

北海道三笠市道道陥没の調査結果とメカニズム

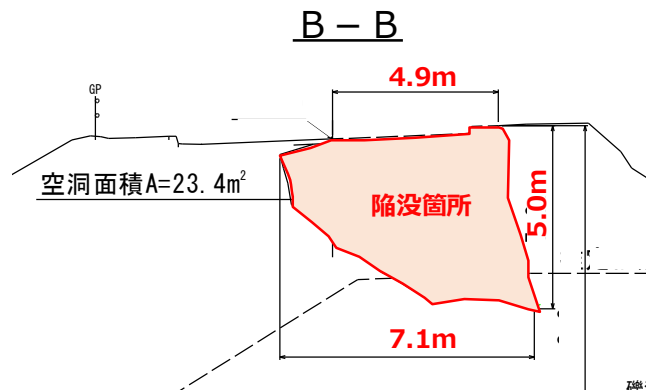
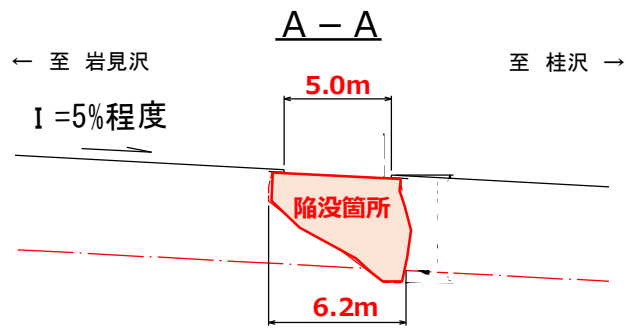
(国研) 土研 寒地土木研究所 林 宏親

1. 三笠市で発生した道道陥没の概要
2. 現地調査の結果
3. 調査結果から考えられる陥没発生メカニズム

三笠市で発生した 道道陥没の概要

道路陥没の概要

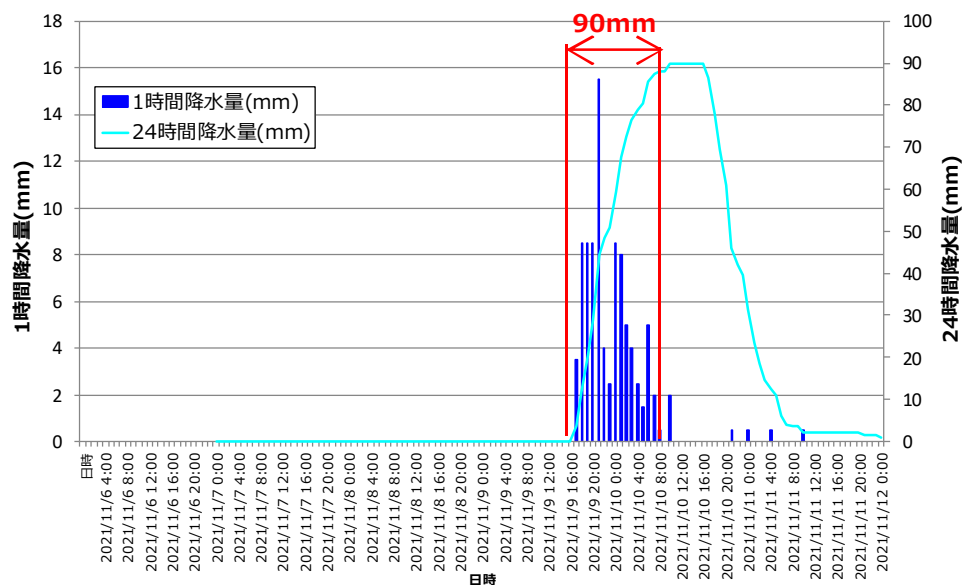
陥没状況



道路陥没の概要

□ 気象状況

- ▶ 近傍のアメダス岩見沢では、11月9日17時から11月10日10時までの17時間では90mm、1時間最大降水量は15.5mm(11月9日20時から21時)を記録
- ▶ アメダス岩見沢の11月における降水量の平年値は118.8mmであり、平年値の約8割が1日に降雨



陥没発生前後の降水状況(アメダス岩見沢)



11月9日 21時のレーダー画像(日本気象協会より抜粋)

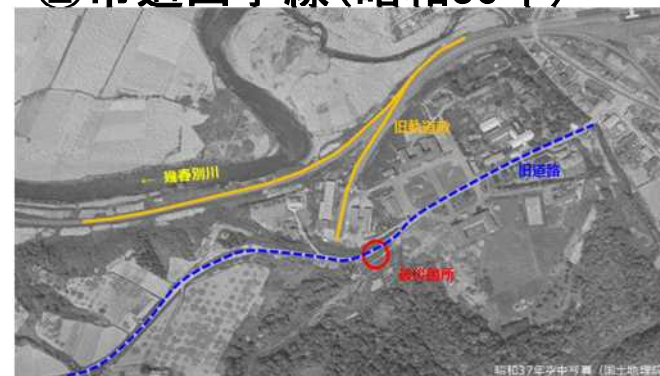
道路の変遷

- ▶ 当該道路は現在に至るまで道路の管理者が2回変更
- ▶ 古い順番から「北海道炭砒汽船株式会社」、「三笠市」、そして現在は「北海道」

①北炭の作業路(昭和20年代?)

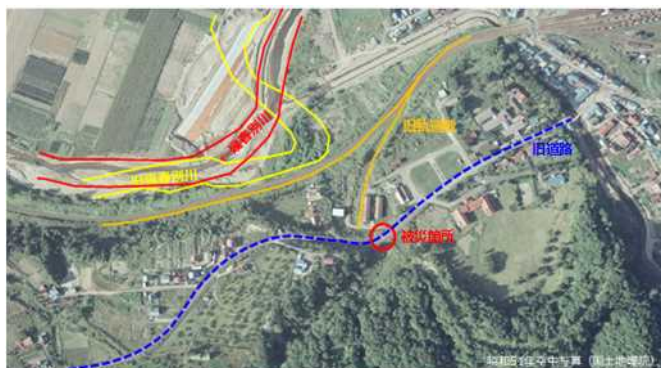


②市道山手線(昭和36年)



北海道へ

③道道岩見沢桂沢線(昭和51年)

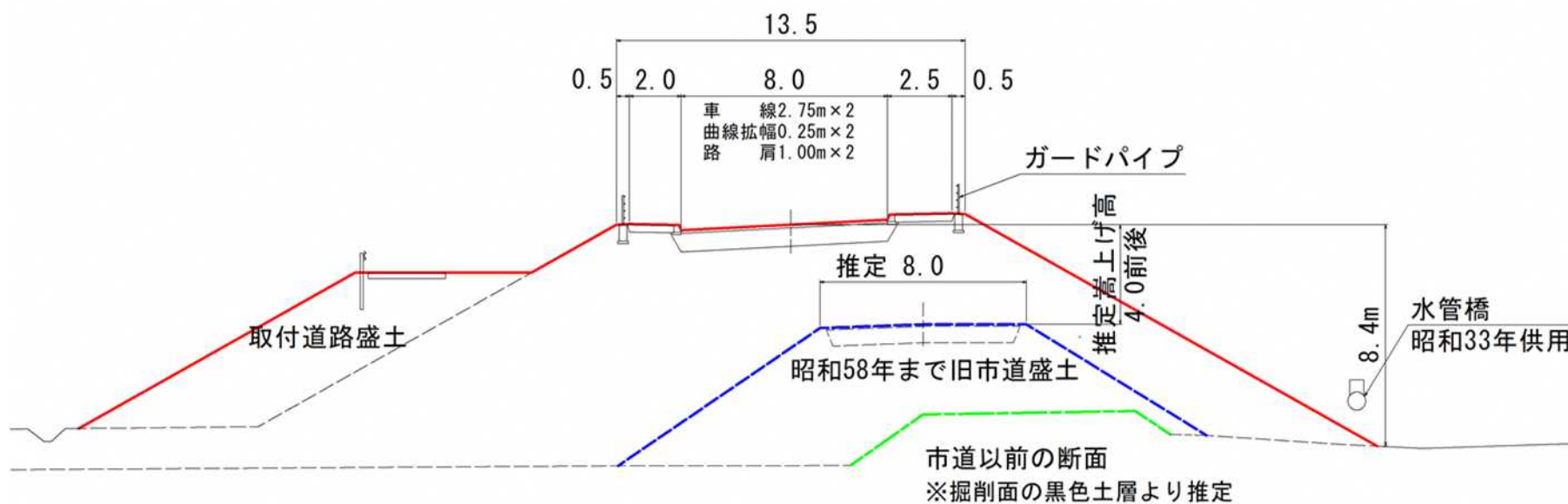


④道路改良(昭和59年)



道路の変遷

- ▶道路の造成当初から現在までの間に道路の高さが8.4m程度増加
- ▶昭和59年の改良工事では、盛土により約4m前後嵩上げ



代表道路断面図

現地調査の結果

現地調査の結果（横断管の損傷）

▶掘削調査の結果、路面からの深さ約12mの位置に延長27.6mの横断管が確認

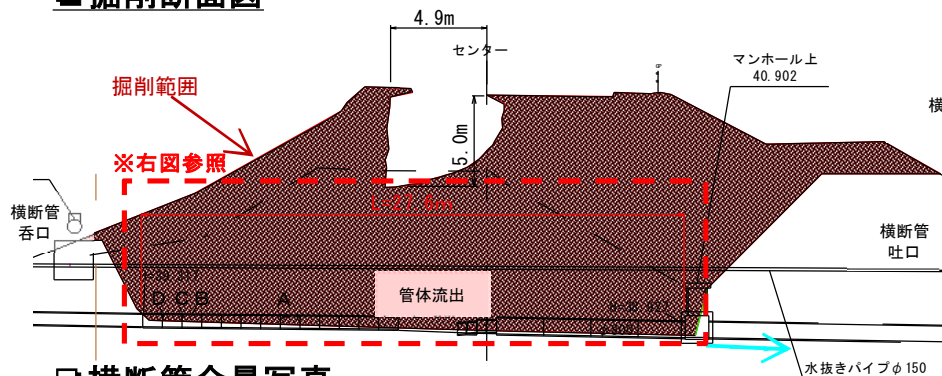


現地掘削（全景）

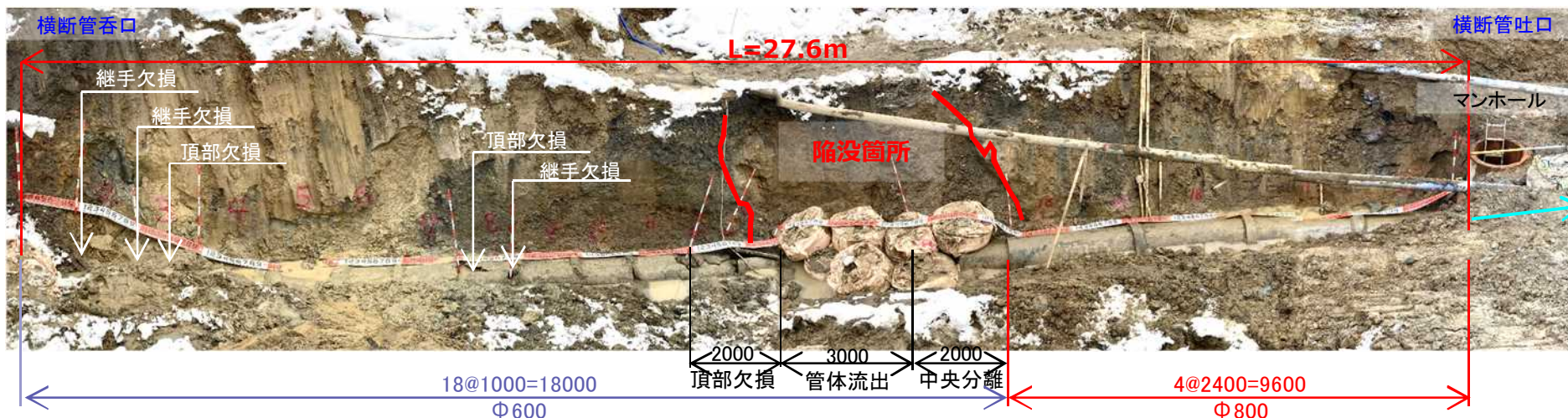
現地調査の結果（横断管の損傷）

- ▶横断管の全長は27.6m(管径60cmが18m、管径80cmが9.6m)
- ▶主に頂部や継手部の欠損しており、土砂に混ざって流れ出した管の一部も確認

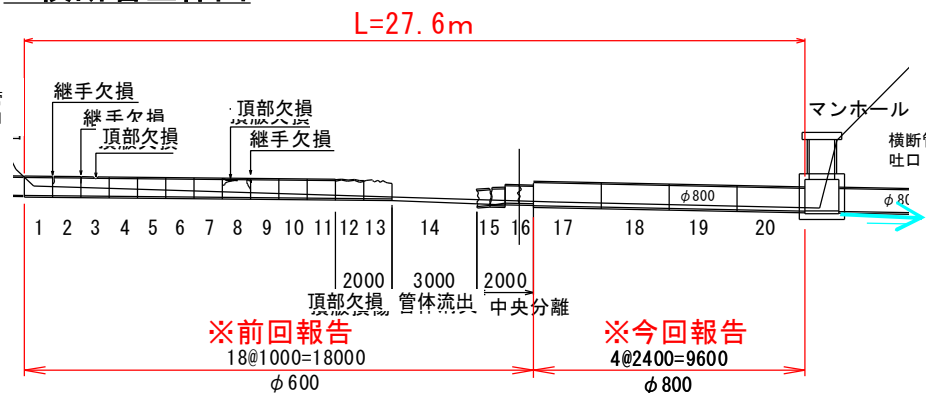
□掘削断面図



□横断管全景写真



□横断管全体図

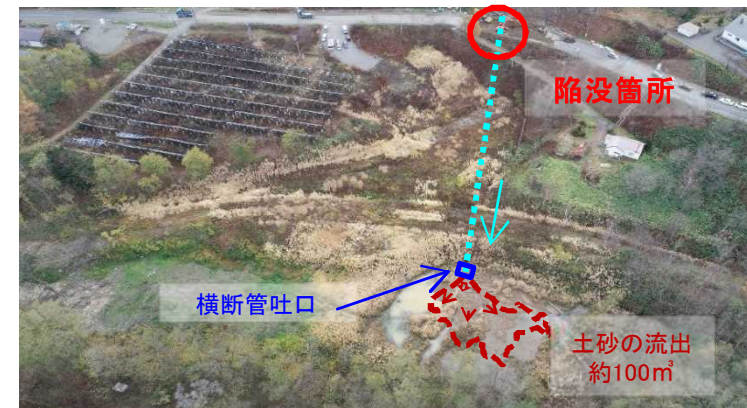


現地調査の結果（UAV撮影による周辺の状況）

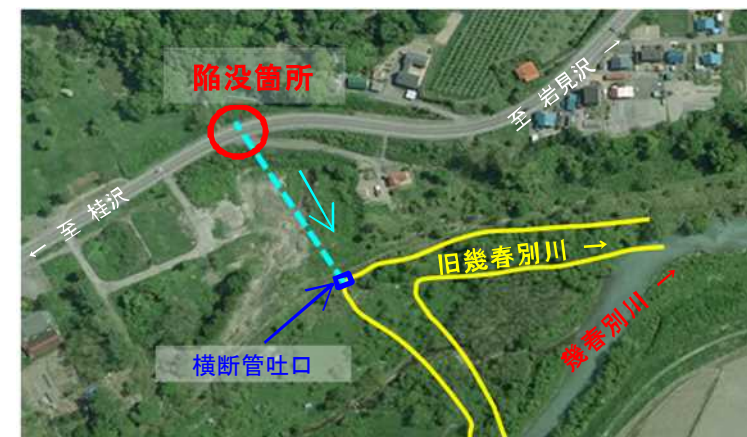
▶ 陥没箇所から約130m先に横断管の吐口があり、周辺に約100m³の土砂が流出



陥没箇所の全景（UAV撮影）



横断管吐口からの土砂の流出状況



横断管吐口は旧幾春別川に河岸に位置

現地調査の結果（盛土材と流失土砂の物性）

▶粒度試験の結果、陥没箇所の盛土材と横断管の吐口周辺に堆積している土砂はよく似た物性であることを確認

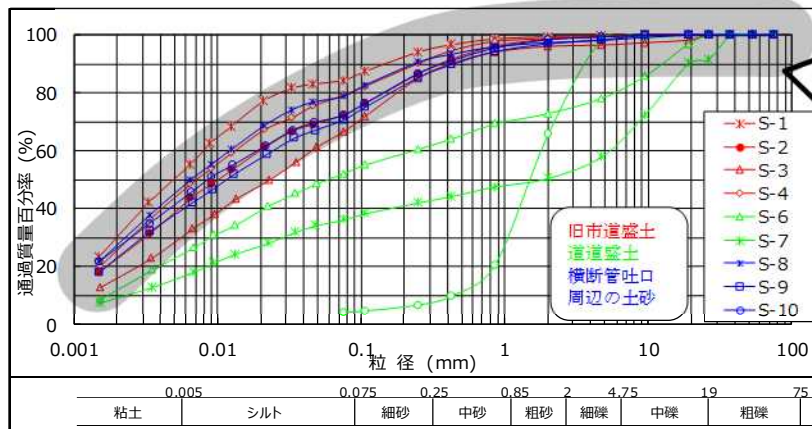


図- 各土層の粒径加積曲線図

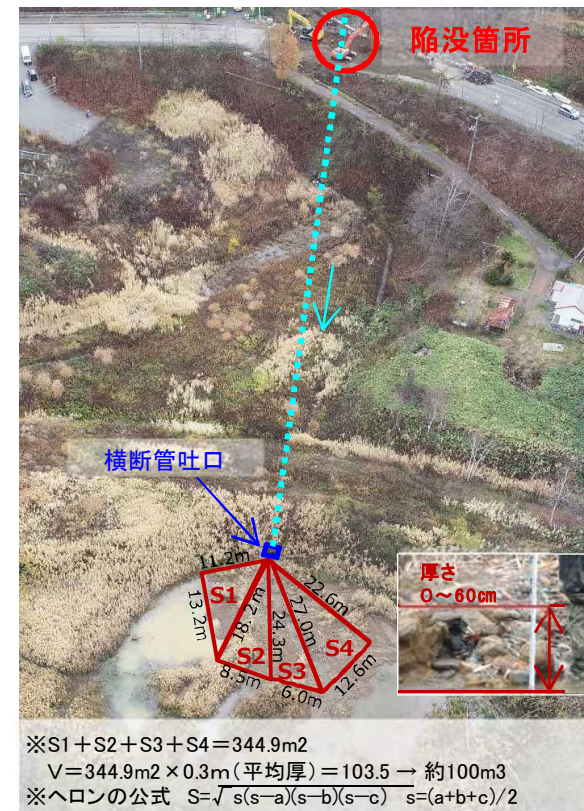
横断管吐口から流出した団子状の粘土は、旧市道盛土の粘土と似た物理的性質を有する。



旧市道盛土 横断管吐口の土砂

表- 土質試験結果

試料番号	採取位置	試料状態	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	自然含水比 w_n (%)	液性限界 w_L (%)	塑性限界 w_p (%)	塑性指数 I_p	地盤材料の分類名
S-1	旧市道盛土	黄灰色粘土	2.61	34.8	57.1	21.3	35.8	砂質粘土（高液性限界）
S-2		黄灰色粘土	2.61	33.2	53.5	21.9	31.6	砂質粘土（高液性限界）
S-3		黄灰色粘土	2.60	31.8	51.2	21.7	29.5	砂質粘土（高液性限界）
S-4		淡灰色粘土	2.59	37.8	50.8	25.9	24.9	砂質粘土（高液性限界）
S-5	道道盛土	砂（薄層）	2.66	8.4				分級された 礫質砂
S-6		礫質土	2.60	35.2	60.4	27.7	32.7	砂礫質粘土（高液性限界）
S-7		礫混り淡灰色粘土	2.61	30.4	61	27.8	33.2	砂まじり 粘性土質礫
S-8	横断管吐口周辺の土砂	団子状粘土塊	2.62	32.5	53.1	22.8	30.3	砂質粘土（高液性限界）
S-9		団子状粘土塊	2.62	28.5	52.7	22.0	30.7	砂質粘土（高液性限界）
S-10		団子状粘土塊	2.61	28.1	55.3	21.2	34.1	砂質粘土（高液性限界）

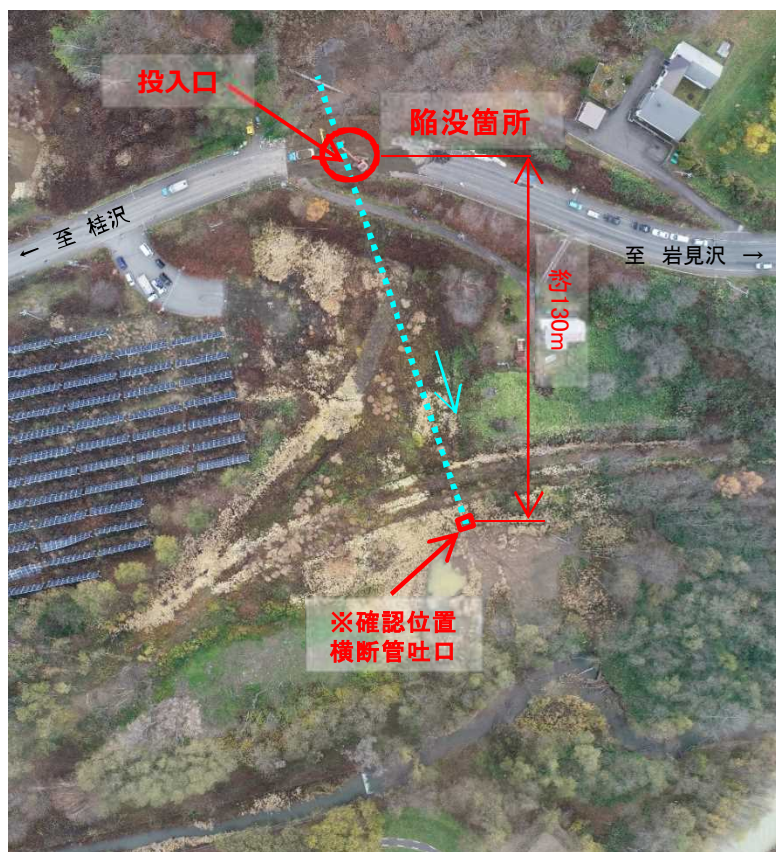


※ $S1 + S2 + S3 + S4 = 344.9m^2$
 $V = 344.9m^2 \times 0.3m$ (平均厚) $= 103.5 \rightarrow$ 約 $100m^3$
 ※ヘロンの公式 $S = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$ $s = (a+b+c)/2$

土砂の範囲はヘロンの公式により算出

現地調査の結果（着色剤を用いた流路調査）

▶流路調査の結果、陥没箇所横断管と吐口が連通していることを確認



着色剤の投入口と確認位置



破損箇所から着色剤を投入

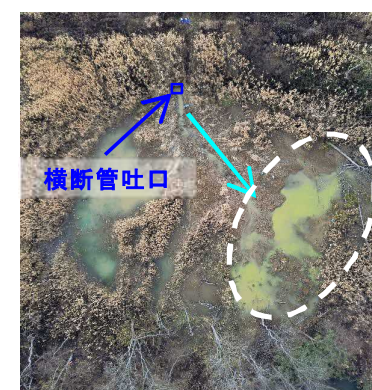


着色剤を投入すると
水は蛍光色となる

着色剤の投入状況（横断管内）



着色剤を確認（横断管吐口）



横断管吐口全景（UAV撮影）

調査結果から考えられる 陥没発生メカニズム

陥没発生のメカニズム

▶現地掘削により確認した横断管や盛土の状況から陥没のメカニズムについて考察

《事象》

《考察》

①横断管の損傷 ⇒ 上載荷重や管の老朽化の影響により横断管に損傷が発生

横断管の損傷箇所から盛土材が流れ込み、排水機能が低下



②盛土内の地下水位が上昇 ⇒ 横断管呑口の水が停滞し、ダムのように滞水

盛土内の地下水位が上昇し、横断管の周辺から内部侵食が発生



③盛土内の深部で内部侵食が進行 ⇒ 地下水位が上昇する度に横断管の損傷箇所から盛土材が流出

旧市道盛土内の深部において内部侵食が徐々に進行



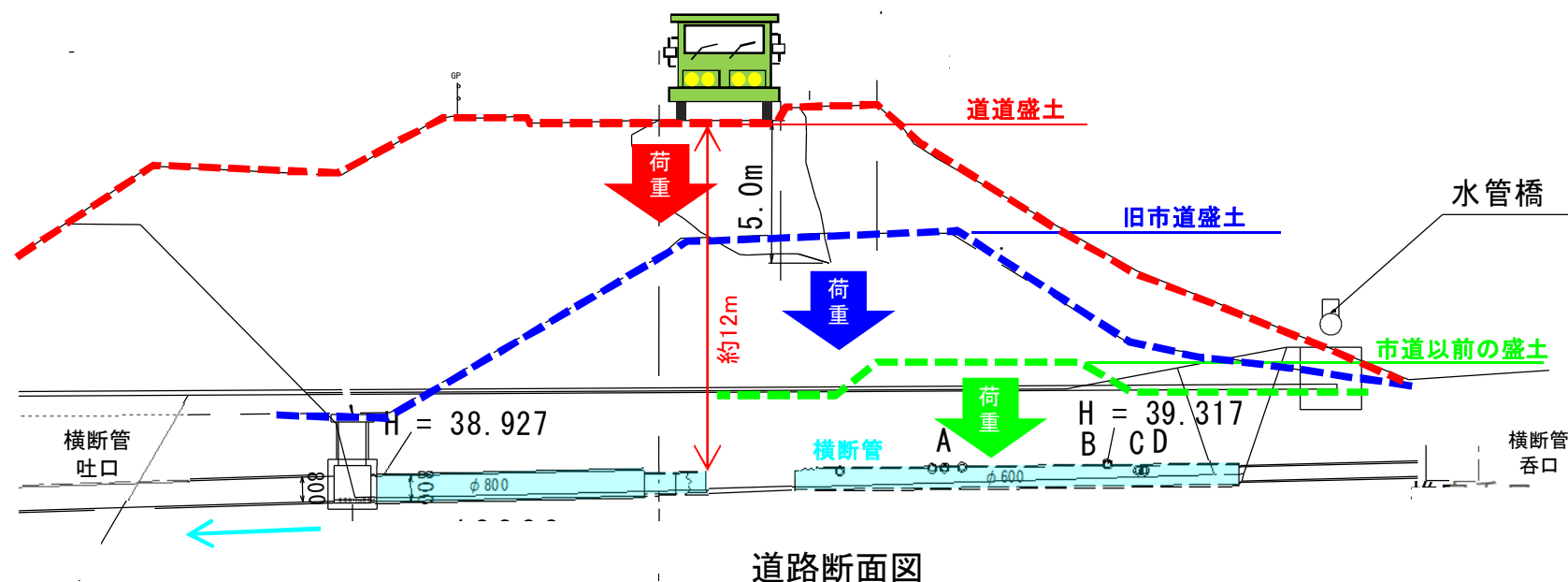
④盛土上部が崩落して陥没が発生 ⇒ 11月9日から10日の大雨により、盛土内の地下水位が上昇

盛土内の飽和度が増加し、土の強度が低下したため、盛土上部が崩落し、11月11日未明に陥没が発生

陥没発生メカニズム（横断管の損傷）

- ▶ 上載荷重や管の老朽化の影響により横断管に損傷が発生
- ▶ 横断管の損傷箇所から盛土材が流れ込み、排水機能が低下

- 1 現地掘削の結果、横断管の頂部や継手などに損傷を確認
- 2 横断管は、市道昇格以前から長年にわたって設置されており、盛土や通行車両からの上載荷重や管の経年劣化による老朽化の影響により損傷が発生したものと推察
- 3 横断管の損傷箇所から盛土材が流れ込み、管が詰まることにより排水機能が低下したものと推察



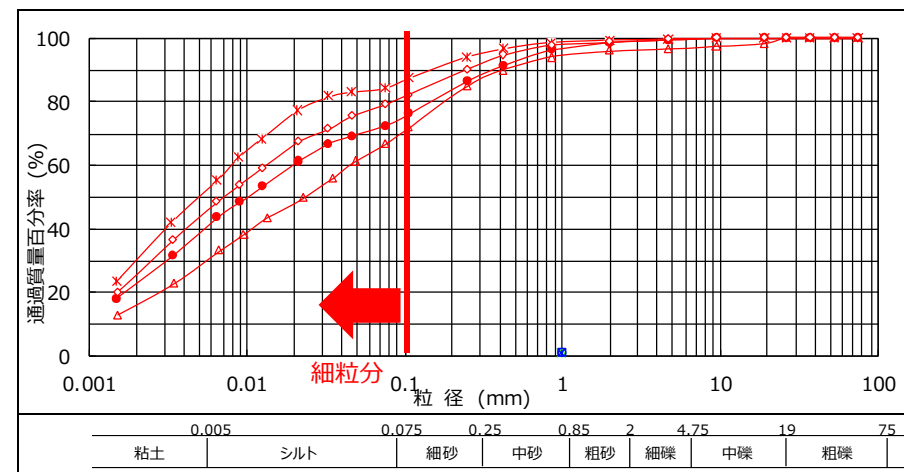
陥没発生メカニズム（盛土深部での浸食）

- ▶地下水位が上昇する度に横断管の損傷箇所から盛土材が流出
- ▶旧市道盛土内の深部において内部侵食が徐々に進行

- 1 旧市道盛土は土質調査から砂質粘土であることが確認
- 2 粘土とシルトの割合を示す細粒分含有率は、土質試験の結果から約76%
- 3 砂質粘土は土砂流出の進行は遅いが、地下水位の上昇により長期間飽和状態に晒されると盛土材が流出。
- 4 空洞は長い年月をかけて、旧市道盛土内の深部において内部侵食が徐々に進行したものと推察



掘削全景（岩見沢側）

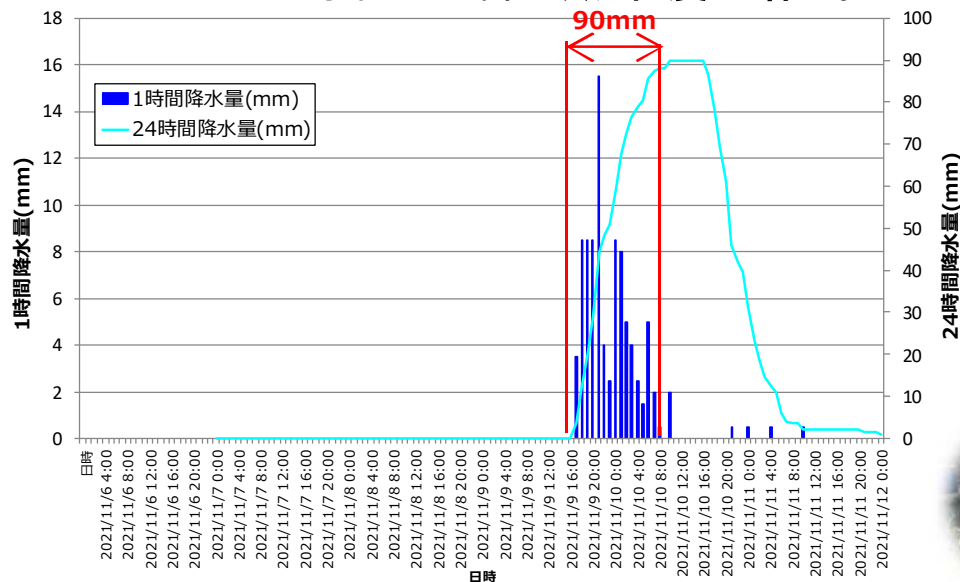


旧市道盛土の粒径加積曲線図

陥没発生メカニズム（盛土上部の崩落）

- ▶ 11月9日から10日にかけての大雨により、盛土内の地下水位が上昇
- ▶ 盛土内の飽和度が増加し、土の強度が低下したため、盛土上部が崩落し、11月11日未明に陥没が発生

- 1 近傍のアメダス岩見沢では、11月9日17時から11月10日10時までの17時間では90mmの大雨。
- 2 横断管呑口周辺の滞水は水管橋の高さを約2.5m超え、盛土内に水が浸透。
- 3 盛土内の地下水位が上昇し、飽和度が増加。



陥没発生前後の降水状況（アメダス岩見沢）



上昇した水位の痕跡（令和3年11月11日）

ご清聴ありがとうございました

※本資料の作成にあたり、北海道より資料の提供を受けました