

石屑代砂混凝土试验研究

洪锦祥,蒋林华,肖玉明,王嘉琪

(河海大学土木工程学院,江苏 南京 210098)

摘要:分析石屑的物理性能、化学成分及碱活性,对比研究石屑混凝土的拌和物性能、强度、收缩性。结果表明:试验选用的石屑 C 细度模数 2.7,表现密度 2 780 kg/cm³,堆积密度 1 590 kg/cm³,空隙率 42.8%,石粉含量 24%符合普通混凝土用砂的规范要求,用其配制的混凝土和易性好、强度高,但收缩比普通混凝土略大。

关键词:石屑;代砂材料;水工混凝土

中图分类号:TV41 文献标识码:A 文章编号:1006-7647(2003)01-0038-03

水利工程混凝土通常浇筑量大,砂用量多,附近的天然砂资源往往难以满足工程建设的需要;此外,施工地点一般地处偏僻,交通不便,从外地运砂困难,而且也不经济。因此必须就地取材,寻找适宜的代砂材料。

目前,水利工程大都用石屑作为代砂材料,如正在建设中的三峡工程就有相当大一部分砂是用石屑代替的。我国的石灰石、白云岩等矿产资源丰富,在开采中平均每吨矿石约产生 0.15~0.20 t 石屑^[1],这些石屑不但占用土地、污染环境,而且造成资源浪费,用这类石屑代砂不但解决了上述问题,而且还可缓解天然砂短缺的矛盾。石屑还可用碎石经机械再加工而成。石屑粒径一般小于 5 mm,与砂相比,具有质地坚硬、表面粗糙、有尖锐棱角、粘结性能良好等特点,且含有一定量粒径小于 0.16 mm 的石粉。在价格上石屑比砂便宜很多,目前在江苏一些地区,砂子的价格为 50~60 元/t,而石屑的价格一般不超过 30 元/t。为论证石屑代砂的可行性,使石屑代砂得到推广,对江苏句容产石屑及用其配制的混凝土进行了一系列的试验研究。

1 石屑的基本特性

1.1 物理性能

石屑又称人工砂,表面比砂粗糙,有尖锐棱角,且含有较多的粒径小于 0.16 mm 的石粉。表 1 列出了几组石屑试样的基本物理性能。

从表 1 可知,石屑表现密度比砂大;空隙率要高于砂。由于石屑 C 的空隙率接近砂,其细度模数属中

砂范围,颗粒组成类似于天然砂,且其中的针片状颗粒较少,因此选用石屑 C 代砂进行了一系列的试验。

表 1 石屑及砂的物理性能

种 类	细度模数	表现密度 /(kg·m ⁻³)	堆积密度 /(kg·m ⁻³)	空隙率 /%	石粉含量 /%
石屑 C	2.7	2 780	1 590	42.8	24
石屑 B	3.2	2 760	1 510	45.3	15
石屑 A-02	3.5	2 790	1 490	46.6	9
石屑 A-01	4.8	2 790	1 450	48.0	3
砂	2.7	2 640	1 520	42.4	

注:石粉指粒径小于 0.16 mm 的颗粒。

1.2 化学成分

为了确定石屑的化学成分,对石屑进行了化学分析和矿物分析,结果见表 2 和图 1。

表 2 石屑的化学成分及含量 %

烧失量	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Cl ⁻	全硫(以 SO ₃ 计)
40.96	8.27	1.05	0.60	36.63	11.57	0.009	0.41

由表 2 可知,石屑中的硫化物及硫酸盐(以 SO₃ 计)的含量为 0.41%,小于 0.5%,氯化物(以 NaCl 计)的含量为 0.014%,小于 0.03%,按 GB/T14684-93《建筑用砂》可判定为优等品。由图 1 可知,石屑的矿物成分主要为方解石和白云石,另含有一些石英。

1.3 碱活性分析

由化学分析和矿物分析可知,石屑中含有一些石英。由于集料中结晶较差或晶体尺寸小的石英及其变体有时会引起混凝土的碱-硅酸反应破坏,因此需对石屑进行岩相分析(ASTM C295)。分析发现部分石屑颗粒由微晶质至隐晶质石英或石英和微晶质至隐晶质石英组成,所以应对石屑进行碱-硅酸反应

作者简介:洪锦祥(1976—),男,安徽安庆人,硕士研究生,从事新型建筑材料研究。

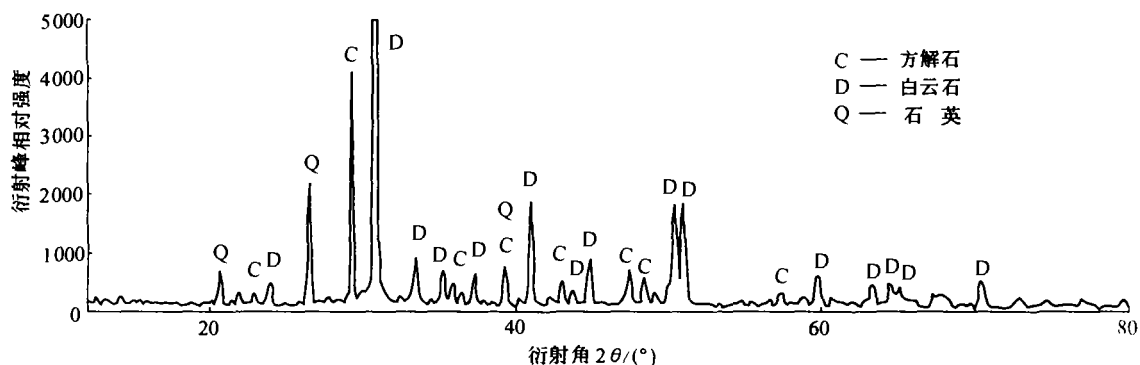


图1 石屑粉末样的X射线衍射谱

膨胀性试验.试验按 CECS 48-93 & NF P18-588-91《砂、石碱活性快速试验法》进行,在水泥与集料(石屑)之比为 10:1,5:1,2:1 时,用石屑配制的三个砂浆试件的膨胀值分别为 0.044%,0.054%和 0.068%,最大膨胀值为 0.068%,未超过标准规定的 0.10% 阈值,因此石屑被判定为非碱-硅酸反应活性.

1.4 坚固性

采用硫酸钠溶液法进行试验,石屑在其饱和溶液中经 5 次循环浸泡后,其质量损失为 2%,小于 8%,按 GB/T14684-93 可判定为优等品.

2 石屑混凝土的性能

2.1 原材料

- a. 水泥:32.5 和 42.5 普通硅酸盐水泥,其安定性及强度均符合要求.
- b. 砂:河砂,细度模数 2.7,级配符合 II 区要求.
- c. 石屑:句容产石屑 C,细度模数 2.7,级配符合 II 区要求,石粉含量 24%.
- d. 碎石:粒径 5~40 mm.
- e. 外加剂:NF-1H₀ 缓凝高效减水剂.

2.2 试验方法

石屑混凝土指的是以石屑代砂配制的混凝土.为了研究石屑代砂对混凝土性能的影响,对混凝土的和易性、抗压强度、劈拉强度以及收缩性进行了对比实验.抗压强度和劈拉强度采用 150 mm × 150 mm × 150 mm 试件,按 GBJ81-85《普通混凝土力学性能实验方法》要求进行成型、标准养护后测试其 7 d,28 d,90 d 的抗压强度以及 28 d 的劈拉强度.收缩采用 100 mm

× 100 mm × 515 mm 试件,两端预埋收缩测头,按 GBJ82-85《普通混凝土长期性能和耐久性能实验方法》要求进行成型、标准养护,使用精度为 0.01 mm 的混凝土收缩仪在恒温恒湿室(湿度(60±5)%,温度(20±2)℃)内测量混凝土的轴向变形,龄期分别为 1 d,3 d,7 d,14 d,28 d,60 d.

2.3 试验结果及分析

2.3.1 拌和物性能

在保持水灰比和单位用水量相同的情况下,由于石屑中含有 24% 的石粉,石屑混凝土的需水量大,其流动性比普通混凝土要差,但通过添加少量的减水剂便能有效地改善其流动性,且比普通混凝土的保水性好、粘聚性强、泌水少,即和易性好.这主要是由于石屑中的石粉在拌和期间起到了水泥浆体的作用.此外,石屑混凝土的初凝和终凝时间均比普通混凝土略长,其密度和普通混凝土差不多.试验结果见表 3.

2.3.2 强度

强度试验结果如表 4 所示.

表4 混凝土抗压强度和劈拉强度

混凝土等级	细集料	抗压强度 f_{cu}/MPa			28 d 劈拉强度 f_t/MPa	$f_{cu,2}/f_{cu,28}$ /%	
		7 d	28 d	90 d		$f_{cu,7}$	$f_{cu,90}$
C20	石屑 C	18.4	26.2	31.6	3.14	70	121
	砂	16.3	21.8	29.4	2.41	75	135
C40	石屑 C	31.5	44.6	52.3	4.05	71	117
	砂	30.1	39.7	48.5	3.68	76	122

从表 4 可以看出:①石屑混凝土的抗压强度高于同龄期同等级普通混凝土;②石屑混凝土 28 d 的劈拉强度高于同等级普通混凝土.其强度提高的原

表3 混凝土拌和物性能

混凝土等级	细集料	凝结时间/h		密度/(kg·m ⁻³)	泌水率/%	配合比	坍落度/mm
		初凝	终凝				
C20	石屑 C	7.1	11.5	2460	4.4	0.57:1:2.04:3.76	86(0.37% 减水剂)
	砂	7.0	10.8	2480	6.0	0.57:1:2.04:3.76	43
C40	石屑 C	5.7	8.9	2480	1.5	0.43:1:1.31:2.78	80(0.5% 减水剂)
	砂	5.2	7.9	2470	3.9	0.43:1:1.31:2.78	41

注:配合比为水、水泥、砂和石子之比.

因主要有以下三点:①由于石屑含有 24% 粒径小于 0.16mm 的细粉,这些细粉使得混凝土在拌和期间的浆体量增加,改善了混凝土的和易性,从而使混凝土的保水性增强,泌水性减小,减少了自由水在界面上聚集,这有利于浆-集料界面的改善;②石屑中的石粉增强了混凝土的密实性^[2,3],填充了混凝土内的毛细孔,使得混凝土内的大孔得到细化,即改善了混凝土的孔结构;③由于石屑表面粗糙,带有尖锐棱角,使得集料与浆体的咬合力得到增强,也有利于界面的改善.至于有人认为石粉含有活性,而有人认为没有^[4],这值得进一步探讨.

2.3.3 收缩性能

试验考虑了石屑中的石粉含量对混凝土收缩性能的影响,试验结果见表 5.

表 5 混凝土试件收缩率

石粉含量 /%	细集料	收缩率 $\epsilon/10^{-4}$					
		1d	3d	7d	14d	28d	60d
24	石屑 C	0.036	0.532	0.762	1.135	1.487	2.421
16	石屑 C1	0.114	0.454	0.763	1.107	1.572	2.465
10	石屑 C2	0.029	0.337	0.695	0.940	1.349	2.096
	砂	0.058	0.447	0.678	0.882	1.385	2.099

注:石屑 C1 和 C2 是筛去石屑 C 中的一些石粉而得到的;混凝土等级均为 C40.

表 5 说明,当石屑中的石粉含量较高时,用其代砂配制的混凝土收缩变形比普通混凝土略大,但收

缩率均在正常范围内.

3 结 论

- a. 石屑 C 的物理性能与天然砂相似,其硫化物及硫酸盐、氯化物的含量和坚固性均符合 GB/T14684-93 的规定要求,且被判定为非碱-硅酸反应活性的骨料,认为适合做代砂材料.
- b. 石屑混凝土比普通混凝土的保水性好、粘聚性强、泌水少;但流动性要差.
- c. 石屑混凝土的抗压强度及劈拉强度高于同龄期同等级普通混凝土.
- d. 当石屑中的石粉含量较高时,石屑混凝土的收缩变形比普通混凝土略大.

参考文献:

[1] 杨德斌,徐家保.石灰石石屑在混凝土及建筑砂浆中的应用[J].混凝土,1991(2):22~26.
[2] 李拖福,严亚光.石屑在混凝土中的应用[J].山西建筑,1987(2):27~29.
[3] 安文汉.石屑混凝土强度及微观结构试验研究[J].山西建筑,1989(2):19~26.
[4] 陈金堂,张敬才.石屑代砂用于锚喷混凝土技术研究[J].河北煤炭,2000(4):26.

(收稿日期:2002-01-15 编辑:熊水斌)

·简讯·

南水北调工程简介

根据我国的地形地貌特点、水土资源分布与组合状况,以及社会经济发展对水资源的要求,南水北调分东线、中线、西线三条调水线路,从而形成与长江、黄河、淮河和海河相互连接的“四横三纵”水网格局.利用黄河贯穿我国从西到东的优势,通过对黄河水量的重新分配,协调东、中、西部经济社会发展对水资源的需求,达到我国水资源南北调配、东西互济的优化配置目标.南水北调东线、中线、西线三条线供水功能各不相同,互相不可代替,都有必要.这三条线工程最终建成后,到 2050 年调水总量规模为 448 亿 m³,接近于在黄淮海平原和西北部地区增加一条黄河的水量,可基本改变我国北方地区水资源严重短缺的状况.

东线工程将利用江苏省已有的江水北调工程,逐步扩大规模并延长输水线路.东线工程从长江下游扬州附近抽引长江水,利用京杭大运河及与其平行的河道逐级提水北送,并连接起调蓄作用的洪泽湖、骆马湖、南四湖、东平湖.出东平湖后分两路输水:一路向北,在位山附近经隧洞穿过黄河;另一路向东,通过胶东地区输水干线经济南输水到烟台、威海.规划分三期实施.

中线工程将从加坝扩容后的丹江口水库陶岔渠首闸引水,沿规划线路开挖渠道输水,沿唐白河流域西侧过长江流域与淮河流域的分水岭方城垭口后,经黄淮海平原西部边缘在郑州以西孤柏嘴处穿过黄河,继续沿京广铁路西侧北上,可基本自流到北京、天津.规划分两期实施.

西线工程将在长江上游通天河、支流雅砻江和大渡河上游筑坝建库,开凿穿过长江与黄河的分水岭巴颜喀拉山的输水隧洞,调长江水入黄河上游.西线工程的供水目标主要是解决涉及青、甘、宁、内蒙古、陕、晋等 6 省(自治区)黄河上中游地区和渭河关中平原的缺水问题.结合兴建干流上的骨干水利枢纽工程,还可以向邻近黄河流域的甘肃河西走廊地区供水,必要时也可相机向黄河下游补水.规划分三期实施.

(缪宜江供稿)