

調布市域(入間川東側エリア)における追加調査結果

令和3年12月

東日本高速道路株式会社

目 次

①表層地盤の強度について

・ 地歴の再確認	.....	1 ~ 4
・ 調査対象地域周辺のボーリング調査結果	.....	5
・ ボーリング調査(浅層)位置図	.....	6
・ ボーリング調査(浅層)結果	.....	7
・ 地盤の長期許容応力度の確認	.....	8

②特異な空隙や空洞について

・ 不攪乱試料のX線検査	.....	9 ~ 17
・ 開削調査	.....	18 ~ 20
・ 孔壁写真	.....	21 ~ 23
・ ビデオ付きコーン貫入試験	.....	24
・ 振動による表層地盤への影響確認実験	.....	25 ~ 27

③トンネル掘進に伴う振動の影響について

・ 当該地周辺の地震の履歴	.....	28
・ トンネル掘進の振動特性	.....	29
・ 振動場における粒状体の挙動に関する実験的研究	.....	30
・ 液状化判定	.....	31

<参考>

・ 武蔵野礫層の確認	.....	32
・ 地下水位の変動調査	.....	33
・ 地下水の流向・流速調査	.....	34
・ 入間川護岸調査	.....	35
・ 埋設物の状況確認	.....	36
・ 市道84-2付近の状況	.....	37
追加調査結果のまとめ	.....	38

①表層地盤の強度について

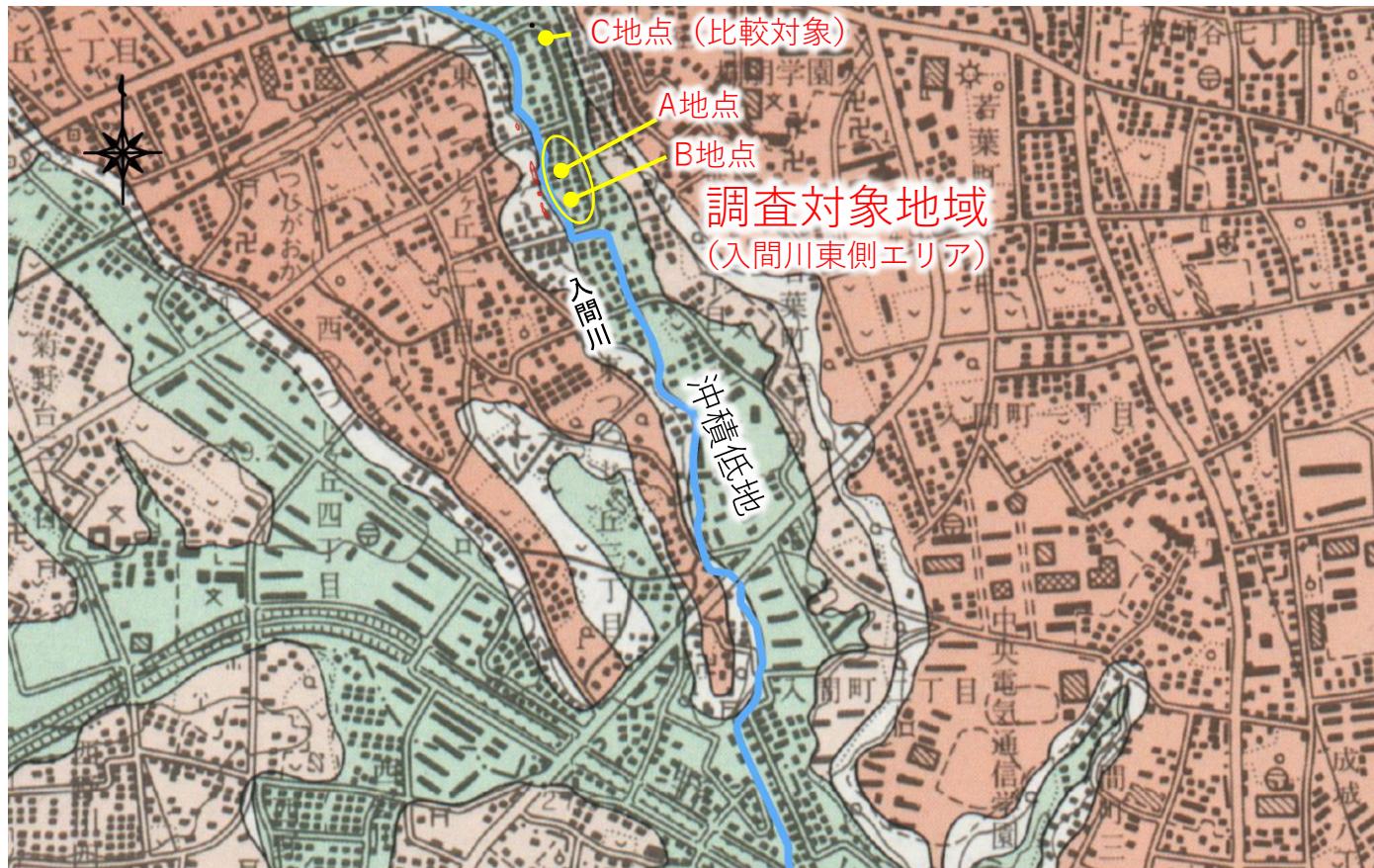
入間川東側エリアにおける表層地盤のN値は概ね5以下であり、トンネル掘進の影響がない箇所の調査でも同様の結果でした

地歴の再確認

調査対象地域の周辺の地形図

○調査対象地域である入間川東側は、沖積低地※にあたります。

※第四紀沖積世時代(約1万年前)から現在までに、河川や海水の作用によって形成された沖積層からなる低地



調査対象地域周辺の地形図
出典:「地理院地図 GSI Maps」

凡例
上位段丘面
下位段丘面
沖積低地

山地・斜面等は、着色しておらず白部として表示

地歴の再確認

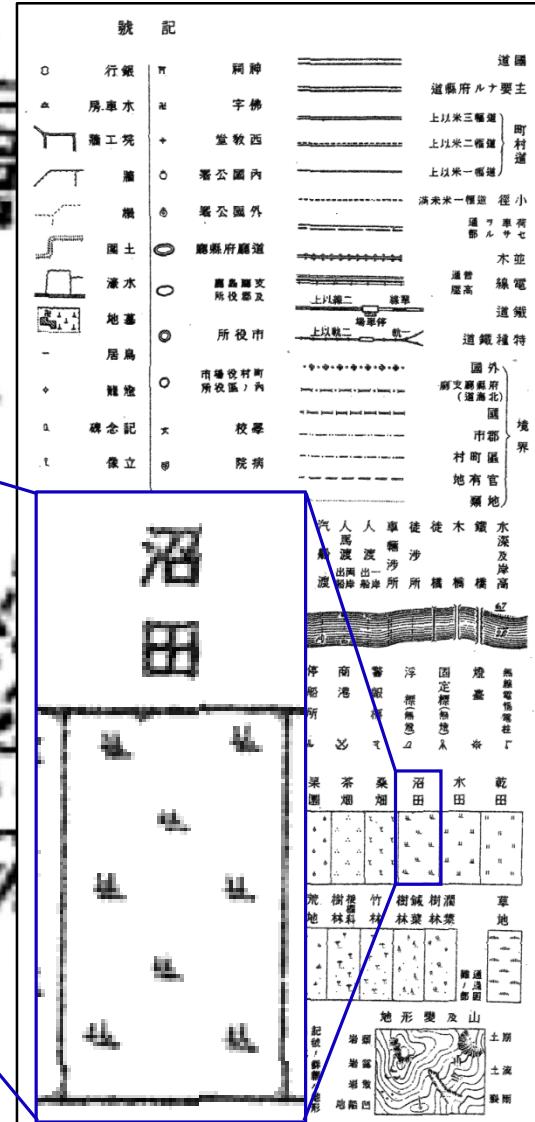
調査対象地域周辺の旧版地形図

○1944-1954年の旧版地形図によると入間川東側は「沼田」であったことが確認されます。



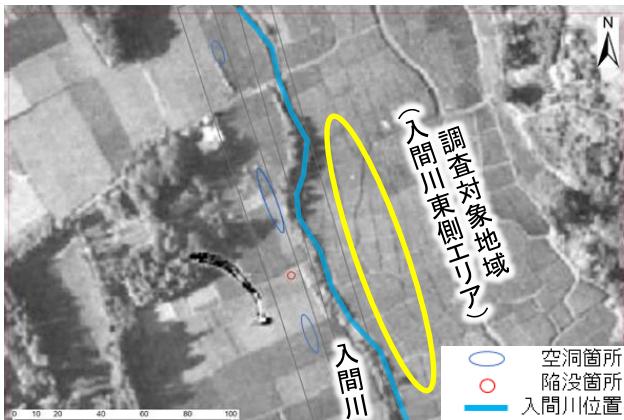
沼田：当時の分類で、冬場でもぬかるむ田
(乾田：冬場にはぬかるまない田、水田：沼田と乾田の中間)

この地図は時系列地形図閲覧サイト「今昔マップ on the web」((c) 谷謙二)により作成したものです。



地歴の再確認

航空写真(1947年、1963年、1971年、1975年)



過去の空中写真画像（1947年9月8日撮影）
出典：国土地理院 地図・空中写真閲覧サービス

- 沖積低地部は1950年代まで耕作地（おそらく田圃）として利用されています。



過去の空中写真画像（1963年6月26日撮影）
出典：国土地理院 地図・空中写真閲覧サービス

- 1963年には宅地化のために造成（埋土）されています。



過去の空中写真画像（1971年4月30日撮影）
出典：国土地理院 地図・空中写真閲覧サービス

- 1971年には宅地化が進んでいます。



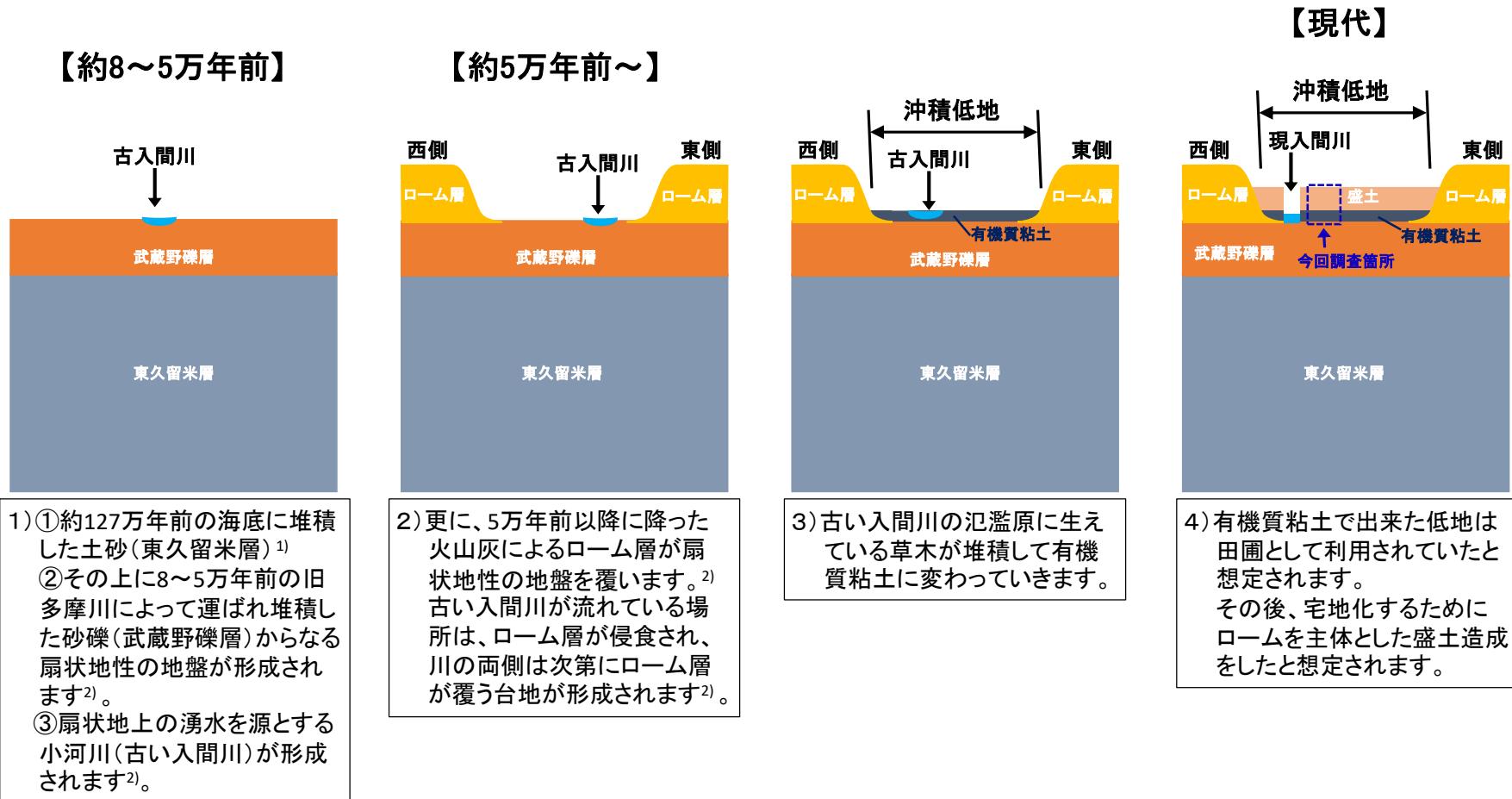
過去の空中写真画像（1975年1月19日撮影）
出典：国土地理院 地図・空中写真閲覧サービス

- 1975年には更に宅地化が進んでいます。

地歴の再確認

入間川周辺の土地の成り立ち

- 現在の入間川周辺の沖積低地は、古い入間川によるローム層の浸食と、古い入間川氾濫原に堆積した草や木が元となった有機質粘土が主体となっていると想定されます。
- 田園として利用されていたと想定される有機質粘土の上に盛土を行い、宅地として造成されたと想定されます。



1)出典：村田昌則,鈴木毅彦,中山俊雄,川島真一,川合将文(2007)武藏野台地南東部地下における上総層群のテフロクロノロジー. 地学雑誌, 116, 243-259.

2)出典：久保純子(1988)相模野台地・武藏野台地を刻む谷の地形

調査対象地域周辺のボーリング調査結果

○調査対象地域周辺における既往のボーリング調査結果では、調査地点によってバラつきが見られるものの、調査対象地域を含む表層地盤(武蔵野礫層の上部)は比較的広範囲にN値5以下の地点が多く分布しています。



○入間川西側の沖積低地のボーリングデータ(GIS版)

ボーリング	39330003	39330082	39330095	39340010	39340183	39340188	39340189	39340190
調査時期	1971年	1973年	2017年	1971年	1973年	2015年	2015年	2015年
土質区分	N値	表土 2 埋土 3 表土 4 高有機質土	2 表土 5~8 砂質ローム 5~8 混凝りシルト	1 有機質土 2 砂質粘土 2~3 関東ローム	4 表土 2~3 灰化灰質粘土 4~5 混凝質粘土	5 表土 2~5 ローム 2~5 関東ローム	4~5 表土 2~3 表土 2~5 関東ローム 3~8 関東ローム	9 21 1~2

○入間川東側の沖積低地のボーリングデータ(GIS版)

ボーリング	39330085	39330086
調査時期	1971年	1983年
土質区分	N値	埋土・粘土 12 1 旧表土 2 小疊混り粘土 4 ~腐植土混り中砂 2 砂質粘土

○その他周辺地域のボーリングデータ(GIS版)

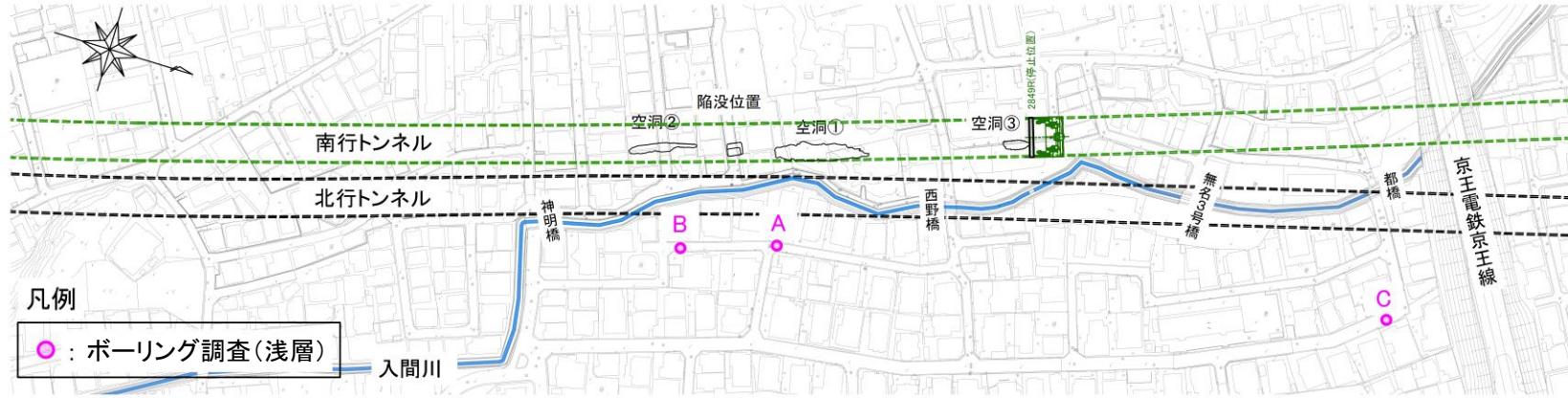
ボーリング	39330001	39330005	39330080	39330083	39330084	39330089	39330090	39330091	39330092	39330093	39330094	39340008	39340006
調査時期	1974年	1971年	1971年	1974年	1974年	2014年	2014年	2014年	2014年	2017年	2017年	1968年	1964年
土質区分	N値	表土 50 表土 4 盛土～ローム 4~5 盛土	4 盛土～ローム 2~3 関東ローム 4~5 灰化灰質粘土	4~5 盛土 3 シルト～細砂	50 表土・埋土 2~3 ローム 3 シルト～細砂	3 表土 2~5 ローム	6 表土 2~5 ローム 2~5 関東ローム	4 表土 3~8 関東ローム 2~5 関東ローム	4~6 表土 2~5 関東ローム 3~6 表土～シルト	3 表土 2~5 関東ローム 3~6 表土～シルト	8 表土 2 シルト	3 表土 1 関東ローム	1 表土 2~4 関東ローム 4~7 粘土質ローム

※各ボーリングの詳細柱状図は、参考資料10P～21P参照

出典: 東京都土木技術支援・人材育成センターHP 東京の地盤(GIS)

ボーリング調査(浅層)位置図

OA～Cの3地点において、ボーリング調査および開削調査を実施しました。



凡例

○ : ボーリング調査(浅層)

入間川

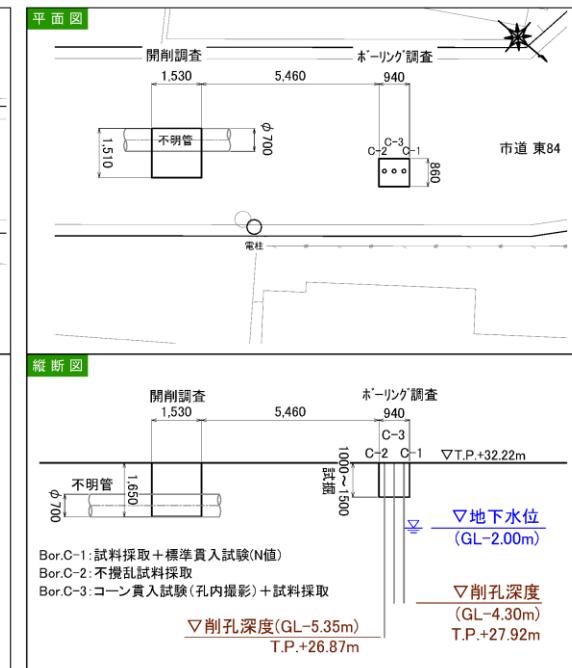
A地点



B地点



C地点(比較対象)



※試掘は、埋設物の確認のため実施

ボーリング調査(浅層)結果

ボーリング柱状図

○表層地盤は、入間川東側はローム、玉石混じり粘土質砂礫等で盛土されていることが確認されました。

<A地点>

○表層地盤のN値は、1~3

○砂礫層はGL-3.50mで確認されました。(武藏野礫層天端レベルTP+27.66m)

<B地点>

○表層地盤のN値は、0~1

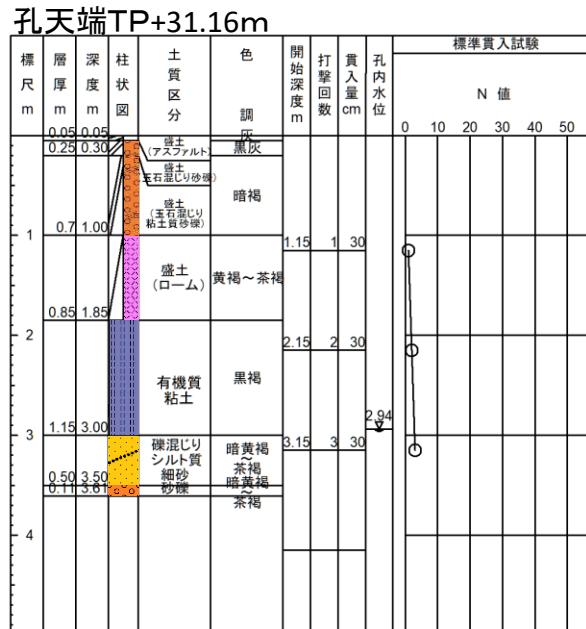
○砂礫層はGL-2.90mで確認されました。(武藏野礫層天端レベルTP+28.10m)

<C地点(比較対象)>

○表層地盤のN値は、0~6

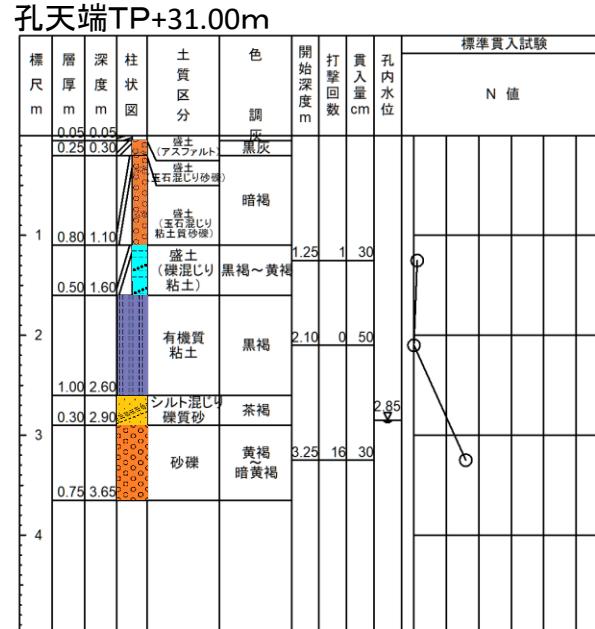
○砂礫層はGL-3.40mで確認されました。(武藏野礫層天端レベルTP+28.82m)

A地点 A-1



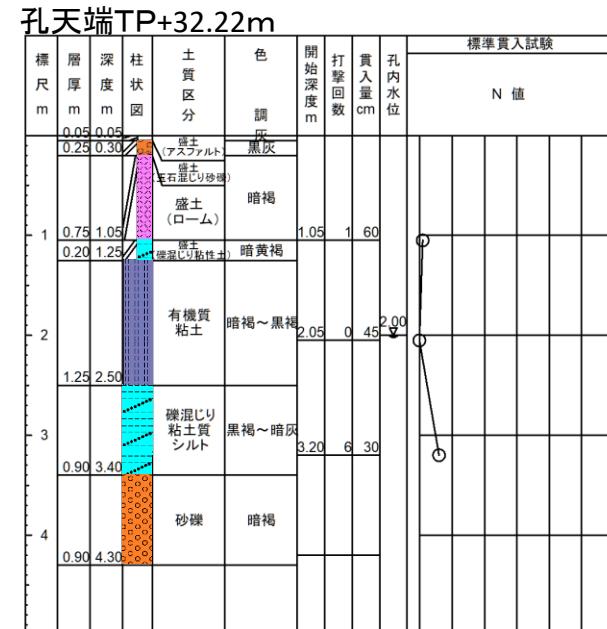
※GL-1.25mまでは、ガラが多く混在

B地点 B-1



※GL-1.6mまでは、ガラが多く混在

C地点(比較対象) C-1



地盤の長期許容応力度の確認

○一軸圧縮試験の値から長期許容応力度を算出した結果、一般住宅の基礎構造として、べた基礎や布基礎を適用できる基準を上回る強度を有することが確認されました。

【一軸圧縮試験の結果】

A地点
A-2

番号	深度	層名	N値※	一軸圧縮強さ (kN/m ²)			
				①	②	③	平均
1	1.35～1.80m	ローム	1	81.0	35.9	45.0	54.0
2	1.90～2.28m	有機質粘土	2	54.8	59.5	20.6	45.0

注) 埋設物確認のための試掘によりGL-1.25まで未採取であり、一軸圧縮試験を実施していません。

B地点
B-2

番号	深度	層名	N値※	一軸圧縮強さ kN/m ²			
				①	②	③	平均
1	1.99～2.36m	有機質粘土	0	50.8	43.0	41.5	45.1

注) 埋設物確認のための試掘によりGL-1.60まで未採取であり、一軸圧縮試験を実施していません。

C地点
(比較対象)
C-2

番号	深度	層名	N値※	一軸圧縮強さ kN/m ²			
				①	②	③	平均
1	1.66～2.02m	有機質粘土	0	67.3	77.6	58.5	67.8
2	2.20～2.60m	有機質粘土	0	77.1	79.4	87.1	81.2

注) 埋設物確認のための試掘によりGL-1.50まで未採取であり、一軸圧縮試験を実施していません。

※N値は、A-1、B-1、C-1の値

【長期許容応力度の算定】

○小規模建築物基礎設計指針(日本建築学会)における、テルツァーギの修正支持力式※により地盤の長期許容応力度 q_a を算定した結果、一軸圧縮強さ $q_u: 45\text{kN}/\text{m}^2$ を用いた場合、長期許容応力度は $q_a \approx 38\text{kN}/\text{m}^2$ となります。

※【テルツァーギの修正支持力式】

$$q_a = 1/3 \times (\alpha \cdot c \cdot N_c + \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_y + \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q)$$

(粘土として内部摩擦角 $\phi = 0^\circ$ とみなし、支持地盤の粘着力 $c = 1/2 \cdot q_u$ とした。
また基礎の根入れ D_f を0mと仮定した。)

建設省告示1347号に示される長期許容応力度と基礎形式

長期許容応力度 (kN/m ²)	基礎形式
20未満	基礎ぐい
20以上30未満	基礎ぐい または べた基礎
30以上	基礎ぐい、べた基礎、布基礎

②特異な空隙や空洞について

不攪乱で採取した表層地盤のX線検査等の結果、特異な空隙や空洞は確認されませんでした

また、現地採取土による振動実験でも、特異な空隙は確認されませんでした

不攪乱試料のX線検査

【A地点】

- GL-1.25mまでは埋設物確認のため試掘を実施しており、それより深い位置で試料採取しました。
- GL-1.25m～GL-3.5m付近まで盛土および有機質粘土等で構成され、GL-3.5m付近から砂礫層が確認されました。
- ボーリングにより採取した不攪乱試料のX線検査の結果、数ミリ以上の特異な空隙は確認されておりません。
(一部で黒い撮像が見られる箇所は、局所的な腐植土が多い粘性土や試料採取時の乱れであり、特異な空隙でないことを確認しています。)

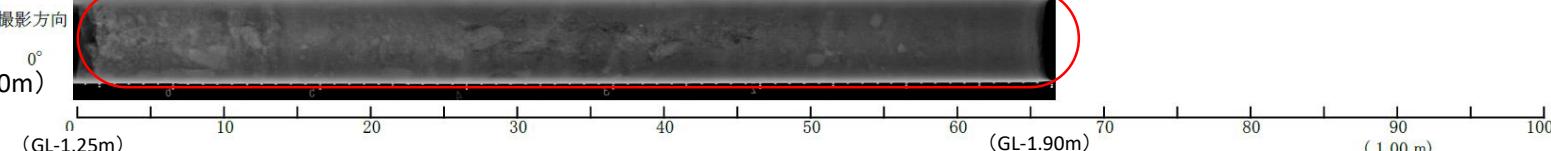
試料写真

(GL-1.25m～GL-1.90m)



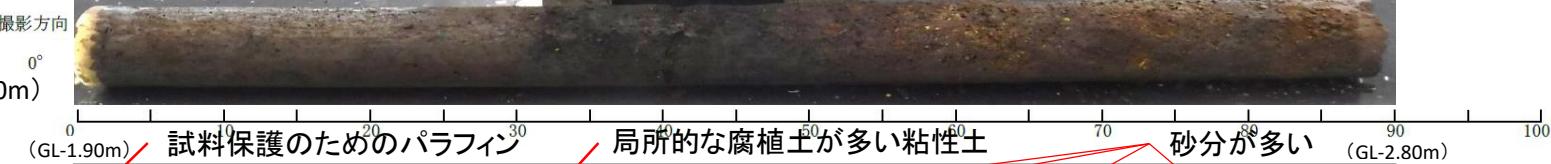
X線写真

(GL-1.25m～GL-1.90m)



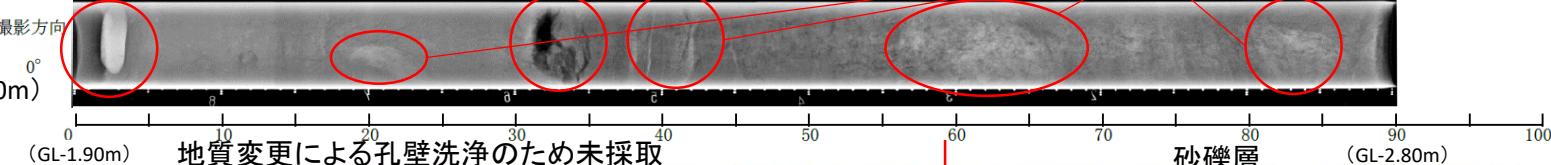
試料写真

(GL-1.90m～GL-2.80m)



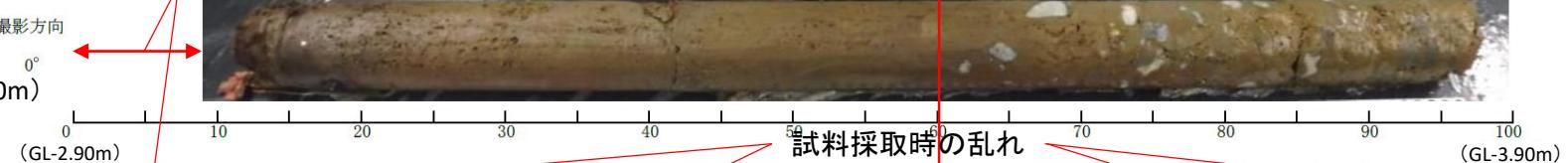
X線写真

(GL-1.90m～GL-2.80m)



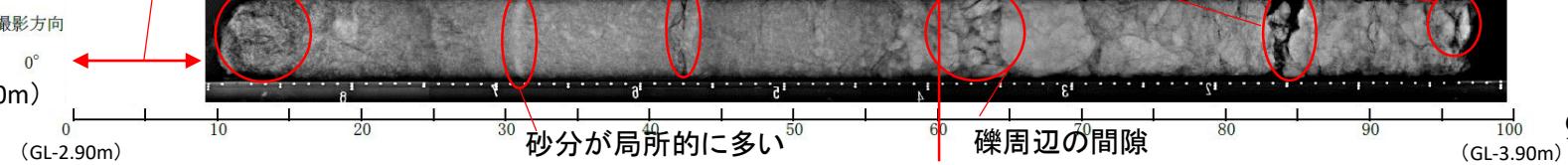
試料写真

(GL-2.90m～GL-3.90m)



X線写真

(GL-2.90m～GL-3.90m)

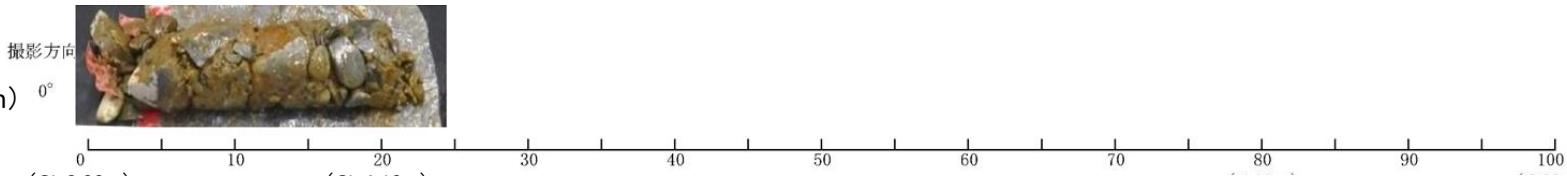


不攢乱試料のX線検査

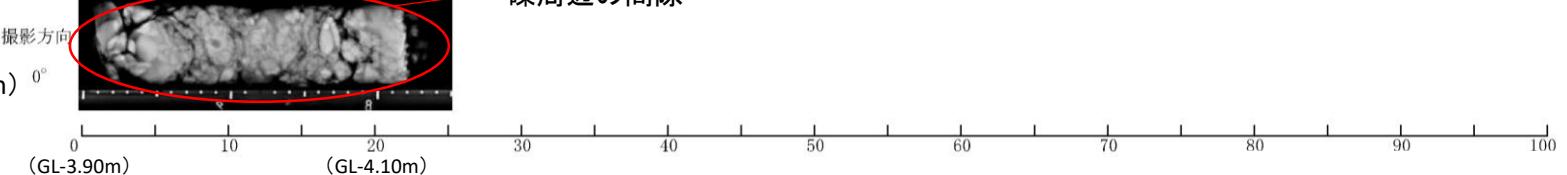
【A地点】

○礫周辺で間隙が見られますが、これは通常の礫地盤でも見られるものです。

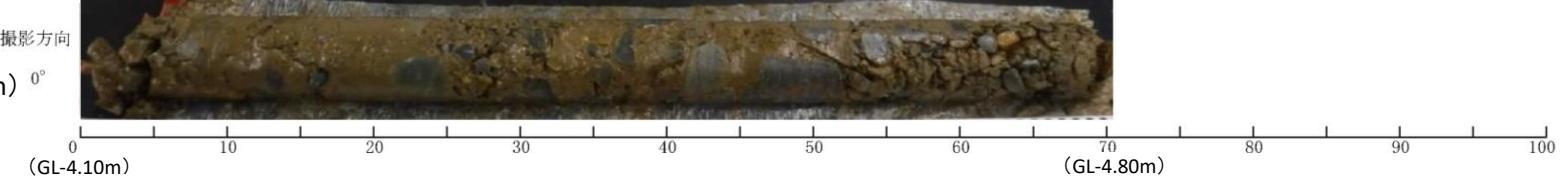
試料写真



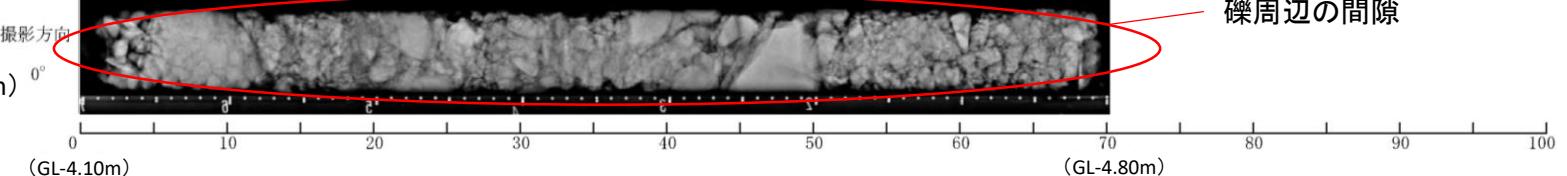
X線写真



試料写真



X線写真

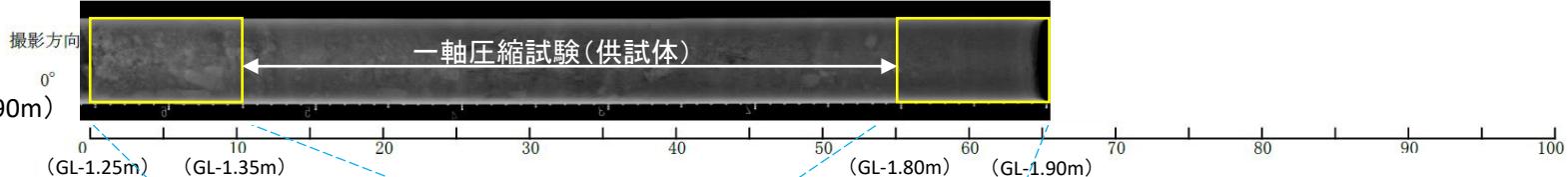


不攢乱試料のX線検査

【A地点】

○ボーリングコアを半割にした結果、内部に腐植物と礫石が混入している部分が確認された以外に、特異な空隙は確認されませんでした。

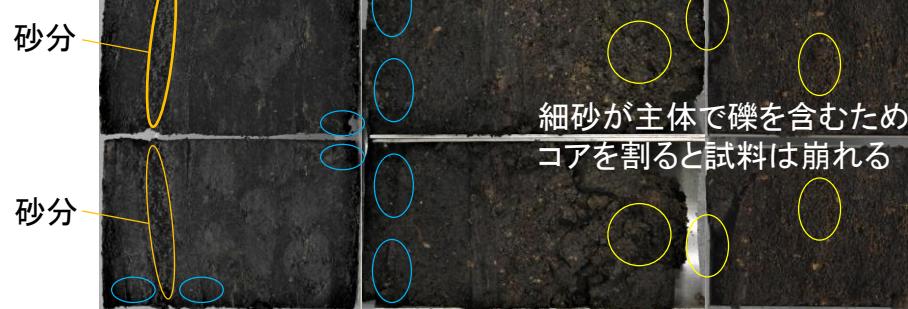
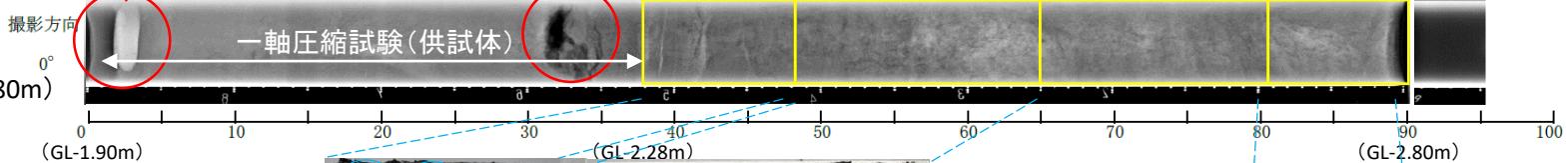
X線写真



凡例

- : 炭化・酸化した部分
- : 腐植物の混入部分
- : 磯石の混入部分

X線写真

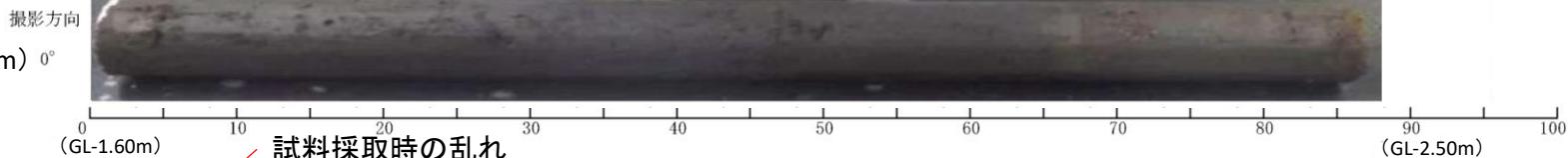


不攪乱試料のX線検査

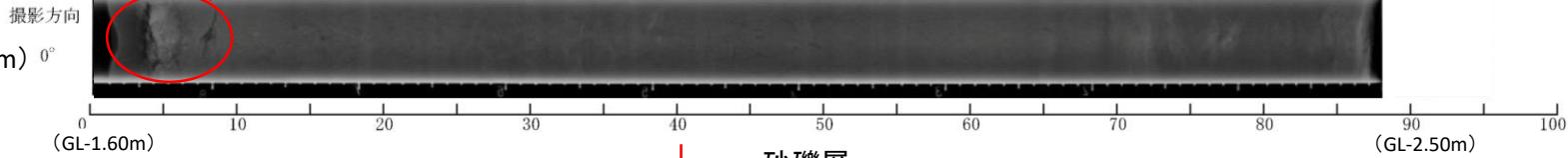
【B地点】

- GL-1.6mまでは埋設物確認のため試掘を実施しており、それより深い位置で試料採取しました。
- GL-1.6m～GL-2.9m付近まで盛土および有機質粘土等で構成され、GL-2.9m付近から砂礫層が確認されました。
- ボーリングにより採取した不攪乱試料のX線検査の結果、数ミリ以上の特異な空隙は確認されておりません。
(一部で黒い撮像が見られる箇所は、局所的にシルトが多い箇所や試料採取時の乱れであり、特異な空隙でないことを確認しています。)

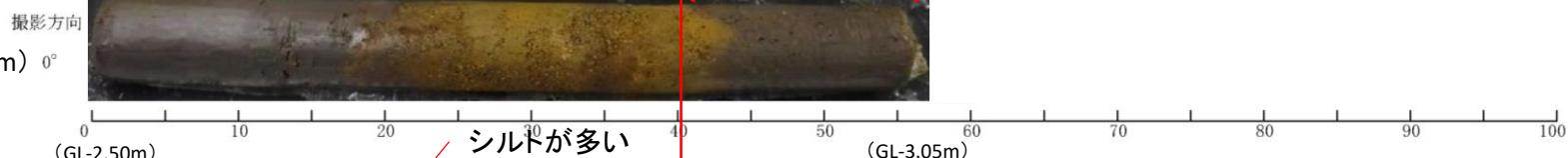
試料写真



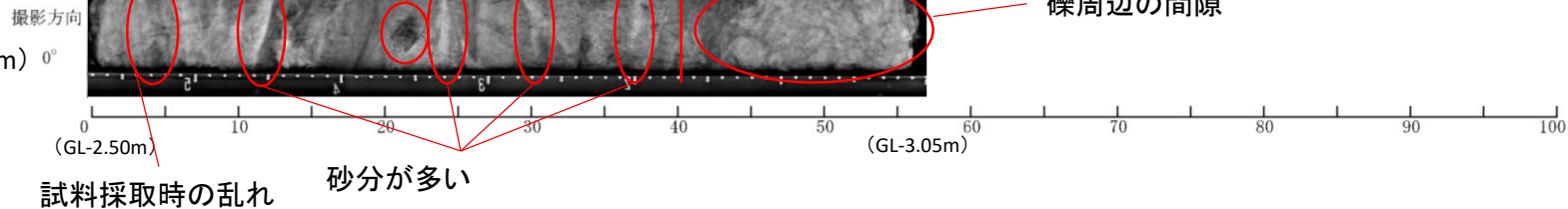
X線写真



試料写真



X線写真



不攢乱試料のX線検査

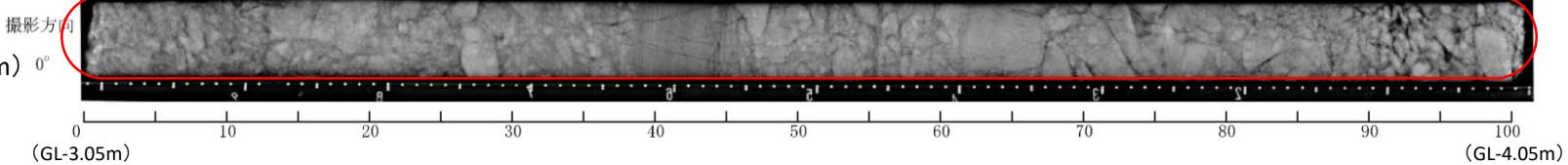
【B地点】

○礫周辺で間隙が見られますが、これは通常の礫地盤でも見られるものです。

試料写真

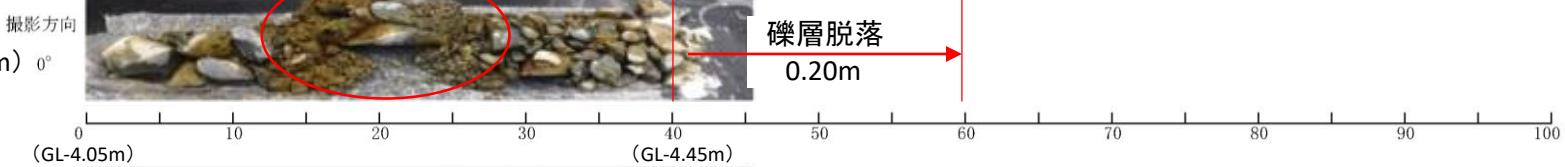


X線写真

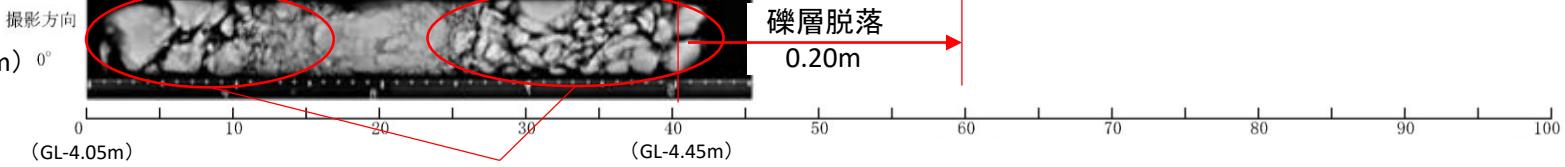


X線撮影後、写真撮影時にコアが崩れました(礫が主体のため、コアが自立しませんでした)

試料写真



X線写真



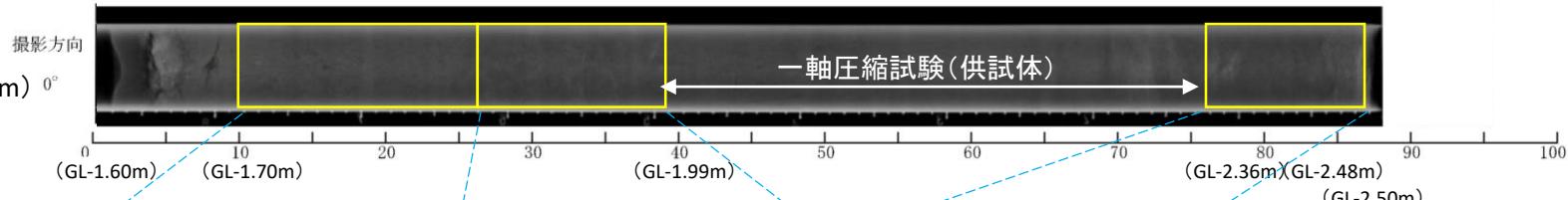
砂や細粒分が少なく礫が卓越しています

不攢乱試料のX線検査

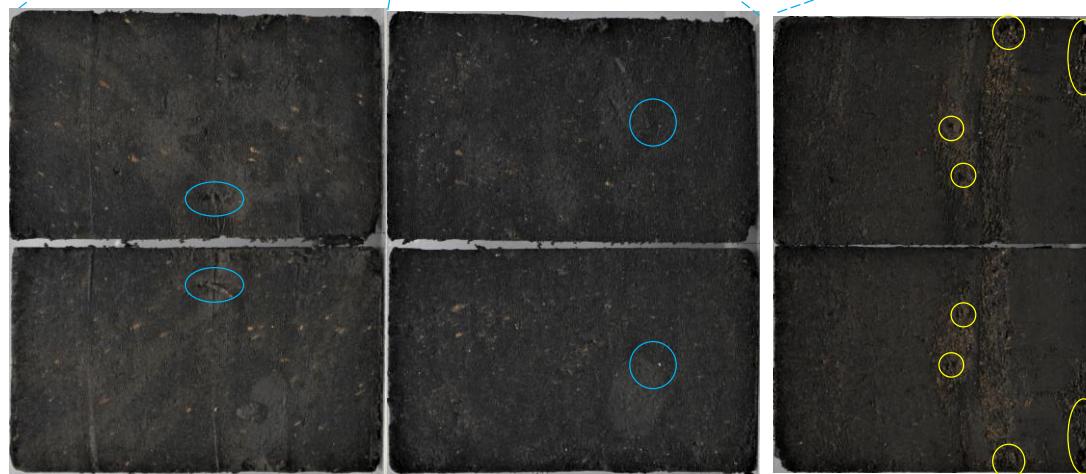
【B地点】

○ボーリングコアを半割にした結果、内部に腐植物と礫石が混入している部分が確認された以外に、特異な空隙は確認されませんでした。

X線写真



半割写真



凡例
○: 腐植物の混入部分
○: 磯石の混入部分

不攪乱試料のX線検査

【C地点(比較対象)】

- GL-1.5mまでは埋設物確認のため試掘を実施しており、それより深い位置で試料採取しました。
- GL-1.5m～GL-3.35m付近までは盛土および有機質粘土等で構成され、GL-3.35m付近から砂礫層が確認されました。
- ボーリングにより採取した不攪乱試料のX線検査の結果、数ミリ以上の特異な空隙は確認されておりません。
(一部で黒い撮像が見られる箇所は、腐植物の混入や試料採取時の乱れであり、特異な空隙でないことを確認しています。)

試料写真

撮影方向

(GL-1.50m～GL-2.20m)

0°



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
(GL-1.50m) 試掘時の試料の乱れと推定されます (GL-2.20m)

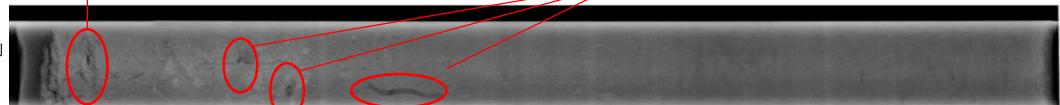
腐植物の混入

X線写真

撮影方向

(GL-1.50m～GL-2.20m)

0°



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
(GL-1.50m) (GL-2.20m)

試料写真

撮影方向

(GL-2.20m～GL-3.10m)

0°



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
(GL-2.20m) (GL-3.10m)

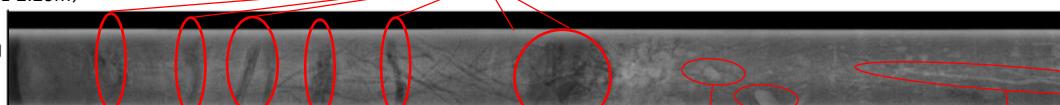
腐植物の混入

X線写真

撮影方向

(GL-2.20m～GL-3.10m)

0°



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
(GL-2.20m) (GL-3.10m)

礫

砂分が多い

試料写真

撮影方向

(GL-3.10m～GL-3.35m)

0°



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
(GL-3.10m) (GL-3.35m)

礫周辺の間隙

X線写真

撮影方向

(GL-3.10～GL-3.35m)

0°



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
(GL-3.10m) (GL-3.35m)

採取時の試料の乱れ

不攢乱試料のX線検査

【C地点(比較対象)】

○礫周辺で間隙が見られますが、これは通常の礫地盤でも見られるものです。

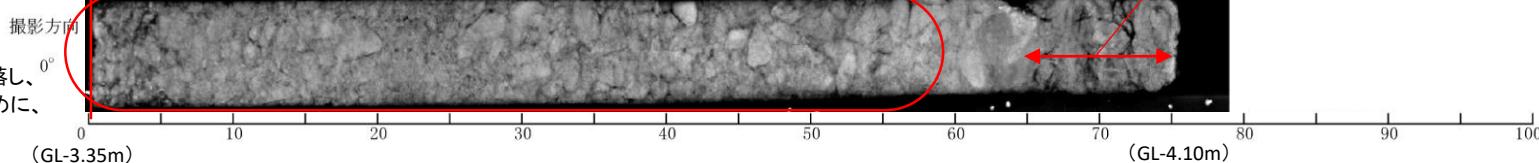
試料写真

(GL-3.35m～GL-4.10m)
介在礫層により試料0.65mが脱落し、
その脱落した試料を回収するために、
さらに0.1m削孔した



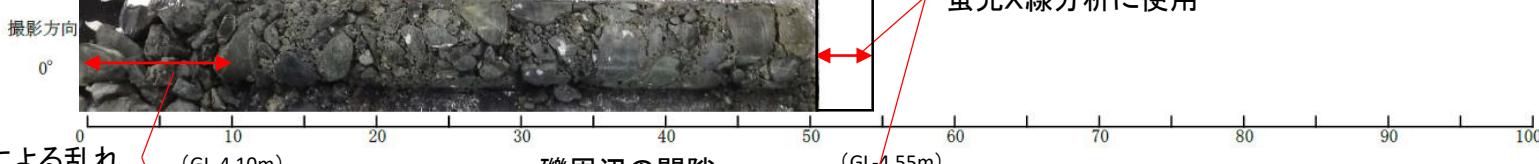
X線写真

(GL-3.35m～GL-4.10m)
介在礫層により試料0.65mが脱落し、
その脱落した試料を回収するために、
さらに0.1m削孔した



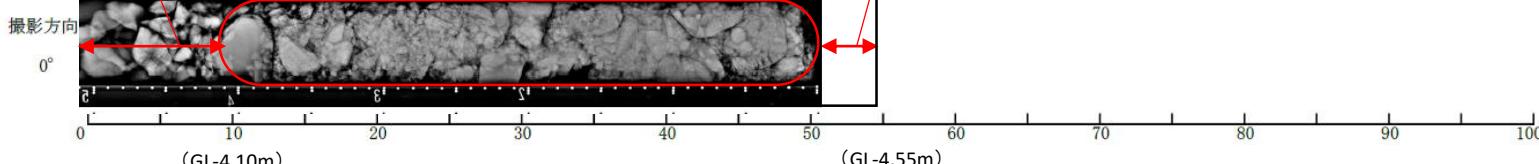
試料写真

(GL-4.10m～GL-4.55m)



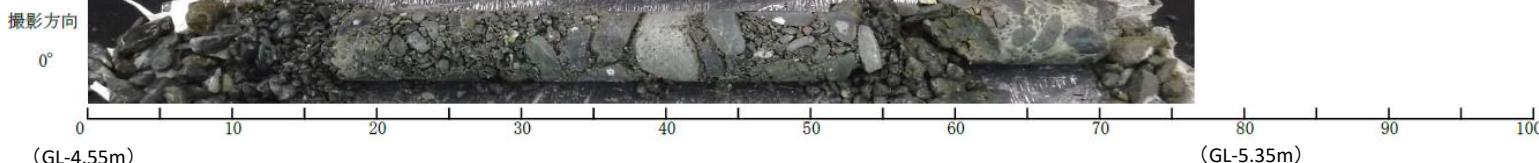
X線写真

(GL-4.10m～GL-4.55m)



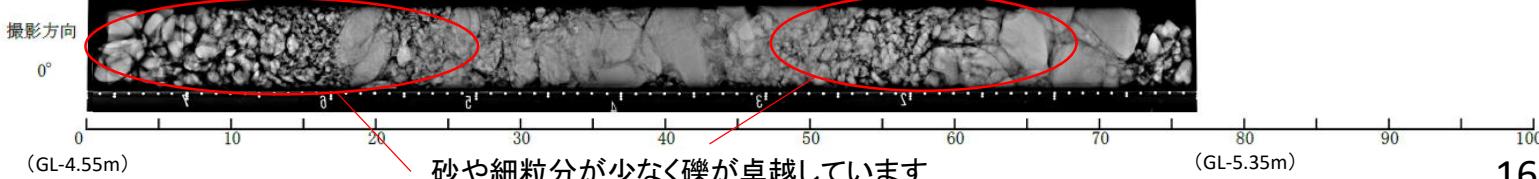
試料写真

(GL-4.55m～GL-5.35m)



X線写真

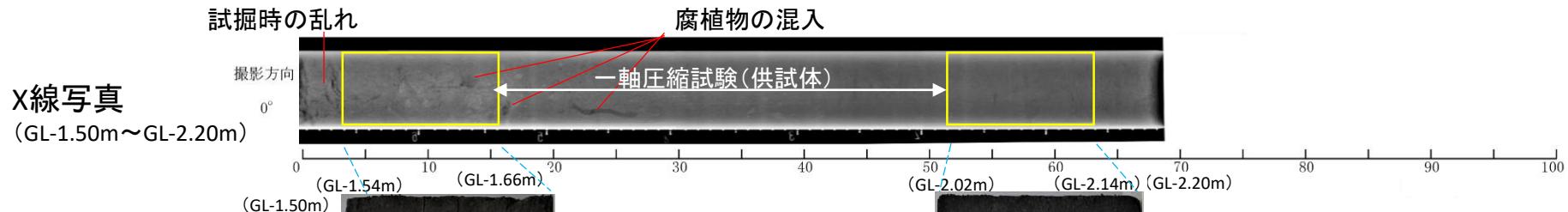
(GL-4.55m～GL-5.35m)



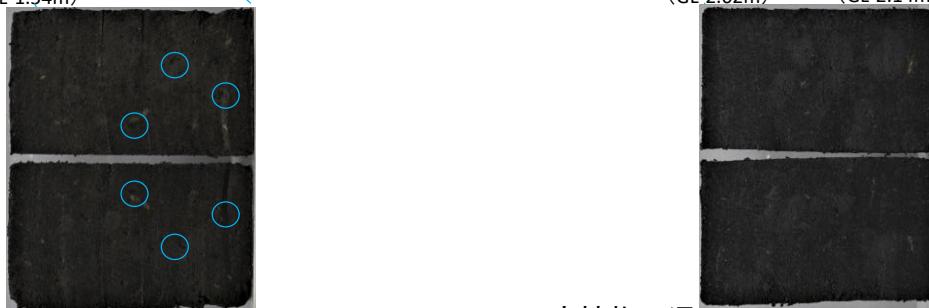
不攢乱試料のX線検査

【C地点(比較対象)】

○ボーリングコアを半割にした結果、内部に腐植物と礫石が混入している部分が確認された以外に、特異な空隙は確認されませんでした。



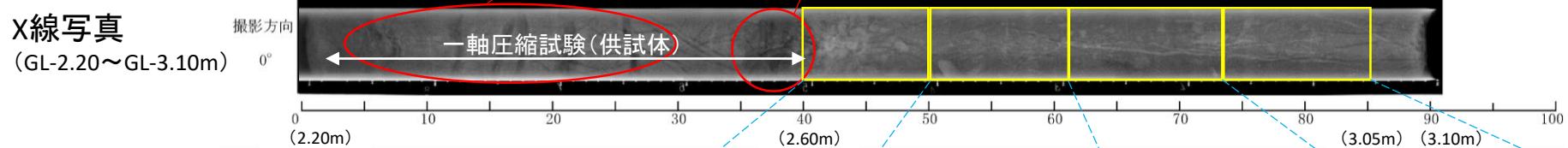
半割写真



凡例

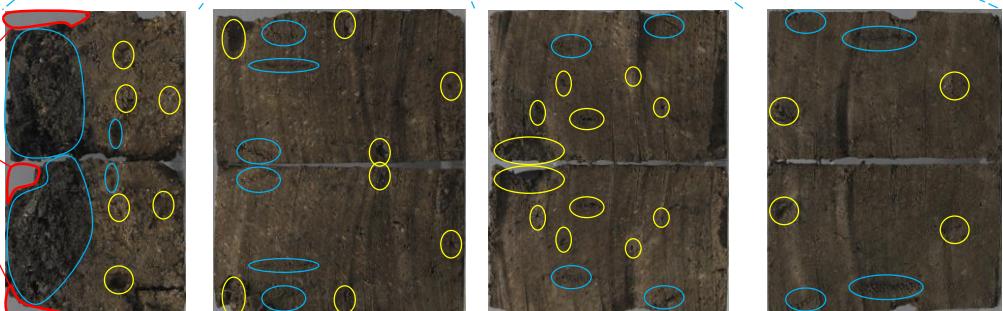
○: 腐植物の混入部分

○: 磯石の混入部分



半割写真

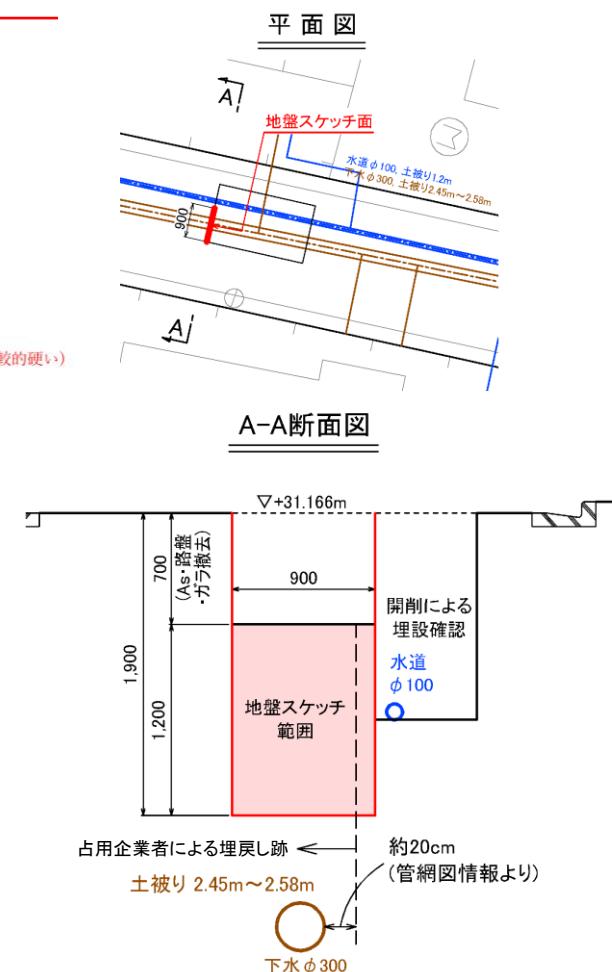
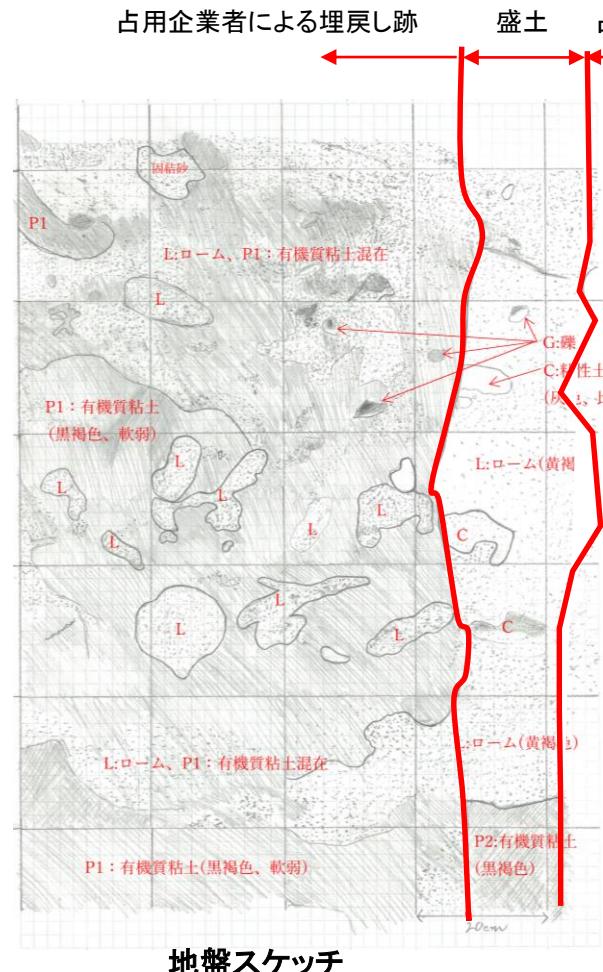
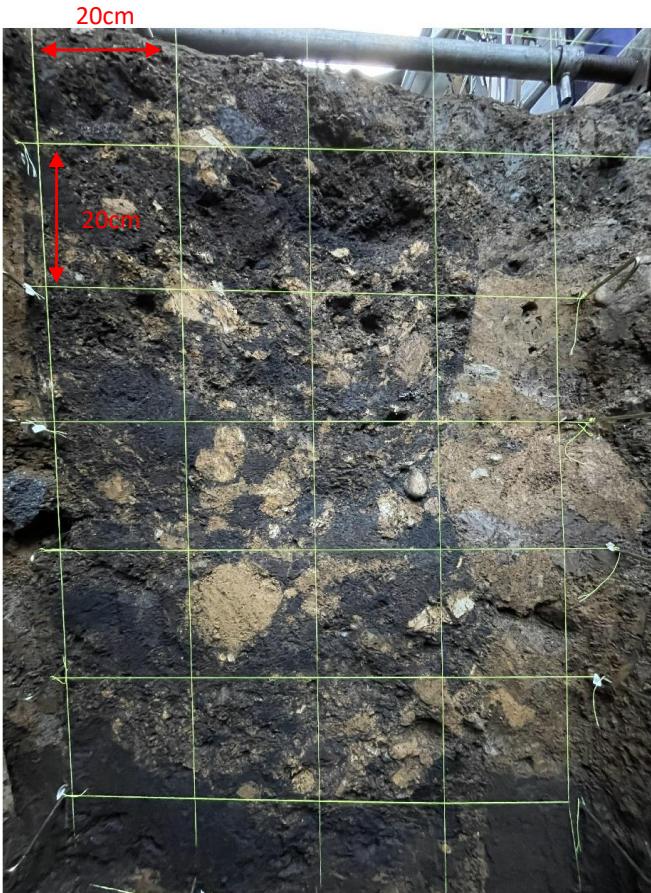
コア試料の乱れ



開削調査

【A地点】

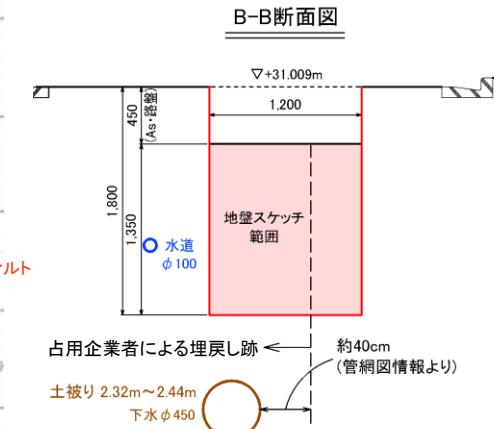
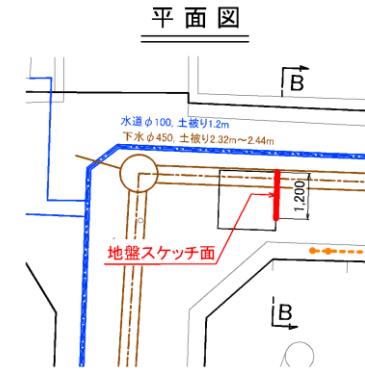
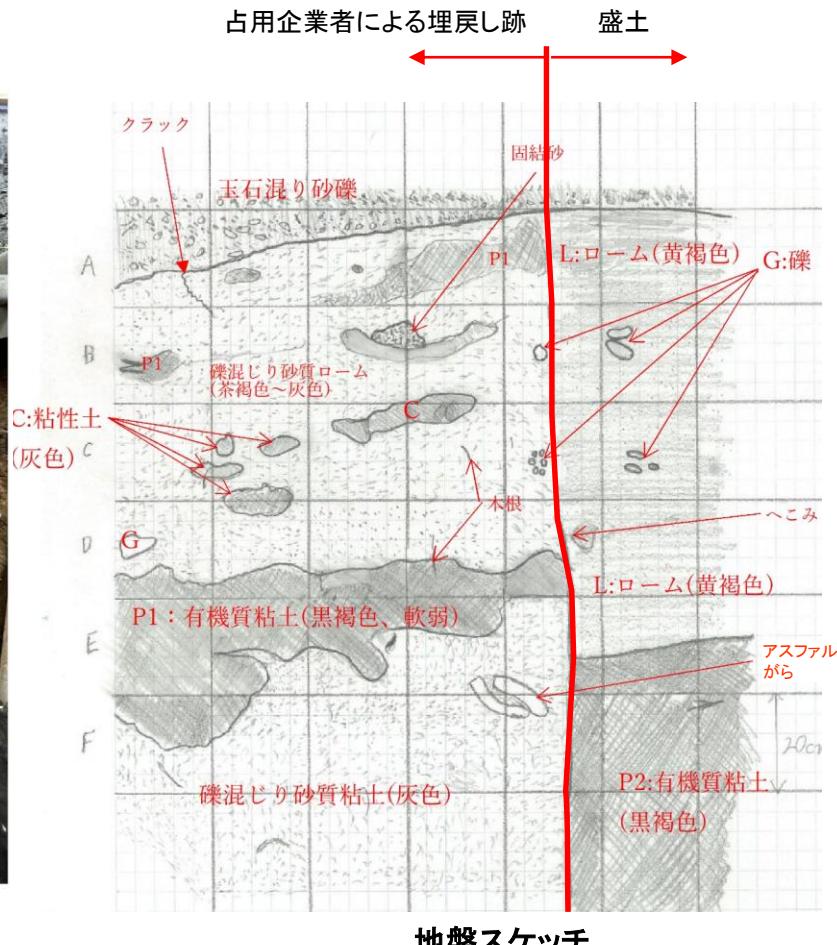
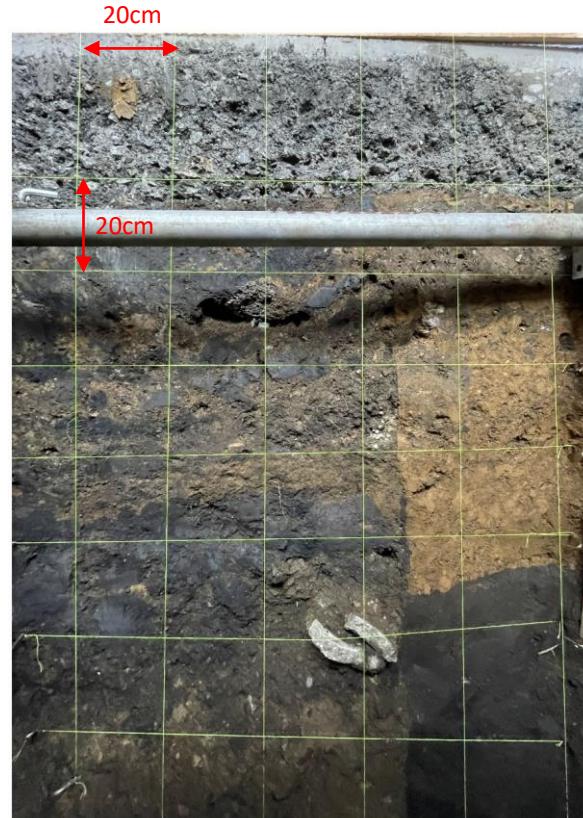
- 有機質粘土やロームなどが混在した盛土と占用企業者による埋戻し跡が確認されています。
- 開削調査の掘削側面を削り取り、目視および触手観察した結果、特異な空隙や空洞は確認されておりません。



開削調査

【B地点】

- 有機質粘土やロームなどが混在した盛土と占用企業者による埋戻し跡が確認されています。
- 開削調査の掘削側面を削り取り、目視および触手観察した結果、特異な空隙や空洞は確認されておりません。

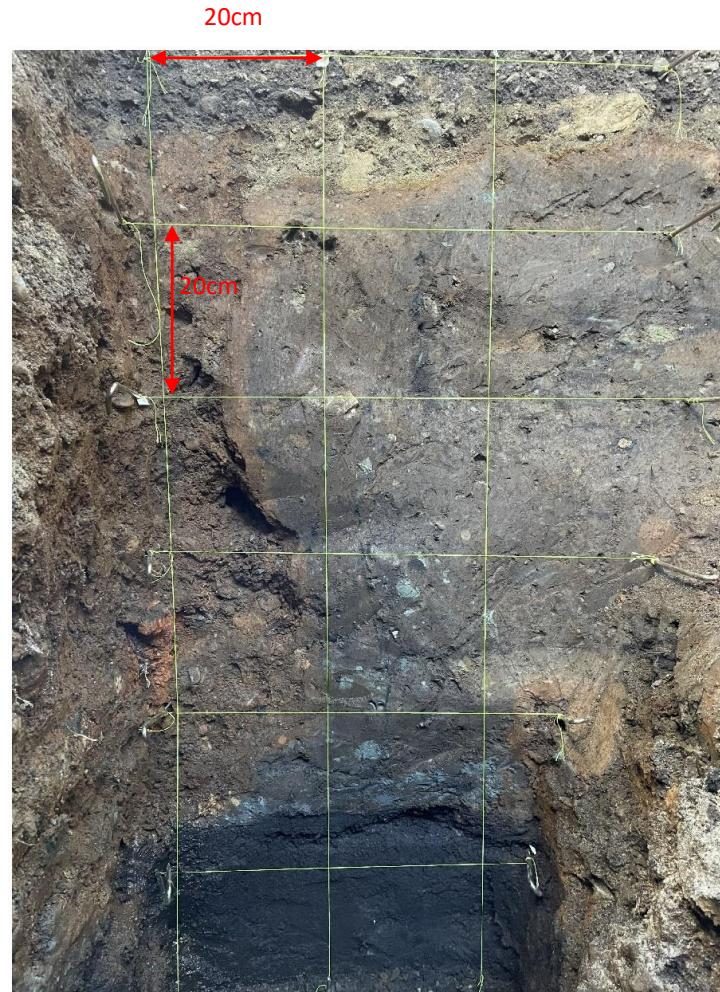


開削調査

【C地点(比較対象)】

- 有機質粘土やロームなどが混在した盛土と占用企業者による埋戻し跡が確認されています。
 - 開削調査の掘削側面を削り取り、目視および触手観察した結果、特異な空隙や空洞は確認されておりません。

占用企業者による埋戻し跡



開削写真

盛土

1 玉石混り砂礫
2 砂質土
3 固結砂
4 玉石混り砂礫

有機質粘土
色、軟弱
A PI
へこみ

B ローム
(含水多)
(茶褐色)

C ローム
(含水多)
(茶褐色)

D L:ローム(暗褐色)

E F P2:有機質粘土(黒褐色)

G G:礫
PI
クラック
C:糞
を用

L:ローム(黄褐色～暗褐色)

地盤スケッチ

The diagram illustrates a vertical cross-section of a foundation pit wall. At the top right, a horizontal dashed line indicates an elevation of $\nabla +32.228m$. The wall itself has a thickness of 450 mm. To the left of the wall, there is a vertical column labeled $(As \cdot 路盤)$ with a height of 500 mm. Below this, a red shaded rectangular area represents the '地盤スケッチ範囲' (Soil Sketch Range), which is 1,150 mm high and 450 mm wide, centered under the wall. A blue circle at the bottom right is labeled '不明管 (コンクリート管) $\phi 700$ '. On the left side of the wall, there is a vertical label '埋設確認による' above a blue circle containing the text '水道 $\phi 100$ '. At the very bottom left, the text '業者による埋戻し跡' is followed by a left-pointing arrow.

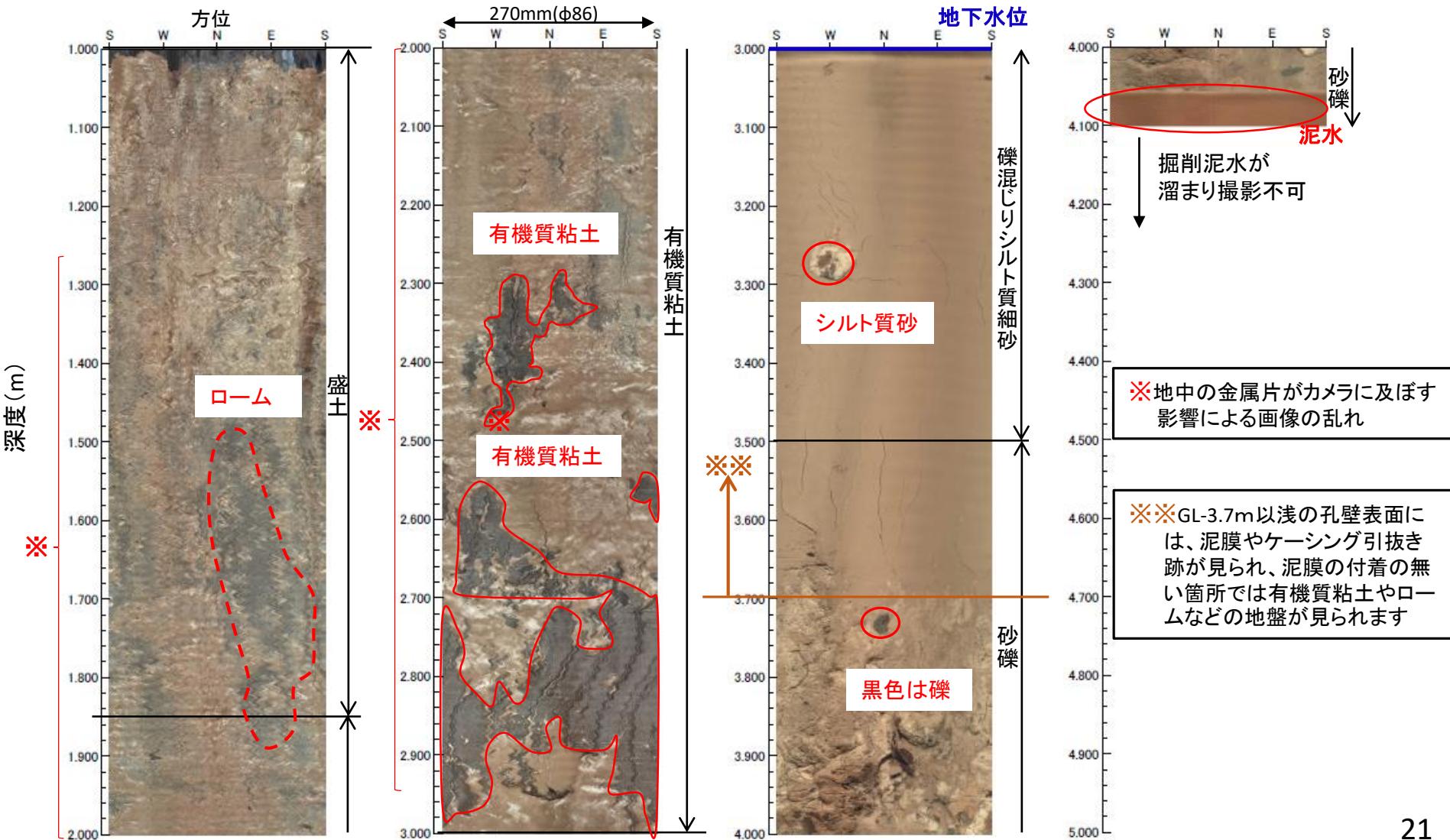
土被り 2.99m～3.02m



孔壁写真

【A地点】

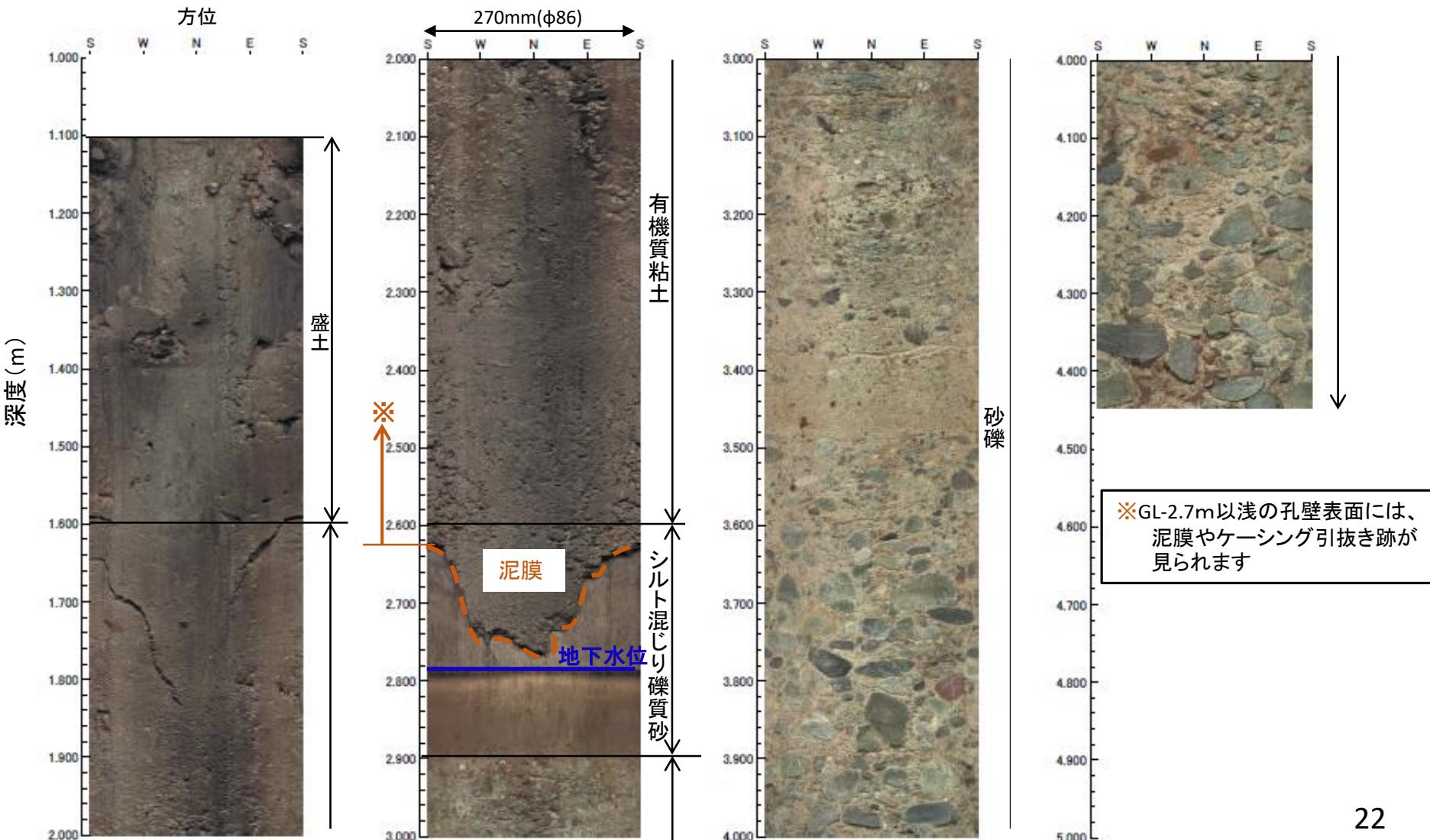
- 不攪乱試料採取後、ボーリング孔壁のボアホールカメラ撮影を実施した結果、空洞は確認されませんでした。
- 深度3.7mより上部は、ケーシングパイプの引抜きにより孔壁に泥膜が付着したため、特異な空隙の存在の有無を確認できませんでした。



孔壁写真

【B地点】

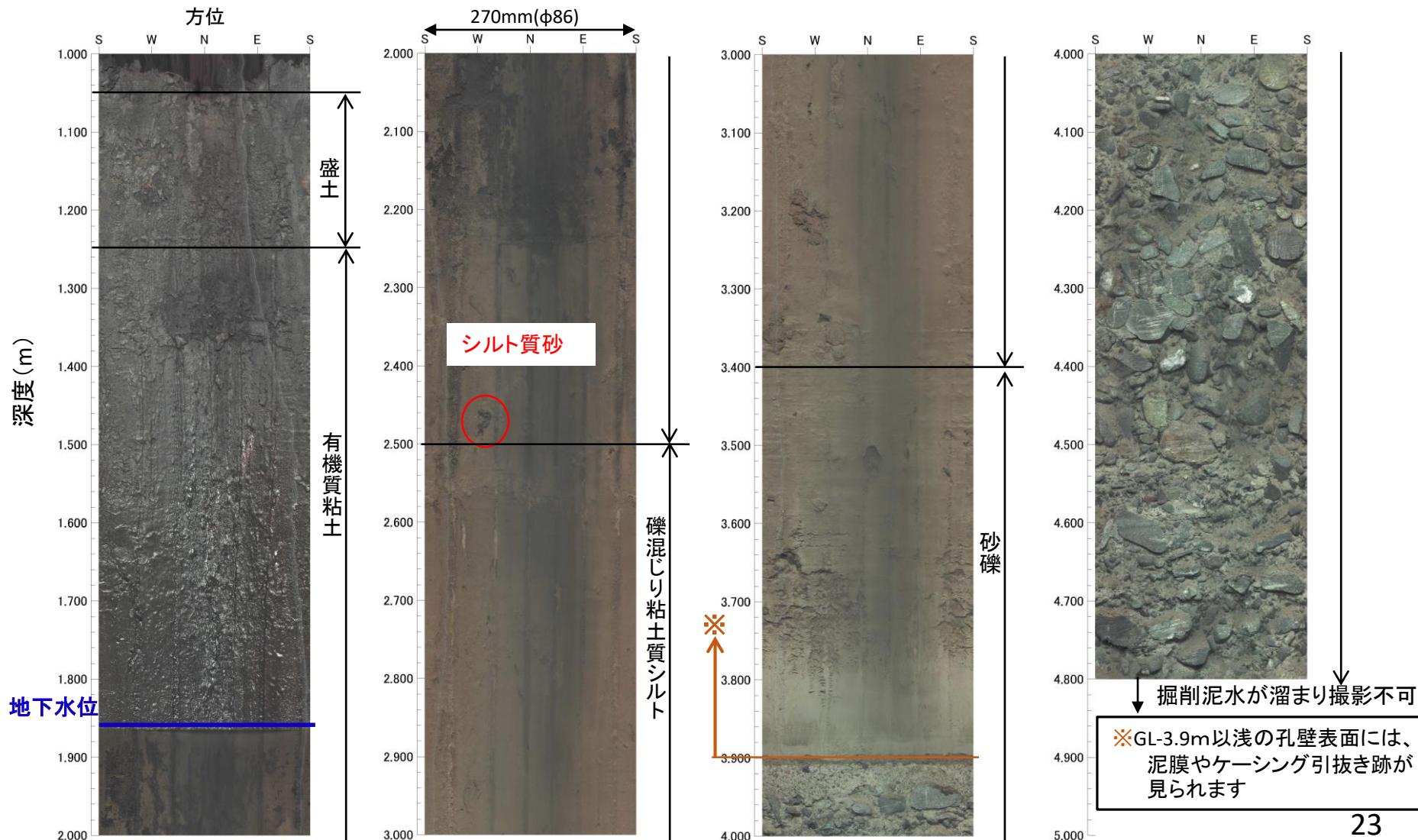
- 不攪乱試料採取後、ボーリング孔壁のボアホールカメラ撮影を実施した結果、空洞は確認されませんでした。
- 深度2.7mより上部は、ケーシングパイプの引抜きにより孔壁に泥膜が付着したため、特異な空隙の存在の有無を確認できませんでした。



孔壁写真

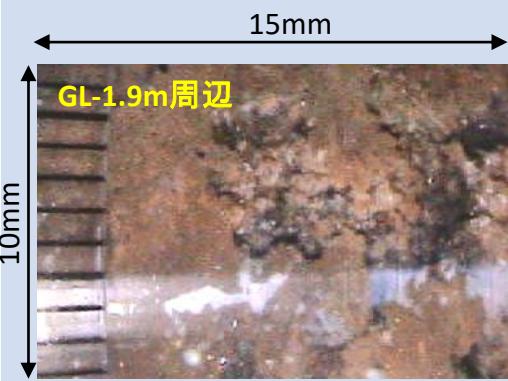
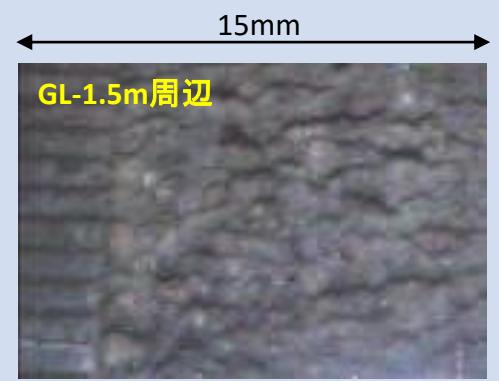
【C地点(比較対象)】

- 不攪乱試料採取後、ボーリング孔壁のボアホールカメラ撮影を実施した結果、空洞は確認されませんでした。
- 深度3.9mより上部は、ケーシングパイプの引抜きにより孔壁に泥膜が付着したため、特異な空隙の存在の有無を確認できませんでした。



ビデオ付きコーン貫入試験

○ビデオ付きコーン貫入試験により、孔壁を撮影した結果、数ミリの特異な空隙のように見える「孔壁の乱れ」が確認されました。これは、貫入による孔の押し拡げに伴う引きずり跡と考えられます。室内試験でも同様に再現されました。

	A地点	B地点	C地点(比較対象)
ビデオ付き コーン貫入 映像	 <p>GL-1.9m周辺 目盛1mm</p>	 <p>GL-1.5m周辺 目盛1mm</p>	 <p>GL-1.5m周辺 目盛1mm</p>

室内試験

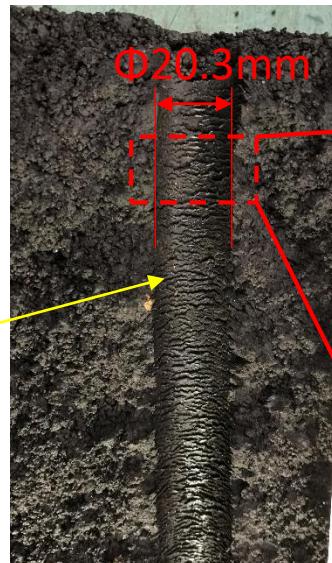


容器を半割りにする

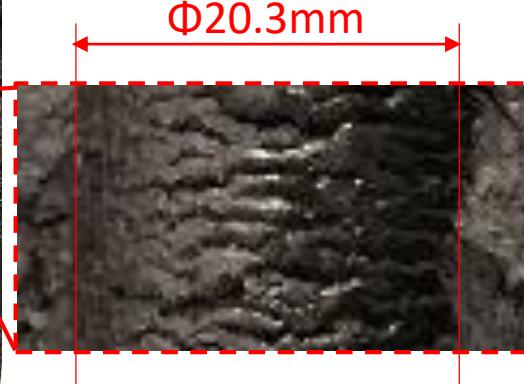


孔壁の乱れが発生

断面の確認



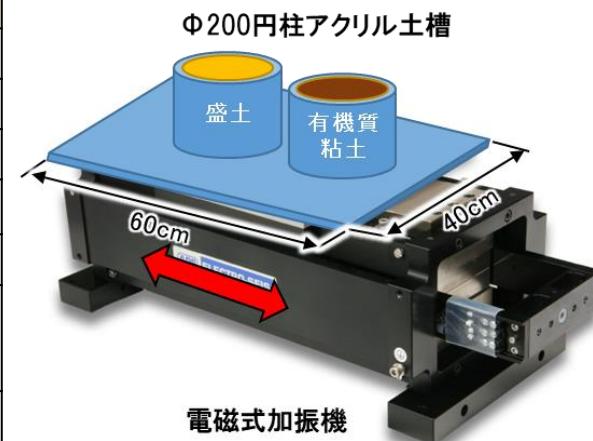
断面の拡大



振動による表層地盤への影響確認実験

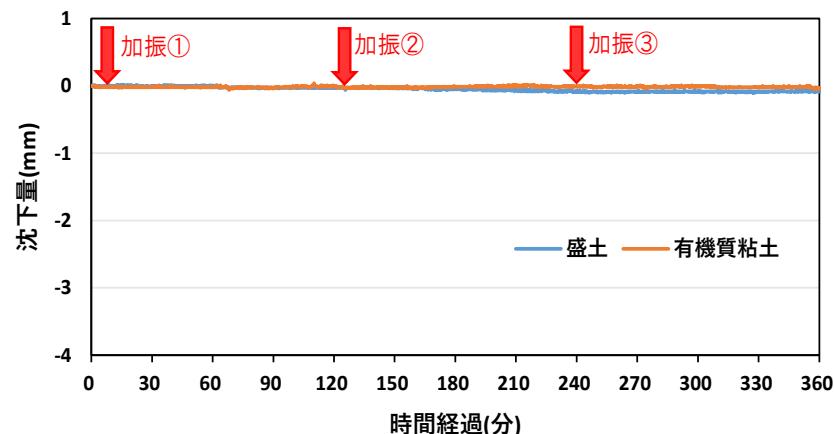
○現地採取土で作成した供試体を用いて振動実験を実施した結果、地盤変状や空隙の生成は確認されませんでした。

対象地盤		盛土(ローム)	有機質粘土
実験条件	目標湿潤密度	1.3~1.4 g/cm ³	1.2~1.3 g/cm ³
	含水比	50~60 %	110~120 %
	平均粒径	24.0 μm	9.3 μm
	供試体	圧密沈下が安定するまで供試体を静置(約40時間)	
	確認項目	トンネル掘進による振動レベルでの空隙の生成や地盤変状の確認	
実験①	加振条件	<ul style="list-style-type: none"> 振動レベル 62dB、加速度 4.5gal 加振時間 3分 + 静止時間 120分 を3回繰り返し 	
	確認項目	地盤変状が生じる振動レベルの確認	
実験②	加振条件	<ul style="list-style-type: none"> 加速度 50galから、50galずつ増加させ、加振機最大能力400galまで加振 加振時間 3分 / 1step 	

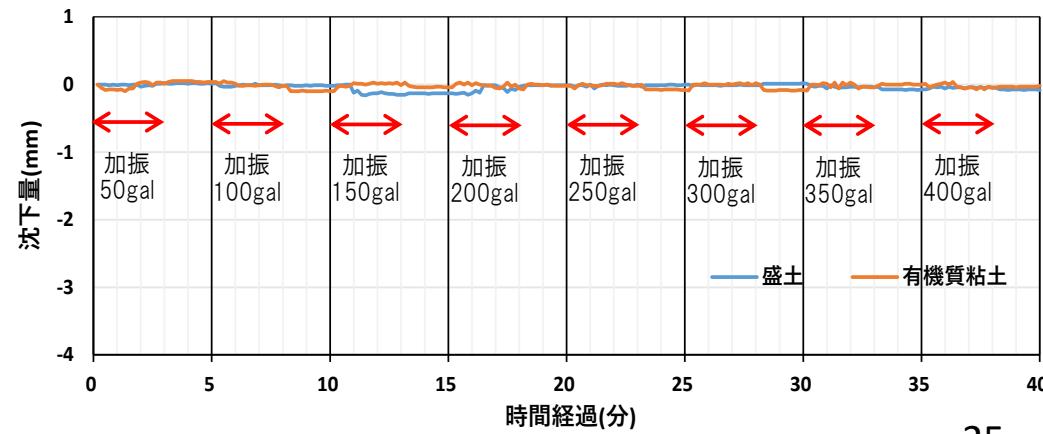


※レーザー距離計(4点)で表面沈下計測

実験① 表面沈下



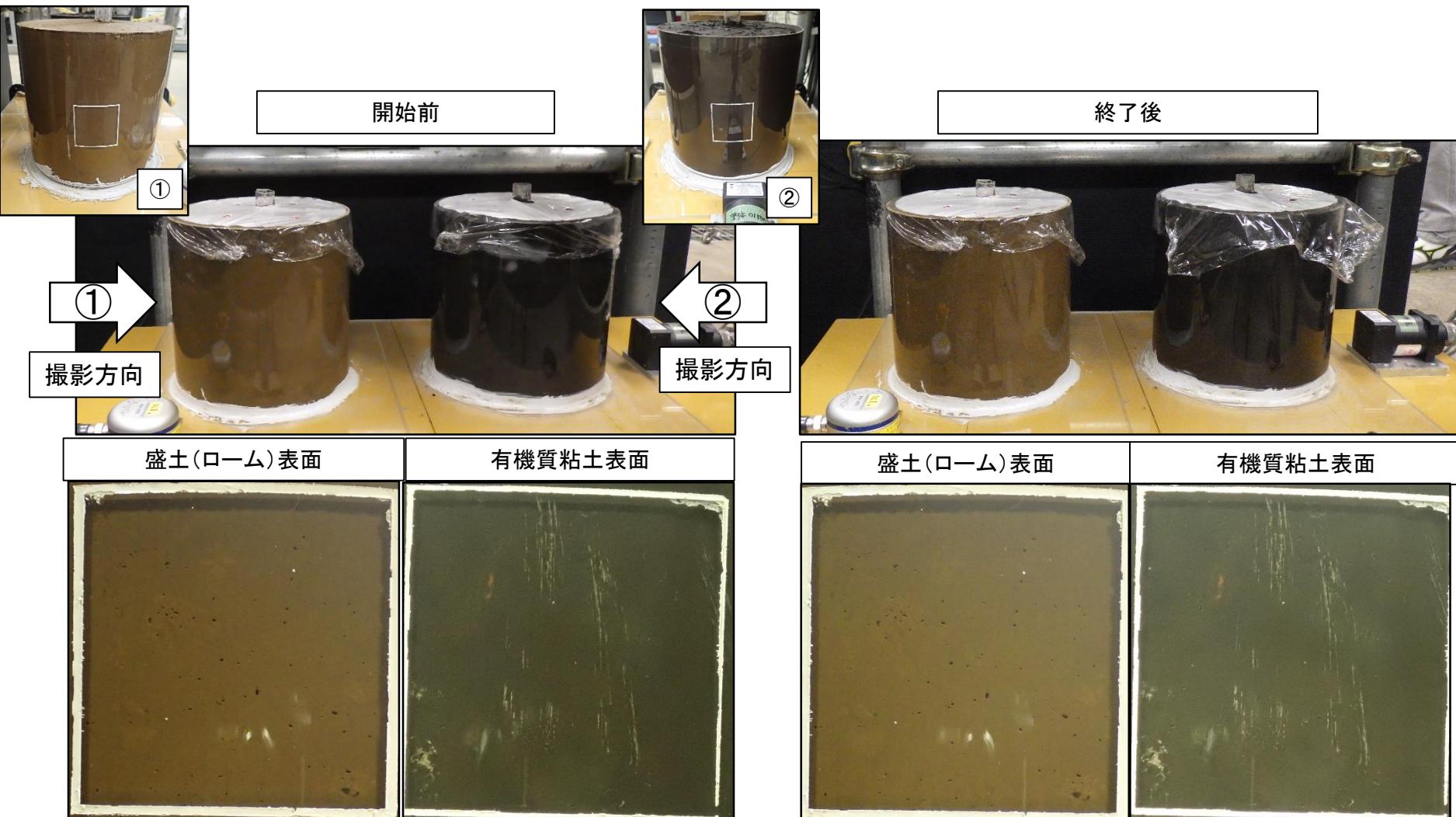
実験② 表面沈下



振動による表層地盤への影響確認実験

(実験①、4.5gal)

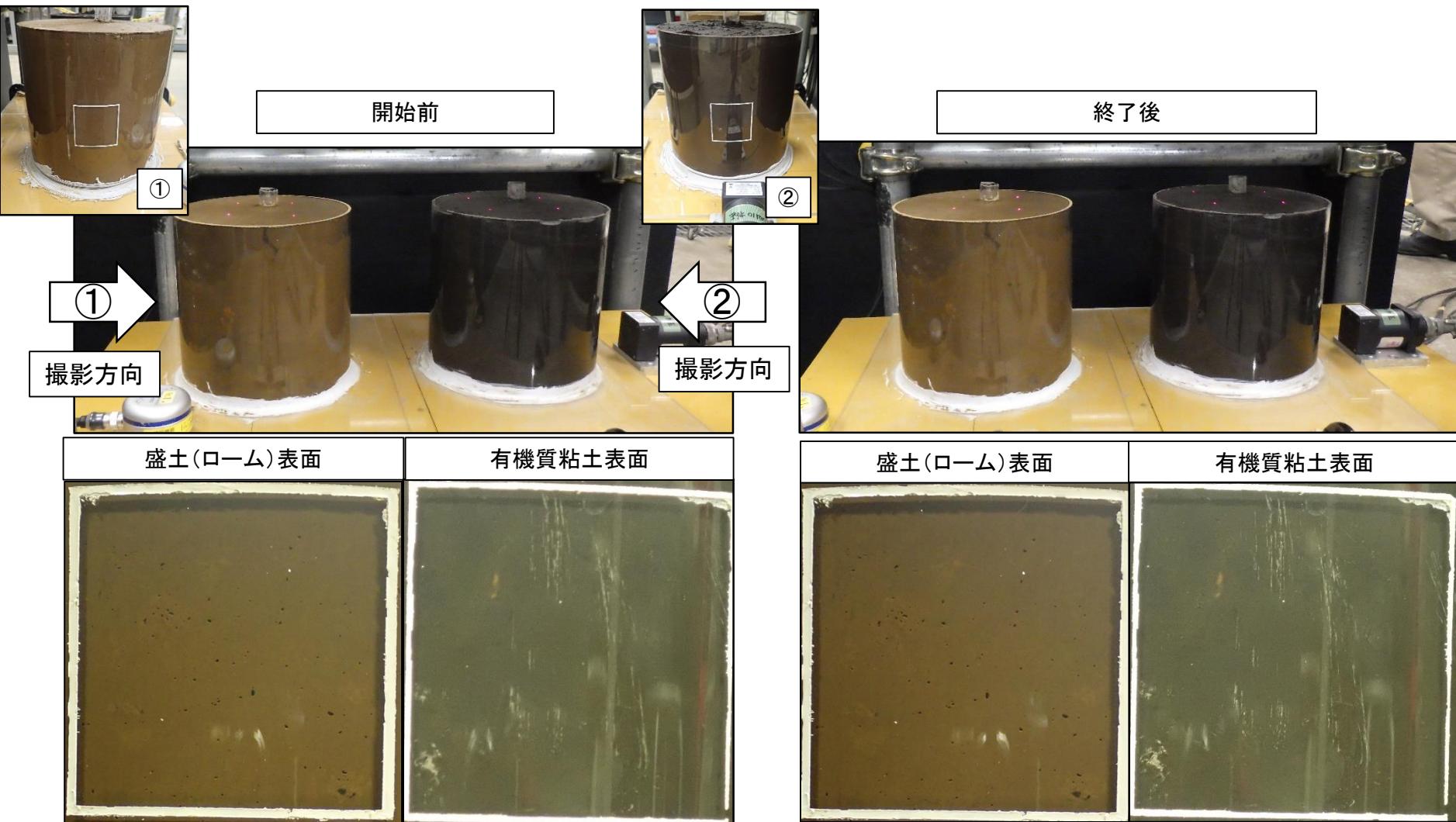
○振動実験の結果、地盤変状や空隙の生成は確認されませんでした。



振動による表層地盤への影響確認実験

(実験②、最大400gal)

○振動実験の結果、地盤変状や空隙の生成は確認されませんでした。



③トンネル掘進に伴う振動の影響について

既往の文献調査等によると、トンネル掘進に伴う振動はこれまで経験した地震動に比べて十分小さいと考えられます

当該地周辺の地震の履歴

○近傍の調布市西つつじヶ丘観測所では、東日本大震災(2011年3月11日)以降においても、震度4以上の地震を9回観測しています。
(震度5強を1回、震度5弱を1回、震度4を7回。震度2～3を252回)

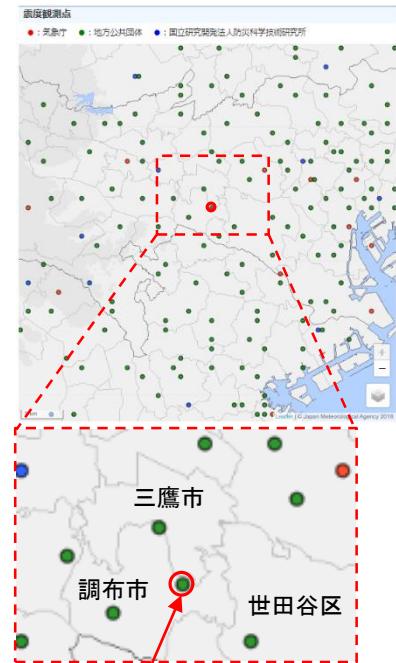
調布市西つつじヶ丘観測点で観測された震度4以上の主な地震

発生日	発生時刻	震央地名	マグニチュード	最大震度	西つつじヶ丘での震度
2011/3/11	14:46	三陸沖	9	震度7	震度5強
2012/11/24	17:59	東京湾	4.8	震度4	震度4
2014/5/5	5:18	伊豆大島近海	6	震度5弱	震度4
2014/9/16	12:28	茨城県南部	5.6	震度5弱	震度4
2015/5/25	14:28	埼玉県北部	5.5	震度5弱	震度4
2015/9/12	5:49	東京湾	5.2	震度5弱	震度5弱
2018/1/6	0:54	東京湾	4.7	震度4	震度4
2021/2/13	23:07	福島県沖	7.3	震度6強	震度4
2021/10/7	22:41	千葉県北西部	5.9	震度5強	震度4

2011年3月11日～2021年11月25日までのデータ

震度観測点

- : 気象庁
- : 地方公共団体
- : 国立研究開発法人防災科学技術研究所



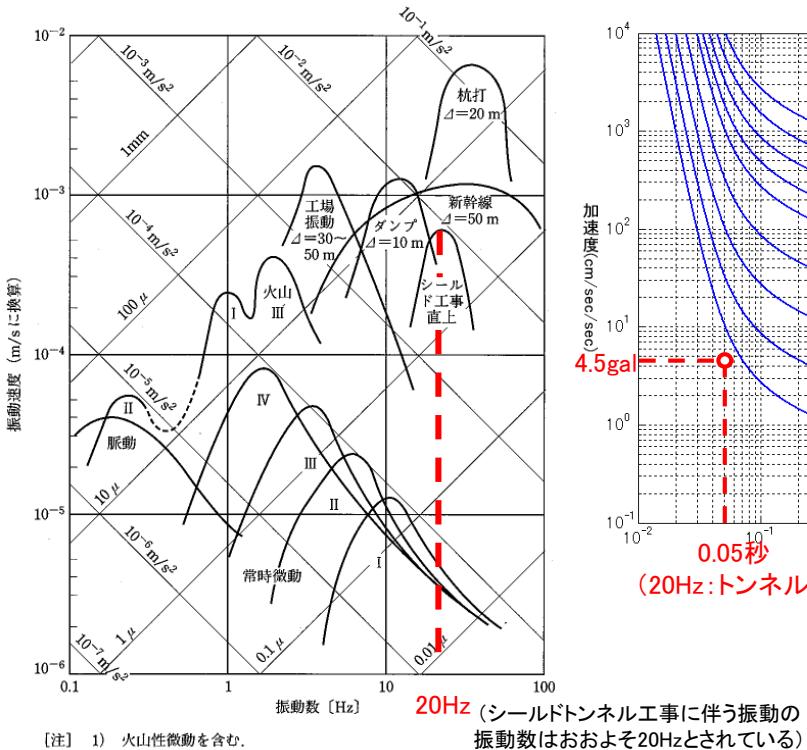
調布市西つつじヶ丘観測点

(調布市西つつじヶ丘三丁目8-3
調布消防署つつじヶ丘出張所)

気象庁HP(各種データ・資料、震度データベース検索)より作成

トンネル掘進の振動特性

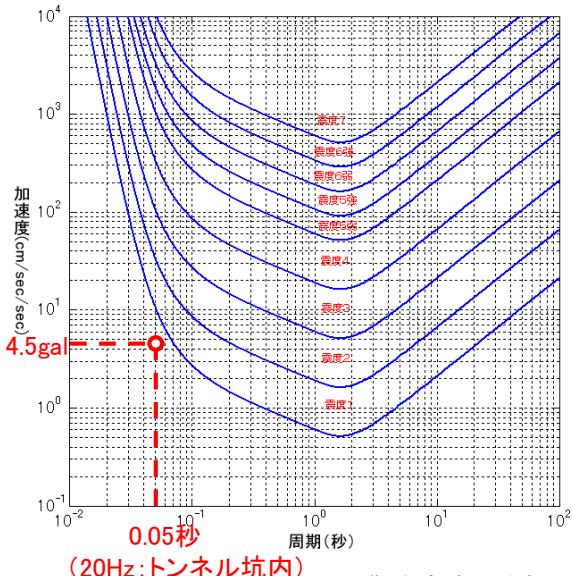
○トンネル坑内で観測されたトンネル掘進に伴う振動のレベルは最大で震度0相当(約4.5gal、62dB)であり、十分小さいものとなります。



- [注] 1) 火山性微動を含む。
- 2) 遠方の人工的振動源・流水・風などによる。
- I ~ IVは建築基準法による地盤分類。
- 3) Δ : 振動源からの距離。

図 2・21 都市施設などから生じる振動の振動数範囲と振幅

〔出典〕小林芳正：「建設における地盤振動の影響と防止」, pp.65-68, 鹿島出版会, 1975



出典: 気象庁HPをもとに加筆
<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqe/v/data/kyoshin/kaisetsu/comp.htm>

震度階級	地盤の状況	斜面等の状況
5弱	亀裂 ^{※1} や液状化 ^{※2} が生じることがある。	落石やかけ崩れが発生することがある。
5強		
6弱	地割れが生じることがある。	かけ崩れや地すべりが発生することがある。
6強		かけ崩れが多発し、大規模な地すべりや山体の崩壊が発生することがある。 ^{※3}
7		

※1 亀裂は、地割れと同じ現象であるが、ここでは規模の小さい地割れを亀裂として表記している。
※2 地下水位が高い、ゆるい砂地盤では、液状化が発生することがある。液状化が進行すると、地面からの泥水の噴出や地盤沈下が起こり、堤防や岸壁が壊れる、下水管やマンホールが引き上がる、建物の土台が傾いたり壊れたりするなどの被害が発生することがある。
※3 大規模な地すべりや山体の崩壊等が発生した場合、地形等によっては天然ダムが形成されることがある。また、大量の崩壊土砂が土石流化することもある。

出典: 気象庁 気象庁震度階級の解説 平成21年3月

振動場における粒状体の挙動に関する実験的研究

○既往の研究では、

- ・一定の条件下により実施された既往の実験結果によれば、土粒子の移動には約194galの加速度が必要とされている
 - ・緩く詰まった粒子は、振動が加わると粒子の集合体としての密度は振動前に比べ増加し、その分沈下が起こる、「土の搖すり込み現象」が発生する
 - ・緩く埋め立てられた地盤や造成盛土で、地盤が不飽和である場合においても地震により地盤が沈下する現象が新潟中越沖地震において観測されている
- ことが述べられています。※1

○一般的に、緩い地盤に振動が加わった場合、土粒子の沈下によって間隙が詰まって密度が大きくなります。

振動場における粒状体の挙動に関する 実験的研究

竹村 弥生¹・建山 和由²

¹学生会員 立命館大学大学院 理工学研究科総合理工学専攻 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)
E-mail: rd005031@ed.ritsumei.ac.jp

²正会員 立命館大学教授 工学部建築都市デザイン学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)
E-mail: tateyama@se.ritsumei.ac.jp

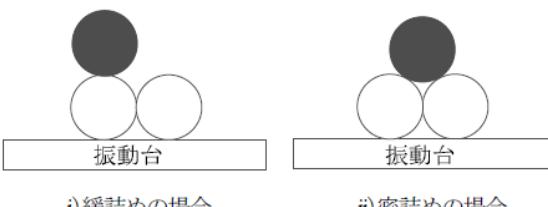


図-9 粒子のかみ合わせモデル

ここで、「粒子が動き出す」と「粒子のかみ合わせが外れる」は同意ではなく、式(2)および式(3)で計算した加速度は、あくまで粒子が動き出す加速度である。しかし、粒子が動き出さなければ、粒子のかみ合わせが外れることはないと想定する。少なくとも上式で求めた加速度が作用しなければ、粒子のかみ合わせは外れないといえる。

今回の実験で用いたコークスを円筒形に整形し、せん断試験装置を用いてコークス端面間の摩擦係数を計測したところ、 $\mu=0.197$ という結果が得られた。この値を式(2)、式(3)に代入すると緩詰め、密詰めそれぞれの場合に粒子が動き出すのに必要な加速度として、式(4)、式(5)の値が得られる。

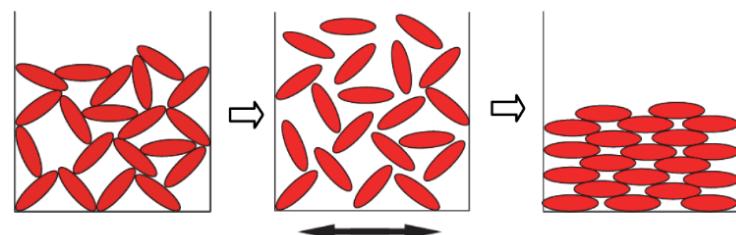
i) 緩詰めの場合

$$\alpha = 0.1974 \times 9.8 = 1.935 \text{ m/s}^2 \quad (4)$$

⇒ 約194gal

ii) 密詰めの場合

$$\alpha = \frac{1 + \sqrt{3} \cdot 0.197}{\sqrt{3} - 0.197} \times 9.8 = 8.563 \text{ m/s}^2 \quad (5)$$



(1) 振動開始前 (2) 振動開始直後 (3) 振動終了後
図-1 振動中の粒子の挙動 ※2

※1 竹村、建山：振動場における粒状体の挙動に関する実験的研究、土木学会論文集C（地盤工学）、Vol.68、No.1、127-137 2012

※2 同上より引用

液状化判定

○液状化判定が必要な条件（「建築基礎構造設計指針(日本建築学会) 2019年」より）

①地表面から20m程度以浅の飽和土層

②細粒分含有率Fcが35%以下の土層、又はFcが35%を超えても粘土分(0.005mm以下の粒径を持つ土粒子)含有率が10%以下、もしくは塑性指数Ipが15以下の埋立地盤や盛土地盤

○判定の結果、液状化発生に対する安全率FL値が1より大きくなり液状化が発生する可能性は無いものと判定されました。

液状化判定が必要な条件の確認

A地点						B地点						C地点(比較対象)					
土質	深度	水位	Fc(%)	粘土分含有率(%)	Ip	土質	深度	水位	Fc(%)	粘土分含有率(%)	Ip	土質	深度	水位	Fc(%)	粘土分含有率(%)	Ip
盛土 (ローム)	GL-1.00m GL-1.85m		69.4	42.0	50.4	有機質粘土	GL-1.60m GL-2.60m		94.9	60.6	73.1	有機質粘土	GL-1.25m GL-2.50m		96.2	63.6	115.9
有機質粘土	GL-1.85m GL-3.00m	GL- 2.94m	85.6	55.0	60.5	シルト混じり 礫質砂	GL-2.60m GL-2.90m	GL- 2.85m	31.4	14.8	25.5	礫混じり 粘土質シルト	GL-2.50m GL-3.40m		69.4	38.4	75.1
礫混じり シルト質細砂	GL-3.00m GL-3.50m		42.7	16.1	26.7	砂礫	GL-2.90m GL-3.65m		7.6	1.7	-	砂礫	GL-3.40m GL-4.30m		42.1	14.8	37.7
砂礫	GL-3.50m GL-3.61m		6.7	2.7	-	液状化判定が必要な土層											

F_L法による液状化判定

土層		深度		N値	湿潤重量	水中重量	細粒分含有率	鉛直全応力	鉛直有効応力	N値換算係数	換算N値	N値増分	補正N値	液状化抵抗比	地震時せん断応力比	判定
A 地 点	砂礫	GL- 3.50 m		16	20.6	10.6	6.7%	49.8	44.2	1.50	24	2	26	0.42	0.25	1.7
		GL- 3.61 m														
B 地 点	砂礫	GL- 2.90 m		16	22.0	12.0	7.6%	40.0	39.5	1.59	25	3	28	0.60	0.23	2.7
		GL- 3.65 m														

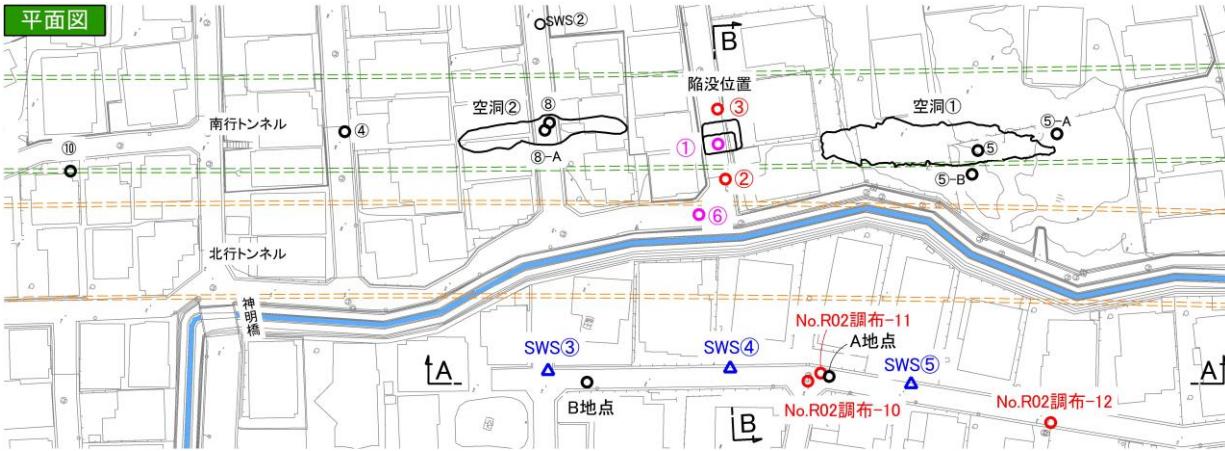
※当該層では標準貫入試験を実施していないため、B地点の砂礫層のN値を適用

<参考>

表層地盤下層の武藏野礫層(Mg層)の落ち込みは確認されていません
長期的な地下水の変動や下水道の損傷等がありましたが、地盤が軟弱になる可能性について判断するに至りませんでした

武蔵野礫層の確認

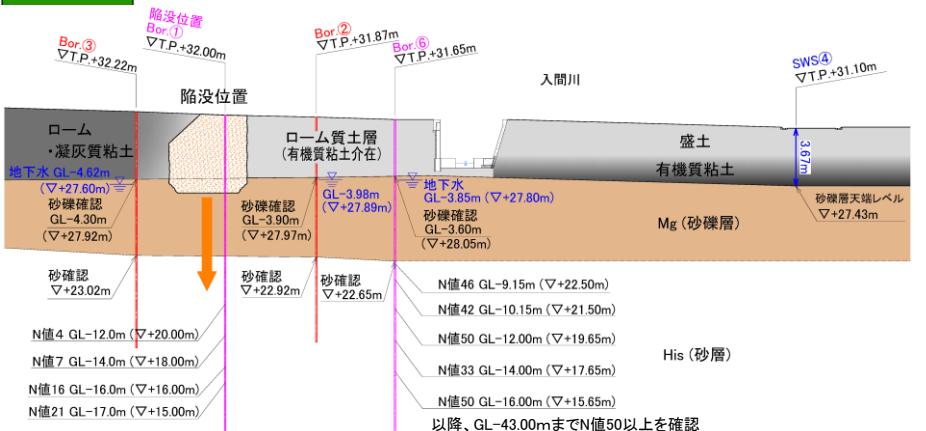
○入間川東側では、武蔵野礫層(Mg層)の天端レベルがGL-2.90(TP+28.10m)～GL-3.89m(TP+27.49m)であり、武蔵野礫層の落ち込みは、確認されていません。



A-A断面図（入間川東側）



B-B断面図



凡例

- A地点, B地点 : 浅層ボーリング(今回調査)
- ①, ⑥ : 深層ボーリング
- ②, ③ : 浅層ボーリング
- SWS③～⑤ : スクリューウェイト貫入試験
- No.R02調布10～12 : Mg層天端レベル探針調査※

※路面下空洞調査(2021年1月実施)で実施した探針調査

スクリューウェイト貫入試験 (2020年12月実施)

SWS③	SWS④	SWS⑤			
貫入深度(m)	換算N値	貫入深度(m)	換算N値	貫入深度(m)	換算N値
1.50	1.5	1.25	3.0	1.25	3.0
1.75	1.5	1.50	3.0	1.50	3.0
2.00	1.5	1.75	3.0	1.75	3.0
2.25	3.0	2.00	※20.0	2.00	3.0
2.50	3.0	2.25	3.0	2.25	3.0
2.75	3.0	2.50	3.0	2.50	3.1
3.00	3.6	2.75	3.0	2.75	4.5
3.05	※※ 103	3.00	3.0	3.00	3.6
		3.25	3.6	3.25	9.0
		3.50	6.8	3.49	※※ 34.3
		3.67	※※ 17.7		

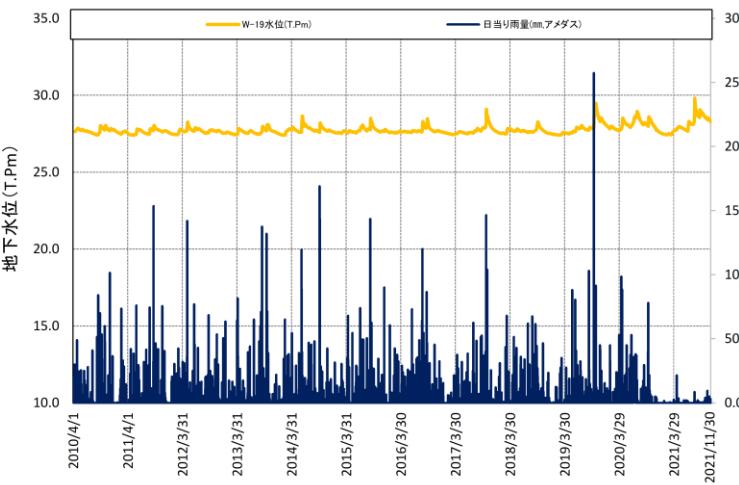
※ 磯混じりの埋土のため、礫との接触により、換算N値が大きくなっていると考えられます。

※※ 砂礫層天端レベルにあたり貫入不可となりました。

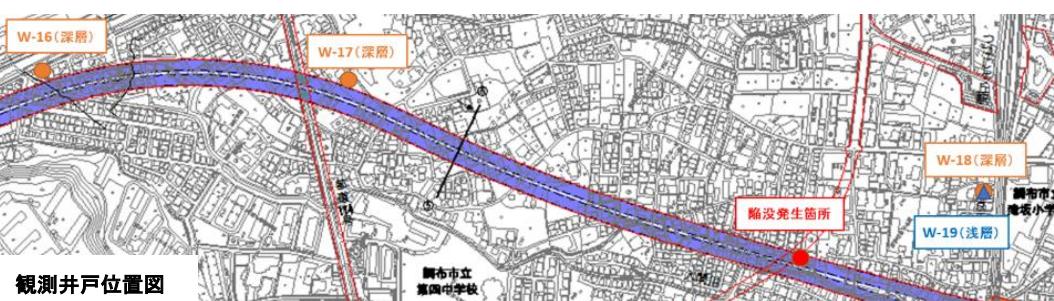
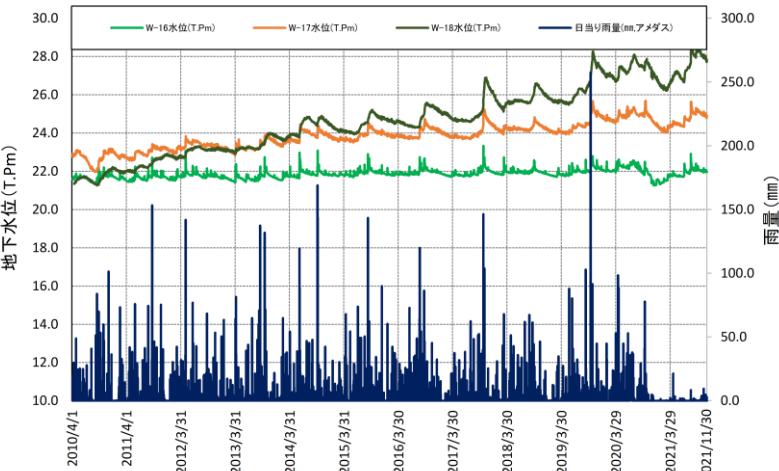
地下水位の変動調査

- これまで、令和2年台風14号に伴う大雨時に、W-19(浅層)は約50cmの水位変動が確認されます。
- この6年間でW-19(浅層)の水位は、降雨の影響等により最大約2mの水位差が確認されます。

地下水位観測点の水位(浅層・過去11年)



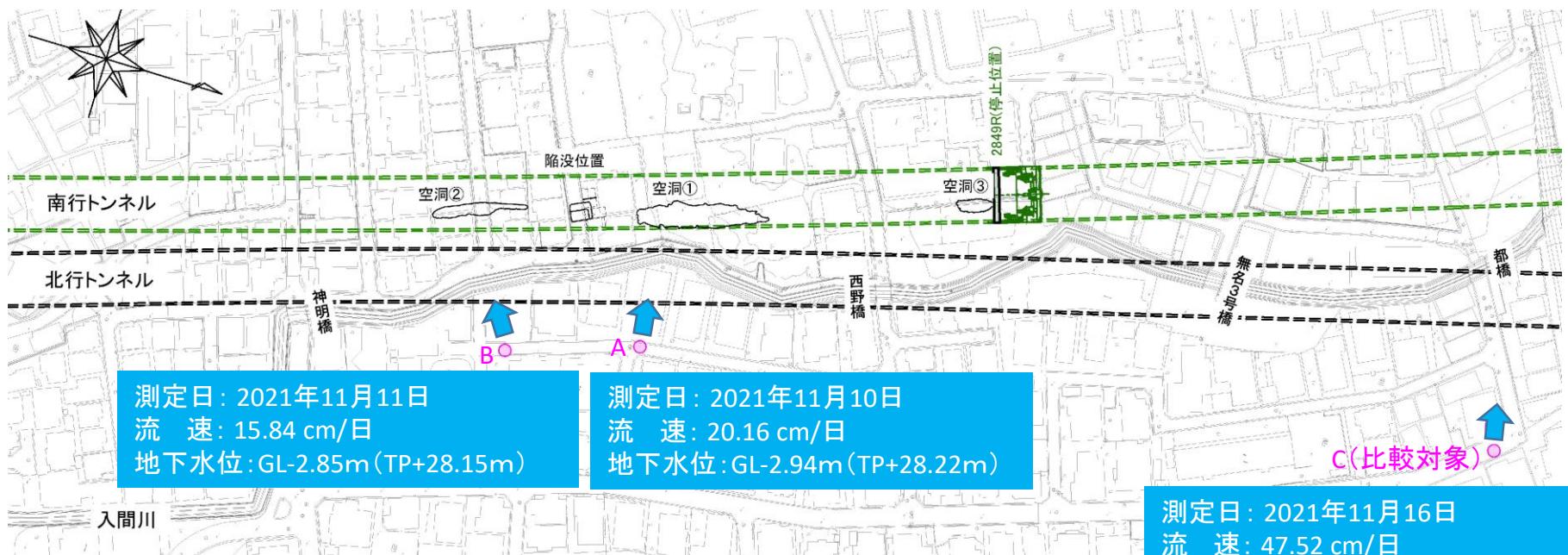
地下水位観測点の水位(深層・過去11年)



観測井戸位置図

地下水の流向・流速調査

- 今回の測定では、流向は入間川方向に向かって流れていることが、確認されました。
- また、流速は測定箇所によって差が見られますが、沖積低地の砂礫における過去の測定事例よりも、やや遅い値を示しました。



地下水の流速測定事例

地形 地層	河床付近 (cm/d)	沖積低地 (cm/d)	洪積台地 (cm/d)
細砂	—	2~10	1~5
中砂	—	10~50	5~10
粗砂	50~100	30~70	7~20
砂礫	100~400	50~100	10~50

※出典:全国地質調査業協会連合会 地質と調査 1990年第3号 p26

入間川護岸調査

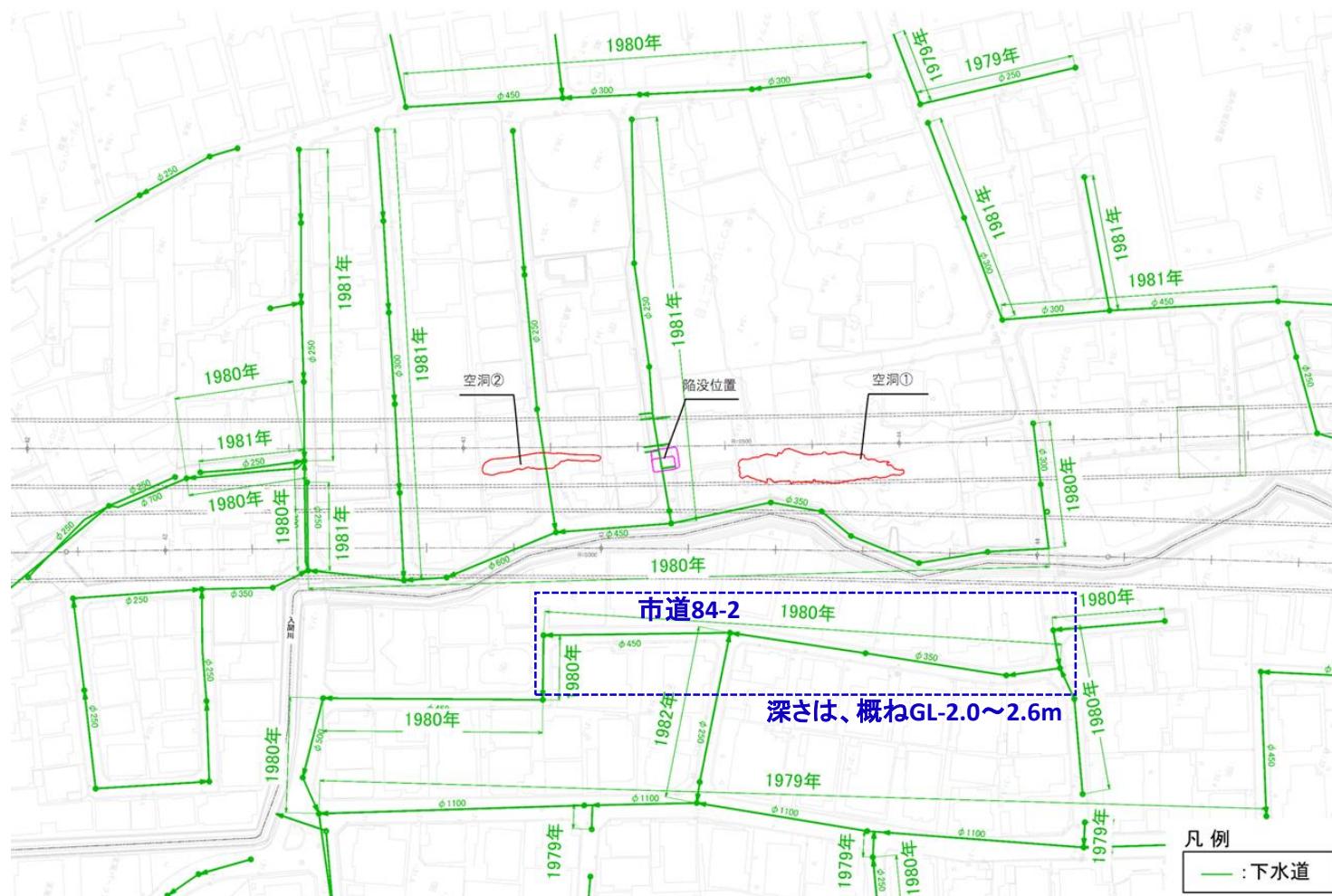
- 入間川護岸をレーダー探査した結果、西野橋上流の護岸背面に局所的な異常信号が確認されましたが、その他の範囲では異常信号は確認されませんでした。
- また、点検ハンマーによる打音調査で異音は確認されず、目視点検でも、施工目地や亀裂、排水パイプ等から土砂流出の形跡は確認されませんでした。
- 調査範囲全面において護岸(ブロック・コンクリート)自体の異常はなく、今回は入間川への土砂流出は確認されませんでした。



埋設物の状況確認

下水管施工時期

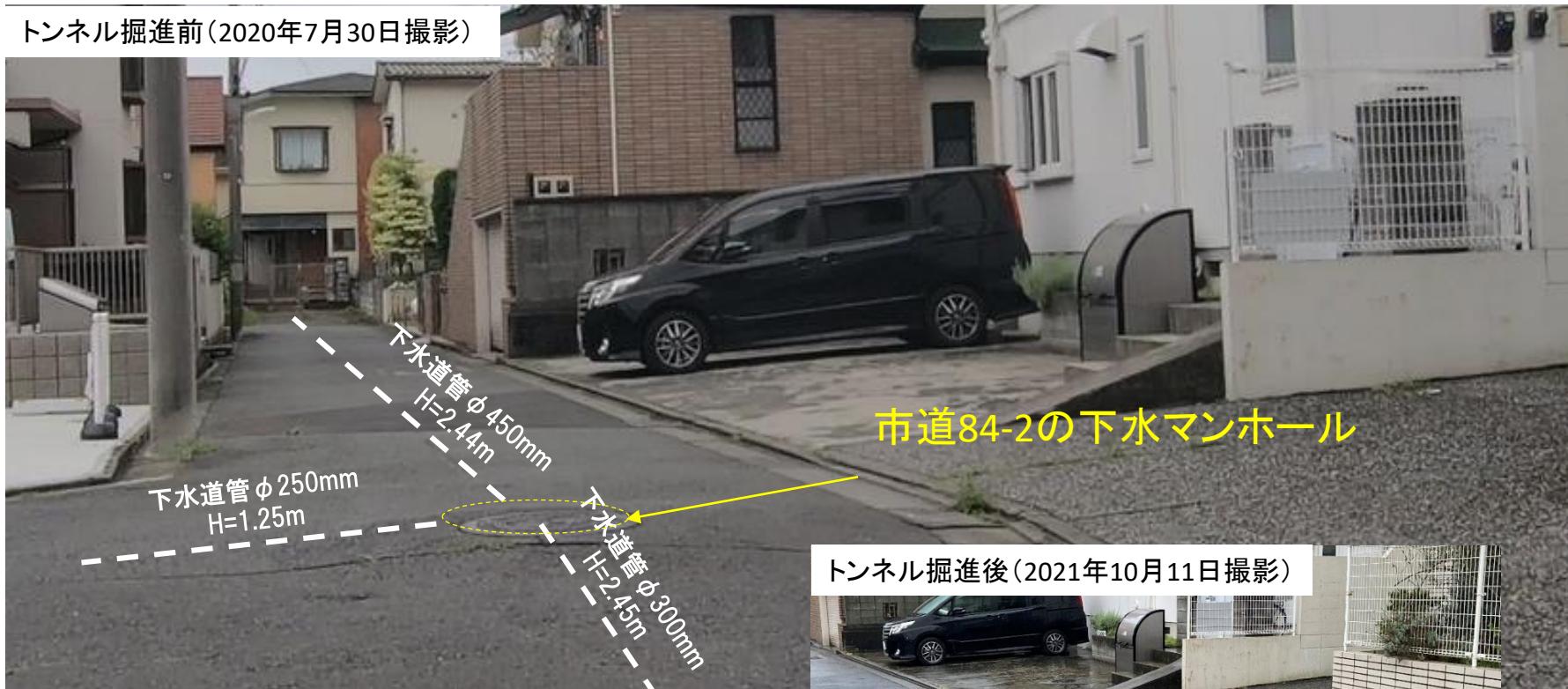
- 対象地域周辺の下水道は1980年代に施工されており、施工されてから約40年経過しています。
 - 2021年11月に、市道84-2周辺の下水道の状況について、調布市に問い合わせた結果、経年劣化による腐食やクラック等が確認されました。なお、調布市より下水道の使用に影響はないとの見解をいただいております。



市道84-2付近の状況

- トンネル掘進前の2020年7月に事業者が撮影した映像を確認すると、市道84-2の下水マンホール周辺道路は全体的に沈下していました。
- 2021年1月29日～2月1日に行った下水道管補修工事で、マンホール周辺の舗装は補修されています。

トンネル掘進前(2020年7月30日撮影)



トンネル掘進後(2021年10月11日撮影)



追加調査結果のまとめ

- 調査対象地域(入間川東側エリア)の表層地盤において、既往の研究結果及び現場での調査結果等から、トンネル掘進に伴う振動によって地盤を弱めたという事実は、確認されませんでした。
 - トンネル掘進に伴う振動は、加速度が最大でも震度0相当(約4.5gal)と十分小さく、この振動により土粒子が移動することは、通常考えられません。
 - 既往の研究結果では、緩く埋め立てられた地盤や造成盛土等において、土粒子が移動するような地震動等が作用した場合には、「土の揺すり込み現象」による締固めにより密度が増加するとされています。
 - 標準貫入試験や不攪乱試料のX線によるコア内部の観察等の結果、特異な空隙や空洞は確認されず、トンネル掘進の影響がない箇所の調査結果と比較しても地盤強度の違いは見られませんでした。
 - 液状化判定を行った結果、液状化が発生する可能性はないものと判定されました。
- 一般的に、地盤に特異な空隙や空洞が生じる原因是、土粒子の流出等が考えられますが、今回は、その事象を確認するに至りませんでした。
 - 調査対象地域での武蔵野礫層天端の落ち込みは確認されておらず、既往の調査においても、土砂取り込み過ぎによる地盤の緩みはトンネル直上以外で確認されていません。
 - 長期的な地下水位の変動、下水道の損傷等がありましたら、今回は、土粒子の流出の有無について、確認されませんでした。
- 調査対象地域の表層地盤は、その周辺地域と比較しても地盤強度に違いは見られず、室内での詳細な強度試験の結果、N値が低い層を含め、一般住宅の基礎構造として、べた基礎や布基礎を適用できる基準を上回る強度(長期許容応力度)を有することが確認されました。