

北海道大学工学部 正会員 荻澤 孝吉

北海道大学工学部 正会員 芳村 仁

本州四国連絡橋公団 正会員 畠田 大造

1. まえがき

鋼床版は外力としての車輪荷重を受け、舗装体とともに一体として変形するので、その解析においては舗装体の力学的特性を組み込まなくてはならない。舗装された鋼床版の動的な応力解析には実験による方法の他に、動的荷重によるアスファルト層のレスポンスを変形係数(スティフネス) E_a の変化で代表させて静的に解析する方法がある。アスファルト混合物は温度と載荷時間(走行速度)に大きく依存する力学的性状を示すが、それは E_a の変化としてとらえられることが実験的に知られている²⁾。本報告はこの立場に立って解析した結果である。

2. 構造解析

鋼床版のデッキプレートは舗装体と鋼の二層よりなるので二層板として解析し、リブの腹板と底板は単層板として解析される。構造全体の解析は折板理論により立体的に行われた。ここでは二層板の方程式のみを示す。 u, v, w を $z = e$ 面(重心面)の x, y, z 方向の変位とすると、

$$\begin{cases} D^* \left(\frac{\partial^4}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4}{\partial y^4} \right) w = p(x, y) \\ B \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{1}{2} (B - B_y) \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{1}{2} (B + B_y) \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} = 0 \\ B \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{1}{2} (B - B_y) \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{1}{2} (B + B_y) \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} = 0 \end{cases}$$

ここで、

$$D^* = D - \frac{C^2}{B} = D - eC$$

$$D = \frac{E_1 h_1^3}{3(1-\nu_1^2)} + \frac{E_2 (H^3 - h_1^3)}{3(1-\nu_2^2)}, \quad C = \frac{E_1 h_1^2}{2(1-\nu_1^2)} + \frac{E_2 (H^2 - h_1^2)}{2(1-\nu_2^2)}$$

$$B = \frac{E_1 h_1}{1-\nu_1^2} + \frac{E_2 (H - h_1)}{1-\nu_2^2}, \quad B_y = \nu_1 \frac{E_1 h_1}{1-\nu_1^2} + \nu_2 \frac{E_2 (H - h_1)}{1-\nu_2^2}$$

解析した鋼床版は図2に示すとおりで、アスファルト層の変形係数 E_a の変動領域は文献2)を参考に十分を考慮した。荷重は $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ の正方形分布と考えた。

3. 解析結果と考察

(1) アスファルト層の表面には図3のように縦リブ上に引張りひずみが生じるが、これはひびわれが縦リブ上に多く発生している事と符合する。ひずみの大きさは E_a に大きく依存し、 E_a が小さくなると(高温時または低速走行時に) ϵ が大きくなる。その関係は表1に示す。またアスファルト層のポアソン比 ν_a も $0.30 \sim 0.45$ と変化させたが、 ϵ に与える影響は小さかった。その他詳しく

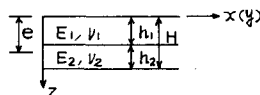


図1. 二層板

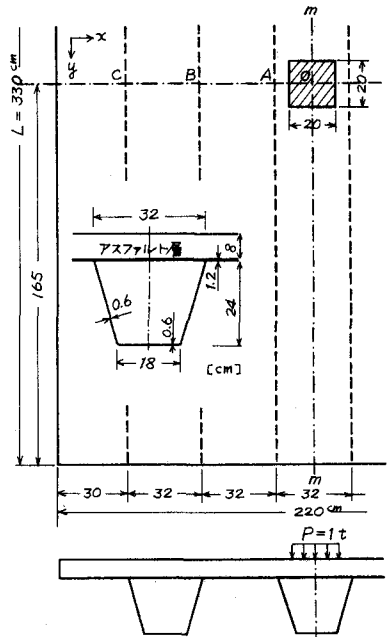
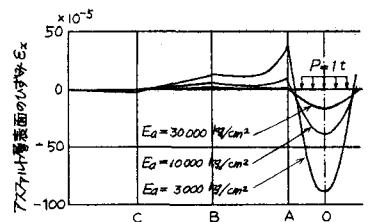


図2. 鋼床版(周辺単純支持)と肉リブ断面

図3. 中央断面におけるアスファルト層表面のひずみ ϵ_x の分布 ($P=1 \text{ t}$, $\nu_a=0.35$)

$E_a \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	$E_a \text{ (} 10^{-5} \text{)}$	$\epsilon_0 \text{ (} 10^{-5} \text{)}$
100 000	-1.0	-6.0
30 000	1.0	-15.7
10 000	10.1	-37.7
3 000	39.5	-88.4
1 000	86.1	-152.7
300	132	-209
0	179	-241

表1. アスファルト層の変形係数とアスファルト層表面ひずみの関係 (E_A は A 点, ϵ_0 は O 点のひずみを表す。)

くは文献4)を参照されたい。(2)鋪装体と鋼デッキプレートとの間に発生するせん断応力度では、その最大値が荷重位置近傍の縦リブ上に生じ、その大きさは表2に示すようである。(3)鋼デッキプレートに生じる垂直応力度は、荷重位置近傍においては図4のようになり、その大きさは図5に示すように E_a の増大に伴って減小する。(4)鋼床版の中央線m-m上を $P=1t$ が走りぬける場合のアスファルト層表面のひずみの変動を図6に示す。同じく鋼デッキプレートの表面の応力の変動(応力影響線)を図7に示す。これらの図より、鋼床版上を車輪が通過するたびに、アスファルト層と鋼デッキプレートともにbell shapeのひずみ波形または応力波形を受けていることがわかる。そしてその大きさは(1)と(3)で述べたようにアスファルト層の変形係数 E_a に大きく影響され、結局、温度と走行速度に関係することが明らかとなった。

E_a (kg/cm ²)	τ_{max} (kg/cm ²)
100 000	2.05
30 000	2.36
10 000	2.42
3 000	2.00
1 000	1.26
300	0.54

表2. 鋪装体と鋼デッキプレートの間に生じる最大せん断応力度 τ_{max} ($P=1t$ あたり)

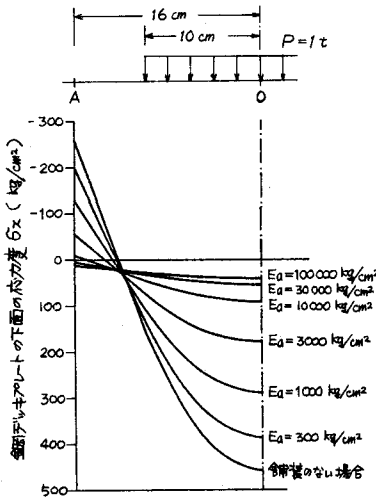


図4. 中央断面の荷重位置近傍の鋼デッキプレートの下の垂直応力度 G_x の分布

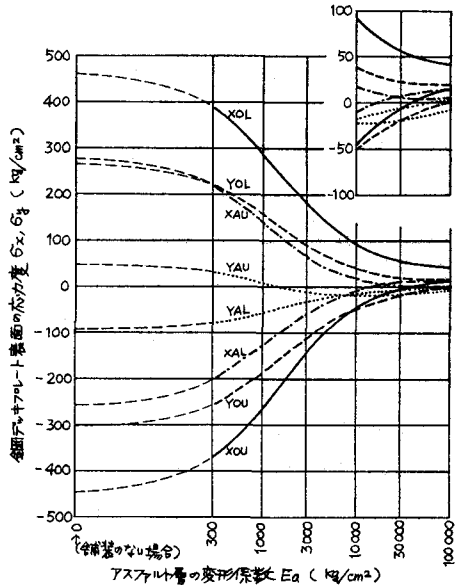


図5. 中央断面の鋼デッキプレートの表面の垂直応力度 G_x, G_y とアスファルト層の変形係数 E_a との関係 ($P=1t$ のとき) (記号及び着目点については図7参照)

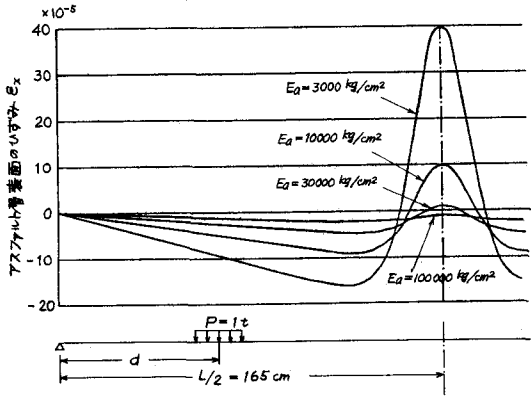


図6. 中央断面の縦リブ上の位置Aのアスファルト層の表面のひずみ波形 (横座標は荷重の位置dを基準とする。)

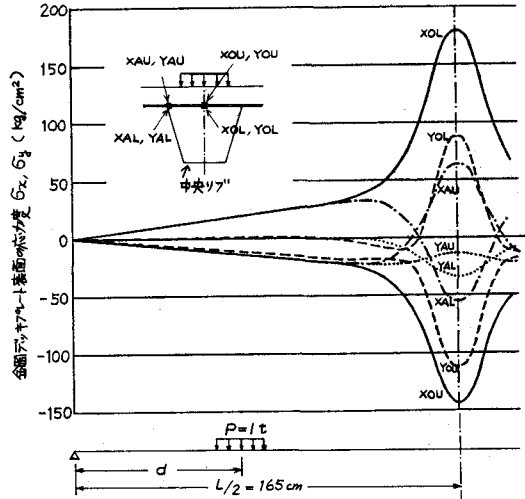


図7. 中央断面の鋼デッキプレートの表面の垂直応力度 G_x, G_y の応力波形 ($E_a=3000$ kg/cm² の場合)

(参考文献) 1) Morris, S.A.H.: TRRL supplementary report 237, 2) 並原4: 土木学会論文報告集 254号, 3) 茅村 並譯: 土木学会論文報告集 233号, 4) 並譯: 土木学会北海道支部論文報告集 33号, 5) 梶村4: 土木学会引当年度土木技術者大会講演要旨集 土木学会30回建設部研究報告集講演要旨集

(横座標は荷重の位置dを基準とする。記号は次の意味である。)
X..... G_x , O..... リブの中点, U..... デッキプレートの上
Y..... G_y , A..... リブとの接合部, L..... デッキプレートの下面