 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i8.11454

Research on the Construction Technology of Double Casing Isolation and Drag-Reducing Drilled Piles

Jie Li

China Coal Jiangnan Construction Development Group Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510000, China

Abstract

To obtain the design parameters for foundation piles in co-constructed projects at different development stages, this paper, based on an actual engineering project, proposes a construction method using a double-layer steel casing to eliminate the effect of hollow pile sections above the pile top design level. First, the technical parameters for the extra-long double casing were designed, and the outer and inner casings were installed sequentially using an overall hoisting method. The key to reducing resistance with the extra-long double casing lies in sealing the gap between the inner and outer casings. An optimal improvement plan was proposed, which includes adding a movable annular barrier plate at the bottom and a sealed annular plate at the top. On-site excavation showed that the isolation effect between the inner and outer casings was good, and the test pile results met the design requirements, indicating that the double casing setup effectively eliminated the side friction of the unexcavated soil in the hollow pile section and is worthy of further application.

Keywords

double casing; cast-in-place pile; pile foundation; isolation and resistance reduction; construction technology

双护筒隔离减阻钻孔灌注桩施工技术研究

李杰

中煤江南建设发展集团有限公司，中国·广东 广州 510000

摘　要

为获得不同开发阶段配建共构工程中的基桩设计参数，以实际工程为背景提出了采用双层钢护筒消除桩顶设计标高以上空桩段影响的施工措施。首先设计了超长双护筒技术参数，并采用整体吊装的方式依次安设了外层护筒和内护筒，且针对超长双护筒隔离减阻的关键在于内外护筒间隙的密封处理，提出了底端增加活动环形阻隔板+顶端密封环形板的最优改良方案。现场开挖揭示内外护筒间隔离效果良好，且试桩结果满足设计要求，表明双护筒的设置很好地消除了空桩段未开挖土层的侧摩阻力，值得进一步推广应用。

关键词

双护筒；灌注桩；桩基；隔离减阻；施工技术

1 引言

近年来，我国各大城市掀起了轨道交通建设和房产地块开发的热潮。为引导城市空间向集约、紧凑、可持续方向发展，有学者 [1] 提出了轨道站点共构地块的概念，“共构”原指交通运输车站中数种运输线路间的连通方式，现进一步引申为功能协同“共构”，即位于轨道站点核心圈层、计划与轨道站点实现功能契合、高度协同的开发地块。轨道站点共构地块能起到充分利用站点提升土地价值、连接站点与周边地区、塑造站点地区形象的关键作用，加强共构地块的开发控制是现代城市建设的关键环节。

然而受多种因素制约，不同地块的开发在时间上存在先后，如此就造成了部分基础试桩无法到达预定的标高位置，部分桩身段在试桩时将受到开挖段桩侧摩阻力的影响，导致测试结果不准确，无法为设计提供可靠数据 [2,3]。尽管可以采用地勘数据计算扣减空桩端侧阻，或埋设钢筋计实测桩身轴力，或利用静力触探数据间接求算侧阻力，或在静载试验前将开挖段桩周土进行松动等多种处理手段，但这些办法均无法完全消除开挖段侧阻力或计算的结果存在较大误差等不足。

大量的研究表明采用内外双层隔离减阻护筒对空桩段摩阻力的消除效果良好，是一种切实可行的技术措施。护筒顾名思义是指桩基施工过程中为防止塌孔而采用钢质护壁对桩孔进行保护的装置，双护筒则指的是内外两个不同直径的模管，其中外护筒起到隔绝周围土体压力的作用，内护筒作为模板用于灌注混凝土施工，内外护筒间隙则发挥了后续试桩过程中的隔离减阻作用。

【作者简介】李杰（1982–），男，中国广西玉林人，本科，高级工程师，从事地基与基础研究。

双护筒隔离减阻的关键在于内外护筒间隙的密封处理。本文基于工程实践，阐述了商用地块与轨道交通共构区开发中的采用超长双护筒技术隔离减阻开挖段桩侧摩阻力钻孔灌注桩施工成套技术，以期为同类工程提供参考。

2 工程概况

广东省东莞华润置地中心项目地标地块位于东莞市南城街道，占地 6 万 m^2，总建筑面积约 87.20 万 m^2，计容建筑面积约 59.72 万 m^2，用地功能为写字楼、酒店、公寓及商业，包括 3 栋超高层塔楼（其中 T1 地标塔楼 450m、T2 塔楼 250m、T3 塔楼 250m）、1 栋多层商业裙楼及 3 层地下室、以及配建共构，基坑周长约 1400m，基坑开挖深度约 15~17m，拟建场地地层自上而下依次为素填土，砂质黏性土，全风化混合岩，强风化混合岩（块状），强风化混合岩（土状）以及中风化混合岩，详见下表 1。场地内各钻孔均见地下水，地下水类型分为孔隙水和基岩裂隙水，水位埋深介于 1.00~5.60m。

为确定桩基工程各项设计参数及选择桩基持力层，有利于后续桩基设计优化和施工，现场选定在共构区试桩工程桩 6 根，桩径 ϕ1200mm，桩端持力层为 $5_{3\text{-}2}$ 中风化混合岩。由于设计桩顶标高低于现状地面，空灌段拟采用双护筒进行隔离减阻。设计试桩施工参数及护筒长度见表 2，可见部分护筒长度超过了 20m，存在安装难度大，超长护筒间隔离减阻消除困难等诸多难题。

3 超长双护筒制作与安装

表 1 场地工程地质条件

指标地层		岩土状态	饱和重度 γ (kN/m³)	内摩擦角 ϕ(°)	粘聚力 *c*(kPa)
Q^{ml}	杂填土 1_1	松散～稍密	19.0	12	10
	素填土 1_2	松散～稍密	19.0	10	12
Q^{al+pl}	粉质黏土 2_1	可塑	18.5	15	15
	含有机质黏土 2_2	软塑～软可塑	17.5	8	10
	中砂 2_4	稍密	20.5	30	-
Q^{dl}	黏土 3	可塑～硬塑	18.7	20	28
Q^{el}	砂质黏性土 4	可塑～硬塑	19.0	25	30
Z	全风化混合岩 5_1	土柱状	20.0	30	25
	土状强风化混合岩 $5_{2\text{-}1}$	土柱状、砂砾状	21.0	33	20
	块状强风化混合岩 $5_{2\text{-}2}$	土夹块状、碎块状	22.0	38	18
	强风化夹中风化混合岩 $5_{2\text{-}2}$	碎块状、短柱状	22.5	39	15
	中风化混合岩 $5_{3\text{-}1}$	/	24.5	40	-
	中风化混合岩 $5_{3\text{-}2}$	/	25.0	40	-
	微风化混合岩 5_4	/	26.0	52	-

表 2 设计试桩施工参数表

部位	桩号	桩径 (m)	设计桩顶标高 (m)	入 $5_{3\text{-}2}$ 中风化混合岩 (m)	主配筋	内外护筒长度 (m)	备注
6 号线	SZ1	1.20	-5.282	≥ 5.0	45ϕ32	14.79/13.59	水下 C35/P8
	SZ2	1.20	-5.142	≥ 5.0		14.36/13.16	
8 号线	SZ3	1.20	-13.306	≥ 5.0		20.59/19.39	
	SZ4	1.20	-13.517	≥ 5.0		23.27/22.07	
站厅	SZ5	1.20	-4.700	≥ 5.0		13.33/12.13	
	SZ6	1.20	-5.270	≥ 5.0		12.88/11.68	

3.1 超长双护筒制作加工

本试桩工程自然地面至设计桩顶开挖标高段下入超长双层清摩阻护筒，护筒制作工艺如下：

① 外管采用厚度 12mm 的钢板卷制筒体，内管采用厚度 10mm 的钢板卷制筒体，导向定位板采用厚度 10mm 钢板制作。针对 1200mm 试桩设计减摩阻外筒外径 Φ1460mm、内筒外径 Φ1282mm，如下图 2 所示。

② 由于钢构件加工存在椭圆度，双管桩套筒圆周会出现误差，双层桩套筒在一体下放时会因椭圆度影响圆周空间的大小，并且在双层筒焊接过程中存在焊接变形量，为保证吊装外筒及内筒的同心度及垂直度误差，将 1200mm 试桩外筒外径设置为 Φ1460mm，内筒外径设置为 Φ1282mm；内外筒间的净空为 77mm，减少筒与筒之间穿筒过程时间，降低施工难度及试桩时的粘连风险。

③ 外筒与内筒间设置导向定位板，导向定位板高度 40mm，长度 200mm，间距 3000mm（根据护筒长度调整），仅沿内筒外表面均匀、通长配置。

3.2 超长双护筒安装与密封

内外双层护筒分开吊装，先整体吊装外护筒并固定后再吊装内护筒，安设流程如下：

① 旋挖钻机先使用 1400mm 大直径钻头成孔至距离设计桩顶开挖标高面 0.2m 处，再换直径 1200mm 小直径钻头成孔至设计桩顶开挖标高面下 0.5~1m 处，然后使用 80 吨履带式吊车起吊双管桩套外管，放入孔内，安装过程中需要全程使用全站仪进行孔口与管中线对中，外管安装到底后，于外管壁与土层间空隙填充碎石，固定外管，然后再使用旋挖机动力头将外筒压入土层内 0.2m，使外管底部到达空桩段底标高面。

② 外管安装完成后，即可安装内管，使用 80 吨履带式吊车起吊长度 14~24m 内管，吊至孔口与外管对中，徐徐放入外管内，直至孔底。由于内管还有 0.5~1m 未达到设计标高，在移除吊车后，旋挖钻机就位，使用护筒驱动器旋转压入内筒至设计标高，压入困难时可先使用直径 1200mm 钻头于内筒内掏一斗土，再将内筒压入至设计标高。

③ 内外筒均安装到位后，即可焊接内外筒间的封口钢板，封口钢板采用 5mm 厚钢板制作成环形。至此，双管桩套全部安装到位。

由上文分析可知，双护筒隔离减阻的关键在于内外护筒间隙的密封处理，本工程首次尝试安装内外护筒时，底端未加装环形阻隔版，仅依赖上端采用“发泡胶”+ 环形封口钢板密封，效果不佳。后续改良方案包括增加底端焊接箍筋 +“发泡胶”，增加底端焊接箍筋 + 编织布 +“发泡胶”，以及由厂家直接加工底端环形钢板，由现场焊接加固 +“发泡胶”，结果表明由于套管上口面板采用 5mm 的钢板将上口满焊，且内筒伸入桩顶标高面下 0.5m，又增加了底端环形防混凝土绕流钢板，灌注时真正能达到混凝土不进入外筒内的要求，达到清摩阻的设计要求。全孔混凝土灌完后，在测试前将上口用氧气设备割开让外筒及内筒留出空间，能顺利达到减除桩侧摩阻力的目的。

4 桩基检测结果分析

试桩施工完成后委托第三方检测机构进行单桩竖向抗拔静载试验，试验采用压重平台反力装置作为荷载反力，将大于 1.2 倍最大试验荷载的荷重在试验开始前一次性加上平台，试验时用油压千斤顶采用慢速维持荷载法分级加卸载，6 根检测桩的单桩竖向抗拔承载力检测结果见下表 3。

单桩竖向抗拔静载试验结果表明，6 根受检桩单桩极限抗拔承载力均不小于设计要求的数值，且多数基桩上拔量小，承载力特征值可取 3250kN，满足设计要求。另外，对试桩进行超声波检测结果表明 5 根为 I 类桩，1 根为 II 类桩，桩身完整性较好。由此可见，本项目双护筒的设置很好地消除了空桩段未开挖土层的侧摩阻力，实现了设计要求。

另外，在后续基坑开挖过程中，通过拔除外护筒发现超长内、外护筒间无泥浆和水泥浆侵入，护筒表面光滑干净，也即采用本文提出的隔离减阻措施能够很好地消除内外护筒间阻力，达到准确获取桩基承载力的目的。

5 结论

本文以东莞华润置地中心项目地标地块试桩工程为背景，阐述了超长双护筒在空桩段隔离减阻的应用，相关施工技术可为后续类似工程提供参考，研究获得的主要结论包括：

1）商用地块与城市轨道交通共构开发将越来越普遍，为获得不同开发阶段的基桩设计参数，采用双层钢套管消除桩顶设计标高以上空桩段影响是一种有效施工措施。

2）双护筒隔离减阻的关键在于内外护筒间隙的密封处理，类似项目推荐采用本项目第三次改良方案，即底端增加活动环形阻隔板 + 顶端密封环形板的方案实施（“发泡胶”作用不大）；同时，以双护筒中外护筒 Φ1460mm 为例，最外层孔口护筒可选择略大于 1600mm 的护筒更有利于现场施工。

3）试桩结果表明本工程单桩极限抗拔承载力均不小于设计要求的数值，且多数基桩上拔量小，桩身完整性好，双护筒的设置很好地消除了空桩段未开挖土层的侧摩阻力，实现了设计要求。

表 3 基桩检测成果表

桩号	桩径 (m)	桩长 (m)	单桩抗拔承载力特征值 (kN)	单桩极限承载力 (kN)	最大上拔量 (mm)	残余上拔量 (mm)
SZ1	1.2	28.53	3250	≥ 6980	1.55	0.89
SZ2		37.84		≥ 6980	1.09	0.45
SZ3		47.58		≥ 7240	0.23	0.11
SZ4		37.47		≥ 7240	3.02	1.38
SZ5		30.69		≥ 6835	0.38	0.19
SZ6		36.31		≥ 6690	0.78	0.22

参考文献

[1] 王炎，黄皓斌，张浩强，等. 轨道站点共构地块开发控制的亚洲经验与借鉴[C]//2015中国城市规划年会论文集. 贵阳：中国城市规划学会，2015：354-364.

[2] 童心，黄凯，李波，等. 护筒隔离技术在灌注桩静载试验中的应用研究[C]//2019年全国土木工程施工技术交流会暨《施工技术》2019年理事会年会. 北京：中国建设科技集团股份有限公司，2019：44-48.

[3] 程敏，田涌泉，赵永军，等. 黄土地区复合地层超深试桩双护筒减摩阻施工技术研究[J]. 中国建筑装饰装修，2024，（10）：158-161.