

现代混凝土结构 工程施工新技术

XIANDAI HUNNINGTU JIEGOU

Gongcheng Shigong Xin Jishu

姜卫杰 边广生 主编

中国矿业大学出版社

山东省建造师人才培养战略研究成果丛书

现代混凝土结构工程 施工新技术

姜卫杰 边广生 主编

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书介绍了现代混凝土结构工程施工中的新技术、新工艺。全书共分4章,包括《建筑业10项新技术(2010)》简介、模板及脚手架工程技术、钢筋及预应力工程技术和混凝土施工技术。

本书可作为建造师继续教育的培训教材,也可作为工程技术人员和大专院校相关专业的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代混凝土结构工程施工新技术 / 姜卫杰,边广生

主编. — 徐州:中国矿业大学出版社,2013.11

ISBN 978 - 7 - 5646 - 2069 - 1

I. ①现… II. ①姜… ②边… III. ①混凝土结构—
混凝土施工 IV. ①TU755

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第238886号

书 名 现代混凝土结构工程施工新技术

主 编 姜卫杰 边广生

责任编辑 满建康 吴学兵

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 日照报业印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 18 字数 449 千字

版次印次 2013年11月第1版 2013年11月第1次印刷

定 价 45.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

随着国民经济的快速发展,我国建筑业取得了蓬勃发展,新技术、新材料、新工艺和新方法大量涌现。建造师等执业人员需要不断学习和更新知识,以便跟上时代的发展,适应当前建筑业技术进步和持续发展的需要。

本书包含两部分内容。首先介绍了我国建筑业的10项新技术(第1章),目的是使建造师对目前我国建筑业的新技术有初步整体的了解;随后分三章(第2章至第4章)较为深入地介绍了“模板及脚手架工程技术”、“钢筋及预应力工程技术”和“混凝土施工技术”等专项施工新技术,目的是使建造师在规定的一次继续教育中能对几个专项技术进一步学习,更深入地掌握10项新技术中的相关知识。

本书作为建造师继续教育的培训教材,也可作为工程技术人员和大专院校相关专业的参考书。

本书由姜卫杰、边广生主编,高晓东参与了第3章的编写,吴小刚参与了第4章的编写。为满足建造师继续教育培训的需要,本书参考了住房和城乡建设部推广的《建筑业10项新技术(2010)》相关内容,在此一并表示感谢。

本书在组织编写过程中,始终得到了山东省住房和城乡建设厅、山东省建筑工程管理局、中国海洋大学、山东建筑大学等部门的大力支持,参考了大量文献,在此谨表谢意。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和不足之处,希望广大读者批评指正。

编 者

2013年10月

序

我国在 20 世纪 90 年代初着手研究建立注册建造师制度。1997 年颁布的《中华人民共和国建筑法》规定：“从事建筑活动的专业技术人员，应当依法取得相应的执业资格证书，并在执业证书许可的范围内从事建筑活动”。2002 年，原人事部、建设部颁布《建造师执业资格制度暂行规定》，正式推出建造师执业资格制度。从建造师执业资格制度启动伊始，我省各级建设行政主管部门积极贯彻落实建造师执业资格制度，加强建造师考试、注册管理、继续教育等各项工作的宣传和管理力度，扎实推进了我省建设执业资格制度的发展。10 多年来，我省取得建造师执业资格的人员突破 15 万人，有力地促进了建筑业人才队伍的建设，对全省建设事业的健康发展发挥出越来越重要的作用。

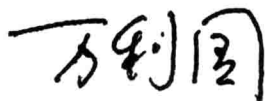
建造师执业资格制度是适应我国社会主义市场经济发展、加快工程建设领域改革开放步伐的一项重大举措。这项制度的建立，有利于发挥执业人员的技术支撑作用，降低资源和能源消耗、保护环境、控制工程建设投资成本；有利于规范我国建筑市场秩序，创造执业人员有序竞争的环境，规范执业人员的行为；有利于强化执业人员法律责任，增强执业人员责任心，确保工程质量和安全生产；有利于加强建筑业用工监管，防止拖欠农民工工资，促进社会和谐稳定；有利于加快我国建筑企业“走出去”步伐，提升我国建筑业国际竞争力。建造师应进一步解放思想，更新观念，牢固树立效益优先、创新创造、集约发展的理念，主动适应新形势要求，坚持与时俱进，及时更新知识，不断提高专业技能，严格遵守法律法规和建造师管理规章制度，全面推进建造师执业资格制度的健康发展。

注册建造师是工程项目施工管理的主要负责人，对工程项目自开工准备至竣工验收实施全过程组织管理。注册建造师的基本素质、管理水平及其行为是否规范，对整个工程项目的质量、进度、安全生产、投资控制和遵章守法起着关键作用。在我国全面建设小康社会的这一重要历史时期，注册建造师承担的责任和任务繁重而又艰巨，注册建造师要有一种历史的责任感，坚持“百年大计，

质量第一”和“安全第一,预防为主”的原则,用现代项目管理理论指导和组织实施项目管理。

为进一步加强注册建造师队伍建设,增强建造师服务建设事业的能力和水平,省建设厅执业资格注册中心组织山东建筑大学、山东交通学院、山东大学水利水电学院、中国海洋大学培训中心等单位,并邀请一批施工企业的优秀管理人员和建造师共同开展了山东省建造师人才培养战略研究工作,并组织编写了五个专题的一系列研究专著,作为建造师学习的教材和参考书目。希望全体建造师不断加强学习,全面提升熟练运用各种新技术、新工艺、新材料的能力,奋发进取,努力把我省建设事业提高到一个新水平,为把我省全面建成小康社会做出更大贡献。

山东省住房和城乡建设厅



2013年10月25日

目 录

第 1 章 《建筑业 10 项新技术(2010)》简介	1
1.1 地基基础和地下空间工程技术	2
1.2 混凝土技术	8
1.3 钢筋及预应力技术	18
1.4 模板及脚手架技术	23
1.5 钢结构技术	37
1.6 机电安装工程技术	42
1.7 绿色施工技术	52
1.8 防水技术	63
1.9 抗震加固与监测技术	76
1.10 信息化应用技术	84
第 2 章 模板及脚手架工程技术	92
2.1 新型模板技术体系	92
2.2 模板工程安全专项施工方案	141
2.3 模板的基本设计计算	145
2.4 新型脚手架体系	166
2.5 脚手架的基本设计计算	188
第 3 章 钢筋及预应力工程技术	200
3.1 钢筋工程新技术	200
3.2 预应力工程技术	226
第 4 章 混凝土施工技术	240
4.1 新型混凝土技术	240
4.2 混凝土施工新技术	262
参考文献	276

第1章 《建筑业10项新技术(2010)》简介

1994年,建设部下发了《关于建筑业1994年、1995年和“九五”期间推广应用10项新技术的通知》,此通知的发布对推动建筑业技术进步、提高工程质量起到了积极促进作用。1998年、2005年,根据我国建筑施工技术发展的实际情况,原建设部对10项新技术的内容进行了两次修订调整,分别下发了《关于建筑业进一步推广应用10项新技术的通知》、《关于进一步做好建筑业10项新技术推广应用的通知》,以加快新技术的推广应用,促进建筑业依靠技术进步转变发展方式,实现工程建设过程的节能减排,进一步提高我国建筑业的技术水平和经济效益。

近5年来,随着国民经济的持续稳定快速发展,我国以建设北京奥运、上海世博、广州亚运工程等重大工程为契机,新技术、新材料、新工艺和新方法大量涌现并取得突破性发展,有力地促进了建筑业整体技术水平的大幅度提高。

为适应当前建筑业技术迅速发展的形势,加快推广应用促进建筑业结构升级和可持续发展的共性技术和关键技术,引导建筑企业采用先进适用、成熟可靠的新技术,提高工程科技含量,保证工程质量和安全生产,自2009年起,住房和城乡建设部组织中国建筑股份有限公司、中国建筑科学研究院、中建材料工程研究中心、中国模板协会、中国安装协会、中国建筑业协会建筑防水分会、北京中建建筑科学研究院有限公司、中国水利水电建设集团公司、中国中铁股份有限公司、上海建工集团股份有限公司、清华大学等数十家单位的百余位专家对10项新技术进行了修订,并于2010年下发了《关于做好〈建筑业10项新技术(2010)〉推广应用的通知》。

关于做好《建筑业10项新技术(2010)》推广应用的通知

建质〔2010〕170号

各省、自治区住房和城乡建设厅,直辖市建委(建交委),山东、江苏省建管局,新疆生产建设兵团建设局,国务院有关部门,中央管理的有关企业:

《建筑业10项新技术》的推广应用,对推进建筑业技术进步起到了积极作用。近年来,奥运工程、世博工程等一批重大工程的相继建设,促进了工程技术的创新和研发应用。

为适应当前建筑业技术迅速发展的形势,加快推广应用促进建筑业结构升级和可持续发展的共性技术和关键技术,我部对《建筑业10项新技术(2005)》进行了修订,现将修订后的《建筑业10项新技术(2010)》印发你们。请各地继续加大以建筑业10项新技术为主要内容的新技术推广力度,充分发挥“建筑业新技术应用示范工程”的示范作用,促进建筑业新技术的广泛应用和技术创新工作。

附件:《建筑业10项新技术(2010)》(略)

中华人民共和国住房和城乡建设部

二〇一〇年十月十四日

《建筑业 10 项新技术(2010)》在内容上较以往作了大幅调整,拓宽了覆盖面,内容包括了 10 个大项 108 项技术。涉及的新技术以房屋建筑工程为主,突出通用技术,兼顾了水电、铁路、交通等其他土木工程;以施工技术为主,注重新材料与工艺的结合,强调基于总承包管理的设计与施工的协调技术;既总结了传统技术领域的最新发展成果,又引入了热点技术和前沿技术,新增抗震加固与监测、绿色施工等新技术,突出绿色环保、安全、抗震、加固与信息化应用技术内容;强调技术的可靠性、适用性,所有技术均有一定工程实践。

本章结合建筑工程专业需要,主要编录涉及房建工程领域的内容(共 94 项技术)。

1.1 地基基础和地下空间工程技术

1.1.1 灌注桩后注浆技术

(1) 主要技术内容

灌注桩后注浆是指在灌注桩成桩后一定时间,通过预设桩身内的注浆导管及与之相连的桩端、桩侧处的注浆阀注入水泥浆。注浆目的:一是通过桩底和桩侧后注浆加固桩底沉渣(虚土)和桩身泥皮,二是通过渗入(粗颗粒土)、劈裂(细粒土)和压密(非饱和松散土)注浆对桩底和桩侧一定范围的土体起到加固作用,从而增大桩侧阻力和桩端阻力,提高单桩承载力,减少桩基沉降。在优化注浆工艺参数的前提下,灌注桩后注浆技术可使单桩承载力提高 40%~120%,桩基沉降减小 30%左右。同时可利用预埋于桩身的后注浆钢导管进行桩身完整性超声检测,注浆用钢导管可取代等承载力桩身纵向钢筋。

(2) 技术指标

根据地层性状、桩长、承载力增幅和桩的使用功能(抗压、抗拔)等因素,灌注桩后注浆可采用桩底注浆、桩侧注浆、桩侧桩底复式注浆等形式。主要技术指标为:

① 浆液水灰比:地下水位以下 0.45~0.65,地下水位以上 0.7~0.9。

② 最大注浆压力:软土层 4~8 MPa,风化岩 10~16 MPa。

③ 单桩注浆水泥量: $G_c = a_p d + a_s n d$,式中桩端注浆量经验系数 $a_p = 1.5 \sim 1.8$,桩侧注浆量经验系数 $a_s = 0.5 \sim 0.7$, n 为桩侧注浆断面数, d 为桩径(m)。

④ 注浆流量不宜超过 75 L/min。

实际工程中,以上参数应根据土的类别、饱和度及桩的尺寸、承载力增幅等因素适当调整,并通过现场试注浆和试桩试验最终确定。设计施工可依据现行行业标准《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)进行。

(3) 适用范围

灌注桩后注浆技术适用于除沉管灌注桩外的各类泥浆护壁和干作业的钻、挖、冲孔灌注桩。

(4) 已应用的典型工程

北京首都国际机场 T3 航站楼。目前该技术应用于北京、上海、天津、福州、汕头、武汉、宜春、杭州、济南、廊坊、龙海、西宁、西安、德州等地数百项高层、超高层建筑桩基工程中,经济效益显著。

1.1.2 长螺旋钻孔压灌桩技术

(1) 主要技术内容

长螺旋钻孔压灌桩技术是采用长螺旋钻机钻孔至设计标高,利用混凝土泵将混凝土从钻头底压出,边压灌混凝土边提升钻头直至成桩,然后利用专门振动装置将钢筋笼一次插入混凝土桩体,形成钢筋混凝土灌注桩。后插入钢筋笼的工序应在压灌混凝土工序后连续进行。与普通水下灌注桩施工工艺相比,由于不需要泥浆护壁,无泥皮,无沉渣,无泥浆污染,长螺旋钻孔压灌桩施工速度快,造价较低。

该工艺还可根据需要在钢筋笼上绑设桩端后注浆管进行桩端后注浆,以提高桩的承载力。

(2) 技术指标

- ① 混凝土中可掺加粉煤灰或外加剂,每方混凝土的粉煤灰掺量宜为 70~90 kg。
- ② 混凝土中粗骨料可采用卵石或碎石,最大粒径不宜大于 30 mm。
- ③ 混凝土坍落度宜为 180~220 mm。
- ④ 提钻速度宜为 1.2~1.5 m/min。
- ⑤ 长螺旋钻孔压灌桩的充盈系数宜为 1.0~1.2。
- ⑥ 桩顶混凝土超灌高度不宜小于 0.3~0.5 m。
- ⑦ 钢筋笼插入速度宜控制在 1.2~1.5 m/min 之间。

设计施工可依据现行行业标准《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)进行。

(3) 适用范围

该技术适用于地下水位较高、易塌孔且长螺旋钻机可以钻进的地层。

(4) 已应用的典型工程

该技术在北京、天津、唐山等地 10 多项工程中得到了应用,受到建设单位、设计单位和施工单位的好评,经济效益显著,具有良好的应用前景。

1.1.3 水泥粉煤灰碎石桩(CFG 桩)复合地基技术

(1) 主要技术内容

水泥粉煤灰碎石桩复合地基是由水泥、粉煤灰、碎石、石屑或砂加水拌和形成的高黏结强度桩(简称 CFG 桩),通过在基底和桩顶之间设置一定厚度的褥垫层以保证桩、土共同承担荷载,使桩、桩间土和褥垫层一起构成复合地基。桩端持力层应选择承载力相对较高的土层。水泥粉煤灰碎石桩复合地基具有承载力提高幅度大、地基变形小、适用范围广等特点。

(2) 技术指标

根据工程实际情况,水泥粉煤灰碎石桩可选用长螺旋钻孔、管内泵压混合料成桩,振动沉管灌注成桩及长螺旋钻孔灌注成桩 3 种常用的施工工艺。主要技术指标为:

- ① 桩端持力层应选择承载力和模量相对较高的地层。
- ② 桩径:长螺旋钻中心压灌、干成孔和振动沉管成桩宜取 350~600 mm,泥浆护壁钻孔灌注素混凝土成桩宜取 600~800 mm。
- ③ 桩间距:独立基础、筏基和箱基宜取 3~5 倍桩径,墙下条基单排布桩宜取 3~6 倍桩径。

④褥垫层宜用中砂、粗砂、碎石或级配砂石等,不宜选用卵石,最大粒径不宜大于 30 mm,厚度宜取 0.4~0.6 倍桩径,夯填度不宜大于 0.9。

实际工程中,以上参数根据场地岩土工程条件、基础类型、结构类型、地基承载力和变形要求等条件或现场试验确定。设计施工可依据现行行业标准《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2012)进行。

(3) 适用范围

该技术适用于处理黏性土、粉土、砂土和已自重固结的素填土等地基。对淤泥和淤泥质土应按地区经验或通过现场试验确定其适用性。就基础形式而言,既可用于条形基础、独立基础,又可用于箱形基础、筏形基础。采取适当技术措施后亦可应用于刚度较弱的基础以及柔性基础。

(4) 已应用的典型工程

哈大铁路客运专线工程、京沪高铁工程。该技术在天津、河北、山西、陕西、内蒙古、新疆以及山东、河南、安徽、广西等地区多层、高层建筑、工业厂房、铁路地基处理工程中广泛应用,经济效益显著,具有良好的应用前景。

1.1.4 真空预压法加固软土地基技术

(1) 主要技术内容

真空预压法是在需要加固的软黏土地基内设置砂井或塑料排水板,然后在地面铺设砂垫层,其上覆盖不透气的密封膜使软土与大气隔绝;然后通过埋设于砂垫层中的滤水管,用真空装置进行抽气,将膜内空气排出,因而在膜内外产生一个气压差,这部分气压差即变成作用于地基上的荷载。地基随着等向应力的增加而固结。抽真空前,土中的有效应力等于土的自重应力,抽真空一定时间的土体有效应力为该时土的固结度与真空压力的乘积值。

(2) 技术指标

- ① 密封膜内的真空度应稳定地保持在 80 kPa 以上。
- ② 砂井或塑料排水板深度范围内土层的平均固结度一般应大于 85%。
- ③ 滤水管的上面应覆盖 100~200 mm 厚的砂层或其他水平透水材料。
- ④ 所需抽真空设备的数量,以一套设备可抽真空的面积为 1 000~1 500 m² 确定。
- ⑤ 当地基承载力要求更高时可联合堆载、强夯等综合加固。
- ⑥ 预压后建筑物使用荷载作用下可能发生的沉降应满足设计要求。

密封膜宜采用 2~3 层聚乙烯或聚氯乙烯薄膜;水平排水垫层宜采用含泥量不大于 5% 的中砂或粗砂,厚度不宜小于 40 cm;竖向排水系统宜采用塑料排水板,排水板间距宜为 0.7~1.3 m;设计施工可依据《真空预压加固软土地基技术规程》(JTS-2—2009)进行。

(3) 适用范围

该技术适用于软弱黏土地基的加固。我国广泛存在着海相、湖相及河相沉积的软弱黏土层,这种土的特点是含水量大、压缩性高、强度低、透水性差。该类地基在建筑物荷载作用下会产生相当大的变形或变形差。对于该类地基,尤其需大面积处理时,譬如在该类地基上建造码头、机场等,真空预压法是处理这类软弱黏土地基的有效方法之一。

(4) 已应用的典型工程

日照港料场、黄骅港码头、深圳福田开发区、天津塘沽开发区、深圳宝安大道、广州港南

沙港区、越南胡志明市电厂等。

1.1.5 土工合成材料应用技术

(1) 主要技术内容

土工合成材料是一种新型的岩土工程材料,大致分为土工织物、土工膜、特种土工合成材料和复合型土工合成材料4大类。特种土工合成材料又包括土工垫、土工网、土工格栅、土工格室、土工模袋和土工泡沫塑料等,复合型土工合成材料则是由上述有关材料复合而成。土工合成材料具有过滤、排水、隔离、加筋、防渗和防护等六大功能及作用。目前国内已经广泛应用于建筑或土木工程的各个领域,并且已成功地研究、开发出了成套的应用技术,大致包括:

- ① 土工织物滤层应用技术;
- ② 土工合成材料加筋垫层应用技术;
- ③ 土工合成材料加筋挡土墙、陡坡及码头岸壁应用技术;
- ④ 土工织物软体排应用技术;
- ⑤ 土工织物充填袋应用技术;
- ⑥ 模袋混凝土应用技术;
- ⑦ 塑料排水板应用技术;
- ⑧ 土工膜防渗墙和防渗铺盖应用技术;
- ⑨ 软式透水管和土工合成材料排水盲沟应用技术;
- ⑩ 土工织物治理路基和路面病害应用技术;
- ⑪ 土工合成材料三维网垫边坡防护应用技术等;
- ⑫ 土工膜密封防漏应用技术(软基加固、垃圾场、水库、液体库等)。

(2) 技术指标

该技术设计施工应符合现行国家标准《土工合成材料应用技术规范》(GB 50290—1998)及相关标准要求。土工合成材料应用在各种工程不仅能很好地解决传统材料和传统工艺难于解决的技术问题,而且均取得了显著的经济效益,工程造价一般可降低15%以上。

(3) 适用范围

土工合成材料应用技术的适用范围十分广泛,可在所有涉及岩土工程领域的各种建筑工程或土木工程中应用。

(4) 已应用的典型工程

青藏铁路工程、长江防波堤、重庆加筋岸壁、京沪铁路客运专线。

1.1.6 复合土钉墙支护技术

(1) 主要技术内容

复合土钉墙是将土钉墙与一种或几种单项支护技术或截水技术有机组合成的复合支护体系,它的构成要素主要有土钉、预应力锚杆、截水帷幕、微型桩、挂网喷射混凝土面层、原位土体等。

复合土钉墙支护具有轻型、机动灵活,适用范围广,支护能力强,可作超前支护,并兼备支护、截水等效果。在实际工程中,组成复合土钉墙的各项技术可根据工程需要进行灵活的

有机结合,形式多样,复合土钉墙是一项技术先进、施工简便、经济合理、综合性能突出的基坑支护技术。

(2) 技术指标

① 复合土钉墙中的预应力锚杆宜采用钢绞线锚杆。

② 复合土钉墙中的止水帷幕形成方法有水泥土搅拌法、高压喷射注浆法、灌浆法、地下连续墙法、微型桩法、钻孔咬合桩法、冲孔水泥土咬合桩法等。

③ 复合土钉墙中的微型桩是一种广义上的概念,构件或做法如下:

- a. 直径不大于 400 mm 的混凝土灌注桩,受力筋可为钢筋笼或型钢、钢管等;
- b. 作为超前支护构件直接打入土中的角钢、工字钢、H 形钢等各种型钢、钢管、木桩等;
- c. 直径不大于 400 mm 的预制钢筋混凝土圆桩,边长不大于 400 mm 的预制方桩;
- d. 在止水帷幕中插入型钢或钢管等劲性材料等。

④ 土钉墙、水泥土搅拌桩、预应力锚杆、微型桩等的设计与施工应依据《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—2012)、《基坑土钉支护技术规程》(CECS 96:97)等现行技术标准设计施工。

(3) 适用范围

① 开挖深度不超过 15 m 的各种基坑。

② 淤泥质土、人工填土、砂性土、粉土、黏性土等土层。

③ 多个工程领域的基坑及边坡工程。

(4) 已应用的典型工程

北京奥运媒体村、深圳的长城盛世家园二期(深 14.2~21.7 m)、赛格群星广场基坑(深 13 m)、捷美中心(深 16.0 m)、广州地铁新港站(深 9~14.1 m)、上海西门广场、华敏世纪广场等一批深 8~10 m 且处于厚层软土中的基坑等。

1.1.7 型钢水泥土复合搅拌桩支护结构技术

(1) 主要技术内容

型钢水泥土复合搅拌桩支护结构同时具有抵抗侧向土水压力和阻止地下水渗漏的功能。其主要技术内容:通过特制的多轴深层搅拌机自上而下将施工场地原位土体切碎,同时从搅拌头处将水泥浆等固化剂注入土体并与土体搅拌均匀,通过连续的重叠搭接施工,形成水泥土地下连续墙;在水泥土硬凝之前,将型钢插入墙中,形成型钢与水泥土的复合墙体。

该技术的特点:施工时对邻近土体扰动较少,不至于对周围建筑物、市政设施造成危害;可做到墙体全长无缝施工、墙体水泥土渗透系数可达 10^{-7} cm/s,因而具有可靠的止水性;成墙厚度可低至 550 mm,围护结构占地和施工占地大大减少;废土外运量少,施工时无振动、无噪声、无泥浆污染;工程造价较常用的钻孔灌注排桩的方法节省 20%~30%。

(2) 技术指标

① 型钢水泥土搅拌墙的计算与验算应包括内力和变形计算、整体稳定性验算、抗倾覆稳定性验算、坑底抗隆起稳定性验算、抗渗流稳定性验算和坑外土体变形估算。

② 型钢水泥土搅拌墙中三轴水泥土搅拌桩的直径宜采用 650 mm、850 mm、1 000 mm,内插的型钢宜采用 H 形钢。

③ 水泥土复合搅拌桩 28 d 无侧限抗压强度标准值不宜小于 0.5 MPa。

④ 搅拌桩的入土深度宜比型钢的插入深度深 0.5~1.0 m。

⑤ 搅拌桩体与内插型钢的垂直度偏差不应大于 1/200。

⑥ 当搅拌桩达到设计强度,且龄期不小于 28 d 后方可进行基坑开挖。

主要参照标准有《型钢水泥土搅拌墙技术规程》(JGJ/T 199—2010)及《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—2012)等。

(3) 适用范围

该技术主要用于深基坑支护,可在黏性土、粉土、砂砾土层中使用,目前国内主要在软土地区有成功的应用。

(4) 已应用的典型工程

上海静安寺下沉式广场、国际会议中心、地铁陆家嘴车站、地铁 2 号线龙东路延伸段、上海梅山大厦、天津地铁二号线工程、天津站交通枢纽工程等。

1.1.8 工具式组合内支撑技术

(1) 主要技术内容

工具式组合内支撑技术是在混凝土内支撑技术的基础上发展起来的一种内支撑结构体系,主要利用组合式钢结构构件截面灵活可变、加工方便、适用性广的特点,可在各种地质情况和复杂周边环境使用。该技术具有施工速度快、支撑形式多样、计算理论成熟、可拆卸重复利用、节省投资等优点。

(2) 技术指标

① 标准组合件跨度为 8 m、9 m、12 m 等。

② 竖向构件高度为 3 m、4 m、5 m 等。

③ 受压杆件的长细比不应大于 150,受拉杆件的长细比不应大于 200。

④ 构件内力监测数量不少于构件总数的 15%。

主要参照标准为《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—2012)。

(3) 适用范围

该技术适用于周围建筑物密集,相邻建筑物基础埋深较大,施工场地狭小,岩土工程条件复杂或软弱等类型的深大基坑。

(4) 已应用典型工程

北京国贸中心、广东工商行业务大楼、广东荔湾广场、广东金汇大厦等。

1.1.9 逆作法施工技术

(1) 主要技术内容

① 施工原理:逆作法是建筑基坑支护的一种施工技术,它通过合理利用建(构)筑物地下结构自身的抗力,达到支护基坑的目的。逆作法是将地下结构的外墙作为基坑支护的挡墙(地下连续墙),将结构的梁板作为挡墙的水平支撑,将结构的框架柱作为挡墙支撑立柱的自上而下作业的基坑支护施工方法。根据基坑支撑方式,逆作法可分为全逆作法、半逆作法和部分逆作法 3 种。逆作法设计施工的关键是节点问题,即墙与梁板的连接、柱与梁板的连接,它关系到结构体系能否协调工作、建筑功能能否实现。

② 技术特点:节地、节材、环保、施工效率高、施工总工期短。

(2) 技术指标

① 逆作法施工技术总体上应符合国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《地下建筑工程逆作法技术规程》(JGJ 165—2010)的相关规定。

② 竖向立柱的沉降,应满足主体结构的受力和变形要求。

(3) 适用范围

该技术适用于建筑群密集,相邻建筑物较近,地下水位较高,地下室埋深大和施工场地狭小的高(多)层地上、地下建筑工程,如地铁站、地下车库、地下厂房、地下贮库、地下变电站等。

(4) 已应用的典型工程

上海环球金融中心裙房工程、上海世博地下变电站、北京百货大楼新楼、广州国际银行中心、北京地铁天安门东站等。

1.2 混凝土技术

1.2.1 高耐久性混凝土技术

高性能高耐久性混凝土是通过对原材料的质量控制和生产工艺的优化,并采用优质矿物微细粉和高效减水剂作为必要组分来生产的具有良好施工性能、满足结构所要求的各项力学性能、耐久性优良的混凝土。

(1) 主要技术内容

① 原材料和配合比的要求

a. 水胶比(W/B)不大于0.38;

b. 水泥必须采用符合现行国家标准规定的水泥,如硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或复合硅酸盐水泥,不得选用立窑水泥;

c. 粗骨料的压碎指标值不大于10%, $D_{\max} \leq 25$ mm,采用15~25 mm和5~15 mm二级配合,饱和吸水率小于2.0%,且无碱活性;

d. 采用优质矿物微细粉和高效减水剂是高耐久性混凝土的特点。矿物微细粉宜采用硅粉、粉煤灰、磨细矿渣及天然沸石粉等,所用的矿物微细粉应符合国家有关标准,且宜达到优品级。矿物微细粉等量取代水泥的最大量一般为:硅粉 $\leq 10\%$,粉煤灰 $\leq 30\%$,矿渣 $\leq 50\%$,天然沸石粉 $\leq 10\%$,复合微细粉 $\leq 50\%$;

e. 配合比设计强度应符合以下公式:

$$f_{cu,o} > f_{cu,k} + 1.645\sigma$$

式中 $f_{cu,o}$ ——混凝土配置强度,MPa;

$f_{cu,k}$ ——混凝土强度标准值,MPa;

σ ——强度标准差,无统计数据时,商品混凝土可取5.5~6.5 MPa。

② 耐久性设计的要求

a. 处于常规环境的混凝土结构,应满足所处的环境条件下服役年限提出的要求。

如抗碳化耐久性要求:

$$\frac{W}{B} \leq \frac{5.83C}{\alpha \times \sqrt{t}} + 38.3$$

式中 W/B ——水胶比;

C ——钢筋保护层厚度, cm;

α ——碳化区分系数, 室内 1.7, 室外 1.0;

t ——结构设计使用年限。

b. 对于处于严酷环境的混凝土结构的耐久性, 应根据工程所处环境条件, 按《混凝土结构耐久性设计规范》(GB 50467—2008)进行耐久性设计, 考虑的环境劣化因素有:

——抗冻害耐久性要求: 根据不同冻害地区确定最大水胶比及不同冻害地区的耐久性指数 k ; 受除冰盐冻融循环作用时, 应满足单位剥蚀量的要求; 处于有冻害环境的, 必须掺入引气剂, 引气量应达到 4%~5%。

——抗盐害的耐久性要求: 根据不同盐害环境确定最大水胶比; 抗 Cl^- 的渗透性、扩散性应以 56 d 龄期、6 h 总导电量(库仑)确定, 一般情况下, 氯离子渗透性应属非常低的范围 (≤ 800 库仑); 混凝土表面裂缝宽度符合规范要求。

——抗硫酸盐腐蚀的耐久性要求: 用于硫酸盐侵蚀较为严重的环境, 水泥中的 C_3A 不宜超过 5%, C_3S 不宜超过 50%; 根据不同硫酸盐腐蚀环境, 确定最大水胶比; 胶砂试件的膨胀率小于 0.34%。

——抑制碱-骨料反应有害膨胀的要求: 混凝土中碱含量小于 3.0 kg/m^3 ; 在含碱环境下, 要采用非碱活性骨料。

(2) 技术指标

① 工作性

坍落度不小于 200 mm; 扩展度不小于 550 mm; 倒筒时间不大于 15 s; 无离析泌水现象; 黏聚性良好; 2 h 坍落度损失小于 30%, 具有良好的充填模板和钢筋通过性能。

② 力学性能

抗压强度等级不小于 C40; 体积稳定高, 收缩小, 弹性模量与同强度等级的普通混凝土基本相同。

③ 耐久性

按上述技术内容中的耐久性技术指标控制, 结合工程情况也可参照《混凝土耐久性检验评定标准》(JGJ/T 193—2009)中提出的指标进行控制; 耐久性试验方法可采用《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》(GB/T 50082—2009)规定的方法, 主要有:

- a. 抗除冰盐冻融试验方法;
- b. 抗氯离子渗透性试验方法;
- c. 抗硫酸盐腐蚀试验方法;
- d. 碱含量计算方法;
- e. 骨料碱活性检验方法;
- f. 骨料碱-碳酸盐反应活性检验方法;
- g. 矿物微细粉抑制碱-硅反应效果检验方法。

也可参考中国工程建设标准化协会标准《高性能混凝土应用技术规程》(CECS 207: 2006)。

(3) 适用范围

高性能高耐久性混凝土适用于各种混凝土结构工程,如港口、海港、码头、桥梁及高层、超高层混凝土结构。

(4) 已应用的典型工程

杭州湾大桥、山东东营黄河公路大桥、武汉武昌火车站、广州珠江新城西塔工程、湖南洞庭湖大桥等。

1.2.2 高强高性能混凝土技术

高强高性能混凝土(简称 HS-HPC)是强度等级超过 C80 的混凝土,其特点是具有更高的强度和耐久性,多用于超高层建筑底层柱和梁,与普通混凝土结构具有相同的配筋率,可以显著地缩小结构断面,增大使用面积和空间,并达到更高的耐久性。

(1) 主要技术内容

HS-HPC 的水胶比 $\leq 28\%$,用水量 $\geq 200 \text{ kg/m}^3$,胶凝材料用量 $650 \sim 700 \text{ kg/m}^3$,其中水泥用量 $450 \sim 500 \text{ kg/m}^3$ 、硅粉及矿物微细粉用量 $150 \sim 200 \text{ kg/m}^3$ 、粗骨料用量 $900 \sim 950 \text{ kg/m}^3$ 、细骨料用量 $750 \sim 800 \text{ kg/m}^3$,采用聚羧酸高效减水剂或氨基磺酸高效减水剂。HS-HPC用于钢筋混凝土结构还需要掺入体积含量 $2.0\% \sim 2.5\%$ 的纤维,如聚丙烯纤维、钢纤维等。

(2) 技术指标

① HS-HPC 新拌混凝土的工作性直接影响该混凝土的施工性能,其最主要的特点是黏度大、流动性慢,不利于超高泵送施工。

混凝土拌和物的技术指标主要是坍落度、扩展度和倒坍落度筒混凝土流下时间(简称倒筒时间),坍落度 $\geq 240 \text{ mm}$,扩展度 $\geq 600 \text{ mm}$,倒筒时间 $\leq 10 \text{ s}$,同时不得有离析泌水现象。

② HS-HPC 的配比设计强度应符合以下公式:

$$f_{\text{cu},0} = 1.15 f_{\text{cu},k}$$

③ HS-HPC 应具有更高的耐久性,因其内部结构密实,孔结构更加合理。

HS-HPC 的抗冻性、碳化等方面的耐久性可以免检,如按照《高性能混凝土应用技术规程》(CECS 207:2006)标准检验,导电量应在 500 库仑以下;为满足抗硫酸盐腐蚀性应选择低 C_3A 含量($<5\%$)的水泥;如存在潜在碱骨料反应的情况,应选择非碱活性骨料。

④ HS-HPC 自收缩及其控制。

a. 自收缩与对策。

当 HS-HPC 浇筑成型并处于密闭条件下,到初凝之后,由于水泥继续水化,吸取毛细管中的水分,使毛细管失水,产生毛细管张力,如果此张力大于该时的混凝土抗拉强度,混凝土将发生开裂,称之自收缩开裂。水灰比越低,自收缩会越严重。

一般可以控制粗细骨料的总量不要过低,胶凝材料的总量不要过高;通过掺加钢纤维可以补偿其韧性损失,但在侵蚀环境中,钢纤维不适用;需要掺入有机纤维,如聚丙烯纤维或其他纤维;采用外掺 5% 饱水超细沸石粉的方法,以及充分地养护等技术措施可以有效地控制 HS-HPC 的自收缩和自收缩开裂。

b. 自收缩的测定方法。

参照《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》(GB/T 50082—2009)和中国工