

桩板式无土路基在路基拼宽中的应用

陆韶辉

安徽省公路桥梁工程有限公司

摘要:随着我国城市建设的蓬勃发展,交通量明显日益增长,现有的高速公路已无法满足目前的通行需要,甚至造成交通阻塞、交通事故频发,大规模的高速公路改扩建建设已迫在眉睫。改扩建中主要的工程是路基拼宽施工,传统的路基拼宽施工需开挖台阶,分层填筑,需在路基两侧征用土地破坏了原有生态环境并很难克服新老路基带来的不均匀沉降等病害,特别在高填方段如桥头等部位的路基拼宽施工中,桩板式无土路基发挥着至关重要的作用。在道路改扩建项目施工中,桩板式路基作为一种新型的施工工艺,具有刚度大、沉降小、施工速度快、装配化程度高、工程造价等特点。如何将桩板式结构灵活运用到道路改扩建工程中,实现快速装配式施工是我们研究的方向。以G4001合肥绕城高速公路金寨路互通改扩建工程为例,重点详细地介绍了桩板式结构在路基拼宽施工工艺及施工操作要点,以期能为有关方面的需要者提供借鉴和参考。

关键词:公路改扩建工程;桩板式无土路基拼宽;施工工艺

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.21.060

引言:近年来,国内外对桩板式路基的研究已有很多,并且在实践中已得到广泛应用。桩板式无土路基是将柔性路堤与刚性路基相结合的一种新技术,具有施工快捷、成本造价低、环境要求标准低等优点,可有效控制和减少不均匀沉降带来的病害。路基作为道路重要组成的一部分,其施工质量直接影响着道路的稳定性和安全性。所谓的桩板式无土路基,是通过“桩”和“板”连接组成的体系结构,目前由预制梁板和管桩两部分框架组成,因此,在公路改扩建中得到广泛应用。本文以某公路改扩建工程为例,详细介绍了高速公路无土路基拼宽桩板式结构施工技术,希望为以后的施工需要提供借鉴和参考。

一、应用实例

G4001合肥绕城高速公路金寨路互通改扩建工程位于合肥市蜀山区境内绕城高速与金寨路相交处,本工程主要建设内容包括:1.既有互通匝道的拆除、新建6条互通匝道(A、B、D、E、M、N匝道),下穿收费广场桥2座(潜山路下穿收费广场1、2号桥)及相关附属结构工程,匝道全长2.379公里。2.高速改造0.51公里、施工内容包括3×25m上跨金寨路主线T梁桥拼宽、南北幅桩板式无土路基拼宽、新建1×25m金寨路辅路下穿及4×25m潜山路下穿。合同工期540天,工程造价2.238亿元。其中,扩建工程桩板式无土路基设计范围为左

幅K37+253.07-K37+534,右幅K37+020-K37+530。桩板式路基下部结构采用先张法预应力高强度C80混凝土管桩,结构形式采用PRC-I500C型管桩+PHC500AB型管桩。上部为PRC桩,下部为PHC桩,其桩长根据桩顶反力与地层条件进行计算确定。

二、施工工艺特点

(1)桩板式无土路基相比传统路基而言,可实现快速施工,桩板基础直接采用管桩植入,桥面板预制安装,工艺流程简单,施工速度快;工厂化装配式施工,标准化程度高,质量控制有保障。

(2)通过在桩顶设置高模量改性聚合物弹性垫片,再注入灌浆料,形成了管桩与预制板固结框架体系,使该体系协调受力,保证管桩与梁板连接的稳定性、整体性及安全性。

(3)施工时对原有道路破坏少,减小了对原有道路交通的影响,实现了边通车边施工。

(4)采用桩板式路基无需征地,无需填土,节约了大量的成本及土地资源。

三、适用范围

本工艺适用于高速公路和其他公路改扩建工程路基拼宽施工,尤其适用于高填方路段如桥头等部位的路基拼宽施工,其他新建道路的施工也可参照执行。

四、工艺原理

(1)采用桩柱一体式的柔性管桩结构,缓解固结体系温度力。

(2)桩板采用设置改性聚合物弹性垫片,再注入灌浆料;使预制板和管桩能够有效固结,形成框架体系,确保桩板连接的安全性、稳定性和整体性。

(3)GT60型无缝式伸缩缝主要由弹性砣、高分子弹性体、弹性填充料及泡沫塑料条组成,利用其施工效率高、维护成本低、绿色环保等特性,开发了连续柔性长纵缝施工工艺,提高了施工质量,使原有路基与桩板式路基工作性能相互协调。

五、桩板式无土路基施工工艺流程

管桩预制和运输→管桩植入施工→桩顶钢筋束制作安装→浇筑桩顶砣→改性聚合物弹性垫片施工→预制板架设临时支撑搭设→预制板预制和运输→预制板安装→浇筑灌浆料→湿接缝施工→伸缩缝施工→其他附属工程施工。

六、桩板式无土路基施工操作要点

(一)管桩植入施工工艺流程:桩位放样→定位、下护筒→旋挖成孔→成孔质量检查→下导管→灌注砂浆→植桩→桩位调整→振动沉桩→成桩

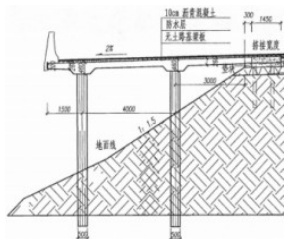


图1 施工大样图



图2 管桩成桩示意图

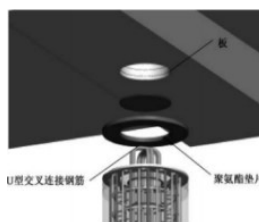


图3 固结框架体系



图4 预制板临时支撑

①桩位放样：认真复核桩位坐标，严格按坐标放样，确保准确。②旋挖成孔：旋挖钻机钻头中心对准桩位中心，钻孔至设计深度；钻进施工应当连续施工，不应中断；校核桩孔的倾斜度，倾斜度不得大于0.5%；成孔过程中若出现塌孔、失稳等现象，应立即停止施工，采取相应保护措施后再进行施工，钻孔预留管桩锤击入土深度30cm左右，应根据桩端地质情况及振动锤功率，通过现场试验确定；成孔后需对孔径、孔深、塌孔情况以及孔底沉渣进行复核检查，确保符合设计要求。③灌注砂浆：利用水下混凝土导管法灌注，首灌后导管的埋入深度不得低于0.8m；成孔后半小时内完成砂浆灌注；灌浆应连续进行，不得中断。④植桩：植桩速度不宜高于0.1m/s；专用砂浆灌注后1小时内必须完成植桩；植桩时必须保证桩体垂直度；沉桩过程应连续进行，并确保桩端接触孔底，不得出现管桩上浮等现象；沉桩后，确保管桩中心位置偏差符合设计要求。⑤振动锤击：桩身固定后开始锤击，锤击至设计标高停止；振动锤击时保证桩体垂直，出现倾斜，及时纠正。⑥桩位精调：成桩后，及时对桩顶坐标以及桩顶标高进行校核，必要时采取相应措施进行调整，确保满足设计规范要求。桩身垂直度允许偏差不得大于 $H/1000$ ，同时桩身中线平面位置与设计位置偏差不得超过15mm，桩顶位置和高度要求准确控制，顶面必须保证水平。要求预留孔的水平位置偏差不大于15mm，桩顶高程精度与设计位置偏差不得超过15mm。⑦接桩：桩的连结可采用CO₂气体保护焊接或机械连接；接桩连接方式均应符合现行相关规范要求，保证接桩质量。

(二) 桩顶钢筋束制作安装

钢筋在顶部组成束筋，通过焊接定位连接。

(三) 浇筑桩顶混凝土

浇筑桩顶设计高程以下要求灌注范围内混凝土前，应将管桩表面的浮浆清除干净并凿毛，再设置托板及放置钢筋骨架并浇筑C50微膨胀填芯混凝土。

(四) 改性聚合物弹性垫片施工

管桩与预制板间采用高弹性聚合物垫片调平，垫片应考虑路线纵横坡度影响，高模量改性聚合物圆环垫片及高强改性聚合物矩形垫块放置应严格根据墩号及桥梁纵横坡方向要求板与管桩固结框架体系（如图3所示）。高模量改性聚合物矩形垫块与盖梁之间，高模量

改性聚合物圆环垫片与桩顶端板之间通过黏合胶连接，连接前桩顶端板可进行除锈打毛处理。

(五) 预制板预制及运输

1. 模具拼装

①结构形式：根据桥面板结构特点，模具由拼装底模、侧模和液压顶升系统组成。底模考虑采用固定式与移动式相结合方式，移动式底模设置液压工作系统，通过液压千斤顶进行模板尺寸精度的微调 and 模板的拆除。

②技术要求：面板为整块钢板折压、切割制造，不允许任何形式的搭接。模具板面粗糙度、尺寸应符合规范要求。③混凝土脱模剂：脱模剂应符合《混凝土制品生产用脱模剂》JC/T949的性能要求。脱模剂宜选用水溶性脱模剂。

2. 钢筋施工

①钢筋骨架应使用专用骨架胎模进行组装，保证钢筋定位、间距、整体结构尺寸符合设计规范要求。②钢筋连接应采用焊接方式。钢筋的连接处理必须符合《钢筋焊接及验收规程》相关规定。③钢筋在钢筋绑扎胎架上绑扎成型，采用专用多点吊具整体吊装入模。合理设置钢筋保护层垫块满足钢筋保护层厚度要求。④预埋件应按照图纸要求定位、固定牢固。连接件、预埋件及预留孔洞的施工允许误差（mm）应符合图纸及设计规范规范的规定。

3. 混凝土施工

①原材料要求：1. 水泥：应采用强度等级不低于52.5的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥；水泥出厂时间不得大于3个月且不得受潮结块。2. 粗骨料：应符合《建设用卵石、碎石》（GB/T14685-2011）的相关要求。粒径为5-20mm的连续级配，压碎值不低于10%、含泥量≤0.5%；泥块含量为0；风化软弱颗粒≤3.0%；要求质地坚硬，级配良好，宜采用表面粗糙的石灰岩、花岗岩、玄武岩等。3. 细骨料：宜采用硬质、洁净的中粗砂细度模数2.6-3.0之间，含泥量≤0.5%；其他指标应符合《建设用砂》（GB/T14684-2011）。4. 矿粉：应符合《水泥和混凝土中的粒化高炉渣粉》（GB/T18046-2008）中S95级的技术指标要求。5. 减水剂：应符合《混凝土外加剂》（GB8076）规定，严禁使用氯盐类外加剂。②混凝土制备：混凝土强度等级不应低于C50，脱模强度不应低于C40。预制产品的设计耐久性年限为

100年。各项耐久性指标应达到下列要求：抗渗等级不低于P10；抗硫酸盐侵蚀：KS>150，耐蚀系数 ≥ 0.80 ；氯离子扩散系数DRCM（ $10^{-12}m^2/s$ ）： ≤ 4.0 ；抗冻融次数（快冻法）： $>F300$ 。③浇筑成型：1. 混凝土浇筑采用料斗多点布料、一次浇筑成型的方式。振捣采用高频振动平台的方式，以充分排除混凝土中的气泡，使混凝土密实，消除混凝土的蜂窝麻面等现象，保证混凝土构件的成品质量。2. 混凝土浇筑完成后，顶面采用长水平尺刮平收面，砼初凝前进行二次抹面收光，减少收缩裂纹的产生。侧模拆除后，混凝土表面或与湿接缝相连混凝土接触面先进行凿毛处理，同时将表面的浮浆、灰渣等杂物清理干净，并均匀露出骨料，露石深度不应小于4mm。④构件养护：构件混凝土养护采用常压蒸汽养护，全自动控制、喷出的水雾均匀，养护过程分为预养、升温、恒温、降温四个阶段，严格控制升、降温速率及恒温温度，养护过程中温度不应超过80℃。⑤吊装及运输：吊运时应采用真空吸盘吊具，其具有低噪音、高安全性、操作简便、吊装效率高、对预制构件无损伤等特点，当桥面板砼强度达到设计要求后，方可编号转运，存放，存梁台座支点上垫方木。多层存放时，支撑要保证在同一铅垂线上，以防止基础偏心产生不均匀受力。堆垛层数应根据构件、垫木或垫块的承载能力及堆垛的稳定性确定运输宜选用专用车辆，车上应设有专用支架。装运时应连接牢固，防止移动或倾倒，对构件边缘或与链索接触位置应采用衬垫加以保护。⑥其他注意事项：1. 预制板预制时应注意预留临时吊点孔，并注意预埋桥面系、附属设施的预埋件。除了后期不需要封闭的预留孔外，其余的预留孔都采用C50微膨胀型混凝土封堵，所有的临时构件在施工完成后应及时切除，恢复原样，并做好防锈处理。除设计外，桥面板施工中因施工所需开设的孔洞，均应征得监理设计单位的许可。2. 桥面板底面及护栏侧面平整度应满足在 $\pm 1mm$ 以内，顶面应进行拉毛处理，以便控制与沥青铺装的结合程度，板纵、横结合侧面采用凿毛处理，严禁被油渍、浮浆等污染，影响工程质量。

七、预制板临时支撑搭设

预制板安装采用临时抱箍搭设工字钢支撑法施工，临时抱箍采用不设环向加劲的两块半圆弧形钢板（板厚 $t=1cm$ ），M24（8.8级）的高强螺栓连接，抱箍直径50cm，高50cm，两端牛腿30cm宽，牛腿部分板厚20mm，每边采用5个高强螺栓连接。临时抱箍上设置40B工字钢+调节块+22工字钢。抱箍与管桩产生的摩擦力提供整个梁板安装时工字钢的支承反力，是主要的支承受力结构（如图4所示）。为了提高管桩与抱箍间的摩擦力，同时又需避免抱箍咬伤预制桩，在桩基与抱箍之间设置一层防滑垫（土工布或者橡胶皮），保证了整个结构的稳定性，提高了架设的安全性。根据抱箍的尺寸确定其在管桩上的位置，使用前应对抱箍螺丝扣的收紧力及相应的承载能力进行试验检测，摩擦力满足要求后开始放置

工字钢。抱箍的内壁宜加垫摩阻力较大的柔性材料，增大抱箍与PRC管桩之间的摩擦力。抱箍应设置有足够刚度的连接板，保证其有效可靠地传递螺栓拉力，螺栓预拉力应保证抱箍与桩间的摩擦力可靠地传递荷载。安装抱箍时应使抱箍与管桩密贴，抱箍的箍身宜采用不设环向加劲的柔性箍身；抱箍两部分吊装到位后，应采用扳手将螺栓逐个对称拧紧。抱箍安装到位后，应在抱箍的下方做好沉降观测标记，承受荷载后再观测是否沉降，经检查未发生沉降，方可吊装预制板，同时在预制板吊装过程中应安排专人及时观测抱箍是否沉降。

八、预制板架设

架设顺序：从一联中两个相邻的桩顶桥面板开始起吊，调整桥面板位置使桩顶预留钢筋准确插入桥面板预留孔，向孔内浇入自流平灌浆料；起吊中跨预制板，将其置于相邻两片已经固结稳定的桥面板之间，调整预制板位置，确保起吊纵梁上开孔与相邻桥面板预留孔精确对准，以此顺序完成整个桥面板的架设。

九、浇筑灌浆料

放置高弹性聚合物垫片后，浇筑孔内C50补偿收缩混凝土，通过梁板预留孔浇筑灌浆料来实现与预制板固结。

十、后浇段及湿接缝施工

桩板式无土路基桥面板纵向及横向坡度均以桩顶高弹聚合物垫片形成，与土路肩搭接部分（1.45m宽度）地基承载力应不小于200kPa，工后沉降不大于1cm，利用既有波形梁护栏立柱，将其打入至相应位置处现浇砼顶面15cm以下，并在立柱内填充砼，以增强此处地基承载力及纵向制动力。

湿接缝后浇段采用定位装置将两侧板连接后进行砼浇筑，焊接定位装置时在预埋件周边混凝土上遮盖湿布或湿麻袋撒水降温，以免烧伤混凝土。

十一、无缝伸缩缝施工

工艺流程：施工前准备→测量划线→切缝、清槽→安装支挡模板→弹性砼拌合→弹性砼浇筑与养生→安装PE管→灌注密封→胶清理现场。

十二、结语

在公路改扩建工程建设过程中，桩板式无土路基在施工技术方面能够有效地缩短了施工工期，具有降本增效功能。便捷的施工工艺及较高的施工效率，能够进一步推动标准化设计和专业化施工水平，不断地优化施工工序，严格把控施工质量，利用桩板组合框架结构形式保障路基稳定性，提高工程质量的整体性。

参考文献

- [1] 冲击碾压技术在高速公路路基施工中的运用[J]. 许贻仲. 西部交通科技. 2018（03）35.
- [2] 强夯法在阜朝高速公路路基施工中的应用技术研究[J]. 程磊. 公路. 2014（08）45.
- [3] 浅析我国公路施工中的路基施工技术[J]. 秦瑞芬. 黑龙江交通科技. 2016（10）23.