道路下に空洞を有した場合に車輌が通行した際の影響

日本工営(株) 正会員 太田 敬一

1.本検討の概要と目的

道路下に空洞が存在し,車輌が道路を通過する際に,空洞の影響で道路の路面を支持する地盤に変状が生じ た場合,地盤の変状に応じて路面には沈下が生じると考えられる.路面に生じる沈下の発生要因には,ここで挙 げた空洞以外に施工時の締め固めに起因したものや,路面自身の材料変化等が想定されるが,発生要因に関わ らず路面に生じる沈下により道路通行の妨げとなる場合には、対策を講じる必要性が生じる.

本稿は空洞が形成された状況下で,道路に車輌が通過した場合の路面の沈下に与える影響を検討するため, 地盤を粒状体でモデル化する個別要素法(Distinct Element Method,以下 DEM),解析コードとして PFC (Particle Flow Code, Itasca 社,米国,以下 PFC)³⁾を用いて検討したので,その結果を以下に示す.

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,図 2 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1に示す通りである.PFC では FEM のような連 .結体のモデルが具備されていないため、本検討では図2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.なおこのモデル化の妥当性は,別途,曲げ特性の解析を行い, 数値解析で得られた結果と理論値を比較しほぼ整合することを確認している.



100 50

0

3.車輛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 2 に示す舗装解析モデル を設定後,地盤に幅 2m,高さ 90cm の空洞を設定し,空洞が

安定した状態を設定した.次に,図3に示すように最大200kN4,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し、常に空洞は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 5)で示された引張強度を超過した場合,その変形特



第2波

経過時間[sec]

図4 沈下量の観測点の設定

性を半分にすることとした.(2)解析結果 荷重の進行と図4に示すアスファルト層,路盤,および地盤に設定し た観測点の沈下量との関係を図5に示す.アスファルト層の沈下量をみると、5波程度までは荷重により沈下は 生じるものの,載荷後,沈下は回復し,荷重を作用させる前の状態にほぼ戻っていること,荷重を作用させた時 に生じる沈下量は,徐々に大きくなっていることが示されている.6 波以降は,荷重により沈下が生じた後,

徐々にではあるが,荷重を作用させる前までには回復せず, 沈下量は徐々に累積していく様子が示されている.一方,地 盤の沈下量は,荷重を作用させる度に増加し,例えば最下段 の観測点1は,1波の荷重の作用後に空洞に達し,その他の観 測点も荷重と共に増加し,10波作用後は空洞に達している. 図6は,2,6,8,10波後の粒子の分布状況を示したもので,粒 子間の粘着と摩擦による結合が保たれた粒子群毎に着色し ている.図6によれば,荷重作用前は安定状態にあった地盤

に対し,2 波作用後の段階では空洞周辺の粒子間に緩 みが生じているものの,アスファルト層と路盤には殆 ど沈下は生じていない.6 波作用後は,空洞の直径程度 離れた左右の領域に粒子群の境界が現れ,8波,10波作 用後では,その境界に沿って粒子群が沈下し,路盤と の間に隙間が生じ,その結果,アスファルト層と路盤 には空洞の直上を最大とする沈下が生じている.また 図7は荷重の載荷に伴う地盤内の挙動を確認するため, 沈下と水平方向の移動が分かるよう,代表的な粒子を 縦方向に着色したものである.図7に示した荷重の作 用前と6波後を比較すると,荷重の作用後の空洞直上 の沈下が顕著なこと,沈下と同時に空洞に向かった水 平方向の移動が発生し,その移動範囲は空洞の幅の2m 以上の範囲にまで及んでいること等が示されている.

4.まとめと今後の課題

図 5,6 から荷重の載荷による路面の沈下および空洞 の発達の機構は次のように考えられる. 荷重の繰り 返し載荷により,空洞周辺の地盤の沈下などの変形が 徐々に生じる, 載荷により空洞に達した地盤は失わ れ,その結果,地盤の変形は更に進行し, それにより 路盤と地盤の間に隙間が生じ,空洞の直上付近の地盤 の支持が失われ,路面の沈下が増加する.今後は本検討 で設定した荷重の載荷方法や空洞の高さの違いの影響 を解析し,それらが路面の沈下や空洞の発達に与える 影響や,載荷に伴う空洞の発達機構を詳細に検討する 予定である.





図6 空洞の進展状況



図7 地盤内の粒子の移動状況

参考文献 1)太田敬一, スレンソッキアン;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(2012), 第57回地盤工学シンポジウム,pp.199~202,2)Sreng Sokkheang, 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. 221-228,3)Itasca Consulting Group(2005), Inc., PFC3D Version 3.1, User s Guide, 4)社団法人日本道路協会,道路橋示方書[共通編, 下部構造編)]・同解説,(平成 14 年)p.12,5)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