

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3520297号  
(P3520297)

(45)発行日 平成16年4月19日(2004.4.19)

(24)登録日 平成16年2月13日(2004.2.13)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

E 0 1 D 11/04  
1/00

E 0 1 D 11/04  
1/00

K

請求項の数4(全7頁)

(21)出願番号 特願平6-179090

(22)出願日 平成6年7月29日(1994.7.29)

(65)公開番号 特開平8-41825

(43)公開日 平成8年2月13日(1996.2.13)

審査請求日 平成13年6月28日(2001.6.28)

(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 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 000000549

株式会社大林組  
大阪府大阪市中央区北浜東4番33号

(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

(74)上記16名の代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外2名)

審査官 土屋 真理子

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 並列ケーブルの制振方法および装置

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 構造物における並列ケーブルの振動を抑制しかつ減衰させるための制振方法であって、前記並列ケーブルを構成している各ケーブルを把持する把持部どうしを連結部により一体化することでそれらケーブルどうしを所定間隔を保持して連結するとともに、前記把持部の内面とケーブルの表面との間に把持部に対するケーブルの相対回転を摩擦抵抗を与えつつ許容する摩擦部材を介在させ、ケーブルが把持部に対して相対回転する際に生じる前記摩擦部材の摩擦抵抗力によりケーブルの制振を行なうことを特徴とする並列ケーブルの制振方法。

【請求項2】 構造物における並列ケーブルの振動を抑制しかつ減衰させるための制振方法であって、前記並列ケーブルを構成している各ケーブルを把持する把持部どうしを連結部により一体化することでそれらケーブルど

2

うしを所定間隔を保持して連結するとともに、前記把持部の内面とケーブルの表面との間に把持部に対するケーブルの相対回転を粘性抵抗を与えつつ許容する粘性流体を封入し、ケーブルが把持部に対して相対回転する際に生じる前記粘性流体の粘性抵抗力によりケーブルの制振を行なうことを特徴とする並列ケーブルの制振方法。

【請求項3】 構造物における並列ケーブルの振動を抑制しかつ減衰させるための制振装置であって、前記並列ケーブルを構成している各ケーブルをそれぞれ把持するように装着される把持部と、それら把持部どうしを一体化することでケーブルどうしを所定間隔を保持して連結する連結部と、前記把持部の内面と前記ケーブルの表面との間に介在して把持部に対するケーブルの相対回転を摩擦抵抗を与えつつ許容する摩擦部材とを有してなることを特徴とする並列ケーブルの制振装置。

10

【請求項 4】 構造物における並列ケーブルの振動を抑制しかつ減衰させるための制振装置であって、前記並列ケーブルを構成している各ケーブルをそれぞれ把持するように装着される把持部と、それら把持部どうしを一体化することでケーブルどうしを所定間隔を保持して連結する連結部と、前記把持部の内面と前記ケーブルの表面との間に封入されて把持部に対するケーブルの相対回転を粘性抵抗を与えつつ許容する粘性流体とを有してなることを特徴とする並列ケーブルの制振装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、並列ケーブルを用いて構築される各種構造物における並列ケーブルの制振方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】ケーブルを用いて構築される構造物の代表的なものとして斜張橋が広く知られている。斜張橋はたとえば図 10 に示すように、主塔 a から傾斜状態で張設された多数のケーブル c によって橋桁 b を懸垂支持する形態のものである。

【0003】ところで、上記のような斜張橋においては、図示例のもののように 2 本のケーブル c, c を並列させて一組の並列ケーブルとして用いることがあるが、そのように 2 本のケーブル c, c をケーブル径の 3 倍程度の距離で接近させた状態で並列させた場合、それら並列ケーブルが横風を受けると風下側に位置しているケーブル c が大きく振動してしまうという、いわゆるウエイクギャロッピング現象が生じることがある。

【0004】このため、従来より、ウエイクギャロッピングの発生を防止するべく、たとえば並列している 2 本のケーブル c, c どうしをスペーサにより緊結してそれらの相対的な変位を拘束するようしたり、あるいは、各ケーブル c を主塔 a や橋桁 b に対して油圧ダンパー等を介して変位を拘束するとともに振動減衰を図ったり、さらには複数組の並列ケーブルどうしをワイヤーにより連結すること等が試みられている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような手法では、いずれもウエイクギャロッピング現象の発生を必ずしも有効に防止できないばかりか、構造が複雑となって信頼性や耐久性に欠けるものであったり、意匠的に好ましくないものとなるといった不具合があって必ずしも有効なものではなく、広く採用されるには至っていない。

【0006】本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、斜張橋等の構造物における並列ケーブルの振動、特にウエイクギャロッピング現象を有効に抑制しかつ減衰させ得る有効な手段を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】請求項 1 の発明は、構造物における並列ケーブルの振動を抑制しかつ減衰させるための制振方法であって、前記並列ケーブルを構成している各ケーブルを把持する把持部どうしを連結部により一体化することでそれらケーブルどうしを所定間隔を保持して連結するとともに、前記把持部の内面とケーブルの表面との間に把持部に対するケーブルの相対回転を摩擦抵抗を与えつつ許容する摩擦部材を介在させ、ケーブルが把持部に対して相対回転する際に生じる前記摩擦部材の摩擦抵抗力によりケーブルの制振を行なうことを特徴とするものである。

10

【0008】請求項 2 の発明は、請求項 1 の発明における摩擦部材に代えて、前記把持部の内面とケーブルの表面との間に把持部に対するケーブルの相対回転を粘性抵抗を与えつつ許容する粘性流体を封入し、ケーブルが把持部に対して相対回転する際に生じる前記粘性流体の粘性抵抗力によりケーブルの制振を行なうことを特徴とするものである。

20

【0009】請求項 3 の発明は、上記請求項 1 の発明の制振方法により構造物における並列ケーブルの振動を抑制しかつ減衰させるための制振装置であって、前記並列ケーブルを構成している各ケーブルをそれぞれ把持するように装着される把持部と、それら把持部どうしを一体化することでケーブルどうしを所定間隔を保持して連結する連結部と、前記把持部の内面と前記ケーブルの表面との間に介在して把持部に対するケーブルの相対回転を摩擦抵抗を与えつつ許容する摩擦部材とを有してなることを特徴とするものである。

30

【0010】請求項 4 の発明は、上記請求項 2 の発明の制振方法により構造物における並列ケーブルの振動を抑制しかつ減衰させるための制振装置であって、上記請求項 3 の発明の制振装置における摩擦部材に代えて、前記把持部の内面と前記ケーブルの表面との間に封入されて把持部に対するケーブルの相対回転を粘性抵抗を与えつつ許容する粘性流体とを有してなることを特徴とするものである。

【0011】

【作用】本発明における把持部および連結部は、並列ケーブルを構成している各ケーブルどうしを連結してそれらの間隔を保持しかつ鉛直方向の相対変位を抑制するためのスペーサとして機能する。そして、本発明においては、各ケーブルは把持部に対して摩擦部材あるいは粘性流体を介して相対回転が許容された状態で把持されているので、並列ケーブルに横風等の外力が加わって各ケーブルが振動する際にはケーブルが把持部に対して相対回転しようとするが、その際には、摩擦部材による摩擦抵抗力あるいは粘性流体による粘性抵抗力がケーブルの回転を抑制する力としてケーブルに作用する。したがってケーブルの振動は速やかに減衰させられ、ウエイクギャロッピング現象の発生等が有効に抑制される。

50

## 【0012】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する。図1～図3は第1実施例の制振装置の概略構成を示すものである。本第1実施例の制振装置は、並列ケーブルを構成している2本のケーブル1, 1に取り付けられてその制振を行なうもので、各ケーブル1を把持する把持部2、1組の把持部2, 2どうしを一体化する連結部3...、把持部2とケーブル1との間に介装される摩擦部材4とにより構成されている。

【0013】把持部2は例えば鋼材を加工して形成されたもので、ケーブル1の外径よりやや大径の内径寸法を有する一对の半割筒状体2a, 2aにより構成され、それら半割筒状体2a, 2aの双方のフランジ2b, 2bを突き合わせて締結されることでケーブル1を把持する状態で装着されるものである。半割筒状体2a, 2aどうしの締結および把持部2, 2どうしの連結は、図3に示すように、突き合わせた双方のフランジ2b, 2bに連結部3...の端部を貫通させ、それら連結部3...に螺着したナット5...によりフランジ2b, 2bを両側から挟み込んで絞め付けることで行なうようになっている。

【0014】連結部3は両端部に上記ナット5が螺着されるネジ部を有する例えば鋼製の棒状体であって、4本が1組として用いられて上記のように1組の把持部2, 2を一体化するものとされている。これら連結部3...の長さ寸法はケーブル1, 1間の間隔に対応して予め設定されているが、連結部3...に対するナット5...の螺着位置を調節することでケーブル1, 1間隔を容易に調節できるものとなっている。

【0015】一方、ケーブル1の表面にはケーブル表面の被覆材(通常はポリエチレン材)を保護するための例えば薄鋼板からなる保護材6が巻回され、その表面に例えばカーボン焼結体あるいはアスベスト等の摩擦材料を素材とする上記の摩擦部材4が装着されて接着等により固定され、その摩擦部材4を外側から絞め付ける形態で上記の把持部2がケーブル1に装着されるようになっている。そして、本実施例の制振装置においては摩擦部材4の表面と把持部2の内面との接触面が滑り面となつて、ケーブル1はその滑り面で生じる摩擦抵抗力を受けつつも把持部2に対する相対回転が許容されるようになっている。

【0016】したがって、上記構成の制振装置が取り付けられた並列ケーブルが例えば横風等の外力を受けて双方のケーブル1, 1が図4に示す如く互いに逆方向に変位するような逆位相振動を生じた場合、各ケーブル1は把持部2に対して相対回転しようとするが、その際に滑り面において摩擦抵抗力が生じ、その結果、ケーブル1の振動エネルギーはその摩擦抵抗によるエネルギー散逸作用により散逸してしまつてケーブル1の振動は速やかに減衰させられることになる。このため、本制振装置を取り付けた並列ケーブルにおいては特にウェイクギャロ

ッピング現象の発生を有効に抑制でき、かつ、その発現風速を大幅に高めることができるものである。そして、本実施例の制振装置は、いわば並列ケーブルのスペースに制振機能を持たせたものであるから、構造が極めて簡単で安価にできるとともに保守が面倒になることもないし、美観を損ねることもない。

【0017】なお、摩擦部材4がケーブル1の相対回転に対して与える摩擦抵抗力すなわちこの制振装置がケーブル1に与える減衰力Fは、摩擦部材4と把持部2との間の動摩擦係数 $\mu$ 、それらの接触面積A、および把持部2によるケーブル1に対する締付力Nにより決定され、それらの間には

$$F = \mu N A$$

なる関係が成立つ。したがって上記の $\mu$ , N, Aの値を調節することでこの制振装置の減衰力Fを自由に調節することができる。そこで、本実施例においては、図3に示すようにフランジ2b, 2b間に必要に応じて隙間調整用のスペーサ7を介装したり、あるいはそのスペーサ7の厚みや枚数を調節することで半割筒状体2a, 2aどうしの締結力を調整したり、ナット5とフランジ2bとの間に皿バネあるいはスプリングワッシャ等の調整バネ8を介装させてそのバネ力を調節することで、ケーブル1に対する締付力Nを調整して減衰力Fの大きさを調節するようにしている。勿論、把持部2の内面や摩擦部材4の表面にたとえば凹凸や突起を設ける等によりそれらの表面粗さや平坦度を調整したり、把持部2の長さ寸法を増減することで把持部2と摩擦部材4の接触面積Aを増減することによつても減衰力Fを調節し得る。

【0018】また、本実施例の制振装置の等価減衰定数を $c_e$ 、減衰力をF、制振対象のケーブル1の角固有振動数を $\omega_n$ 、制振装置の振幅を $\delta$ とすると

$$c_e = 4 F / \omega_n \delta$$

の関係が成立つ。つまり、この制振装置では、ケーブル1の角固有振動数 $\omega_n$ や振幅 $\delta$ が大きいほど大きな減衰力Fが必要である。

【0019】図5は本実施例の制振装置の有効性を実証するために行なつたシミュレーション結果を示すものであって、全長100mの並列ケーブルの両端から10mの位置にそれぞれ本実施例の制振装置を取り付けた場合における減衰係数cとモード減衰 $\delta$ の関係を表すものである。従来一般の油圧ダンパー等を用いて同一条件でケーブル1を制振する場合に得られるモード減衰 $\delta$ の値は理論的に0.05程度で限界となるが、本実施例の制振装置では減衰係数cを0.3程度以上とすることで従来一般の油圧ダンパーを用いる場合より優れたモード減衰の値が得られることがわかる。

【0020】なお、摩擦部材4の素材やその形態は種々設計的な変更を行ない得るものであり、たとえば摩擦部材4をケーブル1に対して固定することに代えて把持部2の内面側に固定することでも良い。また、把持部2と

連結部 3 とは並列ケーブルのスペーサとしての機能を有するものとすれば良いので、ケーブル 1 に対して装着できる形態である限りにおいて適宜の設計的な変更が可能であり、たとえば図 6 に示すような変形例が考えられる。図 6 に示す変形例の制振装置は、把持部 20 を半割筒状体 20a, 20a から構成するとともに、それぞれの把持部 20, 20 における一方の半割筒状体 20a, 20a を板状の連結部 30 および補強リブ 31 と一体成形しておき、半割筒状体 20a, 20a のフランジ 20b, 20b どうしおよび連結部 30, 30 どうしをボルト・ナット 32 により締結するようにしたものである。

【0021】以上で本発明の第 1 実施例を説明したが、次に図 7 ~ 図 9 を参照して第 2 実施例を説明する。上記第 1 実施例の制振装置は、把持部 2 とケーブル 1 との間に介装した摩擦部材 4 の摩擦抵抗力を減衰力として利用するものとしたが、本第 2 実施例の制振装置は、それに代えて、粘性流体の粘性抵抗を減衰力として利用するように構成したものである。

【0022】すなわち、本第 2 実施例の装置では、ケーブル 1 の表面に保護用の内ケース 11 を装着するとともに、その外側に一对の半割筒状 12a, 12a から構成される把持部 12 を、内ケース 11 との間に所定間隔を確保しかつその両端位置に配したベアリング 13, 13 によってケーブル 1 に対して相対回転自在に保持し、それら内ケース 11、把持部 12、双方のベアリング 13, 13 により囲まれて形成される封入室 14 内に例えばシリコンオイル等の粘性流体 15 を封入するとともに、ベアリング 13, 13 の外側に粘性流体 15 の漏出を防止するための蓋体 16, 16 をシール用 Oリング 17... を介して装着した構成のものである。

【0023】本第 2 実施例の制振装置においても、把持部 12, 12 どうしをフランジ 12b, 12b を介して連結部 18... により一体化することでそれら把持部 12, 12 と連結部 18... がケーブル 1, 1 間隔を保持するスペーサとして機能する。そして、並列ケーブルを構成している 2 本のケーブル 1, 1 が逆位相振動を生じた場合、第 1 実施例の場合と同様に各ケーブル 1 は把持部 12 に対して相対回転しようとするが、その際に粘性流体 15 に生じる粘性抵抗力が内ケース 11 を介してケーブル 1 に作用し、その結果、ケーブル 1 の振動エネルギーがその粘性抵抗によるエネルギー散逸作用により散逸してしまつてケーブル 1 の振動は速やかに減衰させられるものであり、したがつてウェイクギャロッピング現象の発生を有効に抑制できるものである。しかも、本第 2 実施例の場合においては、ケーブル 1 の振動振幅が小さくても有効に減衰力 F が作用するとともに、振動振幅が大きくなるほど減衰力 F が大きくなるから、微小振動から大振動まで広範囲にわたつて制振効果を得ることができる。

【0024】なお、本第 2 実施例の制振装置における粘

性抵抗力すなわちケーブル 1 に作用する減衰力 F は、粘性流体 15 の粘性係数、粘性流体 15 が封入される封入室 14 における内ケース 11 と把持部 12 内面との間の隙間の大きさ、および封入室 14 の表面積により決定されるから、粘性流体 15 の種類を選択したり各部の寸法を調節してそれらの値を調節することで所望の減衰力 F を得ることができる。また、必要に応じて、封入室 14 内に粘性抵抗を増大させるための抵抗体たとえば穴明板等を配置することも考えられる。勿論、粘性流体 15 を封入するためのシール機構の構成は適宜変更が可能であるし、粘性流体 15 を封入しつつケーブルを相対回転させることができる場合にはベアリング 13 を省力することも可能である。

【0025】また、上記第 1、第 2 実施例はいずれも斜張橋における 2 本のケーブルからなる並列ケーブルを制振対象としたが、本発明は斜張橋に限らずケーブルを用いて構築される構造物全般に適用できることはもとより、3 本以上の並列ケーブルに対しても同様に適用できるものである。

【0026】

【発明の効果】以上で説明したように、本発明の制振方法および制振装置は、把持部と連結部とにより並列ケーブルのスペーサとしての機能を有するとともに、ケーブルを把持する把持部とケーブルとの間に、摩擦抵抗を与えつつ相対回転を許容する摩擦部材や、粘性抵抗を与えつつ相対回転を許容する粘性流体を封入する構成であるから、ウェイクギャロッピング現象等によるケーブルの逆位相振動を有効に抑制、減衰させることができ、しかも、構造が簡単で安価にできかつ美観を損ねることもないという効果を奏し、斜張橋等のケーブル構造物等における並列ケーブルを制振するために適用して好適である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 実施例である制振装置の概略構成を示す正面図である。

【図 2】同、平面図である。

【図 3】同、要部拡大図である。

【図 4】同制振装置が逆位相振動を生じた状態を示す図である。

【図 5】同制振装置を装着した並列ケーブルの振動解析結果を示す図である。

【図 6】同制振装置の変形例を示す正面図である。

【図 7】本発明の第 2 実施例である制振装置の概略構成を示す正面図である。

【図 8】同、要部拡大側断面図である。

【図 9】同、要部拡大正断面図である。

【図 10】斜張橋の一例を示す図である。

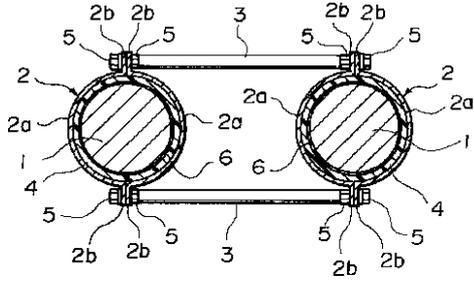
【符号の説明】

1 ケーブル

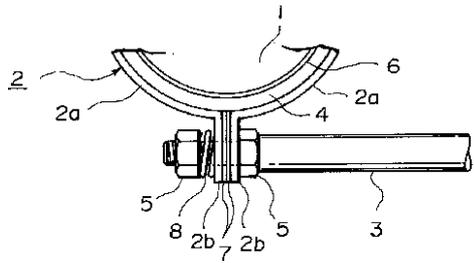
2 把持部

- 3 連結部
- 4 摩擦部材
- 1 2 把持部
- 1 5 粘性流体

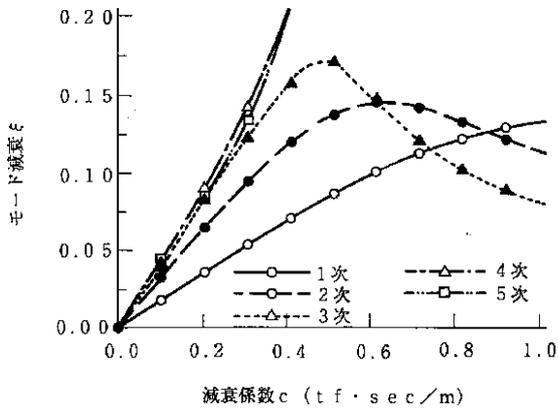
【図1】



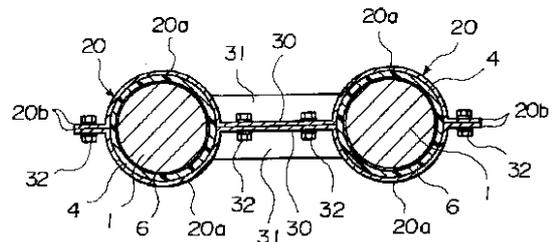
【図3】



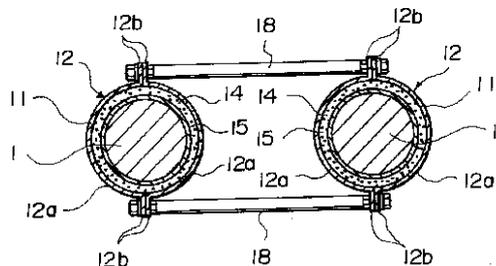
【図5】



【図6】



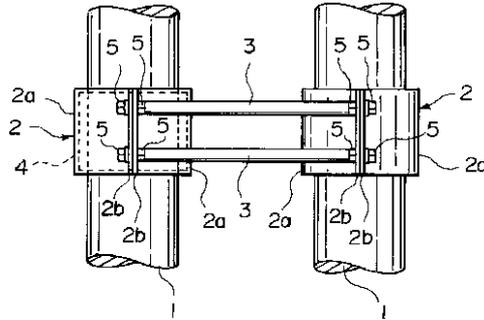
【図7】



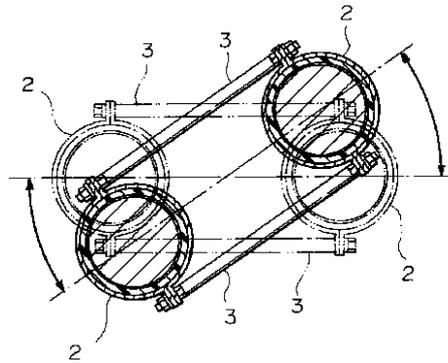
- \* 1 8 連結部
- 2 0 把持部
- 3 0 連結部。

\*

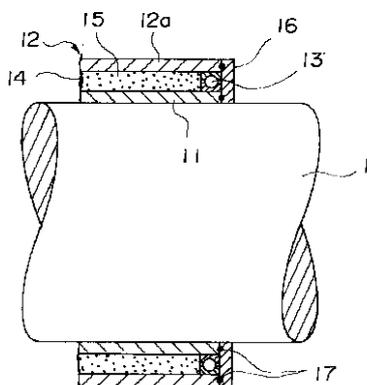
【図2】



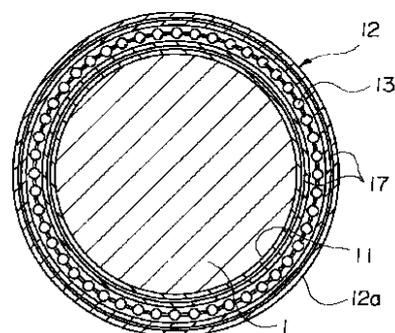
【図4】



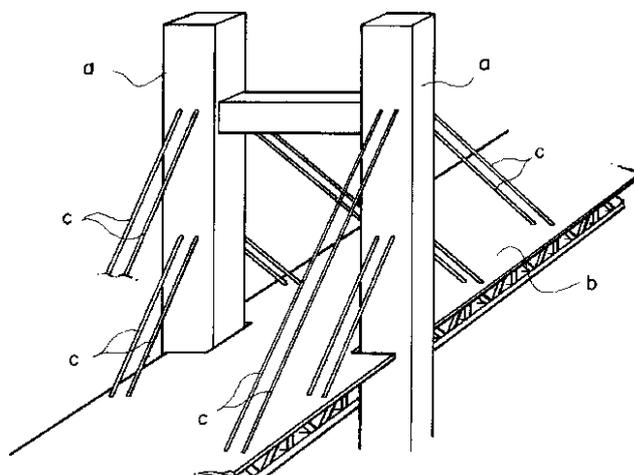
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(73)特許権者 000174943  
三井住友建設株式会社  
東京都新宿区荒木町13番地の4

(73)特許権者 000235543  
飛島建設株式会社  
東京都千代田区三番町2番地

(73)特許権者 000112196  
株式会社ピーエス三菱  
東京都中央区銀座7丁目16番12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 000000099  
石川島播磨重工業株式会社  
東京都千代田区大手町2丁目2番1号

(73)特許権者 390029012  
株式会社エスイー  
東京都千代田区神田駿河台二丁目9番地

(73)特許権者 000001373  
鹿島建設株式会社  
東京都港区元赤坂一丁目2番7号

(73)特許権者 000002107  
住友重機械工業株式会社  
東京都品川区北品川五丁目9番11号

(73)特許権者 594128913  
株式会社長大  
東京都中央区日本橋蛸殻町一丁目20番4号

(73)特許権者 000004123  
JFEエンジニアリング株式会社  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2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  
89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
- (73)特許権者 000006208  
三菱重工業株式会社  
東京都港区港南二丁目16番 5 号
- (74)上記 1 名の代理人 100108578  
弁理士 高橋 詔男 (外 3 名)
- (72)発明者 佐藤 弘史  
茨城県つくば市大字旭一番地 建設省土  
木研究所内
- (72)発明者 日下部 毅明  
茨城県つくば市大字旭一番地 建設省土  
木研究所内
- (72)発明者 樋口 俊一  
東京都清瀬市下清戸 4 - 640 株式会社  
大林組技術研究所内
- (72)発明者 大野 浩  
東京都港区芝浦一丁目 2 番 3 号 清水建  
設株式会社内
- (72)発明者 近藤 真一  
東京都新宿区荒木町13番地の 4 住友建  
設株式会社内
- (72)発明者 岡本 浩  
東京都千代田区三番町 2 番地 飛鳥建設  
株式会社内
- (72)発明者 久保 明英  
東京都豊島区南大塚 3 - 20 - 6 株式会  
社ピー・エス内
- (56)参考文献 特開 平 6 - 93604 ( J P , A )  
特開 平 5 - 58277 ( J P , A )  
特開 平 4 - 83008 ( J P , A )
- (58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B 名)  
E01D 11/00 - 11/04  
E01D 1/00  
H02G 7/14  
E01B 25/16