

I-24 鋼床版箱桁橋の局所変形と局所応力の解析

北海道大学工学部 正会員 ○ 菲澤憲吉
 北海道大学工学部 正会員 芳村 仁
 北海道大学工学部 学生会員 床井明男

1. まえがき

構造要素のうちデッキプレートのアスファルト層と鋼板の二層板と考えた折板理論によって、鋼床版構造は立体的に解析される。これまでに著者らは、車輪荷重によって生じるアスファルト層のひずみおよびひずみ波形¹⁾、鋼板の応力²⁾、縦主桁近傍の局所変形³⁾などについて明らかにして、舗装された鋼床版についての力学的挙動の考察⁴⁾を行ってきた。今回は、鋼床版箱桁橋に自動車輪荷重が作用するとき生じる鋼床版の局所変形(相対変位と曲率)と局所応力(アスファルト層と鋼板の内部に生じる垂直応力)の大きさと分布について、車輪荷重の作用位置と関連させて報告する。

2. 鋼床版箱桁橋

図-1に解析した箱桁断面と縦リブ断面を示す。アスファルト層は75mm厚である。横リブ間隔は2500mmであり、解析では横リブ位置で単純支持と考え、その横リブ間隔のちょうど中央に車輪荷重が作用するものとする。鋼床版は、橋軸直角方向には箱桁のウェブによって4個所で支えられることになるが、主桁である箱桁のウェブのたわみに関する剛性は、デッキプレートの曲げ剛性と比べてきわめて大きいため、ウェブ上では鋼床版はたわまないと考えることができる。したがって、解析においては、車輪荷重の作用する位置の両側の箱桁ウェブ上においては、たわみおよび橋軸方向変位が0、それよりさらに外側の箱桁ウェブ上においては固定という条件を与えた。それらの橋軸直角方向の拘束条件は図-2に示した。

3. 部分分布荷重作用時の局所応力と局所変形の生じる範囲

図-2のように部分分布荷重が箱桁ウェブに接して作用する場合とウェブの近傍に作用する場合、およびウェブから離れて中央部に作用する場合の各々について、鋼床版の局所応力と局所変形の大きさと分布状態を解析し図示したものが図-3である。ここで、荷重の分布面積は280mm×200mmであり、アスファルト層の変形係数(スティフネス)は $Ea = 0,3000,100000 \text{ kgf/cm}^2$ の場合である。また、応力と変形の記号は、

σ_{xa}^u : アスファルト層の上面の橋軸直角方向の垂直応力度

σ_{xs}^d : デッキプレート鋼板の下面の橋軸直角方向の垂直応力度

$\bar{w}$: 縦リブではさまれる部分の相対的な変位(縦リブとの接合部のたわみを0としたときの変位)

$\partial^2 w / \partial x^2$: デッキプレートの曲率

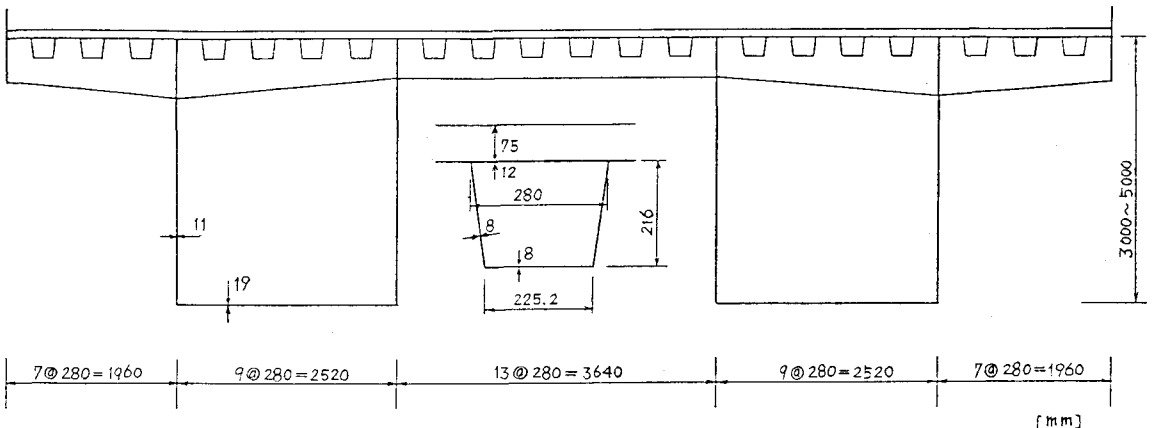


図-1 鋼床版箱桁橋断面図と縦リブ詳細図

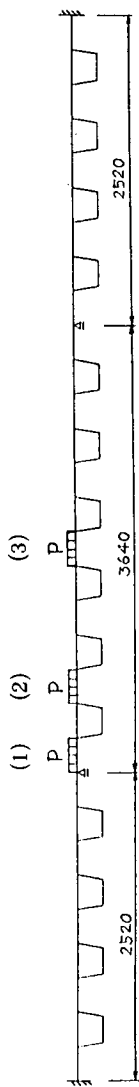


図-2 鋼床版の橋軸直角方向拘束条件と部分分布荷重の作用位置

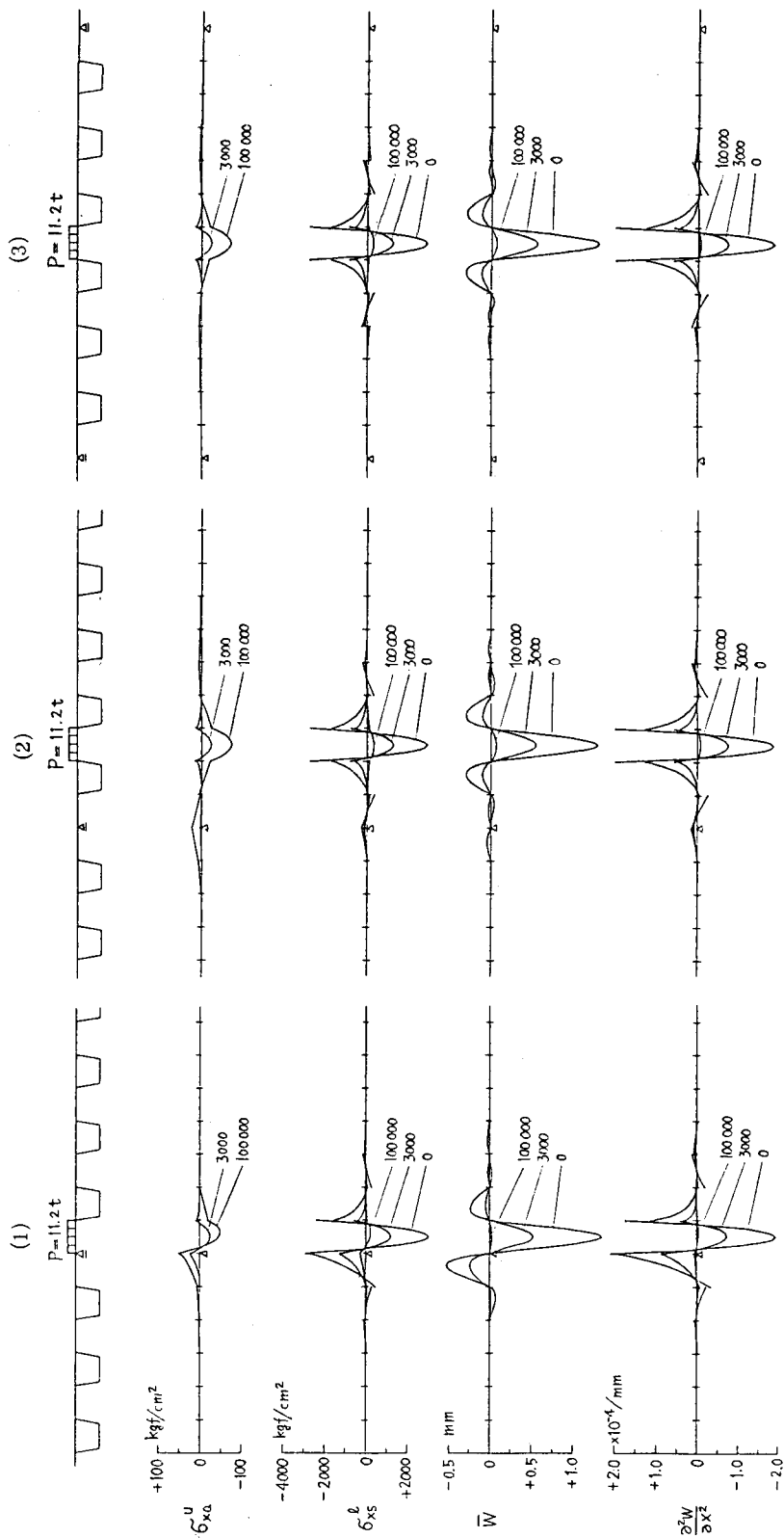


図-3 部分分布荷重作用時の局所応力と局所変形 (橋軸方向中央断面)

図-3より局所応力および局所変形の分布状態について次のことが認められる。1) 鋼床版に部分分布荷重が作用したときに生じる局所応力および局所変形は、荷重作用位置の近傍に生じ、その影響は鋼床版全域には及ばない。2) 局所応力および局所変形の生じる橋軸直角方向の範囲は、分布荷重の境界から縦リブ間隔の2～3倍(560～840mm)の領域である。ところで、大型車両の後輪の左右両輪の内側の間隔は、道路橋示方書においては1250mm、実際の車両では約1600mmであるので、左右両輪が床版上に載る場合でも、一方の車輪荷重による局所応力または局所変形は、他方のそれと重ならないことになる。よって、鋼床版の局所応力および局所変形の解析は、車両後輪の一方のみ載荷させることで十分であることがわかる。

4. 車輪荷重作用時の局所応力と局所変形

実際の車輪による載荷状態は、複輪であるため図-4のような2つに分れた部分分布荷重と考えることができる。ここで荷重の大きさは道路橋示方書のT-20の後輪荷重に衝撃係数0.4を考慮してある。このような車輪荷重によって生じる鋼床版の局所応力と局所変形を調べるために、荷重が箱桁ウェブ上に作用する場合から、ウェブより離れて中央部に作用する場合の7ケースについて解析を行った。これらのケースはすべて、ウェブまたは縦リブの接合部をはさむような載荷状態である。

車輪荷重がウェブ上に作用する場合(1)と中央部に作用する場合(7)の代表的な2例について局所応力と局所変形の分布状態を図-5に示す。ここで、アスファルト層の変形係数は $E_a = 0, 1000, 10000$ および 100000 kgf/cm^2 の場合である。この図から局所的な応力および変形とアスファルト層の変形係数との関係については次のことが認められる。1) $\sigma_{xs}^L, \bar{w}, \partial^2 w / \partial x^2$ においては、 E_a が小さい場合ほど大きな応力または変形を生じることがわかる。2) σ_{xa}^U においては、 E_a が大きい場合ほど大きな応力度となる。しかし、これは必ずしも量で考えると、 E_a が小さいほど大きな局所ひずみが生じていることになる。

次に、車輪荷重がウェブ上にある場合と中央部にある場合の荷重位置の違いによって生じる局所応力および局所変形の差異を考えると次のことが認められる。1) まず第一に両者の大きな違いはアスファルト層に生じる局所応力 σ_{xa}^U の分布状態であり、ウェブ上に作用する場合はその接合部に大きな引張応力が生じるのに対し、中央部に作用する場合では縦リブとの接合部に生じる応力は小さく、むしろ輪荷重直下に大きな圧縮応力が生じている。2) その他の $\sigma_{xs}^L, \bar{w}, \partial^2 w / \partial x^2$ の分布状態は両者ともに似た形状を示すが、ウェブまたは縦リブとの接合部に生じる鋼板下面の圧縮応力 σ_{xs}^L および曲率 $\partial^2 w / \partial x^2$ は、ケース(1)の場合が大きくなる傾向にあり、一方、輪荷重直下に生じる $\sigma_{xs}^L, \bar{w}, \partial^2 w / \partial x^2$ については、ケース(7)の場合の方が大きくなる傾向にある。

また、ケース(7)の分布状態についてのみ注目すると、縦リブとの接合部の左右で非対称となってい

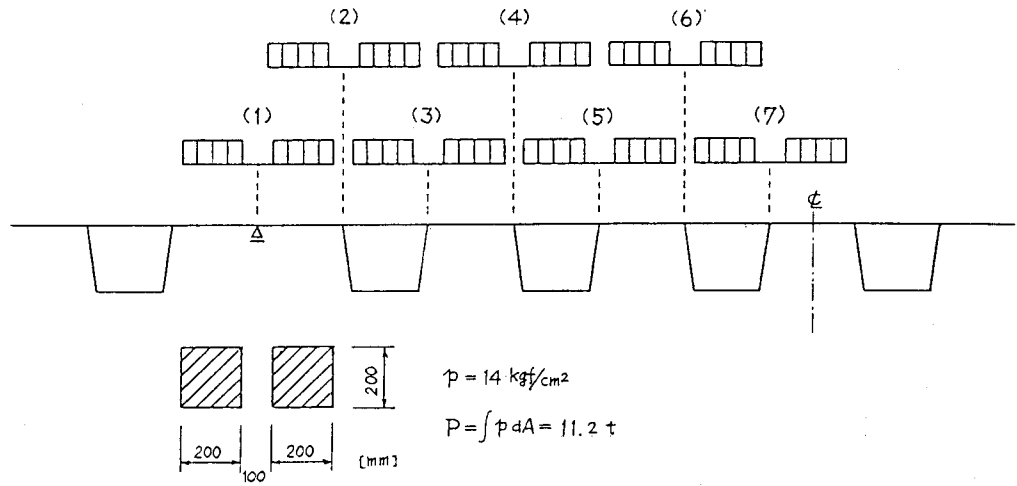


図-4 車輪(複輪)荷重およびその作用位置

るが、左側の閉リブで囲まれる部分のデッキプレートの局所応力および局所変形の方が、右側のリブで囲まれていない(開いた)部分のそれらより大きいことが認められる。

ここに図示しなかった他のケース(2)～(6)についての解析結果を検討してみると、ケース(4)、(5)、(6)の場合の局所応力および局所変形の分布状態は、図示したケース(7)の分布状態とほぼ一致していた。(ただし、ケース(4)、(6)の場合の分布状態は、ケース(7)の分布状態と左右逆対称となる。)このことは、車輪荷重作用時の鋼床版の局所応力および局所変形は、荷重が箱桁ウェブとの接合部からある程度離れた位置に作用する場合は、単に縦リブとの相対的位置関係によってきまり、その相対的な位置関係が同じならば、同じ分布をし、同じ応力度または同じ変形量となることを意味するものと思われる。

そこで、ケース(1)、(2)、…(7)と車輪荷重の作用位置が箱桁ウェブより離れていくにしたがって、鋼床版の局所応力および局所変形がどのように異なっていくかを調べてグラフに表わしたものが図-6である。ここで、局所応力としては輪荷重直下のアスファルト層に生じる圧縮応力の最大値(σ_{xa}^u)_{max}と鋼板に生じる引張応力の最大値(σ_{xs}^l)_{max}、局所変形としては輪荷重直下に生じる相対変位の最大値($\bar{w}$)_{max}と曲率の最大

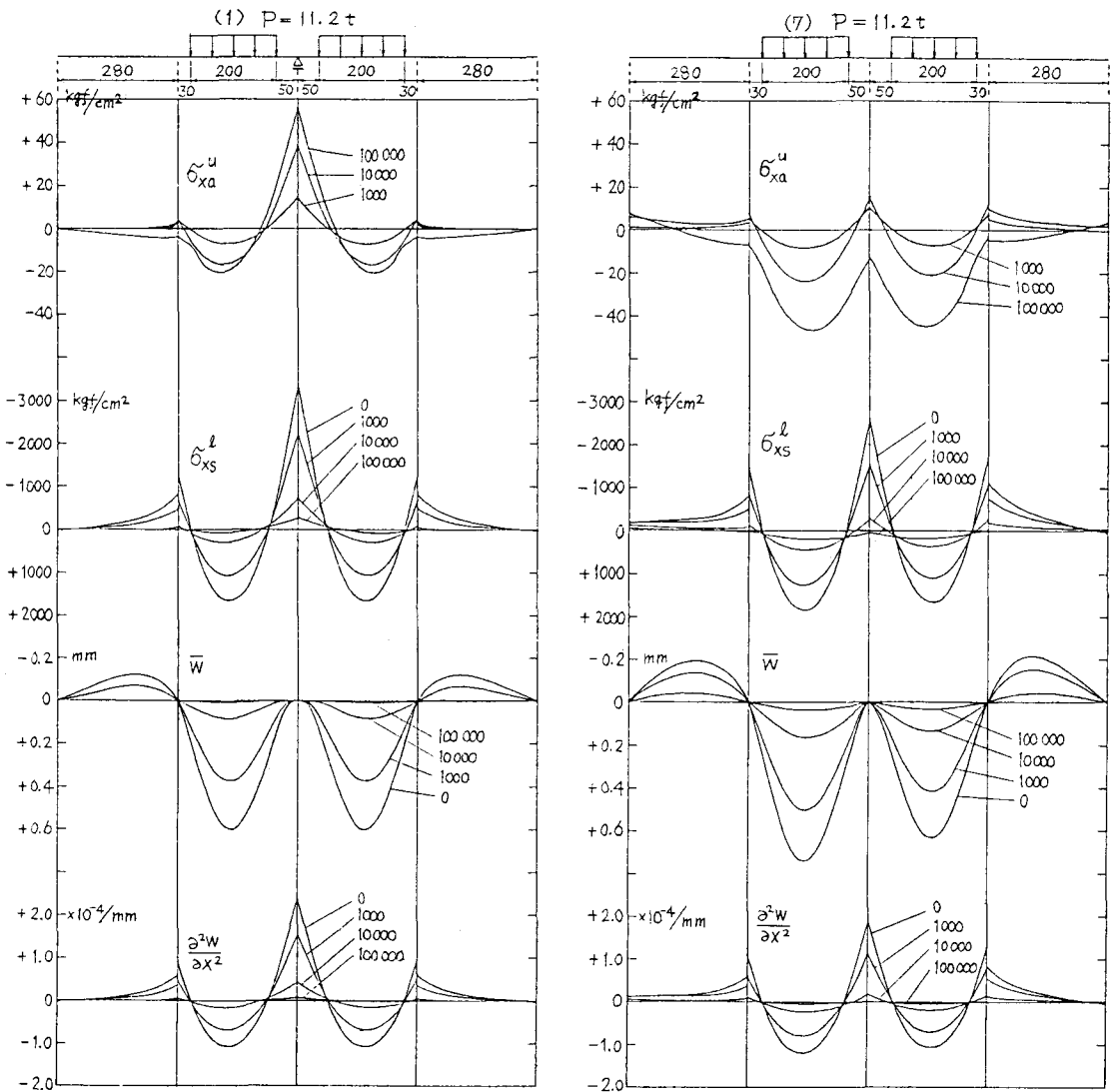


図-5 車輪荷重作用時の局所応力と局所変形(橋軸方向中央断面) ケース(1)およびケース(7)

値 $(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2})_{\max}^-$ をえらんで、各々の荷重位置での値をプロットし、それらを便宜上直線で結んである。アスファルト層の変形係数は、 $Ea = 0, 100, 1000, 10000, 100000 \text{ kgf/cm}^2$ の場合をそれぞれ示してある。横軸は車輪荷重の載荷状態の数字で表わしてあるが、これは荷重の作用位置に対応していて、車輪荷重が箱桁ウェブ上に作用する場合が(1)で、(2), (3), ...と右にいくにしたがって車輪荷重が箱桁ウェブからより離れて作用している場合になる。

この図-6より、車輪荷重の作用位置が(4)～(7)の場合、鋼床版の局所応力および局所変形はほぼ同じ値をとることがわかる。これは、車輪荷重が箱桁ウェブよりある程度(この解析結果では840mm)以上離れて作用する場合は、生じる局所応力および局所変形は荷重と箱桁ウェブとの相対的位置関係には影響をうけないということである。

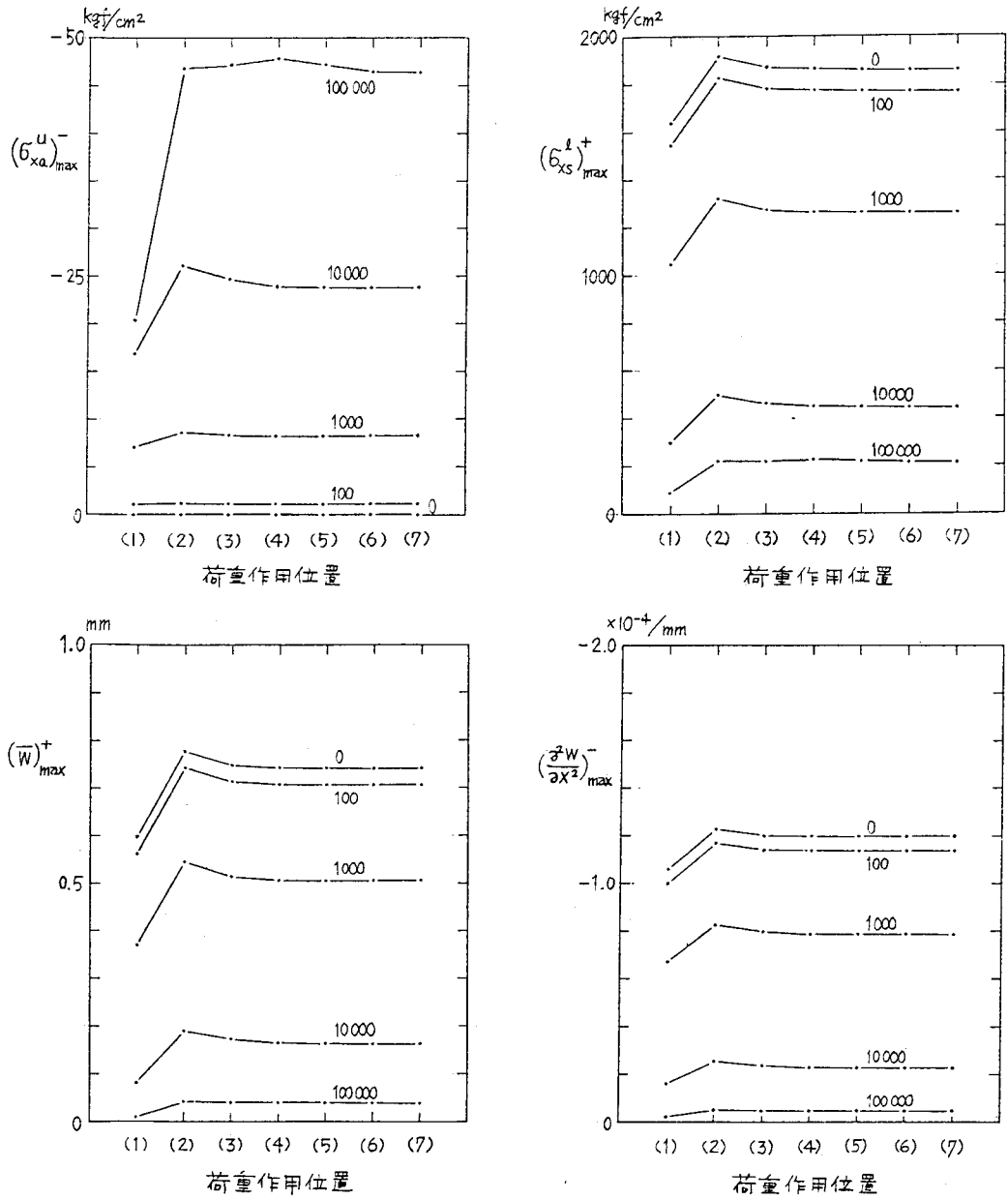


図-6 局所応力および局所変形の最大値と車輪荷重の作用位置との関係

5. まとめ

桁橋の鋼床版に車輪荷重が作用するときを生じる局所応力および局所変形の大きさは、種々の要因によって影響を受ける。それらのうち、構造的要因としては、縦リブ間隔とその剛性、横リブ間隔とその剛性、およびデッキプレートの剛性などである。また材料的要因としては、特にアスファルト層の変形係数(スティフネス)が重要なものであり、その変動によって局所応力度および局所変形量が大きく異なることは、この報告にも示されている通りであり、また、これまでの研究でも明らかにされてきたことである。さらに鋼床版の局所応力と局所変形は、車輪荷重がどこに作用するかということにも関係することであって、それを荷重作用位置に関する要因とするならば、それは 1) 荷重作用位置と主桁との相対的位置関係と 2) 荷重作用位置と縦リブとの相対的位置関係の2つに分けられる。この報告は、車両の左右両輪のように同時に作用する荷重によって生じる局所的な応力または変形が互いに影響し合うかどうかということと、それらの応力および変形に及ぼす荷重作用位置に関する要因のうちの1)の主桁との相対的位置関係による影響について検討したものである。

この報告では、鋼床版桁橋に車輪荷重が作用するときを生じる鋼床版の局所応力と局所変形に関して、次のことが明らかにできたものと思われる。

- (1) 車輪荷重のような部分的に分布する荷重が鋼床版に作用するときの局所的な応力および変形は、荷重の近傍に生じ、その範囲は限られたものとなることが確認された。
- (2) 局所的な応力および変形の生じる範囲は、大型車両の左右両輪それぞれによって引き起こされる応力および変形が重なり合わない程度のものである。
- (3) 車輪荷重が主桁の直上またはその近傍に作用する場合と、主桁から離れた位置に作用する場合とでは、局所応力度および局所変形量が異なり、特にアスファルト層内部に生じる応力度に大きな違いが生じる。
- (4) 局所応力および局所変形は、車輪荷重が主桁からリブ間隔の3倍程度離れると、主桁との相対的位置関係の影響をうけなくなる。

(参考文献)

- 1) 韭澤・芳村：舗装体を考慮した閉リブ鋼床版の局所応力について、支部論文報告集, 33, 1977
- 2) 韭澤・芳村・富田：舗装された鋼床版構造の局所応力について、第32回年次学術講演会概要集I, 1977
- 3) 韭澤・芳村：舗装された連続鋼床版の局所応力とひずみについて、第33回年次学術講演会概要集I, 1978
- 4) 韭澤・芳村：舗装された鋼床版についての力学的考察、支部論文報告集, 35, 1979