

道路の路盤下に形成された空洞の規模の推定に関する解析的取り組み

日本工営 (株) 正会員 ○太田 敬一

日本工営 (株) 正会員 スレン・ソッキアン

1. 本検討の概要と目的

道路の路盤下に空洞が形成された場合、路盤表面には空洞の規模に応じた沈下などの現象が発生すると考えられる(図-1)。この沈下量に着目し、沈下量と空洞の規模との関係を得ることができれば、沈下量に基づいて路盤下に形成されている空洞の規模の推定や、沈下量に応じた路盤の安定性について検討することができる。

そこで本稿では、既報¹⁾に用いたモデルを用いて、道路下の空洞の規模と路盤に生じる沈下量との関係について数値シミュレーションを用いて検討した。

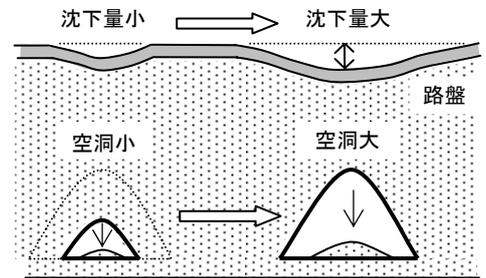


図-1 空洞の規模と沈下量のイメージ

2. 数値シミュレーションのモデルの設定

本検討では空洞の規模と路盤に生じる沈下量との関係を得るための数値シミュレーション手法として、不連続モデル(粒状体の個別要素法, コード名:PFC-3D)を用いた。図-2はモデル形状を示しており、モデルの地盤部分は粒子の集合体として粒状体でモデル化した。

地盤部分の物性値は、事前に連続体モデル(コード名:FLAC-2D)を用いて路盤と地盤をモデル化した計算を実施し、この連続体モデルの計算結果から得られる路盤を含む沈下量と荷重の関係を得た後、この関係を不連続体モデルで再現できるように物性値を設定した。設定した物性値の一覧を表-1に示す。連続体モデルのモデル図を図-3、計算に用いた物性値を表-2に示した。

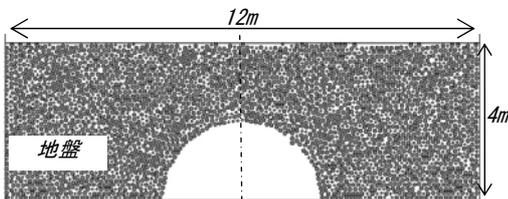


図-2 モデル図 (PFC-3D)

表-1 計算に用いた物性値 (PFC-3D)

項目	設定値
単位体積重量 [kN/m ³]	18.0
線形バネ [kN/m]	42,500
粒子間ポイント強度 [kN/m ²]	50
粒子間摩擦角 [°]	26.5

表-2 計算に用いた物性値 (FLAC-2D)

区分	単位体積重量 [kN/m ³]	変形係数 [kN/m ²]	粘着力 [kN/m ²]	内部摩擦角 [°]
アスファルト	23.0	600,000	(弾性)	(弾性)
路盤	19.0	60,000	(弾性)	(弾性)
地盤	18.0	10,000	200.0	26.5

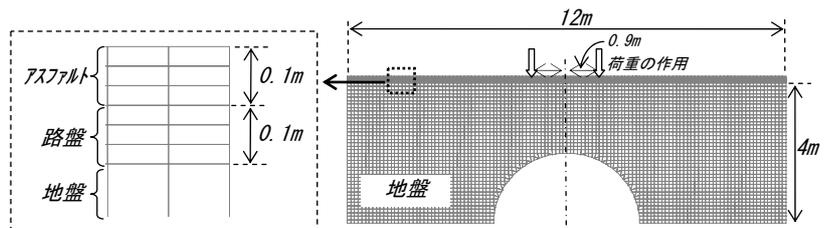


図-3 モデル図 (FLAC)

3. 検討の流れ

本検討では下水道管の破損に伴う空洞周辺の地盤材料の下水道管への吸い出しを想定し、数値シミュレーションを用いて空洞の芽の発生からその後の空洞の発達をシミュレートし、その間の路盤に発生する沈下量と空洞の規模の関係を得ることとした。このため以下①~④の流れで検討した。①空洞の芽として、幅1m高さ50cmの空洞を発生させる。②空洞の発生に伴い地盤部分から落下・分離した粒子は、下水道管へ吸い出されることを想定し除去する。③空洞の芽から発達した後、下水道管からの漏水による水位の上昇で空洞が発達することを想定し、水位の上昇に応じて粒子を除去する。④以後、②と③を繰り返す。空洞が発達し路盤に陥没が生じるところまでシミュレーションを行う。

なお③に示した想定は、下水道管の破損に伴う吸い出しに伴う空洞の発達を模擬した既往の実験結果²⁾に基づいて仮定した条件である(図-5)。

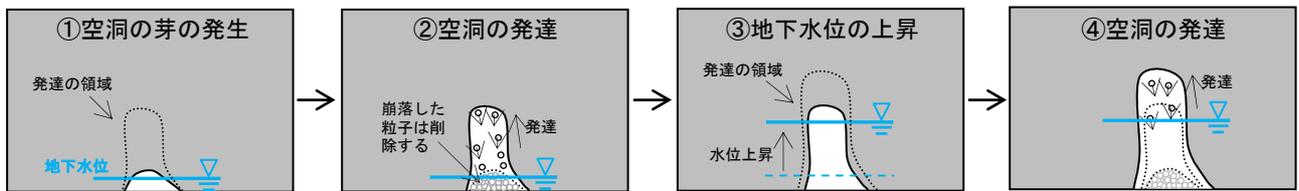


図-4 空洞の発達のイメージ



図-5 空洞の発達に関する既往の実験結果²⁾

4. 検討の結果

シミュレーションの結果の内、沈下量の経時変化を図-6 に示す。沈下量はモデルの上端部の粒子に生じる鉛直変位とし、空洞の芽の発生後に生じた鉛直変位とした。図-6 によれば、空洞の芽発生直後の沈下量は時間の経過とともにほぼ一定の割合で増加している。その後、図-6 に示した時間①から時間②までの間、沈下量は殆ど変化しない。つまりこの沈下量程度であれば空洞は発達せず安定した状態を保つと言える。時間②以後は時間の経過に伴い沈下量は加速度的に増加している。

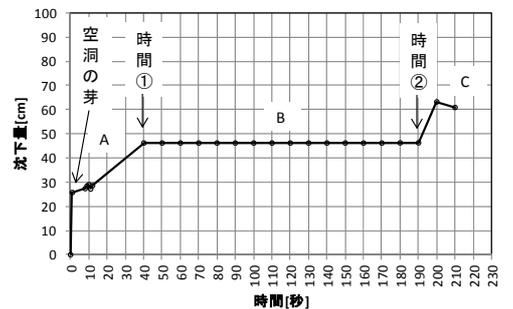


図-6 路盤の沈下量の経時変化

また図-7 は空洞の芽の形成直後の粒子の分布図であり、その後の空洞の崩落に至るまでの経過を図 8~10 に示す。図-8 では、空洞の芽の上部の粒子が崩落し、空洞が発達している様子が示されている。図-9 では更に空洞は上部の方向へ発達している。なお図-6 に示すようにこの状態で暫くの間、空洞の崩落は発生せず、安定した状態を保っている。図-10 では、空洞は完全に崩落している様子が示されている。これらの解析結果から、空洞の芽から発達した空洞は、空洞の発達と安定を繰り返しながら、徐々に崩落するという機構が示された。

以上のシミュレーションの結果より、路盤の沈下量に基づき路盤下の空洞の規模の想定が可能になると考えられる。

5. まとめと今後の課題

下水道管の破損に伴う空洞周辺の地盤材料の吸い出しを想定した空洞の発達と路盤の沈下量について数値シミュレーションを用いて検討した。今後は空洞の形状(高さと幅)や深度を変えた検討を行い、路盤の沈下量からの空洞の規模の推定方法を検討すると共に、沈下量と空洞の発達の機構についても詳細な検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 太田敬一, スレンソッキアン; 空洞の安定性評価に対する解析的取り組み, 第 66 回土木学会年次学術講演会, V-392, 2011 年
- 2) Sokkheang Sreng, Katsutoshi Ueno, Akitoshi Mochizuki, Yasuhiro Kuroyama [2003]. "Formation of under-road cavity due to submergence and submersion resistance characteristic of backfill materials", *Proceedings of the Sino-Japanese Symposium on Geotechnical Engineering*, pp. 221- 228

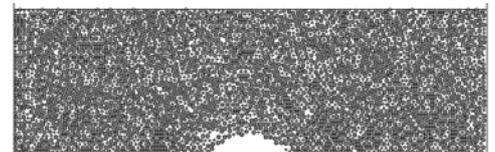


図-7 空洞の芽の形成

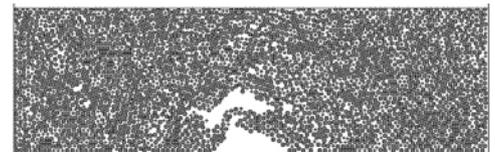


図-8 粒子の分布図(図-6 中の A)

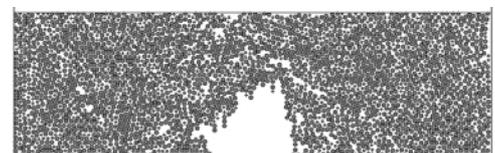


図-9 粒子の分布図(図-6 中の B)



図-10 粒子の分布図(図-6 中の C)