

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5961041号  
(P5961041)

(45) 発行日 平成28年8月2日(2016.8.2)

(24) 登録日 平成28年7月1日(2016.7.1)

(51) Int.Cl. F 1  
E O 1 D 19/12 (2006.01) E O 1 D 19/12

請求項の数 3 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2012-119084 (P2012-119084)	(73) 特許権者	505413255 阪神高速道路株式会社
(22) 出願日	平成24年5月24日 (2012.5.24)		大阪府大阪市中央区久太郎町4丁目1番3号
(65) 公開番号	特開2013-245459 (P2013-245459A)	(73) 特許権者	508036743 株式会社横河ブリッジ
(43) 公開日	平成25年12月9日 (2013.12.9)		千葉県船橋市山野町27番地
審査請求日	平成26年11月13日 (2014.11.13)	(74) 代理人	100158883 弁理士 甲斐 哲平
		(72) 発明者	田畑 晶子 大阪府大阪市中央区久太郎町4丁目1番3号 阪神高速道路株式会社内
		(72) 発明者	杉山 裕樹 大阪府大阪市中央区久太郎町4丁目1番3号 阪神高速道路株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鋼床版及びこれを備えた鋼床版橋

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

鋼板と、補剛材である縦リブと、補剛材である横リブ、横桁又はダイヤフラムと、を有する鋼床版において、

前記縦リブは閉断面リブであり、

前記横リブ、横桁又はダイヤフラムのウェブのうち前記縦リブと交差する箇所には、略U字状の切欠き部が設けられるとともに、細幅部材が形成され、

前記切欠き部の両端には、外縁が曲線形状である湾曲部が形成され、

前記細幅部材は、前記縦リブと前記切欠き部との間であって前記湾曲部に隣接して形成され、

さらに前記細幅部材は、前記縦リブのウェブ方向と略平行な2つの長辺を有する形状であり、

前記細幅部材の前記長辺のうち前記湾曲部に隣接する長辺と、該湾曲部の外縁と、が接する点において、該長辺の方向と該湾曲部の外縁の接線方向が略一致し、

前記縦リブのウェブに溶接された前記細幅部材が、該縦リブの変形に伴う応力を集中させる緩衝部材として機能する、ことを特徴とする鋼床版。

【請求項2】

前記細幅部材の形状は、長辺寸法が短辺寸法の3倍以上であって10倍以下であることを特徴とする請求項1記載の鋼床版。

【請求項3】

鋼板と、補剛材である縦リブと、補剛材である横リブ、横桁又はダイヤフラムと、を有する鋼床版を床版とする鋼床版橋において、

前記鋼床版が、請求項 1 又は請求項 2 記載の鋼床版であることを特徴とする鋼床版橋。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願発明は、橋梁の鋼床版と、これを使用した鋼床版橋に関するものであり、より具体的には、縦リブと横リブ、横桁又はダイヤフラムの交差部における疲労耐久性が従来よりも優れた鋼床版及びこれを備えた鋼床版橋に関するものである。

【背景技術】

【0002】

橋梁には数多くの種類が知られているが、その分類によって挙げられる種類は異なる。例えば、橋梁の用途別に分類すると、道路橋、鉄道橋、管路橋などが挙げられるし、越えるものに着目すると、河川橋、跨道橋、跨線橋などが挙げられ、構造形式別に分類すると、桁橋、トラス橋、アーチ橋、吊り橋などが挙げられる。また、床版形式別に分類されることもあり、この場合、コンクリート系床版橋、鋼・コンクリート合成床版橋、鋼床版橋に大別される。

【0003】

鋼床版橋は、図 1 に示すように主に鋼床版 1 と主桁 2 によって構成され、鋼床版 1 の上に直接アスファルト等の舗装が敷設される。また、鋼床版 1 は、デッキプレートとも呼ばれる鋼板 3 と、この鋼板 3 を補剛する縦リブ 4、横リブ 5 によって形成され、さらに、主桁 2 には主桁 2 のウェブを補剛する垂直補剛材が溶接されることもある。

【0004】

鋼床版 1 は、鋼板 3 をはじめ、縦リブ 4、横リブ 5 などの鋼材によって形成されることから、コンクリートを使用するコンクリート系床版や鋼・コンクリート合成床版に比べて著しく軽量となる。軽量となる結果、耐震性が向上し、橋脚などの下部構造物への負担が軽減されることとなり、経済的にも優れた橋梁を構成することができる。また、コンクリートを使用しないため、長期養生期間を必要とせず、架設工期が短くなり、また、供用後にコンクリートが剥離することもないので、維持管理上も有利である。このような理由から、都市内の高架橋や長大橋などでは、鋼床版橋が採用されることが多い。

【0005】

ところで、都市内で高架橋を多用している都市高速道路は、日々多くの交通量を支えている。例えば、阪神高速道路では、1 日当たりの断面交通量が 10 万台近くもあり、しかも、大型車混入率が極めて高い。つまり、都市高速道路の高架橋は、長年にわたっておびただしい回数の輪荷重を受けており、高架橋を構成する主部材に疲労損傷が生じ得ることは容易に想像できる。特に、鋼床版 1 は、舗装を間に挟んでいるものの輪荷重の影響は直接的であり、疲労損傷を生じやすい環境にあるといえる。実際に、多くの都市高速道路の鋼床版 1 において疲労損傷が報告されている。

【0006】

また、近年、鋼床版 1 のうち疲労損傷を特に受けやすい箇所があることが明らかになってきている。図 9 は、疲労損傷による亀裂（以下「疲労亀裂」という。）が発生した状況を示す斜視図である。この図に示すように、縦リブ 4 が閉断面リブの場合（図 3（b）参照）、縦リブ 4 と横リブ 5 の交差部（以下「リブ交差部」という。）で多くの疲労亀裂が確認されており、約 7,000 件の疲労亀裂における点検記録によればリブ交差部における疲労亀裂の発生が全体の 38.2% を占めており、リブ交差部が最も疲労損傷を受けやすい箇所であると指摘されている。

【0007】

鋼板 3 は、主桁 2 の上フランジ部分としての役割と床版としての役割を備えており、特に後者として輪荷重を受けることにより、鋼板 3 に対して大きな曲げモーメントが発生する。縦リブ 4 は、通常、鋼板 3 の上フランジとして鋼板 3 を橋軸方向に補剛するもので、

10

20

30

40

50

これによって鋼板 3 にかかる大きな曲げモーメントにも抵抗できる。この縦リブ 4 を橋軸直角方向に支持するのが横リブ 5 である。すなわち、リブ交差部は補剛材が集中した複雑な構造となっており、また、様々な部材から伝達される荷重が集中することにより、その荷重による複数の部材の変位によって生じる応力が重なり合う非常に複雑な局部応力状態を生じやすい。その結果、リブ交差部では、応力集中による疲労損傷が発生しやすくなり、縦リブ 4 のウェブや横リブ 5 のウェブに疲労亀裂が多発する。

#### 【 0 0 0 8 】

図 9 は、典型的な疲労亀裂発生状況を示しており、その亀裂には、上側スカラップと縦リブ 4 の接合点から縦リブ 4 のウェブに伸びる亀裂 C U 1、同じく横リブ 5 との接合箇所から横リブ 5 のウェブに伸びる亀裂 C U 2、下側スリットと縦リブ 4 の接合点から縦リブ 4 のウェブに伸びる亀裂 C L 1、同じく横リブ 5 のウェブに伸びる亀裂 C L 2 といった事例が挙げられる。上側亀裂 C U 1、C U 2 の発生を防止するため、昨今では上側スカラップを設けない構造が標準であることから、下側亀裂 C L 1、C L 2 の発生防止が解決すべき課題として注目されているところである。

10

#### 【 0 0 0 9 】

リブ交差部に発生する疲労亀裂に関しては、既に多くの研究が行われており、課題に対する対策もいくつか提案されている。例えば、特許文献 1 では、鋼床版を構成する主部材を重要度の高低で分類し、重要度の低い部材に積極的に欠損部（切欠き、板厚削減、孔）を設けて疲労亀裂を発生させ、重要度の高い部材の応力集中を緩和させるものである。具体的には、重要度が低いと位置付けた横リブに切欠き部を設け、疲労亀裂を故意に発生させることにより、重要度が高いと位置付けているデッキプレートや縦リブ側への疲労亀裂の発生を抑制するものである。

20

#### 【 先行技術文献 】

#### 【 特許文献 】

#### 【 0 0 1 0 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 8 - 2 2 3 3 9 3 号公報

#### 【 発明の概要 】

#### 【 発明が解決しようとする課題 】

#### 【 0 0 1 1 】

鋼床版のリブ交差部における疲労亀裂に関して多くの研究が行われ、これに対する種々の対策が提案されてきたのは既述のとおりである。しかしながら、リブ交差部に対する決定的な対策工が確立されるには至っていない。特許文献 1 の場合でいえば、そもそもデッキプレートや縦リブ、横リブのような重要な部材同士の組合せに対して優先度を定めること自体が合理的とはいえず、横リブについてもその構造上の機能を期待して設計されている以上、横リブのウェブ母材に疲労亀裂を多発させることに問題がある。

30

#### 【 0 0 1 2 】

ところで、近年、上側亀裂 C U 1、C U 2 の発生を防止するために上側スカラップを設けない手法が採用されていることから、同様に、下側亀裂 C L 1、C L 2 の発生を防止するために下側スリットを省略することが考えられる。しかしながら、下側スリットを設けない構造の採用は、実用的には極めて難しい。なぜなら、後述するように鋼床版 1 は天地逆の状態で作製されるのが一般的で、縦リブ 4 の上から後述の加工を施した横リブ 5 を落とし込んで設置することから、余裕のない部材加工では設置が事実上不可能で、寸法誤差を吸収する役割を担うスリットのようなものが不可欠となるからである。

40

#### 【 0 0 1 3 】

本願発明の課題は、下側スリットを省略することなく、リブ交差部に発生する応力を低減し、しかも、縦リブや横リブ等に亀裂を多発させない構造を備えた鋼床版及びこれを備えた鋼床版橋を提供することにある。

#### 【 課題を解決するための手段 】

#### 【 0 0 1 4 】

本願発明は、縦リブが閉断面リブである鋼床版で採用されるものであり、下側スリット

50

を備えた上で横リブ、横桁又はダイヤフラムに細幅部材を形成し、この細幅部材に応力を集中させることでリブ交差部の溶接部を起点として発生する疲労亀裂を抑制するという従来にはない発想に基づいて行われたものである。

【0015】

本願発明の鋼床版は、少なくとも、鋼板並びに補剛材である縦リブ及び横リブ、横桁又はダイヤフラムを備えるものである。縦リブは、閉断面リブであって、通常は橋軸方向に配置され、横リブ、横桁又はダイヤフラムは、通常は橋軸直角方向に配置されるものである。縦リブと横リブ、横桁又はダイヤフラムの交差部では、横リブ、横桁又はダイヤフラムのウェブに略U字状の切欠き部が設けられ、更に細幅部材が形成される。また、切欠き部の両端には、外縁が曲線形状である湾曲部が形成される。細幅部材は、縦リブと切欠き部との間であって湾曲部に隣接して配置される。また細幅部材は、縦リブのウェブ方向と略平行な2つの長辺を有する形状である。なお、細幅部材の長辺のうち湾曲部に隣接する長辺と、この湾曲部の外縁が接する点において、この長辺方向と湾曲部の外縁の接線方向が略一致するように細幅部材は配置される。細幅部材を含む横リブ、横桁又はダイヤフラムと縦リブのウェブとの接触箇所が溶接されることで、縦リブと横リブ、横桁又はダイヤフラムが接合される。

10

【0016】

本願発明の鋼床版は、細幅部材の形状を、長手方向の寸法が幅方向の寸法の3倍以上であって10倍以下のものとすることもできる。

【0017】

本願発明における鋼床版橋は、本願発明の鋼床版を床版として用いる橋梁である。

20

【発明の効果】

【0018】

本願発明の鋼床版及びこれを備えた鋼床版橋には、次のような効果がある。

(1) リブ交差部に発生する疲労亀裂を、従来に比べ格段に抑制することができる。特に、縦リブと横リブ、横桁又はダイヤフラムとの溶接部に比べて疲労強度が高い細幅部材に応力を集中させることから、当該溶接部を起点に発生し、縦リブ又は横リブ、横桁若しくはダイヤフラムのウェブ母材に進展する疲労亀裂を大幅に抑制することができる。この結果、安全な車両の通行を確保するとともに、橋梁の維持管理の簡素化及び長寿命化を図ることができる。

30

(2) 横リブ、横桁又はダイヤフラムの下側スリット形成時に、併せて細幅部材を形成することができるので、製作が極めて容易でコストもかからない。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】一般的な鋼床版橋を示す部分斜視図。

【図2】箱桁形式の鋼床版橋を示す部分斜視図。

【図3】(a)は開断面リブの例を示す断面図、(b)は閉断面リブの例を示す断面図。

【図4】鋼床版の製造過程を示す部分斜視図。

【図5】本願発明の鋼床版におけるリブ交差部を示す橋軸直角方向の断面図。

【図6】(a)は長辺と短辺からなる略長方形を示す模式図、(b)は一部の角が隅切りされた略長方形を示す模式図、(c)は一方の長辺が他方の長辺に対してやや斜方向となった略長方形を示す模式図、(d)は隅切りとテーパを組み合わせた略長方形を示す模式図、(e)は長辺など構成辺の一部が曲線状となった略長方形を示す模式図。

40

【図7】リブ交差部に輪荷重が作用した状態を示すモデル図。

【図8】細幅部材の長辺寸法、短辺寸法及び湾曲部の外縁形状をパラメータとして、12ケースの解析を行った結果を示す図。

【図9】従来の鋼床版におけるリブ交差部を起点とした疲労亀裂が発生した状況を示す斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0020】

50

本願発明の鋼床版及びこれを備えた鋼床版橋の実施形態の一例を図に基づいて説明する。

#### 【0021】

(全体概要)

本願発明は鋼床版に関する技術であることから、まずは一般的な鋼床版の構造について説明する。鋼床版は、図1に示すように鋼床版1と主桁2を備えており、さらに、鋼床版1は、少なくとも鋼板3、縦リブ4、横リブ5を有している。また、縦リブ4と横リブ5は鋼板3を補剛するものであるが、このほかに主桁2を補剛する垂直補剛材、あるいは、図2に示すような横桁や、図4に示すダイヤフラムなどを設けることもある。図1に示す鋼床版橋のほかに、図2に示す箱桁形式のものもある。前記箱桁形式の主桁2は、図1の構造よりねじり剛性が高いため、長大橋などに採用される。本願発明は、図1に示す鋼床版橋でも、図2に示す前記箱桁形式の鋼床版橋でも採用することができる。

10

#### 【0022】

横リブ5は、一般的には断面I形である場合が多いが、縦リブ4は開断面リブと閉断面リブの2種類が適宜選択されている。図3は、縦リブの例を示す断面図であり、(a)は開断面リブの例を、(b)は閉断面リブの例を示す。この図に示すように開断面リブとしては、不等辺山形鋼を使用したアングルリブ、CT(カットT)を使用したTリブ、平鋼を使用した平リブ、球平形鋼を使用したバルブリブなどが挙げられる。一方、閉断面リブとしては、Y形断面リブ、V形断面リブ、丸形断面リブ、トラフリブ(Uリブ)などが挙げられる。

20

#### 【0023】

鋼床版1は、通常、天地逆の状態で作製される。図4は、鋼床版1の製造過程を示す部分斜視図である。まずは鋼板3が置かれ、その上から所定の位置に縦リブ4が溶接される。その後、縦リブ4の上から横リブ5を落とし込んで設置する。縦リブ4と横リブ5とが交差する位置(以下「リブ交差部」という。)では、縦リブ4を貫通させるためにあらかじめ横リブ5のウェブが切り欠かれており、この切り欠かれた箇所(以下「貫通部」という。)と縦リブ4が嵌合する。このとき、縦リブ4の断面と同一形状で切り欠くのでは加工時の寸法誤差を吸収できないので、横リブ5のウェブの貫通部下方(製造中は上方)には、切欠き部(以下「スリット」という。)が設けられる。

#### 【0024】

リブ交差部では、縦リブ4と横リブ5のウェブ同士が溶接される。この溶接は、すみ肉溶接が一般的であり、縦リブ4のウェブの下方(製造中は上方)は回し溶接が行われる。なお、鋼板3、縦リブ4、横リブ5が重なる箇所にはスカラップが設けられる場合もあり、このときは、前記スカラップ部分でも回し溶接が行われる。しかしながら、前記スカラップを設けることによって疲労亀裂が発生しやすくなるとの指摘もある一方で、鋼板3と縦リブ4との溶接線に沿って生じる疲労亀裂に対しては不利となるとの指摘もある。本願発明では、前記スカラップの有無についてはいずれを選択してもよい。

30

#### 【0025】

次に、本願発明の概要について説明する。図5は、本願発明の鋼床版1におけるリブ交差部を示す橋軸直角方向の断面図である。この図に示すように、従来と同様に、縦リブ4と横リブ5のウェブ同士が溶接され、横リブ5の貫通部下方にはスリット6が形成される。このスリット6の形状は略U字状となっており、その両端には湾曲部6aが設けられている。湾曲部6aは、横リブ5のウェブ母材との境界でもある外縁が曲線形状であり、例えば、図5では略半円形となっている。

40

#### 【0026】

縦リブ4のウェブとスリット6の間には、細幅部材7が形成される。また、この細幅部材7は、湾曲部6aの下方に隣接して、湾曲部6a外縁の曲線と連続している。この細幅部材7を設けることで、縦リブ4のウェブの面外変形に追従して細幅部材7が面内曲げを受け、最外縁で最大の曲げ応力が発生するため、細幅部材7の縁部は応力が集中しやすくなる。細幅部材7の幅が小さい場合は、溶接形状の影響による局所的な応力集中で、後述

50

する溶接下端点の応力が高くなる場合もある。いずれの場合であっても、縦リブ4と横リブ5との回し溶接部の応力集中が低減され、さらに、細幅部材7は前記回し溶接部に比べて疲労強度が高いことから、結果として、鋼床版1全体が疲労損傷に対して強い構造となる。

**【0027】**

以下、本願発明を構成する要素ごとに詳述する。

**【0028】**

(主桁)

橋台や橋脚の間に架け渡され、支間の曲げモーメントやせん断力を負担するのが主桁2である。主桁2は、I形断面とされるのが一般的で、ウェブと上下のフランジで構成されるが、既述のとおり上フランジは鋼板3がこれを兼ねるのが主流である。図1に示すように、I形断面を所定の間隔に配置した開断面の主桁2とする場合もあるが、図2に示すような閉断面の箱桁形式を形成する場合もある。

10

**【0029】**

(鋼板)

鋼板3は、舗装を介して輪荷重を直接支持するものであり、床版として主桁2間の曲げモーメントやせん断力を負担し、さらに、主桁2の上フランジとしても機能する部材である。これまで鋼板3の板厚は12mmとされることが多かったが、近年では疲労耐久性向上のため16mmが採用されている。また、合理化鋼床版とする場合は18mmが採用されることもある。通常は複数枚の鋼板3が主桁2の上に配置され、その継手部は溶接又は高力ボルト接合される。道路橋の場合であれば、鋼板3の上にアスファルト等によって舗装が敷設され、その両側には地覆が設けられる。

20

**【0030】**

(縦リブ)

縦リブ4は鋼板3を補剛する部材であり、図1や図2に示すように、通常は橋軸方向に配置されて(支点部周りや拡幅部などでは橋軸方向に一致しない場合もある)、鋼板3に溶接設置される。既述のとおり、縦リブ4は、開断面リブ(図3(a)参照)と閉断面リブ(図3(b)参照)に大別される。前記開断面リブは曲げ剛性のみが期待でき、一方の前記閉断面リブは曲げ剛性のほかにねじり剛性も期待できるので、大支間の橋梁に好んで用いられる。本願発明は、前記閉断面リブで多発する疲労亀裂の対策として開発されたものであるから、縦リブ4として前記閉断面リブを採用する方がより効果的であるため、以下は閉断面の縦リブ4の場合で説明するが、開断面の縦リブ4を用いてもよい。

30

**【0031】**

閉断面リブには、Y形断面リブ、V形断面リブ、丸形断面リブ、トラフリブなどの種類があることは既に述べたとおりであるが、道路橋の場合では、このうちトラフリブが最も使用されている。縦リブ4の板厚は、腐食等も考慮することから8mmを最少厚として設計されるのが一般的であるが、閉断面の場合は最少板厚を6mmとして設計する場合もある。また、縦リブ4の配置間隔(橋軸直角方向の間隔)は通常30cm程度とされ、最も使用されているトラフリブはリブ高さが240mmのものが一般的である。

**【0032】**

(横リブ)

横リブ5も縦リブ4と同様に、鋼板3を補剛し、さらに、縦リブ4の支点としても機能する部材であり、図1や図2に示すように、通常は橋軸直角方向に配置されて(支点部周りや拡幅部などでは橋軸直角方向に一致しない場合もある)、鋼板3に溶接設置される。また、横リブ5の両端は、主桁2のウェブに突き合わせて溶接固定されることが多い。既述のとおり、横リブ5は、一般的に断面I形の開断面リブであり、ウェブと下フランジで構成される。

40

**【0033】**

横リブ5の配置間隔(橋軸方向の間隔)は、縦リブ4の剛性に依存するものの、疲労設計においては2.5m以下の配置が標準とされている。縦リブ4と横リブ5が交差するり

50

ブ交差部では、横リブ5のウェブが切り欠かれ、横リブ5のウェブを縦リブ4が貫通する構造となっている。なお、横リブ5のほか、同様に橋軸直角方向に配置される横桁やダイヤフラムを設ける場合もある。横桁は、やはりウェブと下フランジで構成されるI形断面であり、横リブ5よりも断面が大きく、配置間隔が広いなどの違いはあるもののウェブに縦リブ4を貫通させる点は同じである。また、ダイヤフラムもウェブを有し、ウェブに縦リブ4を貫通させる点はやはり同様である。したがって、本願発明の特徴であるリブ交差部における横リブ5の構造は、横桁やダイヤフラムを用いる場合であってもまったく同様に採用することができる。以下では、縦リブ4と横リブ5の交差部、縦リブ4と横桁の交差部、縦リブ4とダイヤフラムの交差部を総じて「リブ交差部」という。

【0034】

(リブ交差部)

前記したリブ交差部では、横リブ5、横桁又はダイヤフラム(以下これらをまとめて「横リブ5等」という。)のウェブ部分に、縦リブ4を貫通させる切欠きである「貫通部」が設けられる。この貫通部の下方には、図5に示すようにスリット6が形成される。なお、貫通部上方にスカラップを設けることができる(あるいは省略することができる)のは既に述べたとおりである。

【0035】

1. スリット

図5に示すように、スリット6は正面視(橋軸方向から見た)形状が、略左右対称の略U字状となっている。さらに、スリット6の両端(略U字状の両先端)には、それぞれ湾曲部6aが形成されている。この湾曲部6aの外縁は曲線形状であり、より望ましくは楕円形や円形の一部とされる。なお、スリット6は横リブ5等のウェブ母材を切り欠いており、当然ながら湾曲部6aの外縁は横リブ5等のウェブ母材との境界も構成している。

【0036】

2. 細幅部材

図5に示すように、スリット6と縦リブ4に挟まれる位置に、細幅部材7が形成される。この細幅部材7は、元は横リブ5等のウェブ母材の一部であり、言い換えれば細幅部材7を形成するようにスリット6が切り欠かれる。この細幅部材7の基本形状は、図6(a)に示すように長手方向の長辺Lと幅方向の短辺Bからなる略長方形(長方形を含む。)である。ここでいう略長方形とは、内角が略90度の四辺形を意味するほか、図6(b)に示すように一部の角が隅切りされた形状や、図6(c)に示すように一方の長辺Lが他方の長辺Lに対してやや斜方向となった形状、図6(d)に示すように隅切りとテーパを組み合わせた形状、図6(e)に示すように長辺Lなど構成辺の一部が曲線状となった形状など、外見上長方形に類する様々な形状を含むことを意味する。細幅部材7は縦リブ4のウェブに沿うように(略平行に)形成され、長辺Lのうち縦リブ4のウェブに接する辺が縦リブ4のウェブに溶接接合される。

【0037】

細幅部材7の長辺Lのうち縦リブ4のウェブと接しない辺は、その上部で湾曲部6aの外縁と連続している。このとき、この連続点において、湾曲部6aの外縁の接線方向と長辺Lの方向が略一致(一致する場合を含む。)していると、後に説明するように応力集中が生じにくくなるためより好適となる。細幅部材7は、応力を集中させるために形成される部材であり、いわゆる緩衝部材としての機能を有する。以下、図7に基づいて、リブ交差部に輪荷重が作用した場合におけるリブ交差部の変形機構について説明する。

【0038】

3. リブ交差部の変形機構

図7は、リブ交差部に輪荷重が作用した状態を示すモデル図である。この図ではリブ交差部に直接的に載荷されているが、リブ交差部から離れた位置に輪荷重が作用した場合でも、その荷重は鋼板3と縦リブ4の曲げ剛性によって伝達され、鋼床版1の中でも剛な構造であるリブ交差部に集中的に作用する。

【0039】

10

20

30

40

50

図7の場合、輪荷重が作用したことによって、リブ交差部の左側には鉛直荷重が作用し、縦リブ4及び横リブ5等は概ね反時計回りに変形しようとする。そのため、リブ交差部の左側は全体的に伸びようとして引張応力が生じ、同右側は全体的に縮もうとして圧縮応力が生じる。このとき、細幅部材7を設けない従来構造では、縦リブ4と横リブ5等の溶接下端点(図9における下側亀裂CL1、CL2の亀裂の始点をいう。以下同じ。)において極端に応力が集中し、その結果、縦リブ4のウェブや横リブ5等のウェブに前記下側亀裂CL1、CL2のような「溶接部を起点とした疲労亀裂」が発生していた。特に、縦リブ4のウェブに前記下側亀裂CL1、CL2のような亀裂が発生するのは、輪荷重により縦リブ4に面外方向への力が作用したときに、溶接設置された横リブ5等のウェブが縦リブ4の変形を拘束することが原因であると考えられる。

10

## 【0040】

一方、本願発明の場合、細幅部材7を形成したことにより、細幅部材7の横に空間(スリット6の一部)が生じており、縦リブ4の変形を拘束することがない。したがって、縦リブ4に面外方向の力が作用しても、縦リブ4は比較的自由に变形でき、前記溶接下端点への応力集中が大幅に緩和される。そのため、細幅部材7は、縦リブ4の変形を拘束しない程度の形状である必要があり、長辺Lの寸法に比べて短辺Bの寸法が著しく小さい細長の形状であることが望ましい。縦リブ4が自由に变形する結果、これに応じて細幅部材7も変形しようとして横リブ5等のウェブ母材に力を伝達する。このとき、湾曲部6aの外縁が曲線形状となっている効果で、例えば、細幅部材7との連続点など特定の点に応力が集中することがなく、円滑に力が伝えられる。

20

## 【0041】

一方、細幅部材7は細幅であるが故に、相当の力が作用すると大きく変形し、応力が集中する。言い換えれば、細幅部材7が緩衝部材として働くことによって前記溶接下端点の応力集中を肩代わりする。細幅部材7の応力集中部は、前記溶接下端点に比べて疲労強度の高い縁部であるため、構造全体としての疲労耐久性は大きく向上する。

## 【0042】

既述のとおり細幅部材7の形状と湾曲部6aの外縁形状が、縦リブ4及び横リブ5等に与える影響を左右すると考えられる。そこで、本願の発明者は、細幅部材7の長辺Lの寸法、短辺Bの寸法及び湾曲部6aの外縁の形状(半径R)をパラメータとして、12ケースの解析を行った。なお、解析モデルは図7に示すように、リブ交差部の左側に輪荷重が作用した場合である。

30

## 【0043】

図8は解析の結果を示す図で、解析により得られた主応力をパラメータごとにまとめた表と、これをグラフで表したものである。本解析では、図8に示すように着目点Aと着目点Bにかかる応力に着目している。着目点Aは縦リブ4と細幅部材7との溶接下端であり、ここでの縦リブ4のウェブにかかる主応力を計算した。着目点Bは細幅部材7及び湾曲部6a周辺を指し、ここでの横リブ5等のウェブ母材にかかる主応力を計算した。また、参考までに細幅部材7を設けない従来構造(図9の構造を示す。図8では「ケース0」とする。)でも同様の計算をしている。なお、従来構造の場合、当然ながら着目点A及び着目点Bには細幅部材7による効果は期待できない。なお、本願発明のケース1~ケース10は細幅部材7の形状が図6(a)に示すように略長方形の場合であり、ケース11は細幅部材7の形状が図6(d)に示すように隅切りとテーパを組み合わせた形状の場合であり、ケース12は細幅部材7の形状が図6(c)に示す長辺Lがテーパ状を呈している場合である。

40

## 【0044】

従来構造では引張側の着目点Aにおいて $457\text{ N/mm}^2$ の最大主応力が生じており、本願発明のケース1~ケース12ではいずれもこの値を大きく下回っていることがわかる。また、圧縮側を見ても、従来構造の場合は $-307\text{ N/mm}^2$ の最小主応力が生じており、本願発明のケースではやはりいずれもこの値を大きく上回っている。

## 【0045】

50



一方、着目点Bを見ると、従来構造の最大主応力  $213 \text{ N/mm}^2$  に比べ、本願発明のケース1～ケース12とは大きな差がなく、ケース6では  $234 \text{ N/mm}^2$  とむしろ上回っている。ケース8やケース9も同様に従来構造の最大主応力を上回っている。これは、既述したように細幅部材7が緩衝部材として機能していることを示しているものと考えられる。

#### 【0046】

細幅部材7の形状を、長辺Lの寸法と短辺Bの寸法の比である形状比（長辺L寸法/短辺B寸法）で表し、この形状比と縦リブ4の最大主応力（引張側の着目点A）との関係を示したのが図8下のグラフである。なお、細幅部材7の一方の長辺Lがテーパ状を呈している場合は、短辺Bの最大寸法をそのまま短辺Bとしたり、短辺Bの最大寸法と最小寸法の平均値を短辺Bとしたり、面積を長辺L（高さ）で除した代表値を短辺B寸法とすることができる。このグラフから、形状比が大きいほど縦リブ4のウェブに生じる最大主応力が低減されることがわかる。すなわち、細幅部材7はその形状比が大きい方が好ましく、特に形状比を3.0以上とすれば、従来構造の最大主応力の60%（ $274 \text{ N/mm}^2$ ）以下に大きく低減されるので更に好ましい。ところで、形状比を大きくするためには短辺Bの寸法は小さい方が有効であるが、加工上の問題から実際には10mm程度が最少寸法となる。また、長辺Lの寸法は大きい方が好ましいが、あまり大きくすると図5に示す有効溶接長さ（縦リブのせん断力を横リブに伝達するために必要な長さ）が十分に確保できなくなってしまい、縦リブと横リブの接合部に期待される機能を発揮しなくなる。したがって、むやみに長辺Lの寸法を大きくすることはできない。例えば、既述のとおりトラ

10

20

#### 【0047】

湾曲部6aの外縁形状である半径Rに関しては、細幅部材7の短辺Bとの関係に着目してその傾向を測った。具体的には、短辺Bを10mmとして、半径Rを20mm（2倍）、30mm（3倍）、40mm（4倍）と変化させて解析した。さらに、短辺Bが15mmで半径Rが30mm（2倍）の場合、短辺Bが20mmで半径Rが30mm（1.5倍）の場合でも解析している。

30

#### 【0048】

同じ形状比である、ケース1とケース2、ケース6とケース7及びケース8～ケース10で見ると、半径Rが大きい方がより最大主応力は低減されることがわかる。一方、半径Rを短辺Bよりも短くすると、スリット下側の切断加工において困難が生じることが知られている。したがって、半径Rは短辺Bよりも長い寸法とすることが望ましい。なお、前記解析結果を見ると、半径Rの寸法が細幅部材7の短辺B寸法よりも大きければ、いずれのケースも最大主応力は低減されている。以上のことから、半径Rの寸法は大きい方が好ましく、短辺Bの寸法より大きい寸法とするのが好適となる。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0049】

本願発明の鋼床版及びこれを備えた鋼床版橋は、道路橋、鉄道橋、管路橋といったあらゆる用途の橋梁に利用でき、河川橋、跨道橋、跨線橋など種々のものを越える橋梁に利用することができる。また、新設橋に対して利用できることはもちろんであるが、既設橋の改修や補強を行う際にも利用することができる。本願発明が、安全な交通を提供し、しかも、橋梁の長寿命化を図ることができることを考えれば、産業上利用できるばかりでなく社会的にも大きな貢献を期待し得る発明といえる。

40

#### 【符号の説明】

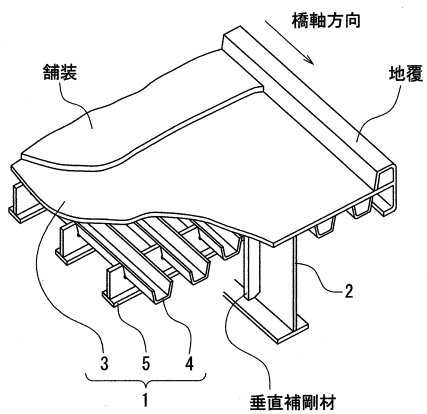
#### 【0050】

- 1 鋼床版
- 2 主桁

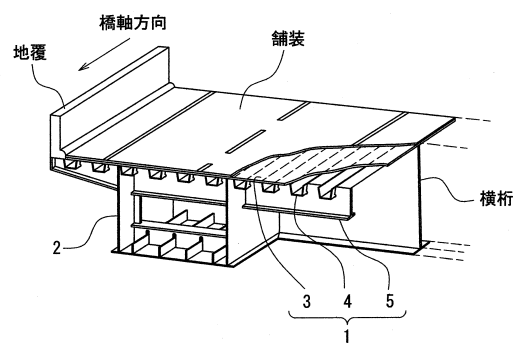
50

- 3 鋼板
- 4 縦リブ
- 5 横リブ
- 6 スリット(切欠き部)
- 6 a 湾曲部
- 7 細幅部材
- C U 1 (上側スカラップから縦リブウェブに伸びる)亀裂
- C U 2 (上側スカラップから横リブウェブに伸びる)亀裂
- C L 1 (下側スリット部から縦リブウェブに伸びる)亀裂
- C L 2 (下側スリット部から横リブウェブに伸びる)亀裂
- B (細幅部材の)短辺
- L (細幅部材の)長辺
- R (湾曲部外縁形状の)半径

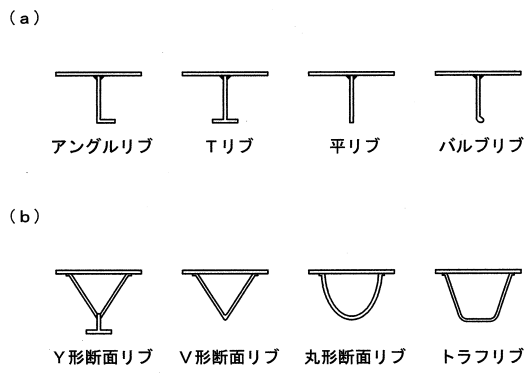
【図1】



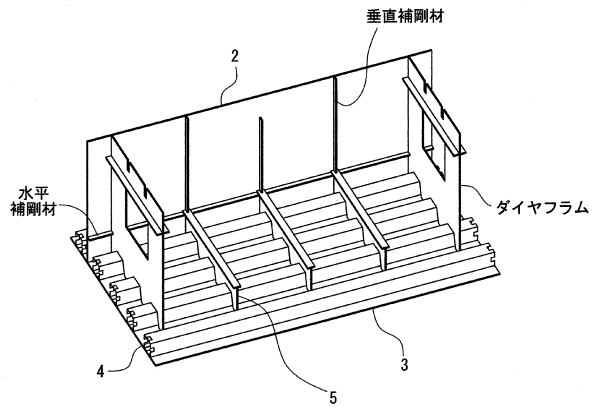
【図2】



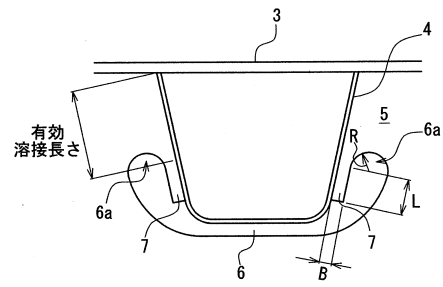
【図3】



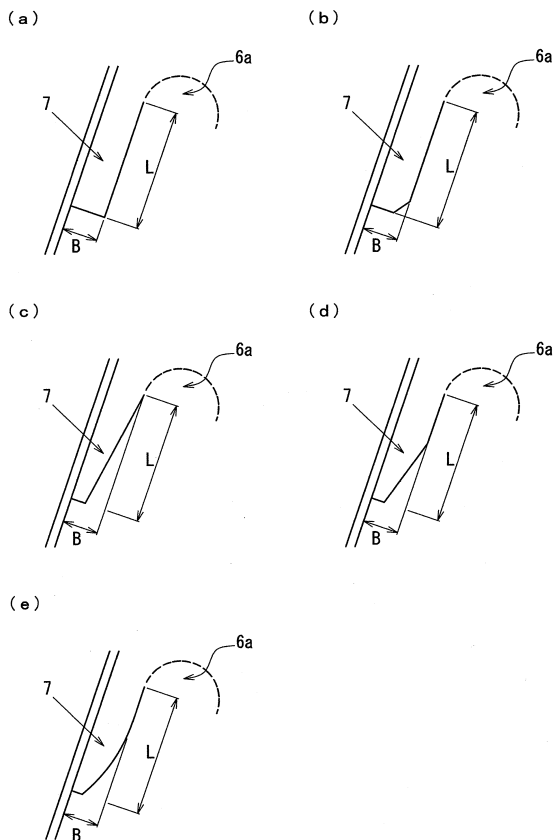
【図4】



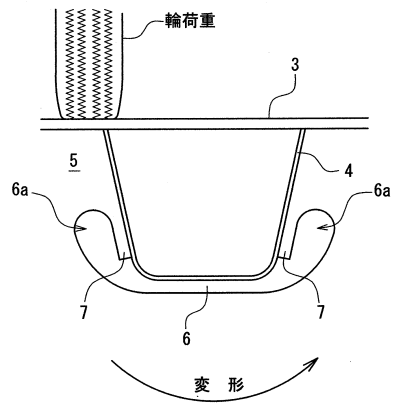
【図5】



【図6】

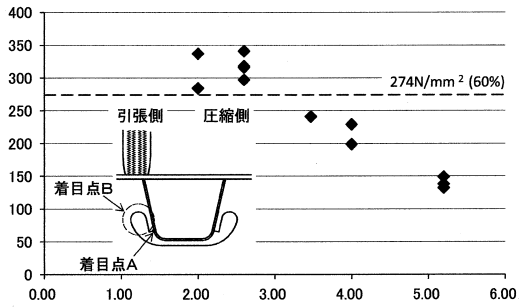


【図7】

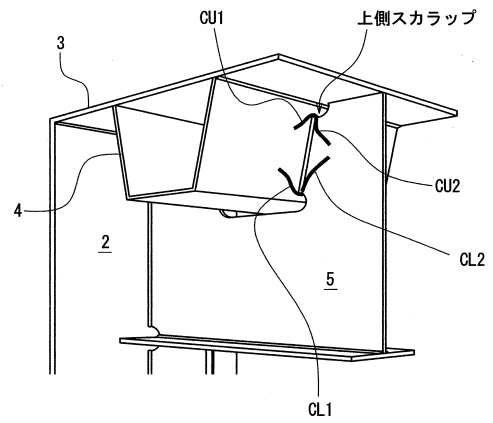


【図8】

ケース	H <sup>*</sup> ラメータ(mm)			形状比	最大主応力 (N/mm <sup>2</sup> )		最小主応力 (N/mm <sup>2</sup> )	
	長辺L	短辺B	外縁R		リブ左 (引張側)		リブ右 (圧縮側)	
					着目点A	着目点B	着目点A	着目点B
0	従来構造			-	457	213	-307	-209
1	20	10	R20	2.00	337	205	-201	-140
2	20	10	R30	2.00	284	181	-157	-117
3	26	10	R30	2.60	341	169	-162	-100
4	52	20	R30	2.60	318	176	-157	-104
5	52	15	R30	3.47	241	201	-116	-115
6	40	10	R20	4.00	229	234	-117	-142
7	40	10	R30	4.00	199	201	-92	-115
8	52	10	R20	5.20	149	245	-73	-145
9	52	10	R30	5.20	138	221	-61	-123
10	52	10	R40	5.20	132	208	-51	-106
11	52	20	R30	2.60	316	175	-156	-103
12	52	20	R30	2.60	297	163	-146	-97



【図9】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 石井 博典  
千葉県船橋市山野町2-7 株式会社横河ブリッジ内
- (72)発明者 清川 昇悟  
千葉県船橋市山野町2-7 株式会社横河ブリッジ内
- (72)発明者 池末 和隆  
千葉県船橋市山野町2-7 株式会社横河ブリッジ内

審査官 竹村 真一郎

- (56)参考文献 特開2008-223393(JP,A)  
特開2008-231718(JP,A)  
特開2007-154493(JP,A)  
特開2008-308872(JP,A)  
特開2007-077749(JP,A)  
特開2002-356811(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

E 01 D	1 / 00 - 24 / 00
E 04 H	9 / 00 - 9 / 16
E 04 B	1 / 38 - 1 / 61
E 04 C	2 / 00 - 2 / 54