

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2012-172365
(P2012-172365A)

(43) 公開日 平成24年9月10日(2012.9.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
E O 1 B 25/28 (2006.01)	E O 1 B 25/28 A	2 D 0 5 6
B 6 1 B 13/00 (2006.01)	B 6 1 B 13/00 M	
B 6 1 B 13/06 (2006.01)	B 6 1 B 13/06 J	

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2011-34495 (P2011-34495)	(71) 出願人	000006208
(22) 出願日	平成23年2月21日 (2011. 2. 21)		三菱重工株式会社
			東京都港区港南二丁目16番5号
		(74) 代理人	100134544
			弁理士 森 隆一郎
		(74) 代理人	100064908
			弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100108578
			弁理士 高橋 詔男
		(74) 代理人	100126893
			弁理士 山崎 哲男
		(74) 代理人	100149548
			弁理士 松沼 泰史

最終頁に続く

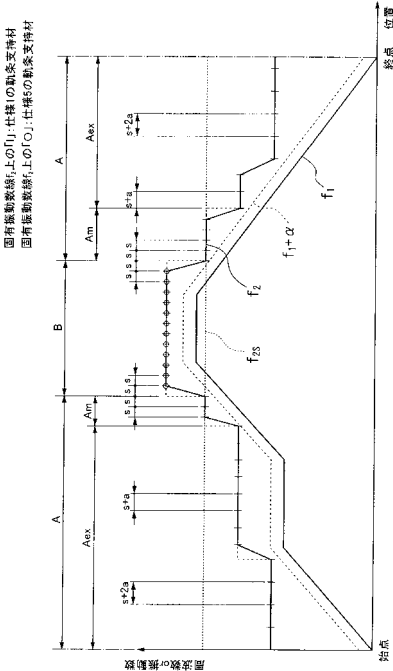
(54) 【発明の名称】 案内軌条設備、その設計方法、その施工方法、その設計支援プログラム

(57) 【要約】

【課題】軌道式車両の案内輪が接触する案内軌条と、案内軌条を支える複数の軌条支持材とを備えている案内軌条設備の材料コストや施工コストを低減する。

【解決手段】案内軌条設備に対する外力条件を用いて、予め定められた強度条件を満たす案内軌条設備の第一構造仕様を定めてから、第二構造仕様を定める。第二構造仕様では、第一構造仕様で定まる案内軌条の固有振動数 f_2 が、車両の走行速度で定まる案内軌条の起振周波数 f_1 よりも高い領域Aでは、固有振動数 f_2 が起振周波数 f_1 以下にならない範囲内で、第一構造仕様における隣合う軌条支持材の相互間の間隔 s を $(s+a)$ 、 $(s+a)$ 、...に広げる。

【選択図】図12



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

軌条式車両の案内輪が接する案内軌条と、該案内軌条を支える複数の軌条支持材と、を備えている案内軌条設備の設計方法において、

前記案内軌条設備に対する外力条件を用いて、予め定められた強度条件を満たす該案内軌条設備の第一構造仕様を定める第一構造仕様設定工程と、

前記第一構造仕様で定まる前記案内軌条の固有振動数を求める固有振動数算出工程と、

前記案内軌条が延在する方向の各位置における前記軌条式車両の予定走行速度を用いて、前記案内輪の接触による該各位置の該案内軌条の起振周波数を求める起振周波数算出工程と、

10

前記強度条件を満たす範囲内で、前記第一構造仕様を、前記位置毎に、当該位置での前記起振周波数と前記固有振動数とが近似することによる共振を避ける第二構造仕様に変更する仕様変更工程と、

を実行することを特徴とする案内軌条設備の設計方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の案内軌条設備の設計方法において、

前記仕様変更工程では、前記案内軌条が延在する方向の複数の前記位置のうち、前記案内軌条の前記固有振動数が前記起振周波数よりも高い位置に関しては、該固有振動数が該起振周波数以下にならない範囲で、当該位置での該案内軌条の該固有振動数を低くする前記第二構造仕様に変更する、

20

ことを特徴とする案内軌条設備の設計方法。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の案内軌条設備の設計方法において、

前記仕様変更工程では、前記案内軌条が延在する方向の複数の前記位置のうち、前記案内軌条の前記固有振動数が前記起振周波数以下の位置に関しては、当該位置での該固有振動数を当該位置での該起振周波数より高くする前記第二構造仕様に変更する、

ことを特徴とする案内軌条設備の設計方法。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の案内軌条設備の設計方法において、

前記仕様変更工程では、前記軌条支持材の相互間隔と、該軌条支持材の剛性と、前記案内軌条の剛性ととのうち、少なくとも 1 つを変更して、該案内軌条の前記固有振動数を変える、

30

ことを特徴とする案内軌条設備の設計方法。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の案内軌条設備の設計方法において、

前記仕様変更工程では、前記案内軌条が延在する方向の複数の前記位置のうち、前記案内軌条の固有振動数が前記起振周波数よりも高い位置に関しては、該固有振動数が該起振周波数以下にならない範囲で、前記軌条支持材の相互間隔を広げる前記第二構造仕様に変更する、

40

ことを特徴とする案内軌条設備の設計方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の案内軌条設備の設計方法において、

前記仕様変更工程では、前記軌条支持材の相互間隔を広げた際には、広げた該相互間隔で前記強度条件を満たすか否かを判断し、該強度条件を満たすと判断した場合に、該広げた該相互間隔を前記第二構造仕様の一つに含める、

ことを特徴とする案内軌条設備の設計方法。

【請求項 7】

請求項 4 に記載の案内軌条設備の設計方法において、

前記仕様変更工程では、前記案内軌条が延在する方向の複数の前記位置のうち、前記案内軌条の固有振動数が前記起振周波数以下の位置に関しては、前記軌条支持材の剛性と前

50

記案内軌条の剛性とのうち、少なくとも一方を高めて、当該位置での該固有振動数を当該位置での該起振周波数より高くする前記第二構造仕様に変更する、

ことを特徴とする案内軌条設備の設計方法。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の前記案内軌条設備の設計方法で、前記第二構造仕様を定める設計工程と、

前記設計工程で定めた前記第二構造仕様で、前記案内軌条設備を目的の走行路に沿って設置する工事工程と、

を実行することを特徴とする案内軌条設備の施工方法。

【請求項 9】

軌条式車両の案内輪が接する案内軌条と、該案内軌条を支える複数の軌条支持材と、を備えている案内軌条設備の設計支援プログラムにおいて、

前記案内軌条設備に対する外力条件に対して、予め定められた強度条件を満たす該案内軌条設備の第一構造仕様を取得し、該強度条件と共に該第一構造仕様をコンピュータの記憶装置に記憶する第一構造仕様取得ステップと、

前記案内軌条が延在する方向の各位置における前記軌条式車両の予定走行速度を受け付けて、前記記憶装置に記憶する走行速度受付ステップと、

前記第一構造仕様で定まる前記案内軌条の固有振動数を求める固有振動数算出ステップと、

前記走行速度受付ステップで受け付けた前記各位置の前記予定走行速度を用いて、前記案内輪の接触による該各位置の前記案内軌条の起振周波数を求める起振周波数算出ステップと、

前記記憶装置に記憶されている前記強度条件を満たす範囲内で、前記第一構造仕様を、前記位置毎に、当該位置での前記起振周波数と前記固有振動数とが近似することによる共振を避ける第二構造仕様に変更し、該第二構造仕様を該記憶装置に記憶する仕様変更ステップと、

を前記コンピュータに実行させることを特徴とする案内軌条設備の設計支援プログラム。

【請求項 10】

軌条式車両の案内輪が接する案内軌条と、該案内軌条に沿って配置され、該案内軌条を支える複数の軌条支持材と、を備えている案内軌条設備において、

前記案内軌条が延在する方向の各位置の前記軌条式車両の予定走行速度で定まる、前記案内輪の接触による各位置の該案内軌条の起振周波数が、いずれの位置でも該案内軌条の固有振動数よりも低く、

前記案内軌条が延在する方向には、隣接する二つの前記軌条支持材の相互間隔が予め定められた初期設定間隔と同じである間隔維持領域と、該相互間隔が該初期設定間隔より広い間隔拡大領域とがある、

ことを特徴とする案内軌条設備。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の案内軌条設備において、

前記間隔維持領域中の少なくとも一部の領域内の前記軌条支持材の剛性は、前記間隔拡大領域内の該軌条支持材の剛性よりも高い、

ことを特徴とする案内軌条設備。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の案内軌条設備において、

前記間隔拡大領域内の前記軌条支持材は、複数の部材が接合されて構成され、

前記間隔維持領域中の少なくとも一部の領域内の前記軌条支持材は、前記間隔拡大領域内の前記軌条支持材を構成する前記複数の部材と、該複数の部材のうちのいずれか 2 つの部材の接合部分を補強する補強部材と、を有する、

ことを特徴とする案内軌条設備。

10

20

30

40

50

【請求項 13】

請求項 10 から 12 のいずれか一項に記載の案内軌条設備において、
前記間隔維持領域中の少なくとも一部の領域内の前記案内軌条の剛性は、前記間隔拡大領域内の該案内軌条の剛性よりも高い、
ことを特徴とする案内軌条設備。

【請求項 14】

請求項 10 から 13 のいずれか一項に記載の案内軌条設備において、
前記間隔拡大領域では、隣接する二つの前記軌条支持材の相互間隔として、前記初期設定間隔より広い複数の間隔がある、
ことを特徴とする案内軌条設備。

10

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、軌道式車両の案内輪が接する案内軌条と該案内軌条を支える複数の軌条支持材とを備えている案内軌条設備、案内軌条設備の設計方法、案内軌条設備の施工方法、案内軌条設備の設計支援プログラムに関する。

【背景技術】**【0002】**

近年、バスや鉄道以外の新たな交通手段として、新交通システムが注目されている。このような新交通システム(Automated People Mover, Automated Transit Systems)の一種としては、ゴムタイヤからなる走行輪を有する車両を軌道上で走行させるものが知られている。

20

【0003】

この種の車両は、案内輪を備えており、この案内輪が走行路に沿って設けられている案内軌条に接することで、走行方向が規制されている。

【0004】

案内軌条は、例えば、以下の特許文献 1 に記載されているように、走行路に沿って設けられている複数の軌条支持材により支持されている。

【先行技術文献】**【特許文献】**

30

【0005】

【特許文献 1】特開 2003 - 213603 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

案内軌条及び複数の軌条支持材を有する案内軌条設備は、他の各種設備と同様、予め定められている強度条件を満たしつつも、できる限り、その材料コストや施工コストを抑えることができるものが望まれている。

【0007】

そこで、本発明は、予め定められている強度条件を満たしつつも、その材料コストや施工コストを抑えられることができる案内軌条設備、案内軌条設備の設計方法、案内軌条設備の施工方法、案内軌条設備の設計支援プログラムを提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】**【0008】**

上記目的を達成するための発明に係る案内軌条設備の設計方法は、
軌条式車両の案内輪が接する案内軌条と、該案内軌条を支える複数の軌条支持材と、を備えている案内軌条設備の設計方法において、前記案内軌条設備に対する外力条件を用いて、予め定められた強度条件を満たす該案内軌条設備の第一構造仕様を定める第一構造仕様設定工程と、前記第一構造仕様で定まる前記案内軌条の固有振動数を求める固有振動数算出工程と、前記案内軌条が延在する方向の各位置における前記軌条式車両の予定走行速

50

度を用いて、前記案内輪の接触による該各位置の該案内軌条の起振周波数を求める起振周波数算出工程と、前記強度条件を満たす範囲内で、前記第一構造仕様を、前記位置毎に、当該位置での前記起振周波数と前記固有振動数とが近似することによる共振を避ける第二構造仕様に変更する仕様変更工程と、を実行することを特徴とする。

【0009】

当該設計方法では、車両の予定走行速度を考慮して、第一構造仕様から、案内軌条の固有振動数と起振周波数とが近似することによる共振を避ける第二構造仕様に変更しているので、案内軌条及び軌条支持材の剛性を不必要に高くしておく必要性や軌条支持材の相互間隔を不必要に小さくしておく必要性がなくなり、案内軌条設備の材料コストや施工コストを抑えることができる。

10

【0010】

ここで、前記案内軌条設備の設計方法において、前記仕様変更工程では、前記案内軌条が延在する方向の複数の前記位置のうち、前記案内軌条の前記固有振動数が前記起振周波数よりも高い位置に関しては、該固有振動数が該起振周波数以下にならない範囲で、当該位置での該案内軌条の該固有振動数を低くする前記第二構造仕様に変更してもよい。また、前記仕様変更工程では、前記案内軌条が延在する方向の複数の前記位置のうち、前記案内軌条の前記固有振動数が前記起振周波数以下の位置に関しては、当該位置での該固有振動数を当該位置での該起振周波数より高くする前記第二構造仕様に変更してもよい。

【0011】

当該設計方法では、いずれの位置でも案内軌条の固有振動数が車両の予定走行速度で定める起振周波数よりも高いので、仮に、緊急時等において、車両の走行速度が予定走行速度よりも低くなり、案内軌条の起振周波数が低くなっても、固有振動数と起振周波数との共振を避けることができる。

20

【0012】

また、前記案内軌条設備の設計方法において、前記仕様変更工程では、前記軌条支持材の相互間隔と、該軌条支持材の剛性と、前記案内軌条の剛性とのうち、少なくとも1つを変更して、該案内軌条の前記固有振動数を変えてもよい。なお、ここでの軌条支持材の剛性には、案内軌条と軌条支持材の接続剛性及び軌条支持材と設置場所との接合剛性を含んでいる。

【0013】

また、前記案内軌条設備の設計方法において、前記仕様変更工程では、前記案内軌条が延在する方向の複数の前記位置のうち、前記案内軌条の固有振動数が前記起振周波数よりも高い位置に関しては、該固有振動数が該起振周波数以下にならない範囲で、前記軌条支持材の相互間隔を広げる前記第二構造仕様に変更してもよい。このように、前記軌条支持材の相互間隔を広げた際には、広げた該相互間隔で前記強度条件を満たすか否かを判断し、該強度条件を満たすと判断した場合に、該広げた該相互間隔を前記第二構造仕様の一つに含めることが好ましい。

30

【0014】

当該設計方法では、軌条支持材の相互間隔が広がる結果、軌条支持材の数量が減り、案内軌条設備の材料コストや施工コストを削減することができる。

40

【0015】

また、前記案内軌条設備の設計方法において、前記仕様変更工程では、前記案内軌条が延在する方向の複数の前記位置のうち、前記案内軌条の固有振動数が前記起振周波数以下の位置に関しては、前記軌条支持材の剛性と前記案内軌条の剛性とのうち、少なくとも一方を高めて、当該位置での該固有振動数を当該位置での該起振周波数より高くする前記第二構造仕様に変更してもよい。

【0016】

当該設計方法では、軌条支持材の剛性と案内軌条の剛性とのうち、少なくとも一方を高めて、案内軌条の固有振動数を高めるため、軌条支持材の数量の増加を抑えることができる。このため、案内軌条設備の材料コスト及び施工コストの増加を最小限に抑えることが

50

できる。

【0017】

上記目的を達成するための発明に係る案内軌条設備の施工方法は、

前記案内軌条設備の設計方法で、前記第二構造仕様を定める設計工程と、前記設計工程で定めた前記第二構造仕様で、前記案内軌条設備を目的の走行路に沿って設置する工事工程と、を実行することを特徴とする。

【0018】

当該施工方法でも、前記設計方法と同様、車両の予定走行速度を考慮して、第一構造仕様から、案内軌条の固有振動数と起振周波数とが近似することによる共振を避ける第二構造仕様に変更しているので、案内軌条及び軌条支持材の剛性を不必要に高くしておく必要性がなくなり、案内軌条設備の材料コストや施工コストを抑えることができる。

10

【0019】

上記目的を達成するための発明に係る案内軌条設備の設計支援プログラムは、

軌条式車両の案内輪が接する案内軌条と、該案内軌条を支える複数の軌条支持材と、を備えている案内軌条設備の設計支援プログラムにおいて、前記案内軌条設備に対する外力条件に対して、予め定められた強度条件を満たす該案内軌条設備の第一構造仕様を取得し、該強度条件と共に該第一構造仕様をコンピュータの記憶装置に記憶する第一構造仕様取得ステップと、前記案内軌条が延在する方向の各位置における前記軌条式車両の予定走行速度を受け付けて、前記記憶装置に記憶する走行速度受付ステップと、前記第一構造仕様で定まる前記案内軌条の固有振動数を求める固有振動数算出ステップと、前記走行速度受付ステップで受け付けた前記各位置の前記予定走行速度を用いて、前記案内輪の接触による該各位置の前記案内軌条の起振周波数を求める起振周波数算出ステップと、前記記憶装置に記憶されている前記強度条件を満たす範囲内で、前記第一構造仕様を、前記位置毎に、当該位置での前記起振周波数と前記固有振動数とが近似することによる共振を避ける第二構造仕様に変更し、該第二構造仕様を該記憶装置に記憶する仕様変更ステップと、を前記コンピュータに実行させることを特徴とする。

20

【0020】

当該設計支援プログラムでは、当該プログラムの実行により、前記設計方法と同様、車両の予定走行速度が考慮されて、第一構造仕様から、案内軌条の固有振動数と起振周波数とが近似することによる共振を避ける第二構造仕様に変更されるので、案内軌条及び軌条支持材の剛性を不必要に高くしておく必要性がなくなり、案内軌条設備の材料コストや施工コストを抑えることができる。

30

【0021】

ここで、前記案内軌条設備の設計支援プログラムにおいて、

前記仕様変更ステップでは、前記案内軌条が延在する方向の複数の前記位置毎に、当該位置での前記案内軌条の前記固有振動数が当該位置での前記起振周波数よりも高い位置か否かを判断する周波数判断ステップと、前記案内軌条の前記固有振動数が前記起振周波数よりも高い位置に関しては、該固有振動数が該起振周波数以下にならない範囲で、当該位置での該固有振動数を低くする前記第二構造仕様に変更する周波数ダウン処理ステップと、を前記コンピュータに実行させることを特徴とする。

40

【0022】

当該設計支援プログラムでは、当該プログラムの実行により、案内軌条の固有振動数が車両の予定走行速度で定める起振周波数よりも高く設定されるので、仮に、緊急時等において、車両の走行速度が予定走行速度よりも低くなり、案内軌条の起振周波数が低くなっても、固有振動数と起振周波数との共振を避けることができる。

【0023】

また、前記案内軌条設備の設計支援プログラムにおいて、

前記周波数ダウン処理ステップでは、当該位置での前記固有振動数を低くするために、前記軌条支持材の相互間隔を広げてもよい。この場合、前記仕様変更ステップでは、前記周波数ダウン処理ステップで広げた前記相互間隔で前記強度条件を満たすか否かを判断す

50

る強度判断ステップと、前記強度条件を満たすと判断した場合に、前記広げた該相互間隔を前記第二構造仕様の一つとして、前記記憶装置に記憶する記憶ステップと、をコンピュータに実行させることが好ましい。

【0024】

当該設計支援プログラムでは、当該プログラムの実行により、軌条支持材の相互間隔が広げられる結果、軌条支持材の数量が減り、案内軌条設備の材料コストや施工コストを削減することができる。

【0025】

また、前記案内軌条設備の設計支援プログラムにおいて、

前記仕様変更ステップでは、前記周波数判断ステップで、前記案内軌条の当該位置での前記固有振動数が当該位置での前記起振周波数よりも高くないと判断された位置に関して、当該位置での固有振動数を当該位置での該起振周波数より高くする前記第二構造仕様に変更する周波数アップ処理ステップを、前記コンピュータに実行させてもよい。

【0026】

当該設計支援プログラムでは、当該プログラムの実行により、案内軌条の固有振動数が車両の予定走行速度で定める起振周波数よりも高く設定されるので、仮に、緊急時等において、車両の走行速度が予定走行速度よりも遅くなり、案内軌条の起振周波数が低くなっても、固有振動数と起振周波数とが近似することによる共振を避けることができる。

【0027】

この場合、前記周波数アップ処理ステップでは、当該位置での前記案内軌条の固有振動数を高めるために、前記軌条支持材の剛性と前記案内軌条の剛性のうち、少なくとも1つの剛性を高める前記第二構造仕様に変更してもよい。このプログラムの実行では、軌条支持材の剛性と案内軌条の剛性のうち、少なくとも一方を高めて、案内軌条の固有振動数を高めるため、軌条支持材の数量の増加を抑えることができる。このため、案内軌条設備の材料コスト及び施工コストの増加を最小限に抑えることができる。

【0028】

上記目的を達成するための発明に係る案内軌条設備は、

軌条式車両の案内輪が接する案内軌条と、該案内軌条に沿って配置され、該案内軌条を支える複数の軌条支持材と、を備えている案内軌条設備において、前記案内軌条が延在する方向の各位置の前記軌条式車両の予定走行速度で定まる、前記案内輪の接触による各位置の該案内軌条の起振周波数が、いずれの位置でも該案内軌条の固有振動数よりも低く、前記案内軌条が延在する方向には、隣接する二つの前記軌条支持材の相互間隔が予め定められた初期設定間隔と同じである間隔維持領域と、該相互間隔が該初期設定間隔より広い間隔拡大領域とがある、ことを特徴とする。

【0029】

ここで、前記案内軌条設備において、前記間隔維持領域中の少なくとも一部の領域内の前記軌条支持材の剛性は、前記間隔拡大領域内の該軌条支持材の剛性よりも高くてもよい。この場合、例えば、前記間隔拡大領域内の前記軌条支持材が、複数の部材が接合されて構成されているときには、前記間隔維持領域中の少なくとも一部の領域内の前記軌条支持材は、前記間隔拡大領域内の前記軌条支持材を構成する前記複数の部材と、該複数の部材のうちのいずれか2つの部材の接合部分を補強する補強部材と、を有してもよい。また、前記間隔維持領域中の少なくとも一部の領域内の前記案内軌条の剛性は、前記間隔拡大領域内の該案内軌条の剛性よりも高くてもよい。さらに、前記間隔拡大領域では、隣接する二つの前記軌条支持材の相互間隔として、前記初期設定間隔より広い複数の間隔があってもよい。

【0030】

当該案内軌条設備では、案内軌条の共振を避けつつも、間隔拡大領域があるので、軌条支持材の数量を減らすことができ、案内軌条設備の材料コスト及び施工コストを削減することができる。

【発明の効果】

10

20

30

40

50

【 0 0 3 1 】

本発明では、車両の予定走行速度を基に、案内軌条の固有振動数と起振周波数とが近似することによる共振を避ける案内軌条設備を提供できるため、案内軌条及び軌条支持材の剛性を不必要に高くしておく必要性や、軌条支持材の相互間隔を不必要に小さくしておく必要性がなくなり、案内軌条設備の材料コストや施工コストを抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 2 】

【図 1】本発明に係る一実施形態における車両の走行装置の側面図である。

【図 2】本発明に係る一実施形態における車両の走行装置の平面図である。

【図 3】本発明に係る一実施形態における車両の走行装置の正面図である。

10

【図 4】本発明に係る一実施形態における第一構造仕様の案内軌条及び軌条支持材の平面図である。

【図 5】本発明に係る一実施形態における第一構造仕様の案内軌条及び軌条支持材の正面図である。

【図 6】本発明に係る一実施形態における第一構造仕様の案内軌条設備の要部平面図である。

【図 7】本発明に係る一実施形態における設計支援装置の構成図である。

【図 8】本発明に係る一実施形態における設計方法の手順を示すフローチャートである。

【図 9】本発明に係る一実施形態における設計支援装置の動作を示すフローチャートである。

20

【図 10】本発明に係る一実施形態における車両の運行計画を示す説明図である。

【図 11】本発明に係る一実施形態における第一構造仕様の案内軌条設備の各位置での案内軌条の固有振動数と起振周波数との関係を示す説明図である。

【図 12】本発明に係る一実施形態における第二構造仕様の案内軌条設備の各位置での案内軌条の固有振動数と起振周波数との関係を示す説明図である。

【図 13】本発明に係る一実施形態における支持定数テーブルの構成を示す説明図である。

【図 14】本発明に係る一実施形態における構造仕様テーブルの構成を示す説明図である。

【図 15】本発明に係る一実施形態における仕様 2 の案内軌条及び軌条支持材を示し、同図 (A) は同案内軌条及び軌条支持材の平面図で、同図 (B) は同案内軌条及び軌条支持材の正面図である。

30

【図 16】本発明に係る一実施形態における仕様 3 の案内軌条及び軌条支持材を示し、同図 (A) は同案内軌条及び軌条支持材の平面図で、同図 (B) は同案内軌条及び軌条支持材の正面図である。

【図 17】本発明に係る一実施形態における仕様 4 の案内軌条及び軌条支持材を示し、同図 (A) は同案内軌条及び軌条支持材の平面図で、同図 (B) は同案内軌条及び軌条支持材の正面図である。

【図 18】本発明に係る一実施形態における他の案内軌条設備を示し、同図 (A) は同案内軌条設備の要部平面図で、同図 (B) は同案内軌条設備の正面図である。

40

【図 19】振動数比と振幅倍率との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 3 】

以下、本発明に係る案内軌条設備、その設計方法、その施工方法、その設計支援プログラムの実施形態について、図面を用いて説明する。

【 0 0 3 4 】

まず、本実施形態の案内軌条設備を利用する車両について、図 1 ~ 図 3 を用いて説明する。

【 0 0 3 5 】

本実施形態の車両は、側方案内軌条式の新交通システムの車両である。この車両は、車

50

体 1 と、車体 1 の下面に固定されている台枠 2 と、この台枠 2 の下部の前後それぞれに設けられている走行装置 T と、を備えている。走行装置 T は、左右一対の走行タイヤ 3 と、この一対の走行タイヤ（走行輪）3 を連結する車軸 5 と、車軸 5 及び一対の走行タイヤ 3 を支える懸架装置 10 と、車両の両側に設置されている側案内軌条 30 に沿った方向に走行タイヤ 3 を向かせる操舵案内装置 20 と、を備えている。

【0036】

懸架装置 10 は、車軸 5 を支える台車枠 11 と、台車枠 11 と車体 1 の台枠 2 との間に配置されている左右一対の空気バネ 19 と、台車枠 11 を上下方向に変位可能に支える複数のリンク 14 及び左右一対の懸架枠 15 と、を備えている。

【0037】

台車枠 11 は、平面視で、前後方向に延在する一対の縦梁部 12a と一対の縦梁部 12a を接続する横梁部 12b を有する本体 12 と、一対の縦梁部 12a のそれぞれから下方に垂下している垂下部 13 と、を有している。車軸 5 は、この台車枠 11 の左右一対の垂下部 13 に取り付けられている。

【0038】

左右一対の懸架枠 15 は、それぞれ、台車枠 11 の左右一対の垂下部 13 の後側に位置に配置されている。この懸架枠 15 と台車枠 11 とは、上下に並び、互いに平行な 2 本のリンク 14 により連結されている。これらのリンク 14 の一方の端部は、懸架枠 15 とピン結合し、これらのリンク 14 の他方の端部は、台車枠 11 とピン結合している。

【0039】

本実施形態において、懸架枠 15 と台車枠 11 と 2 本のリンク 14 は、これらを 4 リンクとした平行リンク機構を構成している。このため、台車枠 11 は、懸架枠 15 に対する向きを変えずに、上下動することができる。また、2 本のリンク 14 は、走行タイヤ 3 の駆動力や減速力を車体 1 に伝えるための牽引ロッドとしての役目も担っている。

【0040】

操舵案内装置 20 は、走行タイヤ 3 の操舵軸となるキングピン（不図示）と、このキングピンを基準として走行タイヤ 3 と一体的に揺動するナックルアーム 28（図 2）と、車幅方向に延在し、懸架装置 10 の前側に配置されている案内ロッド 21 と、案内ロッド 21 の両端部に設けられている案内輪 22 と、車幅方向に案内ロッド 21 を変位可能に台車枠 11 の本体 12 に連結する連結板 23 及び回動アーム 24 と、左右一対の走行タイヤ 3 のうち一方の走行タイヤ 3 のナックルアーム 28 の一方の端部と連結板 23 とを連結する連結ロッド 25 と、一方の走行タイヤ 3 のナックルアーム 28 の他方の端部と他方の走行タイヤ 3 のナックルアーム 28 の端部とを連結するタイロッド 26 と、を備えている。

【0041】

連結ロッド 25 の一方の端部は、連結板 23 とピン結合され、他方の端部は、左右一対の走行タイヤ 3 のうち一方の走行タイヤ 3 のナックルアーム 28 の一方の端部とピン結合されている。また、タイロッド 26 の両端部は、それぞれ、一対の走行タイヤ 3 の各ナックルアーム 28 の端部とピン結合されている。

【0042】

操舵案内装置 20 の案内輪 22 が、側案内軌条 30 に接して、この側案内軌条 30 から横方向の荷重を受けると、案内ロッド 21 が車幅方向に変位する。この案内ロッド 21 の車幅方向の変位は、連結板 23 及び連結ロッド 25 を介して、一方の走行タイヤ 3 のナックルアーム 28 に伝えられ、この一方の走行タイヤ 3 及びナックルアーム 28 は、キングピンを基準にして揺動する。また、この一方の走行タイヤ 3 のナックルアーム 28 の揺動は、タイロッド 26 を介して、他方の走行タイヤ 3 のナックルアーム 28 に伝えられ、この他方の走行タイヤ 3 及びナックルアーム 28 も、一方の走行タイヤ 3 と同様に、キングピンを基準にして揺動する。

【0043】

なお、図 1～図 3 は、いずれも、車両の前側の走行装置 T を示しており、車両の後側の走行装置は、前側の走行装置 T に対して、前後方向が逆になっている。このため、前側の

10

20

30

40

50

走行装置 T では、例えば、台車枠 11 の垂下部 13 の後側に、懸架枠 15 が位置しているが、後側の走行装置では、台車枠 11 の垂下部 13 の前側に、懸架枠 15 が位置している。また、前側の走行装置 T では、懸架装置 10 の前側に、操舵案内装置 20 の案内ロッド 21 及び案内輪 22 が配置されているが、後側の走行装置では、懸架装置 10 の後側に、操舵案内装置 20 の案内ロッド 21 及び案内輪 22 が配置されている。

【0044】

次に、本実施形態の案内軌条設備について、図 4 ~ 図 6 を用いて説明する。なお、図 4 ~ 図 6 に示す案内軌条設備は、最終的に施工される第二構造仕様の案内軌条設備ではなく、設計段階の初期における第一構造仕様の案内軌条設備である。

【0045】

案内軌条設備は、図 6 に示すように、以上で説明した車体 1 の両側に配置される一対の側方案内軌条（以下、単に案内軌条とする）30 と、案内軌条 30 を支持する複数の軌条支持材 40 と、を備えている。複数の軌条支持材 40 は、第一構造仕様では、案内軌条 30 が伸びている方向に沿って、等間隔 s 、例えば、数メートル間隔で設けられている。なお、第一構造仕様における複数の軌条支持材の相互の間隔は、等間隔でなくてもよい。

【0046】

図 4 及び図 5 に示すように、案内軌条 30 として、ここでは、H 型鋼を用いている。案内軌条 30 には、車両の走行路に沿って、互いに対向する一対のフランジ 31a, 31b が鉛直方向を向き、一対のフランジ 31a, 31b 間のウェブ 33 が水平方向を向くよう配置されている。案内軌条 30 である H 型鋼の走行路内側を向くフランジ（以下、内側フランジとする）31a の面であって、走行路外側を向くフランジ（以下、外側フランジとする）31b から遠い側の面は、案内輪 22 が接触する接触面 32 を成す。

【0047】

軌条支持材 40 は、H 型鋼で形成されているポスト 41 と、案内軌条 30 の外側フランジ 31b が接する軌条サポートプレート 45 と、ポスト 41 と軌条サポートプレート 45 とを連結する連結具 46 と、案内軌条 30 を軌条サポートプレート 45 に取り付けるためのクランプ 50 と、ポスト 41 が固定されるベースプレート 55 と、ベースプレート 55 を設置場所に固定するアンカーボルト 56 と、を有している。

【0048】

ポスト 41 は、その長手方向が鉛直方向を向き、且つポスト 41 の一対のフランジ 42a, 42b のうちの一方のフランジ（以下、取付フランジとする）42a が案内軌条 30 の外側フランジ 31b と対向するよう、配置されている。

【0049】

軌条サポートプレート 45 は、案内軌条 30 の外側フランジ 31b とポスト 41 の取付フランジ 42a との間に配置されている。この軌条サポートプレート 45 は、ポスト 41 の取付フランジ 42a と平行に且つ間隔を空けて、4 つの連結具 46 により連結されている。連結具 46 は、ボルト 47 と、このボルト 47 に挟み込まれた状態で軌条サポートプレート 45 を挟み込む一対のプレート挟込みナット 48 と、このボルト 47 に挟み込まれた状態でポスト 41 の取付フランジ 42a を挟み込む一対のフランジ挟込みナット 49 と、を有している。

【0050】

クランプ 50 は、互いに対向する一対のクランププレート 51 と、一対のクランププレート 51 の間隔を調節するためのボルト 52 及びナット 53 と、を有している。案内軌条 30 の外側フランジ 31b は、軌条サポートプレート 45 と共に、一対のクランププレート 51 に挟持されて、この軌条サポートプレート 45 を介して、ポスト 41 に取り付けられている。

【0051】

案内軌条 30 は、ポスト 41 と軌条サポートプレート 45 とを連結する連結具 46 のボルト 47 に対して、プレート挟込みナット 48 又はフランジ挟込みナット 49 の挟込み量を変えることで、ポスト 41 との間の距離を調整することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 2 】

次に、図 8 に示すフローチャートに従って、本実施形態の案内軌条設備の設計手順について説明する。

【 0 0 5 3 】

まず、案内軌条設備に対する外力条件を用いて、予め定められた強度条件を満たす案内軌条設備の第一構造仕様を定める (S 1)。具体的に、案内輪 2 2 から案内軌条 3 0 が受ける衝撃荷重 (外力条件) を用いて、案内軌条 3 0 の仕様を定める。この仕様には、案内軌条 3 0 を形成する H 型鋼の各部の寸法等が含まれる。さらに、具体的に、例えば、この案内軌条 3 0 から軌条支持材 4 0 が受ける衝撃荷重を用いて、軌条支持材 4 0 の相互間隔、軌条支持材 4 0 のポスト 4 1 の仕様、各種ボルト及びナットの仕様、軌条サポートプレート 4 5 の仕様、ベースプレート 5 5 を設置場所に固定するためのアンカーボルト 5 6 の仕様等を定める。

【 0 0 5 4 】

次に、第一構造仕様で定まる案内軌条 3 0 の固有振動数 f_2 を求める (S 2)。なお、この固有振動数 f_2 の具体的な求め方については後述する。

【 0 0 5 5 】

次に、案内軌条 3 0 が延在する方向の各位置における車両の予定走行速度を用いて、案内輪 2 2 の接触による各位置の起振周波数 f_1 を求める (S 3)。なお、各位置における車両の予定走行速度は、車両の運行計画から知ることができる。また、この起振周波数 f_1 の具体的な求め方についても後述する。

【 0 0 5 6 】

最後に、前述の第一構造仕様を、案内軌条 3 0 が延在する方向の位置毎に、当該位置での起振周波数 f_1 と固有振動数 f_2 とが近似することによる共振を避ける第二構造仕様に変更する。例えば、図 6 に示すように、軌条支持材 4 0 の第一構造仕様における間隔 s を、この間隔 s に予め定めている刻み幅 a を足した間隔 ($s + a$) に変更する。このとき、 $a > 0$ とする。

【 0 0 5 7 】

以上で、案内軌条設備の設計工程が終了する。なお、以上の設計工程中、固有振動数算出工程 (S 2)、起振周波数算出工程 (S 3)、仕様変更工程 (S 4) は、いずれも、設計支援装置により実行される。

【 0 0 5 8 】

次に、本実施形態の案内軌条設備の設計支援装置について、図 7 を用いて説明する。

【 0 0 5 9 】

この設計支援装置 6 0 は、コンピュータである。このコンピュータは、コンピュータ本体 6 1 と、表示装置 7 1 と、キーボードやマウス等の入力装置 7 2 と、を有している。

【 0 0 6 0 】

コンピュータ本体 6 1 は、各種演算を実行する CPU 6 2 と、各種データが予め記憶されている ROM 6 3 と、CPU 6 2 のワークエリア等になる RAM 6 4 と、外部記憶装置であるハードディスクドライブ装置 6 5 と、表示装置 7 1 や入力装置 7 2 が接続される I/O インタフェース 6 6 と、CD や DVD 等のディスク記憶媒体 7 4 に対してデータの記録・再生を行うディスク媒体記録・再生装置 6 7 と、インターネット網 7 5 等を介して外部装置と通信する通信装置 6 8 と、を有している。

【 0 0 6 1 】

ハードディスクドライブ装置 6 5 には、設計支援プログラム 6 5 h が予め格納されている。この設計支援プログラム 6 5 h は、これが記録されているディスク記憶媒体 7 4 から取得してもよいが、通信装置 6 8 を介して外部から取得してもよい。

【 0 0 6 2 】

ハードディスクドライブ装置 6 5 には、さらに、案内軌条設備の設計段階で、前述の第一構造仕様設定工程 (S 1) で定められた第一構造仕様 6 5 a、案内軌条設備の外力条件 6 5 b、案内軌条設備の強度条件 6 5 c、支持定数 6 5 d、案内輪間隔 6 5 e、車両の運

10

20

30

40

50

行計画 6 5 f、前述の仕様変更工程 (S 4) で定められた第二構造仕様 6 5 g が、順次格納される。なお、ハードディスクドライブ装置 6 5 に格納されるこれらのデータの詳細に関しては、後述する。

【 0 0 6 3 】

C P U 6 2 は、機能的に、第二構造仕様を定めるために必要なデータを取得するデータ取得部 6 2 a と、案内軌条 3 0 の固有振動数を算出する固有振動数算出部 6 2 b と、案内軌条 3 0 の起振周波数を求める起振周波数算出部 6 2 c と、第一構造仕様を変更して第二構造仕様を定める仕様変更部 6 2 d と、第二構造仕様等を入力する仕様出力部 6 2 e と、を有している。なお、これらの各機能部 6 2 a ~ 6 2 e は、いずれも、ハードディスクドライブ装置 6 5 に格納されている設計支援プログラム 6 5 h を C P U 6 2 が実行することで機能する。

10

【 0 0 6 4 】

次に、図 9 に示すフローチャートに従って、設計支援装置 6 0 の動作について説明する。

【 0 0 6 5 】

まず、設計支援装置 6 0 のデータ取得部 6 2 a が、第二構造仕様を定めるために必要なデータを取得する (S 1 0)。データ取得部 6 2 a は、表示装置 7 1 に、この設計支援装置 6 0 を扱う設計者等が入力しなければならないデータ種を表示させ、設計者等によるデータ入力を促す。設計者等が、この表示を見て、ディスク媒体記録・再生装置 6 7、入力装置 7 2、通信装置 6 8 等のいずれから全データを入力すると、データ取得部 6 2 a は、これらのデータをハードディスクドライブ装置 6 5 に格納する。

20

【 0 0 6 6 】

具体的に、データ取得部 6 2 a は、第一構造仕様 6 5 a として、例えば、案内軌条 3 0 の全長 (走行路の全長) L、軌条支持材 4 0 の間隔 s、案内軌条 3 0 のヤング率 E、案内軌条 3 0 の密度 ρ 、案内軌条 3 0 の断面積 A、案内軌条 3 0 の断面二次モーメント I 等を取得し、これをハードディスクドライブ装置 6 5 に格納する。また、データ取得部 6 2 a は、外力条件 6 5 b として、案内軌条 3 0 にかかる最大衝撃荷重等を取得し、強度条件として、案内軌条 3 0 の許容撓み量等を取得し、これらをハードディスクドライブ装置 6 5 に格納する。さらに、データ取得部 6 2 a は、軌条支持材の各種仕様毎の案内軌条 3 0 の支持定数 6 5 d や、案内輪 2 2 の最小間隔 6 5 e を取得し、これをハードディスクドライブ装置 6 5 に格納する。なお、この支持定数は、案内軌条 3 0 の一次固有振動数 f_2 を求める際に用いる後述の (数 1) に含まれる定数である。また、案内輪 2 2 の最小間隔 6 5 e は、図 6 に示すように、車両の走行方向における案内輪 2 2 の最小間隔 B の寸法である。さらに、データ取得部 6 2 a は、運行計画 6 5 f を取得し、これをハードディスクドライブ装置 6 5 に格納する。

30

【 0 0 6 7 】

ハードディスクドライブ装置 6 5 に格納される支持定数 6 5 d は、図 1 3 に示すように、軌条支持材 4 0 の仕様番号毎に、当該仕様番号の軌条支持材の支持定数 λ を示すテーブル形式で取得されるデータである。よって、以下では、ハードディスクドライブ装置 6 5 に格納される支持定数 6 5 d を支持定数テーブルとする。

40

【 0 0 6 8 】

案内軌条 3 0 の固有振動数を求める際には、前述したように、この案内軌条 3 0 の支持定数 λ を用いる。この支持定数 λ は、軌条支持材の仕様によって変化する。このため、ステップ S 1 0 において、データ取得部 6 2 a は、軌条支持材の仕様番号毎の案内軌条 3 0 の支持定数 λ のデータである前述の支持定数テーブル 6 5 d を取得し、これをハードディスクドライブ装置 6 5 に格納している。

【 0 0 6 9 】

図 1 3 に示す支持定数テーブル 6 5 d 中で、仕様番号が「 1 」の仕様は、図 4 及び図 5 を用いて説明した軌条支持材 4 0 の仕様、つまり、第一構造仕様で定められた仕様である。

50

【 0 0 7 0 】

仕様番号が「 2 」の仕様は、図 1 5 に示す軌条支持材 4 0 a の仕様である。この仕様 2 の軌条支持材 4 0 a は、仕様 1 の軌条支持材 4 0 に、背面リブ（補強部材）5 7 を追加したものである。この背面リブ 5 7 は、仕様 1 の軌条支持材 4 0 のポスト 4 1 のフランジ面 4 2 c とベースプレート 5 5 との角に配置される。

【 0 0 7 1 】

仕様番号が「 3 」の仕様は、図 1 6 に示す軌条支持材 4 0 b の仕様である。この仕様 3 の軌条支持材 4 0 b は、仕様 1 の軌条支持材 4 0 に、一对の側面リブ（補強部材）5 8 を追加したものである。この一对の側面リブ 5 8 は、仕様 1 の軌条支持材 4 0 のポスト 4 1 のフランジ端辺とベースプレート 5 5 との角に配置される。

10

【 0 0 7 2 】

仕様番号が「 4 」の仕様は、図 1 7 に示す軌条支持材 4 0 c の仕様である。この仕様 4 の軌条支持材 4 0 c は、仕様 1 の軌条支持材 4 0 に、補強プレート（補強部材）5 9 を追加したものである。この補強プレート 5 9 は、仕様 1 の軌条支持材 4 0 のポスト 4 1 の取付フランジ 4 2 a と軌条サポートプレート 4 5 との間に配置される。

【 0 0 7 3 】

仕様番号が「 5 」の仕様は、仕様 1 の軌条支持材 4 0 に、図 1 5 に示す背面リブ 5 7 と図 1 6 に示す側面リブ 5 8 とを追加したもの、つまり、仕様 2 と仕様 3 とを組み合わせたものである。

【 0 0 7 4 】

仕様番号が「 6 」の仕様は、仕様 1 の軌条支持材 4 0 に、図 1 5 に示す背面リブ 5 7 と図 1 7 に示す補強プレート 5 9 とを追加したもの、つまり、仕様 2 と仕様 4 とを組み合わせたものである。

20

【 0 0 7 5 】

仕様番号が「 7 」の仕様は、仕様 1 の軌条支持材 4 0 に、図 1 6 に示す側面リブ 5 8 と図 1 7 に示す補強プレート 5 9 とを追加したもの、つまり、仕様 3 と仕様 4 とを組み合わせたものである。

【 0 0 7 6 】

仕様番号が「 8 」の仕様は、仕様 1 の軌条支持材 4 0 に、図 1 5 に示す背面リブ 5 7 と図 1 6 に示す側面リブ 5 8 と図 1 7 に示す補強プレート 5 9 とを追加したもの、つまり、仕様 2 と仕様 3 と仕様 4 を組み合わせたものである。

30

【 0 0 7 7 】

図 1 3 に示す支持定数テーブル 6 5 d には、繰り返すことになるが、以上の仕様 1 ~ 8 のそれぞれに対する支持定数 λ が対応付けられている。なお、軌条支持材 4 0 の仕様を変える方法としては、以上の他、ポスト 4 1 を形成する型材を変える、アンカーボルト 5 6 の本数を変える等、各種方法があり、前述した以外の仕様としてもよい。また、軌条支持材の仕様は 8 つに限定するものではなく、任意の数の仕様が支持定数テーブルに含まれていればよい。

【 0 0 7 8 】

ステップ S 1 0 で取得する運行計画 6 5 f は、図 1 0 に示すように、車両の走行路全線の各位置での予定走行速度 V を示す情報である。

40

【 0 0 7 9 】

次に、固有振動数算出部 6 2 b が以下の（数 1）を用いて、第一構造仕様で定められた案内軌条 3 0 の一次固有振動数 f_2 を求める（S 1 1）。

【 0 0 8 0 】

【数 1】

$$f_2 = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{\lambda^2}{s^2} \right) \sqrt{\frac{E \cdot I}{\rho \cdot A}} \quad \dots \dots \dots \text{(数1)}$$

【0081】

ここで、 s ：軌条支持材の相互の間隔、 λ ：支持定数、 E ：案内軌条のヤング率、 I ：案内軌条の断面二次モーメント、 ρ ：案内軌条の密度、 A ：案内軌条の断面積、である。

【0082】

10

なお、これらのデータは、全て、前述のステップ S 10 で得たデータである。但し、軌条支持材の相互の間隔 s は、第一構造仕様における値で、支持定数 λ も、第一構造仕様で定められた軌条支持材の仕様で、支持定数テーブル 6 5 d (図 1 3) における、軌条支持材の仕様 1 に対する値 (λ_1) である。また、第一構造仕様における軌条支持材の間隔は、走行路全線に亘って間隔 s であるため、第一構造仕様における案内軌条 3 0 の一次固有振動数 f_2 は、走行路全線に亘って一定である。

【0083】

次に、起振周波数算出部 6 2 c は、走行路全線における始点となる軌条支持材の支持材番号 n を 0 に設定した後 (S 1 2)、この支持材番号 n に 1 を加えて、これを新たな支持材番号とする (S 1 3)。そして、起振周波数算出部 6 2 c は、第 ($n - 1$) 番の軌条支持材と第 n 番の軌条支持材との間の案内軌条 3 0 の起振周波数 f_1 を算出する (S 1 4)。

20

【0084】

この際、起振周波数算出部 6 2 c は、支持材番号 0 から支持材番号 ($n - 1$) までで、隣接し合う軌条支持材の相互の間隔 s の合計値、つまり、走行路全線における始点から支持材番号 ($n - 1$) の軌条支持材までの距離を求めると共に、支持材番号 0 から支持材番号 n までで、隣接し合う軌条支持材の相互の間隔 s の合計値、つまり、走行路全線における始点から支持材番号 n の軌条支持材までの距離を求める。そして、支持材番号 ($n - 1$) の軌条支持材の位置及び支持材番号 n の軌条支持材の位置を定め、図 1 0 に示す運行計画 6 5 f を参照して、両位置間での車両の最大走行速度 V を求める。

30

【0085】

次に、起振周波数算出部 6 2 c は、支持材番号 ($n - 1$) の軌条支持材と支持材番号 n の軌条支持材との間の最大走行速度 V と、車両の走行方向における案内輪 2 2 の最小間隔 B (図 6 参照) とを用いて、以下の (数 2) により、この間の案内軌条 3 0 に関する案内輪 2 2 による起振周波数 f_1 を算出する。

【0086】

【数 2】

$$f_1 = V / B \quad \dots \dots \dots \text{(数2)}$$

40

【0087】

この (数 2) に示すように、起振周波数 f_1 は、($1 / B$) を比例定数として走行速度 V に比例するので、走行路全線の各位置での起振周波数 f_1 は、図 1 1 に示すように、運行計画 (図 1 0) の走行速度線の各位置での走行速度 V を ($1 / B$) 倍したものである。また、案内軌条 3 0 の一次固有振動数 f_2 は、(数 1) に示すように、軌条支持材の相互の間隔 s や軌条支持材 4 0 の仕様等により変化するが、第一構造仕様では、前述したように、軌条支持材の相互の間隔 s や軌条支持材の仕様等が走行路全線において同じであるため、一次固有振動数 f_2 は、同図に示すように、走行路全線において一定である。

【0088】

50

次に、仕様変更部 6 2 d が、ステップ S 1 1 で求めた一次固有振動数 f_2 がステップ S 1 4 で求めた起振周波数 f_1 に α を加えた周波数 ($f_1 + \alpha$) より大きいか否かを判断する (S 1 5)。なお、ここでの α は、一次固有振動数 f_2 と起振周波数 f_1 とが共振するおそれのない、一次固有振動数 f_2 と起振周波数 f_1 との差の値である。

【0089】

仕様変更部 6 2 d は、一次固有振動数 f_2 が周波数 ($f_1 + \alpha$) より大きいと判断すると、支持材番号 ($n - 1$) の軌条支持材と支持材番号 n の軌条支持材との間隔 s に a を加えて、これを新たな間隔 s とする (S 1 6)。

【0090】

すなわち、仕様変更部 6 2 d は、図 1 1 において、一次固有振動数 f_2 が周波数 ($f_1 + \alpha$) より大きい領域 A 内の軌条支持材の相互の間隔 s について、新たな間隔を定める。

10

【0091】

そして、仕様変更部 6 2 d は、以下の (数 3) を用いて、外力条件としての、案内軌条 3 0 にかかる最大衝撃荷重 P を案内軌条 3 0 が受けたときの撓み δ を求める (S 1 7)。

【0092】

【数 3】

$$\delta = \frac{k}{\lambda} \cdot \frac{P \cdot s^3}{E \cdot I} \dots\dots\dots (数3)$$

20

【0093】

ここで、 k : 定数 である。

【0094】

次に、仕様変更部 6 2 d は、ステップ S 1 7 で求めた撓み δ が、強度条件としての許容撓み δ_0 より小さいか否かを判断する (S 1 8)。撓み δ が許容撓み δ_0 より小さくない、つまり、撓み δ が許容撓み δ_0 以上の場合には、ステップ S 1 6 で設定した新たな間隔 s を採用することはできない、としてステップ S 2 9 に進む。

【0095】

また、撓み δ が許容撓み δ_0 より小さい場合、仕様変更部 6 2 d は、固有振動数算出部 6 2 b に、前述の (数 1) により、案内軌条 3 0 の一次固有振動数 f_2 を算出させる (S 1 9)。この際、一次固有振動数 f_2 の算出対象となる案内軌条 3 0 は、支持材番号 ($n - 1$) の軌条支持材と支持材番号 n の軌条支持材との間の案内軌条 3 0 である。また、軌条支持材の仕様で定まる支持定数 λ は、ステップ S 1 1 で一次固有振動数 f_2 を算出した際に用いた λ と同じ値で、第一構造仕様での軌条支持材の仕様 1 に応じた値 (λ_1) である。また、軌条支持材の相互の間隔 s は、ステップ S 1 6 で設定した新たな間隔 s である。

30

【0096】

次に、仕様変更部 6 2 d は、ステップ S 1 9 で新たに求めた一次固有振動数 f_2 がステップ S 1 4 で求めた起振周波数 f_1 に α を加えた周波数 ($f_1 + \alpha$) より大きいか否かを判断する (S 2 0)。一次固有振動数 f_2 が周波数 ($f_1 + \alpha$) より大きくない場合、つまり、一次固有振動数 f_2 が周波数 ($f_1 + \alpha$) 以下の場合には、ステップ S 1 6 で設定した新たな間隔 s を採用することはできない、としてステップ S 2 9 に進む。

40

【0097】

一方、一次固有振動数 f_2 が周波数 ($f_1 + \alpha$) より大きい場合、仕様変更部 6 2 d は、新たな間隔 s を第二構造仕様の一部としてハードディスクドライブ装置 6 5 に記憶する (S 2 1)。

【0098】

ここで記憶される間隔 s は、ハードディスクドライブ装置 6 5 内に、第二構造仕様 6 5 g の一部として格納されている構造仕様テーブル 6 9 に格納される。この構造仕様テーブ

50

ル 6 9 は、図 1 4 に示すように、各軌条支持材の支持材番号が格納される支持材番号領域 6 9 a と、当該支持材番号の軌条支持材の仕様番号が格納される仕様番号領域 6 9 b と、当該支持番号 n の軌条支持材と支持番号 $(n - 1)$ の軌条支持材の間隔、言い換えると、これらの両軌条支持材間の案内軌条 3 0 の長さが格納される間隔領域 6 9 c とがある。

【 0 0 9 9 】

この構造仕様テーブル 6 9 は、データ取得部 6 2 a がステップ S 1 0 で各種データを取得した際に、このデータ取得部 6 2 a により作成される。この際、支持材番号領域 6 9 a には、1、2、3、...、 j が格納され、仕様番号領域 6 9 b には、全て、第一構造仕様における軌条支持材 4 0 の仕様番号である「1」が格納され、間隔領域 6 9 c には、全て、第一構造仕様における軌条支持材 4 0 の相互の間隔 s が格納される。

10

【 0 1 0 0 】

このステップ S 2 1 では、仕様変更部 6 2 d が、構造仕様テーブル 6 9 中で、ステップ S 1 3 で定めた支持材番号 n に対する間隔を、ステップ S 1 6 で設定した新たな間隔 s に更新する。

【 0 1 0 1 】

仕様変更部 6 2 d は、新たな間隔 s を記憶すると (S 2 1)、ステップ S 1 6 に戻り、さらに、新たな間隔を設定する。以下、仕様変更部 6 2 d は、ステップ S 1 8 で、求めた撓み δ が許容撓み δ_0 より小さくないと判断するか、ステップ S 2 0 で、新たに求めた一次固有振動数 f_2 が周波数 $(f_1 + \alpha)$ より大きくないと判断するまで、ステップ S 1 6 ~ ステップ S 2 1 の処理を繰り返して、軌条支持材の相互の間隔を広げてゆく。

20

【 0 1 0 2 】

仕様変更部 6 2 d は、前述したように、ステップ S 1 8 で、求めた撓み δ が許容撓み δ_0 より小さくない、つまり求めた撓み δ が許容撓み δ_0 以上であると判断するか、ステップ S 2 0 で、新たに求めた一次固有振動数 f_2 が周波数 $(f_1 + \alpha)$ より大きくない、つまり一次固有振動数 f_2 が周波数 $(f_1 + \alpha)$ 以下であると判断すると、ステップ S 2 9 に進む。仕様変更部 6 2 d は、このステップ S 2 9 で、構造仕様テーブル 6 9 (図 1 4) を参照し、支持材番号 0 からステップ S 1 3 で定めた支持材番号 n までの各間隔 s を合計して、この合計値 Σs が走行路全長 L 以上であるか否かを判断する。

【 0 1 0 3 】

仕様変更部 6 2 d は、合計値 Σs が走行路全長 L 以上であると判断すると、走行路全線に亘っての軌条支持材の相互の間隔及び軌条支持材の仕様が定まったとして、一連の処理を終了する。一方、仕様変更部 6 2 d は、合計値 Σs が走行路全長 L 以上でない、つまり合計値 Σs が走行路全長 L 未満であると判断すると、ステップ S 1 3 に戻る。

30

【 0 1 0 4 】

ステップ S 1 3 に戻った後、ステップ S 1 4 を経て、仕様変更部 6 2 d が、ステップ S 1 5 で、ステップ S 1 1 で求めた一次固有振動数 f_2 が周波数 $(f_1 + \alpha)$ より大きくない、つまり一次固有振動数 f_2 が周波数 $(f_1 + \alpha)$ 以下であると判断すると、ステップ S 2 5 に進む。

【 0 1 0 5 】

仕様変更部 6 2 d は、ステップ S 2 5 で、以下の (数 4) を用いて、ステップ S 1 4 で求めた起振周波数 f_1 との関係で、振幅倍率 (Md) が 1 未満になる目標固有振動数 f_{2t} を算出する。

40

【 0 1 0 6 】

【 数 4 】

$$1 > Md = \frac{1}{\sqrt{(1-v^2)^2 + (2\xi v)^2}} \cdots \text{(数4)}$$

【 0 1 0 7 】

50

ここで、 v ：振動数比 (f_{2t} / f_1)、 ζ ：案内軌条の減衰比、である。

【0108】

振幅倍率は、図19に示すように、振動数比 (f_2 / f_1) が1のとき、つまり、起振周波数 f_1 と固有振動数 f_2 とが一致して、共振現象が起こるときに、最大値 ($1/2\zeta$) を示す。また、振幅倍率は、振動数比が1未満のときは、1から最大値 ($1/2\zeta$) に向かって次第に大きくなり、振動数比が1より大きいときには、最大値 ($1/2\zeta$) から0に向かって、次第に小さくなる。

【0109】

本実施形態では、起振周波数 f_1 と固有振動数 f_2 との共振現象を確実に避け、しかも、外部からの荷重に対して案内軌条30の振幅がより小さくなるよう、(数4)から、振幅倍率 (χ / χ_{st}) が1未満になる振動数比 (f_2 / f_1) を求め、この振動数比にステップS14で求めた起振周波数 f_1 を掛けて、目標固有振動数 f_{2t} を算出する。

10

【0110】

仕様変更部62dは、次に、案内軌条30の一次固有振動数 f_2 が目標固有振動数 f_{2t} よりも大きくなる軌条支持材の仕様を定める(S26)。この際、仕様変更部62dは、まず、(数1)を用いて、固有振動数 f_2 がステップS25で求めた目標固有振動数 f_{2t} であるときの支持定数 λ の値を求める。そして、仕様変更部62dは、図13に示す支持定数テーブル65dで、求めた支持定数 λ よりも大きな支持定数に対応する軌条支持材の仕様番号を特定する。

【0111】

20

すなわち、仕様変更部62dは、図11において、一次固有振動数 f_2 が周波数 ($f_1 + \alpha$) 以下の領域B内の軌条支持材の新たな仕様を定める。

【0112】

仕様変更部62dは、次に、ステップS26で定めた軌条支持材の仕様番号を、第二構造仕様の一部としてハードディスクドライブ装置65に記憶し(S27)、前述のステップS29に進む。仕様変更部62dは、この際、図14に示す構造仕様テーブル69の仕様番号領域69b中で、ステップS13で定めた支持材番号nに対する領域の仕様番号を、ステップS26で定めた軌条支持材の仕様番号に更新する。

【0113】

仕様変更部62dは、軌条支持材の新たな仕様番号をハードディスクドライブ装置65に記憶すると、前述のステップS29に進み、前述したように、間隔 s の合計値 Σs が走行路全長 L 以上であるか否かを判断し、仮に、合計値 Σs が走行路全長 L 以上であると判断すると、走行路全線に亘っての軌条支持材の相互の間隔及び軌条支持材の仕様が定まったとして、一連の処理を終了する。

30

【0114】

以上で、案内軌条設備の設計が終了する。なお、以上で説明した設計支援装置60が実行する各ステップSのうち、ステップS11が図8における固有振動数算出工程(S2)であり、ステップS12～ステップS14が起振周波数算出工程(S3)であり、ステップS15～S29が仕様変更工程(S4)である。

【0115】

40

設計者等は、設計支援装置60の仕様出力部62eに対して仕様の出力を指示すると、仕様出力部62eは、ハードディスクドライブ装置65に格納されている第二構造仕様65gを読み出して、これを表示装置71等の出力装置に出力させる。

【0116】

工事段階では、この第二構造仕様に従って、案内軌条設備が目的の走行路に沿って設置される。

【0117】

以上、本実施形態では、図12に示すように、第一構造仕様によって定まる案内軌条30の固有振動数 f_2 が、予定走行速度で定まる起振周波数 f_1 に α を加えた周波数 ($f_1 + \alpha$) よりも高い位置、つまり、同図中のA領域内では、案内軌条30の強度条件を満た

50

し且つ固有振動数 f_2 が周波数 $(f_1 + \alpha)$ 以下にならない範囲内で、軌条支持材の相互の間隔を、例えば、 $(s + a)$ 、 $(s + 2a)$ に広げている。なお、同図中で、A 領域内であるものの、軌条支持材の相互の間隔が第一構造仕様の s のままである領域 A_m は、軌条支持材 40 の相互の間隔を $(s + a)$ にすると、固有振動数 f_2 が周波数 $(f_1 + \alpha)$ 以下になってしまう領域（間隔維持領域）である。一方、A 領域内で、軌条支持材 40 の間隔が広がっている領域 A_{ex} は、軌条支持材 40 の間隔を広げても、固有振動数 f_2 が周波数 $(f_1 + \alpha)$ より高い状態を維持できる領域（間隔拡大領域）である。

【0118】

一方、本実施形態では、第一構造仕様によって定まる案内軌条 30 の固有振動数 f_2 が、前述の周波数 $(f_1 + \alpha)$ 以下の位置、つまり図 12 中の B 領域（間隔維持領域）内では、軌条支持材の相互の間隔 s を変えずに、固有振動数 f_2 が起振周波数 f_1 と確実に共振しない周波数に上がるよう、例えば、軌条支持材の仕様を仕様 5 に変更して、軌条支持材を補強している、言い換えると、軌条支持材の剛性を高めている。

【0119】

よって、本実施形態では、案内軌条 30 の強度条件を満たし、且つ案内軌条 30 の共振現象を避けつつも、設備全体としての軌条支持材の量を減らすことができ、軌条支持材の材料コストや施工コストを抑えることができる。

【0120】

なお、本発明は、以上で説明した実施形態に限定されるものではなく、例えば、以下のように、変形してもよい。

【0121】

以上の実施形態では、図 9 のステップ 26 で、案内軌条 30 の固有振動数を変更するために、軌条支持材の仕様を変更したが、例えば、図 18 に示すように、案内軌条 30 にパイプ等の補強材 35 を接合して、この案内軌条 30 を補強する等で、この案内軌条 30 の剛性を高めて、この案内軌条 30 の固有振動数を変更するようにしてもよい。

【0122】

また、以上の実施形態では、図 9 のステップ S15 で、第一構造仕様によって定まる案内軌条 30 の固有振動数 f_2 が、周波数 $(f_1$ （起振周波数） $+ \alpha)$ より高いと判断された場合、新たな間隔 s を定めてから、この新たな間隔 s に基づく固有振動数 f_2 を算出し、この固有振動数 f_2 が、周波数 $(f_1$ （起振周波数） $+ \alpha)$ より高いとき、第一構造仕様の間隔を新たな間隔 s に更新している。しかしながら、本発明では、図 9 のステップ S15 で、第一構造仕様によって定まる案内軌条 30 の固有振動数 f_2 が、周波数 $(f_1$ （起振周波数） $+ \alpha)$ より高いと判断された場合、（数 4）に示す振幅倍率 (χ / χ_{st}) が 1 未満になる固有振動数を定め、この固有振動数になる新たな間隔 s を求めて、第一構造仕様の間隔をこの新たな間隔 s に更新してもよい。

【0123】

また、以上の実施形態では、図 9 のステップ S15 で、第一構造仕様によって定まる案内軌条 30 の固有振動数 f_2 が、周波数 $(f_1$ （起振周波数） $+ \alpha)$ 以下であると判断された場合、ステップ S25 で目標固有振動数 f_{2t} を算出し、固有振動数 f_2 がこの目標固有振動数 f_{2t} より大きくなる軌条支持材の仕様を新たな仕様に行っている。しかしながら、本発明では、図 13 に示す支持定数テーブルに格納されている軌条支持材 40 の仕様番号のうちから、いずれか一つの仕様番号（仕様 1 を除く）を抽出し、この仕様番号に対応する支持定数 λ で定まる固有振動数 f_2 が周波数 $(f_1$ （起振周波数） $+ \alpha)$ より高ければ、この仕様番号の仕様を軌条支持材の新たな仕様にするようにしてもよい。

【0124】

また、以上の実施形態では走行路全長 L を比較対象として軌条支持材の間隔を設定評価したが、比較対象は走行路全長に限定する必要はない。例えば、走行路に大きなカーブを有する際や、サイト条件により軌条支持材の設置場所が制限を受ける際など、軌条支持材の設定位置に特定の制限を有する場合においては、前記走行路全長を特定の軌条支持材間隔に置換して、当該特定の軌条支持材間隔毎に仕様を設定してもよい。

【 0 1 2 5 】

さらに、以上の実施形態では、図 9 のステップ S 1 5 で、第一構造仕様によって定まる案内軌条 3 0 の固有振動数 f_2 が、周波数 (f_1 (起振周波数) + α) 以下であると判断された場合、軌条支持材の相互の間隔 s を変えずに、軌条支持材 4 0 の仕様を変えて対応している。しかしながら、本発明では、案内軌条 3 0 の固有振動数が起振周波数と確実に共振しない周波数になるまで、案内軌条 3 0 の強度条件を満たす範囲内で、軌条支持材の相互の間隔 s を広げてよい。

【 0 1 2 6 】

また、以上の実施形態の設計支援装置 6 0 では、図 8 に示す第一構造仕様設定工程 (S 1) を実行していないが、本発明では、この第一構造仕様設定工程 (S 1) も設計支援装置 6 0 が実行するようにしてもよい。

【 符号の説明 】

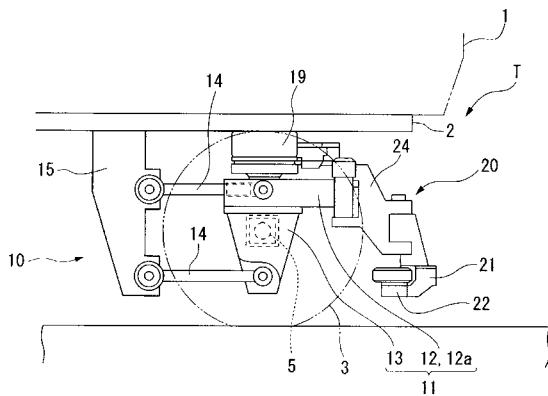
【 0 1 2 7 】

1 : 車体、3 : 走行タイヤ、5 : 車軸、10 : 懸架装置、20 : 操舵案内装置、22 : 案内輪、30 : 案内軌条、40 : 軌条支持材、60 : 設計支援装置、62 : CPU、62a : データ取得部、62b : 固有振動数算出部、62c : 起振周波数算出部、62d : 仕様変更部、62e : 仕様出力部、65 : ハードディスクドライブ装置、65a : 第一構造仕様、65b : 外力条件、65c : 強度条件、65d : 支持定数 (支持定数テーブル)、65f : 運行計画、65g : 第二構造仕様、65h : 設計支援プログラム、69 : 構造仕様テーブル

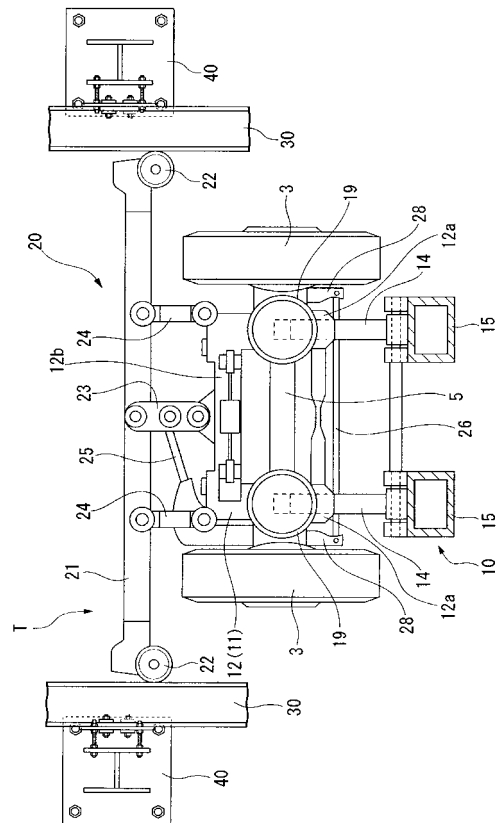
10

20

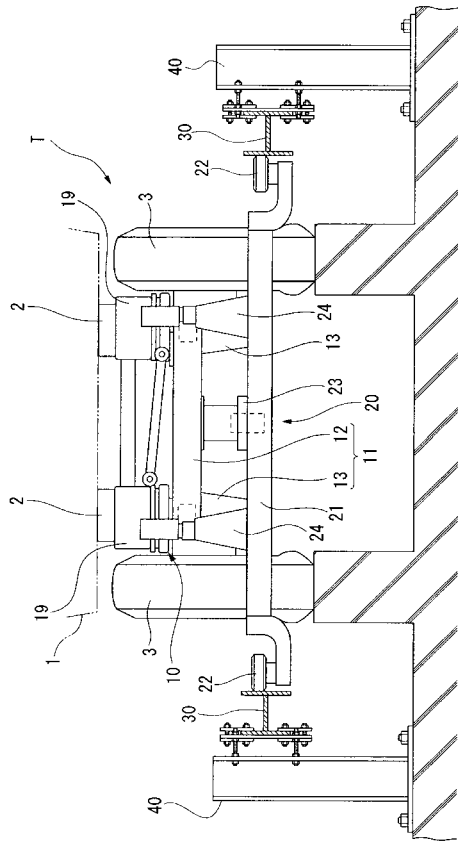
【 図 1 】



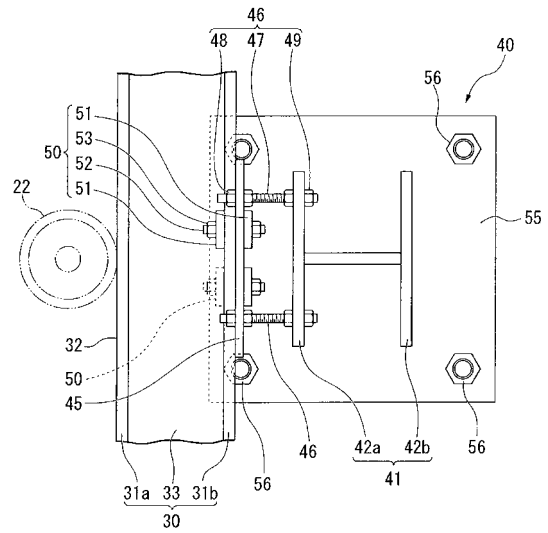
【 図 2 】



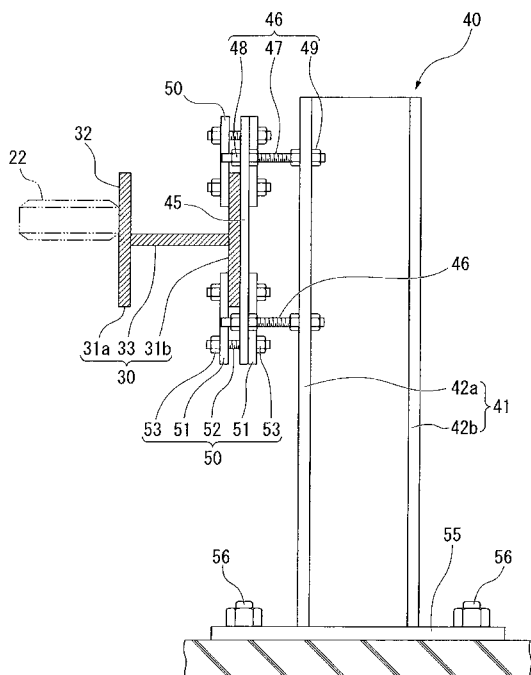
【図 3】



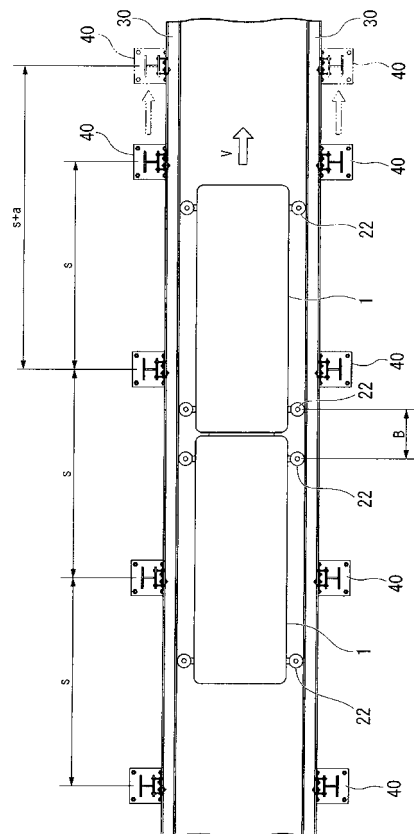
【図 4】



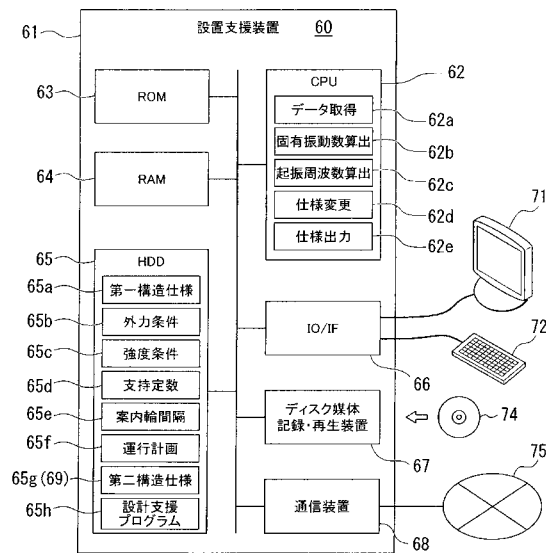
【図 5】



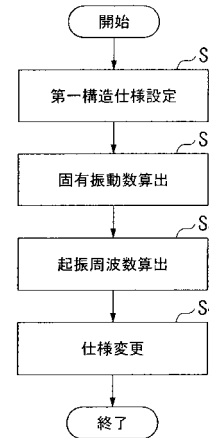
【図 6】



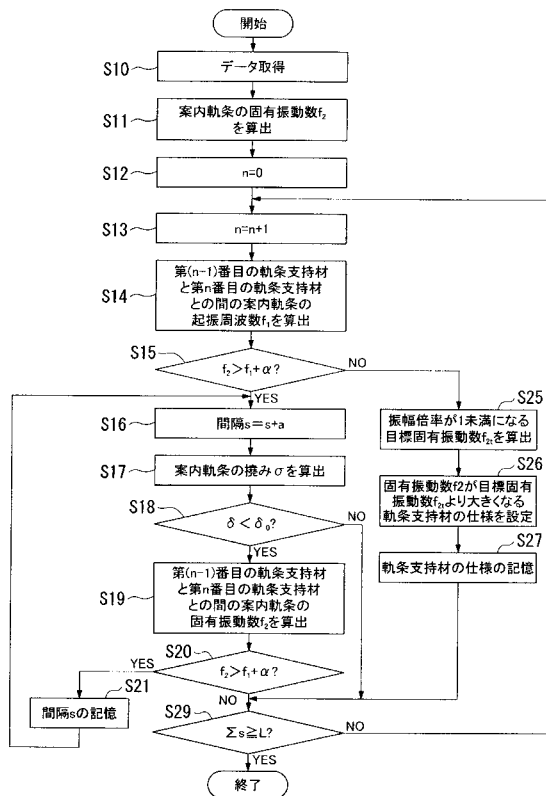
【図 7】



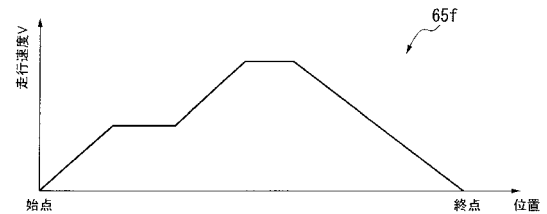
【図 8】



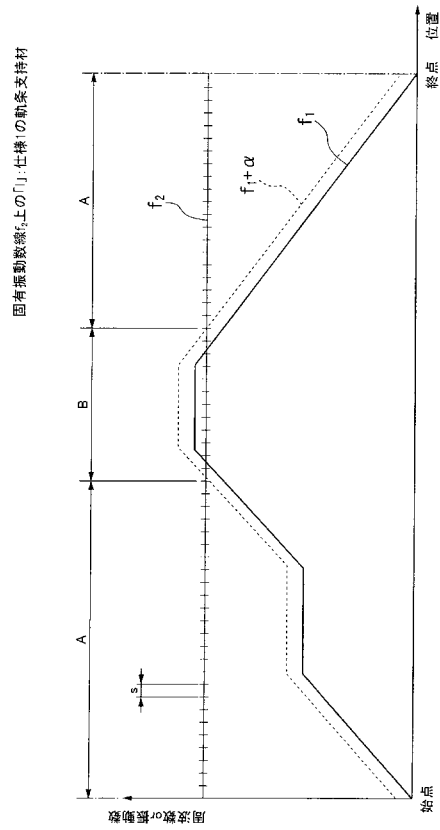
【図 9】



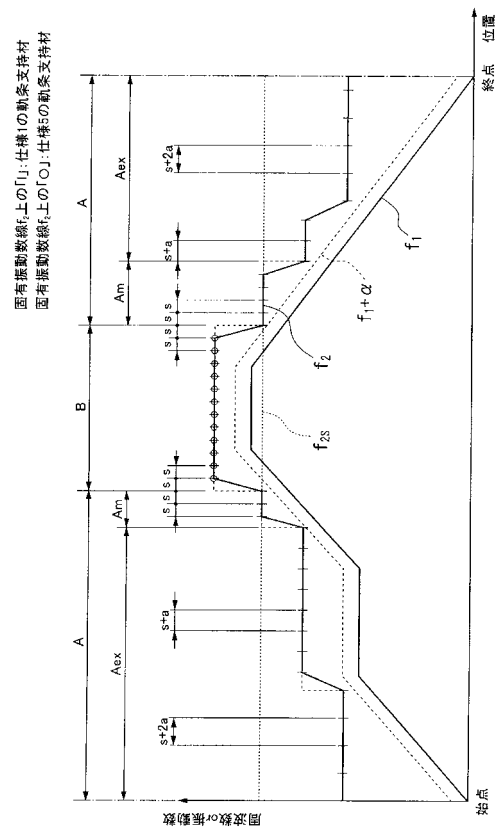
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】

支持定数テーブル 65d

仕様番号	1	2	3	4	5	6	7	8
λ	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8

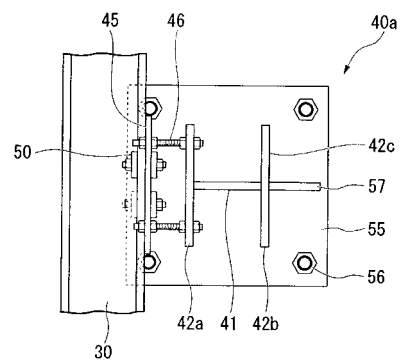
【図 1 4】

構造仕様テーブル 69

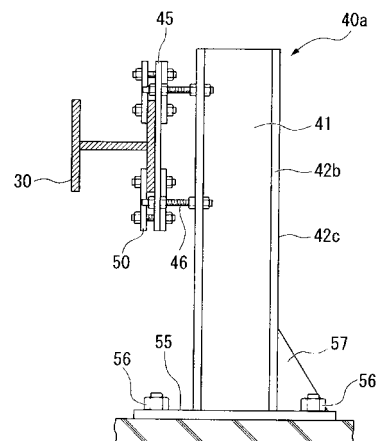
支持材番号	1	2	...	8	9	...	15	...	20	21	...	i
仕様番号	1	1	...	1	1	...	1	...	6	6	...	1
間隔	$s+2a$	$s+2a$	...	$s+a$	$s+a$	...	s	...	s	s	...	s

【図 1 5】

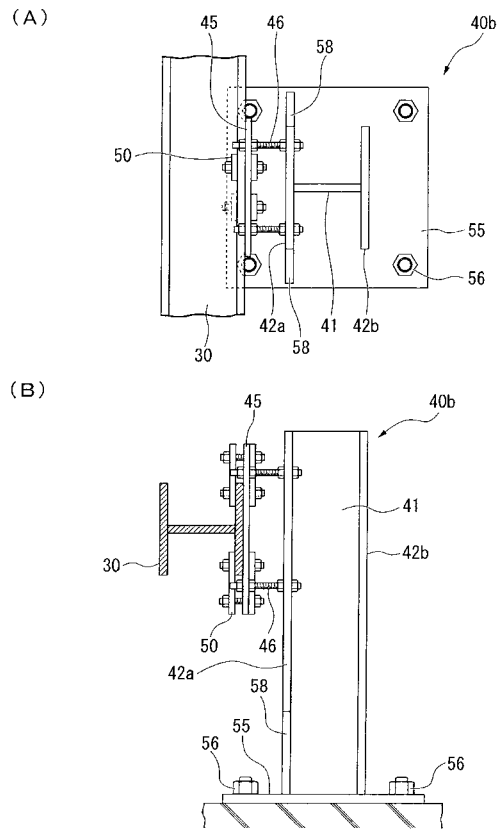
(A)



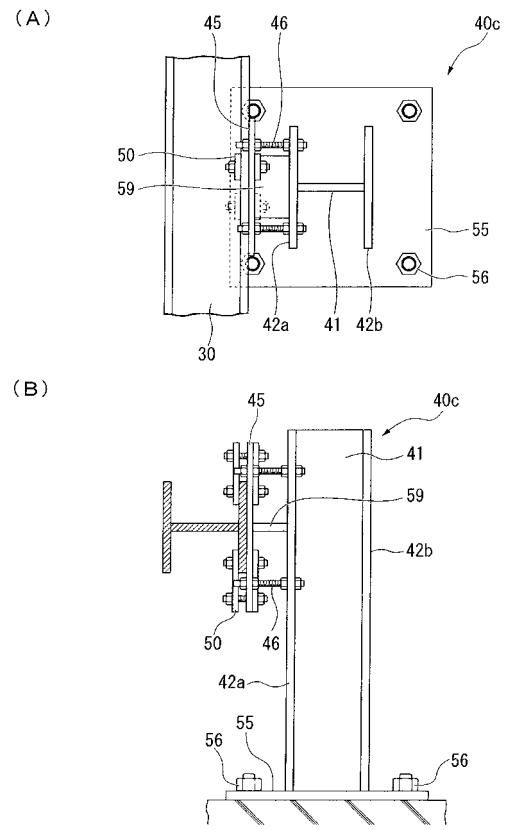
(B)



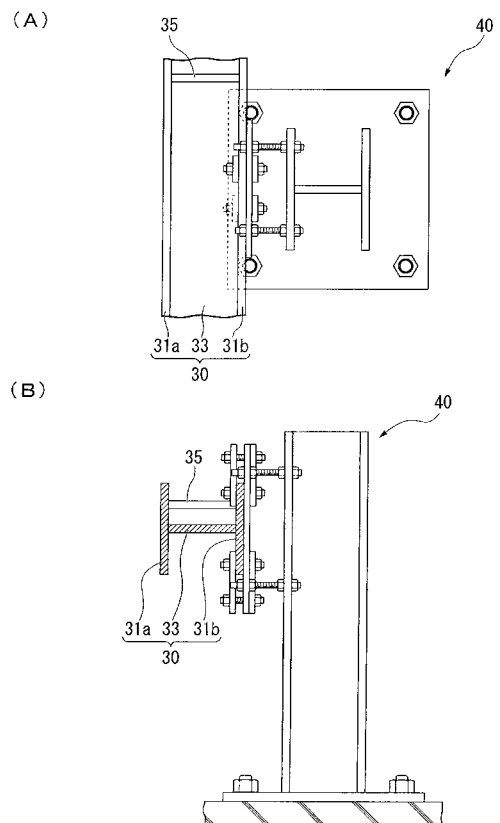
【図 16】



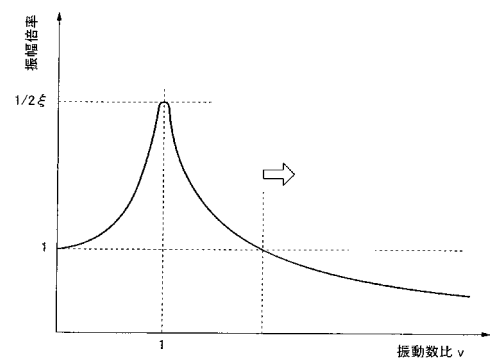
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

- (72)発明者 川内 章央
東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 近藤 伸介
東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 永道 康浩
東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 貫野 敏史
東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 河野 浩幸
東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内
- F ターム(参考) 2D056 GA01