

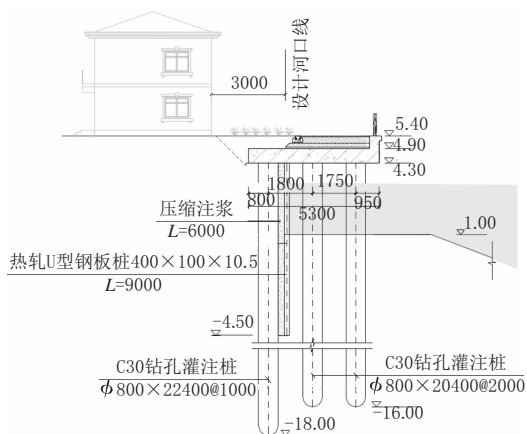


图2 传统建筑保护设计方案

(4) 结构经济性好。

根据上述设计原则,采用低桩承台 L 形挡墙结构形式以避免侵占河道和减少运行期位移。考虑到低桩承台在施工期底板开挖深度近 5 m,需要进行基坑对撑支护以提高建筑保护效果,因此陆域侧采用永久桩基兼做基坑围护桩基,河道侧打设临时钢板桩作为基坑围护桩。

永久结构具体做法如下:陆域侧打设钻孔灌注桩(兼做基坑围护桩),河道侧设置 L 形低桩承台挡墙,与陆域侧桩基采用预留插筋锚固,挡墙底板宽 4.5 m,厚 0.8 m,面高程 1.00 m。底板下部打设 2 排钻孔灌注桩。上部墙身顶设置钢筋混凝土冠梁与陆域侧桩基连接,顶高程 5.40 m。为了方便与传统方案进行对比,上述结构桩径、桩长等参数与传统设计方案相同。新型驳岸设计方案结构如图 3 所示,施工期断面如图 4 所示。

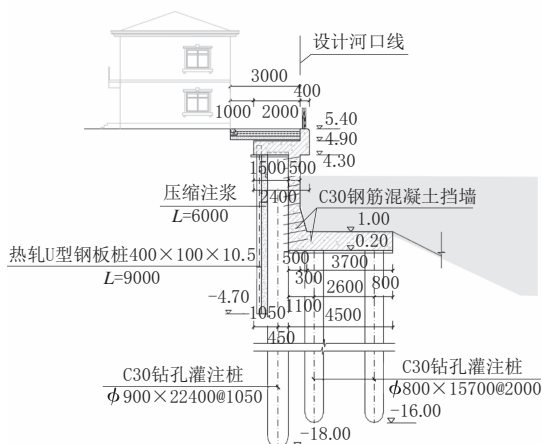


图3 新型设计方案结构图

2 数值模拟分析

本文选用 Plaxis 软件进行有限元计算分析。Plaxis 软件采用板单元模拟桩基,可以模拟在垂直于模型平面方向上具有一定间距的排桩。刚度属性针

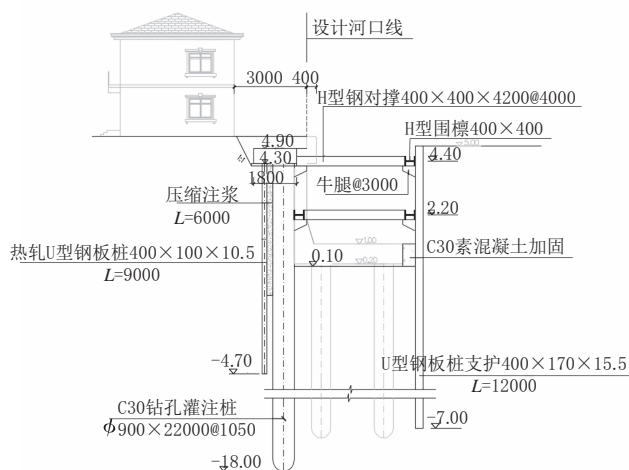


图4 新型设计方案施工期结构图

对单根桩输入,程序将计算每 m 宽度的涂抹属性。该结构元件的特点为它不是直接与网格耦合,而是间接地通过线到线界面进行耦合(由弹簧和界面组成)。Plaxis 采用界面单元来模拟土-结构相互作用,界面单元采用 Coulomb 准则用以区别弹性性状(即在界面内可以出现小位移)和塑性界面性状(即可能出现永久滑动)。

2.1 土体本构模型选择

鉴于 HSS (Hardening soil small-strain model) 模型在描述土体剪切硬化、压缩硬化、加卸载、小应变等方面的优势^[4,5],本次模拟分析选用 HSS 土体本构模型。在 HSS 模型中需确定小应变特性参数,即初始剪切模量 G_0 和阈值剪应变 γ 为 0.7。其余 11 个 HS (Hardening Soil Model) 模型参数情况分别说明如下:

3 个 Mohr-Coulomb 强度参数: c 为有效黏聚力; φ 为有效内摩擦角; ψ 为剪胀角。

3 个基本刚度参数: E_{50}^{ref} 为三轴排水试验的参考割线刚度; $E_{\text{ed}}^{\text{ref}}$ 为固结试验的参考切线刚度; m 为刚度应力水平相关幂指数。

5 个高级参数: $E_{\text{ur}}^{\text{ref}}$ 为卸荷再加荷模量; ν_{ur} 为卸荷再加荷泊松比; p^{ref} 为参考应力; R_f 为破坏比; K_0 为正常固结条件下的侧压力系数。

计算中不同分层土体的重度、黏聚力、摩擦角等参数由勘察报告提供,刚度参数和高级参数则根据大量类似工程的监测数据反演分析得到,各层土体主要计算参数具体见表 1,结构材料计算参数见表 2。

2.2 数值模拟结果分析

对上述传统方案和新型方案进行有限元建模,研究不同方案下的建筑物位移和驳岸结构受力变形情况。

传统方案工况模拟过程:(1)桩基施工;(2)底板

表 1 土体物理力学参数

土层号	① ₁	② ₃	③ ₁	⑤ ₁	⑤ ₂	⑥
$\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	19.0	18.8	18.0	17.7	18.5	19.4
c/kPa	19.0	6.0	15.0	14.0	6.0	41.0
$\varphi/(^{\circ})$	22.0	15.0	18.0	16.0	30.5	19.0
$\psi/(^{\circ})$	0	0	0	0	0	0
$E_{50}^{\text{ref}}/\text{MPa}$	6.15	11.30	3.46	3.35	9.30	7.96
$E_{\text{ed}}^{\text{ref}}/\text{MPa}$	5.12	9.41	2.88	2.79	7.74	6.68
$E_{\text{ur}}^{\text{ref}}/\text{MPa}$	35.85	87.86	20.16	19.53	54.18	46.62
$\gamma_{0.7}$	0.000 2	0.000 2	0.000 2	0.000 2	0.000 2	0.000 2
G_0/MPa	143.39	351.50	80.60	78.12	216.70	186.50

表 2 结构材料特性参数

材料名称	$EA/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-1})$	$EI/(\text{kNm}^2\cdot\text{m}^{-1})$	材料类型
1 m 厚钢筋混凝土底板	30 000 000	2 500 000	弹性
0.6 m 厚钢筋混凝土底板	18 000 000	540 000	弹性
$\phi 900\text{ mm}@1\ 050\text{ mm}$ 钻孔灌注桩	18 167 143	919 712	弹性
$\phi 800\text{ mm}@2\ 000\text{ mm}$ 钻孔灌注桩	9 545 600	381 824	弹性
400×170 钢板桩	4 995 500	79 516	弹性

施工;(3)开挖至河底,未通水(最不利工况)。

对于传统方案,河道开挖至河底后,房屋基础最大水平位移 4.14 mm,最大竖向位移 6.29 mm。水平位移云图如图 5 所示,竖向位移云图如图 6 所示。

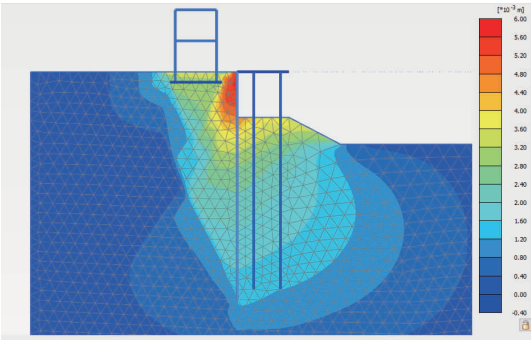


图 5 传统建筑保护设计方案水平位移云图

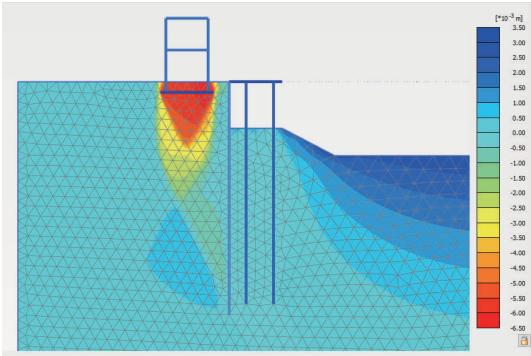


图 6 传统建筑保护设计方案竖向位移云图

新型方案工况模拟过程:(1)灌注桩桩基施工;(2)临时钢板桩施工;(3)支撑开挖至低桩承台底板底(较不利工况);(4)底板施工;(5)墙身施工,拆除临时钢板桩和支撑,部分河道土方开挖;(6)全部河道开挖至河底,未通水(最不利工况)。工况过程如图 7 所示。

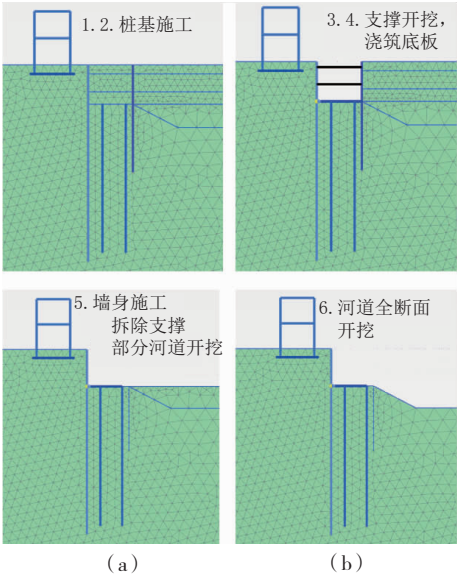


图 7 新型方案施工工况模拟过程

对于新型方案,河道开挖至河底后,房屋基础最大水平位移 3.84 mm,最大竖向位移 5.58 mm,水平位移云图见图 8,竖向位移云图如图 9 所示。相比较于传统方案,新型方案对于房屋影响,水平位移降低约 7%,垂直位移降低约 11%。

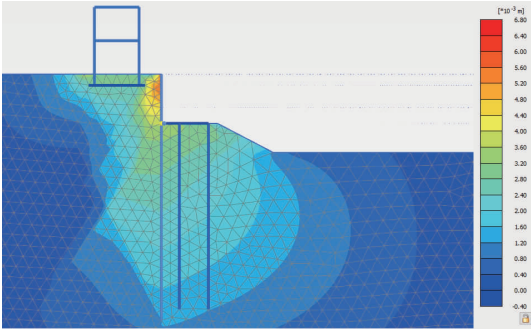


图 8 新型方案水平位移云图

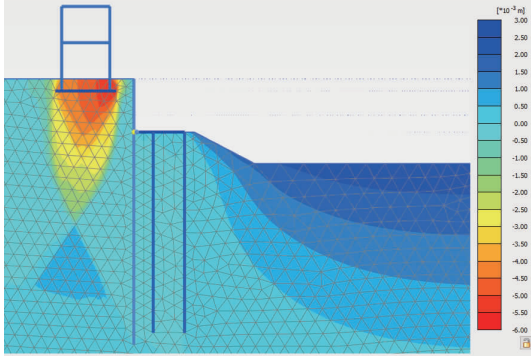


图 9 新型方案竖向位移云图

3 技术经济比选

对于上述两种方案陆域侧桩基受力变形情况进行对比分析,可以发现,传统方案桩顶水平位移 5.78 mm,新型方案装订位移 6.46 mm,增大约 12%;传统方案弯矩最大值 106.2 kN·m,新型方案弯矩 141.6 kN·m,增大约 33%;传统方案轴力最大值 219.5 kN,新型方案轴力最大值 213.9 kN,降低约 3%;传统方案剪力最大值 86.82 kN,新型方案剪力最大值 126.8 kN,增大约 46%。建筑保护方案数模模拟计算结果对比见表 3 和图 10 各图。

表 3 建筑保护方案数模模拟计算结果对比表

位置	房屋基础			陆域侧桩基		
	水平位移/mm	垂直位移/mm	桩顶水平位移/mm	弯矩/(kN·m)	轴力/kN	剪力/kN
传统方案	4.14	6.29	5.78	106.2	219.5	86.82
新型方案	3.84	5.58	6.46	141.6	213.9	126.8
对比	-7%	-11%	12%	33%	-3%	46%

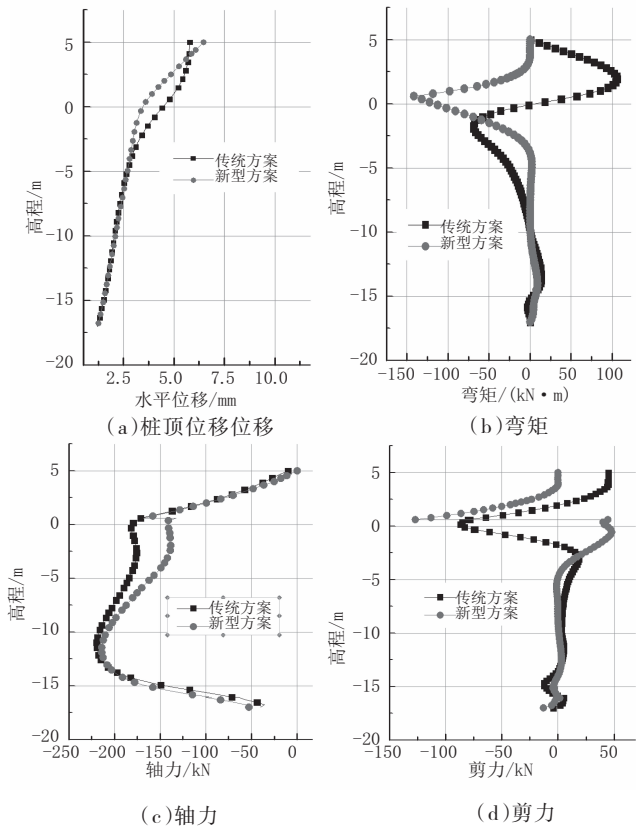


图 10 陆域侧桩基受力变形对比图

综合上述对比可以发现,由于新型方案采用低桩承台结构,陆域侧桩基桩顶悬臂较大,弯矩、剪力和桩顶位移均高于传统方案,但其桩顶以下部位桩基变形更小,对陆域侧建筑物和土体的位移控制却优于传统方案,采用了新型方案后,房屋基础水平位

移降低约 7%,垂直位移降低约 11%,说明新型设计方案对桩基结构力学性能的发挥更为充分,对于墙后土体的整体变形控制是更有利的。

表 4 断面比选表

项目	传统方案	新型方案
施工难度	常规工艺,施工难度小	同传统方案
施工工期	无基坑开挖,施工较快,底板下方开挖时速度稍慢	低桩承台施工期需要进行基坑支护,工期较传统方案长
结构受力	满足要求	同传统方案
建筑保护效果	房屋保护效果一般	对房屋位移影响更小
蓝线符合性	桩基结构侵入蓝且露出水面,影响过流断面	结构不侵入河道蓝线
工程造价/(万元·m ⁻¹)	7.5	8.1(含临时支护)

对上述两种方案进行技术经济比选,两种方案结构受力均能满足要求,施工难度也相近。但是新型方案相较于传统方案,建筑物保护效果更好,河道过流断面内无结构阻流,蓝线复合型明显优于传统方案,虽然工期和工程造价略高于传统方案,但增幅仅约 8%,仍在合理范围内,因此建议采用新型方案对建筑物进行保护。

4 工程实施效果

根据新型方案实际工程实施效果,开挖至坑底后,围护桩基位移 4~6 mm,房屋处地面水平位移 2~4 mm,房屋结构无明显破损,建筑整体保护效果较好。目前工程已完工通水,运行良好,新型结构的安全性和适用性得到较好验证。案例工程施工工期照片如图 11 所示。



图 11 新型方案施工现场照片

5 结 语

根据对新型方案 and 传统方案的数值模拟分析及新型方案的工程实际施工情况和运行情况,采用本文提出的采用新型结构进行建筑保护具有安全性和适用性,值得进行推广尝试。后续可根据案例工程长

(下转第 202 页)

预应力张拉稳定后进行锚固、注浆、封锚及土体开挖等施工工序。

目前,该工程已顺利竣工,其中仅用2 d就完成15 m长管幕内土体开挖,且土体开挖完成后地表最大沉降仅为10.16 mm,实现了富水软土地层中心城区浅覆土地下结构低扰动、小变形快速静默施工。图14所示为地表沉降测点布置图。图15所示为地表沉降平均值随施工工序变化曲线。

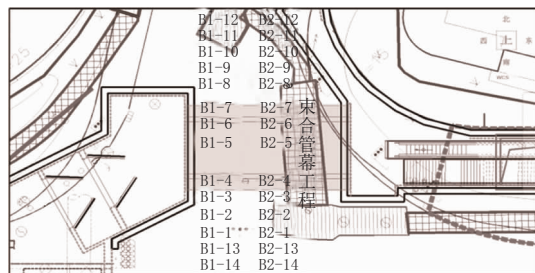


图14 地表沉降测点布置图

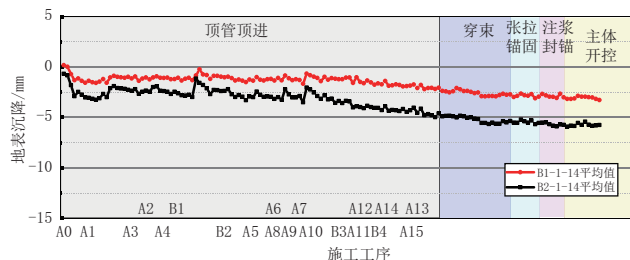


图15 地表沉降平均值随施工工序变化曲线

4 结 语

束合管幕工法(U-BIT工法)基于超前支护与永久结构合一的设计思路,通过在管幕顶进完成后对各管节施加环向预应力,使管节受力形式由原来的纵向受力、横向支撑转换为横向预应力张拉、纵横向共同受力,从而形成整体受力体系。相较于日本URT

工法和PCR工法,U-BIT工法在日本管幕暗挖工法基础上研发了充填密封油脂的C-T锁扣和方形-异形转换的可拆除斜腋角式异形工作管节。因此上述工法在保留已有管幕工法断面多样性、浅覆土可行性等优点的同时,创新解决了富水软土地层中心城区浅覆土无临时支撑、无土体加固的全断面微扰动快速暗挖难题。

参考文献:

- [1] 朱雁飞,毕湘利,郭彦,等.富水饱和软土地层轨道交通地下车站暗挖工法研究综述[J].隧道与轨道交通,2021(增刊1):1-7.
- [2] 张中杰,刘书,吕培林,等.富水软土地层束合管幕(UBIT)暗挖新工法的设计与工程实践[J].隧道建设(中英文),2022,42(增刊2):267-272.
- [3] 张中杰,刘书,袁勇,等.基于大断面束合管幕法的地铁车站建造方案研究[J].城市轨道交通研究,2023,26(12):69-74.
- [4] 陈能涌,黄杰.铁建重工国产最大盾构机荣耀下线[J].市政技术,2020,38(6):9.
- [5] GB 50446—2017,盾构法隧道施工及验收规范[S].
- [6] 贾连辉,谌文涛,范磊,等.特大断面矩形隧道掘进机关键系统设计与应用——结合嘉兴市长水路下穿南湖大道项目[J].隧道建设(中英文),2022,42(5):917-928.
- [7] DG/TJ 08-2268—2019,顶管工程设计标准[S].
- [8] 张俊儒,严丛文,叶伦,等.箱涵顶进对下方管幕的力学作用分析[J].隧道建设(中英文),2019,39(增刊1):73-79.
- [9] 张世宏.饱和软土地层地下车站管幕法支撑施工关键技术研究[J].隧道与轨道交通,2021(2):35-40,65.
- [10] 金慧瑛.上海地铁车站非开挖创新技术的科技情报调研,上海隧道(内部文献),2022(2):228-231,237.
- [11] 毕湘利,张中杰,刘书,等.饱和软土地层束合管幕结构受力性能足尺试验研究[J].隧道建设(中英文),2022,42(6):953-959.
- [12] 张耀三.饱和软土地层束合管幕暗挖工艺研究[J].隧道与轨道交通,2020(4):35-38.

(上接第173页)

期监测数据结果进行对比验证和反分析,以便更进一步优化设计。

参考文献:

- [1] 李俭霞.市政工程施工中地下管线的保护问题探讨[J].中华建设,2024(1):45-47.
- [2] 程妍妮,费文平.河道挡墙施工对两岸房屋变形的影响研究[J].工业

建筑,2023,53(增刊2):479-482.

- [3] 陈佳鑫.基坑施工对周边环境保护措施的有效性探讨[J].建筑科技,2023,7(3):57-60.
- [4] 张雨剑,田利勇,陈大伟.斜顶桩高桩承台挡土结构分析研究[J].城市道桥与防洪,2018(3):126-129,164.
- [5] 王卫东,王浩然,徐中华.基坑开挖数值分析中土体硬化模型参数的试验研究[J].岩土力学,2012,33(8):2283-2290.