

加筋土工程技术在攀枝花城市建设中的应用

邱承斌

(攀枝花市规划建筑设计研究院,四川攀枝花 617000)

摘要:近年来,加筋土技术在国内外得到了广泛的应用,理论研究不断深入,工程实践越来越多。攀枝花市城市建设中也采用了许多加筋土工程结构,根据设计、施工及使用情况,该文总结了特殊加筋土结构的设计经验,提出了今后加筋土发展应注重的问题。

关键词:加筋土结构;加筋土地基;加筋土挡墙;土工格栅;攀枝花市

中图分类号:TU472.34 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2007)03-0104-05

0 引言

加筋土技术是根据土中加筋可以有效提高土的强度和稳定性的原理而提出的一种土工增强技术。该技术由法国工程师亨利·维达尔(Henri Vidal)在模型试验中发现,当土中掺有纤维材料后,其强度可明显提高。据此,他于1963年提出现代加筋土概念,首先公布了其研究成果,提出了土的加筋方法和设计理论。目前在国外,加筋土技术的应用比较完善,法国颁发有《法国标准》、日本有《日本指南》,美国有联邦公路局(FHWA)出版的《加筋土结构建造指南》(1990)和《土工合成材料设计和施工导则》(1998)等。英国、荷兰、意大利、澳大利亚也有相应的标准或指南。我国于1979年在云南的田坝矿区的小型工程中第一次试用,20世纪80年代逐渐在公路、水运、铁路和水利工程中试用,使用地域主要集中在陕西、山西、重庆、四川、湖北、广东、云南和浙江。20世纪90年代应用规模和范围加大,先后在公路、水运、铁路、水利、市政、煤矿、林业等部门或行业应用这项技术,特别是近几年在公路建设和水利、水运建设中应用得较多,取得了巨大的经济效益和显著的社会效益。经过近30年的研究和应用,加筋土结构在我国的应用领域越来越广,墙高和规模也都在不断地创造着新的纪录。而且从1991年交通部制订颁布我国第一本加筋土结构规范(《公路加筋土工程设计规范》JTJ 015-1991及《公路加筋土工程施工技术规范》JTJ 035-1991)以来,国家及相关部委也分别制订并颁布了相应的标准、规范。交通部制订和颁布了含有加筋土相关章节的《公路软土地基路堤设计与施工技术规程》(JTJ 017-1996)、《水运工程土工织物应用技术规程》(JTJ/T 239-1998)和《土工合成材料应用技术规

程》(JTJ 019-1998),国家正式颁布了《土工材料应用技术规范》(GB 50290-1998),铁道部制定和颁布了《铁路路基土工合成材料应用技术规范》(TB 10118-1999),在《铁路路基支挡结构物设计规范》(TB 10025-2001)中加入了加筋土工程的有关条文和内容,水利部制订和颁布了《水利水电工程土工材料应用技术规范》(SL/T 225-1998)和《土工合成材料测试规程》,另外,国家标准《土工合成材料产品标准》正式实施,交通部新颁布的《公路路基设计规范》(JTG D30-2004)新加入加筋土方面的条文,这一切对我国加筋土技术的推广应用起到了强有力的推动作用。

1 加筋土各种结构形式在攀枝花的应用

攀枝花市是一个典型的山地城市,城市主要城区沿金沙江两岸展开,地形起伏不平,城市道路建设土石方工程量极大,高大支挡结构极为常见。从1996年在炳草岗-清香坪道路建设中开始使用加筋土挡墙结构,随着城市建设步伐加快,到1997年在滨江大道(炳草岗4号线)中大量使用,几年来,加筋土结构在城市建设中得到了广泛应用(见表1)。其结构形式多种多样,通过各个工点使用,针对不同情况的处理,加筋土技术的设计及施工技术日臻完善,特别是加筋土挡墙,其单级高

表1 攀枝花市加筋土结构应用情况

年份	项目名称	结构形式	材料	附注(m)
1996~1997	炳清线	挡墙	加筋带	错台墙高22
1998~2000	滨江大道	挡墙	加筋带	错台墙高30
2001~2002	工业园区道路	挡墙	加筋带	基础预应力处理
2002~2003	炳仁路	挡墙	加筋带	错台墙高40
2002~2003	炳仁路	路堤护坡	土工格栅	坡高36
2002~2003	三中运动场	挡墙	加筋带、土工格栅	单级墙高22
2002~2003	机场路	挡墙	加筋带	
2002~2003	大河路	挡墙	加筋带	墙高18(双面)
2002~2003	大河路	基础处理	土工格栅	深度4
2003~2004	临江路	挡墙	加筋带	基础处理

收稿日期:2006-10-24

作者简介:邱承斌(1968-),男,四川人,高级工程师,副总工程师,现从事市政工程造价、桥梁勘测设计工作。

度达 22 m(三中运动场),在国内处于领先地位。

结合本地加筋土工程使用情况,查阅外地同类工程资料,对比浆砌片石圪工挡墙,加筋土结构具有较明显的技术经济优势(见图 1)。

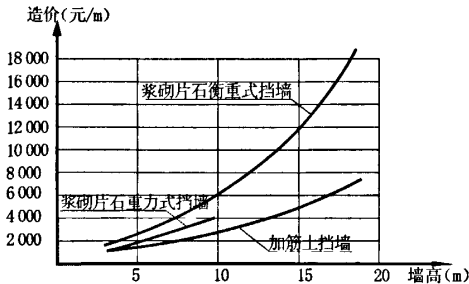


图 1 加筋土挡墙与其他形式挡墙经济比较图

2 特殊工程介绍

2.1 加筋土地基处理

根据实验研究和理论分析,土工格栅与土体之间有三种作用,即土工格栅与土的摩擦作用、土对格栅格肋的被动阻抗作用、格栅孔眼对土的“锁定”作用。这些作用改善了土体的物理力学性能。

利用土工格栅的高拉伸强度、抗撕裂性、韧性等技术性能,处理软基能达到以下几点效果:

- (1)分散地基应力,有效提高地基承载力;
- (2)调节不均匀沉降,减少沉降差异;

(3)加筋土体中配合采用沙砾垫层能保证路基有良好的排水性能,通过上部加载,加速软土排水固结,保证沉降量大部分在施工期完成,不影响构筑物正常使用。

攀枝花市大河路城市道路改造裁弯取直,线路穿越一低洼地,原为一冲沟,后经回填处理大部分变为建筑用地。经现场挖坑勘察,覆盖淤泥层厚约 8 m,含水量大(探坑 3 m 时有大量出水),填方高度近 18 m,路基宽度(3+15+3)计 21 m,分布长度 180 m。由于施工设备、工艺及施工工期要求,通过方案比选,采取了局部清淤、底层夯填片石、基础上层土工格栅加筋(见图 2)与填方区双面加筋土挡墙结合。该工程于 2002 年 10 月份开工,2003 年 5 月建成通车。通车至今路基稳定,路面结构无明显变形,表明该处基础处理

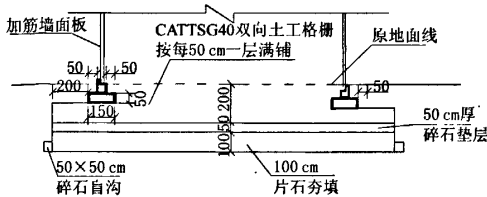


图 2 土工格栅处理软基

达到理想效果。

土工格栅对软基的处理具有质量可靠、施工方便、工效高、造价低、对土体扰动小等优点。结合碎石桩、小方桩等结构处理措施,近年来在高等级道路软基处理中得到了广泛的应用(见图 3)。在攀枝花市炳仁路后段设计中也大量采用了此类结构形式。

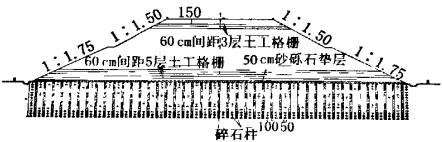


图 3 土工格栅碎石桩处理软基

2.2 加筋土边坡

随着加筋土挡墙在工程中不断应用推广,土工格栅作为路堤加筋材料也得到越来越多的应用,特别是在山区高等级道路建设中,由于路基横断面的特殊性(横坡大),采用土工格栅加筋陡坡成为高路基设计的优选方案,可以增加路基路堤的稳定性,减少占地,减少土石方,降低工程造价。

攀枝花市炳仁路陈家垭口隧道进口处道路跨越大冲沟,道路中心填土高度近 20 m,隧道弃渣土石方远远不够路基填方,采用常规的路基放坡设计大大增加填方范围和填方高度,相应会加大施工难度,影响施工工期。设计中通过比选采用了土工格栅加筋边坡方案(见图 4),坡面处理采用挂三维网植草(见图 5),既保证了坡面不受雨水冲蚀,维持坡体稳定,又能促进坡面植被恢复,美化环境。目前,工程顺利竣工,并经受了两个雨季考验。

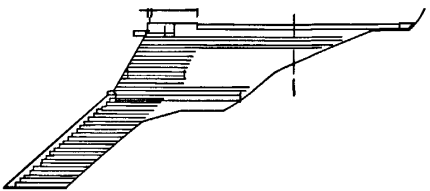


图 4 土工格栅加筋陡坡示意图

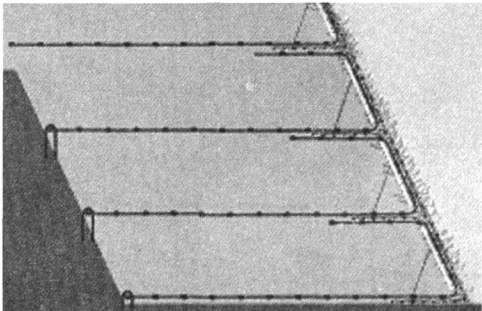


图 5 三维网坡面防护示意图

2.3 加筋土挡墙

加筋土挡墙结构形式是攀枝花市应用最早也是采用最多的边坡支挡结构物,加筋材料一般采用高强度、低变形的钢塑复合加筋带,该产品具有良好的力学特性和施工上的可操作性(见表 2)。

由于地形、地质的特殊性,横断面变化很大或地质条件差,给加筋土挡墙基础造成很多困难,为了克服这些因素,设计上采取了不同的处理措施,如基础换填、加高片石混凝土挡墙或桩结构(见图 6、图 7),个别工点配合预应力锚索以克服水平推力。

在诸多的加筋土结构中,攀枝花市三中加筋土挡墙单级高度达 22 m,设计上采用了综合方法,在施工过程中对一些主要数据进行了观测,积累了一些宝贵的经验。

三中运动场位于一地形起伏较大的斜坡地上,场地内有一冲沟,常年流水,场地地表杂乱堆有各种人工杂填土、建筑垃圾等。根据运动场竖向设计,平整场地需“东挖西填”,填挖高度均超过 30 m。土石填挖量在 17 万 m³ 左右,总填土量约 14 万 m³,碎石土和昔格达土各 7 万 m³。受用地条件限制,填挖都不可能进行放坡处理,设立直立式支挡结构是必选方案(见图 8)。

墙面板采用 C20 钢筋混凝土矩形预制面板,在墙的下部 8.1 m 采用 A 型面板,板尺寸为 1.0 m × 0.9 m × 0.12 m(长 × 宽 × 厚),共设 9 层,每层面板焊接 2 层混凝土拉筋条,每节混凝土拉筋条 80 cm × 20 cm × 8 cm(长 × 宽 × 厚),由 Φ18 II 级螺纹钢筋连接;在墙的上部 10 m 采用 B 型面板,尺寸为 1.5 m × 0.5 m × 0.12(长 × 宽 × 厚),共设 20 层,每层面板安装 1 层钢塑复合加筋带,规格为 30 mm × 2 mm,破坏荷载大于 10 kN;为保证加筋土体质量,填土内布设 4 层盲沟,盲沟采用碎石、块石成形。与盲沟同层各布置 4 层土工格栅,间距 50 cm,格栅布置宽度 25 m(距面板)。

工程于 2001 年 8 月 10 日动工,2002 年 4 月完成土石方工程,6 月份完成附属工程,并投入使用。

从本工程的设计、施工及原形观测的结果及分析可得出以下结论:

(1)填土沉降受压实度影响,同时沉降量也受到机械碾压的影响。在碾压期间特别是在大型机械的碾压过程中,沉降会较大,同时面板附近的填土的沉降量较大。竣工时,土体最大沉降量约为 8.2 cm,填土最终沉降不会超过 10 cm。沉降在垂直高度上,上部和底部偏小,中下部偏大。较大的

表 2 常用加筋带技术指标

型 号	规格 (mm)	破断拉力 (kN)	极限抗拉 强度(MPa)	破断伸长 率(%)	单位长度 (m/kg)	备 注
CAT30015A	30 × 1.5	≥5.0	110	≤2.0	15.0	适用于较低挡墙
CAT30015B	30 × 1.5	≥6.0	130	≤2.0	14.0	
CAT30020A	30 × 2.0	≥7.0	115	≤2.0	13.0	
CAT30020B	30 × 2.0	≥9.0	150	≤2.0	11.0	用于一般挡墙
CAT30020C	30 × 2.0	≥9.0	150	≤2.0	12.0	
CAT30020D	30 × 2.0	≥9.0	150	≤2.0	11.0	用于水工挡墙
CAT50022	30 × 2.2	≥22.0	200	≤2.0	5.5	
CAT60022	30 × 2.2	≥30.0	225	≤2.0	4.0	适用于高大挡墙

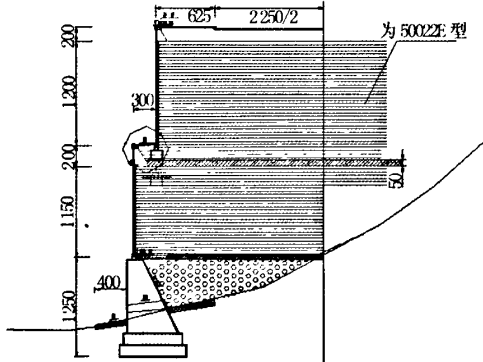


图 6 浆砌片石基础处理

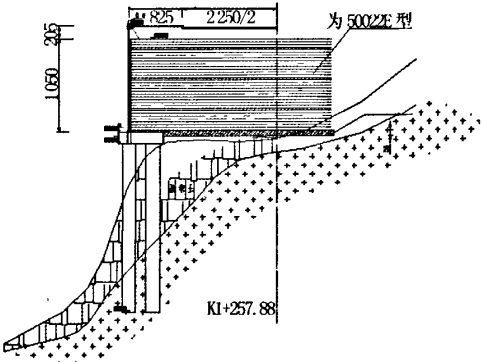


图 7 桩结构基础处理

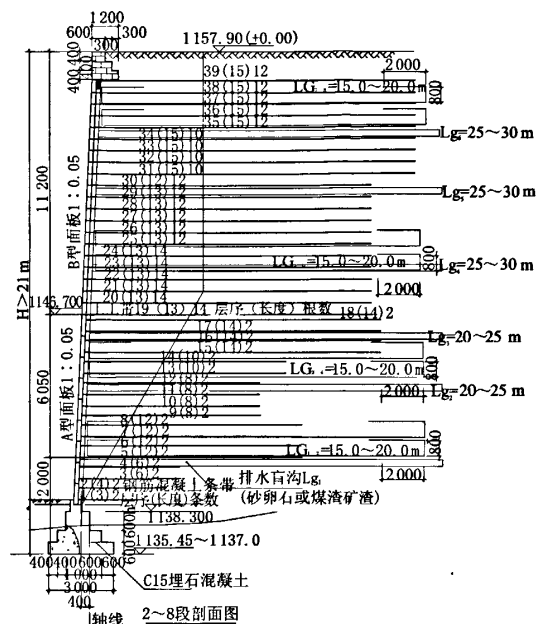


图8 三中加筋土挡墙断面

沉降会造成拉筋不在设计的平面内,同时会引起拉筋拉力的集中,在设计时需考虑材料的变形性能和强度因素。

(2)施工过程中基础裂缝属沉降缝设置不当造成。单级超高加筋土挡墙的基底压力较大是比较突出的问题,在设计中应引起注意。

(3)施工过程中部分面板产生裂缝的原因主要是由于基础不均匀沉降导致面板局部受力过大,引起应力集中。

(4)超高加筋墙中下部采用混凝土拉筋,上部采用钢塑拉筋,两种材料结合使用,扬长避短,能较好地解决拉筋的受力和施工中的问题,并取得较好的经济效果。

(5)由于加筋土挡墙是由面板、拉筋和填土相互协调作用而维持其稳定,其作用机理较为复杂,试验和计算都很难模拟其实际工作状态,而原形观测是比较直接可靠的手段,特别是对高大结构,应加强观测手段,以积累经验、数据,便于完善理论分析,使该类工程的设计日趋经济合理。

(6)虽然加筋土结构对地基的要求不高,变形适应性强,整体稳定性好,但这些都是建立在好的设计、施工和材料等基础上的,对于高大加筋土结构设计者对于变形要有较为准确的估算,以便采取适当的应变措施,以指导施工。

(7)加筋土结构施工尽量安排在旱季进行,以减少雨水对施工进度和质量的影响。攀枝花三中运动场施工方合理地安排工期,避开了雨季(每年

5月~10月),争取了主动,再加上合理布置防水措施,确保工程质量无水患。

(8)该加筋挡墙是目前国内外单级最高墙之一,尚无具体的规范、条例可循。参照相关规范、专著、科研成果设计的该挡墙,在技术上是可靠的,经济上是合理的,也为该类挡墙在攀西地区的推广使用积累了成功的经验。

3 结语

加筋土结构作为一种新型的工程技术,其优越性越来越明显,通过大量的加筋土结构实践和大量的室内外试验研究,有充分的条件建立加筋土结构数据库,为优选加筋土结构形式和计算提供了条件。针对不同的具体工程实际,仅用少量的室内实验和优化后的技术方案,可以得到满意的工程实践效果。

在几年来的工程实践中,由于各方原因,也出现了一些质量问题,如:局部面板脱落、面板破裂、墙身外鼓、基础外移、断裂等,通过对工作中质量问题的处理和对各类已竣工工程的设计、施工总结,查阅相关文献资料,在以后的加筋土工程设计及研究中,应注意以下几个问题:

(1)对新型土工合成材料的认识急待提高,应对材料耐久性和耐腐蚀性的测试和设计提出要求,建立标准以满足工程需求。

(2)理论计算和设计方法需进一步完善,特别是加筋土坡和地基的设计方法、施工规范规程急待出台,研究外荷载在加筋体的扩散及其对加筋土体内部稳定性的影响,从理论上完善计算方法和设计理论,减少盲目性,优化配筋,进一步突出体现其经济性。

(3)加强对加筋材料使用寿命的研究,并考虑筋材在填料中的蠕变。

(4)进一步研究加筋结构变形因素和计算方法,特别是加筋土的流变问题。

(5)加强对加筋土体的动力特性研究,人们关注的重点目前仍为其静力特性的研究。无论是加筋挡墙还是加筋垫层或加筋土坡,在动力荷载下的承载特性和变形规律报道很少,但是地震作用下加筋土体的动力反映、车辆荷载下加筋路基的变形特性等等都是值得我们进行深入研究课题。

(6)对加筋土挡墙、加筋土陡坡外观设计应予以重视,注重其美观性、生态性、文化性。特别在山区城市建设中,更应引起设计者注意。

(7)加筋土结构的设计、施工日趋普及,设计

与施工者对每一项工程都必须认真对待,严格按照设计要求和技术规范执行,一点小的疏忽会带来大的工程质量事故。

加筋土结构作为一种新型的完整结构物,在土工合成材料领域有很重要的地位,有关的国内、国际学会在加筋土技术的研究和推广方面也非常活跃,4年1次的全国加筋土技术经验交流会已成功主办了5次(武汉,1982年;昆明,1986年;重庆,1990年;济南,1994年;泰安,1998年;镇江,2002年),许多工程技术人员也均看好加筋土技术,并在工程实践中不断地研究和探索。

随着加筋土技术的更进一步发展,今后将有更多、更高、更大、更强、更新颖的加筋土结构工程出现。可以相信,加筋土结构这项技术将会更加广泛地应用于各个领域,为人类造福。

参考文献

[1]JTJ 015-91,公路加筋土工程设计规范[S].

- [2]张师德,吴邦颖.加筋土结构原理及应用[M].北京:中国铁道出版社,1988.
- [3]杨果林,肖宏彬.现代加筋土挡土结构[M].北京:煤炭工业出版社,2002.
- [4]熊朝辉.土工格栅处理软土地基的设计、施工与检测[J].公路与汽运,2002(10).
- [5]施智明,张永红,等.土工格栅在软弱地基处理中的应用[J].西部探矿工程,2004(3).
- [6]王钊,王协群.土工合成材料加筋地基设计中的几个问题[J].岩土工程学报,2000(7).
- [7]王协群.土工合成材料加筋地基的设计和应用[J].武汉工业大学学报,2000(4).
- [8]林彤,王迪友,等.土工格栅加筋陡坡路堤在三峡库区道路建设中的应用[J].水利水电快报,2002(12).
- [9]丁士忠.土工格栅在路基边坡加固工程中的应用与探讨[J].上海铁道科技,2003(3).
- [10]廖碧海,王国鼎,巫山(新县城)超高加筋土挡土墙质量事故及原因分析[J].中南公路工程,2001(6).
- [11]冯光乐,许志鸿,凌天清.复杂断面加筋土挡墙的设计方法[J].公路交通科技,2001(12).
- [12]何光春,周世良.加筋土技术的应用及进展[J].重庆建筑大学学报,2001(10).

内蒙古加强水污染治理 确保群众饮用水安全

“十一五”期间,内蒙古自治区将采取多种措施加强水污染治理,确保人民群众饮用水安全。

内蒙古自治区党委、政府最近出台的《关于落实科学发展观加强环境保护的决定》中明确提出,内蒙古各地将采取有效措施保护集中饮用水源地,要达到饮水卫生标准,确保饮水安全。旗县(区)以上人民政府要在2007年底前完成辖区内饮用水源地保护区规划,科学划定和调整饮用水源保护区,取缔现有污染源,严禁在饮用水源保护区设置排污口。

按照《内蒙古自治区水功能区划》要求,内蒙古各级政府将全面执行松花江、黄河、辽河等流域水污染防治规划,落实流域水污染防治责任制,着力推进重点流域水污染防治工作。

同时,内蒙古将加快城镇污水处理设施和配套管网建设,推进污水处理设施建设和运营的市场化改革,落实城市污水处理收费政策,提高城市污水收集率和处理率。严格控制工业废水污染物排放量的增加,建立高耗水行业用水限额制度,逐年淘汰高耗水、重污染的落后工艺和设备,缺水地区要严格限制高耗水型工业项目建设。抓紧制定节约用水的优惠政策,积极支持和鼓励企业使用工业废水,循环利用城市废水,大力推进中水回用。

内蒙古规划到2010年,全自治区所有城市污水处理厂、重点企业水污染源均安装自动在线监测设备,实现自动在线监控,确保90%以上的重点城市集中饮用水源地水质达标,重点城市污水处理率达到70%。