

文章编号:1671-6833(2005)03-0028-04

水泥土桩复合土钉中水泥土桩作用机制研究

郭院成, 秦会来, 申利梅

(郑州大学土木工程学院, 河南 郑州 450002)

摘 要: 水泥土桩复合土钉支护体系同时具有止水 and 基坑边壁支护双重作用, 与普通土钉支护相比, 可减小坑壁侧移, 加大施工开挖速度, 以及均匀土钉受力, 改善环境影响. 通过复合土钉受力变形机理的对比分析, 研究了水泥土桩复合土钉支护体系中水泥土桩的基坑自立临空高度的提高机制、桩土摩擦传力机制、支护体系侧移曲线的整合机制以及基坑边壁优势滑裂面的前移机制, 对完善此类支护体系施工过程中的侧移控制措施和加快施工进度具有一定的理论指导意义.

关键词: 岩土工程; 复合土钉支护; 作用机制; 受力变形

中图分类号: TU 470.3 **文献标识码:** A

0 引言

土钉支护技术从上个世纪 70 年代出现以来, 以其经济、可靠、施工快速简便等优点得到了广泛的工程应用^[1,2]. 土钉支护虽然形式简单, 但其支护机理却很复杂^[3], 从目前国内关于土钉支护的叫法和设计理论的多样化就可见一斑. 土钉支护对地层的依赖性很大, 为了能够在软土地区应用土钉支护技术, 复合土钉的概念于 1997 年被提出并于同年应用到实际工程之中^[4].

水泥土桩复合土钉是以水泥土桩解决土体自立性、隔水性及面层黏结问题, 以水平向压密注浆及二次灌浆解决土体加固及土钉抗拔问题, 以较长的插入深度解决坑底隆起、管涌和渗流等问题, 组成防渗帷幕、超前支护及土钉等复合型支护体系^[4].

复合土钉中由于水泥土桩的存在, 在受力变形方面表现出与土钉支护很大的不同. 本文作者通过对比分析, 揭示了水泥土桩在复合土钉支护体系中的作用机制.

1 土钉支护与水泥土桩复合土钉支护体系的对比分析

1.1 土钉支护与水泥土桩复合土钉支护变形比较

从实测结果来看, 土钉支护与复合土钉支护体系典型的侧移沉降曲线如图 1、图 2 所示. 一般土钉支护中随着向下开挖, 支护面不断向外位移, 支护面的位移沿高度大体呈线形变化, 类似绕趾部向外转动, 最大水平位移发生在顶部; 被支护土体最大地面沉降发生在基坑边缘处, 随距基坑边缘距离的增加沉降逐渐减小^[1,4].

水泥土桩复合土钉支护体系中由于事先施作了水泥土桩, 开挖后桩顶水平位移较小, 随深度的增加, 深部土体有较明显的水平移动趋势. 开挖完成后, 下部位移要比顶部位移大, 似鼓肚状^[4,5]. 被支护土体的地面沉降在桩后部位通常很小, 最大沉降发生在距离桩周一定距离处, 形成图 2 所示的凹形沉降槽^[4].

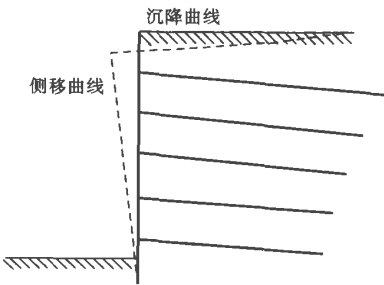


图 1 土钉支护变形示意图

Fig.1 Sketch for deformations of soil nailing

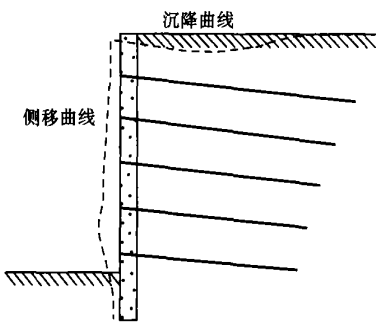


图 2 水泥土桩复合土钉支护变形示意图

Fig. 2 Sketch for deformations of composite soil nailing

1.2 土钉支护与水泥土桩复合土钉支护体系中维持边坡稳定因素分析比较

如图 3、图 4 所示, ab 土层开挖之前, 由上一工况开挖所引起的基坑边坡不稳定因素已被土钉 SN_1 、 SN_2 通过和土体的共同作用所平衡. 挖除 ab 土层后, P 被人为地直接减为零, cd 土层的平衡被打破, 将导致坑底以上土体发生侧移以趋于建立新的平衡, 使上部已经设置的土钉产生轴力增量. 由土钉轴力增量与土钉中原有轴力相叠加即构成该开挖工况下的最终轴力. 此时, 土钉轴力及基坑边坡土体自身发挥的强度就是维持该工况下基坑边坡稳定的主要因素. 水泥土桩复合土钉支护体系整体性较强, ab 土层挖除后, 直接作用在

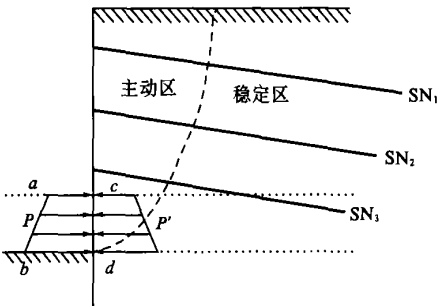


图 3 土钉支护开挖工况示意图

Fig. 3 Sketch for soil nailing during construction

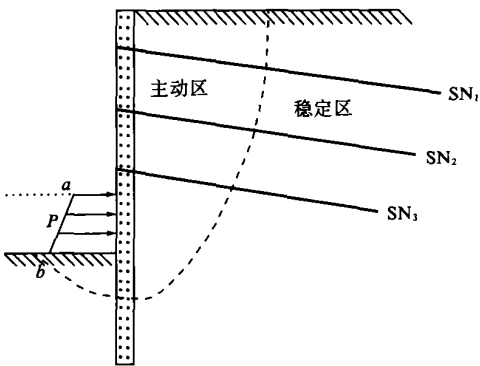


图 4 复合土钉开挖工况示意图

Fig. 4 Sketch for composite soil nailing during construction

水泥土桩上的土压力会通过水泥土桩和土钉的结构作用传递到已设置土钉与下部土体之中, 从而使维持主动区土体稳定作用包括土钉、土体本身以及水泥土桩.

1.3 土钉支护中面层土压力与水泥土桩复合土钉支护中水泥土桩侧土压力分析对比

土钉支护中, 每一开挖工况下临空面上的土压力直接被卸为零, 在施作了钢筋混凝土面层后, 随着开挖工序的进行, 由土钉间土体的侧移变形对面层的挤压作用而产生了新土压力, 其与土钉间土体的土拱效应、土体的蠕变变形以及面层刚度等因素有关, 计算相当困难.

水泥土桩复合土钉支护体系中, 水泥土桩止水帷幕是在开挖前施作, 不考虑施工对土体的扰动, 开挖前作用在水泥土桩前后的土压力可认为是静止土压力. 对于开挖的第一个工况, 土钉尚未施作, 开挖引起的土压力将直接由水泥土桩承担, 此时的水泥土桩起重力式挡墙的作用. 对于以后的各开挖工况, 由于土钉对主动区土体的约束加固作用, 土压力将在水泥土桩与土钉之间进行重新分配.

2 复合土钉中水泥土桩的作用机制分析

2.1 摩擦传力机制

复合土钉支护体系中, 水泥土桩桩体在硬化过程中与原位土体形成了良好的黏结作用, 两者之间存在发挥较大侧摩阻力的潜能. 在图 2 所示的地面沉降曲线, 由于桩与桩周土之间的摩擦作用, 桩侧土体沉降显著减小, 使地面最大沉降点后移. 在基坑开挖过程中, 随着桩与桩周土体之间相对位移的发生, 两者之间的侧摩阻力将逐步发挥出来. 土体的重力是诱发边坡土体不稳定的最根本、最直接的原因, 而桩土之间的侧摩阻力使被支护土体的部分重力直接传至深部土层, 如图 5 所

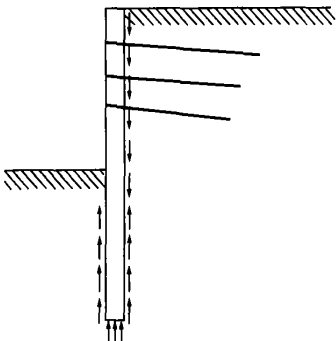


图 5 水泥土桩摩擦传力示意图

Fig. 5 Force transmitting sketch of cement soil pile

示,相当于抵消了部分不稳定土体的重力作用,从而使作用在支护体系中的土压力得到减少.

2.2 自立临空高度的提高机制

土钉支护中每一开挖工况下基坑边坡稳定由土体强度和土钉共同维持,因此每一土层开挖的无支护临空面高度受到维持边坡稳定条件的限制.也就是说每一特定的支护工况,最大的无支护开挖临空面是特定的,不可超挖,否则就可能引起工程事故.另一方面,从保护环境和限制基坑位移的角度出发,也要求不出现过高的无支护临空面.

对于水泥土桩复合土钉来说,一方面水泥土桩可以通过自身的结构作用直接将作用于其上的土压力传至深部土层中,另一方面桩土间侧摩阻也将在维持被支护土体稳定中发挥作用,从而使开挖直立面的高度相应提高,而且事先设置的水泥土桩还可依靠自身刚度以及和土钉和坑底以下土体形成的结构作用对抗壁土体的变形起到有效的约束作用.

2.3 侧移曲线的整合机制

现场监测结果显示,土钉支护的侧移曲线是发散型的,最大侧移位置在基坑的顶部;而复合土钉的侧移曲线是鼓肚型的.

土钉支护水平侧移模式的形成与施工过程紧密相关.土钉支护从上到下分层开挖逐步施工过层中,每向下开挖一层都会引起上部土体的位移,以使上层已施工土钉参与受力,与土体共同构成支护体系,最终积累成如图 1 所示的土钉侧移曲线.而与土钉支护施工过程相反的加筋土的水平侧移如图 6 所示,最大水平位移发生在底部.

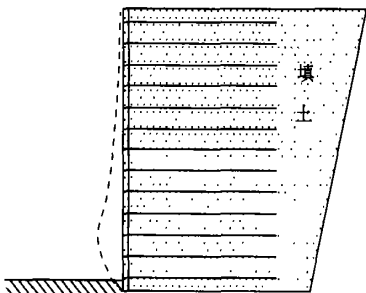


图 6 加筋土水平侧移示意图

Fig. 6 Side displacement sketch of reinforced soil

复合土钉中具有一定强度和刚度的水泥土桩和密布土钉之间存在着较好的结构作用,可将水泥土桩理想化为以土钉为支点的连续梁.随着支护的向下进行,上部已经设置土钉的支点作用有效地约束了上部土体的变形,促使土体的变形趋于均匀;随着开挖深度的增加,下部土体的侧移变

形就显得更加突出,最终形成图 2 所示的鼓肚形侧移曲线.

由于复合土钉中水泥土桩对土体的超前约束以及后来桩与土钉的结构约束作用,复合土钉支护中土体位移比土钉支护要小得多,工程中通过有意识地增加水泥土桩的刚度可得到控制位移、保护周边环境之目的.

2.4 优势滑裂面的前移机制

理论和实践均表明,土钉支护中土钉最大拉力位置是与被支护土体优势控制滑移线的位置相一致的^[1,3].土钉支护中作用于面层上的土压力通常认为是比较小的,那么传递给土钉的拉力就比较小,土钉通过钉土之间的摩擦作用经过一段距离才能达到最大拉力的位置.当然,由于土钉对土体荷载(包括超载)的分担、应力传递和扩散作用,土钉支护土体中的优势控制滑移线的位置要比素土中的优势控制滑移线靠后,文献[5~8]中也说明了这一点.

复合土钉中,由于强度刚度比原位土体大许多的水泥土桩的存在,水泥土桩墙后的土压力要比土钉支护面层后的土压力大的多,也即传递给土钉端头较大的拉力,因此,复合土钉支护中土钉经过较短的摩擦传力距离就可以达到土钉最大拉力的位置.

3 结束语

水泥土桩复合土钉是在工作机理认识不太清楚的土钉支护中又加入了水泥土桩止水帷幕,其工作机理就更加复杂,目前对它的认识很不清楚,这也是目前没有统一的设计计算理论的原因.复合土钉中,由于水泥土桩的存在,使得复合土钉在受力变形等方面与土钉支护都有了很大的不同.通过对复合土钉中水泥土桩作用机制的分析,初步研究了水泥土桩复合土钉在控制坑壁侧移量、加大基坑开挖施工进度等方面的机理,对此类复合支护体系的工程应用提出了一定的理论指导,但还存在很多问题需要在今后的研究中加以解决.

参考文献:

[1] 陈肇元,崔京浩.土钉支护在基坑工程中的应用[M].第2版.北京:中国建筑工业出版社,2000.
[2] 曾宪明,黄久松,王作民.土钉支护设计与施工手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2000.
[3] 张明聚,郭忠贤.土钉支护工作性能的现场测试研

究[J].岩土工程学报,2001,23(3):319~323.

[4] 李象范.上海地区基坑工程中的复合土钉技术[J].建筑施工,2001,23(6):363~369.

[5] 郭院成,周同和,宋建学,等.水泥土桩复合土钉支护结构的工程设计[J].工业建筑,2004,(增刊):248~252.

[6] 秦四清,王建党.土钉支护机理与优化设计[M].北京:地质出版社,1999.

[7] 陈利洲,庄平辉,何之民.复合型土钉墙支护与土钉墙的变形比较[J].施工技术,2001,30(1):26~28.

[8] 郭院成,周同和,宋建学.桩锚与土钉联合支护结构的工程实例[J].郑州大学学报(工学版),2003,24(2):26~28.

Study on Functions of Cement soil Pile in Composite Retaining of
Cement -soil Pile and Soiling Nailing (CRCSPSN)

GUO Yuan -cheng , QIN Hui -tai , SHEN Li -mei
(School of Civil Engineering ,Zhengzhou University , Zhengzhou 450002,China)

Abstract : CRCSPSN as a new retaining system , has double functions -retaining and preventing water . Compared with soil nailing , CRCSPSN has many advantages , such as reducing side displacement of pit , accelerating excavation speed , rationalizing internal forces in soil nails , refining surroundings , etc . By comparing the force -deformation mechanism of CRCSPSN and soil nailing , the functions of cement -soil pile in CRCSPSN is studied in this paper . These functions include improving free excavation height of pit , load transmission by the friction produced by piles and soil , making the side displacement curve even and critical slip surface forward . This paper may provide some guidance for measures taken for completing deformation control and improving construction speed in construction of CRCSPSN .

Key words : geotechnical engineering ; composite soil nailing ; action mechanism ; force deformation

(上接第 27 页)

[9] 李德葆,陆秋海.实验模态分析及其应用[M].北京:科学技术出版社,2001,228~233.

An Identification Method of Simple Beam Bridge's Damages Based on
Curvature Mode and Wavelet Transform

SUN Zeng -shou ^{1,2} , HAN Jian -gang ¹ , REN Wei -xin ¹

(1. School of Civil Engineering , Fuzhou University , Fuzhou 350002, China ; 2. School of Civil Engineering , Zhengzhou University , Zhengzhou 450002, China)

Abstract : The wavelet transform may present the local properties of signal in time frequency domain , and can zoom up and recognize the mutation signal of structural response under different scales . Based on curvature mode and wavelet transform , this paper presents a recognition method for structural damages . The structural curvature mode curves before and after damage are transformed in biorthogonal wavelets . The structural damage index is presented with the change and distribution of wavelet transform coefficients . It may be used to determine occurrence , location and degree of damage . And the method has been verified by the numerical simulation of a simple beam bridge . The simulation results show that the method is effective .

Key words : wavelet transform ; curvature mode ; damage identification