

某高速公路挡墙变形分析及处治方案研究

吴孟松 胡强*

四川公路桥梁建设集团有限公司 勘察设计分公司

摘要: 挡墙广泛应用于公路、铁路、建筑、水利、矿山等工程中,通常用于防止土方、岩石或其他材料在斜坡或垂直墙面上滑动或塌方。本文以四川东部丘陵区某高速公路所遇到的挡墙变形为例,分析了挡墙变形特征以及导致变形的原因,并以此提出挡墙变形处治方案,建立模型进行了滑坡处治计算,为类似工程提供了良好的参考。

关键词: 挡墙变形; 滑坡特征; 滑坡计算; 挡墙处治方案

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.11.045

引言

挡墙是一种结构工程,通常用于防止土方、岩石或其他材料在斜坡或垂直墙面上滑动或塌方。挡墙的主要功能是支撑周围土体、减少土体的滑动和坍塌,从而保证道路、房屋和其他设施的安全。挡墙可以分为重力挡墙和加筋挡墙两种类型。重力挡墙是指通过自身重量和内部摩擦力来承受侧向压力的挡墙,常用于低高差、土壤质地良好的场合。加筋挡墙则是在挡墙中添加钢筋、预应力钢筋或钢筋混凝土板等加强材料,以提高挡墙的承载能力和稳定性。

对于挡墙的分析与处治,有着很多的研究。杨亚等^[1]对公路双面加筋土挡墙病害及其诱发机制开展了研究。杨超等^[2]通过详细的工程地质和水文地质勘察,对挡墙下方地下水的来源以及挡墙的变形破坏机理进行了分析,并提出了相关的处治方案。杨晓华等^[3]以孟加拉达卡绕城高速公路为依托,通过模型试验研究了以粉细砂为填料的土工格室柔性挡墙在静载作用下的受力变形机理。韩华欣等^[4]对筋材蠕变-温度耦合效应的加筋土挡墙变形进行了分析。任非凡等^[5]对水平静-动荷载作用下加筋土挡墙变形破坏机制进行了研究。张维全等^[6]提出一种新型加筋土结构,采用复合材料理论,对其进行了非线性有限元分析,研究内容包括加筋土挡墙的应力分布、沉降及墙面侧向位移分析。陈华等^[7]在收集了大量加筋土挡墙实践中各种病害的基础上,根据具体的工程实例,总结了加筋土挡墙结构物的病害特征,对每一种病害产生的原因进行了分析,并给出发现方法和整治措施。周群华等^[8]以工程实例为依据,通过ABAQUS数值模拟,详细分析了几种工况下加筋土挡墙的破坏应力、应变规律,并为防止其破坏提出建议。刘飞禹等^[9]采用FLAC 3D建立了数值计算模型,分析了三明治形加筋土挡墙在不同弹性模量,砂土厚度,筋材长度以及荷

载距面板距离对挡土墙变形的影响。

一、工程概况及变形特征

(一) 工程概况

本工程位于四川东部丘陵区某高速公路K7+700~K7+900段。本段为斜坡路段,施工图设计阶段拟设挡墙,施工过程中未出现明显异常情况。该挡墙施工完一段时间后,K7+740~K7+750段挡墙出现明显位移,导致下方民房墙面、室内地板以及屋前院坝出现裂缝。K7+440~K7+450段挡墙相对前后挡墙最大位移达4cm。K7+770~K7+840段中央分隔带处开始出现裂缝,最大裂缝达10cm,逐渐扩大。此问题已在K7+760~K7+800段造成累计沉降9cm,累计位移2cm向左侧。其他段落的位移较小。

(二) 变形特征

根据现场调查,变形区形成2个滑坡。实测变形范围如图1所示。



图1 实测变形范围

1#滑坡: 位于K7+730~K7+770左侧,主滑方向 7° ,纵向长度115m,宽度100m,面积约11500 m^2 ,后缘为高速公路填挖交界处纵向拉裂缝,前缘位于民房前部基岩出露处,相对高差19m,滑面为基岩面,滑体平均厚度4~5m,方量50100 m^3 。为中型土质滑坡。

2#滑坡: 2个主滑方向,A区主滑方向 14° ,纵向长度36m,宽度60m,面积约1700 m^2 ,相对高差15m,滑体平均厚度5m,方量8500 m^3 。均位于改路堆载范围,为小型土质滑坡。B区主滑方向 78° ,纵向长度56m,宽度39m,面积约1000 m^2 ,相对高差9m,滑体平均厚度4.5m,方量4500 m^3 。均位于改路堆载范围,为小型土质滑坡。

二、变形种类及原因分析

(一) 古滑坡

古滑坡是指在古代就已经形成的滑坡,其滑动面已经被赋存了较长时间,滑坡的动力、形态、特征等均已

经发生演化和变化。由于滑动面赋存时间长，地质体松散程度高，自然环境因素的影响也比较显著，因此古滑坡往往具有较为复杂的形态、演化历史和变异特征。

(二) 地形地貌、地层岩性对滑坡的影响

1#、2#滑坡均位于陡坡下部的宽缓平台，高速从斜坡缓坡地带后缘通过，垂直路线方向地势较陡，地形坡度一般 $10\sim 40^\circ$ ，局部为陡坎，地面高程 $400.00\sim 420.57\text{m}$ ，相对高差 20.57m ，地形起伏大；滑坡两侧地形较高，中间低，为汇水地形。

滑体物质主要以黏性土混碎石为主，含水量高，强度低，渗水性强；下伏基岩为泥岩，泥岩为隔水层，地下于泥岩表面富集，泥岩遇水软化、泥化，抗剪强度降低，在公路开挖坡脚失去支撑后，上覆土层沿泥岩软化滑动。

(三) 大气降水、地下水和地表水

项目区雨量充沛，地表松散层易渗透，基岩下方为斜坡，其中后部较陡，前部较平，汇水条件良好。基岩为泥岩，对水具有相对隔离作用，地下水会沿岩面汇聚于滑坡区域。在工程完成后，广安地区遭遇了持续的暴雨，使得坡体中的松散物长期处于饱和状态，增加了重量，降低了强度，同时增加了动静水压力。地下水渗透并软化泥岩表面，降低了其抗剪强度，从而形成了滑动面。滑坡体位于地下水排泄区，暴雨工况下，地下水软化基覆界面的泥岩，抗剪强度减低，形成滑床。场地为近顺层斜坡地貌，填筑体顺软弱面滑动，形成推移式变形体。

(四) 人类工程活动

原设计左侧路肩挡墙长度 198m ，最大墙高 12m ，基础嵌入基岩，挡墙使高速公路与左侧坡体隔离，不对左侧斜坡产生加载。

根据现场地形地质情况以及施工分析，挡墙出现移位主要原因为局部段落设计基岩高程与现场稍微有出入，现场挡墙施工入岩深度不足，导致挡墙局部基底承载力不足，在挡墙自重及土压力作用下墙趾处应力集中，地基土变形后导致挡墙发生移位挡墙倾斜，路面开裂，高速公路对斜坡后缘加载，诱发滑坡发生。

三、滑坡处治计算

(一) 滑面力学参数反算

滑坡稳定状态判定：变形体后缘出现裂缝，挡墙倾斜，滑坡中前部房屋开裂，因此推断变形体处于蠕动变形阶段，稳定系数取 1.0 。

选取主滑断面，根据填方高度，路面裂缝位治，基岩面形态、埋深，推测为顺基岩面折线形滑动，拟定滑面位治。

滑坡发生位于持续降雨后，因此反算工况为饱和工况，取填土重度 $\gamma = 20.6\text{kN/m}^3$ ，地表覆盖层粉质黏土重度 $\gamma = 19.6\text{kN/m}^3$ ，根据稳定系数及滑面，建立反演计算模型，如图2所示，反算滑面力学参数。

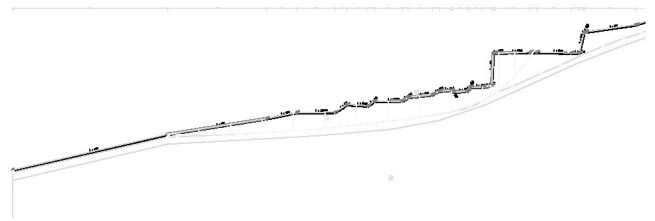


图2 变形体反算模型

计算得滑面在饱和工况下抗剪强度参数为 $c=8.5\text{kPa}$ ， $\varphi=4.5^\circ$ 。天然工况滑面参数取 $c=10\text{kPa}$ ， $\varphi=5.5^\circ$ 。

(二) 下滑力计算

采用主滑断面，根据拟定滑面及反算滑面力学参数结果，计算在饱和工况下设桩处下滑力。计算模型如图3所示。

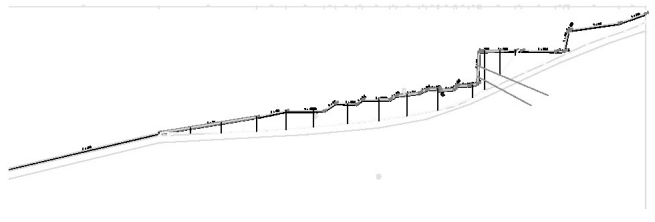


图3 下滑力计算模型

计算结果如下：

(1) 天然工况：安全系数取 $k=1.25$ ，计算挡墙处下滑力为 139.992kN/m 。

(2) 饱和工况：安全系数取 $k=1.1$ ，计算挡墙处下滑力为 390kN/m 。

(3) 土压力：挡墙墙背土压力 224kN/m 。

锚索单根锚索设计锚固力 750kN ，竖向2根，横向间距 3.5m ，每延米提供 395kN 的抗滑力，大于安全系数 $k=1.1$ 时暴雨工况挡墙处下滑力。

处治设计时未考虑挡墙的剩余支挡力，临界平衡时墙前抗力，钢管桩提供抗力，注浆提高土体抗剪强度等因素。下滑力与土压力选取下滑力较土压力大，应选用下滑力作为结构计算依据。

(三) 挡墙前坡体稳定计算

挡墙前坡体稳定性计算模型如图4所示。高速公路路肩墙经处治后稳定，挡墙前坡体暴雨工况下稳定性为 1.5 ，滑坡前缘无下滑力。

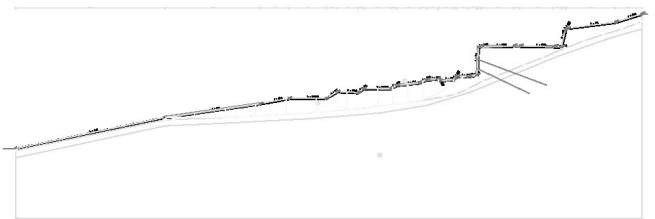


图4 挡墙前坡体稳定性计算模型

四、处治设计内容

(一) 堑顶截水沟

K7+640~K7+880右侧坡口线外3m增设顶截水沟。挡墙两侧采用 $\phi 20\text{cm}$ PVC管引入路基边沟。

(二) 泄水孔

K7+680~K7+830路基右侧路堑墙,原泄水孔全部加长至6m,外倾坡度4%。坡脚以上0.5m新增一排长泄水孔,长20m,外倾坡度10%,横向布置间距为6m,与原泄水孔错开布置。

左侧挡墙坡脚(或冠梁顶)以上0.2m新增一排长泄水孔,长25m,外倾坡度10%,横向布置间距为4m、6m间隔布置(即每板挡墙伸缩缝处布置一个、隔4m墙中处布置一个泄水孔),与锚索错开布置。泄水孔采用 $\phi 90\text{mm}$ PE管, $\phi 90\text{mm}$ PE管按 120° 螺旋设置 $\phi 20\text{mm}$ 圆孔,间距20cm,并用渗水土工布包裹,端部1m范围内用双层渗水土工布包裹。泄水孔钻孔为 $\phi 110$ 钻孔,超钻30cm。

(三) 钢管桩

挡墙前设置二~三排钢管桩锁定挡墙横向变形,纵向间距1m,横线间距0.75m,错开布置,钢管为中 $127\text{mm}\times 10\text{mm}$ 无缝钢管,长度9m,设花孔。钻孔直径为170mm,灌注M30水泥砂浆,注浆压力不小于0.4MPa。钢管桩顶设承台,承台底标高为现墙前地面高,承台高度1.2m,宽2.5m,承台与挡墙直接接触。

(四) 注浆

K7+730~K7+840墙前设2排注浆孔,对挡墙基础注浆处置,提高未入岩的挡墙底部地基承载力。第一排注浆孔紧贴挡墙设置,注浆孔纵横向间距1m,矩形布置,并与钢管桩错开布置,注浆孔顶与地面同高,注浆孔向挡墙方向入射角为 45° ,注浆孔深度为进入基岩2m。注浆孔采用 $\phi 170\text{mm}$ 钻孔,注浆材料采用M30水泥砂浆,注浆压力不小于0.4MPa。钻孔要求采用无水钻进,钻孔需间隔3个孔施工,同时施工的两个孔的距离不小于3m,每钻完一孔及时进行下管注浆。

(五) 设置锚索

挡墙设置两排锚索,其中K7+730~K7+810第一排距离墙顶4m,第二排距墙顶7m,K7+810~K7+820第一排距离墙顶3m,第二排距墙顶6m,K7+820~K7+880第一排距离墙顶2m,第二排距墙顶5m。为保证锚索协调受力以及保护原片石砌挡墙不受破坏,在锚索垫墩下设置钢筋砼面板。锚索采用6中15.2钢绞线,自由段为孔口至进入基岩内2m,锚固段长度10m,锚索长17~25m,设计锚固力为750kN,锚索张拉锁定荷载为200kN。K7+730~K7+750锚索长度第一排为19m,第二排为16m,K7+750~K7+770锚索长度第一排为20m,第二排为17m,K7+770~K7+820锚索长度

第一排为24m,第二排为19m,K7+820~K7+840锚索长度第一排为25m,第二排为17m,K7+840~K7+880锚索长度第一排为23m,第二排为16m。钻孔直径为150mm,灌注M35水泥砂浆,注浆压力0.6~0.8MPa。锚索施工由整个段落两侧向中部施工。

挡墙变形处治典型设计断面如图5所示。

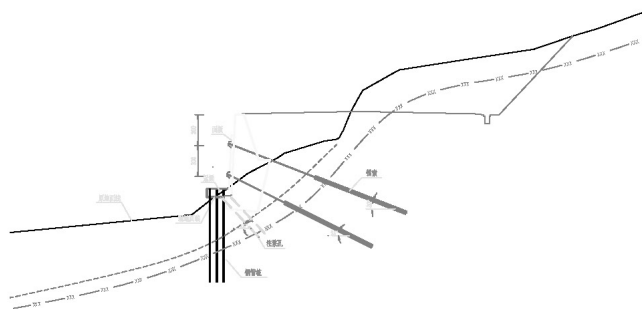


图5 挡墙变形处治典型设计断面

五、结论

本文以四川东部丘陵区某高速公路中遇到的挡墙变形为例,讨论了导致挡墙变形的主要原因可能有古滑坡、地形地面及地层岩性、大气降水、地表水及地下水、以及人类工程活动,并详细分析了各种原因下挡墙变形的种类及特征。通过模拟计算的方式,选定结构计算依据,基于计算结果,形成了完整的处治设计方案,为类似工程提供了良好的参考。

参考文献

- [1] 杨亚,王勇,刘杰,等.公路双面加筋土挡墙病害及其诱发机制研究[J].公路,2023,68(03):13-20.
 - [2] 杨超,张青,吴瑾天,等.玄武岩台地前缘环形路基高挡墙变形处治研究[J].中外公路,2021,41(S2):6-9.
 - [3] 杨晓华,李浩,赵旭,等.粉细砂填料柔性挡墙受力变形特性模型试验[J].工程地质学报,2023,31(02):680-687.
 - [4] 韩华欣,肖成志,丁鲁强,等.考虑筋材蠕变-温度耦合效应的加筋土挡墙变形分析[J].岩土工程学报,2023,45(04):816-825.
 - [5] 任非凡,徐欢,黄强强.水平静-动荷载作用下加筋土挡墙变形破坏机制研究[J].岩石力学与工程学报,2021,40(06):1248-1257.
 - [6] 张维全,韩冬.筋-板无连接加筋土挡墙受力变形特性分析[J].中外公路,2011,31(04):18-21.
 - [7] 陈华,房锐,赵有明,等.公路加筋土挡墙病害及整治措施研究[J].公路,2009,(12):73-77.
 - [8] 周群华,赵建永,熊伟.引线路基土工格栅加筋土挡墙破坏应力应变规律分析[J].公路,2017,62(08):34-40.
 - [9] 刘飞禹,颜思琪,陈江,等.条形荷载下三明治形加筋土挡墙的变形特性分析[J].防灾减灾工程学报,2021,41(05):1080-1086.
- 作者简介:吴孟松(1992.07-),男,汉,四川广安市,硕士研究生,工程师,研究方向:公路工程。
通讯作者:胡强(1989.09-)男,汉,河北保定市,本科,工程师,研究方向:公路工程。