

复合地基变形控制设计新思想

王辉 张川

李艳红

(中国煤炭科学研究总院建井研究所,北京 100013) (中国矿业大学北京校区资源开发系,北京 100083)

【摘要】 变形控制设计一直是复合地基设计中的难点,现今提出了“变参数、变刚度、整体调平”的设计思想,同时指出了实现此设计思想的复合地基变形控制设计系统(DCDS)的开发流程。鉴于复合地基实践超前于理论现实,为了完善“变参数、变刚度、整体调平”复合地基变形控制设计,最后指出了围绕这一设计思想需要进一步研究的重要问题。

【关键词】 软基处理;复合地基;变形控制设计系统

【中图分类号】 TU472

A New Design Concept of Composite Foundation Deformation Control

【Abstract】 During the recent years, the composite foundation's deformation design is a difficult problem. A new design concept for composite foundation, whose kernel is to regulate the deformation of the base-bottom and the composite and to make them approximately equal, is put forward. The method to regulate the deformation of the base-bottom and the composite is to execute through regulating the piles' and the cushion's parameters, regulating the foundation's rigidity. As a complement of this new design concept, the developing procedure of DCDS, which is the briefcase of "composite foundation Deformation Control Design System" is described briefly. In order to develop and complete this new design concept, several important tasks are concluded and emphasized.

【Key words】 soil consolidation; composite foundation; deformation control design system

1 概述

现代软基处理工程发展的趋势与要求是“在工程设计与施工中充分挖掘土体本身固有的强度潜能和自稳能力”,以达到降低工程造价的目的。基于这一思想,近年来,复合地基成为主要的软基加固处理技术,大有取代桩基之势。

高层建筑物传统的地基加固处理方法是桩-筏(箱)体系,即以高粘结性、高强度的灌注桩与片筏(或箱)基础直接相连,结合成一个整体,组成建筑物的地下结构。严格地说,桩-筏(箱)体系属于基础的范畴。摩擦桩的主要受力部位在桩身及其附近土体中,端承桩的主要受力部位在桩尖以下的持力层范围内,荷载主要由桩体来承

担或传递。桩间土体的承载能力发挥较小,而且客观上的事实是,桩基承载力基本上不随基础承台的埋深而增加。这样的结果是,即使由于深基坑开挖后的天然地基承载力与设计承载力相差不大也无法大幅度地减少桩的数目和桩长。这势必造成工程造价的提高。

之所以会出现这样一种情况,归根结底是由于桩基的强度受控于桩-土界面强度,桩基的变形受控于桩-土界面的变形,而非桩体本身的强度和变形。土体分担的基底压力比例较低,桩-土的变形协调能力小,桩-土间的相互作用大于二者对基底压力的共同作用,桩体强度没有得到完全的发挥和利用。

复合地基是对桩基的否定,当然并不是对桩基的完全抛弃,它是对桩基技术及其设计理论的发展。复合地基由三部分组成:不同型式的桩组成的桩群、桩间土体、褥垫层。桩体与基础不直接接触,它们之间通过褥垫层过渡。复合地基属于“真正的地基”范畴,其主要受力层在桩+土形成的加固体内,实质是充分挖掘并利用地基土体本身的潜能,实现桩-土共同作用,复合地基不仅充分利用了由于基础埋深加大而增加的地基承载力,而且由于桩间土受到桩的侧限、挤密作用,承载力随时间推移和上部荷载的逐渐施加又另有较大增幅。

桩基与复合地基设计思想的不同决定了复合地基的造价必然要比桩基低。就目前现状而言,复合地基已广泛地应用于土建、公路铁路路基、水电地基处理工程中,并且发展速度很快,就发展的趋势而言,复合地基大有取代桩基而成为地基处理的主体技术之势。

2 复合地基设计的依据——变形控制设计

近年来,复合地基在施工技术方面的发展很快。多种桩型得到改进,如对松散软土、粉细砂、松散填土等处理效果较好的碎石桩,对软粘土加固效果较好的石灰桩、粉喷桩、深层搅拌桩、旋喷桩、CFG桩、重锤夯击建筑垃圾桩等。复合地基中的桩一般为柔性桩或半柔性桩,同高粘结性、高强度的灌注桩、人工挖孔桩等典型的桩相比较,它们与地基土的变形协调性好。它们相当于植于地基土体中的且能保持与地基土体变形基本一致的竖筋。

褥垫层的应用主要分为两类:在建筑工程中一般以级配良好的砂石层作为褥垫层,在公路、铁路路基工程和水电坝基、堤基工程中一般以土工织物作为褥垫层,称为加筋土。它们相当于置于地基土体上部能调整基底压力分布,并使之趋于平均化的横筋。

从复合地基中桩体和褥垫层的性质我们不难看出,复合地基可以较好地实现桩-土的共同作用,土体分担的基底压力比例较高,桩体强度和土体强度都得到较大程度的利

用。复合地基的设计能够实现“真正的变形控制”。

这些进步大大地推动了工程建设,但是,实践超前,而设计理论滞后已成为制约复合地基进一步应用的巨大障碍。许多问题被提了出来:加筋层数、褥垫层厚度、桩土应力分担比等设计参数如何确定?桩群的合理布型和变形控制设计的实现途径是什么?

针对这些实践中的问题,笔者认为复合地基变形控制设计可以通过“变参数、变刚度、整体调平”来实现。

3 “变参数、变刚度、整体调平”复合地基变形控制设计

3.1 总体思想

近二十年来,桩-土对基础的共同作用一直是工程建设中具有现实意义的理论热点问题,实现共同作用的关键是二者的变形协调问题,也即如何设法减少差异沉降的问题。差异沉降是产生基础内力 and 上部结构次生应力增大的根源,正是由于差异沉降的限制,桩-筏(箱)体系不得不加大筏板厚度,增加筏板配筋量以增大筏板的整体强度和刚度。

事实上,在地基强度满足要求的前提下,建筑物的整体沉降对建筑物并不构成威胁,问题的关键是,基础基底压力分布不均匀、地基刚度分布不均匀导致地基土体内应力分布不均匀。导致二者变形的不协调,整体沉降的加大意味着差异沉降同比例地增加。所以,设法使基础与地基变形协调,从而减小差异沉降,是实现共同作用的症结所在。

遵循共同作用的思路,笔者提出了“变参数、变刚度、整体调平”变形控制设计方案。该设计方案的总体思想是通过调整褥垫层和桩群的设计参数(褥垫层的层数、厚度,桩的布型、桩长)使复合地基的刚度分布与基础基底压力分布相吻合,达到复合地基的后期沉降变形从整体上与基础沉降协调一致,减小差异沉降,使基础和上部结构内部不产生较大的次生内力,同时使土体本身承载能力尽量得到发

挥。

3.2 实现设计智能化

在“变参数、变刚度、整体调平”复合地基变形控制设计中,即使选择十分简单的力学模型,其计算量也是十分巨大的,况且,每次改变参数都要重新计算,一个工程要经过很多次试算才能确定出最佳的设计方案,因而,手算是无法胜任的。开发相应的软件——复合地基变形控制设计系统 DCDS (composite foundation Deformation Control Design System) 根据合理的力学模型和假设条件,利用 DCDS 进行数值试验来选择合理的设计参数是非常必要的。DCDS 的开发流程见图 1。

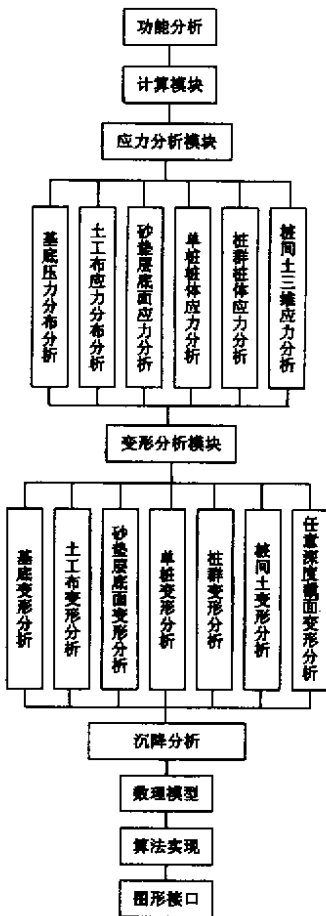


图1 DCDS 系统开发流程图

利用 DCDS 进行复合地基设计可比通常的常参数设计方法降低工程造价。同时,由于“变参数、变刚度、整体调平”DCDS 设计以减小差异沉降为目的,故其产生的延伸的经济效益是:使筏板基础整体挠曲和应力分布均一并减小,配筋量减少,使上部结构次生应力减小,杜绝工程后期“遗留症”;对于带裙房的高层建筑,可取消主体荷载与裙房之间的后浇带,简化施工。

4 进一步研究的方向

尽管复合地基在实践中已经应用较为广泛,但是,人们对复合地基的许多基本性能仍然不甚清楚:褥垫层加固机理、地基刚度分布对基底反力分布的影响——实际上就是相互作用问题、桩间土加固机理、桩土应力分担比、群桩效应等。

另外,按照“变参数、变刚度、整体调平”复合地基变形控制设计,允许沉降量是可以取得大一些的,但是,这个数值究竟应该取多少。这涉及到对现行规范的修改,也成为亟待解决的问题。这些现实中的挑战为我们指出了复合地基进一步研究的方向:

1) 对相互作用、共用作用、桩土界面的本构模型等重大理论问题认识的深化;

2) 各种实体试验手段和方法进一步完善,以探索基底压力分布及变形的规律、土工布应力分布及变形的规律、砂垫层底面应力及变形的规律、桩体应力及变形的规律、桩间土应力及变形的规律;

3) 工程施工中的动态监测技术与方法。

同时,以上三者又互相补充、互相印证,共同完善复合地基变形控制设计的理论和方法。

收稿日期 2000-10-16