

4. 舗装と鋼床版

(1) 概 要

鋼床版上の舗装は、弾性変形が大きく、また比較的たわみ易いデッキプレート上に舗設されることからアスファルト混合物の選択と施工を難しいものとしている。舗装は通常、路面の平坦性を調節したり、混合物の締め固め等の施工上の観点から、下層（レベリング層）、と上層（表層）に分けられている。したがって、その構造は鋼床版と下層との接着層、下層、下層と上層との接着層及び上層とで構成される。

舗装厚はおおむね 60～85 mm となっているが、デッキプレートの現場継手がボルト接合の場合や、交通量が多いところでは、厚目に施工される。

舗装の力学的特性は、アスファルト混合物が物理的性質の異なる材料の混合物であるので¹⁾、温度、ひずみ、ひずみ速度、クリープ、繰返し載荷回数並びに載荷方法等に大きく影響される。また、高温時に軟らかく、伸び特性が良いが、低温時には極めて硬く、舗装の剛性（スチフネス）が高くなり、ひび割れを生じるなど複雑な性状を示すことが知られている。

舗装は交通車両の荷重に対し、荷重の分散作用や比較的重量の軽い鋼床版への質量付加効果ならびに鋼床版との合成作用の役割を担うことが期待される。しかし、舗装は物性値が極めて複雑な性状を示すばかりでなく、性質の異なる多層構造でもあるので、鋼床版との接着層や上層と下層との層間にずれなども生じることもある。さらに供用中には、舗装の轍掘れ、ひび割れ、流動などの破損もあるので、舗装の鋼床版への力学的な影響については精度の高い報告はないようである。したがって、鋼床版を設計する場合には道路橋示方書においてもアスファルト舗装による活荷重の分散作用を考えないように規定されている。²⁾

しかしながら、舗装が上記のような複雑な特性を有しているとしても舗装と鋼床版とはいくぶんかは共同作用をしており、鋼床版構造の局所的な応力を評価する場合に、この共同作用を考慮することも大切である。この共同作用は未だ十分に解明されていないが、これまでに得られているいくつかの調査結果を以下に紹介する。

(2) 載荷試験による結果³⁾

1) 合成ビームによる基礎試験

舗装と鋼板からなる合成ビームに荷重を載荷して、舗装の合成効果を調査している。供試体の形状と試験条件を図 4-1 に示す。舗装供試体は、表 4-1 に示す 8 種類各 2 体である。接着材及びタック材は 2 種類を使用している。鋼板表面は無機ジンクリッチプライマーを塗り、その後エポキシジンクリッチペイントを塗布したものである。

i) 静的試験結果

図 4-2 は静的載荷時の載荷点直下における鋼床版下面の荷重-たわみ量を示し、図 4-3 は同じく荷重-ひずみ量を示す。図中の E_a は舗装体が粘弾性的な挙動を示すのを一様の等方弾性体と見なし、かつ

鋼板と完全合成とした時のスチフネスの値を示す。これらの図から舗装のスチフネス（変形係数） E_a は材料によりかなりの幅でばらつき、かつ鋼板のたわみとひずみとの比較からわかるように、供試体の種類によってスチフネスが変化しているのがわかる。これは層間のずれや材料の非弾性的性質によるものと考えられ、層厚方向のひずみ分布が直線分布にはなっていないように思われる。

ii) 動的載荷試験結果

図4-1に示す供試体を用いて動的載荷による疲労試験を実施した。載荷荷重は6.0tを上限荷重としている。疲労試験の終了は舗装に亀裂が発生したときとしているが、載荷部に亀裂が発生したり、鋼板との間で剥離が発生した場合はその時点で終了とした。

試験結果の一例を図4-4に示す。舗装材料にもよるが疲労回数の増大により見かけのスチフネスは低下する傾向が見られる。また舗装の亀裂は400~500 μ のひずみ振幅で入るようであり、一つの目安とされる。

2) 鋼床版橋載荷試験結果⁴⁾

土木研究所構内の中ループ走行試験コースに鋼床版橋（単純鋼床版桁橋、2@10m）を設置し、そのデッキ上に試験舗装を実施した。このうち本四(1)橋梁（図4-5）でひずみとたわみの測定を載荷速度を変えて行っている。舗装（上層+下層）厚は65mmで改質アスファルトコンクリートとグースアスファルトとしたものである。その他の試験条件は次のとおりである。

- ①荷重と載荷位置：荷重車の後輪輪荷重は $P=5t, 7t$ の2種類、載荷位置は支間(9.8m)の中央である（図4-5）。
- ②載荷速度：0（静的載荷）、15及び30km/hr の3水準である。

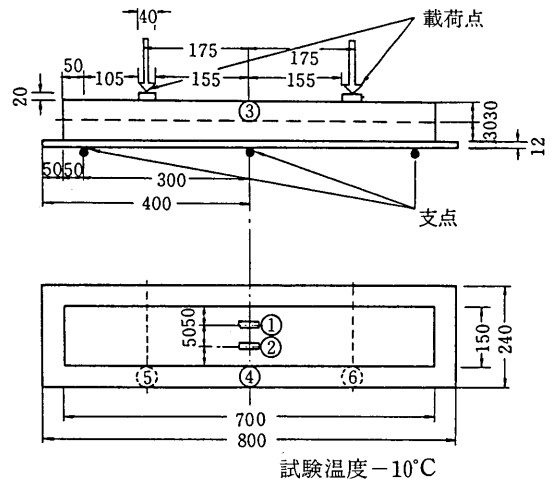


図4-1 合成ビーム供試体と載荷条件³⁾

表4-1 混合物とバインダーの種類³⁾

供試体No.		混合物	バインダー
1	上層	細粒度アスコン	硬化性アスファルト
	下層	細粒度アスコン	硬化性アスファルト
2	上層	密粒度アスコン	改質アスファルト
	下層	密粒度アスコン	改質アスファルト
3	上層	グースアスファルト	StAs 20/40 75% 天然アスファルト 25%
	下層	グースアスファルト	StAs 20/40 75% 天然アスファルト 25%
5	上層	密粒度アスコン	StAs 60/80
	下層	密粒度アスコン	StAs 60/80
6	上層	細粒度アスコン	硬化性アスファルト
	下層	密粒度アスコン	改質アスファルト (No41)
7	上層	細粒度アスコン	硬化性アスファルト
	下層	グースアスファルト	StAs 20/40 75% 天然アスファルト 25%
8	上層	密粒度アスコン	改質アスファルト (No41)
	下層	細粒度アスコン	硬化性アスファルト
9	上層	密粒度アスコン	改質アスファルト (No41)
	下層	グースアスファルト	StAs 20/40 75% 天然アスファルト 25%

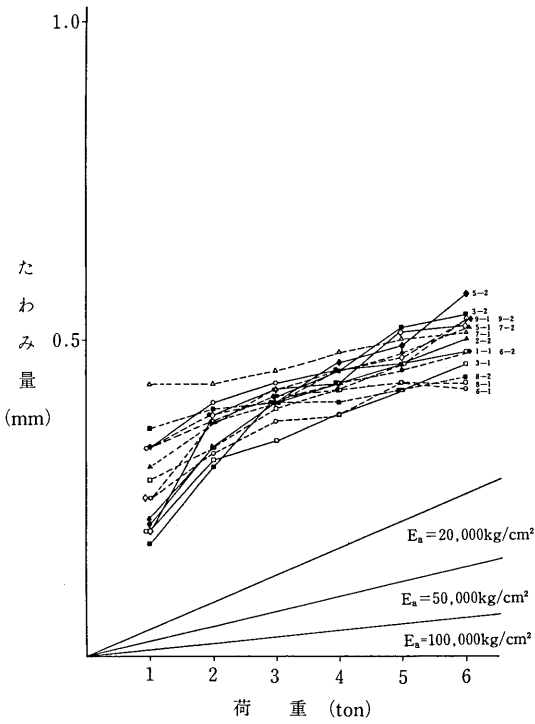


図 4-2 荷重-たわみ量 (鋼板載荷点)³⁾

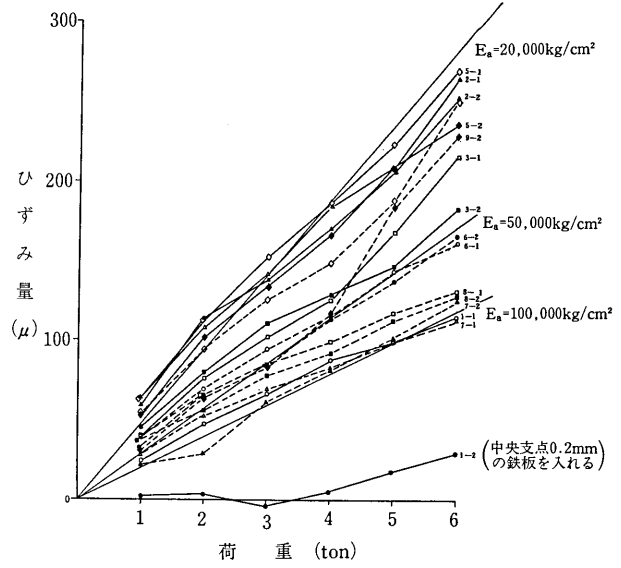


図 4-3 荷重-ひずみ量 (鋼板載荷点)³⁾

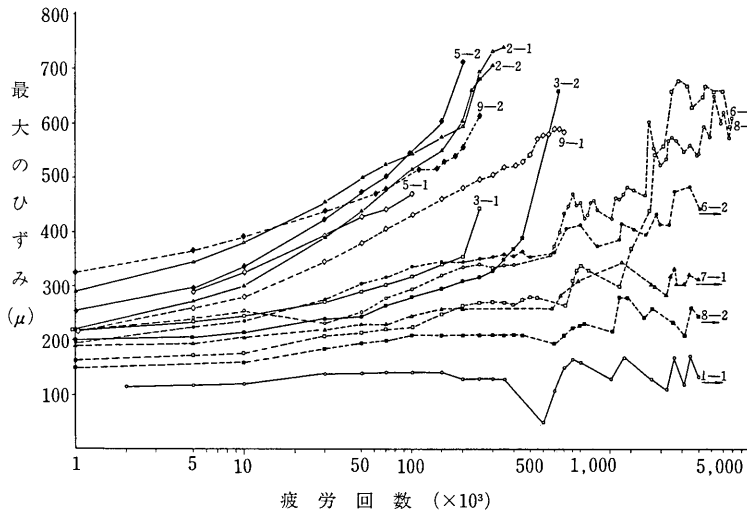


図 4-4 疲労回数と最大ひずみ (鋼板中央)³⁾

③試験時期：昭和 55 年 12 月（冬期）

応力測定結果を図 4—6～8 に示す。試験結果を見ると静的荷重試験では、輪荷重が 5 t から 7 t (5 t の 1.4 倍) に変化すると、応力度も比例して大きくなる傾向が伺える。

走行荷重試験では、デッキプレート及び縦リブの応力度は速度依存性が顕著で、橋軸直角方向の応力度は 1/10～1/20 に低下している。荷重速度が早くなれば走行車の衝撃荷重の影響もあろうが、それ

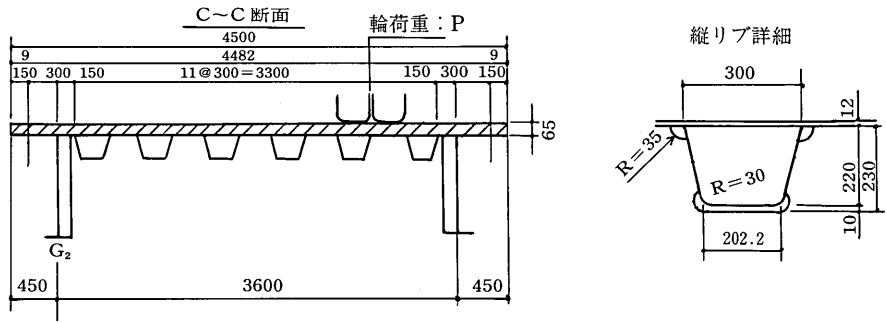


図 4—5 本四 (1) 橋梁断面図⁴⁾

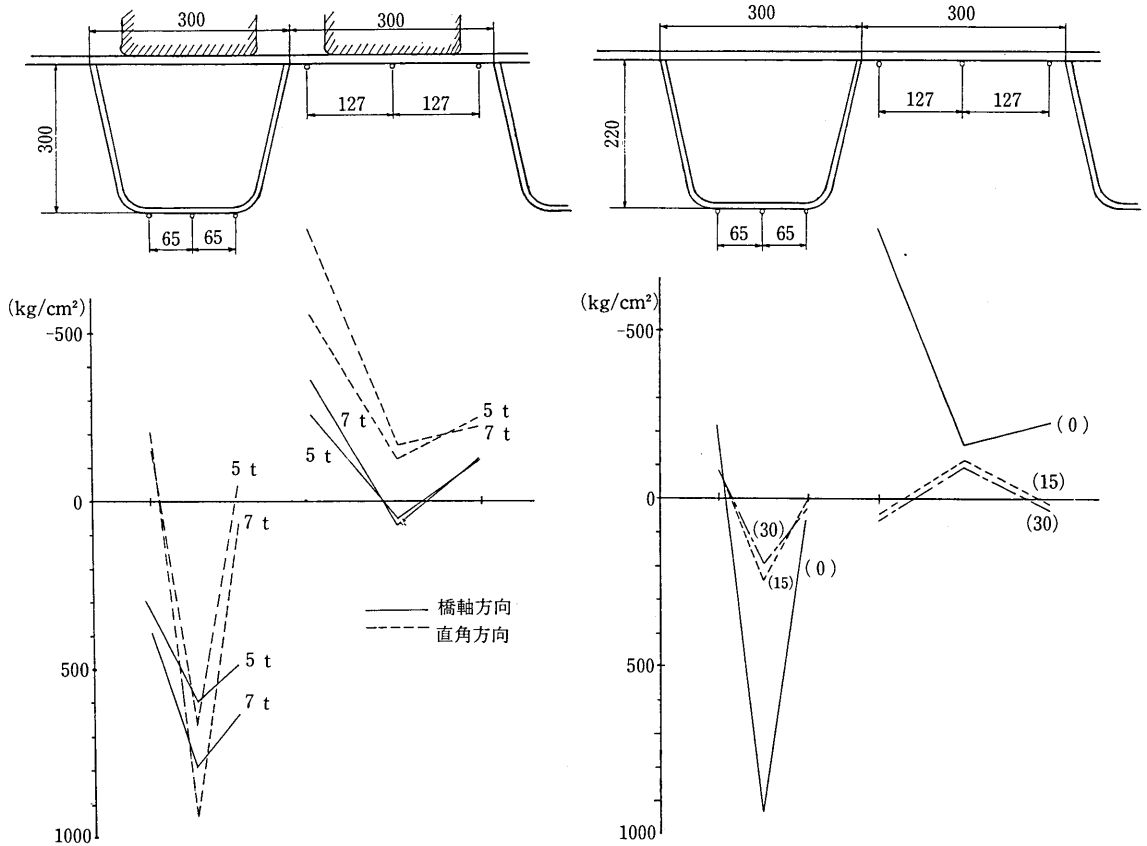


図 4—6 荷重別応力度 (静的荷重)⁴⁾

図 4—7 速度別応力度 (7 t) 直角方向⁴⁾

より舗装体のスチフネスが増加し、それに応じてひずみが減少するという傾向が伺われる。デッキプレート及び縦リブの応力度の荷重による影響を図4-7~8に示すが、これによつて縦リブ溶接位置のデッキプレートには $600 \times 10^{-6} \sim 1000 \times 10^{-6}$ 程度のひずみが予想される。

この測定は冬期に実施したものであるため、鋼床版の応力度、たわみ量も、舗装体の荷重分散、すなわち剛性効果をかなり受けている様子が伺える。当然ながら、アスファルトコンクリートの変形係数は、温度依存性が大きいので、夏期には異なった性状を示すものと思われる。

3) 舗装体の動的性状⁵⁾

表4-2は、笠原らの与えたアスファルト層の変形係数(E)である。表の値は一般舗装用加熱混合物の代表的なものとして密粒度アスファルトコンクリートのテストピースを用い、温度、載荷荷重を管理し得られた室内試験のデータをもとにしている。

鋼床版舗装は、はり的な作用や接着等の問題があり、応力場も異なるので、そのまま適用は出来ないがスチフネスのオーダー、温度と荷重速度の効果の傾向を見るため参考になる。

(3) 解析による調査⁶⁾

1) 解析方法

鋼床版の載荷試験のデータに見られるように舗装は鋼床版と完全合成しているというより、不完全合成と見る方が近いのではないかとこの観点から両ケースにつき応力の比較を行った結果を紹介する。

不完全合成の場合、曲げ剛性の低下からたわみが大きくなる。特に舗装の下面(鋼床版に接する面)の曲げ応力は合成状態に対し応力の符号が逆転するほどの変化がある。このように接合状態の違いは鋼床版と舗装の曲げ応力、せん断応力及び変形に少なからず影響がある。

したがって舗装内部の応力変化を捉えることが重要になり、舗装と鋼板の物理的性質も大きく異なるため、有限要素法を用いた複合構造物の解析プログラムを用いることとした。

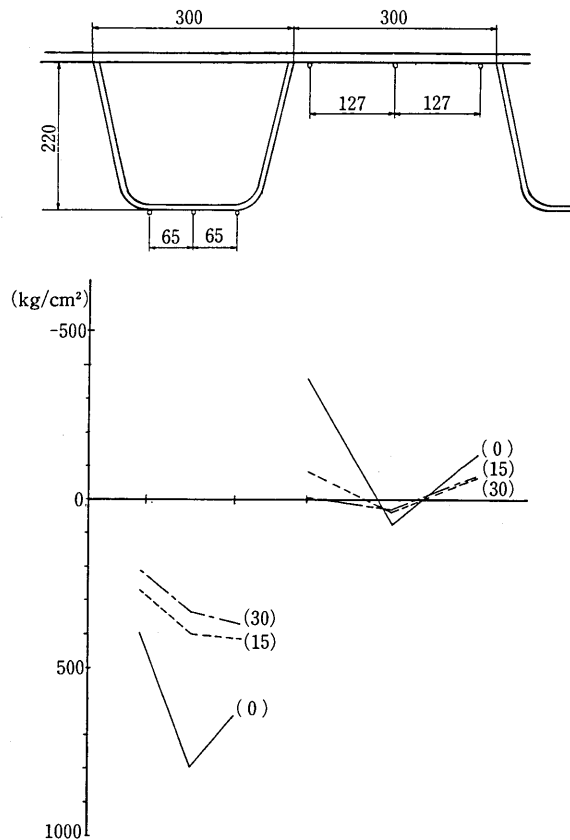


図4-8 速度別応力度 (7t) 橋軸方向⁴⁾

表4-2 アスファルト層の変形係数⁵⁾ ($E \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$)

載荷速度 (km/hr)	温度 (°C)				
	35	25	10	0	-15
10	—	0.85	2.4	4.2	7.0
60	—	1.3	3.1	4.9	7.2
120	0.85	1.6	3.3	5.1	7.4

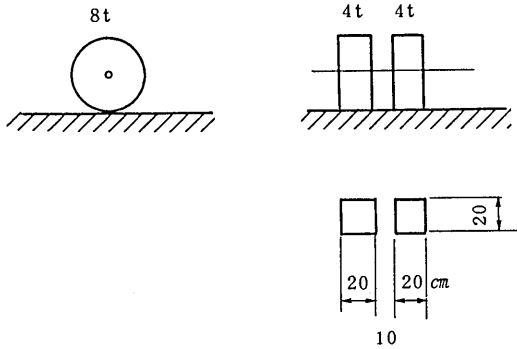


図 4-9 T-20 後輪荷重⁶⁾

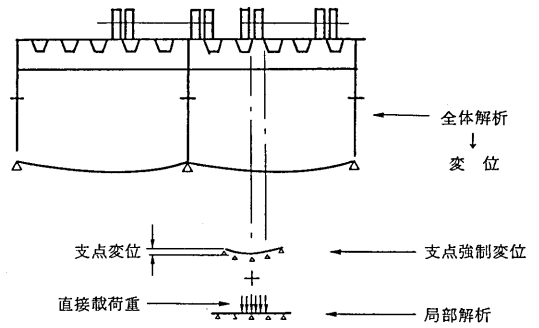


図 4-10 全体解析モデル⁶⁾

解析手順は、実橋と同様に車両荷重(図 4-9)を載荷した全体解析(図 4-10)を行い、各位置の変形を把握し、それを局部解析モデル(図 4-11)の境界条件として与える方法とした。

2) デッキプレートの応力

縦りブは回転剛性を無視した支点到モデル化しており、それに入る曲げ応力や、橋軸方向のせん断力等の照査はしておらずデッキプレートの応力から推定している。

① 図 4-12 はスチフネスとデッキプレート上、下縁応力度の変化を示すものである。

スチフネスが僅かでも、デッキプレートのたわみは相当に軽減されることが読み取れる。舗装が鋼床版と合成状態の場合は、応力の軽減はより著しい。

② また、図 4-13 は舗装厚の影響を見たもので、図 4-12 に 30 mm 厚のデータを重ねたものである。

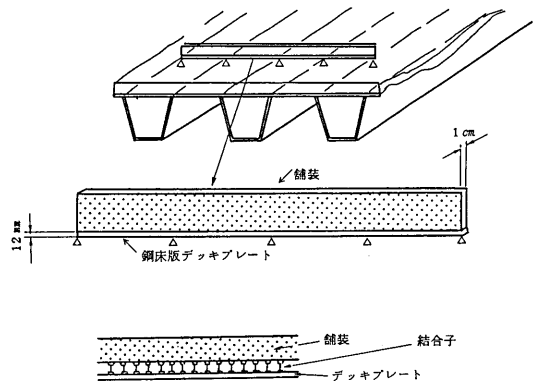


図 4-11 局部解析モデル⁶⁾

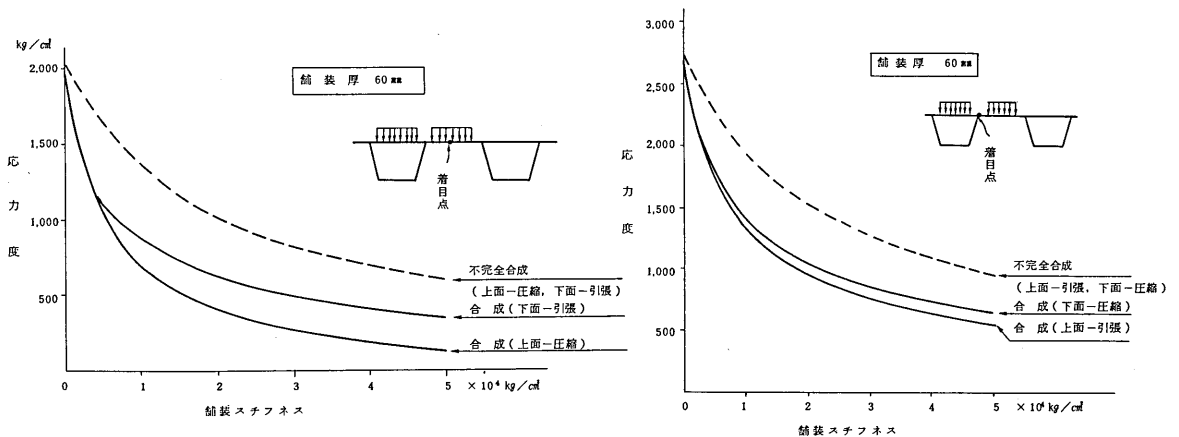


図 4-12 デッキプレートの曲げ応力 (りブ間中央・縦りブ支点上)⁶⁾

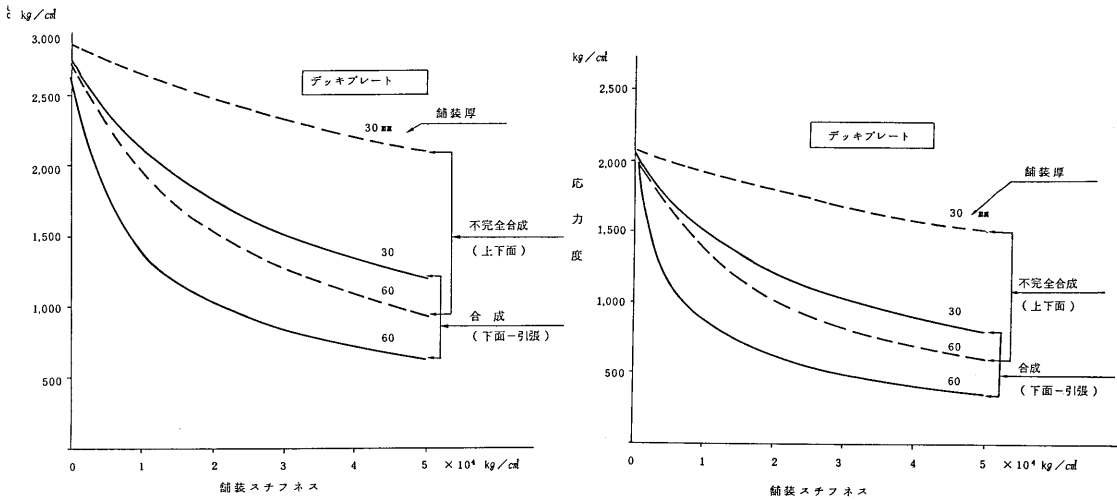


図4-13 舗装厚 (60, 30) とデッキプレートの曲げ応力⁶⁾

デッキプレートの応力は、スチフネスがごく小さい場合を除けば舗装厚の影響は大きく、応力緩和の効果が高い。

(4) ま と め

以上記したように、舗装体の剛性 (スチフネス) は温度によって大きく変化し、それによって鋼床版応力も変化する。しかし、舗装体の剛性が僅かでもあれば、デッキプレートの応力は相当軽減され、また舗装厚が大きければ大きいほど、応力の軽減効果がある。

一方、道路橋示方書ではデッキプレートの耐荷力は版としてよりも膜として考え、その耐荷力は十分に大きく、デッキプレートに対しては直接荷重を支える版としての応力度を照査する必要はないとある。しかし、デッキプレートの縦リブ溶接位置ではかなり大きな曲げ応力も測定されており、鋼床版の疲労耐荷力という観点からすると、これまでの鋼床版では、舗装の厚さや剛性に助けられ、かつ車両の速度による応力緩和効果もあって疲労被害が抑制されてきているものと考えられる。

したがって、疲労の点からは、死荷重軽減のために無闇に舗装厚を小さくすることは必ずしも良い方向にはなく注意を要しよう。

参考文献

- 1) 笠原 篤・菅原照男：アスファルト混合物の動的作用に関する研究，土木学会論文報告集，第 215 号，1973 年 7 月。
- 2) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，II 鋼橋編，6.2，昭和 55 年 2 月。
- 3) 建設省土木研究所：本州四国連絡橋の設計・施工に関する研究報告；土木研究所資料，第 1393 号，昭和 53 年 3 月。
- 4) 建設省土木研究所：本州四国連絡橋の設計・施工に関する研究報告；土木研究所資料，第 1660 号，昭和 56 年 3 月。

- 5) 笠原 篤・岡川秀行・菅原照男：アスファルト混合物の動的性状とその舗装構造の力学的解析への利用，土木学会論文報告集，第 254 号，1976 年 10 月。
- 6) (財)海洋架橋調査会，本州四国連絡橋橋面舗装委員会：本州四国連絡橋の橋面舗装に関する調査研究報告書，昭和 60 年 3 月。