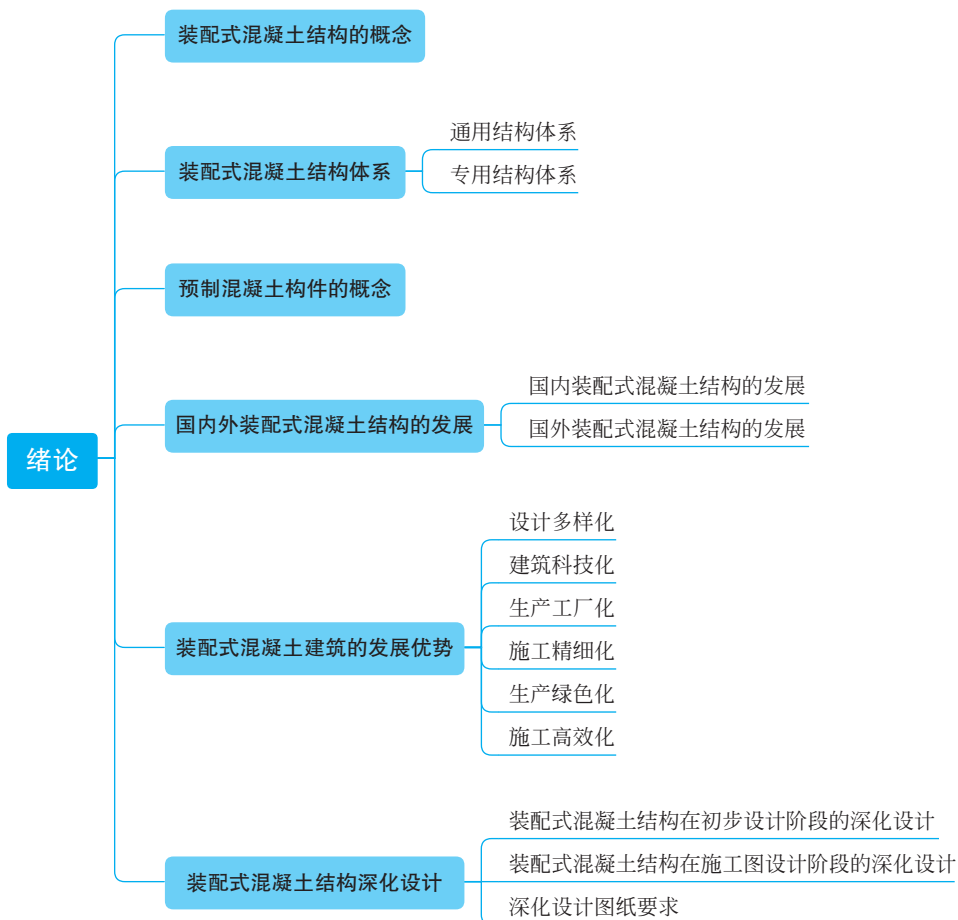


思维导图



教学目标

1. 知识目标

- (1) 了解装配式混凝土结构和预制混凝土构件的概念；
- (2) 熟悉装配式混凝土结构的深化设计要求；
- (3) 掌握装配式混凝土结构设计的一般流程。

2. 能力目标

- (1) 能够了解装配式混凝土结构的相关概念；
- (2) 能够明确装配式混凝土结构的深化设计要求；
- (3) 能够掌握装配式混凝土结构设计流程并运用。

3. 素质目标

- (1) 培养学生探索求知、创新实践的工作作风；
- (2) 培养学生团结协作、互帮互助的团队精神；
- (3) 培养学生吃苦耐劳、乐观向上的生活态度。

1.1 装配式混凝土结构的概念

装配式混凝土结构是指由预制混凝土构件通过可靠的连接方式进行连接并与现场后浇混凝土、水泥基灌浆料形成整体的装配式混凝土结构,简称装配整体式结构。构件的连接方法一般有连接部位后浇混凝土、采用螺栓或预应力连接等,钢筋连接可采用钢筋套筒灌浆连接、钢筋浆锚搭接连接、焊接、机械连接及预留孔洞搭接连接等方式。装配式混凝土结构适用于住宅建筑、公共建筑、工业建筑和农业建筑等。

1.2 装配式混凝土结构体系

装配式混凝土建筑结构体系可归纳为通用结构体系和专用结构体系两大类,其中专用结构体系一般在通用结构体系的基础上结合具体建筑功能和性能要求发展完善而来。目前的装配式建筑已向现浇和预制相结合的装配整体式混凝土建筑结构体系方向发展。

1.2.1 通用结构体系

目前所发展的装配式混凝土结构完全满足现行国家标准(包括抗震规范)的要求,具有较好的安全性、适用性和耐久性。从国内外的研究和应用经验来看,装配式混凝土结构和现浇结构一样可概括为框架结构体系、剪力墙结构体系及框架-现浇剪力墙(核心筒)结构体系三大类。各种结构体系的选择可根据具体工程的高度、平面、体型、抗震等级、抗震设防烈度及功能特点来确定,结构中承重构件可以全部为预制构件,或为预制与现浇构件相结合。

装配式框架结构与装配式框架-现浇剪力墙(核心筒)结构中的框架、梁、柱全部或部分采用预制构件,承重构件之间的节点、拼缝连接设计均按照等同现浇结构要求进行设计和施工。该结构体系具有和现浇结构等同的性能,结构的适用高度、抗震等级与设计方法与现浇结构基本相同,目前在上海城建集团开发的保障性住房中已广泛应用,预制率达70%,该保障住房成为国内预制化率较高的高层住宅。装配式框架结构可以结合预制外挂墙板应用,实现主要结构接近100%的预制化率,尽量减少现场的湿作业。

装配式剪力墙结构可以分为全预制剪力墙结构、部分预制剪力墙结构和适当降低结构性能要求的多层剪力墙结构(以下简称为装配式大板结构)。全预制剪力墙结构是指全部剪力墙采用预制构件装配。预制墙体之间的拼缝性能基本等同于现浇结构或者略低于现浇结构,结构设计时需要通过设计与计算满足拼缝的承载力、变形要求,并在整体结构分析中考虑拼缝的影响。全预制剪力墙结构体系的预制率高,但拼缝的连接构造比较复杂、施工难度较大,难以保证完全等同于现浇剪力墙结构,目前的研究和工程实践还不充分,其在地震区的推广应用还需要今后进一步的研究。部分预制剪力墙结构主要是指内墙现浇、外墙预制的结构。由于内墙现浇,结构性能和现浇结构类似,适用高度较高、适用性好;采用预制外墙可以与保温、饰面、防水、门窗、阳台等一体化预制,充分发挥预制结构的优势。该体系的适用高度可参照现行现浇结构的有关标准并适当降低,是目前阶段较为实用的一种结构体系。在以上全预制和部分预制剪力墙结构体系中,预制剪力墙可采用整块预制墙板和预制叠合墙板,其中在抗震设防地区应优先采用预制叠合板。

1.2.2 专用结构体系

装配式混凝土结构可结合各地区不同的抗震设防烈度、建筑节能要求、自然条件和结构特点,来研究开发专用结构体系,这样不仅可以提高装配结构模数定型的标准化要求,还可以提高建筑的预制率,从而提高施工效率,对缩短工期和降低成本具有非常重要的意义。

许多工业化程度高的国家都曾开发出各种装配式建筑专用体系,例如德国的预制空心模板墙体系、美国的预制混凝土双T板楼盖体系和预制混合型抗弯框架体系、日本的R-PC抗震框架体系、英国的L板体系、法国的预应力装配框架体系、WR-PC壁式框架体系、W-PC预制墙板体系等。我国的装配式混凝土单层工业厂房及住宅用多层装配剪力墙结构体系即装配式大板建筑体系等也都属于专用结构体系范畴。近几年,我国学者开发了一系列新型的预制混凝土结构体系,如预制混凝土框架内嵌带竖缝预制混凝土墙板结构体系、钢支撑-预制混凝土框架结构体系等。

1.3 预制混凝土构件的概念

预制混凝土构件是指在工厂中通过标准化、机械化方式加工生产的混凝土部件,其主要组成材料为混凝土、钢筋、预埋件、保温材料等。由于构件在工厂内机械化加工生产,因此构件质量及精度可控,且受环境制约较小。采用预制混凝土构件建造,具备节能减排、减噪降尘、减员增效、缩短工期等诸多优势。

预制混凝土构件的主要类型包括:全预制柱、全预制梁、叠合梁、全预制剪力墙、单层叠合剪力墙、双层叠合剪力墙、外挂墙板、预制混凝土夹心保温外墙板、预制叠合保温外墙板、全预制楼板、叠合楼板、全预制阳台板、叠合阳台板、预制飘窗、全预制空调板、全预制女儿墙、装饰柱等。

预制混凝土构件按结构形式可分为水平构件和竖向构件,其中水平构件包括预制叠合板、预制空调板、预制阳台板、预制楼梯板、预制梁等;竖向构件包括预制楼梯隔墙板、预制

内墙板、预制外墙板(预制外墙飘窗)、预制女儿墙、预制 PCF 板、预制柱等。

预制构件可按照成型时混凝土浇筑次数分为一次浇筑成型混凝土构件和二次浇筑成型混凝土构件。其中一次浇筑成型混凝土构件包括预制叠合板、预制阳台板、预制空调板、预制内墙板、预制楼梯、预制梁、预制柱等;二次浇筑成型混凝土构件包括预制外墙板(保温装饰一体化外墙板)、预制女儿墙、预制 PCF 板等。

1.4 国内外装配式混凝土结构的发展

1.4.1 国内装配式混凝土结构的发展

我国自 20 世纪 50 年代开始向苏联学习,1959 年引入的苏联拉姑钦科薄壁深梁式大板建筑在历史上第一次打破了中国几千年来“秦砖汉瓦”的传统。之后,许多城市建立了预制构件生产基地,主要推广装配式大板居住体系,这是我国最早研究发展并形成规模的工业化建筑体系。

20 世纪 60 年代,多种装配式混凝土建筑体系得到快速发展,预应力混凝土圆孔板、预应力空心板等快速推广;许多城市建立了预制构件生产基地,主要推广装配式大板居住建筑体系,这是我国最早研究发展并形成规模的工业化建筑体系,现场湿作业量少,施工速度快,受季节影响小,施工环境整洁文明。

20 世纪 70—80 年代,装配式建筑应用大量推广,北京从东欧引入了装配式大板住宅体系,建设面积达 70 万 m^2 ,至 20 世纪 80 年代末全国已经形成预制构件厂数万家,年产量达 2500 万 m^2 。

20 世纪末开始,由于劳动力的数量下降和成本提高,以及建筑业“四节一环保”可持续发展要求的提出,装配式混凝土结构作为建筑产业现代化的主要结构形式,又开始迅速发展。同时,结构设计技术、材料技术、施工技术的进步也为装配式混凝土结构的发展提供了条件。在市场和政府双重推动下,预制装配式混凝土建筑结构的研究和工程实践已成为建筑业发展的新热点,国内众多企业、大专院校、研究院所均开展了比较广泛的研究和工程应用示范。在引入欧美、日本等发达国家的现代化结构技术的基础上,完成了大量的理论研究、结构试验研究、生产装备和工艺研究、施工装备和工艺研究,初步开发了一系列适合我国国情的建筑结构技术体系。为了配合和推广装配式混凝土结构技术的应用,国家和许多地方发布实施了相应的技术标准和政策措施。

21 世纪,在“环保趋严+劳动力紧缺”背景下,装配式建筑迎来发展新契机。2014 年以来,中央及全国各地政府均出台了相关文件明确推动建筑工业化,形成了如装配式剪力墙结构、装配式框架结构、装配式钢结构等多种形式的装配式建筑技术,我国装配式建筑行业迎来了新的快速发展时期。制造业转型升级大背景下,中央层面持续出台相关政策推进装配式建筑行业的发展。随着各地积极推进装配式建筑项目落地,我国新建装配式建筑规模不断壮大。据住建部数据显示,2016—2020 年我国新建装配式建筑面积逐年大幅增长。2020 年,全国新开工装配式建筑面积达 6.3 亿 m^2 ,较 2019 年增长 50%。“十三五”的收官之年,我国圆满完成了《“十三五”装配式建筑行动方案》确定的到 2020 年新开工装配式建筑面积占新建建筑面积达 15%以上的工作目标,并且是以 20.5%的比例超额完成。

1.4.2 国外装配式混凝土结构的发展

西欧是预制装配式建筑的发源地,早在20世纪50年代,为解决第二次世界大战后住房紧张问题,欧洲许多国家特别是西欧一些国家大力推广装配式建筑,掀起了建筑工业化高潮。20世纪60年代,住宅工业化扩展到美国、加拿大及日本等国家。目前,西欧6层以下的住宅普遍采用装配式建筑,在混凝土结构中占比达35%~40%。

1. 美国

美国地域大,多元化发展,预应力预制构件应用广。美国装配式住宅盛行于20世纪70年代。1976年,美国国会通过了国家工业化住宅建造及安全法案,同年出台一系列严格的行业规范标准,一直沿用至今。除注重质量外,美国现在的装配式住宅更加注重美观、舒适性及个性化。在美国,大城市住宅的结构类型以装配式混凝土和装配式钢结构住宅为主,在小城镇多以轻钢结构、木结构住宅体系为主。美国住宅用构件和部品的标准化、系列化、专业化、商品化、社会化程度很高,几乎达到100%。用户可通过产品目录买到所需的产品。这些构件结构性能好,有很大通用性,也易于机械化生产。

2. 德国

德国的装配式住宅主要采取叠合板、现浇混凝土、剪力墙结构体系,采用装配式构件与现浇混凝土相结合的结构,耐久性较好。德国是世界上建筑能耗降低幅度最快的国家,近几年更是提出发展零能耗的被动式建筑。从大幅度的节能到被动式建筑,德国都采取了装配式住宅来实施,装配式住宅与节能标准相互之间充分融合,形成强大的预制装配式建筑产业链:高校、研究机构和企业研发提供技术支持,建筑、结构、水暖电协作配套,施工企业与机械设备供应商合作密切,机械设备、材料和物流先进,摆脱了固定模数尺寸限制。

3. 日本

日本于1968年就提出了装配式住宅的概念。1990年,推出采用部件化、工业化生产方式、高生产效率、住宅内部结构可变、适应居民多种不同需求的中高层住宅生产体系。在推进规模化和产业化结构调整进程中,日本住宅产业经历了从标准化、多样化、工业化到集约化、信息化的不断演变和完善过程。日本政府强有力的干预和支持对住宅产业的发展起到了重要作用:通过立法来确保预制混凝土结构的质量,坚持技术创新,制定了一系列住宅建设工业化的方针、政策,建立统一的模数标准,化解了标准化、大批量生产和住宅多样化之间的矛盾。

4. 英国

英国选择发展钢结构的道路,新建项目钢结构占70%。钢结构建筑、模块化建筑在新建建筑中占比70%以上,形成了从设计、制作到供应的成套技术及有效的供应链管理。

5. 法国

法国选择走预制混凝土结构的道路,1959—1970年起步,1980年后渐成体系,绝大多数为预制混凝土构造体系,尺寸模数化、构件标准化,少量采用钢结构和木结构,装配式连接多采用焊接和螺栓连接。

6. 丹麦

丹麦建筑产业化发达,产业链完整。建筑结构以混凝土结构为主。受法国影响,丹麦

政府强制要求设计模数化。另外,丹麦的预制构件产业发达,结构、门窗、厨卫等构件标准化程度高,如装配式大板结构、箱式模块结构等实现了标准化、批量化工厂生产。

7. 瑞典

瑞典以木结构建筑为主,装配式木结构产业链极其完整和发达。发展历史上百年,涵盖低层、多层甚至高层建筑,90%的房屋为木结构建筑。

8. 加拿大

加拿大建筑较多采用剪力墙+空心楼板,严寒地区混凝土装配化率高。类似美国,构件通用性高,大城市多为装配式混凝土结构和钢结构,小城镇多为钢或钢-木结构,抗震设防烈度6度以下地区采用全预制混凝土结构(含高层)。

9. 新加坡

新加坡装配式建筑以剪力墙结构为主。该国80%的住宅由政府建造,组屋项目强制装配化,装配率达到70%,大部分为塔式或板式混凝土多层、高层建筑,装配式施工技术主要应用于组屋建设。

1.5 装配式混凝土建筑的发展优势

与传统现浇混凝土建筑相比,装配式混凝土建筑具有设计多样化、建筑科技化、生产工厂化、施工精细化、生产绿色化、施工高效化等显著优势。

1.5.1 设计多样化

装配式混凝土建筑采用大开间布局方式,根据用户需求对空间进行灵活分隔,也可以满足家庭成员变化时调整空间布置的要求,从而达到居住舒适化的目的。可灵活拆卸、安装的轻质隔墙板是实现住宅空间灵活分隔、改造的手段,轻钢龙骨外罩石膏板或其他质轻吸声的板材是这种形式隔墙的常用做法。

1.5.2 建筑科技化

装配式建筑构件可在工厂增加保温层,在工厂加工生产质量有保证,与传统施工工艺相比功能效果更好。预制构件尺寸的高精度可以保证墙体和门窗间隙的密封效果更好。保温材料可以使用具有隔声、吸音功能的材料,降低噪声,提高居住品质。保温材料使用不燃或难燃材料,可避免建筑物发生火灾时火势在保温层蔓延。预制装配构件间连接构造采用柔性连接工艺,可以提高结构的抗震性。质轻材料的普遍使用可以减小建筑自重,减少建筑物的地基基础费用。简洁的外立面在长期使用的情况下,可以减少外墙开裂、褪色、变形的发生。轻质隔墙既有利于厨房、卫生间及各种配套设施设备的布置,也有利于后期电气设备和通信设备的改造和升级。

1.5.3 生产工厂化

预制装配式构件采用工厂化生产,有以下优点:预制外墙板可以采用模具、标准化蒸养

工艺及机械化喷涂等现代工艺;保温板主要使用板毡材料,可以替代传统的散装及颗粒状保温材料;屋架、屋面板、金属构件、预制混凝土构件、设备设施等制作精度较传统现场浇筑质量更高;石膏板、地砖、涂料、壁纸及吊顶天花板这些工艺复杂的材料只有通过工厂的专业设备才可以保证产品品质及生产效率。工厂化生产的另外一个优点是可以在材料及构件生产过程中随时控制材料的耐火性、保温隔音性、防火性、防潮性、抗冻性等性能。

1.5.4 施工精细化

装配式建筑预制构件现场采用装配化施工方式。采用装配化施工,有以下优点:施工工期短,特别适用于工期紧张的工程;可以减少工作量,节省劳动力;因为构件出厂时其产品质量已验收合格,施工现场只需要控制预制构件安装施工质量。

装配式建筑构件在预制工厂生产,生产过程中可由专业安装队伍对温度、湿度严格按照相关要求条件进行控制,构件的质量更容易得到保证。装配式混凝土可以提高建筑精度。现浇混凝土的误差往往以厘米计,而预制构件的误差以毫米计,误差大了就无法装配。预制混凝土构件在工厂模台上和精致的模具中生产,控制误差比现场容易。预制构件的高精度会带动现场后浇混凝土部分精度的提高。装配式混凝土建筑可以提高混凝土浇筑、振捣和养护环节的质量。浇筑、振捣和养护是保证混凝土密实和水化反应充分、进而保证混凝土强度和耐久性的非常重要的环节。现场浇筑混凝土,模具组装不易做到严丝合缝,容易漏浆;墙、柱等立式构件不易做到很好地振捣;现场也很难做到符合要求的养护。工厂制作构件,模具组对可以严丝合缝,混凝土不会漏浆;墙、柱等立式构件大多沿水平方向浇筑,振捣方便,板式构件在振捣台上振捣,效果更好;预制工厂一般采用蒸汽养护方式,养护的升温速度、恒温保持和降温速度智能化控制,养护湿度也能够得到充分保证,养护质量大大提高。装配式建筑外墙保温可采用夹心保温方式,即“三明治板”,保温层外有超过 50mm 厚的钢筋混凝土外叶板,比常规的粘贴保温板铺网刮薄浆料的工艺安全性、可靠性大大提高,保温层不会脱落,防火性能得到保证。近几年,相继有高层建筑外墙保温层大面积脱落和火灾事故发生,主要原因是保温层黏结不牢,刮浆保护层太薄,“三明治板”解决了这两个问题。工厂作业环境比工地现场更适合全面细致地进行质量检查和控制。装配式建筑的构件运输到现场后进行装配,大大提高了工程质量并降低了安全隐患。

1.5.5 生产绿色化

装配式建筑循环经济特征显著,由于采用的钢模板可循环使用,节省了大量脚手架和模板作业,节约了木材资源。此外,由于构件在工厂生产,现场湿作业少,大大减少了噪声和烟尘,对环境的影响较小。预制构件表面光洁平整,可以取消找平层和抹灰层。现浇混凝土使用商品混凝土,用混凝土罐车运输,每次运输混凝土都会有浆料挂在罐壁上,混凝土搅拌站出仓混凝土量比实际浇筑混凝土量大约多 2%,这些多余量都挂在了混凝土罐车上,还要用水冲洗掉。装配式建筑则大大减少了这部分损耗,工地不用满搭脚手架,减少脚手架材料消耗达 70% 以上。装配式建筑精细化和集成化会降低各个环节如围护、保温、装饰等环节的材料与能源消耗。集约化装饰会大量节约材料。装配式建筑进行建筑设计时,首先对户型进行优选,在选定户型的基础上进行模数化设计和生产。由于采用灵活的结构形

式,住宅内部空间可进一步改进,延长了住宅使用寿命。

1.5.6 施工高效化

装配式建筑的构件由预制工厂批量采用钢模生产,减少脚手架和模板数量,尤其是生产形式较复杂的构件时,优势更为明显;同时省掉了相应的施工流程,大大提高了时间利用率。装配式结构建筑使一些高处和高空作业转移到车间进行,即使没有自动化,生产效率也会提高。工厂作业环境比现场优越,工厂化生产不受气象条件制约,刮风下雨不影响构件制作。装配式建筑由于采用预制工厂施工,现场装配施工,机械化程度高,减少现场施工及管理人员数量,节省了人工费,提高了劳动生产率。装配式结构建筑是一种集约生产方式,构件制作可以实现机械化、自动化和智能化,大幅度提高生产效率。欧洲某生产叠合楼板的专业工厂,年产 120 万 m^2 楼板,生产线上只有 6 名工人。而手工作业方式生产这么多的楼板需要近 200 名工人。装配式结构建筑节省劳动力主要取决于预制率大小、生产工艺自动化程度和连接节点设计。预制率高、自动化程度高和安装节点简单的工程,可节省劳动力 50% 以上。

1.6 装配式混凝土结构深化设计

装配式混凝土建筑深化设计是指在设计单位提供的施工图的基础上,结合装配式混凝土建筑的特点以及参建各方的生产和施工能力对图纸进行细化补充和完善,制作能够直接指导预制构件生产和现场安装施工的图纸并经原设计单位签字确认。装配式混凝土建筑深化设计也被称为二次设计,用于指导预制构件生产的深化设计也被称为构件拆分设计。

1.6.1 装配式混凝土结构在初步设计阶段的深化设计

设计说明书中,工程概况应明确装配式结构类型、装配率;上部结构设计应增加预制构件布置说明、预制构件混凝土强度等级、钢筋种类、钢筋保护层、装配式结构构件典型连接方式(包括结构受力构件和非受力构件等连接)、预制构件吊装、临时支撑要求;主要结构材料应明确预制构件连接材料、接缝密封材料等。

设计图纸中,主要楼层结构平面布置图应注明预制构件示意、拆分定位及规格尺寸;结构主要连接示意图应包括预制构件与现浇部分、预制构件与预制构件之间应有连接详图。

计算书应包括连接节点、拼缝计算、装配式结构预制率的计算等内容。

1.6.2 装配式混凝土结构在施工图设计阶段的深化设计

结构设计总说明应包括的内容如下。

- (1) 装配式结构类型,各单体采用的预制结构构件布置情况等。
- (2) 采用装配式结构的相关法规与标准,注明采用的国家行业标准和地方标准。
- (3) 预制构件种类、常用代码及构件编号说明。
- (4) 采用装配式结构地震作用调整、预制构件的施工荷载等。

(5) 连接材料种类,包括连接套筒型号、浆锚金属波纹管、水泥基灌浆料性能指标、螺栓规格、栓钉材料、接缝所用材料、接缝密封材料及其他连接方式所用材料等。

(6) 装配式混凝土工程的要求:预制结构构件钢筋接头连接方式及相关要求;预制构件制作、安装注意事项、对预制构件提出的质量及验收要求;装配式结构的施工、制作、施工安装注意事项、施工顺序说明、施工质量检测和验收要求;明确装配式结构构件在生产、运输、安装(吊装)阶段的强度及裂缝验算要求。

结构施工图应包括以下几点。

(1) 构件布置图应区分现浇结构及预制结构。

(2) 装配式混凝土结构的连接详图,包括连接节点、连接详图等。

(3) 绘出预制构件之间和预制与现浇构件间的相互定位关系、构件代号、连接材料、附加钢筋(或埋件)的规格、型号,并注明连接方法以及对施工安装、后浇混凝土的有关要求等。

(4) 采用夹心保温墙板时,应绘制拉结件布置及连接详图。

(5) 构件模板图应标示模板尺寸、预留洞及预埋件位置、尺寸、预埋件编号、必要的标高;构件配筋图的纵剖面标示钢筋形式、箍筋直径及间距,配筋复杂时宜将非预应力筋分离绘出,横剖面图注明断面尺寸、钢筋规格、位置、数量等。形状简单、规则的预制构件在满足以上规定的前提下,可用列表法绘制。

(6) 计算书应包含采用装配式结构的相关系数调整计算,并给出装配式结构预制率的计算、连接接缝计算、无支撑叠合构件两阶段验算、夹心保温板连接计算;采用预制夹心保温墙体时,内外层板间连接件连接构造应符合其产品说明的要求,当采用新型连接件时,应有结构计算书或结构试验验证。

1.6.3 深化设计图纸要求

1. 深化设计总说明

深化设计总说明应按照施工图结构设计总说明的要求制定,包括工程概况、结构体系、材料说明、预制混凝土结构构造、构件厂生产要求、现场施工要求等。

2. 深化设计图纸

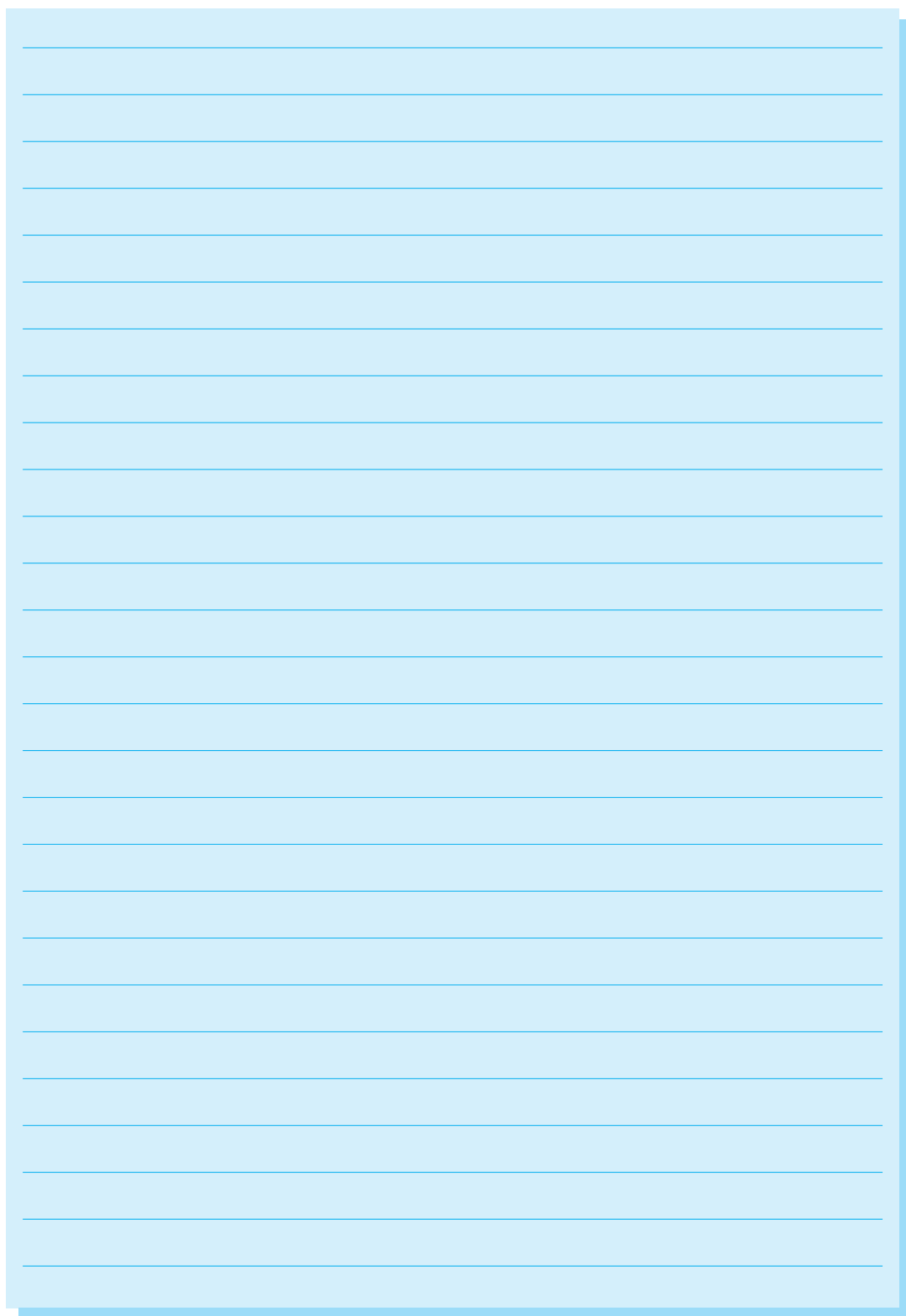
深化设计应根据施工图进行,其主要包括3部分的内容:一是和预制构件位置及数量有关的内容;二是细部节点构造;三是单一构件制作图。其中,和预制构件位置及数量有关的内容包括预制构件装配图、预制梁吊装顺序及临时支撑配置图、现浇层预埋件布置图、叠合梁上部主筋配置图、梁柱节点钢筋排布图等;细部节点构造包括预制构件钢筋标准图、预制构件开模图、预埋件详图、预制构件箍筋尺寸图、预制构件钢筋补强图等;构件制作图包括构件模板图和构件配筋图。

3. 深化设计计算书

深化设计阶段需要设计的内容包括预制构件脱模吊装用预埋件的设计、预制柱临时支撑设计、外挂墙板临时支撑设计和梁临时支撑设计等。

装配式混凝土结构构件深化设计应满足工厂制作、施工装配等相关环节承接工序的技术和安全要求,各种预埋件、连接件设计应准确、清晰、合理,并完成预制结构构件在短暂设计状况下的设计验算。

【学习笔记】



A large, light blue rectangular area with horizontal lines, intended for taking notes. The area is bounded by a thin blue line on the top, bottom, and left sides, and a thicker blue line on the right side. The lines are evenly spaced and extend across the width of the area.