



资源开发

石灰石硅酸盐水泥的研究

霍冀川, 卢忠远, 张红英, 隋恒梅, 张永刚

(西南工学院, 四川 绵阳 621002)

摘要:本文对石灰石硅酸盐水泥的基本物理性能、压蒸安定性、保水性、碱—集料反应、抗硫酸盐性、耐磨性、干缩率等进行了研究,结果表明石灰石硅酸盐水泥性能优良。同时也指出了石灰石硅酸盐水泥在实际应用中存在的问题。

关键词:石灰石硅酸盐水泥;混合材;性能

中图分类号:TD98 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2000)06-0041-04

1 前 言

目前,我国已成为世界第一大水泥生产国,水泥年产量达 5 亿多 t,若水泥中混合材掺量按 15%计,则每年需混合材量高达 0.75 亿多 t。而且随着我国水泥工业的迅猛发展,对水泥混合材的需求量还将逐日递增。这样矿渣和优质火山灰等混合材料已经远远不能满足市场需求。尤其是我国南方、部分内陆和边远地区,水泥厂附近没有矿渣或能用于水泥生产的高活性混合材料,这必然导致水泥产量低、生产成本低、经济效益差等。如用石灰石作水泥混合材单掺生产石灰石硅酸盐水泥,则能起到增加产量,降低成本,提高经济效益的效果。并且,通常能生产水泥的地区,一般都有充足的石灰石资源。

国外对石灰石硅酸盐水泥的研究较多,

表 1 石灰石、石膏化学成分/%

名称	Loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Σ
石灰石	41.47	1.15	0.60	0.25	54.59	0.89	—	98.95
石 膏	18.34	0.79	0.82	0.68	33.83	1.49	42.91	98.86

表 2 熟料化学成分、率值及矿物组成/%

Loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Σ	f—CaO
0.62	21.27	5.00	3.91	64.82	2.10	97.72	1.14
KH	KH ⁻	n	P	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
0.91	0.90	2.39	1.28	53.91	20.33	6.62	11.89

磨至比表面积 $320\pm 20\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-1}$,再按表 3 所给原料配合比计量配合,然后在混料机上混合均匀制成试样。

表 3 试样和原料配合比/%

试 样	石灰石	石 膏	熟 料
L ₀	0	4	96
L ₁	5	4	91
L ₂	10	4	86
L ₃	15	4	81
L ₄	20	4	76

2.3 实验方法

按 GB1345 检验水泥细度,GB8074 测定水泥比表面积,GB177 检验水泥强度,GB1346 测定水泥凝结时间,GB2420 进行水

泥抗硫酸盐快速试验,JC/T60 进行水泥胶砂干缩实验,JC/T421 进行水泥胶砂耐磨性试验。水泥安定性分别用试饼沸煮试验法和按 GB/T750 规定的压蒸安定性试验方法进行检验。按照《水泥性能及其检验》^[1]介绍的方法测定水泥的保水性(直接测定方法)。采用唐明述提出的“压蒸快速鉴定方法^[2]”进行水泥的碱—集料反应试验。

2 原料、试样制备和实验方法

2.1 原料

石灰石、石膏取自绵阳川马水泥厂,化学成分见表 1。熟料取自成都湔江水泥厂,熟料化学成分、率值及矿物组成见表 2。

2.2 试样制备

将石灰石、石膏、熟料分别在球磨机中粉

泥抗硫酸盐快速试验,JC/T60 进行水泥胶砂干缩实验,JC/T421 进行水泥胶砂耐磨性试验。水泥安定性分别用试饼沸煮试验法和按 GB/T750 规定的压蒸安定性试验方法进行检验。按照《水泥性能及其检验》^[1]介绍的方法测定水泥的保水性(直接测定方法)。采用唐明述提出的“压蒸快速鉴定方法^[2]”进行水泥的碱—集料反应试验。

3 结果和讨论

3.1 水泥的安定性和物理性能

不同石灰石掺量的水泥安定性及基本物理性能试验结果见表 4。

由表 4 可知,适量的石灰石掺入能明显

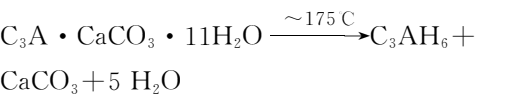
提高水泥 3d 早期强度,特别是当石灰石掺量为5%时,其3d抗压强度比纯熟料提高

表 4 水泥的安定性和物理性能

试样	比表面积 /m ² ·kg ⁻¹	沸煮安定性	压蒸膨胀率 /%	凝结时间 /h:min		抗折强度 /MPa			抗压强度 /MPa		
				初凝	终凝	3d	28d	180d	3d	28d	180d
L ₀	308.7	合格	0.098	1:27	3:25	6.4	8.3	8.7	33.4	57.1	60.1
L ₁	311.6	合格	0.282	1:02	2:58	6.6	8.2	8.5	34.5	57.0	58.3
L ₂	320.5	合格	0.295	1:05	3:40	6.1	7.8	8.1	31.5	49.3	53.8
L ₃	325.6	合格	0.323	1:09	3:41	5.9	7.6	8.0	29.8	47.1	50.9
L ₄	330.2	合格	0.345	1:11	3:51	5.8	7.5	7.8	27.9	44.5	48.2

1.1MPa。这是因为细微的 CaCO₃ 颗粒可以成为“结晶中心^[3]”,对 C₃S 的早期水化有明显的晶核作用,这种“晶核效应”导致熟料矿物的水化加速,从而有助于提高水泥的早期强度。但是,石灰石对水化后期强度帮助不大,随着石灰石掺量的增加,后期强度逐渐降低。按 425R 普通硅酸盐水泥力学性能的标准要求,石灰石作混合材料的掺量应小于 15%。

对水泥进行试饼沸煮和压蒸安定性试验,虽然全部试样安定性合格(试体的压蒸膨胀率低于 0.50%时则认为水泥压蒸安定性合格),但我们发现在进行压蒸安定性试验时,随着石灰石掺量的增加,压蒸膨胀率也相应增加,这主要是因为 CaCO₃ 和水泥熟料中 C₃A 的水化产物单碳型水化碳铝酸钙 C₃A·CaCO₃·H₂O 受热分解^[4]:



分解过程中伴有体积膨胀,并可降低试体强度。因此,石灰石硅酸盐水泥不适于高温养护。

3.2 水泥的保水性

从混凝土中泌出的水常会聚集在浇灌面层,这样就使这一层混凝土和下次浇灌的一层混凝土之间产生一层含水较高的间层,从而妨碍了混凝土层间的结合,破坏了混凝土的均质性。另一方面,从水泥砂浆中析出来的水分,还会聚集在粗集料和钢筋的下表面,这不仅会使混凝土和钢筋的握裹力大为减弱,

而且还会因这些水分的蒸发而遗留下许多微小的空隙,因而降低混凝土的强度和抗水性。因此,水泥的保水性直接影响混凝土的均质性、强度和抗水性。

表 5 水泥析水率

试 样	L ₀	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄
析水率/%	31.6	29.2	24.4	21.8	20.2

水泥的保水性可用析水率来衡量,析水率越小,水泥的保水性越好。以表 5 水泥保水性 试验结果知,水泥中随着石灰石掺量的增加,析水率逐渐减小,说明石灰石作混合材可以很好地改善水泥的保水性。

3.3 水泥的碱—集料反应

用“压蒸快速鉴定法”来鉴定集料活性时,以膨胀率>0.1%判定为活性集料,膨胀率≤0.05%判定为非活性集料。我们采用活性集料,反过来测定碱—集料反应膨胀率,以膨胀率的大小来判定水泥的碱—集料反应程度。

表 6 碱—集料反应膨胀率

试 样	L ₀	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄
膨胀率/%	0.029	0.024	0.023	0.027	0.040

从表 6 的碱—集料反应试验结果知,掺与未掺石灰石混合材的水泥在 10%KOH 溶液中,于 150℃下压蒸 6h 后,都有不同程度的膨胀,但膨胀率均小于 0.05%,因而可断定石灰石作混合材的水泥碱—集料反应产生的膨胀很小,不足以构成对混凝土的危害。

3.4 水泥的抗硫酸盐性、耐磨性和干缩率
水泥的抗硫酸盐性、耐磨性和干缩率试

验结果见表 7。

抗硫酸盐性试验是用在 3%Na₂SO₄ 溶液中浸泡 28d 试体的抗折强度与在水中养护 28d 试体的抗折强度的比值——抗蚀系数来衡量水泥的抗硫酸盐侵蚀性能。抗蚀系数越大,抗侵蚀能力越强。从表 7 的试验结果知,随着水泥中石灰石掺量的增加,抗蚀系数逐渐增大,水泥抗硫酸盐侵蚀能力增强。

表 7 水泥的抗硫酸盐抗蚀系数、磨损量和干缩率

试样	抗蚀系数	磨损量 /kg·m ⁻²	干缩率/%		
			14d	28d	60d
L ₀	0.43	2.64	0.0540	0.0756	0.108
L ₁	0.58	2.68	0.0536	0.0749	0.0912
L ₂	0.74	3.04	0.0534	0.0747	0.0897
L ₃	0.88	3.16	0.0537	0.0752	0.0867
L ₄	1.00	3.24	0.0533	0.0752	0.0839

石灰石硅酸盐水泥的干缩率都比纯熟料小,其耐磨性随石灰石掺量的增加而减小,这和水泥的抗压强度大小有对应关系,随石灰石掺量增加,水泥后期抗压强度随之减小,而磨损量增加。一般而言,水泥强度越大,耐磨性越好,水泥强度越低,耐磨性越差。但以道路水泥国家标准 GB13693 中对道路水泥

耐磨性和干缩率规定的指标磨损量不大于 3.50kg/m²,干缩率小于 0.10%为标准进行比较,可以判定石灰石硅酸盐水泥具有耐磨性好、干缩率小的特点。

4 结 论

- 1. 石灰石作混合材能明显提高水泥的早期强度,但对水泥的后期强度贡献较小,石灰石硅酸盐水泥不宜高温养护。
- 2. 石灰石硅酸盐水泥的碱—集料反应产生的膨胀很小,不足以构成对混凝土的危害。
- 3. 石灰石硅酸盐水泥具有保水性好、抗硫酸盐侵蚀能力强、耐磨性好、干缩率小等特点。

〔参 考 文 献〕

1 中国建材研究院水泥所编著. 水泥性能及其检验 [M]. 北京:中国建材工业出版社,1994

2 唐明述,等. 碱—集料反应论文集[C]. 南京:南京化工学院硅酸盐研究室,1990

3 陈益兰,等. 石灰石做水泥混合材的研究[C]. 第七届水泥化学及测试方法学术会议论文集,济南:1996. 11

4 胡曙光,等. 水化碳铝酸钙的形成过程特征及热稳定性研究[C]. 第七届水泥化学及测试方法学术会议论文集,济南:1996. 11

Study on Portland Limestone Cement

HUO Ji-chuan, LU Zhong-yuan, ZHANG Hong-ying

SUI Heng-mei, ZHANG Yong-gang

(Southwest Institute of Technology, Mianyang, Sichuan, China)

Abstract: Basic physical properties, autoclave soundness, water retentivity, alkali-aggregate reaction, sulfate resistance, abrasion resistance and dry shrinkage of Portland limestone cement were studied in this paper. The results showed that Portland limestone cement has good properties. Meantime, some problems about application prospects of Portland limestone cement were pointed out.

Key words: Portland limestone cement; Mixture; Properties