

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7133162号  
(P7133162)

(45)発行日 令和4年9月8日(2022.9.8)

(24)登録日 令和4年8月31日(2022.8.31)

(51)Int. Cl.	F I	
G 0 1 B 21/32 (2006.01)	G 0 1 B 21/32	
G 0 1 N 27/04 (2006.01)	G 0 1 N 27/04	Z
E 0 1 D 1/00 (2006.01)	E 0 1 D 1/00	D
E 0 1 D 22/00 (2006.01)	E 0 1 D 22/00	A
E 0 4 G 21/12 (2006.01)	E 0 4 G 21/12	1 0 4 F

請求項の数 8 (全 10 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2017-237007(P2017-237007)	(73)特許権者	507194017
(22)出願日	平成29年12月11日(2017.12.11)		株式会社高速道路総合技術研究所
(65)公開番号	特開2019-105477(P2019-105477A)		東京都町田市忠生一丁目4番地1
(43)公開日	令和1年6月27日(2019.6.27)	(73)特許権者	505398941
審査請求日	令和2年10月23日(2020.10.23)		東日本高速道路株式会社
			東京都千代田区霞が関三丁目3番2号
特許法第30条第2項適用 刊行物：コンクリート工学年次大会2017(仙台)コンクリート工学年次論文集第39巻(2017)DVD 発行所：公益社団法人日本コンクリート工学会 発行日：平成29年6月15日		(73)特許権者	505398952
			中日本高速道路株式会社
			愛知県名古屋市中区錦二丁目18番19号
		(73)特許権者	505398963
			西日本高速道路株式会社
			大阪府大阪市北区堂島一丁目6番20号
		(73)特許権者	500442881
			株式会社国際建設技術研究所
			大阪府東大阪市荒本新町6番5号

最終頁に続く

(54)【発明の名称】プレストレス導入用のCFRP緊張材を備えた構造物の損傷・変形を検知する方法およびCFRP緊張材

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

PC桁の下面、側面または上面に、CFRP緊張材を前記PC桁の材軸方向に沿って配置すると共に、前記PC桁のコンクリート内に配置されたPC鋼材および前記CFRP緊張材を所定の緊張力で緊張することによりプレストレスが導入されてなる構造物の補強方法であって、前記CFRP緊張材を前記PC桁の下面、側面または上面にその全長にわたって接着して取り付け、前記PC桁のひずみに比例して変化する前記CFRP緊張材の電気抵抗を測定することにより、前記PC桁のコンクリート内に配置された前記PC鋼材の損傷をリアルタイムでモニタリングし、前記CFRP緊張材の電気抵抗が予め設定されたひずみに対応する電気抵抗に達したときに、前記PC鋼材が損傷したと判断して、二層目のCFRP緊張材を前記PC桁の材軸方向に沿って配置することにより前記CFRP緊張材により前記PC桁を補強することを特徴とする構造物の補強方法。

【請求項2】

請求項1記載の構造物の補強方法において、前記CFRP緊張材の両端部に電極を形成する金属メッキが施されていることを特徴とする構造物の補強方法。

【請求項3】

請求項2記載の構造物の補強方法において、前記金属メッキが施されている部分にテーパーが形成されていることを特徴とする構造物の補強方法。

【請求項4】

請求項2または3記載の構造物の補強方法において、前記金属メッキは、電解メッキで

あることを特徴とする構造物の補強方法。

【請求項 5】

請求項 2 ~ 4 のいずれかに記載の構造物の補強方法において、前記金属メッキは多層構造であることを特徴とする構造物の補強方法。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の構造物の補強方法において、前記CFRP緊張材のひずみを計測するためのひずみ計測手段を備えていることを特徴とする構造物の補強方法。

【請求項 7】

請求項 6 記載の構造体の補強方法において、前記ひずみ計測手段は、ひずみゲージを備えたものであることを特徴とする構造物の補強方法。

【請求項 8】

請求項 6 記載の構造物の補強方法において、前記ひずみ計測手段は、光ファイバーセンサーを備えたものであることを特徴とする構造物の補強方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プレストレス導入用のCFRP(炭素繊維)緊張材を備えた構造物における構造物の損傷・変形を検知する方法および当該検知方法に用いられるCFRP緊張材に関し、プレストレスが導入された梁や桁などの構造物の損傷や変形をリアルタイムでモニタリングできるようにしたものである。

【背景技術】

【0002】

例えば、特許文献 1 には、コンクリート構造物に圧縮力を付与するPC鋼材の破断を検知する方法として、プレストレスコンクリート(以下「PC」)構造物のひび割れによるひずみを計測する計測材をPC構造物に取り付け、当該計測材のひずみ量を測定しそのひずみ量からPC鋼材の破断を検知する方法が記載されている。

【0003】

また、計測材のひずみ量からPC鋼材の破断を決定すること、計測材のひずみ量からコンクリートのひび割れ箇所を決定し、このひび割れ箇所からPC鋼材の破断箇所を決定すること、さらに、複数の計測材のひずみ量を比較して相対的に大きなひずみ量の計測材を決定し、相対的に大きなひずみ量の計測材の箇所又は近傍をPC鋼材の破断箇所として決定すること等が記載されている。

【0004】

また、特許文献 2 には、構造物の損傷を検出する方法として、構造物表面の、相互に離間した第 1 および第 2 の箇所に、第 1 および第 2 の基部をそれぞれ取り付け、かつ当該第 1 と第 2 の基部間に検出用部材を所定の引張力を付与した状態で設置し、当該検出用部材に取り付けられた歪みゲージの出力を、予め準備された基準値と比較して構造物の損傷を検出する方法が記載されている。

【0005】

さらに、検出用部材が、光学式の歪み検出手段を内蔵した光ファイバーである場合や、構造物がPC構造物の場合に、歪みゲージが検出した歪みの増大からプレストレス付与部材の欠陥を検出すること等が記載されている。

【0006】

また、特許文献 3 と特許文献 4 には、本願の出願人等が開発したアウトプレート工法と呼ばれる技術に関し、両端に定着体を備えたCFRPプレートを、コンクリート桁などのコンクリート躯体に緊張させて張設することにより、コンクリート躯体にプレストレスを導入する方法が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

10

20

30

40

50

【特許文献1】特開2011-180065号公報

【特許文献2】特開2013-250120号公報

【特許文献3】特許第4225826号公報

【特許文献4】特許第4340256号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献1に記載された発明は、PC構造物に沿って多数の計測材を取り付け、当該各計測材の取付け位置におけるコンクリートのひび割れによるひずみを計測するものであるため、計測材の取付けやメンテナンスに多くの手間と費用が必要とするという課題があり、  
実用的ではない。

10

【0009】

また、特許文献2に記載の発明は、検出用部材を構造物の特定の位置に取り付けるものであり、検出用部材の取付け位置における構造物の損傷を測定できても、PC構造物のコンクリート内に設置されたPC鋼材の損傷や破断を検知することは難しく、これを検知しようとするには、特許文献1に記載の発明と同様、多数の検出用部材を取り付け、それを維持管理する必要があるため、多くの手間と費用を必要とする。

【0010】

本発明は、以上の課題を解決するためになされたもので、梁や桁などの構造物にプレストレス導入用として設置されたCFRP緊張材のひずみまたはひずみに比例して変化するCFRP緊張材の電気抵抗を測定することにより、梁や桁などの構造物の損傷および変形をリアルタイムでモニタリングできるようにした構造物の損傷・変形検知方法および当該検知方法に用いられるCFRP緊張材を提供することを目的とするものである。

20

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明は、プレストレスが導入用のCFRP緊張材を備えた梁や桁などの構造物の損傷や変形をリアルタイムでモニタリングできる構造物の損傷・変形を検知する方法の発明であり、梁や桁などの構造物にプレストレスを導入する緊張材として設置されたCFRP緊張材のひずみまたはCFRP緊張材のひずみに応じて変化するCFRP緊張材の電気抵抗を測定することにより、梁や桁などの構造物の損傷や変形をリアルタイムで検知することを特徴とするものである。

30

【0012】

CFRP緊張材は、梁や桁などの構造物の下面、上面、側面、或いは構造物の断面内(例えばコンクリート断面内)などに設置することができ、特に設置位置は限定されるものではない。

【0013】

また、CFRP緊張材は、梁や桁などの構造物にその全長に渡り構造物と一体に設置するほうが構造物の損傷や変形を検知する精度を高めることができる。例えば、CFRP緊張材を梁や桁などの構造物の下面にその全長に渡り接着して取り付ける方が、構造物の下部面に接着しないで取り付けるよりも構造物の損傷や変形を検知する精度が高い。

40

【0014】

このため、梁や桁などの構造物の、例えば、下面にCFRP緊張材をその全長にわたり接着して設置し、当該CFRP緊張材のひずみまたはひずみに応じて変化する電気抵抗を計測することにより構造物の応力変動を敏感に検知することができ、活荷重による梁や桁などの構造物のひずみ変動も容易にモニタリングすることができる。

【0015】

CFRP緊張材のひずみまたは電気抵抗を測定するひずみ計測手段としては、CFRP緊張材の表面に接着して取り付けられる一般応力測定用のひずみゲージ、または当該ひずみに応じて変化する電気抵抗を測定する測定器を備えたものを用いることができる。

【0016】

50

また特に、CFRP緊張材は導電性を有し、かつ弾性範囲でひずみ変形するという点で鋼材(金属)と変わらないため、梁や桁などの構造物のひずみに応じて(例えば、比例して)変化する一般応力測定用のひずみゲージを兼用することができる。このため、本来の応力測定用のひずみゲージがなくても、梁や桁などの構造物のひずみに応じて変化するCFRP緊張材のひずみまたは電気抵抗を直接測定することにより、梁や桁などの構造物の損傷や変形をリアルタイムでモニタリングすることができる。

【0017】

また、光ファイバーセンサーと光学変換器を備えたもの等も、本発明におけるひずみ計測手段として用いることができる。

【0018】

また、CFRP緊張材の両端部に電解メッキによる金属メッキを施した電極を形成し、さらに当該電極にテーパーを設けることにより接地面積が広くかつ腐食しにくい電極を形成することができる。これにより導電性が向上し、CFRP緊張材の抵抗変化を長期にわたり安定して計測することができる。

【0019】

なお、金属メッキとしてはニッケル、クロム、ニッケルクロム、亜鉛、亜鉛クロメート、銅、金、銀、カドニウム、チタン等の金属メッキが適し、さらに銅メッキの上にニッケルメッキ等といったような多層構造のメッキとするのが望ましい。また、電極のテーパーは、サンダーで研磨する等の方法により容易に形成することができる。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、プレストレス導入用のCFRP緊張材を備えた梁や桁などの構造物であれば、その構造がPC構造や鉄筋コンクリート構造、鉄骨構造、鋼構造に制約されることなく、前記CFRP緊張材のひずみまたはひずみに応じて変化するCFRP緊張材の電気抵抗を測定することにより、梁や桁などの構造物のPC鋼材、鉄筋、鉄骨、鋼材またはコンクリートの損傷や変形をリアルタイムでモニタリングすることができる。

【0021】

例えば、PC構造の梁や桁の場合、梁や桁の上面、側面または下面に設置されるCFRP緊張材は、梁や桁に長スパンの範囲で設置されるため、梁や桁のコンクリート内に長スパンの範囲で挿通されるPC鋼材の損傷や破断等を敏感に検知することができる。

【0022】

また、CFRP緊張材そのものが、梁や桁に設置されるPC鋼材とともに、PC桁にプレストレスを導入する緊張材でもあるため、コンクリートのひび割れを測定して判断する場合に比べ、PC鋼材の損傷や破断を敏感に検知することができる。

【0023】

また、CFRP緊張材をひずみ計測手段として兼用することにより、本来のひずみ計測手段とその設置作業が不要になり、大幅な低コスト化を図ることができる。

【0024】

また、別途ひずみ計測手段を設置する場合でも、CFRP緊張材にひずみ計測手段を取り付けるだけなので、ひずみ計測手段をCFRP緊張材に事前に取り付けておけば、CFRP緊張材の設置と同時に計測手段の設置が完了することになり、施工性も向上する。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の一実施形態を図示したものであり、PC桁におけるPC鋼材の損傷・破断を検知する方法を示すPC桁の側面図である。

【図2】PC桁におけるPC鋼材の配置形態を図示したものであり、図2(a)は内ケーブル方式のPC桁の断面図、図2(b)は外ケーブル方式のPC桁の断面図である。

【図3】両端部に定着体を備えたCFRP緊張材を図示したものであり、図3(a)は平面図、図3(b)は側面図である。

【図4】図3に図示するCFRP緊張材の端部を拡大した図であり、図4(a)は平面図、図4(b)

10

20

30

40

50

は側面図、図4(c)は電極の側面図である。

【図5】本発明の他の実施形態を図示したものであり、PC桁におけるPC鋼材の損傷・破断を検知する方法を示すPC桁の側面図である。

【図6】本発明の他の実施形態を図示したものであり、PC桁におけるPC鋼材の損傷・破断を検知する方法を示すPC桁の側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

図1～4は、本発明の一実施形態を図示したものであり、プレストレス導入用のCFRP緊張材を備えたPC桁のコンクリート内に挿通されたPC鋼材の損傷・破断を検知する方法を図示したものである。

【0027】

図において、PC桁1の下面にCFRP緊張材2がPC桁1のスパン方向に沿って設置され、かつ当該CFRP緊張材2の両端部がPC桁1のスパン方向両端の支持部近傍の下面に定着体3によってそれぞれ定着されている。

【0028】

CFRP緊張材2は、PC桁1のコンクリート内に挿通されたPC鋼材4と同様に、PC桁1にプレストレスを導入する緊張材として設置されており、基準値を満足させる緊張力が導入されている。

【0029】

また、CFRP緊張材2には、PC桁1のひずみ(伸縮)に比例して変化するCFRP緊張材2のひずみ(伸縮)を計測するための計測手段が取り付けられ、計測手段にはPC桁1のひずみ(伸縮)に比例して変化するひずみゲージ(ここではCFRP緊張材2)を備えたものが用いられている。

【0030】

なお、CFRP緊張材2は導電性を有し、かつ弾性範囲でひずみ変形するという点で鋼材(金属)と変わらないため、PC桁1のひずみ(伸縮)に比例して変化する一般応力測定用のひずみゲージと兼用することができる。

【0031】

これにより、PC桁1のひずみ(伸縮)に比例して変化するCFRP緊張材2のひずみまたは電気抵抗を直接測定器(図省略)によって逐一測定し、当該CFRP緊張材2の引張りひずみ量または電気抵抗値が予め設定された値以上に達した時点でPC鋼材4が損傷もしくは破断したものと判断することができる。

【0032】

すなわち、CFRP緊張材2自体の引張りひずみ量を測定することにより、そのひずみ量からPC桁1に挿通されたPC鋼材4の損傷もしくは破断を判断することができる。

【0033】

また、CFRP緊張材2は、自身のひずみ(伸縮)に比例して電気抵抗が変化し、引張りひずみ量の増大に比例して電気抵抗が増大する。したがって、CFRP緊張材2の引張りひずみに比例して増大する自身の電気抵抗を測定器によって逐一測定し、その電気抵抗をひずみに換算した値が予め設定された値に達した時点でPC鋼材4が損傷もしくは破断したものと判断することができる。

【0034】

また特に、CFRP緊張材2の両端部に電解メッキによる金属メッキ5を施すことにより電極6が形成されている(図4参照)。また、電極6に厚さ方向に傾斜するテーパが形成されている(図4(c)参照)。

【0035】

電極6がこのように形成されていることで、接地面積が広くかつ腐食しにくい電極とすることができ、良好な導電性を長期にわたって維持することができる。

【0036】

なお、電極6のテーパは、サンダーで研磨する等の方法により容易に形成することが

10

20

30

40

50

でき、また、金属メッキ5は電解メッキで行うことによりむらのない金属メッキ5を施すことができる。

【0037】

金属メッキ5としてはニッケル、クロム、ニッケルクロム、亜鉛、亜鉛クロメート、銅、金、銀、カドニウム、チタン等の金属メッキが適し、さらに銅メッキの上にニッケルメッキ等といった多層構造のメッキとするのが望ましい。

【0038】

なお、CFRP緊張材2の断面形状(厚さ×幅)が3mm×75mm程度の場合、CFRP緊張材2端部の定着体3からの突出長さLは20mm程度、テーパ長さL<sub>1</sub>は10mm程度あればよいが、必ずしもこの範囲に限定されるものではない(図4(a)参照)。

【0039】

また、橋梁などのPC桁1の上面、側面または下面などにフェイルセーフとして1層目のCFRP緊張材2を設置し、当該CFRP緊張材2のひずみからPC桁1内のPC鋼材4のモニタリングを実施して、PC鋼材4の破断もしくは損傷が確認されたときは、2層目のCFRP緊張材2を設置してPC桁1を補強することもできる。

【0040】

また、CFRP緊張材2は、PC桁1の上面、側面または下面などにその全長にわたって接着して取り付ける方が、PC桁1の上面、側面または下面などに接着しないで取り付ける場合よりPC桁1の変形を検知しやすく精度が高い。

【0041】

このため、PC桁1の下面にCFRP緊張材2を接着して取り付け、当該CFRP緊張材2のひずみを計測することでPC桁下面の応力変動を敏感に検知することができ、これによりPC鋼材4の損傷・破断を検知する精度を向上させることができる。

【0042】

なお、PC鋼材4はPC桁1のコンクリート内(内ケーブル)、コンクリート外(外ケーブル)のいずれに配置されていてもよい(図2(a),(b)参照)。

【0043】

図5は本発明の他の実施形態を図示したものであり、CFRP緊張材2に本来のひずみゲージ7を取り付けて、CFRP緊張材2のひずみ(伸縮)からPC桁1内に挿通されたPC鋼材4の損傷・破断を検知するようにしたものであり、ひずみゲージ7はCFRP緊張材2の下面に接着材によって取り付けられている。

【0044】

そして、CFRP緊張材2のひずみ(伸縮)に比例して変化するひずみゲージ7の引張ひずみを測定器などによって逐一測定し、ひずみゲージ7のひずみが予め設定された値に達した時をPC鋼材4が損傷もしくは破断したものと判断することができる。

【0045】

なお、ひずみゲージ7には在来の一般応力測定用のひずみゲージを使用することができ、きわめて経済的である。また、ひずみゲージ7の位置は、CFRP緊張材2の中央、両端端のいずれの位置でもよい。

【0046】

図6は、同じく本発明の他の実施形態を図示したものであり、PC桁1内に挿通されたPC鋼材4の損傷・破断は、光学式のひずみ検出手段を内蔵した光ファイバーセンサーと光学変換器を備えたひずみ計測手段によってモニタリングすることにより検知することができる。

【0047】

図において、光ファイバーセンサー8は光学式のひずみ検出手段を内蔵し、CFRP緊張材2の下部面にPC桁1のスパン方向に沿って設置されている。そして、CFRP緊張材2のひずみ(伸縮)に比例して変化する光ファイバーセンサー9の光ひずみを光学変換器などによってモニタリングすることによりPC鋼材4の損傷もしくは破断を検知することができる。

【0048】

10

20

30

40

50

なお、光ファイバーセンサー 9 には在来の光ファイバーセンサーを使用することができ、例えば、光ひずみ計(FBG)や光損失計(OTDR)、或いは光ひずみ分布計(BOTDR)などを使用できる。

【 0 0 4 9 】

また、CFRP緊張材 2 をPC桁 1 の下部面にスパン方向の全長にわたって接着して取り付け、かつ当該CFRP緊張材 2 の下部面に光ファイバーセンサー 9 を全長に渡って接着して取り付けることにより、PC鋼材 4 の損傷・破断を検知すると同時にPC鋼材 4 の損傷もしくは破断した位置も検知することができる。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 5 0 】

本発明は、梁や桁などの構造物の上面、側面または下面などに設置されたプレストレス導入用のCFRP緊張材のひずみまたは電気抵抗をひずみ計測手段によってモニタリングすることにより、梁や桁などの構造物の損傷・変形をリアルタイムで検知することができる。

【符号の説明】

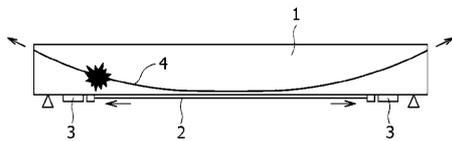
【 0 0 5 1 】

- 1 PC桁(プレストレストコンクリート桁)
- 2 CFRP緊張材
- 3 定着体
- 4 PC鋼材
- 5 金属メッキ
- 6 電極
- 7 ひずみゲージ
- 8 光ファイバーセンサー

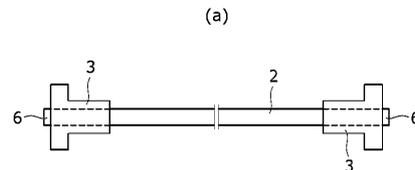
10

20

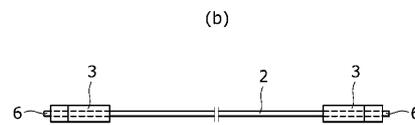
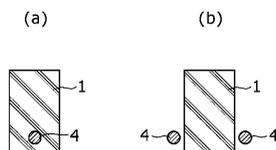
【 図 1 】



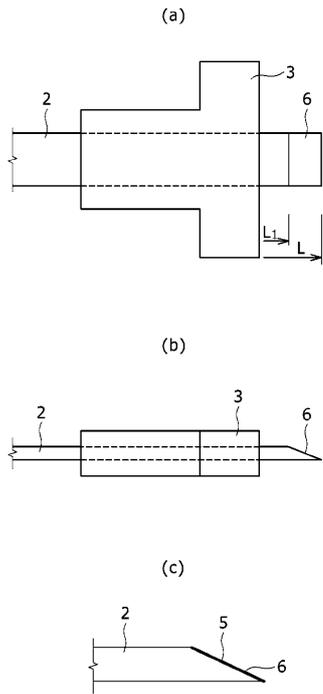
【 図 3 】



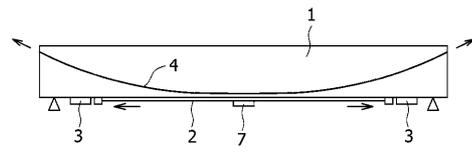
【 図 2 】



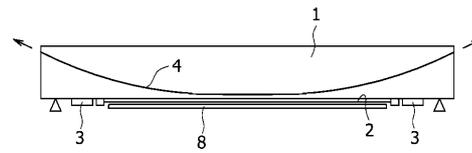
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
G 0 1 B	7/16	(2006.01)	G 0 1 B	7/16 R
G 0 1 N	27/00	(2006.01)	G 0 1 N	27/00 L
G 0 1 B	11/16	(2006.01)	G 0 1 B	11/16 Z

(73)特許権者 000006644

日鉄ケミカル&マテリアル株式会社  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号

(73)特許権者 591030178

ドービー建設工業株式会社  
北海道札幌市中央区北一条西六丁目2番地

(74)代理人 100087491

弁理士 久門 享

(74)代理人 100104271

弁理士 久門 保子

(72)発明者 豊田 雄介

東京都町田市忠生一丁目4番地1 株式会社高速道路総合技術研究所内

(72)発明者 葛目 和宏

大阪府東大阪市荒本新町6番5号 株式会社国際建設技術研究所内

(72)発明者 小林 朗

東京都中央区銀座七丁目16番3号 新日鉄住金マテリアルズ株式会社内

(72)発明者 立石 晶洋

東京都中央区銀座七丁目16番3号 新日鉄住金マテリアルズ株式会社内

(72)発明者 秀熊 佑哉

東京都中央区銀座七丁目16番3号 新日鉄住金マテリアルズ株式会社内

(72)発明者 長谷川 剛

北海道札幌市中央区北一条西六丁目2番地 ドービー建設工業株式会社内

(72)発明者 立神 久雄

北海道札幌市中央区北一条西六丁目2番地 ドービー建設工業株式会社内

審査官 續山 浩二

(56)参考文献 韓国登録特許第10-1757590(KR, B1)

特開2006-097462(JP, A)

特開昭58-042288(JP, A)

特開2016-186209(JP, A)

特開平11-326149(JP, A)

特開平06-151040(JP, A)

特開2015-194461(JP, A)

特開2013-178999(JP, A)

米国特許出願公開第2016/0319542(US, A1)

特開平09-004049(JP, A)

特開平11-302936(JP, A)

中国特許出願公開第107024305(CN, A)

中国特許出願公開第104483170(CN, A)

韓国公開特許第10-2009-0087590(KR, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 B	2 1 / 3 2
G 0 1 N	2 7 / 0 4
E 0 1 D	1 / 0 0
E 0 1 D	2 2 / 0 0
E 0 4 G	2 1 / 1 2
G 0 1 B	7 / 1 6
G 0 1 N	2 7 / 0 0
G 0 1 B	1 1 / 1 6