

既設鋼床版の疲労耐久性向上技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 16～平 20

担当チーム：橋梁構造研究グループ

研究担当者：村越潤、梁取直樹、宇井崇

【要旨】

本研究では、既設鋼床版における主要なき裂に対して、その損傷原因の解明と疲労性状改善効果が期待できる補修・補強工法を検討した。対象とした疲労損傷部位は、デッキプレートとUリブ間の溶接部、主桁ウェブ垂直補剛材上端の溶接部、縦リブと横リブの交差部及びUリブ突合せ溶接部である。補修・補強工法としては、舗装構造の改良や鋼断面補強を対象とし、各工法について、解析、実験により各損傷部位周辺の応力軽減・疲労耐久性の改善効果、他の溶接部への影響、補強構造としての疲労耐久性、施工性等の検討を行った。また、工法を適用する際の設計・施工に関する技術資料をとりまとめた。

キーワード：鋼床版、疲労き裂、補修・補強、鋼断面補強、SFRC 舗装

1. はじめに

鋼床版は軽量であり、かつ現場工期を短縮できるため、都市内高架橋や長大橋に広く用いられているが、鋼板を溶接で集成した構造であり、活荷重を直接支持することから、疲労の影響を受けやすい構造である。近年、大型車の通行量の多い路線において輪荷重直下の溶接各部に疲労損傷が報告されている。図-1 に主要な4部位の疲労き裂を示す。このうちデッキプレートとUリブの溶接部に生じるき裂には、ルート部に発生し、デッキプレートに進展するき裂（以下、デッキ進展き裂）及び溶接ビード方向に進展するき裂（以下ビード進展き裂）の2種類がある。デッキ進展き裂は、従来報告されていないき裂であり、進展時には目視での発見が困難である上、デッキプレートを貫通すると舗装に損傷を与えて通行車両

に影響を及ぼす恐れがあることから、維持管理上早急に対処すべきき裂である。

本研究は、デッキ進展き裂を中心とした各種疲労き裂を対象として、発生メカニズムの解明と、各種の補修・補強工法の応力軽減効果や疲労耐久性の改善効果、他の溶接部への影響、補強構造としての疲労耐久性、施工性等の確認を目的として、解析及び実験による検討を行ったものである。また、検討により得られた技術的知見を踏まえ、工法を適用する際に参考にできるよう、設計・施工マニュアルの形式でとりまとめている。

なお、本研究では、民間各社との共同研究「鋼床版橋梁の疲労耐久性向上に関する共同研究(その1～6)」を平成17年度(一部、16年度末)から平成20年度まで実施した。

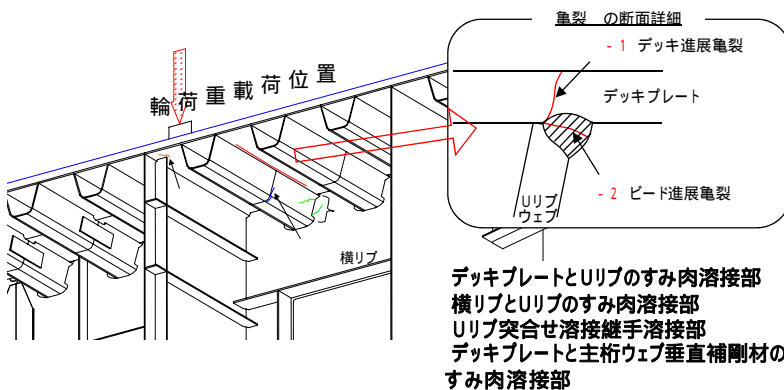


図-1 検討の対象とした鋼床版疲労き裂

2. デッキプレートとUリブ間の溶接部における疲労損傷の発生原因に関する検討

デッキプレートとUリブ間の溶接部に発生する疲労き裂に関して、これまでの調査結果によれば、輪荷重（ダブルタイヤ）載荷時のデッキプレートとUリブ間の局部変形が主要因と推測される。また、き裂の発生要因としては、荷重条件、舗装の状態、構造詳細、溶接状態など各種要因が考えられるが、各要因の影響度合いは必ずしも明確でない。

輪荷重載荷時の鋼床版の挙動やき裂発

生の構造的な要因を把握するために、FEM解析と実大試験体による輪荷重走行試験を実施した。

2.1 FEM解析による検討¹⁾²⁾

図-2に示す実大試験体を対象とした3次元FEM解析により、輪荷重載荷位置、構造諸元、溶接の溶込み量がルート部の局部応力に与える影響等について検討を行った。なお、本解析では舗装はモデル化しておらず、舗装による合成効果や荷重分散効果については考慮していない。以下に解析結果の概要を示す。

(1) 輪荷重載荷位置の影響

輪荷重載荷位置を幅員方向に移動させながら解析を行った結果、Uリブウェブをダブルタイヤが跨ぐ載荷（以下、挟み込み載荷）においてルート部に発生する橋軸直角方向の応力が最も高くなることが確認された。図-3に、1/2支間で挟み込み載荷をした場合の溶接ルート部

の主応力を示す。同図(a)の主応力ベクトルは、図-2に示す着目6要素のベクトルを示している。デッキプレートの変形からわかるように、Uリブウェブを挟んで局部的な板曲げ状態となり、ルート部には橋軸直角方向の高い圧縮応力が生じている。溶接部には高い引張残留応力が生じていると想定されることから、挟み込み載荷がデッキ進展き裂を最も発生させやすい載荷条件と考えられ、これは実橋におけるき裂の発生傾向²⁾とも概ね対応している。

(2) Uリブ厚、デッキプレート厚、溶接溶込み量の影響

Uリブ厚とデッキ厚を変化させて解析を行い、挟み込み載荷時にルート部（デッキプレート側の3要素）に生じる主応力を比較した。図-4に示すように、Uリブ厚の影響に関しては、Uリブ厚6mmの場合に対し8mmでは最大6%程度高いが、それほど大きな違いではない。

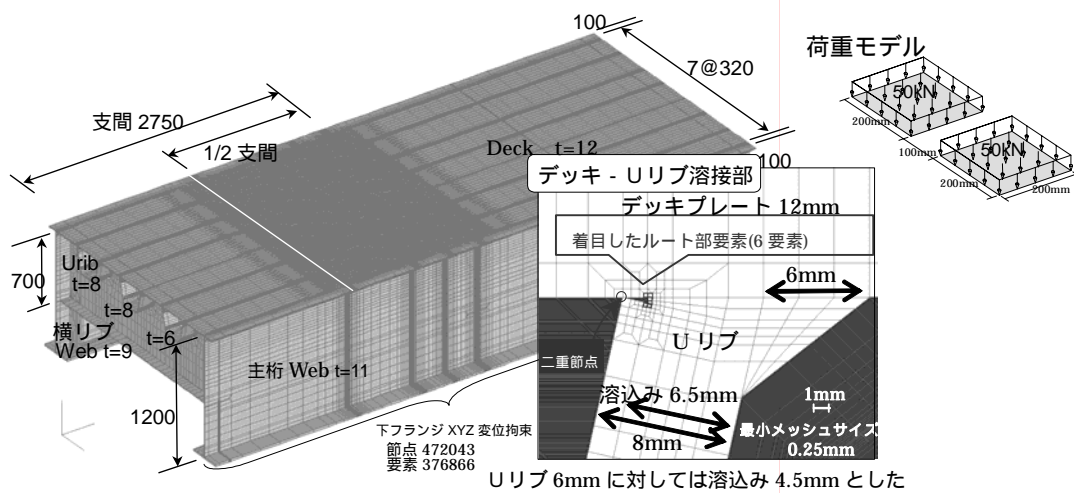
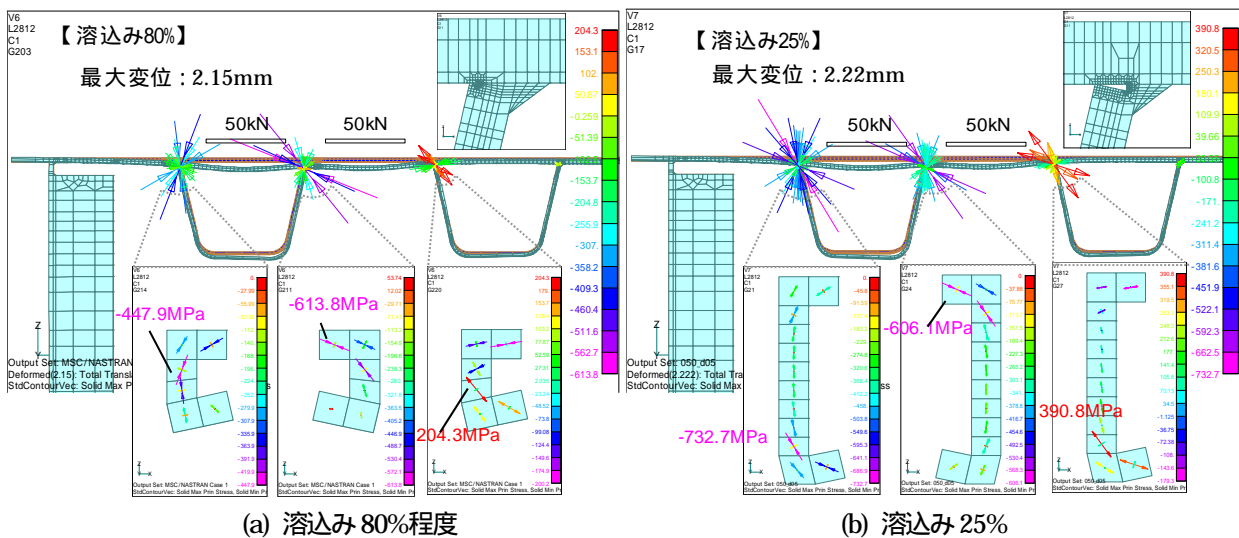


図-2 実大試験体を対象とした3次元FEM解析モデル



(a) 溶込み80%程度

(b) 溶込み25%

図-3 デッキ-Uリブ溶接ルート部要素の主応力

デッキ厚の影響に関しては、主応力はデッキ厚12mmの場合に対し14mmでは70%程度、16mmでは50%程度であり、局部変形を抑えることによる応力低減効果が見られる。

また、図-3(b)に示すように溶接溶け込み量を変化させた解析を行った。その結果、ダブルタイヤに挟まれた溶接部(部)ではデッキ側の3要素の主応力は同程度でありデッキ進展き裂に対する影響は見られないが、右端の溶接部(部)ではビード側の3要素の主応力が2倍程度になっていることから、溶込み量が小さいほどビード進展き裂の発生する可能性が高くなるものと推測される。

(3) 横リブ間隔の影響

供試体の解析モデル(横リブ間隔2.75m)に対して、ダブルタイヤのタンデム载荷(軸間距離1.3m)した場合について、横リブ間隔のみを2.5m, 3.5mに変えた場合の局部応力の影響線を比較することにより、横リブ間隔の影響を確認した。図-5に、1/2支間断面のルート部の主応力(着目6要素のうちデッキ側3要素)の影響線を示す。载荷位置xはタンデム軸の中心位置と1/2支間との距離としている。両者ともに荷重直下では同程度の圧縮応力が生じており、図-3と同様に板曲げ変形の影響が支配的である。また、横リブ間隔が大きい方が直上载荷でない場合の引張応力が若干大きくなるが、応力の変動幅にはほとんど差が見られない。

2.2 輪荷重走行試験による疲労き裂の再現と疲労強度³⁾

デッキ進展き裂を実験的に再現することを目的に、図-6の鋼床版実大試験体に対して、ダブルタイヤ挟み込み载荷ケースでの輪荷重走行試験を実施した(写真-1)。その結果、溶接ルート部からデッキの板厚方向へ進展する疲労き裂の発生を再現することができた。また、他の機関で実施されたものも含めて、輪荷重走行試験の結果と実橋での損傷事例の対応関係を把握することを試みた。

(1) 疲労き裂の発生状況

表-1に示す荷重と繰り返し回数で試験を行った。Uリブ厚8mm側では96万回载荷時に、図-6に示すき裂1の箇所から、超音波探傷(以下、UT)による調査によりルートき裂と推定

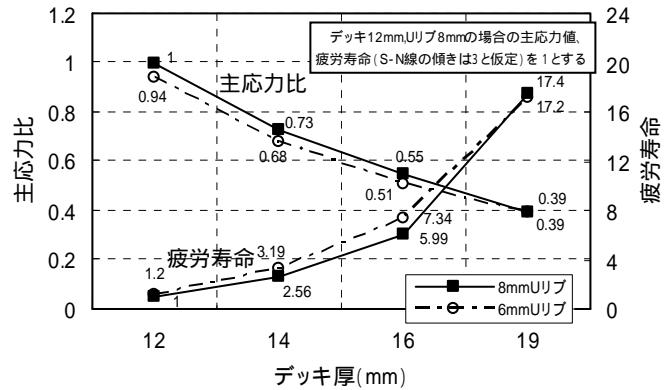


図-4 ルート部主応力とデッキ厚、Uリブ厚の関係

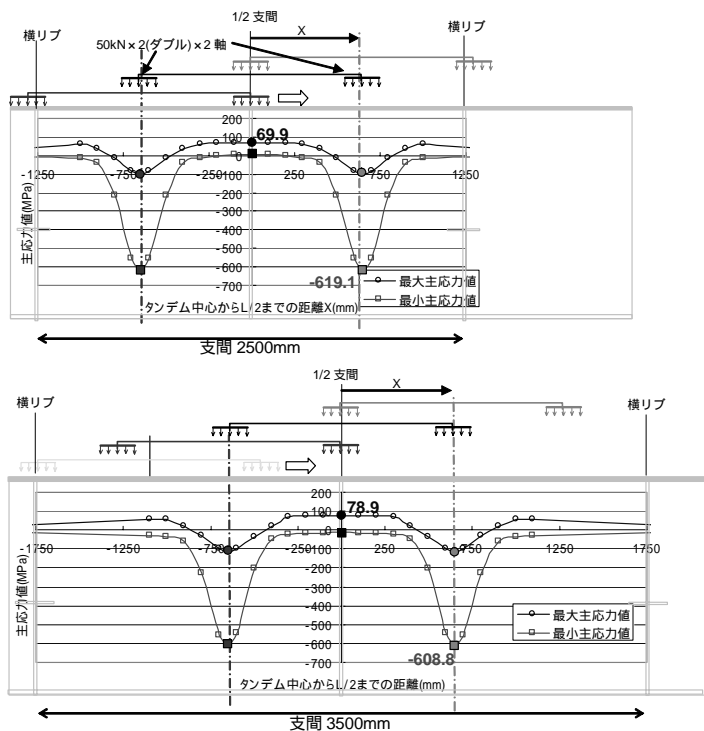


図-5 横リブ間隔に着目した1/2支間断面ルート部主応力の影響線



写真-1 輪荷重試験状況

されるエコーを検出した。180 万回載荷時には、き裂 1 の推定長さは溶接線方向に 100mm 程度であった。その後、大型車の前輪の影響を確認するためシングルタイヤ載荷を行ったところ、150 万回での UT 調査では、き裂 1 の推定長さが 200mm 程度になるとともに、き裂 2 が発生しその推定長さが 100mm 程度に達していることが確認された。その後、荷重を 100kN に上げて 70 万回載荷したところ、推定されるき裂長さはき裂 1 で 230mm 程度、き裂 2 で 200mm 程度になった。いずれも貫通しなかったが、試験終了後、き裂部分から 25mm のコアを採取して進展状況を確認した。写真 - 2 に採取コアを示すが、ルート部より深さ 4~6mm 程度のき裂の発生を確認した。またコア 2 の付近では磁粉探傷試験でデッキ表面にしわ状の指示模様が見られており、コア 2 の断面にデッキ表面からの深さ 6mm 程度のき裂が確認された。

U リブ厚 6mm 側では 150kN で、414 万回まで載荷した。試験中に不明瞭なエコーは検出されていたが、コア採取後のき裂深さは 0.2mm 程度であった。走査型電子顕微鏡(SEM)での破面観察によれば、疲労破面を表すストライエーション模様の一部に見られたが、明確な疲労き裂とは判断できなかった。

(2) 輪荷重走行試験結果と実橋の損傷事例の関係

図 - 7 はデッキ進展き裂を対象とした各機関の無舗装試験体の輪荷重走行試験の結果³⁾⁻⁶⁾を、輪荷重と載荷回数との関係で整理したものである。載荷板の諸元等の違いはあるが、いずれも図 - 3 のダブルタイヤ挟み込み載荷に着目した結果である。図中の記号は、UT による異常検知 (白抜き) と試験終了時 (黒抜き (横リブ交差部の 1 ケースを除き貫通き裂は未発生)) で示している。添字の -D U は試験実施機関、デッキ厚/Uリブ厚(mm) の組合せを、括弧内の数字はコア抜き部のき裂深さ(D) と UT によるき裂推定長さ(L)を示している。

載荷条件や舗装が進展挙動に与える影響を検討するには、ルート部応力と関連付けられる計測応力による結果の整理が必要と考えられるが、ここでは載荷荷重を用いて傾向の把握を試みた。S-N 線の傾きを 3 と仮定し、き裂がデッキ内にある程度進展した試験終了時点 (図中黒塗りプロット) を対象に、下限側及び中央値付近の 2 本の S-N 線を引いている。これらと実橋での損傷事例との対応関係を把握するため、輪荷重試験結果を図 - 8 の損傷橋梁の供用年数と大型車交通量 (平成 11 年度交通センサス等による) との関係図に重ね合わせた。ここで、大型車の軸重分布を設定し、軸重による損傷度が図 - 7 の S-N 線に従うものと仮定し、損傷度 1 となる年数 (舗

表 - 1 輪荷重走行試験の荷重条件

対象部位	載荷方法	荷重範囲 (kN)	載荷回数 (累計) (万回)
8mm 厚Uリブ	ダブルタイヤ	150	180
	シングルタイヤ	75	150 (330)
	シングルタイヤ	100	70 (400)
6mm 厚Uリブ	ダブルタイヤ	150	414

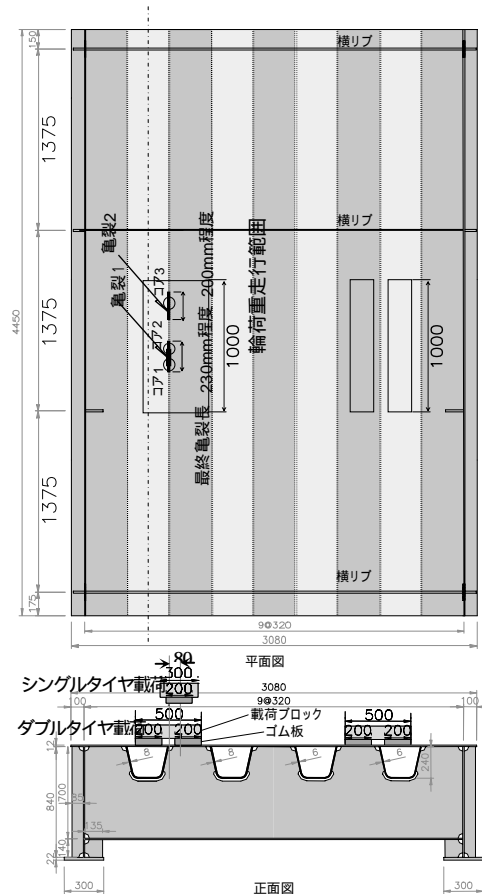


図 - 6 輪荷重走行試験の輪荷重走行位置と
き裂の発生状況

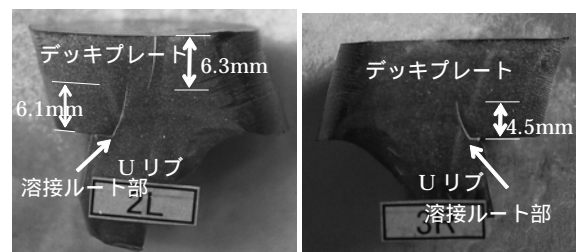


写真 - 2 試験体き裂部のコアサンプル
(Uリブ 8mm 側)

装の剛性、輪荷重の走行位置の影響は 0.8 の応力軽減の補正を仮定) を試算した。軸重分布は、過去に計測され

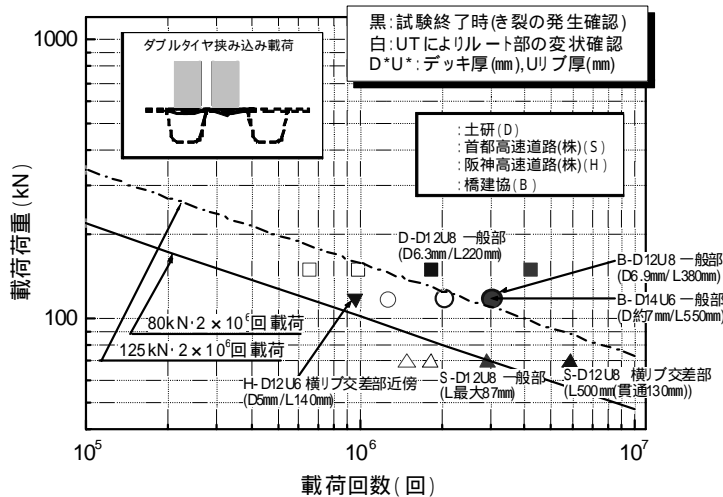


図 - 7 デッキ進展き裂を対象とした各機関の輪荷重走行試験結果

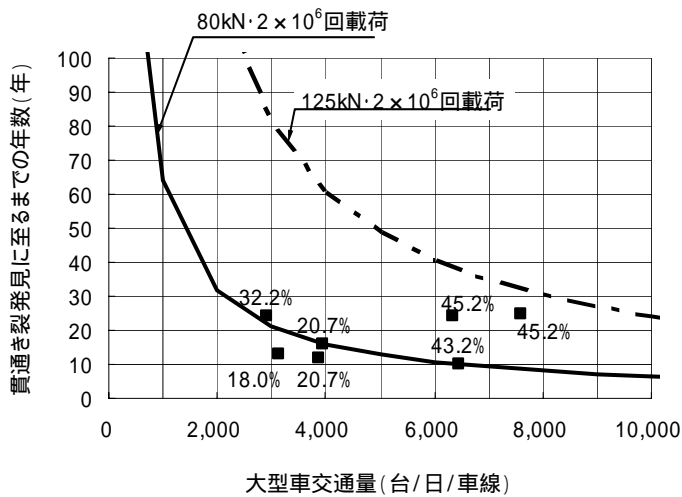


図 - 8 実橋のき裂発見年数と大型車交通量および輪荷重走行試験結果との関係

た大型車の軸重分布計測結果⁷⁾を参照し、このうち昭和59年調査の有明データ(3乗平均値の3乗根として計算した等価換算軸重:35kN,平均軸数2.6軸/台)を用いて、全ての輪をダブルタイヤとした。各データに荷重、構造、製作上の不確実な要因が含まれているため、今後詳細な検討が必要であるが、図-8によれば、試験結果を基にしたS-N線による推定年数は、実橋における大型車交通量と損傷発見までの経過年数の関係とかけ離れたものではないように見える。

3. デッキプレートとUリブの溶接部のき裂を対象とした対策技術の検討

3.1 当て板補強⁸⁾⁻¹⁰⁾

デッキ進展き裂に対して、図-9(a)に示すように、デ

ッキプレート上面に鋼板を設置するもので補強板の高力ボルトによる取付け(支圧接合)による断面補強を基本に、SFRCP舗装との併用も視野に入れ検討を行った。施工は路面上での交通規制を必要とするが、補強部材は鋼板と高力ボルトのみであり、破断している部分を補強板(以下、当て板)で連結する工法である。デッキプレート貫通き裂が発見された際に応急対策として適用されているが、補強時の応力軽減効果やき裂先端の処置等については必ずしも十分検討されているわけではない。補強部材の構造諸元(補強板厚、ボルト接合等)と局部応力性状の関係や当て板設置に伴う周辺溶接部への影響、疲労耐久性を確認することを目的として、FEM解析、静的載荷試験、疲労試験を実施した。

図-10に示すように、2カ所に当て板を設置した実大試験体に対して疲労試験を行った。試験体は、3本のUリブと、桁端およびスパン中央に横リブを有する実大モデルである。当て板は、き裂損傷を受けたUリブ(サイズ:320×240×8)に対し両側2列の打ち込み式高力ボルト(M22)で挟み込む構造とし、き裂先端の観察孔から当て板縁端までの橋軸方向の距離は100mmとした。試験体にはデッキプレートを貫通するき裂を想定した人工き裂(スリット)及びその両端に、き裂先端部の確認およびその先端部の除去の役割を兼ねて40mm径の円孔(観察孔)(写真-3)を設けている。

載荷ケースについて表-2に示す。載荷位置は静的載荷試験およびFEM解析において最も高い応力が発生した観察孔周辺に着目し、着目部に最も高い応力が発生する載荷位置、すなわち観察孔を跨ぐ位置とした。当て板の寸法は図に示すとおりであるが、板厚12mmとし橋軸方向のボルト縁端距離は50mmとした。Case1では当初より当て板を設け、荷重範囲100kNで300万回の載荷を行ったところ、疲労き裂は発生しなかった。Case2では当初は当て板を設置せずに荷重範囲100kNで疲労き裂を発生させた。34万回載荷時に、写真-4および表-3に示すように観察孔位置のデッキプレート上面及びUリブ部からき裂が発生していることを確認した。その後、き裂の先端処理を行わずに当て板を設置して引き続き100kNで100万回載荷した後に当て

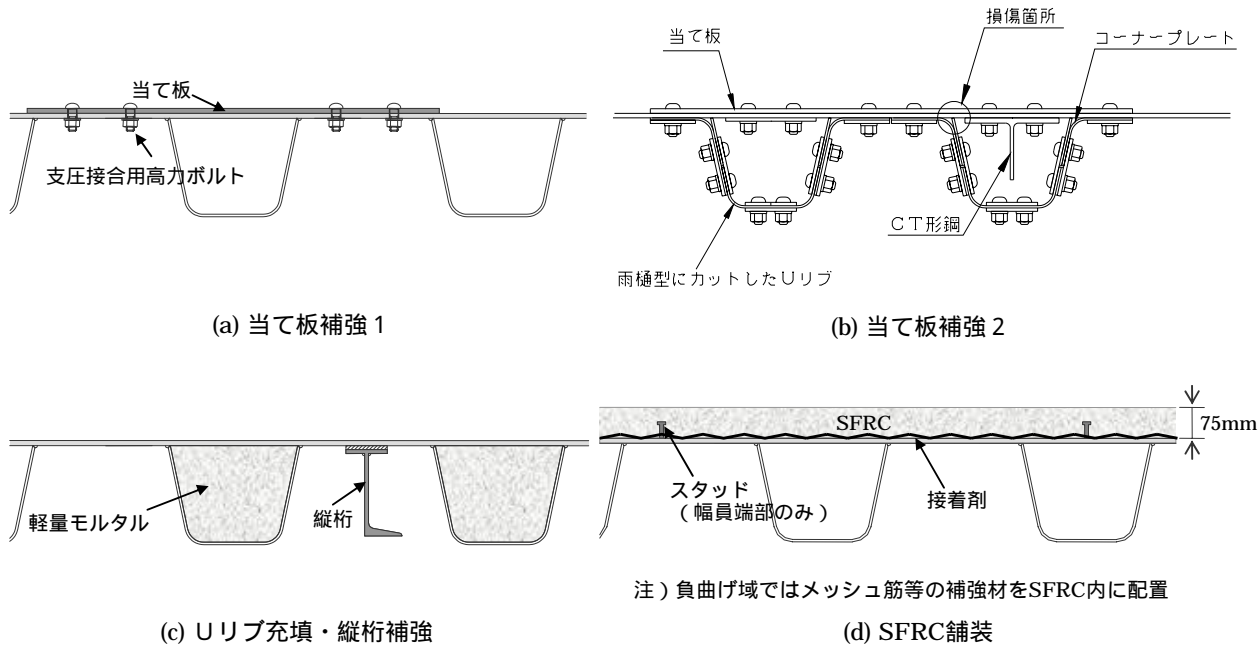


図 - 9 デッキプレートとUリブの溶接部のき裂を対象とした対策

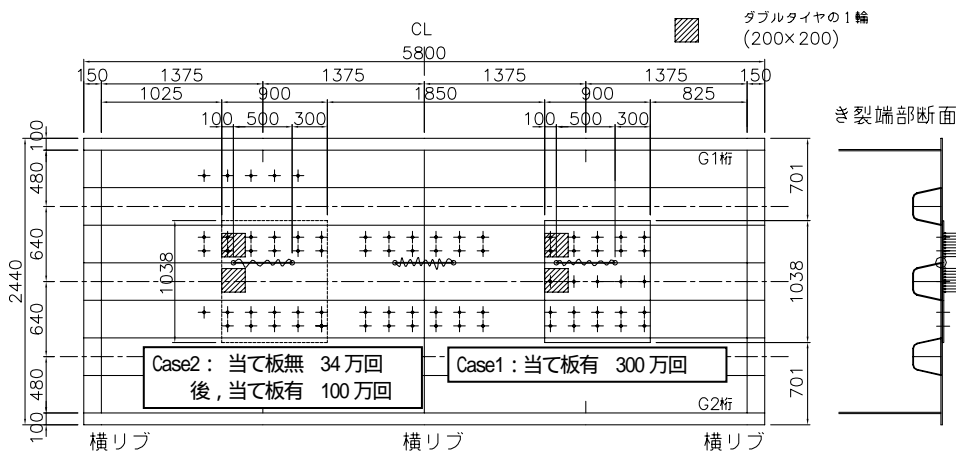


図 - 10 当て板補強1の検討に用いた実大鋼床版試験体

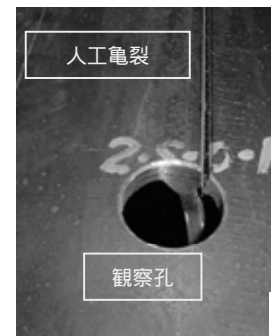


写真 - 3 人工き裂と観察孔

板を撤去してき裂を観察したが、進展は見られなかった。本実験で用いた荷重条件では、当て板無しの場合、繰り返し荷重回数が 20 万回程度でき裂が発生するが、当て板を設置することにより 300 万回の繰り返し荷重でも少なくとも観察孔周辺からはき裂は発生せず、発生したとしても進展する可能性が低いことが確認された。

3.2 当て板補強¹¹⁾¹²⁾

ビード貫通き裂もしくは両方のき裂が見られる場合には、Uリブとデッキプレート間を接合する図 - 9 (b)の方法等が想定される。本工法はデッキ表面側の添接板、Uリブを加工した補強板などを高力ボルトにより連結するもので、ビード進展き裂及びデッキ進展き裂の両方を対象とした補強工法である。Uリブ内のCT形鋼は、き裂発生部位を対象に設置することを想定している。補強時

表 - 2 当て板補強1に対する荷重ケース

荷重ケース	当て板	荷重範囲	荷重回数
Case1	有	100kN	300万回
Case2	無	100kN	疲労損傷が発生するまで (34万回繰返し荷重)
	有		当て板補強後、100万回繰返し荷重

に一時的に閉断面リブを開断面化（既設Uリブに雨樋型の開口部を設置）して作業性を向上させるとともに、横リブ間の疲労き裂および横リブを跨いだ疲労き裂の補強に対応可能な構造としている。Uリブの外側に設置するR部補強材はUリブを加工して製作した部材である。施工時には一時的にUリブをカットするが、Uリブウェブに当て板を行いその断面の欠損分を補うこととしている。

図 - 11 に示す実大試験体に対して輪荷重走行試験を行った。デッキ貫通き裂及びビード貫通き裂に対する補強効果を確認するため、補強前にUリブ支間部のデッキプレート上に長さ 700mm の人工スリットを、溶接ビードに長さ 500mm のはつり部を設けるとともに、横リブ交差部の溶接ビードに 100mm のはつり部を設けた状態で輪荷重走行試験を行い、き裂を導入した。その後、補強を行ってから荷重範囲 150kN で 200 万回の疲労試験を行った。

補強前、補強後 0 万回、100 万回、200 万回時の静的荷重による応力計測結果によれば、補強前後でUリブ支間部におけるデッキプレートとUリブの溶接の止端付近の応力は大幅に軽減していることが確認された。

一方、横リブ交差部でも補強により応力は減少したが、支間部ほどの効果は見られなかった。試験後にき裂の進展を確認したところ、導入き裂 3 箇所のうち、Uリブ支間部 (2 箇所) ではき裂の発生は見られなかったが、横リブ交差部ではビードはつり部から疲労き裂が発生し、両側にそれぞれ約 30mm ずつ進展していた (写真 - 5)。本工法ではデッキ上面当て板とUリブ内部のC形鋼が横リブ内を通して連続しているが、それ以外の補強板は横リブ位置で不連続となっており、断面の不連続がこのき裂の進展要因と考えられる。

3.3 Uリブモルタル充填・縦桁補強

13)14)

路面上での交通規制等の施工上の制約がある場合には、デッキプレート下面での作業を主体とした対策も選択肢の一つに考えておく必要がある。図 - 9 (c) に示す本工法は、デッキプレート下面からの施工が可能な工法であり、Uリブ内部には高流動軽量モルタルを充填し、かつUリブ間には補強縦桁を取付け部材を介して横リブに設置する。Uリブ内のモルタルの充填性や縦桁のデッキプレートへの設置の施工性等が重要であるため、モルタルの充填性の確認試験を行うとともに、充填後の応力軽減効果の確認、進展したき裂がビード内およびデッキプレート内に存在する状況下での輪荷重走行試験を実施した。

表 - 3 当て板補強 1 の Case2 におけるき裂の進展状況

载荷回数 (万回)	当て板なし							当て板設置後
	20	20.58	25	28	30	34	100	
(a) デッキ上面き裂	長さ	18.5		24.1		30.6	36.6	進展なし
	深さ	4	5	7.2	7.5	7.8	7.8	進展なし
(b) デッキ上面き裂	長さ	き裂検出されず					8 切除去	発生なし
	深さ						1 切除去	発生なし
(c) ルート部からのき裂	深さ		1			2	2	進展なし

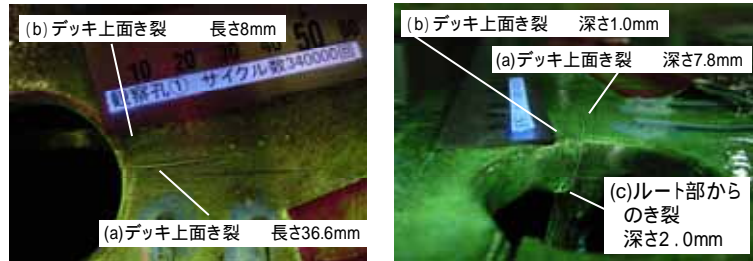


写真 - 4 34 万回载荷時のき裂発生状況

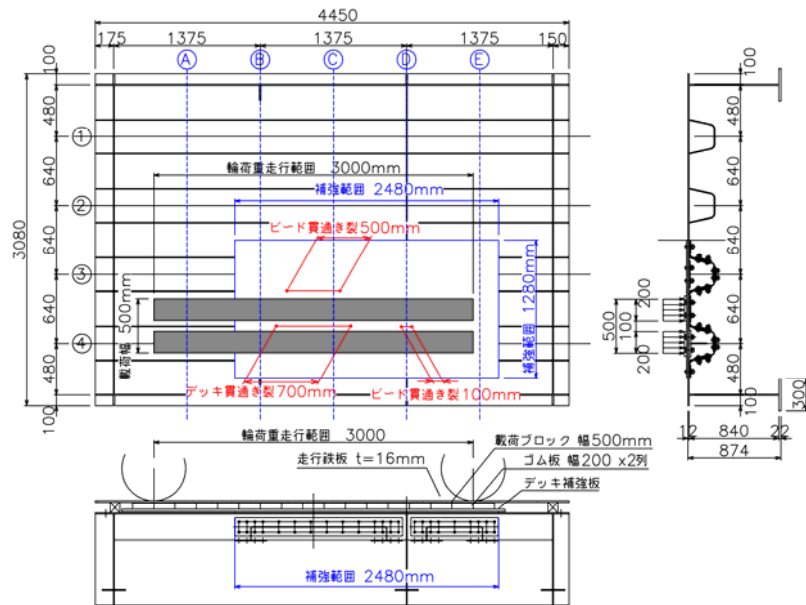


図 - 11 当て板補強 2 の検討に用いた実大鋼床版試験体

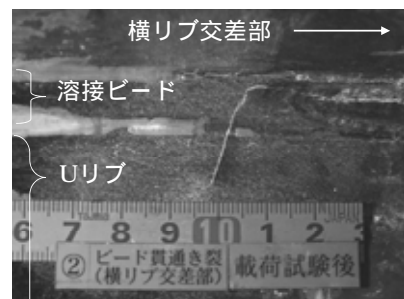
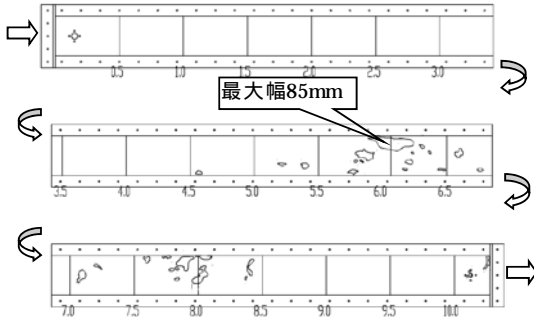


写真 - 5 ビードはつり部から発生した疲労き裂 (E 断面側)



(a) 試験状況



(b) 試験結果

図 - 12 Uリブ内充填試験

(1) 高流動軽量モルタルのUリブ内充填性の検討

Uリブ内部のモルタルの充填性に関しては、透明蓋を有する実大Uリブ試験体を用いて充填試験を行ったところ、図 - 12 に示すように透明蓋の裏面に部分的に空隙（デッキプレート側と未接触の部分）が点在するものの、Uリブ全体に万遍なく充填される結果となった。本試験による最大の空隙幅はUリブの幅方向で85mmであったが、この程度の空隙幅であれば、本工法の補強効果に影響がないことをFEM解析により確認している。

(2) 疲労耐久性の検討

図 - 13 に示す実大鋼床版試験体に対して、Uリブ2本に軽量モルタルを充填し、Uリブ間を縦桁で補強した上で、輪荷重走行試験を行った。試験体はき裂が内在している可能性がある状態での補強を想定し、デッキプレート上面(B-B断面)および溶接ビード(a'-a'断面)に長さ100mm深さ4mmのスリットを加工し、その状態で輪荷重走行試験を行いき裂（それぞれデッキ貫通、ビード貫通き裂を想定）を導入した。輪荷重走行試験の荷重範囲は最初の100万回を150kN、後の100万回を200kNとしている。

補強は縦桁設置、Uリブ充填の順に行い、各段階で載荷し計測を行った。デッキ進展き裂の起点のひずみ

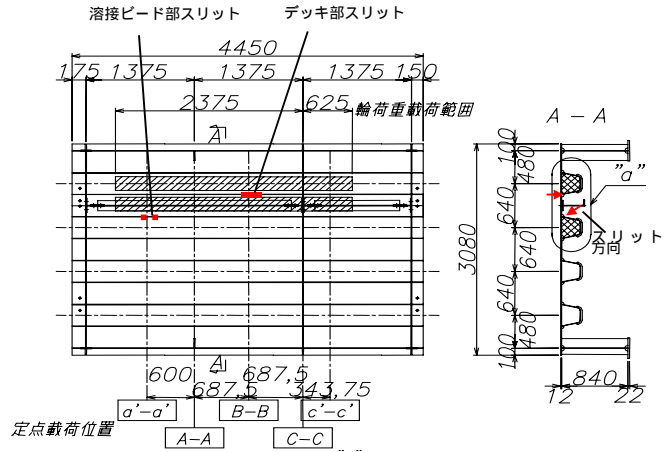
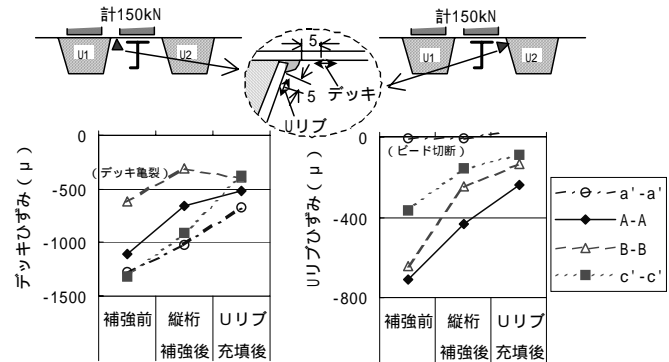


図 - 13 Uリブ充填・縦桁補強法の検討に用いた実大鋼床版試験体



(a) デッキ下面

(b) Uリブ外面

図 - 14 補強によるひずみの推移

表 - 4 補強後のひずみ比率

位置	デッキ側止端部		Uリブ側止端部	
	縦桁設置	充填後	縦桁設置	充填後
a'-a'	81%	53%	(ビード切断)	
A-A	59%	47%	61%	34%
B-B	(デッキき裂)		38%	21%
c'-c'	70%	29%	43%	25%

(比率 = 補強後/補強前、位置は図 - 16 参照)

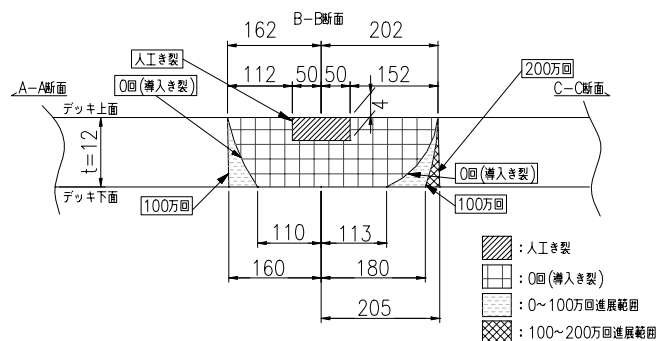


図 - 15 デッキ進展き裂測定結果 (UTによる)

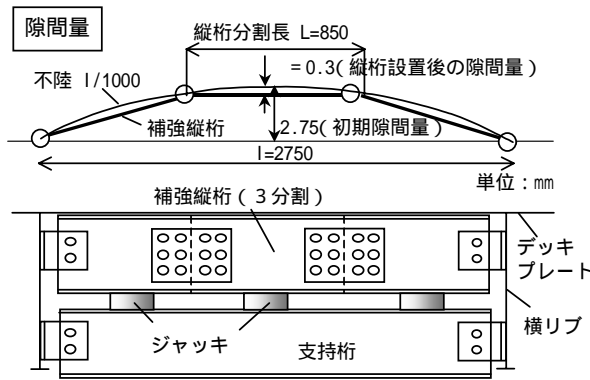


図 - 1 6 分割補強縦桁の設置方法

と相関が高いと考えられるデッキプレート下面のひずみは充填後に 29～53%に低下した(図 - 1 4 (a)、表 - 4)。導き裂部において UT 調査した結果、補強前に見られたデッキプレート上面のき裂進展は見られず、下面側でわずかにき裂の範囲が広がる程度であった(図 - 1 5)。

試験では不陸を有するデッキプレートと、横リブ間で 1 本物となっている縦桁を密着させるためにグラウトを注入したが、輪荷重を 200kN に上げてからグラウトが一部で破損し、縦桁の補強効果が低下した。このため、図 - 1 6 に示すように縦桁を 3 分割してジャッキにより密着させる改良案を検討した。3 分割しても隙間は多少(0.3mm 程度)残るが、この状態をシムプレートの挟み込みにより再現して静的載荷試験を行ったところ、応力軽減効果が確保されることを確認している。

3.4 鋼繊維補強コンクリート舗装による補強法¹⁵⁾⁻²⁸⁾

従来のアスファルト舗装よりも剛性の高い鋼繊維補強コンクリート(Steel Fiber Reinforced Concrete、以下、SFRC)舗装を採用し、デッキプレートと一体化させることにより面外剛性を高めて溶接部近傍の局部応力を軽減させ、疲労耐久性の向上を図る工法である(図 - 9 (d))。舗装の改良による対策工法は、SFRC 舗装以外にも各種提案されているが、新設橋への適用実績²⁹⁾のある SFRC 舗装の既設橋への適用方法及び疲労耐久性の検証に焦点を当てて検討を行った。実大鋼床版試験体を用いて、正曲げ部及び負曲げ部での載荷試験による検討を行っている。正曲げ部の載荷試験では応力軽減効果やその持続性について検討した。また、車両走行時に構造上負曲げ部となる主桁ウェブ直上では SFRC 舗装にひび割れを生じることが想定されるため、ひび割れ発生後の SFRC 舗装と接着材の耐久性について載荷試験によ

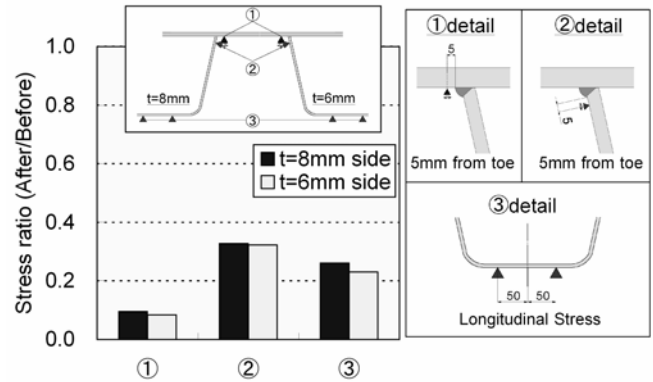


図 - 1 7 SFRC 舗装施工前後の応力比 (舗装後 / 舗装前)

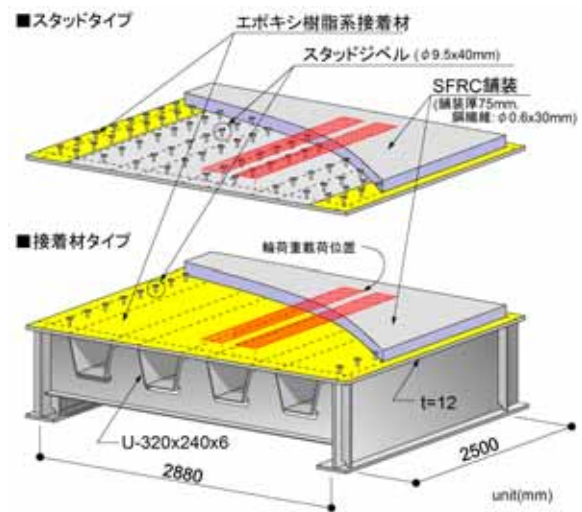


図 - 1 8 SFRC 舗装の正曲げ部の挙動に関する検討に用いた実大鋼床版試験体

り検討した。また、小型試験体を用いて、接着材の強度、耐久性、可使・硬化特性等について検討している。このほか、SFRC の強度や乾燥収縮などの基本物性についても実験的な検討を実施した。

(1) 正曲げ部の挙動に関する検討

SFRC 舗装による鋼床版応力の軽減効果に着目して、実大鋼床版試験体を用いた静的載荷試験を実施した。その結果、図 - 1 7 に示すように、Uリブ溶接部近傍のデッキプレートの応力は SFRC 舗装を舗装することによって舗装なしの場合の 10%程度に軽減されることが確認された。また、疲労き裂の発生起点である溶接ルート部の応力については、試験による計測はできないが、FEM 解析により、舗装なしの状態に対して 10%程度に、アスファルト舗装の状態に対して 30～50%程度に軽減されることが確認された。

また、鋼床版の疲労耐久性向上効果及びSFRC 舗装自体の耐久性に着目して、図 - 18 に示すような実大鋼床版試験体を用いて輪荷重走行試験を実施した。デッキプレートとSFRC 舗装の接合方法に着目し、主にスタッドにより接合した試験体（スタッドタイプ）と主に接着材により接合した試験体（接着材タイプ）の2つの試験体を用い、157kNで100万回、196kNで100万回、累計200万回の輪荷重走行を実施した。いずれの試験体においても、試験中の鋼床版のひずみや変位などには大きな変化はみられず、SFRC 舗装表面にひび割れは確認されなかった。しかし、デッキプレートとSFRC 舗装との付着強度については、輪荷重の載荷位置を中心に低い箇所がみられた。このため、デッキプレートとUリブの溶接部を対象にUT 調査を実施したところ、スタッドタイプではUリブ支間部にエコーが検出された。そこで、マクロ試験および破面試験を実施した結果、溶接ルート部から疲労き裂が発生し、デッキプレートの板厚方向に5mm程度進展していることが確認された。このように、SFRC 舗装を施工した鋼床版においても、デッキプレートとSFRC 舗装の付着機能が損なわれた場合には、荷重の大きさと繰り返し数によっては、デッキ進展き裂が発生する可能性があることがわかった。

この他、主に負曲げ部の挙動の検討に使用した実大鋼床版試験体を用い、主桁ウェブ直上のSFRC 舗装にひび割れを生じた状態で、水張りをして150kNで200万回の輪荷重輪荷重走行試験を実施した（図 - 19 に示した試験体の主桁間で実施）。その結果、SFRC 舗装自体に大きな変状はみられず、鋼床版のひずみや変位にも大き

な変化はみられなかった。また、デッキプレートとSFRC 舗装との付着強度についても、輪荷重走行の前後で差はみられなかった。

(2) 負曲げ部の挙動に関する検討

ひび割れ発生後のSFRC 舗装と接着材の耐久性に着目し、図 - 19 に示すように実大鋼床版試験体を用いて主桁ウェブをダブルタイヤが跨ぐ状態を模擬した輪荷重走行試験を実施した。試験体 No.1 と試験体の2体 No.2 の2体を用いており、図 - 19 には試験体 No.1 を示している。いずれの試験体もデッキプレートとSFRC との接合は接着材によるが、それぞれで使用する接着材が異なる。また、各試験体に3つの着目断面を設けSFRC 舗装内部に配置する補強材、スタッドの有無および間隔を試験パラメータとして変化させている。静的載荷試験により、あらかじめ3断面の主桁ウェブ直上においてSFRC にひび割れを発生させた後、水張りしない状態で100万回、水張り状態で100万回、累計200万回の輪荷重走行（150kN）を実施した。いずれの試験体においても、輪荷重走行によって主桁ウェブの直上と中間横リブの直上のSFRC にひび割れを生じた。図 - 20 に、試験体 No.1 のひび割れ状況を示す。また、輪荷重走行前後に接着材の付着強度を測定したところ、図 - 21 に示すように、200万回の輪荷重走行後においても付着強度の低下はみられなかった。また、主桁ウェブを左右の輪が跨ぐようなより大きな負曲げモーメントを生じる載荷状態を想定し、主桁直上の部分を模した小型試験体を用いた強度試験や疲労試験を実施した。載荷試験によってSFRC にあらかじめひび割れを発生させた後、水張り状

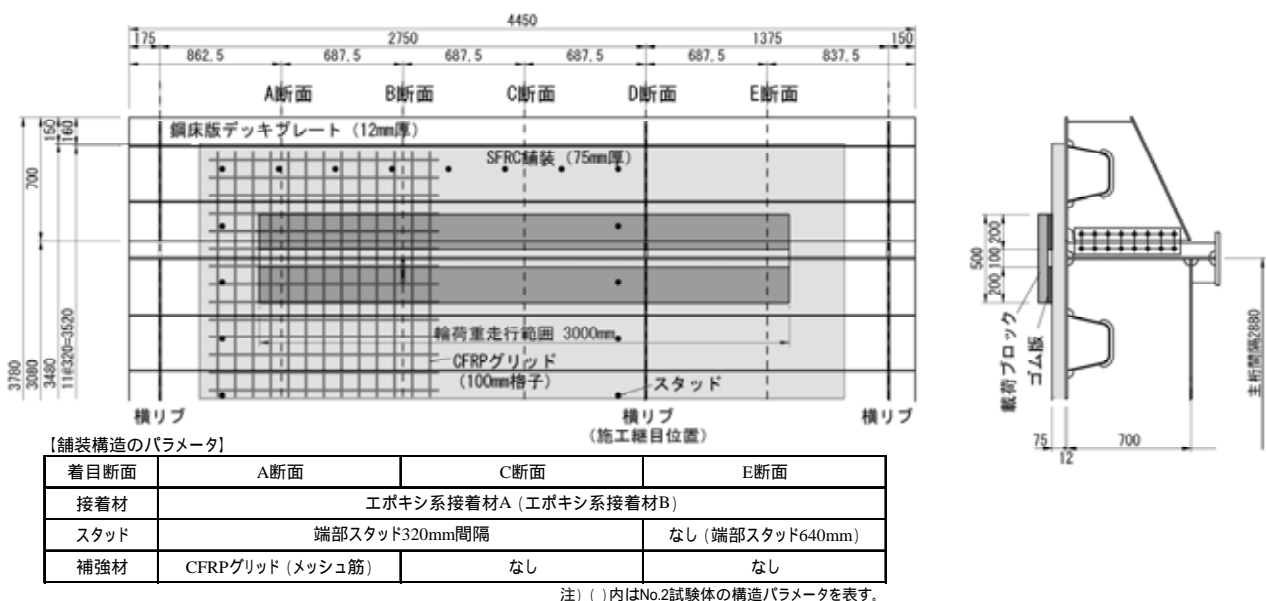


図 - 19 SFRC 舗装の主に負曲げ部の挙動に関する検討に用いた実大鋼床版試験体（試験体 No.1 の着目主桁部分を抜粋）

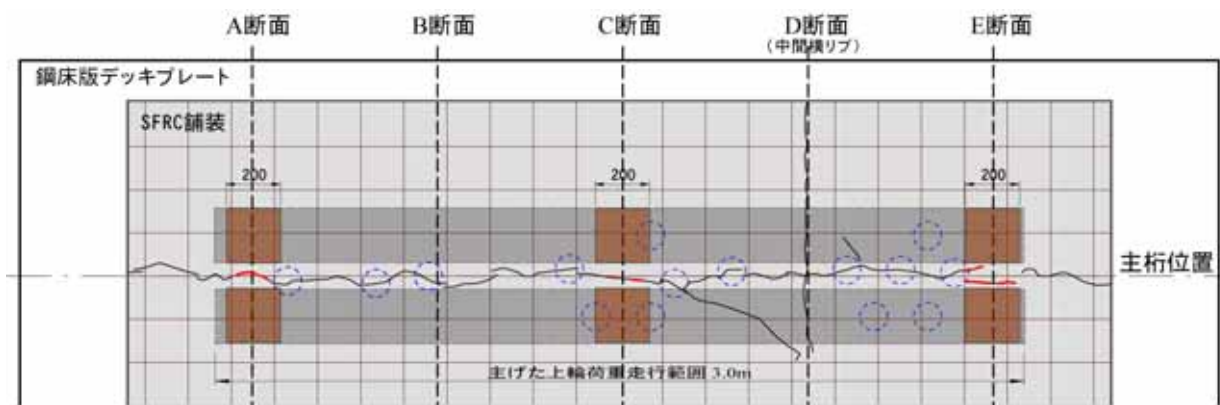


図 - 20 輪荷重走行後のひび割れ状況 (試験体 No.1)

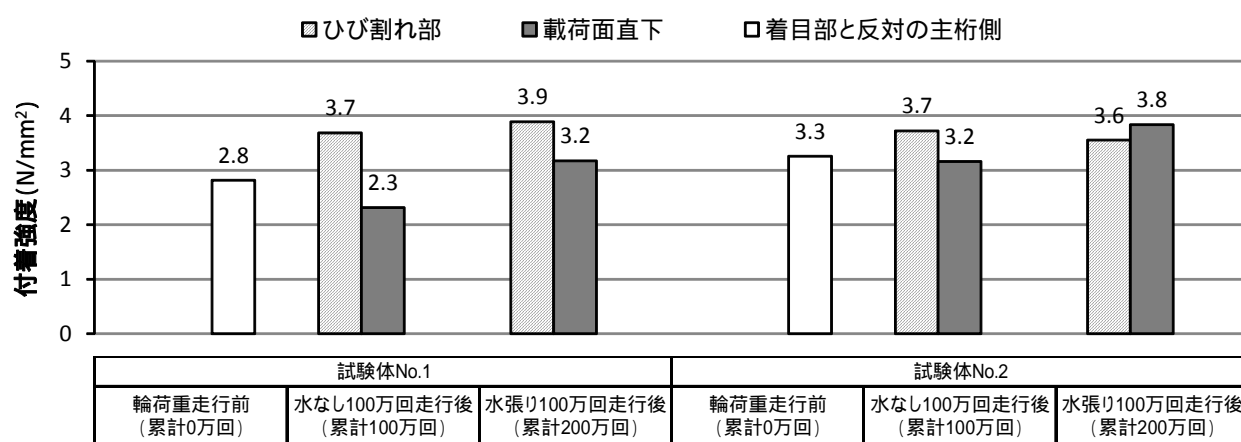


図 - 21 輪荷重走行前後の付着強度

態にして、主桁上で想定されるひび割れ幅を繰り返し与える疲労試験を実施した。疲労試験後に、接着材の付着強度を測定したところ、ひび割れ箇所において、水の影響により付着強度が低下する場合があったが、付着強度が低下したのはひび割れ近傍の限られた範囲であった。

(3) SFRC に関する検討

疲労損傷の生じる鋼床版橋梁は重交通条件下にあることが多く、交通規制をとまなう SFRC 舗装の施工は時間的制約を受けることが考えられる。夜間のみ交通規制で施工する場合、早期に交通解放できる強度が得られる超速硬セメントを使用した SFRC を用いる必要があるため、その強度や乾燥収縮などの基本物性について調査した。単位水量、鋼繊維混入量、水セメント比を変化させた場合の影響を調査した結果、乾燥収縮量に対しては単位水量の影響が大きいことなどを確認した。また、SFRC の乾燥収縮が鋼床版により拘束されることにより発生するひずみの影響を調べるため、H 形鋼の上に

SFRC を打設した試験体を用いて収縮量を計測し、SFRC が自由に収縮する場合との比較によって乾燥収縮による拘束率を確認した。

(4) 接着材に関する検討

SFRC 舗装が鋼床版の疲労耐久性向上効果を十分に発揮するためには、鋼板と SFRC との接着が耐久性を有することが必要である。このため、接着材が熱や水などの環境負荷の影響を受けた場合の耐久性について、鋼板と SFRC を接合した小型試験体を用いて実験的に検討した。接着材塗布量や、SFRC の締固め方法、養生日数・方法の違いを試験パラメータにし、せん断強度試験により環境負荷後の強度低下を調べたところ、養生日数・方法と環境負荷の組合せによってはせん断強度が大きく低下する場合があることがわかった。このほか、接着材の硬化特性について、時間、温度との関係も含めて検討するなど、室内試験によるケーススタディを実施して、デッキプレートと SFRC の接着品質確保に関する知見を得た。

(5) 設計・施工マニュアル(案)の作成

本研究の成果や既存の調査研究、施工実績等の技術的知見を踏まえ、既設鋼床版の疲労対策としてSFRC 舗装を適用する場合の、適用の基本的考え方、構造細目、施工手順、施工管理方法に関する技術資料を、設計・施工マニュアル(案)の形式でとりまとめている。

4. 垂直補剛材上端部のき裂を対象とした対策技術の検討

31)-33)

垂直補剛材上端部に発生する疲労き裂の発生・進展の主な原因は、輪荷重によるデッキプレートの局所的な曲げ変形や垂直補剛材への支圧応力であることがFEM 解析により明らかとなった。

これらの要因を軽減する対策として、図 - 2 2 (a)に示すように垂直補剛材上端の溶接部そのものを取り除く方法(上端切断)、同図(b)に示すように垂直補剛材の上端部に半円状の切欠きを設けてデッキプレートの板曲げ変形を緩和することを狙った方法(半円切欠き)等を対象に検討を実施した。これらの方法による応力軽減効果について、FEM 解析により検討した上で、実大鋼床版試験体を用いた静的載荷試験、輪荷重走行試験により確認した。

使用した試験体を図 - 2 3 に示す。Uリブ支間が1350mm、2 径間の試験体であり、両側の主桁にそれぞれ4本の垂直補剛材を有している。疲労き裂が発生してから補修を行う場合の検討を左側の垂直補剛材(以下、事後保全側)で、き裂発生以前に疲労耐久性向上を図る目的で補強を行う場合の検討を右側の垂直補剛材(以下、予防保全側)で実施した。

事後保全側の検討においては、輪荷重走行試験によりき裂を発生させた後に補修を行い、静的載荷試験により補修効果を確認した。図 - 2 4 に示すように、半円切欠きでは、半円孔壁には高い応力を生じたものの、き裂先端部近傍の鉛直方向応力は補修前に比べて50%程度に軽減された。き裂の再発防止の観点から、孔壁の入念な仕上げ・面取りは必須であることがわかる。上端切断では、き裂は除去されたが、垂直補剛材のR仕上げ部や主桁ウェブと垂直補剛材のまわし溶接止端部には高い鉛直応力が発生した。また、予防保全側の検討においても、着目している垂直補剛材上端部の応力集中が軽減されることが確認された。

5. 縦リブ・横リブ交差部のき裂を対象とした対策 ³⁴⁾³⁵⁾

縦リブ・横リブ交差部の下スリットのまわし溶接部の

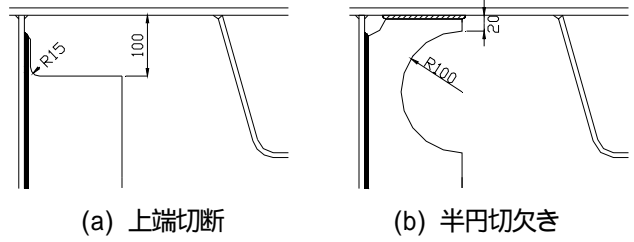


図 - 2 2 検討の対象とした補修・補強案

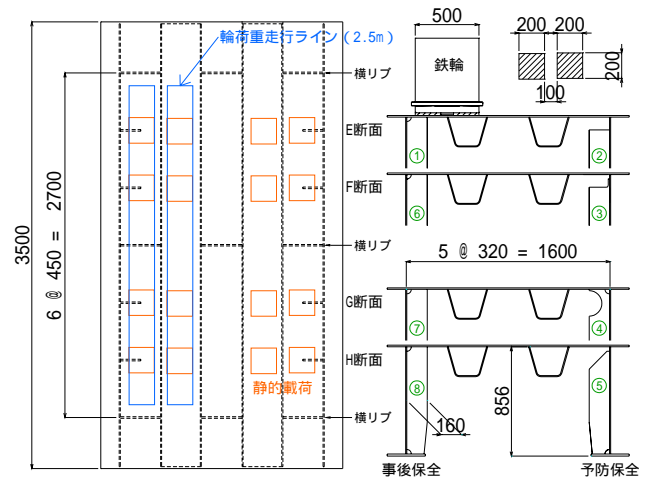


図 - 2 3 垂直補剛材上端部のき裂に関する検討に用いた実大鋼床版試験体

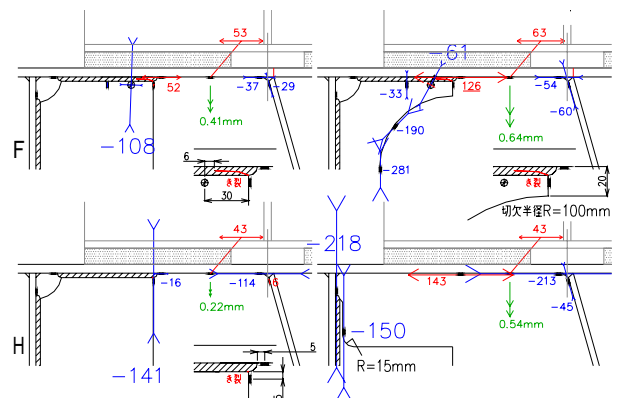


図 - 2 4 補修前後の応力計測結果

疲労き裂については、スリット形状に起因する応力集中や、輪荷重による横リブやUリブの面内・面外変形の繰り返し等が主な原因であることが、FEM 解析による検討で明らかにされている。

これらのき裂に対して、検討対象とした補修・補強工法(以下、改良構造)を図 - 2 5 に示す。TYPE-A(スリット形状改良)はスリット端部を斜め上方に切り欠いた形状とし、Uリブと横リブ間の拘束度を緩和させ、応力集中箇所をまわし溶接部から遠ざけることを狙った構造である。TYPE-B(当て板)はUリブの回転変形をL

形鋼により拘束するものである。TYPE-C は TYPE-A と B を合わせた構造である。これらの対策の効果について、FEM 解析により検討した上で、実大鋼床版試験体を用いた試験により確認した。

図 - 26 に示す実大鋼床版試験体を用いた輪荷重走行試験を実施した。縦リブ 2 径間の試験体であり、支間は 2750mm と 1375mm である。Uリブを 4 本配置しており、疲労き裂発生前に改良構造を施工する Uリブ(R3、R4：以下、予防保全側)と、疲労き裂発生後に改良構造を施工する Uリブ(R1、R2：以下、事後保全側)の 2 ケースで試験を実施した。また、密閉ダイヤフラムを有する現場継手部近傍の横リブ交差部に生じる応力状態を再現できるよう、横リブとの交差部から 238mm 離れた位置にダイヤフラムを設置している。

予防保全側の検討にあたっては、TYPE-A、B、C の補修・補強を逐次実施しながら、その応力軽減効果について調べた後、定点疲労試験を実施した。その結果、TYPE-B、TYPE-C では横リブ側止端近傍、Uリブ側止端近傍の応力をともに軽減できることが確認された。TYPE-A では、横リブ側止端近傍の応力が改良前に比べて高くなる場合がみられたものの、Uリブ側止端近傍の応力は軽減されることが確認された。なお、FEM 解析による検討においても同様の傾向が得られている。

事後保全側の検討にあたっては、定点疲労試験で Uリブ側止端部にき裂を発生・進展させ、輪荷重走行によりき裂を進展させた上で、R1 リブでは TYPE-A、R2 リブでは TYPE-C による補修・補強を実施し、さらに輪荷重走行を続けて、載荷回数とき裂の進展長さの関係等を調べた。定点疲労試験の結果、き裂は予防保全側(改良構造)、事後保全側(現行構造)ともに Uリブ側止端から発生し母材に進展した。表 - 5 にき裂発見回数、母材進展回数と作用応力範囲を示す。試験中は、磁粉探傷を予防保全側では 16 万回毎、事後保全側では 2 万回毎に実施し、き裂検出時の繰り返し載荷回数を発見回数(N)とした。また、Uリブ側止端から 5mm 離れた位置に貼付したひずみゲージにより計測した、き裂発生前の応力範囲(S)で整理した。さらに、図 - 27 に表のデータをプロットした S-N 線図を示す。表 - 5 から、改良構造施工済みの予防保全側は現行構造の事後保全側に対して、き裂の発生時期が遅延できたことがわかる。また、

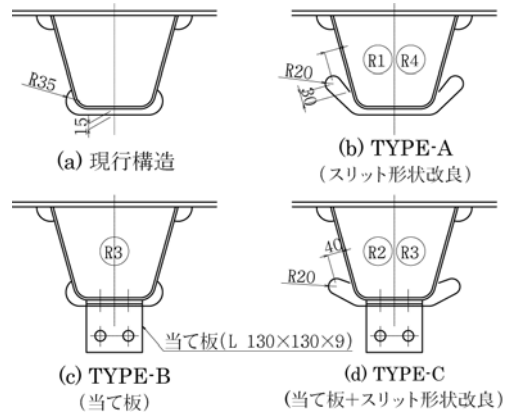


図 - 25 検討対象とした補修・補強工法

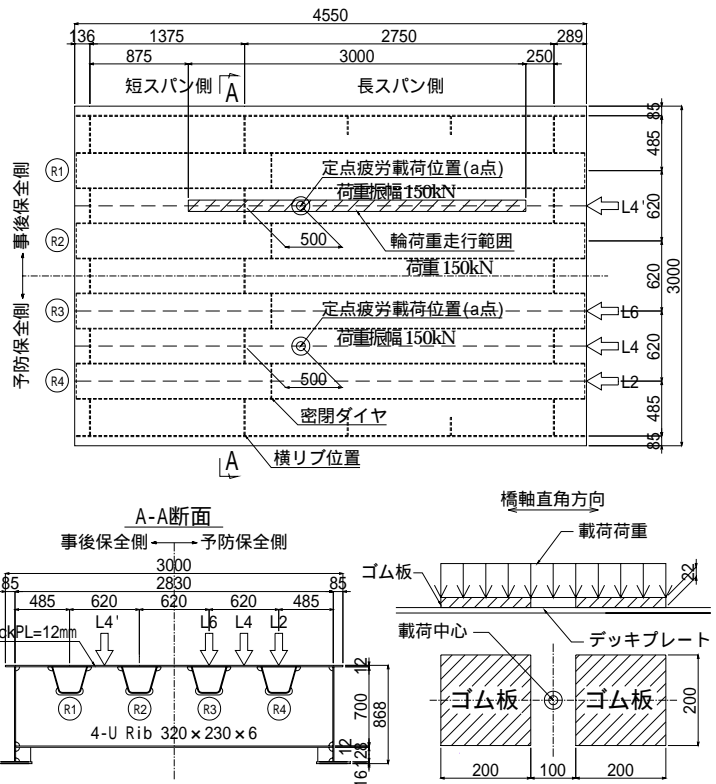


図 - 26 縦リブ・横リブ交差部のき裂に関する検討に用いた実大鋼床版試験体

図 - 27 から改良構造では発生応力の軽減により疲労き裂発生抑制効果が得られたと推測される。また、事後保全側での輪荷重走行試験における繰り返し載荷回数とき裂長さの関係を図 - 28 に、改良構造施工前後のき裂進展速度を表 - 6 に示す。この図表から、改良構造により疲労き裂の進展を遅延できたことがわかる。TYPE-A、C ともに遅延効果が見られたが、応力軽減率の差から TYPE-C の方が確実に遅延効果が得られている。また、ストップホールを併用することにより、き裂の進展はほぼ止められるものと考えられる。なお、輪荷重走行試験の終了時点で、他部位からのき裂発生はなかった。

表 - 5 疲労き裂の発生時期と作用応力範囲

	Uリブ側止端 き裂発生回数	Uリブ母材 き裂進展回数	Uリブ側止端 作用応力範囲	TYPE	比較対象
現行構造	R1リブ 4万回	8万回	188MPa	A	
	R2リブ 2万回	20万回	144MPa	C	
改良構造	R3リブ -	-	82MPa	C	
	R4リブ 16万回	48万回	128MPa	A	

注) 作用応力範囲は、き裂発生前のUリブ側止端応力である。

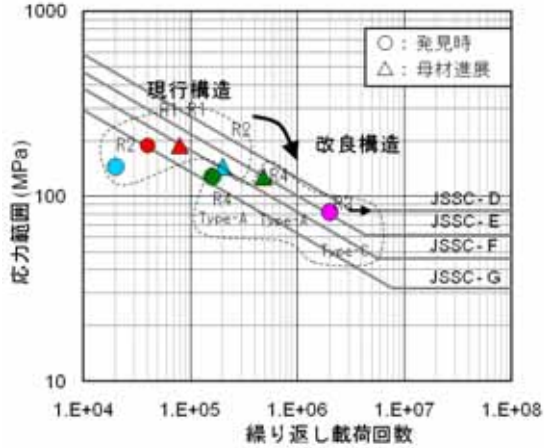


図 - 27 Uリブ側止端部から発生するき裂に対するS-N線図

6. Uリブ突合せ溶接部のき裂を対象とした対策³⁶⁾

Uリブ突合せ部に発生する疲労き裂の対策工法として、図 - 29に示すような当て板による補修・補強工法を対象に検討を行った。

試験体は図 - 30に示す箱桁上の鋼床版を縦リブ1スパン分抜き出した実物大試験体とした。Uリブは橋軸直角方向に640mm間隔で3本配置し、各々2箇所ずつ突合せ溶接部を設けた。また、試験体への荷重は図に示したとおり、鉄板とゴム板からなる荷重板を介し、実橋におけるアスファルト舗装の厚さ80mm分の45°分布を考慮して、360mm×660mmの面積に輪荷重を作用させた。また、荷重位置はUリブに対して偏荷重とした。実験では、予防保全を想定して疲労き裂発生前に補強を施すケースをSU1、SU3で実施し、事後保全を想定して疲労き裂発生後に補強を行うケースをNU1、NU3で実施した。なお、本研究では荷重荷重は軸重200kN(1箇所あたり100kN)とし、静的荷重試験では20kNを下限、220kNを上限として荷重した。疲労試験はジャッキ荷重20~220kN(荷重範囲:200kN) 荷重速度1Hzにより実施した。

予防保全側のSU1、SU3では、あらかじめ着目溶接部に2面当て板補強(図 - 29(a))を施した状態で静的荷重試験および400万回の疲労試験を行い、応力状態やき裂発生状況を未補強の場合と比較した。その結果、2面当て板補強を施したSU3において、ハンドホール壁

表 - 6 改良構造施工前後のき裂進展速度

	疲労き裂進展速度	低減率		
		現行構造	改良構造	
R1リブ	L1	0.250	0.125	50
TYPE-A	L2	0.225	0.179	79
R2リブ	L3	0.215	0.000	0
TYPE-C	L4	0.285	0.054	19

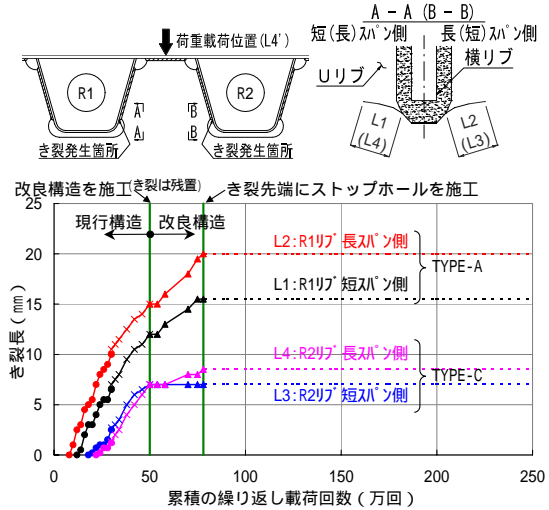
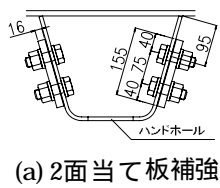


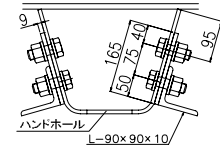
図 - 28 繰返し荷重回数とき裂長さ

面の溶接ルート部から荷重50万回時以降にき裂が生じた。ただし、き裂の進展速度は極めて遅く、360万回で進展量20mmに達した後、進展は見られなかった。

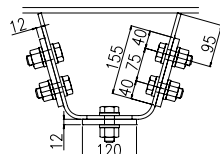
事後保全側のNU1、NU3では試験効率の観点から、突合せ溶接部のUリブコーナー部に丸孔を施工し、その壁面を切断した疑似き裂を導入した状態で疲労試験を行い、着目き裂を発生させた。その後、Uリブコーナー部全体に広がるまでき裂を進展させて(以下、き裂(中))NU1に図 - 29に示す当て板補強を行い、静的荷重試験によって補強によるき裂先端の応力軽減効果や他部位への影響を確認した。さらに当て板を外して疲労試験を行い、Uリブ断面の半分以上が欠損するまでき裂を進展させた(以下、き裂(大))後、スカラップ施工後に当て板補強を実施し、静的荷重試験を行った。当て板補強は図 - 29に示す2面当て板、L形鋼を設置した2面当て板改良型、及び3面当て板の3種類である。そして最後に200万回の疲労試験を実施して疲労耐久性を確認した。静的荷重試験における応力発生状況を図 - 31に示す。応力計測位置は図 - 32に示す通りである。デッキプレート-Uリブ溶接部の橋直方向応力の計測用にデッキプレート及びUリブ表面にゲージを、き裂先端付近の橋軸方向応力の計測用にUリブ表面にゲージを貼付した。図 - 31のゲージ ~ の応力発生状況は、き裂発生前の健全時、き裂発生後の補強前、および3種の



(a) 2面当て板補強



(b) 2面当て板補強-改良型



(c) 3面当て板補強

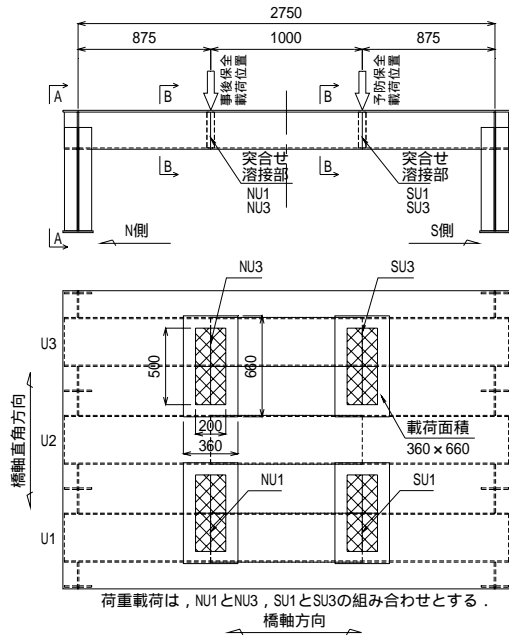


図 - 29 検討対象とした補修・補強工法

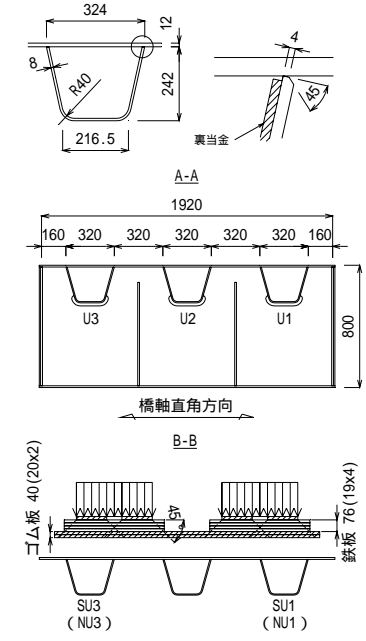


図 - 30 Uリブ突合せ溶接部のき裂に関する検討に用いた実大鋼床版試験体

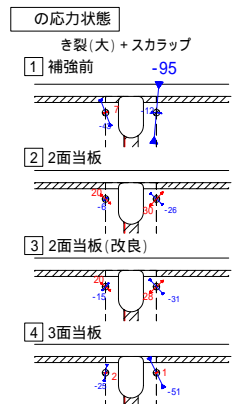
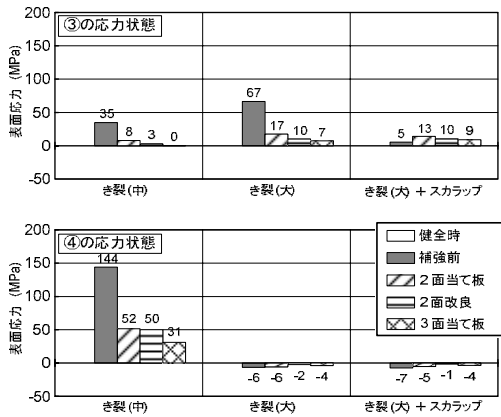
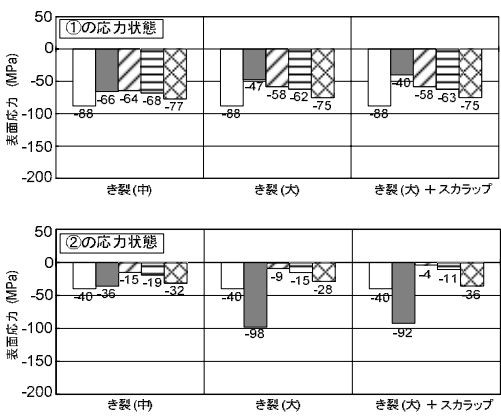


図 - 31 事後保全タイプの応力発生状況 (NU1)

当て板設置時における静的載荷時の応力状態を示したものである。また、ゲージの応力発生状況は、スクラップ周辺の上記条件における主応力を示したものである。デッキプレート - Uリブ溶接部に着目したゲージより、当て板補強により橋軸直角方向の応力が健全時の状態に戻る傾向にあり、特に3面当て板によるものが顕著な結果となった。また、き裂先端に着目したゲージより、当て板補強によるき裂先端部の応力軽減効果が明確となっており、前記と同様に3面当て板において顕著となった。しかし、スクラップ周辺の応力状態については、3軸ゲージの計測結果から、鉛直方向応力は2面および2面改良の当て板補強により、補強前の30%程度まで軽減しているが、3面当て板では補強前の50%程度

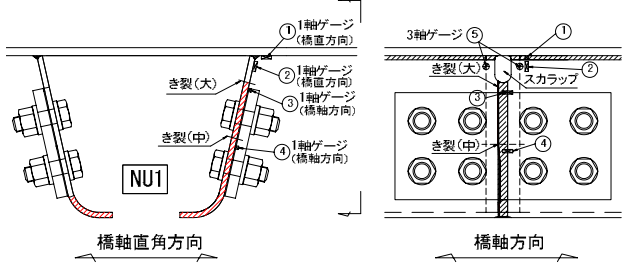


図 - 32 事後保全側の試験における応力計測位置 (NU1)

の軽減に留まった。最後に、2面当て板を設置した状態で200万回の疲労試験を実施したところ、スクラップ周辺からき裂が再発することはなく、疲労耐久性を有していることを確認した。

7. あとがき

解析および実験の両面から、既設鋼床版の各部に発生する疲労き裂の発生原因について検討するとともに、その補修・補強方法を検討した。

デッキプレートとUリブの溶接部のき裂を対象とした対策としては、2種類の当て板補強法、Uリブ充填・縦桁補強法、SFRC舗装による補強法について、一連の載荷試験、定点疲労試験、輪荷重走行試験、および施工試験により、効果を確認した。とくにSFRC舗装による補強法に関しては、デッキプレートと舗装を一体化する接着材や舗装自体の耐久性も含めた検討を行うとともに、得られた技術的知見を設計・施工マニュアルの形式でとりまとめている。

垂直補剛材上端部、Uリブ横リブ交差部、およびUリブ突合せ溶接部のき裂についても、き裂の進展性状、補修・補強工法の効果について載荷試験、定点疲労試験、輪荷重走行試験等により確認した。

参考文献

- 1) 有馬、村越：鋼床版縦リブ溶接部部耐力に着目したFEM解析、土木学会第59回年次学術講演会講演概要集、2004.9.
- 2) 村越、有馬：鋼床版における最近の疲労損傷事例と対策に関する検討 - デッキプレート内進展き裂を対象として -、第5回道路橋床版に関するシンポジウム論文集、2006.7.
- 3) 有馬、村越：輪荷重走行試験による鋼床版デッキプレート進展き裂の再現、土木学会第61回年次学術講演会講演概要集、2006.9.
- 4) 川畑、井口、廣中、鈴木、齋藤：鋼床版のデッキプレートと縦リブ溶接部を対象とした移動輪荷重載荷試験、第5回道路橋床版に関するシンポジウム論文集、2006.7.
- 5) 首都高速道路公団、(財)首都高速道路技術センター：首都高速道路の鋼構造物の点検・補修・補強に関する調査研究（平成16年度）報告書、2005.3.
- 6) 高田、平野、坂野、松井：阪神高速道路における鋼床版の疲労損傷と要因分析の検討、第5回道路橋床版に関するシンポジウム論文集、2006.7.
- 7) 藤原、岩崎、田中：限界状態設計法における設計活荷重に関する検討、土木研究所資料第2539号、1988.1.
- 8) 松下、齋藤、村越、有馬：き裂を有する鋼床版の当て板補強に関する解析的検討、土木学会第61回年次学術講演会講演概要集、2006.9.
- 9) 佐々木、村越、有馬、栗原、川畑、山田：き裂を有する鋼床版の当て板補強に関する検討、土木学会第61回年次学術講演会講演概要集、2006.9.
- 10) 松下、齋藤、村越、梁取、宇井、川畑、志賀、佐々木、林：き裂を有する鋼床版の当て板補強に関する定点疲労試験、土木学会第62回年次学術講演会講演概要集、2007.9.
- 11) 木下、入部、田中、村越、有馬：Uリブ雨樋型カットによ

る鋼床版疲労損傷に対する補強方法の提案、土木学会第61回年次学術講演会講演概要集、2006.9.

12) 木下、石川、入部、田中、村越、梁取：Uリブ雨樋型カット工法による鋼床版疲労損傷部の補強効果確認試験報告、土木学会第62回年次学術講演会講演概要集、2007.9.

13) 岡、相場、村越、有馬、林、亀山：き裂を有する鋼床版のUリブ充填・桁補強工法の移動輪荷重試験、土木学会第61回年次学術講演会講演概要集、2006.9.

14) 岡、村越、梁取、宇井、佐々木、山田、亀山、林：き裂を有する鋼床版のUリブ充填・桁補強工法の設計施工の検討、土木学会第62回年次学術講演会講演概要集、2007.9.

15) 井口、寺尾、西野、村越：鋼床版SFRC舗装施工前の静的載荷試験、土木学会第60回年次学術講演会講演概要集、2005.9.

16) 西野、井口、寺尾、村越：SFRC舗装による鋼床版の応力低減効果に関する実験的検討、土木学会第60回年次学術講演会講演概要集、2005.9.

17) 一宮、村越、春日井、有馬、西野：SFRC舗装を敷設した鋼床版の移動輪荷重載荷試験、土木学会第61回年次学術講演会講演概要集、2006.9.

18) 越川、中丸、児玉、村越、有馬：鋼床版上に用いる鋼繊維補強コンクリート舗装の乾燥収縮拘束率に関する報告、土木学会第61回年次学術講演会講演概要集、2006.9.

19) 小栗、辻井、児玉、村越、有馬：鋼床版上に用いる鋼繊維補強コンクリート舗装の基本物性に関する一考察、土木学会第61回年次学術講演会講演概要集、2006.9.

20) 宇井、梁取、村越、石井、西野、春日井、石垣：鋼床版上SFRC舗装の負曲げモーメント発生部を対象とした実験（その1）、土木学会第62回年次学術講演会講演概要集、2007.9.

21) 石井、西野、春日井、宇井、梁取、村越、石垣：鋼床版上SFRC舗装の負曲げモーメント発生部を対象とした実験（その2）、土木学会第62回年次学術講演会講演概要集、2007.9.

22) 春日井、井口、石井、梁取、宇井、村越：SFRC舗装を敷設した鋼床版の移動輪荷重載荷試験終了後の供試体調査、土木学会第63回年次学術講演会講演概要集、2008.9.

23) 宇井、村越、梁取、児玉、辻井、石垣、井口：鋼床版上SFRC舗装のひび割れ挙動に着目した輪荷重走行試験、土木学会第63回年次学術講演会講演概要集、2008.9.

24) 一瀬、児玉、小栗、村越、梁取：鋼床版上SFRC舗装における乾燥収縮による拘束ひずみの推定、土木学会第63回年次学術講演会講演概要集、2008.9.

25) 西島、東、児玉、大西、松井：接着接合型鋼床版上SFRC舗装における接着界面のせん断疲労抵抗性に関する研究、土木学会第63回年次学術講演会講演概要集、2008.9.

26) 小栗、児玉、村越、梁取、宇井：鋼床版SFRC舗装に用いる接着剤のせん断強度試験、土木学会第63回年次学術講演会講演概要集、2008.9.

27) 村越、梁取、宇井、石垣、尾本、根本：鋼床版上SFRC舗装の接着品質確保に関する実験的検討、土木学会第63回年次学術講演会講演概要集、2008.9.

- 28) 宇井、村越、梁取、児玉、辻井、石垣、石井：輪荷重走行試験による鋼床版上 SFRC 舗装の耐久性に関する検討、土木学会第 63 回年次学術講演会講演概要集、2009.9. (投稿中)
- 29) 西川：SFRC による鋼床版舗装 - 鋼とコンクリートの新しい関係 -、橋梁と基礎、2005.8.
- 30) 児玉、後藤、加形、近藤：供用下における SFRC による鋼床版の疲労対策、橋梁と基礎、2006.11.
- 31) 石川、江崎、村越、有馬：鋼床版デッキプレートと主桁ウェブ垂直補剛材溶接部の疲労損傷補修・補強構造検討、土木学会第 61 回年次学術講演会講演概要集、2006.9.
- 32) 八木、江崎、村越、梁取、宇井：鋼床版橋梁の垂直補剛材上端部の疲労損傷に対する補修方法とその効果、土木学会第 63 回年次学術講演会講演概要集、2008.9.
- 33) 平山、細見、入部、村越、梁取、宇井：鋼床版垂直補剛材すみ肉溶接部の補強方法に関する実験的検討、土木学会第 63 回年次学術講演会講演概要集、2008.9.
- 34) 石川、溝江、江崎、村越、梁取：鋼床版のトラフリブ - 横リブ交差部に発生した疲労き裂に対する補修・補強検討、土木学会第 62 回年次学術講演会講演概要集、2007.9.
- 35) 嶋田、溝江、村越、梁取、石澤：鋼床版 U リブ - 横リブ交差部に発生する疲労き裂の補修・補強対策に関する試験報告、土木学会第 64 回年次学術講演会講演概要集、2009.9 (投稿中)
- 36) 田中、溝江、八木、村越、梁取、石澤：鋼床版の U リブ突合せ部に発生する疲労き裂に対する補修・補強検討、土木学会第 64 回年次学術講演会講演概要集、2009.9 (投稿中)

RESEASRCH ON IMPROVEMENT OF FATIGUE DURABILITY FOR EXISTING ORTHOTROPIC STEEL DECKS

Abstract : Fatigue cracks have been reported on several welded connection details of existing orthotropic steel decks which are vulnerable to fatigue damages due to rapid increase of traffic volume. In this research, causes of fatigue cracks and repair/reinforcing method were investigated and examined from FY2004 to 2008 in order to improve fatigue durability of orthotropic steel decks (OSD). Fatigue cracks investigated are that initiate at weld between deck plate and trough ribs, weld at top of vertical stiffeners, at butt weld of trough ribs and at intersection of trough ribs and transverse ribs. And repair/reinforcement methods examined are improvement of pavement and additional steel cross sections. Each method are studied in term of stress reduction, effects on fatigue durability, influence on neighboring structural details, fatigue durability of neighboring structures, and feasibility of application. These results are summarized in form of guidance for design and execution of the methods.

Key words : orthotropic steel decks, fatigue cracks, reinforcement, retrofit, reinforcement by steel attachment, SFRC pavement