

弾性理論による 軽量盛土舗装体の構造解析

長崎大学工学部 学生員 ○松村 明博
 同上 正員 後藤恵之輔
 同上 学生員 村田 裕
 ダウ化工 (株) 正員 佐野 修

1. はじめに

最近、軟弱地盤のようなCBRが小さな路床上に道路盛土を行う際に、盛土の圧密沈下を抑制する目的で、路床にかかる死荷重を小さくできる軽量盛土工法が、日本でも行われるようになってきた。特に発泡ポリスチレン(EPS)材を用いた工法は、その軽量さゆえに圧密沈下抑制の効果が大きいと思われる。そこで、このような路床に構築された軽量盛土舗装体に、交通荷重がかかるときの応力や変形について知る必要がある。

本研究では、軽量盛土舗装体の断面構成を想定し、これに三次元弾性理論解法プログラムを用いて舗装体内の応力と変形を求め、その特性を明らかにしていく。また、路床のCBRの違いが舗装体内の応力や変形に与える影響についても検討していく。

2. 計算仮定

舗装構造を n 層弾性体と考える。計算に必要な仮定は次のとおりである。

- ($n-1$)層までの各層は有限な厚さで水平方向に無限に広がっており、最下層は鉛直および水平の両方向に無限に広がっているものとする。
- 各層とも材料は等方均質の弾性体であるとする。
- 各層の材料は重さのないものとし、最下層においては無限下方で応力と変位が消失すると考える。
- 各層の層間状態は完全に粗とする。
- 輪荷重は円形等分布すると考える。

以上の仮定から後藤が開発した三次元弾性理論解法プログラムを用いて、次に示すモデルの応力やたわみなどを求めた。

3. 解析対象

対象となる舗装体の断面構成は、表-1に示すように4層構造とする。そして第2層および第3層の材質を変えたケース1~3を想定した。同表に各層の弾性係数、ポアソン比、単位体積重量を示す。ここで、アスコンの弾性係数は、車両走行速度60km/hr、気温20°Cとして20000kgf/cm²を採用した。またケース1, 2の路盤の弾性係数は、EPS材上面では路盤材がよく締め固められないという報告から500kgf/cm²とした。また路床の弾性係数は、100・CBRとする。ここで路床のCBRは、その違いによる影響を調べるため0.1, 0.3, 1, 3, 10%の5種類の値を与えた。

表-1 モデルの断面構成

(a) ケース1

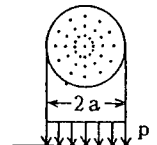
厚さ (cm)	材質	弾性係数 (kgf/cm ²)	ポアソン比	単位体積重量 (tf/m ³)
10	アスコン	20 000	0.35	2.35
30	路盤	500	0.35	2.1
100	EPS	120	0.35	0.029
	路床	100・CBR	0.40	

(b) ケース2

厚さ (cm)	材質	弾性係数 (kgf/cm ²)	ポアソン比	単位体積重量 (tf/m ³)
10	アスコン	20 000	0.35	2.35
30	路盤	500	0.35	2.1
100	粒状砕石	1200	0.35	2.2
	路床	100・CBR	0.40	

(c) ケース3

厚さ (cm)	材質	弾性係数 (kgf/cm ²)	ポアソン比	単位体積重量 (tf/m ³)
10	アスコン	20 000	0.35	2.35
30	コンクリート	300 000	0.20	2.5
100	EPS	120	0.35	0.029
	路床	100・CBR	0.40	



CBR=0.1, 0.3,
1, 3, 10 (%)

$p=5.507\text{kgf/cm}^2$
 $a=17\text{cm}$

この3種類の舗装体に、B交通に対応する輪荷重（接地半径 17cm、接地圧 5.507 kgf/cm²）が加わるときの載荷中心における応力やたわみなどを各計算条件下で求めた。

4. 計算結果 および考察

表-2に各ケースでの計算結果を示す。この表から明らかなように、ケース1では表面での沈下量がかなり大きいものとなっている。これは、ケース1ではアスコン以外の弾性係数が低いためであると考えられる。このことは、EPS材の代りに粒調碎石を用いたケース2が、ケース1に比べて沈下量が半分程度になることからわかる。またケース3のように、EPS材を使用してもその上面にコンクリート板を置くことで表面でのたわみを小さくすることができる。以上のことからEPS材を用いる舗装体では、EPS材自体の弾性係数が低いので、表面での沈下量を少なくするためには他の層の弾性係数の大きさに注意する必要があると考える。

また、路床面鉛直応力についてはケース1とケース2を比較してみると、CBR10%を除いてケース1の方が路床にかかる鉛直応力が大きい。応力の分散には、弾性係数の高い材料を用いることが有効であるので、ケース1の断面構成は、応力分散という見地からすると有効でないといえる。しかし、路床にかかる死荷重による応力について考えると、EPS材を使用したケース1、3の場合にはそれぞれ $\sigma_{d1}=0.0894\text{kgf/cm}^2$ 、 $\sigma_{d3}=0.1014\text{kgf/cm}^2$ 、これに対してケース2では $\sigma_{d2}=0.3065\text{kgf/cm}^2$ と非常に差があり、これに輪荷重による路床鉛直応力を加味してもその差は大きい。ゆえに、軟弱地盤上で圧密沈下を抑制するにはEPS材が有効であると言える。したがって以上のことからEPS材を使用した舗装体は、路床にかかる死荷重を非常に低減できる。さらに応力分散能力が大きい舗装構成にすることで軟弱な路床に適した盛土舗装が可能になると考えられる。

次に、路床のCBRの変化が舗装体に及ぼす影響について考察する。図-1は、路床のCBRと表面および路床表面の沈下量の関係を示したものである。この図や表-2からわかるように表面の沈下量は、路床のCBRが増加するほど減少するが、層内の沈下量は、ケース1の場合約 2mm、ケース2では約 0.19mm、ケース3では約 0.13mmと路床のCBRに無関係にほとんど一定となっている。したがって路床のCBRの違いは、舗装体の層内の沈下にはあまり影響しないが、路床を含めた舗装体全体としての表面の沈下には影響すると言える。

5. あとがき

EPS材を使用した軽量盛土舗装体は、自重を大幅に軽減できるので圧密沈下を抑制する効果が期待できる。しかし、EPS材の弾性係数が小さいので、沈下や応力の分散について問題がある。そこで、他の層に高い弾性係数をもつ材質を用いるなど、上述の欠点を補う舗装構成とすることで、軟弱な路床をもつ舗装体にEPS材が使用できると考えられる。

表-2 計算結果

ケース	路床の CBR(%)	表面沈下量 (mm)	路床上面沈下量 (mm)	層内沈下量 (mm)	第3層上面鉛直応力(kgf/cm ²)	路床面鉛直応力(kgf/cm ²)
1	0.1	8.17	6.19	1.98	0.332	0.0184
	0.3	4.92	2.98	1.94	0.342	0.0369
	1	3.23	1.26	1.97	0.358	0.0655
	3	2.55	0.52	2.03	0.370	0.0897
	10	2.26	0.18	2.08	0.378	0.1055
2	0.1	4.74	3.82	0.92	0.797	0.0065
	0.3	2.68	1.77	0.91	0.800	0.0140
	1	1.72	0.18	0.91	0.806	0.0334
	3	1.32	0.40	0.92	0.816	0.0660
	10	1.10	0.17	0.93	0.828	0.1115
3	0.1	3.41	3.31	0.10	0.010	0.0035
	0.3	1.49	1.40	0.09	0.013	0.0059
	1	0.66	0.54	0.12	0.018	0.0108
	3	0.38	0.23	0.15	0.024	0.0169
	10	0.25	0.08	0.17	0.029	0.0224

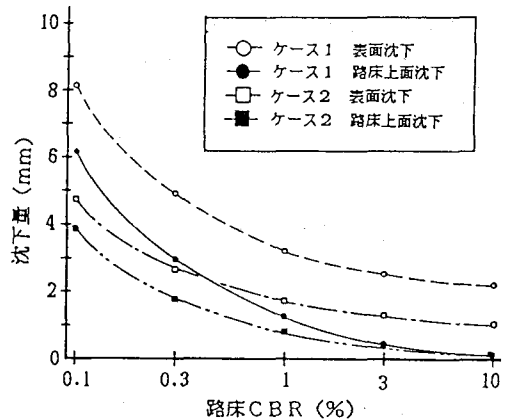


図-1 路床 CBR と沈下量の関係