

高模量沥青混凝土配合比设计

张正华 胡鹏宇 曾治博

中国建筑第五工程局有限公司 福建 漳州 363000

摘要: 高模量沥青混凝土主要采用低标号硬质或改性沥青作为胶结料, 具有优异的强度高、耐久性好、阻水性强、抗裂性能优良以及较高的模量值的沥青混凝土, 适用于高速公路、机场跑道、港口码头、桥梁等重载交通设施的路面结构。本文结合刚果(布) Nkayi机场项目和室内系统研究, 提出一种能够形成的较高骨架密实结构, 具有优良的热稳定性、水敏感性、疲劳性能等, 并显著提高沥青混合料模量的配合比设计方法, 从而应对交通量快速增长和超载现象的问题, 使用寿命长的沥青路面面层材料, 不仅可以降低工程造价, 还能提高道路的承载能力和使用寿命。

关键词: 高模量沥青混凝土; 性能研究; 配合比设计

引言: 高模量沥青是一种在道路工程中广泛使用的特殊沥青, 其具有较高的强度和稳定性, 能够在高温和重载条件下保持道路的稳定性和耐久性。在这种情况下, 高模量沥青的配合比设计变得至关重要, 因为它直接影响到道路的性能和寿命。本论文旨在研究高模量沥青混凝土的配合比设计, 探讨不同配合比对道路性能的影响, 并提出一种优化的配合比设计方法, 以提高道路的耐久性和安全性。在这个背景下, 本论文将探讨高模量沥青的性质, 以及如何进行配合比设计的基本原理和方法, 并对实验结果进行详细的分析和讨论, 最终得出一些有益的结论和建议, 为机场跑道、高速公路等工程的设计和施工提供指导和参考。

1.1 选择高模量沥青混凝土优质原材料

选用南非S20改性沥青、粗集料(最大公称粒径不大于16mm)、细集料和矿粉作为高模量沥青混凝土的原材料, 这些原材料均符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)中相关规定要求, 并经过了质量检测。其中, 南非S20改性沥青具有良好的改性效果和较高的抗龟裂性能, 粗集料和细集料的优质骨料可以保证混凝土的强度和耐久性, 矿粉则可以提高混凝土的稳定性和抗水性^[1]。

此外, 我们还需要考虑原材料的可持续性和环保性。南非S20改性沥青是一种高性能的改性沥青, 使用寿命长, 可以减少道路维护次数, 降低对环境的影响。同时, 粗集料和细集料的来源需要符合环保要求, 避免对自然环境造成不良影响。矿粉也需要符合环保标准, 以

保证沥青混凝土的环保性。

总之, 在选择高模量沥青混凝土原材料时, 需要综合考虑各种因素, 包括质量、性能、可持续性和环保性等, 以确保沥青混凝土的质量和使用寿命, 并最大程度地减少对环境的影响。

1.2 确定高模量沥青混凝土设计级配曲线

根据《LPC Bituminous Mixtures Design Guide》(法国沥青混合料设计指南)中对高模量沥青混凝土集料合成级配的要求, 结合设计指南和自身经验最终确定集料合成级配曲线见表1。

表1 BBAC14设计合成级配

筛孔/mm	14	10	6.3	4	2	0.5	0.315	0.08
通过率/%	100	82.4	52.7	39.7	33.5	14.6	11.3	6.5

1.3 确定高模量沥青混凝土最佳油石比

1.3.1 马歇尔试验

根据确定的高模量沥青混凝土集料合成级配曲线, 我们需要进行马歇尔击实试验, 以测试沥青混凝土的强度和稳定性。在试验中, 我们以0.3%为间隔选择5个油石比, 即5种不同比例的沥青和石料, 每个比例成型5个试件, 共计25个。这样做可以测试不同比例下沥青混凝土的强度和稳定性, 找到最佳的油石比例, 以确保沥青混凝土的质量和使用寿命。采用表干法测试马歇尔试件毛体积密度, 计算矿料密度、矿料间隙率VMA、空隙率、沥青饱和度等各项物理指标, 并绘制其与油石比之间的关系曲线, 结果见表2。

表2 BBAC14马歇尔击实结果

油石比%	毛体积相对密度	最大理论相对密度	空隙率VV/%	干密度 (g/cm ³)	VMA/%	VCA/%
5.2	2.450	2.570	4.7	2.385	16.4	71.6
5.5	2.462	2.559	3.8	2.382	16.3	76.8

续表:

油石比%	毛体积相对密度	最大理论相对密度	空隙率VV/%	干密度 (g/cm ³)	VMA%	VCA/%
5.8	2.474	2.548	2.9	2.408	16.1	82.0
6.1	2.469	2.538	2.7	2.399	16.5	83.6
6.4	2.491	2.527	1.4	2.434	16.0	91.0

由上表试验数据所得,最终确定了OAC1 = 5.36%、OAC2 = 5.30%,根据公式 $OAC = (OAC1+OAC2) / 2$ 计算得到最佳油石比为5.3%,其对应的最大理论密度2.566、毛体积相对密度2.457、空隙率4.5%、矿料间隙率16.3%。

1.3.2 PCG试验(旋转压实试验)

沥青混合料在试验室制备时的试验温度(约130°C~160°C)在直径150或160mm圆柱试模中压实。在试样顶面,施加0.6MPa的垂直压力,同时试件有一点点

倾角1°(外角)或0.82°(内角)进行圆周运动。这种作用于压实的变化的作用称为搓揉。可以看到随着旋转压实次数的增加,试件压实度增加(也就是试件空隙率逐渐减少)。

根据确定的集料合成级配曲线和马歇尔试验确定的最佳油石比开展PCG试验,以马歇尔最佳油石比5.3%成型试件,从而相互验证最佳油石比的准确性,结果见表3。

表3 5.3%试验结果

次数	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80
%V-1	17.6	15.2	13.6	12.4	11.5	10.7	9.5	8.3	7.3	6.3	5.6
%V-2	17.0	14.7	13.2	12.1	11.2	10.4	9.3	8.0	7.4	6.4	5.7
%V-3	17.3	15.1	13.6	12.5	11.6	10.8	9.6	8.2	7.2	6.2	5.8
平均值	17.3	15.0	13.5	12.3	11.4	10.7	9.5	8.1	7.3	6.3	5.7
规范值	> 11										3-7

根据马歇尔和PCG试验的两种试验数据结果表明,并经过综合分析和以往沥青配合比设计实践经验所得,最终确定了本次高模量沥青配合比的

最佳油石比为5.3%。其中5.3%油石比的沥青配合比经计算丰度模量为3.5,符合设计指南要求见表4,从而开展沥青混凝土的基

本力学性能试验,保证沥青混凝土的性能符合要求^[2]。

表4 BBAC14丰度模量计算结果

G =	47.3	MVRG	2.786	Bitume	1.030	K =	3.5	丰度模量计算
S =	41.4	0~3mm	2.740	Filler	2.739	%L =	5.3	
s =	4.8	3~5mm	2.808	$\alpha =$	0.951	MVRE =	2.566	
F =	6.5	5~10mm	2.810	$\sqrt[3]{\sum} =$	1.597	Liant/ Rapport Filler	0.82	
a =	10.4	10-15mm	2.812	$a \times \sqrt[3]{\sum} =$	1.519			

1.4 高模量沥青混凝土性能试验验证

根据最佳油石比5.3%,开展高温稳定性、水稳定性路用性能试验验证。

1.4.1 沥青混凝土高温稳定性验证

通过车辙试验评估沥青混合料在高温下的性能和抵抗永久变形的能力。根据《沥青混合路面永久性畸变变形实验》(NF 98-253-1)的方法成型车辙试件,进行60°C条件的车辙试验,通过加载一定的荷载,模拟车辙荷载作用,观察沥青混凝土的变形情况,并测量沥青混凝土的变形量和荷载响应,试验结果可以通过计算得出沥青混凝土的抗永久变形能力、稳定性和耐久性等指标,以评估沥青混凝土的质量和性能。结

果见表5。

以最佳油石比5.3%制作车辙试验试件,在60°C条件下检验设计的沥青配合比动稳定度,经车辙仪碾压30000次后试验结果为5.3%,符合设计指南不大于7.5%的要求^[3]。

1.4.2 沥青混凝土水稳定性验证

目前沥青混凝土早期出现病害是指在混凝土铺设后不久,就出现了裂缝、龟裂、剥落等问题。这些问题的出现与多种因素有关,其中水是一个重要的因素。水会影响沥青混凝土的稳定性和耐久性,导致沥青混凝土出现各种病害。

①DURIZE试验(多列式试验)结果见表6。

表5 BBAC14车辙试验结果

N de cycles		30	100	300	1000	3000	10000	30000	Vides%
Ornière %	1	1.26	1.80	2.31	2.92	3.53	4.30	5.01	7.7
	2	1.26	2.00	2.70	3.44	4.22	4.96	5.51	7.6
Spécification									7 à 10
Equation de la forme: $Y = A(N/1000)^b$ Y: Profondeur d'ornière à N cycles en % b: Pente de la droite en coordonnées logarithmiques A: Profondeur d'ornière à 1000 cycles en % N: Nombre de cycles						A	b	Résultat modifié (N = 30000)	
					1	2.94	0.159	5.0	5.3
					2	3.53	0.138	5.6	

表6 多列式试验结果

序号	在18±1℃水中浸泡7天后的抗压强度 (r)	序号	空气中7天后的抗压强度 (R)	水敏感性r/R比值 (%)	规定值	备注
1	51.89	5	54.08	0.959		
2	52.35	6	56.54	0.925		
3	53.00	7	58.75	0.902		
4	54.19	8	56.78	0.954		
平均值	52.86		56.54	0.934	> 0.8	符合要求

根据上述BBA14高模量沥青混凝土试验结果分析, 沥青混合料的高温稳定性比设计指南要求值提高了约30%, 多列式试验比设计指南要求值提高10%以上, 且其它路用性能均满足要求。此次BBA14高模量混凝土配合比设计能够满足各项指标要求, 可以看出不管从沥青配合比的合成级配曲线、高温稳定性、水敏感性等方面性能验证, 都是遵循精益求精的原则和方法, 以保证沥青混合料具有良好的性能和稳定性^[4]。

结束语: 高模量沥青混凝土作为一种高性能的路面铺装技术, 具有许多优点, 能够在提高工程质量的同时降低工程建设和维护成本。首先, 高模量沥青混凝土采用改性沥青和骨架密实型级配设计, 能够提高混合料的高温稳定性和模量值, 从而提高路面的整体性能和稳定性。其次, 高模量沥青混凝土具有较好的抗裂性能和水稳定性, 能够减少路面裂缝的产生和扩展, 延长路面的使用寿命, 降低后期的维护成本。最后, 高模量沥青混凝土采用的是环保型材料, 对环境没有污染, 符合可持续发展的要求。

高模量沥青混凝土的应用在促进沥青路面的发展应用方面提供了有力的技术支持。随着城市化进程的加速, 交通运输的需求也越来越大, 因此, 如何提高道路的使用寿命和降低维护成本成为了一个重要的问题。高模量沥青混凝土技术正是为此而生, 它能够提高路面的整体性能和稳定性, 延长路面的使用寿命, 降低后期的维护成本, 为城市交通运输的可持续发展提供了有力的支持。

参考文献

[1]孙成.公路沥青路面施工技术规范[J].交通世界, 2021, 15 (15):268-269.
 [2]翁文超.公路工程沥青及沥青混合料试验规程[J].建筑工程技术与设计, 2017, 8 (22):164-166.
 [3]周艳军,王峥,李正中.马歇尔、Superpave、高模量沥青混凝土设计方法对比研究[J].天津建设科技,2018.6,28-3
 [4]万瑾洁.高模量沥青混凝土配合比设计及其应用研究.河池学院学报[J],2017.10,37-5