

风碎粒化钢渣砂在道路混凝土中的应用探析

周海生

上海万广建设发展有限公司, 上海 201100

[摘要]文中通过概述风碎粒化钢渣砂组成和性质,分析该材料对于混凝土物理性能方面的影响,探究风碎粒化钢渣砂在道路混凝土施工中的应用优势。经过研究得出,风碎粒化钢渣砂能够取代部分黄砂用于道路混凝土工程中,节省新资源的消耗、降低工程成本,促进循环经济发展,实现道路工程可持续发展。

[关键词]风碎粒化钢渣砂;水泥混凝土;抗压强度

DOI: 10.33142/sca.v3i6.2500

中图分类号: U414

文献标识码: A

Study on the Application of Wind Crushed Steel Slag Sand in Road Concrete

ZHOU Haisheng

WIDESTRUCT, Shanghai, 201100, China

Abstract: This paper summarizes the composition and properties of wind blown granulated steel slag sand, analyzes the influence of the material on the physical properties of concrete, and explores the application advantages of wind broken steel slag sand in road concrete construction. The results show that the wind broken steel slag sand can replace part of the yellow sand in road concrete engineering, save the consumption of new resources, reduce the project cost, promote the development of circular economy, and realize the sustainable development of road engineering.

Keywords: wind granulated steel slag sand; cement concrete; compressive strength

引言

风碎粒化钢渣砂是炼钢阶段所形成的副产品,适用于水泥混凝土路面,当前在道路工程中此类钢渣砂的使用非常普遍,且研究较多。本文从混凝土施工性能,以及混凝土力学性能入手,同时兼顾经济效益,分析风碎粒化钢渣砂对黄砂的取代性。

1 风碎粒化钢渣砂

1.1 化学组成

风碎粒化钢渣砂是炼钢阶段所形成的副产品,约占钢产量的15%-20%。通过在空气中“风碎”液态钢渣将其进行粒化处理,钢渣颜色为黑色,最大粒径通常小于10mm。化学组成如表1所示,化学组成决定了矿物组成。当钢渣的冷却速度较快时,则加热分解过程会受到抑制。由于化学组成中存在碱度,因此其具有水硬活性。

表1 风碎粒化钢渣砂作为集料的参数

成分	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	Fe ₂ O ₃	MnO	P ₂ O ₅	f-CaO
占比(%)	40-50	12-18	2-5	7-10	4-10	5-20	1-2.5	1-4	1-7

不同钢渣衍射情况具有差异性。经过X光衍射实验(图1)可以得出,风碎钢渣砂的主要组成部分包含橄榄石、碳酸二钙、铁酸二钙、蔷薇辉石等。但钢渣内未发现C3S(硅酸三钙),原因可能是C3S在形成过程中需要CaO和C2S(硅酸二钙)扩散至液相生成C3S晶核。“风碎”钢渣冷却速度较快,反应和扩散时间较短,因此无法生成C3S。

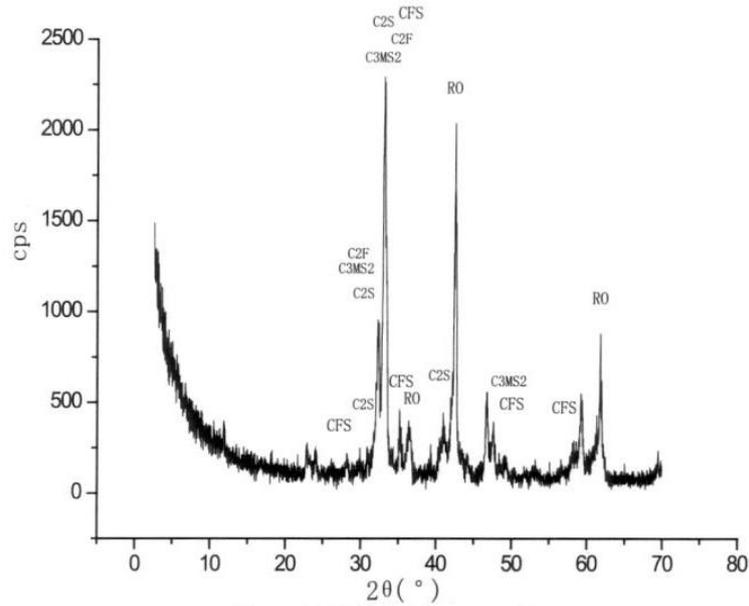


图1 风碎粒化钢渣 XRD (X 射线衍射) 衍射图

1.2 粒化钢渣砂的物理性质

根据《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ52-2006), 数据如下:

表2 风碎粒化钢渣砂作为集料的参数

项目	碱度	堆积密度 kg/m ³	表观密度 kg/m ³	含泥量 %	细度模数	砂颗粒级配
数值	2.66	2310	3660	0.4	2.5	II 区
评价	属于高碱度	-	-	≤3	属中砂	适于配置混凝土

从风碎粒化钢渣砂的化学组成, 以及作为集料的角度, 认为风碎粒化钢渣砂作为混凝土的细集料具有可能性。

2 混凝土配置

风碎粒化钢渣砂混凝土配合比根据《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTGF30) 运用体积法确定配比设计。

风碎粒化钢渣砂对黄砂的取代量一般设为: 100%、70%、50%、30% (质量取代), 根据拌合物性能, 以及混凝土的性能确定最佳取代量。

风碎粒化钢渣砂颗粒多呈球形, 且粒径稍粗、表观密度较大, 比表面积小, 拌合物的粘聚性、保水性、泌水性相对稍差。粉煤灰呈球状, 其表面细密光滑, 发挥润滑作用。因此通过加入粉煤灰和减水剂, 降低水灰比, 增强拌合物的粘聚性、保水性, 降低混凝土拌合物的泌水性。此外, 粉煤灰属于轻质掺合料, 表观密度较小, 比表面积大, 可增强混凝土拌合物的保水性。同时, 结合砂率、水灰比、水泥用量的调整, 获取最佳的风碎粒化钢渣砂混凝土配合比, 优化和易性。按照坍落度 160-180mm 调整控制。

风碎粒化钢渣砂对混凝土具有一定的减水性, 对增强混凝土强度是有效的。但另一方面, 较多的取代量, 会使拌合物的保水性和泌水性变差。因此建议风碎粒化钢渣砂对天然黄砂的取代量设置为 50%, 这样可以兼顾拌合物的减水性和保水性。

3 混凝土性能分析

风碎粒化钢渣砂对黄砂的取代, 需要通过拌合物、混凝土性能综合比较判定。这里以 C40 混凝土标准配置两组对比试件, 标准试件为普通混凝土, 对比试件为钢渣混凝土, 其中钢渣对天然黄砂的取代量为 50%。两种混凝土的配比为:

普通混凝土: m(水泥): m(粗碎石): m(黄砂): m(水) = 450: 1160: 2700: 250

钢渣混凝土：m(水泥)：m(粗碎石)：m(黄砂)：m(风碎粒化钢渣)：m(水)=450：1160：1350：1350：225，粉煤灰作为掺合料，其需水量比是 102%，粉煤灰与水泥每立方米的添加比例是 1：1.03。

其一，混合物流动性

对比发现，采用风碎粒化钢渣砂配制的混凝土相较于水泥胶砂混凝土的流动性强，但拌合物的保水性、泌水性差；在固定水泥用量的前提下优化配合比，调整砂率和水灰比，将坍落度把控在 160-180mm。

其二，体积安定性

根据确定的配合比。通过压蒸、沸煮的方式检测风碎粒化钢渣砂安定性。其中，蒸压试件尺寸是 40mm×40mm×160mm，一组三块平行试件，龄期分别是 1 天与 28 天，对其施加 2MPa 的压力，在 210℃ 的温度下蒸压 3 小时。同时煮沸法主要是对通过参与安定性实验的胶砂试件煮沸 6h 后发现其尺寸无变化，实验前后材料的尺寸变化量细微，不存在局部破损、体积膨胀、掉角缺角等问题，实验结果合格，体积安定状况较佳。

其三，胶砂强度

对比分析两种混凝土的 3d、7d、28d 抗压强度和抗折强度，从表 3 数据来看（S40、S41 分别为普通混凝土、钢渣混凝土试件代号），使用风碎粒化钢渣砂代替水泥胶砂材料会增加胶砂材料的实际抗压强度和抗折强度。

表 3 风碎粒化钢渣砂混凝土力学性能

项目	强度等级	抗压强度值 (MPa)	抗折强度值 (MPa)
S40	C40 抗折 4.5MPa	21.4 (3d)	/ (3d)
		26.9 (7d)	3.3 (7d)
		39.2 (28d)	4.8 (28d)
S41	C40 抗折 4.5MPa	28.4 (3d)	/ (3d)
		37.1 (7d)	4.3 (7d)
		55.9 (28d)	5.6 (28d)

4 工程应用及评价

(1) 工程实践

某工程 2015 年，配置抗折强度为 5.5Mpa，抗压强度 C50 的钢渣混凝土，用于城市主干路，铺筑了 50m 的风碎粒化钢渣砂水泥砼路面。风碎粒化钢渣砂对黄砂的取代量为 50%，现场搅拌施工。施工中控制混凝土搅拌站的坍落度控制在 160-180mm，由于钢渣混凝土保水性、泌水性相对稍差，因此要求施工中每小时坍落度损失控制在 30-45mm。综合评价钢渣混凝土的粘聚性一般，和易性和泵送性良好，符合施工要求。

该路面在 28 天后砼抗压强度相较于同等条件下的黄砂混凝土提升了 10%，5 年后风碎渣砼的实际抗压强度相较于黄砂混凝土高出 21%，抗压强度为 70.26MPa，抗折强度为 6.80MPa。混凝土配置节省水泥用量 11kg/m³，节约拌合用水量 20kg/m³。说明该材料在胶凝材料用量较低或相同的条件下，28d 强度和后期强度均高于黄砂材料。

当混凝土龄期 28 天时，针对留置的试块，在 2MPa、216℃ 的环境中进行高温蒸煮后，其尺寸无较大变化，没有出现局部破损的情况。在路面通车后安定性较强，没有粉化、起皮、膨胀等问题出现，体积安定性良好。

(2) 混凝土性能评价

风碎粒化钢渣砂拌和需水量低，且随着风碎粒化钢渣取代量的增大，其用水量逐渐降低；

在胶凝材料量相同的基础上，用风碎粒化钢渣砂取代部分黄砂用于混凝土配置，可提升混凝土抗压强度、抗弯拉强度。

混凝土保水性、粘聚性、泌水性较黄砂混凝土差，但可以借助优化配比调整，提升砂率、添加掺合料，使用外加

剂等手段优化配备改善混凝土性能。

钢渣混凝土密度大,可泵性相较于黄砂混凝土差,易对泵送设备、运输设备、搅拌设备造成一定磨损。

(3) 经济效益评价

当前黄砂价格大约是 50-90 元/吨(2019 年价格),风碎粒化钢渣单价约为 20-40 元/吨。风碎粒化钢渣属于炼钢固体废弃物,属于我国资源综合利用名目项目^[2]。将风碎粒化钢渣砂作为固体废弃物抛弃,对社会和环境将造成不利影响。风碎粒化钢渣砂部分取代或取代普通黄砂用于水泥混凝土项目具有可观的经济效益。

总结以上分析,风碎粒化钢渣原材料的物理力学性能、拌合物性能、混凝土力学性能等方面相较于传统的黄砂混凝土有一定优势,因此可以作为细料,取代部分黄砂应用于混凝土中。

5 结论

风碎粒化钢渣砂可以代替黄砂应用于混凝土中,钢渣混凝土保水性、粘聚性、泌水性相对黄砂混凝土差,但可以通过配比优化改善;钢渣混凝土的强度明显优于普通混凝土;钢渣混凝土降低拌合物用水量,在塌落度相同的条件下,减少水泥用量,钢渣取代黄砂也具有价格优势,总体而言钢渣混凝土拥有更低的成本优势。

[参考文献]

- [1]李高阳.风碎粒化钢渣砂在道路混凝土中的应用[J].安徽冶金科技职业学院学报,2019,29(04):56-58.
 - [2]牛长信.浅谈市政道路施工中混凝土施工技术的运用[J].建材与装饰,2019(33):263-264.
 - [3]王勇斌,朱丽娟,杨国辉,等.钢渣砂在混凝土中的应用研究[J].商品混凝土,2019(07):38-42.
 - [4]程先海.钢渣混凝土在隔离墩工程中的应用[J].商品混凝土,2019(07):62-63.
 - [5]张忠哲,薛繁龙,吴阴星,等.钢渣细骨料级配混凝土抗压强度影响[J].粉煤灰综合利用,2019(01):61-66.
- 作者简介:周海生(1975.4-),男,同济大学,道路与铁道工程专业,高级工程师,公司总工。