

某既有建筑地下停车库新增出入口基坑施工对既有建构的变形影响分析

余再西, 罗涛, 李娟

云南建安昆宁工程设计咨询有限公司, 云南 昆明 650000

摘 要 : 我国城市建设由大规模增量建设转为存量提质改造和增量结构调整并重, 从“有没有”转向“好不好”, 城市更新改造日益成为实现城市转型与高质量发展的关键, 我国大中城市的老城区迎来了改造及更新开发的新高潮。在城市更新改造中加装电梯、地下室增层提升改造、既有地下室增加出入口等是常见的改造方向。既有建筑下方或侧壁开挖基坑(基槽)成为城市更新改造中无法回避的难点问题, 本文采用有限元分析软件(MIDAS GTS NX)通过数值模拟的方式, 分析了某既有建筑地下停车库增加出入口基坑施工对此既有建筑的变形影响, 同时对设计和施工提出建议, 以确保基坑和既有建筑的安全, 以此推动此地下车库的升级改造。本文给出了解决此类问题的思路、数值模拟建模过程、计算结果的分析评价思路和要点等内容, 可供类似项目参考借鉴。

关 键 词 : 新增出入口; 基坑; 既有建筑; 影响分析

Analysis of the Deformation of Existing Buildings and Structures Caused by the Construction of a New Entrance and Exit Pit for an Underground Parking Garage of an Existing Building

Yu Zaixi, Luo Tao, Li Juan

Yunnan Jianan Kunming Engineering Design & Consulting Co., LTD. Kunming, Yunnan 650000

Abstract : In China, urban construction has shifted from massive incremental construction to quality improvement and structural adjustment of existing buildings, from “having or not having” to “being good or not”. Urban renewal and upgrading has become a key factor in achieving urban transformation and high-quality development. Old urban areas in major and medium-sized cities have ushered in a new high tide of renovation and upgrading development. Adding elevators, underground room expansion and renovation, and adding entrances to existing underground parking lots are common renovation directions. Excavating foundations or sidewalls of existing buildings to create basements (pits) has become a difficult problem that cannot be avoided in urban renewal and upgrading. In this paper, the authors use finite element analysis software (MIDAS GTS NX) to simulate the deformation of an existing building's underground parking lot after adding an entrance, and analyze the impact of the construction of the new basement on the safety of the existing building. At the same time, the authors offer design and construction suggestions to ensure the safety of the basement and the existing building, thereby promoting the upgrading and renovation of the underground parking lot. The paper provides a solution to such problems, the modeling process of numerical simulation, the analysis and evaluation method of calculation results, and other relevant content, which can be referenced and learned from similar projects.

Keywords : new entrances; pits; existing buildings; impact analysis

引言

我国城市建设由大规模增量建设转为存量提质改造和增量结构调整并重, 从“有没有”转向“好不好”, 城市更新日益成为实现城市转型与高质量发展的关键^[1-3]。推动产业转型升级, 提升城市品质和居民生活质量, 已成为城市发展的必然趋势, 我国大中城市的老城区迎来了改造及更新开发的新高潮。在城市更新改造中加装电梯、地下室增层提升改造、既有地下室增加出入口等是常见的提升改造方向。既有建筑下方或侧壁开挖基坑(基槽)成为城市更新改造中无法回避的问题, 此类项目基坑, 因紧贴主体结构甚至直接在建筑物下方施工, 其开挖过程对既有建筑影响较常规基坑大且复杂, 此类基坑设计、施工难度大、风险高成为工程建设控制的重点和关键环节^[4-6]。本文采用有限元分析软件(MIDAS GTS NX)通过数值模拟的方式, 分析了某既有建筑地下停车库增加出入口基坑施工对此既有建筑的变形影响, 同时对设计和施工提出建议, 以确保基坑和既有建筑的安全, 以此推动此地下车库的升级改造。

一、工程概况

(一) 设计概况

某商务中心提升改造项目拟在地下停车库新增出入口，此商务中心原设计为地面以上8层，地面以下1层。为提升地下室的车辆进出的畅通性、安全性和减少周边道路的拥堵，在商务中心东侧停车库新增出入口，如图1所示，拟在③~⑫轴之间破除地下室外墙后开挖地下室出入通道。新增出入口最大宽度约15m，出入口长65m，最大开挖深度为5.7m。

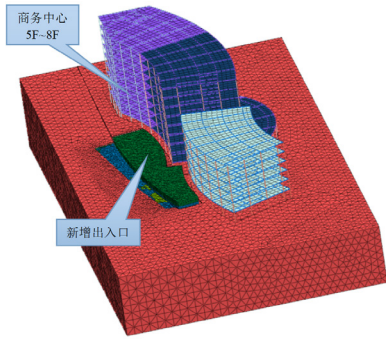


图1 新增出入口与原地下室之间的关系图

(二) 地质概况

拟建场地地表以下45.1m深度范围内揭露土层，按成因类型、结合岩性与物理力学特征可划分为3个单元层，6个亚层，各土层性质自上而下分述如下：

(1) 第四系人工堆积层 (Q^{ml})

①人工填土：主要为褐黄、褐灰色粉质粘土或含碎石粉质粘土，稍湿，松散状。该层为场地施工的土石方堆积地表形成，层厚0.20~7.0m，平均厚度1.55m。分布范围仅见于土石方施工中见白云质灰岩地段和填方地段。

(2) 第四系残坡积层 (Q^{el+dl})

③₁粉质粘土：稍湿，可塑~硬塑状，中压缩性。塑性指数 $I_p=17.0$ ，液限指数 $I_L=0.16$ ， $C_k=44.9\text{KPa}$ ， $\phi_k=4.7^\circ$ ，容重 $\gamma=1.97\text{g/cm}^3$ ，孔隙比 $e=0.697$ ，压缩系数 $a_{1-2}=0.21\text{MPa}^{-1}$ ，压缩模量 $E_{s1-2}=8.6\text{MPa}$ 。 $N_K=19.3$ 击，承载力特征值 $f_{ak}=210\text{kPa}$ 。顶板埋深0.00~26.80m。厚度0.40~37.60m，平均9.91m，分布在场地内大部分地段。

③₁^a含角砾粉质粘土：稍湿，硬塑状。塑性指数 $I_p=14.6$ ，液限指数 $I_L=0.12$ ， $C_k=40.6\text{KPa}$ ， $\phi_k=4.9^\circ$ ，容重 $\gamma=2.00\text{g/cm}^3$ ，孔隙比 $e=0.609$ ，压缩系数 $a_{1-2}=0.19\text{MPa}^{-1}$ ，压缩模量 $E_{s1-2}=9.0\text{MPa}$ 。 $N_K=21.4$ 击，顶板埋深0.00~32.70m。厚度0.70~13.50m，平均5.00m，承载力特征值 $f_{ak}=240\text{kPa}$ ，呈透镜状出露。

③₁^b块石：块径20~60cm为主，中密，成分以强~弱风化泥质白云岩、灰岩为主，块石之间粉土、粉质粘土、碎石充填。承载力特征值 $f_{ak}=280\text{kPa}$ 。顶板埋深1.50~7.80m。厚度0.50~8.0m，平均3.47m，呈透镜状出露，东区4栋、7栋别墅区少量钻孔有揭露。

③₁^c粉砂：灰黄色，稍湿，稍密~中密状，结构均匀性差，粘土及砾石不均匀混杂其中，局部含量较高，无摇震反应，泥

质白云岩漂石包裹土体中全风化形成。塑性指数 $I_p=7.2$ ，液限指数 $I_L=0.88$ ， $C_k=28.2\text{Pa}$ ， $\phi_k=7.5^\circ$ ，容重 $\gamma=1.99\text{g/cm}^3$ ，孔隙比 $e=0.58$ ，压缩系数 $a_{1-2}=0.14\text{MPa}^{-1}$ ，压缩模量 $E_{s1-2}=11.8\text{MPa}$ 。 $N_K=12.4$ 击，顶板埋深2.00~24.50m。厚度0.50~5.40m，平均2.29m，呈透镜状出露，承载力特征值 $f_{ak}=260\text{kPa}$ 。

(3) 泥盆系上统宰格组 (D_3zg)

④泥质白云岩：粉~细晶结构，厚层状构造；微风化~中风化，岩石质量指标 $RQD=30\%~90\%$ ，岩石坚硬，性脆，为硬质岩石，基本质量等级Ⅲ类。岩石天然容重 2.65g/cm^3 ，饱和容重 2.71g/cm^3 ，饱和单轴抗压强度 $18.93\sim99.54\text{MPa}$ ，平均值 45.97MPa ，标准值 $f_{rk}=36.5\text{MPa}$ ，承载力特征值 $f_{ak}=3500\text{kPa}$ ，整个场地内均有分布。

④^a溶洞充填物：由粉质粘土、粉土及角砾等组成，成分复杂，结构不均匀，容重 $\gamma=1.90\text{g/cm}^3$ ， $N_K=10.2$ 击，顶板埋深0.80~25.30m。厚度0.50~9.00m，平均2.65m。

典型地质剖面如图2所示。

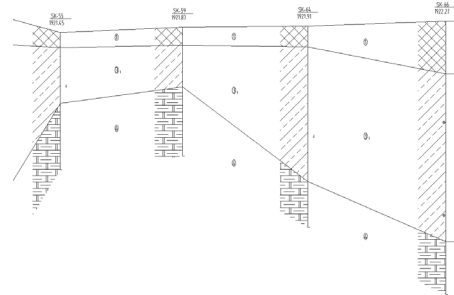


图2 新增出入口位置典型地质剖面图

二、有限元模型的建立

(一) 模型简化

本次新增出入口基坑支护方案采用1:1放坡开挖；计算模型做如下简化与假定：(1)土方严格按照设计方案的要求分层开挖，每层土方一次性开挖完成，不考虑土方分区、分段开挖；(2)建筑活荷载按10kPa/层考虑。(3)不考虑土体的蠕变效应。

(二) 模型尺寸

根据通道土方开挖方案，通道土方采用1:1放坡开挖，开挖最大深度5.7m。根据以往试算分析及相关资料，确定基坑开挖影响范围为5倍基坑开挖深度，即认为5倍基坑开挖深度范围外所受的影响可以忽略不计。结合新增通道位置，本次选取的模型大小为长×宽×高=197m×103m×29m。

(三) 边界条件

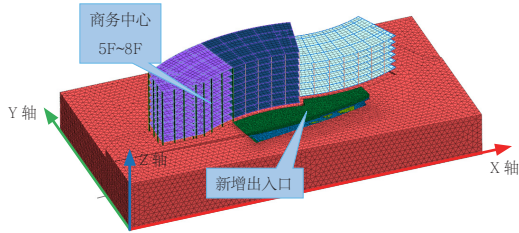
所施加边界条件如下：(1)模型x向施加x向法向约束，限制x向位移，但可发生y向、z向(竖向)位移。(2)模型y向施加y向法向约束，限制y向位移，但可发生x向、z向位移。(3)模型底部施加x、y和z向法向约束，认为模型底部不发生位移。(4)模型顶部(本项目中即为现状地面)不施加约束，可以自由变形。

(四) 工况设置

根据土方开挖方案，定义工况如下：工况1：土方开挖至1927.00；工况2：土方开挖至1925.00；工况3：土方开挖至坑底（最深为1923.40）。

(五) 数值模型

根据设计方案及简化与假定，建立三维有限元分析模型，模型一共约19万单元格，所建立有限元模型如图3所示。

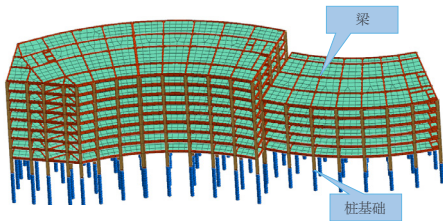


>图3 有限元网格模型

三、周边建构物受力及变形分析

(一) 商务中心模型

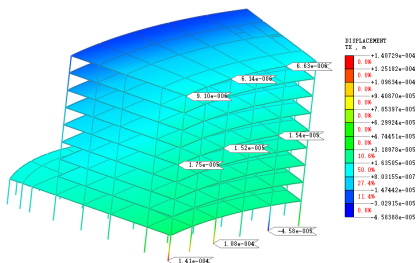
根据楼层数及沉降缝设置位置，商务中心可以划分三个单元，其中1~1/6轴为第一个单元，楼层数为8层，采用人工挖孔扩底灌注桩基础，桩身直径900mm~1800mm，扩底端直径1200mm~2200mm；7~12轴为第二单元，楼层数为8层，采用人工挖孔扩底灌注桩基础，桩身直径900mm~1800mm，扩底端直径1200mm~2200mm；12~20轴为第三单元，楼层数为5层，采用人工挖孔扩底灌注桩基础，桩身直径900mm、1200mm，扩底端直径1200mm、1400mm；商务中心桩基为端承桩，桩长以入岩深度不小于300mm为控制条件。建立如图4所示的商务中心模型。



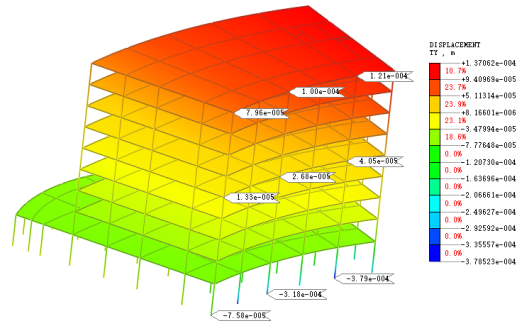
>图4 商务中心数值模型（底板未显示）

(二) 各工况下商务中心建筑变形情况

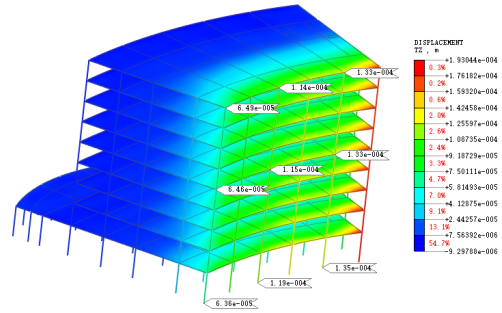
本次新增出入口设置在⑧~⑫轴之间，本项目基坑施工对⑧~⑫轴影响最大，本文重点分析第二单元（7~12轴）的变形情况。根据数据模拟结果，最不利工况（工况三）既有建筑第二单元（7~12轴）的变形情况如图5~图8所示。



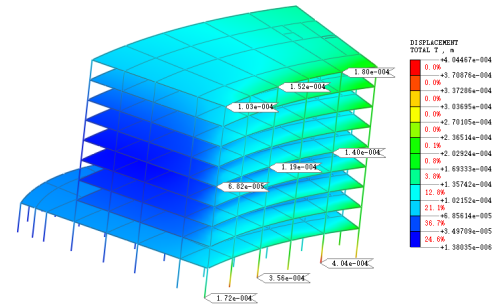
>图5 工况三商务中心7~12轴建筑X向变形(单位: m)



>图6 工况三商务中心7~12轴建筑Y向变形(单位: m)

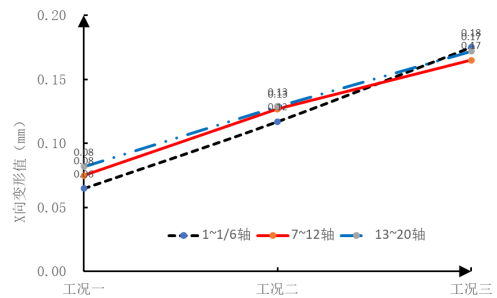


>图7 工况三商务中心7~12轴建筑Z向变形(单位: m)

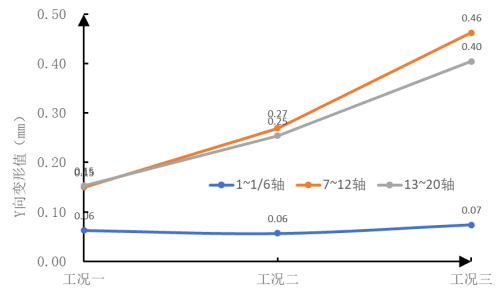


>图8 工况三商务中心7~12轴建筑总变形(单位: m)

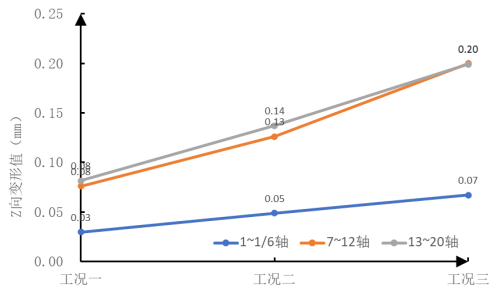
各工况下商务中心变形如图9~图12所示。



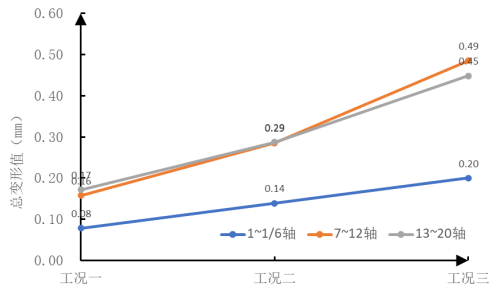
>图9 各工况下商务中心X向变形值(单位: mm)



>图10 各工况下商务中心Y向变形值(单位: mm)



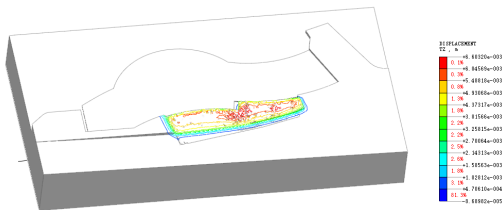
> 图11 各工况下商务中心 Z 向变形值 (单位: mm)



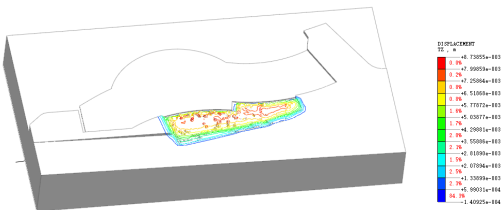
> 图12 各工况下商务中心总变形值 (单位: mm)

从图9~12可以看出,在出入口土方开挖过程中,由于土方开挖引起商务中心1~1/6轴间最大变形为0.2mm,对应最大变形所在位置为1/6轴首层外墙柱的柱脚;7~12轴间最大变形值为0.49mm,对应最大变形所在位置为11轴首层外墙柱的柱脚;13~20轴间最大变形值为0.45mm,对应最大变形所在位置为14轴首层外墙柱柱脚;可以看出在新增出入口土方开挖过程中商务中心最大变形值小于0.5mm。

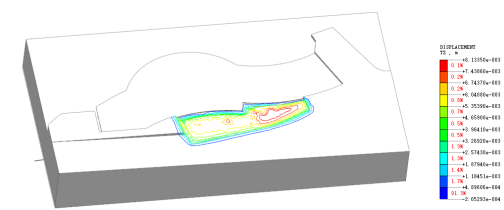
(三) 各工况下周边土体变形



> 图13 工况一周边土体 Z 向变形等值线图 (单位: m)



> 图14 工况二周边土体 Z 向变形等值线图 (单位: m)



> 图15 工况三周边土体 Z 向变形等值线图 (单位: m)

根据计算过程来看,出入口基坑采用1:1放坡开挖是安全的;从图13~图15可以看出,土方开挖过程中,出入口基坑最大水平

变形值为3.3mm,最大变形位于基坑最大开挖深度处(出入口进入商务中心处);出入口基坑最大竖向变形值为8.1mm。

(四) 小结

(1) 出入口基坑采取1:1放坡+挂网喷射混凝土坡面防护的措施后开挖是安全的;

(2) 基坑施工(开挖)引起商务中心1~1/6轴间建筑最大变形为0.2mm,对应最大变形所在位置为1/6轴首层外墙柱的柱脚;7~12轴间建筑最大变形值为0.49mm,对应最大变形所在位置为11轴首层外墙柱的柱脚;13~20轴间建筑最大变形值为0.45mm,对应最大变形所在位置为14轴首层外墙柱柱脚;从图4.41~4.44可以看出在新增出入口基坑施工过程中商务中心最大变形值小于0.5mm,不影响结构安全。

四、结论和建议

(1) 既有建筑下方或侧壁开挖基坑(基槽)成为城市更新改造中无法回避的问题,此类项目基坑,因紧贴主体结构甚至直接在建筑物下方施工,其开挖过程对既有建筑影响较常规基坑大且复杂,此类基坑设计、施工难度大、风险高成为工程建设控制的重点和关键环节。

(2) 有限元分析是一种对城市更新改造中复杂基坑开挖前,预测其周边建筑变形情况和支护结构安全性的手段,对情况复杂和风险高的的基坑,在基坑施工前可采用有限元数值模拟预判其施工影响和结构安全。

(3) 有限元数值模拟过程中模型与现场实际空间关系和地质情况的吻合性显得尤为重要,只有与实际情况和边界条件吻合的计算模型才能得到可靠的预测结果。

(4) 既有建筑档案资料的保存情况、现行技术政策的规定、工程建设标准近年来的频繁更新及既有建筑施工现场的可操作性,也是城市更新改造设计应重点关注的问题。本案例在项目基本情况调研的基础上,实事求是地与建设单位,建设行政管理部门进行衔接和洽商,遵循相应的技术政策,合理选用相应规范,既完成局部改造部分的设计,也对侧壁基坑开挖对原建筑整体的影响进行验算分析,寻求切合建设条件的改造设计方法,使改造设计不仅在技术上满足工程建设标准的规定,也在经济上满足项目可以实施的条件。

参考文献

- [1] 王蒙徽. 实施城市更新行动 [J]. 城市勘测, 2021,(01):5-7.
- [2] 程慧, 赖亚妮. 深圳市存量发展背景下的城市更新决策机制研究: 基于空间治理的视角 [J]. 城市规划学刊, 2021(6):61-69.
- [3] 杜顺季, 何睿, 程铭宇. 基于多技术融合的城市更新基础数据调查工作体系研究 [J]. 测绘通报, 2021,(S2):218-220+226.
- [4] 赵泽龙. 地铁隧道盾构开挖对沿线既有建筑物的影响分析 [J]. 城市轨道交通, 2023 (10), 4-6.
- [5] 李安兴, 等. 双侧深基坑开挖对紧邻已有建(构)筑物变形影响分析 [J]. 地下空间与工程学报, 2015, 11 (增刊2), 629-636.
- [6] 段雪铭, 王兆辉. 某深基坑开挖对既有构筑物安全影响分析 [J]. 地基与基础, 2022, 49 (14), 146-150.