

# 土 钉 墙 施 工 监 测

周 舟 黄运飞

(中国兵器工业勘察研究院 北京 100053)

## 0 前言

随着城市建设的发展,高层建筑日益增加,与之相应的深基坑工程也越来越多。与其它岩土工程相比,虽然深基坑的深度一般不大,范围也较小,且大多都是临时工程。但因为大部分深基坑都开挖于土体中,其边坡角陡而地下水位高,稳定性差,导致深基坑支护事故时有发生。因此,深基坑支护问题越来越引起人们的重视。

土钉墙是一种十分有前景的护坡方法,它不同于常采用的支挡结构承受侧压力并限制其变形发展的被动制约机制,而是在土体内增设一定长度与分布密度的锚固体,土钉与土体共同作用,以弥补土体自身强度的不足,增强土坡体自身的稳定性,它属于主动制约机制的支挡体系。

土钉墙技术正处于发展阶段,本身还不完善,仅依靠理论分析和经验估计难以完成经济可靠的基坑支护设计。因为施工过程的每一环节都存在不确定的因素,为此,施工监测就显得十分重要。通过合理准确的施工监测信息,不仅可以进一步优化设计方案,指导施工,而且可以实施监测边坡的稳定状况。当边坡变形出现不稳定时,可以及时采取补救措施,以防止因土钉墙失稳而带来的损失。

理论研究和工程实践表明,在土钉墙设计和施工中监测可以起到以下几点作用:

(1) 可较客观地反映基坑土体及受基坑开挖影响的邻近建筑物和设施当前所处的状态;

(2) 较客观地评价监测对象的稳定程度;

(3) 根据监测数据,可以不断减弱甚至消除各个不稳定因素,逐步加强有利于稳定的各种因素;

(4) 根据监测数据,预测险情,以便及时采取措施,防患于未然;

(5) 根据监测信息,修正设计方案,通过最经济的手段最大限度地发挥支护强度。

## 1 土钉墙监测点布置原则

土钉墙监测工作是一项系统工程,监测工作的成败与监测方法的选取及测点的布设直接相关。杨志法教授对此进行了总结,归纳出五条原则,根据作者对几个大型土钉墙工程的监测实践,认为这些原则对于指导监测设计是十分有用的,现简要叙述如下:

### 1.1 可靠性原则

可靠性原则是监测系统设计中所要考虑的最重要原则。为了确保其可靠,必须做到:第一,系统需采用可靠的仪器。一般而言,机测式仪器的可靠性高于电测式仪器,所以如果使用电测式仪器则通常要求具有目标系统或与其它机测式仪器互相校核;第二,应在监测期间内保护好测点。

### 1.2 多层次监测原则

多层次监测原则的具体含义有四点:

(1) 在监测对象上以位移为主,但也考虑其它物理量监测;

(2) 在监测方法上以仪器监测为主,并辅以巡检的方法;

(3) 在监测仪器选型上以机测式仪器为主,辅以电测式仪器,为了保证监测的可靠性,监测系统还应采用多种原理不同的方法和仪器;

(4) 考虑分别在地表、基坑土体内部

及邻近受影响建筑物与设施内布点以形成具有一定测点覆盖率的监测网的必要性。

### 1.3 重点监测关键区的原则

据研究,土钉墙的不同部位其稳定性是各不相同的。一般而言,稳定性差的部位容易失稳塌方,甚至影响邻近建筑物的安全。因此,应将易出问题的而且一旦出问题就将带来很大损失的部分,列为关键区进行重点监测并尽早实施。

### 1.4 方便实用原则

为了减少监测与施工之间的相互干扰,监测系统的安装和测读应尽量做到方便实用。

### 1.5 经济合理原则

考虑到多数土钉墙都是临时工程,因此其监测时间较短。另外,由于监测范围不大,量测者容易到达测点,所以在系统设计时应尽量考虑实用而低价的仪器,不必过分追求仪器的“先进性”,以降低监测费用。

## 2 土钉墙监测内容及方法

根据土钉墙的构造及其作用原理,我们认为监测内容主要有:边坡变形、面板土压力、土钉杆应力。其中最重要的监测量是边坡变形,因为边坡变形直观地反映了边坡的稳定状态,而且变形量测最容易实施。而面板土压力及土钉杆应力分布则主要是为优化设计服务的。当仅需要进行施工安全监测时,可以不进行这些量测,因为这些量测难度相对较大且花费较多,精度又低。

面板土压力可用土压力盒量测,而土钉杆应力分布可用钢筋应力计或应变片量测,这方面的产品较多,可根据需要选用。下面重点叙述常用的变形监测方法。

土钉墙变形量测的主要部位是①坡顶水平位移和垂直位移,②坡面位移,③边坡土体内部变形,以确定滑裂面的位置。为了获得土钉墙的这些参数,可采用以下几种方法:

#### (1) 水准仪和经纬仪

水准仪可用于测量坡顶的垂直沉降,经纬仪则用来观测边坡的水平位移。为了提高观测精度,我们设计了如图1所示的观测系统,专门制作了经纬仪固定端座。通过长新大厦、建威大厦、东花市九区商住楼等工程的实际观测结果表明,这一传统的观测手段经过专门设计之后,用于观测土钉墙的坡顶位移是可行的,其精度完全能满足工程监测的要求,已成为土钉墙施工安全监测的重要手段。

#### (2) 多点伸长计

多点伸长计用于量测边坡坡面及土体内部的变形。

由于土质条件的差异,土钉墙破坏常表现为一定深度处相对软弱土层外鼓或挤出,因此,施工前应根据边坡土质条件,在边坡中下部相对软弱土层布置伸长计。当仅需要观测坡面变形时,只需使用单点伸长计。有时还需要了解边坡内一定深度处土体的变形状态,可采用多点伸长计,一般3~5点就能满足要求。

#### (3) 地表倾斜仪

地表倾斜仪主要用于监测坡顶、坡面和受影响的邻近建筑物等的下沉量。

## 3 土钉墙实测结果及分析

某工程基坑开挖深度11.00~14.00m,经降水后采用土钉墙护坡,土钉杆长5~8m。为了确保安全,设

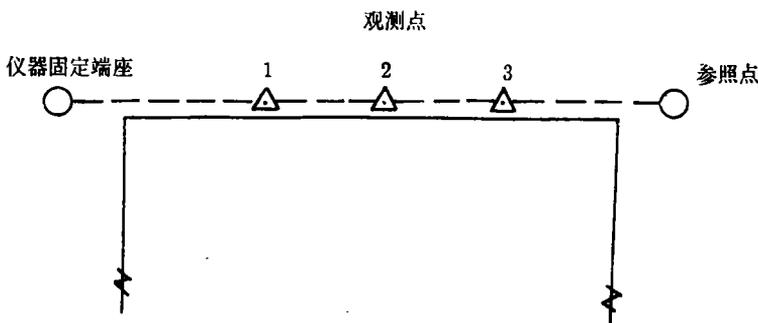


图1 坡顶位移观测系统

计中考虑了两种方案,方案一是上部土钉墙,下部护坡桩;方案二是全部采用土钉墙。方案二工期短且省钱,但考虑到降水效果不一定能得到保证,因此带有一定的风险;方案一安全可靠,但造价相对较高,且工期长。为了达到安全、经济的目的,进行了施工监测,下部是否采用护坡桩依据监测结果确定。通过位移监测、面板土压力测量及土钉杆受力量测,最后采用了方案二。该工程已安全施工完毕,下面简要介绍部分测量成果。

### 3.1 变形

该工程变形量测使用了水准仪、经纬仪和多点伸长计,测试结果见图2。 $C_4$ 点处总的水平位移达7.5mm,而与其相同槽深及土质情况的 $C_5$ 、 $C_6$ 点处仅有2.0mm。主要由于 $C_4$ 点处曾有过两次由于超挖引起的小的塌方,每次塌方都引起2.0mm左右的变形,处理后局部形成倒坡,因而几天内变形仍有微弱发展(约1.0mm),随后趋于稳定。

基坑挖至8.0m时在 $C_5$ 、 $C_6$ 点处仍未观察到位移,直至挖到标高-11.0m,才有2.0mm的水平位移,随即变形趋于稳定,可见只要控制好分步施工时超挖引起的塌方,土钉支护结构能很好地控制边坡变形。

多点伸长计测得面板的总变形为2.0mm,其中1.3mm是由距面板3.0m范围内土体变形引起的。当由4.5m挖至8.0m时,面板

变形为1.0mm,其中0.7mm是由距面板3.0m的土体变形引起的,这与该土钉墙设计中假设潜在滑动面距坡面3.3m左右是相吻合的。

### 3.2 面板土压力

于基坑垂直方向埋设土压力盒,测得如图3所示的曲线,由图3可见:

(1) 土钉墙垂直方向中部压力较小。这是由于中部土体主要为细砂层,相对于上覆土层,其土压力较小,同时还由于水泥浆的渗流,实际的土钉直径较大,因而与假设滑动体间的摩阻力更大,使得其作用于钉头及面板上的压力减小。

(2) 距基坑底部2.0m左右,作用在钉头及面板上的压力较大。此处正好靠近假定滑动体滑出的部位。土钉位于滑动体中的部分较短,其压力主要作用于土钉头及面板上,因而压力较大,所以在土钉墙施工过程中要注意这个部位钉头端座及面板的强度。

(3) 坡面中上部面板与钉头所受的压力相近。由于坡面变形很小,土钉端座与面板间的刚度差异,不致引起应力的较大变化。但在中下部,由于坡面临近滑裂面,土钉头所受的压力大于面板中部的土压力。

### 3.3 土钉杆应力

在基坑东坡,用钢筋应力计测量土钉杆应力分布,图4给出的是距地表7.5m处测

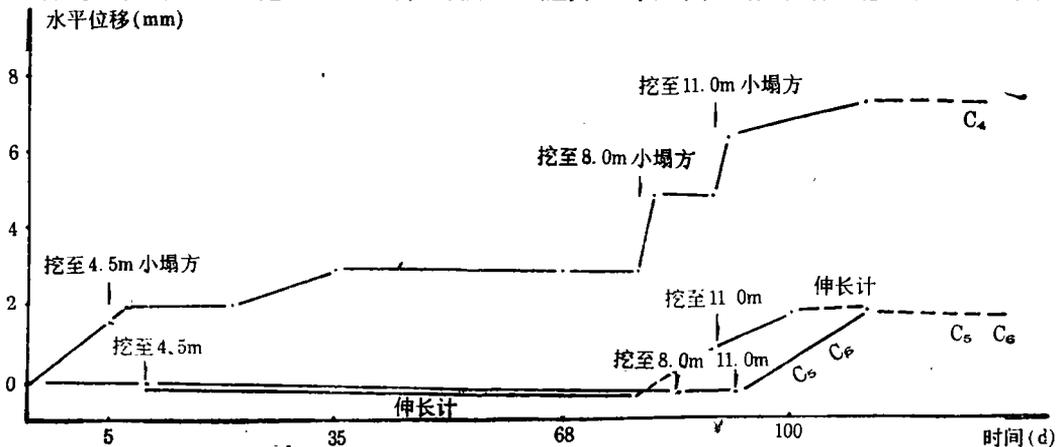


图 2

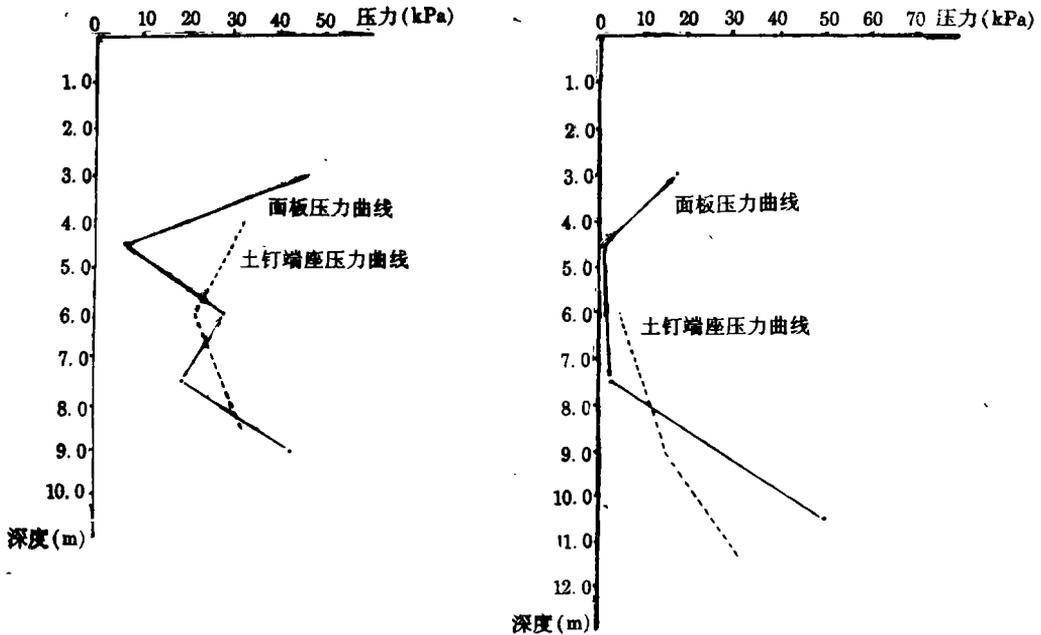


图 3

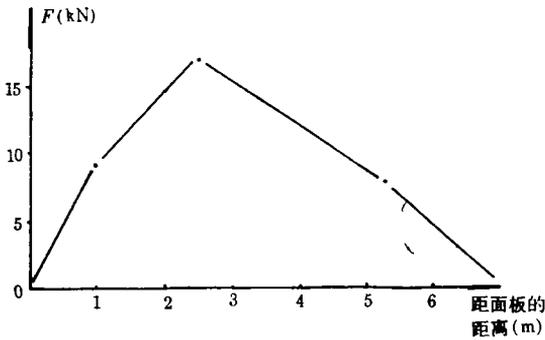


图 4

得 7.5m 长土钉沿长度方向的应力分布。该曲线基本符合土钉应力由滑动面处向两个方向逐渐降低的趋势。

#### 4 结论

施工监测对保证土钉墙安全是至关重要的,施工时切不可忽视。从实用的角度看,当仅为施工安全监测时,可使用水准仪、经纬仪测量坡顶变形,而用多点伸长计量测坡面变形。如为了优化设计服务,还需要测量面板土压力及土钉杆应力。通过本文介绍的工程监测结果,可以得出以下几点结论。

(1) 土钉墙能很好地控制基坑边坡的变形,但分步施工中,超挖引起的小塌方,将使边坡变形增大。

(2) 土钉墙面板的位移较小,且主要由滑裂面以内土体的变形引起的。

(3) 坡面中上部相同深度处土钉端座处土压力与面板上的土压力基本相近。中下部则土钉端座处土压力大于面板其它部位的土压力。沿深度方向,中上部压力较小,而距坑底 2.0m 左右处压力较大,施工时应注意加强此处土钉端座和面板的强度。面板土压力还与土质条件密切相关,土质软弱处面板土压力相对要大些。

(4) 土钉杆应力分布的滑裂面处为最大,然后向两端逐渐减小,

#### 参 考 文 献

- 1 林宗元主编. 岩土工程试验监测手册. 辽宁科学技术出版社, 1994
- 2 杨志法等. 深基坑监测的理论、技术和工程应用. 第五届工程勘察学术交流会议论文集, 兵器工业出版社, 1995