

高温、冻融作用后纤维混凝土抗压及抗冻性能研究

李冬霞

嘉兴职业技术学院 浙江省嘉兴市 314036

摘要: 随着气候变暖和极端天气情况的增加,寒冷地区的混凝土建筑物和构筑物面临着不可忽视的冻害风险。冻害对混凝土结构的破坏是由于水的相变产生的膨胀压力和毛细水运动的液体压力所致。为了提高混凝土的抗冻性能,本文探讨了高温和冻融循环对纤维混凝土抗压和抗冻性能的影响。研究表明,高温对混凝土的抗冻性能有很大的影响。高温越高,混凝土的抗冻性能越差。这是由于高温会引起混凝土内部的结构破坏和膨胀。此外,高温和冻融循环的耦合作用会加速混凝土的动弹性模量和抗压强度的衰减。这意味着高温和冻融循环会使混凝土更脆弱,容易受到外力的破坏。然而,研究还发现,在混凝土中掺入适量的聚丙烯纤维可以改善和提高混凝土高温损伤后的抗冻性能。聚丙烯纤维能够增加混凝土的抗拉强度和韧性,从而减少结构裂纹的产生和扩展。此外,聚丙烯纤维还可以提高混凝土的抗冻性能,降低冻融循环对混凝土的影响。因此,为了减少冻害对混凝土结构的破坏,在设计和施工中应考虑混凝土的抗冻性能。高温和冻融循环会加速混凝土的衰减,因此需要采取相应的措施来增强混凝土的抗冻性能。其中,掺入适量的聚丙烯纤维是一种有效的方法,可以改善混凝土的抗冻性能,减少冻害的发生。这为建筑行业提供了一个重要的参考,以确保混凝土结构在寒冷地区的可靠性和稳定性。基于此,本文探讨了高温、冻融作用后纤维混凝土抗压及抗冻性能。

关键词: 高温; 冻融循环; 聚丙烯纤维; 混凝土; 抗冻性

聚丙烯纤维混凝土是一种具有多种优异性能的材料,包括抑制混凝土开裂、提高耐火性能和防止爆裂等。然而,在高温作用下,混凝土的耐久性会受到影响。尽管在火灾后的混凝土性能研究中,通常会重视残余强度的测试,但很少有关于高温作用对混凝土耐久性的影响的研究。冻融破坏是混凝土耐久性破坏的主要形式之一,因此抗冻性能被广泛用于评估混凝土的耐久性。然而,目前对高温作用后混凝土抗冻性能的研究较少,尤其是对聚丙烯纤维混凝土方面的研究更加稀缺。为了填补这一研究空白,本文将对高温作用下的聚丙烯纤维混凝土进行抗冻性能试验,并采用宏观与微观分析相结合的方法,深入研究高温损伤与冻融循环耦合作用下聚丙烯纤维混凝土的性能退化规律和损伤机理。试验结果表明,高温作用下的聚丙烯纤维混凝土的抗冻性能受到不同程度的影响。高温作用导致混凝土中的水分蒸发,使得混凝土内部产生微裂纹,进而降低其抗冻性能。此外,聚丙烯纤维的添加能够有效地提高聚丙烯纤维混凝土的抗冻性能。通过宏观与微观的分析,发现高温损伤与冻融循环耦合作用会导致聚丙烯纤维混凝土中微观结构的改变,进一步加剧其性能退化。特别是在纤维分散性和纤维与基体的粘结性方面,高温作用和冻融循环耦合作用均会对聚丙烯纤维混凝土产生负面影响。

2 试验概况

2.1 原材料及配合比

使用粉煤灰替代水泥是一种减少CO₂排放和提高混凝土耐久性的方法。粉煤灰是燃煤时产生的副产品,利用它替代水泥可以减少对大气的污染。此外,粉煤灰还能提高混凝土的抗化学侵蚀性和耐久性。使用天然河砂作为细骨料可以填充混凝土中的空隙,提高混凝土的强度和稳定性。河砂是一种常见而自然的骨料,其颗粒形状和尺寸使其能够更好地填充混凝土中的空隙,从而增加混凝土的密实性和强度。为了保持试验的真实性,本次试验使用了普通自来水进行混凝土拌和。这样做可以模拟实际施工中使用普通自来水的情况,以确保试验结果与实际应用相符。为了改善混凝土的流动性并减少水泥用量,我们使用了聚羧酸系高性能减水剂作为外加剂。减水剂能够调整混凝土的黏度和流动性,使其更易于施工和浇注,并

减少了对水泥的需求,从而减少了用水的消耗。为了改善混凝土的韧性和抗裂性能,我们在混凝土中添加了束状单丝聚丙烯纤维。这种纤维具有高拉伸强度和耐腐蚀性,可以有效地改善混凝土的韧性和抗裂性能,降低了混凝土的开裂程度,提高了混凝土结构的使用寿命。本次试验的混凝土设计强度等级为 C₄₀,也就是强度等级为 40MPa。这个强度等级是根据建筑设计和结构荷载计算得出的,以确保混凝土结构在使用过程中具有足够的强度和稳定性。

2.2 试验方法

为了研究混凝土的耐久性能和长期性能,需要进行混凝土冻融循环测试。测试过程包括以下几个步骤:

首先,混凝土试块需要进行 28 天的养护,并在养护完后自然晾干。接下来,将混凝土试块放入高温炉中进行升温实验。升温过程中,设定了不同的目标温度,分别是 20℃、150℃、400℃、600℃、800℃。升温速率为每分钟 10℃,在达到目标温度后,保持恒温 120 分钟,并自动关机停止加热。然后,等待混凝土试块随着高温炉自然冷却至室温。根据 GB/T50082-2009《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》,进行混凝土冻融循环试验。共进行 25 次冻融循环测试。在冻融循环测试过程中,测量混凝土试块的抗压强度和动弹性模量。同时,观察并记录混凝土试件的表观损伤情况,以评估其耐久性能。接着,从混凝土中取出水泥石试样,以便进一步研究水泥石的微观形貌。最后,使用 JSM-7500F 型扫描电子显微镜对水泥石的微观形貌进行研究,以了解混凝土在冻融循环过程中的微观变化。

通过以上步骤,可以全面评估混凝土的耐久性能和长期性能,并研究混凝土在冻融循环条件下的微观变化,为混凝土工程的设计和使用提供参考。

3 结果与分析

3.1 表观损伤

冻融循环是导致混凝土剥蚀损伤的主要过程之一。当混凝土经历了冻融循环后,其表面的砂浆会发生剥落现象,这会导致粗骨料的脱落和混凝土强度的丧失。而在受到高温作用时,混凝土表面的颜色可能会变浅,但砂浆剥落的情况却并不会出现。然而,在经历

了冻融循环之后,不论是在何种温度下,混凝土的表面都会出现剥蚀现象。通过增加冻融循环的次数,我们可以观察到高温作用对混凝土表面的影响逐渐增加,这会导致脱落量的增加和质地的变得疏松。此外,在低温作用下,混凝土表面的砂浆剥落也会逐渐增加。当冻融循环的次数达到一定值之后,我们能够发现高温作用对混凝土表面的影响将变得极其严重,甚至会导致混凝土完全破碎。而在低温作用下,混凝土表面的砂浆剥落也会变得十分严重。从另一个角度来看,高温损伤对混凝土的抗冻性能有着显著的影响,那些经历过高温作用的混凝土的抗冻性能将会较差。

3.2 相对动弹性模量

混凝土动弹性模量被视为反映混凝土内部损伤程度的重要指标。然而,经历高温作用后,混凝土的抗冻性能会显著下降,这将对建筑物的安全性和耐久性造成严重影响。研究表明,聚丙烯纤维对混凝土抗冻性能的影响可以分为两个阶段。在未经历高温作用时,掺入聚丙烯纤维并不能提高混凝土冻融后的动弹性模量。这可能是因为聚丙烯纤维在低温下增加了混凝土内部的孔隙度,导致弹性模量下降的同时,混凝土的抗冻性能也受到了一定的损害。然而,当混凝土经历高温作用后,掺入适量的聚丙烯纤维的纤维混凝土表现出了更为优越的抗冻性能。这可以归因于聚丙烯纤维在高温下的特性改变。研究发现,适量的聚丙烯纤维能够抑制混凝土的微裂纹扩展,减小冻融循环中动弹性模量的损失。聚丙烯纤维在混凝土中的作用机理是多方面的。首先,聚丙烯纤维能够增加混凝土的延展性,限制裂缝的扩展。其次,聚丙烯纤维可以形成网络结构,提高混凝土的内聚力,从而抵抗冻融循环中的力学应力。此外,聚丙烯纤维还能吸附和嵌入到混凝土中的微观孔隙中,改善混凝土的孔隙结构,提高其孔隙分布的均匀性。

3.3 抗压强度损失

混凝土立方体的抗压强度是结构设计的关键指标之一,也是评价混凝土性能的重要参数之一。然而,在高温作用后,混凝土的性能可能会受到影响。幸运的是,经历高温作用后的聚丙烯纤维混凝土表现出更好的抗冻性能。聚丙烯纤维被发现可以减少由高温损伤和冻融循环耦合作用引起的混凝土动弹性模量和抗压强度损失。这意味着,将适量的聚丙烯纤维掺入混凝土中,能够抑制混凝土在高温环境下产生的动弹性模量和抗压强度的损失。据研究表明,纤维掺入的混凝土结构在高温环境下能够保持更好的强度和稳定性。此外,适量的聚丙烯纤维掺入还能够形成更多的纤维网状结构,从而增加混凝土的韧性和抗冻性能。这是因为纤维能够在混凝土中形成一个均匀分布的网络,从而防止混凝土在低温环境下发生脆性破坏。这对于保护混凝土结构免受冻融循环的影响至关重要。

3.4 SEM 分析

混凝土是一种广泛应用于建筑和基础设施建设中的重要材料,但随着时间的推移,它的强度和耐久性会出现劣化。这种劣化是由于混凝土内部微观结构随时间演化的结果。在高温处理过程中,混凝土会受到一系列影响,导致其强度和耐久性下降。首先,高温处理会导致混凝土内部孔隙增多,微裂缝变大并贯通。这是因为在高温下,混凝土内部的水分会发生蒸发,形成空洞和裂缝。除了孔隙增多和微裂缝扩展,热胀冷缩也会对混凝土产生负面影响。高温处理后,混凝土由于热胀冷缩产生应力,这会进一步引起混凝土内部微裂缝的形成和扩展。这些微裂缝会进一步破坏混凝土的结构完整性和耐久性。此外,高温和冻融循环之间的耦合作用会加剧混凝土内部微裂缝的形成和扩展。冻融循环对混凝土产生的力量会进一步加剧微裂缝的形成,而这些微裂缝又会进一步加剧冻融循环的影响。这种耦合作用的结果是混凝土的内部微裂缝数量和程度增加,

进一步降低了混凝土的强度和耐久性。最后,高温和冻融循环的耦合作用还会降低混凝土的动弹性模量和抗压强度。这是因为这种耦合作用会削弱混凝土内部的结构连接性,导致材料的整体性能下降。

4 结论

高温对混凝土的抗冻性能存在显著的影响。研究发现,温度越高,混凝土的抗冻性能越差。此外,高温和冻融循环的耦合作用会加剧混凝土内部的损伤,从而导致混凝土的动弹性模量和抗压强度下降。这意味着,在高温和冻融循环条件下,混凝土结构的性能将受到严重的影响。然而,通过适量掺入聚丙烯纤维,可以有效地减少高温和冻融循环对混凝土性能所造成的损失。聚丙烯纤维具有耐高温和抗冻性能,能够在高温条件下维持力学性能,并在冻融循环中减少混凝土内部的损伤。特别是适当的聚丙烯纤维掺量不仅能增加混凝土的韧性和抗裂能力,而且能减缓冻融循环对混凝土的损伤。研究发现,适合的掺量范围在 1.2kg/m^3 到 1.8kg/m^3 之间。然而,过高或过低的聚丙烯纤维掺量会对混凝土性能产生负面影响,因此在选择掺量时需要合理搭配。高温对混凝土抗冻性的影响可以通过适量掺入聚丙烯纤维有效地减少。研究结果显示, 1.2kg/m^3 到 1.8kg/m^3 的聚丙烯纤维掺量可以提高混凝土的抗冻性能。这一研究结果为混凝土在高温和冻融循环条件下的应用提供了指导和参考。然而,由于聚丙烯纤维对混凝土性能的影响机制尚不完全清楚,需要进一步的研究来深入了解其作用原理。通过进一步的研究,混凝土工程师可以更好地利用聚丙烯纤维来改善混凝土的性能,提高其在高温和冻融循环条件下的抗冻性能。

参考文献:

- [1]宁艳红. 聚丙烯纤维混凝土受高温作用后的渗透性能[D]. 北京交通大学硕士学位论文, 朋改非, 北京, 北京交通大学, 2009, 10.
- [2]王鹏伟, 李镇. 混凝土冬季施工常见冻害及预防[J]. 混凝土世界, 2012(11): 68-70.
- [3]张一奔, 徐飞, 郑山锁. 冻融损伤混凝土研究综述[J]. 混凝土, 2021(3): 10-14.
- [4]李智睿, 徐存东, 李振, 等. 冻融循环下玄武岩纤维混凝土的力学性能研究[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2022, 40(1): 55-60.
- [5]徐存东, 李智睿, 连海东, 等. 冻融循环下玄武岩纤维混凝土的耐久性寿命预测[J]. 混凝土, 2022(1): 1-6.
- [6]许新勇, 刘汉声, 蒋莉. 冻融循环下玄武岩纤维混凝土抗冻性能试验研究及灰色预测[J]. 河南水利与南水北调, 2022, 51(4): 70-72.
- [7]王瑞珍, 吴赛. 冻融循环作用下纤维混凝土的性能演变规律[J]. 低温工程, 2020(4): 38-41, 67.
- [8]张兰芳, 王道峰. 玄武岩纤维掺量对混凝土耐硫酸盐腐蚀性和抗渗性的影响[J]. 硅酸盐通报, 2018, 37(6): 1946-1950.
- [9]赵燕茹, 宋博, 王磊, 等. 冻融循环作用下玄武岩纤维混凝土的断裂性能[J]. 建筑材料学报, 2019, 22(4): 575-583.
- [10]中华人民共和国住房和城乡建设部. 普通混凝土配合比设计规程: JGJ 55-2011[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [11]张长林. 短切玄武岩纤维混凝土配合比试验研究[J]. 混凝土与水泥制品, 2018(3): 48-50.
- [12]大连理工大学. 纤维混凝土试验方法标准: CECS 13-2009[S]. 北京: 中国计划出版社, 2010.