

UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ

P

JGJ/T283-2012

自密实混凝土应用技术规程

Technical specification for application of self-compacting
concrete

2012-3-15 发布

2012-8-1 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

自密实混凝土应用技术规程

Technical specification for application of self-compacting
concrete

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部
施行日期：2012年8月1日

中国建筑工业出版社
2012 北京

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发<2010年工程建设标准规范制订、修订计划（第一批）>的通知》（建标[2010]43号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程的主要技术内容是：1 总则；2 术语和符号；3 材料；4 混凝土性能；5 混凝土配合比设计；6 混凝土制备与运输；7 施工；8 质量检验与验收；附录 A；附录 B。

本规程中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规程由住房和城乡建设部负责管理，由厦门市建筑科学研究院集团股份有限公司负责具体技术内容的解释。本规程执行过程中如有意见或建议，请寄送厦门市建筑科学研究院集团股份有限公司（地址：厦门市湖滨南路62号，邮编：361004）。

目 次

1 总则	- 1 -
2 术语和符号.....	- 3 -
2.1 术语.....	- 3 -
2.2 符号.....	- 3 -
3 材料	- 5 -
3.1 胶凝材料.....	- 5 -
3.2 骨料.....	- 5 -
3.3 外加剂.....	- 6 -
3.4 拌合用水.....	- 6 -
3.5 其它.....	- 6 -
4 混凝土性能.....	- 7 -
4.1 混凝土拌合物性能.....	- 7 -
4.2 硬化混凝土的性能.....	- 8 -
5 混凝土配合比设计.....	- 9 -
5.1 一般规定.....	- 9 -
5.2 混凝土配合比设计.....	- 9 -
6 混凝土制备与运输.....	- 13 -
6.1 一般规定.....	- 13 -
6.2 原材料检验与贮存.....	- 13 -
6.3 生产与计量.....	- 13 -
6.4 运输.....	- 14 -
7 施工	- 15 -
7.1 一般规定.....	- 15 -
7.2 模板施工.....	- 15 -
7.3 浇筑.....	- 15 -

7.4 养护.....	- 16 -
8 质量检验与验收.....	- 18 -
8.1 质量检验.....	- 18 -
8.2 检验评定.....	- 18 -
8.3 工程验收.....	- 18 -
附录 A 新拌自密实混凝土自密实性能测试方法.....	- 19 -
附录 B 自密实混凝土试件成型方法.....	- 24 -
本规程用词说明.....	- 25 -
引用标准名录.....	- 26 -
附：条文说明.....	- 27 -

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols.....	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	2
3	Materials	4
3.1	Cementitious materials.....	4
3.2	Aggregate	4
3.3	Admixture	5
3.4	Mixing water	5
3.5	Others.....	5
4	Properties of concrete.....	6
4.1	properties of mixture	6
4.2	properties of hardened concrete	7
5	Parameters and calculation of mix proportion	8
5.1	General provisions	8
5.2	Design procedure of mix proportion	8
6	Preparation and Transport of concrete	12
6.1	General provisions	12
6.2	Inspection and storage of raw materials	12
6.3	Production and measurement	12
6.4	Transport	13
7	Construction.....	14
7.1	General provisions	14
7.2	Formwork construction	14
7.3	Pouring.....	14
7.4	Curing	15
8	Quality inspection and acceptance of concrete	17
8.1	Quality inspect of concrete.....	17
8.2	Evaluation of concrete.....	17
8.3	Acceptance of concrete engineering	17
	Appendix A Testing methods of self-compacting ability of self-compacting concrete.....	18
	Appendix B Self-compacting concrete of Molding Methods	23
	Explanation of wording in this specification	24
	List of quoted standards	25
	Addition: Explanation of Provisions	26

1 总则

1.0.1 为规范自密实混凝土在工程中的应用，做到技术先进、经济合理、安全适用，确保工程质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用自密实混凝土工程和预制自密实混凝土构件的材料、配合比设计、施工及验收。

1.0.3 自密实混凝土的材料、配合比设计、施工及验收除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定

自密实混凝土试验实验室仪器配置表

- 1, 自密实混凝土坍落扩展度测定仪
- 2, 自密实混凝土 **J** 环流动障碍高差仪 (**J** 环流动仪)
- 3, 自密实混凝土 **L** 型仪
- 4, 自密实混凝土 **V** 形仪 (**V** 型箱)
- 5, 自密实混凝土 **U** 形仪 (**U** 型箱: **A** 型欧洲标准, **B** 型日本标准)
- 6, **orimet** 流速测定仪
- 7.自密实混凝土拌合物稳定性检测筒
- 8, 自密实混凝土全量检测仪
- 9, 自密实混凝土沉降趋向试验筒
- 10, 自密实混凝土压力泌水力试验仪
- 11, 自密实混凝土弹性模量测定仪
- 12, 自密实混凝土刀口约束早期开裂试验设备 (模具)
- 13, 自密实混凝土平板约束早期开裂试验模具
- 14, 自密实混凝土静态抗离析性能试验柱模
- 15, 自密实混凝土样品收集板 单
- 16, 自密实混凝土双卧轴强制式搅拌机 (**60** 升专用)

17, 自密实混凝土抗压抗折力学性试验机

18, 自密实混凝土填充箱 (K 型箱)

19, 自密实混凝土竖向膨胀率试验仪

20, GTM 筛稳试验

术支持: 沧州方圆建筑公路试验仪器厂 <http://www.czfyqc.cn>.

咨询热线: 0317-4690164 13833708950

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 自密实混凝土 self-compacting concrete

具有高流动性、均匀性和稳定性，浇筑时无需外力振捣，能够在自重作用下流动密实的混凝土。

2.1.2 自密实性能 self-compacting ability

混凝土浇筑时不加振捣即能依靠其自重均匀地填充到模板各处的性能。

2.1.3 胶凝材料 binder

混凝土中水泥和矿物掺合料的总和。

2.1.4 扩展时间 slump-flow time T_{50}

用坍落度筒测量混凝土坍落扩展度时，自坍落度筒提起开始计时至拌合物坍落扩展度达到 500mm 的时间 (s)。

2.1.5 J-环扩展度 J-Ring flow

指 J-环扩展度实验中，混凝土停止流动后，展开圆形的最大直径和与最大直径呈垂直方向的直径的平均值 (mm)。

2.1.6 浮浆百分比 static segregation percent

筛析实验中，混凝土静置 120s±5s 后，流过标准筛的浆体质量与混凝土质量的比例 (%)。

2.2 符号

2.2.1 自密实性能

SF ——混凝土坍落扩展度；

VS —— T_{50} 流动时间；

PA ——混凝土坍落扩展度与 J-环扩展度之差；

SR ——混凝土浮浆百分比；

f_m ——混凝土粗骨料振动离析率。

2.2.2 体积

V_g ——每立方米自密实混凝土中粗骨料的体积；

V_m ——每立方米自密实混凝土中砂浆的体积；

V_p ——每立方米自密实混凝土中去除粗、细骨料后剩下的浆体体积；

V_b ——每立方米自密实混凝土中胶凝材料的体积；

V_w ——每立方米自密实混凝土中水的体积；

V_a ——每立方米自密实混凝土中引入的空气体积；

V_s ——每立方米自密实混凝土中砂的体积。

2.2.3 质量

m_g ——每立方米自密实混凝土中粗骨料的质量；

m_s ——每立方米自密实混凝土中细骨料的质量；

m_b ——每立方米自密实混凝土中胶凝材料的质量；

m_w ——每立方米自密实混凝土中用水的质量。

2.2.4 密度

ρ_w ——拌合水的表观密度；

ρ_b ——胶凝材料的表观密度；

ρ_c ——水泥表观密度；

ρ_m ——矿物掺合料表观密度；

ρ_g ——粗骨料的表观密度；

ρ_s ——砂的表观密度。

2.2.4 强度

$f_{cu,0}$ ——混凝土配制强度值。

2.2.5 其他

β ——单位体积自密实混凝土中矿物掺合料占总胶凝材料的质量分数；

Φ_s ——单位体积砂浆中砂所占的体积分数；

γ ——矿物掺合料胶凝系数。

3 材料

3.1 胶凝材料

3.1.1 水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB175 的规定；当采用其他品种水泥时，其性能指标应符合相应标准的规定。

3.1.2 粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰等矿物掺合料，其性能指标应符合国家现行相关标准的要求。当采用其它掺合料时，应通过充分试验进行验证。

3.2 骨料

3.2.1 粗骨料宜采用连续级配或 2 个及以上单粒径级配搭配使用，最大公称粒径不宜大于 20mm；对于结构紧密的竖向构件、复杂形状的结构以及有特殊要求的工程，粗骨料的公称粒径不宜大于 16mm。粗骨料的针片状颗粒含量、含泥量及泥块含量，应符合表 3.2.1 的要求，其他性能及试验方法应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ52 中的相关规定。

表 3.2.1 粗骨料的性能指标

项目	针片状颗粒含量	含泥量	泥块含量
指标	≤8%	≤1.0%	≤0.5%

3.2.2 轻粗骨料宜采用连续级配，性能指标应符合表 3.2.2 的要求，其它性能及试验方法应符合现行国家标准《轻集料及其试验方法第 1 部分：轻集料》GB/T 17431.1 和行业标准《轻骨料混凝土技术规程》JGJ51 中的相关规定。

表 3.2.2 轻粗骨料的性能相关指标

项目	密度等级	最大粒径	粒型系数	24h 吸水率
指标	≥700	≤16mm	≤2.0	≤10%

3.2.3 细骨料宜选用级配 II 区的中砂，天然砂的含泥量、泥块含量应符合表 3.2.3-1 的要求；人工砂的石粉含量应符合表 3.2.3-2 的要求，当人工砂中含泥量很低（ $M_B \leq 1.0$ ），在配制 C25 及以下混凝土时，经试验验证能确保混凝土质量后，其石粉含量可放宽到 15%。试验应按现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ52 中的相关规定进行。

表 3.2.3-1 天然砂的含泥量和泥块含量指标

项目	含泥量	泥块含量
指标	≤3.0%	≤1.0%

表 3.2.3-2 人工砂的石粉含量

项 目		指 标		
		≥C60	C55~C30	≤C25
石粉含量	MB < 1.4 (合格)	≤5.0%	≤7.0%	≤10.0%
	MB ≥ 1.4 (不合格)	≤2.0%	≤3.0%	≤5.0%

3.3 外加剂

3.3.1 外加剂宜选用高性能减水剂或高效减水剂。外加剂性能应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 中的相关规定。

3.3.2 掺用改善拌合物性能的其他外加剂时，应通过充分试验进行验证，其性能应满足现行相关标准的要求。

3.3.3 掺用膨胀剂时，其性能应符合现行国家标准《混凝土膨胀剂》GB23439 中的相关规定。

3.4 拌合用水

3.4.1 自密实混凝土拌合用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ63 的相关规定。

3.5 其它

3.5.1 根据工程需要，自密实混凝土加入钢纤维、合成纤维时，其性能应符合现行行业标准《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T221 中的相关规定。

4 混凝土性能

4.1 混凝土拌合物性能

4.1.1 自密实混凝土拌合物除满足凝结时间、泌水、粘稠性和保水性等普通混凝土拌合物性能外，还应满足混凝土自密实性能。

4.1.2 新拌混凝土自密实性能应满足建（构）筑物的结构和施工要求。

4.1.3 混凝土自密实性能包括填充性、间隙通过性和抗离析性，性能分级及指标测试方法可表 4.1.3 的规定进行，其具体测试方法应按本规程附录 A 进行。

表 4.1.3 混凝土拌合物自密实性能指标

检测性能	性能指标测试方法	测试值	性能等级	性能指标
填充性	坍落扩展度	坍落扩展度	SF1	550 mm~650 mm
			SF2	660 mm~750 mm
			SF3	760 mm~850 mm
	T ₅₀	扩展时间	VS	2 s ≤ T ₅₀ ≤ 5 s
间隙通过性	J 环扩展度	坍落扩展度与有环条件下的扩展度差值	PA1	25 mm < PA1 ≤ 50 mm
			PA2	0 mm ≤ PA2 ≤ 25 mm
抗离析性	筛析法	浮浆百分比	SR1	≤ 20%
			SR2	≤ 15%
	跳桌法	离析率	f _m	≤ 10%

4.1.4 自密实性能指标分为必控指标和可选指标，自密实混凝土应根据结构形状、尺寸、配筋状态、施工方式等特点，按表 4.1.4 选择自密实性能指标。

表 4.1.4 混凝土自密实性能指标应用范围

性能指标	等级	应用范围	说明
填充性	SF1	1. 从顶部浇筑的无配筋或配筋较少的混凝土结构物（如，平板）。 2. 泵送浇筑施工的工程。 3. 截面较小，无需水平长距离流动的竖向结构物（如，桩和一些深基础）。	必控指标
	SF2	适合大多的普通钢筋混凝土结构。	
	SF3	适用于结构紧密的竖向构件、形状复杂的结构等（粗骨料最大公称粒径宜小于 16mm）。	
	VS	对于配筋较多的结构或要求具有较高混凝土外观性能应严格控制。	
间隙通过性	PA1	适用于钢筋净距 80mm 至 100mm。	可选指标
	PA2	适用于钢筋净距 60mm 至 80mm。	

抗离析性	SR1	适用于流动距离小于 5m、钢筋净距大于 80mm 的薄板结构和竖向结构。	可选指标
	SR2	适用于流动距离超过 5m、且钢筋净距大于 80mm 的竖向结构。也适用于流动距离小于 5m、钢筋净距小于 80mm 的竖向结构，但流动距离超过 5 米，SR 值宜小于 10%。	

注：1 只有在少量或没有加筋的情况下，间隙通过性可不必作为自密实混凝土的性能指标；对于钢筋净距小于 60mm 宜进行模拟实验；对于钢筋净距大于 80mm 的薄板结构或钢筋净距大于 100mm 的其他结构可不做此项要求。

2 要求高填充性（坍落扩展度指标为 SF2 或 SF3）的自密实混凝土，应做此项要求。

4.2 硬化混凝土的性能

4.2.1 硬化混凝土力学性能、长期性能和耐久性能应满足设计要求和相关标准规定。

5 混凝土配合比设计

5.1 一般规定

5.1.1 自密实混凝土配合比应根据所应用结构形式的特点、施工工艺以及环境因素对自密实混凝土的技术要求进行设计,在综合考虑混凝土自密实性能、强度、耐久性以及其他必要的性能要求基础上,提出初始配合比,经实验室试配调整得出满足工作性要求的基准配合比,并进一步经强度、耐久性复核得到生产配合比。

5.1.2 自密实混凝土配合比设计宜采用绝对体积法。自密实混凝土水胶比宜小于 0.42,胶凝材料用量宜控制在 $450\text{kg}/\text{m}^3\sim 550\text{kg}/\text{m}^3$ 。

5.1.3 自密实混凝土宜采用通过增加胶凝材料的方法适当增加浆体体积或通过添加外加剂的方法来改善浆体的粘聚性和流动性。

5.1.4 钢管自密实混凝土配合比设计时,应采取减少收缩的措施。

5.2 混凝土配合比设计

5.2.1 初始配合比设计宜符合下列步骤和要求:

1 自密实混凝土配合比设计应确定拌合物中粗骨料体积、砂浆中砂的体积分数、水胶比、胶凝材料中矿物掺合料的用量和胶凝材料用量等参数。

2 确定粗骨料体积 (V_g) 及质量 (m_g)

①单方混凝土中粗骨料绝对体积用量 (V_g) 可按表 5.2.1 选用。

表 5.2.1 单方混凝土中粗骨料体积用量

流动性指标	SF1	SF2	SF3
单方混凝土中粗骨料绝对体积用量 (m^3)	0.32~0.35	0.30~0.33	0.28~0.32

②每立方米自密实混凝土中粗骨料的质量 (m_g) 根据粗骨料绝对体积 (V_g) 和表观密度 (ρ_g), 并按下式计算:

$$m_g = V_g \times \rho_g \quad (5.2.1-1)$$

3 砂浆体积 (V_m), 可按下式计算:

$$V_m = 1 - V_g \quad (5.2.1-2)$$

4 砂浆中砂的体积分数 (Φ_s), 可取 0.42~0.45。

5 每立方米自密实混凝土中砂用量 (m_s) 可根据砂浆体积 (V_m) 及砂浆中砂的体积分数 (Φ_s)、砂的表观密度 (ρ_s), 并按下列公式计算:

$$V_s = V_m \times \Phi_s \quad (5.2.1-3)$$

$$m_s = V_s \times \rho_s \quad (5.2.1-4)$$

式中: V_s ——每立方米自密实混凝土中砂的密实体积 (m^3);

m_s ——每立方米自密实混凝土中砂质量 (kg)。

6 浆体体积 (V_p), 可按下式计算:

$$V_p = V_m - V_s \quad (5.2.1-5)$$

7 胶凝材料表观密度 (ρ_b) 可根据矿物掺合料和水泥的相对含量及各自的表观密度, 并按下式计算:

$$\rho_b = \frac{1}{\frac{\beta}{\rho_m} + \frac{(1-\beta)}{\rho_c}} \quad (5.2.1-6)$$

式中: ρ_b ——胶凝材料表观密度 (kg/m^3);

β ——自密实混凝土中矿物掺合料占胶凝材料的质量分数 (%);

ρ_m ——矿物掺合料表观密度 (kg/m^3);

ρ_c ——水泥表观密度 (kg/m^3)。

8 自密实混凝土配制强度 $f_{cu,0}$ 按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 相关规定进行计算。

9 确定水胶比 (m_w/m_b)

①根据工程所使用的原材料, 通过建立的水胶比与自密实混凝土抗压强度关系式来计算得到水胶比。

②当不具备上述试验统计资料时, 可按下式计算:

$$m_w / m_b = \frac{0.42 f_{ce} (1 - \beta + \beta \cdot \gamma)}{f_{cu,0} + 1.2} \quad (5.2.1-7)$$

式中: f_{ce} ——为水泥的28d实测抗压强度 (MPa); 当水泥28d抗压强度未能进行实测时, 可采用水泥强度等级对应值乘以1.1得到的数值作为水泥强度值代入上式;

β ——自密实混凝土中矿物掺合料占胶凝材料的质量分数, 当采用两种或两种以上矿物掺合料时, 可以 β_1 、 β_2 、 β_3 表示, 并进行相应计算 (根据自密实混凝土工作性、耐久性、温升控制等要求, 合理选择胶凝材料中水泥、矿物掺合料类型, 矿物掺合料占胶凝材料用量的质量分数 β 不宜小于0.2.);

γ ——为矿物掺合料的胶凝系数; 对于石灰石粉 ($\beta \leq 0.2$)、I 级或 II 级粉煤灰 ($\beta \leq 0.3$)、S95 或 S105 级矿渣粉 ($\beta \leq 0.4$), 分别可取 0.2、0.4 和 0.9;

m_b ——每立方米自密实混凝土中胶凝材料的质量 (kg);

m_w ——每立方米自密实混凝土中用水量 (kg)。

10 每立方米自密实混凝土中胶凝材料的质量 (m_b) 可根据自密实混凝土中的浆体体积 (V_p), 由胶凝材料的表观密度 (ρ_b)、水胶比 (m_w/m_b) 等参数, 并按下式计算:

$$m_b = \frac{(V_p - V_a)}{\left(\frac{1}{\rho_b} + \frac{m_w / m_b}{\rho_w}\right)} \quad (5.2.1-8)$$

式中： V_a ——为引入空气的体积，对于非引气型的自密实混凝土， V_a 一般可取 10L；

ρ_w ——为拌合水的表观密度，取 1000kg/m³。

11 每立方米自密实混凝土中用水量 (m_w) 可根据每立方米自密实混凝土中胶凝材料用量 (m_b) 以及水胶比 (m_w/m_b)，并按下式可计算：

$$m_w = m_b \times (m_w / m_b) \quad (5.2.1-9)$$

12 每立方米自密实混凝土中水泥的质量 (m_c) 和矿物掺合料的质量 (m_m) 可根据每立方米自密实混凝土中胶凝材料的质量 (m_b) 和胶凝材料中矿物掺合料的质量分数 (β)，并按下列公式计算：

$$m_m = m_b \times \beta \quad (5.2.1-10)$$

$$m_c = m_b - m_m \quad (5.2.1-11)$$

13 根据试验，选择外加剂的品种和用量，外加剂用量按下式计算：

$$m_{ca} = m_b \times \alpha \quad (5.2.1-12)$$

式中： m_{ca} ——每立方自密实混凝土中外加剂用量 (kg)；

α ——外加剂掺量，以占胶凝材料总量的质量百分数表示 (%)，应由试验确定。

5.2.2 试拌、调整与确定

1 混凝土试配时应采用工程实际使用的原材料，每盘混凝土的最小搅拌量不宜小于 25L。

2 试配时，首先应进行试拌，然后检查拌合物自密实性能必控指标，再检查拌合物自密实性能可选指标。当试拌得出的拌合物自密实性能不能满足要求时，应在水胶比不变、胶凝材料用量和外加剂用量合理的原则下调整胶凝材料用量、外加剂用量或砂的体积分数等，直到符合要求为止。然后提出供混凝土强度试验用的基准配合比。

3 混凝土强度试验时至少应采用三个不同的配合比。当采用不同的配合比时，其中一个应为本规程 5.2.2 中第 3 条确定的基准配合比，别外两个配合比的水胶比宜较基准配合比分别增加和减少 0.02；用水量与基准配合比相同，砂的体积分数可分别增加或减少 1%。

4 制作混凝土强度试验试件时，应验证拌合物自密实性能是否达到设计要求，并以结果作为代表相应配合比的混凝土拌合物的性能。

5 进行混凝土强度试验时，每种配合比至少应制作一组（三块）试件，标准养护到 28d 或设计强度要求的龄期时试压，也可同时多制作几组试件，按《早期推定混凝土强度试验方法标准》JGJ/T15 早期推定混凝土强度，用于配合比调整，但最终应满足标准养护 28d 或设计规定龄期的强度要求。如有耐久性要求时，还应检测相应的耐久性指标。

6 根据试配结果对基准配合比进行调整，直至拌合物自密实性能和硬化后混凝土性能都满足相应规定为止，获得生产配合比。

7 对于应用条件特殊的工程，可对确定的配合比进行模拟试验，以检验所设计的配合比是否满足工程应用条件。

6 混凝土制备与运输

6.1 一般规定

6.1.1 自密实混凝土宜采用集中搅拌方式生产，生产过程应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T14902 的要求。

6.2 原材料检验与贮存

6.2.1 自密实混凝土原材料进场时，供方应按批次向需方提供质量证明文件。

6.2.2 原材料进场后，应按批次进行进场验收检验，并应符合以下规定：

1 胶凝材料、外加剂的检验项目应符合相关标准规定；

2 粗、细骨料的检验项目应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ52 的要求，其中人工砂检验项目还应包括 MB 值；

3 其它原材料应按各种原材料在混凝土中应用的有关标准执行。

6.2.3 原材料进场后，应按种类、批次分开贮存与堆放，适量储备，标识明显，并应符合下列规定：

1 水泥、掺合料及其它粉料应按生产厂家、品种及等级分别贮存，并应防止受潮和污染。

2 骨料宜采用仓储或带棚堆场贮存。不同品种、规格的骨料应分别贮存，堆料仓应设有分隔区域。

3 外加剂应按生产厂家、品种分别贮存，采取遮阳、防水等措施。外加剂储存过久或遇有可能影响其质量的情况时，使用前应复检。

6.3 生产与计量

6.3.1 原材料的计量应按质量计，计量允许偏差应符合表 6.3.1 的规定。

表 6.3.1 原材料计量允许偏差

序号	原材料品种	胶凝材料 (%)	骨料 (%)	水 (%)	外加剂 (%)	掺合料 (%)
1	每盘计量允许偏差	±2	±3	±1	±1	±2
2	累计计量允许偏差	±1	±2	±1	±1	±1

注：1 现场搅拌时原材料计量允许偏差应满足每盘计量允许偏差要求；

2 累计计量允许偏差是指每一运输车中各盘混凝土的每种材料计量称的偏差。该项指标仅适用于采用计算机控制计量的搅拌站。

6.3.2 自密实混凝土搅拌时间宜比普通混凝土适当延长。

6.3.3 生产过程中，每台班骨料至少检测一次含水率。当骨料含水率有显著变化时，应增加测定次数，并应依据检测结果及时调整材料用量。

6.3.4 高温施工时，生产自密实混凝土原材料入机温度应符合表 6.3.4 规定，必要时应对原材料采取控温措施。

表 6.3.4 原材料最高入机温度

原材料	最高入机温度（℃）
水泥	60
骨料	30
水	20
粉煤灰等掺合料	60

6.3.5 冬期施工时，宜对拌合水、骨料进行加热，但拌合水温度不宜超过 60℃、骨料不宜超过 40℃；水泥、外加剂、掺合料不得直接加热。

6.4 运输

6.4.1 运输应采用混凝土搅拌运输车，并应采取防晒、防寒等措施。

6.4.2 运输车在接料前应将车内残留的混凝土清洗干净，并将车内积水排尽。

6.4.3 运输过程中，搅拌车的滚筒应保持匀速转动，速度应控制在 3r/min~5r/min，并严禁向车内加水。

6.4.4 运输车从开始接料至卸料的时间不宜大于 90min，如需延长运送时间，应采取相应的有效技术措施，并通过试验验证。

6.4.5 卸料前，运输车罐体宜快速旋转 20s 以上方可卸料。

6.4.6 当混凝土自密实性能不能满足要求时，可加入适量的与原配合比相同成分的外加剂，外加剂掺入后搅拌运输车滚筒应快速旋转，外加剂掺量和旋转搅拌时间应通过试验验证。

6.4.7 自密实混凝土的供应速度应保证施工的连续性。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 自密实混凝土施工前应根据工程结构类型和特点、工程量、材料供应情况、施工条件和进度计划等确定施工方案，并对施工作业人员进行针对性交底。

7.1.2 自密实混凝土施工应加强过程监控，并根据监控情况及时调整施工措施。

7.2 模板施工

7.2.1 模板及其支撑设计应符合现行行业标准《建筑施工模板安全技术规范》JGJ162 规定，其中新浇筑混凝土对模板的最大侧压力按 $\gamma_c H$ （液体压力）计算。

7.2.2 模板的支撑立柱应置于坚实的地（基）面上，模板体系应具有足够的承载能力、刚度和稳定性，能可靠地承受浇筑混凝土的自重、侧压力、风荷载及施工荷载。

7.2.3 对外观有严格要求的现浇或预制构件，应严格选择模板的材质和脱模剂种类。

7.2.4 成型的模板应拼装紧密，不得漏浆，并能保证构件尺寸、形状正确：

1 斜坡面混凝土的外斜坡表面应支设模板；

2 混凝土上表面模板应有抗自密实混凝土浮力的措施；

3 浇筑形状复杂或封闭模板空间内混凝土时，应在模板上适当部位设置排气口和浇注观察口。

7.2.5 模板及其支架拆除的顺序及安全措施应按施工技术方案执行。

7.2.6 拆模时间应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 要求，对薄壁、异型等构件宜延长拆模时间。

7.3 浇筑

7.3.1 高温施工时，混凝土入模温度不宜超过 35℃；冬期施工时，混凝土入模温度不宜低于 5℃。

7.3.2 大体积自密实混凝土入模温度宜控制在 30℃以下；混凝土在入模温度基础上的绝热温升值不宜大于 50℃，混凝土的降温速率不宜大于 2.0℃/d。

7.3.3 浇筑时应根据浇筑部位的结构特点及混凝土自密实性能选择适当机具与浇筑方法。

7.3.4 浇筑混凝土时现场应有专人进行监控，当运抵现场的混凝土坍落扩展度低于设计要求下限值时，应采取可靠的方法调整坍落扩展度。在降雨、雪时不宜在露天浇筑混凝土。

7.3.5 泵送施工时，输送泵应符合现行行业标准《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T10 相关规定。泵送轻骨料自密实混凝土所用的轻粗骨料在使用前，宜采用浸水、洒水或加压预湿等措施进行预湿处理。

7.3.6 自密实混凝土泵送和浇筑过程应保持其连续性，减少分层，保持混凝土流动性。

7.3.7 大体积自密实混凝土采用整体分层连续浇筑或推移式连续浇筑时，应缩短间歇时间，

并在前层混凝土初凝之前浇筑次层混凝土，同时应减少分层浇筑的次数。

7.3.8 自密实混凝土浇筑最大水平流动距离应根据施工部位具体要求而定，最大不宜超过 7m。布料点应结合自密实性能选择适宜的间距，必要时可通过试验确定混凝土布料点下料间距。

7.3.9 柱、墙模板内的混凝土浇筑倾落高度应在 5m 以下，当不能满足规定时，应加设串筒、溜管、溜槽等装置。

7.3.10 对于浇筑结构复杂、配筋密集的混凝土构件时，为防止产生浇筑不均匀及表面气泡，可在模板外侧进行辅助敲击。

7.3.11 型钢混凝土结构应均匀对称浇筑，防止扭曲变形。

7.3.12 钢管自密实混凝土结构浇筑应符合下列规定：

1 应按设计要求或在钢管适当位置设置排气孔，排气孔孔径宜为 20mm；

2 混凝土最大倾落高度不宜大于 9m，倾落高度大于 9m 时应采用串筒、溜槽、溜管等辅助装置进行浇筑；

3 混凝土从管底顶升浇筑时应符合下列规定：

1)应在钢管底部设置进料管，进料管应设止流阀门，止流阀门可在顶升浇筑的混凝土达到终凝后拆除；

2)应控制混凝土顶升速度，有效保证混凝土的顶升或停止过程；

3)浇筑完毕 30min 后，应观察管顶混凝土有无回落下沉，若有下沉，则用人工补浇管顶混凝土。

7.3.13 自密实混凝土宜避开高温时段浇筑。当水分蒸发速率过快时，应在施工作业面采取挡风、遮阳等措施。

7.3.14 除上述规定外，其他按普通混凝土有关标准规定执行。

7.4 养护

7.4.1 应综合考虑自密实混凝土性能、现场条件、环境温湿度、构件特点、技术要求、施工操作等因素制定养护方案。

7.4.2 自密实混凝土浇筑完毕，应及时采用覆盖、蓄水、薄膜保湿、喷涂或涂刷养护剂等养护措施，养护时间不得少于 14d。

7.4.3 大体积自密实混凝土养护措施应符合设计要求，当设计无具体要求时，应符合现行国家标准《大体积混凝土施工规范》GB50496 的有关规定。对裂缝有严格要求的部位应再适当延长养护时间。

7.4.4 对于平面结构构件，混凝土浇筑收浆和抹压后，应及时采用塑料薄膜覆盖严密，并保持塑料薄膜内有凝结水。混凝土强度达到 $1.2\text{N}/\text{mm}^2$ 后，用麻袋或草袋覆盖浇水养护，条件许可时宜蓄水养护。

7.4.5 垂直结构构件拆模后，表面宜用麻袋或棉被覆盖并浇水养护，也可涂刷养护剂。

7.4.6 冬期施工不能向裸露部位的自密实混凝土直接浇水养护，应用保温材料和塑料薄膜进

行保温、保湿养护，保温材料的厚度应经热工计算确定。

7.4.7 采用蒸汽养护的预制构件，养护制度应进行试验确定。

8 质量检验与验收

8.1 质量检验

8.1.1 自密实混凝土拌合物除应检验氯离子总含量等普通混凝土检验项目外,还应检验自密实性能指标,检验应符合下列规定:

1 混凝土自密实性能指标检验应包括坍落扩展度和 T_{50} 扩展时间,其它自密实性能指标检验及频率按合同规定进行。

2 出厂坍落扩展度和 T_{50} 扩展时间检验时,同配合比的混凝土检验不应少于 1 次;当一个工作班相同配合比的混凝土不足 50m^3 时,其取样检验不得少于 1 次。

3 交货时的自密实混凝土坍落扩展度和 T_{50} 扩展时间检验频率应与强度检验频率一致。

4 实测坍落扩展度应符合设计要求,混凝土拌合物不得发生外沿泌浆和中心骨料堆积现象。

8.1.2 对掺引气型外加剂的自密实混凝土拌合物应检验其含气量,含气量检验应符合相关标准和合同的规定。

8.1.3 自密实混凝土应进行抗压强度试验,其试件留置方法和数量应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 执行。

8.1.4 对有设计要求耐久性的自密实混凝土,还应检验相关耐久性项目,其试件留置方法和数量应符合现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T193 的规定。

8.1.5 混凝土自密实性能的试验方法应按本规程附录 A 进行,混凝土试件成型方法应按附录 B 进行。拌合物的其它性能试验方法应按现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T50080 的相关规定执行。自密实混凝土的力学性能、长期性能和耐久性能应分别按现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T50081 和《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T50082 相关规定执行。

8.2 检验评定

8.2.1 自密实混凝土强度应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB50107 的规定分批检验评定,并应满足设计要求。

8.2.2 自密实混凝土耐久性能应按现行国家标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T193 的规定检验评定,并应满足设计要求。

8.3 工程验收

8.3.1 自密实混凝土验收应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的规定执行。

附录 A 新拌自密实混凝土自密实性能测试方法

A.1 自密实混凝土坍落扩展度和 T_{50} 试验方法

A.1.1 本方法用于测量新拌自密实混凝土的填充性能。

A.1.2 仪器应符合下列要求：

1 混凝土坍落度筒应符合现行行业标准《混凝土坍落度仪》JG 3021 相关规定。

2 底板应为硬质不吸水的光滑正方形平板，边长为 1000mm，最大挠度不超过 3mm。在平板表面标出坍落度筒的中心位置和直径分别为 500mm、600mm、700mm、800mm 及 900mm 的同心圆，见图 A.1.2。

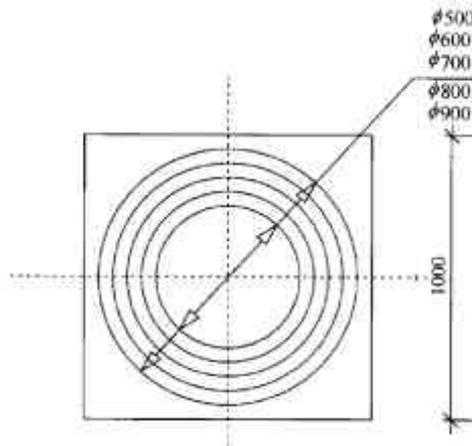


图 A.1.2 底板

3 铲子、抹刀、钢尺（精度 1mm）、秒表、盛料容器等辅助工具。

A.1.3 试验步骤应符合下列规定：

1 润湿底板和坍落度筒，在坍落度筒内壁和底板上应无明水；底板应放置在坚实的水平面上，并把筒放在底板中心，然后用脚踩住两边的脚踏板，坍落度筒在装料时应保持在固定的位置。

2 在新拌混凝土试样不产生离析的状态下，将其填入坍落度筒内，利用盛料容器使内盛的混凝土拌合物均匀流出，不分层一次填充至满，自开始入料至填充结束应在 1.5min 内完成，且不施以任何捣实或振动。

3 用刮刀刮除坍落度筒中已填充混凝土顶部的余料，使其与坍落度筒的上缘齐平后，即将坍落度筒沿铅直方向匀速地向上提起 30cm 的高度，提起时间宜控制在 3s 左右。待混凝土的停止流动后，测量展开圆形的最大直径，以及与最大直径呈垂直方向的直径，测定直径时量测一次即可。自坍落度筒提起至测量拌合物扩展直径结束应控制在 40s 内完成。

4 测定扩展度达 500mm 的时间 T_{50} 时，应自坍落度筒提起时开始，至扩展开的混凝土外缘初触平板上所绘直径 500mm 的圆周为止，以秒表测定时间，精确至 0.1s。

A.1.4 混凝土的扩展度为混凝土拌合物坍落扩展终止后扩展面相互垂直的两个直径的平均值，应精确至 5mm。

A.1.5 观察最终坍落后的混凝土状况，如发现粗骨料在中央堆积或最终扩展后的混凝土边缘有较多水泥浆析出，表示此混凝土拌合物抗离析性不好，应予记录。

A.2 自密实混凝土 J-环扩展度试验方法

A.2.1 本方法适用于测试新拌自密实混凝土的间隙通过性。

A.2.2 仪器应符合下列要求：

1 J-环应由钢或不锈钢制得，并由 16 个直径为 16mm 的圆钢组成的仪器，其尺寸应符合图 A.2.2 要求。

2 混凝土坍落度筒应符合现行行业标准《混凝土坍落度仪》JG 3021 中相关技术规定的规定。

3 底板应为硬质不吸水的光滑正方形平板，边长为 1000mm，最大挠度不超过 3mm。

4 铲子、抹刀、钢尺（精度 1mm）、盛料容器辅助工具。

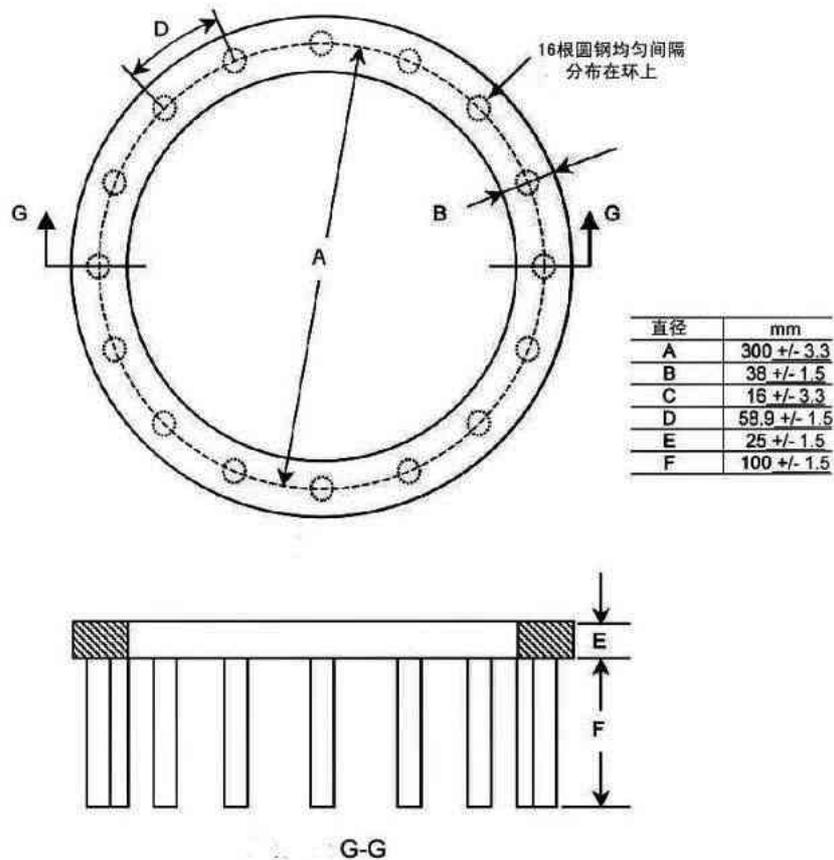


图 A.2.2 J-环的形状和尺寸

A.2.3 试验步骤应符合下列规定：

1 润湿底板、J-环和坍落度筒，在坍落度筒内壁和底板上应无明水；底板应放置在坚实的水平面上，并把 J-环放在底板中心。

2 将坍落度筒倒置在底板中心，并与 J-环同心。然后，将混凝土不分层一次填充至满。

3 用抹刀刮除坍落度筒顶部的余料，使其与坍落度筒的上缘齐平后。刮除底板上坍落度筒周围的多余混凝土，以防止影响到自密实混凝土流动。随即将坍落度筒沿铅直方向连续地向上提起 229mm±76mm 左右的高度，提起时间宜控制在 3s±1s 左右。自开始入料至提起坍落度筒应在 2.5min 内完成。

4 待混凝土的流动停止后，测量展开圆形的最大直径 (d_1)，以及与最大直径呈垂直方向的直径 (d_2)，J-环扩展度按下式计算：

$$\text{J-环扩展度} = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

5 自密实混凝土间隙通过性性能指标 (PA) 根据附录 A.1 “自密实混凝土坍落扩展度和 T_{50} 试验方法” 的测试混凝土坍落扩展度，并按下式计算：

$$PA = \text{坍落扩展度} - \text{J-环扩展度}$$

6 目视检查 J-环加筋杆附近是否有骨料堵塞的现象。

A.3 自密实混凝土抗离析性试验方法

A.3.1 本方法适用于测试新拌自密实混凝土抗离析性能。

A.3.2 仪器应符合下列要求：

- 1 称——称量 10kg，感量 5g；
- 2 试验筛——5mm 方孔直径的 350mm 标准筛及托盘各一个；
- 3 盛料器——10L 盛料器，应图 A.3.2 相关要求；

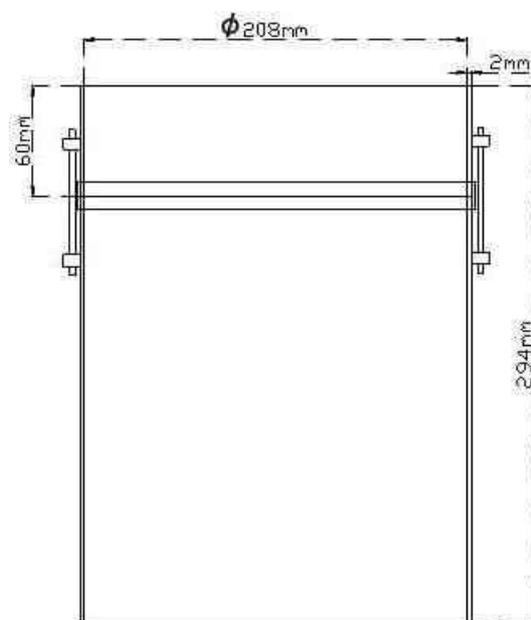


图 A.3.2 盛料器形状和尺寸

5 辅助工具——铲子，塑料桶，勺子，橡胶手套等。

A.3.3 试验步骤应符合下列规定：

- 1 取 10L±0.5L 混凝土置于盛料器中，放罢在水平位置上，静置 15min±0.5min。
- 2 先将标准筛放在托盘上并一起放在称上去皮，然后将容量筒上部混凝土 4.8kg±0.2 kg 移出，倒入方孔筛，称量倒入标准筛中混凝土的质量 m_0 。
- 3 静置 120s±5s 后，先把筛及筛上的混凝土移走，称量筛孔流到托盘上的浆体质量 m_1 。
- 4 用浆体通过标准筛量反映混凝土离析性。

A.3.4 混凝土拌合物浮浆百分比 (SR) 应按下式计算：

$$SR = \frac{m_1}{m_0} \times 100\%$$

式中： SR ——浮浆百分比 (%)；

m_1 ——通过标准筛的水泥浆质量 (g)；

m_0 ——倒入标准筛混凝土的质量 (g)。

A. 4 拌合物稳定性跳桌试验方法

A.4.1 本方法适用于测试新拌自密实混凝土拌合物稳定性。

A.4.2 仪器应符合下列要求：

1 拌合物稳定性检测筒由硬质、光滑、平整的金属板制成，检测筒内径为 115mm，外径为 135mm，分三节，每节高度均为 100mm，并用活动扣件固定，见图 A.4.2。

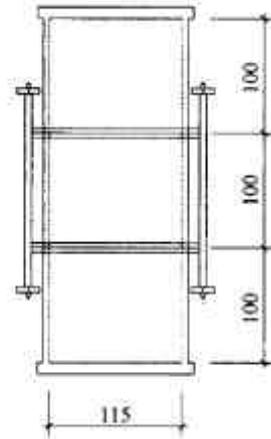


图 A. 4. 2 稳定性检测筒尺寸

2 跳桌（振幅为 25mm ± 2mm）、抹刀、5mm 筛子、台秤、天平、海绵和料斗等辅助工具。

A.4.3 试验步骤应符合下列规定：

- 1 首先将自密实混凝土拌合物用料斗装入稳定性检测筒内，平至料斗口，垂直移走料斗，静置 1 min，用抹刀将多余的拌合物除去并抹平，要轻抹，不允许压抹。
- 2 将稳定性检测筒放置在跳桌上，每秒钟转动一次摇柄，使跳桌跳动 25 次。

3 分节拆除稳定性检测筒，并将每节筒内拌合物装入孔径为 5mm 的圆孔筛子中，用清水冲洗拌合物，筛除浆体和细骨料，将剩余的粗骨料用海绵拭干表面的水分，用天平称其质量，精确到 1g，分别得到上、中、下三段拌合物中粗骨料的湿重： m_1 、 m_2 和 m_3 。

A.4.4 粗骨料振动离析率应按下列式计算：

$$f_m = \frac{m_3 - m_1}{\bar{m}} \times 100\%$$

式中： f_m ——粗骨料振动离析率（%）；

\bar{m} ——三段混凝土拌合物中湿骨料质量的平均值（g）；

m_1 ——上段混凝土拌合物中湿骨料的质量（g）；

m_3 ——下段混凝土拌合物中湿骨料的质量（g）。

附录 B 自密实混凝土试件成型方法

B.0.1 本方法适用于自密实混凝土拌合物性能及力学性能、长期性和耐久性试件成型试验装料。

B.0.2 仪器应符合下列要求：

- 1 试模应符合国家现行相关标准的规定；
- 2 根据需要准备盛料容器；
- 3 配备铲子、抹刀、橡胶手套等其它辅助工具。

B.0.3 混凝土试件的制作应符合下列要求：

1 成型前，应检查试模尺寸，并对试模表面涂一薄层矿物油或其他不与混凝土发生反应的脱模剂。

2 在试验室拌制混凝土时，其材料用量应以质量计，称量的精度：水泥、掺合料、水和外加剂为 $\pm 0.5\%$ ；骨料为 $\pm 1\%$ 。

B.0.4 取样应按现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB50080 中的相关规定，对新拌自密实混凝土进行取样，并装入盛料器里。

B.0.5 试验成型应符合下列要求：

1 取样或试验室拌制的自密实混凝土应在拌制后尽短的时间内成型，一般不宜超过15min。

2 取样或拌制好的混凝土拌合物应至少用铁锹再来回拌三次，装入盛料器里。

3 将混凝土拌合物不分层一次装入试模，装料时宜用抹刀沿各试模壁插捣，并使混凝土拌合物高出试模口。

注：自密实混凝土成型时不应使用振动台或插捣方法成型。

4 刮除试模上口多余的混凝土并用抹刀抹平。

本规程用词说明

- 1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对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：
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：
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：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的 采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

1. 《混凝土强度检验评定标准》GB50107
2. 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T50080
3. 《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T50081
4. 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T50082
5. 《混凝土外加剂应用技术规范》GB50119
6. 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204
7. 《大体积混凝土施工规范》GB50496
8. 《通用硅酸盐水泥》GB175
9. 《混凝土外加剂》GB8076
10. 《混凝土膨胀剂》GB23439
11. 《预拌混凝土》GB/T14902
12. 《轻集料及其试验方法第1部分：轻集料》GB/T 17431.1
13. 《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T10
14. 《轻骨料混凝土技术规程》JGJ51
15. 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ52
16. 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55
17. 《混凝土用水标准》JGJ63
18. 《建筑施工模板安全技术规范》JGJ162
19. 《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ / T193
20. 《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T221

中华人民共和国行业标准

自密实混凝土应用技术规程

JGJ XXXX—20XX

条文说明

制订说明

《自密实混凝土应用技术规程》(JGJ XXX—XXXX), 经住房和城乡建设部 20XX 年 XX 月 XX 日以第 XX 号公告批准发布。

本标准制订过程中, 编制组进行了广泛而深入的调查研究, 总结了我国工程建设中自密实混凝土工程应用的实践经验, 同时参考了国外先进技术法规、技术标准, 通过试验取得了自密实混凝土应用的重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定, 《自密实混凝土应用技术规范》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明, 对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明, 还着重对强制条文的强制性理由做了解释。但是, 本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力, 仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 总则	- 1 -
2 术语和符号.....	32
2.1 术语.....	32
3 材料	33
3.1 胶凝材料.....	33
3.2 骨料.....	33
3.3 外加剂.....	37
3.4 拌合用水.....	38
3.5 其它.....	38
4 混凝土性能.....	39
4.1 混凝土拌合物性能.....	39
4.2 硬化混凝土的性能.....	40
5 混凝土配合比设计.....	41
5.1 一般规定.....	41
5.2 混凝土配合比设计.....	41
6 混凝土的制备与运输.....	45
6.1 一般规定.....	45
6.2 原材料检验与贮存.....	45
6.3 生产与计量.....	45
6.4 运输.....	45
7 施工	46
7.1 一般规定.....	46
7.2 模板施工.....	46
7.3 浇筑.....	46
7.4 养护.....	47

1 总则

1.0.1 近年来自密实混凝土在工程中的应用越来越多,但尚无专门的自密实混凝土应用技术的行业标准或者国家标准指导自密实混凝土的生产和应用,无法为自密实混凝土在建筑工程中的广泛应用提供技术依据。因此,制定本规程是非常必要。

1.0.2 本条主要是明确自密实混凝土适用范围。自密实混凝土适用于现场浇筑的自密实混凝土工程和生产预制自密实混凝土构件,尤其适用于浇筑量大、振捣困难的结构以及对施工进度、噪音有特殊要求的工程。

1.0.3 本条规定了本规程与其它标准、规范的关系。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1~2.1.2 强调自密实混凝土的特点。

2.1.3 根据《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55 对胶凝材料的定义。

2.1.4 本条对扩展时间进行定义。

2.1.5 本条根据美国 ASTM 标准《Standard Test Method for Passing Ability of Self-Consolidating Concrete by J-Ring》C1621/C1621M-09b 对 J-环扩展度的定义。

2.1.6 本条根据欧洲自密实混凝土指南《The European Guidelines for Self-Compacting Concrete—Specification, Production and Use》对浮浆百分比的定义。

3 材料

3.1 胶凝材料

3.1.1 本条规定了自密实混凝土所用的水泥品种。当有特殊要求时，可根据设计、施工要求以及工程所处环境确定。自密实混凝土宜选用通用硅酸盐水泥，不宜采用铝酸盐水泥、硫铝酸盐水泥等凝结时间短、流动性经时损失大的水泥。

3.1.2 自密实混凝土可掺入粉煤灰、磨细矿渣粉、硅粉等矿物掺合料，并应符合相关矿物掺合料应用技术规范以及相关标准的要求。不同的矿物掺合料对混凝土工作性和物理力学性能、耐久性所产生的作用既有共性，又不完全相同。因此，应依据混凝土所处环境、设计要求、施工工艺要求等因素，经试验确定矿物掺合料种类及用量。当使用磨细矿化碳酸钙、石英粉等其它掺合料时，应考虑掺合料的粒径分布、形状和需水量，减少对混凝土拌合物需水量/敏感度的影响，并通过实验验证，方可使用。

3.2 骨料

3.2.1 在满足自密实混凝土性能的前提下，可根据优质、经济、就地取材的原则选择天然骨料、人工骨料或两者混合使用来制备自密实混凝土。粗骨料最大粒径对自密实混凝土工作性能影响较大，根据国内外标准相关规定和工程实际经验，粗骨料最大粒径不宜超过 20mm。欧洲《自密实混凝土规范和指南》中对配筋密集、形状复杂的结构或有特殊要求的工程，要求自密实混凝土坍落扩展度在 750mm~850mm 或 850mm 以上，粗骨料的粒径不宜大于 16mm。

粗骨料中针片状颗粒含量对自密实混凝土间隙通过性影响较大，将增加拌合物的流动阻力，同时，对混凝土强度等性能也存在不利影响。《自密实混凝土应用技术规程》CECS203:2006 规定粗骨料中针、片状含量不宜超过 8%；而《自密实混凝土设计与施工指南》CCES02-2004 规定粗骨料中针、片状含量不宜超过 10%。因此，编制组开展了关于针片状颗粒对自密实混凝土自密实性能相关性的主要试验研究结果见表 3-1 和表 3-2。

表 3-1 验证实验混凝土基准配合比

系列	强度	每立方混凝土材料用量 (kg/m ³)						
		水	水泥	矿粉	粉煤灰	砂子	石子	外加剂
BZA	C60	163	316	132	79	805	880	1.24%
BZB	C60	164	318	106	106	817	853	1.22%
BZC	C30	166	207	46	207	805	880	0.9%

表 3-2 验证实验自密实混凝土测试结果

编号	石子针片状含量含量 (%)	坍落扩展度 (mm)	J-环扩展度 (mm)	J-环扩展度与坍落扩展度差值 (mm)	T ₅₀ (s)	离析性百分比 (%)	7d 抗压 MPa	28d 抗压 MPa	拌合物中粗骨料堆积现象
----	---------------	------------	-------------	---------------------	---------------------	------------	-----------	------------	-------------

BZA-1	6	760	760	0	1.75	17.93	36.3	50.8	
BZA-2	7	755	745	10	2.1	12.70	40.3	56	
BZA-3	8	755	750	5	1.82	18.11	38.5	52.3	
BZA-4	9	760	750	10	2.33	16.39	42.6	57.5	
BZA-5	10	770	735	35	1.87	20.14	45.3	55.8	轻微
BZC-1	5	655	650	5	3.35	3.52	21.6	31.7	
BZC-2	6	650	640	10	2.9	4.40	22.9	32.5	
BZC-3	7	680	670	10	3.92	8.01	26.6	37.5	
BZC-4	8	725	690	35	2.45	15.59	20.2	30.1	轻微
BZC-5	9	657.5	645	22.5	3.49	5.86	29.4	44	
BZB-11	6	667.5	662.5	5	3.56	6.56	43.7	53.97	
BZB-12	7	660	655	5	2.78	5.19	46.4	60.48	
BZB-13	8	650	640	10	4.43	4.76	40.12	53.67	
BZB-14	9	700	625	65	2.11	13.6	41.26	55.56	严重
BZB-15	10	665	630	35	3.87	2.1	39	51.89	轻微

由表 3.2-1 和表 3.2-2 可看出，当胶凝材料用量较多时，粗骨料的针、片状颗粒含量控制在 8% 以下，混凝土拌合物性能易满足相关要求；当胶凝材料用量较低时，粗骨料的针、片状颗粒含量过高，易造成拌合物粗骨料堆积，混凝土拌合物间隙通过性下降。结合试验验证结果，本规程确定粗骨料针、片状颗粒含量上限值为 8%。

粗骨料含泥量、泥块含量等性能指标对自密实混凝土性能也有较大影响，本规程按《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ52-2006 相关要求严格取值，规定含泥量、泥块含量应小于 1.0%、0.5%。

3.2.2 轻粗骨料吸水率的大小，不仅影响轻骨料混凝土的性能，还将影响正常泵送施工。根据国内相关研究情况，编制组开展了关于轻骨料吸水率对自密实混凝土自密实性能相关性试验，研究结果见表 3-3 和表 3-4。

表 3-3 试验采用轻粗骨料性能指标

种类	密度等级	最大粒径(mm)	筒压强度(MPa)	24h 吸水率 (%)
圆形海泥陶粒	1000	≤16	6.733	11.31
椭圆形陶粒	900	≤20	6.421	12.22
圆形淤泥陶粒	1100	≤16	7.653	18.9
碎石形页岩陶粒	900	≤20	9.46	7.385

表 3-4 试验混凝土基准配合比

种类	编号	每立方混凝土材料用量 (kg/m ³)							陶粒预湿时间
		水	水泥	粉煤灰	矿粉	砂子	陶粒	外加剂	
圆形淤泥陶粒	LSCC-1	174	338	145	0	793	560	5.55	0

圆形淤泥陶粒	LSCC-2	174	338	145	0	793	560	5.55	0.5
圆形淤泥陶粒	LSCC-3	174	338	145	0	793	560	5.55	1
圆形淤泥陶粒	LSCC-4	175	360	103	51	805	543	6.2	2
椭圆形陶粒	LSCC-5	174	330	167	0	796	593	5.72	0
椭圆形陶粒	LSCC-6	174	330	167	0	796	593	5.72	0.5
椭圆形陶粒	LSCC-7	186	510	22	0	796	593	6.12	1
椭圆形陶粒	LSCC-8	179	410	103	0	796	593	5.90	2
圆形海泥陶粒	LSCC-9	175	360	103	51	805	504	8.11	0
圆形海泥陶粒	LSCC-10	175	360	103	51	805	504	5.45	1
圆形海泥陶粒	LSCC-11	170	349	100	50	781	592	6.00	0.5
圆形海泥陶粒	LSCC-12	158	296	182	0	769	551	6.2	2
碎石形页岩陶粒	LSCC-13	175	360	103	51	805	557	5.45	0.5

表 3-5 试验测试结果

编号	扩展度 (mm)	J 环扩展度 (mm)	T ₅₀ 时间 (s)	浮浆百分比 (%)	1h 扩展度 /mm	1h 扩展度 损失 百分比 (%)	备注 (配 25L 混凝土)
LSCC-1	690	660	2.08	3.92	455	34.06	多加 1.67kg 水, 33.3g 外加剂
LSCC-2	630	640	2.86	14.97	485	31.75	
LSCC-3	670	660	2.27	16.39	465	30.60	
LSCC-4	680	680	3.22	13.34	505	26.47	
LSCC-5	690	685	3.13	1.07	545	21.88	多加 0.371kg 水, 50g 外加剂
LSCC-6	635	605	3.87	1.22	535	20.47	多加 18.3g 外加剂
LSCC-7	675	685	4.94	4.36	565	15.04	
LSCC-8	660	650	4.14	2.20	590	10.61	
LSCC-9	620	615	7.03	2.94	565	15.67	多加 40g 外加剂
LSCC-10	640	635	2.25	7.64	605	10.94	
LSCC-11	600	605	4.34	2.92	550	8.33	
LSCC-12	630	630	5.13	2.91	630	4.76	
LSCC-13	590	570	3.77	0.23	565	4.23	

由表 3-4 和表 3-5 试验结果可看出, 陶粒的吸水率过大, 导致拌合物坍落扩展度损失过快, 影响到自密实混凝土自密实性能。结合《轻骨料混凝土技术规程》JGJ 51-2002 相关规定以及国内相关研究文献, 因此, 本规程规定轻粗骨料 24h 吸水率宜不大于 10%。当 24h 吸水率大于 10%时, 应通过试验验证, 确保满足可泵送施工要求。

当采用密度等级过低的轻骨料配制自密实混凝土时, 混凝土拌合物易产生离析, 因此, 本规程规定轻粗骨料密度等级不宜低于 700 级。轻骨料最大粒径、粒型系数按行业标准《轻骨料混凝土技术规程》JGJ 51-2002 相关要求严格取值, 规定最大粒径不大于 16mm、粒型系数不大于 2.0。

3.2.3 本条规定自密实混凝土所用细骨料宜选用中砂。砂的含泥量、泥块对自密实混凝土自密实性能影响较大, 故本规程规定天然砂的含泥量、泥块含量不大于 3.0%、1.0%。

通过参考国内行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52-2006 和《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T 241-2011 对人工砂中石粉含量的规定（见表 3-6 和表 3-7），编制组对人工砂石粉含量开展验证试验。

表 3-6 建设部行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52-2006

混凝土强度等级		≥C60	C55~C30	≤C25
石粉含量 (%)	MB<1.4	≤5.0	≤7.0	≤10.0
	MB≥1.4	≤2.0	≤3.0	≤5.0

表 3-7 《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T 241-2011

项 目		指 标		
		≥C60	C55~C30	≤C25
石粉含量 (%)	MB<1.4 (合格)	≤5.0	≤7.0	≤10.0
	MB≥1.4 (不合格)	≤2.0	≤3.0	≤5.0

编制组以胶凝材料用量、石粉含量、人工砂 MB 值为主要影响因素，开展人工砂石粉、MB 值对自密实混凝土自密实性能影响试验，试验方案见表 3-8、表 3-9 和表 3-10。编制组通过清洗人工砂、石粉含量来控制人工砂 MB 值。

表 3-8 人工砂的 MB 测试结果

编号	人工砂	石粉 (%)	亚甲基蓝 (ml)	MB 值
1	未洗	2	20	1
2	未洗	3	20	1
3	未洗	5	25	1.25
4	洗过	7	10	0.5
5	洗过	12	15	0.75
7	洗过	15	15	0.75

表 3-9 人工砂自密实混凝土验证试验基准配合比

强度	每立方混凝土材料用量 (kg/m ³)						
	水	水泥	矿粉	粉煤灰	人工砂	石子	外加剂
C60	166	305	107	123	798	853	1.25%
C55	168	280	50	170	818	854	1.23%
C25	179	192	48	240	830	880	0.92%

表 3-10 人工砂自密实混凝土验证试验方案

编号	强度	人工砂石粉含量 (%)	人工砂 MB 值	编号	强度	人工砂石粉含量 (%)	人工砂 MB 值
BZYA-1	C25	10	<1	BZYP-1	25	4	≥1
BZYA-2	C25	12	<1	BZYP-2	25	5	≥1

BZYA-3	C25	15	<1	BZYB-3	25	6	≥1
BZYA-4	C55	8	<1	BZYB-4	55	2	≥1
BZYA-5	C55	10	<1	BZYB-5	55	3	≥1
BZYA-6	C55	12	<1	BZYB-6	55	4	≥1
BZYA-7	C60	6	<1	BZYB-7	60	1	≥1
BZYA-8	C60	7	<1	BZYB-8	60	2	≥1
BZYA-9	C60	8	<1	BZYB-9	60	3	≥1

表 3-11 洗过人工砂的自密实混凝土验证试验结果

编号	石粉含量 (%)	坍落扩展度(mm)	J-环扩展度(mm)	J-环扩展度与坍落扩展度差值(mm)	T ₅₀ (s)	7d 抗压 (MPa)	28d 抗压 (MPa)	和易性
BZYA-1	10	675	670	5	2.93	22.9	32.2	良好
BZYA-2	12	658	650	8	2.71	25	37.8	良好
BZYA-3	15	675	665	10	2.86	19.3	30.9	良好
BZYA-4	8	605	605	0	1.98	35.4	50.9	良好
BZYA-5	10	643	635	8	5.02	36.8	49.6	稍粘
BZYA-6	12	643	635	8	8.84	39.9	51.3	较粘
BZYA-7	6	705	705	0	2.37	40.2	57.1	良好
BZYA-8	7	680	670	10	4.56	42.6	52.2	良好
BZYA-9	8	660	650	10	6.67	50.2	57.8	稍粘

由表 3-10 和表 3-11 可知, 当人工砂 MB<1 时, 人工砂中石粉含量可控制在 7%、10%、15%以内, 所配制 C60、C55、C25 人工砂自密实混凝土具有良好的和易性。

表 3-12 未洗过人工砂的自密实混凝土验证试验结果

编号	石粉含量 (%)	坍落扩展度(mm)	J-环扩展度(mm)	J-环扩展度与坍落扩展度差值(mm)	T ₅₀ (s)	7d 抗压 (MPa)	28d 抗压 (MPa)	状态
BZYB-1	4	660	650	10	3.14	25.8	34.9	良好
BZYB-2	5	650	640	10	2.67	22.7	31.2	良好
BZYB-3	6	620	620	0	4.9	24.6	33.8	稍粘
BZYB-4	2	605	605	0	2.78	33.3	47.8	良好
BZYB-5	3	645	635	10	3.25	38.2	49.7	良好
BZYB-6	4	640	635	5	4.49	38.3	48.6	稍粘
BZYB-7	1	685	682.5	0	3.55	45.4	57.7	良好
BZYB-8	2	690	680	10	3.28	42.4	55.1	良好
BZYB-9	3	690	680	5	5.77	49.7	56	稍粘

由表 3-10 和表 3-12 可知, 在人工砂 MB 值≥1.0 时, 石粉含量对自密实混凝土拌合物粘聚性影响较明显, 石粉用量过大将会使混凝土拌合物过粘, 混凝土流动性降低, 影响到自密实混凝土自密实性能。

因此，本规程按行业标准《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T 241-2011 中相关要求，规定人工砂石粉含量按强度等级选择石粉含量。根据《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T 241-2011 关于人工砂 MB 值和石粉含量的相关性试验，研究表明：若将 MB 值降低至 1.0 时，石粉中以粉为主，含泥量低，即使石粉含量达到 15%，人工砂的含泥量仍控制在现行行业规范规定的限额内。结合以上验证试验结果，本规程规定当人工砂 $MB \leq 1.0$ 时，配制 C25 及以下混凝土时，经试验验证能确保混凝土质量后，其石粉含量可放宽到 15%。

3.3 外加剂

3.3.1 本条规定制备自密实混凝土所用外加剂的种类。为获得外加剂最佳的性能，需考虑胶凝材料的物理与化学特性，如细度、碳含量、碱含量和 C_3A 等因素对外加剂产生的影响。聚羧酸系高性能减水剂具有掺量低、减水率高、混凝土强度增长快、混凝土拌合物坍落度损失小、拌合物粘滞阻力小等优点，而且相比于其他类型的高效减水剂，聚羧酸系高性能减水剂还具有引气功能，可以明显改善混凝土的收缩性能，并在一定程度上弥补自密实混凝土收缩较大的缺陷。所以，聚羧酸系高性能减水剂十分适用于配制自密实混凝土，尤其是在配制高强自密实混凝土方面表现出更加明显的性能优势。

3.3.2 为了使拌合物在高流动性条件下获得良好的粘聚性而不离析，自密实混凝土中可采用增粘剂或降粘剂等其它外加剂，改善混凝土拌合物的和易性，但需通过试验进行验证。

3.3.3 为补偿自密实混凝土收缩，自密实混凝土中可掺入适量的膨胀剂，其掺量应通过试验确定，其性能应符合现行国家标准《混凝土膨胀剂》GB23439 中的相关规定。

3.4 拌合用水

3.4.1 本条规定自密实混凝土的拌合用水与普通混凝土一样，应按现行行业标准《混凝土拌合用水标准》JGJ63 的规定执行。

3.5 其它

3.5.1 纤维在自密实混凝土和普通混凝土中的作用相同，其性能指标应符合行业标准《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T221 中的相关规定。加入纤维一般会降低拌合物的流动性，具体掺量需要通过试验确定。

4 自密实混凝土的性能

4.1 自密实混凝土拌合物性能

4.1.1 与普通混凝土相比，自密实混凝土特有的性能要求为自密实性能，其它性能参照普通混凝土的相关标准要求。

4.1.2 本条规定自密实混凝土性能设计时，应根据工程结构特点、施工条件及环境条件进行调研及分析，自密实混凝土性能应该满足工程应用要求。

4.1.3 编制组通过收集日本、英国、欧洲、美国等国家制定相应的标准规范，并列出了各标准自密实性能指标及相应的测试方法，见表 4-1~表 4-3。

表 4-1 国内外自密实混凝土标准汇编

标准名称	编制时间	编制机构
JSCE-D101 高流動化コンクリート施工指針	1997	日本土木学会
JASS 5T-402 流動化コンクリート指針	2004	日本建築学会
高流動(自己充填) コンクリート製造マニュアル	1997	日本预拌混凝土联合会
Specification and Guidelines For Self-Compacting Concrete 欧洲自密实混凝土规程	2002	EFNARC
European Self-Compacting Concrete Guidelines 欧洲自密实混凝土应用指南	2005	EFNARC、BIBM、 ERMCO、EFCA、 CEMBUREAU
ASTM C 1610/C1610Ma-2006 Standard Test Method for Static Segregation of Self-Consolidating Concrete Using Column Technique	2006	美国试验与材料协会
ASTM C1621/C1621M - 09b Standard Test Method for Passing Ability of Self-Consolidating Concrete by J-Ring.	2009	美国试验与材料协会
ASTM C 1611/C 1611M - 05 Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete.	2005	美国试验与材料协会
BS EN206-9-2010 Additional Rules for Self-compacting Concrete (SCC)	2010	英国标准学会
CCES 02-2004 自密实混凝土设计与施工指南	2004	中国土木学会
CECS203-2006 自密实混凝土应用技术规程	2006	中国工程建设标准化协会
DBJ13-55-2004 自密实高性能混凝土技术规程	2004	福建省建设厅
DB29-197-2010 自密实混凝土应用技术规程	2008	天津市建设厅
DBJ04-254-2007 高流态自密实混凝土应用技术规程	2007	山西省建设厅
CNS 14840 A3398 自充填混凝土障礙通過性試驗法(U形或箱形法)	1993	台湾标准
CNS 14841 A3399 自充填混凝土流下性試驗法(漏斗法)	1993	台湾标准
CNS 14842 A3400 高流動性混凝土坍流度試驗法	1993	台湾标准

表 4-2 不同标准自密实性能指标

英国标准	日本标准	欧洲指南	欧洲规程	中国标准化协会标准	中国土木学会指南	台湾标准
坍落扩展度	U型槽填充	流动性/填充	填充性	填充性	填充性	U型槽填充

	高度	性				高度
粘聚性	流动性	粘聚性	间隙通过性	流动性	间隙通过性	流动性
间隙通过性	抗离析性	间隙通过性	抗离析性	抗离析性	抗离析性	抗离析性
抗离析性		抗离析性				

表 4-3 不同标准自密实混凝土自密实性能测试方法

标准	测试方法
英国标准	坍落扩展度、 T_{50} 、V 型漏斗、L 型仪、J 型环、筛析法
日本标准	坍落扩展度、U 型仪、V 型漏斗、 T_{500}
欧洲规程	坍落扩展度、 T_{50} 、V 型漏斗、J-环、Orimet 漏斗、L 型仪、U 型仪、填充箱、GMT 法
欧洲指南	坍落扩展度、方筒箱、 T_{500} 、V 型漏斗、O 型漏斗、Orimet 漏斗、L 型仪、U 型仪、J 型环、筛析法、针入度、静态沉降柱等
美国标准	坍落扩展度、 T_{500} 、J-环、静态沉降柱
中国标准化协会标准	坍落扩展度、U 型仪、V 型漏斗、 T_{50}
中国土木学会指南	坍落扩展度、 T_{500} 、L 型仪、U 型仪、拌合物跳试试验
台湾标准	坍落扩展度、U 型仪、V 型漏斗、 T_{50}

由表 4-2 可看出，混凝土自密实性能主要通过流动性、填充性、间隙通过性、抗离析性来表征。自密实性能指标相应表征方法也主要以坍落扩展度、 T_{500} 、J-环、L 型仪、U 型仪、筛析法和拌合物跳试试验为主。在参考国内外文献、相关标准及试验验证，并考虑测试方法可操作性、准确性，本规程规定自密实混凝土自密实性能包括填充性、间隙通过性和抗离析，并通过坍落扩展度、 T_{50} 、J-环、筛析法和拌合物跳桌试验进行测试；混凝土填充性须采用坍落扩展度试验和 T_{50} 试验共同表征，间隙通过性可通过 J-环扩展试验进行检测，抗离析性可采用筛析试验或跳桌试验来表征。

4.1.4 自密实混凝土应根据工程应用特点着重对其中一项或者几项指标作主要要求，一般不需要每个指标都达到最高要求。填充性是自密实混凝土的必控指标，间隙通过性和抗离析性可根据建（构）筑物的结构特点和施工要求进行选择。根据欧洲标准《European Self-Compacting Concrete Guidelines》对各自实性能指标适用范围的规定，本规程规定了自密实混凝土自密实性能的性能等级及适用范围。

4.2 硬化自密实混凝土的性能

4.2.1 自密实混凝土硬化后的其它性能和普通混凝土的要求一样，可以参照普通混凝土的检验方法进行验证。

5 混凝土配合比设计

5.1 一般规定

5.1.1 本条规定了自密实混凝土配合比设计的基本要求。

5.1.2 混凝土的配合比一般可采用假定表观密度法和绝对体积法进行设计。目前，国内外自密实混凝土相关标准主要采用绝对体积法进行设计，同时，采用绝对体积法可避免因胶凝组分密度不同引起的计算误差，因此，本规程规定自密实混凝土配合比设计宜采用绝对体积法。大量工程实践表明，为使自密实混凝土具有良好的施工性能和优异的硬化后的性能，自密实混凝土的水胶比选择不宜过大，一般不宜大于 0.42；胶凝材料用量宜控制在 $450\text{kg/m}^3\sim 550\text{kg/m}^3$ 之间。

5.1.3 增加胶凝材料用量和选用高性能减水剂有利于浆体充分包裹粗细骨料颗粒，使骨料悬浮于浆体中，达到自密实性能。对于低强度等级的混凝土，由于其水胶比较大，浆体粘度较小，仅靠增加单位体积浆体量不能满足工作性要求，特别是难以满足抗离析性能要求，可通过掺加增粘剂予以改善，但增粘剂的使用应通过试验确定。

5.1.4 钢管自密实混凝土结构要求浇注硬化后的自密实混凝土与钢管壁之间结合紧密，以便共同工作，因此要求采取降低自密实混凝土收缩变形的措施。

5.2 混凝土配合比设计

5.2.1 初始配合比设计应符合下列要求

1 确定了拌合物中的粗骨料体积、砂浆中砂的体积、水胶比、胶凝材料中矿物掺合料用量，也就确定了混凝土中各种原材料的用量。鉴于骨料对自密实混凝土自密实性的重要影响，因此在配合比设计中特别给出粗细骨料参数；尽管国外在自密实混凝土配合比设计中给出了水粉比参数，但考虑我国传统混凝土配合比设计常采用水胶比参数；同时，已有标准中给出的水粉比范围较窄（如欧洲自密实规程为水粉体积比 0.85~1.10），而且还需根据不同胶凝材料的表观密度进行换算。故此考虑实用性和有效性，本规程沿用水胶比的概念，并给出了水胶比的上限值 0.42。

2 在其他条件一定的情况下，粗骨料的体积是影响拌合物和易性的重要因素。大量研究表明， 1m^3 混凝土中粗骨料体积宜控制在 $0.28\text{m}^3\sim 0.35\text{m}^3$ 。过小则混凝土弹性模量等力学性能显著降低，过大则拌合物的工作性显著降低，不能满足自密实性能的要求。

3 粗骨料和砂浆共同组成了自密实混凝土，因此确定了粗骨料体积就可得到单方自密实混凝土中的砂浆体积。

4 砂浆中砂的体积分数显著影响砂浆的稠度，从而影响自密实混凝土拌合物的和易性。大量试验研究表明，自密实混凝土的砂浆中砂的体积分数在 0.42~0.45 之间较为适宜，过大则混凝土的工作性和强度降低，过小则混凝土收缩较大，体积稳定性不良。使用其它类型的砂，其最佳砂率应由试验确定。

7 为改善混凝土自密实性能、水化温升特性、强度及收缩等性能，须掺入适当比例的矿物掺合料，实践表明其质量掺量宜不少于 20% 的总胶凝材料用量。

8 自密实混凝土与普通混凝土相同，其配制强度对生产施工的混凝土强度应具有充分的保证率。自密实混凝土的强度确定仍采用与普通混凝土相似的方法。

9 为使混凝土水胶比计算公式更符合普遍掺加矿物掺合料的技术应用情况，结合大量的国内外实践经验和试验验证，采用矿物掺合料胶凝系数和相应的混凝土强度进行统计分析，充分考虑矿物掺合料对体系的强度贡献，从而计算出水胶比。实践表明，该公式适用于水胶比在 0.25~0.42 之间。由于本规程水胶比计算公式与《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 有所不同，因此，石灰石粉、粉煤灰、矿渣粉等矿物掺合料的胶凝系数，应按表 5-1 进行取值。

表 5-1 矿物掺合料胶凝系数

种类	掺量 (%)	掺合料胶凝系数
石灰石粉	≤20	0.2
I 级或 II 级粉煤灰	≤30	0.4
矿渣粉	≤40	0.9

11 根据单方自密实混凝土中胶凝材料用量以及确定的水胶比，即可计算得到单方用水量。一般而言自密实混凝土的用水量不宜超过 190kg/m³。

5.2.2 试拌、调整与确定

1 在试配过程中，为减少试配与实际生产配合比误差，进行试配时应采用实际使用的原材料。如果搅拌量太小，由于混凝土拌合物浆体粘锅的因素影响和体量不足等原因，拌合物的代表性不足。

2~3 初始配合比进行试配时，首先应测试拌合物自密实性能的必选指标，再检查拌合物自密实性能可选指标。当混凝土拌合物自密实性能满足要求后，即开始混凝土强度试验。混凝土强度试验的目的是通过三个不同水胶比的配合比的比较，取得能够满足配制强度要求、胶凝材料用量经济合理的配合比。由于混凝土强度试验是在混凝土拌合物性能调整合格后进行，所以强度试验采用三个不同水胶比的配合比的混凝土拌合物性能应维持不变，同时维持用水量不变，增加和减少胶凝材料用量，并相应减少和增加砂的体积分数，外加剂掺量也做微调。在没有特殊规定的情况下，混凝土强度试件在 28d 龄期进行抗压试验；当设计规定采用 60d 或 90d 等其它龄期强度时，混凝土强度试件在相应的龄期进行抗压试验。

高耐久性是高性能混凝土的一个重要特征，如果实际工程对混凝土耐久性有具体要求，则需要对自密实混凝土的相应的耐久性指标进行检测，并据此调整混凝土配合比直至满足耐久性要求。

4~7 有些工程的施工条件特殊，采用实验室的测试方法并不能准确评价混凝土拌合物的施工性能是否满足实际要求，可根据需要进行足尺试验，以便直观准确地判断拌合物的工作性是否适宜。

自密实混凝土的工作性对原材料的波动较为敏感，工程施工时，其原材料应与试配时采用的原材料一致。当原材料发生显著变化时，应对配合比重新进行试配调整。

当混凝土配合比需要调整时，可按表5-2进行调整。

表 5-2 各因素措施对自密实混凝土拌合物性能的影响

采取措施		影响性能					
		填充性	间隙通过性	抗离析性	强度	收缩	徐变
1	粘性太高						
1.1	增大用水量	+	+	-	-	-	-
1.2	增大浆体体积	+	+	+	+	-	-
1.3	增加外加剂用量	+	+	-	+	0	0
2	粘性太低						
2.1	减少用水量	-	-	+	+	+	+
2.2	减少浆体体积	-	-	-	-	+	+
2.3	减少外加剂用量	-	-	+	-	0	0
2.4	添加增稠剂	-	-	+	0	0	0
2.5	采用细粉	+	+	+	0	-	-
2.6	采用细砂	+	+	+	0	-	0
3	屈服值太高						
3.1	增大外加剂用量	+	+	-	+	0	0
3.2	增大浆体体积	+	+	+	+	-	-
3.3	增大灰体积	+	+	+	+	-	-
4	离析						
4.1	增大浆体体积	+	+	+	+	-	-
4.2	增大灰体积	+	+	+	+	-	-
4.3	减少用水量	-	-	+	+	+	+
4.4	采用细粉	+	+	+	0	-	-
5	工作性损失过快						
5.1	采用慢反应型水泥	0	0	-	-	0	0
5.2	增大惰性物掺量	0	0	-	-	0	0
5.3	用不同类型外加剂	?	?	?	?	?	?
5.4	采用矿物掺合料	?	?	?	?	?	?
6	堵塞						
6.1	降低最大粒径	+	+	+	-	-	-
6.2	增大浆体体积	+	+	+	+	-	-
6.3	增大灰体积	+	+	+	+	-	-
说明		+			具有好的效果		
		-			具有较差的效果		
		0			没有显著效果		
		?			结果不可预测		

自密实混凝土配合比表示方法可按表 5-3 进行表示。

表 5-3 自密实混凝土配合比表示方法

自密实等级		
设计强度等级		
使用环境条件/耐久性要求		
拌合物性能	坍落扩展度 (mm)	

目标值	T ₅₀ (s)		
	...		
	...		
1m ³ 自密实混凝土材料用量		体积用量 / L	质量用量/ kg
粗骨料			
砂			
水			
水泥			
矿物掺合料 A			
矿物掺合料 B			
高效减水剂			
其它外加剂			

自密实混凝土试验实验室仪器配置表

- 1, 自密实混凝土坍落扩展度测定仪
- 2, 自密实混凝土 J 环流动障碍高差仪 (J 环流动仪)
- 3, 自密实混凝土 L 型仪
- 4, 自密实混凝土 V 形仪 (V 型箱)
- 5, 自密实混凝土 U 形仪 (U 型箱: A 型欧洲标准, B 型日本标准)
- 6, **orimet** 流速测定仪
- 7.自密实混凝土拌合物稳定性检测筒
- 8, 自密实混凝土全量检测仪
- 9, 自密实混凝土沉降趋向试验筒
- 10, 自密实混凝土压力泌水力试验仪
- 11, 自密实混凝土弹性模量测定仪
- 12, 自密实混凝土刀口约束早期开裂试验设备 (模具)
- 13, 自密实混凝土平板约束早期开裂试验模具

14, 自密实混凝土静态抗离析性能试验柱模

15, 自密实混凝土样品收集板 单

16, 自密实混凝土双卧轴强制式搅拌机 (60 升专用)

17, 自密实混凝土抗压抗折力学性试验机

18, 自密实混凝土填充箱 (K 型箱)

19, 自密实混凝土竖向膨胀率试验仪

20, **GTM** 筛稳试验

术支持: 沧州方圆建筑公路试验仪器厂 <http://www.czfyqc.cn>.

咨询热线: 0317-4690164 13833708950

6 自密实混凝土的制备与运输

6.1 一般规定

6.1.1 采用集中搅拌方式生产有利于控制自密实混凝土质量的稳定性,其生产过程与预拌混凝土相同。

6.2 原材料检验与贮存

6.2.1~6.2.2 本条规定了原材料进场检验项目和复检的规则。原材料性能除应符合国家现行相关标准,还应根据本规程对原材料特殊要求,按本规程相关规定对原材料进行进场检验。

6.2.3.2 混凝土自密实性能对用水量比较敏感,为减少骨料含水率变化导致混凝土质量波动,建议对骨料采取仓储和加屋顶遮盖处置。在春、夏多雨季节,应严格控制砂、石的含水率,稳定混凝土质量;在夏季高温季节,挡雨棚能够避免太阳直射骨料,降低骨料温度,进而降低混凝土拌合物温度。

6.2.3.3 本条规定外加剂贮存要求。不同类型的外加剂间的相容性较差,如聚羧酸系减水剂与萘系减水剂不相容,相混时容易出现混凝土流动性变差、用水量急增、坍落度损失严重等现象,因此,使用不同类型的化学外加剂时,必须严格分类储存避免相混。

6.3 生产与计量

6.3.2 为确保新拌自密实混凝土的匀质性,与普通混凝土相比,应适当延长搅拌时间。

6.3.3 自密实混凝土性能对用水量较为敏感,必须严格根据骨料含水率调整拌和用水量。

6.3.4 根据工程调研结果和国内相关标准规定,高温施工时,混凝土搅拌首先宜对机具设备采取遮阳措施;当对混凝土搅拌温度进行估算,达不到规定要求温度时,对原材料采取直接降温措施;采取对原材料进行直接降温时,对水、骨料进行降温最方便和有效;混凝土加冰屑拌和时,冰屑的重量不宜超过剩余水的50%,以便于冰的融化。

6.3.5 当采用热水拌制混凝土,特别是60℃以上的热水,若水泥直接与热水接触,易造成急凝、速凝或假凝现象;同时,也会对混凝土的工作性造成影响,坍落度损失加大,因此,当采用60℃以上的热水时,应先投入骨料和水或者是2/3的水进行预拌,待水温降低后,再投入胶凝材料与外加剂进行搅拌,搅拌时间应较常温条件下延长30s~60s。

6.4 运输

6.4.3 在运输过程中,搅拌车的滚筒保持匀速转动有利于减少自密实混凝土拌合物流动性损失。搅拌车内加水将严重影响自密实混凝土的自密实性能,必须严格控制。

6.4.5 卸料前快速旋转的目的是为了提高混凝土的均匀性。

6.4.6 根据工程实践经验,当减水剂的加入量受控时,对混凝土的其它性能无明显影响。本条对此做出明确规定,要求采取该种做法时,应事先批准、做出记录,外加剂掺量和搅拌时间应经试验确定。国家标准《预拌混凝土》GB/T14902—2003中第7.6.3条规定:当需要在卸料前掺入外加剂时,外加剂掺入后搅拌运输车应快速进行搅拌,搅拌的时间应由试验确定。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 自密实混凝土的施工质量对各种因素变化比较敏感,因此应由具有一定经验的技术人员编制专项施工方案(必要时可请配合比设计人员参与编制)并应对参与施工人员事先进行适当的培训和技术交底。

7.1.2 由于自密实混凝土流动性大、侧压力大等特点,在施工过程中应加强对结构复杂、施工环境条件特殊的混凝土结构模板的施工过程监控,并根据检测情况及时调整施工措施。

7.2 模板施工

7.2.1 由于自密实混凝土流动性大,模板的侧压力标准值应按 $F=rH$ (液体压力) 计算。与普通混凝土相比,自密实混凝土屈服值较低,几乎没有支撑自重的能力,浇筑的过程下部模板所承受的侧向压力会随浇筑高度增长而线性增加,这样就要求模板具有更高的刚度和坚固程度。然而由于自密实混凝土具有触变性,在浇筑流动到位静置较短时间后,其屈服值就会快速增长,支撑自重的能力同步增大,对模板作用的侧向压力则会相应减少。因此,设计时应以混凝土自重传递的液压力大小为作用压力,同时考虑分隔板、配筋状况、浇筑速度、温度影响,提高安全系数。

7.2.2 根据自密实混凝土流动性大、侧压力大的特点,在各种施工荷载下模板工程的承载力、刚度和稳定性直接影响模板工程的安全性,必须保证有足够的安全度。同时,也参考了《混凝土结构工程施工规范》GB ×××××相关规定,将本条作为强制条文。

7.2.4 自密实混凝土流动性大,模板间的微小缝隙会造成跑浆、漏浆等现象,影响自密实混凝土均匀性和强度发展。《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204-2002 第 4.2.4 条要求为“模板的接缝不应漏浆”,《建筑施工模板安全技术规范》JGJ162-2008 第 6.1.3 条要求“防止漏浆”,考虑自密实混凝土流动性大,按 GB50204-2002 要求,不得漏浆。对上部封闭的空间部位的浇筑,应在上部留有排气孔,否则会造成混凝土的空洞。

7.2.5 本条文为强制性条文。模板及其支架拆除的顺序及相应的施工安全措施对避免重大工程事故非常重要,在制订施工技术时应考虑周全。模板及其支架拆除时,混凝土结构可能尚未形成设计要求的受力体系,必要时应加设临时支撑。后浇带模板的拆除及支顶易被忽视而造成结构缺陷,应特别注意。

7.3 浇筑

7.3.1 本条规定了高温施工、冬期施工混凝土入模温度的上下限值要求。

7.3.4 降雨、雪或模板内积水均会对自密实混凝土工作性产生较大影响,甚至导致混凝土离析,因此,在降雨、雪时,不宜直接在露天浇筑混凝土。在采取相应挡雨、雪措施后方可使用。

7.3.5 泵送轻骨料自密实混凝土时,轻骨料孔隙率和吸水率比普通骨料大,在泵送压力下,轻骨料会急剧吸收拌和物中的水分,使泵送管道内的拌和物坍落度明显下降,和易性变差,影响泵送,甚至发生堵泵现象。当压力消失后,轻骨料内部吸收的水分又会释放出来,影响轻骨料混凝土的凝结和硬化后的性能。《轻骨料混凝土技术规程》JGJ 51-2002 附录 B 中的第

B.1.2 条规定：泵送轻骨料混凝土采用的轻粗骨料在使用前，宜浸水或洒水进行预湿处理，预湿后的吸水率不应少于 24h 吸水率。因此，泵送轻骨料自密实混凝土所用的轻骨料，宜采用浸水、洒水或加压预湿等措施进行预湿处理。

7.3.6 自密实混凝土的浇筑效果主要取决于自密实混凝土的工作性能。因此，保持混凝土浇筑的连续性是其关键，如停泵时间过长，自密实混凝土工作性变差，必须对泵管内的混凝土进行处理。

7.3.8 在浇筑过程中为了保证混凝土质量，控制混凝土流淌距离，应选择适宜的布料点并控制间距。

7.3.9 混凝土浇筑离析现象的产生，主要与混凝土下料方式、最大粗骨料粒径以及混凝土倾落高度有关。《混凝土结构工程施工规范》GB ×××××第 8.3.6 条规定当骨料粒径小于等于 25mm，倾落高度宜在 6m 以内。而自密实混凝土所用粗骨料最大粒径小于 20mm，骨料是悬浮在浆体中，为避免因混凝土下落产生的冲击力过大造成自密实混凝土中骨料下沉产生离析，本规程从严考虑，规定混凝土浇筑倾落高度应在 5m 以下。

7.3.11 混凝土均衡上升可以避免混凝土流动不均匀造成的缺陷，有利于排除混凝土内部气孔。同时均匀、对称浇注，可防止高差过大造成模板变形或其它质量、安全隐患。

7.3.12.3 在具备相应浇筑设备的条件下，从管底顶升浇筑混凝土也是可以采取的施工方法。在钢管底部设置的进料管应能与混凝土输送管道进行可靠的连接，止流阀门是为了在混凝土浇筑后及时关闭，以便拆除混凝土输送管。

7.4 养护

7.4.3 自密实混凝土每方胶凝用量一般都在 400kg/m³ 以上，水化温升较大。因此，采用大体积自密实混凝土的结构部位应采取有效的温控和养护措施。

7.4.4 由于楼板和底板等平面结构构件，相对面积较大，又较薄，容易失水，所以应采用塑料薄膜覆盖，防止表面水分蒸发，但在夏季施工时应注意避免阳光直射塑料薄膜以防混凝土温升过高。混凝土硬化后应及时浇水或者蓄水养护。