水文·工程·环境

钢管桩与预应力锚索在公路路堑高陡边坡中的综合应用

周斌良, 吴　刚, 李　勇
(贵州省桥梁工程总公司, 贵州　550018)

[摘　要] 本文通过介绍镇水公路 K62+374—K62+500 段路堑右上边坡坡口线拦渣墙失稳的岩土工程条件, 解析治理方案选用的理论依据, 通过理论计算分析, 根据实际情况采用钢管桩与预应力锚索、喷射水泥砂浆封闭坡面等综合性工程治理措施。

[关键词] 路堑边坡　钢管桩　预应力锚索　工程治理
[中图分类号] TD824.7　[文献标识码] A　[文章编号] 0495-5331(2009)04-0479-05

Zhou Bin-liang, Wu Gang, Li Yong. The application steel pipe stake and prestressed anchor rope in the construction steep and high slope of highway cut[J]. Geology and Exploration, 2009, 45(4): 479-483.

镇水公路 K62+374-K62+500 段路堑右上边坡位于贵州省六枝特区中寨乡, 路线类型为山坡线, 场区属于陡坡分布区, 坡度 40°~65°陡斜, 覆盖层为修筑镇水公路碎块石弃方[1]堆积体和残坡积粘土。受地形因素、岩层产状、填方密实度及地表水影响, 下坡口线拦渣墙失稳[2]发生拦渣墙及其内侧的碎块石废渣弃方沿坡口线坠落, 严重危及该段路堑的行车及行人安全。该边坡位于一岩质边坡顶部, 介于三线同坡的中线和下线之间, 两线相邻。目前坡比 1∶1.73~1∶2.75, 坡面表层为修筑 K61+900-K62+026 段路堑时, 在其右下边坡堆积的弃方体, 厚度 1~6m, 其物质组成为人工砂、碎石、块石、碎块, 成分为中风化白云岩及少量泥块, 呈棱角状、次棱角状, 粒径 0.1~1.0m 不等, 夹 2.0~3.0m 巨块, 级配差, 为弃渣边坡, 破坏后果严重, 安全等级一级。

1　场区工程地质与水文地质

1.1　边坡岩(土)性

1.1.1　土体

(1) 人工填筑碎块石土(Q^{me})

分布在路堑边坡范围内, 厚度 0.40~6.60m。黄褐色、灰白色碎块石及粘土混杂堆积。碎块石成分为弱风化灰岩, 粒径 0.5~70.0cm 不等, 含量 50%~70%, 结构松散至稍密。

(2) 残坡积粘土(Q^{ei+dl})

分布在路堑边坡范围内, 厚度 0.7~4.1m。黄色坡积软至硬可塑状粘土。含碎石, 碎石成分为弱风化灰岩, 粒径 0.3~7.0cm 不等, 含量 3%~7%。路堑边坡在地形因素及层面渗透的地表下渗水的作用, 该层软化变形, 沿路堑边坡左侧临空面位移, 造成本段路堑边坡失稳。综合考虑雨季因素, 经岩土测试及反算滑塌带粘土的力学参数为 $C=5kPa$, $\phi=38°$。

1.1.2　岩体

二叠系下统茅口组(P_{1m})。灰色弱风化灰岩, 岩层产状为 290°∠56°。节理发育, 产状为 68°∠56°和 127°∠43°两组"X"型共轭节理最为发育。

1.2　地形地貌

场区地处贵州高原切割较大斜坡地带, 典型构造溶蚀—剥蚀切割峡谷地貌, 两岸谷坡以中高山为主。场区路基沿一条"V"字形冲沟斜坡穿过, 路基左侧地势较低, 左侧位于山体斜坡下部, 自然坡度 40°~65°之间, 该路堑右上边坡属于溶蚀峡谷陡坡。

1.3　水文地质

场区地下水主要靠大气降水的补给, 并向冲沟及坡面等低洼处排泄。水介质的危害主要表现在雨季, 特别是受暴雨影响, 因短时间大量坡面地表下渗水, 渗入孔隙比大的不稳定的碎块石土层内, 地表水

[收稿日期] 2008-11-04; [修订日期] 2009-06-01。[责任编辑] 王　梅
[第一作者简介] 周斌良(1974 年—　), 男, 1999 年毕业于广州工业大学, 学士学位, 副总工程师, 从事岩土工程勘察设计、施工检测工作。

使残坡积粘土表层发生软化和润滑,土体的力学性质降低。同时,地表水软化润滑了路堑边坡碎块石土和残坡积粘土的接触带,路堑边坡上的碎块石土在自重作用下顺坡发生位移,路堑边坡上的主动防护网拉裂发生边坡失稳等地质灾害,是该路堑边坡变形失稳的根源所在。

1.4 不良地质现象

(1) 失稳路堑边坡位于陡斜坡上,岩层产状为290°∠56°,岩层为顺坡向产出。

(2) 由于大气降水沿碎块石土空隙渗透至路堑边坡的残坡积粘土中,地表水使残坡积粘土发生软化和润滑,形成路堑边坡的软弱带,造成路堑边坡的不稳定。

(3) 路堑边坡碎块石土弃方虽在施工时已按设计要求作主动防护处理,但边坡坡度陡,边坡碎块石土弃方量大,在碎块石土弃方自重压力作用下,向路堑边坡左侧坡面的临空面产生位移,造成路堑边坡中上部和左侧临空边坡的不稳定。

(4) 雨季,特别是暴雨季节,大量地表下渗水对不稳定岩土体及软弱分界面产生软化、托浮[3]、润滑作用,加剧了路堑边坡碎块石土弃方向左侧临空陡坡面的不稳定性。

2 治理方案选用的理论依据

2.1 钢管桩

基于钢管桩横向抗剪抗弯、桩体本身体积小不破坏地基完整性的多重性能,采用钢管桩钢筋砼将单位钢管桩个体有机结合成整体,具有以下特点:

(1) 抗剪抗弯强度高

钢管微桩目前大多采用 A3 号低碳普 20 或 D40 钢管,材料的抗压、抗拉、抗剪抗弯强度高,一般来说,抗压屈服强度达 320 ~ 450MPa,且抗弯能力强。

(2) 品种多,选用余地大,不需定型生产[4]

目前市场上可选用的钢管直径有 32 ~ 630mm,壁厚 2.5 ~ 45mm,规格多达几十种。但应用于钢管微桩的钢管宜选择直径为 60 ~ 108mm,壁厚为 3.5 ~ 6.5mm 的普 20 或 D40 钢管。

(3) 桩长易调整,材料浪费少

钢管的标定每节长度为 6.0 ~ 12.0m,采用丝扣接长,当持力层埋深变化时,根据施工的实际情况可以任意调整,综合下料、编号,不会造成浪费,并能准确控制桩长至桩顶设计标高,对施工极为有利。

(4) 施工速度快,不受周边条件限制

钢管每节采用编号丝接,接口后 1 ~ 3 min 即可压桩,接桩方便,间歇时间短,桩身强度高。在高边坡加固工程中适应性极强,是其它桩型所无法替代的。

2.2 预应力锚索

预应力锚固技术是通过对滑坡体结构面施加预应力起到抗滑和加固的作用,其最大的特点是能够充分利用岩土体自身强度和自承能力,大大减轻结构自重,节省工程材料,是高效和经济的加固技术,具有以下特点:

(1) 具有一定的柔性

锚索是一种细长受拉构件,柔度较大,具有柔性可调的特点,用于加固岩土体时能与岩土体共同作用,充分发挥两者的能力。

(2) 深层加固

预应力锚索的长度,可根据工程需要确定,加固深度可达数十米。

(3) 主动加固

通过对锚索施加预应力,能够主动控制岩土体变形,调整岩土体应力状态,有利于岩土体的稳定性。锚索是一种细长受拉构件,柔度较大,具有柔性可调的特点,用于加固岩土体时能与岩土体共同作用,充分发挥两者的能力。

(4) 施工快捷灵活

预应力锚索施工采用机械化作业,具有工艺灵活,施工进度快、工期短、施工安全等特点,用于应急抢险更具有独特优势。

(5) 经济性能好

预应力锚索既可单独使用,充分利用岩土体自身强度,从而节省大量工程材料,同时可与其它结构物组合使用,改善其受力状态,节省大量的圬工,具有显著经济效益。

3 设计计算

3.1 设计荷载确定

3.1.1 计算参数取值

弃方堆积滑坡体计算强度指标是依据室内土工实验资料和滑坡变形破坏特征进行反算综合得出,强度指标选取为粘聚力 $C=5\text{kPa}$,内摩擦角 $\phi=38°$。在进行设计荷载计算时,现状情况下的稳定系数取 1.05,地震取 1.0,地震+暴雨取 0.96。滑坡推力安全系数[5]取 1.20。

滑带强度指标力学参数反演公式[6]如下:

$$C=\frac{K_s\sum W_i\sin a_i-\tan\phi\sum W_i\cos\alpha_i}{L}$$

$$\phi = \arctan\left(\frac{K_s \sum W_i \sin a_i - CL}{\sum W_i \cos \alpha_i}\right)$$

式中,C—粘聚力,kPa;ϕ—内摩擦角,(°);K_s—滑坡推力安全系数,一般可取 $K_s=1.05\sim1.25$;W_i—第 i 计算条块滑体重量,kN/m;α—滑动面倾角,(°);L—滑动面长度,m。

3.1.2　剩余下滑力计算

根据滑动面的变坡点和抗剪强度指标变化点,将滑体分成若干块,从最上面一块开始,逐块计算剩余下滑力,最下面一块的剩余下滑力即为滑坡推力。

传递系数法滑坡推力[7]公式:

$$F_i = KT_i + \psi_i F_{i-1} - N_i \tan\phi_I - c_i l_i$$

$$\psi_i = \cos(\theta_i - \theta_{i+1}) - \sin(\theta_i - \theta_{i+1}) \cdot \mathrm{tg}\phi_i$$

式中,F_i—第 i 块段滑体的剩余下滑推力,当 $F_i<0$ 时,取 $F_i=0$;K—滑坡推力安全系数;ψ_i—第 i 计算条块剩余下滑力向第 $i+1$ 块的传递系数;l_i—第 i 计算条块滑动面长度(m);θ_i—第 i 计算条块底面倾角(°);N_i—第 i 计算条块滑体在滑动面上法线上的反力(kN/m);T_i—第 i 计算条块滑体在滑动面切线上的反力(kN/m)。

经计算得:$F=283.26$kN

3.2　钢管混凝土桩设计计算

3.2.1　钢管混凝土柱强度验算

设定钢管混凝土桩所受滑坡推力为 138 kN,钢管直径 $D=76$mm ,壁厚 5.5mm。

钢管桩锚固长度:

$$L_a \geqslant \frac{N_{ak}}{\xi_1 \pi D f_{rb}} = 1.0\text{m}$$

$$N_{ak} = A_s f_y$$

式中,L_a 为钢管混凝土桩锚固长度,m;N_{ak}为钢管轴向拉力标准值,kN;ξ_1 为锚固体与地层粘结工作条件系数,对永久性锚固工程取 1.0;D 为锚固体直径,取 $D=0.11$m;f_{rb}为岩石与锚固体粘结强度特征值,取 $f_{rb}=550$kPa;A_s 为钢管横截面面积,mm^2;f_y 为钢管抗拉强度设计值,取 $f_y=300$MPa。

为充分利用桩身强度,考虑坡面表层 1.5m 范围内岩石节理裂隙发育,特将计算锚固长度加深 1.5m,钢管锚固长度取 2.5m。

钢管混凝土的纵向间距取 0.5m,作用在钢管砼柱上的推力 P 为集中荷载

$$P = 0.5 \times 138 \times \cos 32.35 = 58.29\text{kN}$$

取钢管混凝土柱的跨度取 $l=7.2$m

设计弯矩 M 取钢管混凝土的 1/3 截面处弯矩 $M_{1/3}$与锚固端弯矩 M 固端的大值

$$M_{\frac{1}{3}} = \frac{P\left(\frac{l}{3}\right)^2\left(3l - \frac{l}{3}\right)}{2l^3} \times \frac{2}{3}l = 41.57\text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{锚固端} = \frac{P \times \frac{2}{3}l \times \left(l^2 - \left(\frac{2}{3}l\right)^2\right)}{2l^2} = 77.93\text{kN}\cdot\text{m}$$

设采用 3 排钢管混凝土柱,间距 50cm×30cm,则内力抵抗矩 $M_{抗}$(钢管抵抗矩)验算:

$M_{抗} = \gamma_s A_s h_0 f_y = 0.725 \times 632.51 \times 600 \times 300 \times 10^{-3} = 82.5\text{kN}\cdot\text{m} > 77.93\text{kN}\cdot\text{m}$,满足设计要求。

3.2.2　钢管混凝土柱剪力验算

(1) 钢管混凝土柱剪刀

$$V = \frac{P \cdot \frac{2}{3}l\left(3l^2 - \left(\frac{2}{3}\right)^2\right)}{2l^3} = 49.8\text{kN}$$

式中,V—钢管混凝土柱的剪力,kN;l—钢管混凝土柱的跨度,m;

(2) 钢管混凝土柱抗剪承载力[8]

查表取 $\xi=4.09$,$\alpha=0.16$。

$$f_{scy} = (1.14 + 1.02\xi) f_{ck}$$

$$= (1.14 + 1.02 \times 4.09) \times 11.9 = 63.21\text{MPa}$$

$$f_{scvy} = (0.385 + 0.25\alpha^{1.5})\xi^{0.125} f_{scy}$$

$$= (0.385 + 0.25 \times 0.16^{1.5}) \times 4.09^{0.125} \times 63.21$$

$$= 30.23\text{MPa}$$

$$V_u = \gamma_v A_{sc} f_{scvy}$$

$$= 0.85 \times 4500 \times 30.23 \times 10^{-3} = 115.63\text{kN} > V$$,满足设计要求。

式中,V_u—钢管混凝土柱抗剪强度承载力,kN;ξ—约束效应系数;α—钢管混凝土构件截面含钢率;f_{scy}—钢管混凝土轴心受压时的强度指标,MPa;f_{ck}—混凝土轴心抗压强度标准值,MPa;f_{scvy}—钢管混凝土纯剪切时的强度指标,MPa;γ_v—抗剪强度承载力计算系数;A_{sc}—钢管混凝土横截面面积,m^2。

3.3　预应力锚索设计计算

钢管桩钢筋混凝土拦渣墙上拟设置 1 排锚索,则钢管桩为一次超静定结构。

3.3.1　锚索设计锚固力[9]

$$Pt = F/[\lambda \sin(\theta+\beta)\mathrm{tg}\phi + \cos(\theta+\beta)]$$

式中,F—滑坡下滑力,kN;λ—折减系数,与边坡岩性及加固厚度有关,在 0 ~ 1 之间选取;θ 为锚索与滑动面相交处滑动面倾角,(°);β—锚索与水平面的夹角(锚固角),取 $\beta=20$,(°)。

3.3.2　整治每延米滑坡所需锚索钢铰线根数

$$n = F_{s1} \cdot Pt/Pu$$

式中，n—每孔锚索钢铰线的根数；F_{s1}—钢铰线安全系数，$F_{s1}=1.7\sim2.0$，通常取 1.8；Pt—设计锚固力，kN；Pu—钢铰线极限张拉荷载，取 $Pu=259$kN。

3.3.3 锚固段长度

锚索的锚固段长度采用下列 L_{sa}、L_a 中的大值。

水泥砂浆与锚索张拉钢材粘结强度确定锚固段长度 $L_{sa}=(F_{s2}\cdot Pt)/(\pi\cdot ds\cdot\tau_u)$。

锚固体与孔壁的抗剪强度确定锚固段长度 $L_a=(F_{s2}\cdot Pt)/(\pi\cdot d_h\cdot\tau)$

式中，ds—张拉钢材外表直径（束筋外表直径）（m）；d_h—锚固体（即钻孔直径）直径（m）；τ_u—锚索张拉钢材与水泥砂浆的极限粘结应力，按砂浆标准抗压强度的 10% 取值（kPa）；τ 为锚孔壁与水泥砂浆的极限剪应力（kPa）。

经计算得：$Pt=177.60$kN/m；$n=5$ 根；$L_{sa}=2.27$m，$L_a=7.91$ m，取 $L_a=8.0$m。

4 工程治理措施

4.1 拆除原浆砌片石拦渣墙

4.2 清方

清除坡口线一带松散碎块石弃方及沿坡口线坠落的碎块石废渣废方。

4.3 设置钢管桩钢筋砼拦渣墙

在坡口线位置原拦渣墙内侧 1.0m 处设置一道长度为 40m 的钢管桩钢筋砼拦渣墙，墙体嵌入现坡面线以下 0.5m（垮塌区墙体基底以现坡面线为准），出露现坡面线以上 1.0m（垮塌区墙体经内侧回填后与邻近现坡面线平齐以上 1.0m 为准），砼强度 C30。钢管桩呈梅花形布置 3 排，排距 0.3m，孔距 0.5m，孔径 ϕ110mm，钢管规格为 ϕ76×5.5mm 的普 20 钢管，嵌岩 2.5m，出露现坡面线 0.95m，各孔将钢管下入孔底后通过钢管进行灌浆[10]，将钢管内外密实灌满 0.5∶1 的纯水泥浆（钢管外围直接与堆积层和残坡积土层相接触的部份要求用环氧树脂包裹钢管）。采用 ϕ14mm 螺纹钢筋以 0.5m 间距斜双向与钢管桩焊接，外围以 0.4m 间距依次与钢管桩焊接，一起构成钢管钢筋网。墙高 1.5～4.5m（其中未垮塌区墙高 1.5m，垮塌区墙高 1.5～4.5m），墙体等厚 0.8m，砼强度 C30。

在浇筑墙体时注意预留预应力锚索孔与泄水孔，其中锚索孔间距 4.0m，孔径 ϕ110mm，距现地面线以下 0.25m；泄水孔间距 1.5m，尺寸 10cm×10cm，距现地面线以上 0.3m。对垮塌区拦渣墙内侧临空区域采用碎石土回填逐层夯实。钢管桩钢筋砼拦渣墙应分段（12～15m 为一段）施工，施工过程中注意钢管桩钢筋砼拦渣墙钢筋的搭接。

4.4 设置预应力锚索

4.4.1 设计参数

（1）锚索间距：4.0m

（2）锚索布置及锚索长度：共布置 10 根锚索，预应力锚索自由段平均长 7.5m，锚固段平均长 8.0m。

（3）锚索标准规格：国标 7 丝标准型 5ϕ15.2mm，$R_y^b=1860$MPa。

（4）钢铰线安全系数：$F_{s1}=1.8$ 锚固体抗拔安全系数：$F_{s2}=2.5$

（5）注浆管：ϕ25mm 高压胶管或塑料软管

（6）锚座：C25 现浇钢砼，尺寸 0.84m×0.84m×0.6m，嵌入钢管桩钢筋砼拦渣墙内。

（7）锚索设计锚固力：$Pt=177.60$kN/m

（8）稳定岩层极限抗压强度 $R=36\times10^3$kPa

4.4.2 设计要点

（1）预应力锚索布置于拟设计钢管桩钢筋砼拦渣墙顶面以下 1.0m 位置。

（2）锚孔孔径 ϕ130mm，倾斜度 20°。

（3）锚索孔内自孔底一次性压满 M35 水泥砂浆，锚索自由段采用防护油及 ϕ22mm 聚乙烯塑料套管隔离。

（4）每根锚索设计施加压力 710.40kN，张拉为两次四级张拉，二级为一次，每次张拉间隔时间大于 30min，每级间隔时间 5～10 min，每级张拉荷载控制为 20% 的设计值。

（5）在施加预应力完毕直至压力表无返回现象后，方可进行锁定作业，切除外露的多余钢绞线。

（6）锚索锁定在 C30 钢管桩钢筋砼拦渣墙内。

（7）锚索最后锁定施加预应力为设计拉力的 110%，稳定时间不少于 5 min。

（8）选择不少于锚索总数的 5% 且不少于 3 根锚索做张拉试验，坡面每根锚索施加 781.44kN 拉力。

4.4.3 施工要点

（1）锚索施工按照造孔→下锚→压浆→张拉→封锚的顺序进行，锚座锚垫板面须与锚索垂直，锚固段锚索必须清污除锈，油脂保持洁净，自由段锚索需作防腐处理，压浆采用孔底注浆法，浆液先稀后浓，注浆压力不宜小于 0.6～0.8MPa。M35 水泥砂浆加入水泥重量 1.5% 的速凝剂和 6‰的膨胀剂（铝粉），水泥标号 PO42.5。预应力锚具采用 OVM 群锚体系及

其相应张拉设备,并符合 GB/T5224—2003 标准。

(2) 锚索张拉须待孔内砂浆及钢管桩钢筋砼拦渣墙达到设计强度的 90% 后方可进行。

(3) 锚座必须嵌入钢管桩钢筋砼拦渣墙内。

(4) 锚索设计长度系指钢管桩钢筋砼拦渣墙外侧面至导向帽顶端的距离,本设计锚索设计长度 13.50 ~ 17.50m(平均长度 15.50m)。

4.5　坡面喷射水泥砂浆封水体系

利用坡面原有挂设的 FN 钢绳网采用喷射混凝土[11]的形式,使水泥砂浆与 FN 钢绳网粘结成整体对坡面实施封闭。

5　结束语

(1) 在陡立的坡口线位置采用钢管桩钢筋砼拦渣墙替代常规设计中的浆砌片石拦渣墙或抗滑桩,使管桩墙体能有效提供墙底的摩阻力防止因废渣弃方边坡沿坡口线剪出而坠落。

(2) 山区公路路堑边坡采用预应力锚索与钢管桩进行变形失稳治理,设计计算中运用预应力锚索桩设计的基本原理,施工中灵活结合其它辅助措施进行有效防治,从根源上防止路堑高边坡稳定性进一步恶化,变被动支挡为主动加固,可改善和提高滑移面的抗剪强度,调整改善边坡岩土体的应力状态,施工速度快,适应性强,具有显著经济效益。

[参考文献]

[1] 公路路基设计规范[S](JTG D30-2004).北京:人民交通出版社,2004:21.
Specification for design of Highway Subgrades[S] . Bejing : China Communications Press ,2004:21.

[2] 公路路基施工技术规范[S](JTJ F10-2006).北京:人民交通出版社,2006:17.
Technical Specification for Construction of Highway Subgrades[S] (JTJ F10-2006). Bejing : China Communications Press ,2006:17.

[3] 刘世凯,陆永清,欧湘萍.公路工程地质与勘察(公路与城市道路、桥梁工程专业用)[S](JTJ F10-2006).北京:人民交通出版社,2000:104.
Liu Shi-kai, Lu Yong-qing ,Ou Xiang-ping . Highway Engineering Geology and investigation (roads and urban roads, bridges engineering use) [S] (JTJ F10-2006). Bejing : China Communications Press ,2000:104.

[4] 阮长青.钢管桩设计中的若干问题探讨[J].地下空间,2003,4(5):45 ~ 48.
Ruan Chang-qin . Discussion on Some Problems in Design of Steel-tube Piles[J]. Underground Space and Engineering, 2003,4(5):45 ~ 48 .

[5] 公路设计手册:路基.第二版[M].北京:人民交通出版社,2004:243.
Highway Design Manual: Subgrade, Second Edition [M]. Beijing: China Communications Press,2004:243.

[6] 滑坡防治工程设计与施工技术规范[S] (DZ/T 0219-2006).北京:中国标准出版社,2004:6.
Specification of design and construction for landslide stabilization [S] (DZ/T 0219-2006). Bejing : Standards prass of china, 2004:6.

[7] 铁路路基支挡结构设计规范[S](TB 10025-2001 J 127-2001).北京:中国铁道出版社,2001:44.
Code for design on retaining engineering structures of railway subgrade[S] (TB 10025-2001 J 127-2001) . Beijing:China railway publishing house ,2001:44.

[8] 韩林海,杨有福.现代钢管混凝土结构技术(第二版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007:84 ~ 90.
Han Lin-hai, Yang You-fu. Modern technology-filled steel tube structure (Second Edition) [M]. Beijing: China Architecture & Building Press,2007:84 ~ 90.

[9] 李海光.新型支挡结构设计与工程实例[M].北京:人民交通出版社,2004:329 ~ 332.
Li Hai-guang . Retaining the structure of the new design and engineering examples[M]. Bejing : China Communications Press , 2004:329 ~ 332.

[10] 林宗元.岩土工程治理手册 [M].北京:中国建筑工业出版社,2005:19.
Lin Zong-yuan . Management of Geotechnical Engineering Manual [M]. Beijing:China Architecture & Building Press,2005:19.

[11] 林宗元.简明岩土工程勘察设计手册(下册)[M].北京:中国建筑工业出版社,2003:327.
Lin Zong-yuan . Concise Handbook of Geotechnical Engineering Survey and Design(Next List) [M]. Beijing:China Architecture & Building Press,2003:327.

The Application of Steel Pipe Stake and Prestressed Anchor Rope in the Construction of Steep and High Slope of Highway Cut

ZHOU Bin-liang, WU Gang, LI Yong

(*Guizhou province Bridge Engineering Corporation*, *Guiyang Guizhou*, 550018, *China*)

Abstract: This article introduced engineering geological conditions about block dregs wall at right slope cut in Zhenshui highway k62+374-k62+500 part, analyzed theoretical basis of applying for practical improvement plan. Through theoretical calculation and physical reality, improving measures like steel pipe stake and prestressed anchor rope were adopted, and cement plaster injection was undertaken to close slope.

Key words: slope of cut, steel pipe stake, prestressed anchor rope, improving measures