

# 国际着载分散型锚固构造新进展(二)

田裕甲

(续接上期)

## 四、锚固体挖出观察报告

### 1、前言

该报告是以往一系列研究成果的基础上继续深入研究和探讨,并将各种锚固体挖出后所观察到的情况。其实施对象是荷载分散型、拉力型、压力型3种锚固体,在札幌市内丰川扇形地带的卵石砂砾层中作垂直打孔,进行基本试验后的情况。

挖出的锚固体各三组,共九组,锚索体构造都是以钻孔直径 $\phi 120\text{mm}$ ,预应力筋由6根 $\phi 12.7\text{mm}$ PC钢绞线成索而成,自由段 $L_f=4.0\text{m}$ ,锚固段 $L_a=5.0\text{m}$ ,前端余长 $0.5\text{m}$ 。

### 2、开挖方法

结合新建大楼基础开挖工程进行挖掘作业。开挖方法是以锚固区的构成状态为观察重点,首先挖到 $3.5\text{m}$ (自由段),之后以每次 $1.0\text{m}\sim 1.5\text{m}$ 的深度分多次挖掘锚固体周围地基,按此顺序直到 $9.5\text{m}$ 深。

### 3、挖出结果

锚固体的外观每种形式都相同,都是被浆体材料包裹卵石和砂砾的状态。因属砂砾成分较多的地基,钻孔直径虽是 $\phi 120\text{mm}$ ,但锚固体的直径都全部扩大到 $\phi 160\text{mm}$ 左右,有的水泥浆侵入地层的部分,其直径达到 $\phi 120\sim 300\text{mm}$ 粗。这种倾向在含砾成分较大地层中表现得更加显著,还可以看到,因地下水作用,空隙较大的地层,浆体材料被稀释、锚固体直径达到 $\phi 600\text{mm}$ 左右的大球状。另一方面,粘土粉砂成分较多的地层部分,锚固体直径扩大到 $\phi 200\text{mm}$ 左右的也很多。推断其原因是形成锚固体时,孔底的部分残渣在送水量 $150/\text{min}$

为定值的情况下又回到套管周围堆积而成。

挖出后,将各锚固体沿纵向剖开,观察到的状态如下(见图17):

#### (1)荷载分散型

张拉荷载被多个承载体分散开后,传递给地基的这种锚固结构,挤压套、防护罩和浆体材料、预应力筋、套管均未遭到破损,这可认为是每个承载体只承受被分散成2吨这样小的荷载的结果。

#### (2)拉力型

在锚固区 $0\sim 3.0\text{m}$ 的区间内锚杆轴向(断面方向)出现开裂现象,越靠近深部越小。特别是在

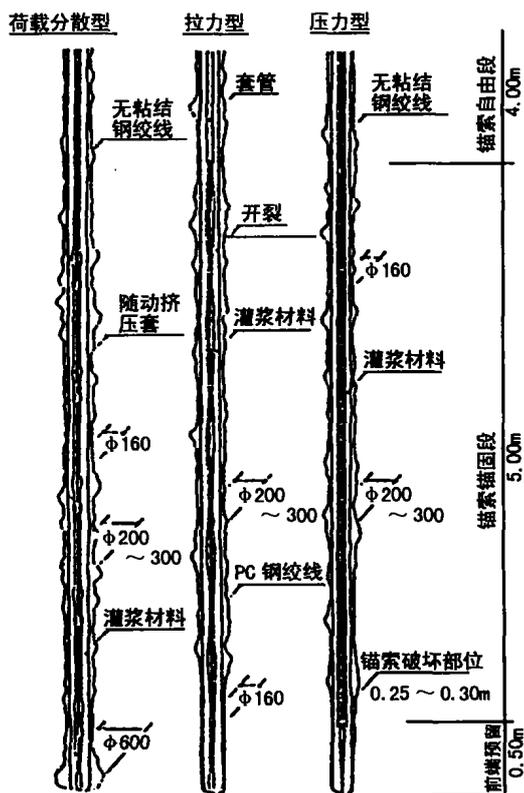


图 17 裂缝开裂状况

0~1.0m 区间内, 钢绞线和浆体材料的粘结被脱开, 水泥浆体呈圆饼状脱开。在锚固区 3m 以后未发生开裂现象。

(3) 压力型

该形式的锚固, 在基本试验中已确认, 当张拉力  $P_e=36\sim48$  吨时即被破坏。在距承载板上部 0.25~0.3m 的范围内, 锚固体完全被压坏, 其状态与水泥试块破坏的情况相同。其它地方的锚固体未受到损伤。

4、结束语

从上述结果来看, 土质状态和锚固结构的不同, 观察到的情况也不同。荷载分散型的结构和其他类型相比, 张拉力被分散成较小的荷载进行传递, 因此可以避免有害的裂纹、开裂现象的发生。利用这一特性, 通过加长锚固段可以提高锚索承载力。即便在地基强度有变动的情况下与其它类型相比, 可提供更可靠的锚固力。

五、适用于札幌市内火山灰地层的事例

1、前言

本试验是采用荷载分散型锚索, 对地基强度  $N \leq 30$  值以下的地层作永久锚固地基时, 基本试验结果的总结。

荷载分散型锚索的基本构造和前面报导的一样, 是把挤压套在一根预应力筋上串联成多段式锚固结构的锚索。

2、地质条件及荷载分散型锚索的特性

这次锚固试验对象的地基是位于札幌市南部支笏火山喷出物, 火山灰堆积而成的淡桃色~灰白色的凝灰质砂层, 含有大量的浮石砾及火山砾,  $N$  值为 20~25 的地基。

根据山体防塌设计, 求得锚固力为  $T_a=46.1t/\text{孔}$ , 按土质工学会的标准, 设计锚固段为  $L_a=15.5m$ 。关于锚固段长 10.0m 以上拉力型锚索, 设计时提出了降低孔周摩擦力等的方案。但只计划已通过基本性试验得到确认的荷载分散方式为特

征的锚固方案。

该锚固是在锚固段安装 4 个挤压套, 将锚固力分散传给地基的压力分散型锚固结构。而且永久锚固的防腐是使用包裹有聚乙烯套管的无粘结 PC 钢绞线, 是避免拉伸开裂发生的压力分散型锚固结构, 锚固施工断面图见图 18。

3、试验锚的参数

试验锚的参数如下:

○锚固(头部)方式: VSL 工法

○设计锚固力 ( $T_a$ ): 46.1t/孔

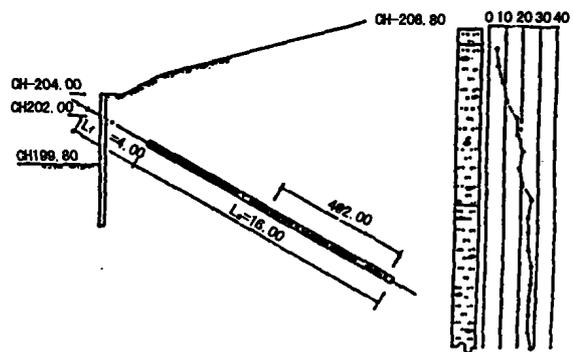


图 18 锚固施工断面图

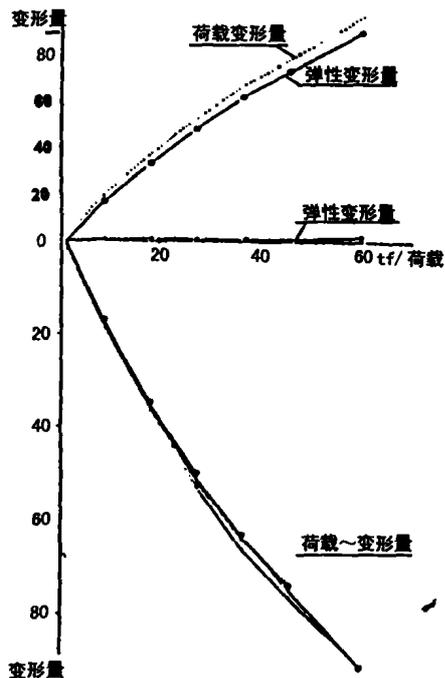


图 19 荷载~变形量曲线

○锚索锚固段长  $L_a$ : 15.50m

$$L_a = T_d \times F_s / \pi DC = 46.1 \times 2.5 / 3.14 \times 0.118$$

$$\times 20 = 15.55$$

○挤压套间距: 2.0m、5 个点、共 25 个

○挤压套移动空间量:  $S_1=0.00\text{mm}$ ,  $S_2=1.9\text{mm}$ ,

$S_3=5.69\text{mm}$ ,  $S_4=11.38\text{mm}$ ,  $S_5=18.97\text{mm}$

○锚索自由段长: 4.0mm

○锚固段预余长: 0.5mm

○绞线数: 5 根 ( $A_s=4.395\text{mm}^2$ )

#### 4、试验方法及结果

在试验锚中, 为了研究锚固荷载分散特性, 在距各挤压套上侧 20cm 的位置贴应变计, 自锚头部依次称为  $G_5$ 、 $G_4$ …… $G_1$ , 试验方法按土质工学会标准提出的多循环方式实施, 张拉荷载~变形量结果如图 19 所示。变形量比预计变形量小, 但基本是平行变化的, 并且残余变形量较小。可认为是每个挤压套只承受 2~3 吨的低荷载, 因而没发生破坏。

预计变形量按下式计算

$$\Delta l_i(1 \sim n) = \frac{P \{l_s - (n-1)l\}}{N \cdot A \cdot E} + \Delta l_i(n \sim 1)$$

其中:

$\Delta l_i$ : 预计的变形量 (mm)

P: 张拉荷载 (tf/根)

$l_s$ : 锚索长 (mm)

n: 挤压套个数 (个)

A: 预应力筋的截面积 ( $\text{mm}^2$ )

E: 预应力筋的弹性系数 ( $\text{Kgf}/\text{mm}^2$ )

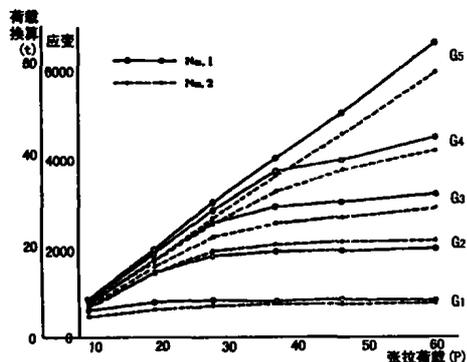


图 20 张拉荷载~各挤压套传递荷载曲线

张拉荷载~各挤压套传递荷载的关系如图 20 所示, 本图中也同时记入了应变实测值。调整各挤压套的移动空间量, 以便得到荷载的分散。从测定的应变值可见, 前端部分的荷载传递比其它地方小, 但随着张拉力的增大, 应变也趋于均匀。在初始荷载阶段, 传递特性不同是各挤压套周边地基的强度、钻孔角度、索体的位置 (扭转等) 的影响造成的。

#### 5、结束语

从本试验判断出, N 值在 20~25 左右的地基, 用挤压套的分散型锚固结构是可行的。荷载分散型结构因分散减小了地基传递荷载, 可抑制锚固体的裂化发生, 还可抑制地基蠕变变形等, 该结构对于强度低的地基锚固及大吨位锚固方面的应用也是可能的。但是, 对于各种地基, 挤压套间距的确定方法、安装个数以及伸长量和管理方法等方面的研究课题有待于我们去探讨, 今后打算继续研究。

韩国近些年也开发了可除式荷载分散型锚固

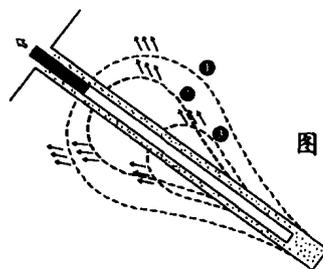


图 21-1 拉力型锚索荷载分布变化图

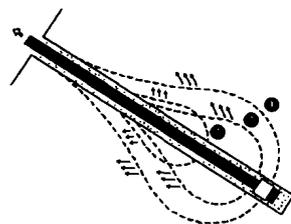


图 21-2 压力型锚索荷载分布变化图

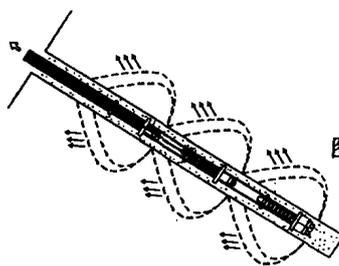


图 21-3 压力分散型锚索荷载分布变化图

图 21 锚固荷载分布图

构造类型，主要以韩国三友 (SAMWOO) 基础技术公司为代表。他们把锚索分为拉力型、压力型、压力分散型三种，并对这三种类型锚固体受力状态进行比较，如图 21。

拉力型锚索锚固体荷载变化曲线如图 21-1。当对锚索施加预应力时，预计的荷载分布曲线如①，但实际上由于拉应力集中，超过被加固体承载力，曲线①向下转移变为曲线②，进而变为曲线③，最后以锚固体遭受破坏而告终。因此，在选用拉力型锚索时对被加固体的承载力有更高的要求。

压力型锚索锚固体受力状态 (如图 21-2) 虽然比拉力型优越，但同样由于压应力集中，导致锚固体荷载分布曲线由①转变为②，进而转变为③。因此，在选用压力型锚索时，要对被加固体、水泥浆体的承载力有个准确的判断，同时在设计和施工时要引起足够的重视。

解决上述拉力型和压力型锚索的不足，可采用如下方法：首先，避免施加预应力时，由于应力集中导致被加固体和水泥浆体接近极限破坏荷载。其次选用无粘结钢绞线 (即 PE 包裹的钢绞线) 作为锚索体，这样张拉段可处于自由伸缩状态。第三，要根据地质条件选用相应的锚索结构类型，这种类型就是压力分散型锚索结构，如图 21-3 所示。其特点是由于通过多个承载体将荷载分散，地基不承受集中荷载，同时由于张拉段处于自由状态，即可全长自由伸缩，因此，锁定后预应力损失小。这样压力分散型锚索结构特别适用于承载力低的地质体的加固。

压力分散型锚索内锚头配件图及配件规格如图 22、图 23 所示。

SW-RCD 锚索施工框图如图 24。

SW-RCD 可除式锚索施工工序图如图 25。

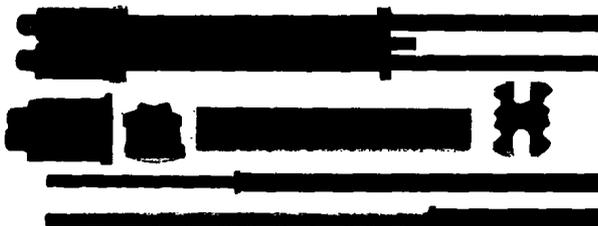


图 22 压力分散型锚索荷载内锚头配件图

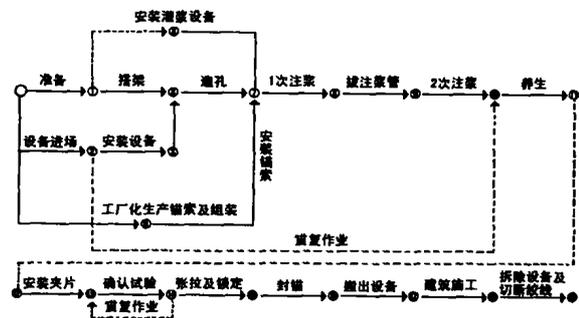


图 24 SW-RCD 锚索施工框图

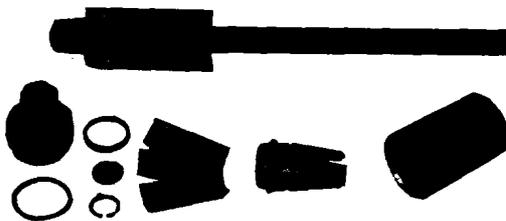


图 23-1 SW-RCD BAT 类型锚索

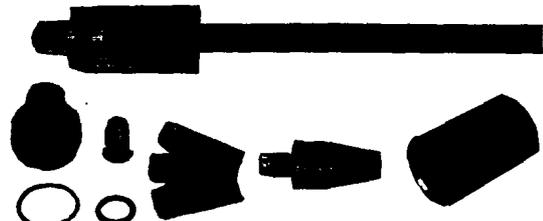


图 23-2 SW-RCD SWING 类型锚索

规格	无粘结绞线根数 ( $\phi 12.7\text{mm}$ )	张拉强度 (ton)	屈服强度 (ton)	许用荷载 (ton)	张拉荷载 (ton)	承载体 (ea)
SW-RCD-50	4	74.8	63.6	44.88	57.24	2
SW-RCD-80	6	112.2	95.4	67.32	85.86	3
SW-RCD-110	8	149.6	127.2	89.76	114.48	4
SW-RCD-140	10	187.0	159.0	112.20	143.10	5

图 23 配件规格

SW-RCD BAT 可除式锚索类型工作原理如图 26。

在锁定锚索时，限位环①处于夹片的上部槽中，这时钢绞线处于锁定状态。工程完工后，为抽出钢绞线，用钢绞线②向上推夹片限位环③使解体的夹片向上移动。在这同时限位环①向限位槽⑤移动，结果限制了夹片向下移动，因此，解除了夹片和钢绞线之间的约束，达到抽出钢绞线的目的。

SW-RCD SWING 可除式锚索类型工作原理如图 27。

在锁定时，拆除螺丝①处于拆除夹片上部槽中，这时钢绞线处于锁定状态。工程完工后，抽出钢绞线时，由于锚头部位碎裂，约束被解除，但钢绞线②和解体夹片③以及解体螺丝①仍承受微小的约束力，这时将钢绞线②旋转，则解体螺丝①向上盖解体空间④移动，结果解除了夹片和钢绞线之间的约束力而解体。

锚索安装以后的整体结构如图 28。

这种锚索结构在岩土工程中的应用实例如图 29。主要应用于挡土工程、高边坡加固工程、浆砌石边墙加固工程、隧道出口边坡安全加固工程以及深基坑边墙锚固工程中。当基坑边墙锚固时，锚索深入临近建筑物基础，则必须把钢绞线抽出。这种锚索结构具有抽出钢绞线的功能。

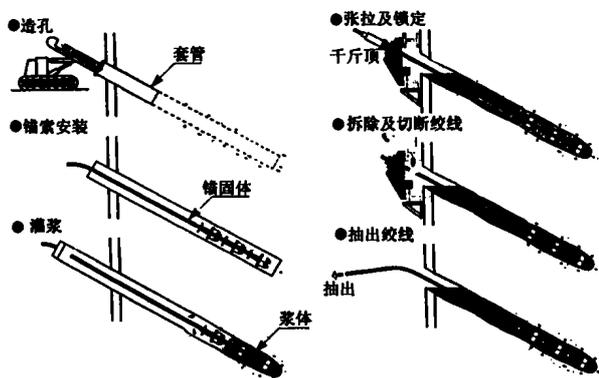


图 25 SW-RCD 可除式锚索施工工序图

台湾大地工程股份有限公司在二十世纪八十年代就开发了荷载分散型锚固结构的锚索类型，称大地 GEL 工法多段式可除地锚，如图 30。这种锚索在台北地下铁路新站深基坑支护工程中应用

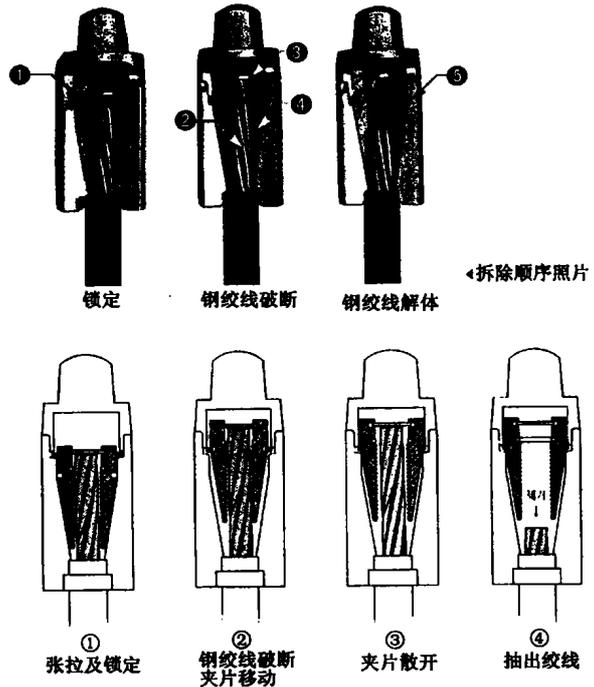


图 26 SW-RCD BAT 可除式锚索类型工作原理

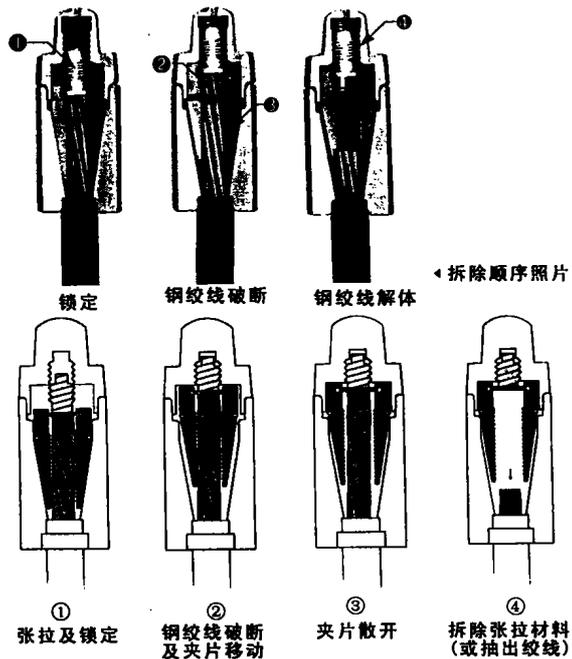


图 27 SW-RCD SWING 可除式锚索类型工作原理

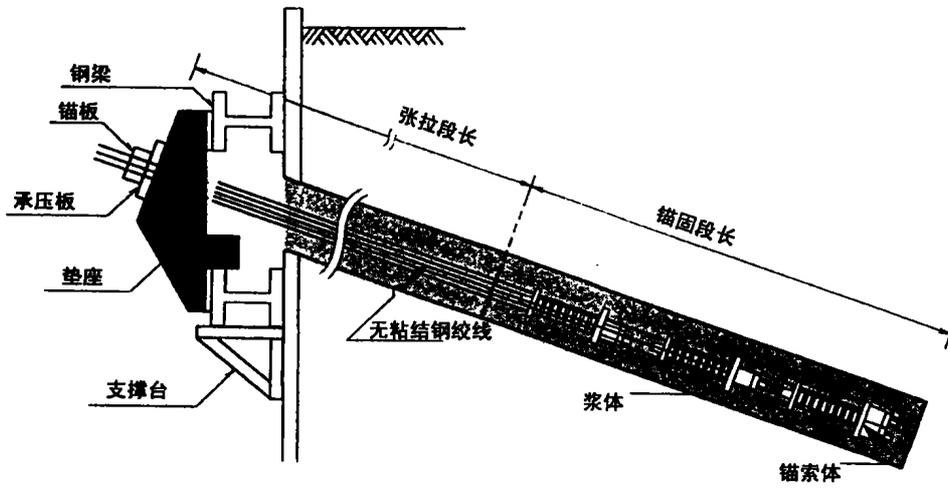


图 28 锚索整体结构图

- 挡土工程
- 深基坑锚固(可除式锚索)
- 隧道出口边坡安全加固
- 软岩石边墙加固
- 高边坡加固

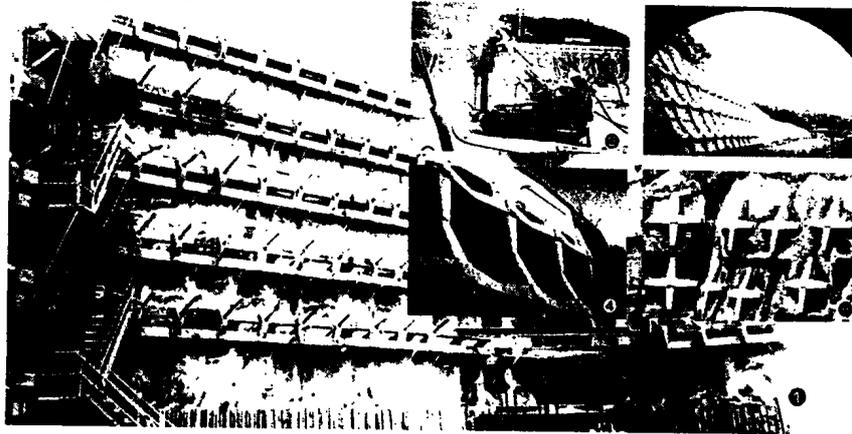


图 29 锚索在岩土工程中的应用实例

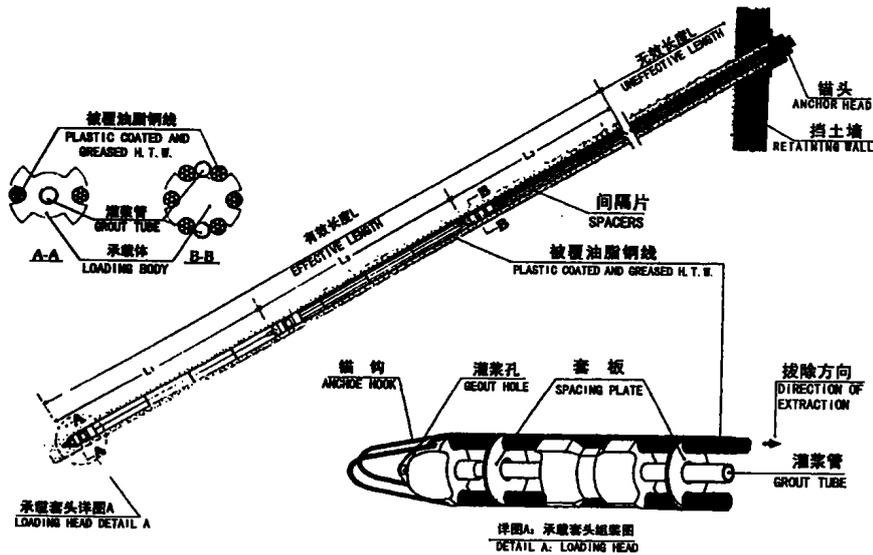


图 30 大地 GEL 工法多段式可除式地锚组装机

总量达8000m,单根锚索长度达60m,锚固荷载达到60吨。当完成基坑支护使命后将钢绞线抽出,以防侵犯临地基础之嫌。

我国荷载分散型锚固结构的类型也多种多样,如拉力分散型(见图31)、压力分散型(见图32)、拉压分散型(见图33)。

美国、澳大利亚、法国、俄国等国家荷载分散型锚固结构也大致类同。

参考文献

- 1、日本,土质工学会研究发表会资料“荷载分散型锚固构造”。
- 2、韩国三友公司,“压力分散型锚固构造的概念及工程应用”。
- 3、台湾大地工程有限公司,“地锚工程的应用”。
- 4、水利部松辽委科学院,国家“七五”科技攻关课题“岩体锚固处理技术的研究”。

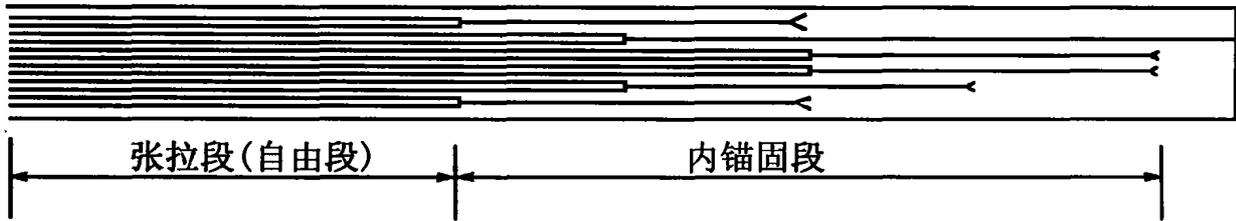


图31 拉力分散型锚索结构

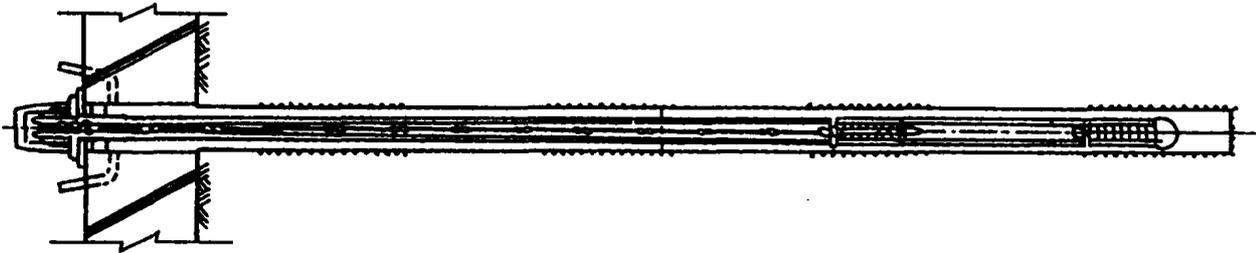


图32 压力分散型锚索结构

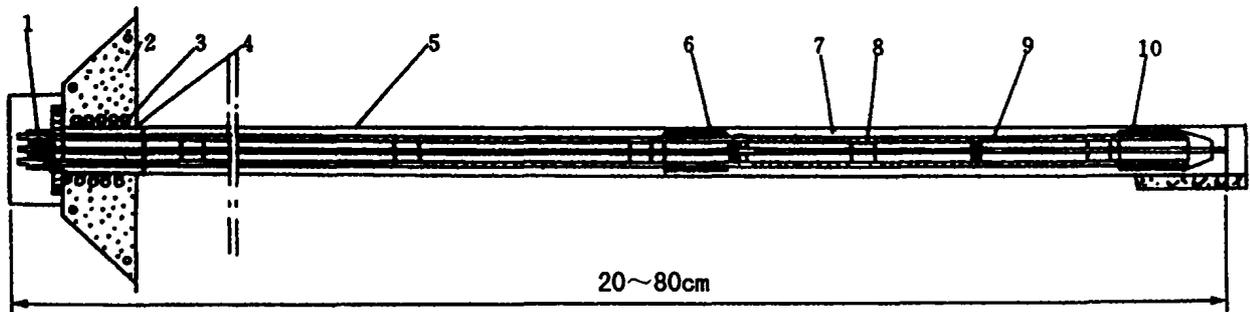


图33 拉压分散型锚索结构

- 1、夹片 2、钢筋混凝土 3、螺旋筋 4、钢管 5、孔壁  
6、外支撑 7、钢绞线 8、内支撑 9、挤压套 10、牵引套