

文章编号:1007-6492(1999)04-0019-03

## 超声测试技术在钢纤维砼试验中的应用

张启明<sup>1</sup>, 韩菊红<sup>1</sup>, 李春跃<sup>2</sup>

(1. 郑州工业大学水利与环境工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 郑州工业大学土木建筑工程学院, 河南 郑州 450002)

**摘 要:** 利用超声测试技术, 进行了8组共计48个普通砼及钢纤维砼试件的力学性能试验. 通过对试件裂缝的出现、发展及试件破坏过程的测试, 获得了超声波在普通砼和钢纤维砼中传播的各种声学参数. 利用所测得的超声波穿过砼试件的传播时间及首波振幅衰减量, 分析讨论了砼强度和钢纤维含量对声学参数的影响, 并在此基础上对普通砼及钢纤维砼的力学性能进行了综合分析. 结果表明, 钢纤维砼的抗裂、抗拉等力学性能明显优于普通砼.

**关键词:** 超声测试; 砼; 钢纤维砼

**中图分类号:** TV 431.3 **文献标识码:** A

### 0 引言

超声测试技术已成为研究砼力学性质的重要手段. 超声法也称超声脉冲速度法, 它是把超声脉冲检测仪的声波发生器与接收器放在需要测试的砼试件不同部位, 由声波发生器发射的超声波经过砼被接收器接收. 因砼的质量各不相同, 所以接收器所接收到的超声波在砼中传播的声时、振幅及频率也不同. 在单向受力状态下对砼的整个受力过程进行监测, 利用超声波在砼中传播的声时、振幅等物理量的变化反映砼的力学性质, 是材料内部裂缝变化微观机理的宏观行为表现和定量及定性的描述, 是砼许多重要物理力学性能, 诸如: 强度、弹性、塑性、延性的综合反映, 是研究砼受力和变形性能的重要依据. 本文分别对普通砼和钢纤维砼在单向受力状态下, 利用超声测试技术对砼试件受荷过程中裂缝的出现、发展及受荷极限进行监测, 以获得超声波在砼试件中传播的各种声学参数, 据此进行综合分析, 从而能够比较准确地了解砼试件在整个受荷过程中的力学性质及相关指标.

### 1 试验简介

#### 1.1 试件设计

试件采用标准试模制作, 立方体试件尺寸为

150 mm × 150 mm × 150 mm, 棱柱体试件尺寸为 150 mm × 150 mm × 300 mm. 共设计了普通砼和钢纤维砼两类构件, 其中砼构件3组, 钢纤维砼试件5组. 试件配合比见表1.

表1 试件配合比  $\text{kg/m}^3$

试件号	水泥	钢纤维	水	砂	石子
C 15-1	249	0	162	718	1277
C 25-1	295	0	162	702	1248
C 35-1	360	0	162	676	1202
C 15-2	249	93.6	162	718	1277
C 25-2-1	295	62.4	162	702	1248
C 25-2-2	295	93.6	162	702	1248
C 25-2-3	295	117.0	162	702	1248
C 35-2	360	93.6	162	676	1202

说明: 前3个试件为普通砼, 后5个试件为钢纤维砼.

#### 1.2 试验装置及试验方法

本试验中, 除了常规的压力试验机外, 主要用 CTS-25 型非金属超声检测仪进行砼试件的测试.

##### 1.2.1 换能器的布置

测试超声波在试件中的传播速度及振幅的变化, 要求换能器均匀受压, 且具有一定的压紧力. 固定换能器之前, 应先将固定换能器的部位整平并除去尘物, 把耦合剂(黄油)涂在测试部位, 然后把换能器固定装置及换能器固定在试件上. 换能

收稿日期: 1999-05-24; 修订日期: 1999-07-11

基金项目: 河南省科技攻关项目(964040700)

作者简介: 张启明(1956-), 男, 河南省商丘市人, 郑州工业大学工程师, 主要从事结构实验及工程检测方面的研究.

器布置如图1所示。

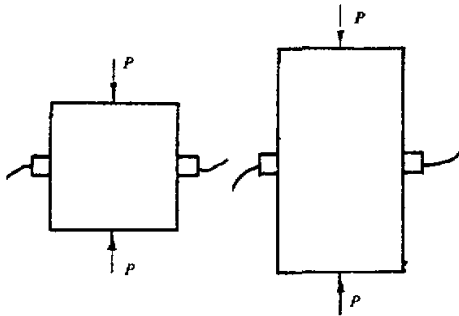


图1 换能器布置示意图

### 1.2.2 加载方法

本试验的试验过程类似于立方体抗压强度试验及棱柱体抗压强度试验,但加载方法有所不同。加载方法为:先连续加载至声时逐渐增大至  $0.2 \mu\text{s}$ ,再分阶加载。立方体抗压试验按 30, 20, 10, 5 kN 分阶加载,棱柱体轴心抗压试验按 20, 10, 5 kN 分阶加载。每次加载后恒压 90 s,至恒压过程中声时逐渐增大,信号振幅逐渐下降即停止加载。

### 1.2.3 测试内容

本试验主要测试普通砼、钢纤维砼的立方体和棱柱体试件在受力过程中超声波穿过试件的传播时间及首波振幅衰减量(用增益值表示)。按前述加载方法,每级荷载下分别读取超声波在试件中的传播时间及在首波振幅高度相同时的增益值大小。

## 2 试验结果分析

### 2.1 砼立方体受力时超声波声速与荷载关系

#### 2.1.1 荷载 $P$ 与声速 $V$ 的关系

曲线如图2所示,可分为4个区段。

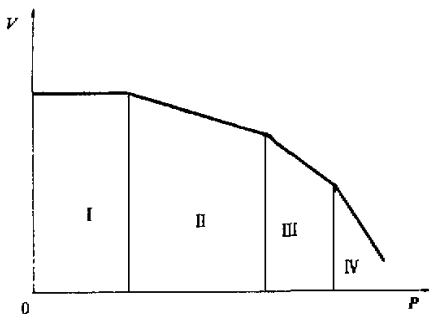


图2 砼受力过程  $P-V$  关系

第一区段,随着荷载的增大,超声波声速保持不变。此区段由于砼中的初始界面裂缝无甚增大,

所以超声波在砼中的传播速度基本上没有变化,砼仍处于弹性工作阶段。此区段末的荷载为  $P_1$ 。

第二区段,声速随荷载的增大而缓慢减小,表明此区段中砼内部初始界面裂缝两端形成应力集中,并随荷载增大而有所扩展。但此阶段砼中各微裂缝仍是孤立的、局部的,并主要出现在粗骨料表面。此区段末的荷载为  $P_2$ 。

第三区段,声速随荷载增大而减小的速率较第二区段快,表明此区段内各微裂缝沿粗骨料表面继续发展并向相邻部位张度较低的方向扩展。此区段末的荷载为  $P_3$ 。

第四区段,声速随荷载的增大而迅速下降,同时在恒压过程中声速和首波振幅均逐渐下降。此区段裂缝开始快速发展并逐步连贯起来至试件破坏。试件破坏荷载为  $P_u$ 。

#### 2.1.2 钢纤维砼试件声速 $V$ 与荷载 $P$ 的关系

(1) 钢纤维砼试件受力过程中,声速与荷载的变化关系趋势基本上与普通砼试件一致,如图2所示。

(2) 钢纤维砼试件各区段末的荷载相对值均大于普通砼试件,表明钢纤维砼试件的抗裂、限裂能力高于普通砼试件。

如前所述,砼受压过程中,结构内的微观变化大致经历了稳定→裂缝产生→裂缝稳定扩展→失稳扩展的过程,超声声速相应表现为平稳→缓慢下降→加速下降→急剧下降4个阶段,与其相应的普通砼和钢纤维砼试件的3个临界值变化范围列于表2。

表2 普通砼与钢纤维砼试件的临界值变化

构件类型	$P_1/P_u$	$P_2/P_u$	$P_3/P_u$
普通砼立方体试件	0.25 ~ 0.3	0.65 ~ 0.70	0.85
钢纤维砼立方体试件	0.32 ~ 0.37	0.70 ~ 0.75	0.85 ~ 0.9
普通砼棱柱体试件	0.45 ~ 0.5	0.75 ~ 0.80	0.90
钢纤维砼棱柱体试件	0.52 ~ 0.6	0.8 ~ 0.85	0.95

### 2.2 砼棱柱体受力时超声波声速与荷载关系

棱柱体砼试件受力过程中,声速与荷载变化关系趋势基本与普通砼立方体试件一致,也可分为4个区段,但每一区段相应的临界值是不同的。具体变化范围列于表2。

### 2.3 普通砼强度与受压时声速稳定荷载的关系

试验结果表明:随着砼强度的提高,试件受压过程中声速稳定的荷载临界值  $P_1$  的绝对值增大,但  $P_1/P_u$  值基本保持不变,即受压砼声速稳定范围不受砼强度的影响,而试件开裂后,对强度较低的砼,裂缝扩展速率较快。如图3所示。

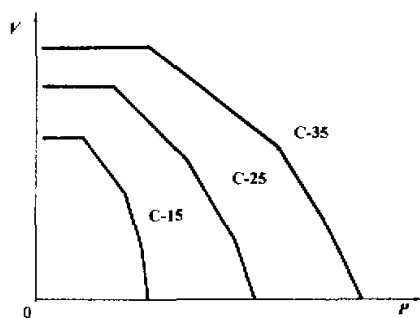


图3 不同砼设计强度的  $P-V$  关系曲线

## 2.4 钢纤维砼中钢纤维含量与开裂荷载关系

钢纤维砼棱柱体试件中钢纤维含量与试件开裂荷载的关系如图4。从图中可以看出,在试验范围内,随着钢纤维含量的增加,试件的开裂荷载随之线性增大。这表明在砼中加入钢纤维对试件的抗裂具有明显的作用。

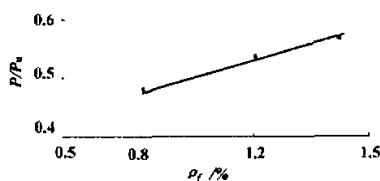


图4 钢纤维含量与开裂荷载的关系

## 3 结论

(1) 在砼中加钢纤维,试件的开裂荷载有所提高,构件的延性好于普通砼。

(2) 钢纤维砼试件的开裂荷载随着钢纤维含量的增加而线性增大。

(3) 砼超声检测,声速与结构的受力状态有关。当普通砼墩座基础受力低于  $0.3 P_u$ ,轴心受压构件受力低于  $0.5 P_u$  时,超声声速是稳定的,它与率定时的状态一致。超过上述临界值,声速将随着荷载的增大而下降。为了提高超声测试精度,若采用基准曲线,应根据受力大小对其作必要的修正。

## 参考文献:

- [1] CECS 13-89, 钢纤维砼试验方法[S].
- [2] CECS 21-90, 超声法检测砼缺陷技术规程[S].
- [3] 罗骥先. 水工建筑物砼的超声检测[M]. 北京: 水利电力出版社, 1988.
- [4] 邦奇 J H. 结构砼试验[M]. 王怀彬, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1988.
- [5] 李为杜, 马修麟, 童寿兴. 混凝土受力状态非破损检测参数研究[J]. 施工技术, 1993, 22(4): 9-11.

## Application of Ultrasonic Testing in Experiments of Steel Fibre Concrete

ZHANG Qi-ming<sup>1</sup>, HAN Ju-hong<sup>1</sup>, LI Chun-yue<sup>2</sup>

(1. College of Hydraulic & Environmental Engineering, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China; 2. College of Civil & Building Engineering, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Through the experiments of 48 samples subjected to unidirectional load by ultrasonic test, various acoustic parameters of ultrasonic transmitting in concrete and reinforced fibre concrete are obtained. The influence of the concrete strength and the ration of steel fiber on the acoustic parameters are discussed and the mechanical behavior of concrete is analyzed comprehensively. The results show that the mechanical behavior of steel fibre reinforced concrete is better than that of concrete.

**Key words:** ultrasonic testing; concrete; steel fibre reinforced concrete