

微型混凝土沉管灌注桩复合地基设计探讨

张伟明

(南通市水利勘测设计研究院有限公司, 江苏南通 226006)

摘要:微型混凝土沉管灌注桩复合地基是上世纪80年代提出并应用于局部地基处理的一种方法,具有施工方便、噪声小、污染小、成本较低等优点,应用范围较广,但其理论计算一直落后于工程实践,制约了其发展,鉴于根据CFG桩的计算方法,总结出该复合地基的计算公式,并在工程实践中予以验证。

关键词:地基处理;微型混凝土沉管灌注桩;复合地基;设计计算;南通市

中图分类号:TU472 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)01-0051-03

1 概述

微型混凝土沉管灌注桩是指桩径不大于250mm(通常为220mm),桩长不大于6m的素混凝土刚性、半刚性短桩。

微型混凝土沉管灌注桩复合地基是上世纪80年代提出并应用于建(构)筑物地基局部处理的一种方法,后经专题试验及工程实践已在南通地区被广泛采用。到目前为止,在南通地区已有多项水利工程、码头工程、公路桥梁工程、以及200多幢住宅楼和办公写字楼工程采用这种处理方法,据长期观察和走访使用者,反馈结果是满意的。

2 作用机理

复合地基(composite foundation)是以桩土共同作用为基本条件的一种地基处理方式,即部分土体被增强或被置换形成增强体,由增强体和周围地

基土共同承担荷载的地基。微型混凝土沉管灌注桩是指在软弱地基中,通过振动沉管的方式在地基中灌入混凝土桩体,从而形成复合地基的一种方式。该方法通过振动沉管方式使土体受到振动、挤密、排水作用,使上部土的强度得到较大提高。同时,在复合地基工作时,因桩体具有一定的刚性,故能将上部荷载中的部分荷载传至下部,又由于桩的侧摩阻力,将部分荷载分散到各土层中,由于微型混凝土沉管灌注桩桩距较小,一般仅为700mm~1200mm之间,故形成较为密集的桩群,部分应力能重叠,形成群桩效应,整个加固区类似加深了的块体基础,提高了加固区土体的承载能力,并降低其压缩量,从而达到加固地基的目的。

3 计算原理

微型混凝土沉管灌注桩这种加固地基方式与《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79-2002)的用振动沉管法施工的水泥粉煤灰碎石桩法(CFG桩)类似,故在设计时,可参考采用CFG桩的复合地基估算公式进行估算,并根据微型混凝土沉管灌注桩的特性

收稿日期:2005-09-06

作者简介:张伟明(1967-),男,江苏南通人,工程师,岩土工程勘察所所长,从事岩土工程勘察设计工作。

简化算法的不足,运用目前应用广泛的通用有限元分析软件ANSYS,对装配式公路钢桥的承载能力进行了分析。分析结果表明:在计算主桁架的剪力和弯矩时,虽然偏心受压法的计算假定与实际情况不相符,但是其计算结果与有限元法的结果比较接近,而运用偏心受压法利用影响线进行计算比有限元法要方便,因此在实际应用中,仍可采用偏心受压法来计算主桁架的剪力和弯矩;用有限元法分析出的装配式公路钢桥针对图2所示荷载形式的承载力随跨度的变化规律较为合理,对实际应用具有一定的指导意义。

参考文献

- [1]黄绍金,刘陌生.装配式公路钢桥多用途使用手册[M].北京:人民交通出版社,2002.3.
- [2]苟明康,陶刚.装配式公路钢桥设计和使用的几个问题[J].兵工装备研究,2001.1.
- [3]中国人民解放军总参谋部兵部.军用桥梁(设计分册)[M].北京:解放军出版社,2001.2.
- [4]王国强.实用工程数值模拟技术及其在ANSYS上的实践[M].西安:西北工业大学出版社,1999.

作一些适当的调整,并在实践中予以验证。CFG 桩的估算公式为:

$$f_{pk} = mR_a / A_p + \beta(1-m)f_{sk} \quad (1)$$

式中: f_{pk} ——复合地基承载力特征值(kPa)

m ——面积置换率

R_a ——单桩竖向承载力特征值(kN)

A_p ——桩的截面积

β ——桩间土承载力折减系数

f_{sk} ——处理后桩间土承载力特征值(kPa),宜按当地经验取值,如无经验时,可取天然地基承载力特征值

在式(1)中,面积置换率 m 按正三角形或正方形布置,参照砂石桩在粘性土地基的计算方法确定,即 $m = A_p / A_s$,式中: A_p ——桩截面积(m^2), A_s ——1根桩承担的处理面积(m^2)。

对单桩竖向承载力特征值 R_a 的估算是计算复合地基承载力特征值 f_{pk} 的关键,按复合地基确定单桩竖向承载力的方法,有以下两种:

(1) 当采用单桩载荷试验时,将单桩竖向极限承载力除以安全系数 2。

(2) 当无单桩载荷试验资料时,可按下式估算:

$$R_a = \mu_p \eta \sum_{i=1}^n q_{si} l_i + q_p A_p \quad (2)$$

式中: μ_p ——桩周长

η ——考虑桩侧实际阻力接近极限阻力的折减系数,常取 $\eta = 0.7 \sim 0.9$

q_{si} ——桩长压缩范围内的第 i 土层中桩周土的侧摩阻力

l_i ——桩长压缩范围内的各土层中的桩长

q_p ——桩端端阻力特征值

式(2)中,与 CFG 桩估算 R_a 的公式有以下不同之处:

(1) 增加实际阻力接近极限阻力的折减系数 η 。

(2) l_i 、 q_{si} 分别为桩压缩范围内的各土层中的桩长和桩周土的侧摩阻力。

以上两点是基于以下两点考虑,并在大量的静载荷试验资料验证的基础上提出的。

(1) 沉降协调原理:

为使承台底土体充分发挥作用,应允许桩有相应的沉降量。根据南通及相邻地区载荷试验统计,在粉土、粉砂及大部分其他土质中,地基试验 $p \sim s$ 曲线无明显拐点,因而确定地基承载力标准强度一般按对应于 0.015b 沉降量取值。也就是说在设计荷载下地基试验变形量为 15 mm(b 取 1000 mm)。

另一方面,对桩的试验资料的统计研究中,我们发现,南通地区的复合地基的设计荷载沉降量为 5~10 mm,试验极限荷载沉降量为 15~20 mm,也就是说,对应地基标准强度沉降量时,桩已经或接近极限荷载,我们采取系数 η 来进行折减, η 一般取 0.7~0.9(地质条件差时取小值,反之取大值)。

(2) 计算桩的受力长度:

根据同济大学等单位的研究,桩土共同沉降时桩上段与土之间无相对位移,因而不存在桩侧摩阻力,随着桩的沉降,土体首先在桩下部 1/3 桩长范围压缩(仅指均质土),当荷载逐步加大时,逐步上移,故对均质土而言, l_i 可取桩长的 1/3~2/5(桩长取大值),对于二层土时,仅计算下部一层土,对多层土可取桩下部 1/3~1/2 桩长范围内土层。

4 沉降变形

由于微型混凝土灌注桩具有群桩特点,类似加深的基础,桩下部桩与桩之间土的应力有部分重叠,对已建建筑物进行沉降观察发现,微型混凝土灌注桩与天然地基沉降规律基本一致,但比一般群桩沉降略大,其沉降量增加部分为加固层本身的压缩量。根据《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79-2002)中关于 CFG 桩的变形计算方式,微型混凝土灌注桩的加固土层内的复合土层的分层同样与天然地基相同,各复合土层的压缩模量等于该层天然地基压缩模量的 ξ 倍, ξ 值可按下式确定。

$$\xi = f_{pk} / f_{sk}$$

式中: f_{sk} ——基础底面下天然地基承载力特征值(kPa)

地基计算的变形厚度应大于复合土层的厚度,并符合《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2002)中的关于地基变形计算深度的有关规定。

5 设计实例

5.1 基本资料

如东县洋口外闸下游翼墙底板标高为 -3.20 m(废黄河标高,下同),上部结构计算底板最大地基反力为 142 kPa,底板标高相应土层为第 3 层,为低液限粉土质砂,软塑,稍松性质,饱和状态,地基强度一般为 $f_{sk} = 110$ kPa,局部 85 kPa,该层层底最低标高为 -6.06 m,即最深处为 2.86 m(底板以下)。第 4 层土为低液限粉土和粉土质砂,饱和,软塑,局部较松,地基强度 150 kPa,且厚度较大,可满足上部荷载要求。

5.2 初定桩的设计参数

桩径为 $\Phi 220$ mm, 考虑施工因素取 $d = 200$ mm, 桩长取 $L = 4.5$ m, 计算桩长取 $l_i = 2.0$ m (小于 $1/2$ 桩长)。

5.3 计算单桩承载力

$$q_u = 48 \text{ kPa}, q_p = 750 \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned} R_u &= \mu_p \eta \sum_{i=1}^n q_{ui} l_i + q_p A_p \\ &= 0.2 \pi \times 0.7 \times 48 \times 2 + 750 \times 0.1^2 \pi \\ &= 65.75 (\text{kN}) \end{aligned}$$

5.4 复合地基强度计算

$$f_{yat} = m R_u / A_p + \beta (1 - m) f_{sk}$$

考虑最差地段, $f_{sk} = 85$ kPa, 深度修正后为:

$$\begin{aligned} f_{sk} &= f_{sk} + \eta_p (b - 3) \\ &= 85 + 0.5 \times 8 \times (6 - 3) \\ &= 97 (\text{kPa}) \end{aligned}$$

$$m = 0.1^2 \pi / 1.0 \times 1.0 = 0.0314$$

(桩间距 $1.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$)

β 取 0.85 ($0.75 \sim 0.95$)

$$\begin{aligned} \text{则 } f_{yat} &= 0.0314 \times 65.75 / 0.1^2 \pi + 0.85 (1 - 0.0314) \times 97 \\ &= 65.75 + 79.89 \\ &= 145.64 (\text{kN}) > 142 \text{ kN} \end{aligned}$$

满足设计要求。

该工程于 2002 年 3 月 28 日开始施工, 于 2002 年 4 月 15 日开始做静载试验, 试验最大加载为 288 kN, 累计最大沉降量为 $8.86 \text{ mm} < 0.015b = 15 \text{ mm}$ (压板面积为 $1.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$), 达到预期的地基处理目的。

从静载试验的结果可以看出: 累计最大沉降量未达 $0.015b$, 也未达到规范规定的终止加载的条件, 而承载力已达设计荷载的两倍, 因该试验为检验性试验, 故未继续加载。由此也可看出, 本文所述的计算方法在一定程度上是偏于安全的。

6 微型混凝土沉管灌注桩复合地基计算的其它要点

(1) 按复合地基规范要求, 应加设垫层, 在工民建工程中常用 $100 \sim 300$ mm 砂石垫层, 在水利工程中, 因考虑防渗等因素, 采用粉砂土垫层, 根据启东头兴港闸和海门大新闸的实践结果, 效果是相当好的。

(2) 对于复合地基, 常用静载试验对处理效果进行检验, 当检验结果与要求有较大出入时, 可随时在桩间补打砂桩进行处理。

(3) 桩的混凝土标号以 C15~C25 为宜。

7 微型混凝土沉管灌注桩复合地基检验与验收

由于没有明确的规范, 根据多年来的施工经验, 一般按下列几步进行控制:

(1) 桩平面位置偏差不得大于 20 cm ;

(2) 沉管最终贯入度小于 $5 \text{ cm}/3 \text{ min}$ (对 20 型振动桩机);

(3) 缩径桩径不小于 18 cm , 且不多于 8% ;

(4) 断桩深度在 1 m 以上的不大于 5% , 浅层断桩应作接桩处理;

(5) 其它要求参照有关规范。

8 结语

微型混凝土沉管灌注桩地基具有施工方便、噪声小、污染小、成本较低等优点, 应用范围较广, 适用于处理填土、淤泥质土、粉质粘土、粉土等软弱地基, 也可用于较好地基的强度补足, 其施工可行性强、工作性能稳定。在工民建、水利、桥梁等工程中应用前景广泛, 是一种较好的地基处理工法。它必然会在越来越多的工程中应用, 从而取得良好的经济效益和环境效益。

广东“十一五”交通基础设施投资将超过 2000 亿

“十一五”期间, 广东交通基础设施投资将超过 2000 亿元, 实现全省通车总里程 14 万 km , 其中高速公路 5000 km 。地级以上市与相邻各省通高速公路, 市到县通高等级公路, 县到镇基本通三级公路, 镇到行政村基本实行公路路面硬化, 并有基本完善的公路(包括农村公路)养护体系。此外, 沿海港口将初步形成层次较分明、功能较全面、优势互补、具有国际竞争力的珠江口港口群, 和以湛江、汕头为主要港口的东西两翼枢纽港群; 内河航道方面, 珠江三角洲将建成“三纵三横三线”高等级航道网, 并以该航道网为核心, 形成与西江、北江、东江等航道于支相通, 江海直达, 布局合理的内河航道网; 内河船舶基本实现标准化, 基本形成港、航、船协调发展的珠江水系内河航运体系。

据悉, 2005 年广东已新增高速公路 574 km , 一级公路 350 km 。全省公路通车总里程将达到 11.5 万 km , 高速公路达到 3094 km , 公路密度达 $64 \text{ km}/100 \text{ km}^2$ 。