辽 宁 省 地 方 标 准

DB21/T 1745—2009

Jxxxx —2009

地下混凝土结构防裂技术规程

Technical specification for crack resistance of

underground concrete structure

2009—09—09 发布　　2009—10—09 实施

辽宁省住房和城乡建设厅

辽宁省质量技术监督局　　联合发布

前　言

本规程是根据辽宁省住房和城乡建设厅（辽建〔2009〕95 号）文《关于印发 2009 年度工程建设标准编制/修订计划的通知》的要求，由沈阳市城乡建设委员会组织辽宁省建筑设计研究院、中国建筑材料科学研究总院等单位共同编制的。

在编制本规程过程中，编制组进行了广泛深入地调查研究、收集资料、关键性能试验和试点工程验证工作，为本规程的编制提供了可靠的技术依据。

本规程按照国家现行标准的有关规定，以沈阳市建设标准《超长地下室混凝土结构防裂技术规定》及工程实践为基础，充分吸取国内建造地下混凝土结构防裂的先进经验，并广泛征求有关生产、设计、施工、科研和教学单位的意见，经反复讨论、修改，最后经审查定稿。由于地下混凝土裂缝成因的复杂性和目前的技术经济水平，按本规程建造的地下混凝土结构，可防止或减轻由于温度变形和干缩变形以及其他原因引起的裂缝。

本规程共七章和四个附录。内容有总则，术语和符号，材料，设计，混凝土生产技术，施工和质量验收等。

本规程的附录 A 为资料性附录，附录 B～附录 D 为规范性附录。

本规程由辽宁省住房和城乡建设厅提出、组织并归口管理。

本规程由辽宁省建筑设计研究院负责具体技术内容的解释。各单位在执行本规程过程中，注意积累资料，对需要修改和补充之处，及时将意见和资料函告辽宁省建筑设计研究院（沈阳市和平南大街 84 号，邮政编码 110005），以便今后修改本规程时参考。

本规程主编单位：辽宁省建筑设计研究院

本规程参编单位：中国建筑材料科学研究总院、大连理工大学、沈阳建筑大学、中国建筑材料检验认证中心、辽宁省建设科学研究院、沈阳市建设工程质量监督站、东北金城建设股份有限公司、唐山北极熊建材有限责任公司、中国建筑东北设计研究院有限公司、辽宁广隆混凝土有限公司、沈阳原筑建筑设计有限公司、天津豹鸣股份有限公司、河北同邦建材有限公司、沈阳市工程质量检测中心、沈阳市顺天顺达预应力公司、武汉三源特种建材有限责任公司、沈阳市建设工程施工图设计审查咨询中心、辽宁金海建筑设计院有限公司、辽宁三汇混凝土有限公司。

本规程主要起草人：张前国、赵顺增（以下按姓氏笔划排列）

王　元、王　强、卢伟然、田启兴、刘福全、刘　明、刘晓东、李庆钢、吴　健、何振文、何化南、佟咸豪、陈智丰、张毅斌、张巨松、张春良、张利俊、施云峰、苑立明、郭佩玲、赵忠德、赵冠群、黄承逵、黄　堃、康立中、隋明月

本规程主要审查人：刘斌、高汉民、王德顺、黄荣辉、由世宽、刘德良、刘绍昆

目　次

1　总则

2　术语和符号

2.1　术语

2.2　符号

3　材料

3.1　一般规定

3.2　水泥

3.3　骨料

3.4　掺合料

3.5　外加剂

3.6　混凝土膨胀剂、抗裂防水剂

3.7　纤维

3.8　钢筋、预应力筋及灌浆材料

3.9　水

4　设计

4.1　一般规定

4.2　补偿收缩混凝土

4.3　纤维混凝土

4.4　预应力混凝土

5　混凝土生产技术

5.1　一般规定

5.2　配合比

5.3　计量

5.4　制备

5.5　运输

5.6　交货检验

5.7　泵送

6　施工

6.1　一般规定

6.2　模板的安装与拆卸

6.3　混凝土浇筑

6.4　养护

6.5　后浇带、加强带

6.6　雨、冬期施工

6.7　安全施工

7　质量验收
7.1　一般规定
7.2　主控项目
7.3　一般项目
附录A　地下混凝土结构的间接作用分析效应方法
附录B　限制状态下补偿收缩混凝土抗压强度检验方法
附录C　纤维混凝土及砂浆收缩裂缝试验方法
附录D　裂缝修补
本规程用词说明
引用标准名录
条文说明

CONTENTS

1 General provisions
2 Terms and symbols
2.1 Terms
2.2 Symbols
3 Materials
3.1 General requirements
3.2 Cement
3.3 Aggregate
3.4 Mineral admixtures
3.5 Admixtures
3.6 Expansive agents for concrete、anticrack and waterproof agents for concrete
3.7 Fiber
3.8 Reinforcement、prestressing tendon and grouting material
3.9 Water
4 Design
4.1 General requirements
4.2 Shrinkage compensated concrete
4.3 Fiber reinforced concrete
4.4 Prestressed contrete
5 Production technology for concrete
5.1 General requirements
5.2 Mix proportion
5.3 Measurement
5.4 Preparation
5.5 Transportation
5.6 Delivery inspection
5.7 Pumping
6 Construction
6.1 General requirements
6.2 Erection and dismantlement of formwork
6.3 Concrete pouring
6.4 Curing
6.5 Post-pouring band、strengthening band
6.6 Construction in winter or rainy season
6.7 Safety in construction
8 Quality Acceptance
8.1 General requirements
8.2 Main Control items
8.3 General items
Appendix A Analysis methods for indirect action effect of underground

concrete structures
Appendix B Test method for compressive strength of Shrinkage compensated concrete in the restrainted State
Appendix C Test method of shrinkage crack in fiber reinforced concrete and mortar
Appendix D Crack repairing
Explanation of wording in this code
Normative standard
Explanations on terms

1 总 则

1.0.1 为防止或减轻地下混凝土结构裂缝，做到确保工程质量、技术先进、经济合理、安全适用，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于建（构）筑物及市政工程等地下混凝土结构的防裂设计与施工。

1.0.3 地下混凝土结构防裂设计与施工应符合节约资源和环境保护的要求。

1.0.4 地下混凝土结构的裂缝控制应综合考虑工程地质、水文地质、各种作用、上部结构、环境条件、施工条件和工期等因素，因地制宜，合理设计，精心施工。

1.0.5 地下混凝土结构应采用防水混凝土，做到结构自防水。并可根据工程特点、工程部位选择使用补偿收缩混凝土、纤维混凝土、预应力混凝土。

1.0.6 本规程应与《混凝土结构设计规范》GB50010、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204、《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55、《混凝土外加剂应用技术规范》GB50119配套使用。

1.0.7 地下混凝土结构的设计、施工与验收，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 超长地下混凝土结构 underground concrete structure with the overlength

长度超过现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 中关于钢筋混凝土结构伸缩缝的最大间距限值的地下混凝土结构。

2.1.2 后浇带 post-pouring band

现浇钢筋混凝土结构施工期间保留的临时变形缝，根据工程具体条件保留一定时间后，再用混凝土浇筑密实，使结构成为连续整体的部位。

2.1.3 膨胀加强带 expansive strengthening band

在结构预留设后浇带或伸缩缝的部位，改设一定宽度的变形缝，在缝内适当提高混凝土的膨胀率或配筋率，用以减免后浇带和伸缩缝数量、延长混凝土结构构件连续浇筑长度的技术措施。

2.1.4 间接作用 indirect action

引起结构外加变形或约束变形的原因，如地基变形、混凝土收缩、徐变、温度变化等。

2.1.5 温度应力 temperature stress

结构或构件受约束，当环境温度变化时或在有温差的情况下，不能自由胀缩而产生的应力。

2.1.6 约束变形 restrained deformation

由温度变化、材料胀缩等作用引起的受约束结构或构件中的变形。

2.1.7 混凝土膨胀剂 expansive agent 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。

2.1.8 抗裂防水剂 anticrack and waterproof agent for concrete

一种同时符合《混凝土膨胀剂》JC476 和《砂浆、混凝土防水剂》JC474 两项现行国家行业标准要求的外加剂。

2.1.9 限制膨胀率 ratio of restrained expansion

混凝土在限制状态下，水化硬化过程中的体积膨胀率。

2.1.10 补偿收缩混凝土 shrinkage compensated concrete

是指由膨胀剂、抗裂防水剂或膨胀水泥配制，经水化反应后发生膨胀的混凝土。

2.1.11 纤维混凝土 fiber reinforced concrete

在普通混凝土中掺入乱向均匀分散的纤维而制成的复合材料，包括钢纤维混凝土、合成纤维混凝土、玻璃纤维混凝土、混杂纤维混凝土等。

2.1.12 预应力混凝土 prestressed concrete

由配置受力的预应力钢筋通过张拉或其他方法建立预加应力的混凝土。

2.2 符号

σ_T——间接作用下结构应力标准值;

σ_p——预应力钢筋的有效预应力;

f_k——混凝土抗拉强度标准值;

$\omega_{\lim}$——混凝土最大裂缝宽度限值;

L——地下混凝土结构的长度;

d—— 地下混凝土结构的埋置深度;

H——最大水头;

h——防水混凝土厚度;

τ ——混凝土的龄期;

$e_2(\tau)_0$ ——标准条件下混凝土τ龄期的限制膨胀率;

W_1——单方混凝土水泥用量;

W_2——单方混凝土膨胀剂用量;

Q_1——每公斤水泥水化热值;

Q_2——每公斤膨胀剂水化热值;

C ——混凝土的比热;

ρ ——混凝土密度;

F ——单方混凝土粉煤灰用量;

$\beta_1 \sim \beta_{11}$——膨胀率影响系数;

$M_1 \sim M_{12}$——收缩修正系数。

3 材料

3.1 一般规定

3.1.1 地下混凝土结构所用材料应符合国家现行产品标准的有关规定，并应有产品质量合格证。

3.1.2 地下混凝土结构所用材料的物理力学性能指标应符合设计要求，应经过有资质的检测机构检测验证。

3.1.3 严禁使用对人体产生危害、对环境产生污染的外加剂或者其他材料。

3.2 水泥

3.2.1 宜采用符合《通用硅酸盐水泥》GB175 规定的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥。

3.2.2 配制大体积混凝土时，宜优先选用符合《中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥、低热矿渣硅酸盐水泥》GB200 规定的水泥，也可采用本规程第 3.2.1 条规定的水泥，但应采取掺加掺合料等控制混凝土水化热的措施。

3.2.3 配制钢纤维混凝土或预应力混凝土时，氯离子含量（质量分数）不应超过胶凝材料质量的 0.06%。

3.2.4 水泥的比表面积不宜大于 350m^2/kg，水泥熟料中的铝酸三钙（C_3A）含量不宜大于 8%。

3.2.5 当骨料具有碱活性时，水泥中的碱含量应小于 0.6%。

3.3 骨料

3.3.1 粗、细骨料应符合《普通混凝土用砂、石质量及检验方法》JGJ52 的各项技术指标。

3.3.2 细骨料宜采用水洗中砂，含泥量不应大于 2.5%，泥块含量不应大于 1%。

3.3.3 粗骨料宜采用碎石或卵石，含泥量不应大于 1%，泥块含量不应大于 0.5%，其粒径不宜大于 31.5mm，并不得超过构件截面最小尺寸的 1/4，且不得超过钢筋最小净间距的 3/4；对混凝土实心板，骨料的最大粒径不宜超过板厚的 1/3；钢纤维混凝土的粗骨料粒径不宜大于 20mm 或钢纤维长度的 2／3。

3.3.4 砂的氯离子含量不得大于 0.06％（以干砂的质量百分率计）；对于预应力混凝土，砂的氯离子含量不得大于 0.02％（以干砂的质量百分率计）。

3.3.5 宜采用非碱活性骨料，当采用低碱活性骨料时，骨料的碱活性指标应符合有关规定。

3.3.6 骨料中不得含有烧结物，严禁混入影响混凝土性能的有害物质。

3.4 掺合料

3.4.1 掺合料可采用粉煤灰、矿渣粉等，掺量应通过试验确定。

3.4.2 应采用符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB1596 表 1 的 F 类Ⅱ级及其以上粉煤灰；对预应力混凝土应采用 F 类Ⅰ级粉煤灰，不得采用 C 类和Ⅱ级以下的 F 类粉煤灰。粉煤灰应采用品质稳定的原状灰，不宜采用磨细灰。粉煤灰中的氯化物含量不宜超过 0.06%。

3.4.3 矿渣粉应符合《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T18046 的要求，其比表面积不宜超过 450m^2/kg。配制预应力混凝土时，矿渣粉的使用应通过试验确定。

3.5 外加剂

3.5.1 减水剂、缓凝剂、泵送剂、防冻剂等外加剂必须符合《混凝土外加剂》GB8076、《混凝土泵送剂》JC473、《混凝土防冻剂》JC475、《混凝土外加剂中释放氨的限量》GB18588

的有关规定。

3.5.2　外加剂使用前应做适应性试验，不得有假凝、速凝、分层或离析现象,并应根据工程需要和施工要求，通过试验确定外加剂的品种和掺量。

3.5.3　严禁采用含有氯盐的早强剂、早强减水剂、防冻剂，外加剂中氯离子含量应符合表3.5.3的规定。

表3.5.3　外加剂带入混凝土中的氯离子（Cl^-）含量限值

混凝土种类	氯离子含量（kg/m^3）
预应力混凝土	≤ 0.02
钢筋混凝土	≤ 0.20
无筋混凝土	≤ 0.60

3.5.4　外加剂释放氨含量应符合《混凝土外加剂释放氨限量》GB18588的有关规定。

3.5.5　当骨料具有碱活性时，由外加剂带入混凝土中的碱含量不宜超过$1kg/m^3$，并应提供混凝土原材料和混凝土中碱的总含量计算书。

3.5.6　含亚硝酸盐、硝酸盐、碳酸盐的早强剂和防冻剂严禁用于预应力混凝土结构。

3.6　混凝土膨胀剂、抗裂防水剂

3.6.1　地下混凝土结构宜采用混凝土膨胀剂、抗裂防水剂。混凝土膨胀剂的性能应符合《混凝土膨胀剂》JC476的规定，抗裂防水剂的性能除应符合《混凝土膨胀剂》JC476的规定外，尚应符合表3.5.1的规定。

表3.6.1　抗裂防水剂的性能指标

项目	指标
48h吸水量（%）	< 65
渗透高度比（%）	< 30
28d收缩率比（%）	<100

注：试验方法应按《砂浆、混凝土防水剂》JC474中规定的方法进行。

3.6.2　混凝土膨胀剂可采用硫铝酸钙类、硫铝酸钙－氧化钙类、氧化钙类膨胀剂。硫铝酸钙－氧化钙类膨胀剂不得用于长期环境温度为80℃以上的工程；在不掺加活性掺合料情况下，氧化钙类膨胀剂不宜用于有侵蚀性水的工程。

3.7　纤维

3.7.1　地下混凝土结构宜选用耐碱性能较好的非连续单丝聚丙烯纤维和单丝聚丙烯晴纤维，其抗拉强度不宜低于300MPa，并应在混凝土拌合物中易于分散，还应与硬化混凝土具有良好的粘结性能。

3.7.2　用于提高混凝土的抗弯曲疲劳和受压疲劳性能、抗冲击、抗爆裂、韧性时，可采用钢纤维。

3.7.3　合成纤维应采用不含再生链烯烃的纯聚合物，其技术性能应符合《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》GB/T 21120的要求。

3.7.4　合成纤维的规格可根据需要按表3.7.4采用。

表 3.7.4　合成纤维的规格

外形分类	公称长度(mm)	当量直径(μm)
单丝纤维	6～40	5～10
膜裂网状纤维	15～40	—
粗纤维	15～60	>100

注：经供需双方协商，可生产其他规格的合成纤维。

3.7.8　钢纤维的性能应符合《纤维混凝土结构技术规程》CECS38、《钢纤维混凝土》JG/T 3064 中的规定。

3.8　钢筋、预应力钢筋及灌浆材料

3.8.1　钢筋混凝土的纵向受力钢筋宜采用 HRB400、HRB335 和 HRB500 热轧钢筋。箍筋宜采用 HRB400 和 HRB335 热轧钢筋，可采用 HPB235 热轧钢筋。

3.8.2　预应力混凝土用钢绞线和钢丝，应分别符合《预应力混凝土用钢绞线》GB 5224 和《预应力混凝土用钢丝》GB 5223 的规定。

3.8.3　预应力筋用锚具、夹具和连接器的性能应符合《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T14370 的规定。

3.8.4　预应力混凝土用金属螺旋管的尺寸和性能应符合《预应力混凝土用金属螺旋管》JG/T3013 的规定。

3.8.5　后张预应力孔道材料（灌浆材料或灌浆水泥）的性能指标应经有资质的检测机构检测，并应符合下列要求：

1　灌浆材料的水灰比不得大于 0.35，浆液的稠度宜为 14s～18s，稠度检测应按《公路桥涵施工技术规范》JTJ041 中有关“水泥浆稠度试验”的方法执行；

2　灌浆水泥浆或灌浆材料浆体的泌水率不得超过 3%，拌合后 3h 泌水率宜小于 2%，且泌水应在 24h 内重新全部被浆吸回；

3　孔道灌浆固结体的抗压强度不应小于 30MPa；

4　应具有良好的塑性膨胀和硬化后的微膨胀性，3h 竖向膨胀率不小于 0.00%，3d 竖向膨胀率不小于 0.010%，7d 竖向膨胀率应不小于 0.020%，并应按《混凝土外加剂应用技术规范》GB50119 中有关“灌浆用膨胀砂浆竖向膨胀率的测定方法”检测；

5　灌浆材料的氯化物含量不得大于 0.02%。

3.9　水

3.9.1　水应符合《混凝土拌合用水标准》JGJ63 的规定。

4　设计基本规定

4.1　一般规定

4.1.1　不设永久变形缝的地下混凝土结构适用的最大长度宜符合表 4.1.1 的规定。

表 4.1.1　适用最大长度（m）

基础形式	岩土类别	最大长度
桩基	岩石	120
	非岩石	150
筏基	岩石	150
	碎石土、砂土	180
	粉土、粘性土	200

注：表中的岩土类别指地下室底板底面接触的土壤类别。

4.1.2　地下混凝土结构的防裂设计，除应符合本规程规定外，尚应符合现行《混凝土结构设计规范》GB50010、《建筑地基基础设计规范》GB50017 和辽宁省地方标准《建筑地基基础技术规范》DB21/T907 的规定。

4.1.3　超长地下混凝土结构的防裂设计，尚应符合下列要求：

1　后浇带或膨胀加强带应按本规程第 4.1.4 条的要求设置，并应按本规程第 4.1.5 条的要求设置沉降后浇带；

2　后浇带或膨胀加强带应采用填充用膨胀混凝土；后浇带外宜采用补偿收缩混凝土、纤维混凝土或预应力混凝土；膨胀加强带外应采用补偿收缩混凝土，也可采用钢纤维混凝土或预应力混凝土；

3　应采取保温隔热、保水养护、延长养护期等减小湿度变化或减小混凝土收缩的有效措施；

4　超过本规程表 4.1.1 规定的超长地下混凝土结构，宜按本规程附录 A 的要求，进行间接作用效应分析；

5　间接作用宜与其它可能同时出现的荷载作用，按承载力极限状态和正常使用极限状态分别进行效应组合，并应取各自的最不利效应组合进行设计，也可根据最不利的间接作用效应确定附加钢筋的配置。

6　大体积混凝土的设计强度等级可采用 60d 或 90d 龄期的强度。

4.1.4　超长地下混凝土结构应按下列要求设置后浇带：

1　后浇带应设在因收缩变形或温度影响可能引起应力集中、结构构件产生裂缝可能性较大的部位；

2　膨胀加强带可代替部分或全部后浇带；

3　后浇带、膨胀加强带的最大间距限值宜符合表 4.1.4 的规定。

表 4.1.4　后浇带或膨胀加强带最大间距限值（m）

项目	带外混凝土类别	桩基础	筏形基础		
			岩石	碎石土、砂土	粉土、粘性土
后浇带	普通混凝土	30	30	35	40
	补偿收缩混凝土	40	40	50	55
膨胀加强带	补偿收缩混凝土	40	40	55	60

注：当采用纤维混凝土时，最大间距限值可按补偿收缩混凝土的要求采用；当仅采用预应力混凝土且预应

力在后浇带和膨胀加强带封闭后建立时，最大间距限值可按普通混凝土的要求采用。

4.1.5　地下混凝土结构宜按下列要求设置沉降后浇带：

1　地下室平面的转折部位；

2　房屋高度差异或荷载差异较大处；

3　地基土的压缩性有显著差异处；

4　上部建筑结构或基础类型不同处；

5　分期建造房屋的交界处。

4.1.6　地下混凝土结构中与土壤或水接触的混凝土构件应采用防水混凝土，并应符合下列要求：

1　厚度不应小于 250mm；

2　混凝土强度等级不应低于 C30，不宜高于 C40；

3　防水混凝土的设计抗渗等级应符合表《地下工程防水技术规范》GB50108 的规定，对高层建筑尚应符合《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 的规定。

4.1.7　地下混凝土结构构件应根据环境类别、耐久性作用等级及结构类型，确定相应的裂缝控制等级和最大裂缝宽度限值 $\omega_{\lim}$，并应进行受拉边缘应力和正截面裂缝宽度验算。

4.1.8　地下混凝土结构的环境类别和耐久性作用等级，可按《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定采用。

4.1.9　地下混凝土结构构件的钢筋配置原则应符合下列规定：

1　荷载作用下混凝土构件所需受力钢筋的全截面最小配筋率应符合现行《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定；

2　抵抗温度收缩的钢筋可利用结构原有的钢筋贯通布置，也可另外设置构造钢筋网，并与原有钢筋按受拉钢筋的要求搭接；

3　超长方向梁两侧腰筋的间距不应大于 200mm，每侧腰筋的截面面积不应小于梁宽与梁腹板高度乘积的 0.15%；当采用预应力混凝土和钢纤维混凝土时不应小于 0.10%；

4　钢筋配置宜细而密，布筋方式和钢筋间距宜符合表 4.1.9 的要求。

表 4.1.9　布筋方式和钢筋间距

结构部位	布筋方式	钢筋间距(mm)
底板	双层、双向	150～200
楼板	双层、双向	100～200
顶板、墙体水平筋	双排	100～150

4.1.10　下列地下混凝土构件或部位应加强配筋：

1　墙体单面水平钢筋的配筋率不宜小于 0.20%；当地下室外墙墙体净高度大于 3.6m 时，在墙体高度的水平中线上下共 500mm 高范围内，水平筋的间距不宜大于 100mm；

2　墙与柱、墙与墙的连接部位宜增设直径为 8mm～10mm 的水平附加钢筋，伸入墙内不宜小于 1500mm，竖向间距与墙体水平钢筋相同，间隔布置；

3　楼板单面钢筋的配筋率不宜小于 0.25%；卧置于地基上的板，其单面钢筋的配筋率不宜小于 0.20%～0.25%（板的厚度较大时可取下限）；

4　墙、板的内外和上下宜垂直于膨胀加强带增设间距为 100 mm～150mm 的附加钢筋，其直径宜为 8 mm～12mm，长度不应小于带宽与其两侧各延伸 500mm 之和；

5　当平面形体有较大凹凸时，在凹角处的楼板、两端阳角处及端墙处的楼板、与周围梁柱墙等构件整体浇筑且受约束较强的楼板，应增设温度钢筋；

6　在结构开口的出入口位置、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，宜适当加强配筋。

4.1.11　下列情况，应在外墙外侧、顶板上部设置保温隔热层：

1　地面上没有房屋、且距室外地面的高度不大于 1.5m 的地下室顶板；

2　室外地面下 1.5m 以内的地下室外墙；

3　保温层宜为表观密度不小于 30kg/m^3 的 XPS 板。

4.1.12　下列要求应在设计文件中标注：

1　混凝土所用原材料的特别要求；

2　混凝土的养护及拆模时间；

3　基坑回填；

4　保温隔热措施。

4.2　补偿收缩混凝土

4.2.1　地下混凝土结构可采用补偿收缩混凝土；超长地下混凝土结构、地下大体积混凝土结构宜采用补偿收缩混凝土；当采用膨胀加强带时，带外应采用补偿收缩混凝土。补偿收缩混凝土的限制膨胀率和抗压强度指标应符合表 4.2.1 的规定。

表 4.2.1　补偿收缩混凝土的性能指标

项目	限制膨胀率(%)			抗压强度（MPa）
龄期	水中 14d		水中 14d 转空气中 28d	28d
板	≥0.020	≤0.045	≥-0.020	≥30
侧墙	≥0.025	≤0.045	≥-0.020	

4.2.2 浇筑后浇带、膨胀加强带应采用填充用膨胀混凝土，其限制膨胀率和抗压强度指标应符合表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2　填充用膨胀混凝土的性能指标

项目	限制膨胀率(%)			抗压强度（Mpa）
龄期	水中 14d		水中 14d 转空气中 28d	28d
板	≥0.025	≤0.060	≥-0.010	≥35 （比两侧构件提高一级）
侧墙	≥0.030	≤0.060	≥-0.010	

4.2.3　补偿收缩混凝土、填充用膨胀混凝土的限制膨胀率的测定应按《混凝土外加剂应用技术规范》GB50119 的有关规定执行。

4.2.4　补偿收缩混凝土的抗压强度试验应按《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T50081 的规定执行。填充用的膨胀混凝土的抗压强度试验，可按本规程附录 B 的规定执行。

4.2.5　后浇带的构造应符合下列要求：

1　后浇带的宽度不宜小于 800mm；

2　沉降后浇带应沿地下室结构的底板、楼板、墙体连续封闭设置；

3　后浇带可做成平直缝，结构受力钢筋可直通或截断后搭接;

4　后浇带宜设在距支座 1/3 净跨处或受力和变形较小处;

5　后浇带混凝土应在两侧混凝土龄期达 60d 以上浇筑,当带外采用补偿收缩混凝土时，龄期可减少，但不宜少于 28d。沉降后浇带混凝土尚应在两侧建筑沉降差符合要求后浇筑。

6　后浇带混凝土的养护时间不得少于 28d。

4.2.6　膨胀加强带的构造除应符合本规程第 4.2.5 条 2、3、4、6 款的要求外，尚应符合下列要求:

1　膨胀加强带的宽度宜为 2m～3m;

2　膨胀加强带设置部位宜与所替代的收缩后浇带一致;

3　根据混凝土浇筑方式的不同，膨胀加强带可分为连续式、间歇式与后浇式三种形式。

4.2.7　补偿收缩混凝土连续浇筑结构长度可按表 4.2.7 采用。

表 4.2.7　补偿收缩混凝土连续浇筑结构长度

结构类别	结构长度 L (m)	结构厚度 (m)	浇筑方式选择	构造形式
墙体	L≤60	—	连续浇筑	连续式膨胀加强带
	L＞60	—	分段浇筑	后浇式膨胀加强带或后浇带
板式结构	L≤60	—	连续浇筑	—
	60＜L≤120	≤1.5	连续浇筑	连续式膨胀加强带
	60＜L≤120	＞1.5	分段浇筑	后浇式、间歇式膨胀加强带或后浇带
	L＞120	—	分段浇筑	后浇式、间歇式膨胀加强带或后浇带

注：强约束板式结构（如桩基础的底板等）宜采用分段浇筑方式。

4.2.8　在设计图纸中应注明不同结构构件与部位的限制膨胀率指标要求，不应标注抗裂防水剂或膨胀剂的掺量。

4.3　纤维混凝土

4.3.1　钢纤维混凝土适用于对混凝土抗拉强度、抗剪强度、抗冲击强度、局部受压强度、裂缝控制等要求较高的地下混凝土结构构件或部位，以及受力复杂或预应力施工困难部位。合成纤维适用于控制地下混凝土结构构件的早期塑性收缩裂缝。对抗裂要求较高的构件，宜采用掺加纤维的补偿收缩混凝土。

4.3.2　钢纤维混凝土的强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。立方体抗压强度标准应按《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定采用。

4.3.3　钢纤维混凝土强度标准值与设计值，以及钢纤维混凝土结构构件承载力计算应符合《纤维混凝土结构技术规程》CECS38 的有关规定。

4.3.4　钢纤维混凝土的受压和受拉弹性模量以及剪变模量应根据钢纤维混凝土的强度等级按现行有关混凝土结构设计规范的规定采用。

钢纤维混凝土的泊松比和线膨胀系数可取与普通混凝土相同值，按现行有关混凝土结构设计规范的规定采用。

4.3.5　合成纤维体积率宜为 0.1%,合成纤维混凝土的强度等级、各项强度标准值及设计值、

弹性模量、泊松比和线膨胀系数等，可按《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定采用。

4.3.6　合成纤维混凝土结构构件承载力可按同强度的普通混凝土结构构件计算。

4.3.7　合成纤维混凝土的裂缝控制等级不宜低于二级，见附录 C。

4.4　预应力混凝土

4.4.1　本节所指预应力混凝土仅用于防止或减轻地下混凝土结构在间接作用下（收缩和温度变形）所产生裂缝。

4.4.2　预应力钢筋的设置范围、数量应按计算要求确定，并宜符合下列要求:

1　宜采用无粘结预应力筋;

2　混凝土的强度等级宜为 C30～C40;

3　预应力筋可直线设置于截面中部或对称设置于截面两侧;

4　无粘结预应力筋的最大间距可取板厚度的 6 倍，且不宜大于 1.0m。

5　对无粘结预应力混凝土，平均预压应力不宜小于 0.7MPa，且不宜大于 3.5MPa。

注: 平均预压应力指扣除全部预应力损失后，在混凝土总截面面积上建立的平均预压应力。

4.4.3　预应力钢筋的有效预应力应符合国家现行标准的有关规定。

4.4.4　间接作用的分析方法宜符合附录 A 的有关规定。

$$\sigma_T-\sigma_{pe}\leq 0.5f_{tk} \tag{4.4.4}$$

式中:　$\boldsymbol{\sigma_T}$——间接作用下的结构应力标准值;

$\boldsymbol{\sigma_{pe}}$——预应力钢筋的有效预应力;

$\boldsymbol{f_{tk}}$——混凝土抗拉强度标准值。

4.4.5　当无粘结预应力筋长度超过 40m 时，宜采取两端张拉; 当筋长超过 80m 时，宜采取分段张拉和锚固。

4.4.6　在设计中宜根据结构类型、预应力构件类别和工程经验，采取下列措施减少柱和墙等约束构件对梁、板预加应力效果的不利影响:

1　板的长度超过 60m 时，可采用后浇带或临时施工缝对结构分段施加预应力;

2　将梁和支承柱之间的节点设计成在张拉过程中可产生无约束滑动的滑动支座;

3　当未能按上述措施考虑柱和墙对梁、板的侧向约束影响时，在柱、墙中可配置附加钢筋承担约束作用产生的附加弯矩，同时应考虑约束作用对梁、板中有效预应力的影响。

5　混凝土生产技术

5.1　一般规定

5.1.1　地下混凝土结构所用的混凝土必须采用预拌混凝土或现场移动式搅拌站生产提供的混凝土，混凝土应符合《预拌混凝土》GB/T14902 的规定，其质量应符合《混凝土质量控制标准》GB50164 的规定。主要生产、计量和检验设备应符合现行国家标准的有关规定，并应定期检定、校准。

5.1.2　混凝土所用材料除应符合本规程第 3 章的规定外，尚应符合下列要求:

1　水泥使用时，水泥的温度不应超过 60℃。不得使用过期或受潮结块的水泥，不得将不同品种、不同强度等级、不同厂家的水泥混合使用;

2　应优先选用洁净的级配良好的中砂和级配良好空隙率较小的粗骨料。冬期施工时，不得含有冰雪等物。泵送混凝土的粗骨料，其最大粒径不得大于输送管径的 1/4;

3　掺合料在运输与储存中应有明显标志;

4　选用外加剂时，必须根据工程的具体情况，先做水泥适应性及实际效果试验，确定选用外加剂的品种及掺量;

5　材料进场后，骨料应按不同品种、不同规格分别堆放。水泥应按不同品种、不同强度等级及牌号分别储存在专用仓储罐内；粉煤灰及矿渣粉必须分别存在标志明显的专用仓储罐内；粉状膨胀剂及抗裂防水剂应严防受潮结块。并按规定进行复验。

5.1.3　混凝土受侵蚀介质作用时，应按介质的性质选用相应的水泥，或采取相应的防腐措施；受冻融作用的混凝土，宜采用掺引气剂的混凝土。

5.1.4　应严格控制混凝土拌合物中氯化物总含量，并应提供混凝土原材料及混凝土中氯化物的总含量计算书。混凝土拌合物中氯离子含量应符合下列要求:

1　对处于干燥环境或者有防潮措施的钢筋混凝土，不得超过胶凝材料质量的 1.0％;

2　对处于潮湿而不含氯离子环境中的钢筋混凝土，不得超过胶凝材料质量的 0.3%;

3　对处于潮湿并含有氯离子环境中的钢筋混凝土，不得超过胶凝材料质量的 0.1%;

4　对处于预应力混凝土及处于易腐蚀环境中的钢筋混凝土，不得超过胶凝材料质量的 0.06％。

5.2　配合比

5.2.1　混凝土配合比设计应遵照下列原则:

1　配合比设计应按《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55 进行;

2　必须满足设计所要求的强度、膨胀性能、抗渗性、耐久性等技术指标和施工工作性的要求;

3　膨胀剂或抗裂防水剂应根据工程要求的限制膨胀率设计值、施工及技术经济效益事先选定其品种和掺量。

5.2.2　混凝土配合比应符合下列规定:

1　水泥用量不宜少于 300kg/m^3,也不宜大于 400kg/m^3；掺有活性掺合料时，水泥用量不宜小于 260kg/m^3;

2　用水量不宜大于 185kg/m^3，水胶比不宜大于 0.50;

3　砂率宜为 35％～45％;

4　膨胀剂或抗裂防水剂的掺量：用于补偿混凝土时宜为 30kg/m³～50kg/m³；用于填充用膨胀混凝土（后浇带、膨胀加强带）时，宜为 40kg/m³～60kg/m³，合理掺量应经试验确定；

5　掺合料的掺量应符合下列要求：

(1)粉煤灰掺量宜为 15％～30％，预应力混凝土不得超过 25％。

(2)矿渣粉掺量宜为 10％～30％。

注：粉煤灰与矿渣粉掺量指占替代前的水泥用量的百分比。

6　合成纤维的掺量宜为 0.5kg/m³～1.0kg/m³，具体掺量应根据抗裂要求确定；

7　配制钢纤维混凝土必须符合《钢纤维混凝土》JC/T3064 的要求，钢纤维的掺量一般体积率为 0.4％～0.8％，可采用国产的铣削钢纤维，用量 30 kg/m³～60kg/m³；

8　采用预应力混凝土时，应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 中有关预应力分项工程的要求。

9　掺入引气剂或引气减水剂时，混凝土含气量应控制在 3％～5％；

10　为延缓混凝土拌合物的初凝时间，宜选用缓凝型泵送剂；

11　混凝土拌合物入泵坍落度宜控制在（180±20）mm；

12　混凝土的初凝时间不宜少于 10***h***，高温季节（气温 28℃以上）时，不宜少于 14***h***，冬期施工时不宜迟于 7***h***；

13　混凝土的含碱量应符合国家现行标准的规定，当骨料含碱活性时，含碱量不应超过 3kg/m³。

5.2.3　混凝土的配合比应通过试验确定，试配时抗渗等级比设计要求提高一级。

5.2.4　混凝土配合比确定后，尚须提供混凝土的限制膨胀率测定值。

5.3　计量

5.3.1　混凝土的各种原材料必须采用专用计量器具进行称量，计量装置应定期检定，并定期进行静态动态计量校正。使用前应对计量设备进行零点校核。

5.3.2　混凝土配料必须按配合比准确计量，每盘混凝土各组成材料的允许偏差不应大于下列规定：

1　水、水泥、外加剂、掺合料及膨胀剂或抗裂防水剂、合成纤维或钢纤维为±2％；

2　粗、细骨料为±3％。

5.3.3　对骨料含水率的检测，每一工作班不应少于一次，在含水率变化较大时或雨天生产时应增加检测次数，并应及时调整生产配合比。

5.4　制备

5.4.1　混凝土制备时，掺合料和外加剂应与混凝土其他原材料一起投入搅拌机中，搅拌均匀。

合成纤维混凝土及钢纤维混凝土的搅拌投料次序和方法可与普通混凝土相同，也可采用将合成纤维或钢纤维和粗、细骨料、水泥、掺合料先干拌，而后加水和外加剂湿拌的方法，搅拌时间应适当延长，钢纤维混凝土应延长 ***1min***～2***min***；合成纤维混凝土应延长 20*s*～40*s*。当采用先干拌后湿拌工艺搅拌钢纤维混凝土拌合物时，干拌时间不宜少于 1.5***min***。合成纤维混凝土拌合物中的纤维应均匀、分散、不结团、且颜色一致，不得出现离析泌水现象。每一工作班对搅拌时间至少应抽检二次。

5.4.2　混凝土的坍落度应在搅拌站和浇筑地点分别取样检测，每一工作班不应少于二次检测，如有疑问，应随时检测，并以浇筑地点的检测值为准，同时还应观察混凝土拌合物的和易性，不应有泌水、离析分层现象出现。

5.4.3　混凝土拌合物出现下列情况之一者，应按不合格处理：

1　错用配料单已无法补救；

2　混凝土配料时，任意一种材料计算失控或漏配；

3　拌合不均匀或夹带生料；

4　出机口混凝土坍落度超过最大允许值或严重泌水、离析分层。

5.5　运输

5.5.1　运输时混凝土拌合物应保持均匀性，不应产生分层、离析现象。应避免合成纤维混凝土拌合物成团；钢纤维混凝土拌合物在运输过程中防止产生离析、分层。运输频率应保证混凝土施工的连续性。运送容器应内壁光滑平整，不漏浆，且应有防晒、防风、防雨雪、防寒等设施。

5.5.2　装料前应将运输车筒内残余混凝土及积水排净，运输过程中严禁向筒内加水。

5.5.3　运输车应设明显标志，标明该车混凝土强度等级及特殊要求。

5.5.4　混凝土拌合物从装料、运输、卸料泵送、浇筑完毕的延续时间，当气温不高于 25℃时，不宜超过 3h；当气温高于 25℃时，不宜超过 2h。

5.5.5　混凝土出厂时，应持有混凝土公司的发货单。发货单应标明需方、供方，工程名称，混凝土强度等级，供货日期，运输车号，供货数量，发车时间，入泵时间，供需双方签名。

5.6　交货检验

5.6.1　混凝土拌合物运输至浇筑地点，其坍落度应符合施工要求。当拌合物的坍落度损失太大，不能满足施工要求时，应掺加高效减水剂进行二次流化，严禁直接加水；当出现离析时，必须返回站内调整。

5.6.2　预拌混凝土交货检验的坍落度测试和混凝土试件的制作，均应在交货地点由施工单位具有相应资格的技术人员和供货单位的相关人员共同进行，并应由具有相应资格的工程监理人员见证取样送检。

5.6.3　混凝土的标准养护试件成型后宜立即送标准养护室，拆模后 12***h*** 应送到指定的试验室按规定进行标准养护至 28***d***。

5.7　泵送

5.7.1　混凝土拌合物的泵送应符合《混凝土泵送技术规程》JGJ/T10 的要求。对纤维混凝土可采用泵送施工，泵的功率应比泵送普通混凝土泵大 20%。为保证连续泵送，必要时可降低泵送速度。

5.7.2　当混凝土拌合物的坍落度不能满足施工要求时，应由混凝土生产厂的现场技术人员进行调整。

5.7.3　应根据工程特点、输送距离、输出量和混凝土浇筑计划选择泵车，并确定泵车的数量及位置。泵车应设置在场地平整坚实，便于供料、浇筑和配管的位置。

5.7.4　混凝土拌合物的泵送应连续进行。

6 施 工

6.1 一般规定

6.1.1 地下混凝土结构的施工除应按本章规定执行外，尚应执行《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的规定。

6.1.2 地下混凝土结构工程施工前，应编制施工组织设计或施工技术方案和质量控制措施。

6.1.3 进入施工现场的混凝土拌合物及其他材料必须符合设计要求和有关规定。

6.1.4 混凝土试件应在浇筑地点随机取样，同一工程、同一配合比的混凝土取样应按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的规定执行。留置组数可根据实际需要适当增加。

6.1.5 放张及张拉预应力筋时，混凝土强度应符合设计要求。当设计无要求时，不得低于设计强度的 75％。

6.1.6 纤维混凝土结构和预应力混凝土结构的施工，除应符合本规程的规定外，尚应分别符合《纤维混凝土结构技术规程》CECS38 和《建筑工程预应力施工规程》CECS180、《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGG92 以及《建筑安装工程技术操作规程》DB21/900.5～2005 的规定。

6.2 模板的安装与拆卸

6.2.1 模板及其支架必须进行设计，并应符合下列要求：

1 应根据地下混凝土结构形式、荷载大小、地基土类别、施工设备和材料供应等条件进行设计。模板及其支架应具有足够的承载力、刚度和稳定性；并应能可靠地承受浇筑混凝土的重量、侧压力以及施工荷载；

2 模板及其支架应构造简单、装拆方便，并应便于钢筋的安放和绑扎、混凝土的浇筑与养护；

3 地下混凝土结构的底板应采用混凝土垫层做底模；外墙、柱的模板可采用大模板或组合钢模板；中间层和顶层的梁板宜采用竹模板、多层木模板；

4 一般宜将钢纤维混凝土模板的尖角和棱角修成圆角；

6.2.2 立柱、斜撑的支承体和用作模板的地坪、砖模等应坚固、平整，不得产生影响构件质量的下沉、起鼓。

6.2.3 模板安装应符合下列要求：

1 模板及其支架的选材与安装应符合本规程第 6.2.1 条的要求；

2 与混凝土接触的模板面应涂刷隔离剂，但不应沾污钢筋；

3 固定在模板上的混凝土垫块或钢筋定位器、预埋件及预留孔（洞），应位置准确、安装牢固、不得遗漏；

4 构件截面形状、尺寸必须符合设计要求，且接缝应紧密，不得漏浆和渗水；

5 模板内的杂物应清理干净。混凝土浇筑前，木模板应浇水湿润，但模板内不应有积水。

6.2.4 模板的拆除应符合下列要求：

1 模板及其支架的拆除顺序及安全措施应按施工技术方案执行，并应符合“先支后拆、非承重先拆”的原则；

2　拆除模板时，不应损坏构件表面及棱角，不应撞击楼层地面。拆卸的模板和支架宜分散堆放，及时清运；

3　拆除梁、板底模及其支架时，其混凝土强度必须符合设计要求，当设计无要求时应符合表 6.2.4 的要求。

表 6.2.4　拆模时梁板混凝土强度

结构类型	结构跨度 L（m）	混凝土抗压强度标准值的百分率（%）
板	$L \leqslant 2$	⩾50
	$2 < L \leqslant 8$	⩾75
	$L > 8$	⩾100
梁	$L \leqslant 8$	⩾75
	$L > 8$	⩾100
悬臂构件	–	⩾100

4　当发现影响结构安全的质量问题时，应暂停拆除并及时处理。

6.3　混凝土浇筑

6.3.1　混凝土拌合物宜在同一预拌混凝土生产厂订购，并应对所用原材料、配合比、计量、拌制、运输及泵送等生产环节进行监控。必须根据混凝土发货单上的混凝土品种及使用部位，正确浇筑到规定的部位，严禁错运错用。

6.3.2　混凝土浇筑应符合下列规定：

1　在计划浇筑区段内应连续浇筑，不得中断；宜采用分仓法浇筑。

2　混凝土浇筑宜以阶梯式推进，浇筑间断时间不得超过混凝土的初凝时间；

3　混凝土不得漏振、欠振和过振；

4　混凝土终凝前，应采用抹面机械或人工多次抹压。

6.3.3　混凝土应采用高频机械振捣密实，振捣时间宜为 10s～30s。

6.3.4　混凝土应振捣密实，可采用插入式振捣、表面振动等方法，每次浇筑层厚度应符合表 6.3.4 的要求。

表 6.3.4　每次浇筑层厚度

振捣混凝土的方法	浇筑层厚度
插入式振捣	振捣器作用部分长度的 1.25 倍
表面振动	200mm

6.3.5　采用振捣器捣实混凝土应符合下列要求：

1　采用插入式振捣混凝土的移动间距，不宜大于振捣器作用半径的 1.5 倍；振捣器插入下层混凝土内的深度不应小于 50mm，与模板的距离不应大于其作用半径的 0.5 倍，并不应碰撞模板、钢筋和预埋件；

2　采用表面振捣器振捣混凝土的移动间距，应使振捣器的平板覆盖已振实部分的边缘；

3　采用附着式振动器振捣混凝土时，其设置间距应经试验确定；

4　振捣过程中，不得踩踏、挪动已绑扎好的钢筋和预埋件。如发现偏差，应及时校正。

6.3.6　混凝土浇筑应不留或少留施工缝。当留施工缝时应遵守下列规定:

1　墙体水平施工缝应设在结构受剪力较小且便于施工的部位，应留在高出底板表面300mm以上的墙体上或留在楼板底面以下150mm的墙体上;

2　墙体垂直施工缝宜避开地下水和裂隙水较多地段;

3　墙体有预留孔洞时，施工缝距孔洞边缘不应小于200mm;

4　浇筑施工缝混凝土前，应清除表面浮浆和杂物，刷净浆或混凝土界面剂。

6.3.7　底板混凝土应连续浇筑，当分层浇筑、分层振捣时，上层混凝土应在下层混凝土初凝之前浇筑。

6.3.8　对大体积混凝土必须采取有效措施控制其温度收缩裂缝，并应按大体积混凝土施工方法进行施工。施工中应填写“大体积混凝土控制记录表”、“混凝土测温记录表”，绘制“混凝土测温布置图”。

6.3.9　大体积混凝土工程的测温除应符合《大体积混凝土施工技术规程》GB50496的有关规定外，尚应符合下列要求:

1　测温点宜布置在混凝土的边缘与中间部位;

2　测温点的间距不应大于5m;

3　当混凝土温度处在上升阶段时，每2***h***~4***h***测温一次；当混凝土温度处于下降阶段时，每8***h***测温一次；当混凝土内部温度与表面温度相近时，可停止测温;

4　测混凝土温度的同时应测大气温度;

5　测温点应编号。

6.3.10　墙、柱混凝土的浇筑应符合下列要求:

1　水平施工缝及其止水构造应按设计规定处理;

2　水平施工缝以下部分墙柱应与地下室底板一同浇筑;

3　水平施工缝以上部分墙体应在浇筑混凝土之前，填以与混凝土内砂浆成分相同的去石水泥砂浆50mm~100mm厚;

4　墙、柱混凝土应分段浇筑，每段浇筑高度:对于柱不应大于3.5m，对于墙不应大于3m。

6.3.11　地下室顶层和中间层的梁板宜与其下的墙、柱混凝土整体浇筑。

6.3.12　钢纤维混凝土应采用机械振捣，采用的振捣机械和振捣方法除保证混凝土密实外，还应保证钢纤维分布均匀。

合成纤维混凝土捣实时的振动频率与时间应以能使拌和物中所含空气充分逸出为准。

6.3.13　无粘结预应力混凝土结构的张拉端和固定端混凝土的振捣要保证密实。

6.4　养护

6.4.1　混凝土浇筑完毕后，应按施工技术方案及时采取养护措施，并应符合下列规定:

1　对于大体积混凝土和大面积板面混凝土，表面抹压后应覆盖并保温、保湿养护；混凝土硬化后，宜采用蓄水养护或覆盖养护，养护时间不应少于14***d***;

2　对于墙体等不易保水的结构，宜在顶部设水管喷淋，带模养护时间不宜少于3***d***。拆模后宜用养护剂进行养护，养护时间不宜少于14***d***;

3　混凝土强度达到 1.2MPa 前，不得在其上踩踏或安装模板及支架。

4　混凝土浇筑完毕后应尽快进行回填土的施工。

5　补偿收缩混凝土必须进行充分的湿润养护，在浇筑完后应立即覆盖进行保湿养护，并应指派专人随时浇水。根据不同部位，养护时间宜为 7***d***～14***d***，不得少于 7***d***。

6　夏季应适当延长养护时间。应控制结构与外界的温度差在 25℃内。

6.4.2　纤维混凝土浇筑成型后，应浇水养护，养护期不得少于 14***d***。

6.5　后浇带、膨胀加强带

6.5.1　后浇带、膨胀加强带的设置应符合设计要求。

6.5.2　后浇带、膨胀加强带的施工应符合下列要求：

1　后浇带、膨胀加强带应采用填充用膨胀混凝土浇筑，其强度等级应符合设计要求；

2　后浇带、膨胀加强带部位及其外贴式止水带应予以保护，严防杂物落入和损伤外贴式止水带；

3　后浇带、膨胀加强带的湿养护时间不得小于 28***d***。

6.6　雨、冬期施工

6.6.1　无全遮盖措施时，雨天不宜施工，大雨时不应施工。

6.6.2　当室外日平均气温连续 5***d*** 稳定低于 5℃，或当日最低气温低于 0℃时，混凝土工程施工应采取冬期施工技术措施。

6.6.3　混凝土工程冬期施工应有完整的冬期施工方案，并应符合《建筑工程冬期施工技术规程》DB21/T1692 的有关规定。

6.6.4　混凝土冬期施工应符合下列条件：

1　混凝土冬期施工可采用蓄热法、综合蓄热法、混凝土外加剂法、暖棚法或多种方法相结合的方法。当采用暖棚法施工时，棚内温度不得低于 5℃；

2　应使用木模板、竹模板；

3　混凝土浇注后，应立即用塑料薄膜和保温材料覆盖，养护期不得小于 14***d***，带模养护不得少于 7***d***。

6.6.5　混凝土拌合物的出机温度不宜低于 10℃，入模温度不得低于 5℃。

6.6.6　采用蒸汽养护时，混凝土强度等级宜提高一级，升温速率不宜大于 15℃/***h***，降温速率不宜大于 10℃/***h***。

6.7　安全施工

6.7.1　混凝土工程施工的安全技术必须遵守现行的建筑施工安全技术规定。

6.7.2　在楼面或脚手架上堆放混凝土拌合物或其他物料时应轻放。

6.7.3　楼面和脚手架上的各种施工荷载，不得超过其允许荷载。

6.7.4　张拉预应力钢筋时，作业人员不得站在预应力筋的两端，并应在张拉千斤顶的后面设防护装置。

7 质量验收

7.1 一般规定

7.1.1 地下混凝土结构的质量验收除应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204外，尚应符合下列要求：

1 补偿收缩混凝土、纤维混凝土、预应力混凝土的性能指标应符合设计要求；

2 混凝土裂缝的修补应符合本规程附录D的有关规定；

3 检验批的主控项目和一般项目必须通过合格验收；

4 工程资料必须经过核查，达到完整、可靠。

7.2 主控项目

7.2.1 地下混凝土结构使用的原材料应具有出厂合格证和进场检验合格报告。

检验方法：检查材料出厂合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

检查数量：按各规定的验收批全数检查。

7.2.2 地下混凝土结构的混凝土强度等级应符合设计要求。

检验方法：检查预拌混凝土出厂合格证、混凝土试块强度见证检测报告和主体结构检测报告。

检查数量：按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204和《预拌混凝土》GB/T14902中的规定进行检查。

7.2.3 补偿收缩混凝土的限制膨胀率应符合设计要求。

检验方法：检查补偿收缩混凝土的限制膨胀率现场见证检测报告。

注：试验方法应按照《混凝土外加剂应用技术规范》GB50119的有关规定进行。

检查数量：同一工程、相同配合比的混凝土为一个检验批，每个检验批不应少于一组。

7.2.4 地下混凝土结构或构件的裂缝宽度应符合设计要求。

检验方法：目测，读数显微镜测量。

检查数量：全数检查。

7.2.5 地下混凝土结构不应出现严重缺陷。

检验方法：目测、检查技术处理方案。

检查数量：全数检查。

7.2.6 地下混凝土结构不应有影响结构性能和使用功能的尺寸偏差。

检验方法：量测，检查技术处理方案。

检查数量：全数检查。

7.2.7 地下混凝土结构的钢筋保护层厚度应符合设计要求。

检验方法和检查数量：应按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204的相关规定执行。

7.2.8 用于地下混凝土结构的防水混凝土，其混凝土抗渗试件应在浇注地点随机取样。同一工程，同一配合比的混凝土取样不应少于一次，留置组数可根据实际需要确定。

检验方法：检查混凝土抗渗试件检测报告。

检验数量：全数检查。

7.2.9 混凝土浇筑完毕后的养护措施，应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》

GB50204 的规定。

检验方法：目测、检查施工记录。

检查数量：全数检查。

7.3 一般项目

7.3.1 地下混凝土结构的外观质量不宜有一般缺陷。

对已经出现的一般缺陷，应由施工单位按技术处理方案进行处理，并重新检查验收。

检验方法：观察，检查技术处理方案。

检查数量：全数检查。

7.3.2 后浇带和膨胀加强带的位置应按设计要求和施工方案确定。混凝土的浇筑应按施工方案进行。

检验方法：观察，检查施工记录。

检查数量：全数检查。

7.4 工程资料

7.4.1 地下混凝土结构工程施工质量验收时，应提供下列文件和记录：

1 竣工图和设计变更文件；

2 原材料出厂合格证和进场见证复验报告；

3 预拌混凝土首次报告和预拌混凝土出厂合格证；

4 钢筋接头的试验报告，预应力制作、安装、张拉以及孔道灌浆和封堵检查记录；

5 混凝土工程施工记录；

6 混凝土试件强度见证检测报告；

7 混凝土性能检测报告（包括补偿收缩混凝土和后浇带、膨胀加强带所用的填充用膨胀混凝土的限制膨胀率）；

8 混凝土结构实体检测报告；

9 隐蔽工程验收记录；

10 工程重大质量问题的处理方案和验收记录；

11 其它必要的文件和记录。

7.4.2 地下混凝土结构子分部工程全部资料验收合格后，应将所有验收文件存档备案。

附录 A　地下混凝土结构的间接作用效应分析方法

（资料性附录）

A.0.1　长度超过本规程表 4.1.1 规定的地下混凝土结构，其间接作用效应可采用有限元方法进行线弹性分析。施工阶段的分析宜模拟施工过程。

A.0.2　超长地下混凝土结构间接作用分析所需的各种几何尺寸，以及所用的计算图形、边界条件、作用的取值与组合、材料性能的计算指标、初始应力和变形状况等，应符合结构的实际工作状况，并应具有相应的构造保证措施。

A.0.3　超长地下混凝土结构间接作用分析时应考虑混凝土的膨胀、水化热、收缩和环境温度作用。分析中宜将混凝土的膨胀和收缩分别转化为膨胀当量温差和收缩当量温差，与水化热温差和环境温差一同考虑。

A.0.4　补偿收缩混凝土的限制膨胀率可按下列公式计算:

$$e_2(\tau)=e_2(\tau)_0\cdot\beta_1\cdot\beta_2\cdot\beta_3\cdot\beta_4\cdots\cdots\beta_{10}\beta_{11} \qquad (A.0.4\text{-}1)$$

$$e_2(\tau)_0=\frac{3.33\tau}{1.87+\tau}\times10^{-4} \qquad (A.0.4\text{-}2)$$

式中:　τ ——混凝土的龄期（d）;

$e_2(\tau)_0$ ——标准条件下 τ 龄期的限制膨胀率;

β_1 ~ β_{11} ——各种因素的膨胀率影响系数。

A.0.5 补偿收缩混凝土由水泥水化热引起的最高绝热温升可按下列公式计算:

$$T_{max}=(W_1Q_1+W_2Q_2)/C\rho+F/50 \qquad (A.0.5)$$

式中: W_1、W_2 ——单方混凝土水泥、膨胀剂用量（kg/m^3）;

Q_1、Q_2 ——每公斤水泥、膨胀剂水化热值（kJ/kg）;

C ——混凝土的比热容（kJ/kg ℃）;

ρ ——混凝土密度（kg/m^3）

F ——单方混凝土粉煤灰用量（kg/m^3）。

A.0.6　考虑散热时，混凝土内部的实际最大温升 T'_{max} 可由本附录式 A.0.5 计算的最高绝热温升乘以表 A.0.6 中的系数。

表 A.0.6　降温系数

浇筑厚度（m）	不同龄期 τ（d）									
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
1.0	0.36	0.29	0.17	0.09	0.05	0.03	0.01	–	–	–
1.25	0.42	0.31	0.19	0.11	0.07	0.04	0.03	–	–	–

1.50	0.49	0.46	0.38	0.29	0.21	0.15	0.12	0.08	0.05	0.04
2.50	0.65	0.62	0.59	0.48	0.38	0.29	0.23	0.19	0.16	0.15
3.00	0.68	0.67	0.63	0.57	0.45	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19
4.00	0.74	0.73	0.72	0.65	0.55	0.46	0.37	0.30	0.25	0.24

A.0.7　混凝土的收缩可按下式计算:

$$\varepsilon_y(\tau)=3.24\times10^{-4}\left(1-e^{-0.01\tau}\right)\cdot M_1\cdot M_2\cdot M_3\cdots\cdots M_{10}\cdot M_{11}\cdot M_{12} \qquad (A.0.7)$$

式中: M_1 ~ M_{12}——各种因素的收缩修正系数。

A.0.8　施工阶段的环境温度作用宜取混凝土硬化时所在月份的月平均气温与计算时刻所在月的月平均气温的差值。

使用阶段的环境温度作用宜取结构建成封闭时的温度与当地最高或最低月平均温度之间的温差值; 也可取月平均最高与最低温差值的一半。

A.0.9　应考虑混凝土的徐变应力松弛特性, 简化计算时, 可将弹性计算的温度应力乘以应力松弛系数作为标准值。

附录 B　限制状态下补偿收缩混凝土抗压强度检验方法
（规范性附录）

B.0.1　本方法适用于限制状态下养护的补偿收缩混凝土和填充用膨胀混凝土的抗压强度的检验。

B.0.2　试件尺寸及制作应符合《普通混凝土力学性能试验方法标准》 GB/T50081 的有关规定，必须采用钢制模型，装入混凝土之前，应确认模型的挡块不松动。

B.0.3　试件养护和脱模应符合下列规定:

1　试件制作和养护的标准温度应为（20±2）℃。当在非标准温度条件下制作时，应记录制作和养护温度。

2　试件应带模在湿润状态下养护龄期不少于 7***d***,可将试件置于水槽中,或置于空气中,并在其表面覆盖湿布。

3　龄期 7***d*** 后可拆模进行标准养护。脱模时，模型破损或接缝处张开的试件，不得用于检验。

B.0.4　抗压强度检验应符合《普通混凝土力学性能试验方法标准》 GB/T50081 的有关规定。

附录 C　纤维混凝土及砂浆收缩裂缝试验方法

（规范性附录）

C.1　适用范围

C.1.1　本试验方法适用于纤维对混凝土或砂浆限制早龄期收缩裂缝有效性的试验，或不同养护条件下不同龄期的收缩裂缝对比试验。

C.2　试件制作

C.2.1　纤维混凝土试件模型应满足下列要求：

1　纤维混凝土或混凝土的试件为尺寸为 600mm×600mm×63mm 的平面薄板。模具边框用 63mm×40mm×6.3mm 的槽钢制作，边框内设 ϕ6 间距 60mm 的双排栓钉，栓钉长短间隔布置，分别为 50mm 和 100mm。底板采用不小于 5mm 厚的钢板或不小于 20mm 厚的密度板，在底板上设聚乙烯薄膜隔离层。当采用密度板做底模时，底模下应设木方横肋以确保浇筑混凝土后底板不变形。模具如图 C.2.1-1 所示。

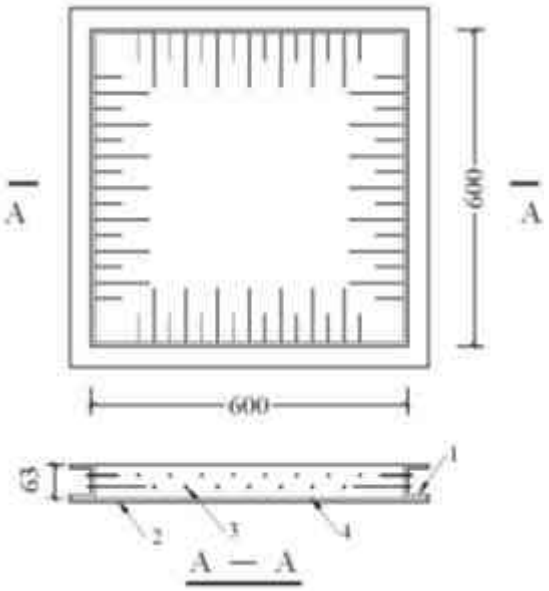


图 C.2.1-1　纤维混凝土收缩裂缝试验模具图

1—∠63×40×6.3　2—底板
3—Φ6栓钉　4—聚乙烯薄膜

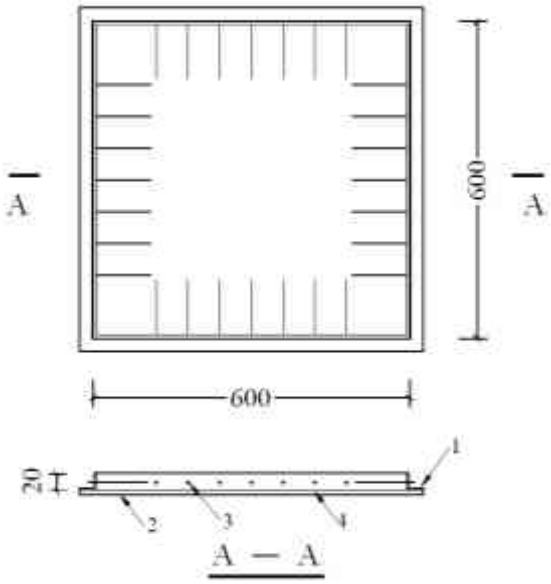


图 C.2.1-2　纤维砂浆收缩裂缝试验模具图

1—L 20×3　2—底板
3—Φ6栓钉　4—聚乙烯薄膜

2　纤维砂浆或砂浆的试件为尺寸为 600mm×600mm×20mm 的平面薄板，模具边框用高 20mm 的等肢角钢制作，边框内设 ϕ6 间距 60mm 的单排栓钉，栓钉长度为 100mm。模具如图 C.2.1-2 所示。

C.2.2　早龄期收缩裂缝试验主要用于评定纤维对降低混凝土、砂浆产生早期收缩裂缝的有效性。试件的制作应符合下列规定：

1　当专门用于评定纤维的限裂效能时，试件可采用灰沙比 1:1.5，水灰比 0.35 为基体的砂浆试件，水泥为强度等级 42.5 的普通或硅酸盐水泥，砂为中砂，纤维掺量根据工程或实验要求的配合比确定。

2　当结合具体工程进行纤维限裂效能评定时，纤维混凝土应按工程拟采用的配合比配制，基体混凝土应将纤维混凝土配合比中的纤维取消，其他组分不变。

3　同时成型纤维混凝土（或纤维砂浆）试件和对比用的基体混凝土（或砂浆）试件

1 组，每组各 1 个试件，每次试验做 2 组试件。

4　试件浇筑、振实、抹平。

C.2.3　不同养护条件下混凝土的开裂试验，纤维混凝土和基体混凝土的配合比以及试件数量可根据试验需要确定，浇筑、振实、抹平后的养护条件可根据抗裂评定要求确定。

C.3　试验及评定方法

C.3.1　早龄期收缩裂缝试验应符合下列规定:

1　试件成型后立即进行暴露试验，每组试件（1 个纤维混凝土试件，1 个对比试件）中的每个试件各用 1 个电风扇（功率不宜小于 100W）吹试件表面，风向平行试件表面，风速 4-5m/s，环境温度 20º ±5ºC，相对湿度不大于 60%。成型后 24*h*，观察裂缝数量、宽度和长度。

2　裂缝长度以肉眼可见裂缝为准，用钢尺测量其长度，近似取裂缝两端直线距离为裂缝长度，当裂缝出现明显弯折时，以折线长度之和代表裂缝长度。

3　用读数显微镜（分度值为 0.01mm）测读裂缝宽度，取裂缝中点附近裂缝宽度代表该裂缝最大宽度。

C.3.2　按下列公式计算裂缝总面积:

$$A_{\mathrm{cr}}=\sum_{i=1}^{n}\omega_{i\max}l_i \qquad \text{(C.3.2)}$$

式中:　A_{cr}—试件裂缝名义总面积，mm^2，对于纤维混凝土试件记作 A_{fcr}，对于对比用的基体试件记作 A_{mcr};

$\omega_{i\max}$ —第 i 条裂缝名义最大裂缝宽度，取该裂缝中点附近裂缝宽度，mm;

l_i —第 i 条裂缝长度，mm。

C.3.3 按下列规定计算裂缝降低系数η :

$$\eta=\frac{A_{\mathrm{mcr}}-A_{\mathrm{fcr}}}{A_{\mathrm{mcr}}}\times 100\,\% \qquad \text{(C.3.3)}$$

C.3.4　纤维混凝土及砂浆早龄期限裂效能等级可按两组试验η的平均值依据表 C.3.4 评定。

表 C.3.4

防裂效能等级	评定标准(%)
一级	$\eta \geqslant 70$
二级	$55 \leqslant \eta < 70$
三级	$40 \leqslant \eta < 55$

C.3.5　不同养护条件下不同龄期的收缩裂缝对比试验应符合下列规定:

1　试验的养护条件和龄期可根据试验目的的要求确定;

2　裂缝的试验和测量方法可参照 C.3.1、C.3.2 条的规定执行;

3　限裂效能评定方法可根据相互对比试件的试验结果参照 C.3.3、C.3.4 条的规定执行 。

附录D　裂缝修补
（规范性附录）
D.1　一般规定

D.1.1　裂缝修补前，应按国家现行有关标准的规定，对地下混凝土结构或构件进行调查、检测和评定。

D.1.2　裂缝修补的范围与时间应符合下列要求：

1　混凝土强度达到设计要求前不宜进行修补；

2　应在混凝土结构或构件的变形、裂缝稳定后修补；

3 对影响结构安全的裂缝应在加固后修补。

D.1.3　裂缝修补过程中的安全措施、劳动保护，必须符合有关安全施工技术规定。

D.2　修补材料

D.2.1　裂缝修补材料除应具有良好的防水、抗渗性能外，尚应符合下列要求：

1　无毒、低污染；

2　修补材料与混凝土基体应彼此相容、结合紧密，应具有物理与化学稳定性；

3　在温度、湿度和收缩的作用下应保持稳定。

D.2.2　裂缝修补材料宜根据修补方法选用：

1　当在混凝土裂缝部位进行抹面处理时，表面处理材料可选用掺各种外加剂、聚合物乳液的水泥净浆、水泥砂浆、特种砂浆、特种水泥砂浆和环氧胶泥；

2　当在混凝土裂缝部位进行涂抹处理时，可选用水泥基渗透结晶类、聚氨酯类、硅胶类、水泥基类、聚合物水泥类、改性环氧树脂类、丙烯酸脂类、乙烯－醋酸乙烯共聚物类涂料；

3　当采用填充密封法修补裂缝时，可选用聚硫橡胶类、聚氨酯类等柔性密封材料；

4　当采用压力灌浆法修补裂缝时，可采用掺有膨润土、粉煤灰等掺合料的水泥浆、水泥砂浆或超细水泥浆液、环氧树脂、聚氨酯等化学浆液。

D.3　修补方法

D.3.1　裂缝修补方法，应根据裂缝宽度、深度、分布及特性，可采用下列方法：

1　宽度小于0.2mm的非贯穿裂缝宜采用表面处理方法；

2　宽度大于或等于0.2mm的非贯穿裂缝宜采用填充密封方法；

3　贯穿裂缝、大体积混凝土的较深裂缝、有渗漏现象的不可见裂缝及走向不规则的裂缝，宜采用压力灌浆法。

D.3.2　采用表面处理方法修补裂缝时，应符合下列要求：

1　迎水面的地下混凝土结构裂缝，宜在基坑回填前进行表面处理；

2　裂缝及裂缝部位的表面，应在表面处理前清理干净；

3　裂缝较少时，表面处理范围可为裂缝两侧各500mm。裂缝密集时，宜全部处理。

D.3.3　采用填充密封方法修补裂缝时，应符合下列要求：

1　填充密封前，应沿裂缝将混凝土切割成宽约25mm、深约20mm～30mm的V形槽，槽

内混凝土碎块、粉尘等应清理干净;

2　填充密封材料后，应抹压到与结构表面齐平。

D.3.4　当周围介质对混凝土和钢筋有腐蚀性时，应对开裂混凝土墙、板（或拱顶）的背后进行压力灌浆。

D.3.5　采用压力灌浆方法修补裂缝时，应符合下列要求:

1　灌浆前，应根据混凝土表面平整要求，沿裂缝切割（或不切割）成V形槽；对大体积混凝土的较深裂缝、有渗透现象的不可见裂缝或走向不规则的裂缝宜加钻斜孔;

2　应清除和清洗裂缝表面的松散混凝土、浮渣、孔内粉尘;

3　切割V形槽内灌浆的裂缝，宜埋设灌浆嘴，钻孔灌浆的裂缝孔内宜设灌浆管;

4　灌浆时，应封闭裂缝表面，并应预留浆液进出口。

本规程用词说明

1　执行本规程条文时，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用词，采用“可”。

2　条文中指明应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

混凝土结构设计规范	GB50010
建筑地基基础设计规范	GB50017
地下工程防水技术规范	GB50108
混凝土外加剂应用技术规范	GB50119
地下防水工程质量验收规范	GB50202
混凝土结构工程施工质量验收规范	GB50204
大体积混凝土施工技术规程	GB50496
通用硅酸盐水泥	GB175
中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥、低热矿渣硅酸盐水泥	GB200
用于水泥和混凝土中的粉煤灰	GB1596
预应力混凝土用钢丝	GB 5223
预应力混凝土用钢绞线	GB5224
混凝土外加剂	GB8076
混凝土外加剂释放氨限量	GB18588
混凝土质量控制标准	GB50164
预应力筋用锚具、夹具和连接器	GB/T14370
预拌混凝土	GB/T14902
用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉	GB/T18046
水泥混凝土和砂浆用合成纤维	GB/T 21120
普通混凝土力学性能试验方法标准	GB/T50081
建筑结构设计术语与符号标准	GB/T50083
混凝土泵送剂	JC473
砂浆、混凝土防水剂	JC474
混凝土防冻剂	JC475
混凝土膨胀剂	JC476
普通混凝土用砂、石质量及检验方法	JGJ52
普通混凝土配合比设计规程	JGJ55
混凝土拌合用水标准	JGJ63
无粘结预应力混凝土结构技术规程	JGJ92
混凝土泵送技术规程	JGJ/T10
钢纤维混凝土	JG/T3064
预应力混凝土用金属螺旋管	JBG/T3013
公路桥涵施工技术规范	JTJ041
纤维混凝土结构技术规程	CECS38
建筑工程预应力施工规程	CECS180
UEA 补偿收缩混凝土防水工法	YJCF22
建筑地基基础技术规范	DB21/907
建筑工程冬期施工技术规程	DB21/T1692
建筑安装工程施工技术操作规程	DB21/900.5-2005

辽宁省地方标准

地下混凝土结构防裂技术规程

DB21/T***-2009**

J***-2009**

条 文 说 明

目　次

1　总则
2　术语和符号
　2.1　术语
3　材料
　3.1　一般规定
　3.2　水泥
　3.3　骨料
　3.4　掺合料
　3.5　外加剂
　3.7　纤维
　3.8　钢筋、预应力筋及灌浆材料
4　设计
　4.1　一般规定
　4.2　补偿收缩混凝土
　4.3　纤维混凝土
　4.4　预应力混凝土
5　混凝土生产技术
　5.1　一般规定
　5.2　配合比
　5.3　计量
　5.4　制备
6　施工
　6.1　一般规定
　6.2　模板的安装与拆卸
　6.3　混凝土浇筑
　6.4　养护
　6.5　后浇带、加强带
　6.6　雨、冬期施工
　6.7　安全施工
7　质量验收
　7.1　一般规定
　7.2　主控项目
　7.3　一般项目
附录A　地下混凝土结构的间接作用效应分析方法
附录B　限制状态下补偿收缩混凝土抗压强度检验方法
附录C　纤维混凝土及砂浆收缩裂缝试验方法
附录D　裂缝修补

1 总 则

1.0.1 近年来，随着建设行业的发展和地下空间的开发利用，地下混凝土结构日益增多。混凝土收缩及温度变形由于受到约束产生的间接应力常常引起结构的开裂。裂缝的出现将影响结构的耐久性及建筑的使用，若设置伸缩缝，会给结构的防水构造带来诸多困难，并对抗震不利。为地下混凝土结构的设计、材料选用、施工质量验收等有章可循，防止或减轻地下混凝土结构裂缝，做到确保工程质量、技术先进、经济合理、安全适用，特制定本规程。

1.0.4 地下混凝土结构的裂缝成因较为复杂，受各种作用、环境条件、施工条件等因素的影响，因此设计与施工时应综合考虑各种影响因素。需要说明的是，按本规程要求建造的地下混凝土结构工程，只能减轻或防止其有害裂缝的产生，但不能杜绝。

1.0.5 当采用柔性防水时，其设计使用年限不能满足结构的设计使用年限要求，因此地下混凝土结构应采用防水混凝土，做到结构自防水。同时可根据工程特点、工程部位选择使用补偿收缩混凝土、纤维混凝土、预应力混凝土，以提高结构的抗裂性能。

1.0.6 地下混凝土结构属于混凝土结构，其设计、材料选用、施工、验收必须满足《混凝土结构设计规范》GB50010、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204、《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55、《混凝土外加剂应用技术规范》GB50119 的要求。

1.0.7 本条阐明了本规程与其他相关标准的关系。这种关系遵守协调一致、互相补充的原则，即无论是本规程还是其他相关标准，在设计、施工和质量验收中都应遵守，不得违反。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.3 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。

2.1.7 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。

2.1.9 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《混凝土膨胀剂》**JC476** 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《混凝土外加剂应用技术规范》**GB50119** 或《混凝土膨胀剂》**GB23439** 规定的方法测定。

2.1.10 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 **0.2MPa~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 MPa~1.0MPa**，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。

3　材料

3.1　一般说明

3.1.1　为了正确应用，避免失误，因此本条规定产品出厂时，应有产品质量合格证并附有相应的说明书和注意事项。

3.1.2　本条规定地下混凝土结构所用的任何材料不得危害人身健康，不得污染环境，确保可持续发展是国家的大政方针。

3.2　水泥

3.2.1　本条规定的六大水泥是常用的水泥，未发现有适应性不良的现象。

3.2.2　混凝土的热膨胀系数为 $1\times10^{-5}/℃$，温度变形对大体积混凝土不利。由于水泥的水化硬化反应是一个放热过程，体积厚大的混凝土水化热散发缓慢，会在早期产生大量的温度聚集，造成混凝土内外温差过大，内外膨胀不均，导致外部开裂，因此大体积混凝土应优先选择低热水泥，或者在使用普通硅酸盐水泥时，采取掺加掺合料等控制混凝土水化液的措施。

3.2.3　氯离子会对钢筋、预应力钢筋、钢纤维等产生锈蚀，降低混凝土构件的使用寿命，因此应对氯离子进行严格的限制。

3.2.4　水泥的强度不是衡量其质量好坏的唯一标准，并不是强度高的水泥就是好水泥。目前国内的部分企业为提高水泥的早期强度采取了提高水泥细度、增加 C_3A 和 C_3S 含量的措施，造成水泥过细、水化热大。水泥颗粒越细，与水反应的表面越大，混凝土的收缩越大；用颗粒细的水泥配制混凝土，还存在对外加剂的吸附量大、混凝土坍落度损失快的弊病。以上现象都对混凝土的裂缝控制不利，因此本条规定了水泥细度的上限。

水泥主要由 C_3S、C_3A、C_2S 和 C_4AF 四种矿物组成的，其中的 C_3A 水化放热量最大。研究表明：水泥中 C_3A 的 3d 水化热分别约为 C_3S 的 3.7 倍和 C_2S 的 17.7 倍，7d 水化热分别约为 C_3S 的 7 倍和 C_2S 的 37 倍，C_3A 的收缩率大约是 C_3S 和 C_2S 的 3 倍。从控制混凝土的干缩和冷缩两方面出发，控制水泥中 C_3A 的含量是非常有必要的。

3.2.5　混凝土中的碱（Na^+和 K^+）与集料中的活性二氧化硅起反应，称为碱硅反应，某些碳酸盐类岩石（白云石等）骨料也与碱起反应，称为碱碳酸盐反应。这些碱集料反应能引起混凝土体积膨胀、开裂，被视为混凝土的“癌症”。碱集料反应是一个长期的渐进过程，其反应条件是：混凝土中有较高的碱含量、骨料具有碱活性以及存在水。地下工程是潮湿环境，要预防碱集料反应只能从原材料抓起，应优先采用非碱活性的骨料，当不得不采用碱活性集料时，则应采用低碱水泥，并控制混凝土中的总碱量，一般不宜超过 $3kg/m^3$，从而避免或者减轻碱集料反应的危害性。

3.3　骨料

3.3.1　砂、石等原材料的性质影响混凝土的性能，从控制混凝土收缩和耐久性考虑，应该对砂、石的质量提出更高的要求。但是，随着国民经济的发展，一些地区的天然砂资源日趋匮乏，天然砂供不应求，部分城市已经部分采用人工砂取代天然河砂，因此，无论怎样砂、石骨料的性能应符合相关标准的要求。

3.3.2　尽管砂资源越来越紧张，但是对于有裂缝控制要求的地下混凝土结构工程，进行砂子范围的选择和影响质量的主要指标进行控制还是必要的。因为砂子中含泥量过大，不仅

影响骨料与水泥浆的粘接力，降低混凝土的强度，而且会导致混凝土产生较大的收缩性。另外，细砂的比表面积很大，需要包裹的水泥浆多，不仅浪费水泥，而且增加混凝土的收缩性，对抗裂不利。

3.3.3　与砂子一样，石子含泥量高，不仅影响骨料与水泥浆的粘接力，降低混凝土的强度，而且会导致混凝土产生较大的收缩性。

骨料的选用，除应符合有关标准及混凝土质量要求外，还应适应混凝土的泵送、浇筑工艺及浇筑的结构构件的截面尺寸、钢筋疏密间距等情况的要求，以保证混凝土的施工质量，故在本条规定了粗骨料的最大粒径。

本条根据《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 规定提出了混凝土用粗骨料最粒径的要求。从混凝土本身的性质来看，最大粒径增大时，石子的总表面积减小，包裹其表面的所需的水泥浆体也减少，可节约水泥，且在一定和易性及水泥用量的条件下能减少用水量，提高混凝土强度。不过对于强度等级超过 C40 的混凝土，如果使用最大粒径超过 40mm 的粗骨料，对强度并无多大好处，此时由于减少用水量而获得的强度提高被大粒径骨料造成的不均匀性和较少粘结面积的不利影响所抵消。

对于钢纤维混凝土来讲，粗骨料最大粒径往往影响纤维均匀分布，骨料粒径过大，将削弱钢纤维的增强作用，且钢纤维易集中于大骨料周围，不便于钢纤维的分散。

3.3.4　随着我国砂资源的紧张，海砂已经进入市场，为减轻氯离子对钢筋的锈蚀，必须对砂的氯化物含量控制。

3.3.5　为减轻碱集料反应影响混凝土的耐久性，应优先选择非碱活性骨料。部分地区的骨料具有碱活性，但不可能花费大量的经费从很远的地区购买非碱活性骨料。此种情况下，允许有选择性的采用低碱活性的骨料，但因控制混凝土中的总碱量。

按《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ52 规定，利用快速法检验集料的碱－硅酸反应危害，当试件 14d 平均膨胀率小于 0.10％时，可判定集料为无潜在的碱－硅酸反应危害；当试件平均膨胀率大于 0.20％时，可判定为有潜在的碱－硅酸反应危害；当试件平均膨胀率在 0.10％～0.20％之间时，需再采用“砂浆长度法”进行碱－硅酸反应危害试验。

3.3.6　骨料在生产、采集、运输与存储过程中，容易混入一些影响混凝土强度、耐久性的有害物质（如方解石、烧结白云石、石灰、煤块、炉渣、矿渣或者其它的化工原料等），外地曾发生过因混入有害物质而造成质量事故的事例，因此，有必要对此做出规定。

3.4　掺合料

3.4.1　活性掺合料是指某些自身具有水硬性的材料，如碱性粒化高炉矿渣、增钙液态渣、烧页岩灰等。某些自身不具有水硬性，但经磨细并在碱性条件下，具有潜在活性，如硅粉、沸石粉、粉煤灰以及火山灰质材料（如火山灰、浮石、凝灰岩、硅藻土、蛋白石等）。

非活性掺合料是指某些不具有水硬性或活性甚低的人造或天然矿物材料，一般与水泥不起化学反应或反应很小，掺入混凝土中主要起填充作用和改善混凝土的和易性，如磨细石英砂、石灰石粉等。

本条仅对高性能混凝土中常用的粉煤灰和磨细矿渣粉做出了相应的规定，超出此范围的掺合料必须经过试验验证，并有可靠的证明才能选用。

3.4.2　粉煤灰是由电厂煤粉炉排出的烟气中收集到的灰白色颗粒粉末，是将磨成一定细度的煤粉在温度高达 1100℃～1500℃的煤灰锅炉中燃烧后收集得到的细灰。在高温悬浮燃烧过程中，煤粉中含炭成分被烧掉，而其所含的页岩及黏土质矿物被熔融成液滴，当它们被烟道气带出并急速冷却时，即形成粒径大约在 1μm～50μm 的微细球状颗粒。它表面光滑呈球形，密度 1.95 g/cm^3～2.40g/cm^3。粉煤灰的成分与高铝粘土相接近，主要以玻璃体状态存在，另有一部分为莫来石、α石英、方解石及β硅酸二钙等少量晶体矿物，其主要化学成分为 SiO_2 占 40%～60%; Al_2O_3 占 20%～30%; Fe_2O_3 占 5%～10%，以及少量的氧化钙、氧化镁、氧化钠、氧化钾、三氧化硫等。粉煤灰的活性主要取决于玻璃体的含量，以及无定形的氧化铝和氧化硅的含量，而粉煤灰的细度、需水量比也是影响活性的两个主要物理因素，因此粉煤灰应有严格的质量控制。

C 类粉煤灰为高钙粉煤灰，与氧化钙类膨胀剂混合后有可能产生安定性不良现象。

Ⅱ级以下的粉煤灰需水量大，含碳量高，会给混凝土的强度和收缩性带来较大的不利影响。

人工磨细的磨细粉煤灰会破坏粉煤灰玻璃体的表面光滑状态，造成混凝土需水量大，可泵性降低。

煤质、煤层不同，有可能造成氯化物含量不同，应该对其中的氯离子含量进行限制。

3.4.3　符合《用于水泥中的粒化高炉矿渣》GB/T203 标准规定的粒化高炉矿渣经干燥、粉磨（或添加少量石膏一起粉磨）达到相当细度且符合相应活性指数的粉体称为粒化高炉矿渣粉。

由于矿渣粉具有火山灰效应，因此，矿渣粉取代后的混凝土 28d 强度并不会有显著的降低，反而会带来一些有利于商品混凝土的性能，减小坍落度损失，降低水化热，增加砼拌合物的流动性，提高可泵性，提高混凝土的耐久性等。

但是，细粉料会增大混凝土的收缩，并随其掺量的增大而收缩值增大。因此，对矿渣粉的比表面积应该提出上限的要求。

3.5　外加剂

3.5.2　用硬石膏或工业副石膏（如氟石膏、磷石膏）作调凝剂的水泥，对不同种类的减水剂使用效果不同，如木钙、糖蜜缓凝剂掺入用硬石膏作调凝剂的水泥后会出现速凝、不减水等现象。

3.5.3　氯盐阻锈类早强剂、防冻剂中含有锈蚀钢筋的氯离子。而氯盐类外加剂是一种典型的强电解质无机盐。根据《混凝土外加剂应用技术规范》GB50119 的规定，预应力混凝土结构、相对湿度大于 80%环境中使用的结构、处于水位变化部位的结构、露天结构以及经常受水淋或受水冲刷的结构、大体积混凝土结构等，严禁采用含有氯盐的早强剂和早强减水剂。

3.5.4　混凝土外加剂中的尿素、氨水等会造成从混凝土中释放出氨味，不仅影响人身健康，且影响混凝土的耐久性。冬期施工的混凝土释放氨味已经发生很多起了，因此，混凝土外加剂的氨含量限值是国家强制的规定。

3.5.5　在混凝土的各种原材料中，水泥和外加剂是带入混凝土中碱的主要来源。对于控制混凝土碱集料反应来说，不仅要采用低碱水泥，而且还要控制外加剂带入混凝土中的碱含量。

3.7 纤维

3.7.1 混凝土中孔溶液是呈碱性的，在碱性环境中，高分子材料会加速老化、溶解，因此，要求纤维混凝土中的合成纤维必须具有良好的耐碱性能。

3.7.2 由于合成纤维的弹性模量很低，对提高混凝土的抗弯曲疲劳和抗压疲劳、抗冲击、抗爆裂、韧性等性能的作用很小，因此本条规定应采用钢纤维。

3.7.3 3.7.4 合成纤维因种类不同，性能存在差异，且规格很多，在满足标准规定的性能的情况下，用户可以根据需要进行选择。

3.8 钢筋、预应力筋及灌浆材料

3.8.5 预应力孔道灌浆材料的质量对工程质量影响很大，特别是严寒地区，一旦内部有空隙而又密封不严，一些水分会进入孔道内部，经反复冻融后，会产生很大的冻胀应力，因此本条标准对孔道灌浆材料提出了要求。

预应力筋的锈蚀有可能导致结构的突然破坏，事先又不易发现，因此，对灌浆材料也提出了氯化物含量的要求。

4 设计基本规定

4.1 一般规定

4.1.1 混凝土收缩时产生裂缝是因为混凝土的收缩受到约束，在其中产生的拉应力超过其极限拉伸应力所致。地下混凝土结构除受到地下结构自身的约束外，还要受到底板下和侧墙外土壤的摩擦约束，采用桩基时还要受到桩的约束。不同土壤对地下混凝土结构的摩擦约束是不同的，本条结合工程经验及不同土壤的约束情况，将地下混凝土结构适用本规程、不设永久变形缝的长度做了规定。对于目前实际工程中采用较普遍的柱下独立基础加防水板的做法，若独立基础为倒置时，由于其增加了地基土对底板的约束，应按表 4.1.1 中桩基的要求考虑。

应该指出，地下混凝土的防裂应在设计、材料、施工诸环节综合采取“防、放、抗”等措施，才能取得好的效果，不仅仅是限制长度就能解决的。

4.1.3～4.1.5 后浇带作为“放”的一种防裂技术措施已有数十年的成功应用经验，在实际工程中取得了良好的效果。膨胀加强带、加强配筋、设置附加收缩钢筋、纤维混凝土及预应力混凝土是通过提高混凝土的抗裂能力来达到防止混凝土开裂的目的，属于“抗”的技术措施。保温隔热、保水养护、延长养护时间是减少温度和湿度变化对混凝土收缩的不利影响，属于“防”的技术措施。

收缩后浇带的作用是释放混凝土的早期收缩应力，设置在收缩应力可能集中的部位才能充分发挥作用，而沉降后浇带主要是为了调整不同部位结构间不均匀的压力或沉降设置的，实际工程中也同时兼作收缩后浇带。后浇带释放的是混凝土的早期收缩应力和沉降差引起的次应力，后浇带封闭后依然是应力比较集中的部位，而且若填充后浇带的混凝土收缩大，则与已固化的带外混凝土结合不好，容易出现裂缝。因此后浇带混凝土应采用膨胀率高的填充用膨胀混凝土浇筑。补偿收缩混凝土是集结构承重、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》YJGF22 以及众多地下室和水池的工程实践提供的范例和经验，补偿收缩混凝土抗裂防水效果好，性价比最优。后浇带封闭后随着温度和湿度的变化，混凝土还会有一定的收缩，尤其是目前地下工程的长度在不断的增长，设计中要满足后浇带的间距要求会需要预留过多数量的后浇带。根据一些计算分析，带外采用补偿收缩混凝土后可适当加大后浇带的间距，减少后浇带的数量，方便施工。因此，有地下水或地下室过长时，后浇带外混凝土也应提高抗裂能力，宜采用补偿收缩混凝土或纤维混凝土。

膨胀加强带是近年来随着超长混凝土结构无缝设计技术发展起来的防裂技术措施，可以部分或完全代替收缩后浇带而方便连续施工。但采用膨胀加强带后，由于混凝土在短时间内即形成了长度很长的整体构件，浇筑过程中未能分段充分释放一定的早期收缩应力，完全要靠材料本身（包括钢筋）来承受全部的收缩应力，因此，为提高混凝土的抗裂能力，带外混凝土应采用补偿收缩混凝土或纤维混凝土。由于合成纤维混凝土对抵抗混凝土的后期收缩应力作用不大，带外不用补偿收缩混凝土而用纤维混凝土时应采用钢纤维混凝土。同后浇带一样，膨胀加强带处同样是应力比较集中的地方，带内也应采用更高膨胀量的填充用膨胀混凝土加强。

应该注意到，膨胀加强带在我省的应用时间还不是很长，经验不是很多，而后浇带的

应用已有非常成功的经验。因此，在工程长度很长时宜慎用膨胀加强带，严格按本规程第4.2.8 条的要求分段浇筑，在施工中加强管理，工期允许时还是采用后浇带为宜，或者二者结合使用。

实际工程中，大体积混凝土施工时多掺入适量的粉煤灰来降低水化热。掺入粉煤灰后混凝土的强度较普通混凝土增长得慢。但大体积混凝土多用在高层建筑的地下室底板，高层建筑施工周期长，前期底板的受力远低于设计值，因此，大体积混凝土的强度等级可采用龄期为 60d 或 90d 的强度来标定。

4.1.6 由于外防水的使用寿命很难达到混凝土结构的设计使用年限，因此，即使设有外防水层，与土壤接触的地下混凝土结构构件仍应按防水混凝土构件考虑。

我省处于寒冷或严寒地区，考虑混凝土耐久性的要求，地下结构的混凝土强度等级不应低于 C30。而混凝土强度越高，需要的水泥用量越多，施工时产生的水化热越多，混凝土越容易开裂。根据工程经验，地下混凝土结构的强度等级不宜超过 C40。

4.1.9 、4.1.10 钢筋的配置除要满足《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定外，重点结合防裂的要求做了规定。

4.1.11 采取保温措施是为了减少温度变化对混凝土胀缩的影响，防止温度应力导致混凝土结构产生裂缝。查阅了挤塑 XPS 板的变形模量，对目前实际工程中地下室外墙外保温和防水外保护采用聚苯板的做法做了规定。

4.1.12 地下混凝土结构防裂应在材料、设计及施工各环节综合采取措施，因此，对采用的混凝土原材料的具体要求，比如沙石含泥量、碱含量等，应在设计文件中注明，并对混凝土的养护及拆模时间，尤其是外墙及后浇带、膨胀加强带等特殊构件及部位，提出明确规定。基坑应尽早回填，避免地下结构长期暴露。我省冬季寒冷，温差大，地下混凝土结构要外露过冬时，应对后浇带的封闭提出具体要求。地下结构的外保温应在建筑施工图中有明确构造做法。

4.2 补偿收缩混凝土

4.2.1 明确补偿收缩混凝土的使用范围。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。

4.2.2 规定了补偿收缩混凝土的性能指标。用单向限制膨胀率来表示补偿收缩混凝土的变形值，根据补偿收缩混凝土的定义，当自应力为 0.2MPa～1.0MPa 时，相应的限制膨胀率约为 0.015%～0.060%，需要指出的是，在特殊条件下使用大膨胀率混凝土时，应事前进行必要的试验研究。

补偿收缩混凝土的膨胀与强度发展有着密切的关系，从强度与膨胀的协调关系考虑，其强度等级不宜低于 C30.后浇带或膨胀加强带部位的混凝土，强度等级不宜低于 C35。早期强度太高会抑制膨胀，从膨胀的角度来看，补偿收缩混凝土的强度不宜大于 C40，因此当设计强度大于 C40 时，应适当提高膨胀剂掺加量或采取降低早期强度的措施。

4.2.3 规定了补偿收缩混凝土限制膨胀率的试验方法。

4.2.4 对较小的补偿收缩混凝土，按照《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T50081

检测。对用于填充的膨胀混凝土，有时因膨胀过大会出现无约束试件强度明显降低的情况，按照本规范附录 B 进行，使试件在试模中处于接近三向限制的状态，比较符合实际使用情况。

4.2.5　本条规定了后浇带的构造和设置原则。后浇带的详细构造见《地下工程防水技术规范》GB50108。

4.2.6　本条规定了膨胀加强带的构造和设置原则。

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 1~图 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 1~图 3 是板式结构中三种膨胀加强带构造示意图。图 1 是连续浇筑混凝土时的膨胀加强带构造示意图，图 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 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***d***~14***d*** 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。

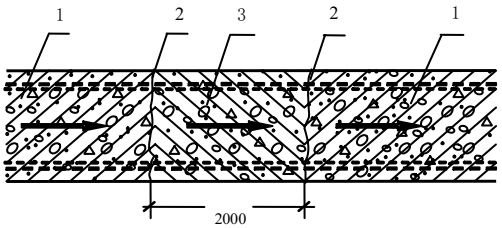


图 1 连续式膨胀加强带

1——补偿收缩混凝土；2——密孔钢丝网；3——膨胀加强带混凝土

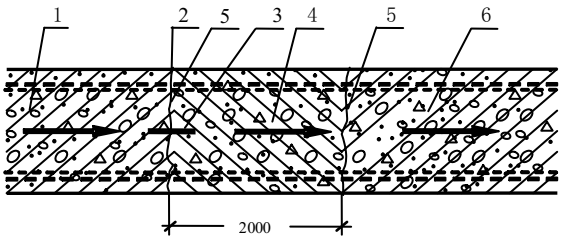


图 2 间歇式膨胀加强带

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

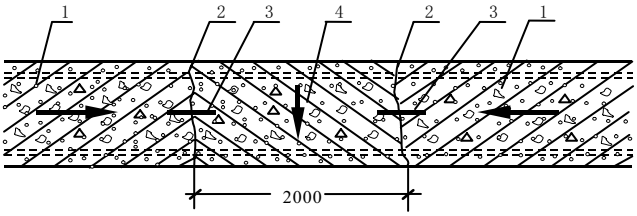


图 3 后浇式膨胀加强带

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

4.2.7 规定了补偿收缩混凝土连续浇筑结构长度。

设置的膨胀加强带条数及形状应依工程构造与尺寸确定，当长宽比较大或构造复杂时，相邻加强带或后浇带的间距应适当减小。

对于因超长、大面积采用分段浇筑的工程，可分区段连续浇筑，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。

在确定伸缩缝间距及连续浇筑的结构最大长度时，对板式结构可适当放宽，对墙体结构应从严控制。

《混凝土结构设计规范》GB50010 指出，在采用后浇带分段施工或施加应力或采取能减小混凝土收缩的措施时，可以延长伸缩缝间距。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后浇带，延长浇筑区段，故本条规定与《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定是统一的。

4.3 纤维混凝土

4.3.1 明确了纤维混凝土的适用范围。

4.3.3 对于钢纤维混凝土结构构件承载能力极限状态计算，在《纤维混凝土结构技术规程》

CECS38 中分别对无筋构件承载力、有筋构件的受拉、受压、受弯或受剪构件的承载力以及受冲切和局部承压的计算都有明确的计算方法和规定。对于采用钢纤维混凝土的地下室结构或构件可根据不同的受力情况进行相应的配筋设计并满足规程的构造要求。

4.3.4　钢纤维对于混凝土的裂缝控制有利，因此在进行裂缝控制验算时候要考虑钢纤维的影响并对计算结果进行修正。修正后的裂缝宽度要满足本规程对构件裂缝宽度控制要求。

4.3.5　试验研究表明，掺有合成纤维的混凝土与基体混凝土相比，其抗压强度、弹性模量、泊松比和线膨胀系数变化很小，故可按有关混凝土结构设计规范的规定采用。当纤维含量较大时(超过 0.15%)，有关参数的选取应通过试验确定。

4.3.6　当合成纤维用于限制混凝土早期收缩裂缝时，影响阻裂效果的是塑性阶段混凝土的弹性模量和抗拉强度。而不同的强度等级的混凝土或砂浆在塑性阶段的弹性模量和抗拉强度都很低，因此在这种情况下，在进行合成纤维混凝土结构构件承载力计算时可采用结构设计所需要的素混凝土的强度等级。

4.4　预应力混凝土

本节所述预应力技术可防止或减轻硬化后混凝土由于温度变化和混凝土收缩所产生的裂缝，对混凝土硬化前所产生的裂缝仅有愈合作用，对混凝土早期裂缝可采用补偿收缩混凝土或纤维混凝土等技术措施予以避免。

4.4.2　预应力筋宜按构件截面形心对称布置，不对截面产生附加弯矩，可使计算简化。其他各款参照《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ92 给出，考虑到预应力钢筋的作用仅用于防裂的目的，降低了平均预压应力下限值，取为 0.7Mpa。

4.4.4　结构在间接作用下所产生的应力与有效预应力的差值应不大于混凝土的抗拉强度标准值。考虑一定的可靠度，差值取 $0.5f_{tk}$。

4.4.5　本条规定在于减少支撑构件的约束影响，降低预应力损失。

4.4.6　本条规定在于避免由于支撑构件约束而产生的结构裂缝。

5　混凝土生产技术

5.1　一般规定

5.1.1　规定了地下混凝土结构所用的混凝土拌合物，必须用预拌混凝土或现场移动式搅拌站生产的混凝土，这样才能保证连续浇筑。

5.1.2　用于混凝土生产所用原材料必须符合有关标准的要求，并必须有明显的识别标志。

5.1.3　对于受侵蚀介质作用及有冻融作用的混凝土应选用相应的水泥，可优先选用普通硅酸盐水泥。

5.1.4　对于混凝土中的氯离子应根据所处的不同环境，有不同的限量要求，否则将影响混凝土的长期耐久性。

5.2　配合比

5.2.1　混凝土的配合比设计按《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55 进竹。必须满足设计的强度、限制膨胀率、抗渗等级和耐久性的要求；同时满足施工和易性的要求，便于浇筑、振捣密实。

5.2.2　对于最低水泥用量、水胶比、砂率、掺合料、膨胀剂或抗裂防水剂、合成纤维、钢纤维作出了推荐值，并对混凝土拌合物的拥坍落度，初凝时间氯离子、含碱量作了规定。

5.2.3　必须先进行试配，抗渗等级提高一级。

5.2.4　为保证地下混凝土结构的防裂性，混凝土配比必须提供限制膨胀率测定值。

5.3　计量

5.3.1　计量器具的校正、检定与预拌混凝土要求相同。

5.3.2　增加了对合成纤维、钢纤维的每盘允许偏差值，它们同水泥、水、外加剂等均为±2%。

5.4　制备

5.4.1　强调地下混凝土拌合物的均匀性，提出延长搅拌时间为 30s，并将合成纤维和钢纤维混凝土搅拌时间、投料方法作了规定。

5.4.2　拌合物的坍落度的测定地点和抽样次数作了规定，应观察其和易性。

5.4.3　对不合格拌合物作了规定。

6 施 工

6.1 一般规定

6.1.1 强调了地下工程混凝土结构施工验收尚应执行的国家有关标准。

6.1.2 应根据设计图纸和施工条件，结合地下工程混凝土结构特点确定施工方案，编制施工组织设计和质量控制措施，对施工测量、机具选用、钢筋连接、模板安装、混凝土作业及季节施工等应进行方案优选，并做好充分准备。

6.1.3 混凝土拌和物及其它材料的各项指标应符合设计要求和本规程相关规定。

6.1.4 明确混凝土试件的取样与留置所遵循的有关规定。抗渗混凝土试件留置组数可根据实际需要确定。

6.1.6 强调了纤维混凝土结构和预应力混凝土结构施工尚应符合的有关规程。

6.2 模板的安装与拆卸

6.2.1～6.2.4 根据目前地下工程混凝土结构的具体情况，特别是几年来工程施工经验的总结，提出比较系统的模板安装与拆卸方案。

施工单位也可以根据自身的技术和设备能力，在此基础上结合工程的具体情况和特点，制定更加完善、更加合理、更加先进的施工工艺。

将模板的尖角和棱角修成圆角，可避免浇筑振捣结构构件时，钢纤维堆露出构件表面。

6.3 混凝土浇筑

6.3.1 地下工程混凝土结构需要混凝土质量高，数量大，应采用预拌泵送混凝土，并选取有自动计量装置、质量有保障的混凝土搅拌站。

6.3.2 混凝土浇筑前，应对模板、钢筋工程进行验收，合格后方可浇筑混凝土。必须合理划分施工段，安排施工人员，以使每个区段的浇筑数量和时间大致相等。

6.3.3～ 6.3.5 每一振点的振捣延续时间，应使混凝土表面呈现浮浆和不再沉落。地下混凝土结构的底、顶板在浇筑混凝土前应根据确定的浇筑方向和顺序在钢筋上预先架设铁马凳；铺设跳板，既方便布设泵管，又方便操作人员行走，还可避免冲击破坏、踩踏钢筋。在浇筑混凝土过程中应派专人看护钢筋。

6.3.6 施工缝的位置应在混凝土浇筑前按设计要求和施工技术方案确定。施工缝的处理亦应按施工技术方案执行。施工缝的位置应设置在结构受剪力较小且便于施工的部位。

6.3.7 上层混凝土应在下层混凝土初凝前浇筑，可以使上下层混凝土在初凝前结合好，不致于形成施工缝。

6.3.8 大体积混凝土施工时，为控制有害裂缝的出现，应从混凝土的水化升温、延缓降温速率、减小混凝土收缩、提高混凝土的极限拉伸强度、改善约束条件和设计构造等方面采取有效措施加以控制。

6.3.9 加强测温和温度监控与管理，随时控制混凝土内的温度变化与内外温差，及时调整保温及养护措施，进而有效控制有害裂缝的出现。

6.3.10，6.3.11 为保证地下工程混凝土结构的抗渗性能和便于施工，尽量采用整体浇筑混凝土，减少水平施工缝，并在水平施工缝处按设计规定设止水带或止水条。

6.4 养护

6.4.1～6.4.2 应在混凝土浇筑完毕后的 12h 内对混凝土加以覆盖和浇水。浇水次数应以能保证混凝土处于湿润状态为准。

混凝土的养护用水应与拌制用水相同。

6.5 后浇带、膨胀加强带

6.5.1～6.5.2 后浇带、膨胀加强带的留置位置应按设计要求和施工技术方案确定，混凝土浇筑应按施工技术方案进行。

后浇带在浇筑混凝土前， 必须将整个混凝土表面按照施工缝的要求进行处理，填充混凝土的强度等级必须比原结构强度提高一级。

6.6 雨、冬期施工

6.6.1 阴天浇筑混凝土时要准备好防护用具，确定合理的浇筑顺序，以便在雨大不能继续浇筑混凝土时，能将施工缝留在合理的位置。新浇混凝土应覆盖，以防雨水冲刷。

6.6.4 当采用暖棚法施工时，应设专人检测混凝土及棚内温度。暖棚内测温点应选择具有代表性位置进行布置。每昼夜测温不应少于四次。

6.6.5 原材料加热应优先采用加热水加热的方法，当仍不能满足要求时，再对骨料进行加热。

1 水加热宜采用蒸汽加热、电加热等方法。

2 砂加热应在开盘前进行，并应将被加热各处加热均匀。

3 水泥在使用前宜运至暖棚内存放，使其温度大于 0℃。

6.6.6 蒸汽养护包括升温、恒温、降温三个阶段。

6.7 安全施工

6.7.1～6.7.3 脚手架上堆砖高度不得超过 3 皮砖，在同一块脚手板上不得超过两人同时作业。

模板及支撑材料应分散堆放并码平放稳，且不得堆放过高，临时搭设的操作平台上不宜堆放模板和支撑材料，应随用随拿。

7　质量验收

7.1　一般规定

7.1.1　地下混凝土结构工程是混凝土结构工程的子分部工程，质量验收要和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的要求达到一致，由于本规程的重点是对防裂技术进行规定，所以在质量验收时，要强化对防裂技术措施和防裂施工效果的质量验收。

7.2　主控项目

7.2.1　原材料质量的优劣是保证混凝土质量的先决条件，因此必须严把原材料质量关。对合格证的有效性和进行检验各项参数的符合性，要认真进行检查。

7.2.2　进行地下混凝土结构的混凝土强度验收时，要以见证检测混凝土试块强度和主体结构检测混凝土强度为主。

7.2.3　对补偿收缩混凝土，本条要求检测其限制膨胀率。限制膨胀率的检测，以往做的较少，缺乏经验，所以要予以充分重视。

7.2.4　由于用读数显微镜量测混凝土结构或构件的裂缝宽度准确度高，能较真实地反映裂缝的实际宽度，因此不得采用其他检测方法来量测裂缝宽度。

7.2.5～7.2.8　这些规定是《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 和《地下防水工程质量验收规范》GB50202 中所要求的内容，必须做到。

混凝土无裂缝，是混凝土结构防水抗渗的重要条件，所以必须加强全过程施工管理。混凝土抗渗试件的试验，检测的是混凝土的配置质量。

7.2.9　混凝土浇筑完毕后，如果不能进行及时而充分的湿养护，将造成混凝土回弹值低、碳化深度大，对正确推定混凝土的强度带来了不利影响，所以对混凝土养护制度和养护措施的建立与执行，必须进行核查。

7.3　一般项目

7.3.1　混凝土跑浆、胀模、夹渣等一般缺陷，影响外观质量。对这些一般缺陷应按技术方案认真进行。处理好后，应该重新组织验收。

7.4　工程资料

7.4.1　给出了地下混凝土结构工程施工质量验收时应该提供的文件和记录，包括地下混凝土结构工程子分部验收时应该具有的全部资料。

附录 A　地下混凝土结构间接作用分析方法

A.0.1　地下混凝土结构的间接作用效应分析除采用有限元方法之外，还有简化方法，但简化方法只能得到结构的整体受力状态，而不能得到局部或构件的内力，因此推荐采用有限元方法。对于梁柱等构件组成的杆系结构，宜采用杆件体系有限单元法；对于板、墙类结构，宜采用平面或三维有限单元法计算。

依据《混凝土结构设计规范》（GB50010）相关条文规定及现有工程分析软件现状，采用线弹性分析。施工阶段的分析宜模拟施工过程，即考虑后浇带、膨胀加强带的影响。

A.0.2　结构分析应以结构的实际工作状态和受力条件为依据。结构分析应有相应的构造措施做保证。

A.0.3　超长地下混凝土结构的间接作用主要包括温度变形、收缩变形、不均匀沉降等。由于结构的不均匀沉降可通过沉降后浇带的设置得到很好的解决，分析时只考虑混凝土的膨胀、水化热、收缩和环境温度作用。

为简化分析，可以将混凝土的限制膨胀率和收缩除以其热膨胀系数，将膨胀与收缩换算成当量温差。

A.0.4　补偿收缩混凝土限制膨胀率的计算是依据中国建筑材料研究院游宝坤、李乃珍提出的相关理论。影响限制膨胀率的因素主要有膨胀剂品种、膨胀水泥种类、混凝土强度等级、膨胀剂掺量、水泥用量、限制程度（配筋率）、集料种类、水灰比和养护制度等。根据标准状态下限制膨胀率的数学表达式，在非标准条件下即实际工程采用的补偿收缩混凝土的限制膨胀率可根据系数叠加原理计算求出。膨胀剂品种影响系数β_1、膨胀剂水泥品种影响系数β_2、混凝土强度等级影响系数β_3、膨胀剂掺量影响系数β_4、掺合料影响系数β_5、减水剂影响系数β_6、混凝土水泥用量影响系数β_7、配筋率影响系数β_8、粗集料影响系数β_9、水胶比影响系数β_{10}、养护制度影响系数β_{11}应依据可靠资料或试验确定。

A.0.5　由水泥水化热引起的混凝土最高绝热温升的计算依据林宝新，余旭所提出的理论公式确定。膨胀剂的水化热值应由膨胀剂生产厂家提供，如无确切数据时，也可取等同于水泥的水化热值。混凝土的比热容可取为 0.92 kJ/(kg℃)～1.0kJ/(kg℃)；

A.0.6　考虑散热时，混凝土的降温系数与混凝土浇筑厚度及龄期相关。

A.0.7　补偿收缩混凝土收缩的计算，目前比较常用的方法为中国建筑科学研究院和王铁梦给出的两种混凝土收缩的计算方法，其它计算方法应用较少。中国建筑科学研究院的计算理论比王铁梦的计算理论多考虑了两种影响因素，即粉煤灰取代水泥量和减水剂影响因素。混凝土收缩的计算更为符合实际工程情况。水泥品种的修正系数M_1、水泥细度的修正系数M_2、骨料的修正系数M_3、水灰比的修正系数M_4、水泥浆量的修正系数M_5、初期养护时间的修正系数M_6、使用环境湿度状态的修正系数M_7、水力半径的修正系数M_8、操作条件的修正系数M_9、配筋率的修正系数M_{10}、粉煤灰取代水泥量影响系数m_{11}、减水剂影响系数m_{12}应依据可靠资料或试验确定。

A.0.8　根据《高耸结构设计规范》GB 50135-2006 规定，结构某一龄期时的环境温差等于混凝土硬化时所在月份的月累年最高日平均气温与该龄期时所在月的月累年最高日平均气温的差值。但由于月累年最高日平均气温需按照当地的气象统计资料确定，对于多数地区存在困难。而按照混凝土硬化时所在月份的月平均气温与计算时刻所在月的月平均气温的

差值计算，与按《高耸结构设计规范》GB 50135-2006 所得结果相差不大，且易由气象统计资料获得。

A.0.9　混凝土徐变会造成结构的徐变变形或应力松弛，这对于裂缝控制是有利的。为简化计算，采用应力松弛系数的形式予以考虑。应力松弛系数的影响因素较多，确定较为复杂，目前缺乏有效资料。综合考虑混凝土受荷开裂使得结构刚度降低的影响，应力松弛系数可取为 0.3-0.4。

附录 B　限制状态下补偿收缩混凝土抗压强度检验方法

B.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，以作为混凝土设计强度等级与采用 60d 或 90d 强度的参考。

B.0.2　钢制模型的弹性模量与混凝土中的钢筋相同。宜采用单块模型。

B.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。

附录C　纤维混凝土及砂浆收缩裂缝试验方法

C.1　适用范围

C.1.1　早龄期在本节规定中系指成型后 24h。不同养护条件可根据试验目的确定其龄期和养护条件。

C.2　试件制作

C.2.1　采用矩形薄板四边约束，根据国内外经验能够很好地反映出收缩裂缝的形态。在模型制作中，保证四边框有足够的刚度并且采用锚杆使受检混凝土四边有足够的约束作用，同时底面应尽量平滑减少底模的摩阻力。

C.2.2　纤维混凝土收缩试验采用纤维混凝土与基体混凝土对比的方法。纤维混凝土配合比可分两种情况，一种是用于评价纤维的阻裂效果，可采用 1：1.5 的水泥砂浆，采用水泥用量高的砂浆更容易发生裂缝，便于检验纤维的阻裂效果，为选用合适的纤维及合理掺量提供依据；另一种是针对具体工程，检验纤维混凝土的阻裂效果，按工程采用的配合比进行。基体混凝土可按纤维混凝土直接扣掉纤维，其他组分不变确定。

试件振实优先采用振动台振动；也可用平板振捣器或振捣棒振捣，不允许人工插捣。

C.2.3　有些情况下要观察不同龄期和不同养护条件下的裂缝开展情况。可根据实际工程需要确定。

C.3　试验及评定方法

C.3.1　早龄期收缩裂缝试验采用风扇吹试件表面是为了加速试件的失水，使收缩裂缝更容易产生。有些试验者还采用加温的办法，由于操作困难，与实际情况相差太大，又很难统一标准，故本规程未予采用。

C.3.2 、C.3.3、C.3.4　采用裂缝总面积方法评定开裂状态比较合理。单从裂缝条数或裂缝宽度评定有时对比结果不明显。 参照国内一些试验资料，给出了评定等级。

C.3.5　不同养护条件下和龄期的试验及评定方法除养护条件和龄期不同外，其它均可以参照早龄期收缩裂缝试验方法进行。比如，可以进行 3***d*** 或 7***d*** 龄期的试验，采用类似 24***h*** 的试验方法，一直进行到 3***d*** 或 7***d***，裂缝的观测时间可根据试验需要确定；又如，可进行受高温影响的收缩裂缝试验，除用风吹外还对试件加温（用红外线灯烤或直接暴露在阳光下），控制混凝土表面温度达到某个规定的温度，使试件发生开裂。

附录 D　裂缝修补

D.1　一般规定

D.1.1　地下工程的裂缝和渗漏水是普遍存在的现象，形式也多种多样，对混凝土结构性能的影响程度也不尽相同，必须经过调查、检测和评定才能确定裂缝的性质，并据此确定治理方案。

D.1.2　裂缝修补时间的确定主要考虑裂缝修补效果问题，只有结构稳定且混凝土达到标号后裂缝才能基本停止发展。虽然 0.2mm 以下的裂缝被认为是无害裂缝，但有渗漏水时必须治理。

D.2　修补材料

D.2.1　防水堵漏时，除考虑材料的稳定性、工作性和耐久性之外，更应该注意施工人员的健康和环境保护。应尽量选用无毒或低毒的防水材料，以保护施工人员身体和周围环境。

D.2.2　材料的选择取决于工艺的选择，而工艺的选择又取决于裂缝的性质和环境情况。一般情况下，迎水面的表面处理最简单，用有机、无机材料、有机无机材料结合均可，但最好适当考虑可变形性，以应对处理后的进一步变形。背水面的表面处理一般选用与混凝土融合性好粘接力强的水泥基材料；水压低的细小裂缝的的注浆修补一般选用有机的化学材料低压注浆，高水压的大裂缝一般选用水泥基材料高压注浆。有机化学材料可注性好、防水能力强，但刚性差、价格高，适用于低水压、小用量；而水泥基材料可注性不如化学浆材，但强度高价格便宜，适用于高水压、大用量。

D.3　修补方法

D.3.2　在地下工程结构的内表面和外表面作防水砂浆抹面防水，是我国传统的简便有效的防水方法，特别是在结构自防水或外贴卷材防水失败后，往往用这种方法补救。防水砂浆做法很多，五层抹面是最普通的方法，它不使用任何防水外加剂，仅利用不同配比的素浆和砂浆分层次交错抹压而成连续封闭的整体防水层，这种方法 40 年代就已应用，具有几十年的历史。随着防水技术的发展，普通防水抹面已被掺有各种外加剂，防水剂和聚合物乳液的砂浆所代替，且技术性能有很大进步，施工程序也有所简化。

D.3.3　当裂缝不贯穿，没有明显的渗漏水情况时填充密封法，目的是对裂缝的进一步发展有所防范。

D.3.4　内注浆的目的是堵水与加固，封堵混凝土衬砌由于施工缺陷所造成的渗漏水。混凝土毕竟是密实性的材料，壁内缺陷很小，粗颗粒的材料如水泥浆液很难达到预期的堵水目的。因此必须选择渗透性能好的灌浆材料，使其在一定压力下渗入衬砌结构内起到堵水加固的作用。

当环境水压过大，内注浆不能解决堵水问题时采用背后注浆；环境水有腐蚀性时，为保证混凝土和钢筋不受腐蚀，通过背后外注浆而将腐蚀性介质阻挡在混凝土外部。