

Discussion on Simplified Calculation Method for Increasing Section Reinforcement of Old Stone Arch Bridges

Baibin Yang

China Highway Engineering Consulting Group Co., Ltd. Sichuan Branch, Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract

Taking a 20m span solid belly stone arch bridge as the engineering background, a calculation model was established using Midas Civil finite element software. By comparing and analyzing the calculation results of using joint section equivalent reinforcement for the new and old arch rings and using the same material for the entire section of the new and old arch rings, the results showed that the two calculation results were basically consistent. At the same time, a comparative analysis was conducted on the results of applying car loads on the bridge deck and main arch ring, and the results showed that the calculation results of the two were basically consistent, providing a certain reference value for simplifying the reinforcement design of stone arch bridges of the same type.

Keywords

stone arch bridge; joint cross-section; computing method

旧石拱桥增大截面加固简化计算方法探讨

杨白彬

中国公路工程咨询集团有限公司四川分公司, 中国·四川成都 610000

摘要

以某跨径为20m的实腹式石拱桥为工程背景, 利用Midas Civil有限元软件建立计算模型, 通过对新旧拱圈采用联合截面等效加固与新旧拱圈全截面采用同一材料的计算结果进行对比分析, 结果表明两者计算结果基本一致。同时, 对汽车荷载施加在桥面板和主拱圈上的结果进行对比分析, 结果表明两者计算结果亦基本一致, 为同类型石拱桥加固设计简化计算提供了一定的参考价值。

关键词

石拱桥; 联合截面; 计算方法

1 引言

石拱桥是中国数量最多、类型最丰富的桥型。据统计, 拱桥在全国桥梁中所占比重约 61% 左右, 在西部地区则高达 80% 以上, 在石料丰富、山高谷深的西南山区石拱桥占 90% 以上^[1]。其中大部分石拱桥是改革开放后修建的, 随着经济社会的快速发展, 桥梁设计荷载的不断提高, 相当数量的石拱桥无法满足现阶段的交通需求, 需要对大量的旧石拱桥进行拆除新建或加固, 由于旧桥拆除需耗费大量人力、物力, 因此旧桥加固是更为经济合理的选择。

增大截面加固法是目前圬工石拱桥加固的主要加固方法, 用以提高桥梁承载能力。由于原拱圈材料是砌体, 新增拱圈材料为钢筋混凝土, 属于组合结构受力^[2]。由于两种材料性质差别较大, 结构计算较为复杂, 论文以某 20m 的实腹式石拱桥加固为研究背景, 通过 Midas Civil 2022 有限元

软件建立计算模型, 并对不同计算方法的计算结果进行比较, 得到旧石拱桥增大截面加固计算的简化方法。

2 工程概况

某桥为单跨 20m 实腹式石拱桥, 主拱圈厚度 80cm, 矢跨比 1/4, 桥梁全长 30m, 全宽 7.5m, 桥梁现状如图 1 所示。



图 1 桥梁现状图

【作者简介】杨白彬(1990-), 男, 中国四川安岳人, 本科, 工程师, 从事道路与桥梁技术研究。

3 加固前计算分析

3.1 计算模型建立

对该桥采用桥梁专用软件 Midas Civil 2022 建立模型,有限元模型如图 2 所示。计算分析拱轴线采用现场测量的实测拱轴线,拱圈石料强度取 MU40,砂浆取 M7.5 号砂浆,计算时体系温差按照升温 20℃,降温 20℃进行计入,设计荷载采用公路 - II 级,全桥共设 42 个节点,63 个单元。

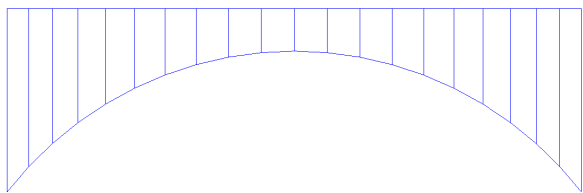


图 2 加固前结构有限元模型

3.2 计算结果分析

根据拱桥的受力特点及内力分布情况,选取拱脚、L/4 截面、拱顶截面共 3 个截面作为控制截面,加固前主拱圈结构强度结果列于表 1。

表 1 加固前各验算截面的内力结果表

截面位置	组合轴力 (kN)	组合弯矩 (kN·m)	偏心距 (m)	截面抗力 (kN)	强度系数
拱脚	-19816.0	-1848.1	0.093	19128.2	0.97
L/4	-13407.1	1423.4	0.106	18366.0	1.37
L/2	-12694.8	1244.5	0.098	18851.0	1.48

从表 1 可知,加固前主拱圈截面承载能力不满足公路 - II 级设计荷载要求。

4 不同加固计算方法对比分析

4.1 加固方案

结合加固前计算结论,若该桥要达到公路 - II 级设计荷载通行要求,需要采取一定的加固措施,提高桥梁的整体承载能力,以增强桥梁的使用性能,延长桥梁的使用寿命,确保桥梁结构的安全运营。旧危石拱桥加固的主要方法有:增大截面法、粘贴钢板、粘贴碳纤维布等,其中“增大截面法”应用较为广泛,技术及施工工艺较为成熟^[2]。结合桥梁现状,拟采用“增大截面法”对该桥进行加固,即在主拱圈上增设 C40 砼加固层。

4.2 新旧拱圈采用联合截面建立模型

4.2.1 联合截面介绍

联合截面是指同一构件横截面由两种或两种以上不同材料组成,或者截面由同一种材料组成但不同部分材料强度不同^[3]。过去分析方法是联合前构件分别建立不同模型,联合时采用刚性连接,这种方法在静力分析时误差比较小,考虑徐变和收缩等进行时间依存性分析时,就会产生较大误差,利用 Midas Civil 2022 的施工阶段联合截面功能,可在

适当阶段将截面联合,提高分析结果准确性。

4.2.2 模型建立

加固后有限元模型建立在加固前有限元模型基础上增加两个施工阶段:①主拱圈施加加固层;②加固后主拱圈收缩徐变,即有限元模型划分为 3 个阶段。

4.2.3 联合截面加固计算结果

采用施工阶段联合截面加固计算方法计算主拱圈计算结果列于表 2。

表 2 加固后各验算截面的内力结果表

截面位置	组合轴力 (kN)	组合弯矩 (kN·m)	偏心距 (m)	截面抗力 (kN)	强度系数
拱脚	-20329.4	1682.7	0.083	25697.2	1.264
L/4	-13751.9	1218.4	0.089	25416.1	1.848
L/2	-13255.4	958.9	0.072	26166.8	1.974

4.3 新旧拱圈采用同一材料建立模型

加固后有限元模型仅加固前有限元模型基础上修改主拱圈截面尺寸为加固后主拱圈全截面尺寸(含新旧拱圈),加固后主拱圈计算结果列于表 3。

表 3 加固后各验算截面的内力结果表

截面位置	组合轴力 (kN)	组合弯矩 (kN·m)	偏心距 (m)	截面抗力 (kN)	强度系数
拱脚	-20301.6	-1730.2	0.085	25580.5	1.260
L/4	-13707.2	1201.5	0.088	25462.4	1.858
L/2	-12935.0	1152.6	0.089	25390.9	1.963

4.4 两种加固计算方法结果对比

在主拱圈上增设 C40 砼加固层,主拱圈截面承载能力满足公路 - II 级设计荷载要求,并有一定的安全储备。并通过对新旧拱圈采用联合截面等效加固与新旧拱圈全截面采用同一材料的计算结果进行分析可知,两种计算方法结果基本一致,因此对同类型石拱桥主拱圈模型的建立可进行简化,不采用施工阶段联合截面功能亦能达到计算精度要求,强度系数结果比较如表 4 所示。

表 4 强度系数结果比较表

1.260	1.264	0.32%
1.858	1.848	-0.51%
1.963	1.974	0.56%

5 汽车荷载加载不同位置计算结果对比分析

5.1 模型建立

汽车荷载施加位置可分为加载在桥面板上和直接加载在主拱圈上两种,前者需要建立桥面板单元和桥面板与主拱圈连接的边界条件,全桥共设 42 个节点,63 个单元,建模流程更为复杂,如图 3 所示,后者仅需建立主拱圈单元即可,全桥共设 21 个节点,20 个单元,模型单元更少,边界条件清晰,不易出错,如图 4 所示。

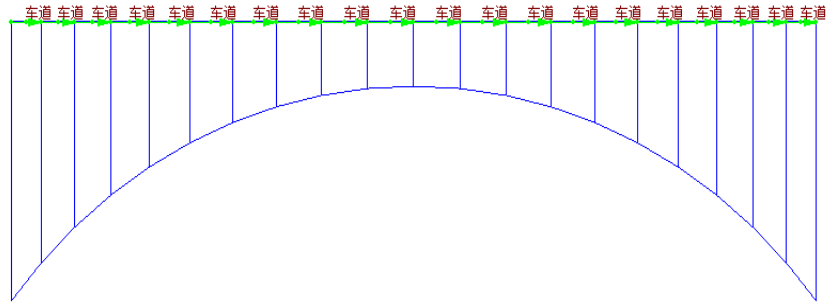


图3 汽车荷载施加在桥面板上结构有限元模型

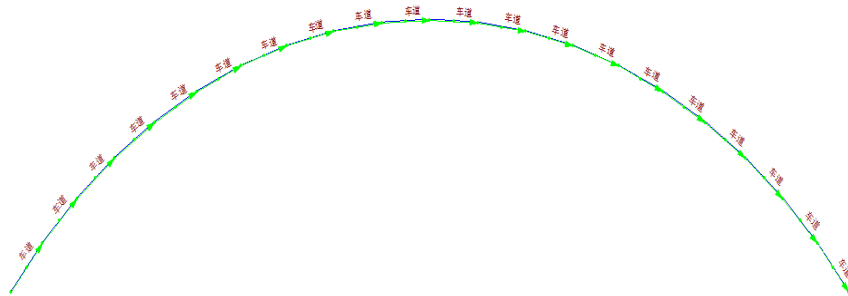


图4 汽车荷载施加在主拱圈上结构有限元模型

5.2 汽车荷载不同加载位置计算结果

汽车荷载施加在桥面板上计算结果同表3,汽车荷载施加在主拱圈上计算结果如表5所示。

表5 加固后各验算截面的内力结果表

截面位置	组合轴力 (kN)	组合弯矩 (kN·m)	偏心距 (m)	截面抗力 (kN)	强度系数
拱脚	-20068.4	-1802.4	0.090	25355.7	1.263
L/4	-13527.6	1249.3	0.092	25228.0	1.865
L/2	-12772.2	1188.4	0.093	25192.7	1.972

5.3 汽车荷载不同加载位置计算结果对比

通过表3和表5可知,汽车荷载加载在桥面板上和主拱圈上计算结果基本一致,因此对同类型石拱桥主拱圈模型的建立可进行简化,无需建立桥面板等单元,仅建立主拱圈单元即可,强度系数结果比较如表6所示。

表6 强度系数结果比较表

1.263	1.260	-0.27%
1.865	1.858	-0.40%
1.972	1.963	-0.48%

6 结语

旧石拱桥采用钢筋混凝土增大截面加固法,运用了两种不同计算方法进行等效分析,表明两种计算方法的计算结果基本一致,基于石拱桥加固设计偏于保守的前提下,在同类型石拱桥加固计算中,可简化建模程序,将新旧拱圈考虑为同一材料进行建模计算。同时对汽车荷载施加在不同位置进行了分析,直接将汽车荷载施加在主拱圈上对计算结果几乎没有影响,但建立的单元和边界条件可大幅减少。因此,对同类型石拱桥加固计算提供了更为简化的计算方法,供类似工程参考。

参考文献

- [1] 黎宗勇.钢筋混凝土套箍加固石拱桥承载力计算方法研究[D].成都:西南交通大学,2010.
- [2] 吴姗姗,马永才,周浩,等.增大截面加固法的计算方法对比分析[J].黑龙江科技信息,2010(27):286.
- [3] 李徐.旧石拱桥数值仿真分析及加固措施[J].湖南交通科技,2013,39(3):99-102.