



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105092709 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201410190298. 7

(22) 申请日 2014. 05. 07

(71) 申请人 天津虹炎科技有限公司
地址 300112 天津市西青区中北工业园金霞路 18 号 C 区 6 号

(72) 发明人 傅酉 付玉生

(51) Int. Cl.
G01N 29/14(2006. 01)
G01N 29/34(2006. 01)

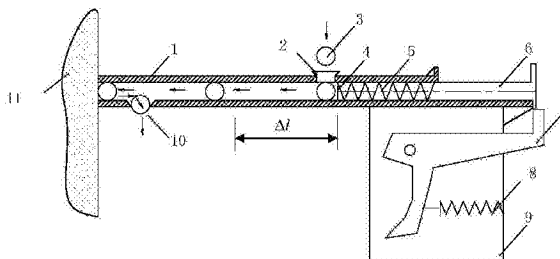
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种混凝土结构的无损检测方法

(57) 摘要

本发明涉及一种混凝土结构无损检测方法，本发明采用专用的能量触发装置代替 Docter 冲击回波系统的钢制小锤，该专用的能量触发装置由冲击球、枪管、加速装置、触发装置和枪壳组成，所述冲击球撞击混凝土表面，产生一反射波传回混凝土表面，并被附近的所述接收器探头接收，通过计算确定结构混凝土的厚度或缺陷深度。本发明的检测方法，采用能量触发装置，代替人工敲击，克服了现有 Docter 冲击回波系统在检测结构物内部缺陷中存在的不足，既满足 Docter 冲击回波系统检测结构物内部缺陷的精度要求，又能提高其检测效率。



1. 一种混凝土结构的无损检测方法,包括下述步骤:

1) 采用专用的能量触发装置代替 Docter 冲击回波系统的钢制小锤,该专用的能量触发装置由冲击球、枪管、加速装置、触发装置和枪壳组成;所述冲击球包括直径分别为 2mm、3mm 和 5mm 的三种钢球;所述枪管采用外径为 10mm,内径为 6mm 的钢管制成,在所述枪管的上部设有直径为 6mm 的进球孔;所述加速装置包括加速板、发射弹簧和枪栓,所述发射弹簧的压缩量为 40 毫米,刚度系数 $k = 2.5\text{n/mm}$,所述加速板固定在所述发射弹簧的前端,所述加速板的直径和厚度分别为 5mm 和 2mm,在加速板中心位置嵌入直径为 3mm 的永久磁铁;所述枪壳固定在所述枪管后端下部,所述触发装置包括扳机、撞针和复位弹簧;在所述枪管的下部设有出球孔,所述出球孔中心与所述枪管出口的距离为 5mm;

2) 将 Docter 冲击回波系统的接收器探头布设在混凝土构件表面,将所述专用的能量触发装置的所述枪栓拉至预定位置,将所述冲击球通过进球孔放入所述枪管内,将所述枪管出口垂直紧贴所述接收器探头附近的混凝土构件表面,扣动扳机弹出冲击球。

一种混凝土结构的无损检测方法

技术领域：

[0001] 本发明涉及一种混凝土结构无损检测技术，尤其涉及一种对只有单一可测面混凝土结构进行无损检测的方法，IPC 国际专利分类号为 E02D33/00，E02B1/00。

背景技术：

[0002] 实际工程中，如隧道的衬砌面，水闸及渠道等建筑物的边墩、闸底板、顶板、衬砌等混凝土结构，只有单一可测面，因而不具备超声法的检测条件，目前最常用的就是采用冲击回波法进行无损检测。冲击回波法 (Impact Echo Method)，又称 IE 法，是在结构表面施以微小冲击产生应力波，当应力波在结构中传播遇到缺陷与底面时，将产生往复反射并引起结构表面微小的位移相响应，根据这种响应并进行频谱分析，可以计算出结构厚度，或判断有无缺陷及其深度。这种测试方法系单面发射测试，测试方便、快速、直观，可用于各种土木工程的混凝土和沥青混凝土结构的现场探测内部缺陷和测量厚度。

[0003] 目前采用冲击回波法对具有单一可测面混凝土结构进行无损检测时，都是采用钢制小锤（有的叫手锤）人工敲击结构表面，激发产生应力波。例如，在我国使用最早、最普遍的冲击回波检测仪器——丹麦 Docter 冲击回波系统，配有由三种直径的冲击球作为锤头的钢制小锤，但是，在实际检测中，这种检测方法常带来如下问题：

[0004] (1) 在检测过程中需人工操作钢制小锤敲击被检测面，多次敲击后易导致操作人员疲劳；

[0005] (2) 钢制小锤的手柄在多次敲击后易发生弯曲甚至折断；

[0006] (3) 在检测过程中钢制小锤经常由于操作失误撞击到接收装置，造成无效信号。

[0007] (4) 由于人工操作钢制小锤，很难保证每次的敲击的力度和每次敲击点与接收器的距离相同。

发明内容：

[0008] 为了解决目前的检测方法带来的上述问题，申请人通过大量的试验和实际过程测试，发明了一种新的检测方法。本发明的技术方案是以下述方式实现的：

[0009] 一种混凝土结构的无损检测方法，包括下述步骤：

[0010] 1、采用专用的能量触发装置代替 Docter 冲击回波系统的钢制小锤，该专用的能量触发装置由冲击球、枪管、加速装置、触发装置和枪壳组成；所述冲击球包括直径分别为 2mm、3mm 和 5mm 的三种钢球；所述枪管采用外径为 10mm，内径为 6mm 的钢管制成，在所述枪管的上部设有直径为 6mm 的进球孔；所述加速装置包括加速板、发射弹簧和枪栓，所述发射弹簧的压缩量为 40 毫米，刚度系数 $k = 2.5\text{n/mm}$ ，所述加速板固定在所述发射弹簧的前端，所述加速板的直径和厚度分别为 5mm 和 2mm，在加速板中心位置嵌入直径为 3mm 的永久磁铁；所述枪壳固定在所述枪管后端下部，所述触发装置包括扳机、撞针和复位弹簧；在所述枪管的下部设有出球孔，所述出球孔中心与所述枪管出口的距离为 5mm；

[0011] 2、将 Docter 冲击回波系统的接收器探头布设在混凝土构件表面，将所述专用的

能量触发装置的所述枪栓拉至预定位置,将所述冲击球通过进球孔放入所述枪管内,将所述枪管出口垂直紧贴所述接收器探头附近的混凝土构件表面,扣动扳机弹出冲击球;

[0012] 3、所述冲击球撞击混凝土表面,激发一弹性波,产生一反射波传回混凝土表面,并被附近的所述接收器探头接收,并传输到数据采集仪,存储在计算机中,并通过滤波、快速傅立叶变换,将时间域信号转换为频率域信号;根据峰值频率,利用公式(1)确定结构混凝土的厚度或缺陷深度:

$$[0013] \quad H = \frac{bV_p}{2f} \quad (1)$$

[0014] 式中:H——板厚或缺陷深度(mm); V_p ——p波(纵波)速度(m/s);f——频率(kHz);b——几何结构形状系数:对于板状结构物,b取值为0.96;对于圆柱状结构物,b取值为0.92;对于方形梁,b取值为0.87。

[0015] 本发明的检测方法,具有以下优点:

[0016] (1) 采用一种能够无需人工弹性敲击的冲击回波能量触发装置,代替人工敲击,克服了现有 Docter 冲击回波系统在检测结构物内部缺陷中存在的不足,既满足 Docter 冲击回波系统检测结构物内部缺陷的精度要求,又能提高其检测效率。

[0017] (2) 本发明采用的专用能量触发装置,操作方便且易于携带,工作效率显著提高。此装置仅需简单培训即可操作,且对操作人员没有特殊要求,能够可以彻底的使人工劳动脱离出来,使工作效率大大提高。

[0018] (3) 操作具有可再现性。人工弹性敲击产生的能量每一次均有不同程度的差异,采用能量触发装置后,每次激发的能量均相同。

[0019] (4) 专用能量触发装置可重复使用,投资少,简单易行。单台 Docter 冲击回波系统能量触发装置制作费用约 1000 元,加之可重复使用,降低了无损检测的成本。

[0020] (5) 产生无效波形的概率降低,提高了数据的准确性。

附图说明:

[0021] 图 1 为本发明采用的专用能量触发装置剖面图;

[0022] 图 2 为采用本发明的方法检测得到的被测试板结构频谱图;

[0023] 图 3 为采用本发明的方法检测得到的被测试板完好处典型频谱图;

[0024] 图 4 为采用本发明的方法检测得到的被测试板缺陷处典型频谱图。

[0025] 图中,1 为枪管,2 为进球孔,3 为冲击球,4 为加速板,5 为发射弹簧,6 为枪栓,7 为撞针,8 为复位弹簧,9 为枪壳,10 为出球孔,11 为混凝土, $\Delta 1$ 为发射弹簧压缩量。

具体实施方式:

[0026] 下面结合实施例和附图 1-4 对本发明作进一步说明:

[0027] 本发明的混凝土结构的无损检测方法,考虑到丹麦生产出售的 Docter 冲击回波系统是最先采用,也是我国目前使用最多的冲击回波检测系统,本发明的方法仍然采用该系统。包括下述步骤:

[0028] 1、采用专用的能量触发装置代替 Docter 冲击回波系统的钢制小锤,该专用的能

量触发装置结构参考了普通的钢珠枪结构,发射原理、触发装置的触发原理也与现有的钢珠枪的原理相同,由冲击球 3、枪管 1、加速装置、触发装置和枪壳 9 组成。所述冲击球 3 包括直径分别为 2mm、3mm 和 5mm 的三种钢球。所述枪管 1 采用外径为 10mm,内径为 6mm 的钢管制成,在所述枪管 1 的上部设有直径为 6mm 的进球孔 2。所述加速装置包括加速板 4、发射弹簧 5 和枪栓 6,所述发射弹簧 5 的选配非常关键,由于目的不同,本发明的能量触发装置的发射弹簧不同于钢珠枪的发射弹簧,发射后冲击球的撞击力度要符合 Docter 冲击回波系统检测的要求。经过多次试验和验证,将所述发射弹簧 5 的压缩量 ($\Delta 1$) 确定为 40 毫米,刚度系数 $k = 2.5\text{n/mm}$ 。所述加速板 4 固定在所述发射弹簧 5 的前端,所述加速板 4 的直径和厚度分别为 5mm 和 2mm。在加速板 4 中心位置嵌入直径为 3mm 的永久磁铁,防止冲击球 3 在发射前滚动。所述枪壳 9 固定在所述枪管 1 后端下部,用于保护触发装置内部的结构,同时也是握把。所述触发装置包括扳机、撞针 7 和复位弹簧 8。在所述枪管 1 的下部设有出球孔 10,用于冲击球 3 撞击到被检测构件反弹回枪管后的出口,所述出球孔 10 中心与所述枪管 1 出口的距离为 5mm。

[0029] 2、将 Docter 冲击回波系统的接收器探头布设在混凝土构件表面,将所述专用的能量触发装置的所述枪栓 6 拉至预定位置,将所述冲击球 3 通过进球孔 2 放入所述枪管 1 内,将所述枪管 1 出口垂直紧贴所述接收器探头附近的混凝土构件表面,扣动扳机弹出冲击球 3;

[0030] 3、所述冲击球 3 撞击混凝土表面,激发一弹性波,产生一反射波传回混凝土表面,并被附近的所述接收器探头接收,并传输到数据采集仪,存储在计算机中,并通过滤波、快速傅立叶变换,将时间域信号转换为频率域信号;根据峰值频率,利用公式 (1) 确定结构混凝土的厚度或缺陷深度:

$$[0031] \quad H = \frac{bV_p}{2f} \quad (1)$$

[0032] 式中:H——板厚或缺陷深度 (mm); V_p ——p 波 (纵波) 速度 (m/s);f——频率 (kHz);b——几何结构形状系数:对于板状结构物,b 取值为 0.96;对于圆柱状结构物,b 取值为 0.92;对于方形梁,b 取值为 0.87。

[0033] 应用实例:采用本发明的方法检测一个带有缺陷的混凝土板,板几何尺寸为 2.0m×1.0m×0.3m (长×高×宽),混凝土强度设计等级为 C20。采用 Docter 冲击回波系统配置的敲击锤手动敲击时,常常形成无效信号,一个有效信号常常需要敲击多次。采用图 1 所示的能量触发装置测试时,一次激发基本能采集到有效信号,效率明显提高。采用透射法测得 P 波 (纵波) 波速为 3969m/s。现场测试频域图,两处完好无缺陷测点的频谱图分别见图 2 和图 3。在图 2 中有一高峰,应是板底对应的主频值 (5.86kHz),依据公式 (1)

可计算得该处的实际板厚为 $H = \frac{bV_p}{2f} = \frac{0.96 \cdot 3969}{2 \cdot 5.86} = 325$ mm。在图 3,板底对应的主频值

6.35kHz,依据公式 (1) 可计算得该处的实际板厚为 300mm。典型缺陷处频谱图见图 4,利用公式 (1) 可计算出缺陷处板厚度为 557mm (可称为折算厚度)。

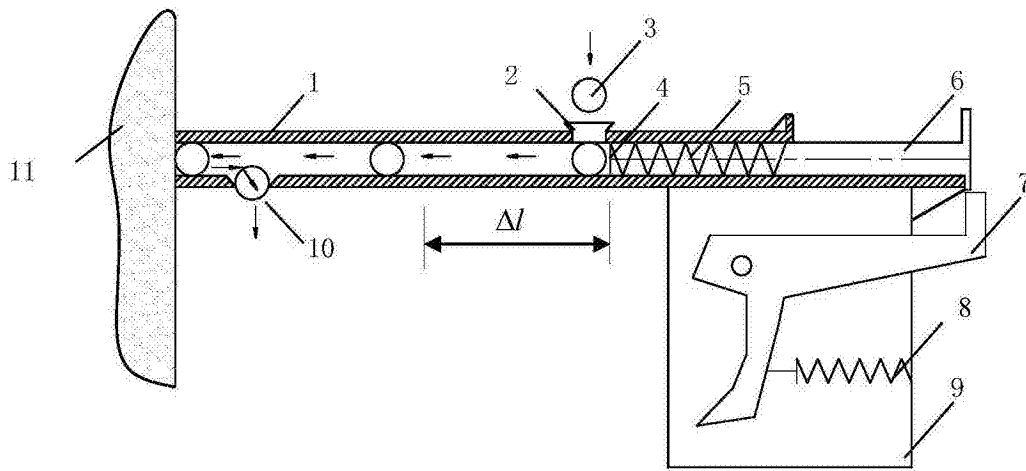


图 1

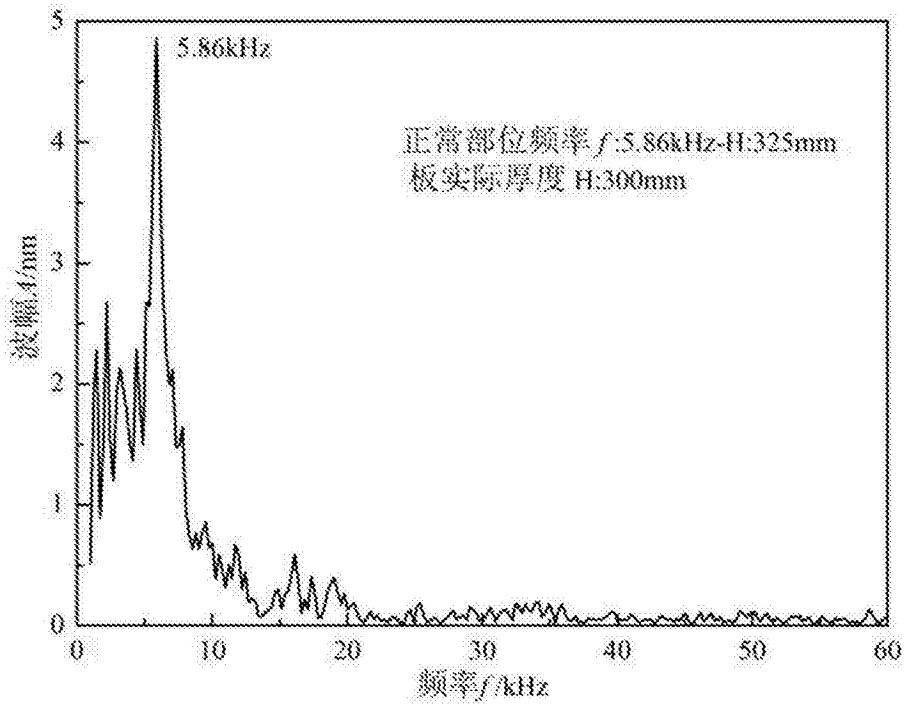


图 2

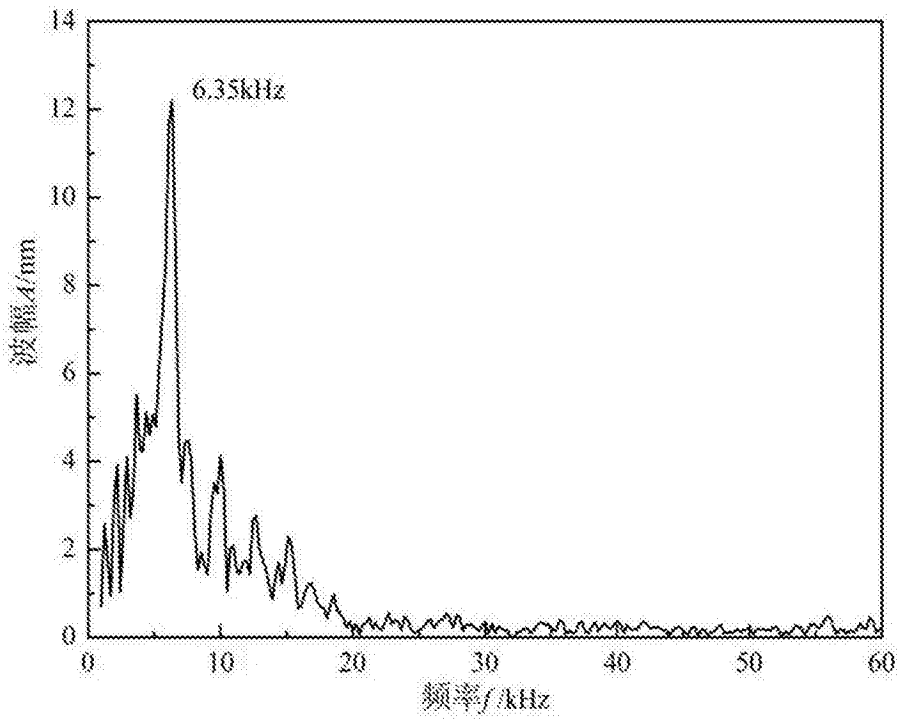


图 3

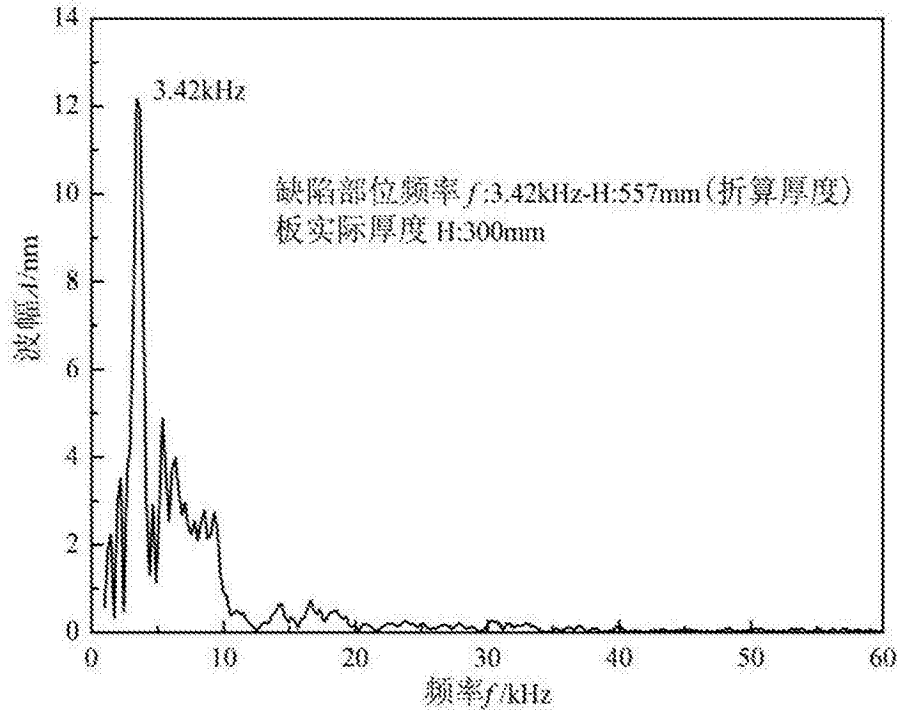


图 4