



桥梁工程清水混凝土 设计与施工

Design and Construction of Fair-faced
Concrete for Bridge Engineering

江祥林 李北星 李娟燕 著
胡钊芳 审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

桥梁工程清水混凝土 设计与施工

江祥林 李北星 李娟燕 著
胡钊芳 审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书在总结九江长江公路大桥成功应用清水混凝土的经验的基础上,详细介绍了清水混凝土的历史沿革与新近发展、质量标准及其评价方法、原材料的选择、设计方法与制备技术、质量控制关键技术以及桥梁结构清水混凝土的施工工艺等内容,较为全面地论述桥梁工程清水混凝土工艺技术。

本书可供从事道路桥梁材料设计与施工的科研、技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程清水混凝土设计与施工 / 江祥林,李北星,
李娟燕著. —北京:人民交通出版社股份有限公司,
2018. 12

ISBN 978-7-114-15089-0

I. ①桥… II. ①江… ②李… ③李… III. ①桥梁结
构—混凝土结构—结构设计 ②桥梁施工—混凝土施工
IV. ①U443 ②U445.57

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 238966 号

书 名: 桥梁工程清水混凝土设计与施工

著 者: 江祥林 李北星 李娟燕

责任编辑: 韩亚楠 朱明周

责任校对: 张 贺

责任印制: 张 凯

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京虎彩文化传播有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 17

字 数: 388 千

版 次: 2018 年 12 月 第 1 版

印 次: 2018 年 12 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-15089-0

定 价: 68.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

序

清水混凝土又称装饰混凝土,因其具装饰效果而得名。它一次浇筑成型,不做任何装饰,直接采用现浇混凝土的自然表面效果作为饰面,表面平整光滑、色泽均匀、棱角分明、无碰损和污染,部分工程在表面涂一层或两层透明的保护剂,具有朴实无华、自然沉稳的外观韵味。因而,清水混凝土“素面朝天”的品位、与生俱来的厚重是一些现代建筑材料无法效仿和媲美的,其材料本身所拥有的柔软感、刚硬感、温暖感、清爽感不仅对人的感官和精神产生影响,而且还可表达出建筑情感,被建筑师们认为有着更胜金碧辉煌的艺术效果。世界上越来越多的大型工业与民用建筑,如国外的悉尼歌剧院、日本国家大剧院、巴黎史前博物馆、肯尼迪国际机场环球航空大楼、华盛顿达拉斯国际机场候机大楼等均采用了这一建筑工艺,我国少量高档建筑工程如海南三亚机场、首都机场、上海浦东国际机场航站楼、东方明珠的大型斜筒体、北京联想研发基地等也采用了清水混凝土材料。

随着绿色建筑的客观需求,人们环保意识的不断提高,返璞归真自然思想的深入人心,对清水混凝土的需求已不再局限于工业与民用建筑、厂房和机场,道路与桥梁工程也在探索应用清水混凝土。由于清水混凝土避免了抹灰开裂、空鼓甚至脱落的质量隐患,减轻了结构施工的漏浆、裂缝等诸多质量通病,推广使用清水混凝土工艺技术有可能使未来道路桥梁工程的外观与养护发生重大变革。然而目前我国清水混凝土尚处于发展阶段,属于新兴的施工工艺,真正掌握此技术的设计和施工单位不多。清水混凝土最终装饰效果,60%取决于混凝土浇筑的质量,40%取决于后期的透明保护喷涂施工,因此,清水混凝土对建筑施工水平是一种极大的挑战。

《桥梁工程清水混凝土设计与施工》一书详细介绍了清水混凝土的历史与发展、质量标准及评价方法、原材料的选择、设计方法与制备技术、质量控制关键技术及桥梁结构清水混凝土施工工艺等内容,是一本较全面阐述桥梁工程清

水混凝土工艺技术的专著。该书系统性好、逻辑性强、信息量大,对从事道路桥梁材料设计与施工的科研及技术人员均有重要的参考与指导价值。该书的出版无疑会对清水混凝土工艺在交通工程中的发展应用起到积极的推动作用,特为之序。

孫鈞

2018年5月9日

暮春佳日于同济园

(孙钧先生,同济大学一级荣誉教授、

中国科学院技术科学学部资深院士)

前 言

清水混凝土直接以原始浇筑面或仅以透明保护剂做保护性处理后的表面作为结构表面,其通过混凝土本色和自身质感实现美观效果。清水混凝土结构一次成型,不装饰、不剔凿、不修补、不抹灰,舍去涂料、饰面,减少了建筑垃圾,有利于环境保护。

自 20 世纪 90 年代以来,我国桥梁建设进入快车道,桥梁建设技术也不断取得了发展与进步,使我国从桥梁大国步入桥梁强国行列。与此同时,桥梁外观质量也越来越得到重视,许多桥梁外观要求达到清水混凝土的效果。清水混凝土结构大面平整、棱角分明、线条顺直、表面光洁、色泽均匀、无碰损和污染,且消除了混凝土蜂窝、麻面、水线、砂带、气泡、裂缝、冷缝、露筋、孔洞等质量通病。在倡导低碳经济的今天,这也是桥梁结构实现低碳技术的有效途径之一。然而,清水混凝土结构的设计与施工,还有待理论研究和实践应用;另外,我国清水混凝土施工机械化、标准化程度不高,受人为因素影响较大,工艺技术在我国建设工程中的应用仍待发展。

九江长江公路大桥建设项目全线长 17.1km,桥梁占比超过 70%,桥梁结构与构造物形式众多。为进一步提升项目建设质量,消除桥梁结构质量通病,在建设之初即确立了争创国优的质量目标,并以全线所有结构物应用清水混凝土为抓手。在学习国内外清水混凝土技术和类似工程实践经验的基础上,结合九江长江公路大桥各结构物特点及当前国内外清水混凝土工艺水平,进行了系统研究和线外足尺实体试验,并在工程中予以全面实践应用,取得了良好的效果。

本书旨在通过对清水混凝土在九江长江公路大桥的成功应用的经验总结基础上,引用国内外有关文献资料,针对清水混凝土的一些基本问题进行深入的论述,以期类似工程提供借鉴。

本书在编著过程中得到了九江长江公路大桥建设项目办的大力支持,项目办同仁们给予了很多好建议,清水混凝土技术也得到了中交二公局、二航局、路桥华

南公司和中铁二十三局、一局、大桥局等施工单位的大力应用实践与创新,使清水混凝土设计与施工技术不断得以提高完善,在此一并表示感谢!清水混凝土的设计、材料与施工及维修管理,仍存在许多问题等待人们去思考、去解决。本书难免存在差错与不足,热忱欢迎广大读者的批评与指正。

江祥林 李北星 李娟燕

2018年5月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 清水混凝土的发展概况	1
1.2 清水混凝土在桥梁工程中应用的意义	8
本章参考文献	9
第 2 章 清水混凝土质量标准及评价方法	11
2.1 概述	11
2.2 清水混凝土外观质量标准及评定方法	11
2.3 清水混凝土的耐久性标准与评价方法	19
本章参考文献	21
第 3 章 桥梁工程清水混凝土原材料选择	23
3.1 概述	23
3.2 原材料对清水混凝土表面颜色的影响	23
3.3 清水混凝土原材料选择	24
本章参考文献	33
第 4 章 清水混凝土的配制	35
4.1 概述	35
4.2 清水混凝土拌合物的工作性及评价方法	35
4.3 清水混凝土配合比设计考虑的条件	39
4.4 清水混凝土配合比设计原则	39
4.5 清水混凝土配合比设计指标	40
4.6 清水混凝土配合比设计方法	42
4.7 索塔清水混凝土配合比设计实例	47
4.8 清水混凝土拌和生产与管理技术	59
本章参考文献	64
第 5 章 清水混凝土外观质量影响因素及控制技术	67
5.1 钢筋工程对清水混凝土外观质量的影响及控制措施	67
5.2 模板工程对清水混凝土外观质量的影响及控制措施	69
5.3 混凝土工程对清水混凝土外观质量的影响及控制措施	78
5.4 清水混凝土表面颜色一致性的影响因素与控制措施	83
本章参考文献	86

第 6 章 桥墩清水混凝土施工工法	87
6.1 圆柱式墩柱	87
6.2 花瓶型薄壁墩	95
6.3 矩形薄壁墩	103
第 7 章 预制梁清水混凝土施工工法	119
7.1 后张法预应力混凝土 T 梁预制	119
7.2 后张法预应力混凝土箱梁预制	132
第 8 章 现浇箱梁清水混凝土施工工法	146
8.1 满堂支架现浇预应力混凝土连续箱梁	146
8.2 挂篮悬臂浇筑预应力混凝土连续箱梁	158
8.3 下行式移动模架逐孔现浇预应力混凝土连续箱梁	174
8.4 支墩支架现浇宽幅闭合型预应力混凝土连续箱梁	200
第 9 章 索塔清水混凝土施工工法	219
9.1 索塔清水混凝土施工技术难点	219
9.2 索塔清水混凝土施工技术方案	220
9.3 索塔清水混凝土表面缺陷修饰技术	238
9.4 索塔清水混凝土成品保护技术	241
第 10 章 桥面与路基附属工程清水混凝土施工工法	243
10.1 防撞护栏	243
10.2 钢护栏混凝土底座	252
10.3 路基防护与排水工程小型预制构件	257

第 1 章 绪 论

1.1 清水混凝土的发展概况

1.1.1 清水混凝土的概念

清水混凝土直接以原始浇筑面或仅以透明保护剂做保护性处理后的表面作为结构表面,其通过混凝土本色和自身质感实现美观效果。

依据我国建筑工程行业标准《清水混凝土应用技术规程》(JGJ 169—2009),清水混凝土分为普通清水混凝土、饰面清水混凝土和装饰清水混凝土。普通清水混凝土要求结构物外露的表面无蜂窝、麻面、露筋、空洞等外表缺陷并且没有无挂浆、气泡、翻砂等不良现象,结构物外露面脱模后线形顺畅,表面无明显拼缝,施工缝整齐,混凝土大面平整、表面光洁、色泽均匀一致。饰面清水混凝土是指表面颜色一致,由规律排列的对拉螺栓孔眼、明缝、禅缝、假眼等组合形成的、以自然质感为饰面效果的清水混凝土。装饰清水混凝土指表面形成装饰图案、镶嵌装饰片或彩色的清水混凝土。饰面和装饰这两类清水混凝土主要用于公共、商业、办公、住宅等城市建筑。

在国外,清水混凝土被称为建筑艺术混凝土(Architectural Concrete)、暴露表面混凝土(Exposed Concrete),或称作整形表面混凝土(Fair Faced Concrete),在日本称作表面处理艺术混凝土。与国内的定义相比,国外的清水混凝土更着重于强调混凝土的装饰性能,更倾向于艺术混凝土(Art Concrete)的概念。所定义的 Architectural Concrete 往往涵盖了艺术混凝土的概念,通过模板的刻纹以实现混凝土表面的各种图案和花纹,使混凝土更富有表现力,也可通过在混凝土中加入各种颜料,使混凝土五彩缤纷、色彩绚丽,以彰显其造型的艺术性、材料的特异性。

1.1.2 清水混凝土的发展历史与现状

清水混凝土的雏形产生于 20 世纪 20 年代建筑大师勒·柯布西耶倡导的“粗野”建筑表现理念,他认为房屋的墙体表面抹灰是多余的,提倡充分暴露墙体结构;模板拆除后不再做抹灰等外装饰而直接使用,如勒·柯布西耶设计的法国郎香教堂。这种清水混凝土在第二次世界大战后的重建中扮演了重要角色。

由于受材料、施工技术等的限制,具有现代意义的清水混凝土 20 世纪 50 年代才真正出现,其发展大致经历了以下三个阶段:

(1) 清水混凝土开始应用期:20 世纪 50 年代,在战后重建期间,由于受当时技术和经济的限制,许多混凝土工程不做外装饰。这就促使工程建设者们着手混凝土性能和模板体系的研究,努力改善混凝土表面质量,力图通过模板特殊工艺,在混凝土表面获得丰富多彩的建筑

艺术表现,弥补因不做建筑装饰而使混凝土结构建筑表现单调的不足。发展初期的清水混凝土主要应用于民用建筑和公共建筑,如法国勒·柯布西耶设计的马赛公寓(1948—1952年,图1-1)、美国设计师路易·康设计的耶鲁大学美术馆(1951—1953年,图1-2)、埃罗·沙里宁设计的纽约肯尼迪国际机场环球航空公司楼(1956—1961年,图1-3)和华盛顿达勒斯国际机场候机楼(1969—1974年,图1-4)等。

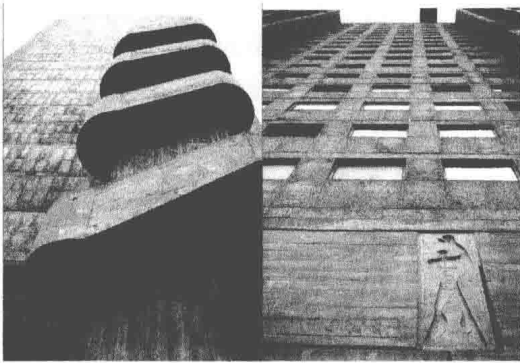


图 1-1 法国马赛公寓楼梯和粗犷的立面

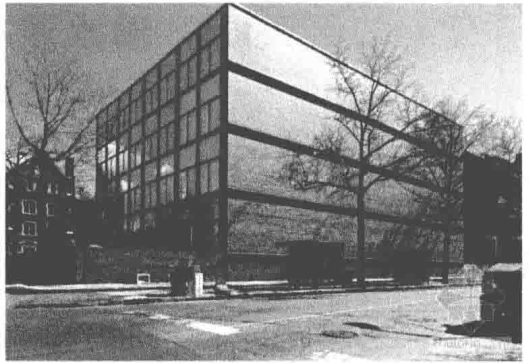


图 1-2 耶鲁大学美术馆



图 1-3 纽约肯尼迪国际机场环球航空公司楼

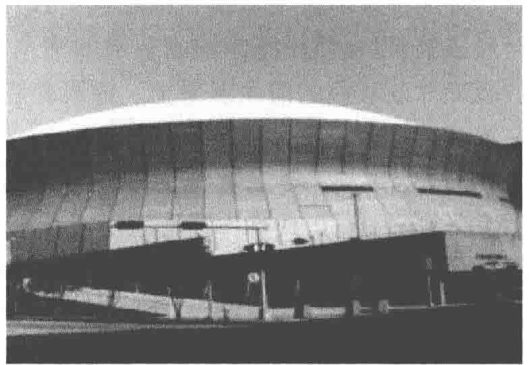


图 1-4 华盛顿达勒斯国际机场候机楼

(2)清水混凝土魅力期和衰微期:到了20世纪60年代,越来越多的清水混凝土出现在欧洲、北美洲、日本等发达国家和地区如美国耶鲁大学建筑与艺术馆(1963年)、德国曼姆其基督教堂(1965年)和东京的圣马利亚大教堂。到了20世纪80年代,一批新一代的建筑师延续了这种风格,强调建筑结构的科技性,形成了当时的“高技派”,它们的代表人物有理查德·罗杰斯、诺曼·福斯特、安藤忠雄等,典型作品如香港汇丰银行、日本光之教堂(混凝土墙面留出十字空隙,图1-5)、日本冈山直地中岛美术馆(弧形混凝土墙面,图1-6)、美国达拉斯市的肯堡美术馆(拱形屋面)以及巴黎史前博物馆等世界知名的艺术类公共建筑。在20世纪60~80年代清水混凝土由于耐久性和表面污染等问题陷入了应用危机,但饰面混凝土在色彩方面仍然有所突破,而且由于大型模板(胶合板)及新型模板技术、流态混凝土技术的发展,饰面混凝土表面质量有了极大的改善,表面装饰有光滑表面、木纹表面、立体图案表面及露集料表面,提高了观感性,并开始应用于大型公共建筑。



图 1-5 日本光之教堂



图 1-6 日本冈山直地中岛美术馆

(3)清水混凝土信赖性恢复期:20世纪90年代以来,由于大量新型现代装饰材料的出现,作为结构材料的混凝土几乎被各种面砖、涂料和幕墙等装饰材料所掩盖。新型饰面材料的确把建筑装扮得绚丽多彩,但不可避免地造成了诸如光、放射性等环境污染。面临日趋严重的环保问题,人类不得不加强自身的环保意识,追求人类与自然的协调发展,实现社会发展的可持续化。在建筑表现风格上崇尚简洁、明快、真实、返璞归真;在建筑设计理念上推崇低成本、低消耗、低污染的绿色建筑、生态建筑。清水混凝土饰面更能满足上述要求,这为清水混凝土的发展奠定了坚实的应用基础。随着自密实混凝土、透明模板、表涂硅树脂或氟碳树脂透明涂料等新材料的应用,清水混凝土逐步恢复了应用,如美国达拉斯的肯堡美术馆(拱形屋面)、日本姬路文学馆(1991年建成,弧形的混凝土墙面及平面墙体装饰线)、罗马当代艺术中心(弧形混凝土墙面)、京都府立陶板名画庭(平面墙体,1994年建成,图1-7)、日本神户兵库县立美术馆(弧形混凝土楼梯,2002年建成,图1-8)、日本大阪府立狭山池博物馆(弧形混凝土墙面,2001年建成)、德国沃尔夫斯堡斐诺自然科学中心(外窗和混凝土天花板,2005年建成)。

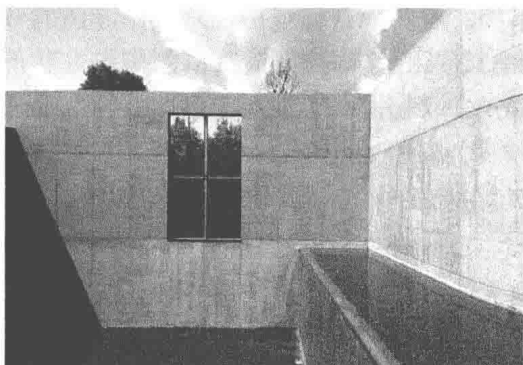


图 1-7 京都府立陶板名画庭

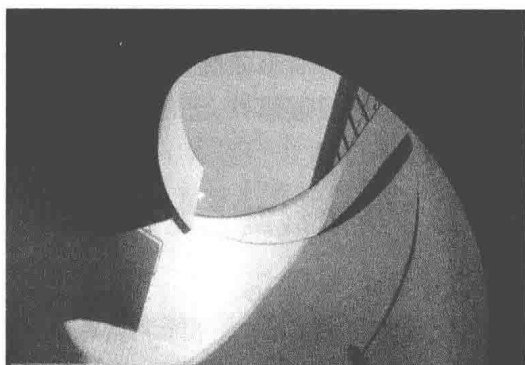


图 1-8 神户兵库县立美术馆

在亚洲,日本在清水混凝土的应用方面居于领先地位。第二次世界大战后,日本的部分混凝土建筑省掉了抹灰、装饰工序而直接投入使用,发展到今天,日本的清水混凝土技术得到了极大发展。在混凝土应用方面,日本改变了以前水泥表面不加修饰的手法,利用现代外墙修补技术,将水泥墙面拆模后进行处理,使混凝土表面达到非常精美的效果,同时又充分展现出混凝土本身特有的原始和朴素的一面。20世纪60年代采用这种工艺建成的日本奥林匹克体育场,曾在当时建筑界引起了轰动。但是,由于当时尚未出现防止混凝土潮湿变色和耐久性较好的涂料,几年后混凝土表面变黄,因此这种设计的流行时间很短。20世纪80年代中后期,日本建筑师安藤忠雄在东京的一座清水混凝土建筑中,采用防止潮湿变色的新品种AC涂料及常温固化型氟碳树脂涂料,使清水混凝土建筑表面质量可以维持10~20年。之后,日本许多建筑师纷纷效仿,从而带来了清水混凝土应用的第二次高潮。在日本乃至世界上其他国家清水混凝土越来越被人们所推崇和接受。现在,清水混凝土饰面建筑约占日本建筑总数的30%以上。

20世纪70年代,我国清水混凝土主要应用在预制混凝土外墙板方面。后来,由于人们将注意力转移至面砖和玻璃幕墙上,清水混凝土的应用和实践呈停滞状态。直到1995年,随着一系列模板标准的颁布出台以及专业模板公司的出现,清水混凝土技术的发展进入了一个崭新的阶段,可以不用抹灰直接批腻子、涂面漆。1997年,北京市设立了“结构长城杯工程”奖,推广清水混凝土施工,使清水混凝土得到了更好的发展。2000年前后,清水混凝土技术日趋成熟,在光泽和平整度方面可达到“镜面”效果,并更加注重细部和整体艺术效果,得到业界认可和青睐。

近年来,清水混凝土在我国标志性建筑物中得到广泛的应用。中建一局承建的联想研发基地(图1-9)被建设部列为“首座大面积清水混凝土建筑工程”,标志着我国清水混凝土技术已经发展到了一个新的阶段,是我国清水混凝土发展历史上的一座重要里程碑。随着绿色建筑客观需求的不断增多,人们环保意识的不断提高,返朴归真的自然思想愈加深入人心,我国又完成了一大批清水混凝土工程,如南京长江三桥(图1-10)、广州猎德大桥(图1-11)等交通基础设施工程,东方峡输变电工程中的龙泉变电站、青海公伯峡水电站厂房等工业基础设施以及北京亦庄东晶国际住宅工程、同济大学建筑城规学院C楼等民用建筑工程。少量高档公共建筑工程,如上海浦东国际机场航站楼、东方明珠大型斜筒体、武汉新火车站、北京首都机场T3航站楼、鸟巢清水看台(图1-12)等也都采用了清水混凝土。

综上所述,清水混凝土技术是随着混凝土技术的发展及社会环境的要求而不断改善和提高起来的。在初期,清水混凝土工程是竭尽全力制作混凝土结构本身,难以制作出完善的清水混凝土。后来,通过修补,进一步喷涂表面透明防水涂料,提高了混凝土的耐久性和防止了结构表面的污染。

1.1.3 清水混凝土发展中存在的问题

1) 设计方面

(1) 无清水混凝土的设计标准,从源头上制约了清水混凝土的应用。

当前,清水混凝土已发展至装饰清水混凝土阶段,清水混凝土优点和艺术效果淋漓尽致的展现,依靠的是设计和施工的完美结合,设计师的完美创意是清水混凝土结构产生的源泉;

其设计理念和标准是设计师的工作依据,但由于目前无设计标准,致使一些设计师对清水混凝土结构从概念上模糊、不认同和不接受,从源头上制约了清水混凝土的推广应用以及技术创新。



图 1-9 联想研发基地



图 1-10 南京长江第三大桥

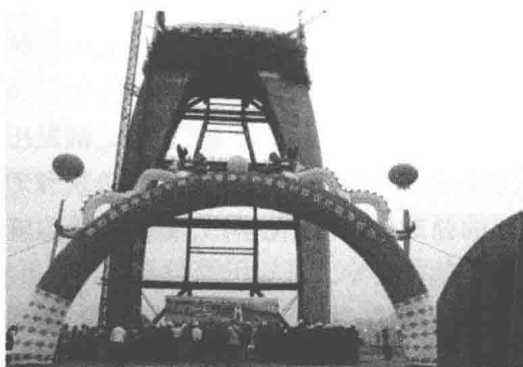


图 1-11 广州猎德大桥主塔



图 1-12 鸟巢清水看台图

(2) 清水混凝土的应用范围、深度和效果受设计方案等的制约。

清水混凝土结构是设计和施工两者相结合的体现,当前,清水混凝土工程多存在设计与施工分离的现象,多数工程为施工单位的自主行为,即仅在施工过程中实施;在项目的设计阶段根本未考虑清水混凝土结构的因素,也无结构设计人员进行方案创作、施工图设计等过程。设计与施工未能有机结合,导致了结构不能完全展现清水混凝土的风格和设计师意图。

(3) 主筋保护层问题。

清水混凝土与普通混凝土相比,由于取消了抹灰层和饰面层而直接暴露于空气中,使混凝土的碳化加快,从而会使混凝土过早失去对钢筋的保护作用,使钢筋脱钝、锈蚀和保护层顺筋开裂等现象,从而危及结构物安全,降低其使用年限。日本 20 世纪 60~70 年代的清水混凝土

土建筑物,经过 10~20 年的使用,出现了不少这类问题,影响了人们对清水混凝土应用的信心。为此,必须重视、研究清水混凝土保护层的相关问题。

2) 施工方面

(1) 整体饰面效果差:表现在各种预埋件的漏设计、漏埋,造成二次剔凿;设计师与施工单位配合不好;施工前没有进行饰面效果设计,结果达不到预期目标。

(2) 外观质量缺陷仍普遍存在:清水混凝土施工是一项非常细致的工作,需在混凝土原材料控制、混凝土浇筑与养护、钢筋放样与绑扎、模板选型与拼接,以及缺陷修复、成品保护各环节精细化施工。但由于当前缺乏成熟的施工工艺、科学的施工组织管理及工程施工人员的专业素质参差不齐,加上无严格的施工质量验收规范和技术标准可遵循,导致清水混凝土普遍存在外观质量缺陷和通病,与清水混凝土应该具有的光洁如镜、完美无缺的外观可观性有较大的差距。同时,由于验收标准不明确,引发了施工单位和业主间争议而无法合理解决。

(3) 清水混凝土构件的细部质量不够美观和精细:在层间过渡缝、模板拼缝等方面,由于施工单位不够重视、细部模板设计不合理等原因,致使清水混凝土质量有待提高,严重者还需要修补或重新抹灰。

(4) 模板的专业化发展不够,限制了清水混凝土技术的发展:新型模板技术的开发力度不够,束缚了清水混凝土技术的应用发展,主要反映在模板工程方案、体系、配置、投入量和支、拆等不够科学、合理和完善。

(5) 钢筋保护层施工问题:钢筋混凝土保护层关系到结构承载力、耐久性和防火性能等,尤其是安装垫块的部位造成清水混凝土构件产生如“补丁”般的质量缺陷。《混凝土结构工程施工验收规范》(GB 50204—2015)第 5.5.3 条规定“梁板类构件上部受力钢筋保护层厚度的合格点率应达到 90% 及以上”,但当前施工中钢筋保护层厚度的合格率较低,加之混凝土密实性较差,令人关注和担忧。采用尺寸、规格统一,表面光滑、密实,强度高的砂浆垫块和塑料垫块是解决这一问题的关键。垫块加工要实现工厂的标准化、专业化生产,确保钢筋位置准确和提高清水混凝土观感质量。

(6) 清水混凝土成品保护问题:清水混凝土刚拆模时光滑、光洁、美观、颜色均匀、色泽一致,但暴露于空气中后,在表面碳化、酸雨侵蚀等各种综合外因下,清水混凝土表面效果随着时间的增长而变淡,是否需要清水混凝土成品进行一定的涂装保护,意见不一。另外,当前保护剂的有效年限一般为 5~20 年,如何研发出更长久的保护剂是未来的一项课题。

3) 项目管理方面

清水混凝土施工工艺在国外已是一项成熟的技术,而国内直至今日才得到逐渐发展,其难点主要体现在项目管理的科学与严谨上。对于一个复杂的工程,最重要的就是有合适的运作系统。从组织设计、安排施工到项目管理与监理,如果每一个环节都运行良好,那么清水混凝土施工便能顺利进行。这也是为什么清水混凝土建筑在国外普遍应用而在国内却很少见的重要原因。

4) 观念的障碍

其实很多国内设计师对清水混凝土也情有独钟,也曾尝试着进行设计,并说服业主实施,但常有半途而废的实例出现,致使被迫改变方案。主要原因是具体实施起来各分项工种之间

默契配合,业主贯彻执行的力度不够坚决;更为重要的是设计师未将设计意图传递给业主与施工单位,并没有与他们一道在实践中摸索成功的出路。

另外,在经济上也存在认识上的误区。在我国,业主通常认为清水混凝土仅适用于一些由国家出资建设的大型高档工程,而在一般工程中应用价格偏高。价格偏高主要原因:清水混凝土施工要求精工细作,投入的人力、物力有所加大;施工质量控制环节也会增加相应的管理费用。但清水混凝土无须抹灰和装饰,最终还是降低了工程总造价,而业主往往看不到这点,因此还需在观念上有所转变。

5) 宣传方面

在国外工程中,并不对浇筑混凝土的色差、施工缝错台、气孔、锈水污染等缺陷进行处理,大众已经广泛接受了混凝土的瑕疵,认为是混凝土肌理的一部分。但在国内,只有专业人员,对上述问题是接受的;对于大众,把航站楼、博物馆做成清水混凝土,存在上述问题是很难被接受的。所以还要进一步宣传引导,在倡导节约型、环境友好型的当今社会,在不影响、不降低使用功能的前提下,一些工程不再装修,保留混凝土的本来面貌,不失为一种好的思路。

综上所述,清水混凝土是钢筋混凝土施工技术发展的一个方向,是一项涉及方案设计、模板体系设计和实施、钢筋工程、混凝土材料控制与施工工艺、混凝土表面修补、成品保护、表面涂装、施工管理等方面的综合技术。由于清水混凝土在现场施工等诸多环节的不确定性,以及目前国内施工水平普遍偏低,因此真正做成的清水混凝土桥梁屈指可数。

1.1.4 清水混凝土应用的发展趋势

随着人们环保意识的不断增强,清水混凝土技术的日臻完善和规范,其必将迎来更大的发展空间。目前,清水混凝土在我国应用和发展的趋势如下:

(1) 清水混凝土与高性能混凝土相结合。

由于清水混凝土面层上不再做饰面层(主要是桥梁、铁路、水利设施、工业建筑等),直接接受各种气候条件作用以及化学物质的侵蚀,因而在实际工程中要求将清水混凝土工艺和具备高耐久性、高工作性等特性的高性能混凝土(High Performance Cement, HPC)相结合,才能生产出造型优美典雅,又经得住岁月侵蚀的清水混凝土。

两者结合时,要注意以下问题:

①清水混凝土对表面处理高要求和高性能混凝土高性能结合技术研究。因清水混凝土在表面色彩与造型方面的独特性要求,高性能混凝土既要保证基体混凝土的耐腐蚀性,同时也要保证色彩和造型的耐候性。

②清水混凝土和高性能混凝土配合比结合方面的研究。采用清水混凝土施工工艺的高性能混凝土需对其配合比进行深入研究,保证混凝土表面色泽度、平整度、孔隙率、色差等方面的要求。近年来,日本、中国台湾等国家和地区的清水混凝土新建工程为求完成面之质感、工作度及充填完整效果,设计及施工单位大多会选择自密实混凝土,控制流动度、集料粒径、用水量等因素,究其原因除了自密实混凝土的充填性较佳外,完成表面的细致感也较易达到。

(2) 延长清水混凝土的耐久性。

《混凝土结构耐久性设计规范》(GB 50010—2002)规定了五类环境,对混凝土的最大水

灰比、最小水泥用量、最低强度等级、最大氯离子含量、最大碱含量、混凝土保护层厚度、裂缝宽度等做了要求。但环境对直接暴露在外的混凝土有着非常大的影响,施工中不可避免的混凝土裂缝、保护层偏差、保护剂耐久性时限,将降低清水混凝土耐久性,故《清水混凝土应用技术规程》(JGJ 169—2009)中要求设计使用年限宜控制在 50 年内。而对于使用年限更长久的基础设施,目前一般采取加大混凝土保护层厚度、改善混凝土性能、按照时限要求涂刷保护剂,来保证混凝土耐久性。

(3)充分考虑地域环境、文化和清水艺术表现力。研发适应一些风沙大、气候差、紫外线强度高自然条件较差地区的清水混凝土;解决清水混凝土在室外很快变旧、变脏的难题。在艺术表现力方面,尝试更丰富的、多样化的形式,如顶面上的、曲面的、倾斜的、多样的富于变化的线条线段及凹凸形状;并与其他材料复合使用。同时,应防止清水混凝土过度使用,丧失独特性,失去魅力。

(4)研究发现浇混凝土的替代产品,发展预制板、仿清水混凝土板材,实现工厂化、专业化生产。首先,能大为降低现场的施工难度,减少对一些优质资源的依赖,如优质河砂和优质木材;其次,材料变化后,减少对环境的影响;最后,专业化和工厂化能生产出更加丰富的产品,费用降低。

1.2 清水混凝土在桥梁工程中应用的意义

公路桥梁、铁路桥梁等基础设施生存环境均在野外,服役环境复杂,混凝土结构表面一般不做装饰,混凝土表面层对结构起着防护作用,以抵御来自外部环境的物理和化学劣化的作用,如碳化、化学侵蚀、钢筋锈蚀、冻融破坏等。因此,混凝土的表面层对桥梁混凝土结构长期耐久性起着决定性的影响,使其对混凝土结构的耐久性和外观质量提出了更严格的要求。同时,桥梁的外观质量也是桥梁美学的要求,是我国由桥梁大国向桥梁强国迈进的重要标志。因此,清水混凝土与桥梁工程的结合相得益彰,建设清水混凝土桥梁对提升桥梁的美学效果和提高桥梁结构的耐久性具有重要意义,主要体现在:

(1)有利于提高桥梁混凝土质量。由于清水混凝土特殊的性能要求,必须要求混凝土具有较高的工作性、稳定性、匀质性和硬化后的耐久性,这大大提高了钢筋混凝土结构的质量。清水混凝土优质的表观质量消除了普通混凝土的蜂窝、麻面、露筋、夹渣、明显气泡和孔洞等质量通病,真正达到了“内实外美”的质量水平。

(2)有利于外加剂、掺和料等的应用。清水混凝土所要求的高流态、良好的稳定性和均匀性,在满足强度的前提下,仅通过调整混凝土配合比难以达到性能要求,必须辅助采用适当比例的掺和料和优质外加剂的双掺技术来改善混凝土的工作性能和微结构,这不但可以节约水泥、减少成本,而且有利于新技术、新材料在桥梁工程中的应用与推广。

(3)有利于桥梁施工企业技术和管理水平的提高。清水混凝土不仅依赖于材料技术、检测与测量技术的发展,而且依赖于先进的施工工艺技术与管理水平。提高混凝土的外观质量要求促使施工企业不断提高技术水平、增强管理能力,以适应实际工程的需要,从而推动技术进步。施工中每一道工序都至关重要,迫使施工单位加强施工过程的控制,使结构施工的质