

某桥梁新旧规范设计汽车荷载效应对比的探讨

王敬云

贵州省路桥勘察设计研究院有限公司

摘要: 结合1958年设计的21.2m简支T梁桥维修加固后所能承受的荷载等级, 本文研究了新老规范设计汽车荷载下所产生的荷载效应。研究表明, 在21.2m简支T梁中, 汽车20级荷载所产生的剪力和弯矩均小于公路2级, 采用新规范设计的汽车荷载偏安全, 利用新规范对老规范设计的桥梁进行升级加固越有利。

关键词: 桥梁设计规范; 汽车荷载; 维修加固; 荷载效应

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.04.063

引言

在现代社会, 桥梁作为基础设施的重要组成部分, 承载着人们的生产生活。由于桥梁的使用时间长、外部因素影响等原因, 桥梁会出现老化、损坏等情况, 因此需要对桥梁进行维修加固。同时, 随着交通工具的不断发展, 汽车荷载的大小也在不断增加, 因此需要对桥梁荷载能力进行重新评估。

本文研究的桥梁为1958年设计的21.2m简支T梁桥, 经过多年的使用后出现了老化和损坏的情况, 需要进行维修加固。本次维修加固采用了目前较为常见的方法, 包括对桥面进行加固、更换横梁等。维修加固后, 桥梁的承载能力得到了提高。随着交通工具的不断发展, 汽车荷载的大小也在不断增加。本文研究了新老规范设计下汽车荷载所产生的荷载效应。

一、新老规范设计汽车荷载的对比

(一) JTJ 021-1985《公路桥涵设计通用规范》

85规范中的设计汽车荷载以汽车车队表示, 由汽车-10级、汽车-15级、汽车-20级和汽车-超20级组成。车队的纵向排列和横向布置应符合图1和图2的规定。同时将履带车、平板挂车作为验算荷载, 其荷载等级由履带车-50级、平板挂车-80级、平板挂车-100级和平板挂车-120级组成。

(二) JTG D60-2015《公路桥涵设计通用规范》

15规范中的设计汽车荷载以车道形式表示, 分为公路-I级和公路-II级。计算荷载中的车道荷载由一列均布荷载和一个集中力组成; 桥梁结构的整体计算使用车道荷载; 车辆荷载主要用于桥梁结构的局部加载, 涵洞、桥台和挡土墙土压力等计算; 车辆荷载和车道荷载是相互独立的, 两者的作用不能进行叠加。

公路-I级车道荷载的均布荷载标准值 $q_k = 10.5kN/m$; 集中荷载标准值与桥梁计算跨径L有关; 当计算跨径 $L \leq 5m$ 时, $P_k = 270kN$, $L \geq 50m$ 时, $P_k = 360kN$; $5m < L < 50m$ 时, $P_k = 2(L + 130)kN$ 。上述集中荷载标准值 P_k 计算剪力效应时应乘以1.2的系数; 公路-II级车道荷载标准值是公路-I级车道荷载标准值的0.75倍; 车道荷载的局部荷载标准值满布在使结

构产生最不利效应的同号影响线上; 集中荷载标准值只作用于相应影响线中一个最大影响线峰值处。

二、设计汽车荷载效应的对比方法和计算对象

为了便于比较两种规范中汽车荷载效应的差异, 本项目采用 $L=21.2$ 的简支梁桥为计算对象, 通过绝对数值和相对比值的方法分析。

内力控制面按影响线上加载计算选取, 最大弯矩和最大剪力分别在跨中截面和支点截面处。同一跨径的简支梁桥, 横向分布影响系数作为公因式约去。

三、冲击系数的对比

85规范中规定, 对于简支梁桥, 跨径或者荷载长度 $L \leq 5m$ 时, 冲击系数 $\mu=0.30$; 跨径或者荷载长度 $L \geq 45m$ 时, 冲击系数 $\mu=0$; 当L在5m和45m之间时采用直线内插法求得。本次计算 $\mu=0.18$ 。

15规范中的冲击系数和结构基频有关。规范规定冲击系数 μ 可按照下式计算

当 $f < 1.5Hz$ 时, $\mu=0.05$

当 $1.5Hz \leq f \leq 14Hz$ 时, $\mu = 0.1767 \ln f - 0.0157$

当 $f > 14Hz$ 时, $\mu=0.45$

式中 f —结构基频 (Hz)。

结构基频条文说明中: 桥梁的自振频率 (基频) 宜采用有限元方法计算。对于常规结构, 当无更精确计算方法计算时, 也可采用下列公式计算 (简支梁桥):

$$f_1 = \frac{\pi}{2l^2} \sqrt{\frac{EI_c}{m_c}}$$

$$m_c = \frac{G}{g}$$

式中 l —结构的计算跨径 (m);

E —结构的材料的弹性模量 (Pa);

I_c —结构跨中截面的截面惯矩 (m^4);

m_c —结构跨中处的单位长度质量 (kg/m), 当换算为重力计算时, 其单位应为 (Ns^2/m^2);

G —结构跨中处延米结构重力 (N/m);

g —重力加速度, $g = 9.81m/s^2$ 。

同时4.3.2中第6条说明: 汽车荷载的局部加载及在T梁、箱梁悬臂板上的冲击系数采用0.3。本次计算采用0.3。

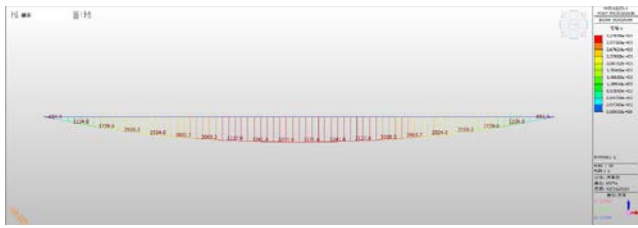
四、新老规范设计汽车荷载效应的对比分析

(一) Midas空间有限元模型

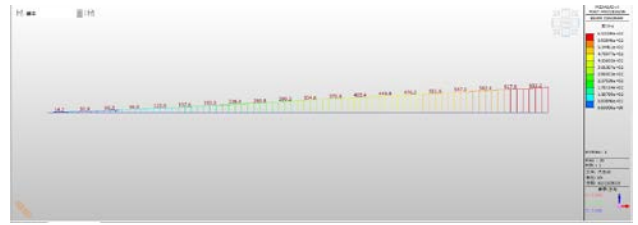
由于桥梁建设年代较早, 图纸及相关资料已经遗失, 本次建模采用理想杆件建立。

本文将结合相关规范, 取上部结构为例, 采用Midas Civil 2022建立上部结构有限元模型, 按双车道布置进行仿真模拟。全桥共划分21个节点, 20个单元, 单元类型为梁单元。两端支座模拟为竖向铰接。

(二) 85规范下的汽车荷载效应



根据85规范，应该按照车辆荷载的最不利位置来设计桥梁结构，以确保桥梁的承载能力和安全性。在这种情况下，跨中弯矩是一个重要的指标，因为它可以反映出桥梁结构在车辆通过时所受到的最大弯曲力。据85规范加载车辆荷载，其中跨中弯矩最大为3271kN.m。



根据计算结果，针对桥梁结构的内力进行了研究。根据最不利位置进行加载后，桥梁结构所受的支点最大剪力为653.2kN。

此外，为进一步了解桥梁结构的受力情况，选取了1/4、1/2和3/4处的梁单元进行研究，并将内力详见表格1。这些研究可以帮助设计者更好地了解桥梁结构的

表格1 梁单元内力表

单元	荷载	位置	轴向 (kN)	剪力-y (kN)	剪力-z (kN)	扭矩 (kN*m)	弯矩-y (kN*m)	弯矩-z (kN*m)
1	1 (全部)	I[1]	0	0	-653.23	0	0	0
1	1 (全部)	2/4	0	0	-635.53	0	336.83	0
1	1 (全部)	J[3]	0	0	-617.83	0	654.9	0
10	1 (全部)	I[11]	0	0	-334.63	0	3241.93	0
10	1 (全部)	2/4	0	0	-316.93	0	3265.83	0
10	1 (全部)	J[12]	0	0	299.23	0	3270.96	0
11	1 (全部)	I[12]	0	0	299.23	0	3270.96	0
11	1 (全部)	2/4	0	0	316.93	0	3265.83	0
11	1 (全部)	J[13]	0	0	334.63	0	3241.93	0
20	1 (全部)	I[21]	0	0	617.83	0	654.9	0
20	1 (全部)	2/4	0	0	635.53	0	336.83	0
20	1 (全部)	J[2]	0	0	653.23	0	0	0

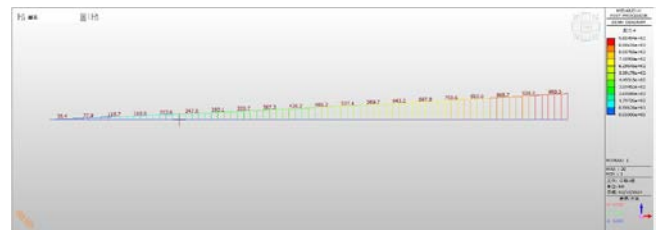
受力情况，进而设计出更加安全、可靠的结构方案。同时，这些数据也对桥梁的维护和保养提供了重要的参考依据，以确保桥梁的正常运行和安全使用。

矩为4571.0kN.m。

(三) 15规范下的汽车荷载效应



根据15规范，应该按照车道加载的方式来设计桥梁结构，本项目最多支持双车道通行，跨中产生的最大弯



本次结构内力分析中，采用按双车道加载的方法，其中支点剪力最大值达到了988.5kN。本文选取了1/4、1/2、3/4处梁单元作为研究对象，对其进行了详细的内力分析，并将结果汇总于表格2中。通过本次分析，可以更加深入地了解结构的内部情况。

表格2 梁单元内力表

单元	荷载	位置	轴向 (kN)	剪力-y (kN)	剪力-z (kN)	扭矩 (kN*m)	弯矩-y (kN*m)	弯矩-z (kN*m)
1	1 (全部)	I[1]	0	0	-988.49	0	0	0
1	1 (全部)	2/4	0	0	-958.12	0	445.67	0
1	1 (全部)	J[3]	0	0	-928.04	0	868.49	0
10	1 (全部)	I[11]	0	0	-486.19	0	4525.3	0
10	1 (全部)	2/4	0	0	-461.04	0	4559.58	0
10	1 (全部)	J[12]	0	0	436.18	0	4571.01	0
11	1 (全部)	I[12]	0	0	436.18	0	4571.01	0
11	1 (全部)	2/4	0	0	461.04	0	4559.58	0
11	1 (全部)	J[13]	0	0	486.19	0	4525.3	0
20	1 (全部)	I[21]	0	0	928.04	0	868.49	0
20	1 (全部)	2/4	0	0	958.12	0	445.67	0
20	1 (全部)	J[2]	0	0	988.49	0	0	0

(四) 结果对比

由下述两表可以看出, 弯矩: 汽车20级/公路2级=75.6% (最大)。剪力: 汽车20级/公路2级=68.86%。从以上两个数据可以看出, 汽车20级的弯矩和剪力效应小于公路2级产生的效应。这对于公路的设计和维护非

常重要, 因为如果按照公路2级荷载通行的车辆在汽车20级设计的情况下, 结构将承受更大的弯矩和剪力, 就会导致道路损坏和安全问题。因此, 需要采取措施来确保公路的结构足够强大, 以适应各种类型的车辆通行, 从而提高公路的使用寿命和安全性。

跨中弯矩效应比值

单元	荷载	位置	汽车-20级弯矩-y (kN*m)	公路2级弯矩-y (kN*m)	比值
1	1 (全部)	I[1]	0	0	
1	1 (全部)	2/4	336.83	445.67	75.58%
1	1 (全部)	J[3]	654.9	868.49	75.41%
10	1 (全部)	I[11]	3241.93	4525.3	71.64%
10	1 (全部)	2/4	3265.83	4559.58	71.63%
10	1 (全部)	J[12]	3270.96	4571.01	71.56%
11	1 (全部)	I[12]	3270.96	4571.01	71.56%
11	1 (全部)	2/4	3265.83	4559.58	71.63%
11	1 (全部)	J[13]	3241.93	4525.3	71.64%
20	1 (全部)	I[21]	654.9	868.49	75.41%
20	1 (全部)	2/4	336.83	445.67	75.58%
20	1 (全部)	J[2]	0	0	

支点最大剪力比值

单元	荷载	位置	汽车-20级剪力-z (kN)	公路2级剪力-z (kN)	比值
1	1 (全部)	I[1]	-653.23	-988.49	66.08%
1	1 (全部)	2/4	-635.53	-958.12	66.33%
1	1 (全部)	J[3]	-617.83	-928.04	66.57%
10	1 (全部)	I[11]	-334.63	-486.19	68.83%
10	1 (全部)	2/4	-316.93	-461.04	68.74%
10	1 (全部)	J[12]	299.23	436.18	68.60%
11	1 (全部)	I[12]	299.23	436.18	68.60%
11	1 (全部)	2/4	316.93	461.04	68.74%
11	1 (全部)	J[13]	334.63	486.19	68.83%
20	1 (全部)	I[21]	617.83	928.04	66.57%
20	1 (全部)	2/4	635.53	958.12	66.33%
20	1 (全部)	J[2]	653.23	988.49	66.08%

结论

本文研究了一座1958年设计的21.2m简支T梁桥进行维修加固后所能承受的荷载等级, 并分析了新老规范设计下汽车荷载所产生的荷载效应。研究表明, 在21.2m简支T梁中, 汽车20级荷载所产生的剪力和弯矩均小于公路2级, 采用新规范设计的汽车荷载偏安全, 并且利用新规范对老规范设计的桥梁进行升级加固越有利。因此, 对于已经建成的桥梁, 应该根据新规范的要求进行升级加固, 以确保桥梁的安全性和稳定性。此外, 还应该定期检测和维护桥梁, 保证其长期稳

定运行。

参考文献

[1] 黄侨, 关键, 梁程亮, 等. 中美欧公路桥梁设计规范汽车荷载及作用 效应对比研究[J]. 公路交通科技, 2020, 37 (7): 10.
 [2] 周朝邦. 基于交通调查的重载交通公路桥梁标准设计车辆荷载探讨[J]. 大众标准化, 2022 (22): 3.
 作者简介
 王敬云 (1985.8-) 男, 汉族, 陕西人, 本科, 工程师, 研究方向: 公路桥梁设计, 桥梁计算与检测。