 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i2.9334

The Application of Eliminating Post-pouring Belt for Settlement in the Analysis of the Interaction between Foundation and Superstructure

Zituan Zhao Li Song Ning Jia Shengbin Zhou Yahui Wang

Wuhan Sinomach Geotechnical Engineering Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430032, China

Abstract

With the utilization of underground space in urban construction, the integrated buildings of main buildings and underground garages are becoming increasingly common. The differential settlement between the main building and the underground garage is usually addressed by setting a post-poured strip between them. During construction, the main building can settle freely, and the post-poured strip is closed after the main building structure is completed. However, the construction of the post-poured strip involves secondary operations, significantly increasing the complexity of construction and seriously affecting the construction period. This paper, through an engineering example, introduces the application of the collaborative analysis of foundation and superstructure in eliminating the post-poured strip between the main building and the underground garage. Through the collaborative analysis, the settlement difference within the foundation range of the main building and the underground garage meets the code requirements, and there is no need to set a post-poured strip. Eliminating the post-poured strip can reduce the possibility of water seepage or waterproofing failure at the post-poured strip location, making construction safer, improving the reliability of building quality, and shortening the construction period.

Keywords

Analysis of the Synergistic Effect between Foundation and Superstructure; Post-pouring Belt for Settlement; Differential Settlement

地基基础与上部结构共同作用分析取消沉降后浇带的应用

赵紫团 宋立 贾宁 周圣斌 王亚辉

武汉国机岩土工程有限责任公司，中国·湖北 武汉 430032

摘 要

随着城市建设中地下空间的利用，主楼与地下车库的一体建筑越来越多，主楼与地下车库之间的差异沉降通常采取在主楼与地下车库之间设置沉降后浇带来解决，施工期间主楼可以自由沉降，待主楼结构施工完毕后再将后浇带封闭。但是后浇带施工涉及到二次作业，大大增加施工的复杂性，严重影响施工工期。本文通过一个工程实例，介绍了地基基础与上部结构协同作用分析在取消主楼与地下车库之间的沉降后浇带的应用。通过协同作用分析，主楼与地下车库基础范围内沉降差满足规范要求，不需要设置沉降后浇带。取消沉降后浇带可降低后浇带部位的渗水或者防水失效的可能性，使施工更加安全，建筑物质量更加可靠、缩短施工工期。

关键词

地基基础与上部结构协同作用分析；沉降后浇带；差异沉降

1 引言

随着城市建设中地下空间的利用，主楼与地下车库的一体建筑越来越多，主楼与地下车库之间的差异沉降通常采取在主楼与地下车库之间设置沉降后浇带来解决 [1,2]。施工期间主楼可以自由沉降，待主楼结构施工完毕后再将后浇带封闭。但是后浇带施工涉及到二次作业，大大增加施工的复杂性，严重影响施工工期，拖延建筑物以及地下车库的交付使用。

地基、基础和上部结构共同作用，其概念是三者在力的传递过程中满足静力平衡条件，接触部位满足变形协调条件，相互影响、彼此制约。此分析方法可以模拟施工工况，施工荷载和结构刚度的逐步形成，考虑不同区域的地基刚度和相互影响，尽量接近地基土的应力历史选取参数，精准分析差异沉降，在中低压缩性地基上，可实现不设或提前封闭沉降后浇带的目的 [3]。

本文通过一个工程实例，介绍了地基基础与上部结构协同作用分析在取消主楼与地下车库沉降后浇带的应用。

【作者简介】赵紫团（1980—），男，中国河南平顶山人，硕士，初级工程师，从事地基基础研究。

2 工程概况

本项目位于北京市昌平区，建筑总高 4-8 层，最高 45m，地下三层，深度 17.3m，主楼筏板厚度为 0.8m-0.9m，地库筏板厚度为 0.6m，基础平面布置如图 1 所示。主楼地基处理采用 CFG 复合地基方案，纯地下车库基础采用抗压兼抗拔桩基础方案。

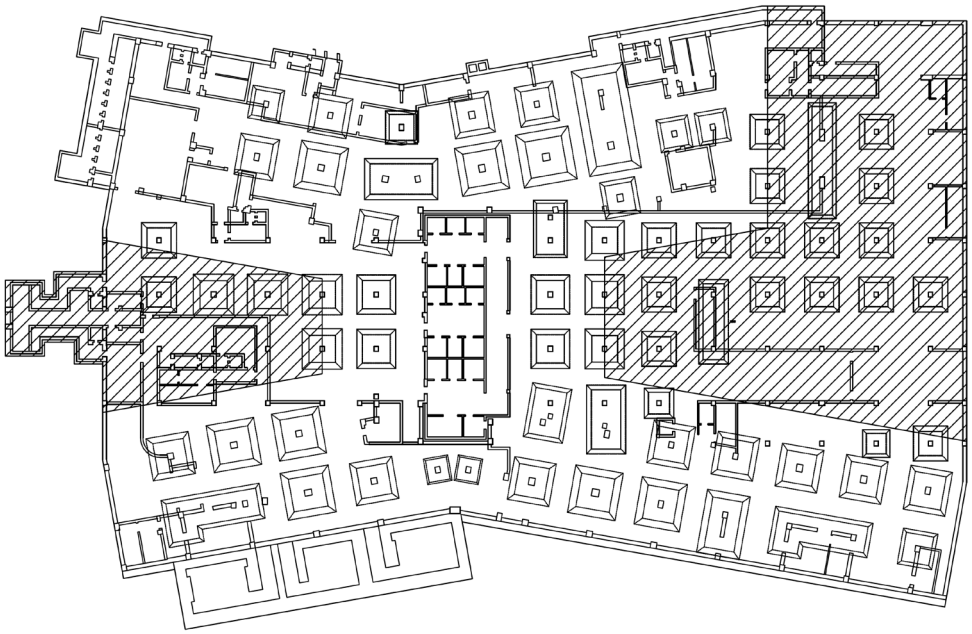


图 1 基础平面布置图（阴影部位为纯地下车库范围）

3 场地工程地质条件

根据勘察报告，本项目地基岩土层由上至下依次为：

基底以上土层包括：粉质黏土素填土①层：稍密状；砂质粉土 - 黏质粉土②层：中密状；黏土②$_1$层：可塑状；重粉质黏土 - 粉质黏土②$_2$层：可塑状；粉质黏土 - 重粉质黏土③层：可塑状；黏土③$_1$层：可塑状；中密；粉砂④层：中密～密实状；

基底以下土层包括：粉质黏土 - 重粉质黏土⑤层：可塑～硬塑状；细砂⑥层：密实状；砂质粉土⑥$_1$层：中密状；粉质黏土 - 重粉质黏土⑦层：可塑状；黏土⑦$_1$层：可塑状；粉质黏土 - 重粉质黏土⑧层：可塑～硬塑状；黏质粉土⑧$_1$层：密实状；粉质黏土 - 重粉质黏土⑨层：可塑～硬塑状；黏质粉土⑨$_1$层：密实状；细砂⑩层：密实状。

基底以下物理力学性质指标如表 1 所示。

表 1 基底以下主要土层物理力学性质指标表

土层名称	含水率 w(%)	天然密度 ρ (g/cm^3)	孔隙比 e	饱和度 Sr(%)	液性指数 I_L	压缩模量 E_S(MPa)	地基承载力特征值 (kPa)
⑤粉质黏土 - 重粉质黏土	24.0	2.02	0.656	97.2	0.45	7.91	160
⑥细砂	/	2.15	/	/	/	/	210
⑦粉质黏土 - 重粉质黏土	25.8	1.98	0.753	96.2	0.41	9.50	200
⑧粉质黏土 - 重粉质黏土	24.3	2.02	0.672	97.3	0.42	11.84	200
⑨粉质黏土 - 重粉质黏土	21.9	2.05	0.613	96.2	0.28	12.86	210
⑩细砂	/	2.20	/	/	/	35.0	350

4 计算分析内容

本文根据建筑物的设计条件及场地的地质情况，对建筑物进行上部结构、地基和基础相互作用的协同分析，计算基础沉降及差异沉降，进行取消沉降后浇带的可行性分析。

4.1 计算模型

目前的共同作用分析中考虑上部结构刚度的影响有：空间子结构法、弹性杆法、有效工作刚度法、加权残数法以及参考实测结果考虑上部结构刚度对基础和地基的影响从而进行简化的共同作用分析方法。实际工程中的高层建筑塔楼多为框剪结构、筒体结构，与裙房框架结构的刚度相比，主塔楼的刚度相对要大得多。大量的工程实测资料表明：主塔楼部分的相对弯曲变形非常小，通常都控制在 0.2‰～ 0.5‰的范围内。因此在本论文的计算模式中，采用变形控制的方法将其进行刚度等效简化，该方法已在多项工程计算中得到应用 [4,5]。简化原则为：将主塔楼与裙房框

架相连结点处的梁、柱结点转角进行约束；主塔楼荷载按等效简化原则分别作用于被约束的结点上。

高层建筑下的大底盘框架厚筏基础可简化为图 3 的整体分析模型，其特点在于将高层建筑上部结构按变形控制的方法将其进行刚度等效简化后置于扩大的地下框架厚筏底盘的地下室顶部。高层建筑局部荷载作用下利用图 3 的简化模型，采用整体分析的数值计算方法可以计算基础各点的反力与沉降。

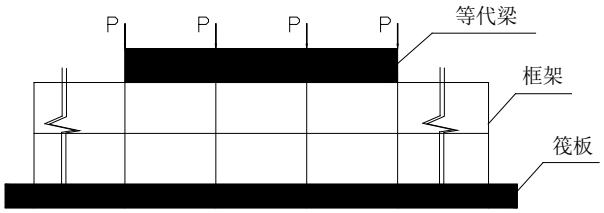


图 3 简化计算模型

5 基础沉降及差异沉降计算

本工程基底土为⑤层粉质黏土 - 重粉质黏土，地基承载力为 160kPa，主楼采用 CFG 桩复合地基处理方案，结构设计要求复合地基承载力特征值为 430kPa 至 470kPa，地基变形不大于 25mm，纯地下车库采用直径为 600mm 的抗拔桩兼抗压桩，桩长 12.0m。

主楼区域变形分为两部分：（1）附加应力引起的变形；（2）基底土回弹再压缩引起的变形。

纯地库区域的变形主要由回弹再压缩引起，该区域采用抗拔兼抗压桩处理，等效作用面位于桩端平面，即变形发生在桩端下位置。回弹再压缩的复合模量提高系数为 2.5。

5.1 计算参数的选取

本工程主楼区域采用 CFG 桩复合地基处理方案，桩径 400mm，褥垫层厚度为 200mm，桩间距为 1.50m-1.60m，桩身混凝土强度等级为 C25。根据《建筑地基处理技术规范》（JGJ79 — 2012），按变形控制算出的复合地基设计参数见表 2 所示。桩身范围内土的压缩模量取加固后土的复合模量。

5.2 沉降计算结果

根据协同分析计算的沉降如图 4 所示，主楼最大总沉降量约为 24mm，纯地库区域沉降为 4-15mm，主楼与地库间的最大差异沉降约为 0.001L（L 为主楼和车库最近柱的间距），满足规范要求。

表 2 主楼复合地基设计参数

区域（按上部结构承载力要求区分）	复合地基承载力特征值 (kP_a)	有效桩长（m）	单桩承载力特征值 (kN)	桩端持力层	面积置换率（%）
240kPa	430	24	755	⑩层	4.89
300kPa/330kPa/360kPa	450	24	755	⑩层	5.21
300kPa（南侧区域）	430	28	755	⑩层	4.89
450kPa	470	24	755	⑩层	5.56

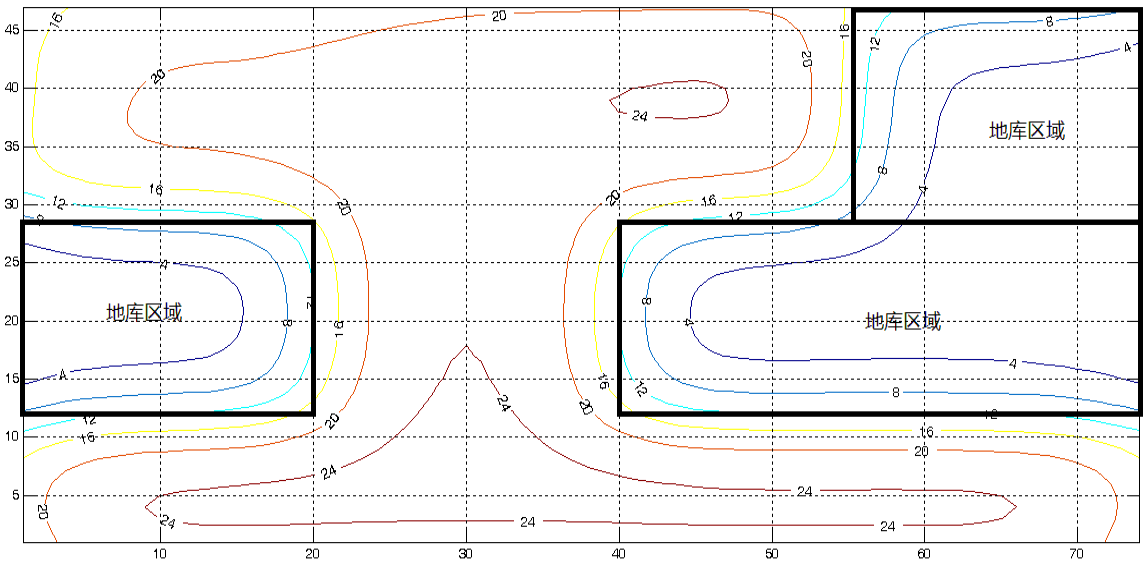


图 4 简化成矩形模型的沉降等值线（每单位间距为 2.0m）

6 工程实测

本项目 2021 年 3 月基础底板施工完成后开始进行主体沉降观测，2021 年 9 月结构封顶，沉降观测截止至 2023 年 2 月。根据监测数据，总沉降已趋于稳定。主楼最大总沉降量为 27mm，纯地库区域总沉降为 8-22mm，主楼与地库间的实测最大差异沉降约为 0.0007L。

计算沉降与实测沉降对比表明，主楼沉降的计算值与实测值较为相符。地下车库的实测沉降大于计算值。主楼与地库间的最大差异沉降计算值大于实测值，计算值偏于安全。

7 结语

（1）根据协同作用分析，主楼最大总沉降量约为 24mm，纯地下车库区域沉降为 4-15mm，主楼与地库间的最大差异沉降约为 0.001L，沉降差满足规范要求，不需要设置沉降后浇带。

（2）计算沉降与实测沉降对比表明，主楼沉降的计算值与实测值较为相符，地下车库的实测沉降大于计算值，主楼与地库间的最大差异沉降计算值大于实测值，计算值偏于保守。因此地基基础与上部结构协同作用分析在计算沉降及沉降差方面是可行的。

参考文献

[1] 王曙光,邸道怀,周圣斌.中低压缩性地基上设置沉降后浇带的主裙楼沉降及基底反力分布特征[J].岩土力学, 2014(S2):6.DOI:CNKI:SUN:YTLX.0.2014-S2-044.

[2] 窦远明,沙秦南.考虑共同作用下主裙楼建筑后浇带力学性能和封闭时机研究[J].建筑技术, 2017, 48(2):4.DOI:10.3969/j.issn.1000-4726.2017.02.029.

[3] 孙宏伟,常为华,宫贞超,等.中国尊大厦桩筏协同作用计算与设计分析[J].建筑结构, 2014(20):6.DOI:CNKI:SUN:JCJG.0.2014-20-024.

[4] Wang Y , Li J , Li J ,et al. Calculation and analysis of the foundation settlement of an office building in Tongzhou[J].Urban Construction and Management Engineering IV, 2024:635-641. DOI:10.1201/9781032626444-83.

[5] 邸道怀.高层建筑与裙房基础整体连接设计时基底反力和变形规律研究[J].工业建筑, 2002.DOI:CNKI:SUN:GYJZ.0.2002-12-002.