

固碳再生骨料混凝土强化技术研究进展

张学焘¹ 张煜泉¹ 陈 蒋¹ 杨 倩¹ 石洋溪²

1. 重庆科技大学 重庆 401331

2. 重庆和峰筑建科技有限公司 重庆 401331

摘 要：通过固碳工艺对废弃混凝土所制备的再生骨料进行强化，不仅提升了其品质，还推动了资源再利用和减少碳排放。本文分析了固碳技术强化再生骨料的机制，并探讨了其在物理性能上的改进。进一步，对基于该技术制备的混凝土在物理力学性能和耐久性上的改进进行了比较分析。最后，对未来固碳再生骨料混凝土强化技术的发展趋势进行了展望，并提出了优化工艺参数、探索新型碳源材料的建议，以促进固碳再生混凝土在建筑工程中的广泛应用。

关键词：固碳；固碳再生混凝土；力学性能；耐久性

随着全球气候变化和环境污染问题日益严重，减少二氧化碳排放和促进资源循环利用成为当今社会的迫切需求。建筑行业作为主要的能源消耗和二氧化碳排放源之一，迫切需要探索绿色、低碳的建材技术。再生骨料因其源自废旧混凝土，常常存在质量不稳定、强度偏低等问题，这限制了其在高性能混凝土中的应用。近年来，固碳技术作为一种创新的绿色建材方法，通过碳化作用提升再生骨料的性能，为提高再生骨料混凝土的质量提供了新的路径。本文系统综述了固碳再生混凝土强化技术的研究进展，从固碳强化再生骨料的机理、物理性能及其对再生混凝土性能的影响三个方面进行了详细探讨，并展望了未来的研究方向。

1 固碳强化再生骨料

1.1 固碳强化再生骨料的机理

固碳是将 CO_2 与再生粗骨料附着的老旧砂浆中的未水化的水泥基材料反应生成 CaCO_3 的过程。在建筑废弃物处理中，固碳不仅可以减少二氧化碳排放，还可以提高废弃物的物理性能。研究表明，固碳处理可以显著提高再生骨料的机械性能和耐久性。固碳过程通过填充孔隙、增加骨料表面硬度，提高了再生骨料的密实度，从而改善了再生混凝土的力学性能和耐久性。

1.2 固碳强化对再生骨料的物理性能影响

1.2.1 表观密度

表观密度是衡量骨料质量的重要指标之一，直接影响混凝土的强度和耐久性。通过固碳处理，再生骨料的表观密度得到显著提高。这主要是由于碳化反应生成的碳酸盐沉淀在骨料的孔隙和表面，填充了骨料内部的微小孔隙，减少了孔隙率，从而增加了骨料的密度。

1.2.2 吸水率

通过固碳处理，碳化反应生成的碳酸盐不仅填充了骨料内部的孔隙，还在骨料表面形成了一层致密的碳酸盐薄膜，有效阻止了水分的渗透。高越青等^[1]研究发现，水灰比为0.55、0.45和0.35的固碳再生骨料吸水率分别降低了16.27%、21.85%和23.36%。

1.2.3 压碎指标

压碎指标是衡量骨料抗压强度的重要指标之一。再生骨料由于其源自废旧混凝土，常常存在压碎指标偏高的问题，这会影响再生骨料混凝土的整体强度。应敬伟^[2]等的研究显示，再生粗骨料在0.4~0.5 MPa压力下碳化72 h后，压碎值仅降低了10.5%。

2 固碳强化对再生骨料混凝土的影响

2.1 力学性能

固碳强化再生骨料混凝土的力学性能显著提升。固碳处理后的再生骨料与水泥基体之间的界面过渡区得到优化，减少了界面缺陷，增强了混凝土的整体性能。

用水灰比为0.55和0.45的原生砂浆制成的再生骨料经过固碳强化处理后，其再生混凝土在90天时的弹性模量相比于普通混凝土分别减少了6%和2%。与未处理的再生骨料混凝土相比，这两种固碳处理过的再生混凝土

基金项目：北碚区科技人才与自主创新专项（项目编号：2023-15）

的弹性模量分别提高了10.6%和10.1%^[3]。这一结果表明,固碳强化处理显著提升了再生骨料混凝土的弹性模量。

2.2 耐久性能

固碳强化技术显著提高了再生骨料混凝土的耐久性能,碳酸盐的生成填充了骨料和混凝土中的孔隙,减少了有害物质的侵入通道,提升了混凝土的长期使用性能。研究表明,KAZMI^[4]等研究结果显示, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液浸泡后碳化处理的再生混凝土表现出较强的抗冻融性能。经过66次冻融循环,固碳处理再生混凝土的质量损失减少了23%,抗压强度和抗弯强度下降幅度分别比未处理再生混凝土低24%和3%。此外,SEM观察表明,固碳处理减少了混凝土中的裂缝,并使界面过渡区更为致密,这使得固碳再生混凝土更适合在寒冷环境中使用。

结论与展望

固碳再生骨料混凝土强化技术通过固碳反应改善了再生骨料的性能,为再生骨料混凝土的高效利用提供了新途径。固碳技术不仅能显著提高再生骨料的表观密度、吸水率和压碎指标,还能显著提升再生骨料混凝土的力

学性能和耐久性能。未来研究应进一步优化固碳工艺参数,探索多种碳源材料的协同作用,开发更加环保和高效的固碳技术。

参考文献

- [1]高越青,潘碧豪,梁超锋,等.CO₂强化再生骨料的特性及其对再生混凝土性能的影响[J].土木与环境工程学报,2021,43(06):95-102.
- [2]应敬伟,蒙秋江,肖建庄.再生骨料CO₂强化及其对混凝土抗压强度的影响[J].建筑材料学报,2017,20(02):277-282.
- [3]Kou S-C, Zhan B-j, Poon C-S. Use of a CO₂ curing step to improve the properties of concrete prepared with recycled aggregates[J]. Cement and Concrete Composites, 2014, 45: 22-28.
- [4]Kazmi S M S, Munir M J, Wu Y-F, et al. Effect of different aggregate treatment techniques on the freeze-thaw and sulfate resistance of recycled aggregate concrete[J]. Cold Regions Science and Technology, 2020, 178.