

# アスファルト舗装が鋼床版の疲労に及ぼす影響

岩崎雅紀<sup>1</sup>・永田考<sup>2</sup>・西川武宏<sup>3</sup>・小塩達也<sup>4</sup>・山田健太郎<sup>5</sup>

<sup>1</sup>正会員 株式会社横河ブリッジ 技術本部研究所研究課長(〒261 千葉市美浜区新港88)

<sup>2</sup>正会員 工修 株式会社横河ブリッジ 技術本部研究所(〒261 千葉市美浜区新港88)

<sup>3</sup>正会員 名古屋高速道路公社 工務部 設計課(〒460 名古屋市中区丸の内2-1-36)

<sup>4</sup>学生員 名古屋大学 大学院工学研究科土木工学専攻博士課程前期課程(〒464-01 名古屋市千種区不老町)

<sup>5</sup>正会員 Ph.D. 名古屋大学教授 大学院工学研究科土木工学専攻(〒464-01 名古屋市千種区不老町)

本報告は、鋼床版各部の応力性状に及ぼすアスファルト舗装の影響を定量化するために実施した鋼床版橋の応力測定結果と、それに基づく疲労照査についてまとめたものである。温度が異なる時期に動的載荷試験を行うと共に、アスファルト舗装の撤去前後で静的載荷試験を実施した結果、各部の応力はデッキプレート温度に比例することが明らかになった。これは、アスファルト舗装の剛性成分をデッキプレート板厚に換算することで実測値の傾向を説明できた。また、この温度依存性を考慮した簡便な疲労照査を実施した。

**Key Words :** orthotropic steel deck, asphalt pavement, fatigue design, temperature change

## 1. はじめに

鋼床版は、多くの研究と実施例を通して構造概念が固まった感があり、長大橋や都市高架橋を中心として建設量は増加の一途を示している。中でも、本州四国連絡橋公団と建設省土木研究所が行った一連の研究によって、鋼床版の構造は一定の完成形が示された<sup>1)・2)</sup>。この研究では、鋼床版自重の約50%を占めるアスファルト舗装(以下、舗装という)の重量低減(舗装の減厚：80mm→65mm)を主目的とし、舗装厚減少に伴う舗装の寿命の低下防止を鋼床版構造の改善や車両載荷位置の限定により図った。一連の研究成果は、鋼床版設計要領<sup>3)</sup>としてまとめられ、他機関の設計要領<sup>4)</sup>にも反映されている。

しかしながら、このような鋼床版に関して、幾つかの問題点が指摘される。第1は、高速道路や主要幹線道路の大型重車両の交通量が著しい増加を示している。道路橋示方書<sup>5)</sup>の設計活荷重も平成6年2月に改訂された。第2は、鋼溶接部の疲労に対する調査研究が進められた結果、疲労限はこれまで考えられていたよりもさらに低応力レベルにあることが明らかとなってきたことである<sup>6)</sup>。これは、長寿命域の疲労強度が低いことになり、多数の繰返しを受ける鋼床版の場合、必ずしも疲労安全性を確保したことにならない。したがって、大型重車両の交通が著しい状況で供用される鋼床

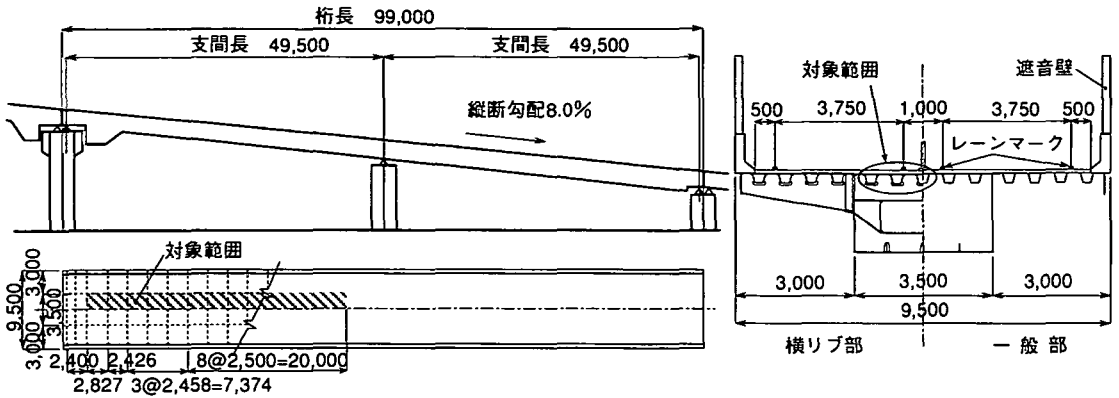
版については、さらなる舗装劣化防止と鋼部材の疲労損傷の予防に関する対策の確立が望まれる。

鋼床版の疲労に関する研究は、土木学会「鋼床版の疲労小委員会」による研究総括<sup>7)</sup>の他、例えば、縦リブと横リブの交差部に設けられるスリット回りの疲労強度に関する研究<sup>8)・10)</sup>などがあげられる。ただし、鋼床版の応力性状に大きな影響を及ぼすと思われる舗装に着目した研究は少ない。これは、舗装の剛性が温度によって変わるために定量的な評価が難しいためである。道路橋示方書<sup>11)</sup>でも鋼床版の設計には舗装の剛性は考慮してはならないと定めている。しかし、鋼床版の疲労寿命を評価する場合、重要な要因である。

本研究では、このような背景を基に鋼床版に対して、改築に伴って撤去されることになった実鋼床版橋を用いて詳細な応力測定を実施し、従来定性的にしか扱われなかった舗装の剛性が鋼床版の応力に及ぼす影響を定量化すると共に、それを考慮した疲労照査を実施する。

## 2. 実橋調査方法

図-1に調査の対象とした鋼床版箱桁橋の概要を示す。出入路に位置し、縦断勾配が約8%と大きいのが、元来、本線の橋梁として設計された標準的な諸元を有する橋梁である。調査は、荷重車1台を用いた応力測定と舗



デッキプレート板厚:12mm, 縦リブ:U-320x240x6, 基層グースアスファルト:40mm, 表層改質アスコン:40mm

図-1 調査した鋼床版橋の一般図と測定対象位置

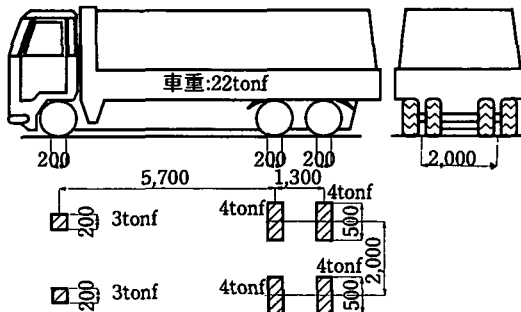


図-2 荷重車の諸元

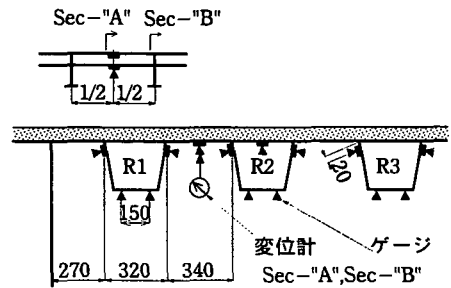


図-3 荷重車の諸元

装に関する調査とした。応力測定は、舗装の剛性変化が鋼床版各部の応力に及ぼす影響を定量化することを主目的に、以下の5ステップについて実施した。

(1) 供用中

Step-1: 夏季動的載荷試験(8月)

Step-2: 冬季動的載荷試験(11月)

(2) 交通遮断後(11月)

Step-3: 段差走行実験

Step-4: 舗装撤去前の静的載荷試験

Step-5: 舗装撤去後の静的載荷試験

Step-1とStep-2は、一般車両が対象橋梁上を走行しない時間帯において、荷重車1台を一定速度(約50km/h)で車線幅方向に走行位置を変えて繰り返し走行させた。Step-3は、伸縮継手位置における舗装の段差が鋼床版の衝撃応答に及ぼす影響を定量化するために行った。交通遮断後に伸縮継手位置に合板製の人工段差板を高さを変えて設け、荷重車1台を一定速度(約40km/h)で繰り返し走行させた。また、Step-1~

Step-3と比較するため、舗装撤去前後に荷重車1台を車線幅方向に載荷位置を変えて静的載荷した。荷重車は、全てにおいて同一の3軸トラックを使用した。その諸元を図-2に示す。

荷重車の軸重は予め重量計を用いて測定した。後車軸については、デフケースにひずみゲージを貼付して輪重の動的変動を測定した。さらに、荷重車の横断面の走行位置を明確にするため、荷重車と遮音壁との距離を超音波距離計を用いて測定した。

応力測定は、図-1中のハッチングで示す位置において、以下の部位の変位と応力を測定した。図-3に詳細な測定位置を示す。

- ① デッキプレートのたわみ
- ② 縦リブ上下端の橋軸方向応力
- ③ 縦リブ上縁近傍の鉛直方向応力
- ④ デッキプレート下面の橋軸直角方向応力

このうち、②は、図-3中に示す位置の主桁端部から中間支点近傍までの56箇所を測定した。④は、トラフリップ内部についても測定した。トラフリップ内部のゲージは、トラフリップ下面にハンドホールを設けて貼付し

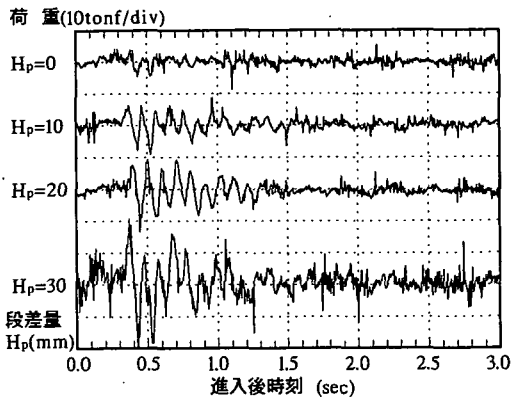


図-4 輪重の動的変動例

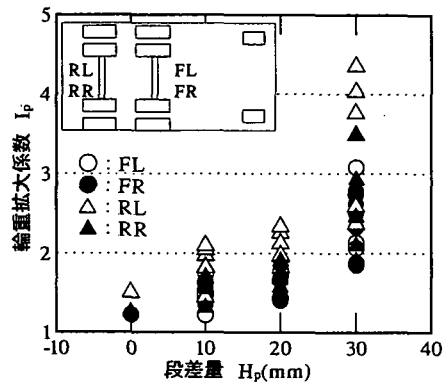
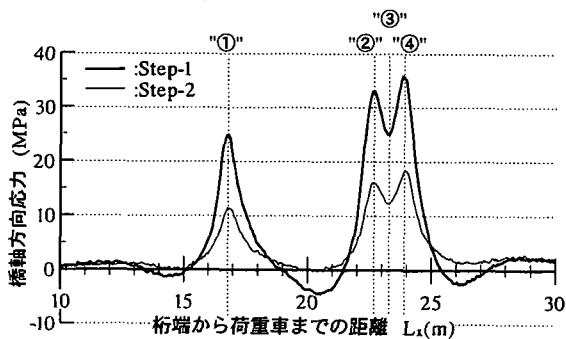
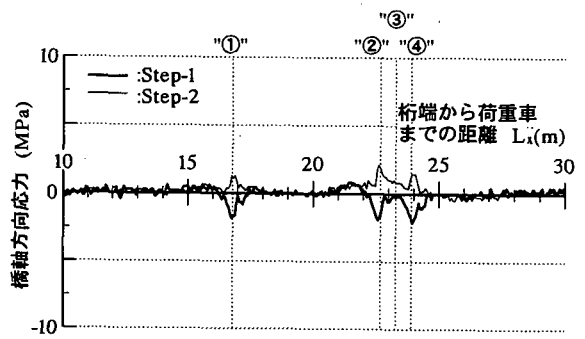


図-5 輪重の動的拡大に及ぼす段差量の影響



(a) 縦リブ下端



(b) 縦リブ上縁

図-6 縦リブ実働応力波形例

た。このハンドホールは、ゲージ貼付完了後に溶接にて塞いだ。

舗装の調査は、交通遮断後に、轍掘れ量測定および引張付着強度試験を実施した。轍掘れ量は最大9.5mmであり、引張付着強度は一般的な鋼床版舗装と同程度の平均1.5MPaであった。

### 3. 調査結果と考察

#### (1) 段差通過に伴う衝撃の影響

Step-3で行った段差通過時の後輪重の動的変動波形の例を図-4に示す。予め静的に測定した後輪重4tonf(以下、静的輪重 $P_s$ という)に対して、段差が無くても常時約1tonf程度、輪重が変動している。これは、舗装の不陸や荷重車の振動によるものと考えられる。また、段差通過の0.3sec~1.3sec間に渡って輪重が大きく変動している。荷重車の走行速度(約50km/h)から推定して、主桁端部から約14mの範囲の鋼床版に対して段差通過による輪重変動の影響が現れると考えられた。

このことは、実測結果は省略するが、桁端部より約10mの範囲の縦リブ下端の橋軸方向応力は、その他部位に比べて高かったことからわかる<sup>12)</sup>。

図-5は、Step-3の全測定結果から求めた、測定された最大輪重(以下、動的最大輪重 $P_d$ という)と静的輪重 $P_s$ の比と段差量 $H_p$ の関係を示す。この比は、式(1)で示され、以下、輪重拡大係数 $I_0$ という。

$$I_0 = P_d / P_s \quad (1)$$

$I_0$  : 輪重拡大係数

前後軸と後後軸あるいは左右輪で若干傾向が異なるが、段差量 $H_p$ に比例して輪重拡大係数 $I_0$ が高くなる傾向が見られる。段差量 $H_p=30$ mmの場合、 $I_0 \approx 4$ 、すなわち、静的輪重 $P_s$ の4倍を超える結果である。一般部の轍掘れ量などとの関係もあるが、高速道路の場合、伸縮継手位置の段差量が20mmを超えると、舗装は打替えられる。したがって、図-5より一般の高速道路の輪重拡大係数 $I_0$ の最大値は2程度であると考えられる。

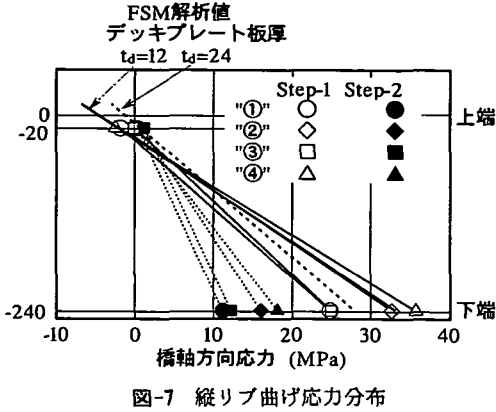


図-7 縦リブ曲げ応力分布

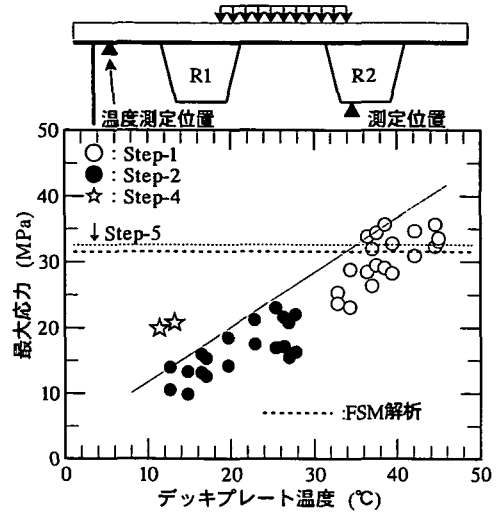


図-8 R2リブ下端部の最大応力とデッキプレート温度の関係

## (2) 縦リブの実働応力波形

図-6に主桁支間中央に位置するR2リブの横リブ間中央の実働応力波形(但し、同時に計測した上フランジの応力との差、すなわち、主桁上フランジ応力は除いた)を示す。(a)は縦リブ下端の橋軸方向応力( $\sigma_1$ )、(b)は縦リブ上縁から20mm下がった位置における橋軸方向応力( $\sigma_u$ )である。また、太線および細線は、荷重位置がほぼ等しいStep-1(デッキプレート温度:38.9°C)およびStep-2(デッキプレート温度:19.4°C)の測定結果である。縦リブ下端はStep-1に比べてStep-2は約50%であるのに対し、縦リブ上縁は符号が逆転しているものの、値は小さい。

## (3) 縦リブ応力の温度依存性

図-6中に示す"①"~"④"の橋軸方向荷重位置での縦リブ曲げ応力分布を求めた結果を図-7に示す。図中には測定範囲の鋼床版をモデル化し、デッキプレート板厚( $t_d$ )を変えて実施した有限帯板解析(以下、FSM解析)による計算値も示した。Step-1に比べてStep-2は、中立軸位置がデッキプレート側に寄っており、あたかもデッキプレート板厚が厚くなったような応力分布となった。このことは、荷重状態によって異なるものの、縦リブ曲げ応力については、アスファルト舗装の剛性をデッキプレート板厚の増加として扱うことが可能であることを意味すると考えられた。そこで、アスファルト舗装の剛性の変化を表すものとして、デッキプレート温度に着目した。主桁系応力が小さい中間支点近傍に位置するR2リブの横リブ間中央におけるStep-1、

Step-2、Step-4およびStep-5の全測定結果から最大応力(後輪荷重時)とデッキプレート温度との関係を求めた。結果を図-8に示す。測定結果がばらついているのは、橋軸直角方向の荷重位置が異なるデータも図化したためである。結果をまとめると次のとおりである。

1) 舗装撤去後(Step-5)の測定値は、FSM解析値に近い値となっている。舗装撤去前(Step-4)の測定値は両者に比べてかなり低い。これは、アスファルト舗装の剛性の影響によるものと考えられた。

2) 約40°Cを越える温度域において、最大応力が計算応力を越えるのは、輪重の動的変動の影響が現れたためとも考えられる。

3) 最大応力とデッキプレート温度との間に比例関係が見られる。図中の斜線は、測定値の上限を結んだ包絡線である。道路橋示方書<sup>5)</sup>には温度変化の影響を考える場合の基準温度として20°Cを示している。また、理科年表<sup>13)</sup>によれば、北海道など特殊な地域を除く日本各地の年平均気温は15°C程度である。さらに、デッキプレート温度と気温との差は平均的に約5°C前後であると言われている。そこで、20°Cにおける包絡値と計算値の比を求めると、約0.6程度であることがわかる。

4) デッキプレート温度がほぼ等しい動的荷重(Step-2)と静的荷重(Step-4)の測定値を比較すると、Step-4の方が高い。舗装の剛性が荷重速度に依存し、速度が速いと剛性が高くなる傾向があるためと考えられる。

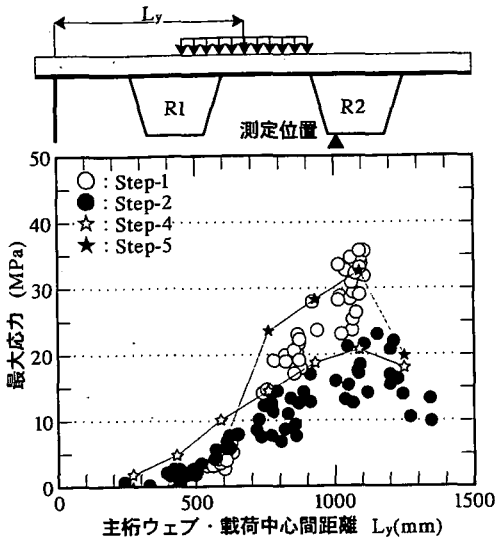


図-9 R2リブ下端部の最大応力と橋軸直角方向の  
 載荷位置の関係

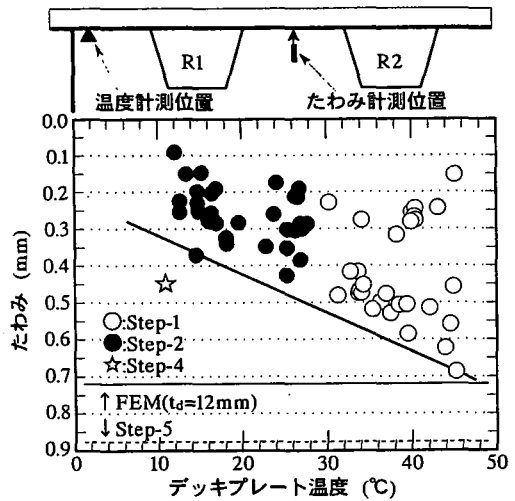


図-10 デッキプレートの鉛直たわみとデッキ  
 プレート温度の関係

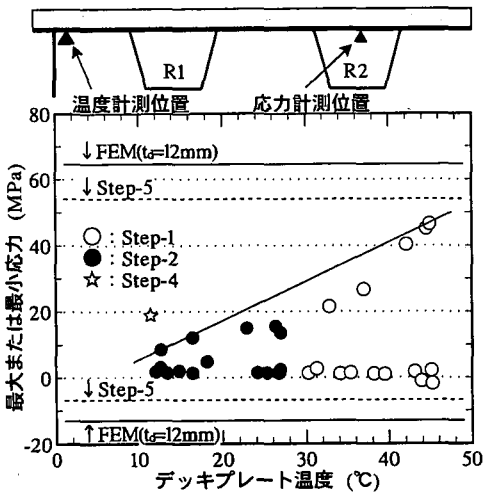


図-11 デッキプレート下面の橋軸直角方向応力と  
 デッキプレート温度の関係

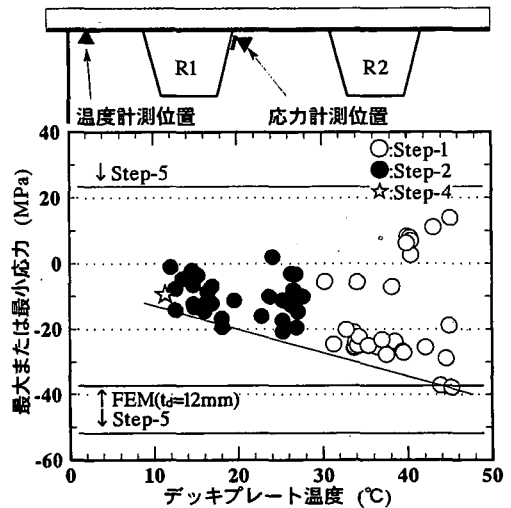


図-12 縦リブ上縁の鉛直方向応力とデッキ  
 プレート温度の関係

#### (4) 縦リブ応力の横断面影響線

中間支点近傍におけるR2リブ下端の最大応力(後輪載荷時)と橋軸直角方向の載荷位置の関係を図-9に示す。R2リブ直上に載荷した場合に比べ、R2リブから離れた位置に載荷した場合、Step-1とStep-2の測定値の差は小さい。これは、R2リブ直上に載荷した場合のみ舗装の剛性が発揮されることを示している。

#### (5) その他の部位の温度依存性

図-10～図-12は、その他測定部位の最大または最小測定値とデッキプレート温度との関係を(3)と同様に

図化したものである。いずれも、図-8に示したR2リブ下端の応力よりも包絡線の勾配が大きい。測定位置がデッキプレートであるため、舗装の剛性の影響がより顕著に表れた結果であると考えられる。なお、各図中に示す有限要素解析(以下、FEM解析という)による計算値は、後述する実鋼床版と同様なモデルによる解析結果である。なお、載荷は荷重車後輪と同じ4tonfを2-200mm×200mmの載荷面積に等分布面荷重として載荷した。FEM解析において舗装は考慮せず、デッキプレート板厚は12mmとした。

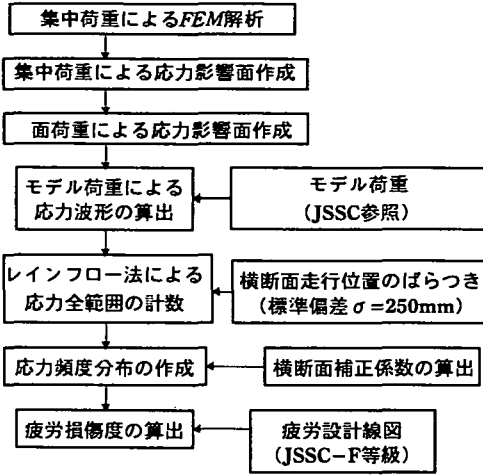


図-13 詳細疲労照査手順

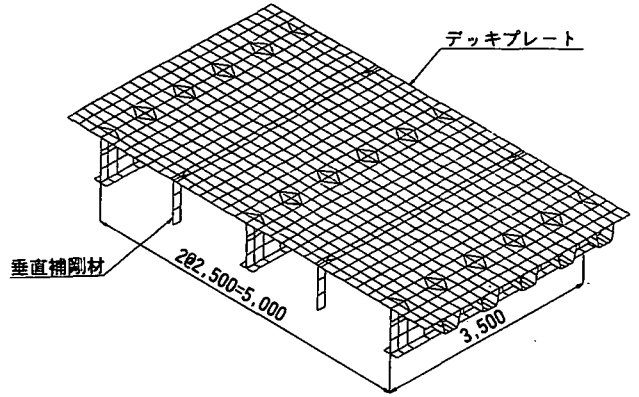


図-14 FEM解析モデル

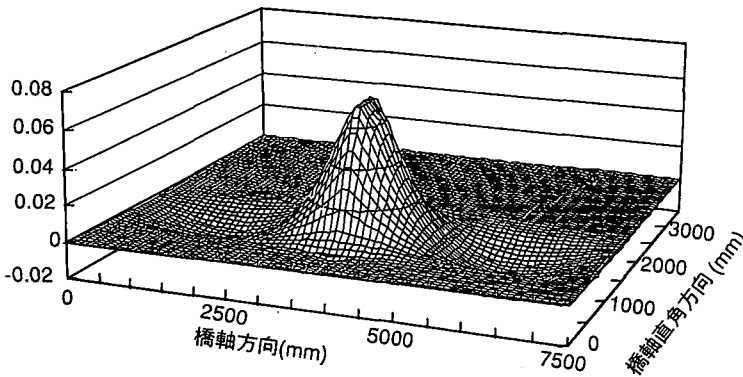


図-15 影響面解析結果の一例

#### 4. 実働応力を考慮した疲労照査

##### (1) 縦リブの詳細疲労照査

道路橋示方書に規定される鋼床版の疲労照査<sup>11)</sup>は、数多くの調査、検討<sup>14) - 16)</sup>に基づいて簡便化された方法である。詳細な疲労寿命評価では、例えば、参考文献17)に示されるように、車両諸元、車両重量、走行位置のばらつきなどの実態を考慮するため、等価格子桁法を用いて鋼床版の影響面解析を行い、モデル車両の応力波形をレインフロー法により計数、集計するという解析が必要となる。(社)日本鋼構造協会の疲労設計指針・同解説<sup>6)</sup>(以下、JSSC疲労設計指針という)の設計例Fや参考文献18)で用いられた疲労照査手法は、この手法が準用されている。ここでもこの手法を利用し、横リブ支間中央の縦リブに現場溶接継手(縦リブ下端橋軸方向応力、JSSC-F等級)があると仮定し、詳

細な疲労照査を実施した。詳細疲労照査手順を図-13に示す。

##### a) 解析方法

影響面は、図-14に示す2径間モデルをFEM解析して求めた。解析モデルは調査対象鋼床版の諸元に合わせ、デッキプレート板厚は12mmとした。影響面解析はデッキプレートの各節点に単位集中荷重を載荷して行い、各節点の解析結果を橋軸方向には100mm、橋軸直角方向には10mmピッチで線形補間した。影響面の例を図-15に示す。着目点の応力は、前輪を1-200mm×200mm、後輪を1-500mm×200mmとした等分布荷重により求めた。

活荷重モデルは、JSSC疲労設計指針<sup>6)</sup>の設計例Fに示される実態活荷重モデル(日大型車交通量:2,500台/車線)を用いた。また、載荷車両は1台のみを考え、橋軸方向あるいは橋軸直角方向の同時載荷の影響は考慮

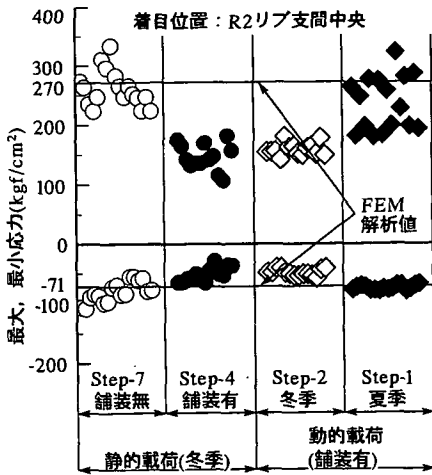


図-16 測定結果と解析結果の比較

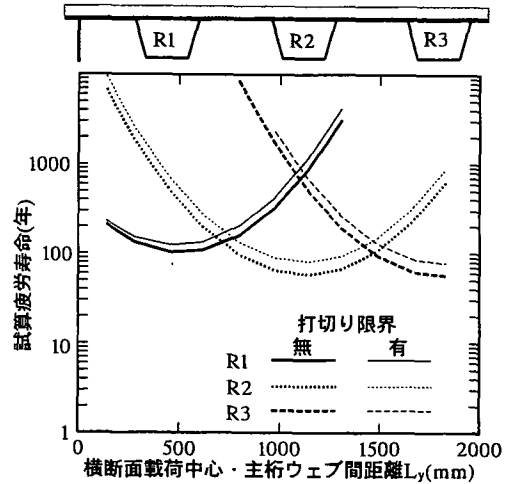


図-17 詳細疲労照査結果

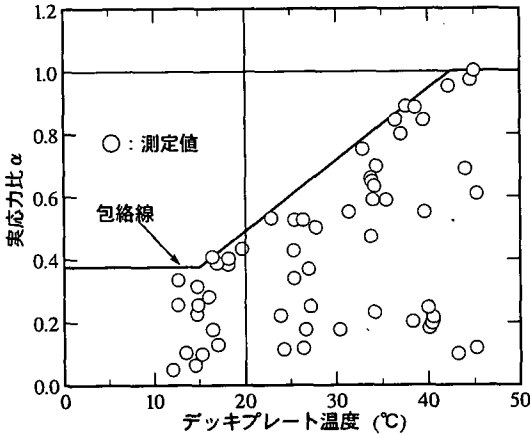


図-18 R2リブ下端の実応力比 $\alpha$ とデッキプレート温度の関係

しないものとした。

横断面の走行位置は、縦リブ直上を中心として標準偏差250mmの正規分布でばらつくとした。また、縦リブ下端の応力の温度依存性および動的変動の影響を、図-16に示すStep-2とStep-1の測定応力比(0.65≒Step-2全平均/Step-1全平均)で考慮し、応力ヒストグラムを補正して疲労損傷度を算出した。

#### b) 疲労照査結果

図-17は、疲労照査結果の一例である。変動応力下の打切り限界を考慮しない場合でも、R2リブの疲労寿命は約58年である。日大型車交通量が約2,500台/車線以下であれば、疲労損傷が発生する可能性は非常に低いと考えられる。

## (2) 縦リブの簡便疲労照査

### a) 疲労照査手順

詳細疲労照査は、多種の活荷重モデルについて疲労照査を行うので、疲労寿命の推定には有用であるが、計算が煩雑である。そこで、疲労寿命推定が可能で実務上簡便な疲労照査手法を考えた。すなわち、動的載荷試験結果より、①変動応力下の打切り限界を上回る応力範囲は、前輪および後タンデム軸により計数される応力範囲のみであること(図-6参照)、②実働応力の横断面載荷位置およびデッキプレート温度に対する依存性が測定されていることを考慮し、式(2)で示す応力範囲( $\Delta\sigma_{ac}$ )を求めて疲労照査を行うことを考えた。

$$\Delta\sigma_{ac} = I_0 \cdot \beta \cdot F(T) \cdot \Delta\sigma_{dmax} \quad (2)$$

$\Delta\sigma_{ac}$  : 疲労照査のための応力全範囲

$I_0$  : 輪重拡大係数。式(1)参照

$\beta$  : 横断面補正係数

$F(T)$  : 温度依存性関数。デッキプレート温度 $T(^{\circ}C)$ と実応力比 $\alpha$ の関係を表す関数

$\alpha$  : 実応力比。測定応力範囲( $\Delta\sigma_d$ )の測定最大応力範囲( $\Delta\sigma_{dmax}$ )に対する比をいう。

ここで、輪重は、常時±25%、段差通過時100%程度変動することが明らかになっているが、測定最大応力範囲 $\Delta\sigma_{dmax}$ を用いたので、

$$I_0 = 1 \quad (3)$$

とした。

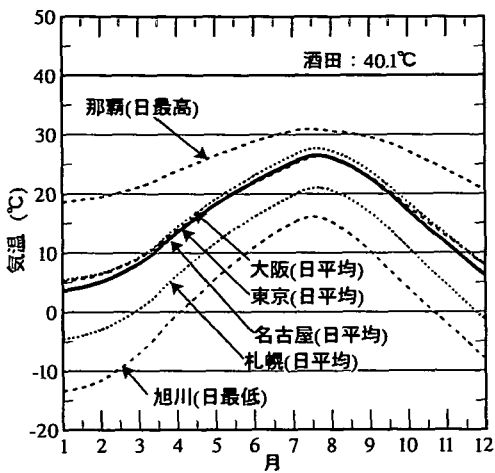


図-19 日平均気温の年間推移<sup>13)</sup>

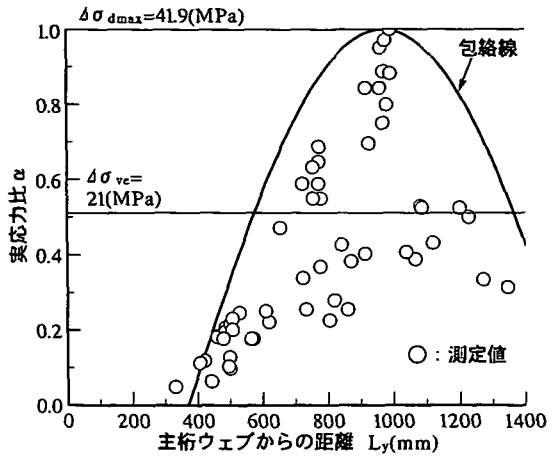


図-20 R2リブ下端の実応力比 $\alpha$ と横断面載荷位置の関係

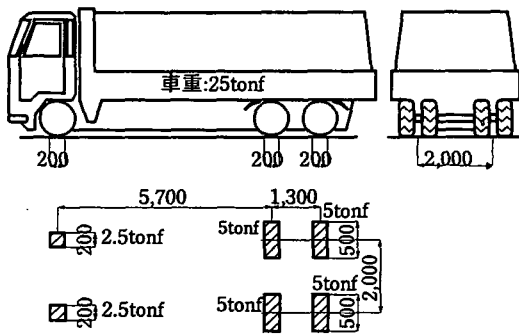


図-21 疲労照査のためのT-25荷重モデル

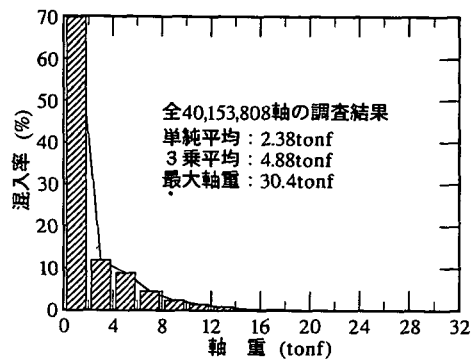


図-22 全国軸重実態調査結果<sup>19)</sup>

温度依存性関数 $F(T)$ は、図-18に例示する実応力比 $\alpha$ とデッキプレート温度 $T$ の関係から、図中に示す包絡線で近似した。図-8では最大応力を示したが、応力範囲で見れば、 $20^\circ\text{C}$ の場合、約50%とさらに低下している。また、デッキプレート温度 $T$ の年間変化は、図-19に示す理科年表<sup>13)</sup>の月平均気温推移のうち、名古屋の気温推移およびこれに $5^\circ\text{C}$ 加えた値とした。

横断面補正係数 $\beta$ は式(4)で求めた。

$$\beta = \sqrt{\gamma(L_r)^3 \cdot g(\sigma)} \quad (4)$$

$\gamma(L_r)$  : 横断面走行位置 $L_r$ と実応力比 $\alpha$ の関係から求まる包絡線を表す関数

$g(\sigma)$  : 横断面走行位置のばらつきを表す正規確率密度(但し、 $\Delta\sigma_v \geq \Delta\sigma_{v_0}$ )

$\sigma$  : 横断面走行位置のばらつきを表す標準偏差  
 $\sigma = 300\text{mm}$

$\Delta\sigma_{v_0}$  : 対象継手の変動応力下の打ち切り限界

$\gamma(L_r)$ は、図-20に示す実応力比 $\alpha$ と横断面載荷位置 $L_r$ の関係より、余弦半波で近似した曲線とした。

$\Delta\sigma_{dmax}$ は、図-21に示す荷重モデル(以下、T-25荷重という)と荷重車諸元を考慮して安全側に設定した。すなわち、①図-22に示す全国の軸重実態調査結果<sup>19)</sup>から大型車の輪重(約2.5tonf以上)の3乗平均輪重が約5tonfになること、②車両重量規制緩和に伴う新大型車の諸元(軸重:2x9.5tonf)および③荷重車の諸元を考慮してT-25荷重を決定した。T-25荷重の1車線当りの走行台数は、1,000台/日~5,000台/日とした。

なお、上記の関係では、動的載荷試験結果より $F(T)$ 、 $\gamma(L_r)$ および $\Delta\sigma_{dmax}$ が求まるので、応力の算出が難しい構造細部についても疲労照査が可能になる。



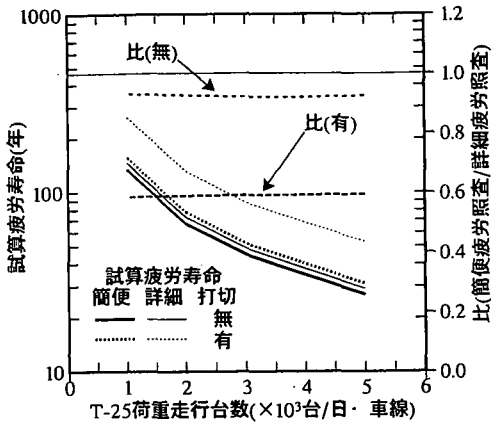


図-23 疲労照査結果の比較

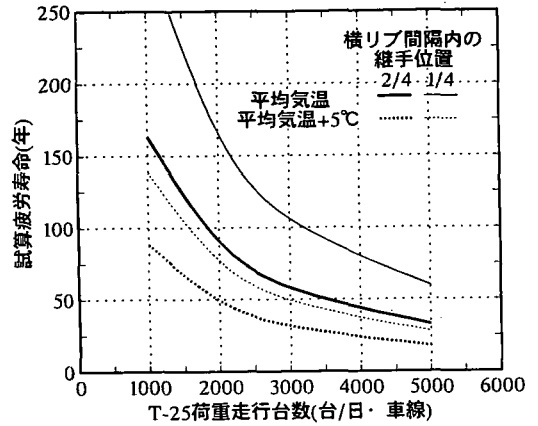


図-24 縦リブ下端の簡便疲労照査結果

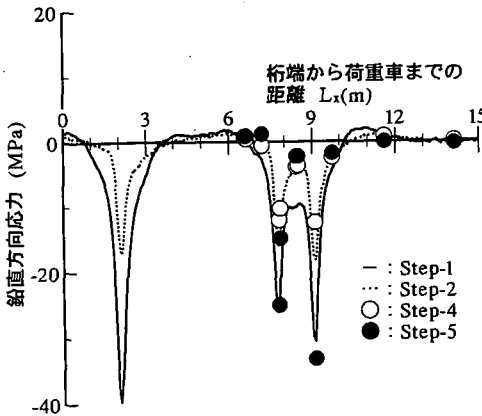


図-25 縦リブ上縁の実働応力波形例

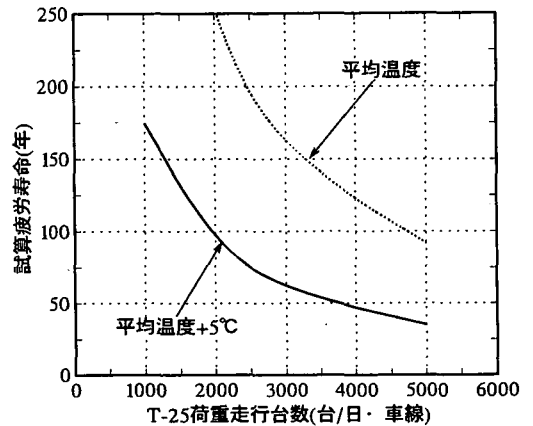


図-26 デッキプレート側溶接止端部の簡便疲労照査結果

### b) 疲労照査結果

R2リブの横リブ支間中央部の現場溶接継手に関して、照査条件を同じにして疲労寿命を計算した結果を図-23に示す。簡便疲労照査結果は詳細疲労照査結果に比べて、打切り限界を考慮しない場合10%程度短い疲労寿命となっている。一方、打切り限界を考慮した場合は、これが約60%と短い。これは、詳細疲労照査で用いた影響面形状と簡便疲労照査で用いた横断面影響線形状が異なることや計数手法の簡便化に起因するものである。しかし、簡便疲労照査は簡便な手法であるにも関わらず、比較的安全側(短寿命側)の試算結果が得られることがわかる。

図-24には、縦リブ支間内の橋軸方向位置別の疲労照査結果を示す。現場継手位置が、横リブ間中央に配置されなければ1.5倍程度の疲労寿命が期待でき、疲

労損傷発生の可能性は低下することがわかる。

ここでは、実測最大応力範囲 $\Delta\sigma_{max}$ を用いて疲労照査を実施したが、前記のとおり、FSM解析結果と実測値はほぼ等しい。また、本橋の鋼床版は、標準的な諸元である。したがって、舗装および構造諸元がほぼ同一の鋼床版については、ここで提案したT-25荷重を用いてFSM解析を行い、 $\Delta\sigma_{max}$ を求めれば鋼床版縦リブの疲労照査が比較的容易に可能であると考えられる。

### c) その他部位の疲労照査

デッキプレート回りについても、同様な手法で疲労照査を試みた。ただし、直上に載荷される場合、図-25に示すようにデッキプレート回りについては、輪荷重1輪通過毎に応力振幅が生じるので、応力範囲は輪荷重1輪毎に計数した。また、疲労設計線図は、対象

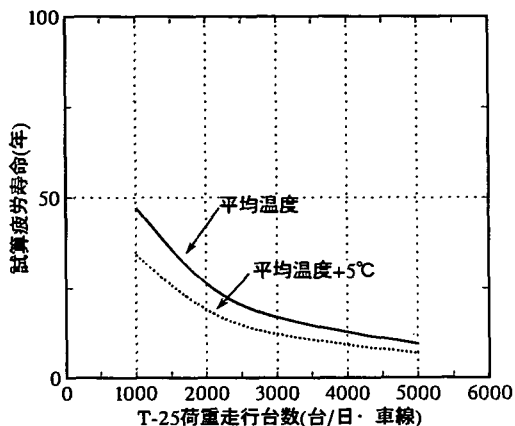


図-27 縦リブ上縁側溶接止端部の簡便疲労照査結果

継手をJSSC疲労設計指針に示される等級に当てはめた。

簡便疲労照査結果を図-26および図-27示す。デッキプレート側溶接止端部については、疲労損傷発生の可能性は低いとの試算結果であるが、縦リブ側溶接止端部については短い試算結果となっている。これは、橋軸直角方向に載荷位置がずれるとタンデム軸により1波の応力振幅が生じるのみであるにも関わらず、最大応力範囲が生じた応力波形から2波の応力振幅が生じると仮定したためであり、実構造においてこのような厳しい状態にあるとは限らないが、今後、さらに検討を進める必要がある。

## 5. まとめ

改築に伴って撤去されることになった鋼床版桁橋を用いて詳細な実橋調査を実施し、従来、定性的に考えられていた舗装が鋼床版各部の応力挙動に及ぼす影響を定量化すると共に、疲労照査への適用を試みた。得られた結果をまとめると次のとおりである。

- (1) 試験車の輪重変動を車軸にひずみゲージを貼付して動的に計測した結果、伸縮継手などの段差通過後約1秒間に渡って大きく変動し、輪重の2倍を超える場合があることが明らかになった。このような輪重の動的拡大の影響を、縦リブ曲げ応力について調査した結果、主桁端部から約10mの範囲が影響を受けることが明らかになった。
- (2) デッキプレート下面温度が約40℃以下の場合、鋼床版各部の応力およびたわみとデッキプレート温度との間に直線で結ぶ包絡線が近似できた。逆に、デッキプレート下面温度が約40℃を超える場合、舗装無し

静的載荷試験結果や解析とほぼ同じであった。また、その勾配は、デッキプレートに近い部位ほど大きかった。舗装剛性が温度に依存するためであり、デッキプレートとの合成作用と考えた場合、現象をよく説明できた。例えば、デッキプレート温度が20℃程度の場合、デッキプレート板厚を30mm程度と考えるほどの効果があることが明らかになった。

(3) このような関係を基に、縦リブの現場溶接継手を対象に詳細な疲労照査を実施した結果、縦リブ現場溶接継手が横リブ間中央に配置され、日大型車交通量が5,000台/車線を超えるような場合を除いて、疲労損傷発生の可能性は低いことが明らかになった。

(4) 実態活荷重調査結果と動的載荷試験結果に基づいた簡便な疲労照査手法を提案し、詳細な疲労照査結果と比較した結果、比較的安全側の照査結果を得ることが明らかになった。

(5) 鋼床版各部について簡便な疲労照査を適用した結果、トラフリブとデッキプレートとの片面すみ肉溶接部に疲労損傷発生の可能性があるとの試算結果が得られた。

謝辞：本研究の実施に対して、名古屋高速道路公社、東京鐵骨橋梁製作所、川崎製鉄の関係各位および上仙靖氏(前名大大学院)には多大な協力を得た。ここに記して、感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) 福井 幸夫, 沢井 廣之: 鋼床版の変形特性に関する調査 - 橋面舗装からみた鋼床版構造 -, 橋梁と基礎Vol.12, No.6, pp.21-29, 1978.6.
- 2) 帆足 博明, 福井 幸夫, 旭 一穂: 本州四国連絡橋鋼床版設計要領について - 橋面舗装を考慮した鋼床版構造 -, 橋梁と基礎, Vol.14, No.2, pp.21-28, 1980.2.
- 3) 本州四国連絡橋公団: 鋼床版設計要領, 1989.4.
- 4) 名古屋高速道路公社: 鋼構造物設計基準, 1984.4.
- 5) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 II 共通編, 1994.2.
- 6) (社)日本鋼構造協会: 鋼構造物の疲労設計指針・同解説, 1993.4.
- 7) 鋼構造委員会・鋼床版の疲労小委員会: 鋼床版の疲労, 土木学会論文集, No.410, pp.25-36, 1989.10.
- 8) 鈴木 敏, 加賀山 泰一, 尾下 里治, 岩崎 雅紀, 堀川 浩甫: 開断面縦リブを使用した鋼床版横リブの疲労損傷防止検討, 構造工学論文集, Vol.37A, pp.1169-1180, 1991.3.
- 9) 藤原 稔, 村越 潤, 田中 良樹: 鋼床版横リブのスリット周辺部の疲労強度, 構造工学論文集, Vol.37A, pp.1151-1162, 1991.3.
- 10) 三木 千寿, 館石 和雄, 奥川 淳志, 藤井 祐司: 鋼床版縦リブ・横リブ交差部の局部応力と疲労強度, 土木学会論文集, No.519, pp.127-137, 1995.7.
- 11) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編, 1994.2.
- 12) 名古屋高速道路公社: 鋼床版の合理化と耐久性向上に関

- する調査研究, 1995.10.
- 13) 国立天文台編：理科年表, 平成7年, 1994.11.
- 14) 国廣 哲男, 藤原 稔：鋼床版の疲労強度, 道路, pp.26-31, 1974.5.
- 15) 国廣 哲男, 井上 啓一：鋼床版への疲労設計の適用例, 土木技術資料, Vol.14, No.2, pp.1-4, 1972.2.
- 16) 金井 道夫, 大塩 俊雄：橋梁の応力頻度と疲労設計法に関する一提案, 土木技術資料, Vol.22, No.3, pp.1-8, 1979.3.
- 17) 長谷川 和正, 近藤 明雅, 山田 健太郎, 石崎 浩：箱桁鋼床版の疲労照査, 構造工学論文集, Vol.35A, pp.929-938, 1989.4.
- 18) 岩崎 雅紀, 坂井 渉：鋼床版縦リブ現場溶接継手の疲労検討, 横河ブリッジ技報, No.23, pp.40-51, 1994.1.
- 19) 建設省土木研究所：限界状態設計法における設計活荷重に関する検討, 土木技術資料, No.2539, 1988.1.

(1996.3.25受付)

## FIELD MEASUREMENT AND FATIGUE ASSESSMENT OF ORTHOTROPIC STEEL DECK WITH ASPHALT PAVEMENT

Masanori IWASAKI, Koh NAGATA, Takehiro NISHIKAWA,  
Tatsuya OJIO and Kentaro YAMADA

Field stress measurements were carried out for a typical box girder bridge with orthotropic steel deck both in summer and in winter. The measured stresses in summer, when the temperature of deck plate was over 40 degrees, were similar to the stresses measured after the asphalt pavement was removed. When the temperature was low, the stiffness of the asphalt pavement seemed to increase, and the measured stresses decreased accordingly. Fatigue assessment of the structural details of the orthotropic steel deck, considering the temperature effect of the asphalt pavement, revealed that butt-welded trough ribs had little possibility of fatigue cracking. However, longitudinal fillet welds of the trough ribs to the deck plate showed relatively short fatigue life.