

## 超大深基坑工程选型与施工技术研究

### ——以合景泰富嘉兴高铁新城项目综合体项目为例

彭建军

上海华纺房地产发展有限公司, 上海 201100

[摘要] 合景泰富嘉兴高铁新城综合体超大深基坑项目占地面积 107000 m<sup>2</sup>, 总建筑面积 552500 m<sup>2</sup>, 基坑开挖深度为 9.28m 至 13.33m 不等, 属于超大深基坑工程。文中结合合景泰富嘉兴高铁新城综合体超大深基坑案例, 通过对各围护工程设计方案形式比选, 分析了各方案在基坑安全、施工组织合理、成本必选等, 论述了基坑围护设计形式“自稳式基坑支护组合技术”在项目实施过程中的优越性。

[关键词] 综合体; 超大深基坑工程; 选型; 施工技术; PRC 管桩; 止水帷幕

DOI: 10.33142/ec.v6i10.9690

中图分类号: TU753

文献标识码: A

## Research on the Selection and Construction Technology of Super Deep Foundation Pit Engineering - Taking the Complex Project of Hejing Taifu Jiaxing High Speed Rail New City as an Example

PENG Jianjun

Shanghai Huafang Real Estate Development Co., Ltd., Shanghai, 201100, China

**Abstract:** The Hejing Taifu Jiaxing high speed rail new city complex super deep foundation pit project covers an area of 107,000 square meters, with a total construction area of 552,500 square meters. The excavation depth of the foundation pit ranges from 9.28m to 13.33m, and it belongs to the super deep foundation pit project. The article combines the case of the super deep foundation pit of the Jiaxing high speed rail new city complex in Hejing Taifu, and analyzes the advantages of the "self stable foundation pit support combination technology" in the project implementation process by selecting the necessary design schemes for each enclosure engineering, including foundation pit safety, reasonable construction organization, and cost selection.

**Keywords:** complex; extra large deep foundation pit engineering; selection; construction technology; PRC pipe piles; water stop curtain

### 引言

合景泰富嘉兴高铁新城综合体项目占地面积大、基坑开挖深度深、项目开发周期长, 深基坑工程受面临的岩土土质、地下水文变化等外界因素复杂, 应用常规基坑支护技术难以满足施工要求, 因此基坑支护组合技术得到重视, 结合本项目具体案例对此技术进行基坑围护设计方案必选。

### 1 合景泰富嘉兴高铁新城项目综合体超大深基坑项目概况

本项目属于住宅、商业、公寓、办公及酒店综合楼, 主要包括 2 幢甲级办公楼 (150m、120m)、1 幢人才公寓 (100m)、商业裙房、22 幢住宅 (40m、60m、80m)、地下生活广场以及地下停车场等用房构成。项目用地面积 10.7 万方, 建筑面积 55.25 万方, 其中地上计容建筑面积 38.68 万方, 地下建筑面积 16.57 万方。

项目由合景泰富集团控股有限公司全资子公司投资开发, 分四期开发建设; 主要参建单位有中建五局华东建设有限公司、浙江荣呈建设集团有限公司、中煤江南基础

工程有限公司。

本项目±0.00 相当于绝对标高 4.95m, 拟建场地标高约 4.35m, 地下二层底板面标高-8.58m 至-10.73m, 底板厚度为 600mm, 底板垫层底标高-9.28m 至-11.43m, 承台厚度 1.2m 至 2.0m, 承台垫层底标高-9.88m 至-12.83m, 因此基坑开挖深度为 9.28m 至 12.23m; 地下三层底板面标高-13.03m, 底板厚度 800mm, 故底板垫层底标高-13.93m, 基坑开挖深度 13.33m, 与大范围地下二层区域高差 3.8m。



图 1 合景泰富嘉兴高铁新城项目平面图

## 2 工程地质条件

### 2.1 工程地质条件

拟建工程选址位于嘉兴市南湖区（三环南路与庆丰路），场地地貌单元属太湖湖沼平原区，本工程涉及的土层从上至下分别为：①<sub>1</sub>层杂填土、①<sub>2</sub>层素填土、②<sub>1</sub>层粉质黏土、②<sub>2</sub>层淤泥质粉质黏土、③层粉质黏土（青灰色、灰黄色）、④层粉质黏土（灰黄色）、⑤层粉质黏土（灰黑色）、⑦砂质粉土夹粉砂。

表1 基坑支护设计参数表

层号	层名	重度			固快(峰值)		三轴(UU)		渗透系数	
		$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	C kPa	$\phi$ (°)	C kPa	$\phi$ (°)	$K_h$ (cm/s)	$K_v$ (cm/s)		
①	杂填土	18.0	8.0	7.5				6.0E-05	5.0E-05	
② <sub>1</sub>	粉质粘土	18.7	20.2	12.9	17.0	0.8		4.65E-06	4.21E-06	
② <sub>2</sub>	淤泥	16.2	8.3	6.6	7.7	0.2		2.40E-07	1.99E-07	
③	粉质粘土	19.3	32.8	15.5	20.0	2.5		1.67E-06	1.48E-06	
④	粉质粘土	19.6	30.4	15.3	51.0	4.6		5.30E-06	4.87E-06	

### 2.2 水文条件

根据勘探揭露，区域内主要分布二层地下水（孔隙潜水、承压水）。潜水主要赋存于填土和硬壳层中，其水位受大气降水、附近河流、地表水补给及季节变化等影响；承压水主要赋存于砂质粉土夹粉砂中。

## 3 深基坑支护设计

### 3.1 基坑支护设计控制标准

根据本项目开发分期情况、基坑开挖深度、周围环境及《基坑工程设计标准》，本基坑工程安全等级为一级、二级、基坑环境保护等级三级。具体基坑设计控制标准如下：

(1) 围护结构最大侧向位移北侧按照二级环境等级0.3%H(30mm)；(2) 坑外地表最大沉降北侧按照0.55%H(40mm)控制；(3) 地下管线按照下列标准控制：刚性管道累计沉降量10mm以内，柔性管道累计沉降量20mm以内。

### 3.2 深基坑支护选型

#### 3.2.1 选型原则

基坑围护是个系统工程，不仅要受力合理，还要施工方便、节约工期；结合本项目施工组织及场地条件，选型原则如下：(1) 确保安全，存在重大安全隐患的方案再怎么节约也是没有实际意义；(2) 工程投入成本相对较低；(3) 结合现场布置及施工组织，尽最大可能为施工提供便利条件。

#### 3.2.2 方案必选

根据项目实际开发建设分期情况，结合类似项目经验，常用的维护方式有SMW工法+水平内支撑、钻孔灌注桩+水平内支撑和“自稳式基坑支护组合技术”等。

##### (1) SMW工法桩+水平内支撑

“SMW工法”围护型式，采用水泥与土进行原位的强制性搅拌，并插入型钢，固化后形成围护体，该围护体充分利用水泥土的高止水性及型钢强度，通过二者的复合作用，用作基坑挡土和侧向防水结构，当其围护功能完成后，型钢可以拔出重复利用。

采用SMW工法桩时，整个基坑需满布内支撑。此种方案支撑体量大、需设置相当数量的立柱及立柱桩；支撑体系造价较高。同时支撑施工、养护、拆除工序较多，工期较长。因此，不建议采用SMW工法桩+水平内支撑的围护形式。

##### (2) 钻孔灌注桩+水平内支撑

该方案是深基坑常用的基坑围护结构形式。对于基坑深度不深，采用该方案施工工艺成熟，在过往项目中具有丰富的经验。此方案的主要特点有：

①施工工艺成熟，是最具丰富设计、施工经验的围护体型式之一；②桩径、桩长均可调整，在设计选型过程中选择余地大；③刚度大、变形小，对周围建筑环境影响小；④经济性相对地下连续墙更好；⑤施工速度相对较快。

结合土质、开挖条件、造价、工期以及项目分期建设等多种因素，不建议采用钻孔灌注桩排桩作为基坑周边的挡土结构。

##### (3) 自稳式基坑支护组合技术

采用双排桩门式刚架（局部斜向型钢支撑）护结构，该方案与内支撑型式相比最大的优点是不需设置内支撑，施工内容大大减小，方便挖土，无支撑施工养护和拆除工况，地下结构施工可连贯进行，无换撑工序，无需留置后浇带，不存在因后浇带引起的后期底板、地下室的地下水渗漏问题，目前已得到较为广泛的应用，累计实施案例达到近70余项。具体做法如下：

开挖深度9.28~12.23m，拟采用垂直开挖的型式，经比选拟主要采用双排管桩进行支护：首先对浅层土进行卸载，然后设置双排PRC管桩（局部采用钻孔灌注桩）。

主要剖面如下：

①1-1剖面：采用卸土+双排管桩支护，卸土后挖深5.53m，管桩采用700PRC管桩；

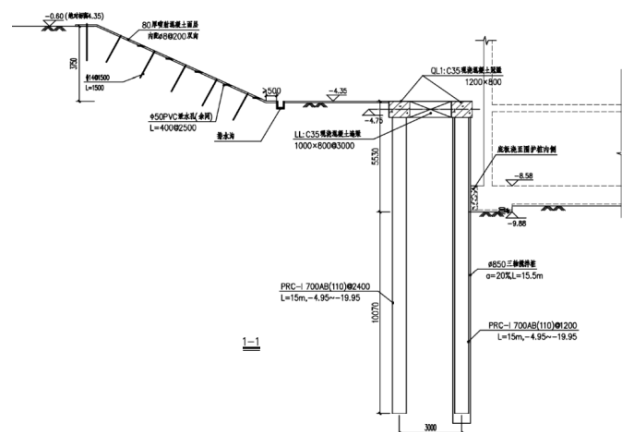


图2 采用卸土+双排管桩支护

②2-2 剖面：采用卸土+双排管桩支护，卸土后挖深 6.38m，管桩采用 700PRC 管桩；

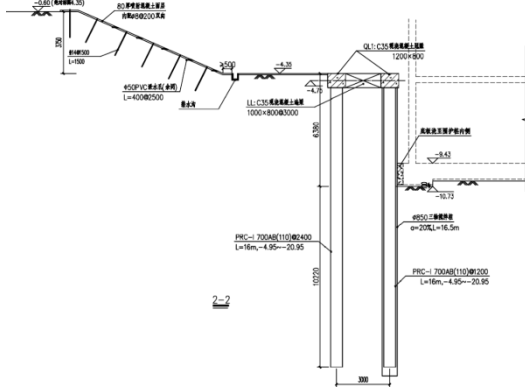


图 3 采用卸土+双排管桩支护

③3-3 剖面：靠近现状河道，卸土范围及深度受限，故拟结合现状场地采用钢板桩挡土后进行卸土，卸土后采用双排管桩进行支护；

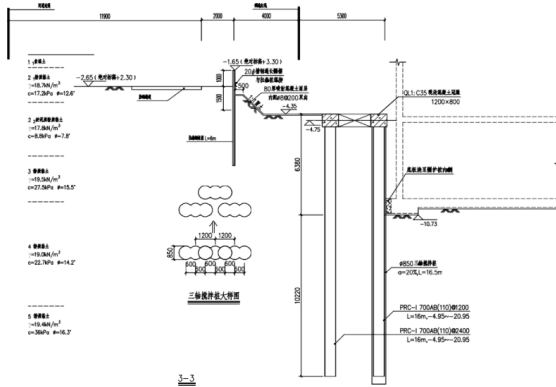


图 4 采用双排管桩进行支护

④4-4 剖面：本剖面为 3#楼，开挖深度达 12.23m，拟采用卸土+钻孔灌注桩的围护型式；卸土后挖深 8.73 米，钻孔桩直径为 850；

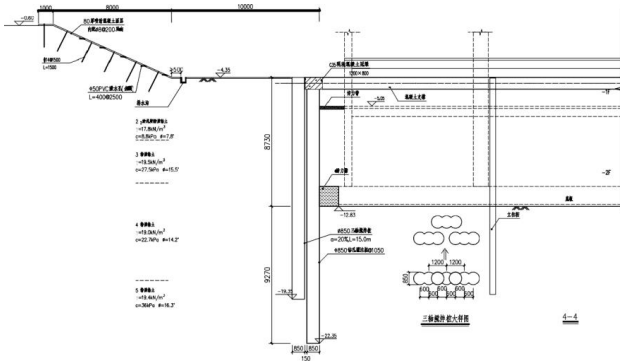


图 5 采用卸土+钻孔灌注桩的围护型式

⑤5-5 剖面：靠近地下三层区域，其中地下三层开挖面距离大基坑开挖面≥8.55m；大基坑围护结构采用双排管桩，地下三层区域采用单排管桩+局部支撑的型式。

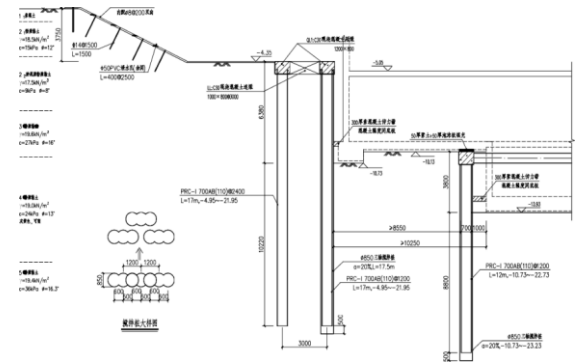


图 6 采用双排管桩

表 2 基坑稳定性分析结果汇总表

计算剖面	1-1 剖面	2-2 剖面	3-3 剖面	4-4 剖面	5-5 剖面	规范允许值
整体稳定性	2.01	1.88	2.29	1.70	1.79	≥1.25
墙抵抗隆起	3.14	2.93	3.85	3.40	3.85	≥2.0
坑底抗隆起	2.31	2.37	2.44	1.74	4.00	≥1.6
抗倾覆	2.24	1.78	1.55	1.61	1.65	≥1.2
基坑变形 (mm)	前排: 18.2	前排: 34.5	前排: 39.4	前排: 34.9	前排: 34.9	≤45
	后排: 18.2	后排: 34.5	后排: 39.4	后排: 12.0	后排: 34.9	
桩身最大弯矩 (kN·m)	前排: 120.1	前排: 169.1	前排: 280.9	前排: 382.1	前排: 170.9	
	后排: 101.7	后排: 157.0	后排: 226.0	后排: 155.0	后排: 155.0	

## 4 土方开挖

### 4.1 挖土施工条件

围护结构混凝土强度、真空降水、基坑内部水泥土搅拌桩加固达到设计要求后。

### 4.2 开挖方式

(1) 分层开挖：施工过程按照组织设计，分层分区域对称进行，相邻土层高差不得大于两米，保障未开挖土体区域的安全。(2) 型钢斜支撑区域：岛式挖土，先挖除基坑周围的土方，待配筋垫层形成并养护不少于 3d 后再大面积开挖坑内预留土方。(3) 周围活荷载：施工过程中周围地面超载不得超过设计要求，如有需求必须另行进行专项加固。(4) 基底土方：基底土方施工过程中，混凝土垫层应同步跟进，基底土方收底完成后暴露时间不得超过 8 小时。(5) 落底坑土方：电梯井、集水井等局部深区（深度 1.5m 至 3.0m）须先挖至浅坑标高，确定安全后才能向下开挖。

## 5 基坑监测

### 5.1 监测频率

(1) 土方开挖前：影响明显时 1 次/天，不明显时 1~

2次/周；(2)土方阶段：1次/天；(3)主体阶段：2~3次/周。

### 5.2 监测要求

本项目监测的主要项目有冠梁顶竖向和水平位移、围护桩侧向变形(测斜)、地表竖向位移、坑内及外地下水水位变化、管线监测、周围建筑物位移、支护体系观察、基坑外侧地表裂缝(如有)、邻近建(构)筑物裂缝(如有)、围护体系裂缝(如有)。

**表3 基坑监测要求**

项目	日变量报警值	累计报警值
(1)冠梁顶部竖向、水平位移	>2mm/d、连续2d以上	≥60.0mm
(2)周围地下水水位	>300mm/d	≥1000mm
(3)基坑内地下水水位		高于每工况挖深以下0.5m
(4)支护体系观察	>1mm、持续发展	
(5)围护体系裂缝(如有)	>1mm、持续发展	
(6)围护桩侧向变形(测斜)	>2mm/d、连续2d以上	≥60.0mm
(7)支撑轴力	≥8000kN	
(8)周围建筑物水平及竖向位移(如有)	水平位移>1mm/d； 竖向位移>2mm/d、连续2d以上	水平位移≥20mm、 竖向位移≥20mm
(9)管线监测(如有)	>2mm/d	≥20mm 相邻两测点差≥8mm
(10)基坑外侧地表裂缝(如有)	>10mm、持续发展	
(11)周围建筑物裂缝(如有)	>2mm、持续发展	

### 6 结论与建议

综上所述,本项目基坑属于长三角地区典型的超大深基坑工程,项目设计过程中通过比选深基坑围护设计形式选用“自稳式基坑支护组合技术”,施工过程中合理控制挖土顺序、加强基坑监测,及时采取应对措施,确保了基坑及项目周边设施的安全;为后续长三角地区项目基坑工程设计选型提供参考案例。

#### [参考文献]

- [1]中华人民共和国行业标准. 预应力混凝土管桩技术标准: JGJ/T 406-2017[S]. 北京: 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2017: 1-2.
  - [2]浙江省工程建设规范. 建筑地基基础设计规范: DB33/T 1136-2017[S]. 杭州: 浙江省住房和城乡建设厅发布, 2017: 2-3.
  - [3]浙江省工程建设规范. 建筑基坑工程技术规范: DB33/T 1096-2014[S]. 杭州: 浙江省住房和城乡建设厅发布, 2014: 3-4.
  - [4]中华人民共和国行业标准. 建筑基坑支护技术规程: JGJ 120-2012[S]. 北京: 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2012: 2-3.
  - [5]中华人民共和国行业标准. 建筑基坑工程监测技术规范: GB50497-2019[S]. 北京: 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2019: 1-2.
- 作者简介: 彭建军(1985.8—), 毕业院校: 湖南理工学院, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 上海华纺房地产发展有限公司, 职称级别: 工程师。