

# 锚索类型的分析

田裕甲 吕兵 黄家齐 唐专林

## 一、概述

目前在加固工程中使用的锚索类型种类繁多,按不同的分类方法可将锚索划分为不同的类型,例如按外锚头的结构形式分为OVM锚、QM锚、XM锚、弗氏锚等;按锚索体种类分为钢绞线锚束、高强钢丝束锚索;按锚固段结构受力状态分为拉力型、压力型、荷载分散型,另外还有可拆除式锚索、观测锚索等。

随着锚固技术的发展,对锚索的要求越来越高,越来越精,特别是永久建筑物要求采用永久防护锚索。对外锚头,要求有可靠的锚固效果,避免产生滑丝等因素造成预应力损失。对锚索体要求具有高强、低松弛以及高防护性能。对锚固段,要求能够提供更高的锚固力,特别是对处于土体中的锚固段,提出更高的要求。锚固段是提供锚固力的根基,由于地质条件复杂,难以确保锚固的可靠性,因此,从改善内锚固段的受力条件出发,完善内锚固段的结构型式,使之提供更高、更稳定的锚固力。

目前从国内的技术发展现状来看,外锚头部位和锚索体材料的技术参数都不难满足锚固技术的需要,因此,国内外都按锚固段的受力状态分类,以便更具有针对性和实用性。

国内按锚固段受力状态分类,则常用的锚索,以拉力型为主,但拉力型锚索在锚固段上部拉应力集中,导致浆体产生开裂,进而影响锚固效果,而压力型锚索和荷载分散型锚索克服了拉力型锚索的不足,不仅受力机理合理,使锚固体

和被加固体提供更高更稳定的锚固力,还可根据被加固体承载力的大小,采用荷载分散型锚索获得了良好的社会效益。下面除了介绍常用的拉力型锚索外重点介绍压力型,特别是荷载分散型等新型锚索,以供推广应用。

## 二、拉力型锚索

拉力型锚索的锚固段是采用纯水泥浆或水泥砂将锚固段部分的锚索体固结在被锚固体的稳定部位,该类锚索采用二次注浆,第一次形成锚固段,第二次是在张拉后进行,主要作用是确保张拉段锚索体的防护,同时也将锚索体的预应力通过浆体的粘结力固结,一旦内外锚头失效也仍将保持预应力。拉力型锚索结构简单,施工方便,造价较低,其结构如图1,但这种锚索作为永久性锚索,其防护性能差,内锚固段受力机理不尽合理,在内锚固段上部应力集中,并随深度衰减,因此在锚固段上部浆体容易开裂大约在0~3m范围内,特别是0~1.0m范围内钢绞线和浆体之间粘结力被剪切破坏,而且在垂直于锚固体轴向出现可见的裂缝,而在1~3m范围内则出现微缝,因此,影响锚固效果。为了确保锚固力往往加长锚固段长度,结果反而增加成本,由此看来拉力型锚索不是最佳选择。

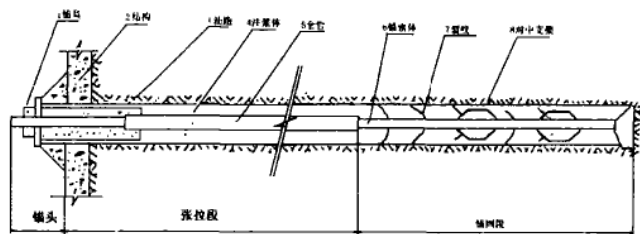


图1 拉力型锚索结构示意图

田裕甲 柳州欧维姆建筑机械有限公司 专家  
吕兵、黄家齐 柳州欧维姆工程有限公司 助工  
唐专林: 柳州欧维姆工程有限公司

### 三、压力型锚索

压力型锚索与拉力型锚索的受力机理不同, 如图2, 压力型锚索荷载分布的特点: (1) 在锚

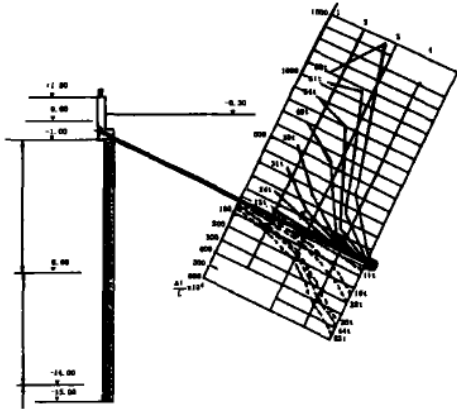


图2 压力型和拉力型锚索的荷载分布图

索的根部荷载大, 靠近孔口方向荷载明显变小, 这样有利于将不稳定体锚定在地层的深部, 充分利用有效锚固段, 从而可缩短锚索长度。(2) 浆体受压, 被锚固体受压范围更大, 可提供更大锚固力。(3) 压力型锚索的锚索体采用无粘结钢绞线, 因而多一层防护措施, 如果采用镀锌或环氧喷涂钢绞线外再包裹一层或二层高密度聚乙烯 (即PE) 套管, 那么具有更高防护性能, 因此, 可作为永久性锚索, 其结构如图3。(4) 下锚索后可一次性全孔注浆, 这样不仅减少注浆工序, 而且即使没施加预应力, 靠浆体和土体的粘结力起到一定的作用, 这地于正在滑动的滑坡体加固是很有必要的。(5) 抗震性能好。

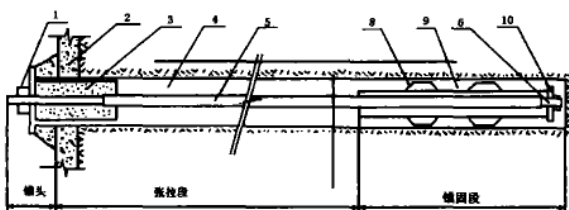


图3 压力型锚索的结构图

胀壳式锚头结构也属于压力型锚索。它是靠机械胀壳将锚头固定在坚硬岩体的钻孔壁上提供锚固力, 因此, 对钻孔壁的承载力和钻孔直径大小有苛刻的严格要求, 其结构如图4。这种锚索

的特点是安装方便, 可迅速提供锚固力, 适合于抢险工程。这种类型的锚索可提供600—1200KN的锚固力。如果胀壳式锚头与无粘结钢绞线组合, 并全孔灌浆, 那么可提供更大的锚固力, 也就成为压力锚索的一种。

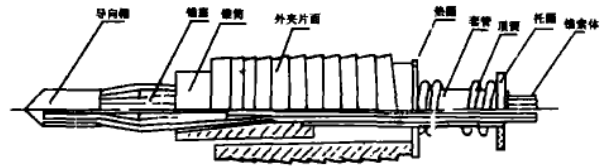


图4 胀壳式锚头结构图

### 四、荷载分散型锚索

目前使用的地锚锚固机构一般为拉力型, 也有少数工程采用压力型, 这两种类型, 将预应力过于集中传递给锚固段的局部部位, 导致锚固体遭受破坏, 即使压力型锚索, 在承载板上部0.25~0.3m范围内的浆体受压破坏。荷载分散型锚索, 将施加的预应力分散在整个锚固段上, 使应力应变分散减小到确保锚固体不受破坏。这种类型的锚索种类多种多样, 大致分为拉力分散型、压力分散型、拉压分散型, 下面介绍分散型锚索结构。

#### 1、拉力分散型锚索

拉力分散型锚索的锚索体均采用无粘结钢绞线, 较简单的拉力型锚索是将处于锚固段中不同长度的无粘结钢绞线末端按一定长度 (视土体承载力, 一般剥除2~3m) 剥除高密度聚乙烯 (PE) 套管, 即变为粘结段, 当浆体固结后, 锚索预应力通过钢绞线与浆体的粘结力传递给被加固体, 从而提供锚固力, 如图5。

也有的无粘结钢绞线外套波纹管, 波纹套管设在锚固段, 并由多段组合, 波纹套管之间由接



图5 拉力分散型锚索结构图

岩土锚固

头套管连接, 波纹套管与接头套管之间可以相对滑动。在不同长度的无粘结钢绞线末端在波纹套管部位剥除与波纹套管同样长度的PE套管。在波纹套管内外注满浆体并固结后, 对锚索体施加预应力时, 通过粘结段与浆体的粘结力将预应力传递给波纹管, 波纹管外浆体至被加固体。接头套管设置在承载力很低的软弱层中, 因波纹套管与接头套管之间可以相对滑动, 这个部位的软弱层, 不承受预应力, 这样通过多段粘结段和波纹管段, 把预应力荷载分散在被加固体上, 从而达到荷载分散的目的, 另外, 因多段接头套管部位不承受预应力, 避免了软弱层产生压缩变形, 如果没有软弱层可不设置接头套管。

2. 压力分散型锚索

压力分散型锚索的锚索体也是采用无粘结钢绞线, 较简单的压力分散型锚索结构是, 在不同长度的无粘结钢绞线末端套以承载板和挤压套。当锚索体被浆体固结后, 以一定荷载张拉对应于承载体的钢绞线时, 设置在不同深度部位的数个承载体将压应力通过浆体传递给被加固体, 这样对在锚固段范围内的被加固体提供被分散的锚固力, 如图6。

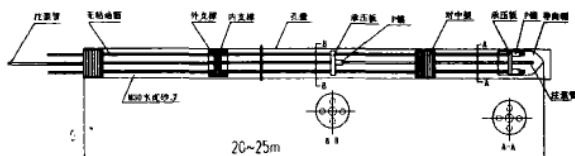


图6 压力分散型锚索结构示意图

还有一种压力分散型锚索是一根或数根无粘结钢绞线上, 按一定间隔 (视被加固体的承载力大小, 设置间隔为1~3m) 设置挤压套和承载板, 挤压套为特殊可滑动结构, 其滑动间隙可按下式计算得:

$$S_1 = 0 \text{ mm (固定端)}$$

$$S_2 = p \cdot l/n \cdot A \cdot E \cdot S_1$$

$$S_3 = 2p \cdot 2l/n \cdot A \cdot E \cdot S_2$$

$$S_4 = 3p \cdot 3l/n \cdot A \cdot E \cdot S_3$$

$$S_5 = 4p \cdot 4l/n \cdot A \cdot E \cdot S_4$$

S——特殊可滑动挤压套的移动量 (mm)

n——特殊可滑动挤压套个数 (个)

p——张拉力 (kg)

l——承载体间隔 (mm)

A——张拉钢材断面积 (mm<sup>2</sup>)

E——张拉钢材弹性模量 (kgf/mm<sup>2</sup>)

这种类型的锚索结构如图7。

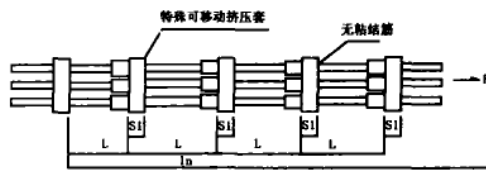


图7 另一种压力分散型锚索结构示意图

剪力型锚索也是荷载分散型的一种, 它的结构是在不同长度的无粘结钢绞线末端用环氧砂浆粘结, 靠剪力和压力将预应力分散作用于锚固段, 其结构如图8。

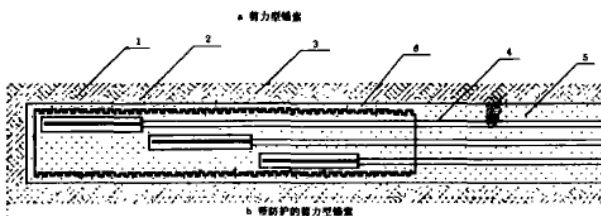
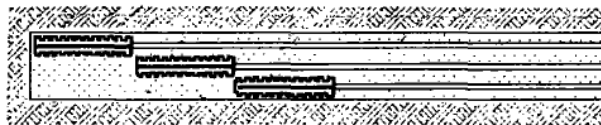


图8 剪力分散型锚索结构图

3. 拉压分散型锚索

拉压分散型锚索是在两根 (或四根) 无粘结钢绞线下部剥除1~3mPE套管, 变成拉力型锚固段, 在无粘结段上部安装可移动挤压套和承载板, 变成压力型锚固段, 在另外两根 (或四根) 无粘结钢绞线上也按上两根那样处置, 然后将它们编制在一起, 编索时, 无粘结段呈台阶状布

(下转第18页)

## 体外索

用0.53吨。而试设计采用标准化的节段预制、逐跨施工,在现场只有拼装作业,变化预制节段数可适应21-36米的不同跨径。预应力管道线型简洁,布置方便,变化预应力钢束粗细可适应不同跨径,而与混凝土施工无关。由于在施工中没有立支架、立模板、绑扎钢筋和现场浇注等繁杂工序,大大减轻了现场施工难度。设计方案在施工中虽然需要较大的桥墩支架和钢制假设梁,初期投入较大,但轻轨交通线路较长的特点决定了这些设备将大量地重复使用,初期费用将可以在重复使用中得以回收。在施工管理方面,基本避免了对线路周围环境和交通的影响,大大减轻了对现场施工组织的压力,由于这种施工方式对周围交通环境的影响仅在施工的这一跨,故完全可以采用敞开式的施工。

采用设计方案的施工方法,施工速度将比现在的满堂支架施工大大加快,施工周期大为缩短。箱型梁在采用整体现浇的施工方法时,由于立模板的原因,截面通常需要分层浇注,也就是说,至少需要等两次的混凝土到达龄期时间,再加上各道工序,施工一跨时间至少需要一月有

余。而采用设计方案的方法,由于在下部结构施工的同时可以预制上部结构,现场结构施工和预应力施工量小,故一跨的现场施工时间可以仅为几天。其所带来的经济效益和社会效益是显而易见的。

### 参考文献:

1. 徐栋、项海帆,“节段施工体外预应力桥梁的极限强度分析”,同济大学博士论文,1998.11
2. 谢红兵译,“节段式混凝土桥梁设计和施工指导性规范(一)”,国外桥梁,1993.4, pp.297-315
3. 严国敏译,“采用斜索加强的混凝土桥的结构特性——斜拉桥与部分斜拉桥”,桥梁信息资料N96-03,铁道部大桥设计院技术室,1996.2V
4. MARTA Rapid Transit Bridges, PCI JOURNAL, Vol. 30, No.6, Nov.-Dec., 1985, pp.189-194
5. Virlogeux, M.P., External Prestressing: From Construction History to Modern Technique and Technology. External Prestressing in Bridges, ACI sp-120,1990
6. Rabbat, B.G., and Sowlat, K., Testing of Segmental Concrete Girders with External Tendons, PCI JOURNAL, Vol.32, No.2, Mar.-Apr., 1987, pp.86-107
7. MacGregor, R.J.G., Kreger M.E., Breen, J.E., Strength and Ductility of a Three-Span Externally Post-Tensioned Segmental Box Girder Bridge Model, External Prestressing in Bridges, ACI sp-120,1990

(上接第31页)

置,如图9,这样就可以形成拉压分散型锚索。它可以提供比拉力分散型、压力分散型更为均匀

的锚固力,据实验可知,拉压分散型锚索塑性滑移前的抗拔能力较拉力分散、压力分散型锚索均有较大提高。

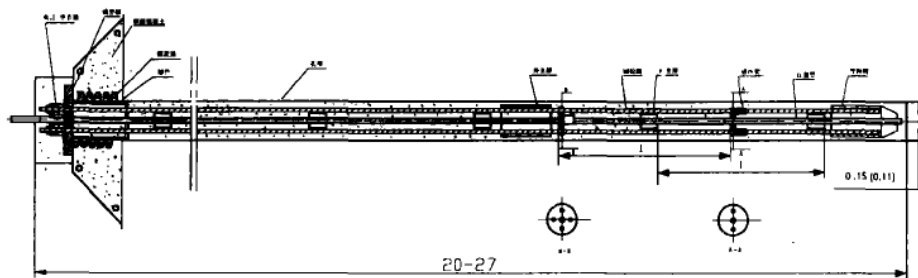


图9 拉压分散型防护锚索