

采用实测弯沉指导路面结构的设计

陈娟, 张晴, 徐飞龙

(苏州市交通设计研究院有限责任公司, 江苏 苏州 215008)

摘要:根据对太仓市沪—浮—璜公路路基路面整层材料的大量实测弯沉的统计与分析,推算出路床顶当量回弹模量及整层材料回弹模量,从而指导设计并鉴定设计弯沉是否合理,通过对实测弯沉的分析使设计弯沉更加合理。

关键词:路面设计;弯沉;回弹模量;当量回弹模量

中图分类号:U416.02 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)02-0021-03

1 简介

苏南地区水网密布,地下水位一般在黄海 0.9~1.2 m 左右,较典型的地层情况为自地表下 2.0 m 左右的耕植土及亚粘土层,下卧一层较厚的淤泥质亚粘土或淤泥层,再下为粘土或亚粘土层,地质情况较差,土基 E_0 值在 8~11 MPa 之间。因此该地区路基、路面设计存在两个重要问题:一是取土来源不理想,含水量大;二是难以保证路基路面强度与水稳性。针对这两个问题,石灰土和二灰碎石在该地区经常被用做各级道路的路基填料和路面基层及垫层。这两种材料具有强度高、水稳性好等优点,但在实际设计中,这两种材料的抗压模量 E 和路床顶的 E_0 值设计值与现场实际值一直存在差异,这就不利于道路建设的经济合理性。施工控制弯沉和竣工验收弯沉总是以设计弯沉为指标,但按照双圆垂直均布荷载作用下的多层弹性连续体系理论所计算的设计弯沉值能否作为验收指标,应做推敲。且目前路基路面处理控制相互独立,指标互不相同,能否找出它们之间的关系,弹性层状体系理论能否用于路基?我们可以通过实测弯沉进行验证。

我院设计的太仓市沪—浮—璜一级公路(现改为 318 省道)全长 24.69 km,路基宽 24.5 m,双向四车道。地质情况具有苏南地区的典型特征:地表下 1.5~3.0 m 耕植土或亚粘土层,下卧 10~20 m 左右的淤泥质亚粘土与淤泥互层,其下为粘土层。我院对该路路基、路面处理也采用了该地区的常用模式,如图 1 所示。

路面结构采用沥青混凝土路面,基层采用 25 cm 二灰碎石,底基层采用 30 cm 10% 石灰稳定土,

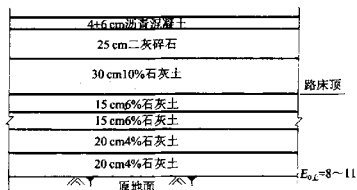


图 1 路基路面处理大样图

具体设计如表 1 所示。

表 1 路面结构设计参数表

层位	材料名称	厚度 (cm)	20℃ 模量	15℃ 模量	各层顶弯沉
①	中粒式沥青混凝土	4	1200	1600	29.0
②	粗粒式沥青混凝土	6	1000	1400	32.1
③	二灰碎石	25	1000	1000	37.4
④	10% 石灰稳定土	30	500	500	95.4
⑤	土基	—	35	—	266.2

计算时,各材料模量均参考该地区实验室实测数据,二灰碎石与规范建议取值差异较大,但为保证设计成果合理,便于验证,取该地区实测数据。

在施工过程中,太仓市交通局对每层材料进行了弯沉测试。测试采用贝克曼梁法, BZZ-100 标准车,测点选用根据规范每 20 m 选一测试断面,每个断面选取四个测点,四个测点的位置分别为右侧靠边、右侧靠中、左侧靠中、左侧靠边。本次仅对 6% 石灰土、10% 石灰土和二灰碎石三层顶面的弯沉数据进行了整理与分析。

2 实测弯沉数据的统计整理

本次采集的数据共有一万多个,每层材料都有几千个数据,具备了数据统计的合理性与可行性。

对每层材料的数据,按式(1)、式(2)计算其平均值与标准差:

收稿日期:2005-10-31

作者简介:陈娟(1975-),女,河南开封人,工程师,从事道路桥梁设计。

$$L = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{n} \quad (1)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - L)^2}{n-1}} \quad (2)$$

对于测试数据不在 $[L-2S, L+2S]$ 内的值舍去,重新计算其平均值与标准差,直至完全符合为止,此时的平均值与标准差即为该组试验数据的平均值与标准差。代表弯沉值按式(3)确定:

$$\bar{L} = L + Z_a \times S \quad (3)$$

式中: \bar{L} ——实测层面的代表弯沉值

L ——实测弯沉平均值

S ——实测弯沉的标准差

Z_a ——与保证率有关的系数,高速公路、一级公路沥青面层 $Z_a=1.645$,路基 $Z_a=2.0$

根据计算求得的代表弯沉值,利用公式(4)计算整层材料的当量回弹模量(E_1):

$$E_1 = 1000 \times \frac{2P\delta}{L} (1 - \mu^2) a \quad (4)$$

式中: E_1 ——整层材料的回弹模量

P ——测定车轮的平均垂直荷载(0.7 MPa)

δ ——测定用标准车双圆荷载单轮传压面当量圆的半径(10.65 cm)

μ ——测定层材料的泊松比(0.25)

a ——弯沉系数,为0.712

利用上述求得的代表弯沉和当量模量,根据双圆荷载双层体系理论,采用分层测定法确定路面材料回弹模量。计算时以所求材料层的下层材料当量模量为 E_0 值,用公式(5)计算弯沉系数 a_1 ,再由已知的 h/δ 查双层体系弯沉系数诺谟图,得 E_0/E_1 值。

$$a_1 = \frac{\bar{L} \times E_0}{2P\delta} \times 10^{-3} \quad (5)$$

计算结果汇总为表2。

表2 计算结果汇总表

项 目	6%石灰土	10%石灰土	二灰碎石
平均值 $L(1/100 \text{ mm})$	65.7	38.97	21.11
标准差 $S(1/100 \text{ mm})$	18.29	8.49	6.1
计算代表弯沉值 $L(1/100 \text{ mm})$	102.28	52.93	31.14
整层材料当量回弹模量(MPa)	97.31	188.08	319.65
弯沉系数 a_1	0.369	0.393	
整层材料回弹模量(MPa)	486.6	1044.9	

3 统计结果的研究与分析

从以上统计结果可以看出以下问题:

(1) 实测代表弯沉值与设计弯沉出入较大,但

越至上层差异较小。

(2) 路床顶当量回弹模量 E_0 值设计为35 MPa,统计计算结果为97.3 MPa,差异较大。

(3) 该工程采用我院推行的低路基设计原则,路基处理厚度70 cm,小于新《公路工程技术标准》中的高速公路、一级公路路床下至少有80 cm路基的规定。但从统计结果看,在满足路基处于中湿状态的条件外,采用低路基处理,路基强度是可以保证的。

(4) 由弯沉资料反推的10%石灰土和二灰碎石材料模量较合理,从而验证了测设弯沉的真实性。

在本地区, E_0 值设计一般取为20~40 MPa之间,沪一浮一瑛一级公路路面结构的 E_0 值取为35 MPa。为了验证本次计算所得的 E_0 值是否正确,假设路基处理层次也满足弹性层状体系理论,采用APDS 97—沥青路面设计与验算系统对此进行了验算,结果见表3:

表3 验算结果表

层位	材料名称	厚度 (cm)	20℃ 模量	15℃ 模量	各层顶弯沉
①	中粒式沥青混凝土	4	1200	1600	25.4
②	粗粒式沥青混凝土	6	1000	1400	26.9
③	二灰碎石	25	1045	1045	29.1
④	10%石灰稳定土	30	486.6	486.6	48.5
⑤	6%石灰稳定土	30	250	250	99
⑥	4%石灰稳定土	40	200	200	214.8
⑦	土 基	—	9	—	

注:6%灰土与4%灰土模量由《公路沥青路面设计规范》规定之4%~7%灰土为200~350 MPa所得。

表1 结果说明:

(1) 6%石灰土顶面的理论弯沉值99.0与实测代表弯沉97.31相差不大,所以用实测结果算出的 E_0 值97.31 MPa是有依据的。

(2) 10%石灰土与二灰碎石的理论弯沉也与实测代表弯沉较接近,证明从原地面起,路基路面按照一个整体进行计算是可行的。

4 结论

从以上分析结果可以看出路面设计采用双圆垂直均布荷载作用下的多层弹性连续体系理论是合理的,与实测结果基本一致。但我们按常规方式做的路面结构设计并不能正确地指导施工,路面结构层的厚度如何确定?各层顶控制弯沉如何确定?使用阶段的破坏如何控制?确实值得我们认真思索。针对我们苏南地区,接下来的路面设计,要解决好以下问题:

(1) 计算路面厚度时, E_0 值如何取用才是合理的。从上述分析可以看出, 我们通常采用的 E_0 值其实只是假定值, 和实际情况出入很大, 但是实际情况表明, 我们通常采用的结构厚度在正常使用情况下, 依然出现破坏, 严重时出现结构性破坏, 结构厚度的取用不能单纯按理论计算确定, 要根据实际情况做调整。为满足实际需要, E_0 值一般取为 20~40 MPa 之间, 按此计算所得结构厚度尚能满足使用要求。

(2) 各结构层顶弯沉作为主要指标, 进行施工控制及竣工验收。为方便检测, 路床顶也提出相应的弯沉控制指标, 但该值如何确定? 按照 E_0 值反推极不合理, 根据本次实测结果, 按常规低路堤处理后的路床顶弯沉在 100(1/100 mm) 左右, 根据不同地段不同处理原则确定路床顶控制弯沉在 120~150(1/100 mm) 之间。其余路面基层、底基层层顶弯沉也可做适当调整, 可以参考从原地路面路基层面总体处理厚度进行推算出的结果调整。

(3) 整层材料回弹模量的取用不能仅根据规范

取用, 根据上文所述, 10% 灰土回弹模量可取为 500 MPa 左右, 二灰碎石回弹模量可取为 1000 MPa 左右, 此成果可在以后的设计中加以利用。

我国目前路面的使用寿命远低于设计年限, 设计成果与运营情况严重不符, 当然其中原因非常复杂。但设计是为使用服务, 更要合理指导施工, 本文所提出的对理论计算所做的调整, 仅是依据实测结果所做的简易方法, 彻底的变更还要从修正理论做起。目前, 江苏省交通科学研究院致力研究推广的力学—经验路面设计(AASHTO 2002)能比较好地解决该问题, 我们期待其能早日在中国运用。

参考文献

- [1] 公路沥青路面设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社.
- [2] 公路路基路面现场测试规程[S]. 北京: 人民交通出版社.
- [3] 方福森主编. 路面工程[M]. 北京: 人民交通出版社.
- [4] 许志鸿等. 半刚性基层材料的设计参数[J]. 华东公路, 1998(2).

《城市道桥与防洪》投稿须知

为进一步提高期刊的质量与水平, 并使其编排标准化、规范化, 特对投稿者提出如下要求:

1. 来稿请署作者真实姓名、性别、出生年月、民族、籍贯、学位、工作单位、职务、职称、从事何项工作及详细通讯地址、邮编、电话。
2. 文章须写出摘要(200 字左右)、关键词(3~8 个), 正文一般控制在 3000~4500 字左右。文章题目、摘要、关键词、作者单位, 最好有英文译文。
3. 插图清晰, 数量尽量少, 写出图名, 一般只要简单示意图, 大小适当(少占版面); 表中各种量及计量单位一定要填满。
4. 计量单位及表示符号一律按《中华人民共和国法定计量单位》规定, 专业术语、各种物理量及参数等, 使用现行的国家标准、行业标准和规范, 且忌用多个字母构成一个量的符号。
5. 文章内容涉及到国家标准、行业标准、规范规程时, 请注意: 一定要用新标准、新规范、新规程。
6. 凡撰写工程技术总结的文章, 望能提供 1~3 幅彩色工程照片。
7. 稿件文责由作者(第一作者)自负; 对刊用稿件, 本刊有权作文字性修改和删节, 如不同意, 请首先声明。不刊用的稿件, 不退稿, 请作者自行留底。
8. 本刊对具有专利证书或经成果鉴定确认为具有创新性成果(新材料、新设计、新工艺、新设备等)的文章, 将予以优先发表并付给加倍稿酬。请作者在来稿中附上相关证书的复印件。
9. 本刊编辑部对在本刊登载后获得国家级或省部级奖项的或被国内外著名的数据库或检索期刊收录的文章给予一定的奖励。请作者在得到获奖或收录通知后, 将有关证书复印件寄给本刊编辑部。
10. 因本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》和“中国期刊网”。作者若不同意将文章编入该数据库, 请投稿时声明。