

增效剂在混凝土中的应用研究

孙志强¹, 袁海东²

(1. 宁夏科进砼业有限公司, 宁夏 银川 750002; 2. 北京恒坤混凝土有限公司, 北京 100012)

[摘要] 本文主要对混凝土的一种新型外加剂——CTF 增效剂在混凝土中的应用效果进行研究。探讨了该增效剂对混凝土工作性能及强度的影响。结果表明, 增效剂能明显改善混凝土的粘聚性和可泵送性, 与水泥适应性好, 能适当减少水泥用量 10~15%, 降低生产成本, 并能保证混凝土的强度和工作性能, 具有明显的经济和社会效益。

[关键词] 混凝土; 增效剂; 工作性能; 强度

1 前言

混凝土是目前大量使用的一种建筑材料, 如何做好混凝土的节能降耗工作, 对混凝土行业的可持续发展具有十分重要的现实意义。以减水剂为主的混凝土外加剂现已成为混凝土的重要组成部分, 具有减少水泥用量, 改善新拌混凝土工作性等特点^[1]。国内外研究资料表明, 在常规的环境下混凝土中有超过 20%~30% 左右的水泥水化反应不充分, 只起到填充作用, 不能有效发挥水泥强度。另一方面, 由于不同的减水剂对水泥吸附等的影响机理不同^[2], 在掺加到一定程度后, 对混凝土就很难再起作用, 其经济性及施工性难以得到保障。如何开发新的混凝土外加剂来解决上述问题, 将富余的水泥节省下来的同时又能保障混凝土的基本性能及强度, 对混凝土企业具有十分重要的现实意义。因此, 本文提出了一种新的混凝土外加剂: 混凝土增效剂, 并探讨了混凝土增效剂对混凝土工作性能及抗压强度的影响。

2 原材料及试验方法

2.1 原材料

(1) 水泥: 试验采用 P·O42.5R 普通硅酸盐水泥, 其物理性能和化学成分见表 1。

(2) 粉煤灰: 本试验采用 II 级粉煤灰, 0.045mm 方孔筛筛余量为 0.3%, 密度为 2.46g/cm³, 比表面积 425m²/kg。其化学成分见表 2。

(3) 细骨料: 本试验的细骨料为 <5mm 的中砂, 细度模数 2.58, 表观密度 2.65g/cm³, 吸水率 2.8%。

(4) 粗骨料: 选用粒径为 5~20mm 的碎石, 连续级配, 表观密度 2.71 g/cm³, 吸水率 0.35%。

(5) CSP-1 减水剂: 液体无沉淀。

(6) 混凝土增效剂: 使用的混凝土增效剂是一种以聚合物为主体的高效复合混凝土添加剂, 为半透明液体, 无毒无害、无污染、无放射性, 比重为 1.03g/cm³, 不含氯离子和碱等对混凝土有害的成分。

2.2 试验方法

通过对混凝土进行试配, 研究不同掺量混凝土增效剂对不同水泥用量混凝土抗压强度的影响以及对相同水泥用量混凝土工作性能和抗压强度的影响。混凝土的搅拌制度和抗

压强度测试方法根据《普通混凝土力学性能试验方法》GB/T50081-2002 来进行, 分别对配制的混凝土试块标准养护至 3d、7d、28d 龄期时进行测试。

表 1 水泥的物理性能和化学成分

物理性能		化学成分	
		成分	含量 (%)
R80 筛余 (%)	2.3	SiO ₂	20.63
比表面积 (m ² /kg)	371	Al ₂ O ₃	6.21
标准稠度 (%)	26.0	Fe ₂ O ₃	3.45
凝结时间 (min)	初凝	CaO	60.81
	终凝	MgO	0.75
抗压强度 (MPa)		SO ₃	2.52
	3d	f-CaO	-
	28d	C ₃ S	44.24
烧失量 (%)	4.48	C ₂ S	25.77
石灰石掺量 (%)	5.0	C ₃ A	10.61
粉煤灰掺量 (%)	6.2	C ₄ AF	10.48

表 2 粉煤灰的化学成分

材料	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	烧失量
粉煤灰 (%)	51.95	24.02	9.77	5.02	1.98	0.75	4.69

3 结果与讨论

3.1 不同掺量混凝土增效剂对不同水泥用量混凝土强度的影响

为了比较不同水泥用量的混凝土中掺入不同混凝土增效剂掺量后对混凝土抗压强度的影响, 试验所选取的混凝土的配合比如表 3 所示, 单方混凝土的水泥用量逐渐降低。

表 3 所示为三个水灰比阶段对混凝土增效剂进行不同掺量的掺入, 代表着不同强度等级的混凝土。由此来研究不同掺量混凝土增效剂对不同强度等级混凝土强度的影响。表 3 还显示了在各个配合比下得到的混凝土的工作性能参数坍落度值, 可以看出, 不同掺量的混凝土增效剂对不同水泥用量混凝土的工作性能影响有一定差异, 但相差不大, 随着水灰比阶段的增大, 其坍落度值有稍微增加。

表3 混凝土配合比及CTF掺量

混凝土增效剂掺量 (%)	W/C	材料用量 (kg/m ³)							坍落度 (mm)
		水泥	粉煤灰	水	河砂	碎石	CSP-1	混凝土增效剂	
0.2	0.34	410	80	140	590	1171	9.79	1.1	100
0.4	0.35	402	90	140	600	1158	9.85	1.2	140
0.6	0.35	395	100	140	612	1143	9.90	1.3	120
0.2	0.48	305	80	145	711	1152	6.94	0.8	130
0.4	0.49	298	90	145	712	1148	6.99	1.6	130
0.6	0.50	291	100	145	705	1152	7.04	2.3	140
0.2	0.62	243	80	150	780	1142	5.49	0.6	160
0.4	0.64	236	90	150	775	1144	5.54	1.3	180
0.6	0.66	229	100	150	768	1148	5.59	2.0	160

表4 混凝土配合比及混凝土工作性能

混凝土增效剂掺量 (%)	每方材料用量 (kg/m ³)							坍落度 / 扩展度 (mm×mm)
	水泥	粉煤灰	水	河砂	碎石	CSP-1	混凝土增效剂	
0	265	90	160	725	1125	5.85	0	190/400
0.4	265	90	160	725	1125	5.85	1.42	190/500
0.6	265	90	160	725	1125	5.85	2.13	190/400
0.8	265	90	160	725	1125	5.85	2.84	205/450

另外, 本试验测得混凝土各龄期的抗压强度结果如图1所示。

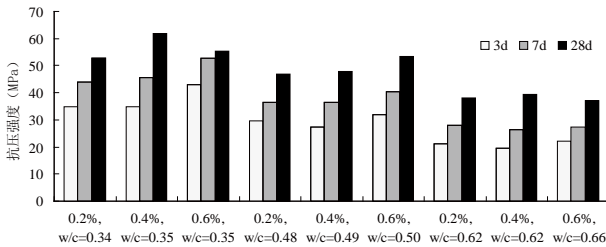


图1 不同混凝土增效剂掺量对不同水泥用量的混凝土增强效果

从试验结果可以看出, 当水灰比提高后, 混凝土的抗压强度降低, 但掺混凝土增效剂后对不同水泥用量的混凝土均能够产生很好的激发作用, 其中以掺量为胶凝材料 0.6% 下的配比 7d 以前的增强效果比较明显。另外, 在 0.3 到 0.4 水灰比阶段, 0.4 到 0.5 水灰比阶段以及 0.6 到 0.7 水灰比阶段, 随着混凝土增效剂掺量由 0.2% 增加到 0.6%, 水泥用量逐步减少, 3d 和 7d 龄期的混凝土抗压强度均随着掺量的增加而增加, 28d 龄期时已经相差不大。混凝土的工作性能也变化不大。说明混凝土增效剂对不同强度等级的混凝土具有同样的增效节能效果。不同混凝土增效剂掺量对不同水泥用量的混凝土均具有增强效果。

3.2 不同混凝土增效剂掺量对同一水泥用量混凝土工作性能和强度的影响

为了研究不同混凝土增效剂掺量对混凝土工作性能和抗压强度的影响, 实验确定了一组 C30 强度等级的混凝土配合比, 水泥用量相同, 掺加不同掺量的混凝土增效剂, 具体的配合比

及测得的新拌混凝土的工作性能如表 4 所示。试验测得各配合比混凝土试样在不同养护龄期的抗压强度如图 2 所示。由表 4 可以看出, 在新拌混凝土工作性能方面, 掺混凝土增效剂后混凝土具有良好的工作性能, 混凝土坍落度均能达到 190mm 以上, 可泵送性良好, 能满足泵送需要。扩展度也有一定的改善, 说明混凝土增效剂能改善混凝土的和易性, 在一定程度上也能够提高其自密实程度, 这对混凝土的耐久性也具有一定影响。

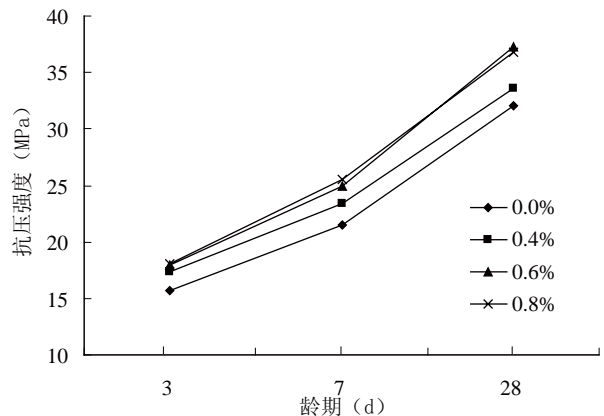


图2 不同掺量混凝土增效剂对混凝土抗压强度的影响

由图 2 可以看出, 当保持相同水胶比, 减少用水量, 并同时相应减少水泥用量, 外掺混凝土增效剂为胶凝材料的 0.6% 时, 无论在 3d、7d 还是 28d 养护龄期, 添加混凝土增效剂之后的强度均高于空白样。且试验测得 28d 龄期混凝土的强度比空白样提高 5MPa。掺混凝土增效剂为胶凝材料的 0.8% 得到的混凝土抗压强度与 0.6% 掺量的相差不大, 在 3d 和 28d 养护龄期时基本是一样的, 在 7d 时也相差极其微小。说明在这个掺量范围内, 混凝土增效剂对混凝土抗压强度的影响效果

更加明显。

通过以上的两部分分析可以得到,该混凝土增效剂在混凝土中的使用具有以下特点:(1)在保证混凝土工作性能的情况下,能减少水泥用量10%~15%,可明显降低生产成本,也可保证混凝土强度;(2)可明显改善混凝土粘聚性,减少混凝土泌水及抗离析性能,混凝土可泵送性极好;(3)产品适应性强,对不同强度等级不同原材料的混凝土均有明显的使用效果;(4)产品为水剂,使用方便,既经济又环保,可实现混凝土行业的节能增效。

4 经济效益与社会效益分析

混凝土增效剂技术具有巨大的经济收益。以深圳为例,2006年深圳市有5600万立方米商品混凝土,按1/4的混凝土搅拌站用户使用混凝土增效剂来计算,则约有1400万立方米混凝土添加该增效剂。如果每立方米混凝土使用混凝土增效剂的用量为2kg,深圳市的混凝土增效剂用量为28000t/a。以混凝土增效剂的价格为2300元/t,水泥价格305元/t计算,则每立方米混凝土可为混凝土搅拌站节约生产成本约3元以上,为深圳混凝土搅拌站带来4200万以上的经济收益。同时,按每立方米混凝土节约30kg水泥计算,仅深圳市市场年节约水泥量就有42万吨。此外,有资料表明^[3],每生产1万吨水泥,需要消耗1.55万吨石灰石,1200吨煤,88万度电,并产生1万吨二氧化碳及十余吨二氧化硫和氧化氮等的污染,由此看来混凝土增效剂的使用给混凝土生产节约的水泥用量所产生的

节能量十分显著,其具有特别明显的节能降耗功效。

5 结论

(1)增效剂能很明显的改善混凝土粘聚性和可泵送性,产品与水泥适应性好,对不同混凝土原材料均具有明显的使用效果。增效剂在保证混凝土综合性能的情况下,掺量为胶凝材料的0.6%,可降低水泥用量10%~15%,明显降低了生产成本。

(2)混凝土增效剂在混凝土中的使用具有节能降耗的功效,用于混凝土具有十分显著的经济和社会环保效益,值得大力推广应用。

参考文献

- [1] P.K. Mehta, Paulo J.M. Monteiro. 混凝土结构、性能和材料[M]. 中国电力出版社, 2008.
- [2] Kazuhiro Y, Ei-ichi T, Kenji K, et al. Adsorption characteristics of superplasticizers on cement component minerals[J]. Cement and Concrete Research, 2002, 32: 1507-1513
- [3] 吴中伟,陶有生. 中国水泥和砼工业的现状与问题[J]. 水泥工程. 1999, 1: 25-29

[作者简介] 孙志强(1972-),宁夏科进砼业有限公司副总经理兼技术负责人。

[单位地址] 宁夏银川市金凤区长城中路五里台新村宁夏科进砼业有限公司(750002)

(上接第27页)

碱-骨料反应,作为传统的防冻剂材料如硝酸钠、亚硝酸钠、碳酸钠、碳酸钾、硫酸钠、硫氰酸钠等含有大量的碱(R_2O),因此要有所限制,表2列出常用原料的含碱量;另一方面,高剂量的亚硝酸盐会引起应力腐蚀和晶格腐蚀。

表2 外加剂常用原料的含碱量 %

KOH	NaOH	K_2CO_3	Na_2SO_4	$NaNO_3$	$NaNO_2$	NaCl
65.8	77.55	44.8	43.6	44.9	36.5	51.7

③不能使用易释放氨气的原材料,这是由于这类材料,使混凝土工程在使用阶段,会释放氨气污染室内空气,如典型的具有很好的防冻和塑化效果的尿素、硝酸铵等,防冻剂是纳入强制性认证的唯一的外加剂,《混凝土外加剂中释放氨的限量》GB 18588-2001中规定混凝土外加剂释放氨的量不大于0.1%。作为这一点对选择高效减水剂也应加以注意,氨基磺酸盐减水剂也会超标,如释放氨的量:氨基磺酸盐减水剂为0.184%,三聚氰胺类减水剂为0.054%,萘系减水剂为0.025%。

④硝酸钙、亚硝酸钙不好用,配制的液体防冻泵送剂极易出现沉淀,需水量大,混凝土拌合物坍落度损失快。

⑤有机类防冻组分,防冻效果好的如聚乙二醇脂、乙二醇等价格很贵,价格相对较便宜的如甲醇,有些厂家使用,但应注意甲醇对环境影响不好。

⑥对于减水剂的选择也非常重要,减水剂的品种不同在低负温下具有不同的稳定性,在这方面,一般地说,新型三聚氰胺、氨基磺酸盐系、聚羧酸系减水剂较好;另一方面不同减水

剂复合使用也会存在稳定性问题,如木钙和萘系高效减水剂复合易出现沉淀,可采用木钠代替木钙使用。

4 结论

(1)防冻泵送剂应使混凝土内部在负温下保持一定的液相水,显著促进、加快水泥水化,使泵送混凝土强度能较快增长,并且不降低混凝土的后期强度和耐久性能。

(2)防冻泵送剂在组成设计上要考虑多组分的“超叠加效应”,使其具有高效性能,但应注意材料选择上的一些限制。

(3)防冻泵送剂向着无氯、低(无)碱、低掺量、环保型、低负温稳定的液体方向发展。

(4)防冻泵送剂的性能,应该参考《混凝土防冻剂》JC 475-2004、《混凝土泵送剂》JC 473-2001和《混凝土外加剂》GB 8076-2008中的泵送剂,针对混凝土防冻泵送剂的性能特点,结合十多年来我国混凝土防冻泵送剂的生产 and 应用经验,编制出《混凝土防冻泵送剂》行业标准。

参考文献

- [1] 王子明,潘科峰. 混凝土防冻剂配制新思路[J]. 低温建筑技术. 2005(4): 15-16.
- [2] 王谦,鲁统卫. 新型高效混凝土负温泵送剂的研究与应用[J]. 低温建筑技术, 2009(4): 11-14.

[作者简介] 鲁统卫,研究员,主要从事混凝土及混凝土外加剂的研究。

[单位地址] 济南市天桥区无影山路29号(250031)