

机场下穿通道深基坑边坡防护及变形控制技术研究

郭家伟

中国水利水电第十六工程局有限公司 福建 福州 350000

摘 要: 机场下穿通道深基坑施工作为地下结构施工的重要部分, 机场区域施工对于基坑稳定性及周边环境安全要求极高。本文以深圳机场卫星厅配套站坪3#、4#下穿通道工程为研究对象, 对机场下穿通道深基坑施工特点进行分析, 整理边坡防护核心技术及变形控制实施途径。通过改进支护选型、规范防护施工、建立监测体系、动态控制变形等方式解决深基坑边坡失稳、变形超限问题。工程实践证明该技术体系可以有效保证基坑施工的安全, 为同类机场地下通道深基坑工程提供技术借鉴。

关键词: 机场下穿通道; 深基坑; 边坡防护; 变形控制

机场下穿通道是联系航站楼与卫星厅的交通设施, 具有飞机与服务车辆立体通行的作用, 主体结构施工要依靠深基坑开挖作业。机场飞行区周边施工场地狭小, 地质情况复杂, 深基坑边坡易受土体性质、降水、施工扰动等影响, 造成滑坡、开裂、变形超限等。深基坑边坡防护失效, 不仅会对施工安全造成直接威胁, 还会影响到机场正常的运营秩序。本文结合深圳机场3#、4#下穿通道工程实践, 对深基坑边坡防护及变形控制技术进行系统的分析, 保证工程安全有序推进。

1 工程概况与深基坑施工特点

1.1 工程基本概况

深圳机场卫星厅配套站坪工程3#、4#下穿通道设在卫星厅南侧, 两条通道沿中轴线对称设置, 承接现有的1#、2#下穿通道北端, 实现T3航站楼和卫星厅的连接。3#下穿通道为双向两车道, 道路宽度11.7米, 通道全长529米, 暗埋段箱涵结构长370.15米。4#下穿通道为双向两车道, 道路宽度11.7米, 全长529米, 暗埋段箱涵结构长374.52米。工程主体结构施工要进行大面积的深基坑开挖, 基坑开挖深度大, 施工区域临近机场运行核心区, 对基坑边坡稳定性及变形控制有很高的要求。

1.2 深基坑施工核心特点

机场下穿通道深基坑施工具有场地空间狭小的特征, 在施工区域无法开展大面积作业, 边坡支护和防护施工要在有限的空间内进行。工程所处区域地质条件复杂, 土体自稳能力差, 基坑开挖后边坡容易出现应力释放引起的变形。施工过程中需要应对雨季降水的影响, 雨水渗透到土体会降低土体的强度, 增大边坡的变形和失稳风险。机场飞行区施工安全控制要求很高, 基坑变形不能影响周边飞行设施和地面交通的正常运行, 变形控制精度比一般市政工程高很多^[1]。

2 机场下穿通道深基坑边坡防护技术

2.1 边坡支护体系选型

机场下穿通道深基坑支护体系要根据开挖深度、地质状况和场地限制条件一起确定, 支护形式要兼顾稳定性和施工可行性。本工程用基坑支护桩配合横撑结构的支护形式, 支护桩给边坡提供核心侧向支撑, 横撑结构协调各个支护桩的受力情况, 提高支护体系整体刚度。支护体系的设计和施工方案要经过专家论证, 符合深基坑安全施工规范^[2]。深圳机场3#、4#下穿通道深基坑支护体系经过专家论证之后, 采用桩撑配合喷射混凝土的复合支护形式, 明显改善了边坡的抗变形和抗滑移性能。支护桩采用钻孔灌注桩, 直径1.2m, 间距1.5m, 横撑用型钢支撑, 分段拼装施工, 施工方便、结构承载能力强, 满足机场场地周边管线密集、施工空间狭小的要求。

2.2 边坡坡面防护施工

基坑开挖和坡面防护要同时进行, 开挖到设计高程之后立刻开始边坡喷射混凝土施工, 迅速封闭坡面土体, 防止土体长时间裸露造成风化剥落、雨水冲刷。喷射混凝土施工前要清除坡面的杂物和浮土, 保证混凝土和原状土体紧密结合。基坑开挖分段施工, 每一段开挖后及时做坡面防护, 减小边坡无防护时间。深圳机场3#、4#下穿通道基坑开挖到0.5米高程面的时候, 立即进行边坡喷射混凝土施工, 坡面封闭及时性、防护强度都符合设计要求。喷射混凝土为C25强度等级, 厚度为8~10cm, 施工时采用湿喷工艺, 配备专用喷射设备, 保证混凝土喷射均匀、密实, 安排专人检查坡面平整度, 及时修补局部破损处。

2.3 边坡排水防护措施

排水系统是边坡防护的一部分, 良好的排水可以防止雨水浸泡软化土体, 从根本上减少边坡变形的诱发因

素。基坑周围应设挡土埂、截水沟,阻止场外雨水流入施工现场。基坑内部设置明沟、集水井,及时排出坑内积水,保证边坡土体干燥。施工场地的排水系统要提前疏通,保证排水畅通无积水。深圳机场3#、4#下穿通道深基坑施工前已建立全场排水系统,明沟和集水井共同工作,防止边坡积水引起软化变形。挡土埂高30cm、宽50cm,截水沟为砖砌,断面尺寸为40cm×50cm,每隔15~20m设一个集水井并装有抽水泵及时排水,经常清理沟内杂物以免堵塞。

3 机场下穿通道深基坑变形控制技术

3.1 变形监测体系构建

创建全覆盖的变形监测体系是实现变形可控的前提,监测内容有边坡水平位移、竖向沉降、支护结构内力、周边环境变形。监测点沿基坑边坡均匀布置,关键部位加密布置,保证能全方位反映边坡变形。施工期间进行实时监测,根据施工进度调节监测频率,在开挖高峰期和雨季要加大监测频率。监测数据有异常情况时立刻启动预警系统,采取相应的处理手段。深圳机场3#、4#下穿通道深基坑按规范布置了足够数量的监测点,在24小时之内对变形数据进行跟踪,从而达到对基坑变形状态的全过程动态监控的目的。监测点用钢筋混凝土浇筑固定,水平位移监测用测斜仪,竖向沉降用水准仪,观测数据每2小时一次,出现异常马上汇报并启动应急处理程序^[3]。

3.2 开挖工序控制变形

深基坑开挖工序对边坡变形的影响较大,采用科学的开挖方式可以减小土体扰动,控制变形的发展。基坑开挖按照分层分段的方式进行,严格控制一次开挖的深度、长度,防止大面积开挖造成边坡应力过大。开挖顺序自上而下逐段推进,严禁超挖、逆坡开挖,开挖后及时进行垫层浇筑和支护施工。分层开挖的厚度要符合规范的要求,减小对周围土体的扰动范围。深圳机场3#、4#下穿通道深基坑采用分层分段开挖方式,每层开挖后及时进行支护施工,边坡变形量一直保持在设计允许的范围内。每层开挖厚度控制在1.5~2.0m,每段开挖长度不大于15m,开挖后4h内进行垫层浇筑,支护作业紧随其后,有效地减少了土体扰动的时

3.3 动态调控变形参数

变形控制要根据监测数据进行动态调整,变形速率大于预警值的时候,马上停止开挖作业,采取措施控制变形的发展。常用的调节方式有基坑内侧回填反压、边坡顶部挖土卸荷、加固支护结构薄弱处等。施工过程中根据地质变化随时调节施工参数来适应不同的土层变形特性^[4]。深圳机场3#、4#下穿通道深基坑局部变形偏大处进行挖土

卸荷处理,迅速减小边坡荷载,抑制变形继续扩大,保证基坑整体安全。卸荷深度为0.8~1.2m,卸荷范围从边坡顶部向外延伸3~5m,并对支护桩薄弱部位增设锚索加固,实时监测变形数据,变形稳定后恢复开挖。

3.4 支护结构强化防控

支护结构是深基坑变形控制的关键防线,应根据基坑受力特点和地质情况来加强支护体系的承载能力及抗变形性能,从根子上阻止边坡变形。施工期间要严格控制支护结构施工质量,改良支护节点处理方式,防止出现裂缝、位移等问题,依照基坑开挖进度同步加强支护强度,适应土体应力变动情况。常用的加强手段有增大支护桩截面尺寸、加密锚索布置、增设腰梁加强、喷射混凝土面层加厚等,使支护结构与周围土体共同受力,提高整体稳定性。深圳机场3#、4#下穿通道深基坑对于基坑边角应力集中区,增大支护桩截面到1.2m×1.5m,锚索间距由原来的2.0m改为1.5m,增加两道钢筋混凝土腰梁以提高整体性,喷射混凝土面层厚度为150mm、强度等级C30。施工时支护桩混凝土分层振捣,锚索张拉值控制在设计值的1.1倍,养护期间定期检测支护结构内力,保证支护强度满足要求,使边坡变形量保持在30mm以内,满足机场施工的要求。

4 防护与控制技术的工程应用保障

4.1 施工技术管理保障

施工技术管理为边坡防护、变形控制落地奠定基础,施工前应进行图纸会审及专项技术交底,深基坑开挖等危大工程必须经过专家论证并报批。测量人员要准确地放样出基坑中轴线、边坡开挖线,复核地表高程,保证施工定位的准确性。技术人员一直留在施工现场,及时解决防护施工、变形控制中出现的技术问题。深圳机场3#、4#下穿通道深基坑施工前全部技术报审完成,技术交底到所有作业人员,施工操作全过程符合技术规范要求。图纸会审主要是检查支护体系设计是否与现场地质相适应,技术交底为书面和现场实操相结合的方式,测量放样的误差控制在5mm以内,技术人员分成班组值守,及时处理问题。

4.2 施工材料与设备保障

边坡防护和变形控制所用的原材料必须经过严格的检验,合格后才能使用。喷射混凝土、支护钢筋、土工格栅等材料的强度、性能要符合设计要求,不得使用不合格材料进入施工现场。施工机械设备要定期检修维护,保证挖掘机、振捣设备、监测仪器等正常运转,关键机械设备备有备用机,以防设备故障影响施工。深圳机场3#、4#下穿通道深基坑施工所用原材料全部经过第三方

检测合格,机械设备全程正常运转,为防护和控制施工提供硬件支持。原材料检测含强度、耐久性等指标,每批次材料都保存一份检测报告,机械设备每日班前检查、每周全检,检测仪器定期校准,备用机组随时待命。

4.3 雨季施工专项保障

雨季属于深基坑边坡变形的多发期,应制订专门的施工保证措施来减少气候对变形的影响。雨季施工前要备足防雨排水设施,对裸露坡面及施工材料采取覆盖措施。混凝土施工要立即测定砂石含水率,调整配合比,严格控制坍落度,保证混凝土施工质量。雨季缩短开槽长度,做到开挖一段紧跟一段工序,减少降雨对边坡的影响。深圳机场3#、4#下穿通道深基坑在雨季施工时,在槽底留设200毫米的保护层,防止雨水直接浸入基底,降低边坡变形的可能性。设置大功率抽水泵20台、防雨布500m²,每天测定砂石含水率两次,调整混凝土配合比,雨后及时清理坡面积水和浮土,对损坏的防护面及时修补,保证雨季施工安全。

4.4 现场安全管控保障

现场安全管控属于防护和控制技术落地的有力支撑,要创建起全面而完整的安全管控体系,确定各个岗位的安全责任,杜绝因违规操作引发的变形隐患和安全事故。施工区应设标准化的安全防护设施,划定危险作业区,设置警示标志,禁止非作业人员进入基坑作业区。作业人员必须持有相关证件方可上岗,按照安全操作规程作业,高空作业、基坑内作业要配戴相应安全防护用品,定期开展安全培训与隐患排查工作。除此之外还要设置安全检查制度,配备专人定时检查基坑边坡、支护结构、监测仪器等各环节的状况,一旦发现问题就及时处理。深圳机场3#、4#下穿通道深基坑施工现场连续式防护栏杆(高度1.2m)设在基坑四周,悬挂警示标志30余块,划分基坑作业禁区,设置隔离围挡。所有作业人员持证上岗,高空作业人员戴安全带、安全帽,基坑内作业设通风设备、应急照明。每天进行安全检查4次,每

周组织一次安全隐患大检查,对于发现的支护松动、监测仪器不正常等安全隐患,建立台账并限期整改,整改完毕后进行复核,保证施工现场安全受控,给边坡防护和变形控制提供安全可靠的保障。

5 工程实施效果

深圳机场3#、4#下穿通道深基坑施工全过程使用以上边坡防护和变形控制技术,基坑边坡无滑移、坍塌、开裂等安全事故。边坡水平位移、竖向沉降数据均在设计允许范围内,支护结构一直处在稳定的工作状态。整个变形监测系统没有产生红色预警,施工没有给机场飞行区运行和周边设施造成任何影响。基坑支护及开挖作业按期结束,给后续主体结构施工创造安全稳定的作业环境,工程质量及安全管控均符合机场飞行区施工标准。

结语:

机场下穿通道深基坑边坡防护和变形控制是保证工程安全的主要技术手段,要根据机场施工的特殊性来制订相应的措施。深圳机场3#、4#下穿通道工程实践表明,合适的支护体系选型、及时的坡面防护、完善的排水措施、动态的变形控制,可以有效地解决深基坑边坡失稳、变形超标的难题。该技术体系符合机场区域施工的严格要求,能给国内类似的机场地下通道深基坑工程赋予可模仿的施工经验,助力机场交通配套工程施工技术的进步。

参考文献:

- [1]刘邵敏.机场隧道深基坑开挖安全施工技术研究[J].现代工程科技,2025,4(15):33-36.
- [2]梅亚杰.机场隧道深基坑开挖安全施工技术[J].大众标准化,2025,(06):27-29.
- [3]杨超法,左伏谦,刘亮亮,张明,徐子军.临近机场深基坑周边重要建筑物的沉降观测技术分析[J].交通建设与管理,2024,(S1):87-88.
- [4]钱青.紧邻机场航站楼深基坑的管控措施研究[J].建筑施工,2024,46(07):1154-1157.