

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特 許 公 報(B2)

(11)特許番号

特許第7152878号
(P7152878)

(45)発行日 令和4年10月13日(2022. 10. 13)

(24)登録日 令和4年10月4日(2022. 10. 4)

(51)Int. Cl. F I
 G 0 1 N 29/14 (2006. 01) G 0 1 N 29/14
 G 0 1 N 29/24 (2006. 01) G 0 1 N 29/24

請求項の数 4 (全 8 頁)

(21)出願番号	特願2018-99527(P2018-99527)	(73)特許権者	391023518
(22)出願日	平成30年5月24日(2018. 5. 24)		一般社団法人日本建設機械施工協会
(65)公開番号	特開2019-203809(P2019-203809A)		東京都港区芝公園三丁目5番8号 機械振
(43)公開日	令和1年11月28日(2019. 11. 28)		興会館内
審査請求日	令和3年5月6日(2021. 5. 6)	(73)特許権者	507194017
			株式会社高速道路総合技術研究所
			東京都町田市忠生一丁目4番地1
		(73)特許権者	505398941
			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
		(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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 P C構造物の劣化現象検査用の移動型 A E センサ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

円筒状を呈するケース本体の下端部側に厚さ 0 . 2 m m のリン青銅板からなる摺動板が半田付けにより一体的に取り付けられ、

該摺動板に黄銅板とセラミック板とからなる振動子を取り付けられ、

前記黄銅板とケース本体との間に負極引き出し線を接続し、

前記セラミック板に正極引き出し線の一端部を取付け、該正極引き出し線他端部はケース本体の側面に取付けた B N C 接栓に接続され、

前記ケース本体の上端部には上蓋が気密状態に施蓋されて取り付けられた構成を有すること

を特徴とする移動型 A E センサ。

【請求項 2】

前記摺動板の直径は 3 . 7 m m であること

を特徴とする請求項 1 に記載の移動型 A E センサ。

【請求項 3】

前記黄銅板とセラミック板の厚さは、それぞれ 1 m m であること

を特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の移動型 A E センサ。

【請求項 4】

前記負極及び正極引き出し線は、それぞれ複数の細線を撚り合わせて外周を樹脂被膜で覆った線であること

を特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の移動型 A E センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、道路橋や鉄道橋等のプレストレストコンクリート構造物（P C 構造物）における劣化現象または現状況を検査するための移動型 A E センサに関するものである。

【背景技術】

【0002】

この種の P C 構造物においては、長期間の使用によってコンクリートにひび割れが生じ、該ひび割れから雨水が内部に浸透して鉄筋、P C 鋼棒や P C 鋼材が腐食して錆が発生し、錆の膨張によってコンクリートの一部が剥落したり、緊張力が損傷する恐れがあるので、一定の期間ごとに P C 構造物の状況を検査する装置（センサ）が複数提案されている。

10

その公知に係る第 1 の装置は、複数の素線集合体より成る抗張力線を埋設しているコンクリート構造物の疲労破壊を該素線の初断線を検知することによって予知する方法に直接使用する装置において、上記抗張力線を埋設しているコンクリート構造物表面部位に付設するたわみ形振動子（センサ）がフィルタに電氣的に接続され、該フィルタは記録装置と経時計測装置とに接続される波形記録装置に電氣的に接続されていることを特徴とするコンクリート構造物破壊予知装置、である（特許文献 1）。

【0003】

そして、上記コンクリート構造物破壊予知装置については、たわみ形振動子が電氣的にフィルタに接続されているため、外乱振動等を除去することが出来、初切断による弾性波のみを入力することが出来、更に、記録装置が設けられているためにその検査測定が目視出来、これによってもそのデータが他の検査測定に利用できる効果もあり、正確な対処ができるという効果も奏される、というものである。

20

【0004】

公知に係る第 2 の装置は、信号処理回路を組み込んだ検知器本体に、電気信号を機械的振動に変換して建築構造物に与えるための加振用接触子と、該建築構造物で発生する機械的振動を電気信号に変換するための受信用接触子とが設けられた建築構造物検査装置において、前記加振用接触子及び受信用接触子は、前記建築構造物に接触する部分に転動部材が設けられていることを特徴とする建築構造物検査装置、である（特許文献 2）。

30

【0005】

上記建築構造物検査装置は、加振用及び受信用接触子に転動部材を設けたので、被検査壁面に接触子を接触させて移動させる場合、ボールが壁面で転動し、小さい摩擦力で軽快に動かせるため、作業性が向上すると共に、壁面に引っ掛かって壁面に傷を付けたり、不かいな摩擦音を発生することがなくなる。また、前記転動部材をボールとすることにより、ボールを被検査壁面に接触させたまま任意の方向に移動させて検査が可能となる、また、前記転動部材をローラとすることにより、壁面への接触面積が大きく取れるため、被検査壁面が大面積である場合、作業効率が向上する、というものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0006】

【特許文献 1】特公平 5 - 6 4 2 9 9 号の公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 2 - 2 5 0 7 1 9 号の公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

前記公知技術 1 の発明においては、A E センサであるたわみ形振動子は、圧電素子とコネクタとをケースによってユニット化したものであって、コンクリート構造物である橋桁の底面に、所要間隔をもって複数個のたわみ形振動子が添着固定されて使用されるものであるから、そのたわみ形振動子に繋がる波形記憶装置、記録装置および経時計測装置も

、各橋桁毎に一旦設置すると実質的に移動させることが出来ない構成になっているので、コスト高になるという課題を有している。

【 0 0 0 8 】

また、前記公知技術 2 の発明に係る建築構造物検査装置は、該検査装置の検知器本体に、信号処理回路を組み込むと共に、電気信号を機械的振動に変換して建築構造物に与えるための加振用接触子と、該建築構造物で発生する機械的振動を電気信号に変換するための受信用接触子とが設けられ、加振用接触子及び受信用接触子に転動部材を設けた構成であって、検知器本体は移動させることが出来る構成であるが、検知器本体から機械的振動を建築構造物に与えると同時に、建築構造物で発生する機械的振動を受けて電気信号に変換するとしているが、移動させながら機械的振動を近接した位置で発信と受信が同時に行われると、発信と受信の振動が混在するばかりでなく、建築構造物の表面状態や両接触子の接触状態によっても、正確な検査結果が得られるという保証はないのである。

10

【 0 0 0 9 】

本発明は、前記課題を解決するために、移動が可能であって広帯域の周波数に感度を有し、且つピンポイントでも正確な検査結果が得られる移動型 A E センサを提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本発明は前述の課題を解決する具体的手段として、本発明は、円筒状を呈するケース本体の下端部側に厚さの薄いリン青銅板からなる摺動板が半田付けにより一体的に取り付けられ、該摺動板に黄銅板とセラミック板とからなる振動子を取り付けられ、前記黄銅板とケース本体との間に負極引き出し線を接続し、前記セラミック板に正極引き出し線の一端部を取付け、該正極引き出し線他端部はケース本体の側面に取付けた B N C 接栓に接続され、前記ケース本体の上端部には上蓋が気密状態に施蓋されて取り付けられた構成を有することを特徴とする移動型 A E センサを提供するものである。

20

【 0 0 1 1 】

上記発明において、前記摺動板の厚さは 0 . 2 m m であること；前記黄銅板とセラミック板の厚さは、それぞれ 1 m m 程度であること；および前記負極及び正極引き出し線は、それぞれ複数の細線を撚り合わせて外周を樹脂被膜で覆った線であること；を付加的要件として含むものである。

30

【発明の効果】

【 0 0 1 2 】

本発明によれば、ケース本体の下端部側に半田付けで取付けられた厚さの薄いリン青銅板からなる摺動板に振動子（圧電素子）が取り付けられている構成の移動型 A E センサであるので、摺動板自体が低周波から高周波までの広い周波数帯域の感度を有しており、検査しようとするコンクリート構造物に移動型 A E センサを固定しなくても、手に持ってピンポイントで複数個所に押し当てて検出することが出来、センサの数を減らすことが出来ると共に、作業性が良好で且つ正確に構造物内部の状態を検出できるばかりでなく、コスト削減につながる等の種々の優れた効果を奏するのである。

【図面の簡単な説明】

40

【 0 0 1 3 】

【図 1】本発明の実施の形態に係る移動型 A E センサの縦断面図である。

【図 2】同移動型 A E センサと従来技術の固定型 A E センサの取付状況を説明図するための試験用に形成されたコンクリート構造物を略示的に示した側面図である。

【図 3】同移動型 A E センサを使用した一例の計測システムを示した説明図である。

【図 4】前記図 3 のコンクリート構造物に従来の固定型 A E センサにおける振動子及び本願発明の移動型 A E センサにおける摺動板を接着剤を使用して、各設置位置 a ~ g に仮固定した A 状態でそれぞれ設置した場合と、移動型 A E センサを接着剤を使用しないで、手で持って各設置位置 a ~ g の位置に軽く押圧して点接触（ピンポイント）させた B 状態で設置した場合について、衝撃波を発生させて検出した結果の伝搬距離と伝搬時間の関係を

50

示したグラフである。

【図 5】上記図 4 と同様に、従来技術の固定型 A E センサと本発明の移動型 A E センサの A 状態の固定と、B 状態のピンポイントにおける伝搬距離と受信波形の最大振幅の関係（平均値）とを示したグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本発明を図示の実施の形態に基づいて詳しく説明する。まず、図 1 に示した移動型 A E センサ 1 は、例えば、直径が 37 mm 程度の円筒状を呈する金属製のケース本体 2 の下端部側に薄い厚さの摺動板 3 が半田付けにより一体的に取り付けられ、該摺動板 3 に黄銅板 4 とセラミック板 5 とからなる振動子（圧電素子）6 が取り付けられ、黄銅板 4 とケース本体 2 との間に負極引き出し線 7 を接続し、セラミック板 5 に正極引き出し線 8 の一端部を取付け、該正極引き出し線 8 の他端部はケース本体 2 の側面に取付けた BNC 接栓 9 に接続され、ケース本体 2 の上端部には上蓋 10 が気密状態に施蓋されて取り付けられた構成を有するものである。

10

【0015】

上記移動型 A E センサ 1 の製造に関しては、例えば、摺動板 3 については、なるべく薄いものが良いが、銅板や真鍮版は薄いと変形し易いし、厚くするとたわみ振動が阻害されるので、適合性に欠ける。そこで、種々検討し実験した結果、硬質ではね効果を保有し、広範囲のたわみ振動、つまり低周波数（数 Hz ～数十 Hz）、中間周波数（数十 Hz ～数千 Hz）、高周波数（数千 Hz ～数百 kHz）までの感度を有するように、それに適した薄い（略 0.2 mm 厚さ）リン青銅板が好適であることが確認されたので、0.2 mm 程度の厚さのリン青銅板を使用する。

20

【0016】

リン青銅板からなる摺動板 3 は、ケース本体 2 の外形寸法よりも 10 mm 程度大きな円形状に切断し、ケース本体 2 の下端部の外周端部側をヤスリで一様に研磨して少し短くし、摺動板 3 を半田付けする際に、半田が外周縁端部と摺動板 3 との間に入り易く形成する。摺動板 3 を半田付けした後に、摺動板 3 の余剰な外周部分をカットすると共に、周縁部分をヤスリで研磨してケース本体 2 の外周縁部と一致させる。

【0017】

このように半田付けした摺動板 3 の上面に、振動子（圧電素子）6 となる厚さが 1 mm 程度の負極となる黄銅板 4 と、厚さが 1 mm 程度の正極となるセラミック板 5 とがエポキシ樹脂系の接着剤を介して圧着状態に取り付けられる。この振動子（圧電素子）6 の表面には銀膜が蒸着されている。また、前記負極引き出し線 7 と正極引き出し線 8 とは、複数本の細線を撚り合わせて外周部を樹脂被膜で覆ったリード線が使用され、両端部側の被膜を所要長さ除去して細線を露出させて、半田付けによりそれぞれ連結させるものである。

30

【0018】

また、ケース本体 2 については、下端部側 2a と上端部側 2b とが分割されており、前記したように下端部側 2a に摺動板 3 を取り付けした後で、該摺動板 3 の上に黄銅板 4 とセラミック板 5 とを取り付ける作業と、負極引き出し線 7 と正極引き出し線 8 との連結作業とを容易に行うための分割であり、これらの作業終了後に、分割部分を半田付けして一体化するのである。そして、正極引き出し線 8 の他端部はケース本体 2 の解放された上端部側から BNC 接栓 9 に接続してから、ケース本体 2 の上端部に上蓋 10 を気密状態に取り付けるのである。

40

【0019】

このように構成された移動型 A E センサ 1 について、衝撃弾性波法の受信センサとしての適用性を確認するため、従来の固定型 A E センサと共に計測実験を行った。例えば、図 2 に示したように、橋桁の梁を見立てて形成した実験用の幅 400 mm、高さ 600 mm、長さ 9000 mm のコンクリート構造物 11 に 1 本の PC 鋼棒 12（φ32 mm）を配置し、該コンクリート構造物 11 の両端部を支持部材 13 で支持して浮かせた状態に設置し、該コンクリート構造物 11 の上面側の所要位置に超音波又は衝撃弾性波を発生させる

50

部材 14 を設置すると共に、予め、下面側にセンサの設置位置（配設位置）a ~ g を決めて、従来の固定型 A E センサと本発明の移動型 A E センサの適用性を確認した。

【0020】

また、計測装置（システム）としては、図 3 に示したように、従来から使用されているハイパスフィルタ 15 と波形記録装置（メモリハイコーダ）16 が使用され、各センサで検知した信号（周波数）はハイパスフィルタ 15 で着目する周波数をフィルタ処理（ノイズ除去）して波形記録装置 16 に送信し、該波形記録装置 16 においては、全チャンネルで閾値が設定されてトリガ待ち状態になっており、ハイパスフィルタ 15 からの信号入力（トリガ）に基づいて、対応する所形の波形を記録するものである。

【0021】

まず、従来の固定型 A E センサにおける振動子及び本願発明の移動型 A E センサ 1 における摺動板 3 を接着剤を使用して、各設置位置 a ~ g に仮固定した A 状態でそれぞれ設置した場合と、移動型 A E センサ 1 を接着剤を使用しないで、手で持って各設置位置 a ~ g の位置に軽く押圧して点接触（ピンポイント）させた B 状態で設置した場合について、衝撃波を発生させて検出した結果の伝搬距離と伝搬時間の関係を図 4 のグラフと、伝搬距離と受信波形の最大振幅の関係（平均値）とを図 5 のグラフにそれぞれ記載したものである。

【0022】

これらの表から明らかなように、振動子（圧電素子）をコンクリート構造物に直接固定した固定型 A E センサと、リン青銅板からなる摺動板 3 を A 状態に固定した移動型 A E センサ 1 と B 状態に押圧した移動型 A E センサ 1 とでは、伝搬時間や伝搬距離及び最大振幅もほとんど差異はなく、最大振幅幅において、B 状態（ピンポイント）に押圧した移動型 A E センサ 1 だけが少し劣るけれども、押圧力を少し高めればバラツキの少ない計測が可能であることが確認されたのである。なお、P C 鋼棒 12 の破断又は劣化については、a 又は g の設置位置にセンサを設置すれば良いのである。

【0023】

いずれにしても、本発明に係る移動型 A E センサ 1 は、厚さの薄いリン青銅板からなる摺動板 3 に振動子（圧電素子）6 が取り付けられてケース本体 2 内に密封された状態になり、振動子（圧電素子）が露出していないので、塩害に強く劣化する心配がなく長期に使用できると共に、摺動板を 0.2 mm 程度の薄いリン青銅板で形成したので強度的に優れ、超音波法であっても衝撃弾性波法であっても、低周波から高周波までの周波数帯域の振動伝達が良好であるから 1 個の移動型 A E センサ 1 で複数個所をピンポイントで簡単に計測できるので、コンクリート構造物における広い範囲の内部状態を正確に計測でき、計測作業も効率よく行えるのである。

【産業上の利用可能性】

【0024】

本発明に係る移動型 A E センサ 1 は、円筒状を呈するケース本体 2 の下端部側に厚さの薄いリン青銅板からなる摺動板 3 が半田付けにより一体的に取り付けられ、該摺動板 3 に黄銅板 4 とセラミック板 5 とからなる振動子（圧電素子）6 が取り付けられ、前記黄銅板 4 とケース本体 2 との間に負極引き出し線 7 を接続し、前記セラミック板 5 に正極引き出し線 8 の一端部を取付け、該正極引き出し線 8 の他端部はケース本体 2 の側面に取付けた BNC 接栓 9 に接続され、前記ケース本体の上端部には上蓋 10 が気密状態に施蓋されて取り付けられた構成を有するものであり、従来例の固定型 A E センサのように複数個所に固定して使用するものと違って、1 個の移動型 A E センサ 1 で複数個所をピンポイントで正確に且つ簡単に計測でき、作業性が良好であるので、従来使用されていた固定型 A E センサに代わって、大幅なコストダウンが図れるので、この種の建築業界において広い範囲で使用可能である。

【符号の説明】

【0025】

1 移動型 A E センサ

10

20

30

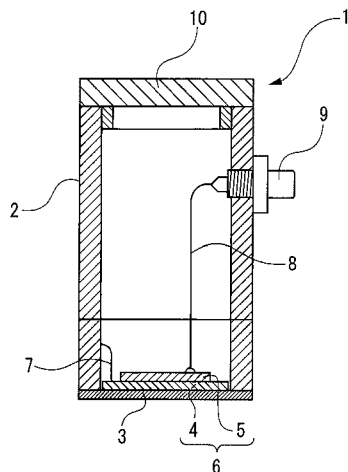
40

50

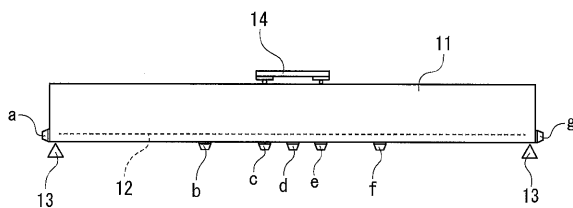
- 2 ケース本体
- 3 摺動板
- 4 黄銅板
- 5 セラミック板
- 6 振動子（圧電素子）
- 7 振動子（圧電素子）
- 8 正極引き出し線
- 9 BNC 接栓
- 10 上蓋
- 11 シンクリート構造物
- 12 PC 鋼棒
- 13 支持部材
- 14 超音波又は衝撃弾性波を発生させる部材
- 15 ハイパスフィルタ
- 16 波形記録装置（メモリハイコーダ）

10

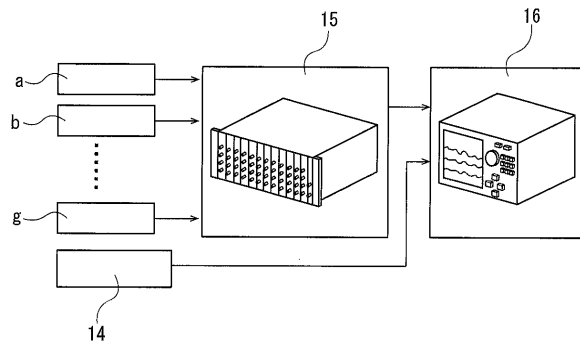
【図 1】



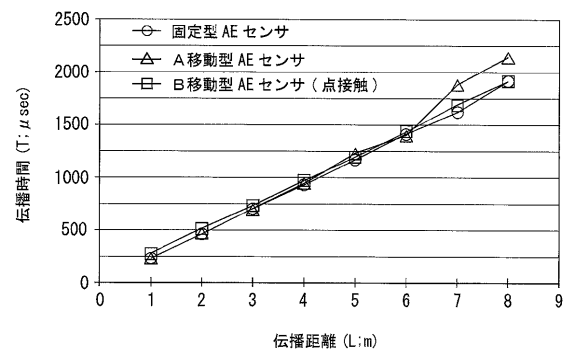
【図 2】



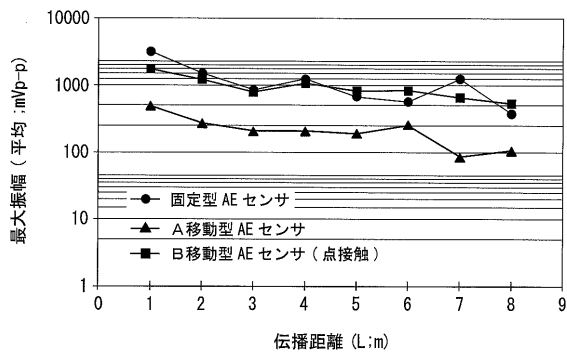
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(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

(74)代理人 110001014

弁理士法人東京アルパ特許事務所

(72)発明者 榎園 正義

静岡県富士市大淵3154 一般社団法人日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所内

(72)発明者 谷倉 泉

静岡県富士市大淵3154 一般社団法人日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所内

(72)発明者 小野 秀一

静岡県富士市大淵3154 一般社団法人日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所内

(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 萩原 直樹

東京都港区虎ノ門四丁目3番1号 中日本高速道路株式会社 東京支社内

審査官 村田 顕一郎

(56)参考文献 特開平04-062468(JP,A)

実開昭55-072159(JP,U)

特開平11-142219(JP,A)

国際公開第2013/133320(WO,A1)

特開2001-048668(JP,A)

特開昭59-027699(JP,A)

特表2009-517129(JP,A)

米国特許出願公開第2007/0113654(US,A1)

栗林 正己ほか, 雨滴感知式間欠ワイパシステムについて, 自動車技術, 第39巻第2号, 1985年,
p.204-209

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 29/00-29/52

A61B 8/00-8/15

H04R 7/00-7/26

H04R 17/00-17/10

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)