

公路低路堤设计指南

Technical Guidelines for Design of Highway Low Embankment

中交第二公路勘察设计研究院有限公司

程 平 吴万平 等编著



人民交通出版社
China Communications Press

公路低路堤设计指南

Technical Guidelines for Design of Highway Low Embankment

中交第二公路勘察设计研究院有限公司
程 平 吴万平 等编著

人民交通出版社

图书在版编目(CIP)数据

公路低路堤设计指南/程平等编著. --北京:人民交通出版社, 2013.4

ISBN 978-7-114-10368-1

I. ①公… II. ①程… III. ①公路—路堤—设计—指南 IV. ①U412.36-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 027961 号

公路低路堤设计指南

程 平 吴万平 等编著

人民交通出版社出版发行

(100011 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号)

各地新华书店经销

北京市密东印刷有限公司印刷

开本:880×1230 1/16 印张:7 字数:162 千

2013 年 4 月 第 1 版

2013 年 4 月 第 1 次印刷

定价:40.00 元

ISBN 978-7-114-10368-1

前 言

进入 21 世纪,我国公路建设实现了跨越式发展,随着国家高速公路网的全面实施,环境和资源约束的矛盾更加突出,节约土地和保护环境是公路建设必须优先考虑的问题。为了进一步贯彻落实科学发展观,提升公路设计理念,建设资源节约型、环境友好型公路,需要制定低路堤设计技术规范。根据交通运输部交公路发[2007]378 号“关于下达 2007 年度公路工程标准制修订项目计划的通知”,中交第二公路勘察设计院有限公司主编《公路路基优化设计技术指南》(以下简称《指南》)。2009 年 12 月 2~3 日,交通运输部公路局在武汉召开《指南》送审稿审查会,《指南》名称明确为《公路低路堤设计指南》。

编制组在《指南》编制过程中,针对公路低路堤工程特点与技术难点,通过广泛调研分析工作、室内外验证试验和理论分析,对低路堤设计方法与指标、工程技术措施以及特殊条件下低路堤技术要求等进行了专题研究,分析总结了国内外低路堤高速公路建设经验和相关研究成果,充分考虑了环境因素和汽车荷载对低路堤性能的作用影响,提出了低路堤合理高度、路基典型结构、路基性能指标标准以及防排水体系等;并针对水网区、季冻区和特殊土等地区低路堤的特点,提出了防治路基病害的技术措施,系统地集成了公路低路堤设计技术。

《指南》共 11 章和 1 个附录,分别是:1 总则、2 术语、3 低路堤的合理高度与实现途径、4 一般地区低路堤、5 低路堤防护、6 低路堤防排水、7 软土地区低路堤、8 平原水网区低路堤、9 季节性冰冻地区低路堤、10 膨胀土地区低路堤、11 盐渍土地区低路堤和附录 A 干湿循环和冻融循环试验方法。

《指南》主要内容如下:

(1)界定了低路堤的定义,提出了确定公路路基合理高度的设计方法,以及实现低路堤的工程技术措施。

(2)提出了考虑环境影响和汽车荷载作用的低路堤设计指标、典型路基结构与适用条件,以及低路堤工程技术措施。

(3)提出了低路堤防排水与防护工程设计原则,防护工程和防排水设施的适用条件与技术要点。

(4)提出了软土地区、平原水网区、季节性冰冻地区、膨胀土地区、盐渍土地区等特殊条件下低路堤设计原则、典型路基结构与适用条件、设计指标及工程技术措施。

请各有关单位在使用中,将发现的问题和修改建议,函告中交第二公路勘察设计院有限公司(地址:武汉市经济技术开发区创业路 18 号,邮编:430056),以便下次修订时参考。

主 编 单 位:中交第二公路勘察设计研究院有限公司

参 编 单 位:交通运输部公路科学研究院
中交第一公路勘察设计研究院有限公司
中国科学院武汉岩土力学研究所
江苏省交通科学研究院有限公司
新疆交通科学研究院
武汉广益交通科技股份有限公司

主要起草人:程 平 吴万平 廖朝华 庄稼丰 吴立坚 张永岗
姚海林 冯守中 涂胜武 陈晓光 韩志强 李 刚
李章喜 于大涛 李小平 梅仕然 付昭勇 曾 超
卢 正 张嘉翔 吴 莎 罗 安 付 伟 阮艳彬
何 斌

目 录

1 总则 1

2 术语 2

3 低路堤的合理高度与实现途径 4

 3.1 一般规定 4

 3.2 低路堤的合理高度 4

 3.3 低路堤的实现途径 7

4 一般地区低路堤 10

 4.1 一般规定 10

 4.2 路基典型结构与横断面形式 10

 4.3 填料 12

 4.4 地基表层处理 14

5 低路堤防护 16

 5.1 一般规定 16

 5.2 边坡坡面防护 16

 5.3 浸水路堤防护 17

6 低路堤防排水 19

 6.1 一般规定 19

 6.2 地表防排水 19

 6.3 地下防排水 23

7 软土地基低路堤 25

 7.1 一般规定 25

 7.2 软土地基路堤稳定与变形计算 25

 7.3 软土地基处理 27

8 平原水网区低路堤 34

 8.1 一般规定 34

 8.2 平原水网区低路堤典型结构与填料 34

 8.3 平原水网区低路堤防排水 35

9 季节性冰冻地区低路堤 37

 9.1 一般规定 37

 9.2 季节性冰冻地区低路堤典型结构与填料 39

9.3	道路冻胀量的计算与控制	40
9.4	季节性冰冻地区低路堤防排水	43
10	膨胀土地区低路堤	46
10.1	一般规定	46
10.2	膨胀土判别分类和地基变形计算	46
10.3	膨胀土地区低路堤典型结构与填料	48
10.4	膨胀土地区低路堤防排水	50
11	盐渍土地区低路堤	52
11.1	一般规定	52
11.2	盐渍土地基评价与地基处理	54
11.3	盐渍土地区低路堤典型结构与填料	55
11.4	盐渍土地区低路堤排水	58
附录 A	干湿循环和冻融循环试验方法	60
本指南用词说明		62
附件	《公路低路堤设计指南》条文说明	63
1	总则	65
3	低路堤的合理高度与实现途径	67
4	一般地区低路堤	71
5	低路堤防护	78
6	低路堤防排水	79
7	软土地基低路堤	80
8	平原水网区低路堤	84
9	季节性冰冻地区低路堤	86
10	膨胀土地区低路堤	94
11	盐渍土地区低路堤	99

1 总 则

1.0.1 为进一步贯彻落实科学发展观,建设资源节约型、环境友好型公路,使公路低路堤设计符合安全、耐久、节约、和谐的要求,制定本指南。

1.0.2 本指南适用于新建和改建高速公路、一级公路低路堤设计,二级及二级以下公路低路堤设计可参照使用。

1.0.3 高速公路、一级公路设计,应根据沿线地形、地质、水文、航道、道路网及村镇等分布情况,结合项目总体设计与路线设计,统筹考虑高速公路、交叉工程、地方辅道等总体建设规模,通过技术经济综合比选,因地制宜,合理确定路堤高度。

1.0.4 低路堤设计应充分考虑地形地质、环境因素和汽车荷载的作用影响,做好地基、路堤、路面的综合设计。低路堤应具有足够的强度、稳定性和耐久性。

1.0.5 低路堤设计洪水频率应符合《公路路基设计规范》(JTG D30—2004)表 1.0.8 的规定。路堤边缘高度应不低于路基设计洪水频率的水位加壅水高、波浪侵袭高及安全高度。

1.0.6 低路堤设计提倡采用成熟的新技术、新结构、新材料和新工艺。

1.0.7 本指南是对《公路路基设计规范》(JTG D30)的补充和完善,设计中除应满足本指南的规定外,尚应符合国家与行业现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 低路堤 low embankment

填土高度小于路基工作区深度的路堤。

2.0.2 路基临界高度 critical height of subgrade

指在不利季节,当路床土处于干燥、中湿、潮湿和过湿状态时,路床表面距地下水或地表积水水位的最小高度。

2.0.3 路基最小填土高度 minimum filling height of subgrade

路床在不利季节处于中湿状态,并满足公路防洪、防冻和路基工作区要求的路基临界填土高度。

2.0.4 路基工作区深度 workzone depth of subgrade

汽车荷载通过路面传递到路基的应力与路基土自重应力之比小于 0.10 的应力分布深度范围。

2.0.5 平衡含水率 equilibrium moisture content

路基土在自然环境(干湿循环、冻融循环)影响下产生水分迁移,最终趋于稳定的含水率称为平衡含水率。

2.0.6 标准吸湿含水率 standard moisture absorption water content

膨胀土标准吸湿含水率为在标准条件下(温度为 25℃,相对湿度为 60%),膨胀土试样从天然含水率脱湿至平衡后的含水率。

2.0.7 冻结水上升高度 rising height of freezing water

指借助冰冻作用由下向上迁移集聚的地下水上升的距离(即含水率明显增加的高度)。

2.0.8 干湿循环 wetting - drying cycle

在大气环境影响下,路基土产生吸湿—脱湿的周期性反复过程。

2.0.9 冻融循环 freezing-thawing cycle

在大气环境影响下,路基土产生冻结—融化的周期性反复过程。

2.0.10 盐胀 the salt expansion of saline soil

含有硫酸盐的盐渍土,随温度变化而发生体积变化,引起地表松胀和路基路面变形破坏的现象。盐胀程度采用盐胀率表征。

2.0.11 溶陷 melt sinking of saline soil

在土的自重压力或附加压力下,水对盐渍土中可溶性盐的溶解和搬移作用,使地表和路基产生变形的现象。

3 低路堤的合理高度与实现途径

3.1 一般规定

3.1.1 低路堤设计,应广泛收集公路沿线城镇、道路和航道等规划资料,调查落实被交道路的位置、现状、功能、净空要求,相邻道路之间关系,以及航道等级、通航水位和净空标准等。

3.1.2 应根据拟建公路在路网中的位置与功能,综合考虑各种因素,做好项目总体设计,处理好拟建公路与地方道路网、农田水利建设、城镇规划等的关系,合理确定被交道路的交叉形式、通道和辅道的总体布局与建设规模。

3.1.3 应在查明路线走廊带的气象、水文、地形地貌、地质等基础上,合理确定路基最小填土高度,通过不同高度的路基方案技术经济比较,因地制宜,确定低路堤方案的适宜路段。

3.2 低路堤的合理高度

3.2.1 确定路基高度时应综合考虑下列因素:

- 1 路基设计洪水频率及设计洪水位。
- 2 相交公路立体交叉与通道净空高度。
- 3 通航河流的桥下净空高度。
- 4 中湿状态路基临界高度。
- 5 路基工作区深度。

3.2.2 被交公路的净空高度应符合《公路工程技术标准》(JTG B01)的有关规定,高速公路、一级公路、二级公路的净高应为 5m,三级公路、四级公路的净高应为 4.5m。

3.2.3 车行通道、人行通道的净空高度应符合《公路工程技术标准》(JTG B01)的有关规定,农用汽车通道的净高不小于 3.2m,拖拉机、畜力车等机耕通道的净高不小于 2.7m,人行通道的净高不小于 2.2m。

3.2.4 通航河流的桥下净空高度应符合《内河通航标准》(GB 50139)的有关规定,各级通航河流的净高要求见表 3.2.4。

表 3.2.4 天然和渠化河流水上过河建筑物通航净高要求

航道等级	净高(m)	代表船舶、船队
I	24.0	4 排 4 列
	18.0	3 排 3 列,2 排 2 列
II	18.0	3 排 3 列,2 排 2 列
	10.0	2 排 1 列
III	18.0	3 排 2 列(长江)
	10.0	3 排 2 列,2 排 2 列,2 排 1 列
IV	8.0	3 排 2 列,2 排 2 列,2 排 1 列,货船
V	8.0	2 排 2 列
	8.0 或 5.0 [▲]	2 排 1 列,货船
VI	4.5	1 拖 5
	6.0	货船
VII	3.5	1 拖 5
	4.5	货船

注:▲ 仅适用于通航拖带船队的河流。

3.2.5 路基中湿状态的判别应符合下列规定:

1 应对路基工作区上部、中部、底部的路基土分别采集代表性土样,进行含水率、塑限、液限试验,按式(3.2.5)计算路基土的稠度,并对不同层位的稠度值进行统计,计算平均稠度。

$$w_c = \frac{w_L - w}{w_L - w_p}$$

(3.2.5)

式中: w_c ——路基土的稠度;

w_L ——路基土的液限;

w_p ——路基土的塑限;

w ——路基土的平衡含水率。

2 应根据路基工作区土的平均稠度,并考虑地表水、地下水的影响,按表 3.2.5 确定路基的干湿类型。

表 3.2.5 路基中湿状态判别标准

土质类型	中湿状态	一般特征
细粒土质砂	$1.20 > w_c \geq 1.0$	路基上部处于地下水或地表积水影响的过渡带区内; 路基填土高度 $h_2 < h_0 \leq h_1$
黏质土	$1.10 > w_c \geq 0.95$	
粉质土	$1.05 > w_c \geq 0.90$	

注: h_0 ——不利季节路床顶面距地下水或地表积水位的高度; h_1 ——中湿状态路基临界高度; h_2 ——干燥状态路基临界高度。

3.2.6 遵循满足路基长期性能要求和节约土地的设计原则,低路堤高度不宜小于路基处于中湿状态的临界高度。其临界高度建议值见表 3.2.6。

表 3.2.6 路基中湿状态的临界高度参考值(m)

自然 区划		临 界 高 度								
		细粒土质砂			黏 质 土			粉 质 土		
		地下水	地表 长期积水	地表 临时积水	地下水	地表 长期积水	地表 临时积水	地下水	地表 长期积水	地表 临时积水
II	II ₁				2.2			3.0		
	II ₂				2.0			2.6		
	II ₃	1.3~1.6			1.8			2.2		
	II ₄				1.9~2.1			2.1~2.3		
	II ₅	0.7~1.1			1.6~2.0			1.8~2.3		
III	III ₁							1.7~2.4		
	III ₂	1.1~1.3			1.7~2.2	1.3~1.7	0.9~1.3	1.9~2.4	1.0~1.9	1.0~1.4
	III ₃	1.1~1.3			1.6~2.1	1.2~1.6	0.9~1.2	1.8~2.3	1.4~1.8	1.0~1.4
	III ₄							1.7~2.4		
IV	IV ₁				1.2~1.3			1.3~1.4		
	IV ₂				1.1~1.2			1.2~1.3		
	IV ₃				1.1~1.2	0.5~0.6		1.2~1.3	0.6~0.7	
	IV ₄	0.7~0.8			1.0~1.2					
	IV ₅				1.3~1.4	0.6~0.7		1.3~1.5		
	IV ₆	0.7~0.8			1.3~1.5	0.5~0.6		1.5~1.6		
	IV ₇		0.7~0.8		1.4~1.5	0.7~0.8				
V	V ₁	1.1~1.3	0.9~1.1	0.6~0.9	1.6~2.0	1.2~1.6		1.7~2.2	1.3~1.7	0.9~1.3
	V ₂				0.9~1.1			1.4~1.6		
	V ₃				0.8~1.0			1.3~1.5		
VI	VI ₁	(1.7)	(1.4)	<u>0.3</u>	(1.9)	(1.7)	0.5	(2.0)	(1.8)	0.7
	VI ₂	1.1~1.4	0.9~1.1	0.76~0.9	1.65~2.2	1.2~1.65	1.0	1.85~2.3	1.4~1.85	0.9~1.4
	VI ₃	(1.7)	(1.5)	0.9	(2.0)	(1.7)	(0.6)	(2.1)	(1.8)	(0.7)
	VI ₄	(1.8)	(1.5)		2.0	(1.7)	<u>0.6</u>	(2.2)	1.9	0.8
VII	VII ₁	(1.9)	(1.6)	(0.4)	(1.9)	(1.6)	(0.5)	(2.0)	<u>1.8</u>	0.6
	VII ₂				(1.9)	1.4	0.4	(2.1)	(1.6)	0.4
	VII ₃	1.2~1.5	0.9~1.2	0.7~0.9	1.75~2.3	1.3~1.75	0.75~1.3	2.0~2.4	(1.6~2.0)	1.0~1.6
	VII ₄	(1.6)	(1.4)		(1.6)	(1.4)		(1.8)	(1.6)	
	VII ₅	(2.4)	(2.0)	(1.1)	<u>(2.6)</u>	(2.0)	(1.1)	(2.2)	(2.2)	(1.3)
	VII ₆				<u>2.4</u>	2.0	(0.8)	(2.5)	2.1	1.1

注:1. 表中的临界高度是指路床顶面至各水位的高度(m)。
2. VI、VII区有横线者,表示实测资料较少,有括号者表示没有实测资料,根据规律推算的。
3. III₂、III₃、VI₂、VII₃ 资料系甘肃省 1984 年所提建议值,其他地区供参考。
4. 缺少资料的 II 级区可论证地参考相邻 II 级区数值,并应积极调研积累本地区的资料。

3.2.7 应遵循路基路面协调作用的原则,根据交通量及其汽车荷载组成,通过路面结构与路基填料的综合设计和多方案比选,合理确定路基工作区深度。

3.2.8 确定路基最小填土高度应遵守下列原则:

- 1 根据公路所在地区气候特征、水文地质、土质特性及汽车荷载,充分考虑路基土在强度与变形方面的要求。
- 2 综合考虑地表水、地下水、毛细水、盐分、温度等对路基性能的影响,保证中湿状态路基临界高度。
- 3 充分考虑防洪、通航的要求。
- 4 在满足立交桥、通道的净空要求前提下,可采用主线下穿相交公路的方案,以降低路堤高度和造价。

3.2.9 应根据路基土分类、预测交通量及其汽车轴载谱,找出路基高度的主要控制因素,在满足公路使用功能要求的前提下,按式(3.2.9)确定路基最小填土高度。

$$H_{\min} = \text{MAX} \{ (h_{\text{sw}} - h_0) + h_w + h_{\text{bw}} + \Delta h, h_l + h_p, h_{\text{wd}} + h_p, h_f + h_p \} \quad (3.2.9)$$

式中: $H_{\min}$ ——路基最小填土高度(m);

h_{sw} ——设计洪水位(m);

h_0 ——地面高程(m);

h_w ——波浪侵袭高度(m);

h_{bw} ——壅水高度(m);

Δh ——安全高度(m);

h_l ——中湿状态路基临界高度(m);

h_p ——路面厚度(m);

h_{wd} ——路基工作区深度(m);

h_f ——季冻区道路冻结深度(m),按本指南9.3.1确定。

3.3 低路堤的实现途径

3.3.1 优化路堤设计高度,实现低路堤公路建设目标,可采用下列技术措施:

- 1 统筹考虑高速公路与地方道路网的总体设计,调整路网规划,适当归并乡村道路,合理布设分离式立交和通道。
- 2 优化路线平纵面线形设计,合理选用路线纵断面设计指标。
- 3 选用能降低桥梁建筑高度的桥型方案和明涵(通道)。
- 4 设置路基防排水垫层或保温隔热层,降低路堤临界填土高度。

3.3.2 应根据高速公路、一级公路与被交道路的关系,被交道路的功能与等级及其在

路网中的作用,进行分离式立交与通道的总体布局设计,遵循既方便居民出行、又避免居民反复穿越高速公路的原则,按下列规定合理调整地方道路网布局:

1 合并地方道路。对于地方道路网较为密集的路段,尤其是同一村庄附近有多条乡村道路时,采用保证主要道路、归并次要道路的办法,适当归并临近的地方道路。

2 改移地方道路。将地方道路就近改移到适合的地点跨越高速公路。

3.3.3 优化路线平纵面线形设计,合理选用路线纵断面设计指标,应符合下列规定:

1 路线纵断面设计宜采用曲线定线法,先确定控制点的凸形竖曲线,再定纵坡及坡长。

2 应根据各控制点的高程,合理选用纵坡坡度与坡长。在满足《公路工程技术标准》(JTG B01)规定的最小坡长前提下,低路堤坡长宜为 300 ~ 600m,最小纵坡不应小于 0.3%,宜取 1% ~ 2%。大中桥两端引道设计不宜采用长纵坡,桥上纵坡以 2% ~ 3% 为宜。

3 在保证平纵曲线配合协调的情况下,应本着降低路堤高度、节省工程造价的原则,因地制宜设置变坡点,线形组合设计应符合《公路路线设计规范》(JTG D20)的相关规定。

3.3.4 布设分离式立交、通道和天桥应符合下列规定:

1 应根据当地村镇和人口的密度与分布特点,结合地方道路网现状和社会经济发展水平,以及未来农村经济发展的需求,合理确定横向通道的结构形式和通道的密度。每公里平均通道数宜为 1 ~ 2 道,上跨高速公路的分离式立交的设置间距宜为 2 ~ 4km。

2 上跨高速公路的分离式立交与下穿高速公路的通道布设宜采用交错布置,合理搭配通道的跨径。

3 合理选择分离式立交和通道的跨越方式,被交等级公路、汽车和机耕通道宜上跨高速公路,人行通道宜下穿高速公路。

4 合理选择通道的位置。在能有效解决通道积水问题时,可采用下挖式通道,降低通道底面高程;邻河设置的通道,可利用跨河桥的边孔兼作通道;与涵洞相近的通道,可采用通道兼涵的形式将两者合并,减少通道和涵洞的数量。

5 通道宜采用明通道。

6 下挖式通道应优先采用自流排水方式,通道两端出入口处道路纵坡宜设置凸形竖曲线,以减少下挖通道的汇水量。通道不能自流排水时,应根据降雨量因地制宜设置抽水泵站或渗井,排除通道积水。

7 人行天桥的设置应以居民出行的流量和主要方向为依据,并采取有效措施,保障行人交通安全和交通连续性。人行天桥的设置数量应与通道统筹考虑,并根据当地自然条件合理确定人行天桥纵坡、梯道踏步高度与踏步宽度等。

8 地方道路上跨高速公路时,最大纵坡不宜超过 3%,城镇范围控制在 2.5% 以内,凸形竖曲线可用极限指标,以减小跨线桥长度。

3.3.5 合理选择高速公路跨越地方道路的桥梁结构形式,在满足桥下被交叉公路的建筑限界、视距和对前方公路识别、通视、桥梁景观等要求的前提下,宜采用建筑高度低、轻巧流畅的桥梁上部结构形式。当板的跨径大于 16m 时,宜采用预应力混凝土结构。

3.3.6 对于合并、取消地方道路的路段,必要时宜设置辅道工程。辅道宜设置在高速公路两侧 200m 范围内,并根据地方道路网分布及居民出行的需要确定辅道设置形式,即单侧设置辅道和两侧设置辅道。辅道可利用施工便道或现有乡村道路进行改造而成。

3.3.7 当路基中湿状态临界填土高度超过 1.5m 时,可在路基底部设置防排水垫层,减小毛细水上升高度,降低路堤临界填土高度。防排水垫层设计应符合本指南第 7 章的有关规定。

4 一般地区低路堤

4.1 一般规定

4.1.1 新建公路设计之前,应做好全面调查研究、勘察、试验工作,充分收集公路沿线气候、水文、地形地貌、地质、地震、筑路材料等设计资料,查明基底岩土结构分布状况、物理力学性质以及不良地质情况,查明路基填料性质和分布等。

4.1.2 改建公路设计时,应对原有公路路基进行必要的勘探试验,获得路基土的平衡含水率、压实度、抗压回弹模量、CBR、动模量等物理力学性质指标,并收集历年路况资料及路基沉降变形、翻浆、水毁等病害的分布状况与防治措施资料。

4.1.3 应对路基填料、改良土等进行物理力学性质试验,有条件时,宜进行模拟路基土在平衡含水率状态的回弹模量、CBR 值等的测试,评价路基填料的长期性能能否满足汽车动荷载作用的要求,以及确定其用于路基填料的适宜范围。

4.1.4 应在实测汽车轴载谱的基础上,结合工程可行性研究报告等有关预测交通量的资料,考虑公路未来交通发展,论证各种车型的代表轴载,确定汽车荷载等级及其动荷载作用下的路基工作区深度。

4.1.5 低路堤设计应充分考虑环境条件与汽车荷载对路基土长期性能的作用影响,保证低路堤具有足够的强度和刚度,避免路基工作区产生塑性变形;路堤底面的动静应力不应超过地基的容许承载力。

4.1.6 低路堤工后沉降变形应控制在允许范围内,采取必要的处理措施减少路基与桥涵构造物之间、不同地基处理措施衔接处的不均匀变形,满足路面的要求。

4.1.7 低路堤设计应充分考虑水和冰冻对路基的影响,设置完善的防排水系统、隔温保温层和路基防护设施,防治路基病害。

4.2 路基典型结构与横断面形式

4.2.1 考虑环境因素和汽车荷载对路基填料性能的作用影响,高速公路、一级公路低