

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4004436号  
(P4004436)

(45) 発行日 平成19年11月7日(2007.11.7)

(24) 登録日 平成19年8月31日(2007.8.31)

(51) Int. Cl.	F 1
EO 1 D 22/00 (2006.01)	EO 1 D 22/00 B
EO 1 D 19/12 (2006.01)	EO 1 D 19/12

請求項の数 10 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2003-154300 (P2003-154300)	(73) 特許権者	591127098
(22) 出願日	平成15年5月30日(2003.5.30)		首都高速道路公団
(65) 公開番号	特開2005-29953 (P2005-29953A)		東京都千代田区霞ヶ関1丁目4番1号
(43) 公開日	平成17年2月3日(2005.2.3)	(73) 特許権者	599104369
審査請求日	平成17年2月21日(2005.2.21)		日鉄コンポジット株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2003-137278 (P2003-137278)		東京都中央区日本橋小舟町3-8
(32) 優先日	平成15年5月15日(2003.5.15)	(73) 特許権者	000236159
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		三菱化学産資株式会社
			東京都千代田区丸の内一丁目8番2号
特許法第30条第1項適用	橋梁新聞第797・798号(平成15年1月1日発行)にて発表	(73) 特許権者	000003159
			東レ株式会社
			東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号
		(73) 特許権者	000004444
			新日本石油株式会社
			東京都港区西新橋1丁目3番12号
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 道路床版の補強方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

道路床版の下面に、連続補強繊維を格子状に配置し樹脂を含浸して帯状連続繊維シート  
の格子構造体を構成、接着するに際し、前記帯状連続繊維シートとして幅15～35cm  
の連続繊維シートを用いて5～20cmの間隔をあけて格子状に接着し、該連続繊維シ  
ートの格子構造体を、床版の単位幅当たりの引張剛性が45～75kN/mmとなるように  
構成するとともに、該連続シートの格子構造体の下地が露出する部分を有することを特徴  
とする道路床版の補強方法。

【請求項2】

樹脂を含浸する前に前記格子状の部分に対してマスキングを行い、樹脂を含浸した後に  
該マスキングを除去することにより、前記格子構造体の下地が露出した部分を形成する、  
請求項1に記載の道路床版の補強方法。

【請求項3】

前記連続繊維シートを、床版の主筋方向および配力筋方向に各々1層ずつ接着する、請  
求項1または2に記載の道路床版の補強方法。

【請求項4】

厚みが10cm以上18cm未満の床版に対し、前記連続繊維シートの格子構造体を、  
床版の単位幅当たりの引張剛性が62～75kN/mmとなるように構成する、請求項1  
～3のいずれかに記載の道路床版の補強方法。

【請求項5】

幅 15 ~ 35 cm の連続繊維シートを 8 ~ 13 cm の間隔をあけて格子状に接着する、請求項 4 の道路床版の補強方法。

【請求項 6】

厚みが 18 cm 以上 25 cm 以下の床版に対し、前記連続繊維シートの格子構造体を、床版の単位幅当たりの引張剛性が 45 ~ 62 kN/mm となるように構成する、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の道路床版の補強方法。

【請求項 7】

幅 15 ~ 35 cm の連続繊維シートを 13 ~ 20 cm の間隔をあけて格子状に接着する、請求項 6 の道路床版の補強方法。

【請求項 8】

連続繊維シート自体の単位幅当たりの引張剛性が 85 ~ 105 kN/mm の範囲内にある、請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の道路床版の補強方法。

【請求項 9】

ヤング係数が 350 ~ 650 kN/mm<sup>2</sup> の炭素繊維を繊維目付量 270 ~ 550 g/m<sup>2</sup> にて含む連続繊維シートを用いる、請求項 8 の道路床版の補強方法。

【請求項 10】

ヤング係数が 70 ~ 130 kN/mm<sup>2</sup> のアラミド繊維を繊維目付量 800 ~ 2000 g/m<sup>2</sup> にて含む連続繊維シートを用いる、請求項 8 の道路床版の補強方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、道路床版の補強方法に関し、とくに、床版下面に連続補強繊維を格子状に配置するとともに樹脂を含浸して帯状連続繊維シートの格子構造体を構成、接着することにより床版を補強する道路床版の補強方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

連続補強繊維（たとえば、連続炭素繊維や連続アラミド繊維）と樹脂（たとえば、エポキシ樹脂）から構成される連続繊維シートを道路床版の下面に接着する道路床版の補強方法が知られている。このような連続繊維シートを用いた道路床版の補強方法としては、従来、予め設定された静荷重に対して、補強後の床版の補強筋（鉄筋）の応力が許容応力値 120 ~ 140 kN/mm<sup>2</sup> 以下に納まるよう、連続繊維シートを床版下面の実質的に全面にわたって接着するようにしている。

【0003】

このような補強方法において、上記のように鉄筋応力を許容応力値以下に抑えるためには、接着された連続繊維シートの引張剛性を 100 kN/mm 以上にすることが必要となる場合が多い。そのため、シート積層枚数が多くなったり、高弾性の連続繊維を多く使用したシートを全面施工する必要が生じたりし、補強繊維やそのシートの使用量が多くなるとともに、施工コストが高くなるという問題がある。

【0004】

この問題に対し、鉄筋応力を許容応力値以下に抑えるよう設計、施工するのではなく、より実際に近い形態で、つまり、自動車が繰り返し走行する形態を想定した移動輪荷重による疲労試験から、より無駄のない、より適切な補強仕様、つまり、補強後に要求される強度をより無駄のない、より適切な強度として求める方法が最近開発された。そして実際に、この疲労試験方法から求められる補強用連続繊維シートの引張剛性を 82 kN/mm 程度とするよう、床版下面全面に連続繊維シートを接着する補強方法が国土交通省（旧建設省）土木研究所「コンクリート部材の補修・補強に関する共同研究報告書（III）炭素繊維シート接着工法による道路橋コンクリート部材の補修・補強に関する設計・施工指針（案）」として提案されている。この提案により、鉄筋応力を許容応力値以下に抑えるよう床版下面全面に接着していた場合に比べて、補強用連続繊維シートの使用量の低減が可能となった。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 5 】

しかし、上記提案による疲労試験に基づく補強では、床版下面全面を連続繊維シートで覆うために、補強後の鉄筋コンクリート床版の維持管理を行う上で、床版下面のコンクリートのひび割れ等を観察できない、床版上面側からの浸透水が床版下面部におけるコンクリート部分やコンクリート部分と連続繊維シートとの間に滞留し、床版の寿命を低下させるおそれがある等の問題がある。

## 【 0 0 0 6 】

一方、床版下面のひび割れ観察を目的として床版下面に連続繊維シートを格子状に接着する方法が土木学会第49回年次学術講演会「炭素繊維接着による床版補強の検討(第3報)」により提案されている。しかし、この提案方法では、補強仕様として、連続繊維シートの補強量を、前述の鉄筋応力が許容応力値以下になるまで連続繊維シートを接着する許容応力度法に基づいて決めているため、結果としてさらに多くの連続繊維シートを積層、接着することが必要となり、他工法に比べコスト的に不利なものとなっている。

## 【 0 0 0 7 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

そこで本発明の課題は、床版の維持管理を行う上で床版下面のコンクリートのひび割れの観察を容易に行うことができ、かつ、床版上面側からの浸透水の、床版下面部におけるコンクリート部分やコンクリート部分と連続繊維シートとの間への滞留を防止できるとともに、従来の許容応力度法によらず移動輪荷重による疲労試験に基づく結果を補強仕様決定に採用することにより、目標とする補強性能を確保しつつ従来法に比べて大幅に補強材の使用量を低減することができる、安価に効率よく施工可能な道路床版の補強方法を提供することにある。

## 【 0 0 0 8 】

## 【 課題を解決するための手段 】

上記課題を解決するために、本発明に係る道路床版の補強方法は、道路床版の下面に、連続補強繊維を格子状に配置し樹脂を含浸して帯状連続繊維シートの格子構造体を構成、接着するに際し、前記帯状連続繊維シートとして幅15～35cmの連続繊維シートを用いて5～20cmの間隔をあけて格子状に接着し、該連続繊維シートの格子構造体を、床版の単位幅当たりの引張剛性が45～75kN/mmとなるように構成するとともに、該連続シートの格子構造体の下地が露出する部分を有することを特徴とする方法からなる。

## 【 0 0 0 9 】

この方法における上記連続繊維シートの格子構造体の、床版の単位幅当たりの引張剛性は、従来の鉄筋許容応力による手法ではなく、連続繊維シート補強床版の移動輪荷重による疲労試験に基づいて決定されたものであり、補強後の床版の耐久疲労性から確認された耐久寿命が望ましい値となるように決定されたものである。これによって、現実の使用形態における十分に高い補強効果を達成しつつ、全体の補強材使用量を、許容応力による手法から導き出される量よりも大幅に低減することができる。また同時に、帯状連続繊維シートを格子状に接着することで、補強施工後にも床版のひび割れ等を容易に観察することができ、かつ、床版上面側からの雨水等の浸透水の滞留も防止することができる。

## 【 0 0 1 0 】

上記移動輪荷重による疲労試験の結果からは、床版の単位幅当たりの引張剛性が従来の標準補強量である82kN/mmより少ない45～75kN/mmで十分であることが判明した。引張剛性がこの45～75kN/mmの範囲内となるようにするには、幅15～35cmの所定の剛性の連続繊維シートを、5～20cmの間隔をあけて格子状に接着すること、好ましくは、さらに、床版の下面に、主筋方向および配力筋方向に各々1層ずつ接着することで十分な寿命が予測され、所望の補強性能が得られることが判明した。

## 【 0 0 1 1 】

より適切な補強仕様としては、床版の厚みに応じて決定することが可能である。たとえば、厚みが10cm以上18cm未満の床版に対しては、連続繊維シートの格子構造体を、床版の単位幅当たりの引張剛性が62～75kN/mmとなるように構成することが好ま

しい。この場合、幅15～35cmの連続繊維シートを8～13cmの間隔をあけて格子状に接着することが好ましい。

【0012】

また、厚みが18cm以上25cm以下の床版に対しては、連続繊維シートの格子構造体を、床版の単位幅当たりの引張剛性が45～62kN/mmとなるように構成することが好ましい。この場合、幅15～35cmの連続繊維シートを13～20cmの間隔をあけて格子状に接着することが好ましい。

【0013】

また、連続繊維シート自体としても、望ましい特性を有することが好ましい。たとえば、連続繊維シート自体の単位幅当たりの引張剛性としては85～105kN/mmの範囲内にあることが好ましい。補強繊維としては、代表的にはたとえば炭素繊維やアラミド繊維を使用できるが、炭素繊維を使用する場合、たとえば、ヤング係数が350～650kN/mm<sup>2</sup>の炭素繊維を繊維目付量270～550g/m<sup>2</sup>にて含む連続繊維シートを用いることが好ましい。また、アラミド繊維を使用する場合、たとえば、ヤング係数が70～130kN/mm<sup>2</sup>、好ましくは110～125kN/mm<sup>2</sup>のアラミド繊維を繊維目付量800～2000g/m<sup>2</sup>にて含む連続繊維シートを用いることが好ましい。

【0014】

なお、本発明における上記ヤング係数は補強繊維単体の数値であるが、FRP化した状態での測定値であり、JSC E-E541-2000に準拠して測定するものとする。また、繊維目付量は補強繊維単体の数値であり、織物タイプおよび編物タイプではJIS R7602に準拠して、プリプレグタイプではJISK7071に準拠して測定するものとする。また、前記引張剛性は、補強繊維単体の数値であるがFRP化した状態での測定値であり、ヤング係数×単位施工幅当たりの繊維断面積で表される。

【0015】

さらに、上記連続繊維として炭素繊維を使用する場合の数値の根拠は、後述の如く試験によって求められたものであるが、アラミド繊維を使用する場合の数値は、炭素繊維の場合から割り出した予測値である。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の望ましい実施の形態について、図面を参照して説明する。

図1は、本発明の一実施態様に係る方法により補強した道路床版の下面側を示している。図1に示すように、道路床版1の下面に、連続補強繊維2を格子状に配置し、それに樹脂を含浸してたとえば図2に配置例を示すような帯状連続繊維シート3の格子構造体4を構成するとともに接着する。図2に示す図示例では、幅25cm(250mm)の帯状連続繊維シート3が間隔100mmにて格子状に配置されており、帯状連続繊維シート3自体を繋ぐ場合には、重ね継手ラップ長10cmで繋ぎ合わされている。このような連続繊維シート3の格子構造体4を構成、接着するに際して、床版1の単位幅当たりの引張剛性が45～75kN/mmとなるように構成する。

【0017】

連続補強繊維2としては、たとえば炭素繊維、アラミド繊維、PBO(ポリパラフェニレンベンズビスオキサゾール)繊維、ガラス繊維等の使用が可能であり、このうち特に、炭素繊維、アラミド繊維の使用が好ましい。連続繊維シート3を構成するために連続補強繊維2に含浸する樹脂としては、たとえばエポキシ樹脂、メチルメタクリレート樹脂、ビニルエステル系樹脂、不飽和ポリエステル樹脂またはポリウレタン樹脂等の使用が可能であり、このうち特にエポキシ樹脂の使用が好ましい。

【0018】

上記実施態様では、帯状連続繊維シート3は各々1層ずつ、床版1の主筋方向(長手方向)および配筋方向(長手方向と直交する方向)に各々接着される。この補強は、たとえば、図3に示すように行われる。まず、下地である床版1の下面のケレンを行う。このとき、たとえば、施工範囲の割付け、墨出しや、洗浄、乾燥、さらには劣化層の除去・研磨

10

20

30

40

50

を行う。次に、その下地にプライマーを塗布する。格子部の墨出しマスキングを行い、プライマーを調製してそれを刷毛塗り等で塗布し、硬化させる。次いで、不陸修正を行い、凸部の削り取り、ハンチ入隅の平滑化、凹部のエポキシパテ埋め等を行う。この上に、1層目連続繊維シート（たとえば、炭素繊維シート）を貼り付ける。たとえば、1層目墨出しマスキングを行い、樹脂を調製してローラー刷毛塗り（下塗り）を行った後、その上に繊維シートを貼り付けてしごき含浸・脱泡を行い、その上にさらにローラー刷毛塗り（上塗り）を行った後しごき含浸・脱泡を行い、1層目マスキングを除去する。次いで、2層目連続繊維シート（たとえば、炭素繊維シート）を貼り付ける。たとえば、2層目墨出しマスキングを行い、樹脂を調製してローラー刷毛塗り（下塗り）を行った後、その上に繊維シートを貼り付けてしごき含浸・脱泡を行い、その上にさらにローラー刷毛塗り（上塗り）を行った後しごき含浸・脱泡を行い、2層目マスキングを除去する。格子状に1層目、2層目連続繊維シートを接着した後、養生する。

#### 【0019】

本発明において、上記のように構成される帯状連続繊維シート3の格子構造体4により補強された床版1の補強効果は、自動車が実際に繰り返し走行する形態を想定した移動輪荷重による疲労試験によって検証される。そして、この疲労試験による結果から、十分な耐久性を得るための補強仕様が判断され、それに基づいて本発明における、目標とする補強性能を得るための連続繊維シートの格子構造体の、床版の単位幅当たりの引張剛性45～75kN/mmの範囲が規定された。この範囲内とすることにより、無駄な補強材を使用することなく効率よく、要求された補強性能が達成され、かつ、格子構造とすることにより、維持管理のための下方からの観察が可能になる。また、格子構造により下地が露出する部分にはプライマー、エポキシパテ、樹脂が塗布されないように墨出しマスキングを行うことにより、雨水等の上方からの浸透水は露出する部分より排出され、滞留が防止されることになる。なお、露出する部分のコンクリートが劣化により剥落する危険がある場合は、剥落防止用ネット材を床版下面に配し、ネット材と格子構造体を接着することにより脱落を防止することが可能であり、この場合も維持管理のための下方からの観察が可能であるとともにも雨水等の上方からの浸透水の滞留も防止される。

#### 【0020】

上記移動輪荷重による疲労試験は、たとえば図4に示すような輪荷重走行試験機11を用いて行われる。この輪荷重走行試験機11は、所定厚みを有する床版の供試体12を支持桁13上に固定し、供試体12上の軌道14上に、車輪15を往復動させる。車輪15には、油圧ジャッキ16により各種荷重が加えられており、その状態にて、モータ17によって駆動されるクランク機構18により、車輪15が設定回数に到達するまで往復動される。試験に用いた輪荷重走行試験機11では、クランク機構18の回転半径が100cm、車輪15の移動ストロークが200cm（床版中央から±100cm）、支持桁13の最大スパンが300cmである。載荷能力が100～300kN、車輪走行速度が112m/分（28往復/分）、車輪の径が50cm、幅が30cmである。この仕様の輪荷重走行試験機11は、大阪大学が保有しており、以下の試験にもその輪荷重走行試験機11を使用した。

#### 【0021】

試験には、連続繊維シートとして炭素繊維シートを使用した。試験に使用した床版は長さ（橋軸方向）3000mm×幅（橋軸直角方向）2000mmで、床版支間は1800mmに統一した。床版厚は15cm、18cm、22cmの3通りに設定し、それぞれ3体（No.2～4）、2体（No.5、No.6）、1体（No.1）製作した。これらのうち、床版厚22cmのものと、床版厚15cm厚のものについては炭素繊維補強を実施せず、無補強時の比較用のデータの収集のみを行った。供試体の配筋は表1に示すように設定した。15cm厚の床版はS39（昭和39年）鋼道路橋設計示方書で規定される床版、18cm厚の床版はS43（昭和43年）鋼道路橋の床版設計に関する暫定基準で規定される床版、22cm厚の床版はH8（平成8年）道路橋示方書で規定される床版を想定している。使用した鉄筋は、床版厚15cm、18cm厚のものではSD2

10

20

30

40

50

95A、床版厚22cmのものではSD345とした。設計上の鉄筋かぶりは圧縮側、引張側で同じとし、床版厚22cmの床版で45mm、それ以外の床版で30mmとした。また、試験時に測定したコンクリートの圧縮強度、弾性係数はそれぞれ35.6N/mm<sup>2</sup>、26.6kN/mm<sup>2</sup>(床版厚15cm、22cm)、36.2N/mm<sup>2</sup>、28.6kN/mm<sup>2</sup>(床版厚18cm)であった。

【0022】

【表1】

床版鉄筋配置（カッコ内は圧縮側で変化させた場合）

床版厚	主鉄筋		配力筋	
	使用鉄筋	配置間隔	使用鉄筋	配置間隔
15cm	D16	150mm(300mm)	D13	300mm
18cm	D16	150mm(300mm)	D13	140mm(280mm)
22cm	D19	150mm(300mm)	D16	150mm(300mm)

【0023】

本試験では、炭素繊維シートを格子状に配置したときの補強効果について確認するため、炭素繊維シートの配置として図2に示したような格子配置を採用した。つまり、炭素繊維シートの幅を250mmとし、シート間の設置間隔は100mm(床版厚15cm)又は150mm(床版厚18cm)に設定した。また、炭素繊維の種類は中弾性タイプ(ヤング係数 $E = 4.4 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ )のものを使用した。炭素繊維の目付け量は400g/m<sup>2</sup>(繊維シート厚 $t = 0.220 \text{ mm}$ )、470g/m<sup>2</sup>( $t = 0.259 \text{ mm}$ )とし、目付け量の違いによる挙動の変化についても確認することにした(表3参照)。

【0024】

今回の試験は、上述の大阪大学保有の輪荷重走行試験機を用いて実施した。床版の支持条件は、床版長辺(支持桁直上)を単純支持、床版短辺を端横桁による弾性支持とした。炭素繊維で補強を行う床版については表2に示すような予備載荷を実施し、事前に損傷を与えた後に補強を行い、輪荷重走行試験を実施することにした。輪荷重走行試験時の荷重載荷プログラムを表3に示す。なお、No.3については予備載荷1、予備載荷2の2回の予備載荷を実施した。今回の試験では、床版の耐力に応じて載荷荷重の大きさと往復回数を決定し、試験を実施した。補強に用いた各供試体床版における格子構造体の、設計上の床版単位幅当たりの引張剛性EAは、供試体No.3が80kN/mm、No.4が68kN/mm、No.5が70kN/mm、No.6が60kN/mmであった。

【0025】

【表2】

床版名	予備載荷1		予備載荷2	
	荷重(kN)	往復回数	荷重(kN)	往復回数
No.3	147.0	200	98.0	800
No.4	98.0	10000		
No.5	137.0	32000		
No.6	137.0	30000		

【0026】

【表3】

床版名	試験ステップ1		試験ステップ2		試験ステップ3		備考
	荷重(kN)	往復回数	荷重(kN)	往復回数	荷重(kN)	往復回数	
No.1	147.0	50000	176.4	350000	205.8	100000	平成8年道示準拠
No.2	98.0	50000	117.6	450000			15cm厚RC床版(補強なし)
No.3	98.0	50000	117.6	50000	147.0	400000	15cm厚RC床版(中弾性)一目付け470-間隔100)
No.4	98.0	50000	117.6	50000	147.0	400000	15cm厚RC床版(中弾性)一目付け400-間隔100)
No.5	147.0	50000	176.4	350000	205.8	100000	18cm厚RC床版(中弾性)一目付け470-間隔150)
No.6	147.0	50000	176.4	320000	205.8	130000	18cm厚RC床版(中弾性)一目付け400-間隔150)

## 【0027】

今回実施した一連の輪荷重走行試験では、床版厚22cmのNo.1は荷重走行1,000,000回に到達しても破壊しなかったものの、他の供試体は全て破壊した。床版厚15cmの供試体では補強されていない供試体であるNo.2が410,000回(荷重117.6kN)、補強を施した供試体No.3、No.4がそれぞれ342,000回(荷重147kN)、436,000回(荷重147kN)で押し抜きせん断破壊を生じ、床版厚18cmの供試体では、No.5が941,600回(荷重205.8kN)、No.6が884,000回(荷重205.8kN)で押し抜きせん断破壊により破壊した。

## 【0028】

各供試体で載荷荷重が異なること、一つの供試体についても荷重を階段状に変化させていることから、破壊までの載荷回数で直接疲労耐久性を比較することは困難である。そこで、各供試体の疲労耐久性を比較、検討するために、松井らによって「道路橋RC床版のひび割れ損傷と耐久性」（阪神高速道路公団／阪神高速道路管理技術センター、平成3年12月）等で提案されている大阪大学の輪荷重走行試験機における実験式とマイナー則を用いて、基準荷重 $P_0$ を15 tfとした場合の換算走行回数と、実荷重（ $P_0$ ）と耐力（ $P_{sx}$ ）との比である無次元荷重 $P_0 / P_{sx}$ との関係を、図5に示す。

【0029】

図5から分かるように、平成8年（H8）道路橋示方書に準じて製作した床版厚22 cmの供試体No. 1は、15 tf一定載荷に換算すると2100万回以上の破壊寿命であったのに対し、昭和39年（S39）道路橋示方書に準じて製作した床版厚15 cmの無補強供試体No. 2は、15 tf一定載荷では約1.8万回であった。つまり、供試体No. 1は無補強供試体No. 2に比べ同じ輪荷重が作用すると実に1000倍以上の寿命を持つことになる。床版厚15 cmの無補強床版が実橋で約40年供用されていることを考慮すると、平成8年（H8）道路橋示方書に準じた床版は、移動荷重に対する疲労寿命は、実用上充分であると言える。

【0030】

上記15 cm厚の床版の補強効果についてみるに、炭素繊維シートを格子状に接着して補強したNo. 3（目付量 $470 \text{ g/m}^2$ 、格子間隔100 mm、引張剛性 $E A 80 \text{ kN/mm}$ ）、No. 4（目付量 $400 \text{ g/m}^2$ 、格子間隔100 mm、引張剛性 $E A 68 \text{ kN/mm}$ ）の15 tf一定載荷の換算破壊回数はそれぞれ14.8万回、20.6万回となり、無補強供試体No. 2に比べそれぞれ8倍、13倍の寿命を示した。無補強のNo. 2と同じ諸元のRC床版が実橋で約40年供用されていることを考慮すると、No. 3、No. 4いずれも補強後100年を超える疲労耐久性を有することになり、十分な補強効果が得られていることが分かる。なお、No. 3とNo. 4が引張荷重の大小関係にもかかわらず寿命が逆転したのは、初期損傷度の違い等が影響したものと考えられる。このような違いを考えても、寿命延長効果から、本発明で規定した、連続繊維シートの格子構造体の、床版の単位幅当たりの引張剛性は $75 \text{ kN/mm}$ あれば十分と考えられる。

【0031】

初期損傷を与えた18 cm厚の床版の補強効果についてみるに、炭素繊維シートを格子状に接着して補強したNo. 5（目付量 $470 \text{ g/m}^2$ 、格子間隔150 mm、引張荷重 $E A 70 \text{ kN/mm}$ ）、No. 6（目付量 $400 \text{ g/m}^2$ 、格子間隔150 mm、引張荷重 $E A 60 \text{ kN/mm}$ ）の15 tf一定載荷の換算破壊回数はそれぞれ約1763万回、約1720万回となり、推定で算出した無補強供試体に比べそれぞれ約27倍、約26倍の十分に長い寿命を示した。

【0032】

これらの結果から、本発明で規定した、連続繊維シートの格子構造体の、床版の単位幅当たりの引張剛性は $45 \sim 75 \text{ kN/mm}$ あれば十分と考えられる。また、No. 4の結果から、厚みが10 cm以上18 cm未満の床版に対しては、幅15～35 cmの連続繊維シートを5～20 cmの間隔をあけて格子状に接着し、連続繊維シートの格子構造体を、床版の単位幅当たりの引張剛性が $62 \sim 75 \text{ kN/mm}$ となるように構成すればよいことが分かる。また、No. 6の結果から、厚みが18 cm以上25 cm以下の床版に対しては、幅15～35 cmの連続繊維シートを8～13 cmの間隔をあけて格子状に接着し、連続繊維シートの格子構造体を、床版の単位幅当たりの引張剛性が $45 \sim 62 \text{ kN/mm}$ となるように構成すればよいことが分かる。

【0033】

また、図5には併せて、18 cm厚の床版について従来の全面接着の場合も示してある。図中の供試体「300×2t18S43EA82全面」は、ヤング係数 $24500 \text{ N/mm}^2$ 、繊維目付量 $300 \text{ g/m}^2$ の高強度型炭素繊維シートを床版全面に主筋方向2層、配力筋方向2層合計4層接着して補強したものであり、供試体「600×1t18S43



EA82全面」はヤング係数 $24500\text{ N/mm}^2$ 、繊維目付量 $600\text{ g/m}^2$ の高強度型炭素繊維シートを床版全面に主筋方向1層、配力筋方向1層合計2層接着して補強したものであり、補強材の床版単位幅あたりの引張剛性はいずれも $EA = 82\text{ kN/mm}$ となる。また、図5中の「計算t18S43無補強」は、〔0028〕段落で述べた大阪大学の輪荷重走行試験における実験式を用いて算定した、18cm厚の無補強のRC床版の計算上の $P_i/P_{sx}$ と寿命を示したものである。図5に示すように供試体No.5、No.6は、引張剛性 $EA = 82\text{ kN/mm}$ となるように従来工法により全面接着した供試体「300×2t18S43EA82全面」および「600×1t18S43EA82全面」とほぼ同等の補強効果を発揮した。したがって、No.5、No.6では補強材が大幅に低減でき、かつ、格子構造による効果が確実に得られていることがわかる。

10

【0034】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明に係る道路床版の補強方法によれば、従来よりも少量の補強用連続繊維シートの使用量で十分な補強効果を得ることができ、かつ、格子状に補強構造体を構成することにより、ひび割れ観察を容易に行えるようになるとともに浸透水の滞留を防止することもできるようになる。したがって、低施工コストにて、望ましい形態で道路床版の補強を行うことができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施態様に係る道路床版の補強方法を示す床版下面側の斜視図である。

20

【図2】本発明における連続繊維シートの格子構造体の一例を示す床版の底面図である。

【図3】本発明の一実施態様に係る道路床版の補強方法における作業順序を示す工程フロー図である。

【図4】本発明における評価に用いた輪荷重走行試験機の正面図である。

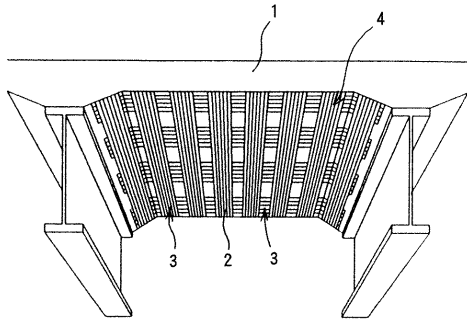
【図5】本発明による補強効果を示す特性図である。

【符号の説明】

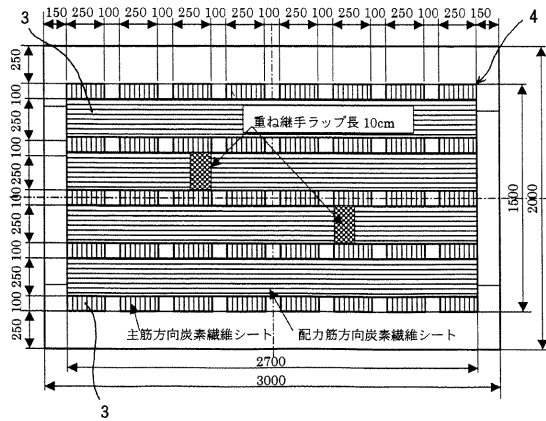
- 1 道路床版
- 2 連続補強繊維
- 3 帯状連続繊維シート
- 4 格子構造体
- 11 輪荷重走行試験機
- 12 床版の供試体
- 13 支持桁
- 14 軌道
- 15 車輪
- 16 油圧ジャッキ
- 17 モータ
- 18 クランク機構

30

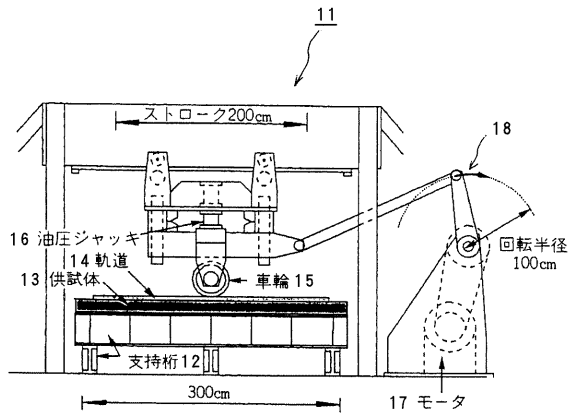
【図1】



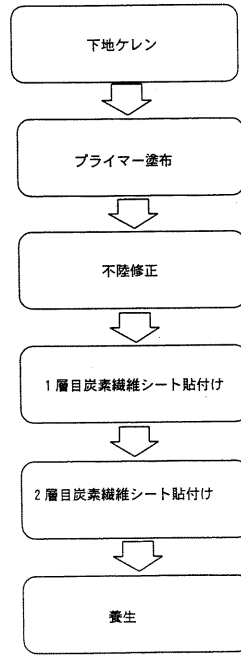
【図2】



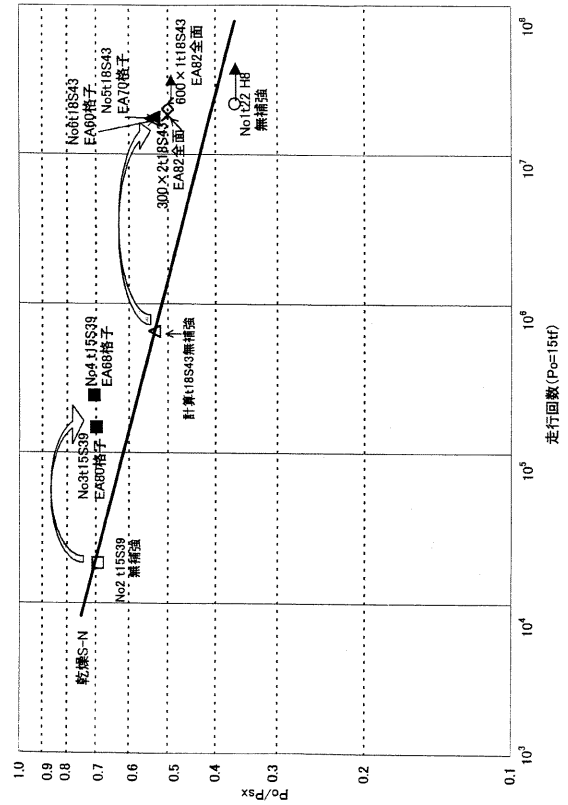
【図4】



【図3】



【図5】



## フロントページの続き

- (74)代理人 100091384  
弁理士 伴 俊光
- (72)発明者 小島 宏  
神奈川県逗子市桜山7 - 3 - 16
- (72)発明者 松井 繁之  
大阪府吹田市山田西4 - 6 - 4
- (72)発明者 岡田 昌澄  
東京都西東京市芝久保1 - 6 - 16
- (72)発明者 中野 博文  
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町2078 - 4
- (72)発明者 小林 朗  
東京都中央区日本橋小舟町3 - 8 日鉄コンポジット株式会社内
- (72)発明者 久部 修弘  
東京都千代田区丸の内1丁目8番2号 三菱化学産資株式会社内
- (72)発明者 深川 英明  
東京都中央区日本橋室町2丁目2番1号 東レ株式会社東京事業場内
- (72)発明者 藤本 宜充  
東京都港区西新橋1丁目3番12号 新日本石油株式会社内

審査官 深田 高義

- (56)参考文献 特開平08 - 158665 (JP, A)  
特開2002 - 038655 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
E01D 22/00  
E01D 19/12