

中华人民共和国行业标准

复合载体夯扩桩设计规程

Specification for design of ram-compaction piles
with composite bearing base

JGJ/T 135-2001

J 121-2001

条文说明

2 0 0 1 北 京

中华人民共和国行业标准
复合载体夯扩桩设计规程

Specification for design of ram-compaction piles
with composite bearing base

JGJ/T 135-2001

条文说明

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：2001年12月1日

中国建筑资讯网

2001 北 京

中华人民共和国行业标准
复合载体夯扩桩设计规程

JGJ/T 135-2001

条文说明

前 言

行业标准《复合载体夯扩桩设计规程》(JGJ/T 135—2001)，经建设部于 2001 年 8 月 7 日以建标[2001]170 号文批准业已发布。

为便于广大设计、施工、科研、学校等有关单位人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《复合载体夯扩桩设计规程》编制组按章、节、条、款顺序，编制了《复合载体夯扩桩设计规程条文说明》，供使用者参考。在使用中如发现本条文说明有不妥之处，请将意见函寄北京波森特岩土工程有限公司《复合载体夯扩桩设计规程》管理组(北京市昌平区东小口镇天通苑小区三区七号楼 1904 室，邮政编码 102209)。

目 次

前 言	4
目 次	5
1 总 则	6
3 基本规定	7
4 桩基计算	9
4.2 单桩竖向承载力确定	9
4.3 单桩水平承载力确定	10
4.4 桩基沉降计算	11
5 承台设计	12

1 总 则

1.0.1 复合载体夯扩桩是由干硬性混凝土及填充料等经细长锤夯扩形成的复合载体和钢筋混凝土桩身组成。它具有挤密地基及扩大桩端面积的双重作用。当浅部土层为软弱土层(软弱土层指不能满足上部结构对承载力和变形要求的土层),下层有一定厚度的较好土层时,它具有突出的优势。为了进一步推广应用该项技术,确保工程质量,制定本规程。

复合载体的构造见图 1

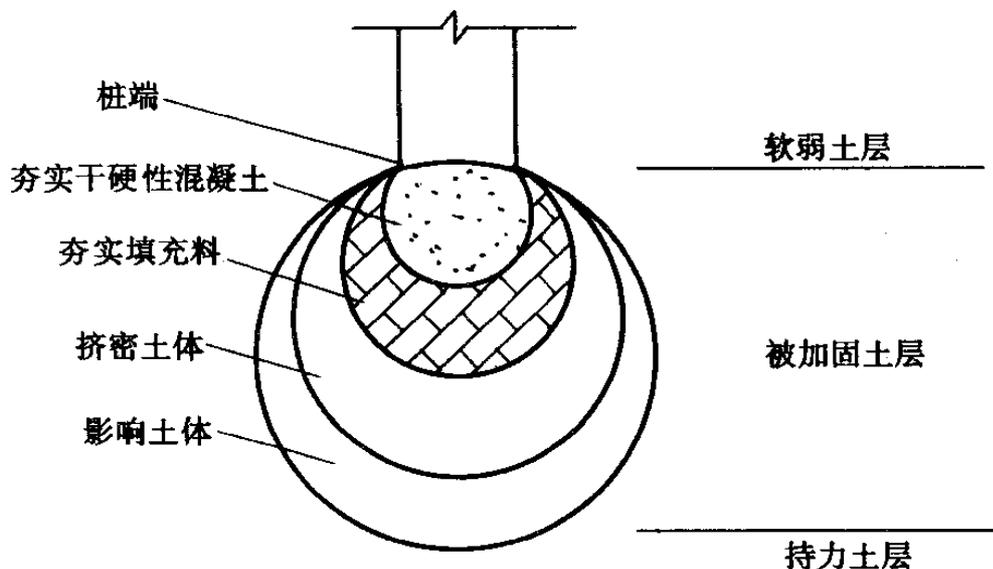


图 1 复合载体构造

1.0.3 复合载体夯扩桩的应用特别强调应综合考虑地质条件、环境条件两个关键因素。地质条件是指被加固土层应具有良好的挤密性,足够的厚度,稳定的层面和适宜的埋深,不具备这些条件时不宜采用;环境条件是指该工法无有效隔振措施时不宜在居民区域对振动敏感的建(构)筑物附近施工。

1.0.4 本规程是以现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 为基础并考虑复合载体夯扩桩本身的特点编写的。

3 基本规定

3.0.2 与其他桩型相比复合载体夯扩桩对工程地质条件有较高的要求，当无类似地质条件下的成桩资料时，应进行成桩试验以确定沉管深度、封淤措施、填料用量、三击贯入度、混凝土充盈系数等施工参数。

3.0.3 桩中心距过小时，夯扩体形成时产生的侧向挤土压力可能导致邻桩夯扩体偏移，当桩长较短且土层抗剪强度较低时，夯扩效应可能导致土体剪切滑裂面的形成，从而使地面隆起，邻桩桩身上浮造成断桩或桩身与夯扩体脱离等事故。

在天津千禧园住宅区深 5.0m 处粘土层上进行的夯扩挤密效应测试表明：在夯扩体中心深度处沿水平方向距夯扩体外表面 0~300cm 处土体孔隙比的变化如表 1 所示，数据表明夯扩影响区沿水平方向为距夯扩体外表面 60~90cm 范围内，且超过 60cm 后孔隙比变化速率明显减小。实测夯扩体水平轴直径 105cm，设 60cm 以内为土体被加固区，60~90cm 范围为影响区，则被加固区范围约为 2 倍夯扩体直径。

表 1

取样点号	1	2	3	4	5
距夯扩体表面水平距离(cm)	0	30	60	90	300
孔隙比 e	0.613	0.647	0.704	0.730	0.730

上述试验是在粘土中进行的，模型箱夯扩试验结果表明，当被加固土层为砂土时，其加固范围明显小于粘性土，考虑砂土固结快、抗剪强度较高、剪切滑裂面不易开展等有利条件，结合工程实践经验，最小桩距取 1.6 倍夯扩体直径。设夯扩体直径为 1m，则最小桩距取 1.6~2.0m，砂土取小值，粘性土取大值，模型夯扩实验结果也得到相同的结论。

3.0.5 持力层指被加固土层下面的土层，其上界面距桩端 2m 左右，该土层与被加固土层可以属于同一个天然土层。在津文公路独流碱河大桥北侧进行的静力触探结果表明，被加固土层经加固后其压缩模量和承载力可提高 30%~50%，因此相对被加固土层而言，持力层为软弱层时，应进行承载力和变形验算。

3.0.6 被加固土层指桩端至桩端以下 2m 深度范围内的土层，该土层由夯扩体和夯扩过程中被挤密加固了的桩间土两部分组成。因此，该土层可视为以夯扩体为加强体的复合地基，其功能是将它上界面上由桩端和桩间土传来的荷载经扩散传递至下一土层。

在天津河东区欣园住宅小区粉土内进行的夯扩效应竖向影响范围标贯试验(图 2)

表明:当被加固土层为粉土时,其影响范围约为桩端下 2m,模型实验结果表明当被加固土层为粘土时,其影响范围明显大于砂土,故被加固区厚度定为 2m。

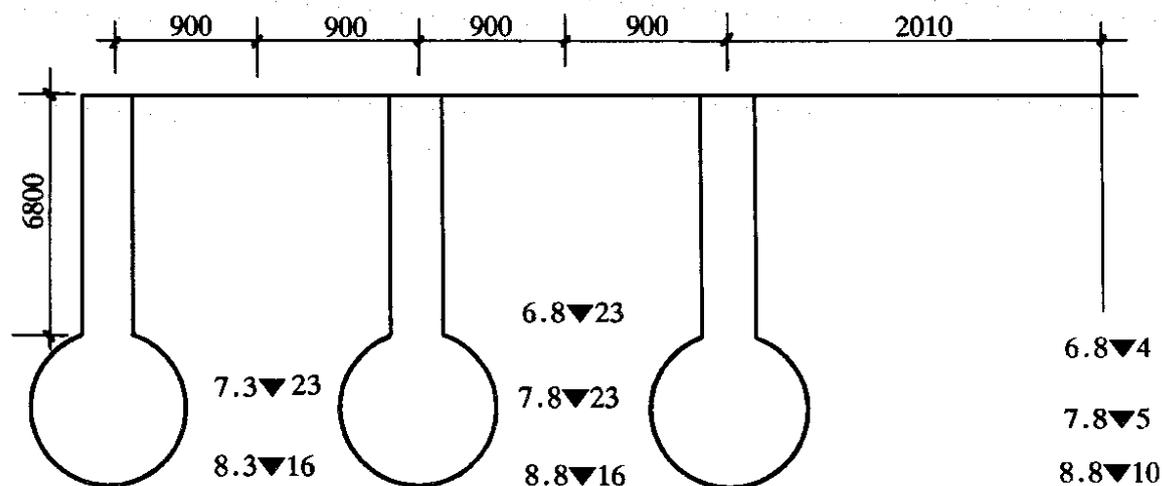


图 2 标贯试验位置图

8.3▼16 左侧数据为标贯点深度 (m)
右侧数据为标贯击数

3.0.7 在承压含水层内进行夯扩时,一旦封堵失效会造成渗透破坏,难以补救。实践证明,在含水层以上一定距离的不透水层内进行夯扩可有效地防止渗透破坏,并不会影响单桩承载力,此距离可依据渗透稳定性验算结果取 0.3~0.5m。

3.0.10 复合载体夯扩桩承载力特性主要取决于被加固土层的挤密程度。实践证明,三击贯入度能可靠地反映该土层密度的变化,因此工程中在相同的地质条件下单桩承载力采用这一简单易行的指标进行控制。

4 桩基计算

4.2 单桩竖向承载力确定

4.2.1 采用静载荷试验法确定单桩竖向承载力特征值，是迄今最可靠的方法，单桩承载力大小应由试桩确定，除地基基础设计等级为丙级的建筑外，均应经过静载试验确定单桩竖向承载力特征值，试验方法见附录 A。

复合载体夯扩桩的 Q-s 曲线一般为缓变型，当沉降值 $s < 40\text{mm}$ ，卸载后一般沉降回弹率约 40%~50%左右，承载力储备较大，当沉降值 $s = 60\text{mm}$ ，卸载后一般沉降回弹率约 13%左右。试验表明前一情况持力层有塑性变形开展，后一情况持力层塑性变形发展较大。

故本规程采用双控方法一般取 $s = 60\text{mm}$ 所对应的荷载为单桩极限承载力。同时还应绘制 s-lgt 曲线加以判断，以便更准确的确定单桩极限承载力(取 s-lgt 曲线尾部出现明显向下弯曲的前一级荷载值为单桩极限承载力)。

另外需指出的是，由于施工操作的原因，有时在加载初期在某级荷载时 Q-s 曲线上可能出现沉降的突变，其原因是桩端与复合载体顶面接合不良所致，应采取锤击复打桩顶，可使桩端与复合载体顶面密切接触，此后仍可继续加荷试验。

4.2.2 复合载体夯扩桩承载力高、变形小的主要原因是由于在被加固土层内填料并施以强力冲击，致使土体明显被加固，桩端下 4m 范围内的土的压缩模量提高 1.35 倍，承载力提高了 1.5~1.58 倍，使被加固土层成为一个硬层与其下的持力层形成了双层地基，从而使单桩承受的荷载经被加固土层向下应力扩散，所以沉降小、承载力大幅度提高。该桩的特点在于桩端土体加固，不在于夯扩体大小，并且复合载体由不同材料组成，无法像常规灌注桩测试桩端阻力。根据桩端应力扩散到地基土，由地基土来反映桩承受的荷载的方式来建立单桩承载力公式。利用原状土地基经深度修正后的承载力表示应力扩散后桩的端阻力 q_{pa} ， A_e 表示等效桩端计算面积，该值通过现有单桩的载荷试验资料，反演计算、综合分析确定。 A_e 随土性和三击贯入度变化而不同(部分数据见表 2)。

表2 试桩的基本资料

编号	工程名称	桩长(m)	桩径(mm)	持力层承载力(kPa)		持力层土性	三击贯入量(cm)	单桩承载力极限值	
				特征值	修正后的特征值			试验值(kN)	反算 A_e 值
1	德州试桩	6.5	420	135	240	粉粘	10	1365	2.33
2	廊坊邮件处理中心	4.2	420	110	274	粉粘	10	1500	2.44
3	徐州安居(3根)	6.0	420	190	334	粘土	10	1500	1.90
4	龙富苑小区(27根)	6.0	410	120	216	粉粘	15	1200	2.25
5	木材一厂(5根)	6.0	410	120	216	粉土	20	1200	2.25
6	彩虹小区(10根)	16.5	450	140	370	粉粘	15	2000	1.86
7	顺义商住楼	6.3	420	180	280	粉粘	20	1000	1.36
8	廊坊尖塔银行	4.0	420	100	179	粉土	30	800	1.81
9	天津大学宿舍(3根)	4.0	420	130	200	粉土	30	950	1.99
10	洛阳大学教学楼	4.0	420	250	685	碎石	7	2400	1.64
11	中央美院	9.7	600	200	794	细砂	6	4000	2.17
12	西湖苑小区(11根)	4.5	410	120	197	粉粘	15	1100	2.35
13	花园小区(3根)	10	410	110	260	淤粉粘	12	1100	1.37
14	西安名士花园(3根)	7.0	450	150	390	黄粉粘	10	2200	2.44
15	洛阳铁岭住宅(8根)	5.0	410	140	327	黄粉粘	10	1560	2.09
16	富裕广场(12根)	18	450	160	410	粉土	8	1800	1.25
17	沧州化工厂(3根)	8.0	400	120	234	粉粘	10	1200	1.92
18	沧州化工厂(3根)	20.0	400	150	666	粉砂	12	1920	0.88
19	桃香园小区(3根)	8.0	400	110	224	粉粘	15	1100	1.78

由于桩径为 600mm 的试验资料较少，同时锤径变为 500mm，等效桩端计算面积暂时按上述表格取值，也可根据工程实践经验确定。

4.2.3 考虑群桩效应，单桩满足设计要求后，还要对桩数大于 9 根的独立基础和满堂布桩的持力层地基土进行等代实体基础的承载力验算。

4.2.4 为确保桩身混凝土强度，现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 对灌注桩工作条件系数取 0.6~0.7，由于复合载体夯扩桩一般不超过 24m，在此工作条件系数取 0.7。

4.3 单桩水平承载力确定

4.3.1 单桩水平承载力与诸多因素有关，单桩水平承载力特征值应由单桩水平载荷试验确定。桩基抵抗水平力很大程度上依赖于承台底阻力和承台侧面阻力，带承台桩基的水平载荷试验能反映桩基在水平力作用下的实际工作状态。

带承台桩基水平载荷试验采用慢速维持荷载法，用以确定长期荷载作用下的桩基水平承载力和地基土水平反力系数。加载分级及每级荷载稳定标准可接单桩竖向静载荷试验的办法。当加载至桩身破坏或位移超过 30~40mm(软土取大值)时停止加

载。卸载按 2 倍加载等级逐级卸载，每 30min 卸一级载，并于每次卸载前测读位移。

根据试验数据绘制荷载位移 H_0-X_0 曲线及荷载位移梯度 $H_0-(\Delta X_0/\Delta H_0)$ 曲线，取 $H_0-(\Delta X_0/\Delta H_0)$ 曲线的第一拐点为临界荷载，取第二拐点或 H_0-X_0 曲线的陡降点为极限荷载。若桩身设有应力测读装置，还可根据最大弯矩点变化特征综合判定临界荷载和极限荷载。

4.4 桩基沉降计算

4.4.2 复合载体夯扩桩的最终沉降量采用广大设计人员惯用的分层总和法进行计算，计算时取复合载体底面处的附加压力。计算附加压力时考虑应力扩散作用。条形基础下的单排或两排桩基群桩效应影响较小，可不进行沉降计算，如需要提供沉降计算，可按条基计算，并考虑条基之间的影响，按应力叠加原理采用角点法计算。

沉降计算结果随计算模式、土性参数的不确定性而与实际沉降有所偏差。因此，不论采用何种理论计算均须引入沉降计算经验系数 ψ_s 对计算结果进行修正。复合载体夯扩桩其竣工时沉降较小，各地根据沉降资料及经验进行确定 ψ_s 。

4.4.3 地基沉降计算深度按应变比法计算，与现行国家标准《地基基础设计规范》GB 50007 相一致。

5 承台设计

5.0.1 承台梁最小高度、最小配筋量 and 对称配筋的要求是考虑下列条件确定的：

1 承台梁应具有一定的刚度和承载力储备以调整各基桩间的不均匀沉降和由此引起的内力变化。

2 为便于施工，应使箍筋能沿梁长均匀布置，无须在桩顶附近加密，且箍筋配置一般不多于 $\phi 8@200\text{mm}$ 。

承台梁过高会提高造价，增加埋置深度，600mm 的建议是提请设计人员注意是否考虑降低单桩承载力以减小桩距。

按倒置弹性地基梁的方法计算，结果桩顶负弯矩值远高于跨中正弯矩，当纵筋上下对称配置时，有少量调幅可有效地降低用钢量。