

(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2005-156432

(P2005-156432A)

(43) 公開日 平成17年6月16日(2005.6.16)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 29/14	GO 1 N 29/14	2GO24
GO 1 H 11/06	GO 1 H 11/06	2GO47
GO 1 M 19/00	GO 1 M 19/00	2GO64
GO 1 N 29/24	GO 1 N 29/24	Z

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2003-397276 (P2003-397276)	(71) 出願人	000000240 太平洋セメント株式会社 東京都中央区明石町8番1号
(22) 出願日	平成15年11月27日(2003.11.27)	(71) 出願人	391005824 株式会社日本セラテック 宮城県仙台市泉区明通3丁目5番
		(74) 代理人	100094547 弁理士 岩根 正敏
		(72) 発明者	内田 昌勝 千葉県佐倉市大作2-4-2 太平洋セメント株式会社中央研究所内
		(72) 発明者	森 寛晃 千葉県佐倉市大作2-4-2 太平洋セメント株式会社中央研究所内

最終頁に続く

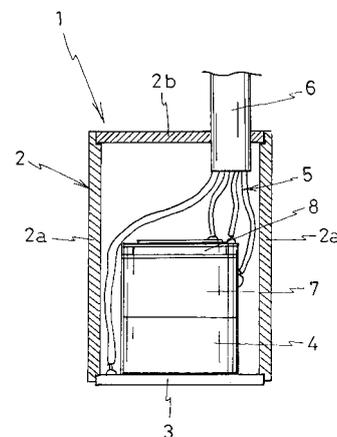
(54) 【発明の名称】 破断音センサ

(57) 【要約】

【課題】 高感度で耐久性に優れた破断音センサーを提供すること。

【解決手段】 被測定物であるプレストレスコンクリート構造物Aに密着して取付けられる受信板3と、該受信板3を介して前記被測定物Aに埋設された緊張材Xの破断によって生じた弾性波を受信し、該弾性波を電気信号に変換する圧電セラミックス素子4と、該圧電セラミックス素子4を収納するケーシング2とを備えた破断音センサ1であって、前記ケーシング2を構成する円筒形部分2aと蓋部分2bの全部を、マシナブルセラミックスにより形成した破断音センサとした。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被測定物であるプレストレスコンクリート構造物に密着して取付けられる受信板と、該受信板を介して前記被測定物に埋設された緊張材の破断によって生じた破断音を受信し、該破断音を電気信号に変換する電気音響変換子と、該電気音響変換子を収納するケーシングとを備えた破断音センサであって、前記ケーシングが、セラミックスにより形成されていることを特徴とする、破断音センサ。

【請求項 2】

上記セラミックスの音響インピーダンスが、上記被測定物の音響インピーダンスと近似したものであることを特徴とする、請求項 1 に記載の破断音センサ。

10

【請求項 3】

上記セラミックスの音響インピーダンスが、上記被測定物の音響インピーダンスと上記電気音響変換子の音響インピーダンスの両者と近似したものであることを特徴とする、請求項 1 に記載の破断音センサ。

【請求項 4】

上記セラミックスが、マシナブルセラミックス、ステアタイトセラミックス、フォルスセライトセラミックス、或いは P Z T セラミックスのいずれかであることを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の破断音センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、破断音センサに関するもので、更に詳しくは、高感度で耐久性に優れた破断音センサに関するものである。

【背景技術】

【0002】

例えば、道路橋や鉄道橋などのコンクリート構造物は、経時的な繰り返し荷重を受けるため、緊張材を埋設したプレストレスコンクリート構造物が使用されている。これらのプレストレスコンクリート構造物においては、緊張材の破断を検知することが、劣化による構造物全体の崩壊を事前に予測するために非常に重要である。

【0003】

30

特に、近年においては、凍結防止材の散布や高速道路の活荷重量の増加などにより、既存の道路橋や鉄道橋などのコンクリート構造物への負荷が増加している。凍結防止材に含まれる塩分は、コンクリート構造物中の鉄筋などの補強材を腐食させるため、構造物全体の耐力を低下させてしまう。特に、プレストレスコンクリート構造物では、塩分等により鋼製の緊張材が腐食し破断した場合、構造物全体の崩壊に至る危険性が高いため、その状況を長期にわたってセンサにより正確にモニタリングする必要がある。

これ故、プレストレスコンクリート構造物の緊張材の破断をモニタリングするセンサは、耐久性に優れたものであることが重要となる。

【0004】

また、コンクリート中に埋設してある緊張材の破断音を高感度に検出するためには、緊張材近傍にセンサを設置することが望ましく、そのために、コンクリートを削孔し、センサを埋設する技術が特許文献 1 に開示されている。

40

しかし、一般的にこのような埋め込み型のセンサにおいても、これまではセンサ自体には何ら耐久性を確保する為の工夫がなされておらず、センサを収納するケーシングは、金属、例えば鉄或いはアルミニウム等で作られていたため、後述するように耐久性に問題があった。また、これまでのセンサでは、破断音の検出感度も十分なものではなかった。

そこで、高耐久性で、しかも緊張材の破断音を長期に渡り高感度に検出し得る破断音センサの出現が強く望まれていた。

【0005】

【特許文献 1】特公平 5 - 6 4 2 9 9 号公報

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

即ち、例えばセンサのケーシングが鉄である場合は、塩分の浸入によって腐食することがあり、アルミニウムである場合は、コンクリート中のアルカリ成分と反応して水素ガスを発生させ、膨張圧によりコンクリート中にひび割れを発生させる憂いがある。また、ケーシングが他の金属類である場合は、コンクリート中に埋設すると、緊張材である鉄とのイオン化傾向の違いによりその間に腐食電池が形成され、緊張材の腐食を促進させてしまう恐れがある。

そこで、本発明の第1の課題は、コンクリート中に埋設したときのセンサのこのような耐久性の問題を解消した破断音センサを提案することにある。 10

【0007】

また、コンクリート中で発生する緊張材の破断（弾性波）エネルギーは、コンクリート内部を伝播する。従って、埋設したセンサが破断音を高感度に検出するためには、センサ全体でこの伝播エネルギーを検出できればよい。

そこで、本発明の第2の課題は、センサ全体で破断音を検出することができる高感度な破断音センサを提案することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記した課題を解決するため、請求項1の本発明は、被測定物であるプレストレスコンクリート構造物に密着して取付けられる受信板と、該受信板を介して前記被測定物に埋設された緊張材の破断によって生じた破断音を受信し、該破断音を電気信号に変換する電気音響変換子と、該電気音響変換子を収納するケーシングとを備えた破断音センサであって、前記ケーシングを、セラミックスにより形成した破断音センサとした。 20

【0009】

また、請求項2の本発明は、上記請求項1の発明において、上記セラミックスの音響インピーダンスを、上記被測定物の音響インピーダンスと近似したものとした。

【0010】

また、請求項3の本発明は、上記請求項1の発明において、上記セラミックスの音響インピーダンスを、上記被測定物の音響インピーダンスと上記電気音響変換子の音響インピーダンスの両者と近似したものとした。 30

【0011】

また、請求項4の本発明は、上記請求項1～3のいずれかの発明において、上記セラミックスを、マシナブルセラミックス、ステアタイトセラミックス、フォルステライトセラミックス、或いはPZTセラミックスのいずれかとした。

【発明の効果】

【0012】

セラミックスは、非金属であるために塩分の浸入によっても鉄とは異なり腐食することがない。また、セラミックスは、アルミニウムとは異なりコンクリート中のアルカリ成分と反応して水素ガスを発生させることがない。さらに、セラミックスは、他の金属類とは異なり緊張材である鉄とのイオン化傾向の相違により腐食電池を形成することがなく、緊張材の腐食を促進させる憂いもない。 40

上記のようなことから、ケーシングをセラミックスにより形成した本発明に係る破断音センサは、耐久性の優れたセンサとなる。

【0013】

また、音響インピーダンスがZ1とZ2との異なる材料が接触している場合、その境界面における平面波の反射率Rは、 $(Z1 - Z2) / (Z1 + Z2)$ の二乗に比例し、透過率Tは、 $(1 - R)$ である。即ち、音響インピーダンスが近似したものと接触しているほど、その境界面における平面波の反射率は小さく、透過率は大きくなる。

【0014】

ここで、平面波に対する音響インピーダンス Z は、音速 v と密度 ρ の積($Z = v \cdot \rho$)である。代表的な数値を挙げると、コンクリートの音響インピーダンスは $10 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ 程度、鉄の音響インピーダンスは $45 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ 程度である。また電気音響変換子である圧電セラミックス素子の作成、或いは受信板の作成に多用されているPZTセラミックスの音響インピーダンスは $23 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ 程度、その他のセラミックスであるマシナブルセラミックスの音響インピーダンスは $15 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ 程度、ステアタイトセラミックスの音響インピーダンスは $19 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ 程度、フォルステライトセラミックスの音響インピーダンスは $21 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ 程度である。

【0015】

10

そのため、従来、鉄製であったセンサ(電気音響変換子)のケーシングを、セラミックスにより形成した請求項1の本発明に係る破断音センサ、また、前記ケーシングを形成するセラミックスの音響インピーダンスを、被測定物であるコンクリートの音響インピーダンスと近似したものとした請求項2の本発明に係る破断音センサ、更には、前記ケーシングを形成するセラミックスの音響インピーダンスを、被測定物であるコンクリートの音響インピーダンスと上記電気音響変換子である圧電セラミックス素子の音響インピーダンスの両者と近似したものとした請求項3の本発明に係る破断音センサは、被測定物とケーシング、ケーシングと電気音響変換子との各境界面における破断音の反射がより起こり難い構造のものとなり、ケーシングに、緊張材の破断音をセンサ受信部に伝える導波棒的な役割をさせることができ、このために、例えば鉄製ケーシングにより形成されたセンサ(電気音響変換子)で破断音を検出するよりも、高感度に破断音を検出することができるセンサとなる。

20

ここで、上記ケーシングを形成する好適なセラミックスとしては、マシナブルセラミックス、ステアタイトセラミックス、フォルステライトセラミックス、或いはPZTセラミックスが挙げられる。

【0016】

なお、上記において、「コンクリートの音響インピーダンスと近似したもの」とは、音響インピーダンスがコンクリートの $0.8 \sim 3.0$ 倍の範囲にあるもの、即ち、コンクリートの音響インピーダンスは $10 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ 程度であるため、音響インピーダンスが $8 \times 10^6 \sim 30 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ の範囲にあるセラミックスを言う。また、「コンクリートの音響インピーダンスと電気音響変換子である圧電セラミックス素子の音響インピーダンスの両者と近似したもの」とは、音響インピーダンスが、コンクリートと電気音響変換子である圧電セラミックス素子の両者の間にあることを言い、コンクリートの音響インピーダンスは、上述したように $10 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ 程度、電気音響変換子は、例えば多用されているPZTセラミックスの音響インピーダンスは $23 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ 程度であるため、音響インピーダンスが $10 \times 10^6 \sim 23 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ の範囲にあるセラミックスを言う。

30

【0017】

さらに、センサを被測定物の緊張材近傍に埋設して使用することで、本発明に係る破断音センサは、緊張材の破断音検出を良好に行な得るとともに、センサに対する外気温の変動を最小限に抑えることができ、センサの受けるダメージが少なく、高い信頼性を長期にわたって維持することができるものとなる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、上記した本発明に係る破断音センサの実施の形態を、図面等を参照しながら詳細に説明する。

ここで、図1は本発明の好ましい実施の形態に係る破断音センサの概念的断面図、図2は同じく本発明の好ましい実施の形態に係る破断音センサのブロックダイアグラムである。また、図3は本発明に係る破断音センサをコンクリート中に埋設した状態を示した概念的断面図である。

50

【0019】

この実施の形態に係る破断音センサ1では、ケーシング2が円筒形部分2aと蓋部分2bとから構成されている。上記円筒形部分2aの一端は上記蓋部分2bで閉じられ、他端は受信板3で閉じられている。上記受信板3に電気音響変換子である圧電セラミックス素子4が固定されている。上記圧電セラミックス素子4を励起する電気信号、及び該圧電セラミックス素子4の検出電気信号などを伝達するリード線群5が、ケーブル6を介して外部に引き出されている。

【0020】

上記ケーシング2を構成する蓋部分2bは、上記ケーシング2を構成する円筒形部分2aと一体に形成することも可能である。また、上記受信板3及び圧電セラミックス素子4は、この実施の形態においては共にPZT（チタン酸ジルコン酸鉛）セラミックスで形成されているが、この材料に限られるものではなく、特に、受信板3については、ケーシング2を構成する後記するセラミックスと同種のセラミックスを使用して形成することが、ケーシング2と受信板3との境界面で破断音の反射が生じ難いために好ましい。

10

【0021】

また、この実施の形態では、上記圧電セラミックス素子4の背面に中間部材7と第2の圧電セラミックス素子8が設けられている。この中間部材7は、音響減衰率の小さい材料からなり、上記した両圧電セラミックス素子4、8の共振周波数を調整するために設けられている。また、上記第2の圧電セラミックス素子8は、図2に示した駆動回路14からの信号により検査音響信号を発生し、上記圧電セラミックス素子4の受信感度等の自己診断を行なう。

20

なお、上記中間部材7は、この実施の形態においては真鍮で形成されており、上記第2の圧電セラミックス素子8は、圧電セラミックス素子4と同様にPZTセラミックスで形成されているが、これらの材料に限られるものではない。

【0022】

本発明に係る破断音センサ1においては、上記ケーシング2の全部（円筒形部分2aと蓋部分2bの両者）或いは少なくともその一部（例えば、円筒形部分2aのみ）が、セラミックスにより形成される。このセラミックス製ケーシング2の肉厚は、センサの大きさ、使用するセラミックスの種類等にも左右されるが、2～5mmとすることが、強度及び経済性の観点から好ましい。

30

【0023】

この実施の形態では、上記ケーシング2を構成する円筒形部分2aと蓋部分2bの両者が、2mm程度の肉厚のマシナブルセラミックスで形成されている。

なお、このセラミックス製ケーシング2は、通常のセラミックス製品の製造方法と同様の方法で形成すれば良い。

【0024】

上記ケーシング2を形成するセラミックスは、コンクリートの音響インピーダンスと近似した音響インピーダンスを有するセラミックスから選択されることが好ましく、更には、コンクリートの音響インピーダンスと、センサ本体である電気音響変換子の音響インピーダンスの両者と近似した音響インピーダンスを有するセラミックスから選択されることがより好ましい。これは、被測定物であるコンクリート内部で発生した緊張材の破断に基づく破断音を、被測定物とケーシングとの境界面等において反射させることなく効率的にセンサ本体である電気音響変換子に伝達し得るセンサを提供できるためである。

40

【0025】

上記の観点から、本発明のケーシングの材料として採用できる好ましいセラミックスとしては、マシナブルセラミックス、ステアタイトセラミックス、フォルステライトセラミックス、或いはPZTセラミックスが挙げられる。

セラミックスの音響インピーダンスは、材料組成、焼結前のかさ密度、焼結温度、更には焼結時間等により変動するが、前述の通り、上記したマシナブルセラミックスの音響インピーダンスは $15 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ 程度、ステアタイトセラミックスの音響インピ

50

ーダンスは $19 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ 程度、フォルステライトセラミックスの音響インピーダンスは $21 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ 程度、PZTセラミックスの音響インピーダンスは $23 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ 程度である。これらは、鉄の音響インピーダンスである $45 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ 程度と比べ、コンクリートの音響インピーダンスである $10 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ 、また電気音響変換子である圧電セラミックス素子の作成に多用されているPZTセラミックスの音響インピーダンスである $23 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ と近似したものである。

【0026】

本発明に係る上記破断音センサ1は、図3に示したように、緊張材Xを埋設したプレストレスコンクリート構造物である被測定物Aに埋設して使用される。そして、緊張材Xの破断により破断音が発生すると、その破断音は被測定物A中を伝わり、センサのケーシング全体を振動させる。この際、本発明に係る破断音センサ1のケーシング2の音響インピーダンスは、コンクリートの音響インピーダンスと近似したものであるため、その境界面において破断音に基づく振動は反射することなく効率的にケーシング2に伝わり、さらに破断音センサ1の底部の受信板3を介してセンサ本体である圧電セラミックス素子4に伝達される。

10

【0027】

圧電セラミックス素子4において、上記伝達された破断音は電気信号に変換され、その変換された圧電セラミックス素子4の電気信号出力は、ケーブル6を介して外部に設置された測定ボックス10に導かれる。測定ボックス10内には、図2に示したように、フィルタ11が設けられ、該フィルタ11において破断音の周波数帯域の信号が取り出され、破断音信号処理部12において信号処理がなされ、破断音の発生が記録されたり、破断音の発生箇所が特定されたり、警告灯13を点灯させて構造物の異常を管理者に知らせることなどがなされる。

20

【0028】

また、定期或いは不定期に、第2の圧電セラミックス素子8は駆動回路14からの信号により検査音響信号を発生し、該第2の圧電セラミックス素子8からの検査音響信号に起因する信号を受信した圧電セラミックス素子4の信号は、図2に示したように、第2のフィルタ15によって取り出され、検査音響信号処理部16に送られ、そこで信号解析がなされ、圧電セラミックス素子4の受信感度等の自己診断が行なわれる。

30

【0029】

上記検査音響信号処理部16の機能は、上記駆動回路14への検査音響信号発生への指示、判定のための基準値の設定及びその記憶、記憶した基準値と上記圧電セラミックス素子4が検出した検査音響信号に起因する信号との比較、及びその比較に基づく判定、前記判定結果の出力などである。

【0030】

以上、本発明に係る破断音センサの実施の形態を説明したが、本発明は、何ら既述の実施の形態に限定されず、特許請求の範囲に記載した本発明の技術的思想の範囲内において、種々の変形及び変更が可能であることは当然である。

【0031】

例えば、上記実施の形態における破断音センサ1の構造は一例を示したに過ぎず、例えば、中間部材7、第2の圧電セラミックス素子8などの存在は必須ではない。

40

また、被測定物Aへの破断音センサ1の埋設構造も何ら上記実施の形態に限定されず、既存の種々の埋設構造が利用できるものである。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】本発明の好ましい実施の形態に係る破断音センサの概念的断面図である。

【図2】本発明の好ましい実施の形態に係る破断音センサのブロックダイアグラムである。

【図3】本発明に係る破断音センサをコンクリート中に埋設した状態を示した概念的断面

50

図である。

【符号の説明】

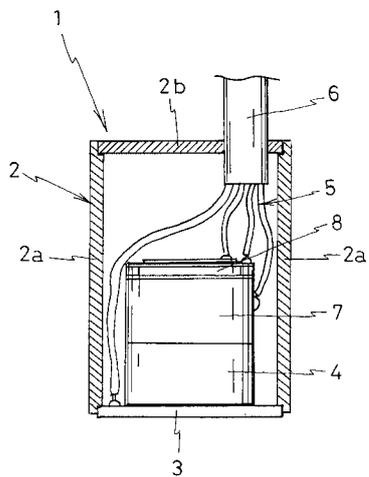
【0033】

- 1 破断音センサ
- 2 ケーシング
- 2 a 円筒形部分
- 2 b 蓋部分
- 3 受信板
- 4 圧電セラミックス素子（電気音響変換子）
- 5 リード線群
- 6 ケーブル
- 7 中間部材
- 8 第2の圧電セラミックス素子
- 10 測定ボックス
- 11 フィルタ
- 12 破断音信号処理部
- 13 警告灯
- 14 駆動回路
- 15 第2のフィルタ
- 16 検査音響信号処理部
- X 緊張材
- A 被測定物（プレストレスコンクリート構造物）

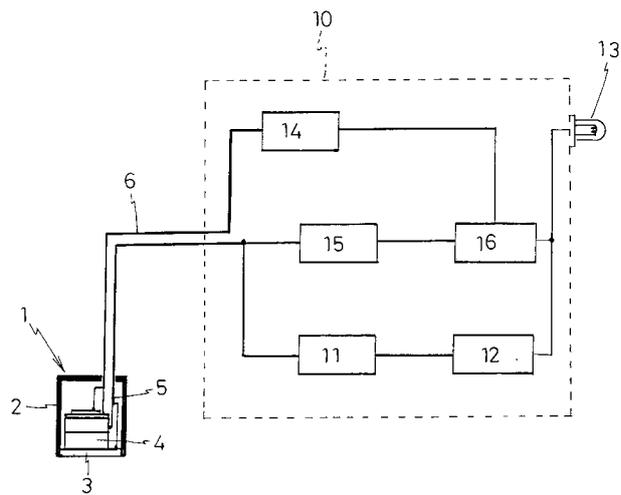
10

20

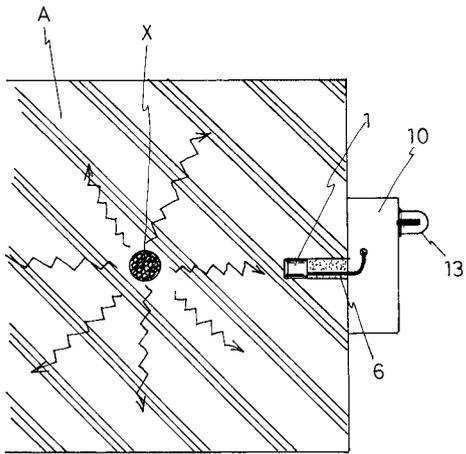
【図1】



【図2】



【 図 3 】



フロントページの続き

(72)発明者 外山 正明

千葉県佐倉市大作 2 - 4 - 2 太平洋セメント株式会社中央研究所内

(72)発明者 柴田 清人

埼玉県日高市大字原宿 7 番地 5 株式会社日本セラテックメガセラ事業部内

F ターム(参考) 2G024 AD34 BA22 CA13 DA01

2G047 AA10 BA05 BB04 BC09 EA05 EA21 GA01 GB32 GB35 GJ19

2G064 AA05 AB13 BA08 BD19