****

**T/CECS** ×××**-20**××

中国工程建设标准化协会标准

复合锚杆抗拔桩技术规程

Technical standard for Anti-uplift pile with composite anchor

（征求意见稿）

×××出版

中国工程建设标准化协会标准

复合锚杆抗拔桩技术规程

Technical standard for Anti-uplift pile with composite anchor

**T/CECS XXX—202X**

主编单位：建研地基基础工程有限责任公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：20××年××月××日

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2022年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2022]77号）的要求，标准编制组经过深入调查研究，认真总结工程实践经验，参考国内和国外先进技术标准，在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

 本规程共分为 5 章，主要技术内容包括：总则，术语和符号，设计，施工，质量检验与验收试验。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利。涉及专利的具体技术问题，使用者可直接与本规程主编单位协商处理，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

 本规程由中国工程建设标准化协会归口管理，由建研地基基础工程有限责任公司负责具体技术内容的解释。 本规程在执行过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建 议寄送解释单位（地址：北京市北三环东路30号，邮政编码：100013），以供修订时 参考。

本规程主编单位：建研地基基础工程有限责任公司

本规程参编单位：

本规程主要起草人员：

本规程主要审查人员：

**目 次**

[1 总则 1](#_Toc175139164)

[2 术语和符号 2](#_Toc175139165)

[2.1 术语 2](#_Toc175139166)

[2.2 符号 3](#_Toc175139167)

[3 设计 5](#_Toc175139168)

[3.1 一般规定 5](#_Toc175139169)

[3.2 设计计算 6](#_Toc175139170)

[3.3 构造设计 11](#_Toc175139171)

[4 施工 14](#_Toc175139172)

[5 质量检验及验收试验 16](#_Toc175139173)

[附录A 1860级Фs15.2钢绞线压花锚承载力特征值 19](#_Toc175139174)

[附录B 杆骨钢管与管内注浆体、桩身混凝土粘结强度 20](#_Toc175139175)

[本规程用词说明 21](#_Toc175139176)

[引用标准名录 22](#_Toc175139177)

[附：条文说明 23](#_Toc175139178)

**Contents**

[1 General Provisions 1](#_Toc175139164)

[2 Terms And Symbols 2](#_Toc175139165)

[2.1 Terms 2](#_Toc175139166)

[2.2 Symbols 3](#_Toc175139167)

[3 Design 5](#_Toc175139168)

[3.1 General Requirements 5](#_Toc175139169)

[3.2 Calculation of Design 6](#_Toc175139170)

[3.3 Structural Design 11](#_Toc175139171)

[4 Construction 14](#_Toc175139172)

[5 Quality and Acceptance Test 16](#_Toc175139173)

[Appendix A Characteristic Value of Bearing Capacity of Steel Strand Bulb Anchor 19](#_Toc175139174)

[Appendix B Bond Strength Between Grout in Pipe，Pile Concrete and Steel Pipe 20](#_Toc175139175)

[Explanation of Wording in This Specification 21](#_Toc175139176)

[List of Quoted Standards 22](#_Toc175139177)

[Addition: Explanation of Provisions 23](#_Toc175139178)

# 1 总则

**1.0.1** 为了在复合锚杆抗拔桩工程中，贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全适用、绿色低碳、技术先进、经济合理、保证质量，制定本规程。

**1.0.2** 复合锚杆抗拔桩可作为建设工程的抗浮、抗拔构件，也可兼做抗压桩或复合地基的增强体。

**1.0.3** 本标准适用于复合锚杆抗拔桩的设计、施工、质量检验及验收。

**1.0.4** 复合锚杆抗拔桩工程的设计、施工、检测及验收，除应符合本规程的规定外，尚应符合现行国家标准和中国工程建设标准化协会的有关标准的规定。

# 2 术语和符号

## 2.1 术语

**2.1.1** 复合锚杆抗拔桩

由杆筋及注浆体、杆骨、桩身组成的抗拔桩，桩径一般为150mm～800mm。

**2.1.2** 杆筋

 复合锚杆抗拔桩的受拉筋体，一般为预应力钢绞线，也可采用预应力螺纹钢筋或预应力钢棒等高强钢筋。

**2.1.3** 杆骨

由钢管、定位导向装置等组成的骨架或钢管（筋）笼。杆骨不仅是杆筋的骨架，保证杆筋位置准确和施工到位，而且是杆筋的防护层，保证在设计使用年限内杆筋不被腐蚀。当桩径为800mm时，杆骨是由钢管、箍筋、加强筋形成的钢管笼，或者由钢管、纵向钢筋、箍筋、加强筋形成的管筋笼。

**2.1.4** 定位导向装置

 设置在钢管上，确保钢管在桩身内位置准确的构造装置。

**2.1.5** 压花锚承载力特征值

压花锚抗拔承载力安全度、钢绞线滑移变形均满足工程要求时，压花锚承受的拉力值。

**2.1.6** 预应力损失标定值

通过现场张拉试验测定的杆筋预应力损失值。

##

## 2.2 符号

**2.2.1** 作用和作用效应

*N*p──荷载基本组合下桩顶轴向拉力设计值；

*P*──荷载基本组合下杆筋作用于锚垫板上的压力设计值；

*P*w──作用于冲切破坏锥体底面上的水压力；

*N*sk──荷载标准组合的杆筋拉力值；

Nk──荷载标准组合的单桩拉力值；

**2.2.2** 材料性能和抗力

*R*pa──单桩抗拔承载力特征值；

*f*py、*f*y──杆筋中预应力筋、普通钢筋的抗拉强度设计值；

*f*ptk、 *f*stk──杆筋中预应力筋、普通钢筋的极限强度标准值；

*f*t──混凝土轴心抗拉强度设计值；

*R*fa ──杆筋压花锚承载力特征值；

*τ*1──杆骨钢管与管内注浆体的平均粘结强度；

*τ*2──杆骨钢管与桩身的平均粘结强度；

──有效桩长范围内土（岩）的加权平均有效重度。

**2.2.3** 几何参数

*A*p、*A*s──杆筋中预应力筋、普通钢筋的截面面积；

*u*m──计算截面周长；

 *h*0──冲切计算截面有效高度;

*d*1──杆骨钢管内径；

*l*1──杆骨钢管内杆筋粘结段长度 ；

*d*2──杆骨钢管外径；

*l*2──杆骨钢管在桩身内的长度；

*s*x、*s*y──桩的排距、列距；

*l*p ──桩的长度。

**2.2.4** 设计参数和计算系数

*β*h──截面高度影响系数。

# 3 设计

## 3.1 一般规定

**3.1.1**复合锚杆抗拔桩的设计工作年限不应低于上部结构的设计工作年限。设计安全等级按现行有关建筑结构规范的规定采用。

**3.1.2**复合锚杆抗拔桩可兼做抗压桩，适用于一般黏性土、淤泥质土、湿陷性黄土、中细砂、砂卵石、岩石等地层。兼做抗压桩时，应选择较硬土层或岩层作为桩端持力层。

**3.1.3**当场地有液化土层、季节性冻土或膨胀土层时，桩身应穿过上述土层进入下面的稳定土层，进入深度应由计算确定。

**3.1.4**桩径宜采用Φ150mm～800mm。桩身材料应符合以下要求：

1 混凝土强度等级不宜低于C30，不应低于C25；桩径小于400mm时，可采用细石混凝土或水泥砂浆、水泥浆，强度等级不应低于C30或M30。

2 杆骨宜采用钢管或钢管与钢筋组成钢管（筋）笼。

3 杆筋宜采用钢绞线，也可采用预应力螺纹钢筋或预应力钢棒等高强钢筋。

**3.1.5**土层地基上，不加预应力的复合锚杆抗拔桩，桩长不应小于5m；施加预应力的复合锚杆抗拔桩，桩长不应小于9m，且杆筋上段应设置长度不小于5m的无粘结段。

**3.1.6** 当桩长大于20m或设计对基础上浮位移有特殊要求时，宜对杆筋施加预应力。杆筋张拉应符合下列规定：

1 杆筋宜在桩顶张拉锁定，也可在基础完成后在基础顶部张拉锁定。

2 张拉锁定时，传递张拉力的混凝土、水泥浆等材料的龄期、强度应达到设计强度的70%-80%。

3 杆筋锁定后，杆筋张拉端的有效拉力的合力值宜为桩抗拔承载力特征值的0.9～1.1倍。

4 预应力筋的张拉控制应力不宜大于0.75*f*ptk，最大张拉应力不应大于0.80*f*ptk，*f*ptk为杆筋极限强度标准值。

5 当在桩顶张拉锁定时，应在桩顶设置预加力传力装置。传力装置应采用方便基础防水层施工、方便基础钢筋绑扎的构造形式。

**3.1.7** 杆筋宜采用钢绞线，也可采用预应力螺纹钢筋或预应力钢棒等高强钢筋。

**3.1.8** 当基础或抗水板厚度小于600mm时，杆筋与基础或抗水板的锚固连接不应采用压花锚。

**3.1.9** 复合锚杆抗拔桩用于基础工程抗浮时，设计工作应包括下列内容：

1 结构抗浮稳定性计算；

2 单桩抗拔承载力计算；

3 群桩抗拔承载力计算；

4 杆筋承载力计算；

5 杆筋与基础结构锚固节点承载力计算；

6 杆筋及锚固系统防腐蚀设计；

7 复合锚杆抗拔桩与结构连接构造、防水构造设计；

8 复合锚杆抗拔桩试验、检测要求。

**3.1.10** 对上浮变形要求严格的工程，或者有特殊要求的工程，应进行基础沉降、上浮变形分析。

**3.1.11** 复合锚杆抗拔桩兼做抗压桩或复合地基的增强体时，其设计计算、构造尚应符合相关标准的规定。

## 3.2 设计计算

**3.2.1** 结构抗浮稳定性验算，应符合《建筑地基基础设计规范》GB50007及《建筑工程抗浮技术标准》JGJ476的相关规定。

**3.2.2** 当桩的成孔和灌注工艺为当地成熟的技术时，桩的承载力特征值可根据地区经验和《建筑桩基技术规范》JGJ94的有关规定计算确定。当桩身材料为水泥浆时，可适当考虑水泥浆渗入地基土对侧阻力的提高作用，提高幅度可取《建筑桩基技术规范》JGJ94后注浆侧阻力提高幅度的1/3~1/2。

**3.2.3** 单桩抗拔承载力计算、群桩抗拔承载力计算，应符合《建筑桩基技术规范》JGJ94的相关规定。

**3.2.4** 单桩抗拔承载力应符合下式规定：

 *N*k≤*R*pa  （3.2.4）

式中： Nk──荷载标准组合的单桩拉力值（kN），按《建筑结构荷载规范》GB50009通过结构计算分析确定。

**3.2.5** 杆筋永久使用阶段受拉承载力应符合下列规定：

  （3.2.5-1）

  （3.2.5-2）

式中： *Np*──荷载基本组合下桩顶轴向拉力设计值（kN），按《建筑结构荷载规范》GB50009通过结构计算分析确定；

*R*pa──单桩抗拔承载力特征值（kN），按本标准第3.2.2条确定。

*f*py、*f*y──杆筋中预应力筋、普通钢筋的抗拉强度设计值（kPa）；

*f*ptk、 *f*stk──杆筋中预应力筋、普通钢筋的极限强度标准值（kPa）；

*A*p、*A*s──杆筋中预应力筋、普通钢筋的截面面积（m2）。

**3.2.6** 杆筋与基础的连接采用挤压锚、夹片锚时，锚具及钢垫板应符合下列规定：

1 锚具应符合《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GBT14370、《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ85的规定。

2 夹片锚钢垫板上的开孔，应根据钢绞线数量、锚具规格型号确定。挤压锚钢垫板上的开孔，应对称、均匀布置。孔径宜比钢绞线外轮廓直径大1.0 mm～2.0mm。孔数不大于4时，每2个相邻孔的净距宜为25mm～30mm；孔数大于4时，中心孔与外围孔的净距宜为25mm～30mm。

3 钢垫板受力较小时可采用平板式，钢垫板受力较大时应采用肋板式。垫板、肋板的厚度等参数应按照《钢结构设计标准》GB50017计算确定，其应力可根据受力特点采用材料力学、弹性力学方法计算。

4 钢垫板的平面尺寸应根据钢垫板下混凝土基础板的受冲切承载力计算确定，不配置箍筋或弯起钢筋的基础板的受冲切承载力应符合下式规定（图3.2.5）：

 $P-P\_{w}\leq 0.7β\_{h}f\_{t}u\_{m}h\_{0}$ （3.2.5）



（a）挤压锚钢垫板 （b）夹片锚钢垫板

**图3.2.5 锚垫板下基础板受冲切承载力计算**

1—冲切破坏锥体的斜截面；2—计算截面；3—计算截面的周长；4—冲切破坏锥体的底面线；5—锚垫板；6—杆筋；7—挤压锚；8—夹片锚

式中： *P*──荷载基本组合下杆筋作用于锚垫板上的压力设计值（kN），按《建

筑结构荷载规范》GB50009通过结构计算分析确定；

*P*w──作用于冲切破坏锥体底面上的水压力（kN），可根据抗浮设防水位计算；

*f*t ──混凝土轴心抗拉强度设计值（kPa）；

*β*h──截面高度影响系数：当*h*不大于800mm时，取*β*h为1.0；当*h*不小于2000mm时，取*β*h为0.9，其间按线性内插法取用；

*u*m──计算截面周长（m），取距离钢垫板边缘*h*0/2处底板垂直截面的最不利周长；

 *h*0──冲切计算截面有效高度（m）。

**3.2.7** 杆筋钢绞线与基础的连接采用压花锚时，压花锚的构造、压花锚承载力应符合下列规定：

1 钢绞线及压花锚应顺直或微弯曲锚入基础，微弯曲后钢绞线轴线的夹角不应小于165度。

2 压花锚梨形散花的形状应如图3.2.6所示，尺寸应符合表3.2.6的规定。



**图3.2.6 压花锚梨形散花示意图**

**表3.2.6 压花锚梨形散花形状尺寸**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **钢绞线直径d** | **梨形散花直径D（mm）** | **梨形散花长度L（mm）** |
| 12.7 | 80±5 | 130±5 |
| 15.2 | 95±5 | 150±5 |

3 一个杆骨管中的多束钢绞线压花锚锚入基础时，每相邻的2个梨形头中心水平间距应在200mm~300mm之间。

 4 压花锚承载力应符合下式规定：

 *N*sk ≤*R*fa  （3.2.6）

式中： *N*sk──荷载标准组合的杆筋拉力值（kN），按《建筑结构荷载规范》GB50009通过结构计算分析确定；

*R*fa ──杆筋压花锚承载力特征值（kN），可按本标准附录A确定。

**3.2.8** 复合锚杆抗拔桩位于岩石地基中或者桩径大于600mm时，杆骨钢管直径除应符合本标准第3.3.2条的规定外，尚应符合下列规定：

  （3.2.8-1）

  （3.2.8-2）

式中： *f*ptk──杆筋极限强度标准值（kPa）；

*A*p──杆骨钢管内杆筋的截面面积（m2）

*d*1──杆骨钢管内径（m）；

*l*1──杆骨钢管内杆筋粘结段长度 （m）；

*τ*1──杆骨钢管与管内注浆体的平均粘结强度（kPa），当注浆符合本标准第3.3.5条规定时，可按附录B取值；

*d*2──杆骨钢管外径(m)；

*l*2──杆骨钢管在桩身内的长度 (m)；

*τ*2──杆骨钢管与桩身的平均粘结强度(kPa)，光面钢管可按附录B取值，非光面钢管可通过试验或依据相关技术标准确定。

**3.2.9**大面积基础满布桩时，除按照本标准第3.2.2条、第3.2.3条、第3.2.8条确定桩长外，桩长尚应符合下式规定：

  （3.2.9）

式中：*s*x、*s*y──桩的排距、列距（m）；

*l*p ──桩的长度（m）；

──桩长范围内土（岩）的加权平均有效重度（kN/m3）。

## 3.3 构造设计

**3.3.1** 当设计充分发挥杆筋钢绞线的强度时，杆筋钢绞线与杆骨内注浆体的粘结段最小长度，应符合表3.3.1的规定。

**表3.3.1 杆筋钢绞线与注浆体的粘结段长度最小值**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **钢管内钢绞线****直径、数量** | **粘结段长度最小值（m）** | **钢管内钢绞线****直径、数量** | **粘结段长度最小值（m）** |
| **直径** | **数量** | **直径** | **数量** |
| Φs12.7 | ≤3根 | 4.0 | Φs15.2 | ≤3根 | 4.0 |
| ＞3根 | 5.0 | ＞3根 | 5.0 |
| Φs17.8 | ≤3根 | 4.5 | Φs21.6 | ≤3根 | 5.0 |
| ＞3根 | 6.0 | ＞3根 | 6.5 |

**3.3.2** 杆骨应符合下列规定：

1 桩径不大于800mm时，杆骨可由一根钢管制作，杆骨位于桩身中心。

2 桩径800mm时，杆骨可由数根钢管，或者钢管与钢筋组成钢管（筋）笼，钢管（筋）笼中钢管数量宜为2～6根。

3 钢管（筋）笼的箍筋直径不宜小于6mm，间距不宜大于200mm；加强箍的钢筋直径不宜小于16mm，间距不宜大于2m。

**3.3.3**  杆骨管可采用焊接钢管，其直径根据管内钢绞线的直径、数量确定。钢管内截面积宜大于管内钢绞线截面积的4倍，钢管最小内径应符合表3.3.3的规定。

**表3.3.3 与钢绞线数量匹配的杆骨管内径最小值**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **钢管内钢绞线****直径、数量** | **杆骨管内径最小值（mm）** | **钢管内钢绞线****直径、数量** | **杆骨管内径最小值（mm）** |
| **直径** | **数量** | **直径** | **数量** |
| Φs12.7 | 1 | 32 | Φs15.2 | 1 | 32 |
| 2 | 32 | 2 | 40 |
| 3 | 40 | 3 | 50 |
| 4 | 45 | 4 | 55 |
| 5 | 50 | 5 | 60 |
| 6 | 55 | 6 | 65 |
| 7 | 60 | 7 | 80 |
| Φs17.8 | 1 | 32 | Φs21.6 | 1 | 40 |
| 2 | 45 | 2 | 55 |
| 3 | 55 | 3 | 70 |
| 4 | 65 | 4 | 80 |
| 5 | 70 | 5 | 85 |
| 6 | 80 | 6 | 95 |
| 7 | 90 | 7 | 100 |

**3.3.4** 杆骨钢管的壁厚应符合下列规定：

1 壁厚不应小于复合锚杆抗拔桩设计工作年限和钢材腐蚀速度的乘积。

2 地下水或土对钢材微腐蚀、弱腐蚀的，钢管腐蚀速率应取0.03mm/y，且钢管壁厚不宜小于2mm。

3 地下水或土对钢材中等腐蚀、强腐蚀的，钢管腐蚀速率应取0.05mm/y，且钢管壁厚不宜小于3mm。

4 在可能出现干湿交替的部位，宜进行局部范围重点防护，可在重点防护范围进一步增加钢管壁厚，或在钢管外壁涂刷防腐材料。

**3.3.5**当杆筋设置无粘结段时，无粘结段的钢筋应涂抹黄油外套塑料护套，护套两端应封闭，黄油不得外溢。

**3.3.6**杆骨管内注浆应采用水泥浆，水灰比应为0.5～0.55，可根据泵送需要添加适量的减水剂，水泥强度等级不应低于42.5。

**3.3.7**桩顶标高应符合下列规定：

1 当复合锚杆抗拔桩兼做抗压桩时，桩顶标高等于基础结构底面标高加50mm。

2 当杆筋锁定在桩顶时，桩顶标高应与基础垫层顶面标高相同。

3 以上1、2款以外的情况，桩顶标高应与基础垫层底面标高相同。

**3.3.8** 杆骨管应进入基础结构不小于150mm。杆骨管外表面的防水、桩头防水做法应符合《地下工程防水技术规范》GB 50108的规定。

**3.3.9** 复合锚杆抗拔桩可采用后注浆技术提高承载力。杆骨钢管可兼做后注浆导管，也可单独设置后注浆导管。后注浆设计可按《建筑桩基技术规范》JGJ94执行。

# 4 施工

**4.0.1** 桩的成桩工艺应根据桩径、桩长、岩土条件、作业场地条件、工期要求等因素确定，可采用长螺旋钻成孔、旋挖成孔、套管护壁成孔、泥浆护壁成孔、预制桩成孔等工艺。

**4.0.2** 杆筋与基础的连接采用压花锚或挤压锚时，压花锚或挤压锚的制作应符合下列规定：

1 压花锚或挤压锚可在杆筋入桩前制作。

2 压花锚梨形散花的形状、尺寸应符合本标准第3.2.7条的规定。

3 挤压锚的挤压套筒应与钢垫板紧贴。可在挤压锚上加压板，压板与垫板之间用螺栓拉结固定，压板应把挤压套筒和钢垫板压紧。

4 制作好的压花锚或挤压锚、钢垫板应包裹保护。

**4.0.3** 杆筋的制作、安装应符合下列规定：

1 制作杆筋时，应采用隔离支架固定钢绞线，每2束钢绞线间隔不应小于2mm。

2 杆筋露出杆骨管的部分以及锚具宜采取临时保护措施，防止开挖桩间土时受损。

3 杆筋应在杆骨管内水泥浆初凝前插入杆骨管，并应测量压花锚或挤压锚的高度，确保其位置符合设计要求。

4 撤除压花锚的包裹保护措施后，每相邻的2个梨形头中心水平间距应在200mm~300mm之间。

**4.0.4** 杆骨管的制作、安装应符合下列规定：

1 杆骨管的接长应采用焊接，杆骨管底端口应焊接封闭，管身管底必须密不透水。

2 制作完成的杆骨管，管口宜用盖子或塞子临时封闭，注浆时再打开。

3 位于桩身混凝土超灌段的杆骨管，外侧可包裹一层纤维质材料隔离混凝土与钢管。

4 杆骨管外侧应设置定位导向装置，其外接圆直径宜为d-30mm（d为钻孔直径径，单位mm），竖向间距宜为2m～3m，且第一个定位导向装置应设在桩顶标高下0.3m～0.5m处。

5 杆骨植入桩身时，应随时矫正杆骨平面位置。

6 植入杆骨接近设计标高时，应采用水准仪控制杆骨管顶标高。

**4.0.5** 杆骨管内注浆时，注浆管应插至管底部，待浆液溢出管口后，开始上拔注浆管，边拔注浆管边注浆。杆骨管内插入杆筋后应进行二次或多次补浆，确保杆骨管内注浆饱满。

**4.0.6** 施工过程中应保护杆骨管。杆骨管如有破损，应在基础防水施工前修复破损部位。

**4.0.7** 当设计要求杆筋施加预应力时，杆筋的张拉锁定应符合下列规定：

1 杆筋的实际张拉力应为有效拉力值与预应力损失标定值之和，有效拉力值应由本标准第3.1.6条第3款确定，预应力损失标定值应由本标准第4.0.8条确定。

2 钢管内的多根预应力筋宜整体张拉；钢管（筋）笼的杆筋应对称、均匀张拉。

3 张拉锁定作业宜采用双作用穿心式千斤顶或顶压器等有顶压夹片功能的设备；当采用对锚具夹片无顶压的张拉方法时，千斤顶与锚具之间应放置与工作锚具同一生产厂的配套的限位板。

**4.0.8** 预应力损失标定值的确定应符合下列规定：

1 杆筋预应力损失值应通过现场张拉试验测定，同一类型杆筋试验数量不应小于6个。

2 当测定的预应力损失值的极差不超过平均值的30%时，可取其平均值为预应力损失标定值；当极差超过平均值的30%时，应分析原因，结合预应力损失计算值、施工工艺等情况综合确定预应力损失标定值。

# 5 质量检验及验收试验

**5.0.1** 复合锚杆抗拔桩质量检验应符合表5.0.1的规定。

**表5.0.1 复合锚杆抗拔桩质量检验标准**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **项** | **序** | **检查项目** | **允许值或允许偏差** | **检查方法** |
| **单位** | **数值** |
| 主控项目 | 1 | 抗拔承载力特征值 | 不小于设计值 | 抗拔静载试验 |
| 2 | 桩长 | 不小于设计值 | 施工中量测钻杆长度，施工后钻芯法或低应变法检测 |
| 3 | 桩身材料强度 | 不小于设计值 | 28d试块强度或钻芯法 |
| 4 | 钢绞线-锚具组装件的性能（挤压锚、夹片锚） | 符合《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85的规定 | 钢绞线-锚具组装件的静载锚固性能试验（实验室进行） |
| 一般项目 | 1 | 桩径 | mm | ±20 | 用钢尺量 |
| 2 | 杆骨管插入长度 | mm | ±300 | 通过测量杆骨管长度和杆骨管顶标高 |
| 3 | 混凝土充盈系数 | ＞1 | 检查每根桩的实际灌注量 |
| 4 | 桩顶标高 | mm | +30，-50 | 水准仪 |
| 5 | 混凝土塌落度 | mm | 180～220 | 塌落度仪 |
| 6 | 桩垂直度 | ≤1/100 | 用经纬仪或线锤测量 |
| 7 | 桩位 | mm | ≤70（边桩）≤150（其他桩） | 全站仪或用钢尺量 |
| 8 | 杆骨管位置 | 桩径d不大于400mm时，位置偏差≤d/8；桩径d小于400mm时，杆骨管的保护层厚度不小于30mm | 用钢尺量 |
| 9 | 水灰比 | 不大于设计值 | 实际用水量与水泥的重量比，或者用比重计量 |
| 10 | 钢绞线梨形散头直径 | mm | ±20 | 用钢尺量 |
| 11 | 钢绞线梨形散头长度 | mm | ±5 | 用钢尺量 |
| 12 | 杆筋预加力 | kN | ±10%设计值 | 检查油泵压力表读数 |
| 13 | 混凝土桩的桩身完整性 | — | 低应变法 |
| 14 | 杆骨管的密封性 | 无渗漏 | 压水试验 |

**5.0.2** 杆筋与基础的连接采用挤压锚或夹片锚时，应对钢绞线-锚具组装件进行静载锚固性能试验，每个检验批应进行3个组装件的静载锚固性能试验。每个检验批的锚具不宜超过2000套。

**5.0.3** 单桩竖向抗拔静载试验除应符合《建筑基桩检测技术规范》JGJ106有关规定外，尚应符合以下规定。

1 抗拔静载试验时桩身混凝土、注浆体强度宜达到设计要求。

2 加载传力装置力的方向轴线应与杆筋轴线基本重合。

3 当某级荷载下的桩顶位移大于前一级荷载下位移的5倍，但位移能够稳定时，应继续加载至预计的加载量。

4 抗拔静载试验桩杆筋的极限承载力应大于预估最大试验荷载的1.2倍，试验桩可比工程桩多配受力筋体。

5 静载试验的加载量应不小于抗拔承载力特征值的2倍，数量取总桩数的1%且不少于3根。

6 桩径大于250mm时，应测量桩顶、杆筋锚具的竖向位移；桩径不大于250mm时，应测量桩顶或桩顶处杆筋、杆筋锚具的竖向位移。

7 静载试验桩的桩头可采用外套钢管等加固措施。

**5.0.4** 验收检测时，进行静载试验的受检桩宜从下列情况的桩中随机选取：

1 施工质量有疑问的桩；

2 局部地基条件出现异常的桩；

3 杆骨管平面位置偏差不符合本标准第5.0.1条规定的桩；

4 完整性检测中判定的Ⅲ类桩；

5 设计方认为重要的桩；

6 施工工艺不同的桩。

**5.0.5** 当按照本标准第5.0.4条选择的受检桩，极限抗拔承载力小于特征值的2倍时，可在与该受检桩同类型的范围内继续抽检，扩大比例为1%并不少于2根。桩的承载力特征值可根据全部受检桩的检测结果综合确定。

**5.0.6** 复合锚杆抗拔桩分项工程应根据本标准第5.0.1条及《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB50202进行质量验收。

# 附录A 1860级Фs15.2钢绞线压花锚承载力特征值

**表A 1860级Фs15.2钢绞线压花锚承载力特征值（kN）**

（本表适用于压花锚锚固基础的混凝土强度等级不低于C30）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 锚固长度\*（mm）钢绞线根数 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 |
| 1 | 86 | 100 | 110 | 130 | 130 |
| 2 | 165 | 194 | 220 | 260 | 260 |
| 3 | 236 | 295 | 330 | 390 | 390 |
| 4 | 302 | 375 | 440 | 480 | 520 |
| 5 |  | 460 | 534 | 550 | 650 |
| 6 |  | 527 | 598 | 660 | 780 |
| 7 |  | 605 | 688 | 770 | 910 |

\*注：锚固长度是指钢绞线与基础混凝土粘结段的长度，包含梨形散花长度，不含锚入基础的杆骨管长度。

# 附录B 杆骨钢管与管内注浆体、桩身混凝土粘结强度

**表B.1 杆骨钢管与管内注浆体的平均粘结强度**$τ\_{1}$**（水泥浆水灰比不大于0.55）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$\frac{l\_{1}}{d\_{1}}$$ | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 200 |
| $$τ\_{1}（MPa）$$ | 2.39 | 2.23 | 2.15 | 2.11 | 2.08 | 2.05 | 2.04 | 2.02 | 2.01 | 1.97 |

注：*l*1—杆筋与注浆体粘结长度，*d*1—管内径

**表B.2 光面钢管与桩身混凝土的平均粘结强度**$τ\_{2}$

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 桩身混凝土强度等级 | C25 | C30 | C35 | C40 |
| $$τ\_{2}（MPa）$$ | 1.2 | 1.35 | 1.43 | 1.5 |

# 本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

# 引用标准名录

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，其最新版适用于本规程。

《建筑与市政地基基础通用规范》GB55003

《建筑地基基础设计规范》GB50007

《建筑结构荷载规范》GB50009

《混凝土结构设计规范》GB 50010

《钢结构设计标准》GB500017

《地下工程防水技术规范》GB50108

《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202

《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091

《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224

《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T14370

《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T17395

《焊接钢管尺寸及单位长度重量》GB/T21835

《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85

《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ92

《建筑桩基技术规范》JGJ94

《建筑基桩检测技术规范》JGJ106

《建筑工程抗浮技术标准》JGJ476

《无粘结预应力钢绞线》JG/T161

《预应力钢绞线用轧花机》JG/T323

中国工程建设标准化协会标准

复合锚杆抗拔桩技术规程

T/CECS ×××-20××

# 条文说明

**制定说明**

《复合锚杆抗拔桩技术规程》制定过程中，编制组进行了复合锚杆抗拔桩技术的调查研究，总结了我国工程建设中复合锚杆抗拔桩技术的实践经验，同时参考了国内外先进技术法规、技术标准，通过试验及大量工程实践取得了复合锚杆抗拔桩技术的重要技术参数。

本规程重点解决的是复合锚杆抗拔桩技术设计、施工、质量检验及验收缺少统一技术标准的问题，通过理论分析、现场原位试验、实验室足尺试验等手段，总结复合锚杆抗拔桩技术工程应用经验，最终研究提出了复合锚杆抗拔桩技术构造、设计、施工、质量检验及验收等具体要求，使复合锚杆抗拔桩技术系统化、专业化、规范化。

为便于广大技术和管理人员在使用《复合锚杆抗拔桩技术规程》时能正确理解和执行条款规定，编制组按章、节、条顺序编制了《复合锚杆抗拔桩技术规程》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 26](#_Toc175208304)

[2 术语和符号 27](#_Toc175208305)

[3 设计 28](#_Toc175208306)

[4 施工 30](#_Toc175208307)

[5 质量检验及验收试验 31](#_Toc175208308)

[附录A 1860级Фs15.2钢绞线压花锚承载力特征值 32](#_Toc175208309)

# 1 总则

**1.0.1**～**1.0.3** 复合锚杆抗拔桩是锚杆和桩扬长避短形成的抗拔构件，可以代替普通抗拔桩和基础锚固锚杆。与普通抗拔桩和锚杆相比，复合锚杆抗拔桩具有以下特点：

（1）受力钢筋与腐蚀介质完全隔离

 受力钢筋外围为钢管，钢管壁厚根据腐蚀速度确定，确保在设计使用期内受力钢筋与腐蚀介质完全隔离。

（2）与基础之间的防水构造可靠、简单

杆骨的钢管伸入基础不小于150mm，防水层可涂贴在钢管表面，还可在钢管上焊止水钢板形成第二道防线。一般情况一根复合锚杆就一根钢管，防水做法简单、防水质量可靠。

（3）抗拔承载力高于等长的普通锚杆

 孔径一般为300mm～600mm，是普通锚杆的2～3倍，地基土的总侧阻力远大于等长的普通锚杆。

（4）绿色低碳，环保性能好

 杆筋一般采用高强钢绞线，杆身一般为混凝土。比普通抗拔桩、锚杆节省钢材或水泥，可采用长螺旋钻机施工，无泥浆污染。

# 2 术语和符号

**2.1.1～2.1.4** 复合锚杆抗拔桩的横断面如图1。其主要构成部件包括桩身（混凝土、水泥砂浆、水泥浆）、桩身内的杆骨、杆骨管内的注浆体和钢绞线杆筋。杆骨管不仅是杆筋的骨架，保证杆筋位置准确和施工到位，而且是杆筋的防护层，保证在设计使用年限内杆筋不被腐蚀。

定位导向装置保证杆骨能顺利植入桩身，并保证杆骨在桩身内位置准确。



图1 复合锚杆抗拔桩横断面示意图

**2.1.5** 本条说明见附录A的条文说明。

# 3 设计

**3.2.6** 本条中挤压锚、夹片锚的锚垫板的设计，一般可按下列步骤：

（1）根据垫板下混凝土基础板的受冲切承载力确定垫板平面尺寸，即本条公式（3.2.6）。

（2）根据杆筋承载力计算得出的杆筋参数（第3.2.5条），确定垫板上的开孔直径、数量、间距。

（3）根据垫板上的荷载、垫板平面尺寸、锚具位置等，通过计算确定垫板的厚度。垫板可近似按照双向受力的悬臂板计算，其正应力、剪应力设计值不应大于《钢结构设计标准》GB50017中钢材的强度设计值。

**3.2.8** 本条是关于复合锚杆抗拔桩内部各个接触面粘结承载力的验算问题。

复合锚杆抗拔桩内部有三个接触面，如图2。接触面1为钢绞线与注浆体，接触面2为注浆体与杆骨管内壁，接触面3杆骨管外壁和桩身。现场足尺试验、实验室足尺试验及理论分析得出以下2点结论：

（1）在杆骨管与杆筋最佳匹配情况下，三个接触面单位长度粘结力大小关系为：

接触面1＞接触面2＞接触面3

（2）非岩石地基中，中、小直径的复合锚杆抗拔桩，桩身内部接触面的粘结力恒大于桩身与地基土之间的侧阻力，抗拔承载力计算时只需计算地基土的侧阻力。



图2 复合锚杆抗拔桩内部3个接触面示意图

但是，上述足尺试验未包括复合锚杆抗拔桩位于岩石地基中或者桩径大于600mm的情况。因此，须对此类情况下复合锚杆抗拔桩内部接触面粘结承载力进行验算，即本条的规定。

**3.2.9** 大面积基础满堂布桩时，单桩抗拔承载力的最大值为给该桩提供侧阻力的土体的有效重力，该土体的理论有效重力为，*s*x、*s*y为桩的排距、列距，*l*p为桩的长度，为桩长范围内土（岩）的加权平均有效重度。考虑适当的安全储备，将土体的理论有效重力乘以0.9。以上分析即表达为本条公式（3.2.9）。

**3.3.1** 当杆筋钢绞线与杆骨内注浆体的粘结段长度符合本条规定时，粘结段的粘结力大于钢绞线的极限拉力，钢绞线强度可充分发挥。当设计未充分发挥钢绞线强度时，本条中粘结段段长度最小值可按强度发挥程度相应折减。

**3.3.2**  本条规定了杆骨管直径的最小值。一是考虑受力要求，即保证管内壁与注浆体有足够的接触面积，粘结力满足要求；二是考虑施工因素，即杆骨管需具有足够的刚度，保证杆骨管在起吊、植入桩身时不发生塑性变形。

**3.3.3**杆骨钢管是杆筋专门的防腐保护层，钢管的壁厚根据钢管的腐蚀速度确定，确保在锚杆设计使用期内钢管不被腐蚀穿透，保证受力钢筋与腐蚀介质完全隔离。编制组查阅了国内外关于钢管腐蚀速度、腐蚀量的资料，如《建筑桩基技术规范》JGJ94-2008、《港口工程桩基规范》JTS 167-4-2012、《海港工程钢结构防腐蚀技术规范》JTS 153-3-2007、《钢结构防腐蚀涂装技术规程》CECS 343-2013，以及日本关于钢管桩腐蚀的研究成果。在综合分析以上资料的基础上，提出本条规定。

# 4 施工

**4.0.1** 复合锚杆抗拔桩施工工艺与普通的抗拔桩及锚杆施工工艺一样，优先选择高效、低碳、环保的长螺旋成孔工艺。

**4.0.3** 杆筋先于基础底板施工前完成，因此基础底板施工时应确保杆筋不被破坏或损伤。

**4.0.7** 在桩顶对杆筋施加预应力可以更好的控制变形，有利于防水的保护。

# 5 质量检验及验收试验

**5.0.1** 本条中检验标准结合相关规范及本工艺特点制定。

**5.0.2** 本条关于钢绞线-锚具组装件进行静载锚固性能试验，遵循《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85-2010第5.0.14条、B.0.5条的规定。

**5.0.3** 复合锚杆抗拔桩的检测，通常宜采用慢速维持荷载法，当有成熟的地区经验时，也可以采用快速维持荷载法，为设计提供依据的复合锚杆抗拔桩的基本试验，应按有关的规范执行。

**5.0.4** 当出现本条1、2、4情况时，建议增加抽检数量。

# 附录A 1860级Фs15.2钢绞线压花锚承载力特征值

压花锚是钢绞线在混凝土内最简单实用的锚固方式。已有的研究和工程实践，主要针对压花锚在梁、板纵轴线方向的锚固性能，即钢绞线与混凝土构件的纵轴线平行或夹角很小，可称之为“面内”锚固。而复合锚杆抗拔桩一般与基础板平面或梁纵轴线垂直，杆筋钢绞线与基础为“面外”锚固。为解决杆筋压花锚与基础“面外”锚固的工程问题，课题组对杆筋压花锚性能开展研究。研究方法以足尺试验为主，计算分析、数值模拟分析为辅，本附录即为研究成果的部分内容。

压花锚承载力特征值的定义，参考了“地基承载力特征值”“单桩承载力特征值”，即“压花锚承载力特征值”是指压花锚抗拔承载力安全度、钢绞线滑移变形均满足工程要求时，压花锚承受的拉力值，具体确定原则如下：

一是压花锚承载力应留有满足要求的安全储备，在确定压花锚承载力特征值时参考压花锚极限承载力$Q\_{u}$的1/2所对应的荷载$Q\_{\frac{1}{2}}$；二是通过对压花锚试件试验现象的记录分析，发现当钢绞线自由端滑移值不超过1mm时，混凝土板无明显的裂缝产生或原有收缩裂缝发展的现象，因此在确定压花锚承载力特征值时参考钢绞线自由端滑移值为1mm时对应的荷载$Q\_{1mm}$。

选取$Q\_{\frac{1}{2}}$及$Q\_{1mm}$二者中较小值，作为压花锚承载力特征值，即得本附录。

由于试验时选用了最常用的钢绞线牌号1860级Фs15.2、基础混凝土强度等级C30，因此本附录仅适用于Фs15.2强度等级不低于1860级的钢绞线、锚固基础的混凝土强度等级不低于C30的情况。本附录可满足大多数工程的需要，特殊情况钢绞线压花锚的承载力特征值应通过试验确定。