

利用铁屑和钢渣制备抗辐射混凝土的研究

杨唐军

(中建三局大项目管理公司,北京 100026)

摘要:为解决钢渣资源化利用问题,研究钢渣和铁屑在制备抗辐射混凝土上的应用。通过混凝土试块配合比设计及强度检测,发现:随着铁屑掺量的增加,混凝土抗压强度逐渐增大,当铁屑掺量达到30%时,抗压强度出现最大值;随着钢渣掺量的增加,混凝土抗压强度逐渐下降,当钢渣掺量大于20%后,抗压强度下降明显。利用研究结论制备抗辐射混凝土试块,在配合比:胶凝材料:细集料:赤铁矿石:水:减水剂为1:3.11:3.84:0.41:0.01时,力学性能、密度及和易性较好。此时,胶凝材料组成:水泥:矿渣:钢渣7:2:1,细集料组成:赤铁矿砂:铁屑:硼玻璃粉为1:1.28:0.49(体积比为4:3:3),混凝土试块密度为3 550 kg/m³、强度等级为C30。

关键词:钢渣;铁屑;赤铁矿;抗辐射混凝土

中图分类号:TQ172.426

文献标识码:A

文章编号:1671-5322(2017)04-0009-03

所谓核辐射,其实指的就是 α 、 β 、 γ 射线以及中子流。一般情况下, α 、 β 射线只有极其微弱的穿透能力,所以在实际生产中并不需要特别考虑这两种射线;而 γ 射线对人体的破坏作用相当大,当其辐射剂量达到一定量时,它对人体的影响甚至是致命的;中子流同样也具有很强的穿透能力,并且只有几种特定元素如硼、镉、锂、氢才能有效吸收中子流。为了防止核辐射,配置防辐射混凝土必须满足两个条件:一是混凝土必须达到较高的密度与厚度;二是混凝土中还要含有一定量的特定元素(硼、镉、锂、氢)^[1]。目前,国内外学者已经相继对铅纤维混凝土^[2]、钢纤维混凝土^[3]、铁矿石混凝土^[4]、重晶石混凝土^[5]、铁质集料混凝土^[6]等防辐射混凝土进行了相关研究。

在冶炼钢铁过程中产生了大量的钢渣,带来了不可忽视的环境问题。目前我国对钢渣的利用主要还是依靠道路工程和回炉再利用,每年能有效利用的钢渣不足一成,大部分钢渣都没有合适的方法进行处理与利用^[7]。为了减少环境污染,本文将铁屑和钢渣作为抗辐射混凝土的掺合料加以利用,一方面保护了环境,另一方面还可大大降低抗辐射混凝土的成本(铁屑具有廉价易得的优点)。

1 试验方案

1.1 原料

水泥:海螺P·O 42.5普通硅酸盐水泥。

硼玻璃粉:含硼量15%(质量比),景德清腾陶瓷有限公司生产。

铁屑:级配1~5 mm,密度7 100 kg/m³。

赤铁矿:级配5~20 mm,表观密度4 100 kg/m³。

赤铁矿砂:级配1~5 mm,表观密度4 100 kg/m³。

钢渣:比表面积420 m²/kg。

矿渣:比表面积350 m²/kg。

减水剂:[PCA®(I)]高效减水剂。

1.2 样品制备与检测

混凝土拌合物试验参照《普通混凝土拌合物性能试验方法》进行。混凝土试块采用150 mm×150 mm×150 mm的立方试块,每组3个,分别测定其3 d、7 d、28 d的抗压强度。

2 试验结果与分析

2.1 铁屑掺量对混凝土抗压强度的影响

混凝土强度等级为C30,表观密度大于3 300

收稿日期:2016-08-22

作者简介:杨唐军(1974—),男,湖北天门人,高级工程师,主要研究方向为环境污染物的处理与应用。

kg/m³。用铁屑等体积取代细集料中的赤铁矿砂,探求铁屑的最佳掺量。铁屑等体积取代赤铁

矿砂混凝土配合比设计见表 1,铁屑掺量对混凝土抗压强度的影响见图 1。

表 1 铁屑等体积取代赤铁矿砂混凝土配合比设计

Table 1 Mix design of replacing hematite sand concrete with iron filings

编号	水胶比	用水量/ kg	减水剂/ g	胶凝材 料/kg	水泥/ kg	钢渣/ kg	矿渣/ kg	硼玻璃 粉/kg	赤铁矿 砂/kg	铁屑/ kg	赤铁 矿/kg	密度/ (kg·m ⁻³)
1A	0.41	1.75	40	4.30	3.01	0.86	0.43	2.38	8.43	0	16.35	3290
2A	0.41	1.75	40	4.30	3.01	0.86	0.43	2.38	7.23	2.06	16.35	3380
3A	0.41	1.75	40	4.30	3.01	0.86	0.43	2.38	6.03	4.12	16.35	3465
4A	0.41	1.75	40	4.30	3.01	0.86	0.43	2.38	4.82	6.18	16.35	3550
5A	0.41	1.75	40	4.30	3.01	0.86	0.43	2.38	3.62	8.24	16.35	3610

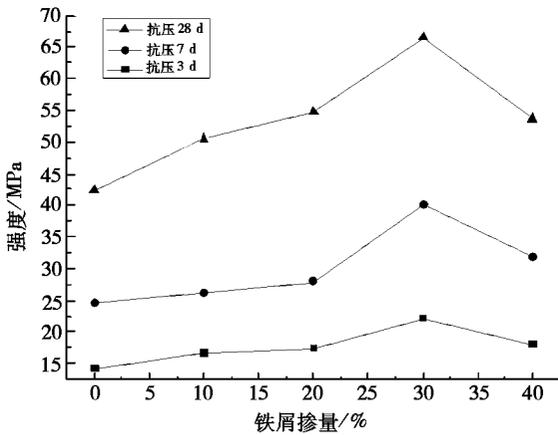


图 1 铁屑掺量对混凝土抗压强度的影响
Fig. 1 Effects of iron filings content on the compressive strength of concrete

从图 1 可以看出:随着铁屑掺量的增加,混凝土的抗压强度逐渐增大;当铁屑掺量达到30%

时,混凝土的抗压强度出现最大值。当铁屑掺量小于30%时,铁屑起到类似于钢纤维的作用,混凝土的强度得以提高;当铁屑掺量大于30%时,由于胶凝材料无法填充铁屑中心空隙,混凝土会由密实骨架结构转变为空隙骨架结构,从而使混凝土的抗压强度下降。由此可以确定铁屑最佳掺量为30%,对应的配合比为表 1 中的 4A,铁屑掺量为 6.18 kg,赤铁矿砂 4.82 kg。

2.2 钢渣掺量对混凝土抗压强度的影响

混凝土强度等级为 C30,表观密度大于 3 300 kg/m³。在铁屑掺量 6.18 kg,赤铁矿砂 4.82 kg,即按表 1 中的 4A 进行配比设计时,改变钢渣与水泥的质量比,考察钢渣掺量对混凝土抗压强度的影响。不同钢渣掺量的混凝土配合比设计见表 2,钢渣掺量对混凝土抗压强度的影响见图 2。

表 2 不同钢渣掺量的混凝土配合比设计

Table 2 Mixture ration design with varied steel slag content

编号	水胶比	用水量/ kg	减水剂/ g	胶凝 材料/kg	水泥/ kg	钢渣/ kg	矿渣/ kg	硼玻 璃砂/kg	赤铁矿 砂/kg	铁屑/ kg	赤铁矿/ kg	密度/ (kg·m ⁻³)
1B	0.41	1.75	40	4.30	3.87	0	0.43	2.38	4.82	6.18	16.35	3520
2B	0.41	1.75	40	4.30	3.44	0.43	0.43	2.38	4.82	6.18	16.35	3535
3B	0.41	1.75	40	4.30	3.01	0.86	0.43	2.38	4.82	6.18	16.35	3550
4B	0.41	1.75	40	4.30	2.58	1.29	0.43	2.38	4.82	6.18	16.35	3560
5B	0.41	1.75	40	4.30	2.15	1.72	0.43	2.38	4.82	6.18	16.35	3565

从图 2 可以看出:随着钢渣掺量的增加,混凝土的抗压强度逐渐下降;当钢渣掺量大于胶凝材料质量的 20% 后,抗压强度下降明显。钢渣掺量为 20% 时,对应的配合比为表 2 中的 3B,钢渣掺量 0.86 kg,水泥 3.01 kg。

实验中所有混凝土试块的强度均高于目标强度,掺入钢渣的混凝土外观得到改善、和易性表现

良好。随着钢渣掺量的增加,混凝土的密度也在缓慢提高,从而增大了混凝土屏蔽 γ 射线的的能力。

综合比较混凝土的力学性能、密度及和易性,表 2 中编号为 3B 的混凝土试块配合比最佳,其配合比为:胶凝材料:细集料:赤铁矿石:水:减水剂为 1:3.11:3.84:0.41:0.01。其中胶凝材料组成

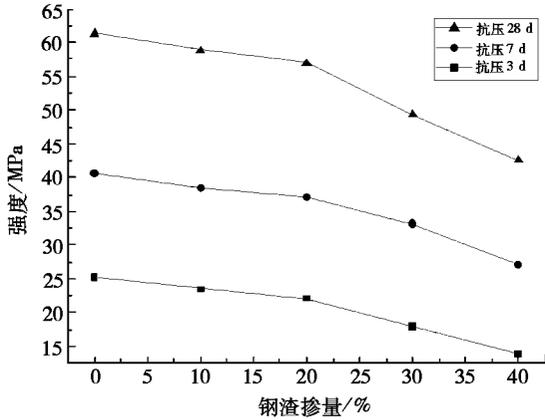


图2 钢渣掺量对混凝土抗压强度的影响

Fig.2 Effects of steel slag content on the compressive strength of concrete

中,水泥:矿渣:钢渣为7:2:1;细集料组成中,赤铁矿砂:铁屑:硼玻璃粉为1:1.28:0.49(体积比

为4:3:3)。制备的强度等级为C30的抗辐射钢渣混凝土密度为3550 kg/m³。

3 结论

(1)随着铁屑掺量的增加,混凝土的抗压强度逐渐增大;当铁屑掺量达到30%时,混凝土的抗压强度出现最大值。

(2)随着钢渣掺量的增加,混凝土的抗压强度逐渐下降;当钢渣掺量大于胶凝材料质量的20%后,抗压强度下降明显。

(3)利用钢渣、铁屑制备的抗辐射混凝土试块,配合比:胶凝材料:细集料:赤铁矿石:水:减水剂为1:3.11:3.84:0.41:0.01时,力学性能、密度及和易性较好。此时,胶凝材料组成:水泥:矿渣:钢渣为7:2:1,细集料组成:赤铁矿砂:铁屑:硼玻璃粉为1:1.28:0.49(体积比为4:3:3),混凝土试块密度为3550kg/m³、强度等级为C30。

参考文献:

- [1] 邹秋林,李军,卢忠远. 防辐射混凝土高性能化研究进展[J]. 混凝土,2012(1):6-9.
- [2] Sharma A, Reddy G R, Varshney L, et al. Experimental investigations on mechanical and radiation shielding properties of hybrid lead-steel fiber reinforced concrete[J]. Nuclear Engineering and Design, 2009,239(7):180-185.
- [3] Rothenbacher W, Brehm R, 俞琳. 泵送钢纤维防辐射混凝土在新乌尔姆医院防辐射墙中的应用[J]. 商品混凝土,2012(4):59-60.
- [4] Bashter I I, Makarious A S, El-Sayed Abdo A. Investigation of hematite-serpentine and ilmenite-limonite concretes for reactor radiation shielding[J]. Annals of Nuclear Energy, 1996,23(1):65-71.
- [5] 刘霞,赵西宽,李继忠,等. 重晶石防辐射混凝土的试验研究[J]. 混凝土,2006(7):24-25.
- [6] 伍崇明,丁德馨,丛成河,等. 密度5.7t/m³屏蔽γ射线混凝土试验研究[J]. 混凝土,2007(7):5-8.
- [7] 苏登成,唐兴国,刘仁越,等. 钢渣活性激发技术研究进展[J]. 中国水泥,2009(4):57-60.

Study on Anti-Radiation Concrete Prepared with Iron Filing and Steel Slag

YANG Tangjun

(High-end Management Corporation of China Construction Third Engineering Bureau Co., Ltd, Beijing 100026, China)

Abstract: In order to solve the problem of resource utilization of steel slag, the application of steel slag and iron filings in the preparation of radiation resistant concrete was studied. Through the mix proportion design and strength test of concrete test block, it is found that the compressive strength of concrete increases gradually with the increase of iron filings content. When the amount of iron filings reaches 30%, the compressive strength appears the maximum value. With the increase of steel slag content, the compressive strength of concrete decreases gradually. When the content of steel slag is more than 20%, the compressive strength decreases significantly. By using the research conclusion, radiation resistant concrete block is prepared. When the mixture ratio is: gelling material: fine aggregate: hematite: water: water reducing agent is 1:3.11:3.84:0.41:0.01, the mechanical properties, density and workability are better. At this time, cementitious materials composed of cement slag steel slag 7:2:1, fine aggregate is composed of hematite ore: iron boron glass powder for 1:1.28:0.49 (volume ratio 4:3:3), concrete block density is 3550 kg/m³ and the strength grade of C30.

Keywords: steel slag; iron filing; hematite; anti-radiation concrete

(责任编辑:张英健)