

高速公路改扩建道路旧路基处治深度研究

蒋志琳, 王崇淦, 王思伟

(湖南中设计院有限公司, 湖南 长沙 410075)

摘要: 为确定改扩建道路旧路基处治深度, 依托某高速公路改扩建工程, 根据项目特征选取两种类型土路基, 首先建立旧路基在采用水泥改良前后便携式落锤弯沉仪(PFWD)所测回弹模量与贝克曼梁法测试弯沉的相关关系, 然后通过不同处治深度水泥改良对各层路基弯沉减小效果建立依据 PFWD 检测原路基回弹模量并反算弯沉的路基处治深度控制标准。结果表明, 可采用检测方便、测值精准的 PFWD 取代检测效率较低、人员配备多的贝克曼梁进行弯沉测试, 建立的控制标准可有效指导旧路基处治深度确定。

关键词: 公路; 路基; 改扩建; 处治深度; 便携式落锤弯沉仪(PFWD)

中图分类号: U418.8

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2021)02-0096-03

经过多年运营, 旧路基在运营期间受到环境水、热交换等影响, 路基含水率逐渐向与当地气候环境平衡的含水率转换, 导致含水率增大, 进而引起土体整体性逐渐减弱, 表现为压实度降低、回弹模量下降, 导致承载性能不足。针对上述问题, 在新旧路基拼接前, 旧路基常采用石灰、水泥等进行改良处理。但目前改扩建路基处治研究一般偏向于新旧路基拼接时拼接工艺及减小新旧路基差异沉降等, 对旧路基性能恢复的处治深度研究较少。旧路基处治一般采用路床全厚范围处治或只处治上路床 30 cm 的处理方案。处治深度过小会达不到设计承载要求, 而过大则会导致资源浪费, 如何有效确定改扩建道路旧路基处治深度对即将到来的高速公路改扩建大潮具有较大现实和经济意义。该文以某高速公路改扩建项目为依托, 根据项目特点选取两种类型土路基, 采用贝克曼梁与便携式落锤弯沉仪(PFWD)进行改良前路基顶与改良后不同处治层路基弯沉一回弹模量相关关系分析, 根据不同改良层对弯沉的减小效果确定旧路基处治深度控制标准, 并依据控制标准进行相关路段处治来验证其可行性。

1 依托工程概况

某改扩建高速公路, 拟将原单向双车道扩建为单向四车道。原路基为填土路基, 土类主要分为黏土质砂、含砂低液限黏土两种。设计路床厚度 120 cm, 将全厚层土路基 120 cm 均进行水泥改良处治, 水泥掺量 5%。经过多年运营, 旧路基压实度、回弹模量等指标显著降低, 检测显示旧路基表层 20 cm

压实度为 70%~90%(采用施工时最大干密度为标准密度), 远小于 96%设计要求; 回弹模量为 35~50 MPa, 小于 60 MPa 设计标准。

2 方案设计

2.1 弯沉和回弹模量检测

弯沉检测采用传统贝克曼梁法进行, 贝克曼梁长度 5.4 m。贝克曼梁法为目前路基弯沉检测标准方法, 检测弯沉为静态弯沉。需配备后轴载重 100 kN、胎压 0.7 MPa 检测车, 所需检测辅助人员多, 检测速度慢。目前新修规范均鼓励有条件的情况下优先采用自动化检测设备换算后进行弯沉评价, 但鉴于各地路基填料原材料、结构层工况等存在较大差异, 规范并未给出统一的换算公式。

回弹模量采用 PFWD 进行测试, 其原理为采用一定质量落锤从设定高度落下, 通过直径 30 cm 承载板对检测路基路面产生设定冲击压力(一般为 0.7 MPa)模拟行车荷载对路基路面的作用, 通过采集路基路面垂直变形, 采用设备内置处理软件换算得出回弹模量。该方法方便快捷、测值精准, 且所需检测人员较少。

2.2 试验设计

(1) 结合依托工程项目特征, 选取两种土基类型段落各 100 m, 铣刨原路面结构层至旧路基路床顶面。各段落在两车道上共布置测点 40 个, 分别采用贝克曼梁与 PFWD 测试旧路基弯沉与土基回弹模量, 建立不同路基土基回弹模量与弯沉的相关关系。

(2) 根据 JTG D30-2015《公路路基设计规

范》,改扩建项目路基路床厚度设计为 120 cm。为方便试验研究,各层碾压厚度取 24 cm,共分 5 层。采用贝克曼梁与 PFWD 分别测试每层改良旧路基弯沉与土基回弹模量,建立二者相关关系,并对比研究每层填筑对弯沉的减小效果。在土基改良完成(以 5%水泥进行改良,碾压完成后养生 7 d 认为强度基本成型)后,为保证数据的代表性及对比的有效性,不同层位测点在同一层厚中心线上,每层选取 2~3 个测点,取其均值(取均值测点应在同一路基纵向断面上)作为最终测试弯沉与土基回弹模量。

(3) 采用 PFWD 测试未改良旧路基顶面原状土回弹模量并反算弯沉,根据反算弯沉与设计弯沉之差,结合每层水泥改良对弯沉的减小效果确定旧路基处治深度。

3 土基回弹模量与弯沉分析

3.1 未改良旧路基回弹模量与弯沉分析

在两类路基段落布置测点,铣刨路面结构层至路基顶面,分别采用贝克曼梁、PFWD 测试旧路基顶面弯沉与土基回弹模量,各段落各布置 40 个测点。测试结果及弯沉与回弹模量的相关关系见图 1。

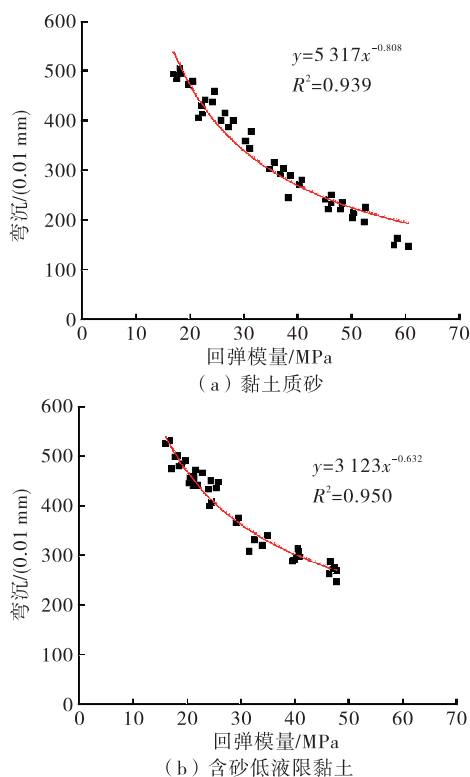


图1 黏土质砂、含砂低液限黏土改良前路基顶面弯沉—回弹模量的对应关系

由图 1 可知:1) 黏土质砂、含砂低液限黏土路

基顶面弯沉与回弹模量的相关系数均在 0.93 以上,表明二者具有较好的相关关系。由于 PFWD 操作测试方便、测值精准,两种路基均可采用 PFWD 代替贝克曼梁进行弯沉反算检测与评价。2) 整体而言,相较于含砂低液限黏土,黏土质砂的弯沉小、回弹模量大,且二者拟合方程存在一定差异。表明建立不同类型路基弯沉—回弹模量相关关系时应分别进行分析,不同项目、不同工况弯沉—回弹模量的相关关系并不具有一致性。

3.2 改良后旧路基回弹模量与弯沉分析

在两种类型路基段落布置测点,铣刨路面结构层至路基底面,分 5 层进行水泥改良处理,碾压养生完成后分别采用贝克曼梁与 PFWD 测试旧路基顶面弯沉与土基回弹模量。测试结果及弯沉与回弹模量的相关关系见图 2。

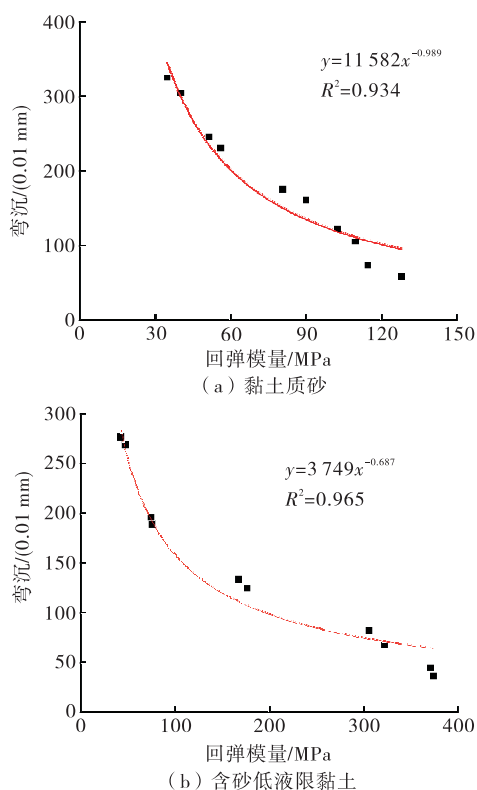


图2 黏土质砂、含砂低液限黏土改良后路基顶面弯沉—回弹模量的对应关系

由图 2 可知:1) 黏土质砂、含砂低液限黏土两类路基改良后弯沉与回弹模量的相关系数均在 0.93 以上,表明改良土路基亦可采用 PFWD 代替贝克曼梁进行弯沉反算检测与评价。2) 相较于含砂低液限黏土,改良后黏土质砂的弯沉小、回弹模量大,这是由于改良前后黏土质砂均具有比含砂低液限黏土

较好的抗变形性能。

4 旧路基处治深度确定

4.1 黏土质砂路基

对黏土质砂路基试验段分别进行不同层(0~5层)水泥改良碾压施工,然后采用PFWD进行回弹模量测试,根据图2反推计算改良后顶面弯沉。顶面弯沉与水泥改良土层数的对应关系见图3。由图3可知:第1层改良土弯沉相对于原旧路基弯沉减小92(0.01 mm);第2、3、4、5层弯沉相对于第1、2、3、4层弯沉分别减小76、68、54、46(0.01 mm)。

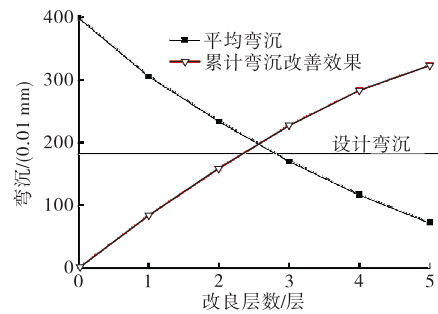


图3 黏土质砂路基改良层数对应的弯沉

根据上述弯沉减小规律,提出表1所示黏土质砂旧路基处治深度控制指标。

表1 黏土质砂旧路基处治深度控制指标

PFWD回弹模量 E/MPa	反算弯沉 $L/(0.01\text{ mm})$	反算弯沉与设计弯沉之差 $\Delta L/(0.01\text{ mm})$	处治深度/m
$E \geq 60.0$	$L \leq 178$	$\Delta L \leq 0$	0.000(不处治)
$37.9 \leq E < 60.0$	$178 < L \leq 270$	$0 < \Delta L \leq 92$	0.240(1层)
$29.0 \leq E < 37.9$	$270 < L \leq 346$	$92 < \Delta L \leq 168$	0.480(2层)
$24.0 \leq E < 29.0$	$346 < L \leq 414$	$168 < \Delta L \leq 232$	0.720(3层)
$21.0 \leq E < 24.0$	$414 < L \leq 468$	$232 < \Delta L \leq 286$	0.106(4层)
$E < 21.0$	$L > 468$	$\Delta L > 286$	0.120(5层)

4.2 含砂低液限黏土路基

对含砂低液限黏土路基试验段分别进行不同层(0~5层)水泥改良碾压施工,然后采用PFWD测试回弹模量,根据图2反推计算改良后顶面弯沉。顶面弯沉与水泥改良土层数的对应关系见图4。由图4可知:第1层改良土弯沉相对于原旧路基弯沉减小120(0.01 mm);第2、3、4、5层弯沉相对于第1、2、3、4层弯沉分别减小79、64、54、35(0.01 mm)。

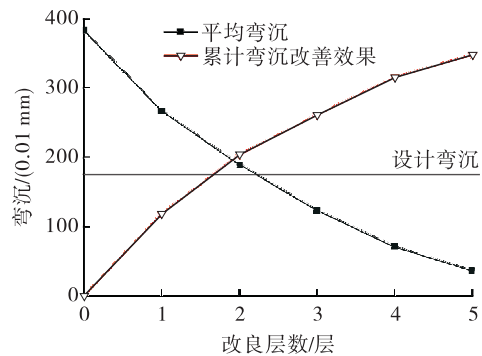


图4 含砂低液限黏土路基改良层数对应的弯沉

根据上述弯沉减小规律,提出表2所示含砂低液限黏土旧路基处治深度控制指标。

表2 含砂低液限黏土旧路基处治深度控制指标

PFWD回弹模量 E/MPa	反算弯沉 $L/(0.01\text{ mm})$	反算弯沉与设计弯沉之差 $\Delta L/(0.01\text{ mm})$	处治深度/m
$E \geq 90.0$	$L \leq 178$	$\Delta L \leq 0$	0.000(不处治)
$39.5 \leq E < 90.0$	$178 < L \leq 298$	$0 < \Delta L \leq 120$	0.240(1层)
$28.0 \leq E < 39.5$	$298 < L \leq 377$	$120 < \Delta L \leq 199$	0.480(2层)
$22.0 \leq E < 28.0$	$377 < L \leq 441$	$199 < \Delta L \leq 263$	0.720(3层)
$18.5 \leq E < 22.0$	$441 < L \leq 495$	$263 < \Delta L \leq 317$	0.106(4层)
$E < 18.5$	$L > 495$	$\Delta L > 317$	0.120(5层)

4.3 处治效果验证

在全线选取部分路段,采用PFWD进行回弹模量测试并反算弯沉,以1 km为一个施工、评定单元,双车道以S形布置40个测点,并进行弯沉代表值评定。根据表1、表2所示处治建议进行不同深

度旧路基处治,水泥改良处治后再依据图2进行PFWD弯沉反算以验证处治是否符合设计要求。按前述处治建议进行不同深度旧路基处置后,试验结果显示路基顶面弯沉均小于设计弯沉,且弯沉代
(下转第107页)

力分析与验算等作了详细探讨,提出大跨PC宽幅箱梁桥顶板横向设计宜按全预应力砼构件设计、应满足A类预应力砼构件设计要求的建议。

参考文献:

- [1] 邵旭东,顾安邦.桥梁工程[M].4版.北京:人民交通出版社,2016.
- [2] 陈杨.箱梁剪力滞效应研究现状[J].四川建筑,2020,40(1):208—214.
- [3] 刘应龙,蔺鹏臻,何志刚,等.箱梁剪力滞效应的梁格改进方法及精度分析[J].兰州交通大学学报,2020,39(1):9—19.
- [4] 周世军,江瑶,吴云丹.考虑滑移和剪切变形的单箱双室组合箱梁剪力滞效应[J].土木建筑与环境工程,2017,39(2):20—27.
- [5] 罗昊冲,李贵峰.多箱室宽箱梁截面参数对顶板横向受力的影响分析[J].城市道桥与防洪,2014(7):121—126.

- [6] 王芳.单箱三室箱梁横向计算分析[J].北方交通,2017(11):14—7.
- [7] 吕为.超宽预应力混凝土箱梁横向受力分析[J].西南公路,2014(1):15—18.
- [8] 郑为明.大跨径连续刚构箱梁桥横向分析[J].福建建筑,2011(7):96—98.
- [9] 黄鹤莅.顶板横向预应力钢束对箱梁横向计算结果的影响[J].铁道工程学报,2007(10):50—52.
- [10] 中交公路规划设计院有限公司.公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范:JTG 3362—2018[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2018.
- [11] 中交公路规划设计院有限公司.公路桥涵设计通用规范:JTG D60—2015[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.

收稿日期:2020—06—19

(上接第98页)

表值满足设计要求。同时改良后路基弯沉并非远小于设计弯沉,表明上述旧路基处治方案在保证路基工作性能的基础上满足施工经济性要求,可进行推广应用。

5 结论

以某高速公路改扩建工程为依托,根据项目特点选取两种类型土路基,采用贝克曼梁与PFWD进行改良前路基顶、改良后不同层路基弯沉一回弹模量相关关系分析,根据不同改良层对弯沉的减小效果确定旧路基处治深度,得出如下结论:

(1) 黏土质砂、含砂低液限黏土路基在水泥改良前后,贝克曼梁测试弯沉均与PFWD测试土基回弹模量具有较好的相关性,在确定二者相关关系后可采用检测方便、测值精准的PFWD取代检测效率较低、人员配备多的贝克曼梁进行弯沉测试,但不同类型土路基、改良前后段落需分别建立对应关系。

(2) 根据各层水泥改良对弯沉的减小效果,分别制定处治深度为0(无需处治)、24(处治1层)、48(处治2层)、72(处治3层)、96(处治4层)、120 cm(处治5层)旧路基处治控制标准,验证结果表明上

述方案可有效指导施工。

参考文献:

- [1] 林同立.桂柳南高速公路改扩建工程方案设计[J].中外公路,2015,35(5):10—12.
- [2] 刘景生,熊锋,杨隼.大广高速公路南康至龙南段扩容方案研究[J].公路,2019(11):65—69.
- [3] 薛鹏,蔡素军.山岭区高速公路改扩建工程方案探讨[J].中外公路,2015,35(3):13—16.
- [4] 岳军委.高速公路改扩建工程设计方法探讨[J].中外公路,2015,35(6):343—346.
- [5] 徐全亮,宋琦,刘钱.滨海软土公路路基拓宽拼接位移与应力分析[J].公路,2019(10):68—73.
- [6] 王晨竹.山区高速公路路基差异沉降特性分析及对策探讨[J].山东农业大学学报(自然科学版),2018,49(5):772—776.
- [7] 赵有龙.公路拓宽工程路基拼接施工技术[J].交通世界(建养·机械),2016(3):38—39.
- [8] 何敬晨,张春会.拓宽路基拼接台阶尺寸比选研究[J].公路交通科技(应用技术版),2015(1):30—34.
- [9] 贾进元.路基拓宽施工技术参数分析[D].长沙:中南大学,2013.

收稿日期:2020—02—21

(上接第103页)

业出版社,2012.

- [4] 汤震.新建城市道路与现状高速公路交叉工程方案比选[J].中国市政工程,2018(5):73—75.

- [5] 陈瑞.城市主干路与城区段高速公路立交节点方案研究[J].城市道桥与防洪,2018(2):28—31.

收稿日期:2020—03—18