

复合载体夯扩桩技术的研究

王继忠 杨启安

(北京波森特岩土工程有限公司 102218)

[提要] 复合载体夯扩桩扩展基础是一种全新的工艺,着重对复合载体夯扩桩的受力机理和技术特点进行介绍,并对影响承载特性的因素进行分析,以便更好地了解 and 运用该项技术。

[关键词] 复合载体夯扩桩 扩展基础 承载力 最佳填料量

Research on the Ram-compaction Piles with Composite Bearing Base/Wang Jizhong, Yang Qi'an (Beijing Puissant Geotechnical Engineering Co., Ltd., Beijing 102218, China)

Abstract: The ram-compaction piles with composite bearing base is a new technique. The bearing mechanism and the technological characteristic of the ram-compaction piles with composite bearing base are introduced, and the factors affecting the bearing capacity of the ram-compaction piles with composite bearing base are analyzed.

Keywords: ram-compaction piles; composite bearing base; extended foundation; bearing capacity; the optimal volume of filled material

一、前言

桩基础正越来越多地在高层建筑和市政工程等领域中被广泛采用,如何合理地利用桩端土体的承载性能,寻找一种高效经济的地基施工工艺,是地基处理的一个重要课题。复合载体夯扩桩,即复合载体扩展基础,是通过在桩端土进行挤密和在桩孔灌注混凝土,形成复合载体扩展基础的一种新工艺。它的受力并不是桩的受力形式,而是扩展基础的受力形式,受力原理更加明晰,施工工艺更加简单,具有显著的社会效益与经济效益。下面着重对复合载体夯扩桩的技术热点进行介绍。

二、复合载体夯扩桩

传统桩基的承载力是由桩侧摩阻力和桩端阻力构成,为增加单桩承载力,地基设计者进行了不断的探索与研究,但这些研究都集中在两个方面:通过特定的工艺增加桩侧面积或桩端面积。复合载体夯扩桩突破了传统的桩基础和地基处理观念,避软就硬,即避开浅部软弱松散的土层,选择下部层位稳定、土性较好的土层作为被加固土层,以桩端土体为研究对象,利用重锤冲击成孔,对周围土体进行挤密加固,当沉管到设计标高时,对桩端进行连续填料、夯实、挤密等操作,并用(锤重 35kN,上提 6.0m,自由落体时贯入的深度)三击贯入深度(简称为三击贯入度)作为控制指标,再填以干硬性混凝土,使桩端以下深度为 3~5m、直径为 2~3m 区域约 10m³ 的土体得到最有效的加固挤密,形成自上而下由干硬性混凝土、填充料、挤密土体和影响土体组成的复合载体,然后再放置钢筋笼、灌注混凝土,如图 1 所示。

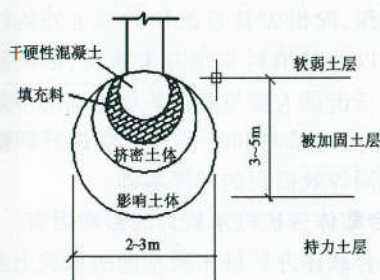


图 1 复合载体夯扩桩的构造

复合载体夯扩桩实际上是复合载体扩展基础,简称载体基础。当上部荷载作用在桩顶时,通过桩身传到复合载体,并最终将荷载扩散到扩展基础底部的持力土层。桩身可以等效为传力的杆件,复合载体等效为传递荷载的载体基础。只要桩间距在 2.0~3.0m 之间,从受力上分析,采用承台梁和复合载体夯扩桩的受力即可以等效为条形基础的受力;若采用独立承台,复合载体夯扩桩的受力可以等效为独立柱基的受力;若采用满堂布置的复合载体夯扩桩,则其受力可以等效为筏板基础的受力,如图 2 所示。故复合载体夯扩桩基础将地基处理的问题演变为结构设计中的基础设计问题。复合载体夯扩桩通过对沉管深度的施工控制达到载体基础的埋深;通过三击贯入度对干硬性混凝土和填料的施工进行控制达到载体扩展基础的面积。

由于复合载体夯扩桩是扩展基础,故其设计计算变得非常简单。普通基础的承载力是地基土承载力与基础面积的乘积,而对于复合载体扩展基础,其承载力即为经深度修正后地基土承载力与等效计算面积 A_e 。

的乘积;普通基础的沉降计算为基础下土体的变形计算,由于复合载体夯扩桩上部为混凝土,刚度大,在荷载作用下变形小,故复合载体桩的变形即为载体基础下土体的变形,采用分层总和法进行计算,与普通基础的沉降计算方法一致。

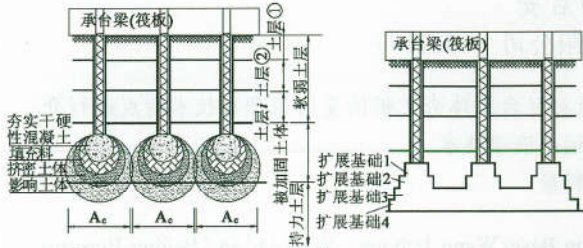


图2 复合载体夯扩桩的受力传递

综上所述,复合载体夯扩桩技术的核心是以土体的密实理论为基础,通过填料夯击使桩端载体部分的土体得到最有效的挤密,形成复合载体扩展基础。由于土体中都存在孔隙和水,只要有良好的约束条件和适当的外力,土体都可以被挤密,故从理论上讲,只要有一定的埋深,除淤泥新近沉积的填土外的任何一种地基土都可以通过填料实现夯击密实,形成复合载体基础。由于三击贯入度与载体扩展基础的等效面积密切相关,故通过对填料和三击贯入度进行调整和控制可以实现不同等效面积的扩展基础。

三、复合载体夯扩桩承载力的影响因素

由于复合载体夯扩桩扩展基础的承载力为经深度修正后的承载力与等效计算面积 A_e 的乘积,故所有影响土体承载力和等效计算面积 A_e 的因素都将影响复合载体夯扩桩承载力。影响土体承载力和等效计算面积 A_e 的因素很多,包括载体埋深、土性、地下水位、填料体积、锤重、锤径、落距、夯击能量、干硬性混凝土体积、桩间距和三击贯入度等。在实际工程中,这些因素是相互关联的,共同影响着复合载体夯扩桩的承载力。近几年北京波森特岩土工程有限公司结合施工工程资料,对近千条载荷试验曲线进行了研究,已经取得了一定的成果。但确定载体基础的等效计算面积是一个非常复杂的课题,如何控制好这些参数,在最短时间用最少的填料实现土体最大程度的密实,达到载体的最大承载力,还需大量的工程实例来总结。

四、复合载体夯扩桩的特点

由于复合载体夯扩桩经济高效,迅速在全国范围内被广泛推广。它作为一种复合载体扩展基础,在施工、受力与计算上与传统桩基础有明显的区别,下面对该工艺的特点进行介绍。

(1)复合载体夯扩桩通过特定设备将地基处理问题转变成了基础施工问题,该技术采用承台(梁)直接

将上部结构荷载通过传力杆件传递到端部扩展基础再扩散到地质条件好的土体,设计简单、安全,基础结构形式简单、便于施工。

(2)由于复合载体夯扩桩改变了桩的受力特性,增大了桩端部载体的受力面积,单桩的承载力比同等桩长的普通灌注桩的单桩承载力大幅度提高,节省了大量原材料和成本,并且可以通过调整施工参数(填充料、三击贯入度)来调节载体基础的宽度,从而调整载体基础的承载力。图3为不同土层条件时不同填料和不同三击贯入度所对应的复合载体基础的荷载 Q -沉降 s 曲线,表1为施工参数。

复合载体夯扩桩施工参数

表1

桩号	桩径 (mm)	桩长 (m)	持力层	填砖 (块)	三击 (cm)
1#	410	5.2	粉砂	300	5
2#	410	4.0	穿粘土进粉土	460	12
3#	410	2.7	粘土层	485	9
4#	410	4.0	—	—	直杆桩

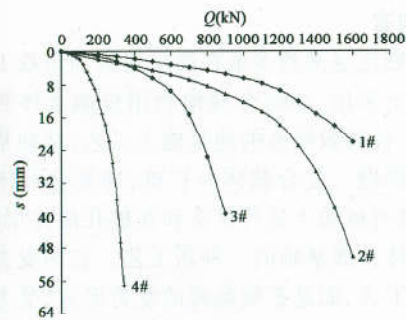


图3 桩端采用不同的填料所对应的承载力与变形

(3)由于钻探孔数量有限,勘察报告提供的地质参数往往与实际地质资料有一定的差异,如差异过大,采用普通桩基,其实际承载力将与设计承载力产生较大的差异,必须进行设计调整。而复合载体夯扩桩通过填料对桩端土体进行挤密,通过三击贯入度进行控制,当土层实际受力性能与勘察结果有一定的差距时,只要调节施工控制参数即可,而且桩的实际承载能力能够得到保证。

(4)复合载体夯扩桩实际受力时,载体基础、混凝土桩身和承台(梁)一起组成了一个空间受力体系,该体系能调节施工中某些局部缺陷引起的桩基础上力的不均匀分配,而且使原本不均匀的地基经过夯击处理后,土性变得更均匀,减少了建筑物的不均匀沉降。

(5)该技术施工设备轻便灵活、施工工艺简单,施工质量容易控制,且施工中无须场地降水、基坑开挖等工序,减少了大开挖等工程量,节省了工程造价、缩短了工期。

(下转第12页)