



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111943594 A

(43) 申请公布日 2020.11.17

(21) 申请号 202010817672.7

(22) 申请日 2020.08.14

(71) 申请人 东南大学

地址 211189 江苏省南京市江宁区东南大学路2号

申请人 南京彼卡斯建筑科技有限公司

(72) 发明人 潘金龙 蔡景明 韩进生 许荔

(74) 专利代理机构 南京苏高专利商标事务所
(普通合伙) 32204

代理人 柏尚春

(51) Int.Cl.

C04B 28/04 (2006.01)

E04C 3/34 (2006.01)

C04B 111/94 (2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种高延性自恢复水泥基组合柱

(57) 摘要

本发明公开了一种高延性自恢复水泥基组合柱,包括钢管和浇筑于钢管内的自恢复水泥基材料,所述自恢复水泥基材料包括水泥砂浆、SMA纤维和炭黑,所述SMA纤维与炭黑的质量比为32:5~96:10。本发明能够承受较大变形,延性和抗震性能优异;将炭黑掺入基体中,结合可导电的SMA纤维,既提高了基体的导电性能,也能够通过分析材料开裂后和恢复后电阻率的变化能够灵敏检测开裂情况。



图 3(a)



图 3(b)



图 3(c)

1. 一种高延性自恢复水泥基组合柱, 包括钢管和浇筑于钢管内的自恢复水泥基材料, 其特征在于, 所述自恢复水泥基材料包括水泥砂浆、SMA纤维和炭黑, 所述SMA纤维与炭黑的质量比为32:5~96:10。

2. 根据权利要求1所述的高延性自恢复水泥基组合柱, 其特征在于, 所述SMA纤维占水泥砂浆体积的0.5-1.5%。

3. 根据权利要求1所述的高延性自恢复水泥基组合柱, 其特征在于, 所述水泥砂浆按重量包括以下组分: 水泥200-250份, 玻璃粉20-25份, 石英砂400-420份, 粉煤灰900-950份, 水330-350份, 减水剂4-6份。

4. 根据权利要求1所述的高延性自恢复水泥基组合柱, 其特征在于, 所述SMA纤维为镍钛合金。

5. 根据权利要求1所述的高延性自恢复水泥基组合柱, 其特征在于, 所述SMA纤维的直径为0.1-0.2mm, 长度为10-12mm。

6. 根据权利要求1所述的高延性自恢复水泥基组合柱, 其特征在于, 所述炭黑的粒径为100-500nm。

7. 根据权利要求3所述的高延性自恢复水泥基组合柱, 其特征在于, 所述玻璃粉为经过球磨的再生玻璃粉。

8. 根据权利要求3所述的高延性自恢复水泥基组合柱, 其特征在于, 所述减水剂的添加量为粉煤灰和水泥总质量的0.4%-0.6%。

9. 根据权利要求3所述的高延性自恢复水泥基材料, 其特征在于, 所述减水剂为聚羧酸类减水剂, 所述减水剂的添加量为粉煤灰和水泥总质量的0.4%-0.6%。

10. 根据权利要求1所述的高延性自恢复水泥基组合柱, 其特征在于, 所述自恢复水泥基材料通过以下方法制得: 先将所述水泥砂浆和炭黑混合, 后加入SMA纤维, 得到所述自恢复水泥基材料。

一种高延性自恢复水泥基组合柱

技术领域

[0001] 本发明涉及一种水泥基组合柱,尤其涉及一种高延性自恢复水泥基组合柱。

背景技术

[0002] 随着建筑工业化的发展,钢管混凝土柱开始广泛应用于我国大型土木工程或高层的民用建筑中,并取得了良好的经济效益。但由于混凝土材料本身脆性大、抗拉、抗剪和抗弯强度较低,且与钢管之间的粘结性能差,在一定程度上影响钢管混凝土柱的整体性和稳定性,对结构抗震不利,且震后修复困难。现有的钢管混凝土柱存在延性低、抗震性能差的缺陷,因此,钢管高延性纤维混凝土柱应运而生。钢管高延性纤维混凝土柱的延性、整体性和抗震抗裂性能以及混凝土与钢管粘结性能都得到了提高,但是,在地震较为频繁的地区,钢管高延性的纤维混凝土柱开裂后需要及时修复,且修复困难较大。

发明内容

[0003] 发明目的:本发明提供一种能够灵敏检测开裂情况、延性高和抗震性能好的高延性自恢复水泥基组合柱。

[0004] 技术方案:本发明的高延性自恢复水泥基组合柱,包括钢管和浇筑于钢管内的自恢复水泥基材料,所述自恢复水泥基材料包括水泥砂浆、SMA纤维和炭黑,所述SMA纤维与炭黑的质量比为32:5~96:10。

[0005] 炭黑导电填料与可导电的SMA纤维相配合,提高了基体导电性能,通过测量钢管内水泥基材料两端界面中间部位的电阻率,可以分析电阻率的变化来判断试件的健康状况和裂纹恢复情况。同时,由于边界层效应,减少了钢管对电阻率测量的干扰。

[0006] 优选地,所述SMA纤维占水泥砂浆体积的0.5-1.5%。该配合比能很好地满足水泥基材料的多裂缝开展和高韧性要求,保证SMA纤维均匀分布在基体中。

[0007] 优选地,所述水泥砂浆按重量包括以下组分:水泥200-250份,玻璃粉20-25份,石英砂400-420份,粉煤灰900-950份,水330-350份,减水剂4-6份。水泥为P·I 42.5R硅酸盐水泥;石英砂为精制石英砂;粉煤灰为I级粉煤灰。

[0008] 优选地,所述SMA纤维为镍钛合金。镍钛合金的含量分别为56%镍和44%钛;奥氏体到马氏体开始转型应力为256MPa,马氏体到奥氏体开始转型应力为150MPa。更优选的,SMA纤维为波形;SMA纤维具有超弹性的优点,其受到外力发生较大变形,去除外力后,大变形完全恢复,其中裂纹闭合程度通过测量试件电阻率的变化来分析。

[0009] 优选地,所述SMA纤维的直径为0.1-0.2mm,长度为10-12mm。

[0010] 优选地,所述炭黑的粒径为100-500nm。

[0011] 优选地,所述玻璃粉为经过球磨的再生玻璃粉。

[0012] 优选地,所述玻璃粉的粒径为15-20 μ m。

[0013] 优选地,所述减水剂为聚羧酸类高性能减水剂,所述减水剂的添加量为粉煤灰和水泥总质量的0.4%-0.6%。

[0014] 所述自恢复水泥基材料通过以下方法制得：先将所述水泥砂浆和炭黑混合，后加入SMA纤维，得到所述自恢复水泥基材料。更优选的，先将水泥砂浆中的水泥、玻璃粉、石英砂、粉煤灰和炭黑干拌均匀，然后将高效减水剂加入称量好的水中，搅拌均匀后缓慢倒入干拌料中，充分搅拌，最后将SMA纤维均匀缓慢铺散入干拌料中，充分搅拌，得到所述高延性自恢复水泥基材料。相比传统制备工艺，本发明通过改变加料顺序使得SMA纤维均匀分散，制得的水泥基材料既具有普通纤维水泥基材料的高延性和多裂缝开展的特性，又具有可以恢复部分裂缝的能力。

[0015] 采用SMA纤维掺入水泥基材料中，使得水泥基材料具有假应变硬化和多裂缝开展的特性，使其具有高延性的优点，能提供较大的拉伸应变，减少因拉伸破坏导致的结构损伤；SMA纤维的形状为波形，掺入水泥基材料中能极大的发挥其形状优势，提高了材料的力学和形状恢复性能；由于SMA纤维具有超弹性的优良性能，其受到外力发生较大变形，去除外力后，大变形完全恢复。同时，由于SMA纤维具有形状记忆效应，掺入SMA纤维的水泥基材料，在其极限应变范围内，开裂后，去除外力，其裂缝受到SMA纤维形状记忆效应的作用会逐渐闭合；所选用的SMA纤维的长度、直径和形状，满足最佳自修复的效果，使材料的闭合率达50-80%，能有效恢复结构和材料的功能性，提高其使用寿命。

[0016] 有益效果：本发明与现有技术相比，取得以下突出效果：1、能够承受较大变形，延性和抗震性能优异；将炭黑掺入基体中，结合可导电的SMA纤维，一方面提高了基体的导电性能，另一方面通过分析材料开裂后和恢复后电阻率的变化来判断其恢复情况，起到了智能监测作用。2、钢管内浇筑的水泥基材料在钢管三向受压的作用下，在撤去外应力后SMA纤维能恢复原状，裂纹闭合率达到90%以上；3、波形形状的SMA纤维能够增强其与基体的结合力。

附图说明

[0017] 图1为本发明的SMA纤维的形状示意图；

[0018] 图2为本发明进行抗拉强度测试的示意图；

[0019] 图3为各实施例进行抗拉测试后裂缝开裂情况示意图；其中图3(a)、图3(b)、图3(c)分别对应实施例1、2、3。

具体实施方式

[0020] 下面结合说明书附图对本发明作进一步详细描述。

[0021] 实施例1

[0022] 一种高延性自恢复水泥基组合柱，包括钢管和水泥基材料，水泥基材料包括水泥砂浆、SMA纤维和炭黑，其中水泥砂浆为水泥、玻璃粉、石英砂、粉煤灰、水、减水剂，其中，按配合比计算，水泥250份，玻璃粉25份，石英砂400份，粉煤灰900份，水330份，减水剂6份，炭黑10份，以水泥、玻璃粉、石英砂、粉煤灰、水、减水剂均匀混合后的体积为基数，SMA纤维的体积掺量为1.5%；其中，SMA纤维与水泥为P·I 42.5R硅酸盐水泥；玻璃粉为球磨24h的再生玻璃粉，粒径约为15 μ m；石英砂为精制石英砂；粉煤灰为I级粉煤灰；减水剂为聚羧酸类高性能减水剂，且减水剂的添加量为粉煤灰和水泥总质量的0.4%。SMA纤维为镍钛合金纤维，含量为56%镍和44%钛，纤维平均直径约为0.1mm，长度约为10mm，形状为波形，如图1所示；

炭黑为普通导电炭黑,粒径平均在200nm。

[0023] 上述高延性智能SMA纤维增强水泥基材料的制备方法为:

[0024] (1) 根据配合比,准确称量各个原材料的质量;

[0025] (2) 开动搅拌机,先将搅拌机内表面湿润,然后依次将水泥、玻璃粉、石英砂、粉煤灰和炭黑加入搅拌机中,干拌均匀;

[0026] (3) 将减水剂加入称量好的水中,搅拌均匀,然后缓慢倒入装有干拌料的搅拌机中,充分搅拌;

[0027] (4) 将SMA纤维放入搅拌机中,将SMA纤维均匀铺散开来,充分搅拌,制得高延性自恢复水泥基材料;

[0028] (5) 放置并安装钢管;将步骤(4)得到的高延性自恢复水泥基材料浇筑于钢管内,制得所述高延性智能自恢复水泥基组合柱。

[0029] 实施例的高延性智能自恢复水泥基组合柱的力学特性表明,采用高延性自恢复水泥基材料制成的组合柱,既满足高延性和较好的抗震性能要求,又使得SMA纤维发挥其形状记忆效应,尤其是在外层钢管的三向作用力下,提高了组合柱的裂缝闭合能力,高延性SMA纤维增强水泥基材料受力开裂后,在极限应变内撤去应力后,裂纹闭合率达到90%以上,能恢复其功能性,使得钢管高延性SMA纤维增强水泥基材料组合柱具有自恢复性能。同时,通过对比其开裂后和恢复后电阻率的变化情况,发现恢复后电阻率降低了1-2倍,说明裂纹闭合良好。

[0030] 如图2所示,对制备的高延性自恢复水泥基材料进行测试,抗拉强度采用试件为狗骨试件,本实施例在28d抗拉强度为5.1MPa,极限拉伸应变为0.11%。在其极限拉伸应变阶段,开裂后去除应力,静置一段时间后,发现部分微小裂缝闭合。最终拉伸区域依然呈主裂缝开裂模式,如图3(a)所示。通过对比开裂后和恢复后电阻率的变化,发现恢复后电阻率比开裂后的电阻率降低了50%,表明部分裂纹闭合,电阻率的变化情况如表1所示。

[0031] 实施例2

[0032] 在实施例1的基础上,与实施例1不同的是,波特兰I型水泥200份,玻璃粉20份,精制石英砂420份,I级粉煤灰950份,实验室自来水350份,聚羧酸类高性能减水剂4份,导电炭黑10份,SMA纤维的体积掺量为1%,SMA纤维与炭黑的比例为64:10;纤维平均直径约为0.2mm,长度约为12mm;炭黑粒径平均在200nm。

[0033] 与实施例1进行相同条件的测试,28d抗拉强度为4.8MPa,极限拉伸应变为0.23%。在其极限拉伸应变阶段,开裂后去除应力,静置一段时间后,其大部分微小裂缝闭合,闭合率达到50%以上,最终拉伸区域主裂缝宽度明显减少,如图3(b)所示。通过对比开裂后和恢复后电阻率的变化,发现恢复后电阻率比开裂后的电阻率降低了65%,表明部分裂纹闭合,电阻率的变化情况如表1所示。

[0034] 实施例3

[0035] 在实施例1的基础上,与实施例1不同的是,波特兰I型水泥200份,I级粉煤灰950份,实验室自来水350份,导电炭黑10份,SMA纤维的体积掺量为1.5%,SMA纤维与炭黑的比例为96:10。

[0036] 与实施例1进行相同条件的测试,28d抗拉强度为5.0MPa,极限拉伸应变为0.37%。在其极限拉伸应变阶段,开裂后去除应力,静置一段时间后,其大部分微小裂缝闭合,闭合

率达到80%以上。最终拉伸区域主裂缝宽度明显减少,几乎完全闭合,呈现明显多多裂缝开裂模式,如图3(c)所示。通过对比开裂后和恢复后电阻率的变化,发现恢复后电阻率比开裂后的电阻率降低了75%,表明部分裂纹闭合,电阻率的变化情况如表1所示。

[0037] 对比例1

[0038] 在实施例1的基础上,与实施例1不同的是,SMA纤维与炭黑的比例为32:0。

[0039] 对比例2

[0040] 在实施例1的基础上,与实施例1不同的是,SMA纤维与炭黑的比例为0:5。

[0041] 对比例3

[0042] 在实施例1的基础上,与实施例1不同的是,SMA纤维与炭黑的比例为96:20。

[0043] 对比例4

[0044] 在实施例1的基础上,与实施例1不同的是,SMA纤维与炭黑的比例为128:20。

[0045] 表2、3分别为不同实施例、对比例的SMA纤维与炭黑比例对智能感知性能的影响。

[0046] 表1

实施例	开裂后静态电阻率 / $\Omega \cdot \text{cm}$	恢复后静态电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$	电阻率变化率/%
1	45200	22600	50
2	12500	4375	65
3	8215	20.54	75

[0048] 表2

实施例	SMA 纤维/ 份数	炭黑/份数	静态电阻率 / $\Omega \cdot \text{cm}$	压阻效应 线性度	压阻效应 可重复性	对基体力学 性能影响
1	32	5	21052	良好	良好	增强
2	64	10	3256	良好	良好	增强
3	96	10	650	良好	良好	增强

[0050] 表3

对比例	SMA 纤维/ 份数	炭黑/份数	静态电阻率 / $\Omega \cdot \text{cm}$	压阻效应 线性度	压阻效应 可重复性	对基体力学 性能影响
1	32	0	22650	较差	一般	增强
2	0	5	43560	差	差	增强
3	96	20	580	良好	良好	降低
4	128	20	460	良好	良好	降低



图1



图2



图 3(a)

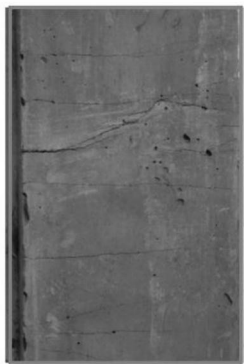


图 3(b)



图 3(c)

图3