

4. 路面下空洞の開削状況調査結果

Survey results of situation of excavation about cavity below the road surface.

技術支援課 内山博文 大石雅登

1. はじめに

道路陥没は、まれにはあるが突然発生し、いったん発生すると重大な事故に至る危険性がある。このため東京都建設局では、管理する都道の道路陥没を未然に防ぐため、主要幹線道路を対象に路面下の空洞調査を実施している。

現在実施されている路面下空洞調査は、地中レーダを搭載した空洞探査車により異常信号を抽出する一次調査と、異常信号箇所を実際にボーリングし、ドロースコープ（小口径ボアホールカメラ）等で調査する二次調査で構成されている。

この二次調査で空洞が発見された場合、当該箇所を占有している埋設企業者が開削による試掘を行い、空洞の形状、規模及び発生要因等を調査する。空洞発生の原因者が明らかな場合は原因の埋設企業者が、原因者が不明な場合は、試掘を実施した埋設企業者が復旧工事を行っている。

復旧工事完了後、当該埋設企業者は調査結果を開削調書に取りまとめ、建設局に報告している。開削調書には、実際に開削して確認された空洞の形状、発生深さや面積、発生要因等が図や写真とともに記載されている。

今回、平成 13 年度から平成 21 年度までの開削調書 1,018 件について、平成 15 年 3 月に建設局道路管理部が策定した「道路陥没発生防止技術マニュアル(案)」(以下「マニュアル(案)」という。)に準じ、分類・整理し、空洞の発生要因等について調査(以下「今回調査」という。)を行ったので、その結果を報告する。

2. マニュアル(案)における空洞の発生要因

マニュアル(案)では、空洞発生要因を「直接原因及び直接的要因」、「外的要因」及び「間接的要因」の3つに分類している。

(1) 直接原因及び直接的要因(T)

下水管等の地下埋設物が破損すると、破損部に土砂が流入し、空洞発生の要因となる。下水管等の破損の原因は、管周辺の掘削工事中の損傷や、埋戻し中の過度の荷重等が考えられる。その他の破損要因としては、施設の老朽化による腐食、損傷、管のずれ等である。

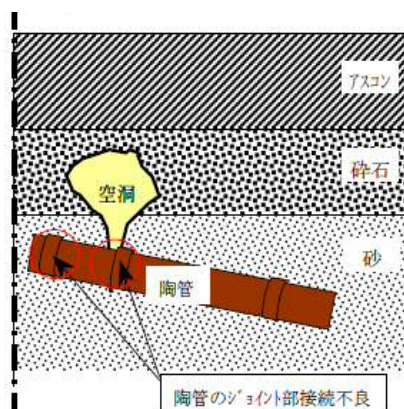


図-1 直接原因および直接的要因(T)の事例

(2) 外的要因(G)

外的要因(G)については、さらに具体的な要因別に6つに細分類されている。

1) H鋼、矢板、木杭等の出現(G1)

山留めの残置物件である H 鋼、矢板、木杭等が原因と推定される。H 鋼、矢板、木杭等は原則として抜き去ることになっているが、施工上残置することになった場合は、道路管理者との協議により決定することとしている。地下埋設物と残置物件の間に十分な埋戻しが行われず、ゆるみや水みちが発生したことが空洞発生の原因であると考えられる。

2) ガラ(コンクリート、アスコン等)の出現(G2)

埋戻し材の代わりに、コンクリート、アスコンガラで埋戻されていたものである。埋戻し材は、良質の砂や改良土等を用いなければならず、ガラによる埋戻しは明らかな施工不良である。ガラの隙間に水みちができたことや、不十分な転圧が空洞発生の原因であると考えられる。

3) 地下埋設物の輻輳(G3)

地下埋設物が輻輳している箇所に空洞が発生したものである。地下埋設物が輻輳しているということは、その箇所において埋設物に関連する工事が多いことを示している。埋戻し時の転圧不足等が空洞発生の原因であると考えられる。

4) 地下埋設物またはマンホール付近(G4)

地下埋設物やマンホール付近に空洞が発生したものである。地下埋設物、マンホールの周辺は、転圧機械の使用が困難な場合が多く、十分な転圧ができないことがあり、これが空洞発生の原因であると考えられる。

5) 埋戻し転圧不足または埋戻し材の不良(G5)

原因が特定できない外的要因のひとつである。原因調査のために行った開削では、空洞付近に破損した地下埋設物等を確認できなかったが、路盤や路床にゆるみや沈下を確認した箇所である。

6) その他(G6)

空洞発生原因の分類をおこなったさい、いずれの要因にも属さない箇所である。

(3) 間接的要因(K)

間接的要因については、さらに具体的な要因別に2つに細分類されている。

1) 雨水の影響あり(K1)

雨水の影響により空洞が発生したと判断される箇所である。主に集中豪雨に起因するものが多い。

2) 地下水の影響あり(K2)

地下水の影響により空洞が発生したと判断された箇所である。地下水の影響による空洞発生メカニズムについては、他の要因同様に解明されていないところが多い。

3. 開削状況調査結果

3-1. 空洞発生要因

図-2 に今回調査において、マニュアル(案)に定められている空洞発生要因別に分類した結果を示す。

図-2 によると、空洞の発生要因として、「埋戻し転圧不足、埋戻し材の不良(G5)」による空洞の割合が全体の 32%を占め、次いで「直接原因および直接的要因(T)」による空洞の割合が 28%となっており、この2つの要因で全体の 60%を占めている。

以下、「埋設物の輻輳(G3)」による空洞の割合が 14%、「H 鋼、矢板、木杭等の出現(G1)」による空洞の割合が 11%となっている。

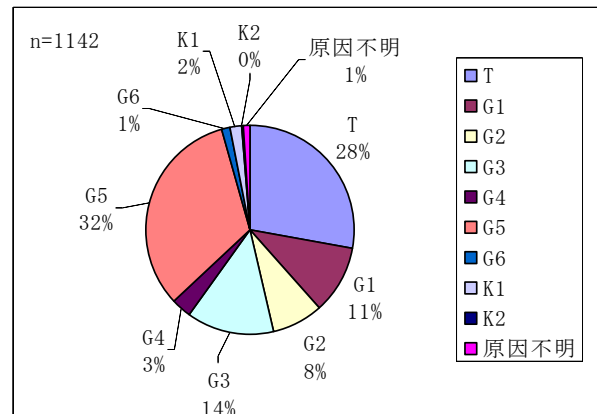


図-2 空洞発生要因別の割合(今回調査)

なお、マニュアル(案)には、平成 11 年度から平成 13 年度の開削調査 103 件を分類・整理し、空洞の発生要因について調査(以下「前回調査」という。)した結果が掲載されている。

図-3 に前回調査の分類結果を示す。図-3 によると、「直接原因および直接的要因(T)」による空洞の割合が 48%と最も多く、次いで「埋戻し転圧不足、埋戻し材の不良(G5)」による空洞の割合が 28%となっており、この2要因で全体の 76%を占めている。

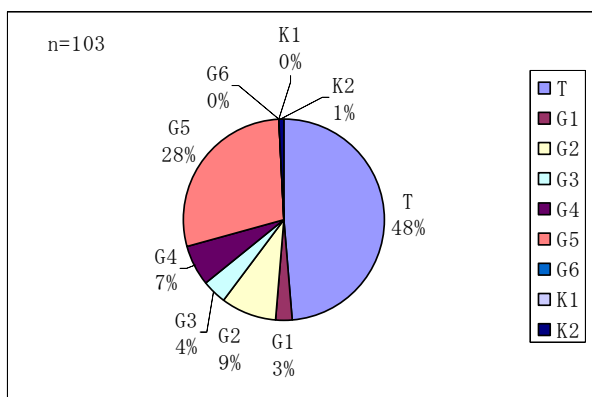


図-3 空洞発生要因別の割合(前回調査)

的に

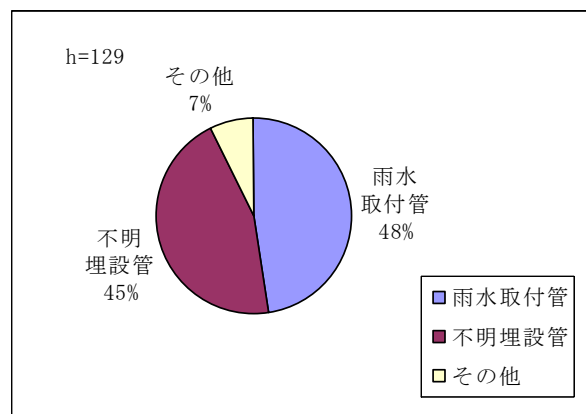


図-5 図-4の「その他」の内訳

(1) 直接原因及び直接的要因(T)

今回調査では空洞全体のうち、要因(T)によるものは28%だった。前回調査では48%だったので20ポイントの大幅な減少となった。

図-4に要因(T)による空洞の周辺で破損が確認された地下埋設物の割合を示す。「下水道」が最も多く59%、次いで「その他」が36%となっており、これらで全体の95%を占めている。

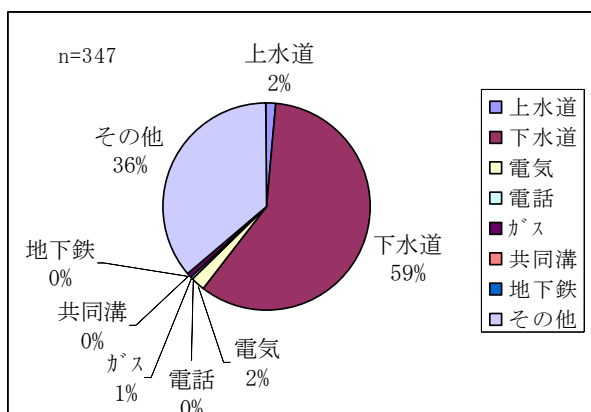


図-4 要因(T)による空洞の周辺で破損が確認された埋設物の割合

また、図-4で「その他」に分類されたものの内訳を図-5に示す。図-5によると「雨水取付管」が48%、次いで「不明埋設管」が45%となっている。

要因(T)による空洞は、原因者が明らかであるため、道路管理者だけでなく、原因者である埋設企業者による道路陥没対策も非常に効果が高い。

たとえば、東京都下水道局は、道路陥没多発地区(道路陥没の多い地域と管きよの老朽化地域が重なる地区)において、老朽管きよの再構築等による陥没対策を集中

実施している。同局の発表¹⁾によると、道路陥没多発地区の平成20年度の道路陥没件数は、対平成16年度比で約53%減少している。

同局では、今後も対策地区を拡大するとともに、陥没原因の多くを占める取付管の硬質塩化ビニル管への取替えを重点的に実施するとしており、更なる改善効果が期待される。

(2) 外的要因(G)

1) 埋戻し転圧不足または埋戻し材の不良(G5)

外的要因による空洞で最も高い割合を占めたのは、要因(G5)によるもので全体の32%を占めている。要因(G5)による空洞は、前回調査でも全体の28%を占めており、空洞発生要因全体の約3割を占める傾向は変わっていない。

要因(G5)は、開削箇所破損した地下埋設物等を確認できなかったが、路盤や路床に緩みや沈下を確認した、原因が特定できない空洞である。

図-6に埋設管合せ図から確認できる、空洞周辺(開削箇所より概ね半径5mの範囲)に確認できる地下埋設物の割合を示す。図-6によると、上水道、下水道、電気、電話、ガスといった地下埋設物が各々10~17%であるのに対し、地下鉄のような深層部の地下構造物が29%と比較的大きな割合を占めている。

要因(G5)による空洞は、深層部にある地下構造物の埋戻し時の転圧不足等が原因のひとつとして考えられている。土砂により埋戻しが行われた地下鉄等の地下構造物では、躯体と山留め壁の間の狭隘な箇所、確実な充填、十分な締固めができず、長い年月の間に空洞が生じてしまう危険性がある。

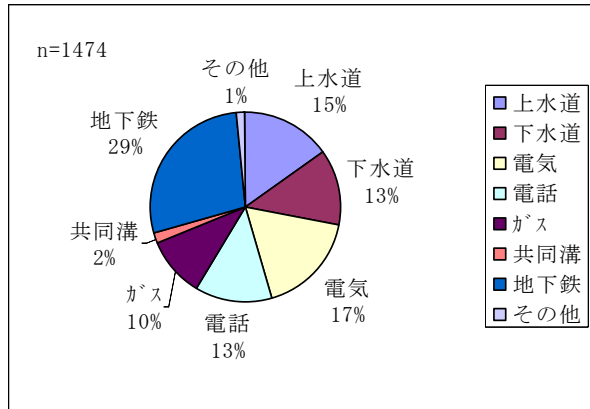


図-6 埋設管合せ図より確認できる地下埋設物の種類

近年開業した地下鉄では、流動性と自硬性を有し、締固めを必要としない流動化処理土が埋戻し材として使用されているが、それ以前の建設年次の古い地下鉄が位置する路線では、要因(G5)による空洞が繰り返し発生する傾向があるため注意が必要である。

2) 地下埋設物の輻輳(G3)

要因 G3 による空洞の割合は、全体の 14%を占め、前回調査の 4%から 10ポイント増加した。

図-7 に、要因(G3)による空洞周辺の地下埋設物の種別と割合を示す。図-7 によると、電話が 32%、次いで電気が 27%と、多条管の地下埋設物が上位を占めており、両者だけで 59%と高い割合となっている。今回の調査で最も多いものは、電気で 20 条、電話で 30 条であった。

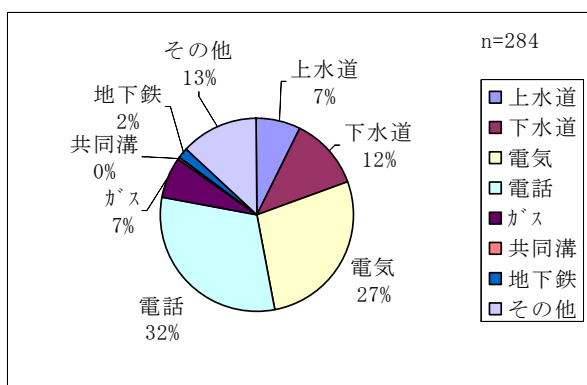


図-7 要因(G3)による空洞周辺の地下埋設物

地下埋設物が輻輳する狭隘な箇所では、十分な転圧ができないため、しゃ断層用砂の水締めによる埋戻しが行われているが、即日復旧などで時間的制約がある場合、十分な締め固めができず、地山にゆるみが残ってしまう危

険性がある。

現在、即日復旧を前提に、空洞が生じにくい輻輳管周りの埋戻し材として、速硬型の砂質土系安定処理土による埋戻し工法の実用化に向けた検討が行われている。

3) H 鋼、矢板、木杭等の出現 (G1)

「H 鋼、矢板、木杭等の出現 (G1)」は、前回調査では全体の 3%と低い割合であったが、今回調査では 8ポイント増の 11%となっている。

要因(G1)に区分された空洞の発生原因は、施工時の残置物件である H 鋼、矢板、木杭等が原因と推定される。ただし、過密化する都市部では、路面下に地下埋設物や掘削工事の履歴が輻輳しており、それら残置物件の所有者を特定することは困難である。

4) その他

その他の要因(「ガラ」の出現 (G2)、「埋設物またはマンホール付近 (G4)」、「その他 (G6)」、「雨水の影響あり (K1)」及び「地下水の影響あり (K2)」)による空洞の割合が全体に占める割合は、0~8%と低い割合であった。

3-2. 空洞発生状況

(1) 空洞発生深さ

図-8 に車道の空洞発生深さの分布状況を示す。

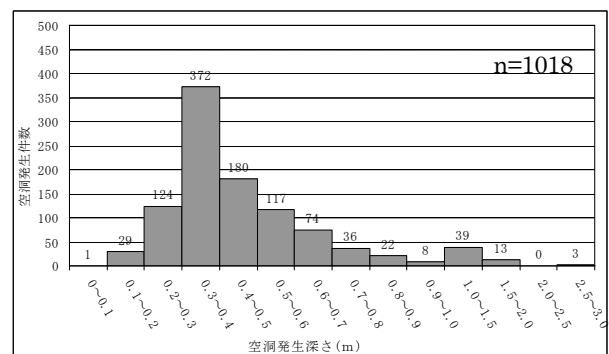


図-8 空洞発生深さ(車道)

図-8 によると、空洞発生深さ 0.5m 未満の空洞は、706 件あり、全体の 69%を占めている。主要幹線道路のアスファルト混合物層の厚さが 35cm 前後であることを考慮すると、相当の割合の空洞がアスファルト混合物層直下に発生しているものと推測される。

(2) 空洞厚さ

図-9 に車道の空洞厚さの分布状況を示す。

図-9 によると、空洞の厚さは、0.5 m 未満が 874 件と全

体の86%を占めている。

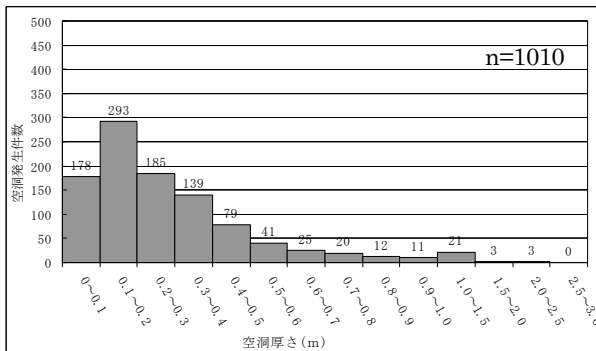


図-9 空洞厚さ(車道)

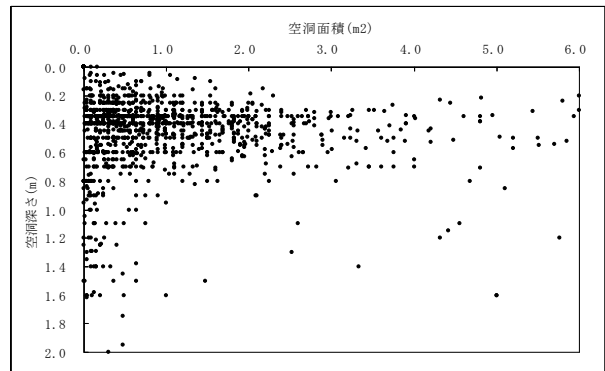


図-11 空洞発生深さと空洞面積

3-3. 空洞発生規模

(1) 空洞発生深さと空洞厚さ

図-10 に空洞発生深さと空洞厚さの関係を示す。

図-10 によると空洞発生深さが浅くなると、空洞厚さが拡大する傾向が若干見られたものの、バラつきが大きく、明確な相関関係は確認できなかった。

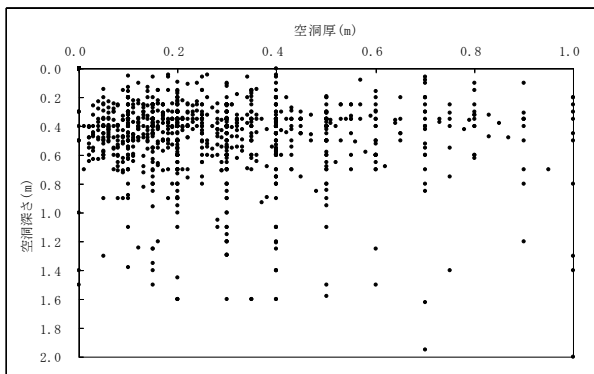


図-10 空洞発生深さと空洞厚さ

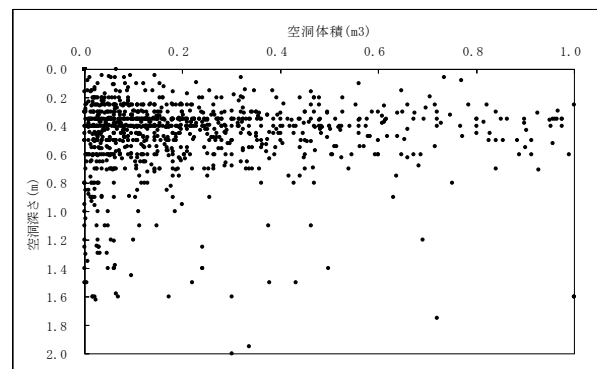


図-12 空洞発生深さと空洞体積

(2) 空洞発生深さと空洞面積

図-11 に空洞発生深さと空洞面積の関係を示す。

図-11 によると、空洞面積の大部分は1.0m²未満の小規模なものであるが、空洞発生深さが浅くなると、明らかに空洞面積が拡大する傾向が見られ、アスファルト混合物層直下に近いほど、空洞面積が大きい空洞が存在することが確認された。

(3) 空洞発生深さと空洞体積

図-12 に空洞発生深さと空洞体積の関係を示す。

図-12 によると、空洞発生深さが浅くなると空洞体積が拡大する傾向が確認された。

4. まとめ

今回、平成13年度から平成21年度までに作成された開削調書 1,018 件を分類・整理し、空洞の発生要因について調査した結果、前回調査で空洞発生要因の約5割を占め、主たる空洞発生要因とされていた、「直接原因及び直接的要因(T)」による空洞の割合が、約3割まで低減したことが確認された。今後も原因者による道路陥没対策の実施により、さらなる低減が期待される。

その一方、「埋戻し転圧不足または埋戻し材の不良(G5)」による空洞の割合は、今回調査も前回調査同様に空洞発生要因の約3割を占めており、傾向に変化はなかった。

要因(G5)による空洞は、開削範囲内で空洞の原因が特定できないため、開削範囲の更に下に存在する深層部の地下構造物等が影響しているものと推測されている。桑野ら²⁾は、「浅層部に存在する空洞・ゆるみの土砂流出源が不明な場合は、深層部の空洞・ゆるみの進展・拡大の末期症状の現われかもしれないという危険性を認識する必要がある。」と述べている。

今後は、これまで「原因不明」とされてきた浅層部の空

洞に対し工学的なアプローチをすることにより、深層部の
空洞・ゆるみの形成から崩落に至るメカニズムや、地下水
が空洞の進展・拡大に与える影響等を研究し、道路陥没と

路面下空洞の関係性について多角的に検討を進めてい
く予定である。

参 考 文 献

- 1) 東京都下水道局:経営計画 2010
- 2) 桑野玲子・佐藤真理・瀬良良子(2010):地盤陥没未然防止のための地盤内空洞・ゆるみの探知に向けた基礎的検討、地盤工学ジャーナル、Vol.5 No.2、219-229