

路面下空洞を有するアスファルト舗装の構造解析に関する研究

北海道工業大学 学生会員 ○西方 雄佑
 北海道工業大学 正会員 亀山 修一
 土木研究所 正会員 上田 宣人
 石川工業高等専門学校 正会員 西澤 辰男

1. はじめに

道路に埋設された上下水管などの老朽化によって路面下空洞が発生する。近年は、地震やゲリラ豪雨などの多発によって、さらに多くの空洞が発生していると言われている。現在、空洞の補修要否は、空洞の大きさと発生深度に基づいて判断されており、舗装の支持力への影響については考慮されていない。限られた予算の下で効果的な補修を行うためには、空洞が舗装の支持力に及ぼす影響を解明し、それに基づいて補修計画を策定する必要がある。

本研究では、3次元有限要素法(3D-FEM)によって空洞を有する舗装の構造解析を行い、空洞が舗装の支持力や寿命に及ぼす影響について検討した。

2. 3D-FEMによる構造解析

解析にはPave3Dを用いた。これは要素分割を行うプリプロセッサ、3D-FEMによる構造計算、計算結果を表示するポストプロセッサから構成される。

本研究では、解析対象とする舗装構造を図-1に示すような、表層、路盤、路床から成る3層構造とした。空洞は路盤に存在すると仮定し、発生深度は D 、大きさは縦 $1000 \times$ 横 $1000 \times$ 厚さ T とした。解析をおこなった12の空洞パターンを表-1に示す。

3. 路面下空洞を有する舗装の表面たわみ

表-1に示した空洞を有する舗装に生じる表面たわみを計算した。一例として厚さ $T=100$ の空洞を路盤に配置したケースの表面たわみを図-2に示す。空洞有のたわみ曲線は、空洞無よりも大きく、特に、空洞有と空洞無の差は載荷板中心のたわみ(D_0)で最も大きく、載荷板から離れるほど差が小さくなる傾向が見られた。そこで、全てのケースにおいて D_0 と載荷板中心から 1000mm 離れた位置のたわみ(D_{1000})を比較した。 D_0 の場合(図-3)、空洞有と空洞無の差が大きく、空洞の厚さや発生深度が変化してもたわみはほぼ変化しない。一方、 D_{1000} の場合(図-4)、空洞有と空洞無の差は小さいが、空洞の厚さが薄いほど、あるいは発生深度が深いほど、たわみが大きくなる傾向が見られた。

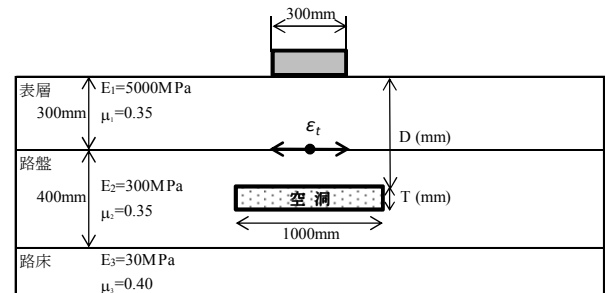
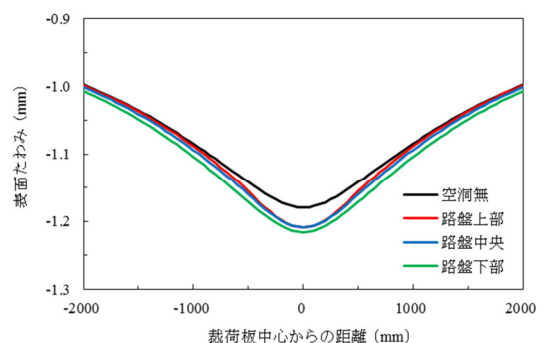
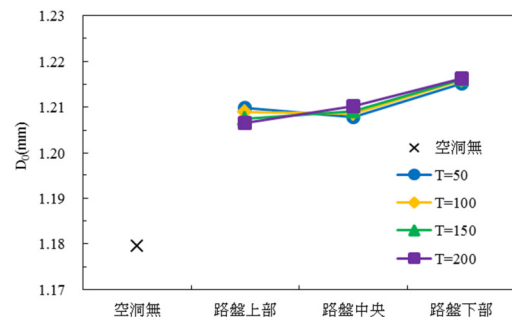


図-1 解析モデル

表-1 空洞のパターン

空洞の厚さ $T(\text{mm})$	路盤における 空洞の位置	路面からの 空洞の深さ $D(\text{mm})$
50	上部	300
	中央	475
	下部	650
100	上部	300
	中央	450
	下部	600
150	上部	300
	中央	425
	下部	550
200	上部	300
	中央	400
	下部	500

図-2 空洞を有する舗装の表面たわみ ($T=100$)図-3 空洞の厚さ・位置と D_0 の関係

キーワード 路面下空洞, 3D-FEM, 支持力, 表面たわみ

連絡先 〒006-8585 北海道札幌市手稲区前田7条15丁目4-1 北海道工業大学 TEL 011-688-2264

4. 路面下空洞が舗装の寿命に及ぼす影響

3D-FEM で算出されるアスファルト混合物層 (As 混合物層) 下面の引張ひずみ ε_t を, 暫定破壊規準式 (1) に代入して許容 49kN 輪数を算出した.

$$N_{fa} = \beta_{a1} \cdot C \cdot \left(6.167 \times 10^{-5} \cdot \varepsilon_t^{-3.291\beta_{a2}} \cdot E^{-0.854\beta_{a3}} \right) \quad (1)$$

E : As 混合物層の弾性係数 (MPa)

C : As 混合物の容積特性に関するパラメータ

$\beta_{a1}, \beta_{a2}, \beta_{a3}$: AI 破壊基準に対する補正係数

空洞有の N_{fa} を空洞無の N_{fa} で除した値の百分率 (許容換算輪数比: NR_c) を図-5 に示す. 空洞が路盤の上部に位置するほど舗装の寿命は短くなる. 特に, 空洞が路盤上部にある場合は, 空洞の厚さに関わらず, NR_c は 20%程度に低下する. 空洞が路盤の中央および下部に位置する場合は, 空洞が厚くなるほど NR_c は小さくなる. 以上のことから, 発生深度が浅いほど舗装の寿命は大きく低下し, 空洞が路盤上部にある場合は, 空洞の厚さに関わらず構造的に危険な状態にあることが分かる.

5. 路面下空洞が表面たわみに及ぼす影響

空洞の大きさや位置による表面たわみへの影響が明らかになれば, FWD 等を用いて評価を行うことが可能となる. そこで, 空洞の縦横は同一とし厚さと発生深度を変化させ, 表面たわみを計算した. 空洞の厚さ T は前章と同一, 発生深度は路盤上縁から 50mm 間隔とした. 載荷板中心から i (mm) における, 空洞有のたわみ Dc と空洞無のたわみ Dn を式 (2) に代入してたわみ増加率 DI (%) を求めた.

$$DI_i = \frac{(Dc_i - Dn_i)}{Dn_i} \times 100 \quad (2)$$

一例として, $T=100$ における発生深度と DI の関係を図-6 に示す. なお, 回帰直線と回帰直線の傾きも同図に示す. 発生深度に関わらず DI は D_0 が最も大きいこと, また, DI の増加割合 (回帰直線の傾き) は D_{600} で大きいことから, 空洞の存在によって最も増加するのは D_0 , 発生深度に最も敏感なのは D_{600} であることが分かる.

この傾向は $T=100$ 以外でも同様であったことから, T を変化させた場合の DI_0 と D_{600} 回帰直線の傾きを比較した (図-7). T が変化しても DI_0 に大きな変化はないが, D_{600} 回帰直線の傾きは, T が大きくなるほど増加することから, D_{600} は空洞の発生深度と厚さの両者の影響を受けやすいと考えられる.

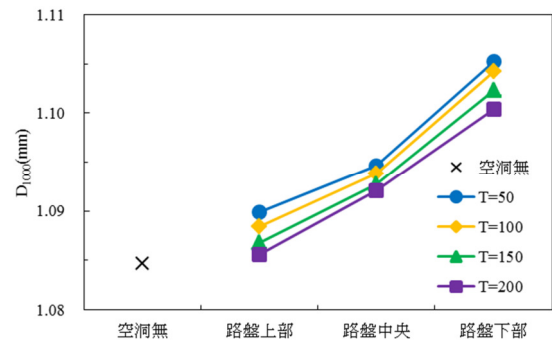


図-4 空洞の厚さ・位置と D_{1000} の関係

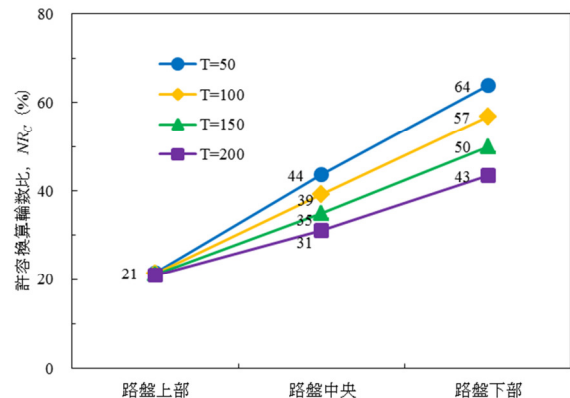


図-5 寿命残存率

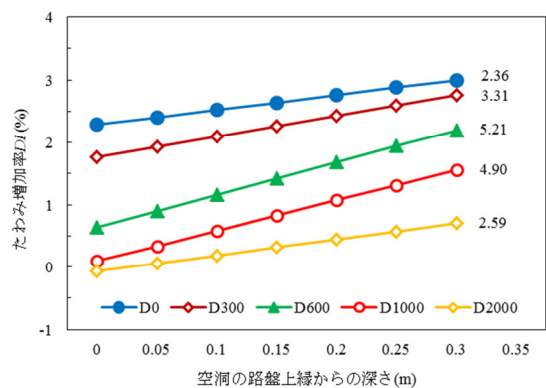


図-6 空洞発生深度とたわみ増加率の関係 ($T=100$)

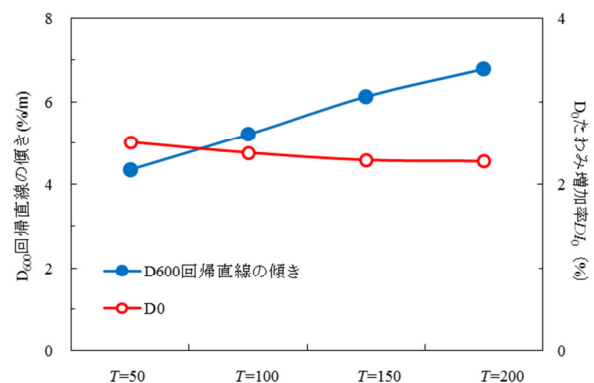


図-7 D_{600} 回帰直線の傾きと D_0 たわみ増加率