

环氧沥青混凝土自然养生强度增长特性分析

刘腾爱, 钱振东

(东南大学 智能运输系统研究中心, 江苏 南京 210096)

摘要:依据等温和自然养生试验,分析环氧沥青混凝土自然养生条件下强度增长的时温依赖性和强度增长规律,进行参数解析,对环氧沥青混凝土自然养生强度增长进行预测,为养生期限以及开放交通时间的确定提供参考。

关键词:环氧沥青混凝土;养生;强度;时温特性

中图分类号:TU571 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2008)02-0054-04

近年来随着大跨径桥梁建设的蓬勃开展,大跨径钢箱梁桥面铺装得到越来越多的重视。环氧沥青混凝土作为一种具有优异路用性能的铺装材料逐渐在钢桥面铺装、重交通道路上得到广泛的应用。

环氧沥青混凝土是一种热固性材料,其自然强度增长具有十分明显的时温特性^[1],正确掌握该特性对于施工质量控制以及实际养生期的确定有十分重要的意义^[2]。

通过武汉某长江公路大桥钢桥面环氧沥青混凝土铺装工程的实践,试验验证设计养生时间的合理性。

1 材料

1.1 环氧沥青

环氧沥青为美国 ChemCo System 公司生产的环氧沥青,有 A、B 两种组分。组分 A 是由双酚 A 和表氯醇(epichlorohydrin)经反应得到的液态双环氧树脂(diepoxy resin),组分 B 是一种由石油沥青和环氧树脂固化剂组成的匀质合成物,用于配制环氧沥青混合料的 B 组份也用 BV 来表示其类型。

组分 A 和 B 按要求混合并固化后得到环氧沥青,其技术指标如表 1 所示。

1.2 集料

采用产自江苏句容的武汉某长江公路大桥桥面铺装专用优质玄武岩集料,具体指标见表 2。

表 1 环氧沥青技术指标

Table 1 Technical speciation of epoxy asphalt

技术指标	重量比 A:B	抗拉强度 23℃/MPa	断裂延伸率 23℃/%	热固性 300℃	粘度增至 1 000 cP 的时间 121℃/min
技术要求	100:585	≥1.516 8	≥200	不熔化	≥50
试验结果		1.78	281	不熔化	82

表 2 集料技术指标

Table 2 Technical speciation of gravel

技术指标	压碎值 %	磨耗值 %	磨光值 PSV	吸水率 %	表观密度 g·cm ⁻³	抗压强度 MPa	粘结力 级	针片状含量 %
试验结果	9.4	15.8	53	0.7	2.993	140	4	3.2

收稿日期:2008-01-24

作者简介:刘腾爱,男,硕士研究生,盐城工学院讲师,主要研究方向为桥面铺装和路面结构。

1.3 矿粉

采用石灰岩矿粉,为产自江苏句容的武汉某长江公路大桥桥面铺装专用矿粉,具体技术指标见表3。

表3 矿粉技术指标				
Table 3 Technical speciation of fill				
技术指标	密度 g·cm ⁻³	亲水系数 试验	塑性指数 %	加热安定性 颜色
试验结果	2.715	0.63	3.2	无明显变化

2 试验方法

2.1 级配及配合比

环氧沥青混凝土的集料级配如表4所示。根据马歇尔试验确定环氧沥青混凝土的最佳油石比为6.5%,在120℃下拌和,成型马歇尔试件,锤击次数为双面50次。

2.2 试验

材料取自现场按照生产配合比进行生产的拌

表4 环氧沥青混凝土集料级配
Table 4 Gradation of gravel used for epoxy asphalt mixes

筛孔/mm	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过百分率/%	100	97.2	74.3	56.4	47.7	36.3	25.2	15.6	8.3

和楼,同一批成型4组马歇尔试件,I组置于室外自然光可照射处养生,II组置于室外无光照处自然养生,III组置于60℃的恒温烘箱内固化养生,IV组置于120℃的恒温烘箱内固化养生。统计了

施工期间30d内的气象资料,其中晴天23d,阴雨天7d,日平均气温23℃~31℃。

环氧沥青混凝土在2种自然养生条件下,强度随龄期变化的测试结果如表5。

表5 自然养生条件下马歇尔试验结果
Table 5 Results of Marshal experiment under natural temperature

测试项目	组别	龄期/d								
		1	2	9	13	14	15	23	25	30
稳定度/kN	I	6.52	8.05	18.15	23.84	31.10	35.05	42.58	46.70	47.53
	II	5.36	6.90	10.21	13.69	22.12	25.73	35.36	38.22	42.35

2种自然养生条件下环氧沥青混凝土强度与时间的关系如图1所示。

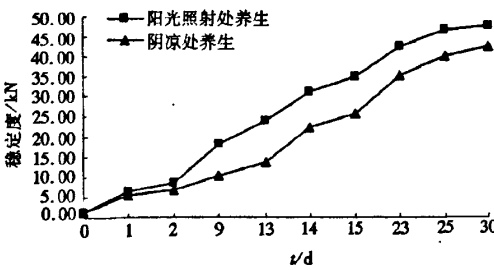


图1 自然养生强度与时间的关系
Fig.1 Relationship of strength and time based on natural temperature

固化条件下环氧沥青混凝土强度测试结果如表6,强度与时间关系如图2。

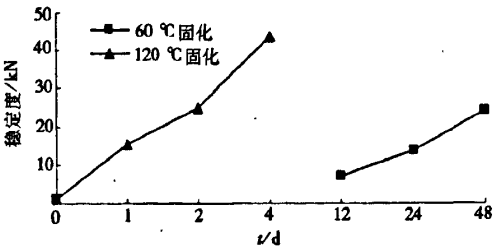


图2 固化养生强度与时间的关系
Fig.2 Relationship of strength and time based on equivalent temperature

表 6 恒温固化条件下马歇尔试验结果

Table 6 Results of Marshal experiment under equivalent temperature

测试项目	组别	龄期/h					
		1	2	4	12	24	48
稳定度/kN	Ⅲ	—	—	—	7.13	13.72	24.12
	Ⅳ	15.32	24.81	46.52	—	—	—

从表 5、6 和图 1、2 可以看出:自然养生条件下,随着养护时间的增长,环氧沥青混凝土的强度逐渐增大;在养生初期,强度增长缓慢,2 组增长幅度基本一致,但随着养生期的增加 I 组的强度增长明显快于 II 组;在养生期达 15 d 左右,强度增长相对较快;随着养生期达到 20 d 以后,2 组强度差距有缩小的趋势;阳光照射下自然养生 25 d 左右的强度与 120 ℃ 固化 4 h 后强度基本相当。

3 自然养生强度增长规律分析

3.1 强度增长方程

在环氧沥青混合料强度的形成过程中,热固性树脂的化学反应和物理性能之间的关系特别复杂。但可以认为混合料的强度变化主要是环氧沥青的黏度不断增长造成的,因为在固化过程中混合料的集料性质始终没有变化,随着环氧沥青的黏度不再增加,混合料的强度也达到最大。

Roller^[3,4] 和 Theriault^[5] 都认为在一定温度及时间时环氧沥青的黏度可以表示为

$$\eta(t) = \eta_0 \exp(Kt) \quad (1)$$

式中: η_0 为零时刻黏度; K 为反应速率常数; t 为时间。

Roller 用 Arrhenius 关系描述热固性材料零时刻黏度、反应速率和温度历时的关系,将温度引入了黏度模型,得到

$$\eta_0 = \eta_\infty \exp\left(\frac{E_\eta}{RT}\right) \quad (2)$$

$$K = K_0 \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right) \quad (3)$$

当热固性材料在恒温条件下固化,可以通过(1)~(3)推导出双 Arrhenius 粘度模型

$$\ln P(t, T) = \ln P_\infty + \frac{E_\eta}{RT} + A \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right) \quad (4)$$

式中: P 为环氧沥青混合料强度,单位 kN; T 为温度,单位 K; P_∞ 为 Arrhenius 指前系数; E_η 为流动活化能,单位 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; R 为摩尔气体常数, $R = 8.314 \times 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; A 为系数,单位

s^{-1} ; E_a 为反应活化能,单位 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

3.2 参数解析

利用 2 种恒温养生条件下试件的马歇尔强度,如表 6,按照(4)式对美国 ChemCo System 公司专利环氧沥青成型的环氧沥青混凝土强度增长进行解析,获得的强度参数见表 7。

表 7 解析出的强度参数

Table 7 Parameters of strength by solution

P_∞/kN	4.4324
$E_\eta/\text{kJ} \cdot \text{mole}^{-1}$	110.708 6
A/s^{-1}	267.958 9
$E_a/\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	10.184 1

4 自然养生温度分析

环氧沥青混凝土在自然养生环境下的温度处于波动状态,要根据解析出的参数,运用强度模型方程预测自然养生环境下环氧沥青混凝土的强度,还需获得自然环境下环氧沥青混凝土的温度分布。

根据武汉某长江公路大桥钢桥面环氧沥青混凝土铺装施工时期的温度资料,观测晴天、阴天、雨天 3 种代表性天气下环氧的工作温度预测强度增长。以 120 ℃ 恒温养生 4 h 的强度为标准,在晴天光照条件下自然养生则需 23 d,在阴天条件下自然养生需 39 d,在雨天温度条件下自然养生则需 46 d。

武汉某江公路大桥钢桥面铺装设计养生期为 35 d,可见该养生期在正常气候条件下是可以保证铺装层达到设计强度,且是偏安全的。

5 结语

(1) 时温对环氧沥青混凝土的强度增长影响有非常显著的影响,其强度随着养生时间的增长而增长,养生温度越高,强度增长越快。

(2) 运用双 Arrhenius 模型方程,通过 2 种恒温固化养生混合料的马歇尔强度,进行强度参数解析,预测自然养生条件下环氧沥青混合料的强

度。结果表明,通过这种方法可以预测环氧沥青混凝土自然养生条件下强度的增长特性,为养生期的确定提供依据。

参考文献:

- [1] 黄卫. 大跨径桥梁钢桥面铺装设计理论与方法[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2006.
- [2] 王晓,程刚,黄卫. 环氧沥青混凝土性能研究[J]. 东南大学学报,2001,31(6):1-4.
- [3] Roller M B. Characterization of the time - temperature - viscosity behavior of curing B - staged epoxy resin[J]. Polymer Engineering and Science,1975(15):406-416.
- [4] Roller M B. Rheology of curing thermosets:An overview[J]. Polymer Engineering and Science,1986,26(6):432-440.
- [5] Thefuault R P, Osswald T A, Castro J M. A numerical model of the viscosity of an epoxy prepreg resin system[J]. Polymer Composites,1999,20(5):628-633.

Analysis of the Increasing Characterization of Natural Strength of Epoxy Asphalt Mixture

LIU Teng-ai, QIAN Zhen-dong

(Intelligent Transportation System Institute, Southeast University, Jiangsu Nanjing 210096, China)

Abstract: Based on the equivalent and natural temperature cure experiments, time - temperature characterization and increasing of strength of epoxy asphalt mixture were analyzed, strength equation parameters were parsed and strength of natural cure was predicted by using strength equation. The method can be used to predict strength of epoxy asphalt mixture and determine practical cure period and opening traffic time.

Keywords: epoxy asphalt mixture; cure; strength; time - temperature characterization

(上接第46页)

A Study of Association Rules Application in Data Mining

TANG Xiao-dong

(Yancheng Toronto International School, Jiangsu Yancheng 224002, China)

Abstract: The paper has analyzed the frequently visited page route with Spriori after the research into association rules of Apriori. The method can be used in providing useful information for web curriculum designers and teachers to help solve "informational labyrinth" in learning.

Keywords: Association rules; Apriori; Data mining; Distance instruction