

高速公路改扩建工程中路基加宽方式 及其特点综述

潘国强^{1,2}

(1. 河南省叶集至信阳高速公路建设有限公司, 河南 信阳 464100 2 京珠国道主干线郑州至漯河高速公路改扩建工程项目部, 河南 许昌 450006)

[摘 要] 旧路加宽改造工程与新建公路相比具有施工难度大、工艺复杂、质量要求高等特点。由于旧路路基沉降已基本趋于稳定, 而新路路基沉降时间短, 新旧路基结合处必将产生不均匀沉降, 从而产生纵向裂缝, 导致水泥混凝土面板在荷载作用下产生断板, 沥青混凝土路面产生反射裂缝, 对行车质量带来很大影响, 不仅无法满足汽车行驶的需要, 还会增加汽车的燃油消耗和轮胎磨损, 加大运输成本, 增加运输时间, 甚至会危及行车安全, 同时也加大了道路养护成本。本文针对公路加宽技术研究迫切性, 对高速公路改扩建工程中路基加宽方式及其特点进行综述, 形成合理的高速公路加宽改造工程理念, 为理论研究和工程实践奠定基础。

[关键词] 高速公路; 改扩建工程; 路基拓宽; 路面拼接; 加宽方式; 差异沉降

[中图分类号] U 418.8 [文献标识码] A [文章编号] 1002-1205(2007)05-0034-05

Expressway Extension Foundation of widening ways and characteristics

PAN Guoqiang²

(1. Ye Ji Shi to XinYang Expressway Construction Limited company, Xinyang, Henan 464100, China;
2. Zhengzhou to Luohe Expressway Extension of the Project of The main trunk line of the Beijing-Zhuhai Road, Xuchang, Henan 450006, China)

[Abstract] Old Road Widening of Highway Engineering and compared with new construction difficult complicated process, and high quality requirements. Since the old road subgrade settlement has basically stabilized, but the new road subgrade settlement in short time, the combination of old and new roadbed will create uneven settlement, resulting in vertical cracks in the concrete slab of cement produced load of boards, asphalt concrete pavement cracks have brought great reflection on the quality of traffic, not only can not meet the needs of automobile traffic, and increase vehicle fuel consumption and tire wear, increased transportation costs, increased transportation time, and will even endanger traffic safety, but also increased the cost of road maintenance. This Paper Highway Widening Technology urgency of the Expressway Extension Foundation of widening ways and characteristics of ways to form a reasonable widening the highway reconstruction project ideas for theoretical research and lay the foundation for engineering practice.

[Key words] Highway; Extension project; Subgrade broadened; Pavement mosaic; Widening ways; Differential settlement

改扩建高速公路时, 要就改扩建形式进行经济分析比较来决定是新建一条平行原规模的高速公路还是在原有高速公路基础上改造加宽。由于我国耕

地不足, 现阶段一般以改造加宽为主。挖、填方段路基加宽横断面的形式分为单侧和双侧加宽 2 种形式及特殊地段采用分幅路基等。

[收稿日期] 2007-08-08

[基金项目] 国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2006AA12Z156); 河南省交通厅科技项目(2003P108)

[作者简介] 潘国强(1964-)男, 河南信阳人, 高级工程师, 主要从事高等级公路建设与管理。

1 软土地基段改扩建工程特点

软土地基段高速公路改扩建工程和新建工程相比无论是对设计、施工技术的要求还是施工的难度上看都要大得多。具有如下特点:

a 在路基施工时要保证车辆的正常通行和安
全。改扩建的高速公路通常交通量非常大,如何保
证路上顺利通行和路下正常施工是一个很棘手的问题。

b 要进行改扩建的高速公路一般多为我国早期
修建的高速公路,由于当时的历史条件所限,存在
设计技术标准偏低,施工质量有缺陷等问题。特别
是我国《公路法》出台的比较晚,早期修建的高速公
路对红线内的地下、地上建筑物控制不严,造成新加
宽的高速公路路基地下管网密集、地上构造物复杂,
拆迁工程量巨大。

c 由于软土地基段本身的特点,使新加宽的路
基和已有高速公路的路基间沉降大,纵横向不易衔
接。

2 改扩建工程加宽方式及特点

对道路的加宽方式,不同时期认识不同,相应的
研究也不同,加宽方式也不同。如果新旧路面的中
心线大部分重合,则进行双侧加宽;对于中心线相互
偏离的实行单侧加宽,其在不受地形地物限制的
情况下,选择单侧加宽,这种加宽方式的路基只需一
侧加宽,便于施工,加宽较双侧的大,压实度也容易
保证,基底处理一系列施工工序都在一侧进行,施工
进度也快。但是结构的一部分位于旧路基上,而另一
部分则可能在新建的路基上。由于新旧路基的强度
和密实程度不同,新旧路基会产生不同的沉降,因而
会引起路面沿接缝出现纵向裂缝。

总结国内外拓宽方式有以下几种:如将二车道
加宽为四车道时,有一边加宽、两边加宽,特殊地段
可采用分幅路基;而对将四车道加宽为六车道和八
车道,有单侧加宽,两边加宽与分幅加宽。搭接方式
可采用平面搭接,也可用上下跨分离。

a 单侧加宽。

单侧加宽是指高速公路路基新加宽集中在左侧
或右侧一侧进行,其特点是新旧路基的中心线不重
合。单侧加宽优点是加宽路基的施工比较容易,而且
能保证质量。由于新建路基施工集中在路基的一
侧进行,可进行大面积作业。缺点是一部分新路面
要落在新填土上,它的强度难以保证与旧路基土相

同,双面坡的行车道中心线移动后,增加了路面材料
的用量。具体横断面构造见图 1 和图 2。



图 1 填方段单侧路基加宽横断面图
Figure 1 transverse cross section of one-sided
widening fill embankment

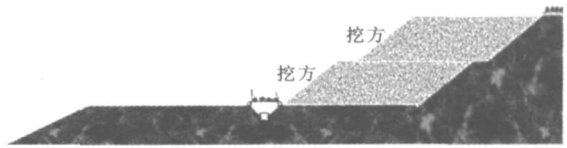


图 2 挖方段单侧路基加宽横断面图
Figure 2 transverse cross section of one-sided widening
cutting embankment

b 双侧加宽。

双侧加宽是指高速公路路基左右两侧进行对称
加宽,它是高速公路旧路加宽的常见形式。双侧加
宽路基优点是新老路基的中心线重合,路面仍然保
持在经车辆压实的基层上。缺点是当加宽值不大
时,新旧路基填土间的压实不容易,施工难度大。特
别是软土地基段产生沉降量大,新旧路基间变形也
大,非常不利于新旧路基间的衔接。具体横断面构
造见图 3 和图 4。



图 3 半填半挖段双侧路基加宽横断面图
Figure 3 transverse cross section of bilateral widening cut fill
subgrade



图 4 挖方段双侧路基加宽横断面图
Figure 4 transverse cross section of bilateral widening
cut subgrade

c 分幅路基。

分幅路基在受空间及平面限制,地质环境不允
许,跨越特殊地段采用单侧或双侧拓宽路基将会造
成造价的增加或对路基带来不利影响时,采用分离
式分幅路基可以较好地解决这些问题。

采用分幅路基的优点为新路基不受旧路基的影响,可独立设计,独立施工,并可绕开不利地形与地质条件,不失为解决新旧路基结合的一种新思路。但这种形式的路基同时也存在它的缺点,比如说会增大占地面积,线形不好选,造价增加等。

3 高速公路拼接类型及其特点

将拼接的类型定义为 3 种类型:完全拼接、不完全拼接和分离式拼接。

a 完全拼接。

完全拼接是指高速公路建成以后,由于交通量的增长要求,在原高速公路的两侧直接进行路堤的拼接拓宽,一般是两边对称加载,也包括不对称加载的情况,如匝道的拼接,它是目前高速公路拼接拓宽工程的主要类型,其模式见图 5。

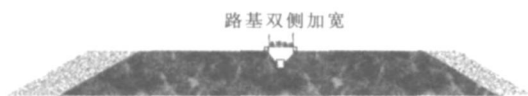


图 5 完全拼接模式
Figure 5 schema chart of complete splice

该类型原路已经运营一段时间,沉降已经或基本稳定,原地基部分或完全固结,新老路的地质条件存在较大的差异,同时由于拼接荷载的影响,若处理不当将会引起新老路基的不均匀沉降,在新老路基结合处产生拉应力,极易导致路面的开裂。完全拼接路段的沉降变形特性与新建高速公路存在较大的差异,其机理可以从地质条件和荷载 2 个方面进行分析。

① 地质条件的差异。

拼接拓宽时,原路已经运营了一段时间,在原路堤荷重的作用下,地基土已基本或完全固结,地基的物理力学性质有极大改变,特别是软土地基,强度明显提高,即使是还未完全固结稳定的路段,地基土的性质也有了较大的改善,在同等荷载作用下,加上荷载相对位置的影响,相对于拓宽地基,将发生一定的沉降增量,进而引发新老路基间差异沉降的产生。

② 荷载的影响。

高速公路经过多年的运营,地基的固结已基本完成,原路堤和地基土之间形成了一个整体,近似可以作为一刚体,由于整体刚度大,若在两侧进行拼接拓宽,新拼接拓宽的路堤自重,对原路基中心而言,将以偏心荷载的形式作用于老路基,引发新的附加不均匀沉降,其大小与偏心荷载的作用距离有关,近

则影响大。若两侧同时对称拓宽,产生的沉降增量的分布,对原地基中心而言,呈反盆形分布,在原路基中心最小,两侧拓宽形成的断面形心垂线处为最大,而在形心垂线位置至加宽后的新堤脚间逐渐减小,如图 6 中的沉降曲线 2 所示,原路堤荷载所形成的正沉降盆见曲线 1 该沉降盆已部分或全部形成。

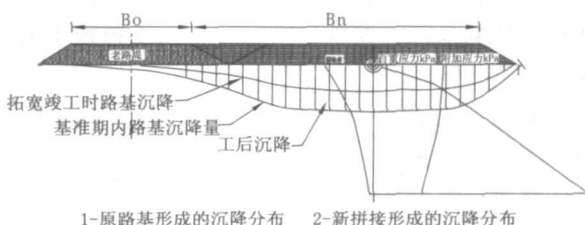


图 6 路基附加沉降分布
Figure 6 distribution diagrammatic sketch of subgrade settlement

由图 6 可见,在拼接荷载的作用下,在新、老路肩与原路基中心之间将产生差异沉降,若原地基还未完全固结,新产生的沉降增量将和继续发生的固结沉降叠加并对原路堤产生新的不均匀沉降,差异沉降愈大,对路基路面拉应力愈大。

③ 拼接宽度的影响。

拼接拓宽的宽度对沉降变形特性亦产生一定的影响。以四车道为例,随着拼接宽度的增加,路堤中心沉降增量及拓宽形心处的最大沉降增量的变化曲线见图 7。

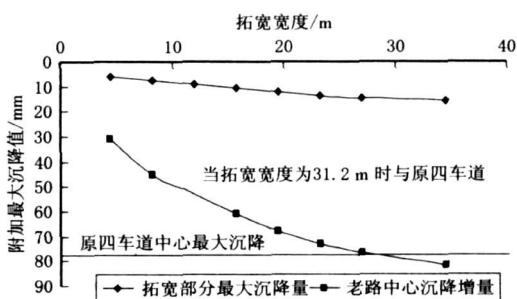


图 7 沉降随不同拼接宽度的变化曲线
Figure 7 variety curve of settlement with diverse splice width

从图 7 中可以看出,随着拼接宽度的增加,路堤中心的沉降增量的变化率逐渐减小,当达到一定宽度后,随着拼接拓宽宽度的增加,原路中心沉降增量几乎保持不变。拓宽形心的沉降增量,则随着拼接拓宽宽度的增加逐渐增大,当拼接宽度达到 30 m 后,拓宽后形心处的沉降增量与原四车道中心沉降增量相同。

b 不完全拼接。

不完全拼接是指在高速公路建设过程中由于规划的变更,即路基按设计要求宽度已施工至一定高度后,再按新标准进行拼接拓宽。“新老”路堤的路面结构层一次性共同铺筑,不存在施工时间间隔,地基的受力特性与完全拼接存在一定的差异。如某高速公路在已有的四车道的基础上,考虑到以后交通量的需要,将原 4 车道的设计方案变更为 6 车道。由于部分路段已施工至 95 区,然后在两边对称拓宽 4.5 m,拓宽部分施工到 95 区以后,与原路共同施工路面结构层。其拼接模式见图 8。

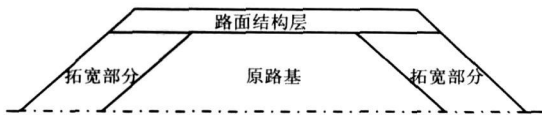


图 8 部分拼接模式图
Figure 8 Schematic chart of partial splicing

从图 8 中可以看出,路堤的受力条件分 3 个阶段:第 1 阶段,原路的加载期。在原路荷载的作用下,形成如图 6 中曲线 1 的沉降盆,路基始终处于受压状态。第 2 阶段,拓宽荷载施工期。同完全拼接一样,新拼接拓宽的荷载,对于原路中心而言,形成一反向沉降盆,此时原路处于受拉状态,新老路基之间将形成不均匀沉降,当附加不均匀沉降量大于一定值时,拓宽荷载所形成的拉应力大于第一阶段所形成的压应力,将导致原路堤发生开裂现象。第 3 阶段,路面结构层施工期。随着路面结构层的施工,路基中心将逐渐受压,与拼接荷载所形成的拉应力逐渐抵消,各个阶段的沉降叠加后,最终形成图 6 中的曲线 1 的盆形沉降。

从原路受力过程来看,其与完全拼接不同之处在于原路地基尚未完全固结,出现的差异沉降量在相同地质条件比完全拼接情况要小。

c 分离式拼接。

分离式拼接是指原高速公路建成以后,在原高速公路的一侧或两侧相邻的地方重新建造一条高速公路。此时新建路基实施拼接后,将以边载的形式引起已建高速公路的附加沉降增量,以锡澄高速公路与沪宁高速公路的拼接工程为例,其典型的地基处理方法为在新老路基间打设沉降隔离墙,从而消除新拼接荷载对原路附加沉降量的影响(见图 9)。

总之,不同的拼接类型其沉降变形规律是不同的,因此应对不同拼接类型以边荷载型式对原高速公路路基产生的附加沉降进行研究,以便判断新、老

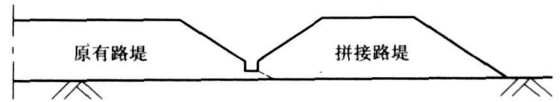


图 9 锡澄高速公路与沪宁高速公路分离式拼接
Figure 9 Separating splicing of X Cheng expressway and Hu Ning expressway

路基间的差异沉降的大小,分析其沉降规律,并提出合理的地基处理对策。

4 国内外高速公路拓宽新老路基差异沉降问题

国外和国内对软土地基差异沉降问题的研究比较多,主要从 2 个方面进行,其一为沉降计算和预估方法,其二为沉降处治措施、结构型式。

在沉降计算与预估方面,主要有 2 大类:第 1 大类为理论方法,它又包括传统方法和数值分析方法。传统方法就是按分层总和法计算最终沉降量,计算分层沉降时考虑瞬时沉降和次固结沉降;计算沉降速率时,则采用 Terzaghi 的一维固结理论。数值方法则是根据固结理论,结合软土的各种本构模型,计算地基最终沉降量的差分法、有限元法和边界元法。如考虑非线性弹性模型和弹塑性模型的有限元法、考虑粘-弹-塑性模型的有限元法、考虑结构性损伤模型的有限元法以及大变形固结的有限元法。第 2 大类是根据实测资料推算沉降量与时间关系的预测方法。如指数曲线法、对数曲线法、双曲线法、浅岗法及灰色预测法等。

根据粘性土地基在荷载作用下的变形特征,将总沉降 S 表示为:

$$S = S_d + S_c + S_s \quad (1)$$

式中: S_d 为瞬时沉降量; S_c 为固结沉降量; S_s 为次固结沉降量。

一般认为,瞬时沉降 S_d 是在荷载施加后立即产生的那部分沉降量,它是由剪切变形引起的。相对于土层厚度,荷载面积一般都是有限的;当荷载加上后,地基中就会产生剪切变形引起的沉降。固结沉降 S_c 是粘性土地基沉降的主要部分,它是指饱和或接近饱和的粘性土在外荷载的作用下,随着孔隙水的排出和孔隙水压力的消散,土体变形所造成的沉降。在固结过程中,沉降速率是由孔隙水的排出速率所控制的。次固结沉降 S_s 是指在有效应力的作用下,土骨架发生蠕变所引起的变形。对于高塑性的粘性土,次固结变形是不可忽视的。

粘性土的变形性状是十分复杂的,而且影响因素众多。它具有非线性、粘弹塑性、剪胀性和各向异性等特点。因此,人们在计算软基的变形时往往得不到满意的结果。

瞬时沉降 S_t 一般按弹性理论公式进行估算。固结沉降 S_c 工程上通常采用单向固结分层总和法计算。这只有当荷载面积的宽度或直径远大于可压缩土层厚度时,才接近单向固结条件,否则应对沉降计算值进行修正以考虑多向固结效应。由于当前对土的次固结性状了解得不够深,对它的定义、机理、变化规律、影响因素、试验测定等一系列的问题争论很多;目前公路部门很少有人做次固结试验,试验规程上也未列入。所以,有关次固结的计算只能大致估算。

目前国内公路工程中,一般都按式(1)进行沉降的估算。由于计算瞬时沉降和次固结沉降所需的参数较难确定,加上计算公式本身尚不够成熟,而且对计算结果的准确程度无法检验,因此带有很大的不确定性。而比较成熟的固结沉降计算方法也由于理论假设和实际情况的不符,使得计算结果带有一定的误差。采用沉降修正系数 M 来估算最终沉降量的方法,也由于 M 的确定相当复杂,使设计带有不确定性。因此,人们往往根据实测沉降过程线来推算最终沉降量。

目前,根据实测沉降过程线推算最终沉降量的方法主要有指数曲线法、对数曲线法、Asoka法等。这些方法的特点都是利用实测沉降与时间关系曲线,按某一函数模式的趋势推算最终沉降。这些方法在许多工程中的应用的结果表明,推算的沉降值往往都有较大误差。嘉门雅史(在1993年)曾作过统计,各类方法的误差都与所用实测资料观测的时间长短有关,当实测的时间小于固结度50%对应的时间时,误差达30%以上;当固结度为70%~80%对应的时间时,误差还有10%左右;只有当固结度达90%时,才能使误差小于5%。有文献研究表明不管用哪一种方法,推算出的最终沉降量基本上都小于实测沉降量。土层越软弱,越深厚,偏差越大。有文献提出的方法是不考虑次固结沉降的。

$$S(t) = a(\lg t)^2 + b \lg t \quad (2)$$

如果实际工程的次固结沉降较大,采用该方法得出的结果误差将比较大,因为式(2)具有无限增长的性质。

近年来,国内有人用灰色理论来预测岩土工程

的体应变问题。针对岩土工程中变形数据往往不是等时距的特点,许多学者提出了各自的解决方法。但是,这些方法均不适合用来预测软基的最终沉降量,特别是预测时间长时,误差很大。这与灰色理论建模为指数形式有很大关系。尽管如此,选择合适的算法对短期预测的结果还是相当令人满意的。

在差异沉降的处治措施方面主要有:

- ① 采用低等级临时过渡路面;
- ② 应用超轻质 EPS 泡沫综合处治沉降;
- ③ 应用土工合成材料(土工格栅、塑料网格等)

进行加筋或制成柔性褥垫层,使之调节和控制不均匀沉降。

土工合成材料处治不均匀沉降,国外在八十年代就已采用,瑞典将其作为柔性褥垫处治半挖半填路基不均匀沉降获得满意效果;超轻型 EPS 泡沫块用于处治不均匀沉降,国外已获得成功,日本、法国、挪威等国采用它成功地解决了桥头路堤不均匀沉降问题。

5 小结

当今国际上对高速公路改扩建工程中路基加宽差异沉降的处理已不限于单一的方法,而是多种方法配合进行,因而在差异沉降综合处治措施的研究中,更注重其形态与模式的研究和不同类型路面结构对差异沉降的适应程度的研究,使得对路基不均匀沉降的处理,从过去的事后维修,转变为事先防治。毫无疑问,这种以防为主的思路,值得在研究解决路基差异沉降问题中借鉴和采纳,也是当今路基路面综合设计和处治技术发展的必然趋势。

[参考文献]

- [1] 黎志光.高速公路加宽扩建工程新老路衔接的处理措施[J].广东公路交通,2001,(2).
- [2] 高翔,刘松玉,石名磊.软土地基上高速公路路基扩建加宽中的关键问题[J].公路交通科技,2004,(4).
- [3] 李晨明.高速公路改扩建中路基拓宽的处理问题[J].辽宁交通科技,2002,(10).
- [4] 陈玉良,吕悦,张志宁.公路拓宽改建工程路面纵向开裂原因及防治[J].华东公路,2003,(1).
- [5] 孙四平,侯芸,郭忠印.旧路加宽综合处治方案设计的几点考虑[J].华东公路,2002,(5).
- [6] 何建军,威耀忠,高意玲.达茂境内旧路改建工程中路基破坏情况分析与预防加固措施[J].内蒙古公路与运输,2001,712.