

DOI: 10.7672/sgjs2024210139

高层建筑停建续建施工变形分析*

陈晓旭¹, 何华拓², 陈兆荣^{3,4}, 李玉楼⁵, 梁泳锋³

(1. 广东白云学院, 广东 广州 510450; 2. 中信环境技术(广州)有限公司, 广东 广州 510000;
3. 中建五局第三建设有限公司, 湖南 长沙 410004; 4. 广州大学, 广东 广州 510006;
5. 深圳市联博建筑工程技术有限公司, 广东 深圳 518000)

[摘要] 根据结构组划分层数、停工时间、是否考虑混凝土收缩与徐变效应建立不同的施工模型, 对比分析停建续建高层建筑竖向变形规律, 并对竖向变形影响因素进行分析。研究表明, 停建续建建筑竖向变形分布规律与非停建建筑有所不同, 停建续建建筑已建结构最高处变形达最大值, 而续建结构变形呈两端小、中间大的分布规律。在不同层数组成结构组的条件下, 随着结构组内划分层数的增加, 高层建筑竖向变形理论计算结果误差越大, 且误差与所处结构组内位置有关, 处于结构组越低的位置, 竖向变形理论计算结果越接近基准值。

[关键词] 高层建筑; 续建; 竖向变形; 收缩; 徐变

[中图分类号] TU97

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2024)21-0139-04

Deformation Analysis of Suspended and Continued Construction of Tall Buildings

CHEN Xiaoxu¹, HE Huatuo², CHEN Zhaorong^{3,4}, LI Yulou⁵, LIANG Yongfeng³

(1. Guangdong Baiyun University, Guangzhou, Guangdong 510450, China; 2. CITCI Envirotech (Guangzhou) Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000, China; 3. 3rd Construction Co., Ltd. of China Construction 5th Engineering Bureau, Changsha, Hunan 410004, China; 4. Guangzhou University, Guangzhou, Guangdong 510006, China; 5. Shenzhen Lianbo Construction Engineering Technology Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518000, China)

Abstract: Based on the structural groups division layers, downtime and whether the effects of concrete shrinkage and creep are considered, different construction models are established. The vertical deformation law of tall buildings with suspended and continued construction is compared and analyzed, and the influencing factors of vertical deformation are analyzed. The research results show that the vertical deformation curves of buildings under suspended and continued construction as the number of layers increases differs from that of non-suspended buildings. The maximum deformation occurs at the highest point of the existing structure of the suspended and continued construction buildings, while the deformation of the continued structure shows a distribution pattern of smaller at both ends and larger in the middle. Under the condition of different structural groups composed of various numbers of layers, as the number of structural groups division layers increases, the error in the theoretical calculation results of vertical deformation becomes larger, and the error is related to the position within the structural groups. The lower the position within the structural groups, the closer the theoretical calculation result of vertical deformation is to the reference value.

Keywords: tall buildings; continued construction; vertical deformation; shrinkage; creep

* 国家自然科学基金(51925802, 52378497); 中建集团课题(CSECE5B-2021-20)

[作者简介] 陈晓旭, 硕士, 讲师, E-mail: 719879187@qq.com

[通信作者] 陈兆荣, 博士, 高级工程师, E-mail: 245140142@qq.com

[收稿日期] 2024-07-01

0 引言

高层建筑施工工期较长, 混凝土收缩与徐变得良好发展并趋于稳定。通常情况下进行竖向变形结构有限元分析时, 刚度集成一次性整体加入结

构中,为一次性加载计算方式。施工期内建筑结构所受外界荷载和边界条件等会随着时间不断变化,对于长时间停建后续建的高层建筑结构而言,因建造周期较长,影响因素较多,需进行综合考虑,对续建施工进行全过程计算分析,从而制定可行的施工方案,保证施工安全。续建工程因停工时间长,其施工仿真应考虑混凝土收缩、徐变效应和强度变化。

1 工程概况

某高层住宅工程位于深圳市光明区,占地面积约5.5万 m^2 ,总建筑面积约30万 m^2 ,抗震设防烈度为7度,风压为0.75 kN/m^2 。该工程由6栋高层塔楼组成,地下1层,地上29层,已建成面积约23万 m^2 ,已建成高度约2/3倍总高度。原结构于2012年12月开始施工,于2014年9月因故停工,2020年11月继续进行加固改造和续建施工,目前已完成续建。本文以5号塔楼为研究对象,该塔楼标准层平面布置如图1所示。

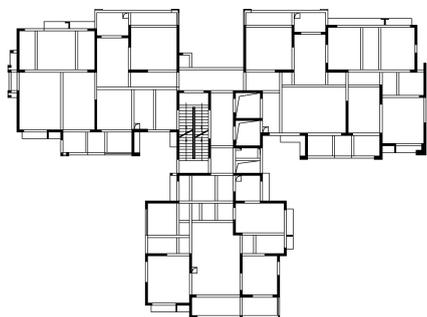


图1 5号塔楼标准层平面布置

Fig. 1 Standard floor plan of tower 5

2 施工过程仿真分析

进行施工过程仿真分析时,以结构组划分层数、停工时间为主要分析参数,共建立9个对比模型,研究高层建筑竖向变形规律。

模型1为基本模型(对比模型),结构组划分层数为1层,停工时间为7.3年,分为32个施工步,如表1所示。

表1 施工步划分

Table 1 Division of construction steps

施工步编号	施工工况	每层持续时间/d	总时间/d
CS1~CS14	浇筑地下1层至13层	7	98
CS15	停工期	2 615	2 615
CS16~CS31	浇筑14~29层	7	112
CS32	浇筑30层(楼梯间)	7	7

1) 结构组层数划分

在模型1的基础上,分别按照2~4层划分结构组,重新定义相应的条件,即荷载组和边界组,建立了模型2~4。

2) 停工时间设定

为研究停工时间对加固改造续建结构受力和变形的影响,在模型1的基础上,分别设定停工时间为0,2,4年,建立了模型5~7。

3) 混凝土收缩、徐变效应考虑

为分析混凝土收缩、徐变效应的影响,在模型1的基础上,建立了模型8,9。其中,模型8不考虑混凝土收缩、徐变效应,考虑施工过程的影响;模型9考虑混凝土收缩、徐变效应,不考虑施工过程的影响。

3 高层建筑竖向变形

3.1 变形规律分析

为分析高层建筑竖向变形规律,以模型1结构中节点为例,竖向变形曲线如图2所示。由图2可知,高层建筑弹性变形和收缩、徐变变形变化规律不同,弹性变形曲线整体呈两端小、中间大的分布规律,其值为0.5~4mm。13层以下结构收缩、徐变变形均较大,且均随着楼层的增加而增大;续建部分首层混凝土收缩、徐变变形均减小;随着楼层的增加,续建结构收缩、徐变变形均呈两端小、中间大的分布规律;已建结构收缩变形>弹性变形>徐变变形,而续建结构弹性变形>收缩变形>徐变变形,这是因为续建部分施工期共119d,混凝土收缩、徐变还未充分发展。

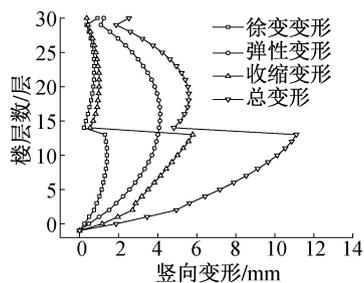


图2 模型1竖向变形曲线

Fig. 2 Vertical deformation curves of model 1

3.2 结构组划分层数的影响

以模型1~4结构中节点为例,进行结构组划分层数对高层建筑竖向变形影响分析,结果如图2,3所示。由图2,3可知,结构组划分层数对高层建筑竖向变形具有一定影响,划分层数越多,结构组内楼层数越多,竖向变形曲线呈锯齿状分布越明显,曲线越不平缓。

在实际工程建设中,由于模型1最接近实际情况,因此以模型1竖向变形计算结果为理论基准值,观察其他模型计算误差,如图4所示。由图4可知,随着结构组划分层数的增加,竖向变形计算误差越

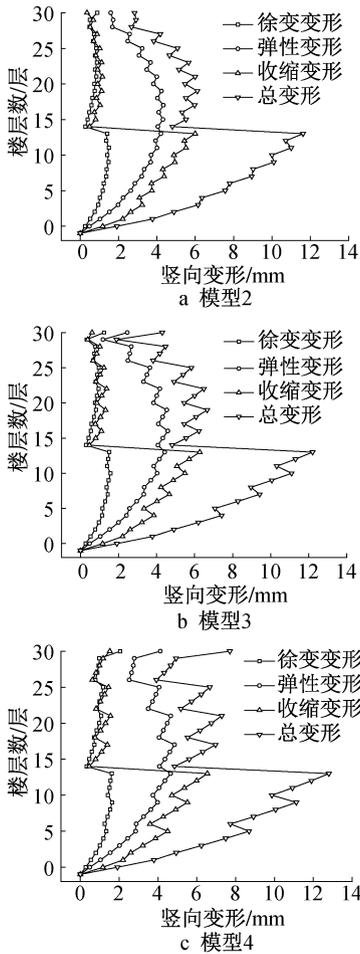


图 3 不同结构组划分层数下高层建筑竖向变形曲线

Fig. 3 Vertical deformation curves of high-rise buildings under different structural groups division layers

来越大;已建楼层越低,竖向变形计算结果越接近基准值。

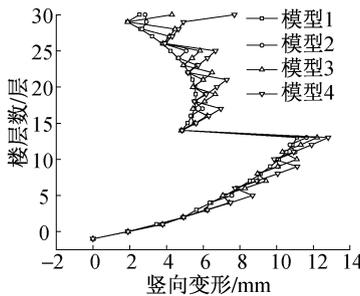


图 4 不同结构组划分层数下高层建筑竖向变形对比

Fig. 4 Vertical deformation comparison of high-rise buildings under different structure groups division layers

3.3 停工时间的影响

以模型 1 和模型 5~7 结构中部节点为例,分析停工时间对高层建筑竖向变形的影响,如图 2,5 所示。由图 2,5 可知,停工时间对高层建筑弹性变形

的影响较小,对收缩和徐变变形的影响较大。当未停工时,高层建筑收缩、徐变变形曲线未突变,呈两端小、中间大的分布规律。当停工 2 年时,高层建筑收缩、徐变变形曲线出现分段,已建结构收缩、徐变变形较未停工时大,且基本随着楼层的增加而增大。当停工 4 年时,已建结构收缩变形较停工 2 年时大,但徐变变形增量较小,且续建结构收缩、徐变变形变化幅度较小。停工 7.3 年时,高层建筑竖向变形规律与停工 4 年时类似。

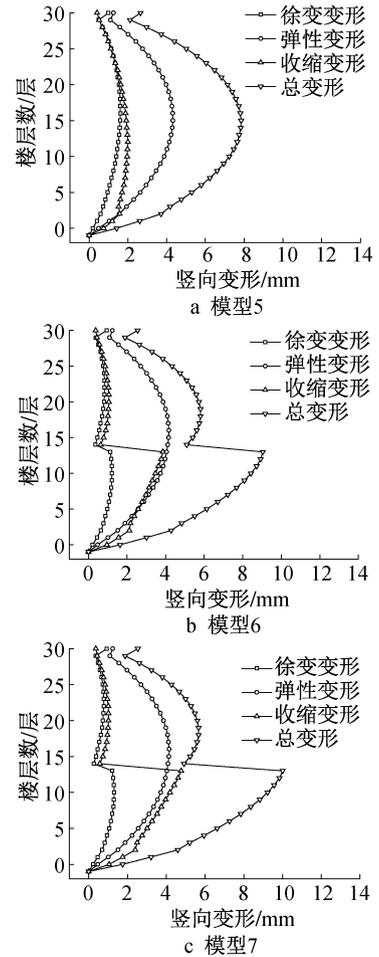


图 5 不同停工时间下高层建筑竖向变形曲线

Fig. 5 Vertical deformation curves of high-rise buildings under different downtime

3.4 竖向变形对比分析

为对比分析高层建筑竖向变形计算结果与实测结果之间的误差,在结构上布置位移测点(见图 6),施工步 CS16,CS26 下关键测点监测值与计算值对比如表 2 所示。由表 2 可知,高层建筑竖向变形计算结果与实测结果之间的误差较小,约为 0.17mm,表明计算结果准确性较高。

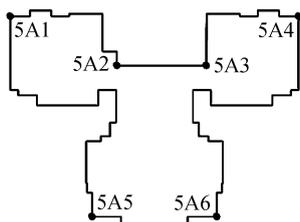


图6 测点布置

Fig. 6 Layout of measuring points

表2 关键测点监测值与计算值对比

Table 2 Comparison between the measured values and the calculated values of key measuring points

楼层数/ 层	测点 编号	施工步 CS16		施工步 CS26	
		监测值/ mm	计算值/ mm	监测值/ mm	计算值/ mm
14	5A1	0.20	0.24	0.24	0.26
	5A3	0.35	0.21	0.40	0.25
	5A4	0.33	0.20	0.38	0.23
	5A6	0.31	0.25	0.41	0.24

4 结语

停建工程在续建过程中,由于混凝土收缩、徐变和钢筋锈蚀等问题易导致结构变形,采取有效的防护措施并及时修补对于确保工程结构安全至关重要,通过采用激光扫描、无人机监测等技术可更精确地评估高层建筑施工变形情况。本文对高层建筑停建续建施工变形规律进行了研究,主要分析了结构组划分层数和停工时间对结构竖向变形的影响。已建结构收缩变形>弹性变形>徐变变形,由于续建结构混凝土收缩、徐变未充分发展,其弹性变形>收缩变形>徐变变形。结构组划分层数越多,高层建筑竖向变形曲线越不平缓。停工对高层建筑竖向变形造成一定影响,新旧楼层结合处竖向变

形发生突变。

参考文献:

- [1] 陈海洲,王玉岭,刘进贵,等.超高层钢结构建筑的施工模拟技术理论和方法[J].建筑结构,2011,41(S1):821-824.
CHEN H Z, WANG Y L, LIU J G, et al. The theory and method of construction simulation technology for super high-rise steel structure buildings [J]. Building structure, 2011, 41 (S1): 821-824.
- [2] 曾昭华,吕艳斌,李朝良,等.异形超高层建筑徐变分析研究[J].施工技术,2023,52(23):139-142,154.
ZENG Z H, LÜ Y B, LI Z L, et al. Creep deformation analysis study on special-shaped tall buildings [J]. Construction technology, 2023, 52(23): 139-142, 154.
- [3] 杨仁孟,陈兆荣,王森,等.高层建筑结构在竖向荷载作用下楼板面内应力分析和工程实例[J].建筑结构,2017,47(1):17-22.
YANG R M, CHEN Z R, WANG S, et al. Stress analysis and engineering examples of high-rise building structures under vertical loads on floor slabs [J]. Building structure, 2017, 47 (1): 17-22.
- [4] 魏琰,王森,陈兆荣,等.高层建筑结构在水平荷载作用下楼板应力分析与设计[J].建筑结构,2017,47(1):10-16.
WEI L, WANG S, CHEN Z R, et al. Stress analysis and design of floor slabs in high-rise building structures under horizontal loads [J]. Building structure, 2017, 47 (1): 10-16.
- [5] KWAK H G, KIM J K. Time-dependent analysis of RC frame structures considering construction sequences [J]. Building and environment, 2006, 41(10):1423-1434.
- [6] 陈祖军,宁宏翔.高层住宅建筑若干关键施工技术的研究与应用[J].施工技术(中英文),2023,52(17):74-78.
CHEN Z J, NING H X. Research and application of key construction techniques for high-rise residential buildings [J]. Construction technology, 2023, 52(17): 74-78.
- [7] 佟克龙.高层塔楼超大跨度超高空间连体钢结构设计与施工关键技术[J].施工技术(中英文),2023,52(8):45-50,67.
TONG K L. Design and construction key technology of super-large-span and ultra-high spatial connected steel structure of high-rise tower [J]. Construction technology, 2023, 52 (8): 45-50, 67.
- [8] GUO Z M. Application of cement improvement for expansive soil in subgrade engineering [J]. Architecture technology, 2023, 54 (15): 1875-1879.
- [7] 郑磊.石灰改良膨胀土路基施工技术研究[J].工程与建设,2022,36(2):406-408.
ZHENG L. Research on construction technology of lime improvement for expansive soil subgrade [J]. Engineering and construction, 2022, 36(2): 406-408.
- [8] 丁志平,王亮亮.高速铁路膨胀土路堑基床排水系统研究[J].施工技术(中英文),2021,50(17):69-73.
DING Z P, WANG L L. Research on seepage prevention and drainage system of expansive soil cutting foundation bed for high-speed railway [J]. Construction technology, 2021, 50(17): 69-73.
- [9] 田世宽,张海波.某高速公路膨胀土路基病害分析及处治措施[J].施工技术,2014,43(17):119-122.
TIAN S K, ZHANG H B. Analysis and treatment measures of expansive soil subgrade disease in a certain expressway [J]. Construction technology, 2014, 43(17): 119-122.

(上接第113页)

- [3] 舒明旺.混合再生沥青混合料路基工程特性研究[J].施工技术(中英文),2024,53(9):28-33.

SHU M W. Research on engineering properties of recycled asphalt mixture subgrade soil [J]. Construction technology, 2024, 53(9):28-33.

- [4] 刘博明.石灰改良膨胀土路基施工技术在高速公路中的应用[J].交通世界,2021(31):93-94.

LIU B M. Application of lime improvement for expansive soil subgrade construction technology in expressway [J]. Transpo world, 2021(31): 93-94.

- [5] 张新东,张陆山.高炉矿渣-石灰复合改良膨胀土工程特性试验研究[J].施工技术(中英文),2023,52(10):55-58.

ZHANG X D, ZHANG L S. Experimental study on engineering properties of blast furnace slag-lime composite improvement for expansive soil [J]. Construction technology, 2023, 52(10): 55-58.

- [6] 郭志明.水泥改良膨胀土在路基工程中的应用[J].建筑技术,2023,54(15):1875-1879.