道路下に形成された空洞と路面の変形機構と抑制に関する検討

日本工営(株) 正会員 〇太田 敬一

1. 本検討の概要と目的

道路下に空洞が分布した路面に車輌が通過した際,車輌の通過に伴う荷重により路面を支持する地盤に変状 が生じ,その結果,路面に沈下が生じると考えられる.前報¹⁾にて,数値シミュレーションを用いてそのような 状況を模擬した解析モデルを設定し,車輌が通過した場合の路面の沈下を示した.その結果,空洞の段階的な発 達に伴い路面の沈下は進行するものの,その沈下量は急激に変化するのでははく,徐々に沈下量を累積しなが ら進行すること,また,地盤を模擬した粒状体の挙動は,荷重による空洞の進展に伴い,空洞付近に移動する様 子が示された.一方,空洞の進展に伴う地盤の挙動を踏まえると,空洞周辺の地盤の挙動を抑制することができ れば,路面の沈下は低減されると考えられる.そこで,これまで検討に用いたモデルに対し,地盤の挙動を抑止 する構造物を設定し,その構造物の効果を検討した.検討には,地盤を粒状体でモデル化する個別要素法 (Distinct Element Method,以下 DEM),解析コードは PFC²⁾ (Particle Flow Code, Itasca 社,米国,以下 PFC)

を用いた.

2. 粒状体の個別要素法による舗装解析モデルの設定

PFC を用いたアスファルト層, 路盤, およ び地盤のモデル(舗装解析モデル)は, 前報 と同様, 図 1 に示すように粒状体の粒子の 集合体としてモデル化した. それぞれの物 性値と厚みは, 図 2 に示す通りである. 本検 討では図 1 に示すように, アスファルト層,

路盤は地盤のモデル化と同様に粒子でモデル化した.モデルの最上部 はアスファルト層で,モデル上,直径 5cm の粒子を 3 層重ね,また路盤 は同じ直径の粒子を 6 層重ねてモデル化した.地盤の挙動を抑止する ため空洞の周辺に設定した構造物は,直径 50cm,弾性係数 2.0× 10⁸kN/m²の諸元を有する鉄筋棒を想定し,これを図 1 のモデルに 3m の 間隔で設定した.この鉄筋棒を地盤内に配置する際,地盤内にランダ ムに配置された粒子に対し,鉄筋棒を設定する位置で粒子を帯状に選

択し,選択された帯状の粒子が鉄筋棒に相当する特性になるよう,曲げ特性を整合させた.なお帯状の粒状体の数は,深度により2個,3個となるため,PFCでは粒子を2層重ねた場合と,3層重ねた場合の曲げ特性を確認し, その中間的な特性を有するよう PFC のパラメータを設定した.

荷庫[kn]

50

0 4

第1波

3. 車輌の通行の影響を考慮した解析

(1)解析条件の設定 空洞の形成された状態で車輌の通行 の影響を検討するため,先ず,図1の舗装解析モデルを設定 後,地盤に幅2m,高さ90cmの空洞を設定し,空洞が発達しな い安定した状態に設定した.次に,図3に示すように最大 200kN³⁾,時速約5km/h(周波数0.5Hz)で車輌が通過するこ とを想定し,この荷重を舗装解析モデルの上面中央部に繰

り返し合計 15 波作用させた.この時,荷重が作用した際に,最初に設定した高さ 90cm の空洞内に粒子が到達した場合はこの粒子を除去することにより,空洞は常に存在することとした.またアスファルト層の変形が進行した場合,ひび割れなどによる材料の変化を簡便的に考慮するため,アスファルト層の各粒子間に作用する引張応力が既往文献⁴⁾で示された引張強度を超過した場合,その変形特性を半分にすることとした.



図3 車輛の通行時の荷重の設定

第2波

経過時間[sec]



-345

(2) 解析結果 鉄筋棒の有無の影響を検討するため,鉄筋棒が無いケースと有るケースで解析を行った.

図4左列のケース1~3は、鉄筋棒が無いケースの結果である.荷重の作用毎の地盤の挙動を確認すると,荷 重の作用の進行に伴い空洞周辺の粒子間に隙間が生じ,緩みが発生していることが分かる.また地盤と路盤の 間には徐々に隙間が生じていることも示されており,ケース3の第15波後ではその隙間のため,アスファルト 層と路盤にたわみが生じている.また着色した粒子に着目すると,空洞の直上にある粒子は,荷重の作用の進行 に伴い沈下すると共に空洞に達していること,路面に近い地盤の粒子ほど,空洞に向かう水平方向の移動量は 大きいことが示されている.

このような荷重の作用に伴うアスファルト層,路盤,および地盤の挙動を示すモデルに,先に想定した鉄筋棒 を設定し,荷重を作用させた場合の第15波後の結果を図4右列に示す.ケース4は空洞の高さを100cmにした 後に荷重を15波作用させた結果である.その結果,地盤および鉄筋棒の粒子に殆ど移動は見られない.ケース5 は,荷重を作用させる前の空洞の高さを270cmにした後に荷重を15波作用させた結果である.空洞直上の地盤 の粒子は殆ど失われているものの路面の沈下は見られないこと,若干ではあるが,鉄筋棒は空洞に向かって変 形していることが示されている.ケース6は鉄筋棒の間隔を6mに設定した場合の結果である.鉄筋棒は空洞に 向かってやや変形し,また地盤と路盤の間には徐々に隙間が生じているものの,鉄筋棒が無いケース3のよう にアスファルト層や路盤には殆どたわみは生じていない.

これらの結果から,鉄筋棒を設定することにより,路面に荷重が作用しても、空洞へ向かう地盤の粒子の移動 は鉄筋棒による抑制され,その結果,鉄筋棒は若干変形するものの,路面の沈下の抑制に対し,効果を発揮する ものと考えられる.



図4 鉄筋棒の有無の比較結果

4. まとめと今後の課題

空洞の発達と路面の沈下を抑制するための方法について,数値シミュレーションを用いて示した.今後はこ こで設定した鉄筋棒について,その規格や空洞の幅に対する適切な設定間隔などを検討する予定である.

参考文献1)太田敬一,道路下に空洞を有した場合に車輌が通行した際の影響(2014),第69回土木学会全国大会 年次講演会,V-547,2)Itasca Consulting Group(2005), Inc., PFC3D Version 3.1, User's Guide,3)社団 法人日本道路協会,道路橋示方書[I共通編,IV下部構造編)]・同解説,(平成14年)p.12,4)森吉昭博,上島壮, 菅原照雄;アスファルト混合物の破壊強度に関する研究(1973),土木学会論文集第210号,pp.57~64