

聚丙烯纤维混凝土小变形阻尼研究

陈振富 石建军 柯国军 郭长青 孙德纶 陈俊杰

(南华大学 建筑工程与资源环境学院 衡阳 421001)

胡绍全*

(中国工程物理研究院 结构力学研究所 绵阳 621900)

摘要: 材料的阻尼是衡量材料本身减振性能的主要指标,采用自由振动法测试得到了一批聚丙烯纤维混凝土小变形阻尼比的基础性数据。试验结果表明:所采用的阻尼比测试方法和试验过程是可靠的;混凝土的阻尼比随聚丙烯纤维掺量的增加变化不大;混凝土的弹性模量随聚丙烯纤维掺量的增加而降低。

关键词: 聚丙烯纤维混凝土 阻尼比 自由振动法 小变形

STUDY ON DAMP OF POLYPROPYLENE FIBRE CONCRETE IN SMALL DEFORMATION

Chen Zhenfu Shi Jianjun Ke Guojun Guo Changqing Sun Delun Chen Junjie

(College of Architecture, Resources and Environment Engineering, Nanhua University Hengyang 421001)

Hu Shaoquan*

(Institute of Structural Mechanics, ACEP Mianyang 621900)

Abstract: Damping ratio is the main index representing the property of materials in reducing vibration. Free vibration method is employed to measure the damping ratio. A batch of fundamental data for the damping ratio of polypropylene fibre concrete in small deformation is obtained. The analyses of experimental results conclude that the testing method and procedure for damping ratio are reliable; for concrete in the same class, the damping ratio changes slightly with increasing polypropylene fibre; and Young's modulus decreases with increasing polypropylene fibre.

Keywords: polypropylene fibre concrete damping ratio method of free vibration small deformation

材料的阻尼比是衡量材料本身减振性能的重要指标,随着高新技术飞速发展,在航空航天、核技术工程和高精度机床等设备安装方面,建造有良好减振性能的混凝土基础和构件,减少外界干扰的影响,确保安装在混凝土基础和构件上的仪器设备高精度运行,具有极其重要的作用。在建筑结构动力分析中,阻尼比的选取是个十分重要的问题^[1],尤其在共振频率附近,阻尼比的大小对动态响应有非常显著的影响^[2]。但是,国内外对钢筋混凝土小变形阻尼的研究较少,大都针对钢筋混凝土大变形阻尼,然而不同变形水平阻尼不同^[3]。纤维混凝土国内外研究方兴未艾^[4,5],但对纤维混凝土小变形阻尼的研究尚未见报道。为此,作者试配了多种混凝土,通过测试其阻尼比,得到了一批聚丙烯纤维混凝土小变形阻尼比、抗压强度、弹性模量基础性数据,为全面了解纤维混凝土性能提供了依据。

通混凝土力学性能试验方法》(GBJ 81 - 85)进行。混凝土抗压强度试验的试件尺寸为 150mm × 150mm × 150mm,每个配合比制作 3 个试件,以 3 个试件的抗压强度算术平均值作为该配合比抗压强度结果;弹性模量试验的试件尺寸为 100mm × 100mm × 300mm,每个配合比制作 6 个试件,其中 3 个试件用于测定混凝土轴心抗压强度,另外 3 个试件用来测定混凝土弹性模量,弹性模量测定时反复加载卸载水平为 3 个轴心抗压强度的算术平均值的 0.4 倍,以 3 个试件弹性模量的算术平均值作为该配合比弹性模量结果。抗压强度试件、轴心抗压强度试件和弹性模量试件均采用标准养护((20 ± 3) °C,相对湿度大于 90%),养护龄期为 28 ~ 37d。

如图 1 所示。为减小空气阻尼等结构阻尼的影响,试验采用大比例试件,测试段长度 1 250mm,截面尺寸为 100mm × 100mm;为便于安装,阻尼比测试

1 试验方法^[1]

抗压强度(f_{cu})和弹性模量(E)的测试按照《普

* 胡绍全同志为第三作者。

第一作者:陈振富 男 1965 年出生 副教授

收稿日期:2003 - 11 - 02

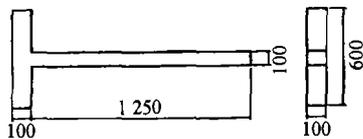
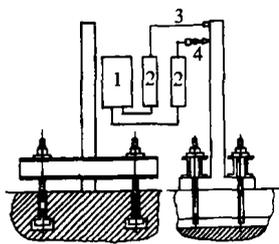


图1 T型试件

试件采用T型试件,T型试件根部带一长600mm、截面尺寸为100mm×100mm的横档。试件采用钢模成型,自然养护,养护龄期为28~37d。每个配合比制作3个试件,用3个试件阻尼值的算术平均值作为该配合比阻尼值结果。

阻尼比 ζ 的测试采用自由振动法^[6]。测试时用梁压在试件的横档上,并通过地脚螺栓固定在承力地轨上,用力锤轻击试件,使其产生自由振动,由于有阻尼存在,振幅将随时间衰减,最后趋于消失。利用传感器、放大器、动态信号分析仪等仪器,测得试件受振动后自由衰减时程曲线,同时测量激励,通过分析得到相频曲线和幅频曲线,求出试件系统的固有频率、阻尼比等特性。试件系统的振动可视为一端固定一端自由梁的横向自由振动,试验装置与所用仪器如图2所示。



1-动态信号分析仪;2-电荷放大器;3-加速度传感器;
4-力传感器

图2 T型试件锤击振动试验装置

试验用主要原材料有水泥及掺合料:普通硅酸盐水泥32.5级;骨料为中河砂,5~30mm卵石;聚丙烯纤维。

为防止混凝土试件断裂,在T型试件内放置了铅丝(研究钢筋分布及配筋率对阻尼比影响之试验除外),测试段部分纵向采用4根12号铅丝;箍向为8号铅丝,间距为200mm。横档部分纵向为4根8号铅丝;箍向为8号铅丝,间距为200mm。

2 测试结果

表1 聚丙烯纤维混凝土性能

设计强度等级	龄期/d	抗压强度/ MPa	弹性模量/ (10 ⁴ MPa)	固有频率/Hz			阻尼比/%	
				f_1	f_2	f_3		
C30+0%丙纤	28	38.1	3.37	33.0	212.0	586.0	1:6.4:17.8	1.45
C30+0.1%丙纤	37	31.1	3.01	33.3	204.7	568.0	1:6.2:17.1	1.37
C30+0.5%丙纤	37	37.0	2.85	31.7	201.0	557.3	1:6.3:17.6	1.37
C30+1%丙纤	28	29.9	2.53	30.7	193.7	532.0	1:6.3:17.3	1.42

* 阻尼比均为在第一阶固有频率下自由振动的值。

常用的纤维有钢纤维、玻璃纤维、合成纤维和天然纤维等,考虑粘弹性材料能有效吸收振动能,研究过程中我们选用一种合成纤维——聚丙烯纤维(简称丙纤)。试验时,以粗骨料为5~40mm卵石、C30普通混凝土作为基准混凝土,将聚丙烯纤维按外掺法掺入混凝土中,掺量按混凝土体积含量计。掺量分别为0.1%、0.5%和1%,测试其抗压强度、弹性模量、固有频率和阻尼比,具体结果见表1。

试验过程中发现,在其他材料用量不变的情况下,纤维掺量超过混凝土体积的0.5%时,混凝土极难搅拌均匀,各种材料绞扭成一团,施工时几乎无法振捣密实。纤维在混凝土中的掺量十分有限。

测试结果表明:

1)一端固支一端自由梁横向振动各阶固有频率的理论计算为^[2]:

$$f_i = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{\kappa_i}{l} \right)^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho A}}$$

其中前三阶特征值为:

$$\kappa_1 = 1.875, \kappa_2 = 4.694, \kappa_3 = 7.855$$

故理论计算该梁前三阶固有频率之比为:

$$f_1 : f_2 : f_3 = 1 : 6.27 : 17.6$$

不论何种混凝土,实测试件前三阶固有频率之比,与理论值较为接近,说明测试混凝土阻尼的方法是可行的。

2)该种混凝土的抗压强度 f_{cu} 与静力弹性模量 E 之间线性回归方程为:

$$E = 0.959 + 0.058f_{cu}$$

其相关系数为0.687,说明 f_{cu} 与 E 之间线性相关性不好。

3)与基准混凝土相比,聚丙烯纤维的掺入使混凝土的强度和弹性模量均降低。

4)聚丙烯纤维掺量 a 与静力弹性模量 E 之间呈线性关系,用聚丙烯纤维掺量0%、0.1%、0.5%、1.0%四个配合比的结果进行线性回归,方程为 $E = 3.229 - 0.723a$,相关系数为-0.940。

5)混凝土的阻尼比 ζ 随聚丙烯纤维掺量的增加而变化不大。

弹性模量 E 和阻尼比 ζ 随聚丙烯纤维掺量 a 变化关系如图3、图4所示。

(下转第30页)

小品等都给环境增添了许多耐人寻味的细节,使环境显得十分丰富。

4 虚拟的环境场景

生活在现代都市的人们常常渴望挣脱日常的生活环境去获得一种新奇的、有益于身心健康的生活环境,借以舒缓积压已久的精神压力。美国的迪斯尼乐园正是迎合了人们的这种消费心理,把各种文化中的场景嫁接、拼贴在一起,形成一种非同寻常的虚拟生活场景,使大众从中获得一种虚幻的文化和场景体验,从而达到娱乐身心的目的。例如,有的居住环境设计以自然环境为摹本,用蜿蜒流转的小溪、随意错落的山石、自然生长的野草以及不加雕琢的参天大树来构筑一派生机勃勃的山林野趣;有的则将各种异域景观素材如巴厘岛的草亭、日本的枯山水、欧式的廊亭等拼接在一起,营造出一种异国情调的场所气氛;有的干脆以不同地区的景观风格为主题进行环境设计,例如深圳中海怡翠山庄将整个社区分为新古典主义风格的雅典园、热情奔放的西班牙赛乐园、拥有浪漫童话情怀的荷兰千色园和高贵优雅的法国枫丹园,每个园区采用相应的建筑风格与景观素材来烘托一种特定的生活场景;此外,色彩在居住环境设计中也常常成为表现特定的时空和场所气氛的方法,

例如,深圳中海阳光棕榈园以地中海式生活场景为主题,采用地中海黄、橙色系列来装饰墙面,让整个环境充满阳光气息。

总之,当今居住环境设计正逐渐摆脱过去那种千篇一律、粗糙简单的处理方式,一方面注重在环境中延续地方居住文化的传统,另一方面也十分强调对当前人们的环境消费心理进行应对,并且突破过去平面化看待环境的观念,以一种立体化的环境观来进行环境设计,在此过程中,也更加强调建筑作为环境界面的作用,重视住宅表面细部的刻画。随着社会的不断发展,人们对居住环境会提出更高更新的要求,在设计中,也将涌现出更多新的设计理念和手法,使我们的居住环境变得更加丰富和美好。

参考文献

- 1 黄伟平.居住的类型学思索与探索.建筑学报,1994(11):44~48
- 2 “北京印象”住宅小区.世界建筑,2001(8):52~55
- 3 范炜.城市空间的集约化思考.华中建筑,2002(5):91~93
- 4 李世芬,赵远鹏.空间维度的扩展——分形几何在建筑领域的应用.新建筑,2003(2):55~57
- 5 吴宜.虚拟与戏剧性处理在建筑和城市空间设计中的运用.华中建筑,2002(2):50~52
- 6 张勇.深圳经典小区(1/2).北京:中国建筑工业出版社,2002

(上接第60页)

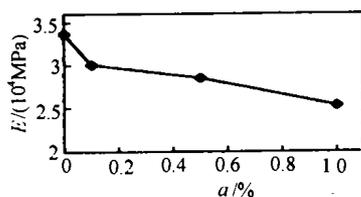


图3 混凝土弹性模量随聚丙烯纤维掺量变化关系

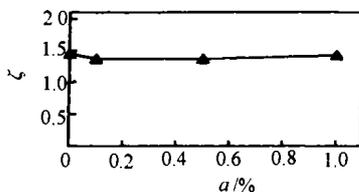


图4 混凝土阻尼比随聚丙烯纤维掺量变化关系

3 结论

综合分析不同配合比的混凝土材料的力学性能,可以看出:

1)不论何种混凝土试件,其前三阶固有频率之比,与理论值(1:6.27:17.6)较为接近,说明本文测试混凝土阻尼的方法是可行的,测量数据可信。

2)聚丙烯纤维掺入普通混凝土中,混凝土的阻尼比变化不大。

3)混凝土的弹性模量随聚丙烯纤维掺量的增加而降低,且二者呈线性关系。

4)聚丙烯纤维混凝土的抗压强度 f_{cu} 与静力弹性模量 E 之间线性相关性不好。

参考文献

- 1 John A. Dynamic Characteristics of Reinforced Concrete Building. Symposium on Vibration of Concrete Structures, 1977
- 2 张准,汪凤泉.振动分析.南京:东南大学出版社,1991
- 3 Stevenson J D. Structural Damping Values as A Function of Dynamic Response Stress and Deformation Levels. Nuclear Engineering and Design, 1990, 60
- 4 Sezan Qrak. Investigation of Vibration Damping on Polymer Concrete with Polyester Fesin. Cement and Concrete Research, 2000, 30: 171~174
- 5 Yan L. Polyolefin Fiber-Reinforced Concrete Composites, Part II: Damping and Interface Debonding. Cement and Concrete Research, 2000, 30: 403~410
- 6 姚振纲,刘祖华.建筑结构试验.上海:同济大学出版社,1998
- 7 Morrone A. Damping Values of Nuclear Power Plant Component. Nuclear Engineering and Design, 1974, 26