

某填土边坡变形过大原因分析及加固方案探讨

姜凤飞

广州市泰基工程技术有限公司 广东广州 510663

DOI:10.12238/ems.v7i12.16377

[摘要] 某填土边坡高约 25m, 采用自然放坡回填完成, 填筑完成后变形、沉降较大, 存在较大安全隐患。经复核计算, 该边坡安全系数不满足相关规范要求, 因此需对该边坡采取加固措施, 以消除该边坡安全隐患。加固措施采用“抗滑桩+锚索”、“格栅梁+锚杆”及表层注浆加固处理, 经相关计算, 加固后满足相关规范要求, 可为类似工程项目提供加固参考。

[关键词] 边坡 抗滑桩 格栅梁 加固

1 工程概况

某填土边坡位于广州市增城区, 填土边坡高度约 25m, 长度约 75m, 分三级坡 (坡比 1: 2), 采用分层碾压方式填筑完成。填筑完成后两年内变形沉降量均超过 80mm, 且坡顶不断有裂缝出现, 因该边坡设计之初未充分考虑该填方边坡填筑完成后的整体稳定性以及填筑过程中未按相关要求进行分层碾压密实, 从而导致施工完成后坡顶出现大面积开裂沉降、坡面出现水土流失, 所幸未造成滑坡等严重地质灾害。各方认为该填土边坡存在较大安全隐患, 经相关计算后证明, 该边坡安全系数不满足相关规范要求, 需进行针对性加固后方可满足安全稳定要求。

2 地质情况及地下水分布

2.1 人工填土层 (Q4ml)

(1) 素填土层号①

灰褐、土黄色, 稍湿, 欠压实~稍压实, 主要由花岗岩风化土新近堆填而成, 局部夹少量碎石块、建筑杂物组成。堆填时间小于 10 年, 多次堆填。该层分布较广泛, 各孔有揭露。厚度 6.10~24.20m, 平均厚 13.75m, 层顶标高 62.55~87.69m, 层顶标高差 25.14m, 层底标高 52.05~71.89m, 层底标高差 19.84m。揭露厚度变化较大、不均匀。

2.2 残积层 (Qel)

(1) 砂质黏性土层号②

土黄、暗黄、黄绿、浅肉红色, 很湿~饱和, 硬塑状, 为花岗岩风化残积土, 原岩矿物长石矿物已风化成土状, 矿物组分主要为黏土和少量石英, 土层泡水易软化、崩解。该层分布较广泛, BP3、BP6、BP11、BP13、BP15~BP18 共 8 个孔有揭露, 其它各孔缺失。厚度 0.40~5.80m, 平均厚 2.86m, 层顶标高 52.05~66.20m, 层顶标高差 14.15m, 层底标高 46.25~64.70m, 层底标高差 18.45m。揭露厚度变化较大、不均匀。

2.3 燕山期花岗岩 (γ 52-3)

(1) 全风化花岗岩层号③1

土黄、暗黄、黄绿色, 很湿~饱和, 岩芯呈土柱状, 坚硬, 原岩风化剧烈, 原岩结构尚可辨认, 矿物组分主要为黏土和少量石英、长石、云母, 土层泡水易软化、崩解。岩石坚硬程度为极软岩, 岩体完整程度极破碎, 岩体基本质量等级为 V 类。该层分布较稀疏, BP11、BP13、BP16~BP18 共 5 个孔有揭露, 其它各孔缺失。厚度 0.70~2.70m, 平均厚 1.92m, 层顶标高 46.25~60.73m, 层顶标高差 14.48m, 层底标高 43.95~58.93m, 层底标高差 14.98m。揭露厚度变化较大、不均匀。

(2) 强风化花岗岩层号③2

土黄、暗黄、黄绿色, 花岗结构保留, 岩芯多呈半岩半土~碎块状, 矿物组分主要为长石、石英、黏土和少量云母, 土层泡水易软化、崩解, 局部夹中风化碎岩块。岩石坚硬程度属极软岩, 岩体完整程度为极破碎, 岩体基本质量等级为 V 类。该层分布较广泛, 除 BP2、BP4 共 2 个孔缺失, 其它各孔有揭露。揭露厚度 0.50~6.10m, 平均厚 3.15m, 层顶标高 43.95~71.89m, 层顶标高差 27.94m, 层底标高 41.25~69.54m, 层底标高差 28.29m。揭露厚度变化较大、不均匀。该层于 BP5~BP14、BP16、BP18~BP20 共 14 个钻孔揭露局部夹中风化花岗岩块。

(3) 中风化花岗岩层号③3

青灰、灰白、褐黄、暗黑色混杂, 岩芯呈碎块~长柱状, 节理裂隙较发育, 裂隙面铁质渲染, 无充填, 中粒花岗结构, 块状构造, RQD 较差的, 矿物组分主要为石英、长石和少量云母。岩质较软, 岩石按坚硬程度属较软岩~较硬岩, 岩体完整程度属破碎~较破碎, 岩体基本质量等级属 IV~V 类。该层分布较广泛, 各孔有揭露。该层未揭穿, 揭露厚度 4.00~9.50m, 揭露平均厚 4.78m, 揭露层顶标高 41.25~69.54m, 揭露层顶标高差 28.29m。揭露厚度变化较大、不均匀。各土(岩)层的分布、产状和岩土特征详见工程地质断面图、钻

孔柱状图。地层分布剖面图详见图1。

2.4 地下水分布情况

勘察期间测得场地地下水初见水位埋深8.2~27.4m; 稳定水位埋深8.0~27.0m, 平均埋深14.06m, 稳定水位相应的标高50.78~70.69m, 平均标高60.26m。因施工期间降雨较多, 观测的地下水位不能代表长期地下水位。据委托方提供挡墙东侧II 14~II 16上级边坡坡脚的地下水位观测孔(观测孔编号: SW3)的资料, 2022年6月至2024年5月测得地下水位观测孔的埋深为14.64~15.11m(对应1985国家高程为:

48.32~48.79m), 地下水大部分时间处于无水状态。

地下水主要补给来源为大气降水和临近的地下水体侧向补给, 并以垂直蒸发及潜流的形式向外侧低洼处排泄; 据勘察期间调查, 本场地地下水和地表水补给范围内未发现污染源。

据区域资料及本地区经验, 结合本场地地形条件等因素考虑, 地下水位受大气降水影响大, 每年4~10月份雨季时高, 最高时应按地坪标高考虑, 其余旱季时地下水位偏低, 本场区地下水位年变化幅度约1.0~1.5米左右, 地层物理参数详见表1。

表1 地层物理参数

岩土编号	岩土名称	岩体类型	含水量	天然重度	饱和重度	直剪快剪		饱和快剪	
			w %	γ (KN/m³)	γ_{sat} (KN/m³)	粘聚力 C_q (kPa)	内摩 擦角 ϕ_q (°)	粘聚力 C_q (kPa)	内摩 擦角 ϕ_q (°)
①	素填土	-	27.8	18.03	19.04	*16.5	*13.8	*13.2	*11.1
②	砂质黏性土	-	27.0	18.23	19.16	21.8	19.0	*17.4	*15.2
③1	全风化花岗岩	V	23.0	18.62	19.66	34.3	26.2	*27.4	*20.9
③2	强风化花岗岩	V	*22.5	*19.10	*20.14	38.2	28.2	*30.5	*22.5
③3	中风化花岗岩	IV~V	-	*25.50	-	*200	*45	-	-

注: 据现状调查, 并参考《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330-2013)。带*号参数为我单位在该地区经验及估算值, 仅供参考; 表中的快剪强度指标为标准值, 其余指标为平均值。

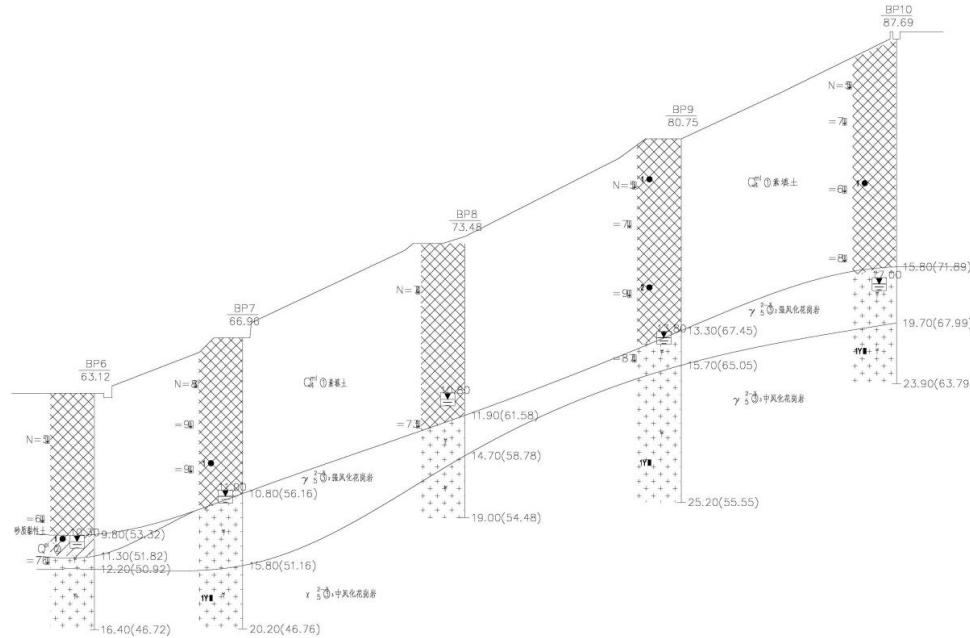


图1 地层分布剖面图

3 边坡变形过大原因分析

该填土边坡施工完成后不断有变形, 尤其在雨季变形更大, 初步分析原因有以下几点: 1) 填土填料复杂, 未采用最优含水率粘性土进行回填; 2) 填土回填中未按要求碾压密实;

3) 原状山体植被及建筑垃圾未清除, 且未在原状山体表面开挖阶梯; 4) 坡面防水措施不足, 导致雨水下渗后土压力增大; 5) 填筑中开裂变形未及时处理, 导致裂缝变大后雨水顺着裂缝灌入填土层中; 6) 填筑完成后的坡体计算安全系数不足。

4 边坡加固方案探讨

4.1 注浆加固方案

采用注浆方案对该填土边坡进行整体注浆加固, 注浆加固深度伸入到新近填土层以下原状土内不少于 1m。但因注浆加固离散性较大, 加固效果存在较大不确定性, 且注浆量无法预估, 也无法准确判断注浆完成后土层的物理性状, 因此未最终采纳该加固方案^[1]。

4.2 格栅梁+锚杆加固方案

采用常规开挖边坡支护方案“格栅梁+锚杆”方式进行加固, 该加固方案因填土层厚度较大, 导致锚杆利用率极低, 锚杆长度太长及所需抗拔力太大。因此经详细论证后, 本填方边坡加固不适宜采用该方式进行整体加固。

4.3 抗滑桩加固方案

采用抗滑桩加固方案在本项目论证计算过程中发现, 需

设置两排抗滑桩, 一排位于坡中、一排位于坡脚, 且均需设置锚索对抗滑桩进行变形控制, 但因该坡体只有底部一级坡位置有条件施工抗滑桩, 因此也排除了单独使用抗滑桩方案进行边坡加固^[2]。

4.4 综合加固方案

因该边坡为新近未经压实填方边坡, 考虑填土孔隙率较大, 填土在自重应力作用下会不断压缩沉降, 且因坡体高度大, 圆弧滑动面上抗滑力小于下滑力。计算整体稳定性系数不满足要求, 因此需采用提高整体稳定安全系数要求的方式进行加固, 据该场地周边环境及地质情况, 综合以上几类加固比选过程^[3, 4], 最终采用“抗滑桩+锚索”、“格栅梁+锚杆”及坡面浅层注浆固化处理的综合加固方式进行处理, 加固后计算结果满足相关规范要求, 具体加固剖面详见图 2。

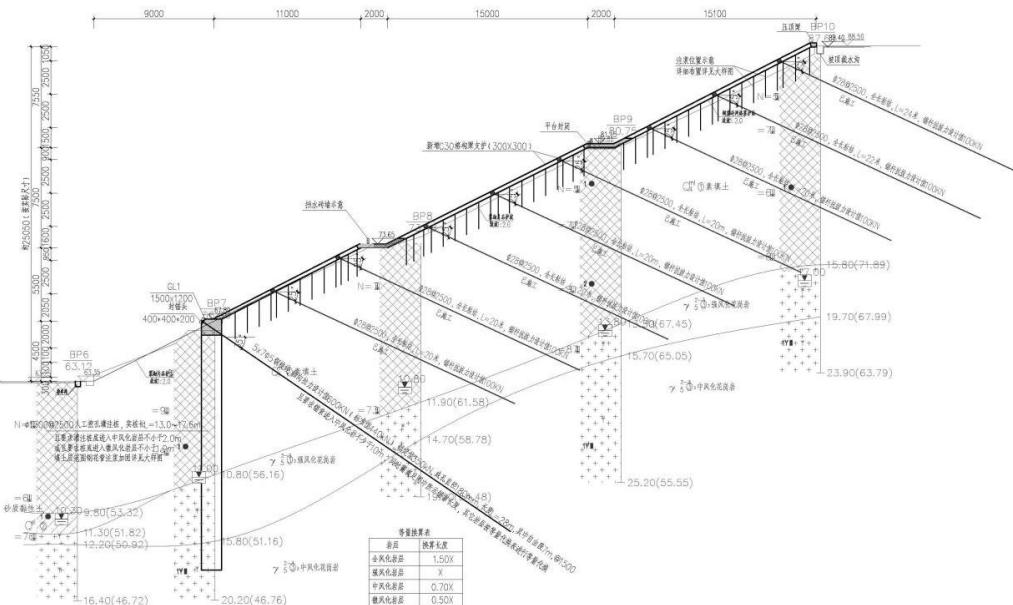


图 2 剖面图

5 结语

本项目属于边坡填筑完成后进行的二次加固, 经加固方案比选后采用“抗滑桩+锚索”、“格栅梁+锚杆”及坡面浅层注浆加固处理的综合加固方式。该综合处理方式充分利用了抗滑桩的刚性处理方式, 也结合了格栅梁+锚杆处理的相对柔性处理方式, 从而解决了山体边坡加固处理难施工的问题。同时为防止填土表面雨水下渗, 采用表层注浆加固方式进行处理。

同时也映射出填土边坡支护工程不可大意, 需进行系统计算并结合现场后才可提出支护方式。首先基本计算需满足整体稳定性要求及变形沉降限制要求^[5], 其次是施工过程需严格依照相关规范要求进行。

参考文献

- [1] 朱思军. 某挡土墙开裂原因分析及加固方案探讨 [J]. 广东水利水电, 2025, 05.
- [2] 杨光华, 钟志辉, 张玉成. 用局部强度折减法进行边坡稳定性分析 [J]. 岩土力学, 2010 (11): 53–58.
- [3] 徐小丽, 张玉成, 胡海英, 等. 某山体滑坡原因分析及加固措施探讨 [1], 广东水利水电, 2014 (1): 26–29.
- [4] 李远辉, 陈小丹, 马勇. 某挡墙失稳原因分析及加固设计 [J]. 广东水利水电, 2020 (2): 92–95.
- [5] 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330–2013[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.