

文章编号: 1002-0268 (2001) 03-0006-04

关于失稳加筋土挡土墙加固问题的探讨

王松根¹, 高永涛², 边国强³

(1. 山东省公路局, 山东 济南 250002; 2 北京科技大学, 北京 100083;

3. 冶金部勘察研究总院, 河北 保定 071000)

摘要: 近年来, 国内各地相继出现了加筋土挡土墙失稳问题, 对相关路桥的运营安全造成了严重威胁。由于条件特殊及环境制约, 此类工程加固难度很大。本文结合山东省 104 国道界河立交桥加筋土挡土墙的加固工程, 对此类工程失稳的特征、原因及相应的工程对策从理论到实践展开了深入探讨, 并得到了具有一定推广价值的初步结论。

关键词: 加筋土; 挡土墙; 加固

中图分类号: U417.115

文献标识码: A

Study on Reinforcements of Failure Retaining Wall with Reinforcement Soil

WANG Song-gen¹, GAO Yong-tao², BIAN Guo-qiang³

(1. Highway Bureau of Shandong Province, Shandong Jinan 250002, China;

2 University of Science & Technology of Beijing, Beijing 100083, China;

3. Institute of Reconnaissance & Research of Ministry of Metallurgy, Hebei Baoding 071000, China)

Abstract: In recent years, many retaining walls with reinforcement soil failed in China. This is very dangerous to the roads and bridges. It is very difficult to reinforce the failed walls because of the special condition and environment. This paper studies the failure characteristics, reasons and engineering methods to treat the failure walls and describes the reinforcement project of Jiehe cloverleaf junction of 104 national road in Shandong Province.

Key words: Reinforcement soil; Retaining wall; Reinforcement

0 前言

加筋土挡土墙是我国近 20 年来广泛应用的挡土墙建设技术, 据不完全统计, 全国仅交通系统就有近 300 座跨线大中型桥梁的接线工程采用了该项技术。随着时间的推移, 在其投入使用 5~10 年以后, 由于种种原因, 各地许多加筋土挡土墙相继出现了不同程度地失稳现象。尽管其建设的时间、地点甚至具体设计参数不尽相同, 但其失稳特征却十分相似, 因此, 加筋土挡土墙所出现的失稳问题不是个例而是具有普遍性。

加筋土挡土墙之所以能够得到广泛应用是由于其具有占地少、工程费用低等突出优点, 如何在既能保持工程既有的优越性, 又能在不影响路面交通的情况

下对失稳工程进行有效加固, 这是一项尚未解决的重大技术难题。本文结合山东省 104 国道界河立交桥加筋土挡土墙加固工程探讨此类工程的相关技术问题。对失稳现象的特征、原因进行了深入分析, 并提出了治理方案。

1 失稳特征及原因分析

1.1 失稳特征

据调查, 加筋土挡土墙虽然建设的年代不同, 但出现问题大多有着共同的特征。

(1) 墙体外鼓。这种现象约占 70%, 主要有以下 2 种表现形式。

①弧形外鼓, 见图 1 (a)。调查发现, 全国现有的加筋土挡土墙运行 5 年以上的, 都不同程度地出现

了墙体外鼓,路面两侧护栏内倾,且墙体越高,外鼓现象越严重,外鼓位移最大处一般发生在离地面高度的 $2/3$ 处。

②S形外鼓,见图1(b)。一般这种现象不是孤立出现的,而是伴随着弧形外鼓出现(例如104国道界河立交桥),其主要特征是总体仍属外鼓失稳,但在墙体中下部又出现另一外鼓现象。

(2)墙体外倾,见图1(c)。这种现象约占30%,主要特征是墙体整体外倾,路边护栏外倾。

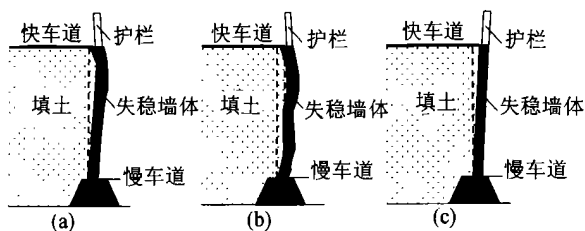


图1 加筋土挡土墙失稳的主要形式

(3)路面开裂。所有出现失稳现象的加筋土挡土墙,一般都伴随着路面开裂,严重者裂缝宽度达 $5 \sim 10\text{mm}$,路面有无裂缝,是判别墙体是否整体失稳的最主要特征。

(4)拉筋与面板脱离,造成墙体面板局部单块滑落。

1.2 原因分析

加筋土挡土墙是国内外已广泛推广应用的成熟技术,我国已制定了详细的施工规范(JTJ015-91),但为什么部分加筋土挡土墙在建成初期或运行一定时期后却相继发生了轻微变形以至发展成严重失稳现象,经综合分析,其主要原因是:

(1)我国大规模建设加筋土挡土墙时期,交通流量远不及现在大。例如山东省104国道界河立交桥建成初期(1989年),日车流量为2168辆,至2000年达到7645辆,且大型运输车辆增多,超载严重(最大车货总量达100t),直接导致路面动荷载剧增,大大超过了原设计路基的承载能力。

(2)车辆动荷载所引起的侧压力沿垂直方向遵从布西涅斯克(Boussinesq)解,即在弹性半空间体上作用一侧压力,其应力分布是上大下小,而主动土压力是上小下大,二者作用的迭合,即在离地面高度的 $2/3$ 处形成最大的外推力。而设计拉筋又没设计相对应的匹配强度,因此,墙体外鼓是必然的。这里需指出的是,外鼓不一定失稳,只要外推力不超过拉筋的抗拉强度,墙体仍可保持稳定,而判别挡土墙是否失稳的最明确的外在标准是路面是否开裂及面板是否脱落。

(3)对于车流量很大,动荷载相对较高的路段,墙体变形一般主要受动荷载的影响,出现严重的外倾失稳,造成顶层拉筋断裂、面板脱落。

(4)施工质量不高,尤其初期填方不实,拉筋松弛或拉筋材料选材不适当甚至不合格等也是造成加筋土挡土墙失稳的不可忽视的外在原因。

2 主要工程对策

2.1 必须满足的前提条件

对于失稳加筋土挡土墙,最简单的处理方法是在墙体外侧压土或附加一个重力挡墙作为外支撑,但这将直接导致加筋土挡土墙的主要优越性的丧失,不但工程量巨大,又需要占用土地,除非紧急抢险,否则上述方案不能采用。任何拟采用的加固方案必须满足以下条件:

(1)不能破坏原工程的基本结构,所实施的加固方案既能完全保留加筋土挡土墙的既有优越性,又能保证不影响其使用功能。

(2)在不影响主路面安全运营的前提下能正常进行加固施工。

(3)施工工艺要相对简单,工程造价及施工工期不能高于其它加固方案。

2.2 可采用的工程方案

经反复分析比较,能同时满足上述条件的方案其实范围很小:首先是其必须是常规技术;其二是它能有效抑制或减小墙体变形;其三是具有可靠的有效性和持久性。如何选择并确定这样一个由多项常规技术构成又非常规的有效技术组合,是解决失稳加筋土挡土墙加固问题的最大难题。

2.2.1 主要方案

(1)理想的方案是通过一种特殊的工艺,将墙体对应面板凿穿,穿上钢筋,对拉锁定,完全取代原有的拉筋,见图2(a)。

(2)由于受国内目前凿孔设备及现场条件限制,又要保证凿孔时不损坏原有的拉筋,对穿凿孔不易实现,可改由两侧分别凿孔,并安装预应力锚杆以代替对拉钢筋,这样凿孔问题易解决,同时又保持了前者的技术精髓,是可实施的技术方案,见图2(b)。

2.2.2 选定方案

由于加筋土挡土墙墙体是由单个面板构成的,面板预制块与块之间没有相应的结构联系,相对孤立存在,而上述方案的实施均是以单个面板为中心考虑的,实施起来一来难以保证施力均衡,二来工程量太大。欲解决该难题,可考虑在墙表面喷射一层砼(加

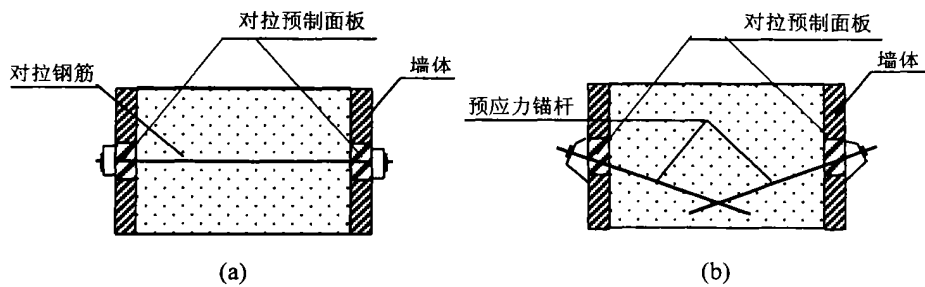


图 2 主要方案示意图

锚网), 使分散的面板预制块由单体变成整体, 这样可保证在墙表面任何一点加力都能将力分布在一片而不是一块上, 整个喷层相当于一个大承力垫板。

2 3 需要克服的主要技术难题

(1) 凿孔问题。由于路基填土非原状土, 而是由土石组成的杂填土, 在这样的杂土层中钻孔十分困难, 能否正常成孔是选定方案正常实施的关键和前提。

(2) 预应力锚杆。虽然在岩石层中或在原状土层中安装永久预应力锚杆在国内外已是常规技术, 而在人工杂填土层中实施该项技术却有许多没有解决而又必须解决的技术难题:

- 预应力锚杆预应力值的衰减特征如何, 最终稳定的预应力值是多少。
- 采用何种技术手段能提高并能永久保持设计预应力值。
- 如何确定预应力锚杆的设计参数 (如锚杆的长度、直径、密度等等)。

(3) 锚喷网。按方案, 锚喷层是作为面板间的结

合体而设计的, 预期效果能否实现, 如何实现?

3 工程实例

3 1 工程概况

山东省 104 国道界河立交桥两端接线采用加筋土挡土墙技术, 建成于 1989 年 10 月, 建成初期即发生轻微墙体外鼓现象。从 1997 年起, 外鼓现象逐渐加剧, 至 2000 年 6 月, 最大位移量相对值达 100mm, 绝对值超过 200mm, 路面局部发生纵向开裂, 两侧护栏内倾, 顶部面板局部脱落, 墙体整体失稳, 并有进一步加剧的明显趋势, 情况十分危急。为此, 山东省公路局决定建立专项研究课题, 结合该桥的加固工程展开研究, 在详细调查研究和科学计算的基础上确定加固方案, 在施工中通过科学试验对方案加以完善。由于该挡土墙的失稳特征在国内外同类工程中具有一定代表性, 因此该项目如能成功完成将为国内外其它类似失稳加筋土挡土墙的加固提供可供借鉴的工程范例。

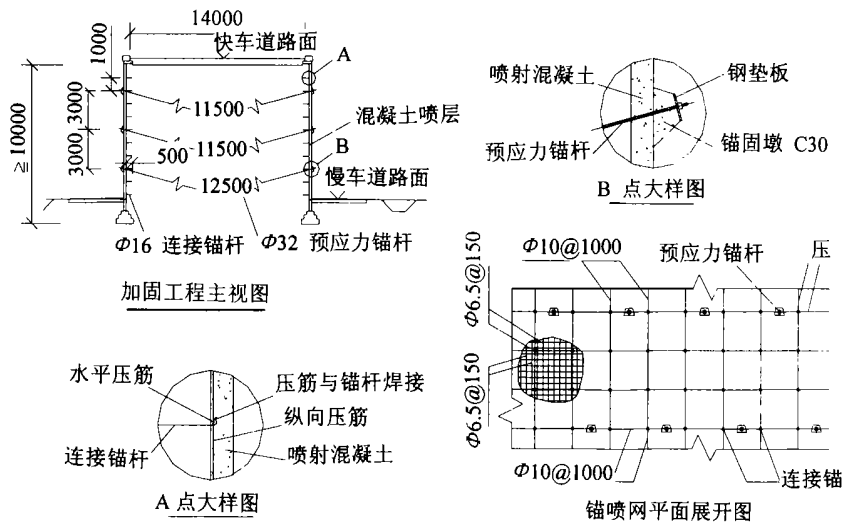


图 3 总体方案设计图

3 2 总体方案 (见图 3)

在墙体表面喷一层钢筋网混凝土, 喷层厚度为

80~120mm, 在预应力锚杆承载台周围区域适当加厚并采用双层钢筋网, 砼标号为 C25。

在路基两侧墙面交叉对打 2~3 排预应力锚杆, 锚杆深度为 11.5~12.5m, 与水平线夹角 20 度, 杆体为 $\Phi 32$ 螺纹钢, 排间距 3m, 水平间距 2~3m, 设计预应力值为 145kN。

锚杆安装过程中采用岩土层高压注浆预应力锚固技术, 实施 2~3 次注浆, 以提高锚杆的整体承载力。

3.3 理论计算

采用国际最流行和公认的岩土工程数值计算程序 FLAC (Fast Lagrangian Analysis of Continue), 按方案设计建立计算模型, 分别对不同墙体高度进行计算。

计算结果表明, 墙体在设计方案实施前后, x 方向即水平位移最大值由支护前的 60mm 降为支护后的 1mm, 加固效果明显。

通过对多组加固参数进行对比计算, 结果证明, 该设计参数的确定在理论上是比较合理的。

3.4 工程实践

界河立交桥加筋土挡土墙加固工程自 2000 年 6 月 21 日开始施工, 至 10 月底已基本结束, 现场试验工作伴随整个施工过程, 科研与施工紧密结合, 克服了多项施工难题, 并取得了初步成果。

原路基填料为含有大量孤石的杂填土, 孤石硬度大 (f 系数达 12.8), 土层为黄粘土, 根本无法一次成孔, 许多钻孔随凿随塌。施工中摸索并创造出了用普通钻机在杂填粘土层中钻孔的新工艺——非套管成孔术, 成功地克服了钻孔难题。

通过二次、三次注浆, 提高了锚杆的承载能力。现场试验表明, 二次或三次高压注浆预应力锚杆的极限承载能力较常规预应力锚杆提高了 30%~40% 以上。

锚喷砼层达到了预期效果。测试表明, 由于喷层的存在, 单个预应力锚杆的直接影响半径达 2.8m, 真正起到了大垫板作用。

预应力值经短暂有意义的变化后逐渐趋于稳定 (见图 4)。

图 4 表明, 预应力值变化有 4 个阶段。

(1) 衰减期。预应力值在锚杆安装后 6~7 天内衰减较快, 这是由于受拉土体发生塑性变形所致;

(2) 静止期。在锚杆安装后 7~14 天, 预应力值虽微有起伏, 但总体逐渐趋于稳定;

(3) 增大期。在安装 14~20 天内, 应力又突然

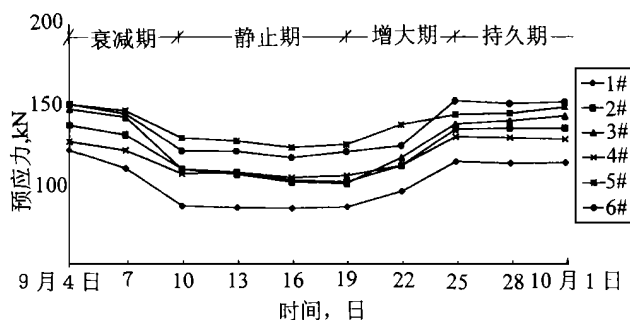


图 4 锚杆预应力变化曲线

增大, 个别甚至超过了初始锁定应力, 这表明墙体发生轻微变形, 导致应力增大;

(4) 持久期。随着时间的推移 (20 天以后), 预应力值逐渐稳定, 这表明墙体的失稳变形被有效抑制, 可长期保持稳定。

由于施工刚结束, 有关施工过程各个环节的理论及工艺问题, 以后将分项发表专文进行介绍, 这里不再赘述。

4 结束语

随着界河立交桥加筋土挡土墙加固工程的结束, 经过一段时间的现场观测、试验结果的整理及理论分析, 很快就能得出最终结论。该项工程从立项、设计、科研及施工整个过程完全按严格的科学程序进行管理, 相信通过对经验、教训的总结, 其最终研究成果能为类似失稳加筋土挡土墙的加固提供规范性的结论和设计依据, 这也是本文对失稳加筋土挡土墙加固问题探讨的初衷和目的。

参考文献:

- [1] 铁路路基支挡结构设计规则 (TBJ25-90). 北京: 人民铁道出版社, 1990.
- [2] 公路加筋土工程设计规范 (JTJ015-91). 北京: 人民交通出版社, 1991.
- [3] 欧阳仲春. 现代土工加筋技术. 北京: 人民交通出版社, 1991.
- [4] 高永涛等. 黄粘土层注浆的理论与实践, 有色金属, 1997 (4).
- [5] 钱家欢等. 土工原理与计算 (第二版). 北京: 中国水利水电出版社, 1996.
- [6] Bergado D T, Anderson L R. Soft Improvement in Lowland and Other Environments. America: ASCE Press, 1997.
- [7] Jewell R A. Soil Reinforcements with Geotextiles. London: CIRIA, 1996.