

银西高铁洪德梁场湿陷性黄土地基处理与稳定效果评价

张小伟

中铁五局集团第二工程有限责任公司

摘要: 随着国家“八纵八横”高速铁路网建设的不断深入,黄土区的高速铁路建设中,不同类型的湿陷性黄土工程问题相继出现。银西高铁洪德梁场面临着强湿陷性黄土、性价比要求高、地基处理无经验可鉴等问题。本文根据预制场平面布置特点,针对性对湿陷性黄土的地基处理方案进行研究并优化处理方案,对处理地基的稳定效果进行评价。经洪德梁场的实际工程验证,采用综合处理方案既达到了缩短工期、质量可控的目的,又节约了施工经费且提高了性价比。

关键词: 高速铁路; 箱梁预制场; 湿陷性黄土; 地基处理方案

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.15.048

一、引言

我国幅员辽阔,疆域广大,且人口数量位居世界第一,因此大范围、大宗量、长距离的物资和人员流转是必然形式,铁路运输方式是人员、物资流转最重要的一种形式,对经济发展具有十分重要的纽带与动脉作用^[2]。国家发改委公布的《中长期铁路网规划》指出,在原规划“四纵四横”主骨架基础上^[1],形成以“八纵八横”主通道为骨架、区域连接线衔接、城际铁路补充的高速铁路网^[1]。

高速铁路箱梁预制是高速铁路建设的重要内容之一,而预制场建设投资大(3~4千万)、建设周期短(一般不超过5个月),制梁要求高,运行寿命短,因此梁场建设成为高铁建设最大、最重要的临时工程^[3]。在湿陷性黄土区建设箱梁预制场,必须要考虑也是最重要的一个问题:在保障使用功能的前提下,确定最佳的地基处理方案以节约成本。银西高铁北起银川南至西安,是国家“八纵八横”高铁网中“包海通道”的重要组成部分,全长约618公里,自北向南穿越了陕甘宁台缘褶皱带、陕甘宁台坳、汾渭断陷三个二级构造单元^[4]。其中银西高铁DK376+922.73~DK424+132.54段位于陕甘宁坳缘褶皱束为近东西向隆起带,地貌单元属于黄土梁峁区,主要有黄土梁峁斜坡、梁峁间冲洪积平台、深切“V”型沟谷,地形复杂、场地狭小、黄土多具强湿陷性。在该区段内设计有834榀箱梁,其中32m箱梁800榀,24m箱梁34榀,供梁任务艰巨。

因此,在此地形地貌复杂、场地条件特殊、生产与供梁任务艰巨、投资与环保受控等条件的制约下,选用合理的地基处理方案及处理工艺,是节约投资与环境保护的重要研究内容。

二、箱梁预制场深厚湿陷性黄土地基处理方案优化研究

(一) 自然地理条件及黄土湿陷性等级

洪德梁场位于陇东黄土高原地带,属黄土高原丘陵沟壑,区域位置如图1所示,丘陵起伏,山势平缓,梁间有开阔的谷地,海拔1450m~2000m,坡度一般为5~7°,梁顶多呈脊形,自然植被较差,水土流失、风蚀沙化较严重。

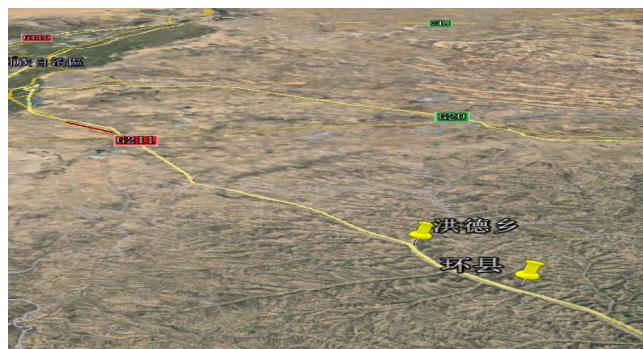


图1 环县地区区域地形地貌图

拟建场地位于甘肃省庆阳市环县洪德镇赵洼村境内,国道211旁,银西铁路正线里程DK405+000~DK405+500段线路右侧,地形较为平坦;从上到下地层为耕土、黄土状土、黄土,冲、洪积圆砾、粉土,冲积卵石及泥岩组成,其中黄土层总厚度48.7~54.4m;根据设计资料及现场勘查确定拟建物地基湿陷等级为IV(很严重)级自重湿陷性黄土场地,设计制梁、存梁台座采用桩基基础进行处理、场内道路采用砂砾石(100cm)+灰土换填(150cm)+路面、龙门吊基础采用挤密桩处理+灰土换填(150cm)。

(二) 天然地基方案分析

根据《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB50025-2004),拟建建筑均属丙类建筑,场地为自重湿陷性黄土场地,黄土地基湿陷等级为IV(很严重)级,黄土场地天然地基承载力低且存在浸水湿陷变形的风险,必须进行地基处理,故天然地基方案不成立。

(三) 地基处理方案分析

根据场地岩土工程条件及建筑物结构特点,并结合工程经验,按规范GB50025-2004第6章第6.1.5条规定,当地基湿陷等级为IV(很严重)级时,丙类建筑地基处理厚度不小于4m,且下部未处理湿陷性黄土层的剩余湿陷量不应大于200mm。

对于拟建建筑物,可采用挤密桩法(管桩)或孔内深层强夯法(DDC工法)处理地基,孔内宜夯填灰土;桩身平均压实系数不应小于0.97,桩间土的平均挤密系数不宜小于0.93。当场地条件具备时,也可采用强夯法

处理地基，处理厚度不应小于15m。

对于该场地内的存梁台座，根据其结构特点，可采用预挤密处理后的CFG桩复合地基或桩基础方案。由于拟建场地属自重湿陷性黄土场地，场地湿陷等级为IV（很严重）级，且场地湿陷性黄土分布深度较大，从工程经济方面考虑，在基础设置之前，可采用挤密桩法（沉管）或强夯法预处理地基。桩端应置于黄土状土中部。当选用灌注桩方案时，桩端持力层可选卵石层或以下地层。

复合地基和桩基施工前应进行专门设计，并进行小范围的现场试验，以确定其适用性，并取得准确的设计参数和选用最佳施工工艺。复合地基和桩基承载力应通过现场载荷试验确定，施工完成后应按有关规范的规定对施工质量进行检测。

（四）洪德梁场湿陷性黄土地基处理方案优化

根据洪德梁场的工程地质特点、短暂的使用周期等特点，合理的地基处理方案则关系到工程质量、工程进度、节约工程费用。在深厚湿陷性黄土地层高速铁路箱梁预制场地基处理中提出“顺畅排水+消除少部分湿陷性”的方法。即“顺畅排水”为暴雨天气无积水条件，“消除少部分黄土湿陷性土”为关键控制基座与道路地基进行湿陷性消除与加固处理，重点考虑短期内的工程稳定与提高工程性价比问题。同时，结合实际情况，针对性的制定了地表防排水与地基加固处理相结合的综合处理方案。

（1）地表防排水措施

地表防排水主要包括供水、排水、供热，各项系统均采用管线设施。防排水系统在施工过程中宜先修建土沟排水，最后进行正式排水沟修建。尤其注意排水系统的渗漏控制，防止场地浸水后发生湿陷。

（2）具体地基加固措施

制梁台座地基应采用高速液压强夯机进行强夯处理，处理宽度较基础扩大1m，然后在强夯范围基底设置50cm厚8%灰土褥垫层。灰土褥垫层分层厚度不大于250mm，灰土褥垫层施工完成后，在其上方铺设一层防水土工布防水。

存梁台座支墩承台下设4根Φ400mmPHC桩（AB型）。PHC管桩施工前，先对承台周边不小于2m范围的地基采用水泥土挤密桩进行地基处理，挤密桩长度14m，三角形布置，间距1m）。PHC管桩桩长暂定为12m，最终桩长应通过试桩确定。PHC管桩采用液压静力压桩机施工，以桩长和稳压贯入度双控，施工过程中以稳压贯入度控制为主，辅以桩长控制，终压力为2500KN，稳压次数为3次，每次稳压时间为5S，稳压贯入度≤15mm。存梁台座其他区域处理：由于存梁区采用喷淋养护方式对箱梁进行养生，因此存梁台座在存梁支墩以外的其他区域应采用高速液压强夯机进行强夯处理，同时设置25cm厚8%灰土层进行封闭，并形成排水坡以快速排除该区域内积水。

龙门吊轨道基础地基应采用高速液压强夯机进行强

夯处理，处理宽度较基础扩大1m，然后在强夯范围基底设置25cm厚8%灰土褥垫层，褥垫层上方铺设一层防水土工布防水，再进行基础施工和回填。

搬梁机通道结构从上往下分别为：20cm厚C30混凝土面层、75cm厚8%灰土基层、高速液压强夯机进行强夯处理（处理宽度较混凝土路面扩大2m）。强夯施工前原状土应开挖至基层底标高后进行平整，灰土基层分层厚度不大于250mm。

三、湿陷性黄土地基处理后的稳定效果

洪德梁场处理后的湿陷性黄土地基的稳定效果采用变形观测的方法，为了能达到精确监测各个观测点沉降变化的目的，观测工作按二级变形测量精度要求进行观测。其主要精度指标如表3-1所示。

表3-1 沉降监测精度表

类别	等级	观测点测站高	往返较差及附合	检测已测测段
		差中误差/mm	或环线闭合差/mm	高差之差/mm
基准点	二级		$\leq 1.0\sqrt{n}$	$\leq 1.5\sqrt{n}$
沉降点	二级	≤ 0.50	$\leq 1.0\sqrt{n}$	

注：n为测站数

根据本工程的特点，制梁台座、存梁台座、运梁道路等各相应的建立一个基准网，采用相对高程基准。基准网由3~4个基准点及若干个工作基点组成，布设成闭合、符合水准路线等形式，原则上要求每个基准点布设在观测目标20m外的稳定地方。基准点埋深按地面下4m控制，采用108mm现浇混凝土标石，地表周围600mm范围内换填30cm厚的3：7灰土并夯密，使其周围地面略凸以避免积水。

基准网是监测观测点沉降变化的依据，监测网中基准点的稳定性如何，直接关系到沉降观测的精度。为了保证观测的精度，按照二级变形测量的精度要求，采用几何水准测量的方法，定期地对沉降观测基准网进行复测。

（1）制梁台座稳定效果

制梁台座的稳定性监测标布置在制梁台座的四周，共8组，编号ZLTZ-1~8，以10#制梁台座为例，如图3-1所示。

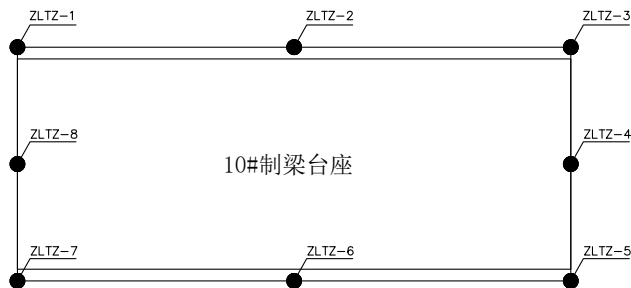


图3-1 10#制梁台座稳定性观测标布置图

各观测标平均每月观测1次，至2018年1月，共采集了112组制梁台座变形数据，各观测点的变形值随时间的变化曲线如图3-2所示，经过7个月的调整时间，变形

量基本达到稳定，其中变形量最大值为5.2~6.4mm。

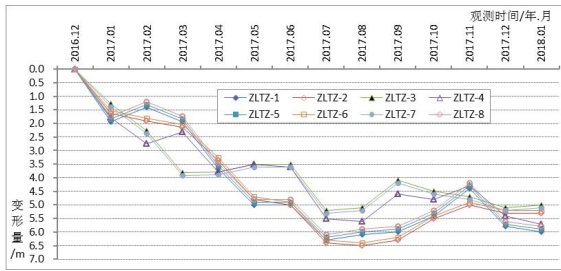


图3-2 10#制梁台座各观测点变形曲线图

(2) 存梁台座稳定效果

存梁台座的稳定性监测标布置在制梁台座的四周，共8组，编号CLTZ-1~8，以10-1#存梁台座为例，如图3-3所示。

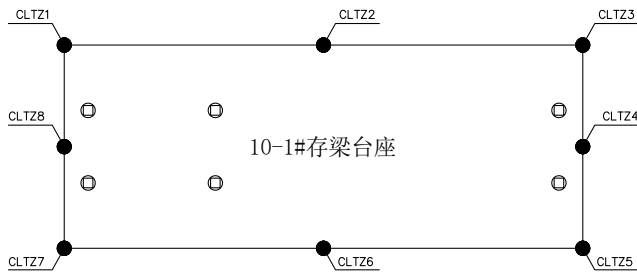


图3-3 10#存梁台座稳定性观测标布置图

存梁台座观测至2018年1月，共采集了112组制梁台座变形数据，各观测点的变形值随时间的变化曲线如图3-4所示；从2016年12月开始，至2017年3月，10-1#存梁台座各观测点的变形出现先沉降再上胀的趋势，但变形量在2mm以内，初步分析为观测误差所致。从2017年3月至2018年1月，由于存梁数量的相对频繁变更，各观测标的变形数据离散型很大，这反映出10-1#存梁台座出现了不均匀变形，但最大变形量在15mm以内。

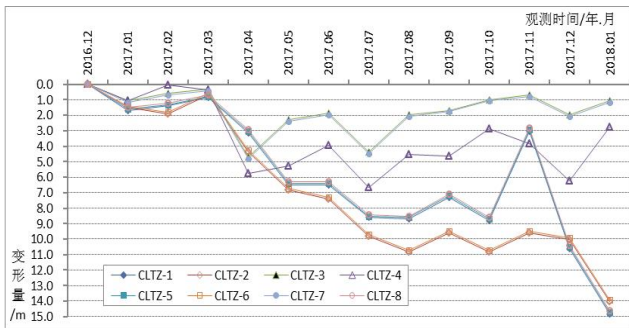


图3-4 10-1#存梁台座各观测点变形曲线图

(3) 龙门吊行走轨道稳定效果

龙门吊行走轨道稳定观测点布设在双侧基础左右面上，每个观测断面共计四个观测点，观测标的编号依次为LMD-1、LMD-2、LMD-3、LMD-4。龙门吊行走轨道为线性状态，因此地基的受力呈均匀的线性分布，因此其稳定性相对较好，如图3-5所示，龙门吊行走轨道的最大变形量为5mm。

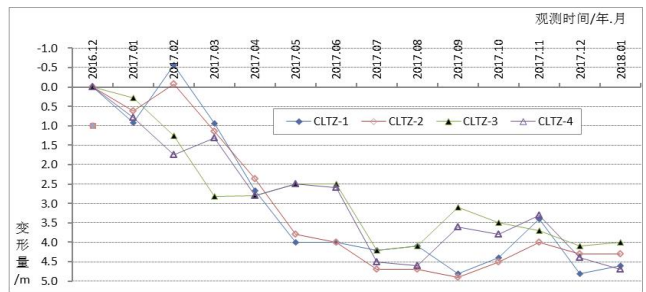


图3-5 龙门吊行走轨道变形曲线图

2017年2月，龙门吊正常使用后的第二个月，地基出现了上胀现象，其变形量在0.5mm以内。分析其原因有二：第一，龙门吊在初期的运行中出现了偏压；第二，变形在观测误差允许范围内，由设备误差引起。

综上所述，洪德梁场湿陷性黄土地基处理采用优化的加固方案后稳定性符合丙级建筑安全标准要求，总体上处于稳定状态。

四、结论

1) 根据《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB50025-2004)分析了IV级(很严重)自重湿陷性黄土场地可以采取的地基加固措施的种类；在综合考虑工程地质特点、短暂的使用周期等特点，节约投资的前提下，针对性的制定了地表防排水与重点项目地基加固处理相结合的综合处理方案，提出了箱梁预制场制梁台座、运梁道路、存梁台座、制梁龙门吊等项目在深厚湿陷性黄土地基的分类处理深度的设计参数；经综合处理，既达到了短期控制质量可控的目的，又控制了施工经费且提高了工程性价比，洪德梁场地基处理较原设计桩基处理方案节约投资400余万元。

2) 采用以上分类地基处理方案较桩基处理方案减少施工难度，加快了梁场建设进度，为后续洪德梁场在银西高铁全线第一家通过国家认证奠定了坚实基础。

3) 通过对箱梁预制场制梁台座、运梁道路、存梁台座、制梁龙门吊等重点项目的沉降观测，分析了洪德梁场湿陷性黄土地基处理采用优化的加固方案后稳定性符合丙级建筑安全标准要求，总体上处于稳定状态，反过来验证了综合处理方案是安全的、可行的。

4) 银西高铁洪德梁场强湿陷性黄土的地基综合处理方案的为其他在黄土地区的梁场或其他临时工程提供了地基处理经验和处理思路。

参考文献

[1] 冯莎莎. 中国高速铁路绿色发展的思考[J]. 高速铁路技术, 2018, 9 (03): 94-98.
 [2] 李鑫, 徐天东. “一带一路” 框架下的南宁区域交通发展策略研究[J]. 综合运输, 2019, 41 (01): 7-12+64.
 [3] 叶阳升, 魏峰, 胡所亭, 牛斌, 苏永华. 高速铁路跨度40m预制筒支箱梁建造技术研究[J]. 中国铁路, 2016 (10): 5-10.
 [4] 新建辉. 全新世以来黄土高原坡地系统侵蚀过程与侵蚀环境演变规律研究[D]. 新疆师范大学, 2009.
 [5] GB50025-2004, 湿陷性黄土地区建筑规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004: 60-62.