

- 有識者委員会において、陥没・空洞事故のメカニズムを推定。その後、トンネル坑内から調査を実施し地盤補修範囲を特定し、地盤補修範囲の方に、仮移転または事業者による買取等のご相談をさせていただきながら、地盤補修工事の施工方法等の検討を行っています。
- また、トンネル直上の地盤補修範囲以外(特に、入間川東側エリア)については、調布市および調布市議会から、地域の不安解消のため、地盤の調査を実施し、その結果について速やかに公表を求める依頼がありました。
- これまでも周辺の住民の皆様の声を受け、路面下空洞調査や微動アレイ調査等の地盤調査を行ってきましたが、住民の皆様方の不安解消に向け、これまでの調査に加えて、有識者にも相談のうえ、入間川東側エリアの表層地盤※の状況について多角的な調査を実施しました。

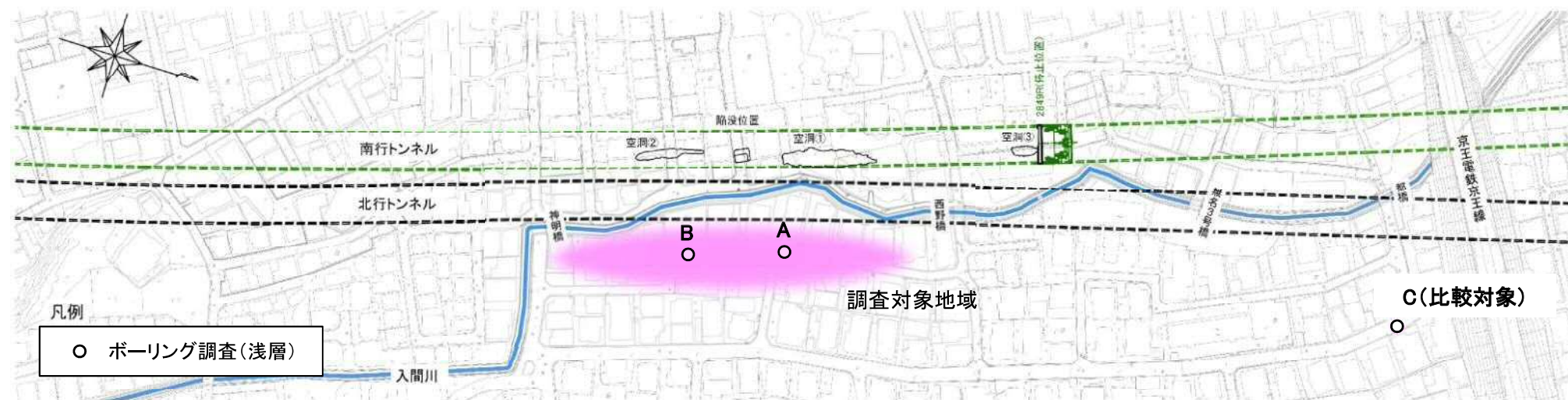
※武蔵野礫層の上部

<追加調査概要>

- 陥没・空洞事故が発生した周辺地域(入間川東側エリア)の表層地盤において、地盤強度及び通常の地盤に見られないような数ミリ以上の特異な空隙※や空洞の有無を確認するため、現場における地盤調査や室内における各種実験を実施するとともに、既往の文献等の再確認を行うなど、多角的な調査を実施しました。

※土壌中には、一般に体積の30%から80%程度の間隙を含むことが知られています。

<調査対象地域(入間川東側エリア)>



<調査項目>

- 地歴調査
- ボーリング調査(浅層) A・B・C地点
- 標準貫入試験
- 開削調査
- ビデオ付きコーン貫入試験
- コア観察、不攪乱試料のX線検査
- 室内試験(一軸圧縮試験等)
- 振動実験
- 液状化判定
- 地下水調査
- 入間川護岸調査
- 埋設物調査
- 文献調査

<標準貫入試験>



<ビデオ付きコーン貫入試験>



<コア観察>



<不攪乱試料のX線検査>



<一軸圧縮試験>



追加調査結果の概要(1)

①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

- 調査対象地域周辺は沖積低地で1950年代まで沼田であったところ、1960年代にローム等を主体とした盛土により宅地造成が行われ、1970年代には宅地化が進んでいます。



調査対象地域周辺の地形図 出典:「地理院地図 GSI Maps」



1947年
・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。



1963年
・1963年には宅地化のために造成(埋土)されています。



1971年
・1971年には宅地化が進んでいます。



1975年
・1975年には更に宅地化が進んでいます。

- 表層地盤で確認されたN値は、掘進の影響がない箇所(C地点)を含め、概ね5以下であることを確認しました。
- 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を有することが確認されました。

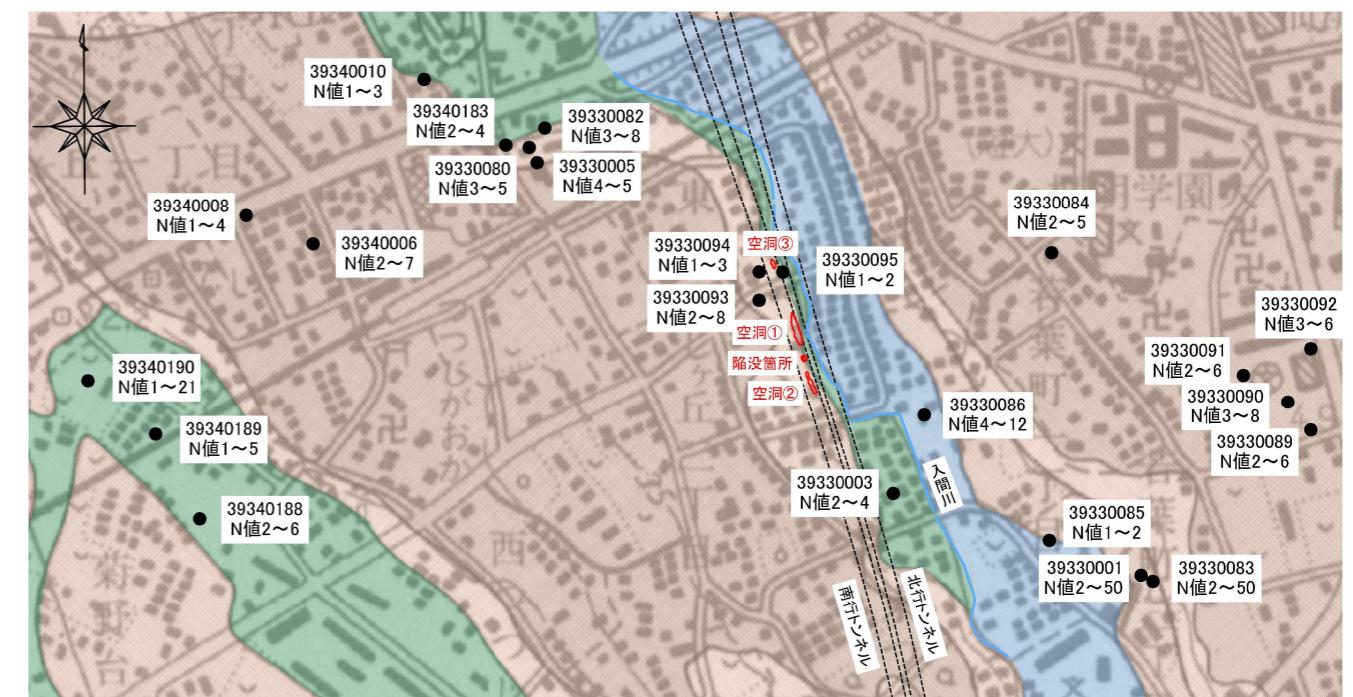
- 過去の調査結果では、調査対象地域周辺の比較的広範囲にN値5以下の地点が多く分布しています。

<調査対象地域における表層地盤の一軸圧縮強さ>

| B地点 | | | | | A地点 | | | | |
|-----|------------|-------|----|-----------------------------|-----|------------|-------|----|-----------------------------|
| 番号 | 深度 | 層名 | N値 | 一軸圧縮強さ (kN/m ²) | 番号 | 深度 | 層名 | N値 | 一軸圧縮強さ (kN/m ²) |
| | | | | 平均 | | | | | 平均 |
| 1 | 1.99~2.36m | 有機質粘土 | 0 | 45.1 | 1 | 1.35~1.80m | ローム | 1 | 54.0 |
| | | | | | 2 | 1.90~2.28m | 有機質粘土 | 2 | 45.0 |

| C地点 | | | | |
|-----|------------|-------|----|-----------------------------|
| 番号 | 深度 | 層名 | N値 | 一軸圧縮強さ (kN/m ²) |
| | | | | 平均 |
| 1 | 1.66~2.02m | 有機質粘土 | 0 | 67.8 |
| 2 | 2.20~2.60m | 有機質粘土 | 0 | 81.2 |

<周辺の表層地盤におけるN値>



| 凡例 | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| | 入間川東側の沖積低地 |
| | 入間川西側の沖積低地 |
| | その他周辺地域 |

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)

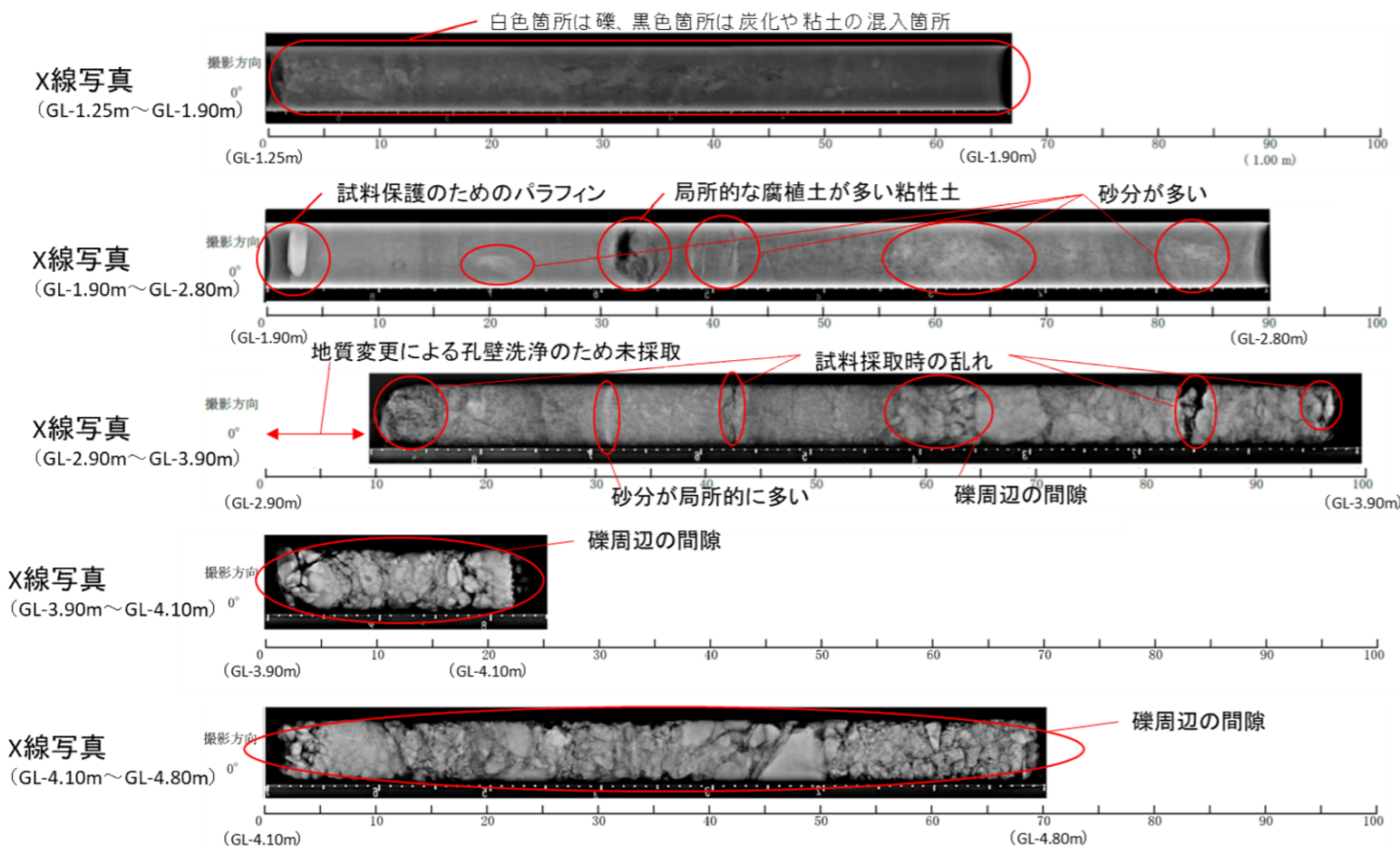
一軸圧縮強さ q_u : 45kN/m²の場合、地盤の長期許容応力度 $q_a \approx 38$ kN/m²
 参考) 長期許容応力度(建設省告示) ベタ基礎 20 kN/m²以上 布基礎 30 kN/m²以上

追加調査結果の概要(2)

② 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

- ボーリングにより採取した不攪乱試料のX線検査及び開削調査による目視確認の結果、数ミリ以上の特異な空隙や空洞は確認されませんでした。

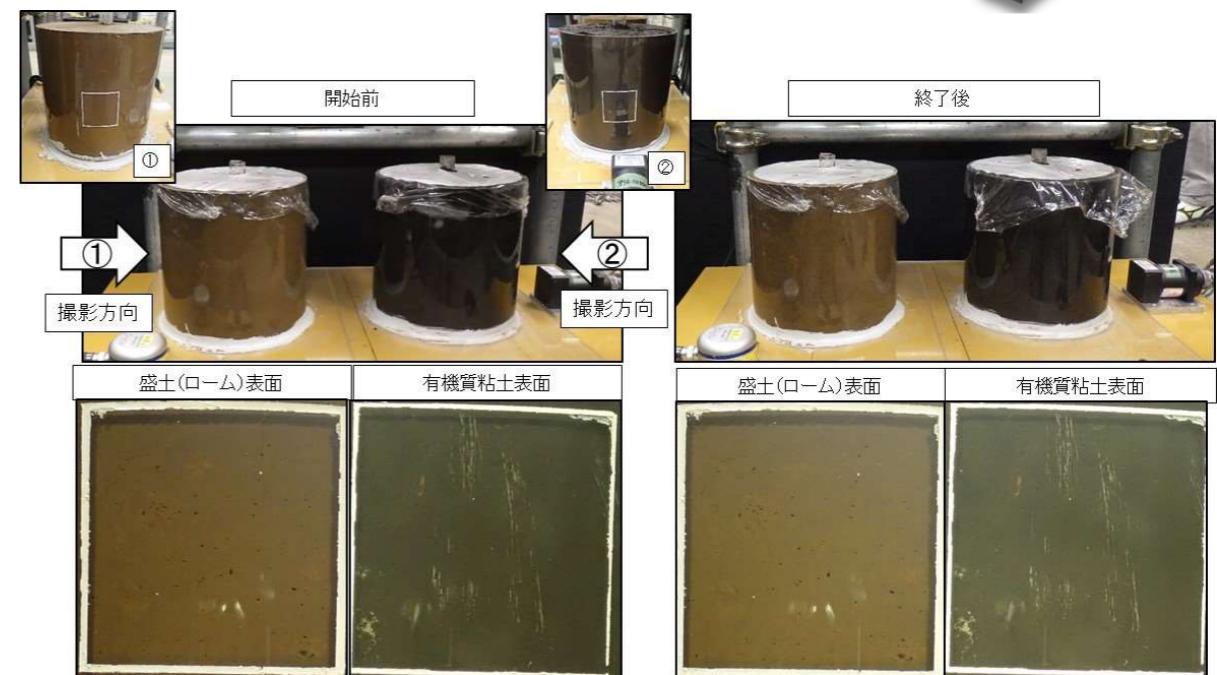
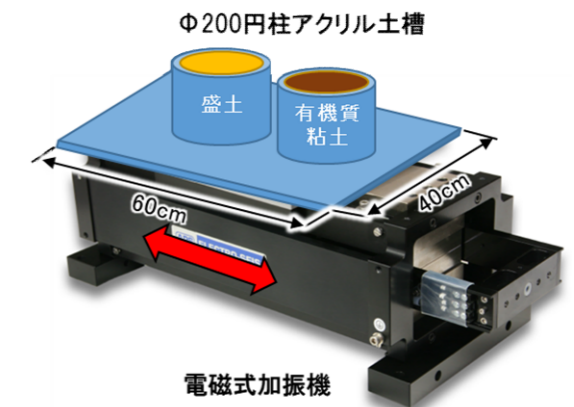
<X線検査結果(A地点)>



- 現地採取土で作成した供試体を用いて、トンネル掘進に伴う振動に相当する振動実験の結果でも、特異な空隙や表面沈下等の供試体の変状は確認されませんでした。

<振動実験の概要>

- 現地採取土で作成した供試体
 - ・盛土(ローム)
 - ・有機質粘土
- 加振条件
 - ・トンネル掘進に伴う振動に相当
 - 加速度4.5gal、周波数20Hz

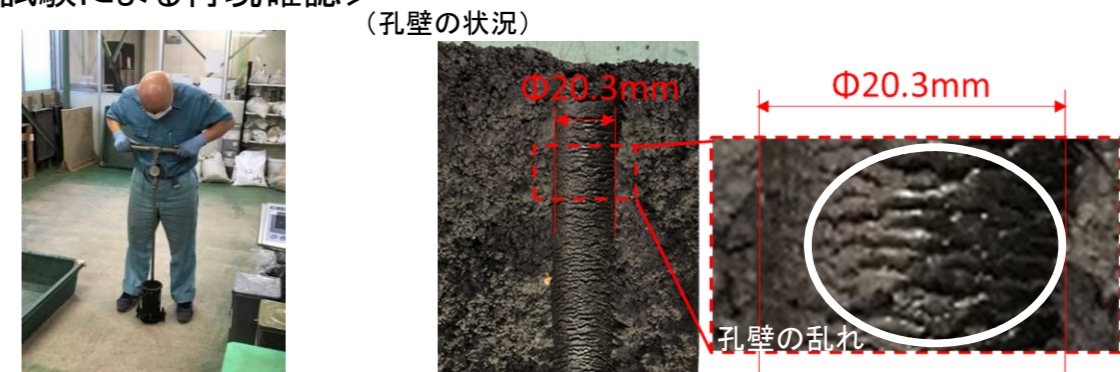


- ビデオ付きコーン貫入試験により、孔壁を撮影した結果、数mmの空隙のようにも見える「孔壁の乱れ」が確認されました。これは、貫入による孔の押し広げに伴う引きずり跡と考えられ、トンネル掘進の影響がない箇所でも確認され、室内試験でも同様に再現されています。

<ビデオ付きコーン貫入試験による孔壁撮影>



<室内試験による再現確認>

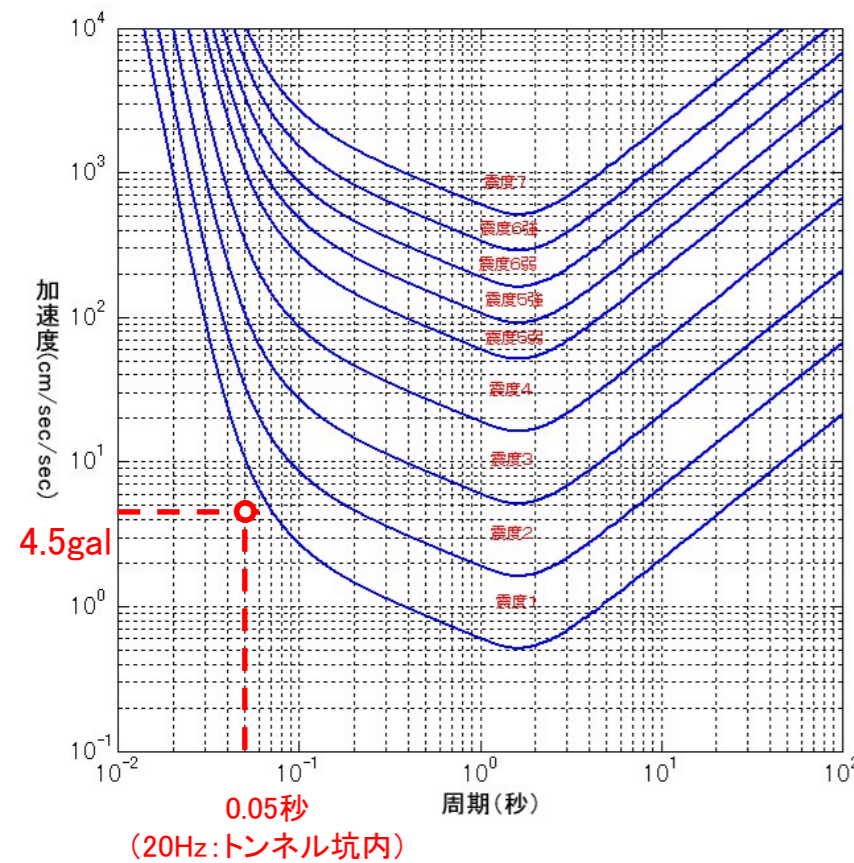


追加調査結果の概要(3)

③ 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

- 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回経験しています。(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) ※令和3年11月25日時点
- 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。なお、既往の研究によれば、振動による土の揺すり込みに伴い土粒子間の密度は増加するとされています。

<トンネル掘進に伴う振動が相当する震度階級>



出典: 気象庁HP

<<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/kaisetsu/comp.htm>>
をもとに加筆

<気象庁震度階級の解説による地盤等の状況>

| 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。 | 落石やが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。 | がけ崩れや地すべりが発生することがある。 |
| 6強 | 大きな地割れが生じることがある。 | がけ崩れが多発し、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 | | |

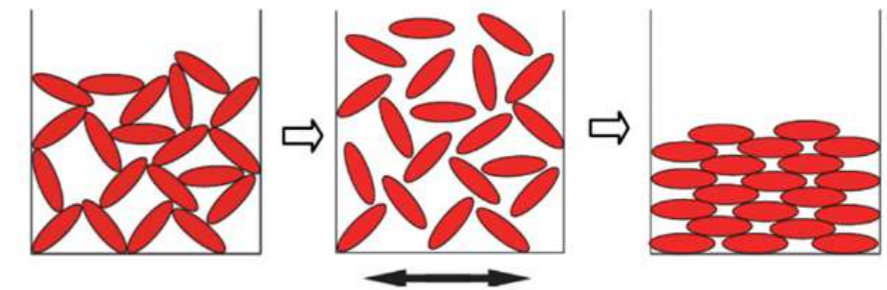
※1 亀裂は、地割れと同じ現象であるが、ここでは規模の小さい地割れを亀裂として表記している。
 ※2 地下水位が高い、ゆるい砂地盤では、液状化が発生することがある。液状化が進行すると、地面からの泥水の噴出や地盤沈下が起こり、堤防や岸壁が壊れる、下水管やマンホールが浮き上がる、建物の土台が傾いたり壊れたりするなどの被害が発生することがある。
 ※3 大規模な地すべりや山体の崩壊等が発生した場合、地形等によっては天然ダムが形成されることがある。また、大量の崩壊土砂が土石流化することもある。

出典: 気象庁 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>

(土の揺すり込み現象)

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、「土の揺すり込み現象」が発生する。



(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

(土粒子が動き出すのに必要な加速度)

i) 緩詰めの場合

$$\alpha = 0.1974 \times 9.8 = 1.935 \text{ m/s}^2 \Rightarrow \text{約}194\text{gal}$$

ii) 密詰めの場合

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

出典: 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(地圏工学)、Vol.68、No.1、127-137、2012

- 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。

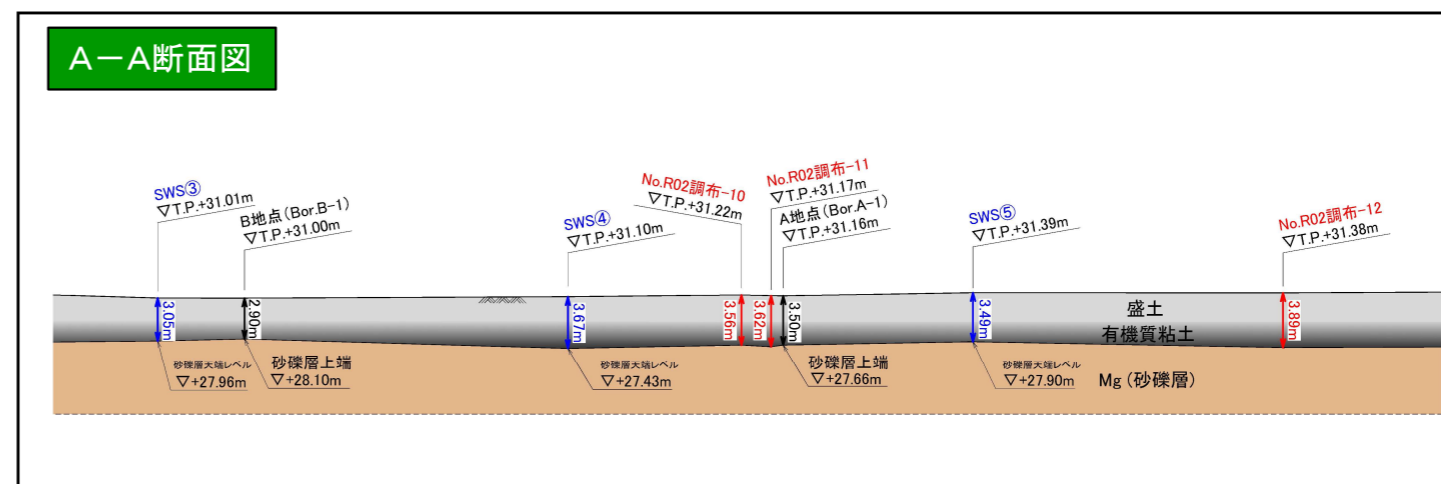
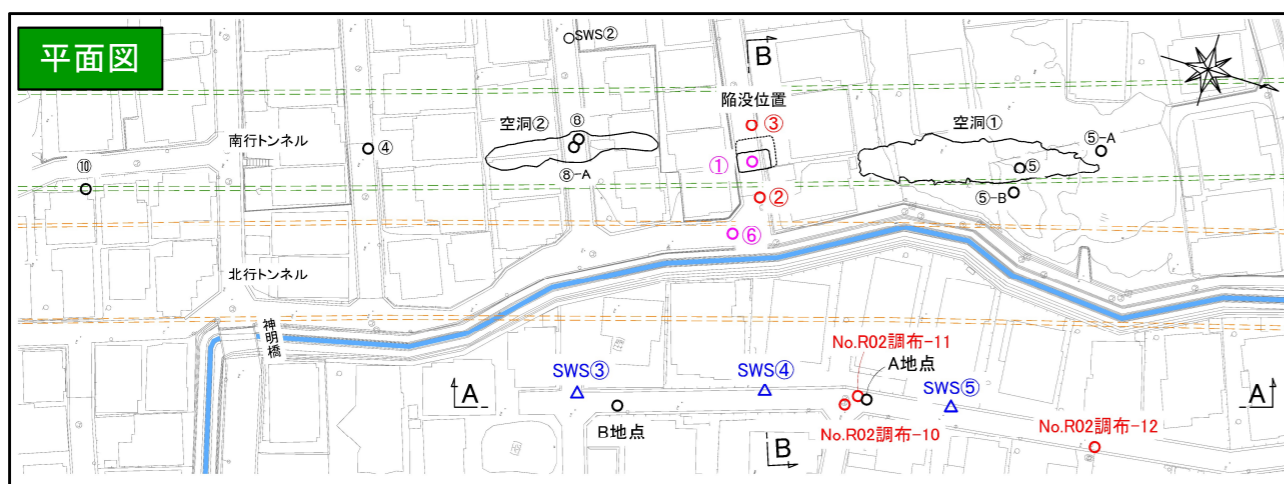
液状化判定が必要な条件 (「建築基礎構造設計指針(日本建築学会) 2019年」より)

- ① 地表面から20m程度以浅の飽和土層
- ② 細粒分含有率 F_c が35%以下の土層、又は F_c 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 I_p が15以下の埋立地盤や盛土地盤

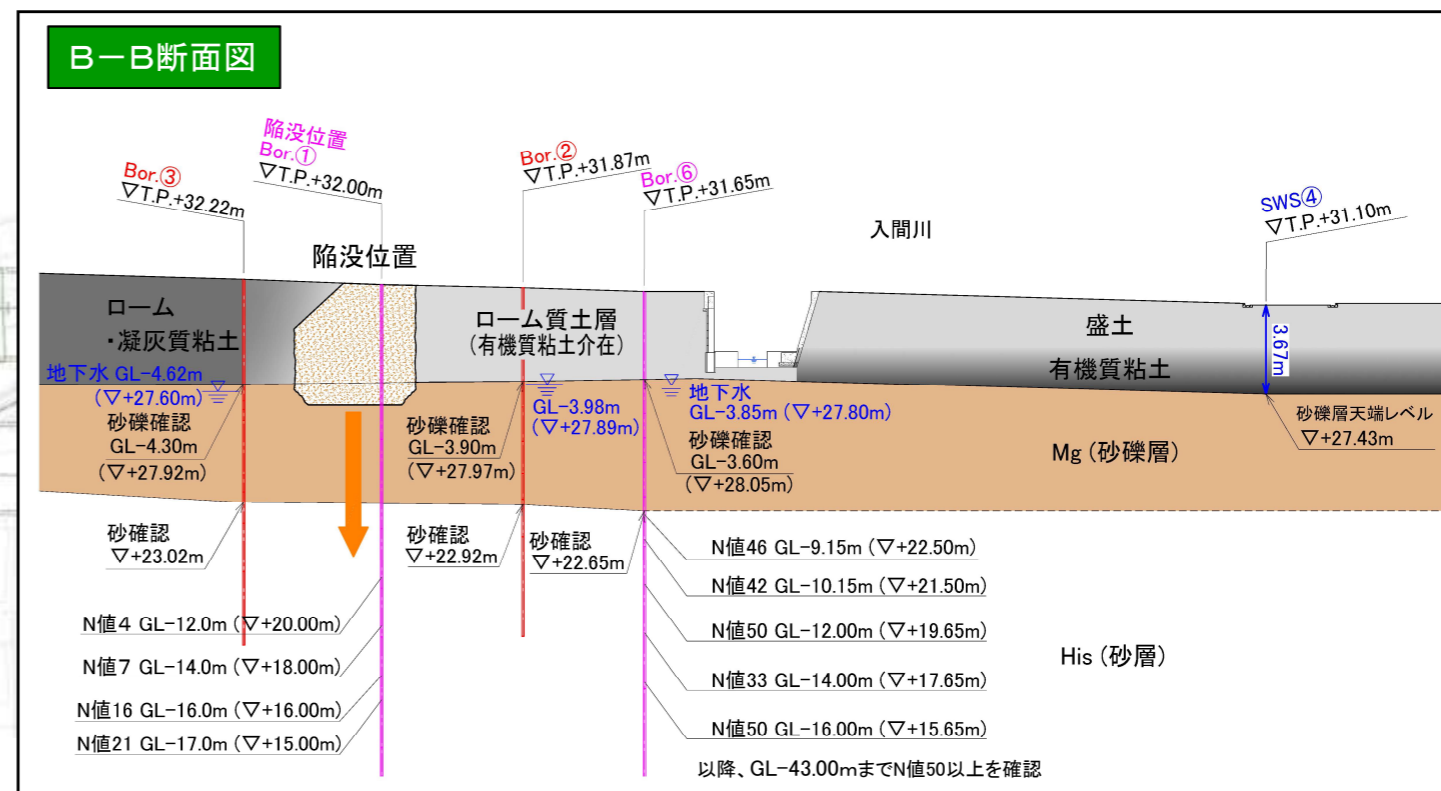
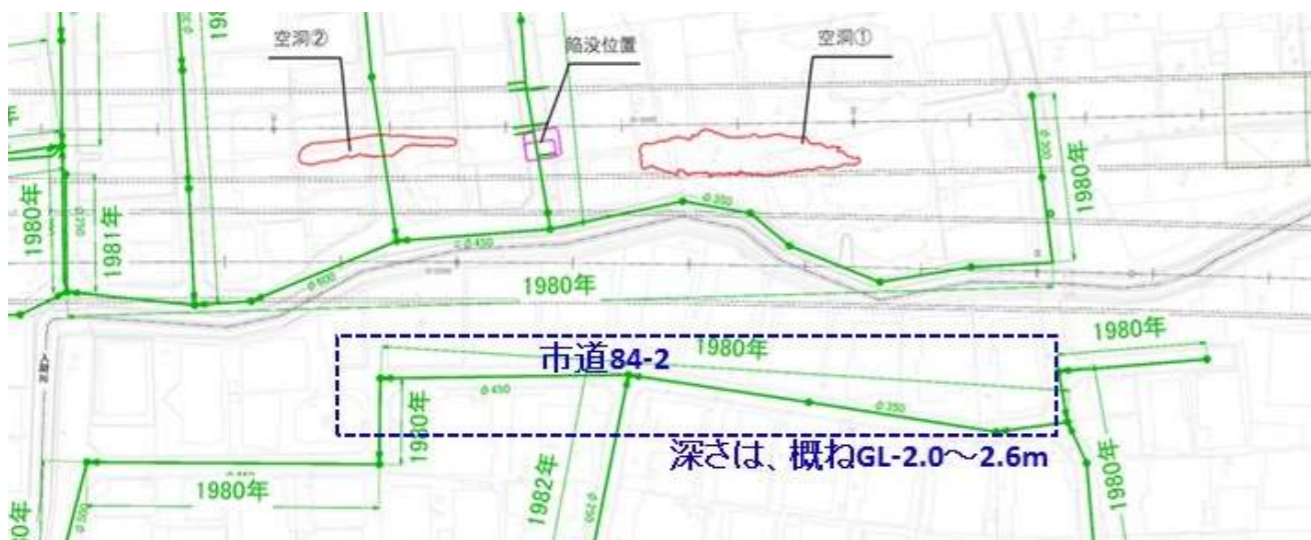
追加調査結果の概要(4)

<参考>

- 表層地盤下層の武蔵野礫層(Mg層)の落ち込みは確認されていません
 - ✓ 今回実施したボーリング調査及び既往のスクリーウエイト貫入試験により確認したMg層の天端高さは、過去の調査結果及び掘進の影響がない箇所の結果と整合しており、周辺地盤と比較しても落ち込みは確認されていません。
- この他、以下について確認されましたが、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
 - ✓ 近傍の観測井の浅層地下水位は、台風などの大雨時には約50cm変動するなど降雨に敏感に反応するほか、この6年間で約2m変動しています。
 - ✓ 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。



<下水道管の状況>



追加調査結果のまとめと今後の事業者の対応方針

<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と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は、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が、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。

<対応方針>

- 引き続き、住民の方々のご意見を個別にお伺いしながら、
 - 家屋損傷をはじめとする実際に発生した損害に対する補修・補償
 - 陥没・空洞箇所等の地盤補修範囲における地盤補修について、誠意をもって対応していくことに加えて、有識者にも相談しつつ必要な調査を実施し、住民の方々の不安の払拭に努めてまいります。