

UDC

中华人民共和国行业标准



P

JGJ/T 178 - 2009

备案号 J887 - 2009

补偿收缩混凝土应用技术规程

Technical specification for application of
shrinkage-compensating concrete

2009 - 06 - 16 发布

2009 - 12 - 01 实施



1 5 1 1 2 1 7 6 5 4

统一书号: 15112 · 17654

定 价: 10.00 元

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

补偿收缩混凝土应用技术规程
Technical specification for application of
shrinkage-compensating concrete

JGJ/T 178 - 2009

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2009年12月1日

中国建筑工业出版社

2009 北京

中华人民共和国住房和城乡建设部 公告

第 331 号

关于发布行业标准 《补偿收缩混凝土应用技术规程》的公告

现批准《补偿收缩混凝土应用技术规程》为行业标准，编号为 JGJ/T 178-2009，自 2009 年 12 月 1 日起实施。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部
2009 年 6 月 16 日

中华人民共和国行业标准
补偿收缩混凝土应用技术规程
Technical specification for application of
shrinkage-compensating concrete
JGJ/T 178-2009

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
北京密东印刷有限公司印刷

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：1% 字数：45 千字
2009 年 8 月第一版 2009 年 8 月第一次印刷

定价：10.00 元

统一书号：15112·17654

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

本社网址：<http://www.cabp.com.cn>

网上书店：<http://www.china-building.com.cn>

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2008年工程建设标准规范制订、修订计划（第一批）〉的通知》（建标〔2008〕102号）的要求，本规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国外标准，并在广泛征求意见的基础上，制定了本规程。

本规程的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语；3. 基本规定；4. 设计原则；5. 原材料选择；6. 配合比；7. 生产和运输；8. 浇筑和养护；9. 施工缝、防水节点和施工缺陷的处理措施；10. 验收；附录 A 限制状态下补偿收缩混凝土抗压强度检验方法。

本规程由住房和城乡建设部负责管理，由中国建筑材料科学研究总院负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国建筑材料科学研究总院（地址：北京市朝阳区管庄东里1号，邮政编码：100024）。

本规程主编单位：中国建筑材料科学研究总院
长业建设集团有限公司

本规程参编单位：中国建筑科学研究院
北京市建筑设计研究院
山东省建筑科学研究院
北京中岩特种工程材料公司
江苏博特新材料有限公司
天津豹鸣股份有限公司
重庆市江北特种建材有限公司
浙江合力新型建材有限公司
深圳陆基建材技术有限公司

武汉三源特种建材有限责任公司
杭州力盾混凝土外加剂有限公司

本规程主要起草人员：赵顺增 刘立 游宝坤 张利俊
徐少骏 敖鹏 丁威 陈彬磊
刘加平 王勇威 李光明 李乃珍
董同刚 刘福全 丁小富 苑立东
邓庆洪

本规程主要审查人员：王栋民 徐湘生 陈锡智 白生翔
曹永康 阎培渝 左克伟 张培建
王子明

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 基本规定	3
4 设计原则	5
5 原材料选择	9
6 配合比	10
7 生产和运输	11
8 浇筑和养护	12
9 施工缝、防水节点和施工缺陷的处理措施	14
10 验收	15
附录 A 限制状态下补偿收缩混凝土抗压强度检验方法	17
本规程用词说明	18
引用标准名录	19
附：条文说明	21

Contents

1 General Provisions	1
2 Terms	2
3 Basic Requirements	3
4 Design Principles	5
5 Raw Materials	9
6 Mix Proportioning	10
7 Mixing and Transportation	11
8 Placing and Curing	12
9 Treatment for Construction Joints, Waterproof Joints and Construction Defects	14
10 Check and Acceptance	15
Appendix A Test Method for Compressive Strength of Constrained Shrinkage-Compensating Concrete	17
Explanation of Wording in This Specification	18
Normative Standards	19
Explanation of Provisions	21

1 总 则

1.0.1 为规范补偿收缩混凝土的工程应用，减少或消除混凝土收缩裂缝，提高混凝土结构的防水性能，保证工程质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于补偿收缩混凝土的设计、施工及验收。

1.0.3 补偿收缩混凝土的应用除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 混凝土膨胀剂 expansive agents for concrete

与水泥、水拌合后经水化反应生成钙矾石、氢氧化钙或钙矾石和氢氧化钙，使混凝土产生体积膨胀的外加剂，简称膨胀剂。

2.0.2 限制膨胀率 percentage of restrained expansion

混凝土的膨胀被钢筋等约束体限制时导入钢筋的应变值，用钢筋的单位长度伸长值表示。

2.0.3 自应力 self-stress

混凝土的膨胀被钢筋等约束体约束时导入混凝土的压应力。

2.0.4 补偿收缩混凝土 shrinkage-compensating concrete

由膨胀剂或膨胀水泥配制的自应力为 $0.2 \sim 1.0 \text{MPa}$ 的混凝土。

2.0.5 单位胶凝材料用量 binding material content

每立方米混凝土中使用的水泥、矿物掺合料和膨胀剂的质量和。

2.0.6 膨胀剂掺量 addition percentage of expansive agent in binding material

混凝土中膨胀剂占胶凝材料总量的百分含量。

2.0.7 膨胀加强带 expansive strengthening band

通过在结构预设的后浇带部位浇筑补偿收缩混凝土，减少或取消后浇带和伸缩缝、延长构件连续浇筑长度的一种技术措施，可分为连续式、间歇式和后浇式三种。

连续式膨胀加强带是指膨胀加强带部位的混凝土与两侧相邻混凝土同时浇筑；间歇式膨胀加强带是指膨胀加强带部位的混凝土与一侧相邻的混凝土同时浇筑，而另一侧是施工缝；后浇式膨胀加强带与常规后浇带的浇筑方式相同。

3 基本规定

3.0.1 补偿收缩混凝土宜用于混凝土结构自防水、工程接缝填充、采取连续施工的超长混凝土结构、大体积混凝土等工程。以钙矾石作为膨胀源的补偿收缩混凝土，不得用于长期处于环境温度高于 80°C 的钢筋混凝土工程。

3.0.2 补偿收缩混凝土的质量除应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定外，还应符合设计所要求的强度等级、限制膨胀率、抗渗等级和耐久性技术指标。

3.0.3 补偿收缩混凝土的限制膨胀率应符合表 3.0.3 的规定。

表 3.0.3 补偿收缩混凝土的限制膨胀率

用 途	限制膨胀率 (%)	
	水中 14d	水中 14d 转空气中 28d
用于补偿混凝土收缩	≥ 0.015	≥ -0.030
用于后浇带、膨胀加强带 和工程接缝填充	≥ 0.025	≥ -0.020

3.0.4 补偿收缩混凝土限制膨胀率的试验和检验应按照现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定进行。

3.0.5 补偿收缩混凝土的抗压强度应满足下列要求：

1 对大体积混凝土工程或地下工程，补偿收缩混凝土的抗压强度可以标准养护 60d 或 90d 的强度为准；

2 除对大体积混凝土工程或地下工程外，补偿收缩混凝土的抗压强度应以标准养护 28d 的强度为准。

3.0.6 补偿收缩混凝土设计强度等级不宜低于 C25；用于填充的补偿收缩混凝土设计强度等级不宜低于 C30。

3.0.7 补偿收缩混凝土的抗压强度检验应按照现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 执行。用于填充的补偿收缩混凝土的抗压强度检测,可按照本规程附录 A 进行。

4 设计原则

4.0.1 设计使用补偿收缩混凝土时,应在设计图纸中明确注明不同结构部位的限制膨胀率指标要求。

4.0.2 补偿收缩混凝土的设计取值应符合下列规定:

1 补偿收缩混凝土的设计强度等级应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。用于后浇带和膨胀加强带的补偿收缩混凝土的设计强度等级应比两侧混凝土提高一个等级。

2 限制膨胀率的设计取值应符合表 4.0.2 的规定。使用限制膨胀率大于 0.060% 的混凝土时,应预先进行试验研究。

表 4.0.2 限制膨胀率的设计取值

结构部位	限制膨胀率 (%)
板梁结构	≥ 0.015
墙体结构	≥ 0.020
后浇带、膨胀加强带等部位	≥ 0.025

3 限制膨胀率的取值应以 0.005% 的间隔为一个等级。

4 对下列情况,表 4.0.2 中的限制膨胀率取值宜适当增大:

- 1) 强度等级大于等于 C50 的混凝土,限制膨胀率宜提高一个等级;
- 2) 约束程度大的桩基础底板等构件;
- 3) 气候干燥地区、夏季炎热且养护条件差的构件;
- 4) 结构总长度大于 120m;
- 5) 屋面板;
- 6) 室内结构越冬外露施工。

4.0.3 大体积、大面积及超长混凝土结构的后浇带可采用膨胀

加强带的措施，并应符合下列规定：

1 膨胀加强带可采用连续式、间歇式或后浇式等形式（见图 4.0.3-1～图 4.0.3-3）；

2 膨胀加强带的设置可按照常规后浇带的设置原则进行；

3 膨胀加强带宽度宜为 2000mm，并应在其两侧用密孔钢（板）丝网将带内混凝土与带外混凝土分开；

4 非沉降的膨胀加强带可在两侧补偿收缩混凝土浇筑 28d 后再浇筑，大体积混凝土的膨胀加强带应在两侧的混凝土中心温度降至环境温度时再浇筑。

4.0.4 补偿收缩混凝土的浇筑方式和构造形式应根据结构长度，按表 4.0.4 进行选择。膨胀加强带之间的间距宜为 30～60m。强约束板式结构宜采用后浇式膨胀加强带分段浇筑。

表 4.0.4 补偿收缩混凝土浇筑方式和构造形式

结构类别	结构长度 L (m)	结构厚度 H (m)	浇筑方式	构造形式
墙 体	$L \leq 60$	—	连续浇筑	连续式膨胀加强带
	$L > 60$	—	分段浇筑	后浇式膨胀加强带
板式结构	$L \leq 60$	—	连续浇筑	—
	$60 < L \leq 120$	$H \leq 1.5$	连续浇筑	连续式膨胀加强带
	$60 < L \leq 120$	$H > 1.5$	分段浇筑	后浇式、间歇式膨胀加强带
	$L > 120$	—	分段浇筑	后浇式、间歇式膨胀加强带

注：不含现浇挑檐、女儿墙等外露结构。

4.0.5 补偿收缩混凝土中的钢筋配置应符合下列规定：

1 补偿收缩混凝土应采用双排双向配筋，钢筋间距应符合表 4.0.5 的要求。当地下室外墙的净高度大于 3.6m 时，在墙体高度的水平中线部位上下 500mm 范围内，水平筋的间距不宜大于 100mm。配筋率应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

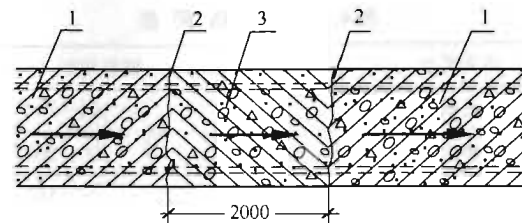


图 4.0.3-1 连续式膨胀加强带

1—补偿收缩混凝土；2—密孔钢丝网；
3—膨胀加强带混凝土

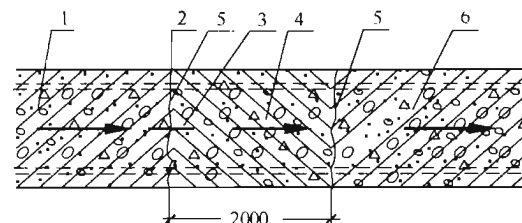


图 4.0.3-2 间歇式膨胀加强带

1—先浇筑的补偿收缩混凝土；2—施工缝；3—钢板止水带；4—后浇筑的膨胀加强带混凝土；5—密孔钢丝网；6—与膨胀加强带同时浇筑的补偿收缩混凝土

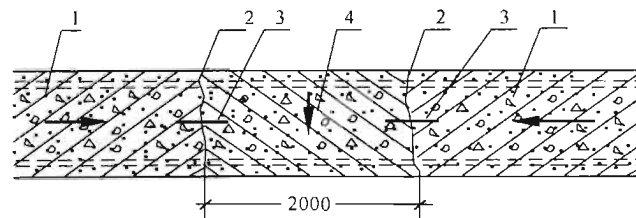


图 4.0.3-3 后浇式膨胀加强带

1—补偿收缩混凝土；2—施工缝；3—钢板止水带；4—膨胀加强带混凝土

表 4.0.5 钢筋间距

结构部位	钢筋间距 (mm)
底板	150~200
楼板	100~200
屋面板、墙体水平筋	100~150

2 附加钢筋的配置应符合下列规定:

- 1) 当房屋平面形体有凹凸时, 在房屋和凹角处的楼板、房屋两端阳角处及山墙处的楼板、与周围梁柱墙等构件整体浇筑且受约束较强的楼板, 宜加强配筋。
- 2) 在出入口位置、结构截面变化处、构造复杂的突出部位、楼板预留孔洞、标高不同的相邻构件连接处等, 宜加强配筋。

4.0.6 当地下结构或水工结构采用补偿收缩混凝土作结构自防水时, 在施工保证措施完善的前提下, 迎水面可不作柔性防水。

5 原材料选择

5.0.1 水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 或《中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥、低热矿渣硅酸盐水泥》GB 200 的规定。

5.0.2 膨胀剂的品种和性能应符合现行行业标准《混凝土膨胀剂》JC 476 的规定。膨胀剂应单独存放, 并不得受潮。当膨胀剂在存放过程中发生结块、胀袋现象时, 应进行品质复验。

5.0.3 外加剂和矿物掺合料的选择应符合下列规定:

1 减水剂、缓凝剂、泵送剂、防冻剂等混凝土外加剂应分别符合国家现行标准《混凝土外加剂》GB 8076、《混凝土泵送剂》JC 473、《混凝土防冻剂》JC 475 等的规定。

2 粉煤灰应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB 1596 的规定, 不得使用高钙粉煤灰。使用的矿渣粉应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 的规定。

5.0.4 骨料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》JGJ 52 的规定。轻骨料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 的规定。

5.0.5 拌合水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

6 配 合 比

6.0.1 补偿收缩混凝土的配合比设计,应满足设计所需要的强度、膨胀性能、抗渗性、耐久性等技术指标和施工工作性要求。配合比设计应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的规定。使用的膨胀剂品种应根据工程要求和施工要求事先进行选择。

6.0.2 膨胀剂掺量应根据设计要求的限制膨胀率,并应采用实际工程使用的材料,经过混凝土配合比试验后确定。配合比试验的限制膨胀率值应比设计值高 0.005%,试验时,每立方米混凝土膨胀剂用量可按照表 6.0.2 选取。

表 6.0.2 每立方米混凝土膨胀剂用量

用 途	混凝土膨胀剂用量 (kg/m ³)
用于补偿混凝土收缩	30~50
用于后浇带、膨胀加强带和工程接缝填充	40~60

6.0.3 补偿收缩混凝土的水胶比不宜大于 0.50。

6.0.4 单位胶凝材料用量应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的规定,且补偿收缩混凝土单位胶凝材料用量不宜小于 300kg/m³,用于膨胀加强带和工程接缝填充部位的补偿收缩混凝土单位胶凝材料用量不宜小于 350kg/m³。

6.0.5 有耐久性要求的补偿收缩混凝土,其配合比设计应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 的规定。

7 生产和运输

7.0.1 补偿收缩混凝土宜在预拌混凝土厂生产,并应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的有关规定。

7.0.2 补偿收缩混凝土的各种原材料应采用专用计量设备进行准确计量。计量设备应定期校验,使用前应进行零点校核。原材料每盘称量的允许偏差应符合表 7.0.2 的规定。

表 7.0.2 原材料每盘称量的允许偏差

材料名称	允许偏差 (%)
水泥、膨胀剂、矿物掺合料	±2
粗、细骨料	±3
水、外加剂	±2

7.0.3 补偿收缩混凝土应搅拌均匀。对预拌补偿收缩混凝土,其搅拌时间可与普通混凝土的搅拌时间相同,现场拌制的补偿收缩混凝土的搅拌时间应比普通混凝土的搅拌时间延长 30s 以上。

8 浇筑和养护

8.0.1 补偿收缩混凝土的浇筑和养护应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的有关规定。

8.0.2 补偿收缩混凝土的浇筑应符合下列规定：

1 浇筑前应制定浇筑计划，检查膨胀加强带和后浇带的设置是否符合设计要求，浇筑部位应清理干净。

2 当施工中因遇到雨、雪、冰雹需留施工缝时，对新浇混凝土部分应立即用塑料薄膜覆盖；当出现混凝土已硬化的情况时，应先在其上铺设 30~50mm 厚的同配合比无粗骨料的膨胀水泥砂浆，再浇筑混凝土。

3 当超长的板式结构采用膨胀加强带取代后浇带时，应根据所选膨胀加强带的构造形式，按规定顺序浇筑。间歇式膨胀加强带和后浇式膨胀加强带浇筑前，应将先期浇筑的混凝土表面清理干净，并充分湿润。

4 水平构件应在终凝前采用机械或人工的方式，对混凝土表面进行三次抹压。

8.0.3 补偿收缩混凝土的养护应符合下列规定：

1 补偿收缩混凝土浇筑完成后，应及时对暴露在大气中的混凝土表面进行潮湿养护，养护期不得少于 14d。对水平构件，常温施工时，可采取覆盖塑料薄膜并定时洒水、铺湿麻袋等方式。底板宜采取直接蓄水养护方式。墙体浇筑完成后，可在顶端设多孔淋水管，达到脱模强度后，可松动对拉螺栓，使墙体外侧与模板之间有 2~3mm 的缝隙，确保上部淋水进入模板与墙壁间，也可采取其他保湿养护措施。

2 在冬期施工时，构件拆模时间应延至 7d 以上，表层不得直接洒水，可采用塑料薄膜保水，薄膜上部再覆盖岩棉被等保温

材料。

3 已浇筑完混凝土的地下室，应在进入冬期施工前完成灰土的回填工作。

4 当采用保温养护、加热养护、蒸汽养护或其他快速养护等特殊养护方式时，养护制度应通过试验确定。

9 施工缝、防水节点和 施工缺陷的处理措施

9.0.1 墙体混凝土预留的水平施工缝和竖向施工缝应在迎水面进行混凝土自防水的修补处理，可在浇筑混凝土时沿缝预留凹槽，也可在拆模后在施工缝位置开凿深 10mm、宽 100mm 的凹形槽。穿墙管（盒）、固定模板的对穿螺栓等节点位置，应开凿凹槽。应先用清水将凹槽冲洗干净，再涂刷一层混凝土界面剂，然后再用膨胀水泥砂浆填实抹平并湿润养护 14d，也可在修补部位表面涂刷防水涂料。

9.0.2 现浇混凝土所产生的外观质量缺陷，应按照现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的相关规定进行处理。较大的蜂窝、孔洞等应采用比结构混凝土高一个强度等级的补偿收缩混凝土进行修补；对有防水要求的部位，还宜在修补的表面采用膨胀水泥砂浆进行防水处理，采用补偿收缩混凝土或膨胀水泥砂浆修补的部位应湿润养护 14d。

9.0.3 对于贯穿性的混凝土裂缝，当混凝土有防水要求时，应采用压力灌浆法进行修补。对于非贯通性的混凝土裂缝，可进行表面封堵，也可沿着裂缝开凿凹形槽，采用刚性防水材料或膨胀水泥砂浆修补。

10 验 收

10.0.1 补偿收缩混凝土工程的验收应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

10.0.2 补偿收缩混凝土的原材料验收应符合下列规定：

1 同一生产厂家、同一类型、同一编号且连续进场的膨胀剂，应按不超过 200t 为一批，每批抽样不应少于一次，检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

2 水泥、外加剂等原材料应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定进行验收。

10.0.3 对于补偿收缩混凝土的限制膨胀率的检验，应在浇筑地点制作限制膨胀率试验的试件，在标准条件水中养护 14d 后进行试验，并应符合下列规定：

1 对于配合比试配，应至少进行一组限制膨胀率试验，试验结果应满足配合比设计要求。

2 施工过程中，对于连续生产的同一配合比的混凝土，应至少分成两个批次取样进行限制膨胀率试验，每个批次应至少制作一组试件，各批次的试验结果均应满足工程设计要求。

3 对于多组试件的试验，应取平均值作为试验结果。

4 限制膨胀率试验应按现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定进行。

10.0.4 当现场取样试件的限制膨胀率低于设计值，而实际工程没有发生贯通裂缝时，可通过验收；当现场取样试件的限制膨胀率符合设计值，而实际工程发生贯通裂缝时，应按本规程第 9 章的措施修补，或由施工单位提出技术处理方案，并经认可后进行处理。处理后应重新检查验收。

当现场取样试件的限制膨胀率低于设计值，实际工程也发生贯通裂缝时，应组织专家进行专项评审并提出处理意见，经认可后进行处理。处理后，应重新检查验收。

附录 A 限制状态下补偿收缩 混凝土抗压强度检验方法

A.0.1 本方法适用于在限制状态下养护的补偿收缩混凝土抗压强度的检验。

A.0.2 试件尺寸及制作应符合现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的有关规定，应采用钢制模具。装入混凝土之前，应确认模具的挡块不松动。

A.0.3 试件养护和脱模应符合下列规定：

1 试件在标准养护条件下带模养护不应少于 7d。

2 龄期 7d 后，可拆模并进行标准养护。脱模时，模具破损或接缝处张开的试件，不得用于检验。

A.0.4 抗压强度检验应符合现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的有关规定。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对于要求严格的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 条文中指明应按照其他有关标准执行的写法为：“应按照…执行”或“应符合…的规定”。

引用标准名录

- 1 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 2 《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081
- 3 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
- 4 《混凝土质量控制标准》GB 50164
- 5 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 6 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
- 7 《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476
- 8 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 9 《中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥、低热矿渣硅酸盐水泥》GB 200
- 10 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB 1596
- 11 《混凝土外加剂》GB 8076
- 12 《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046
- 13 《轻集料及其试验方法第1部分：轻集料》GB/T 17431.1
- 14 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52
- 15 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
- 16 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 17 《混凝土泵送剂》JC 473
- 18 《混凝土防冻剂》JC 475
- 19 《混凝土膨胀剂》JC 476

中华人民共和国行业标准

补偿收缩混凝土应用技术规程

JGJ/T 178 - 2009

条文说明

条文说明

制 订 说 明

《补偿收缩混凝土应用技术规程》JGJ /T 178 - 2009, 经住房和城乡建设部 2009 年 6 月 16 日以 331 号公告批准发布。

本规程制订过程中, 编制组进行了补偿收缩混凝土应用技术现状与发展和工程应用实例的调查研究, 总结了我国补偿收缩混凝土工程应用的实践经验, 同时参考了日本《膨胀混凝土设计施工指南》和美国混凝土协会《使用补偿收缩混凝土的标准做法》(ACI223.1R), 通过补偿收缩混凝土的基本性能试验、配合比设计试验和干燥收缩开裂试验等取得了补偿收缩混凝土的基本性能、配合比及质量控制等重要技术参数。

为方便广大设计、施工、科研、院校等单位的有关人员在使用本标准时能正确的理解和执行条文规定, 《补偿收缩混凝土应用技术规程》编制组按章、节、条的顺序编制了条文说明, 对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。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.....	24
2 术语.....	25
3 基本规定.....	27
4 设计原则.....	28
5 原材料选择.....	33
6 配合比.....	35
7 生产和运输.....	37
8 浇筑和养护.....	38
9 施工缝、防水节点和施工缺陷的处理措施.....	39
10 验收	40
附录 A 限制状态下补偿收缩混凝土抗压强度检验方法	41

1 总 则

1.0.1 制定本规程的目的,即规范补偿收缩混凝土工程的设计与施工,突出补偿收缩混凝土结构的防水性能,从而保证补偿收缩混凝土工程的质量。

1.0.2 本规程的适用范围。本规程的直接服务对象是设计和施工人员。

1.0.3 补偿收缩混凝土源于普通混凝土,二者在制备工艺、施工工艺、工作性能与强度性能等诸方面基本相同,又确无必要一一列入本规程。因此,补偿收缩混凝土在应用过程中,除执行本规程的规定外,同时要符合国家现行有关标准的规定。本规程的有关内容,将随着建筑技术和新材料开发的进步以及工程实践经验的不断积累,得到补充和完善。

2 术 语

2.0.1 本规程所指的膨胀剂,包括水化产物为钙矾石($C_3A \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$)的硫铝酸钙类膨胀剂、水化产物为钙矾石和氢氧化钙的硫铝酸钙—氧化钙类膨胀剂、水化产物为氢氧化钙的氧化钙类膨胀剂,不包括其他类别的膨胀剂。氧化镁膨胀剂虽然在大坝混凝土中已有使用,但由于技术原因,目前还没有在建筑工程中应用,进行的研究也比较少,因此不包括在本规程中。

2.0.2 通过测量配筋率一定的单向限制器具的变形可以获得限制膨胀率。膨胀剂的限制膨胀率是膨胀剂产品的关键质量和技术指标,按照现行行业标准《混凝土膨胀剂》JC 476 规定的方法测定。补偿收缩混凝土的限制膨胀率是工程设计指标,按现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 规定的方法测定。

2.0.3 补偿收缩混凝土膨胀时,会对其约束体施加拉应力,根据作用力与反作用力原理,约束体会对其产生相应的压应力,由于此压应力是利用混凝土自身的化学能(膨胀能)张拉钢筋或其他约束体产生的,有别于外部施加的机械预应力,所以称为自应力。自应力按照公式 $\sigma = \epsilon \cdot E \cdot \mu$ 计算(σ 为自应力值; E 为限制钢筋的弹性模量,取 2.0×10^5 MPa; μ 为试件配筋率),对于钢筋混凝土而言,在一定范围内,配筋率与自应力值成正比关系;配筋率一定时,限制膨胀率高,自应力值就大。

2.0.4 按膨胀能大小可以将膨胀混凝土分为补偿收缩混凝土和自应力混凝土两类,其中补偿收缩混凝土的自应力值较小,主要用于补偿混凝土收缩和填充灌注。用于补偿因混凝土收缩产生的拉应力、提高混凝土的抗裂性能和改善变形性质时,其自应力值一般为0.2~0.7MPa;用于后浇带、连续浇筑时预设的膨胀加

强带、以及接缝工程填充时,自应力值为 $0.5\sim 1.0\text{MPa}$ 。在这两种情况下使用的膨胀混凝土,由于自应力很小,故在结构设计中一般不考虑自应力的影响。

日本认为当膨胀混凝土经过干燥收缩后尚残留压应力,称为自应力混凝土,否则为补偿收缩混凝土。我国所称的自应力混凝土的自应力值较大,在结构设计时必须考虑自应力的影响,自应力混凝土主要用于制造自应力混凝土压力输水管。

以前是使用膨胀水泥拌制膨胀混凝土,自从膨胀剂问世后,由于其成本低,使用灵活方便,现在基本上都使用膨胀剂拌制膨胀混凝土,鉴于两种工艺拌制的补偿收缩混凝土性质大致相同,因此使用膨胀水泥拌制补偿收缩混凝土时,本规程也具有一定参考性。

2.0.5 因为膨胀剂与水泥一样,参与水化作用,属于胶凝材料,所以单位胶凝材料用量应该为 $(C+E+F)$,此处 C 表示单位水泥用量, E 表示单位膨胀剂用量, F 表示除膨胀剂以外的掺合料(如粉煤灰、磨细矿渣粉等)的单位用量。

2.0.6 膨胀剂掺量是指膨胀剂与水泥、膨胀剂和矿物掺合料等胶凝材料的百分比,即 $E/(C+E+F)$ 。

2.0.7 膨胀加强带一般设在原设计留有后浇带的部位,收缩应力比较集中,需要采用自应力大的补偿收缩混凝土对两侧混凝土进行强化补偿。根据工程结构特点和施工要求,膨胀加强带分为连续式、间歇式和后浇式三种构造形式。

3 基本规定

3.0.1 本条明确了补偿收缩混凝土的主要使用场合。对膨胀源是钙矾石的补偿收缩混凝土使用条件进行了规定。因为钙矾石在 80°C 以上可能分解,所以从安全性考虑,规定膨胀源是钙矾石的补偿收缩混凝土使用环境温度不高于 80°C ,膨胀源是氢氧化钙的补偿收缩混凝土不受此规定的限制。

3.0.2 掺入膨胀剂的补偿收缩混凝土仍属普通硅酸盐体系的混凝土,其使用也在普通混凝土的范围之内,故需满足普通混凝土的质量控制标准,但是掺入膨胀剂后,与普通混凝土相比,在多数情况下新拌补偿收缩混凝土的凝结时间略快、坍落度偏低、坍落度损失略大,在确定其工作性指标时,应予以注意。

3.0.3 限制膨胀率指标是依据现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的规定确定的。其中用于后浇带、膨胀加强带和工程接缝填充的混凝土限制膨胀率,根据最新的研究结果调整至 -0.020% 。根据补偿收缩混凝土的定义,自应力为 $0.2\sim 1.0\text{MPa}$ 时,相应的限制膨胀率约为 $0.015\%\sim 0.060\%$,故最小限制膨胀率取 0.015% 。

3.0.4 本条规定了补偿收缩混凝土限制膨胀率的试验和检验方法。

3.0.5 本条规定了补偿收缩混凝土抗压强度的检验龄期。

3.0.6 本条规定了补偿收缩混凝土的最低抗压强度设计等级。

3.0.7 本条规定了补偿收缩混凝土的抗压强度试验方法。对膨胀较小的补偿收缩混凝土,按照现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 检测。对用于填充的补偿收缩混凝土,有时因膨胀过大会出现无约束试件强度明显降低的情况,按照本规程附录 A 进行,使试件在试模中处于限制的状态,比较符合实际使用情况。

4 设计原则

4.0.1 随着国内建设的高速发展,现浇大体积、大面积和超长混凝土得到大量应用,同时其开裂情况不断增多,补偿收缩混凝土是一种较好的解决手段。本条是对补偿收缩混凝土设计的一般规定。不同的结构部位受约束的程度不同,因此补偿收缩时需要的膨胀能也不一样,需要明示限制膨胀率取值范围。膨胀剂掺量不能准确反映混凝土的膨胀能,规定了限制膨胀率后,可以根据限制膨胀率经过配合比试验确定膨胀剂的准确掺量。由于导入混凝土的自应力值很小,在计算补偿收缩混凝土的设计轴向压缩极限应力和设计弯曲拉伸极限应力时,可不考虑膨胀的影响。

4.0.2 在胶凝材料用量和水胶比相同的条件下,补偿收缩混凝土的28d强度与普通混凝土相当;在限制充分的状态下,强度高于普通混凝土;无约束试件60d龄期强度一般比28d增长15%以上。从过去的研究结果和工程实践来看,我国的膨胀剂配制的补偿收缩混凝土,在中等强度等级(C25~C40)的水平上较适于体现膨胀的有益作用,因此需要注重膨胀与强度的协调问题,不宜过大追求混凝土的富余强度。但是高强度混凝土是混凝土的发展方向,应该努力探究提高混凝土的补偿收缩能力的新措施。后浇带和膨胀加强带的部位收缩应力一般比较大,故在强度设计时作适当提高。

本条所述限制膨胀率设计取值,是指本规程第3章规定的水中14d龄期限制膨胀率。

基于限制膨胀率检测误差等考虑,限制膨胀率的取值一般以0.005%为级,如0.015%、0.020%、0.025%……0.060%。

根据补偿收缩混凝土的定义,自应力为0.2~1.0MPa时,相应的限制膨胀率约为0.015%~0.060%,故补偿收缩混凝土

的最小限制膨胀率为0.015%,最大限制膨胀率为0.060%,限制膨胀率大于0.060%的混凝土可归为自应力混凝土,所以如果在特殊条件下需要使用自应力混凝土时,事前应进行必要的试验研究,重点研究膨胀稳定期、强度变化规律等。

设计选取限制膨胀率时,需要综合考虑混凝土强度等级、限制(约束)程度、使用环境、结构总长度等因素;另外,同一结构的不同部位的约束程度和收缩应力不同,其限制膨胀率的设计取值也不相同,养护条件的差别会影响混凝土限制膨胀率的发挥,也是设计取值的考虑因素,因此,墙体结构的限制膨胀率取值高于水平梁板结构。大的限制应该用大的膨胀进行补偿,故后浇带、膨胀加强带的取值要高一些。

板梁和墙体结构部位,限制膨胀率的取值主要考虑结构长度、约束程度和混凝土强度,结构长度小、约束较弱、混凝土强度较低的情况下,可取低些,反之则取高些。

后浇带、膨胀加强带等填充部位,限制膨胀率的取值主要考虑结构总长度和构件厚度,一般随着结构体总长度增加或厚度增大,限制膨胀率渐次增大。

4.0.3 膨胀加强带的设计。

补偿收缩混凝土基本能够补偿或部分补偿混凝土的干燥收缩,因此与一般混凝土相比,用于释放变形和应力的后浇带可以提前浇筑,为降低温度应力的影响,大体积混凝土应该在温度降至环境温度下再浇筑后浇带。后浇带详细构造见现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108的要求。

采用普通混凝土施工时,关于后浇带混凝土的浇筑时间,不同的规范要求也不相同,现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108-2008要求在两侧混凝土浇筑42d后再施工,高层建筑的后浇带应该在结构顶板浇筑混凝土14d后进行;《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002在条文说明中认为后浇带混凝土在两个月后施工比较合适。采用了补偿收缩混凝土,由于可以补偿混凝土的干燥收缩,根据大量的工程实例,28d可以浇筑

后浇带混凝土。

膨胀加强带是一种旨在提高混凝土结构抗裂性能的技术措施。施工中采用膨胀加强带的目的是代替后浇带,进一步简化施工工艺,所以一般设置在后浇带的位置。为了有效发挥膨胀效果,增加长度方向的膨胀量值,所以其宽度应该比后浇带更宽一些;膨胀加强带是一种“抗”的措施,在连续施工的混凝土结构中,为提高其抵御收缩应力的能力,增设一些附加钢筋。膨胀加强带的构造与后浇带基本相同,但是在较厚的板中,一般不用设止水带。图 4.0.3-1~图 4.0.3-3 是工程实践过程中应用效果比较好的部分节点构造示例,工程技术人员可以根据工程特点选择更合理的构造形式。其中图 4.0.3-1~图 4.0.3-3 是板式结构中三种膨胀加强带构造示意图。图 4.0.3-1 是连续浇筑混凝土时的膨胀加强带构造示意图,图 4.0.3-2 是与先浇筑混凝土相接时采用的膨胀加强带构造示意图,图 4.0.3-3 是一种类似于后浇带的后浇筑方式,除大体积混凝土考虑温度收缩应力外,一般可以在浇筑完两侧膨胀混凝土的任何时候回填浇筑。墙体一般采用后浇式膨胀加强带,在两侧混凝土浇筑完 7~14d 后回填浇筑。

对于钢筋混凝土结构的裂缝控制有“抗”与“放”两种措施。设膨胀加强带方式属于“抗”,后浇带或后浇式膨胀加强带方式属于“放”,同时使用补偿收缩混凝土、后浇带、膨胀加强带体现了“抗”与“放”的结合。对于地下结构及较薄的构件,以“抗”为主较为有利;对于地上结构及厚大构件,结合采用“放”的措施较为妥当。

设置的膨胀加强带条数及形状依工程构造、尺寸和施工组织安排,由设计和施工技术人员视工程具体情况酌定。

4.0.4 本条规定了超长结构采取的浇筑方式和结构形式。

表 4.0.4 体现了约束弱、结构总长度小、结构厚度小的构件,连续浇筑的区段长,反之则短的原则。

采用膨胀加强带取代后浇带,简化了施工工艺。超长、大面积混凝土结构施工时,一般采用分段浇筑,在相邻区段之间设后

浇式膨胀加强带比单设后浇带有利于缩短工期。后浇式膨胀加强带实质上是一种加宽、加强的后浇带。另外,跳仓施工也是超长、大面积分段浇筑中常用的施工方式,与后浇带、后浇式膨胀加强带相比,减少了一条施工缝。

《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002 第 9 章指出,在采用后浇带分段施工、预加应力或采取能减小混凝土收缩的措施时,可以适当增大伸缩缝间距。补偿收缩混凝土膨胀产生的自应力(化学预应力)能够抵消混凝土结构因为收缩产生的拉应力,因此可以减免为释放收缩应力而设置的伸缩缝或后浇带,延长浇筑区段,故本条规定与《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002 的第 9 章规定是统一的。

4.0.5 补偿收缩混凝土主要用于避免或减少混凝土的干燥收缩和温度收缩裂缝,并不承担提高承载能力的任务,所以配筋率按现行设计规范取值。改善配筋方式,分散配筋可以充分发挥混凝土的膨胀性能,提高混凝土的抗裂能力,在一些薄弱部位增设附加钢筋,能够发挥混凝土的补偿收缩效果,抵御有害裂缝的产生。

对补偿收缩混凝土而言,均衡配筋可以保证在需要补偿收缩的部位产生均匀有效的膨胀,因此强调在全截面双层配筋。

4.0.6 补偿收缩混凝土用于地下工程防水是其最重要的技术特点,不仅能够提高防水能力,而且可以节约柔性防水材料、缩短工期,因此是一种节能节材的优质建筑材料。补偿收缩混凝土是集结构承重和防水于一体的抗裂防水材料,国外称其为不透水混凝土,根据《UEA 补偿收缩混凝土防水工法》YJGF 22-92 以及众多地下室和水池的工程实践提供的范例和经验,采用补偿收缩混凝土可以不做外防水。补偿收缩混凝土的寿命远比柔性防水长,只要严格施工,用补偿收缩混凝土完全可以达到结构自防水的效果,并且具有防水与建筑结构寿命相等的优点。

试验研究和工程实践表明,补偿收缩混凝土有显著的裂缝“自愈合”能力,对因施工不当产生的微小裂缝,即使一些渗水

的裂缝,在水养护一段时间后,由于膨胀性水化产物堵塞裂缝可以将断裂的两个表面胶接为一体,这个性质对地下水工程非常有益。

5 原材料选择

5.0.1 原则上膨胀剂可以掺入所有硅酸盐类水泥中使用,但是水泥的矿物组成和细度等对补偿收缩混凝土的膨胀率和膨胀速度有一定影响,也会影响混凝土的工作性。研究表明,水泥中的含铝相、含硫相会对膨胀性能产生影响,水泥的强度发展规律也会影响膨胀,一般粉磨细、早期强度高的水泥膨胀较小,使用时应该予以注意。

5.0.2 选用膨胀剂以限制膨胀率作为主要控制指标,不同厂家、不同类别的产品存在质量差异,因此,有必要对产品进行复核检验。另外,原材料在存放过程中有异常时,也必须进行复验,合格后才能使用,膨胀剂也不例外。

5.0.3 化学外加剂对于补偿收缩混凝土的新拌状态和硬化后性质的影响与普通混凝土的情况大致相同,不宜选用收缩率比偏大的化学外加剂,早强剂、防冻剂会使膨胀性质产生差别,使用时应该予以注意。

使用粉煤灰和矿渣粉可以改善混凝土工作性、降低水化热等,但用量增大时,对膨胀率也会产生较大的影响,需要在配合比设计时通过调整膨胀剂掺量获得需要的限制膨胀率和抗压强度。对补偿收缩混凝土而言,高钙粉煤灰中的游离氧化钙对体积稳定性具有很大的不确定性,无法控制其膨胀,故严禁使用。

对硅灰、沸石粉、石灰石粉、高岭土粉等掺合料,对发泡剂、速凝剂、水下不分散混凝土外加剂等外加剂,与膨胀剂共同使用时应在使用前进行试验、论证。

5.0.4 补偿收缩混凝土使用的骨料与一般混凝土相同。对于要求使用非碱活性骨料的工程,应在使用前检验、测定骨料的碱活

性,或采取控制混凝土最大碱含量的措施。轻骨料也同样能够配制补偿收缩混凝土。

5.0.5 补偿收缩混凝土与一般混凝土的用水标准相同。

6 配合比

6.0.1 补偿收缩混凝土和普通混凝土的标志性区别在于它可以通过自身产生的膨胀而具有抗裂防渗功能。因此,在配合比设计与试配时,应在选材和确定材料用量方面,尽可能做到有利于膨胀的发挥,以保证限制膨胀率设计值,并进行限制膨胀率测定、验证。

研究表明,钙矾石长期在 80℃ 的环境中会分解,所以规定膨胀源是钙矾石的补偿收缩混凝土不能在环境温度大于 80℃ 的情况下使用。因此须根据使用条件事先对膨胀剂类型进行选择。另外,我国膨胀剂生产厂家多,产品品种也多,普遍存在膨胀剂与水泥、化学外加剂的适应性问题,因此有必要事先选择、确定膨胀剂的种类。

凝结时间对混凝土的温升和表面裂缝形成有较大影响,这一点补偿收缩混凝土与普通混凝土也一样,工程实践表明,下述的凝结时间有利于补偿收缩混凝土抗裂性能的发挥:①常温施工环境下,初凝时间大于 12h;②高于 28℃ 的环境和强度等级 C50 以上时,初凝时间大于 16h;③大体积混凝土初凝时间大于 18h;④冬期施工时,初凝时间小于 10h。在配合比设计时予以注意。

6.0.2 补偿收缩混凝土的限制膨胀率大小,不像强度那样主要取决于水胶比大小,而与单位膨胀剂用量关系最密切,大致成正比。以往,单纯使用百分比掺量确定膨胀剂用量,在混凝土强度等级较低或水泥用量较少时,直接采用生产厂家推荐的掺量,会出现膨胀剂实际用量不足,而导致膨胀率偏低,达不到补偿收缩的目的。科学的方法是根据设计要求的限制膨胀率,采用工程实际原材料,通过配合比试验求取。表 6.0.2 是为方便试验而推荐的掺量范围,研究表明,大部分补偿收缩混凝土膨胀剂掺量在此

范围之内。实际应用中,由于膨胀剂品质的差异,可能出现超出表中推荐值的情况,这时应以试验结果为准。

一般而言,混凝土膨胀率越大,补偿收缩和导入自应力的效果越好,然而膨胀率过大,会使自由状态的混凝土试件抗压强度比不掺膨胀剂时有所降低。所以,应在保证达到最低强度要求的前提下确定较高的膨胀率。

6.0.3 试验研究表明,水胶比大于 0.50,不仅对补偿收缩混凝土的膨胀性能有一定影响,而且混凝土的耐久性也不好,故规定不宜大于 0.50。

6.0.4 单位胶凝材料用量根据单位用水量和水胶比确定。一般来说,C25~C40 补偿收缩混凝土的单位胶凝材料用量为 300~450kg/m³时,可获得结构致密及最佳的补偿收缩效果。研究表明,胶凝材料中掺合料过多会降低膨胀性能,因此在配合比试验设计过程中,需要根据选用水泥的品种、膨胀剂品种及混凝土强度等级等具体情况,适当调节胶凝材料中各组分的比例,比如在掺合料用量大的情况下,可以适当调高膨胀剂的掺量,确保设计要求的限制膨胀率。

6.0.5 工程设计中,出于混凝土在不同环境条件下的耐久性考虑,需要提出一些耐久性指标,为满足这些指标,在混凝土配合比设计过程中,需要采取一些必要的技术措施,如限制水胶比、限制氯离子和碱含量等等,这些要求和措施需要符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 的相关要求。

7 生产和运输

7.0.1 补偿收缩混凝土是具有膨胀性能的高品质混凝土,为了确保其品质,需要选择技术水平和生产管理水平高的预拌混凝土工厂。选择工厂时,必须考虑到达现场的运输时间、卸车时间、混凝土的生产能力、运输车数、工厂的生产设备以及质量管理状态等。

7.0.2 膨胀剂与其他外加剂必须用专用计量器,使用前确认其具有所规定的计量精度;应防止膨胀剂在上次计量后残留在计量器具上,下一次使用时应检查、清扫;当遇雨天或骨料含水率有显著变化时,应及时调整水和骨料的用量,确保原材料计量准确。

7.0.3 一般而言,膨胀剂与水泥同时投入为好。为得到均匀的混凝土,应规定恰当的投料顺序与投料方式。采用间歇式搅拌机时,由于最初的一盘混凝土中的部分砂浆会附着在搅拌机内,所以最好先预拌适量的砂浆,然后卸出,再投入规定的材料进行搅拌。

混凝土尽量以近似搅拌结束时的状态进行运输、浇筑至关重要。运输必须快捷,需要严格控制从搅拌开始到运至现场的时间。为避免出现混凝土坍落度小于浇筑要求的情况,使用缓凝剂、保塑剂是有效的。采取后掺减水剂的方法可以恢复坍落度,对强度和膨胀效果几乎没有影响。

8 浇筑和养护

8.0.1 补偿收缩混凝土的浇筑应该遵循普通混凝土的浇筑质量标准。

8.0.2 补偿收缩混凝土是具有膨胀效果的优质混凝土，其浇筑过程和注意事项也应该采取与普通混凝土相同的作业标准。

出于保证混凝土质量和洁净施工面的目的，施工遇到雨雪时，应该对新浇筑的混凝土进行覆盖保护。许多工程实例证明，万一出现施工“冷缝”，采用膨胀砂浆接缝的措施比较可靠。

终凝前对混凝土表面进行多次抹压是为了消除塑性裂缝。

8.0.3 本条规定了补偿收缩混凝土的养护方法。

1 充分的水养护是保障补偿收缩混凝土发挥其膨胀性能的关键技术措施，应予以足够的重视，特别是早期。补偿收缩混凝土在硬化初期应避免受到低温、干燥以及急剧的温度变化影响。新浇筑的混凝土既没有足够的强度，也没有建立起有效的膨胀应力，不能够抵御突然降温或振动、冲击等产生的破坏应力，为防止出现裂缝，要采取一定的保护措施。

2 北方冬期施工的混凝土，直接浇水可能会导致混凝土遭受冻害，因此需要进行保温养护，虽然这样做会导致膨胀效果的降低，但是由于冬期施工的混凝土冷缩小，与高温季节相比，需要的膨胀也较小。

3 使用补偿收缩混凝土的工程，在完工后应该尽早回填，使混凝土处于潮湿状态，对膨胀能的充分发挥十分有利。为防止温度应力造成工程裂缝，应该在降温之前对地下工程进行回填保温。

4 对补偿收缩混凝土进行保温养护、加热养护、蒸汽养护等特殊养护时，必须预先充分地研究，以确认这些措施能获得所要求的品质。

9 施工缝、防水节点和施工缺陷的处理措施

9.0.1 施工缝、穿墙螺栓孔和穿墙管道等节点部位是容易产生渗漏的部位，而且是漏浆、砂眼、结瘤挂浆等缺陷易发部位，对这些部位进行处理，可以消除渗漏隐患并改善构件的外观，选用水泥基无机材料可以实现防渗与结构本体材料等寿命。膨胀砂浆可以按去掉石子后的填充用膨胀混凝土配合比拌制；也可以拌制1:2砂浆，水泥中的膨胀剂掺量按生产厂推荐值的高限。

9.0.2 处理现浇混凝土结构的外观质量缺陷，要按照现行国家标准的相关要求进行，在进行修补时优先采用膨胀水泥砂浆或膨胀混凝土，是由于其膨胀作用可以使新老混凝土结合部位牢固粘接。

9.0.3 对于贯穿性裂缝，采取灌浆的方法可以将裂缝全面封闭；对于非贯穿性裂缝或局部裂缝，采用膨胀水泥砂浆修补能够节约修补成本。对同一结构的裂缝处理，也可以根据实际需要结合使用两种措施。

10 验 收

10.0.2 规定了补偿收缩混凝土原材料进场复验验收原则。

10.0.3、10.0.4 规定了补偿收缩混凝土限制膨胀率取样方式、检验方法和验收原则。

补偿收缩混凝土确有减少和消除混凝土裂缝的作用，但是应用不当，如养护不到位膨胀性能没有充分发挥、混凝土水化热过高产生的冷缩大于其补偿收缩能力等，混凝土结构也会产生一些裂缝，规定了因施工过程中出现的裂缝或其他外观缺陷的后续处理和验收原则。

附录 A 限制状态下补偿收缩混凝土 抗压强度检验方法

A.0.1 大膨胀混凝土在无约束情况下，抗压强度会显著降低；在充分限制情况下，其强度比无约束状态高，也高于相同配合比的普通混凝土。制定本检验方法，目的在于使试验结果更趋近于工程实际情况。

A.0.2 钢制模型的弹性模量与混凝土中的钢筋相同，约束力强，采用单块模型比三联模型的效果好。

A.0.3 为了保证混凝土膨胀需要的水分，并充分受到约束，达到理想的膨胀效果，至少需要保持带模湿润养护 7d。