

## 三种不同压缩条件下大型混凝土标 本地震波变化特征的实验研究

### 1. 引言

许多关于岩石样品和模拟岩石样品的实验结果都证实了, 在样品破裂前波速有一个明显的变化过程。但由于实验设备和技术所限, 绝大多数实验样品都是比较小的, 其尺度一般仅在几厘米到十几厘米, 与野外实际情况相差较大<sup>[1]</sup>。因此, 有必要对大尺度样品进行实验研究。我们同长沙矿山研究院合作, 共同开展了大型混凝土标本地震波变化特征的实验研究。

### 2. 实验方法

实验用的第一块标本为砂浆标本, 第二块和第三块为混凝土标本。标本置于湖南某矿区一直井巷道的坑道洞室中, 围岩为硅化灰岩, 深度199米, 洞室内温度为25℃, 干湿差79%。坑道离采石场较远, 环境条件基本稳定, 除压力外, 其它因素可以认为是不变的。为补充洞室空间, 标本下部筑有高标号混凝土基座。标本的加载装置同文献<sup>[2]</sup>, 标本制作的基本参数见表1。实验采用96×96×4(厘米)的钢枕施加轴向载荷, 用6.8厘米厚的钢板传压, 用高标号混凝土封顶。侧向用150×150×7(厘米)钢枕对合加载, 传力板厚1厘米, 中间挖有5个标点孔, 并埋入直径16毫米、长40厘米的无缝钢管用以测量标本的纵横向变形。采用18号和14号长160厘米的槽钢组成侧向反力框架, 一共架设14付<sup>[2]</sup>。各钢枕油管和高压阀门与油泵相连组成加载油路系统, 在油路系统中安装YB-150M/M标准压力表, 用高压阀门控制各项压力。

三块标本制作的基本参数

表 1

标本性质	配 比	抗压强度	标本尺寸	令 期
	水泥:尾砂:碎石	(kg/cm <sup>2</sup> )	(米)	(天)
I 砂 浆	1 8 2	47.0	1×1×1.5	233
I 混 凝 土	1 5 1	80.0	1×1×1.5	233
II 混 凝 土	1 5 1	75.0	1×1×1.5	233

实验采用SYC-2型超声波岩石参数测定仪, 用频率为700KHz的探头作发射和接收换能器。在大型混凝土标本两端各打一个深8cm的孔, 使这两个孔与标本轴向一致。用黄油将探头固定在孔底。实验先分级加载至静水压力, 然后逐级加大轴向压力, 直至标本破裂。每加载4公斤/厘米<sup>2</sup>, 观测一次标本受力变形破裂过程中地震波的变化量。

### 3. 实验结果与分析

(1) 单轴压缩下I号砂浆标本 $V_p$ 、 $V_s$ 和 $A_p$ 、 $A_s$ 的变化特征

I号砂浆标本含裂隙, 抗压强度低。在加载初期, 标本处于弹性变形范围, 波速 $V_p$ 和 $V_s$ 随应力增加而缓慢增加, 这是由于裂隙闭合, 体积产生微小收缩, 标本变得致密造

成的。当应力达到破裂应力的50%时，波速变化开始减弱，标本开始屈服，处于弹—塑性形变状态。应力继续增加，标本将进入破裂阶段，原有裂隙再次出现，裂口增大，裂隙长度伸展，继而新的裂隙明显出现，并与原有隐裂隙贯通导致标本急剧破裂。此时， $V_p$ 和 $V_s$ 均显示下降的变化规律，其中 $V_p$ 变化幅度达11.2%， $V_s$ 变化幅度达11.7%，形成明显的拐点（图1a）。

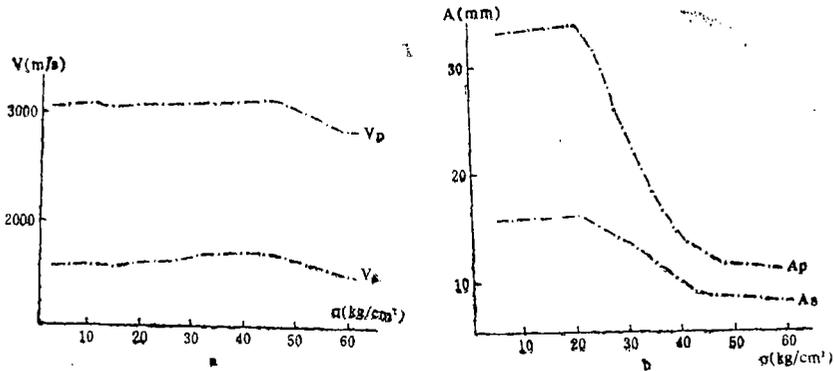


图 1 单轴压缩下地震波波速 (a) 及振幅 (b) 随应力的变化

在加载初期，上述两种波振幅随应力的增加而减小，当应力增加至破裂应力的50%时，地震波振幅的各向异性非常明显，其中 $A_p$ 变化幅度达68.7%， $A_s$ 变化幅度达38%，随后振幅急剧下降并维持在较稳定的水平上（图1b）。

(2) 三轴不等压下Ⅱ号混凝土标本 $V_p$ 、 $V_s$ 和 $A_p$ 、 $A_s$ 的变化特征

在加压的最初阶段， $V_p$ 和 $V_s$ 随应力的增加而缓慢增加，当应力超过破裂应力的60%时， $V_p$ 变化幅度达85.7%， $V_s$ 变化幅度达22%（图2a）。这种波速变化幅度上的差异，可能是差应力的作用引起的。

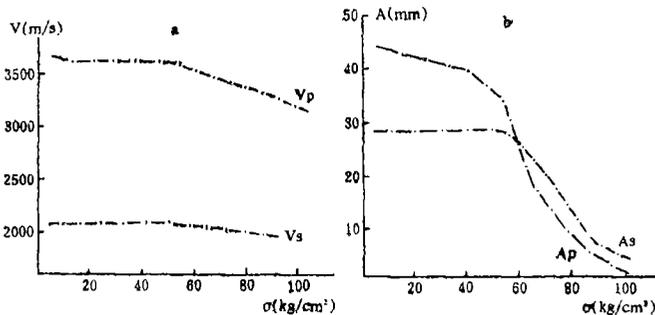


图 2 三轴不等压下地震波波速 (a) 及振幅 (b) 随应力的变化

在加压初期， $A_p$ 和 $A_s$ 的变化迟缓，当应力超过破裂应力的50%时，振幅呈大幅度下降，其中 $A_p$ 变化幅度达95.2%， $A_s$ 变化幅度达85.1%（图2b）。

(3) 三轴围压下Ⅲ号混凝土标本 $V_p$ 、 $V_s$ 和 $A_p$ 、 $A_s$ 的变化特征

在加压初期，波速随应力增加而缓慢增加，当应力超过破裂应力的40%时，标本内部产生微裂隙。在标本临破裂前，波速明显下降，其中 $V_p$ 变化幅度达16%， $V_s$ 变化幅度达12.5%（图3a）。

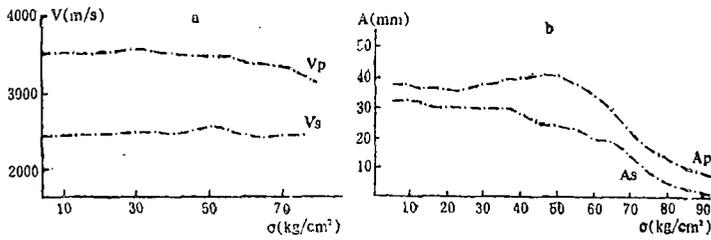


图3 三轴围压下波速(a)及振幅(b)随应力的变化

在加压初期,振幅随应力增加而缓慢增加,当应力超过破裂应力的40%时, $A_p$ 和 $A_s$ 的变化幅度差异较大。在标本临破裂前,两种振幅显示同步急剧下降(图3b),这时能听到标本内部有轻微的响声。

#### 4. 结论

(1)地震波振幅的衰减与标本强度有关,即标本强度高振幅衰减慢,标本强度低振幅衰减快。

(2)标本内含裂隙对振幅的影响较为显著。在标本临破裂前地震波振幅变化的各向异性非常明显。

(3)地震波速度的变化受标本水平裂隙和纵向裂隙的影响,标本的纵向裂隙对振幅的影响较波速大。

本文的工作得到了长沙矿山研究院工程师桑玉发同志的帮助,秦保燕、李清河同志审阅了原稿并提出了许多宝贵意见,在此一并表示感谢。

(本文1987年3月27日收到)

(国家地震局兰州地震研究所 李刘玉 金铭 蒋绪媛)

#### 参 考 文 献

- [1]郭铁栓等,实验样品波速测量的尺度效应和环境效应,中国地震,Vol.1, No.4, 1986.
- [2]陆阳泉等,三向压缩下大型混凝土标本的电性特征,西北地震学报,Vol.2, No.4, 1980.
- [3]W. F. Brace,尺度对岩石力学性质的影响,世界地震译丛, No.9, 1982.
- [4]陈颀等,不完整岩石样品的断裂与摩擦滑动,地球物理学报, Vol.22, No.2, 1979.

### EXPERIMENTAL STUDY ON SEISMIC WAVE VARIABLE FEATURES OF LARGE-SCALE CONCRETE SPECIMEN UNDER THREE DIFFERENT COMPRESS CONDITIONS

Li Liuyu, Jin Ming and Jiang Xuyuan  
(The Earthquake Research Institute of Lanzhou,  
State Seismological Bureau)