



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109305789 B

(45) 授权公告日 2021.03.26

(21) 申请号 201810715575.X

CN 105347761 A, 2016.02.24

(22) 申请日 2018.07.03

CN 1176232 A, 1998.03.18

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 101880134 A, 2010.11.10

申请公布号 CN 109305789 A

KR 100639658 B1, 2006.10.30

(43) 申请公布日 2019.02.05

CN 104261749 A, 2015.01.07

(73) 专利权人 水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院

CN 101024567 A, 2007.08.29

CN 101024567 A, 2007.08.29

地址 210005 江苏省南京市广州路223号

JP 2016175803 A, 2016.10.06

WO 2014052034 A1, 2014.04.03

(72) 发明人 陈迅捷 韦华 钱文勋 欧阳幼玲  
张燕迟 何旻 胡金鹏

陈迅捷等. “水性胶乳固化剂对水泥基弹性灌浆料性能的影响”. 《水利水运工程学院》. 2019, 第1-7页.

(74) 专利代理机构 南京正联知识产权代理有限公司 32243

管信辉. “(甲基)丙烯酸甲酯与胺的酰胺化反应”. 《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程技术I辑》. 2014, 第B016-63页.

代理人 邓唯

(51) Int. Cl.

Do, J et.al. “Feasibility Study on the Utilization as Repair Grouting of High Flowable Polymer-Modified Cement Mortar, Adding High Volume Polyacrylic Ester (PAE)”. 《JOURNAL OF ASIAN ARCHITECTURE AND BUILDING ENGINEERING》. 2008, 第363-370页.

C04B 28/14 (2006.01)

C04B 24/26 (2006.01)

C04B 24/28 (2006.01)

C04B 111/74 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102219457 A, 2011.10.19

CN 107445545 A, 2017.12.08

审查员 温馨

权利要求书1页 说明书14页 附图5页

(54) 发明名称

适用于深水混凝土裂缝修补的水泥基弹性灌浆材料及其制备方法

(57) 摘要

本发明涉及一种工程材料,具体涉及一种深水混凝土裂缝修补的灌浆材料。它以水泥、矿渣粉和橡胶粉为基料,按一定比例加入硅粉、石膏粉、聚酯纤维、减水剂、水性胶乳和水性固化剂,加水拌合后形成可灌浆的水下不分散塑性体,固结后形成与混凝土裂缝界面粘结牢固的弹性固体,主要应用于水利工程混凝土裂缝修补领域。水泥基弹性灌浆材料固结后具有与水下混凝土粘结强度高,抗高水头渗透,高耐腐蚀性,高弹性、适应混凝土裂缝震动和变形等特点。

CN 109305789 B

1. 一种深水弹性灌浆材料,其特征在于,包括按照重量份计的如下组分:水泥20~25份、矿渣粉1~22份、硅粉3~5份、石膏粉4~7份、橡胶粉10~14份、聚酯纤维0~1份、减水剂1~2份、水性丙烯酸酯乳液15~23份、水性固化剂2~5份和水11~20份;所述的水性固化剂是分子结构中带有胺基的水性环氧树脂固化剂;

2. 根据权利要求1所述的深水弹性灌浆材料,其特征在于,所述的水泥是硅酸盐水泥。

3. 根据权利要求1所述的深水弹性灌浆材料,其特征在于,减水剂是萘磺酸盐减水剂。

4. 权利要求1~3任一项所述的深水弹性灌浆材料在用于深水混凝土裂缝缝补中的用途。

5. 根据权利要求4所述的用途,其特征在于,水深大于100米。

## 适用于深水混凝土裂缝修补的水泥基弹性灌浆材料及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种工程材料,具体涉及一种深水混凝土裂缝修补的灌浆材料。它以水泥、矿渣粉和橡胶粉为基料,按一定比例加入硅粉、石膏粉、聚酯纤维、减水剂、水性胶乳和水性固化剂,加水拌合后形成可灌浆的水下不分散塑性体,固结后形成与混凝土裂缝界面粘结牢固的弹性固体,主要应用于水利工程混凝土裂缝修补领域。水泥基弹性灌浆材料固结后具有与水下混凝土粘结强度高,抗高水头渗透,高耐腐蚀性,高弹性、适应混凝土裂缝震动和变形等特点。

### 背景技术

[0002] 水工混凝土建筑物裂缝难以避免,且其中很大部分处于死水位以下,必须在水下修补。随着我国混凝土高坝的不断涌现,大坝承受越来越高的水头压力。混凝土裂缝修补后最大可承受100米以上的水头压力,这就要求混凝土裂缝修补材料不仅固结体本身而且与混凝土裂缝界面粘结都能够承受1.0MPa以上的渗透压强。

[0003] 水下混凝土裂缝修补通常采用灌浆修补。当混凝土裂缝宽度小于1mm时,通常采用环氧树脂、聚氨酯等化学灌浆材料灌浆修补。当混凝土裂缝宽度大于1mm时,通常采用水泥基灌浆材料灌浆修补加固。

[0004] 混凝土水工建筑物时常遭受地壳震动、水位变动、风浪冲击、水流冲刷等作用,不可避免会产生本体震动或细微变形。混凝土裂缝灌浆修补后,灌浆材料固结体应具有抗冲击韧性和弹性变形能力。普通水泥基灌浆材料不具备上述特性。

### 发明内容

[0005] 针对混凝土高坝裂缝宽度大于2mm的裂缝灌浆修补需求,本发明的目的是提供一种灌浆材料,固结后具有与水下混凝土粘结强度高,抗高水头渗透,高耐腐蚀性,高弹性、适应混凝土裂缝震动和变形等特点。

[0006] 本发明的第一个方面,提供了:

[0007] 一种深水弹性灌浆材料,包括按照重量份计的如下组分:水泥20~25份、矿渣粉1~22份、硅粉3~5份、石膏粉4~7份、橡胶粉10~14份、聚酯纤维0~1份、减水剂1~2份、水性丙烯酸酯乳液15~23份、水性固化剂2~5份和水11~20份。

[0008] 在一个实施方式中,所述的水泥是硅酸盐水泥。

[0009] 在一个实施方式中,萘减水剂是萘磺酸盐减水剂。

[0010] 在一个实施方式中,所述的水性固化剂是指水性环氧树脂固化剂。

[0011] 在一个实施方式中,所述的水性环氧树脂固化剂的分子结构中带有胺基。

[0012] 本发明的第二个方面,提供了:

[0013] 上述的深水弹性灌浆材料的制备方法,包括如下步骤:

[0014] 第1步,按重量份计,先将水泥20~25份、矿渣粉1~22份、硅粉3~5份、石膏粉4~7

份、橡胶粉10~14份、聚酯纤维0~1份称量,并搅拌均匀,作为混合物A;

[0015] 第2步,按重量份计,将水性固化剂2~5份加入水稀释,再加入水性丙烯酸酯乳液15~23份中搅拌均匀,作为混合物B;

[0016] 第3步,按重量份计,将混合物B、混合物A和水11~20份搅拌均匀后即得水泥基弹性灌浆材料。

[0017] 在一个实施方式中,水性固化剂与水的稀释比例是1:1。

[0018] 本发明的第三个方面,提供了:

[0019] 上述的深水弹性灌浆材料在用于深水混凝土裂缝缝补中的用途。

[0020] 在一个实施方式中,所述的用途中水深大于100米。

[0021] 有益效果

[0022] 本发明提供了一种与混凝土水下粘结强度高,粘结抗渗等级高,弹性模量低,本体收缩率低,抗裂缝变形能力强,抗冲击韧性高,耐环境腐蚀能力强水泥基弹性灌浆材料。

[0023] 本发明“水泥基弹性灌浆材料”与一般的水泥基灌浆材料相比,具有以下优点:

[0024] 1、水下粘结强度高

[0025] 通过掺加水性丙烯酸酯乳液和水性环氧固化剂,提高弹性固结体水中粘结强度,灌浆材料弹性固结体与混凝土水中粘结强度 $\geq 1.5$  MPa,最高可达2.6 MPa。

[0026] 2、与混凝土水中粘结抗渗等级高

[0027] 灌浆材料弹性固结体与混凝土水下粘结抗渗压强: $\geq 1.2$ MPa,能够承受100米以上水头渗透压力。

[0028] 3、高抗冲击韧性、高弹性变形能力

[0029] 灌浆材料弹性固结体弹性模量低,弹性模量 $\leq 3.0$  GPa;弹性变形能力强,弹性拉伸应变 $\geq 400 \times 10^{-6}$ ;弹性压缩应变 $\geq 3000 \times 10^{-6}$ 。弹性固结体具有很高的抗折强度与抗压强度之比,抗裂韧性高。

[0030] 4、本体收缩率低

[0031] 通过水泥、水泥、矿渣粉、硅粉、石膏粉的优化配伍,使灌浆料弹性固结体具有补偿收缩性能,弹性固结体本体收缩率低。

[0032] 5、抗腐蚀能力强

[0033] 由于水性丙烯酸酯乳液固化和脱水成膜,封闭灌浆料弹性固结体部分毛细孔洞,弹性固结体抗冻融循环腐蚀和抗环境介质化学腐蚀能力强。

## 附图说明

[0034] 图1是本发明实施例1中制备得到的灌浆材料照片;

[0035] 图2是用于检测成型检测弹性砂浆水下粘接强度试件照片;

[0036] 图3是成型检测弹性砂浆水下粘接强度试件照片;

[0037] 图4是检测弹性砂浆水下粘接抗渗等级的混凝土模具照片;

[0038] 图5是检测弹性砂浆水下粘接抗渗等级的装置照片;

[0039] 图6是各实施例和对照例灌浆材料的抗折强度对比;

[0040] 图7是各实施例和对照例灌浆材料的弹性拉伸应变对比。

## 具体实施方式

[0041] 下面通过具体实施方式对本发明作进一步详细说明。但本领域技术人员将会理解,下列实施例仅用于说明本发明,而不应视为限定本发明的范围。实施例中未注明具体技术或条件者,按照本领域内的文献所描述的技术或条件或者按照产品说明书进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者,均为可以通过市购获得的常规产品。

[0042] 以范围形式表达的值应当以灵活的方式理解为不仅包括明确列举出的作为范围限值的数值,而且还包括涵盖在该范围内的所有单个数值或子区间,犹如每个数值和子区间被明确列举出。例如,“大约0.1%至约5%”的浓度范围应当理解为不仅包括明确列举出的约0.1%至约5%的浓度,还包括有所指范围内的单个浓度(如,1%、2%、3%和4%)和子区间(例如,0.1%至0.5%、1%至2.2%、3.3%至4.4%)。

[0043] 本文使用的词语“包括”、“包含”、“具有”或其任何其他变体意欲涵盖非排它性的包括。例如,包括列出要素的工艺、方法、物品或设备不必受限于那些要素,而是可以包括其他没有明确列出或属于这种工艺、方法、物品或设备固有的要素。

[0044] 本发明的深水弹性灌浆材料,包括按照重量份计的如下组分:水泥20~25份、矿渣粉1~22份、硅粉3~5份、石膏粉4~7份、橡胶粉10~14份、聚酯纤维0~1份、减水剂1~2份、水性丙烯酸酯乳液15~23份、水性固化剂2~5份和水11~20份。

[0045] 上述的配方中,使用的水泥没有特别的限制,可以是指普通硅酸盐水泥,强度等级为42.5R、52.5、52.5R、62.5中的任意一种。水泥在本灌浆材料中,起到提主要的凝胶材料的作用,可以为灌浆后的材料提供主要的物理强度。

[0046] 上述的配方中,矿渣粉是粒化高炉矿渣粉的简称,可以是指符合GB/T203标准的粒化高炉矿渣,经干燥、粉磨,达到相当细度且符合相当活性指数的粉体。矿渣粉是本灌浆材料中的主要的掺合料。

[0047] 上述的配方中,硅粉(Microsilica 或 Silica Fume),也叫微硅粉,学名“硅灰”,又叫硅灰,是工业电炉在高温熔炼工业硅及硅铁的过程中,随废气逸出的烟尘经特殊的捕集装置收集处理而成。在本发明中,硅粉的作用是可以有效地提高灌浆料水下不分散性和固结体强度和抗震动变形性能。

[0048] 石膏粉在本灌浆材料中,也是一种凝胶材料,可以有效降低灌浆料固结体收缩率。

[0049] 以上的材料中,通过采用水泥、矿渣粉、硅粉、石膏粉配制的复合胶凝材料,灌浆料弹性固结体收缩率低。

[0050] 橡胶粉在本灌浆材料中的作用:采用橡胶粉取代砂配制灌浆材料,可以为深水灌浆材料提供足够的弹性。

[0051] 聚酯纤维,是由有机二元酸和二元醇缩聚而成的聚酯经纺丝所得的合成纤维,简称PET纤维,由于其具有较好的弹性和恢复性能,掺加弹性模量略高于灌浆料弹性固结体的聚酯纤维,与其它的材料进行配合之后,能够有效地提高灌浆材料的弹性。使得灌浆料弹性固结体具有弹性变形能力,抗冲击韧性高,能够适应混凝土裂缝震动和变形,弹性拉伸应变 $\geq 400 \times 10^{-6}$ ;弹性压缩应变 $\geq 3000 \times 10^{-6}$ 。

[0052] 在本发明的灌浆材料中,掺加水性丙烯酸酯乳液和水性环氧固化剂,主要作用是提高弹性固结体水中粘结强度和抗高水头渗透性能,适应深水混凝土裂缝灌浆修补,耐环境腐蚀能力强。丙烯酸酯胶乳掺加入水泥浆中通常是不需要掺加水性固化剂的,丙烯酸酯

胶乳在水泥浆液干燥固化时脱水成膜,可提高水泥浆体粘结性能和耐久性能。但在深水环境中,混凝土裂缝与水泥灌浆料之间存在水膜,单纯依靠丙烯酸酯胶乳脱水成膜,不够改善混凝土裂缝与水泥灌浆料界面粘接强度。当混凝土裂缝与水泥灌浆料界面粘接强度小于1.5MPa时,水泥基弹性灌浆料与混凝土水下粘结抗渗压强难以达到1.2MPa,不能承受100米深水头压力。丙烯酸酯胶乳中掺加含有胺基的水性环氧固化剂,可促进丙烯酸酯胶乳固化成膜,固化过程中吸收混凝土裂缝与水泥灌浆料界面水膜,提高弹性固结体水中粘结强度和抗高水头渗透性能。灌浆材料弹性固结体与混凝土水中粘结强度最高可达2.6 MPa,与混凝土水下粘结抗渗压强超过1.2MPa,能够承受100米深水头压力。使用这两种材料后,弹性固结体与混凝土水下粘结抗折强度 $\geq 1.5$  Mpa。另外,含有胺基的水性环氧固化剂的选择依据是:固化剂在与丙烯酸酯中的羧基发生固化反应后,生成酯基交联键,是极性官能团,可以产生强分子间作用力氢键,加强固化体系的内部作用力,使得这种方式得到的固化后的丙烯酸酯应用于灌浆材料时,能够产生较大的强度、耐水性。灌浆料水气强度比大于90%。本专利的发明人也试验掺加水性环氧树脂和水性环氧固化剂复合配制水泥基弹性灌浆料,混凝土裂缝与水泥灌浆料界面粘接强度始终不能达到1.0MPa以上,水泥基弹性灌浆料与混凝土水下粘结抗渗压强小于0.8MPa。

[0053] 另外,本发明的灌浆材料中,还加入了萘磺酸盐减水剂。

[0054] 在另外的实施方式中,还可以在灌浆材料中加入热缩型温敏丙烯酸凝胶1~2份,由于在配制浆料时,水泥等凝胶材料会放出热量,使得温敏凝胶发生收缩,使得灌浆材料更容易流入建筑物的缝隙之中;而当放热减缓之后,温敏凝胶开始膨胀,使灌浆材料内部填充密实,并且与建筑物的缝隙之间也同时提高了密实程度;另外由于丙烯酸固化剂的固化作用,使得紧密填充的内部空间发生固化,提高了灌浆材料的高水压头的耐渗透性。

[0055] 通过调整原材料中各组份占总质量的比例,可以配制出具有与混凝土水下粘结强度高,粘结抗渗等级高,弹性模量低,本体收缩率低,抗裂缝变形能力强,抗冲击韧性高,耐环境腐蚀能力强的水泥基弹性灌浆材料。

[0056] 该水泥基弹性灌浆材料各项性能指标如下:灌浆料流动度: $\leq 20$ s;固结体28天抗压强度: $\geq 5.0$  MPa;抗折强度: $\geq 3.0$  MPa;弹性模量: $\leq 3.0$  GPa;与混凝土水下粘结抗折强度: $\geq 1.5$  MPa;与混凝土水下粘结抗渗压强: $\geq 1.2$ MPa;弹性拉伸应变: $\geq 400 \times 10^{-6}$ ;弹性压缩应变: $\geq 3000 \times 10^{-6}$ 。

[0057] 以下实施例中,所使用的水性丙烯酸酯乳液是BASF的水性丙烯酸酯乳液joncryl 631;使用的含有胺基的水性环氧固化剂是脂肪胺类水性环氧固化剂;使用的水泥是42.5R硅酸盐水泥;聚酯纤维长度 3~6mm,断裂伸长率18%。

[0058] 实施例1

[0059] 按照重量百分比计,准备以下材料:水泥21.5%,矿渣粉19.4%,硅粉4.3%,石膏粉6.5%,橡胶粉10.8%,萘磺酸盐减水剂1.3%,水性丙烯酸酯乳液15.5%,水性环氧固化剂3.0%,聚酯纤维0.4%,水17.3%。

[0060] 上述的深水弹性灌浆材料的制备方法,包括如下步骤:

[0061] 第1步,先将水泥、矿渣粉、硅粉、石膏粉、橡胶粉、聚酯纤维称量搅拌均匀,作为混合物A;第2步,将水性固化剂加入水稀释按等比例稀释(本步骤所用的水的重量不在于上述配比重量中),再加入水性丙烯酸酯乳液中搅拌均匀,作为混合物B;第3步,将混合物B加入

混合物A中,再加入水搅拌均匀后即得水泥基弹性灌浆材料。

指标	结果
弹性固结体 28 天抗压强度	10.5 MPa
水气抗压强度比	90%
抗折强度	4.90 MPa
弹性模量	2.62 GPa
[0062] 与混凝土水下粘结抗折强度	2.47 MPa
与混凝土水下粘结抗渗压强	$\geq 1.2\text{MPa}$
弹性拉伸应变	$440 \times 10^{-6}$
弹性压缩应变	$3300 \times 10^{-6}$
固结体收缩率	2.3%

[0063] 实施例2

[0064] 按照重量百分比计,准备以下材料:水泥20.7%,矿渣粉18.7%,硅粉4.1%,石膏粉6.2%,橡胶粉10.4%,萘磺酸盐减水剂1.2%,水性丙烯酸酯乳液14.9%,水性环氧固化剂4.6%,聚酯纤维0.4%,水18.8%。

[0065] 上述的深水弹性灌浆材料的制备方法,包括如下步骤:

[0066] 第1步,先将水泥、矿渣粉、硅粉、石膏粉、橡胶粉、聚酯纤维称量搅拌均匀,作为混合物A;第2步,将水性固化剂加入水稀释按等比例稀释(本步骤所用的水的重量不在于上述配比重量中),再加入水性丙烯酸酯乳液中搅拌均匀,作为混合物B;第3步,将混合物B加入混合物A中,再加入水搅拌均匀后即得水泥基弹性灌浆材料。

指标	结果
弹性固结体 28 天抗压强度	9.8 MPa
水气抗压强度比	91%
抗折强度	4.03 MPa
弹性模量	2.53 GPa
[0067] 与混凝土水下粘结抗折强度	2.61 MPa
与混凝土水下粘结抗渗压强	$\geq 1.2\text{MPa}$
弹性拉伸应变	$430 \times 10^{-6}$
弹性压缩应变	$3450 \times 10^{-6}$
固结体收缩率	3.1%

[0068] 实施例3

[0069] 按照重量百分比计,准备以下材料:水泥22.0%,矿渣粉19.8%,硅粉4.4%,石膏粉6.6%,橡胶粉11.0%,萘磺酸盐减水剂1.3%,水性丙烯酸酯乳液21.1%,水性环氧固化剂2.2%,

聚酯纤维0.4%，水11.2%。

[0070] 上述的深水弹性灌浆材料的制备方法，包括如下步骤：

[0071] 第1步，先将水泥、矿渣粉、硅粉、石膏粉、橡胶粉、聚酯纤维称量搅拌均匀，作为混合物A；第2步，将水性固化剂加入水稀释按等比例稀释（本步骤所用的水的重量不在于上述配比重量中），再加入水性丙烯酸酯乳液中搅拌均匀，作为混合物B；第3步，将混合物B加入混合物A中，再加入水搅拌均匀后即得水泥基弹性灌浆材料。

指标	结果
弹性固结体 28 天抗压强度	9.4 MPa
水气抗压强度比	90%
抗折强度	4.15 MPa
弹性模量	2.74 GPa
[0072] 与混凝土水下粘结抗折强度	2.40 MPa
与混凝土水下粘结抗渗压强	≥1.2MPa
弹性拉伸应变	400×10 <sup>-6</sup>
弹性压缩应变	3010×10 <sup>-6</sup>
固结体收缩率	2.7%

[0073] 实施例4

[0074] 按照重量百分比计，准备以下材料：水泥20.7%，矿渣粉18.6%，硅粉4.1%，石膏粉6.2%，橡胶粉10.3%，萘磺酸盐减水剂1.2%，水性丙烯酸酯乳液19.8%，水性环氧固化剂4.1%，聚酯纤维0.4%，水14.6%。

[0075] 上述的深水弹性灌浆材料的制备方法，包括如下步骤：

[0076] 第1步，先将水泥、矿渣粉、硅粉、石膏粉、橡胶粉、聚酯纤维称量搅拌均匀，作为混合物A；第2步，将水性固化剂加入水稀释按等比例稀释（本步骤所用的水的重量不在于上述配比重量中），再加入水性丙烯酸酯乳液中搅拌均匀，作为混合物B；第3步，将混合物B加入混合物A中，再加入水搅拌均匀后即得水泥基弹性灌浆材料。

指标	结果
弹性固结体 28 天抗压强度	8.3 MPa
水气抗压强度比	99%
抗折强度	3.88 MPa
弹性模量	2.91 GPa
[0077] 与混凝土水下粘结抗折强度	2.33 MPa
与混凝土水下粘结抗渗压强	$\geq 1.2\text{MPa}$
弹性拉伸应变	$410 \times 10^{-6}$
弹性压缩应变	$3190 \times 10^{-6}$
固结体收缩率	2.9%

[0078] 实施例5

[0079] 按照重量百分比计,准备以下材料:水泥20.7%,矿渣粉18.6%,硅粉4.1%,石膏粉6.2%,橡胶粉12.4%,萘磺酸盐减水剂1.2%,水性丙烯酸酯乳液15.0%,水性环氧固化剂2.9%,聚酯纤维0.4%,水18.6%。

[0080] 上述的深水弹性灌浆材料的制备方法,包括如下步骤:

[0081] 第1步,先将水泥、矿渣粉、硅粉、石膏粉、橡胶粉、聚酯纤维称量搅拌均匀,作为混合物A;第2步,将水性固化剂加入水稀释按等比例稀释(本步骤所用的水的重量不在于上述配比重量中),再加入水性丙烯酸酯乳液中搅拌均匀,作为混合物B;第3步,将混合物B加入混合物A中,再加入水搅拌均匀后即得水泥基弹性灌浆材料。

指标	结果
弹性固结体 28 天抗压强度	6.5 MPa
水气抗压强度比	85%
抗折强度	3.51 MPa
弹性模量	2.29 GPa
[0082] 与混凝土水下粘结抗折强度	2.11 MPa
与混凝土水下粘结抗渗压强	$\geq 1.2\text{MPa}$
弹性拉伸应变	$410 \times 10^{-6}$
弹性压缩应变	$3020 \times 10^{-6}$
固结体收缩率	3.0%

[0083] 实施例6

[0084] 与实施例1的区别是:灌浆材料中还加入了热缩型温敏丙烯酸凝胶。

[0085] 按照重量百分比计,准备以下材料:水泥21.18%,矿渣粉19.11%,硅粉4.24%,石膏粉6.4%,橡胶粉10.64%,萘磺酸盐减水剂1.28%,水性丙烯酸酯乳液15.27%,水性环氧固化剂

2.96%，聚酯纤维0.39%，水17.04%，热缩型温敏丙烯酸凝胶1.48%。

[0086] 热缩型温敏丙烯酸凝胶的制备过程是：配制含有单体混合物15wt%的水溶液，其中，单体混合物是由N-异丙基丙烯酰胺、N,N-亚甲基双丙烯酰胺、2-丙烯酰胺基-2-甲基丙烷磺酸作为单体按照摩尔比90:7:3组成；将过硫酸铵和N,N,N',N'-四甲基乙二胺按照摩尔比1:1混合配制成8wt%的引发剂溶液；将水溶液与引发剂溶液按照体积比5:1在氮气的保护下，室温交联反应3h后，用去离子水洗涤除未反应的单体，再升温至50℃研磨成粉末。

[0087] 上述的深水弹性灌浆材料的制备方法，包括如下步骤：

[0088] 第1步，先将水泥、矿渣粉、硅粉、石膏粉、橡胶粉、聚酯纤维称量搅拌均匀，作为混合物A；第2步，将水性固化剂加入水稀释按等比例稀释（本步骤所用的水的重量不在于上述配比重量中），再加入水性丙烯酸酯乳液中搅拌均匀，作为混合物B；第3步，将混合物B加入混合物A中，再加入水和热缩型温敏丙烯酸凝胶搅拌均匀后即得水泥基弹性灌浆材料。

指标	结果
弹性固结体 28 天抗压强度	11.1 MPa
水气抗压强度比	88%
抗折强度	2.51 MPa
弹性模量	2.73 GPa
[0089] 与混凝土水下粘结抗折强度	2.52 MPa
与混凝土水下粘结抗渗压强	≥1.2MPa
弹性拉伸应变	460×10 <sup>-6</sup>
弹性压缩应变	3450×10 <sup>-6</sup>
固结体收缩率	2.0%

[0090] 对照例1

[0091] 与实施例1的区别是：在灌浆材料中未加入硅粉。

[0092] 上述的深水弹性灌浆材料的制备方法，包括如下步骤：

[0093] 第1步，先将水泥、矿渣粉、石膏粉、橡胶粉、聚酯纤维称量搅拌均匀，作为混合物A；第2步，将水性固化剂加入水稀释按等比例稀释（本步骤所用的水的重量不在于上述配比重量中），再加入水性丙烯酸酯乳液中搅拌均匀，作为混合物B；第3步，将混合物B加入混合物A中，再加入水搅拌均匀后即得水泥基弹性灌浆材料。

指标	结果
弹性固结体 28 天抗压强度	10.1 MPa
水气抗压强度比	81%
抗折强度	3.50 MPa
弹性模量	2.76 GPa
[0094] 与混凝土水下粘结抗折强度	1.82 MPa
与混凝土水下粘结抗渗压强	1.0 MPa
弹性拉伸应变	$410 \times 10^{-6}$
弹性压缩应变	$3030 \times 10^{-6}$
固结体收缩率	3.2%

[0095] 对照例2

[0096] 与实施例1的区别是:在灌浆材料中未加入聚酯纤维。

[0097] 上述的深水弹性灌浆材料的制备方法,包括如下步骤:

[0098] 第1步,先将水泥、矿渣粉、硅粉、石膏粉、橡胶粉称量搅拌均匀,作为混合物A;第2步,将水性固化剂加入水稀释按等比例稀释(本步骤所用的水的重量不在于上述配比重量中),再加入水性丙烯酸酯乳液中搅拌均匀,作为混合物B;第3步,将混合物B加入混合物A中,再加入水搅拌均匀后即得水泥基弹性灌浆材料。

指标	结果
弹性固结体 28 天抗压强度	9.8MPa
水气抗压强度比	88%
抗折强度	3.66 MPa
弹性模量	2.98 GPa
[0099] 与混凝土水下粘结抗折强度	1.68 MPa
与混凝土水下粘结抗渗压强	0.9 MPa
弹性拉伸应变	$260 \times 10^{-6}$
弹性压缩应变	$2310 \times 10^{-6}$
固结体收缩率	4.4%

[0100] 对照例3

[0101] 与实施例1的区别是:在灌浆材料中未加入橡胶粉。

[0102] 上述的深水弹性灌浆材料的制备方法,包括如下步骤:

[0103] 第1步,先将水泥、矿渣粉、硅粉、石膏粉、聚酯纤维称量搅拌均匀,作为混合物A;第2步,将水性固化剂加入水稀释按等比例稀释(本步骤所用的水的重量不在于上述配比重量中),再加入水性丙烯酸酯乳液中搅拌均匀,作为混合物B;第3步,将混合物B加入混合物A

中,再加入水搅拌均匀后即得水泥基弹性灌浆材料。

指标	结果
弹性固结体 28 天抗压强度	16.2MPa
水气抗压强度比	92%
抗折强度	4.54 MPa
弹性模量	11.1 GPa
[0104] 与混凝土水下粘结抗折强度	2.12 MPa
与混凝土水下粘结抗渗压强	1.2 MPa
弹性拉伸应变	$150 \times 10^{-6}$
弹性压缩应变	$1220 \times 10^{-6}$
固结体收缩率	2.7%

[0105] 对照例4

[0106] 与实施例1的区别是:采用水性环氧树脂乳液(巴斯夫科宁-水性环氧树脂乳液 Waterpoxy 1422)代替水性丙烯酸酯乳液。

[0107] 按照重量百分比计,准备以下材料:水泥21.5%,矿渣粉19.4%,硅粉4.3%,石膏粉6.5%,橡胶粉10.8%,萘磺酸盐减水剂1.3%,水性环氧树脂乳液15.5%,水性环氧固化剂3.0%,聚酯纤维0.4%,水17.3%。

[0108] 上述的深水弹性灌浆材料的制备方法,包括如下步骤:

[0109] 第1步,先将水泥、矿渣粉、硅粉、石膏粉、橡胶粉、聚酯纤维称量搅拌均匀,作为混合物A;第2步,将水性固化剂加入水稀释按等比例稀释(本步骤所用的水的重量不在于上述配比重量中),再加入水性环氧树脂乳液中搅拌均匀,作为混合物B;第3步,将混合物B加入混合物A中,再加入水搅拌均匀后即得水泥基弹性灌浆材料。

指标	结果
弹性固结体 28 天抗压强度	8.66 MPa
水气抗压强度比	92%
抗折强度	4.18 MPa
弹性模量	2.64 GPa
[0110] 与混凝土水下粘结抗折强度	0.72 MPa
与混凝土水下粘结抗渗压强	0.6 MPa
弹性拉伸应变	$370 \times 10^{-6}$
弹性压缩应变	$2880 \times 10^{-6}$
固结体收缩率	2.9%

[0111] 对照例5

[0112] 与实施例2的区别是：采用水性环氧树脂乳液(巴斯夫科宁-水性环氧树脂乳液 Waterpoxy 1422)代替水性丙烯酸酯乳液。

[0113] 按照重量百分比计,准备以下材料,水泥20.7%,矿渣粉18.7%,硅粉4.1%,石膏粉6.2%,橡胶粉10.4%,萘磺酸盐减水剂1.2%,水性环氧树脂乳液14.9%,水性环氧固化剂4.6%,聚酯纤维0.4%,水18.8%。

[0114] 上述的深水弹性灌浆材料的制备方法,包括如下步骤:

[0115] 第1步,先将水泥、矿渣粉、硅粉、石膏粉、橡胶粉、聚酯纤维称量搅拌均匀,作为混合物A;第2步,将水性固化剂加入水稀释按等比例稀释(本步骤所用的水的重量不在于上述配比重量中),再加入水性环氧树脂乳液中搅拌均匀,作为混合物B;第3步,将混合物B加入混合物A中,再加入水搅拌均匀后即得水泥基弹性灌浆材料。

指标	结果
弹性固结体 28 天抗压强度	8.75 MPa
水气抗压强度比	99%
抗折强度	3.77 MPa
弹性模量	2.82 GPa
[0116] 与混凝土水下粘结抗折强度	0.59MPa
与混凝土水下粘结抗渗压强	0.5 MPa
弹性拉伸应变	$340 \times 10^{-6}$
弹性压缩应变	$2750 \times 10^{-6}$
固结体收缩率	3.1%

[0117] 对照例6

[0118] 与实施例3的区别是：采用水性环氧树脂乳液(巴斯夫科宁-水性环氧树脂乳液 Waterpoxy 1422)代替水性丙烯酸酯乳液。

[0119] 水泥22.0%,矿渣粉19.8%,硅粉4.4%,石膏粉6.6%,橡胶粉11.0%,萘磺酸盐减水剂1.3%,水性环氧树脂乳液21.1%,水性环氧固化剂2.2%,聚酯纤维0.4%,水11.2%。

[0120] 上述的深水弹性灌浆材料的制备方法,包括如下步骤:

[0121] 第1步,先将水泥、矿渣粉、硅粉、石膏粉、橡胶粉、聚酯纤维称量搅拌均匀,作为混合物A;第2步,将水性固化剂加入水稀释按等比例稀释(本步骤所用的水的重量不在于上述配比重量中),再加入水性环氧树脂乳液中搅拌均匀,作为混合物B;第3步,将混合物B加入混合物A中,再加入水搅拌均匀后即得水泥基弹性灌浆材料。

指标	结果
弹性固结体 28 天抗压强度	6.86 MPa
水气抗压强度比	94%
抗折强度	3.0 MPa
弹性模量	2.96 GPa
与混凝土水下粘结抗折强度	0.61 MPa
与混凝土水下粘结抗渗压强	0.5 MPa
弹性拉伸应变	$240 \times 10^{-6}$
弹性压缩应变	$1910 \times 10^{-6}$
固结体收缩率	3.5%

[0122] 对照例7

[0124] 与实施例1的区别是：未加入水性环氧固化剂。

[0125] 上述的深水弹性灌浆材料的制备方法，包括如下步骤：

[0126] 第1步，先将水泥、矿渣粉、硅粉、石膏粉、橡胶粉、聚酯纤维称量搅拌均匀，作为混合物A；第2步；将混合物B加入水中搅拌均匀后即得水泥基弹性灌浆材料。

指标	结果
弹性固结体 28 天抗压强度	8.3 MPa
水气抗压强度比	81%
抗折强度	3.35 MPa
弹性模量	2.56 GPa
与混凝土水下粘结抗折强度	1.33 MPa
与混凝土水下粘结抗渗压强	1.0 MPa
弹性拉伸应变	$410 \times 10^{-6}$
弹性压缩应变	$2830 \times 10^{-6}$
固结体收缩率	2.8%

[0127] 对照例8

[0129] 与实施例2的区别是：未加入水性环氧固化剂。

[0130] 上述的深水弹性灌浆材料的制备方法，包括如下步骤：

[0131] 第1步，先将水泥、矿渣粉、硅粉、石膏粉、橡胶粉、聚酯纤维称量搅拌均匀，作为混合物A；第2步，水性丙烯酸酯乳液作为混合物B；第3步，将混合物B加入混合物A中，再加入水搅拌均匀后即得水泥基弹性灌浆材料。

指标	结果
弹性固结体 28 天抗压强度	6.9 MPa
水气抗压强度比	74%
抗折强度	3.09 MPa
弹性模量	2.72 GPa
与混凝土水下粘结抗折强度	1.68 MPa
与混凝土水下粘结抗渗压强	1.2MPa
弹性拉伸应变	$290 \times 10^{-6}$
弹性压缩应变	$2760 \times 10^{-6}$
固结体收缩率	3.4%

[0132] 对照例9

[0134] 与实施例1的区别是：未加入水性丙烯酸酯乳液和水性环氧固化剂。

[0135] 上述的深水弹性灌浆材料的制备方法，包括如下步骤：

[0136] 第1步，先将水泥、矿渣粉、硅粉、石膏粉、橡胶粉、聚酯纤维称量搅拌均匀，作为混合物A；第2步：将混合物B加入水中搅拌均匀后即得水泥基弹性灌浆材料。

指标	结果
弹性固结体 28 天抗压强度	12.3 MPa
水气抗压强度比	75%
抗折强度	4.09 MPa
弹性模量	2.87 GPa
与混凝土水下粘结抗折强度	0.84 MPa
与混凝土水下粘结抗渗压强	0.6 MPa
弹性拉伸应变	$410 \times 10^{-6}$
弹性压缩应变	$3110 \times 10^{-6}$
固结体收缩率	2.6%

[0138] 通过以上的实施例和对照例，可以得到以下的结论：通过实施例1和对照例1的对比可以看出，本发明的灌浆材料中的凝胶材料中加入硅粉，与其它的凝胶材料配合，可以有效地减小砂浆固化后的固结体收缩率，由5.2%减小至了2.3%。通过实施例1和对照例2-3的对比可以看出，聚酯纤维和橡胶粉在灌浆材料中，可以使固结体具有弹性变形能力，抗冲击韧性高，能够适应混凝土裂缝震动和变形，弹性拉伸应变以及弹性压缩应变都得到了明显的提高。通过实施例1和对照例4-6可以看出，采用水性丙烯酸酯乳液应用于本发明的灌浆材料中，明显得到的修补材料与混凝土的粘接强度高于水性环氧树脂乳液，对照例4-6使用水性环氧树脂乳液时，混凝土裂缝与水泥灌浆料界面粘接强度始终不能达到1.0MPa以上，

水泥基弹性灌浆料与混凝土水下粘结抗渗压强小于0.8MPa。通过实施例1和对照例7-8可以看出,采用水性环氧固化剂时,能够有效地促进丙烯酸酯胶乳固化成膜,固化过程中吸收混凝土裂缝与水泥灌浆料界面水膜,提高弹性固结体水中粘结强度和抗高水头渗透性能。灌浆材料弹性固结体与混凝土水中粘结强度最高可达2.6 MPa,与混凝土水下粘结抗渗压强超过1.2MPa,能够承受100米深水头压力。通过实施例1和实施例6的对比可以看出,热缩型温敏丙烯酸凝的加入后,由于其在混凝土固化时在30-35℃以上会发生明显的收缩,使砂浆可以更好地渗入混凝土缝隙中,当温度下降后,会发生膨胀并固体,使修补材料与裂缝之间的粘接强度得到提高。



图1

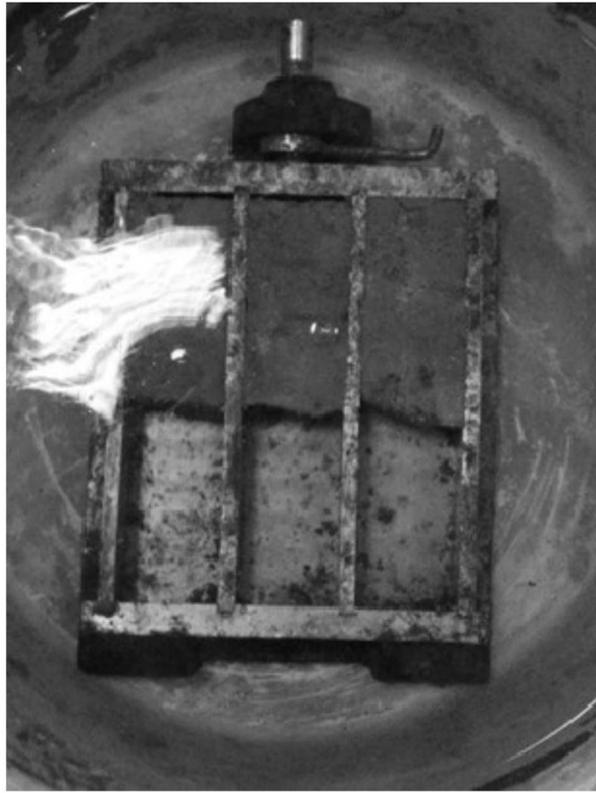


图2



图3



图4



图5

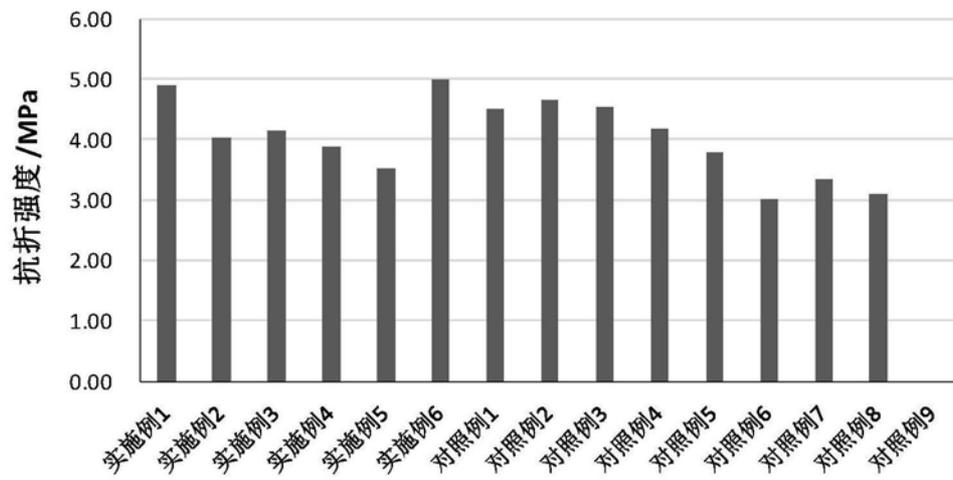


图6

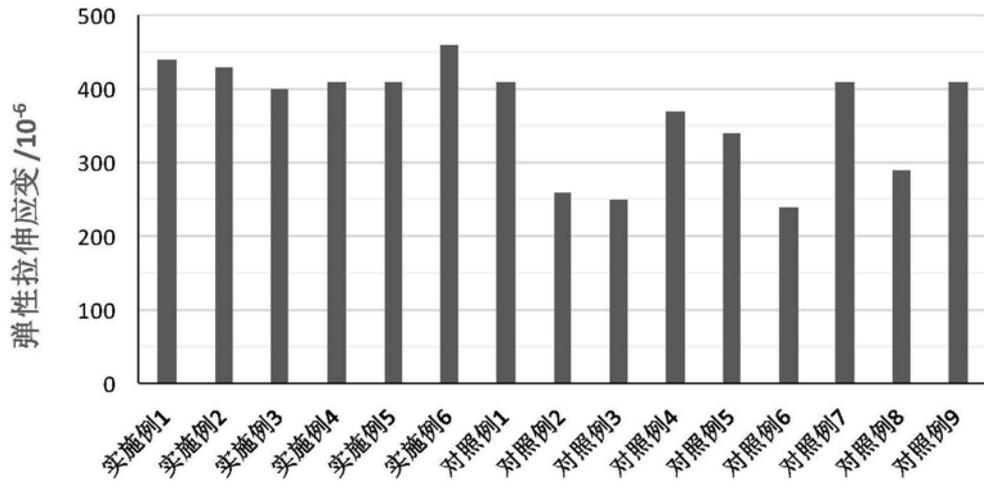


图7