

文章编号: 0451—0712(2005)06—0096—04

中图分类号: U416.03

文献标识码: A

UTW 直道足尺试验路结构性能评价

崔 鹏¹, 李宇峙², 张 莉³, 孙立军¹

(1. 同济大学道路与交通工程教育部重点实验室 上海市 200092; 2. 长沙理工大学道路工程交通部重点实验室 长沙市 410076;
3. 同济大学经济与管理学院 上海市 200092)

摘 要: 通过足尺试验对UTW 试验路进行了结构性能试验和评价。通过分析试验路弯沉变化及动态模量,对路面整体承载能力进行了分析和评价;通过裂缝观察及结构性能评价对方案进行了比较分析。从试验结果及评价结果来看,不同方面的评价结果具有很好的一致性,各方案结构性能从好到差的排序依次为:方案三>方案四>方案五。评价结果也揭示出,基础强度和恰当的结构组合对路面的使用性能影响显著。

关键词: 超薄白色罩面;足尺试验;结构性能;弯沉

超薄白色罩面(Ultrathin Whitetopping, 简称UTW)是一种厚度在5~10 cm 之间,有较短接缝间距,铺筑于铣刨后的旧沥青混凝土路面上且与之完全粘结的水泥混凝土罩面^[1]。为了研究UTW 路面的结构性能,本文通过修筑足尺试验路,并采用直线式加速加载试验系统进行加载,对不同结构组合的UTW 性能进行了评价。

1 试验条件

加速试验装置采用亚洲最大直道试验系统,修建于环境可控的室内,通过加载轮加载,可模拟轴载的范围为60~200 kN。

试验路沿行驶方向共铺筑3 组路面组合方案。试验设置见表1。

表1 试验方案设置

方案编号	平面尺寸/(m×m)	罩面厚度/cm	板块分布/(块×块)	纤维	下卧沥青混凝土层厚度/cm	下卧条件
方案三	1.2×1.2	10	2×3	无	8	60 cm 水泥稳定碎石
方案四	0.7×0.7	6	4×3	有	9	40 cm 水泥稳定碎石
方案五	0.7×0.7	6	4×3	无	4	35 cm 二灰碎石

2 材料与强度试验

2.1 材料

所使用的粗集料为I 级石灰岩碎石,细集料为普通河砂,水泥为42.5 级普通硅酸盐水泥,纤维为聚丙烯纤维。

2.2 混合料配比

考虑到UTW 要求水泥混凝土抗折强度较高,设计了2 种混合料,一种是素混凝土,一种是纤维加强混凝土。表2 给出了UTW 混合料的配合比组成。

2.3 强度试验

采用由表2 配合比制作的水泥混凝土试件进行强度试验,测量了不同龄期强度,其结果见表3。

表2 混合料配合比

材料	水泥	粗集料	砂	水	纤维	减水剂	相关指标	
	kg	kg	kg	kg	kg		水灰比	塌落度/mm
用量	587	857	802	205	2.2	1.5 kg/ 100 kg 水泥	0.35	33

根据24 h 和3 d 强度试验结果发现:采用常规材料拌制的水泥混凝土强度需要3 d 才能达到开放交通的要求。从试件28 d 龄期的试验结果看,水泥混凝土强度均有大幅度提高,尤其是抗折强度大于6.3 MPa,完全能够满足水泥混凝土路面抗拉的要求。

表 3 水泥混凝土不同龄期强度

强度类型	混凝土类型	养 生 龄 期		
		24 h	3 d	28 d
抗压/MPa	素混凝土	9.8	30.5	33.9
	纤维混凝土	5.3	31.2	40.3
抗折/MPa	素混凝土	2.00	3.83	6.30
	纤维混凝土	0.93	4.34	6.48

3 试验路结构性能检测

在试验路养生 7 d 后进行加载。为评价试验路实用性能,对试验路进行跟踪观测,从路面破损状况和结构承载力方面对路面性能进行评定。主要通过裂缝观察判定路面破损状况,通过弯沉检测来判定路面结构承载力。

3.1 板顶弯沉测量

采用 5.4 m 贝克曼梁弯沉仪测定弯沉,并实测温度进行温度修正。弯沉检测如图 1 所示。

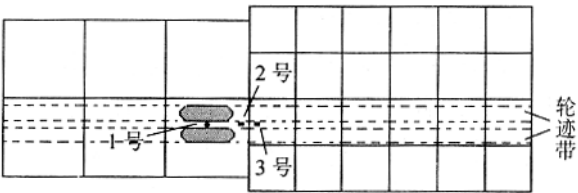


图 1 弯沉测点示意

表 4 为加铺前、后各方案典型测点的弯沉。

表 4 沥青混凝土顶面弯沉 0.01 mm

方案	方案三		方案四		方案五	
	罩面前	罩面后	罩面前	罩面后	罩面前	罩面后
轮隙中点弯沉值	2.9	0.1	20.3	0.3	21.1	0.3

弯沉测量结果表明,未加铺前,方案三的弯沉较小,但方案四、五弯沉较大。可见,此时的弯沉反映了基础强度的影响,方案三基础强度较高,方案四、五相对弱一些。而加铺罩面层后,各个方案的弯沉变化减小到几乎难以量测,表明基础强度对弯沉影响变小。

运行 4 个月及 10 个月后,再分别在板边处和板中加载来测量弯沉,结果见表 5 和表 6。

表 5 运行 4 个月后加载弯沉值 0.01 mm

方案	方案三		方案四		方案五	
	板边	板中	板边	板中	板边	板中
加荷板轮隙中点	2.1	1.1	6.7	7.5	11.6	14.7
未加荷板板边	0	0	4.7	4.8	9.6	6.4
弯沉差	2.1	1.1	2.1	2.7	2.1	8.3
平均值	1.1	0.55	5.7	6.1	10.6	10.6

表 6 运行 10 个月后加载弯沉值 0.01 mm

方案	方案三		方案四		方案五	
	板边	板中	板边	板中	板边	板中
加荷板轮隙中点	8.9	7	11.9	10.7	23.3	25.4
未加荷板板边	1.9	1.5	7.5	6.9	13.4	12.8
弯沉差	7	5.5	4.4	3.8	9.9	12.6
平均值	5.4	4.25	9.7	8.8	18.35	19.1

根据表 5、6 的数据进行分析,可以得出,加荷板轮隙中点及未加荷板板边弯沉变化图,如图 2、3 所示。

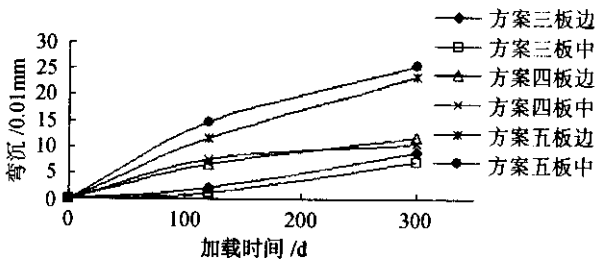


图 2 加荷板轮隙中点弯沉变化

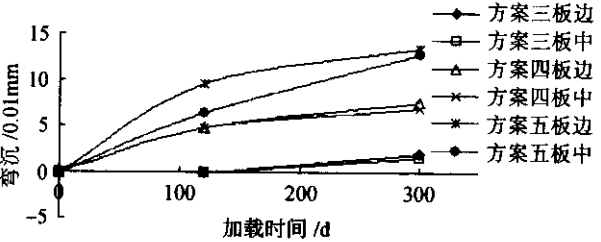


图 3 未加荷板板边弯沉变化

由图 2、3 可见,随着运行时间的增加,方案五弯沉量增长较大,而方案四和方案三的弯沉量始终较小。故从弯沉的变化来看,承载强度由优到劣的顺序为:方案三>方案四>方案五。

3.2 动态模量检测

动态模量是通过模拟汽车动态荷载的作用条件,在加载速度较快的情况下测定路面结构的弹性模量,该模量能反映结构的相对承载能力。其计算公式为:

$$E_d = \left| \frac{\sigma(t)}{\epsilon(t)} \right| \tag{1}$$

式中: $\sigma(t)$ 、 $\epsilon(t)$ 分别为动应力和相应的动应变。

动态模量采用美国 PRIMA100 型便携落锤式弯沉仪测定。为便于直观地分析各方案中板块的模量,首先对各方案的试验板块进行编号,如图 4 所示。

在各方案试验板块都基本开裂以后,对各方案每块板选择了 3~5 个点进行模量测试,结果如图 5 所示。图中纵坐标为动态模量,单位为 MPa。

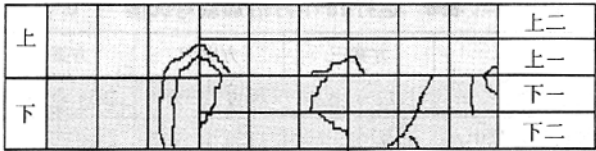


图 4 板块编号示意

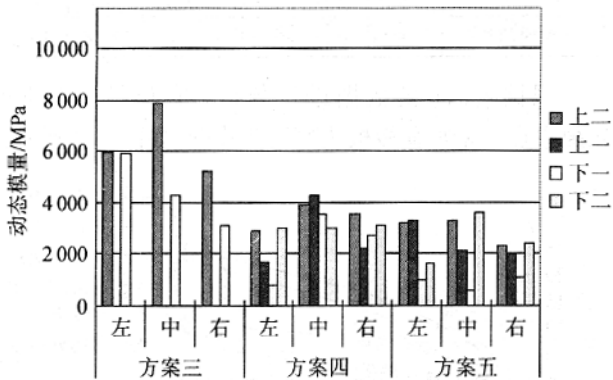


图 5 各方案动态模量对比

从图 5 中对应的动态模量来看,每个方案中承受轮载作用的板块,其模量大多比同方案未承受荷载的板块小,开裂板块一般比未开裂板块的模量小。

同时,对各方案动态模量由大到小排序为:方案三>方案四>方案五。

3.3 裂缝观察与路面损坏状况评价

模拟轮载由 35 kN 至 50 kN 运行,各方案路况良好,直至加载运行 253 700 次后,在方案四板块表面上发现第一条微裂缝。为了加速路面的破坏,从 27.1 万次起,将轮载加至 60 kN,次日发现方案五板块的裂缝。此后,轮载分别又加至 70 kN、90 kN,裂缝在各个方案板块上陆续出现,并逐渐扩展成为连续裂缝。各方案板块出现裂缝的先后顺序是:方案四、方案五、方案三。为加速裂缝的发展,观察在有水损坏作用下板块的破坏,结合人工降雨装置对超薄白色罩面进行了等效当量轴次约 569 885 次的降雨加载运行。

方案五板块破坏最严重,不仅轮迹所在的 3 块板产生了数条横缝与角隅裂缝,相邻板块也有不少产生裂缝,且多为角隅裂缝;试验结束时,轮迹 1 块板的 2/3 已经碎成大小不等的碎块。

方案三板块的 2 条呈平行带状的裂缝与方案四板块左端的 2 条平行裂缝相连,究其原因在于方案三白色罩面下部的旧沥青混凝土层和基层的结构与厚度组合有变化,裂缝形式与位置正好与横向的分界线吻合。分析认为,由于基础支撑不均,使板块从

表面开裂并进一步向下扩展。

由此可知,各方案超薄白色罩面的路用性能比较如下:方案三>方案四>方案五。方案三仅有 1 处加载板及邻板开裂,部分原因是基础强度不均;方案四在中等荷载下表现良好,且有 1 块加载板最终仍完好无损;而方案五各板块已相继全部破坏。各方案板块破坏实测图如图 6 所示。

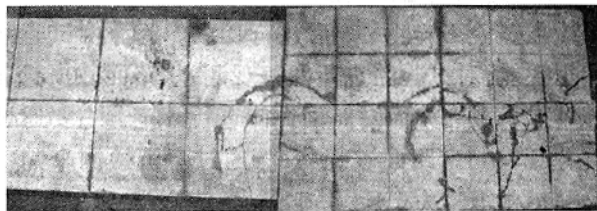


图 6 路面破坏实测

4 路面状况评价

4.1 路面破损状况评价

依据路段破损状况调查得到的断裂类病害的板块数,按裂缝种类和严重程度(裂隙宽度、边缘碎裂及错台等情况)的不同,采用不同的权系数进行修正后,由下式确定该路段的断板率(DBL),以百分数表示^[4]。

$$DBL = \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m DB_{ij} W'_{ij} \right) / BS \quad (2)$$

式中: DB_{ij} 为*i*种裂缝病害*j*种轻重程度的板块数; W'_{ij} 为*i*种裂缝病害*j*种轻重程度的修正权系数,按表 7 确定; BS 为评定路段内的板块总数。

表 7 计算断板率的权系数 W'_{ij} ^[4]

裂缝类型	交叉裂缝			角隅断裂			纵、横、斜向裂缝		
	轻	中	重	轻	中	重	轻	中	重
权系数	0.60	1.00	1.50	0.20	0.70	1.00	0.20	0.60	1.00

根据裂缝观察的 3 个阶段,进行各方案不同阶段的路况评价。

第一阶段,方案四、方案五和方案三均发生早期开裂,各有 1 条微小横向裂缝,因此,各方案的断板率为:

$$DBL_3 = 1 \times 0.2 / 6 = 3\%$$

$$DBL_4 = 1 \times 0.2 / 12 = 1.6\%$$

$$DBL_5 = 1 \times 0.2 / 12 = 1.6\%$$

按照表 8 的评定标准,此阶段方案三、四和五的路面破损状况均为良。

表 8 路面破损状况等级评定标准^[4]

评定等级	优	良	中	次	差
断板率 DBL%	≤1	2~5	6~10	11~20	>20

第二阶段,各方案都有不同程度的开裂,断板率计算如下:

$$DBL_3=(0.2\times1+0.2\times1)/6=6.7\%$$
$$DBL_4=(2\times0.2+4\times0.2)/12=10\%$$
$$DBL_5=(2\times0.2+5\times0.2)/12=11.7\%$$

因此,此阶段的方案三、四和五的路况评价分别为:中、中、次。

第三阶段,各方案均开裂,断板率计算如下:

$$DBL_3=(1\times0.2+1\times0.2)/6=6.7\%$$
$$DBL_4=(1\times0.6+1\times0.2+2\times0.7+2\times0.2)/12=22\%$$
$$DBL_5=(1\times0.2+1\times0.6+2\times0.7+2\times0.2+2\times1.5)/12=47\%$$

因此,此阶段方案三、四和五的路况评价分别为:中、差、差。

4.2 综合评价

通过各阶段各方案路面破损评价,可得出断板率的变化规律,如图 7 所示。

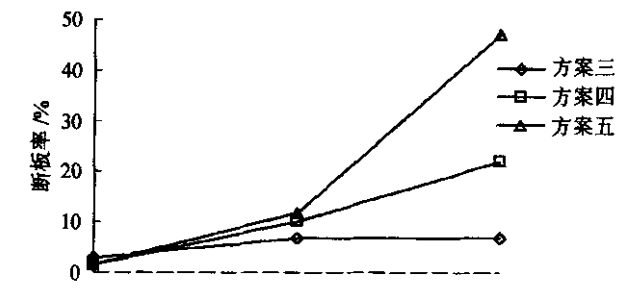


图 7 各方案断板率变化

从断板率变化来看,方案五发展最快,方案四其次,方案三最慢。从破损评价结果来看:方案五 3 个阶段依次为良、次、差;方案四依次为良、中、差;方案三依次为良、中、中。可见,方案五路况恶化较快,方案四次之,而方案三路况变化速度较慢。因此,从路况评价结果来看,3 个方案由好到差依次为:方案三>方案四>方案五。

5 结语

通过分析直道试验路各方案的弯沉变化及动态模量检测,对路面整体承载能力进行了分析和评价;通过裂缝发展规律分析及路况评价对各方案进行了比较,阐述了各方案路面裂缝的发生先后与发展程度及其原因。从试验结果及评价结果来看,不同方面的评价结果具有很好的一致性,从而可以对各方案从好到差进行排序,即方案三>方案四>方案五。评价结果也揭示出,基础强度和恰当的结构组合对路面的使用性能影响显著。

参考文献:

[1] Julie M Vandenbossche. The Measured Response of Ultra-Thin and Thin Whitetopping to Environmental Loads[Z]. 7TH International Conference on Concrete Pavements - Orlando, Florida, USA, 2001.

[2] 崔鹏. 半刚性基层沥青路面上超薄白色罩面的结构有限元分析及设计探讨 [D]. 长沙理工大学, 2004.

[3] 张莉. 超薄白色罩面直道足尺试验研究 [D]. 长沙理工大学, 2004.

[4] JTJ 073. 1-2001, 公路水泥混凝土路面养护技术规范 [S].

Evaluation of Structure Capability of
UTW Full-Scale Testing Road

CUI Peng¹, LI Yu-zhi², ZHANG Li³, SUN Li-jun¹

(1. Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 200092, China;
2. Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of Ministry of Communications, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410076, China; 3. School of Economic and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: In this paper structure performance tests and evaluations of UTW (ultra-thin white topping) are made on a Full-Scale Testing Road. With the analysis of the deflection variation and dynamic model of the testing road, analysis and evaluation of the integral carrying performance of the pavement are

文章编号: 0451-0712(2005)06-0100-05

中图分类号: U418.52

文献标识码: B

浅谈山岭区高等级公路滑坡及治理

张国兵, 裘 嵩

(山西省公路局晋城分局 晋城市 048000)

摘 要: 滑坡是山岭区高等级公路的主要病害之一。简要介绍了滑坡分类、成因以及常用的防治措施,并以陵沁线杨寨河~西河底段一级公路建设过程中出现的滑坡为例,论述了山岭区高等级公路工程建设阶段滑坡的防治措施和施工要点。

关键词: 滑坡; 工程地质; 斜坡变形破坏; 综合治理

近年来,随着国民经济的飞速发展和县际公路、路网改造建设的不断深入,山西省的高等级公路建设如雨后春笋般蓬勃发展。由于高等级公路线形要求高,各项技术指标均高于一般公路,而受山岭区地形、地质条件限制,不可避免地会频繁出现大填、大挖方路段及隧道,相伴而来出现了较多的路堑边坡崩塌、坍塌及路堤边坡的沉降、滑坡等地质灾害现象,在工程地质学科中称之为斜坡变形破坏作用,常常给公路建设、运营带来巨大的经济损失,正确防治斜坡变形破坏是关系到工程造价、建设工期及运营安全等的重要问题。

1 滑坡的分类

滑坡形成于不同的地质环境,有多种表现形式和特征。其分类方法很多,根据滑动面与岩层层面的关系可分为均质滑坡、顺层滑坡和切层滑坡。均质滑坡在粘土岩、膨胀土和黄土中较常见;顺层滑坡一般沿着软弱结构层或与下部稳定岩层的不整合面发生滑动,是自然界分布最广的滑坡,一般规模较大,对路基边坡及构造物的危害严重;切层滑坡在工程建

设中出现较少,其滑动面常呈圆柱形或对数螺旋曲线。根据滑坡的动力学特征可分为牵引式、推落式、平移式和混合式,其中混合式滑坡比较常见。

2 滑坡成因及机理

影响边坡稳定性的因素十分复杂,这些因素综合起来可以分为 2 大类,即内因和外因。其中:内因包括坡体岩土的类型和性质、岩层或土体地质结构等;外因包括水文地质条件及地表水和大气降水的作用、岩土风化、地震以及其他因素等。

2.1 岩土类型及性质的影响

坡体岩层、土体的性质是决定斜坡抗滑力的根本因素。岩浆岩、石灰岩或深变质岩等坚硬完整岩石组成的路堑边坡虽很高很陡但不失稳定,只有在原生节理发育或强烈风化后节理发育时,风化带内的岩石强度降低,才会导致局部边坡崩塌或崩解。而由软弱岩石或均质土体组成,特别是由裂隙粘土和膨胀土组成的边坡,虽经放缓后,但在持续降雨或暴雨等外因强烈作用下仍会失稳,形成滑坡。

由沉积岩组成的路堑边坡,其层理面常夹有软

收稿日期: 2005-04-08

carried through. Some comparisons are also done by the observations of pavement cracking and by the structure capability evaluations. Both test and evaluation results reveal that the evaluation results from different sides are consistent, and the structure performance of different mix types from goodness to not good enough is Mix Type 3 > Type 4 > Type 5. The evaluation results open that base strength and proper structure composition have remarkable effects on the pavement service performance.

Key words: ultra-thin white topping; full-scale test; structure performance; deflection