

简支斜梁桥荷载横向分布系数的计算模型

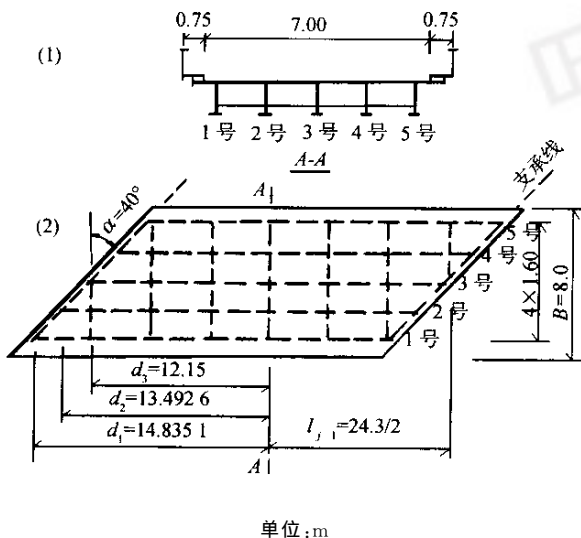
程翔云

(湖南大学土木工程学院 长沙市 410082)

摘要: 建立了直接确定简支斜梁桥荷载横向分布系数的计算模型。该法具有概念明确、计算速度快和易为设计人员掌握等一系列的优点。

关键词: 简支斜梁桥; 刚性横梁; 荷载横向分布系数; 弹簧支承

交通部目前颁布使用的预应力混凝土工形组合梁斜桥标准图中,其中部横隔梁均与主梁轴线正交,而端横隔梁则与支承线平行,如图1所示。对于这类结构构造,文献[1]导出了按刚性横梁法求主梁荷载横向分布系数 m 的计算公式,其成果并被纳入到梁桥设计手册[2]中,对设计起到十分重要的作用。另一方面,从文献[1,2]中的算例不难看到,按照文中公式进行计算比较繁琐且颇费时间。为此,作者在学习文献[1,2]的基础上,提出应用一般平面杆系结构有限元法的计算程序,绕过先求出某梁的荷载轴向分布影响线 η_{ic} 后,再布载求 m 值的中间过程,而是采用在计算模型上直接布载求出 m 值的简便方法,并与文献[1]中的算例结果进行了对比,比较吻合。现提出供读者参考。



单位: m

图1 某简支斜梁桥平面及剖面示意

1 电算程序解题步骤

现用图2(1)中五梁式简支斜T梁桥为例,来简述本文方法的解题步骤。

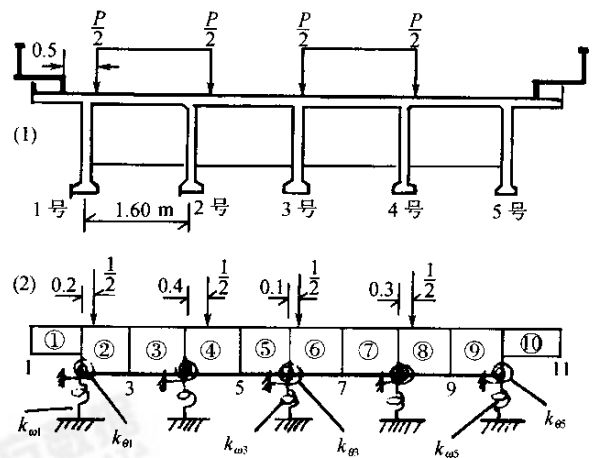


图2 荷载横向分布系数计算模型

(1) 建立以中横梁为主体、用抗弯和抗扭两组集中弹簧支承来代替各榀纵主梁作用的计算模型,如图2(2)所示。

(2) 按以下两个公式分别计算每榀主梁的等代弹簧抗弯刚度 k_{0i} , 即:

$$k_{0i} = \frac{\pi^4 EI}{l^4 \cdot \sin \frac{\pi d_i}{l}} \quad (1)$$

$$k_{0i} = \frac{\pi^2 GI_T}{l^2 \cdot \sin \frac{\pi d_i}{l}} \quad (2)$$

式中: I, I_T 分别为主梁的抗弯惯矩的抗扭惯矩; E, G 分别为结构材料的弹性模量和剪切模量; l ,

d_i 分别为主梁的跨长、中横梁与主梁的交点至端支承点间的距离 (见图 1)。

(3) 按照《公路桥涵设计通用规范》(JTJ021—89) 有关规定, 对某号主梁 (例如 1 号边主梁) 进行最不利横向布载。

(4) 由电算程序计算和输出欲求主梁下面的两个弹簧支承的反力, 其中竖直弹簧支承的反力便是对该梁的荷载横向分布系数 m^p , 抗扭弹簧支承的反力力矩便是对该梁的扭矩横向分布系数 m^T 。

2 k_w 和 k_θ 公式原理简述

由图 1 可知, 对于简支斜肋梁桥, 其中横隔梁与

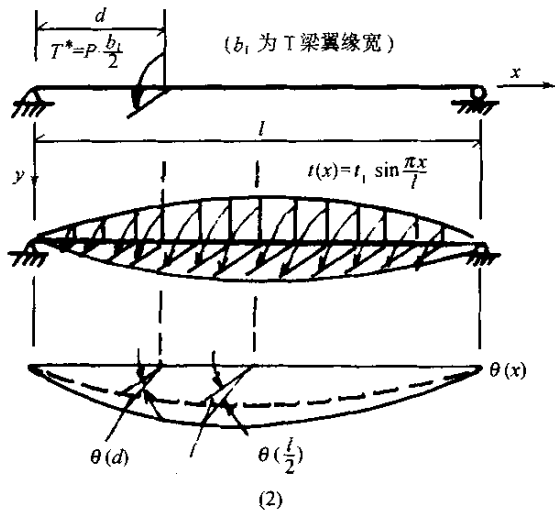
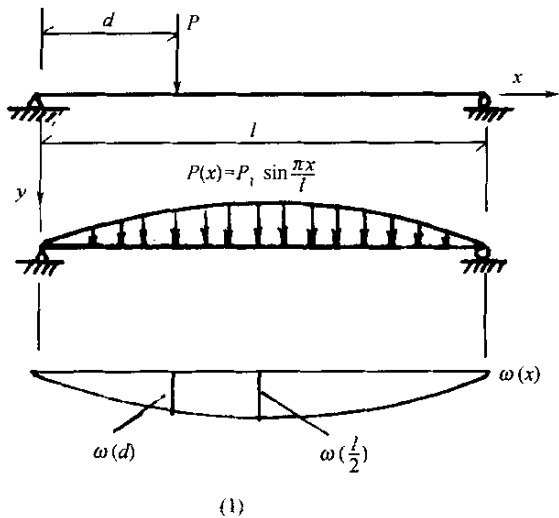


图 3 确定弹簧刚度的原理

$$p(x) = \frac{2P}{l} \sin \frac{\pi d}{l} \sin \frac{\pi x}{l} \quad (3)$$

令 $P_1 = \left[\frac{2P}{l} \sin \frac{\pi d}{l} \right]$, 则上式可简化为:

$$P(x) = P_1 \sin \frac{\pi x}{l} \quad (3')$$

再应用《材料力学》中关于简支梁的弹性挠曲绕微分方程 $EI\omega''(x) = p(x)$ 及其已知的边界条件, 可得其挠度表达式 $w(x)$ 为:

$$w(x) = \frac{p_1 l^4}{\pi^4 EI} \sin \frac{\pi x}{l} \quad (4)$$

简支梁任意位置处的弹性刚度 $k_w(x)$ 可表为:

$$k_w(x) = \frac{p_1}{w(x)} = \frac{\pi^4 EI}{l^4 \sin \frac{\pi x}{l}} \quad (5)$$

于是, 当 $x = d_i$ 时, 便可得到上述的式(1)。

同理, 可以求得在正弦扭矩 $t(x)$ 作用下的扭转角 $\theta(x)$ 的表达式为:

$$\theta(x) = \frac{t_1 l^2}{\pi^2 GI_T} \sin \frac{\pi x}{l} \quad (6)$$

并由此得任意位置处的弹性扭转刚度 $k_\theta(x)$ 为:

$$k_\theta(x) = \frac{t_1}{\theta(x)} = \frac{\pi^2 GI_T}{l^2 \sin \frac{\pi x}{l}} \quad (7)$$

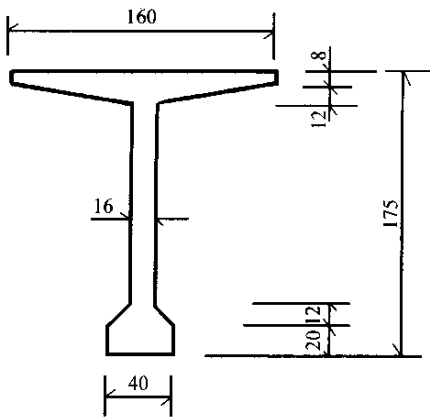
上式中的 t_1 为正弦扭转荷载的峰值 (参见图 3(2)), 其余荷号同前。当 $x = d_i$ 时, 便可得到式(2)。为了节省篇幅, 没有列出推演过程, 详细推导可参见文献 [3]。

3 实例验证

为了验证本文建议方法的正确性和为了对比, 这里取文献 [1] 的第 10.1.3 节中计算示例为例。该例选用了江苏省某斜梁桥中的一跨, 简支跨长 25 m, 计算跨径 $l_i = 24.3$ m, 其平面、剖面示于图 1, 斜交角 $\alpha =$

40°, 主梁间距为 1.6 m, 弯扭刚度比 $EI/GI_T = 80.91$, 但未给出每根 T 形梁的具体截面尺寸及所采用的混凝土标号。

为了适应电算程序的要求, 本文参考文献[2]中列出的 25 m 跨长预应力混凝土主梁标准图细部尺寸后, 暂假定该桥主梁的截面尺寸如图 4 中所示, 混凝土标号取 C40, $E_h = 3.3 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$, 经计算后得该主梁的 $I = 0.21162 \text{ m}^4$, 通过弯扭刚度比反算得: $EI = 6983460 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$, $GI_T = 86311.46 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。



单位: cm

图 4 图 1 中 T 梁的假定截面尺寸

该桥的计算模型同图 2, 每根主梁下的弹簧刚度均按相应的 d_i 代入式(1)和式(2)求算, 其结果示于表 1。

表 1 弹簧支承刚度 k_w, k_θ 汇总

名称	单位	主梁编号		
		1号、5号	2号、4号	3号
k_w	kN/m^2	2074.70	1980.71	1950.95
k_θ	kN/rad	1534.14	1464.64	1442.63

注: k_w 的单位是按主梁每延米梁长的刚度计算的, 故分母为 m^2 。

令 $P=1$ 分别作用于各主梁中心位置时各弹簧支承处产生的反力和反力力矩(亦即荷载横向分布影响线和扭矩分布影响线)列于表 2 和表 3 中。这里说明一点, 计算中, 横梁截面尺寸可任意假定, 并假定 $EI_{\text{横}} \approx \infty$, 以体现为刚性横梁。

按文献[1]中的扭矩平衡条件公式来校核按本文方法对 1 号梁的计算结果, 即:

$$\sum_{i=1}^5 R_{1i} a_i + \sum_{i=1}^5 T_{1i} = e$$

设 a_i 位于 3 号梁以左者为负, 以右为正, 便有:

表 2 竖向荷载横向分布影响线坐标表的比较

计算方法	影响线	单位荷载 $P=1$ 作用于梁位					Σ	
		1号	2号	3号	4号	5号		
有限元法程序	竖向支承反力	R_{1i}	0.5599	0.3830	0.2062	0.0294	-0.1475	1.0310
		R_{2i}	0.3657	0.2813	0.1969	0.1124	0.0280	0.9843
		R_{3i}	0.1939	0.1939	0.1939	0.1939	0.1939	0.9695
		R_{4i}	0.0280	0.1124	0.1969	0.2813	0.3657	0.9843
		R_{5i}	-0.1475	0.0294	0.2062	0.3830	0.5599	1.0310
	合计		1.0000	1.0000	1.0001	1.0000	1.0000	5.0001
文献 [1]	竖向荷载横向分布影响线	η_{1i}	0.5742	0.3922	0.2102	0.0282	-0.1538	1.0510
		η_{2i}	0.3633	0.2791	0.1948	0.1105	0.0262	0.9739
		η_{3i}	0.1900	0.1900	0.1900	0.1900	0.1900	0.9500
		η_{4i}	0.0262	0.1105	0.1948	0.2791	0.3633	0.9739
		η_{5i}	-0.1538	0.0282	0.2102	0.3922	0.5742	1.0510
	合计		0.9999	1.0000	1.0001	1.0000	0.9999	4.9998

注: 表中 $R_{ji} \neq R_{ij}$, 但 $R_{ji}/k_{wj} = R_{ij}/k_{wi}$, 仍然符合变位互等定理。

表 3 扭矩荷载横向分布影响线表的比较

计算方法	影响线	单位荷载 $P=1$ 作用于梁位					
		1号	2号	3号	4号	5号	
有限元法程序	抗扭支承反力力矩	T_{1i}	-0.08173	-0.04086	≈ 0	0.04086	0.08173
		T_{2i}	-0.07803	-0.03901	≈ 0	0.03901	0.07803
		T_{3i}	-0.07685	-0.03842	≈ 0	0.03842	0.07685
		T_{4i}	-0.07803	-0.03901	≈ 0	0.03901	0.07803
		T_{5i}	-0.08173	-0.04086	≈ 0	0.04086	0.08173
	合计		-0.39637	-0.19816	0	0.19816	0.39637
文献 [1]	扭矩荷载横向分布影响线	ξ_{1i}	-0.0753	-0.0396	-0.0039	0.0318	0.0675
		ξ_{2i}	-0.0657	-0.0337	-0.0018	0.0302	0.0621
		ξ_{3i}	-0.0616	-0.0308	$= 0$	0.0308	0.0616
		ξ_{4i}	-0.0621	0.0302	0.0018	0.0337	0.0657
		ξ_{5i}	-0.0675	0.0318	0.0039	0.0396	0.0753
	合计		-0.3322	-0.1661	0	0.1661	0.3322

$$[0.5599 \times (-3.2) + 0.3657 \times (-1.6) + 0 + 0.0280 \times 1.6 + (-0.1475) \times 3.2] + (-0.39637) = -3.20037 \text{ m} \approx -3.2 \text{ m} = e$$

证明计算无误。

在实际设计中, 若按本文方法计算时, 就没有必要先求每根主梁的荷载分布影响线竖标, 再进行横向布置荷载, 而可以直接在图 2 的计算模型上布载。本文按图 2 中 2 行车布载时, 便得到对 1 号和 2 号梁的竖向荷载横向分布系数 m^P (竖直弹簧支承总反

力)和扭矩荷载横向分布系数 m' (抗扭弹簧支承的总反力力矩)。二者均列出于表 4。

表 4 按本文方法算得的荷载横向分布系数

系数名称	1 号梁	2 号梁
竖向荷载横向分布系数 m^p	0.533 9	0.451 7
扭矩荷载横向分布系数 m'	0.028 08	0.026 81

不仅如此,按图 2 中的计算模型,在计入主梁纵向布载的因素后,还可以直接计算中横梁各截面的弯矩和剪力值。

4 结语

从以上计算结果可以得出以下几点看法。

(1)本文方法给出的计算结果与文献[1]中的十分接近,其竖向荷载横向分布影响线坐标值的最大偏差没有超过 5%,扭矩荷载横向分布影响线坐标的偏差稍大,但其绝对值甚小。产生偏差的原因较多,其中图 4 所假定的截面尺寸和弹性模量是否与文献[1]中的原始资料一致,应是一个重要原因。

(2)按本文方法,计算十分简便,可以直接在计算模型上布载,求出荷载横向分布系数值,从而避免了绘制影响线图和布载以及坐标内插等的繁琐运算。

(3)按本文方法,还可绘出中横梁的内力包络图,达到一举多得的效果。关于这个问题的具体方法,可参阅文献[4]。

(4)本文计算模型中的横隔梁,还可按照它的实际结构尺寸和弹性模量输入求算,使之更符合实际。如果按照理论分析的话,那就更加困难了。

参考文献:

- [1] 夏淦,邵容光.斜梁结构分析[M].江苏科学技术出版社,1995.
- [2] 徐光辉,胡明义.公路桥涵设计手册—梁桥(上册)[M].北京:人民交通出版社,1996.
- [3] 姚玲森,程翔云.钢筋混凝土梁桥[M].北京:人民交通出版社,1982.
- [4] 程翔云.刚接梁桥中横隔梁内力包络图计算模型[J].公路,2004,(2).

Calculating Model of Load Transverse Distribution Factors of Simple Supported Skew Beam Bridges

CHENG Xiang-yun

(Civil Engineering College, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: A calculating model which can determine directly the load transverse distribution factors of simple supported skew beam bridges is established. The model has many advantages such as conception cleared, calculation sped and it easy mastered by designers.

Key words: simple supported skew beam bridge; rigid transverse beam; load transverse distribution factor; spring support

青海最长公路隧道贯通

青海省目前最长的公路隧道——青砂山隧道,经过 20 个月的艰苦施工,于 8 月 16 日正式贯通。

青砂山隧道是青海省正在建设的平安至阿岱高速公路的主要控制性工程,全长 3 340 m。隧道平均海拔 3 000 m 以上,属高原季节性冻土隧道,路线穿过 4 条大的地质活动断裂带,涌水量大,给施工增加很大难度。自 2002 年 12 月开工以来,广大建设、设计、施工、监理队伍发扬艰苦奋斗、团结拼搏的精神,强化建设管理,克服重重困难,采用了柔性支护体系结构复合式衬砌、AEA 抗裂防水膨胀剂膜筑混凝土衬砌新技术、新工艺,保证了工程的顺利进行。

青砂山隧道的胜利贯通,在青海省公路建设史上树立了新的里程碑,也为平阿高速公路的全面建成奠定的基础。万方数据