

基于Midas Gen的某超高层结构施工过程分析

李雁阳, 李义磊

上海理工大学环境与建筑学院, 上海

收稿日期: 2024年10月6日; 录用日期: 2024年10月30日; 发布日期: 2024年11月6日

摘要

本文以某高度为202.9 m的超高层结构为背景, 基于Midas gen结构仿真软件, 对比分析了施工过程对结构变形的影响, 混凝土的收缩徐变在超高层结构施工过程中的影响以及竣工十年后收缩徐变效应对结构的影响。研究表明: 超高层结构分析时必须考虑施工过程, 混凝土收缩徐变效应使得超高层结构产生较大的竖向位移, 并且随着时间的增长, 收缩徐变所产生的影响越大。

关键词

超高层结构, 施工模拟, 收缩, 徐变

Analysis of the Construction Process of a Super High-Rise Structure Based on Midas Gen

Yanyang Li, Yilei Li

College of Environment and Architecture, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: Oct. 6th, 2024; accepted: Oct. 30th, 2024; published: Nov. 6th, 2024

Abstract

This paper takes a super high-rise structure with a height of 202.9 m as the background, based on the Midas GEN structural simulation software, and compares the impact of the construction process on structural deformation, the impact of concrete shrinkage and creep during the construction process of super high-rise structures, and the impact of shrinkage and creep on the structure ten years after completion. The study shows that: the construction process must be considered in the analysis of super high-rise structures, shrinkage and creep cause significant vertical displacement in super high-rise structures, and the impact of shrinkage and creep increases with time.

文章引用: 李雁阳, 李义磊. 基于 Midas Gen 的某超高层结构施工过程分析[J]. 建模与仿真, 2024, 13(6): 5775-5780.

DOI: 10.12677/mos.2024.136525

Keywords

Super High-Rise Structure, Construction Simulation, Shrinkage, Creep

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来随着城市化进程的加速,我国超高层建筑日益增多,建筑高度也逐渐增加[1]。超高层建筑通常采用框架核心筒结构,这种结构可以给建筑提供良好的抗侧力能力[2]。随着建筑高度的增加,结构的施工难度也在增加,施工周期往往长达数年时间,所以对结构施工过程的模拟分析就尤为重要[3]。傅学怡[4]等人对卡塔尔多哈一超高层建筑进行分析,发现结构在竖向荷载作用下,竣工 20 年后,最大竖向变形达 189.9 mm。赵建[5]等人采用 CEB-FIP (1990)收缩徐变模型对某超高层巨型混合结构进行了施工模拟,结果表明,混凝土的收缩徐变对超高层混合结构的变形及内力影响较大,当结构投入使用 50 年后,收缩徐变产生的竖向变形占总竖向变形的 50.19%~87.80%。王忠良[6]等人对银川绿地中心双子塔南塔目进行了考虑混凝土收缩徐变的施工模拟分析,研究发现,结构竖向变形曲线呈现中间小两头大的变化规律,中间楼层是竖向变形的敏感部位。王化杰[7]等人以京基金融中心为背景,用 ANSYS 软件进行施工过程模拟探究结构在施工过程中的变形情况。研究表明,结构整体变形呈现中间小两头大的规律,外框架梁的最大应力发生在施工过程当中。本文对上海市某超高层结构进行施工过程分析,研究了竖向荷载作用下的结构的竖向位移,以及收缩徐变效应在其中的影响。

2. 工程概况

该塔楼位于上海市(抗震设防烈度 7 度 0.1 g,基本风压 0.55 kN/m²),地上共 48 层,裙楼 5 层,地下 3 层,塔楼顶部标高 202.9 m,宽 41.4 m,高宽比 4.9。典型塔楼楼层平面图如图 1 所示。塔楼采用型钢混凝土框架-钢筋混凝土核心筒的混合结构体系。

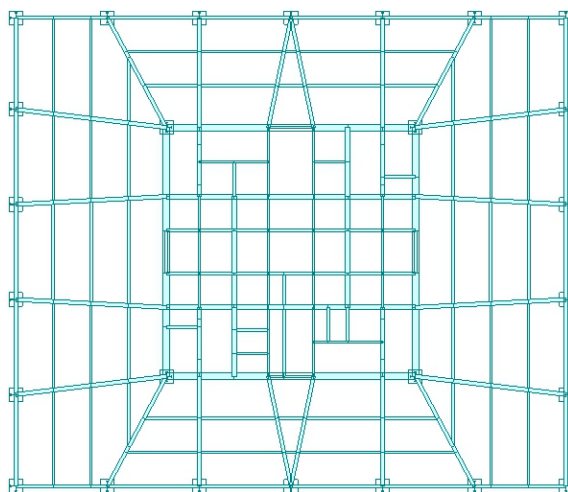


Figure 1. Typical tower floor plan

图 1. 典型塔楼楼层平面图

3. 模型建立和分析方法

3.1. 模型建立

采用 Midas/Gen 软件模拟该建筑在施工过程中的整体指标。其中核心筒部分采用板单元模拟, 型钢混凝土柱采用组合结构梁单元模拟。框架部分均布施加均布荷载 2.5 kN/m^2 , 楼面均布活荷载 3.5 kN/m^2 。有限元模型如图 2 所示。

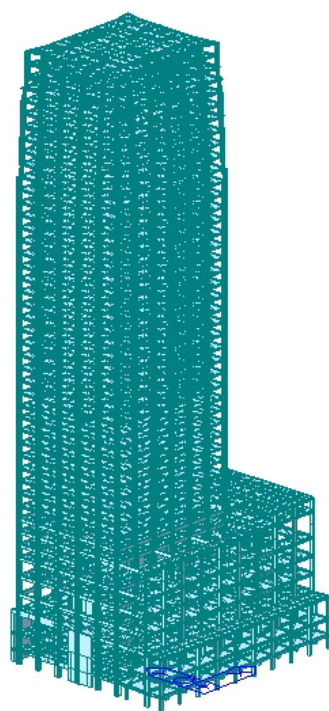


Figure 2. Finite element model
图 2. 有限元模型

3.2. 施工过程模拟和分析方法

超高层建筑的结构设计与施工过程是一个复杂且精密的工程问题, 特别是对于框架核心筒结构而言, 由于其组成的两部分——核心筒和外框架在使用材料、使用功能以及所承受的荷载上存在显著差异, 因此在施工过程中会产生较大的变形。这种变形如果不加以控制, 可能会对建筑的安全性和使用寿命产生严重影响。

在超高层框架核心筒结构的施工过程中, 通常不会采用框架部分和核心筒部分同时施工的方式。这是因为核心筒作为建筑的主要承重结构, 需要先于外框架施工, 以确保结构的稳定性和安全性。同时, 楼板的浇筑时间也会落后于外框架的施工, 以便于施工人员和设备在建筑内部进行作业。

对于本文所讨论的塔楼, 其施工过程模拟如下: 1) 地上结构每 8 天施工一层; 2) 核心筒领先外框架 5 层施工; 3) 楼板浇筑时间落后外框架 5 层。依照此方案, 整个塔楼的施工过程被划分为 10 个施工阶段。

本文对混凝土收缩徐变的模拟, 采用 CEB-FIP(1990)模型[8]。CEB-FIP (1990)模型的徐变应变计算公式如下: $\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \cdot \beta_c(t - t_0)$; 式中: φ_0 为名义徐变系数; β_c 为加载后徐变随时间发展的系数; t 为计算考虑时刻的混凝土龄期(d); t_0 为加载时的混凝土龄期(d)。

4. 分析结果

4.1. 竖向变形

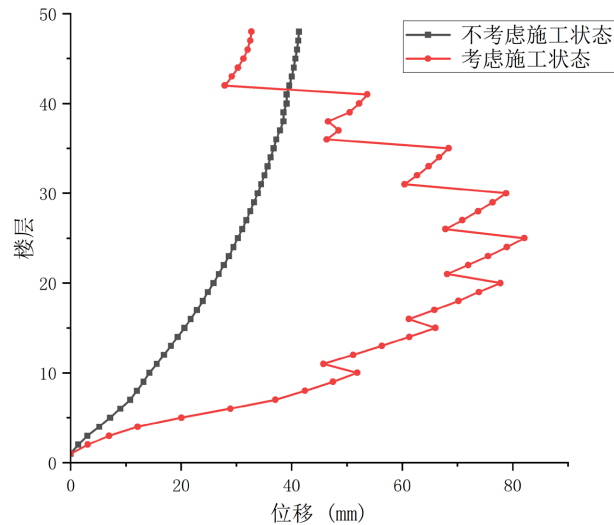


Figure 3. Vertical deformation
图 3. 竖向变形图

图 3 揭示了结构在自重作用下, 竖向位移的变化情况, 分别展示了考虑与忽略施工过程影响的两种状态。结果表明, 忽略施工过程影响时, 竖向位移随着楼层的增高而逐渐增大, 顶楼 48F 达到最大值 42.16 mm。相比之下, 考虑施工过程影响时, 竖向位移随楼层变化的曲线呈现为中间大、两端小的鱼腹形态, 最大变形出现在结构 1/2 高度处(25F), 最大竖向位移为 85.53 mm。这一对比突显出施工过程对超高层框架核心筒结构竖向位移的显著影响, 提示我们在模拟超高层结构时, 必须将施工过程的影响纳入分析以确保准确性。

4.2. 结构竣工时的竖向位移

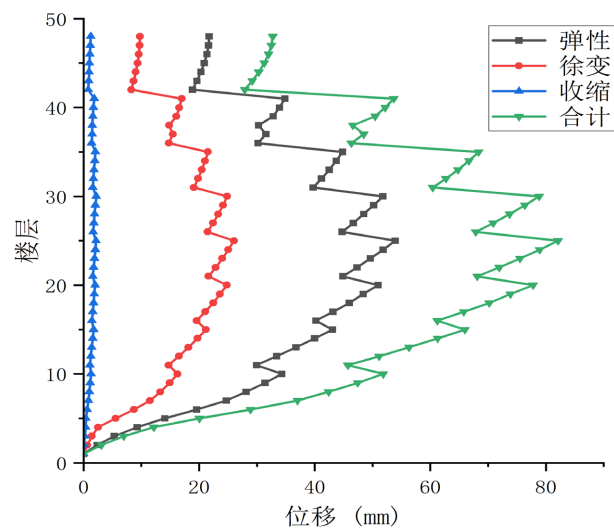


Figure 4. Vertical displacement of the structure at completion
图 4. 结构竣工时的竖向位移

图 4 为结构竣工时的竖向位移变化以及收缩徐变的影响情况。竖向位移的最大值发生在 25F, 最大值为 85.53 mm。其中结构的弹性变形占比最大, 为 53.61 mm, 占总变形的 62.68%; 由徐变效应产生的位移为 28.45 mm, 占总变形的 33.26%; 收缩效应所产生的位移最小, 为 3.30 mm, 占总变形的 3.86%。收缩徐变造成的变形共占总变形的 37.12%。由此可知, 结构竣工时, 结构的竖向位移主要来自于结构弹性变形。

4.3. 结构竣工十年后的竖向位移

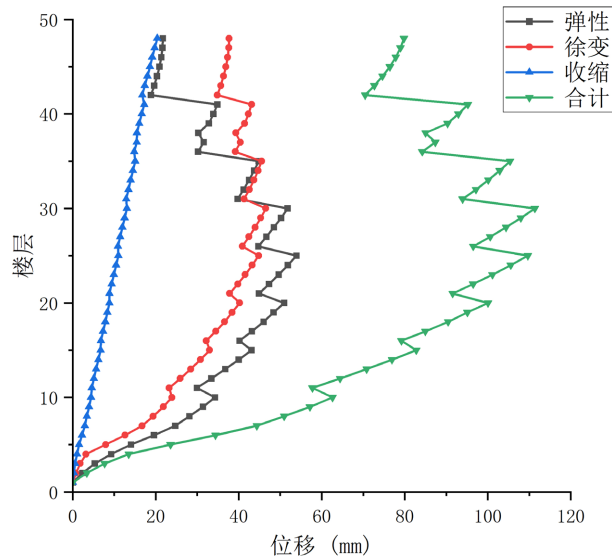


Figure 5. The vertical displacement of the structure after ten years of completion

图 5. 结构竣工十年后的竖向位移

图 5 展示了结构在竣工十年后的竖向位移变化, 以及收缩徐变对这种变化的影响。随着时间的推移, 由收缩徐变引起的变形显著增加。具体来看, 徐变效应导致的位移最大值出现在 30F, 其数值为 47.26 mm, 相比竣工时的最大值增加了 66.12%。收缩效应则在 48F 产生了最大的位移, 为 22.78 mm, 相比竣工时的最大值惊人地增长了 590.30%。

就整个结构而言, 竖向位移的最大值发生在 30F, 达到了 112.46 mm。其中, 由结构弹性变形引起的位移为 52.39 mm, 占总变形的 46.60%, 而收缩徐变造成的位移为 65.79 mm, 占总变形的 53.49%。值得注意的是, 从 30 层往上, 徐变效应所产生的位移已经超过了结构自身的弹性变形位移。

这些数据表明, 在竣工十年后, 该建筑结构的竖向位移主要是由收缩徐变引起的。这一发现对于理解建筑结构的长期性能和维护具有重要意义。

5. 结论

1) 在施工过程中, 超高层框架核心筒结构的竖向位移随楼层增高呈现出鱼腹形分布, 即中间楼层位移较大, 两端较小。最大竖向位移通常出现在结构的中上部。因此, 在设计和施工过程中, 应对此关键部位给予特别关注。

2) 在结构钢竣工时, 结构的竖向变形主要源于结构自身的弹性变形。在竖向位移达到最大的位置时, 弹性变形占据了 62.68% 的比例, 而收缩徐变所引起的变形则占据了 37.32%。因此, 在对超高层框架核心筒结构进行施工分析时, 应当将混凝土收缩徐变的影响纳入考量范围。

3) 在结构竣工十年后, 由收缩徐变所引起的变形显著增加。结构的竖向变形主要源于混凝土的收缩徐变, 在竖向位移达到最大的位置, 弹性变形占比为 46.60%, 而收缩徐变导致的变形则占比 53.49%。因此, 在对超高层框架核心筒结构进行设计和分析时, 必须考虑到混凝土收缩徐变效应在结构竣工后长时间内对结构产生的影响。

参考文献

- [1] 汪大绥, 包联进. 我国超高层建筑结构发展与展望[J]. 建筑结构, 2019, 49(19): 11-24.
- [2] 丁洁民, 吴宏磊, 赵昕. 我国高度 250 m 以上超高层建筑结构现状与分析进展[C]//第三届建筑结构基础理论与创新实践学术论坛. 第三届建筑结构基础理论与创新实践学术论坛论文集. 长沙: 中国建筑学会, 《建筑结构学报》, 湖南大学, 2014: 1-7.
- [3] 吴玖荣, 吴立友, 梁强武. 竖向布置沿高度内编的某超高层建筑施工模拟分析[J]. 建筑结构, 2020, 50(5): 71-76, 49.
- [4] 傅学怡, 吴兵, 陈贤川, 等. 卡塔尔某超高层建筑设计研究综述[J]. 建筑结构学报, 2008, 29(1): 1-9, 15.
- [5] 赵建, 周定松, 周佳, 等. 混凝土收缩徐变对超高层巨型混合结构竖向变形和关键构件内力的影响与控制[J]. 建筑结构, 2020, 50(1): 44-51.
- [6] 王忠良, 刘德辉, 郭智华, 等. 考虑混凝土收缩徐变的超高层复杂结构施工全过程模拟[J]. 建筑结构, 2023, 53(11): 137-142.
- [7] 王化杰, 钱宏亮, 范峰, 等. 京基金融中心施工全过程跟踪研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2015, 47(6): 15-20.
- [8] 韩伟威, 吕毅刚. 混凝土收缩徐变预测模型试验研究[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2016, 47(10): 3515-3522.