

广西天等县顿立一号高架大桥场址工程地质条件浅析

刘攀

湖南省自然资源调查所

摘要: 本文通过对拟建的广西天等县顿立一号高架大桥的场址工程地质条件进行分析, 总结出该场址区域地质稳定性较好, 场地类别以“II”类为主, 区内中风化灰岩(D_3)为较好的基础持力层, 环境水对混凝土结构及钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性, 整体为岩溶中等发育区。

关键词: 顿立一号; 高架大桥场址; 工程地质条件

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.06.035

一、工程概况

拟建ZK6+800/YK6+780顿力一号高架大桥位于广西天等县选解村境内, 拟建桥梁跨越山间谷地。桥梁左右分幅, 上部构造为装配式预应力砼小箱梁, 下部结构桥墩及基础为柱式墩、桩基, 桥台及基础为U台扩基、肋台桩基。左幅起讫桩号为ZK6+538.0~ZK7+059.0, 中心桩号ZK6+800, 桥长为521.00m, 孔数孔径为17×30; 右幅起讫桩号为YK6+505.0~YK7+534, 中心桩号YK6+780, 桥长为549.00m, 孔数孔径为18×30, 设计高程369.742~365.602。

二、工程地质条件

(一) 气象条件

场址区气候类型为南亚热带季风气候。夏半年(4~9月)受湿热季风的影响, 盛行偏南风; 冬半年(10月~次年3月)受干冷冬季风的影响, 多吹偏北风。总的气候特点是: 气温较高, 阳光充足, 热量丰富, 雨量充沛但分布不均, 夏季多暴雨, 易洪涝, 春秋有干旱, 冬季有霜冻。多年平均气温在21.7~21.9℃之间, 年平均降雨1583~1943mm之间, 雨季集中在4~9月, 降雨约占全年降雨量的80%。影响项目的主要气候灾害是洪涝、干旱、风灾及冰雹等。

(二) 地形地貌

场址区属坡立谷地貌, 微地貌形态跨越山间沟谷, 沟谷开阔, 耕地主要为农田。沟谷内有百斗河自西向东蜿蜒流经桥区, 宽约3~5m, 勘察期间水深约0.5~1m。桥位区海拔351~357m, 相对高差约8m。两侧桥台均位于沟谷冲积阶地, 桥位区未见滑坡、崩塌等不良地质。

(三) 地层岩性

根据野外地质调绘及钻探揭示, 场地内地层主要由第四系(Q^{m1})人工填土、第四系冲洪积层(Q^{al+pl})淤泥、粉质黏土、细砂及泥盆系上统(D_3)灰岩组成。

1. 第四系人工填土(Q^{m1})

填筑土: 灰褐色, 主要成分为含灰岩碎石粉质黏土。位于地表, 层厚0.5~2.5m。

2. 第四系冲洪积层(Q^{al+pl})

淤泥: 夹有机质, 有腐味。主要在溪沟两侧的钻孔中揭露, 层厚2.1~6.8m。

粉质黏土: 黄褐色, 软塑状, 以粘粒为主, 粉粒次之, 切面光滑, 无摇振反应, 干强度中等, 层厚1.7~3m, 仅在钻孔SK067-4、SK067-21、SK067-25中揭露。

粉质黏土: 黄褐色, 可塑状, 韧性及干强度中等, 土质不均匀, 钻孔揭露层厚4~13.5m, 在钻孔中普遍揭露。

粉质黏土: 黄褐色, 硬塑状, 以粘粒为主, 局部含少量高岭土, 无摇振反应, 干强度中等, 韧性中等, 钻孔揭露层厚7.2~12.7m。

细砂: 黄褐色, 饱和, 稍密, 成分为石英, 长石, 余为黏性土充填, 层厚2.6~3.6m, 仅在钻孔SK067-12、SK067-24中揭露。

3. 泥盆系上统(D_3)

中风化灰岩: 青灰色、隐晶质结构, 中厚层状构造, 节理裂隙发育, 部分方解石脉充填。该层揭露有溶洞, 溶洞高度一般0.6~2.8m, 无充填或部份为黏性土半充填、全充填, 埋深一般5.60~14.0m。所有钻孔均有揭示, 该层灰岩未揭穿。

中风化灰岩: 青灰色、隐晶质结构, 中厚层状构造, 节理裂隙发育, 局部可见方解石脉充填, 岩芯破碎呈块状, 块径3~9cm, 仅在钻孔SK067-29中揭露, 层厚3.8m。

(四) 地质构造、历史地震及地震动参数

场址区附近, 历史上时间最近的规模较大的地震为2019年11月25日上午发生于靖西市湖润镇($N22.89^\circ$, $E106.65^\circ$)的5.2级地震, 孕震构造为一北东走向的逆冲断裂, 发震部位为断裂端部的锁固段, 震源深度10km, 属于中强级别的浅源地震, 震中距离项目区最

表1 钻孔等效剪切波速一览表

钻孔编号	地层	计算厚度d (m)	剪切波速Vs (m/s)	等效剪切波速Vse (m/s)	场地类别
SK067-19	Q ^{al+pl}	1.1	280	280	I ₁
SK067-28	Q ^{al+pl}	11.2	280	280	II
SK067-32	Q ^{al+pl}	12.7	280	280	II
SK067-8	Q ^{al+pl}	10.4	280	280	II
SK067-13	Q ^{al+pl}	11.1	280	280	II

近距离不到20km, 硕龙等地震感较强, 地震诱发山体滚石造成1人死亡、数人受伤; 2019年11月28日上午湖润镇 (N22.90°, E106.66°) 再次发生地震, 震级4.3, 震源深度10km, 同属中强级别浅源地震, 此次地震为11月25日5.2级地震的余震。在小里程桥台处测得岩层产状231°/SE∠6°, 发育两组节理: J1: 274°/NE∠48°, J2: 201°/NW∠68°。

据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015): 本区基本地震动峰值加速度为0.05g, 对应的地震基本烈度为VI度, 基本地震动加速度反应谱特征周期为0.35s。

(五) 场地类别

依据《公路工程地质勘察规范》(JTG C20-2011)表7.10.6, 场地内粉质黏土(Qal+pl)属中硬土, 剪切波速Vs=280.0m/s; 中风化灰岩(D3)属坚硬岩石, 剪切波速Vs>800m/s。钻孔等效剪切波速计算结果如表1。

依据《公路工程地质勘察规范》(JTG C20-2011)表7.10.12规定, 本场地类别以“II”类为主, 局部地段处的场地类别为“I1”类; 桥位区地形平坦, 相对高差不大, 依据《公路工程地质勘察规范》(JTG C20-2011)表7.10.4, 场地属可进行建设的抗震一般场地。

(六) 水文地质

场址区地表水较发育, 百斗河自西向东蜿蜒流经桥区, 宽约3~5m, 勘察期间水深约0.5-1m。属季节性流水, 主要接受大气降水补给, 水量受季节影响较大。

根据区内地层岩性组合及地下水赋存条件, 桥位区地下水类型可分为第四系松散岩类孔隙潜水、岩溶水两大类。

根据地质调查结果, 结合地区经验, 粉质黏土(Q^{al+pl})为微透水层; 中风化灰岩的透水性因岩石裂隙发育程度不同而差异较大, 一般为弱透水层, 岩溶发育地段的透水性因充填和连通性等情况不同差异较大, 一般为强透水层。

根据工程水质分析报告, 拟建工程场地中地表水、地下水对混凝土结构及混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。

(七) 不良地质及特殊性岩土

场址区下伏泥盆系上统(D₃)灰岩, 场址详细勘察施工33个钻孔中有4个钻孔溶洞发育, 溶洞高度一般1.5~3.5m, 无充填或部份为黏性土半充填、全充填, 埋深一般9.1-13.5m。场地遇洞率12.12%, 场地线岩溶率2.76%, 单孔线溶率13.04-22.88%。整体为岩溶中等发育区, 局部岩溶强烈发育。桥址未见滑坡、崩塌、泥石流等不良地质作用发育。

场址区特殊性岩土主要为溪沟底泥及季节性软塑耕植土, 淤泥厚度约2.1-6.8m, 主要发育于5#墩-9#墩之间, 在桩基施工时易造成地面塌陷, 机械无法安置或安装不稳。其余墩台季节性软塑耕植土发育薄。总体来说桥梁以桩基础形式通过, 以下部中风化基岩作为基础持力层, 软土对桥梁建设影响较小。

三、工程地质评价

(一) 场址区域稳定性评价

拟建大桥跨越山间谷底, 覆盖层发育广泛, 地形起伏不大。根据区域地质资料并结合地质调查及钻孔资料, 未见活动性断裂构造发育, 下伏基岩裂隙、溶隙、溶洞发育, 综上所述, 场址区场地稳定性、适宜性一般。

(二) 桥墩(台)工程地质评价及基础建议

左幅0#台、1#墩、2#墩, 右幅0#台、1#墩、2#墩: 墩台位于斜坡上, 边坡坡向330°, 倾角约65°。外露基岩为D₃中风化灰岩, 覆盖层厚度较小, 中风化灰岩节理裂隙、溶蚀裂隙发育, 岩层产状231°/SE∠6°, 发育两组节理: J1: 274°/NE∠48°, J2: 201°/NW∠68°。根据斜坡赤平投影分析可知, 岩层面与边坡坡面反向, 不易产生不稳定楔形体, 节理1和节理2的交点位于边坡面投影弧的内侧, 结构面交线的倾向与边坡方向相同, 边坡开挖后, 易沿节理面产生崩塌或

掉块，不利于边坡的稳定，应采取防护措施。建议该桥台及桥墩采取桩基础，以下部中风化灰岩作为基础持力层，桩身需置于基岩足够深度内且桩端持力层厚度满足规范要求，桥台基础与临空面的水平安全距离不宜小于5m。总体评价：左幅0#台、1#墩、2#墩，右幅0#台、1#墩、2#墩边坡稳定性一般。

大里程桥台（左右幅桥台）：桥台位于谷地，接填方路基，桥台处第四系冲洪积层厚度不大，无软弱下卧层，建议桥台采用桩基础设计，以下伏中风化灰岩作为桩端持力层，桩长及桩径根据各层力学指标计算确定，桥台施工时禁止机械堆载并加强支护。

大桥其余桥墩位于山间谷地，第四系覆盖层厚度0.5-13.5m，建议桥墩采用端承桩基础设计，以下伏中风化灰岩作为桩端持力层，桩长及桩径根据各层力学指标计算确定。

（三）桥基持力层适宜性

（1）第四系冲洪积（ Q^{al+pl} ）粉质黏土：黄褐色，呈软塑-可塑状，以可塑状为主，主要成份以粘粒为主，土质不均匀，干强度及韧性中等，钻孔揭露层厚变化大，均匀性差，承载力低，不宜作为明挖基础持力层。

（2）中风化灰岩（ D_3 ）：青灰色，隐晶质结构，厚层状构造，节理裂隙发育，岩石饱和抗压强度较高，埋深不大，承载力及力学强度较高，可作为基础持力层。灰岩做为桩端持力层时，应注意岩溶发育情况，确保桩端持力层有足够安全厚度。

综上所述，结合场地条件及桥型结构分析，建议本桥各墩台均采用端承桩，以中风化灰岩作为基础持力层。

四、结论及建议

（一）结论

（1）场址区基本地震动峰值加速度值为0.05g，对应的地震基本烈度为VI度，基本地震动加速度反应谱特征周期为0.35s，区域地质稳定性较好，整体适宜桥梁建设。

（2）本场地类别以“II”类为主，局部地段处的场地类别为“I₁”类，属抗震一般场地。

（3）场址区属侵蚀溶蚀峰林谷底地貌，除溶洞外，未见大型滑坡、崩塌等影响桥位稳定的不良地质，特殊性岩土为季节性软弱土和红黏土。地层岩性为第四系冲洪积层（ Q^{al+pl} ）粉质黏土、及泥盆系上统（ D_3 ）中

风化灰岩。

（4）场址区第四系冲洪积（ Q^{al+pl} ）粉质黏土不宜作为明挖基础持力层，中风化灰岩（ D_3 ）为较好的基础持力层。

（5）场址区环境水对混凝土结构及钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。

（二）建议

（1）桥位区第四系冲洪积层（ Q^{al+pl} ）黏土不宜作为明挖基础持力层；中风化灰岩（ D_3 ）为较好的基础持力层。

（2）建议两侧桥台及桥墩均采用端承桩基础，以中风化灰岩为桩基持力层。

（3）各墩台在施工过程中可根据实际地质情况调整基础设置高程。

（4）建议抗震设计按《公路工程抗震规范》（JTG B02-2013）执行，大桥建筑抗震设防原则上应提高一度进行设防。

（5）在5#墩-9#墩之间，淤泥厚度约2.1-6.8m，在桩基施工时易造成地面塌陷，机械无法安置或安装不稳。在该段施工时建议将上层0.6-1m深的土层，拌15%石灰，均匀拌和回填，压实养护形成持力层。

（6）建议桥梁在枯水季节施工，避免雨季雨水冲刷，影响墩台浇筑。

（7）桥址区有当地正在修建的漂流渠，且部分桥墩位于该漂流渠中间，需注意协调以及防范水流对墩台的冲刷。

（8）建议现阶段未施工钻孔，在下阶段具备条件后应及时施钻，待钻探完成后再建议基础型式及高程。

（9）灰岩区岩溶发育，埋深较浅，对场地稳定性不利，桩基施工易产生地面塌陷、漏浆、卡锤等，基础施工应加强防护，并穿过岩溶洞体至以下完整基岩2-3倍桩身直径，使基础荷载传递到下部完好的岩体上。

（10）小里程桥台所在斜坡岩体坡度较陡，受长期风化、根劈、降雨、地震、施工等影响，岩块易松动形成高位危岩体并产生崩塌，建议在开挖过程中加强两侧边坡支护。

参考文献

[1]湖南省工程勘察院有限公司.ZK6+800/YK6+780顿力一号高架大桥工程地质勘察说明[R].娄底：湖南省工程勘察院有限公司，2022.