

荷重走行位置を変化させた鋼床版の輪荷重走行試験

Wheel Load Running Test on Orthotropic Deck with Variation of Running Position

大西 弘志*, 太田小夜子*

Hiroshi ONISHI and Sayoko OTA

*大阪大学 大学院工学研究科 地球総合工学専攻 (〒565-0871, 大阪府吹田市山田丘 2-1)

A committee to develop the standard specifications for steel and composite structures was established in January of 2005 in Japan Society of Civil Engineers. The specification consists of several parts and one of them is planning to be published in December of 2006. Vigorous activities have continued for that target. This paper presents the outline of the provisions on bridge decks in the specifications prepared by the subcommittee on performance-based design in the committee of bridge decks.

Key words: Bridge deck, Performance-based design method, Standard Specifications

1. はじめに

我が国において鋼床版に発生する疲労き裂に着目した研究が数多く実施されるようになって久しいが、その研究の多くはトラフリップを有する鋼床版に発生するデッキプレート貫通型き裂を対象としたものであった。これに対し、実際の橋梁ではトラフリップをデッキプレートに固定する溶接ビードにき裂を生じる溶接ビード部貫通型き裂(図1)がより多く発生していることが確認されている。しかしながら、デッキプレート貫通型き裂はその発生に際して目視による点検が困難であること、き裂が大きく成長してしまった際の補修の困難さなどから研究対象として着目され、より多くの研究がこの形態のき裂を対象として実施されてきた¹⁾。このような現状に対し、どのような条件によってデッキプレート貫通型き裂と溶接ビード部貫通型き裂の発生が制御されているのかを検討した²⁾ところ、輪荷重とトラフリップ溶接部の位置関係が大きく関与している可能性があることがわかっている。本稿ではこのことを基に、トラフリップの溶接ルート部を起点とする疲労亀裂の発生形態を制御し、溶接ビード部貫通型き裂を発生させることを目的とした輪荷重走行試験を行った。

2. 輪荷重走行試験の概要

2.1 試験体概要

輪荷重走行試験において使用した試験体を図2に示す。今回の試験体はトラフリップを4本、横リブを3本有しており、試験室に搬入可能な限り実橋に近い寸法で製作した。また、使用した試験体ではこれまでに溶接ビード部に亀裂を生じている実橋梁におけるトラフリップ・デッキプレート間のすみ肉溶接を参考に溶接の溶け込み量を20~40%程度に制御した。なお、Uリブの一部、U3リブ底面にハンドホールを設けており、Uリブ閉断面内にひずみゲージを貼り付けた後、カバープレートを溶接により取り付けた。

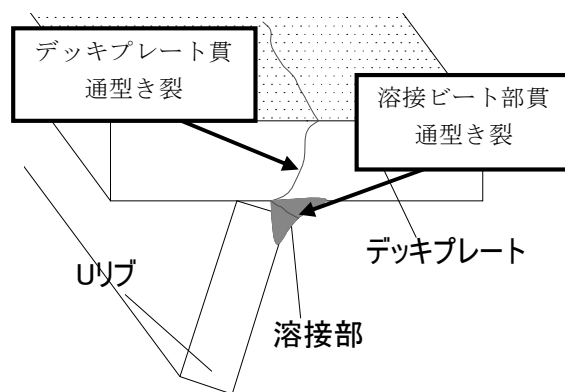


図1 Uリブ溶接部に発生するき裂

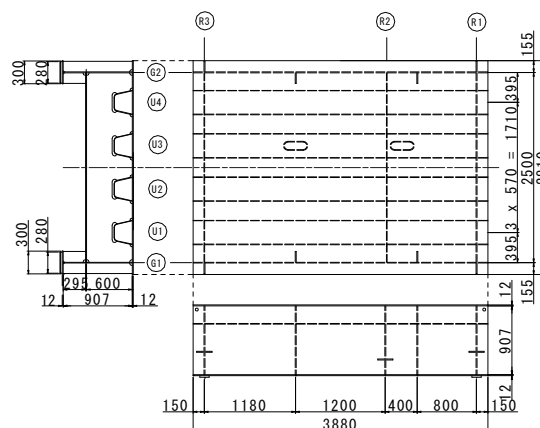


図2 輪荷重走行試験用試験体概要図

2.2 載荷試験の概要

今回の試験では輪荷重走行試験機による疲労試験を実施した。本研究では大阪大学が所有する輪荷重走行試験機を使用した。この試験機は橋軸方向に2000mmの範囲で荷重を載荷したまま毎分30往復程度の移動速度で往復運動する。この試験機により、道路橋床版上を走行する車両の移動輪荷重に近い荷重載荷状態を再現している。

輪荷重走行試験機の車輪には耐久性を確保するため

に鉄輪を使用しているため、試験体に載荷した場合、線荷重を載荷することになる。そこで試験体上面に図3に示す橋軸方向200mm、橋軸直角方向190mmの載荷ブロックを床版上面に多数並べ、その上を鉄輪が走行することで面荷重を再現できるようにしている。

今回の試験では軌道(図4)を図5に示す位置に設定した。図中の走行位置1はUリブ溶接部を挟む載荷位置で、既往の研究²⁾によりデッキプレート貫通型き裂の誘発に成功している位置である。他方の走行位置2は輪荷重がUリブ溶接部の直上を走行する載荷位置であり、既往の研究²⁾より溶接ビード部貫通型き裂が発生しやすい載荷位置と考えられているものである。今回の走行試験では溶接ビード部貫通型き裂を発生させるため、走行位置2に載荷を実施している。

今回の実験での載荷荷重はT荷重(98kN)を考慮し、147kNとした。これは走行位置2では走行位置1と比較して溶接部に対して緩やかな条件となるため、き裂の誘発を確実にするため設定した値である。試験体の支持条件は、試験体の主桁と端部の横リブが交差する4点で主桁下フランジと支持桁上フランジの間に丸鋼と固定用ボルトを用いて支点を構成し、単純支持となるように水平変位制御を行って固定している。

2.3 ひずみ計測位置

輪荷重走行試験において図6に示すように200mm間隔で11断面設定し、特にc断面(横リブとの交差部)、f断面(試験体の中心)、i断面(横リブ支間中央部)に対して静的載荷試験を実施した。この時の各部のひずみを計測するために、設定断面のうち5断面にひずみゲージを設置した。c断面(横リブとの交差部)、i断面(横リブ支間中央部)のひずみゲージの貼り付け位置を図7、図8に示す。ゲージ番号については、例えばc断面の1のゲージの場合、c1と断面位置の示した後にゲージ番号を付与する形とする。また、図9に示す位置では図7に示す同一の位置から10mm程度離れた位置に別のひずみゲージ(3軸)を貼り付け、輪荷重走行下における動的計測を実施した。

なお、ゲージ番号の後ろに記号を付与して示すことがあるが、xは橋軸方向、y、もしくは付与していない場合は橋軸直角方向、zが三軸ゲージ上の3方向目を示す。また溶接止端部に設置しているゲージは全て溶接止端部から5mmの位置にゲージの中心が位置するように設置している。

3. 試験結果

3.1 試験開始前の各部に発生したひずみ

輪荷重走行試験開始直前にc断面、i断面に輪荷重を静的に載荷したときのひずみ計測値を図10に示す。値は147kN載荷時の値である。c断面ではU2リブのデッキプレート側溶接止端部において大きな圧縮ひずみ

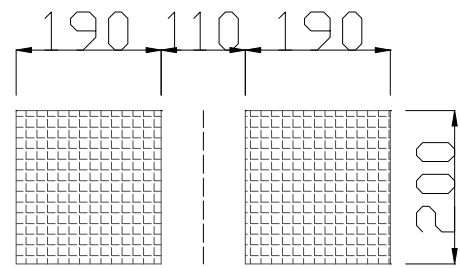


図3 載荷ブロックの載荷面積 (単位: mm)

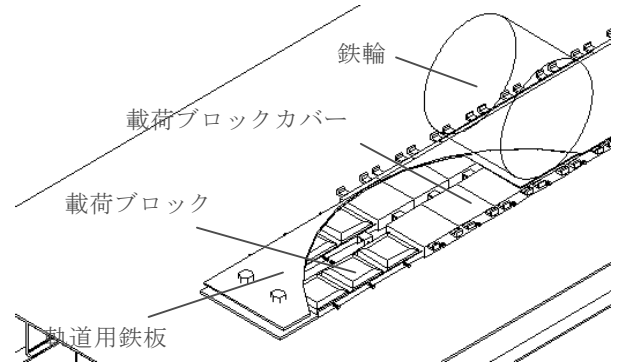


図4 輪荷重走行試験の軌道

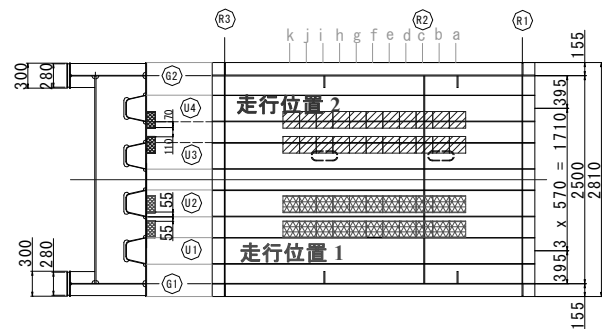


図5 走行位置図

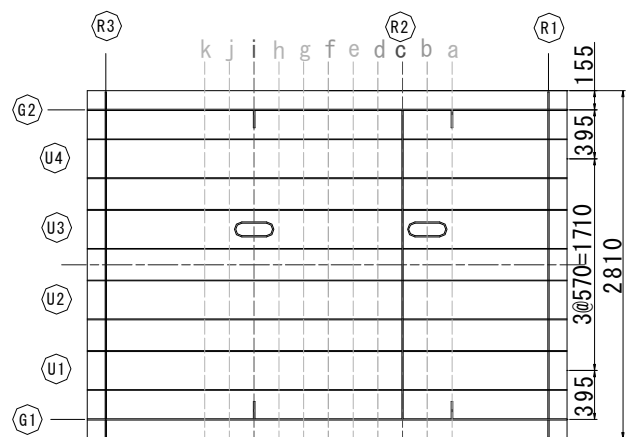


図6 設定断面

が、その上面では引張りひずみが生じており、載荷によりこの溶接部に強い曲げ負荷が生じている。

一方でi断面ではUリブ側の溶接止端部がデッキプレート側と比較して大きい値となっている。このことから今回の載荷状態ではトラフリブの溶接部をまたぐように載荷する載荷位置1のような載荷方法と比較してi断面のUリブに対して主桁作用が働いていると推

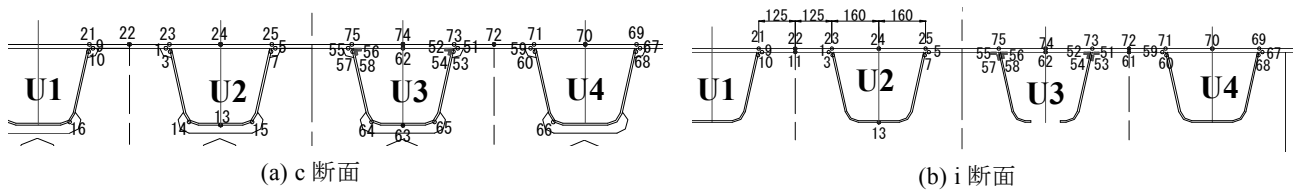


図7 ひずみゲージ貼り付け位置図(c断面, i断面)

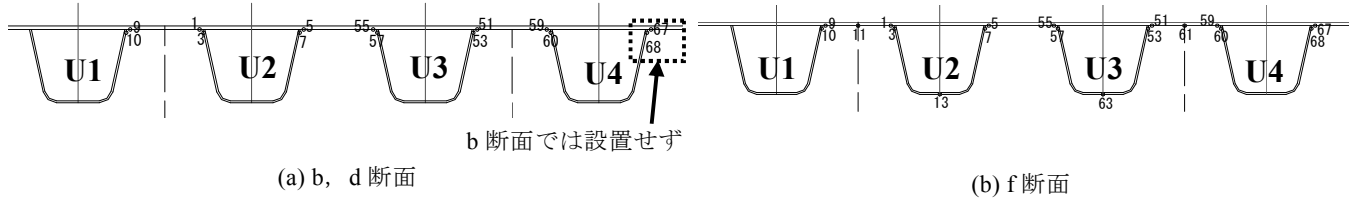


図8 ひずみゲージ貼り付け位置図(b, d, f断面)

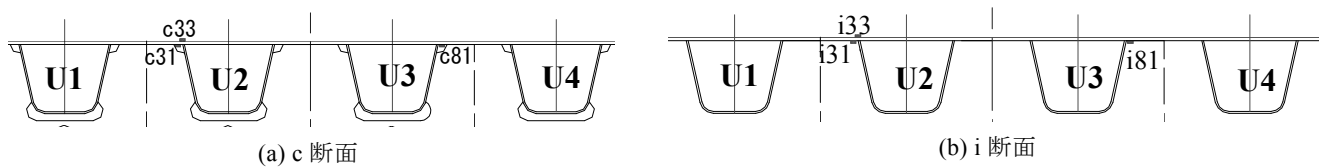


図9 動的計測用ひずみゲージ(3軸)貼り付け位置

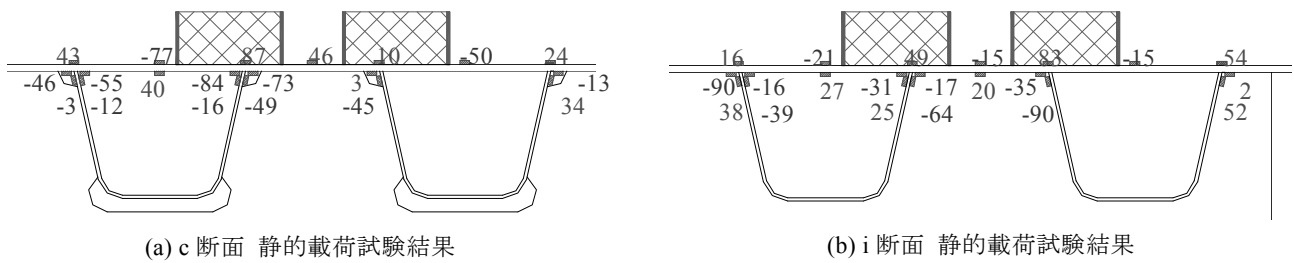


図10 試験開始前の静的载荷試験結果(橋軸直角方向ひずみ値)

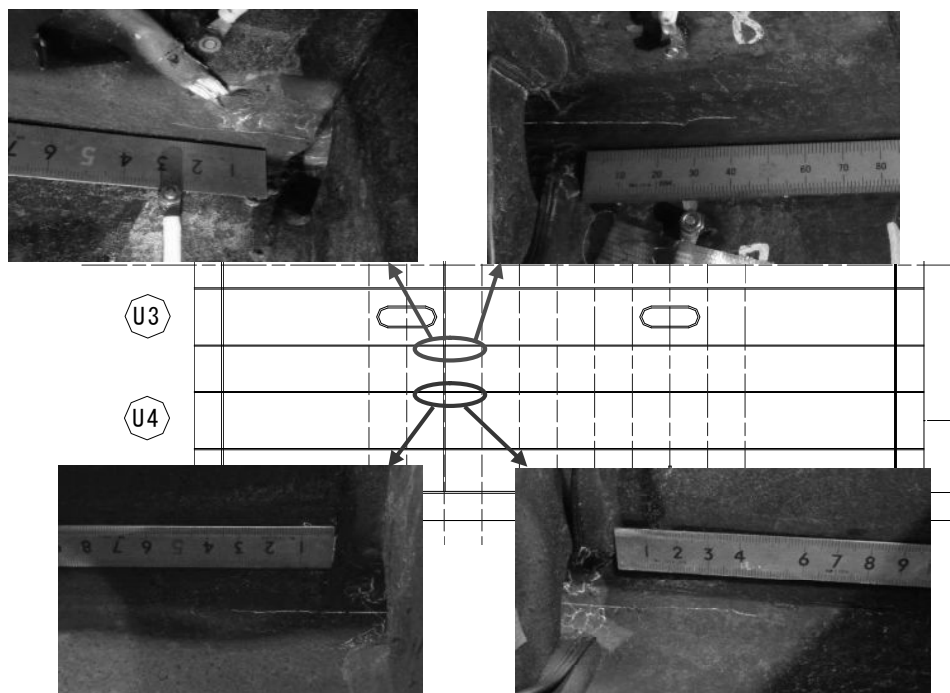


図11 横リブ交差部での溶接ビート部貫通型き裂確認位置(走行回数25万回)

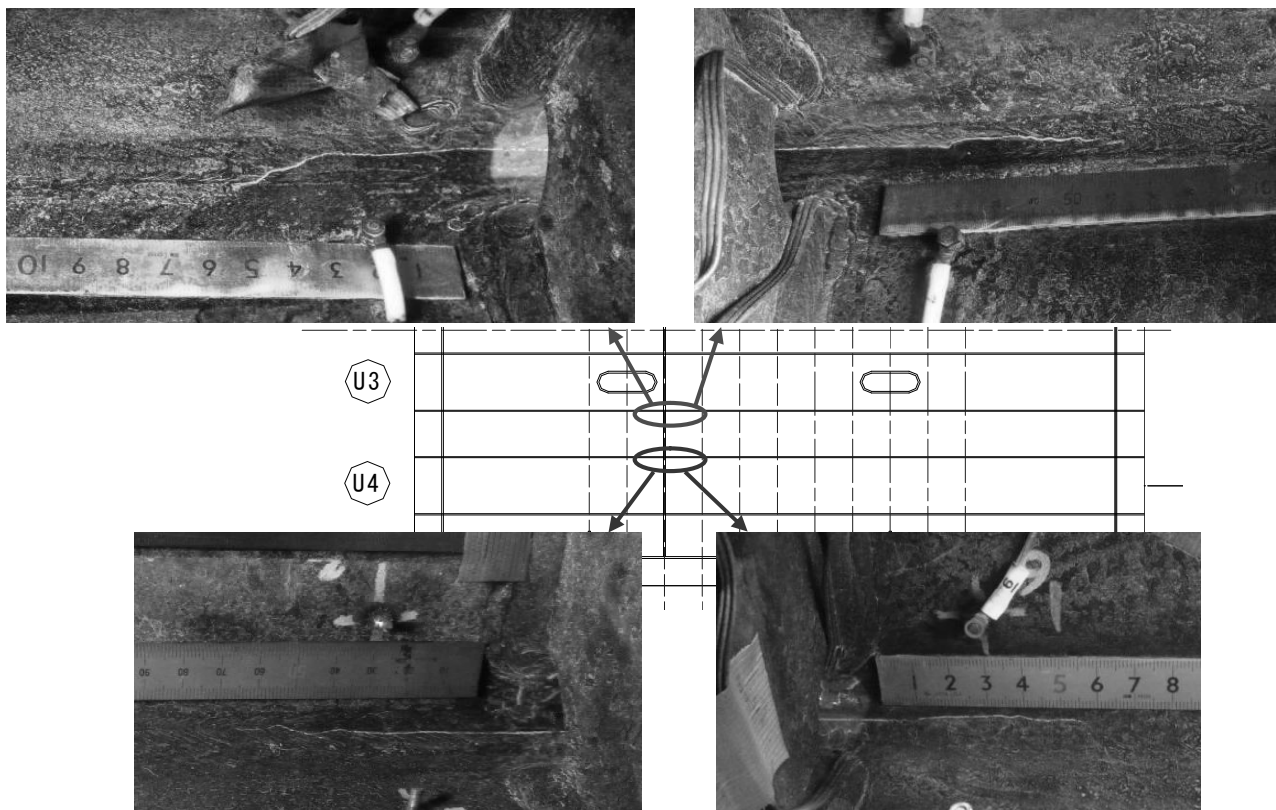


図 12 横リブ交差部での溶接ビート部貫通型き裂確認位置(走行回数 46 万回)

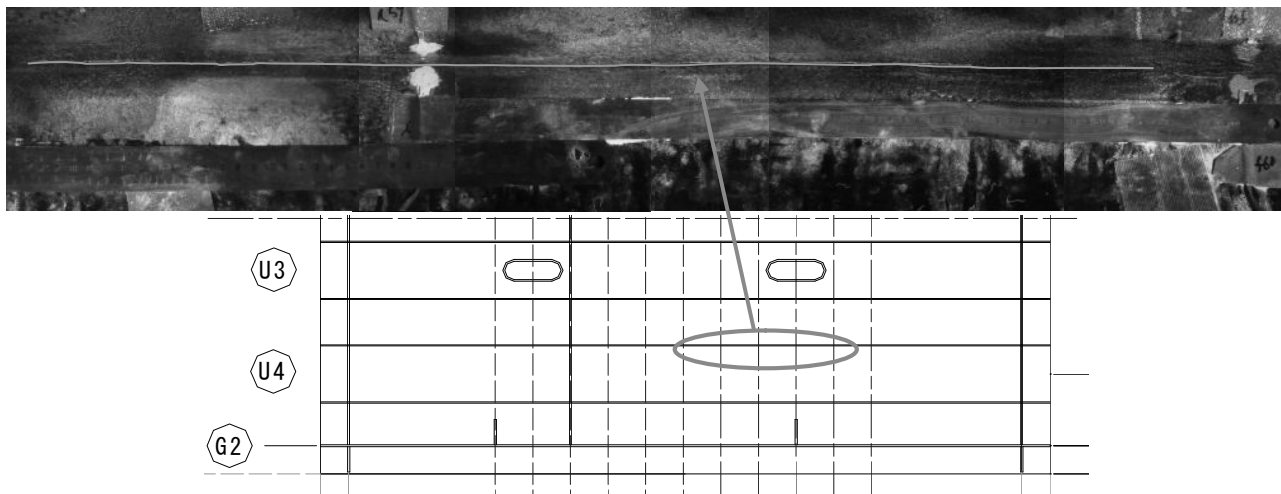


図 13 横リブ支間中央部での溶接ビート部貫通型き裂確認位置(走行回数 46 万回)

測される。

3. 2 疲労き裂発生位置

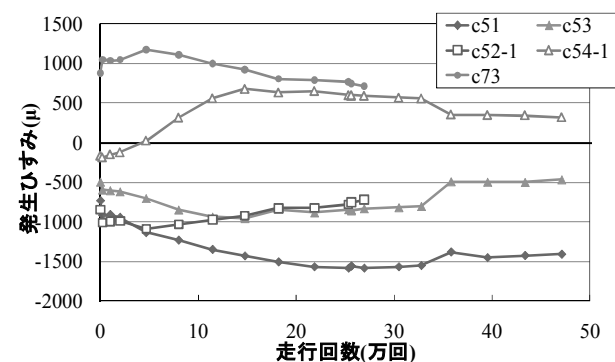
走行回数 25 万回で図 11 に示す溶接ビートのほぼ中央に疲労き裂が確認された。き裂長は U3 リブ側が 100mm, U4 側が 105mm であった。他の溶接部及びデッキプレート上面において疲労き裂は確認されていない。設計輪荷重に 20% 程度の衝撃を見込んだ荷重値である 117.6kN に等価換算した場合は 49 万回に相当し、溶接ビート部のき裂はデッキプレート貫通型き裂よりも比較的早期に発生しやすいと推測できる。さらに試験を継続したところ、き裂はさらに進展し、最終的には U3 リブ側が 151mm, U4 リブ側が 155mm となった。

この時のき裂の発生状況を図 12 に示す。

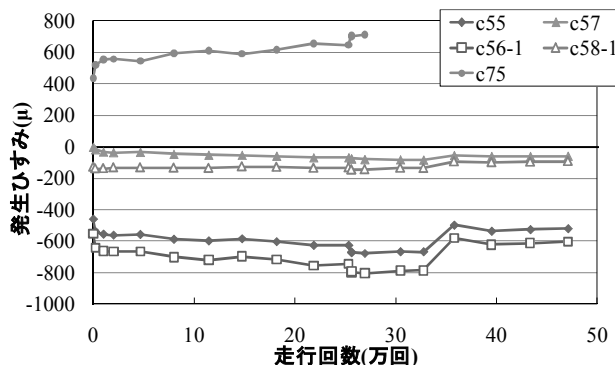
また、走行回数 46 万回で横リブ支間中央部の U4 リブ側溶接ビート部に全長 780mm のき裂が確認された。き裂の発生状況を図 13 に示す。この試験において横リブ交差部と横リブ支間中央部で発生している状況は実橋における溶接ビート部貫通型き裂の発生状況と同様の状態を示しており、実橋と同様の発生状況を実験室レベルでも再現できたと言える。

3. 3 き裂発生位置周辺のひずみ値の経時変化

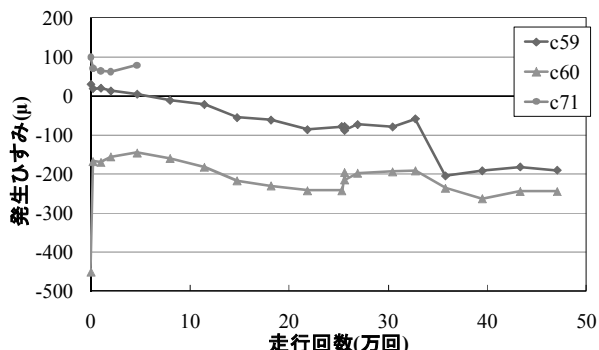
き裂発生箇所の c 断面直上に静的載荷試験を実施し、計測位置 c51, c52-1, c53, c54-1, c73 と c55, c57, c56-1, c58-1, c75 と c59, c60, c71 で計測されたひずみと走



(a) c51, c53, c52-1, c54-1, c73

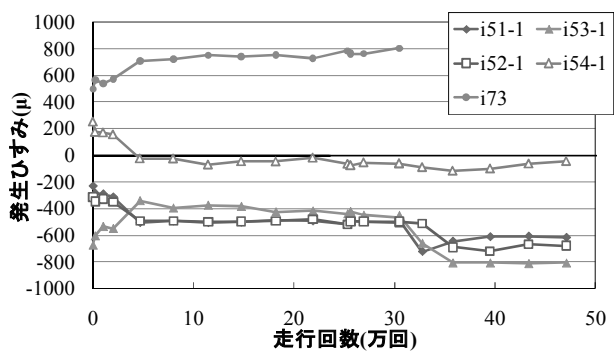


(b) c55, c57, c56-1, c58-1, c75

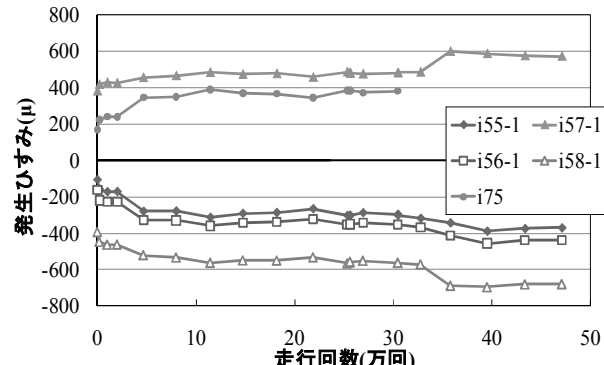


(c) c59, c60, c71

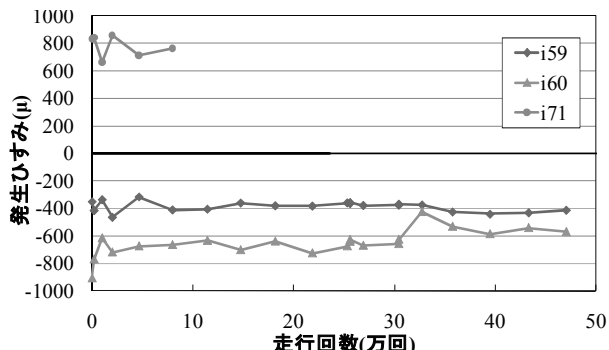
図 14 c断面における
橋軸直角方向ひずみの経時変化



(a) i51-1, i53-1, i52-1, i54-1, i73



(b) i55-1, i57-1, i56-1, i58-1, i75



(c) i59, i60, i71

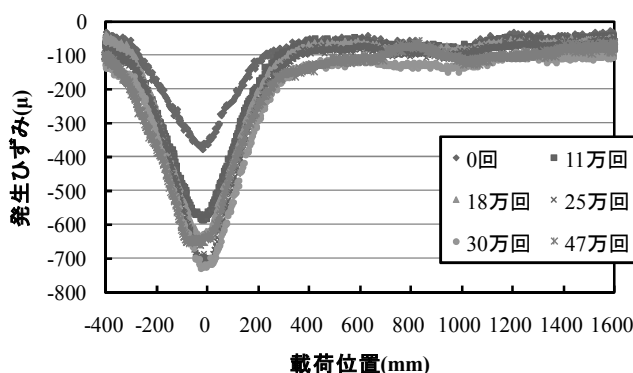
図 15 i断面における
橋軸直角方向ひずみの経時変化

行回数(载荷回数)の関係を図 14 に、i 断面直上に静的
载荷試験を実施した際に計測位置 i51-1, i52-1, i53-1,
i54-1, i73 と i55-1, i57-1, i56-1, i58-1, i75 と i59,
i60, i71 で計測されたひずみと走行回数(载荷回数)の関
係を図 15 に示す。なお、c 52-1, c71, c75, 及び i71,
i73, i75 のひずみゲージは試験中の摩耗により破損し
ため、記録できた値までを記載している。

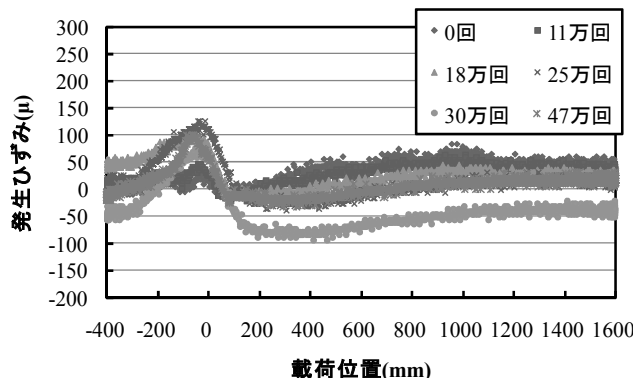
c51 と c52-1, c73 の値を見ると、c52-1 と c73 の値は
荷重走行 4 万回付近までは溶接部近傍のデッキプレート
で局所的な負曲げが増大から減少に転じていることを
示している。これらと異なり、c51 の値は 25 万回付
近まで圧縮方向に増加し、その後 32 万回付近で少し減
少している。また、c53 と c54-1 は反対側の c57, c58-1
の値と比較すると、U3 の U4 側溶接線が载荷位置に起
因する局所的な曲げの影響を受けていることを示唆し

ている。反対側の c59 や c60 ではひずみが圧縮側に増
加しているが、25 万回付近と 32~35 万回付近で変化が
見られる。ただし、32~35 万回付近のひずみ変化に関
しては疲労亀裂等との関連が明確になっていない。

i 断面では U3 とその周辺のデッキプレートのひずみ
値を見ると、i53-1, i54-1 は 4 万回までにひずみが減少
し、i54-1 はほぼ 0 付近の値になっている。それ以外の
測定位置では単調に増加する傾向を示し、32 万回付近
で変動があるものの、そこからひずみの減少に転じる
という変化を示した個所はない。他方、き裂が確認さ
れた位置の近傍にあたる i59, i60 では i60 が 32 万回付
近で変化が見られるが、c 断面ほどの顕著な変化が見
られない。また、走行回数 35 万回までに他の計測点で
見られた急激な変化も i59, i60 では確認できず、横リ
ブ支間中央部に発生する溶接ビート部貫通型き裂につ



(a) 橋軸直角方向



(b) 橋軸方向

図 16 c81 におけるひずみ影響線の変化

いてはひずみの経時変化によってき裂を検出できない可能性がある。

3.4 き裂発生位置周辺のひずみの影響線

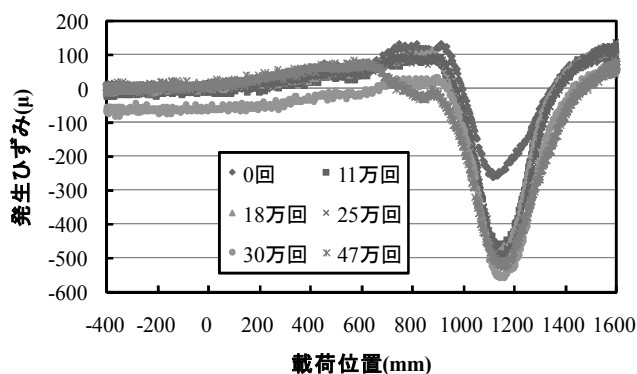
c81 の橋軸直角方向及び橋軸方向のひずみの影響線を計測した载荷回数別に示した図を図 16 に、i81 の各方向の影響線を図 17 に示す。c81 の橋軸直角方向のひずみは载荷回数を重ねるごとにひずみの最大値が増加していき、最終的には収束する傾向が確認できる。また、橋軸方向のひずみについても同様に 18 万回の時点で影響線に変化が確認できる。影響線の最大値と最小値の差をひずみ範囲とすると、18 万回以降、ひずみ範囲は増加し、最後は収束する傾向となっている。

i81 に関しては橋軸直角方向のひずみについては 11 万回に急激に変化して以降はほぼ収束している傾向が確認できる。一方で橋軸方向のひずみについては最初期と 47 万回で計測位置近くに輪荷重が位置する場合の値に変化が確認できるが、発生するひずみ範囲に限れば大きな変化は生じていないと判断できる。

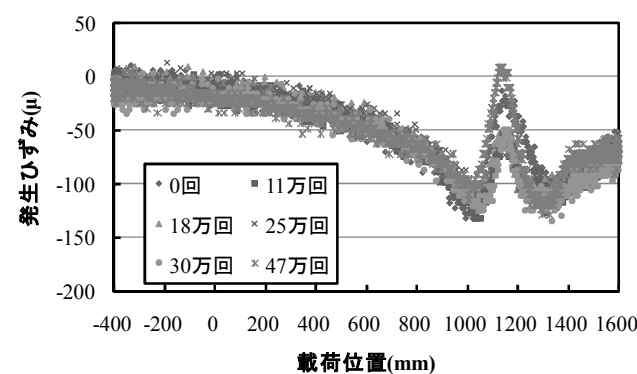
4. まとめ

今回取りまとめた輪荷重走行試験の結果により、次のことを見出すことができた。

- (1) トラフリブ・デッキプレート間のすみ肉溶接の溶け込み量を制御し、溶接部直上に輪荷重を走



(a) 橋軸直角方向



(b) 橋軸方向

図 17 i81 におけるひずみ影響線の変化

行させることにより、溶接ビード部貫通型き裂を再現することができる。

- (2) トラフリブやデッキプレートのひずみにはある程度の変化は認められるものの、横リブ支間中央部に発生する溶接ビード部貫通型き裂についてはひずみの経時変化によってき裂を検出できない可能性がある。

謝辞

本稿で報告した輪荷重走行試験を実施するにあたり、吉浪泰祐氏（現広島県）には多大なる尽力をいただいた。また、今回取りまとめた輪荷重走行試験結果は「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」（研究課題名：各種道路橋床版における疲労損傷の非破壊検査システムに関する研究開発，研究代表者：鎌田敏郎，2007 年度～2009 年度）において実施されたものである。ここに記して関係各位に感謝の意を表すものである。

参考文献

- 1) 例えば、貝沼重信，尾上聡史，三浦健一，井口進，川畑篤敬，内田大介：鋼床版のデッキプレートと U リブの溶接ルート部の疲労き裂に対する試験システムの構築，土木学会論文集 A Vol.64 No.2 pp297-302,2006.7
- 2) 服部雅史：U リブ鋼床版の疲労損傷に対する補強方法に関する研究，大阪大学修士論文，2008.