**CECS T/CECS XXXX-202X**

**中国工程建设标准化协会标准**

**超高强韧钢筋混凝土结构技术规程**

Technical specification of ultra-high strength and toughness reinforced concrete structures

**中国建筑工业出版社**

**中国工程建设标准化协会标准**

**超高强韧钢筋混凝土结构技术规程**

Technical specification of ultra-high strength and toughness reinforced concrete structures

**主编单位：****东南大学**

**批准单位：中国工程建设标准化协会**

**施行日期：202x年x月x日**

**中国建筑工业出版社**

**202x 北 京**

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2023年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2023〕第 10号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结工程实践经验，参考国内外先进标准，制定本规程。

本规程共分8章和1个附录，主要内容包括：总则、术语和符号、基本规定、超高强韧混凝土、高强钢筋、超高强韧钢筋混凝土结构设计、构造要求、施工及质量验收等。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会混凝土结构专业委员会归口管理，由东南大学负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请反馈给东南大学（地址：江苏省南京市江宁区东南大学材料科学与工程学院，邮编：211189，邮箱：seu\_standard@163.com）。

**主编单位：**东南大学

**参编单位：**

**主要起草人：**

**主要审查人：**

目 次

[1 总 则 （1](#_Toc180573994)）

[2 术语和符号 （1](#_Toc180573995)）

[2.1 术 语 （1](#_Toc180573996)）

[2.2 符 号 （1](#_Toc180573997)）

[3 基本规定 （4](#_Toc180573998)）

[4 超高强韧混凝土 （5](#_Toc180573999)）

[4.1 力学性能等级 （5](#_Toc180574000)）

[4.2 原材料及要求 （8](#_Toc180574001)）

[4.3 配合比设计 （9](#_Toc180574002)）

[5 高强钢筋 （11](#_Toc180574003)）

[6 超高强韧钢筋混凝土结构设计 （13](#_Toc180574004)）

[6.1 一般规定 （13](#_Toc180574005)）

[6.2 承载能力极限状态计算 （13](#_Toc180574006)）

[6.3 正常使用极限状态验算 （19](#_Toc180574007)）

[7 构造要求 （20](#_Toc180574008)）

[7.1 保护层厚度 （20](#_Toc180574009)）

[7.2 钢筋锚固长度 （21](#_Toc180574010)）

[7.3 高强钢筋的连接 （21](#_Toc180574011)）

[7.4 板 （23](#_Toc180574012)）

[7.5 梁 （23](#_Toc180574013)）

[7.6 柱 （23](#_Toc180574014)）

[7.7 梁柱节点 （23](#_Toc180574015)）

[8 施工及质量验收 （25](#_Toc180574016)）

[8.1 混凝土的制备与养护 （25](#_Toc180574017)）

[8.2 高强钢筋的加工与安装 （25](#_Toc180574018)）

[8.3 钢筋的加工与安装 （25](#_Toc180574019)）

[8.4 施工过程质量控制 （27](#_Toc180574020)）

[8.5 结构验收 （28](#_Toc180574021)）

[附录A 高强钢筋的公称横截面面积及理论质量 （30](#_Toc180574022)）

[用词说明 （31](#_Toc180574023)）

[引用标准名录 （32](#_Toc180574024)）

[附：条文说明 （33](#_Toc180574022)）

Contents

[1 General provisions （1](#_Toc26908)）

[2 Terms and symbols （1](#_Toc30128)）

[2.1 Terms （1](#_Toc10946)）

[2.2 Symbols （1](#_Toc9746)）

[3 Basic provisions （4](#_Toc9151)）

[4 Ultra-high strength and toughness concrete （5](#_Toc24142)）

[4.1 Mechanical properties class （5](#_Toc19598)）

[4.2 Raw materials and requirements （8](#_Toc15862)）

[4.3 Mix design （9](#_Toc13168)）

[5 High-strength steel bars （11](#_Toc15195)）

[6 Design of ultra-high strength and toughness reinforced concrete structures （13](#_Toc19074)）

[6.1 General provisions （13](#_Toc10)）

[6.2 Ultimate limit state calculation of bearing capacity （13](#_Toc17689)）

[6.3 Serviceability limit state design （19](#_Toc7081)）

[7 Construction requirements （20](#_Toc25263)）

[7.1 Thickness of the protective layer （20](#_Toc14765)）

[7.2 Rebar anchorage （21](#_Toc19444)）

[7.3 Connection of rebar （21](#_Toc15632)）

[7.4 Plate （23](#_Toc26840)）

[7.5 Beam （23](#_Toc17240)）

[7.6 Column （23](#_Toc18623)）

[7.7 Beam-column joints （23](#_Toc11912)）

[8 Construction and quality acceptance （25](#_Toc15646)）

[8.1 Preparation and curing of concrete （25](#_Toc11193)）

[8.2 Processing and installation of high-strength steel bars （25](#_Toc16961)）

[8.3 Processing and installation of rebar （25](#_Toc852)）

[8.4 Quality control in the construction process （27](#_Toc10307)）

[8.5 Structural acceptance （28](#_Toc11248)）

[Appendix A Nominal cross-sectional area and theoretical mass of high-strength steel bars （30](#_Toc26011)）

[Explanation of wording （31](#_Toc15646)）

[List of quoted standards （32](#_Toc15646)）

[Addition: Explanation of provisions （33](#_Toc15646)）

1. 总 则
   * 1. 为保障地震、台风、爆炸、撞击等强动载或大跨重载条件下混凝土结构安全服役，提高混凝土结构服役寿命内的整体经济性与环保性，指导混凝土结构设计、施工与运维工作，制定本规程。
     2. 本规程用于工业与民用建筑中采用高强钢筋的超高强韧混凝土结构设计，施工与质量验收。
     3. 采用高强钢筋的超高强韧混凝土结构设计、施工及质量验收除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。
2. 术语和符号
   1. **术 语**
      1. 超高强韧混凝土 ultra-high strength and toughness concrete（UHSTC）

由水泥、矿物掺合料、骨料、高强纤维、外加剂和水等原料制成的具有超高强度、超高韧性的水泥基复合材料，28d龄期的抗压强度≥100MPa，单轴抗拉强度≥7MPa，英文简称UHSTC。

* + 1. 超高强韧钢筋混凝土结构 ultra-high strength and toughness reinforced concrete structures

以超高强韧混凝土和高强钢筋为主要材料的钢筋混凝土结构。

* + 1. 热轧带肋钢筋 hot-rolled ribbed steel bar

通过热轧工艺生产的横截面通常为圆形、表面带有肋状突起的混凝土结构用钢材。

* + 1. 高强钢筋 high-strength bars

屈服强度特征值为600MPa及以上的热轧带肋钢筋。

* + 1. 钢筋公称直径 nominal diameter

与钢筋公称横截面积相等的圆的直径。

* + 1. 特征值 characteristic value

在无限多次的检验中，与某一规定概率所对应的分位值。

* 1. **符 号**
     1. 材料性能

HRB600、HRB650、HRB700 ——分别代表屈服强度为600MPa、650MPa、700MPa级的热轧带肋高强钢筋；

HRB600E、HRB650E、HRB700E ——符合抗震性能要求的屈服强度为600MPa、650MPa、700MPa级的热轧带肋高强钢筋；

——热轧带肋高强钢筋极限强度标准值；

、 ——热轧带肋高强钢筋抗拉、抗压强度设计值；

——热轧带肋高强钢筋屈服强度标准值；

——横向钢筋抗拉强度设计值；

*d* ——钢筋的公称直径；

——钢筋的断后伸长率；

——钢筋的最大力总延伸率限值；

——钢筋接头的最大力总延伸率；

*Ro*m ——钢筋实测抗拉强度；

*R0*el ——钢筋实测屈服强度；

*R*el ——钢筋标准屈服强度；

*f0*mst ——接头实测极限抗拉强度；

 ——超高强韧混凝土弹性模量；

 ——混凝土立方体抗压强度；

 ——混凝土拓展度；

 ——超高强韧混凝土轴心抗压强度标准值；

 ——超高强韧混凝土抗拉强度标准值；

 ——超高强韧混凝土抗压强度设计值；

 ——超高强韧混凝土抗拉强度设计值；

 ——超高强韧混凝土峰值压应变；

 ——超高强韧混凝土极限压应变；

 ——超高强韧混凝土峰值拉应变；

 ——超高强韧混凝土极限拉应变。

* + 1. 作用与作用效应

 ——超高强韧钢筋混凝土受弯构件的正截面受弯承载力设计值

 ——超高强韧钢筋混凝土构件轴向受压承载力设计值；

 ——超高强韧钢筋混凝土受拉构件轴拉承载力设计值；

 ——正常使用极限状态下超高强韧钢筋混凝土构件最大裂缝宽度；

 ——超高强韧钢筋混凝土构件受拉区等效矩形应力图应力设计值；

 ——超高强韧混凝土受压区等效应力的折减系数；

 ——超高强韧混凝土受拉区等效应力的折减系数；

 ——裂缝修正系数；

 ——截面高度影响系数；

 ——钢纤维含量特征值；

 ——钢纤维含量特征参数，，其中为钢纤维的体积掺量百分率，为钢纤维的等效长度，为钢纤维的等效直径；

 ——受拉边或受压较小边的纵向高强钢筋的应力。

* + 1. 几何参数

 ——超高强韧混凝土受压区高度；

 ——锚固钢筋的外形系数；

 ——等效矩形应力图块的受压区高度折减系数；

 ——轴向力作用点至纵向受拉高强钢筋合力点的距离；

 ——初始偏心距；

 ——轴向压力对截面重心的偏心距；

 ——受拉钢筋在超高强韧混凝土中的基本锚固长度；

 ——超高强韧钢筋混凝土构件截面面积；

 ——受压区、受拉区全部纵向高强钢筋合力点至截面受压、受拉边缘的距离；

 ——超高强韧钢筋混凝土构件混凝土部分的截面厚度；

 ——截面有效高度。

1. 基本规定

**3.0.1** 超高强韧钢筋混凝土结构设计应包括结构方案设计、作用与作用效应分析、极限状态设计与验算、结构与构件的构造、连接措施和耐久性要求，以及满足特殊要求的专门设计目标。

**3.0.2** 超高强韧钢筋混凝土结构的安全等级、设计使用年限、作用与作用组合，应根据结构物所属工程类别符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

**3.0.3** 超高强韧钢筋混凝土结构设计应明确结构用途和使用环境，在设计使用年限内未经技术鉴定或设计许可，不可改变结构用途和使用环境。

1. 超高强韧混凝土
   1. **力学性能等级**
      1. 超高强韧混凝土力学性能等级划分按表4.1.1规定，其性能等级应同时满足 28d 龄期的立方体抗压强度和单轴抗拉强度的指标要求。

**表4.1.1 超高强韧混凝土力学性能等级（MPa）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 等级 | 抗压强度， | 单轴抗拉强度， |
| UC100-1 | ≥100 | ≥7 |
| UC100-2 | ≥9 |
| UC100-3 | ≥11 |
| UC100-4 | ≥13 |
| UC120-1 | ≥120 | ≥7 |
| UC120-2 | ≥9 |
| UC120-3 | ≥11 |
| UC120-4 | ≥13 |
| UC140-1 | ≥140 | ≥7 |
| UC140-2 | ≥9 |
| UC140-3 | ≥11 |
| UC140-4 | ≥13 |
| UC160-1 | ≥160 | ≥7 |
| UC160-2 | ≥9 |
| UC160-3 | ≥11 |
| UC160-4 | ≥13 |
| UC180-1 | ≥180 | ≥7 |
| UC180-2 | ≥9 |
| UC180-3 | ≥11 |
| UC180-4 | ≥13 |
| UC200-1 | ≥200 | ≥7 |
| UC200-2 | ≥9 |
| UC200-3 | ≥11 |
| UC200-4 | ≥13 |

* + 1. 超高强韧混凝土的扩展度分级应符合表4.1.2的规定。

**表4.1.2 超高强韧混凝土扩展度分级(mm)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 等级 | UF1 | UF2 | UF3 |
| 扩展度 | S<650 | 650≤S<750 | S≥750 |

* + 1. 超高强韧混凝土轴心抗压强度标准值应按表4.1.3取值。

**表4.1.3 超高强韧混凝土轴心抗压强度标准值（MPa）**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 强度等级 | UCl00 | UC120 | UC140 | UC160 | UC180 | UC200 |
|  | 70 | 84 | 98 | 112 | 126 | 140 |

* + 1. 超高强韧混凝土轴心抗压强度设计值应按表4.1.4取值。

**表4.1.4 超高强韧混凝土轴心抗压强度设计值（MPa）**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 强度等级 | UCl00 | UC120 | UC140 | UC160 | UC180 | UC200 |
|  | 49 | 58 | 68 | 77 | 87 | 97 |

* + 1. 超高强韧混凝土抗拉强度标准值标准养护方法制作养护，按表4.1.5取值。

**表4.1.5 超高强韧混凝土抗拉强度标准值（MPa）**

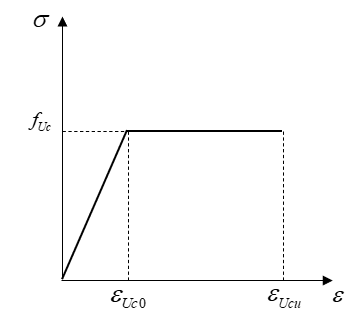
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 强度等级 | UT07 | UT09 | UT11 | UT13 |
|  | 7 | 9 | 11 | 13 |

* + 1. 超高强韧混凝土抗拉强度设计值，按表4.1.6取值。

**表4.1.6 超高强韧混凝土抗拉强度设计值（MPa）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 强度等级 | UT07 | UT09 | UT11 | UT13 |
|  | 4.8 | 6.2 | 7.6 | 8.9 |

* + 1. 超高强韧混凝土单轴受压的应力-应变曲线（图4.1.7）可按下列公式确定：



**图4.1.7 超高强韧混凝土单轴受压应力-应变曲线**

 (4.1.7)

式中：  ——压应变为时压应力；

 ——超高强韧混凝土轴心抗压强度设计值，按本规程表4.1.4采用；

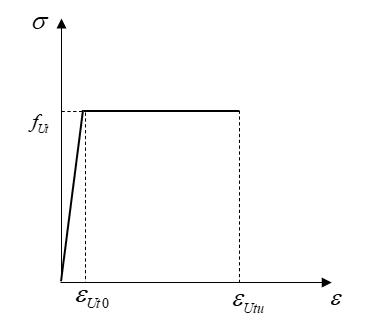
 ——压应力达到时的压应变，按本规程表4.1.7采用；

 ——正截面的极限压应变，当处于非均匀受压时，按表4.1.7取值；轴心受压时，取。

**表4.1.7 单轴受压应力-应变曲线的参数取值**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 强度等级 | 抗压强度设计值（MPa） | 弹性模量（×104MPa） | 峰值压应变（×10-6） | 极限压应变（×10-6） |
| UCl00 | 49 | 40 | 1225 | 3600 |
| UCl20 | 58 | 42.9 | 1352 | 3810 |
| UCl40 | 68 | 45.1 | 1508 | 3950 |
| UCl60 | 77 | 47.1 | 1635 | 4100 |
| UCl80 | 87 | 48.6 | 1790 | 4180 |
| UC200 | 97 | 50 | 1940 | 4250 |

* + 1. 超高强韧混凝土单轴受压的应力-应变曲线（图4.1.8）可按下列公式确定：



**图4.1.8 超高强韧混凝土单轴受拉应力-应变曲线**

 (4.1.8)

式中：  ——拉应变为时压应力；

 ——超高强韧混凝土弹性模量；

 ——超高强韧混凝土峰值拉应变；

 ——正截面的极限拉应变，应按表4.1.8取值。

**表4.1.8 单轴受拉应力-应变曲线的参数取值**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 强度等级 | 抗拉强度设计值（MPa） | 极限拉应变 |
| UCl20（不低于UT07） | 4.8 | 1250 |
| UCl60（不低于UT09） | 6.2 | 1800 |
| UC200（不低于UT11） | 7.6 | 3150 |

* 1. **原材料及要求**
     1. 水泥宜采用现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175标准要求的硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥。当采用其他种类或标号的水泥时，应通过试验验证，满足超高强韧混凝土设计性能要求时方可使用。
     2. 矿物掺合料应符合以下要求：

1. 硅灰应符合现行国家标准《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690的规定，SiO2含量宜大于90%。
2. 石英粉的SiO2含量应大于95%，小于0.16 mm粒径的颗粒比例应大于95%，氯离子含量不应大于0.02%，硫化物及硫酸盐含量不应大于0.50%，云母含量不应0.50%。
3. 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/T 1596的规定，粒化高炉矿渣粉应符合现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046的规定，石灰石粉应符合现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的石灰石粉》GB/T 35164的规定。
4. 当采用其他矿物掺合料时，矿物掺合材料性应符合现行国家标准《矿物掺合料应用技术规范》[GB/T 51003](https://www.doc88.com/p-00887762830998.html)的有关规定，且应通过试验验证，满足超高强韧混凝土设计性能要求时方可使用。
   * 1. 骨料应符合以下要求：
5. 骨料宜选用最大粒径不超过1.25mm的单粒级石英砂，也可选用细度模数为1.6～2.2的天然砂或人工砂。石英砂按粒径可分粗粒径砂(l.25mm～0.63mm)、中粒径砂(0.63mm～0.315mm)和细粒径砂(0.315mm～0.16mm)三个粒级。天然砂含泥量不应大于0.5%，泥块含量应为0%。人工砂的石粉含量不应大于5%，且亚甲蓝试验结果(MB值)不应大于1.4。
6. 石英砂、天然砂、人工砂的氯离子含量不应大于0.02%，硫化物及硫酸盐含量不应大于0.5%，云母含量不应大于0.5%。
7. 超高强韧混凝土有特殊要求需使用粗骨料时，其最大粒径不应大于10 mm，且应通过试验验证，满足超高强韧混凝土设计性能要求时方可使用。
   * 1. 外加剂应符合以下要求：
8. 减水剂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的规定，宜选用减水率不小于30%的高效减水剂。
9. 其他外加剂应符合国家现行标准的有关规定，与水泥和矿物掺合料有良好的适应性，且应通过试验验证，满足超高强韧混凝土设计性能要求时方可使用。
   * 1. 纤维应符合以下要求：
10. 超高强韧混凝土中掺加的钢纤维宜采用长度为6 mm～25 mm、直径为0.10 mm～0.25 mm、抗拉强度不低于200MPa的微细钢纤维。
11. 超高强韧混凝土中掺加的合成纤维应符合现行国家标准《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》GB/T 21120的规定。
12. 可选用聚乙烯醇、聚乙烯、聚丙烯腈等有机合成纤维或经试验验证的其他合成纤维，单掺或与钢纤维复掺用于超高强韧混凝土中。
    * 1. 拌合与养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63的规定。
      2. 超高强韧混凝土的拌合物不宜离析、泌水，纤维应分布均匀、无结团。
    1. **配合比设计**
       1. 超高强韧混凝土配合比设计宜采用绝对体积法。
       2. 超高强韧混凝土配合比设计应考虑结构受力特点、施工工艺、养护条件以及应用环境等因素。根据混凝土工作性能、强度、耐久性以及其它必要性能要求计算初始配合比。配合比应经试验室试配、调整，得出满足工作性能要求的基准配合比，并经强度、耐久性指标复核确定。
       3. 应采用工程实际使用的原材料进行试配，每盘混凝土的最小搅拌量不宜小于20L。
       4. 试配时，首先应进行试拌，先检查拌合物工作性能指标。当试拌所得拌合物的扩展度不能满足要求时，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、外加剂用量或不同粒级骨料的体积比例，直到符合要求为止。根据试拌结果提出试验用的基准配合比。
       5. 试验以基准配合比为基础，确定另外两个试配配合比，其水胶比宜较基准配合比分别增加和减少0.02，相应地分别减少或增加骨料的体积；或者用水量与基准配合比相同，骨料的体积比例可分别增加或减少2%，相应地分别减少或增加胶凝材料的总体积。
       6. 制作试件时，应验证拌合物工作性能是否达到设计要求，并以该结果代表相应配合比的拌合物性能指标。
       7. 试验时，每种配合比应至少制作一组（三块）试件。采用热养护的超高强韧混凝土，宜在终凝后进行90℃热养护48h，再进行标准养护（环境温度 20℃±2℃，相对湿度大于95%）5d后开展力学性能指标试验；采用常温养护的超高强韧混凝土，宜按照普通混凝土标准养护（环境温度20 ℃±2 ℃，相对湿度大于95%）规定的成型后28 d时进行力学性能指标试验。
       8. 根据试配结果对基准配合比进行调整，确定的配合比作为设计配合比。
13. 高强钢筋

**5.0.1** 高强钢筋按屈服强度标准值分为600级、650级和700级，其牌号构成及含义如表5.0.1所示。

**表5.0.1 钢筋牌号的构成及含义**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | 牌号 | 牌号构成 | 英文字母含义 |
| 高强钢筋 | HRB600 | 由HRB+屈服强度标准值构成 | HRB：热轧带肋钢筋的英文缩写（Hot rolled Ribbed Bars）；  E：地震的英文首字母（Earthquake） |
| HRB650 |
| HRB700 |
| 高强抗震钢筋 | HRB600E | 由HRB+屈服强度标准值构成+E构成 |
| HRB650E |
| HRB700E |

**5.0.2** 高强钢筋化学成分和碳当量（熔炼分析）应符合表5.0.2的规定。根据需要，钢中还可以加入V、Cr、Nb、Ti等合金元素。

**表5.0.2 钢筋化学成分和碳当量（熔炼分析）**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 钢筋牌号 | 熔炼成分/% | | | | | Ceq% |
| C | Si | Mn | P | S |
| HRB600  HRB600E  HRB650  HRB650E | ≤0.28 | ≤0.80 | ≤1.60 | ≤0.035 | ≤0.035 | ≤0.58 |
| HRB700  HRB700E | ≤0.30 | ≤0.80 | ≤1.60 | ≤0.035 | ≤0.035 | ≤0.60 |

**5.0.3** 碳当量值Ceq（%）可按公式（5.0.3）计算：

Ceq=C+Mn/6+(Cr+V+Mo)/5+(Cu+Ni)/15 （5.0.3）

**5.0.4** 钢的氮含量应不大于0.012%，供方如能保证，可不做分析。钢中如有足够数量的氮结合元素，准许更高的氮含量。

**5.0.5** 高强钢筋的成品化学成分允许偏差应符合现行国家标准《钢的成品化学成品允许公差》GB/T 222的规定，碳当量的允许偏差为±0.03%。

**5.0.6** 高强钢筋的力学性能特征值应符合表5.0.6的规定：

**表5.0.6 钢筋力学性能**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 下屈服强度*R*el，MPa | 抗拉强度*R*m，MPa | 断后伸长率/% | 最大力总伸长率/% | 强屈比*Ro*m/*R0*el | 屈屈比  *R0*el/ *R*el |
| 不小于 | | | | | 不大于 |
| HRB600 | 600 | 730 | 14 | 7.5 | - | - |
| HRB650 | 650 | 815 | 14 | 7.5 | - | - |
| HRB700 | 700 | 875 | 13 | 7.5 | - | - |
| HRB600E | 600 | 730 | 14 | 9 | 1.25 | 1.30 |
| HRB650E | 650 | 815 | 14 | 9 | 1.25 | 1.30 |
| HRB700E | 700 | 875 | 13 | 9 | 1.25 | 1.30 |

注：表中所列各力学性能特征值，其中*Ro*m/*R0*el为最大保证值，其它的为最小保证值。*Ro*m表示实测抗拉强度，*R0*el表示实测屈服强度，*R*el为钢筋标准屈服强度。（下屈服强度等同于屈服强度标准值（MPa）、抗拉强度等同于极限强度标准值（MPa））对于没有明显屈服的钢筋，下屈服强度*R*el采用规定塑性延伸强度*R*p0.2，为断后伸长率，为最大力总伸长率。钢筋出厂检验准许采用，仲裁时采用。

**5.0.7** 公称直径为28~40mm的各牌号钢筋的断后延伸率准许下降1%，公称直径大于40mm的各牌号钢筋的断后延伸率准许下降2%。

**5.0.8** 各牌号钢筋弹性模量*E*s不小于2.0×105 MPa。

**5.0.9** 钢筋的金相组织、外观、疲劳性能要求以及长度允许偏差、弯曲度允许偏差、重量允许偏差应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB1499.2的有关规定。

**5.0.10** 钢筋抗拉强度设计值、抗压强度设计值应按表5.0.10取值。

**表5.0.10 高强钢筋强度设定值（MPa）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 钢筋牌号 | 抗拉强度设计值 | 抗压强度设计值 |
| HRB600， HRB600E | 515 | 490 |
| HBR650， HRB650E | 550 | 500 |
| HBR700， HRB700E | 585 | 510 |

1. 超高强韧钢筋混凝土结构设计
   1. **一般规定**
      1. 正截面承载力计算时截面应变应保持平面，即截面纤维应变与到中性轴的距离呈线性关系的假定。
      2. 超高强韧钢筋混凝土受拉构件、受弯构件和大偏心受压构件正截面承载力计算，应考虑受拉区超高强韧混凝土抗拉作用。
      3. 超高强韧混凝土受压应力与应变关系采用理想弹塑性表达式，特征参数取值应按本规程第4.1.7条执行。
      4. 超高强韧混凝土受拉应力与应变关系采用理想弹塑性表达式，特征参数取值应按本规程第4.1.8条执行。
      5. 超高强韧钢筋混凝土受弯构件、偏心受力构件，纵向高强受拉钢筋屈服，受压区超高强韧混凝土达到其极限压应变时的相对受压区界限高度可按以下公式计算：

高强钢筋为有屈服点时：

 (6.1.5-1)

高强钢筋为无屈服点时：

 (6.1.5-2)

式中：  ——高强钢筋弹性模量；

 ——超高强韧混凝土极限压应变；

 ——高强钢筋抗拉强度设计值；

 ——等效矩形应力图块的受压区高度折减系数。

* 1. **承载能力极限状态计算**
     1. 受弯构件、偏心受力构件正截面承载力计算时，受压区超高强韧混凝土的应力图形可简化为等效的矩形应力图。矩形应力图的受压区高度可取截面应变保持平截面假定所确定的中和轴高度乘以系数；矩形应力图的应力值可由超高强韧混凝土轴心抗压强度设计值乘以系数确定；受拉区的应力值可由超高强韧混凝土抗拉强度设计值乘以系数确定。受压区高度折减系数取0.75，等效应力的折减系数取0.75，取0.5。
     2. 超高强韧钢筋混凝土构件正截面受弯承载力计算应按以下公式计算：



**图6.2.2 矩形截面受弯构件正截面受弯承载力计算**

 (6.2.2-1)

超高强韧混凝土受压区高度由以下公式确定：

 (6.2.2-2)

超高强韧混凝土受压区高度尚应符合以下条件：

 (6.2.2-3)

 (6.2.2-4)

式中：  ——超高强韧钢筋混凝土受弯构件的正截面受弯承载力设计值；

 ——超高强韧混凝土轴心抗压强度设计值；

 ——超高强韧混凝土轴心抗拉强度设计值；

 ——纵向高强钢筋的抗拉、抗压强度设计值；

 ——受拉区、受压区纵向高强钢筋的截面面积；

 ——矩形截面的宽度；

 ——截面有效高度；

 ——超高强韧混凝土受压区高度；

 ——受压区、受拉区全部纵向高强钢筋合力点至截面受压、受拉边缘的距离；

 ——相对受压区界限高度；

 ——超高强韧混凝土受压区等效应力的折减系数；

 ——超高强韧混凝土受拉区等效应力的折减系数；

 ——等效矩形应力图块的受压区高度折减系数。

* + 1. 超高强韧钢筋混凝土构件正截面受压承载力应按以下公式计算：

 (6.2.3)

式中：  ——超高强韧钢筋混凝土轴心受压构件稳定系数，可按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2024中6.2.15条相关规定取值；

 ——纵向高强钢筋的抗拉、抗压强度设计值；

 ——超高强韧混凝土轴心抗压强度设计值；

 ——构件截面面积；

 ——全部纵向高强钢筋的截面面积。

* + 1. 超高强韧钢筋混凝土构件正截面偏心受压承载力应按以下公式计算：



**图6.2.4 矩形截面受压构件正截面偏心受压承载力计算**

 (6.2.4-1)

 (6.2.4-2)

 (6.2.4-3)

 (6.2.4-4)

式中：  ——超高强韧钢筋混凝土构件轴向受压承载力设计值；

 ——纵向高强钢筋的抗拉、抗压强度设计值；

 ——超高强韧混凝土轴心抗压强度设计值；

 ——超高强韧混凝土轴心抗拉强度设计值；

 ——轴向力作用点至纵向受拉高强钢筋合力点的距离；

 ——初始偏心距；

 ——轴向压力对截面重心偏心距，取M/N。当需要考虑二阶效应时，按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2024第6.2.17条确定；

 ——附加偏心距，按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2024中6.2.17条相关规定确定；

 ——超高强韧混凝土受压区等效应力的折减系数；

 ——超高强韧混凝土受拉区等效应力的折减系数；

 ——等效矩形应力图块的受压区高度折减系数；

 ——矩形截面的宽度；

 ——截面有效高度；

 ——受拉边或受压较小边的纵向高强钢筋的应力，当相对受压区高度不大于界限相对受压区高度时，为大偏压构件，取。当相对受压区高度大于界限相对受压区高度时，为小偏压构件，值按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2024中6.2.17条相关规定计算。

* + 1. 轴心受拉构件的正截面受拉承载力应按以下公式计算：

 (6.2.5)

式中：  ——超高强韧钢筋混凝土受拉构件轴拉承载力设计值；

 ——高强钢筋截面面积；

 ——超高强韧钢筋混凝土轴心受拉构件的截面面积；

 ——超高强韧混凝土轴心抗拉强度设计值；

 ——超高强韧混凝土受拉区等效应力的折减系数。

* + 1. 正截面偏心受拉承载力计算中，轴向拉力作用点在钢筋和之间时，按照小偏心受拉构件正截面受拉承载力计算；轴向拉力作用点不在钢筋和之间时，按照大偏心受拉构件正截面受拉承载力计算。

小偏心受拉构件正截面受拉承载力应符合以下规定：



**图6.2.6-1 矩形截面小偏心受拉构件正截面承载力计算**

 (6.2.6-1)

 (6.2.6-2)

大偏心受拉构件正截面受拉承载力应符合以下规定：



**图6.2.6-2 矩形截面大偏心受拉构件正截面承载力计算**

 (6.2.6-3)

 (6.2.6-4)

式中：  ——超高强韧钢筋混凝土受压构件正截面偏心受压承载力设计值；

 ——纵向高强钢筋的抗拉、抗压强度设计值；

 ——超高强韧混凝土轴心抗压强度设计值；

 ——超高强韧混凝土轴心抗拉强度设计值；

 ——纵向高强钢筋的抗拉、抗压强度设计值；

 ——受拉区、受压区纵向高强钢筋的截面面积；

 ——矩形截面的宽度；

 ——截面有效高度；

 ——超高强韧混凝土受压区等效应力的折减系数；

 ——超高强韧混凝土受拉区等效应力的折减系数；

 ——等效矩形应力图块的受压区高度折减系数。

* + 1. 超高强韧钢筋混凝土斜截面受剪构件、板柱节点、局部承压等构件承载力计算应沿用现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB50010相关计算要求。计算中，混凝土抗拉强度设计值、抗压强度设计值及普通钢筋材料参数应替换为本规程第5章规定的超高强韧混凝土抗拉强度设计值、超高强韧混凝土抗压强度设计值及钢筋材料性能参数。
  1. **正常使用极限状态验算**
     1. 超高强韧钢筋混凝土构件裂缝控制等级、构件受拉边缘应力和正截面裂缝宽度验算应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB50010相关规定。
     2. 三级裂缝控制等级的矩形截面超高强韧钢筋混凝土受拉、受弯和偏心受压构件，应按荷载标准组合（或准永久组合）并考虑长期作用影响，对最大裂缝宽度进行验算。三级裂缝控制等级超高强韧钢筋混凝土构件最大裂缝宽度应在现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB50010规定的最大裂缝宽度的基础上乘以修正系数进行修正，裂缝修正系数取0.35，钢纤维含量特征值。
     3. 超高强韧钢筋混凝土受弯构件的最大挠度验算应按照荷载效应的准永久值组合进行，并都应考虑荷载长期作用的影响。

1. 构造要求
   1. **保护层厚度**
      1. 超高强韧混凝土构件中钢筋的保护层厚度不应不小于纵向受力钢筋公称直径的1/2：
      2. 超高强韧混凝土构件依据所处环境类别，其最外层钢筋的保护层厚度应满足表7.1.2的规定：

**表7.1.2-1 超高强韧混凝土保护层的最小厚度(mm)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 环境类别 | 板 | 梁、柱 |
| Ⅰ | 10 | 15 |
| Ⅱ | 15 | 20 |
| Ⅲ | 20 | 25 |
| Ⅳ | 25 | 30 |

注：1.表中数据为设计使用年限为50年的超高强韧混凝土结构，对于设计使用年限为10年的超高强韧混凝土结构，最外层钢筋的保护层厚度不应小于表7.1.1中数值的1.4倍。2. Ⅰ、Ⅱ类环境下，超高强韧混凝土预制构件的保护层厚度最小可取值为10mm。3.表中环境类别参考下表7.1.2。

**表7.1.2-2 混凝土结构的环境类别**

|  |  |
| --- | --- |
| 环境类别 | 条件 |
| Ⅰ | 室内干燥环境；  无侵蚀静水浸没环境 |
| Ⅱa | 室内潮湿环境；  非严寒和非寒冷地区的露天环境；  非严寒与非寒冷地区与无侵蚀的水或土壤直接接触的环境；  严寒和寒冷地区的冰冻线以上与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境 |
| Ⅱb | 干湿交替环境；  水位频繁变动环境；  严寒和寒冷地区的露天环境；  严寒和寒冷地区冰冻线以上与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境 |
| Ⅲa | 严寒和寒冷地区冬季水位变动区环境；  受除冰盐影响的环境；  海风环境； |
| Ⅲb | 盐渍土环境；  受除冰盐作用环境；  海岸环境 |
| Ⅳ | 海水环境 |

* 1. **钢筋锚固长度**
     1. 充分利用高强钢筋的抗拉强度时，受拉钢筋基本锚固长度应按下式计算：

 (7.2.1)

式中：  ——受拉钢筋在超高强韧混凝土中的基本锚固长度；

 ——高强钢筋的抗拉强度设计值；

 ——锚固钢筋的直径；

 ——锚固钢筋的外形系数，带肋钢筋可取为0.14。

* + 1. 受拉钢筋、受压钢筋的锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2024的有关规定。
  1. **高强钢筋的连接**
     1. 高强钢筋的接头宜设置在受力较小处，有抗震设防要求的结构中，梁端、柱端箍筋加密区范围内不宜设置钢筋接头，且不应进行钢筋搭接。同一纵向受力钢筋不宜设置两个或两个以上的接头。接头末端至钢筋弯起点的距离，不应小于钢筋直径的10倍。
     2. 高强钢筋建议采用机械连接，钢筋机械连接应符合下列规定：

**1** 加工钢筋接头的操作人员应经专业培训合格后上岗，钢筋接头的加工应经工艺检验合格后方可进行。

**2** 机械连接施工前应进行工艺检验，机械连接应检查有效的型式检验报告。

**3** 机械连接接头的混凝土保护层厚度宜符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010中受力钢筋的混凝保护层最小厚度的规定，且接头之间的横向净间距不宜小于25mm。

**4** 锥螺纹接头安装后应使用专用扭力扳手校核拧紧扭力矩。挤压接头压痕直径的波动范围应控制在允许波动范围内，并应使用专用量规进行检验。

**5** 直螺纹接头的钢筋丝头宜满足6f级精度要求，应用专用直螺纹量规检验，通规能顺利旋入并达到要求的拧入长度，止规旋入不得超过3p。p为螺距，6f级精度要求可参考现行国家标准《普通螺纹公差》GB/T 197中的有关规定。

**6** 机械连接接头材料及质量要求等应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107的有关规定。

* + 1. 钢筋的机械连接接头的应用应符合下列规定：

**1** 接头应根据极限抗拉强度、残余变形、最大力下总伸长率以及高应力和大变形条件下反复拉压性能，分为I级、Ⅱ级、Ⅲ级三个等级，其性能应分别符合本规程表7.3.3的规定。

**2** I级、Ⅱ级、Ⅲ级接头应能经受规定的高应力和大变形反复拉压循环，且在经历拉压循环后，其极限抗拉强度仍应符合本规程表7.3.3-1的规定。

**表7.3.3-1 钢筋机械连接接头的极限抗拉强度**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 接头等级 | Ⅰ级 | Ⅱ级 | Ⅲ级 |
| 接头实测极限抗拉强度*f0*mst | *f0*mst≥*f*stk钢筋拉断；  或*f0*mst≥1.10*f*stk连接破坏 | *f0*mst≥*f*stk | *f0*mst≥1.25*f*stk |

**3** I级、Ⅱ级、Ⅲ级接头的变形性能应符合表7.3.3-2的规定。

**表7.3.3-2 钢筋机械连接接头的变形性能**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 接头等级 | | I级 | Ⅱ级 | Ⅲ级 |
| 单向拉伸 | 残余变形（mm） | (*d*≤32)(*d*＞32) | (*d*≤32)(*d*＞32) | (*d*≤32)(*d*＞32) |
| 最大力下总伸长率（%） |  |  |  |
| 高应力反复拉压 | 残余变形（mm） |  |  |  |
| 大变形反复拉压 | 残余变形（mm） | 且 | 且 |  |

**4** 混凝土结构中要求充分发挥钢筋强度或对延性要求较高的部位应选用II级接头；当在同一连接区段内必须实施100%钢筋接头的连接时，应采用I级接头。

**5** 混凝土结构中钢筋应力较高但对延性要求不高的部位可采用Ⅲ级接头。

**6** 对直接承受重复荷载的结构构件，设计应根据钢筋应力幅提出接头的抗疲劳性能要求。当设计无专门要求时，剥肋滚轧直螺纹钢筋接头、镦粗直螺纹钢筋接头和带肋钢筋套筒挤压接头的疲劳应力幅限值不应小于现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010中普通钢筋疲劳应力幅限值的80%。

* 1. **板**
     1. 超高强韧混凝土板的类别划分应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2024的有关规定。
     2. 超高强韧混凝土单向板和双向板的宽度、有效长度均应不小于板厚的5倍。
     3. 板简支时，支座部位至少一半钢筋应伸入负弯矩区，并应符合本标准第7.2节的有关规定。
  2. **梁**

**7.5.1** 超高强韧钢筋混凝土梁中纵向受力筋配置、横向配筋除符合本规程外，均应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2024的有关规定。

**7.5.2** 受拉和受压钢筋配筋面积在搭接区域外不应超过*As，max，，As，max*应取0.04*Au*。

**7.5.3** 受压纵筋与横向相交钢筋间距不应超过受压纵筋直径15倍。

**7.5.4** 纵向受拉钢筋和受压钢筋在支座附近截断时，其延伸长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2024的有关规定。

**7.5.5** 受拉和受压钢筋允许的绑扎搭接条件和搭接长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2024的有关规定。

* 1. **柱**

**7.6.1** 超高强韧钢筋混凝土柱中纵向钢筋、箍筋配置应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2024的有关规定。

* 1. **梁柱节点**

**7.7.1** 梁纵向钢筋在框架中间层端节点的锚固应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2024的有关规定。

**7.7.2** 梁的上部和下部纵向钢筋应贯穿框架中间层中间节点或连续梁中间支座。锚固应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2024的有关规定。

**7.7.3** 柱纵向钢筋应贯穿中间层的中间节点或端节点，接头应设在节点区以外。柱纵向钢筋在顶层中节点的锚固应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2024的有关规定。

**7.7.4**顶层端节点柱外侧纵向钢筋可以弯入梁内作为梁上部纵向钢筋；也可以将梁上部纵向钢筋与柱外侧纵向钢筋在节点及附近部位搭接，搭接应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2024的有关规定。

**7.7.5**顶层端节点处梁上部纵向钢筋的截面面积*As*应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2024的有关规定。

**7.7.6**在框架节点内应设置水平箍筋，箍筋应符合现行团体标准《应变硬化水泥基复合材料结构技术规程》T/CECS 1212的有关规定。

1. 施工及质量验收
   1. **混凝土的制备与养护**
      1. 超高强韧混凝土的搅拌应符合下列规定：

**1** 超高强韧混凝土应采用强制式搅拌机搅拌，搅拌时宜将水泥、矿物掺合料、骨料、粉剂外加剂等干料预先干拌1 min~2 min，然后加入水和其他液体原材料湿拌，湿拌时间不宜低于5 min，至拌合物接近目标流动性；然后缓慢加入纤维，待纤维全部加完后继续搅拌不少于2 min，至纤维在拌合物中分散均匀；

**2** 超高强韧混凝士的搅拌方式宜根据产品特点和实际情况进行调整。

* + 1. 超高强韧混凝土试件的成型应符合下列规定：

**1** 超高强韧混凝土拌合物宜从试模的一侧开始浇筑，一次浇筑完毕，浇筑后可用橡胶锤轻敲侧模排除气泡；

**2** 对于扩展度小于650mm 的超高强韧混凝土拌合物，浇筑完成后，可根据需要将试模置于振动 台上振动以排除气泡，振动时间宜为10s~15s；

**3** 成型过程中不得进行插捣。

* + 1. 超高强韧混凝土试件的养护应符合下列规定：

**1** 试件成型后，应立即在试模表面覆盖塑料薄膜，避免水分散失；

**2** 自然养护类超高强韧混凝土试件应按GB/T 50081 的规定进行标准养护；

**3** 热养护类超高强韧混凝土试件应进行标准蒸汽养护。

* 1. **高强钢筋的加工与安装**
     1. 高强钢筋的连接方式应符合设计要求。
     2. 高强钢筋机械连接施工前，应对接头进行工艺检验，检验项目包括钢筋接头单项拉伸极限抗拉强度和残余变形，合格后方可进行施工。施工过程中更换钢筋或套筒生产厂家以及接头施工单位时，应重新进行工艺检验。
     3. 高强钢筋采用机械连接时，钢筋连接接头的检验批划分和质量检测与评定应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ107的有关规定。
  2. **钢筋的加工与安装**
     1. 钢筋的加工应符合以下规定：

**1** 钢筋加工宜采用专业化生产的成型钢筋，并宜集中加工、配送。

**2** 钢筋加工前应将表面清理干净。表面带有颗粒状、片状老锈或有损伤的钢筋不得使用。

**3** 钢筋加工宜在常温状态下进行，加工过程中不应对钢筋进行加热。钢筋应1次弯折到位，不得反复弯折。冬期施工和雨期施工应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104和现行国家标准《混凝结构工程施工规范》GB 50666的规定。

**4** 钢筋宜采用不具有延伸功能的机械设备进行调直。当采用冷拉方法调直时热轧高强带肋钢筋的冷拉率，不宜大于1%。钢筋调直过程中不应损伤带肋钢筋的横肋。调直后的钢筋应平直，不应有局部弯折。钢筋不得采用冷拉方法提高强度。

**5**钢筋的弯曲性能按表8.3.1的规定弯曲180°后，钢筋受弯曲部位的表面不应产生裂纹。

**表8.3.1 钢筋弯曲性能 单位：毫米**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 牌号 | 公称直径/d | 弯曲压头直径/D |
| HRB600、HRB600E  HRB650、HRB650E  HRB700、HRB700E | 6-25 | 6d |
| 25-40 | 7d |
| ＞40-50 | 8d |

注：抗震钢筋的反弯性能要求参照现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB1499.2执行。

* + 1. 钢筋的安装应符合以下规定：

**1** 当纵向受拉普通钢筋末端采用弯钩或机械锚固措施时，钢筋锚固端的加工应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2024规定。钢筋的弯钩和机械锚固应符合下列规定：

1) 钢筋端部的弯钩及一侧贴焊的锚筋，位于构件截面的侧边或角部时，应该偏向内侧布置锚固锚头的方向，防止由偏向挤压力造成保护层混凝土外胀裂缝。

2) 锚板和锚头的承压面积不应小于锚筋截面面积的4倍：当锚板和锚头为方形时，边长不应小于1.98*d*；圆形锚板时直径不应小于2.24*d*；六边形锚板时直径不应小于2.69*d*，*d*为锚固钢筋直径。

3) 当机械锚头较集中时，机械锚头的钢筋净距不应小于4*d*，*d*为锚固钢筋直径。

4) 受压纵向钢筋不应采用末端弯钩和单侧贴焊锚固形式。

**2** 钢筋焊接施工应符合下列规定：

1)从事钢筋焊接施工的焊工应持有钢筋焊工考试合格证，并应按照合格证规定的范围上岗操作。

2)在钢筋工程焊接施工前，参与该项工程施焊的焊工应进行现场条件下的焊接工艺试验，经试验合格后，方可进行焊接。焊接过程中，钢筋牌号、直径发生变更，应再次进行焊接工艺试验。工艺试验使用的材料、设备、辅料及作业条件均应与实际施工一致。

3) 电渣压力焊只应使用于柱等现浇混凝土构件中竖向受力钢筋的连接。

**3** 构件交接处的钢筋位置应符合设计要求。当设计无要求时，应保证主要受力构件和构件中主要受力方向的钢筋位置。框架节点处梁纵向受力钢筋宜放在柱纵向钢筋内侧；当主次梁底部标高相同，次梁下部钢筋应放在主梁下部钢筋之上：剪力墙中水平分布钢筋宜放在外侧，并宜在墙边弯折锚固。

**4** 钢筋安装应采用定位件固定钢筋位置，并宜采用专用定位件。定位件应具有足够的承载力、刚度、稳定性和耐久性。定位件的数量、间距和固定方式，应能保证钢筋的位置偏差符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的规定。混凝土框架梁、柱保护层内，不宜采用金属定位件。

**5** 钢筋焊接或机械连接施工完成后，应对接头外观进行检查并形成记录，施工过程中应保护成品质量，未经允许，不得随意弯曲或施焊。

**6** 当在海边或易形成腐蚀的地区使用高强钢筋时，应采取保护措施。

* 1. **施工过程质量控制**

**8.4.1** 超高强韧混凝土的施工应符合现行国家标准《活性粉末混凝土》GB/T 31387、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666和《混凝土质量控制标准》GB 50164等的有关规定，并应根据结构所属工程类别分别符合相应的现行规范及规程要求。

**8.4.2** 在施工之前，应制订超高强韧混凝土专项施工技术方案。

**8.4.3** 超高强韧混凝土可采用集中搅拌或现场搅拌方式生产。

**8.4.4** 超高强韧混凝土可在工厂将各种干燥的固体原料预拌为固态混合物，运输到施工现场或预拌混凝土生产场所，加水与液体组分拌制成拌合物。预拌与运输应保证混合物不离析。

**8.4.5** 超高强韧混凝土的搅拌、运输、浇筑及构件静停应在10℃以上的环境中完成。

**8.4.6** 在超高强韧混凝土拌合物的运输及浇筑过程中，严禁往拌合物中加水。

* 1. **结构验收**

**8.5.1** 应根据全面质量管理要求，建立健全有效的质量保证体系，对施工各工序的质量进行检查、控制，并应达到所规定的质量要求，确保施工质量。

**8.5.2** 超高强韧混凝土质量检验分为出厂检验和交货检验。出厂检验由生产企业承担；交货检验执行见证取样送检制度，生产企业、工厂监理单位旁站见证，由施工单位按规定在超高强韧混凝土浇注的工程部位随机取样和制样。预拌超高强韧混凝土质量应以交货检验结果为依据。

**8.5.3** 高强钢筋安装完成后，应对受力钢筋的品种、规格和数量进行检查。

**8.5.4** 高强钢筋的安装位置、锚固方式应符合设计要求。高强钢筋安装位置的偏差应符合表8.5.1的规定。在同一检验批内，对梁、柱、板，应抽查构件数量的10%，且不少于3件。

**表 8.5.1 钢筋安装位置、允许偏差及检验方法**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | | 允许偏差（mm） | 检验方法 |
| 绑扎钢筋骨架 | 长 | | ±10 | 钢尺检查 |
| 宽、高 | | ±5 | 钢尺检查 |
| 受力钢筋 | 间距 | | ±10 | 钢尺量两端、中间各一点、取最大值 |
| 排距 | | ±5 |
| 保护层厚度 | 柱、梁 | ±5 | 钢尺检查 |
| 板 | ±3 | 钢尺检查 |
| 绑扎箍筋、横向钢筋间距 | | | ±20 | 钢尺量连续三档，取最大值 |
| 钢筋弯起点位置 | | | 20 | 钢尺检查 |
| 预埋件 | 中心线位置 | | 5 | 钢尺检查 |
| 水平高差 | | ±3，0 | 钢尺和塞尺检查 |

注：1 检查预埋件中心线位置时，应沿纵、横两个方向量测，并取其中的较大值；

2 表中梁类、板类构件上部纵向受力钢筋保护层厚度的合格点率应达到90%及以上，且不得有超过表中数值1.5倍的尺寸偏差；

3 受力钢筋保护层厚度以最外层钢筋（包括箍筋、构造筋、分布筋等）的外缘计算，不再以纵向受力钢筋的外缘计算。

附录A 高强钢筋的公称横截面面积及理论质量

* + 1. 高强钢筋的公称横截面面积及理论质量应按表A.0.1取值：

**表A.0.1 高强钢筋的公称横截面面积及理论质量**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 公称直径（mm） | 不同根数钢筋的公称截面面积（mm2） | | | | | | | | | 理论质量kg/m |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | - |
| 8 | 50.3 | 101 | 151 | 201 | 252 | 302 | 352 | 402 | 453 | 0.395 |
| 10 | 78.5 | 157 | 236 | 314 | 393 | 471 | 550 | 628 | 707 | 0.617 |
| 12 | 113.1 | 226 | 339 | 452 | 565 | 678 | 791 | 904 | 1017 | 0.888 |
| 14 | 153.9 | 308 | 461 | 615 | 769 | 923 | 1077 | 1230 | 1387 | 1.21 |
| 16 | 201.1 | 402 | 603 | 804 | 1005 | 1206 | 1407 | 1608 | 1809 | 1.58 |
| 18 | 254.5 | 509 | 763 | 1017 | 1272 | 1526 | 1780 | 2036 | 2290 | 2.00 |
| 20 | 314.2 | 628 | 941 | 1256 | 1570 | 1884 | 2200 | 2513 | 2827 | 2.47 |
| 22 | 380.1 | 760 | 1140 | 1520 | 1900 | 2281 | 2661 | 3041 | 3421 | 2.98 |
| 25 | 490.9 | 982 | 1473 | 1964 | 2454 | 2945 | 3436 | 3927 | 4418 | 3.85 |
| 28 | 615.8 | 1232 | 1847 | 2463 | 3079 | 3695 | 4310 | 4926 | 5542 | 4.83 |
| 32 | 804.2 | 1609 | 2418 | 3217 | 4021 | 4826 | 5630 | 6434 | 7238 | 6.31 |

**用词说明**

为便于在执行本标准条款时区别对待，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”；

1. 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”；

1. 表示允许稍有选择，在条件允许时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

1. 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

**引用标准名录**

本标准引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本标准；不注日期的，其最新版适用于本标准。

《通用硅酸盐水泥》GB 175

《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB1499.2

《混凝土外加剂》GB 8076

《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119

《混凝土质量控制标准》GB 50164

《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204

《混凝结构工程施工规范》GB 50666

《普通螺纹公差》GB/T 197

《钢的成品化学成品允许公差》GB/T 222

《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046

《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》GB/T 21120

《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690

《活性粉末混凝土》GB/T 31387

《用于水泥、砂浆和混凝土中的石灰石粉》GB/T 35164

《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2024

《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476-2019

《矿物掺合料应用技术规范》[GB/T 51003](https://www.doc88.com/p-00887762830998.html)

《混凝土用水标准》JGJ 63

《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107

《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104

《应变硬化水泥基复合材料结构技术规程》T/CECS 1212

**中国工程建设标准化协会标准**

**超高强韧钢筋混凝土结构应用技术规程**

**T/CECS XXXX-202X**

**条文说明**

**制 定 说 明**

随着超高强韧钢筋混凝土结构在建筑工程中的应用日益广泛，对其设计、施工及维护的科学指导需求也愈加迫切。现行的混凝土结构设计标准虽然为一般条件下的结构提供了一定支持，但在超高强韧混凝土的特殊性能、承载能力及耐久性等方面，尚缺乏系统性的指导。因此，本标准旨在为超高强韧钢筋混凝土结构的设计与应用提供全面的技术依据。

在标准制定过程中，编制组依托国家重点研发项目及相关行业支持，开展了广泛的研究工作，深入分析了超高强韧混凝土的力学性能、耐久性及施工过程中的关键环节。通过总结国内外先进经验和工程案例，结合实际工程数据，本标准提出了一系列适用于超高强韧钢筋混凝土结构的设计原则与方法。

本标准内容涵盖了超高强韧混凝土的基本规定、力学性能等级、原材料及其要求、配合比设计等基础知识，详细规定了高强钢筋的特性及其在超高强韧混凝土结构设计中的应用。此外，标准还特别强调了构造要求、施工及质量验收等环节，确保超高强韧钢筋混凝土结构在安全性、耐久性和经济性方面的综合表现。

为便于广大技术和管理人员在使用本标准时能正确理解和执行条款规定，《超高强韧钢筋混凝土结构应用技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

[1 总 则 (36](#_Toc180674215))

[2 术语和符号 (37](#_Toc180674216))

[2.1 术语 (37](#_Toc180674217))

[3 基本规定 (38](#_Toc180674218))

[4 超高强韧混凝土 (39](#_Toc180674219))

[4.1 力学性能等级 (39](#_Toc180674220))

[5 高强钢筋 (41](#_Toc180674221))

[6 超高强韧钢筋混凝土结构设计 (42](#_Toc180674222))

[6.1 一般规定 (42](#_Toc180674223))

[6.2 承载能力极限状态计算 (42](#_Toc180674224))

[6.3 正常使用极限状态验算 (42](#_Toc180674225))

[7 构造要求 (44](#_Toc180674226))

[7.1 保护层厚度 (44](#_Toc180674227))

[7.2 钢筋锚固长度 (44](#_Toc180674228))

[7.3 高强钢筋的连接 (44](#_Toc180674229))

[7.4 板 (44](#_Toc180674230))

[7.5 梁 (44](#_Toc180674231))

[7.6 柱 (44](#_Toc180674232))

[8 施工及质量验收 (45](#_Toc180674233))

[8.3 钢筋的加工与安装 (45](#_Toc180674234))

[8.5 结构验收 (45](#_Toc180674235))

1. 总 则

**1.0.1** 超高强韧混凝土以其优良的物理力学性能在土木工程结构中具有广阔的应用前景。制定本规程，是为了规范超高强韧钢筋混凝土结构的设计与施工，使其更具有科学性、先进性及合理性，以获得更好的经济效益和社会效益。

**1.0.2** 主要对制定本规程的适用范围做了规定。

**1.0.3** 在执行本规程的同时，尚应配合使用现行国家、行业和中国工程建设标准化协会有关标准。

1. 术语和符号
   1. **术语**
      1. 超高强韧混凝土兼具超高性能混凝土和超高韧性混凝土的特性。
      2. 超高强韧钢筋混凝土是以超高强韧混凝土和高强钢筋为主要材料，经过设计构筑形成的钢筋混凝土结构，其表现为具有优异的抵抗动静态荷载的能力。
2. 基本规定

**3.0.1** 本条基本遵循常规混凝土结构设计的基本内容，其中作用及作用效应分析同普通结构作用。此外，超高强韧钢筋混凝土结构可能面临特定的使用要求或特殊环境条件（如高烈度地震、海洋环境等）。设计时需制定针对性的设计目标，确保结构在这些特殊情况下仍能安全、有效地运作。条文强调了超高强韧钢筋混凝土结构设计的综合性与系统性，在设计过程中充分考虑各个方面的因素，以确保最终结构的安全性、稳定性和耐久性。

**3.0.2** 本条规定遵循普钢筋混凝土结构的基本设计规定，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010中3.1.3、3.1.4、3.1.5条执行。

1. 超高强韧混凝土

**4.1 力学性能等级**

**4.1.3** 超高强韧混凝土轴心抗压强度标准值由立方体抗压强度标准值经计算确定。考虑到工程实际结构中超高强韧混凝土的实体强度与立方体试件强度之间的差异，参照现行国家标准《混凝士结构设计规范》GB50010中混凝土轴心抗压强度的计算方法，超高强韧混凝土轴心抗压强度按式(附4.1.3-1)计算确定：

 (附4.1.3-1)

式中:系数0.88为考虑实际工程构件与立方体试件超高强韧混凝土强度之间的差异而取用的折减系数；为棱柱体强度与立方体强度之比值，本规程偏安全取值为0.8；为脆性折减系数，取值为1.0。将各系数代入式(附4.1.3-1)即可得到轴心抗压强度标准值计算式：

 (附4.1.3-2)

其它强度等级超高强韧混凝土的强度值可由表4.1.3线性内插确定。

**4.1.4** 超高强韧混凝土的轴心抗压强度设计值由强度标准值除以材料强度分项系数确定，按式（附4.1.3-3）计算。

 (附4.1.4)

式中： ——超高强韧混凝土轴心抗压强度设计值；

——超高强韧混凝土轴心抗压强度标准值；

——超高强韧混凝土材料强度分项系数，这里取值1.45；

**4.1.5** .由于实际工程中所采用纤维的品种较多，难以标准化，因此这里规定超高强韧混凝土轴心抗拉强度标准值宜由试验确定。

**4.1.6** 超高强韧混凝土的轴心抗拉强度设计值由强度标准值除以材料强度分项系数确定，按式（附4.1.3-4）计算。

 (附4.1.6)

式中： ——超高强韧混凝土轴心抗拉强度设计值；

——超高强韧混凝土轴心抗强度标准值；

——超高强韧混凝土材料强度分项系数，这里取值1.45；

**4.1.7** 超高强韧混凝土的受压应力与应变关系可采用弹塑性模型，这主要是试验发现，达到峰值压应力前，其受压应力与应变关系体现为线弹性；超过峰值后的下降段，在峰值压应变与极限压应变之间的应力大小均等于峰值应力。当然，若考虑刚度下降时，应力与应变曲线的上升段也可由非线性关系描述。

特征值换算说明：

1. 峰值压应变，取抗压强度设计值与弹性模量的比值。
2. 本规程弹性模量根据强度等级值按式（附4.1.3-5）进行计算。

 (附4.1.7)

**4.1.8** 超高强韧混凝土的受拉应力与应变关系可采用弹塑性模型，这主要是试验发现，达到弹性极限受拉强度前，其受拉应力与应变关系体现为线弹性；超过峰值后对应于不同抗拉强度等级时，存在着软化及强化两种情况，为便于构件承载力分析是考虑拉区超高强韧混凝土的贡献，超过抗拉强度后的受拉应力与应变关系简化为水平段。

1. 高强钢筋

**5.0.1~5.0.6** 本条根据现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB1499.2，对高强钢筋化学元素比例和碳当量作出了相关规定。《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB1499.2最新修订中列出了HRB600的化学元素比例，但并未列出HRB650，HRB700等高强钢筋的化学元素比例，本规范通过熔炼分析，确定了HRB650，HRB700等高强钢筋的化学元素比例和碳当量，列于表5.0.2中。通过实验检测，给出了600MPa，650MPa和700MPa高强热轧带肋钢筋的下屈服强度，抗拉强度，断后延伸率以及最大力总延伸率，列于表5.0.6中，其中600MPa高强钢筋的数据与《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB1499.2相统一。

**5.0.10** 本条根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定，要求钢筋强度标准值的保证率不能小于95%。钢筋的强度设计值由强度标准值除以材料分项系数得到。延性较好的热轧钢筋，取1.10；对本次修订列入的600，650，700MPa级高强钢筋，为了适当提高安全储备，取为1.15，按上述原则计算并考虑工程经验适当调整，得出600，650，700MPa级高强钢筋抗压强度设计值与抗拉强度设计值，列于表5.0.10中。

1. 超高强韧钢筋混凝土结构设计

**6.1一般规定**

**6.1.1** 超高强韧钢筋混凝土构件的正截面抗弯计算模型与普通钢筋混凝土构件的类似，都符合平截面假定。

**6.1.2** 普通钢筋混凝土构件在正截面承载力计算时忽略了抗拉强度的承载贡献作为安全储备，超高强韧混凝土具有较高的抗拉强度，在设计时应予以考虑。

**6.1.5** 根据平截面假定，可得出截面相对受压区的计算公式。

**6.2承载能力极限状态计算**

**6.2.1** 基于超高强韧混凝土本构关系，依据等效前后的合力和合力矩大小相等的原则可计算超高强韧混凝土的换算系数，为方便计算，偏安全的统一换算系数为取0.75，取0.75，取0.5。

**6.2.2** 本条款沿用了现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010第6.2.10条至6.2.14条的计算模式，并考虑了超高强韧混凝土拉应力的影响。

**6.2.3** 本条款采用了现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010第6.2.15条至6.2.16条，并考虑了超高强韧混凝土拉应力的影响。

**6.2.4** 本条款沿用了现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010第6.2.17条的计算模式，并考虑了超高强韧混凝土拉应力的影响。

**6.2.5** 本条款参考了现行协会标准《纤维混凝土结构技术规程》CECS38第5.2.4条的计算模型。

**6.2.6** 本条款参考了现行协会标准《纤维混凝土结构技术规程》CECS38第5.2.4条的计算模型。

**6.2.7** 超高强韧钢筋混凝土斜截面受剪构件、板柱节点、局部承压等构件承载力计算应沿用现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB50010相关计算要求，将超高强韧混凝土拉应力等效为矩形应力图形的方法考虑了超高强韧混凝土拉应力对超高强韧钢筋混凝土构件承载力的影响。

**6.3正常使用极限状态验算**

* + 1. 裂缝宽度由主裂缝间距内钢筋与混凝土的应变差值决定，本规程沿用普通混凝土裂缝宽度计算方法，考虑超高强韧钢筋混凝土的特殊性能进行修正。

1. 构造要求

**7.1保护层厚度**

**7.1.1、7.1.2** 根据我国对混凝土结构耐久性的调研及分析，并参考《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T50476以及国外相应规范、标准的有关规定，对混凝土保护层的厚度进行规定。

**7.2钢筋锚固长度**

**7.2.1** 我国钢筋强度不断提高，结构形式的多样性也使锚固条件有了很大的变化，根据近年来系统试验研究及可靠度分析的结果并参考国外标准，规范给出了以简单计算确定受拉钢筋锚固长度的方法。

**7.3高强钢筋的连接**

**7.3.1** 钢筋连接的形式各自适用于一定的工程条件。各种类型钢筋接头的传力性能均不如直接传力的整根钢筋，任何形式的钢筋连接均会削弱其传力性能。因此需对钢筋连接做出一定规定。

**7.4板**

**7.4.2** 本条考虑结构安全及刚度的要求，根据工程经验，在符合承载力极限状态和正常使用极限状态要求的前提下，按经济合理的原则，提出了单向板和双向板的宽度、有效长度与板厚关系。

**7.5梁**

**7.5.1、7.5.2、7.5.3** 根据长期工程实践经验，结合现有规范要求，为了保证混凝土浇筑质量，对梁内受力筋钢筋数量、直径及布置的构造要求提出规定。

**7.6柱**

**7.6.1** 本条规定参考了国家现行标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2024，对柱中纵向钢筋的基本构造、直径、间距、数量等进行了相应规定。

1. 施工及质量验收

**8.3钢筋的加工与安装**

**8.3.1** 为了保证钢筋加工以及安装过程的安全性，对加工流程、加工方式、焊接要求等做了相关规定。

**8.5结构验收**

**8.5.1、8.5.2** SHCC质量控制是施工质量控制的关键环节之一。本条对质量验收流程，以及钢筋检验的数量、类型、品种等进行了规定。