

基于长寿命路面的固化土路基设计研究

王振

(淄博市市政环卫服务中心, 山东 淄博 255000)

摘要:路基设计对路面结构的使用寿命有显著影响,因此需要充分考虑外部荷载、沥青组分等因素。分别从不同级配碎石层参数、沥青层参数以及荷载条件出发,探究了各项因素对于路基性能的影响,并在此基础上提出了相应的固化土路基设计要点,结果表明:加固位置与路表越近,加固效果越好;加固深度与结构模量呈正相关,层底拉应变等效和结构最大应变等效均呈现增大趋势;加固路基能够显著影响结构最大应变。

关键词:长寿命路面;固化土路基;设计研究;路基加固

中图分类号: U416

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)08-0049-04

0 引言

长寿命路面通常按照使用寿命进行区分,一般将使用寿命超过30 a的路面称为长寿命路面^[1],其中路基的回模量及应变等参数是判定长寿命路面的重要指标,对长寿命路面的使用年限有重要影响。对于级配碎石柔性基层沥青路面而言,路基的变形过大,会造成路面结构的破坏,因此,对于路基进行固化,可以提高路面的结构强度,使其满足长寿命路面的指标要求。但是由于级配碎石柔性基层强度较低,承载能力较弱,在交通荷载长期作用下易产生较大变形^[2]。为了控制路面的永久变形,铺筑了试验路段1 km,路面结构为20 cm厚沥青面层+30 cm厚级配碎石基层,沥青层底最大拉应变 $60\ \mu\epsilon$,路基整体最大压应变 $200\ \mu\epsilon$,为满足上述要求,对路基进行加固,加固厚度为40 cm,此时路基综合回弹模量为86.5 MPa。

1 不同级配碎石层下的路基设计

级配碎石基层对于路面施工质量存在直接影响,特别是结构的模量将发生显著改变,此外环境湿度对于路面结构也存在一定的影响作用。在具体的工程设计中,受制于施工工艺、设备等方面的影响,路面结构往往很容易出现厚度不足的问题,这也就需要借助提升固化土固化作用深度的方法来保障路面结构具有足够使用寿命。根据已有的研究可以发现^[3],公路基层的模量大多集中在100~500 MPa的

范围内,且其厚度以15~30 cm为主,所以可以调整级配碎石层的厚度来研究路基结构可能产生的响应,并以此为基础研判固化土处理的效果。

1.1 不同级配碎石层模量

根据《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2017)中的要求^[4],首先可设置不同级配碎石层模量对照,并对不同组别中沥青层底的拉应变、路基顶面的压应变进行测量与比对,如图1所示。根据图1可以发现,级配碎石层模量越大,两指标均呈现出不断下降的趋势,其中沥青层底拉应变的减小速度逐渐放缓,但路基顶面压应变的减小速度却逐渐加快。这一现象也代表级配碎石基层模量的提升有助于延长路面结构的实际使用寿命,但对两者的改善作用存在一定的差异。

将不同基层模量下开展试验测得的路基土固化深度及其固化后等效模量分别填入表1中。考虑到沥青层底部的拉应变变化比较显著,因此难以借助固化土的方式来使得各项路面指标达到预期要求,那么就需要取固化0.8 m深度的层底拉应变为研究对象展开深入研究。根据表中数据可以发现,级配碎石模量上升的同时,固化深度及压应变等效模量表现出下降的趋势。为了确保路基结构整体发生的最大压应变被控制在 $200\ \mu\epsilon$ 的范围内,同时不同模量之下的固化深度、等效模量之间也较为接近,固化深度一般为0.15 m。这也就表明了对于压应变指标而言,应当从路基模量入手进行改良,而单从级配碎石基层的模量进行调整所取得的效果较为微弱。

此外,研究表明针对沥青层底压应变而言,调整级配碎石模量能够取得良好的改良效果。但若在实际

收稿日期: 2022-10-08

作者简介: 王振(1971—),男,本科,工程师,从事城市道路与交通工程设计研究工作。

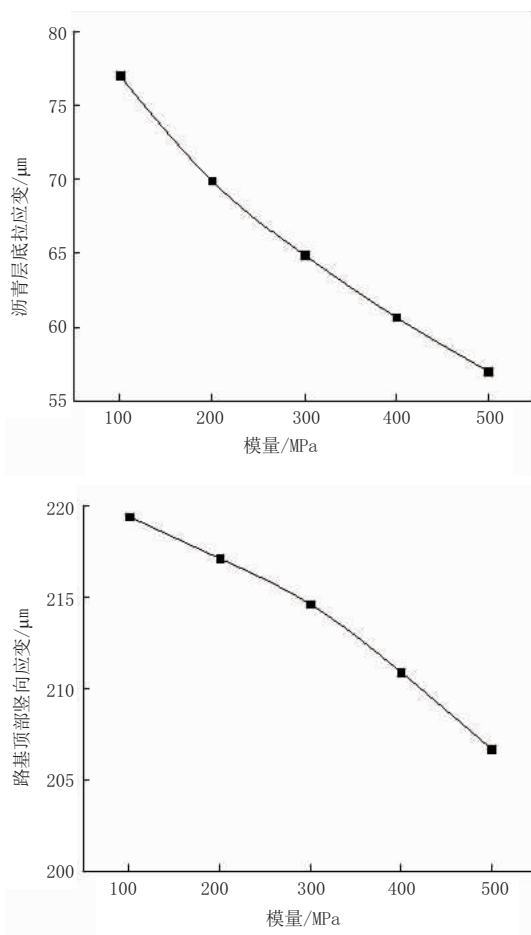


图1 不同级配碎石模量下两种指标变化趋势

表1 不同级配碎石模量下加固深度与等效模量

模量 / MPa	满足极限压应变的固化深度 / cm	等效模量 / MPa	满足极限拉应变的固化深度 / cm	等效模量 / MPa
100	15	77	—	—
200	15	77	—	—
300	13	76	40	87
400	9	74	5	73
500	9	74	—	—

工程中级配碎石模量过低,即便通过固化土进行加固,往往也难以保证该指标满足长寿命的要求。特别是在低模量的级配碎石下,若以0.8 m为固化深度来改善路基模量,则可能导致层底拉应变指标的显著下降。譬如在100 MPa的级配碎石模量下,通过最大固化深度,沥青层底拉应变将从77 μm 下降至68.84 μm ,这一数值甚至低于200 MPa级配碎石模量下的拉应变标准,即采取0.8 m的固化深度与提升100 MPa级配碎石模量具有接近的效果。所以,在施工质量控制较为困难的项目中,一般可采取固化土的方式来提升项目整体的寿命。

总体而言,级配碎石模量、路基模量对于沥青层

底拉应变的作用机理大致相似,且两者间存在一定的改善效果关系。就实践来看,路基固化0.8 m与提升0.3 m厚度、100 MPa级配碎石模量的效果比较接近。但在对路基顶面压应变的研究中发现,调整级配碎石层模量取得的效果大多比较微弱。随着级配碎石模量的提升,路基顶部的压应变呈现出快速下降的趋势,但受到压实工艺等的制约,提升级配碎石模量存在较大的技术困难。因固化土工艺简单便捷,所以路基加固就显得尤为重要,且兼具较为突出的效益。

1.2 不同级配碎石层厚度

从图2可以发现,级配碎石厚度的提升同时也伴随着沥青层底拉应变表现出线性下降的变化,但路基顶面压应变大致表现为加速下降。同时,根据图2中的信息可以发现,对于18~30 cm厚度范围内的级配碎石层,在每2 cm的厚度增量区间内,将对应产生1 μm 的沥青层底拉应变下降。但在路基顶面压应变的变化中,虽然其呈现出下降趋势且下降速度不断加快,但压应变的减小量仍处于较低水平。当厚度由18 cm提升至30 cm的过程中,压应变数值仅出现了8 μm 的下降,由此可以发现增加厚度对于改善压应变的作用比较微弱。

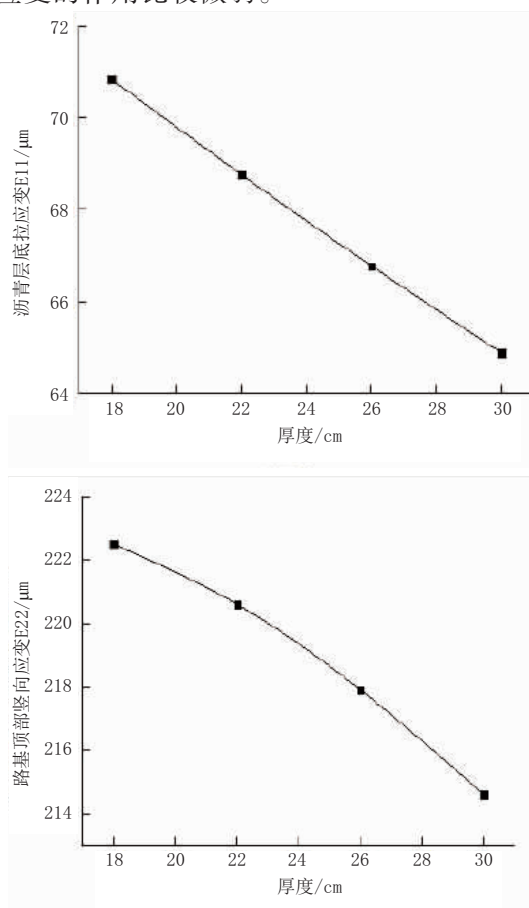


图2 不同级配碎石层厚度下两种指标变化趋势

将不同基层厚度下开展试验测得的路基土固化深度及其固化后等效模量分别填入表 2 中。根据表中数据可以发现,固化路基能够显著改善其模量,使得极限压应变指标满足要求。同时对于不同级配碎石厚度而言,使其符合极限压应变要求的固化深度大致相等,主要集中于 15~21 cm 的区间范围内。需要注意的是,在研究沥青层底拉应变时,若碎石厚度处于较低的水平(16 cm),仅采取固化土往往难以使得拉应变、压应变指标同时符合预期要求。若在 16 cm 的碎石厚度下选定 0.8 m 的固化深度,那么就能够使路基模量得到显著提升,将沥青层底拉应变控制在 61.45 μm 以下,这一处理效果远优于将级配碎石层由 16 cm 增加至 30 cm。此外,在碎石厚度提升的同时,固化深度也将随之发生较为显著的下降,这也表明在合适的组合下能够使得固化深度得到有效降低,进而提升固化的综合效益。

表 2 不同级配碎石厚度下加固深度与等效模量

厚度 / cm	满足极限压 应变的固化 深度 /cm	等效 模量 / MPa	满足极限拉 应变的固化 深度 /cm	等效 模量 / MPa
18	21	79	—	—
22	18	78	80	99
26	15	77	47	91
30	13	76	40	87

2 不同沥青层参数下的路基设计

沥青作为我国公路路面建设的重要组成材料,其厚度、模量等基本参数对于结构整体的力学性能往往起着决定性影响。沥青模量与其标号、集料等有着紧密关联,所以需要针对不同模量下的固化深度展开研究。此外,沥青层的工程造价比较高,而固化土技术的成本较低,若能借助固化土技术改善路基模量,那么就能够在适当减薄沥青层厚度的同时确保项目兼具较好的经济效益。

研究表明^[9],沥青面层的模量主要集中在 8 000~12 000 MPa 的范围内,且其基层厚度大多为 15~30 cm,因此其可供调整的空间比较大。

2.1 不同面层模量

首先针对不同面层模量下结构沥青层底拉应变、路基顶面压应变的变化情况展开分析,如图 3 所示。根据图 3 中曲线可以发现,对于非线性路基结构而言,提高面层模量对于拉应变的影响比较微弱,而路基顶面压应变则大致以线形衰减形式减小。就通

过调整基层模量所带来的路基土固化深度改变而言,调整沥青层模量与改变级配碎石层之间存在较为接近的机理,这也表明对路基土以 0.15 m 深度进行固化处理即可达到提升 8 000~12 000 MPa 面层模量的效果。所以,在实际工程中不建议优先采取调整面层模量的方法来达成路面指标要求。

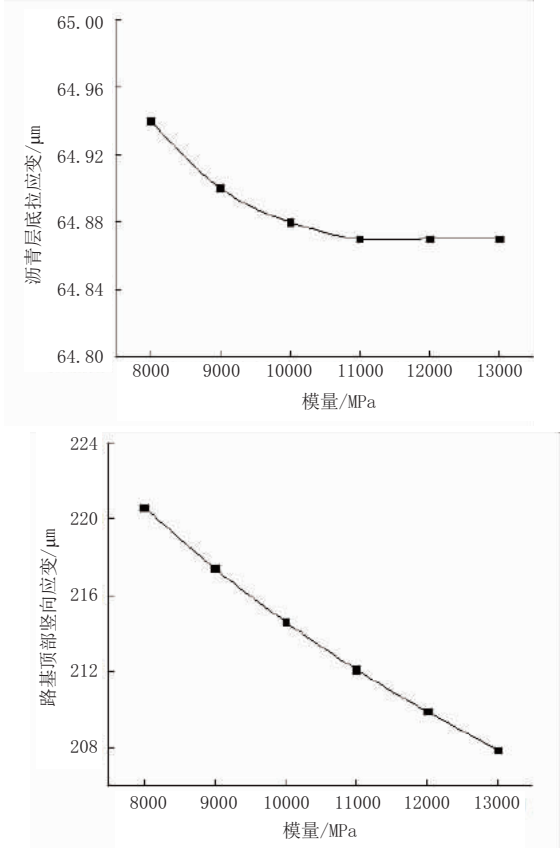


图 3 不同面层模量下两种指标变化趋势

2.2 不同基层厚度

因改变沥青面层模量所带来的结构拉应变、压应变优化效果比较有限,可对沥青基层的厚度做出适当的调整。根据图 4 可以发现,在更高的基层厚度下,沥青层底拉应变及路基顶面压应变均表现出了持续下降的变化趋势,且下降速度不断减小。对于 12~16 cm 的厚度范围内,沥青层底拉应变存在较为明显的下降段,这也表明基层厚度因不小于 16 cm。

在不同基层厚度下开展试验,测得的路基土固化深度及其固化后等效模量分别填入表 3 中。根据表中数据可以发现,在较小的沥青基层厚度(12 cm)下,仅采取固化土技术难以满足其中任一指标的要求。在以 0.8 m 为固化深度进行处理后,层底拉应变降低至 68.23 μm ,这与厚度为 16 cm 时所对应的沥青层底拉应变较为相近;同时顶面压应变也降低至 212.61 μm 的水平,这与厚度为 20 cm 时所对应的路基顶部压应变较为相近。此外,将其与级配碎石层进

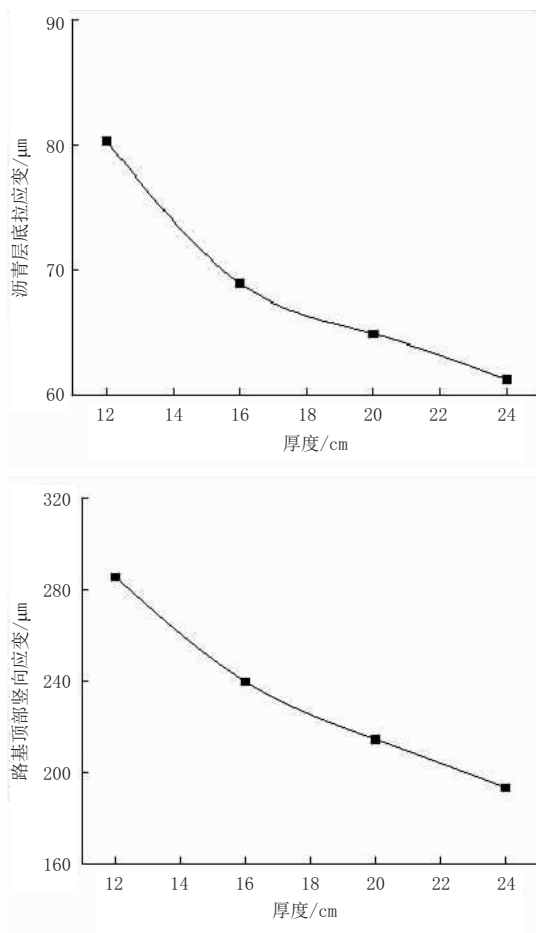


图4 不同基层厚度下两种指标变化趋势

行对比可以发现,提升基层厚度带来的层底拉应变降低较升级配碎石层厚度更为显著。

表3 不同沥青基层厚度下加固深度与等效模量

厚度 / cm	满足极限压 应变的固化 深度 /cm	等效 模量 / MPa	满足极限拉 应变的固化 深度 /cm	等效 模量 / MPa
12	—	—	—	—
16	43	78	70	98
20	13	76	40	87
24	—	—	5	72

总体而言,对于更薄的沥青基层用固化土技术进行处理,其所带来的沥青层底拉应变、路基顶面压应变降低效果更为显著。但相对来说,还是调整沥青层厚度的作用效果更突出。

3 不同荷载条件下的路基设计

本研究将轮压控制在 0.5 ~ 1.1 MPa,探究不同轮压条件下结构所发生的相应,以此来判定固化土技术的应用效果。首先针对不同荷载水平下结构沥青层底拉应变、路基顶面压应变的变化情况展开分析,如图 5 所示。由图 5 曲线可以发现,荷载水平保

持提升的同时,沥青层底拉应变、结构最大压应变均表现出较为明显的上升趋势,且其增量比较显著。所以,就需要对结构参数做出适当的调整来确保路面结构能够满足预期要求。

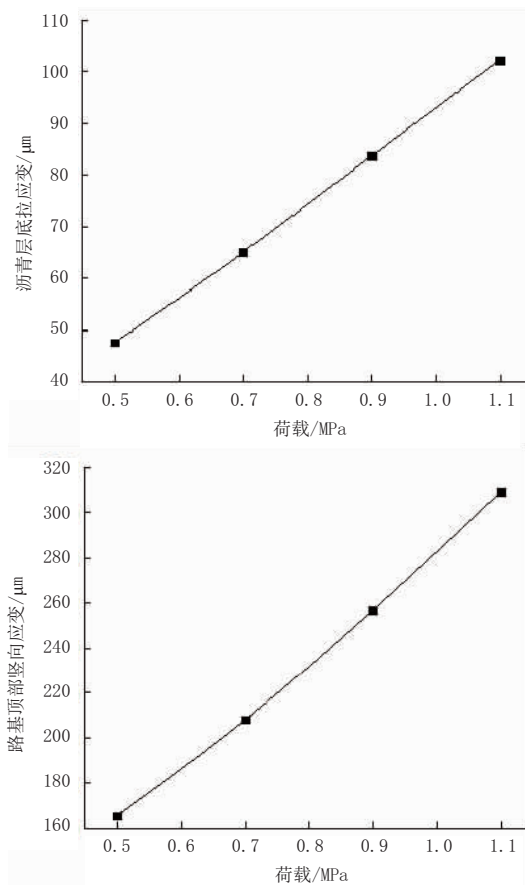


图5 不同荷载水平下两种指标变化趋势

4 结 语

综上,从不同级配碎石层参数、沥青层参数以及荷载条件三个层面出发,分别探究了固化土的效果及其要点。研究发现,在相同的厚度、模量条件下,若加固位置与路表越近则所取得的加固效果往往越好。此外,加固深度越高结构自身的模量也就越大,但层底拉应变等效及结构最大应变等效呈现出不断增大的趋势,这也表明加固路基能够显著影响结构的最大应变。

参考文献:

- [1] 陈锦华.固化土加宽高速公路路基差异沉降试验研究[D].西安:长安大学,2021.
- [2] 马启郁.高含水率粉土路基固化改良机理及应用研究[D].阜新:辽宁工程技术大学,2020.
- [3] 潘凤文.吹填固化土路基试验与数值模拟分析[J].交通科技,2011(4):56-59.
- [4] JTG D50—2017,公路沥青路面设计规范[S].
- [5] 潘新平,李高磊.高速公路固化盐渍土路基强度特性的试验研究[J].公路交通科技(应用技术版),2009,5(8):83-85.