

# 孟加拉国北达卡市 垃圾发电厂项目桩基选型的应用与研究

## 摘要

孟加拉国位于恒河和布拉马普特拉河冲积形成的三角洲区域，其地质结构主要由第四纪冲积层构成，广泛分布着粉质黏土、粉砂及淤泥质土等高压缩性软弱土层。大部分建筑场还存在吹填土和地震液化的潜在风险。此外，孟加拉国的某些地区地震烈度达到 7 度，这对桩基的抗震性能提出了更高的要求。

参照孟加拉当地其他类似地质条件项目应用桩型，在工程桩实施前，选用不同的桩型进行试桩研究，在确保满足单桩静压承载力设计要求的前提下，优化桩型和直径，减少桩数，降低桩长，尽量避免进口关税及海运费用，从而降低工程施工成本。

## 一、引言

### （一）工程背景

根据孟加拉北达卡市垃圾发电项目的初步设计，本项目在桩型的筛选过程中，深入调研及论证了 3 种桩基方案：

- 1、钻孔灌注桩；
- 2、预应力混凝土管桩；
- 3、内夯沉管灌注桩；

三种桩基方案从安全角度考虑都是可行的，满足建筑物需求，但钻孔灌注桩成本最高，现场污染也最为严重，所以暂不考虑使用，剩

余两种方案:预应力混凝土管桩和内夯沉管灌注桩成为重点比对方向。

原计划采用预应力混凝土管桩(Φ500),总桩数约4769根,单桩承载力特征值2000KN,平均桩长35m,总工程166915m。若从孟加拉当地采购并打桩,费用预计12518万元,由于孟加拉当地管桩生产能力不够、且产品质量不稳定,工期难以保证、质量无法保证;若从国内采购并打桩,费用预计17526万元。因此,为降低成本和优化设计,开展工程桩桩型比选优化研究。

## 二、工程概况与地质条件

孟加拉国北达卡市垃圾发电厂项目发电工艺主要建筑物包括:垃圾焚烧车间、锅炉房、汽轮发电机房等,这些建筑物荷载集中,对沉降极为敏感,本项目在原始地坪上吹填了10m粉细砂,给桩基工程施工带来了更大的困难,在桩基设计时,必须充分考虑各种地质因数,以确保结构的稳固。

孟加拉国的软土地层以其高压缩性和低抗剪强度而著称,这在桩基施工及使用过程中极易导致桩基沉降不均匀和桩身位移等问题。天然含水量较高、空隙比大、高液限,天然含水量一般为46%~83%,天然孔隙比一般为1.16~2.01,液限一般为72%~94%。该软黏土为黏粒含量高,为高塑性黏土,孔隙比大,具中等-高压缩性,天然含水量较大,呈软塑-可塑状态;比重低、干容重极低,比重一般为1.94~2.53,干容重一般为7.90~10.80。有机质;强度低、压缩性较高、渗透性差,无侧限抗压强度一般为6~38kPa,压缩指数一般为0.33~0.54,渗透系数一般为 $0.174\sim 115\times 10\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ 。达卡软黏土标准贯入试验锤击数一般1~4击,具有承载力极低、中等-高压缩性、渗透性极差,压缩沉降量大,排水固结

缓慢,地基稳定性差。该软黏土普遍含这种现象不仅影响建筑物的稳定性和使用寿命,还可能对周边环境造成连锁反应,比如道路开裂、地下管道错位等。

### 三、现场试桩参数及试桩结果:

#### (1) 预应力混凝土管桩:

试桩参数: 桩径 500mm, 1 号试桩点桩长 30m, 2 号试桩点桩长 35m, 3 号试桩点桩长 35m, 单桩竖向承载力特征值 2000KN, 单桩抗拔承载力极限值 1000KN。



#### (2)内夯沉管灌注桩:

试桩参数：桩径 500mm，1 号试桩点桩长 26.2m，2 号试桩点桩长 26.3m，3 号试桩点桩长 30.7m，扩大头直径 900mm，单桩竖向承载力特征值 2000KN，单桩抗拔承载力极限值 1000KN，



(3)试桩结果：预应力混凝土管桩和内夯沉管灌注桩单桩竖向承载力特征值均满足 2000KN，单桩抗拔承载力极限值均满足 1000KN。

(4)内夯沉管灌注桩检测报告:

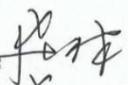
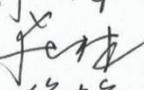
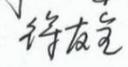
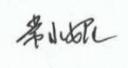
报告编号: KX-2023-084-DJ



# 地基试验报告

(试桩报告)

工程名称: 孟加拉北达卡市垃圾发电项目  
工程地点: 孟加拉达卡市西北部 AminBazar 填埋场南侧  
委托单位: 中国机械设备工程股份有限公司  
建设单位: 中国机械设备工程股份有限公司  
施工单位: 陕西龙海新创基础工程有限公司

单位技术负责人:  证号: 陕建检 A (2019) 01000277  
签发人:  证号: 陕建检 A (2019) 01000277  
审核人:  证号: 陕建检 A (2019) 01000279  
检测人员:  证号: 陕建检 A (2023) 01000140  
 陕建检 B (2019) 01000699

陕西格行工程检测有限公司

2023年09月13日

# 孟加拉北达卡市垃圾发电项目 内夯沉管灌注桩试桩试验报告

## 1.1 前言

受中国机械设备工程股份有限公司的委托，陕西格行工程检测有限公司承担了其在建的孟加拉北达卡市垃圾发电项目内夯沉管灌注桩试桩试验工作。试验项目为灌注桩单桩竖向抗压静载荷试验、灌注桩单桩竖向抗拔静载荷试验、高应变动力检测及低应变桩身完整性质量试验。

现场试验工作于 2023 年 08 月 21 日开始，09 月 05 日完成，经对实测数据分析计算，现提交正式试验报告。

## 1.2 工程概况

该项目由中国联合工程有限公司设计，陕西龙海新创基础工程有限公司进行施工。

## 1.3 场地水文、工程地质、环境条件

根据机械工业勘察设计研究院有限公司提供的《中国机械设备工程股份有限公司孟加拉达卡北城垃圾焚烧发电站项目岩土工程勘察报告》（2023 年 02 月）详勘。拟建项目场地位于孟加拉达卡市西北部 Hemayetpur-Savar 区 Aminbazar 垃圾填埋场区域，北侧紧邻 Aminbazar 填埋场，南侧为孟加 N5 公路，场地横跨覆盖现有填埋场进场道路。因场地原地形受到人为破坏，场地标高存在较大变化，勘探点地面标高介于-4.22~8.18m 之间。

地貌单元属冲洪积平原。

根据本次详细勘察钻探成果、原位测试成果及土工试验成果，拟建场地在勘探深度（41.00m）范围内地层根据岩性划分为 5 个大层，11 个亚层，大层自上而下依次为：杂填土①层、粉质黏土②层、淤泥质粉土③层、粉质黏土④层、粉砂⑤层；亚层为吹填砂土①<sub>1</sub>层、素填土①<sub>2</sub>层、粉质黏土②<sub>1</sub>层、

黏土②<sub>2</sub>层、粉土③<sub>1</sub>层、粉质黏土④<sub>1</sub>层、黏土④<sub>2</sub>层、粉质黏土④<sub>3</sub>层、粉砂⑤<sub>1</sub>层、粉砂⑤<sub>2</sub>层、粉砂⑤<sub>3</sub>层。粉质黏土②层及粉土③层局部存在腐殖质薄夹层及透镜体。现分层描述如下：

杂填土①Q<sub>4</sub><sup>ml</sup>：成分以生活垃圾为主，以灰黑色为主，松散，稍湿~饱和，新近堆积，性质极差；一般层厚 5.00~6.80m，层底高程-3.16~-2.60m，陆地区域内普遍分布，场地红线北侧内堆积厚度较厚，现有垃圾填埋场进场道路两侧亦有分布。

吹填砂土①<sub>1</sub>Q<sub>4</sub><sup>ml</sup>：成分以粉砂为主，灰黑色为主，松散，湿~饱和，性质一般。揭露层厚 5.00~6.50m，该亚层在部分钻孔中有揭露，为填埋场进场道路填筑砂土，经过多年沉降固结，工程性质一般。

素填土①<sub>2</sub>Q<sub>4</sub><sup>ml</sup>：成分以粉质黏土为主，可见少量粉砂及杂物，灰褐色为主，可塑为主，局部软塑，性质一般。揭露层厚 0.60~5.70m，该亚层仅在部分钻孔中有揭露，为填埋场进场道路填筑材料，经过多年沉降固结，工程性质一般。

粉质黏土②<sub>1</sub>Q<sub>4</sub><sup>sl+pl</sup>：浅灰色、灰黄色，软塑为主，局部可塑，个别钻孔为流塑状态。局部可见泥炭质土薄夹层或透镜体②<sub>3</sub>层，夹层、透镜体分布不连续，个别钻孔有揭露。该层压缩系数平均值 0.47MPa<sup>-1</sup>，属中偏高压缩性土，实测标准贯入锤击数平均值  $N=7$  击。该层层厚 0.40~6.70m，层底深度 1.10~12.60m，层底高程-5.45~-0.29m。该层分布连续广泛，在场地内普遍存在。地基承载力特征值  $f_{ak}=80\text{kPa}$ 。

黏土②<sub>2</sub>Q<sub>4</sub><sup>sl+pl</sup>：浅灰色，软塑~可塑。局部可见少量粉细砂。该层压缩系数平均值 0.64MPa<sup>-1</sup>，属高压压缩性土，该层层厚 1.40~4.80m，该层分布不连续，仅在个别钻孔中有揭露。地基承载力特征值  $f_{ak}=85\text{kPa}$ 。

淤泥质粉土③Q<sub>4</sub><sup>sl+pl</sup>：浅灰色、深灰色，松散~稍密，很湿。有摇振反应，

中等，韧性低，干强度低。该层压缩系数平均值  $0.46\text{MPa}^{-1}$ ，属中偏高压缩性土，实测标准贯入锤击数平均值  $N=8$  击。该层层厚  $1.00\sim 12.30\text{m}$ ，层底深度  $3.800\sim 19.00\text{m}$ ，层底高程  $-12.01\sim -1.48\text{m}$ 。该层分布较连续，范围较广。该层局部含泥炭质土或泥炭透镜体及薄夹层③<sub>1</sub>层，有机质含量试验结果介于  $45.8\%\sim 79.0\%$ ，分布不连续，个别钻孔有揭露，厚度大部分约  $0.30\text{m}$  左右。地基承载力特征值  $f_{ak}=70\text{kPa}$ 。

粉质黏土④<sub>1</sub>Q<sub>4</sub><sup>al+pl</sup>：浅灰色、灰黄色，软塑为主，局部为流塑性，表现为淤泥质土。局部可见少量粉细砂。该层压缩系数平均值  $0.55\text{MPa}^{-1}$ ，属高压缩性土，实测标准贯入锤击数平均值  $N=6$  击。该层层厚  $1.20\sim 9.50\text{m}$ ，层底深度  $5.80\sim 23.00\text{m}$ ，层底高程  $-16.37\sim -4.65\text{m}$ 。该层分布连续广泛，在场地内普遍存在。地基承载力特征值  $f_{ak}=70\text{kPa}$ 。

黏土④<sub>2</sub>Q<sub>4</sub><sup>al+pl</sup>：灰黄色为主，局部浅灰色，可塑为主，局部为硬塑状态，该层压缩系数平均值  $0.31\text{MPa}^{-1}$ ，属中压缩性土。实测标准贯入锤击数平均值  $N=13$  击。该层层厚  $1.40\sim 6.80\text{m}$ ，层底深度  $10.30\sim 20.80\text{m}$ ，层底高程  $-14.49\sim -9.15\text{m}$ 。该层不连续，仅个别钻孔有揭露。地基承载力特征值  $f_{ak}=130\text{kPa}$ 。

粉质黏土④<sub>3</sub>Q<sub>4</sub><sup>al+pl</sup>：浅灰色、黄褐色、灰黄色，可塑为主，局部为硬塑~坚硬，含少量粉砂颗粒，局部有粉土薄夹层，厚度约  $0.10\text{m}$ 。该层压缩系数平均值  $0.22\text{MPa}^{-1}$ ，属中压缩性土，实测标准贯入锤击数平均值  $N=12$  击。该层层厚  $1.30\sim 11.40\text{m}$ ，层底深度  $12.60\sim 30.00\text{m}$ ，层底高程  $-24.72\sim -10.90\text{m}$ 。该层分布连续广泛，在场地内普遍存在。地基承载力特征值  $f_{ak}=130\text{kPa}$ 。

粉砂⑤<sub>1</sub>Q<sub>3</sub><sup>al+pl</sup>：褐黄色，饱和，稍密~中密，成分以石英、长石为主；砂质不均匀，局部含少量黏性物质；实测标准贯入锤击数平均值  $N=19$  击。该层层厚  $1.20\sim 10.90\text{m}$ ，层底高程  $-33.59\sim -13.20\text{m}$ 。该层分布较连续广泛。地基承载力特征值  $f_{ak}=120\text{kPa}$ 。

粉砂⑤<sub>2</sub>Q<sub>3</sub><sup>al+pl</sup>: 褐黄色, 饱和, 中密, 成分以石英、长石为主; 砂质不均匀, 局部含少量黏性物质; 实测标准贯入锤击数平均值  $N=25$  击。该层层厚 1.60~13.80m, 层底深度 18.00~35.70m, 层底高程 -31.02~-16.85m。该层分布较连续广泛。地基承载力特征值  $f_{ak}=160\text{kPa}$ 。

粉砂⑤<sub>3</sub>Q<sub>3</sub><sup>al+pl</sup>: 褐黄色, 饱和, 密实, 成分以石英、长石为主; 砂质不均匀, 局部含少量黏性物质; 实测标准贯入锤击数平均值  $N=34$  击。该层在勘探过程中未钻穿, 最大揭露厚度为 12.45m, 最大揭露深度为 41.00m。地基承载力特征值  $f_{ak}=200\text{kPa}$ 。

本次勘察期间 (2022 年 8 月~11 月), 实测钻孔地下水稳定水位埋深介于 -5.40~-6.08m, 相应地下水位相对标高介于 1.15~6.21m, 经过现场勘察高水位期地下水位最高高程约 6.5m。设计抗浮水位可按 6.5 考虑。

拟建场地建筑场地类别属 III 类, 抗震设防烈度为 7 度, 设计基本地震加速度值为 0.15g, 设计地震分组属第一组, 地基土可液化土层为淤泥质粉土③层, 液化等级为轻微, 拟建场地属对抗震不利地段。

场地内未发现不良地质作用和地质灾害。依据场平标高 8.6m, 场址受洪涝灾害影响较小。场地基本稳定, 较适宜建筑。

#### 1.4 地基处理目的、设计参数及要求

为提高地基承载力, 地基处理采用内夯沉管灌注桩。

设计参数: 桩径 500mm, 扩大头直径 900mm, 试桩 6 根 (抗压试桩 3 根、抗拔试桩 3 根), 桩顶标高为 -2.70m ( $\pm 0.000\text{m}$  相对绝对标高 9.000m), 此次试验在 3 个试验区进行: 1#试验区 SZ5、SZ6 桩长均为 26.30m, 2#试验区 SZ7 桩长为 30.70m、SZ8 桩长为 30.80m, 3#试验区 SZ3、SZ4 桩长均为 26.20m。桩长为桩身混凝土强度等级 C30, 桩端进入持力层⑤<sub>2</sub>层粉砂不小于 1.0m。

设计要求: 单桩竖向抗压承载力特征值为 2000kN, 单桩竖向抗拔极限承

载力不小于 1000kN。

### 1.5 施工概况

桩基工程由陕西龙海新创基础工程有限公司进行施工，施工过程中执行《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008 的有关规定。

### 1.6 依据资料及规范规程

- 1) 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202-2018;
- 2) 《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011;
- 3) 《建筑地基处理技术规范》JGJ 79-2012;
- 4) 《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106-2014;
- 5) 《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008;
- 6) 《中国机械设备工程股份有限公司孟加拉达卡北城垃圾焚烧发电站项目岩土工程勘察报告》（2023 年 02 月）详勘;
- 7) 本项目设计文件及合同。

### 1.7 试验方法及完成的工作量

根据设计要求及有关规范规定，抗压试桩 3 根、抗拔试桩 3 根，确定试验方法及工作量如下：

- 1) 高应变动力检测桩 3 根（试验桩桩号 SZ3、SZ5、SZ7），确定灌注桩试桩单桩竖向抗压极限承载力；
- 2) 低应变桩身完整性质量试验桩 6 根（SZ3~SZ8），判定桩身完整性；
- 3) 单桩竖向抗压静载荷试验 3 根（试验桩桩号 SZ3、SZ5、SZ7），判定灌注桩试桩单桩竖向抗压承载力特征值是否满足设计要求；
- 4) 单桩竖向抗拔静载荷试验 3 根（试验桩桩号 SZ4、SZ6、SZ8），判定灌注桩试桩单桩竖向抗拔极限承载力是否满足设计要求。

### 1.8 试验原理及方法简介

#### 1) 高应变动力检测

##### ①依据标准

检测值4252kN，其承载力特征值可取值为2126kN；SZ7单桩竖向极限承载力检测值4592kN，其承载力特征值可取值为2296kN，故各试验桩单桩竖向抗压承载力特征值均满足2000kN的设计要求。

高应变动力检测结果汇总表 表 1.9.1

序号	试验桩号	桩长 (m)	设计桩径 (mm)	极限承载力计算值 (KN)			极限承载力平均值 (kN)	极差/均值 (%)
				侧阻力 (kN)	端阻力 (kN)	总阻力 (kN)		
1	SZ3	26.20	500	4562	216	4778	/	/
2	SZ5	26.30	500	4036	216	4252		
3	SZ7	30.70	500	4376	216	4592		

2) 低应变桩身完整性质量试验结果

低应变桩身完整性质量试验结果详见附件 2.4，从中可知：在试验的 6 根桩均为I类桩，桩体波速为 3641~3854m/s，平均值为 3795m/s。

3) 单桩竖向抗压静载荷试验结果

现场 3 根单桩竖向抗压静载荷试验极限承载力取值结果表见表 1.9.3。各载荷试验点的数据汇总表及 Q-s 及 s-lgt 曲线见附件 2.5。

单桩竖向抗压承载力取值表 表 1.9.3

试验点编号	试验点桩号	桩径 (mm)	桩长 (m)	极限承载力 $Q_{ui}$		试验终止承载力 Q		承载力特征值 $R_{ai}$ (kN)
				$Q_{ui}$ (kN)	对应的沉降量 s(mm)	Q (kN)	对应沉降量 s (mm)	
D1	SZ3	500	26.20	4760	13.01	5100	43.24	2380
D2	SZ5	500	26.30	4250	17.94	4420	41.80	2125
D3	SZ7	500	30.70	4590	20.31	4760	43.24	2295

各试验点，Q-s 曲线均发生陡降，依据《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106-2014 第 4.4.2 条，取其发生陡降的的起始点对应的荷载值作为各单桩竖向抗压极限承载力；依据《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106-2014 第 4.4.4 条，单桩竖向抗压承载力特征值应按单桩竖向抗压极限承载力的 50%取值，由此来确定各试验点的承载力特征值。各承载力取值详见表 1.9.3，则各试验桩单桩竖向抗压承载力特征值满足 2000kN 的设计要求。

#### 4) 单桩竖向抗拔静载荷试验结果

场地试桩单桩竖向抗拔极限承载力结果详见附件 2.6, 试验结果表明: 场地内内夯沉管灌注桩试桩单桩竖向抗拔极限承载力均可取值为 1000kN, 满足设计要求。

#### 1.10 结论

1) 孟加拉北达卡市垃圾发电项目内夯沉管灌注桩试桩高应变动力检测试验结果标明: 各试验区内各试验桩夯沉管灌注桩试桩单桩竖向抗压承载力特征值满足 2000kN 的设计要求;

2) 孟加拉北达卡市垃圾发电项目内夯沉管灌注桩试桩低应变桩身完整性试验结果表明, 在试验的 6 根桩均为 I 类桩, 桩体波速为 3641~3854m/s, 平均值为 3795m/s;

3) 孟加拉北达卡市垃圾发电项目内夯沉管灌注桩试桩单桩竖向抗压静载荷试验结果表明: 各试验区内各试验桩夯沉管灌注桩试桩单桩竖向抗压承载力特征值满足 2000kN 的设计要求;

4) 孟加拉北达卡市垃圾发电项目内夯沉管灌注桩试桩单桩竖向抗拔静载荷试验结果表明: 各试验区内各试验桩内夯沉管灌注桩试桩单桩竖向抗拔极限承载力满足 1000kN 的设计要求。

(正文完)

#### 四、各桩型经济对比：

项目部参照当地类似项目地质条件选用桩型，对预应力混凝土管桩（ $\phi 500$ ）、内夯沉管灌注桩（ $\phi 500$ ）进行试桩研究。在确保满足单桩竖向承载力设计要求的前提下，对桩型和直径、桩数、桩长进行优化对比选择，成本测算如下：

序号	设计阶段	桩基类型	桩径(mm)	数量(根)	总延长(m)	单价(元/m)	成本测算(元)	其中海运费、孟加拉进口关税、营业税等费用	备注
1	初设	预应力混凝土管桩	500	4769	166915	1050	175260750	76780900	国内采购
2	初设	预应力混凝土管桩	500	4769	166915	750	125186250		孟加拉当地采购
3	详设	内夯沉管灌注桩	500	4769	123994	655	81216070		优化后

#### 五、目前水平和发展情况、技术关键及风险分析

##### （一）目前水平和发展情况

内夯沉管灌注桩是《建筑桩基技术规范》（JGJ94 - 2008）所规定的若干种灌注桩中的一种，按成孔方式归为挤土类桩。近数十年来，随着工艺的不断发展和完善，其不仅在普通的粘性土、粉土中可以成孔，而且已经发展到可在卵石层、砂层和强风化岩石中可以顺利成

孔。其设计、施工和质量检测，均符合《建筑桩基技术规范》（JGJ94-2008）的一般要求，并无其它特殊质量检测要求。

## （二）技术关键

1. 内夯沉管灌注桩工艺采用全程钢护筒，锤击沉管，管内填料，不会出现塌孔现象，夯扩大头制作简便、桩底无沉渣、桩身无断层、质量可保证。

2. 单方量混凝土发挥的承载力高，可以有效减少桩数，节约桩长。

3. 内夯沉管灌注桩工艺最终桩长以最后十击贯入度不超过30mm为准，可保证每根桩的承载力，满足设计要求。

4. 成本优势明显，施工工效高，无需泥浆护壁。

5. 施工过程现场干净无需泥浆护壁，可为甲方节约泥土外运或清理费用，同时可保证施工现场及场地外市政道路干净整洁无污染。

6. 采用现浇方式内夯沉管灌注桩，主材采购、运输便捷，混凝土自身质量可控。

## （三）风险分析

本项目是在吹沙回填场地上进行桩型比选，试桩过程质量工艺监督、桩基检测是关键，需全程跟踪旁站监督。

## 六、效益分析、研究方法和技术路线及项目实施的支撑条件和能力

### （一）效益分析

1. 实现降本增效。

2. 主材当地采购、运输便捷且混凝土质量可控。

3. 避免桩从国内采购，减少海运及陆路运输费用。

4. 避免相关清关费用及关税。

## （二）研究方法和技术路线

1. 与国内专业的地勘单位、桩基施工单位、设计院相关技术负责人探讨。

2. 搜集国内相关文献资料。

3. 对比同类型桩基工程项目。

## （三）项目实施的支撑条件和能力

1. 主要研究人员：如上述项目执行情况中的人员介绍。

2. 合作单位及能力

本项目由中国机械设备工程股份有限公司第五工程成套事业部独立完成比选研究工作。

内夯沉管灌注桩、预应力混凝土管桩试桩技术要求由中国联合工程有限公司编制，负责桩基技术参数核对，桩型比选工作。

内夯沉管灌注桩试桩由陕西龙海新创基础工程有限公司负责施工，桩基检测由陕西恪行工程检测有限公司负责。

预应力混凝土管桩试桩由机械工业勘察设计研究院有限公司负责施工，桩基检测由陕西机勘工程检测咨询有限公司负责。

## 七、结论

### （一）技术可靠、工艺科学、质量保证

内夯沉管灌注桩工艺采用全程钢护筒，锤击沉管，管内填料，不会出现塌孔现象，夯扩大头施工简便、桩底无沉渣、桩身无断层、质量可保证；单方量混凝土发挥的承载力高，可以有效减少桩数，节约桩长；内夯沉管灌注桩工艺最终桩长以最后十击贯入度不超过 30mm 为准，可保证每根桩的承载力，满足设计要求。

### （二）综合成本低

在本项目使用内夯沉管灌注桩工艺，成本优势明显，相比国内采购预应力混凝土管桩总造价节约 9404 万元（约 57%）相比孟加拉当地采购预应力混凝土管桩总造价节约 4397 万元（约 35%）。

### （三）环保无污染

内夯沉管灌注桩施工过程中现场干净无需泥浆护壁，可为甲方节约泥土外运或清理费用，同时可保证施工现场及场地外市政道路干净整洁无污染。

### （四）验收标准：

通过工程桩设计图纸，对比初步设计，采用内夯沉管灌注桩可满足单桩静压承载力设计要求，减少桩数，降低桩长，从而降低工程施工成本。

（五）采用现浇方式内夯沉管灌注桩，主材采购、运输便捷，混凝土自身质量可控。