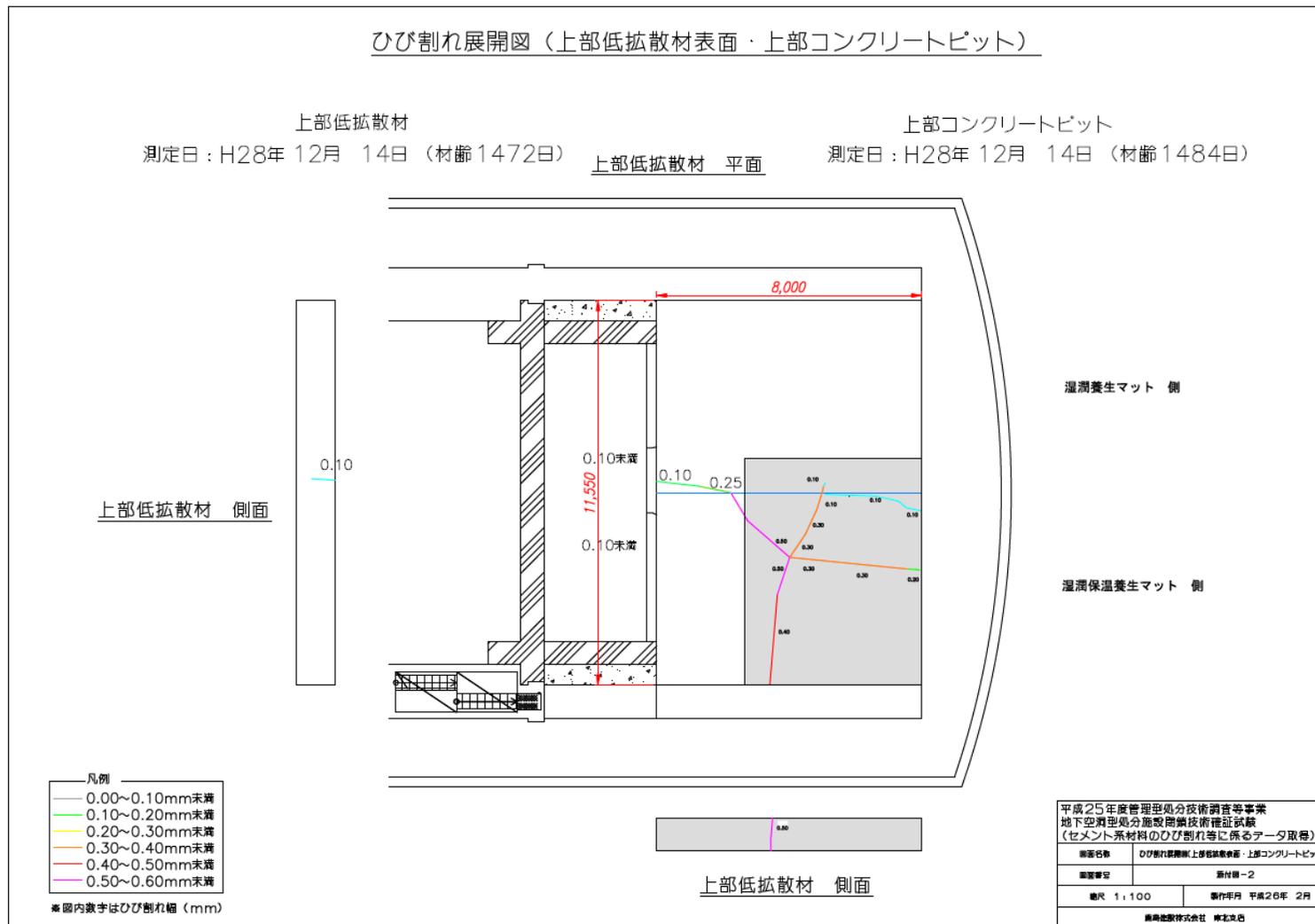


図 4.2-29 上部低拡散層および上部コンクリートピットひび割れ調査結果（平面図、側面図）

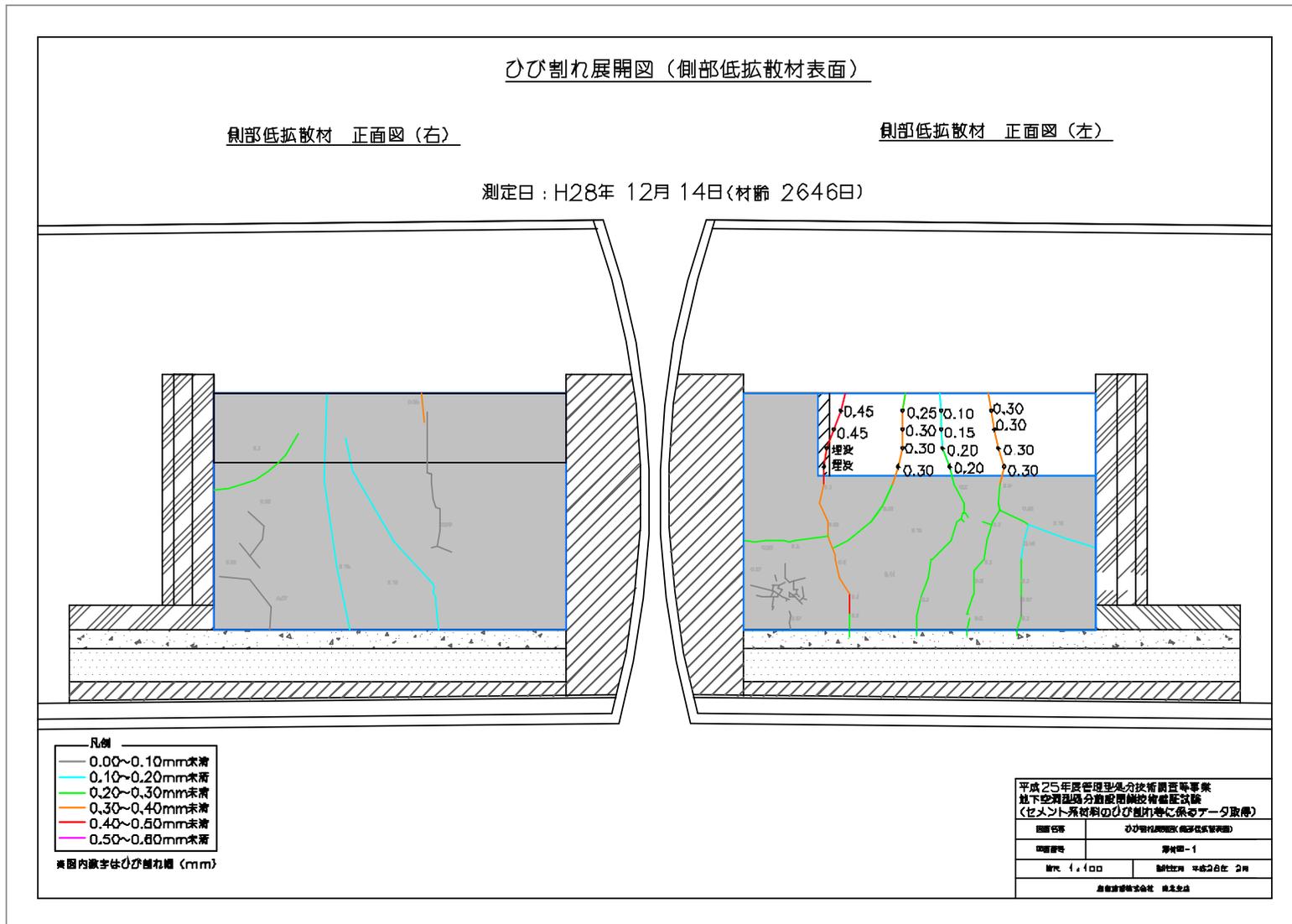


図 4.2-30 左側側部低拡散層ひび割れ調査結果（正面図）

b. 底部低拡散層

2008 年度に底部低拡散層で掘進したボーリング孔を用いて、BTV によりひび割れ観察を行った。ボーリング孔の位置を図 4.2-31、図 4.2-32 示す。水平位置は部材中心から左へ 1,875mm である。鉛直位置は、厚さ 600mm の底部低拡散層上端より 250mm 下、下端より 350mm 上である。BTV 観察長は、ボーリング孔長 15.2m のうち、BTV 観察装置のカメラ設置位置より前方プローブ長分 (17cm) を除く、約 15.0m 程度とした。

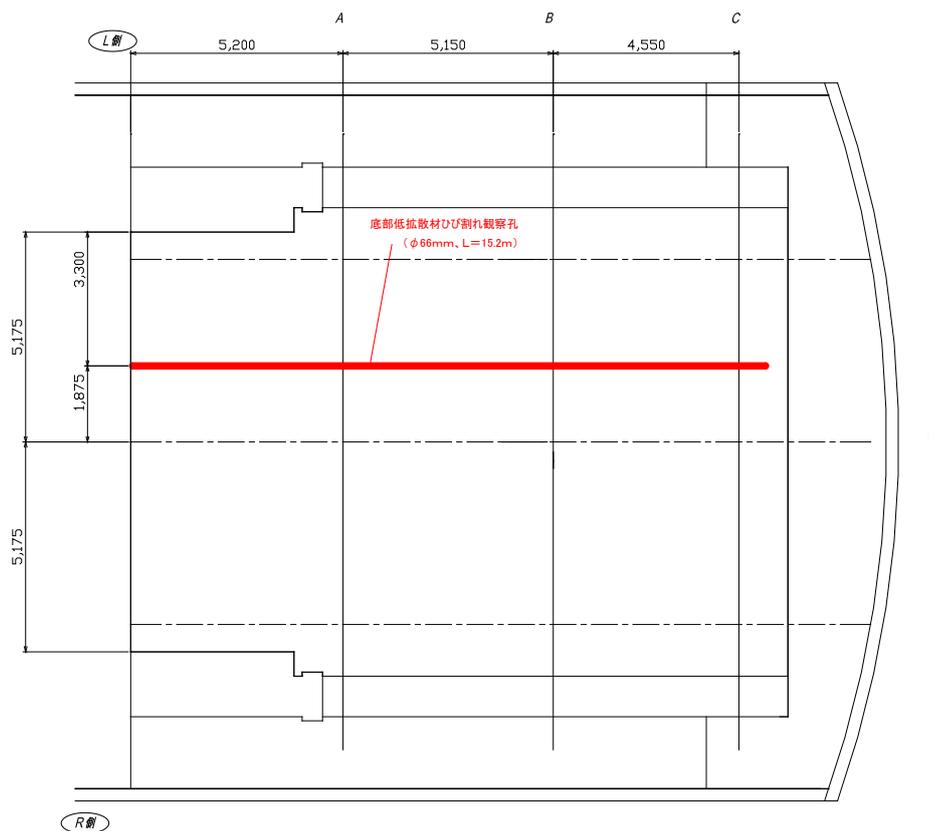


図 4.2-31 BTV 観察孔水平位置図

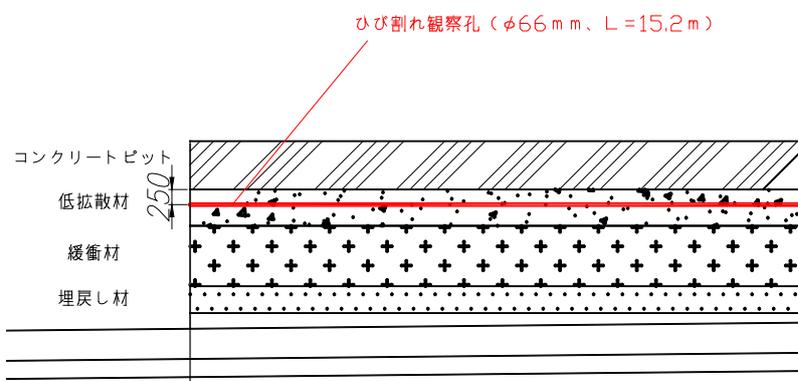


図 4.2-32 BTV 観察孔鉛直位置図

(a) ひび割れ

底部低拡散層の BTV 観察において、割れ目が確認された 3 箇所を 図 4.2-33～図 4.2-35 に示す。これらの割れ目は、昨年度までの BTV 観察でも確認されており、今年度新規の割れ目は確認されなかった。また、割れ目の開口幅についても、昨年度からの変動は認められなかった。

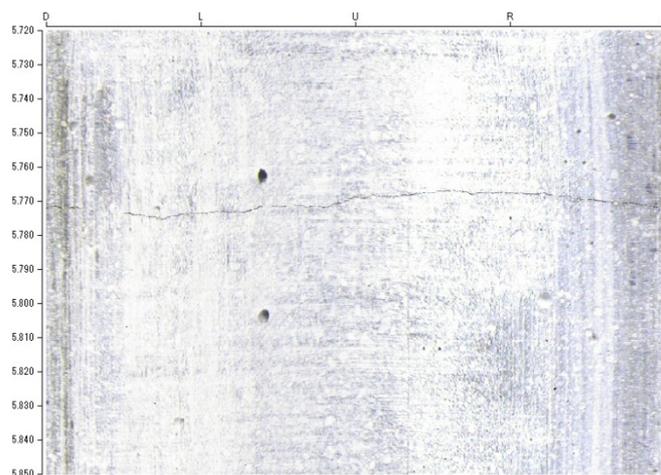


図 4.2-33 底部低拡散層の BTV 観察結果（深度 5.772m 付近の割れ目）

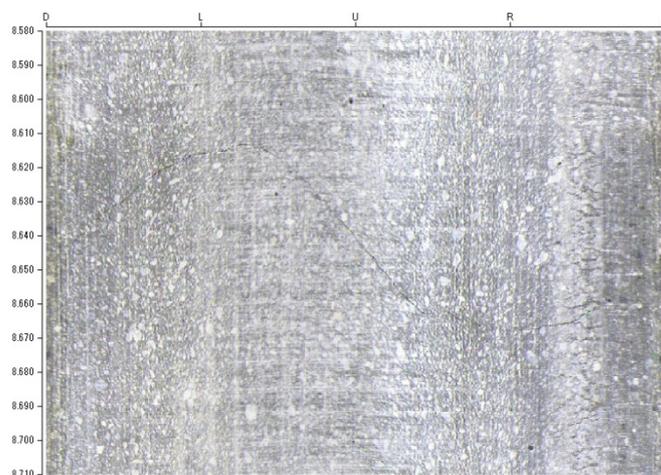


図 4.2-34 底部低拡散層の BTV 観察結果（深度 8.646m 付近の割れ目）

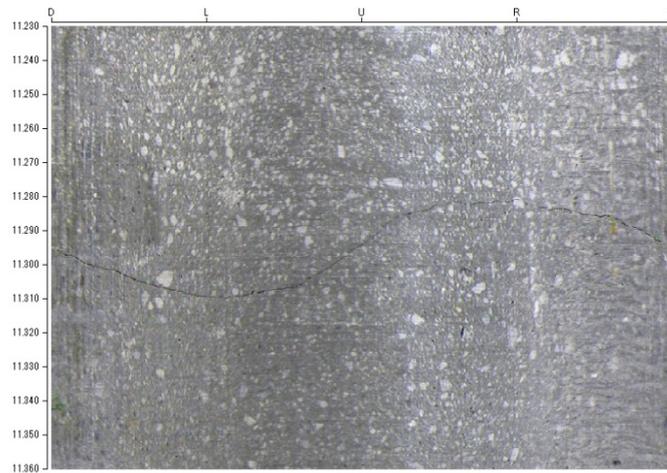


図 4.2-35 底部低拡散層の BTV 観察結果（深度 11.295m 付近の割れ目）

(b) 水の溜まり

今回の BTV 観察において、深度 11.1m 以深で水の滲み出しによると思われる“しみ”と深度 13.74m 以深で“水の溜まり”が確認された（図 4.2-36 参照）。“水の溜まり”区間では薄い膜状の浮遊物も確認されている。

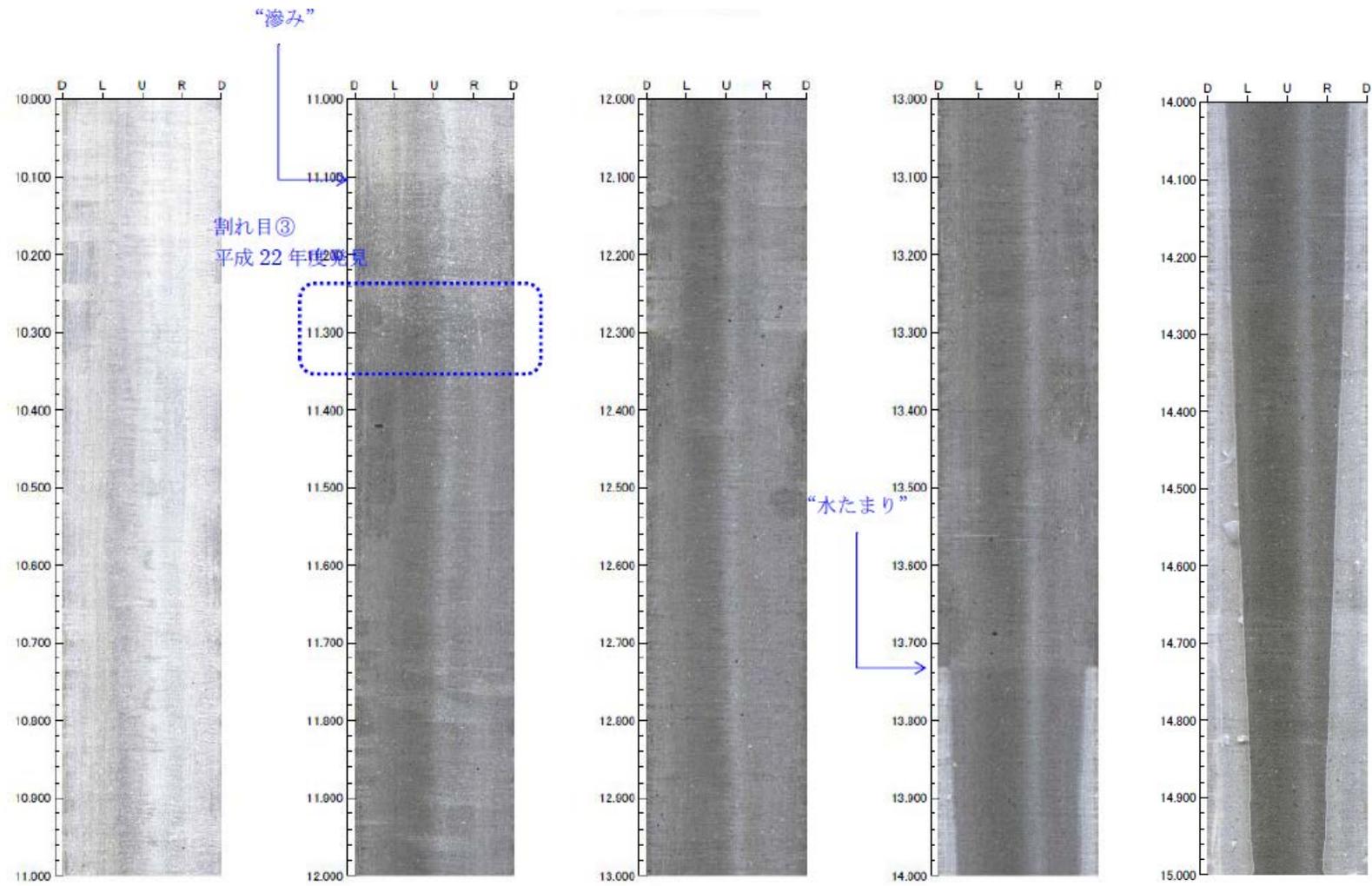


図 4.2-36 底部低拡散層の BTV 観察結果 (深度 10m~15m)

BTV 観察結果の展開図から溜まり水の概算量を算出した。算出方法を以下に示す。

### 算出方法

BTV 観察展開図の任意の位置で、溜まり水の円周方向長を計り、実寸法との比率から当該断面での溜まり水の断面積を求める。断面積は奥行き 10cm 毎に計ることとして、各位置での断面積と区間長を掛けた容積を全区間で合計して溜まり水の概算量を算出した。なお、算出に当たっては BYV プローブの面積分を差し引くが、BTV は観測孔の中心を移動すると仮定した。

#### 【実寸法】

観察孔径：φ 6.6cm

→観察孔円周長：6.6π cm

BTV プローブ径：φ 5.0cm

#### 【BYV 展開図上の寸法】

観察孔の円周長：4cm

#### 【計算式】

区間 (①～⑬) ごとの溜まり水の量(ml)

$$\{(3.3)^2 \pi \times a_n / 4 - (2.5)^2 \pi \times a_n / 4\} \times 10$$

扇形の面積    プローブの面積

※区間で水位は異なるが、両端の水位を平均し、その平均水位を区間の代表値とした。

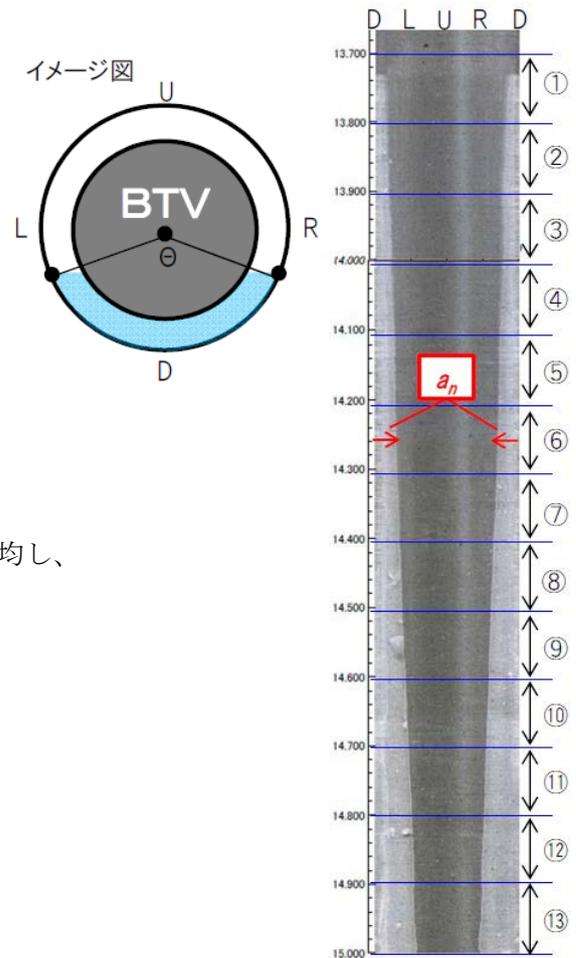


図 4.2-37 BTV 観察結果展開図

表 4.2-4 概算結果

区間	平均 $a_n$	水量
①	0.30 cm	10.9 ml
②	0.60 cm	21.9 ml
③	0.70 cm	25.5 ml
④	0.90 cm	32.8 ml
⑤	1.10 cm	40.1 ml
⑥	1.20 cm	43.7 ml
⑦	1.30 cm	47.4 ml
⑧	1.50 cm	54.7 ml
⑨	1.70 cm	62.0 ml
⑩	1.80 cm	65.6 ml
⑪	1.90 cm	69.2 ml
⑫	2.10 cm	76.5 ml
⑬	2.30 cm	83.8 ml

合計 (①～⑬)    634ml

概算の結果、溜まり水の量は約 600ml となった。

図 4.2-38 に示す BTV 展開図は、BTV の移動につられて水も奥に移動し、一時的に水かさが増したときの写真であるため、算出した水位は実際の水位より高めに写されている可能性が高い。したがって、算出した水量は実際の水量より多く見積もっていることに留意する。

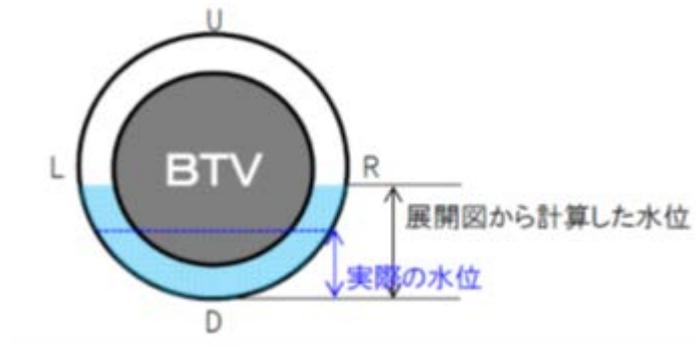


図 4.2-38 概算水位と実際の水位の違い

昨年度までの BTV 観察で確認されたひび割れは 3 箇所であり、図 4.2-39 に示すとおりである。図には、今回の観察で確認された水の滲みの区間（深度 11.1m 以深）、溜まり水の確認された区間（深度 13.74m 以深）を示した。

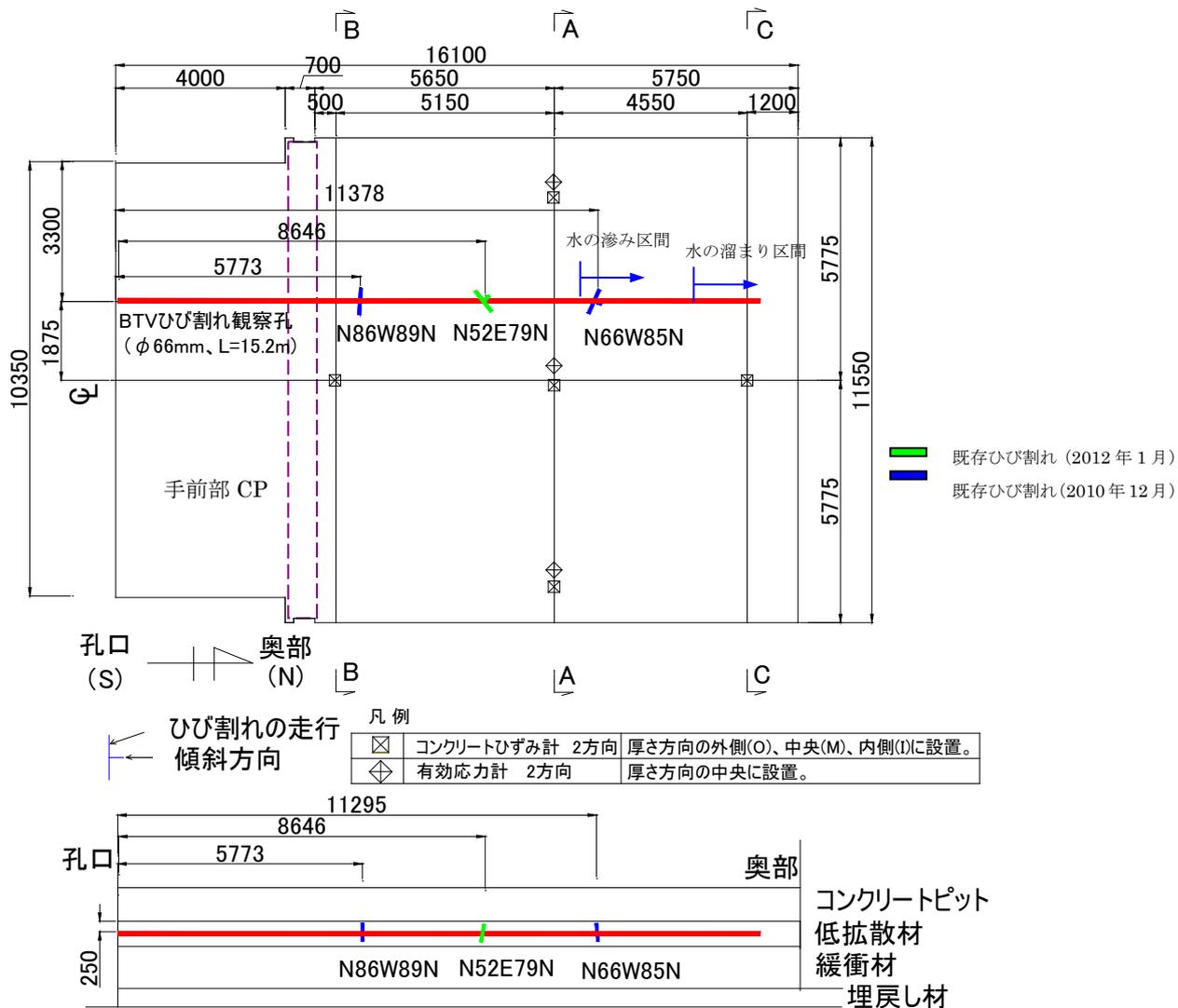


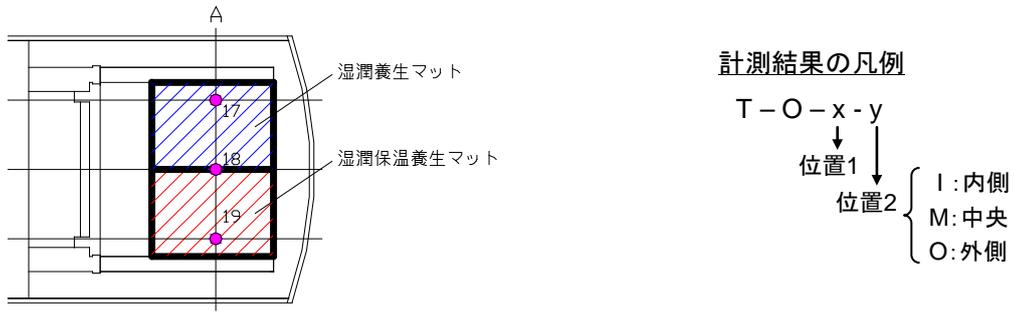
図 4.2-39 BTV 観察結果

## 2) ひび割れ評価

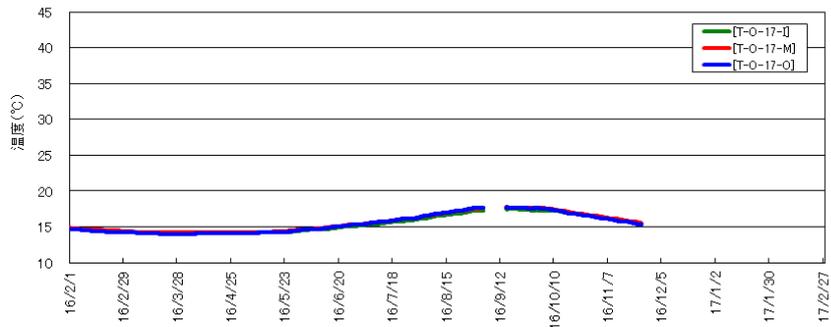
### a. 上部低拡散層

上部低拡散層の温度計測結果を図 4.2-40、応力計測結果を図 4.2-41 に示す。両者ともに、全計測器において年間を通して季節の温度変化に伴う変動をしている。

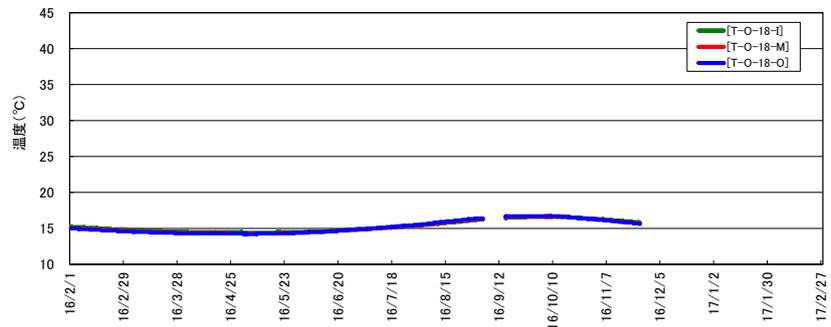
以上より、今年度の期間中に上部低拡散層にひび割れは発生していないものと考えられ、ひび割れ調査結果と整合する。



上部低拡散層の温度(左側、湿润養生マット)



上部低拡散層の温度(中央)



上部低拡散層の温度(右側、湿润保温養生マット)

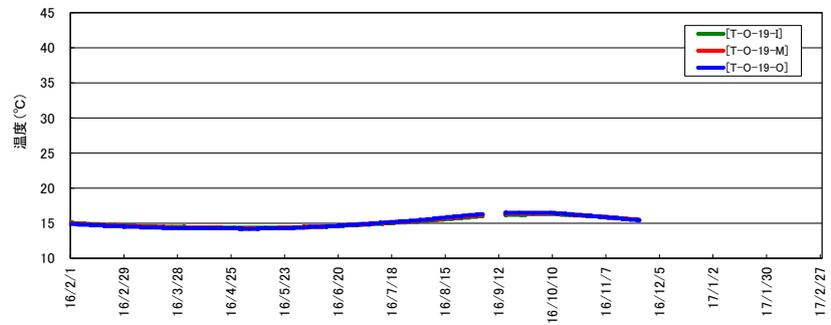
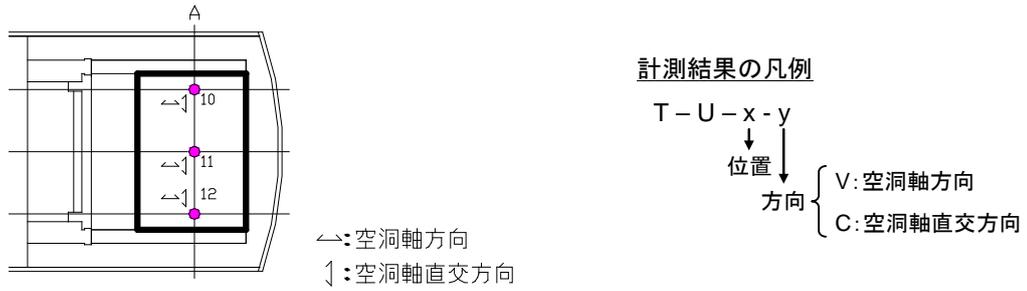
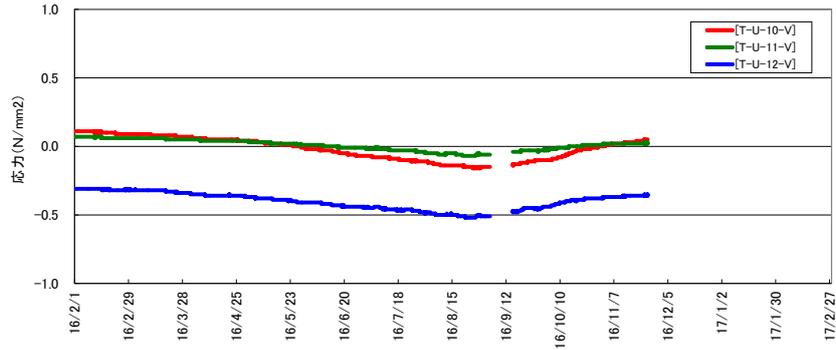


図 4.2-40 上部低拡散層の温度計測結果



上部低拡散材のモルタル応力(空洞軸方向)

+ : 引張、- : 圧縮



上部低拡散材のモルタル応力(空洞横断方向)

+ : 引張、- : 圧縮

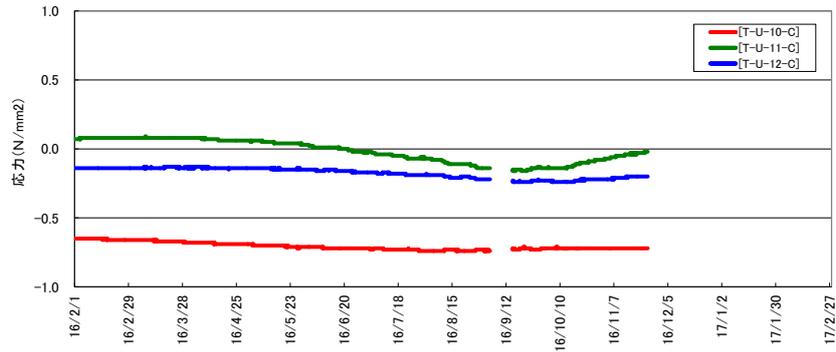


図 4.2-41 上部低拡散層のモルタル応力計測結果

b. 上部コンクリートピット

上部コンクリートピットの温度計測結果を図 4.2-42、応力計測結果を図 4.2-43 に示す。上部低拡散層の挙動と同様に、温度、応力ともに、全計測器において年間を通して季節の温度変化に伴う変動をしている。

上より、今年度の期間中に上部コンクリートピットにひび割れは発生していないものと考えられ、ひび割れ調査結果と整合する。



上部コンクリートピットの温度

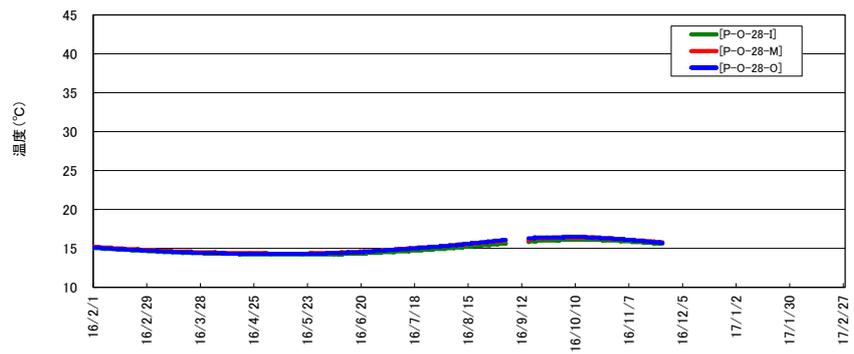


図 4.2-42 上部コンクリートピットの温度計測結果

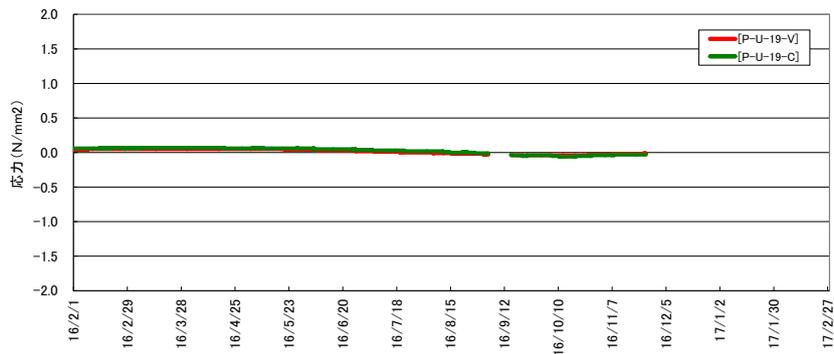
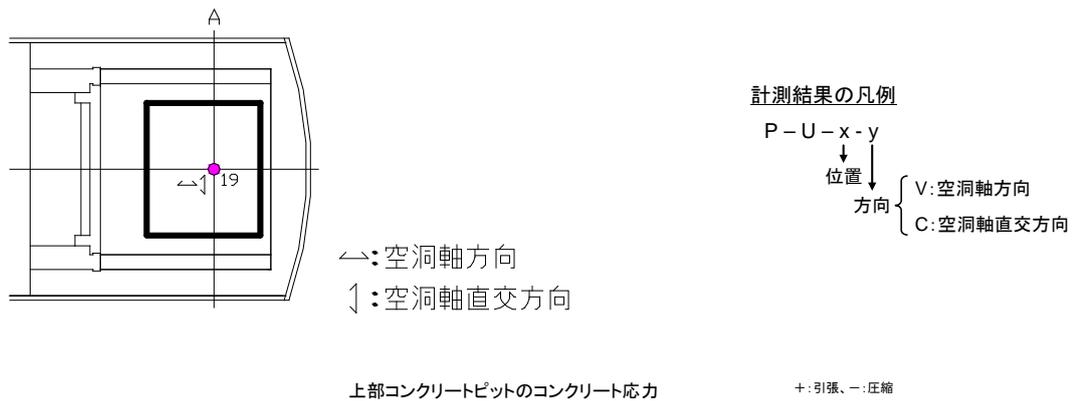
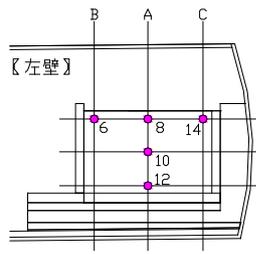


図 4.2-43 上部コンクリートピットの応力計測結果

### c. 側部低拡散層

左側側部低拡散層の中央測線である A 断面（上段、中段、下段）の温度計測結果を図 4.2-44、応力計測結果を図 4.2-45 に示す。上部低拡散層および上部コンクリートピットの挙動と同様に、温度、応力ともに、全計測器において年間を通して季節の温度変化に伴う変動をしており、空洞気温の影響を受けやすいと考えられる上段計器に示すように、左側の側部低透水路の上部は一部未施工) は、その他の中段および下段計器より変動が大きくなっている。

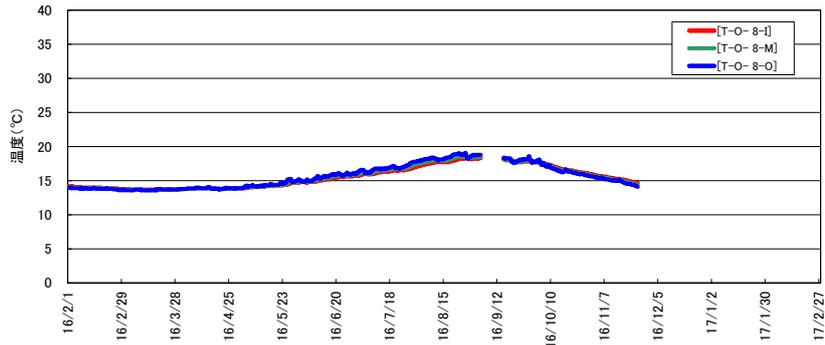
以上より、今年度の期間中に左側側部低拡散層にひび割れは発生していないものと考えられ、ひび割れ調査結果と整合する。



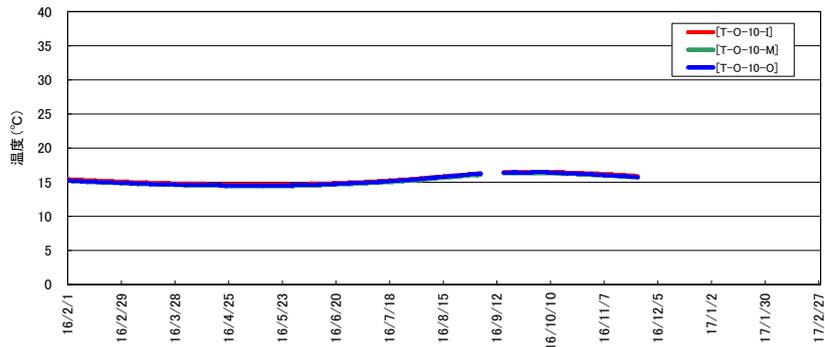
計測結果の凡例

- T-O-x-y  
 ↓  
 位置1 位置2  
 I: 模擬廃棄体側  
 M: 中央  
 O: 岩盤側

側部低拡散層の温度(A断面上段)



側部低拡散層の温度(A断面中段)



側部低拡散層の温度(A断面下段)

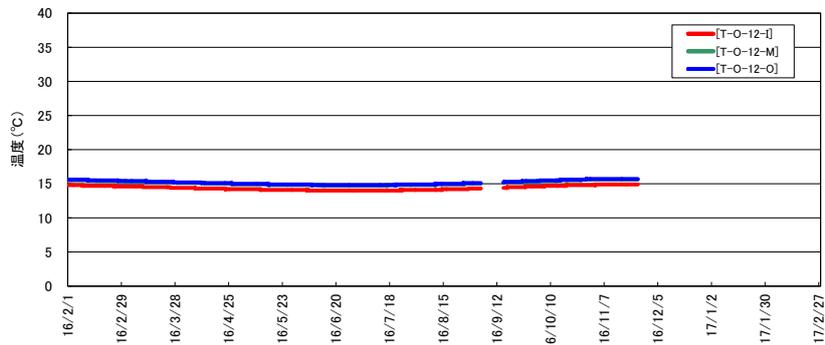


図 4.2-44 側部低拡散層の温度計測結果

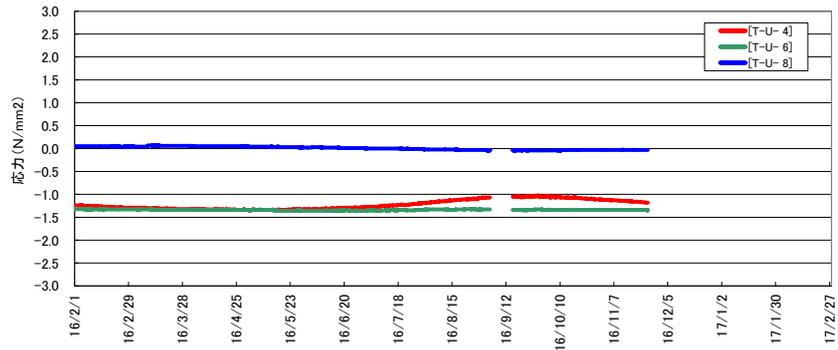
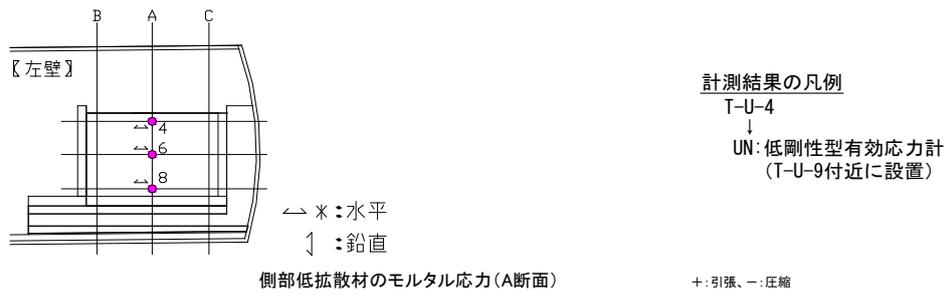


図 4.2-45 側部低拡散層の応力計測結果

#### d. 底部低拡散層

##### (a) 計測挙動の分析

今年度 12 月 14 日に実施した BTV 観察の結果で新規ひび割れの発生、既存ひび割れ幅の拡大、進展は確認されていない。ここでは、底部低拡散層に設置した計器の計測挙動により、ひび割れ発生の有無を分析した。また、BTV 観察時に観察孔内で水の溜まりが確認されている。底部低透水層側から水が浸入した可能性があることから、底部低透水層の計測挙動も整理した。

##### <計測挙動対象>

- ・ 底部低拡散層：温度、ひずみ、応力
- ・ 底部低透水層：間隙水圧、沈下・土圧

#### 底部低拡散層設置計器

##### 【温度】

底部低拡散層の温度計測結果を図 4.2-46～図 4.2-47 に示す。年間を通して坑内気温の季節変化に伴う変動をしている。坑口側端部に近い計器（B 断面中央）での温度変化が相対的に大きく、部材中央から妻側に設置した A 断面、C 断面では温度変化が小さい傾向にある。

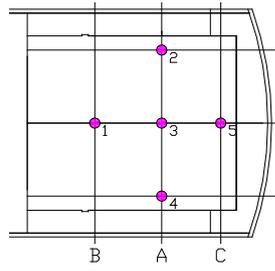
##### 【ひずみ】

底部低拡散層の空洞軸方向のひずみ計測結果を図 4.2-48 に示す。年間を通じてひずみ変化は小さい。

##### 【応力】

底部低拡散層の応力計測結果を図 4.2-49 に示す。底部低拡散層の中央、左側では特徴的な挙動は認められないが、右側の空洞軸方向の応力が圧縮側に急変（2016 年 11 月）している。

隣接するひずみ計器で同様な傾向は認められないことから計器故障の可能性がある。仮に有効応力計の挙動が計器近傍のひび割れを感知したのものとしても、底部低拡散層左側の BTV 観察孔で新規ひび割れの発生は確認されていないことから、ひび割れ長さは短い局所的なもの、あるいは既存ひび割れが空洞横断方向に進展したものと考えられる。応力値の急変は今年度の点検後の挙動であるため、来年度の点検で計器異常の有無について確認を行うこととする。



測定結果の凡例

T-O-1-x

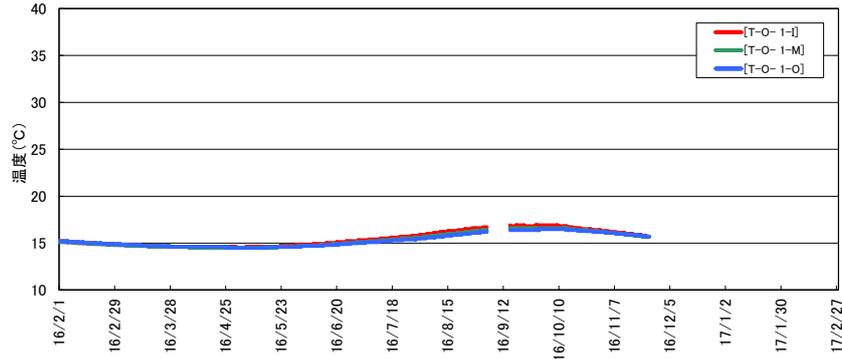
↓  
計器位置

I: 上段

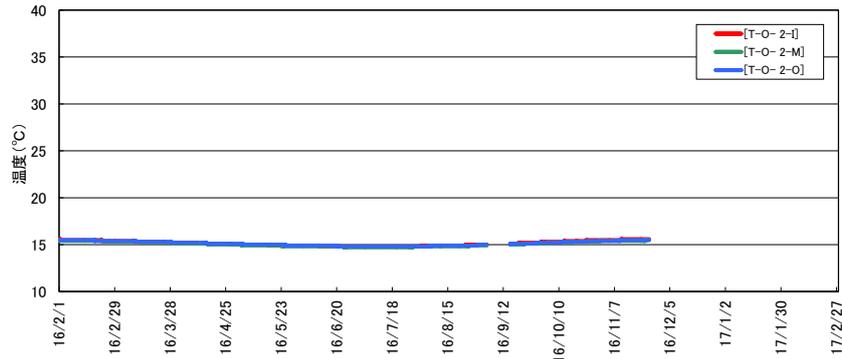
M: 中段

O: 下段

底部低拡散層の温度 (B断面中央)



底部低拡散層の温度 (A断面左)



底部低拡散層の温度 (A断面中央)

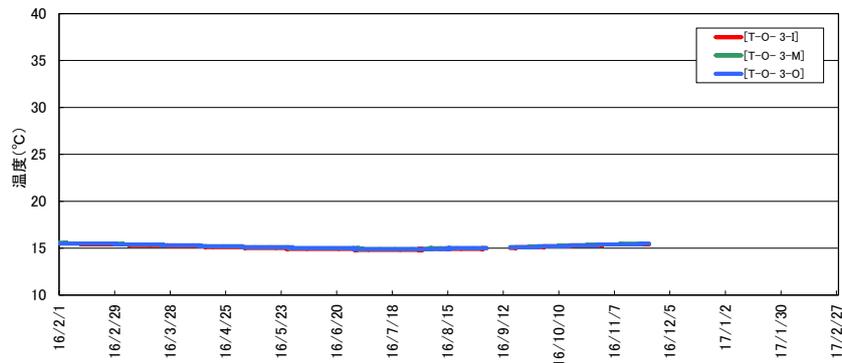
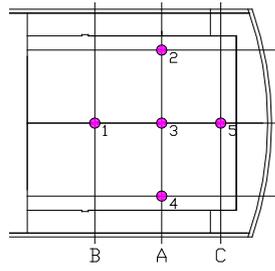


図 4.2-46 底部低拡散層の温度計測結果 (1/2)



測定結果の凡例

T-0-1-x

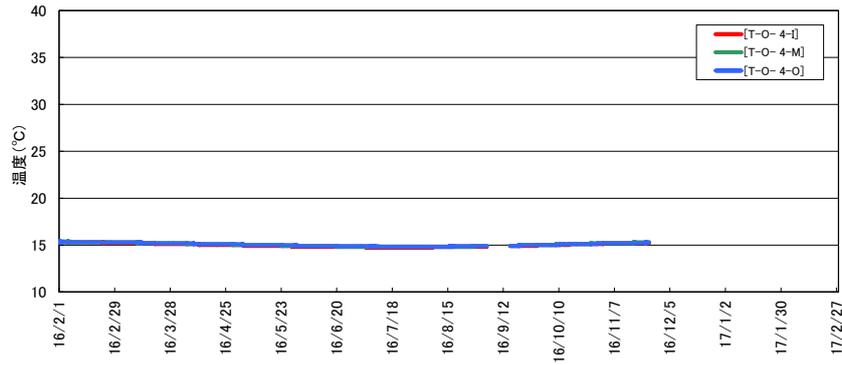
↓  
計器位置

I: 上段

M: 中段

O: 下段

底部低拡散層の温度 (A断面右)



底部低拡散層の温度 (C断面中央)

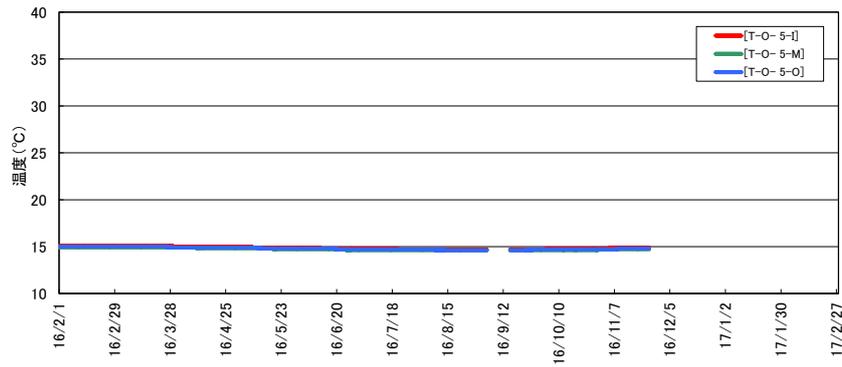
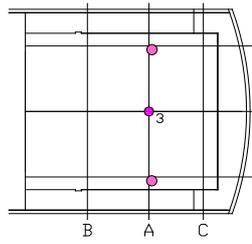


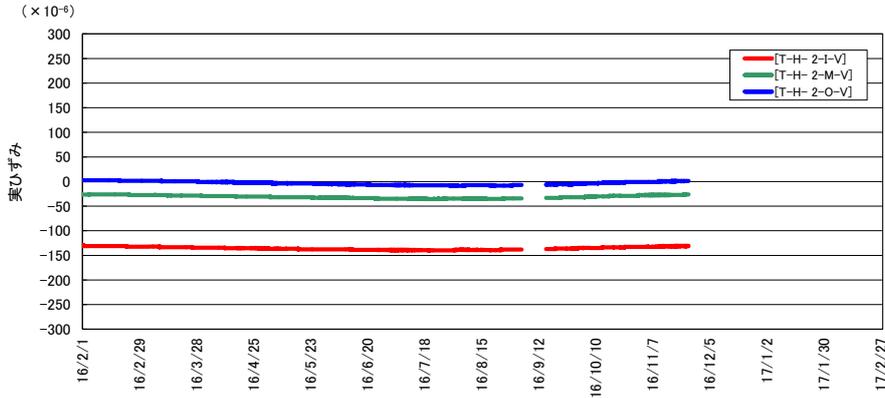
図 4.2-47 底部低拡散層の温度計測結果 (2/2)



測定結果の凡例  
 T-H-1-x-y  
 ↓ 測定方向  
 V: 空洞軸  
 C: 空洞横断  
 ↓ 計器位置  
 I: 上段  
 M: 中段  
 O: 下段

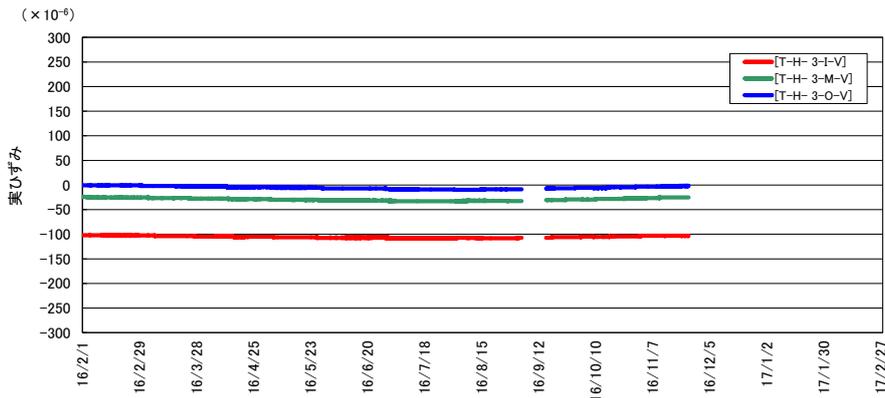
底部低拡散層の空洞軸方向実ひずみ (A断面左)

+ : 膨張、- : 収縮



底部低拡散層の空洞軸方向実ひずみ (A断面中央)

+ : 膨張、- : 収縮



底部低拡散層の空洞軸方向実ひずみ (A断面右)

+ : 膨張、- : 収縮

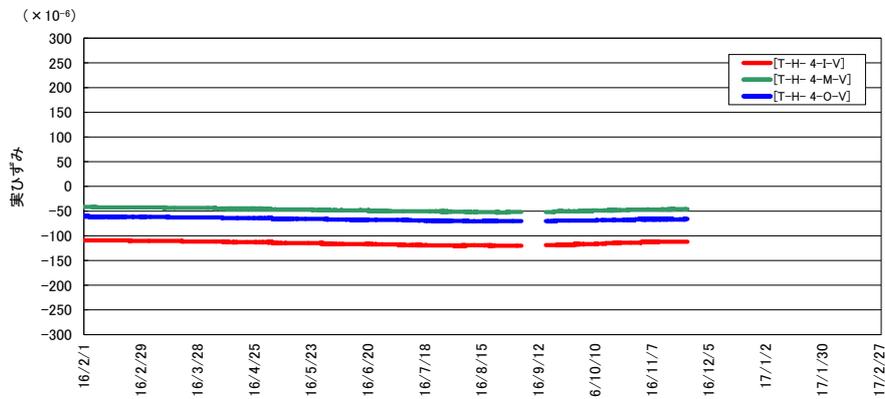
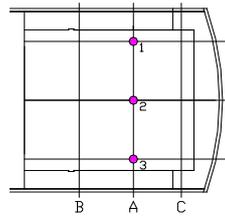


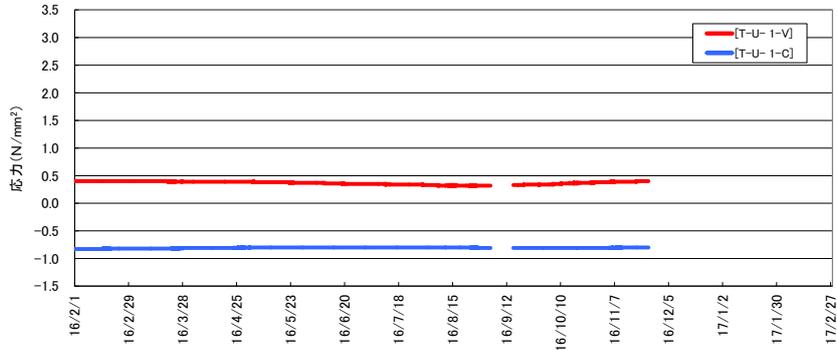
図 4.2-48 底部低拡散層のひずみ (空洞軸方向) 計測結果



測定結果の凡例  
 T-U-1-x  
 ↓  
 測定方向  
 V: 空洞軸  
 C: 空洞横断

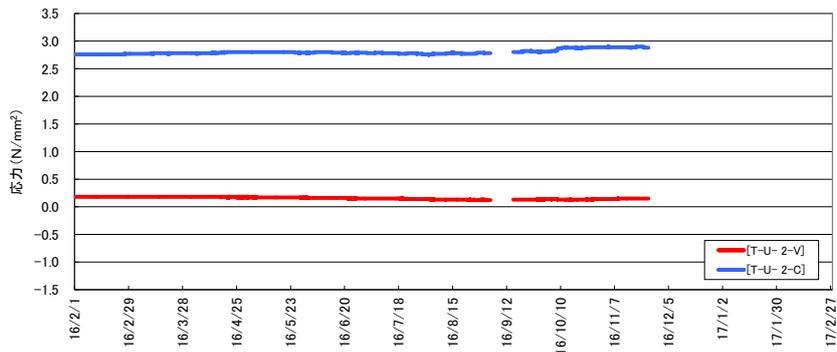
底部低拡散材のモルタル応力 (A断面左)

+ : 引張、- : 圧縮



底部低拡散材のモルタル応力 (A断面中央)

+ : 引張、- : 圧縮



底部低拡散材のモルタル応力 (A断面右)

+ : 引張、- : 圧縮

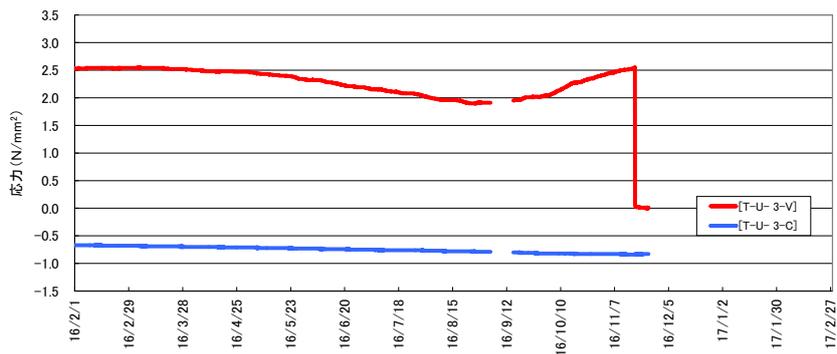


図 4.2-49 底部低拡散層の応力計測結果

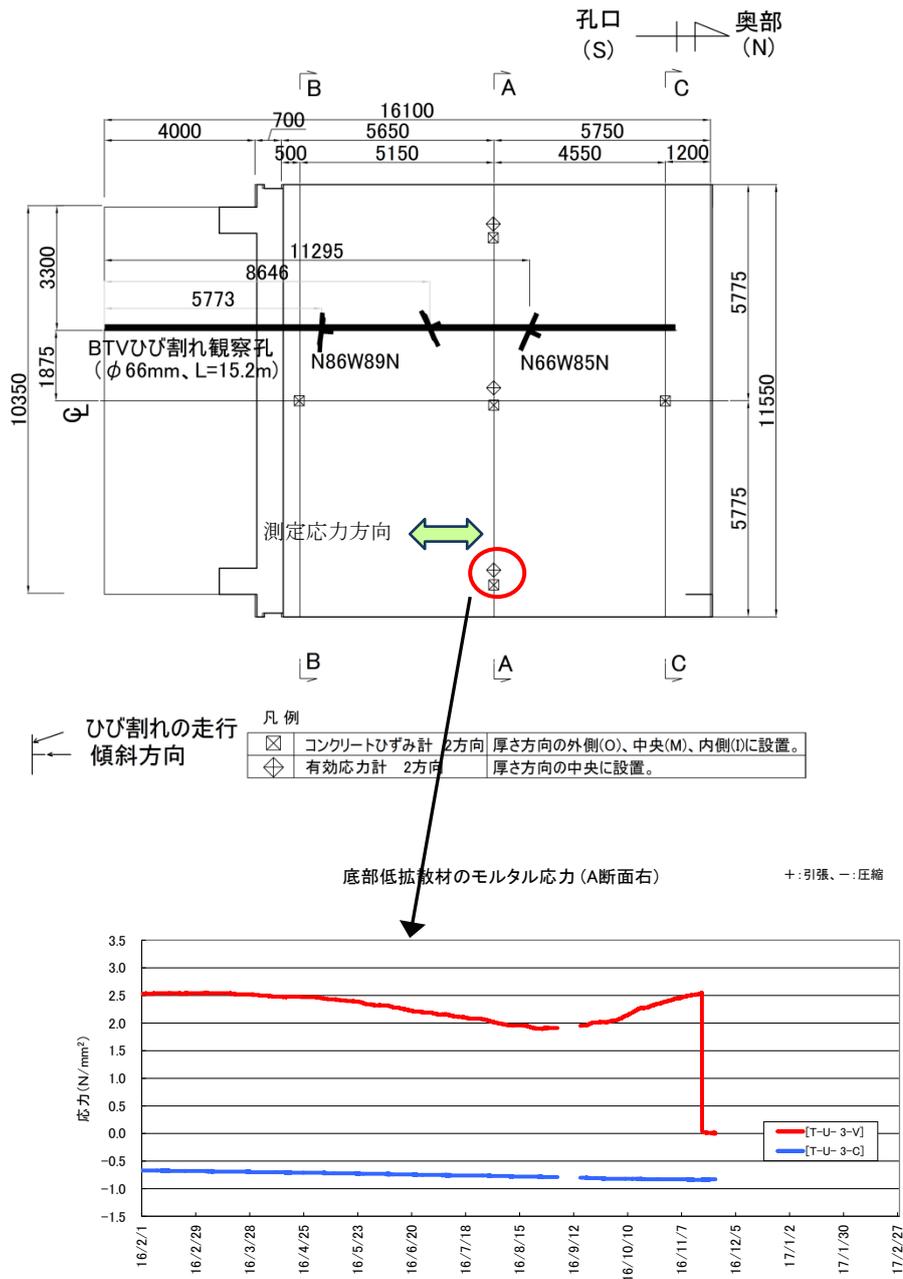


図 4.2-50 BTV 観察の既存ひび割れと応力計設置位置の関係

## 底部低透水層設置計器

### 【間隙水圧】

底部低透水層と底部埋戻し材の境界に設置した間隙水圧計測結果を図 4.2-51 に示す。間隙水圧に変動は認められないことから、底部低透水層と底部埋戻し材の境界に水が浸入した可能性は小さい。

### 【沈下・土圧】

底部低拡散層のボーリング孔内の溜まり水が底部低透水層側から侵入したと仮定すると、ベントナイトは膨潤するはずである。「(3) 底部低透水層の計測結果の分析評価」で示したように、底部低透水層の沈下、土圧の各挙動に変状は認められないことから、ベントナイトは膨潤しておらず、底部低透水層を侵入経路とした水の浸入の可能性は小さい。

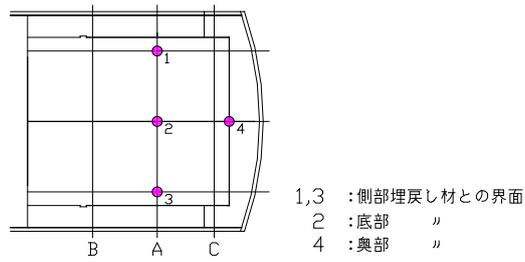
## 底部低拡散層・底部低透水層の計測結果のまとめ

### 底部低拡散層のひび割れ

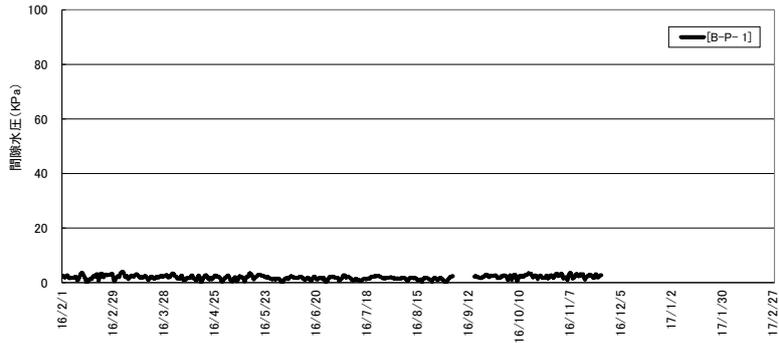
- 底部低拡散層の右側に設置した空洞軸方向応力計の測定結果で、応力の急激な変化が認められた。隣接するひずみ計で同様な変化が認められないが計器近傍でひび割れが発生した可能性がある。
- BTV 観察で新規ひび割れの発生や既存ひび割れ幅の増大は確認されていないため、ひび割れが新たに発生したとしても、ひび割れ長さは短く、部材右側で局所的なひび割れ、あるいは既存ひび割れが右側に進展したものと考えられる。

### 底部低透水層への水の浸入

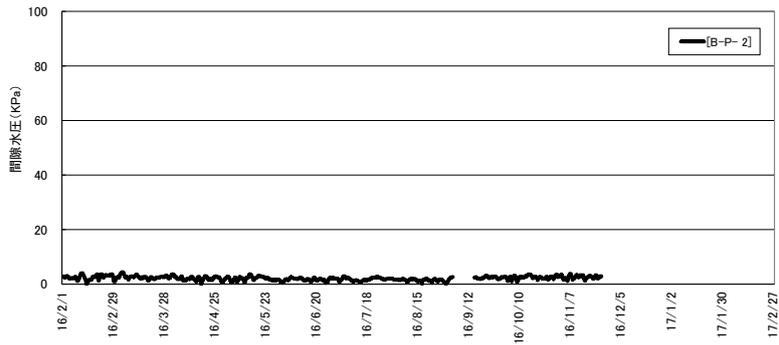
- 底部埋め戻し材と底部低透水層の境界において間隙水圧の変化は無く、底部低透水層の下部から水が浸入した痕跡は認められない。
- 沈下計、土圧計の計測挙動は昨年度までと大きくかわらず、特異な挙動を示していないことから外部から底部低透水層に水が浸入してベントナイトが膨潤した可能性は小さい。
- 以上から、底部低透水層を侵入経路として底部低拡散層の観察孔内に水が浸入した可能性は小さい。



底部低透水層の間隙水圧 (A断面左側)



底部低透水層の間隙水圧 (A断面中央)



底部低透水層の間隙水圧 (C断面中央)

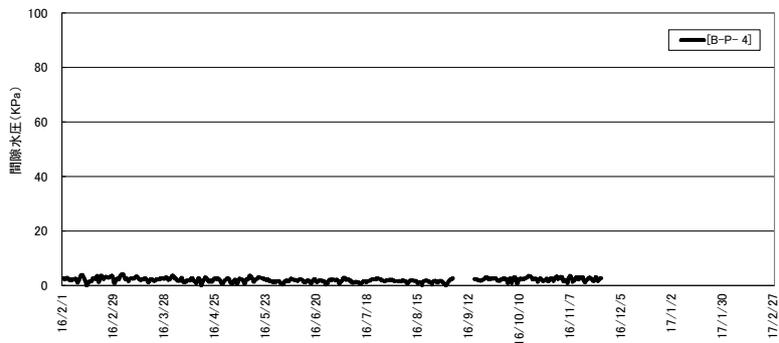


図 4.2-51 底部低透水層の間隙水圧計測結果

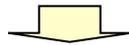
(b) 水の溜まりに関する考察

BTV 観察孔の深部で確認された溜まり水の原因（発生源）として以下が考えられる。

- ① 地下水
- ② 施工試験で使用した水
- ③ 停電時（2016年10月1日）の水没による浸水
- ④ 試験空洞内の結露

**地下水が外部から侵入**

- 底部低拡散層への地下水の浸入経路は、防水シート、埋め戻し材（コンクリート）、低透水層（底部・側部）となる。
- 防水シートは全面に敷設されている。また、埋め戻し材コンクリートは施工終了時の調査でひび割れは確認されていない。
- 低透水層は低透水であり、低透水層を水が通過するにはかなりの時間を要する。また、低透水層内に侵入した場合、ベントナイトは膨潤するが、計測挙動から膨潤した痕跡は認められない。



地下水が試験施設の外から侵入して底部低透水層を通過した可能性は小さい。

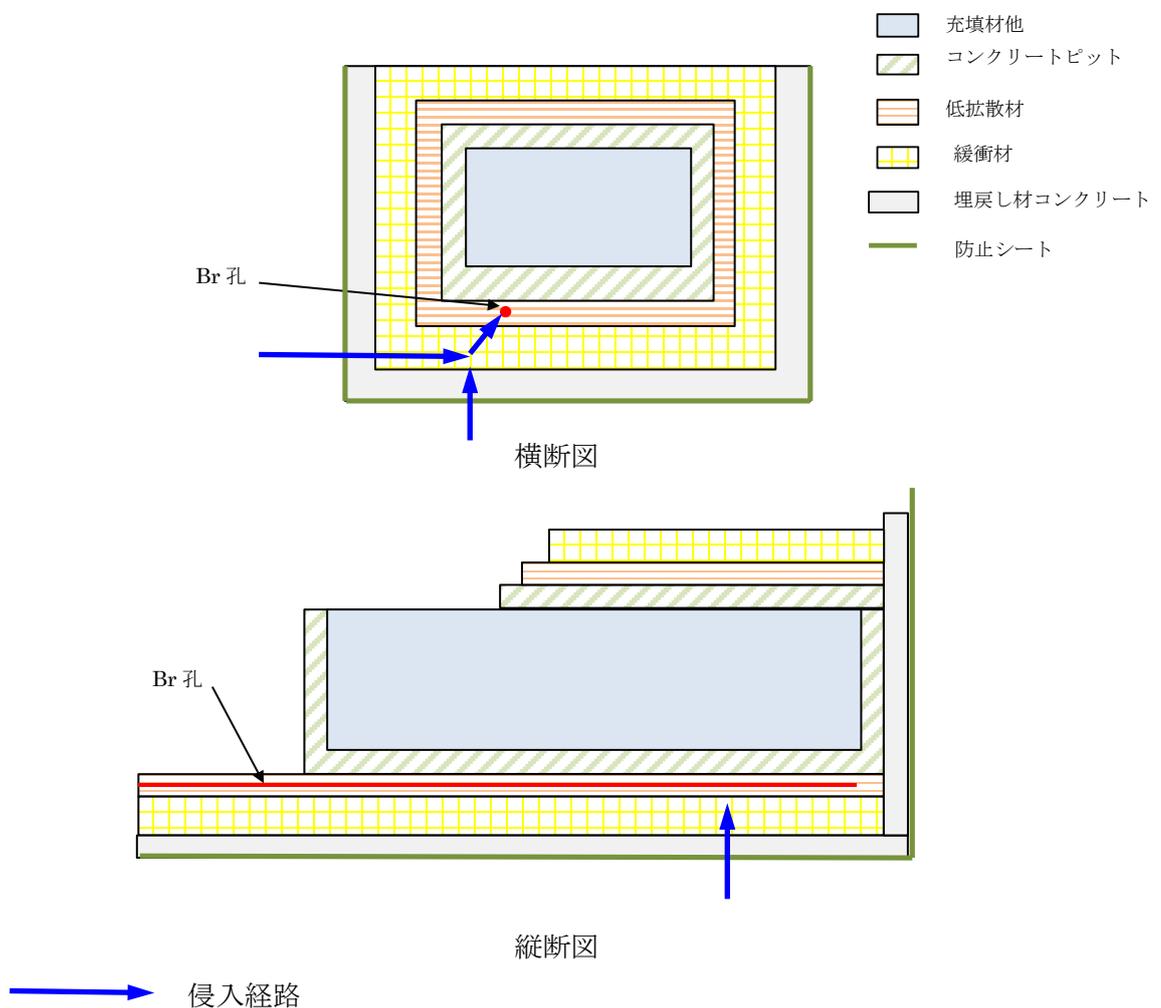


図 4.2-52 地下水が浸入する場合の想定経路

#### 施工で使用した水

- 平成 26 年度に上部埋戻し材の施工確認試験が終了してから試験施設で水の使用は無い。また、上部埋戻し材試験においても水は使用していない。



施工で使用した水が試験施設内を通過して侵入した可能性は小さい。

#### 停電時の水没（2016年10月1日）による浸水が侵入

- 今年度 10 月 1 日の停電の際、試験施設手前の斜路付近まで水没したことが確認されている。
- 浸水は底部低拡散層ボーリング孔口高さまで到達していないとの報告がある。また、孔口から深度 11.1m 区間はボーリング孔表面が濡れていない。
- 底部低透水層の一部高さまで浸水した可能性が残る。ただし、浸水したとしても水圧はほとんど作用していない。
- 低透水層は低透水であるため、水が通過するにはかなりの時間を要する。



停電時の水没による水が侵入した可能性は小さい。

#### 結露水（ボーリング孔口からの侵入）

- 今年度、試験空洞内は坑内換気が稼働しており、夏期期間結露が発生している。外気がボーリング孔内に侵入、または底部コンクリートピット上に発生した結露水が表面を伝わってボーリング孔内に侵入したことが考えられる。
- 平成 27 年度 BTV 観察終了後、孔口は鉄板、コーキング剤を用いて養生しており、密封状態にある。



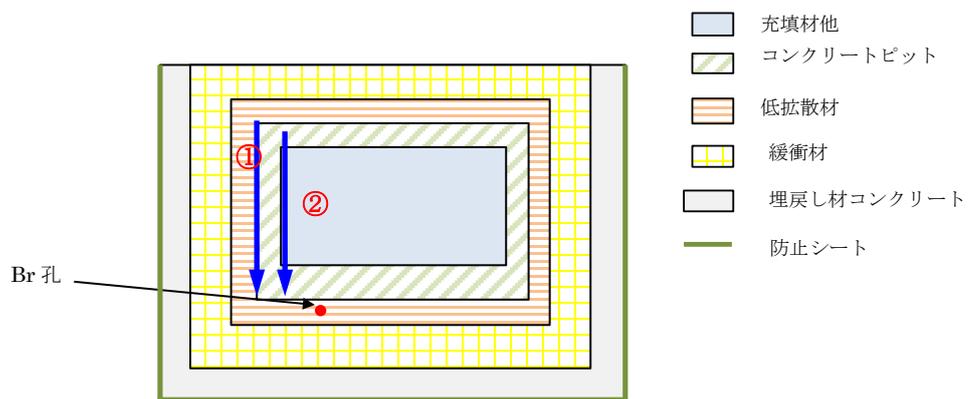
結露水がボーリング孔口から侵入した可能性は小さい。

**結露水（試験施設上部から侵入）**

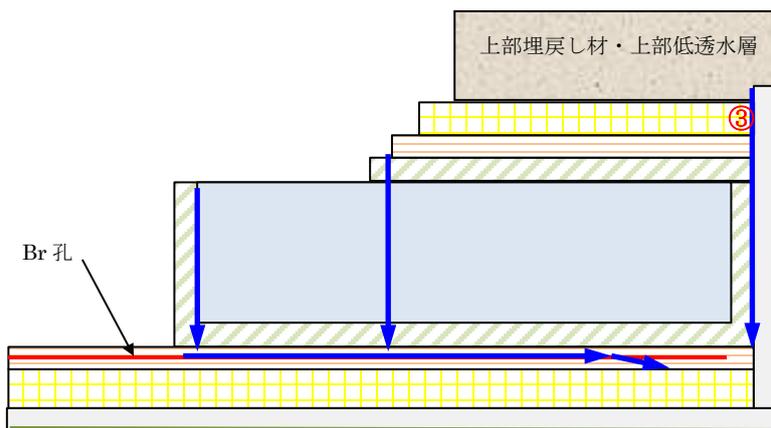
- 試験施設の上部（上部充填材、上部コンクリートピット等）で、夏期期間において結露が発生、結露による水溜まりが確認されている。
- この場合、底部低拡散層に水が到達するためには試験施設内を通過しなければならない。
- 奥側は上部埋戻し材、上部低透水層を施工している。結露水が原因とした場合、上部埋戻し材・上部低透水層が施工されていない部位の結露水が発生源となる。
- 湿度の高い夏期期間以降に水が浸入すると考えられる。
- 後述するように侵入経路は特定できない。また施設内を通過するにはコンクリートピットに連続したクラックがあることが前提となる。



上部の結露水が発生源である可能性は小さい。



横断面図



縦断面図

→ 侵入経路

図 4.2-53 結露水が侵入する場合の想定経路

<想定される侵入経路>

ルート①：充填材と側部コンクリートピット間の界面～底部コンクリートピット  
～底部低拡散層

- ・充填材は膨張材を使用していないため、コンクリートピットとの界面に隙間が存在する可能性がある。上部の結露水がこの隙間に浸透したことが考えられる。ただし、底部コンクリートピットを通過しないと底部低拡散層へ到達しない。

ルート②：側部コンクリートピットと側部低拡散層の界面  
～底部コンクリートピットと底部低拡散層の界面

- ・挙動計測結果から側部コンクリートピットと側部低拡散層の界面での継目の開口は認められない。

ルート③：奥部埋め戻し材と奥部コンクリートピットの界面  
～底部コンクリートピットと底部低拡散層の界面

- ・平成 26 年度に上部低透水層、上部埋め戻し材を施工しているため、このルートが侵入経路となる可能性は小さい。

底部低拡散層のボーリング孔内に溜まった水の原因、侵入経路は表 4.2-5 のようになる。

表 4.2-5 水の溜まりの原因・侵入経路（推定）

原因	発生場所	経路	可能性	備考
地下水	空洞周辺	防水シート～埋戻し材コンクリート～底部低透水層～底部低拡散層	小	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防水シートは空洞全周に敷設されている。</li> <li>・埋戻し材コンクリートにひび割れは確認されていない。</li> <li>・低透水層中の間隙水圧上昇は確認されていない。</li> <li>・低透水性のベントナイトを通過するのに長時間がかかる。</li> </ul>
施工で使 用した水	試験施設 上部	各人工バリアの界 面、ひび割れ等	無し	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成 26 年度以降、施工水の使用は無い。</li> </ul>
停電時の 水没によ る浸水	試験空洞	BTV 観察孔（孔口） 底部低透水層	小	<ul style="list-style-type: none"> <li>・観察孔口はコーキング剤による養生を実施（密封状態）</li> <li>・浸水時間は短く、水圧はほとんど作用していない。</li> <li>・ベントナイトは低透水性で通過に長時間がかかる。</li> </ul>
結露	試験施設 上部	各人工バリアの界 面、ひび割れ等	小	<p>【水が通過する可能性がある経路】</p> <p>(a) 充填材～側部コンクリートピットの界面</p> <p>(b) 側部コンクリートピット～側部低拡散層の界面</p> <p>底部コンクリートピットにひび割れがあれば侵入経路となる可能性がある。</p>

以上のように現時点で BTV 観察孔の溜まり水の原因として、地下水、停電時の水没による浸水、結露水があげられる。溜まり水の原因や侵入経路の特定のために追加調査が必要と考えられる。

#### 【今後の対応（案）】

##### ■ 試験施設の状態の確認

- ・ 試験施設構成部材に変化が無い、計測挙動により確認（ひび割れの発生）

##### ■ 試験施設周辺の状態の確認

- ・ 今年度と H25,26 年度で坑内換気量の差があるか（結露の程度）
- ・ 坑内湧水量の変動がないか（地下水が試験施設に侵入した可能性）

##### ■ BTV 観察孔内の水抜き（経過観察）

- ・ 水抜き時に溜まり水を採取して水質分析を実施（水の発生源を検討、低透水層通過の有無等）

##### ■ BTV 観察による侵入経路の特定（結露に着目）

- ・ 高湿度となる夏場の前後で BTV 観察を実施する。夏場以前の観察で水があれば底部から水が浸入した可能性が高い。夏場以降の観察で水が確認されれば結露水が上部から浸入した可能性が高い。
- ・ 結露水が溜まる箇所が複数ある場合、水を着色させて経路を特定する。
- ・ 結露水が溜まる箇所が複数ある場合、あるいは BTV 観察年 1 回の場合は上部コンクリートピット場の結露水を着色させる。
- ・ BTV 観察を補足する目的でボーリング孔内に湿度計を置き、年間を通じての孔内湿度変化を測定する。

## (6) 周辺岩盤挙動計測結果の分析評価

### 【目的】

H26 年度までの施工後の施設周辺岩盤の力学・水理挙動を計測して、施設建設が周辺岩盤に与える影響の程度を把握する。

### 【まとめ】

- ・ 今年度期間中の試験施設周辺の岩盤変位の変化は最大 0.08mm 程度であり、計器の測定精度と同等である。
- ・ 間隙水圧の変動は年間を通して僅かである。

本節では、H18 年度に設置した岩盤変位計および間隙水圧計による計測結果を収集・整理して、計測結果より上記の施工に伴う岩盤挙動についての評価を行った。岩盤変位計の計測位置を図 4.2-54 に、間隙水圧計の設置位置および計測区間を図 4.2-55、表 4.2-6 に示す。

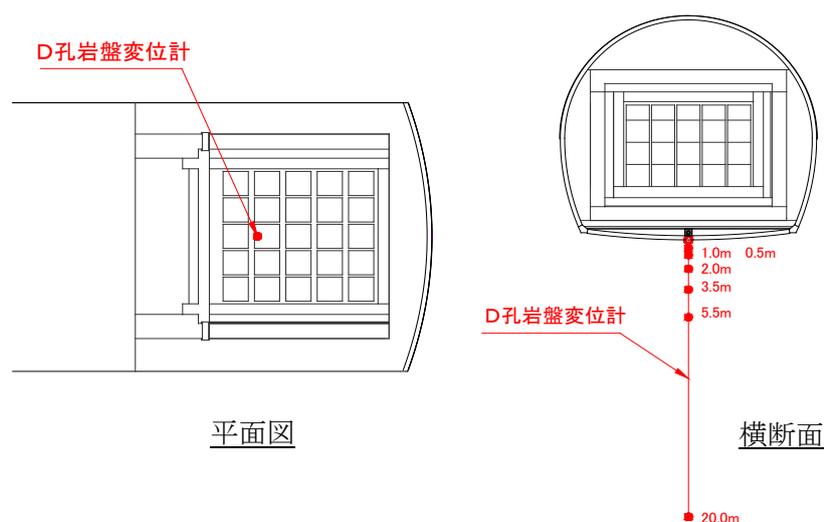


図 4.2-54 D 孔岩盤変位計位置図

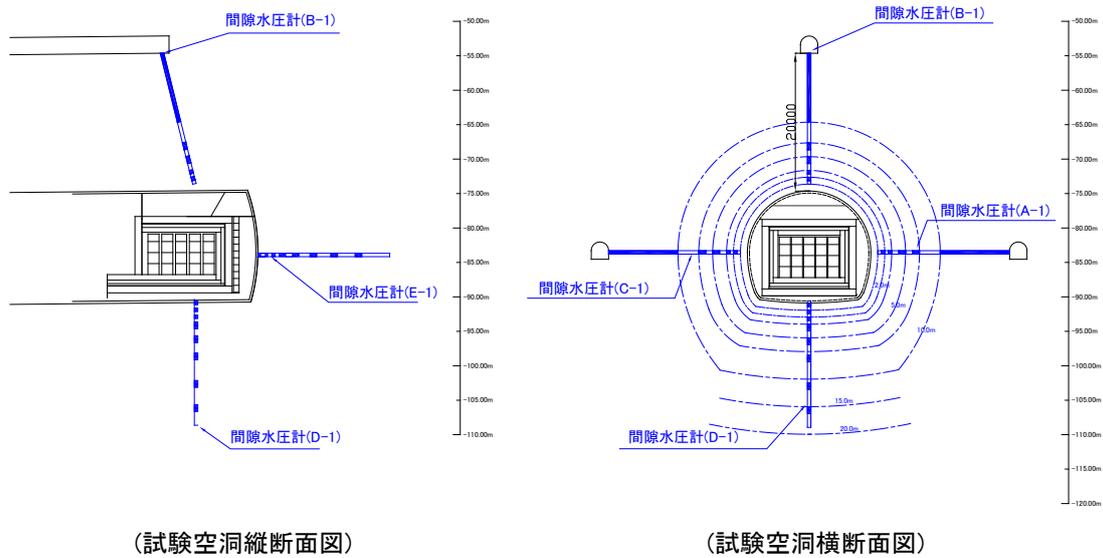


図 4.2-55 間隙水圧計位置図

表 4.2-6 間隙水圧計計測区間一覧

	A-1	B-1	C-1	D-1	E-1
①区間	10.00 ~ 12.50	10.00 ~ 12.50	10.00 ~ 12.50	0.50 ~ 1.00	0.50 ~ 1.00
②区間	13.50 ~ 15.00	13.50 ~ 15.00	13.50 ~ 15.00	1.50 ~ 2.00	1.50 ~ 2.00
③区間	16.00 ~ 17.00	16.00 ~ 17.00	16.00 ~ 17.00	2.50 ~ 3.00	2.50 ~ 3.00
④区間	17.50 ~ 18.00	17.50 ~ 18.00	17.50 ~ 18.00	4.00 ~ 5.00	4.00 ~ 5.00
⑤区間	18.50 ~ 19.00	18.50 ~ 19.00	18.50 ~ 19.00	6.00 ~ 7.50	6.00 ~ 7.50
⑥区間	/	/	/	8.50 ~ 10.50	8.50 ~ 10.50
⑦区間				11.50 ~ 14.00	11.50 ~ 14.00
⑧区間				15.00 ~ 19.00	15.00 ~ 19.00

1) 岩盤変位

H28年2月1日からH28年11月24日までの岩盤変位計の各測定深度における変位経時変化を図4.2-56に示す。また、両日における岩盤変位分布図を図4.2-57に示す。これより、H28年11月24日時点での岩盤変位は、沈下挙動を呈し、最大1.13mm（深度0.5m）であり、BTVで確認された岩盤内の割れ目近傍で大きくなっている。また、H28年2月1日からH28年11月24日の間の岩盤変位の変化は最大で0.08mm（深度1.0m）であり、計器の測定精度（±0.50mm）以下で変化はほとんど無いと判断して良い。

次に、H19年度の計測開始時からH28年11月24日までの荷重増分に対する岩盤の弾性係数を算出した。平板載荷試験における変位と弾性係数の関係は式4.2-1のようになる[2]。

$$E = \frac{\pi a(1-\nu^2)}{2} \frac{\Delta P}{\Delta \delta} \quad \text{式 4.2-1}$$

ここに、 $E$ ：岩盤の弾性係数、 $a$ ：載荷板の半径、 $\nu$ ：岩盤のポアソン比、 $\Delta P$ ：荷重強

度増分、 $\Delta\delta$ ：変位増分である。底部埋戻し材の幅約 14.9m より、これの半径=7.45m を円形載荷板の半径と見なした。 $\Delta P$ については、H19 年度の底部埋戻し材の上載圧 0.010MPa（単位体積重量：2.345tf/m<sup>3</sup>、厚さ：0.444m より算出）および表 4.2-1 に示す H19 の底部低透水層以降の累計上載圧 0.208MPa の合計 0.218MPa とした。

$\Delta\delta=1.13\text{mm}$ （H28 年 2 月 10 日時点の最大値）、 $\nu=0.47$ （平成 18 年度の詳細設計時に採用した岩盤のポアソン比）とし式 4.2-1 より岩盤の弾性係数を計算すると  $E \approx 1800\text{MPa}$  となる。詳細設計時では岩盤の弾性係数について、既往検討を参考に  $E=2000\text{MPa}$  とした。本施工時による岩盤変位より概算した岩盤の変形性は詳細設計時に採用した値に類するものと考えられる。

D孔岩盤変位経時変化

+:上昇 -:沈下

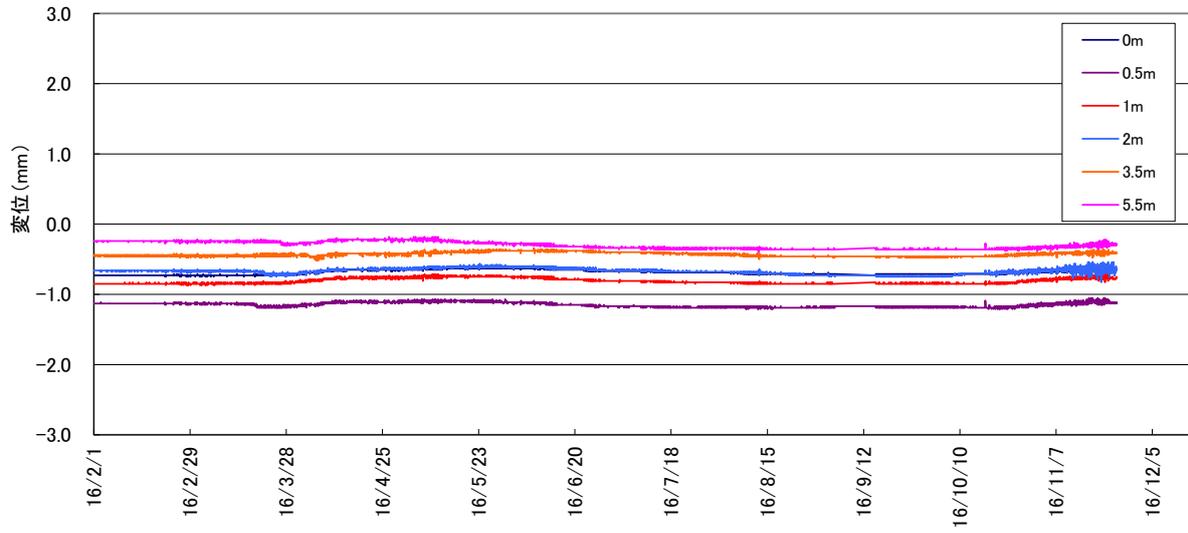


図 4.2-56 D孔岩盤変位計経時変化図

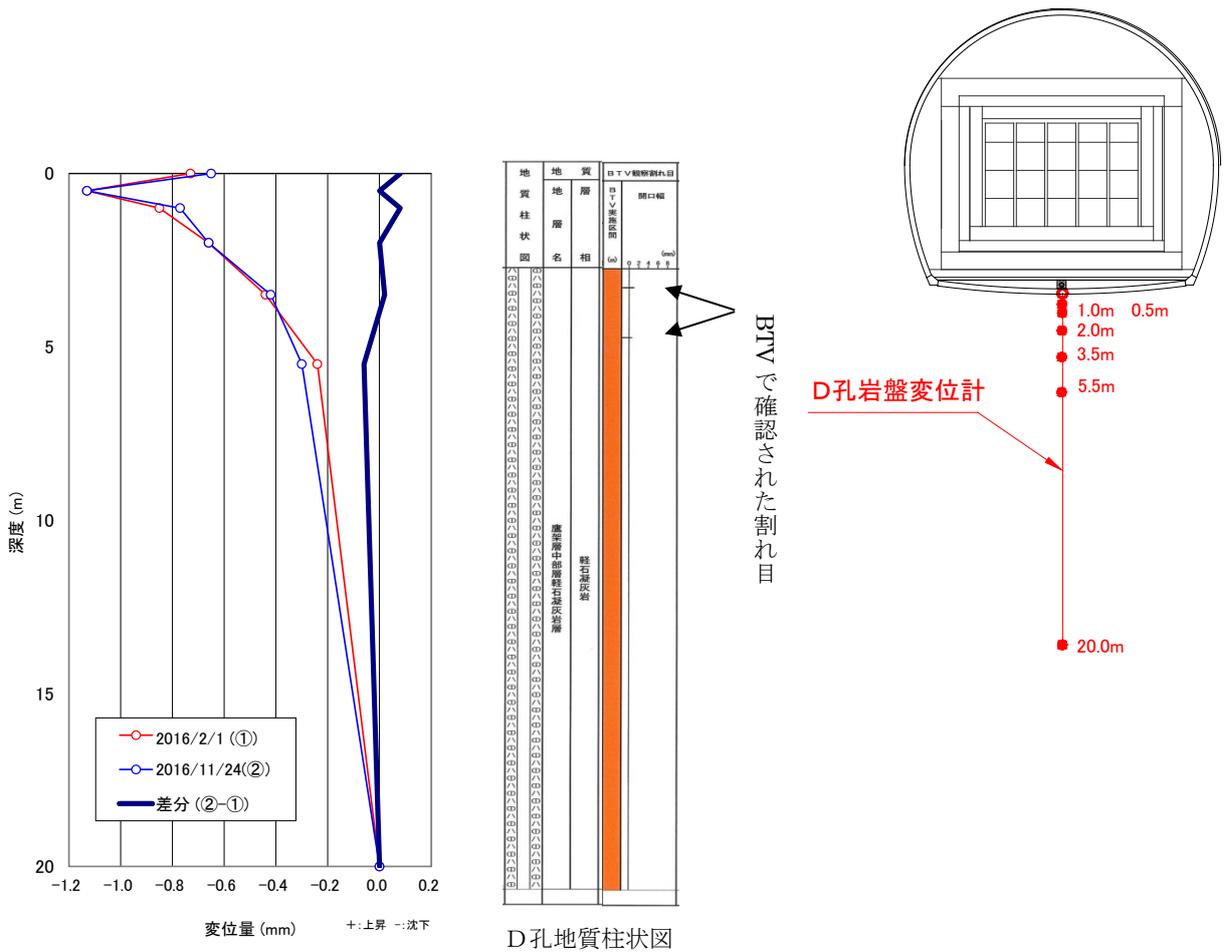


図 4.2-57 D孔岩盤変位計経時分布

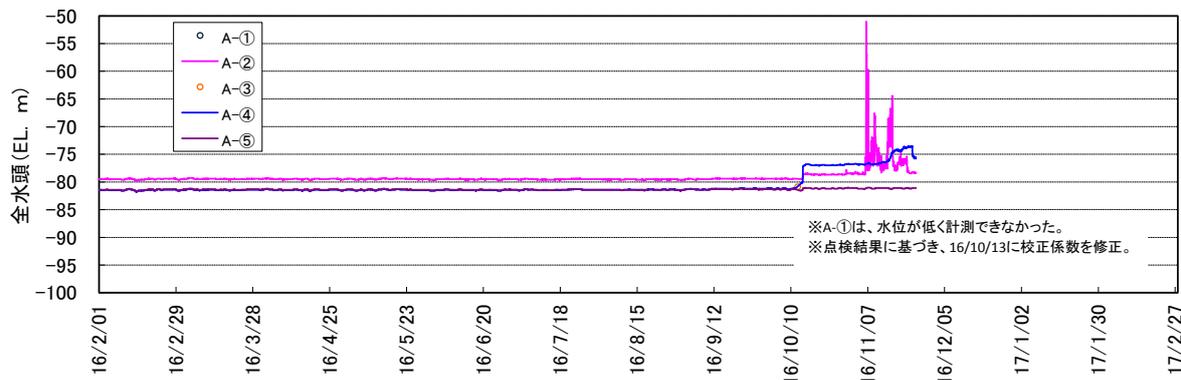
## 2) 岩盤内間隙水圧

間隙水圧計の計測値（全水頭）の経時変化を図 4.2-58～図 4.2-59 に示す。過年度に故障したセンサー（A-①、A-③、B-②、B-④、C-①、C-②、C-③、C-④、D-④、E-④、E-⑤）については計測を実施し（2016年10月）、グラフには○印でプロットした。故障していないセンサーは、今年度の点検結果に基づき、2016年10月13日に校正係数を修正した。

A-②、A-④、E-①は2016年10月以降に計測値が急変していることがわかる。ただし、近傍のセンサーに同様の傾向が見られないことや、センサー故障の可能性も考えられることから、次年度の点検で確認することが望まれる。

上記センサーを除けば、今年度の間隙水圧の変動は僅かであり、1年を通して間隙水圧の上昇傾向が認められないことから、防水シート背面の裏面排水工が機能していると考えられる。

A-1孔間隙水圧計経時変化グラフ



B-1孔間隙水圧計経時変化グラフ

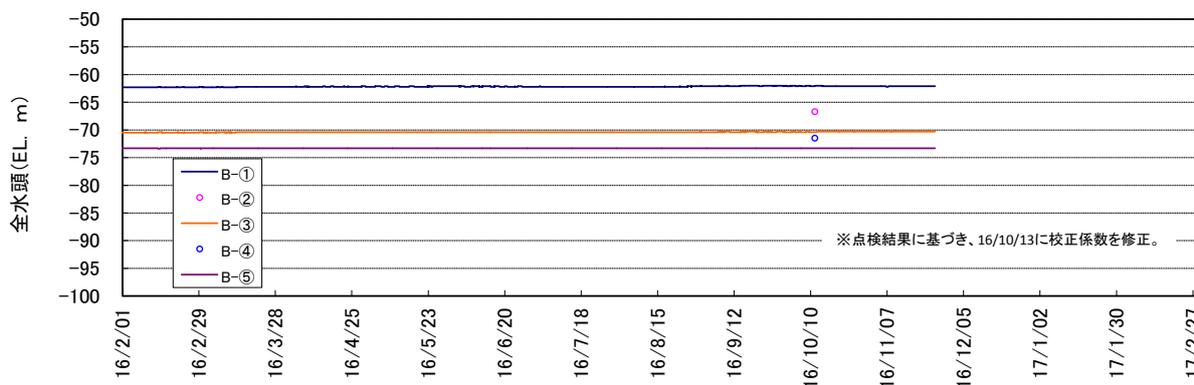
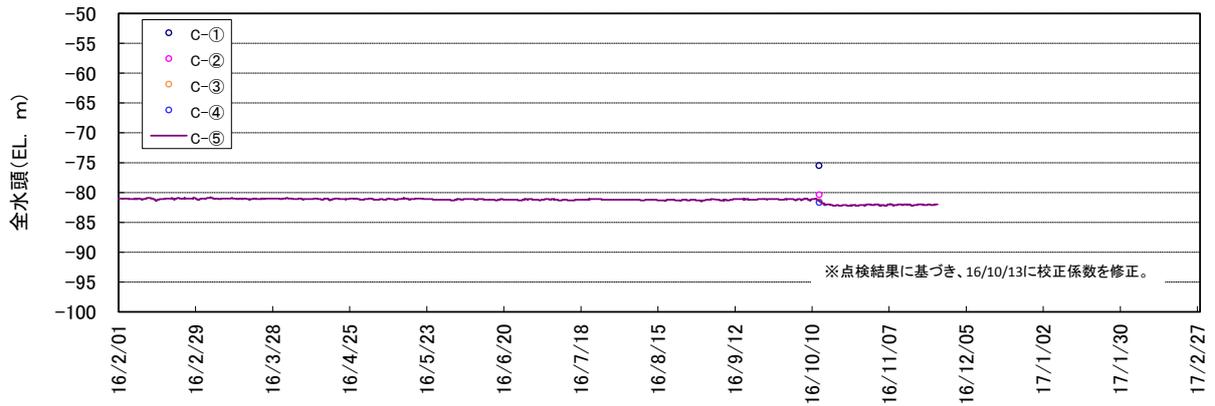
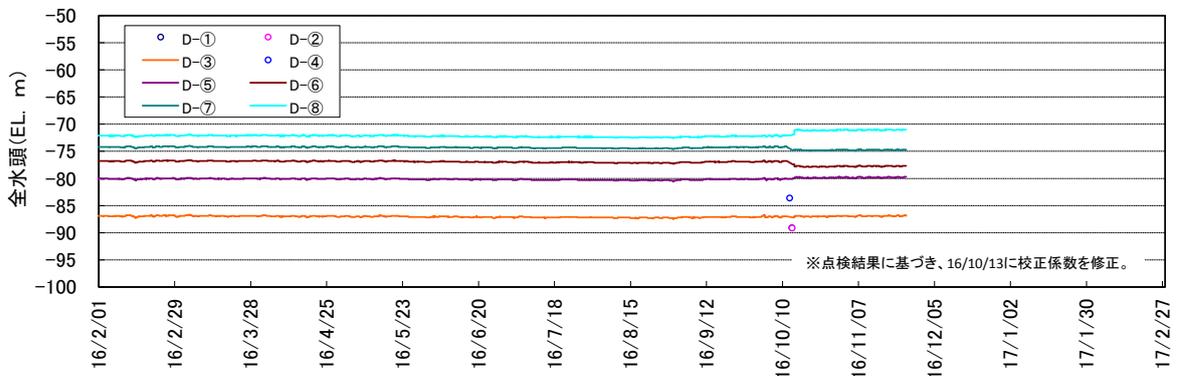


図 4.2-58 間隙水圧経時変化（A、B 孔）

C-1孔間隙水圧計経時変化グラフ



D-1孔間隙水圧計経時変化グラフ



E-1孔間隙水圧計経時変化グラフ

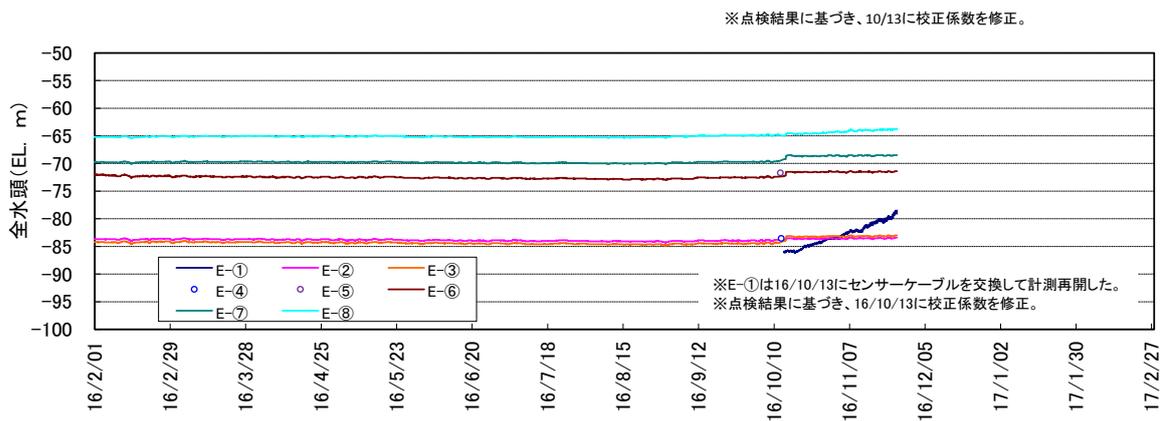


図 4.2-59 間隙水圧経時変化 (C、D、E 孔)

## 4.2.2 地震計の観測データの整理と挙動分析

### (1) 検討フロー

地震計の観測データの整理・分析およびそのデータを用いた地震応答解析の検討フローを図 4.2-60 に示す。

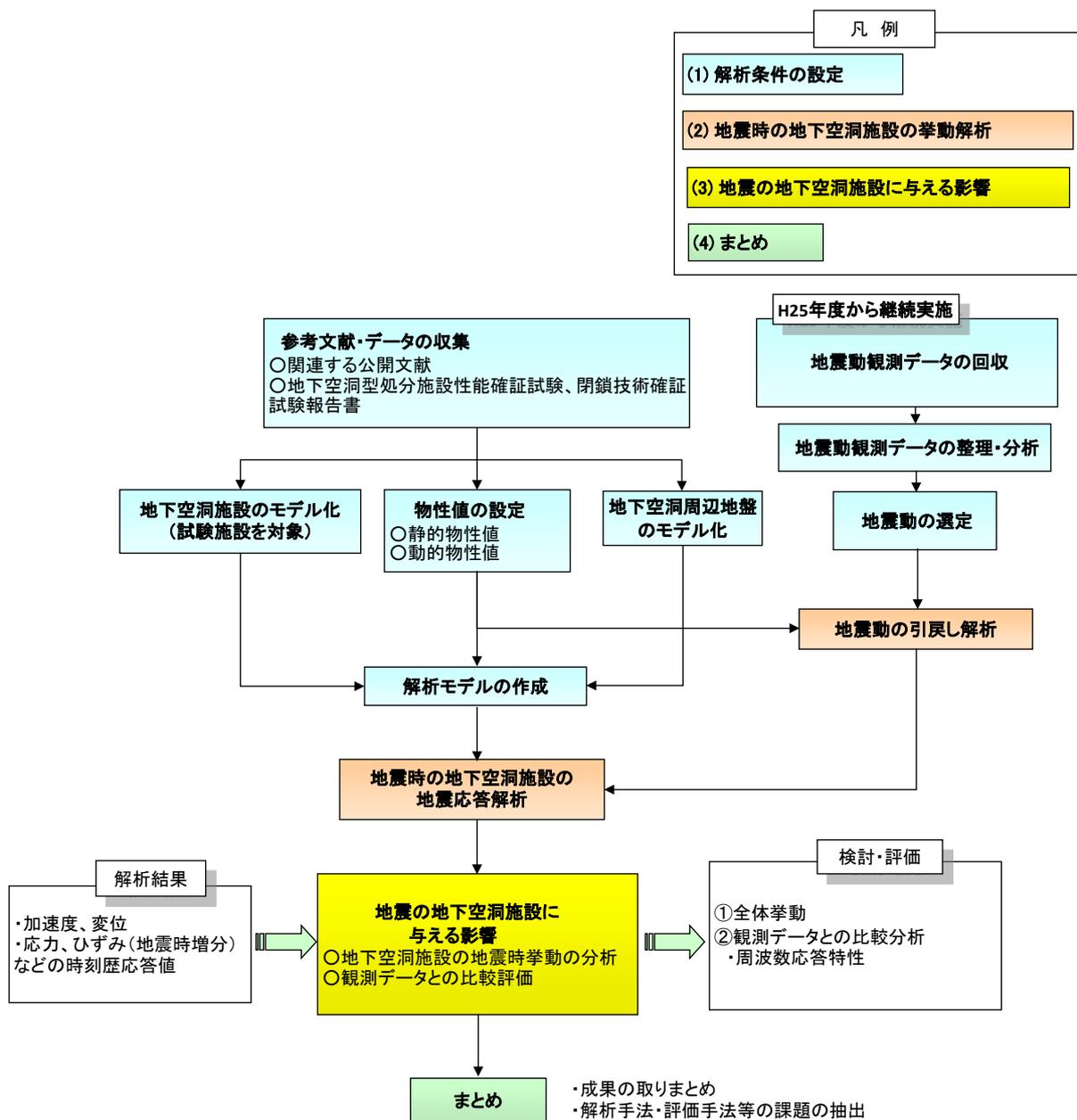


図 4.2-60 検討フロー

## (2) 観測データの分析・評価

### 【目的】

今年度観測された地震動データを整理し、試験施設に与える影響を分析評価する。

### 【まとめ】

- ・ 今年度の観測では、計 12 回の地震動データを記録した。その中で、平成 28 年 9 月 26 日の観測地震動が、地震計①の最大加速度で 6.3Gal (y 方向) を記録し最大となった。
- ・ 観測データのスペクトル分析から推察される試験施設の固有振動数は 15Hz 以上であり、これは既往の結果と同様であった。

#### 1) 計器設置概要

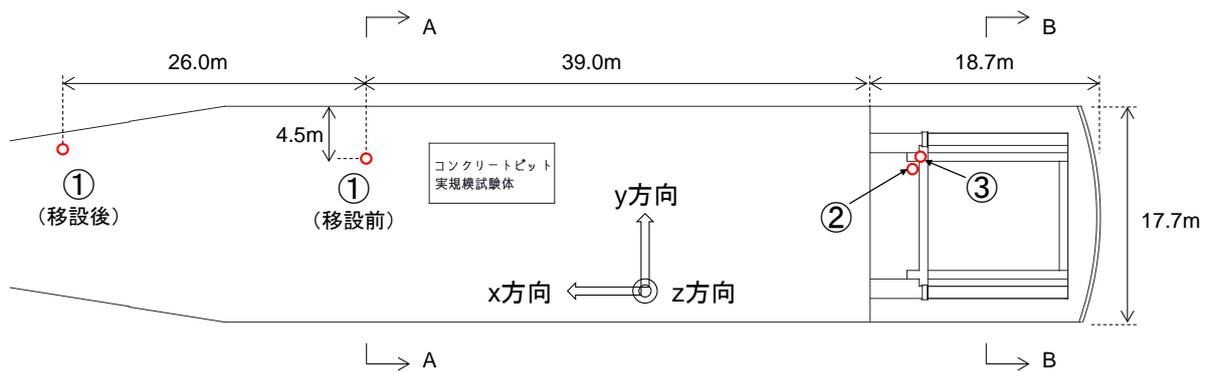
地震計の計器設置について概要を以下に示す。

##### a. 地震計設置位置

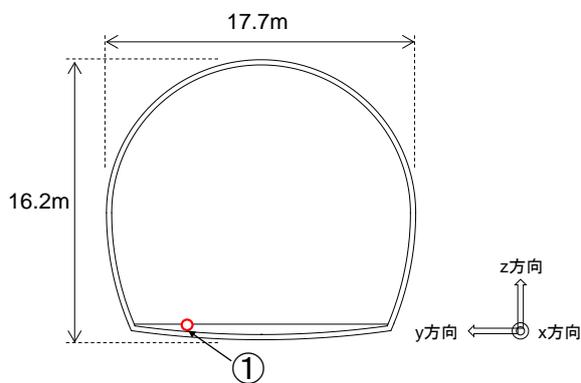
地震計は計 3 台設置し、それぞれ地震計①～③を称することとする。観測を開始した平成 25 年 10 月から平成 27 年 5 月までは、図 4.2-61 のように、地震計①は試験施設から比較的離れた底盤上、地震計②は底部コンクリートピット上、地震計③は手前部コンクリートピット上としていた。しかし、平成 27 年度の観測中に、空洞の停電等により排水ポンプが停止し、空洞底盤部が浸水した際、空洞底盤上にある地震計①が水没し故障する事故が発生した。このことから、今後の運用を考慮して、平成 27 年 10 月に、図 4.2-61 の平面図に示すように地震計①の設置場所を現位置から坑口側に約 26m 移動した。

各地震計の設置位置選定根拠を表 4.2-7 に示す。なお、各地震計の計測方向は以下とする。

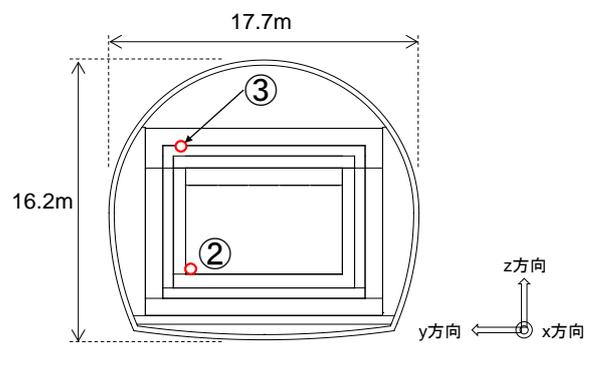
- ・ x 方向：空洞軸方向
- ・ y 方向：空洞横断方向
- ・ z 方向：鉛直方向



(1) 平面図



(2) 横断面図 (A-A 断面)



(3) 横断面図 (B-B 断面に投影)

図 4.2-61 地震計設置位置

表 4.2-7 設置位置選定根拠

地震計	設置位置	選定根拠
地震計①	試験施設から離れた底盤上 (インバートコンクリート上)	地震応答解析の入力地震動作成用のデータとするため、地震時の試験施設の影響が小さい位置に設置する必要がある。そのため、試験施設から比較的離れた底盤上を選定した。
地震計②	底部コンクリートピット上	底部低透水層の地震時影響を分析評価するために底部コンクリートピット上を選定した。
地震計③	手前部コンクリートピット上	試験施設全体の地震時影響を分析評価するために、試験施設の中で高位置となる手前部コンクリートピット上を選定した。

b. 地震計仕様

地震計の仕様を表 4.2-8 に、地震計設置状況を図 4.2-62 に示す。

表 4.2-8 地震計の仕様

名称	仕様	機種
加速度センサ	計測範囲：±1.5G 周波数応答：0.1～50Hz 分解能：X、Y軸：0.02Gal Z軸：0.07Gal サンプリング周波数：100Hz、200Hz 送信周波数：0.5sec (200Hz) 1.0sec (100Hz) 使用条件：周囲温度：-30℃～60℃ 周囲湿度：95%RH 以下 外形寸法：113×90×60mm	富士電機(株)製 MEMS 応用感振センサ GPUKSNP-00 (防水・防塵型)



(1) 地震計① (移設前)



(2) 地震計① (移設後)



(3) 地震計②



(4) 地震計③



(5) 養生ケース内

図 4.2-62 地震計設置状況

c. 回収データの仕様

回収データの仕様を表 4.2-9 に示す。

表 4.2-9 回収データの仕様

項目	仕様
トリガ条件	マスタとするセンサ（地震計①）で、XYZ のいずれかが 1Gal 以上
トリガ引き伸ばし時間	地震検知時間幅 10 秒
プレトリガ時間	トリガ検知前の収集時間 10 秒
ポストトリガ時間	地震収束判断時間 60 秒
サンプリング周波数	200Hz（1 秒間に 200 データを取得）
出力形式	データ変換後、CSV ファイル形式 1 列目に取得時刻、2～4 列目に XYZ の加速度データ（Gal）

2) 地震動観測データ

今年度の観測を開始した 2016 年 4 月 1 日以降に観測された地震動一覧を、気象庁発表[3] の六ヶ所村尾駁観測点における情報も併せて表 4.2-10 に示す。2016 年 11 月 24 日以降は、NTP サーバーの故障によりデータは保管されなかった。

観測データは、添付資料 5 に記載する。

表 4.2-10 地震動一覧

日 時	震源地	マグニ チュード	震源深さ	震源距離 (六ヶ所村尾駁)	震度 (六ヶ所村尾駁)
2016/5/3 9:00:51	北海道東方沖	M5.9	44km	586km	1
2016/5/24 18:48:04	岩手県沖	M4.4	48km	128km	1
2016/5/25 14:22:45	青森県東方沖	M4.8	34km	94km	1
2016/7/16 22:12:49	秋田県内陸北部	M4.6	8km	86km	1
2016/7/19 13:11:26	青森県東方沖	M4.5	66km	105km	2
2016/7/24 11:51:21	十勝地方中部	M4.9	96km	276km	1
2016/8/17 0:24:10	青森県三八 上北地方	M3.8	90km	107km	-
2016/9/26 14:13:25	浦河沖	M5.4	29km	158km	2
2016/10/3 17:48:25	浦河沖	M4.5	67km	153km	1
2016/11/12 6:43:01	宮城県沖	M5.9	58km	285km	1
2016/11/22 5:59:47	福島県沖	M7.4	25km	404km	1
2016/11/23 11:18:13	青森県東方沖	M3.9	118km	123km	1

※地震観測のトリガ条件：マスタとするセンサ（地震計①）で、xyz 方向のいずれかが 1Gal 以上

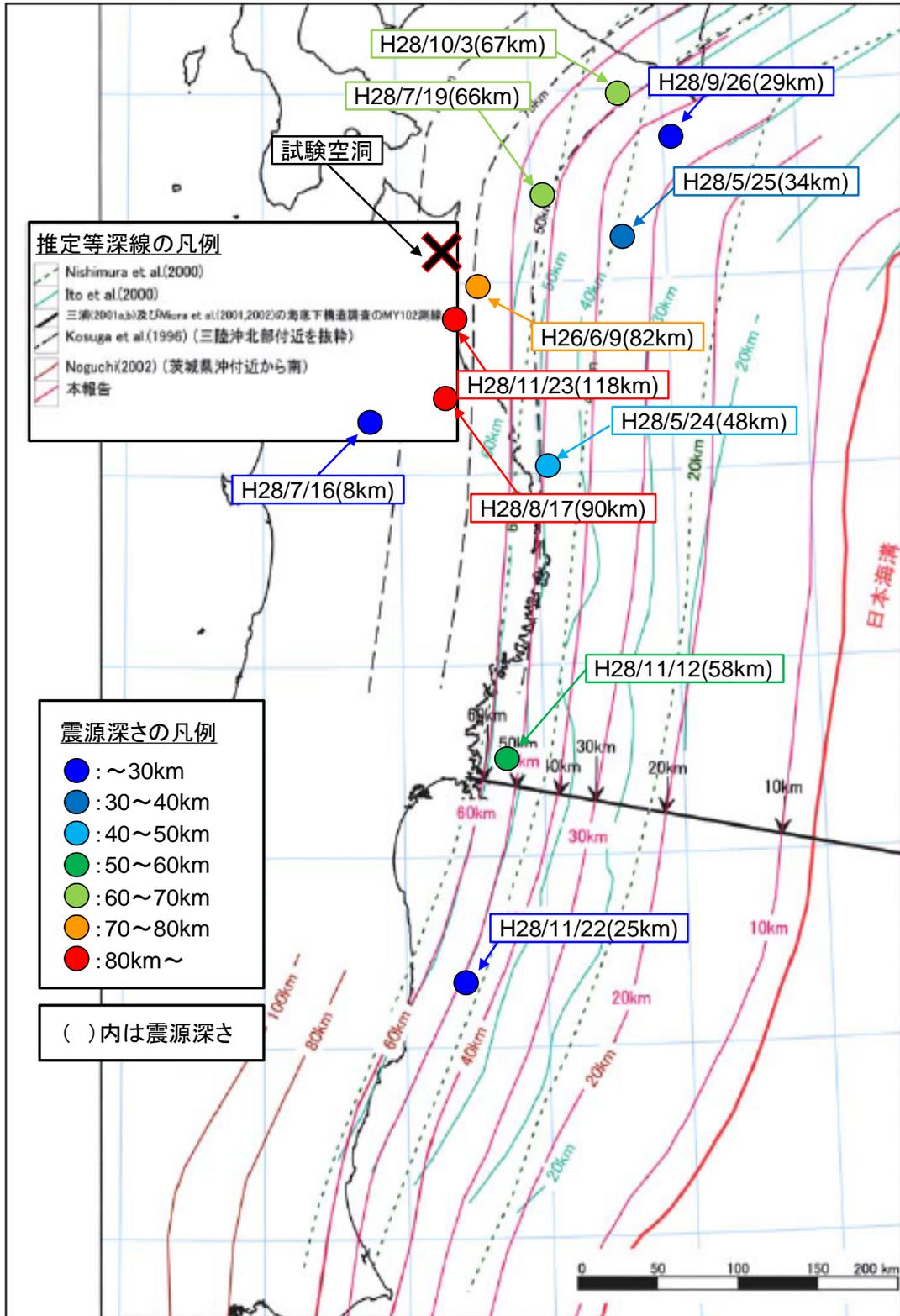
### 3) 観測データの分析評価

#### a. 地震の型

地震は発生場所により「海溝型地震」と「活断層型地震」に大きく分けられる。震源深さが概ね 30km よりも浅い活断層型地震が発生すると、震源距離が近いエリアで観測される地震波は短周期成分が卓越することが多く、試験施設のように固有周期が短い構造物（既往の検討結果より固有振動数は 15Hz 以上と推察される）は大きな影響を受ける可能性がある。そこで、今年度観測された地震動を対象として、気象庁発表情報[3]から地震の型を整理することとした。

中央防災会議「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」[4]で検討されたプレート境界面推定等深線図に、今年度観測された地震動の震源位置および震源深さをプロットした図を図 4.2-63 に示す。今年度観測された地震動の中で、7月16日の地震は、震源深さが 8km であり、その位置のプレート境界面は等深線から推定すると 100km 以上であることから、活断層型地震であると推察される。同地震は、地震調査研究推進本部の発表[5]においても、「横ずれ断層型」と記載されている。

その他の観測された地震動は、全て震源深さがプレート境界面推定等深線と同程度であり、海溝型地震と推察される。



※下記の地震の震源は表示外のため除外した。

- ・H28/5/3(震源:北海道東方沖)
- ・H28/5/3(震源:十勝地方中部)

図 4.2-63 今年度観測された地震動の震源深さとプレート境界面推定等深線の関係  
([4]に加筆)

b. 最大加速度

観測地震動の最大加速度一覧を表 4.2-11 に、計測方向毎の最大加速度比較を図 4.2-64～図 4.2-66 に示す（過去のデータも併記した）。これまで観測した 38 回の地震の中で、平成 28 年 1 月 14 日の観測地震動が、地震計①の最大加速度で 18.2Gal (x 方向) を記録し最大となっている。

最大加速度の鉛直方向と水平方向の関係を分析するために、地震計①を対象として、各観測地震動の鉛直方向と水平方向の最大加速度の比率を図 4.2-67、最大加速度の比率と震源距離の関係を図 4.2-68、また両者のデータを表 4.2-12 に示す。最大加速度の比率（鉛直/水平）の範囲は、z 方向/x 方向で 0.35～1.86、z 方向/y 方向で 0.38～1.86 であり両者でほぼ同程度である。図 4.2-68 より、震源距離が 120km 程度より近くなると、最大加速度の比率が 1 以上となっており、鉛直方向の最大加速度が水平方向より大きくなる傾向が見られる。

表 4.2-11 観測地震動の最大加速度一覧

計器名称	計測高さ* [m]	計測方向	平成25年度					平成26年度				
			10/26	11/15	12/27	5/19	6/9	6/15	7/5	7/21	7/25	8/10
地震計①	0	x	3.3	5.4	2.1	1.1	3.7	2.9	2.8	1.1	3.4	12.5
		y	3.1	6.7	2.3	0.7	4.8	3.2	2.8	1.4	4.0	11.7
		z	2.8	4.1	1.8	1.3	6.9	1.7	2.4	0.8	3.4	10.4
地震計②	2.9	x	3.2	4.8	2.7	1.5	5.4	3.1	2.9	1.0	3.2	13.1
		y	3.1	6.3	2.7	1.1	6.4	2.9	3.1	1.3	4.6	12.2
		z	3.1	5.1	2.5	1.5	7.9	1.7	2.3	0.7	4.5	11.4
地震計③	10.34	x	3.5	6.2	2.8	2.0	6.9	3.2	3.1	1.0	3.4	13.9
		y	3.5	6.4	2.9	1.3	7.3	2.9	3.5	1.3	5.2	14.1
		z	3.3	5.2	2.5	1.6	8.3	1.7	2.4	0.8	4.6	12.2

計器名称	計測高さ* [m]	計測方向	平成26年度								平成27年度	
			9/10	10/3	10/11	10/14	10/27	11/2	1/9	2/17(1)	2/17(2)	4/30
地震計①	0	x	2.9	2.2	2.4	2.1	1.3	1.4	1.3	4.0	3.4	1.4
		y	4.2	2.1	3.3	2.8	1.6	1.8	1.1	4.0	2.9	1.7
		z	2.2	1.5	1.9	2.9	1.5	2.0	0.7	2.3	2.6	1.0
地震計②	2.9	x	2.8	2.3	2.4	3.0	1.9	1.8	1.3	4.0	3.9	1.6
		y	4.1	2.5	3.2	2.4	1.5	1.9	1.2	4.4	2.8	1.6
		z	2.5	1.5	1.8	3.6	1.5	1.5	0.8	2.4	2.7	0.9
地震計③	10.34	x	3.1	2.3	2.5	3.5	2.3	1.9	1.4	4.1	4.3	1.7
		y	4.2	2.7	3.3	2.9	1.8	2.0	1.2	4.6	3.1	1.5
		z	2.6	1.5	1.9	3.7	1.6	1.5	0.8	2.4	2.9	0.9

計器名称	計測高さ* [m]	計測方向	平成27年度					平成28年度				
			11/1	1/11(1)	1/11(2)	1/12	1/14	2/2	5/3	5/24	5/25	7/16
地震計①	0	x	3.5	1.4	1.0	1.8	18.2	1.1	2.0	0.9	1.6	1.9
		y	4.3	2.3	1.6	1.8	12.2	1.2	1.2	1.3	2.3	2.1
		z	3.0	1.4	0.7	1.5	11.7	0.9	0.7	1.0	1.3	1.6
地震計②	2.9	x	4.0	1.6	1.1	2.4	20.4	1.2	1.7	1.5	2.0	1.7
		y	4.8	1.9	1.4	2.2	12.2	1.0	1.3	1.5	2.1	2.0
		z	2.9	1.1	0.9	1.4	7.4	0.8	0.7	1.1	1.4	1.2
地震計③	10.34	x	4.4	1.6	1.1	2.7	20.7	1.2	1.7	1.6	2.0	1.8
		y	5.3	1.9	1.5	2.3	12.7	1.0	1.3	1.7	2.3	2.2
		z	3.0	1.2	0.9	1.5	7.5	0.8	0.7	1.1	1.4	1.2

計器名称	計測高さ* [m]	計測方向	平成28年度							
			7/19	7/24	8/17	9/26	10/3	11/12	11/22	11/23
地震計①	0	x	1.7	1.1	1.5	4.6	1.1	1.0	1.9	1.3
		y	1.6	1.5	1.7	6.3	1.2	1.0	1.6	1.9
		z	1.2	0.8	0.7	2.4	1.0	0.6	1.9	0.9
地震計②	2.9	x	2.1	1.4	1.6	5.1	1.0	0.9	1.9	1.7
		y	2.0	1.4	1.7	5.3	1.1	0.9	1.5	1.7
		z	1.4	1.2	0.7	2.2	1.0	0.7	1.8	0.9
地震計③	10.34	x	2.3	1.5	1.6	5.1	0.9	0.9	1.9	2.0
		y	2.2	1.4	1.8	5.7	1.2	0.9	1.5	1.9
		z	1.5	1.2	0.6	2.2	1.0	0.7	1.8	1.0

\*試験空洞底盤高さを基準とした。

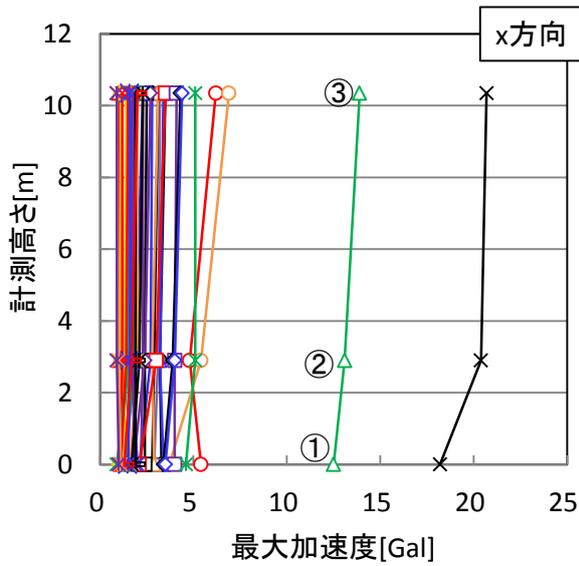
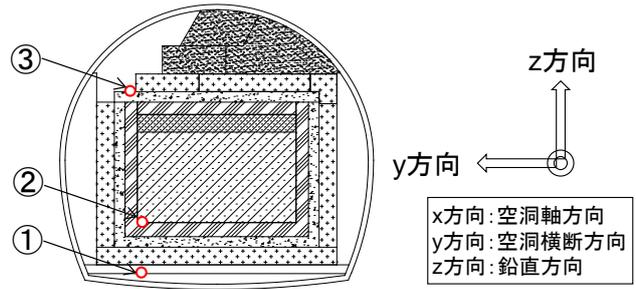


図 4.2-64 x 方向の最大加速度比較

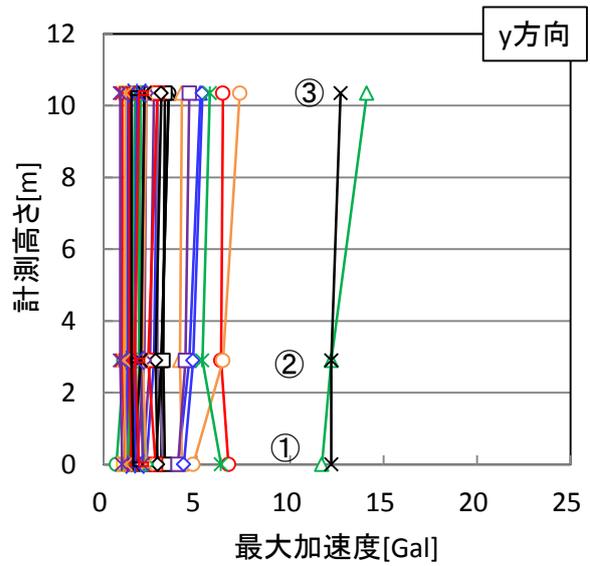


図 4.2-65 y 方向の最大加速度比較

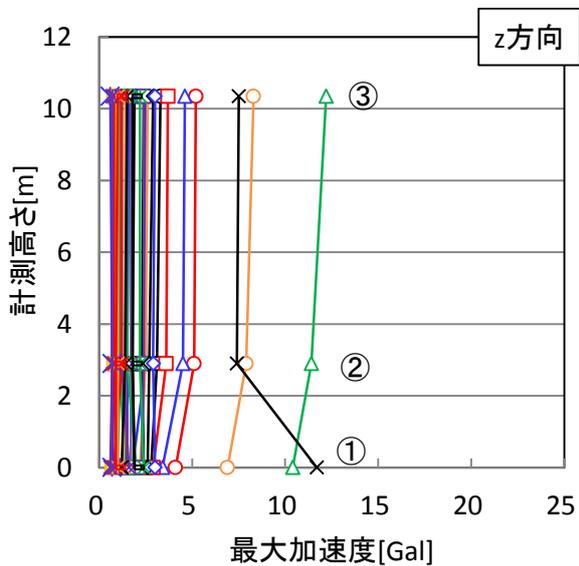


図 4.2-66 z 方向の最大加速度比較

○ 2013/10/26	○ 11/15	○ 12/27
○ 2014/5/19	○ 6/9	○ 6/15
△ 7/5	△ 7/21	△ 7/25
△ 8/10	△ 9/10	△ 10/3
□ 10/11	□ 10/14	□ 10/27
□ 11/2	□ 2015/1/9	□ 2/17(1)
◇ 2/17(2)	◇ 4/30	◇ 11/1
◇ 2016/1/11(1)	◇ 1/11(2)	◇ 1/12
× 1/14	× 2/2	× 5/3
× 5/24	× 5/25	× 7/16
× 7/19	× 7/24	× 8/17
× 9/26	× 10/3	× 11/12
× 11/22	× 11/23	

凡 例

\*計測高さは、試験空洞底盤高さを基準とした。

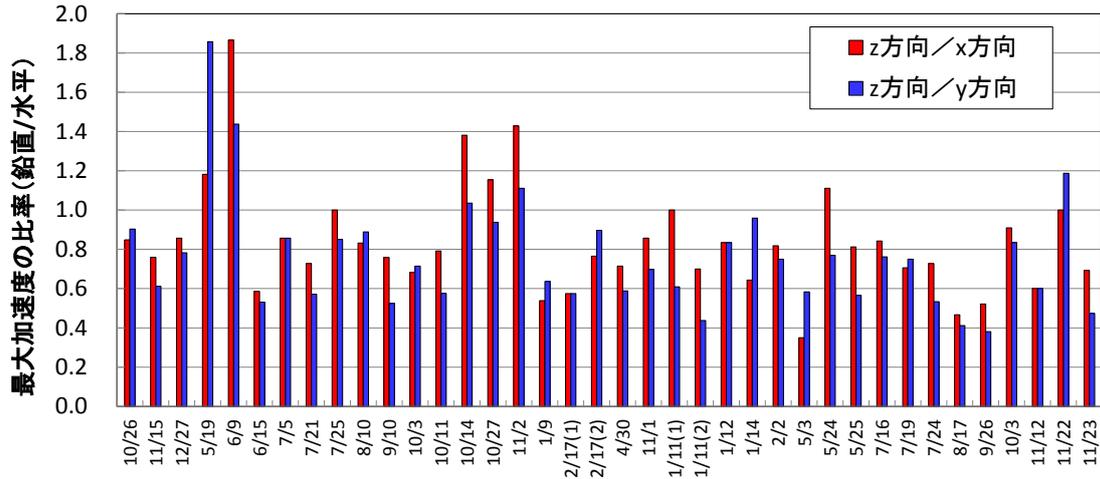


図 4.2-67 鉛直方向と水平方向の最大加速度の比率（地震計①）

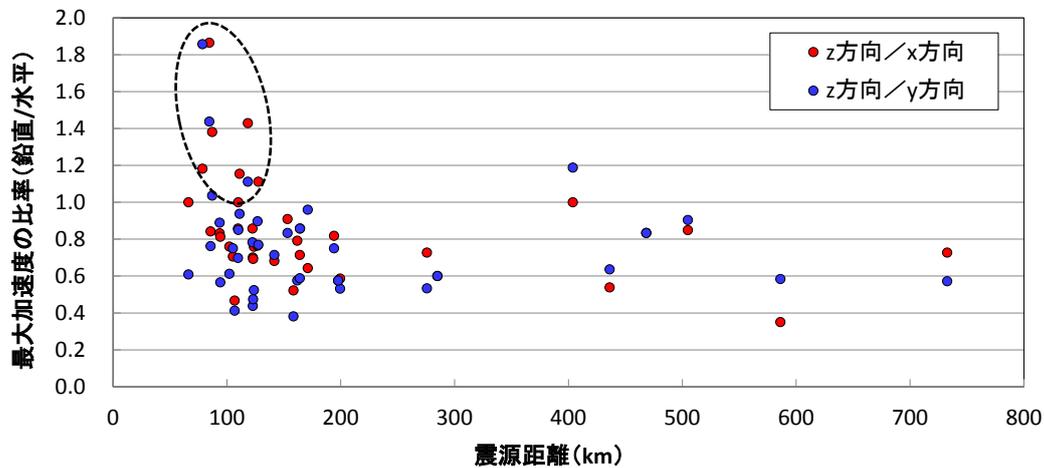


図 4.2-68 鉛直方向と水平方向の最大加速度の比率と震源距離の関係（地震計①）

表 4.2-12 鉛直方向と水平方向の最大加速度の比率と震源距離の関係（地震計①）

項目	方向	平成25年度			平成26年度						
		10/26	11/15	12/27	5/19	6/9	6/15	7/5	7/21	7/25	8/10
最大加速度の比率	z方向/x方向	0.85	0.76	0.86	1.18	1.86	0.59	0.86	0.73	1.00	0.83
	z方向/y方向	0.90	0.61	0.78	1.86	1.44	0.53	0.86	0.57	0.85	0.89
震源距離(km)	-	505	102	122	79	85	199	164	733	110	94

項目	方向	平成26年度									平成27年度
		9/10	10/3	10/11	10/14	10/27	11/2	1/9	2/17(1)	2/17(2)	4/30
最大加速度の比率	z方向/x方向	0.76	0.68	0.79	1.38	1.15	1.43	0.54	0.58	0.76	0.71
	z方向/y方向	0.52	0.71	0.58	1.04	0.94	1.11	0.64	0.58	0.90	0.59
震源距離(km)	-	124	142	162	87	111	118	436	198	127	164

項目	方向	平成27年度					平成28年度				
		11/1	1/11(1)	1/11(2)	1/12	1/14	2/2	5/3	5/24	5/25	7/16
最大加速度の比率	z方向/x方向	0.86	1.00	0.70	0.83	0.64	0.82	0.35	1.11	0.81	0.84
	z方向/y方向	0.70	0.61	0.44	0.83	0.96	0.75	0.58	0.77	0.57	0.76
震源距離(km)	-	110	66	123	468	171	194	586	128	94	86

項目	方向	平成28年度							
		7/19	7/24	8/17	9/26	10/3	11/12	11/22	11/23
最大加速度の比率	z方向/x方向	0.71	0.73	0.47	0.52	0.91	0.60	1.00	0.69
	z方向/y方向	0.75	0.53	0.41	0.38	0.83	0.60	1.19	0.47
震源距離(km)	-	105	276	107	158	153	285	404	123

以降では、今年度観測された12回の地震動について、観測データの分析評価を実施した。

c. フーリエスペクトルおよびフーリエスペクトル比

観測地震動のフーリエスペクトルおよびフーリエスペクトル比（地震計②／地震計①、地震計③／地震計②）を図4.2-69～図4.2-80に示す。図4.2-69～図4.2-80の試験施設の上下端のフーリエスペクトル比（③／②）より、水平方向（x、y方向）は試験施設内で増幅しているのに対して、鉛直方向（z方向）は増幅が小さいことがわかる。x方向とy方向で比較すると、x方向の方がフーリエスペクトル比は大きい傾向がある。これは、表4.2-13に示すように、x方向は剛性の小さい低透水層が側壁として構築されていないことに対して、y方向は側部低透水層が左右に構築されていること、またx方向は地震計③が設置されている手前部コンクリートピットの坑口側には構造物がなく拘束を受けないことなど、試験施設の3次元的構造の特徴が影響しているものと考えられる。

また、試験施設の上下端のフーリエスペクトル比（③／②）が卓越する振動数帯は、水平方向のx、y方向ともに15Hz以上となる傾向があることから、試験施設の固有振動数も同程度と推察される。この傾向は、既往の観測データおよび解析結果と同様である。

試験施設に類似するような重量構造物として、コンクリート重力ダムが考えられることから、図4.2-81に示すコンクリート重力ダムの強震記録データから求めた固有周期と堤高の関係[6]の近似式を用いて、試験施設の固有振動数を求めた。コンクリート重力ダムの固有周期Tは次式で表される。

$$T=0.18/100 \times H \pm 0.05 \quad (T: \text{固有周期[s]}, H: \text{堤高[m]})$$

Hを試験施設の底部低拡散層の下端から上部低拡散層の上端までの高さ(8.84m)とすると、固有振動数 $F=1/T$ は15Hz以上となり、観測地震動のフーリエスペクトル比から推察される固有振動数と同等となる。

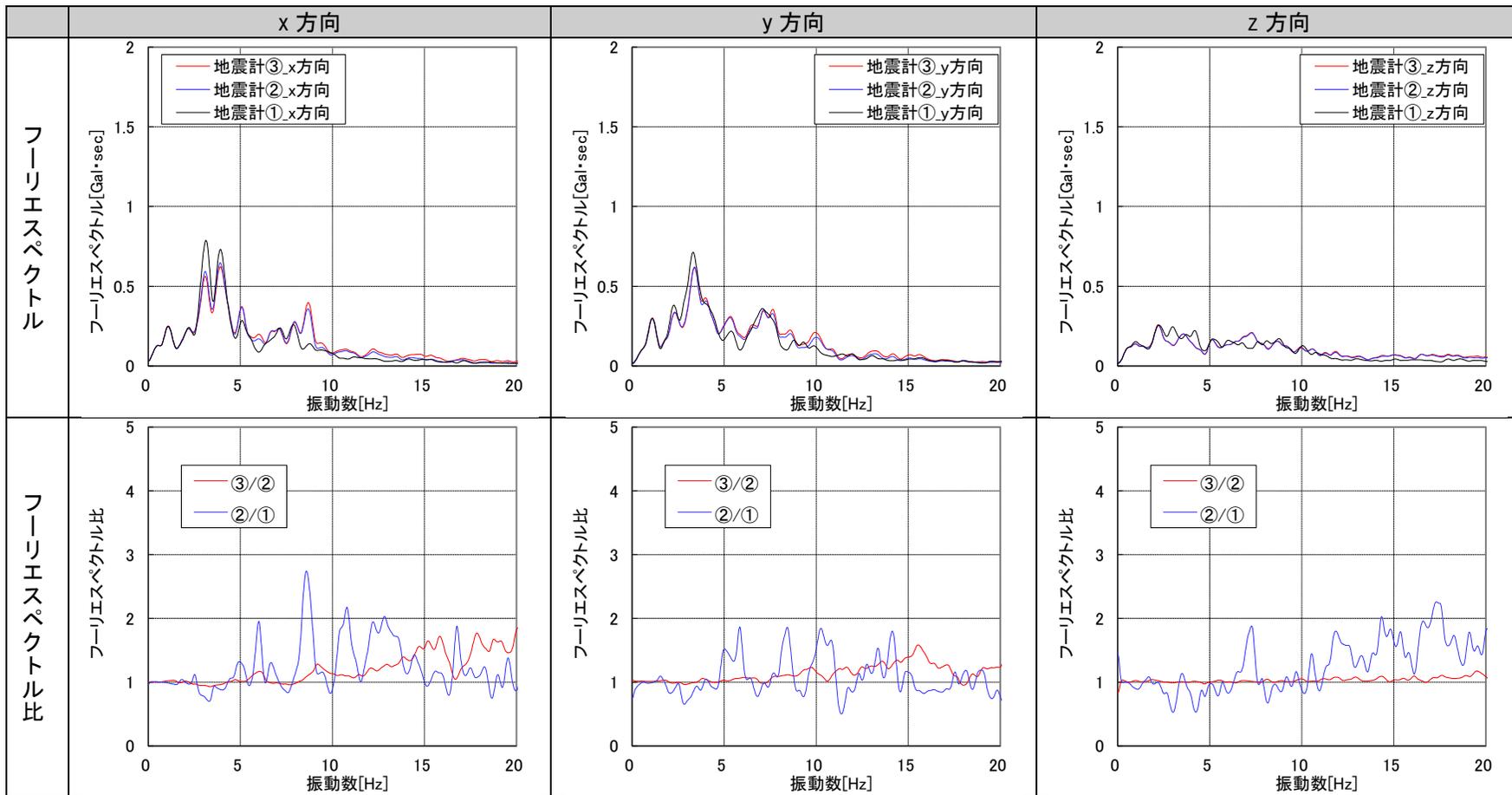
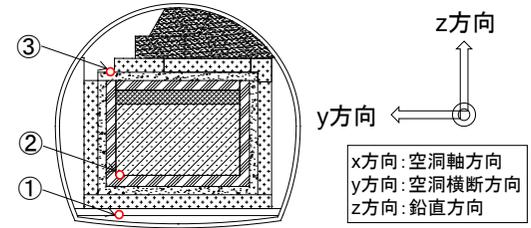


図 4.2-69 加速度のフーリエスペクトルおよびフーリエスペクトル比 (2016年5月3日)

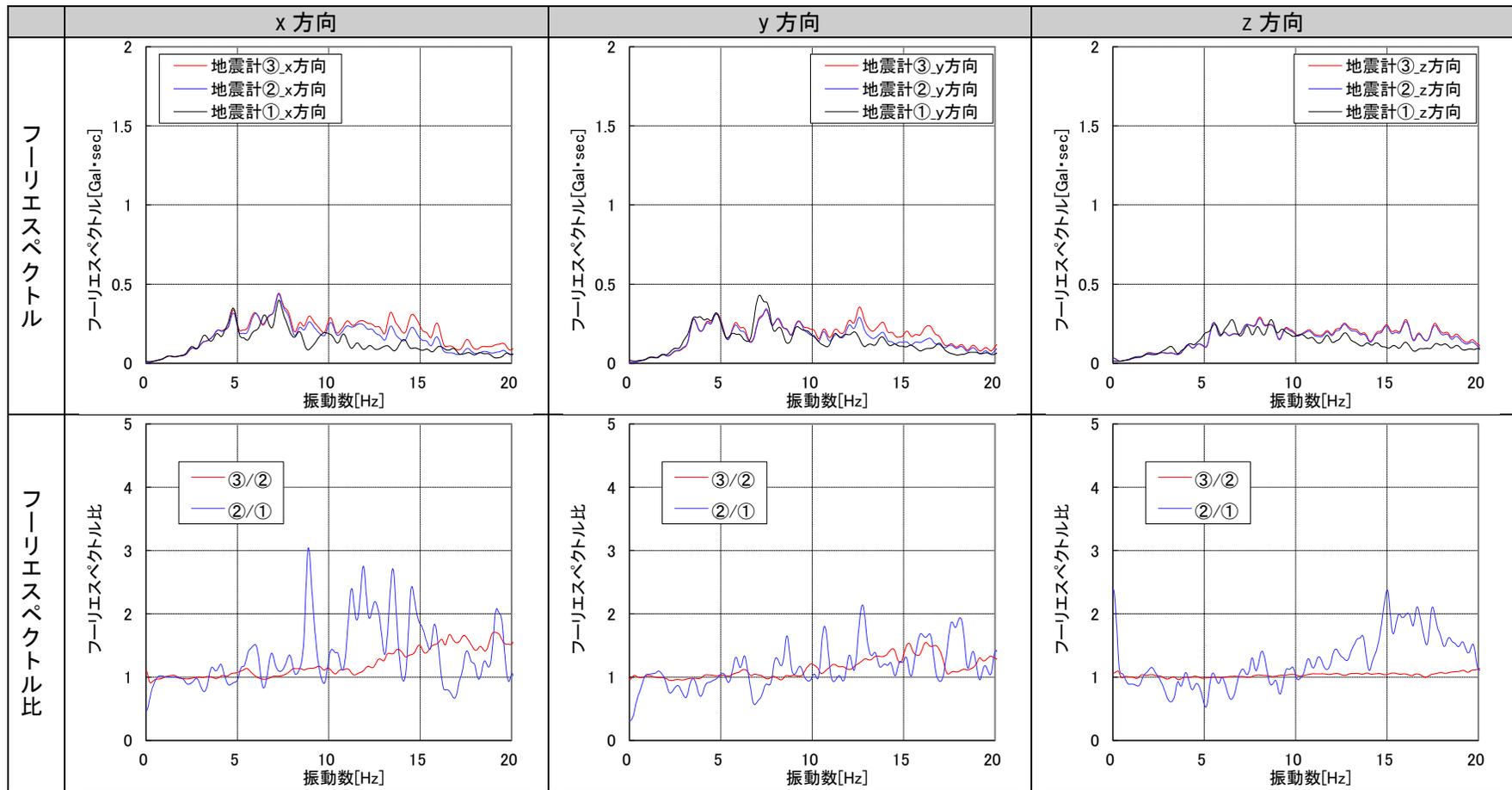
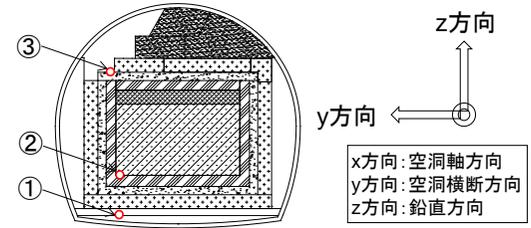


図 4.2-70 加速度のフーリエスペクトルおよびフーリエスペクトル比 (2016年5月24日)

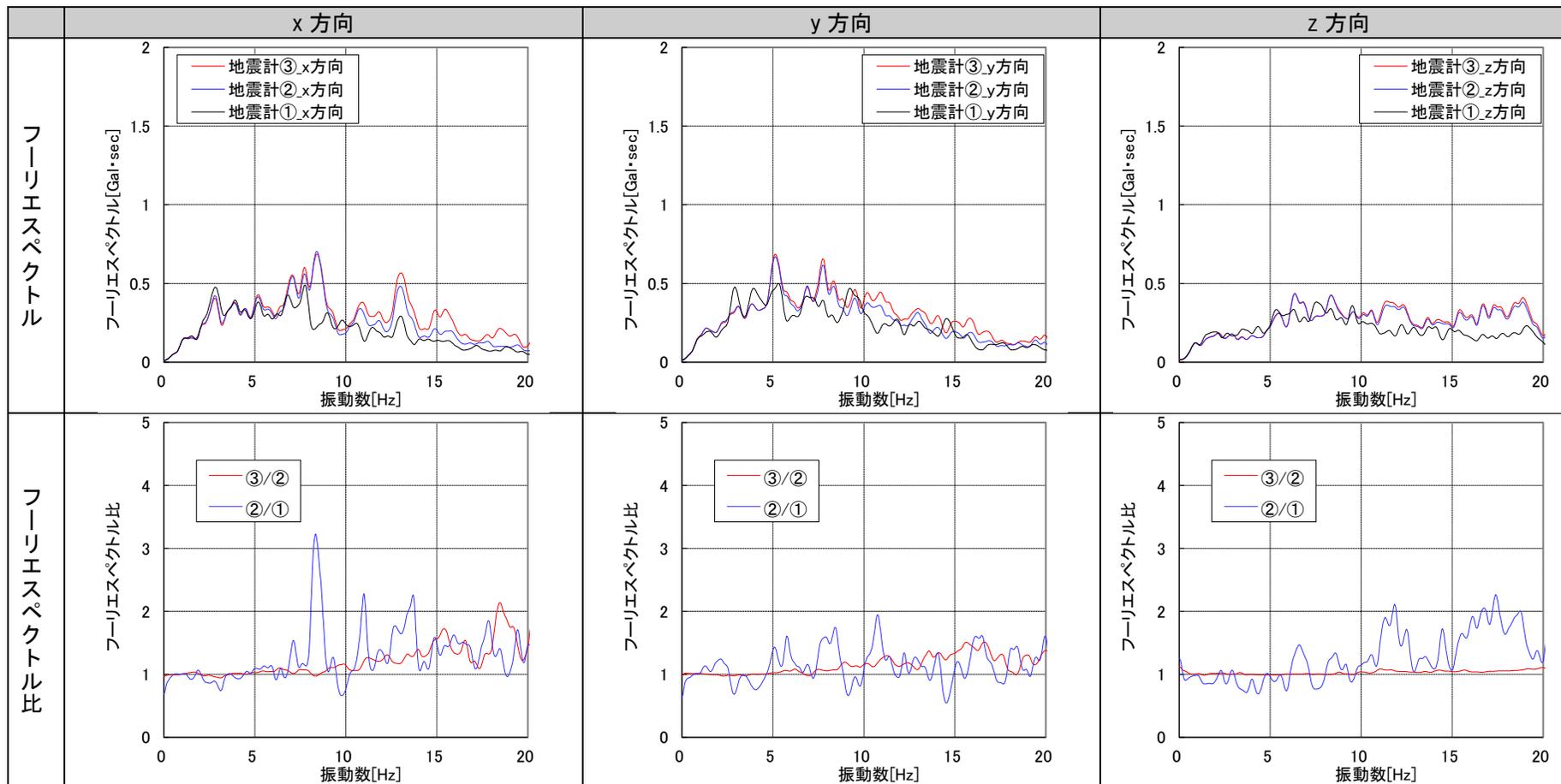
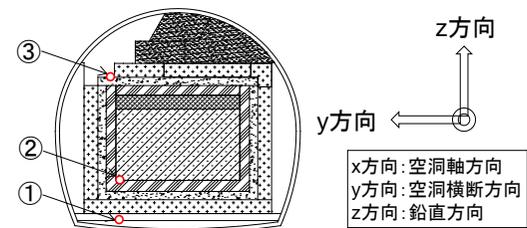


図 4.2-71 加速度のフーリエスペクトルおよびフーリエスペクトル比 (2016年5月25日)

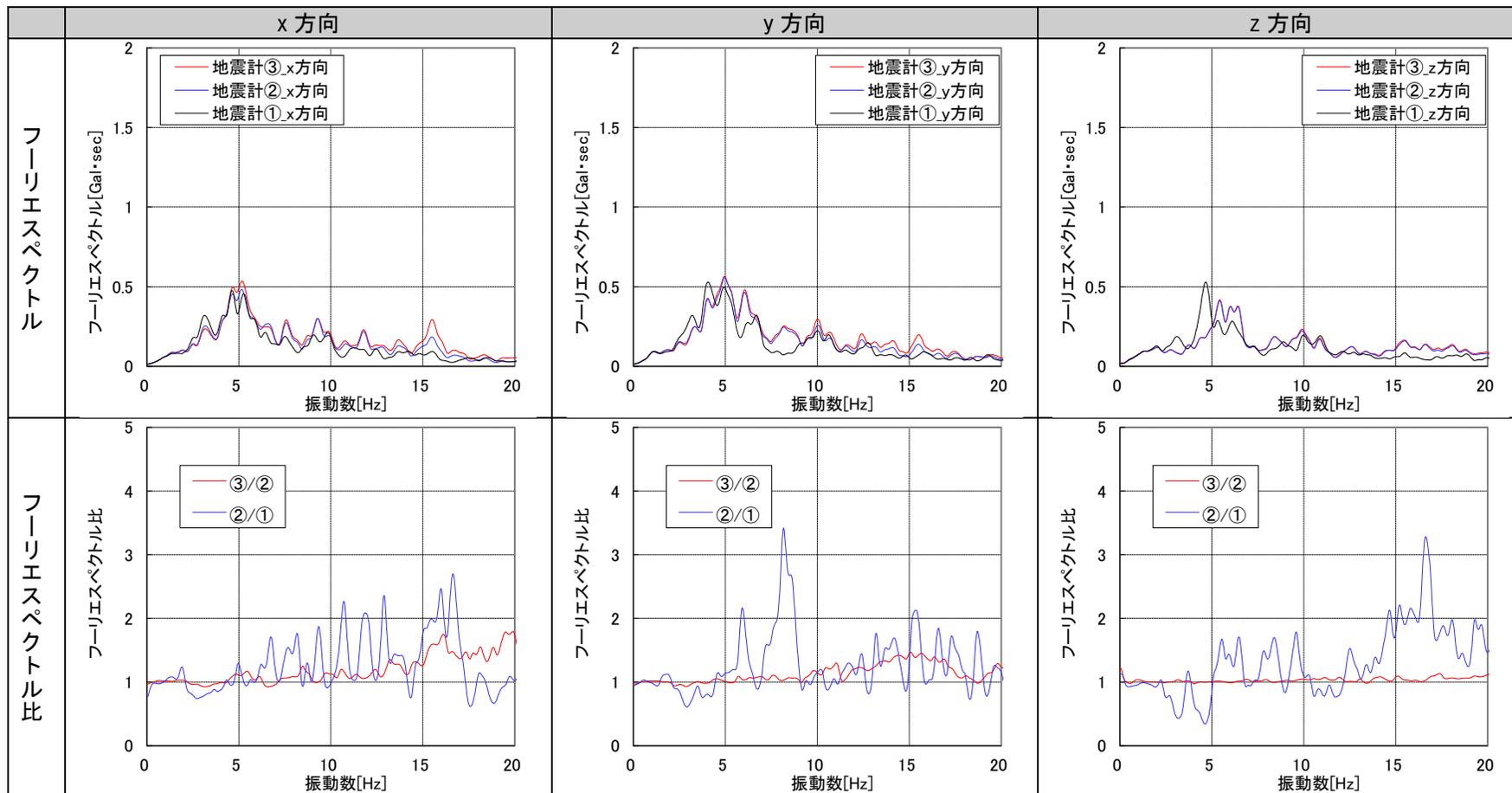
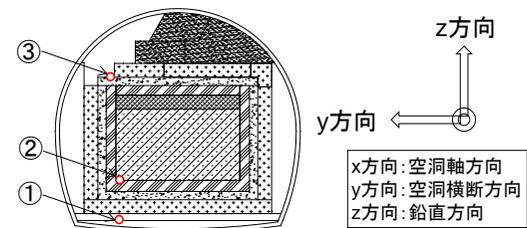


図 4.2-72 加速度のフーリエスペクトルおよびフーリエスペクトル比 (2016年7月16日)

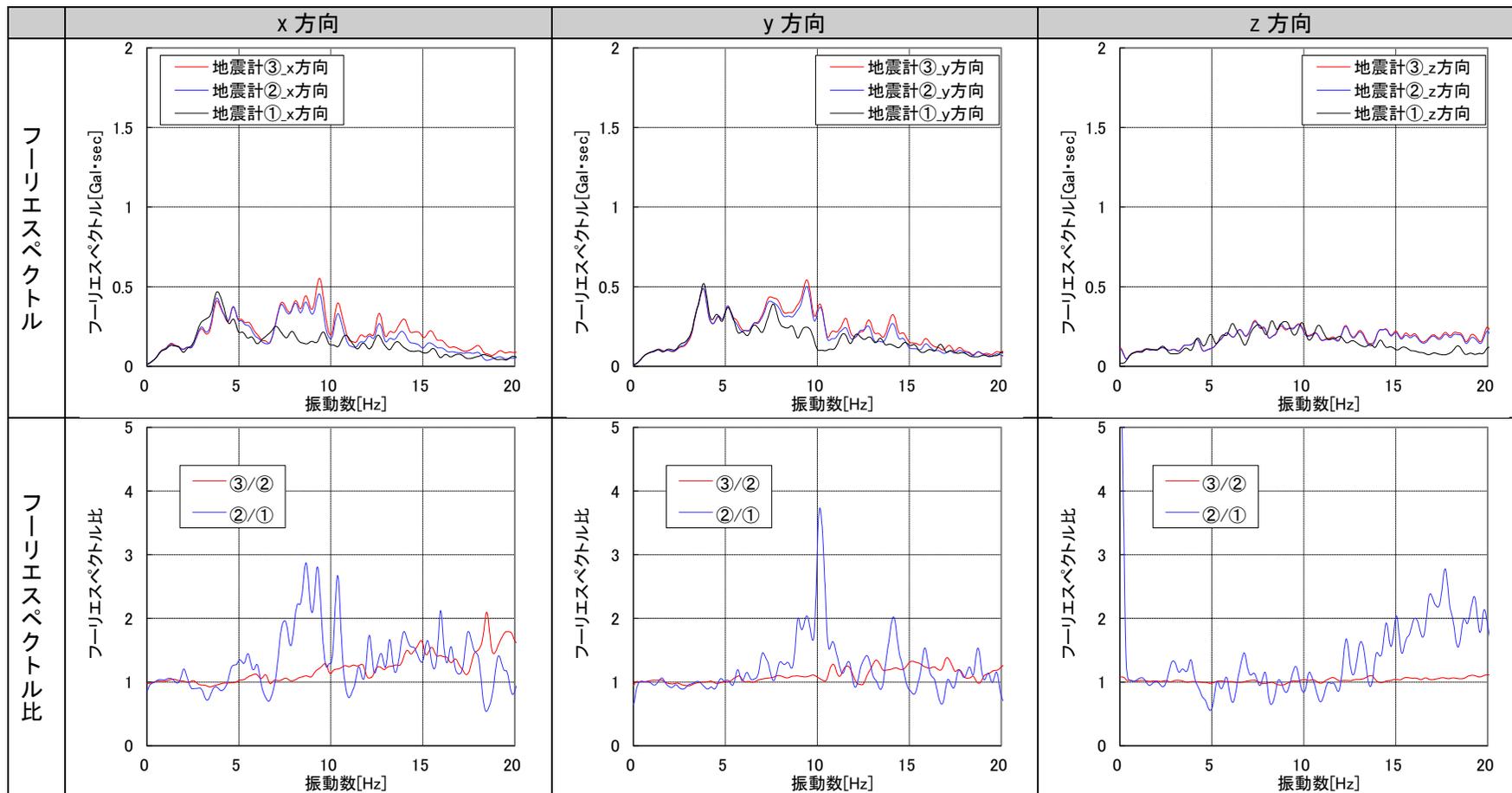
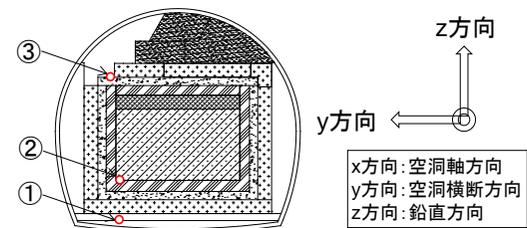


図 4.2-73 加速度のフーリエスペクトルおよびフーリエスペクトル比 (2016年7月19日)

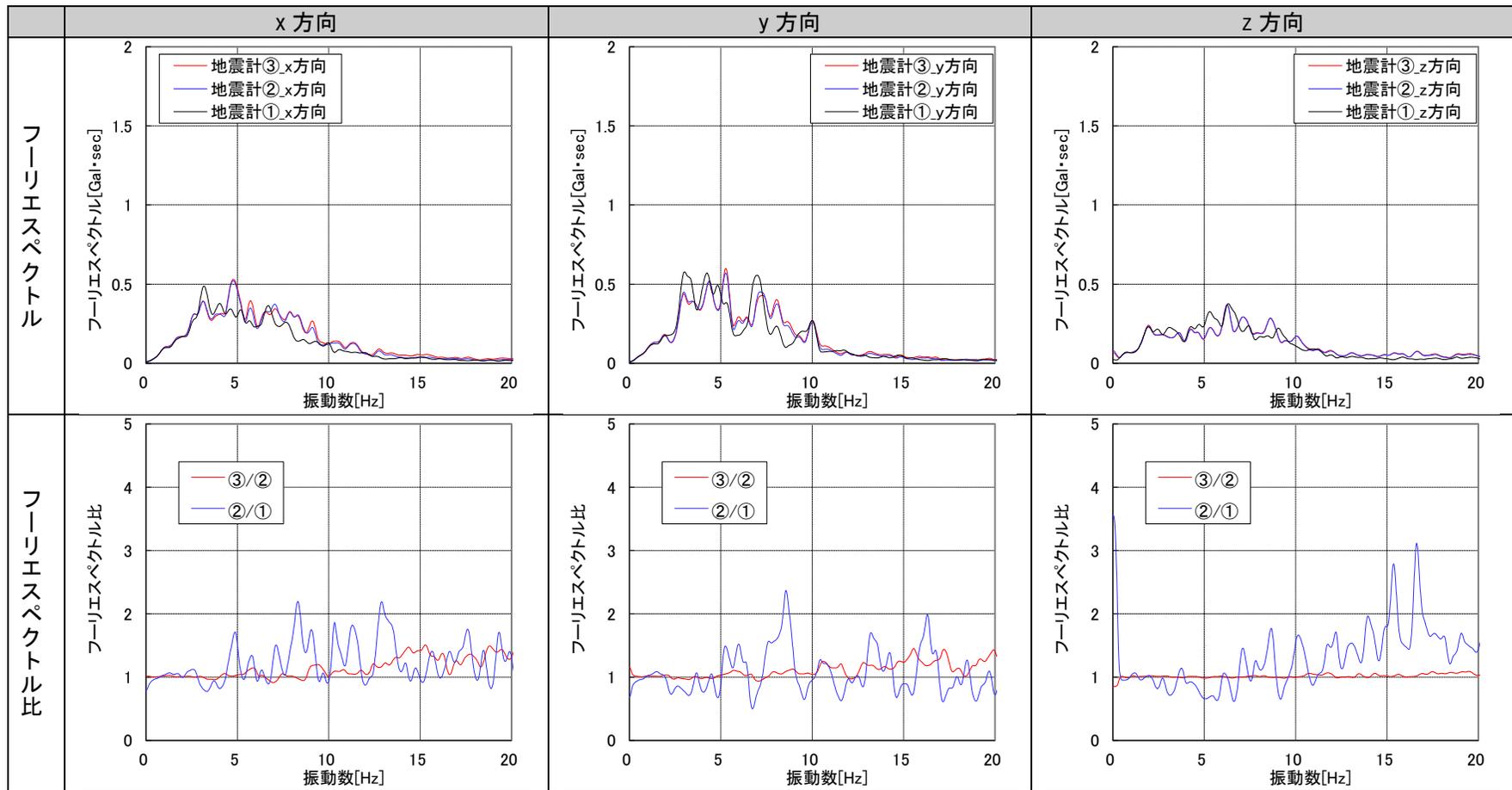
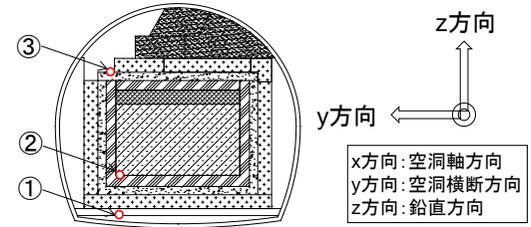


図 4.2-74 加速度のフーリエスペクトルおよびフーリエスペクトル比 (2016年7月24日)

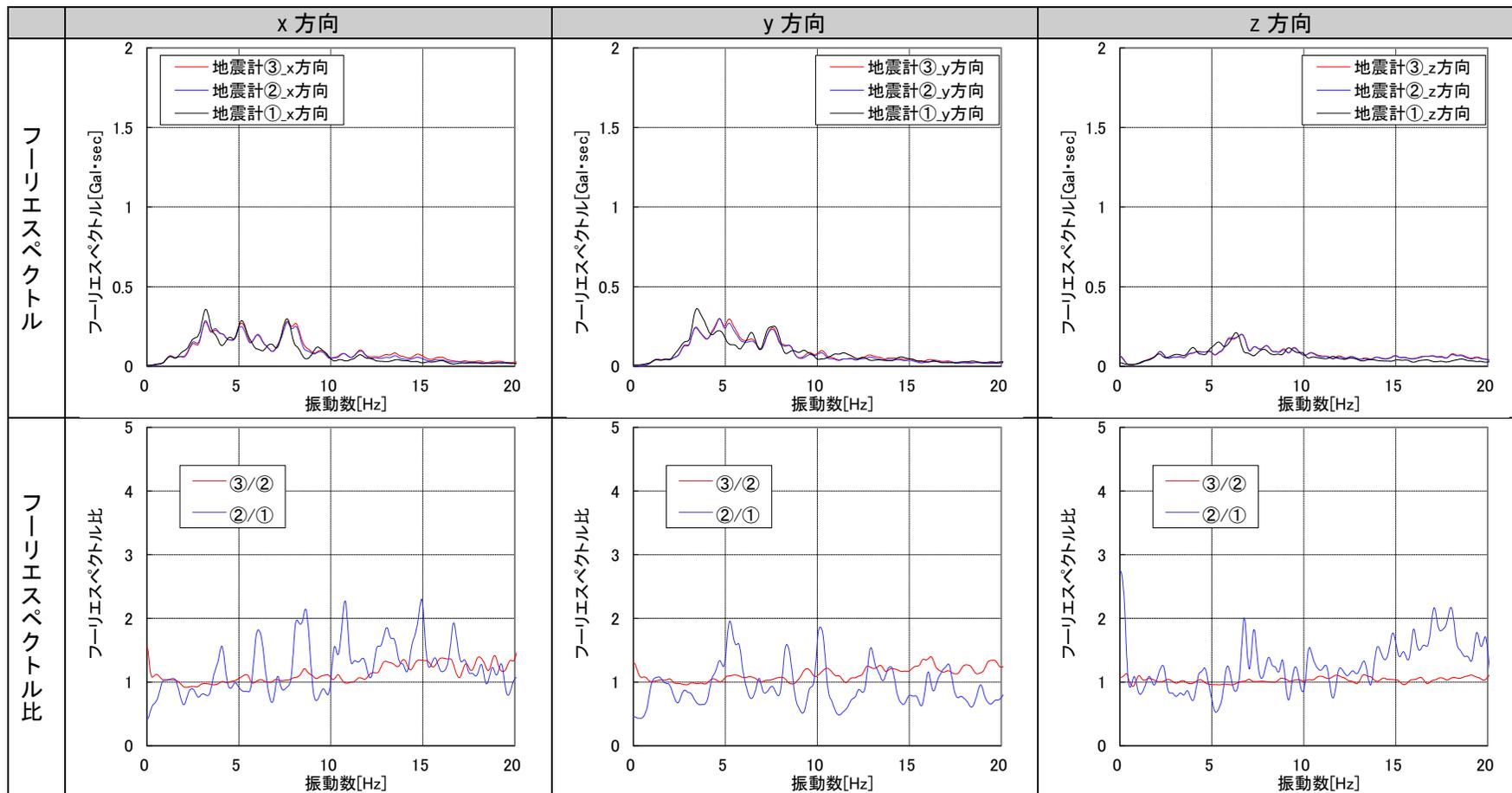
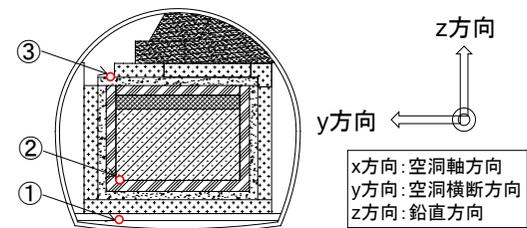


図 4.2-75 加速度のフーリエスペクトルおよびフーリエスペクトル比 (2016年8月17日)

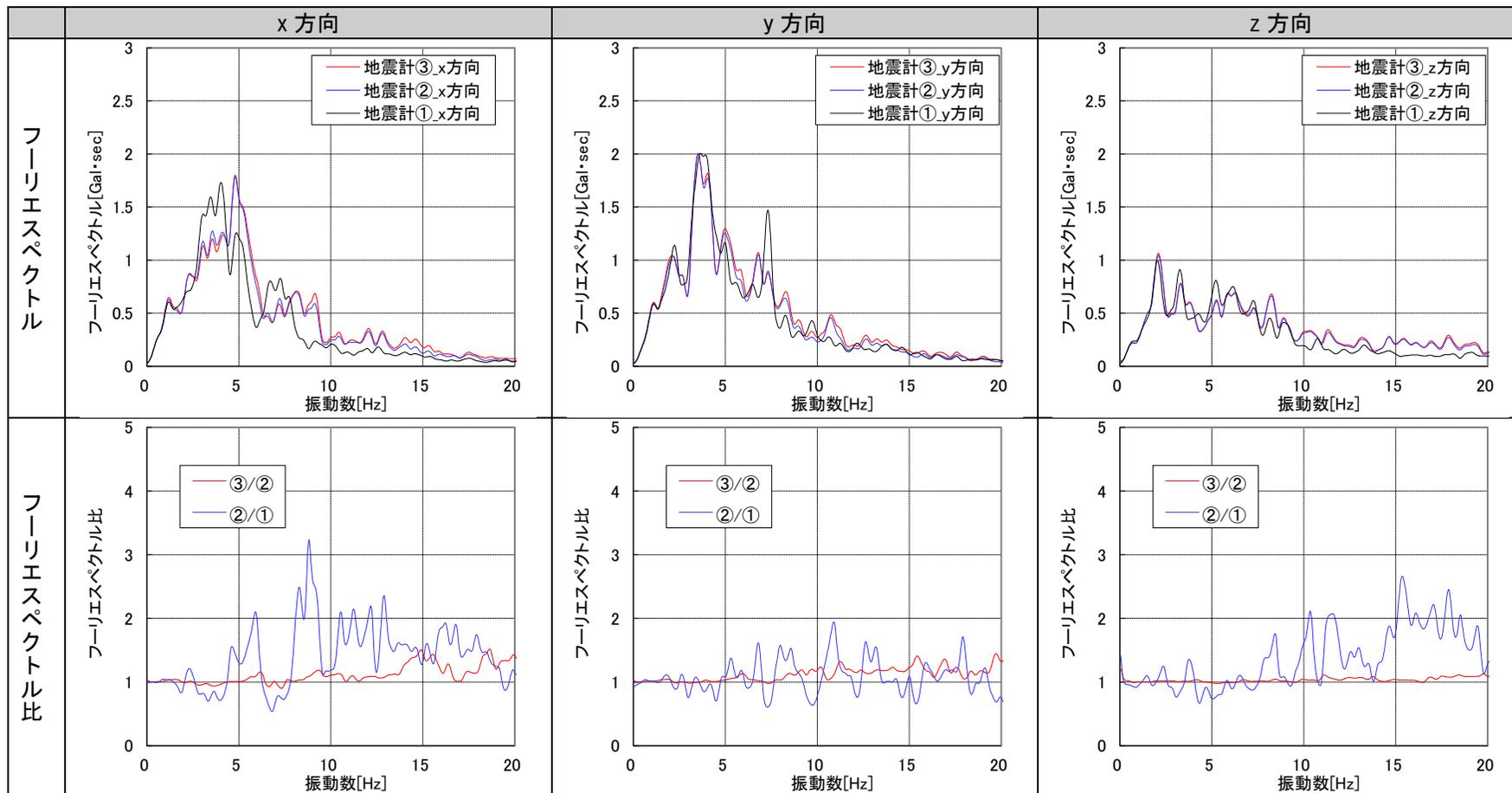
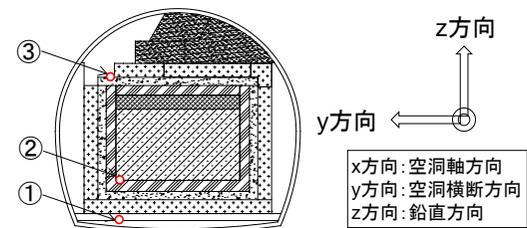


図 4.2-76 加速度のフーリエスペクトルおよびフーリエスペクトル比 (2016年9月26日)

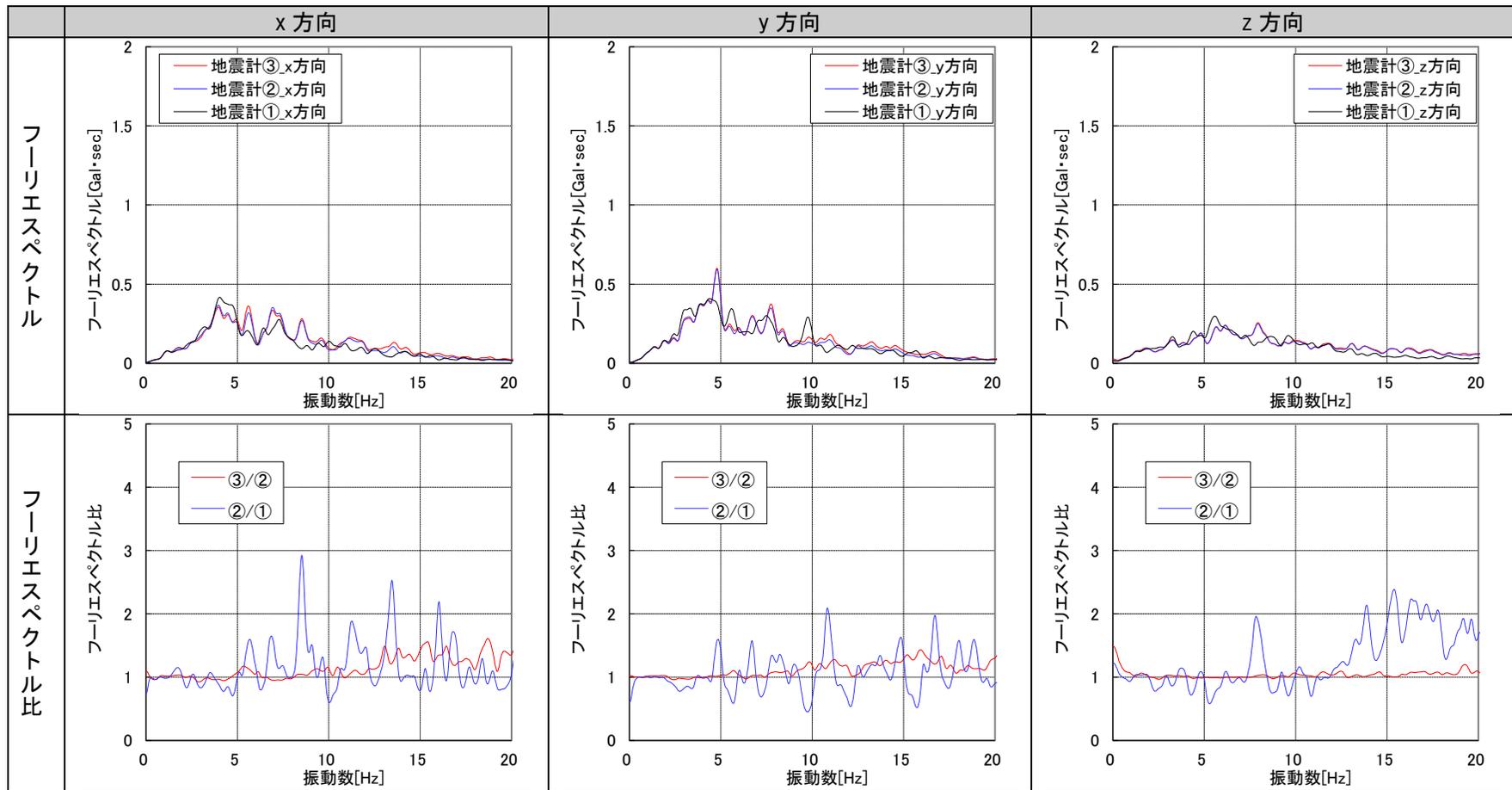
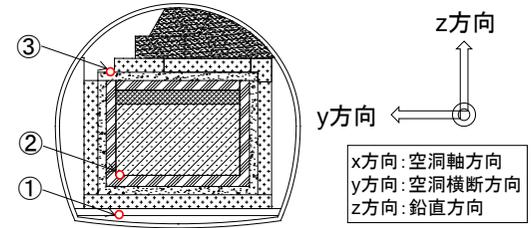


図 4.2-77 加速度のフーリエスペクトルおよびフーリエスペクトル比 (2016年10月3日)

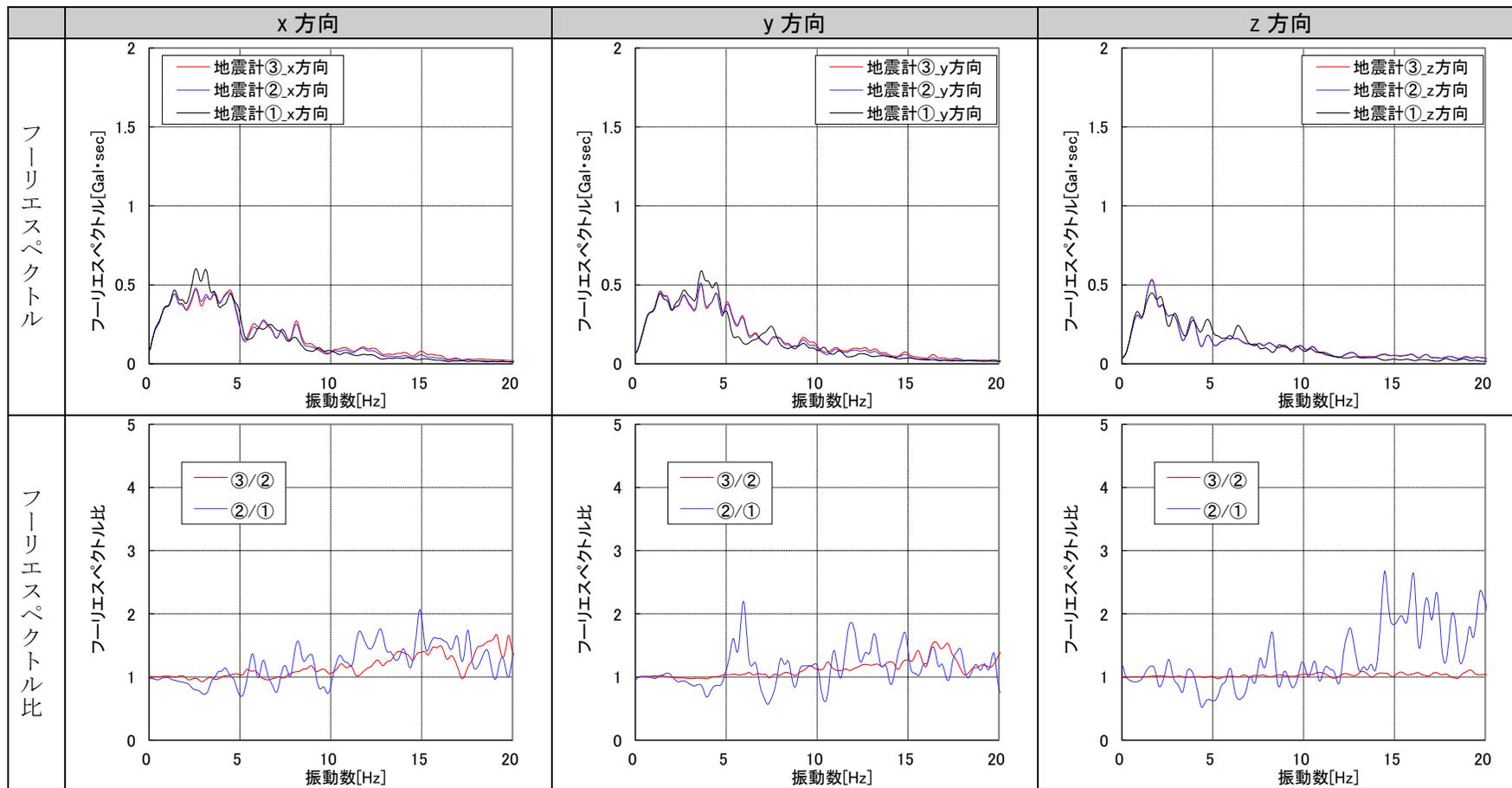
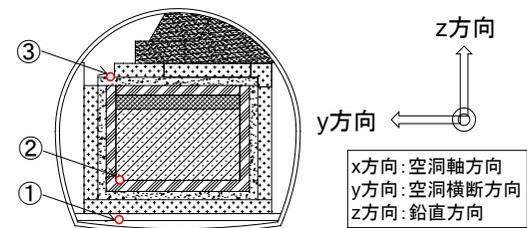


図 4.2-78 加速度のフーリエスペクトルおよびフーリエスペクトル比 (2016年11月12日)

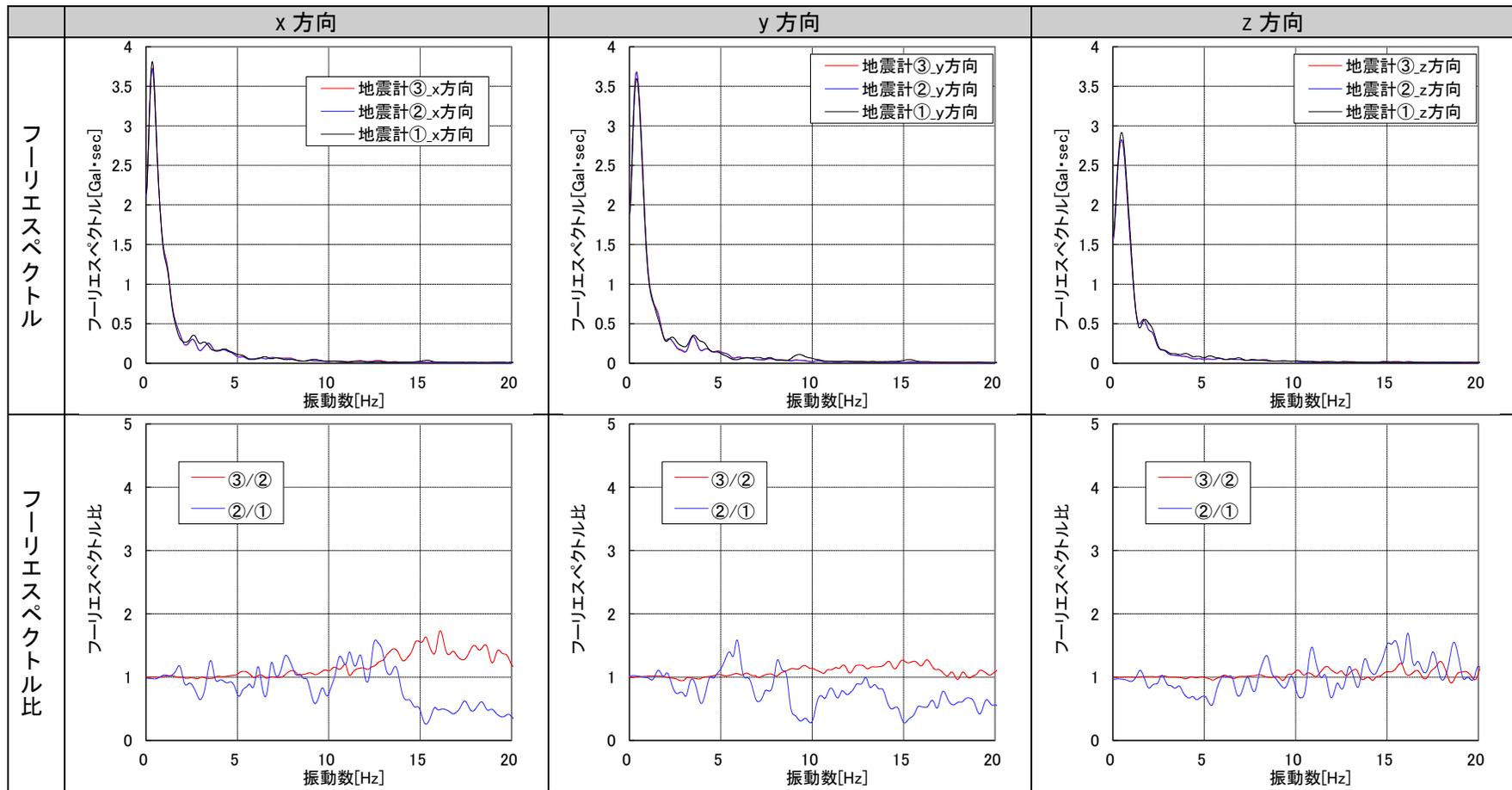
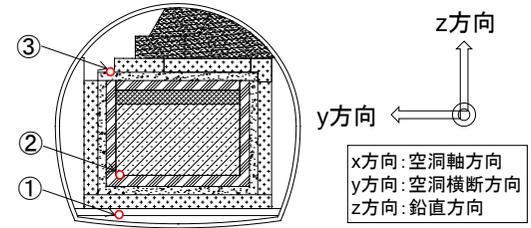


図 4.2-79 加速度のフーリエスペクトルおよびフーリエスペクトル比 (2016年11月22日)

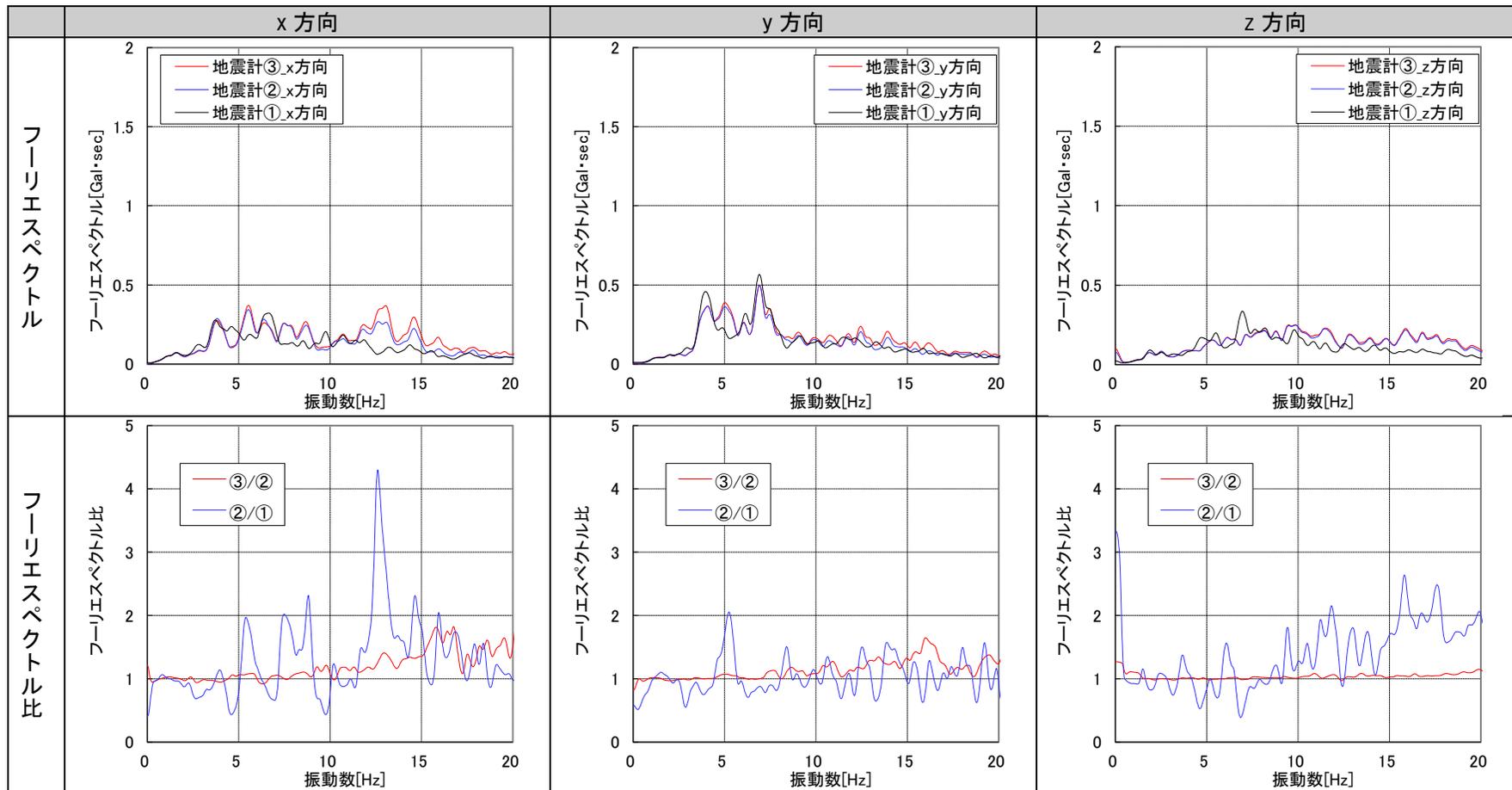
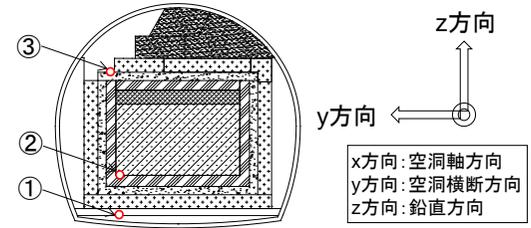
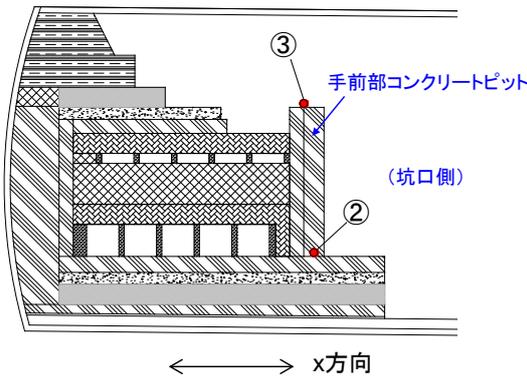
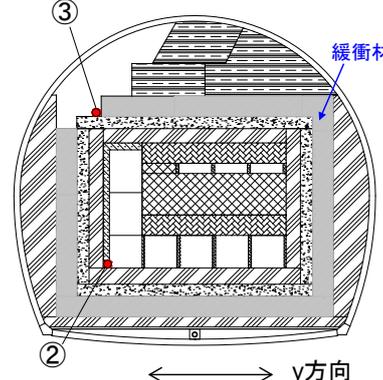


図 4.2-80 加速度のフーリエスペクトルおよびフーリエスペクトル比 (2016年11月23日)

表 4.2-13 試験施設の3次元的構造の特徴

縦断面図	横断面図
 <ul style="list-style-type: none"> <li>剛性の小さい低透水層が側壁として構築されていない。</li> <li>地震計③が設置されている手前部コンクリートピットの坑口側には構造物がなく拘束を受けない。</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>側部低透水層が左右に構築されている。</li> </ul>

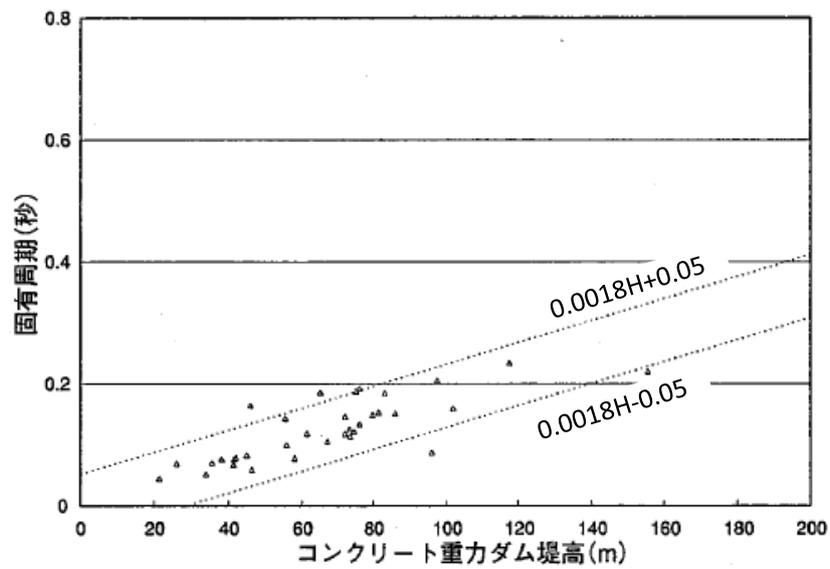


図 4.2-81 コンクリート重力ダムの固有周期と堤高の関係[6]

#### d. KiK-net データとの比較

##### (a) 概要

試験空洞（地震計①）と KiK-net 六ヶ所[7]で観測されたデータを比較する。

KiK-net 六ヶ所の詳細を表 4.2-14、試験空洞と KiK-net 六ヶ所の位置関係を図 4.2-82、ボーリング柱状図を図 4.2-83 に示す。

KiK-net 六ヶ所では、地表面（標高 5m）と地下（標高-96.54m）で観測を行っており、地下の標高は、地震計①が設置してある試験空洞底盤（標高約-94m）と標高が近く、比較分析できるものと考えられる。ただし、図 4.2-82 に示すように、試験空洞と KiK-net 六ヶ所間は約 1.5km 離れており、両者の地質・地層構成が異なる可能性があるため、両者の観測データを同等に扱うことには注意する必要がある。

ここでは、試験空洞と KiK-net 六ヶ所で観測された地震動データを比較することにより、両者の観測データの傾向や特徴を分析することとする。

分析の結果、最大加速度およびフーリエスペクトルは、地震計①と KiK-net 六ヶ所で概ね同様の傾向となることがわかった。よって、試験空洞における地震動観測データの妥当性を検討する場合、KiK-net 六ヶ所の観測データと比較して評価する方法が有効であると考えられる。

表 4.2-14 KiK-net 六ヶ所の詳細[7]

項目	内容
データ種別	KiK-net
観測点コード	AOMH06
観測点名	六ヶ所（青森県）
設置位置	北緯 40.9664 度、東経 141.3738 度 （六ヶ所村役場駐車場）
設置高さ	地表面（標高 5m）および地下（標高-96.54m）
設置方位	北から 5° 時計回りに回転



(C)ZENRIN.CO.LTD (Z16BB 第 1632 号)

図 4.2-82 試験空洞と KiK-net 六ヶ所の位置関係

## ボーリング柱状図

観測点名： 六ヶ所(ろっかしよ)

所在地： 青森県上北郡六ヶ所村大字尾鉾字野附478-1

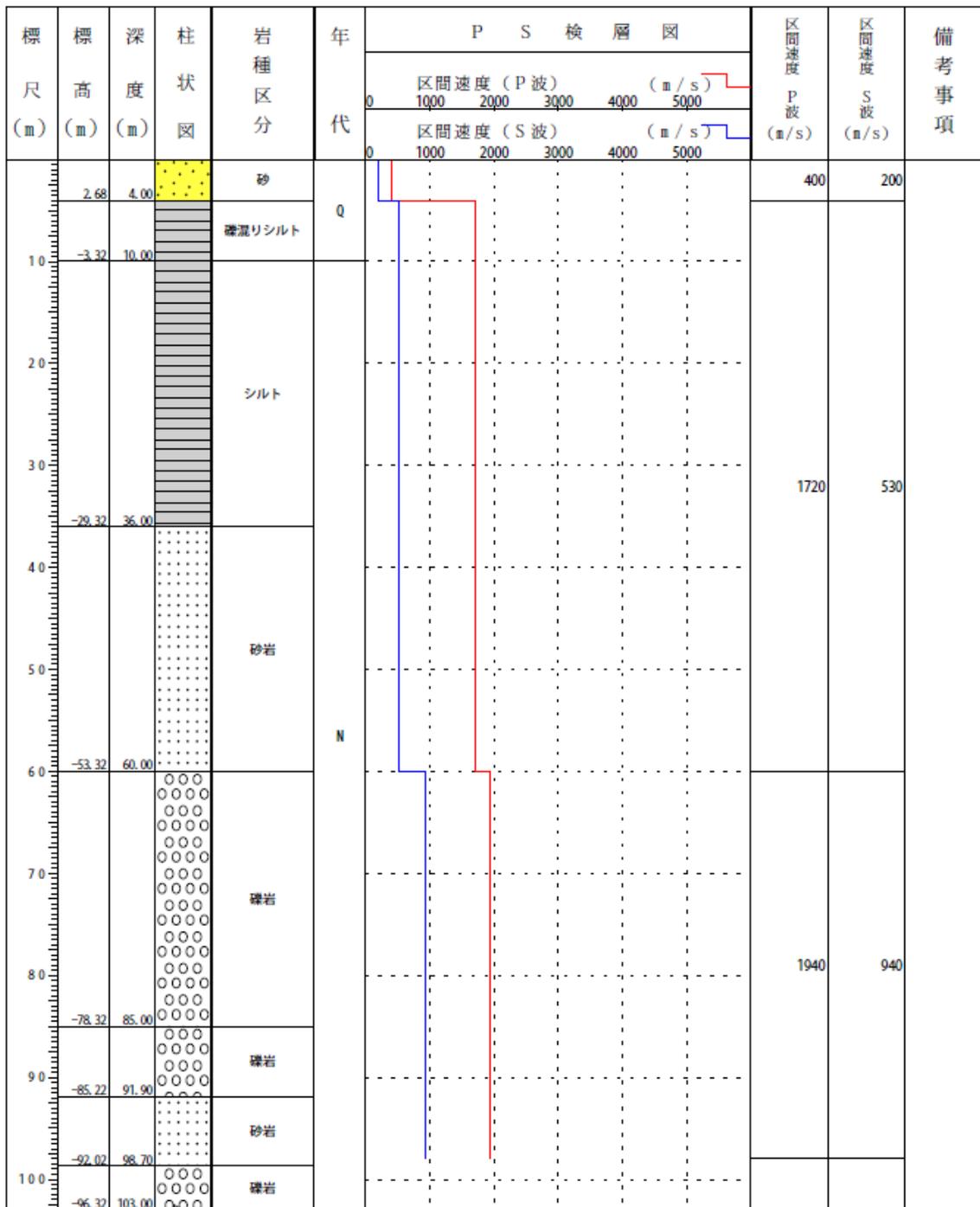
緯度： 40° 57' 50.0"

孔口標高： +7m

観測点コード： A0MH06

経度： 141° 22' 39.0"

総掘進長： 103.00m



NIED 独立行政法人防災科学技術研究所  
Copyright (c) National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, All rights Reserved.

図 4.2-83 KiK-net 六ヶ所のボーリング柱状図[7]

なお、KiK-net 六ヶ所と試験空洞における地震計の計測方向は異なるため、既往文献[8]による方法を用いて KiK-net 六ヶ所データの方位補正を行った。

図 4.2-84 に示すように、KiK-net 六ヶ所の方位は北から時計回りに 5° 回転、試験空洞の軸方向は北から反時計回りに 49° 回転している。よって KiK-net 六ヶ所データを反時計回りに 54° 回転して、試験空洞の軸方向に合わせた方位補正を行う。

補正前の N-S 成分および E-W 成分をそれぞれ  $N(t)$ 、 $E(t)$  とし、補正後の N-S 成分および E-W 成分をそれぞれ  $N'(t)$ 、 $E'(t)$  とする。方位が時計回りに  $\alpha^\circ$  回転したとすると、

$$\begin{pmatrix} N'(t) \\ E'(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N(t) \\ E(t) \end{pmatrix}$$

の関係がある。ここで  $t$  は時間である。

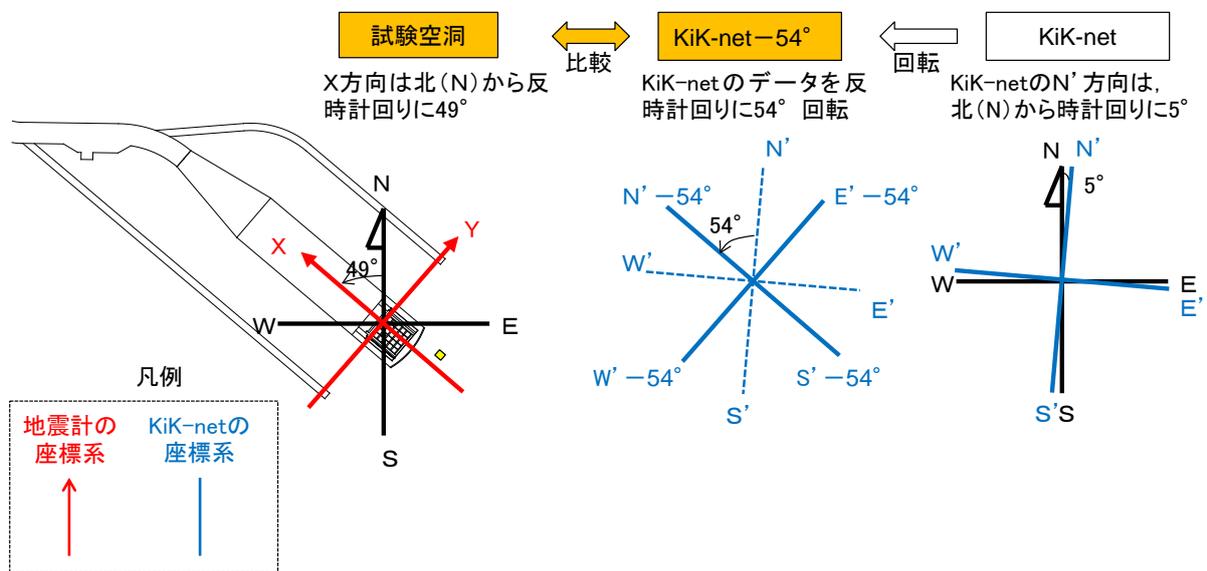
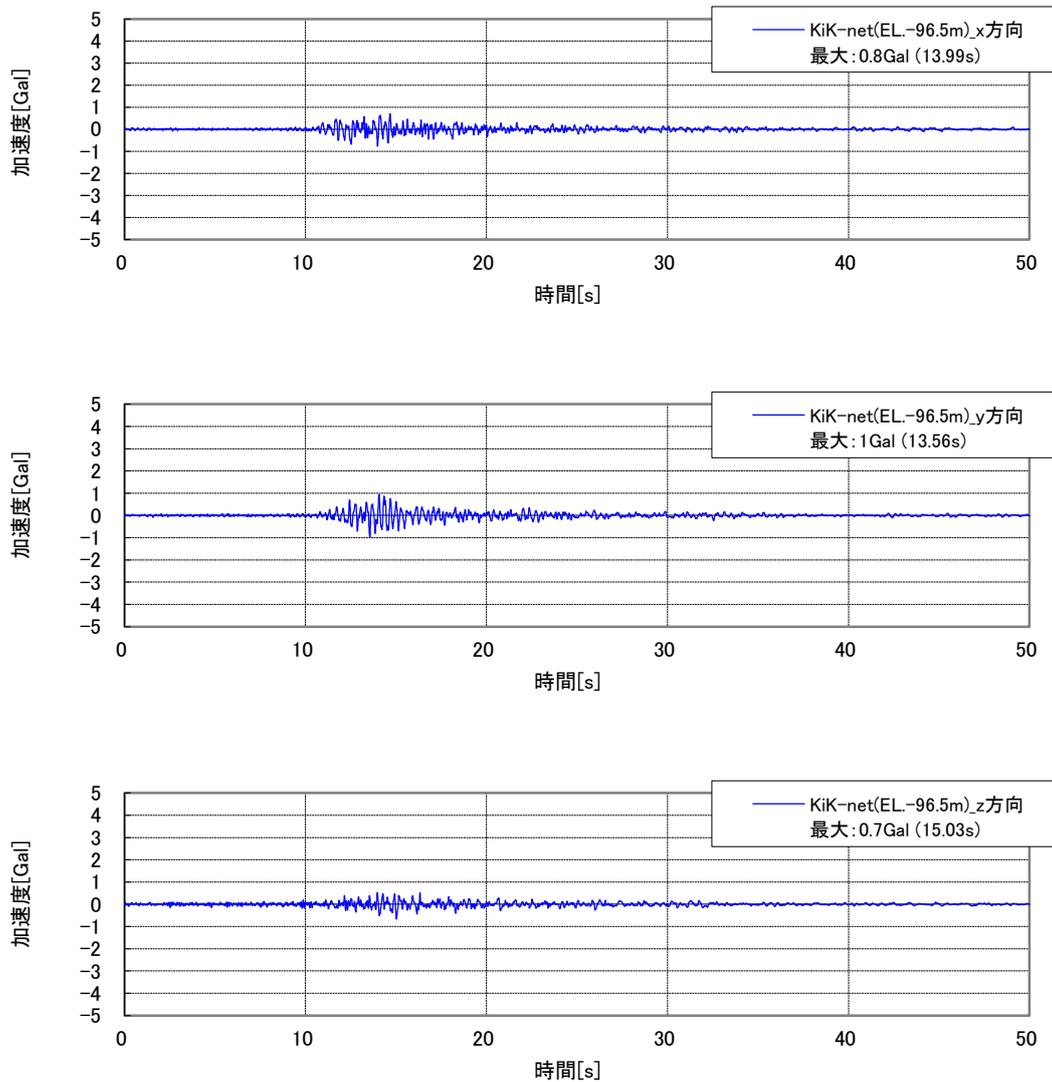


図 4.2-84 KiK-net 六ヶ所と試験空洞の方位

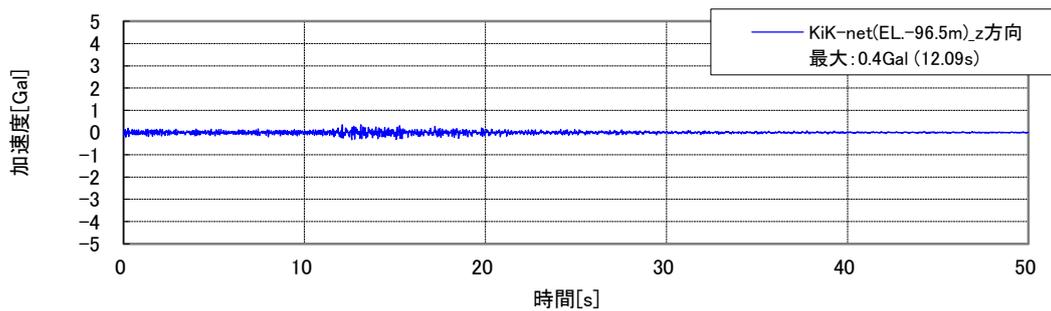
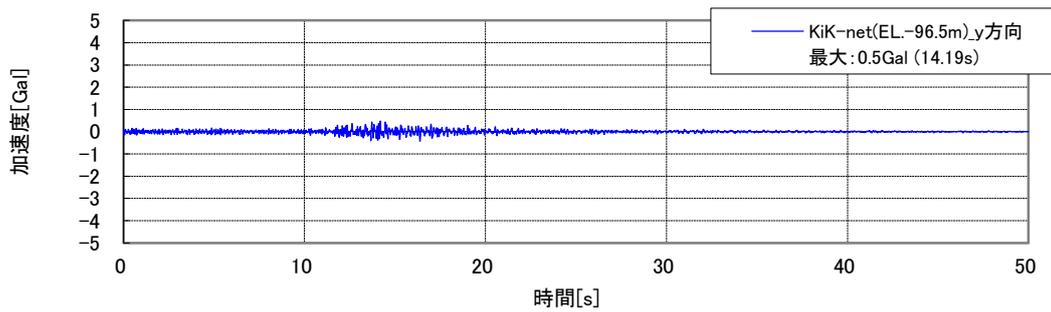
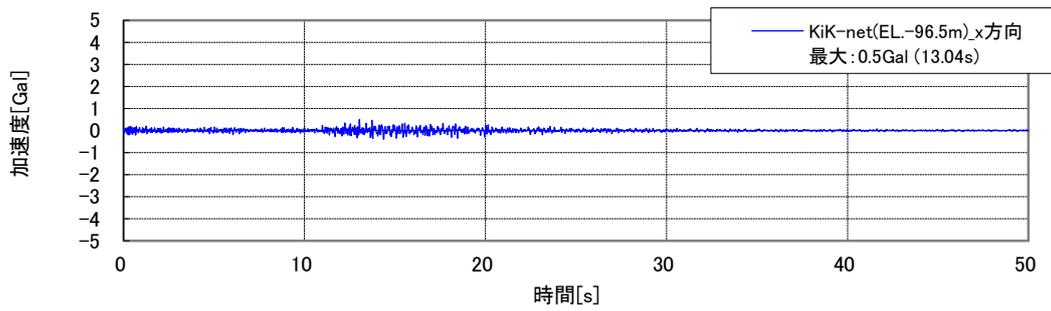
(b) 地震動観測データ

地震計①（標高約-94m）の標高に近い KiK-net 六ヶ所の地下（標高-96.54m）の観測データ（2016/5/3、5/24、5/25、7/16、7/19、7/25、8/17、9/26、10/3、11/12、11/22）を図 4.2-85～図 4.2-95 に示す。なお、2016/11/23 の地震動データは、KiK-net 六ヶ所では観測されていなかった。



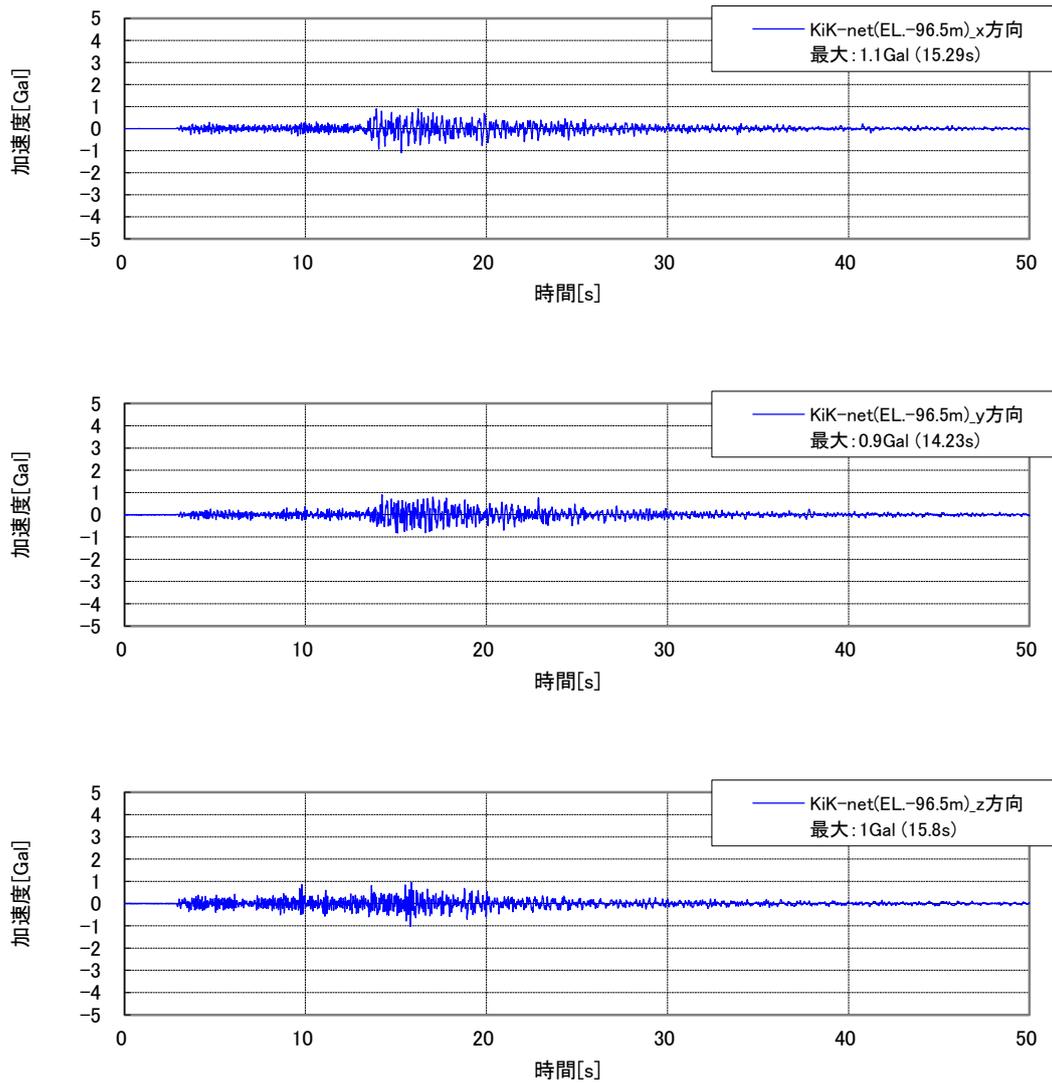
※上から x、y、z 方向。KiK-net データの方位補正を行い、試験空洞の x、y、z 方向に変換した。

図 4.2-85 KiK-net 六ヶ所（標高-96.54m）の観測データ（2016年5月3日）



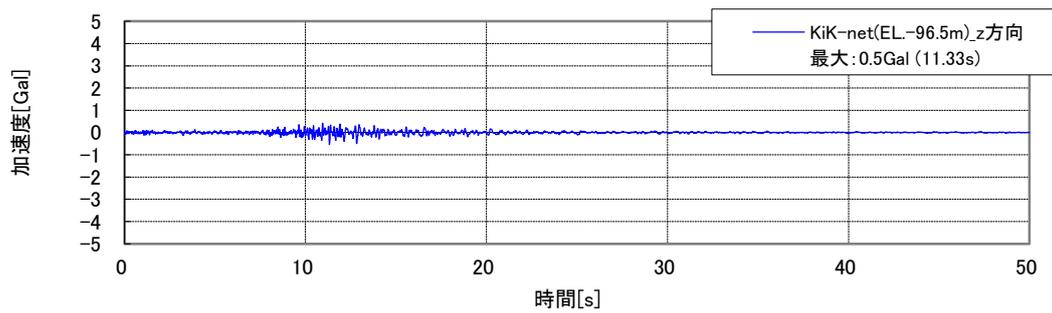
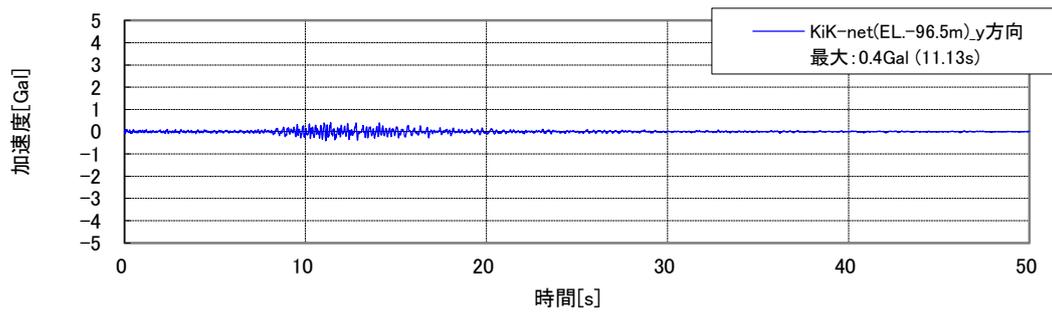
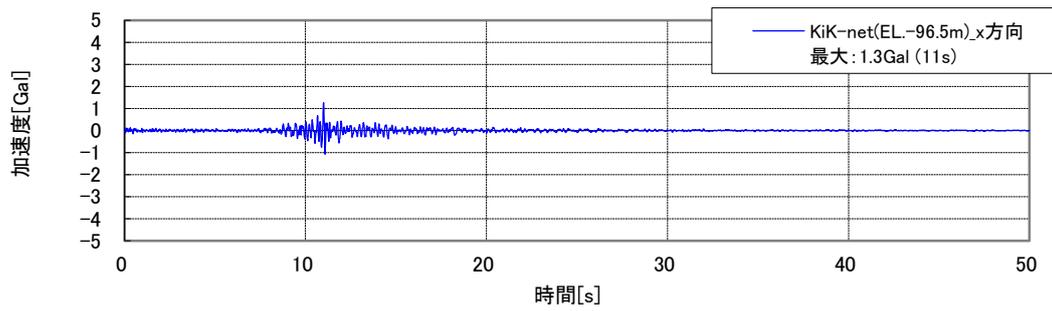
※上から x、y、z 方向。KiK-net データの方位補正を行い、試験空洞の x、y、z 方向に変換した。

図 4.2-86 KiK-net 六ヶ所 (標高-96.54m) の観測データ (2016年5月24日)



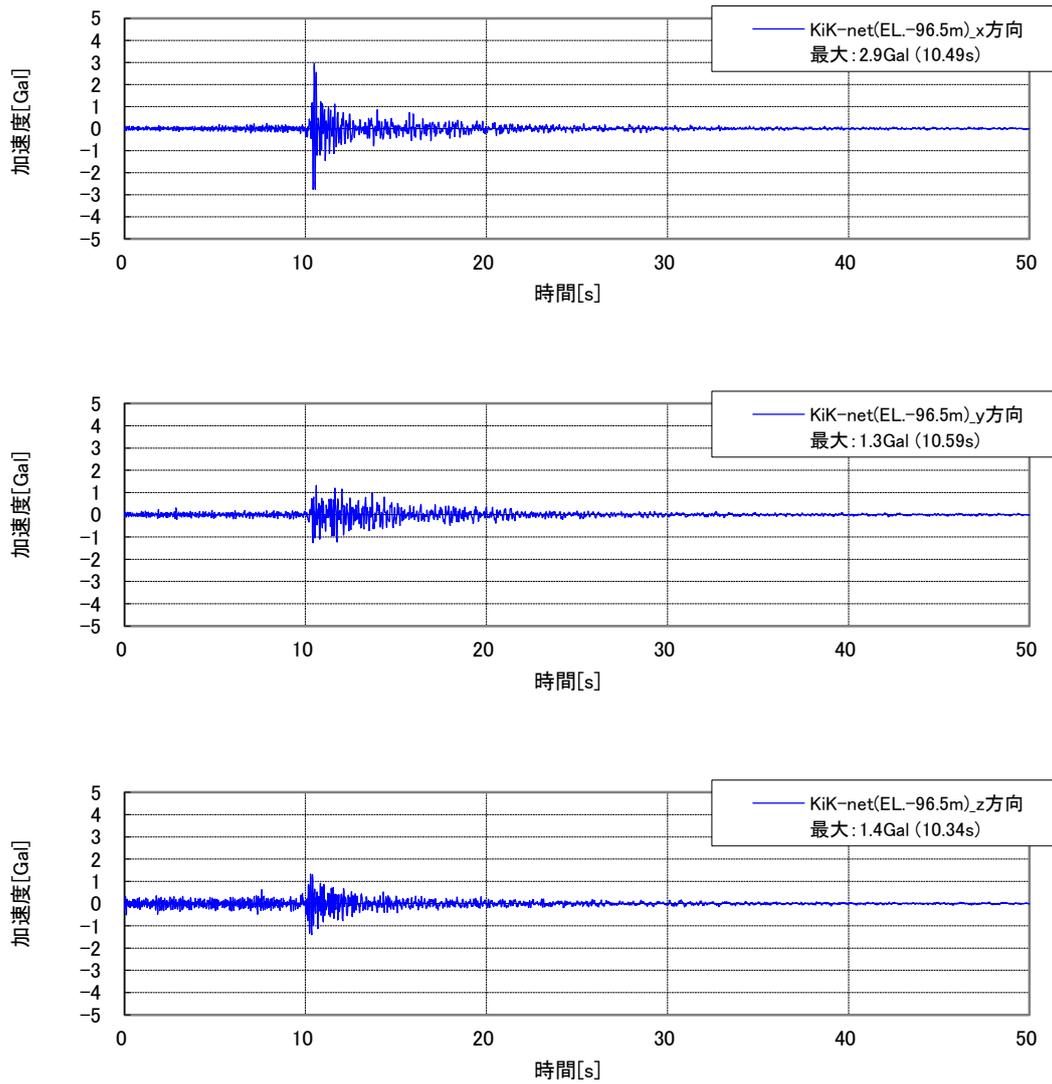
※上から x、y、z 方向。KiK-net データの方位補正を行い、試験空洞の x、y、z 方向に変換した。

図 4.2-87 KiK-net 六ヶ所（標高-96.54m）の観測データ（2016年5月25日）



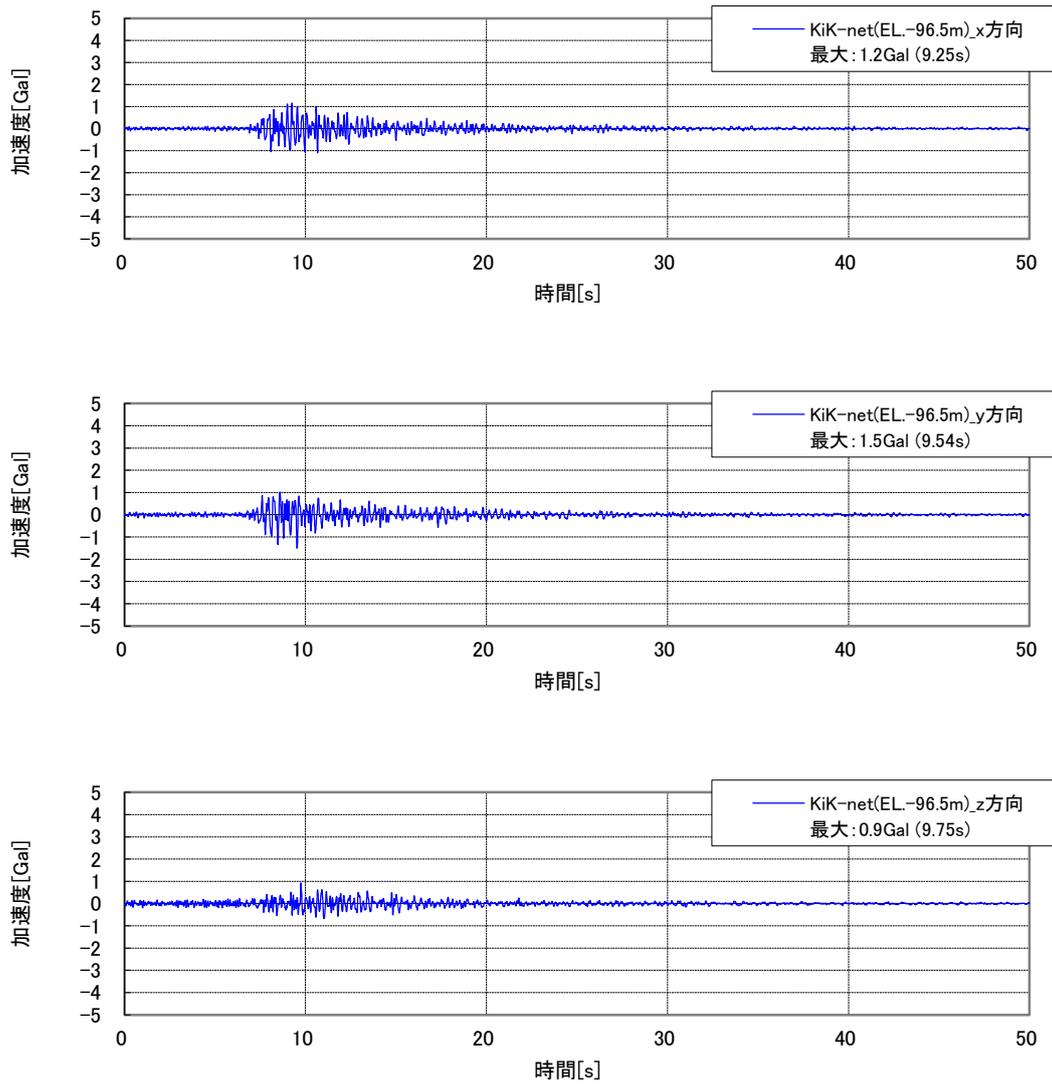
※上から x、y、z 方向。KiK-net データの方位補正を行い、試験空洞の x、y、z 方向に変換した。

図 4.2-88 KiK-net 六ヶ所 (標高-96.54m) の観測データ (2016年7月16日)



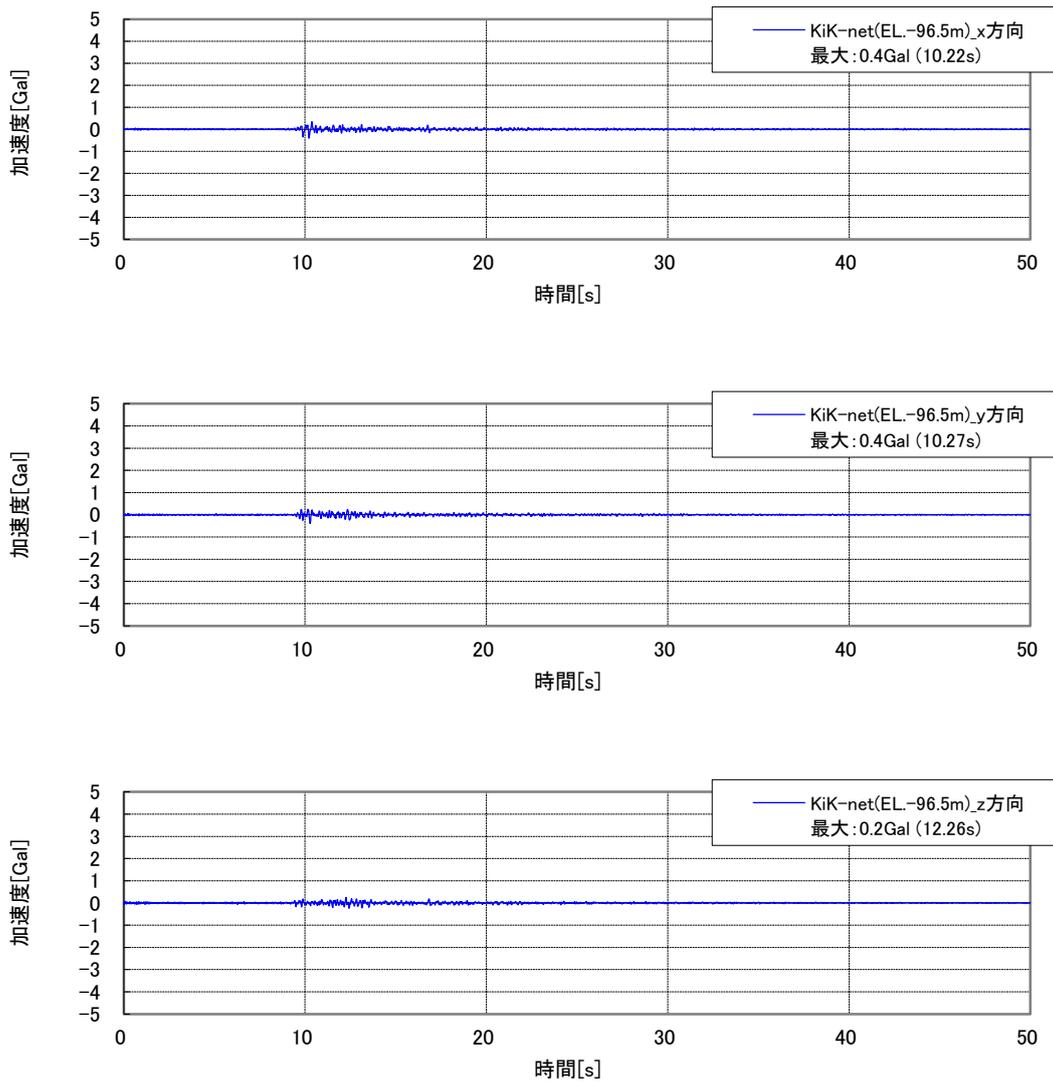
※上から x、y、z 方向。KiK-net データの方位補正を行い、試験空洞の x、y、z 方向に変換した。

図 4.2-89 KiK-net 六ヶ所（標高-96.54m）の観測データ（2016年7月19日）



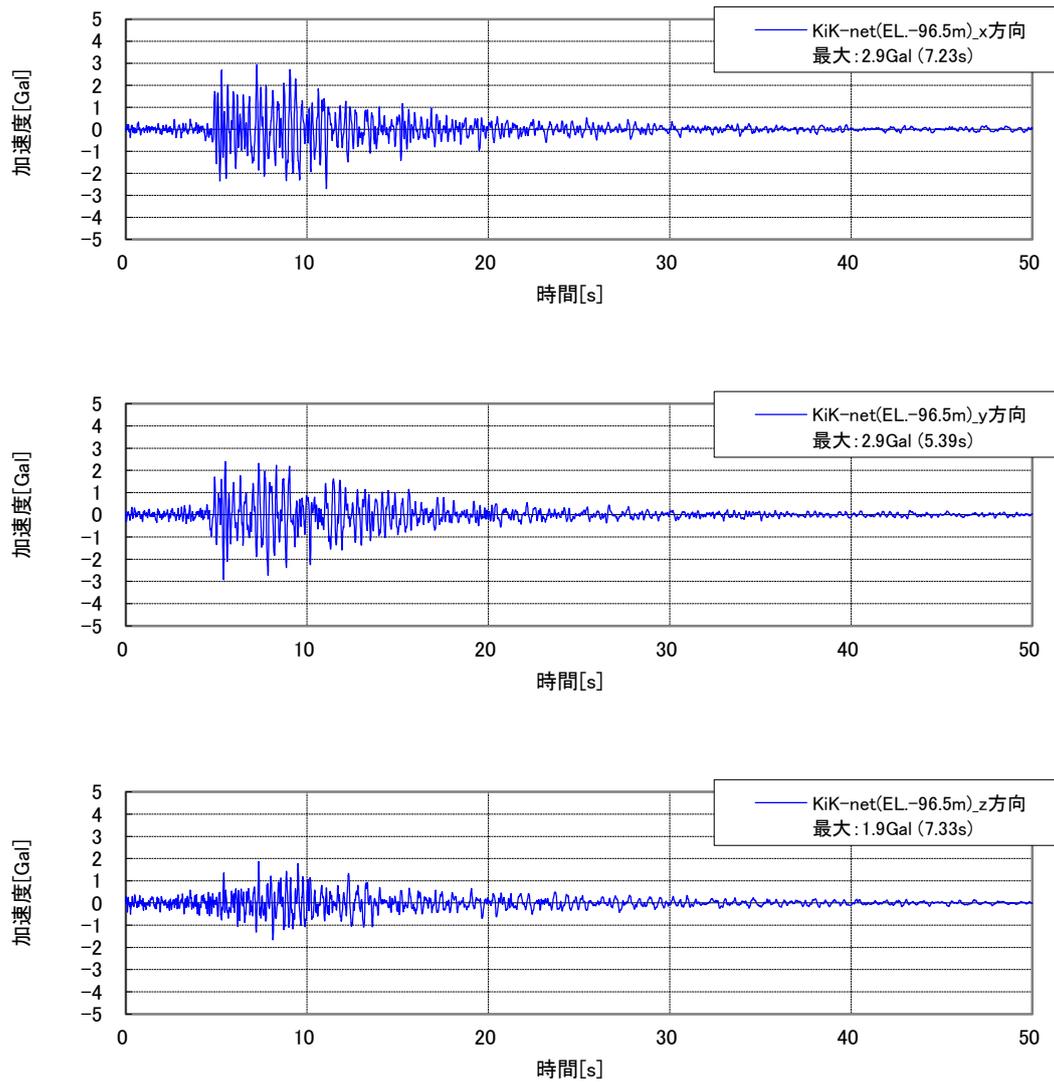
※上から x、y、z 方向。KiK-net データの方位補正を行い、試験空洞の x、y、z 方向に変換した。

図 4.2-90 KiK-net 六ヶ所 (標高-96.54m) の観測データ (2016 年 7 月 24 日)



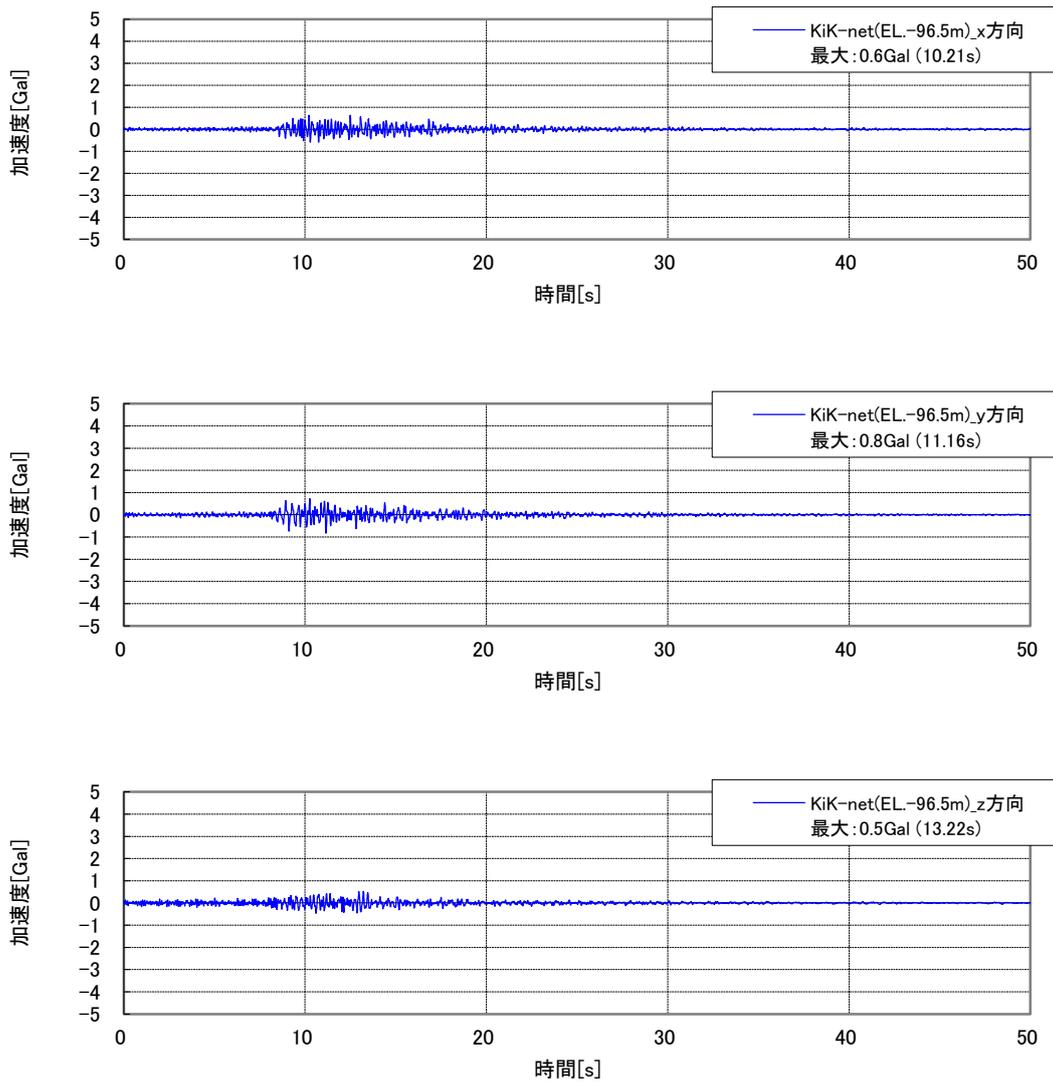
※上から x、y、z 方向。KiK-net データの方位補正を行い、試験空洞の x、y、z 方向に変換した。

図 4.2-91 KiK-net 六ヶ所 (標高-96.54m) の観測データ (2016 年 8 月 17 日)



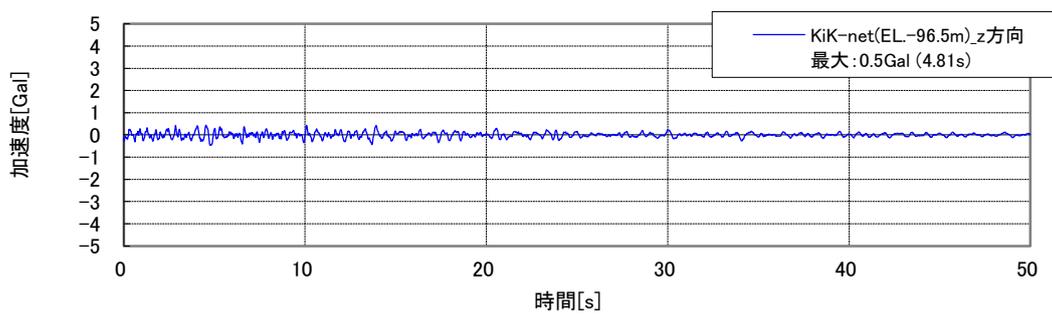
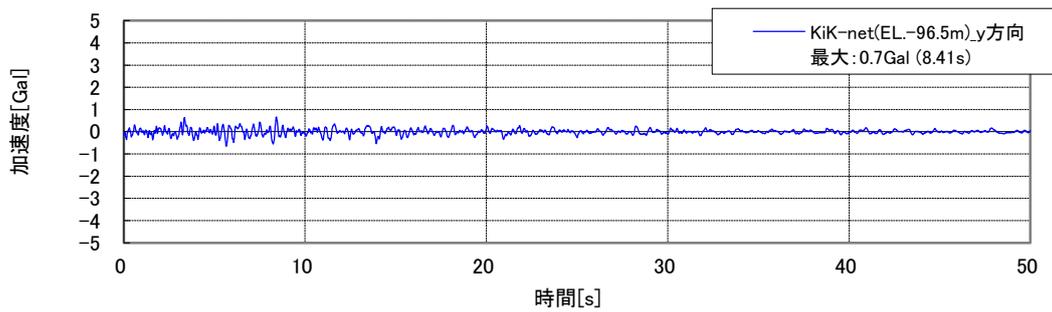
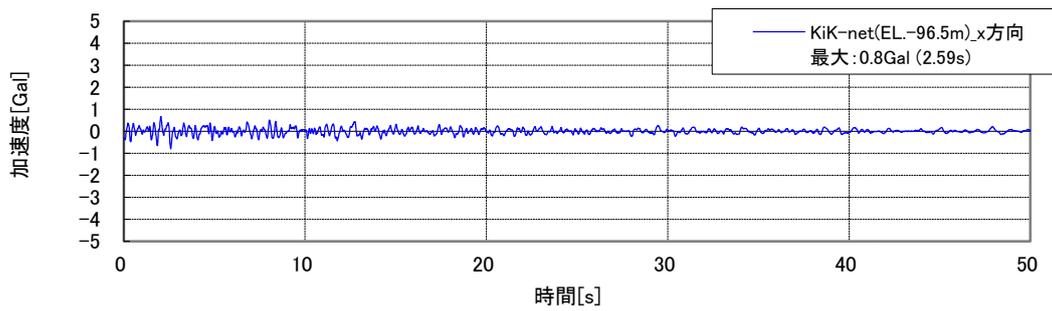
※上から x、y、z 方向。KiK-net データの方位補正を行い、試験空洞の x、y、z 方向に変換した。

図 4.2-92 KiK-net 六ヶ所 (標高-96.54m) の観測データ (2016 年 9 月 26 日)



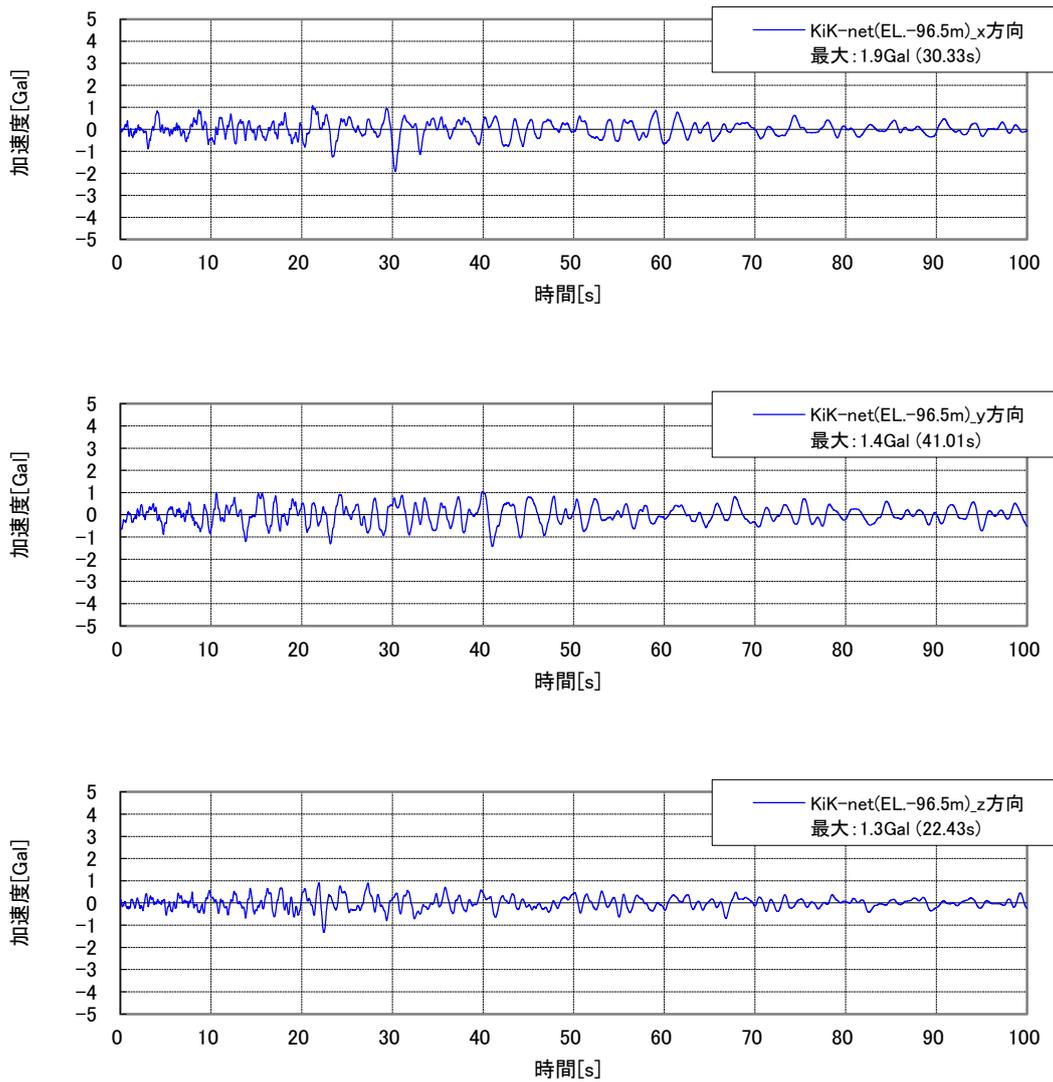
※上から x、y、z 方向。KiK-net データの方位補正を行い、試験空洞の x、y、z 方向に変換した。

図 4.2-93 KiK-net 六ヶ所 (標高-96.54m) の観測データ (2016 年 10 月 3 日)



※上から x、y、z 方向。KiK-net データの方位補正を行い、試験空洞の x、y、z 方向に変換した。

図 4.2-94 KiK-net 六ヶ所 (標高-96.54m) の観測データ (2016 年 11 月 12 日)



※上から x、y、z 方向。KiK-net データの方位補正を行い、試験空洞の x、y、z 方向に変換した。

図 4.2-95 KiK-net 六ヶ所 (標高-96.54m) の観測データ (2016 年 11 月 22 日)

(c) 最大加速度

地震計①（標高約-94m）と KiK-net 六ヶ所（標高-96.54m）で観測されたデータの最大加速度一覧を表 4.2-15 に、各観測日の最大加速度比較を図 4.2-96～図 4.2-97 に示す。表 4.2-15 より、各計測方向の最大加速度は地震計①の方が KiK-net 六ヶ所より概ね大きくなる傾向が見られる。また、図 4.2-96～図 4.2-97 より、各観測日における最大加速度の計測方向に対する分布は、地震計①と KiK-net 六ヶ所で概ね同様の傾向となっている。

地震計を設置している試験空洞と KiK-net 六ヶ所では、地質条件や計測条件が異なるため、観測データを一概に比較はできないが、大きな差異はないものと考えられる。

表 4.2-15 地震計①と KiK-net 六ヶ所の観測地震動の最大加速度一覧

観測日	計測方向	最大加速度[Gal]		差分[Gal] (地震計①)-(KiK-net)
		地震計① (標高:-約94m)	KiK-net (標高:-96.54m)	
2016/5/3	x	2.0	0.8	1.2
	y	1.2	1.0	0.2
	z	0.7	0.7	0.0
2016/5/24	x	0.9	0.5	0.4
	y	1.3	0.5	0.8
	z	1.0	0.4	0.6
2016/5/25	x	1.6	1.1	0.5
	y	2.3	0.9	1.4
	z	1.3	1.0	0.3
2016/7/16	x	1.9	1.3	0.6
	y	2.1	0.4	1.7
	z	1.6	0.5	1.1
2016/7/19	x	1.7	2.9	-1.2
	y	1.6	1.3	0.3
	z	1.2	1.4	-0.2
2016/7/24	x	1.1	1.2	-0.1
	y	1.5	1.5	0.0
	z	0.8	0.9	-0.1
2016/8/17	x	1.5	0.4	1.1
	y	1.7	0.4	1.3
	z	0.7	0.2	0.5
2016/9/26	x	4.6	2.9	1.7
	y	6.3	2.9	3.4
	z	2.4	1.9	0.5
2016/10/3	x	1.1	0.6	0.5
	y	1.2	0.8	0.4
	z	1.0	0.5	0.5
2016/11/12	x	1.0	0.8	0.2
	y	1.0	0.7	0.3
	z	0.6	0.5	0.1
2016/11/22	x	1.9	1.9	0.0
	y	1.6	1.4	0.2
	z	1.9	1.3	0.6

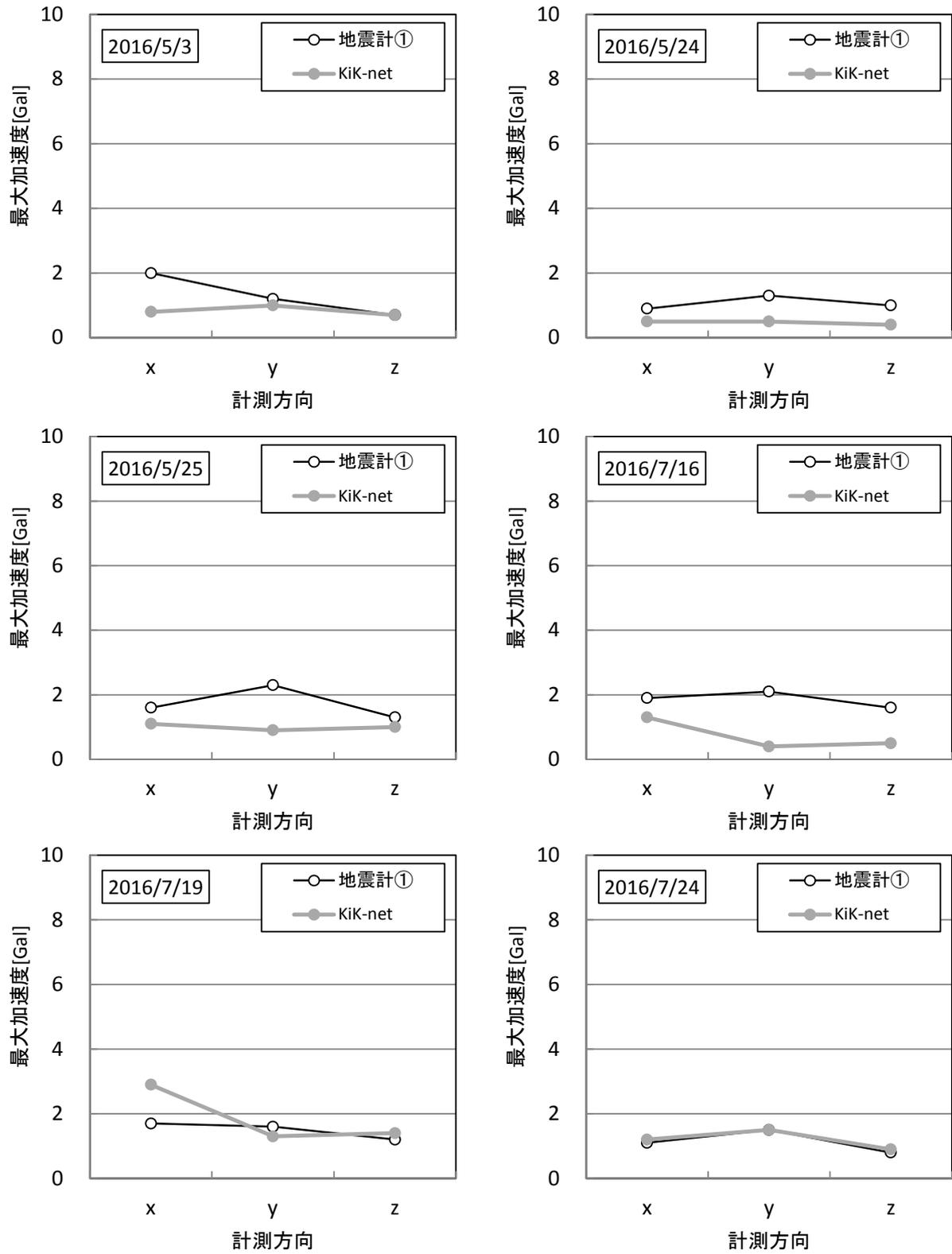


図 4.2-96 地震計①と KiK-net 六ヶ所の観測地震動の最大加速度 (その 1)

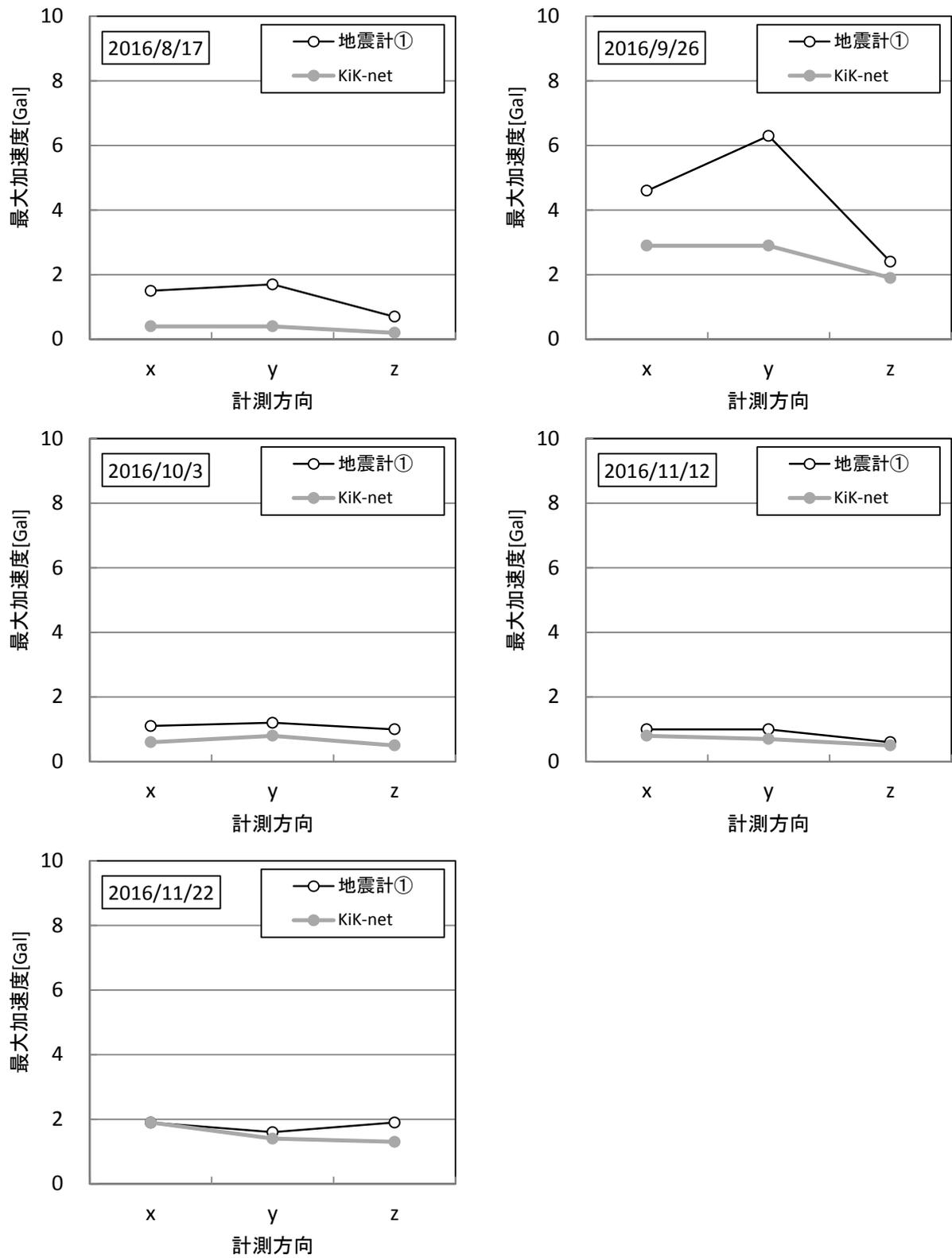


図 4.2-97 地震計①と KiK-net 六ヶ所の観測地震動の最大加速度 (その 2)

(d) フーリエスペクトル

試験空洞底盤の地震計①（標高約-94m）と KiK-net 六ヶ所（標高-96.54m）の観測データ（加速度）のフーリエスペクトルを図 4.2-98～図 4.2-108 に示す。

フーリエスペクトルは、いずれの観測日および計測方向においても、0～3Hz 程度の低振動数帯で地震計①と KiK-net 六ヶ所は近い値となっている。3Hz 以上では、両者のフーリエスペクトル値は乖離し、概ね地震計①の方が大きくなる。この乖離は、地震計①の観測データには、試験空洞の振動特性の影響が現れていることが主たる原因と考えられる。また、図 4.2-82 に示すように約 1.5km 離れている試験空洞と KiK-net 六ヶ所の地質・地層構成の違いも原因の一つと考えられる。

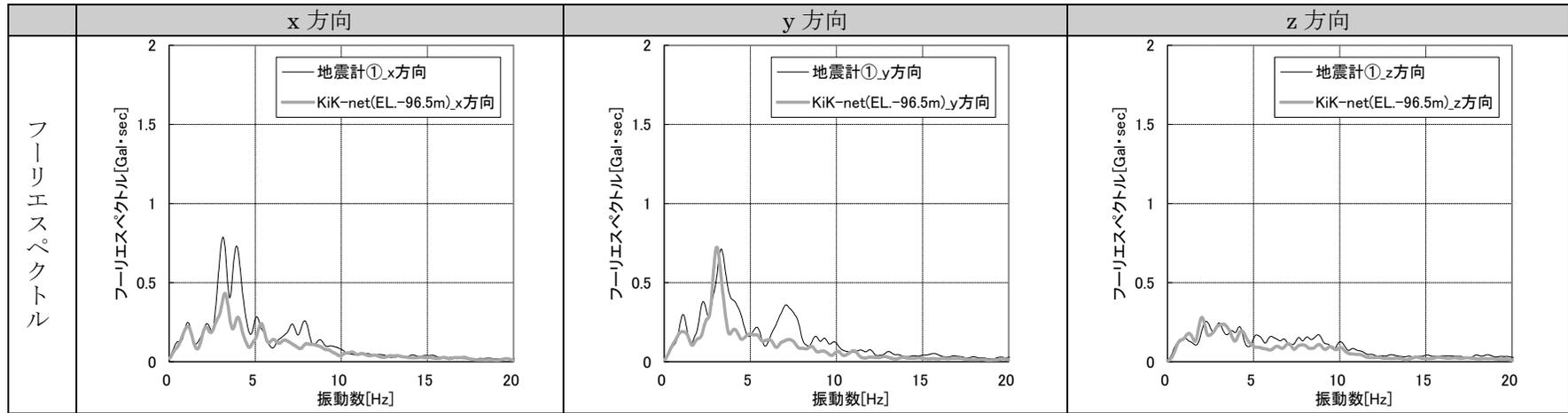
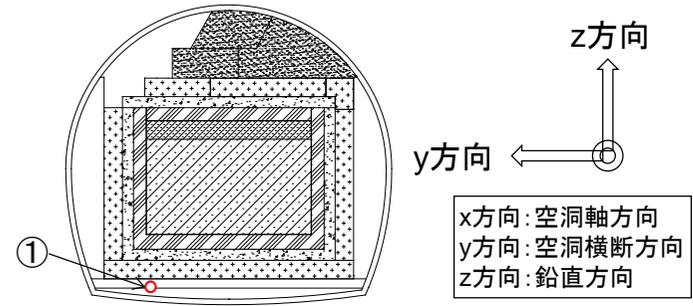


図 4.2-98 加速度のフーリエスペクトル (2016年5月3日)

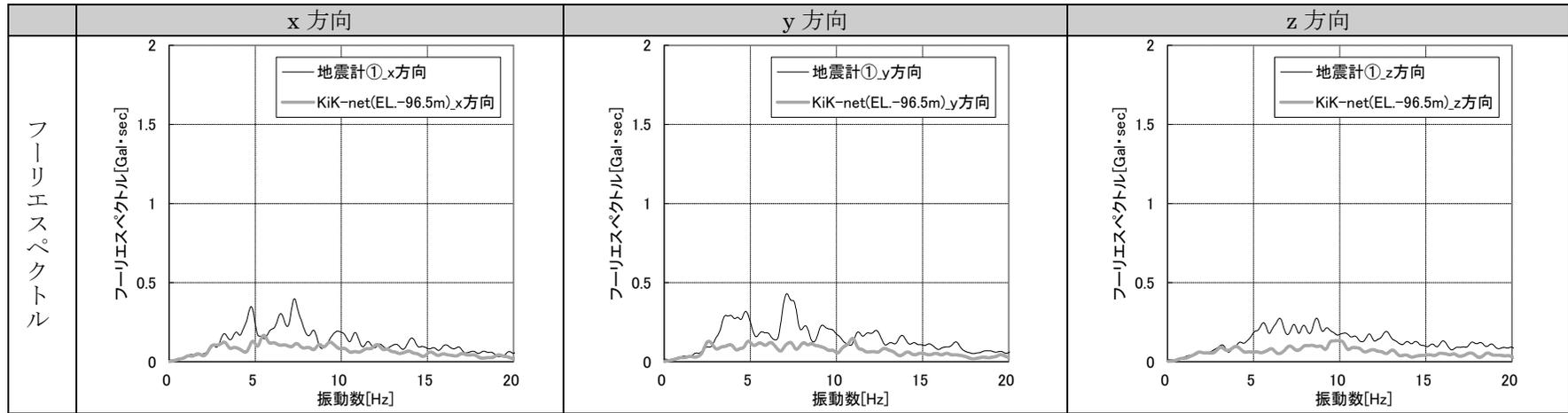
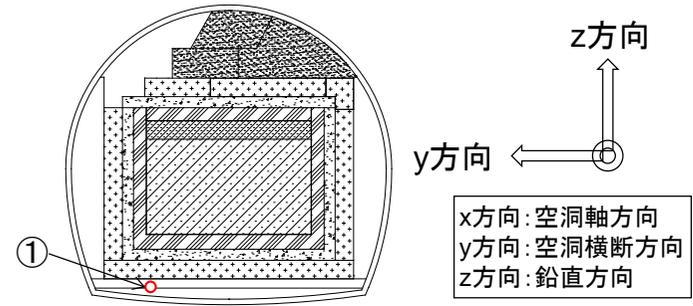


図 4.2-99 加速度のフーリエスペクトル (2016年5月24日)

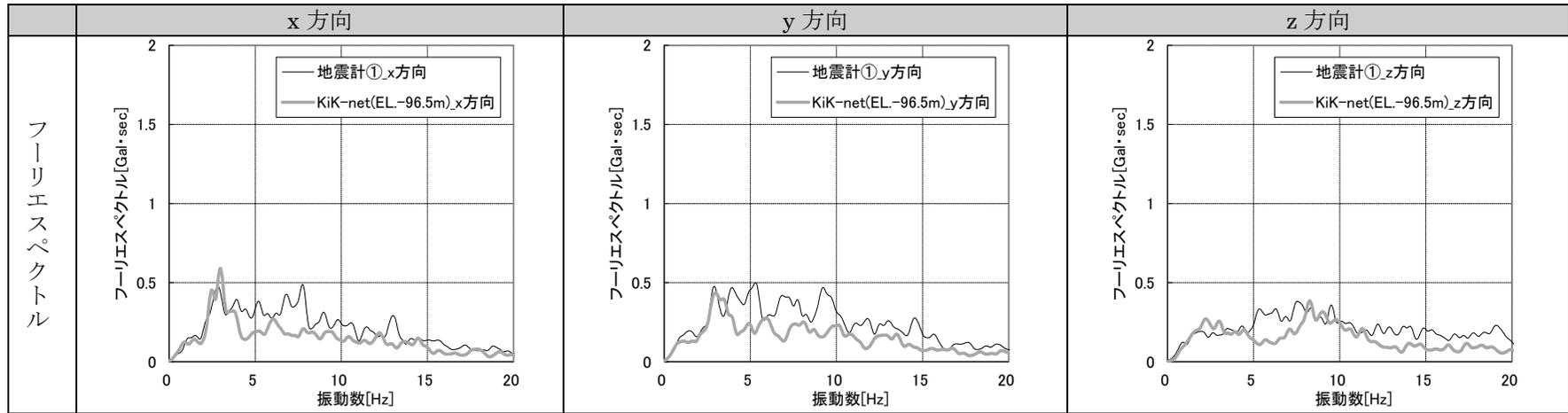
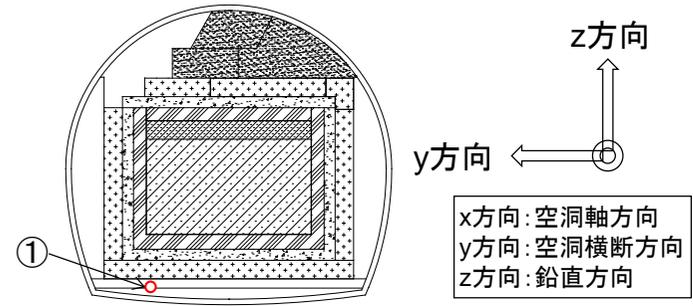


図 4.2-100 加速度のフーリエスペクトル (2016年5月25日)

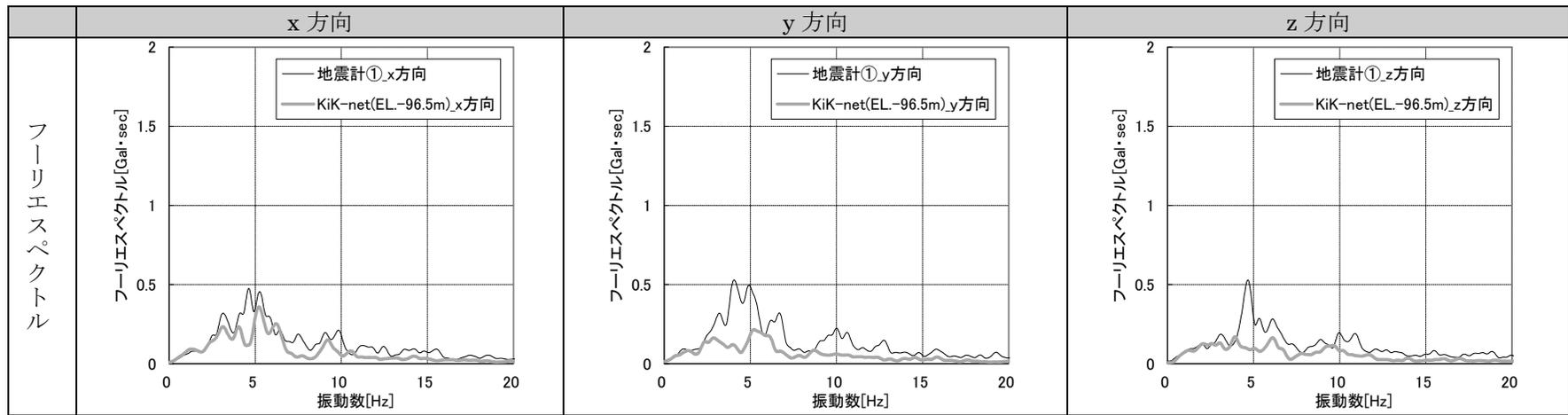
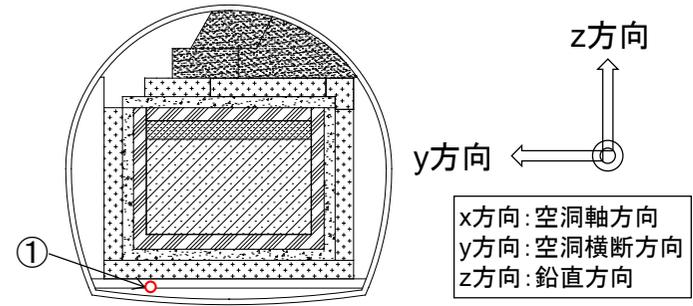


図 4.2-101 加速度のフーリエスペクトル (2016年7月16日)

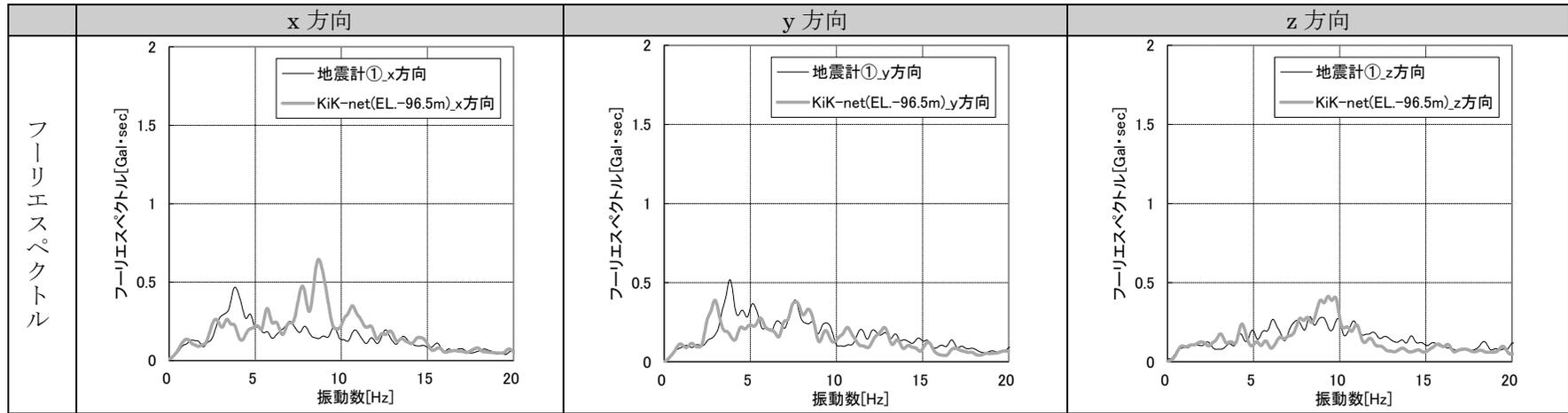
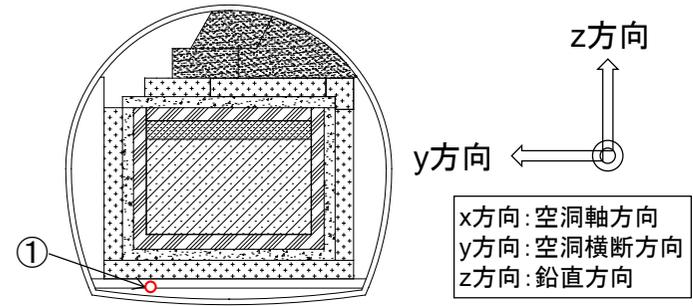


図 4.2-102 加速度のフーリエスペクトル (2016年7月19日)

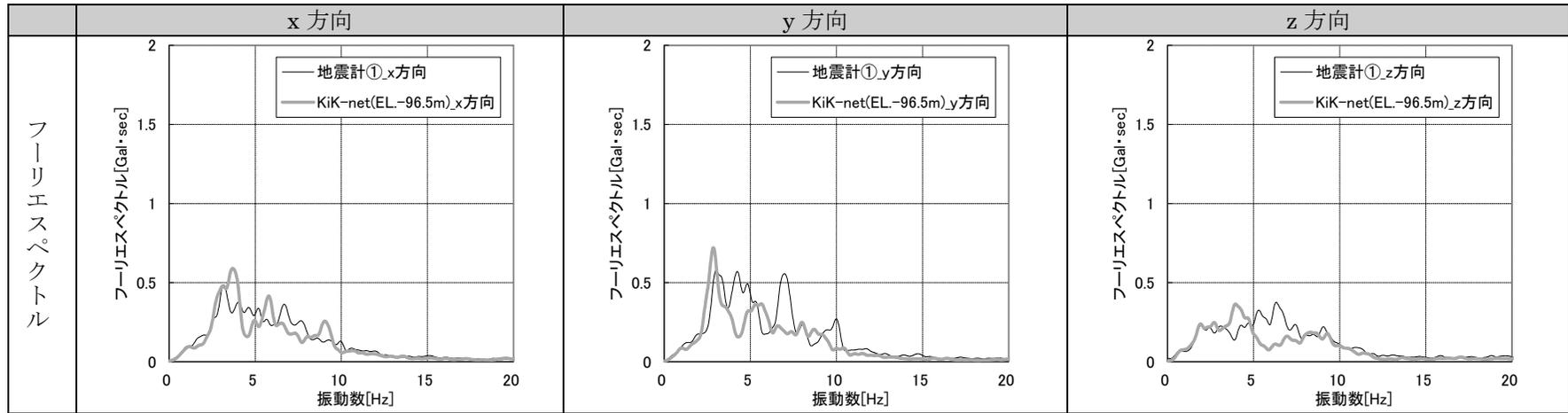
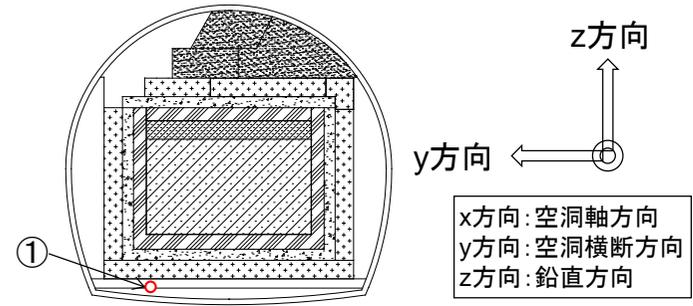


図 4.2-103 加速度のフーリエスペクトル (2016年7月24日)

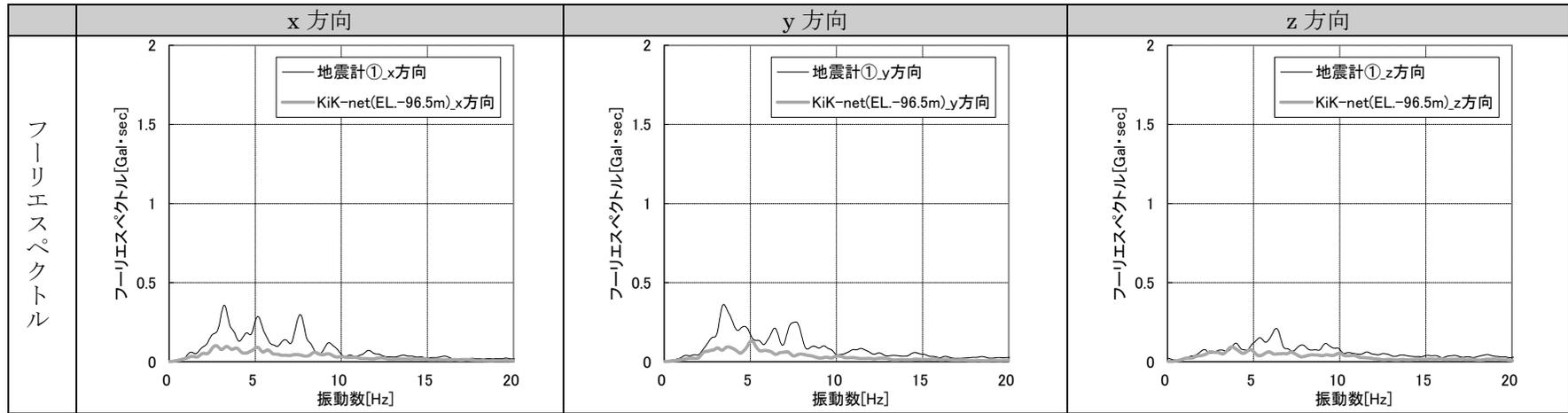
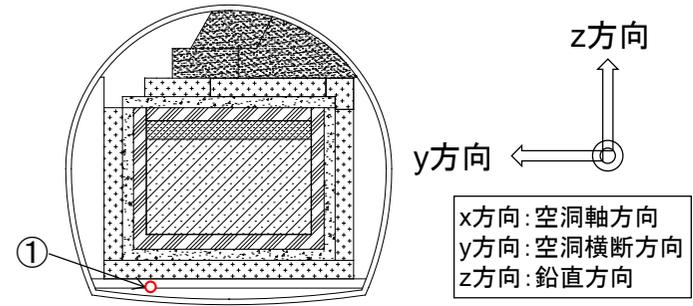


図 4.2-104 加速度のフーリエスペクトル (2016年8月17日)

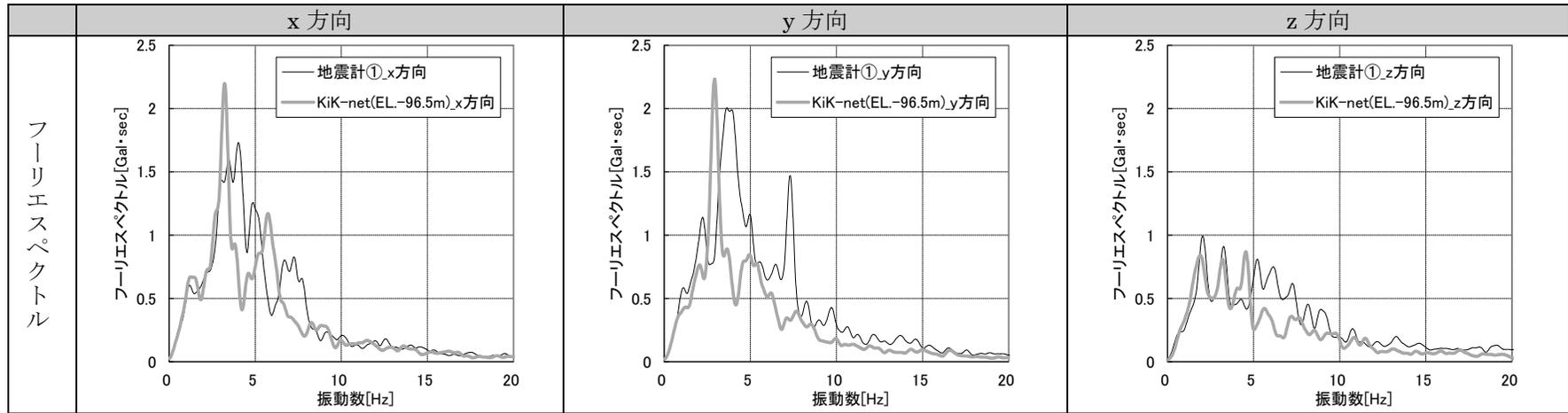
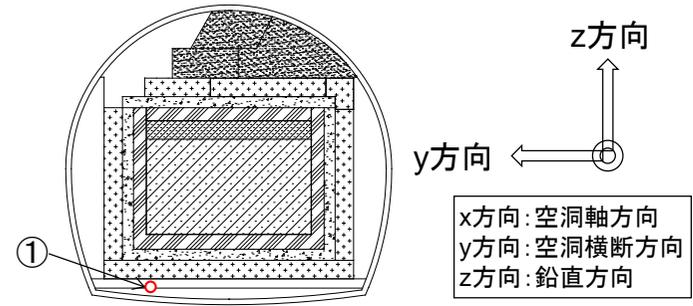


図 4.2-105 加速度のフーリエスペクトル (2016年9月26日)

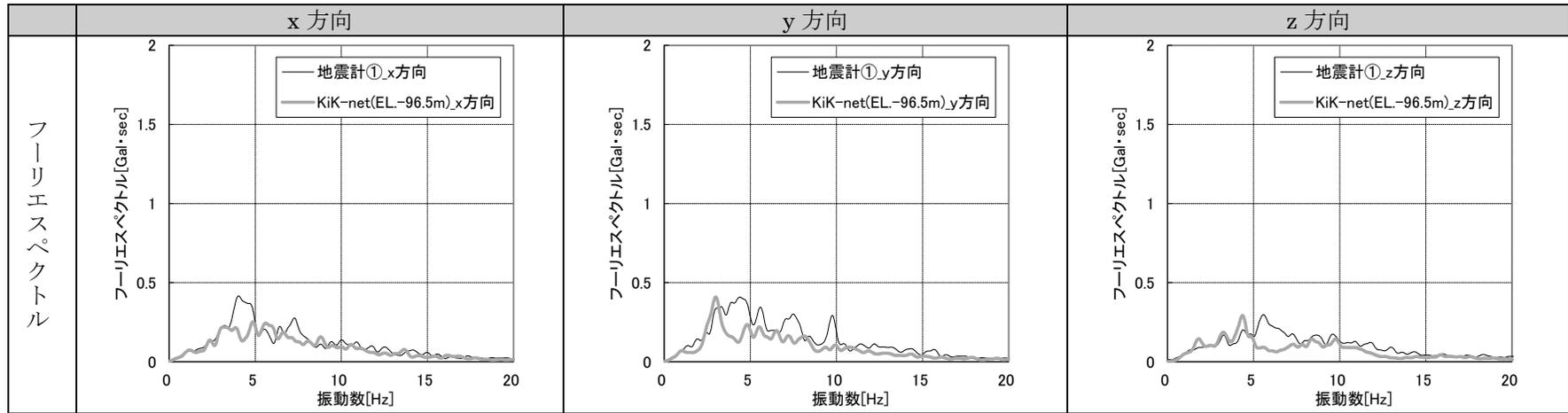
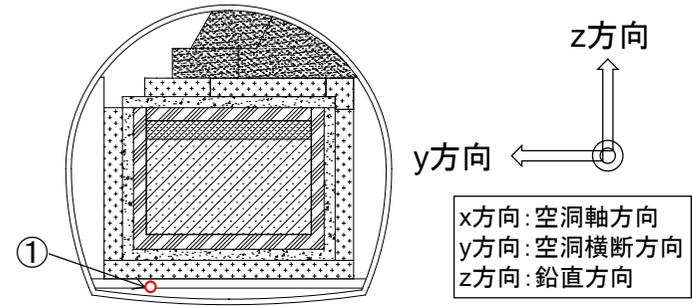


図 4.2-106 加速度のフーリエスペクトル (2016年10月3日)

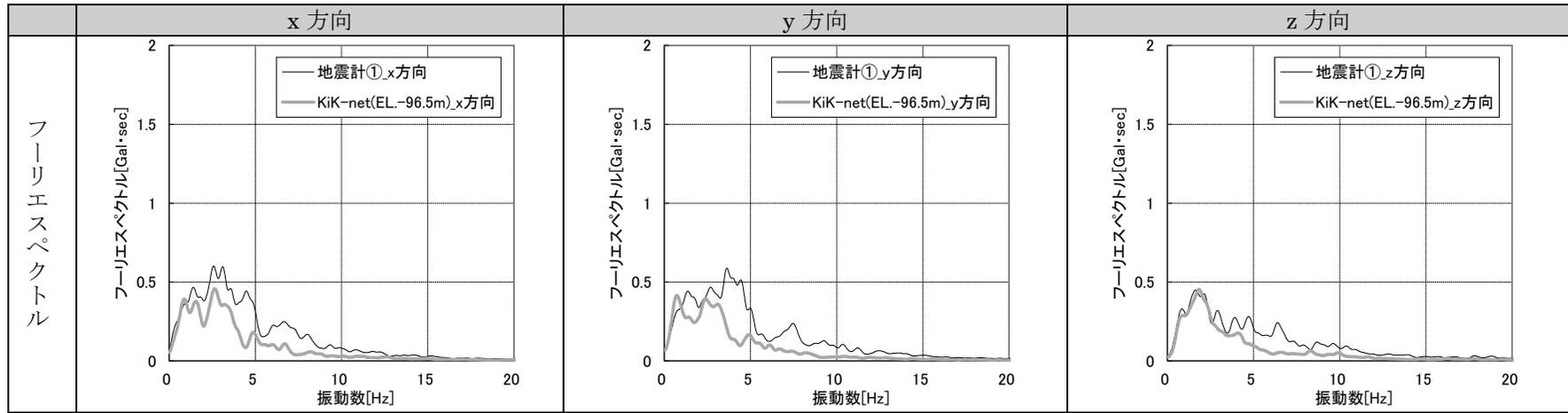
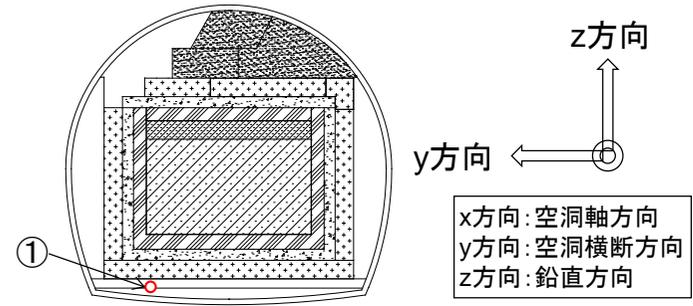


図 4.2-107 加速度のフーリエスペクトル (2016年11月12日)

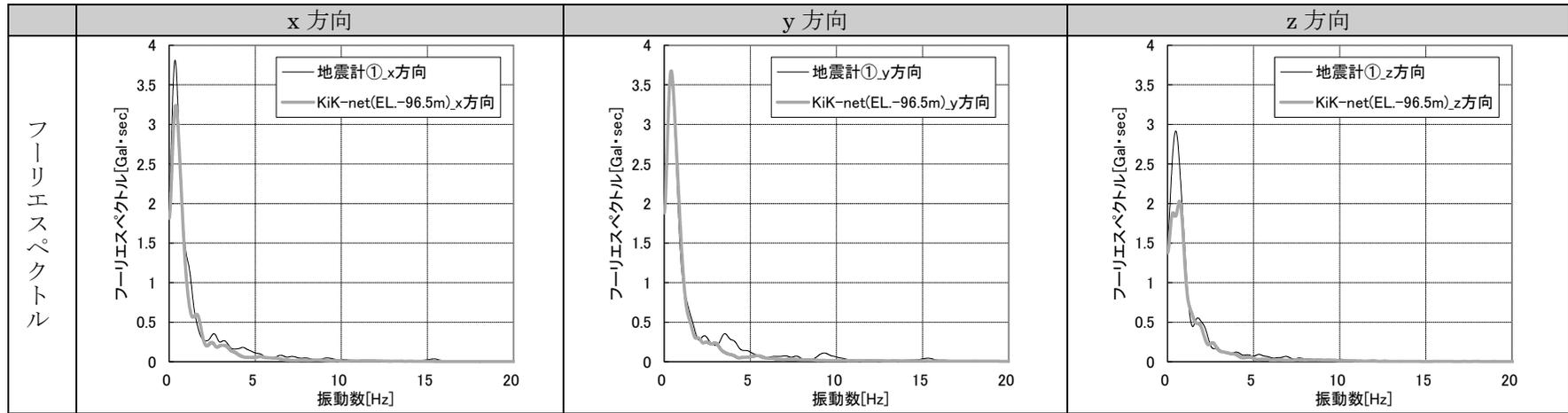
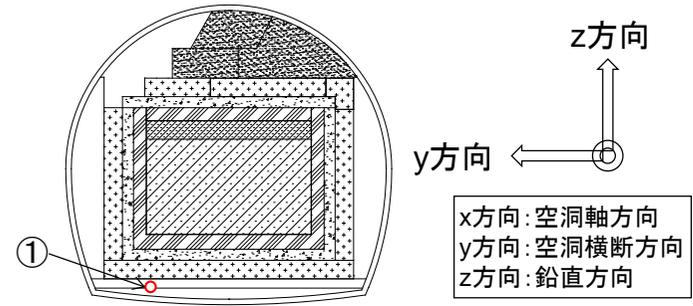


図 4.2-108 加速度のフーリエスペクトル (2016年11月22日)

### (3) 解析による地震時の挙動の評価

#### 【目的】

入力地震動の特徴の違いが試験施設の応答性状に与える影響を分析評価する。

#### 【まとめ】

- ・ 今年度（平成 28 年度）は、試験施設に設置した地震計の観測データの中から、試験施設の変形特性および発生応力に与える影響は大きいと考えられる、卓越振動数が小さい地震動を選定し、地震応答解析結果を比較分析した。
- ・ 平成 28 年度と平成 26 年度で選定したの地震動は、いずれも試験施設の振動特性に与える影響は小さいが、平成 28 年度の入力地震動は、試験施設の変形特性および発生応力に与える影響は大きいことがわかった。

#### 1) 解析条件

##### a. 本検討に用いる地震動の選定

昨年度の解析では、試験施設の固有振動数に近い卓越振動数を持つ地震動（卓越振動数 10.6Hz）を選定して、平成 26 年度の解析で使用した地震動（卓越振動数 3.5Hz）を用いた場合と比較分析して、施設の応答性状を把握した。その結果、卓越振動数が小さい平成 26 年度の方が、試験施設の変形特性および発生応力に与える影響は大きいことがわかった。そこで今年度は、平成 26 年度の地震動よりさらに卓越振動数が小さい地震動を選定して、卓越振動数が試験施設に与える影響を検討することとした。

平成 28 年 11 月まで観測された地震動の地震諸元および地震計①の y 方向の卓越振動数と最大加速度を表 4.2-16 に整理した。また、表 4.2-16 の各項目を図化したものを図 4.2-109～図 4.2-110 に示す。図 4.2-109 より、卓越振動数が小さい地震動として、平成 28 年 11 月 22 日の地震動（卓越振動数 0.4Hz）選定することとした。既往の解析で用いた地震動および今年度選定した地震動のフーリエスペクトルを図 4.2-111 に示す。

今年度選定した地震動の卓越振動数（0.4Hz）が他の地震動のものより小さい要因としては、図 4.2-110 に示すように、震源距離（404km）が大きく、かつ震源深さ（25km）が小さいことが一因として挙げられる。

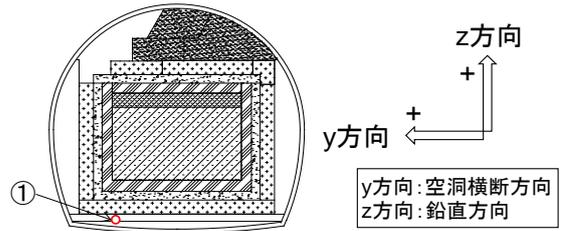


表 4.2-16 地震諸元および観測データ（地震計①の y 方向）の整理

観測日	地震諸元				地震計① y方向		備考	
	震源深さ	震央距離	震源距離	マグニチュード	卓越振動数	最大加速度		
	[km]	[km]	[km]	-	[Hz]	[Gal]		
H25	10月26日	56	502	505	7.1	3.8	3.1	
	11月15日	63	80	102	5.3	4.1	6.7	H25年度選定地震動
	12月27日	38	116	122	5.0	6.4	2.3	
H26	5月19日	57	54	79	4.2	3.6	0.7	
	6月9日	82	20	85	4.6	4.0	4.8	
	6月15日	94	176	199	5.5	3.6	3.2	
	7月5日	49	157	164	5.9	3.5	2.8	
	7月21日	30	732	733	6.4	3.7	1.4	
	7月25日	66	88	110	4.9	7.2	4.0	
	8月10日	51	79	94	6.1	3.5	11.7	H26年度選定地震動
	9月10日	67	104	124	4.9	3.4	4.2	
	10月3日	28	139	142	5.7	3.5	2.1	
	10月11日	36	158	162	6.1	3.8	3.3	
	10月14日	81	32	87	4.4	6.7	2.8	
	10月27日	92	62	111	4.3	10.6	1.6	H27年度選定地震動
11月2日	106	53	118	4.0	6.6	1.8		
H27	1月9日	126	418	436	5.5	4.2	1.1	
	2月17日(1)	13	197	198	6.9	0.9	4.0	
	2月17日(2)	50	117	127	5.7	3.6	2.9	
	4月30日	24	162	164	5.4	3.3	1.7	
	11月1日	65	88	110	5.2	7.4	4.3	
H28	1月11日(1)	10	66	66	4.6	3.7	2.3	
	1月11日(2)	38	117	123	4.4	7.3	1.6	
	1月12日	265	386	468	6.2	3.8	1.8	
	1月14日	52	163	171	6.7	3.0	12.2	
	2月2日	22	193	194	5.6	1.0	1.2	
	5月3日	44	585	586	5.9	3.3	1.2	
	5月24日	48	118	128	4.4	7.1	1.3	
	5月25日	34	88	94	4.8	5.3	2.3	
	7月16日	8	85	86	4.6	4.1	2.1	
	7月19日	66	82	105	4.5	3.8	1.6	
	7月24日	96	258	276	4.9	3.0	1.5	
	8月17日	90	57	107	3.8	3.5	1.7	
	9月26日	29	156	158	5.4	3.6	6.3	
	10月3日	67	138	153	4.5	4.4	1.2	
	11月12日	58	279	285	5.9	3.6	0.9	
	11月22日	25	403	404	7.4	0.4	1.6	H28年度選定地震動
11月23日	118	35	123	3.9	6.9	1.9		

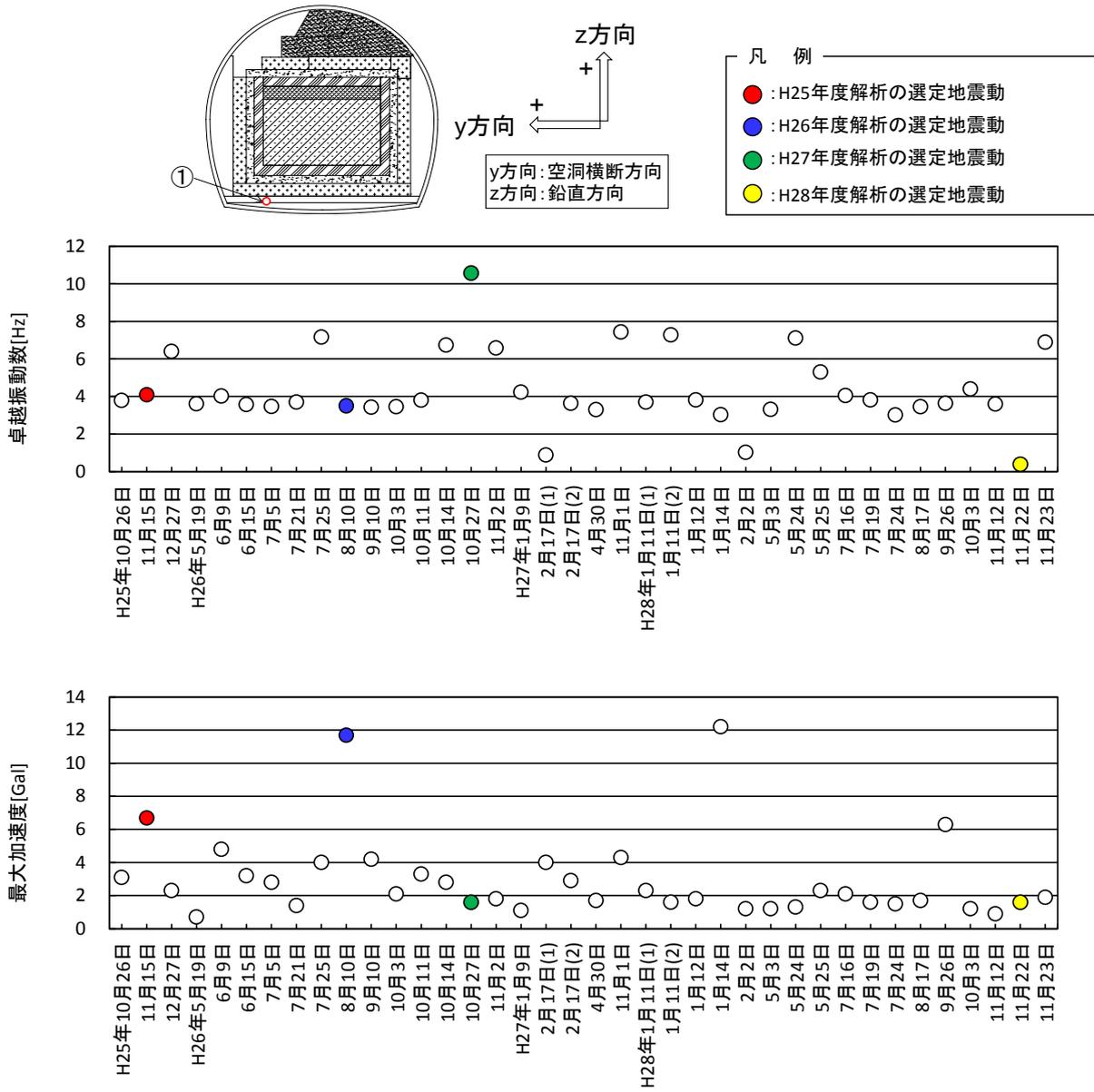


図 4.2-109 地震計①の y 方向の卓越振動数および最大加速度

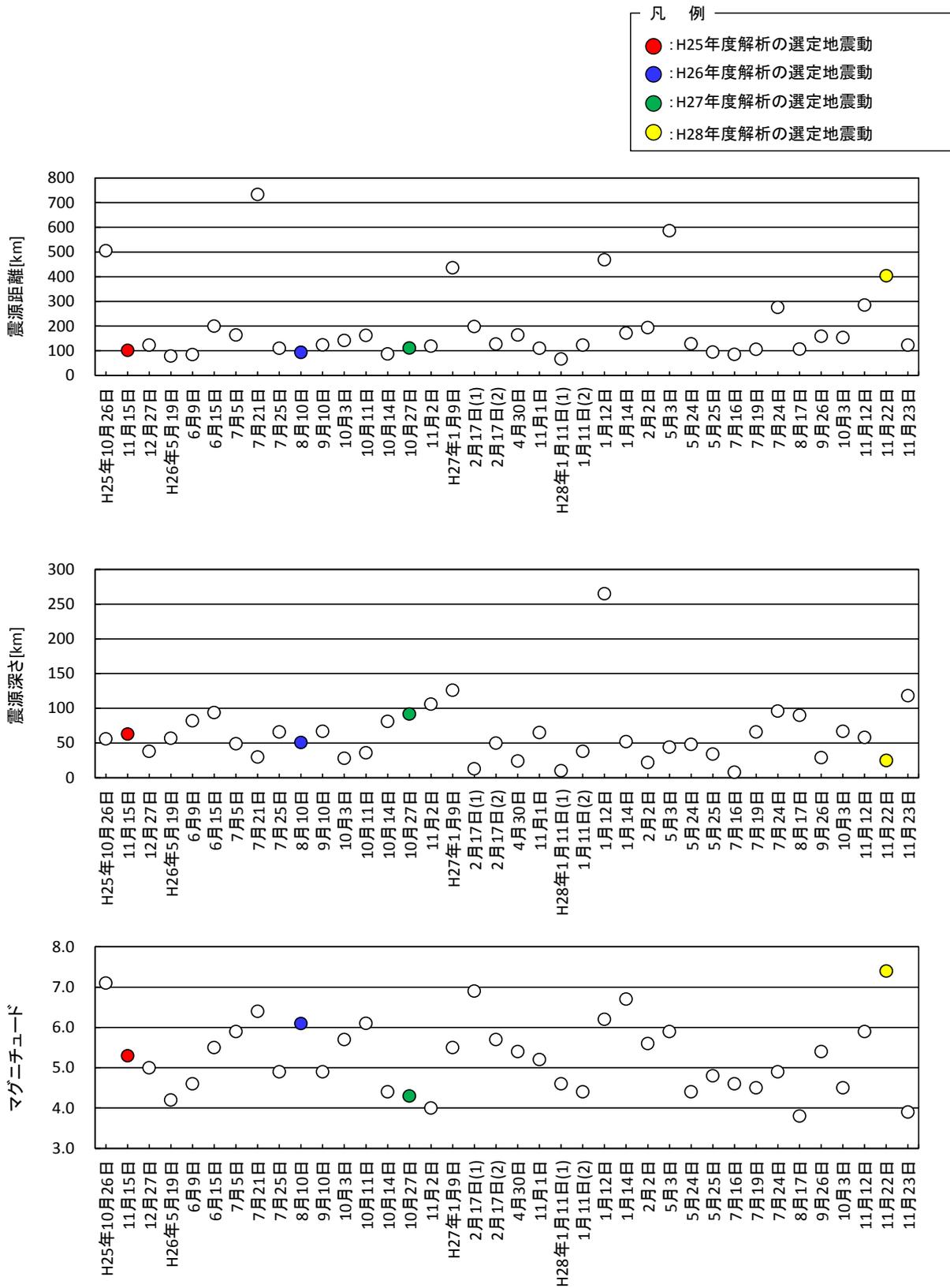
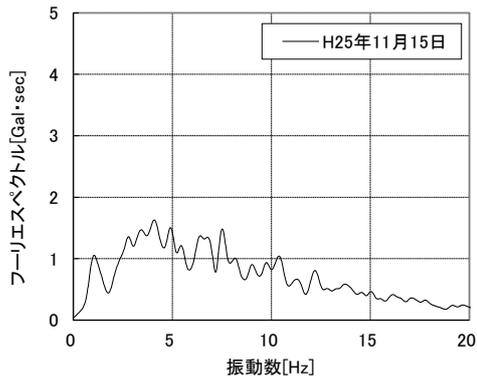
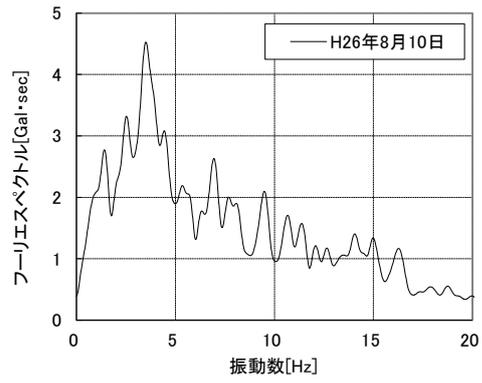


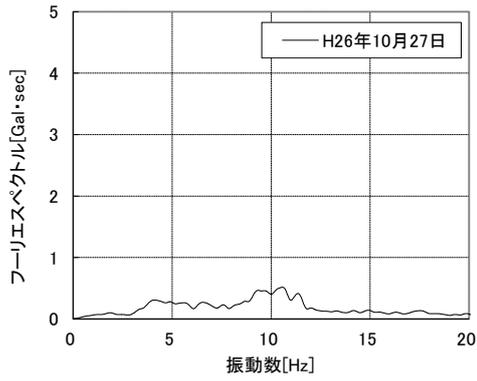
図 4.2-110 地震諸元（上から震源距離、震源深さ、マグニチュード）



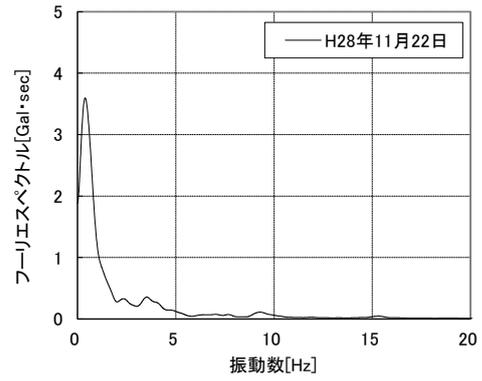
(1) 平成 25 年度の解析で使用



(2) 平成 26 年度の解析で使用



(3) 平成 27 年度の解析で使用



(4) 平成 28 年度の選定地震動

図 4.2-111 地震計①の y 方向のフーリエスペクトル

#### b. 選定した地震動の振幅処理

今年度の解析結果と、既往の解析結果を比較できるようにするため、両解析で使用する地震動レベルを同等とした。既往の解析（平成 26 年度）で使用した地震動の最大加速度は 11.7Gal と比較的小さいため、地盤や試験施設の非線形挙動はほとんどないものと考えられる。そこで、地震動レベルの調整においては、線形的に加速度振幅に一律の倍率を乗じる方法を採用して、両解析で使用する地震動の最大加速度が一致するように処理した。

今年度選定した地震動の y 方向の最大加速度（1.6Gal）を、平成 26 年度の解析で使用した地震動の y 方向の最大加速度（11.7Gal）に合わせるために、その比率の約 7.3 倍を乗じて今年度選定した地震動の加速度振幅を処理した。また、z 方向の処理についても y 方向の比率（約 7.3）を用いた。振幅処理の結果（加速度時刻歴およびフーリエスペクトル）を図 4.2-112～図 4.2-113 に示す。

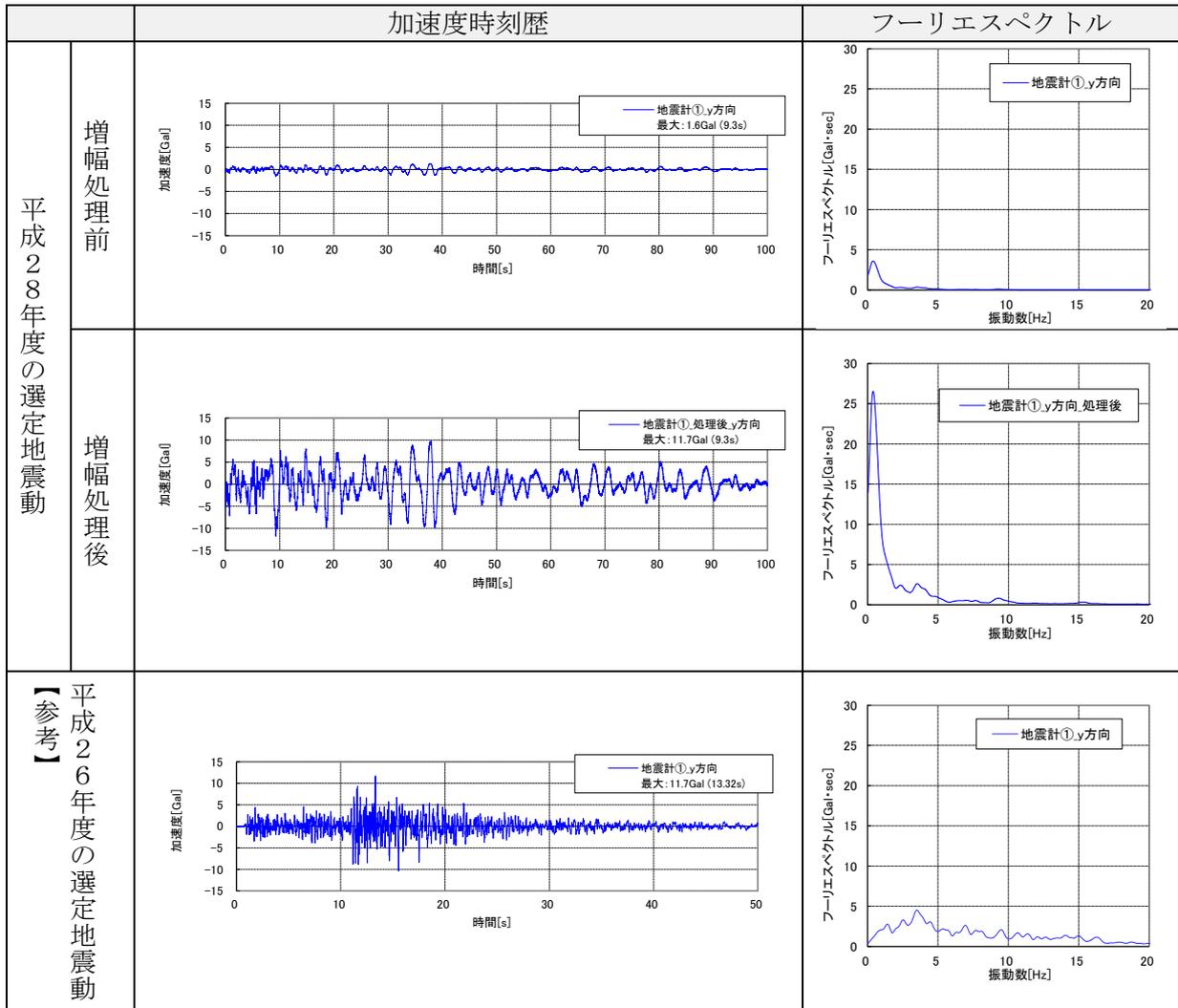
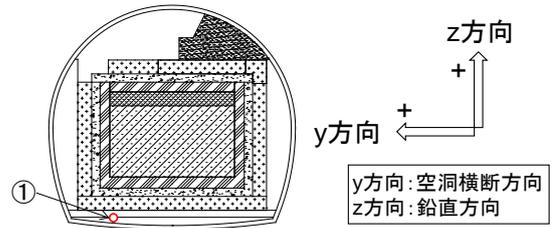


図 4.2-112 今年度選定した地震動の加速度の増幅処理（地震計①、y方向）

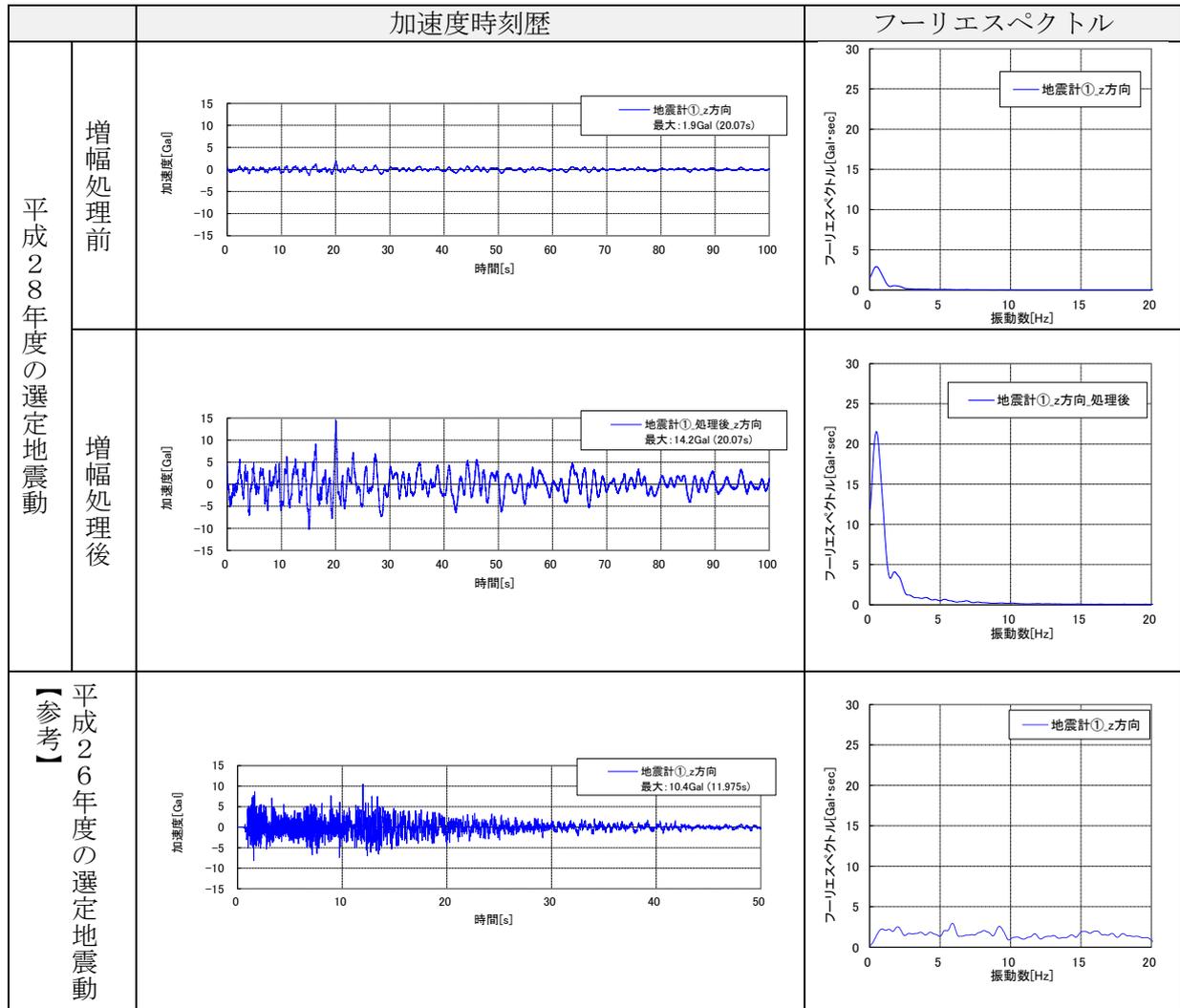
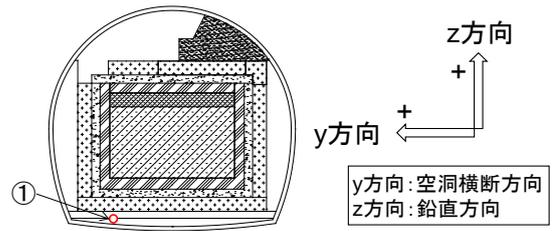


図 4.2-113 今年度選定した地震動の加速度の増幅処理（地震計①、z方向）

c. 解析モデルの作成

本検討では、入力地震動の特徴の違いが試験施設に与える影響を比較するため、検討断面は、図 4.2-114 に示すように平成 26 年度の検討断面と同様とした。解析モデルは、平面ひずみ問題として周辺地盤を含めて有限要素法を用いてモデル化(ソリッド要素)した。地震応答解析に用いた部材ごとの材料モデルを表 4.2-17 に示す。なお、コンクリートピット内の模擬廃棄体と充填材は、両者が合成された均質な構造体として取り扱うこととし、その物性は充填材で代表させることとした。なお、本解析で用いる観測地震動の最大加速度は 11.7Gal (空洞横断面水平方向) と小さく、解析での地震時応答も小さいと考えられるため、低透水層と他の周辺部材との界面での剥離と滑りは考慮せず、また低透水層の弾塑性挙動を考慮しない非線形弾性体 (修正 R-O モデル) とした。

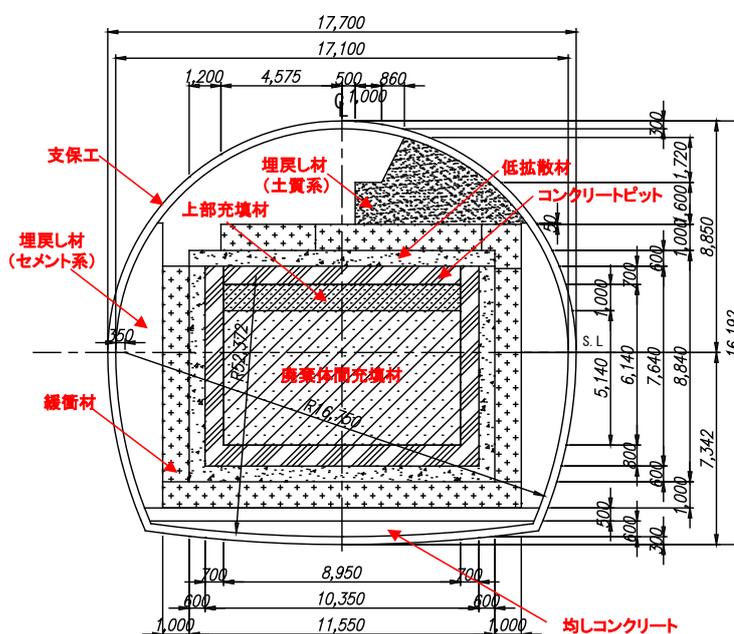


図 4.2-114 試験空洞および人工バリアの断面図

表 4.2-17 部材ごとの材料モデル

部材	材料モデル
	地震応答解析
地盤	修正 R-O モデル
支保工	弾性モデル
埋戻し材 (セメント系)	
埋戻し材 (土質系)	修正 R-O モデル
低透水層	
低拡散層	弾性モデル
コンクリートピット	
廃棄体間充填材	
上部充填材	
均しコンクリート	

地震応答解析モデルを図 4.2-115 および図 4.2-116 に示す。周辺地盤の地層構成については、図 4.2-117 に示す試験空洞縦断面が示されている参考文献[9]を参考に設定した。

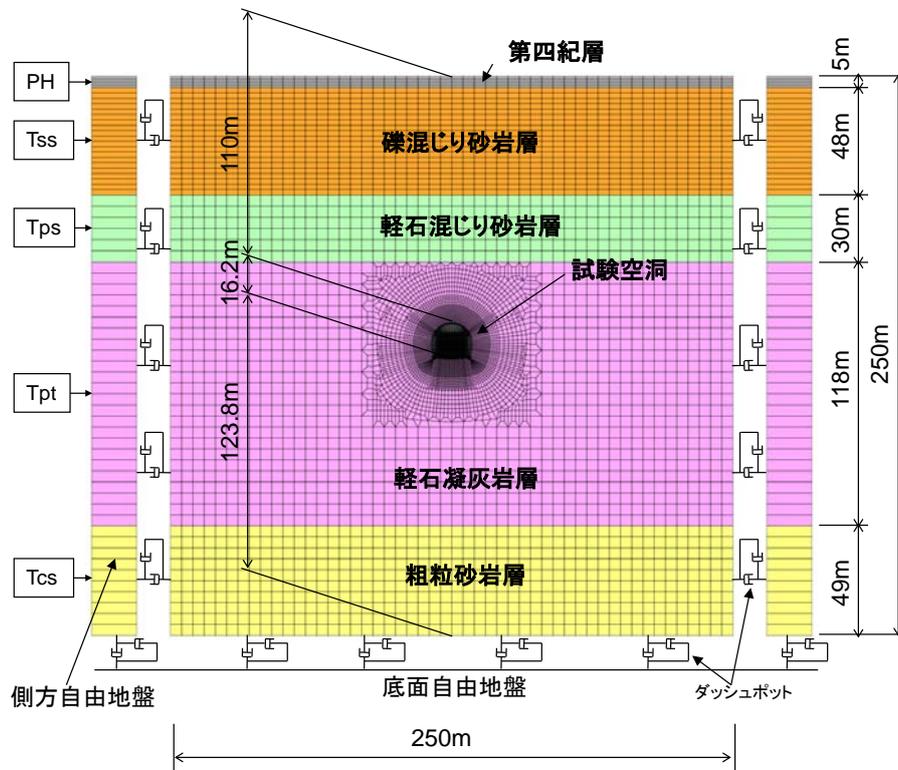


図 4.2-115 地震応答解析モデル (全体)

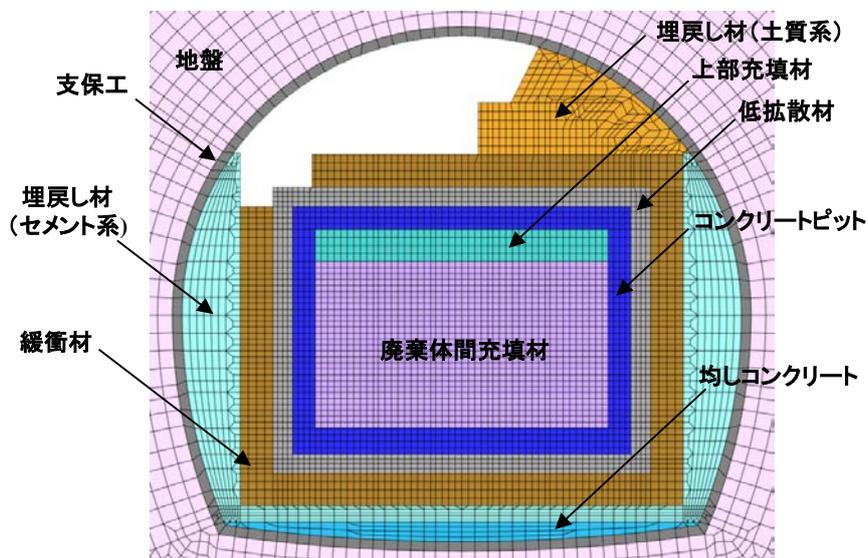


図 4.2-116 地震応答解析モデル (試験施設)

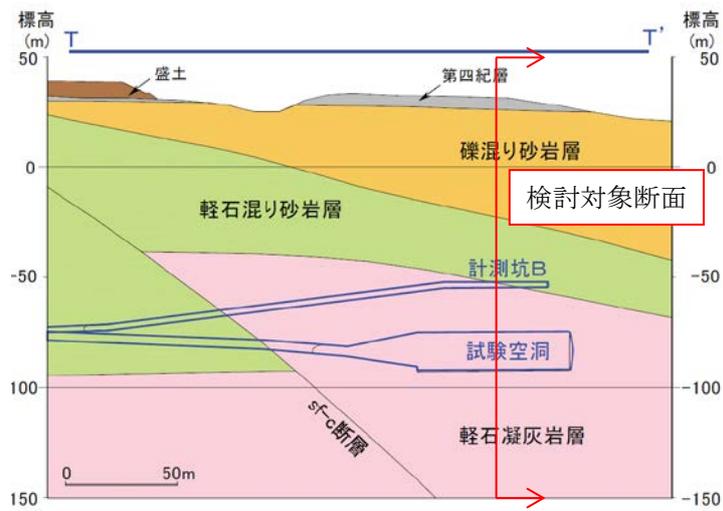


図 4.2-117 試験空洞近傍の地質構造（試験空洞縦断面）

d. 物性値の設定

解析に用いた物性値一覧を表 4.2-18 に示す。

本解析に用いた構造物の物性値は、地下空洞型処分施設性能確認試験および閉鎖技術確認試験報告書に係わる公開文献等より設定した。また、地盤物性値は、日本原燃再処理施設の物性値[10]を適用した。なお、前述のように、コンクリートピット内の模擬廃棄体と充填材は、両者が合成された均質な構造体として取り扱うこととし、その物性は充填材で代表させることとした。

表 4.2-18 解析物性値一覧

種類	区分	単位体積重量 $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	ヤング率 E [MPa]	初期せん断剛性 G <sub>0</sub> [MPa]	ポアソン比 $\nu$	非線形パラメータ			
						正規化せん断弾性係数 G/G <sub>0</sub> ~ $\gamma$	減衰定数 h ~ $\gamma$	修正R-Oパラメータ	
								$\alpha$	$\beta$
地盤	PH	19.0	409	139	0.47	$1/(1+8.73 \cdot \gamma^{0.690})$	$14.0 \cdot \gamma^{0.576} + 2.05$	1.804	1.851
	Tss①	17.8	1601	552	0.45	$1/(1+4.41 \cdot \gamma^{0.895})$	$14.7 \cdot \gamma^{0.381} - 1.34$	2.191	2.131
	Tss②	18.0	2108	737	0.43				
	Tps	16.8	2882	1,022	0.41	$1/(1+6.51 \cdot \gamma^{0.980})$	$10.3 \cdot \gamma^{0.564} + 1.63$	2.451	2.293
	Tpt①	15.2	2814	1,005	0.40	$1/(1+3.93 \cdot \gamma^{0.974})$	$11.5 \cdot \gamma^{0.513} + 0.733$	2.451	2.293
	Tpt②	15.2	3002	1,080	0.39				
	Tpt③	15.2	3191	1,156	0.38				
	Tpt④	15.2	3398	1,231	0.38				
Tcs	19.9	5562	2,030	0.37	$1/(1+3.37 \cdot \gamma^{0.663})$	$13.2 \cdot \gamma^{0.260} - 0.945$	1.727	1.788	
構造物	コンクリートピット	24.5	37,900	-	0.2	-	-	-	-
	低拡散材	23.0	29,300	-	0.2	-	-	-	-
	緩衝材	19.0	-	300	0.41	-	-	3.346	2.293
	充填材	23.0	33,100	-	0.2	-	-	-	-
	上部充填材	24.5	39,100	-	0.2	-	-	-	-
	支保工	24.5	27,900	-	0.2	-	-	-	-
	埋戻し材(セメント系)	24.5	38,900	-	0.2	-	-	-	-
	埋戻し材(土質系)	19.1	-	92.3	0.43	-	-	2.046	1.916
均しコンクリート	23.0	22,000	-	0.2	-	-	-	-	

(a) 地盤

a) 引戻し解析

地震応答解析を実施するにあたり、事前に解析に用いる入力地震動を得るために、解放基盤表面で規定した検討用地震動を、解析モデルの下端まで引戻す必要がある。この引戻し解析においては、地盤のせん断剛性と減衰特性のひずみ依存性を考慮することとし、その物性値は公開文献[10]を参考に表 4.2-19 に示すとおり設定した。

表 4.2-19 引戻し解析に用いる地盤物性値

地層	単位体積重量	初期せん断剛性 $G_0$	動ポアソン比 $\nu$	剛性比 $G/G_0 \sim \gamma$	減衰定数 $h \sim \gamma$
	[ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]	[MPa]		[ $\gamma : \%$ ]	[ $h, \gamma : \%$ ]
PH	1.94	139	0.47	$1/(1+8.73 \cdot \gamma^{0.690})$	$14.0 \cdot \gamma^{0.576} + 2.05$
Tss	$1.83-8.10 \times 10^{-4} \cdot z$	$660-7.72 \cdot z$	$0.44+5.51 \times 10^{-4} \cdot z$	$1/(1+4.41 \cdot \gamma^{0.895})$	$14.7 \cdot \gamma^{0.381} - 1.34$
Tps	$1.65-1.86 \times 10^{-3} \cdot z$	$927-2.56 \cdot z$	$0.42+3.28 \times 10^{-4} \cdot z$	$1/(1+6.51 \cdot \gamma^{0.980})$	$10.3 \cdot \gamma^{0.564} + 1.63$
Tpt	1.55	$834-2.56 \cdot z$	$0.41+2.15 \times 10^{-4} \cdot z$	$1/(1+3.93 \cdot \gamma^{0.974})$	$11.5 \cdot \gamma^{0.513} + 0.733$
Tcs	2.03	2030	0.37	$1/(1+3.37 \cdot \gamma^{0.663})$	$13.2 \cdot \gamma^{0.260} - 0.945$

※Zは標高 (m) を示す

b) 地震応答解析

地震応答解析では、地盤のせん断剛性と減衰特性のひずみ依存性を考慮することとし、骨格曲線が次式で定義される修正 R-O モデル[11]を用いた。

$$\gamma = \frac{\tau}{G_0} \left\{ 1 + \alpha \left( \frac{\tau}{\tau_f} \right)^{\beta-1} \right\}$$

ここに、 $\tau_f$  はせん断強度で、

$$\tau_f = G_0 \gamma_r$$

であり、 $\gamma_r$  は  $G/G_0 = 0.5$  となるときのせん断ひずみである。また、 $\alpha$  と  $\beta$  は定数で、次式で評価する。

$$\alpha = 2^{\beta-1}$$

$$\beta = \frac{2 + \pi h_{\max}}{2 - \pi h_{\max}}$$

ここに、 $h_{\max}$  はせん断剛性  $G$  がゼロとなるときの最大減衰定数である。

これらのパラメータは、 $G/G_0 \sim \gamma$  の関係が室内試験で得られた結果と対応するように設定した。表 4.2-19 に示した地盤物性値を用いて評価したパラメータを表 4.2-20 に示す。なお、単位体積重量、初期せん断剛性、動ポアソン比は公開文献[10]の値を用いるが、標高による設定が必要なため、地層が厚い Tss 層 (48m) および Tpt 層 (118m) は図 4.2-118 に示すように、それぞれ 2 分割、4 分割して物性値の設定を行った。採用した物性値を表 4.2-21 に示す。

表 4.2-20 地盤物性値 (修正 R-O モデルのパラメータ)

地層	$\gamma_r$	$h_{\max}$	$\alpha$	$\beta$
	[%]	[%]	-	-
PH	$4.327 \times 10^{-2}$	19	1.804	1.851
Tss	$1.905 \times 10^{-1}$	23	2.191	2.131
Tps	$1.478 \times 10^{-1}$	25	2.451	2.293
Tpt	$2.453 \times 10^{-1}$	25	2.451	2.293
Tcs	$1.600 \times 10^{-1}$	18	1.727	1.788

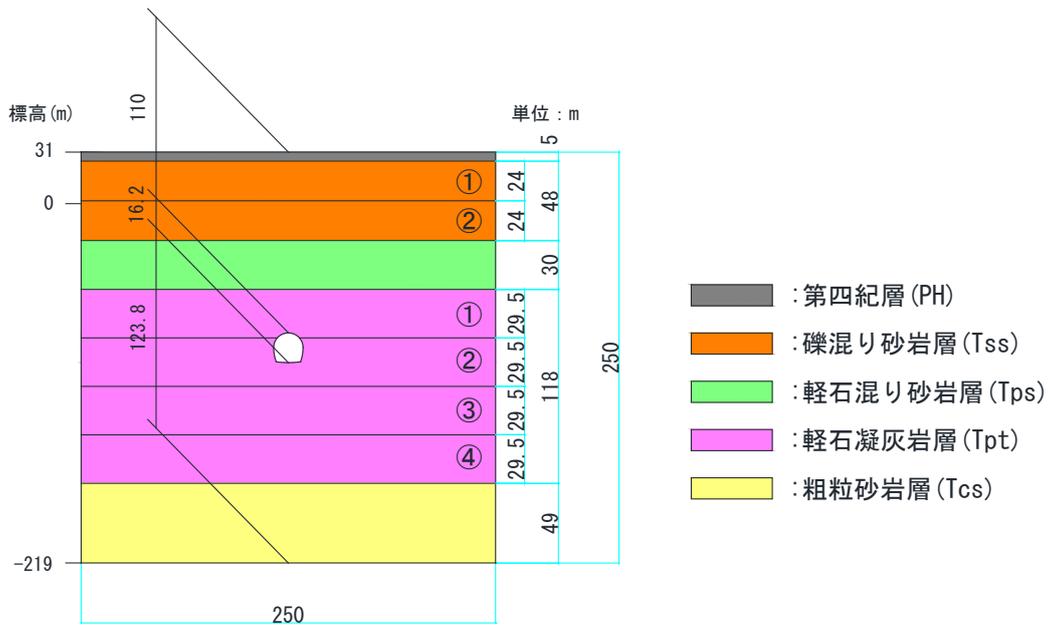


図 4.2-118 地層分割図

表 4.2-21 地震応答解析に用いる地盤物性値

地層	中心標高	単位体積重量	初期せん断剛性 $G_0$	動ポアソン比 $\nu$
	[m]	[ $\text{kN/m}^3$ ]	[MPa]	—
PH	29	19.0	139	0.47
Tss①	14	17.8	552	0.45
Tss②	-10	18.0	737	0.43
Tps	-37	16.8	1022	0.41
Tpt①	-67	15.2	1005	0.40
Tpt②	-96	15.2	1080	0.39
Tpt③	-126	15.2	1156	0.38
Tpt④	-155	15.2	1231	0.38
Tcs	-195	19.9	2030	0.37

(b) 1次支保工

支保工は、吹付けコンクリートと鋼製支保工から構成される。それぞれの物性値と諸元を表 4.2-22 に示す。解析では、吹付けコンクリートと鋼製支保工を合わせて、ソリッド要素でモデル化した。その際の物性値は表 4.2-23 に示すように、それぞれの物性値を断面積比で重み付けして設定した。

表 4.2-22 支保工の諸元および物性値

解析条件項目		諸元および物性値	参考文献	
吹付け コンクリート	吹付け厚	T(cm)	30	
	設計基準強度	f'ck(MPa)	36	[9]
	単位体積重量	$\gamma_c$ (kN/m <sup>3</sup> )	23	[9]
	弾性係数	硬化後(MPa)	24,200	[12]
	断面積	Ac(m <sup>2</sup> )	0.2936	
鋼製 支保工	使用鋼材	—	H-250	[12]
	規格	—	SS540	[9]
	降伏点	Fyk(MPa)	400	[9]
	建込間隔	@(m)	1.0	[12]
	単位体積重量	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	77	
	等価断面積	As(m <sup>2</sup> )	6.35 × 10 <sup>-3</sup>	
	弾性係数	Es(MPa)	200,000	[12]

表 4.2-23 解析に用いる支保工の物性値

項目	記号	単位	物性値	備考	参考文献
弾性係数	E	kN/mm <sup>2</sup>	27.9	$E = \frac{E_c A_c + E_s A_s}{A}$ A <sub>c</sub> : コンクリートの断面積 A <sub>s</sub> : 鋼製支保工の断面積 A = A <sub>c</sub> + A <sub>s</sub>	
単位体積重量	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	24.5		[13]
ポアソン比	$\nu$	—	0.2		[13]

(c) 埋戻し材（セメント系）

埋戻し材（セメント系）の物性値を表 4.2-24 に示す。弾性係数は、図 4.2-119 に示す地下空洞型処分施設性能確証試験結果より求めた静弾性係数と材齢の関係より、91 日の値とした。

表 4.2-24 埋戻し材（セメント系）の物性値

項目	記号	単位	物性値	備考	参考文献
弾性係数	$E$	$\text{kN/mm}^2$	38.9	91 日	[14]
単位体積重量	$\gamma$	$\text{kN/m}^3$	24.5		[13]
ポアソン比	$\nu$	—	0.2		[13]

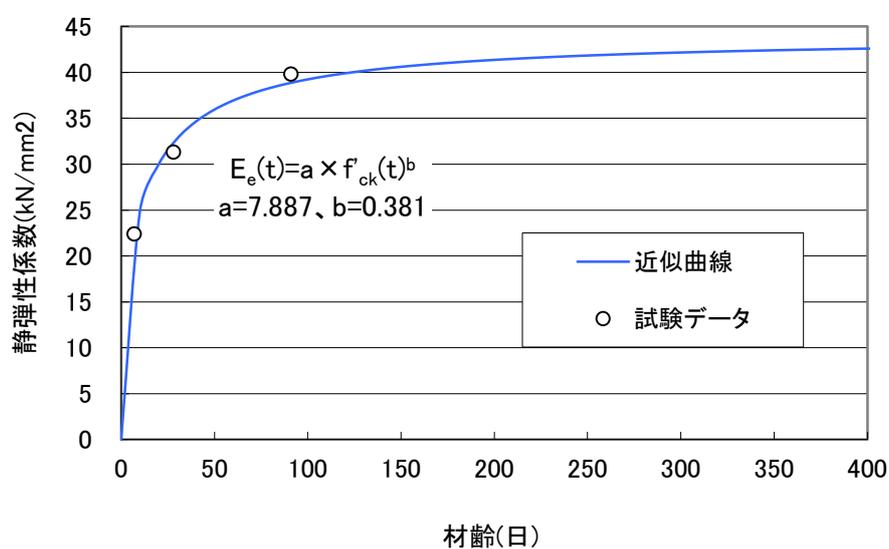


図 4.2-119 埋戻し材（セメント系）の静弾性係数と材齢の関係

(d) 埋戻し材（土質系）

埋戻し材（土質系）の物性値を表 4.2-25 に示す。初期せん断剛性  $G_0$  は、弾性波速度試験のせん断波速度  $V_s$  より設定している。埋戻し材（土質系）はせん断ひずみに依存してせん断剛性が低下する非線形特性を考慮するものとし、地盤と同様に修正 R-O モデルを用いた。設定した  $G/G_0 \sim \gamma$  と  $h \sim \gamma$  関係を、図 4.2-120 に示す。

表 4.2-25 埋戻し材（土質系）の物性値

項目	記号	単位	物性値	備考	参考文献
初期せん断剛性	$G_0$	kN/mm <sup>2</sup>	0.0923		[15]
単位体積重量	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	19.1		[15]
ポアソン比			0.427		[15]
修正 R-O モデル パラメータ	$\tau f$	MPa	0.086	$0.066 \times (92.3/71.178)$	[15]
	$\gamma r$	%	$9.273 \times 10^{-4}$	$0.086 / 92.3 \times 100$	
	$h_{\max}$	%	20		[15]
	$\alpha$	—	2.046		[15]
	$\beta$	—	1.916		[15]

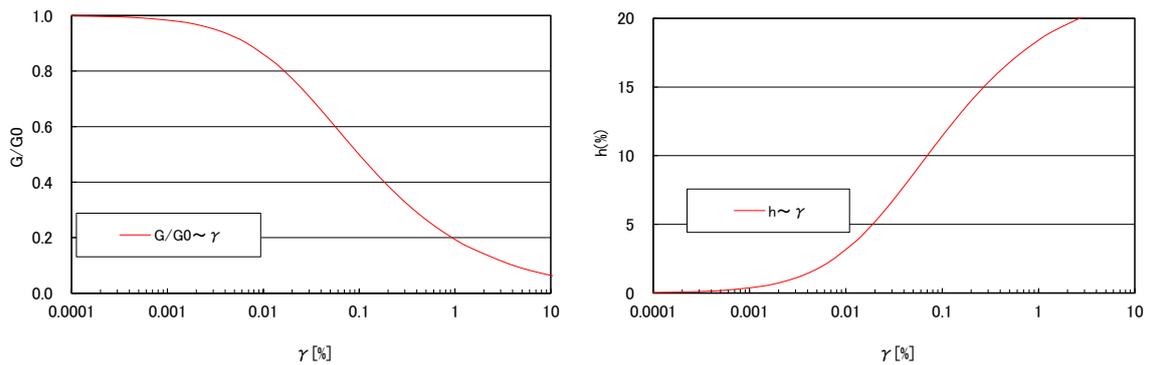


図 4.2-120  $G/G_0 \sim \gamma$  と  $h \sim \gamma$  の関係（埋戻し材（土質系））

(e) 低透水層

低透水層の物性値を表 4.2-26 に示す。初期せん断剛性  $G_0$  は、弾性波速度試験のせん断波速度  $V_s$  より設定している。地震応答解析では、低透水層はせん断ひずみに依存してせん断剛性が低下する非線形特性を考慮するものとし、地盤と同様に修正 R-O モデルを用いた。設定した  $G/G_0 \sim \gamma$  と  $h \sim \gamma$  関係を、図 4.2-121 に示す。

表 4.2-26 低透水層の物性値

項目	記号	単位	物性値	備考	参考文献
初期せん断剛性	$G_0$	kN/mm <sup>2</sup>	0.3		[16]
単位体積重量	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	19.0		[16]
ポアソン比			0.41		[16]
修正 R-O モデル パラメータ	$\tau f$	MPa	1.114	$0.296 \times (300/79.68)$	[16]
	$\gamma r$	%	$3.715 \times 10^{-1}$	$1.114 / 300 \times 100$	
	$h_{\max}$	%	25		[16]
	$\alpha$	—	3.346		[16]
	$\beta$	—	2.293		[16]

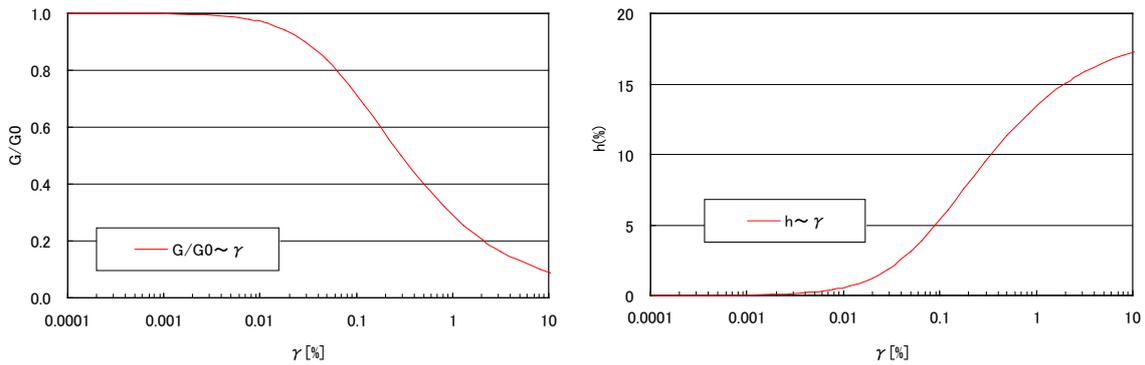


図 4.2-121  $G/G_0 \sim \gamma$  と  $h \sim \gamma$  の関係 (低透水層)

(f) 低拡散層

低拡散層の物性値を表 4.2-27 に示す。弾性係数は、図 4.2-122 に示す地下空洞型処分施設性能確証試験結果より求めた静弾性係数と材齢の関係より、91 日の値とした。

表 4.2-27 低拡散層の物性値

項目	記号	単位	物性値	備考	参考文献
弾性係数	$E$	$\text{kN/mm}^2$	29.3	91 日	[14]
単位体積重量	$\gamma$	$\text{kN/m}^3$	23.0		[14]
ポアソン比	$\nu$	—	0.2		[14]

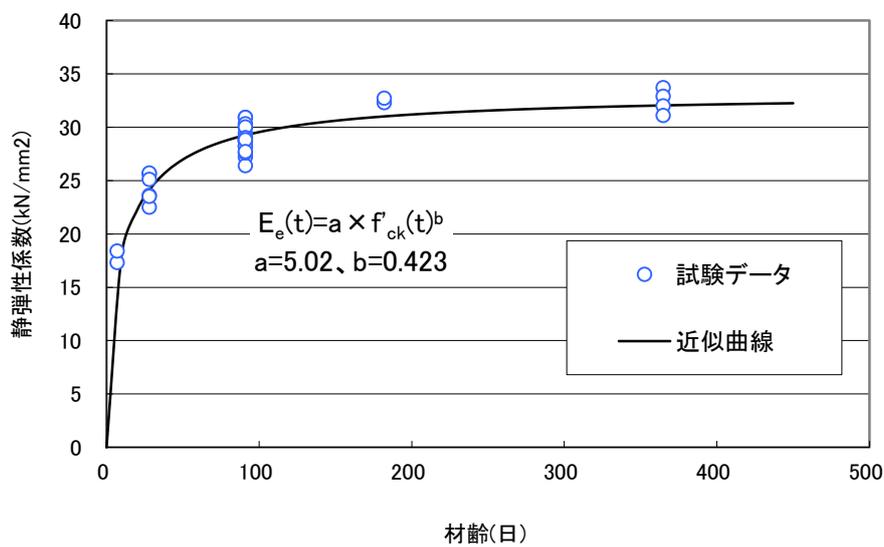


図 4.2-122 低拡散層の静弾性係数と材齢の関係

(g) コンクリートピット

コンクリートピットの物性値を表 4.2-28 に示す。弾性係数は、図 4.2-123 に示す地下空洞型処分施設性能確証試験結果より求めた静弾性係数と材齢の関係より、91 日の値とした。

表 4.2-28 コンクリートピットの物性値

項目	記号	単位	物性値	備考	参考文献
弾性係数	$E$	$\text{kN/mm}^2$	37.9	91 日	[14]
単位体積重量	$\gamma$	$\text{kN/m}^3$	24.5		[14]
ポアソン比	$\nu$	—	0.2		[14]

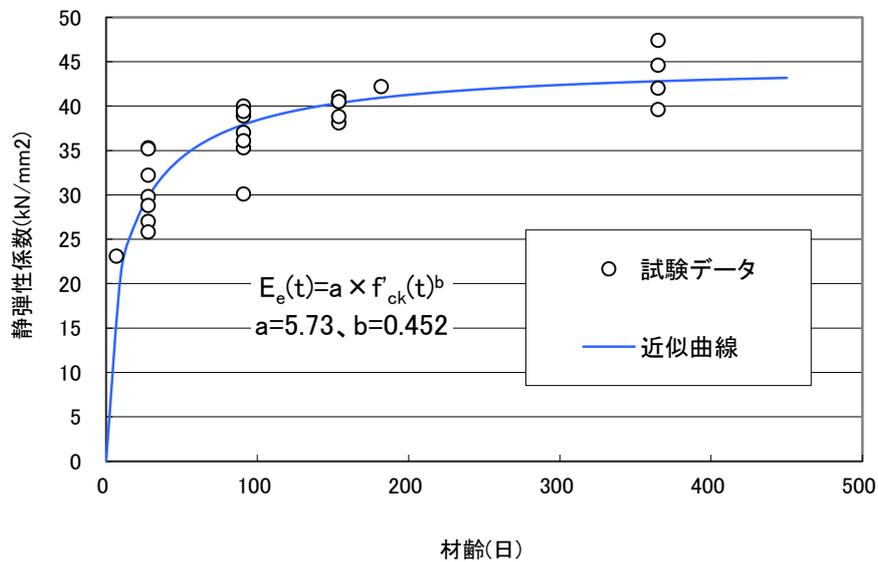


図 4.2-123 コンクリートピットの静弾性係数と材齢の関係

(h) 充填材

充填材の物性値を表 4.2-29 に示す。弾性係数は、図 4.2-124 に示す地下空洞型処分施設性能確証試験結果より求めた静弾性係数と材齢の関係より、91 日の値とした。ここで、地下空洞型処分施設性能確証試験における室内試験では、充填材の養生温度を廃棄体の熱を想定して 3 ケース (20°C、60°C、105°C) 実施しているが、60°C と 105°C はバラツキが大きいことおよびサンプル数が少ないことより、本検討では 20°C の値を採用した。

表 4.2-29 充填材の物性値

項目	記号	単位	物性値	備考	参考文献
弾性係数	$E$	$\text{kN/mm}^2$	33.1	室内試験(20°C)および実機の 91 日	[14]
単位体積重量	$\gamma$	$\text{kN/m}^3$	23.0		[14]
ポアソン比	$\nu$	—	0.2		[14]

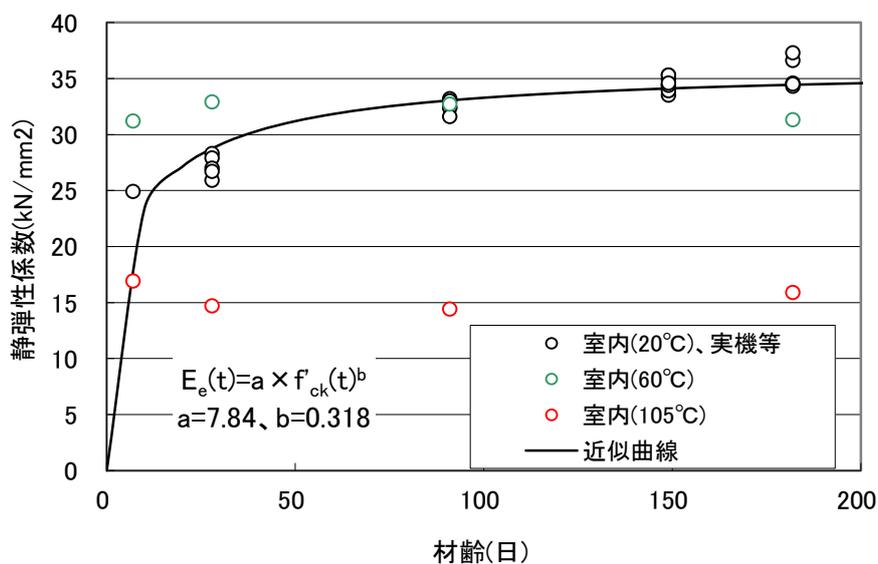


図 4.2-124 充填材の静弾性係数と材齢の関係

(i) 上部充填材

上部充填材の物性値を表 4.2-30 に示す。弾性係数は、図 4.2-125 に示す地下空洞型処分施設性能確証試験結果より求めた静弾性係数と材齢の関係より、91 日の値とした。ここで、地下空洞型処分施設性能確証試験における室内試験では、上部充填材の養生温度を廃棄体の熱を想定して 3 ケース (20°C、60°C、105°C) 実施しているが、60°C と 105°C はバラツキが大きいことおよびサンプル数が少ないことより本検討では除外した。

表 4.2-30 上部充填材の物性値

項目	記号	単位	物性値	備考	参考文献
弾性係数	$E$	$\text{kN/mm}^2$	39.1	室内試験(20°C)および実機の 91 日	[14]
単位体積重量	$\gamma$	$\text{kN/m}^3$	24.5		[14]
ポアソン比	$\nu$	—	0.2		[14]

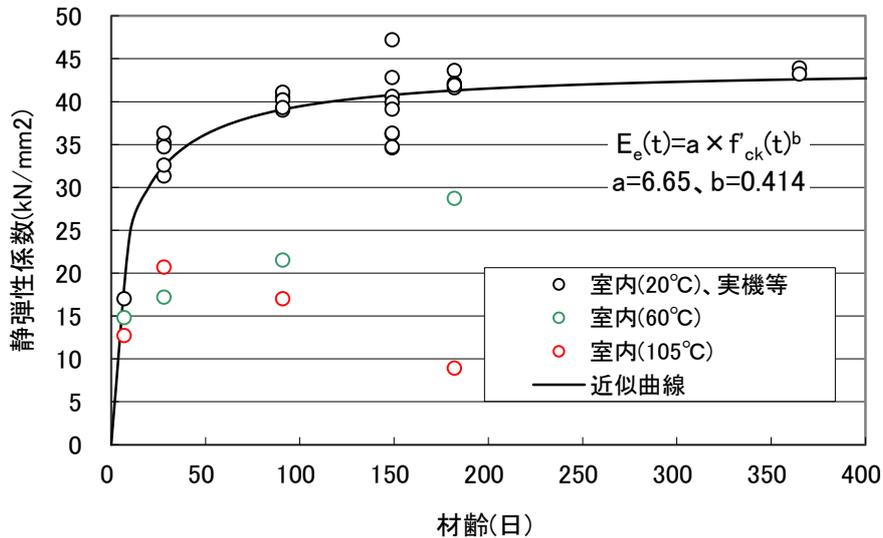


図 4.2-125 上部充填材の静弾性係数と材齢の関係

(j) 均しコンクリート

均しコンクリートの物性値を表 4.2-31 に示す。

表 4.2-31 均しコンクリートの物性値

項目	記号	単位	物性値	備考	参考文献
弾性係数	$E$	$\text{kN/mm}^2$	22.0		[14]
単位体積重量	$\gamma$	$\text{kN/m}^3$	23.0		[14]
ポアソン比	$\nu$	—	0.2		[14]

e. 入力地震動

本検討では、図 4.2-112～図 4.2-113 で作成した地震計①のデータを用いて地震応答解析の入力地震動を作成する。次元重複反射理論に基づく解析 (SHAKE) を用いて、地震計①の設置位置から解析モデルの下端(深度 250m)まで地震動を引戻した。

(a) 解析モデル

引戻し解析では、図 4.2-126 に示すように、地震計①が空洞の解放面に設置されていることから、地震計①の観測データは地盤中の下降波 (F 波) は含まない 2E 波と仮定し、地震計①が設置されている空洞底盤位置より下部のみをモデル化 (124.7m) した。

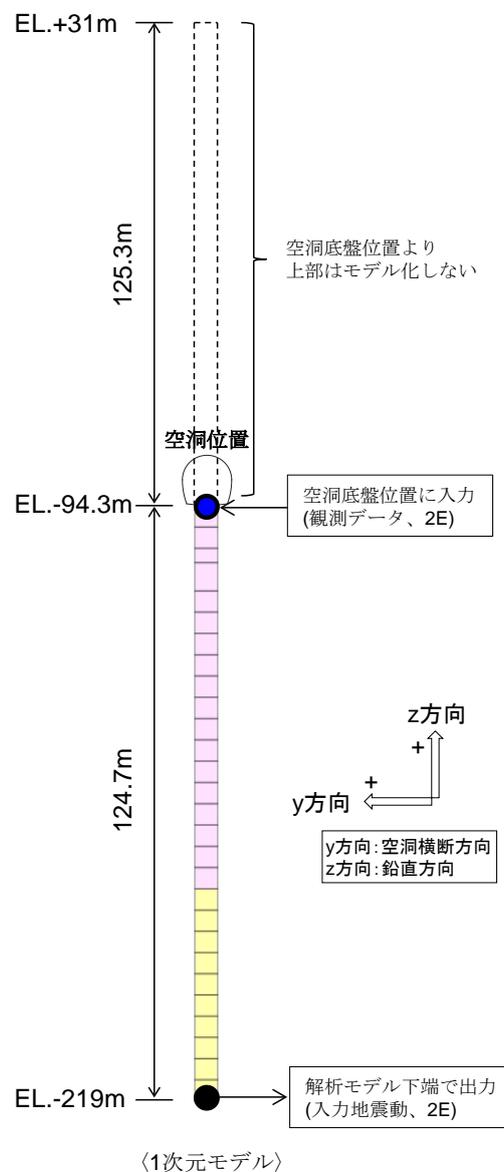


図 4.2-126 引戻し解析モデル

(b) 観測地震動のフィルタ処理

高振動数成分を含む地震動を引戻した場合、高振動数成分が卓越した非現実的な加速度波形になる可能性がある。そのため地震計①のデータに対して 20Hz 以上の高振動成分のフィルタ処理を行い、引戻し解析を実施した（20～20.1Hz の間でフーリエスペクトルがゼロになるようにフィルタ処理した）。平成 28 年度および平成 26 年度の選定地震動のフィルタ処理前とフィルタ処理後の加速度時刻歴およびフーリエスペクトルを図 4.2-127～図 4.2-128 に示す。

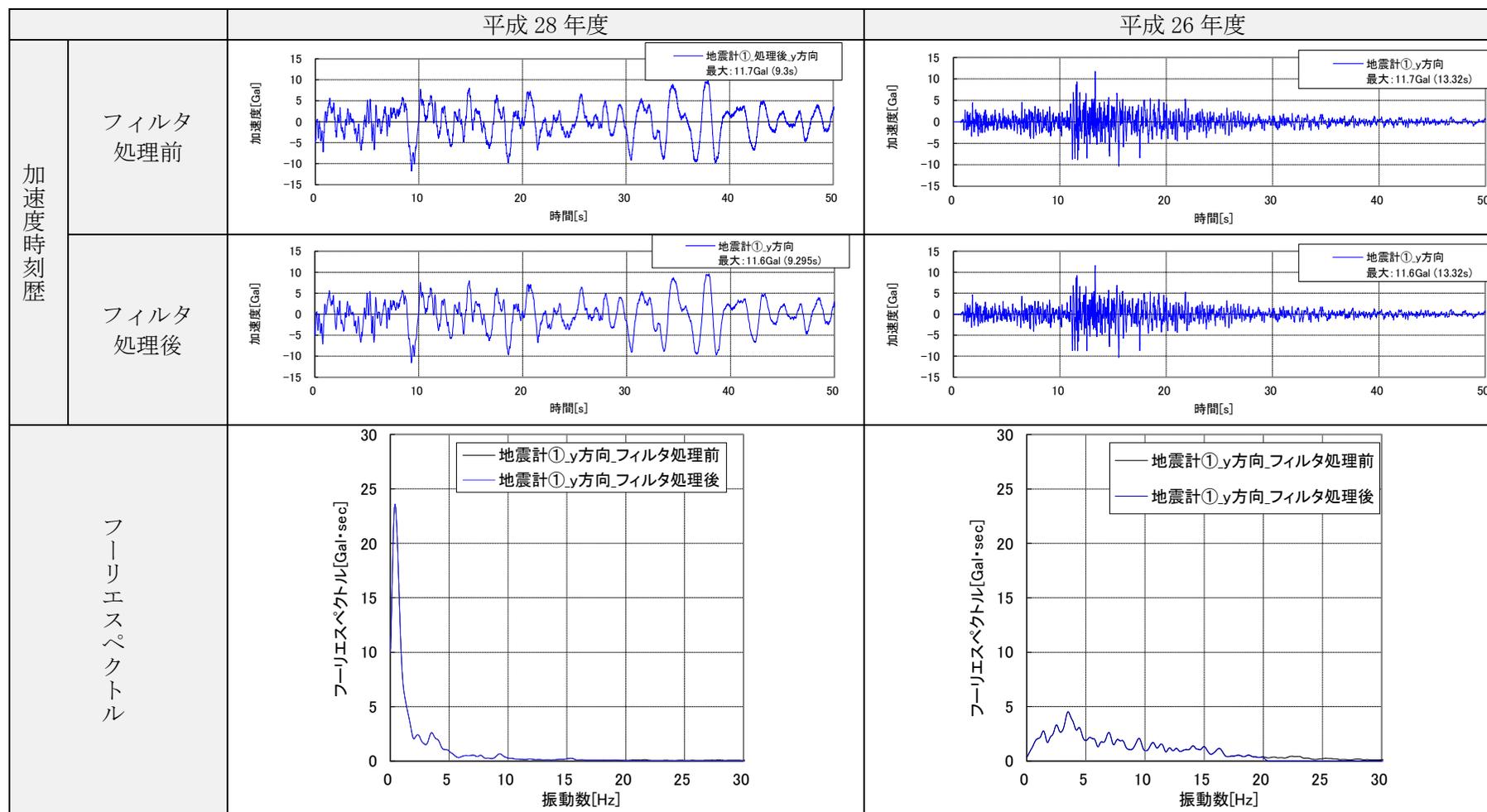


図 4.2-127 フィルタ処理（水平方向）

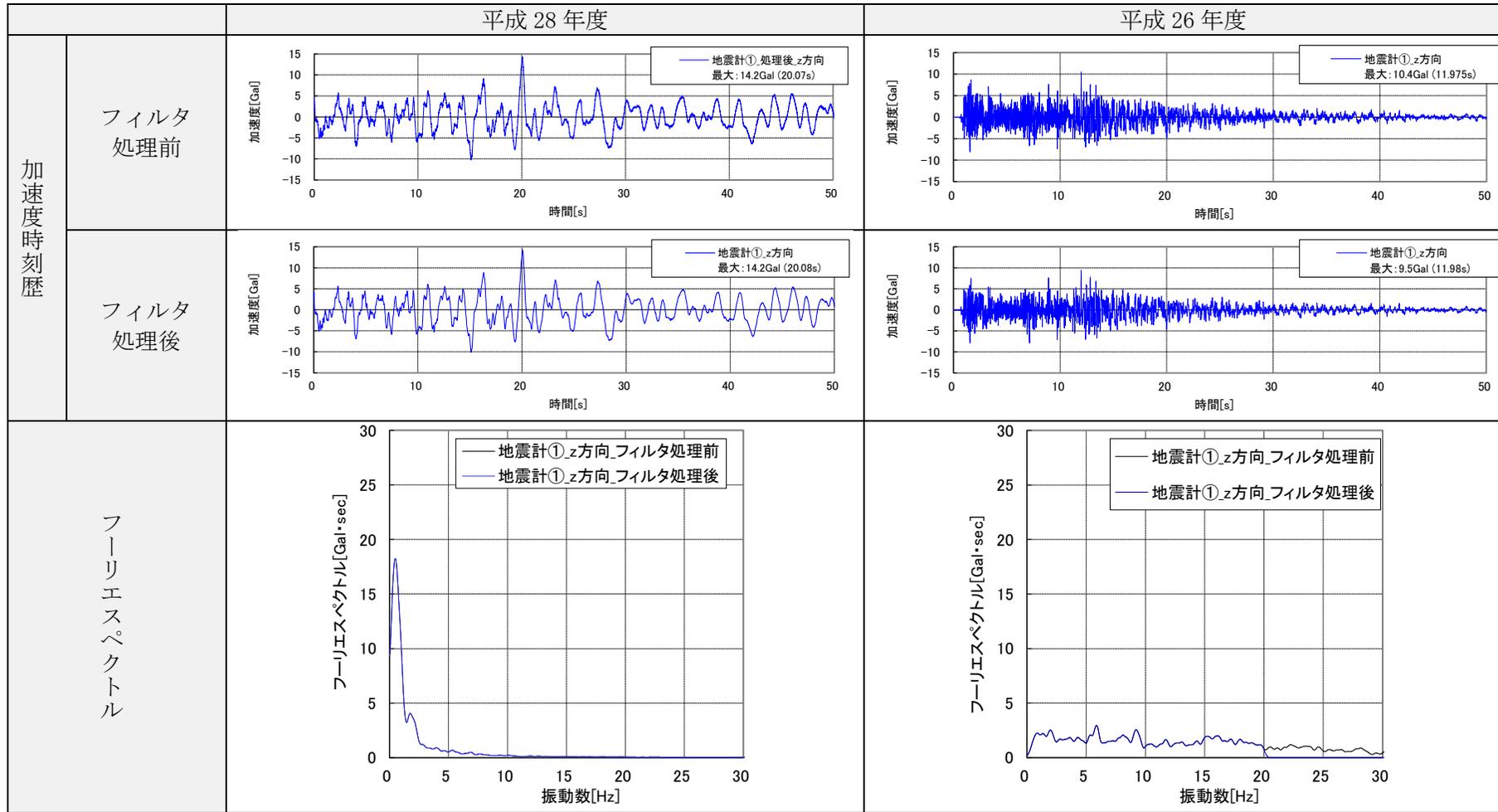


図 4.2-128 フィルタ処理（鉛直方向）

(c) 解析結果

平成 28 年度および平成 26 年度の選定地震動の引戻し解析結果（加速度時刻歴およびフーリエスペクトル）を、図 4.2-129～図 4.2-130 に示す。

平成 28 年度の引戻し解析では、図 4.2-129 に示すように y、z 方向ともに、入力地震動と観測地震動の加速度時刻歴およびフーリエスペクトルに大きな違いは見られない。y 方向の入力地震動の最大加速度は 10.8Gal であり、観測地震動（同 11.6Gal）から 0.8Gal 小さくなった。フーリエスペクトルの比較からも、ほぼ全振動数帯において入力地震動が観測地震動より小さくなる傾向が見られる。また、z 方向でも y 方向と同様の傾向が見られ、入力地震動の最大加速度は 14.0Gal であり、観測地震動（同 14.2Gal）から 0.2Gal 小さくなった。フーリエスペクトルの比較からも、ほぼ全振動数帯において入力地震動が観測地震動より小さくなる傾向が見られる。これらの傾向は、図 4.2-130 に示す平成 26 年度の引戻し解析結果と同様である。

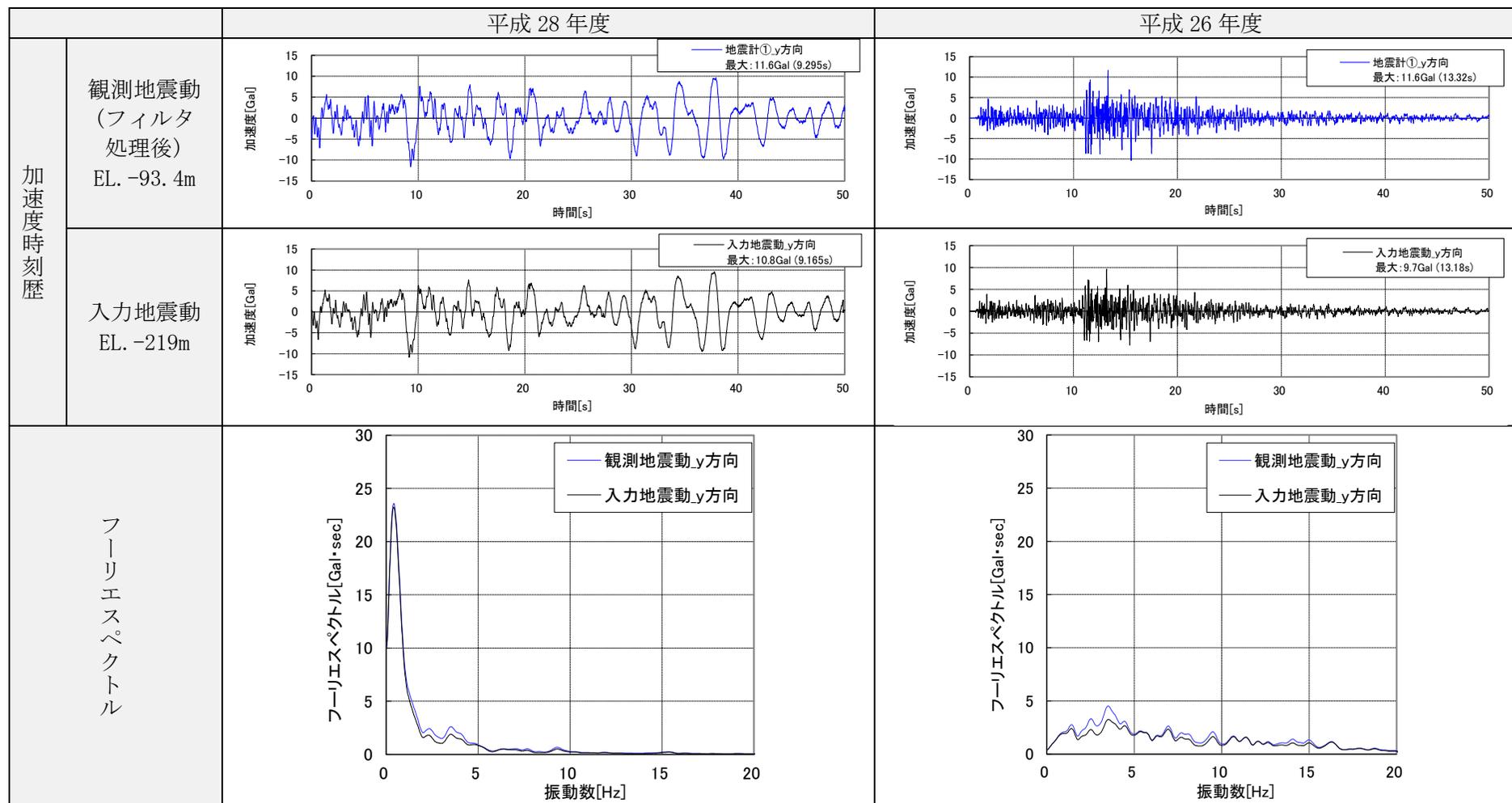


図 4.2-129 引戻し解析結果 (水平方向)

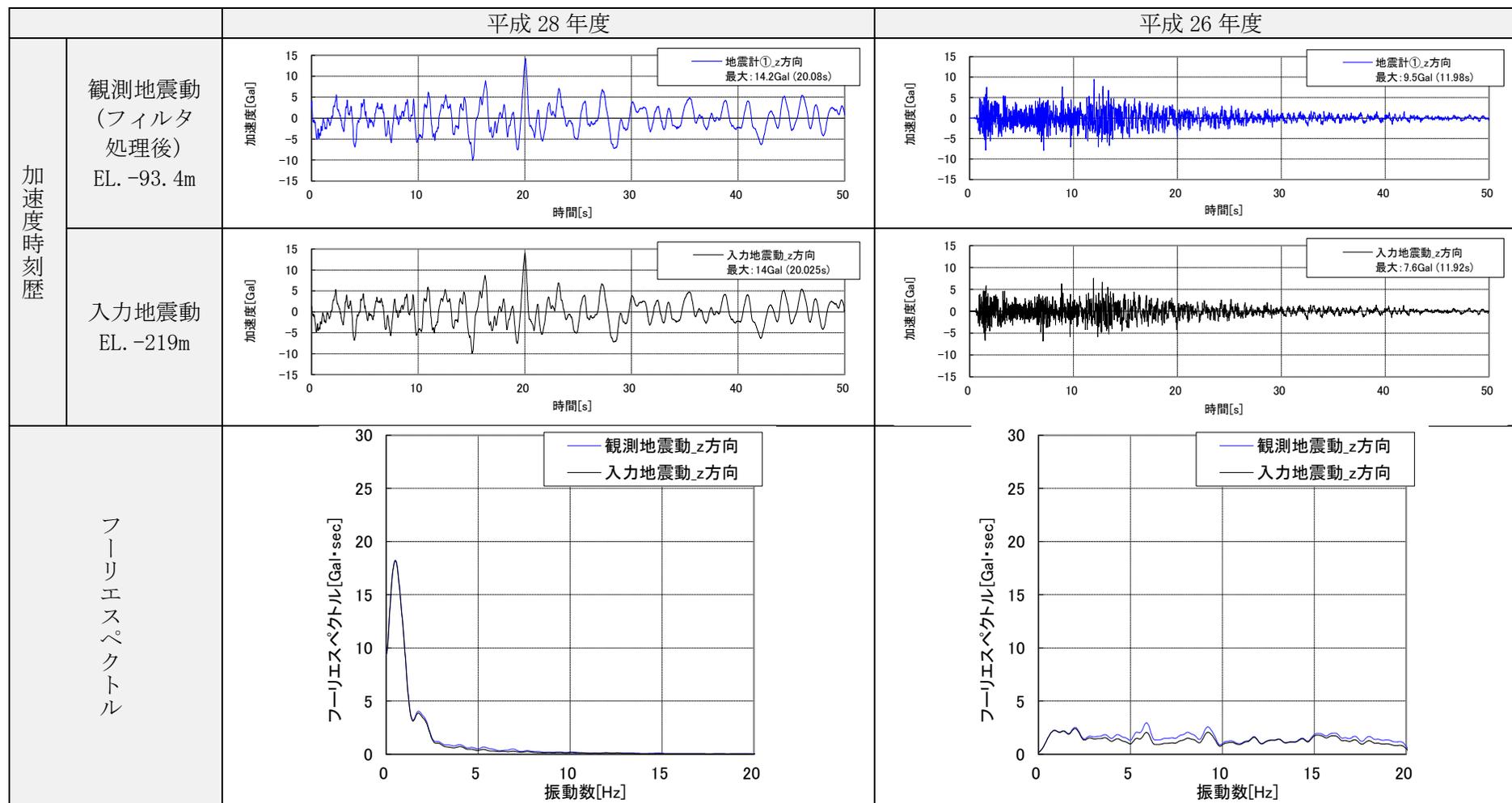


図 4.2-130 引戻し解析結果 (鉛直方向)

f. レーリー減衰の係数

本試験施設を対象として固有値解析を行い、地震応答解析で用いるレーリー減衰の係数設定を実施した。レーリー減衰の減衰マトリクスは下式のとおり、質量マトリクスと剛性マトリクスの線形結合で構成される。

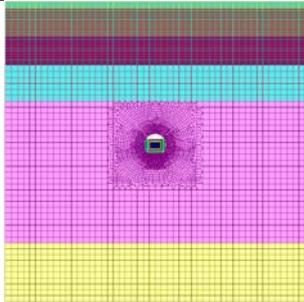
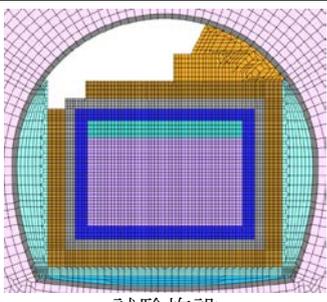
$$C = \alpha M + \beta K$$

係数  $\alpha$  と  $\beta$  は、2組の振動数と減衰率を設定して算出する。

(a) 解析条件

H26 年度上部低透水層施工後を解析対象時期とする。この施設形状においては、地震時に試験施設と周辺地盤が一体となって挙動すると考えられるため、固有値解析モデルは、表 4.2-32 に示すように試験施設と周辺地盤を解析対象とした。

表 4.2-32 固有値解析モデル

対象時期	解析モデル		境界条件
H26 年度 上部低透水層 施工後	 地盤全体	 試験施設	底面：固定 側面：水平ローラー

(b) 解析結果

固有値解析結果を表 4.2-33 に示す。

表 4.2-33 固有値解析結果

次数	振動数	周期	有効質量比	
	Hz	s	Y	Z
1	0.880	1.137	0.732	0.000
2	1.888	0.530	0.000	0.487
3	2.504	0.399	0.115	0.000
4	2.553	0.392	0.000	0.003
5	2.836	0.353	0.000	0.000
6	3.919	0.255	0.000	0.018

(c) レーリー減衰の係数の設定に用いる振動数

固有値解析結果より、着目固有振動数を設定する。本固有値解析では、地盤を含めてモデル化しているため、表 4.2-33 に示すように 1~6 次の固有振動数は 0.880~3.919Hz であり、これらはほぼ地盤の固有振動数と考えられる (H25 年度の検討より、試験施設の固有値は 15Hz 以上の高振動数帯と考えられる)。0.880~3.919Hz の範囲の振動数でレー

リー減衰の係数を設定すると、高振動数帯での減衰を過大に評価することが別途動的解析結果より確認できたため、本検討では1次(0.880Hz)と50Hzを着目固有振動数とした。

(d) レーリー減衰の係数

着目固有振動数に対して、地盤および低透水層については2%、その他構造物については5%の減衰率となるように、質量比例項の係数 $\alpha$ と剛性比例項の係数 $\beta$ を設定した。本検討で設定した係数 $\alpha$ と $\beta$ を表4.2-34に、減衰定数と振動数の関係を図4.2-131に示す。

表 4.2-34 質量比例係数 $\alpha$ と剛性比例係数 $\beta$

	減衰率	$\alpha$	$\beta$
地盤および低透水層	2%	$2.173 \times 10^{-1}$	$1.251 \times 10^{-4}$
上記以外	5%	$5.434 \times 10^{-1}$	$3.128 \times 10^{-4}$

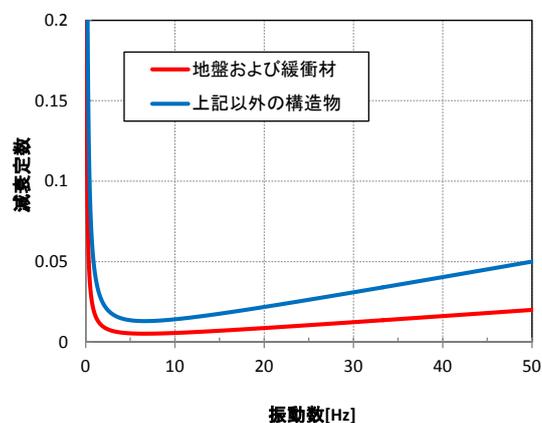


図 4.2-131 レーリー減衰の減衰定数と振動数の関係

## 2) 解析結果

前項で設定した入力地震動 2 波（平成 28 年度、26 年度選定地震動）を用いて時刻歴非線形地震応答解析を実施し、入力地震動の特徴の違いが試験施設に与える影響を比較分析した。

以下の位置および部材の挙動に着目して地震時影響評価を実施する。

- ・ 地震計設置位置
- ・ 空洞上下端位置
- ・ コンクリートピット（底部、側部、上部）
- ・ 低拡散層（底部、側部、上部）
- ・ 低透水層（底部、側部、上部）
- ・ 埋戻し材（上部）

図化項目一覧を表 4.2-35 に示す。

表 4.2-35 図化項目一覧

対 象	図化処理項目	図の仕様
・地震計設置位置	応答加速度	時刻歴
・空洞上下端位置	相対変位	時刻歴
・コンクリートピット	最大・最小応力のコンタ	時刻歴最大・最小値
・低拡散材	最大・最小ひずみのコンタ	時刻歴最大・最小値
・緩衝材 ・埋戻し材	最大・最小応力のコンタ	時刻歴最大・最小値
	最大・最小ひずみのコンタ	時刻歴最大・最小値
	最大せん断ひずみのコンタ	時刻歴最大値

※応力およびひずみは地震時増分値による図化とする。

解析結果一覧を表 4.2-36 に示す。なお、応力およびひずみは地震時増分値である。

表 4.2-36 解析結果一覧

対象	図化項目	図番号
地震計設置位置	応答加速度	図 4.2-132～図 4.2-133
空洞上下端位置	相対変位	図 4.2-135
コンクリートピット	直応力（水平方向）分布	図 4.2-136～図 4.2-137
	直応力（鉛直方向）分布	図 4.2-138～図 4.2-139
	せん断応力分布	図 4.2-140～図 4.2-141
	直ひずみ（水平方向）分布	図 4.2-142～図 4.2-143
	直ひずみ（鉛直方向）分布	図 4.2-144～図 4.2-145
	せん断ひずみ分布	図 4.2-146～図 4.2-147
低拡散層	直応力（水平方向）分布	図 4.2-148～図 4.2-149
	直応力（鉛直方向）分布	図 4.2-150～図 4.2-151
	せん断応力分布	図 4.2-152～図 4.2-153
	直ひずみ（水平方向）分布	図 4.2-154～図 4.2-155
	直ひずみ（鉛直方向）分布	図 4.2-156～図 4.2-157
	せん断ひずみ分布	図 4.2-158～図 4.2-159
低透水層	直応力（水平方向）分布	図 4.2-160～図 4.2-161
	直応力（鉛直方向）分布	図 4.2-162～図 4.2-163
	せん断応力分布	図 4.2-164～図 4.2-165
	直ひずみ（水平方向）分布	図 4.2-166～図 4.2-167
	直ひずみ（鉛直方向）分布	図 4.2-168～図 4.2-169
	せん断ひずみ分布 最大せん断ひずみの分布	図 4.2-170～図 4.2-171 図 4.2-172
埋戻し材	直応力（水平方向）分布	図 4.2-174～図 4.2-175
	直応力（鉛直方向）分布	図 4.2-176～図 4.2-177
	せん断応力分布	図 4.2-178～図 4.2-179
	直ひずみ（水平方向）分布	図 4.2-180～図 4.2-181
	直ひずみ（鉛直方向）分布	図 4.2-182～図 4.2-183
	せん断ひずみ分布 最大せん断ひずみの分布	図 4.2-184～図 4.2-185 図 4.2-186

a. 着目位置の応答加速度

地震計設置位置の応答加速度の時刻歴を図 4.2-132～図 4.2-133 に示す。

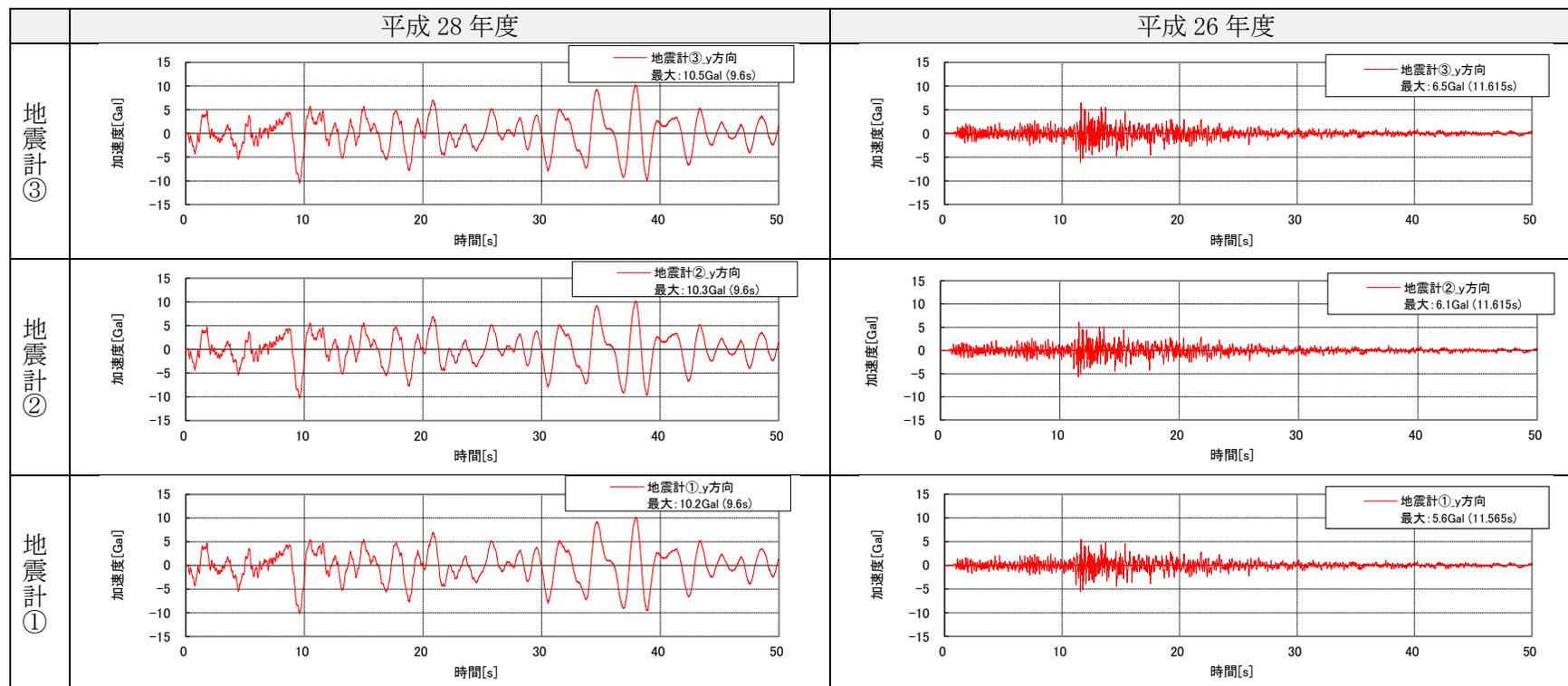
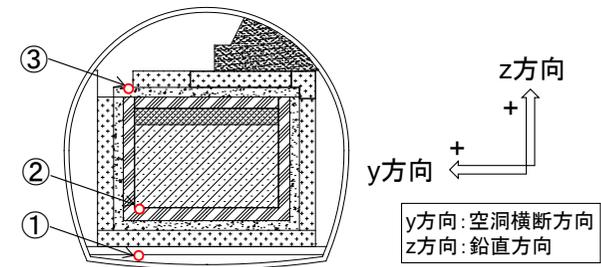


図 4.2-132 試験施設の応答加速度 (水平方向)

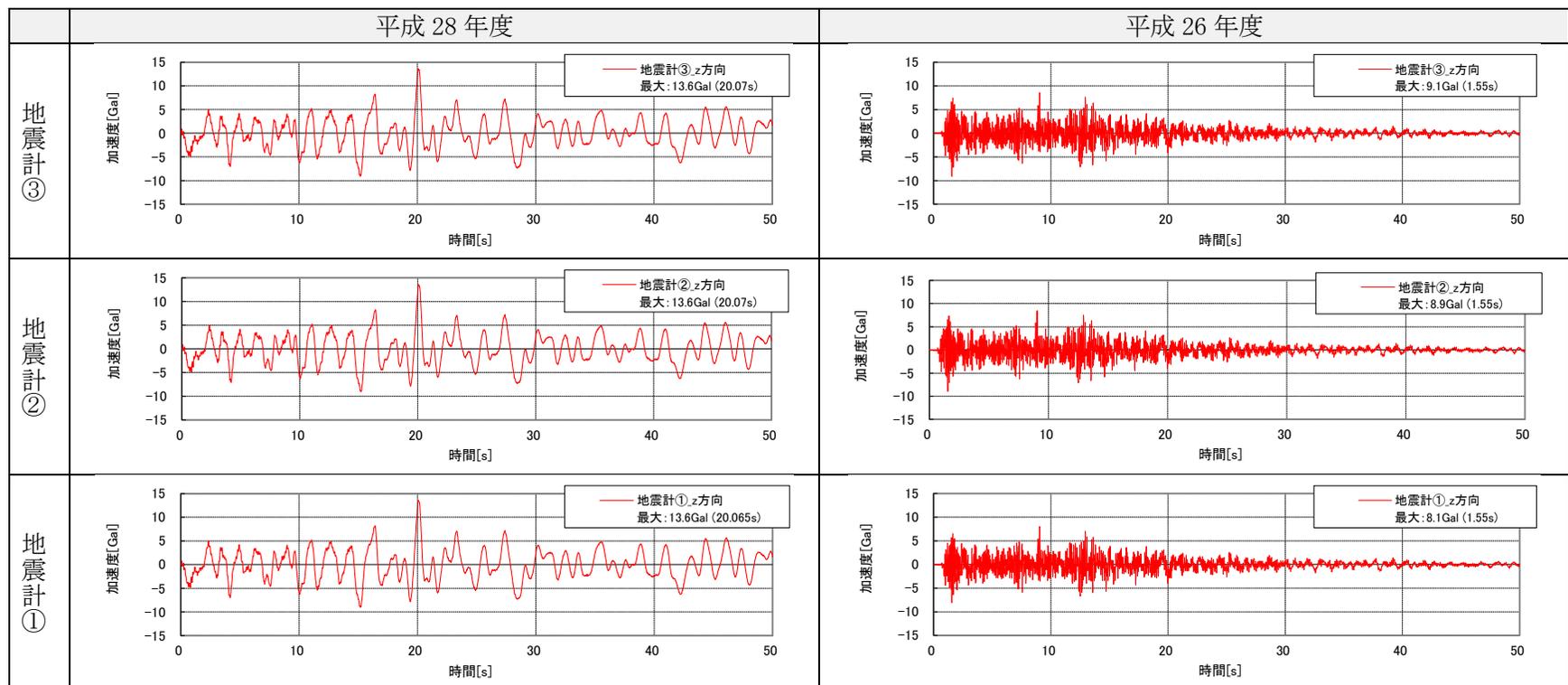
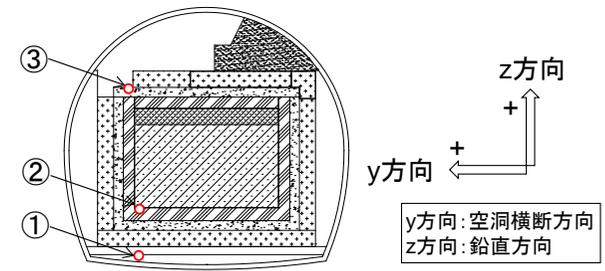


図 4.2-133 試験施設の応答加速度 (鉛直方向)

b. 着目位置の応答変位

試験空洞の上下端位置の相対変位の時刻歴を図 4.2-135 に示す。

平成 28 年度のような卓越振動数が小さい地震動を入力した場合、図 4.2-135 に示すように試験空洞全体がロックする挙動が確認された。そこで、図 4.2-135 に示すように、底部埋戻し材の左右端を基準としてロック角を求め、ロックの影響を除いて空洞上下端の相対変位を算出した。

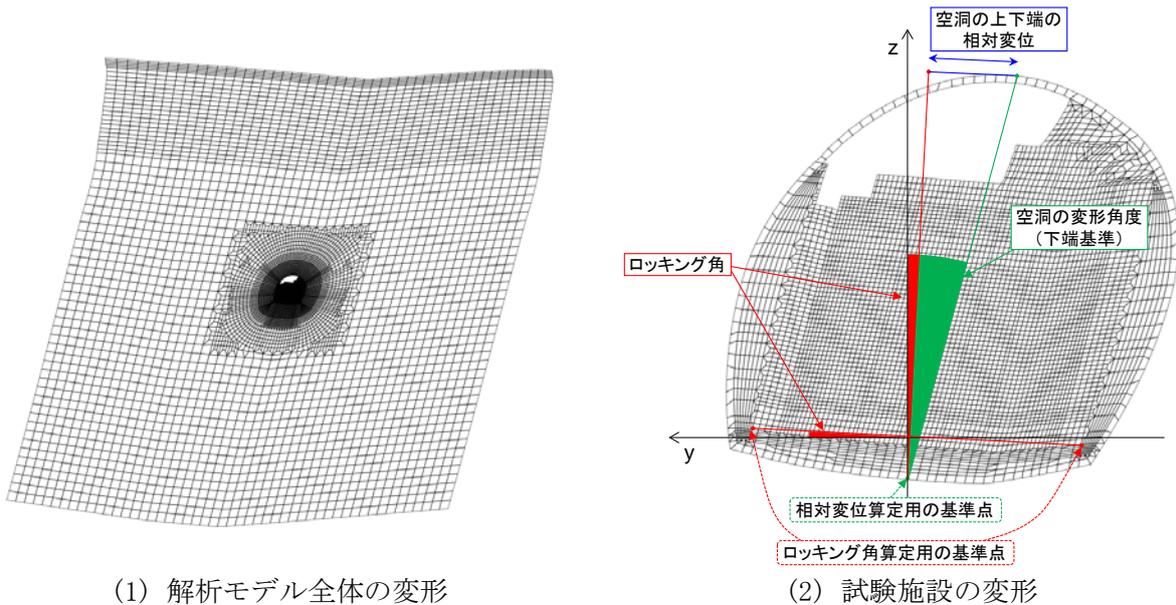


図 4.2-134 ロッキングの影響を除いた相対変位の算出

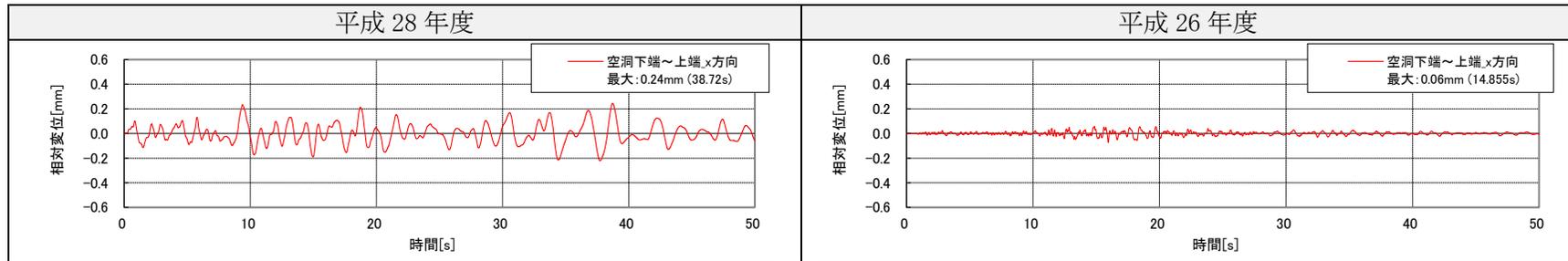
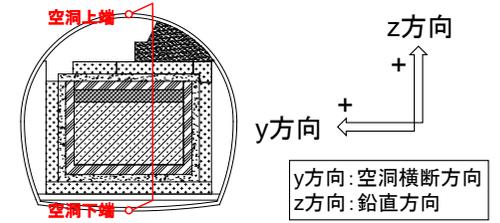


図 4.2-135 試験空洞の上下端位置の相対変位（水平方向）

c. コンクリートピット

コンクリートピットの直応力分布およびせん断応力分布を図 4.2-136～図 4.2-141、直ひずみ分布およびせん断ひずみ分布を図 4.2-142～図 4.2-147 に示す。

(a) 直応力（水平方向）分布

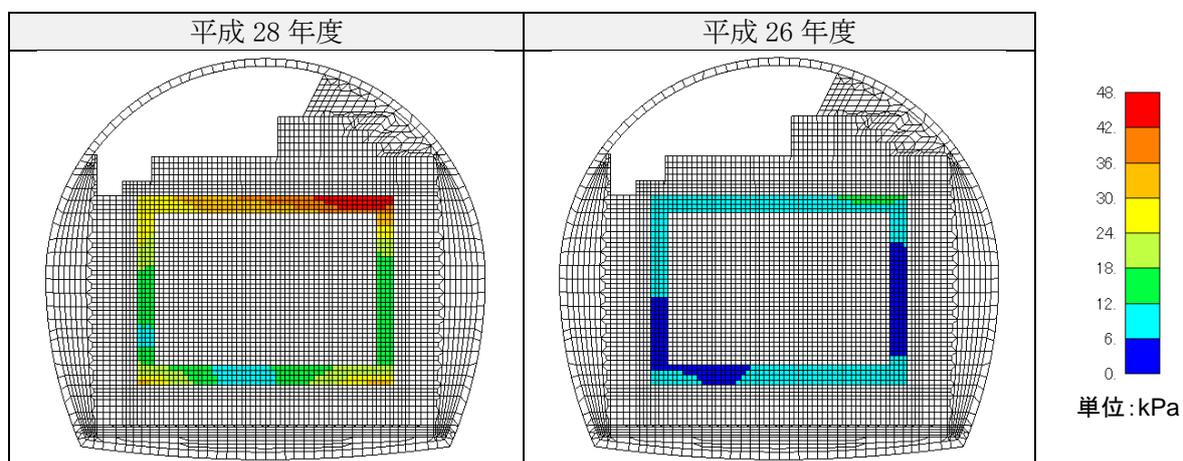


図 4.2-136 コンクリートピットの引張応力の地震時増分（水平方向、引張正、履歴最大）

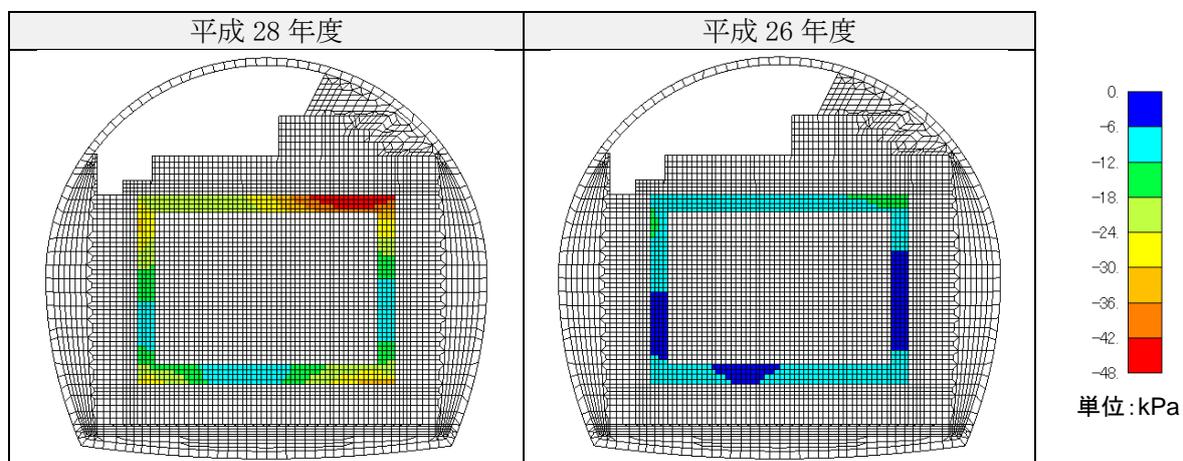


図 4.2-137 コンクリートピットの圧縮応力の地震時増分（水平方向、圧縮負、履歴最小）

(b) 直応力（鉛直方向）分布

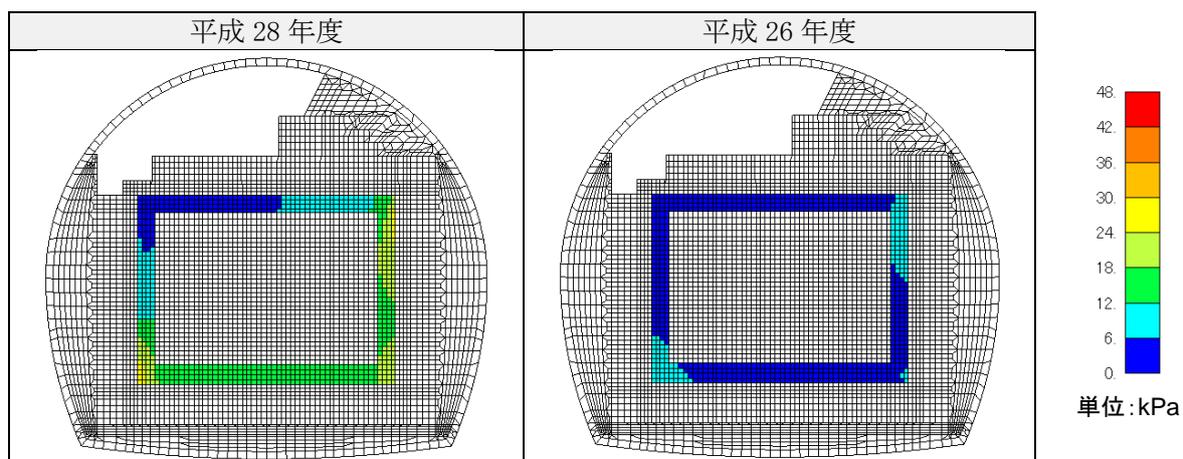


図 4.2-138 コンクリートピットの引張応力の地震時増分（鉛直方向、引張正、履歴最大）

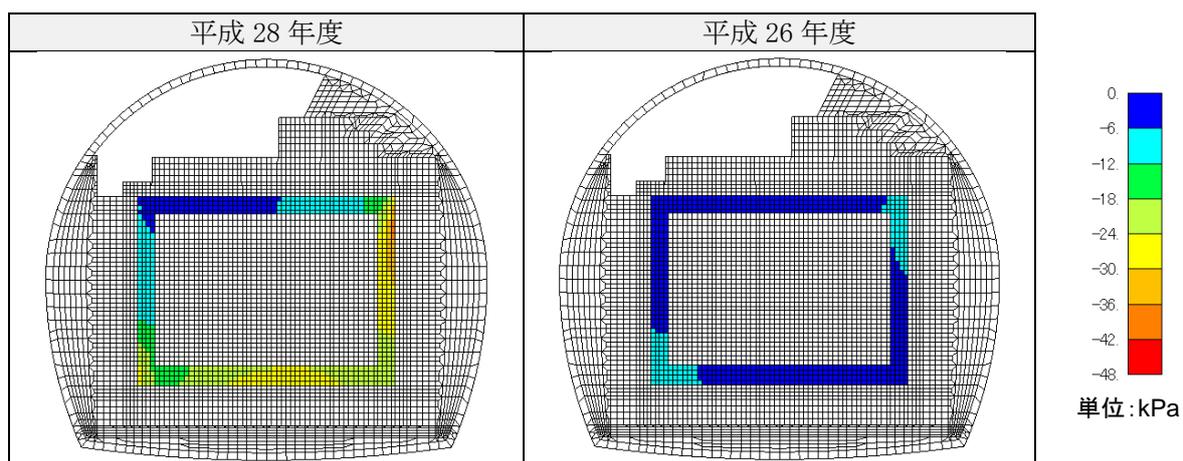


図 4.2-139 コンクリートピットの圧縮応力の地震時増分（鉛直方向、圧縮負、履歴最小）

(c) せん断応力分布

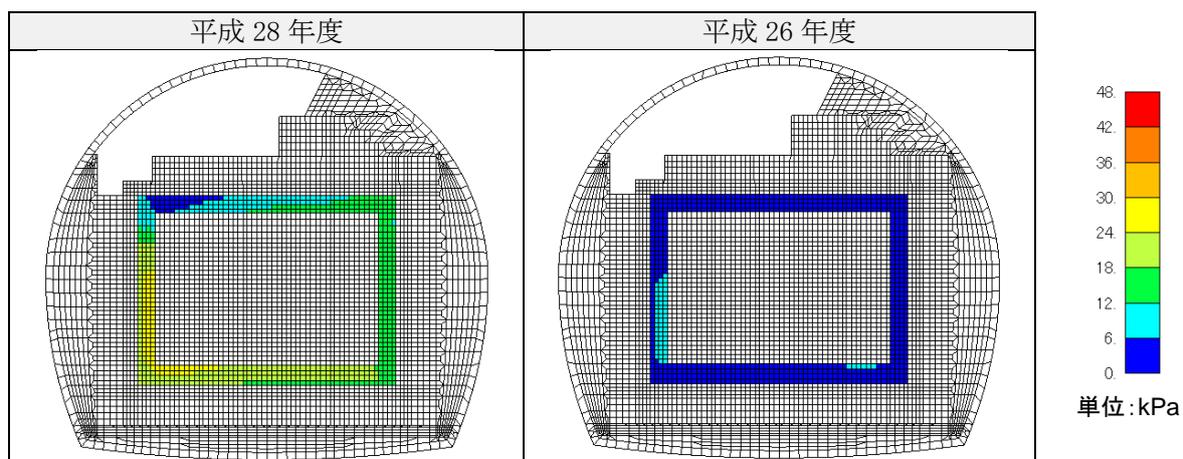


図 4.2-140 コンクリートピットのせん断応力地震時増分（履歴最大）

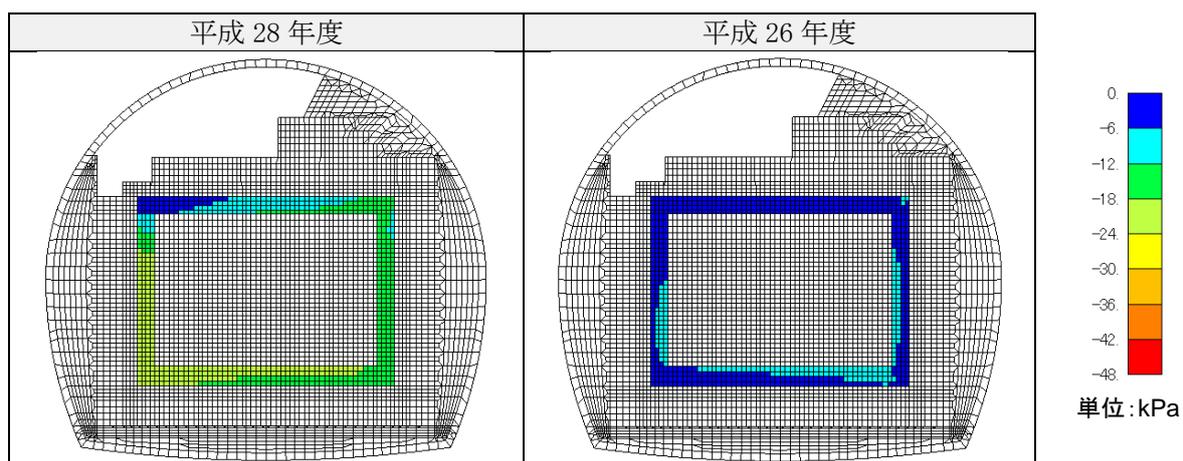


図 4.2-141 コンクリートピットのせん断応力地震時増分（履歴最小）

(d) 直ひずみ（水平方向）分布

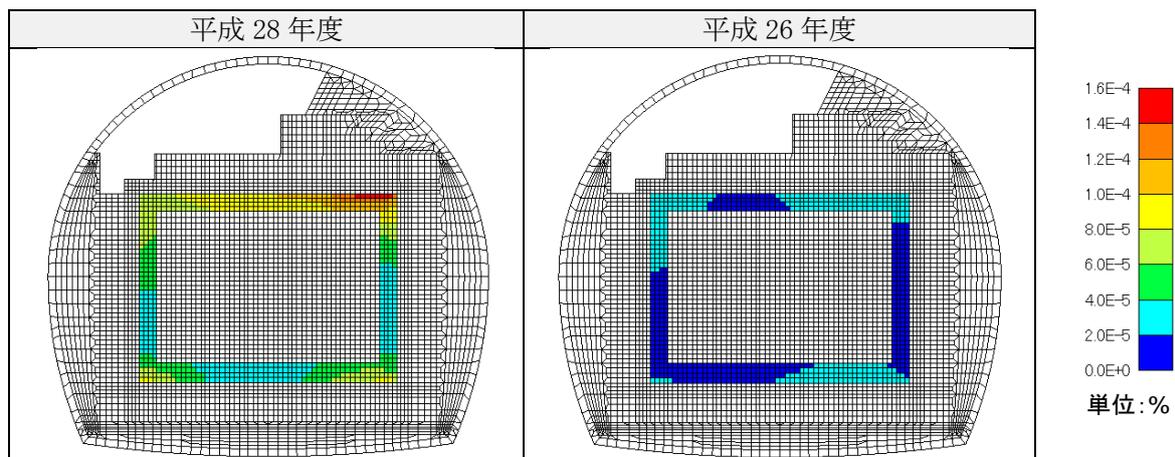


図 4.2-142 コンクリートピットの引張ひずみの地震時増分（水平方向、引張正、履歴最大）

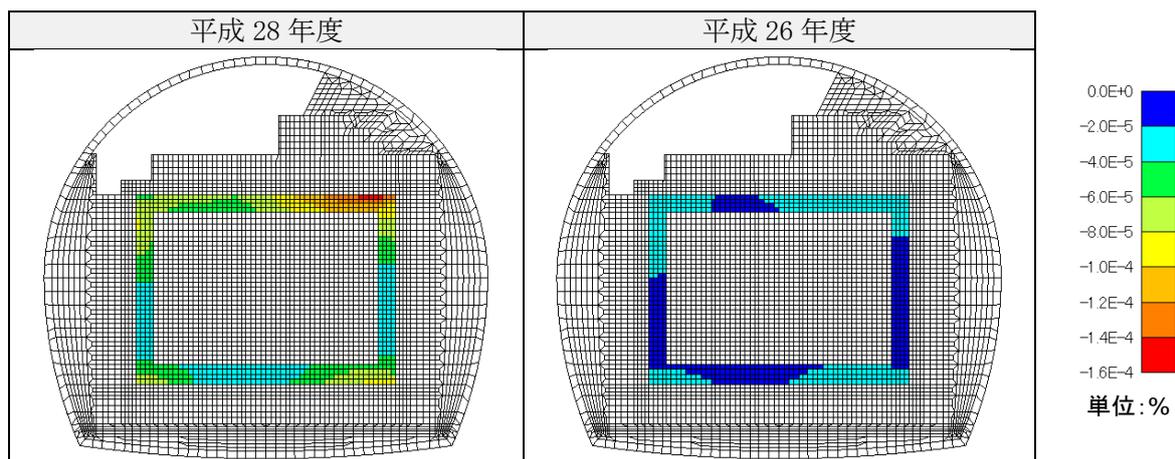


図 4.2-143 コンクリートピットの圧縮ひずみの地震時増分（水平方向、圧縮負、履歴最小）

(e) 直ひずみ（鉛直方向）分布

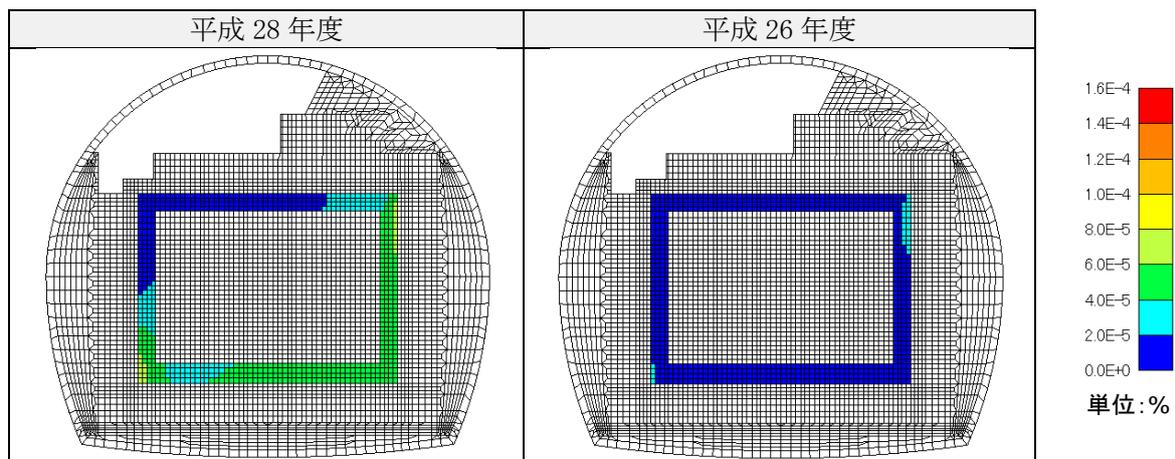


図 4.2-144 コンクリートピットの引張ひずみの地震時増分（鉛直方向、引張正、履歴最大）

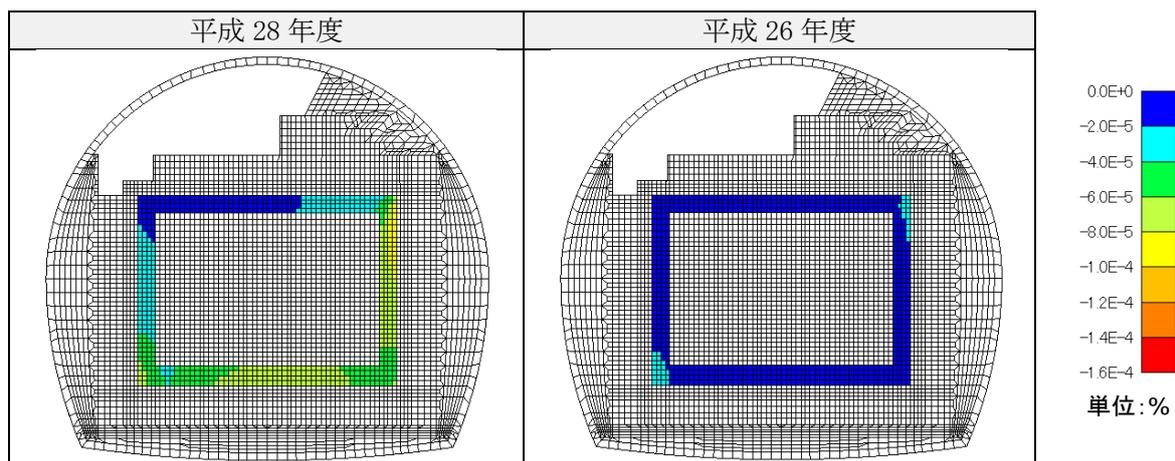


図 4.2-145 コンクリートピットの圧縮ひずみの地震時増分（鉛直方向、圧縮負、履歴最小）

(f) せん断ひずみ分布

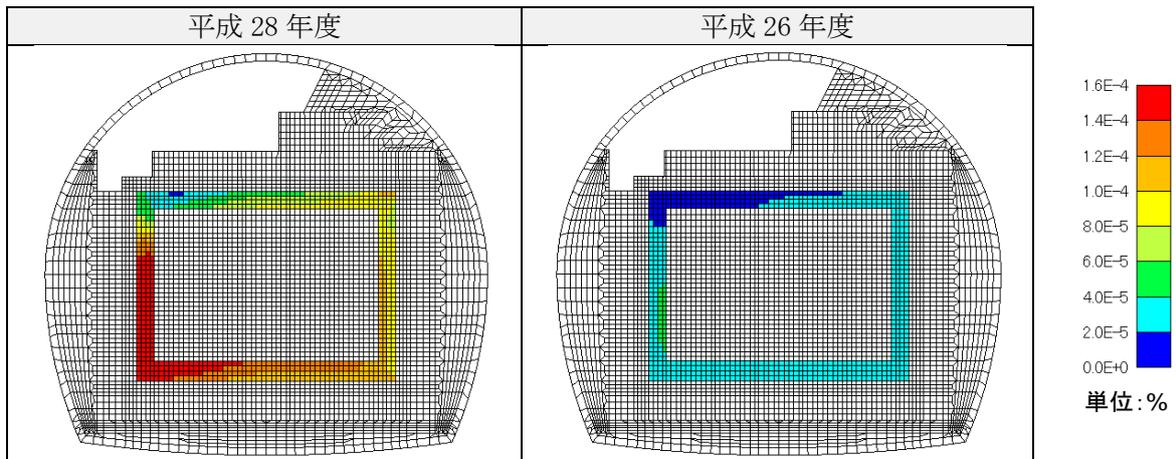


図 4.2-146 コンクリートピットのせん断ひずみの地震時増分（履歴最大）

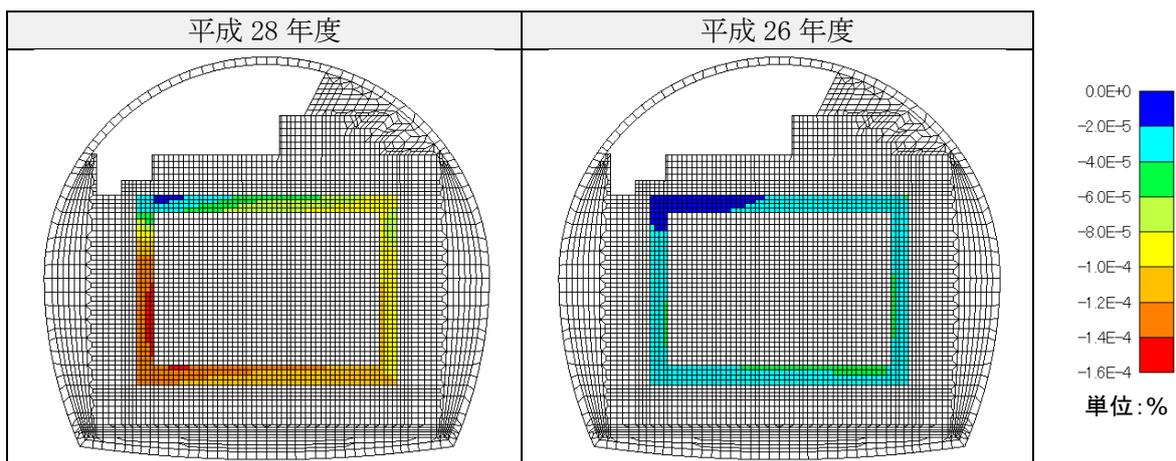


図 4.2-147 コンクリートピットのせん断ひずみの地震時増分（履歴最小）

d. 低拡散層

低拡散層の直応力分布およびせん断応力分布を図 4.2-148～図 4.2-153、直ひずみ分布およびせん断ひずみ分布を図 4.2-154～図 4.2-159 に示す。

(a) 直応力（水平方向）分布

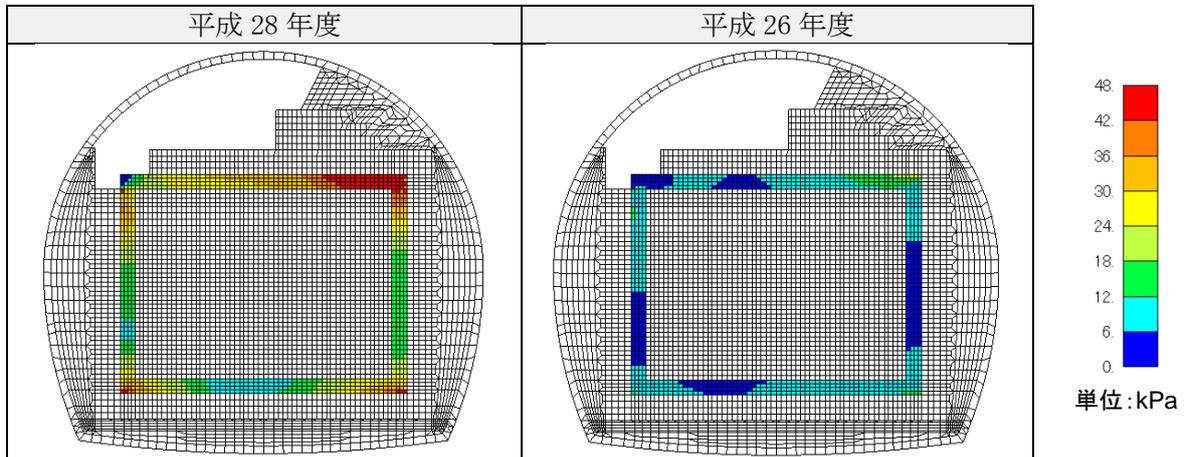


図 4.2-148 低拡散層の引張応力の地震時増分（水平方向、引張正、履歴最大）

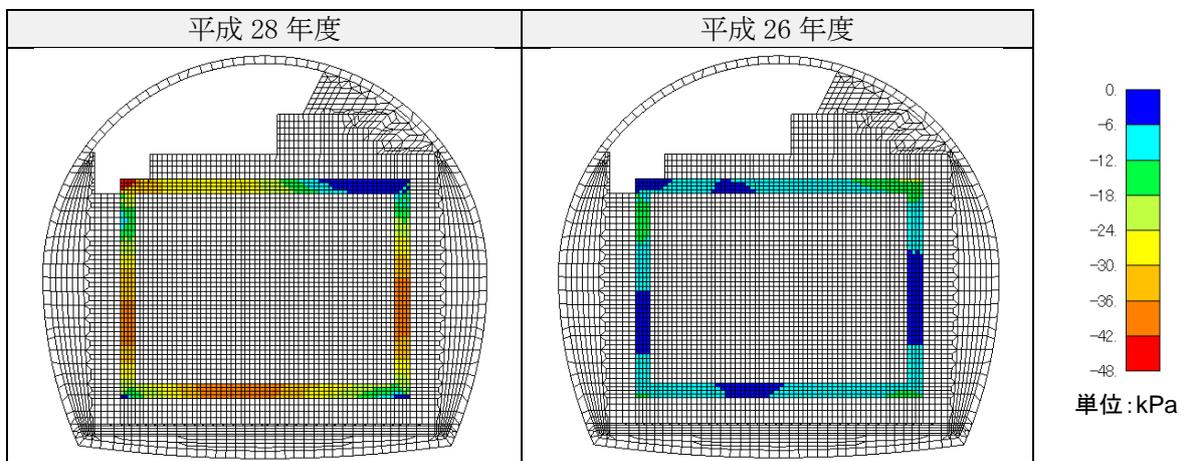


図 4.2-149 低拡散層の圧縮応力の地震時増分（水平方向、圧縮負、履歴最小）

(b) 直応力（鉛直方向）分布

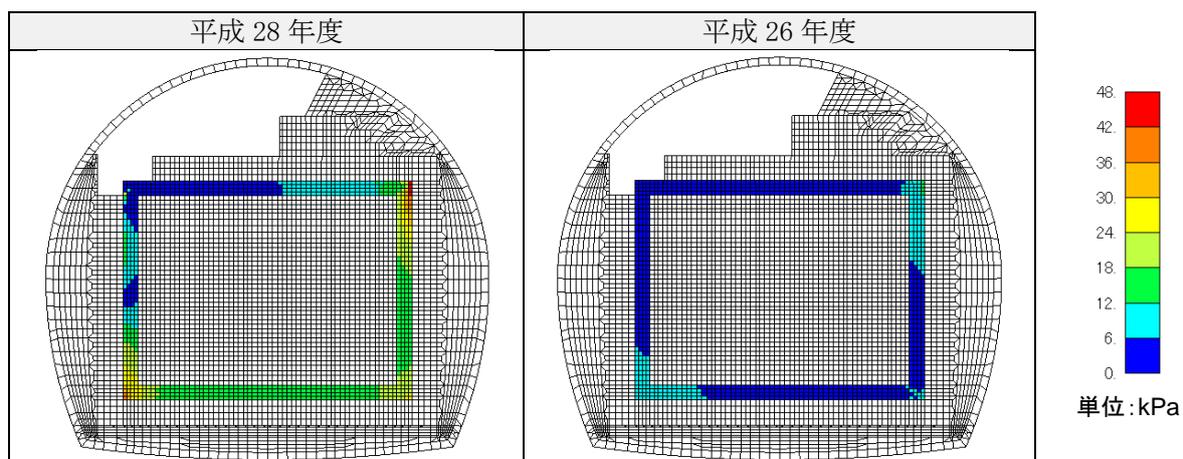


図 4.2-150 低拡散層の引張応力の地震時増分（鉛直方向、引張正、履歴最大）

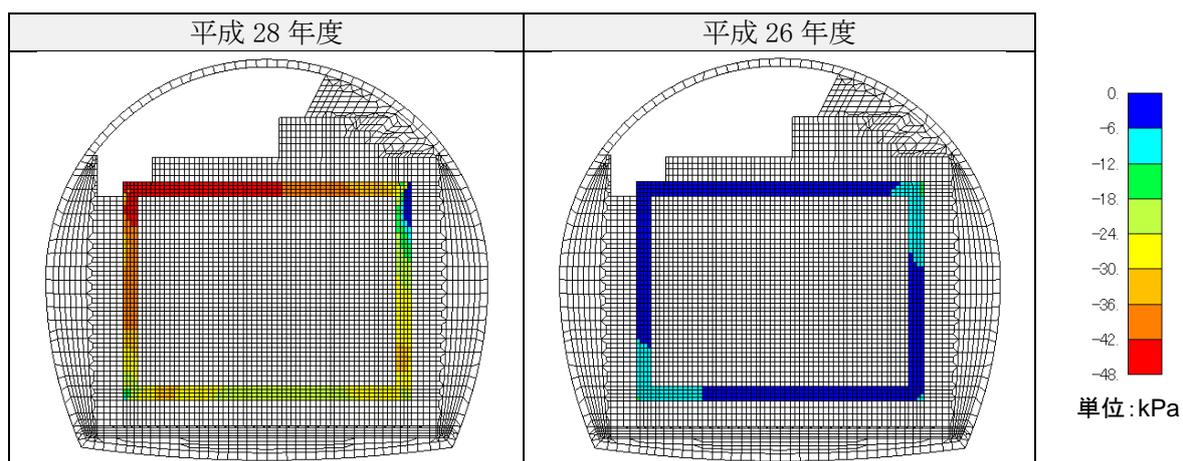


図 4.2-151 低拡散層の圧縮応力の地震時増分（鉛直方向、圧縮負、履歴最小）

(c) せん断応力分布

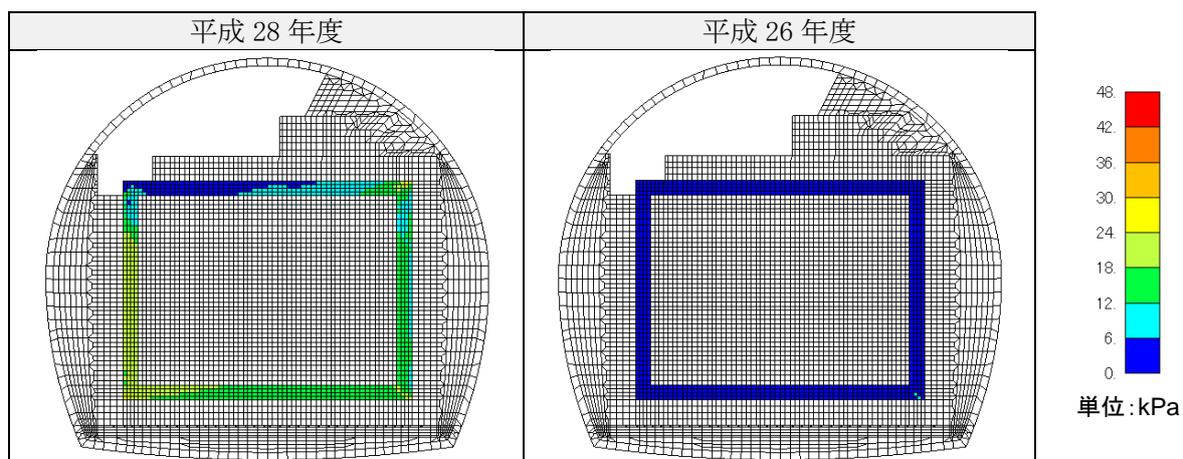


図 4.2-152 低拡散層のせん断応力地震時増分 (履歴最大)

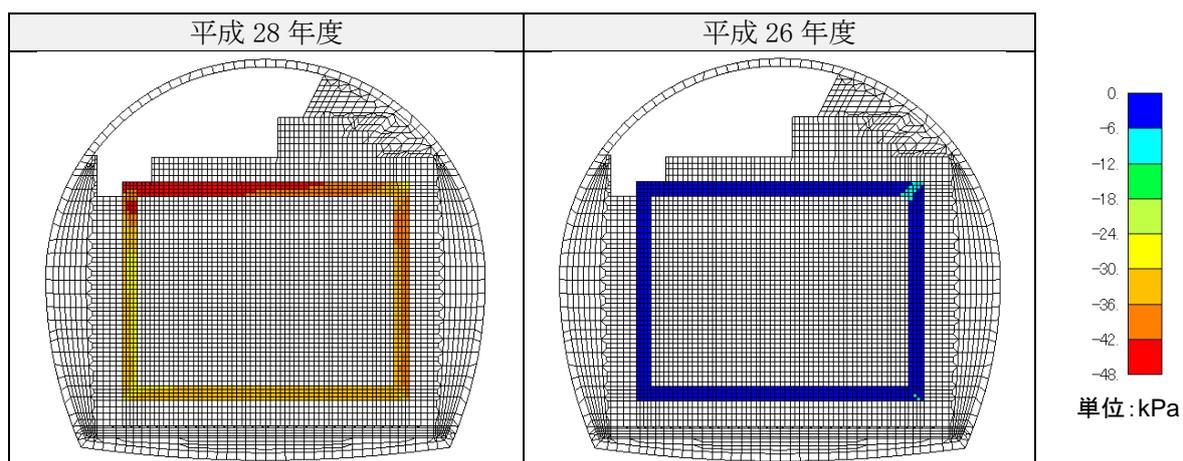


図 4.2-153 低拡散層のせん断応力地震時増分 (履歴最小)

(d) 直ひずみ（水平方向）分布

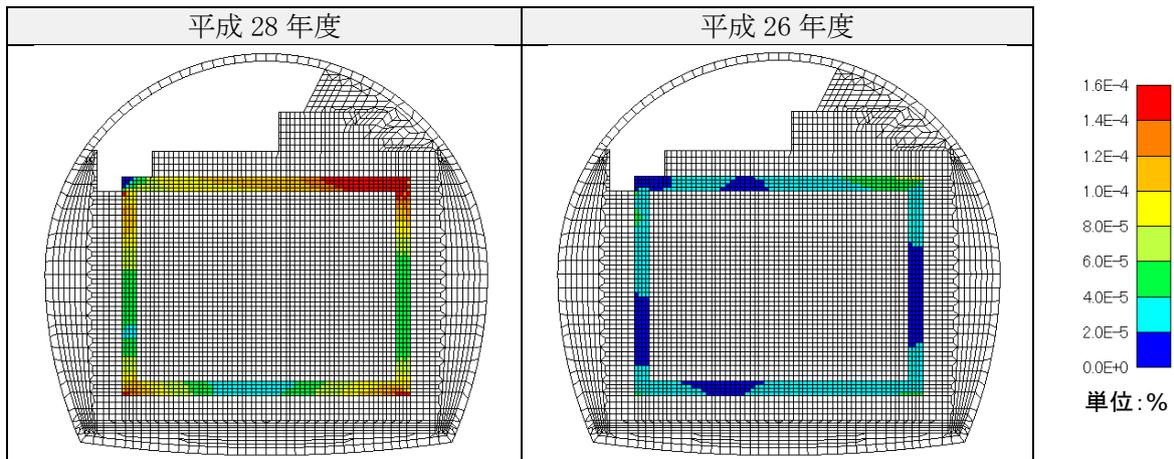


図 4.2-154 低拡散層の引張ひずみの地震時増分（水平方向、引張正、履歴最大）

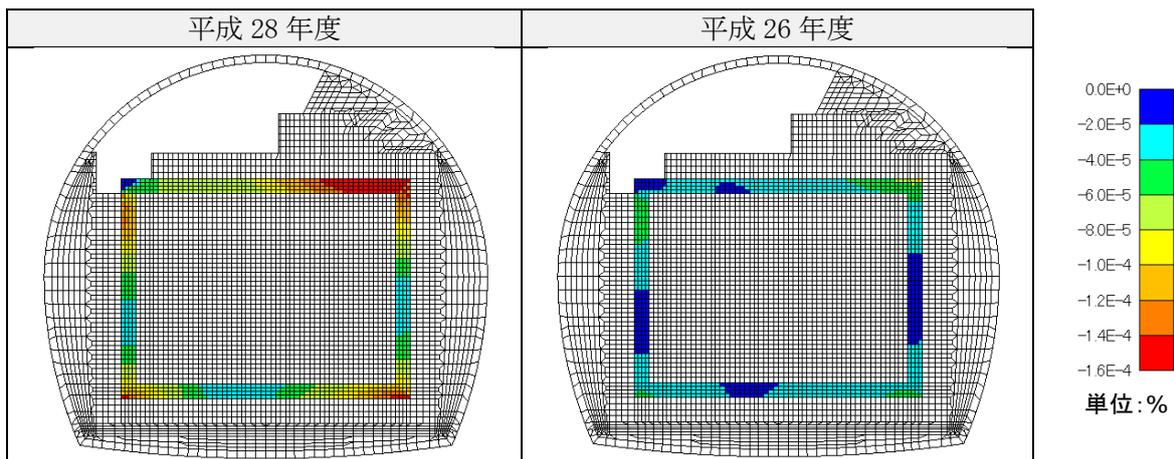


図 4.2-155 低拡散層の圧縮ひずみの地震時増分（水平方向、圧縮負、履歴最小）

(e) 直ひずみ（鉛直方向）分布

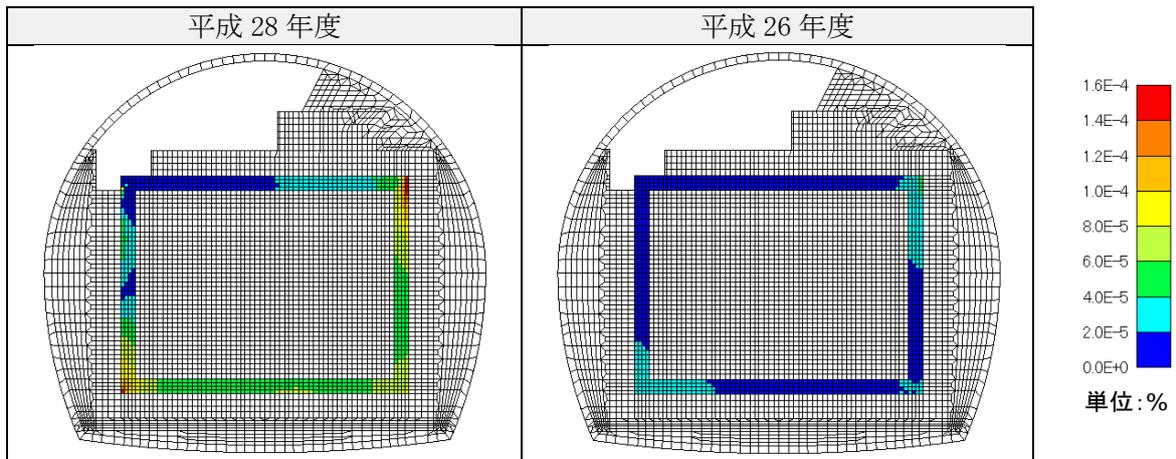


図 4.2-156 低拡散層の引張ひずみの地震時増分（鉛直方向、引張正、履歴最大）

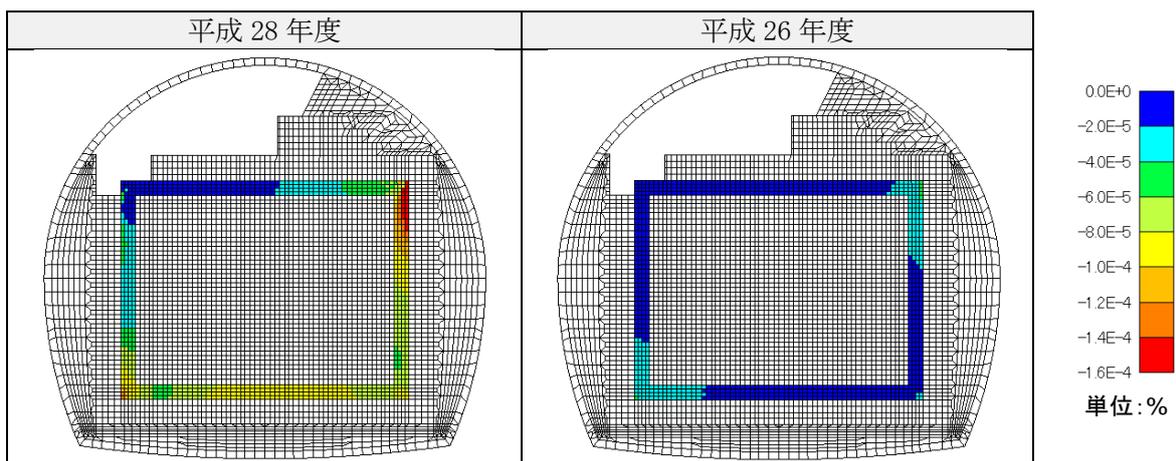


図 4.2-157 低拡散層の圧縮ひずみの地震時増分（鉛直方向、圧縮負、履歴最小）

(f) せん断ひずみ分布

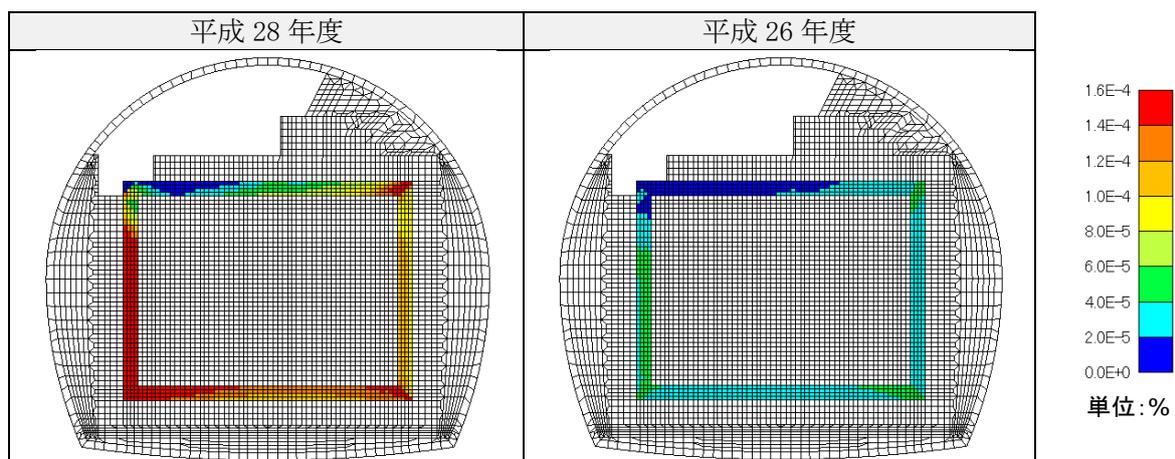


図 4.2-158 低拡散層のせん断ひずみの地震時増分（履歴最大）

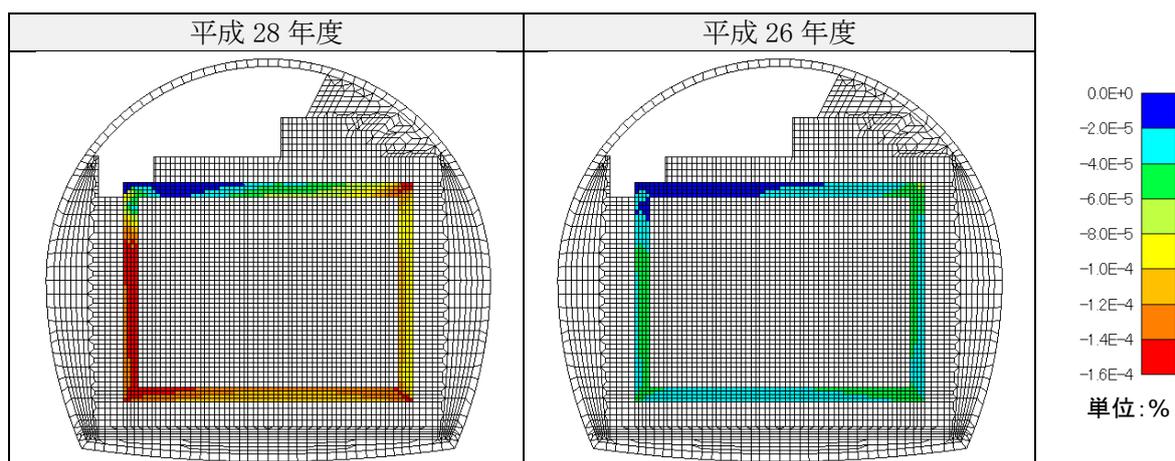


図 4.2-159 低拡散層のせん断ひずみの地震時増分（履歴最小）

e. 低透水層

低透水層の直応力分布およびせん断応力分布を図 4.2-160～図 4.2-165、直ひずみ分布およびせん断ひずみ分布を図 4.2-166～図 4.2-171、最大せん断ひずみ（主ひずみ差）分布を図 4.2-172 に示す。

(a) 直応力（水平方向）分布

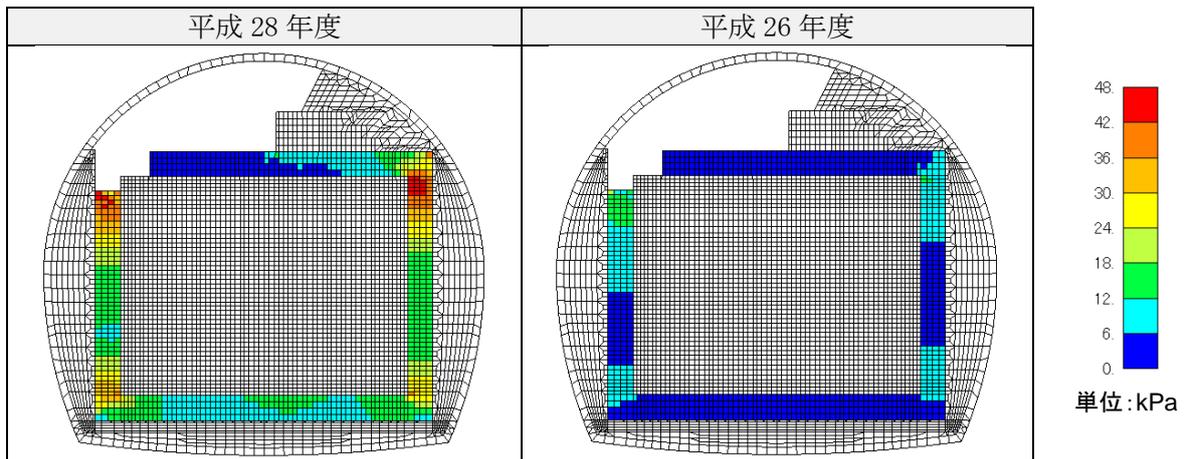


図 4.2-160 低透水層の引張応力の地震時増分（水平方向、引張正、履歴最大）

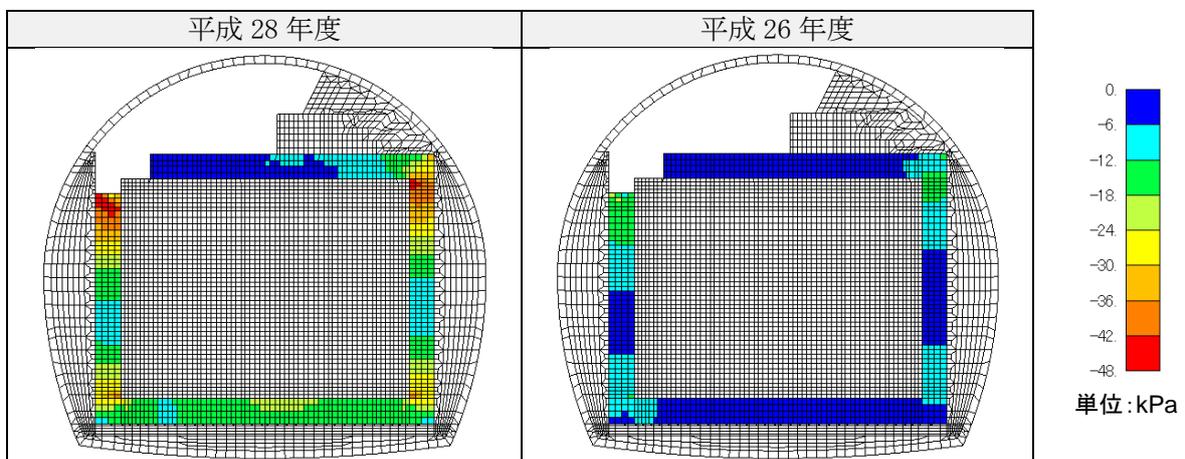


図 4.2-161 低透水層の圧縮応力の地震時増分（水平方向、圧縮負、履歴最小）

(b) 直応力（鉛直方向）分布

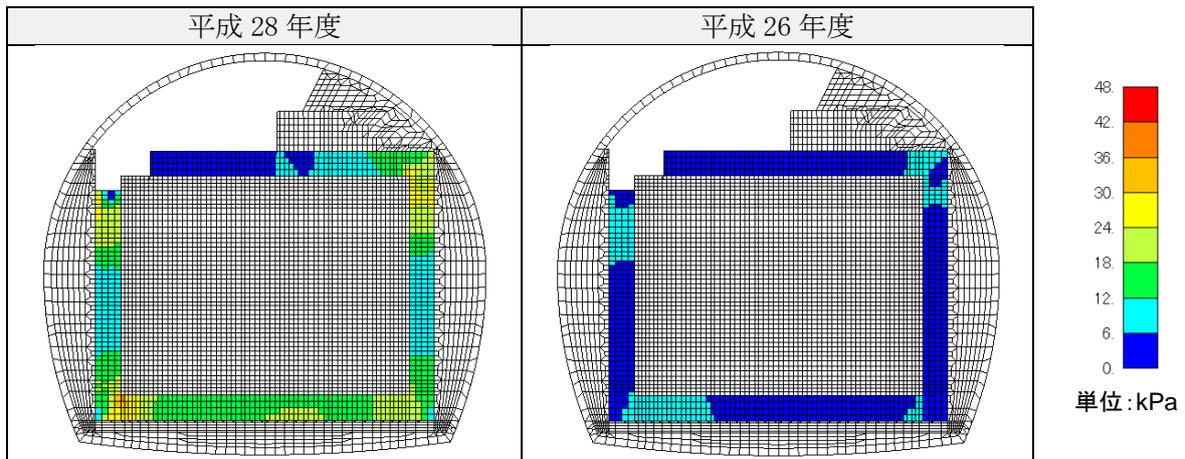


図 4.2-162 低透水層の引張応力の地震時増分（鉛直方向、引張正、履歴最大）

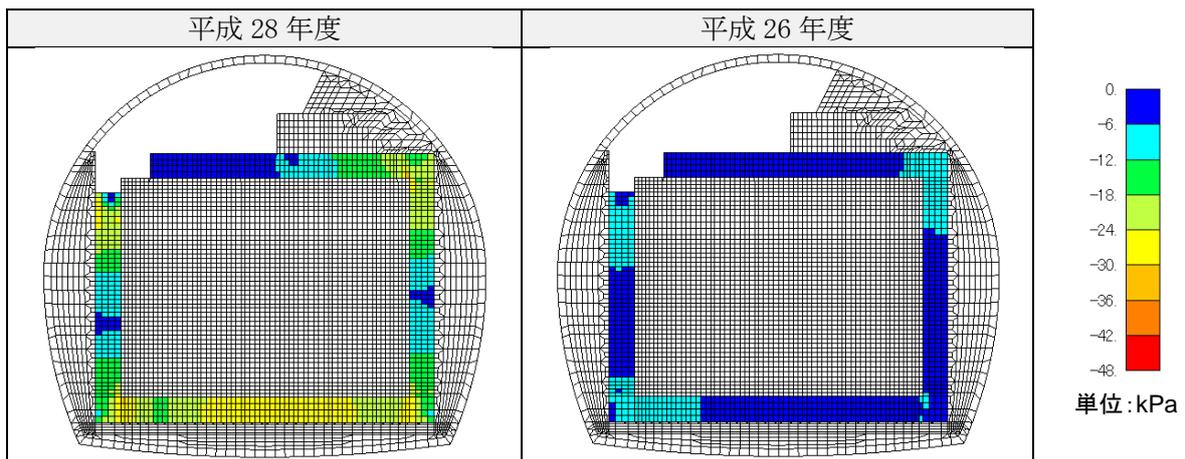


図 4.2-163 低透水層の圧縮応力の地震時増分（鉛直方向、圧縮負、履歴最小）

(c) せん断応力分布

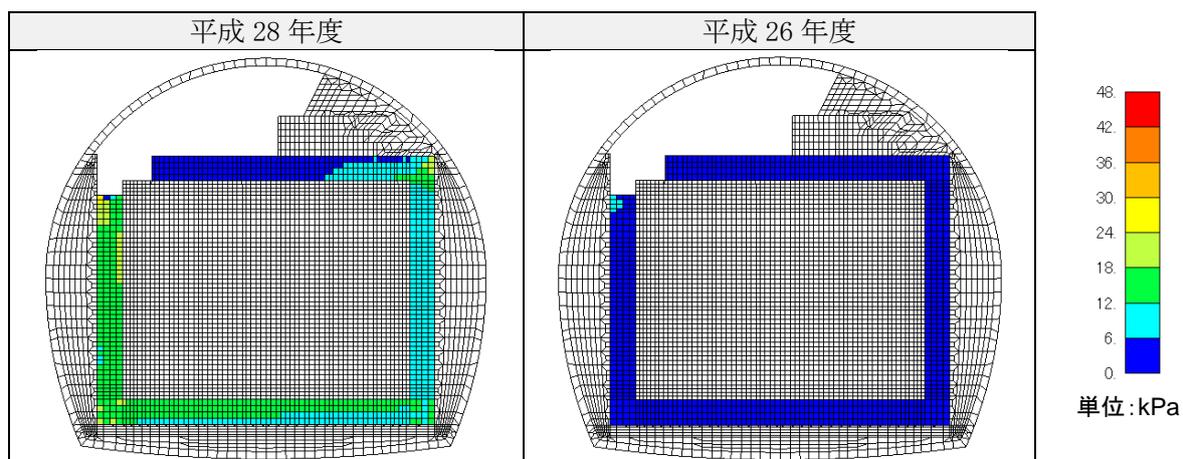


図 4.2-164 低透水層のせん断応力地震時増分（履歴最大）

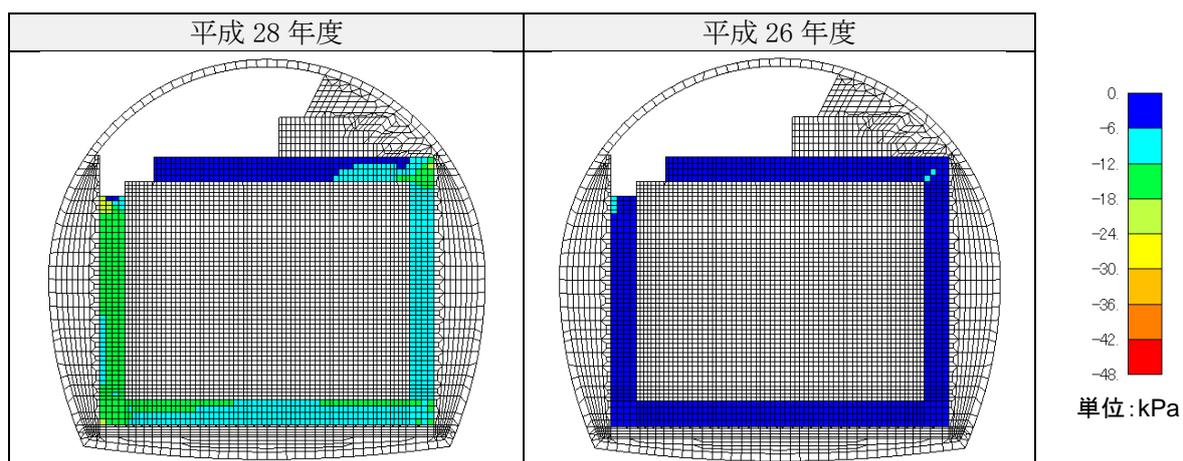


図 4.2-165 低透水層のせん断応力地震時増分（履歴最小）

(d) 直ひずみ（水平方向）分布

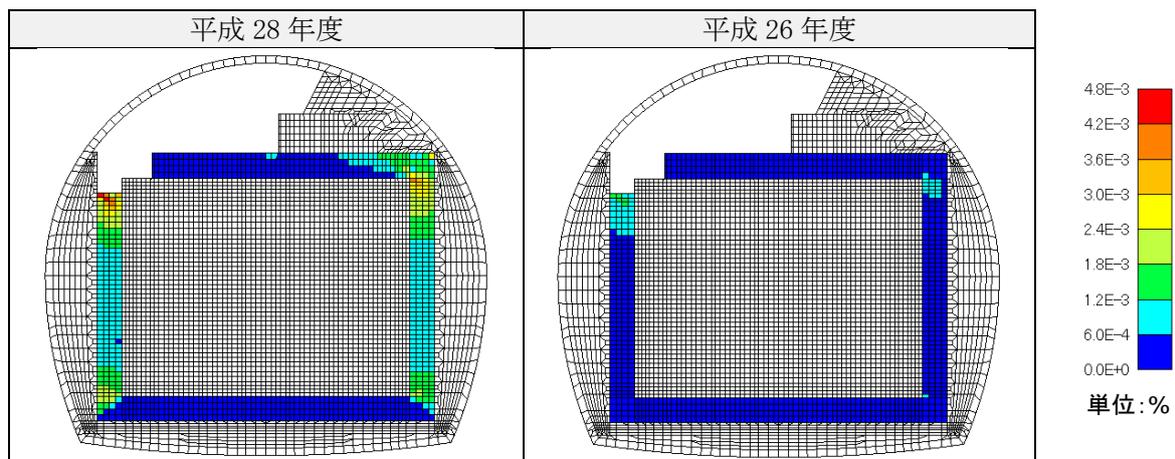


図 4.2-166 低透水層の引張ひずみの地震時増分（水平方向、引張正、履歴最大）

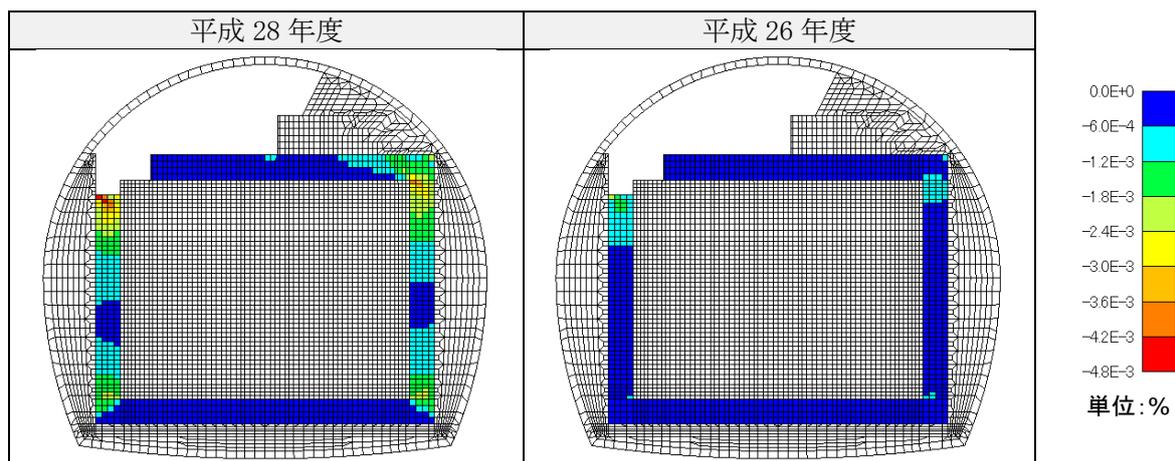


図 4.2-167 低透水層の圧縮ひずみの地震時増分（水平方向、圧縮負、履歴最小）

(e) 直ひずみ（鉛直方向）分布

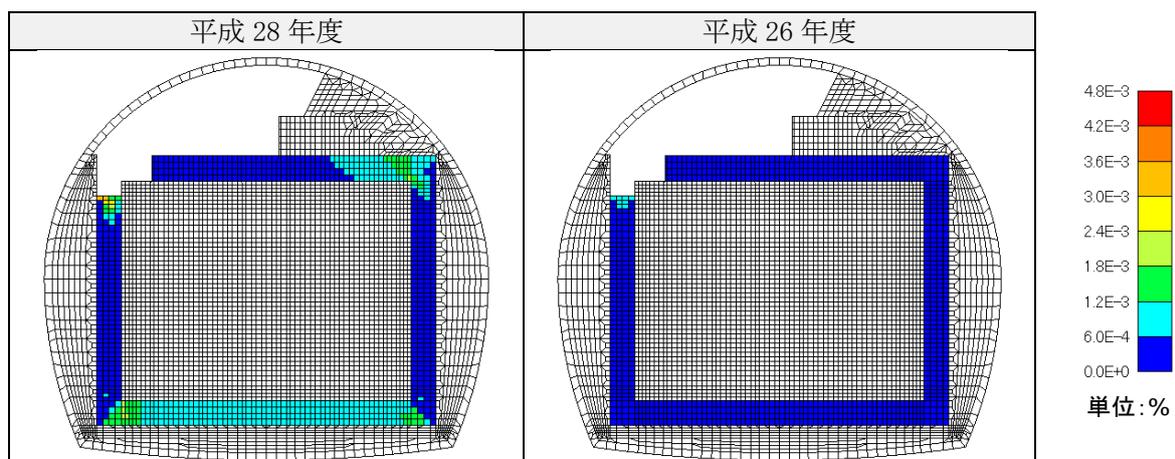


図 4.2-168 低透水層の引張ひずみの地震時増分（鉛直方向、引張正、履歴最大）

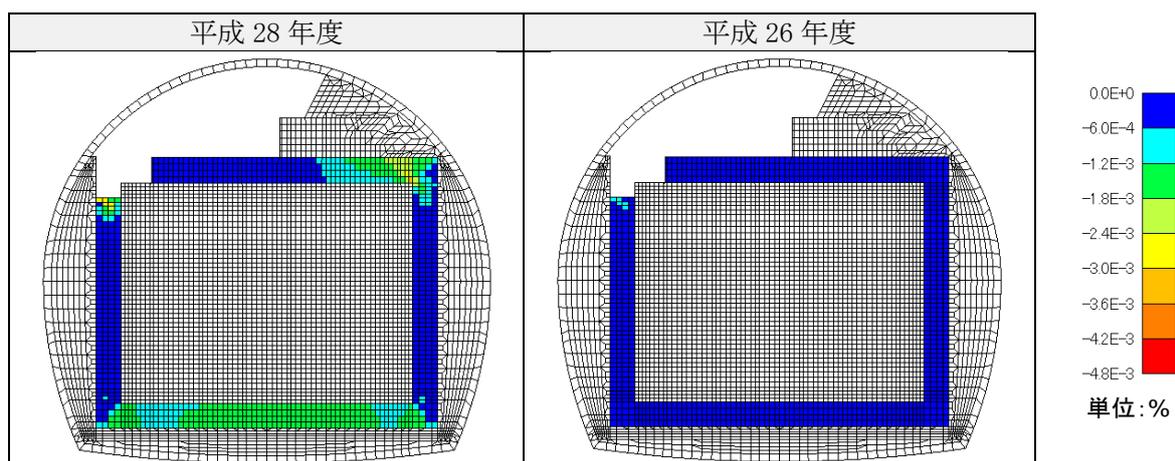


図 4.2-169 低透水層の圧縮ひずみの地震時増分（鉛直方向、圧縮負、履歴最小）

(f) せん断ひずみ分布

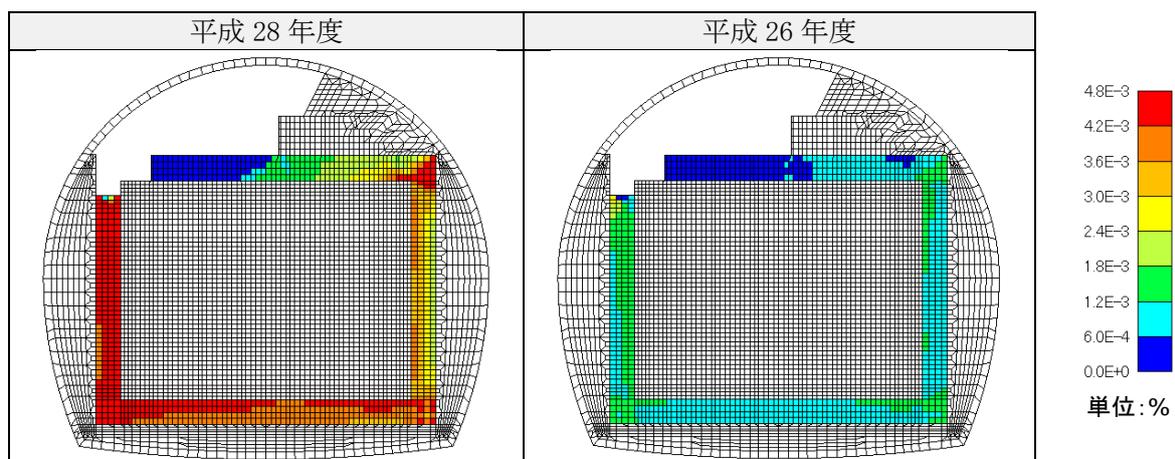


図 4.2-170 低透水層のせん断ひずみの地震時増分 (履歴最大)

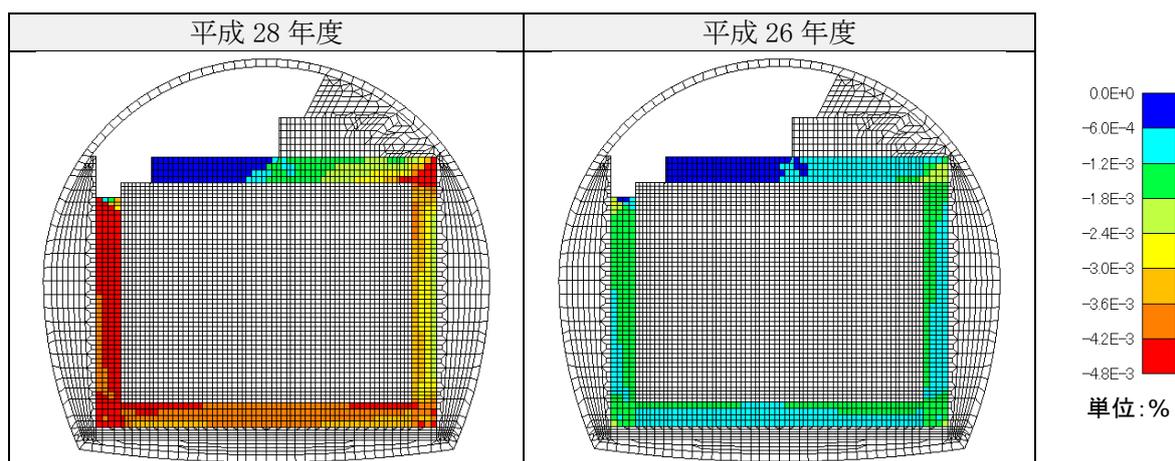


図 4.2-171 低透水層のせん断ひずみの地震時増分 (履歴最小)

(g) 最大せん断ひずみ分布

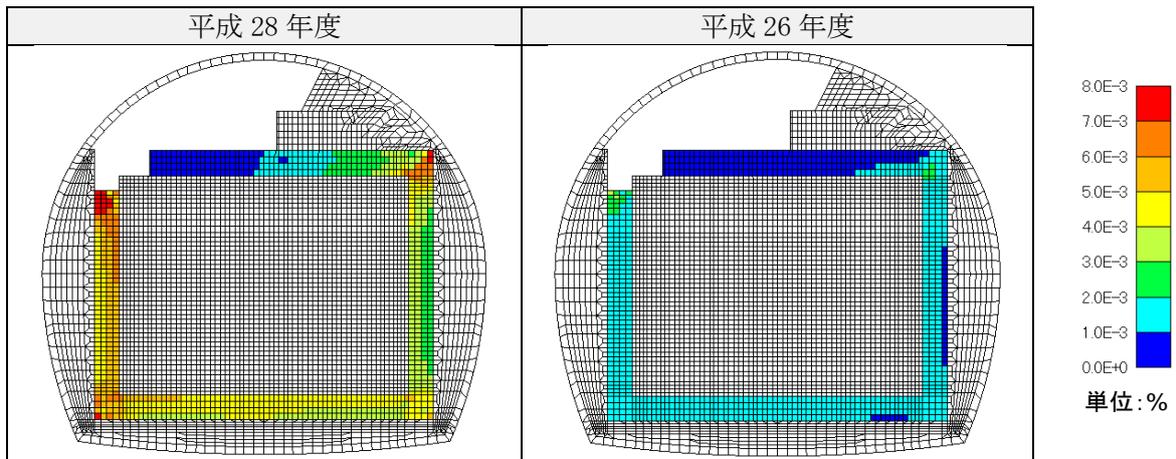


図 4.2-172 低透水層の最大せん断ひずみの地震時増分 (履歴最大)

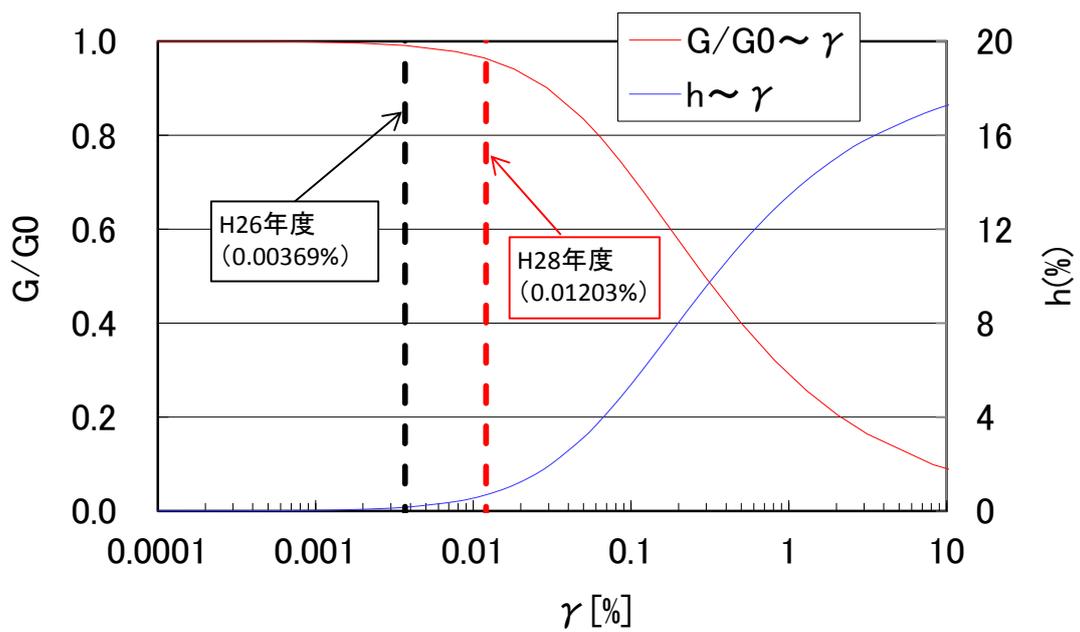


図 4.2-173 低透水層の最大せん断ひずみレベル

f. 埋戻し材

埋戻し材の直応力分布およびせん断応力分布を図 4.2-174～図 4.2-179、直ひずみ分布およびせん断ひずみ分布を図 4.2-180～図 4.2-185、最大せん断ひずみ（主ひずみ差）分布を図 4.2-186 に示す。

(a) 直応力（水平方向）分布

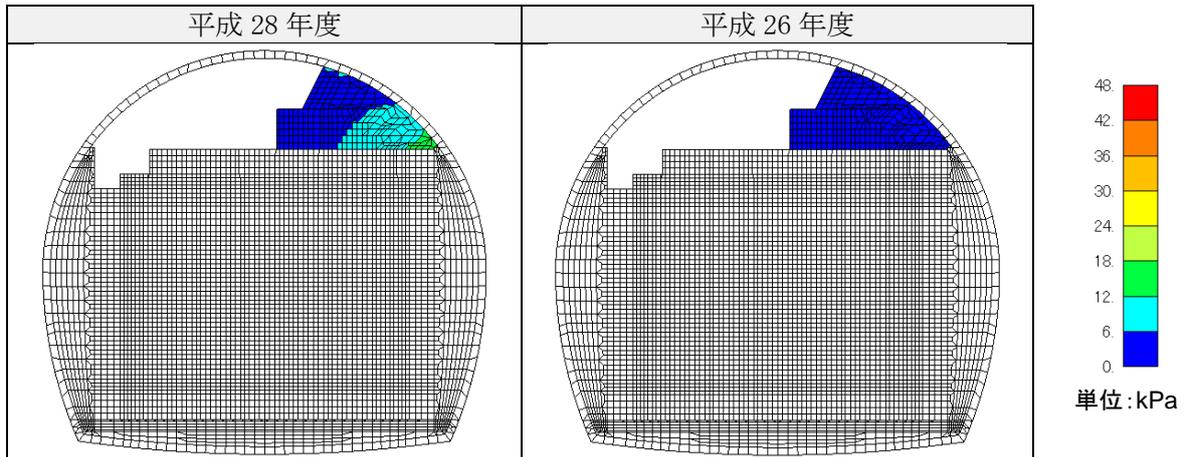


図 4.2-174 埋戻し材の引張応力の地震時増分（水平方向、引張正、履歴最大）

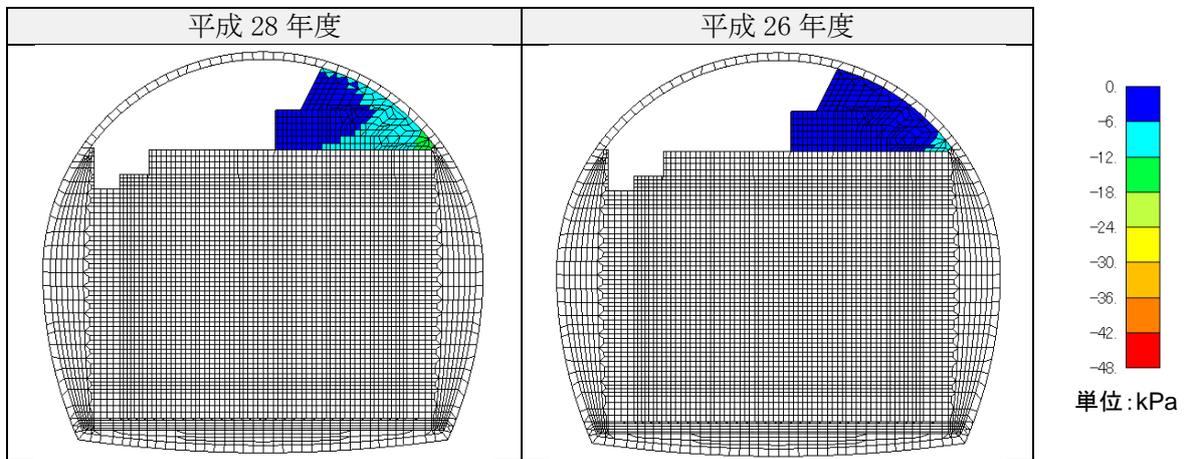


図 4.2-175 埋戻し材の圧縮応力の地震時増分（水平方向、圧縮負、履歴最小）

(b) 直応力（鉛直方向）分布

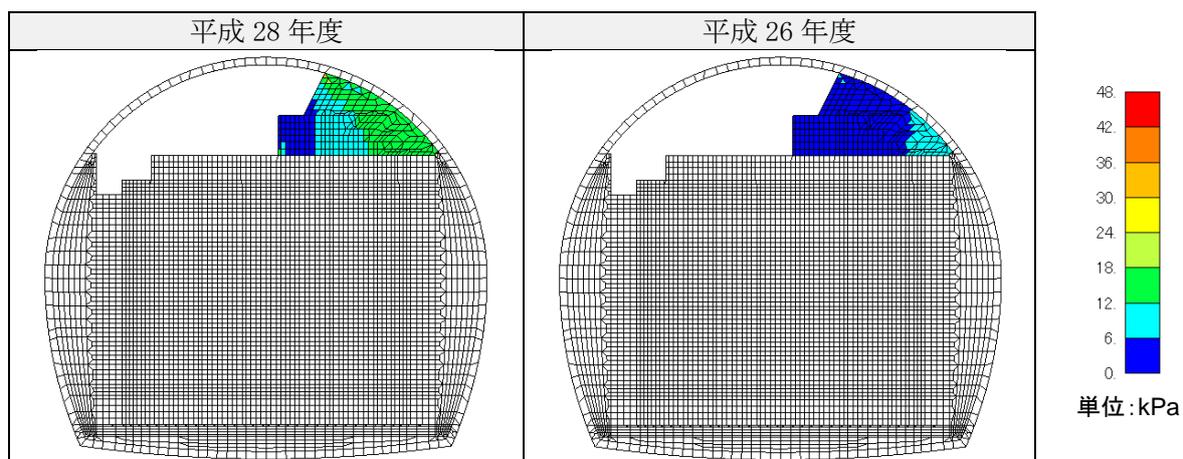


図 4.2-176 埋戻し材の引張応力の地震時増分（鉛直方向、引張正、履歴最大）

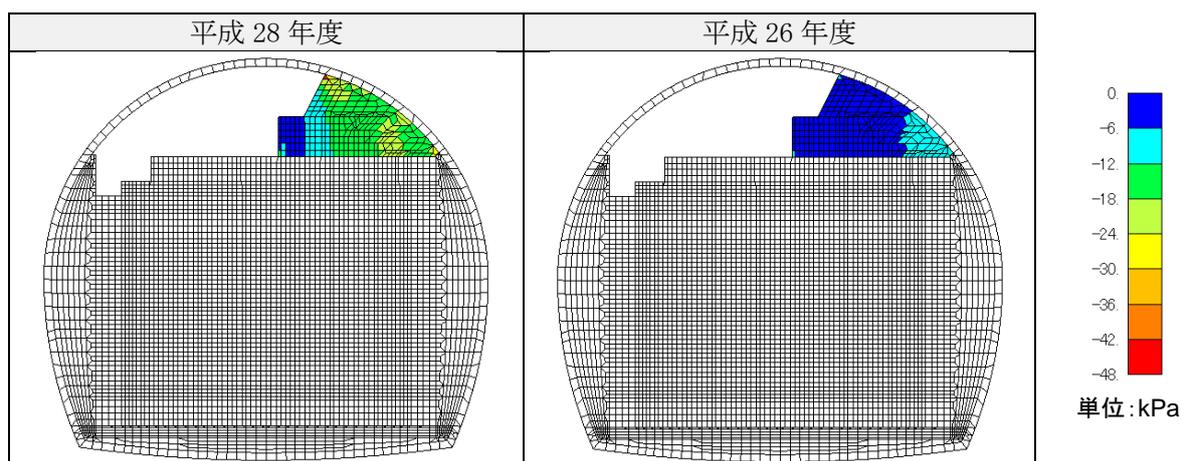


図 4.2-177 埋戻し材の圧縮応力の地震時増分（鉛直方向、圧縮負、履歴最小）

(c) せん断応力分布

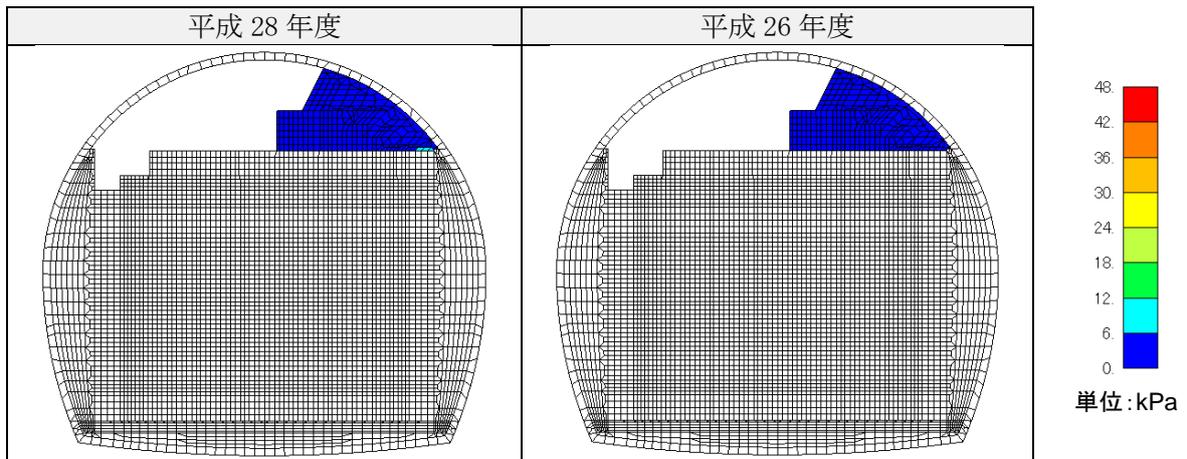


図 4.2-178 埋戻し材のせん断応力地震時増分（履歴最大）

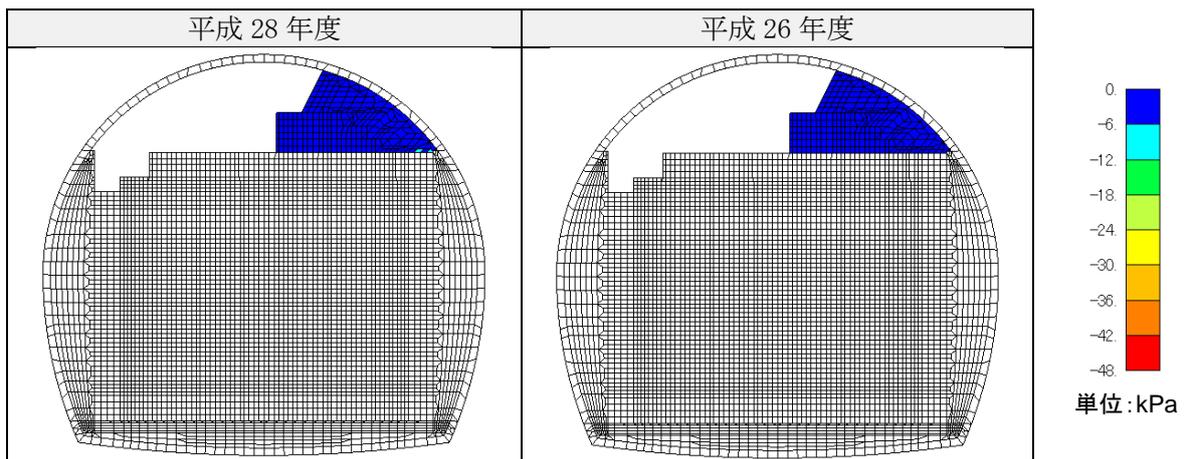


図 4.2-179 埋戻し材のせん断応力地震時増分（履歴最小）

(d) 直ひずみ（水平方向）分布

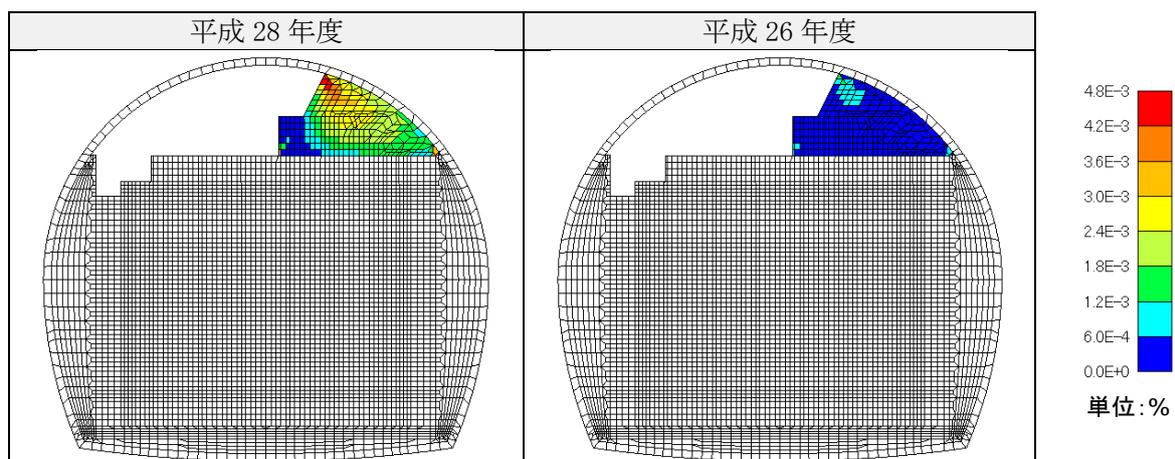


図 4.2-180 埋戻し材の引張ひずみの地震時増分（水平方向、引張正、履歴最大）

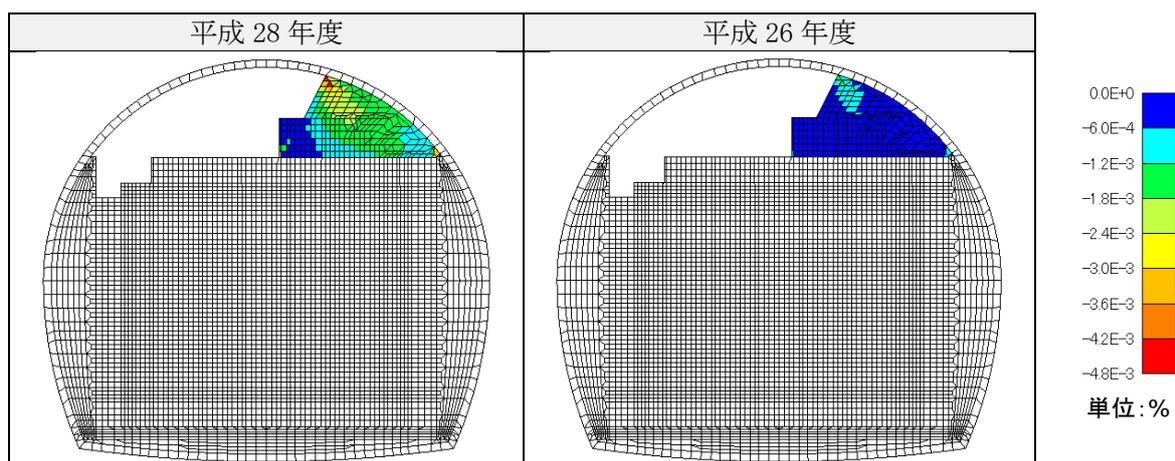


図 4.2-181 埋戻し材の圧縮ひずみの地震時増分（水平方向、圧縮負、履歴最小）

(e) 直ひずみ（鉛直方向）分布

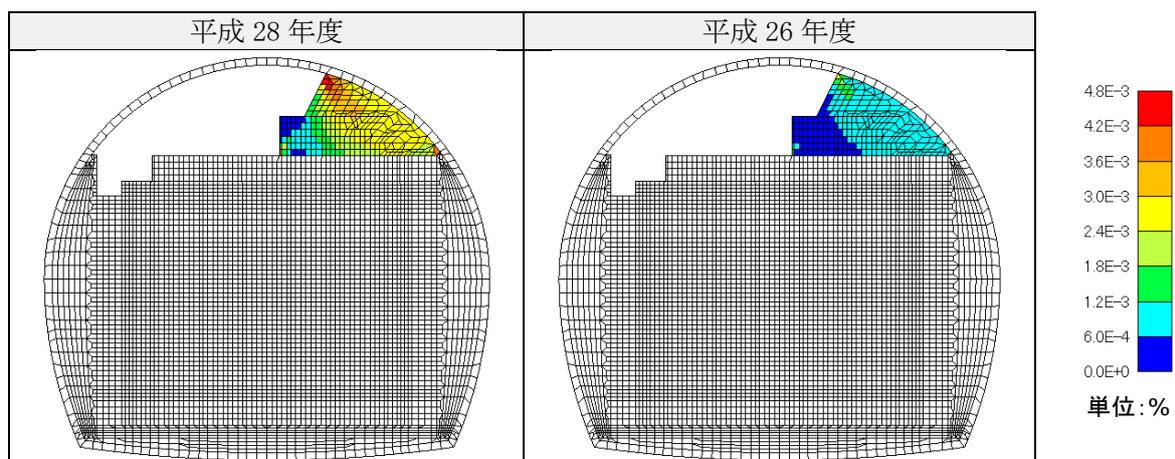


図 4.2-182 埋戻し材の引張ひずみの地震時増分（鉛直方向、引張正、履歴最大）

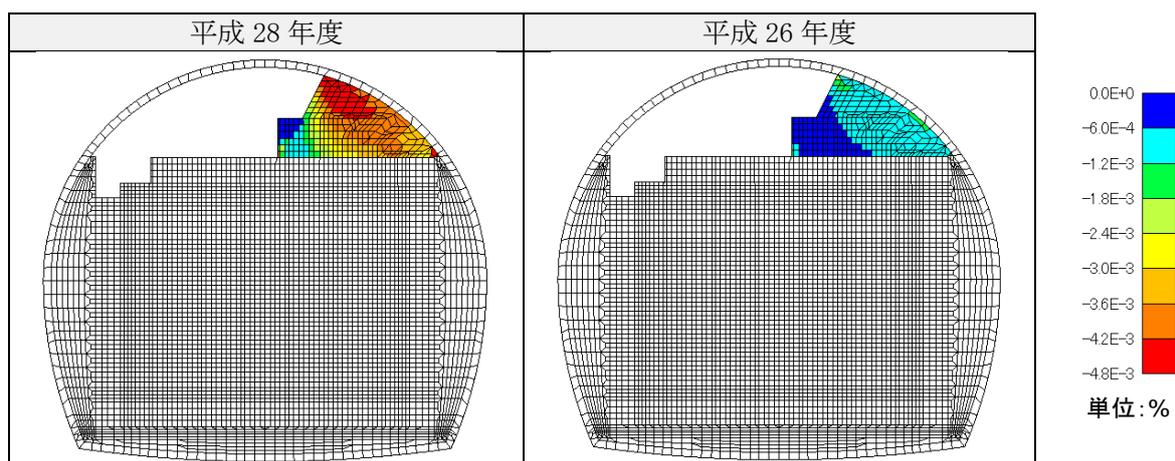


図 4.2-183 埋戻し材の圧縮ひずみの地震時増分（鉛直方向、圧縮負、履歴最小）

(f) せん断ひずみ分布

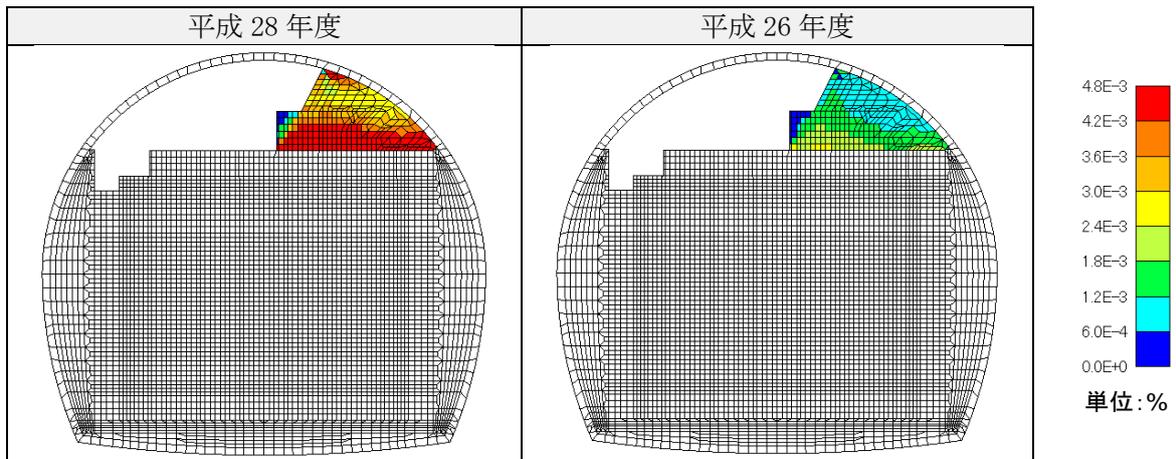


図 4.2-184 埋戻し材のせん断ひずみの地震時増分（履歴最大）

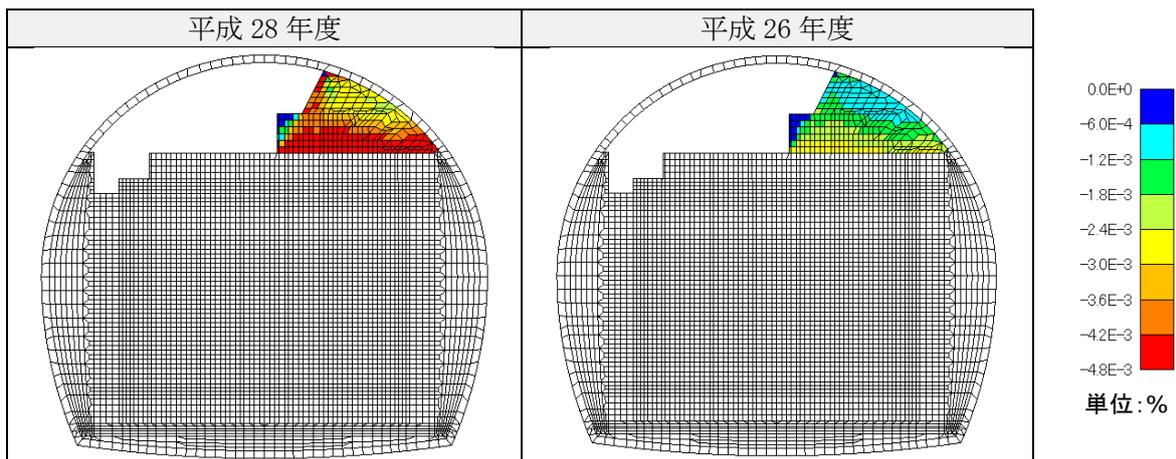


図 4.2-185 埋戻し材のせん断ひずみの地震時増分（履歴最小）

(g) 最大せん断ひずみ分布

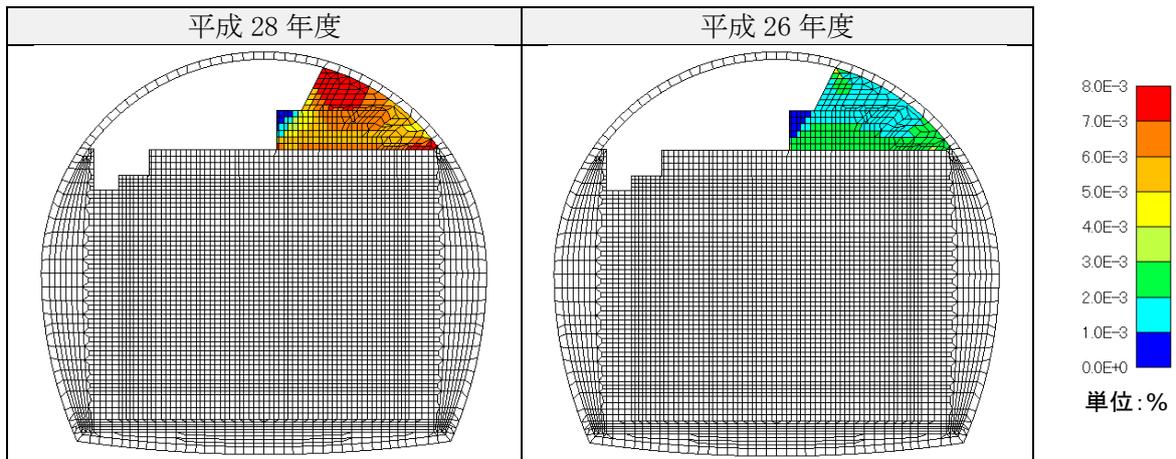


図 4.2-186 埋戻し材の最大せん断ひずみの地震時増分 (履歴最大)

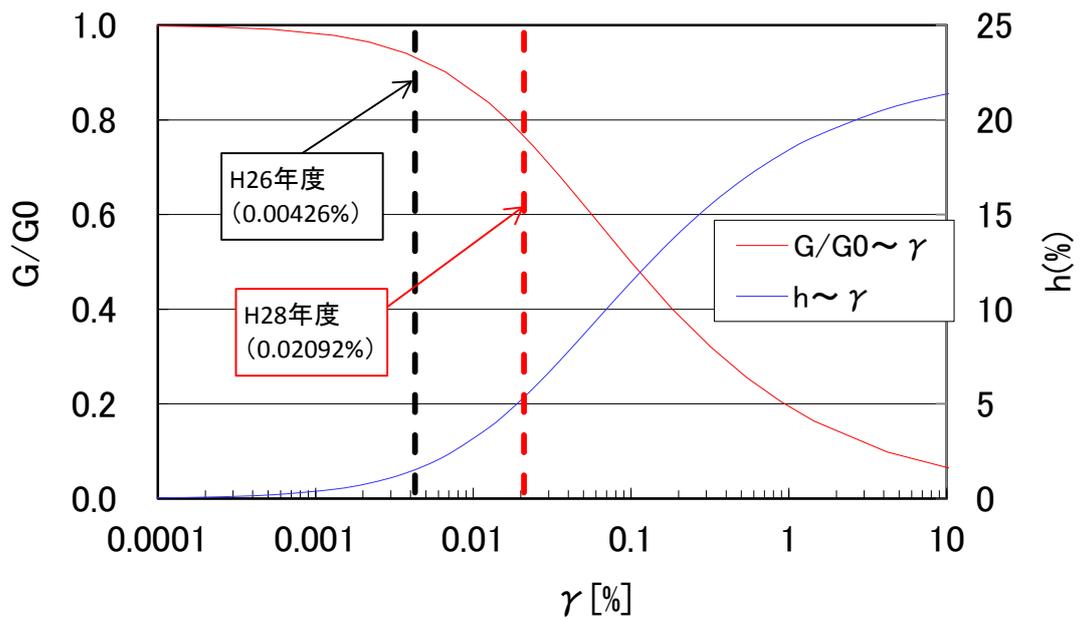


図 4.2-187 埋戻し材の最大せん断ひずみレベル

### 3) 分析評価

以下では、平成 28 年度と平成 26 年度の解析結果を比較分析することにより、入力地震動の特徴の違いが試験施設に与える影響を分析評価する。

#### a. 試験施設の振動特性

試験施設の振動特性を検討するために、地震計設置位置における最大加速度一覧および分布を表 4.2-37、図 4.2-188、フーリエスペクトルおよびフーリエスペクトル比を図 4.2-189～図 4.2-190 に示す。図 4.2-188 に示すように、水平方向 (y 方向)、鉛直方向 (z 方向) とともに、施設内での最大加速度の大きな増幅は見られない。水平方向については、図 4.2-189 のフーリエスペクトル比 (②を基準) に示すように、本解析モデルでは、9、12、14、17、19Hz 付近の振動数を多く含む波が地震計①位置に入射されると加速度は増幅するが、今回選定した入力地震動では、地震計①位置での卓越振動数は、平成 28 年度では 0.4Hz 付近、平成 26 年度では 3Hz 付近であることにより、加速度の大きな増幅が発生しなかったと推察される。鉛直方向については、図 4.2-190 のフーリエスペクトル比に示すように、本解析モデルでは、どの振動数帯においても大きな増幅は発生しないものと考えられる。

以上より、平成 28 年度と 26 年度の入力地震動では、いずれも試験施設の振動特性に与える影響は小さいことがわかった。

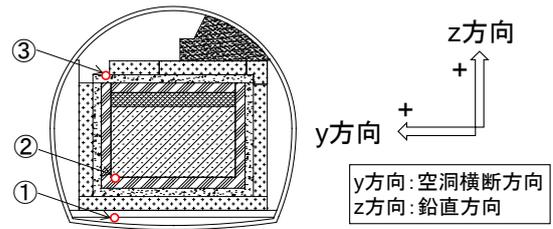


表 4.2-37 最大加速度一覧

位置	高さ* [m]	最大加速度[Gal]					
		y方向			z方向		
		H28	H26	H28/H26	H28	H26	H28/H26
地震計③	10.34	10.5	6.5	1.6	13.6	9.1	1.5
地震計②	2.9	10.3	6.1	1.7	13.6	8.9	1.5
地震計①	0	10.2	5.6	1.8	13.6	8.1	1.7

\*地震計①の高さを基準とした。

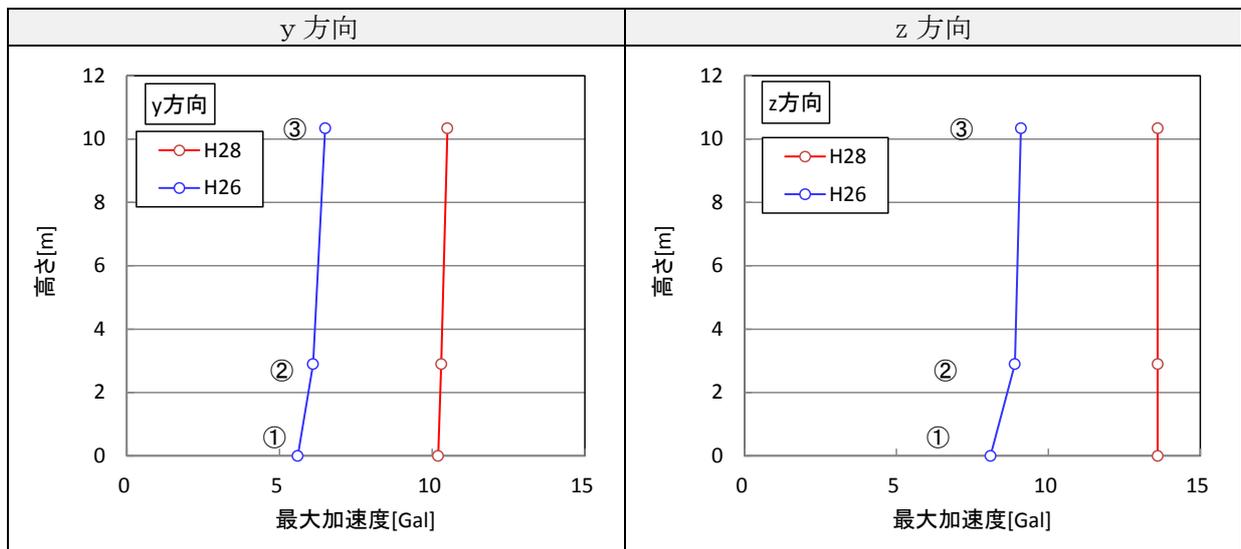


図 4.2-188 試験施設の最大加速度分布の比較

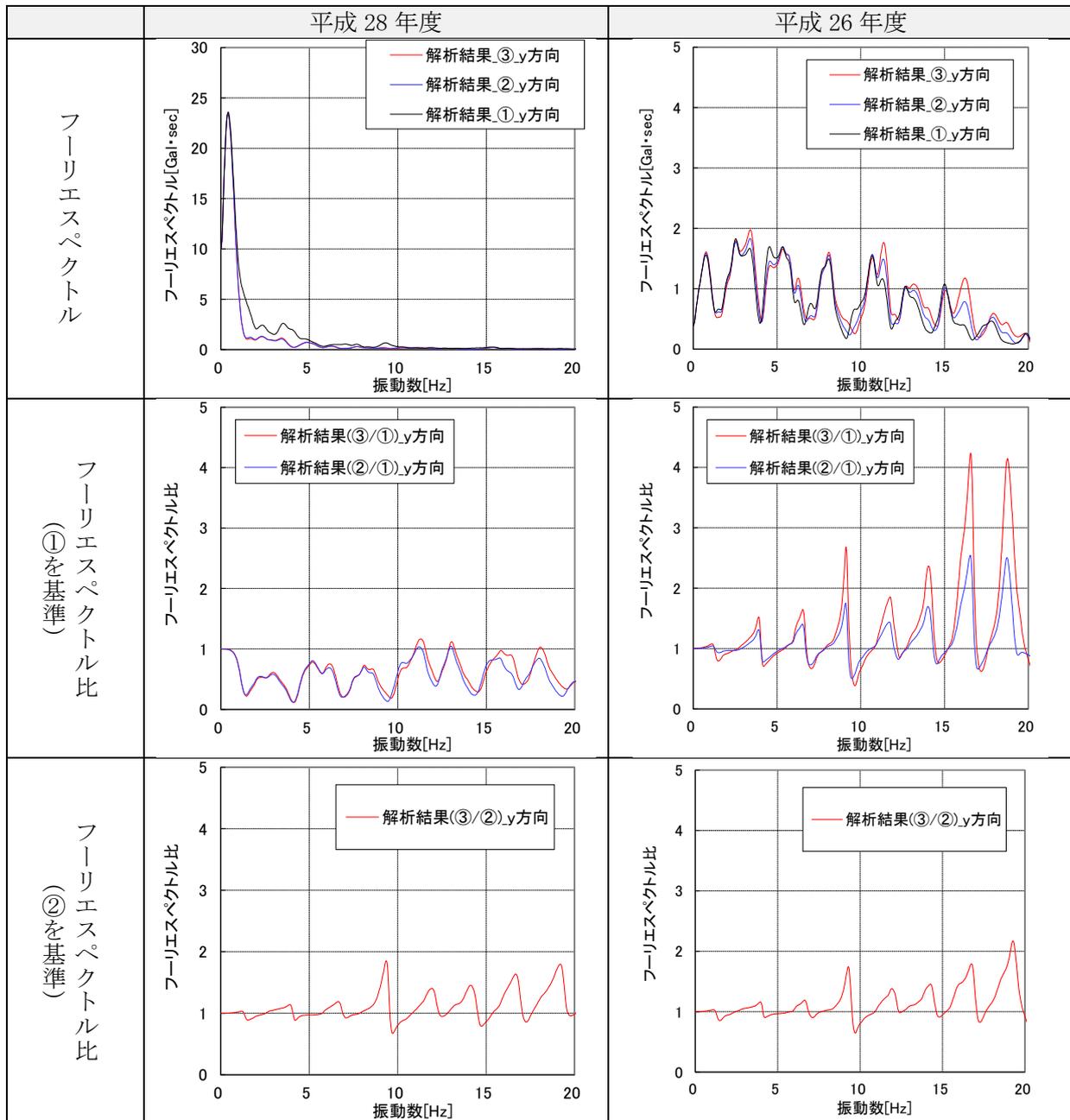
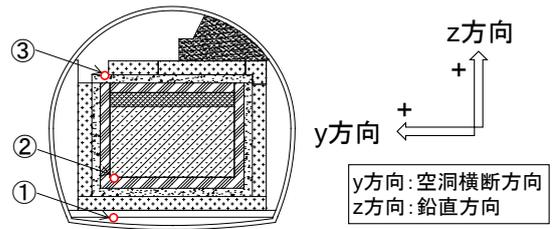


図 4.2-189 フーリエスペクトル比較 (水平方向)

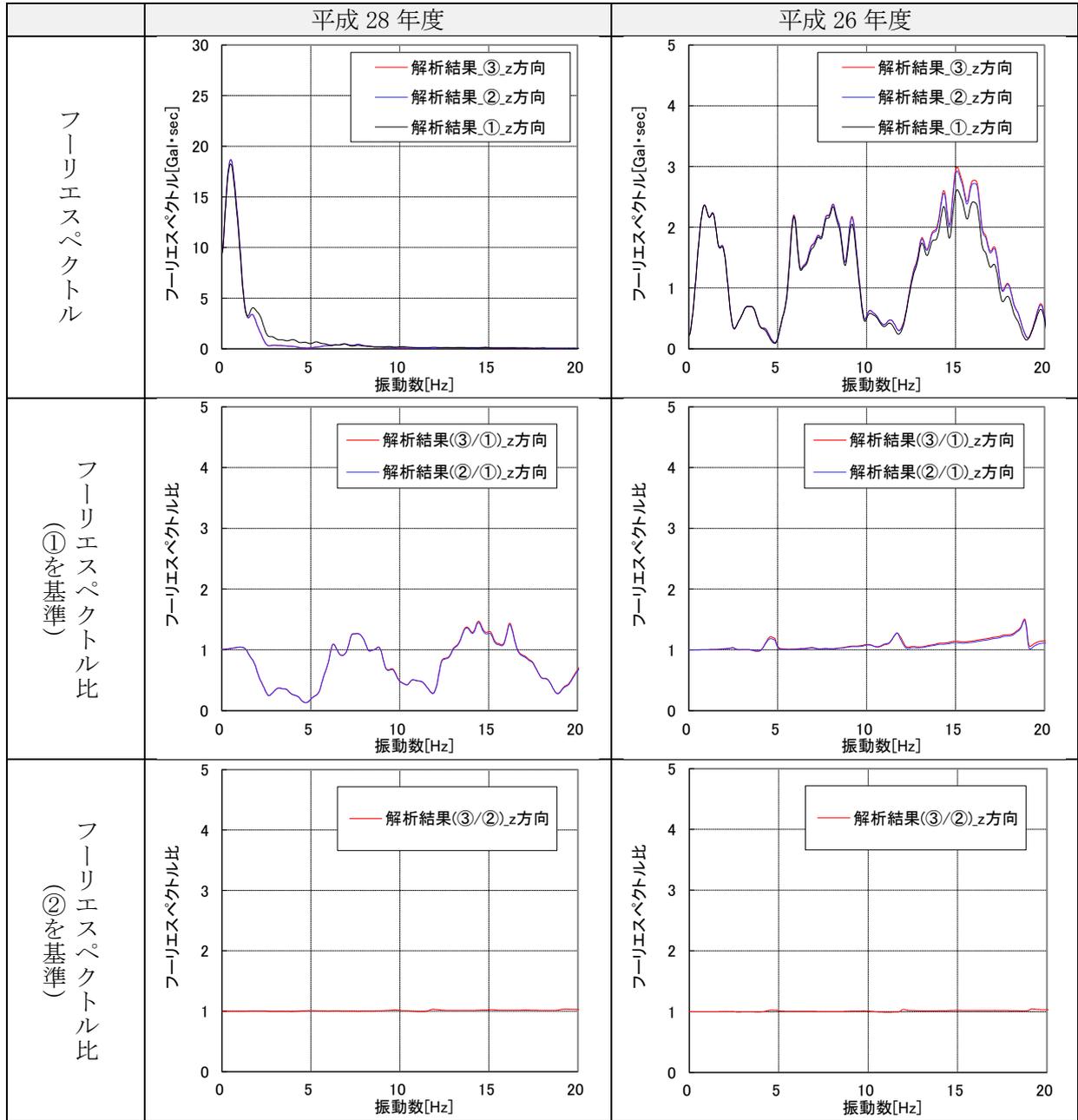
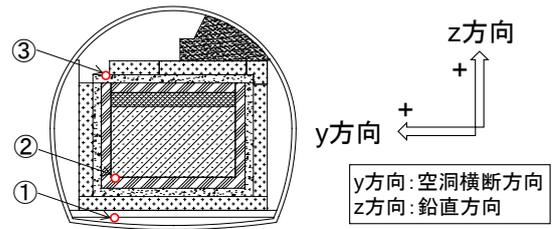


図 4.2-190 フーリエスペクトル比較 (鉛直方向)

#### b. 試験施設の変形特性

試験施設の変形特性を検討するために、試験空洞の上下端位置の水平方向（y 方向）相対変位の時刻歴を図 4.2-191、相対変位最大時刻の変形図を図 4.2-192 に示す（変形を明確にするため、変形倍率を 10000 倍で描画）。

図 4.2-191 に示すように、平成 28 年度は 0.24mm、平成 26 年度は 0.06mm であり、4 倍大きくなっている。この要因としては、以下のことが考えられる。

- ・ 本解析モデルの 1～6 次の固有振動数は 0.880～3.919Hz（表 4.2-33 参照）であり、図 4.2-193 に示すように、平成 28 年度の入力地震動の方が平成 26 年度よりも固有振動数帯の波を多く含むため、地盤の変形が大きくなった。
- ・ 図 4.2-192 に示すように、試験施設の変形は周辺地盤の変形に追随し、地盤の変形量が大きい平成 28 年度の方が、試験空洞の相対変形も大きくなった。

以上より、平成 28 年度と平成 26 年度の入力地震動では、地盤の固有振動数の波を多く含む平成 28 年度の入力地震動の方が、試験施設の変形特性に与える影響が大きいことがわかった。

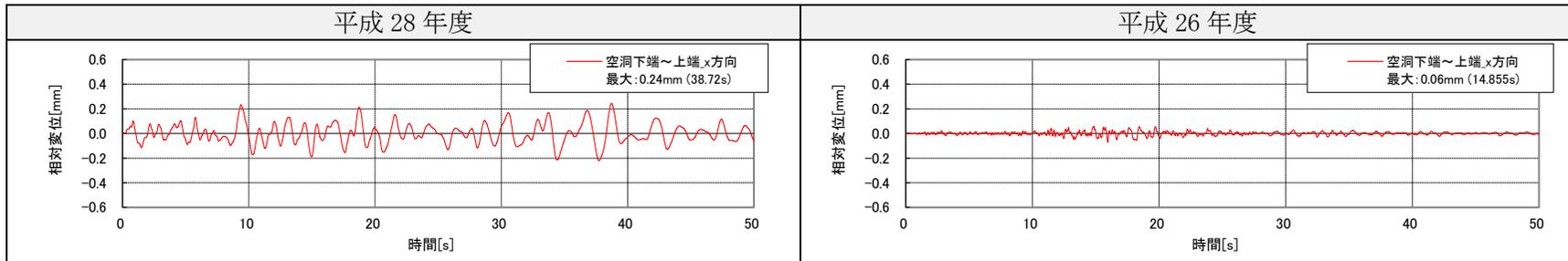
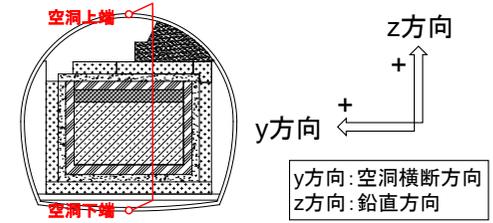
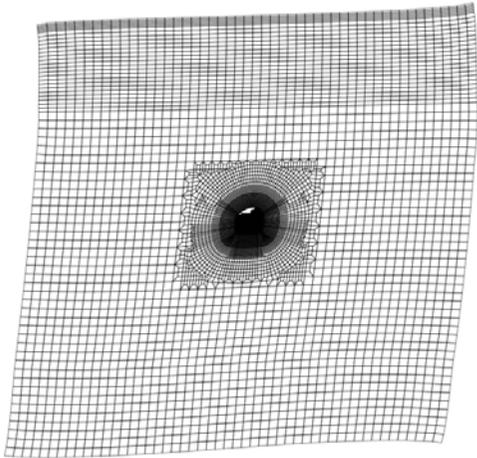
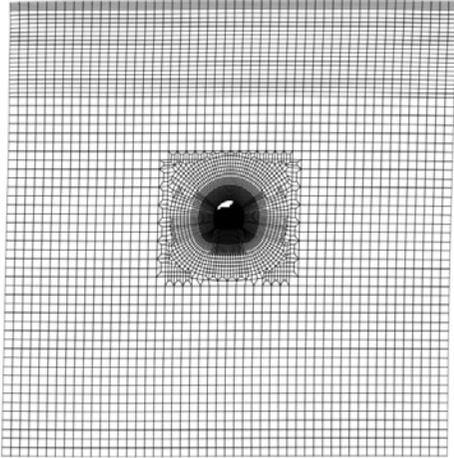
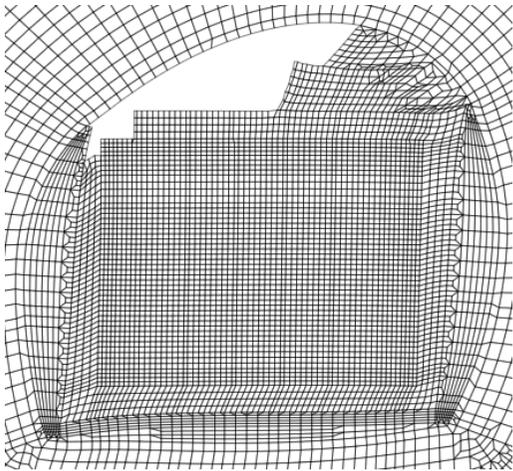
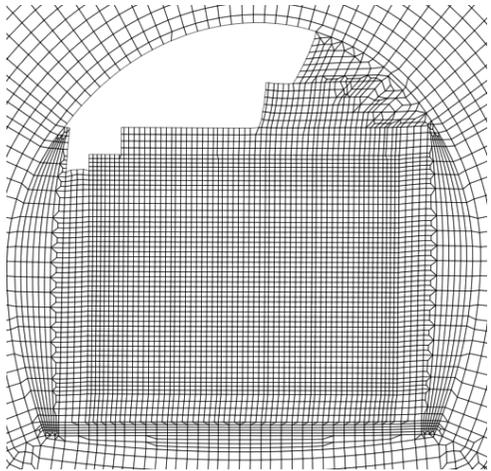


図 4.2-191 試験空洞の上下端位置の相対変位（水平方向）【再掲】

		平成 28 年度 38.720s 時点の変形	平成 26 年度 14.855s 時点の変形
全体図			
拡大図			

※変形を明確にするため、変形倍率を 10000 倍で描画

図 4.2-192 水平方向の相対変位最大時刻の変形図 (変形倍率 10000 倍)

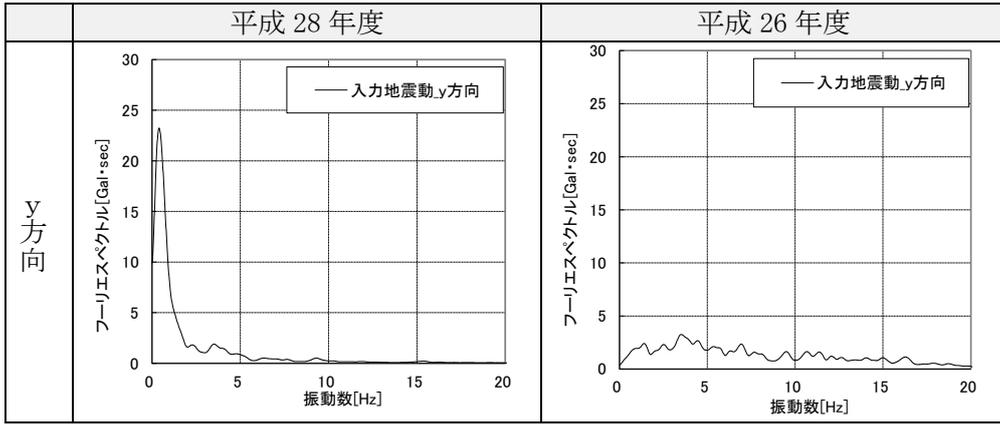
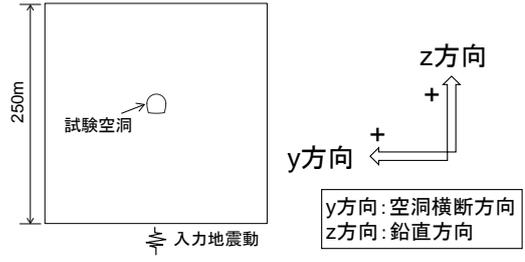


図 4.2-193 入力地震動のフーリエスペクトル

c. 試験施設の発生応力

試験施設の地震時発生応力（直応力およびせん断応力）を図 4.2-194～図 4.2-199 に示す。なお、図化の対象は解析結果と同様に以下とした。

- ・ コンクリートピット（底部、側部、上部）
- ・ 低拡散層（底部、側部、上部）
- ・ 低透水層（底部、側部、上部）
- ・ 埋戻し材（上部）

応力成分毎に着目すると、図 4.2-194～図 4.2-197 に示すように、引張・圧縮応力は水平方向、鉛直方向ともに左右・上下部の隅角部で応力が集中する傾向が見られる。一方、図 4.2-198～図 4.2-199 に示すように、せん断応力は廃棄体間充填材とコンクリートピットの境界部で応力が集中する傾向が見られる。これらの傾向は、平成 28 年度、平成 26 年度の両方で共通している。

また、図 4.2-194～図 4.2-199 に示すように、いずれの応力成分においても平成 28 年度の方が平成 26 年度よりも大きくなる傾向が見られる。これは、前項で述べたように、施設の変形量が、平成 28 年度の方が平成 26 年度よりも大きくなることと整合する。

以上より、平成 28 年度と平成 26 年度の入力地震動では、平成 28 年度の入力地震動の方が、試験施設の発生応力に与える影響は大きいことがわかった。

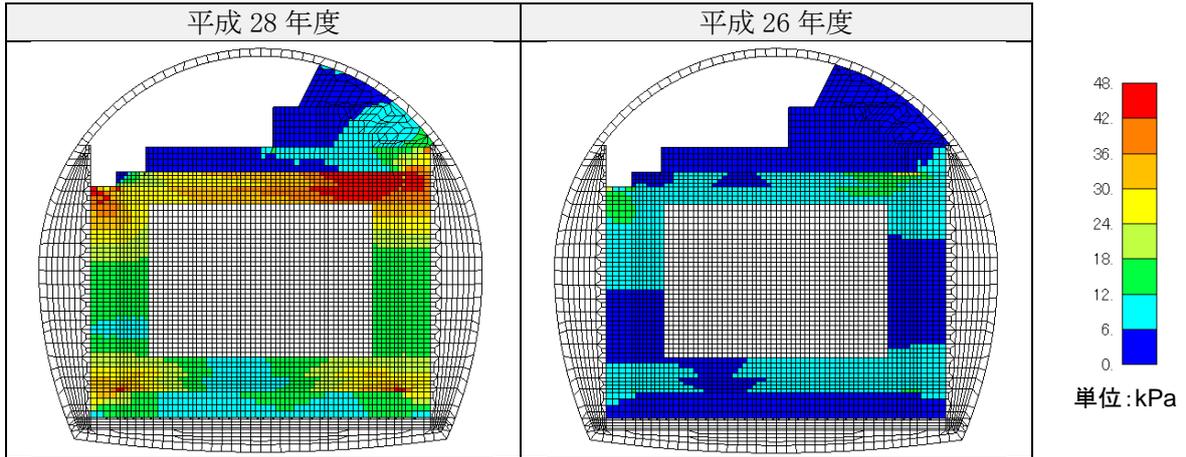
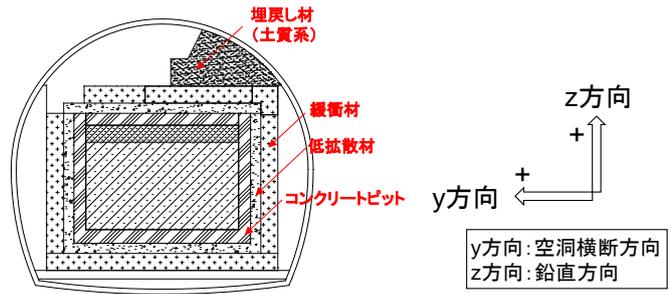


図 4.2-194 試験施設の引張応力の地震時増分 (y 方向、引張正、履歴最大)

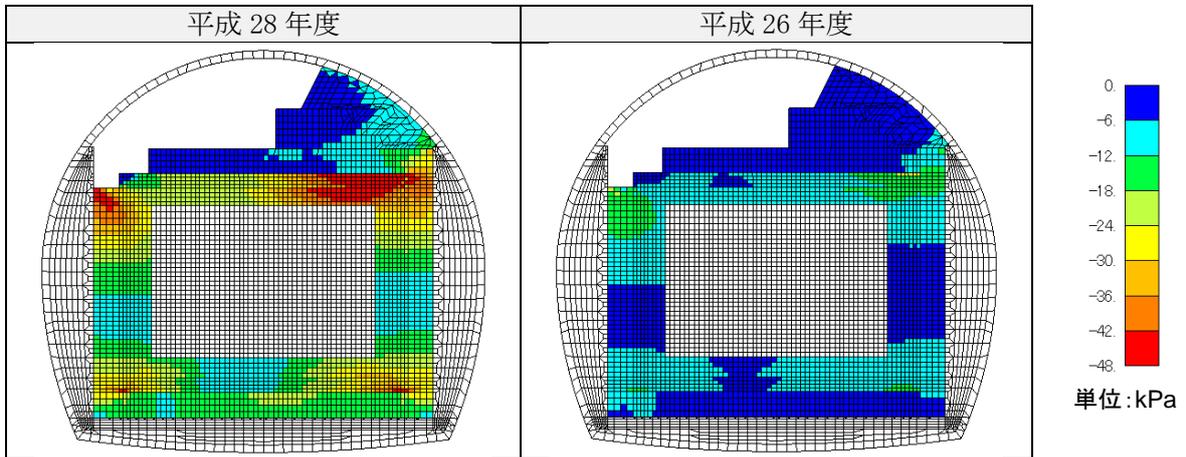


図 4.2-195 試験施設の圧縮応力の地震時増分 (y 方向、圧縮負、履歴最小)

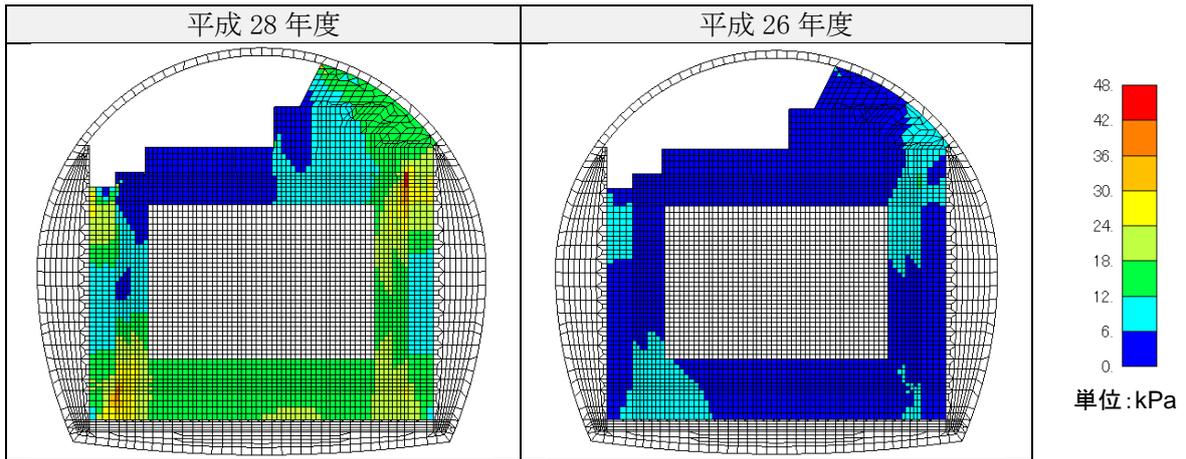
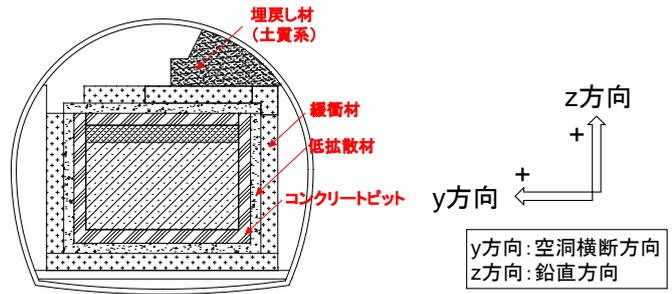


図 4.2-196 試験施設の引張応力の地震時増分 (z 方向、引張正、履歴最大)

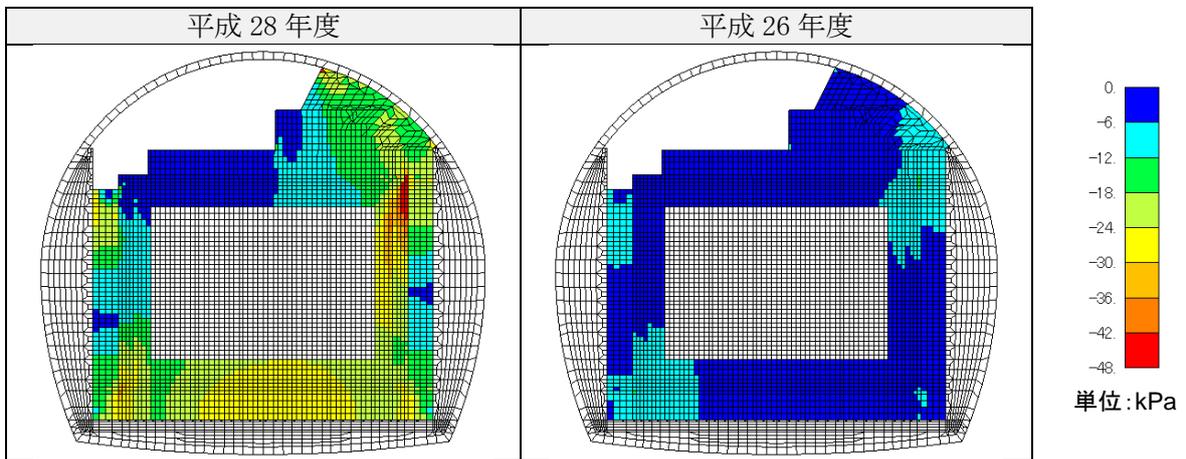


図 4.2-197 試験施設の圧縮応力の地震時増分 (z 方向、圧縮負、履歴最小)

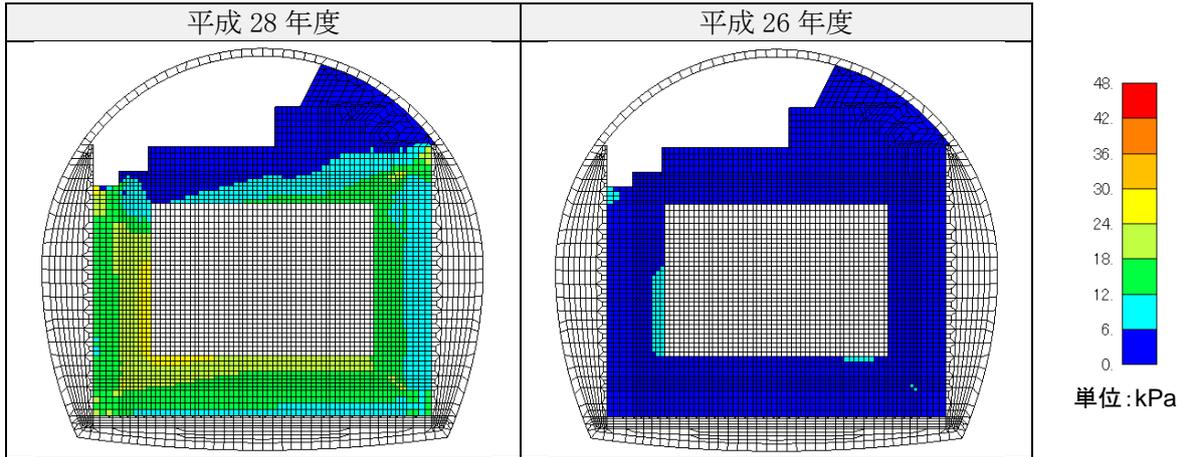
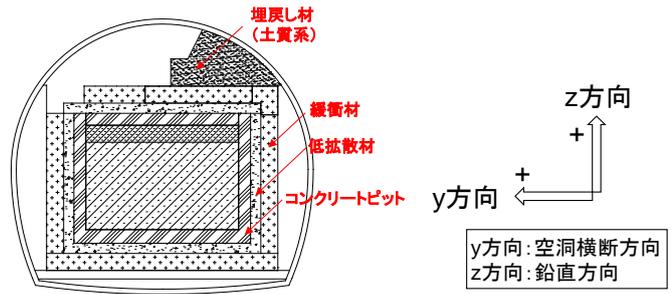


図 4.2-198 試験施設のせん断応力地震時増分 (履歴最大)

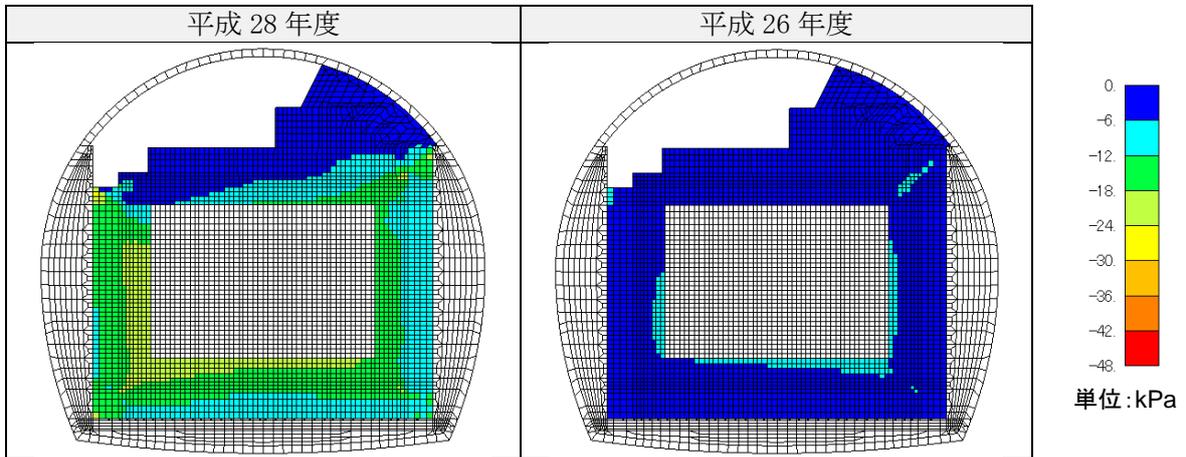


図 4.2-199 試験施設のせん断応力地震時増分 (履歴最小)

## 4.3 まとめ

### 4.3.1 今年度の成果

本検討では、実物大の模擬施設として構築された地下空洞型処分施設を利用し、施設性能に係わる観測結果や地震観測結果のデータの分析・解析等を実施し、総合的な評価を行った。

「4.2.1 施設・岩盤挙動計測データの分析・評価」では、試験施設・周辺岩盤に設置されている計測機器を用いた観測結果を活用して、平常時のデータを継続して蓄積し、施工後の施設挙動を分析評価した。

「4.2.2 地震計の観測データの整理と挙動分析」では、今年度観測された12回の地震動データを整理し、試験施設に与える影響を分析した。また地震応答解析では、試験施設に設置した地震計の既往の観測データの中から、振動数成分の異なる2つの地震動を選定し、入力地震動の特徴の違いが試験施設に与える影響を比較分析した。

#### (1) 施設・岩盤挙動計測データの分析・評価

今年度は試験施設の追加施工がなかったため、全部材において顕著な計測挙動は確認されず、いずれの部材においても、季節の温度変化に対応した挙動のみ認められた。これらは、今年度のひび割れ調査結果およびBTV観察結果より、対象部材（上部低拡散層、上部コンクリートピット、左側側部低拡散層、底部低拡散層）のひび割れ幅の増大、進展、新たなひび割れの発生は確認されなかったことと整合する。ただし、底部低拡散層のBTV観察孔の深度11.1m以深で水の滲み出しによると考えられる”しみ”と、深度13.74m以深で“水の溜まり”が確認された。これらの原因として、地下水、停電時の水没による浸水、結露水が挙げられるが、侵入経路の特定のために追加調査が必要と考えられる。

また、今年度期間中の試験施設周辺の岩盤変位や間隙水圧の変化量も僅かであり、既往の計測結果と同程度であった。

#### (2) 地震計の観測データの整理と挙動分析

今年度の観測では、計12回の地震動データを記録し、その中で、平成28年9月26日の観測地震動が、地震計①の最大加速度で6.3Gal（y方向）を記録し最大となった。観測データのスペクトル分析から推察される試験施設の固有振動数は15Hz以上であり、これは既往の結果と同様であった。

また、昨年度の解析結果より、卓越振動数が小さい地震動の方が、試験施設の変形特性および発生応力に与える影響は大きいことがわかったため、今年度の解析では、過去に選定した地震動よりさらに卓越振動数が小さい地震動を選定して、卓越振動数が試験施設に与える影響を検討することとした。平成28年度と平成26年度の地震計①位置での最大加速度を同等にして、振動数成分が異なる2つの入力地震動による地震応答解析結果を比較分析した。その結果、平成28年度と平成26年度で選定したの地震動は、いずれも試験施設の振動特性に与える影響は小さいが、平成28年度の入力地震動は、試験施設の変形特性および発生応力

に与える影響は大きいことがわかった。

#### 4.3.2 今後の課題

今後の課題として、以下のことが挙げられる。

##### (1) 底部低拡散層のボーリング孔内の水溜まりの分析

今年度の底部低拡散層の BTV 観察により確認された”しみ”と“水の水溜まり”について、水の起源、侵入経路の特定を検討する必要がある。

検討方法として以下が挙げられる。

- ・ ひび割れの発生を確認するための試験施設構成部材の計測挙動を継続して分析
- ・ 結露の程度を確認するための坑内およびボーリング孔内の温湿度、坑内換気量の計測・分析
- ・ 地下水の侵入を確認するための坑内湧水量の計測・分析
- ・ 水の発生源の特定、低透水層通過の有無等を確認するための水質分析

##### (2) 地震観測の拡充

本検討では、試験空洞底盤に設置した地震計の観測データを用いているため、観測データには試験空洞および試験施設の影響が含まれ、1次元モデルを用いた引戻し解析では、精度が高い解析用入力地震動を作成できない可能性がある。解析用入力地震動の精度を高めるためには、試験空洞および試験施設の影響を受けない当該サイトの岩盤中および地表面に地震計を設置し、そこで観測された地震動データを用いた分析の実施が望まれる。

##### (3) 当該サイトの地質構造および地盤物性値の設定

本検討では、既往文献を参考として解析用地盤を水平成層構造として設定しており、また、当該サイト付近の地盤物性値を引用して解析用物性値を設定している。これらは、昨年度検討した解析結果と観測データの乖離発生の原因の一つと考えられる。よって当該サイトにおける詳細な地質構造および地盤物性値を設定することにより、実挙動と整合がとれる解析の実施が望まれる。

#### 第4章 参考文献

- [1] 公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 22 年度 管理型処分技術調査等委託費 地下空洞型処分施設性能確認試験 報告書 (2011).
- [2] 土木学会：原位置岩盤試験法の指針，pp.16 (2000).
- [3] 気象庁：震度データベース検索 (<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/>)
- [4] 中央防災会議：「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」参考図表集 (2006).
- [5] 地震調査研究推進本部：地震に関する評価 毎月の地震活動 ([http://www.jishin.go.jp/evaluation/seismicity\\_monthly/](http://www.jishin.go.jp/evaluation/seismicity_monthly/))
- [6] 松本徳久他：ダムで観測された強震記録の解析，ICOLD 第 73 回年次例会ワークショップ提出論文 (2005).
- [7] 独立行政法人防災科学技術研究所：(<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>)
- [8] 汐見勝彦：防災科研 Hi-net 地中地震計設置方位情報推定方法の改良，防災科学技術研究所研究報告，第 80 号 (2012).
- [9] 富田敦紀・岩見忠輝・鈴木康正：余裕深度処分施設本格調査のうち試験空洞の支保設計および挙動，電力土木，No.325 (2006).
- [10] 日本原燃株式会社：「再処理施設及び特定廃棄物管理施設「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の改訂に係る耐震安全性評価報告 コメント回答 (基礎地盤の安定性)」
- [11] 地盤工学会：地盤の動的解析－基礎理論から応用まで－ (2007).
- [12] 富田敦紀他：低拘束圧下における堆積軟岩空洞の破壊現象の考察，土木学会論文集，Vol.63 (2007).
- [13] 土木学会：【2007 年制定】コンクリート標準示方書 [設計編]，(2007).
- [14] 公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター：管理型処分技術調査等事業 地下空洞型処分施設性能確認試験 報告書
- [15] 公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 25 年度 管理型処分技術調査等事業 地下空洞型処分施設閉鎖技術確認試験 報告書，平成 26 年 3 月 (2014).
- [16] 雨宮清他：ベントナイトクニゲル GX の基本特性試験 (その 5) 動的力学特性に関する検討，土木学会第 64 回年次学術講演会 (2009).

## 第5章 まとめ

## 第5章 まとめ

### 5.1 本事業のまとめ

#### (1) 具体的な機能確認試験計画の策定

モニタリングの位置付けを踏まえ、モニタリングの前提条件、モニタリング項目及び技術開発課題について検討し、光ファイバセンサーによる埋設施設の構造的安定性をモニタリングするための機能確認試験計画を策定した。また、既存施設の計測機器類及びデータの活用について検討し、計測機器の耐久性確認等の他、今後実施を計画している実規模施設を活用した試験におけるデータ取得にも利用できることを確認した。

#### (2) 機能確認の実現性確認

操業段階の埋設施設の主要な状態変化について、処分施設の横断面方向と処分坑道縦断面方向に分けて解析を実施した。その結果、横断面方向の解析では、地下水が処分施設底面の一部からのみ侵入し、低透水層が偏膨潤するという極端なケースを想定しても、セメント系バリアは引張応力状態とはならず、特にバリア性能が低下するような事象は生じないことを確認した。一方、処分坑道縦断面方向の解析では、仮に偏膨潤が発生した場合、セメント系バリアが引張応力状態となり、ひび割れ発生や埋設セル間の施工目地が開く可能性があることを確認した。

また、セメント系材料の変質に関する解析では、上部埋戻し材と接する吹付けコンクリート部は地下水が卓越して浸入することで変質が進行するが、側部埋戻し材、底部埋戻し材、低透水性の内側に位置する低拡散材およびコンクリートピットについては、埋設開始 1,000 年後においても、健全性が維持されていることを確認した。なお、試験空洞の吹付けコンクリートのコア分析の結果、施工十数年経過後も吹付けコンクリートは十分な強度を維持していること、一部のコアで岩盤との境界面にエトリングイト等が濃縮されていることを確認した。

光ファイバセンサーの埋設施設への適用については、埋設施設で想定される塩分・高 pH・放射線の各環境下で光ファイバセンサーの劣化を促進させ、その機械的・光学的特性の変化を評価するための試験計画を立案し、劣化前のサンプルについて機械的強度等の測定を開始した。

#### (3) 既設実規模施設の地震時挙動評価及びコンクリートピット等のひび割れ観察

過年度から継続して、実規模施設及び周辺岩盤に設置した計測器を用いた施設等の挙動計測、セメント系材料（低拡散層及びコンクリートピット）のひび割れ観察を実施し、施設等の挙動が安定していることを確認した。また、今年度は 11 月までに 12 回の地震を観測したが、地下空洞底盤の最大加速度は 6.3gal と小さく、実規模施設に与える影響は無いことを確認した。

## おわりに

発電所廃棄物や TRU 廃棄物（地層処分相当の廃棄物を除く）等の低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分施設の計画、設計や円滑な建設及び操業には、より現実的な条件下で、各種の検討や実証試験等の積み重ねが必要となる。本試験は、こうした状況に鑑み、地下空洞型処分施設の機能確認を主目的とする実証的な試験を行うものである。

本試験は大断面の地下空洞における処分施設の主に人工バリアの機能の確認方法の検討及び実証的な試験が主となる。このため、試験の計画にあたっては、低レベル放射性廃棄物等の処分施設の計画・設計・施工・安全評価に関わりのある専門家からなる委員会を設け、幅広く関連する知見や意見等を取り入れて検討を進めてきた。

平成 28 年度は本事業の位置付けをより明確にした上で、次年度以降の本格的な試験に向けて、試験方法等の具体化を検討した。