

卵石层中沉管灌注桩承载力不足问题浅析

刘春华

湖北建艺岩土工程勘察设计有限公司, 湖北 荆州 434000

[摘要] “当采用桩基础时, 一般可不考虑其深部的承压水对工程的影响”这一地方经验在荆州地区一直沿用, 若干工程实践也验证了这一地方经验的适用性。但在本地区荆堤附近缺失砂性土地层的场地中, 当以卵石层作为桩端持力层时, 数个沉管灌注桩基础工程都发生了实际竖向承载力低于设计值的工程问题。文中通过对其中的原因分析探讨, 对上述地方经验有了新的认识, 在荆堤附近局部砂性土缺失的特殊地层中, 以卵石层作为桩端持力层时, 应慎重选择沉管灌注桩方案。

[关键词] 沉管灌注桩; 单桩竖向抗压承载力; 孔隙水压力; 卵石层

DOI: 10.33142/ucp.v1i4.14127

中图分类号: TU753.3

文献标识码: A

Brief Analysis of the Insufficient Bearing Capacity of Immersed Tube Pile in Pebble Layer

LIU Chunhua

Hubei Jianyi Geotechnical Engineering Survey and Design Co., Ltd., Jingzhou, Hubei, 434000, China

Abstract: The local experience of "when using pile foundations, the influence of deep confined water on the project can generally be ignored" has been widely used in Jingzhou area, and several engineering practices have also verified the applicability of this local experience. However, in the site near Jingdi in the local area where there is a lack of sandy soil layer, when using the pebble layer as the pile end bearing layer, several sinking pile foundation projects have encountered engineering problems where the actual vertical bearing capacity is lower than the design value. Through the analysis and exploration of the causes in the article, a new understanding of the experience in the above-mentioned areas has been gained. In the special stratum near Jingdi where local sandy soil is missing, when using the pebble layer as the pile end bearing layer, the sinking tube cast-in-place pile scheme should be carefully selected.

Keywords: immersed tube pile; vertical compressive bearing capacity of a single pile; pore water pressure; pebble layer

引言

荆州地区属长江北岸一级阶地地貌单元, 地面高程在 32~36m 之间, 地势较平坦。其地层上部为填土、黏性土, 下部为砂、卵砾石层, 为典型的二元结构。其中填土一般较薄, 黏性土厚度一般十米左右, 渗透系数极小, 可视为相对隔水层。砂层厚度一般十米左右, 卵砾石层多在地表下 15.0~25.0m, 其中埋深 15m 左右的卵砾石层厚薄不均, 多呈透镜体状, 颗粒级配差, 且下部多有软弱砂夹层; 而埋深在 25m 左右的卵砾石层厚度近百米, 级配较好, 上部稍密, 中部中密~密实, 下部密实。但在荆堤附近局部地段地基土的分布有一定的特殊性, 地层中砂层缺失。

根据地区经验, 当建筑物荷载较大采用沉管灌注桩基础时, 多以深部砂层或卵砾石层作为桩端持力层, 其中大多以深厚砂层作桩端持力层。此种桩基础设计和施工工艺已积累了成熟的经验, 并在荆州地区广泛应用。但在荆堤附近局部砂性土缺失的特殊地层中, 以卵石层作为持力层时, 应慎重选择沉管灌注桩方案。下文结合两个工程实例, 分析此类场地条件下沉管灌注桩基础产生的问题及原因分析, 作为荆堤附近沉管灌注桩设计施工的参考。

1 工程实例

1.1 荆州市某办公楼桩基工程

项目场地距离长江大堤不足 300m, 设计采用沉管灌注桩

基础, 以浅部卵石层为桩端持力层, 桩直径为 350mm, 设计单桩竖向承载力特征值为 400kN。场地岩土层概况如下表 1:

表 1 岩土层的分布及主要特征一览表

地层编号	岩土名称	层厚 (m)	侧阻力特征值 (kPa)	端阻力特征值 (kPa)
①	素填土	0.90~1.80	9	--
②	淤泥质粉质黏土 夹粉土	8.90~9.60	8	--
③	粉质黏土夹粉土	7.20~8.50	11	--
④	卵石	未揭穿	--	2200

选取典型工程地质剖面示意如下图 1:

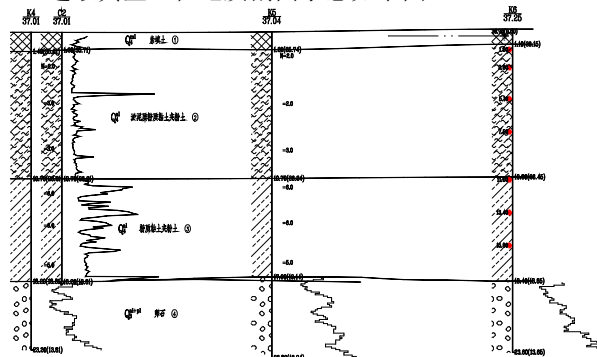


图 1 典型工程地质剖面示意图

桩基础单桩竖向承载力特征值估算结果如下表 2:

表 2 单桩竖向承载力特征值估算表

孔号	桩径 (mm)	持力层	沉管灌注桩		
			侧阻力特征值 $\sum q_{sia}$	端阻力特征值 $\sum q_{pa}$	单桩竖向承载力 (kN)
K2	φ 350	④	206.7	203.6	410.3
K8	φ 350	④	202.5	207.1	409.6

本工程桩基础施工时处于长江丰水期。对 53#、86#、101#工程桩做单桩竖向抗压静载试验的结果分别为 481kN、487kN、643kN, 远低于设计要求的 800kN 极限承载力。

1.2 荆州市某小区 2A#、2B#楼桩基础工程

该小区所在场地位于长江北岸一级阶地, 距长江 400m 左右。该小区的 2A#、2B#楼采用沉管灌注桩基础, 设计以浅部卵石层为桩端持力层, 桩径 350mm, 设计单桩竖向抗压承载力特征值为 400kN。其场区岩土层概况如下表 3:

表 3 岩土层的分布及主要特征一览表

地层编号	岩土名称	层厚 (m)	侧阻力特征值 (kPa)	端阻力特征值 (kPa)
①	杂填土	0.60~2.10	9	-
②	粉质黏土	1.30~4.60	14	-
③	淤泥质粉质黏土	1.70~4.20	8	-
④	粉质黏土	2.50~5.10	13	-
⑤	粉土夹粉砂	3.80~7.30	17	-
⑥	细砂	透镜体分布	19	-
⑦	卵石	未揭穿	-	1900

并选取典型工程地质剖面示意如下图 2:

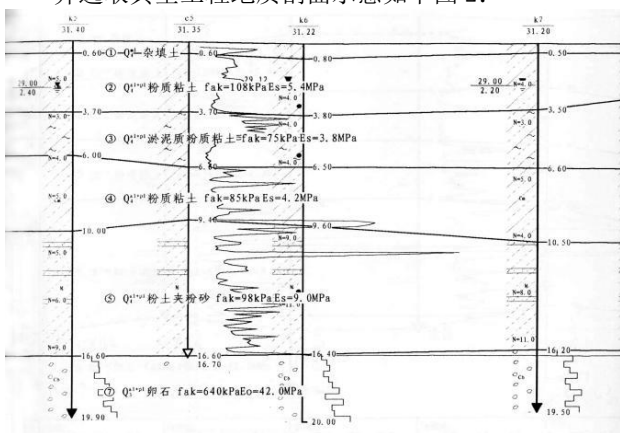


图 2 典型工程地质剖面示意图

桩基础单桩竖向承载力特征值估算结果如下表 4:

表 4 单桩竖向承载力特征值估算表

孔号	桩径 (mm)	持力层	沉管灌注桩		
			侧阻力特征值 $\sum q_{sia}$	端阻力特征值 $\sum q_{pa}$	单桩承载力 (kN)
K7	φ 350	⑦	232.7	176.5	409.2

本工程桩基础施工亦处于长江丰水期。在进行工程桩单桩竖向抗压静载试验检测中, 少数桩极限承载力满足设计要求, 其余实测值均在 620~710kN 之间, 低于设计单桩竖向抗压极限承载力 800kN 的要求。

2 事故原因分析

2.1 两个工程的一些共同特点

以上两个工程竖向静载试验检测结果均不能达到设计要求, 并具有一定的普遍性。在对两工程作类比分析时发现两工程具有一些共同特点。

(1) 单桩竖向抗压静载试验曲线的相似性

例 1 中静载试验 Q-s 曲线如下图 3:

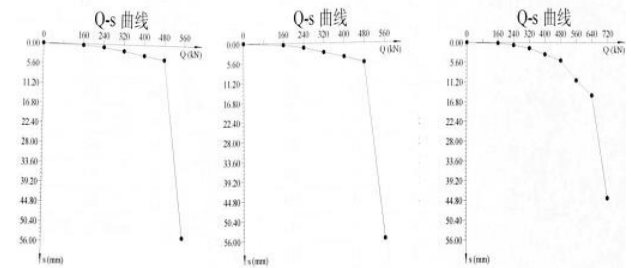


图 3 静载试验 Q-s 曲线

例 2 中静载试验 Q-s 曲线如下图 4:

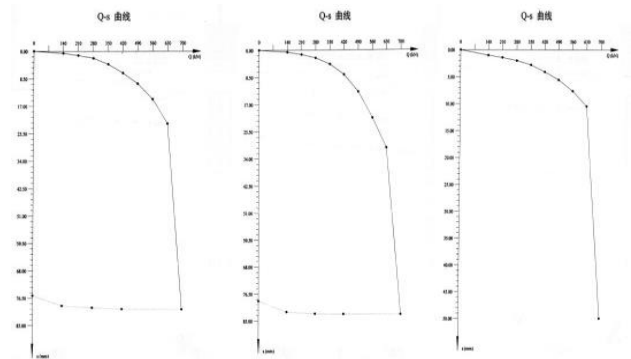


图 4 静载试验 Q-s 曲线

由以上两组 Q-s 曲线可见, 单桩抗压静载试验均呈陡变后迅速破坏的特点。本地区采用沉管灌注桩一般属于端承摩擦桩, 其 Q-s 曲线多为缓变型平滑曲线, 一般不存在明显的陡降点。但本次两工程静载试验 Q-s 曲线为摩擦桩的破坏特征。说明两个工程桩的端阻力均较小, 桩顶荷载大部分由桩侧阻力来承担, 设计的端承摩擦桩变成了摩擦桩, 导致单桩竖向抗压承载力大大降低, 这样既提高了工程造价, 又增加了施工工期。

(2) 工程地质条件的相似性

①地形地貌相似

二个工程场地都属长江北部一级阶地前缘, 场地紧邻荆江大堤。

②场地水文地质条件相似

浅部地下水从上到下为上层滞水和潜水, 二者水量不

大, 施工中可采用基槽集水坑进行抽排, 对基础施工影响较小。而埋藏在深部卵石层中的承压水, 其水量丰富, 水头较高, 两个工程中实测水位在地表下 0.6~2.1m, 且与长江水力联系密切。

③场地地基土分布状况相似

两个工程中卵石层层顶揭露深度分别约 16.7m、18.2m, 根据区域地质资料和工程详细勘察报告, 在此深度范围的卵石层具有结构、厚薄不均匀等特点。而这两个工程地基土分布与荆州其它地方最明显不同是缺失砂性土地层。

2.2 事故原因分析

如上所述, 两个工程单桩竖向承载力不足是因桩端阻力发挥受限所致。是什么原因导致这种状况呢?

(1) 桩端是否达到设计持力层

经查阅施工记录, 桩长和终桩标准都达到了设计要求, 访问现场施工、监理人员也均证明终桩时抬机剧烈。

(2) 桩身是否有质量问题

经查阅场地水泥、砂石、钢筋等建筑材料的送检报告, 并查阅低应变检测报告, 发现两个工程桩均无桩体缺陷。

(3) 成桩可行性问题分析

既然不是施工环节的问题, 因此有必要对场地的工程地质条件与所选桩型的可行性进一步进行分析。特别是两个工程均位于荆堤附近、施工期间正值丰水季节、地层分布的中缺失砂层等因素。根据两工程场地地质条件, 结合区域地质资料、《荆州市建筑工程技术规定》及上述分析, 两个工程桩基事故的主要原因如下:

①桩端持力层选择不妥。

沉管灌注桩对桩端持力层的密实度和均匀性要求较高。在本地区, 地表以下 25m 左右的卵石层才相对稳定, 结构较均匀, 才是理想的沉管灌注桩持力层, 或者选择厚度十米左右的砂层作为桩端持力层。而这两个工程均选择高程 12.0~18.0m 呈透镜体分布的卵石层作为桩端持力层, 该卵石层结构多不均匀, 颗粒级配差, 下卧有工程性质较差的软弱砂层, 限制了桩端阻力的发挥。

②承压水对桩端处桩身质量的破坏。

当桩基础施工引孔后, 桩端与持力层直接接触的局部位置原有平衡被破坏, 因水头差产生的巨大水压力在成桩位置这一薄弱点瞬间释放, 由于桩端卵石层的渗透系数极大, 一般为 13~15m/d, 强大的孔隙承压水侵入混凝土中, 稀释了砂浆, 造成了桩端混凝土的离析, 使桩端混凝土的有效面积及强度均难以保障, 影响桩端阻力的发挥。

③从层间迳流角度看, 由于卵石层富含承压水, 该承压水与长江有密切的水力联系。当丰水季节施工时, 长江水位高于荆堤后场地承压水水头高度, 在较大的水头差产生的动水压力作用下, 施工场地的承压水产生自南向北方向水平迳流, 加上与长江距离短, 同时地层中缺少砂土缓

冲层, 水压损失较小。此时浇筑混凝土初凝前, 在承压水的水平迳流冲刷下, 将桩端底层混凝土中的细骨料及水泥浆大量带走, 也一定程度影响了桩端混凝土质量。

以上三点, 正是文中这两个工程实际竖向静承载力远低于设计值的原因。而个别桩因在施工过程中反插多次, 扩大了端头, 保障了桩端混凝土的有效面积, 才使单桩竖向静承载力基本与设计值相符。

(4) 该施工工艺于其它场地中适用的原因

为进一步证明本文的观点, 需要分析在荆州其它场地(卵石层上覆有相当厚度的砂层)采用沉管灌注桩时没有产生这种质量事故的原因。

与上述两个工程案例所在场地地层分布情况进行比较, 原因有三点:

①砂层的减压与缓冲作用。

在荆州其它场地, 卵石层上部通常有近十米的上覆砂层, 砂层的渗透系数(约 3~5m/d)较卵石层明显要小, 压力重分布过程中, 水头损失就更大, 使得集中于桩端一点所承受的水压力就很小。在这种场地中无论是以砂层作桩端持力层, 还是以卵石层作桩端持力层, 因孔隙水压力造成桩端混凝土离析的可能性大幅降低。

②场地与长江距离的差异。

根据水力梯度随场地与长江的距离增大而快速递减的变化规律, 当地距长江较远时, 深部承压水水平迳流过程中, 水力梯度大幅度降低, 动水压力对桩端混凝土的冲刷危害减少。

③桩基础施工季节的差异。

因场区深层孔隙承压水的水头主要受长江水位影响, 随长江水位变化而变化, 一般每年一~五月、十一~十二月为枯水期, 水位较低; 而六~十月为丰水期, 尤其七、八两月正值长江汛期, 地下水位最高。根据本地水文观测资料, 地下水最高水位 36.53m, 最低水位为 29.28m, 其年水位变化幅度达 7.25m。由此可见, 施工季节的不同, 场地承压水水头高度差异很大, 因孔隙水压力对桩端混凝土浇筑的影响程度也有很大差别。

以上几点正是前文所提到的地方经验于荆州地区大部分场地中适用的原因。但经验也具有一定的地域性, 若场地中的砂层覆盖厚度过小, 或者场地与长江的距离过近, 或者汛期施工, 上述多个因素叠加, 该经验就不一定适用。

3 结语

通过对以上两个工程实例进行, 使我们对“当采用桩基础时, 一般可不考虑其深部的承压水对工程的影响”这一地方经验, 有了新的理解与认识:

(1) 对荆堤附近地层中缺失砂土地段, 若拟建物采用桩基础, 且以下部卵石层作持力层时, 一般建议采用预制桩, 以保证其桩端阻力的发挥。若考虑采用沉管灌注桩

时,应根据试桩承载力特征值进行桩基础设计。或者在沉管灌注桩基础施工中建议采用数次反插工艺,以保障桩端阻力的稳定发挥。

(2) 桩基础的工程质量,不仅与施工工艺有关,还与施工季节、水土等因素密切相关。本文中的两个工程实例,就是普遍情况下的两个特例,这为我们今后在本地区进行桩基础设计施工方面积累了新的经验。

(3) 在实际工程中,我们既要利用地方成功经验抓住项目的共性,又要善于发现每一项目的特殊性,具体问

题具体分析,更好地发挥地区经验对基础设计、施工的指导作用。

[参考文献]

[1] 《工程地质手册》编委会. 工程地质手册第五版[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.

[2] 中国地质调查局. 水文地质手册第二版[M]. 北京: 地质出版社出版, 2012.

作者简介: 刘春华(1987—), 男, 湖南新化人, 汉族, 硕士研究生学历, 工程师, 研究方向为岩土工程勘察设计。