

# 超声波检测混凝土缺陷的试验研究

尹明干<sup>1</sup>, 刘汉西<sup>2</sup>

(1. 盐城市永成监理有限公司, 江苏 盐城 224001; 2. 盐城市天阳建设工程有限公司, 江苏 盐城 224001)

**摘要:**采用平面对测法对普通混凝土的不密实区和空洞进行检测, 通过试验研究和数据处理与分析, 超声波检测得到的结果与试验设置的裂缝深度、不密实区和空洞区域基本一致。表明利用超声波法对普通混凝土、钢纤维混凝土的裂缝深度与不密实区和空洞进行检测, 效果较理想, 用于无损检测是可行、适用的。

**关键词:**超声波; 混凝土; 检测

**中图分类号:** TU375

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1671-5322(2007)03-0075-04

混凝土材料在使用过程中, 表面产生浅裂缝是最常见的缺陷之一; 由于浇注的原因, 在混凝土的内部还会产生不密实区或空洞等缺陷。这些缺陷的存在将降低混凝土的密实性、抗渗性、抗冻性, 降低结构物的使用寿命, 危害建筑物的安全运行, 为此, 有必要对混凝土的质量状况做出判断。而其中的关键问题是寻找有效的检测手段, 以快速、准确地发现混凝土中存在的隐患及病害, 即快速地对混凝土的损伤进行有效地检测, 有效地预报其安全状况, 为建筑物的安全评价提供可靠的方法, 这对工程的安全运行有着极为重要的意义。混凝土质量检测有众多的方法, 其中超声波法是一种重要的方法。

## 1 超声波检测混凝土表面浅裂缝方法

根据单面平测法, 混凝土表面浅裂缝的裂缝深度可按以下3个公式计算<sup>[1]</sup>:

$$d_{ci} = \frac{l_i}{2} \sqrt{\left(\frac{t_i^0 v}{l_i}\right)^2 - 1} \quad (1)$$

$$m_{kc} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{ci} \quad (2)$$

$$l_i = l'_i + a \quad (3)$$

式中:  $d_{ci}$ —第  $i$  点计算的裂缝深度;  $t_i^0$ —第  $i$  点跨缝平测的声时值;  $l_i$ —不跨缝平测第  $i$  点的超声波实际传播距离;  $l'_i$ —换能器内边缘之间的距离;  $a$ —声程的综合修正值;  $m_{kc}$ —各测点计算裂缝深

度的平均值;  $n$ —测点数。

## 2 混凝土不密实区和空洞的判定

### 2.1 混凝土声学参数的统计计算

一个构件或一个测区的混凝土声时(或声速)、波幅及频率等声学参数的平均值和标准差应分别按下式计算<sup>[2]</sup>:

$$m_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (4)$$

$$s_x = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \square m_x^2\right) / (n-1)} \quad (5)$$

式中:  $m_x, s_x$  代表某一声学参数的平均值和标准差;  $x_i$  为第  $i$  点某一声学参数的观测值;  $n$  为参与统计的测点数。

### 2.2 异常数据的判别

(1) 利用测区各测点的声时值, 计算出  $m_t, s_t$ , 并代入式(6), 得异常情况的判断值  $X_0$ 。

$$X_0 = m_t + \lambda_1 \square s_t \quad (6)$$

式中  $\lambda_1$  为异常值判定系数。

(2) 利用测区各测点的波幅、频率, 计算出  $m_s, s_s$  值, 并代入式(7)计算出异常情况判断值  $X_0$ 。

$$X_0 = m_s - \lambda_1 s_s \quad (7)$$

(3) 当判别出异常测点时, 根据异常测点的分布情况, 再利用式(6)、式(7)进一步判别其相邻测点是否异常。

(4) 当测区中某些测点的声时值(或声速

收稿日期: 2007-05-27

作者简介: 尹明干(1970-), 女, 江苏射阳县人, 工程师, 主要研究方向为建筑施工与管理。

值)、波幅值(或频率值)被判为异常值时,可结合异常测点的分布及波形情况确定混凝土内部存在不密实区和空洞的范围。

### 3 主要仪器设备及混凝土试件参数

试验采用的仪器是北京智博联科技有限公司生产的 ZBL-U520 非金属超声检测仪,此仪器采用超声脉冲技术,可用于混凝土缺陷检测等。

本试验采用的水泥是盐城市生产的普通 325 级,骨料的最大粒径为 20 mm,混凝土的配比是:水泥 423 kg/m<sup>3</sup>,黄沙 605 kg/m<sup>3</sup>,碎石 1 176 kg/m<sup>3</sup>,水 224 kg/m<sup>3</sup>,水灰比为 0.53,混凝土设计强度为 C30。混凝土构件尺寸为 500 mm × 300 mm × 300 mm,共 4 块,2 块为普通混凝土,2 块为钢纤维混凝土,钢纤维混凝土的钢纤维掺量为 100 kg/m<sup>3</sup>。普通混凝土中一块设有裂缝,裂缝的设置方法:在木质模型中未浇注混凝土之前,利用预制有机玻璃来人工设置裂缝深度,在混凝土浇注

之后可拔取有机玻璃,就形成了 200 mm、100 mm 的两条裂缝;另一块混凝土不密实区、空洞区域的设置方法:先在木质模型底部浇注厚度为 50 mm 的混凝土,然后在离木质模型左右两侧各距 150 mm,前后两侧各距 75 mm 的区域内,放入 4 个体积为 270 mm × 150 mm × 50 mm 塑料泡沫袋,最后在上面浇注厚度为 50 mm 的混凝土,混凝土内部就形成了不密实区、空洞区域。钢纤维混凝土的裂缝和不密实区、空洞与普通混凝土设置一致。采用立模、振捣成型。构件置于室外自然养护。

### 4 试验结果与分析

#### 4.1 混凝土裂缝测试结果与分析

分不同龄期对混凝土构件进行裂缝测试,采用单面平测法进行裂缝检测,试验结果如下。通过统计的方法,得到普通混凝土 200 mm 裂缝深度的平均值为 214.05 mm,标准差为 2.220,所测的裂缝深度的最大相对误差为 8.5% (见图 1)。

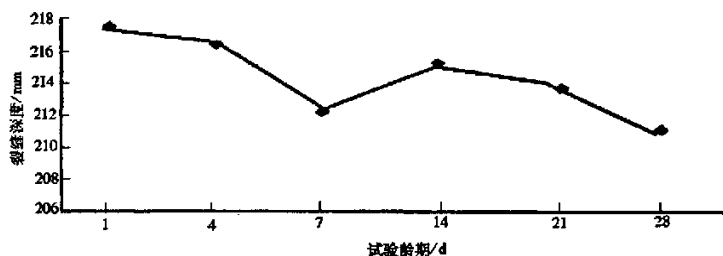


图 1 普通混凝土 200 mm 裂缝深度微变图

Fig. 1 Common concrete 200 mm crack depth micro - changes chart

其它 3 条裂缝用上述方法进行数据处理,得到普通混凝土 100 mm 裂缝深度的平均值为 102.15 mm,标准差为 2.312,最大相对误差为 5.3%;钢纤维混凝土 200 mm 裂缝深度的平均值为 201.17 mm,标准差为 2.073,最大相对误差为 2.45%;钢纤维混凝土 100 mm 裂缝深度的平均值为 103.47 mm,标准差为 1.454,最大相对误差为 6.3%。

通过对混凝土试块在试验龄期 28 d 内进行裂缝深度的测试,从以上的数据结果可以得出:普通混凝土、钢纤维混凝土在试验龄期的前期,即从试验龄期第一天开始进行裂缝深度的测试,得到的结果较理想,裂缝深度的最大相对误差控制在 9% 以下,裂缝深度的标准差控制在 2.5 以下。可表明在工程实际中混凝土成形之后的前期,通过

利用超声波检测普通混凝土、钢纤维混凝土的裂缝深度是可行和适用的。

#### 4.2 混凝土不密实区、空洞测试结果与分析

分不同龄期对混凝土构件进行不密实区、空洞测试,采用平面对测法进行检测。构件测点布置见图 2。

对普通混凝土在试验龄期第 7 天就进行检测,通过检测数据,运用 3.1 及 3.2 中所提出的混凝土声学参数统计计算和异常数据的判别方法进行数据处理,处理结果见表 1。

通过表 1 的数据可以画出普通混凝土对侧面 1、2 的缺陷示意图(见图 3),图中粗实线为临界值 1 判别的可疑点,细实线为临界值 2 判别的可疑点。

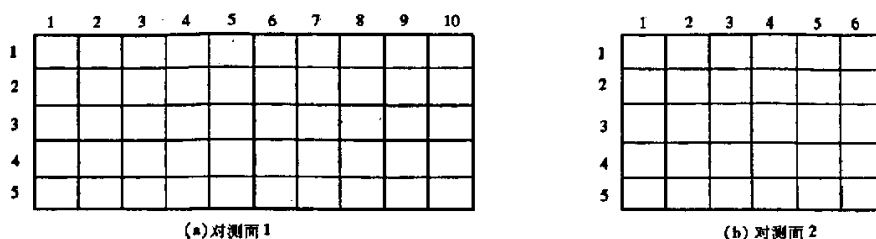


图2 混凝土构件测点布置图

Fig.2 Concrete component measuring point general arrangement

表1 声参量处理成果表

Table 1 Result of acoustic parameter processing

| 项目      | 单位   | 普通混凝土对测面 1 | 普通混凝土对测面 2 |
|---------|------|------------|------------|
| 声速平均值   | km/s | 3.150      | 3.406      |
| 声速标准差   | km/s | 0.088 3    | 0.105 0    |
| 声时临界值 1 | km/s | 2.971      | 3.214      |
| 声时临界值 2 | km/s | 3.022      | 3.265      |
| 波幅平均值   | dB   | 73.50      | 63.44      |
| 波幅标准差   | dB   | 3.871      | 3.451      |
| 波幅临界值 1 | dB   | 65.839     | 57.22      |
| 波幅临界值 2 | dB   | 68.007     | 58.848     |
| 频率平均值   | kHz  | 48.23      | 48.12      |
| 频率标准差   | kHz  | 1.053      | 0.652      |
| 频率临界值 1 | kHz  | 46.082     | 46.967     |
| 频率临界值 2 | kHz  | 46.704     | 47.266     |

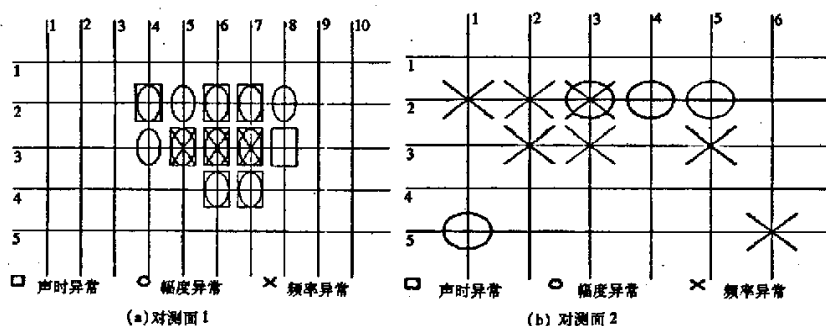


图3 普通混凝土缺陷示意图

Fig.3 Common concrete defect schematic drawing

由于在试验龄期一星期后就进行检测,置于室外的混凝土内外温度、湿度不一,所进行的检测难免有误差。普通混凝土对测面 1 中 004-06、004-07 两点误差的原因,有可能耦合条件不好,所产生的误判点。根据在浇注混凝土时设置好的

不密实区、空洞区域,图 3(a)对测面 1 的缺陷示意图与浇注时设置的缺陷位置基本一致,试验结果较理想。

普通混凝土对测面 2 中 005-01、005-06 两异常点的出现,原因是由于在混凝土模块的角上,

在振捣成型时混凝土的密实性不够所造成的缘故。根据在浇注混凝土时设置好的不密实区、空洞区域,图 3(b)对测面 2 的缺陷示意图也和浇注时设置的缺陷位置基本一致,试验成果较理想。

通过以上的分析可以得出,利用超声波进行普通混凝土、钢纤维混凝土不密实区、空洞测试,所得到的结果是比较令人满意的。在试验龄期的早期,可利用试验所测得的声时、幅度、频率值,根据这三者的异常值比较准确的判别其混凝土不密实区、空洞的范围大小。但是在试验中应特别注意耦合条件,误判经常出现在耦合条件不好的情况下,所以应选择条件较好的耦合面。

## 5 结论

对普通混凝土、钢纤维混凝土构件在成形之

后的前期,采用超声波来检测混凝土表面浅裂缝与内部不密实区和空洞,测试方法简单,成果直观,适用性强。通过试验研究和数据处理与分析,效果较理想,用于现场工程无损检测是可行和适用的。

通过超声波法检测混凝土构件表面浅裂缝与内部不密实区和空洞,不仅在监控混凝土的施工质量、加快工程进度、消除工程隐患等方面具有重要的意义,而且对长期使用的工程结构物进行质量鉴定,以便确定混凝土的维修方案方面,也具有决定性的作用。

## 参考文献:

- [1] 周永厚,高峰. 混凝土无损检测技术[M]. 北京:中国建材工业出版社,1996.
- [2] 王建东. 超声技术在混凝土测强中的应用[J]. 武汉化工学院学报,2004,26(4):42-43.
- [3] 谢清良. 超声波仪、回弹仪在混凝土无损检测运用中的探讨[J]. 红水河,2002,21(2):34-37.
- [4] 黄湘平,史承明. 超声波检测混凝土不密实区和空洞[J]. 陕西工学院学报,2005,21(2):59-61.

## Test - study for detecting concrete defect by ultrasonic

YIN Ming-gan<sup>1</sup>, LIU Han-xi<sup>2</sup>

(1. Yancheng Yongcheng Supervision Co. LTD, Jiangsu Yancheng 224001, China;  
2. Yancheng Tianyang Construction Engineering Co. Led, Jiangsu Yancheng 224001, China)

**Abstract:** By the ultrasonic, the one - sided plane surveying is using to detect the common concrete, steel fiber reinforced concrete crack depth; the plane surveying opposite is using to detect the common concrete lacunas and holes. Through experimental study and data processing and analysis, the result by the ultrasonic detecting and crack depth, lacunas and holes region of experimental establishment are basic consistent. It indicates that the effect is ideal by the ultrasonic to detect common concrete, steel fiber reinforced concrete crack depth and lacunas and holes. The application of the ultrasonic in non - destructive detecting is suitable and feasible.

**Keywords:** ultrasonic; concrete; detecting