

C-ETM半柔性基层沥青路面配合比设计与实施

Mixing Proportion Design and Construction of C-ETM Semi-flexible Base Asphalt Pavement

黄磊¹, 刘向明², 兰超¹, 陈辉强², 冯铨¹

HUANG Lei¹, LIU Xiang-ming², LAN Chao¹, CHEN Hui-qiang², FENG Quan¹

1.重庆市智翔铺道技术工程有限公司, 重庆 401336

2.重庆市荣昌县公路养护段, 重庆 402460

1.Chongqing ZHIXIANG Paving Technology Engineering Co. Ltd., Chongqing 401336, China

2.Highway Maintenance Section of Rongchang, Chongqing 402460, China

【摘要】以重庆旧路改造工程为依托介绍了C-ETM半柔性基层材料的组成设计、性能及工程实施效果;引入劈裂强度和最佳流体含量为主要控制指标,并提出以最佳级配、最佳流体含量、最佳沥青含量、最佳水泥含量的步骤来确定最佳配合比的方法;通过试验研究及实体工程检验发现,C-ETM半柔性基层材料具有良好的路用性能,并成功地运用于城市道路改建工程。本文的研究成果为C-ETM半柔性基层材料推广及应用提供了宝贵的经验。

【Abstract】 With the backing of existing roads modification project of Chongqing, constitution design, performance and practical effect of materials of C-ETM semi-flexible base are introduced. Splitting strength and optimal fluid content are brought in as major control indexes. A method that follows the steps of optimal gradation, optimal fluid content, optimal asphalt content and optimal cement content is presented to determine the optimal mixing proportion. The experimental study and practical use indicate that C-ETM has great performance, and also successfully adopted in urban road rebuilding project. The result of study provides precious experience for popularization and application of C-ETM.

【关键词】 旧路改造; C-ETM; 劈裂强度; 最佳流体含量

【Key words】 existing road modification; cement-asphalt emulsion treated mix; splitting strength; optimal fluid content

中图分类号: U416.221

文献标识码: B

文章编号: 1000-033X(2008)09-0057-03

0 引言

长期以来,中国高等级公路沥青路面结构中90%以上采用的是半刚性基层。这是因为半刚性基层具有刚度大、板体性好、抗变形能力强、造价低等优点。但是在大量的使用过程中发现,半刚性基层也存在着难以解决的弊端,其中最突出的是由温度收缩和干燥收缩引起的沥青面层的反射裂缝。而由水泥、乳化沥青、碎石等材料制备的C-ETM半柔性基层材料既具备了类似于半刚性材料的高承载性能,又具有类似于热拌沥青混合料的柔性特点^[1],能够有效地减少或延缓半刚性基层中出现的反射裂缝,延长路面的使用寿命。施工采用冷作业,降低了工程成本。

目前,C-ETM半柔性基层沥青路面在中国应用于城市

道路工程的实例鲜有报道。本工程位于重庆市荣昌县,为城市道路改建工程,属于重型交通。根据道路交通量及区域气候特点,结合重庆交通科研设计院半柔性基层沥青路面课题组的研究成果^[2]及国内外的相关技术规范^[3-4],进行了C-ETM半柔性基层材料配合比及路面结构的设计。半柔性基层沥青路面的铺装结构如图1所示。

1 配合比设计

1.1 设计指标

传统的沥青混合料配合比设计通常将马歇尔稳定度、流值、密度等作为设计指标,以确定最佳沥青用量。而沥青混合料的劈裂强度能够反映破坏时的间接抗拉强度,从沥

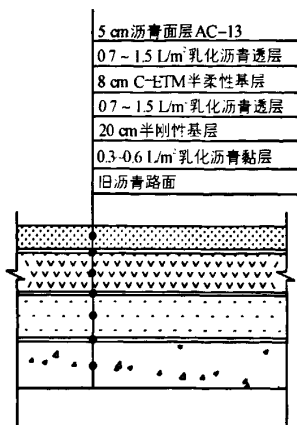


图1 道路铺装结构

青与矿料的结合机理分析,当混合料中的沥青含量增加使得矿料逐渐被沥青裹覆时,矿料之间逐渐被沥青黏结起来,并形成整体强度。当混合料中的沥青达到最佳含量时,混合料的抗拉、抗剪等强度也达到最佳;当混合料中的沥青含量再次增加时,混合料中的自由沥青逐渐增多,混合料的抗拉、抗剪等强度开始降低。因此,本次工程将引入劈裂强度作为混合料最佳级配的评定指标之一。

1.2 矿料级配

传统的沥青混合料的级配组成是以干涉理论为基础的连续级配。其颗粒间的空隙应由次一级颗粒填充,所余空隙又由再次一级颗粒填充,填隙的颗粒尺寸不得大于其间隙的距离。但这种级配组成的沥青混合料的强度形成主要是靠矿料与沥青的黏结力形成,而C-ETM半柔性基层材料的强度主要是由水泥水化产物所形成的水泥石和乳化沥青破乳后的沥青黏结作用而形成的,其中涉及2个重要的过程,即水泥的水化和乳化沥青的破乳。这2个过程相辅相成,共同形成C-ETM半柔性基层材料的最终强度。结合重庆交通科研设计院半柔性基层沥青路面课题组的研究成果,本工程选用表1所示级配,并提出0.075 mm以下通过率至少应满足5%的要求。

表1 初选级配

级配	通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%											
	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
合成级配	100	96.7	82.1	72.6	63.5	40.7	30.9	19.6	14.8	10.7	6.2	5.1

1.3 最佳流体含量的确定

在进行乳化沥青混合料配合比设计时,往往将乳化沥青与水作为2个独立的部分,而在本工程中将C-ETM半柔性基层材料中的乳化沥青和水的总量视为流体含量,即总的流体含量。在破乳之前乳化沥青的黏度与水接近,因而加入一定量的乳化沥青就相当于加入了相同质量的流体。若混合料中总的流体含量超过了最佳流体含量,则在压实过程中材料中的液压越来越大,最终出现弹簧现象,从而无法将材料压实。若混合料中总的流体含量没有达到最佳流体

含量,则混合料中的集料也不能很好地黏结,同样不能将材料压实。

确定最佳流体含量的思路是配置相同级配、水泥含量、沥青含量而用水量不同(即不同流体含量)的标准马歇尔试件,通过比较混合料的干密度,将取得最大干密度时混合料的流体含量作为混合料的最佳流体含量。

流体含量中乳化沥青的用量,则按照日本规范^[5]中的经验公式,确定混合料中乳化沥青的用量

$$P=0.06a+0.12b+0.2c \quad (1)$$

式中:P——乳化沥青占混合料的质量百分比(乳化沥青固含量为50%),%;

a——残留于2.36 mm筛的骨料的质量百分比,%;

b——通过2.36 mm筛但残留于0.075 mm筛的骨料的质量百分比,%;

c——通过0.075 mm筛的骨料的质量百分比,%。

通过式(1)计算出乳化沥青用量,再依次选择1%、2%、3%、4%、5%五种不同含水量进行重型击实试验,根据计算所得的最大干密度以及最佳含水量,最终确定最佳流体含量为7.3%。

1.4 最佳沥青含量的确定

不同沥青含量性能检验见表2。根据试验结果分析,随着沥青含量的增大,混合料空隙率逐渐减小,劈裂强度逐渐增大。当沥青含量为3%时,各方面性能均有了较大的提高,劈裂强度达到0.6 MPa,达到了规范中对于基层强度要求的上限,很好地满足了本工程对于基层的要求。综合以上试验结果,结合工程成本因素,并依据课题组已取得的科研成果以及相关工程的施工建议,决定采用3%的沥青用量。

表2 不同沥青含量性能检验

沥青用量/%	毛体积相对密度/(g·cm ⁻³)	最大理论密度/(g·cm ⁻³)	空隙率/%	劈裂强度(15℃)/MPa
2.5	2.30	2.62	12.27	0.28
2.7	2.35	2.67	12.14	0.44
3.0	2.34	2.63	10.94	0.60

注:沥青用量为乳化沥青中纯沥青占矿料质量的百分比。

1.5 最佳水泥用量的确定

不同水泥含量性能检验见图2。从试验结果来看,当水泥用量从1.5%增加到2.0%时,抗压强度增加了8%~48%,劈裂强度增加了60%~118%。但是,水泥用量的增加会缩短C-ETM半柔性基层的疲劳寿命,增加基层开裂的可能性。综合试验结果和已有的研究成果,本工程参考德国维特根公司《冷再生技术手册》中建议的水泥用量高限,取水泥用量为2.0%。

1.6 性能检验

根据选定的矿料级配以及确定的最佳流体含量、沥青用量和水泥用量进行混合料性能检验,结果见表3。

由试验结果可以看出,C-ETM半柔性基层材料的抗压

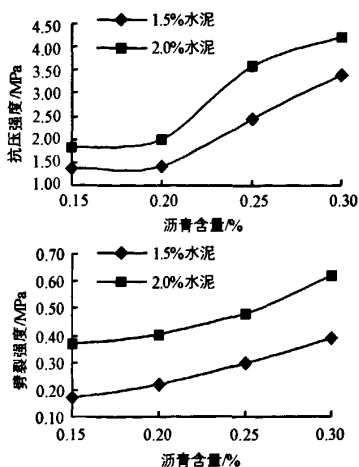


图2 不同水泥含量性能检验

表3 C-ETM半柔性基层材料性能检验

项目	沥青用量/%	空隙率/%	劈裂强度(15℃)/MPa	抗压强度(15℃)/MPa	回弹模量/MPa	马歇尔稳定度/kN	车辙裂比(TSR)/%	弯拉应变(-10℃)/10 ⁻⁶	60℃车辙动稳定度/(次·mm ⁻¹)
检验结果	3.0	10.8	0.62	4.11	827	20.7	92.3	2 783	33 397
技术要求	9~12	≥0.25	≥2.0	≥2.0	≥600	≥8.0	≥70	≥2 000	≥3 000

回弹模量达到了827 MPa,弯拉应变接近于普通沥青混合料,而抗压强度却与半刚性基层材料相当,这说明C-ETM半柔性基层材料既具备了半刚性材料同等的强度,又具有沥青材料的柔性;作为主要评价指标的劈裂强度,也已达规范中基层要求的上限,冻融劈裂强度比甚至远远大于规范的要求,充分表明了C-ETM半柔性基层材料良好的变形能力和应力松弛能力,适合做沥青路面的基层,能够在很大程度上改善半刚性基层路面常见的反射裂缝、早期水损坏严重等病害;马歇尔稳定性和车辙动稳定度等指标远高于规范中对高等级公路沥青混合料材料的要求,则证明了C-ETM半柔性基层材料良好的高温稳定性。

通过室内配合比设计及性能试验的检测,表明C-ETM半柔性基层材料各项指标均能符合技术要求^[6],很好地满足了本工程的需求。

2 现场实施效果

在铺筑过程中进行了压实度的测试,当铺筑完成、养生期结束后,进行了包括厚度、压实度、芯样马歇尔结果等在内的现场抽样检测,如表4所示。

钻芯取样检测了8个点,均能够取出完整芯样,整体效果良好,完全满足设计要求。现场实际压实度平均为100.2%,满足设计要求。但局部区域压实度仅为99.1%,略小

表4 现场取芯芯样的检测结果

试验项目	设计要求	检测结果
厚度/cm	8.0	8.1
压实度/%	≥100	100.2
空隙率/%	9~12	11
劈裂强度(15℃)/MPa	≥0.25	0.43
抗压强度(15℃)/MPa	≥2.0	4.0

于设计要求。究其原因,有以下2点;一是该区域在夜间施工,由于视线的缘故,出现漏压、少压;二是压路机碾压过程中洒水过多,造成碾压不实。由表4可知,芯样的劈裂强度为0.43 MPa,虽满足要求但相对较低,可能是因为取芯时芯样松动或遭破坏,导致结果偏低。

为进一步掌握道路情况,开放交通3个月后,在现场进行了观测。路面情况整体良好,表面平整、密实,无松散、起毛、剥落、坑槽、轮迹车辙、推移、泛油等常见病害。由此可见,C-ETM半柔性基层材料具有良好的路用性能。

3 结语

(1) 采用普通乳化沥青、普通硅酸盐水泥、石灰岩碎石等制备了性能优良的C-ETM半柔性基层材料,并成功应用于城市道路改建工程。

(2) 在配合比设计中,将混合料中的乳化沥青与水的总量看作流体含量,通过击实试验确定了最佳流体含量。

(3) 引入劈裂强度作为评价指标,并以此确定了混合料的最佳配比。

(4) 从现场实施效果来看,C-ETM半柔性基层材料的劈裂强度、抗压强度均能满足相关技术规范要求,体现了良好的路用性能。

(5) 压实度是C-ETM半柔性基层施工中最为关键的指标之一,应严格控制。

(6) C-ETM半柔性基层材料的疲劳性能、收缩性能在今后的工作中还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 彭波,丁智勇,戴经梁.不同类型沥青胶浆路用性能对比[J].交通运输工程学报,2007,7(3):61-65.
- [2] 李艳春,孟岩,周毓巍,等.沥青混合料空隙率影响因素的灰关联分析[J].中国公路学报,2007,20(1):30-34.
- [3] JTG D50—2006,公路沥青路面设计规范[S].
- [4] JTJ 052—2000,公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- [5] 森永教夫.日本铺装技术答疑[M].北京:人民交通出版社,2006.
- [6] JTG F40—2004,公路沥青路面施工技术规范[S].

收稿日期:2008-03-22

[责任编辑:张宗涛]