

多因素耦合作用下玉米秸秆压浆处治材料试验研究

王晓强¹, 韩晶², 王乾³

(1. 西安市政设计研究院有限公司, 陕西 西安 710068; 2. 西安交通工程学院 土木工程学院, 陕西 西安 710065;
3. 西安建筑科技大学 土木工程学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 秸秆废弃物对环境及资源造成的浪费日益严峻, 如何使其能够绿色发展, 成为了工程行业研究的重中之重。选用玉米秸秆压浆处治材料为研究对象, 以实验数据统计分析为基础, 将养生龄期、冻融循环次数及玉米秸秆掺量作为控制因素, 归纳总结了在多因素耦合作用下不同秸秆掺量的压浆材料力学及物理性能的变化规律。试验结果表明: 掺入玉米秸秆后, 压浆材料的各项性能均得到显著提升; 在实际工程中, 针对流量较大急需开放交通的道路, 可增加秸秆的掺量以达到较好的强度要求, 而对于有足够修补周期的道路, 可优先选用提高材料的养生龄期; 材料体积膨胀率的增速和养生龄期时间的增长呈反比; 工程实践中, 应将秸秆掺量控制在 3% 左右, 不仅可以获得最大的工程效果, 而且每年可有效利用秸秆约 8 000 万 t。

关键词: 道路工程; 压浆处治; 玉米秸秆; 冻融循环

中图分类号: U416.2

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)10-0283-04

0 引言

我国作为世界上最大的农业国之一, 截至 2023 年底, 我国粮食总产量已达 13.908 亿斤, 其中三大粮食作物秸秆约占 70%, 大量的秸秆被当做废料或焚烧使用, 不仅污染了生态环境, 同时也造成了资源浪费。近年来随着绿色发展的经济理念, 因秸秆中含有的丰富纤维素、半纤维素及木质素在碱性环境中可与混凝土拌合物中游离的钙离子发生反应, 所以逐步作为各种原材料使用, 并取得了显著效果^[1]。

赵威通过对小麦秸秆灰高性能混凝土在抗酸侵蚀下进行了研究, 得到了混凝土抗压耐蚀系数及劈裂抗拉耐蚀系数^[2]。刘伟等通过对不同掺量的秸秆黏土陶粒混凝土进行研究, 得到了秸秆掺量与混凝土性能的规律^[3]。孔鹏对冻融循环下玉米秸秆纤维混凝土抗弯性能进行了研究, 得到了混凝土最佳的纤维掺量及力学指标^[4]。

现有研究主要集中在秸秆混凝土方面, 而针对板底脱空处秸秆再利用极少, 故急需对此进行研究。

1 配合比介绍

1.1 试验材料^[5]

(1) 水泥: 采用 P·O 42.5 硅酸盐水泥。

收稿日期: 2024-01-08

作者简介: 王晓强(1994—), 男, 硕士, 工程师, 从事道路工程设计与科研工作。

(2) 粉煤灰: 一级粉煤灰。

(3) 减水剂: 规格型号为 JQ-A 增强型。

(4) 膨胀剂: UEA 型膨胀剂。

(5) 早强剂: 甲酸钙早强剂, 以促进浆体早期强度迅速形成。

(6) 水: 采用自来水。

(7) 玉米秸秆: 选用经处理后 2 cm 长, 3 mm 左右宽的^[6]西安本地玉米秸秆。

(8) 砂: 选用特细砂。

1.2 配合比确定

压浆材料配比确定是板底脱空处治的核心, 良好的配比既能保证浆体注入后快速形成强度, 又能保证通车后路面性能满足要求, 在通过大量的室内试验研究与分析, 并结合现场实际情况, 最终确定了玉米秸秆压浆处治材料配合比如表 1 所示。

2 方案设计

2.1 龄期

通常在没有特殊要求下, 混凝土结构需养生至 28 d 方可服役, 然而水泥混凝土路面在板底脱空后, 为了保证交通顺畅, 需尽快进行市政抢修以开放交通。

城市主干路在路网中起骨架作用, 是城市内部的大动脉, 通常要求在修补后 1 d 前后即开放交通。城市次干路及支路主要为集散交通并兼有服务功能, 通常要求在修补后 3 d 左右开放交通。

表 1 玉米秸秆压浆处治材料配合比

编号	组分/(kg·m ⁻³)				减水剂	膨胀剂	早强剂	秸秆掺量
	水泥	水	砂	粉煤灰				
1	350	133	741	175	0.5	10	1.6	0%
2	350	133	741	175	0.5	10	1.6	1%
3	350	133	741	175	0.5	10	1.6	2%
4	350	133	741	175	0.5	10	1.6	3%
5	350	133	741	175	0.5	10	1.6	4%

因此,试验龄期选择为 1 d 及 3 d,以期模拟实际道路修补后材料的性能变化。

2.2 秸秆掺量

秸秆来自于陕西省西安市,秸秆直径约为 2.4 cm,长度约为 28 cm,内含有丰富的纤维素,可与水泥混凝土中 Ca²⁺ 易发生反应。对采集来的秸秆首先应进行处理,处理完后的玉米秸秆尺寸控制在 2 cm 长、3 mm 宽。为研究秸秆的掺量对压浆处治材料力学性能的影响,本次将掺量控制为 0%、1%、2%、3%、4%。

2.3 盐渍环境

西北地区,土地盐渍化成为越来越常见的现场,会直接影响路基路面的稳定性,严重时甚至会造成道路沉陷,为更加贴合西北地区道路的路基环境,选取 3%NaCl+5%Na₂SO₄ 的混合溶液来模拟北方盐损特殊地区的自然环境。

2.4 冻融环境

采用不同掺量玉米秸秆进行研究,并将不同龄期下的材料以 25 次为一个单位进行循环,最高冻融至 200 次。主要研究的指标内容:抗压强度、抗折强度及体积膨胀率。详见图 1 至图 6。

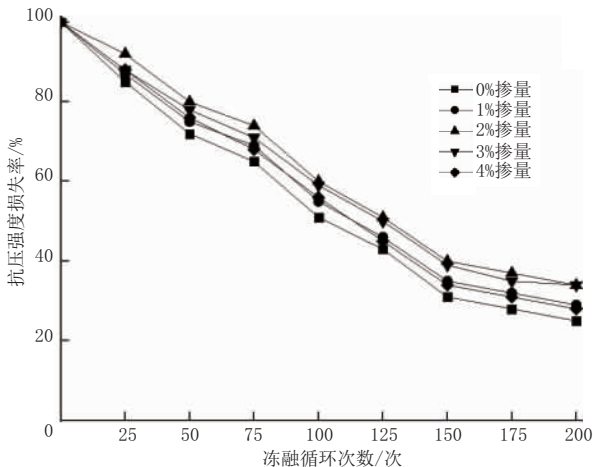


图 1 1 d 龄期不同掺量下抗压强度损失率折线图

3 试验结果与分析

3.1 抗压强度

由图 1 至图 2 可知:

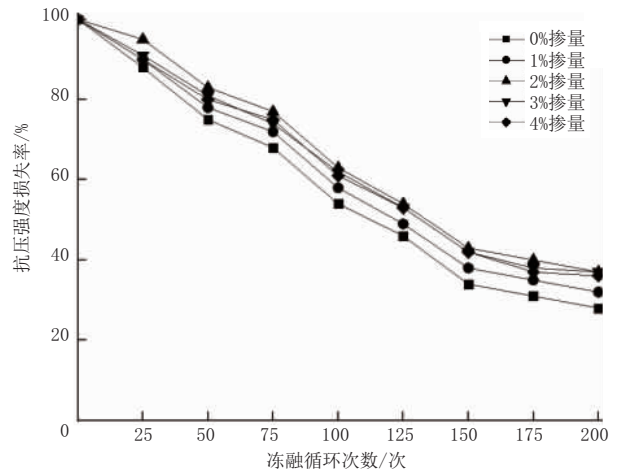


图 2 3 d 龄期不同掺量下抗压强度损失率折线图

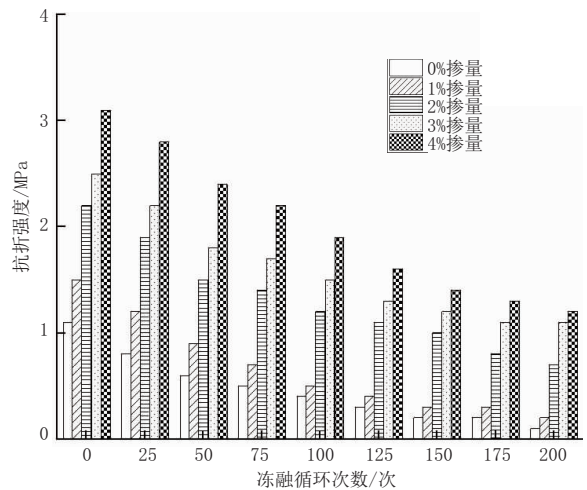


图 3 1 d 龄期不同掺量下抗折强度折线图

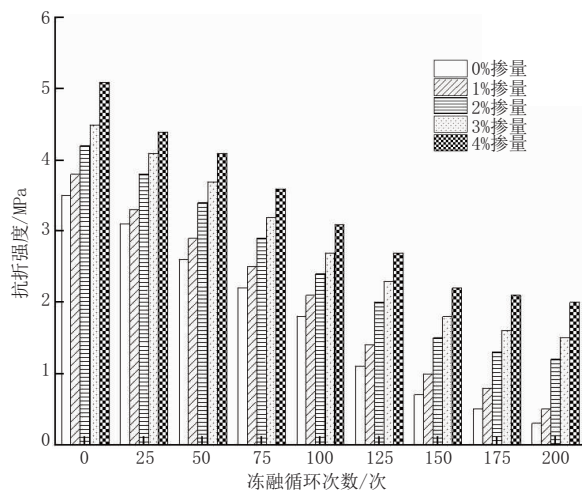


图 4 3 d 龄期不同掺量下抗折强度折线图

(1)在盐-冻循环下,掺加玉米秸秆后,材料的抗压强度得到了较大提升。这表明秸秆的掺入有助于提升材料的强度。

(2)在相同冻融循环次数下,随着秸秆掺量的增加,材料的抗压强度损失率先减小后逐步趋于稳定。未掺秸秆的材料,经过 200 次冻融循环后,1 d 龄期试件抗压强度损失了 74.32%,掺量为 4%的材料,抗

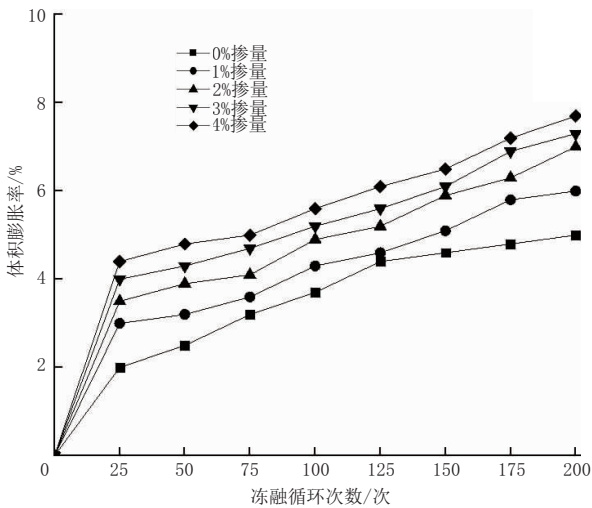


图5 1 d龄期不同掺量下体积膨胀折线图

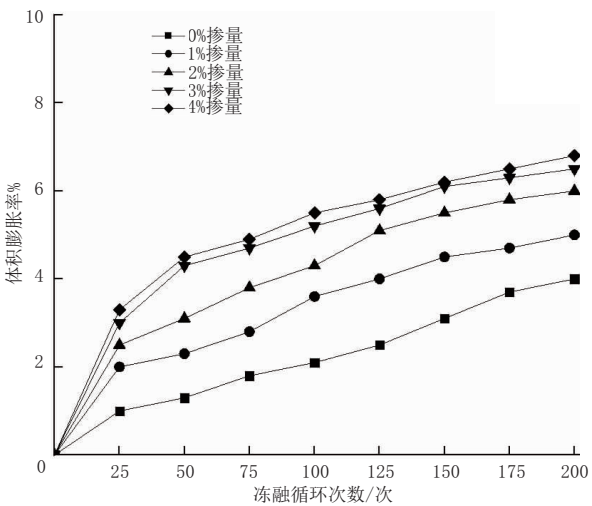


图6 3 d龄期不同掺量下体积膨胀折线图

压强度损失了72%,而掺量为2%的材料,抗压强度仅损失了64.1%,

(3)当掺量由1%提升至2%时,其强度损失率减少最为显著,其中1 d龄期的试件,二者损失率差值最大为8.3%,3 d龄期的试件,二者相比损失率差值最大仅为5.2%。因此,适量的秸秆掺量不仅可达到预期效果,也可最大程度的节省工程造价。

(4)通过提高材料的养护时间及适量增加秸秆掺量均可减少强度的损失。当养护周期增加时,强度损伤最大可减少15.1%,当提高秸秆掺量时,最大减少了25.1%。对于城市主干路而言,应优先选择掺入玉米秸秆,对次干路及以下,应优先考虑增加养生时间。

3.2 抗折强度

由图3至图4可知:

(1)在相同条件下,随着秸秆掺量的增加,材料的抗折强度值不断增长。以1 d龄期为例,未掺加秸

秆的材料,经冻融循环后,抗折强度损失了90.9%,掺入秸秆后,强度损失同比可减少29.6%。这表明在西北寒冷地区,掺入秸秆后,可有效提高材料的抗冻性能。

(2)1 d龄期的材料,随着秸秆的掺入,抗折强度值增长了64.5%,而养生龄期为3 d的材料,强度仅增长了31.3%。随着龄期的不断增长,材料强度增长速率远大于秸秆对强度的影响,对于1 d材料而言,4%掺量的材料强度值几乎达到了养生龄期3 d未掺秸秆材料的抗折强度。由此可知,针对流量较大急需开放交通的道路,可增加秸秆的掺量以达到较好的强度要求,而对于有足够修补周期的道路,可优先选用提高材料的养生龄期。

(3)随着冻融循环次数的不断增大,不同龄期的材料衰减速率均呈现先增大后减少最后区域平缓的规律。以3 d材料为例,其衰减速率最大可达75.2%,最低可达4.98%。

3.3 体积膨胀率

不同于常规混凝土研究内容,体积膨胀率是压浆处治材料研究内容的核心,处治后的路面,体积膨胀率能否达到要求关系是道路能否安全通车的决定性因素。

由于脱空位置处于板底以下,需借助相关设备将材料注入指定区域,因此对材料的膨胀性能有着较高的要求,然而单纯的膨胀剂添加对于材料膨胀性能的改善效果甚微,这就要求材料本身具有较好的膨胀能力,以最快的填满整个病害区域,从而提高路面整体稳定性。

由图5及图6可知:

(1)材料体积膨胀率随冻融循环次数的增加而先增大后减小,主要原因是在冻融循环作用下,试件内部的空隙率吸收水分,从而凝结成为微小的固体,使得体积增大,龄期越小,使得该现象越发明显。

(2)通过增加秸秆掺量,可提高试件的体积膨胀率,材料体积膨胀率的增速和养生龄期时间的增长呈反比,1 d龄期材料体积膨胀率最大为7.4%,3 d龄期材料体积膨胀率最大为6.3%,这是由于随着养护时间的增长,材料内部结构逐渐稳定所导致。

(3)以1 d龄期为例,经200次循环后,未掺加秸秆的材料,其体积膨胀率为5%,当掺量增加至4%时,其体积膨胀率同比增大了49%,这表明在龄期一定时,提高秸秆的掺量,可显著提高压浆处治材料的体积膨胀率。

4 结 语

(1)在盐-冻循环下,掺加玉米秸秆后,材料的抗压强度、抗折强度及体积膨胀率得到了较大提升,这表明掺加适量的秸秆有助于提升压浆处治的性能。

(2)通过提高材料的养护时间及适量增加秸秆掺量均可减少抗压强度的损失。在实际工程中,针对流量较大急需开放交通的道路,可增加秸秆的掺量以达到较好的强度要求,而对于有足够修补周期的道路,可优先选用提高材料的养生龄期。

(3)在相同条件下,随着秸秆掺量的增加,材料的抗折强度值不断增长。以1 d龄期为例,未掺加秸秆的材料,经冻融循环后,抗折强度损失了90.9%,掺入秸秆后,强度损失可减少29.6%。这表明在西北寒冷地区,掺入秸秆后可有效提高材料的抗冻性能。

(4)通过增加秸秆掺量,可提高试件的体积膨胀

率,材料体积膨胀率的增速和养生龄期时间的增长呈反比,1 d龄期材料体积膨胀率最大为7.4%,3 d龄期材料体积膨胀率最大为6.3%。

(5)工程实践中,应将秸秆掺量控制在3%左右,不仅可以获得最大的工程效果,而且每年可有效利用秸秆约8 000万t。

参考文献:

- [1]肖立光,李丽飞,李晶辉,等.秸秆纤维对低碱水泥基材料阻裂性能的影响[J].吉林建筑工程学院学报,2009,26(1):1-4.
- [2]赵威.小麦秸秆灰高性能混凝土的抗酸侵蚀性能与微观机理研究[J].混凝土,2023(10):64-67.
- [3]刘伟,余征威.秸秆混凝土的性能研究[J].吉林建筑大学学报,2016,33(1):1-4.
- [4]孔鹏.冻融循环作用下玉米秸秆纤维混凝土梁抗弯性能研究[D].长春:吉林建筑大学,2023.
- [5]王晓强,王乾.无机水积累脱空修补材料冻融损伤试验研究[J].混凝土,2018(3):75-78.
- [6]牛雷,徐丽娜,田伟,等.玉米秸秆纤维与玄武岩纤维加固水泥土力学性质对比分析[J].科学技术与工程,2021,21(27):11719-11724.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿邮箱:cdq@smedi.com 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com