

第 3 章 陥没発生メカニズムの考察

3-1 陥没に至るまでの道路整備の変遷

当該道路は、北炭時代の昭和10年頃までに沢部を盛土(旧道盛土:推定盛高約3.5m)により通過していることから、横断管はその頃に設置されたと考えられる。なお、この旧道盛土時の横断管の規格は、調査掘削により管径φ600mmで、管種はコンクリート普通管と推定した。

昭和22年から昭和36年までの道路整備により、盛土(旧道盛土)が拡幅され(旧市道盛土:推定盛高+約7m)、管径φ600mmの横断管の吐口側に管径φ800mmの横断管とマンホール、石積擁壁が設置されたと考えられる。

昭和53年10月に三笠市から北海道へ移管され、昭和59年の道路整備により当該箇所の盛土をさらに拡幅した(道道盛土:推定盛高+約3m)。

このように、横断管の管理者が不明なまま、道路整備により盛土が繰り返されて高い盛土となった。

3-2 技術検討会による陥没発生までのプロセスの整理

技術検討会において、当該道路における横断管設置から陥没発生までのプロセスを整理した。

- ・ 道路の変遷を紐解くと、当初、当該道路は低い盛土であったと考えられる。その後、道路整備により高い盛土となった。横断管損傷の原因としては、盛土が高くなったことで横断管に作用する上載荷重が増加したことが考えられる。
- ・ 横断管の存在は認識されていたが、水が流れなかったことから、閉塞したと考えていた。
- ・ 横断管の排水機能が低下したために、R側沢部がダムのように滞水した。その結果、沢水は盛土内へ浸透し、盛土内の地下水位が上昇したと考えられる。
- ・ R側盛土法面から浸透した沢水は横断管損傷箇所へ向かって流れ、損傷箇所付近では盛土の内部侵食が発生し、深部で空洞化が始まったと考えられる。
- ・ 盛土は細粒分に富む材料(粘土・シルト約76%含有)であったため、滞水のたびに少しずつ流動化し、内部侵食が進行したと考えられる。
- ・ 砂質粘土は粘着力により流動化の進行が遅く、空洞の成長も遅かったと考えられる。
- ・ 空洞化は盛土深部で形成されたため、その影響がすぐに地表面に現れなかったと考えられる。
- ・ 令和3年11月9日17時から11月10日10時にかけての大雨の影響によりR側沢部が滞水し、盛土内の地下水が上昇したと考えられる。
- ・ 盛土内の地下水位の上昇により盛土のせん断強度が低下し、それまでアーチ効果により保持されていた盛土上部や路盤・舗装を自力で支えられなくなり、陥没したと考えられる。

3-3 陥没発生メカニズム

陥没発生メカニズムについて、詳細を以下に述べる。

① 横断管の損傷

現地掘削の結果、横断管の流出区間および頂部や継手等の損傷位置は、管径φ600mmの横断管が設置された盛土高の高い箇所である。このことから、道路整備により盛土が高くなり、横断管への上乗荷重の増加が横断管を損傷させたと考えられる。また、管自体の老朽化も損傷要因の一つであったと考えられる(図3-2、図3-3参照)。

横断管損傷箇所の代表横断面図を図3-1に示す。

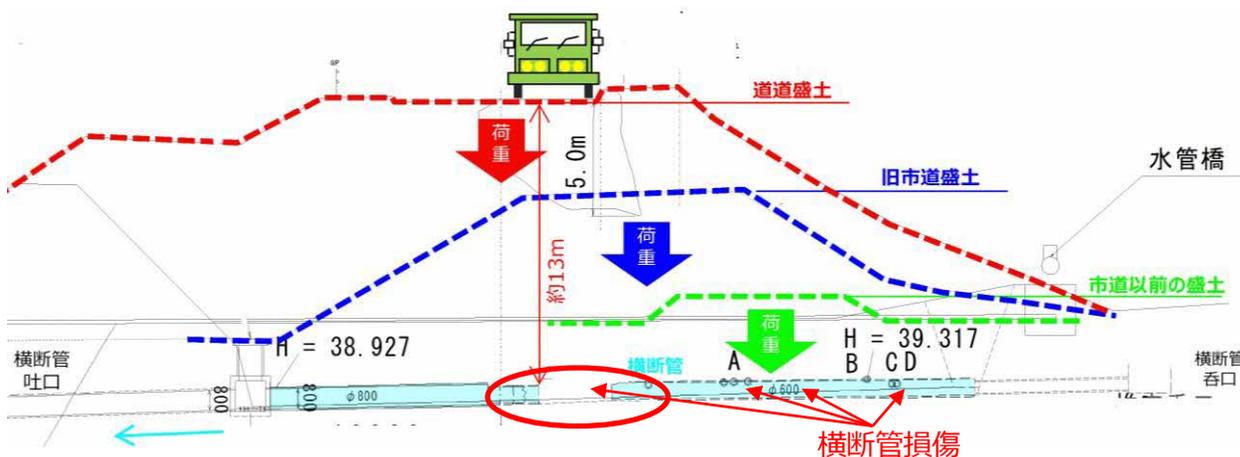


図3-1 横断管損傷箇所



図3-2 調査掘削で確認した鉄筋のサビが進行した横断管破片



図3-3 吐口周辺に堆積した老朽化が進んだ横断管破片

② R側沢部の度重なる滞水と盛土への浸透

横断管呑口が土砂により閉塞した排水機能不全により R 側沢部は融雪期や豪雨時に度々滞水した(図3-4、図3-5、図3-6参照)。

その結果、滞水した沢水は盛土内へ浸透したと考えられる。

平成25年9月



図3-4 平成25年9月のR側沢部滞水状況

平成26年4月



図3-5 平成26年4月のR側沢部滞水状況

令和3年4月



図3-6 令和3年4月のR側沢部滞水状況

③ 盛土内への沢水の浸透と空洞化の始まり

度重なるR側沢部の滞水により、沢水が盛土内へ浸透することで地下水位が上昇し、水みちが形成されたと考えられる(図3-7参照)。水みちを通じて、横断管損傷部の周辺から盛土材の内部侵食が発生し、盛土の深部において空洞が生じ始めたと考えられる。

盛土材の大半は砂質粘土で(細粒分含有率76%, 図3-8参照)、長期間飽和状態となることで次第に流出しやすくなったと考えられる。



図3-7 横断管より盛土材が流出した旧市道盛土の全景

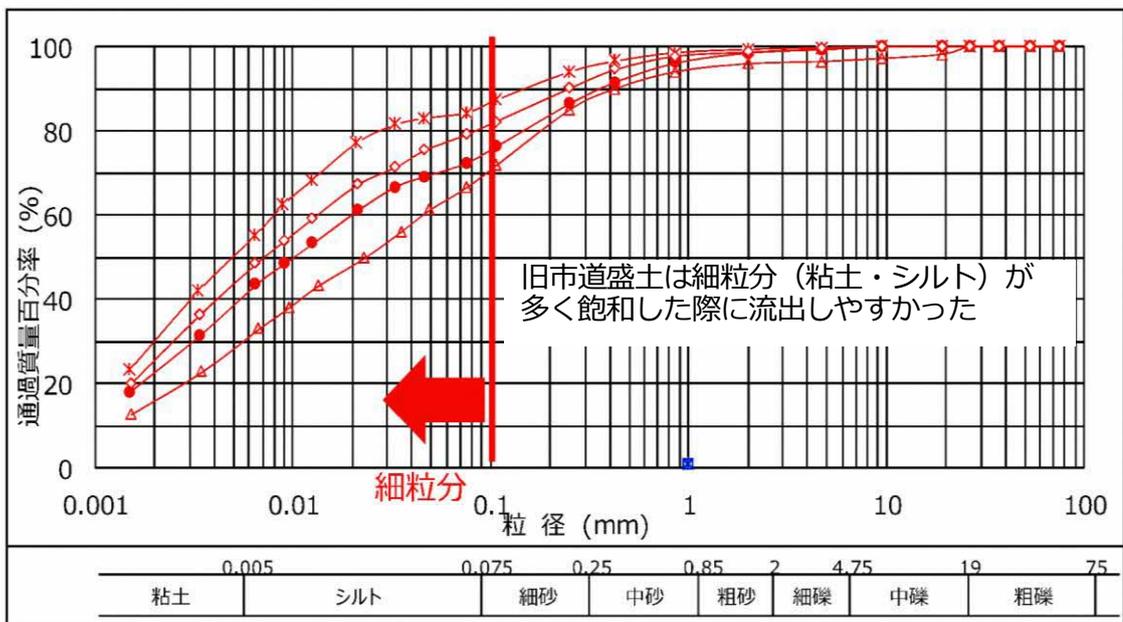


図3-8 旧市道盛土の粒径分布図

④ 盛土内への浸透水の増加と盛土の強度低下

令和 3 年 11 月 9 日 17 時から 11 月 10 日 10 時にかけての大雨(90 mm/17 時間)により、R 側沢部には水管橋の空気弁天端を約 2.5m 超える水位まで滞水した。

R 側沢部の滞水は盛土内に浸透し、地下水位の上昇に伴い盛土材の飽和度が上昇したと考えられる。令和 3 年 11 月 11 日午後に確認した R 側沢の水位の痕跡について図 3-9 に示す。



図 3-9 R 側沢部の滞水状況と上昇した大雨時の水位の痕跡

⑤ 盛土上部が崩落し陥没が発生

盛土材の飽和度が増加し土のせん断強度が低下し、アーチ効果により保持されていた盛土上部や路盤・舗装を自力で支えられなくなり、令和3年11月11日未明に幅7.1m、延長6.2m、深さ5.0mの陥没が発生したと考えられる(図3-10参照)。



図3-10 調査掘削法面(岩見沢側)と路盤・舗装の崩落イメージ

⑥ 横断管内閉塞物の吐口からの流出

盛土上部の崩落により、横断管内の水圧が一気に高まり、横断管内に溜まっていた土砂とともに、管の破片を吐口側へ押し流したと考えられる。押し流された管の破片や土砂は、吐口付近で扇状地状に堆積した(図3-11 参照)。



横断管吐口で確認した土砂 (図2-3より再掲)



吐口周辺に堆積していた横断管の欠片、
推定管径φ約600mm (図2-3より再掲)



陥没により横断管の一部が流出 (図2-8より再掲)



マンホール内で確認した管の破片 (図2-9より再掲)

図3-11 横断管吐口に堆積した管の破片と旧市道盛土に由来する流出土塊