

文章编号: 0451-0712(2007)03-0055-04

中图分类号: U455.452

文献标识码: B

# 地下连续墙基础沉降数值分析

孟凡超<sup>1</sup>, 陈晓东<sup>1</sup>, 舒中潘<sup>2</sup>

(1. 中交公路规划设计院 北京市 100010; 2. 四川地质工程勘察院 成都市 610072)

**摘 要:** 基于黄土的物理力学特性, 利用高度非线性有限元分析软件 MSC. MARC, 采用 Drucker-Prager 模型对黄土地层中地下连续墙基础的沉降进行了三维有限元数值模拟, 计算结果表明: 墙芯土的竖向变形主要发生在墙顶附近; 墙端以下土体的竖向变形随着深度的增加而迅速减小; 墙端下约 1.5 倍的基础宽范围内土体的竖向变形为整个基础沉降的主要部分。

**关键词:** 桥梁; 黄土; 地下连续墙; 沉降; 三维有限元分析

地下连续墙作为一种新型的桥梁基础形式, 地下连续墙和桩基相比, 具有承载力高、刚度大、开挖量小、工程造价及施工难度低的优点。地下连续墙不仅能很好地承受竖向荷载, 还能承受较大水平推力, 减少基础的沉降, 有较好的防水性和耐久性。相对于钻孔灌注桩等“深大基础”而言, 地下连续墙是以一种埋藏深度相对较浅(30~40 m 以内)的“浅”基础。作为黄土地区的桥梁基础, 随着基础底板标高的抬升, 将会对桥梁的安全、经济、施工工期带来明显的效益。

本文根据黄土物理力学特性, 结合黄土地区地下连续墙现场竖向载荷试验, 利用高度非线性有限元分析软件 MSC. MARC, 对地下连续墙基础的沉降进行了三维有限元分析。

## 1 工程概况

工程位于国道 209 线某大桥处, 根据对周围黄土地形地貌、地层的踏勘, 该处地貌单元属峨嵋台源风积黄土地貌, 地形平坦。黄土与古土壤分层沉积, 为黄土高原第四纪黄土与古土壤交替沉积的典型地层。地层岩性地质柱状见图 1 所示。

## 2 有限元模型

地下连续墙实体尺寸为边长 3.4 m, 厚 0.8 m, 深 15.0 m, 平面尺寸见图 2 所示。根据墙体的对称性, 其沉降计算采用三维有限元的 1/4 模型, 有限元

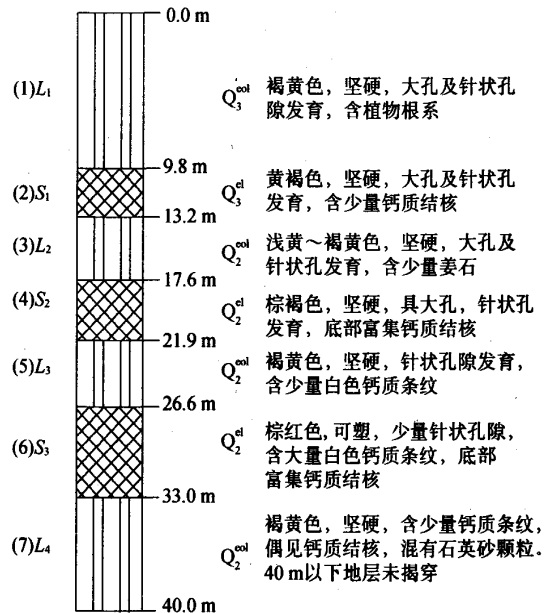


图 1 试墙地质柱状图

网格划分见图 3, 单元选用 MARC 程序提供的第 11 类单元—3 维等参固体单元(六面体单元)。在计算时, 将墙体视为线弹性材料, 黄土体视为弹塑性材料, 墙间黄土的本构关系采用 Drucker-Prager 模型, 其参数见表 1。墙顶荷载分 9 级施加, 具体荷载见表 2。

## 3 计算结果及分析

### 3.1 墙顶各级荷载作用下基础的沉降特性

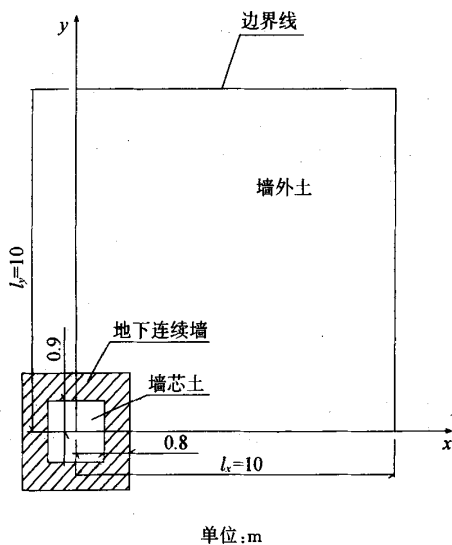


图2 墙—土体三维有限元模型

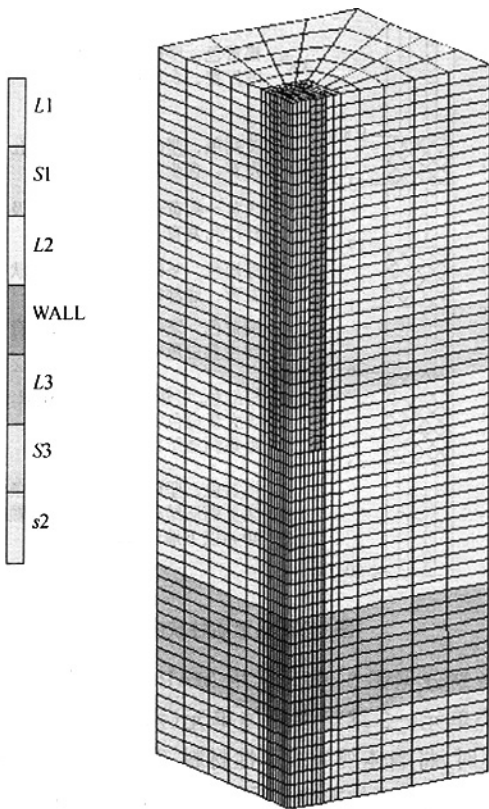


图3 墙土体网格划分

墙基础在各级荷载作用下竖向位移的计算值与实测值见图4所示。

根据图4,计算值和实测值均显示,随着墙顶荷载的增加,基础沉降值也随之增大,当施加在墙顶的

表1 黄土物理力学性质指标

指标土层	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	泊松比 $\mu$	粘聚力 $C$ MPa	内摩擦角 $\varphi$ (°)	$a_{0.1-0.2}$ MPa <sup>-1</sup>	$E_{s0.1-0.2}$ MPa
(1)	14.2	0.33	52.5	28.7	0.18	13.2
(2)	15.8	0.33	83.0	30	0.08	23.8
(3)	15.0	0.33	82.5	19.3	0.14	15.4
(4)	16.2	0.33	94.5	29	0.12	18.1
(5)	15.9	0.33	35.8	33	0.09	21.4
(6)	17.5	0.33	92.0	35	0.09	20.4
(7)	16.4	0.33	47.5	32.6	0.12	16.3

表2 墙顶荷载的施加工况

荷载分级	1	2	3	4	5	6	7	8	9
荷载/kN	9 859	14 262	20 484	25 587	29 654	31 717	33 377	35 047	36 717

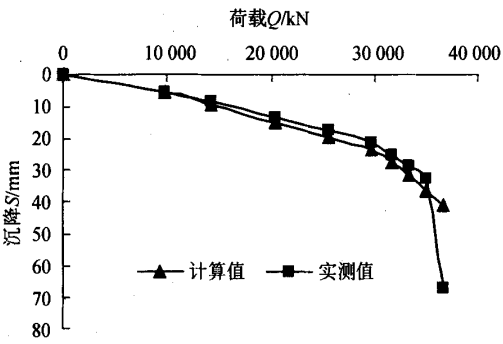


图4 地下连续墙基础计算值与实测值

竖向荷载较小时,计算值和实测值比较接近,随着荷载的增加两者沉降差值有所加大,但总体上基本吻合。

3.2 墙端下土体沉降计算分析

墙端下土体  $y=0$  剖面处的竖向沉降值见图5。其中  $h$  为土体离墙底的竖向距离,  $S$  为土体的竖向沉降值。

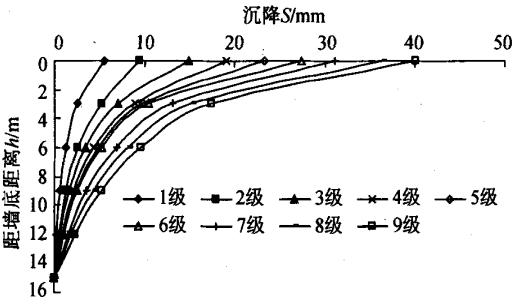


图5 墙体下  $F_y=0$  处土体的  $h-S$  曲线

由图5可知:

在荷载1作用下,地连墙墙顶竖向变形为5.67 mm,墙端竖向变形为5.49 mm,墙身压缩量为0.18 mm。随着竖向荷载的分级施加,地连墙的竖向变形不断发展,荷载增大,相邻工况间土体的沉降差也就越大。在荷载7即临界荷载作用下,地连墙墙顶竖向变形为31.75 mm,墙端竖向变形为31.03 mm,墙身压缩量为0.72 mm。

曲线还表明墙端以下土体的竖向变形随着深度的加深而迅速减小,在荷载7作用下,墙端处土体竖向变形为31.03 mm,墙端以下6 m处很快减小至6.85 mm,由此可见,墙端下约1.5倍的基础宽度范围内,土体沉降为基础沉降的主要部分,约占总沉降的80%。

### 3.3 墙芯土沉降计算分析

计算结果表明,墙端平面以上的墙芯土体在各深度截面处水平面上各节点的沉降值基本一致,故此处只需讨论墙芯土体沿深度的变形规律。选取墙芯土体 $y=0$ 剖面上与墙体接触处,即 $x=0.9$  m处的所有节点,其墙芯土体在各级荷载作用下沿深度的变形曲线见图6所示。

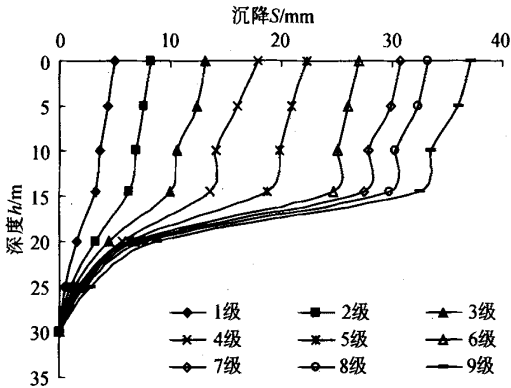


图6 墙芯土的沉降计算曲线

从图6可见:

竖向变形值在墙顶处最大,沿深度方向逐渐减小,在墙端处其值变化最大,究其原因,此处土体受墙端阻力的作用变形相当明显。在荷载7作用下,墙深范围内的墙芯土体,其竖向变形约为3.32 mm,远远小于墙端平面以下土体约27.92 mm的变形,前者只占总沉降的10.8%,由此可见端阻力的大小决定了土体的主要竖向变形。

通过对墙芯土体竖向变形进行分析还可以看到,在荷载1作用下,墙芯土与墙体产生的相对位移

较小,在墙顶处为最小值,为0.7 mm,在墙端附近最大,但其值也只有2.45 mm,可知,此时墙土之间的侧摩阻力发挥较少;随着竖向荷载的加大,接触面产生的相对位移不断发展,加到荷载7时,在墙顶附近的相对位移为1.71 mm,在墙端处附近为4.23 mm。

### 3.4 墙外侧土体沉降计算分析

在竖直方向上,墙外侧土体 $y=0$ 剖面上各土层面交界处、上下边界处的节点在临界荷载作用下的竖向沉降曲线见图7所示。 $x$ 为各节点在水平方向上的坐标值, $h$ 为土体节点的深度值。

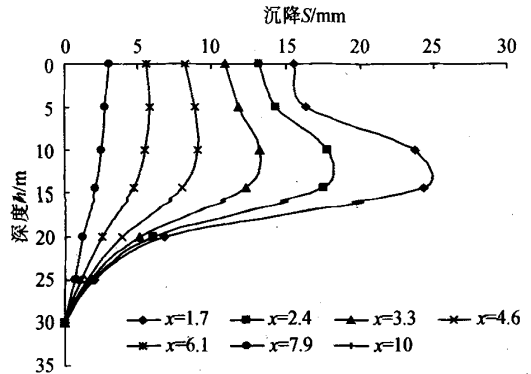


图7 墙外侧土体沿深度方向的沉降曲线

从图7可知:

在竖直方向上,土体竖向变形沿深度先增加,由于端阻力的作用,在墙端附近达到极值,然后减小,最后在土体 $z$ 方向边界处减小到零。

## 4 结论

通过对黄土地层中地下连续墙基础的沉降数值计算,并与试验结果进行了比较,得到以下几点结论。

(1)通过对现场地下连续墙的模拟计算,并与试验结果的比较分析,可知此数值模拟方法合理可行。

(2)在竖向荷载作用下,墙芯土体竖向变形值在墙顶处最大,沿深度方向逐渐减小,在墙端处其值变化最大。

(3)在竖向荷载作用下,墙外侧土体竖向变形在竖直方向上沿深度先增加,由于端阻力的作用,在墙端附近达到极值,然后减小,最后在土体 $z$ 方向边界处减小到零。

(4)端阻力的大小决定了土体主要竖向变形,墙端以下土体的竖向变形随着深度的加深而迅速减小,墙端下约1.5倍的基础宽范围内土体的竖向变

形为整个基础沉降的主要部分。

### 参考文献:

- [1] Lambe T W, et al. Construction of Diaphragm Walls [Z]. Jhon Wiley&Sons, 1984.
- [2] 李桂花,周华生,周纪煜,等. 地下连续墙垂直承载力试验研究[J]. 同济大学学报,1993,17(4).
- [3] 王卫东. 承重地下连续墙与高层建筑桩箱基础及地基共同作用的理论和实测研究[D]. 同济大学,1996.
- [4] 丛蓓森. 地下连续墙的设计施工与运用[M]. 北京:水利水电出版社,2001.
- [5] 陶建军,饶思礼,张有光,等. 虎门大桥锚碇大型混合基础的设计与施工[J]. 桥梁建设,1995,(2).
- [6] 郭慧光,孙曼,徐伟. 地墙“巨无霸”——武汉阳逻长江公路大桥 45 m 埋深的南锚碇圆形地下连续墙施工及受力特性分析[J]. 建筑施工,2004,26(3).
- [7] 于书翰. 黄土地区拱桥桥台人工开挖地下连续墙基础[J]. 西安公路交通大学学报,2000,20(4).
- [8] 孙学先,崔文监. Q<sub>4</sub> 黄土地基地下连续墙水平承载模型试验研究[J]. 兰州铁道学院学报,1995,14(3).

## Numerical Analysis for Settlement of Diaphragm Wall Foundation

MENG Fan-chao<sup>1</sup>, CHEN Xiao-dong<sup>1</sup>, SHU Zhong-pan<sup>2</sup>

(1. China Highway Planning and Design Institute(HPDI) Consultants, INC., Beijing 100010, China;

2. Sichuan Engineering Geological Investigation Institute, Chengdu 610072, China)

**Abstract:** On the basis of the physical and mechanical characteristics of loess and adopting the nonlinear finite element analysis soft MSC. MARC, a 3-D finite element numerical simulation is carried out for the settlement of diaphragm wall foundation in loess by the Druker-Prager model. The calculation results show that: the vertical deformation of the centre soil in diaphragm wall occurs mostly about the head of the wall, the vertical deformation below the wall toe decreases sharply with the depth increases and the settlement of soil under the wall always takes place in the depth that ranges from 0 to 1.5 times of the foundation width below the wall toe.

**Key words:** bridge; loess; diaphragm wall; settlement; 3-D FEA

## 欢迎补订 2007 年《公路》杂志

《公路》月刊于1956年9月创刊。是我国公路行业出版最早的综合技术类科学技术期刊;全国中文核心期刊。《公路》杂志由交通部主管,由中交公路规划设计院主办,由《公路》杂志社出版。《公路》杂志1996年获第二届全国优秀科技期刊三等奖;双效期刊;2005年荣获第三届国家期刊奖百种重点期刊。

《公路》杂志为大16开,全年12期。栏目主要有道路、桥梁、公路养护与环保、材料与试验、隧道、综合…等等;读者对象主要是从事公路建设的有关人员、大中专院校师生及市政、铁路、水利、林业、机场、矿业及石油等行业的有关人员。

《公路》杂志邮发代号:2—81。每期每本单价:6.80元。

若错过订阅时间的读者,可直接在我部办理零售业务。2007年零售价全年每套81.60元(免全年邮寄费)。

另本刊还有《公路》2000年~2006年合订本,每年度合订本200.00元(免邮寄费)。欢迎选购。

零售部联系电话:010—65235625,65279988(总机)转1408(上午)、2202(下午)

联系人:叶萍

地址:北京东四前炒面胡同33号

邮编:100010