

公路路基高填方沉降原因及施工控制措施

卢 婷 何玉龙 王永晶 乔唯唯

阿拉善盟云峰道桥有限责任公司 内蒙古 阿拉善盟 750300

【摘 要】：以丘陵区域最大填筑高度 21m 的双向六车道高填方路基作为工程载体，剖析路基填筑体、基底地基两类沉降形成原因，填筑体沉降可归为瞬时、固结、蠕变三类变形的共同叠加。开展填筑阶段、干湿环境、断面点位三维沉降监测，填筑高度抬升会带动沉降同步加快，土体饱和状态下沉降总量超出天然状态，路基断面沉降呈现非对称 W 型形态，岩层承载能力落差、雨水下渗、局部压实度缺失会直接引发不均匀沉降。结合场地原生地质短板，围绕基底补强、填料筛选、分层碾压制定配套施工管控手段。本次观测结论能够为丘陵区域同类高填方路基不均匀沉降防控补充现场实测数据支撑。

【关键词】：高填方路基；沉降机理；不均匀沉降；干湿工况；施工控制

DOI:10.12417/2811-0528.26.16.062

引言

丘陵山区公路建设多涉及大规模开挖填筑，20m 级超高填方路基修建占比逐年上升。地形起伏、岩土层互层、雨水下渗会弱化路基稳定性，路基完工后常出现不均匀沉降，引发路面开裂、边坡滑移病害，缩短道路服役周期。现有研究侧重平原填方沉降规律，泥岩砂岩互层地带干湿工况下的断面沉降差异研究存在短板。依托本地 21m 高填方实体工程，辨析路基内外源沉降成因，监测全周期沉降演变，量化水分、填筑高度、基底地质的沉降影响，制定落地施工管控方案，补足山区填方沉降管控技术短板。

1 公路高填方路基沉降机理与主要沉降原因

1.1 路基自身填筑体引发的沉降

高填方路基沉降包含瞬时、固结、蠕变三类形态，三类变形在施工、运营全周期同步叠加演化。参照丘陵地区 21m 最大填筑高度双向六车道高填方路基现场实况，分层堆填形成的填筑体经碾压处置后，土体内部仍留存细微孔隙。填筑层增高会增加会传导上部填料自重应力，下层填土受荷载挤压收缩孔隙，进而形成土体压密变形^[1]。填料固有参数左右沉降发展速率，项目压实填土天然黏聚力 5kPa、内摩擦角 28°，颗粒相互嵌锁强度偏弱，填料级配失衡、局部压实缺失会拉长土体固结耗时。填筑体形变会贯穿现场施工全过程，道路通车后行车动荷载循环施压，未固结填土会产生持续性蠕变形变，该类低速长期形变会直接催生后期路面裂隙与表层形变。

1.2 基底地基条件造成的沉降

基底土层力学参数与承载能力，把控路基沉降总量与沉降均匀性。工程原地表覆有薄层粉质黏土，土层承载力 120kPa，黏聚力 15kPa、内摩擦角 12°，土体抵御外力形变的能力较差。表层软弱粉质黏土清理不彻底时，高填方竖向荷载会直接作用

于浅层覆土，土层持续压缩后带动上部路基整体下沉。场地深部基岩为泥岩砂岩互层结构，中风化泥岩承载力 600kPa，砂岩承载力可达 2300kPa，地层承载性能差异明显。施工扰动损耗下卧岩层力学属性，岩层抗剪强度、弹性模量取 0.8 倍折减系数后，局部地基形变门槛进一步降低，路基断面各点地地基形变幅度出现偏差，诱发不均匀沉降，破坏路基整体稳定状态。

2 高填方路基沉降特征分析

2.1 不同填筑阶段沉降变化特征

路基沉降量随填筑高度抬升不断上涨，研究路段分三层填筑通车，不同施工周期沉降表现存在区分。首层填筑至 5m 时，路基左侧最大沉降 4.5mm，右侧沉降 2.6mm，土体形变幅度偏低，变形集中在边坡填料富集区段。二层填筑完工、整体高度抵达 13m 后，左右侧沉降分别升至 15.6mm、12mm，土体形变速度加快，变形点位仍分布在两侧填筑体外层。三层填筑达标 21m 设计标高后，左右侧沉降依次为 47.4mm、39.9mm，路基竖向形变抵达施工周期最高点。车辆往复荷载作用下，运营期路基形变持续推进，路面全域最大沉降最终为 57.2mm。上部土体自重应力随填筑高度同步扩张，土体孔隙压密程度随之加深，沉降扩张速度同步上行，施工收尾后的短周期内形变逐步平缓，后续维持固定形变状态。

2.2 天然与饱和工况下沉降差异特征

天然、饱和两类工况下路基地表沉降演化走向趋同，饱和与工况各项沉降数据均高于天然工况，高程越大两组数据偏差越明显^[2]。填筑高程 5m 时，饱和工况左侧路肩沉降 5.3mm，较天然工况上涨 0.8mm，路中两处工况沉降仅相差 0.06mm。高程抬至 13m 时，饱和工况左右路肩沉降为 18.4mm、14.1mm，工况沉降偏差持续拉大。高程到达 21m 时，饱和工况左右路肩、路中沉降分别为 59.8mm、47.0mm、43.0mm，土体受水

后形变涨幅扩大。路段通车后,饱和工况左侧路肩沉降72.3mm,与天然工况差值达到15.1mm。水分渗入土体后会弱化填土力学参数,高填方土体对水体敏感度高于低填方,路段防水排水管控标准需要同步提升(见图1)。

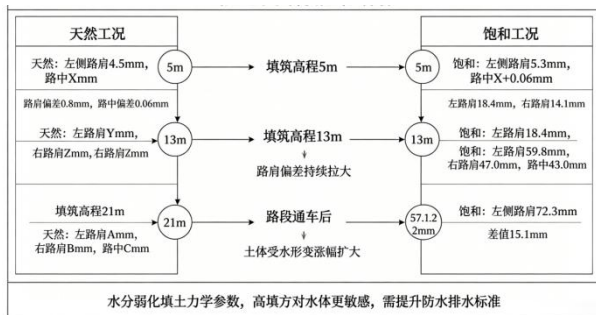


图1 天然与饱和工况下沉降差异特征

2.3 路基不同位置沉降分布特征

路基沉降会受基底地层、填筑厚度双重作用形成差异化空间分布。工程路基中心下伏基岩力学参数稳定,基底承载能力充足,竖向形变幅度偏低,两侧边坡填土堆积体量更高,断面沉降轮廓趋近对称W型。路基左侧填土堆积厚度超出右侧,全施工周期内左侧路肩沉降数值始终偏大,路中依托硬质基岩支撑,沉降数据处于断面最低水平。首层填土施工结束后,路中沉降仅有0.3mm,和边坡区域差异明显。填筑施工达到21m设计标高后,路中天然工况沉降36.5mm,依旧低于两侧路肩测点。岩土层空间排布不均会打破断面沉降对称状态,填土厚度偏高的点位附加应力聚集程度更强,随之产生更大竖向形变,断面内附加应力峰值点位和沉降峰值点位相互重合。

3 高填方路基沉降施工控制措施

3.1 基底处理施工控制措施

原地表粉质黏土这类软弱地层易诱发路基沉降,施工前期需落实基底处置工序。铲除全域表层粉质黏土,消解软弱土层带来的地基压缩隐患,开挖原地面向横台阶,强化新旧填土嵌合紧密性^[3]。基底承载力偏弱区段,依据场地地层条件选用强

夯、排水固结、碎石桩开展地基补强,抬高基底承载上限。本工程基底处置完成后,路基中部地表附加应力增至376.2kPa,未超出中风化泥岩600kPa承载限值,基底可稳定承接上部填筑荷载。现场作业规避机械触碰扰动下卧基岩,削弱岩层强度折减引发的形变隐患,从源头管控地基沉降发育。

3.2 路基填料与含水率控制措施

填料品类及含水状态影响填筑体沉降演化。现场填筑优先选取土石混合料,保障物料颗粒配比协调、结构强度保持恒定。现场调控填料含水比例,把数值稳定在适配区间,规避填料偏干导致碾压密实度不足、含水超标形成土体饱和的两类问题。参照项目设计指标,依托压实填土力学参数划定选材底线,舍弃黏聚力、内摩擦角不达标的劣质填料,规避填料本体形变诱发路基沉降。常态化抽检填料物理力学指标,让填筑物料贴合设计标准,削弱填料性能缺陷带来的施工形变与后期蠕变形变。

3.3 分层填筑及压实度控制措施

现场遵循分层填筑、分层碾压的施工范式,顺着划分作业面逐层推进填土施工,管控单次填土铺设厚度。本项目21m高填方采用多薄层分次填筑,单层填土铺设完毕后即刻开展碾压作业,路基全域压实度稳定在94%及以上。局部压实薄弱区域可增补碾压次数,条件受限区域布设土工合成材料,强化填土整体联结性能。

4 结语

本次实体工程观测表明,丘陵高填方路基沉降诱因包含填筑体孔隙压密、软弱基底压缩、下卧岩层力学扰动三类。路基不均匀沉降风险随填筑高程、土体饱和程度同步上升,路肩测点沉降数值普遍高于路中测点。现场沉降防控依靠软弱基底剥离、填料含水与颗粒配比管控、薄层高标准碾压三类技术手段。本次观测仅围绕泥岩砂岩互层地层展开分析,后续可探究长期强降雨入渗、边坡侧向位移的协同作用,搭建适配丘陵地貌的路基排水、变形动态监测体系,削减道路后期运维病害产生概率。

参考文献:

- [1] 李泽霖.山区公路高填方路基的稳定性分析[J].交通世界,2025,(Z1):133-135.
- [2] 胡艳琼,康慧,李鸿洁.山区高填方路基稳定性监测分析与预测[J].福建交通科技,2023,(9):6-9.
- [3] 安子阳.高填方填石路基沉降机理及压实工况方案比选研究[J].山西交通科技,2023,(3):33-36.