

混凝土结构表面鼓包问题修缮研究

邱 可

(湖南湘江新区建设工程质量安全监督站,湖南 长沙 410006)

摘要:混凝土结构表面鼓包问题是属于不影响结构安全性的一般质量问题,但若不处理,将影响其耐久性。本文以长沙某高层剪力墙结构住宅工程为例,通过现场取样分析鼓包处混凝土内部化学成分及含量,对混凝土结构表面鼓包原因进行分析,提出有针对性的处理方案。应用结果表明:聚合物改性水泥砂浆喷涂修缮技术,对混凝土结构表面起到隔离、约束作用,且满足耐久性要求。本文结果可为高层或者超高层混凝土结构表面出现大面积鼓包问题进行高效修复处理提供参考。

关键词:混凝土结构; 表面鼓包; 聚合物改性水泥砂浆; 隔离; 约束; 耐久性

中图分类号: TU375

文献标志码: A

文章编号: 1673-8993(2025)02-0062-06

doi: 10.13402/j.gcjs.2025.02.024

Research on repair of bulging problem on concrete structures surface

QIU Ke

(Construction Projects Quality and Safety Supervision Station in Xiangjiang
New Area of Hunan, Changsha 410006, Hunan, China)

Abstract: The problem of bulging on the surface of concrete structure is a general quality problem that does not affect the safety of the structure, and if it is not treated, its durability will be affected. A high-rise shear wall structure residential project in Changsha is taken as an example, the internal chemical composition and content of the concrete at the bulging place are analyzed by on-site sampling, the causes of the bulging on the surface of the concrete structure are analyzed, and a targeted treatment plan is proposed. The application results show that the polymer-modified cement mortar spraying and repair technology can isolate and constrain the surface of the concrete structure, and meet the durability requirements. The results can provide a certain reference for efficient repair of large-area bulging problems on the surface of high-rise or super high-rise concrete structures.

Key words: concrete structure; surface bulging; polymer-modified cement mortar; isolation; constrain; durability

近年来,由于混凝土中骨料原材料资源紧张,价格高,为了降低原材料成本,部分混凝土搅拌站利用钢渣取代部分骨料。而钢渣颗粒有游离氧化钙的潜在危害,会与空气中的水、CO₂和O₂发生反应生成Ca(OH)₂,使颗粒自身体积膨胀,导致混凝土结构局部产生膨胀应力。在膨胀应力作用下,以膨胀物质为中心形成放射状爆裂,从而使面层混凝土形成锥形破坏界面,造成混凝土表面鼓包^[1]。混凝土结构表面鼓包是由混凝土粗骨

料中含有钢渣颗粒所引起,属于不影响结构安全性的一般质量问题。目前,普遍采用填充法处理高层或者超高层建筑结构混凝土表面鼓包问题,而其施工工艺、施工质量控制、耐久性一直是实施的重点及难点。对于结构混凝土鼓包问题,通常采用黏贴纤维复合材料、涂抹环氧砂浆的修补方式进行处理。该方法虽在不影响结构安全性的基础上能进一步增加建筑结构的安全性,但不一定能解决混凝土结构表面鼓包问题,且过于冗余。

收稿日期: 2024-07-23

作者简介: 邱可(1985—),男,高级工程师,从事工程技术管理工作。

采用聚合物改性水泥砂浆进行修缮处理，不仅对混凝土结构表面起到较好的约束作用，还能有效隔绝水分和空气进入混凝土构件内部，并对今后可能产生的膨胀应力起到有效抑制的目的，对混凝土构件有补强效果，使得耐久性满足原设计要求。本文以长沙岳麓区某工程为例，对混凝土结构表面出现大范围的爆点鼓包问题，结合现场检测分析结果，提出针对性的技术措施，以期为高层或者超高层混凝土结构大面积表面鼓包问题的修复处理提供一点借鉴。

1 工程实例

长沙市岳麓区某一高层房屋建筑工程，地下 1 层，地上 32 层，结构形式为剪力墙结构，主体结构混凝土于 2018 年 11 月浇筑。在 2020 年 5 月，陆续发现其高楼层室内楼板底部、室内墙侧边、外剪力墙侧边部分位置出现了不同程度的爆点鼓包现象，如图 1 所示。爆点处物质多为粉化的红褐色颗粒与黑色颗粒，若不做处理，会对混凝土结构的耐久性造成严重影响^[2]。

对引起爆点的粉化颗粒进行成分检测，并对出现爆点位置的楼板进行抽芯，并依据《建筑结构检测技术标准》(GB/T 50344—2019)中附录 G 游离氧化钙潜在危害的检测推断进行判定。由于单个粉化颗粒体积过小，搜集数十个爆点位置的粉化物质作为检测对象，同时在没有鼓包脱落的

部位提取样品进行对比检测分析，结果如表 1 所示。由表 1 可知：粉化物质中 CaO 占比为 49.61%，游离氧化钙(f-CaO)占比为 19.25%，可见 f-CaO 占比接近 1/5，属于不正常现象。煮沸过程中，有两个以上的煮沸试件出现明显开裂或崩裂现象，且该组芯样煮沸后的平均强度变化率为 47.6%，根据 GB/T 50344—2019 规定，当芯样试件强度变化平均率百分值大于 30% 时，可判定该区域混凝土存在游离 CaO 的潜在危害。后经过追溯调查，发现混凝土原材料粗骨料中掺入了部分钢渣骨料，其含有的体积不稳定的 CaO 矿物水化生成 Ca(OH)₂，进而体积膨胀导致表层混凝土鼓包、胀裂、剥落^[3]。

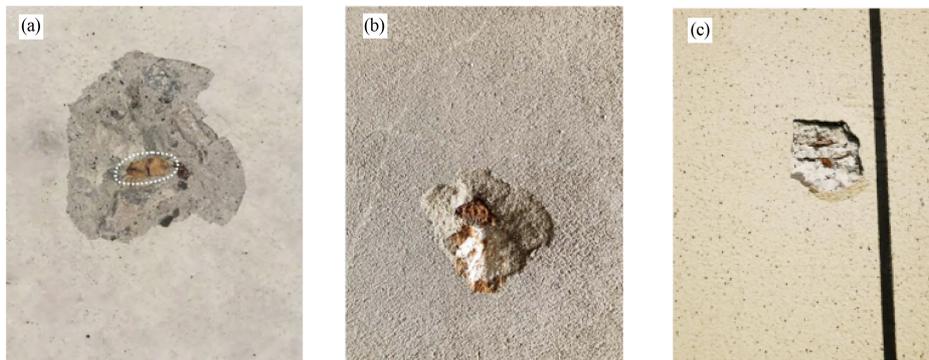
为了确定更合适的修缮处理方案，通过对比类似项目的处理方案，并结合相关研究成果^[4-5]，最终确定以聚合物改性水泥砂浆为基础材料的修缮处理工艺。

2 工艺特点

2.1 材料要求

2.1.1 材料性质

聚合物改性水泥砂浆^[6]是由水泥、骨料和可以分散在水中的有机聚合物加入多种改性助剂配制而成，无溶剂挥发，对环境无污染，对人体无毒无害。聚合物改性水泥砂浆具有较好的抗裂、抗渗及黏结性能，主要用于房屋修复工程，如水



(a) 板底部 (b) 内墙侧边；(c) 外墙侧边

图 1 爆点鼓包现象

表 1 混凝土化学分析检测结果

测点部位	CaO(f-CaO)	Fe ₂ O ₃	MgO	Al ₂ O ₃	其他成分
鼓包爆点粉化颗粒	49.61(19.25)	12.11	9.83	2.88	25.57
无鼓包正常部位骨料	38.13(接近 0)	1.42	4.20	2.12	54.13

%

厂管道及蓄水池等饮水设施、厕浴间、地下室、涵洞、水池等防水、修补及加固。

2.1.2 质量要求

进场原材料须进行现场见证取样及复试检测。聚合物改性水泥砂浆试验的指标要满足《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》(GB 50728—2011)及《聚合物水泥防水砂浆》(JC/T 984—2011)中关于聚合物改性水泥砂浆长期使用性能合格指标 I 级标准要求。聚合物改性水泥砂浆每 50 t 应为一个检验批(不足 50 t 也应为一检验批),取样复试的检验项目及合格指标如表 2^[7]、3 所示。

该项目设计使用年限为 50 a, 根据 GB 50728—2011 相关要求, 聚合物改性水泥砂浆应满足聚合

物改性水泥砂浆长期使用性能鉴定标准, 具体如表 4 所示。

2.1.3 使用要求

(1) 基层要求: 基面应结实, 干净, 无油脂、脱模剂及其他松散物。施工前, 应将基材表面的灰尘、泥土及其他疏松表层清除干净。

(2) 配料: 按液料比 0.12 ~ 0.16, 推荐使用 0.13 液料比。

(3) 搅拌: 配料时先搅拌 1 min, 静止 1 min, 再搅拌 2 min 即可使用, 搅拌好的砂浆应在 30 min 内用完。

(4) 施工: 抹灰前应用清水充分润湿基材, 但在抹灰或喷涂施工前不得留有明水。施工厚度

表 2 聚合物改性水泥砂浆基本性能鉴定标准

检验项目	检验指标	检验条件	鉴定合格指标/MPa	
			I	II
浆体性能	劈裂抗拉强度	浆体成型后, 不拆模, 湿养护 3 d; 然后拆侧模, 仅留底模再湿养护 25 d (个别为 4 d), 到期立即在 (23 ± 2) °C、(50 ± 5)% 相对湿度条件下进行测试。	≥7	≥5.5
	抗折强度		≥12	≥10
	7 d 抗压强度		≥40	≥30B
	28 d 抗压强度		≥55	≥45
黏结能力	与混凝土正拉黏结强度	黏结工序完成后, 静置湿养护 28 d, 到期立即在 (23 ± 2) °C、(50 ± 5)% 相对湿度条件下进行测试。	≥2.5, 且为混凝土内聚破坏	

表 3 聚合物改性水泥砂浆需达到的抗渗性能、环保要求

检测项目	要求	
	I 型水泥砂浆	II 型水泥砂浆
抗渗压力/MPa	砂浆试件养护 7 d	1.0
	砂浆试件养护 28 d	1.5
耐碱性	无开裂、无剥落	
吸水率/%	≤6.0	
挥发性有机化合物 VOC	内墙满足《室内装饰装修材料内墙涂料中有害物质限量》(GB 18582—2008) 要求, 外墙满足《建筑用外墙涂料中有害物质限量》(GB 24408—2009) 要求。	

表 4 聚合物改性水泥砂浆长期使用性能鉴定标准

检验项目	检验条件	鉴定合格标准/MPa	
		I 级	II 级
耐湿热老化能力	在 50 °C、RH 为 98% 的环境中, 老化 90 d (II 级聚合物砂浆为 60 d) 后, 其室温下钢丝绳与浆体黏结 (钢套筒法) 抗剪强度降低率	≤10	≤15
耐冻融性能	在 -25 ~ 35 °C 冻融交变环境中, 经受 50 次循环 (每次循环 3 h) 后, 其室温下钢丝绳与浆体黏结 (钢套筒法) 抗剪强度降低率	≤5	≤10
耐水性能	在自来水浸泡 30 d 后, 拭去浮水进行测试, 其室温下钢标准块与基材的正拉黏结强度	≥1.5, 且为基材内聚破坏	

应均匀一致，不得出现薄厚不均的现象，每层宜连续施工，各层应紧密贴合。

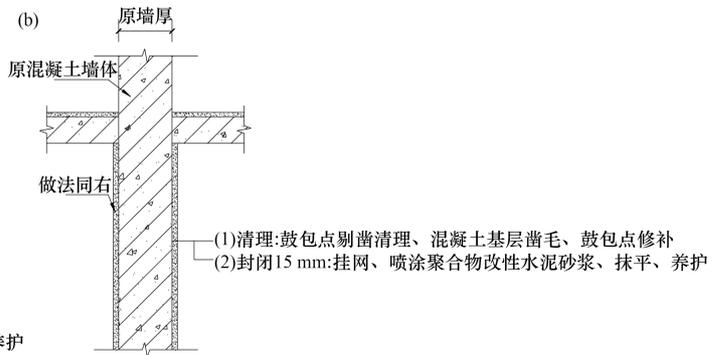
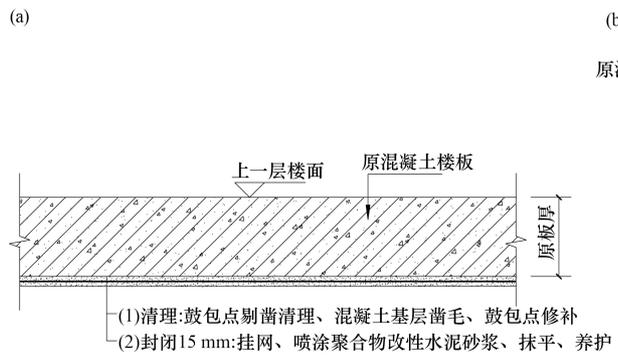
(5) 厚度控制：施工总厚度要根据设计要求确定。单遍施工厚度为 6~10 mm，超过 10 mm 设计厚度需分多次施工，层间施工间隔在 5~24 h，最后一层抹灰表面应压实、抹平。每平方米砂浆消耗量约为 2.0 kg。

(6) 养护：聚合物水泥修复水砂浆凝结后，进行自然养护(注意保湿)，养护温度不低于 5℃。

2.2 修缮工艺

2.2.1 室内顶棚、墙体修缮工艺

先对鼓包点进行剔凿清理、混凝土基层整体凿毛、鼓包点修补，对于室内顶棚修缮，采用满挂不锈钢丝网、喷涂聚合物改性水泥砂浆的方式进行修缮^[8]，而对于室内墙体修缮，则采用直接喷涂聚合物改性水泥砂浆的方式进行修缮；聚合物改性水泥砂浆喷涂厚度为 15 mm；在面层压入玻纤网格布后，多遍压光成活，养护时间不短于 14 d；待基层全部干透后，进行腻子施工，如图 2



(a) 顶棚；(b) 墙体

图 2 室内修缮做法示意

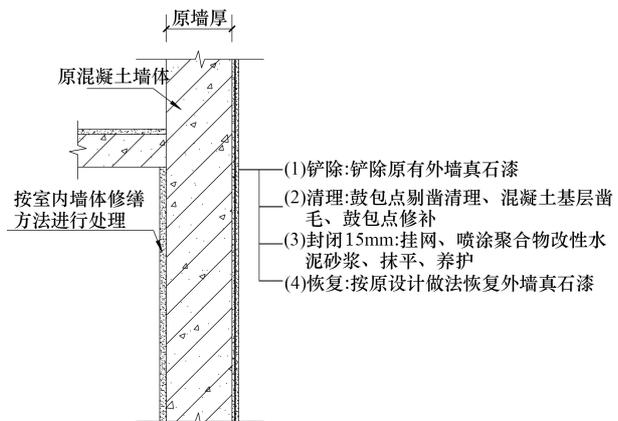


图 3 室外墙体修缮做法示意

所示。

2.2.2 室外墙体修缮工艺

先将外墙真石漆铲除，然后对鼓包点进行剔凿清理、混凝土基层整体凿毛、鼓包点修补，再采用满挂不锈钢丝网、喷涂 20 mm 厚聚合物改性水泥砂浆的方式进行修缮；在面层压入玻纤网格布后，多遍压光成活，养护时间不短于 14 d，待基层全部干透后，进行装饰层施工，如图 3 所示。

2.2.3 特殊部位施工工艺

(1) 剪力墙结构出现鼓包时，建议在凿除填补鼓包点的基础上，在表面增加一层喷涂聚合物改性水泥砂浆；同时，为保持墙面平整性，砌体墙“压槽”部位采用普通抹灰砂浆填补错台，新增 15 mm 厚普通砂浆层，交接处挂设不锈钢丝网，宽度为 350 mm，砖墙边搭接 250 mm，如图 4 所示。喷涂 15 mm 厚聚合物改性水泥砂浆后，可形成防水密封层，起到隔离、约束作用，确保构件安全，避免混凝土内部再次鼓包。

(2) 卫生间沉箱出现鼓包时，建议在沉箱板

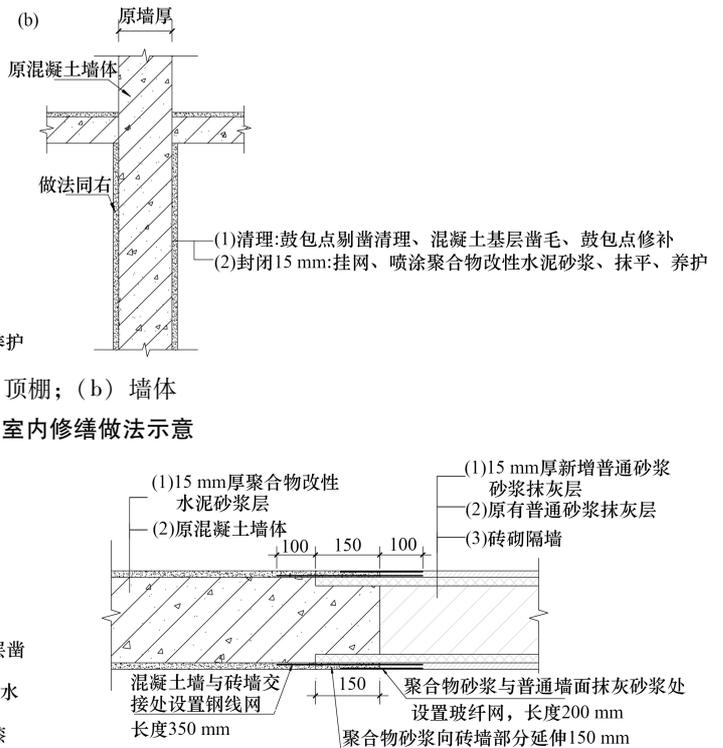


图 4 混凝土墙与砖砌墙体交接处做法示意 mm

底先铲除防水涂料后，喷涂 15 mm 厚聚合物改性水泥砂浆；修缮完成后按原设计防水做法进行恢复，沉箱壁与板底交接处做成圆弧状。卫生间墙

体为混凝土结构墙时,将防水层铲除后,按室内墙体做法进行修缮;完成后按原防水设计做法进行防水层恢复。卫生间墙体为砌体墙时不做修缮处理。具体如图 5 所示。

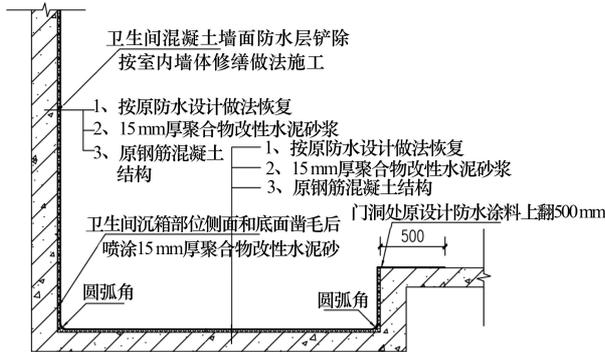


图 5 卫生间沉箱做法大样 mm

(3) 变形缝处出现鼓包时,建议在变形缝处混凝土墙体先进行基层凿毛处理,喷涂 20 mm 厚聚合物改性水泥砂浆。为保证修缮质量,在施工过程中,需将变形缝处的砖墙拆除,以便为凿毛、喷涂聚合物改性水泥砂浆提供操作面,待修缮完成后,将砖墙恢复,如图 6 所示。

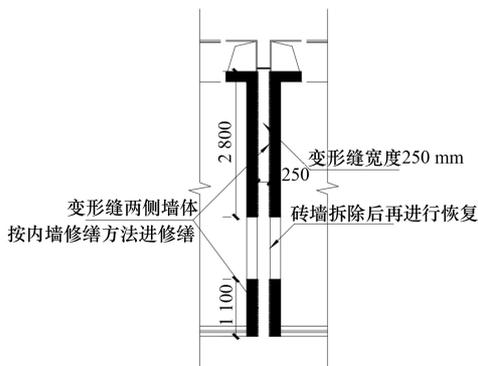


图 6 变形缝处做法示意 mm

3 施工方法与质量控制关键点

3.1 施工方法

施工过程:装饰层拆除→鼓包点排查、剔凿→混凝土基层凿毛→鼓包点修补→满挂不锈钢丝网→打钉固定→聚合物改性水泥砂浆喷涂→抹平→养护。

(1) 装饰层拆除(外墙为真石漆铲除)。将室内已装修房间装饰层拆除,并铲除内墙腻子层至混凝土基层,铲除前先用高压水枪冲洗软化腻子层,以提高铲除效率。

(2) 鼓包点排查、剔凿。全面排查现场鼓包点,以鼓包点为中心,将鼓包范围内松散混凝土进行人工剔凿,并仔细检查每个鼓包点位置是否还有未反应的钢渣,若有,须逐一凿除干净。

(3) 混凝土基层凿毛。采用气动凿毛锤对混凝土表面进行凿毛(深度约为 1~5 mm),直至露出无损的坚硬、密实和粗糙的结构面,并对凿毛过程中发现的钢渣骨料进行剔除。采用高压水枪冲洗凿毛后的混凝土基层,以确保所有松散混凝土、残留物和处理产生的粉尘被完全清除。在施工前 1 d,为确保基层处于湿润状态,采用喷雾对混凝土基层进行湿润,但表面不应有明水。

(4) 鼓包点修补。对清理后的鼓包点处用聚合物改性水泥砂浆修补抹压平整。

(5) 满挂不锈钢丝网。室内顶棚、室外墙体在鼓包点修缮后满挂不锈钢丝网,室内墙体无此工序。钢丝公称直径为 0.9 mm,网眼为 50 mm × 50 mm 规格网片,采用射钉@400 mm 梅花固定。

(6) 聚合物改性水泥砂浆喷涂。挂完不锈钢丝网后,设置灰饼,以确保水泥砂浆的厚度和平整度。灰饼间距不大于 1 500 mm,墙面距离底部和顶部的灰饼按 300~400 mm 控制。分层喷涂聚合物改性水泥砂浆,分层喷涂厚度不大于 6 mm,室内顶棚厚度为 15 mm,室内墙体厚度为 15 mm,室外墙体厚度为 20 mm。

(7) 抹平。聚合物改性水泥砂浆喷射厚度达到设计要求后,人工抹平表面,再用锯齿抹子抹出小条纹。

(8) 养护。聚合物改性水泥砂浆喷射完工后,须安排专人进行养护,养护时间不少于 14 d,并做好养护记录。

3.2 质量控制关键点

(1) 修缮采用的聚合物改性水泥砂浆,根据 GB 50728—2011 判定,要符合长期使用性能合格指标 I 级标准要求,即满挂不锈钢丝网的钢丝抗拉强度不小于 600 MPa,其他所有原材料、半成品必须有合格证或出厂检验报告,需复试的材料,送检合格后方可使用。

(2) 聚合物改性水泥砂浆修缮面层厚度、面层与原构件混凝土有效黏接面积均须满足《建筑结构

加固工程施工质量验收规范》(GB 50550—2010)要求,面层厚度须在允许偏差(+5 mm, 0 mm)范围内;面层与原构件混凝土之间有效黏结面积须不小于该构件总黏结面积的95%。

(3) 修缮后,聚合物改性水泥砂浆修缮面层与混凝土之间的正拉结强度需满足 GB 50550—2010 相关要求。

4 质量验收要点及修缮效果

4.1 质量验收要点

修缮工程完工后,须进行组织验收。修缮后的施工质量验收须按照 GB 50550—2010 中 12.4 节“聚合物砂浆面层施工”及 12.5 节“施工质量

检验”中的要求执行^[9]。此外,还要对室内空气质量进行检测,其检测标准参照《民用建筑工程室内环境污染控制标准》(GB 50325—2020)要求,具体如表 5 所示。

表 5 民用建筑室内环境污染物浓度限量 mg/m^3

HCHO	C6H6	C7H8	C8H10	TVOC
≤ 0.07	≤ 0.06	≤ 0.15	≤ 0.20	≤ 0.45

4.2 修缮效果

项目修缮面积近 4 万平方米,工期约为 6 个月,修缮过程中未发生任何安全事故,且验收合格。项目运行后,通过两年多的观察,未见明显的爆点鼓包,如图 7 所示,且聚合物改性水泥砂浆与混凝土基层结合牢固,未见开裂空鼓。



(a) 楼板底部; (b) 内墙侧边; (c) 外墙侧边

图 7 项目鼓包修缮后照片

5 结 语

采用聚合物改性水泥砂浆修缮高效、快捷。修缮材料与混凝土构件的有效黏结,不仅能对混凝土结构表面起到较好的约束作用,还能有效隔绝水分和空气进入混凝土构件内部、阻止其水化膨胀。修缮后,增加了钢筋保护层厚度,结构耐久性也满足原设计要求。在修缮过程中,须把握几点关键:1) 修缮材料采用 I 级聚合物改性水泥砂浆;2) 基层凿毛要到位、凿毛直至露出无损的坚硬、密实和粗糙的结构表面,基层浮渣要清理干净;3) 采用高强聚合物改性水泥砂浆且喷涂厚度应大于 15 mm;4) 施工完成后,需保证修缮后聚合物改性水泥砂浆表面无任何形式的裂纹。

参考文献:

[1] 李永鑫. 含钢渣粉掺合料的水泥混凝土组成、结构与性能的研究[D]. 北京:中国建筑材料科学研究院, 2003.

[2] 工程结构加固材料安全性鉴定技术规范:GB 50728—2011[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2012.

[3] 谢智超,汪保印,蒋正武. 钢渣骨料混凝土体积安定性及其抑制效果评价[J]. 建筑材料学报,2022, 25(10):1077-1085.

[4] 吴少鹏,崔培德,谢君,等. 钢渣集料膨胀抑制方法及混合料体积稳定性研究现状[J]. 中国公路学报, 2021,34(10):166-179.

[5] 仇步云. 钢渣混凝土爆点修复工程技术[C]//2022 年全国土木工程施工技术交流会论文集(中册). 北京:施工技术,2022.

[6] 聚合物水泥防水砂浆:JC/T 984—2011[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2012.

[7] 梅世鹏. 潮湿及水下修补用环氧类砂浆的开发研究[D]. 长沙:湖南大学,2013.

[8] 田亮,张明亮,管秀发,等. 钢渣混凝土爆点修复工程技术研究[J]. 江苏建筑,2023(4):79-82.

[9] 建筑结构加固工程施工质量验收规范:GB 50550—2010[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2011.