

舗装の変形に関する研究

—主として層構造の変形について—

正員 ○ 森 吉 昭 博*
 正員 川 野 敏 行**
 正員 菅 原 照 雄***

1 まえがき

本論文は、従来主として材料力学的に論じられてきたアスファルト舗装体の変形に対して弾性学的手法を導入し、多層構造の変形について両者の立場から種々の角度で検討したものである。今までのアスファルト舗装体の変形に関する研究は2層系舗装体におけるものが多く、3～4層系の舗装体の変形に関する研究は数が少ない¹⁾。一方多層構造の弾性学解法においても舗装の表面に近づくにつれ弾性係数の大きくなる層を有する応力解析しか行なわれていない。本研究は下層の弾性係数が大きい場合の層構造の応力を弾性理論を用いて試算すると共に2～4層系の舗装体を実験室的に再現しホイールトラッキング試験における変形率の値を用い層構造の変形について材料力学的立場からも検討した。今までは弾性理論が舗装の厚み設計や亀裂現象の解析に対して有効であるとされてきたが、本研究より弾性理論は層構造における舗装の変形に関する解析においてもかなり有効であるということが結論されたと共に、多層構造の舗装の変形に関する材料力学的な解明、すなわち、舗装の変形率に影響を与える表層厚、舗装厚、表層のバインダー量等の各種の因子と変形率の関係が明らかにされた。

2 使用材料

a、使用バインダーの性状

表層および基層のバインダーとして針入度級 80/100 のストレートアスファルトを使用した。主な性状を列記すると針入度 (25°C) 92、軟化点 46.3°C、針入度指数 -0.6 である。

b 混合物の配合

表層用混合物として密粒度アスファルトコンクリートおよびグースアスファルトを用い、基層用混合物として

粗粒アスファルトコンクリートを用いた。これらの配合表を表-1に示す。

表-1 混合物の配合

ふるい目の 開き (mm)	密粒度アス ファルトコン クリート	粗粒アスファ ルトコンクリ ート	グースアスファルト
15		100	
13	100	80	
10	83	—	100
7	70	—	80
5	65	45	60
2.5	48	27	—
1.2	36	—	—
0.6	25	16	60
0.3	17	11	47
0.15	12	8	39
0.075	7	4	34
バインダー	5.2	4.5	12.3
量 (%)	5.7		
	6.2		

3 実験の手法、および解析法

本研究では舗装の変形の割合とひずみ量および応力を求めるため2種類の実験ならびに応力解析を行なった。

a、くりかえし載荷時の舗装体の変形

2～4層系の舗装体 (最下層は鋼床版) がくりかえし載荷を受けたときの塑性流動を把握するため図-1に示す舗装体を作成し、試験温度 45°C、輪荷重 55.1 kg、載荷速度 42パス/分の条件でホイールトラッキング試験を行なった。車両走行による舗装の「こねかえし」(ニーディング)は荷重 12.6 kg、42パス/分でトラッキングを行ないながらこれと直角方向に 20パス/時間の割合で車輪を2時間移動させ (これをトラバースと呼ぶ)

* 北海道大学講師 工学部土木教室

* 東亜道路株式会社技術研究所

* 北海道大学教授 工学部土木教室

2 層系衝波体

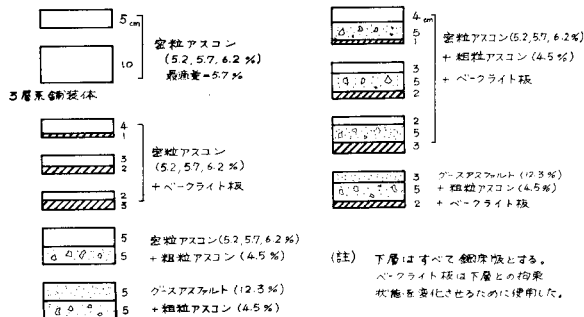


図-1 多層系舗装体の構造

ホイールトラッキング試験の解析は変形量～時間曲線における直線部分から変形率 (*Rate of Deformation* mm/min) を計算し、この変形率の値に影響を及ぼす種々の因子についてそれぞれの影響度を検討するため2～3元配置の分散分析を行なった。

b. くりかえし載荷時の舗装体のひずみ量

3 層系および 4 層系の舗装体で基層材料が異なったとき表層内部に生ずるひずみを測定するため表層にグースアスファルトを用い、図-2 に示す如く表層の表面から 8 cm の位置に垂直方向にひずみゲージを埋設した。ひずみの測定は荷重 1 2.6 k_g、4 2 パス/分でトラッキングを行ないながらこれと直角方向に 2 0 パス/時間の割合で舗装に「こねかえし作用」を与えている時に行なった。²⁾

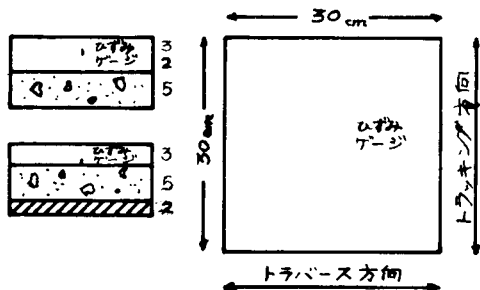


図-2 ひずみゲージの位置

c. 層構造の応力解析

変形の材料力学的解析の入力としてのデータを得るため2層系舗装体で下層が下方に無限に存在する場合について既往の層構造の方程式に弾性係数比、載荷半径と表層厚の比等を代入し、北大大型電子計算機FACOM230-00を用い表層内部に生ずる垂直応力を試算した。³⁾

4 実験結果および考察

a. 舗装厚およびニーディング作用の影響について
(2層系舗装体)

表層の舗装厚がそれぞれ5cmと10cmの場合、バインダー量とトラバースの有無が変形率に与える影響を図-3に示す。いずれの場合もバインダー量の増加に伴い変形率は増加する。この傾向は表層厚の厚い舗装体で顕著である。

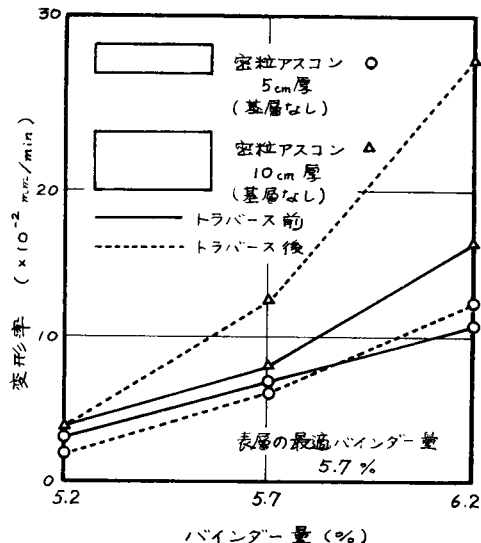


図-3 2層系舗装体の表層厚を変化させた場合の表層のバインダー量と変化率との関係

これらの結果を用いバインダー量、舗装厚およびトラバースの影響について 3 元配置による分散分析を行ない、95%信頼限界で有意性を検討した結果、前の 2 者は有意となり変形率に対する寄与率を計算するとそれぞれ 60.8%、8.5%となった。以上よりこの系の舗装体ではトラバースによるニーディング作用の影響は変形率に關する限りないといえる。

この系に対し弾性理論を適用し、表層厚が変化したとき、載荷重軸直下の表層の中央部における垂直応力 δ_{zz} を試算した。⁴⁾ 表-2 は第2層と第1層の弾性係数の比

表 - 2

2層系舗装体の垂直応力 δ_{zz} (載荷重軸直下)
($E_2/E_1 = 14.7$ 、深さ $=H/2$)

A/H	0.3020	0.3580	0.5000	0.7500
δ_{zz}	-0.4057	-0.5063	-0.7183	-0.9347
($\times P$)				

(E_2/E_1) が 14.7 の場合、接地半径と表層厚の比 (A/H) が変化するとき、表層の中央部に生ずる垂直応力を接地圧 (p) に対する割合で示したものである。表-2の結果は表層の厚さが厚くなるに伴い接地圧に近い応力が加わっており、一方図-3の結果は表層が厚くなるに伴い変形率は大きくなっていることからホイールトラッキング試験の変形率の値の大きさと層構造解析から得られた垂直応力の値の大きさとの間には、ある関係が存在することを示している。

b. 基層材料および基層厚の影響について

図-4は表層用混合物としてバインダー量 5.7% の密粒度アスファルトコンクリートを、また基層用材料としてバインダー量 4.5% の粗粒アスファルトコンクリートまたは、ベークライト板を用い表層の厚さを変化させた場合、基層の材料の違いや下層との拘束状態を変化させたときの表層の安定性を変形率の値で比較したものである。表層厚が 2 cm の場合は基層材料が変化しても両者の変形率の値には大きな差は認められない。しかし表層厚が 3 cm 以上の場合は基層にベークライト板のみを使用した方の変形率の値が粗粒アスファルトコンクリートとベークライト板を使用したものと比較して著しく大となる。

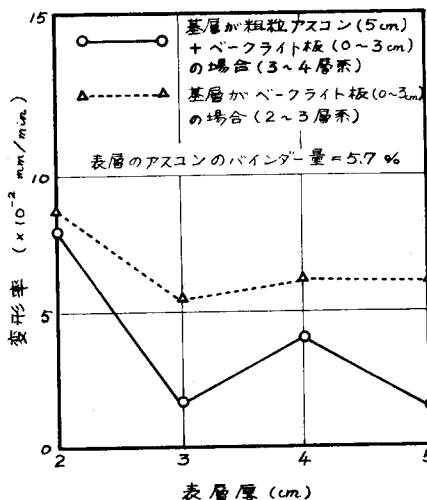


図-4 基層材料と基層厚を変化させた場合の表層厚と変形率との関係

これらの結果を用い基層材料、表層厚の2つの因子について2元配置による分散分析を行ない95%信頼限界で有意性を検討した結果両者とも有意となった。またこれらの変形率に対する寄与率を計算するとそれぞれ29.4%、55.3%となり、この系の舗装体では表層厚の影響が基層材料のそれより大きいことが認められた。

基層材料を変化させた場合表層内に生ずるひずみ量と比較するため表層にグーアスファルト、基層に粗粒アスファルトコンクリートおよびベークライト板を使用し、表面より3 cmの位置における垂直ひずみを測定した。図-5はひずみゲージの位置を原点にとり縦方向にひずみの値を、また左右にトラバース方向の原点からの距離をとったものである。図-5の両者は表層の厚さが多少異なっているが、基層材料が異なると変形率の値にもかなりはっきりした差が生じることを示唆していると考えられる。

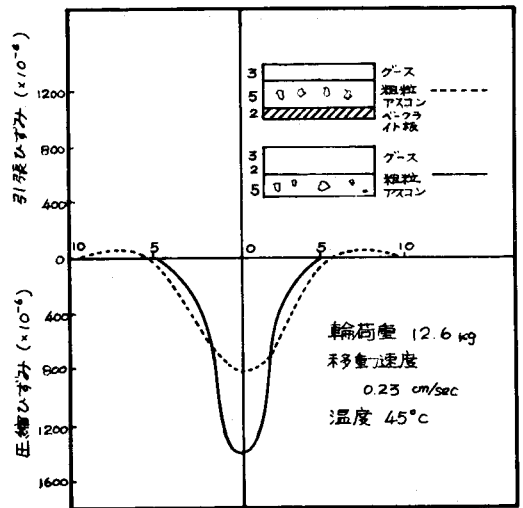
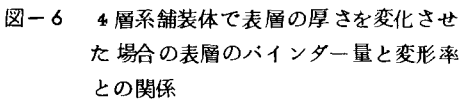


図-5 基層材料を変化させた場合表面から3 cmの位置における垂直ひずみ

c. 表層厚およびニーディング作用の影響について (4層系舗装体)

図-6は基層の粗粒アスファルトコンクリートの厚さを一定 (5 cm) に保ち、表層の密粒度アスファルトコンクリートの厚さおよびバインダー量を変化させてトラバース前後の変形率を示したものである。いずれの場合もバインダー量の増加に伴い変形率は増大する。この傾向は最適バインダー量 (5.7%) を境にして特に顕著となる。



以上の結果を用いバインダー量、表層厚およびニーディング作用の3つの因子について3元配置による分散分析を行ない95%信頼限界で有意性を検討した結果、前の2者は有意となった。またこれらの変形率に対する寄与率を計算するとそれぞれ53.3%、37.7%となり、この系の舗装体ではバインダー量の影響が非常に大きいことが認められた。

- a. 2層系、3層系および4層系の各舗装体はいずれも表層のバインダー量の増加に伴い変形率は増大し、最適バインダー量以上でこの現象は特に顕著である。
- b. 舗装体の変形率の値は表層のバインダー量、表層厚、舗装厚、基層材料およびトラパースの有無に影響される。
- c. トラパースの影響は表層のバインダー量が最適以上で特に顕著となるが、これ以下では明確ではな

d. 舗装体の弾性解法や表層に設置したひずみ計より得られた応力やひずみ量から舗装体の変形の大きさを予想することが可能であると思われる。

- 1) 神崎靖、松浦精一、田中勤也、菅原照雄：アスファルト舗装の *Rutting* に関する基礎的研究—第1報 第24回土木学会年次学術講演会、第Ⅳ部門
- 2) 上島壮、森吉昭博、武市靖、狩野俊介：ホイールトラッキング試験における歪分布について、第26回土木学会年次学術講演会、第Ⅴ部門
- 3) *Yoshimura, I., Ushio S. Sugawara T.: Stresses in Multi Layered Systems. Memoirs of the Faculty Engineering Hokkaido University, Vol. 8 No 2 (No 59) March 1972*
- 4) 森吉昭博 未発表の研究