

振动、夯打沉管灌注桩在软土地基的应用

李先庆

(淄博智诚建设监理有限责任公司, 山东 淄博 255052)

摘要: 采用沉管灌注桩法处理软土地基, 经试桩并确定单桩承载力后, 采用单打法进行施工。实践证明, 采用振动、夯打沉管灌注桩法处理软土地基, 具有施工简单、工期短、节约材料、经济效益好、能保证工程结构要求及施工机械损坏少等特点。

关键词: 软土地基; 沉管灌注桩; 承载力; 试桩

中图分类号: TU447 文献标识码: B 文章编号: 1004-4620(2000)05-0033-04

Use of Vibrating and Ramming Sinking Pipe Perfusion Pile for Mollescent Subgrade

LI Xian-qing

(Zhicheng Building and Supervision Co., Ltd, Zibo 255052, China)

Abstract: To adopt sinking pipe perfusion pile method processes mollescent subgrade. After testing pile and determining the load bearing capacity of single pile, the single piling method is adopted for construction. The practice has proved that to adopt vibrating and ramming sinking pipe perfusion pile method for processing mollescent subgrade possesses the characters of construction being simple, the time limit for a project being short, the materials being saving, the economic profit being good, the requirements to project structure being assurable and the damage of construction machines being little, etc.

Key words: mollescent subgrade; sinking pipe perfusion pile, load bearing capacity; testing pile

近年来我国在软土地基上采用桩基越来越广泛, 尤其是振动夯打沉管灌注桩, 因其施工简便, 灵活和经济效益好等优点, 而得到广泛应用。山东铝业公司(简称山铝)在自备电厂120m烟囱、主厂房和其他建筑的地基处理中采用了沉管灌注桩, 取得了较好的施工经验和可观的经济效益。

1 工程地质概述

拟建厂区地貌属山前冲—洪积平原, 地貌平坦。钻探揭露表明, 构成场地的地层依次为: (1) 植物层(Q^{pd})一般为0.5m; (2) 第四系全新统冲—洪积(Q_4^{al+pl})的粘土, 一般为3.5m左右, 大孔结构, 垂直节理发育, 松散可塑性强; (3) 第四系全新统冲—洪积的粘土, 一般为3m左右, 含氧化铁条纹、钙质结构等, 具融变性, 土质不均, 在局部地段内夹有碎石透镜体和可塑状态的饱和轻亚粘土薄层; (4) 碎石层(Q_4^{al+pl})约2m左右, 沉积岩碎块一般粒径20~30mm, 混20%~30%的粘土及砂, 局部微胶结、中密; (5) 石炭系沙页岩(C)。地下水埋深为0.4~5.2m

(打桩时4.5m),属潜水类型。地基土分层剖面示意图1,地基土的[R]和 E_s 值及其它主要力学性能指标见表1。

由于(2)、(3)层的地基土的地耐力不能满足主厂房、烟囱等建筑要求,因此,勘探设计部门认为应采用桩基处理。

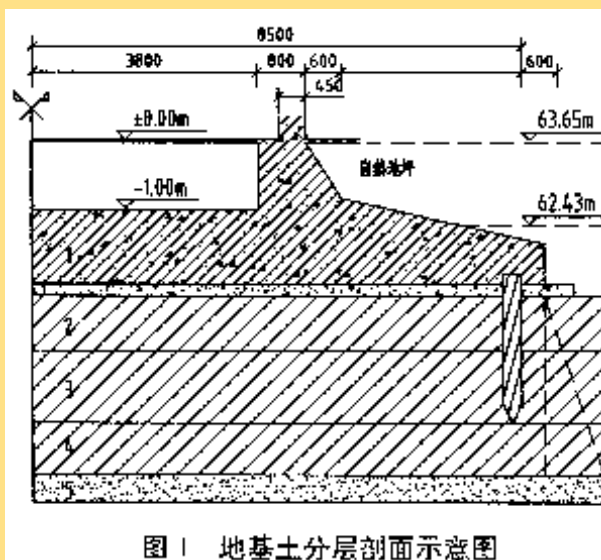


图1 地基土分层剖面示意图

表1 地基土[R]、 E_s 及其它主要力学性能指标

地层	(2)	(3)	(4)	(5)	
				中风化	强风化
[R] / $\times 10^2$ kPa	1.7	2.0	3.0	7.0	2.5
E_s / $\times 10^2$ kPa	3.5	4.5			
STR N63.5锤	3.6	4.7	7.7		
空隙比 e	0.824	0.7			
液性指数 I_c	0.569	0.606			
直剪 粘聚力C / $\times 10^2$ kPa	0.18				
快剪 内摩擦 θ / ($^\circ$)	15.6				

2 沉管灌注桩方案的提出与确定

2.1 原设计方案及其存在的问题

原方案是主厂房、烟囱、主控楼采用1100棵截面400mm \times 400mm的预制方桩。以碎石层(4)作持力层,规定单桩承载力为600kN。但生活区的建设实践表明:预制方桩比圆灌注桩造价高(见表2)。从表2可以看出两种桩的造价比是相当大的。灌注桩不仅经济效益好,而且承载力高,直径 ϕ 400mm的圆桩比边长为400mm的方桩承载力要高16.6%(见表3)。更重要的是预制方桩造价高,用钢材、木材多,运输量大,而且施工时经常出现断桩、坡顶等事故,使桩报废。

表2 预制方桩与灌注圆桩经济效益对比 元

序号	工程项目	圆桩		方桩		实际节约	节约百分比 /%
		每m ² 单价	总造价	每m ² 单价	总造价		
1	3# (6层)楼	10.4393	34947	17.48	58031	23084	66.05
2	5# (6层)楼	13.2675	27788	17.48	36611	8823	31.75
3	7# (6层)楼	14.6384	38787	17.48	46635	848	20.233
4	8# (6层)楼	10.0766	27188	17.48	47664	20476	75.31
5	11# (6层)楼	11.6041	25943	17.48	39086	13143	50.66
6	6# (6层)楼	12.9614	25974	17.48	35209	9235	35.55
7	13# (6层)楼	15.1526	34148	17.48	48111	13963	40.89
8	14# (6层)楼	11.9325	26441	17.48	38730	12289	46.48
9	17# (6层)楼	13.1040	11186	17.48	11433	247	2.21
10	居委(4层)楼	12.3826	8807	17.48	12433	3626	41.17
11	托所(4层)楼	11.9988	23325	17.48	33980	10655	45.68
12	合计		284534		407923	123385	43.36

表3 方桩与圆桩承载力试验结果对比(T/×10kN)

桩号		规格/mm	极限值	容许值	平均容许值	设计容许值	每m ² 容许值	备注
方预制桩	1	400×400×900	108	54	55	56.0	337.50	山东水利勘测院资料
	2	400×400×7500	120	60	55	58.0	335.00	
	3	400×400×8000	80	40	55	50.0	250.00	
	4	400×400×9000	132	66	55	58.0	412.50	
		平均值	110	55	55	55.5	343.75	
	1	Ø400×6800	>120	65	58	60.0~51.0	517.56	山东水利勘测院现场试验
	2	Ø400×6550	102	51	58	60.0~51.0	406.05	

圆灌注桩	3	Ø400×7000	86	43	37.3	33.0	447.80	山东水利勘测院资料
	4	Ø400×8000	76	38	37.3	33.0	395.80	
	5	Ø400×8500	62	31	37.3	33.0	422.90	
		平均值	>111.0/74.7	58.0/37.3	58.0/37.3	60~51/33.0	400.8	

当地已有的施工经验，热电厂这样的地质条件下选用沉管灌注桩的方案是可行的；第二，可以缩短工期。对山铝热电厂工程而言，缩短工期早日投产关键是控制目标；第三，降低造价；第四，施工简单、一次成活，减少材料运输，在生活区可以避免钻孔灌注桩的泥浆排放造成的环境污染。

3 试桩情况及设计单桩承载力的确定

根据当地施工经验和地质条件，确定先做2根试桩，取得结果后修订设计。2根（Ø400mm）试桩和8根（Ø500mm）锚桩打完18d后进行试桩试验。

荷载是20000kN手动油压千斤顶通过反力装置提供。加载反力装置由钢结构主梁、次梁、混凝土锚桩及连接部件组成。荷载量由千斤顶油压表控制，平面布置见图2。桩的沉降量由距桩顶30cm处正交桩经方向对称安装的4块大行程百分表测量。采用慢速维持加载方式，加载按预约最大负荷1200kN，分13级（1#桩）、12级桩（2#桩）施加。卸载分别按6级和5级一直到零。沉降稳定标准按《工业与民用建筑灌注桩基础设计与施工规范》JGJ4-80执行。试验结果见图3。

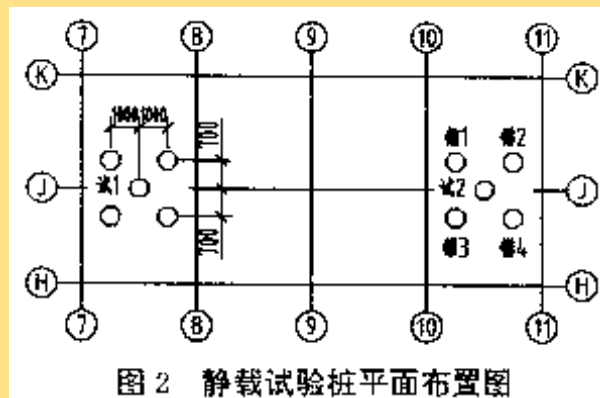


图2 静载试验桩平面布置图

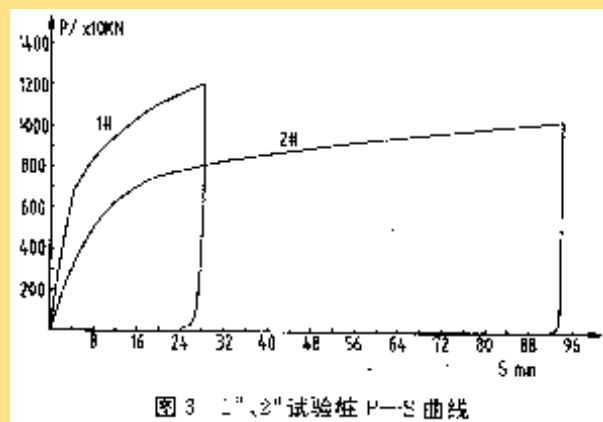


图3 1#、2#试验桩 P—S 曲线

从图3的P—S关系线看：1#试验桩加至比例极限荷载 6.5×10^2 kN后，桩已进入弹塑变形阶段，出现了第一个拐点。加荷至 1.2×10^3 kN时桩并未达到极限荷载，即未出现第二个拐点就停止了加荷，确定 6.5×10^2 kN为单桩容许承载力，相应沉降量为4.19mm。2#桩加载至比例极限荷载 5.6×10^2 kN后，试桩进入弹塑变形阶段，出现了第一个拐点；加荷至 1.0×10^3 kN时，出现了第二个拐点，桩周围的2、3、4层土的剪应力增大至

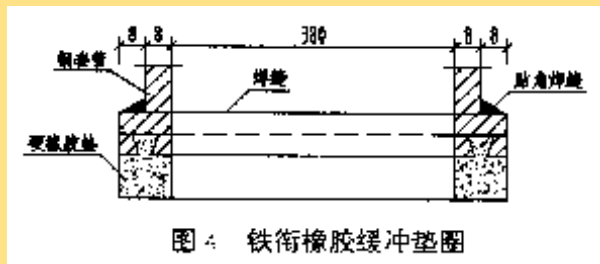
极限值（也可能未到持力层4），由于塑性变形迅速增大，桩急剧向4层土中沉入，将2/3层土均挤向旁边，所以曲线变得较陡，荷载增加不多而沉降迅速增加，这就是塑性变形阶段。第二个拐点对应的就是极限荷载，根据规范规定，取其1/2即 $5.0 \times 10^2 \text{kN}$ 为2#桩单桩容许承载力。应该说明的是临界荷载与极限荷载都是从P—S曲线上找到的，他们的试验荷载分别为：1#桩第6级 $6.4 \times 10^2 \text{kN}$ ，第13级 $1.2 \times 10^3 \text{kN}$ ，第14级（未加）大于 $1.2 \times 10^3 \text{kN}$ ；2#桩第5级 $5.9 \times 10^2 \text{kN}$ ，第10级 $1.0 \times 10^3 \text{kN}$ ，相应沉降量为9.28mm。根据这一结论，设计决定由原来的单桩（方） $5.9 \times 10^2 \text{kN}$ 承载力改为 $5.0 \times 10^2 \text{kN}$ （圆桩）。

4 沉管灌注桩的施工工艺

试桩完成得出结论后，开始了主厂房等工程的打桩施工。施工中，一般采用单打法施工工艺。如发现混凝土灌量不足（即充盈系数不到1.1~1.2），采取一次全复打法，加以处理。

单打工艺是先把混凝土桩尖定好位，调整桩机机座，使桩尖嵌入套管内，套管确定垂直后，加压、振动，缓慢地（1m/min）把桩尖、套管沉至设计标高。套管到位后先放钢筋笼子，再向套管内灌注200#混凝土后开始拔管，稍停片刻，然后继续拔管。如此反复，直至拔到地面。为了防止地下水或泥浆进入套管，要在套管沉入前先灌0.2m封底混凝土，封住套管与混凝土桩尖间缝隙，然后再沉桩尖与套管入土至设计标高。200#混凝土重量比为1:0.48:2.35:4.19，水灰比为0.47，坍落度为7~9cm，冬季用温水，加适量防冻剂（防止上料前结块）。混凝土灌注完毕，管拔出之后，人工挖土覆盖桩头，防止冻害。拔管速度是断桩、缩颈等问题的关键，必须控制在1m/min内。桩尖定位是桩身定位的关键，必须有专人复核。DZ40Y-25型振动打桩机在预打桩尖就位后，甲乙双方应重新核验桩尖位置和套管的垂直度。

为了防止壁厚8mm的钢套管在振动下压时切碎混凝土桩尖，加上一个由铁圈衔橡皮圈相结合的缓冲垫圈，焊在钢套管下面，使橡皮垫圈与桩尖混凝土接触（如图4所示），这样大大地防止了混凝土桩尖被切碎。



5 动测试验与竣工验收

为了进一步确定单桩承载能力，进行了动测试验。烟囱外圈40棵桩试验结果，单桩承载力小于 $5.0 \times 10^2 \text{kN}$ 的只有一棵，占2.5%。对128棵烟囱桩和主厂房的23棵桩的动测试验结果是，有147棵的承载力大于 $5.0 \times 10^2 \text{kN}$ 。由于主厂房OD、OE、轴线桩基承载力大，所以设计增加了162棵桩，均排在各柱基台下面。通过检查后认为灌注桩全部达到灌注要求。

6 结束语

山铝在山前冲—洪积平原上用振动及夯打沉管灌注桩处理较软地基，取得了较好的经济效益。山铝自备电厂120m烟囱圆桩与方桩实际造价之比为0.695:1，节约比为30.5%，桩基共节约投资2.69万元，每桩节约29.36元。从动测试验结果来看， $\varnothing 400 \text{mm}$ 的圆桩平均单桩承载力为 $5.8 \times 10^2 \text{kN}$ ，是原方桩设计承载力的98%。如果把拔管速度再放慢一点，充盈系数能确保达到1.1~1.2时，圆桩代方桩是能达到设计承载力 $5.9 \times 10^2 \text{kN}$ 的，这是灌注桩比预制桩增加了摩阻力的缘故。从造价上看， $\varnothing 400 \text{mm}$ 的圆灌注桩获得10kN的承载

力，只需投资8.09元，而400mm方预制桩获得10kN的承载力需投资11.4元，是前者的1.41倍。

山铝自备电厂原设计1100棵方桩，应投资74.2万元，而换成沉管灌注桩后数量增加到1262棵，结算价为59.18万元，节约15.02万元，经济效益是十分可观的。在山铝水泥厂扩建7个单位工程和山铝拜尔法氧化铝2个单位工程施工中，针对在电厂工程施工中出现的问题和工程地质情况，由振动沉管改为夯打沉管， $\varnothing 400\text{mm}$ 管改为 $\varnothing 377\text{mm}$ ，预制桩尖改为活瓣钢管直接入土，进一步适应了这些工地地质复杂、软土较深的情况，取得了理想的效果。总之，用灌注桩处理地基，是改变山前冲—洪积平原软土层承载力的一种多快好省的地基处理方法。根据山铝的施工经验，张店地区的地质条件与山铝相近，完全可以推广应用。

山铝在应用振动、夯打沉管灌注桩的过程中，采取了以下措施，保证了工程质量：

(1) 为了使钢筋笼和成桩保持较好的同心度，可在钢筋笼外边每隔2~3m对称加焊4个等向钢筋环，环所形成的外径比沉管内径小2cm，以避免拔管时将钢筋笼带动。

(2) 预制桩头的外径比设计要求的桩径只能大2cm，沉管的外径比设计要求的桩径只能小2~3cm，沉桩的充盈系数一般土层应控制在1.1左右，软土层控制在1.2~1.3之间。每棵桩施工完毕，立即算出充盈系数，当发现充盈系数达不到1.1~1.2cm时，采取全复打法补救。

(3) 沉管端部加焊一个铁圈衔橡皮圈相结合的缓冲垫，防止钢套管在振动下压时切碎混凝土桩尖。

(4) 使用夯打沉管工艺时，要防止地基隆起，如出现隆起，应马上在周围降水，从套管内取桩位下边的土，以减少对周围土的压力。

(5) 上料系统需要很好地改进，应降低劳动强度，提高充盈系数，以保证桩身混凝土质量。

(6) 科学测量桩身所到标高和土层，研究桩的距离与挤密不同地基土的关系，科学识别局部结块与持力层，防止桩到达不了持力层。

[返回上页](#)