

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6476055号  
(P6476055)

(45) 発行日 平成31年2月27日(2019. 2. 27)

(24) 登録日 平成31年2月8日(2019. 2. 8)

(51) Int. Cl.		F I			
EO 1 D	1/00	(2006. 01)	EO 1 D	1/00	Z
EO 1 D	19/04	(2006. 01)	EO 1 D	19/04	I O I
EO 1 D	22/00	(2006. 01)	EO 1 D	22/00	B

請求項の数 6 (全 20 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2015-91636 (P2015-91636)</p> <p>(22) 出願日 平成27年4月28日(2015. 4. 28)</p> <p>(65) 公開番号 特開2015-222006 (P2015-222006A)</p> <p>(43) 公開日 平成27年12月10日(2015. 12. 10)</p> <p>審査請求日 平成30年3月2日(2018. 3. 2)</p> <p>(31) 優先権主張番号 特願2014-94215 (P2014-94215)</p> <p>(32) 優先日 平成26年4月30日(2014. 4. 30)</p> <p>(33) 優先権主張国 日本国(JP)</p>	<p>(73) 特許権者 505389695 首都高速道路株式会社 東京都千代田区霞が関1-4-1</p> <p>(73) 特許権者 593089046 青木あすなろ建設株式会社 東京都港区芝四丁目8番2号</p> <p>(74) 代理人 100093230 弁理士 西澤 利夫</p> <p>(72) 発明者 蔵治 賢太郎 東京都千代田区霞が関一丁目4番1号 首都高速道路株式会社内</p> <p>(72) 発明者 大西 孝典 東京都千代田区霞が関一丁目4番1号 首都高速道路株式会社内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
---	---

(54) 【発明の名称】 橋梁耐震構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

橋桁を可動支承を介して橋脚で支持する橋梁の耐震構造であって、前記橋脚の橋軸方向の片方の壁部又は上部と、前記橋脚の上方の橋桁の下部又は側部との間に、橋軸方向と平行の角度から橋軸直角方向の角度の範囲かつ水平方向に摩擦ダンパーが設けられた橋梁耐震構造であり、前記摩擦ダンパーが、柱状体のロッドと、該ロッドの外面に摺動可能に嵌合された筒体のダイスと、該ダイスの外面に配設された内筒から構成されており、前記ロッドの外表面と前記ダイスの内表面が摺動して、一定の摩擦荷重を保持したまま軸方向に変位する機構を有することを特徴とする橋梁耐震構造。

【請求項2】

橋脚の橋軸方向の片方の壁部又は上部と、前記橋脚の上方の橋桁の下部又は側部との間に、橋軸方向と平行の角度から橋軸直角方向の角度の範囲でさらに摩擦ダンパーを設けたことを特徴とする請求項1に記載の橋梁耐震構造。

【請求項3】

橋桁を可動支承を介して橋脚で支持する橋梁の耐震構造であって、前記橋脚の橋軸方向の片方の壁部又は上部と、前記橋脚の上方の橋桁の下部又は側部との間に、橋軸方向と平行の角度から橋軸直角方向の角度の範囲かつ水平方向に摩擦ダンパー以外のダンパーが設けられ、さらに、橋脚の橋軸方向の片方の壁部又は上部と、前記橋脚の上方の橋桁の下部又は側部

との間に、橋軸方向と平行の角度から橋軸直角方向の角度の範囲かつ水平方向に、柱状体のロッドと、該ロッドの外面に摺動可能に嵌合された筒体のダイスと、該ダイスの外面に配設された内筒から構成された摩擦ダンパーが設けられていることを特徴とする橋梁耐震構造。

【請求項 4】

摩擦ダンパー及び摩擦ダンパー以外のダンパーが、摩擦ダンパー及び摩擦ダンパー以外のダンパーの両先端部に設けられた任意の方向に回転可能な接続機構を介して、橋桁及び橋脚に取り付けられていることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の橋梁耐震構造。

【請求項 5】

前記摩擦ダンパーが、柱状体のロッドと、該ロッドの外面に摺動可能に嵌合された筒体のダイスと、該ダイスの外面に配設された内筒から構成されており、前記ダイスの前後部と前記内筒の間に緩衝材が設けられていることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の橋梁耐震構造。

【請求項 6】

可動支承としてゴム支承が用いられ、摩擦ダンパーまたは摩擦ダンパー以外のダンパーの変位をゴム支承の水平方向の許容変位量以下の所定変位量で、橋脚下端の曲率が所定の値以下となるように、ゴム支承のバネ定数と摩擦ダンパーまたは摩擦ダンパー以外のダンパーの摩擦力が設定されていることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の橋梁耐震構造。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、新設橋梁あるいは既設橋梁の橋梁上部構造と橋梁下部構造の間に設ける橋梁耐震構造に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、橋桁を支承を介して橋脚で支持する構造の橋梁において、支承として、固定支承と可動支承を組み合わせた橋梁では、1箇所を固定支承とし、残りを全て可動支承とするのが一般的であった。そして、このような構造とすることにより、上部構造の温度応力等による伸縮や、不静定応力による伸縮を可動支承側で逃がしていた。

【0003】

しかしながら、地震の発生により地震力が橋梁に作用した場合、固定支承のみが集中的に地震力を受け持つこととなり、固定支承や下部構造の橋脚に損傷を与える事例が多くみられた。

【0004】

このような状況に対して、近年では、上部構造の温度応力による伸縮や、不静定応力による伸縮を弾性的に吸収し、さらに地震力を弾性支承で分担する水平力分散支承が提案されている。これらの水平力分散支承としては、例えば、積層ゴム支承が挙げられる（例えば、特許文献 1 を参照）。

【0005】

この積層ゴム支承は、積層ゴムの弾性により、他の固定支承や下部構造への負荷の集中を緩和できるとともに、地震動を長周期化して、振幅を大きくする特性も有するため、中規模地震程度までの地震に対応することが可能である。

【0006】

しかしながら、積層ゴム支承においても、大規模地震に対しては、橋脚に固定するためのストッパーのボルト等が破損するといった問題があった。

【0007】

そこで、大規模地震にも対応させるため、地震動の長周期化とともに減衰機能を備えた免震支承が提案されている。これらの免震支承としては、例えば、鉛プラグ入り積層ゴム

10

20

30

40

50

支承が挙げられる（例えば、特許文献 1 を参照）。この鉛プラグ入り積層ゴム支承は、積層ゴムの変形に伴って、鉛プラグが塑性変形を起こし、地震エネルギーを吸収するとともに震動を速やかに減衰させ、地震による変化量を小さく抑えるものである。

【 0 0 0 8 】

また、上記鉛プラグ入り積層ゴム以外にも、大規模地震による地震動が発生した場合、制震ダンパーや他のダンパー等を用いて、より積極的に地震エネルギーを吸収する耐震補強手段も提案されている（例えば、特許文献 2 ～ 7 を参照）。

【 0 0 0 9 】

これらの耐震補強手段は、中規模地震以下の地震に対応するとともに、大規模地震による地震動では震動エネルギーを吸収するという点で有効な手段である。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 1 0 】

【特許文献 1】特許第 3 8 5 4 1 0 8 号

【特許文献 2】特開 2 0 0 4 - 1 9 7 5 0 2 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 4 - 3 3 2 4 7 8 号公報

【特許文献 4】特開 2 0 0 6 - 2 3 3 5 9 1 号公報

【特許文献 5】特開 2 0 0 7 - 3 2 0 4 6 号公報

【特許文献 6】特許第 4 3 3 6 8 5 7 号

【特許文献 7】特開 2 0 1 3 - 1 0 8 2 6 0 号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 1 】

しかしながら、これらの従来各種ダンパーを用いた支承においても、大規模地震時における橋梁と平行の方向及び橋梁と直角方向でのエネルギー吸収性、装置の耐久性や交換の容易性等については、未だ課題を残すものであった。

【 0 0 1 2 】

本発明は以上のような事情に鑑みてなされたものであり、所定レベル以下の地震動に対応するとともに、所定レベルを超える地震動に対しても、橋梁と平行の方向及び橋梁と直角方向の震動エネルギーを吸収することができ、耐久性及び優れた検査、メンテナンス性を有し、さらに設置や取り換えが容易にできる橋梁耐震構造を提供することを課題としている。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 3 】

本発明の橋梁耐震構造は、上記の技術的課題を解決するためになされたものであって、以下のことを特徴としている。

【 0 0 1 4 】

第 1 に、橋桁を可動支承を介して橋脚で支持する橋梁の耐震構造であって、前記橋脚の橋軸方向の片方の壁部又は上部と、前記橋脚の上方の橋桁の下部又は側部との間に、橋軸方向と平行の角度から橋軸直角方向の角度の範囲かつ水平方向に摩擦ダンパーが設けられた橋梁耐震構造であり、前記摩擦ダンパーが、柱状体のロッドと、該ロッドの外面に摺動可能に嵌合された筒体のダイストと、該ダイストの外面に配設された内筒から構成されており、前記ロッドの外表面と前記ダイストの内表面が摺動して、一定の摩擦荷重を保持したまま軸方向に変位する機構を有することを特徴とする橋梁耐震構造である。

40

【 0 0 1 5 】

第 2 に、上記第 1 の発明において、橋脚の橋軸方向の片方の壁部又は上部と、前記橋脚の上方の橋桁の下部又は側部との間に、橋軸方向と平行の角度から橋軸直角方向の角度の範囲でさらに摩擦ダンパーを設けたことを特徴とする橋梁耐震構造である。

【 0 0 1 6 】

第 3 に、橋桁を可動支承を介して橋脚で支持する橋梁の耐震構造であって、前記橋脚の

50

橋軸方向の片方の壁部又は上部と、前記橋脚の上方の橋桁の下部又は側部との間に、橋軸方向と平行の角度から橋軸直角方向の角度の範囲かつ水平方向に摩擦ダンパー以外のダンパーが設けられ、さらに、橋脚の橋軸方向の片方の壁部又は上部と、前記橋脚の上方の橋桁の下部又は側部との間に、橋軸方向と平行の角度から橋軸直角方向の角度の範囲かつ水平方向に、柱状体のロッドと、該ロッドの外面に摺動可能に嵌合された筒体のダイストと、該ダイスの外面に配設された内筒から構成された摩擦ダンパーが設けられていることを特徴とする橋梁耐震構造である。

【0017】

第4に、上記第1から第3の発明のうちのいずれかにおいて、摩擦ダンパー及び摩擦ダンパー以外のダンパーが、摩擦ダンパー及び摩擦ダンパー以外のダンパーの両先端部に設けられた任意の方向に回転可能な接続機構を介して、橋桁及び橋脚に取り付けられていることを特徴とする橋梁耐震構造である。

【0018】

第5に、第1から第4の発明のうちのいずれかにおいて、前記摩擦ダンパーが、柱状体のロッドと、該ロッドの外面に摺動可能に嵌合された筒体のダイストと、該ダイスの外面に配設された内筒から構成されており、前記ダイスの前後部と前記内筒の間に緩衝材が設けられていることを特徴とする橋梁耐震構造である。

【0019】

第6に、上記第1から第5の発明のうちのいずれかにおいて、可動支承としてゴム支承が用いられ、摩擦ダンパーまたは摩擦ダンパー以外のダンパーの変位をゴム支承の水平方向の許容変位量以下の所定変位量で、橋脚下端の曲率が所定の値以下となるように、ゴム支承のバネ定数と摩擦ダンパーまたは摩擦ダンパー以外のダンパーの摩擦力が設定されていることを特徴とする橋梁耐震構造である。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、所定レベル以下の地震動に対応するとともに、所定レベルを超える地震動に対しても、橋梁と平行の方向及び橋梁と直角方向の震動エネルギーを吸収することができ、耐久性及び優れた検査、メンテナンス性を有し、さらに設置や取り換えが容易にできる橋梁耐震構造を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明に係る橋梁耐震構造を、多径間の橋梁に使用した場合の一実施形態を示す橋梁と平行の方向の立面図であり、(a)は、多径間の橋梁において、摩擦ダンパーを一つの橋脚2に設置した場合を示す概略図、(b)は、3径間の橋梁において、摩擦ダンパーを一つの橋脚に設置し、その他のすべての橋脚には摩擦ダンパー又は摩擦ダンパー以外のダンパーを設置した場合を示す概略図である。

【図2】図1(a)に示した橋梁耐震構造を橋軸方向に見たA-A断面図であり、(a)は、摩擦ダンパーを橋軸方向に、(b)は、橋軸方向に対して45°に、(c)は、橋軸直角方向橋に設置した場合を示す概略断面図である。

【図3】図2に示した橋梁耐震構造を下側から見た図1(a)におけるB-B断面図であり、(a)は、摩擦ダンパーを橋軸方向に、(b)は、橋軸方向に対して45°に、(c)は、橋軸直角方向に設置した場合を示す概略断面図である。

【図4】本発明に係る橋梁耐震構造を、単径間又は単径間を連ねた橋梁に橋軸方向に使用した場合の実施形態を示す橋梁と平行の方向の立面図であり、(a)は、単径間を連ねた橋梁の各橋脚の片側壁部に摩擦ダンパーを設置した場合を示す概略図、(b)は、単径間を連ねた橋梁の各橋脚の両側壁部に摩擦ダンパーを設置した場合を示す概略図、(c)は、単径間の橋梁の各橋脚に、向かい合う状態で一方の橋脚の壁部に摩擦ダンパーを設置し、他方の橋脚の壁部に摩擦ダンパー以外のダンパーを設置した場合を示す概略図である。

【図5】(a)は、本発明に係る橋梁耐震構造における所定レベル以下の地震動時の場合と所定レベルを超える地震動時の場合の摩擦ダンパーの作動及び橋桁の移動状況を示す概

略図であり、(b)は(a)の多径間の橋梁に使用した摩擦ダンパーの地震時におけるエネルギー吸収の説明図である。

【図6】(a)は、本発明による橋梁耐震構造を単径間を連ねた橋梁において、所定レベル以下の地震動時の場合と所定レベルを超える地震動時の場合の摩擦ダンパーの作動及び橋桁の移動状況を示した概略図であり、(b)は(a)の単径間を連ねた橋梁に使用した摩擦ダンパーの地震時におけるエネルギー吸収の説明図である。

【図7】(a)は、本発明に係る橋梁耐震構造を、多径間の橋梁に使用した場合で、さらに摩擦ダンパーを摩擦ダンパーが設置してある橋脚の反対側壁部に橋軸方向に設置した場合の橋梁と平行の方向の立面図であり、(b)は多径間の橋梁に使用した場合で、さらに摩擦ダンパーを摩擦ダンパーが設置してある橋脚に橋軸直角方向に設置した場合の橋梁と平行の方向の立面図である。

【図8】摩擦ダンパーを橋軸直角方向に設置した場合の橋梁耐震構造を橋軸方向に見たC-C断面図である。

【図9】(a)は、図7(a)に示した橋梁耐震構造を下側から見た、さらなる摩擦ダンパーを橋軸方向に設置した場合を示すD-D断面図である。また(b)は、橋軸方向に対してさらなる摩擦ダンパーを45°の角度に、(c)は、さらなる摩擦ダンパーを橋軸直角方向に対して直角方向の角度に設置した場合を示す概略断面図である。

【図10】本発明に係る橋梁耐震構造を、多径間の橋梁に使用した場合で、摩擦ダンパー以外のダンパーとさらなる摩擦ダンパーを設置した場合の橋梁と平行の方向の立面図であり、(a)は、摩擦ダンパーを摩擦ダンパー以外のダンパーが設置してある橋脚の壁部に橋軸直角方向に設置した場合を示す概略図、(b)は、摩擦ダンパーを摩擦ダンパー以外のダンパーが設置してある橋脚の壁部の反対側の壁部に橋軸方向に設置した場合の一部を示す概略図である。

【図11】図10(a)に示した橋梁耐震構造を、橋軸方向に見たE-E断面図である。

【図12】(a)は、図11に示した橋梁耐震構造における所定レベル以下の地震動時の場合と所定レベルを超える地震動時の場合のさらに橋軸直角方向に設置する摩擦ダンパーの作動及び橋桁の移動状況図である。(b)は、図12(a)に示した橋梁耐震構造における所定レベル以下の地震動時の場合と所定レベルを超える地震動時の場合の橋軸直角方向における摩擦ダンパーのエネルギー吸収の説明図である。

【図13】単径間を連ねた既設橋梁の橋梁耐震構造を本発明の橋梁耐震構造に交換した前後の状態を示す概略図であり、(a)は、既設橋梁の橋梁耐震構造を橋梁と平行立面図、(b)は、(a)の橋梁耐震構造を本発明の橋梁耐震構造で橋軸方向について交換した後の橋梁を示した立面図である。

【図14】単径間を連ねた既設橋梁の橋梁耐震構造を本発明の橋梁耐震構造に交換した前後の状態を示す概略図であり、(a)は、既設橋梁の橋梁耐震構造を橋梁と平行の立面図、(b)は、(a)の橋梁耐震構造を本発明の橋梁耐震構造で橋軸方向と、橋軸直角方向について交換した後の橋梁を示した立面図である。

【図15】(a)は、両先端部に任意の方向に回転可能な接続機構としてボールジョイントを設けた摩擦ダンパー及び摩擦ダンパー以外のダンパーを示す正面図、(b)は、ダイスの前後部を内筒が拘束し、緩衝材がない場合の縦断面図、(c)は、ダイスの前後部と内筒の間に緩衝材を設けた場合の縦断面図である。

【図16】可動支承としてゴム支承を用い、摩擦ダンパーまたは摩擦ダンパー以外のダンパーを用いる場合の、ゴム支承のパネ定数と摩擦ダンパーまたは摩擦ダンパー以外のダンパーの摩擦力を設定するためのフロー図である。

【図17】タイプI地震動に対して降伏曲率以下の範囲があり、かつ、タイプII地震動に副次的な塑性曲率以下の範囲にある場合のパターンAのグラフである。

【図18】タイプI地震動に対して降伏曲率以下の範囲があり、かつ、タイプII地震動に副次的な塑性曲率以下の範囲にある場合のパターンBのグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0022】

10

20

30

40

50

本発明の橋梁耐震構造は、橋桁を可動支承を介して橋脚で支持する橋梁の耐震構造であって、多径間の橋梁、単径間又は単径間を連ねた橋梁等に使用可能な橋梁耐震構造である。使用橋種は、主にコンクリート橋、鋼橋等である。

【0023】

以下、本発明に係る橋梁耐震構造の実施形態について、図面を用いて詳述する。

【0024】

図1(a)、(b)は、本発明に係る橋梁耐震構造を、多径間の橋梁に使用した場合の一実施形態を示す橋梁と平行の方向の立面図である。(a)は、多径間の橋梁において、摩擦ダンパー5を一つの橋脚2に設置した場合を示す概略図、(b)は、3径間の橋梁において、摩擦ダンパー5を一つの橋脚に設置し、その他のすべての橋脚2には摩擦ダンパー5又は摩擦ダンパー以外のダンパー7を設置した場合を示す概略図である。 10

【0025】

橋桁1を可動支承4を介して橋脚2で支持する橋梁の耐震構造であって、橋脚2の橋軸方向の片方の壁部と橋桁1の下部との間に橋軸方向と平行の方向に摩擦ダンパー5を設置している。

【0026】

この可動支承4は、橋桁1の鉛直荷重を支持し、常時の橋桁1の温度収縮、風力、橋梁上を通過する移動体の影響による橋桁の変形・移動などの水平力によって、橋脚2に対して橋桁1が変位することを許容する部材である。本発明で用いられる可動支承4としては、通常公知の可動支承を用いることができ、具体的には、例えば、ゴム系支承、すべり支承、ころがり支承等を挙げることができ、ゴム系支承としては、例えば、ゴム支承、鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)、高減衰積層ゴム支承(HDR)等を用いることができる。これらの可動支承4は、状況に応じて複数種を組み合わせることもできる。 20

【0027】

摩擦ダンパー5は、摩擦力が移動方向に逆向きの抵抗力として作用することを利用した減衰機構を有するもので、より具体的には、柱体の外面と筒体の内面が摺動して、一定の摩擦荷重を保持したまま軸方向に変位する機構を有し、柱体の外面と筒体の内面の摩擦により、震動エネルギーを熱エネルギーに変え、吸収するものを用いるのが望ましい。

【0028】

また、柱体、筒体は、円形、角形等の形状のものでよいが、強度等の観点から、特に円形のもの望ましい。摩擦ダンパーの構成要素の材質の一実施形態としては、柱体が銅合金であり、筒体が合金工具鋼のものが挙げられる。また、より安定した摩擦荷重を得るために、柱体と筒体の摩擦面には、被膜潤滑剤を塗布してあるのが望ましい。また、他の実施形態としては、柱体と筒体が炭素鋼鋼管で、柱体と筒体がより安定した摩擦力を得るために、筒体の内面にポリテトラフルオロエチレン系の摩擦材を被覆してあるものが挙げられる。 30

【0029】

このような柱体と筒体から構成される摩擦ダンパー5は、比較的単純な構造であるため、経済的で、繰り返しに対し高い耐久性があり、疲労寿命を考慮する必要がなく、エネルギー吸収装置として高い信頼性が得られるとともに、優れたメンテナンス性を得ることができる。 40

【0030】

本発明で用いる摩擦ダンパー以外のダンパー7は、摩擦ダンパー5でなければ特に制限されるものではなく、例えば鋼製ダンパー、粘性ダンパー、粘弾性ダンパー、ゴム製ダンパー等を用いることができる。また、鋼製ダンパーとしては軸降伏型ダンパー、曲げ降伏型ダンパー、せん断降伏型ダンパー等を挙げることができる。

【0031】

上記の、摩擦ダンパー以外のダンパー7は、摩擦ダンパー5よりも小さい地震動で稼働するダンパーであり、図1(b)の橋梁耐震構造の構成とすることにより、橋軸方向に対して、所定レベル以下の地震動では摩擦ダンパー以外のダンパー7が機能し、所定レベル 50

を超える地震動で摩擦ダンパー 5 が機能する耐震構造とすることができる。

【 0 0 3 2 】

なお、本発明における所定レベルの地震動とは、対象とする橋梁について供用期間中に発生する確率が高く、橋脚を降伏させないレベルの地震動をいう。橋梁の形式、橋脚の高さ、地形、地質・地盤条件等により各々の橋梁の耐震強度が異なり、それに伴い橋梁を降伏させないレベルも異なるが、例えば、レベル 1 の地震動程度をいう。また、レベル 2 は所定レベルの地震動を超える地震動であって、例えば、東日本大震災、阪神淡路大震災程度の地震動をいう。

【 0 0 3 3 】

摩擦ダンパー 5 又は、摩擦ダンパー 5 と摩擦ダンパー以外のダンパー 7 を設置する橋脚及び設置基数については、橋梁の設計において震動エネルギーを吸収するために必要な有効抵抗力を計算し、また設置スペースや橋梁各部位の強度等設計に応じて所望の移置、基数を適宜設定、設置することができる。

【 0 0 3 4 】

摩擦ダンパー 5 又は、摩擦ダンパー 5 と摩擦ダンパー以外のダンパー 7 の橋脚 2 と橋桁 1 との間に設置する位置は、本実施例の場合、橋脚 2 の橋軸方向の片方の壁部と橋桁 1 の下部との間であるが、橋脚の橋軸方向の片方の壁部又は上部と前記橋脚の上方の橋桁の下部又は側部との間であればよい。また、橋脚 2 の橋軸方向のどちら側でも設置することができる。

【 0 0 3 5 】

図 1 ( a ) における摩擦ダンパー 5 の設置角度、また、図 1 ( b ) における摩擦ダンパー 5 及び摩擦ダンパー以外のダンパー 7 の設置角度は、橋軸方向と平行の方向に設置してあるが、橋軸方向と平行の角度から橋軸直角方向の角度の範囲で設けることができる。例えば、上記実施形態の橋軸方向に限定されるものではなく、橋軸方向と橋軸直角方向に作用する分力を考慮して、橋軸方向 ( 0 ° ) から、橋軸直角方向 ( 9 0 ° ) の角度までの範囲、例えば、0 °、3 0 °、6 0 °、9 0 ° のように適宜設定することができる。

【 0 0 3 6 】

このように、摩擦ダンパー 5 又は、摩擦ダンパー 5 及び摩擦ダンパー以外のダンパー 7 を、橋梁の設計に基づいた設置基数及び設置角度を設定して設けることにより、橋軸方向と橋軸直角方向の抵抗を同時に作用させることが可能となる。

【 0 0 3 7 】

図 2 ( a ) は、図 1 に示した橋梁耐震構造を、橋軸方向に見た A - A 断面図であり、橋脚 2 の橋軸方向の片方の壁部と橋脚 2 の上方の橋桁 1 の下部との間に、橋軸方向に各橋桁に摩擦ダンパー 5 を 1 基ずつ計 3 基設置している。( b ) は、摩擦ダンパー 5 を橋脚 2 の橋軸方向の片方の壁部と橋脚 2 の上方の橋桁 1 の下部との間に、橋軸方向に対して 4 5 ° の角度で各橋桁に 2 基ずつ計 6 基設置している。( c ) は、摩擦ダンパー 5 を橋脚 2 の橋軸方向の上部と橋脚 2 の上方の橋桁 1 の側部との間に、橋軸方向に対して直角方向の角度で両側の橋桁 2 に 1 基ずつ計 2 基設置している。

【 0 0 3 8 】

図 3 ( a ) ~ ( c ) は、図 2 ( a ) ~ ( c ) に示した橋梁耐震構造を、下側から見た図 1 における B - B 断面図であり、( a ) は摩擦ダンパー 5 を橋軸方向に、( b ) は橋軸方向に対して 4 5 ° の角度に、( c ) は橋軸直角方向に対して直角方向の角度に設置した場合を示している。

【 0 0 3 9 】

図 2 ( a ) ~ ( c ) 及び図 3 ( a ) ~ ( c ) に示す摩擦ダンパーの設置形態は、本発明の一実施形態であり、摩擦ダンパーの設置基数、配置位置は、橋梁の規模や構造に応じて適宜設定することができる。

【 0 0 4 0 】

図 4 は、本発明に係る橋梁耐震構造を、橋梁の橋軸方向に使用した場合の一実施形態を示す橋梁と平行の方向の立面図である。( a ) は、摩擦ダンパー 5 を単径間の一方の橋脚

10

20

30

40

50

2 に設置した場合で、( b ) は、単径間の相向かい合う両方の橋脚 2 に設置した場合で、( c ) は、単径間の相向かい合う両方の橋脚 2 の一方に摩擦ダンパー 5 を他方に摩擦ダンパー以外のダンパー 7 を設置した場合を示す概略図である。

【 0 0 4 1 】

この場合においても、多径間の橋梁と同様に、摩擦ダンパー 5 や摩擦ダンパー以外のダンパー 7 を設置する橋脚 2 については、橋梁の設計において震動エネルギーを吸収するために必要な有効抵抗力を計算し、また設置スペースや橋梁各部位の強度等設計に応じて所望の橋脚、設置位置に適宜設定、設置することができる。

【 0 0 4 2 】

以下に、上記実施形態の橋梁耐震構造の地震時の動作について詳述する。

10

【 0 0 4 3 】

図 5 ( a ) は、本発明による橋梁耐震構造を多径間の橋梁に適用した実施形態において、所定レベル以下の地震動時の場合と所定レベルを超える地震動時の場合の摩擦ダンパー 5 の作動及び橋桁 1 の移動状況を示した概略図である。所定レベル以下の地震動時には、摩擦ダンパー 5 は変位せず固定支承として機能する。所定レベルを超える地震動時には地震の揺れにより、摩擦ダンパー 5 と橋桁 1 が図面右方向に水平変位した状態を示している。所定レベルを超える地震動時のように、地震による慣性力により橋桁 1 が図面右側に水平変位した場合、摩擦ダンパー 5 は伸びる状態となる。

【 0 0 4 4 】

図 5 ( b ) は、図 5 ( a ) の多径間の橋梁に使用した摩擦ダンパー 5 の地震時におけるエネルギー吸収の説明図である。所定レベル以下の地震動時には、摩擦ダンパー 5 は変位せず固定支承として機能する。所定レベルを超える地震動時には、摩擦ダンパー 5 に摩擦荷重を超える水平荷重が作用し、摩擦ダンパー 5 の滑り面が滑り出して摺動する。そのとき摩擦ダンパー 5 は、地震による震動エネルギーを吸収して摩擦熱に変換する。そして、摩擦ダンパー 5 が震動エネルギーを吸収することで橋梁自体がエネルギーを吸収し、応答変位を低減させる。即ち、本発明の橋梁耐震構造によれば、所定レベル以下の地震動では、摩擦ダンパー 5 の高い抵抗力により動作せず固定支承として機能し、所定レベルを超える地震動では動作して機能する。

20

【 0 0 4 5 】

このようにして、地震規模に応じた震動エネルギーの吸収により、所定レベルを超える地震動が生じた場合であっても、橋脚、橋桁、可動支承等に損傷を与えることがない橋梁耐震構造とすることができる。

30

【 0 0 4 6 】

図 6 ( a ) は、本発明による橋梁耐震構造を単径間を連ねた橋梁に適用した実施形態において、所定レベル以下の地震動時の場合と所定レベルを超える地震動時の場合の摩擦ダンパー 5 の作動及び橋桁 1 の移動状況を示した図である。図 6 ( b ) は、図 6 ( a ) の単径間を連ねた橋梁に使用した場合の地震時における摩擦ダンパー 5 のエネルギー吸収の説明図である。

【 0 0 4 7 】

この図からも明らかなように、本発明による橋梁耐震構造を適用した単径間を連ねた橋梁においても、多径間の橋梁に適用した実施形態と同様の効果を得ることができる。

40

【 0 0 4 8 】

図 7 ( a ) は、本発明に係る橋梁耐震構造を、多径間の橋梁に使用した場合であり、摩擦ダンパー 5 が設置してある橋脚 2 の反対側壁部に橋軸方向に、さらに摩擦ダンパー 5 ' を設置した場合の一実施形態を示す橋梁と平行の方向の立面図である。さらに設置する摩擦ダンパー 5 ' は、ここでは同じ橋脚の橋軸方向に設置しているが、橋軸方向と平行の角度から橋軸直角方向の角度の範囲で、適宜選定した橋脚に設けることができる。摩擦ダンパー 5 ' を設置する橋脚については、橋梁の設計において震動エネルギーを吸収するために必要な有効抵抗力を計算し、また設置スペースや橋梁各部位の強度等設計に応じて所望の橋脚、設置位置に適宜設定、設置することができる。摩擦ダンパー 5 とさらに設置する

50



摩擦ダンパー 5' の設置順序は問わない。

【 0 0 4 9 】

図 7 ( b ) は、多径間の橋梁に使用した場合であり、摩擦ダンパー 5 が設置してある橋脚 2 に橋軸直角方向に、さらに摩擦ダンパー 5' を設置した場合の一実施形態を示す橋梁と平行の方向の立面図である。

【 0 0 5 0 】

図 8 は、図 7 ( b ) に示した実施形態の橋梁耐震構造を、橋軸方向に見た C - C 断面図である。摩擦ダンパー 5' は、橋脚 2 の上部と橋脚の上方の橋桁の側部との間に、橋軸方向に対して直角方向の角度で両側の橋桁に 1 基ずつ計 2 基設置している。

【 0 0 5 1 】

図 9 ( a ) は、図 7 ( a ) に示した橋梁耐震構造を下側から見た D - D 断面図であり、橋軸方向に摩擦ダンパー 5' を設置した場合を示している。また ( b ) は、橋軸方向に対して摩擦ダンパー 5' を 45° の角度に、( c ) は、摩擦ダンパー 5' を橋軸直角方向に対して平行方向、また、摩擦ダンパー 5' を橋軸直角方向に対して直角方向の角度に設置した場合を示している。

【 0 0 5 2 】

図 10 ( a ) は、本発明に係る橋梁耐震構造を、多径間の橋梁に使用した場合であり、摩擦ダンパー 5' を摩擦ダンパー以外のダンパー 7 が設置してある橋脚の壁部に橋軸直角方向に設置した場合の一実施形態を示す橋梁と平行の方向の立面図である。摩擦ダンパー以外のダンパー 7 とさらに設置する摩擦ダンパー 5' の設置順序は問わない。

【 0 0 5 3 】

上記の、摩擦ダンパー以外のダンパー 7 は、摩擦ダンパー 5、5' よりも小さい地震動で稼働するダンパーであり、この摩擦ダンパー以外のダンパー 7 が、所定レベル以下の地震動での地震に対応し、所定レベルを超える地震動に対しては摩擦ダンパー 5、5' が稼働する。即ち、この構成の橋梁耐震構造とすることにより、橋軸方向に対しては所定レベル以下の地震動に対応し、橋軸から直角方向に対しては所定レベルを超える地震動に対応可能な耐震構造とすることができる。

【 0 0 5 4 】

図 10 ( b ) は、多径間の橋梁に使用した場合であり、摩擦ダンパー 5 を摩擦ダンパー以外のダンパー 7 が設置してある橋脚 2 の壁部の反対側の壁部に橋軸方向に設置した場合の一部を示す概略図である。

【 0 0 5 5 】

図 11 は、図 10 ( a ) に示した橋梁耐震構造を、橋軸方向に見た E - E 断面図である。

さらに設置する摩擦ダンパー 5' は、橋脚 2 の上部と橋脚 2 の上方の橋桁 1 の側部との間に、3本の橋桁 1 において、橋軸直角方向の角度で両側の橋桁 1 に 1 基ずつ、中央の橋桁 1 には 2 基の計 4 基設置している。設置基数、配置位置は、適宜選定することができる。

【 0 0 5 6 】

図 12 ( a ) は、図 11 に示した橋梁耐震構造における所定レベル以下の地震動の場合と所定レベルを超える地震動の場合のさらに橋軸直角方向に設置する摩擦ダンパー 5' の作動及び橋桁 1 の移動状況図である。橋軸方向の場合と同様に、所定レベル以下の地震動時には、摩擦ダンパー 5' は変位せず固定支承として機能し、所定レベルを超える地震動時には、地震の揺れによりダンパー 5' と橋桁 1 が、図面右方向に水平変位した状態となる。所定レベルを超える地震動時のように、地震による慣性力により橋桁 1 が図面右側に水平変位した場合、摩擦ダンパー 5' は橋桁 1 への取付け場所により、伸びる状態と縮む状態となる。

【 0 0 5 7 】

図 12 ( b ) は、図 12 ( a ) に示した橋梁耐震構造における所定レベル以下の地震動の場合と所定レベルを超える地震動の場合の橋軸直角方向における摩擦ダンパー 5' のエネルギー吸収の説明図である。所定レベル以下の地震動時には、摩擦ダンパー 5' は

10

20

30

40

50

変位せず固定支承として機能し、所定レベルを超える地震動時には、摩擦ダンパー 5' に摩擦荷重を超える水平荷重が作用し、摩擦ダンパー 5' の滑り面が滑り出して摺動する。そのとき、地震による震動エネルギーを吸収して摩擦熱に変換する。摩擦ダンパー 5' が震動エネルギーを吸収することで橋梁自体がエネルギーを吸収し、応答変位を低減させる。即ち、本発明の橋梁耐震構造によれば、所定レベル以下の地震動時には、摩擦ダンパー 5' は高い抵抗力により動作せず固定支承として機能し、所定レベルを超える地震動では動作して機能する。

【 0 0 5 8 】

このようにして、橋軸直角方向においても、地震規模に応じた震動エネルギーの吸収により、所定レベルを超える地震動が生じた場合であっても、橋脚 2、橋桁 1、可動支承 4 等に損傷を与えることがない橋梁耐震構造とすることができる。

【 0 0 5 9 】

以上、本発明の橋梁耐震構造について、実施形態を用いて説明したが、本発明は、新設橋梁への設置及び既設橋梁を耐震構造にする場合や、既設の橋梁耐震構造となっている橋梁について、本発明による橋梁耐震構造に取り替え、耐震性を向上させることができる。

【 0 0 6 0 】

以下に、既設の橋梁耐震構造を有する橋梁を本発明による橋梁耐震補強構造に取り替える場合について詳述する。

【 0 0 6 1 】

図 1 3 ( a )、( b ) は、単径間を連ねた既設橋梁の橋梁耐震構造を本発明の橋梁耐震構造に交換した前後の状態を示しており、図 1 3 ( a ) は、既設橋梁の橋梁耐震構造を橋梁と平行立面図、図 1 3 ( b ) は、図 1 3 ( a ) の橋梁耐震構造を本発明の橋梁耐震構造で橋軸方向について交換した後の橋梁を示した立面図である。

【 0 0 6 2 】

これによれば、まず、図 1 3 ( a ) の橋脚 2 と橋桁 1 の間に設置してある固定支承 8 を、図 1 3 ( b ) のように可動支承 4' に取り替える。引き続き、図面左側の橋脚 2 と橋桁 1 の間に摩擦ダンパー 5' を所定の角度で設置する。なお、交換後の可動支承 4' については、可動支承であれば特に制限はなく、ゴム系支承、すべり支承、ころがり支承等を挙げることができ、ゴム系支承としては、例えば、ゴム支承、鉛プラグ入り積層ゴム支承 ( L R B )、高減衰積層ゴム支承 ( H D R ) 等を用いることができる。これらの可動支承 4' は、状況に応じて複数種を組み合わせることもできる。

【 0 0 6 3 】

図 1 4 ( a )、( b ) は、単径間を連ねた既設橋梁の橋梁耐震構造を本発明の橋梁耐震構造に交換した前後の状態を示しており、図 1 4 ( a ) は、既設橋梁の橋梁耐震構造を橋梁と平行の立面図、図 1 4 ( b ) は、図 1 4 ( a ) の橋梁耐震構造を本発明の橋梁耐震構造で橋軸方向と、橋軸直角方向について交換した後の橋梁を示した立面図である。

【 0 0 6 4 】

これによれば、まず、図 1 4 ( a ) の橋脚 2 と橋桁 1 の間に設置してある固定支承 8 を、図 1 4 ( b ) のように可動支承 4' に取り替える。引き続き、図面左側の橋脚 2 と橋桁 1 の間に摩擦ダンパー以外のダンパー 7' を橋軸方向に設置するとともに、橋桁 1 の橋軸方向の両端部とその両端部をそれぞれ支持する橋脚 2 との間に摩擦ダンパー 5' を橋軸直角方向に設置する。

【 0 0 6 5 】

さらに設置する摩擦ダンパー 5' は、設置角度が橋軸方向と平行ではなく、橋軸直角方向までの範囲で設置されている場合は、一つの単位の橋桁、つまり橋桁の軸方向の端部から端部の間において、その橋桁とすべての橋脚との間に設置するものとする。

【 0 0 6 6 】

図 1 3 ( a )、( b )、図 1 4 ( a )、( b ) において、可動支承 4' の交換、摩擦ダンパー以外のダンパー 7'、摩擦ダンパー 5' の設置の順序は、特に制限されるものではなく、橋梁の供用状況や、施工スペース等の工事条件に合わせて適宜実施することができる。

る。

【 0 0 6 7 】

このように、支承及びダンパーの交換、設置によって、従来の橋梁を、容易に本発明の橋梁耐震構造の構成とすることができ、所定レベル以下の地震動及び所定レベルを超える地震動に対しても、橋梁に加わる震動エネルギーを吸収することが可能となる。また、これらの装置は構造上、十分耐久性があり、長期間使用することができ、さらに優れた検査、メンテナンス性を有する。

【 0 0 6 8 】

なお、上記実施形態における、摩擦ダンパー及び摩擦ダンパー以外のダンパーの橋桁及び橋脚との取り付けは、図 1 5 ( a ) に示すように摩擦ダンパー及び摩擦ダンパー以外のダンパー 9 の両先端部に設けた、任意の方向に回転可能な機構を介して、前記橋桁又は橋脚に取り付けることができる。本発明で用いられる任意の方向に回転可能な機構としては特に制限はないが、例えば、クレビスやボールジョイント 1 0 による機構等を挙げることができる。

【 0 0 6 9 】

この任意の方向に回転可能な接続機構を介して取り付けることにより、地震動により摩擦ダンパー、摩擦ダンパー以外のダンパー 9 に回転変位が生じた場合であっても追従可能とすることができる。

【 0 0 7 0 】

図 1 5 ( b ) は、( a ) の摩擦ダンパー及び摩擦ダンパー以外のダンパー 9 の一実施形態の縦断面図であり、ダイスの前後部を内筒が拘束している場合を示している。この構成では、柱状体のロッド 1 3 と、内筒に拘束された円筒体のダイス 1 2 を嵌合させて、ロッド 1 3 の外面と、ダイス 1 2 の円筒体の内面との摺動の摩擦により、震動エネルギーを熱エネルギーに変換し、振動エネルギーを吸収するようにしている。

【 0 0 7 1 】

図 1 5 ( c ) は、( a ) の摩擦ダンパー及び摩擦ダンパー以外のダンパー 9 の他の実施形態の縦断面図であり、ダイス 1 2 の前後部と内筒 1 4 の間に緩衝材 1 6 を設けることにより、ダイス 1 2 の前後部を内筒 1 4 が拘束しない場合を示している。この構成は、橋軸方向に設置してある摩擦ダンパー以外のダンパーが、温度変化や所定レベル以下の地震動により伸び縮みするのにもない、橋軸直角方向に設置してある摩擦ダンパーに橋軸方向に力が作用し、摩擦ダンパーと橋桁及び橋脚への取付け部に不要な力がかかることを考慮したものである。取付け部 1 1 の橋軸方向の伸び縮みを可能とするために、ダイス 1 2 の前後部と内筒の間に緩衝材 1 6 を設け、内筒 1 4 に軸方向の動きに対して緩衝材 1 6 により伸び縮み（遊び）を持たせて対応している。緩衝材 1 6 としては、バネを用いるのが望ましい。

【 0 0 7 2 】

本発明の橋梁耐震構造では、橋梁に加わる震動エネルギーの吸収において、設置する摩擦ダンパーの適正な摩擦力の設定が重要となる。

【 0 0 7 3 】

図 1 6 は、可動支承としてゴム支承を用い、橋軸方向及び橋軸直角方向の摩擦ダンパーの変位をゴム支承の水平方向の許容変位量内で所定内の移動量で、橋脚下端の曲率が所定の値以下となるゴム支承のバネ定数と摩擦ダンパーの抵抗力である摩擦力を設定するためのフロー図である。

【 0 0 7 4 】

摩擦ダンパーの変位を所定内の移動量に収める理由は、摩擦ダンパーの要求特性を精度よく満たすためのストローク長が限られるためであり、また、ストローク長が長すぎると、橋軸方向においては橋桁が移動しすぎて橋脚から外れる場合があるためである。また、橋軸直角方向においては、橋桁が橋脚から橋軸直角方向に移動しすぎて、例えば、車両の運転等に支障が生じる場合があるため、それらを防止するためである。

【 0 0 7 5 】

10

20

30

40

50

なお、図16では、設定するダンパーとして摩擦ダンパーを対象としているが、摩擦ダンパー以外のダンパーや摩擦ダンパーと摩擦ダンパー以外のダンパーの組み合わせでもよい。

【0076】

本発明に係る、ゴム支承のパネ定数と摩擦ダンパーの抵抗力である摩擦力を設定する実施形態についてフロー図に沿って説明する。

【0077】

本実施形態では、以下の(1)～(7)の各手順により摩擦ダンパーの設定を行う。

- (1) 橋桁の許容水平変位の範囲設定
- (2) ゴム支承のパネ定数設定
- (3) 摩擦ダンパーの摩擦力に応じた橋脚下端の曲率の解析、曲率のグラフ化
- (4) サンプル地震動に対する曲率範囲に基づく、摩擦ダンパー摩擦力の判定、設定
- (5) 設定摩擦力による判定
- (6) 摩擦ダンパーの摩擦力の判定、設定
- (7) 摩擦ダンパーの摩擦力設定範囲の余裕の有無

以下、上記各手順について説明する。

- (1) 橋桁の許容水平変位の範囲設定

ゴム支承の水平方向の許容変位量内で、橋桁の橋軸方向及び橋軸直角方向における許容水平変位の範囲を設定する。

【0078】

具体的には、橋軸方向においては、地震時に隣り合う橋桁同士、隣り合う橋桁と橋台が橋軸方向に衝突しない範囲、かつ、橋桁が橋脚や橋台の橋軸方向に脱落する側の端部から逸脱しない範囲となるように、ゴム支承の水平方向の許容変位量を定め、その許容水平変位量内に設定する。

【0079】

橋軸直角方向においては、地震時に隣り合う橋桁の相対的なズレによる道路上の車線がずれた場合、運転手が運転するのに支障がない範囲である、橋桁のズレが所定の範囲内に収まるように、ゴム支承の水平方向の許容変位量を定める。具体的な範囲としては、センターラインのズレが250mm～300mm以内の範囲になるように定めるのが好ましい。

- (2) ゴム支承のパネ定数設定

次に、ゴム支承のパネ定数を設定する。具体的には、ゴム支承を所定設置スペースに収まる範囲内の厚さとし、材質、構造、厚さは、橋桁の鉛直荷重、せん断荷重に耐えられるものを選定する。そして、ゴム支承の面積を順次変え、ゴム支承の変位量が上記(1)で設定した水平方向の許容変位量内に収まる面積とする。

【0080】

以上の設定によりゴム支承を定める。このゴム支承についてはばね定数を予め計算して求め、ゴム支承のばね定数を設定する。

- (3) 摩擦ダンパーの摩擦力に応じた橋脚下端の曲率の解析、曲率のグラフ化

次に、一つあるいは複数のサンプル地震動に対して、摩擦ダンパーの摩擦力を変化させて動的解析を実施し、摩擦ダンパーの摩擦力に応じた橋脚下端の曲率を求めるとともにグラフ化する。ここで、橋脚下端の曲率は、地震力に伴い橋脚に作用する曲げモーメントにより変化する。

- (4) サンプル地震動に対する曲率範囲に基づく、摩擦ダンパー摩擦力の判定、設定

(3)で作成した曲率のグラフに基づき、一つあるいは複数のサンプル地震動に対して、求めた橋脚下端の曲率が所定の値以下の範囲にあるか否かを判断する。

【0081】

ここで、一つあるいは複数のサンプル地震動とは、東日本大震災クラスの地震動(以下、タイプI地震動という)、阪神・淡路大震災クラスの地震動(以下、タイプII地震動という)を意味する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 2 】

具体的な判断としては、タイプⅠ地震動に対して降伏曲率以下の範囲があり、かつ、タイプⅡ地震動に副次的な塑性曲率以下の範囲があるか否かで判断する。

## 【 0 0 8 3 】

上記範囲にある場合（４ - １）には、そのグラフのパターンに応じた摩擦力を設定して、（５）設定摩擦力による判定を行う。

## 【 0 0 8 4 】

図 1 7 に、タイプⅠ地震動に対して降伏曲率以下の範囲があり、かつ、タイプⅡ地震動に副次的な塑性曲率以下の範囲にある場合のパターン A を示し、図 1 8 にパターン B のグラフを示す。

## 【 0 0 8 5 】

図 1 7 に示すパターン A は、タイプⅠ地震動に対して、橋脚下端曲率が降伏曲率以下のダンパー摩擦力の範囲と、タイプⅡ地震動に対して、橋脚下端曲率が副次的な塑性曲率以下のダンパー摩擦力の範囲が重なっている場合であり、パターン A における、この重なった範囲内のダンパー摩擦力とすることにより橋脚下端曲率は所定の値以下の範囲になる。従って、このダンパー摩擦力で設定すればよい。なお、設定に際しては、この範囲内で複数の摩擦ダンパーの組み合わせで行うこともできる。

## 【 0 0 8 6 】

図 1 8 に示すパターン B は、タイプⅠ地震動に対して、橋脚下端曲率が降伏曲率以下のダンパー摩擦力の範囲と、タイプⅡ地震動に対して、橋脚下端曲率が副次的な塑性曲率以下のダンパー摩擦力の範囲が重なっていない場合を示している。パターン B における、このように重なった範囲のダンパー摩擦力がない場合（ ）は、タイプⅠ地震動で降伏曲率を超えるグラフ左側のダンパー摩擦力の値とタイプⅡ地震動で副次的な塑性曲率を超えるグラフ右側のダンパー摩擦力の値との間の範囲のダンパー摩擦力にする。この範囲のどの値のダンパー摩擦力とするかは、タイプⅠ地震動とタイプⅡ地震動のどちらの地震動に対して優先するかを決め、値を設定する。

## 【 0 0 8 7 】

ここで、本発明において副次的な塑性化とは、橋脚に生じる損傷が小さく、修復が容易に行い得る範囲の塑性化を意味する。

## 【 0 0 8 8 】

一方、一つあるいは複数のサンプル地震動に対して、求めた橋脚下端の曲率が所定の値以下の範囲が一つでもない場合（４ - ２）には、ゴム支承のバネ定数を低減して（３）に戻る。

## 【 0 0 8 9 】

ここで、橋脚下端の曲率が所定の値以下の範囲とは、好適にはタイプⅠ地震動に対して降伏曲率以下の範囲、タイプⅡ地震動に対して副次的な塑性曲率以下の範囲をいう。

## （５）設定摩擦力による判定

（４）で設定した摩擦ダンパーの摩擦力が、レベル 1 の地震動で滑るか否かにより判定を行う。具体的な、レベル 1 の地震動で滑るか否かの判断は、動的解析を行い、レベル 1 で滑らない摩擦ダンパーの摩擦力の下限值を求め、（４）で設定したダンパーの摩擦力がその下限値以上であれば滑らないと判断する。パターン A、パターン B のグラフにおいては、設定したダンパーの摩擦力がレベル 1 で滑らない摩擦力の下限值のラインより左側であればよい。

## 【 0 0 9 0 】

摩擦ダンパーの摩擦力がレベル 1 の地震動で滑らない場合（５ - １）には、（６）摩擦ダンパーの摩擦力の判定、設定を行う。

## 【 0 0 9 1 】

摩擦ダンパーの摩擦力がレベル 1 地震動で滑る場合（５ - ２）には、設定不可となり、所定の値であるタイプⅠ地震動に対する降伏曲率の値または / かつタイプⅡ地震動に副次的な塑性化相当の曲率の値を緩和して設定し直すか、そこまでの曲率の低減で終了とする

10

20

30

40

50

。

(6) 摩擦ダンパーの摩擦力の判定、設定

(5) による判定に基づき、タイプII地震動時の水平変位が許容水平変位以下であるか否かにより摩擦ダンパーの摩擦力の設定を判断する。

【0092】

タイプII地震動時の水平変位が許容水平変位以下である場合(6-1)は、ここまでの算定結果で摩擦ダンパーの摩擦力を設定する。

【0093】

タイプII地震動時の水平変位が許容水平変位を超える場合(6-2)は、(7)摩擦ダンパーの摩擦力設定範囲の余裕の有無により対応を決定する。

10

(7) 摩擦ダンパーの摩擦力設定範囲の余裕の有無

(6) により、タイプII地震動時の水平変位が許容水平変位を超えると判定された場合には、摩擦ダンパーの摩擦力設定範囲の余裕の有無により次の対応を決定する。

【0094】

摩擦ダンパーの摩擦力設定範囲に余裕がある場合(橋脚下端の曲率に余裕がありまだ曲率を高くすることができる場合)(7-1)は、ゴム支承のパネ定数を増加して、(3)に戻り再度設定し直す。

【0095】

摩擦ダンパー摩擦力設定範囲に余裕がない場合(7-2)は、パネ定数は変化させないで、支承ゴム高を増加(橋桁の許容水平変位の緩和)して、(3)に戻り再度設定し直す

20

。

【0096】

摩擦ダンパー以外のダンパーを用いる場合のフローについては、可動支承としてゴム支承を用い、橋軸方向の摩擦ダンパー以外のダンパーの変位をゴム支承の水平方向の許容変位量内で、所定の移動量となるように、ゴム支承のパネ定数と摩擦ダンパー以外のダンパーの抵抗力を定めるフローとなり、図16において摩擦ダンパーを摩擦ダンパー以外のダンパーに置き換えたものとなる。

【0097】

なお、本発明による摩擦ダンパーによれば、橋軸方向及び橋軸直角方向の水平変位を所定の変位に設定できるが、最大 $\pm 250\text{mm} \sim 300\text{mm}$ 以内に収めるようにするのが好ましい。

30

【0098】

また、既設の橋梁耐震構造を有する橋梁の場合も同様に、橋軸方向及び橋軸直角方向の摩擦ダンパーの変位をゴム支承の水平方向の許容変位量内で、所定の移動量となるように、ゴム支承のパネ定数と摩擦ダンパーの抵抗力である摩擦力を定める。ただし、ゴム支承の高さは既存の橋脚と橋桁の間に入るに高さのものとする。

【0099】

そして、実際の取り換え、設置について、単径間を連ねた既設橋梁の橋梁耐震構造である図13(a)を用いて説明すると、まず、図13(a)の橋脚2と橋桁1の間の固定支承8をゴム支承に取り替え、可動支承をゴム支承にする。引き続き、橋桁1の橋軸方向の両端部とその両端部をそれぞれ支持する橋脚2との間に摩擦ダンパー5'を所定の角度で設置する。

40

【0100】

同様に図14(a)を用いて説明すると、まず、図14(a)の橋脚2と橋桁1の間の固定支承8をゴム支承に取り替え、可動支承をゴム支承にする。引き続き、図面左側の橋脚2と橋桁1の間に摩擦ダンパー以外のダンパー7'を橋軸方向に設置するとともに、橋桁1の橋軸方向の両端部とその両端部をそれぞれ支持する橋脚2との間に摩擦ダンパー5'を橋軸直角方向に設置する。

ゴム支承の交換、摩擦ダンパー、摩擦ダンパー以外のダンパーの設置の順序は、特に制限されるものではなく、橋梁の供用状況や、施工スペース等の工事条件に合わせて適宜実施

50

することができる。

【0101】

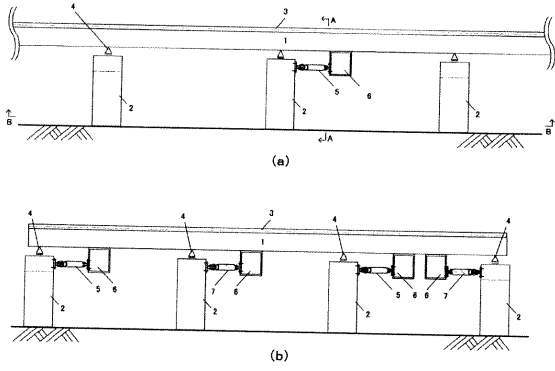
以上、本発明の実施の形態について例示説明したが、本発明はこれら例示説明に限定されるものでないことはいうまでもない。様々な態様として実施可能とされる。

【符号の説明】

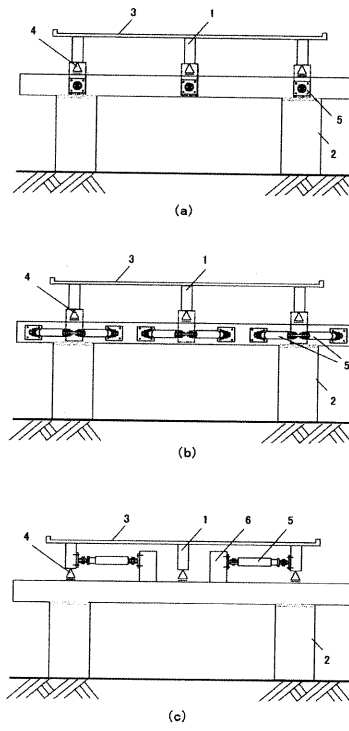
【0102】

- |    |                      |    |
|----|----------------------|----|
| 1  | 橋桁                   |    |
| 2  | 橋脚                   |    |
| 3  | 床版                   |    |
| 4  | 可動支承                 | 10 |
| 4' | 可動支承                 |    |
| 5  | 摩擦ダンパー               |    |
| 5' | 摩擦ダンパー               |    |
| 6  | 取付部材                 |    |
| 7  | 摩擦ダンパー以外のダンパー        |    |
| 7' | 摩擦ダンパー以外のダンパー        |    |
| 8  | 固定支承                 |    |
| 9  | 摩擦ダンパー、摩擦ダンパー以外のダンパー |    |
| 10 | ボールジョイント             |    |
| 11 | 取付部材                 | 20 |
| 12 | ダイス                  |    |
| 13 | ロッド                  |    |
| 14 | 内筒                   |    |
| 15 | 外筒                   |    |
| 16 | 緩衝材                  |    |

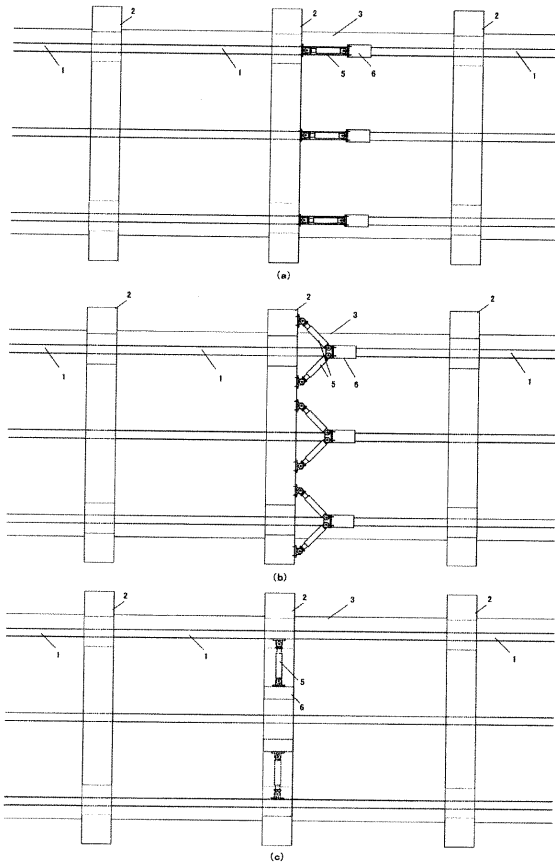
【図 1】



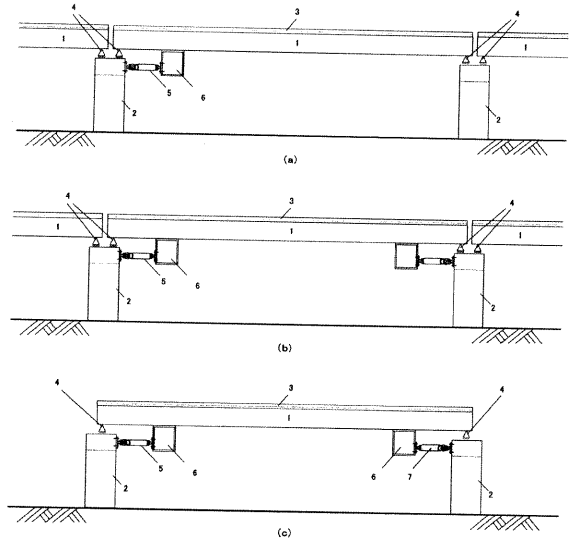
【図 2】



【図 3】

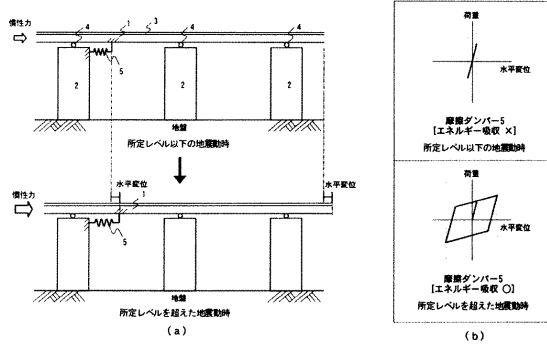


【図 4】

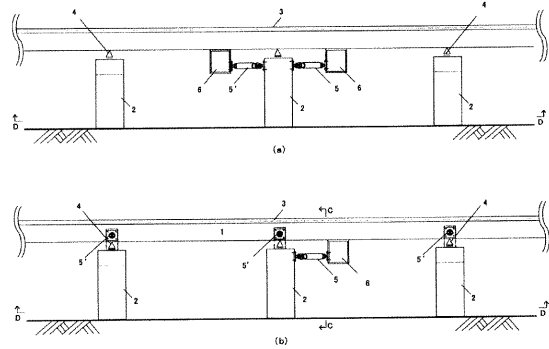




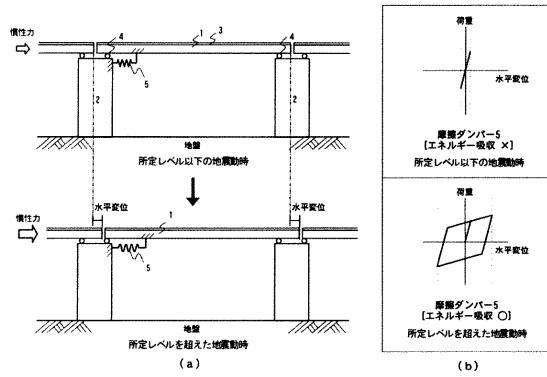
【図 5】



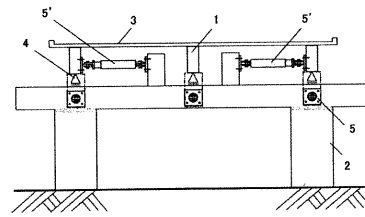
【図 7】



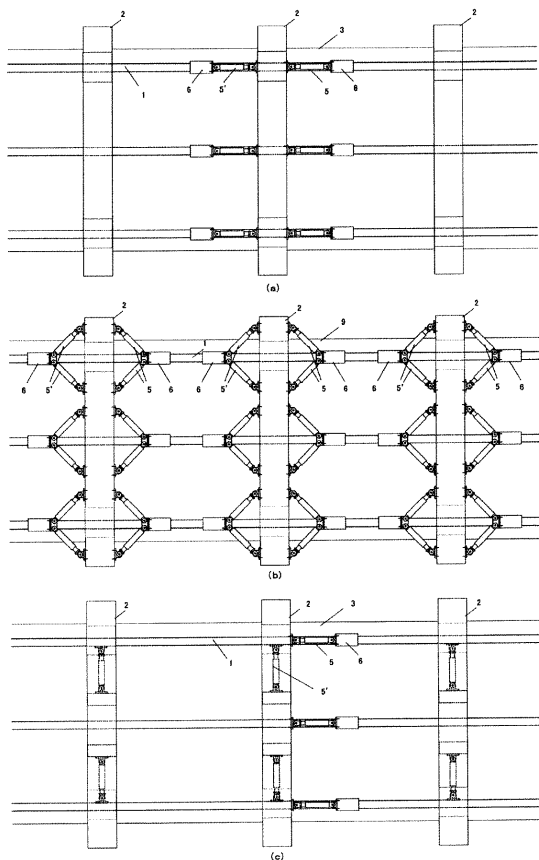
【図 6】



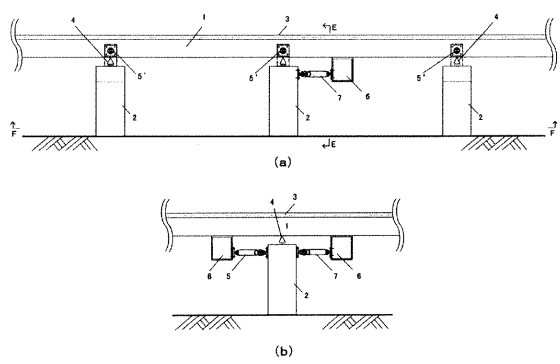
【図 8】



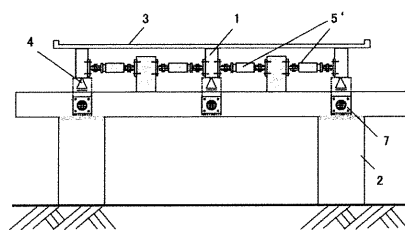
【図 9】



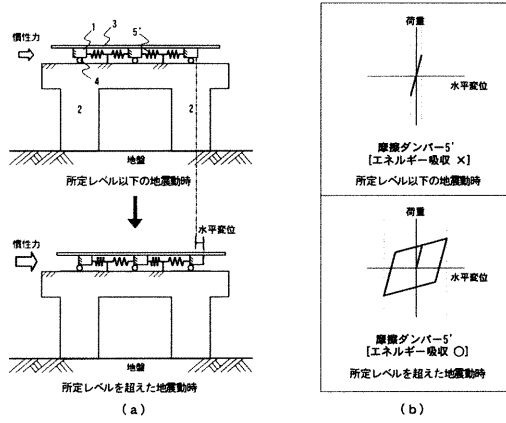
【図 10】



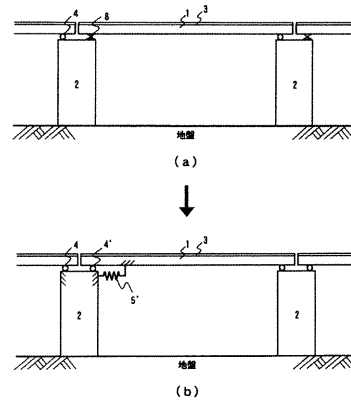
【図 11】



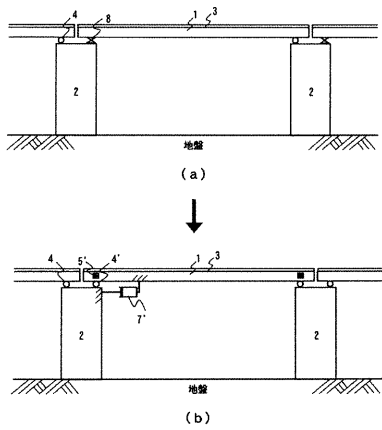
【図 1 2】



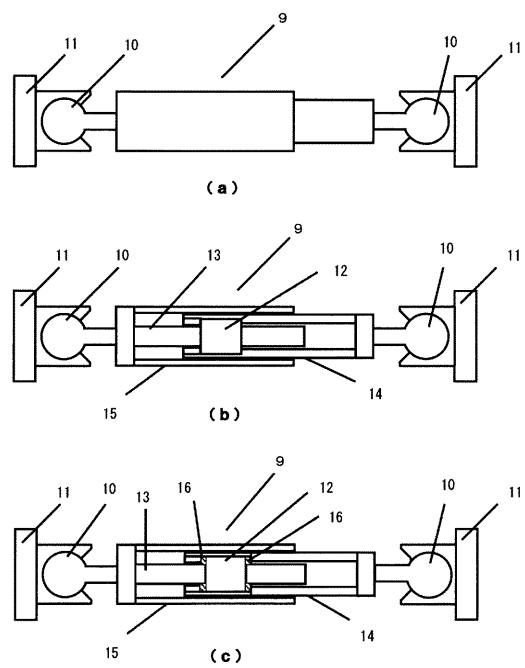
【図 1 3】



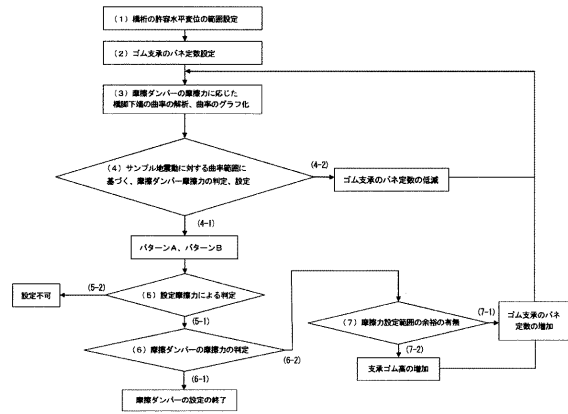
【図 1 4】



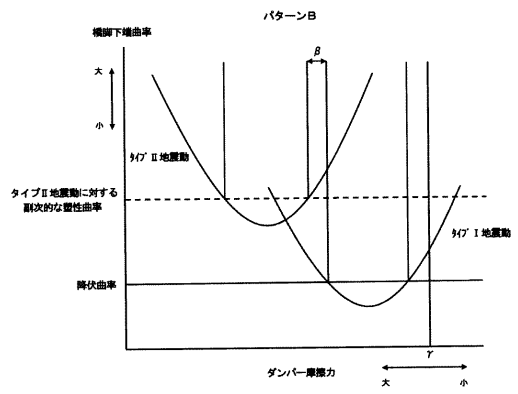
【図 1 5】



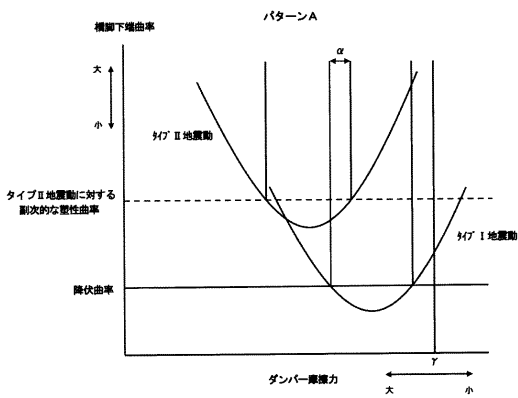
【図16】



【図18】



【図17】



## フロントページの続き

- (72)発明者 佐藤 俊男  
東京都港区芝四丁目8番2号 青木あすなる建設株式会社内
- (72)発明者 波田 雅也  
東京都港区芝四丁目8番2号 青木あすなる建設株式会社内
- (72)発明者 信岡 靖久  
東京都港区芝四丁目8番2号 青木あすなる建設株式会社内
- (72)発明者 牛島 栄  
東京都港区芝四丁目8番2号 青木あすなる建設株式会社内
- (72)発明者 中島 良一  
東京都港区芝四丁目8番2号 青木あすなる建設株式会社内

審査官 佐々木 創太郎

- (56)参考文献 特開平09-003822(JP,A)  
特開平05-141466(JP,A)  
特開2012-112486(JP,A)  
特開2002-180418(JP,A)  
米国特許出願公開第2007/0000078(US,A1)  
特開2004-197502(JP,A)  
特開平10-238579(JP,A)  
特開2004-019319(JP,A)  
特開2014-029106(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

E 01 D 1 / 00 - 24 / 00  
F 16 F 15 / 00 - 15 / 36