**中 国 公 路 建 设 行 业 协 会 标 准T/CHCA xxx-202x**

**3**

**桥塔清水混凝土应用**

**技术规范**

**Technical Standard for Application of Fair-faced Concrete for Bridge Towers**

（征求意见稿）

202x-xx-xx发布 202x-xx-xx实施

**中国公路建设行业协会** 发 布

**前 言**

根据中路建协技发〔2023〕91号关于下达〈预应力智能张拉和压浆施王技术标准〉等13项协会标准的编制通知的要求，由中交第二航务工程局有限公司作为主编单位，由中交二航局技术中心作为主编单位，承担《桥塔清水混凝土应用技术规范》的编制工作。

本规范在编制过程中，充分调研桥塔清水混凝土施工经验和现有工艺进，并参考有关国际、国内、行业和团体的先进标准，并在广泛征求意见的基础上，最后经审查定稿。

本规范主要技术内容包括：总则、规范性引用文件、术语、基本规定、材料、模板工程、预埋件工程、混凝土工程、混凝土质量检验及附录。

本规范的管理权和解释权归中囯公路建设行业协会，日常管理和解释由中交第二航务工程局有限公司负责，请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见，函告本标准日常管理组，联系人：明鑫（地址：湖北省武汉市经济开发区华中中交城，邮编：430207；电话：18327225640；电子邮箱：554785481@qq.com）以便修订时参考。

**主 编 单 位：**中交第二航务工程局有限公司

**主要参编人员：**张国志 陈飞翔 明 鑫 秦明强 刘可心

胡 骏 汪华文 王 杰 彭 鹏 李文杰

文 青 金 浪 魏 凯 肖 蓟 王伟光

**参与审查人员：**

**目 次**

[1 总则 1](#_Toc136005284)

[2 规范性引用文件 2](#_Toc136005285)

[3 术语 3](#_Toc136005286)

[4 基本规定 4](#_Toc136005287)

[5 材料 6](#_Toc136005288)

[5.1 模板体系材料 6](#_Toc136005289)

[5.2 钢筋保护层垫块 8](#_Toc136005290)

[5.3 混凝土原材料 8](#_Toc136005291)

[6 模板工程 12](#_Toc136005367)

[6.1 模板设计 12](#_Toc136005368)

[6.2 模板制作 13](#_Toc136005369)

[6.3 脱模剂施工 14](#_Toc136005370)

[6.4 模板安装 15](#_Toc136005371)

[6.5 模板拆除 15](#_Toc136005372)

[6.6 模板保养 16](#_Toc136005373)

[7 预埋件工程 17](#_Toc136005374)

[7.1 预埋件设计 17](#_Toc136005375)

[7.2 预埋件安装 17](#_Toc136005376)

[7.3 预埋件拆除 18](#_Toc136005377)

[7.4 封堵及修饰 18](#_Toc136005378)

[8 混凝土工程 19](#_Toc136005379)

[8.1 配合比设计 19](#_Toc136005380)

[8.2 混凝土拌合与运输 21](#_Toc136005381)

[8.3 混凝土浇筑 22](#_Toc136005382)

[8.4 混凝土振捣 23](#_Toc136005383)

[8.5 混凝土养护 23](#_Toc136005384)

[8.6 混凝土施工缝的留设与施工 24](#_Toc136005385)

[9 混凝土质量检验 26](#_Toc136005386)

[9.1 外观质量 26](#_Toc136005387)

[9.2 尺寸允许偏差 27](#_Toc136005388)

[附录A 粉煤灰浮黑物含量检验方法 28](#_Toc136005389)

[附录B 清水混凝土常用透明保护涂料 29](#_Toc136005390)

[附录C 清水混凝土模板验收项目一览表 30](#_Toc136005391)

[附录D 混凝土成品保护、成品修补与喷涂施工 31](#_Toc136005392)

1. 总则
	* 1. 为规范桥塔清水混凝土施工，稳定并提高桥塔清水混凝土质量，做到技术先进、经济合理、绿色环保，特制定本规范。
		2. 桥塔清水混凝土应根据桥梁工程实际建造情况，综合考虑现场环境、施工条件、工期、造价及地方材料等因素。
		3. 桥塔清水混凝土施工除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。
2. 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 175 通用硅酸盐水泥

GB 50010 混凝土结构设计规范

GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准

GB/T 50081 普通混凝土力学性能试验方法标准

GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准

GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范

GB 50164 混凝土质量控制标准

GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范

GB 50214 组合钢模板技术规程

GB 50367 混凝土结构加固设计规范

GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计规范

GB 50496 大体积混凝土施工标准

GB 50550 建筑结构加固施工质量验收规范

JGJ 18 钢筋焊接及验收规程

JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准

JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程

JGJ 63 混凝土用水标准

JGJ 74 建筑工程大模板技术规程

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准

JGJ 96 钢框胶合板模板技术规程

JGJ 114 钢筋焊接网混凝土结构技术规程

JTS 202–1 水运工程大体积混凝土温度裂缝控制技术规程

JGJ/T 283 自密实混凝土应用技术规程

JGJ 1699 清水混凝土应用技术规程

JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范

1. 术语
	* 1. 清水混凝土 Fair-faced concrete

直接以混凝土原浇筑表面或以透明保护涂料做保护性处理的混凝土表面作为外表面，通过混凝土的本色和自身质感作为装饰效果的混凝土。

* + 1. 普通清水混凝土 Ordinary fair-faced concrete

表面颜色无明显色差，对饰面效果无特殊要求，表现混凝土的自然质朴、平整光滑、色泽协调美观和浑然天成的清水混凝土。

* + 1. 清水混凝土模板面板 Surface panel of formwork for fair-faced concrete

模板体系中与新浇混凝土直接接触，承受混凝土侧压力且能满足清水混凝土质量要求和表面装饰效果的承力板。

* + 1. 内衬板 Sheathing surface panel

设置在模板内表面，用于改善混凝土表面成型质量的衬板材料。

* + 1. 对拉螺栓孔眼 Eyelet of tie rod

对拉螺栓孔封堵后在混凝土表面形成的有规则排列，对清水混凝土起装饰效果的孔的凹印或孔洞。

* + 1. 模型试验 Model test

桥塔清水混凝土正式施工前，用以检验混凝土配合比及其拌合物性能、模板体系和施工工艺，以及作为混凝土成品修补和质量验收的参照标准而在实体工程外现场进行的桥塔清水混凝土模型试验。

1. 基本规定
	* 1. 施工前应熟悉设计图纸，明确桥塔清水混凝土表面类型及施工范围，按设计要求进行细部深化设计，并应综合考虑各施工工序对清水混凝土的影响，确定清水混凝土施工工艺。
		2. 桥塔清水混凝土施工应编制专项施工方案。专项施工方案应包含模板施工方案、混凝土施工方案、混凝土成品保护及修整措施、混凝土表面透明保护涂料喷涂施工方案等。
		3. 桥塔清水混凝土施工前，应做好充分的施工准备，准备工作主要包括技术准备、材料准备、劳动力准备、标准试验构件制作等。
		4. 清水混凝土工程应建立各项施工工序自检和交接管理制度，对施工操作和管理人员逐级进行详细施工技术交底。

**条文说明**

桥塔清水混凝土的施工应进行全过程质量控制，对管理人员和操作人员进行交底能够更好地促进清水混凝土的施工过程质量，严格按照专项施工方案施工，达到保证最终质量的目的。

* + 1. 桥塔清水混凝土正式施工前，应先进行模型试验，并通过首件工程进行验证。

**条文说明**

桥塔清水混凝土正式施工前进行模型试验的目的是：通过模型试验对混凝土的配合比、模板体系、脱模剂、施工工艺等进行验证，并进行详细的技能培训和技术交底，同时构件的外观可作为质量验收的标准或依据。

* + 1. 首件工程应达到直接验证施工方案的可行性，验证施工人员组织情况、施工机械设备等在施工过程中的整体配合效果、所用施工机械作业效果、质量保证体系运转情况、安全制度体系及环保制度体系实施效果。
		2. 首件工程的每道工序应制定详细施工方案和施工作业指导书，提供质量保证体系，确定自检体系和质量责任人，明确质量检验方法、检验频率以及重难点部位的控制措施。
		3. 桥塔清水混凝土的质量检验评定，应包括混凝土强度、耐久性、裂缝、钢筋保护层厚度、外观质量等。

#  材料

##  模板体系材料

###  桥塔清水混凝土模板体系选择时均应进行专项设计和计算，同时满足设计对清水混凝土表面质感要求，同一工程中同类构件或同一视觉面应采用相同的面板材料。

**条文说明**

同种面板材料的吸水性、周转次数、表面效果基本能保持一致，容易实现成型后的混凝土表面质感一致。

###  桥塔清水混凝土模板体系宜选用钢木结构大模板体系材质、全钢大模板体系材质，并应满足强度、刚度和周转使用要求，且加工性能好。

###  钢木结构大模板体系材质应符合以下规定：

1 钢模面板应表面平整光洁、色泽一致、厚薄均匀、无锈斑，并有足够的刚度；

2 多层木胶合板表面覆膜应厚度均匀、平整光滑、耐磨性好，宜采用质量不小于120g/m2的覆膜胶合板（WISA板）；

3 次龙骨应外观顺直、规格一致；宜采用木梁、钢木组合梁、铝梁等龙骨，长度方向表面用2m靠尺检查误差不超过2mm；

4、模板内衬板可选用不锈钢板、透水模板布、铝合金板等材料。

###  全钢大模板体系材质应符合以下规定：

1 全钢大模板所用钢材材质不宜低于Q235，对于不同使用条件的受力构件，所选用的材质由设计确定；

2 全钢大模板宜采用厚度不小于6mm的钢板做面板，表面应平整、光滑、清洁。

**条文说明**

5.1.4~5.1.5对桥塔清水混凝土用模板体系提出了材质要求。规定了钢木结构大模板覆膜胶合板表面覆膜质量≥120g/m2，是要保证板面的耐久性，良好的脱膜性能和平整光滑性能；规定了全钢大模板的钢材材质不宜低于Q235，钢板厚度不应小于6mm。

###  模板支架及配件应符合以下规定：

1 对拉螺栓的最小直径应满足承载力要求，宜采用辊压螺栓、锥型接头连接的三节式对拉螺栓和循环使用的直通型对拉螺栓。同一工程宜采用同一规格的螺栓；

2 对拉螺栓套管及堵头应根据对拉螺栓的直径进行确定，可选用塑料、橡胶、尼龙等材料；

3 对拉螺栓孔眼应采取措施进行封堵处理。

**条文说明**

本条规定了模板支架及配件的要求。模板配件规定了采用金属材料结实耐用，采用操作简便、三维受力好的模板夹具，能够降低操作难度，减少漏浆，避免模板错台；套管需满足强度要求，堵头不变形，易于拆卸，不损坏混凝土表面。

###  脱模剂的选用应符合以下规定：

1 脱模剂应满足清水混凝土表面质量的要求，减少混凝土表面起粉和产生气泡，不改变混凝土表面的本色，且不污染和锈蚀模板；

2 脱模剂应具有改善混凝土表面质量效果的功能，且容易脱模、涂刷方便、保护模板光洁、易干燥和便于用后清理；

3 脱模剂的选用应考虑模板的种类、所要求的混凝土表面效果和现场施工条件，相同构件宜选用同种脱模剂；

4 脱模剂应同时按照选用的脱模剂品种进行比例稀释使用；

5 低温或负温施工宜选用水类脱模剂，油类脱模剂因温度敏感性不宜用。

**条文说明**

本条规定了脱模剂的选用对提高及改善桥塔清水混凝土外观质量的要求。脱模剂选用时，宜优先选用西卡水性脱模剂、花王水性脱模剂和派利油性脱模剂。首先要保证容易脱模，涂刷方便，易干燥和便于用后清理；其次，选用的脱模剂不要引起混凝土表面起粉和产生气泡，不要改变混凝土表面的本色，不应污染和锈（溶）蚀模板。另外，脱模剂的选择还应考虑脱模剂的特点、施工季节、气候、混凝土表面质量效果等因素，应通过场外试验确定。

##  钢筋保护层垫块

1 保护层垫块应采用专业厂家生产的定型化、标准化的细石混凝土或纤维砂浆垫块产品，不应采用塑料制作的垫块；

2 保护层垫块的颜色应与清水混凝土表面的颜色接近，其耐久性与强度不应低于构造物本体混凝土设计的耐久性与强度；

3 保护层垫块的外形应有利于钢筋的定位及钢筋骨架受力后不易压碎，可为梅花形、锥形、工字形、圆形，垫块与模板接触应采用“点接触”或“线接触”；

4 保护层垫块与混凝土结合良好，有接近的涨缩性能，确保混凝土表面不出现保护层垫块痕迹。

5 保护层垫块尺寸应根据被保护钢筋的直径、保护层厚度的结构特点选定，尺寸允许偏差+1mm。

##  混凝土原材料

###  水泥的选用应符合以下规定：

1 C50及以下强度等级混凝土宜选用42.5级硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，C55及以上强度等级混凝土宜选用52.5级硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥；

2 选用水泥时，应考虑水泥的颜色、水化热、保水性、与外加剂的适应性和碱含量的影响，水泥熟料中的C3A含量不宜超过8%，水泥比表面积不宜超过350m2/kg，碱含量不宜大于0.6%；

3 同一工程同类构件应选用同一生产厂家、同一品种、同一强度等级、同一混合材料的水泥，杜绝多批次间质量波动，确保质量稳定，高温季节水泥进场温度控制在60℃以下。

###  骨料的选用应符合以下规定：

1 粗骨料应采用质地均匀坚硬、表面洁净、色泽均匀、级配良好、粒形良好、颜色一致、不含风化颗粒、软颗粒、无碱活性、不应选用多孔结构母岩破碎，最大公称粒径应根据混凝土工程必须满足用5mm～20 mm或5mm～25 mm连续级配碎石，技术性能指标应符合表5.3.2-1的规定；

2 细骨料应质地均匀坚硬、颜色一致、级配良好、无碱活性，可选用中粗河砂或专门机组生产的优质机制砂，优先选用II区中砂，河砂小于0.3mm颗粒含量≥15%，0.15mm以下颗粒含量应不大于10%，大于10mm颗粒含量为0，细度模数宜为2.6～2.9，技术性能指标应符合表5.3.2-2规定。

表5.3.2-1 粗骨料的技术性能指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | C40～C45 | ≥C50 |
| 压碎指标 (%) | 20% | 10% |
| 坚固性 (%) | ≤8 | ≤5 |
| 吸水率 (%) | ≤2.0 |
| 针片状颗粒含量 (%) | ≤10 | ≤5 |
| 有害物质含量 | 含泥量 (%) | ≤1.0 | ≤0.5 |
| 泥块含量 (%) | ≤0.5 | ≤0.2 |
| 有机物含量 (比色法) | 合格 |
| 硫化物及硫酸盐含量(折算成SO3) (%) | ≤0.5 |
| 表观密度 (kg/m3) | ≥2600 |
| 紧密堆积空隙率 (%) | ≤40 |

表5.3.2-2 细骨料的技术性能指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | C40～C45 | ≥C50 |
| 坚固性 (%) | ≤10 | ≤8 |
| 吸水率 (%) | ≤2.0 |
| 有害物质含量 | 含泥量 (%) | ≤3.0 | ≤2.0 |
| 泥块含量 (%) | ≤1.0 | ≤0.5 |
| 云母含量 (%) | ≤1.0 | ≤0.5 |
| 轻物质含量 (%) | ≤1.0 | ≤0.5 |
| 硫化物及硫酸盐含量 (折算成SO3) (%) | ≤0.5 | ≤0.5 |
| 有机物含量 (比色法) | 合格 |
| 石粉含量（%） | MB＜1.4 | ≤7.0 | ≤5.0 |
| MB≥1.4 | 不应采用 | 不应采用 |
| 表观密度 (kg/m3) | ≥2500 |
| 氯离子含量 | ≤0.02% |

###  矿物掺合料的选用应符合下列规定：

1 矿物掺合料宜采用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、石灰石粉和硅灰等。矿物掺合料的品质应稳定、颜色应均匀稳定，同一工程所用矿物掺合料应来自同一厂家、同一规格型号；

2 粉煤灰应选择颜色较浅、组分匀质的原状粉煤灰，重点控制密度值，批次间质量波动不宜太大，且不能超越常规数值范围，进场前应进行浮黑物含量检验，黑色轻质颗粒含量不宜超过0.05%，检验方法见附录A，进场时应增加比色检验，其性能应符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596中F类粉煤灰技术要求，强度等级C50及以上混凝土宜选用Ⅰ级粉煤灰，C50以下混凝土可选用Ⅱ级粉煤灰；

3 粒化高炉矿渣粉的性能应符合《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，且其比表面积宜在350～450m2/kg，混凝土宜选用S95级矿渣粉；

4 石灰石粉的细度（45μm方孔筛筛余）不应大于15%，亚甲蓝值不应超过1.4g/kg，其他技术指标应符合《石灰石粉混凝土》GB/T 30190的规定；

5 硅灰的比表面积不应小于15000m2/kg，细度（45μm方孔筛筛余）不应大于10%，其他性能应符合《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736的规定，一般应与其他矿物掺合料复合使用，复合比例应经试验确定；宜优先选用颜色清淡的硅灰。

6 矿物掺合料的选用和掺量应根据混凝土的性能要求通过试验确定，并应经标准试验确认。

###  化学外加剂的选用应符合下列规定：

1 外加剂应符合《混凝土外加剂》GB 8076的规定，严禁使用含有氯盐、硫酸盐的早强剂、防冻剂；外加剂应不改变混凝土的颜色，在混凝土硬化后表面不应出现析霜或返潮现象；

2 减水剂宜选用减水率高、坍落度损失小、引气量小、收缩率比低、碱含量低、无滞后反应，保坍效果好，引气性能稳定，温度敏感性性差的聚羧酸类高性能减水剂，必要时选用缓凝型，减水剂的减水率不低于25%，引气量不宜大于3%，且与工程所用的水泥、骨料、矿物掺合料之间应有良好的相容性；

3 对抗冻要求较高的工程混凝土还应掺用引气剂；

4 同一工程所用的减水剂、引气剂均应来自同一厂家的同一品种。

###  混凝土拌和用水和养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水》JGJ 63的有关规定，且应无色无味、pH值不低于6.5。

##  混凝土保护涂料

###  混凝土保护涂料的选用应符合以下规定：

1 涂料应选用对混凝土表面具有保护的透明涂料，且不应对原混凝土表面感观质量有明显改变；

2 涂料应有防污染性、憎水性、防水性；

3 涂料应与混凝土表面有良好的粘结性，在露天环境下应有良好的耐老化性，且不应对混凝土有腐蚀性；

4 涂料应考虑工程的类别、所处的环境、喷涂后的美学效果和成本等因素，宜在氟碳树脂系涂料和硅烷系涂料中选择其一，两种涂料的特点见附录B。

**条文说明**

选用透明涂料目的是为了防止清水混凝土表面污染，减少外界有害物质的侵害。底涂的技术指标可参考《建筑内外墙用底漆》JG/T 210和《合成树脂乳液外墙涂料》GB/T9755；中涂的技术指标可参考《合成树脂乳液外墙涂料》GB/T9755；面涂的技术指标可参考《建筑用水性氟碳涂料》HG/T 4104。

#  模板工程

##  模板设计

###  模板的设计应满足桥塔清水混凝土的设计要求，且设计应充分了解模板构造和施工工艺，各专业间密切配合，与施工人员充分沟通。

###  应根据外观质量要求、施工方法、模板周转次数等要求确定模板的类型和对拉螺栓类型，可参照表6.1.2-1进行选择，对模板周转次数要求高的工程宜选用全钢大模板。

表6.1.2-1 模板类型和模板体系构造

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 模板类型 | 模板体系构造 |
| 1 | 钢木结构大模板 | 以木梁、铝梁或钢木肋作竖肋，覆膜胶合板采用螺钉连接 |
| 2 | 全钢大模板 | 以型钢为骨架，钢板为面板，焊接而成 |

###  桥塔清水混凝土的模板结构设计应符合以下规定：

1 对模板应进行详尽精确的设计，保证脱模后清水混凝土表面质感好，满足清水混凝土工程的几何尺寸的精度要求，同时符合经济性与合理性的原则；

2 模板结构设计宜构造简单、支撑牢固、安拆方便、尺寸精确，形成标准化模板施工，尽量减少模板拼缝且应拼缝严密；

3 液压爬模等施工工艺的清水混凝土，应进行专业设计和计算，模板及支架应具有足够的强度、刚度和稳定性。

###  桥塔清水混凝土模块分块、面板分割设计应符合下列规定：

1 模板分块宜以结构中线为对称中心线，对称、均匀布置；

2 模板排列设计应均匀、对称、横平竖直，当模板接高时，拼缝不宜错缝排列，横缝应在同一标高位置；

3 阴角部位应配置阴角模，角模面板之间宜斜口连接，阳角部位宜两面模板之间直接搭接。

###  桥塔清水混凝土模板面板的拼缝与装饰线条、对拉螺栓孔排布设计应符合以下规定：

1 应对模板面板拼缝进行设计，并绘制排板图，对于饰面清水混凝土和普通清水混凝土，拼缝应使混凝土饰面形成线宽分别不大于0.5mm和1.0mm，且形成水平交圈、竖向垂直的有规律性的装饰性线条，模板面板的拼缝和相邻模板支模接缝处，应进行节点的构造密封或材料密封设计；

2 模板面板缝宜设置在肋处，无肋处接缝处应有防止漏浆措施；

3 模板面板的钉眼、焊缝等部位的处理不应影响混凝土饰面效果；

4 对拉螺栓孔的排布应达到规律性和对称性的装饰效果。

**条文说明**

模板拼缝和装饰线的设计主要是为了满足设计效果的同时，尽量减少拼缝、保持线条的对称、保持线条方向的一致等，同时还要满足便于施工的要求，尽量使线条与施工缝统一起来。

###  对拉螺栓的节点构造应符合以下规定：

1 有自防水要求的清水混凝土构件对拉螺栓应采用带有止水板的三节式穿墙锥体螺栓，两侧加海绵垫圈或塑料垫圈防止漏浆。锥体对拉螺栓两侧加设竖龙骨，可用对其他竖龙骨进行微调的方法来保证板面平整；

2 非自防水清水混凝土构件宜采用可循环使用的直通型对拉螺栓，在截面内的螺栓应加PVC管，两端附加锥形塑料堵头和海绵垫圈或塑料垫圈；

**条文说明**

采用三节式锥体螺栓是为了保证墙体的密封，满足防水和防爆的要求；加设海绵垫圈是为了避免混凝土浆体进入锥体螺栓，拆除锥体螺栓时破坏墙面观感效果。

##  模板制作

###  钢模板制作应符合以下规定要求：

1 钢模板周边加工应采用铣边工艺，确保模板面板拼接和模板连接严密；

2 对饰面清水混凝土的钢模板，面板宜经抛光处理。对已经抛光处理的钢模板表面，应及时涂刷防水涂料；

3 模板组拼组焊应采用合理的焊接顺序和方法。组拼焊接后的变形应进行校正；

4 钢模板出厂前应按设计要求做好背面的底漆、面漆，以免因模板锈蚀污染混凝土面。

###  模板在加工后或安装前应先进行预拼装，并对其面板平整度、阴阳角、相邻面板高低差及对拉螺栓的组合安装进行校核，经组拼合格的模板应在背面进行编号。

###  钢模板和覆膜胶合板加工制作完成或进场，应按照附录C进行检查验收。

##  脱模剂施工

1 模板表面质量经检查符合要求后，开始施工适宜的脱模剂，脱模剂的施工可采用喷涂或滚涂，涂层应薄而均匀，无漏刷、无流挂，大面、小面、夹角处不应漏涂；

2 采用喷涂方式施工时，设置喷雾压力0.3~0.5 MPa，喷涂距离50~60 cm，喷雾器从模板表面一侧至另一侧均匀喷洒一道，整面模板滚涂完成后利用泡沫二次刮涂，确保模板表面脱模剂涂抹均匀，且厚度适宜；

3 采用滚涂方式时，在模板表面自上而下涂刷，严格控制脱模剂用量避免模板上下涂刷不匀，滚涂过厚处应采用平敦布涂抹均匀；

4 脱模剂涂刷施工时必须避免脱模剂涂刷在钢筋、预埋件上，涂覆后应进行“白手套”试验，即以白手套擦拭待检模板表面，观察是否存在影响脱模剂涂覆的杂质，检验涂覆效果；

5 同一视觉面工程应采用相同的脱模剂；

6 模板涂刷脱模剂后待表面白色消失后应立即合模并覆盖防水雨篷布避免灰尘和雨水等污染模板表面脱模剂，应在合模后24 h内浇筑混凝土。

##  模板安装

1 模板安装前，模板应保持清洁，并应涂刷脱模剂；

2 模板安装应符合模板配板设计要求，要求粗活细作，确保清水混凝土表面的模板痕迹呈规律性排列；

3 应根据模板编号进行安装，遵循先侧模、后端模，先钢模、后木模，从下往上的原则安装就位；

4 固定在模板上的预埋件、预留孔应位置准确、安装牢固，不应遗漏；

5 对拉螺栓安装应位置正确，紧固对拉螺栓时应用力得当、受力均匀，不应使模板表面产生局部变形；

6 模板安装宜采用对拉螺栓或专用卡具连接，模板间拼缝应严密，并应采取下列措施防止漏浆：

1）锥套、堵头和面板间宜加橡胶垫圈并接触紧密；

2）上下层结合处，阴阳角模连接处和模板接缝等位置宜贴高密度海绵密封条。

7 安装过程中，应对模板面板、边角和已浇清水混凝土表面进行保护，防止污染和损伤；

8 合模前必须将模板内部杂物清理干净，模板安装完毕后应用高精密仪器进行安装质量检查验收；

9 模板安装尺寸允许偏差应符合现行行业标准《清水混凝土应用技术规程》JGJ 169的有关规定。

**条文说明**

拧紧对拉螺栓和模板夹具等连接件时用力均匀，保证塑料垫圈与模板板面正确接触，避免混凝土浇筑后孔眼不规则变形；同时为防止密封条挤压后凸出板面，在模板侧边退后1mm~3mm黏结，竖向模板也宜采用同样措施封堵严密。

##  模板拆除

1 应制定专门的拆模措施，加强对清水混凝土成品、对拉螺栓孔眼和模板面板的保护；

2 应适当延长拆模时间，以确保其表面及棱角不会因拆模而受损；

3 拆模时混凝土的温度不宜过高，以免混凝土表面接触空气时降温过快而开裂；大风或气温急剧变化时不宜拆模；在炎热和大风干燥季节，应采取边拆边盖的拆模工艺。

##  模板保养

1 模板安装过程中，尽量减少面板与钢筋的摩擦；混凝土浇筑过程中，振捣棒应避免与模板直接接触；模板拆除过程中，应尽量避免对面板的碰撞，减少对模板边缘的磨损；

2 模板堆放时，应注意对面板的保护，最下层模板背楞向下，面对面或背对背堆放，严禁面板朝下接触地面，叠放高度不应超过2m和6层。必要时，模板跟部位置垫海绵，面板之间垫棉毡保护；

3 控制模板的周转次数，定期检查模板质量、维修和保养，对于损伤严重影响到混凝土外观质量的模板应立即停止使用。

#  预埋件工程

## 预埋件设计

1 宜采用可拆卸式预埋件，且拆除后剩余金属构件不应侵入保护层；

**条文说明：**

拆除外露螺杆及套筒后，埋置螺杆与混凝土外边缘存在一定间隔，避免形成锈蚀通道，且宜不侵入保护层，如图7.1-1所示，a宜大于等于保护层厚度。



图7.1-1 可拆卸式预埋件示意图

2 不宜采用预埋钢板与锚筋、型钢焊接的预埋件形式；

3 不应采用钢盒插入预留槽口的预埋件形式。

**条文说明：**

尽量减少预埋件数量，或采用抱箍等形式替代。

##  预埋件安装

1 锥形螺母内黄油涂抹应适量，避免黄油溢出，污染塔体；

2 控制可拆卸式预埋件螺母周转次数，且使用前检查丝口，确保其正常后进行安装，避免螺母卡住，无法拆除；

3 预埋件与空气接触面应采用镀锌或其它防锈措施进行处理，且防锈措施应延伸至预埋件位于混凝土结构内的区域，避免预埋件锈蚀后污染塔体；

4 采用预埋螺栓连接钢板形式作为预埋件时，螺杆及钢板应在混凝土浇筑完成后安装；

5 预埋钢板加工应平整，且与混凝土贴合面应平整，避免在混凝土表面形成压痕；

6 对失效的防锈措施，应及时除锈后予以补充。

##  预埋件拆除

1 拆除钢板时，应采取有效的保护措施，不应损伤混凝土；

2 拆卸式预埋件应在外露螺杆及锥形螺母拆除后进行封堵。

##  封堵及修饰

1 封堵前应采用小型工具对孔内壁进行拉毛或凿毛处理；

2 封堵前应采用高压风枪清除孔内杂物；

3 应采用环氧砂浆进行封堵，确保封堵体与原混凝土结构连接紧密；

4 封堵完成后需进行修饰，确保与周围混凝土颜色相似。

#  混凝土工程

##  配合比设计

###  桥塔清水混凝土配合比设计基本参数的选择应符合以下规定：

1 C40~C45清水混凝土的单位用水量不宜超过165kg/m3，C50及以上清水混凝土单位用水量不宜超过155 kg/m3；

2 不同强度等级清水混凝土的水胶比和胶凝材料用量范围宜按表8.1.1-1的要求进行选取；

3 用于混凝土中的矿物掺合料占胶凝材料总量的最大百分率宜按表8.1.1-2的要求进行选取；

4 砂率宜在36%～45%范围内，在满足施工性能的前提下，尽量提高粗集料含量；

5 除冬季施工或预制构件外，一般宜选用缓凝型聚羧酸系高性能减水剂，减水剂的掺量应根据混凝土流动性要求、施工气温通过试验确定。

表8.1.1-1 水胶比与胶凝材料的选取范围（kg/m3）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 强度等级 | C40、C45 | C50 | C55、C60 |
| 水胶比 | 0.34~0.40 | 0.30~0.34 | 0.28~0.32 |
| 胶凝材料用量 | 410~450 | 460~480 | 470~500 |

表8.1.1-2 矿物掺合料取代水泥的最大用量

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 矿物掺合料 | 粉煤灰 | 矿渣粉 | 石灰石粉 | 复合矿物掺合料 |
| 取代硅酸盐水泥（%） | 30 | 50 | 20 | 50 |
| 取代普通硅酸盐水泥（%） | 25 | 40 | 15 | 40 |

**条文说明**

桥塔清水混凝土的矿物掺合料最大掺量参照了规范《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55和《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650。

当配制的混凝土坍落度大于220mm或扩展度大于550mm时，砂率可取上限值。

###  桥塔清水混凝土配合比的计算、试配、调整与确定除应符合国家现行标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55规定外，尚应符合下列规定：

1 应按照设计要求进行试配，确定混凝土表面颜色，应使混凝土具有良好的表面色均性；

2 混凝土拌合物中水溶性氯离子总含量，对于钢筋混凝土不应超过胶凝材料总量的0.10%，对于预应力混凝土不应超过胶凝材料总量的0.06%；

3 混凝土拌合物的总碱含量不应超过3.0kg/m3，对特大桥、大桥宜不大于2.1kg/m3；

**条文说明**

混凝土的氯离子含量可根据各种原材料的氯离子含量检验结果按配合比计算得到，也可按现行行业标准《混凝土氯离子含量检测技术规程》JGJ/T 322的相关规定检测混凝土拌合物中水溶性氯离子含量得到。

混凝土拌合物的总碱含量是指水泥、矿物掺合料、外加剂及水的碱含量之和。其中水泥、外加剂和水的碱含量用实测值计算；矿物掺合料碱含量以其所含可溶性碱计算，粉煤灰的可溶碱含量取粉煤灰总碱量的1/6，矿渣粉的可溶性碱量取矿渣总碱量的1/2，硅灰的可溶性碱量取硅灰总碱量的1/2。

###  桥塔清水混凝土配合比的性能设计指标应符合下列规定：

1 从抗裂与耐久性出发，配制的混凝土实际强度不宜高于混凝土配制强度两个等级，即10MPa；

2 桥塔0~200m浇筑清水混凝土拌合物的入模坍落扩展度宜为520±50 mm，桥塔200m及以上浇筑清水混凝土拌合物的入模坍落扩展度宜为600±50 mm；

3 混凝土的初凝时间宜大于单次混凝土连续的浇筑时间，以减少层间施工冷缝发生机会；

4 对于有抗裂要求的清水混凝土，56d收缩率不应大于400×10-6，7d龄期加载360d的徐变系数不应大于2.0或14d龄期加载90d的徐变系数不应大于1.0；

5 对于有抗渗、抗冻、抗碳化、抗氯离子侵蚀和抗硫酸盐腐蚀等耐久性要求的清水混凝土，其耐久性能指标应满足表8.1.3-1的要求；

6 无抗冻要求的混凝土含气量不应大于3.0%。

表8.1.3-1 清水混凝土耐久性能设计指标要求

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 混凝土强度等级 | 28d龄期抗渗等级 | 快速碳化28d深度（mm） | 56d龄期6h电通量（C） | 28d龄期抗硫酸盐侵蚀等级 | 28d龄期抗冻反应 |
| C30~C45 | ≥P12 | ≤10 | ＜1200 | ≥KS90 | ≥F150 |
| ≥C50 | ≥P12 | ≤5 | ＜1000 | ≥KS120 | ≥F300 |

**条文说明**

混凝土的耐久性指标主要包括：抗碳化、抗硫酸盐、抗渗、抗冻和氯离子渗透等。对于一般大气环境下的混凝土结构，混凝土表面直接与大气接触，当水胶比不大于0.38，可不考虑混凝土结构的碳化问题。当混凝土设计强度等级小于等于C35，且结构或构件所处环境有抗渗要求时，混凝土应进行抗渗性实验，满足抗渗性等级P12的要求。

当采用引气剂用于改善新拌混凝土工作性时，新拌混凝土含气量宜控制在3.0%～4.5%。盐类结晶破坏环境下，掺用引气剂或引气型外加剂高性能混凝土拌合物的含气量宜在4.0～5.0%范围。

##  混凝土拌合与运输

1 同一构筑物、同一视觉空间内所用混凝土原材料应保持一致，拌合物的制备环境和技术参数应保持一致，保证混凝土拌和物颜色均匀一致；

2 制备的清水混凝土拌合物性能应工作性能优良、稳定、无分层、板结、离析、泌水现象，90min的坍落度经时损失值宜小于30mm；

3 原材料投料前，搅拌机内应保持清洁，且拌合物的搅拌时间应比同强度等级普通混凝土延长20~30s；

4 拌合站至少具备俩个外加剂称量系统，宜加装精计量系统，可避免各种材料称量超标，应配备砝码，定期进行自校，确保计量稳定准确，原材料的计量设备精度应满足表7.3.1-1的要求，自校周期频率不宜低于1个月/次；

5 混凝土拌合物运输到施工现场，应查看坍落度是否符合设计要求，目测混凝土颜色有无变化；

6 混凝土拌合物从搅拌结束至入模前的时间不宜超过90min，严禁向拌合好的混凝土拌合物中添加配合比以外的用水或外加剂，若混凝土性能不满足要求，应作报废处理后重新拌合混凝土。

##  混凝土浇筑

1 凝土浇筑时，应按标准构件试验或首件工程确定的布料、振捣方法和工艺进行；

2 大体积清水混凝土结构施工时，应进行温控设计，制订温控施工方案，其施工工艺、温控指标与温控措施应符合国家现行标准《大体积混凝土施工标准》GB 50496、《公路桥涵施工技术规范》JTG∕T 3650的规定；

3 清水混凝土浇筑时的自由倾落高度不应大于2m；当大于2m时，应采用溜槽(管)、串筒、漏斗等器具辅助下料；

4 竖向构件混凝土浇筑宜先在底部浇筑厚度小于30mm的去碎石砂浆，再浇筑混凝土；

5 上下层同一位置混凝土先后两次浇筑的间隔时间一般不宜超过120min，若遇高温季节施工，间隔时间为下层混凝土初凝之前；

6 清水混凝土的施工必须在无雨的条件下进行，否则会形成非人为的“后加水”现象。

**条文说明**

采用分层浇筑工艺时，如果浇筑顺序选择不当，会导致下层混凝土重塑性变差甚至初凝时上层混凝土尚未浇筑完毕，清水混凝土表面将会有明显的分层线痕迹甚至出现施工冷缝，影响外观质量。一个施工节段的混凝土必须连续浇筑，不应随意留置施工缝。

对于截面尺寸不大的单个构件不可过快浇筑。浇筑过快时，新浇的混凝土对模板的侧压力加大，会引起模板变形甚至爆模。而且在浇筑过程中，下部的混凝土尚未沉实即已浇筑上的混凝土，对上层混凝土的振捣会因影响到下层混凝土，有如过振一般，严重时会出现粗骨料下沉、砂浆上浮、气泡集中，影响结构的匀质性和外观情况。因此，墩柱的浇筑宜采用数根柱为一组，依次循环浇筑，各柱分层下料、分层振捣的办法施工，延长每一根的浇筑速度，使每层浇筑的混凝土略微沉实，使砂浆持续上浮的情况在一定程度上得以改善，同时在可能条件下混凝土的坍落度值宜以允许值的下限控制。

##  混凝土振捣

1 清水混凝土应采用机械振捣。振捣应做到混凝土充满模板，达到流平、均匀、密实的程度，减少表面气泡；

2 采用振捣棒进行振捣时，混凝土振点应从中间开始向边缘分布，且应布棒均匀，并应随浇筑连续进行，严禁漏振；

3 混凝土布料、振捣过程中，应尽可能减少砂浆的飞溅，并及时清理掉溅于未浇段模板内侧的砂浆。

4 预应力混凝土宜采用附着式振捣器侧振并辅以插入式振捣器的方式振捣。

**条文说明**

振捣时要注意内部振动器与侧模保持5～10cm的距离，并注意振动器插入位置。混凝土振点应从中间开始向边缘分布，且振捣棒各插点的布置间距应均匀，交错式布点，层层搭扣，遍布浇筑的各个部位，并应随浇筑连续进行，严禁漏振。

振捣棒插点间距不宜大于振捣棒有效作用半径的1.5倍，且保证插入下层混凝土内的深度宜为5cm～10cm。对于边角要多插，同时保证每一振点表面呈现浮浆和不再下沉，防止混凝土构件缺角及蜂窝的发生。插入式振捣变换插点时，应做到“快插慢拔”，不应将振捣棒放在拌和物内平拖，不应用振捣棒驱赶混凝土。

采用二次振捣法，可以减少表面气泡，即第一次在混凝土浇筑时振捣，第二次待混凝土静置一段时间再振捣（在第2层混凝土摊铺前进行），而顶层一般在0.5h后进行第二次振捣。

##  混凝土养护

1 对于采用钢模板的清水混凝土部位，应在钢模板带模养护时即采取保温养护措施，宜在钢模板外侧黏贴厚度不小于15mm的橡塑海绵（导热系数0.035~0.038W/m•k），塔身混凝土里表温差不大于20℃；

2、钢模板和覆膜胶合板带模养护时间应根据现场实际情况判断，宜尽量延长，拆模后内侧黏贴高吸水树脂养护膜，外侧密实贴覆保温材料，养护时间不小于14天，控制整个养护周期内有效保水率不小于90%；

3 混凝土表面养护覆盖物，不应直接用草帘或草袋覆盖等有可能褪色或对混凝土表面污染的材料，以免造成着色污染；

4 对同一视觉范围内的清水混凝土尽可能施以相同的养护条件，以保证混凝土表面色均性；

5 在暴晒、气温骤降等情况下，应采取覆盖保温措施保证养护期间混凝土的内部与表面、表面与环境之间的温差不应超过20℃；

6 当日最低温度低于5℃时，应在混凝土表面覆盖塑料薄膜和对清水混凝土无污染且阻燃的保温材料（不低于B2级）进行保湿保温养护；

**条文说明**

本条提供了几种混凝土养护方式。无论采用塑料薄膜还是土工布覆盖喷淋晒水，均要确保混凝土表面始终呈湿润状态。不推荐采用养护剂对清水混凝土进行养护，主要是一些养护剂会影响混凝土表面色泽，且养护剂主要是保湿不能提供额外的水养。

有效保水率在《水泥混凝土养护剂》JC 901规定为温度38℃±2℃、相对湿度32%±2%、风速0.5m/s±0.2m/s、失水时间72h条件下，未覆盖试件失水量和覆盖养护膜的试件失水量之差与基准试件失水量的比值，以百分比表示。

大体积混凝土大体积混凝土的养护应通过热工计算，确定其保温、保湿或降温措施，并宜设置测温点测定混凝土的内部温度、表面温度和环境温度，温度应控制在设计要求的温差内。

冬季施工的清水混凝土，当日均气温低于+5℃或最低温度低于-3℃时，不应采取洒水自然养护方法，应采用混凝土表面覆盖洁净塑料薄膜保湿，并在其上严密覆盖保温材料进行蓄热养护。混凝土保温层厚度按JTS 202–1–2010附录E计算确定。

##  混凝土施工缝的留设与施工

1 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；

2 施工缝的平面应与结构物的轴线垂直，并宜留置在结构受剪力和弯矩较小且便于施工的部位；

3 所有水平施工缝应保持水平，竖向施工缝应有钢筋通过，以构成为整体。当施工缝为斜面时，应浇筑成或凿成规律的台阶状，施工缝处必要时增设防裂钢筋网片，以抵抗混凝土的收缩和温度变化引起的约束应力；

4 模板与结构实体接触处（模板压脚位置)应粘贴防渗漏作用的衬垫，如海绵条、止水带、防渗胶、粘合剂等，以保证模板的密封性；

5 混凝土浇筑前，施工缝表面混凝土应洒水充分湿润，使先后浇筑的混凝土结合密实；

6 从施工缝处开始继续浇筑混凝土时，接缝两侧的混凝土应充分振捣，以使缝线饱满密实，并加强养护,防止施工缝处混凝土收缩开裂。

**条文说明**

主塔等水平施工缝，宜在下节段混凝土浇筑完毕后，以模板顶口线为基准，将钢筋外围与模板之间宽10～15mm混凝土顶面修整，并将混凝土面形成一个倾向钢筋侧的小斜坡，使流体无法沿着外壁流出。凿毛时，在混凝土保护层外侧保留宽10～15mm的完整边界，严禁破坏该接缝，以免影响接缝美观。

#  混凝土质量检验

##  外观质量

###  清水混凝土的外观质量评定标准和检验方法应符合表9.1.1-1的规定，结构允许偏差应符合表9.1.1-2的规定；

###  桥塔清水混凝土的外观不应有《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204中规定的严重缺陷和一般缺陷；

###  对拉螺栓应分布规则，排列整齐，拆模后封堵密实，凹孔棱角清晰圆滑；颜色应与主体混凝土尽量一致，如封堵的孔眼颜色与墙面不一致，孔眼应呈同一颜色，形成有规律的装饰效果；

###  预埋件应进行防锈处理，且固定应保证牢固，尽量减小预埋件对混凝土外观的影响，避免出现漏浆、错牙等现象，保证清水混凝土的外观。

表9.1.1-1 清水混凝土外观质量评定标准和检验方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 标准要求 | 检验方法 |
| 饰面清水混凝土 | 普通清水混凝土 |
| 1 | 颜色 |  自然光下，同一视觉空间内，表面颜色基本一致，无明显色差 | 局部有少量色差 | 距离混凝土面5m 观察 |
| 2 | 表面质量 |  无蜂窝、麻面、砂带、冷接缝和表面损伤等 | 无砂带、冷接缝和表面损伤等，蜂，窝麻面面积≤该面面积的0.5% | 近处观察、尺量 |
| 3 | 表面气泡 |  气泡最大直径≤8mm，深度≤2mm，面积≤20cm2/m2 | 气泡应分散，无大片气泡 | 近处观察、尺量 |
| 4 | 光洁度 |  无漏浆、流淌及冲刷痕迹，无油迹、污迹及锈斑，无粉化物、无粉饰 | 漏浆、流淌及冲刷痕迹不超过3处，无明显油迹、污迹及锈斑，无明显粉化物和粉饰 | 近处观察 |
| 5 | 表面裂缝 |  宽度小于0.15mm，且长度不大于1000mm | 宽度小于0.2mm | 尺量，刻度放大镜 |
| 6 | 修补 | 基本无修补痕迹 | 少量修补痕迹 | 距离墙面5m观察 |

表9.1.1-2 清水混凝土结构允许偏差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 允许偏差/mm | 检验方法 |
| 1 | 轴线位移 | 5 | 尺量 |
| 2 | 截面尺寸 | ±3 | 尺量 |
| 3 | 表面平整度 | 3 | 2m靠尺、塞尺 |
| 4 | 角线顺直 | 3 | 拉线、尺量 |
| 5 | 标高（全高） | ±30 | 水准仪、尺量 |
| 6 | 阴阳角 | 方正 | 3 | 尺量 |
| 顺直 | 3 |

**条文说明**

本条清水混凝土外观质量检验项目和指标要求，包括颜色、表面质量、气泡、裂缝、光洁度、表面平整度、修补、模板拼接缝、分层缝直线度、对拉螺栓孔眼等十个方面的外观质量指标，具体数值参照我国建工行业标准《清水混凝土施工技术规程》（JGJ169-2009）制订，并参考了重庆市地方标准《市政工程清水混凝土施工技术规程》（DBJ/50-073-2008）、北京市地方标准《建筑施工清水混凝土施工技术规程》(DB11/T464—2015)相关清水混凝土外观质量验收标准。

##  尺寸允许偏差

###  桥塔清水工程普通清水混凝土结构外形尺寸偏差应小于《公路工程质量检验评定标准》JTG F80/1规定的允许偏差值，饰面清水混凝土结构外形尺寸偏差应小于《公路工程质量检验评定标准》JTG F80/1规定的允许偏差值的1/2；

###  桥梁工程各部位清水混凝土结构外形尺寸的检查方法和频率按《公路工程质量检验评定标准》JTG F80/1的相关规定执行。

附录A 粉煤灰浮黑物含量检验方法

取300g粉煤灰样品，与300g水混合后在烧杯中用玻璃板进行人工搅拌，静置5min，用滤纸吸取腹黑物质，过滤烘干后称重，其与初始粉煤灰质量（300g）的比值即为粉煤灰浮黑物含量。

**附录B 清水混凝土常用透明保护涂料**

**表B.0.1 清水混凝土常用透明保护涂料品种**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 保护涂料类别 | 性能特点 | 备 注 |
| 1 | 氟碳树脂系 | 耐候性、耐化学腐蚀性优，介电性能和耐热性能良好，不易粘附污物，一般美观效果可保持15～20年以上；5℃以下不能施工，成本较高。 | 涂膜型涂料，分水性与油性，分完全透明、着色透明。 |
| 2 | 硅烷化合物类 | 渗透进入混凝土内部孔隙形成憎水界面，成膜具有防水性、透气性，不改变基层的颜色和外观，防止霉菌、苔藓产生、减少风化、盐渍和返碱、免受污染保持洁净等功效。 | 浸渍渗透防水性涂料，分完全透明、着色透明。 |

**表B.0.2 清水混凝土常用透明保护涂料性能要求**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 指标要求 | 项目 | 指标要求 |
| 底 涂 | 面 涂 |
| 干燥时间（表干） | ≤2h | 干燥时间（表干） | ≤2h |
| 附着力（划格法，1mm） | ≤1级 | 附着力（划格法，5mm） | ≤1级 |
| 耐水性（去离子水浸泡） | 96h无异常 | 耐水性（去离子水浸泡） | 168h无异常 |
| 耐碱性（饱和氢氧化钙溶液浸泡） | 48h无异常 | 耐酸雨性（pH=3.0的模拟酸雨溶液） | 48h无异常 |
| 抗泛盐碱性  | 72h无异常 | 耐碱性（饱和氢氧化钙溶液浸泡） | 168h无异常 |
| 中 涂 | 耐沾污性(白色和浅色) | ≤15%  |
| 干燥时间（表干） | ≤2h | 耐洗刷性 | ≥3000次 |
| 干燥时间（实干） | ≤24h | 耐冻融循环 | 10次无异常 |
| 附着力（划格法，2mm） | ≤1级 | 耐人工老化性（超级荧光加速老化） | 1700h无起泡、开裂、剥落 |
| 耐水性（去离子水浸泡） | 168h无异常 |
| 耐碱性（饱和氢氧化钙溶液浸泡） | 168h无异常 |

**附录C 清水混凝土模板验收项目一览表**

**表C.0.1 清水混凝土模板验收表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 使用部位 |  | 模板编号 |  |
| 项次 | 检查内容 | 要求 | 检查情况及处理结果 | 检查人 |
| 1 | 出厂合格证、自检记录 | 齐全 |  |  |
| 2 | 模板面板 | 无污染、无破损、表面清洁 |  |  |
| 3 | 模板蝉缝 | 符合方案要求 |  |  |
| 4 | 模板拼装形式 | 符合方案要求 |  |  |
| 5 | 模板配套的夹具、螺栓、螺栓孔眼保护垫圈 | 齐全 |  |  |
| 6 | 模板侧边处理 | 侧边垂直 |  |  |
| 7 | 竖向龙骨间距 | ≤300mm，符合设计要求 |  |  |
| 8 | 表面平整度 | 2mm（饰面清水模板） |  |  |
| 3mm（普通清水模板） |  |  |
| 9 | 面板拉对角线 | 2mm（饰面清水模板） |  |  |
| 3mm（普通清水模板） |  |  |
| 10 | 单排钉眼间距 | 钉眼 150～300mm，规则 |  |  |
| 11 | 对拉螺栓孔中心线偏移 | 1mm（拉线、尺量） |  |  |
| 12 | 螺栓直径偏差 | 0.25mm（游标卡尺） |  |  |
| 13 | 明缝条截面尺寸偏差 | 1mm（尺量） |  |  |

**表C.0.2 清水混凝土模板验收允许偏差和检验方法（添加预埋件允许偏差）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 允许偏差 | 检验方法 |
| 饰面清水混凝土 | 普通清水混凝土 |
| 1 | 模板高度 | ±2 | ±2 | 卷尺量 |
| 2 | 模板宽度 | ±1 | ±1 | 卷尺量 |
| 3 | 模板板面对角线差 | ≤2 | ≤3 | 卷尺量 |
| 4 | 板面平整度 | ≤2 | ≤3 | 2m靠尺及塞尺量 |
| 5 | 边肋平直度 | ≤2 | ≤2 | 2m靠尺及塞尺量 |
| 6 | 相邻面板拼缝高低差 | ≤0.5 | ≤1.0 | 平尺及塞尺量 |
| 7 | 相邻面板拼缝间隙 | ≤0.8 | ≤0.8 | 塞尺量 |
| 8 | 连接孔中心距 | ±1 | ±1 | 游标卡尺量 |
| 9 | 连接孔中心与板面间距 | ±0.5 | ±0.8 | 游标卡尺量 |

**附录D 混凝土成品保护、成品修补与喷涂施工**

**混凝土成品保护**

1 现场应建立严格有效的混凝土成品保护制度，明确保护内容和责任，对易于污染和碰撞损坏的部位应制定专项保护措施；并设专职质检员对已浇筑的混凝土结构进行巡查；

2 当挂架、脚手架、吊篮等与成品清水混凝土表面接触时，应使用橡胶板、聚苯板等衬垫材料保护，避免划伤混凝土面；

3 在水平施工缝处，每次混凝土浇筑完成后宜采取截水引流措施，保护已浇筑混凝土成品；

4 严格控制拆模时间和拆模程序，防止因时间控制不当或操作粗犷造成混凝土板面、棱角和线条等损伤。

**混凝土成品修补**

1 养护完成后，采用高粘结聚合物腻子对基面局部轻度处理，修补部位或色差部位采用微成膜技术进行色差调控，达到与整体基面协调一致的效果；

2 模板拆除后，应对拉螺栓孔眼进行封堵处理，封堵处理应符合以下要求：

1）桥塔表面预埋件埋设应尽量采用预留孔洞形式；

2）垂直对拉螺栓孔眼，吊模宜采用竹胶板，紧贴混凝土结构底面，顶部设计设置吊梁固定，吊模尺寸大于预留孔直径，防止漏浆。对于直径≤20mm的预留孔，宜使用环氧砂浆进行封堵，其余预留孔采用混凝土进行封堵；

3）水平对拉螺栓孔眼清理预留孔后，封堵端头进行压浆处理；

4）宜采用微膨胀细石混凝土进行封堵，调制颜色应于清水混凝土基本相同，且不应低于设计混凝土强度；

3 混凝土拆模以后，应对影响成品表面质量的局部缺陷及时修补。修补材料宜采用混凝土原配合比的水泥与白色硅酸盐水泥、建筑胶乳调制成颜色与混凝土基本相同的水泥浆（或砂浆），且应首先在样板构件上做试验，优选适宜的修补方法和材料配比；

4 混凝土成品表面细粒污染物可采用细砂纸打磨清除，并应避免损伤混凝土表面光洁度。

5 当出现影响清水混凝土外观的质量问题，如表面裂缝、气泡、蜂窝、麻面、露筋等，应进行修补，应符合以下规定：

1）裂缝及水线：修补完成后表观无明显裂缝及水线。

2）气泡：直径超过5mm 的气泡应进行修补，部分细小气泡可不做修补。

3）蜂窝：对小蜂窝，洗刷干净后，采用水泥砂浆抹平压实；较大蜂窝，凿去薄弱松散颗粒，洗净后支模，用高一强度等级的细石混凝土仔细填塞捣实；较深蜂窝可在其内部埋压浆管和排气管，表面抹砂浆或浇筑混凝土封闭后进行水泥压浆处理。

4）麻面：表面做粉刷的可不处理，表面不做粉刷的，应在麻面部位充分湿润 后用水泥砂浆抹平压光。

5）露筋：表面露筋宜洗净后在表面抹水泥砂浆，露筋较深应处理好界面后用高一级细石混凝土填塞压实。

**混凝土表面保护涂料施工**

1 普通清水混凝土的外表面宜喷涂透明或着色透明保护涂料，饰面清水混凝土的外表面应喷涂透明或着色透明保护涂料；

2 清水混凝土的外表面透明保护涂料的喷涂施工宜先做样板；

3 喷涂施工前，应将整个混凝土外露面清理干净，可采用干净水冲洗或湿抹布擦洗，如遇油污、铁锈等，可先采用草酸、柠檬酸、洗涤剂等稀释液除污，再用干净水彻底冲洗干净，待干燥后方可进行喷涂施工；

4 喷涂应均匀、无遗漏，喷涂后面层装饰效果明显，膜层应色泽均匀、平整光洁、无流坠、刷痕。各涂层喷涂遍数及施工间隔时间应符合产品自身要求；

5 同一视觉范围内的保护涂料及施工工艺应一致，以保证清水混凝土表面颜色的一致性。