

IV-93 長方形荷重に対するアスファルト系舗装体の挙動について(その1)

鹿島道路株式会社技術研究所

正会員

遠藤 靖

同

○小池俊雄

同

松崎英昭

1. まえがき

アスファルト系舗装に作用する長方形荷重や群荷重は意外に多く、そのほとんどは長方形の接地形である。農業機械のフローラータイプのコンバインや農業用トラクター、造船所構内を走行する大型トレーラー等の接地形も長方形である。また、海岸堤防法覆工に作用する波力の作用面も細長い長方形として考えることができる。このような荷重に対する応力の計算方法については、元来コンクリート舗装用として作られた Pickett & Ray の Influence chart を使用することも考えられるが、この chart のプロットの数の勘定が不正確になるうえに、chart の範囲が狭いため、群荷重が作用する場合には計算が困難となる。また、表層の応力は、版としての考えに基いたものであるから、多少の疑義がある等のこともあって、アスファルト舗装体の場合は長方形荷重として計算することが望ましいように思われる。長方形荷重によって生ずるアスファルト系舗装体の沈下、曲率、応力等の計算方法については、すでに第21回、第22回の本学会年次学術講演会において「海岸堤防におけるアスファルト法覆工の計算について」と題して理論解析の一部を報告したものであるが、今回小規模なる実験を行ない、長方形荷重によるアスファルト系舗装体の挙動について、理論計算と比較検討した結果を報告する次第である。

2. 測定装置と舗装構造

実験装置は図-1に示す如く縦×横×高さ = $2\text{m} \times 2\text{m} \times 2.5\text{m}$ のセメントコンクリート製テストピットを作り、この中路床 160cm 、路盤 30cm 、およびアスファルト混合物の表層 15cm を構築した。また、舗装体に埋設する計器は、図-1

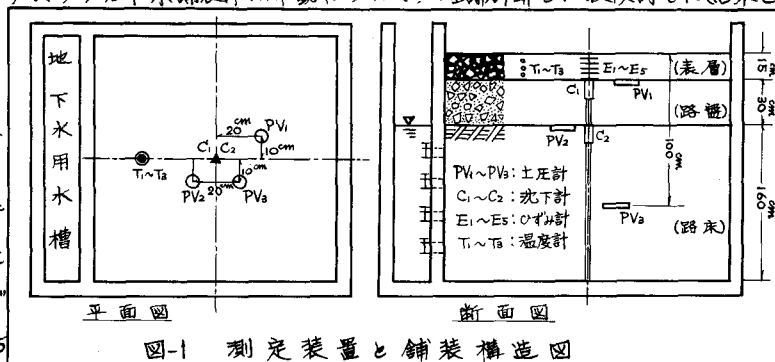


図-1 測定装置と舗装構造図

のように土圧計、沈下計、ひずみゲージ、および温度計とした。舗装体の構成材料は路床土に関東ローム、路盤材に粒度調整材料、表層には東京都仕様の細粒2号を用いた。各材料の一般性状は表-1に示す通りである。

3. 実験方法

図-1の如く構築したアスファルト舗装表面に正方形載荷板を用いて載荷試験を実施した。載荷板は $21\text{cm} \times 21\text{cm}$ 、厚さ 23mm の鋼板である。載荷方法は最も簡易なる油圧ジャッキによって行ない、表-2

表-1 舗装構築材料の一般性状

路床土 関東ローム	路盤材 粒度調整材	表層材料 細粒2号
自然含水比 (%)	91.6	最適含水比 (%)
比 重	2.746	最乾燥密度 (g/cm^3)
塑性指数	61.6	修正CBR (%)
設計CBR (%)	0.3	CVT(42回) (kg/cm^2)
CVT(42回) (kg/cm^2)	103.6	CVTの乾燥密度 (g/cm^3)
乾燥密度 (g/cm^3)	0.717	乾燥密度
		フロー値 ($\text{cm}/100$)
		25.2

に示す各荷重レベルについて埋設計器のひずみ量、沈下量、垂直応力の値を読み取った。また、路盤面、表層面上においては一般に用いる平板載荷試験 ($\phi = 30\text{cm}$ の剛性平板による) を実施した。平板載荷試験の目的は、測定した結果と *Burmister* の変位係数とから、アスファルト表層の弾性係数を算出し、長方形荷重の理論計算に用いるためである。

4. 実験結果

- (i) 平板載荷試験-----路床面、路盤面および表層面上において測定した結果を図-2に示す。
- (ii) 正方形シングル荷重載荷試験-----前項の表-2に示す各荷重レベルに対する舗装体の挙動、すなわち路盤面の沈下量、および路盤面の垂直応力、アスファルト表層下面に生ずる引張応力等を測定した結果を図-3～図-5に示す。
- (iii) 正方形ダブル荷重載荷試験----- (ii) と同様の方法で、表-2に示す荷重レベルで載荷を行ない、同様の測定を行なった。測定結果は図-6～図-7に示す通りである。

5. 試験結果の検討

- (i) 舗装体各層の弾性係数-----アスファルト舗装体の各層に関する平板載荷試験結果より、測定面下全体の弾性係数を次式 (5.1) によって計算した。

$$E = \frac{1.18 \times a \times 0}{\delta} \quad (5.1)$$

ただし、 E ：弾性係数 (kg/cm^2)

0 ：沈下量に対する荷重強度 (kg/cm^2)

δ ：沈下量 (cm)

a ：載荷板の半径 (cm)

(5.1) 式から求めた各値と *Burmister* の変位係数から各層の弾性係数を計算した結果、表-3に示す値を得た。

従って表-3の各値を用いて理論計算と実測値との比較を行なう。

- (ii) 理論計算-----アスファルト舗装を2層系舗装とした場合の長方形荷重に対する実用理論計算法は *Odemark* の等値法を展開したもので、単一荷重が作用する場合はもち

表-2 載荷試験位置と荷重レベル一覧表

	荷 重 レ ベ ル	載 荷 位 置				備 考
		NO	1	2	3	
シングル荷重 P	0.2 ton ~ 5.0 ton	(cm)	10	25	40	
	0.2 ton 毎 25 段階	a	10	25	40	
ダブル荷重 P	0.2 ton ~ 5.0 ton	(cm)	10	25	40	
	0.2 ton 毎 25 段階	a	10	25	40	

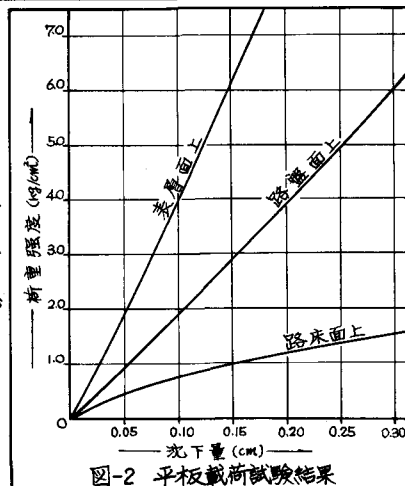


図-2 平板載荷試験結果

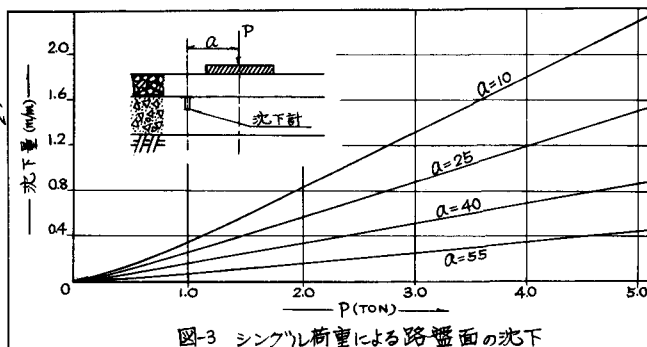


図-3 シングル荷重による路盤面の沈下

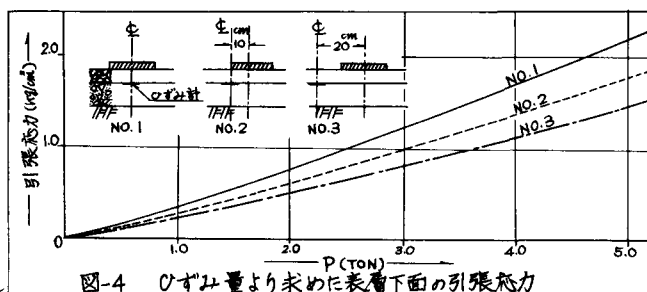
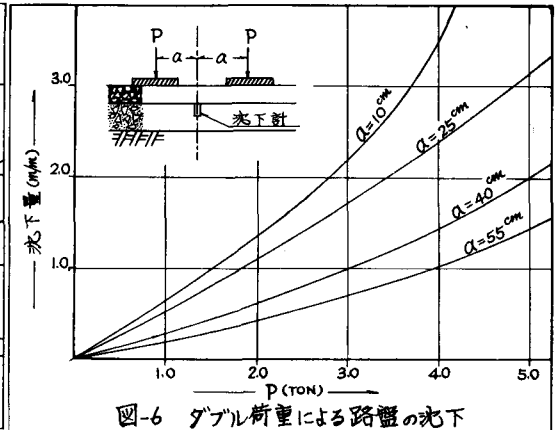
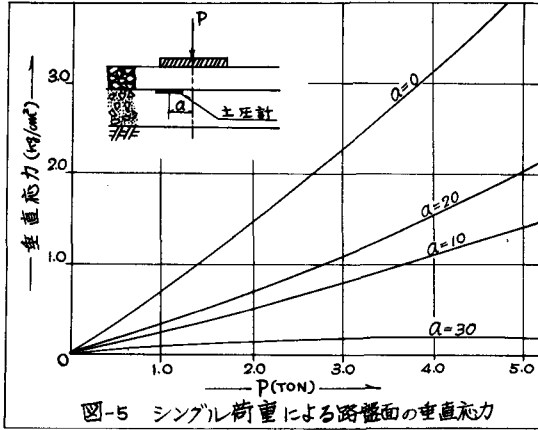


図-4 ひずみ量より求めた表層下面の引張応力

表-3 計算による各層の弾性係数

表層 (アスファルト混合物)	4164
路盤 (粒度調整)	885
路 床	118
数値は弾性係数 (kg/cm^2)	



ろん、複雑な群荷重が作用する場合でも任意の位置における舗装体の沈下、曲率、応力等を求め得ることが特徴であり、これらは、次式によって計算される。

a. 表面の沈下 ($S_{0.1}$)

$$S_{0.1} = \frac{3\sigma_0 b}{2\pi E_m} \cdot 2 \left[\frac{1}{m} (\alpha \sinh^{-1} \frac{1}{\alpha} + \sinh^{-1} \alpha) - \frac{1}{m} \left\{ \alpha \sinh^{-1} \frac{1}{(\alpha^2 + 0.81 m^2 n^2)^{1/2}} + \sinh^{-1} \frac{\alpha}{(1 + 0.81 m^2 n^2)^{1/2}} \right\} + \left\{ \alpha \sinh^{-1} \frac{1}{(\alpha^2 + 0.81 m^2 n^2)^{1/2}} + \sinh^{-1} \frac{\alpha}{(1 + 0.81 m^2 n^2)^{1/2}} \right\} \right] \quad (5.2)$$

b. 表面の曲率 ($1/R_{0.1}$)

$$\frac{1}{R_{0.1}} = \frac{3\sigma_0}{2\pi E_m b} \cdot 2\alpha \left\{ \frac{1}{m} \frac{1}{(1 + \alpha^2)^{1/2}} - \frac{1}{m} \frac{1 + \alpha^2 + 0.81 n^2 (5 + 3\alpha^2 + 3.24 n^2)}{(1 + 0.81 n^2)^2 (1 + \alpha^2 + 0.81 m^2 n^2)^{3/2}} + \frac{1 + \alpha^2 + 0.81 m^2 n^2 (5 + 3\alpha^2 + 3.24 m^2 n^2)}{(1 + 0.81 m^2 n^2)^2 (1 + \alpha^2 + 0.81 m^2 n^2)^{3/2}} \right\} \quad (5.3)$$

c. 上層下面の引張応力 (X軸方向) (σ_b)

$$\sigma_b = \frac{3\sigma_0}{2\pi} \cdot \alpha \cdot m \cdot n \cdot \frac{1 + \alpha^2 + 0.81 m^2 n^2 (5 + 3\alpha^2 + 3.24 m^2 n^2)}{(1 + 0.81 m^2 n^2)^2 (1 + \alpha^2 + 0.81 m^2 n^2)^{3/2}} \quad (5.4)$$

d. 下層上面の垂直応力 (σ_r)

$$\sigma_r = \frac{3\sigma_0}{2\pi} \cdot \frac{4}{3} \left\{ \frac{\alpha}{(\alpha^2 + 0.81 m^2 n^2)^{1/2} (1 + 0.81 m^2 n^2)^{1/2}} + \frac{0.9 \alpha m^{1/2} n (1 + \alpha^2 + 1.62 m^2 n^2)}{(1 + 0.81 m^2 n^2) (\alpha^2 + 0.81 m^2 n^2) (1 + \alpha^2 + 0.81 m^2 n^2)^{1/2}} \right\} \quad (5.5)$$

ここに、 $\alpha = B/b$, $m = E_i/E_m$, $n = h/b$

σ_0 : 荷重強度 (kg/cm²)

B: 長方形の縦長の $1/2$ (cm)

b: 長方形横長の $1/2$ (cm)

h: 上層の厚さ (cm)

E_i : 上層の弾性係数 (kg/cm²)

E_m : 下層の弾性係数 (kg/cm²)

(iii) 理論値と実測値の比較 理論値の計算においては、荷重載荷位置が理論計算に対して水平方向に離れている場合の計算は、本計算法の特徴である半荷重ルールおよび四半分荷重ルールを適用して求めたものである。その結果と実測値との比較を図-8～図-11に示す。図からわかるように、シングル荷重およびダブル荷重における沈下量は、理論値と比較的近似の値を示している。しかし垂直応力については、大きな応力よりも比較的小さい応力の範囲で理論値と一致する。これは載荷に対する応力の測定中、スイッチボックス切換えの間、舗装体の応力緩和が進むためである。すなわち、舗装体の温度や載荷方法に問題があると考えられる。

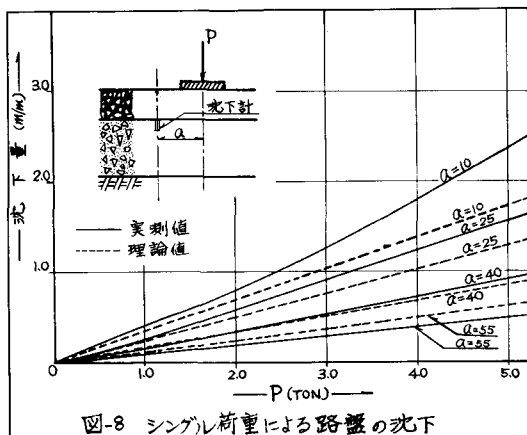


図-8 シングル荷重による路盤の沈下

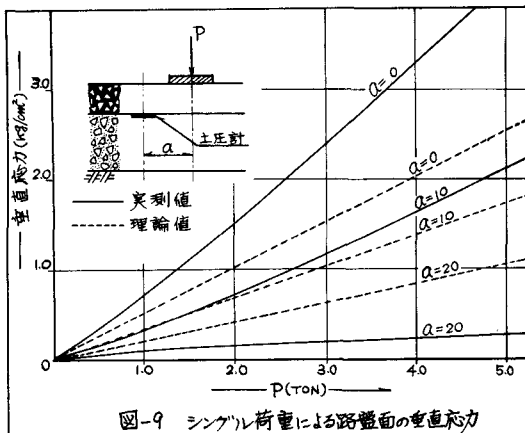


図-9 シングル荷重による路盤面の垂直応力

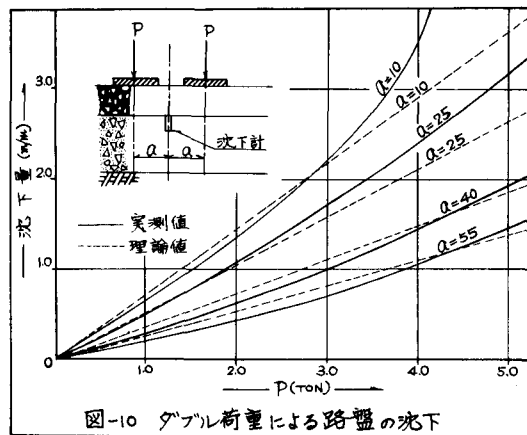


図-10 ダブル荷重による路盤の沈下

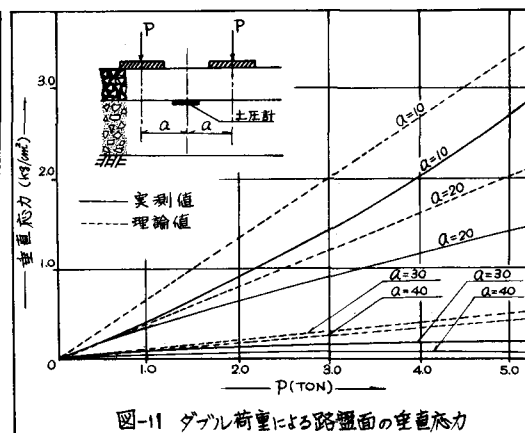


図-11 ダブル荷重による路盤面の垂直応力

6. おわりに

本実験研究は、いわゆる静的載荷試験によるものであるため、載荷時間に対する諸問題が残っているが、この静的載荷試験結果を基礎として、今後動的載荷試験によるアスファルト舗装体の挙動について実験研究を進める予定である。最後に、本実験の装置について種々御指導下さいました名古屋大学教授、植下協博士に心から感謝の意を捧げます。

参考文献

長方形荷重と舗装-----遠藤 靖

舗装の計算における Odemark の理論の要旨その他-----遠藤 靖

アスファルト舗装の計算-----遠藤 靖