

文章编号: 1000-2405(2001) 09-0019-04

# 高效外加剂在预拌混凝土中的应用

陈宏哲 石福弟 毛若卿 许智伟  
(上海嘉华混凝土有限公司) (上海市工程质量检测中心)

**摘要:** 充分利用高效外加剂的性能, 结合预拌混凝土中胶凝材料各组份之间比例的合理调整, 以达到混凝土性能和经济性的统一。

**关键词:** 高效外加剂; 预拌混凝土; 应用

**中图分类号:** TU 528. 04 **文献标识码:** A

外加剂及掺和料技术的发展, 混凝土材料由传统的四个基本组份, 发展到六七个组份, 各组份之间的界面、形态效应及组份功能上的互补, 为混凝土的配合比设计提供了较大的思考空间<sup>[1]</sup>。追求混凝土的高性能化和绿色化成为混凝土技术发展的前沿; 延长混凝土的使用寿命, 降低混凝土的生产能耗, 减少环境负荷, 成为该领域关注的热点。对于专业化的商品混凝土公司来说, 应充分利用现有的技术成果, 达到混凝土性能和经济性的高度统一。

## 1 配合比设计思路

### 1.1 最大程度降低混凝土中胶凝材料浆体的比例

在混凝土中胶凝材料的浆体, 尤其是水泥浆体是强度的来源, 同时胶凝材料浆体也是混凝土所有问题的起因。众所周知, 混凝土的收缩应力、温度应力、甚至出现裂纹皆因胶凝材料水化过程中的化学反应所致。减少胶凝材料浆体, 尤其减少水泥浆体在混凝土中的体积比例, 将会有效控制混凝土中的收缩应力和裂纹的产生, 改善混凝土的耐久性能, 延长混凝土的寿命, 并满足混凝土的力学性能要求。根据鲍罗米公式, 水灰比是决定混凝土强度的关键因素, 水泥浆体的填充度解决混凝土坍落度问题。所以, 在满足胶凝材料浆体完全填充骨料空隙以后, 浆体数量对混凝土力学性能基本上没有影响。

### 1.2 充分利用外加剂降低胶凝材料用量

对于确定强度等级的混凝土来说, 减少胶凝材料浆体体积比例的唯一途径是降低混凝土的用水量; 高效外加剂能够有效地降低吸附水膜的厚度, 在很大范围内调节混凝土的用水量, 改善混凝土的流变性能, 从而降低胶凝材料总量。近几年高效外加剂复合技术的日益成熟和生产成本下降, 使得使用高效外加剂生产普通混凝土成为可能, 从而降低混凝土原材料成本, 改善混凝土的性能。

### 1.3 调整优化胶凝材料的组成

确定胶凝材料的组成是以硬化体的力学性能和耐久性为前提的, 在保证混凝土的安全性条件下, 用最经济的原则去选择胶凝材料的组成。

维持胶凝材料硬化体力学性能和耐久性的基本因素是水化产物的数量和水化产物的分布(初始孔结构), 首先是水化产物数量, 初始的水化浆体是胶凝材料颗粒自然堆积, 水充满其中空隙, 水化以后, 水化产物将填充初始浆体的充水空间, 并起到粘结未水化水泥颗粒、矿粉颗粒、粉煤灰颗粒的作用, 如果水化产物没有足够的数量, 则会形成较大空隙率, 影响强度。其次是硬化体的初始孔结构, 胶凝材料颗粒初始堆积形成的充

收稿日期: 2001-06-15.

作者简介: 陈宏哲(1968-), 男, 工程师; 上海, 上海嘉华混凝土有限公司(200031)。

水空间尺寸细小而均匀,则有利于强度发展。由此可以得到胶凝材料组成的选择原则是能够提供足够数量的水化产物,颗粒级配合理,成本上最经济。

在目前使用的胶凝材料中,按提供水化产物的能力强弱依次是水泥、矿粉和粉煤灰,对28d龄期而言,主要是水泥,矿粉较次,粉煤灰微乎其微,对于水化早期的贡献更非水泥莫属。各组份提供水化产物的能力和付出的生产成本有一定的关系,综合比较水泥和矿粉28d龄期提供水化产物的能力和在使用其生产混凝土时付出的成本,在水化产物数量是硬化体强度和耐久性控制因素的时候,选择水泥作为水化产物的提供者更为经济。水泥28d水化反应率可达70%左右,而矿粉的水化程度远低于这个数字,因此在使用高效外加剂以后增加了水泥在胶凝材料中的比例,PII525水泥用量在55%以上。

矿粉和粉煤灰对于硬化体后期强度发展,提高混凝土耐久性有明显优势,虽然两者在混凝土中的火山灰效应有明显差异,但综合比较两者的性能和使用成本,在水化产物数量基本满足要求的前提下,选择粉煤灰作为后期强度的来源较为经济。在胶凝材料总量不变时加大粉煤灰的使用,一方面可以增加胶凝材料的总体积,改善混凝土的泵送性能,同时改善胶凝材料硬化体的孔结构。

#### 1.4 使用外加剂来调整坍落度

高效外加剂和普通外加剂除减水率上的差异以外,最大的区别是高效外加剂超掺以后对混凝土强度的负作用不明显,在一定的范围内几乎没有负面影响,充分利用这一特点,使用外加剂在一定范围内来调整混凝土坍落度,要比使用固定水灰比的水泥浆体来调整混凝土坍落度经济的多,混凝土的综合性能要优越得多,尤其是大坍落度的流态混凝土。根据外加剂的性能(首先考虑对混凝土凝结时间、坍落度损失的影响)当基准配合比确定以后,坍落度小于基准配合比的混凝土,视混凝土中胶凝材料总量,可以使用减少水泥浆体的方式来降低坍落度。坍落度要求大于基准配合比时,可以使用外加剂增加坍落度,对强度等级C30以上的混凝土基本上可以达到目的,混凝土等级小于C30时这种调整会有负面影响。

#### 1.5 适当降低骨料的平均粒径

由于混凝土中胶凝材料浆体数量的下降,会影响混凝土的可泵性,适当提高砂率,降低石子平均粒径,尤其是增加5~16mm石子的用量,能有效改善混凝土的可泵性。

按照传统的观点<sup>[2]</sup>,对于一个确定了胶凝材料总量的配合比,增加砂率,降低石子平均粒径,会使混凝土强度下降。其中原因主要是骨料比表面积的变化所致,当使用高效外加剂时,引起用水量的变化,会使这一现象得到有效缓解。

## 2 试验及分析

### 2.1 原材料

水泥: PII525水泥; 掺和料: 矿渣微粉, S95; 粉煤灰: II级高钙; 外加剂: 高效减水剂, 普通减水剂; 骨料: 中砂, 细度模数为2.3~2.6; 5~25mm碎石。

### 2.2 实验结果及分析

(1) 使用高效、普通减水剂对C20~C50混凝土进行了对比实验,从混凝土新旧配合比对比试验情况可以看出,采用高效减水剂的混凝土其和易性、坍落度及损失、凝结时间等均满足施工要求,强度也有明显提高。

(2) 根据对比试验结果,如表1、2所示。新配合比强度较高,因此在系统试验时对新配合比进行微调。经过系统试验,各强度等级混凝土的施工性能及强度均能满足要求。

## 3 生产使用情况

到目前为止,我们使用高效减水剂生产C20~C50混凝土已超过50万m<sup>3</sup>,顺利度过了两个年度的冬季施工和夏季施工,各强度等级混凝土和易性完全能满足泵送要求,并取得了可观的经济效益。各强度等级的混凝土强度和标准偏差统计情况见表3。

表 1 新旧配合比对比试验

强度等级	坍落度 /mm	水泥+ 掺和料 /kg	河砂 /kg	碎石 /kg	减水剂 /kg	用水量 /kg	和易性	s1 /mm	1h 后 s1 /mm	初凝 /min	终凝 /min	R7 /MPa	R28 /MPa
# C20	140 ± 30	306	818	1 041	2.41	186	一般	170	150	655	870	16.2	28.2
C20	140 ± 30	300	872	1 023	2.5	170	一般	170	145	545	730	19.7	33.1
# C25	140 ± 30	342	802	1 021	2.71	186	良好	170	155	/	/	19.8	33.3
C25	140 ± 30	310	860	1 020	3.5	170	良好	165	150	/	/	25.6	41.0
# C30	140 ± 30	377	786	1 001	3.03	186	良好	170	145	615	855	24.4	38.8
C30	140 ± 30	340	840	1 030	4.2	170	良好	165	140	540	715	28.8	47.2
# C35	140 ± 30	425	753	998	3.46	186	良好	160	135	/	/	29.1	42.6
C35	140 ± 30	370	840	1 000	4.5	165	良好	165	140	/	/	39.1	51.8
# C40	140 ± 30	470	733	971	3.91	186	好	155	125	/	/	34.8	49.1
C40	140 ± 30	405	825	1 000	5.2	165	好	170	135	/	/	46.4	54.4
# C45	140 ± 30	516	696	962	4.36	186	好	155	125	/	/	37.7	51.6
C45	140 ± 30	440	790	1 000	5.9	165	好	160	125	/	/	48.2	58.1
# C50	140 ± 30	562	645	968	4.82	186	好	150	120	465	615	43.7	60.8
C50	140 ± 30	475	760	1 000	6.9	165	好	165	125	500	650	50.4	66.8

注: 表 1 中带“#”的为旧配合比, 外加剂采用普通减水剂; 新配合比采用高效减水剂。

表 2 高效减水剂系统试验

强度等级	坍落度 /mm	水泥+ 掺和料 /kg	河砂 /kg	碎石 /kg	减水剂 /kg	用水量 /kg	和易性	s1 /mm	1h 后 s1 /mm	初凝 /min	终凝 /min	R7 /MPa	R28 /MPa
C20	140 ± 30	300	872	1 023	2.5	170	一般	175	145	560	750	18.4	31.9
C25	140 ± 30	305	867	1 018	3.4	170	良好	170	145	/	/	23.9	38.7
C30	140 ± 30	330	867	1 010	4.0	170	良好	170	145	550	735	26.5	42.2
C35	140 ± 30	365	851	996	4.4	165	良好	165	135	/	/	35.3	47.3
C40	140 ± 30	395	830	1 007	5.0	165	好	165	130	/	/	39.8	51.7
C45	140 ± 30	435	795	1 000	5.8	165	好	165	130	/	/	44.2	57.6
C50	140 ± 30	470	760	1 005	6.8	165	好	160	120	490	630	48.0	66.1

表 3 混凝土强度和标准偏差统计

强度等级	平均强度/MPa	标准偏差/MPa	最高值/MPa	最低值/MPa
C20	29.7	2.65	33.2	24.8
C25	33.2	2.21	39.6	29.3
C30	38.1	2.18	47.4	34.9
C35	44.6	3.30	50.5	39.6
C40	49.5	3.03	56.2	46.1
C50	60.2	1.85	64.0	57.4

## 4 结果与讨论

使用高效外加剂, 胶凝材料总量下降, 原材料成本有一定程度的降低, 但混凝土的性能, 尤其是新拌混凝土的流变特性会有明显变化, 会对生产控制提出新的要求, 具体表现在以下几个方面:

### 4.1 控制外加剂的变化范围

前面强调高效外加剂可以在较大范围内变化, 基本不影响混凝土的性能, 并不意味着可以无限量使用, 目前的高效外加剂为提高减水率和改善坍落度损失都符合一定数量的缓凝剂, 过量的缓凝剂会影响混凝土的强度, 高效外加剂会明显降低水的表面张力, 降低混凝土中的液相黏度, 过量使用会造成混凝土严重泌水、

板结,影响泵送性能。在掺用较高量粉煤灰时,会在混凝土表面出现粉煤灰浮层,引起混凝土表面起砂。在地坪和路面施工时应特别注意。

#### 4.2 注意骨料级配

使用高效外加剂以后,胶凝材料总量明显下降,这是原材料成本下降的原因,如果骨料级配不作相应的调整,混凝土的和易性和泵送性能会发生明显变化。C40以下的混凝土,砂率控制在45%左右,5~16mm石子不应少于30%。传统观点认为,砂率提高、石子平均粒径下降,会增加混凝土的收缩,但实际上胶凝材料总量下降,用水量下降,降低了收缩的来源。

#### 4.3 关于胶凝材料组成

在目前的基准配合比中,胶凝材料正常水化28d,水化产物数量从理论上计算,体积可达硬化体固相体积的50%以上,是完全富余的,因此,胶凝材料的组成还可以根据工程部位、施工季节、可维持的养护条件等因素进行调整,大体积混凝土中、夏季施工养护条件较好时,还可以适当增加矿粉的用量。

#### 4.4 坍落度损失

采用高效外加剂,在夏季施工时混凝土坍落度损失问题尤为突出,解决这一问题一方面及时与供应商联系,调整外加剂的组成,根据水泥的特性,适当提高缓凝组份;另一方面适当降低水泥的比例。

#### 参考文献

- 1 韩素芳.普通混凝土配合比设计规程.北京:中国建筑工业出版社,1997.
- 2 扬伯科.混凝土实用新技术手册.长春:吉林科学技术出版社,1998.

## The Application of Highly Effectual Admixture in Premixing Concrete

*Chen Hongzhe Shi Fudi Mao Ruoqin Xu Zhiwei*

**Abstract:** To highly present the characteristic and economic characteristic of concrete by fully improving the characteristic of highly effectual admixture, and combining with the reasonable adjustment of the proportion of kinds of binding materials in premixing concrete.

**Key words:** highly effectual admixture; premixing concrete; application

**Chen Hongzhe:** Engineer, Shanghai Jiahua Concrete Limited Company, Shanghai 200031, China.