

# 超深基坑开挖对临近浅基础天保里文保建筑的变形控制分析

刘宇

上海隧道工程有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i2.18937

**[摘要]** 在城市核心区进行超深基坑施工时,紧邻历史保护建筑的变形控制是岩土工程领域的突出难题。文章以建宁西路过江通道A2标段深基坑工程为研究对象,针对距基坑仅2.9米的民国时期浅基础文保建筑天保里,系统研究了其变形响应机制与控制策略。论文深入分析了在深厚软土及高承压水地质条件下,基坑开挖引发的围护结构侧移、地下水渗流固结及施工动态扰动等多重因素的耦合作用机理。基于全周期高密度监测数据,定量揭示了建筑沉降与开挖、降水、支护等关键工序的动态关联规律。通过集成应用滑降式主动支护系统、精细化降水管理、坑内外组合加固,以及针对文保建筑的实时监测与应急托换技术,构建了一套全过程变形控制体系。

**[关键词]** 超深基坑; 文保建筑; 浅基础; 变形控制; 滑降支撑; 信息化施工  
**中图分类号:** TV551.4 **文献标识码:** A

## Deformation Control Analysis of Adjacent Shallow-Foundation Heritage Building Tianbaoli during Ultra-Deep Foundation Pit Excavation

Yu Liu

Shanghai Tunnel Engineering Co., Ltd.

**[Abstract]** Deformation control of historical conservation buildings adjacent to construction sites poses a prominent challenge in geotechnical engineering during ultra-deep foundation pit excavation in urban core areas. Taking the deep foundation pit project of Section A2 of the Jianning West Road Cross-River Tunnel as the research object, this paper systematically investigates the deformation response mechanisms and control strategies for the Tianbaoli heritage building, a Republican-era structure with shallow foundations located merely 2.9 meters from the pit. The study provides an in-depth analysis of the coupled action mechanisms involving multiple factors induced by the excavation, including lateral displacement of the retaining structure, groundwater seepage consolidation, and dynamic construction disturbances, under the geological conditions of deep soft soil and high confined water. Based on full-cycle high-density monitoring data, the dynamic correlation between building settlement and key construction processes—such as excavation, dewatering, and support installation—is quantitatively revealed. By integrating the application of a sliding-descending active support system, refined dewatering management, combined internal and external pit reinforcement, along with real-time monitoring and emergency underpinning technologies tailored for the heritage building, a comprehensive whole-process deformation control system has been established.

**[Key words]** Ultra-deep foundation pit; Heritage building; Shallow foundation; Deformation control; Sliding-descending support; Information-based construction

### 引言

随着城市地下空间开发向纵深发展,深大基坑工程邻近敏感历史建筑的情况日益普遍。此类建筑多采用天然浅基础,对地基变形极为敏感,允许变形值常远小于现行规范要求。基坑开挖引起的地层位移、应力释放及地下水变化,极易导致建筑产生有害沉降、倾斜与开裂,造成不可逆的历史文化价值损失。因

此,研究超深基坑开挖对临近浅基础文保建筑的变形影响规律,并形成一套高效可靠的控制技术体系,具有紧迫的工程现实意义。

国内外研究在基坑环境效应方面已有较多积累,包括沉降槽经验预测<sup>[1]</sup>、土-结构相互作用分析及隔断加固措施等。然而,针对结构性能退化、基础信息缺失的古老文保建筑,在

极端近距离条件下的动态响应与精细化控制研究,尤其是涵盖勘察、设计、施工、监测与应急全链条的系统性工程案例总结仍显不足。

本文依托建宁西路过江通道A2标段这一极具挑战性的工程实例,采用现场监测、机理分析与实践反馈相结合的方法。旨在阐明复杂地质环境下基坑开挖对文保建筑的作用机理,系统总结所采用的创新性综合控制技术,并评估其效果,以期为类似工程提供一套可复制、可推广的技术与管理范式。

## 1 工程概况与核心挑战

### 1.1 工程与环境概况

建宁西路过江通道A2标段包含江南盾构接收井及明挖段。工作井开挖深度达45米,明挖段深度为32.4-36.7米,属超深基坑。工程场地位于老城区,周边环境异常复杂且敏感:基坑北侧仅2.9米处为天保里(民国时期二层砖木结构,文保单位),南侧近距离分布学校与住宅。天保里建筑年代久远,结构整体性差,基础为浅埋条形基础,是本工程环境保护的最高风险点,其安全控制是项目成败的关键。

### 1.2 地质与水文条件

场地地层属长江漫滩相沉积,浅部分布厚层淤泥质粉质黏土及粉质黏土夹粉砂,呈流塑~软塑状态,具有高压缩性、低强度、高灵敏度的工程特性。地下水丰富,含孔隙潜水与承压水,其中承压水头高,与长江水力联系密切。深基坑降水引发的周边土体固结沉降是主要环境风险源。场地内存在的古河道软弱带进一步加剧了土质不均与变形控制的难度。

### 1.3 天保里建筑的脆弱性

天保里建筑的结构脆弱性体现在:(1)基础薄弱:浅埋条基,基底位于软弱土层;(2)结构老化:砖木材料性能退化,历经多次非正规修缮;(3)变形耐受能力极低。施工前仅完成上部结构修缮,地基未进行永久性加固,其在施工期间的允许沉降需严控在30mm以内,日变化速率须小于3mm/d,该控制标准参考了相关规范及工程经验<sup>[3-4]</sup>。

## 2 变形影响机理分析

超深基坑开挖对临近浅基础建筑的影响是多种机理耦合的复杂过程。

### 2.1 围护结构侧移传递效应

基坑开挖是侧向卸载过程,导致地下连续墙产生朝向坑内的水平位移。该位移通过墙后土体以沉降槽形式向周边传播。天保里基础紧邻基坑,位于沉降槽的显著影响区。监测数据显示,地墙最大水平位移达40mm,是引发建筑地基位移和伴随沉降的主导因素,其规律与经典研究成果相符。

### 2.2 降水引发的地层固结

为保障基坑稳定,需进行深井降水。降水导致土体中有效应力增加,引发高压缩性软黏土层的主、次固结沉降。天保里作为浅基础建筑,其沉降直接受降水影响范围内土层的压缩控制。监测数据清晰表明,承压水水位每大幅下降一次,建筑沉降速率即显著加快,揭示了降水-固结-沉降的核心因果链,印证了地下水

控制对变形的重要影响<sup>[5]</sup>。

### 2.3 施工动态扰动叠加

施工过程的动态性进一步复杂化变形响应:(1)支撑架设滞后导致无支撑暴露阶段变形快速发展;(2)邻近施工扰动(如MJS高压旋喷加固)产生附加土体挤压变形;(3)开挖顺序与空间效应(如栈桥板影响支撑安装)改变预设的应力释放路径;(4)软土的流变特性使变形随时间持续发展。这些因素与前述机理耦合叠加,共同决定了天保里的最终变形状态,体现了基坑工程“时空效应”的复杂性。

## 3 综合变形控制技术体系与实践

面对极端挑战,本工程构建并实施了“主动控制为主、动态调整为辅、应急保护兜底”的全过程综合控制技术体系。

### 3.1 精细化前期评估与设计优化

(1)专项勘察与评估:加密补充勘察,查明软弱地层与古河道分布;对天保里进行结构健康诊断,建立精细化模型评估其耐受阈值。(2)围护体系强化:采用1.5米厚、深达67米的地下连续墙,端部嵌入中风化岩层,形成强力隔水帷幕与支撑基础。(3)创新支护工艺——滑降式主动支撑系统:针对工作井,将传统被动支护革新为“滑降式钢箱梁支撑体系”,如图1所示。该系统可在上一道混凝土支撑完成后,整体快速滑降至下一开挖面并立即施加预顶力,实现“开挖面近零暴露”,从根本上抑制了开挖阶段的变形剧增,是本工程最核心的技术创新点,其理念源于对施工“时空效应”的主动干预<sup>[2]</sup>。

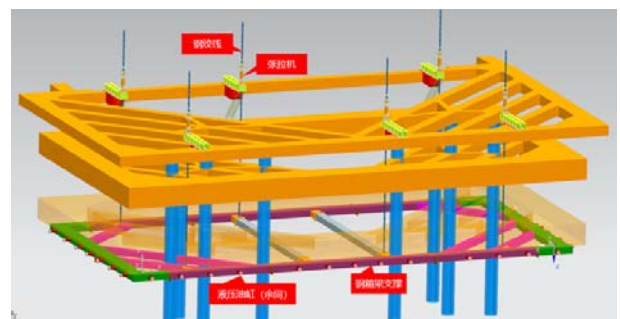


图1 滑降式钢箱梁支撑体系示意

### 3.2 动态化、信息化的施工过程控制

(1)精细化开挖与支撑:严格执行分层、分块、对称、限时开挖,控制相邻区域开挖面高差。滑降支撑的应用极大缩短了关键工序时间。(2)信息化降水管理:实施“按需、分阶段”的精细化降水策略,依据实时水位监测动态调整降水方案,力求在基坑安全与环境保护间取得最优平衡。(3)外部施工协调:与相邻标段建立联动机制,在敏感时段规避邻近区域的剧烈扰动作业。

### 3.3 针对文保建筑的专项与应急保护

(1)结构应急托换:对已出现的裂缝,立即采用钢管支架进行承托加固。(2)地基可控注浆:当沉降加速时,在基础周边实施低压、慢速、间歇式的可控压密注浆,注浆范围如图2所示,旨在挤密加固浅层土体。(3)截排水保障:确保建筑周边排水通畅,防止基础长期浸泡软化。

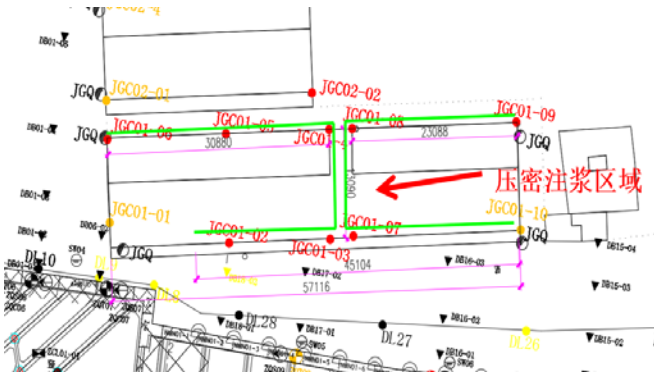


图2 压密注浆范围示意图

这些应急措施是综合保护体系的重要组成部分。

### 3.4 全过程智能监测与反馈控制

(1) 多维监测网络: 建立覆盖基坑本体、周边土体及天保里建筑(沉降、倾斜、裂缝)的全方位、高密度监测体系。(2) 实时反馈与预警: 采用自动化设备实现数据实时采集与传输。设定三级预警阈值, 一旦触发, 立即启动相应级别的预案响应, 形成“监测-预警-决策-控制”闭环, 实践了信息化施工的理念。

## 4 监测效果评估与分析

对全过程监测数据的分析, 验证了控制措施的有效性并揭示了变形规律。

### 4.1 基坑本体变形响应

工作井大部分测点水平位移控制在设计要求(90mm)内。个别监测点的异常超限直接印证了相邻MJS施工产生的显著附加扰动, 此类施工干扰影响在研究中亦有提及<sup>[6]</sup>。

### 4.2 天保里沉降控制效果

天保里的沉降-时间曲线(如图3所示)与施工工况高度同步:

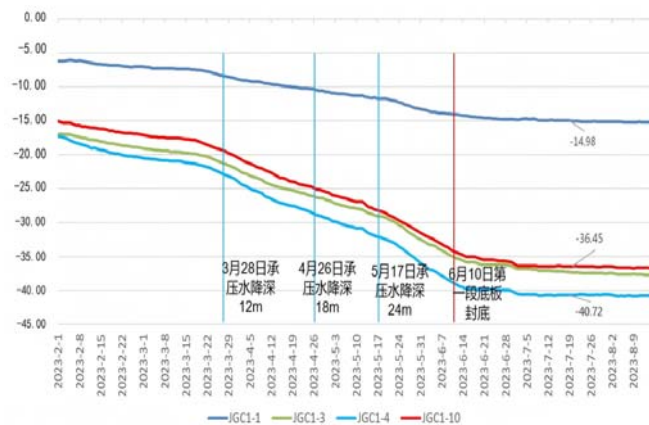


图3 天保里的沉降-时间曲线(单位: mm)

(1) 开挖启动后沉降随即发生。(2) 深部降水阶段沉降速率显著增加, 最大达-2.6mm/d, 降水主导作用明显, 与机理分析一致。(3) 结构底板封底后, 沉降曲线迅速趋缓, 说明结构整体刚度形成对变形遏制具有决定性作用。(4) 至工程完工后, 天保里最大累计沉降约35mm, 被成功控制在报警阈值附近, 建筑主体结构保持稳定, 实现了预定的保护目标。

## 4.3 关键技术措施效用评价

(1) 滑降支撑体系: 显著平抑了开挖导致的变形阶梯式增长, 证明了其在控制变形发展速率方面的卓越效果, 是对传统工艺的有效革新。(2) 应急注浆与临时支撑: 在沉降活跃期起到了“减速”与“防裂”的关键缓冲作用。(3) 信息化动态管理: 基于数据的多次施工参数优化, 是变形最终受控的重要保障, 体现了动态设计思想。

## 5 结论与建议

### 5.1 主要结论

(1) 在紧邻超浅基础文保建筑的超深基坑工程中, 变形是围护结构侧移、降水固结及施工扰动多重耦合作用的结果, 必须进行系统性的综合控制。(2) 创新施工工艺是主动控制变形的核心。本工程应用的“滑降式主动支护系统”通过极大地缩短无支撑暴露时间, 有效抑制了变形快速发展, 具有重要推广价值。(3) 文保建筑保护必须采取“永久性加固优先、全过程监测预警、应急措施兜底”的系统策略。仅靠优化基坑支护不足以确保安全。(4) 信息化施工与动态反馈控制是实现精细化、自适应管理的关键, 是应对复杂环境工程挑战的必然选择。(5) 通过上述综合技术体系的成功应用, 本工程在极端不利条件下实现了天保里文保建筑的安全留存, 为同类工程提供了完整的技术与管理范例, 相关经验可进行推广。

### 5.2 对类似工程的建议

(1) 前期阶段: 务必开展极致精细的环境调查与文保建筑“体检”, 力争在基坑施工前完成其地基的永久性加固。(2) 设计阶段: 优先选用变形控制能力强的支护型式, 积极引入能缩短关键工序时间的新技术、新工艺, 设计应严格遵循规范并兼顾创新<sup>[3,4]</sup>。(3) 施工阶段: 贯彻“慢即是快”的稳妥原则, 建立最高效的信息化监测与应急指挥体系, 实现多专业、多单位的协同作战。(4) 管理层面: 建立跨部门联合决策机制, 明确责任, 确保保护方案与应急预案能够有效执行。

### [参考文献]

[1] Peck, R.B. Deep excavations and tunneling in soft ground. State-of-the-Art Report[C]. Proc. 7th ICSMFE, Mexico City, 1969.  
 [2] 刘国彬, 王卫东. 基坑工程手册(第二版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.  
 [3] 建筑基坑支护技术规程: JGJ120-2012[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.  
 [4] 基坑工程技术规范: DG/TJ08-61-2018[S]. 上海, 2018.  
 [5] 陈云敏, 徐日庆. 软土深基坑变形控制理论与实践[J]. 岩土工程学报, 2018, 40(5): 11.  
 [6] Tan, Y., and Wei, B. Performance of an overexcavated metro station and facilities nearby[J]. Journal of Performance of Constructed Facilities, ASCE, 2012, 126(4): 440-457.

### 作者简介:

刘宇(1993—), 男, 汉族, 四川南充人, 本科, 工程师, 研究方向为城市地下空间工程施工。