

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4252982号
(P4252982)

(45) 発行日 平成21年4月8日 (2009.4.8)

(24) 登録日 平成21年1月30日 (2009.1.30)

(51) Int. Cl.

F 1

E O 1 D 11/04 (2006.01)

E O 1 D 11/04

E O 1 D 2/04 (2006.01)

E O 1 D 2/04

E O 1 D 11/02 (2006.01)

E O 1 D 11/02

E O 1 D 21/00 (2006.01)

E O 1 D 21/00

B

請求項の数 4 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2005-235324 (P2005-235324)
 (22) 出願日 平成17年8月15日 (2005.8.15)
 (65) 公開番号 特開2007-51426 (P2007-51426A)
 (43) 公開日 平成19年3月1日 (2007.3.1)
 審査請求日 平成18年7月5日 (2006.7.5)

(73) 特許権者 301031392
 独立行政法人土木研究所
 茨城県つくば市南原 1 番地 6
 (73) 特許権者 000002107
 住友重機械工業株式会社
 東京都品川区大崎二丁目 1 番 1 号
 (73) 特許権者 000000974
 川崎重工業株式会社
 兵庫県神戸市中央区東川崎町 3 丁目 1 番 1 号
 (73) 特許権者 000005119
 日立造船株式会社
 大阪府大阪市住之江区南港北 1 丁目 7 番 8 9 号

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 橋梁及び橋梁の構築方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

間隔を置いて設置される複数の主塔と、前記主塔を通して両側に張り出す部分が一箱桁に形成されると共に前記主塔間の中央部分が二箱桁に形成された橋桁とを有し、前記主塔付近の前記橋桁は主塔に一端が固定された複数の斜張ケーブルによって支持させ、前記中央部分は前記主塔の塔頂部を通して張り出された 2 本の主ケーブルからそれぞれ吊り下げられた複数のハンガーロープによって支持させる橋梁であって、

前記 2 本の主ケーブルの間隔を前記塔頂部における間隔よりも前記中央部分における間隔の方が広くなるように拡幅する間隔調整装置が、前記二箱桁によって形成される橋桁の上方位置に配設され、前記ハンガーロープの下端を前記橋桁の外側縁に連結したことを特徴とする橋梁。

10

【請求項 2】

前記二箱桁の外側縁には、断面視非対称台形状のフェアリングが形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の橋梁。

【請求項 3】

前記間隔調整装置は、梁部と、その梁部に沿って移動可能な前記主ケーブルの当接部とを備えていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の橋梁。

【請求項 4】

間隔を置いて設置される複数の主塔と、前記主塔を通して両側に張り出す部分が一箱桁に形成されると共に前記主塔間の中央部分が二箱桁に形成された橋桁とを有し、前記主塔

20

付近の前記橋桁は主塔に一端が固定された複数の斜張ケーブルによって支持させ、前記中央部分は前記主塔の塔頂部を通して張り出された2本の主ケーブルからそれぞれ吊り下げられた複数のハンガーロープによって支持させる橋梁の構築方法であって、

前記主塔間に略平行に2本の主ケーブルを張設し、その主ケーブル間の間隔を拡幅させる間隔調整装置を所定の位置に設置し、前記主ケーブルから吊り下げられたハンガーロープの下端を前記橋桁の外側縁に連結することを特徴とする橋梁の構築方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、長大な中央径間を有する吊橋などの橋梁に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、海峡などを横断するような中央径間が1000m以上にもなる長大橋には吊橋が採用されることになるが、吊橋は長大になるに比例して主塔の高さが高くなってその基礎部も大型化するだけでなく、横風に対する耐風性能を確保するために様々な対策をおこなわなければならない。

【0003】

一方、中央径間が1000m程度までであれば、橋桁のねじり剛性が高く、横風に対する耐風性能に優れている斜張橋が建設されることが多い。

20

【0004】

斜張橋は、その橋桁に扁平なボックス構造の一箱桁が採用される場合が多く、吊橋では耐風性能を向上させるために橋桁の幅方向中央部に通風開口を空けた二箱桁が採用される場合が多い。

【0005】

そして、このような斜張橋と吊橋の利点を併せ持つ斜張吊橋が、非特許文献1に開示されている。

【0006】

この斜張吊橋は、主塔付近を斜張橋構造とし、主塔間の中央部分を吊橋構造とするとともに、斜張橋構造の橋桁には主に一箱桁を採用し、吊橋構造101の橋桁には図10に示すように二箱桁102を採用している。

30

【0007】

この非特許文献1に開示された斜張吊橋は、主塔が一箱桁の幅に合わせて構築されているので、その主塔から平行に張り出される主ケーブル103、103の間隔は、図10に示されているように二箱桁102の幅よりも狭く、並行する片箱桁102a、102aの間の開口部102bの幅に等しくなっている。

【0008】

一般に吊橋では、主ケーブル103から鉛直に吊り下げられたハンガーロープ104によって橋桁（二箱桁102）を吊ることになるため、開口部102bの幅に略等しい間隔で張設された主ケーブル103、103から吊り下げられたハンガーロープ104、104は開口部102bの縁部、すなわち片箱桁102a、102aの内側縁に連結されることになる。

40

【0009】

このハンガーロープ104は、主ケーブル103の延伸方向に間隔をおいて複数配設されるため、このハンガーロープ104群によって垂直面が形成され、この垂直面は片箱桁102a、102a上の道路建築限界106、106を侵すことはない。

【非特許文献1】村越潤、外7名、経済性・耐風性に優れた超長大橋の上部構造に関する調査、JAPAN SOCIETY of CIVIL ENGINEERS[第58回年次学術講演会講演概要集]、社団法人土木学会、2003.09.01、P.215-216

【発明の開示】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、非特許文献1に開示されたような二箱桁102の内側を吊る吊橋構造では、80m/sec近い風速に晒されると変形やねじれが大きくなる傾向にあるため、所定の変形量に抑えるためには中央径間の長さをあまり長くすることができない。

【0011】

また、超長大橋では、暴風時の変形挙動を検討する静的な検討に加え、米国のタコマナローズ橋の落橋事故に代表されるような事故を防ぐために、動的にも耐風性が確保されるように検討する必要がある。

【0012】

この動的な現象としては、上記タコマナローズ橋で発生したねじれフラッタ、高風速で発生するより破壊的な空力振動（連成フラッタ）などがあり、所定の風速（例えば80m/sec）以下ではこれらの現象が発生しない構造の橋梁を建設する必要がある。

【0013】

そこで、本発明は、耐風性能に優れ、今までに建設されたことが無いような長大な中央径間（3000m級）の超長大橋を実現可能な橋梁を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0014】

前記目的を達成するために、本発明は、間隔を置いて設置される複数の主塔と、前記主塔を通して両側に張り出す部分が一箱桁に形成されると共に前記主塔間の中央部分が二箱桁に形成された橋桁とを有し、前記主塔付近の前記橋桁は主塔に一端が固定された複数の斜張ケーブルによって支持させ、前記中央部分は前記主塔の塔頂部を通して張り出された2本の主ケーブルからそれぞれ吊り下げられた複数のハンガーロープによって支持させる橋梁であって、前記ハンガーロープの下端を前記橋桁の外側縁に連結した橋梁であることを特徴とする。

【0015】

ここで、前記2本の主ケーブルの間隔は、前記塔頂部における間隔よりも前記中央部分における間隔の方が広くなるように構成することができる。

【0016】

また、前記二箱桁の外側縁には、断面視非対称台形状のフェアリングを形成するのが好ましい。

【0017】

また、少なくとも二箱桁の架設工事が終了するまでは、前記2本の主ケーブルの間隔を保持する間隔調整装置を、前記二箱桁によって形成される橋桁の上方位置に配設するのが好ましい。

【0018】

さらに、この間隔調整装置は、梁部と、その梁部に沿って移動可能な前記主ケーブルの当接部とを備えている装置とすることができる。

【0019】

また、本発明の橋梁の構築方法は、間隔を置いて設置される複数の主塔と、前記主塔を通して両側に張り出す部分が一箱桁に形成されると共に前記主塔間の中央部分が二箱桁に形成された橋桁とを有し、前記主塔付近の前記橋桁は主塔に一端が固定された複数の斜張ケーブルによって支持させ、前記中央部分は前記主塔の塔頂部を通して張り出された2本の主ケーブルからそれぞれ吊り下げられた複数のハンガーロープによって支持させる橋梁の構築方法であって、前記主塔間に略平行に2本の主ケーブルを張設し、その主ケーブル間の間隔を拡幅させる間隔調整装置を所定の位置に設置し、前記主ケーブルから吊り下げられたハンガーロープの下端を前記橋桁の外側縁に連結する橋梁の構築方法であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0020】

このように構成された本発明は、斜張橋構造と吊橋構造を組み合わせた橋梁において、主ケーブルから吊り下げられるハンガーロープの下端を橋桁の外側縁に連結させる。

【0021】

このようにハンガーロープを外側縁に連結させることで、主ケーブルを橋桁の幅方向中央付近に連結させた場合に比べて、横変形に対する抵抗力を増加させることができると共に、横たわみ変形量やねじれ変形量を抑えることができる。

【0022】

ここで、前記2本の主ケーブルの間隔を、前記主塔における間隔よりも前記中央部分における間隔の方が広くなるように構成することで、主塔の幅を狭くすることができる。

10

【0023】

このように主塔の幅を狭くして規模を削減できれば、主塔の上部構造の建設費が削減できるだけでなく、その重量の低減によって基礎部の規模も削減することができる。

【0024】

また、前記二箱桁の外側縁に断面視非対称台形状のフェアリングを形成することによって、耐風性能を向上させることができる。

【0025】

また、少なくとも二箱桁の架設工事が終了するまでは、前記2本の主ケーブルの間隔を保持する間隔調整装置を、前記二箱桁によって形成される橋桁の上方位置に配設することで、前記ハンガーロープを介して連結される前記主ケーブルと前記橋桁のいずれの部材にも過大な応力を発生させることがない。

20

【0026】

さらに、前記間隔調整装置は、梁部と、その梁部に沿って移動可能な前記主ケーブルの当接部とを備えた構成とし、その当接部を移動させることによって主ケーブルの間隔を所望される幅に変更することができる。

【0027】

このため、前記主塔から主塔間中央部に向けて徐々に広がる前記2本の主ケーブルの間隔を、間隔調整装置によって所定の間隔に保持することができる。

【0028】

また、本発明の橋梁の構築方法では、略平行に張設された2本の主ケーブルの間隔を、間隔調整装置によって所定の幅に広げた後に、ハンガーロープの下端を橋桁の外側縁に連結する。

30

【0029】

このため、ハンガーロープによって直接、主ケーブルの幅を広げた場合に主ケーブルに局所的に発生するおそれがある応力集中が起きることがない。また、ハンガーロープを引き寄せる橋桁側やハンガーロープにも過大な応力を発生させて損傷させることがない。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

以下、本発明の最良の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、前記従来例と同一乃至均等な部分については、同一符号を付して説明する。

40

【0031】

図1は本実施の形態による橋梁1の概略構成を示す斜視図であり、図2は橋梁1の側面図を示したものである。

【0032】

本実施の形態の橋梁1は、間隔を置いて2箇所に構築された主塔2、2と、主塔2を通過して架け渡される橋桁3と、この橋桁3を支持するために張設される2本の主ケーブル5、5及びハンガーロープ5a、・・・並びに複数の斜張ケーブル4、・・・とから主に構成される。

【0033】

この主塔2は、水底地盤や島等に設けられた基礎部2b上に、例えば2本の柱が互いに

50

支えあうような逆V字状に構築される。この主塔2は、鉄筋コンクリート又は鋼板等の鋼材によって構築され、その塔頂部2aには主ケーブル5、5が並んで挿通されると共に、橋桁3側を向いた両側面には斜張ケーブル4、・・・の一端が固定される。

【0034】

また、橋桁3は、逆V字型の主塔2の柱間を通して両側に張り出す部分が一箱桁31に形成されると共に、主塔2、2間の中央部分が二箱桁32に形成されている。

【0035】

この一箱桁31は、図3の断面図に示すように、扁平な鋼構造物で、内部は中空となっており、幅方向の両側縁には断面視二等辺三角形形状のフェアリング31a、31aが形成されている。

10

【0036】

このフェアリング31a、31aは、風荷重を低減させ、横風による一箱桁31の水平変位と回転変位を抑制するために設けられる。また、一箱桁31の上面には、幅方向の中央付近に中央分離帯8、幅方向両側縁にガードレール等の防護柵9、9が設けられる。

【0037】

また、主塔2、2間の中央部分の橋桁3を形成する二箱桁32は、図4の断面図に示すように、扁平な鋼構造物である2つの片箱桁32b、32bと、その間に形成される開口部32cとから主に構成される。

【0038】

この片箱桁32b、32bは内部が中空で、幅方向の両側縁には断面視非対称台形状の非対称フェアリング32a、32aが形成されている。

20

【0039】

また、橋桁3の外側縁3a付近の片箱桁32b下面には、パンチングプレートや板材等から形成される遮風壁10が橋桁3の長手方向に連続的又は離散的に取り付けられ、橋桁3下面に流れ込む風の流れが制御される。この他にも横風を整流するガイドベーン（図示せず）など、耐風性能を向上させる部材を必要に応じて二箱桁32に設置することができる。

【0040】

また、開口部32cには橋桁3の長手方向に間隔を開けて連結部材7が配設され、この連結部材7によって幅方向に間隔を開けて並列された片箱桁32b、32b間が連結される。

30

【0041】

このように連結部材7で片箱桁32b、32b間を連結すれば、二箱桁32として一体に挙動させることができる。

【0042】

さらに、開口部32cの上面及び下面には、管理用通路などに使用するために、通風性に優れた有孔部材であるグレーチング7a、7a（図1では図示省略）を設置することができる。

【0043】

また、片箱桁32bの両側縁には、図4に示すようにそれぞれ防護柵9、・・・が設けられる。

40

【0044】

この一箱桁31と二箱桁32の間は遷移部33であって、図1に示すように一箱桁31から2つに分岐した片箱桁32b、32bの間隔が徐々に広がっていく部分となる。

【0045】

また、陸側に繋がる橋梁1の両端に設けられる導入部34、34は、一箱桁31、二箱桁32、遷移部33のいずれの形態であってもよい。

【0046】

本実施の形態の橋梁1では、主塔2付近に設けられる一箱桁31は斜張橋構造とし、主塔2、2間の中央部分に設けられる二箱桁32は吊橋構造とする。なお、遷移部33は、

50

斜張橋構造又は吊橋構造のいずれを採用することもできるが、主塔 2，2 間の距離（中央径間）の $3/4$ 以上が主塔 2，2 間で吊橋構造となると主ケーブル 5 の断面が増加し、アンカレイジ 5 b も大規模になって経済的に不利になりやすいので、主塔 2，2 間の吊橋構造の長さは中央径間の $1/2$ 程度にするのが好ましい。

【0047】

斜張橋構造は、一端が主塔 2 に固定された複数の斜張ケーブル 4，・・・によって橋桁 3 を支持する構造で、本実施の形態では、図 3 に示すように、橋桁 3 の外側縁 3 a，3 a に斜張ケーブル 4，・・・の他端が連結される。

【0048】

また、この斜張ケーブル 4，・・・は、図 1，2 に示すように主塔 2 の高さ方向に間隔を置いて複数設けられると共に、荷重が均衡するように主塔 2 を中心に対称に配置される。

【0049】

このような斜張橋構造は、図 3 に示すように、斜張ケーブル 4，4 と橋桁 3 とによって略三角形のトラス構造が形成されるためねじり剛性が高く、横風に対する耐風性能に優れているので、一箱桁 3 1 を採用することができる。

【0050】

このように斜張橋構造に一箱桁 3 1 を採用すれば、主塔 2 はこの一箱桁 3 1 の幅に合わせて構築すればよく、規模を小さくすることができるので経済的である。

【0051】

また、吊橋構造は、複数本の鋼製ストランドを束ねた主ケーブル 5 から吊り下げられた複数のハンガーロープ 5 a，・・・によって橋桁 3 を支持する構造である。

【0052】

この主ケーブル 5 は、図 2 に示すように兩岸付近に設けられたアンカレイジ 5 b，5 b に両端が係留されるもので、一方のアンカレイジ 5 b から延伸された主ケーブル 5 は、2 箇所の主塔 2 の塔頂部 2 a を通って対岸のアンカレイジ 5 b に係留される。

【0053】

そして、アンカレイジ 5 b に備えられたケーブル引込装置などで主ケーブル 5 を巻き取ることによって、主ケーブル 5 に張力が与えられる。

【0054】

ここで、主ケーブル 5 を支持する主塔 2 の塔頂部 2 a に設けられる挿通孔（図示せず）の間隔とアンカレイジ 5 b の間隔が同じであれば、2 本の主ケーブル 5，5 は略平行に張設される。

【0055】

本実施の形態では、吊橋構造となる主塔 2，2 間中央部分には二箱桁 3 2 が採用され、図 4 に示すように橋桁 3 の外側縁 3 a，3 a にハンガーロープ 5 a，5 a の下端を連結させる。

【0056】

ここで、橋桁 3 の外側縁 3 a とは、橋桁 3 の幅方向の端部付近をいい、図 4 の二箱桁 3 2 においては非対称フェアリング 3 2 a を含むその周辺をいう。

【0057】

この二箱桁 3 2 の幅は、2 本の主ケーブル 5，5 が通る塔頂部 2 a の間隔よりも広いので、道路建築限界 106（図 10 参照）を侵すことなくハンガーロープ 5 a，5 a を吊り下げるには、二箱桁 3 2 上の主ケーブル 5，5 の間隔を広げる必要がある。

【0058】

そこで、本実施の形態では、図 4 に示すように間隔調整装置 6 を主ケーブル 5，5 間に配設して、主ケーブル 5，5 の間隔を所定の幅に広げる。

【0059】

この間隔調整装置 6 は、主ケーブル 5，5 が元の位置（平行の位置）に戻ろうとする幅方向の力に対抗させる梁部 6 1 と、その梁部 6 1 の下面に設けられて主ケーブル 5，5 の

10

20

30

40

50

移動を阻止する当接部 6 2, 6 2 と、その当接部 6 2, 6 2 を梁部 6 1 に沿って所定の位置に移動させる拡幅具 6 3, 6 3 とから主に構成される。

【0060】

この梁部 6 1 は、図 5 に示すように、中央梁 6 1 a と、その両端にヒンジ部 6 4, 6 4 を介して接続される調節梁 6 1 b, 6 1 b と、さらにその調節梁 6 1 b, 6 1 b の端部にヒンジ部 6 4, 6 4 を介してそれぞれ接続される調節梁 6 1 c, 6 1 c とから主に構成される。

【0061】

すなわちこの梁部 6 1 は、中央梁 6 1 a だけの長さからすべての調節梁 6 1 b, 6 1 b, 6 1 c, 6 1 c を一直線に並べた長さまで、段階的に長さを変更することができる。

10

【0062】

なお、図 5 (a) に示すように調節梁 6 1 b, 6 1 c, ... を折り畳んだ状態のときには、落下や内側への倒れ込みを制限するために例えば鋼棒などの拘束具 6 5, ... を梁間に配設する。

【0063】

また、図 5 (b) に示すように調節梁 6 1 b, 6 1 c, ... を伸ばした状態のときには、折れ曲がりを防ぐために例えば鋼板などの固定板 6 6, ... を境界を跨いで配設して固定させる。

【0064】

また、当接部 6 2 は、図 6 に示すように、主ケーブル 5 の側面に当接される側方ローラ 6 2 a と、その側方ローラ 6 2 a の軸受部 6 2 c と、その軸受部 6 2 c を取り付ける押出部 6 2 f と、主ケーブル 5 の上面に当接される上方ローラ 6 2 b と、その上方ローラ 6 2 b の軸受部 6 2 d と、その軸受部 6 2 d と押出部 6 2 f を取り付ける板状のスライド取付部 6 2 e とから主に構成される。

20

【0065】

この当接部 6 2 は、側方ローラ 6 2 a と上方ローラ 6 2 b を介して主ケーブル 5 に当接されるので、主ケーブル 5 に沿って容易に間隔調整装置 6 を移動させることができる。

【0066】

また、この当接部 6 2 は、拡幅具 6 3 で押し出すことによってスライド取付部 6 2 e ごと移動させることができる。

30

【0067】

この拡幅具 6 3 は、ジャッキ部 6 3 a と、そのジャッキ部 6 3 a の端部を取り付ける反力部 6 3 b とから主に構成されている。

【0068】

ここで、当接部 6 2 のスライド取付部 6 2 e 及び拡幅具 6 3 の反力部 6 3 b は、梁部 6 1 の下面に延設されたスライドガイド 6 7 に沿って移動することができる。

【0069】

この拡幅部 6 3 による移動方法を図 6 を参照しながら説明すると、図 6 (a) は当接部 6 2 によって主ケーブル 5 を所定の位置に留めている状態を示した図である。

【0070】

40

この状態では、スライド取付部 6 2 e が固定ボルト 6 8, ... によって梁部 6 1 側に固定されており、ジャッキ部 6 3 a を縮めると反力部 6 3 b が押出部 6 2 f 側に引き寄せられる。

【0071】

そして、反力部 6 3 b を梁部 6 1 側に固定ボルト 6 8, 6 8 で固定し、スライド取付部 6 2 e の固定を解除し、ジャッキ部 6 3 a を伸長させると、図 6 (b) に示すように当接部 6 2 がスライド移動し、その当接部 6 2 に押されて主ケーブル 5 も移動することになる。

【0072】

このように図 6 (a) の状態と図 6 (b) の状態を繰り返しながら、主ケーブル 5, 5

50

の間隔を所望する間隔に広げることができる。

【0073】

次に、本実施の形態の橋梁1の構築方法について図7を参照しながら説明する。

【0074】

まず、図7(a)に示すように、兩岸にアンカレイジ5b、5b、そのアンカレイジ5b、5b間に主塔2、2を構築する。

【0075】

ここでは、一例として主塔2、2間の距離は2800m、主塔2とアンカレイジ5b間の距離は1100m、全長5000m、サグ比1/10の橋梁1を想定している。なお、主塔2の橋桁3からの高さは280m、主ケーブル5、5を通過させる塔頂部2aの挿通孔の間隔は7mとする。

10

【0076】

そして、一方のアンカレイジ5bから繰り出した主ケーブル5、5を、一方の塔頂部2aを通過させ、引き続き主ケーブル5、5を延伸させてもう一方の塔頂部2aを通過させた後に対岸のアンカレイジ5bに主ケーブル5、5の端部を係留する。

【0077】

このようにして架設された主ケーブル5、5は、アンカレイジ5b、5bに設けられたケーブル引込装置などで巻き取って張力を与え、主ケーブル5、5を略平行(間隔約7m)にする。

【0078】

20

次に、図7(b)に示すように、主塔2、2間の略中央の主ケーブル5、5が最も垂れ下がった位置に間隔調整装置6を設置する。この間隔調整装置6は、まず図5(a)に示すように主ケーブル5、5の当初の間隔(約7m)に合わせて設置し、拡幅具63、63によって主ケーブル5、5を幅方向外側に移動させ、図5(b)の状態(主ケーブル5、5間隔は約31m)にする。

【0079】

この結果、主塔2、2間中央部は、後から吊り下げる二箱桁32の幅(図4のハンガーロープ5a、5a下端間の幅が約32m)近くまで広げられる。

【0080】

本実施の形態では、吊橋構造の中央部だけでなく、斜張橋構造との境界となる吊橋構造の両端にも間隔調整装置6、6を設置する(図7(c))。

30

【0081】

この吊橋構造の両端に設置する間隔調整装置6、6は、図1に示すように橋桁3から距離が離れている上に遷移部33で徐々に桁幅が狭くなるため、中央部よりも主ケーブルの5、5の間隔が狭くても道路建築限界106を侵さないようにハンガーロープ5a、・・・を吊り下げることができる。

【0082】

この間隔調整装置6、6は、まず先に間隔調整装置6を設置した中央部付近で最も広がった状態で設置し、主塔2に向けて主ケーブル5、5に沿って移動させながら、拡幅時とは逆の手順で拡幅具63、63を幅方向内側に移動させて所望する間隔に縮めていく。

40

【0083】

ここでは、外側の調節梁61c、61cを折り畳んだ状態で、主ケーブル5、5間隔が約23mになるように調整する。

【0084】

このように所定の間隔に広げられた主ケーブル5、5から垂れ下がるハンガーロープ5aの下端は、中央部においても二箱桁32の外側縁3a、3aよりは僅かに内側にくることになるが、大きな力でハンガーロープ5aを引っ張らなくとも、図4のように橋桁3の外側縁3a、3aに連結させることができる。

【0085】

図7(d)は、広げられた主ケーブル5、5の下に二箱桁32の幅を一点鎖線で示した

50

図である。

【0086】

この図7(d)では、吊橋構造の端部付近において、主ケーブル5、5間隔と二箱桁32の幅の差が大きくなっているが、上述したように吊橋構造の端部は主ケーブル5、5と橋桁3の距離が離れている上に、桁幅が徐々に一箱桁31の幅に近づく遷移部33になるため、ハンガーロープ5a、・・・を過剰に引っ張らなくとも橋桁3の外側縁3a、3aに連結させることができる。

【0087】

なお、すべてのハンガーロープ5a、・・・と橋桁3の連結が完了して構造的に安定した状態になった後には、間隔調整装置6を撤去することができる。

10

【0088】

次に、本実施の形態の橋梁1に風が作用した際の挙動を確認するためにおこなった解析結果について説明する。

【0089】

橋梁1に風荷重が作用したときの挙動は、様々な要因が重なり合った結果であるため、設計した構造を見ただけでその挙動を予測することが非常に難しい。特に、中央径間が長くなればなるほど、その予測は難しくなるので、風洞実験やコンピュータを使った数値解析によって橋梁1の挙動を確認する。

【0090】

図8は、本発明の橋梁1（外吊り構造）と、図10に示した二箱桁102の開口部102bの縁部を吊った内吊り構造との解析結果の比較をおこなったものである。

20

【0091】

ここで、外吊り構造と内吊り構造の吊り位置の違いによる差を明確にするために、本発明の二箱桁32の形状は図10の二箱桁102の形状に合わせ、他の条件も同じにして解析をおこなった。

【0092】

その結果、外吊り構造の方が、鉛直変位、ねじれ変位の両方で、内吊り構造よりも小さくなることがわかった。ここで、実橋換算風速で80m/secの風速が作用した場合でも許容の変形以下に抑えられる、すなわちフラッタ発現風速が80m/sec以上であることが望まれるが、本実施の形態の橋梁1（外吊り構造）であれば変形を許容範囲内に抑えることができる。

30

【0093】

次に、橋桁3の外側縁3aに形成されるフェアリングの形状に関する検討をおこなった結果を図9に示した。

【0094】

ここでは、図10の三角形フェアリング102c、102cのように二等辺三角形形状の断面にした二等辺三角形断面と、図4の非対称フェアリング32a、32aのように非対称台形状の断面にした非対称台形断面とを比較した。

【0095】

これらのフェアリングは、二箱桁32に対してそれぞれ適用し、その他の構造は上述した本実施の形態の構成に合わせて解析をおこなった。

40

【0096】

この解析に使用した形状は、二箱桁32のフェアリングを除いた幅が25.6m（開口部32cの幅7mを含む）、厚さは2.76m、フェアリングの二等辺三角形断面の幅方向頂点までの高さは2m、非対称台形断面の上辺は桁下面から1.01mの高さから1.41m（底辺は厚さと同じ2.76m）、台形の高さは1mとした。

【0097】

このような条件で解析をおこなった結果、図9に示すように風荷重が作用したときの鉛直変位及びねじれ変位は、非対称台形断面の方が小さくなることがわかる。

【0098】

50

以上の結果から、二箱桁 3 2 の外側縁 3 a, 3 a にハンガーロープ 5 a, . . . の下端を連結し、非対称フェアリング 3 2 a, 3 2 a を設けた場合が、最も耐風性能に優れた形状になるといえる。

【0099】

次に、本実施の形態における橋梁 1 の作用について説明する。

【0100】

このように構成された本発明は、斜張橋構造と吊橋構造を組み合わせた橋梁 1 において、主ケーブル 5, 5 から吊り下げられるハンガーロープ 5 a, . . . の下端を橋桁 3 の外側縁 3 a, 3 a に連結させる。

【0101】

このようにハンガーロープ 5 a, . . . を外側縁 3 a, 3 a に連結させることで、主ケーブル 5, 5 を橋桁 3 の幅方向中央付近に連結させた場合に比べて、横変形に対する抵抗力を増加させることができると共に、横たわみ変形量やねじれ変形量を抑えることができる。

【0102】

この結果、フラッタ発現風速を 80m/sec 以上にすることが可能になり、それ以下の風速に対しては静的にも動的にも許容範囲の変動に抑えることができる。

【0103】

また、斜張橋構造と吊橋構造を組み合わせることによって吊り荷重を減少できるので、主ケーブル 5 の径やアンカレイジ 5 b の大きさや主塔 2 の規模を経済的な大きさにすることができる。

【0104】

ここで、前記 2 本の主ケーブル 5, 5 の間隔を、主塔 2 の塔頂部 2 a を通過する際の間隔よりも中央部分における間隔の方が広くなるように構成することで、主塔 2 の幅を狭くすることができる。

【0105】

このように主塔 2 の幅を狭くすることで規模を小型化できれば、主塔 2 の上部構造の建設費が削減できるだけでなく、その重量の低減によって上部構造を支える基礎部 2 b も小型化して建設費を削減することができる。

【0106】

また、二箱桁 3 2 の外側縁 3 a, 3 a に断面視非対称台形状の非対称フェアリング 3 2 a, 3 2 a を形成することによって、上述した解析結果からもわかるように鉛直変位及びねじり変位を大幅に低減させて、耐風性能を向上させることができる。

【0107】

また、少なくとも二箱桁 3 2 の架設工事が終了するまでは、2 本の主ケーブル 5, 5 の間隔を保持する間隔調整装置 6, . . . を、二箱桁 3 2 によって形成される橋桁 3 の上方位置に配設することで、ハンガーロープ 5 a, . . . を過大な力で引き寄せなくとも橋桁 3 の外側縁 3 a, 3 a に連結させることができる。

【0108】

すなわち、二箱桁 3 2 の開口部 3 2 c の幅程度の間隔で略平行に張設された主ケーブル 5, 5 を、ハンガーロープ 5 a, . . . を引き寄せるだけで橋桁 3 の外側縁 3 a の位置まで移動させれば、ハンガーロープ 5 a と主ケーブル 5 の交差部や、ハンガーロープ 5 a を引き寄せるために橋桁 3 の外側縁 3 a に設置されるウインチなどを介してハンガーロープ 5 a や外側縁 3 a に過大な応力を発生させるおそれがある。

【0109】

また、ハンガーロープ 5 a を外側縁 3 a に連結したとしても、部分的にハンガーロープ 5 a が連結されている状態では、主ケーブル 5 が元の位置に戻ろうとする復元力の方が大きくて、ハンガーロープ 5 a、主ケーブル 5 の交差部、外側縁 3 a などに集中応力を発生させるおそれがある。

【0110】

一方、主ケーブル 5, 5 の間隔が狭いままの状態ではハンガーロープ 5 a の下端を橋桁 3 の外側縁 3 a に連結すれば、斜めに張られたハンガーロープ 5 a によって道路建築限界 1 0 6 が侵されることになる。

【0111】

これに対して本発明の橋梁 1 では、間隔調整装置 6 によって主ケーブル 5, 5 の間隔を所定の幅に広げた後に、ハンガーロープ 5 a の下端を橋桁 3 の外側縁 3 a に連結する。このため、ハンガーロープ 5 a に一時的であっても過剰な応力を発生させることがなく、それに連結される部材にも過大な応力を発生させて損傷させることがない。

【0112】

さらに、間隔調整装置 6 は、梁部 6 1 と、その梁部 6 1 に沿って移動可能な主ケーブル 5, 5 の当接部 6 2 とを備えた構成とし、当接部 6 2 を移動させることによって主ケーブル 5, 5 の間隔を所望される幅に変更することができる。

【0113】

このため、主塔 2 から主塔間中央部に向けて徐々に広がる 2 本の主ケーブル 5, 5 の間隔を、間隔調整装置 6 によって所定の間隔に保持することができる。

【0114】

以上、図面を参照して、本発明の最良の実施の形態を詳述してきたが、具体的な構成は、この実施の形態に限らず、本発明の要旨を逸脱しない程度の設計の変更は、本発明に含まれる。

【0117】

また、本実施の形態で一箱桁 3 1、二箱桁 3 2 に設けたフェアリングの形状は、上記形状に限定されるものではなく、風荷重を作用させた際の挙動によって、断面視が二等辺三角形、台形、非対称台形、半円形などの形状の中から最適な形状を選択すればよい。

【0118】

さらに、本実施の形態では間隔調整装置 6 を吊橋構造の中央部と両端部に設けた場合について説明したが、これに限定されるものではなく、中央径間の長さ、二箱桁 3 2 の設置範囲などによって最適な設置数を設定すればよい。

【0119】

また、間隔調整装置 6 の構成は、前記実施の形態に限定されるものではなく、主ケーブル 5, 5 の間隔を広げて保持できる構成であればよい。

【0120】

さらに、前記実施の形態では、2 つの主塔 2, 2 を設けた橋梁 1 について説明したが、これに限定されるものではなく、3 つ以上の主塔 2, ... を設けた場合にも同様の本発明の構成を適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0121】

【図 1】本発明の最良の実施の形態の橋梁の概略構成を説明する斜視図である。

【図 2】本発明の最良の実施の形態の橋梁の構成を説明する側面図である。

【図 3】斜張橋構造で一箱桁を支持する部分の構成を説明する断面図である。

【図 4】吊橋構造で二箱桁を支持する部分の構成を説明する断面図である。

【図 5】(a) 間隔調整装置の折り畳んだ状態の構成を説明する側面図、(b) 間隔調整装置の延ばした状態の構成を説明する側面図である。

【図 6】間隔調整装置の当接部の移動方法を説明する図であって、(a) は当接部が固定されている状態を示す説明図、(b) は当接部が移動している状態を示す説明図である。

【図 7】橋梁の構築方法を説明する図であって、(a) は主ケーブルを略平行に張った状態を説明する平面図、(b) は吊橋構造の中央部に間隔調整装置を配設した状態を説明する平面図、(c) は吊橋構造の両端部に間隔調整装置を配設した状態を説明する平面図、(d) は吊橋構造に吊り下げられる二箱桁の外形を示した平面図である。

【図 8】内吊り構造と外吊り構造の風荷重に対する挙動の解析結果を比較する図であって、(a) は実橋換算風速と鉛直変位の関係を示した図、(b) は実橋換算風速とねじれ変

10

20

30

40

50

位の関係を示した図である。

【図 9】非対称台形断面と二等辺三角形断面の風荷重に対する挙動の解析結果を比較する図であって、(a) は実橋換算風速と鉛直変位の関係を示した図、(b) は実橋換算風速とねじれ変位の関係を示した図である。

【図 10】従来の吊橋構造で二箱桁を支持する部分の構成を説明する断面図である。

【符号の説明】

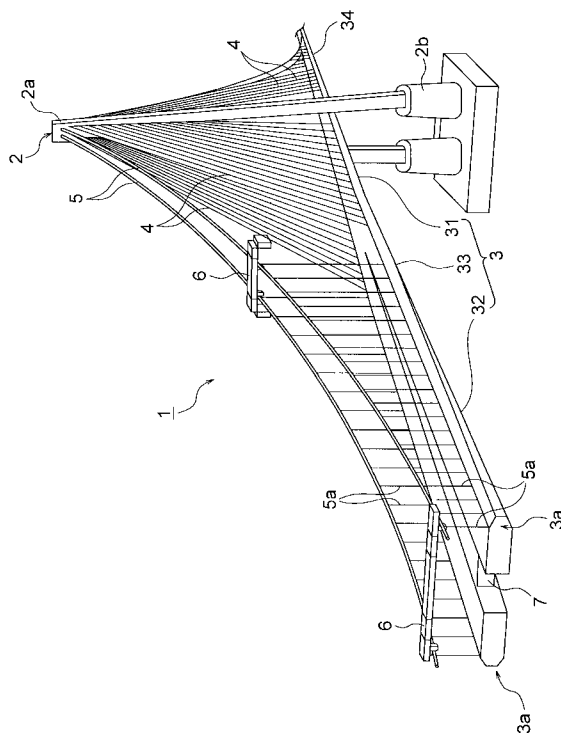
【0 1 2 2】

- | | |
|-------|-----------|
| 1 | 橋梁 |
| 2 | 主塔 |
| 2 a | 塔頂部 |
| 3 | 橋桁 |
| 3 a | 外側縁 |
| 3 1 | 一箱桁 |
| 3 2 | 二箱桁 |
| 3 2 a | 非対称フェアリング |
| 4 | 斜張ケーブル |
| 5 | 主ケーブル |
| 5 a | ハンガーロープ |
| 6 | 間隔調整装置 |
| 6 1 | 梁部 |
| 6 2 | 当接部 |

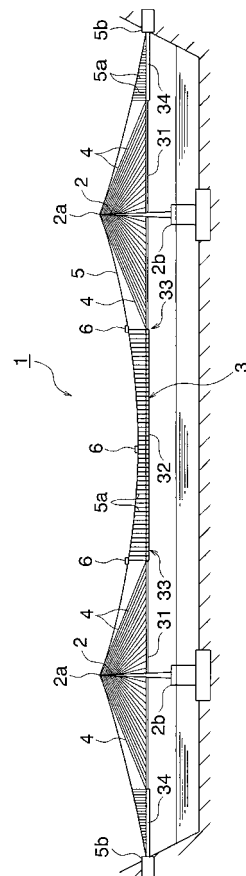
10

20

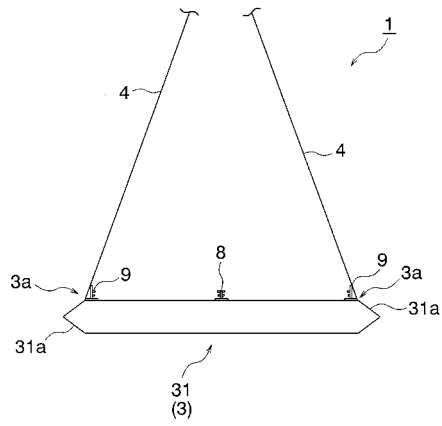
【図 1】



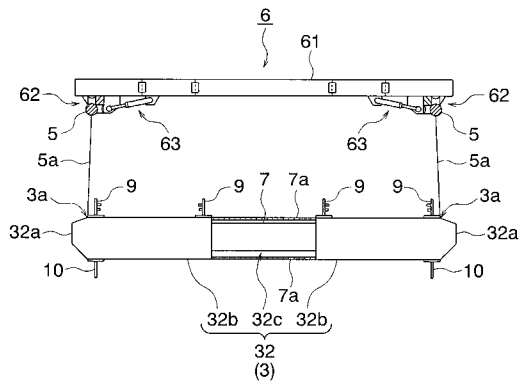
【図 2】



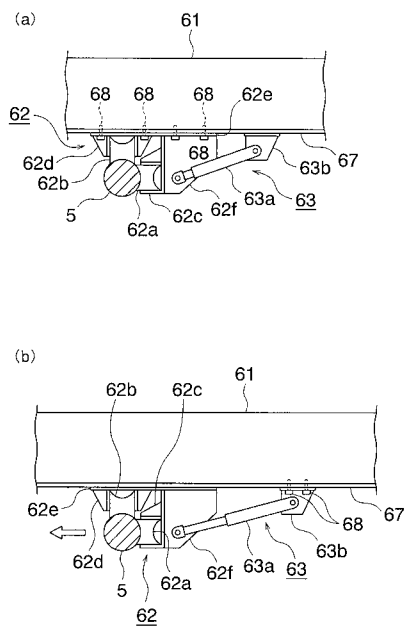
【図 3】



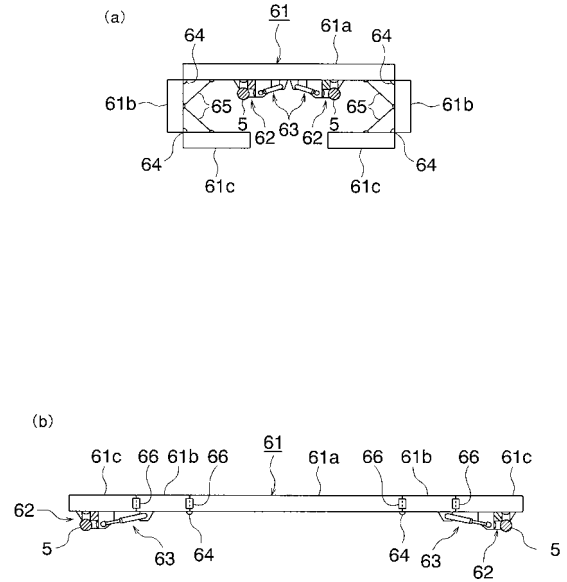
【図 4】



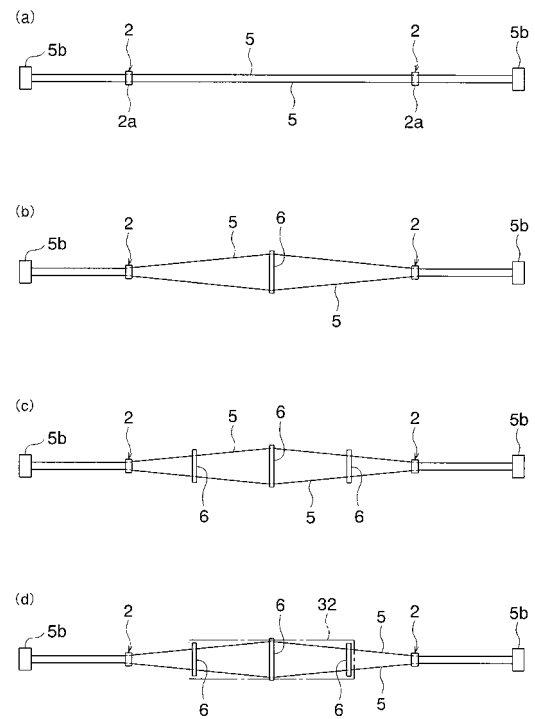
【図 6】



【図 5】

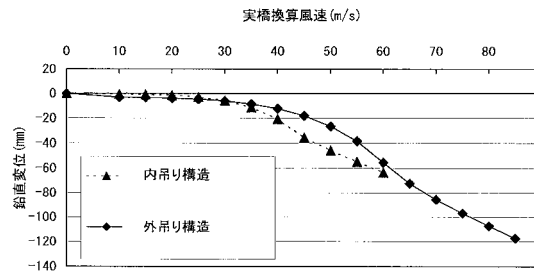


【図 7】

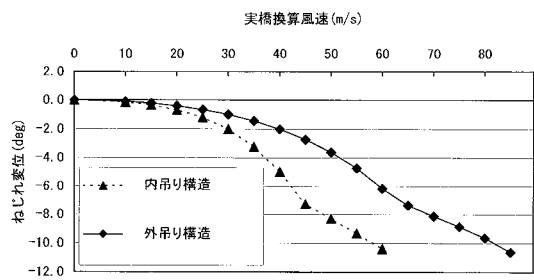


【図 8】

(a)

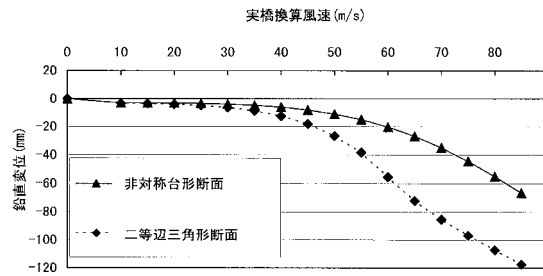


(b)

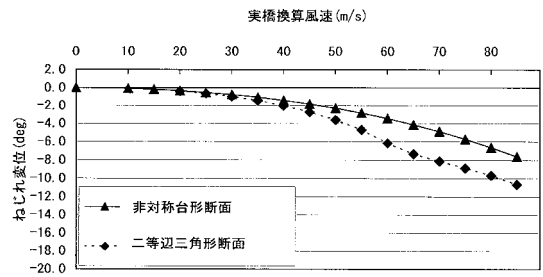


【図 9】

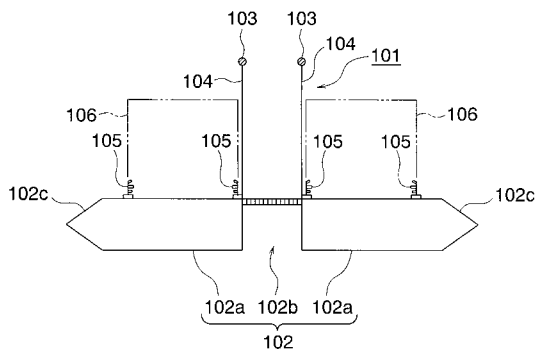
(a)



(b)



【図 10】



フロントページの続き

- (73)特許権者 000200367
川田工業株式会社
東京都北区滝野川 1 丁目 3 番 1 1 号
- (73)特許権者 505440631
本州四国連絡高速道路株式会社
兵庫県神戸市中央区小野柄通四丁目 1 番 2 2 号
- (73)特許権者 000173810
財団法人土木研究センター
東京都台東区台東 1-6-4
- (73)特許権者 000000099
株式会社 I H I
東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号
- (73)特許権者 000004123
J F E エンジニアリング株式会社
東京都千代田区大手町二丁目 6 番 2 号
- (73)特許権者 000005902
三井造船株式会社
東京都中央区築地 5 丁目 6 番 4 号
- (74)代理人 100082670
弁理士 西脇 民雄
- (73)特許権者 506122246
三菱重工鉄構エンジニアリング株式会社
広島県広島市中区江波沖町 5 番 1 号
- (74)代理人 100082670
弁理士 西脇 民雄
- (74)代理人 100115037
弁理士 杉浦 文紀
- (73)特許権者 000002299
清水建設株式会社
東京都港区芝浦一丁目 2 番 3 号
- (73)特許権者 504252178
財団法人 海洋架橋・橋梁調査会
東京都文京区後楽 2-2-23 住友不動産飯田橋ビル 2 号館 4 F
- (74)代理人 100082670
弁理士 西脇 民雄
- (72)発明者 麓 興一郎
茨城県つくば市南原 1 番地 6 独立行政法人土木研究所内
- (72)発明者 宮崎 正男
東京都品川区北品川五丁目 9 番 1 1 号 住友重機械工業株式会社内
- (72)発明者 下土居 秀樹
兵庫県加古郡播磨町新島 8 番地 川崎重工業株式会社 播磨工場内
- (72)発明者 白井 秀治
大阪府大阪市大正区船町 2 丁目 2 番 1 1 号 日立造船株式会社内
- (72)発明者 須沢 雅人
東京都北区滝野川 1 丁目 3 番 1 1 号 川田工業株式会社内

審査官 柳元 八大

- (56)参考文献 特開2004-285753 (JP, A)
特開平08-049215 (JP, A)
国際公開第2005/035876 (WO, A1)
仏国特許出願公開第02741896 (FR, A1)
米国特許第04866803 (US, A)
実開昭63-056706 (JP, U)
米国特許第02960704 (US, A)
宮田 利雄 外2名, スピンドル型超長大吊橋案のフラッター発生コントロールに関する研究,
第15回風工学シンポジウム論文集, 日本風工学会, 1998年12月, 第437-442頁

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
E01D 11/04
E01D 2/04
E01D 11/02
E01D 21/00