

法规路面计算关键参数 *CAM* 调查及计算分析

臧芝树, 袁仁峰

(中国公路工程咨询集团有限公司, 北京市 100097)

摘要:在法国路面结构计算中,*CAM* 值(与路面结构类型和道路分类有关的重型荷载平均影响系数)的大小会直接影响路面结构层厚度。该文结合西非某国实测轴载数据,对各类车型轴载及超载情况进行分析,并按照法国标准规范计算实际 *CAM* 值。通过计算分析得出:当有实测轴载时,宜采用直方图法计算 *CAM* 值;针对非洲大多数国家,如存在车辆超载情况时,*CAM* 取值宜高于规范推荐值,且不宜小于 1。

关键词:公路工程;路面结构;交通参数;*CAM* 值;轴载谱

1 引言

在法国路面结构计算中,交通荷载参数计算是进行路面结构设计时至关重要的一个步骤,主要包括通过交通数据调查等方式确定所需的各项参数,如交通量及增长率、方向系数、车道系数、车辆类型组成、轴载等。其中,交通量及增长率、方向系数、车道系数、车辆类型组成均可参照可行性研究报告等有关交通量预测资料获取。但轴载均需要经过实测方可获得可靠的数据。

法国路面结构计算轴载的组成及大小主要影响 *CAM* 的取值^[1-2]。而 *CAM* 值又是国外监理、咨询审查单位比较关注的一个系数。在非洲的众多工程案例中,路面的造价几乎占整个公路总投资的 50% 以上。*CAM* 值的大小会直接影响路面结构层厚度,从而影响工程造价与道路寿命,若 *CAM* 计算值比实际状态大,会造成筑路材料与资金的浪费;若 *CAM* 计算值比实际状态小,则会导致设计出的道路可能无法承受相应的交通荷载,易产生早期破坏。

纵观中国,对于法国路面结构设计的研究内容比较宽泛,多集中在设计理念、设计方法的研究上,且在路面结构计算时,*CAM* 取值主要依据规范推荐值,并没有对 *CAM* 取值的大小及计算过程开展研究。这不仅是因为 *CAM* 计算过程复杂,而且,要想在国外开展轴载调查,需要投入较中国国内更大的人力、物力、财力,在大多数设计院中,这种投入是无法接受的。

2 *CAM* 值对路面结构厚度的影响

以西非某国国道项目为例,该道路是一条重要的跨境主干道,承担了该国境内南北交通及港口物资向内陆转运的功能,交通量大,重载车多,车型涵盖了非洲境内大多数客货车(奔驰、雷诺、三一、DAF、SCANIA、宇通、丰田、IVECO、MAN 等)。

该项目拟采用倒装式路面结构,初拟结构为 5 cm BBSG2+11 cm GB3+12 cm GNT(级配碎石)+30 cm 水泥稳定砂土。采用法国路面结构设计软件 ALIZE-LCPC 进行计算,在其他参数明确的前提下,不同 GB3 层厚度在不同 *CAM* 取值时沥青层底拉应变变化规律见图 1。不同 *CAM* 取值情况下合理的路面结构见表 1。

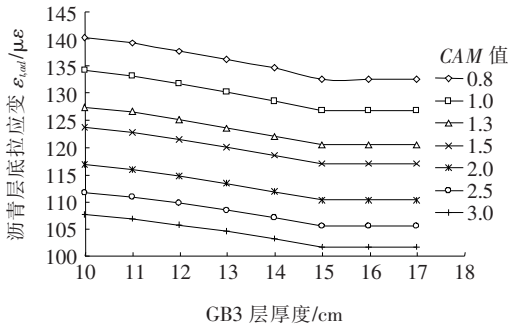


图 1 不同 GB3 层厚度在不同 *CAM* 取值时
沥青层底拉应变变化规律

表1 不同CAM取值情况下合理的路面结构

CAM 值	结构组合/m	CAM 值	结构组合/m
0.8	5+11+12+30	2.0	5+15+12+30
1.0	5+12+12+30	2.5	5+16+12+30
1.3	5+12+12+30	3.0	5+17+12+30
1.5	5+13+12+30		

由图1可以明显看出:在相同的GB3层厚度情况下,CAM值越大,沥青层底拉应变允许值在逐渐减小。也就是说,所拟定的路面结构需要通过增加沥青层厚度或者调整材料才可满足设计要求。同时,按照规范推荐值CAM=0.8时,GB3层厚度为11 cm,但随着CAM取值的增大,GB3层厚度也需要随着增加。

因为法国交通荷载情况不同于非洲,在法国会有具体的超载限制,CAM可以参考规范值,且法国也针对不同区域有相应的CAM参考值。而在非洲,因为没有具体的治超管理部门,超载是常态,且车型繁杂,车况较差,再加上超载现象普遍会带来的轴重变化,所以CAM取值一般都是大于规范的取值,但CAM具体取多少,不少工程技术人员并无经验,因此给路面结构计算以及审查带来了很大的阻力。

3 轴载检测

3.1 检测方法

轴载检测选择某型号便携式汽车称重仪。该仪器能够实时检测、显示、存储每个轴载质量、总质量、检测日期、车型、车类,并具有查询打印功能。仪器应包括称重台、电脑数据处理仪(含打印机)、连接电缆、打印纸、专用电池、多后轴检测标高调平板等。

根据仪器说明书,称重仪最大误差为2%。在称重仪使用前,对称重仪进行效验。按照说明书,选择单后轴重(单轴双轮15~25 t)的车辆校验。根据校验结果,显示车速在2~3 km/h通过称重台时,满足误差要求。

轴载检测时间为星期二至星期四,持续时间72 h。轴载检测选择收费站重车车道,并在收费岗亭之后2 m左右摆放称重台,因为车辆起步,速度容易控制,同时安排3名交通引导员指挥并告知车辆减速慢行,这样车辆通过称重台的速度满足检测要求。

3.2 轴载分析

根据NF P 98-082标准的规定^[3],记录车辆总重

量额定值(PTAC)大于35 kN的车辆,随后统计载重卡车的累计数量 N_{PL} ^[4]。根据实测,共采集8种车型,共2 232辆载重卡车。各车型分布系数如图2所示。

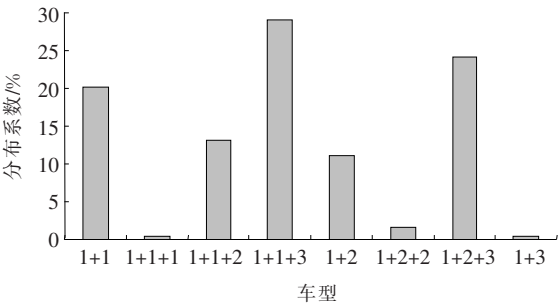


图2 各车型分布系数

在查阅相关法国标准规范后发现,法标的交通荷载参数分析并非像中国和美国标准一样对车型进行分类。因此,在进行轴载分析时,分别统计了各车型轴重分布系数,如图3~5所示。

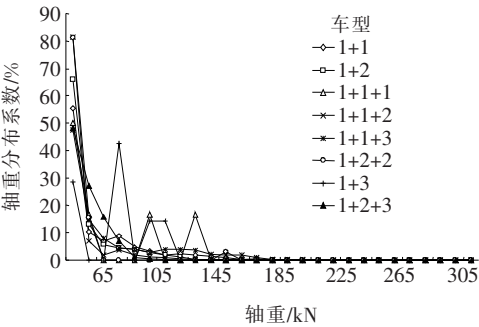


图3 各车型单轴轴重分布系数

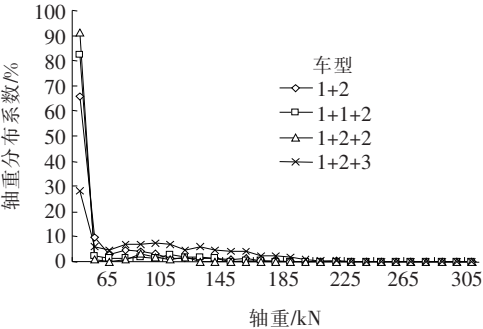


图4 各车型双联轴轴重分布系数

根据规范,对单重、双联轴、三联轴进行统计分析,各轴型的轴重分布系数如图6所示。

根据西非货币经济共同体部长委员会对车轴荷载和车载重量的限制要求,统计各轴型的超载比例,如图7所示。

从图7可以看出:各轴型均存在超载的情况,其中

三联轴超载比例较大,占比 11.33%,其次为前单轴 5.02%。超载势必影响 CAM 值大小,也会对路面结构厚度产生影响。根据有关文献资料,以中国沥青路面结构计算为例,当车辆轴载超过标准轴载 1 倍时,这样的车辆通过一次,则相当于标准车辆通行 20 次^[5]。

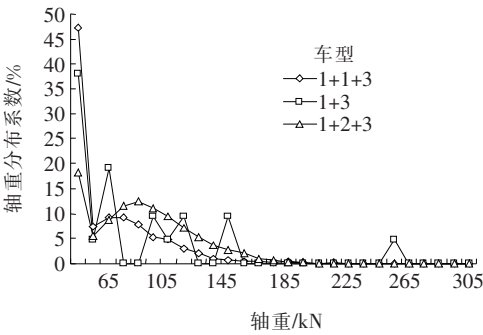


图 5 各车型三联轴轴重分布系数

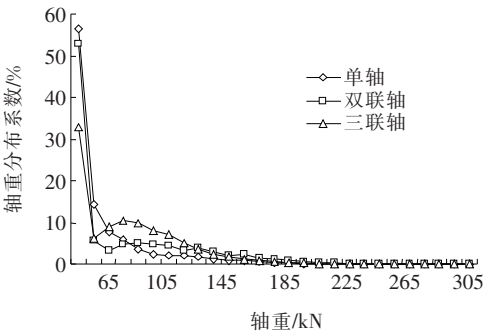


图 6 各轴型的轴重分布系数

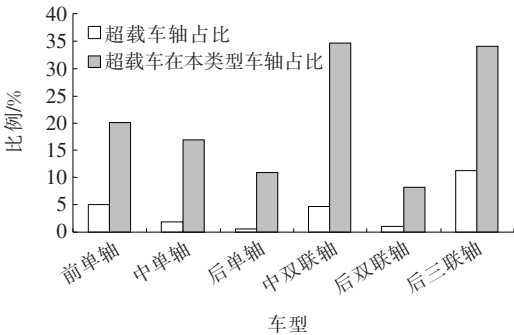


图 7 各轴型的超载比例

4 CAM 值计算

根据法国标准 NF P 98—082,CAM 值计算主要有两种方法:衍生法和直方图法。

4.1 衍生法

该简化方法将全部车轴视为独立的车轴。计算公式如式(1)所示:

$$CAM = \frac{1}{N_{PL}} \left[\sum_i \sum_{j=1}^3 k_j N_{ij} \left(\frac{P_i}{P_0} \right)^a \right] \quad (1)$$

式中: N_{PL} 为计算周期内重型负荷的数量; k_j 为车轴类型对应的系数, $j=1、2、3$ 分别对应单轴、双轴、三轴; N_{ij} 为 j 型车基本车轴数量; P_i 为实测轴的轴重; P_0 为标准轴载,取 130 kN; a 为根据路面结构类型变化而变化的指数。无机结合料稳定类基层和刚性路面, a 取 12,其他路面结构类型, a 取 5。

4.2 直方图法

通过计数和称重法获得每种类型(单轴、双联轴、三联轴)各基础车轴的数量以及重型车辆的数量。计算公式如下:

$$CAM = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{N_{PL}} \quad (2)$$

式中: A 为各轴型车辆对路面的损伤,计算公式为:

$$A = k \left(\frac{P_i}{P_0} \right)^a \quad (3)$$

式中: k 为取决于路面结构和车轴的几何特征,取值见表 2;其他参数意义同前文。

表 2 k 取值

路面结构		k 值		
		单轴	双联轴	三联轴
柔性路面	新建结构	1	0.75	1.1
	加固结构	1	1.00	1.0
半刚性路面	新建结构	1	12.00	113.0
	加固结构	1	1.00	1.0
刚性路面	贫混凝土路面	1	12.00	113.0
	钢筋混凝土路面	1	1.30	6.5

通过上述两种计算方法并结合 JTG D50—2017 附录 A.3 车辆当量设计轴载换算可以看出:中法两国在交通荷载参数的计算时,有异曲同工之处。尤其是直方图法,均需要将轴载换算为标准轴载后,再进行累计当量轴次的计算,仅是在具体计算过程存在差异。

4.3 CAM 计算结果分析

根据实测轴载,分别采用衍生法和直方图法对沥青层和水泥稳定砂土的 CAM 值进行计算,结果见表 3。

由表 3 计算结果可知:当计算沥青层 CAM 值时,衍生法和直方图法计算结果非常接近。但计算水稳层时,CAM 值相差巨大,这主要是因为采用水稳层计算时的 k 值不同,根据规范,单轴时 k 取 1,双联轴时 k

表3 CAM 计算值

计算方法	CAM 值	
	沥青层	水泥稳定层
衍生法	1.40	29.3
直方图法	1.35	1 430.0

取12,三联轴时 k 取113,而衍生法将全部车轴视为独立的车轴, k 值取1,并未区分轴数。根据有关文献^[6-9],车辆轴数和轮组对路面结构的损伤是不同的,这点国内外学者均有共识。表3中两种方法计算结果在水稳层CAM值计算时相差约48倍。因此,建议有实测轴载数据时,尽可能采用直方图法计算CAM。

根据CAM计算值,重新计算路面结构为5 cm BBSG2+13 cm GB3+12 cm GNT(级配碎石)+30 cm 水稳砂土,比初拟路面结构GB3层增加2 cm。这也从另一方面印证,在非洲地区,尤其是针对有超载情况的路段时,CAM不宜按照规范进行取值,而是要高于规范推荐值,且不宜小于1。只有这样,才能保证路面结构满足设计使用寿命。

5 结论

(1) 中法两国在路面结构计算时,针对交通荷载参数的计算思想类似,均需要将轴载换算为标准轴载后,再进行累计当量轴次的计算,仅是在具体计算过程存在差异。

(2) 根据计算实例,当有实测轴载时,宜采用直方图法计算CAM值。

(3) 在法国路面结构设计规范以及路面结构计算软件中,给出了CAM建议值。但在非洲大多数国家,因无具体的治超管理部门,车辆超载情况普遍,因此在CAM取值时应引起重视,不宜按照规范推荐值直接取值,而是要高于规范推荐值。

参考文献:

[1] NF P 98 - 086 Dimensionnement Structurel Des Chaussées Routières[S].

[2] 蒋松利,丁淑巍. 基于法国标准的复合式基层沥青路面结构设计案例分析[J]. 中外公路,2018,38(5):69-72.

[3] NF P 98-082 Détermination Des Trafics Routiers Pour le Dimensionnement Des Structures Chaussées[S].

[4] Catalogue Des Structures Types de Chaussées Neuves [S]. France,1998.

[5] 徐佳,曾小军. 超载作用对高速公路路面结构的影响分析[J]. 公路与汽运,2011,26(2):107-111.

[6] 曾梦澜,谷世君,薛子龙,等. 车辆轴数和轮组对半刚性沥青路面极限轴载的影响[J]. 武汉理工大学学报,2014,36(12):60-65.

[7] 裴建中,吴浩,陈勇,等. 多轴移动荷载下沥青路面的动态响应特性[J]. 中国公路学报,2011,24(5):26-31.

[8] Santos,Thaís Aparecida dos,Silva Júnior, Carlos Alberto Prado da,Fontenele, Heliana Barbosa. The Effect of Axle Load Spectra from AASHTO Method on Flexible Pavement Performance [J]. Acta Scientiarum Technology, 2019,41(1):e35 117.

[9] 李闯民,李士东,柯望. 不同沥青结合料的PAC-13混合料性能研究[J]. 长沙理工大学学报(自然科学版),2020,17(4):1-8.