

沙漠砂混凝土力学性能及耐久性能研究进展综述

彭明岭¹, 安巧霞^{1,2}

¹塔里木大学水利与建筑工程学院, 新疆 阿拉尔

²南疆岩土工程研究中心, 新疆 阿拉尔

收稿日期: 2023年2月24日; 录用日期: 2023年3月16日; 发布日期: 2023年3月29日

摘要

随着城市现代化的推进, 大量工业建筑出现, 对混凝土的需求大幅度增加。作为细骨料的河砂, 因开采变得枯竭, 并且对生态环境造成了极大的破坏。为减缓河砂枯竭的压力, 减少对生态环境的破坏, 现如今很多学者将沙漠砂替代河砂用于制备混凝土, 并对沙漠砂混凝土的性能进行了探究。本文针对沙漠砂混凝土力学性能及耐久性能的相关研究文献进行了综述, 总结得出沙漠砂能够用于混凝土工程的实际生产, 并对混凝土行业的可持续发展有着重要的影响作用。

关键词

沙漠砂, 力学性能, 耐久性能

Summary of Research Progress on Mechanical Properties and Durability of Desert Sand Concrete

Mingling Peng¹, Qiaoxia An^{1,2}

¹College of Water Resources and Architecture Engineering, Tarim University, Alar Xinjiang

²Research Center of Southern Xinjiang Geotechnical Engineering, Alar Xinjiang

Received: Feb. 24th, 2023; accepted: Mar. 16th, 2023; published: Mar. 29th, 2023

Abstract

With the advancement of urban modernization, a large number of industrial buildings have emerged,

文章引用: 彭明岭, 安巧霞. 沙漠砂混凝土力学性能及耐久性能研究进展综述[J]. 土木工程, 2023, 12(3): 267-271.

DOI: 10.12677/hjce.2023.123030

and the demand for concrete has increased significantly. As a fine aggregate, river sand has become exhausted due to mining and has caused great damage to the ecological environment. In order to alleviate the pressure of river sand depletion and reduce the damage to the ecological environment, many scholars now use desert sand instead of river sand to prepare concrete and explore the performance of desert sand concrete. This paper summarizes the relevant research literature on the mechanical properties and durability of desert sand concrete and concludes that desert sand can be used in the actual production of concrete engineering, and has an important impact on the sustainable development of the concrete industry.

Keywords

Desert Sand, Mechanical Properties, Durability

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

伴随国家发展进程加快,对混凝土需求量大幅度提升。混凝土的大幅度制备,造成了河砂枯竭、生态破坏等现状。河砂如今每年的需求量已达到 190 亿吨,但是河砂每年可开采量远不及此,因此导致河砂的价格居高不下。此外,河砂的开采对河床的破坏较大,容易造成河堤崩塌,严重破坏河流的生态环境。结合河砂的需求与开采现状,若能够寻找出替代河砂的物质,不仅能解决河砂枯竭的压力,还能够保护生态,促进可持续发展。目前,很多学者将沙漠砂替代河砂应用于混凝土制备,不仅解决了上述难题,还能够利用沙漠资源进行发展。

2. 力学性能研究现状

混凝土的力学性能涉及多个方面,学者们对沙漠砂混凝土进行了多个方面的测试。刘海峰等[1]利用正交试验分析沙漠砂替代率、粉煤灰掺量、砂率、水胶比等对沙漠砂混凝土 28 d 的抗压强度与抗劈裂强度的影响规律。李志强等[2]对古尔班通古特沙漠砂进行了立方体劈裂强度研究,最后拟合出混凝土立方体劈裂强度的计算公式。陈俊杰[3]对新疆准噶尔盆地附近的沙漠砂进行混凝土抗压强度与劈裂强度研究,得出混凝土抗压强度随沙漠砂替代率的增加而增加,替换率为 40%时的抗压强度最大,但沙漠砂混凝土的劈裂抗拉强度随着掺量的增加呈先增大后减小的趋势。Luo 等[4] [5] [6]对国外安哥拉沙漠砂进行了研究,验证了沙漠砂能够增强混凝土的力学性能,制成的沙漠砂混凝土符合当地工程需求。

袁康等[7]在沙漠砂混凝土的制备中,加入页岩陶粒作为粗骨料,得出 LC20 与 LC25 的最佳配合比,沙漠砂陶粒混凝土比普通混凝土的弹性模量提高 25%,导热系数更低,容重更轻。高卉等[8]将毛乌素沙地砂制备涤纶纤维沙漠砂混凝土,得出沙漠砂替换率、涤纶纤维长度、涤纶纤维掺量对沙漠砂混凝土的抗压强度影响,并符合 C35 的混凝土强度等级。包建强等[9]将沙漠砂和聚丙烯纤维按照一定比例加入混凝土,测试得出最佳配合比,并分析出聚丙烯纤维的掺入会降低一定程度的抗压强度,但是对沙漠砂混凝土的抗拉强度提升较多。牛景行等[10]对再生骨料进行处理制备成沙漠砂再生混凝土,得出沙漠砂能够增强再生混凝土的抗压强度,在合理的配比下,沙漠砂再生混凝土满足基本工程使用要求。丁一哲等[11]在混凝土中加入沙漠砂和改性橡胶集料进行力学性能试验,得出随着沙漠砂的掺入,抗压强度与抗劈裂强度先增加再降低,基于废物利用,沙漠砂替代率为 20%或 40%,橡胶集料替代率为 40%时最

佳。

Bosco 等[12]对沙漠砂能够增强混凝土的机理进行了探究,从宏观与微观层面上演示了不同粒径的沙漠砂对混凝土力学性能进行干涉增强。贺业邦等[13]基于 Dinger-Funk 方程对混凝土粗、细骨料比例和沙漠砂掺入普通砂的比例进行优化设计,通过试验证明最佳砂率及三种沙漠砂替换率对混凝土的影响,证明了正确的砂率能够体现沙漠砂增强混凝土力学性能的价值。仲源等[14]对沙漠砂混凝土钢筋粘结性能进行了测试,得出沙漠砂混凝土钢筋粘结性能与普通混凝土相一致,并验证普通混凝土的粘结力公式可应用于沙漠砂混凝土的粘结力计算。张明虎等[15]对沙漠砂混凝土的动态力学性能进行研究,得出随着沙漠砂替代率的增加,沙漠砂混凝土动态抗压强度呈现先增加后减小的趋势,在沙漠砂替换率为 40%时,沙漠砂混凝土的动态抗压强度最佳。Bouziani 等[16]对沙漠砂砂浆进行测试,得出沙漠砂会填充大颗粒骨料间的间隙,释放浆体,提升拌合物流动性,提升抗压强度。

综上所述,沙漠砂用于制备混凝土能够对混凝土的力学性能带来一定的提升效果,主要是因为沙漠砂细小的颗粒能够填充粗骨料间的孔隙,从而起到增加抗压强度的作用。此外,由于沙漠砂颗粒与其他特性材料结合度较高,与其他材料一同加入混凝土中能够制成复合型沙漠砂混凝土,更能够符合不同工况环境下的需求。沙漠砂混凝土在力学性能的测试中,不同地区的最佳掺量不同。因此,不同地区的沙漠砂制备混凝土按照不同标准进行制作,就能够合理有效地应用于实际的建筑工程当中,解决河砂不足的困扰。

3. 耐久性能研究现状

耐久性能是检验沙漠砂混凝土是否满足实际建设生产工程的重要指标之一,刘宁等[17]对高温后沙漠砂高强混凝土抗压强度进行研究,得出沙漠砂混凝土的最佳配比。孙帅等[18]对沙漠砂混凝土高温后劈裂抗拉性能进行研究,随着沙漠砂替代率增加,高温后劈裂抗拉强度呈先增大后减小的趋势。孟浩[19]对沙漠砂混凝土进行冻融循环后测试抗压强度与劈裂抗压强度,得出沙漠砂替代率的增加,冻融后抗压强度呈先上升后下降的趋势,抗劈裂强度呈下降趋势。

马荷姣等[20]利用正交试验对沙漠砂混凝土抗碳化性能进行研究,得出 3 d、7 d、14 d、56 d 下多个因素影响沙漠砂混凝土碳化性能的规律。王迪等[21]对沙漠砂混凝土进行蒸压加气制成新型建筑墙体材料,测试含水率及抗冻性能,结果表明,沙漠砂混凝土制作的材料可以符合西北地区的实际工程要求。Li 等[22]利用核磁共振、XRD 和 SEM 对干湿和冻融条件下沙漠砂混凝土的损伤过程进行了分析,揭示了内部损伤机理。贾磊[23]研究了沙漠砂混凝土的抗氯离子性能,得出抗氯离子性能随着沙漠砂替换率的增加,呈现先下降后增长的趋势,在沙漠砂替代率为 60%时,抗氯离子性能最佳。

张广泰等[24]对沙漠砂混凝土进行了不同次数的冻融循环试验,分析不同循环次数下混凝土的相对动弹性模量、抗压、劈裂抗拉强度的规律,建立不同冻融循环下的损伤模型。杨浩等[25]研究了粉煤灰与沙漠砂分别对混凝土的抗氯离子性能的影响,得出适当量的沙漠砂能够增强混凝土抗氯离子性能,并通过回归分析得出沙漠砂混凝土电通量与氯离子扩散系数相关度较好。秦拥军等[26]利用声发射技术对沙漠砂混凝土的轴心抗压过程进行监测,得出沙漠砂替代率为 20%时,沙漠砂混凝土骨架最为紧密,内部损伤较小。并根据声发射参数与应力建立损伤演化模型。此外,Dong 等[27]发现超声脉冲速度可以体现轻质混凝土内部的结构变化,研究发现沙漠砂可以一定程度上抑制混凝土的冻融损伤。

综上所述,沙漠砂对混凝土的耐久性有所改善,目前的研究针对沙漠砂混凝土的高温抗压试验、高温抗劈裂试验、抗氯离子性能试验、冻融循环试验等进行了探究,结果表明,沙漠砂以其细小的颗粒形态增加了密实度,本身含有的多种氧化物促进生成 C-S-H 等物质,最终沙漠砂混凝土符合耐久性能的基本要求,能够推广至工业建设项目中。

4. 结论

本文对沙漠砂混凝土力学性能与耐久性能的研究现状进行总结分析, 经过目前国内外学者的试验研究得出:

- 1) 沙漠砂混凝土中的沙漠砂替代率是较为重要的指标, 适量的掺入能够增强力学性能与耐久性能。
- 2) 沙漠砂混凝土力学性能的增强主要原因是沙漠砂本身颗粒形态较为细小, 能够填补粗细骨料间的孔隙。沙漠砂本身含有的氧化物容易促进水泥等胶凝材料生成胶体, 能够进一步增强沙漠砂混凝土的耐久性能。
- 3) 试验证明沙漠砂能够替代河砂进行混凝土的工业建设, 不同地区的沙漠砂性质不同, 应用于实际过程时, 需因地制宜。

基金项目

塔里木大学研究生科研创新项目(TDGRI202144)。

参考文献

- [1] 刘海峰, 马菊荣, 付杰, 杨维武. 沙漠砂混凝土力学性能研究[J]. 混凝土, 2015(9): 80-83+86.
- [2] 李志强, 王国庆, 杨森, 陈俊杰, 何明胜. 古尔班通古特沙漠砂混凝土劈裂强度试验研究[J]. 混凝土, 2016(8): 78-81.
- [3] 陈俊杰, 杨森, 李志强, 何明胜. 沙漠砂混凝土配合比试验研究[J]. 混凝土, 2016(11): 133-136.
- [4] Luo, F.J., He, L., Pan, Z., et al. (2013) Effect of Very Fine Particles on Workability and Strength of Concrete Made with Dune Sand. *Construction and Building Materials*, **47**, 131-137. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.05.005>
- [5] Seif, E. (2013) Assessing the Engineering Properties of Concrete Made with Fine Dune Sands: An Experimental Study. *Arabian Journal of Geosciences*, **6**, 857-863. <https://doi.org/10.1007/s12517-011-0376-6>
- [6] Wang, W.H., Han, L.H., Li, W., et al. (2014) Behavior of Concrete-Filled Steel Tubular Stub Columns and Beams Using Dune Sand as Part of Fine Aggregate. *Construction and Building Materials*, **51**, 352-363. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.10.049>
- [7] 袁康, 张佳明, 邹蕊月. 沙漠砂陶粒混凝土物理力学性能试验研究[J]. 非金属矿, 2018, 41(5): 11-13.
- [8] 高卉, 王锋峰. 涤纶纤维沙漠砂混凝土的力学性能[J]. 四川水泥, 2016(9): 286.
- [9] 包建强, 邢永明, 刘霖, 燕兰. 风积砂聚丙烯纤维混凝土复合材料的基本力学性能[J]. 混凝土, 2016(12): 146-150.
- [10] 牛景行, 王智, 赵红艳, 明嗣东, 邓轩, 程建军. 沙漠砂再生混凝土力学性能试验研究[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2022, 40(5): 583-590.
- [11] 丁一哲, 何明胜, 仇静, 袁康. 橡胶沙漠砂混凝土的力学性能及其本构模型[EB/OL]. 石河子大学学报(自然科学版): 1-8. <https://doi.org/10.13880/j.cnki.65-1174/n.2022.21.038>, 2023-01-05.
- [12] Bosco, E., Claessens, R. and Suike, R. (2020) Multi-Scale Prediction of Chemo-Mechanical Properties of Concrete Materials through Asymptotic Homogenization. *Cement and Concrete Research*, **128**, Article ID: 105929. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.105929>
- [13] 贺业邦, 沙吾列提·拜开依, 刘吉. 基于 Dinger-Funk 方程的沙漠砂混凝土配合比优化设计研究[J]. 混凝土, 2018(4): 145-150.
- [14] 仲源, 沙吾列提·拜开依, 袁海翔. 掺沙漠砂混凝土与 HRB400 钢筋的粘结锚固性能研究[J]. 建筑科学, 2020, 36(3): 86-93.
- [15] 张明虎, 刘海峰, 马映昌, 车佳玲. 低应变率下沙漠砂混凝土动态力学性能及本构模型[J]. 应用力学学报, 2020, 37(5): 2160-2166+2331.
- [16] Bouziani, T., Bederina, M. and Hadjoudja, M. (2012) Effect of Dune Sand on the Properties of Flowing Sand-Concrete (FSC). *International Journal of Concrete Structures and Materials*, **6**, 59-64. <https://doi.org/10.1007/s40069-012-0006-z>
- [17] 刘宁, 刘海峰, 刘利明, 田帅. 高温对沙漠砂高强混凝土抗压强度影响[J]. 混凝土, 2017(6): 28-30+35.

-
- [18] 孙帅, 刘海峰. 沙漠砂混凝土高温后劈裂抗拉强度试验研究[J]. 工业建筑, 2019, 49(1): 140-143+169.
- [19] 孟浩. 冻融后沙漠砂混凝土抗压强度和劈裂抗拉强度试验研究[D]: [硕士学位论文]. 银川: 宁夏大学, 2022.
- [20] 马荷姣, 刘海峰, 刘宁, 吕剑波, 杜勇刚. C40 沙漠砂混凝土抗碳化性能[J]. 广西大学学报(自然科学版), 2017, 42(4): 1541-1547.
- [21] 王迪, 王玉山. 沙漠砂蒸压加气混凝土含水率及抗冻性能研究[J]. 混凝土, 2018(7): 137-140.
- [22] Li, G.F. and Shen, X.D. (2019) A Study of the Durability of Aeolian Sand Powder Concrete under the Coupling Effects of Freeze-Thaw and Dry-Wet Conditions. *JOM*, **71**, 1962-1974. <https://doi.org/10.1007/s11837-019-03440-9>
- [23] 贾磊. 沙漠砂混凝土抗氯离子性能影响因素研究[J]. 山西建筑, 2022, 48(18): 106-109+114.
- [24] 张广泰, 耿天娇, 鲁海波, 王明阳, 李雪藩. 冻融循环下沙漠砂纤维混凝土损伤模型研究[J]. 硅酸盐通报, 2021, 40(7): 2225-2231.
- [25] 杨浩, 刘海峰, 孙帅, 秦尚源, 马荷姣, 田进海, 杨维武. 粉煤灰及沙漠砂对混凝土抗氯离子渗透性能影响[J]. 混凝土, 2019(12): 95-98.
- [26] 秦拥军, 孟军, 崔壮, 潘昌远, 乔恒焯. 沙漠砂混凝土声发射损伤特性与损伤模型[J]. 三峡大学学报(自然科学版), 2021, 43(4): 66-71.
- [27] Dong, W., Shen, X.D., Xue, H.J., *et al.* (2016) Research on the Freeze-Thaw Cyclic Test and Damage Model of Aeolian Sand Lightweight Aggregate Concrete. *Construction and Building Materials*, **123**, 792-799. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.07.052>