

浅谈 HUW 工法桩在基坑支护工程中的应用

刘凤

深圳市岩土工程有限公司

摘要: 基坑支护工程围护结构的选型尤为重要,一方面涉及安全稳定性,另一方面需要因地制宜,对症下药,才能找到更经济适合的支护形式。目前基坑支护形式相对较为固定,但围护桩在考虑绿色施工这一领域,一直推陈出新,有不少新的围护桩可供选择应用,本文对中山马鞍岛的一基坑支护项目采用的HUW工法桩进行简单的介绍分析,探讨这种支护结构对基坑支护的优势,为类似工程的设计与施工提供参考。

关键词: 基坑支护; HUW桩; 理论设计; 施工措施; 经济造价比较

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.23.040

引言

随着我国城市化的发展,尤其是珠三角沿海区域,越来越多的建筑或厂房都需要设置有地下车库。然而沿海地区土层基本为淤泥地层,土层力学性能相对较差,面对基坑的不断加深和土层不理想双叠加影响,基坑围护的造价也是居高不下,这导致投资成本的加大。而基坑又属于临时性建筑,建设方也不愿投入较高成本,增加开大压力。近些年基坑围护桩的选择基本是在地下连续墙、灌注桩、SMW工法桩、预应力管桩、特殊预应力管桩、拉森钢板桩里面进行比选。钢板桩施工后回收利用,经济造价低,但受限于自身刚度条件,支护深度在软土地区基本不超过5m,其余桩型施工后无法进行回收利用,造价性对较高。如果保证基坑安全稳定的前提下,寻求更经济的围护结构,这就对基坑支护的设计与施工提出了更大的挑战。

一、项目概况

广东省中山市翠亨新区马鞍岛,属南沙、前海、横琴三大国家新区和广深港澳四大城市两个同心圆的圆心位置,地理位置优越。拟建建筑物为厂房。分为两个地块,地块一面积33861.6m²,用地性质为科研用地;地块二面积37890.8m²,用地性质为新型产业用地,总建筑面积约为28万平米。拟建研发办公楼及研发配套,包含二层整体地下室,结构类型为框筒或框剪结构,高度小于120m,地下室深约10m;拟建单层实验装置厂房,结构类型为钢结构,高度30-35m,其中重载厂房,地面荷载值≥50t/m²;其他厂房,地面荷载值≥30t/m²;生产及生活配套用房,高度小于100m,结构类型为钢结构、砼框架或框剪结构。本次主要介绍地块一支护设计

情况,基坑支护周长约481米,支护深度约8.0米。基坑形状为长方形,长度约为174m,普宽约23m,最大宽度约36m,基坑底面积约4500平方米。

二、项目土质及水文条件

项目土质情况:

(一)人工填土层:厚度介于0.9~3m不等,包含素填土、杂填土、填石三层,为新进填土,堆填时间约5年,图纸不均函生活垃圾,暂未完成自重固结,土性一般。

(二)第四系海陆交互相积层

1.淤泥:厚度约24.8m,灰褐色、灰黑色,流塑,具腥臭味,含水率高,含微量贝壳、有机质,局部夹薄层粉细砂,不均匀,含量约10%。

2.粉质黏土:厚度2m~6m,黄褐色、灰褐色,可塑,主要成分为黏粒、粉粒,刀切面较光滑,不均匀约含15%粉细砂,局部分布,不连续。

3.粉砂:厚度2.1~3.5m,黄褐色、灰褐色,饱和状态,呈稍密状,矿物成分以石英为主,长石次之,级配一般,分选性一般。

4.淤泥质土:层厚21.8m,灰褐色、灰黑色,流塑,腥臭味,含微量有机杂质,不均匀夹粉细砂,含量约10%~35%。该层土质不均匀,局部含有薄层流塑及软塑状粉质黏土。

5.粉砂:灰黑色、灰褐色,饱和,稍密,矿物成分以石英为主,长石次之,级配一般,分选性一般,淤泥含量约15%~25%。

6.砾砂:层厚3.1m,灰褐色,饱和,稍密-中密,矿物成分以石英为主,长石次之,级配一般,分选性一般,含约10%圆砾,粒径约2~5cm。

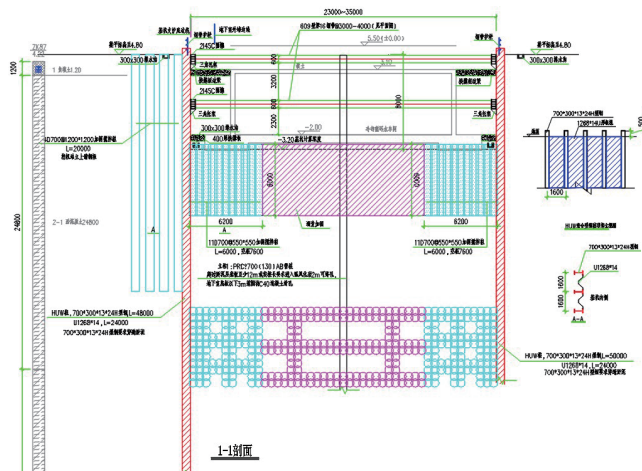
7.圆砾:灰褐色,中密,饱和。砾粒成分以石英、硅化岩、砂岩为主,质体坚硬,圆~亚圆状,粒径以0.5~2cm为主,间隙充填砂和黏性土,含有个别石英质卵石颗粒,直径2~5cm为主。

(三)基岩层为土状强风化、块状强风化带、中风化带。

项目水文情况:根据勘察成果,场地地下水混合水位埋深为0.30~1.20m,标高2.41~4.63m。地下水位变化受季节性大气降水的下渗及潮汐影响较大,水位变化幅度约0.2~1.0m。

三、工法桩支护设计计算

原支护设计为D1000mm间距1200mm灌注桩+桩背一排三轴搅拌桩止水+坑内多排搅拌桩加固+2道混凝土内撑+格构柱的型式，后优化设计为HUV桩，一墙两用（兼做受力桩和止水桩）+坑内多排搅拌桩加固+2道钢支撑+管桩+套筒立柱（如图一所示）。

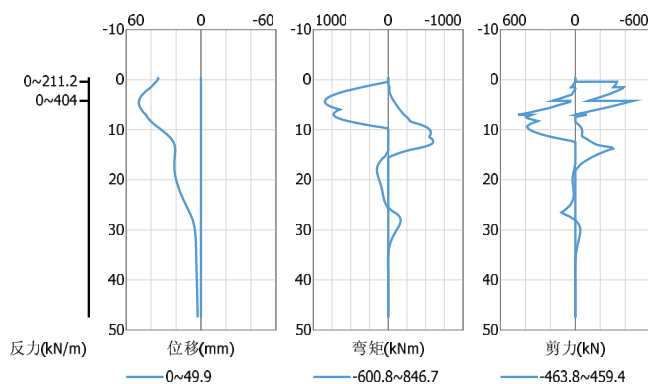


图一：HUV 桩支护剖面图

设计考虑此地块为相对窄条形基坑，施工工期要求尽量短，但基坑深度又有8m，相对于软土地区，该深度较深，对支护桩的刚度有一定要求，同时本场地淤泥厚度大且物理力学参数低，故围护桩将灌注桩+三轴搅拌桩优化设计为HUV桩。HUV桩是一种H型钢桩与板桩通过加工锁扣进行咬合连接的一种新型围护桩，由于有H型钢桩故其刚度相对较大，H型钢咬合板桩后形成止水、受力一墙两用，合二为一，可以取得比较好的经济效益；另一个优势是该围护形式施工工期短，无须等待龄期，在分秒必争的现代社会工期的大大缩短无疑是一大闪光点，可为建设工程的顺利展开提供坚实的基石。更为值的关注的是，HUV桩还可以在基坑回填后进行回收再利用，达到国家要求的绿色节能的目的，它的循环利用，成了对资源友好型、对环境友好型的良选。

美中不足的是，该支护形式在基坑工程应用较少，推广度低。并且当下市面上大部分基坑支护计算分析软件也没有相应的模块对其进行变形受力计算，仅上海同济启明星软件FRWS10中有HUV工法桩模块。故本工程采用该软件对其进行受力分析计算，由于项目软土层深厚，根据计算要求围护桩需得穿透软土层进入相对好土层后，计算安全系数方可达到规范对相关各项（主要为整体圆弧滑动稳定及倾覆稳定性）计算安全系数的要求。设计采用30m/48m的700*300*12*24的H型钢桩作为支护桩穿透淤泥层，采用24m长的U1268*14咬合H型钢桩进行支护，H型钢间距采用1600mm，坑内采用11排搅拌桩进行咬合暗加固，水平方向采用D609壁厚16的钢管作

为对撑梁构件及700*300*12*24H型钢作为八字撑构件，围檩采用2I45C双拼结构（计算模型如图二）。因坡顶无地下室基础桩全部施工完成，土层比较差，开挖窄条基坑不具备形成坡道下坑挖土，因此挖土只能在坑顶采用长臂挖机配合小型挖土机推进，挖机和运土车均需在坡顶来回走动，运土车荷载较大，且属于动荷载，在软土区域，坡顶的动载对支护结构的安全及已施工工程桩影响较为不利，故在基坑的南侧规划统一的行车路径，整条通道间隔设置搅拌桩对行走的挖机及运土车道进行加固处理，一方面削弱动载对基坑工法桩的影响，另一方面保护了已施工的工程桩，避免其发生偏斜。



图二：剖面计算变形内力包络图

根据软件实际工法桩的受力是考虑了H型钢桩与板桩共同作用的结果，本基坑深度8m，工法桩计算采用桩长48m，需围护桩桩长穿透深厚淤泥层进入硬质土层，安全系数才可达到规范要求。但根据上图计算包络图，实际在工法桩嵌固段的下部，其所承受的弯矩是比较有限的，冗余度较大，故考虑减短咬合的板桩长度。但板桩长度也不能过短，因工法桩的H型钢桩间距达1.6m，间距过大，围护结构所处土层又为淤泥层，为流塑状，如设计板桩过短，会导致淤泥从型钢间挤出，不利于基坑安全稳定，故设计工法桩采用48m咬合24m长板桩作为围护结构及止水墙。

本项目施工工序为：现地面施工完成HUV桩及加固搅拌桩——分层施工内支撑及开挖土方——底板处设置混凝土板带——拆除第二道钢支撑——顶板处设置混凝土换撑板带——拆除第一道钢支撑——基坑侧壁土方回填压实——拔除HUV桩。内支撑采用钢管支撑的优点为施工速度快，无须等待混凝土的养护时间。该工程采用HUV桩及型钢内撑，节约施工工期约2.5个月，确保了项目顺利推进。

从设计与施工期间监测数据看，项目计算变形49.9mm，而根据项目的监测数据，该项目位移一直未达49.9mm，可能原因为计算模型中未考虑坡顶搅拌桩加固对基坑变形的有利影响。

四、本工程重难点及现场施工措施

(一) 施工重难点

1. 基坑平面不规则：基坑平面虽整体呈长方形形状，但其南北侧多有凸出部分，基坑转折多；其次基坑顶分布了无地下室区域的基础管桩，而这些基础管桩要先施工，以至于这些工程桩成了围护桩施工的障碍，导致基坑边线实际是不能随着型钢的模数进行外扩的；然而工法桩尺寸是固定，又需咬合止水，故布置较为困难；

2. 工法桩过长：本工程因场地土质差，淤泥层分布厚、深，设计桩长达48m，属超长桩，48m的桩长需要考虑接桩、施打和后期工法桩回收均存较大的难度；据了解工法桩考虑回收等因素，以往项目长度均在30m以内。

3. 工期紧张：基坑周长约481m，施工工期仅一个半月。

4. 桩身垂直度控制：桩长较长，一墙两用，如垂直度控制不好，直接影响型钢桩与板桩咬合质量，若咬合不到位会导致基坑止水效果差，甚至会导致基坑出现漏水事故。

(二) 本工程施工措施

1. 提前合理布局，根据基坑转折及已有工程桩，提供尽可能布置好工法桩的分布，对于转折区因工法桩既定尺寸影响无法顺利咬合的区域，型钢工厂提前根据图纸生产加工特定位置的咬合槽（特殊专门定制），保证型钢桩与板桩有效咬合，达到止水的目的。

2. 在工程工期要求紧的前提下，想要控制工期，提前想到了增加施工机械的办法，但场地为窄条形，增加机械又无操作工作面。然而工法桩长较长，必然存在接桩，而若采用施打一截型钢桩后，等待焊接，焊好后再继续送桩，这施工必然导致工期延误，打桩期间窝工也严重。故本工程考虑48m长型钢桩均在现场提前焊好后一次性起吊施工，采用履带吊配合振动锤施工，这样大大减少作业等待时间，提高了工作效率。这样两台机操作可以达到预定工期要求。

3. 垂直度控制：通过现场焊接加工定位钢架，进行逐排施打控制达到控制要求。

(三) HUW工法桩拆除

1. HUW工法桩在基坑内主体结构施工完成，基坑内回填至 HUW工法桩顶标高，围护桩与结构之间回填严密稳定后基坑内回填至 HUW工法桩顶标高可以拆除。

2. 拔桩设备可采用135kw/150kw锤/APE200/APE200-6液压锤，80吨履带式起重机。



施工照图

五、经济性对比

支护周长 481						备注
项目名称	单位	工程量	单价	小计（元）		
原方案	原 D1000 灌注桩 (含钢筋含混凝土)	m ³	11177.34	2100.00	23472409.19	
	原三轴搅拌桩	套米	8016.67	450.00	3607500.00	
	合计（元）				27079909.19	
优化方案	HUW 桩 -H700*300* 12*24H 型钢桩	t	2462.12	4500.00	11079534.38	加工后 210kg/ m
	HUW 桩 -U1268*14 板桩	t	1269.84	4500.00	5714280.00	加工后 176kg/ m
	合计（元）				16793814.38	
节约造价（元）					10286094.81	

该项目开挖到底工期约不到5个月，支护部分造价约减少35%~40%，工期提前约2.5个月。上述造价对比仅对比支护桩部分费用进行分析，由此可见，在可以工期短的情况下，采用HUW桩的支护优势是明显的，但随着施工工期的增加，这种优势会慢慢降低，当超过一定工期时，HUW桩的经济优势将不存在。所以，HUW桩适合基坑深度相对较浅，且可快速回收的工程。

六、结语

深厚淤泥地区也可采用HUW型钢桩进行支护，其施工速度快，同时还可回收再利用。在工期短的情况下，其经济效益显著。可以在一定程度上节约成本，缩短工期。HUW桩也可以作为基坑支护围护桩的型式之一，为基坑支护的绿色环保提供了一种型式的选择。

参考文献

[1] 中国建筑科学研究院. JGJ120-2012建筑基坑支护技术规程[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.