高速公路改扩建新旧路基拼接施工关键技术及沉降控制研究

王 路

（湖南省高速公路集团有限公司，湖南 长沙 410000）

摘 要 为了探究高速公路改扩建工程中新旧路基拼接的差异沉降控制问题，本文以某高速公路改扩建工程为例，选取其中占比达 30% 的拼接段，针对该路段中所含的砂土、粉砂土、黏土、卵砾石土等多种地质情况，从台阶差异化开挖、土工格栅加筋、轻质填料填筑、特殊地基处理等拼接技术入手进行研究，并建立全过程沉降监测体系。根据实践结果可知，采用综合拼接技术的试验组平均沉降量比对照组明显下降，进而得出根据不同的土质条件来设计差异化的台阶尺寸，并采用土工格栅加筋和动态监测控制，可以达到新旧路基协同变形的目的，保证拼接质量。

关键词 高速公路；新旧路基拼接；差异沉降；台阶开挖；土工格栅

中图分类号：U416.1；U418.8 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.27.005

0 引言

随着我国高速公路网不断完善，早期建设的四车道高速公路已经不能满足日益增长的交通需求，改扩建工程逐渐成为公路建设的主要方式。在改扩建工程中，新旧路基拼接施工属于关键技术环节之一，由于旧路基已经完成长时间的固结沉降，新路基在填筑后还会发生较大的自重压缩和次固结沉降，两者之间的差异沉降很容易造成路面出现纵向裂缝、反射裂缝甚至路基失稳等病害，直接危及道路的使用寿命和行车安全。因此，如何有效控制新旧路基的差异沉降，成为改扩建工程急需解决的技术难题。本文以某高速公路改扩建工程为依托，该工程全长 50 km，拼接段长 15 km，地质情况复杂，有典型的工程代表性，通过系统地研究拼接施工关键技术以及沉降控制要点，以期为类似工程提供技术借鉴。

1 项目概况

某高速公路改扩建工程总里程为 50 km，新旧路基拼接施工的段落长度达到 15 km，占全线总长的 30%，拼接段落比例高，工程规模大，施工组织和技术难度大。该路段原来为双向四车道高速公路，由于区域交通需求不断增大，原来的道路通行能力已经不能满足日益增加的交通压力，所以需要拓宽成双向八车道。拓宽后单车道标准宽度为 3.75 m，路基宽度也相应增大到 30 m，路面结构层要和新路基相协调衔接。沿线地质条件存在明显差别，部分路段以砂土、粉砂土为主，土体颗粒大、黏聚力低，边坡稳定性较差；另一部分路段分布有黏土和卵砾石土，土质比较密实，压缩性高。根据不同的土质条件，对新旧路基拼接台阶的尺寸做了差异化的处理，砂土、粉砂土路段台阶高度控制在 0.4 m、宽度为 0.6 m；黏土、卵砾石土路段台阶高度为 1.0 m、宽度为 1.5 m。差异化的台阶设计是为了适应不同的土体力学性质，保证新旧路基之间协同变形的能力，为后续拼接施工打下基础[1]。

2 新旧路基拼接施工关键技术

2.1 原路基处理与台阶开挖技术

原路基处理及台阶开挖部分，本次工程对不同的地质情况采取了不同的施工方案，砂土、粉砂土路段，由于土体颗粒间黏聚力小、边坡自稳能力差，台阶开挖高度控制在 0.4 m、宽度为 0.6 m，分层逐级开挖，每级台阶开挖后立即压实，防止边坡暴露时间过长造成局部坍塌。对于黏土和卵砾石土路段，土体比较密实、强度较高，台阶设计高度为 1.0 m、宽度为 1.5 m，采用机械开挖和人工修整相结合的方式，保证台阶面平整、线形顺直，台阶面内倾角度控制在 2% ～ 4% 之间，有利于新路基填筑后的排水和压实。施工前对旧路基边坡进行清理，清除表层松散土体和植被，对坡面进行补强压实，用小型压路机配合液压夯机进行夯实，保证旧路基边坡的压实度达到 95% 以上。对局部软弱

作者简介：王路（1986-），男，硕士研究生，高级工程师，研究方向：路桥隧道工程管理。

松散的地段采用换填处理或者注浆加固，消除旧路基边缘可能存在的薄弱部位，为新旧路基有效衔接创造良好的条件[2]。

2.2 新路基填筑材料与工艺控制

本次工程对于新路基填筑材料的选择和工艺控制都做了严格的把关，根据不同的地质分区选择填筑材料，填筑材料的模量应与旧路基的模量相匹配，保证新旧路基刚度过渡平顺。砂土、粉砂土路段填料以级配良好的砂砾为主，含泥量不大于5%，可掺入水泥或石灰进行改良，提高填料的整体稳定性；黏土、卵砾石土路段采用碎石土为填料，最大粒径不大于层厚的2/3，保证压实效果。在填筑工艺上严格按照分层填筑、分层压实的原则进行，每层填筑厚度不大于30 cm，压实度不小于96%。对拼接缝边缘处，大型压路机无法到达的区域，采用小型振动压路机配合液压夯机进行补强压实，保证拼接部位的压实质量。严格控制填筑速率，每层填筑完成后进行沉降观测，沉降稳定后进行下一层填筑，防止由于填筑速度过快造成不均匀沉降。施工期间创建了填料质量追溯体系，对每一批填料的级配、含水率实施检测，保证填料质量符合设计要求。

2.3 土工合成材料加筋技术

为提高新旧路基整体稳定性及协调差异沉降，在该工程大部分路段均采用土工合成材料加筋技术。根据设计要求及现场情况，在每级台阶上设一层高强双向土工格栅，其极限抗拉强度和延伸率需要满足工程的施工要求。铺设时土工格栅一头锚固在旧路基台阶面上，锚固长度不小于1.5 m，另一头伸入新路基填筑区，延伸宽度按台阶宽度而定，保证新旧路基之间有良好的拉结[3]。

砂土、粉砂土路段由于土体颗粒细小、界面摩擦系数低，土工格栅铺设间距加密到每两级台阶铺设一层，在格栅表面撒布粗砂以提高界面摩擦；黏土、卵砾石土路段则按每级台阶铺设一层控制。铺设时严格控制格栅张拉应力，用机械张拉后固定于锚固端，保证格栅处于紧绷状态。施工现场施工时土工格栅搭接长度不小于20 cm，搭接处用U型钉或绑扎带固定防止填筑时出现移位，利用土工格栅的加筋作用来约束新路基的侧向变形，提高新旧路基的协同受力能力，大大降低拼接部位的差异沉降风险。

2.4 特殊地基处理技术

本次工程沿线部分路段存在软土地基和松软土层，地基承载力小、压缩性大，如果不加以处理，会对新旧路基沉降控制产生影响。对软土地基路段采用水泥搅拌桩和预应力管桩相结合的处理方式。对软土层厚度小于8 m的地区，采用水泥搅拌桩进行深层加固，桩径0.5 m、桩间距1.2 m，呈正方形布置，桩体伸入持力层不小于1 m，利用桩体与桩间土共同作用来提高地基承载力和抗剪强度。对于软土层厚度大于8 m的重点路段，采用预应力管桩加桩帽的方式进行处理，桩径0.4 m、桩间距2.5 m，桩顶设钢筋混凝土桩帽，形成桩网结构，控制工后沉降。在松软土过渡段采用强夯置换法，夯击能控制在2 000 kN·m～3 000 kN·m之间，置换深度大于4 m，强夯作用消除浅层松软土体的压缩性，特殊地基处理完成后做了静载试验、动力触探检测，保证处理后的地基承载力满足设计要求。

2.5 新旧路基界面处治技术

新旧路基接触面结合质量，会直接影响到拼接后协同变形的情况。施工时，在台阶开挖完毕、清理坡面之后，先对旧路基侧壁进行凿毛处理，去除风化层及泥皮，露出新鲜的、粗糙的混凝土或者土体界面。然后用高压气枪或者水枪将界面处的杂物吹扫干净，在界面处喷洒水泥净浆或者界面黏结剂，水泥净浆的水灰比控制在0.4～0.5，喷涂厚度为3 mm～5 mm，提高新旧材料间的黏结强度。在每层新路基填筑之前，在台阶面上均匀铺一层厚度为10 cm～15 cm的砂垫层或者级配碎石过渡层，起到缓冲、排水的作用。采用液压夯机局部补强压实的方式，在界面处每填筑两层补夯一次，夯击能控制在1 500 kN·m以下，不扰动旧路基。经过以上综合界面处治措施，可以有效地消除新旧路基之间滑移、脱空隐患，提高整体结构的抗剪能力、耐久性。

2.6 排水与防渗综合控制技术

新旧路基拼接处容易受到雨水的侵蚀，使土体强度下降，沉降不均，因此在施工过程中要建立完善的排水和防渗系统。台阶开挖完成后，在台阶内倾面上设纵向排水盲沟，盲沟为直径10 cm的软式透水管，外包土工布，沟底设碎石反滤层，把渗水引到路基外侧的边沟或者集水井里，每级台阶填筑前，在台阶面上设一道复合土工膜或者两布一膜防渗层，土工膜厚度不小于0.3 mm，搭接宽度不小于30 cm，搭接处采用热熔焊接或者专用胶粘接，防止水分从界面下渗。新路基填筑到一定高度之后，在路堤边坡坡脚处设置截水沟，坡面用三维植被网或者喷播植草防护，减少地表径流对拼接部位的冲刷。施工期间还要对雨季进行台阶开挖作业的雨季施工暂停，已经开挖的台阶要及时覆盖防雨布，保证界面干燥清洁，排水和防渗措施相结合使用，可以有效地减少地下水、降雨给新旧

路基拼接造成的影响，保证长期沉降控制的效果。

3 沉降监测与施工控制要点

3.1 沉降监测方案

该工程新旧路基拼接段长 15 km，为掌握拼接部位沉降变形规律，指导现场施工，建立完善的沉降监测体系，监测断面沿线路方向每 50 m 一个，地质突变段、桥头过渡段、特殊地基处理段加密到 30 m。在新旧路基拼接缝处、新路基边缘、新路基中心各布设沉降观测桩 300 多处，构成全线立体监测网。沉降观测用精密水准仪测量，测量精度为 ±1 mm。观测频率随施工阶段而定，填筑期每天观测一次，填筑间歇期每三天观测一次，预压期每周观测一次，路面施工期每半个月观测一次。为了解深层土体的沉降情况，在典型断面埋设分层沉降管、测斜管，对不同深度土体的竖向变形、水平位移进行观测[4]。

3.2 监测数据分析

通过整理、分析本次工程新旧路基拼接处沉降监测数据，得到不同的施工条件下沉降量的对比结果，表 1 为典型观测点的沉降量统计。

表 1 新旧路基拼接处沉降量对比结果

观测点编号	试验组沉降量 /mm	对照组 1 沉降量 /mm	对照组 2 沉降量 /mm
1	2.5	6.8	8.2
2	3.4	8.9	7.5
3	3.8	7.2	11.2
4	4.0	6.9	9.4
5	4.2	10.1	9.6
6	3.6	8.4	6.3
平均值	3.6	8.1	8.7

从表 1 数据可知，试验组采用本工程所述综合拼接技术的平均沉降量为 3.6 mm，对照组 1 只采用台阶拼接，不加设土工格栅的平均沉降量为 8.1 mm，对照组 2 没有做特殊地基处理的平均沉降量为 8.7 mm。试验组沉降量明显小于两个对照组，沉降量下降幅度大于 50%。从各个观测点的离散程度来看，试验组各个点的沉降量在 2.5 mm ～ 4.2 mm 之间，数据波动小，沉降控制效果好；而对照组各个点的沉降量波动大，部分点位沉降量超过 10 mm，存在明显的局部差异沉降风险。试验组填筑完成 60 天后沉降趋于稳定，而对照组在相同时间内仍然处在沉降发展期，充分证明台阶差异化设计、土工格栅加筋、特殊地基处理等关键技术对于控制新旧路基差异沉降有良好的效果。

3.3 动态施工控制要点

根据监测数据建立施工过程中动态反馈的控制体系，形成如下施工控制要点。首先，严格控制填筑速率，将填筑速率和沉降速率联系起来控制，根据监测数据统计分析结果可知，单日沉降量大于 5 mm 或者连续三天平均沉降量大于 3 mm 时，停止填筑施工，待沉降稳定后再继续填筑。填筑至路床顶面时设置 3 个～ 6 个月的预压期，根据沉降曲线收敛情况来确定路面结构层施工时间，保证工后沉降符合设计要求[5]。其次，对于拼接缝处的差异沉降问题，在每级台阶填筑结束后，用压浆的方法填充新旧路基之间很小的空隙，提高界面结合强度。路面结构层施工前，对拼接缝做加密压实处理，用液压夯机进行补强，消除表层松散区域。最后，建立分级预警制度，将沉降量分为预警值（5 mm）、报警值（8 mm）和极限值（10 mm）三级。当监测数据达到预警值时，加密观测频次并分析原因；达到报警值时，停止周边施工并采取补强措施；达到极限值时，启动应急处理方案，进行注浆加固或者返工处理。以上动态控制措施的执行，有效保证本次工程新旧路基拼接段施工质量及沉降控制情况，达到全过程精细化管理的目的。

4 结束语

本文以某高速公路改扩建工程为研究对象，对新旧路基拼接施工技术及沉降控制措施进行系统的分析。工程实践证明，在不同的地质条件下采用不同的台阶尺寸设计，结合土工格栅加筋、填料改良和动态监测控制，可以有效控制新旧路基的差异沉降。试验组的平均沉降量为 3.6 mm，比对照组小很多，拼接质量符合设计要求，研究成果可以给其他类似的高速公路改扩建工程提供技术参考。

参考文献：

[1] 王林,孙兆云,翁志强,等.软土地区高速公路改扩建路基沉降特性和控制技术[J].市政技术,2025,43(09):92-99.
[2] 程希.高速公路改扩建路基拼接技术研究及应用[J].工程建设与设计,2025(16):171-173.
[3] 张锐.高速公路路基加宽设计方法及施工技术[J].交通世界,2025(14):97-99.
[4] 任翔宇.膨胀土地区公路路基常见病害及改扩建设计研究[J].交通科技与管理,2025,06(04):85-87.
[5] 韩飞飞.改扩建高速公路拼接位置路面纵缝成因分析及预防措施[J].交通世界,2024(Z2):45-47.