

软弱土层的自钻式锚固技术

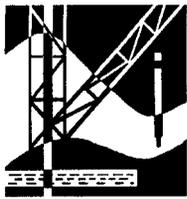
夏柏如, 杨明友, 任汉锋

(中国地质大学, 北京 100083)

[摘要] 从软弱土壤的锚固材料、设计方法、施工工艺等方面, 论述软弱土层自钻式锚固技术。

[关键词] 自钻式 锚固

[中图分类号] TU471.8; TV554+.12 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2000)01-0081-04



岩土工程

在岩土工程中采用锚固技术能合理地利用岩土自身的强度和自稳能力, 简化结构体系, 提高结构物的稳定性能, 确保施工安全, 节约工程材料, 缩短工期, 降低造价。因而世界各国都在大力发展岩土锚固技术, 尤其是在欧洲, 如英、法、德、瑞士、瑞典、奥地利等国锚固技术的发展十分迅速, 应用范围也相当广泛, 积累了相当多的宝贵经验。

在我国沿海及台湾、香港等地区, 由于地下水受江河海洋直接补给, 埋深较浅。随着公路、铁道、堤坝及地下空间的开发, 地下变电站和地下商城等大量兴建, 其建筑规模日益宏大, 传统的施工方法已不适应大型地下建筑物稳定要求。特别在软弱土层(如软土、砂土、流砂层等), 采用传统的锚固方法, 成孔率非常低, 给后期注浆锚固造成了很大压力, 施工成本增加, 针对这些特点, 德国 ISCHEBECK 公司研制了 TITAN 注浆锚杆, 开发出了自钻式锚固技术, 取得了很好的经济效益和社会效益。

1 自钻式锚杆的结构、规格、用途

目前, 绝大部分锚杆均需先钻孔, 然后再进行安装, 注浆锚固, 这样既费时又不经济, 在特殊情况下, 由于钻孔堵塞, 几乎不可能安装锚杆。

国际工程协会和美国矿业局 80 年代初最先研

制了几种树脂式和机械式自钻锚杆(图 1), 此后, 奥地利的 GD-ANKER 公司 1985 年推出了 IBO 型自钻锚杆(图 2), 它是一根带有一次性钻头的空心钻杆, 用自带钻头钻孔, 然后通过钻杆中心高压(20 bar ~ 40 bar)注浆, 施工完成后钻杆和钻头留在孔内作为锚杆。德国 ISCHEBECK 公司研制的 TITAN 注浆锚杆与 IBO 锚杆相类似, 螺纹钻管起着钻杆、注浆管和锚杆的作用, 其极限载荷为 220 kN ~ 1950 kN。IBO 和 TITAN 锚杆的主要参数如表 1。

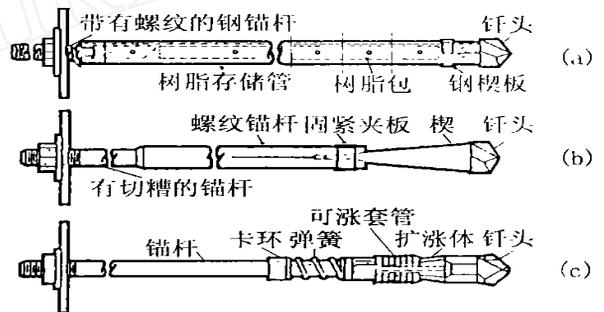


图 1 自钻锚杆

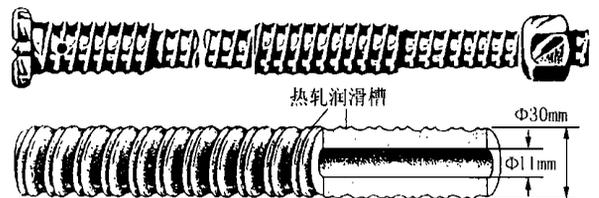


图 2 自钻锚杆

表 1 IBO 和 TITAN 锚杆的主要参数

参数	IBO 锚杆				TITAN 锚杆				
	R25	R32/15	R32/20	R38	30/11	30/16	40/14	73/53	103/78
外径(mm)	25	32	30	38	30	30	40	73	107
内径(mm)	13	15	20	18	11	16	16	53	78
屈服载荷(kN)	160	280	210	420	260	180	490	970	1570
极限载荷(kN)	190	340	260	500	320	220	660	1160	1950
标准长度(m)	2, 3, 4, 6				1, 1.5, 3, 4				
重量(kg/m)	2.5	3.5	4.5	6.6	3.5	3.0	6.9	12.8	24.7

1.1 TITAN 锚杆的结构及用途

TITAN 锚杆适用于软弱地基、公路护坡及隧道开挖施工的超前锚护等。TITAN 锚杆由 7 部分组成(钻头、钻杆、间隔器、接头、横撑板、垫片及锁母)。钻头根据与地层的适应性,有多种唇面形式,材质由

合金钢铸造而成;钻杆由 DIN17124 ST460、DIN2448 ST520、ASTMA519 - 90 系列合金结构钢制成,间隔器、接头、横撑板、垫片及锁母均由合金钢铸造而成。

TITAN 锚杆可用作岩锚、岩栓、微型桩、土钉及固结泥土,根据不同用途,具有不同结构(图 3)。

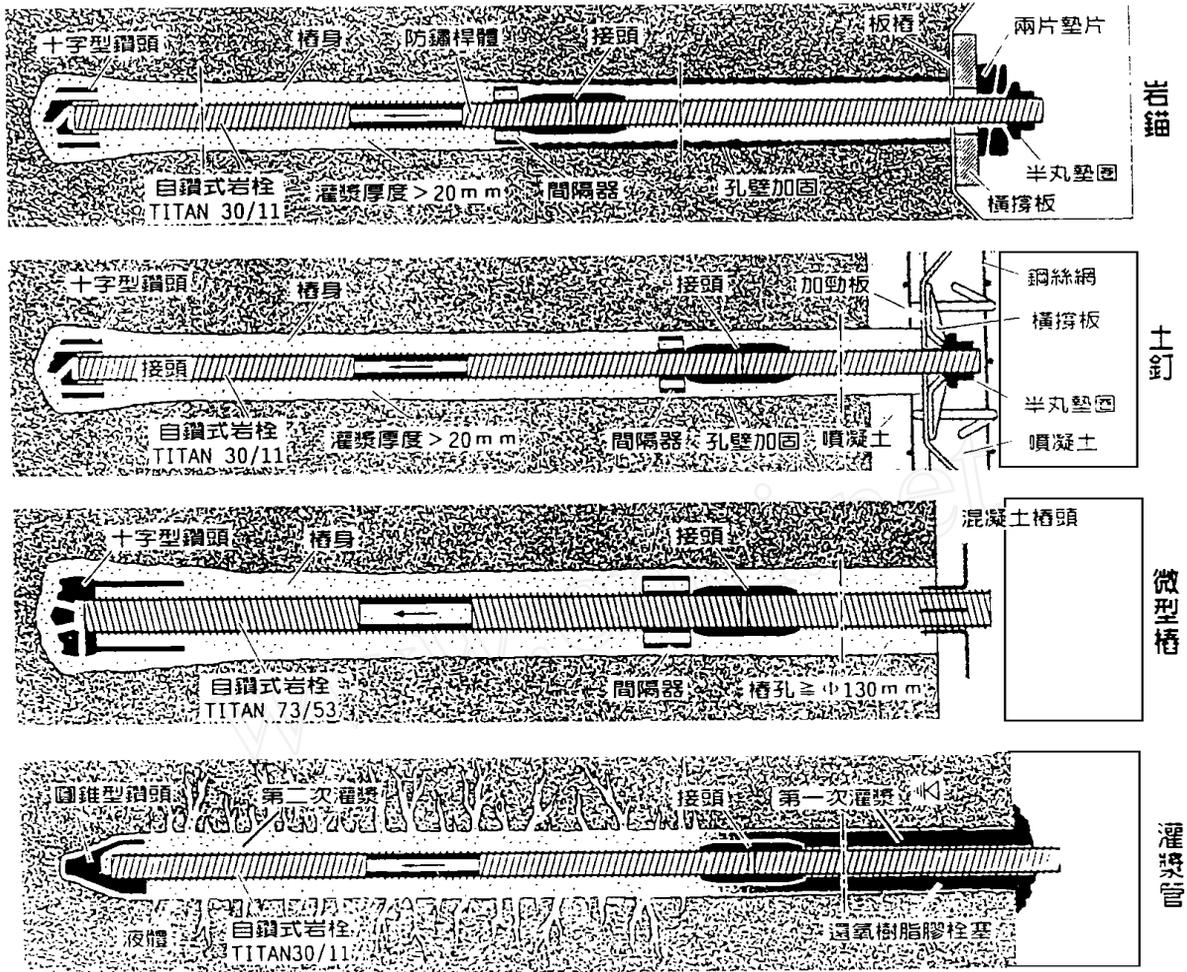


图 3 不同用途的注浆锚杆结构

1.2 TITAN 自钻式注浆锚杆的规格

目前德国爱司贝克 (ISCHEBECK) 公司生产的

TITAN 锚杆有 10 种规格供用户选择,也可以根据工程需要,制造特种规格的锚杆(表 2)。

表 2 自钻式注浆锚杆工业规格一览表

锚杆形式	普通外径 (mm)	内径 (mm)	极限载重 (kN)	降伏载重 (kN)	降伏强度 (N/mm ²)	断面积 (mm ²)	重量 (kg/m ²)	左旋或右旋	长度 (m)
TITAN 30/16	30	16	220	180	470	382	3.0	左	4
TITAN 30/14	30	14	260	220	640	359	2.9	左	3,4
TITAN 30/11	30	11	320	260	580	446	3.5	左	2,3,4
TITAN R32	32	20	275	220	520	420	3.2	左 ISO1790	3,4
TITAN R38	38	17	500	420	600	690	5.4	左 ISO1790	3
TITAN 40/16	40	16	660	525	590	879	6.9	左	3
TITAN 52/26	52	26	929	730	550	1337	10.5	右	3
TITAN 73/53	73	53	1160	970	590	1631	12.8	右	3
TITAN 103/78	103	78	1950	1570	500	3146	24.7	右	3
TITAN 105/53	105	53	3460	2750	500	5501	43.5	右	3

2 TITAN 自钻式注浆锚杆对设备的要求

TITAN 锚杆对锚固钻机和灌浆泵没有特殊的要求,气动钻机、油压钻机均能施工,根据不同的锚杆尺寸,选用不同的设备,其设备用具如表 3。

3 TITAN 锚杆的施工设计

3.1 表面阻力的计算公式

$$T_u = DL_e$$

式中: T_u —土层锚杆的表面阻力(kN); D —锚杆钻孔的直径(m); L_e —锚杆长度(m); —锚杆周边的抗剪强度(kN/m²)

碎石地层表面阻力为 200 kN/m² ~ 250 kN/m², 砂类地层为 150 kN/m², 粘土层为 100 kN/m²。

表 3 自钻式灌浆锚杆所配套机具

TITAN 30/11 TITAN 40/16	气动钻机,六角形套管 22 × 108 (7/8 × 4); R32/ R38/ T38,重量约 30 kg,左旋行垫形,行程不超过 70 mm,6 bars ~ 10 bars 的耗气量约 6 m ³ /min,转速 160 r/min。
TITAN 73/53 TITAN 103/78 TITAN 30/11 TITAN 40/16 TITAN 30/16	油压钻机,六角形套管 R55 (2 ^{1/4}), C64, H55,重量约 240 kg ~ 400 kg,前进动力 50 kN (如钻进岩石需使用行钻头),扭力约 2.5 kNm,速度 120r/min,压力 123 bar 时,油压系统供应 2 × 60 l/min,功率约 30 kW ~ 50 kW。
适用灌浆泵	
TITAN 30/11 TITAN 30/16 TITAN 40/16	适用于胶状混合物的拌合机,可调整供水量的供水系统,储水缸 240 l,双柱塞,压力 70 bar,流速 35 l/min。
TITAN 73/53 TITAN 103/78	灌浆,可调整供水量的供水系统,有回流功能的高速拌合机,储水缸 240 l,双柱塞约 100 l/分,可控灌压力最高 100 bar。
灌浆用量	
TITAN 30/11 TITAN 30/16 TITAN 40/16	新鲜波特兰水泥约 20 kg/m, 压力 35 kN/mm ²
TITAN 73/53 TITAN 103/78	新鲜波特兰水泥约 40 kg/m, 压力 35 kN/mm ²

3.2 桩身直径的设计

传统的锚固方法,桩身直径与钻头直径相同,采用 TITAN 自钻式注浆锚杆,其桩身直径 $D = 2 \times d$ (d —钻头直径)。也就是说,通过高压注浆,可以形成 2 倍钻头直径的桩身。

4 TITAN 锚固施工工艺

由于自钻式锚杆本身兼作钻杆和灌浆管,因此钻进时无需套管,灌浆又可免去灌浆管,大大简化了施工过程,其工艺流程如图 4。

5 应用

5.1 TITAN 微型桩

TITAN 微型桩简化了施工工序,空心钻杆留在

钻孔内和高炉矿渣硅酸盐水泥注浆体一同组成桩体,强度为 25 kN/mm²,通过桩周表面摩擦,可承受轴向抗拉和抗压荷载。

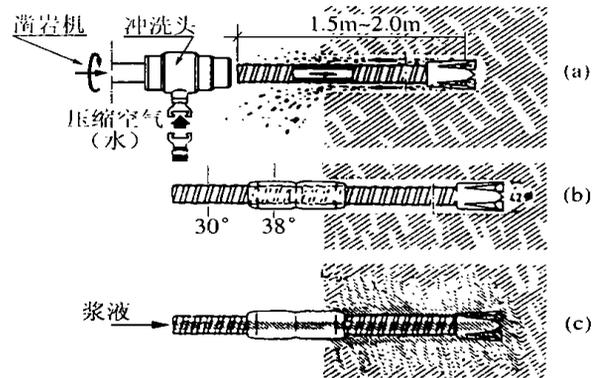


图 4 自钻式锚杆施工步骤

(a) —钻进(空气、水或水/水泥浆冲洗);(b) —接长钻杆;(c) —通过中空钻杆注浆

水泥浆体承受着土层中的径向摩擦力、弯曲刚度,并对钻杆起防腐作用。在每个连接接头前使用定心器,可确保钻杆外至少有一层 20 mm 的水泥浆覆盖层,与标准的钢筋混凝土桩相比, TITAN 微型桩沉降相当小,在工作荷载下,其沉降一般小于 5 mm。

5.2 边坡支护

路侧斜坡松动或路面需加宽时,向土里打入土钉是个好办法,在做边坡土钉中,由于施工难度较大,采用 TITAN 自钻式锚固工艺,设备负荷小,一般用手动、风动凿岩机就能施工。

5.3 新奥法施工超前支护

新奥法原理是:先将岩石压力临时分布在隧洞四周,最后用钢筋混凝土衬砌来固定。喷浆的厚度和锚杆间距应根据收敛开挖情况而定, TITAN 自钻式注浆锚固能及时产生支护效果。

6 结论

TITAN 自钻式锚杆在针对克服软弱土层时,具有独特的优势:

1) 无须使用套管。有些岩层如风化岩、碎岩层、回填区、圆卵石层、砂、粘土等,施工时需要加上套管来防止塌孔。由于自钻式锚杆可省略加装套管的费用,钻管本身强度大,坚固物不易改变钻孔方向。

2) 节省 25% 的工作量。自钻式锚杆将钻孔、灌浆及安装锚杆体在一个过程中完成,简化了施工工序,除了节省工作量外,更能降低工程成本。如在安装 20 支 12 m 长的后拉型岩锚的小型工程,工人和

机械的搬运约占工程成本的 30%。

3) 适合在狭窄场所施工。因为自钻式锚杆有接头延长的特性,杆体较短,可用较小型钻机,适合在地下室、桥底河边、棚架上、斜坡及工厂内的狭小环境中施工。一般履带式钻机占用约 6 m 的工作空间,有些小型钻机可利用直升机空运到难以运送的地方。

4) 利用水泥浆来稳固孔壁。钻孔的同时供给水灰比为 0.4~0.7 纯水泥浆,灌浆压力仅需在 5 bar~20 bar 时,即能让水泥浆迅速地在非粘土地层中被吸收并确保孔壁的稳定,最终固结于整根岩柱周围。

5) 球形桩头和桩身深入土层中,可增加灌浆体摩擦力及握持力。所有 TITAN 钻头顶部都有灌浆出口,此出口的尺寸大小可控制灌注后水泥浆凝固体体的大小。从挖掘出已灌浆完成的岩锚柱体来看,其凝固体大小约为杆体 1.5~2.5 倍。自钻式锚杆的钻头可使灌浆力量维持在 5 bar~20 bar 时,水泥砂浆可渗入施工作业的地层中,使桩身与泥土紧密

结合,更加牢固。

6) 灌浆压力可高至 60 bar。使用水灰比为 0.4 的水泥浆灌浆,同时将杆体不停转动,并将灌浆压力提升至 60 bar,由于杆体不停转动,将原来的孔内拱壁搅碎,使桩头凝固后与孔壁掸合,产生牢固的锚固作用。

7) 增加岩锚效果及减少沉陷量。对岩锚、微型桩及土钉的评价,乃是针对他们的荷载和沉陷值。使用自钻式岩锚会比传统岩锚更牢固,沉陷量也相对减少。

8) 可震动式的 TITAN 自钻式锚杆就如同水泥砂浆震动器,使灌浆材料平均地分布且更牢固。

9) 同等荷载下,中空的自钻式锚杆比实心的锚杆有更大的剪阻力。在相同直径与荷载下,自钻式锚杆的断面积较传统的高拉力钢筋小,因为它是中空的,所以其抗拉强度相当于高拉力钢筋 2~3 倍,而锚杆硬度越大,产生法向力的剪力越小。在相等荷载下,自钻式锚杆比一般钢筋的沉陷量少。

SELF - DRILLING ANCHOR TECHNOLOGY IN SOFT SOIL

XIA Bo - ru , YANG Ming - you , REN Han - feng

Abstract : Soil anchoring is an important branch in the field of drilling & tunneling engineering. Self - drilling anchor technology in soft soil is described including anchor materials , designing methods and construction technology.

Key words : self - drilling , anchoring



第一作者简介:

夏柏如(1957年-),男。1982年1月毕业于武汉地质学院探矿工程系钻探专业,1988年6月在中国地质大学(北京)探矿工程系获工学博士学位。现任中国地质大学(北京)工程技术学院副院长、教授、博士生导师。主要从事钻掘工程、岩土工程、超硬材料及制品等方面的科研和教学工作。

通讯地址:北京市海淀区学院路29号 中国地质大学工程技术学院 邮政编码:100083

(上接第 67 页)

Abstract Littoral cities are the fastest economically developed area in China and urban construction was rapidly developed in the past years. With the increasing of exploiting scale and intensity of urban land , the environment problems are increasingly serious day by day. Therefore , the differentiation characteristics of geological environment and its genetic relation to geological hazards in the littoral areas are analysed.

Key words : environment , geological hazard , differentiation , littoral area



第一作者简介:

李相然(1963年-),男。1986年毕业于长春地质学院地质学专业,1989年在长春地质学院地质系获矿产普查与勘探专业硕士学位。1998年在西安工程学院获水文地质与工程地质专业博士学位。现任烟台大学岩土工程研究所所长,副教授。主要从事工程地质、环境地质与岩土工程的科研和教学工作。

通讯地址:山东省烟台市 烟台大学土木工程系 邮政编码:264005