

小型車用駐車場におけるポーラスコンクリートの適用に関する一検討

大林道路 技術研究所 正会員 ○小関 裕二
 日本道路公団 試験研究所 正会員 本松 資朗
 日本道路公団 試験研究所 正会員 松本大二郎
 日本道路公団 試験研究所 正会員 神谷 恵三
 大林道路 技術研究所 石川 洋

1. はじめに

高速道路のサービスエリア等休憩施設の駐車場の舗装構造は、設計要領（第一集 舗装編 平成16年1月日本道路公団）で、「アスファルト舗装を基本とし、TA=15~20cmの間で定める」と規定し、表層に高機能舗装用混合物の適用を試みている。しかし、静荷重による塑性変形や油漏れによるカットバックおよびタイヤによる据え切りなどの損傷が発生する場合がある。これらの損傷に対し、表層をセメント系舗装にすることで対応可能であると考えられる。したがって、駐車場（小型駐車ます）の表層にポーラスコンクリートを適用した場合の舗装構造およびポーラスコンクリートの必要強度を検討した。

2. 舗装構造

既設アスファルト舗装（TA=19.3cm）の上部5cmをポーラスコンクリートに置き換えるものとし、その断面は図-1に示すとおり、ホワイトトッピング構造となる。また、アスファルト混合物層とアスファルト安定処理層はアスコン層一層として考えた。

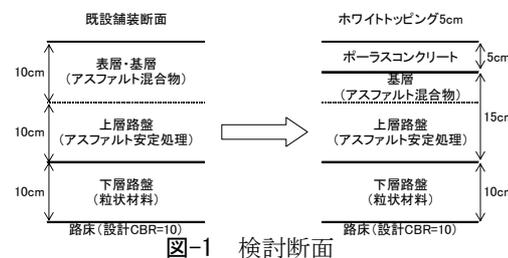


図-1 検討断面

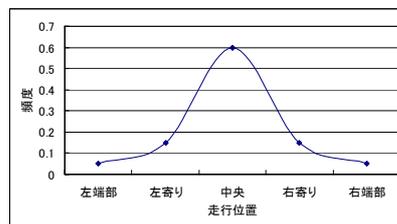


図-2 走行位置分布

表-1 解析条件

項目	入力値	
ポーラスコンクリート		
弾性係数(GPa)	25.5	
ポアソン比	0.2	
版厚(cm)	5	
温度膨張係数($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	8.5	
Co-As境界面		
ばね係数(GN/m^3)	k_s	1.0×10^2
	k_t	1.0×10^4
アスコン層(アスファルト安定処理含む)		
弾性係数(MPa)	490	
ポアソン比	0.35	
厚さ(cm)	15	
下層路盤		
弾性係数(MPa)	245	
ポアソン比	0.35	
厚さ(cm)	10	
路床		
弾性係数(MPa)	98	
ポアソン比	0.35	
厚さ(cm)	270	

表-2 温度差と時間割合

温度差($^{\circ}\text{C}$)	時間割合
7	0.014
5	0.105
3	0.254
1	0.627
-1	0.604
-3	0.386
-5	0.010

3. 解析条件

舗装構造は3次元有限要素プログラム¹⁾で解析した。解析条件は文献^{2),3)}を参考に表-1に示す値とした。ポーラスコンクリートとアスコン層の境界面は付着をばね係数で表している。

荷重条件は、代表的な乗用車タイヤの接地圧⁴⁾と合わせるため、15cm×15cmの接地面積に4.9kNの荷重が載荷するものとした。解析は小型車の1軸（2輪）が載荷するものとして行い、車両走行位置と走行頻度は、図-2に示すような正規分布となるようにした。

温度条件は、文献⁵⁾より表-2に示す温度差と時間割合を用いた。

交通量は、常に駐車ますに駐車車両が出入りしていると仮定し、文献⁶⁾の時刻別の1台当たりの平均駐車時間から推定した。その結果、平均すると駐車時間は約30分となり、24時間では48台の交通量となる。したがって、1台あたり2軸（2輪）として設計期間を10年とし、 $N=48$ 台/日×2輪/台×365日×10年=350,400輪を設計交通量とした。

また、温度差が正または負の時に走行する比率は、50:50とした。

4. 解析結果

解析モデルは、図-3に示すように駐車ます1台分とし、目地を設けない構造とした。ここでは最大の応力が発生する位置を疲労設計の解析位置とするために以下に示す検討を行った。

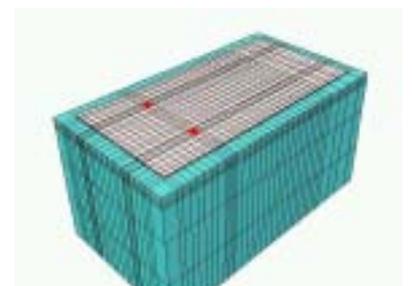


図-3 解析モデル

キーワード 駐車場舗装, ホワイトトッピング, ポーラスコンクリート, 3次元FEM

連絡先 〒336-0027 埼玉県さいたま市南区沼影2-12-36 大林道路(株)技術研究所 TEL048-863-7787

(1) 輪荷重応力の検討

輪荷重応力は図-4 に示す 3 箇所の走行位置で解析した。解析は進行方向を x 軸、横断方向を y 軸として駐車ます中心を原点とした座標で行った。

輪荷重によりコンクリート下面に発生する応力として、x 軸方向の応力 σ_x 、y 軸方向応力 σ_y が最大となる位置の結果を図-5、図-6 に示す。いずれの場合も 0.6MPa 以上の応力は発生しない。

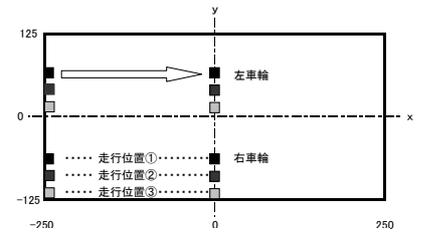


図-4 車輪荷重位置

(2) 温度応力の検討

温度応力は厚さ 5cm のホワイトトッピングで最大の温度差である 7℃で解析した。解析の結果を図-7、図-8 に示すとおり、 σ_x は最大値 1.74MPa となり、 σ_y は最大値 1.52MPa となった。

以上の結果から、最も大きな温度応力が発生する $x=0\text{cm}$ 、 $y=60\text{cm}$ の位置における x 軸方向の応力 σ_x を疲労解析の対象とした。

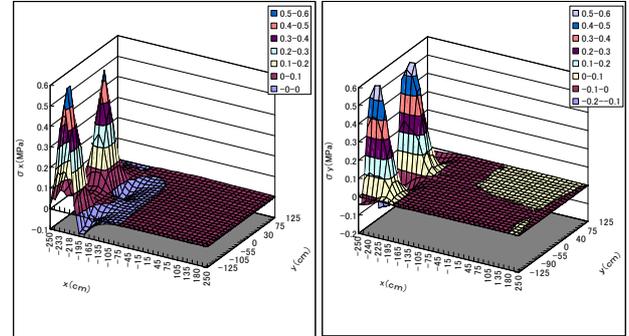


図-5 荷重応力 σ_x

図-6 荷重応力 σ_y

5. 疲労解析

前述した走行位置分布で、中央は走行位置①、右寄りには走行位置②、右端部は走行位置③なので、左寄りには走行位置②、左端部は走行位置③の軸対称となり、 $y=-60\text{cm}$ が解析位置となる。したがって、左右の輪荷重応力が同様な走行位置②、③の頻度を 2 倍した。輪荷重応力とその頻度を表-3 に示す。

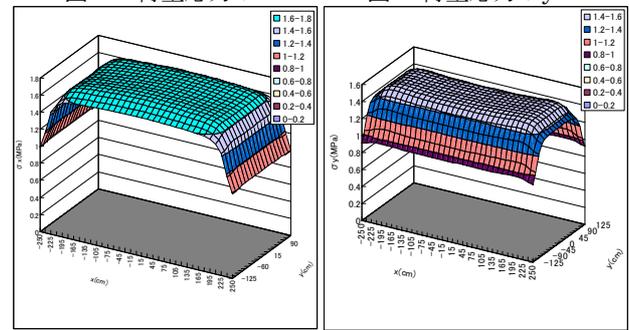


図-7 温度応力 σ_x

図-8 温度応力 σ_y

温度応力及び合成応力を表-4 に示す。合成応力が負(圧縮側)は疲労抵抗の計算には用いない。表-4 の合成応力の大きさと度数を整理し直して、ポーラスコンクリートの設計曲げ強度を 2.7MPa として疲労抵抗値を算出した結果は表-5 に示すとおり、疲労抵抗値の合計が 1 未満となり設計を満足した。

表-3 輪荷重応力

走行位置	①	②	③
荷重(kN)	σ_x 0.6N	σ_x 0.3N	σ_x 0.1N
	4.9	0.55 210,240	0.12 105,120 0.02 35,040

表-4 合成応力

輪荷重応力	0.55	0.12	0.02		
度数N	210,240	105,120	35,040		
0.5N	105,120	52,560	17,520		
0.5N	105,120	52,560	17,520		
温度差	温度応力 R	2.29	1.96	1.76	
7	1.74	0.014	2.29	1.96	1.76
			1.472	1.37	1.27
5	1.25	0.105	1.80	1.37	1.27
			1.1038	0.87	0.519
3	0.75	0.254	1.30	0.87	0.77
			26,700	13,350	4,450
1	0.25	0.827	0.80	0.37	0.27
			85,910	32,955	10,985
-1	-0.25	0.604	0.30	0.13	0.23
			83,492	31,745	10,582
-3	-0.76	0.386	-0.21	-0.64	-0.74
			40,578	20,288	6,763
-5	-1.25	0.010	-0.70	-1.13	-1.23
			1,051	526	175

なお、さらに条件を厳しくして、走行位置①だけに車両が走行し、交通量を 2 倍にした場合、ポーラスコンクリートの設計曲げ強度は 2.9MPa で設計を満足した。

6. おわりに

小型駐車ますの表層にポーラスコンクリート 5cm を適用した場合の舗装構造およびポーラスコンクリートの強度を検討した結果、ホワイトトッピング構造が適用でき、そのコンクリートの設計曲げ強度は 3MPa 程度で設計期間を満足する。ただし、荷重条件は、小型車だけの荷重であり、大型車が走行しないことが前提になっているので注意が必要である。また、既設アスファルト舗装の TA や設計 CBR が変わればポーラスコンクリートの設計曲げ強度も変わってくるので、対象とする舗装に見合った解析が必要である。

表-5 疲労抵抗の計算

合成応力	度数	応力度	許容繰返し度	疲労抵抗値
2.6 (2.51 ~ 2.70)	0	0.96	7	0.00
2.4 (2.31 ~ 2.50)	0	0.89	277	0.00
2.2 (2.11 ~ 2.30)	1,472	0.81	2,541	0.58
2.0 (1.91 ~ 2.10)	0	0.74	12,457	0.00
1.8 (1.71 ~ 1.90)	12,019	0.67	52,864	0.23
1.6 (1.51 ~ 1.70)	0	0.59	224,342	0.00
1.4 (1.31 ~ 1.50)	5,519	0.52	952,043	0.01
1.2 (1.11 ~ 1.30)	28,540	0.44	4,040,201	0.01
1.0 (0.91 ~ 1.10)	0	0.37	17,145,470	0.00
0.8 (0.71 ~ 0.90)	83,710	0.30	72,760,520	0.00
0.6 (0.51 ~ 0.70)	0	0.22	308,775,039	0.00
0.4 (0.31 ~ 0.50)	32,955	0.15	1,310,353,808	0.00
0.2 (0.11 ~ 0.30)	74,477	0.07	5,560,770,422	0.00
0.0	111,708	-	-	-
計	350,400	-	-	0.82

参考文献

- 1) 西澤:3次元 FEM に基づいたコンクリート舗装構造解析パッケージの開発, 舗装工学論文集, 第 5 巻, pp.112-121, 2000.12.
- 2) 東本ほか: ホワイトトッピングの空港舗装への適用について, 舗装工学論文集, 第 8 巻, pp.153-162, 2003.12.
- 3) 野田ほか: ポーラスコンクリートの車道舗装への適用に関する検討, 舗装, pp.10-15, 2001.4.
- 4) 渡辺: タイヤのおはなし, pp.88, 日本規格協会, 1994.
- 5) 東本ほか: ホワイトトッピングの温度特性とそり応力, 第 25 回日本道路会議論文集, CD-ROM, 09006, 2003.11.
- 6) 井上: 高速道路の休憩施設, 道路, pp.29-33, 1980.10.