## 2. 地質調査結果(中間報告・その2)について

第9回七隈線建設技術専門委員会

### (討議資料1)

資料は委員会での意見を踏まえ, 修正を行っております。

1)	地質調査計画 P1~P3
	1)地質調査目的
	2) 地質調査位置・調査項目
2)	地質調査結果 P4~P14
	1)調査位置・調査項目(大断面トンネル部)
	2)調査位置・調査項目(標準トンネル~3連トンネル部)
	3) 陥没形状の想定
	4) 異物等混入状況の整理
	5)流向流速測定結果
3)	各層の工学的評価 P15~P33
	1) D2層の工学的評価
	2)炭質頁岩層(Dh)の工学的評価
	3) 流動化処理土の工学的評価
	4)緩い砂層の工学的評価
	5)博多粘土上部層(dHs2)の工学的評価
4)	博多駅工区における地層構成の推定 P34~P35
	1)全体地層構成
5)	地質調査結果まとめ P36~P37
	平成29年 10月 4日(水)

平成29年 10月 4日(水

福 岡 市 交 通 局



#### (1) 地質調査計画

#### 1) 地質調査目的

委員会での討議を踏まえ、以下の地質調査を実施している。

## 【大断面トンネル部】

### 背景

地盤改良検討・坑内排水計画・再掘削検討

### 目的

- ①陥没形状の確認
- ②陥没範囲内の不均質性の確認
- ③地盤改良効果の確認

### 実施項目

- ①地山と緩い砂層の境界の把握
- ②D2層以浅の物性値等の確認
- ③改良済地盤の範囲や物性値の確認
- (\*)道路陥没に関する検討委員会に報告した追加地質調査報告書を用いる

調査終了、データ分析中

## 【標準トンネル~3連トンネル部】

### 背景

トンネル掘削・坑内排水計画検討

### 目的

- ①地質調査精度の向上
- ②D2層の工学的評価の充実

### 実施項目

- ①地山物性値の取得
- ②トンネル天端付近の岩盤性状の把握
- ③D2層の3次元的分布や厚さの把握
- ④D2層の破壊抵抗性の把握
- ⑤弱層(断層、層理面、節理・亀裂) 区分と分布頻度の把握

調査終了、データ分析中

#### (1) 地質調査計画

#### 2) 地質調査位置・調査項目

- 埋設物を試掘で確認して実施可否を判断した。
- ※2 地元協議に伴い一部計画を変更した。
- ※3 3連区間の調査孔はN-3、S-4'を除き、ロック ボルトの施工範囲内。
- ※4 トンネル坑内にボーリングを貫通させない配置。

#### 調査目的

①D2層崩壊の範囲調査 ②陥没範囲内の不均質性の確認(追加)

③ 地盤改良効果確認



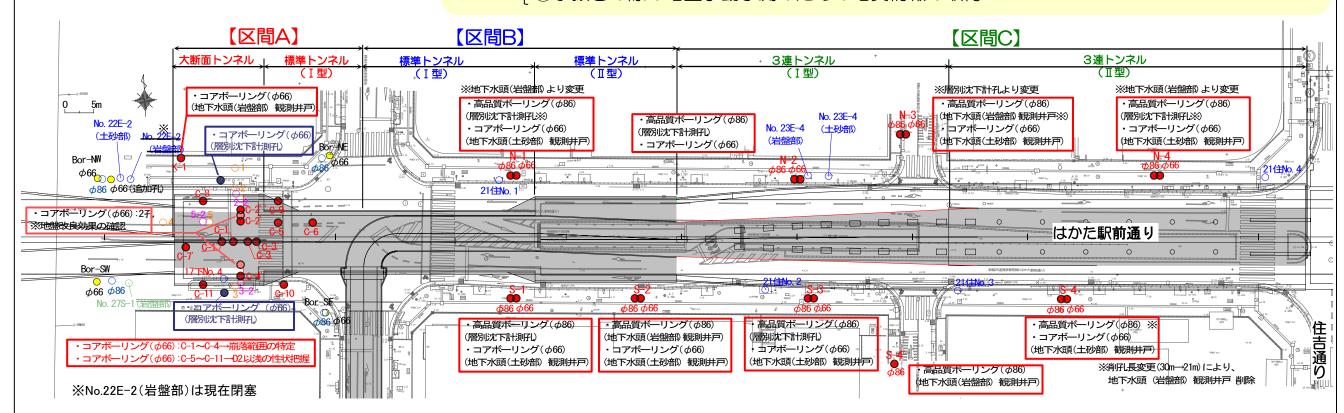
陥没部を中心とし、崩壊・改良範囲 を確認できる範囲

配置の考え方

①インバート掘削のための地質情報の取得 ②水抜きの際の地盤挙動予測のための地質情報の取得

▶脆弱な炭質頁岩が出現し始めた位置 を起点とし、約30m間隔で配置

①左右坑掘削のための地質情報の取得 ②水抜きの際の地盤挙動予測のための地質情報の取得



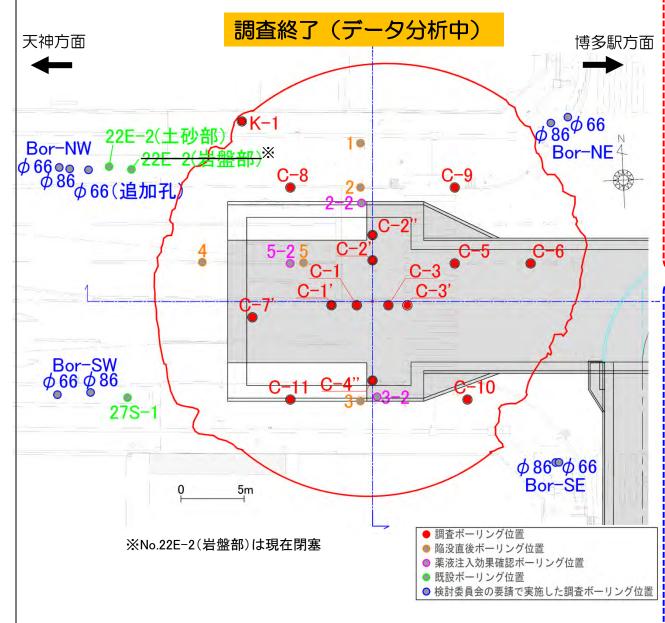
調査位置	種別	孔径	調査本数	実施する調査項目(案)	調査後のボーリング孔の利用
【区間A】					• 流向流速調査:11本
   大断面トンネル   ~	コアボーリング	φ66	15本※	ボーリング調査(原位置試験・室内試験)	• 層別沈下計測孔: 2本
標準トンネル [型					• 地下水頭(岩盤部)観測井戸:1本
【区間B・C】	高品質ボーリング	φ86		ボーリング調査(原位置試験※1・室内試験※2)  ※1:ボアホールテレビ,低圧ルジオン試験,孔内水平載荷試験, <del>トモグラフィ探査</del> →PS検層(S-4')・微動アレイ探査	• 地下水頭(岩盤部)観測井戸:3本
   標準トンネル I 型   ~	同の食が一リンク	ΨδΟ		※2:針貫入試験、土壌硬度試験、室内土質試験、室内岩石試験	• 層別沈下計測孔: 5本
3連トンネルⅡ型	コアボーリング	φ66	8本	ボーリング調査(孔内水平載荷試験)	<ul><li>・地下水位(土砂部)観測井戸 【計画】:8本 → 【変更】:7本</li></ul>

※区間Aの調査本数(変更後15本)の他に地盤改良後に追加で4本の調査を行う

※【変更】:前回委員会からの変更



#### 1)調査位置・調査項目(大断面部トンネル部)



#### ※削孔経緯まとめ

孔名	削孔長 (m)	陥没孔中心 からの距離(m)	地山確認	地山確認深度 (GL.m)	備考
C-1	17.0	1.25	_	_	1
C-1'	17.0	3.25	(0 (dHs2) (dHs2)	-16.2	C-1から西へ2m
C-2'	17.0	3.25	_	_	C-2から北へ2m
C-2"	17.0	5.25	(0 (dHs2) (dHs2)	-15.7	C-2'から北へ2m
C-3	17.0	1.25	_	_	ı
C-3'	17.0	2.75	©(D2)	-16.5	C-3から東へ1.5m
C-4"	17.0	6.25	(0 (dHs2) (dHs2)	-14.1	C-4から南へ4m

◎:地山(dHs2層)が確認できた孔

#### 【I. 陥没形状の把握:C-1~C-4"

- : 削孔深度は、D2層上端面 (G.L.-17.0 m) まで 【計画】:4本→【変更】:7本 (完了)

種別	孔径	対象土層	調査	直項目	C-1	C-1'	C-2'	C-2"	C-3	C-3'	C-4"
			原位置	コア	$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$						
		流動化処理土		針貫入	$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$						
			室内	室内岩石	_	-	×→O	-	_	_	_
				コア	$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$						
		ゆるい砂層	原位置	針貫入	$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$						
77				流向流速	$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$	1	$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$		$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$	_	$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$
コア ボーリング	φ66		室内	室内土質	$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$						
小 ノノノ			医丛里	コア	$\bigcirc \rightarrow \times$	$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$	$\bigcirc \rightarrow \times$	$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$	$\bigcirc \rightarrow \times$	$\bigcirc \rightarrow \times$	$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$
		dHs2層	原位置	針貫入	$\bigcirc \rightarrow \times$	$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$	$\bigcirc \rightarrow \times$	$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$	$\bigcirc \rightarrow \times$	$\bigcirc \rightarrow \times$	$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$
			室内	室内土質	$\bigcirc \rightarrow \times$	$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$	$\bigcirc \rightarrow \times$	$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$	$\bigcirc \rightarrow \times$	$\bigcirc \rightarrow \times$	$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$
			原位置	コア	$\bigcirc \rightarrow \times$	$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$	$\bigcirc \rightarrow \times$	$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$	$\bigcirc \rightarrow \times$	$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$	$\bigcirc \rightarrow \bigcirc$
		D2層		針貫入	_	×→O	_	×→O	_	×→O	×→O
			室内	室内岩石	_	_	_	_	_	×→O	_

※・計画通りに実施したもの:○→○・当初計画になかったが、追加したもの:×→○

・層が確認されず、実施できなかったもの:○→×

#### ■. D2層以浅の性状把握:C-5~C-11

: 削孔深度は、D2層下端またはD2層上端から2mの浅い方(G.L.-18.0m)まで 【計画】: 2本 → 【変更】: 7本(**完了**)

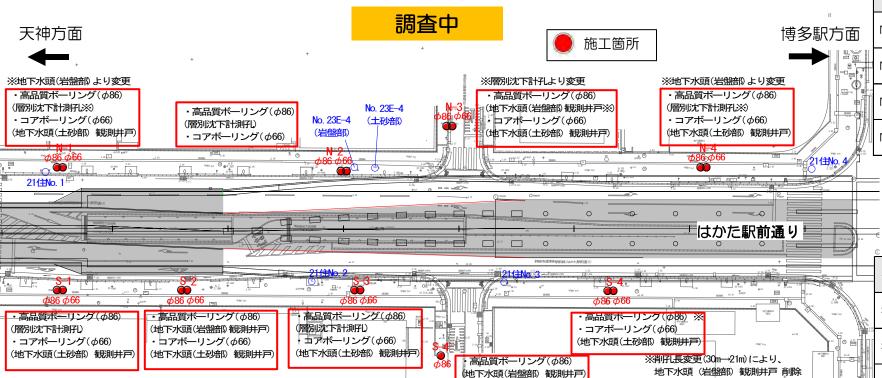
種別	孔径	対象土層	調査	直項目	C-5~C11
				コア	0
		流動化処理土	原位置	針貫入	0
				現場透水	0
				コア	0
			原位置	針貫入	0
		ゆるい砂層		流向流速	0
				現場透水	0
			室内	室内土質	0
コア	φ66	dHs2層	原位置	コア	0
ホ゛ーリンク゛	ΨΟΟ			針貫入	0
			室内	室内土質	0
				コア	0
				針貫入	0
			原位置	BHTV	0
		D2層		孔内水平	0
				現場透水	0
			室内	室内岩石	0
			± N	室内透水	0

#### Ⅲ. 観測井戸(岩盤水頭):K-1

: 削孔深度は、G.L.-30.0 mまで 【計画】:1 本→【実施】:1 本(**完了**)

種別	孔径	対象土層	調査	<b></b> 項目	K-1
ר ק ק				コア	0
		土砂層	原位置	針貫入	0
				標準貫入	0
		D2層		コア	0
コア ホ゛ーリンク゛	φ66		原位置	針貫入	0
11 ///				標準貫入	0
				コア	0
		岩盤層	原位置	針貫入	0
				標準貫入	_

# 2)調査位置・調査項目 (標準トンネル~3連トンネル部)



調查位置平面図

#### 【実施項目まとめ】

孔名	孔径	実施						
11-		種別	削孔長(m)	計器				
N-1	φ86	高品質	30.0	層別沈下計				
11-1	φ66	コア	16.5	地下水頭(土砂部)				
N-2	φ86	高品質	30.0	層別沈下計				
111-2	φ66	コア	23.0	_				
N-3	φ86	高品質	30.0	地下水頭(岩盤部)				
11-3	φ66	コア	21.5	地下水頭(土砂部)				
N-4	φ86	高品質	30.0	層別沈下計				
111-4	φ66	コア	21.0	地下水頭(土砂部)				

#### 【実施項目まとめ】

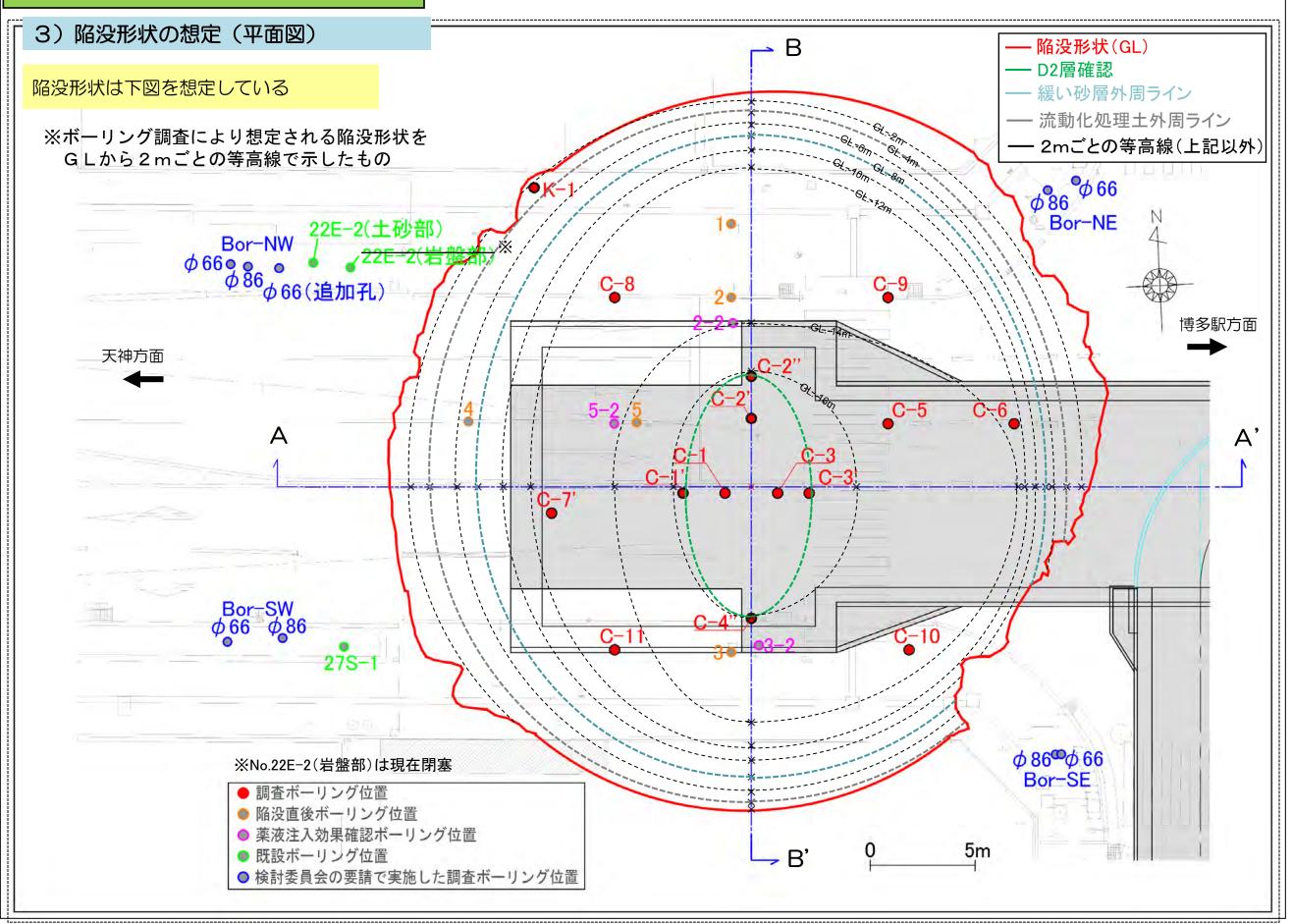
	7l Ø	孔径		!	実施		
	孔名	コロ1土	種別	削孔長(m)	計器		
	S-1	φ86	高品質	30.0	層別沈下計		
6		φ66	コア	16.5	地下水頭(土砂部)		
÷ 22		φ86	高品質	30.0	地下水頭(岩盤部)		
07900888	5	φ66 ⊐ア		23.0	地下水頭(土砂部)		
122	S-3	φ86	高品質	30.0	層別沈下計		
	5	φ66	コア	21.5	地下水頭(土砂部)		
	S-4	φ86	高品質	21.0	-		
		φ66	コア	21.0	地下水頭(土砂部)		
	S-4'	φ86	高品質	30.0	地下水頭(岩盤部)		

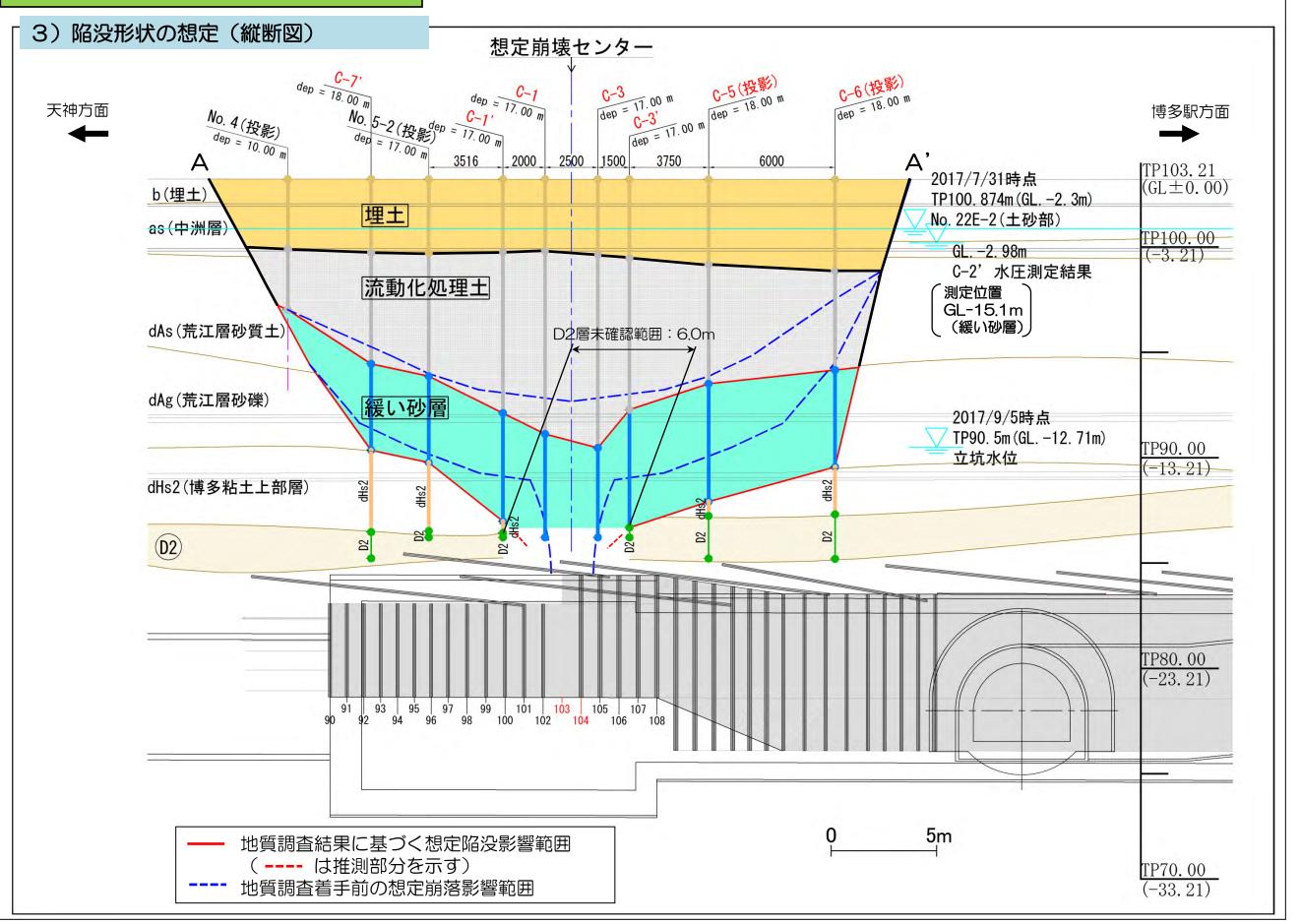
#### Ⅵ. D2層の工学的評価充実: 削孔深度は、本坑(φ86)がG.L.-30.0 m、別孔(φ66)がD2層上端面(G.L.-15.0m)まで

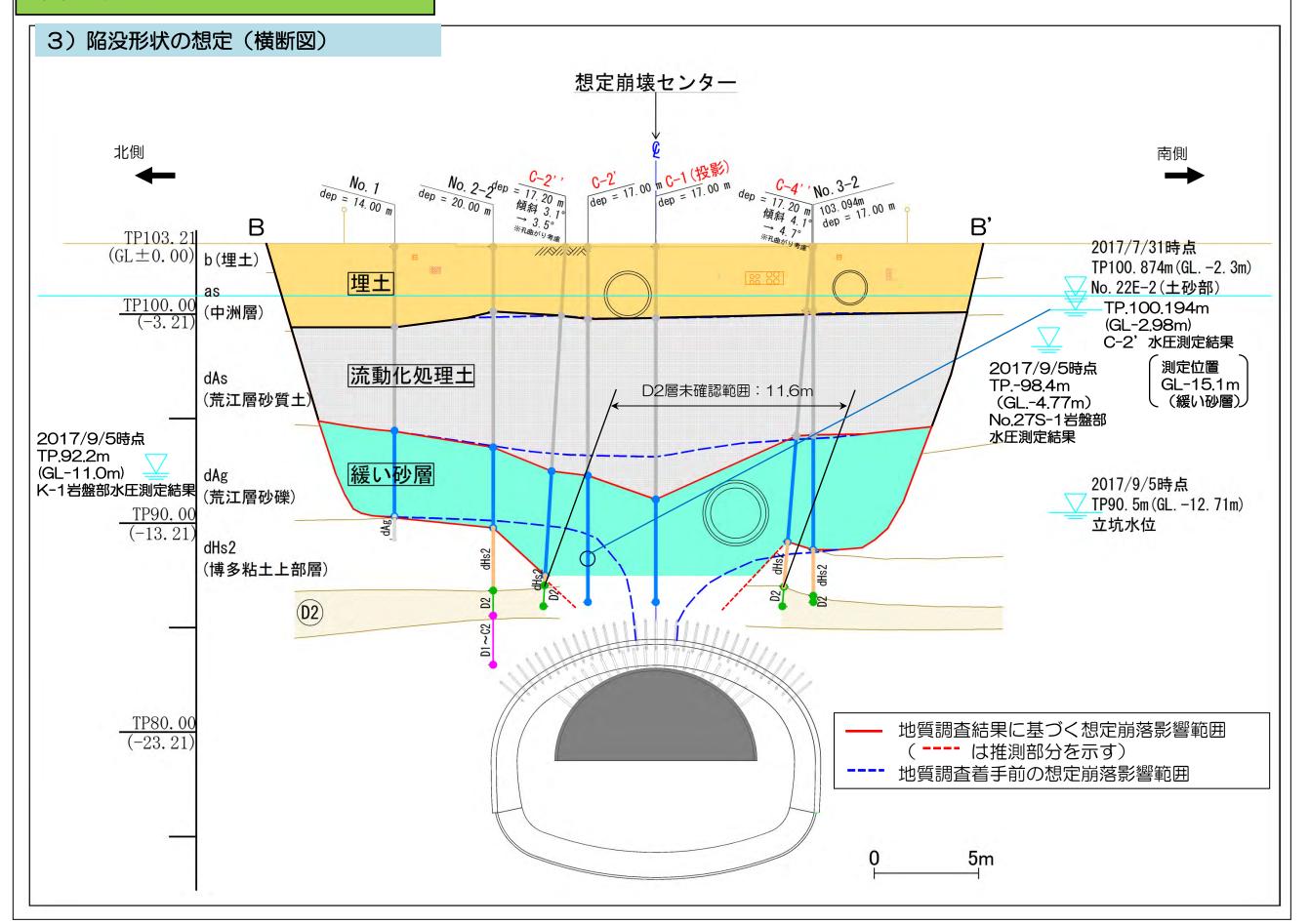
					調査項目																				
種別	孔径	本数	対象土層	対象土層	対象土層	対象土層	対象土層			対象土層	対象土層	対象土層	対象土層	対象土層コア	針貫入			原位	造置				室内		
					到吳八	BHTV	流向流速	孔内水平	現場透水	PS検層・微動アレイ	室内土質	室内透水	室内岩石	Ko圧密	圧密										
			土砂層	0	_	-	0	_	_		0	-	_	<b>%</b> 5	_										
	コア ボーリング ( \$66 8 ( \$86) (9)					D2層	0	0	0	_	0	低圧ルジオン 試験		0	0	CU	<b>%</b> 5	_							
ボーリング							炭質頁岩層	0	0	0	_	0	低圧ルジオン 試験	D2層 上端面の調査	1	0	<u>C</u>	1	<b>%</b> 6						
(ψου)							Ψου, (9)	36) (9)	(9)				(ψου, (θ)	(ΨΟΟ) (Θ)	Ψου, (9)	Ψου (9)	D1層	0	0	0	_	_	低圧ルジオン 試験		-
			C2層	0	-	0	_	_	低圧ルジオン 試験		-	0	UU	-	-										

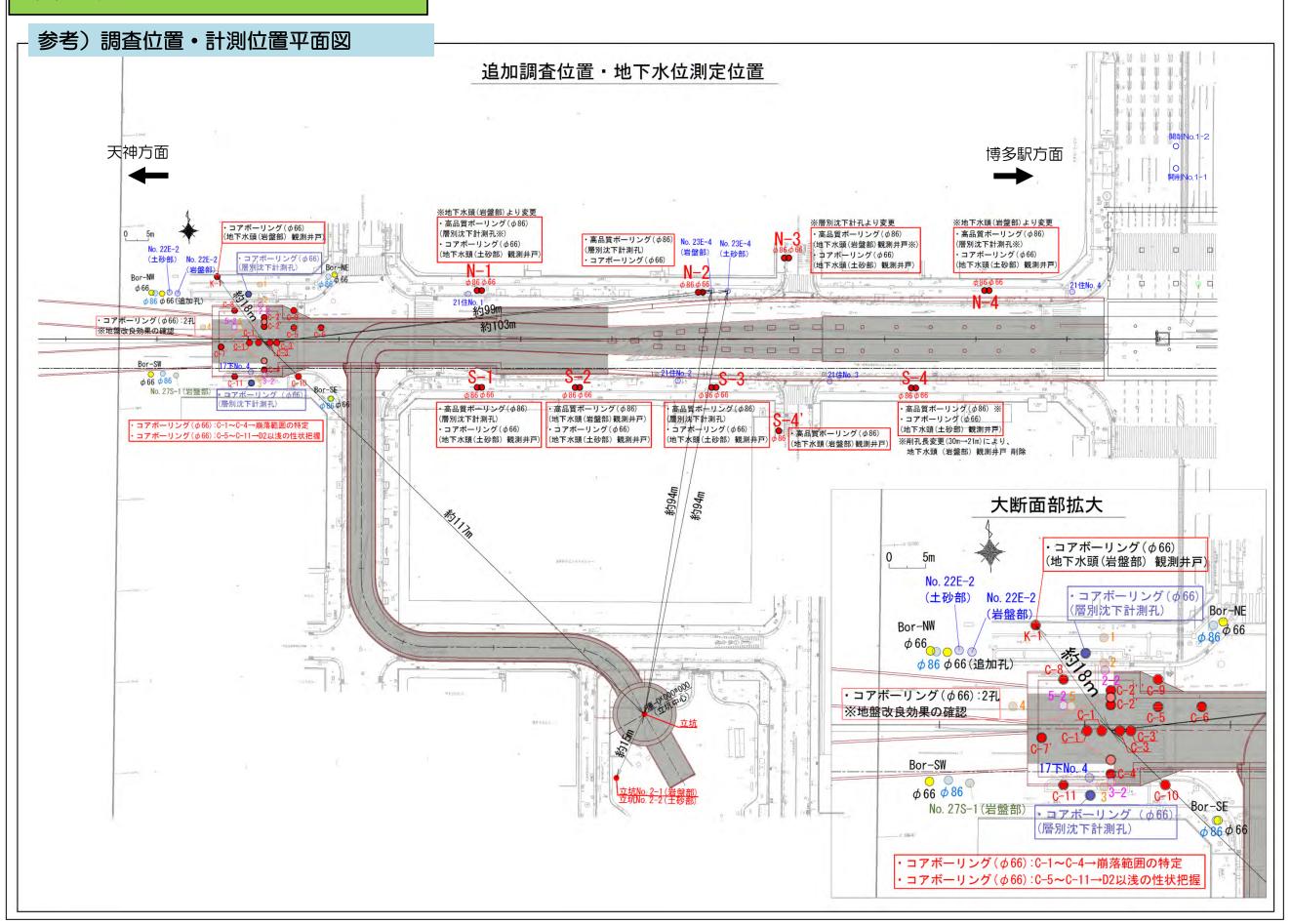
- ※1 本孔(高品質ボーリング(φ86))にてコアを採取する。別孔(コアボーリング(φ66))では、試験深度決定のためにコアを採取する。
- ※2 本孔にて流向流速計測を実施する。
- ※3 本坑にて低圧ルジオン試験を実施する(換算ルジオン値となるが、その値の妥当性については十分確認する)。
- ※4 別孔(コアボーリング(φ66))にて、孔内水平載荷試験を行う。
- ※5 D2層およびdHs2層のKo圧密試験を実施する(調査本数は3ヶ所)。
- ※6 Dh層の圧密試験を実施する(調査箇所は2ヶ所)。

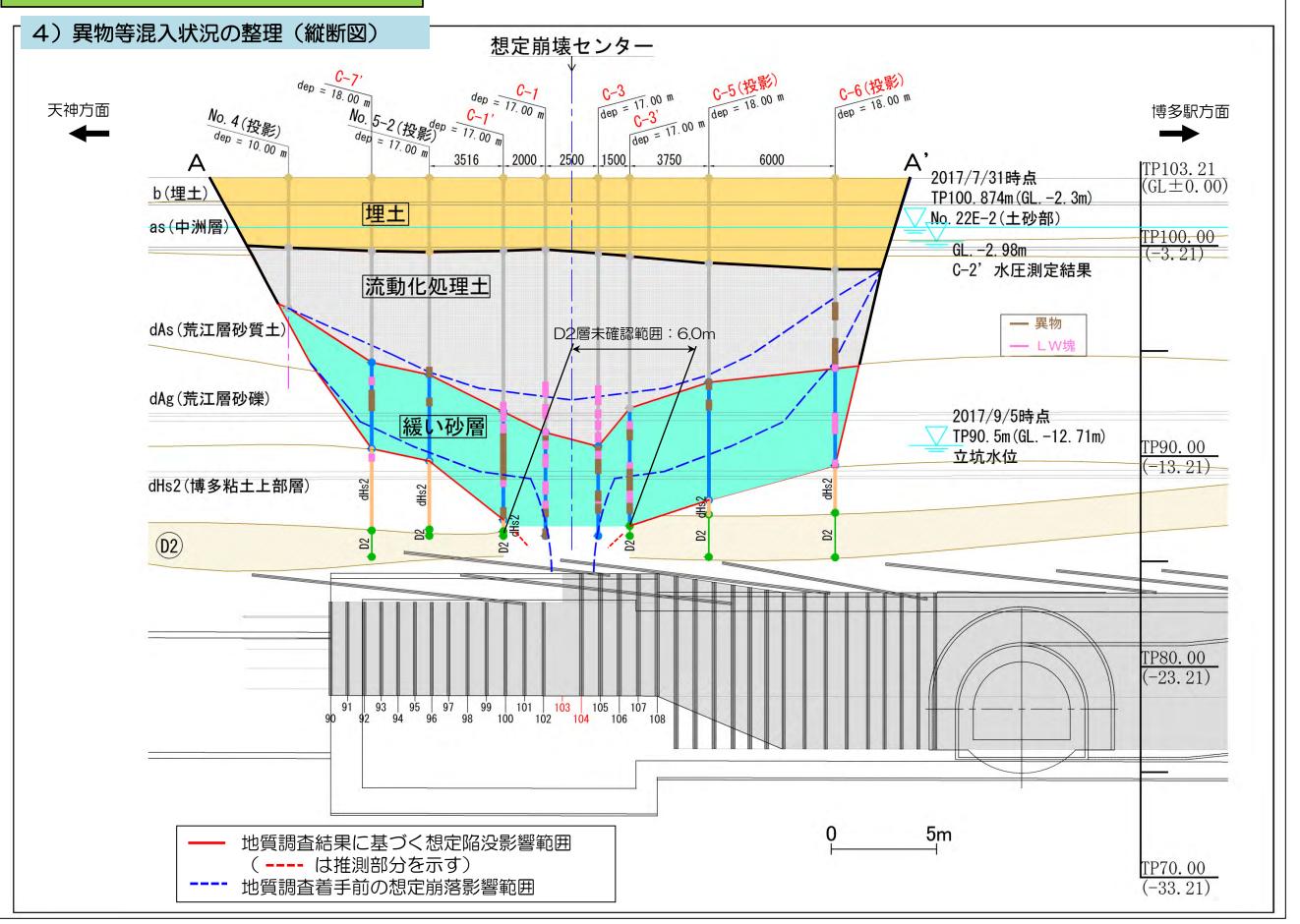
6

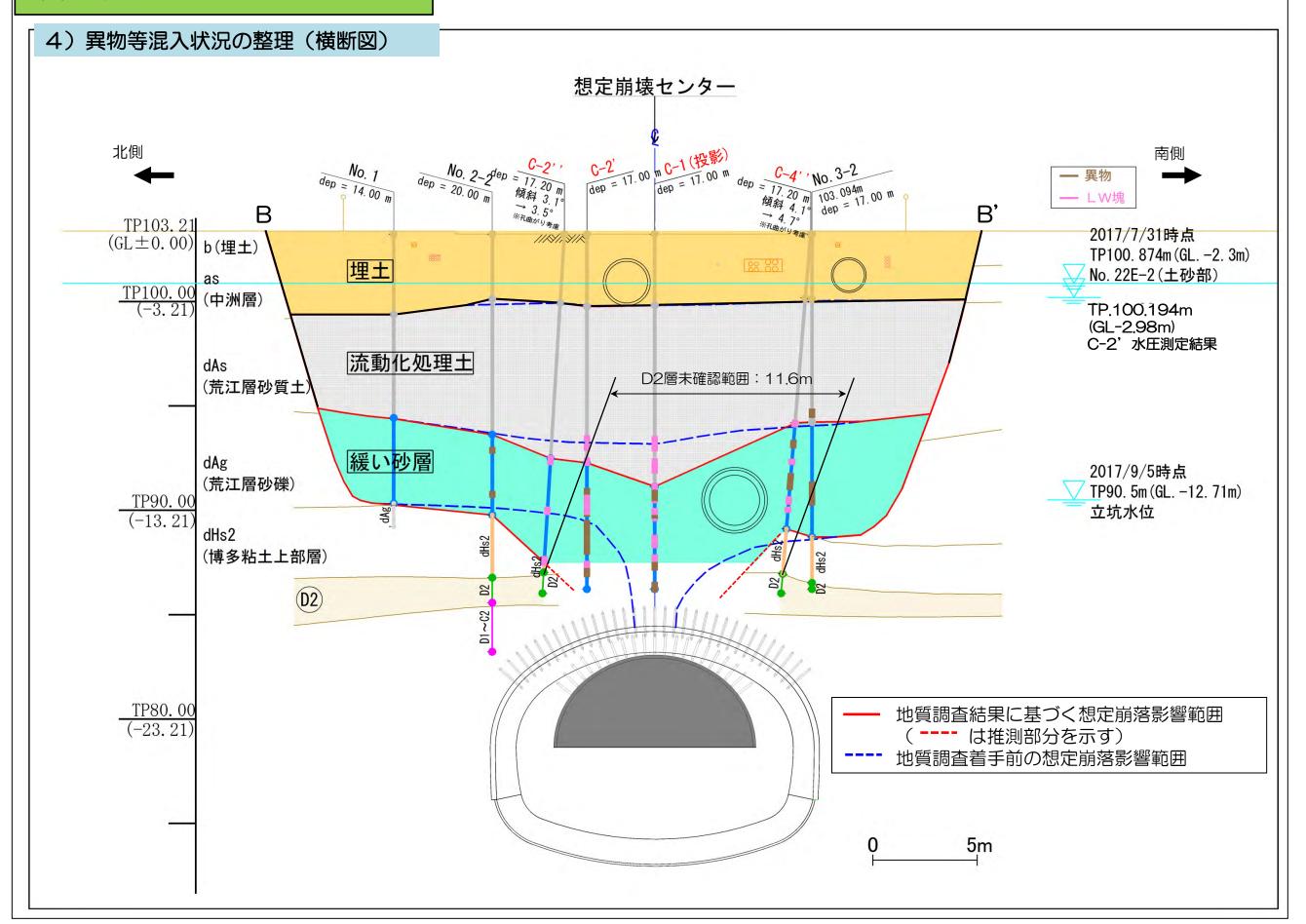


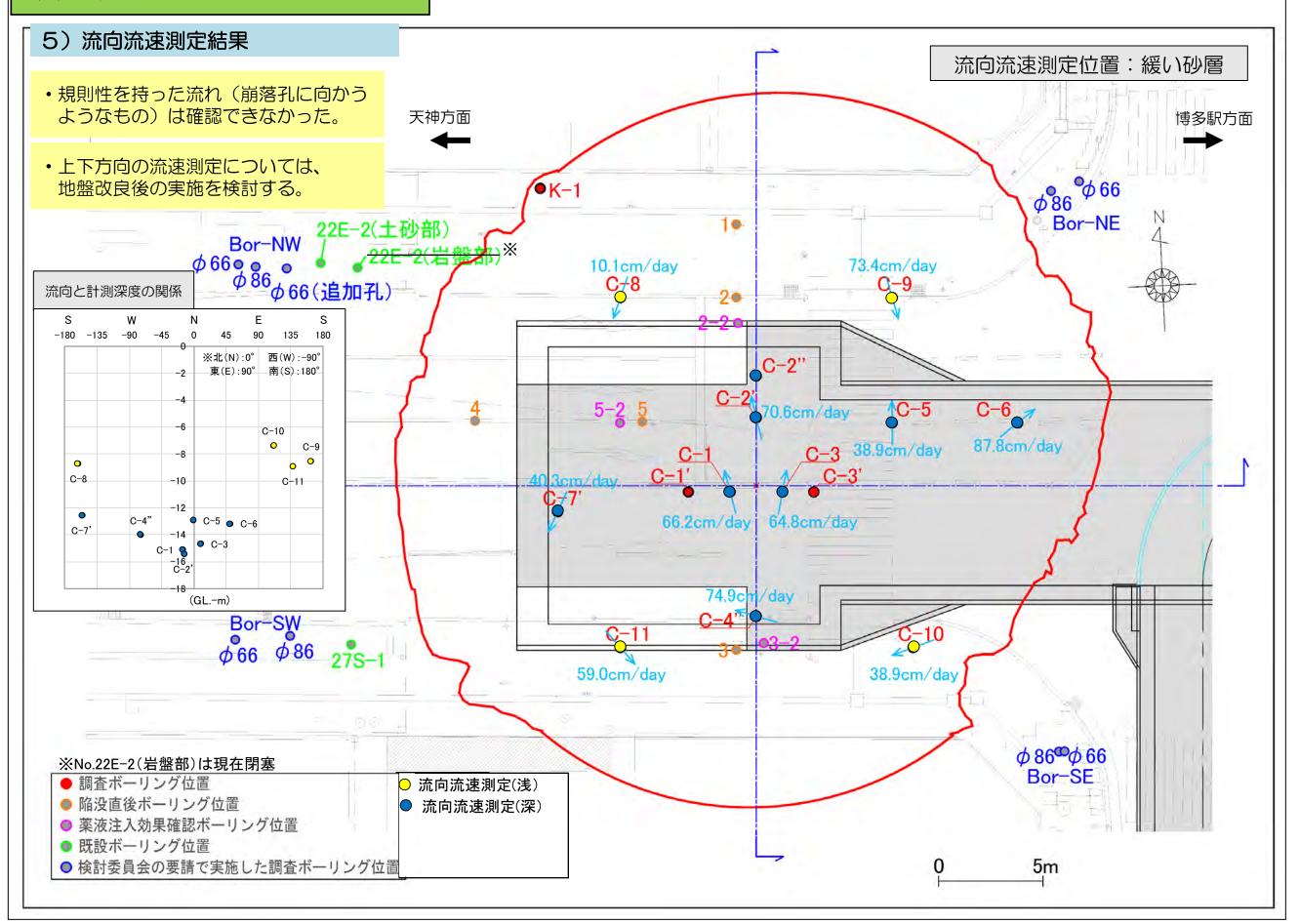






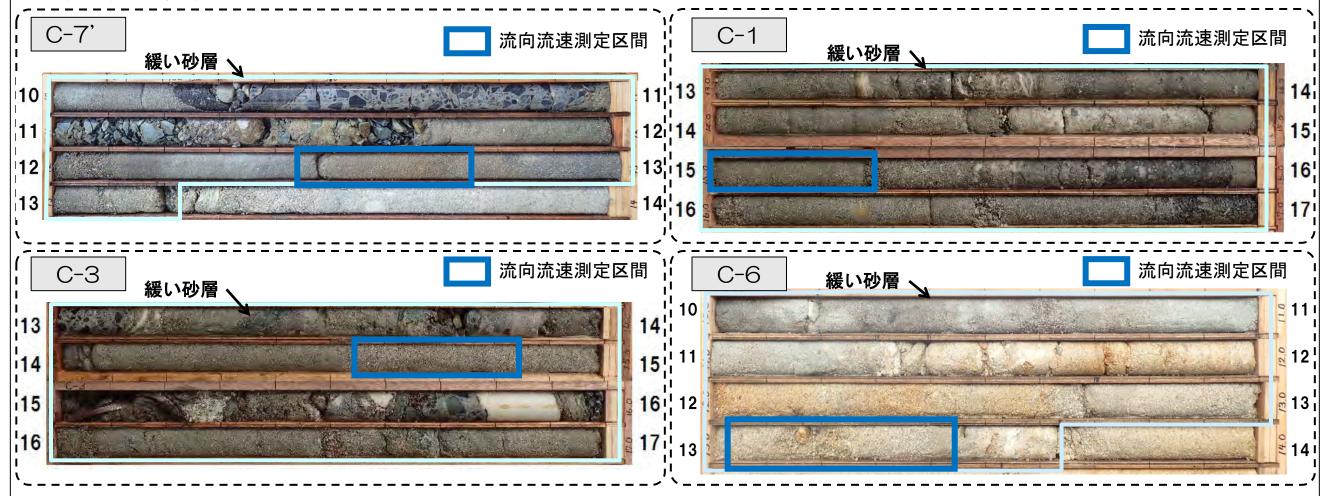


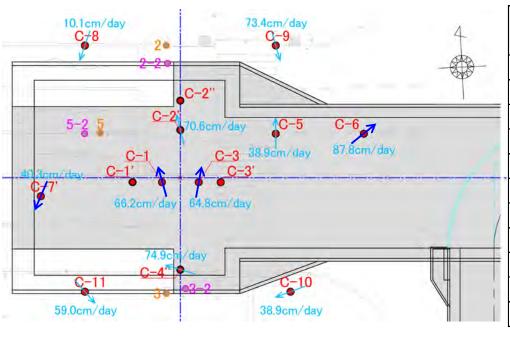




#### 5)流向流速測定結果

○流向流速測定位置のボーリングコア





孔名	測定深度(GLm)		地層名称	透水係数 (cm/s)	流向	流速 (cm/day)	崩落中心からの距離 (m)	
C-1	15.00	~	15.30	緩い砂層	_	N14.8W	66.2	1.25
C-2'	15.30	~	15.60	緩い砂層	$9.87 \times 10^{-5} \sim 2.61 \times 10^{-4}$	N13.4W	70.6	3.25
C-3	14.55	~	14.85	緩い砂層	-	N10.1E	64.8	1.25
C-4"	13.90	~	14.20	緩い砂層	-	N73.8W	74.9	6.25
C-5	12.80	~	13.10	緩い砂層	$1.60 \times 10^{-3} \sim 2.73 \times 10^{-3}$	N0.7W	38.9	7.16
C-6	13.05	~	13.35	緩い砂層	$5.67 \times 10^{-4} \sim 1.22 \times 10^{-3}$	N51.3E	87.8	12.86
C-7'	12.45	~	12.75	緩い砂層	$8.63 \times 10^{-5} \sim 2.61 \times 10^{-4}$	S24.6W	102.5	9.55
C-8	8.50	~	9.00	緩い砂層	$1.01 \times 10^{-3} \sim 1.65 \times 10^{-3}$	S19.0W	10.1	9.60
C-9	8.40	~	8.70	緩い砂層	$5.71 \times 10^{-4} \sim 1.02 \times 10^{-3}$	S16.2E	73.4	9.60
C-10	7.15	~	7.65	緩い砂層	$1.41 \times 10^{-5} \sim 6.36 \times 10^{-4}$	S69.6W	38.9	10.57
C-11	8.80	~	9.10	緩い砂層	$2.43 \times 10^{-4} \sim 1.07 \times 10^{-3}$	S41.5E	59.0	9.89



#### 1) D2層の工学的評価

#### 〇変形係数

【変形係数E】

• Dc2層: 7,800~211,700kN/m²

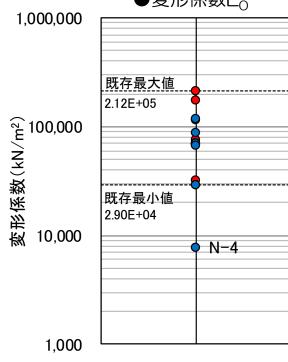
• Ds2層: 18,900~399,300kN/m<sup>2</sup>

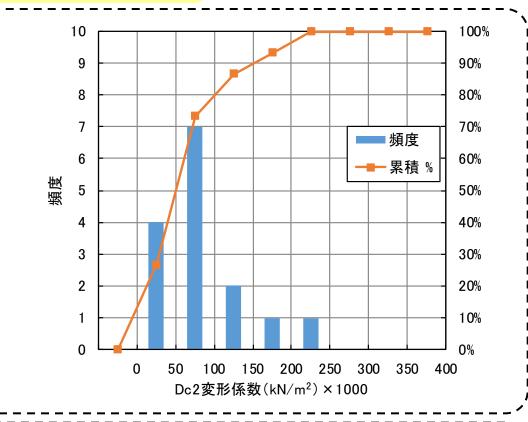


#### Dc2

	種別	孔名	変形係数
	作主力的	1040	$E_0(kN/m^2)$
		21住No.1	32,150
	陥没事故前	No.22E-2	68,490
既存	阳汉争以刊	開削部No.2	29,000
瓜1丁		No.27S-1	75,750
	陥没事故後	Bor-NW-1	176,500
	阳及争以该	Bor-SE-1	211,700
		N-4	88,000
	の本したまれが	IN-4	7,800
		S-3	71,200
	3連トンネル部	S-3	69,500
今回		S-4	116,500
		3-4	69,800
	Nor	C-7'	28,900
	大断面 トンネル部	C-10	68,000
	1 F I TF HIP	C-11	117,300



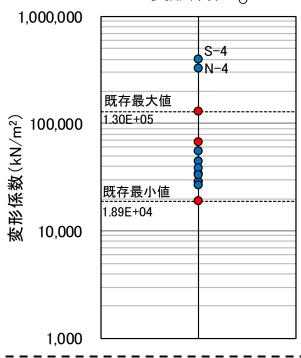


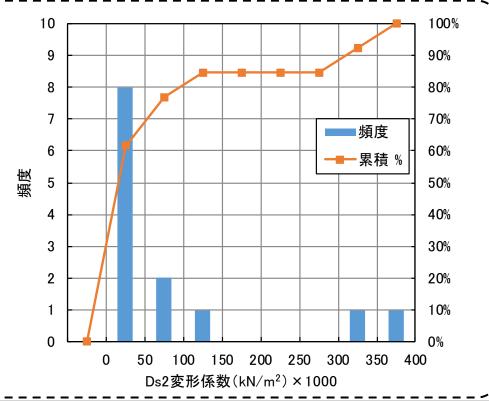


#### Ds2

	種別	孔名	変形係数 E <sub>0</sub> (kN/m²)
	陥没事故前	No.22E-1	130,400
ᄪᅔ	阳及争叹的	No.23E-4	67,430
既存	陥没事故後	Bor-NE-1	28,700
	阳汉争以该	Bor-NE-2	18,900
		N-3	44,700
	3連トンネル部	N-3	321,900
		S-3	33,700
		S-4	38,600
今回		3-4	399,300
		C-5	55,200
	大断面	C-6	28,800
	トンネル部	C-8	32,700
		C-9	26,500

### ●変形係数Eo





#### 1) D2層の工学的評価

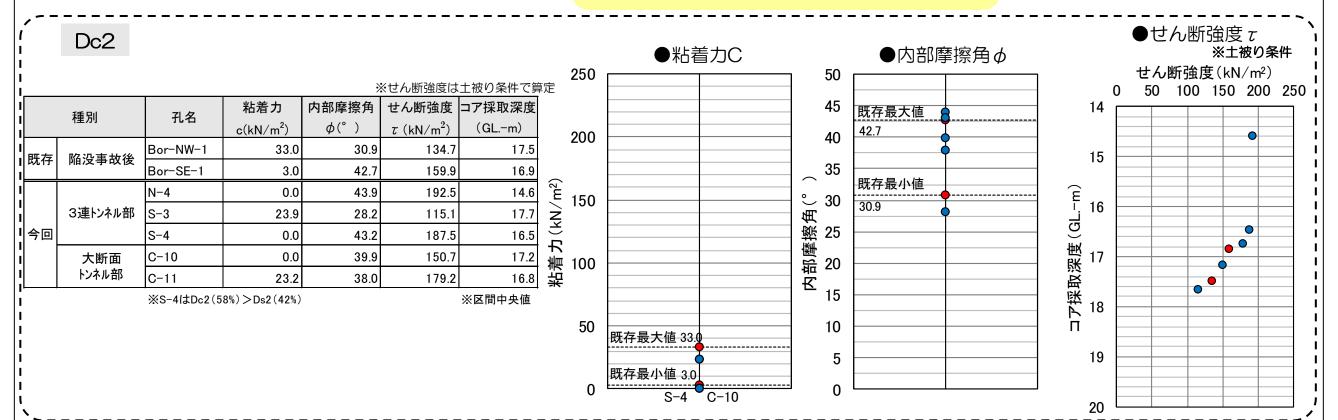
〇粘着力・内部摩擦角・せん断強度

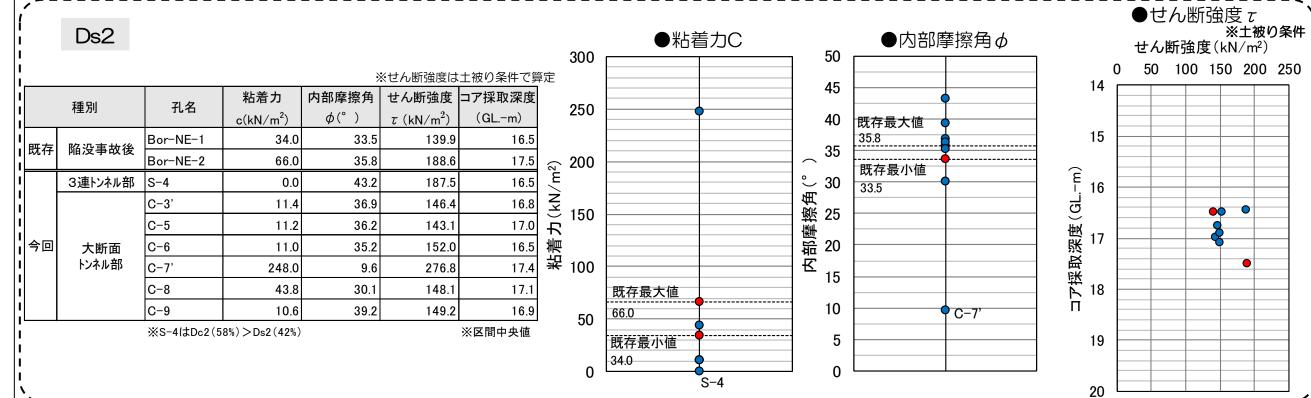
【粘着力C】 【内部摩擦角φ】

• Dc2層: 0~33kN/m² • Dc2層: 28~44°

• Ds2層: 0~248kN/m<sup>2</sup> • Ds2層: 10~43°



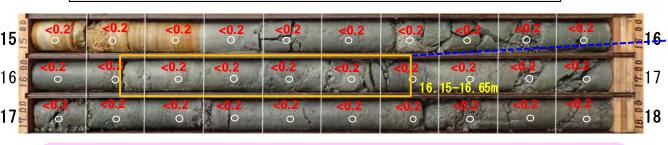




#### 1) D2層の工学的評価

#### ○変形係数と性状の比較

①変形係数E<sub>0</sub>:最小值(N-4:7,800kN/m<sup>2</sup>)



●試験区間拡大(GL.-16.15~-16.65m)

試験区間

換算一軸圧縮強さ (MPa)

<0.2

針貫入試験位置



- · 変形係数最小値(平均値の約1/10)
- ・風化していないが、破砕されている。
- ・D2とDhの間にあり、他のボーリングでも数ヶ所確認された。

#### Dc2(強風化頁岩)

→破砕され、粘土を介在する。

#### ②変形係数E<sub>0</sub>:最大値(S-4:399,300kN/m<sup>2</sup>)



●試験区間拡大(GL.-15.75~-16.25m)

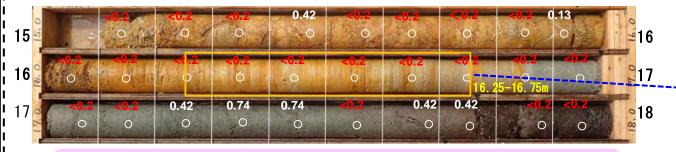


- ・変形係数最大値(平均値の約5倍)。
- ・礫岩が風化したD2層(表記はDsとした)。
- N-3、S-2、S-4でも礫岩質D2を確認した(大断面部は未確認)。

#### Ds2(強風化礫岩)

→礫岩が岩芯まで風化している。

#### ③変形係数E<sub>0</sub>:平均値(S-4:116,500kN/m<sup>2</sup>)

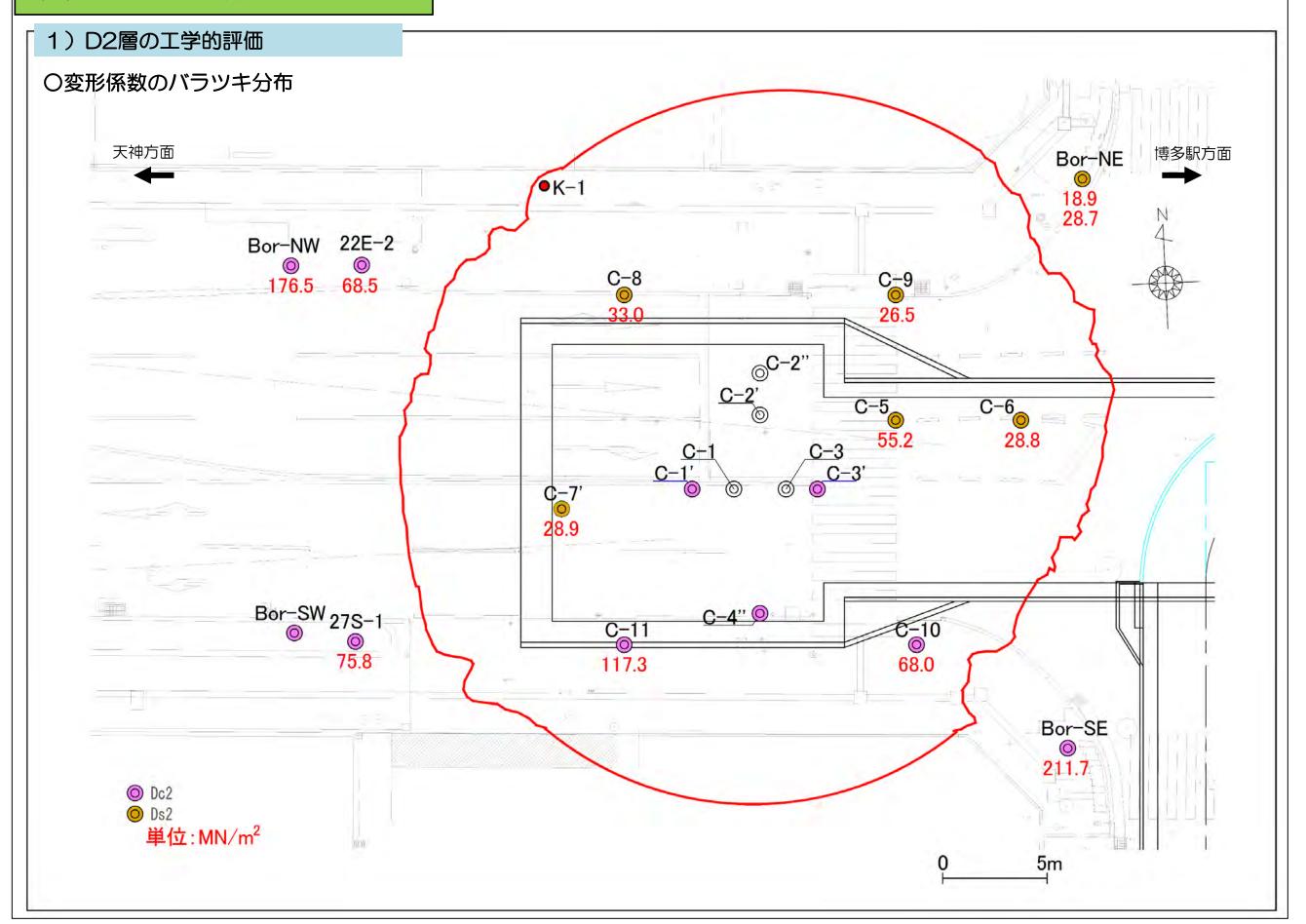


- ●試験区間拡大(GL.-16,25~-16,75m)
  - Africa Hall Common to the public line

- ・変形係数がほぼ平均値(平均:88,200kN/m² ※Ds2・Dc2)。
- 頁岩が風化し、リモナイト脈を挟む。
- 多数のボーリングで同様の性状を確認した。

#### Dc2(強風化頁岩)

→リモナイトが濃集する(低角度)。



#### 1) D2層の工学的評価

#### ○透水係数(ルジオン試験)

- Dc2層の透水係数Kは8.35×10<sup>-8</sup>~7.54×10<sup>-5</sup>cm/sで分布している。
- Ds2層の透水係数Kは2.58×10<sup>-7</sup>~3.92×10<sup>-5</sup>cm/sで分布している。

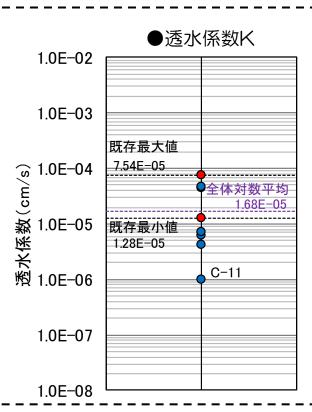


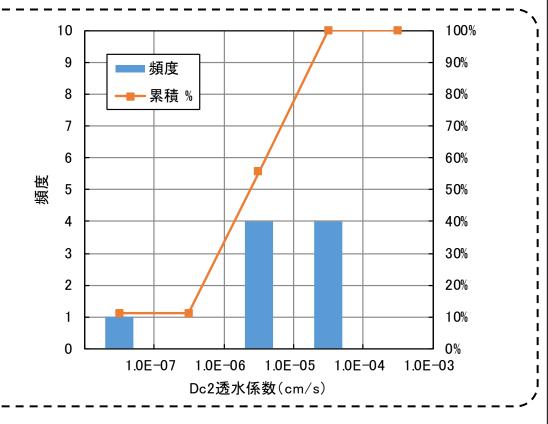
#### Dc2

・透水係数は「ルジオンテスト技術指針・同解説(H18.7)」 に基づき算定した。

	種別	孔名	透水係数
	作里力リ	π <del>a</del>	K(cm/s)
		Bor-SW	4.37E-05
既存	陥没事故後	Bor-NW	7.54E-05
		Bor-SE	1.28E-05
	3連トンネル部	S-3-1	4.20E-06
		S-4-3	6.24E-06
今回		N-3-3	7.26E-06
7 凹 		N-4-1	4.69E-05
	十败云い之中却	C-10	8.35E-08
	大断面トンネル部	C-11	1.01E-06

**※**C−10 : 0Lu



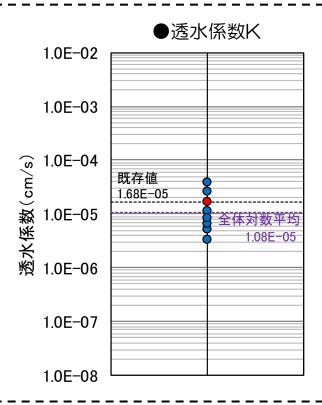


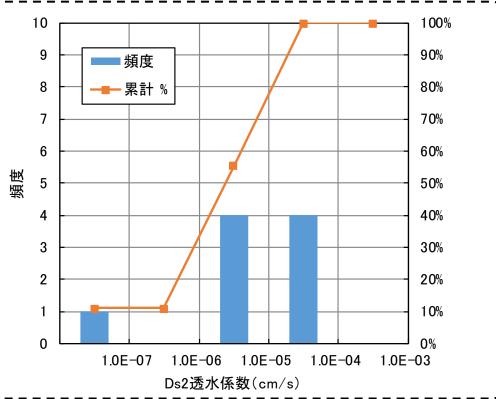
#### Ds2

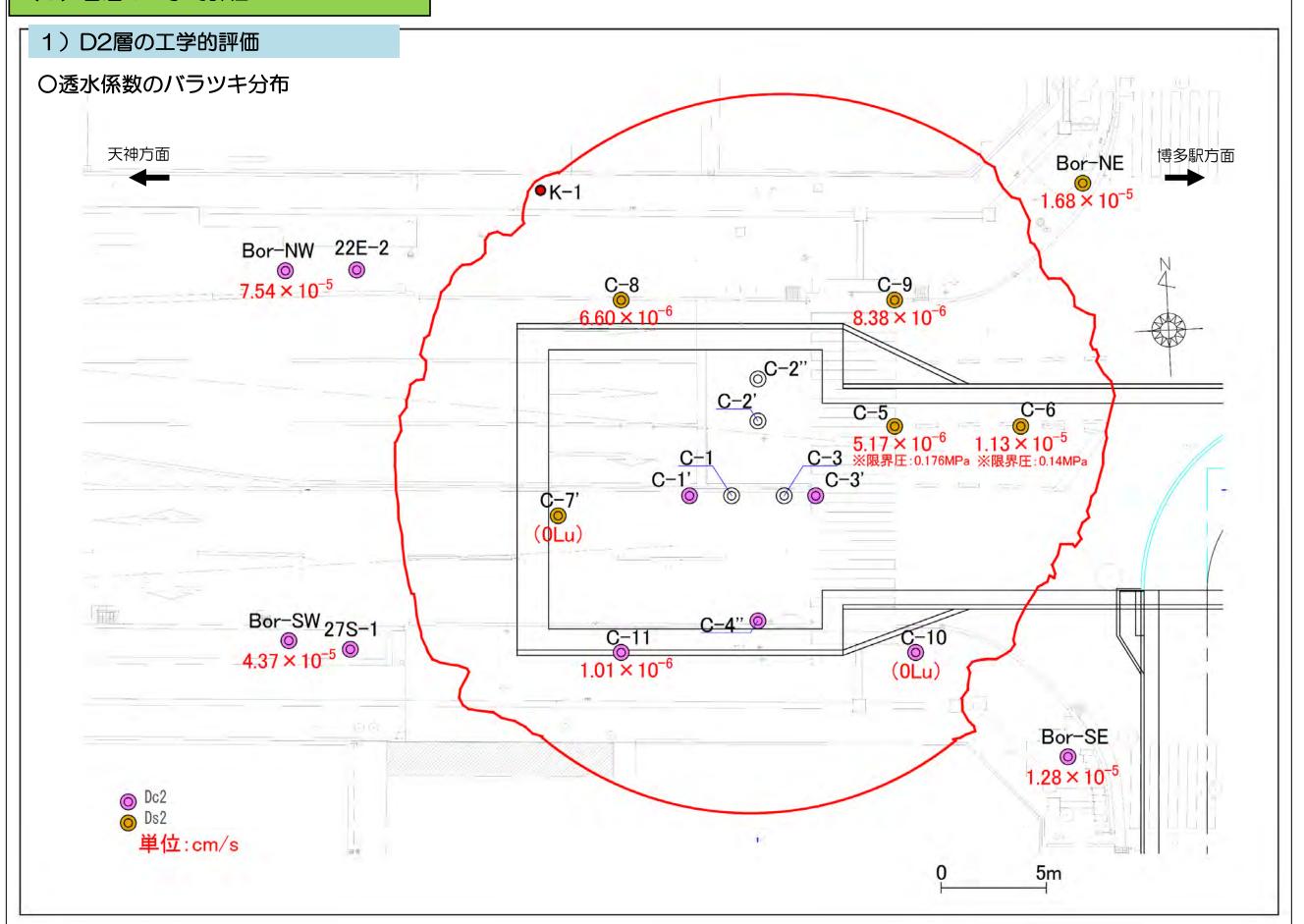
・透水係数は「ルジオンテスト技術指針・同解説(H18.7)」 に基づき算定した。

種別		孔名	透水係数 K(cm/s)
既存	陥没事故後	Bor-NE	1.68E-05
		N-3-1	3.32E-06
	3連トンネル部	N-3-2	3.92E-05
		S-4-2	2.54E-05
今回	大断面トンネル部	C-5	5.17E-06
フ凹		C-6	1.13E-05
		C-7'	2.58E-07
		C-8	6.60E-06
		C-9	8.38E-06

**※**C−7': 0Lu







#### 1) D2層の工学的評価

※地質調査結果が全て揃っていない時点での中間報告 であるため、下記数値は変更となる可能性がある。

#### ①D2層の性状のバラツキ

- D2層には、以下の性状がみられた。
- ●Dc2(強風化頁岩)
  - →リモナイトが濃集する(低角度)。



· · · S-2

●Ds2(強風化+破砕砂岩) →30~60°のせん断割れ月が発達する。



· · · C-2''

●Ds2(強風化砂岩)

→指圧で容易に破壊する(変形係数29MN/m²)。



· · · C-6

#### ②D2層の変形係数のバラツキ

- Dc2層の変形係数Eは、7,800~211,700kN/m² で分布している。
- Ds2層の変形係数Eは、18,900~399,300kN/m² で分布している。

D2層の変形係数Eは、7.800~399,300kN/m<sup>2</sup>で分布。

#### ③D2層のせん断強度のバラツキ

- Dc2層の粘着力Cは、O~33kN/m<sup>2</sup> で分布している。
- Ds2層の粘着力Cは、0~248kN/m² で分布している。

D2層の粘着力Cは、O~248kN/m<sup>2</sup>で分布。

- Dc2層の内部摩擦角がは、28~44° で分布している。
- Ds2層の内部摩擦角 ø は、10~43° で分布している。

D2層の内部摩擦角 ø は、10~44°で分布。

低圧ルジオン試験区間

パッカー区間

換算ルジオン値から計算した透水係数:

※1 限界圧力、換算ルジオン値、換算透水係数は、 P-Q曲線加圧時の注水量変化の解釈に議論の

限界圧力 :(Pc>0.20MPa)\*1

換算ルジオン値:(Lu=4.46)\*1

 $(k=4.37 \times 10^{-5} \text{cm/s})^{*1}$ 

- Dc2層のせん断強度τは、115~192 kN/m<sup>2</sup>で分布している。
- Ds2層のせん断強度 τ は、143~276 kN/m<sup>2</sup> で分布している。

D2層のせん断強度  $\tau$  は、115~276kN/m<sup>2</sup>で分布。

#### ①D2層の透水係数のバラツキ

#### 【低圧ルジオン試験(原位置)】

- Dc2層の透水係数Kの分布は、 8.35×10<sup>-8</sup>~7.54×10<sup>-5</sup>cm/sである。
- Ds2層の透水係数Kの分布は、  $2.58 \times 10^{-7} \sim 3.92 \times 10^{-5} \text{cm/s}$  cm/s cm/s cm/s cm/s

D2層の透水係数Kは、2.58×10<sup>-7</sup>~7.54×10<sup>-5</sup>cm/sで分布。

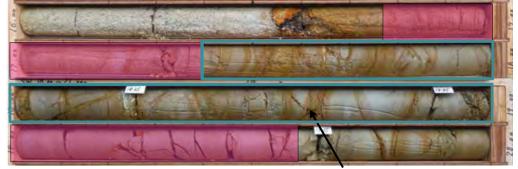
#### 【室内透水試験(室内)】

- Dc2の透水係数Kの分布は、 463×10<sup>-8</sup>~227×10<sup>-7</sup>cm/sである。
- ・Ds2の透水係数Kの分布は、  $227\times10^{-7}\sim147\times10^{-5}$ cm/s  $^{-5}$ cm/s

D2の透水係数Kは、4.63 ×10<sup>-8</sup>~1.47×10<sup>-5</sup>cm/sで分布。 ※陥没事故前の調査(開削No1-1,2)を含めて評価すると, 4.63×10<sup>-8</sup>~4.17×10<sup>-4</sup>で分布。

#### ②低圧ルジオン試験区間の性状

#### [Bor-SW]



Dc2

限界圧力 :Pc=0.176MPa

余地があるため、( )付きで示す。

換算ルジオン値から計算した透水係数:  $k=5.17 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 

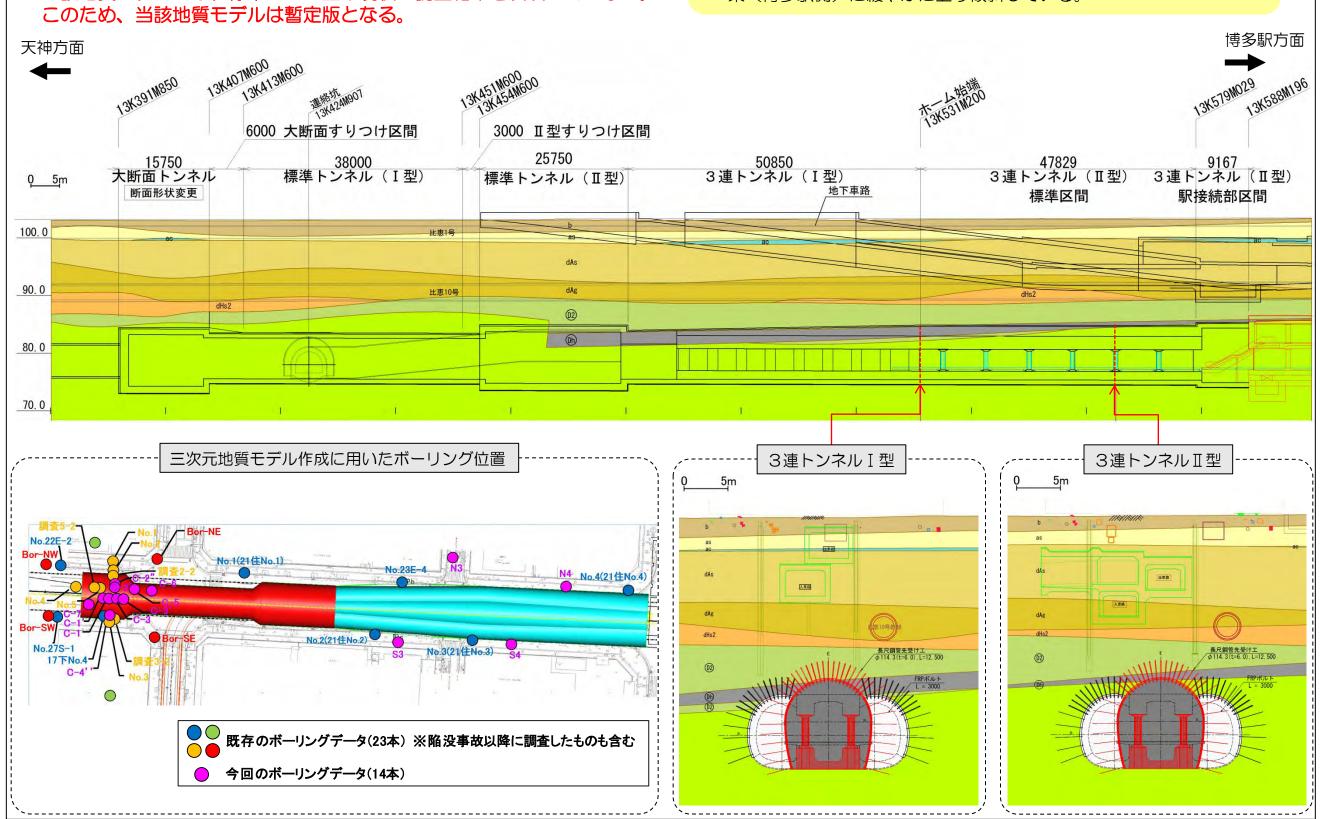
[C-5]



換算ルジオン値:Lu=0.61

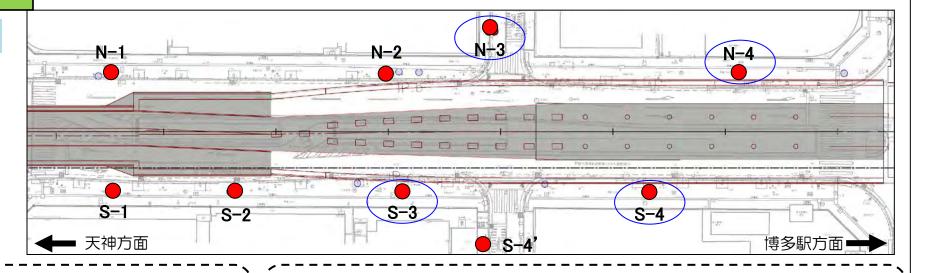
#### 2) 炭質頁岩層 (Dh) の工学的評価

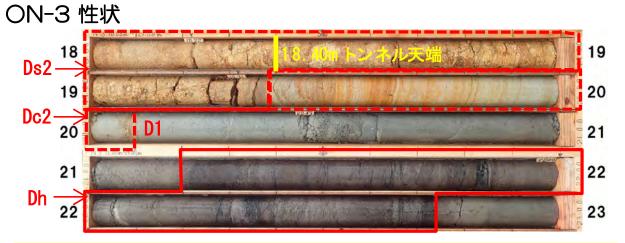
- 〇三次元的分布状況(暫定)
- ※当該地質モデルでは、標準 I II型は現状の調査結果を反映していない。
- ・標準トンネルⅡ型より東側(博多駅側)に面的に分布している。
- D2層の下位(GL.-17m~GL.-22m)に分布する。
- 層厚は約0.4~2.5m
- ・ 東(博多駅側)に緩やかに上り傾斜している。



#### 2) 炭質頁岩層 (Dh) の工学的評価

〇性状(コア写真)

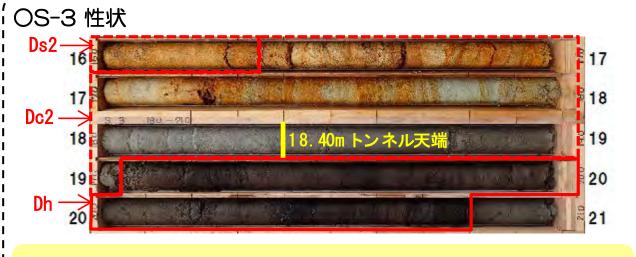




【Dh層厚さ】1.5m (GL.-21.2~-22.7m) 【Dh層性状】層状に炭質層が存在する。



【Dh層厚さ】0.7m (GL.-19.0~-19.7m) 【Dh層性状】Dh層内に幅20cmの破砕部 (角礫状、粘土介在)が存在する。



【Dh層厚さ】1.75m(GL.-19.05~-20.8m) 【Dh層性状】Dh層は破砕状でせん断面が密集し、局所的に著しく炭化している。」



【Dh層厚さ】1.86m (GL.-17.69~-19.55m) 【Dh層性状】Dh層は破砕状でせん断面が密集する。

### 2) 炭質頁岩層 (Dh) の工学的評価

【変形係数E】

1,000

• 12,300~366,500kN/m<sup>2</sup> • 0~69kN/m<sup>2</sup> • 25~46°

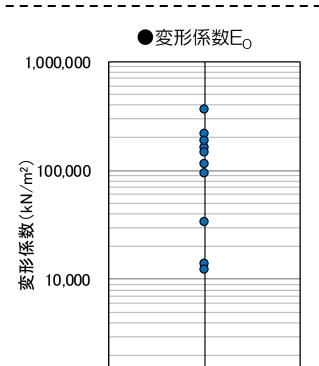
【粘着力C】 【内部摩擦角 $\phi$ 】

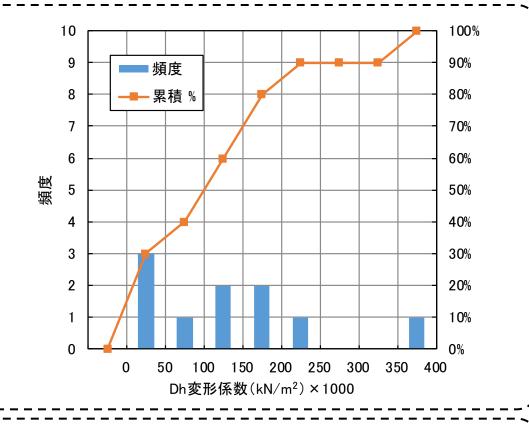
凡例 既存 ● 今回

#### 〇変形係数

	種別	孔名	変形係数 E <sub>o</sub> (kN/m²)		
既存	陥没事故前 <sup>※1</sup>	_	_		
风1于	陥没事故後 <sup>※2</sup>	-	-		
			14,010		
		N-3	12,300		
	3連トンネル部		218,500		
		N-4	162,600		
今回		S-3	114,900		
<b>一</b>			187,600		
			148,100		
			33,700		
		S-4	366,500		
			95,300		

- ※1 当初はDh層の試験値なし。
- ※2 大断面部には出現しなかったため、試験値なし。

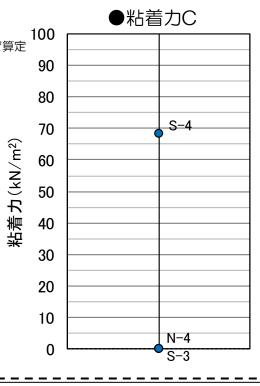


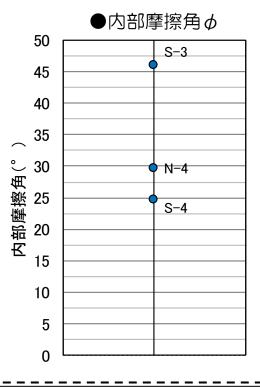


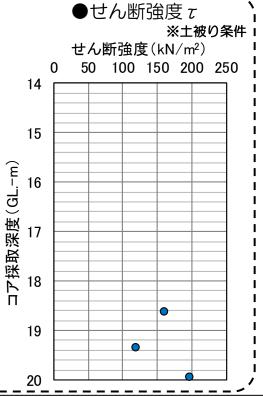
#### 〇粘着力・内部摩擦角・せん断強度

					※せん断強度	は土被り条件で
種別		孔名	粘着力	内部摩擦角	せん断強度	コア採取深度
	作生力リ	71/11	$c(kN/m^2)$	φ(° )	$\tau  (kN/m^2)$	(GLm)
既存	陥没事故前 <sup>※1</sup>	-	_	-	-	_
风1于	陥没事故後 <sup>※2</sup>	-	ı	-	ı	-
	3連トンネル部	N-4	0.0	29.7	119.8	19.4
今回		S-3	0.0	46.1	197.3	19.9
		S-4	68.5	24.7	160.4	18.6

- ※1 当初はDh層の試験値なし。
- ※2 大断面部には出現しなかったため、試験値なし。







### 2) 炭質頁岩層 (Dh) の工学的評価

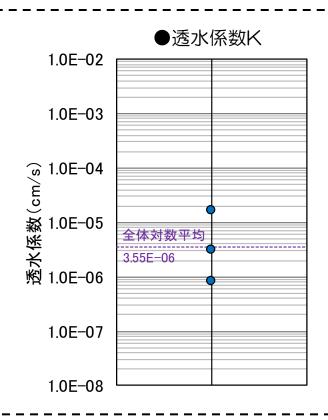
【透水係数K】 •8.29×10<sup>-7</sup> ~1.72×10<sup>-5</sup>cm/s

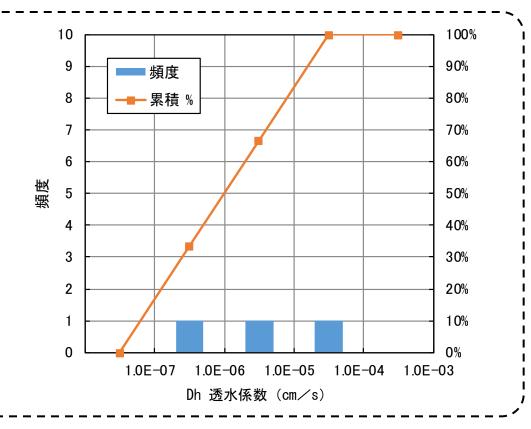
**凡例** 既存
今回

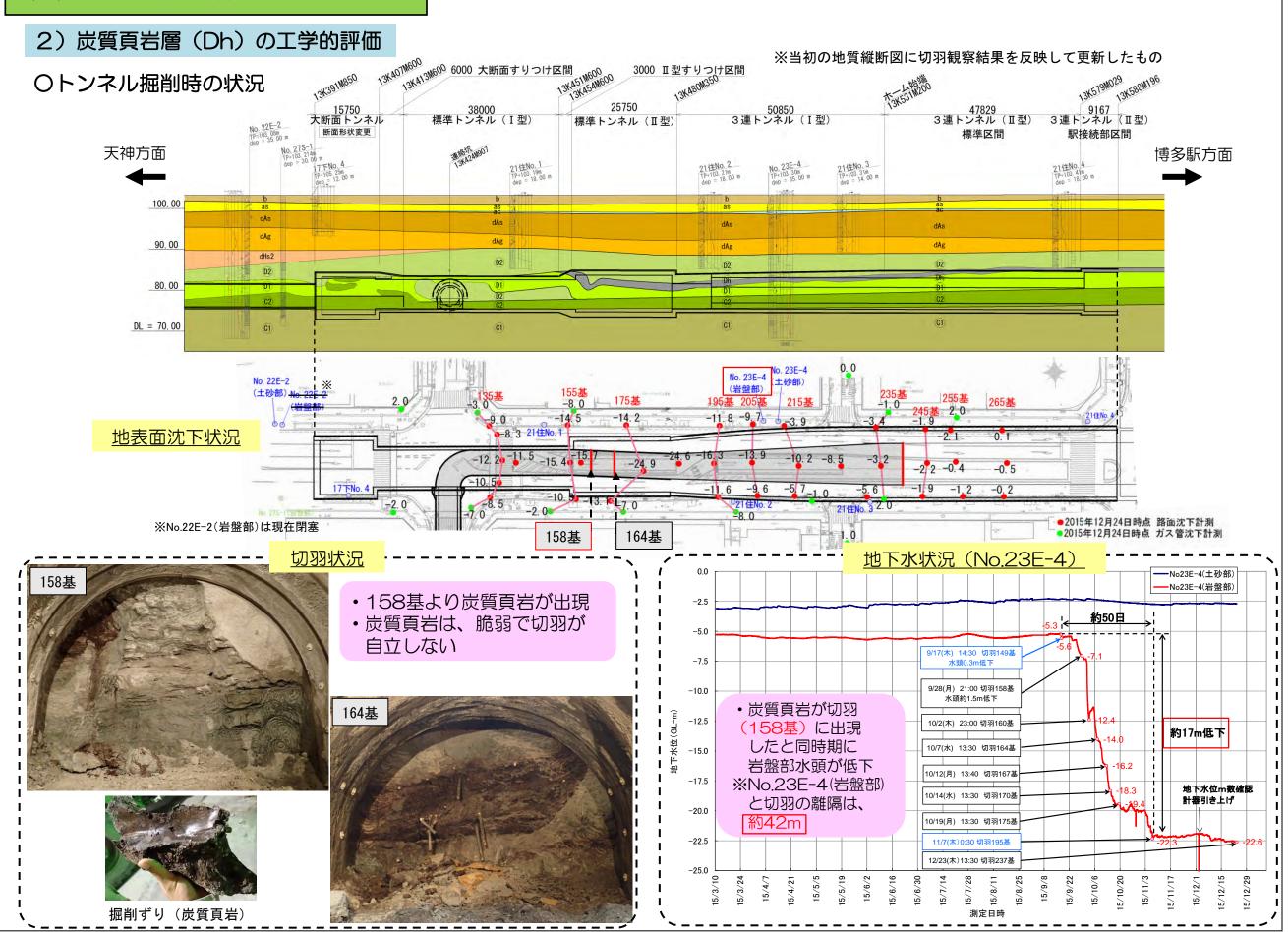
### ○透水係数(ルジオン試験)

・透水係数は「ルジオンテスト技術指針・同解説(H18.7)」 に基づき算定した。

種別		孔名	透水係数 K(cm/s)
既存	陥没事故前 <sup>※1</sup>	-	-
风1士	陥没事故後 <sup>※2</sup>	_	_
	3連トンネル部	S-3-2	3.13E-06
今回		S-4-4	1.72E-05
		N-4-3	8.29E-07







### 2) 炭質頁岩層 (Dh) の工学的評価

#### ①三次元的分布(暫定)

- ・標準Ⅱ型より東側(博多駅側)に面的に分布 している。
- •D2層の下位(GL.-17m~GL.-22m)に 分布する。
- 層厚は約0.4m~2.5m。
- ・ 東(博多駅側)に緩やかに上り傾斜している。

#### ②変形係数

・変形係数Eは、12,300~366,500kN/m²

#### ③粘着力•内部摩擦角

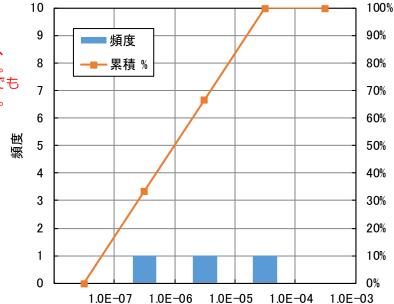
- ・粘着力Cは、O~69kN/m<sup>2</sup>
- 内部摩擦角 φは、25~46°

炭化している部分がある。

4透水係数

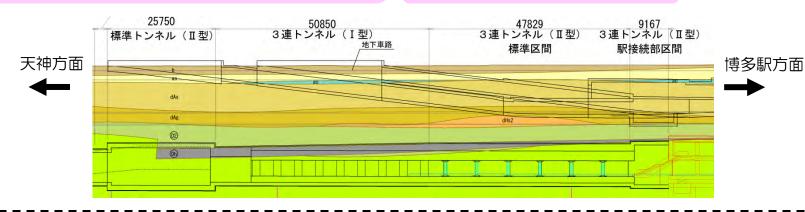
• 透水係数Kは、

※コアの成形が困難なほど、 左記試験値はDh層の中でも 比較的健岩部の値である。



Dh透水係数(cm/s)

 $8.29\times10^{-7}\sim1.72\times10^{-5}$ cm/s



#### ⑤コアの性状

- ・ 炭化の進行度にばらつきが大きい。
- ・局所的に著しく炭化している。



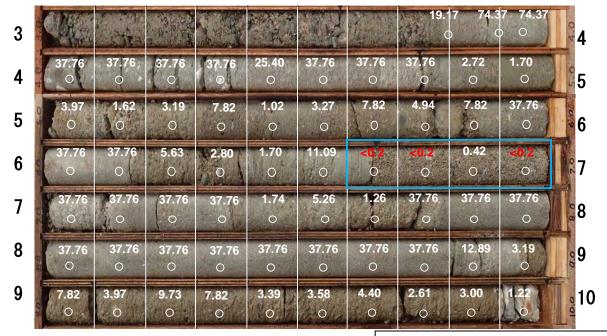
#### 3)流動化処理土の工学的評価

#### 【換算一軸圧縮強さ】 250 100% 225 90% 200 80% 175 70% 150 60% 125 50% **サイヤック 頻度** 100 40% - 累積 % 75 30% 50 20% 25 10% 8 10 12 14 16 18 20 20>

- 約87%は換算一軸強度(q<sub>u</sub>)が1.OMPa以上。
- 局所的に緩い砂等が混入して換算一軸強度が小さい部分がある。

流動化処理土、換算一軸圧縮強さ(MPa)

#### 【流動化処理土性状と針貫入試験結果(C-3')】

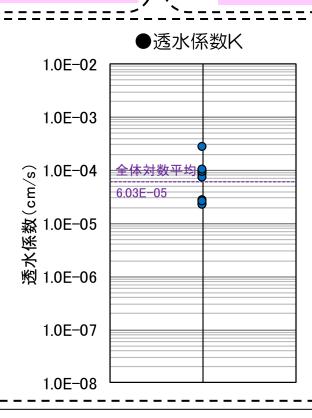


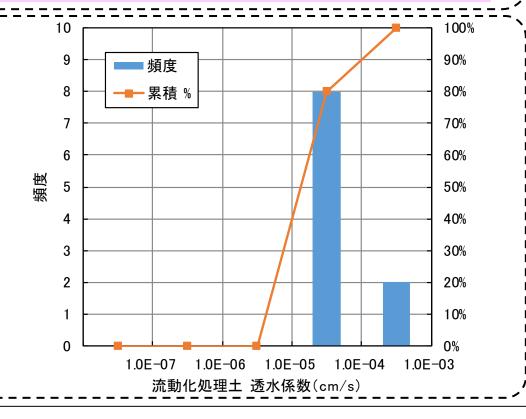
換算一軸圧縮強さ1MPa以下の箇所

・流動化処理土の大半は均質だが、崩落土砂等と混ざった箇所では 換算一軸圧縮強さが1MPa以下となっている部分もある。

#### 【透水係数(現場透水試験)】

種別		孔名	試験方法	透水係数
				K(cm/s)
		C-6	投入	8.38E-05
		0	汲上げ	2.78E-04
		C-8	投入	2.44E-05
			汲上げ	2.75E-05
今回		C-9	投入	2.31E-05
ᄀᄪ	大断面トンネル部		汲上げ	9.49E-05
		0.10	投入	2.62E-05
		C-10	汲上げ	7.36E-05
		C-11	投入	9.40E-05
			汲上げ	1.03E-04

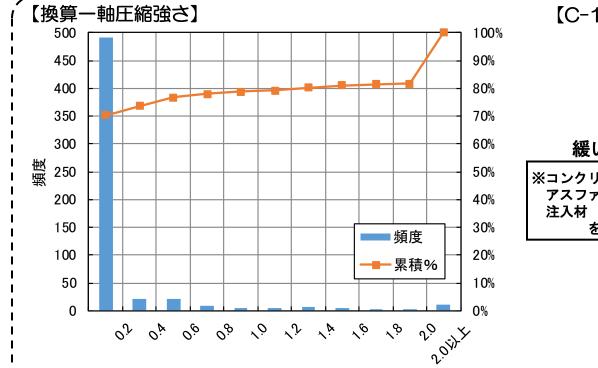




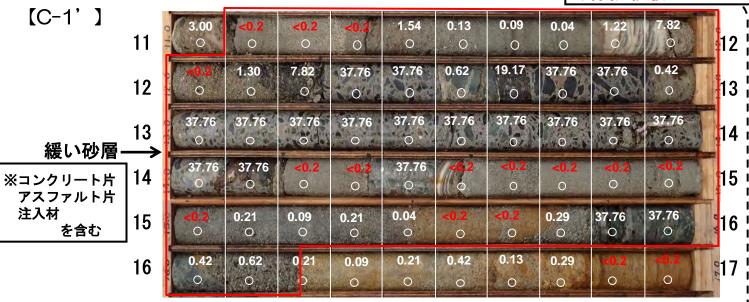
#### 4)緩い砂層の工学的評価

換算一軸圧縮強さ(MPa)





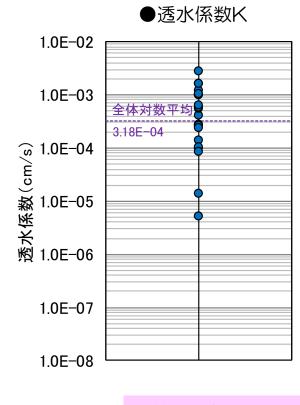
ゆるい砂層、換算一軸圧縮強さ(MPa)

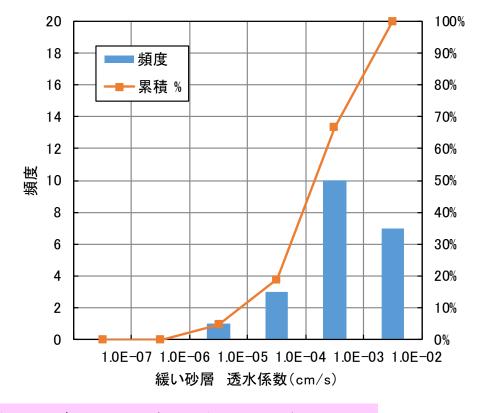


- 約79%は換算一軸強度(q<sub>u</sub>)が1.0MPa以下。
- ・局所的に換算一軸強度(qu)が2.OMPa以上が存在。

#### 【透水係数(現場透水試験)】

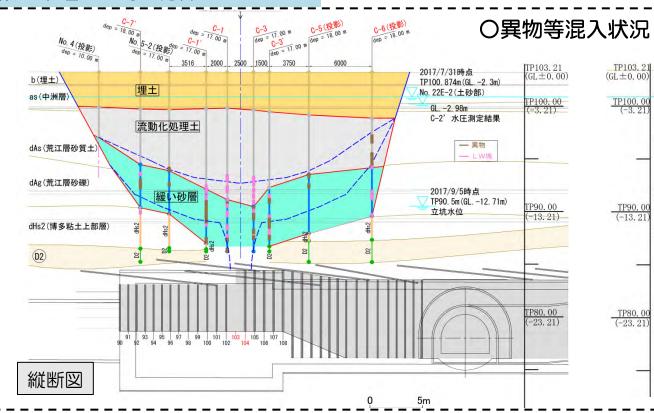
<b>種別</b>	孔名	試験方法	透水係数
竹里刀リ	71/12	11周天/1/公	K(cm/s)
	C-2'	投入	9.87E-05
	0 2	汲上げ	2.61E-04
	C-5-1	投入	1.60E-03
	5	汲上げ	2.73E-03
	C-5-2	投入	4.18E-04
	0 3 2	汲上げ	1.42E-04
	C-6	投入	1.22E-03
	U-0	汲上げ	5.67E-04
	C-7'-1	投入	1.04E-04
		汲上げ	2.84E-04
	C-7'-2	投入	8.63E-05
		汲上げ	2.61E-04
	C-8-1	投入	1.01E-03
	G-8-1	汲上げ	1.65E-03
	C-9-1	投入	5.71E-04
	0-9-1	汲上げ	1.02E-03
	C-10-1	投入	1.41E-05
	0-10-1	汲上げ	6.36E-04
	C-10-1	投入	2.43E-04
	0 10 1	汲上げ	1.07E-03

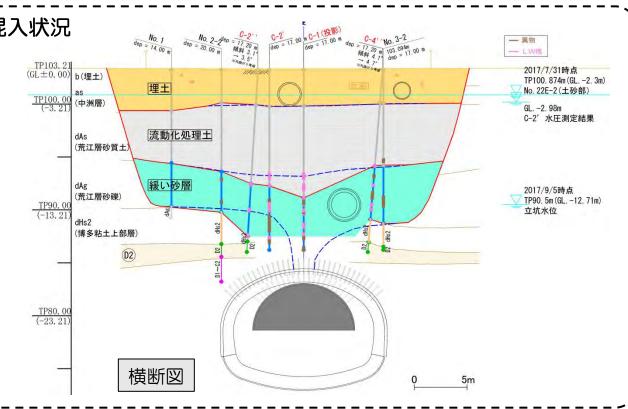




• 約81%以上は透水係数Kが1.0×10<sup>-4</sup> (cm/s)より大きい

#### 4)緩い砂層の工学的評価

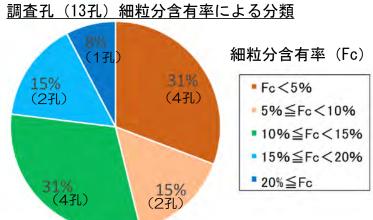




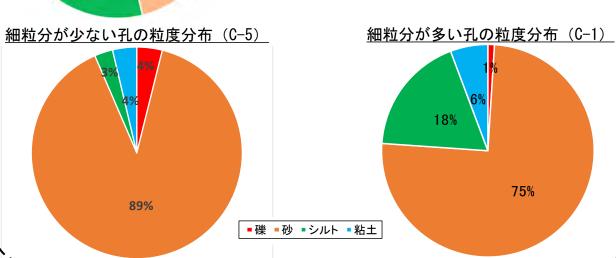
#### ●一覧表

71夕 深中(01)		粒度(%)					細粒分
孔名	深度(GL -m)	石	礫	砂	シルト	粘土	Fc
C-1	15.0~15.3	0.0	1.0	75.1	18.2	5.7	23.9
C-2'	15.3~15.6	0.0	67.6	30.2	0.8	1.4	2.2
C-3	14.6~14.9	0.0	2.5	94.2	0.3	3.0	3.3
C-4"	13.9~14.2	0.0	1.4	80.1	14.8	3.7	18.5
C-5	12.8~13.1	0.0	3.9	89.6	2.8	3.7	6.5
C-6(1)	9.7 <b>~</b> 10.0	0.0	19.8	65.6	10.7	3.9	14.6
C-6(2)	13.1~13.4	0.0	56.1	41.4	1.1	1.4	2.5
C-7'	12.35~12.85	0.0	17.6	69.0	9.5	3.9	13.4
C-8	12.05~12.35	0.0	45.6	50.0	2.4	2.0	4.4
C-9	9.0~9.3	0.0	18.9	66.1	11.5	3.5	15.0
C-10	7.2~7.7	0.0	24.2	69.6	4.4	1.8	6.2
C-11(1)	8.8~9.1	0.0	9.2	76.4	11.1	3.3	14.4
C-11(2)	13.4~13.7	0.0	48.7	41.2	7.2	2.9	10.1
	平均	0.0	24.3	65.3	7.3	3.1	10.4
	最大	0.0	67.6	94.2	18.2	5.7	23.9
	最小	0.0	1.0	30.2	0.3	1.4	2.2



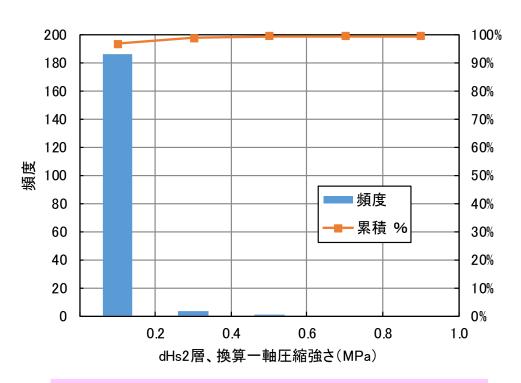


- ①54%の区間で細粒分含有率が10%以上。
- ②細粒分を局所的に24% 含む。



### 5) 博多粘土上部層 (dHs2) の工学的評価

#### 【換算一軸圧縮強さ】



- ・換算一軸圧縮強度(q<sub>u</sub>)が全て0.6MPa以下。・強度のばらつきは小さい。

#### 【孔内水平載荷試験(LLT)結果】

※全応力

孔名	測定深度 (GL -m)	水位 (GL -m)	静止土圧 (kN/m²)	鉛直土圧 (kN/m²)	静止土圧 係数	弾性係数 (MN/m²)
N-2	-14.6	-3.0	123.9	266.2	0.47	23.5
S-1	-14.9	-3.0	170.3	271.2	0.63	15.5

#### 【三軸試験(CU)結果】

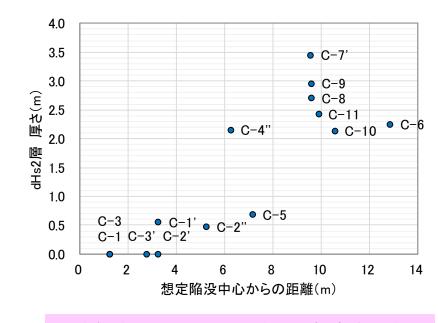
一才拉斯茨萨		全局	じカ	有効応力	
孔名	コア採取深度 (GL -m)	粘着力 (kN/m²)	内部摩擦角 (゜)	粘着力 (kN/m²)	内部摩擦角 (゜)
C-8	-13.70~-16.20	15.2	25.7	4.66	38.86
C-9	-12.85 <b>~</b> -18.50	59.0	16.5	4.54	36.68

#### 【透水係数(ルジオン試験)】

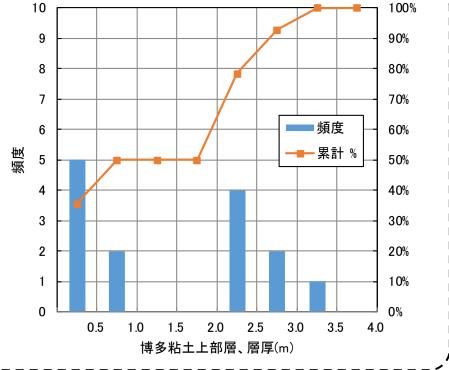
孔名	試験区間 (GL -m)	限界圧 (MPa)	換算ルジオン値 (Lu)	透水係数 (cm/s)
S-4	-14.5 <b>~</b> -15.20	0.06	17.97	1.36E-04

#### 【博多粘土上部層 (dHs2) の層厚】

ボーリング名	想定陥没中心 からの距離(m)	dHs2層 厚さ(m)
C-1	1.25	0.00
C-1'	3.25	0.55
C-2'	3.25	0.00
C-2"	5.25	0.47
C-3	1.25	0.00
C-3'	2.75	0.00
C-4"	6.25	2.15
C-5	7.16	0.68
C-6	12.86	2.25
C-7'	9.55	3.45
C-8	9.60	2.70
C-9	9.60	2.96
C-10	10.57	2.14
C-11	9.89	2.42



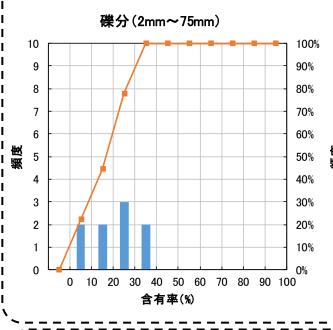
・残存するdHs2層の厚さは、想定陥没中心 に近いほど小さい。

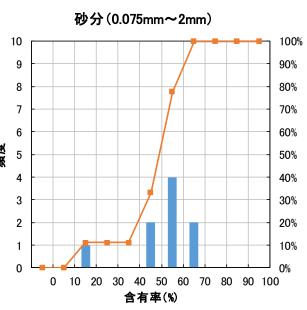


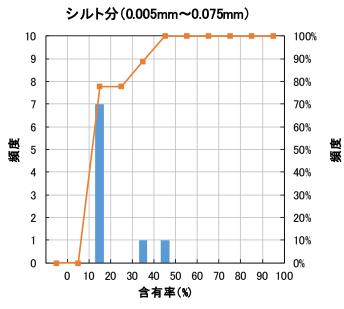
### 5) 博多粘土上部層 (dHs2) の工学的評価

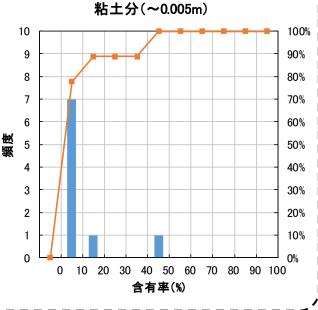
大半の細粒分含有率は20%前後であるが、部分的に80%を超える。

### 〇粒度分布





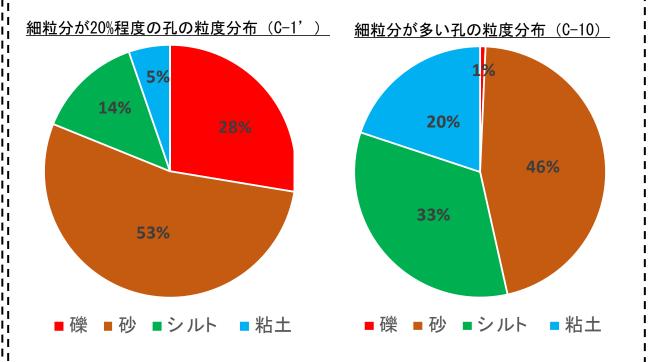




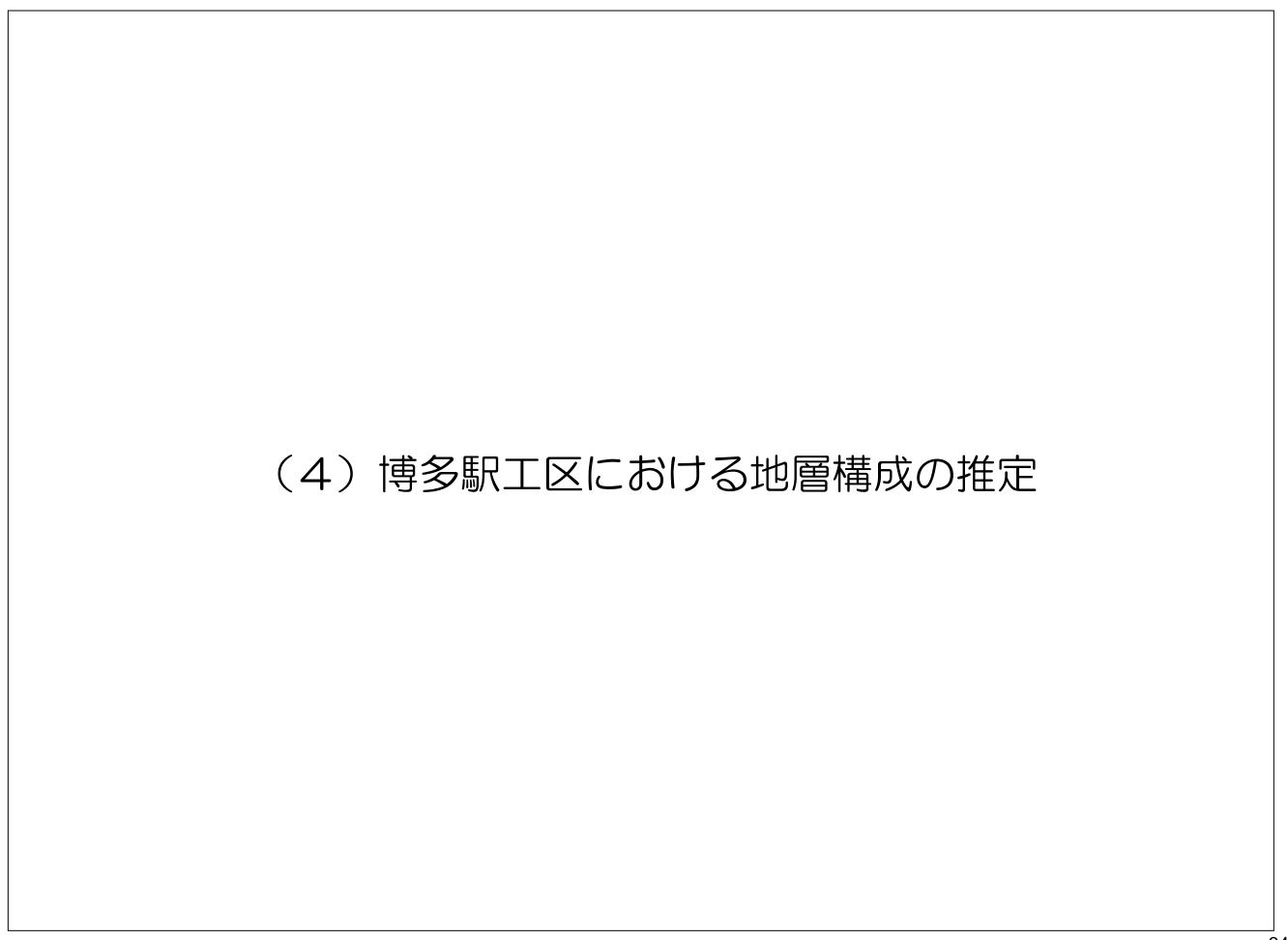
#### ●一覧表

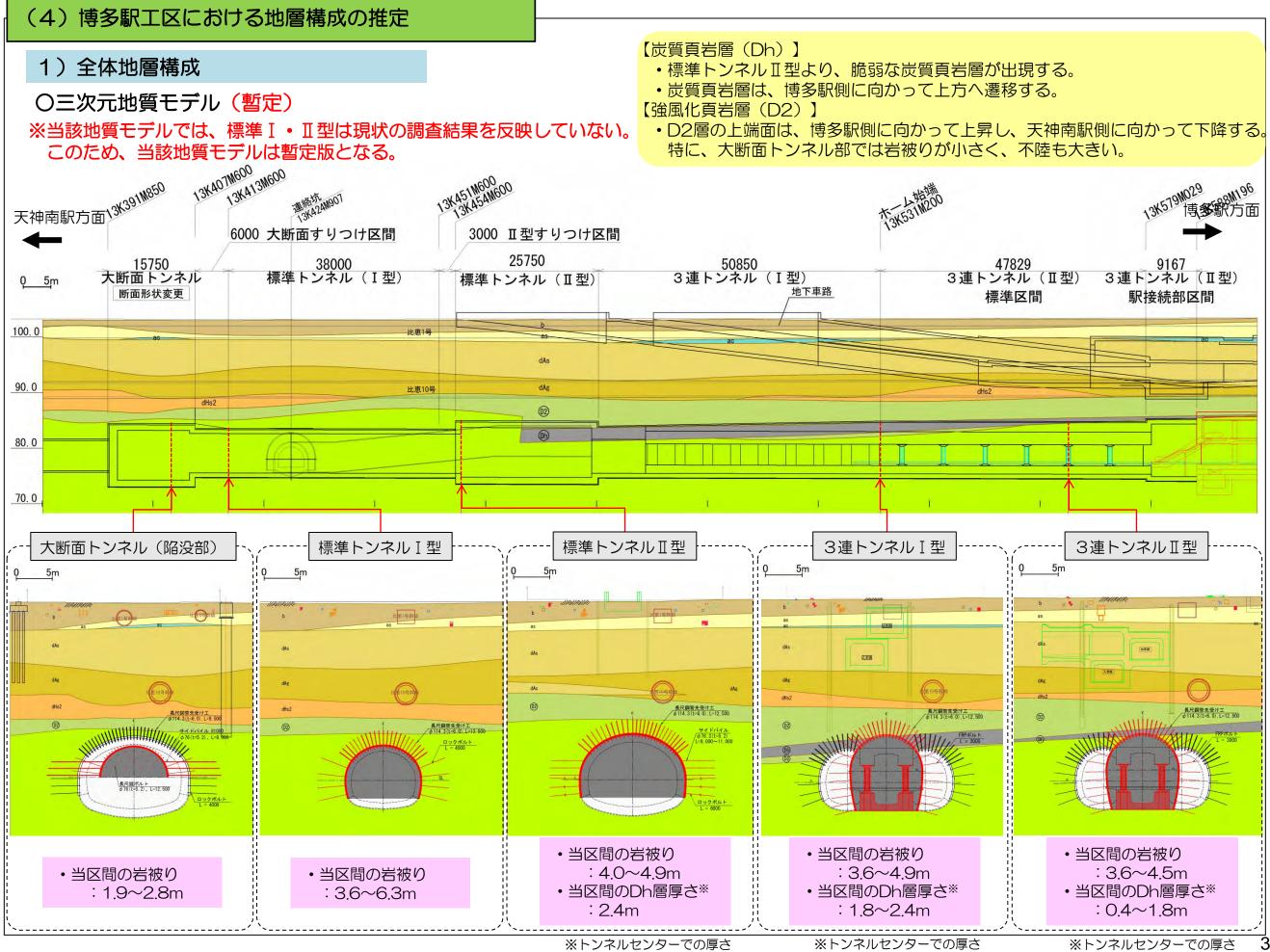
孔名	深度(GL -m)	粒度(%)					細粒分
		石	礫	砂	シルト	粘土	Fc
C-1'	16.2~16.8	0.0	27.6	53.5	13.6	5.3	18.9
C-2"	15.7~16.2	0.0	37.5	43.7	13.8	5.0	18.8
C-4"	15.0~15.3	0.0	32.8	50.3	13.7	3.0	16.7
C-5	15.3~16.0	0.0	18.1	62.7	13.7	5.5	19.2
C-7'	13.5~16.7	0.0	19.6	60.2	15.2	5.0	20.2
C-8	13.7~16.2	0.0	28.6	57.3	10.5	3.6	14.1
C-9	12.85~15.8	0.0	22.9	57.0	15.1	5.0	20.1
C-10	15.0~15.3	0.0	0.7	45.8	33.6	19.9	53.5
平均		0.0	23.5	53.8	16.2	6.5	22.7
最大		0.0	37.5	62.7	33.6	19.9	53.5
最小		0.0	0.7	43.7	10.5	3.0	14.1

#### ●粒度分布 円グラフ



・細粒分は20%程度だが、細粒分が多いケースも存在する。







#### (5) 地質調査結果のまとめ

※地質調査結果が全て揃っていない時点での中間報告 であるため、下記数値は変更となる可能性がある。

#### ① 地質調査結果(崩落孔の形状など)

- ●崩落孔は横断方向 11.6m 縦断方向 6.0m以内であることを確認した。
- ●異物等混入状況を整理した。
- ●流向流速は、規則性を持った流れ(崩落孔に向かうようなもの)は確認できなかった。

#### ② D2層の工学的評価(性状・物性値にはバラツキがみられた)

#### 〇性 状

- ●Dc2(強風化頁岩)
  - →リモナイトが濃集する(低角度)。
- ●Ds2(強風化+破砕砂岩)
  - →30~60°のせん断割れ目が発達する。
- ●Ds2(強風化砂岩)
  - →指圧で容易に破壊する(変形係数29MN/m<sup>2</sup>)。

#### 〇物 性 値

- ●D2層の変形係数Eは、7,800~399,300kN/m<sup>2</sup>で分布。
- ●D2層の透水係数Kは、8.35×10<sup>-8</sup>~7.54×10<sup>-5</sup>cm/sで分布。
- [D2]の透水係数Kは、4.63 ×10<sup>-8</sup>~1.47×10<sup>-5</sup>cm/sで分布。 ●D2層のせん断強度 τ は、115~276kN/m<sup>2</sup>で分布。 ※陥没事故前の調査(開削No1-1,2)を含めて評価すると,
- 463×10<sup>-8</sup>~417×10<sup>-4</sup>で分布。

- ●D2層の粘着力Cは、O~248kN/m<sup>2</sup>で分布。
- ●D2層の内部摩擦角 ø は 10~44° で分布。

#### ③ 炭質頁岩層の工学的評価(性状・物性値にはバラツキがみられた)

- ●標準トンネルⅡ型より東側(博多駅側)に面的に分布している。
- ●D2層の下位(GL.-17m~GL.-22m)に分布する。
- ●層厚は約0.4~2.5m
- ●東(博多駅側)に緩やかに上り傾斜している。

#### 〇物 性 値

- ●透水係数Kは、8.29×10<sup>-7</sup>~1.72×10<sup>-5</sup>cm/s ●粘着力Cは、0~69kN/m<sup>2</sup>

#### 〇性 状

- ●層状に炭質層が存在する。
- ●破砕状で、せん断面が密集し、局所的に著しく炭化している。
- ●幅20cmの破砕部(角礫状、粘土介在)が存在する。
- ●炭化の進行度にばらつきが大きい。
- ●変形係数Eは、12,300~366,500kN/m<sup>2</sup> ●内部摩擦角 φは、25~46° ●せん断強度 τは、119~197kN/m<sup>2</sup>で分布。

#### ④ 流動化処理土の工学的評価

- ●約87%は換算一軸強度(q<sub>1</sub>)が1.OMPa以上。
- ●局所的に緩い砂等が混入し、換算一軸強度が小さい部分がある。 となっている部分もある。
- ●流動化処理土の大半は均質だが、崩落土砂等と混ざった筒所では、換算一軸圧縮強さが1MPa以下
  - ●透水係数Kは、2.31×10<sup>-5</sup>~2.78×10<sup>-4</sup>cm/s

#### ⑤ 緩い砂層の工学的評価

- ●約79%は換算一軸強度 (q<sub>u</sub>) が, 1.0MPa以下。
  - ●約81%以上は、透水係数Kが1.0×10-4 (cm/s)より大きい。
- ●局所的に換算一軸強度(q」)が、2.0MPa以上が存在。

- ●細粒分を局所的に24%含む。
- ●54%の区間で細粒分含有率が、10%以上。

37

#### ⑥ 博多粘土上部層(dHs2)の工学的評価

- ●換算一軸圧縮強度(q」)が全てO.6MPa以下。
- ●強度のばらつきは小さい。
- ●大半の細粒分含有率は20%前後であるが、部分的に80%を超える。
- ●細粒分は20%程度だが、細粒分が多いケースも存在する。

#### ⑦ 博多駅工区(ナトム部)における地層構成の推定

●残存するdHs2層の厚さは、想定陥没中心に近いほど小さい。

- 【炭質頁岩層 (Dh)】 ●標準トンネルⅡ型より、脆弱な炭質頁岩層が出現する。●炭質頁岩層は、博多駅側に向かって上方へ遷移する。

- 【強風化頁岩層(D2)】 ●D2層の上端面は、博多駅側に向かって上昇し、天神南駅側に向かって下降する。特に、大断面トンネル部では岩被りが小さく、不陸も大きい。