

# 地下混凝土结构设计分析

赵心悦<sup>①</sup>

[ 合肥工业大学设计院(集团)有限公司, 安徽 合肥 230051 ]

**摘要:**近年来,随着建筑工程不断的发展,混凝土工程体量在不断增大,但是有限的城市地面空间,已经无法满足人们对空间的进一步需求,因此开展地下工程施工,致力于合理利用地下空间,为打造美丽都市提供可探索的巨大空间。由于不同城市对地下工程结构设计未有明确划分标准,具体设计时需要结合建筑综合衡量,保证地下混凝土结构设计合理。结构设计过程中,需要对各个环节进行全面把控,提高混凝土结构质量,减小浪费。保障工程设计合理性,提高工程造价合理性,推动地下工程更好发展。

**关键词:**地下工程;混凝土结构;结构设计

**中图分类号:** TU93 **文献标志码:** A



近年来,我国经济快速增长,建筑行业得以发展。现代化城市中,建筑用地越来越紧张,开发地下工程成为日后工程发展的主要趋势。现代化社会建设过程中,都会针对建筑物修建地下工程,以缓解地面空间不足的压力。地下结构位于建筑底层,其安全性是工程要关注的重点。建筑行业发展推动新科技与新材料出现,为工程开展创设有利条件,混凝土工程质量是决定工程质量第一要素,需要合理设计,提高其质量。因此,需要根据地下工程设计方向,科学选择混凝土结构形式与布置方法,保证工程设计的合理性,通过设计优化项目成本,为工程建筑设计优化提供参考与可行思路。

## 1 结构设计相关概述

在工程项目建设过程中,决定项目造价和价值的关键点在于设计。设计阶段占据工程部分比例,能看出设计是影响项目决策的关键。合理的建筑设计是控制项目造价的关键,对控制工程有决定性作用。一般房屋建筑项目,在设计阶段合理选择材料、设备,能在一定程度上节约工程成本,避免浪费现象发生。设计阶段合理选择设计方案,能有效降低工程建设成本,在满足建筑功能的基础上,实现对建筑合理设计,科学管控造价。

可以说,项目决策后,控制造价也是合理保障工程设计重点。节约项目成本,是当前建筑造价亟待解决的现实问题。本文通过加强对混凝土结构的设计,致力于优化地下工程的结构,满足工程结构布置具体要求。同时,根据地下空间提出设计方法,从材

料和结构入手,确保混凝土结构设计满足不同跨度和荷载的基础上,实现对工程的有效设计。

## 2 混凝土工程项目设计重点分析

总结诸多工程的设计经验可知,工程项目中,设计重点为主体结构、地基基础与地下结构。地下结构涉及平面布局、结构布置等因素。不同的结构形式对造价产生不同影响,加上社会不断变化,对建筑整体质量提出的要求越来越高,随之而来的是更高的性能要求。建筑寿命均值为30年,地震是导致寿命缩短的关键原因,因此设计建筑结构时,应保证建筑抗震性。为减少意外事故带来的影响,还需要提高建筑设计的耐火性。由此可见,地下工程设计需要对空间面积、结构等进行合理设计,保证混凝土结构设计合理,提高建筑的功能性与经济性<sup>[1]</sup>。

建筑工程常见的结构形式为框架结构、剪力墙结构等,不同结构优势与适用性存在差异,需要根据工程实际需求选择。(1)框架结构由多个节点连接而成,承受的荷载为水平与垂直方向,造价相对较低,但是抗震性能较强,公共建筑应用相对较多。

(2)剪力墙结构使用钢筋混凝土材料能形成抗震墙,有效发挥抗震作用,但是布置不够灵活,自重大,需要合理设计方可应用。(3)框架-剪力墙结构,充分结合两种结构的特点,布置灵活的同时,能承载较大荷载,在各大建筑工程中均有应用。对地下工程,设计阶段尤为重要。不同结构形式对工程造成的影响不同,不仅需要保障建筑安全,还应保证成本经济性,综合各项要素,选择最合理的结构。

**作者简介:**赵心悦(1991—),女,安徽固镇人,硕士,工程师,主要从事结构设计方面工作。

### 3 混凝土徐变理论

#### 3.1 混凝土徐变概念

由于混凝土在工程竣工后可能出现裂缝现象,需要保证其承载能力和强度。为提高混凝土工程整体质量,需要做好结构设计,确保外墙混凝土效果,对原材料质量进行控制,确定工程整体结构设计方案,提高工程质量。

徐变是混凝土结构变形的一种现象,通常受到恒定荷载作用的影响较大,在上述因素的作用下,随着时间推移,变形发生的风险会不断增加。这一变化主要与时间参数有关,表现为前期增长较快、后期缓慢变化,经过一定年限后,结构逐渐趋向稳定。由于混凝土是具有黏性的水泥凝胶体,会产生黏性流动,导致混凝土结构出现徐变现象。

#### 3.2 徐变影响因素

混凝土徐变随着水泥料中的 $C_2S$ 含量增大而改变,可见混凝土的原材料用量,对结构徐变有直接影响。由于骨料不会徐变,对结构收缩产生约束作用,因此需要合理配比混凝土拌和材料,保证混凝土结构质量;混凝土结构徐变多是荷载导致,随着混凝土龄期增加,徐变不断减小;构件尺寸会导致徐变现象,这是因为相同体积构件,水分大的一方,蒸发更快,造成混凝土干燥收缩;环境湿度会影响混凝土内部水分蒸发速度,增大徐变现象<sup>[2]</sup>。

国内对混凝土浇筑的理论指出,徐变存在于浇筑完成后。温度等因素导致的混凝土结构收缩、开裂影响结构质量。但是从实际来看,存在材料、环境等多种影响因素,只有科学保持混凝土结构温度应力,才能保证混凝土结构完整性,提高工程质量。

### 4 混凝土工程结构设计

为实现混凝土工程成本的合理把控,需要对其结构安全性和经济性进行合理设计。地下空间设计时,使用较多的就是混凝土结构,但是高温会影响混凝土性能,需要提高混凝土设计的耐火性,保障建筑结构安全,并结合工程成本控制,提高工程设计的经济性。应选择适宜的材料与性能参数,提高混凝土各个结构的性能。

#### 4.1 混凝土结构耐火性设计

混凝土是人工复合材料,影响其质量的因素较多。设计过程中,根据建筑规定的耐火等级分类,需保证建筑中混凝土构件有耐火性能。地下工程涉及混凝土梁、板、柱,需要结合整个项目中混凝土受力构件,充分考虑发生火灾时,构件的耐火性与安全性,保障工程项目安全。

为验证混凝土结构耐火性,需要对其进行分析。工程可选取混凝土构件,计算其有限元模型。因高温环境下,混凝土力学性能下降,需要在满足跨度和荷

载的基础上,提高混凝土梁的耐火性能。选择混凝土梁后,分析不同保护层厚度下,混凝土耐火情况。计算公式如下:

$$D = \frac{L^2}{400d} \text{ mm} \quad (1)$$

$$\frac{dD}{dt} = \frac{L^2}{9000d} \text{ mm/min} \quad (2)$$

式中 $L$ 为梁计算跨度、 $D$ 为梁的高度,按照梁的挠度超出 $L \times 30$ 的极限进行计算。由于地下工程混凝土梁跨度较大,远超出普通构件。根据耐火极限判定方法,构件在遇到火灾时,耐火极限超出3 h才能保证结构安全,反之则视为构件质量不合格。

#### 4.2 混凝土预应力结构

##### (1) 预应力设计

地下工程中,质量是第一要素。由于混凝土结构设计不合理,工程实施后导致墙体开裂。需要合理对混凝土拌和量及坍落度进行控制,提高混凝土质量。温度、拉力等因素都会影响混凝土,导致结构失去承载能力<sup>[3]</sup>。本次地下混凝土工程选择的结构为框架-剪力墙结构,需要用到大量的混凝土,在其硬化后为避免墙体开裂、沉降现象发生,针对混凝土结构可能出现的情况,采取有效措施。

对此,需要采取“抗”与“放”相结合的技术,以搭接的方式保障混凝土结构抗裂效果。同时,结合钢筋进行搭接处理,采用优化分级的方式,对原材料进行控制,减少混凝土收缩现象,保障混凝土结构质量。拌和混凝土的过程中,为防止混凝土结构开裂,掺加一定量的聚丙烯纤维,以提高混凝土密实度矩阵,有效提高混凝土各项性能,保障结构耐久性。地下工程环境特殊,地面存在潮湿现象。为解决这一问题,可以在底板浇筑时,掺和一定量的UEA(U型膨胀剂),通过其膨胀作用的发挥,使结构更加稳固耐久。浇筑后在适当时间振捣,提高混凝土抗裂抗渗性能;砌块墙体处理由于混凝土生产后放置时间未达标,需要保证水泥砂浆比例控制在合理范围,等到构件收缩稳定后才能应用于工程。做好温度控制与保湿工作,科学养护混凝土结构,控制裂缝。

##### (2) 预应力施加

混凝土结构质量难以保障,核心原因在于混凝土自身的抗拉性能较差。需要运用预应力有效解决这一问题,借助预应力抵消荷载引起的拉应力,保证混凝土结构施加的预应力可控。混凝土结构设计过程中,施加预应力能增加构件承载力,节约工程材料。根据工程工序,将预应力分为先张法与后张法。后张法可以用于预制和现浇两种混凝土结构中,通常需要等待混凝土养护完毕后操作。浇筑前操作会导致预应力筋黏结,通常会预留出孔道,等待混凝土强度符合要求

后, 穿入孔道中; 而无黏结预应力混凝土, 则是在预应力筋表面涂刷润滑、防锈蚀材料, 使用材料包裹后套入管道中运输, 保证运输过程中涂料层完好。这种方法无须穿洞、灌浆等操作, 有较高的应用价值。

### (3) 预应力计算

预应力的施加过程需要控制好力度, 而力度大小是需要根据外荷载等参数确定的。结合工程规范, 按照构件控制截面受拉区域计算。 $\sigma_{com}$ 指的是预应力钢筋张拉的最大值, 计算出预应力值, 才能减小徐变现象对预应力的影响。预应力损失根据混凝土结构计算, 但是混凝土所处的环境不同, 总损失值存在较大差异。根据对国内相关的地下工程进行分析, 对总预应力损失做出统计分析。在对混凝土结构设计时, 单跨构件取值 $0.8\sigma_{com}$ ; 双跨与三跨构件内支座截面取 $0.7\sigma_{com}$ , 三跨构件取 $0.6\sigma_{com}$ 。根据预应力损失产生不同原因, 需要运用分项预应力损失算法进行计算。由于混凝土收缩、徐变是其结构固有特性, 当混凝土结构长时间受到预应力作用时, 也会导致结构发生变化, 造成预应力损失。需要分别对先张法和后张法构件计算预应力损失。以上方法可以作为地下工程混凝土结构设计依据, 由于不同工程材料与工程环境不同, 实际计算出的值不同。为了保证预应力混凝土结构各个阶段的安全性, 除了加强监管外, 还需要做好应力损失实测工作, 保障混凝土结构设计质量<sup>[4]</sup>。

## 4.3 混凝土结构经济性设计

### (1) 地下工程柱网尺寸

根据相关规定的设计规范, 对地下空间设计, 应根据实际用地需求, 采取不同的设计方案, 对比选出最佳的方案, 需要选择占地面积最小的方案进行实施。以地下车库为例, 需要根据车辆停车空余面积最小作为最佳方案。这就需要针对不同车辆的停车宽度、通道宽度等参数进行记录分析, 从而得出最佳的停车方案。根据车库常用的柱网尺寸, 需要对不同尺寸的材料造价进行对比, 当柱网尺寸增加时, 车库材料造价费用也会增加。在对结构进行设计时, 应合理选择适宜的柱网尺寸, 降低工程造价。

### (2) 楼盖结构选择

楼盖分为多种形式, 需要对不同结构的优点、缺点进行对比, 综合选择较好的楼盖设计方案, 如表1所示。

表1 各楼盖布置形式优缺点分析

序号	梁板形式	优点	缺点
1	普通梁板	相对简单、结构延性好、便于浇筑、混凝土刚度有保障	主梁梁体较高、模板量较大, 影响工程美观度, 受天气因素影响
2	无梁楼盖	不受梁的限制、结构灵活布置、空间利用效率高	需要混凝土刚性、硬度较高, 养护不易, 混凝土易出现开裂现象
3	空心楼盖	结构自重轻、板底平整、方便布置管线	工艺要求较高、成本费用高、结构整体性差

结合工程造价, 对上述的三种楼盖造价进行比较。选择 $10.5\text{ m} \times 10.5\text{ m}$ 等不同跨度, 按照混凝土强度C30的方式, 估算实际造价。综合钢筋、混凝土含量估算的总成本数, 结果为无梁楼盖成本价格较为适宜。

根据不同参数对三种结构进行造价估算, 能得出的结论是: 无论基于何种条件, 空心楼盖消耗的成本都要高于其他两种结构, 并且跨度差距越大表现越明显。无梁楼盖与空心楼盖的成本相差无几, 但是普通梁板造价则远低于两者; 从三种楼盖造价数据来看, 都是无梁楼盖优势最佳。然而在跨度较小时, 空心楼盖的优势才能体现。根据工程实际需求, 也需要综合地选择无梁楼盖, 才能保障结构设计的合理性<sup>[5]</sup>。

### (3) 层高设计

根据建筑设计规范要求, 地下工程层高设计有明确规定, 不应超出净高范围。在确定好具体层高后, 对风管、管线等具体尺寸进行设计。通常普通地下工程, 根据有无楼盖, 分为非人防与人防设计, 两种不同的设计层高控制值分别为有梁盖(3.6/3.7 m)、无梁楼盖(3.3/3.4 m)。出于对造价的考虑, 地下工程层高每增加100 mm, 都会增加基坑开挖的土方工程量, 不利于工程开展。需要结合层高与控制要点, 当覆土厚度小于0.6 m时, 选取高度中值或高值, 做好层高科学设计。

## 5 结束语

综上所述, 地下工程设计过程中, 混凝土设计是重要的一环。为保证混凝土整体设计质量, 需要对混凝土结构进行合理设计。选择正确的材料与工艺的同时, 根据混凝土结构的影响因素, 采用有效的应对方法, 提高工程质量。未来地下空间合理规划更加重要, 因为地下空间工程有不可逆的因素存在。无论何种方面, 都应统筹对结构进行合理设计, 保证地下工程应用于交通通道、仓库、车库等, 都能保证结构安全性与功能性, 适应经济发展速度。

### 参考文献

- [1] 刘鑫. 西安某大型地下商业结构设计与分析[J]. 价值工程, 2022, 41(17): 65-67.
- [2] 余羽. 基于midas Gen与理正软件的地下隧道标准段结构设计分析对比[J]. 低碳世界, 2021, 11(11): 141-142.
- [3] 程露. 基于工程造价控制的房屋建筑类项目设计优化研究[D]. 天津: 天津理工大学, 2021.
- [4] 任俊勇. 某地铁车站深基坑开挖变形监测与数值模拟分析[D]. 合肥: 安徽建筑大学, 2020.
- [5] 马腾. 分片预制装配式混凝土综合管廊结构设计及优化研究[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2020.