

文章编号 :1000-7598- (2001)03-0291-03

超声波检测混凝土裂缝及裂缝成因分析

李俊如 , 高建光 , 王耀辉

(中国科学院武汉岩土力学研究所, 湖北 武汉 430071)

摘要: 利用超声波单面平测法检测混凝土结构裂缝的深度,由裂缝深度检测结果评价混凝土裂缝的影响范围。分析了产生混凝土裂缝成因的机制,为改进施工质量提供理论依据。

关键词: 超声波 ; 混凝土 ; 裂缝检测 ; 分析

中图分类号: P 631.5 文献标识码: A

作者简介: 李俊如,女,1965年生,副研究员,现主要从事岩石动力学研究工作。

Supersonic wave testing on concrete crack depth and analysis of crack initiation

LI Jun-ru , GAO Jian-guang , WANG Yao-hui

(Institute of Rock and Soil Mechanics, the Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China)

Abstract: This paper reported supersonic wave testing for concrete structures. Through the testing, the depth of crack in concrete was inspected. According to testing result, the influence range of crack on concrete structures was evaluated. The analysis on concrete crack initiation was conducted as well. The studies provide theoretical basis for improvement in construction quality.

Key words: supersonic wave ; concrete ; crack testing ; analysis

1 引言

随着我国经济的发展,城市建设中的高层建筑、超高层建筑及大跨度结构桥梁等建设项目日益增多,对高强度混凝土的需求越来越大。因各种因素的影响,混凝土施工难免会产生施工裂缝,这不仅给工程留下事故隐患,也可能使工程报废而造成经济上的重大损失。因此,利用超声波探测裂缝的深度并作出其影响范围的评价就显得十分重要。

武汉某大楼为一幢现代化多功能办公大楼,该大楼设计为有 3 层地下室的高楼。地下室的核心筒剪力墙及梁板混凝土均采用 C60, 劲性柱混凝土采用 C70。施工时的环境温度为 4~14℃ 不等。第 3 层地下室混凝土在施工拆模时发现梁板核心筒剪力墙上有几十条裂缝,在随后的第 2 层地下室浇筑混凝土时改进了养护方法并采取了一定的保温措施,但拆模时仍在梁板及核心筒剪力墙上发现 10 多条裂缝,因此停止了施工。裂缝分布见示意图 1。为了解现有裂缝的情况,我们使用刻度显微镜测量裂缝的宽度,用钢尺测量裂缝的长度,利用超声波检测裂缝的深度,通过这些检测得出一系列数据(只对比较明显的裂缝进行测试),为决策者作出整治措施提供依据。

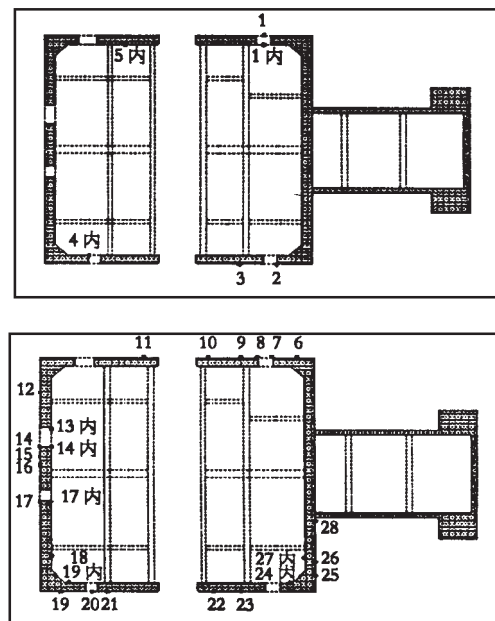


图 1 裂缝布置示意图

Fig.1 Schematic illustration of crack distribution

2 超声波检测原理及方法

2.1 超声波检测原理

混凝土是由多种材料配制而成的非均质材料,对

收稿日期 2000-08-14

超声脉冲波的吸收、散射衰减较大,其中高频成份衰减更大,因此,超声波检测混凝土缺陷一般采用较低的探测频率。当混凝土的组成材料、工艺条件、内部质量及测试距离一定时,超声波在其中传播的速度、首波的幅度和接收信号的频率等声学参数的测量值应该基本一致。如果某部分混凝土存在空洞、不密实或裂缝,便破坏了混凝土的整体性,其中空气所占的体积比相应增大,而空气的声阻抗率远小于混凝土的声阻抗率,脉冲波在混凝土中的“固-气”界面传播时几乎产生全反射,只有一部分脉冲波绕过空洞或其他缺陷区,才能传播到接收换能器。与无缺陷混凝土相比,

- ①根据声时或声速的变化,可判断缺陷的存在和估算缺陷的大小;
- ②混凝土存在缺陷时,超声波在传播过程中将发生反射、折射,相对而言,其高频成份比低频成份衰减快,分析其接收信号频率产生的变化,根据这一变化也可作为判断混凝土缺陷存在的参量;
- ③超声波在缺陷的界面上的复杂反射、折射同时也使声波传播的相位发生叠加,叠加的结果导致接收信号的波形发生不同程度的畸变,根据波形畸变,也可判别缺陷的存在。

2.2 超声波单面平测法探测垂直裂缝深度

在现场测试时,从其凿开的几条裂缝可见均属表面浅层裂缝,而且裂缝均垂直向里墙延伸,因此测试时我们采用的是单面平测法而不是检测深裂缝的钻孔测试法。当结构的裂缝部位只有 1 个可测表面时,采用平测法;若结构的裂缝部位有 2 个可测表面时,可采用斜测法,下面只介绍平测法^[2]:

(1) 先测定无裂缝处声时:将 T 和 R 换能器置于裂缝附近有代表性的质量均匀的混凝土表面,以两换能器内边缘的间距 l_i 等于 100 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm, 300 mm, 350 mm 分别读取各声时值 t_i 并绘制时-距图(见图 2),由图可见各点应大致在一

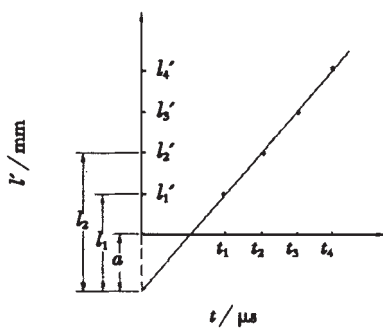


图 2 平测“时-距”图
Fig.2 Time-distance illustration under parallel-testing

条直线上,直线的斜率即为混凝土超声波的传播速度,每测点超声波实际传播的距离为

$$l_i = l_i + a$$

(2) 将 T 和 R 换能器置于以裂缝为轴线的对称两侧(见图 3)。两换能器中心连线垂直于裂缝走向,以 l_i 等于 100 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm, 300 mm, 350 mm 分别读取声时值 t_i 绘制时-距坐标图,各点应大致在一条直线上,直线的斜率即为混凝土超声波的传播速度。

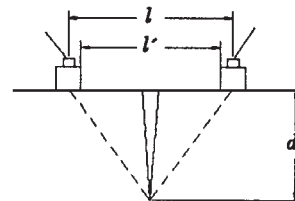


图 3 跨裂缝测试图
Fig.3 Schematic illustration of cross-crack testing

(3) 按下式计算垂直裂缝深度

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

式中 d_{ci} 为裂缝深度 l_i 分别为测距 l_i (无裂缝) l_i' (跨裂缝) 时平测声时值 (μs)。

根据费涅耳近场效应进行修正后,得出不同测距取得的 d_{ci} 值的平均值作为该裂缝的深度值。

3 超声波测试系统主要仪器设备

(1) 换能器 为中国科学院武汉岩土力学研究所自制,其频率为 50 kHz,换能器与混凝土面通过浆糊耦合剂紧密接触。

(2) 声波仪 为中国科学院武汉岩土力学研究所生产的 RSMSY5 型,其记录长度为 16 k;采样周期为 0.1 ~ 6 553.5 μs ;脉宽为 0.2 ~ 6 553.5 μs ;发射电压为 300 V, 800 V。

4 测试结果及分析

对大楼地下室混凝土部分裂缝进行的超声波检测结果见表 1。

从表 1 看出,此次检测核心筒剪力墙上的裂缝宽度在 0.1 ~ 0.4 mm 之间,大部分裂缝宽度小于 0.3 mm,只有极少数几条裂缝的宽度为 0.4 mm;裂缝伸展的长度范围在 0.30 ~ 1.57 m 之间,其中 9 条裂缝伸展长度大于 1.00 m,其余皆小于 1.00 m;裂缝深度及其影响范围在 22 ~ 44 mm 之间。由此可见,所测裂缝深度及其影响范围均在钢筋之外的混凝土保护层中,没有深入到结构内部,属表面浅层裂缝(裂缝深度小于 500 mm 皆属浅层裂缝)。

混凝土的强度分为抗压强度、抗拉强度以及抗剪

表1 混凝土裂缝声波检测结果

Table 1 Results of concrete crack supersonic wave testing

裂缝号	裂缝深度/mm			裂缝宽度/mm	裂缝长度/m
	上	中	下		
1	39	44	42	0.4	0.96
1内	38	40	34	0.3	1.02
2	30	25	27	0.2	0.80
3	37	37	34	0.3	1.40
4内	33	27	31	0.2	0.78
5	30	38	32	0.4	0.30
6	44	43	36	0.4	0.75
7	34	34	42	0.2	0.93
8	38	41	34	0.2	0.95
9	39	29	32	0.3	1.07
10	40	38	28	0.3	1.10
11	38	39	42	0.2	0.94
12	30	27	23	0.2	0.34
13内	42	32	38	0.2	0.97
14	36	33	30	0.2	0.51
14内	29	22	32	0.2	0.94
15	28	29	30	0.4	0.77
16	29	27	30	0.3	0.81
17	30	24	30	0.2	0.60
17内	34	36	34	0.3	0.95
18	44	37	28	0.3	1.13
19	31	45	40	0.3	0.58
19内	34	30	31	0.3	1.07
20	39	43	40	0.3	0.66
21	33	32	35	0.2	0.48
22	39	41	35	0.3	0.98
23	44	40	38	0.2	0.69
24内	38	37	40	0.3	1.26
25	33	35	32	0.2	0.85
26	29	41	34	0.1	1.00
27内	30	35	41	0.2	1.57
28	33	27	37	0.1	0.78

强度3种。当混凝土承受的压应力、拉应力超过其极限抗压强度、极限抗拉强度时,就会产生抗压、抗拉破坏。本文所涉及的裂缝成因基本都是因拉应力超过其抗拉强度而形成的拉裂缝。形成拉裂缝的原因很多,大致可分为表面裂缝、收缩裂缝(塑性收缩缝、自生收缩缝、温度降低冷缩裂缝、干燥收缩裂缝)。表面裂缝是因混凝土浇筑后水泥的水化热很大,聚集在内部的水化热不易散发,内部温升很高,这样形成较大的内外温差,使混凝土表面产生拉应力,温差越大,表面产生的拉应力也越大。此时混凝土龄期较短,抗拉强度较低,若温差产生的应力超出其抗拉强度,就会在混凝土的表面产生裂缝,这种裂缝多发生在混凝土浇筑后的升温阶段。表面裂缝产生的内在机制,一是内部温度高的部分对温度低的部分相当于约束,使表面不能自由收缩而产生裂缝。另一方面是外冷内热,冷的外壳受到内部的膨胀力,使表面受到拉力,容易产生开裂。收缩裂缝由于混凝土中所含水份的变化,化

学反应及温度降低等因素引起。当混凝土结构相邻部分的牵制及混凝土内部温度、湿度不一,引起各质点变形不同而处于不同的约束状态,混凝土因收缩受到约束产生拉力,此时若超过其抗拉强度,则产生裂缝^[3]。

所测工地混凝土浇筑时是在11~12月不到1个月的时间内分6次浇注完毕,浇注混凝土时的环境气温分别为0~9℃,4~14℃,5~15℃,9~15℃,13~24℃不等,所使用的混凝土又均为高标号混凝土,其化学反应过程中所生成的反应热比较多,从而引起混凝土内部的温升比较高,而当时的环境温度比较低,使混凝土表面散热较快,从而混凝土内部和表面的温差过大,形成拉应力。由此可推断该工程其表面裂缝的成因主要是由混凝土内外温差过大引起。

此外,在混凝土浇注完毕后,混凝土的早期强度较低,如果拆模的时间过早,混凝土自重及上部施加给下部的压力所引起的拉应力超过其抗拉强度时,也会引起混凝土的裂缝,因此在浇注混凝土时也不要因追求施工进度而过早拆卸施工模板。

根据以上裂缝成因分析,要减少裂缝的数量,就要适当采取一些保温养护和合理的工程进度等措施,以减少裂缝的数量,从而保证工程的质量。

4 结 语

从此次检测的结果看,所测混凝土裂缝的深度小于50mm,均在钢筋外的保护层中,没有深入到内部结构,属表面浅层裂缝。这些裂缝主要是因内部和环境温差相对过大而引起,为了控制裂缝的产生,应适当采取一些保温措施。

利用超声波检测混凝土浅裂缝深度是一种简单而行之有效的办法,但他也存在一定的缺点,钢筋引起的测量误差不容忽视。

参加测试工作的还有蒋建国、汤桃森、于南燕同志,特此致谢!

参 考 文 献

- [1] 国家建筑工程质检中心. 混凝土无损检测技术[M]. 北京:中国建材工业出版社,1996. 218-227.
- [2] CECS21:90 超声波检测混凝土缺陷技术规程[S]. 1990.
- [3] 李惠强. 高层建筑施工专题分析[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1998. 153-158.