

鋼橋部材交差部に生じる局部応力の発生メカニズムと要因分析

館石和雄¹・竹之内博行²・三木千寿³

¹正会員 工博 東京工業大学助手 工学部土木工学科 (〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1)

²正会員 建設機械化研究所 研究第2部 (〒417 静岡県富士市大淵 3154)

³正会員 工博 東京工業大学教授 工学部土木工学科 (〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1)

鋼橋部材交差部に疲労損傷を生じさせる局部応力状態と橋梁部材の変位との関係を実測応力から推定する手法を示し、それを典型的な疲労損傷ディテールである鋼床版縦リブ・横リブ交差部、プレートガーダー対傾構取付部、トラス主構・横桁交差部に適用することにより、疲労損傷を引き起こす局部応力の発生メカニズムを明らかにした。

Key Words : local stress, influence line, displacement induced fatigue, out-of-plane deformation

1. はじめに

鋼橋に生じる疲労損傷はそのほとんどが橋梁部材の3次元の変形によって部材交差部などに生じるいわゆる変位誘起疲労損傷である^{1)~3)}。部材交差部では、多方向からの部材が一箇所に集中するためにその構造ディテールが複雑であり、またそれぞれの部材から伝達される荷重が集中することから、複数の部材の変位によって生じる応力が重なりあった非常に複雑な局部応力状態となる。このような変位誘起疲労損傷の防止、あるいは補修・補強方法を考える上では、ディテールに発生する局部応力の大きさ、向きなどを知るのみでは十分ではなく、その局部応力を発生させる部材の変位挙動、すなわちどの部材の、どのような変位によって局部応力が発生するかという局部応力発生メカニズムを明らかにすることが重要である。

部材交差部の局部応力については、近年、いくつかの橋梁において応力実測が行われており、局部応力の大きさや向きなどについては徐々に明らかとなってきている^{4)~6)}。それらを分析した研究によれば、実橋で生じている応力は通常行われる設計計算によって求められる応力とはかなり差があることが指摘されており^{7),8)}、疲労き裂の発生、進展を支配する局部応力や二次部材の変位挙動などを計算により求めることは非常に困難である。よって変位誘起疲労現象を考える上では、実橋で測定される応力に基づき、それを詳細に分析することにより、局部応力の発生メカニズムを明らかにすることが最も有効な方法であるといえる。

本研究では、実橋での測定データより局部応力の影響線を逆解析し、それに基づいて部材の変位挙動が局部応力発生性状に与える影響を推定する手法について検討した。影響線に基づいた検討を行うことにより、車両諸元などの外力条件の影響を取り除くことができる。また、影響線と橋上の交通荷重データと組み合わせることにより、その部位が受ける疲労損傷度を求めることができ^{9),10)}、さらに影響面を求めることができればより詳細な疲労照査ができることが示されている¹¹⁾ことなど、影響線は疲労損傷の原因や対策を考える上で非常に重要な情報となる。この手法をこれまでに疲労損傷が発生した代表的な構造ディテールに適用することにより、部材交差部での変位誘起疲労の原因となる局部応力の発生メカニズムについて考察した。

2. 実測応力の解析手法

(1) 影響線の計算

本研究では、軸重などの諸元が既知の試験車両を実橋上に走行させたときに得られるディテールでのひずみ波形を基にして、ディテールの局部応力と部材変位との関係の解明を行うものとした。まず、試験車の軸数、軸重、軸距などの影響を取り除くために、実測ひずみ波形から、単位荷重の移動によって生じるひずみ波形、すなわち影響線を求める。車両の走行速度が既知の場合、着目位置での影響線は時間の関数として表すことができ、これを $i_e(t)$ とする。試験車両の軸重を P_i 、各軸間の間隔 τ_i とする。ただし軸間隔は走行速度で除した、時間間隔とす

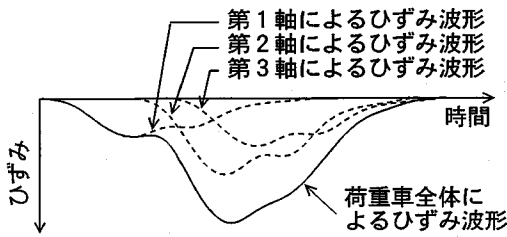


図-1 実測ひずみの構成

る。このとき着目位置での実測ひずみ $\epsilon(t)$ は、各車軸によって生じるひずみ波形の重ね合わせとして次式で表すことができる (図-1)。

$$\epsilon(t) = \sum_{i=1}^n P_i \cdot i_\epsilon(t - \tau_i) \quad (1)$$

$\epsilon(t)$ をフーリエ変換し、次式を得る。

$$\begin{aligned} E(f) &= \int_{-\infty}^{\infty} \epsilon(t) e^{-i2\pi f t} dt \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{i=1}^n P_i \cdot i_\epsilon(t - \tau_i) e^{-i2\pi f t} dt \\ &= \sum_{i=1}^n P_i \cdot e^{-i2\pi f \tau_i} \int_{-\infty}^{\infty} i_\epsilon(t) e^{-i2\pi f t} dt \\ &= \sum_{i=1}^n P_i \cdot e^{-i2\pi f \tau_i} I_\epsilon(f) \end{aligned} \quad (2)$$

ここに、

$$I_\epsilon(f) = \int_{-\infty}^{\infty} i_\epsilon(t) \cdot e^{-i2\pi f t} dt \quad (3)$$

よってひずみの影響線 $i_\epsilon(t)$ のフーリエ変換 $I_\epsilon(f)$ は次式により求まる。

$$I_\epsilon(f) = \frac{E(f)}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot e^{-i2\pi f \tau_i}} \quad (4)$$

$I_\epsilon(f)$ を逆フーリエ変換することにより、ひずみの影響線 $i_\epsilon(t)$ を求めることができる。

(2) ディテール変形挙動の推定

前節に示した手法により求められたひずみの影響線から応力影響線を求めた上で、以下のようにしてディテールの変形挙動を推定する。対象とするディテールに考え得るすべての変形モードを抽出し、それぞれの変形モードによって着目位置に発生する応力を解析的に求める。変形モード m によって着目点に生じる応力を S_m としたとき、着目点の局部応力の影響線は次式のように各変形モードによって生じる応力 S_m の線形和で表すことができるものと仮定する。

$$i_s(t) = \sum_m a_m(t) \cdot S_m \quad (5)$$

ここに、 $i_s(t)$ ：着目点での応力影響線、 $a_m(t)$ ：変形モード m の寄与率を表す係数である。すべての着目点に対して応力影響線 $i_s(t)$ を求め、それと S_m によって最

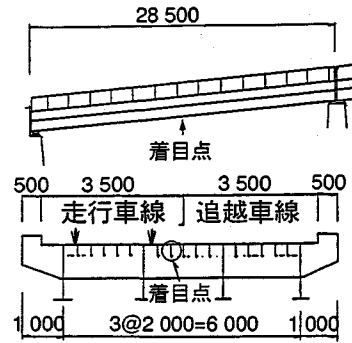


図-2-a A 橋

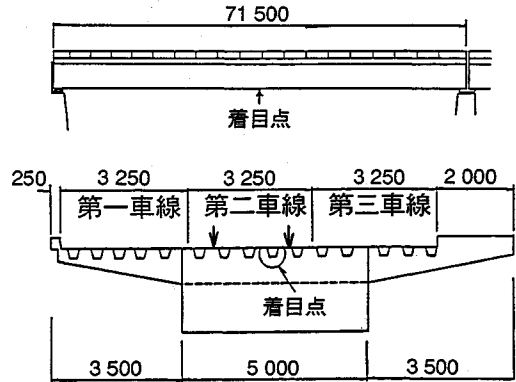


図-2-b B 橋

図-2 橋梁一般図

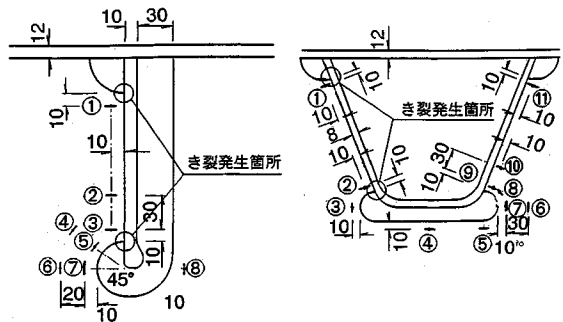


図-3-a A 橋

図-3-b B 橋

図-3 ゲージ貼付位置

小自乗法による回帰計算を行い、係数 $a_m(t)$ を決定する。各変形モードについて求められる $a_m(t) \cdot S_m$ の値が、その変形モードによって着目位置に生じている応力の大きさを表すので、それによって着目点の局部応力の発生に支配的な変形モードを推定することができる。

3. ケーススタディ

わが国の道路橋で疲労損傷が報告されている3種類の構造ディテールについて、ここで提案する方法を適用し、

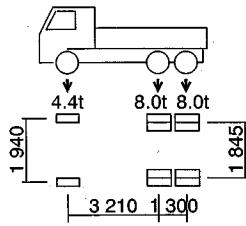


図-4 試験車の諸元

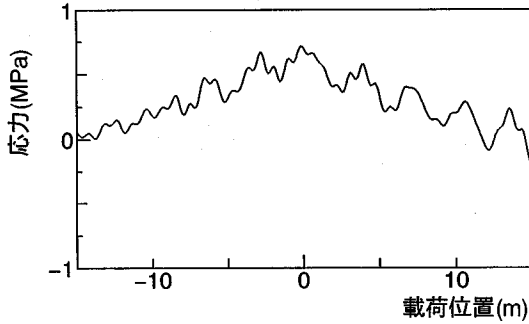


図-5-a 主桁

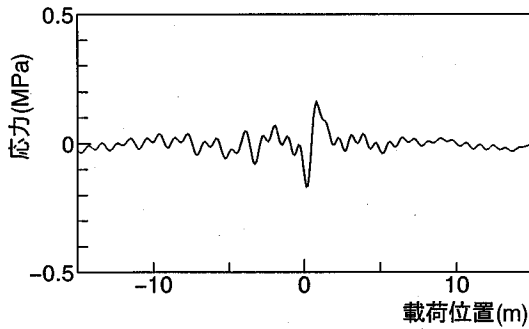


図-5-b 横リブ

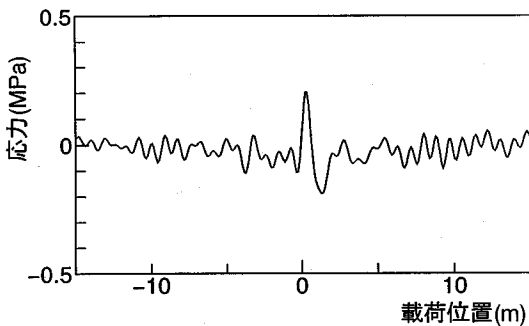


図-5-c 縦リブ

図-5 影響線解析例 (A橋)

疲労損傷に対応した変位誘起による局部応力の発生メカニズムおよび要因分析を行った。

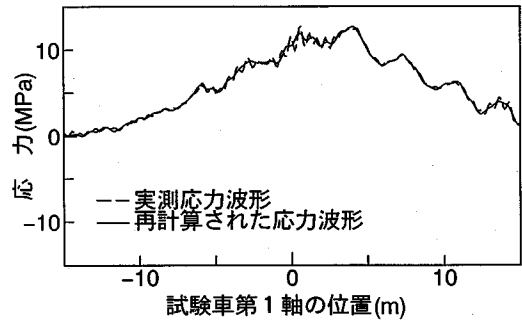


図-6-a 主桁

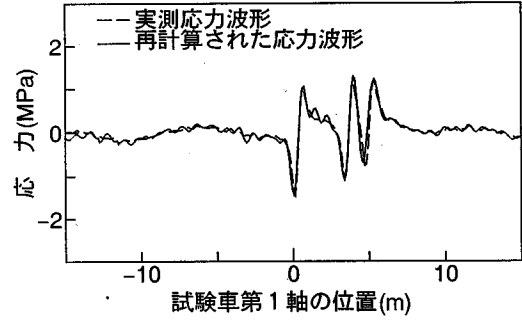


図-6-b 横リブ

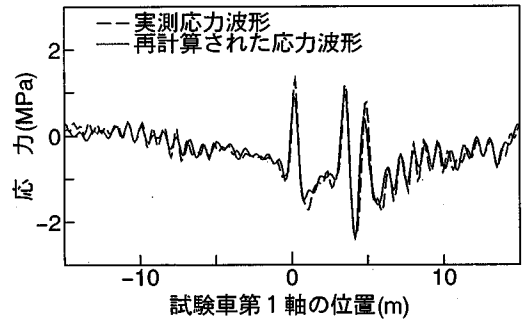


図-6-c 縦リブ

図-6 影響線から再現した試験車走行時の応力波形 (A橋)

(1) 鋼床版縦リブ・横リブ交差部の局部応力と変形挙動¹²⁾

a) 実橋での応力測定

応力の実測は東京都内の都道の2橋梁で行った。橋梁の一般図を図-2に示す。A橋はバルブプレートにより補剛された鋼床版橋、B橋はUリブにより補剛された鋼床版箱桁橋である。横リブウェブでの測定点を図-3に示す。測定点は過去に同種のディテールにおいてき裂が発生した箇所の周辺に配置した。測定はこの他に主桁下フランジ、縦リブで行っている。また測定はすべて単軸ゲージにより行った。橋梁上に図-4に示すような試験車を走行させ、それにより生じるひずみをサンプリング間隔0.001秒でA/D変換の後、フロッピーディスクに保存した。試験車の走行速度は一般車のそれを参考に、

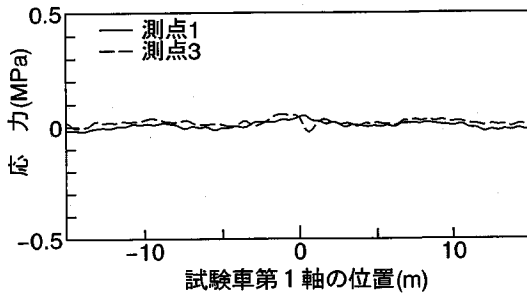


図-7-a A 桁

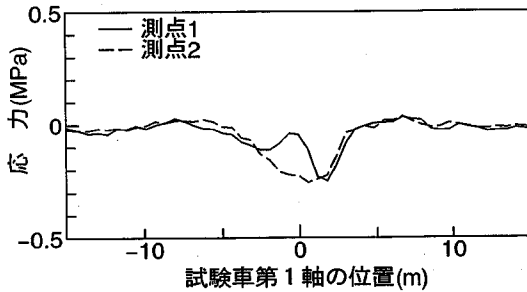


図-7-b B 橋

図-7 横リブウェブでの膜応力の影響線形状

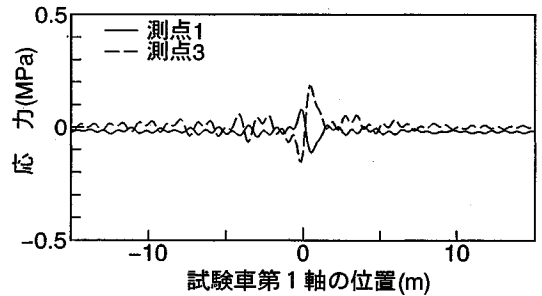


図-8-a A 橋

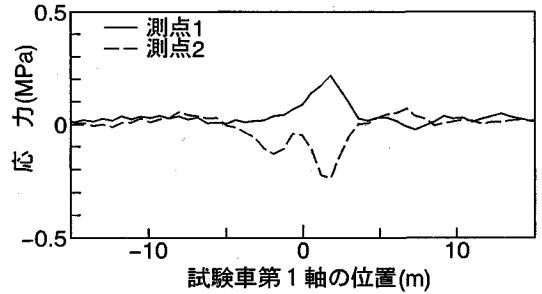


図-8-b B 橋

図-8 横リブウェブの面外曲げ応力の影響線形状

A 橋では 35 km/hr, B 橋では 44 km/hr とした。サンプリング間隔 0.001 秒間の試験車の走行距離は A 橋で 0.010 m, B 橋で 0.012 m であり、十分短いサンプリング間隔となっているといえる。レーン内の走行位置は厳密には測定していないが、それぞれ車線の中心を走るように注意した。車線の中央を走行したときとの載荷位置は図-2 中に示したとおりであり、B 橋では第二車線走行時に車輪が着目点のほぼ真上を通過する。

b) 影響線の解析

応力測定結果に基づき前章に示した手法によって影響線を求めた。計算に用いたフーリエ変換、逆変換は FFT のアルゴリズムによった。

求められた影響線の例を図-5 に、解析された影響線から試験車両走行時の応力波形を再現した結果と実測波形との比較を図-6 に示す。横軸は試験車第一軸の位置を示しており、0 は着目点の直上に試験車第一軸が載った状態を示す。ただし載荷位置はそれほど正確に測定していないため、0 の位置は若干の誤差を含んでいる可能性がある。

主桁の応力波形は支間全長にわたって増減しており、荷重の位置による局所的な応力変動は少ない。また影響線から計算された応力波形と実測応力波形はきわめてよく一致している。縦リブ、横リブでは荷重が直上に載ったときに応力が鋭いピークを持ち、支間全長としての応力増減はほとんどない。この場合にも影響線から計算さ

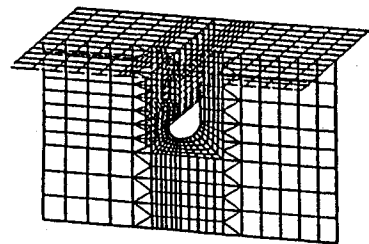


図-9-a A 橋

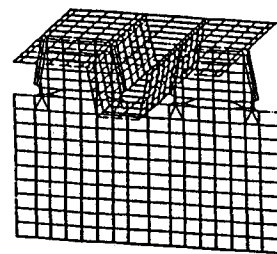


図-9-b B 橋

図-9 要素分割図

れた応力波形と実測応力波形はきわめてよく一致していることから、求められた影響線形状は妥当であるといえる。

図-7 は横リブウェブでの膜応力の影響線形状を、図-8 は面外曲げ応力の影響線形状を示したものである。載荷車線は A 橋については第一車線、B 橋については第二車線である。いずれの橋梁でも、設計上は考慮され

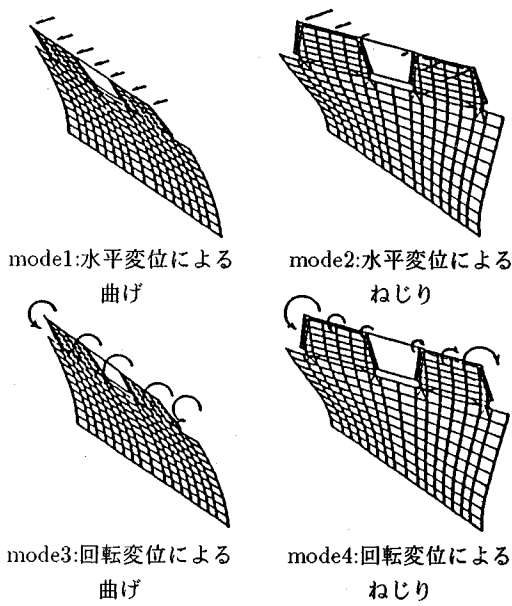


図-10 基本変形モード

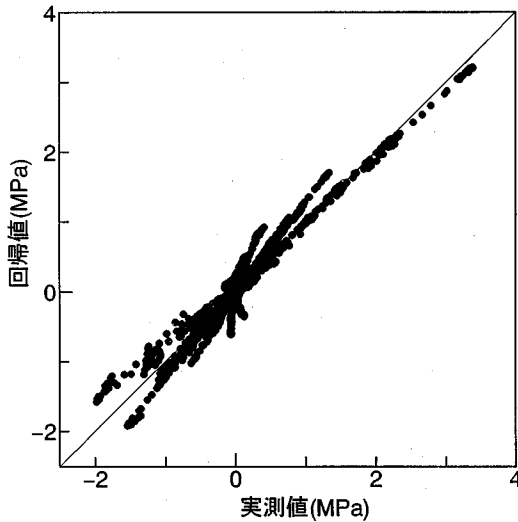


図-11 回帰値と実測値の比較

ない面外曲げ応力は膜応力と同等あるいはそれ以上に大きいことがわかる。

c) 変形モードの推定

式(5)における S_m を求めるための FEM 要素分割図を図-9に示す。境界条件としては、横リブウェーブ下端で全自由度を拘束し、他は自由縁とした。ここでは特に横リブウェーブの面外曲げ応力に着目し、それを引き起こす変形モードとして図-10に示す4つを想定した。なお、各変位は図中に示す方向を正としている。

A 橋については第一車線走行時に、また B 橋につい

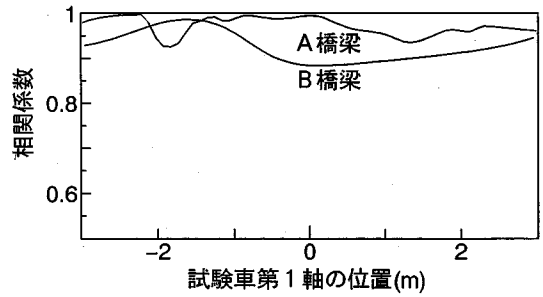


図-12 回帰値と実測値の相関係数

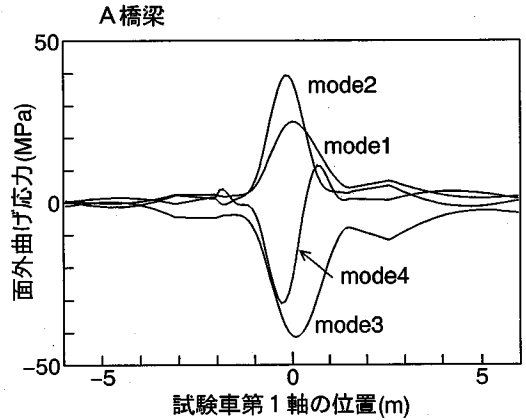


図-13-a A 桁(測点3)

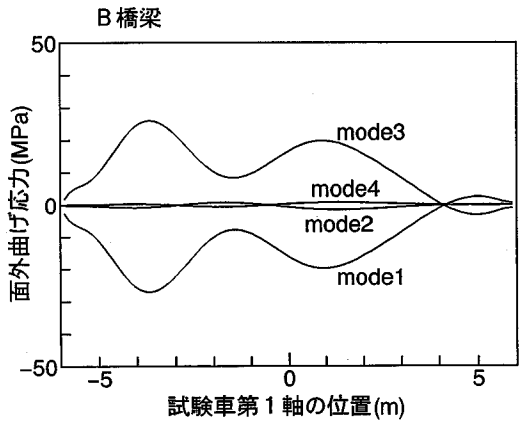
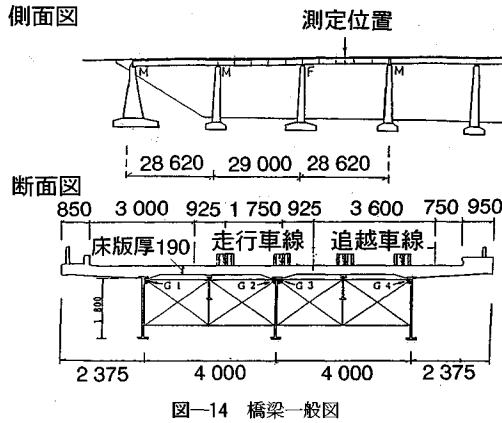


図-13-b B 橋(測点2)

図-13 各変形モードによって生じる応力成分

ては第二車線走行時に着目した。回帰値と実測値の比較を図-11に、载荷位置ごとの回帰値と実測値の相関係数を図-12に示す。A 橋については測定された全データを用いて回帰計算を行ったが、B 橋については横リブ上部のデッキプレートに近い測点(図-3-bの1,11)でのデータを含めて回帰計算を行うと結果が著しく悪くなるため計算から除外した。このようにデッキプレートの直下で他の箇所と異なる挙動を示すのは、B 橋では



車輪が着目点のほぼ真上を通過することから、板の不整の影響等が強く現れたためと思われる。この2点でのデータを除けば、載荷位置によらず比較的よい回帰結果となっているといえる。

図-13は疲労き裂の発生が予想されるA橋梁の測点3, B橋梁の測点2における応力の溶接線に直角な方向の成分を、各変形モードによって生じる応力ごとに分けて示したものである。A橋とB橋を比較した場合、A橋では横リブに鉛直軸回りの回転変形を与えるモード2,4による応力がB橋と比べて大きい。これは、A橋の縦リブがバルブプレートであり、鉛直軸回りの曲げ剛性が低いことによるものと考えられる。B橋ではモード1,3による応力が卓越しており、両者は符号が反対でほぼ同じ形状となっている。これはデッキプレートの水平方向変位の動きによって生じる回転変位を縦リブが拘束しているためと考えられる。

(2) プレートガーダー対傾構取付部の局部応力と変形挙動

a) 実橋での応力測定

応力測定を行った橋梁の一般図を図-14に示す。3径間連続の3主桁プレートガーダー橋であり、測定は側径間の支間中央部における走行車線側外桁の対傾構取付部で実施した。

ひずみゲージ貼付位置を図-15に示す。測定点は垂直補剛材の1点および対傾構取付のためのガセットプレート上の4点であり、いずれの測定点でも板の表裏同位置に3軸ゲージを貼付している。応力測定は、橋梁上に図-16に示すような試験車を速度84 km/hrで走行させ、その際に生じるひずみをサンプリング間隔0.01秒でA/D変換して行った。サンプリング間隔0.01秒間の試験車の走行距離は0.23 mであり、前節の例よりも長い。この位置での影響線形状はそれほど鋭いピークを有していないと考えられることから、十分短いサン

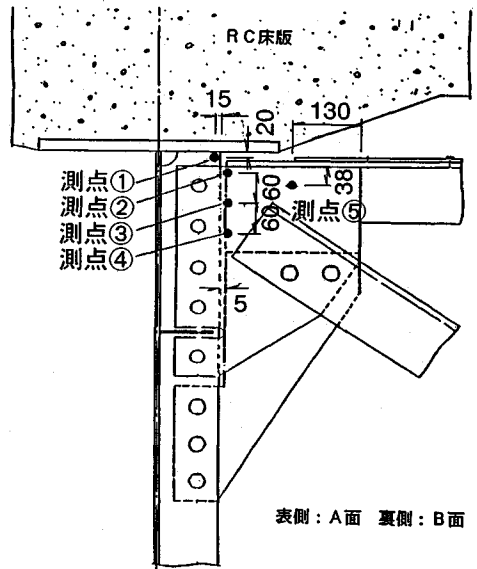


図-15 ゲージ貼付位置

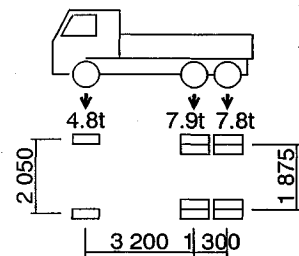


図-16 試験車の諸元

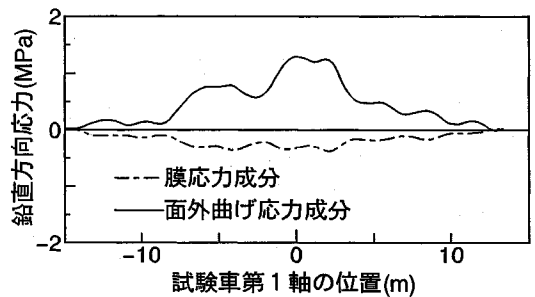


図-17 垂直補剛材の鉛直方向応力成分(測定1)

リング間隔であるといえる。測定は走行車線走行時、および追い越し車線走行時について実施したが、追い越し車線走行時にはいずれの測定点でもほとんど応力が発生していないことから以下の検討は省略した。

b) 影響線の解析

各測点での影響線を求め、それぞれの応力を膜応力成分と面外曲げ応力成分に分離した。なお、垂直補剛材の測点では鉛直方向応力が、ガセットプレート上の測点で

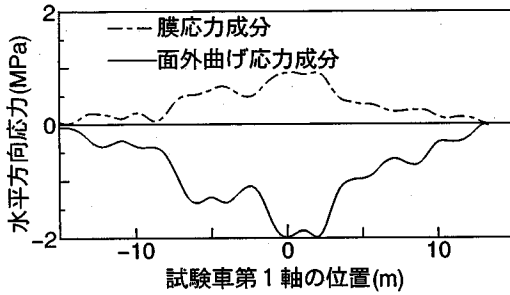


図-18 ガセットプレート上の測点のうち最も応力が大きかった測点2での膜応力成分および面外曲げ応力成分を示したものである。

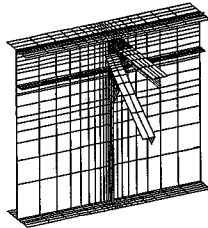


図-19 要素分割図

は水平方向応力が卓越していたことから、それぞれの卓越している応力に着目した。図-17は垂直補剛材上の測点1における膜応力成分および面外曲げ応力成分を、図-18はガセットプレート上の測点のうち最も応力が大きかった測点2での膜応力成分および面外曲げ応力成分を示したものである。いずれの測点でも膜応力に比較して面外曲げ応力が卓越していることがわかる。

c) 変形モードの推定

式(5)における S_m を求めるための FEM 要素分割図を図-19に示す。主桁、ガセットプレート、対傾構などはシェル要素でモデル化した。このディテールの局部応力を考える上では、板の重ね部における板どうしの偏心の影響が無視できないことが指摘されている¹⁷⁾ことから、それぞれのシェル要素は板の図心位置に配置し、接合部においては節点間を剛体要素で連結することにより板の偏心をモデル化した。

基本変形モードとして図-20に示す7つを想定した。mode 1, 2, 3は対傾構斜材の引張、曲げによる変形、mode 4, 5, 6は上支材の引張、曲げによる変形、mode 7は主桁上フランジの首振り変形を表現したものである。境界条件としては、mode 1~6では上フランジの節点をすべて拘束し、mode 7では下フランジの全節点を拘束している。主桁ウェブ境界は自由境界とした。これは主桁ウェブの変形によって垂直補剛材あるいはガセットプレートに生じる応力は小さいと考えたことによる。また各変位は図中に示す方向を正とした。

各基本変形モードによって生じる応力と実測応力から、式(5)の係数 $a_m(t)$ を回帰計算により求めた。

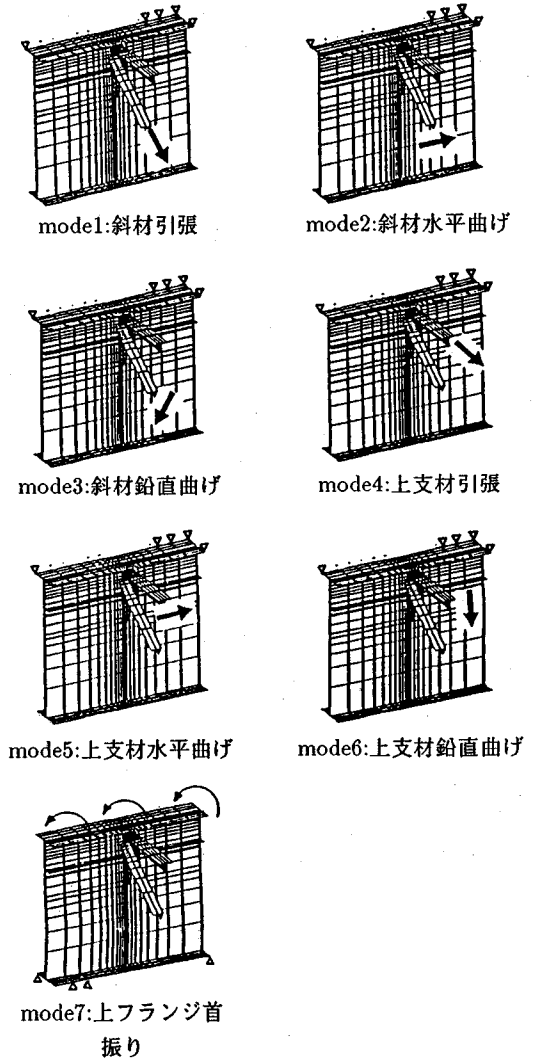


図-20 基本変形モード

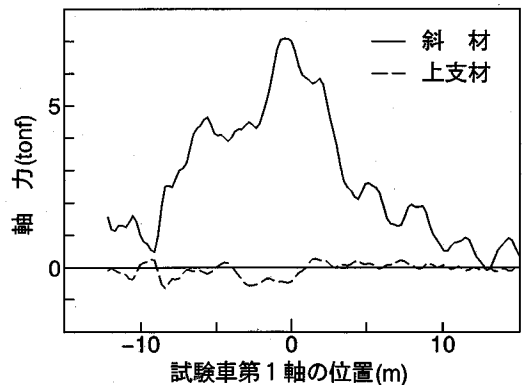


図-21 対傾構軸力の推定車

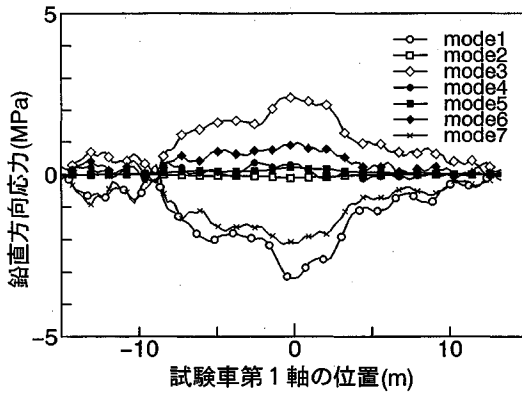


図-22-a 測点1

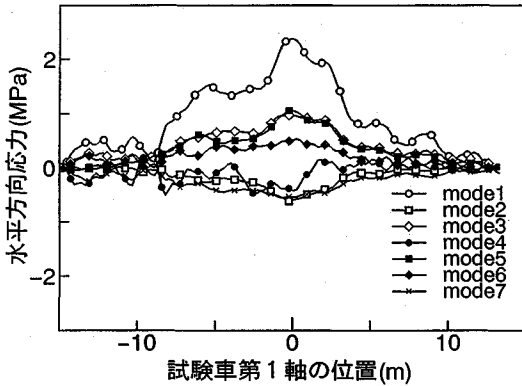


図-22-b 測点2

図-22 各変形モードによって生じる応力成分

回帰値と実測値の相関係数は測定位置を中心とする範囲でほぼ0.95程度であり、よい回帰結果となっていることを確認している。

図-21に、回帰計算により推定した変形モードにおける対傾構上支材および斜材の軸力を示す。上支材と比較して、斜材の軸力が非常に大きくなっていることから、対傾構取付部の二次応力の発生には、斜材からの荷重伝達の影響が大きいことがわかる。この傾向は実測結果と一致している¹⁸⁾。

図-22は測点1での鉛直方向応力、測点2での水平方向応力を、各変形モードによって生じる応力成分ごとに分けて示したものである。垂直補剛材の測点1ではmode7、すなわち上フランジの首振りによって生じる応力が大きくなっており、また発生している応力は圧縮である。これは、従来から指摘されている、床版の回転変形によって垂直補剛材と主桁の溶接部に発生する二次応力の発生メカニズム^{14)~16)}をよく表しているといえる。また、斜材の鉛直方向への曲げ、あるいは引張によって生じる応力も大きく、この部位の局部応力は床版の回転変形によるものと斜材からの荷重伝達によるものとが複

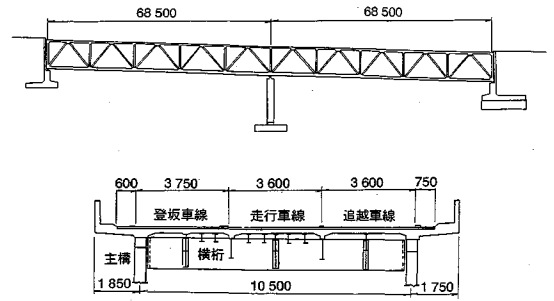


図-23 橋梁一般図

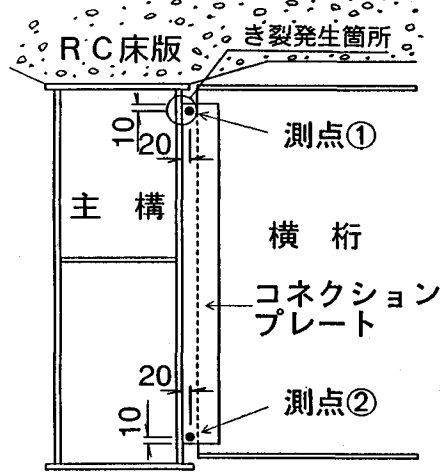


図-24 ゲージ貼付位置 (表側：A面, 裏側：B面)

合して生じているものと考えられる。ガセットプレートの測点2ではmode1、すなわち斜材の引張によって生じる応力が最も大きくなっており、これは斜材軸力がガセットプレートに伝達されることによって生じる応力と、斜材とガセットプレートとの板中心の偏心によって生じるガセットプレートの曲げ応力であると考えられる。

(3) トラス主構・横桁交差部の局部応力と変形挙動

a) 実橋での応力測定

応力測定を行った橋梁の一般図を図-23に示す。2径間連続上路トラス橋の支点到近い格点での主構・横桁交差部にて測定を行った。測点は図-24に示すように、横桁を取り付けるために主構に溶接されているコネクションプレート上の2点であり、いずれの測定点でも板の表裏同位置に3軸ゲージを貼付している。計測は走行車線に図-25に示す試験車を58 km/hrで走行させ、サンプリング間隔0.015秒で行った。1サンプリング間隔あたりの試験車走行距離は0.24 mである。

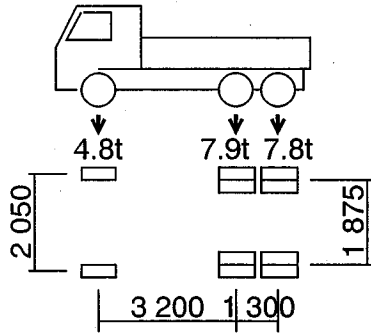


図-25 試験車の諸元

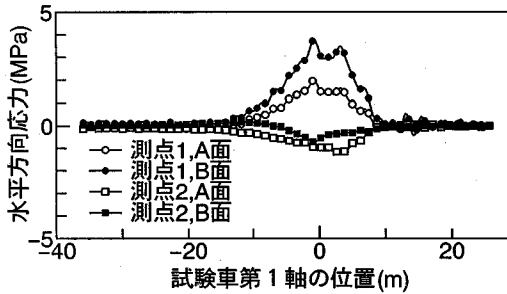


図-26 影響線解析結果

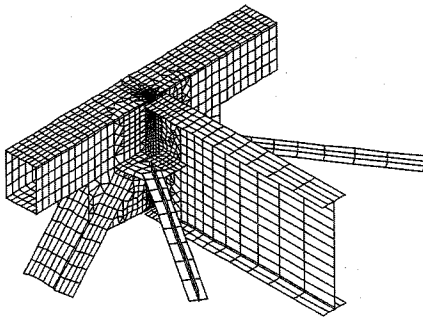


図-27 要素分割図

b) 影響線の解析

いずれの測点でも卓越していた水平方向応力成分について、解析により求めた影響線を図-26に示す。コネクションプレートの上部の応力が下部に比較して非常に大きくなっている。また各測点の両面での影響線形状が似ていることから、面外曲げ応力成分に比較して膜応力成分が支配的な局部応力状態となっていることがわかる。

c) 変形モードの推定

FEM要素分割図を図-27に示す。主構、横桁などはすべてシェル要素でモデル化し、板の重ね部における板どうしの偏心はシェル要素を板の図心位置に配置し、接合部において節点間を剛体要素で連結することにより

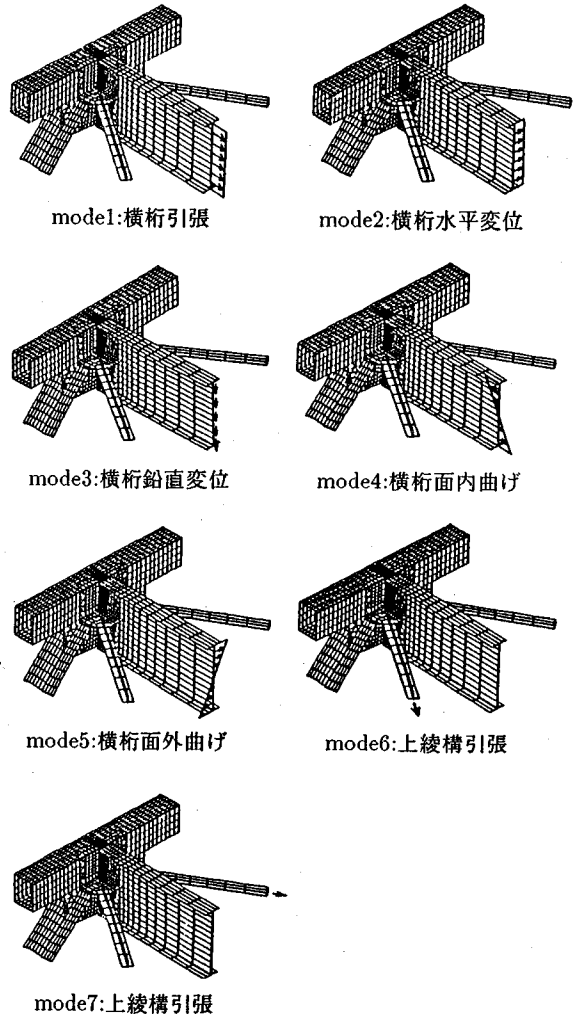


図-28 基本変形モード

モデル化した。

基本変形モードとして図-28の7つを想定した。mode1~5は横桁からの引張、曲げによる変形、mode6,7は上綾構の引張による変形を表現したものである。境界条件としては主構上フランジの節点をすべて拘束している。また各変位は図中に示す方向を正とした。

各基本変形モードによって生じる応力と実測応力から、式(5)の係数 $a_m(t)$ を回帰計算により求めた。実測値と回帰値の相関係数は測定位置を中心とする範囲ではほぼ0.98程度であった。

図-29は大きな応力が観測されたコネクションプレート上部の測点での応力を、各基本変形モードによって生じる応力成分に分けて示したものである。mode4すなわち横桁の面内曲げによって生じる引張応力成分が支配的であり、これは横桁の端部が主構に拘束されるこ

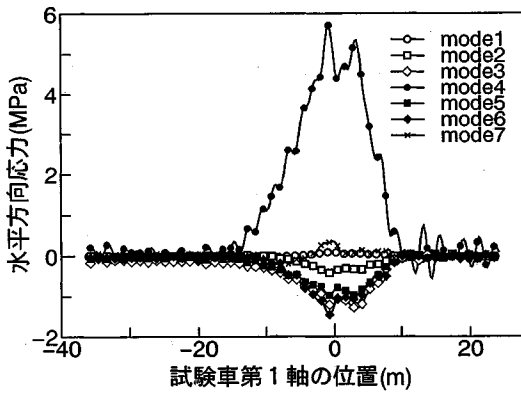


図-29-a 測点1, A面

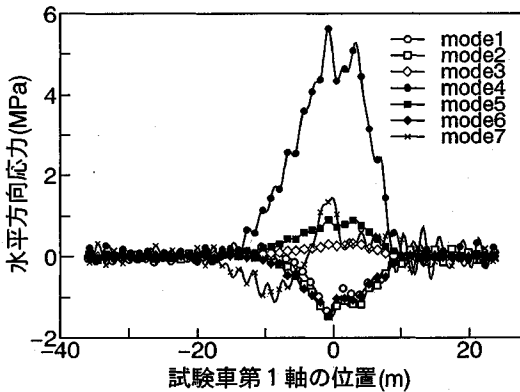


図-29-b 測点1, B面

図-29 各変形モードによって生じる応力成分

とにより、横桁に固定端モーメントが作用するためであると考えられる。

4. 結 論

本研究は鋼橋の疲労損傷原因調査を目的としてしばしば行われる応力測定結果の一つの解析手法として、軸重、軸距が既知である車両の通過時の応力波形から応力影響線を求めるための手法、および対象とするディテールに想定される変形モードによって生じる応力のFEM解析値と実測応力を比較することにより、ディテール周辺の部材の変形状態を推定する手法を示した。この手法をこれまでに疲労損傷が発生した典型的な構造ディテールに適用し、それぞれの局部応力状態とその発生メカニズムを明らかにした。得られた主な結論は以下の通りである。

1) 鋼床版縦リブ・横リブ交差部

- 鋼床版縦リブ・横リブ交差部の横リブウェブには膜応力と同程度以上の面外曲げ応力が生じている。

- バルブプレートの縦リブの場合、横リブとの交差部に生じる面外曲げ応力はデッキプレートの鉛直軸回りの回転によるものが比較的大きい。
- トラフ形縦リブの場合、縦リブ・横リブ交差部の面外曲げ応力はデッキプレートの水平変位と、それとともなって生じる回転変形を縦リブが拘束することにより生じている。

2) プレートガーダー対傾構取付部

- プレートガーダー対傾構取付部の垂直補剛材では、面外曲げ応力が占める割合が高く、床版の回転変形と対傾構斜材の軸力の影響が複合したものとなっている。
- プレートガーダー対傾構取付部のガセットプレートの応力は対傾構からの荷重伝達によるものが大きく、また板の偏心によって大きな面外曲げ応力成分が生じる。

3) トラス主構・横桁交差部

- トラス主構・横桁の交差部のコネクションプレートに発生する局部応力は膜応力成分が大きく、これは横桁の曲げを主構が拘束することによる固定端モーメントによって生じている。

謝辞：本研究を行うにあたり実橋データを提供して頂いた東京都の高木千太郎氏、日本道路公団関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) 三木千寿, 坂野昌弘, 館石和雄, 福岡良典：鋼橋の疲労損傷事例のデータベースの構築とその分析. 土木学会論文集, No. 392/I-9, 1988.
- 2) Fisher, J.F. : Deformation induced cracking in steel girder bridges and retrofit guidelines. *Technical report, Office of Research and Special Studies*, 1987.
- 3) Fisher, J. F., Fisher, T. A. and Kostem, C. N. : Displacement induced fatigue cracks, *Eng. Struct.*, Vol.1, 1979.
- 4) 建設省土木研究所：既存橋梁の耐久評価・向上技術に関する調査研究, 1986.
- 5) 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, 1988.
- 6) 日本道路公団東京第一管理局：床版改良工法検討報告書, 1989.
- 7) Miki, C., Toyofuku, T., Yoshimura, Y. and Murakoshi, J. : Stress Reduction for Fatigue Assessment of Highway Bridges, *Struct. Eng./Earthquake Eng.*, Vol.4, No.2, 1987.
- 8) 藤原稔, 村越潤, 鹿島久義：鋼プレートガーダー橋における応力測定結果に関する報告：構造工学論文集, Vol.37 A, 1991.
- 9) Miki, C., Goto, Y., Yoshida, H. and Mori, T. : Computer simulation on the fatigue load and fatigue design of highway bridges, *Proc. of JSCE*, No.356/I-3, 1985.

- 10) 三木千寿, 館石和雄, 杉本一郎: 道路橋の疲労照査のための活荷重に関する一考察. 土木学会論文集, No. 432, 1991.
- 11) 長谷川和正, 近藤明雄, 山田健太郎, 石崎浩: 箱桁橋鋼床版の疲労照査. 構造工学論文集, Vol. 35 A, 1989.
- 12) 三木千寿, 館石和雄, 高木千太郎: 鋼床版縦リブ・横リブ交差部の応力実測とその分析. 構造工学論文集, Vol. 37 A, 1991.
- 13) 中井博, 黒山泰弘, 柴羽憲作, 丹生光則, 明橋克良: 疲労に着目したプレートガーダー橋二次部材取合部の応力測定結果について. 構造工学論文集, Vol. 35 A, 1989.
- 14) Kato, S., Yoshikawa, O., Terada, H. and Matsumoto, Y.: Studies on fatigue damages based on strain measurements of a highway bridge, *Struct. Eng./Earthquake Eng.*, Vol.2, No.2, 1985.
- 15) Okura, I. and Yubisui, M and Hirano, H. and Fukumoto, Y.: Local Stress at Cross Beam Connections of Plate Girder Bridges, *Proc. of JSCE*, No.392/I-9, 1988.
- 16) Okura, I., Takigawa, H. and Fukumoto, Y.: Structural Parameters Governing Fatigue Crackings in Highway Bridges, *Proc. of JSCE*, No.410/I-12, 1989.
- 17) 増田陳紀, 赤井紀文, 中本啓介: 主桁・対傾構取合部の局部応力解析のためのモデル化に関する研究. 構造工学における数値解析法, Vol. 16, 1993.
- 18) 竹之内博行, 谷倉泉, 高倉敏, 三木千寿: 実交通荷重による鋼板桁橋の応力変形挙動. 構造工学論文集, Vol. 33 A, 1987.

(1994. 3. 29 受付)

MECHANISM FOR DEVELOPING LOCAL STRESS AT THE CONNECTION DETAILS IN STEEL BRIDGE STRUCTURES

Kazuo TATEISHI, Hiroyuki TAKENOUCI and Chitoshi MIKI

A method to find the relationship between local stresses caused fatigue damage at the connection details in steel bridge structures and displacements of bridge members were proposed. By applying this method to three typical damaged crossing details, the arising mechanism of local stresses were investigated.