

建筑结构设计常见问题与解决措施研究

夏道天

(寿县蜀山现代产业园投资有限公司, 安徽 合肥 232200)

摘要: 近年来我国建筑业发展迅速, 这种发展在建筑结构设计层面有直观体现。基于此, 本文以某综合体建筑工程作为研究对象, 深入探讨常见的建筑结构设计问题及解决措施, 供业内人士参考。

关键词: 建筑结构设计; 超长结构; 复杂结构

中图分类号: TU318 文献标识码: A

在城市化快速推进中, 综合体建筑在我国各地大量兴建, 这类建筑的体量较大且多数时候存在大量不规则项, 如楼板不连续、竖向不规则、错层等, 建筑结构设计难度因此大幅提升。保证综合体建筑结构设计水平, 正是本文研究的目标所在。

1 工程概况

为深入了解建筑结构设计问题, 选择某综合体建筑工程作为研究对象, 案例工程总建筑面积为 $4.79 \times 10^5 \text{m}^2$, 由大型购物中心、公寓、办公写字楼、住宅楼组成。图1为案例工程建成后效果示意图。



图1 案例工程建成后效果示意图

案例综合体建筑设置有连为一体的地下室, 共3层, 同时设置夹层1个, 工程一期由购物中心及2座塔楼组成, 购物中心平面采用L形设计, 塔楼设置于平面短边。整个一期工程地面结构包括购物中心平面长边, 属于典型的超大体型建筑,

存在 $305\text{m} \times 173\text{m}$ 的外包尺寸, 同时还包括塔楼与购物中心平面短边共同构成的大底盘多塔楼结构, 塔楼、裙房外包尺寸分别为 $49\text{m} \times 36\text{m}$ 、 $78\text{m} \times 127\text{m}$ 。案例综合体工程按照50年使用年限进行结构设计, 场区抗震设防烈度、工程抗震设防类别、建筑安全等级分别为6度、乙类、二级, 场地类别、地震设计分组分别为 类、第三组。设计中基本地震加速度、特征周期分别为 $0.05g$ 、 0.45s 。

2 常见问题分析

图2为案例综合体裙房剖面图, 结合该工程的结构设计进行分析可以发现, 结构设计主要面临以下几方面问题: 第一, 工程场地存在东南面低、西北面高的特点, 在将近 30m 的南北最大高差下, 主体结构两侧间存在较大的土压力差, 巨大侧推力因此出现, 因此结构设计需要设法解决侧土压力不平衡问题; 第二, 受不规则的建筑局部平面影响, 狭长连桥连接的南北侧区域存在复杂受力, 地震作用下的加强措施需要科学选择; 第三, 在较为特殊的商业区域楼盖局部平面形状及将近 30m 的跨度影响下, 竖向刚度及挠度方面问题很容易在大跨区域产生, 因此设计需要重点聚焦相关楼盖; 第四, 案例综合体工程存在 300m 长的单体结构。该超长结构很容易在施工中受到较大环境温差和混凝土收缩等因素影响, 因此设计过程中需要有针对性地考虑施工措施的优选^[1]。

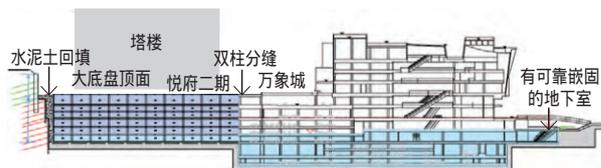


图2 案例综合体工程裙房剖面图

作者简介: 夏道天(1993—), 男, 助理工程师, 硕士研究生, 主要从事工程项目管理工作。

3 解决措施选择

3.1 侧土压力不平衡解决措施

结合图2进行分析可以发现,场地两侧高差较大,该高差在住宅区域极为显著,上述设计建成后的场地北侧结构需要承担高度为20m的单侧土压,受场地现状造成的限制影响,案例综合体建筑无法采用永久性支护,因此建筑主体结构需要对不平衡土压力进行直接承担,这会在一定程度上影响主塔及大底盘,因此结构设计需要采取有针对性的应对措施,包括水平构件构造强化和抗侧构件应用。抗侧构件措施指的是加长加厚部分塔楼范围剪力墙,具体为外墙垂直相连部分,以此实现对水土压力的抵抗。具体需要将扶壁柱设置于北面与西面外墙处,无法设置的部位需要进行抗侧剪力墙的设置,外墙水土压力可通过坡道板进行传递和约束。在强化水平构件构造方面,需要聚焦扶壁柱跨内楼板处,选择双层双向配筋设计,楼层板厚度最小应控制为180mm,部分特殊层最小需要控制为250mm,以此充分扩散传递部分水平力。同时基于双层双向配筋进行车道坡道板设计,为保证水平力向内筒有效传递,需按照最小250mm控制板厚^[2]。

楼板应力在水土侧压下的弹性分析也需要得到重视,结合分析结果有针对性加强、加厚对应部位。结合分析可以确定,拉力在各层地下室楼板处均出现,相对较大拉力出现于B2层,多数属于压应力,2.5MPa的较大压应力存在于迎水面处,多数区域压应力在1.5MPa以下,混凝土强度在C35时能够承担。2.6MPa的最大拉应力出现于剪力墙局部阴角部分,有针对性强化需要将钢筋网片设置于阴角部分。在对水土侧压抵抗中,塔楼内直接支撑外墙和塔楼外扶壁柱属于重要组成,围绕典型扶壁柱进行研究可以发现,相较于外墙处水土侧压,其水土侧压对应剪力占比为36%,具体值分别为14141kN、39282kN,通过计算可确定典型扶壁柱的壁厚、内力,进而完成有针对性配筋设计。由于案例综合体商业主体与B6层连接,存在500mm厚度的底板,作为地下室不会出现基础滑移,因此通过计算可确定侧土水压力带来的水平力小于持力层与塔楼及大底盘基础摩阻力。为更好应对水土侧压,设计时需要考虑扶壁柱处存在较大弯矩和水平剪力,保证零应力区不会在基础处出现^[3]。

3.2 大跨度楼盖优化设计

考虑到综合体建筑的特殊性,其大跨度楼

盖设计需要聚焦舒适度,避免周围人群因大跨度楼盖出现不舒适感。结合现行制度进行分析可以发现,一般的商业、办公、住宅建筑需要存在最低为3Hz的楼盖结构竖向频率,如低于该值需要对竖向振动加速度进行有针对性的验算。以案例综合体工程L4层竖向和L1层大中庭为例,两点存在较低的自振频率,开展竖向振动加速度分析可以发现,存在均小于规范限值的各点竖向振动加速度,因此竖向舒适度相关要求能通过设计满足。考虑到案例综合体建筑特点,为顺利通过超限审查,进一步对工程不规则大跨度区域进行分析,分析使用的软件为ABAQUS,通过补充竖向振动加速度时程分析并提取所有楼板节点加速度曲线,在完成傅里叶变换后,可最终得到转换处理后的对应频域数据,最终对楼面最大加速度在人体敏感频率下的分布进行提取,即可得到图3所示结果。图3中路径1、路径2的最大值分别为0.0082m/s²、0.0155m/s²。

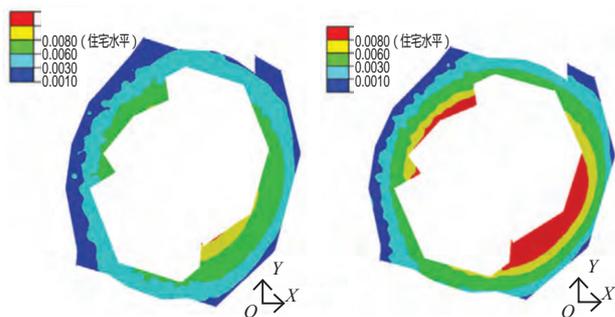


图3 楼盖竖向振动加速度(左为路径1,右为路径2)

综合分析可以确定,不规则天桥走道内侧外挑尺寸较大处存在最大加速度,相较于一阶振型图,存在基本一致的竖向振动加速度分布,具体情况能满足住宅水平,距离办公水平差距很小。考虑到设计中扶梯对舒适度产生的积极影响,可以认为案例综合体建筑商场结构设计能满足舒适度要求。为实现使用条件和外观改善,可进一步选择预起拱措施进行大跨度组合楼盖处理,具体按照一半活荷载加恒荷载标准值对应的挠度控制起拱大小。

3.3 平面薄弱连接区域强化设计

案例综合体工程商业L4层存在较大的楼板开洞,该中庭负责对左右结构平面连桥进行连接,左右两部分结构可通过连桥实现变形协调,因此该连桥需要负责较大拉力承担。为保证地震作用下结构整体性,连桥楼板设计中的性能

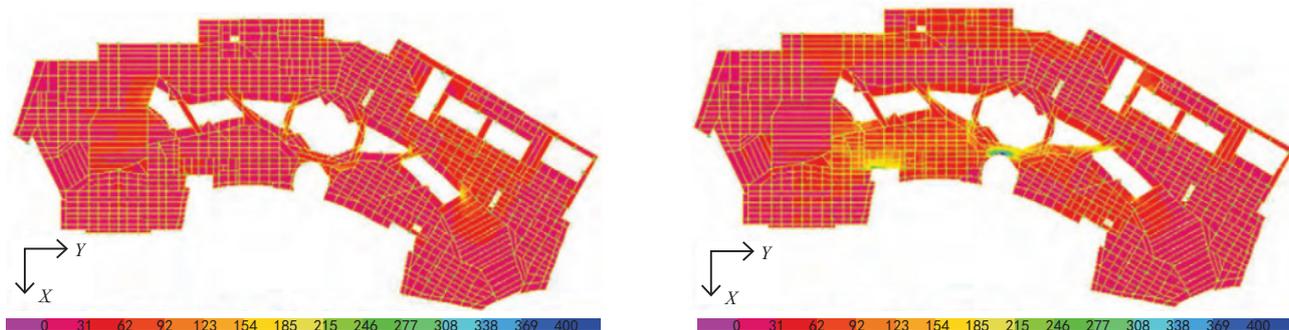


图4 楼板拉力示意图 (左: X向, 右: Y向)

目标为中震弹性, 对应楼板在中震作用下的拉力如图4所示。结合图4进行分析可以发现, L4层X向、Y向连桥在中震作用下对应存在的最大拉力分别为 $250\text{N}\cdot\text{mm}$ 、 $400\text{N}\cdot\text{mm}$, 为实现对拉力的抵抗, 设计均需要设置附加双层配筋, 规格分别为 $\phi 10@150$ 、 $\phi 12@150$ 。基于整体计算平面假定需要和地震作用下结构整体性控制要求, 采用 200mm 的楼板厚度进行连桥区域设计, 同时按照双向双层通长布置板内钢筋, 在端部柱、梁内锚固。

3.4 平面超长结构针对性设计

案例综合体工程存在 300m 的结构长度, 同时该工程处于我国北方, 较大温差存在于建筑使用过程中, 由此引发的温度和收缩应力问题需要在设计中加以重视并采取有针对性的措施处理。在案例综合体工程施工过程中, 受较少的主体结构保温和维护措施影响, 可以认为存在完全在室外暴露的工程地上主体结构, 在夏季、冬季地面以上构件的最高、最低温度分别能够达到 $39.0 - 16$ 。在完成地下室施工后, 结构构件在回填土封闭下受到的温度变化影响较小, 基于当地季节性平均温度变化情况进行分析, 可确定地下室构件以当地温度较低6个月温度的平均值作为最低温度, 具体为 5.6 , 同理采用温度较高6个月温度平均值作为最高温度, 具体为 21 , 同时温度变化产生的构件温差以后浇带浇筑温度为基准。结合当地实际情况可以确定, 11月至次年4月存在 11.8 的平均最高气温, 同时存在 0 的最低气温, 因此需要在该时间段进行后浇带浇筑施工, 最大负温差控制可由此实现, 混凝土楼板也能由此得到较低拉应力。基于软件SAP2000, 分析案例综合体工程购物中心模型的收缩和温差效应, 选择膜单元进行楼板模拟, 整体模型中引入3层地下室及外墙, 同时考虑混凝土长期收缩带来的影响, 排除地下室外墙受到的侧向水压力和土压力

影响, 可确定楼层温度应力情况。通过分析可以发现, 负温差带来的拉应力大小属于楼板温度应力分析重点, 在具备较强约束的地下室竖向构件影响下, 对应楼层存在较大拉应力水平, L1层楼板、B1层楼板的中部分别存在 3.65MPa 、 4.61MPa 最大拉应力。为实现对混凝土收缩拉应力和负温差的抵抗, 设计均采用双层配筋, 具体规格分别为 $\phi 10@150$ 、 $\phi 12@150$, L2层及以上楼板存在 0.45MPa 的最大拉应力, 因此设计选择的配筋规格为 $\phi 8@200$ 。此外, 在案例综合体建筑工程的施工过程中, 为更好应对误差等因素影响, 施工过程还需要科学应用跳仓法、伸缩后浇带、低水化热水泥, 混凝土低温入模与科学养护也极为关键, 以此实现对混凝土收缩的进一步控制。

4 结束语

综上所述, 建筑结构设计会受到多方面因素影响。在此基础上, 本文涉及的侧土压力不平衡解决措施、大跨度楼盖优化设计等内容, 则直观展示建筑结构优化设计方法。为更好开展建筑结构设计, 各方通力合作、智能化设计软件应用、新型材料引入等方面同样需要得到业内人士的高度重视。

参考文献

- [1] 薛晓娟, 江毅, 林乐斌. 坡地建筑结构设计的关键问题与应对方法[J]. 建筑结构, 2021, 51(13): 59-64, 14.
- [2] 王磊. 村镇街区改造结构设计存在的问题及解决措施: 以三亚市南海渔村精品街区改造项目为例[J]. 中国勘察设计, 2019(10): 102-104.
- [3] 李英民, 姬淑艳, 唐洋洋. 山地建筑结构特殊问题与研究进展[J]. 建筑结构, 2019, 49(19): 76-82.