

文章编号: 1673-0062(2010)01-0102-04

自密实钢筋混凝土梁阻尼比的试验研究

谭劲旅, 陈振富*, 刘巍, 易灵芝

(南华大学 城市建设学院, 湖南 衡阳 421001)

摘要: 对 15 根自密实钢筋混凝土简支梁进行了动态测试实验, 实验结果表明: 随着自密实混凝土强度的提高, 其阻尼比降低; 随着自密实混凝土梁的固有频率的增大, 其阻尼比减小; 随着自密实混凝土梁配筋率的提高, 第一阶固有频率下的阻尼比降低; 各自密实钢筋混凝土试验梁的阻尼比基本介于 0.5% ~ 1.0% 之间。

关键词: 自密实钢筋混凝土; 简支梁; 振动试验; 阻尼比

中图分类号: TU 375 **文献标识码:** A

Experimental Study on Damping Ratio of Self-compacting Reinforced Concrete Beams

TAN Jing-lv, CHEN Zhen-fu*, LIU Wei, YI Ling-zhi

(School of Urban Construction, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China)

Abstract In this paper, fifteen self-compacting reinforced concrete beams are used for the dynamic testing. The analysis of experimental results indicate that: The damping ratio of beams decreases with increasing the self-compacting concrete strength; the damping ratio of beams decreases with increasing the natural frequency; and with the self-compacting concrete beams reinforcement ratio increased, the first-order natural frequency of the damping ratio reduces. The damping ratio falls in 0.5% ~ 1.0% for self-compacting reinforced concrete beams of vibration test.

Key words self-compacting reinforced concrete; simple beam; vibration test; damping ratio

自密实混凝土 (Self Compacting Concrete, 简称 SCC), 又称高流态混凝土, 指混凝土拌合物主要依靠自重, 不需要振捣即可充满模板和包裹钢筋, 属于高性能混凝土的一种^[1]。自密实混凝土

具有高流动性、高填充性与高抗离析性等特点, 在工程应用中可以节省人力、物力, 提高工效, 避免由于人为因素造成的对混凝土浇筑成形质量的影响, 减少扰民, 保护环境, 适合于闹市区、大体积混

收稿日期: 2009-11-27

作者简介: 谭劲旅 (1982-), 男, 湖南衡阳人, 南华大学城市建设学院硕士研究生。主要研究方向: 结构工程。* 通讯作者。

凝土以及复杂形体和密筋结构振捣困难的混凝土施工。

阻尼是反映结构体系振动过程中能量耗散特征的参数^[2]。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^[3], 尤其在共振频率附近, 阻尼比的大小对动态响应有非常明显的影响。影响结构阻尼的因素有很多, 例如材料不完全弹性引起的内摩擦、结构周围介质阻尼、各构件节点连接处和支撑与结构之间的摩擦以及向地基辐射的能量等^[4-6]。由于阻尼机理的复杂性和试验结果的高离散性, 国内外对混凝土阻尼比的研究较少, 特别是正在推广使用的自密实钢筋混凝土阻尼的研究基本无文献可查。本文采用动态测试方法, 通过对 15 根自密实钢筋混凝土试验简支梁进行了实验, 分析得到不同混凝土强度、不同配筋率对自密实钢筋混凝土材料阻尼值的影响规律, 为自密实混凝土的应用打下基础。

1 试验概况

1.1 试验用原材料及试件

试验用主要原材料: 采用衡阳湘江牌 P·O32 5 级水泥 (C), 细骨料为河中砂 (S), 粗骨料为 5~20 mm 卵石 (G), 粉煤灰掺和料 (FA) 为湘潭 II 级灰, 外加剂 (SP) 采用聚羧酸盐高效外加剂; 试验采用的自密实混凝土配合比如下表 1 所示。

试验设计了 15 根自密实钢筋混凝土梁, 根据混凝土强度等级和配筋率的不同分别编号为 RC1~RC5 每一编号梁制作三根。其中编号为 RC1、RC4 和 RC5 系列梁具有相同的配筋率, 编号为 RC2、RC3 和 RC4 试验梁混凝土强度等级相同。试验梁采用 100 mm × 150 mm 矩形截面, 上部架力筋均为 2Φ8 箍筋均采用 i8@150 试验梁实际长度为 $l=2000$ mm, 两端采用铰支座支承, 净跨跨长 $l_n=1900$ mm, 试验梁参数见表 2。

表 1 混凝土配合比

Table 1 Concrete mix proportion

CS	C / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	FA / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	W / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	S / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	G / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	SP / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	W / (C + FA) / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
C20	208	240	132	770	810	3.4	0.293
C30	230	360	155	710	790	4.56	0.263
C40	360	250	164	720	810	5.5	0.269

表 2 试验梁参数表

Table 2 Test-beam parameters

梁编号	混凝土	纵向钢筋	配筋率 %
RC1	C20	2Φ8+2Φ12	1.26
RC2	C30	2Φ8+2Φ8	0.67
RC3	C30	2Φ8+2Φ10	1.05
RC4	C30	2Φ8+2Φ12	1.26
RC5	C40	2Φ8+2Φ12	1.26

1.2 实验测试与方法

试验在南华大学结构试验室进行, 试验测试系统采用杭州亿恒科技有限公司的 AVANT 动态信号测试分析仪, 试验主要用到的仪器设备有: 压电式力锤、压电式加速度传感器、信号放大器、数据采集仪、控制器及微机处理系统等。该系统采用锤击法用力锤对试件施加瞬态脉冲激励, 将实际的激励力信号通过压电式力传感器转换为电信号, 响应信号则通过压电式加速度传感器转换为电信号。计算机用专用信号处理软件对激励及响应信号进行分析, 从而得到系统的传递函数。

本试验采用多点激励, 单点测取响应信号, 为了能识别试验梁在振动测试过程中产生的扭转现象, 及方便阵型识别, 本实验在试验梁上布置双排测点, 共 30 测点, 经过调试将传感器安放在第四点, 逐点敲击 1-30 测点, 取得各点频响函数的估计。振动测试示意图如图 1 所示。

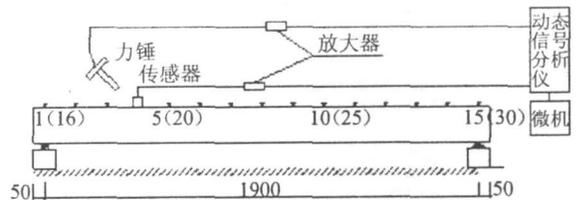


图 1 振动测试系统图

Fig 1 Schematic diagram of vibration testing

2 试验结果与分析

将采集到的频响数据导入 ME' scopeVES 可视化模态分析软件中, 采用峰值拾取法^[7]进行阻尼比分析。峰值拾取法又称为分量分析法, 就是将频响函数分成实部分量和虚部分量, 根据峰值附

近的值(共振区)来辨识阻尼比和固有频率等模态参数.

表 3 试验梁的力学性能参数部分结果

Table 3 Test-beam parameters of the mechanical properties of the partial results

试验梁编号	混凝土抗压强度 /MPa	阻尼比 %	固有频率 /Hz				
			f_1	f_2	f_3	f_4	$f_1:f_2:f_3:f_4$
RC1	22.4	0.90	64.5	256.0	578.3	1033.3	1:4:9:16.0
RC2	30.9	0.99	60.3	242.3	541.0	963.7	1:4:9:15.9
RC3	32.5	0.92	61.9	246.3	557.4	985.3	1:3.9:9:15.9
RC4	31.4	0.89	66.5	265.0	597.7	1059.7	1:3.9:8.9:15.9
RC5	42.3	0.58	66.4	261.7	592.0	1056.6	1:3.9:8.9:15.9

注: 阻尼比均为第一阶弯曲振动固有频率下的阻尼比

试验结果表明:

1) 对于简支梁的横向弯曲振动, 前 4 阶固有频率之比理论计算为 $f_1:f_2:f_3:f_4 = 1:4:9:16^{[8]}$. 由表 3 可以出, 各试验梁的实测结果前 4 阶固有频率之比与理论值较为接近, 说明测试方法是可行的.

2) 试验梁的前四阶测试方向上弯曲振动的固有频率下的阻尼比, 如图 2 所示. 采用二次多项式拟合可得出各试验梁阻尼比与前四阶固有频率的关系, 由该图可看出各试验梁的阻尼比都有随固有频率的增大而减小的趋势.

3) RC1 RC4和 RC5 梁的前四阶测试方向上弯曲振动的固有频率下的阻尼比, 如图 3 所示, 采用二次多项式拟合可得出固有频率的阻尼比与混凝土强度的关系, 在相同配筋率、不同混凝土强度等级下, 各梁均有随着自密实混凝土强度的提高, 其阻尼比降低. 这可能是随着自密实混凝土强度的提高, 弹性模量提高, 内部缺陷减小, 从而阻尼比降低. 这与文献 [9] 的试验研究结论相符合, 说明其结论对本试验研究的自密实混凝土同样适应.

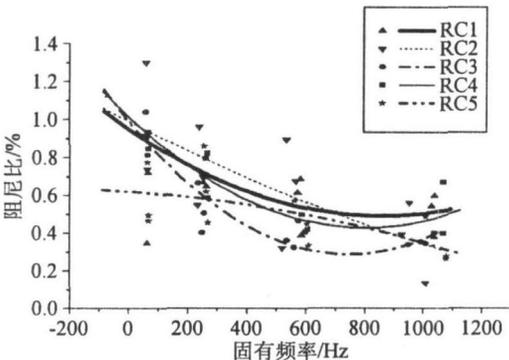


图 2 各试验梁阻尼比与固有频率的关系

Fig 2 The relationship between damping ratio and natural frequency

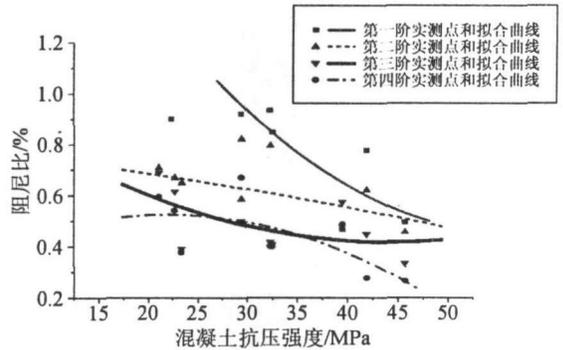


图 3 混凝土强度与阻尼比关系

Fig 3 The relationship between concrete strength and damping ratio

4) RC2 RC3和 RC4 梁第一阶固有频率下的阻尼比与配筋率关系如图 4 所示. 在相同混凝土强度、不同配筋率下, 随着自密实混凝土梁配筋率的提高, 第一阶固有频率下的阻尼比降低, 而第二、三、四阶配筋率与阻尼比关系曲线规律性不强.

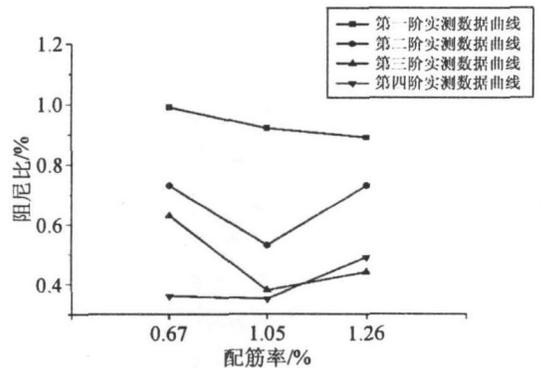


图 4 配筋率与阻尼比的关系曲线

Fig 4 The relationship between damping ratio and reinforcement ratio

3 结论

通过试验测试 15 根自密实钢筋混凝土梁的动态力学性能, 可以看出:

- 1) 不论何种试验梁, 其前四阶固有频率之比, 与理论值较为接近, 说明本测试方法是可行的, 测试数据可靠.
- 2) 各试验梁的阻尼比都有随固有频率的增大而减小.
- 3) 在相同配筋率、不同混凝土强度等级下, 随着自密实混凝土强度的提高, 其阻尼比降低.
- 4) 在相同混凝土强度、不同配筋率下, 随着自密实混凝土梁配筋率的提高, 第一阶固有频率下的阻尼比降低.
- 5) 各自密实钢筋混凝土试验梁的阻尼比基本介于 0.5% ~ 1.0% 之间. 目前, 由于自密实混凝土的性能研究及配合比设计还并不完善, 本试验采用的配合比得出的阻尼比结论只能作为参考, 诸多因素有待进一步研究.

(上接第 101 页)

在共同之处: 固端反射信号非常强烈, 而底端反射信号越来越微弱, 甚至很难识别. 影响原因可能是固端反射和应力波的衰减.

2) 以砂浆为围岩和锚固介质的锚杆, 锚固段的信号相对平缓一些, 其原因可能是砂浆的均一性和密实性优于混凝土. 这可以用来判断锚杆锚固体系的密实程度.

参考文献:

- [1] Wang Mingyu, Wang Heling. Nondestructive testing of grouted bolts system [J]. 岩土工程学报, 2001, 23(1)

参考文献:

- [1] 侯景鹏, 冯敏. 自密实混凝土技术及其工作性能测试方法 [J]. 混凝土, 2009(1): 94-95.
- [2] 王元丰, 李鹏. 材料阻尼对钢筋混凝土框架结构动力响应影响分析 [J]. 土木工程学报, 2008, 41(11): 39-43.
- [3] John A, Blume Kenneth K, et al. Dynamic Characteristic of Reinforced Concrete Building [M]. Symposium on Vibration of Concrete Structures, 1997.
- [4] Filiatrault A, Asce A M, Cherry S, et al. Seismic design spectra for friction-damped structures [J]. Structural Engineering, 1990, 116(5): 1334-1355.
- [5] Pall A, Vezina S, Prouk P, et al. Friction-dampers for seismic control of Canadian space agency headquarters [J]. Earthquake Spectra, 1993, 9(3): 547-557.
- [6] 文捷, 王元丰. 钢筋混凝土悬臂梁材料阻尼值计算 [J]. 土木工程学报, 2008, 41(2): 76-80.
- [7] 左鹤声, 彭玉莹. 振动试验模态分析 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1995.
- [8] 姚振纲, 刘祖华. 建筑结构试验 [M]. 上海: 同济大学出版社, 2008.
- [9] 柯国军, 郭长青, 胡绍全, 等. 混凝土阻尼比研究 [J]. 建筑材料学报, 2004, 7(1): 35-40.

: 109-113.

- [2] 刘海峰, 杨维武, 李义. 全长锚固锚杆早期锚固质量无损检测技术 [J]. 煤炭学报, 2007, 32(10): 1066-1069.
- [3] 许明, 张永兴. 锚杆低应变动测的数值研究 [J]. 岩石力学与工程学报, 2003, 22(9): 1538-1541.
- [4] 陈建功, 张永兴. 锚杆系统动测信号的特征分析 [J]. 岩土工程学报, 2008, 30(7): 1051-1057.
- [5] 李志辉, 李亮, 李建生. 应力波法锚杆无损检测技术研究 [J]. 测绘科学, 2009, 34(1): 205-206, 151.