

赛车场 EPS 高填土复杂环境基坑施工技术研究

彭伟炯 邬玖光 陈洪帅

上海建工七建集团有限公司, 中国·上海 200050

摘要: 在上海赛车场 B 看台改造施工中, 场地存在大面积 EPS 高填土和密集地坪桩, 为保证基坑施工过程中赛道变形可控, 研究采用悬臂式咬合钻孔灌注桩围护, 过程中采用全回转钻机进行清障, 通过分段分层跳仓开挖和信息化监测, 完成了复杂环境下的深基坑施工, 形成的针对赛车场 EPS 高填土复杂环境基坑施工技术可供类似工程参考借鉴。

关键词: 赛车场; EPS; 高填土; 深基坑; 施工技术

Research on Construction Technology of EPS High Fill Soil Complex Environment Foundation Pit for Racing Track

Weijiong Peng Jiuguang Wu Hongshuai Chen

Shanghai Construction Seventh Construction Group Co., Ltd., Shanghai, 200050, China

Abstract: In the renovation construction of Stand B at Shanghai Circuit, there were large areas of EPS high fill soil and dense floor piles on the site. In order to ensure controllable deformation of the track during the foundation pit construction process, a cantilever bite drilling pile enclosure was studied. During the process, a full rotation drilling rig was used for obstacle clearance. Through segmented and layered jumping excavation and information monitoring, the deep foundation pit construction in complex environments was completed. The formed foundation pit construction technology for EPS high fill soil complex environments in the circuit can be used as a reference for similar projects.

Keywords: racetrack; EPS; high fill soil; deep foundation pit; construction technique

0 前言

上海地区工程地质属于典型的软土地基, 上海国际赛车场的 F1 赛道的建造在同类赛道中属于难度较大的案例。F1 赛道按其使用功能要求主要由主赛道、缓冲区和造型区三部分组成, 其中主赛道在空中俯视呈现“上”字的形状, 一共包括了 14 个不同的转弯半径的弯曲赛道和 9 个不同长度的直线赛道, 路面高低起伏, 最大高差达到 8 米。鉴于 F1 赛车在比赛时的最高时速超过了三百多公里, 因此对主赛道区域的路面平整度要求必须达到 1/2000, 远远超过高速公路标准的要求, 比高速公路的平整度要求高 10 倍^[1-2]。

在上海国际赛车场 B 看台改造施工中, 需要在原硬质泡沫塑料 (EPS) 造型区开挖深基坑。基坑工程设计和施工都已有众多成熟的技术方案^[3-4], 根据不同的工程地质环境、周边环境和基坑开挖深度, 通常采用放坡开挖、悬臂式、内支撑式等, 围护结构可采用钢板桩、钢管桩、SMW 工法桩、钻孔灌注桩、地下连续墙, 支撑可采用钢管、型钢、钢筋混凝土。但是如何在紧邻高标准赛道的 EPS 高填土环境中研究实施一种安全可靠的基坑开挖围护方案是工程项目策划阶段的一个难题。

考虑到赛道对土体变形的控制要求, 论文详述了关于基坑工程围护设计、施工和监测整个过程中实施的关键技术, 包括全回转钻机清障、悬臂式咬合钻孔灌注桩围护结构

设计和施工、高填土土方开挖、赛道变形模拟计算分析和施工监测等内容。

1 工程概况

工程位于上海市嘉定区伊宁路 2000 号上海国际赛车场地块内, 新建 B 看台用地面积 53163 平方米, 地上 2 层, 新建看台座位 17000 个, 地上总建筑面积约 28420 平方米, 无地下室 (见图 1)。看台建筑采用装配整体式钢筋混凝土框架结构, 基础形式采用利用场地原路堤桩复合地基。



图 1 工程效果图

拟建看台场地为原 F1 赛道周边高填土区域, 填土面标高约 +5.00~+15.00m。B 看台开挖面积约 15443 平方米, 普遍开挖深度最大 6.1m (见图 2)。基坑开挖边线距离赛道最近约 15m。

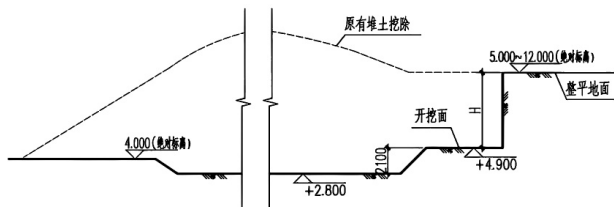


图 2 基坑开挖示意图

赛道路堤填筑在 2003 年建造过程中,用粉煤灰混合 6% 石灰(二灰土)和 EPS 两种材料,其中二灰土与素土相比其重度约为素土的三分之二,强度和整体性也较好,而硬质泡沫塑料 EPS 的重度仅为素土的 1/100 左右(具体性能参数详见表 1),能够满足道路基层结构力学性能要求,是一种较好的轻质回填材料。通过将这两种的组合配置,不仅满足了路堤所需总的厚度要求,也使作用在地基上的总附加荷载控制在设计假定的范围内,可以较好地达到减少和控制调平作用。

表 1 EPS 材料性能参数

序号	项目	技术标准
1	密度	> 20kg/m ³
2	10% 变形时的压应力	110~160KN/m ²
3	抗弯强度	≥ 220KN/m ²
4	吸水性(7d)	≤ 4%
5	几何尺寸	± 0.5%
6	垂直度	≤ 3mm/0.5m
7	平整度	S5mm/3m
8	燃烧自灭性	≤ 3s 自灭

2 基坑围护策划

2.1 工程地质环境

本工程潜水主要赋存于自然地面以下浅部填土、粘性土、粉性土中,根据地勘报告和现场实测,场地地下水稳定埋深在 2.20~12.30m。原高填土内部设置水平排水卵石层、表面设置排水沟渠,具有较好的内外排水系统。根据勘察报告描述,高填土土坡内未见地下水。场地内高填土区域填土厚度最大约 15.6m。填土自上而下分布情况如下:①素填土:厚度平均约 3.0m,以粘性土为主,夹少量粉性土,夹植物根茎,局部为杂填土,含建筑垃圾等,底部夹少量粉煤灰。②EPS 聚氯乙烯泡沫:厚度约 0.7~6.7m, EPS 板采用阻燃型,体积密度为 20kg/m³,在 EPS 板下设置一层 5cm 厚的黄砂垫层。③粉煤灰:厚度约 1.0~2.0m,粉煤灰:石灰=94:6,压实度 98%。④卵石砾石层,局部为黄砂,主要为小石子,卵石砾石等,厚度约 1.0~2.0m。

场地地面下满堂布置减沉路堤桩。路堤桩为 250mm×250mm 预制方桩,桩长 25m,桩间距 3m×3m,桩帽承台 1.75m×1.75m,桩帽承台间净距 1.25m。对于基坑围护结构,这些桩都成了施工过程中的地下障碍物(见图 3)。

2.2 基坑围护方案比选

根据设计单位的建议,采用钢管和钢板组合桩(简称 PC 工法桩)。但经过现场试桩,由于路堤桩的影响,该方案需要清障完成后方可进行施工。在清障、钢管和钢板施工过程中,赛道将会受到设备振动的影响。因此,综合考虑安全性、经济性、工期、清障和环境影响,对比了咬合式钻孔灌注桩与 PC 工法桩(见表 2),最后选择了咬合桩方案。

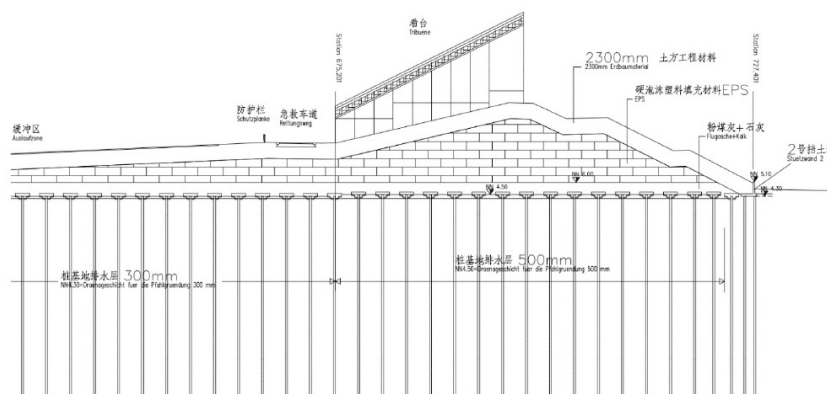


图 3 工程地质环境剖面图

表 2 方案比选

类型	PC 工法桩(钢管、钢板组合桩)	咬合式钻孔灌注桩
安全性	通过桩径调节桩身刚度,整体刚度大,保护要求高时钢管不回收或部分回收。	通过桩径调节桩身刚度,整体刚度大。
经济性	可回收,较为经济。	造价相对较高,可与挡土墙合一进一步节约挡土墙造价。
工期	无需养护,施工速度快	桩身需要养护 28 天。
清障	需另外配套清障设备,先清障回填后再成桩	清障、成桩一体化。
环境影响	成桩振动、回收带土对周边不利影响	非挤土桩,桩径较大,对周边影响相对较小。

极限承载力标准值 600kN (单桩)。多桩复合静荷载试验, 试验承压板采用方形, 尺寸 6m × 6m, 试验承压板覆盖四孔路堤桩, 承载板板底标高与基础底面设计标高相同, 承压板底与桩帽顶压实, 承压板底与桩帽间土体不直接接触, 承压板底与土体预留 10cm 间隙。试验标高处的试坑长度和宽度均为 20m, 大约承压板长度的 3 倍, 基准桩和加荷支撑点设置在试坑外, 设计极限承载力标准值 6840kPa。经试验, 原路堤桩的单桩和多桩设计极限承载力标准值均满足设计要求。

后续 500mm 厚底板按照跳仓法进行了施工, 分段长度不大于 40m, 上部结构采用预制装配整体式框架结构, 包括预制柱、预制梁、预制叠合板和预制楼梯等构件。

3.4 基坑和赛道监测

本工程位于上海国际赛车场内, 周边紧邻赛道, 环境复杂, 在施工中须考虑保护。为确保围护工程施工阶段周边环境的安全, 按照基坑工程信息化的管控要求, 在咬合灌注桩和土方开挖施工过程中, 根据监测数据, 尤其重点关注赛道的变形情况, 及时调整施工进度和工艺, 做到对施工全过程的动态控制。赛道沿线沉降尤其是不均匀沉降对赛道正常使用将产生一定影响, 临近施工作业产生的附加压力会加大赛道沉降, 因此, 加强基坑监测, 实施信息化施工极为重要。

通过采用计算软件对基坑施工过程中赛道变形的影响分析, 赛道中心点竖向位移 19.39mm、最大水平侧移 2.88mm (见图 7、图 8、图 9), 其中蓝色曲线为竖向位移、红色曲线为水平位移。地层及赛道变形与加卸载的关系如下: 随着卸载量的增大, 地层及赛道水平、竖向位移均逐步增大, 在看台结构荷载施加之后, 上述位移均有所减小。地层及赛道变形与加卸载的关系如下: 随着卸载量的增大, 地层及赛道水平、竖向位移均逐步增大, 在看台结构荷载施加之后, 上述位移均有所减小。

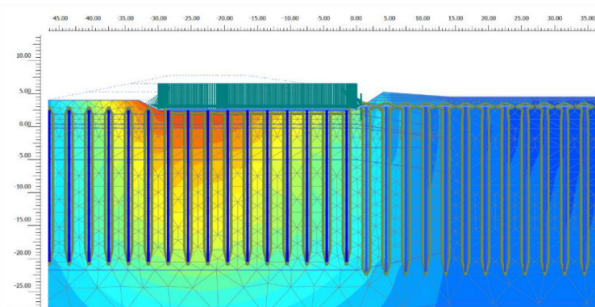


图 7 基坑周边环境模拟计算分析 (竖向位移)

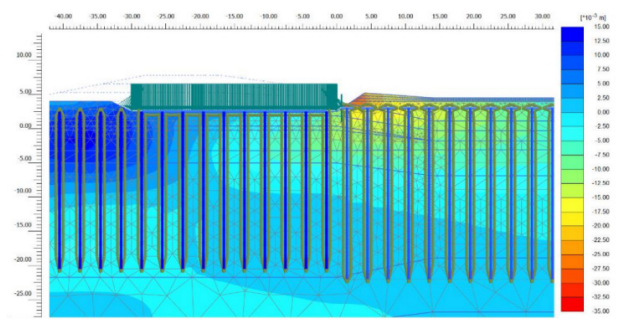


图 8 基坑周边环境模拟计算分析 (水平位移)

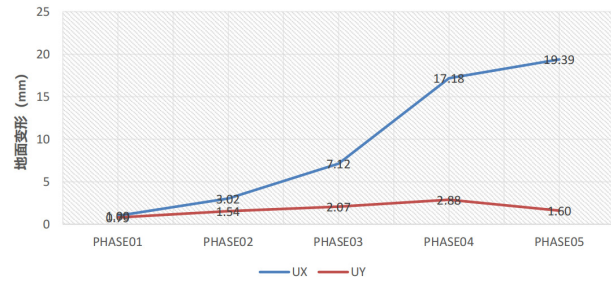


图 9 赛道中心点变形曲线

施工过程中, 监测数据设定赛道中心点竖向和水平位移达到 20mm 为报警值。最终, 从咬合钻孔灌注桩施工、土方开挖和结构施工完成, 赛道始终保持在报警值范围内, 最终竖向最大位移 4.3mm、水平向最大位移 2.5mm, 平整度满足 1/2000 要求。

4 结语

论文介绍了在上海赛车场 B 看台深基坑工程施工中, 针对场地存在大面积 EPS 高填土、密集地坪桩等地下障碍物, 基坑施工采用了咬合桩围护结构, 采用全回转钻机进行清障, 通过有序组织开挖施工, 利用原路堤桩形成复合地基, 底板跳仓分段施工, 并对赛道进行模拟计算分析和信息化监测, 顺利完成了这种特殊工况下的基坑工程。

参考文献:

- [1] 荣发元, 吴亚东. EPS 在上海国际赛车场工程中的应用[J]. 建筑施工. 2004(3):239-242.
- [2] 毛如麟, 姜荣泽. 上海国际赛车场赛道沉降特征及影响分析[J]. 中国市政工程. 2006(4):17-19+105.
- [3] 李二虎, 张宝胜, 史艳芳. 复杂地质条件下咬合桩施工质量控制[J]. 建筑技术[J]. 2023, 54(20):2558-2560
- [4] 王博华. 咬合桩支护技术在深基坑围护施工中的应用[J]. 江西建材. 2023(9):231-232+235.

作者简介: 彭伟炯 (1972-), 男, 中国上海人, 本科, 高级工程师, 从事建筑施工技术管理研究。