

1. まえがき

近年、長大橋の建設が進められつつあるが、その床版には鋼床版が用いられることが多い。橋面舗装の目的は、交通荷重の衝撃等を含む交通外力、雨水その他の気象作用等より床版を保護することと、交通車両が快適な走行を保つ得るような平坦な走行面を作ることである。鋼床版の舗装材料は、たわみに追随し、くり返し曲げ疲労に耐え、耐久性があることが強く望まれる。橋面舗装材料としては、主にストレートアスコンおよびグースアスファルトが使用されていたが、最近エポキシ樹脂バインダーを利用したエポキシアスコンおよびエポキシモルタルの施工も行われている。これらの舗装厚は、エポキシモルタルが10~25mmの薄層舗装で、その他はほとんど50~80mmの範囲で施工されている。舗装厚の増減は、直接死荷重の増減につながるものなので、設計上有利なように可能な限り薄くすべきであるが、舗装材料の性状によりその舗装厚は異なるものと思われる。本報告は各舗装材料の最適厚さを舗装表面の応力およびひずみ等より推定しようとしたものである。

2. 舗装表面の応力およびひずみ計算の概要

鋼床版舗装のクラックが縦リブに沿って発生する頻度が高いので、縦リブ上の舗装表面における応力およびひずみを中心に計算を行った。計算条件は次のとおりとした。(1)図-1に示すような状態で載荷した場合を想定し、図-2に示すように縦リブの位置で固定された単位幅(1cm)の両端固定ばりに、等分布荷重が全面載荷されたものと仮定する。(2)輪荷重は20T自動車の後輪荷重(ダブルタイヤ)とし、接地圧 δ はタイヤの接地幅、接地長をそれぞれ20, 50cmとすると 8 kg/cm^2 となる。(3)鋼版と舗装とは完全に付着し合成作用があるものとする。(4)鋼版と舗装の自重は無視する。(5)合成ばりの断面は図-3のとおりとする。(6)鋼版の弾性係数 E_s は $2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ とする。(7)舗装の弾性係数 E_p は舗装材料により異なるので弾性係数比 $n (= E_s/E_p)$ で表わす。(8)鋼版厚 t_s は12mmとする。(9)舗装厚 t_p は10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90および100mmとする。(10)弾性係数比は1, 10, 25, 50, 100, 200, 1000および4000とする。

2-1 応力の計算

合成ばりの中立軸を式(a)より求め $\bar{y}_p$, $\bar{y}_s$ を計算する。次に舗装材料の単位部材に換算した断面二次モーメント I_0 を式(b)より算出すると、縦リブ上の舗装表面の応力 σ_p は式(c)より計算される。

2-2 ひずみの計算

縦リブ上の舗装表面のひずみ ϵ_p は式(d)より計算される。また曲率半径 ρ は式(e)より求まる。

$$(a) \quad \bar{y} = \frac{\sum E_i \cdot Z_i}{\sum E_i \cdot A_i} = \frac{E_p \cdot Z_p + E_s \cdot Z_s}{E_p \cdot A_p + E_s \cdot A_s}$$

図-1 輪荷重の載荷状態

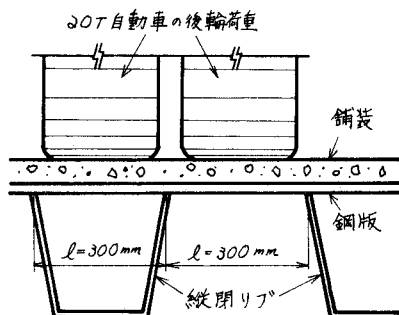


図-2 両端固定ばり等分布載荷

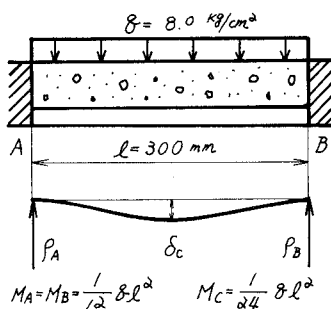
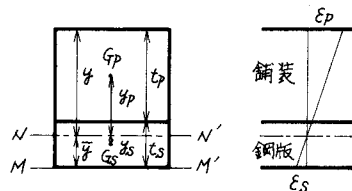


図-3 合成ばりの断面



$$(b) I_o = (I_{op} + A_p \cdot y_p^2) + n(I_{os} + A_s \cdot y_s^2)$$

$$(c) \sigma_p = \frac{M A}{I_o} \times y$$

$$(d) \epsilon_p = \frac{\sigma_p}{E_p} = \frac{y}{P_A}$$

$$(e) \frac{1}{P_A} = \frac{M A}{E_p I_o}$$

Z_p 基準線に対する舗装の断面係数

Z_s 基準線に対する鋼版の断面係数

I_{op} 舗装断面の図心に対する断面二次モーメント

I_{os} 鋼版断面の図心に対する断面二次モーメント

y_p 中立軸から舗装断面の図心までの距離

y_s 中立軸から鋼版断面の図心までの距離

3. 計算結果

舗装表面の応力およびひずみは、図-4および図-5のとおりである。また表-1および表-2に単純曲げ試験およびくり返し曲げ試験結果を示す。応力は舗装厚の増加とともに減少する傾向にあり、弾性係数比が小さい場合は舗装厚が薄くなると急激に上昇する傾向がある。ひずみは弾性係数比が小さい程小さく、舗装厚の増加に従って減少する傾向にある。

4. むすび

以上の計算結果より鋼床版の舗装厚について、次の事が結論づけられる。(1)普通アスコン、改質(ゴム入り)アスコン、グースアスファルトについては、在来75~80mmの舗装厚が用いられたがこの厚さでは不十分でクラックが生ずるのは当然である。少なくとも10cm以上の厚さが必要と思われる。(2)エポキシモルタルについては、在来弾性係数が高いことから10~25mmの薄層舗装として用いられたがこの厚さでは、やはり不十分で平坦性からみてもさらに厚さが必要であろう。(3)エポキシアスコンの場合は、くり返し曲げ100万回以上の抵抗性を考えても、40~60mm程度の厚さがあれば十分であり、これ以下とする場合には、計算上その応力が急激に上昇する傾向にある。従って、施工上からも経済的にもまた応力的にも50mm厚が最適と思われる。しかしこの計算には種々の仮定があるので、ひずみで舗装厚を規定した場合、規定より大なるひずみの材料が即クラックを生ずるとは言いきれず、詳細は版としての解析とか実験等により明らかにしなければならない。

参考文献: C.T. Metcalf, 「直交性鋼床版橋の舗装材料に対する曲げ試験」, Highway Research Record No. 155

図-4 応力と舗装厚の関係

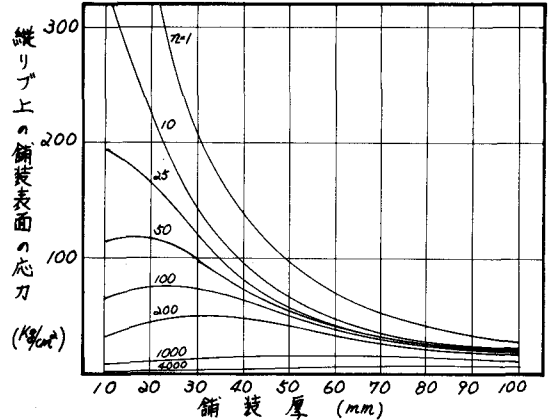


図-5 ひずみと舗装厚の関係

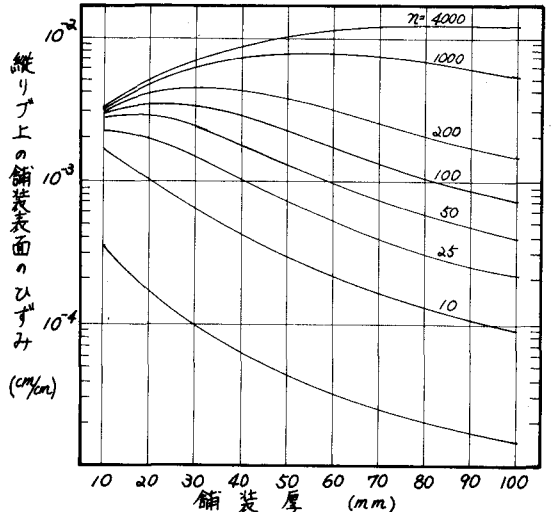


表-1 単純曲げ試験結果

舗装の種類	温度 (°C)	弾性係数比 (n)	曲げ応力 (kg/cm²)	ひずみ (cm/cm)	弾性係数 (10⁹ kg/cm²)
ストリートアスコン	-10	40	119	2.41	49.6
	10	400	76	14.9	5.16
改質アスコン	-10	100	130	6.40	20.3
	10	300	122	14.6	8.36
グースアスファルト	-10	220	58	6.00	9.67
	10	240	93	10.6	8.77
エポキシアスコン	-10	23	305	3.51	90.1
	20	80	244	9.37	26.2
エポキシモルタル	-10	30	279	3.83	72.8

表-2 くり返し曲げ試験結果 (ひずみ制御 42 × 10⁻⁴)

舗装の種類	温度 (°C)	弾性係数比 (n)	曲げ応力 (kg/cm²)	弾性係数 (10⁹ kg/cm²)	破壊回数 (回)
ストリートアスコン	0	24	37.8	8.87	約3万
グースアスファルト	0	31	28.3	6.79	約20万
エポキシアスコン	0	14	61.7	14.6	100回以上
	20	23	39.1	9.3	100万回以上