

上海市工程建设规范

高强泵送混凝土生产和施工规程

Production and construction code for
pumped high-strength concrete

DG/TJ08-503-2000

主编单位:上海建工(集团)总公司

批准单位:上海市建设委员会

施行日期:2000年7月1日

2000 上海

上海市建设委员会

沪建建(2000)第 0215 号

关于批准《高强泵送混凝土生产和施工规程》 为上海市工程建设规范的通知

各有关单位:

根据我委沪建建(99)第 0197 号文下达的上海市工程建设规范编制计划的要求,由上海建工(集团)总公司主编的《高强泵送混凝土生产和施工规程》,经有关专家审查和我委审核,现批准为上海市工程建设推荐性规范,统一编号为 DG/TJ08-503-2000,自 2000 年 7 月 1 日起实施。

该推荐性规范由上海市工程建设标准化办公室负责组织实施,上海建工(集团)总公司负责解释。

上海市建设委员会
二〇〇〇年四月十三日

前 言

为了在上海地区更好地发展、推广和应用现代高强泵送混凝土技术,也为了配合《高强混凝土结构设计规程》(DBJ08-77)的实施,保证高强泵送混凝土的生产、施工质量和经济合理性,根据上海市建设委员会沪建建(99)第0197号文《关于下达1999年上海市工程建设地方标准、规范和标准设计编制计划的通知》中下达的要求,由上海建工(集团)总公司负责主编,组织了上海市建筑构件制品公司、上海第一建筑有限公司和上海建筑工程材料公司等单位,编制了本规程。

在本规程的编制过程中,编制人员进行了大量的调研和科学试验,并广泛征求意见,反复修改,先后完成初稿、讨论稿、征求意见稿和送审稿,通过函件征求了韩素芳、蒋家奋、吴科如、黄士元、陆善后等专家的意见,并于2000年1月召开专家会议,通过审定。

本规程分七章,内容包括总则、术语符号、原材料、配合比、生产控制、运输泵送浇筑和养护、质量检验和保证。

高强泵送混凝土的生产和施工技术近几年发展十分迅速,为进一步完善本规程,各单位在执行本规程时有何意见和建议,请寄至上海市建筑构件制品公司(地址:上海市黎平路2号,邮编:200090)以供今后修订时参考。

主编单位:上海建工(集团)总公司

参编单位:上海市建筑构件制品公司

上海第一建筑有限公司

上海建工材料工程有限公司

主要起草人:张福余 朱稚石 伍蕴荣

马兴宝 蔡文鹭 吴德龙

参加起草人:潘如莉 冯为民 陈定祥

王 辉 钟伟荣 韩椿根

上海市工程建设标准化办公室

二〇〇〇年二月

目 次

1	总则	(1)
2	术语、符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(2)
3	原材料	(4)
3.1	胶凝材料	(4)
3.2	细骨料	(5)
3.3	粗骨料	(5)
3.4	外加剂	(6)
3.5	其它	(6)
4	配合比	(7)
5	生产控制	(9)
5.1	一般规定	(9)
5.2	计量	(9)
5.3	搅拌	(10)
5.4	新拌混凝土的检验	(10)
6	运输、泵送、浇筑和养护	(12)
6.1	运输	(12)
6.2	泵送	(12)
6.3	浇筑	(13)
6.4	养护	(14)
7	质量检验和保证	(15)
7.1	质量检验	(15)
7.2	质量保证	(15)

附录 A	高强泵送混凝土搅拌工艺	(17)
附录 B	本规程用词说明	(19)

1 总 则

1.0.1 为了促进上海市高性能混凝土技术的发展,确保高强泵送混凝土的生产和施工质量,特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于工业和民用建筑工程及其它类似工程中的C50~C80 高强混凝土生产和泵送施工。

1.0.3 高强泵送混凝土的生产和施工必须有严格的质量控制和质量保证体系,并按本规程所列规定,结合具体工程情况制定实施细则及保证产品质量的组织措施和技术措施。

1.0.4 高强泵送混凝土生产和施工除应遵守本规程外,尚应符合现行有关标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 高强泵送混凝土 pumped high-strength concrete

强度等级 C50~C80 能满足泵送施工工艺技术要求的混凝土。

2.1.2 复合胶凝材料 complex binder

以硅酸盐水泥作为基材,掺加适量的活性无机粉体材料组成的胶凝材料。

2.1.3 粒化高炉矿渣微粉 ground granulated blast furnace slag

粒化高炉矿渣经干燥、粉磨达到规定细度的粉体,简称矿渣微粉。

2.1.4 硅粉 silica fume

或称硅灰,是硅铁合金生产过程中的副产品,含有活性无定形二氧化硅(SiO_2)90%以上的超细粉末。

2.1.5 复合胶凝材料强度 strength of complex binding material

配制高强泵送混凝土的复合胶凝材料按《水泥胶砂强度检验方法》(GB177)测试的强度值。

2.2 符号

$C \times \times$ ——表示立方体强度标准值为 $\times \times \text{MPa}$ 的混凝土强度等级,例 C80 表示立方体强度标准值为 80MPa 的混凝土强度等级;

f_{cu} ——边长为 150mm 的混凝土立方体抗压强度(MPa);

$f_{\text{cu},k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值(MPa);

$f_{\text{cu},o}$ ——混凝土配制强度(MPa);

3 原材料

3.1 胶凝材料

3.1.1 配制高强泵送混凝土应掺加具有一定活性的优质掺合料,如矿渣微粉、优质粉煤灰、硅粉等,和水泥组成复合胶凝材料,以改善新拌混凝土和硬化后混凝土的各项性能。

3.1.2 配制高强泵送混凝土宜选用等级不低于 525 号的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥和早强型硅酸盐水泥。通过试验,可用 425 号硅酸盐水泥或掺混合材的 525 号水泥配制 C50 混凝土。

3.1.3 配置高强泵送混凝土所用的矿渣微粉除应符合《用于混凝土和砂浆中粒化高炉矿渣微粉》(DB31/T35)标准中的规定外,尚应符合表 3.1.3 所规定的品质指标:

表 3.1.3 配置高强泵送混凝土所用的矿渣微粉的品质指标

		指 标	
		C50<配制的混凝土强度≤C60	C60<配制的混凝土强度≤C80
密度 g/cm ³		>2.8	>2.8
比表面积 m ² /kg		>480	>580
活性 指数 %	7d	≥80	≥95
	28d	≥105	≥115
流动度比 %		>95	>90
烧失量 %		<3	<3
三氧化硫 %		<4.0	<4.0
氯离子 %		<0.02	<0.02

3.1.4 粉煤灰应符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB1596)

中规定的Ⅰ级灰的标准,配制C50混凝土时通过试验可使用Ⅱ级灰。

3.1.5 硅粉应符合下述质量指标:

- 1 活性无定形二氧化硅(SiO_2)含量不小于90%;
- 2 比表面积(BET- N_2 吸附法)不小于18000 m^2/kg ;
- 3 密度2200 kg/m^3 左右;
- 4 平均粒径0.1~0.2 μm 。

3.1.6 采用其它复合掺合料配制高强泵送混凝土时必须通过试验,且复合掺合料的技术参数和性能必须符合有关标准和规程的规定。

3.2 细骨料

3.2.1 细骨料应使用中砂。宜选用质地坚硬、级配良好的河砂,其细度模数宜大于2.6,对0.315mm筛孔的通过量不应少于15%,对0.16mm筛孔的通过量不应少于5%。

3.2.2 混凝土强度等级大于C50、不大于C60时,细骨料的含泥量不应大于2%;混凝土强度等级大于C60、不大于C80时,细骨料的含泥量不应大于1%。

3.2.3 细骨料其它质量指标应符合《普通混凝土用砂质量标准及试验方法》(JGJ52)的规定。

3.3 粗骨料

3.3.1 粗骨料应选用质地坚硬的岩石。骨料母材的抗压强度不应小于混凝土强度标准值的1.3倍。

3.3.2 混凝土强度等级大于C50、不大于C60时,粗骨料针、片状颗粒含量不应大于10%,压碎指标值不应大于12%;混凝土强度等级大于C60、不大于C80时,粗骨料针、片状颗粒含量不应大于5%,压碎指标值不应大于7%。

3.3.3 粗骨料的粒径不应超过 25mm。粗骨料中不得混入风化颗粒,粗骨料含泥量不应超过 1%。

3.3.4 粗骨料的其它质量指标应符合《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及试验方法》(JGJ53)的规定。

3.4 外加剂

3.4.1 配制高强泵送混凝土必须使用高效减水剂,或由高效减水剂复配的泵送剂。高效减水剂的质量应符合《混凝土外加剂质量标准》(GB8076)的规定。

3.4.2 配制 C60~C70 的混凝土用减水剂的减水率不宜小于 15%,配制 C80 的混凝土用减水剂的减水率不宜小于 18%。

3.4.3 当采用复配的泵送剂时,其产品必须经过技术鉴定,并有相应检测机关的检测证明和质量证明书,使用前还应通过试验确认其性能及效果。

3.5 其它

3.5.1 拌制高强泵送混凝土宜用饮用水,其质量应符合《混凝土拌合用水标准》(JGJ63)的规定。

3.5.2 每立方混凝土的原材料内的含碱总量($\text{Na}_2\text{O} + 0.658\text{K}_2\text{O}$)不得超过 3.6kg。

3.5.3 为防止钢筋锈蚀,混凝土中氯离子含量不得超过复合胶凝材料重量的 0.2%;在地下结构和有盐、碱化学腐蚀的环境下,氯离子含量不得超过复合胶凝材料重量的 0.1%;在预应力混凝土结构中,氯离子含量不得超过复合胶凝材料重量的 0.06%。

4 配合比

4.0.1 高强泵送混凝土的配合比必须根据工程所使用的原材料和混凝土的性能及设计、施工等方面的要求,在试验室进行试配,确认合格后方可使用。

4.0.2 混凝土的施工配制强度($f_{cu,o}$)应按下式计算:

$$f_{cu,o} \geq f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (4.0.2)$$

式中: $f_{cu,o}$ ——混凝土施工配制强度(MPa)

$f_{cu,k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值(MPa)

σ ——混凝土强度标准差(MPa)

4.0.3 混凝土强度标准差为由 25 组以上混凝土强度试件统计得出的无偏估计值,当其值小于 $0.06f_{cu,k}$ 时,应取 $0.06f_{cu,k}$ 。

4.0.4 当无可靠的强度统计数据和标准差值时,混凝土的施工配制强度对于 C50 和 C60 混凝土不应低于 $1.15f_{cu,k}$,对于 C70 和 C80 混凝土不应低于 $1.12f_{cu,k}$ 。

4.0.5 高强混凝土水胶比应按下式计算:

$$f_{cu,o} = K_1 \times f_{be}(B_g/W + K_2) \quad (4.0.5)$$

式中: $f_{cu,o}$ ——混凝土配制强度(MPa)

f_{be} ——复合胶凝材料强度(MPa)

B_g ——复合胶凝材料用量(kg)

W ——用水量(kg)

K_1 、 K_2 ——经试验确定的回归系数

4.0.6 配制高强混凝土的水胶比,宜在 0.25~0.38 范围内选取,总用水量控制在 $140 \sim 190 \text{kg/m}^3$ 范围内。

4.0.7 配制高强泵送混凝土所用的胶凝材料总量不宜超过 550kg/m^3 。用矿渣微粉作掺合料时,掺量不宜超过胶凝材料总量

的 40%，用粉煤灰作掺合料时，掺量不宜超过胶凝材料总量的 30%。当采用二种以上掺合料复合时，掺合料总量不宜超过胶凝材料总量的 40%。

4.0.8 高强泵送混凝土的砂率宜控制在 38%~42% 的范围内。

4.0.9 高强泵送混凝土的工作性和坍落度经时损失可采用复合外加剂进行调节，但复合外加剂的掺量必须经试配决定。当对泵送工艺有特殊要求(如泵管长度较长，泵送高度较高)时，宜采用复合的高效泵送剂。

4.0.10 高强泵送混凝土的施工配制强度及其它性能应符合《高强混凝土结构设计规程》(DBJ08-77)的规定。

4.0.11 高强泵送混凝土配合比设计的其它要求应符合《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ/T55)的规定。

5 生产控制

5.1 一般规定

5.1.1 高强泵送混凝土的生产,必须在具有自动称量、电脑控制的搅拌站(楼)进行。搅拌站(楼)的主要设备应符合现行国家标准《混凝土搅拌机技术条件》(GB9142)和《混凝土搅拌站(楼)技术条件》(GB10172)的规定。

5.1.2 拌制高强泵送混凝土必须使用强制式搅拌机。

5.1.3 拌制高强泵送混凝土所用的各种原材料,应符合本规程第3章的有关规定,并按有关规定做好原材料复验,合格后方可使用。

5.1.4 生产高强泵送混凝土所用的混凝土配合比,应按本规程第4章的要求确定,并经搅拌站技术负责人审定。

5.2 计量

5.2.1 高强泵送混凝土原材料搅拌时的计量应按质量(重量)计,其计量允许偏差不应超过表5.2.1规定的范围:

表 5.2.1 高强泵送混凝土原材料计量允许偏差(%)

原材料品种	复合胶凝材料	集料	水	外加剂
每盘计量允许偏差	± 2	± 3	± 2	± 2
累计计量允许偏差	± 1	± 2	± 1	± 1

注:1 复合胶凝材料包括水泥、矿渣微粉、粉煤灰和其它掺合料;

2 累计计量允许偏差是指每一运输车中各盘混凝土的各种材料计量和的偏差。

该项指标仅适用于采用微机控制计量,且对每盘计量误差自动修正的搅拌机。

5.2.2 复合胶凝材料中各组份应分别计量,其计量偏差应符合表

5.2.1 的有关规定。

5.2.3 计量设备的精度应满足《混凝土搅拌站(楼)技术条件》(GB10172)的有关规定,并具有法定计量部门签发的有效合格证。每次生产高强泵送混凝土前,应对计量设备进行零点校核。

5.3 搅拌

5.3.1 高强泵送混凝土的搅拌应采用分批投料,拌和用水的加入应采用滞水工艺,并比普通混凝土延长搅拌时间 20~30s。搅拌过程应由微机控制,自动完成。控制程序应通过试验确定。具体的搅拌工艺可参照本规程附录 A 的规定执行。

5.3.2 高强泵送混凝土每次搅拌前,应对使用的配合比、原材料的品种规格、称量计量值、搅拌程序核对无误后,方能开机。当班操作工还应做好当班记录。搅拌中如有交接班,亦应做好交接记录。

5.3.3 拌制高强泵送混凝土时,不得在同一时段内,使用同一台搅拌机拌制其它不同强度等级的混凝土。

5.4 新拌混凝土的检验

5.4.1 搅拌高强泵送混凝土必须加强目测检查,并按有关规定,对出机混凝土进行坍落度测试和经时坍落度损失的测定,其值必须符合设计要求。

5.4.2 高强泵送混凝土新拌混凝土质量的检查,包括下列几个方面:

- 1 拌制混凝土所用原材料的品种、规格和用量;
- 2 拌制混凝土所用的配合比、搅拌程序和搅拌时间;
- 3 新拌混凝土的和易性、粘聚性和保水性;
- 4 新拌混凝土的出机坍落度、浇筑现场入泵坍落度;
- 5 合同规定的其它内容。

6 运输、泵送、浇筑和养护

6.1 运输

6.1.1 高强泵送混凝土的运输应采用混凝土搅拌运输车。

6.1.2 搅拌运输车应保持清洁,装料前,应反转倒清筒体内积水、积浆,运输过程中和卸料时不得往筒体内注水,运输结束后应及时清洗。

6.1.3 搅拌运输车在运输过程中,应保持筒体按一定速度旋转。运送至浇筑地点给混凝土泵喂料前,应中高速旋转搅拌筒,使混凝土拌合均匀,然后卸料。

6.2 泵送

6.2.1 高强泵送混凝土应根据混凝土强度等级和泵送高度选用泵的类型。混凝土强度等级 C70~C80 的高强泵送混凝土应选用固定泵进行泵送,泵送高度大于 30m 以上时也应选用固定泵。

6.2.2 在浇筑基础混凝土时,混凝土泵的停放位置应靠近浇筑地点,以缩短泵送距离,降低泵送阻力;多台泵同时浇筑时,应考虑各泵工作量均衡。在浇筑高层结构混凝土时,混凝土泵施工现场布置的位置,应考虑搅拌运输车进场和出场方便、安全,并使泵机出口与垂直输送管之间有一定长度的水平管,以抵消垂直管中混凝土自重造成的逆流压力。

6.2.3 混凝土开始泵送时应保持低速运转,待泵压和各部分工作正常后,再提高运转速度,加大行程,转入正常的泵送。

6.2.4 向下泵送混凝土时,配管的倾斜度不宜大于 12° ,以防止大流动度的高强混凝土因自重而产生向下的自流现象,导致出现空穴而堵塞输送管。

6.2.5 当输送管被堵塞,采用正反泵排堵不能奏效而必须拆卸堵塞部位的输送管时,必须在混凝土卸压后方能进行。排出混凝土堵塞物,接管重新泵送前,须先排除管内空气,方可拧紧接头。

6.2.6 正常泵送过程中应保持泵送连续性。若混凝土供应不及时,宜放慢泵送速度以维持泵送的连续性。如停泵超过 15min,应每隔 4~5min 开泵一次,每次使泵正转和反转两个冲程,防止输送管内混凝土拌和物离析和堵塞,此时受料斗中的混凝土应保持一定高度,否则将造成吸空和外喷。

6.2.7 冬期进行泵送混凝土施工时,可在混凝土泵或泵车处设置屏障挡风,并用麻袋、草包等包扎输送管进行保温。

高温季节泵送混凝土时,泵的受料斗与输送管可用湿麻袋或草包包裹、覆盖,并经常喷洒冷水降温。

6.2.8 高强泵送混凝土的坍落度宜控制在 160~220mm 范围内,在整个泵送过程中严禁向拌车和泵受料斗内加水。

6.2.9 混凝土的可泵性可以压力泌水率评价,10s 时的相对压力泌水率 S_{10} 不宜超过 40%。

6.2.10 高强混凝土泵送施工的其它要求,可参照《混凝土泵送施工技术规程》(JGJ/T10)的规定执行。

6.3 浇筑

6.3.1 高强泵送混凝土的浇筑必须采用高频振捣器捣实,如遇混凝土的坍落度较小或钢筋较密的情况,应适当延长振捣时间或加密振点。

6.3.2 混凝土自高处倾落的自由高度不宜大于 2m,以防止混凝土产生离析现象。当高强泵送混凝土拌和料的水胶比较低且有较好的稠度时,倾落的自由高度可增加到 3m。

6.3.3 按不同强度等级设计的几个现浇混凝土构件相连接时,两种混凝土的接缝的设置应按设计规定留设。当设计没有规定时,

应设置在低强度等级的构件中,并应离开高强度等级构件一段距离。

6.3.4 高强泵送混凝土的浇筑,尚应符合《混凝土结构工程施工与验收规范》(GB50204)的规定。

6.4 养护

6.4.1 高强混凝土浇筑成型后,应及时进行养护,保持混凝土表面湿润养护不应少于 14d。

6.4.2 高强混凝土的养护亦可在混凝土初凝后立即喷洒或涂刷养护剂。混凝土表面喷洒或涂刷养护剂后可不浇水养护。对采用薄膜覆盖或喷洒、涂刷养护剂养护的混凝土,应经常检查薄膜或养护剂的完整情况和混凝土的保湿效果。

6.4.3 高强大体积基础混凝土的养护,宜采用覆盖草包(麻袋)和塑料薄膜进行保温保湿养护。保温养护时间应根据混凝土测温情况来定,若设计无特别规定,混凝土内部与表面的温差宜控制在 25℃ 范围内。

7 质量检验和保证

7.1 质量检验

7.1.1 高强泵送混凝土的质量检验及验收,包括对混凝土强度、坍落度及供货合同规定的其它项目的检验及验收,应按《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB50204)、《预拌混凝土》(GB14902)和《混凝土强度检验评定标准》(GBJ107)的有关规定进行。

7.1.2 高强泵送混凝土质量检验留置的立方体试件数量应比普通强度混凝土所要求的增加1~2倍,以测定早期及后期强度的变化。当环境温度与标准养护条件相差较大时,应同时留取在现场环境下养护的对比试件。

7.1.3 用于评定高强泵送混凝土抗压强度的试件,宜采用边长为150mm的立方体标准试件。当采用边长为100mm的立方体试件时,可按下式换算 f_{cu} 和 $f_{cu,10}$:

$$f_{cu} = 0.83f_{cu,10} + 5.66 \text{ (MPa)} \quad (7.1.3)$$

式中: $f_{cu,10}$ ——边长为100mm的试件的混凝土立方体抗压强度(MPa)。

7.1.4 在工地制作的用于强度评定的试件,必须按有关规定及时进标准养护室养护。

7.1.5 对于大体积混凝土,应监测水泥水化热造成的温度变化,并采取相应措施防止水化热的有害影响。

7.2 质量保证

7.2.1 高强泵送混凝土的配制与施工,必须在合同中明确各项技术参数。生产和施工单位必须有严格的质量控制和质量保证体系,制定出具体的质量监控措施,并明确专人负责监督和实施。对

初次从事高强度泵送混凝土施工的单位,必须要在有经验的专业技术人员指导下进行施工。

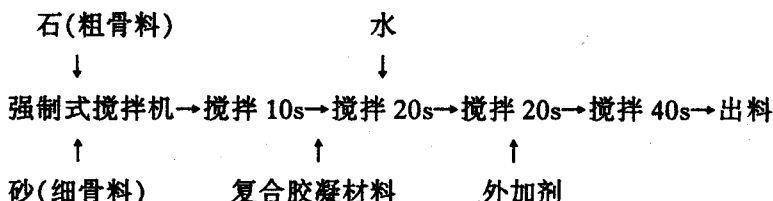
7.2.2 高强泵送混凝土的生产和施工,必须通过对原材料的质量检验与控制、混凝土配合比的确定与控制、混凝土生产和施工过程中工序的质量检验和控制,以及合格性检验控制,使高强泵送混凝土质量符合规定要求。

7.2.3 在生产和施工过程中进行质量检测,计算统计参数,应用各种质量管理图表,掌握动态信息,控制整个生产和施工期间的混凝土质量,并遵循升级循环的方式,制定改进与提高质量的措施,完善质量控制过程,使混凝土质量稳定提高。

附录 A 高强泵送混凝土搅拌工艺

A.0.1 高强泵送混凝土由于复合胶凝材料的颗粒较细,粉料量较多,要充分拌匀,除了适当延长时间外,必须采取分批投料、滞后加水等办法,以解决搅拌时可能发生的胶凝材料结团、砂结块、拌机电机电流过大而损坏设备等问题。

A.0.2 搅拌工艺之一:

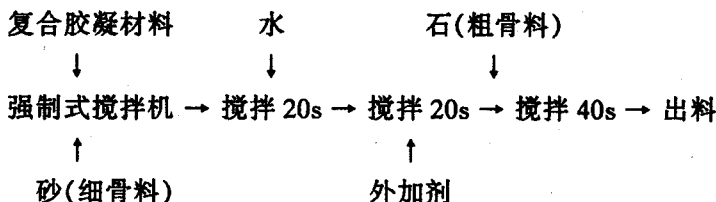


注:1 上述搅拌时间不包括骨料及胶凝材料的下料时间,即粗细骨料投入后搅拌 10s,然后投入胶凝材料,投完胶凝材料搅拌 20s,在第 10s 后开始加水。

2 外加剂的投入在加水搅拌的中间(约 10s 时)开始投入。

3 外加剂投完后,至少搅拌 40s 方能出料。

A.0.3 搅拌工艺之二:



注:1 外加剂的投入应在加水到一半(10s 后)时开始加入,外加剂加入后待搅拌均匀后(一般在 20s 左右)才可投入粗骨料。

2 全部材料投入搅拌机后,至少搅拌 40s 才能出料。

A.0.4 如需采用其它投料搅拌程序,在生产前都应通过试验确定,试验时所用的原材料规格、品种、生产厂家、质量指标等都与实际生产时的相同。

A.0.5 经试验确定投料搅拌程序,应输入搅拌机的控制电脑,自动控制搅拌过程。

附录 B 本规程用词说明

B.0.1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对于要求严格程度不同的用词说明如下:

- 1 表示很严格,非这样做不可的用词:
正面词采用“必须”;
反面词采用“严禁”。
- 2 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:
正面词采用“应”;
反面词采用“不应”或“不得”。
- 3 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:
正面词采用“宜”;
反面词采用“不宜”。

表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

B.0.2 条文中指明应按其它有关标准、规范执行的写法为:“应按……执行”或“应符合……要求(或规定)”。非必须按所指定标准、规范执行的写法为:“可参照……执行”。

上海市工程建设规范

高强泵送混凝土生产和施工规程

DG/TJ08—503—2000

条文说明

2000 上海

目 次

1	总则	(1)
3	原材料	(2)
3.1	胶凝材料	(2)
3.2	细骨料	(3)
3.3	粗骨料	(3)
3.4	外加剂	(5)
3.5	其它	(5)
4	配合比	(6)
5	生产控制	(8)
5.1	一般规定	(8)
5.2	计量	(8)
5.3	搅拌	(8)
5.4	新拌混凝土的检验	(8)
6	运输、泵送、浇筑和养护	(9)
6.2	运输	(9)
6.2	泵送	(9)
6.3	浇筑	(10)
6.4	养护	(10)
7	质量检验和保证	(12)
7.1	质量检验	(12)
附录 A	高强泵送混凝土搅拌工艺	(13)

1 总 则

1.0.1~1.0.2 在编制和审定上海市标准《高强混凝土结构设计规程》(DBJ08-77)的过程中,有专家提出,结构设计规程必须有相应的生产和施工规程予以支持,才能保证设计的结构中高强混凝土的各项指标达到设计要求。结合本市近年许多标志性工程的建成,大量采用 C50 以上的高强混凝土,其施工工艺都是采用泵送工艺完成的,在工程实践上应用的泵送混凝土强度等级已达到 C80。因此,本规程的适用范围定在 C50—C80 高强泵送混凝土。也为了配合《高强混凝土结构设计规程》(DBJ08-77)的实施,在上海地区更好地发展、推广和应用现代高强混凝土技术,保证高强混凝土的生产、施工质量和经济合理性,特制定本规程,供预拌混凝土生产企业和施工企业使用。

1.0.3 高强泵送混凝土的生产比普通混凝土技术要求严格,设备要求先进,必须有精确的计量和高效的控制手段。同样,高强泵送混凝土的施工必须有严密的施工组织设计。在本条中对生产和施工单位的质量保证作了原则性的规定。

1.0.4 混凝土的生产和施工技术近几年发展十分迅速,本规程不可能将有关混凝土的所有生产和施工技术的内容包括在内,仅将高强泵送混凝土的特殊要求列出了相应的条款。因此,本规程必须结合相应的现行国家及上海市的有关标准规范执行。

3 原材料

3.1 胶凝材料

3.1.1 在最近的 20 年间,国内、外研究混凝土工程技术的学者和专家都一致认为,在**高强混凝土(SHC)**的配制中,采用单一硅酸盐水泥作为胶凝材料是不合理的。国际预应力混凝土协会(FIP)、欧洲混凝土协会(CEB)和美国混凝土学会(ACI)都在**高强混凝土组成材料中**,把水泥、硅粉、矿粉和粉煤灰看作胶凝材料的一种组分。

本规程提出复合胶凝材料,意在充分利用掺合料的石灰—火山灰反应、微集料效应和填充效应的综合效应,从而达到提高胶凝材料活性的目的,是配制**高强混凝土**的主要技术途径。

3.1.2 用 425 号硅酸盐水泥和掺混合材的 525 号水泥,配制 C50 混凝土也是完全可能的,但其配制技术和对原材料的要求更高,必须通过试验。

为保证质量,在目前原材料质量波动,生产实践尚不成熟时,不宜选用 425 号硅酸盐水泥和掺混合材的 525 号水泥,配制 C60 以上混凝土。

3.1.3 矿渣微粉应用技术近几年在本市发展迅速。从目前本市主要从事矿渣微粉混凝土研制、生产单位的研究成果和在生产实践中总结的经验中得出以下规律,符合《用于混凝土和砂浆中粒化高炉矿渣微粉》(DB31/T35)标准中规定的 S95 级矿粉各项指标的矿渣微粉,多用于配制 C50 及 C50 以下各类一般结构工程用混凝土或大体积混凝土中。当要求配制强度等级达到 C50 以上的泵送混凝土时,选用活性指数较高的 S105 级矿渣微粉。当配制 C70 以上乃至 C80 泵送混凝土时,为改善**高强混凝土**的可泵性,宜

采用复合掺合料,对矿渣微粉的质量要求更高,宜采用 S115 级矿粉。

3.1.4 当高强泵送混凝土的配制强度等级大于 C60 时,混凝土的用水量对强度的影响十分敏感,而Ⅱ级灰和Ⅰ级灰的主要差别是细度和需水量比。因此,本规程中对粉煤灰的使用要求提出了明确的规定。

3.1.5 目前,在上海市还很少使用硅粉,现提出的质量标准是目前国内外普遍采用的指标值。

3.2 细骨料

3.2.1~3.2.2 泵送混凝土用细骨料,对混凝土的泵送性能有较大的影响。国际上,日本、美国等国均有推荐的细骨料级配曲线,上海、北京等地也通过大量的施工实践,得出对 0.315mm 筛孔通过量和对 0.16mm 筛孔通过量的最低保证值。本规程参考引用上海市标准《预拌混凝土生产技术规程》(DBJ08-227)推荐的值。

3.3 粗骨料

3.3.1~3.3.3 国内外大量的研究资料显示,高强混凝土由于其采用胶凝材料往往不是单一的水泥,而是复合胶凝材料,改善了胶凝材料和骨料的界面条件。界面条件改善后,对粗骨料本身的各项指标的要求比普通混凝土要高得多。从我们对工程中应用的高强混凝土的抗压强度试块的破坏断面的观察,发现很少在骨料和砂浆界面破坏,而大部分破坏断面穿越粗骨料。据此分析,粗骨料石材的强度和颗粒形状,对高强混凝土的抗压强度值起着十分重要的作用。我们对粗骨料提出了三个指标:

(1) 骨料母材的抗压强度应是混凝土强度等级的 1.3 倍。

我国行业标准《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法》(JGJ53)中规定,岩石的抗压强度与混凝土强度等级之比不

应小于 1.5,且火成岩强度不宜低于 80MPa。但随着混凝土强度等级的不断提高,当混凝土强度等级达到 C80 时,按此要求,骨料母材的抗压强度要达到 120MPa 以上,对于一般火成岩不易达到。因此,在《高强混凝土结构施工指南》(HSCC93-2)中,就规定骨料母材的抗压强度应比配制的混凝土强度高 20% 以上。本规程规定,骨料母材的抗压强度应是混凝土强度等级的 1.3 倍。

(2)混凝土强度等级大于 C50、不大于 C60 时,针、片状颗粒含量不宜大于 10%,压碎指标值不大于 12%。即要求采用上海市建筑工程材料公司和同济大学共同编制的《建筑用碎石标准》(企业标准 Q/QJGC-02)中规定的优等品。

混凝土强度等级大于 C60、不大于 C80 时,针、片状颗粒含量不宜大于 5%,压碎指标不大于 7%,是上述标准中特优品的指标值。

《建筑用碎石》(企业标准 Q/QJGC-02)标准中,关于针、片状颗粒含量和压碎指标列于表 3.1 和表 3.2。

表 3.1 碎石中针、片状颗粒含量规定

等级 项目	特优品	优等品	一等品	合格品
针、片状颗粒含量(%)	≤5	≤10	≤15	≤20

表 3.2 碎石压碎值指标

等级 项目	特优品	优等品	一等品	合格品
压碎指标值(%)	≤7	≤12	≤15	≤20

(3) 粗骨料的最大粒径不宜超过 25mm。与普通混凝土相比,高强泵送混凝土的强度对界面条件更敏感。粒径小的石子,其本身缺陷概率小,砂浆体与每颗石子的界面接触面积小,形成大缺

陷的概率也小,有利于界面强度的提高。据国内、外有关文献介绍,配制高强混凝土所用粗骨料的粒径不宜大于 20mm (有资料建议不宜大于 16mm)。结合当前上海市建筑用碎石的生产工艺,大部分还是采用颚式破碎工艺。当碎石颗粒达到 20mm 时,针、片状颗粒含量大幅度提高,难以满足上述第(2)点的要求。通过大量工程实践证明,5~25mm 连续级配的碎石只要能符合母材强度、压碎指标值和针、片状颗粒含量的要求,仍可配置高强泵送混凝土。当碎石复试结果,粒径不连续且 16mm 筛余量太大时,可适当掺加一部分 5~16mm 碎石,将颗粒级配调整到 5~25mm 连续级配。

3.4 外加剂

3.4.1~3.4.3 高强泵送混凝土由于其强度要求和泵送性能的要求,因此其水胶比和总用水量的控制特别严格。对外加剂的选用是技术关键,本规程要求配制 C60~C70 的高强泵送混凝土所用外加剂的减水率不宜小于 15%,配制 C80 的高强泵送混凝土所用外加剂的减水率不宜小于 18%,并不是所有减水剂或泵送剂都能达到的。所以,本规程要求必须经过技术鉴定。

3.5 其他

3.5.2 混凝土的碱-骨料反应到目前为止上海尚未真正发现,又没有充分的试验数据提供制定规程取用。因此,本条款从目前配制高强泵送混凝土的实际出发,进行理论上的推算后,决定把每方混凝土胶凝材料的总含碱量定为,不应超过 3.6kg [计算依据,水泥熟料中 R_2O 含量取 0.8%,掺合料中 R_2O 取 0.3%,复合胶凝材料中水泥用量按 70% 计,掺合料按 30% 计,则 $(0.8\% \times 70\% + 0.3\% \times 30\%) = 0.65\%$; $550 \times 0.65\% = 3.575$]。混凝土外加剂中可能出现 R_2O 时,应进行综合计算调整后,才能确定施工用配合比。

4 配合比

4.0.1 高强泵送混凝土配合比应根据原材料和混凝土设计要求,在试验室进行试配,并确认合格后方能用于施工。

原材料的性能测试应包括复合胶凝材料的强度(f_{be})、外加剂的减水率以及它和复合胶凝材料的适应性试验,骨料应按第3章的要求检测各项指标。

复合胶凝材料强度(f_{be})的测试方法如下:水泥与矿渣微粉、粉煤灰、硅粉等掺合料,按选定的比例均匀混和后,按《水泥胶砂强度试验方法》(GB177)规定的水泥胶砂强度测试方法测定。

4.0.2~4.0.4 混凝土的配制强度在正常的情况下,或对于有较多配制经验的生产单位,可按 $f_{cu,0} \geq f_{cu,k} + 1.645\sigma$ 计算。对于尚无生产高强混凝土经验,无法提供高强混凝土强度标准差时,为满足强度保证率,根据北京和上海等地的配制经验,宜把混凝土的配制强度控制在 $(1.12 \sim 1.15)f_{cu,k}$ 。本规程把 C50~C60 混凝土的配制强度定为 $1.15f_{cu,k}$, C70~C80 混凝土的配制强度定为 $1.12f_{cu,k}$ 。

4.0.5~4.0.6 我国行业标准《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ/T55)中第4.0.3条和第4.0.4条规定,回归系数A和B宜按工程所使用的水泥、骨料,通过试验建立灰水比与混凝土强度的关系式确定。 f_{ce} 是水泥的实际强度(N/mm^2)。当不具备上述试验统计资料时,其回归系数对碎石混凝土,A可取0.48,B可取0.52。目前我国大部分混凝土生产和供应单位的实际情况,是配合比设计时A和B的系数并没有根据所使用的水泥和骨料通过试验回归求得。 f_{ce} 也没有按所用水泥的实际强度取用。一般情况下都是A取0.48,B取0.52,而 f_{ce} 按 $1.13f_{ce,k}$ 取用。

高强泵送混凝土采用的复合胶凝材料和粗、细骨料均有严格

的特殊要求,套用现有公式,很难计算出合理的配合比,增加试配工作量。

根据上海市建筑构件制品公司大量的试验和工程实践上的试配,认为高强混凝土的强度和水胶比之间的线性关系仍成立。因此,本规程推荐高强混凝土的水胶比按 $f_{cu,0} = K_1 \cdot f_{be}(B_g/W + K_2)$ 计算。(K_1 、 K_2 :回归系数,应经试验确定。)这也是本规程第 1.0.3 条对高强泵送混凝土的生产和施工单位提出的必须满足的要求。

4.0.7 高强泵送混凝土的生产和施工在我国尚缺乏经验,许多生产单位为保证混凝土的强度,片面地提高水泥和掺合料的用量。但生产经验告诉我们,当胶凝材料总量达到 $600\text{kg}/\text{m}^3$ 时,就会由于水泥水硬化过程中体积稳定性差而产生裂缝。配制高强泵送混凝土胶凝材料用量过多时,混凝土粘度大、工作性差,不利于泵送。经过对高强泵送混凝土施工用配合比的不断改进和优化,证明当胶凝材料总量控制在 $550\text{kg}/\text{m}^3$ 以下时,已能配制出 C80 泵送混凝土。

4.0.8 泵送混凝土的砂率的取值对泵送性能有较大的影响。《混凝土泵送施工技术规程》(JGJ/T10)中规定“泵送混凝土的砂率宜为 38%~45%。”根据上海市建筑构件制品公司和上海第二建筑工程公司在“明天广场”C80 混凝土泵送施工实践表明,高强泵送混凝土由于其胶凝材料用量较高,且粗、细骨料的质量要求严格,为保证强度砂率应取 38%~42%。

5 生产控制

5.1 一般规定

5.1.1~5.1.4 高强泵送混凝土的生产所必须具备的条件。

5.2 计量

5.2.2 拌制高强泵送混凝土所用的胶凝材料,是用硅酸盐水泥和其它活性无机粉体掺合料复合而成,各组份的掺合比例在配合比设计时已经试验确定。在生产时,各组份必须按所定的配合比分别计量,并符合本规程所规定的计量误差。

5.3 搅拌

5.3.1 由于高强泵送混凝土含有较多的粉料,不易拌和,所以应适当延长搅拌时间。

5.3.3 由于搅拌高强泵送混凝土应有专门的分批投料工艺,为避免操作失误,特规定在同一时段内、同一搅拌机不得拌制其它强度等级的混凝土。

5.4 新拌混凝土的检验

5.4.1~5.4.3 高强泵送混凝土使用的是高效减水剂,新拌混凝土的坍落度损失较大,应通过试配掌握各种配比经时坍落度的损失值。同时,在搅拌时加强目测检查,控制好新拌混凝土的坍落度,保证混凝土泵送、浇筑顺利进行。

6 运输、泵送、浇捣和养护

6.1 运输

6.1.2 残留在混凝土搅拌车筒体内的积水,如果不清除掉,无疑会改变混凝土的设计配合比,使混凝土质量得不到保证,这一点对高强泵送混凝土来说,更为重要。

同样的原因,混凝土搅拌运输车在行驶过程中,和在给混凝土泵喂料前及喂料过程中更不能随意往拌筒内加水。

6.2 泵送

6.2.1 本条款内容系根据泵送施工实际而定的。

根据上海市建筑构件制品公司和上海第二建筑工程公司在“明天广场”工程中泵送 C80 的施工经验,混凝土泵的壓力在 $20.0 \times 10^6 \text{Pa}$ 左右(200Ba),最高泵压 $24.0 \times 10^6 \text{Pa}$ (240Ba)。

另外,根据上海市建筑构件制品公司和豪城建筑发展公司在佳木斯路住宅工地试泵时,使用“楚天——75B”混凝土泵,水平管 80m,垂直管(向上)20m,泵送 C80 混凝土制作屋面与水箱,勉强完成泵送。泵压较高,油压表显示处极限状态,泵送输出量少,仅达 $10 \text{m}^3/\text{h}$ 。后改用德国 TEKA(THBP8518)固定泵,最大输出量可达 $25 \text{m}^3/\text{h}$,泵压 $20.0 \times 10^6 \text{Pa}$ 。

由此可见,泵送高强混凝土与泵送较低强度混凝土因混凝土组份不尽相同而有较大的区别。这主要是因为高强泵送混凝土含有较多的复合胶凝材料、水灰比较低、使用高效减水剂,因而新拌混凝土的粘性较大、泌水较小、不易离析、在泵送时混凝土与管道壁的粘着力大大增加,已不能套用常用公式计算泵送压力[详见《混凝土泵送施工技术规程》(JGJ/T10)附录 B 中式 B-3,粘着系

数 $K_1 = (3.00 - 0.1S_1) \cdot 10_2 (\text{Pa})$, 混凝土坍落度 S_1 越大, 粘着系数越小, 混凝土在水平管内流动时的压力损失越小。]但是, 正因为如此, 泵送高强混凝土除了具有泵压较高、泵送速度较慢等缺点外, 还具有混凝土不易离析、泵送时不易堵管等优点。

6.2.2 混凝土泵的停放位置应尽可能地靠近浇筑地点, 以尽量缩短泵送距离, 减少泵送阻力, 降低泵压。垂直向上泵送时, 泵机出口与垂直管之间的水平管长度可比常规略短。

6.2.4 实践证明, 倾斜配管, 向下泵送高强混凝土时, 由于高强混凝土的组份中浆量含量高, 流动度较大, 很容易产生向下自流现象。所以特制定本条款, 以防止因自流而产生气柱堵塞输送管。有必要时, 应在斜管上方设置排气阀。

6.2.5 因为泵送高强混凝土时, 泵压较高, 故排堵前必须卸压, 确保安全施工。

6.3 浇筑

6.3.1~6.3.2 高强泵送混凝土因浆量较大, 易于流动, 但粘性较大, 不易充盈模腔(特别是钢筋较密的异形模腔)。因此, 要注意加强对振捣的质量控制。因为同样原因, 高强泵送混凝土不易离析, 倾落的自由高度可控制在 3m 左右。

6.4 养护

6.4.1 混凝土早期失水易产生干缩裂缝。由于高强混凝土采用水泥基复合胶凝材料, 利用掺合料二次水化反应来提高混凝土的整体力学性能。如果早期失水, 则不能充分激发掺合料的活性, 因而影响了混凝土的整体性能, 并将产生干缩裂缝。

根据上海市建筑构件制品公司生产 C80 泵送混凝土(掺矿渣微粉)时所做的试验可知, 养护湿度差异对混凝土抗拉强度影响较大, 高养护湿度可以保证 C80 混凝土(掺矿渣微粉)的劈裂抗拉与

抗折强度的发展。对比数据如下(抗压强度以 20℃ 水养 28d 为 100.0%):

养护条件		20℃ 水中养护		20℃ 水中 7d 后干养(湿度 45%)	
抗压强度	3d	61.0(MPa)	72.0%	61.0(MPa)	72.0%
	7d	76.6(MPa)	90.4%	76.6(MPa)	90.4%
	28d	84.7(MPa)	100.0%	88.8(MPa)	104.8%
	90d	91.7(MPa)	108.3%	84.2(MPa)	99.7%
28d 劈裂抗拉强度(MPa):		7.0		4.1	
28d 抗折强度(MPa):		12.9		7.7	
28d 轴心抗压强度(Mpa):		70.8		70.3	
28d 弹性模量(MPa):		48200		47300	

由此可见,高强混凝土早期养护绝对不可失水,故在条文中明确规定“保持混凝土表面湿润养护不应少于 14d。”

6.4.2 高强泵送混凝土用于柱、梁、墙等结构部位,无法覆盖浇水养护的,可采用其它养护方式。但原则是要保证混凝土在早期不失水,保证水化反应的正常进行。

6.4.3 由于高强泵送混凝土使用了水泥基复合胶凝材料,一般都掺入了部分矿渣微粉。矿渣微粉的加入,延缓了胶凝材料水化反应的速率,延迟了水化热峰值出现的时间,降低了峰值,对大体积高强混凝土来说是有利的。对于高强大体积混凝土的养护,除要注意保温,避免产生温差裂缝外,也应注意保湿。应经常检查塑料薄膜的完好,确保混凝土表面湿润。

7 质量检验和保证

7.1 质量检验

7.1.3 自高强混凝土用于工程实践以来,用于评定混凝土立方体抗压强度的试件尺寸,以及不同尺寸试件强度值之间的换算系数,始终是一个有争议的问题。一般试验室使用的大部分是 2000kN 的压力机。当混凝土强度达到 75MPa 时,如果采用 150mm 的立方体试件,其压力机显示值已达到 1688kN,是满荷量程的 84.4%,已超出计量规定的量程范围。所以,大多数单位是采用 100mm 的立方体试件作为混凝土强度评定的试件。这样边长为 100mm 的立方体试件与现标准中规定的标准试件(边长为 150mm)之间强度换算系数的确定,就显得十分重要。根据上海市建筑科学研究所做试验及收集到的十个试验、应用单位 95 组试验数据(混凝土强度 f_{cu} 为 60.8~97.6N/mm²)若仅考虑混凝土强度因素,则可以按式 7.1.3 由 $f_{cu,10}$ 换算 f_{cu} 立方体强度(相关系数为 0.9585):

$$f_{cu} = 0.83f_{cu,10} + 5.66 \quad (\text{MPa})$$

7.1.4 工地现场制作的用于评定混凝土强度的试件,应及时进标养室养护。如试件制作区域与标养室有一定距离,试件脱模后搬运进标养室时,须注意慢运轻放,避免试件早期在强度尚未发展时受到损伤(包括外部损伤和内部损伤)。同时,也要注意试件在搬运过程中,不要受到曝晒或烘烤等不利因素而早期失水,影响检测的正确性。

工地现场设立的标养室宜采用 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 水养护,如受条件限制,标养室养护水池太小,可水养 14d 后,送检测单位标养室标养至 28d,这样可避免出现大的检测误差。

附录 A 高强泵送混凝土搅拌工艺

A.0.1~A.0.3 高强泵送混凝土由于复合胶凝材料的颗粒较细,粉料量较多,要充分拌匀,除了适当延长时间外,必须采取分批投料和滞后加水等办法,以解决搅拌时可能发生的胶凝材料结团、砂结块、拌机电机电流过大而损坏设备等问题。本附录所列的两种搅拌工艺是根据上海市建筑构件制品公司和上海建工材料工程有限公司生产高强泵送混凝土时所采用的。实践证明,无论投料顺序如何,外加剂滞后于水加入这一点是共同的。

根据建工集团构件公司和材料公司多年来生产高强泵送混凝土几十万方的经验,拌制高强泵送混凝土需适当延长搅拌时间,一般情况下,拌制 C80 高强泵送混凝土(出机坍落度 200mm 以上)整个搅拌过程在 120~150s; C50 混凝土(出机坍落度 180mm 左右)整个过程在 90~120s。