现浇圆管柱薄壁饰面清水混凝土的研究在亚洲基础设施投资银行总部永久办公场项目的应用

范业侃　孟繁春　黄天贵　陈喜旺
（北京建工新型建材有限公司，北京市　朝阳区 100015）

摘要：亚洲基础设施投资银行总部永久办公场所项目浇筑薄壁饰面清水混凝土，混凝土浇筑后，不再有任何涂装、贴瓷砖、贴石材等材料，表现混凝土的一种素颜的手法。通过对钢筋、混凝土、模板、浇筑、养护等方面的研究，实现混凝土表面色泽均匀，自然质感的饰面效果[1]，同时满足工程的生产需求。

关键词：清水混凝土，混凝土，混凝土色差

Research on cast-in-place plain concrete with thin wall facing of circular pipe column in Asian Infrastructure Investment Bank (AIIB)Application

Yekan Fan,Fanchun Meng, Tiangui Huang, Xiwang Chen
(Beijing construction of new building materials Co., Ltd.，Beijing 100015，China)

Abstract: The permanent office of the headquarters of the Asian infrastructure investment bank (AIIB) is to cast fair-faced concrete. After the concrete is poured, there will be no paint, tiles, stones or other materials, which is a technique without makeup to express the concrete. Through the research of reinforcement, concrete, formwork, pouring and maintenance, the uniform color and natural texture of concrete surface can be achieved, and the production demand of the project can be satisfied.

Key Words: Fair-faced concrete,Concrete,Color difference of concrete

1　工程概况

亚洲基础设施投资银行总部项目属于国家重点过程，位于北京市朝阳区北五环边，奥森公园西侧，奥林西路路东。本工程地下三层，地上最高 17 层，为北京第一重点工程。其中首层柱采用清水混凝土，其中 25.7m 高度跨空层范围共计 24 根，6 米高 8 根，其余为 4.5 米高，地上模板接灰面大约 7000 m²，混凝土用量 820m³，现浇圆管柱薄壁清水混凝土 125mm 厚。清水混凝土除了具有普通混凝土的特性外，主要是为了满足外观效果的要求，尤其是表面颜色的一致性，这就要求我们把混凝土表面的色差控制到最小。

2　技术难点

2.1　混凝土难点

（1）圆管柱薄壁混凝土极易开裂；

（2）饰面清水混凝土对外观要求极高，如色泽统一、无明显色差；表面光泽，无蜂窝麻面；无明显的施工失误痕迹；

（3）混凝土浇筑施工不便，每 5-7 方混凝土需 3-5 小时施工时间，对混凝土工作性能的稳定

要求极高。

2.2 模板难点

（1）模板做成大小均匀的圆形模板存在一定难度；

（2）运输、加工及施工过程中，模板容易损伤；

（3）模板拼接缝的控制难度较大；

（4）模板在施工过程中，受力容易变形及移动。

2.3 钢筋难点

钢筋与模板太近容易在混凝土表面产生反锈现象。

3 设计思路

3.1 选择合适的钢筋与固定垫块，防止钢筋锈蚀。

3.2 清水混凝土配合比设计应遵循以下方面：

3.2.1 为了减小清水混凝土拌合物泌水几率，并保证混凝土的密实度、强度和耐久性，在拌合物流动性满足施工要求的前提下，混凝土用水量应尽可能小。

3.2.2 为了增加清水混凝土拌合物的流动性和粘聚性，混凝土中胶结料总量不宜过低；但是水泥用量不宜过高，以避免水泥水化热过大及混凝土收缩过大，所以清水混凝土中的掺合料用量较高（一般大于 20%）。

3.2.3 砂率是影响混凝土拌合物和易性的重要因素，其对拌合物粘度的影响也很明显，所以应选择适宜的砂率。砂率过小，拌合物在较长时间振捣时易离析，砂率过大，拌合物粘度会增大而不利于气泡排出。清水混凝土的砂率一般为 40%～45%[3]。

3.3 模板方面试验不同模板对混凝土的适应效果。

4 混凝土研究及性能表征

4.1 原材料

1、水泥：优先选用普通硅酸盐水泥。为保证混凝土色泽一致以及水泥与外加剂适应性的稳定，根据工程施工量预计拌制清水混凝土需要的水泥总量，要求采用同一厂家、同一品种、同一强度等级的水泥，最好采用同一熟料、同一批号的水泥进行封存，所用水泥质量要求稳定，含碱量低，C_3A 含量要小，标准稠度用水量小。优先选用大型水泥厂家，北京金隅琉璃河水泥满足要求。物理性能指标见表 4-1。

表 4-1 水泥物理性能指标

抗折强度 MPa		抗压强度 MPa		凝结时间		标准稠度	比表面积 m^2/kg	水化热 kJ/kg	
7d	28d	7d	28d	初凝	终凝			3d	7d
5.9	8.6	28.2	65.8	3h15min	4h10min	28.4%	331	266	316

2、粗骨料：所有石子均应选用同一产地、同一采石厂、同一规格的产品，运到搅拌站应专门堆放，不得与普通混凝土所用骨料混放。要求连续级配、同颜色、含泥量和针片状颗粒含量尽可能小；石子干净而不带杂物。

3、细骨料：要求固定产地、固定砂子细度模数、固定砂颜色。应选用中粗砂，细度模数应在 2.5 以上，含泥量和有害物含量应尽可能小。我站采用河北涿州天然河砂，细度模数 2.6～2.8 之间，砂颜色单一。

4、掺合料：要求采用优质掺合料，应固定供应厂商、固定品质、固定颜色。且不得含有任何

杂物最好采用生产厂家同一批次的掺合料。粉煤灰采用大唐同舟 I 级粉煤灰，矿粉选用三河天龙 S95 级矿粉，颜色统一、质量稳定。

5、外加剂：外加剂与水泥和掺合料的适应性必须良好。不同的外加剂会对混凝土的色泽造成不同的结果，所以必须采用同一厂家同一品种的外加剂，且外加剂的技术性能必须稳定，复掺一定量消泡剂及引气剂。

4.2 混凝土配合比设计

根据实践经验，初步确定配合比相关参数：水胶比 0.33-0.48,；砂率 41%-47%，外加剂掺量 1.2%. 试验配合比如表 4-2 所示。

表 4-2 清水混凝土试验配合比 kg/m³

序号	水胶比	砂率	水	水泥	粉煤灰	砂子	石子	外加剂
SP1-1	0.48	0.41	165	261	83	759	1092	4.1
SP1-2	0.43	0.43	165	292	92	779	1032	4.6
SP1-3	0.38	0.45	165	342	108	785	960	5.4
SP1-4	0.33	0.47	165	380	120	797	898	6.0

试验配合比的试验结果如表 4-3 所示。混凝土表面去图 4-1。

表 4-3 试验配合比的性能指标

序号	坍落度/mm	1h 坍落度/mm	塑性粘度/Pa. s	剪切应力/Pa	28d 强度/MPa
SP1-1	230	210	56.7	125.6	48.2
SP1-2	220	200	59.6	134.8	49.6
SP1-3	220	210	63.2	151.3	52.1
SP1-4	210	190	72.8	186.9	53.3

SP1-1 SP1-2 SP1-3 SP1-4

图 4-1 试验配合比试件表面状态

在相同振捣工艺下，在外加剂中加入消泡剂与引气剂对于混凝土外观气泡有很大影响，消泡剂有利于减少气泡量，但大气泡相对较多；引气剂有利于消除表面大气泡，但表面产生较多气孔，如图 4-2。

图 4-2 消泡剂与引气剂对清水混凝土的影响

试验分析：

由表 4-3 可以看出随着混凝土水胶比的变小，混凝土拌合物的粘度越来越大，剪切应力也越来越大。高水胶比混凝土粘度低，不易开裂，表面大气泡少，但表面粗糙；低水胶比粘度大，易留置气泡，但表面光泽润滑。

降低砂率有利于降低混凝土开裂风险，但不利于混凝土浇筑，且容易出现蜂窝。高砂率时，同时砂子细度模数较高，浆体不足以填充砂子空隙，混凝土和易性显的较差。

矿物掺合料有利于减低混凝土的收缩，减小开裂风险；有利于调整混凝土的流动性，降低混凝土需水量；粉煤灰的加入可以调整混凝土的色泽。

在外加剂中加入适量消泡剂与引气剂对清水混凝土的表观有改善作用。

综合实验数据最终确定 C40 清水混凝土配合比及效果如下表 4-4，大盘试配如图 4-3。

表 4-4 清水混凝土配合比 kg/m^3

序号	水胶比	砂率	水	水泥	粉煤灰	砂子	石子	外加剂
SP1-3	0.38	0.45	165	312	108	785	960	5.4

图 4-3 搅拌机大盘试验

4.3 模板的选择

清水混凝土工程是直接利用混凝土成型后的自然质感做为饰面效果的混凝土工程，混凝土表面质量的最终效果主要取决于清水混凝土模板的设计、加工、安装和节点细部处理。清水混凝土模板更重视模板选型、模板分块、面板分割、对拉螺栓的排列和模板表面平整度。混凝土浇筑现场常用模板有钢模板、木模板、铝模板，脱模剂有油性脱模剂和水性脱模剂。

经过大量试验对比（三种模具与两种脱模剂结合试验）最终确定铝板渡漆模具+水性脱模剂效果最好，如图 4-4。实现了钢框的循环利用，减轻了模板整体重量，利于狭窄空间人工作业，避免了铝制模板与混凝土的反应，避免了模板锈蚀，水性脱模剂也减少了混凝土表面气泡。

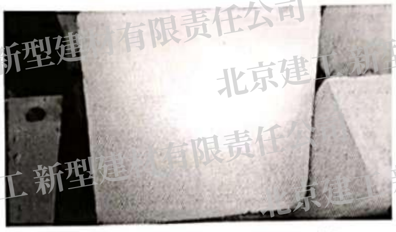

图 4-4 铝板渡漆模具+水性脱模剂效果

4.4 钢筋选择

钢筋 φ8@75，用三级钢；钢筋垫块采用成品垫块（图 4-5）；钢筋保护层厚度 35~50mm。钢筋保护层采用自制专用塑料垫块，确保混凝土表面无返锈现象，保证了钢筋距离模板的间距，避免混凝土的表面的龟裂。

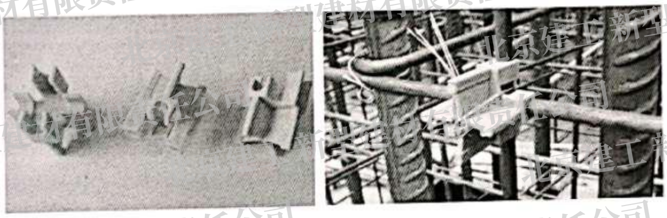

图 4-5 塑料垫块

5 施工方法应用

5.1 现场主要施工方法

（1）在钢柱原铆钉上安装模板定位桩：焊接 φ12 丝杆，端部安装圆形塑料防撞丝帽，使丝帽距离模板板面 1-3mm（沿钢柱周围水平均匀布置 16 道，成梅花状），高度间距为 1000mm 一道；

（2）模板安装过程中，多次自检底托标高确保在地平面负 20mm 处，并检查模板竖向拼缝和水平拼缝，做到垂直对齐；

（3）垂直运输：将使用汽吊吊装模板进行安装，若现场局部部位条件不能使用汽吊吊装模板，即采用轻型电动起重机进行安装；

（4）现浇圆管柱薄壁清水混凝土柱模板施工遇到与玻璃幕墙交叉作业时，应选择提前施工，避免工期拖延；

5.2 混凝土振捣

现浇圆管柱薄壁装饰混凝土 结构对成型表面的饰面效果要求极高，在钢柱周围一次性同时插入 10 条振动棒，随着分层灌注混凝土，逐步缓慢同时提升振动棒，进行振捣。根据实际情况在特殊部位无法使用插入式振捣棒，应使用附着式高频低幅振捣器，确保混凝土的表面无漏振，使气泡大大减少，让混凝土饰面效果达到“润”的状态。

5.3 混凝土养护

（1）混凝土柱表面不采用塑料薄膜养护，选用定时定量人工喷水养护，尽量避免风裂和温度裂缝；

（2）混凝土柱表面采用优质无纺布包裹，优点：透气性好、保湿性强，可避免混凝土养护面吸水不均匀、颜色深浅不一致现象[4]。

图 5-1 清水混凝土养护

6 结论

1. 清水混凝土施工是一项精细工程，需要模板、施工、混凝土等各个环节共同配合。每一个环节的疏漏所造成的缺陷均会在结构外表面展漏无疑。

2. 为了减小清水混凝土拌合物泌水几率，并保证混凝土的密实度、强度和耐久性，在拌合物流动性满足施工要求的前提下，混凝土用水量应尽可能小。

3. 清水混凝土的整体效果与所处环境、及所处装饰条件相匹配能显出更好的清水混凝土的装饰效果。

4. 清水混凝土的表观颜色的统一非常重要，因此混凝土原材料的统一性、后期养护的一致性均要求较高。

参考文献

[1] 张萍. 清水混凝土配合比设计与施工质量控制[J]. 混凝土, 2014, 36(8):107－110.
[2] 杨春常. 清水混凝土的质量控制要素[J]. 广东建材, 2015, 31 (5):23－25.
[3] 吴海勇, 马建高, 石福弟等. 清水混凝土配合比设计及脱模剂的选择[J]. 混凝土. 2007(12).
[4] 王佳倩, 王艳巧. 浅谈确保清水混凝土质量的施工技术措施[J]. 科技向导, 2015(5):75, 173.