

鋼床版箱桁橋全体を対象とした応力性状の把握と疲労耐久性評価

Live Load Stress and Fatigue Durability of Steel Deck Bridges

南 荘 淳¹⁾, 吉 原 聡²⁾, 時 議太³⁾, 石 井 博典⁴⁾, 坂 野 昌弘⁵⁾

Atushi NANJYO, Satoshi YOSHIHARA, Jota TOKI, Hironori ISHII, and Masahiro SAKANO

- 1) 工博 阪神高速道路公団 保全施設部 保全技術課 (大阪府中央区久太郎町 4-1-3)
- 2) 阪神高速道路公団 保全施設部 保全技術課 (大阪府中央区久太郎町 4-1-3)
- 3) 阪神高速道路公団 大阪管理部 大阪第二維持事務所 (大阪府西区阿波座 1-1-4)
- 4) (株)横河ブリッジ 技術本部 技術研究所 第一課 (千葉県 船橋市 山野町 27 番地)
- 5) 工博 関西大学 工学部 土木工学科 (大阪府吹田市山手町 3-3-35)

In this paper, live load stress distributions and fatigue durability of steel deck highway bridges are investigated through field stress measurements and finite element analysis. As a result, the principal results are obtained as following; (1) The calculated stress corresponds well with the measured one under a single truck loading. (2) The butt joint of trough ribs with backing plates, the connection between deck plate and vertical stiffeners, and the bottom flange of transverse ribs with a hanger piece have relatively short fatigue life of 30 - 80 years, which should be the most important details in the maintenance strategy.

Key words ; steel deck, Fatigue, maintenance, Prevention security

キーワード ; 鋼床版, 疲労, 維持管理, 予防保全

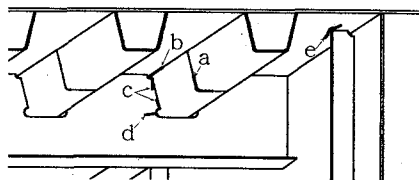
1. はじめに

昭和 40 年代になって建設事例が増加するようになった鋼床版橋は、軽量である、現地架設工期が短いといった特長を有する一方で、鋼床版構造が輪荷重の影響を直接受けることから鋼溶接部における疲労の問題があり、平成 14 年 3 月の道路橋示方書¹⁾改訂以前から唯一疲労照査が義務づけられていた橋梁形式である。阪神高速道路公団においても、表-1 に示すように過去に神戸線の 5 径間連続ゲルバー桁で損傷事例が報告されているが^{2)~5)}、現在のところ、その他の鋼床版では損傷事例は報告されていない。しかし、車両が大型化し、供用年数が増えつつある今日においては、同様の損傷が発生することも懸念される。

一方、平成 14 年 3 月に道路橋示方書が改訂されるとともに鋼道路橋の疲労設計指針⁶⁾が発刊され、道路橋においても疲労照査が義務づけられた。しかし、鋼道路橋の疲労設計指針で示されている疲労照査手法について実橋で検証された例は少ないため、その妥当性を検証することが必要である。また、これまでに蓄積されてきた膨大な既設橋梁については建設時に明確な形で疲労設計されていないため、これらの橋梁の疲労評価を適切に行い、合理的な維持管理をしていくことが重要な課題となる。特に、軽量であるがゆえに疲労の

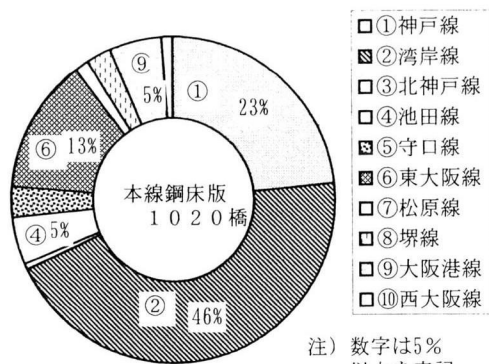
表-1 損傷事例(神戸線5径間連続ゲルバー桁)

亀裂 タイプ	内容	損傷数 [箇所]	全損傷数に 対する割合
a	トラフリブの 突合せ溶接部	45	58%
b	トラフリブとデッキのすみ肉 溶接部(横リブ交差部)	9	12%
c	トラフリブと横リブウェブの すみ肉溶接部	6	8%
d	横リブウェブの トラフリブスリット部	2	3%
e	垂直補剛材取付部	16	21%
合 計		78	100%

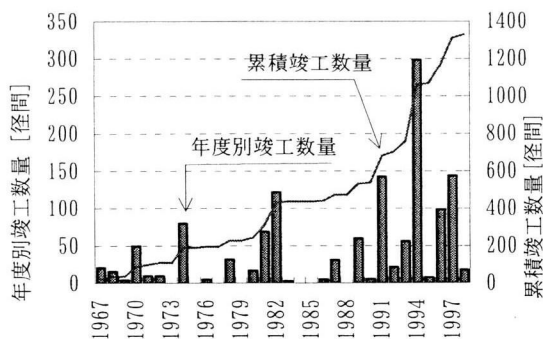


影響を受けやすい鋼床版橋梁については、疲労設計法の検証と維持管理の合理化が焦眉の課題である。

以上の背景から、ここでは阪神高速道路公団で標準的な橋梁形式として採用され管理されている 1300 径間程度の鋼床版橋梁に着目し、諸元調査や実橋応力測定、FEM 解析、格子解析などを通じて、今後の維持管理に有用なデータを収集、整理した。応力測定は、試験車両 (210kN) と実交通荷重 (24 時間) に対して行い、前者によって橋梁各部の応力性状を把握すると



(1) 路線別区分



(2) 鋼床版年度別竣工数量

図-1 阪神高速道路の鋼床版橋梁

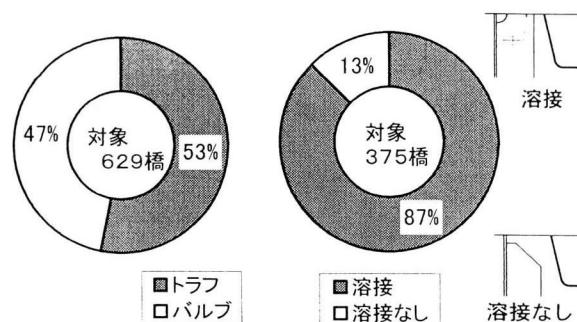
表-2 路線毎の日大型車交通量 (台/日・断面)

環状線	神戸線	湾岸線 (大阪)	湾岸線 (神戸)	池田線
1,423	13,563	19,451	5,864	3,977
守口線	東大阪線	松原線	堺線	西大阪線
3,093	3,527	2,797	2,144	2,581

もに計算値と比較することにより、応力計算手法の検証を、また、後者から各部材の疲労寿命を求めて疲労設計方法の検証を試みた。したがって、着目部材としては鋼床版構造のみでなく、主桁や横桁を含めた橋梁全体を対象として応力性状と疲労耐久性について検討したものである。

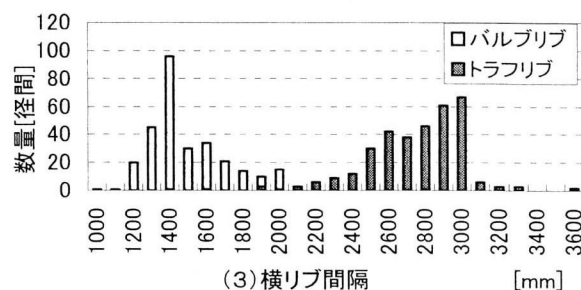
2. 阪神高速道路の鋼床版諸元調査

まず、阪神高速道路の保全情報管理システム⁷⁾を用いて、鋼床版橋梁の数量調査を行った。また、鋼床版の疲労損傷に密接な関係があると考えられる路線別の日大型車交通量を調査した。鋼床版橋梁の数量調査結果を図-1に、平成12年度現在における各路線別の日大型車交通量を表-2に示す。鋼床版橋梁の総数は、震災により撤去された桁を含めて1351径間あり、その内約75%にあたる1020径間が本線部であった。本線の1020径間を路線別に見ると、湾岸線と神戸線で鋼床版橋梁が多く、両路線で全体の約70%を占めていた。表-2に示すように、湾岸線と神戸線は日大型車交通量



(1) 縦リブ構造

(2) 垂直補剛材取付部



(3) 横リブ間隔

図-2 鋼床版基本諸元

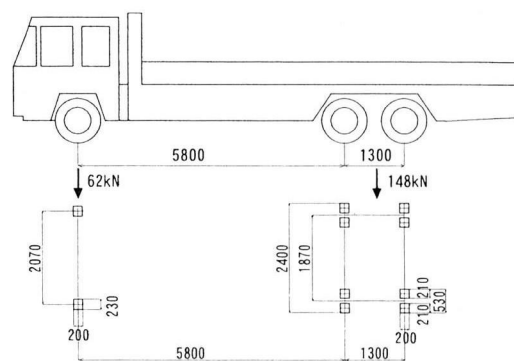
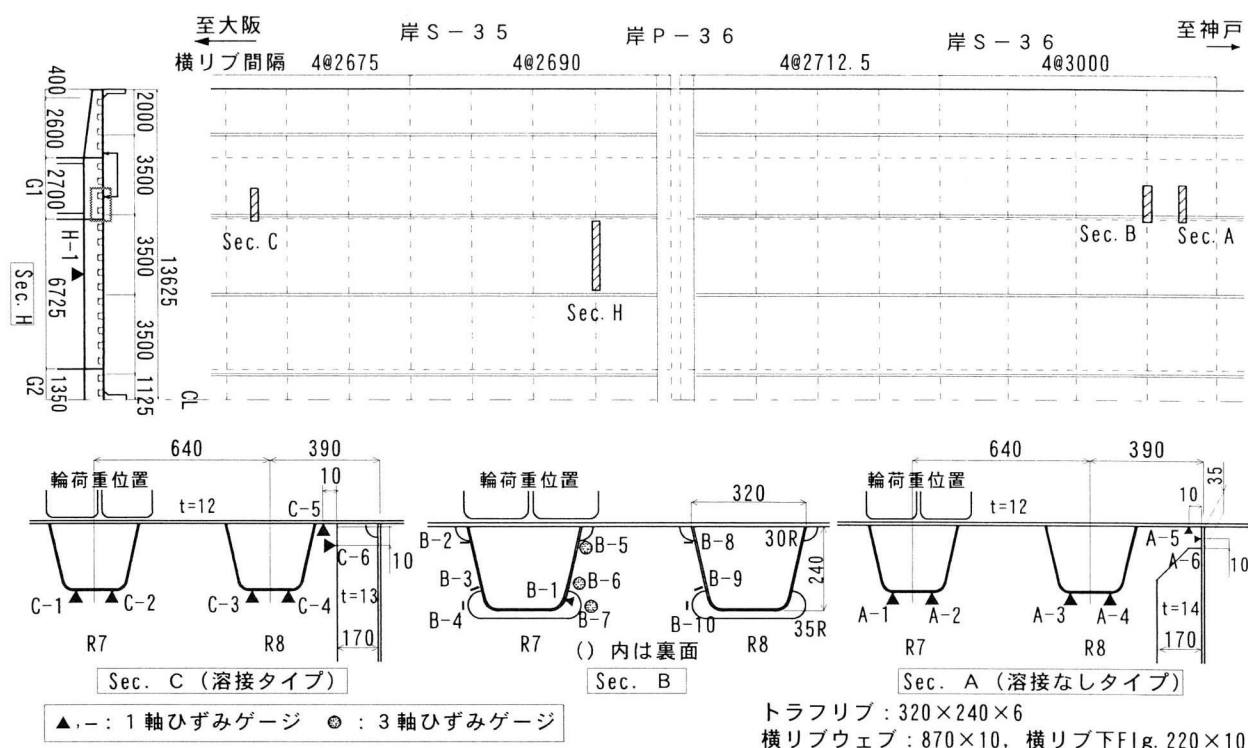


図-3 荷重試験車

が他路線と比較して多いことから、特に重点的な点検が必要であると考えられる。

次に、鋼床版橋梁が多く、かつ大型車交通量の多い神戸線と湾岸線、東大阪線の本線に着目し、竣工図書を用いた構造諸元調査を行った。構造諸元調査結果を図-2に示す。縦リブ形式は、トラフリブ形式とバルブリブ形式があり、それぞれ約半数ずつの割合であった。1980年代前半まではバルブリブ形式、後半からはトラフリブ形式の橋梁が多く建設されており、1992年以降建設された橋梁は全てトラフリブ形式の橋梁であった。実橋で疲労損傷が報告されている垂直補剛材とデッキプレート⁵⁾の取合部は、トラフリブ形式の鋼床版において、垂直補剛材上部とデッキプレートを溶接するタイプ(以下、溶接タイプという)、垂直補剛材上部をデッキプレートと溶接しないで隙間をあけるタイプ(以下、溶接なしタイプという)があり、87%が溶接タイプであった。バルブリブ形式の鋼床版は横リブ間隔が小さいため、桁端部を除いては基本的に垂直



図－４ 測定対象橋梁諸元および測定位置

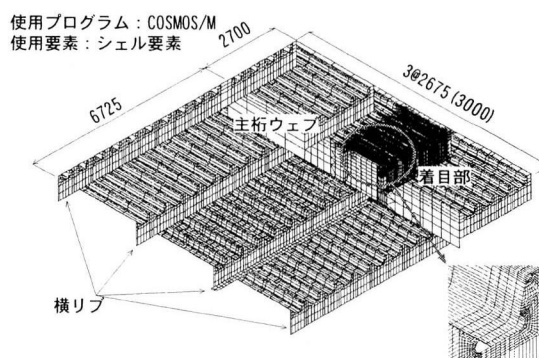
補剛材位置に全て横リブが配置されていた。縦リブの発生応力に大きな影響を与える横リブ間隔は、トラフリブでは 3000mm が最も多い。3000mm を越える鋼床版については、トラフリブの板厚が通常の 6mm ではなく、8mm であった。バルブリブでは横リブ間隔 1400mm 程度のものが最も多かったが、最大は 2000mm 程度であった。

3. 橋梁各部の応力性状

3. 1 応力測定方法

前述の鋼床版諸元調査結果をもとに、代表的な諸元を有する鋼床版橋を 3 橋抽出し、図－3 に示す試験車両（車重 210kN）を用いた動的载荷試験と、一般車走行時における 24 時間の応力頻度測定を実施した。

測定対象橋梁の諸元および測定位置を図－4 に示す。なお、バルブリブ形式の鋼床版も 1 橋測定したが、トラフリブ形式の鋼床版と比較して発生応力が小さく、疲労耐久性も十分にあることが確認されたので、ここではトラフリブ形式の鋼床版の応力測定について報告する。図－4 に示す測定対象橋梁は、トラフリブ形式の鋼床版 2 橋である。岸 S-35 は支間 69.4m、幅員 27.25m の 3 径間連続鋼床版 3 主桁桁橋であり、岸 S-36 は支間 93.75m、幅員 27.25m の 6 径間連続鋼床版 3 主桁桁橋である。ほぼ同様の断面、諸元を有する隣接した 2 径間であるが、岸 S-35 は垂直補剛材取付構造が溶接タイプ、横リブ間隔が 2675mm であるのに対し、岸 S-36 は垂直補剛材取付構造が溶接なしタイプ、横リブ間隔が 3000mm である。ひずみゲージの貼付位置は全て溶接止端より 10mm、材縁より 10mm を基本とした。なお、



図－５ FEM解析モデル

測定は鋼床版縦リブ、縦リブ横リブ交差部、デッキプレートその他、維持管理用の吊り金具の設置位置において疲労損傷の発生が懸念される⁸⁾⁹⁾横リブ下フランジおよび主桁下フランジについても実施した。

3. 2 FEM 解析および格子解析方法

測定結果の検証ならびに通常の設計業務で用いられている応力計算方法を検証するため、鋼床版構造に着目した FEM 解析と、主桁系応力に着目した格子解析（設計計算、疲労照査で用いる設計計算モデル）を行った。

鋼床版構造に着目した FEM 解析モデルを図－5 に示す。橋軸方向には着目パネルを中心に 3 パネル、橋軸直角方向には応力測定対象となる箱桁内および隣接する主桁間のパネル、2 パネルをモデル化した。要素はシェル要素とし、弾性微小変位解析とした。鋼部材のみを対象とし、舗装剛性は考慮しないものとした。荷

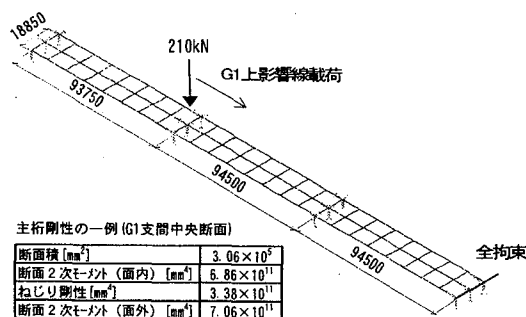


図-6 格子解析モデル

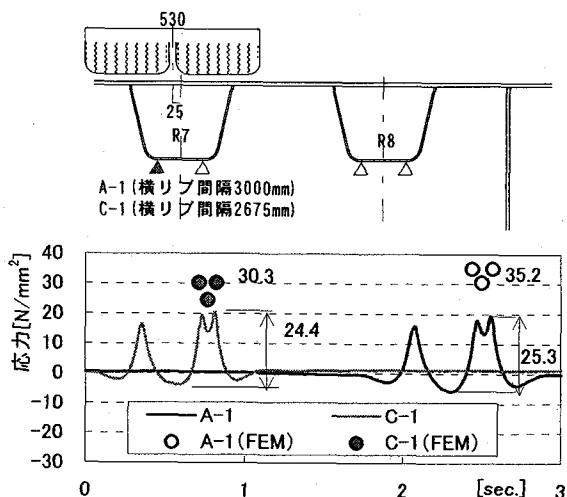


図-7 トラフリブ下面応力測定結果

重は載荷車の後輪荷重を対象とし、37kN×4点（1点当たり載荷面積 530×200）とした。

橋梁全体に着目した格子解析モデルを図-6に示す。6径間連続桁のうち、岸 S-36 から3径間分をモデル化した。主桁剛性は面内曲げ剛性の他、面外曲げ剛性、ねじり剛性を考慮した。また、デッキプレート有効幅内に存在するトラフリブ、下フランジ有効幅内に存在するリブは主桁剛性に含めるものとした。試験車両の荷重は210kNの集中荷重により与えた。G1主桁上の橋軸方向に影響線載荷することにより、走行車線中央に試験車両が走行する状態を再現した。

3.3 鋼床版の応力性状

着目するトラフリブの直上に、試験車両の後輪が載荷された時のトラフリブ下面応力をFEM解析結果と併せて図-7に示す。実測値では25N/mm²程度の応力が発生しており、FEM解析で見られたような縦リブ支間長の違いによる有意差は見られなかった。実測値は解析値を下回っており、解析値の70~80%程度である。計測時のデッキプレート温度は約20℃であったが、デッキプレート温度が20℃の場合、舗装の影響から計算応力に対する実応力の比率は60%程度と言われている¹⁰⁾。したがって、実測値がFEM解析値と比較して小さいのは、舗装剛性が鋼床版の発生応力に影響を与

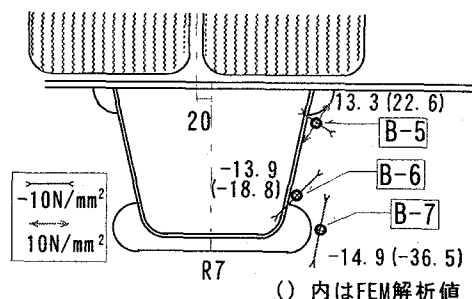


図-8 縦リブ横リブ交差部の主応力分布例

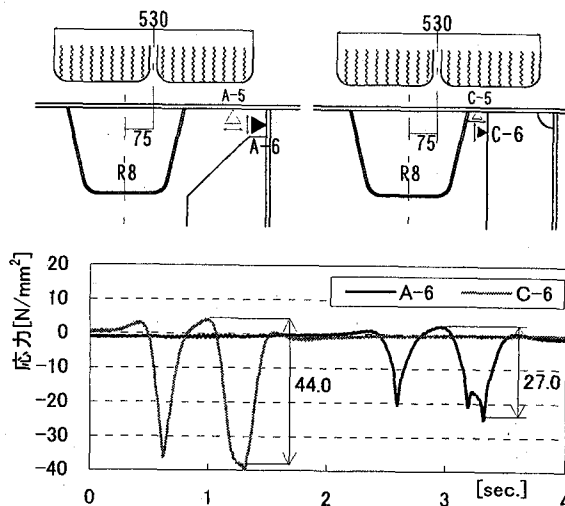


図-9 垂直補剛材取付部応力測定結果

えているためと考えられる。

トラフリブと横リブ交差部の応力分布を図-8に示す。対象部の直上に後輪荷重が載荷された時の主応力分布図である。横リブウェブの表裏の応力を測定したところ、面外曲げ応力はほとんど発生していなかった。ここでは片面の応力測定結果を示す。上側スカップのトラフリブと横リブウェブとの溶接部、下側スリットのトラフリブと横リブウェブとの溶接部、下側スリットの母材にいずれも14N/mm²前後の応力が発生している。実測値は解析値を下回っていることから、トラフリブと横リブ交差部の応力についても、舗装剛性の影響が表れているものと考えられる。

垂直補剛材取付部の応力測定結果を図-9に示す。今回の測定対象橋梁では通常の輪荷重位置と垂直補剛材取付部の位置が離れているが、この結果は横断方向に載荷位置を変えた試験の内、対象部の応力が最大となった後輪を取付部直上付近に載荷させた時の結果である。溶接タイプにおける垂直補剛材側溶接部(C-6)で、全測定点を通じての最大応力(44N/mm²)が発生した。溶接なしタイプにおいても、主桁ウェブと垂直補剛材の溶接部(A-6)に比較的大きな応力(27N/mm²)が発生した。溶接なしタイプは、溶接タイプのデッキプレートと垂直補剛材上端との溶接部に発生した疲労損傷を防止するために提案された構造であるが¹¹⁾、この構造にも比較的大きな応力が発生することが確認さ

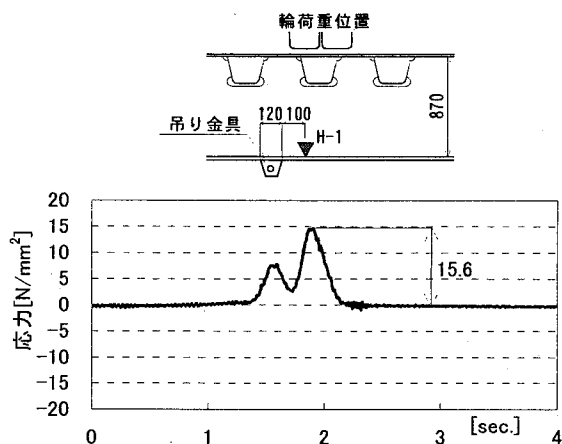


図-10 横リブ下フランジ応力測定結果

れた。なお、デッキプレート側の応力 (A-5, C-5) は小さいことが確認された。

横リブ下フランジの応力測定結果を図-10に示す。横リブ下フランジには点検通路設置用の吊り金具が溶接されているが、この位置から疲労損傷が発生する可能性も考えられる。吊り金具のほぼ直上を輪荷重が走行した時、 16N/mm^2 程度の応力が発生した。

3. 4 主桁の応力性状

載荷車が走行車線を走行した場合における主桁下フランジの応力測定結果を、格子解析結果と併せて表-3に示す。走行車線載荷 (G1直上載荷)のため、G1主桁の発生応力が大きい。端径間支間3/4点および2径間目では負曲げ、正曲げの影響を受けており、端径間支間中央と比較して応力範囲は大きくなっている。

表-3 主桁系応力の格子解析値と実測値の比較

(1) Sec. D: 端径間支間中央

	①格子解析値 $\Delta\sigma$ [N/mm ²]	実測値			②/①
		最小応力 $\sigma_{\min}$ [N/mm ²]	最大応力 $\sigma_{\max}$ [N/mm ²]	②応力範囲 $\Delta\sigma$ [N/mm ²]	
G1	5.2	-0.7	4.9	5.6	93%
G2	3.4	-0.4	2.8	3.2	108%
G3	2.7	-0.2	1.6	1.8	153%

(2) Sec. E: 端径間支間3/4点

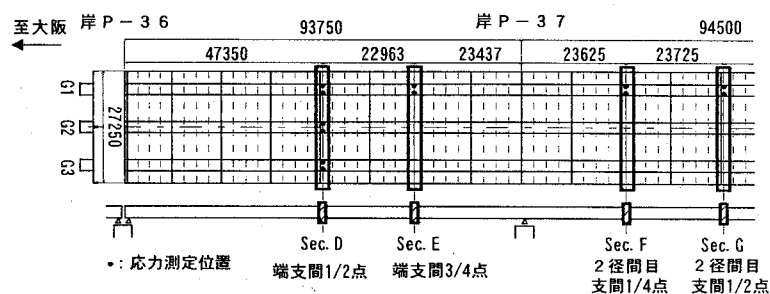
	①格子解析値 $\Delta\sigma$ [N/mm ²]	実測値			②/①
		最小応力 $\sigma_{\min}$ [N/mm ²]	最大応力 $\sigma_{\max}$ [N/mm ²]	②応力範囲 $\Delta\sigma$ [N/mm ²]	
G1	6.7	-2.0	4.2	6.2	108%
G2	4.2	—	—	—	—
G3	3.3	—	—	—	—

(3) Sec. F: 2径間目支間1/4点

	①格子解析値 $\Delta\sigma$ [N/mm ²]	実測値			②/①
		最小応力 $\sigma_{\min}$ [N/mm ²]	最大応力 $\sigma_{\max}$ [N/mm ²]	②応力範囲 $\Delta\sigma$ [N/mm ²]	
G1	8.4	-2.7	5.8	8.5	99%
G2	5.3	—	—	—	—
G3	4.2	—	—	—	—

(4) Sec. G: 2径間目支間中央

	①格子解析値 $\Delta\sigma$ [N/mm ²]	実測値			②/①
		最小応力 $\sigma_{\min}$ [N/mm ²]	最大応力 $\sigma_{\max}$ [N/mm ²]	②応力範囲 $\Delta\sigma$ [N/mm ²]	
G1	6.9	-1.8	5.1	7.3	94%
G2	4.4	—	—	—	—
G3	3.4	—	—	—	—



る。特に2径間目支間1/4点の応力範囲が最も大きく、 8.5N/mm^2 程度の応力範囲となっている。

格子解析結果と実測値は非常に良く一致しており、特に各断面の最大値に関しては $\pm 10\%$ 以内の誤差の範囲で良く一致している。鋼道路橋の疲労設計指針では、鋼床版橋梁の構造解析係数 (実応力と計算応力の差を考慮する係数) を1.0と定めているが、平均的には概ね妥当な値であると言える。

4. 鋼床版橋梁全体の疲労耐久性評価

4. 1 鋼床版の疲労耐久性評価

24時間連続の応力頻度測定結果より、鋼床版各部の疲労寿命を試算した。マイナー則を用いて1日の疲労損傷度を計算し、疲労損傷度が1.0になるまでの時間を疲労寿命とした。疲労損傷度の試算にあたっては、一定応力範囲の打ち切り限界および変動応力範囲の打ち切り限界を考慮した。ここで求めた疲労寿命は、新設橋の設計に用いる手法を用いて試算した値であるため、構造物の破壊に対しては一定の安全率を有しているが、相対的な危険部位を把握するために試算したものである。各部の疲労強度等級は以下のように仮定した。トラフリブはボルト継手、溶接継手にかかわらず図-11に示すように裏当金付突合せ溶接 ($t \leq 12\text{mm}$) があることから、疲労強度等級はF等級とした。横リブとトラフリブの交差部の溶接部はF等級 (止端破壊)、H等級 (ルート破壊) であるが、既往の損傷事例では溶接止端部からの損傷事例が多いため¹⁰⁾、ここではF等級とした。横リブスリット縁は母材であることからC等級

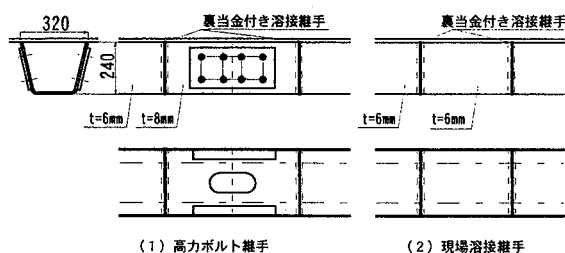


図-11 トラフリブの現場継手構造

以上であり、ここではC等級とした。なお、横リブウェブには3軸ゲージを貼付した(B-5, 6, 7)が、応力頻度測定は3軸の内、最も大きなひずみが測定されたひずみゲージで測定した。そこで、ここでは動的載荷試験で得られた主応力と頻度測定に用いた軸方向応力との比を用いて、測定応力範囲を主応力範囲に換算した。垂直補剛材取付部については、溶接なしタイプのデッキプレート側(A-5)はE等級(荷重非伝達型すみ肉溶接、非仕上げ)、主桁ウェブ側(A-6)はG等級(面外ガセット継手)とした。溶接タイプのデッキプレート側(C-5)はG等級(面外ガセット継手)とした。垂直補剛材側(C-6)はF等級(止端破壊)もしくはH等級(ルート破壊)であるが、ここについても実橋の損傷事例が止端破壊であることから⁵⁾、F等級とした。横リブ下フランジは応力平行方向に点検通路設置用の吊り金具(l=120mm)がついているため、疲労強度等級はG等級(面外ガセット継手)とした。

疲労寿命試算結果を表-4に示す。トラフリブ現場継手部の疲労寿命が最も短く、疲労寿命は30年～50

年程度である。将来的に疲労損傷発生の可能性が最も高い部位である。縦リブと横リブの交差部では発生応力が全て一定応力範囲の打ち切り限界以下となっており、十分な耐久性を有していると言える。

垂直補剛材取付部は、溶接タイプで76年、溶接なしタイプで58年であった。本橋の場合、前述したように輪荷重位置と垂直補剛材取付位置が比較的離れていたが、取付部直上付近に輪荷重が載荷される橋梁ではさらに大きな応力が発生すると考えられる。また、ルートギャップが広い場合などにはルート破壊する可能性もあり、トラフリブの現場継手同様、疲労に対して注意が必要であると考えられる。

横リブの吊り金具取付位置の疲労寿命も60年程度であり比較的短い結果となった。

4. 2 主桁の疲労耐久性評価

(1) 実測応力を用いた疲労寿命評価

主桁の疲労寿命は、鋼床版同様、応力頻度測定結果から試算した。本橋の主桁下フランジには応力の平行方向に維持管理用の吊り金具(l=120)がついているため、疲労強度等級はG等級とした。疲労寿命試算結果を表-5に示す。中央径間で110年～150年程度、側径間では無限大(一定応力範囲の打ち切り限界以下)と、主桁については100年以上の寿命が得られた。ただし、吊り金具については数が多いことから、溶接の品質にはばらつきが予想され、条件の悪いところでは100年を下回る可能性も考えられることから注意が必要である。

表-4 実測応力を用いた鋼床版各部の疲労寿命評価

		損傷度 Di [7]	等価応力 [N/mm ²]	疲労寿命 [年]	最大 応力範囲 [N/mm ²]	照査疲労 強度等級	一定応力 打ち切り 限界 [N/mm ²]	適用
縦 リ ブ	A-1	9.48E-05	28	29	64.3	F等級	46	裏当て金付き片面溶接(t≤12)
	A-2	5.31E-05	27	52	56.7	F等級	46	裏当て金付き片面溶接(t≤12)
	C-1	9.55E-05	28	29	68.0	F等級	46	裏当て金付き片面溶接(t≤12)
	C-2	6.01E-05	27	46	60.5	F等級	46	裏当て金付き片面溶接(t≤12)
横 リ ブ	B-4	0.00E+00	-	∞ ^{*1}	83.2	C等級 ^{*2}	115	母材、C等級以上
	B-5	0.00E+00	-	∞ ^{*1}	44.2 ^{*3}	F等級	46	荷重伝達型すみ肉溶接継手
	B-6	0.00E+00	-	∞ ^{*1}	41.6 ^{*3}	F等級	46	荷重伝達型すみ肉溶接継手
	B-7	0.00E+00	-	∞ ^{*1}	51.6 ^{*3}	C等級 ^{*2}	115	母材、C等級以上
	B-10	0.00E+00	-	∞ ^{*1}	56.7	C等級 ^{*2}	115	母材、C等級以上
	H-1	4.70E-05	20	58	52.9	G等級	32	面外ガセット継手
垂 材 直 取 補 付 部	A-5	0.00E+00	-	∞ ^{*1}	30.2	E等級	62	荷重非伝達型すみ肉溶接継手
	A-6	1.18E-05	28	57	60.5	G等級	32	面外ガセット継手
	C-5	0.00E+00	-	∞ ^{*1}	26.5	E等級	62	荷重非伝達型すみ肉溶接継手
	C-6	3.59E-05	30	76	71.8	F等級	46	荷重伝達型すみ肉溶接継手

※1：最大応力範囲が一定振幅応力の打ち切り限界以下

※2：参考としてC等級で照査

※3：動的載荷試験結果から1軸の応力範囲を主応力範囲に換算

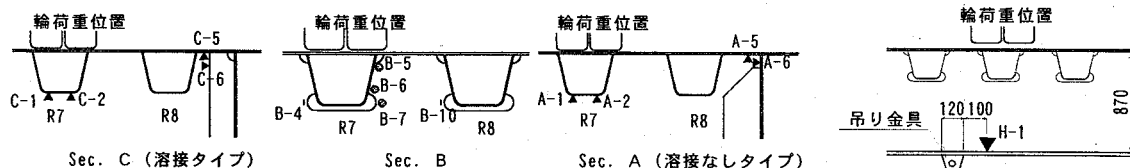


表-5 実測応力を用いた主桁下フランジの疲労寿命評価

		損傷度 Di [1/日]	等価応力 [N/mm ²]	疲労寿命 [年]	最大 応力範囲 [N/mm ²]	照査疲労 強度等級	一定応力 打切限界 [N/mm ²]	適用
主 桁 下 フ ラ ン ジ	Sec. D	0.00E+00	-	∞※1	27	G等級	32	面外ガセット継手
	Sec. E	0.00E+00	-	∞※1	27	G等級	32	面外ガセット継手
	Sec. F	2.40E-05	12	114	36.7	G等級	32	面外ガセット継手
	Sec. G	1.80E-05	11	153	34.7	G等級	32	面外ガセット継手

※1：最大応力範囲が一定振幅応力の打切り限界以下

表-6 疲労照査に用いた各値および係数

	Sec. D	Sec. E	Sec. F	Sec. G
$\Delta \sigma_{cal}$	5.2	6.7	8.4	6.9
L_{B1}	93.0	93.0	93.0	93.0
γ_{T1}	3.0	3.0	3.0	3.0
γ_{T2}	1.0	1.0	1.0	1.0
i_f	0.07	0.07	0.07	0.07
γ_a	1.0	1.0	1.0	1.0
ADTT _{SLi}	5,760	5,760	5,760	5,760
γ_n	0.03	0.03	0.03	0.03

$\Delta \sigma_{cal}$: T荷重1台通過時の公称応力範囲
 L_{B1} : 影響線基線長
 γ_{T1} : T荷重補正係数 $=\log L_{B1}+1.50$ (ただし $2.0 \leq \gamma_{T1} \leq 3.0$)

-式(1)

γ_{T2} : 同時載荷係数
 i_f : 衝撃係数 $=10/(50+L)$

-式(2)

γ_a : 構造解析係数
ADTT_{SLi} : 1方向1車線当たりの日大型車交通量
 γ_n : 頻度補正係数(標準として0.03)

$$\Delta \sigma = \gamma_{T1} \times \gamma_{T2} \times (1+i_f) \times \gamma_a \times \Delta \sigma_{cal}$$

-式(3)

$$n_d = ADTT_{SLi} \times \gamma_n$$

-式(4)

$$Y = Co / (\Delta \sigma^4 \times n_d \times 365)$$

-式(5)

$\Delta \sigma$: 変動応力範囲
 n_d : 1日当たりの疲労設計荷重の載荷回数
 Co : $2.0 \times 10^6 \times \Delta \sigma_f^4$
 $\Delta \sigma_f$: 基本許容応力範囲(50N/mm²-G等級)
 Y : 試算疲労寿命

(2) 疲労設計指針に従った疲労照査

鋼道路橋の疲労設計指針の考え方に従い、応力測定対象橋梁において疲労照査を実施した。疲労照査に用いた各係数および疲労寿命試算方法を表-6に示す。格子解析により得られたT荷重1台(車重196kN)載荷時の主桁下フランジ応力範囲に、各補正係数を乗じて変動応力範囲を求めた。T荷重補正係数 γ_{T1} は、式(1)により3.0とした。同時載荷係数 γ_{T2} は、対象とする断面力の影響線が正負交番するため1.0とした。構造解析係数 γ_a は、前述の格子解析結果と実測値との比較により1.0とした。計画交通量は道路構造令から18000台/日・車線と定められているので、この値に平成11年度の湾岸線の大型車混入率32%を乗じ、一方向一車線当たりの大型車交通量を5760台/日・車線とした。

疲労照査結果を表-7に示す。各補正係数を考慮した変動応力範囲の最大値 $\Delta \sigma_{max}$ は最大でも27N/mm²で、実測値の最大応力範囲37N/mm²とと比較して30%程度小さい。最大応力範囲はいずれもG等級の一定応

表-7 疲労設計指針に従った主桁の疲労照査結果

	Sec. D	Sec. E	Sec. F	Sec. G
$\Delta \sigma_{max}$ [N/mm ²]	16.7	21.5	27.0	22.1
n_d [回]	172.8	172.8	172.8	172.8
疲労寿命Y [年]	∞※1	∞※1	∞※1	∞※1

※1：最大応力範囲が一定振幅応力の打切り限界以下

力の打切り限界値を下回っているため、100年以上の疲労耐久性が確保されていると判断できる。前述した実測応力から求めた疲労寿命も100年以上となっており、設計指針に従った疲労照査の場合、変動応力の最大値は小さめに評価しているものの、疲労照査結果に関しては特に不都合は認められないと判断できる。

5. 合理的な鋼床版の維持管理方法の提案

近年、公共事業を取り巻く環境が大きく変わり、維持管理コストの一層の低減が求められている。そのため、阪神高速道路の管理する1300橋以上の鋼床版橋梁についても維持管理の合理化を図ることが必須課題である。そのためには、今日行われているように全てを画一的に点検するのではなく、重点点検路線や重点着目部位を定めて効率的に維持管理を行っていく必要がある。今回得られた知見から、阪神高速道路公団における鋼床版の維持管理は以下の方針で行うのが良いと考えられる。

(1) 重点着目路線、橋梁の選択

大型車交通量の多い湾岸線、神戸線を重点点検路線とする。ただし、将来の大型車交通量の推移により検討し、変更していくものとする。バルブ形式の鋼床版はトラフリブ形式の鋼床版と比較して発生応力が比較的低いことから、トラフリブ形式の鋼床版を重点的に点検する。

(2) 重点点検項目の選択

鋼床版点検着目部位を図-12に示す。大型車交通量の多い走行車線の輪荷重直下付近を着目部位とし、トラフリブの突合わせ溶接部、垂直補剛材取付部および横リブ下フランジ吊り金具取付位置を最重点着目部位とする。なお、トラフリブの突合わせ溶接部、垂直補剛材取付部は、表-1に示した神戸線でも多く損傷が見つかった部位である。これらの部位に損傷が見られた場合、他の部位にも着目した詳細点検を実施する。また、鋼床版に損傷があった場合、舗装に割れなどの不

