

文章编号: 0451-0712(2004)12-0116-05

中图分类号: U417.1

文献标识码: B

预应力锚索桩板式高挡墙的设计与应用

罗维宏, 方向池, 李 鑫, 王兴国

(云南省公路规划勘察设计院 昆明市 650011)

摘 要: 介绍了云南省个旧~冷墩二级公路 K22+336~K22+520 段路基右侧上、下排预应力锚索桩板式高挡墙(最大高度达 44.13 m)的设计、计算与分析和使用效果。该工程是路基设计中,国内外极为少有的预应力锚索桩板式高挡墙典型实例。

关键词: 预应力锚索桩板式高挡墙; 设计; 应用

云南省地处云贵高原西部,是一个多山的省份,境内地形起伏大,地形、地貌、地质条件极为复杂,因此,在云南省建设高等级公路的条件极为艰巨。

云南省红河州个旧~冷墩二级公路,是红河州州府个旧市连接红河、元阳、金平、绿春等州县的主要经济干线,全长 35 km,较原有老路缩短里程 16 km,通车后,可节省 1 h 以上的行驶时间。在该段公路 K22+336~K22+520 段,处于路线回头弯和陡坡路段,路线所经地形自然横坡达 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$,沟底到山顶高差约 1 000 m,同时该段公路断裂构造发育,岩体破碎。在该段路线范围内,滑坡等不良地质发育。从 1997 年开始施工后,工程建设指挥部多次组织有关专家和工程技术人员对该路段进行了多次方案论证和现场踏勘,其中包括路基方案、顺路线的桥梁方案、调整平、纵线形采用桥梁跨越该处深沟等方案,但均因地形、地质及工程造价高、施工工期长等因素,无法实施。经过长达 3 年数次勘察设计,至 2000 年下半年,在该项目其余路段均已成形的情况下,K22+336~K22+520 段路线再次经过工程技术人员在详细研究工程地质状况和认真分析勘察资料的基础上,本着“技术可行、经济合理”和“一次处治、不留后患”的原则,多方论证,最终采用了 44.13 m 高度的上、下 2 级预应力锚索桩板式高挡墙方案。

1 地形、地貌和地质条件

1.1 地形、地貌

该段公路位于构造侵蚀中低山地貌区,并处于山

区向红河河谷过渡的斜坡地带。K22+336~K22+520 段位于深切河谷谷坡脚地带,与河床高差 20~55 m,路线纵向与斜坡走向一致。该段地形横坡十分陡峻,K22+336~K22+375 段地形横坡 $50^{\circ}\sim 55^{\circ}$,路中线右侧 10~25 m 为 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 陡坎,陡坎高度 15~20 m。坡脚处于河流凹岸侧向冲刷地段。K22+375~K22+430 段地形横坡 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$,因坡脚处于河流凹岸侧向冲刷而形成 2~6 m 高的陡坎。K22+430~K22+520 段地形横坡 $45^{\circ}\sim 55^{\circ}$,右侧坡脚局部形成陡坎。

1.2 地层岩性

K22+336~K22+520 段处于河谷谷坡脚地带,根据钻孔揭露,该段覆盖层主要为第四纪的残坡积层和下伏三叠地层。残坡体主要为褐黄、黄绿色的中密至密实或胶结状的碎石土和硬塑~坚硬状的亚粘土,厚度 0~34.6 m。三叠系为灰黑、灰白的厚层状灰岩和黑色、黑灰色层状板岩,岩体破碎,岩芯一般呈碎石状,揭露厚度 5~26.7 m。

1.3 地质构造与地震

该段公路所经区域处于 NE20°核桃寨断裂和 NE40°普洒河断裂之间,并且处于另外 3 条不明断裂的交汇部位,几条断裂交汇在该处 1 km² 的范围内,因此,该处岩层产状杂乱,岩体破碎,形成一些不良地质体,如滑坡等。

根据《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2001),该段路线位于抗震设防烈度 7 度区,设计地震加速度值为 0.15 g。本工程已按要求进行设防。

2 设计原理和要求

预应力锚索桩板式挡土墙是一种新型的路基挡土墙。预应力锚索桩板式挡土墙以桩为肋柱,挡土板在桩后挡土,同时,在桩上适当位置设置锚索,使悬臂桩改变为下端在地层内弹性支承,悬空部分以锚索为弹性支承点的桩,从而使桩、地基和锚索形成了一个整体,保证了路基安全。设计中,充分考虑了该段路基复杂的地形和工程地质条件,具体考虑了以下一些设计原则和设计方法。

2.1 设计原理

预应力锚索桩板式挡土墙是一种以预应力锚索、肋柱、挡土板复合组成的支挡结构,其作用原理是路基的侧向土压力作用于挡土板和桩,同时挡土板的作用力也传递给桩,再由桩将部分作用力传递给预应力锚索,由预应力锚索和桩与岩土体之间形成平衡,达到路基的稳定和安全。

2.2 侧向土压力

墙面水平土压力按比主动土压力稍大的值进行考虑,汽车动载产生的水平压力,按弹性理论中应力分布原理计算。实测表明,水平土压力强度分布曲线是一条上、下小,中间大的曲线。

2.3 计算原理

设计中,将肋柱、板、锚索和地基视为一个整体的超静定结构。计算中,考虑桩与地基、锚索的共同作用,以及桩与板在逐层填土过程中所受的土压力,以此确定所施加的预应力大小和荷载全过程变化的影响。

2.4 安全要求

预应力锚索桩板式挡土墙按承受水平集中力的地下桩设计。容许抗拉拔力是锚索设计拉拔力的最大容许值,一般应等于锚索的极限抗拉拔力除以安全系数。

2.5 锚索点的设置

基于该段设计为超高桩板式挡土墙,因此每根桩从起点开始,向上每间隔 4 m 设置 1 个锚索点。每根桩最少设置 1 根锚索,最多达 5 根锚索。

3 计算分析和综合处治方案

3.1 总体设计方案

该段公路,位于自然横坡坡度 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 的陡坡地段,而且坡体中分布着较为松散的碎石,边坡稳定性差,经多次论证,在个冷公路 K22+336~K22+520 段路基右侧设置了上、下 2 排预应力锚索桩板式挡土

墙,2 排锚索桩板墙之间的水平间距为 3 m,上、下 2 排桩之间采用 30 cm 的浆砌片石进行封闭。路基左侧采用挂网喷锚封闭地表水,并在路基两侧及路基范围内做好排水系统。在下排桩顺河地段,在河岸边设置挡墙,挡墙高度均大于最大洪峰线位。这样的设计既保证工程的质量进度和安全,又能满足坡体的整体与局部稳定的要求。

预应力锚索桩板式挡土墙上排肋柱共计 42 根,下排肋柱共计 43 根。上、下 2 排桩板式挡土墙地面以上高度最大达 44.13 m,2 排锚索的长度分别为 31 m、36 m 和 35 m,锚固段长度分别为 12 m、17.5 m 和 24 m,采用较为先进的压力分散型锚索。

3.2 肋柱

3.2.1 布置原则

根据实际地形和地质水文状况揭示,地层经受了强烈的挤压,岩体产状变化大,层理、节理发育,岩体间粘结力低,为防止岩体产生层间滑动,先采用预应力锚索加承载墩对不稳坡体进行防护,再用预应力筋对填土及动载引起的土体侧压力进行肋柱的加固。该段路基采用上、下 2 排肋柱错开布置的形式(如图 1 所示)进行设计,上、下排肋柱之间采用 30 cm 厚的浆砌片石进行封闭。上排肋柱共计 42 根,

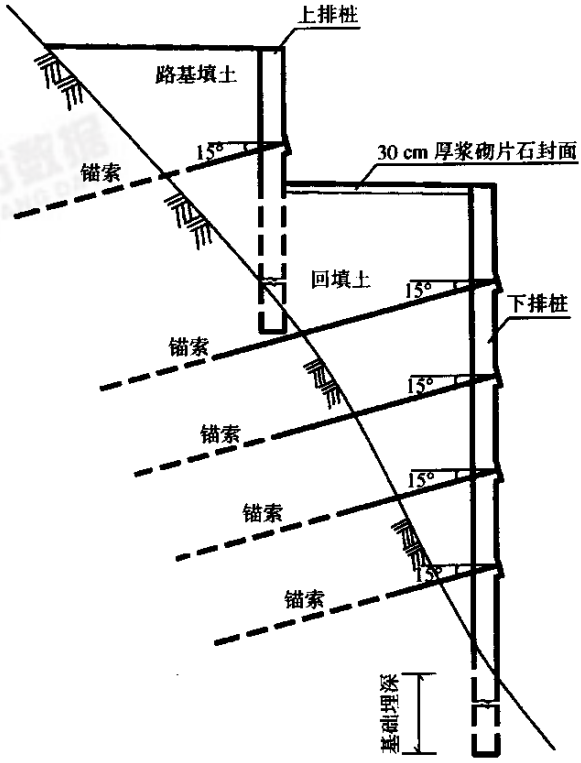
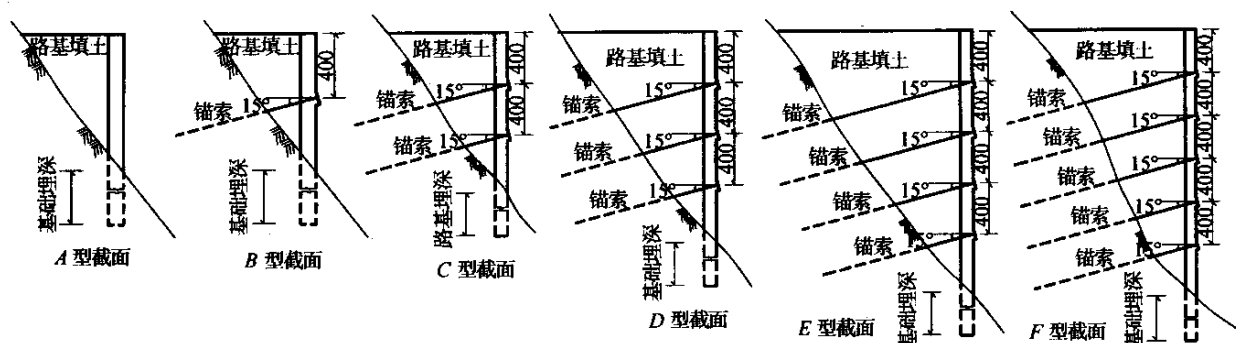


图 1

总长 1 087.20 m, 其中第 14 号肋柱高度为 23.08 m, 埋深 14.59 m; 下排肋柱共计 43 根, 总长 1 264.92 m, 其中第 16 号肋柱高度为 21.05 m, 埋深 19.10 m。上、下排肋柱根据高度和地质状况分别采用 1.0 m×1.5 m、1.5 m×2.0 m 矩形断面并带企口, 以便安装预制挡土板, 肋柱间距为 4 m, 根据高度不同分为 6 种形式(见表 1 和图 2), 其埋深则按地质资料具体确定。

表 1 肋柱尺寸

编号	肋柱形式	截面尺寸/m×m	肋柱高度/m	锚点个数/个
1	A 型肋柱	1.0×1.5	$H \leq 4$	
2	B 型肋柱	1.0×1.5	$4 < H \leq 8$	1
3	C 型肋柱	1.0×1.5	$8 < H \leq 12$	2
4	D 型肋柱	1.5×2.0	$12 < H \leq 16$	3
5	E 型肋柱	1.5×2.0	$16 < H \leq 20$	4
6	F 型肋柱	1.5×2.0	$20 < H \leq 24$	5



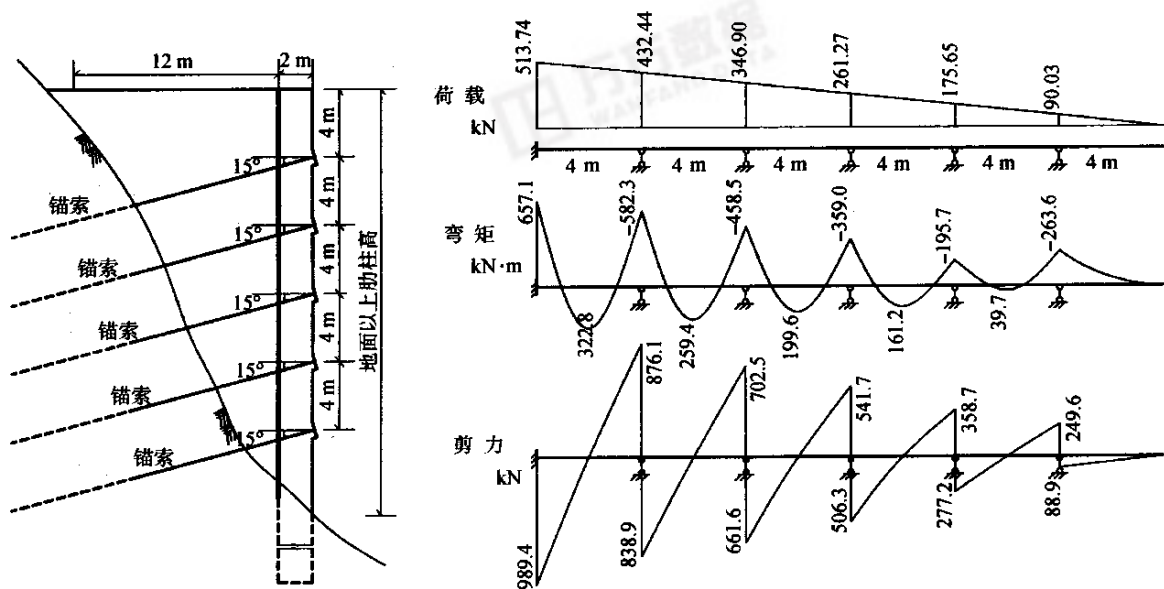
单位: cm

图 2

3.2.2 计算分析

墙背土压力按库仑土压力计算, 结构计算根据肋柱的埋深和工程地质水文状况, 按一端固结或铰支、另一端自由的超静定连续梁进行计算, 根据计算确定

的内力, 按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTJ 023—85) 对肋柱和挡土板进行配筋, 确定预应力锚索钢绞线的根数和预应力张拉吨位。F 型肋柱的计算模型和结果如图 3 所示。



(1)将车辆荷载置换为等代土柱高,按库仑土压力计算墙背土压力。

(2)用力矩分配法,解得各个点弯矩和剪力(如图 3 所示)。

(3)根据计算得到的内力,对肋柱进行配筋。

(4)根据计算得到的内力,确定预应力锚索钢绞线的根数和预应力张拉吨位。

3.3 预应力锚索

3.3.1 布置原则

锚索按压力分散型锚索进行设计,每根锚索均向下与水平夹角为 15° ,锚索间距为 4 m,按肋柱高度,分别确定锚索钢绞线的根数和预应力张拉力。预应力钢绞线采用一端张拉的方式进行张拉。锚索钢绞线材料应选用高强度、低松弛环氧喷涂无粘结预应力钢绞线(ASTM A416—88a 标准 270 级, $R_y^b=1\,860\text{ kPa}$,松弛率为 3.5% , $\phi_j=15.24\text{ mm}$),共计设置锚索 231

根,其中上排桩设置 101 根、下排桩设置130 根。

3.3.2 计算分析

(1) 计算假定。假定锚固段传递给岩体的应力沿锚固段全长均匀分布;假定钻孔直径和锚固段注浆体直径相同(即注浆时地层无被压缩现象);假定岩石与注浆体界面产生剪切破坏。

(2) 计算锚固段长度。锚索的锚固段长度按公式: $L=(S_fN_t)/(\pi Dq_r)$ 和 $L=(S_fN_t)/(n\pi d\xi q_r)$ 分别计算,取最大值。

3.3.3 抗拉拔试验

为取得现场资料与数据,确定土体的极限承载力,以及为设计提供合理的参数,在 2001 年 7 月~2001 年 9 月在工地现场进行锚索抗拉拔试验。试验锚索共 6 束,其中 750 kN、1 200 kN 和 1 600 kN 级锚索各 2 束。试验结果见表 2。

表 2

编号	地层情况	钻孔直径/mm	锚固长度/m	设计应力/kN	试验荷载/kN	最大检验荷载钢绞线理论伸长值/mm	最大检验荷载钢绞线实际伸长值/mm
1	前 12.2 m 为碎石土,后为板岩	前 12.2 m 为 168,后为 150	24	1 600	2 288	60	65
2	前 13.3 m 为碎石土,后为板岩	152	18	1 200	1 664	71	72.5
3	前 10.7 m 为碎石土,后为板岩	前 8.4 m 为 168,后为 150	12	750	1 040	71	69
4	碎石土	153	24	1 600	2 288	60	64
5	前 13 m 为碎石土,后为板岩	151	12	750	1 040	71	73
6	前 16 m 为碎石土,后为板岩	152	18	1 200	1 920	71	70

注:(1)试验中 6 号锚索超规范拉至 $0.923 Af_{ptk}$,未见破坏,其余锚索都按规范拉至 $0.8 Af_{ptk}$,未见破坏;(2)表中钢绞线伸长量系指基准钢绞线长度反映到千斤顶上的值。

3.4 挡土板

3.4.1 布置原则

挡土板根据实际地形分别采用尺寸为 $0.5\text{ m}\times 0.3\text{ m}\times 2.3\text{ m}$ 挡土板和 $0.5\text{ m}\times 0.25\text{ m}\times 2.8\text{ m}$ 挡土板 2 种类型。

3.4.2 计算分析

挡土板按以肋柱为支座的简支梁进行验算,其计算跨径 l_p 为挡土板 2 支座中心的距离,荷载取挡土板所在位置土压力的平均值,即 $q=(\sigma'+\sigma'')h/2$ 。

处剪力 $Q=ql_p/2$ 。

根据挡土板的内力进行配筋计算。

4 结语

该工程经过 1 年多的施工和近 1 年的运营,效果良好。该工程是在云南省内公路系统无先例参考的情况下,采用上、下 2 排最高达 44.13 m 的预应力锚索桩板墙,为云南省首次。

在施工中,解决了一系列的难题:桩的成孔和混凝土的浇筑;为缩短工期,上、下 2 排桩同时施工的干

扰;桩顶锚索施工干扰;锚索孔塌孔与涌水;锚索施工与路基填筑等问题。

该工程施工过程中和竣工后通过 1 年多的观测,桩和锚索的变形均在允许范围内。

该工程结构新颖,技术先进,工程宏伟,锚索桩板式挡土墙自 2001 年以来已在云南省高速公路建设中得到推广应用。

参考文献:

[1] GBJ 10—89,混凝土结构设计规范[S].
[2] GB 50204—92,混凝土结构工程施工及验收规范[S].
[3] JTJ 033—95,公路路基施工规范[S].
[4] JTJ 018—97,公路工程质量检验评定标准[S].
[5] GBJ 86—85,锚杆喷射混凝土支护技术规范[S].
[6] CECS 22:90,土层锚杆设计与施工规范[S].

Design and Application of High Bulkhead Retaining Wall
with Prestressed Anchor Cables

LUO Wei-hong, FANG Xiang-chi, LI Xin, WANG Xing-guo

(Yunnan Highway Planning Prospecting and Design Institute, Kunming 650011, china)

Abstract: The design, calculation, analysis and performance of a height of 44.13 meters bulkhead retaining wall, along the right side of section Station K22 + 336 ~ Station K22 + 520 of Class II Gejiu-Lengdun Highway in Yunnan Province are discussed. The case study of such a high structure in the comprehensive design of the subgrade is revealed in this paper.

Key words: a high bulkhead retaining wall with prestressed anchor cable; design; application

· 书 讯 ·

《高速公路养护质量评定手册》

本书作者:李华、潘玉利等。

随着我国高速公路建设事业的快速发展,高速公路养护管理问题开始受到社会各界和广大人民群众的广泛关注,而且养护管理的任务也日益繁重。如何对已有高速公路的养护质量做出客观准确的评价,既是高速公路养护工作实现制度化、规范化的需要,也是加强行业管理和提高服务水平的需要。为此,我们按照交通部制定的《高速公路养护质量检评方法》的要求,根据国内外的一些研究成果及近几年的生产实践,编写了《高速公路养护质量评定手册》这本书。

《高速公路养护质量评定手册》在借鉴国外先进经验和科研成果的基础上,总结了我国十多年来高速公路养护管理的技术成果和做法,系统地阐述了高速公路路基、路面、桥涵构造物、沿线设施的损坏类型及判定,详细介绍了高速公路损坏的检测方法和养护质量评定方法,并对高速公路养护管理系统,以及养护质量评定的相关规定作了介绍,具有一定的代表性和实用性。本书内容包括:概述、高速公路损坏类型及判定、高速公路损坏检测方法、高速公路养护质量评定、高速公路养护管理系统、高速公路养护质量评定的相关规定、示例,以及四个附录等,全书共七章。本书为涉及高速公路养护管理工作专业人员的必备工具。

有需要购买《高速公路养护质量评定手册》的读者,请与《公路》杂志社联系。本书定价:40.00 元。如邮购请附加 15% 邮挂费。

《公路》杂志社联系方式如下:

地 址:北京东四前炒面胡同 33 号 邮政编码:100010

联系人:叶萍 电话:(010)65279988—1408(上午)、2202(下午、传真)

邮购收款单位:《公路》杂志社 开户银行:工商行北京东四支行 账号:046588—53