

摘要 箱梁具有整体性好、施工方便而且受力性能好等优点,在工程界普遍采用,但目前桥梁工程中没有明确箱梁的横梁如何计算。分析高架轨道交通中常用到的中小跨径箱梁,通过建模并查看箱梁支反力以及横梁受力情况,在积累较多数据的基础上,尝试采用横梁简化计算方法去拟合结果,对中横梁和端横梁进行分析,以达到简化计算目的,并通过实例验证,供工程技术人员借鉴。

关键词 箱梁 横梁 简化 分析

随着我国城市建设和交通事业的发展,轨道交通高架桥梁的修建数量日益增加,其中箱梁因其具有整体性好、施工方便而且受力性能好等优点而被广泛使用。横梁是箱梁成为空间整体结构的重要组成部分,必须经过计算分析来保证其具有足够的满足所承受荷载,并在桥跨结构中发挥应有的作用。尤其是在活荷载和桥宽不断增大的情况下,横梁的正确受力和设计计算显得更加重要,现已成为整个桥梁设计的重要组成部分。

然而,如何对横梁进行受力分析是一个较复杂的问题,在现阶段桥梁工程书中并未明确说明。在实际工程中,设计人员往往是通过两种方法去分析:一种是简单地将支反力直接按照腹板位置反向加于横梁上,这种分析虽然简单,但理论并不充分,并与实体建模结果偏差较大;另一种是通过有限元程序建立空间模型求解,而对于在公路和市政常用到的中小跨径箱梁,如果按照建立空间模型分析,则耗费时间较多,若设计人员对有限元程序不太熟悉,除耗费时间外,分析的结果可能会出错。本文试图用空间有限元法建模和平面杆系建模进行计算比较,最终得出一种可以简单计算横梁受弯、受剪的实用方法。

1 桥梁概况

实际工程项目为长春轻轨4号线三期工程,标准段桥梁采用为 $3\times 25\text{ m}$ 现浇预应力混凝土连续梁箱梁,此外还有 $25+28+25(\text{m})$ 和 $25+30+25(\text{m})$ 等的不等跨连续梁。

本文以 $3\times 25\text{m}$ 连续箱梁计算为例,桥宽 9.3m ,箱梁断面结构尺寸如图1、图2所示,结构半立面见图3。



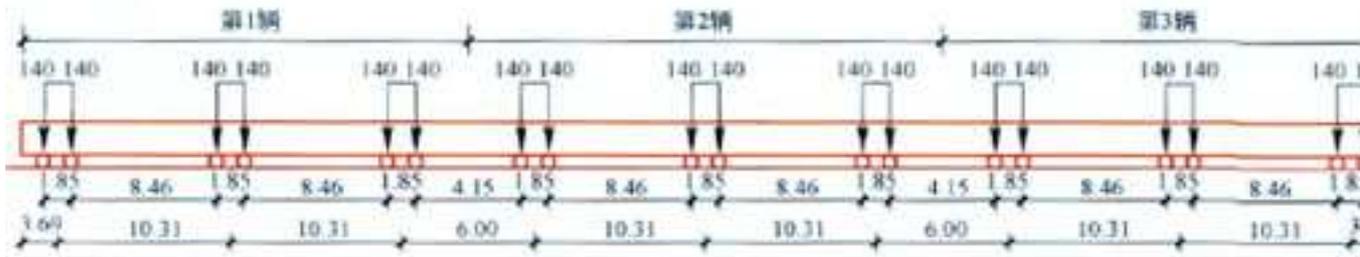


图 4 列车荷载计算图式 (单位: kN ·m)

2 空间模型建立及横梁计算

2.1 空间模型说明

模型总共有 4 889 个节点, 4 896 个 4 节点厚板单元, 最终的模型如图 5 所示。经过计算, 横梁下两个支座, 每个支座反力如表 1 所示, 而由平面杆系单元法计算所得荷载见表 2。



图 5 空间模型图

表 1 空间计算荷载

反力表 kN

名称	位置	
	端横梁	中横梁
自重	787.7	1 710.6
二期恒载	662.7	1 482.8
列车活载	684.2	965.7

表 2 平面杆系计算荷载

反力表 kN

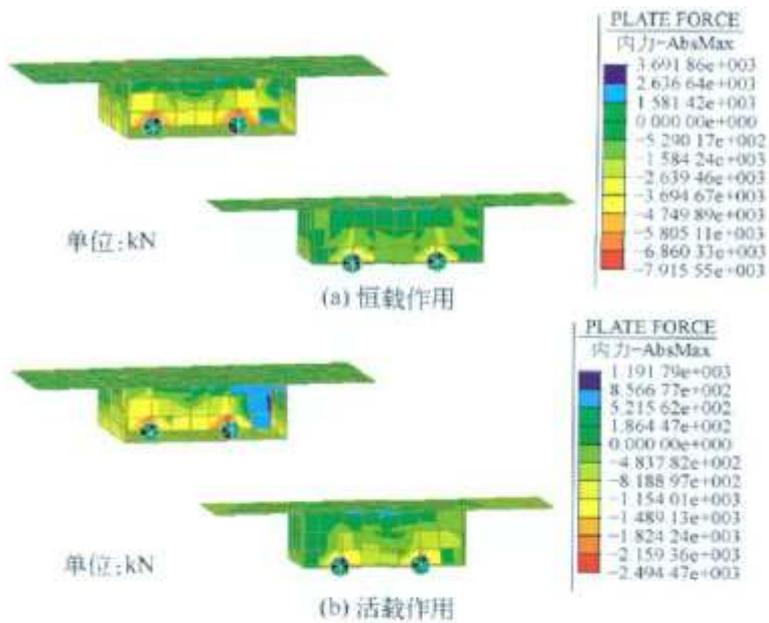
名称	位置	
	端横梁	中横梁
自重	810.5	1 729.4
二期恒载	680.1	1 500.1
列车活载	691.3	986.4

经过比较分析, 两种算法差异主要是由于前者在板单元建模过程中, 将截面的腹板取中点位置处竖直处理简化, 同时没有模拟出截面的梗腋, 对自重影响较大, 而后的杆单元模型采用截面导入法, 比较精准地模拟实际梁情况。但经计算结果验证两种方法计算反力的相对误差在 0.03 以内, 对桥梁总体计算影响不大, 计算结果可以相互比照借鉴。

2.2 横梁计算情况

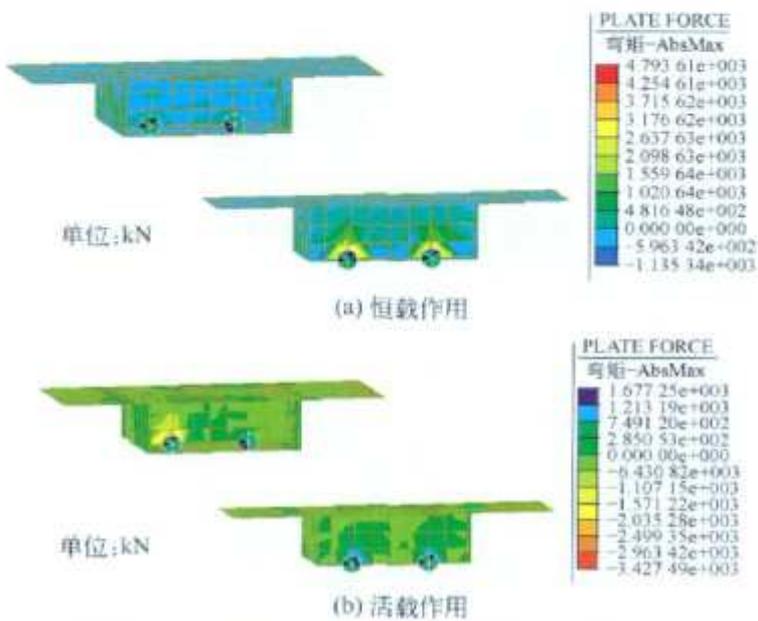
模型在恒载(自重+二期恒载)和活载受力下, 中横梁和端横梁的剪力与弯矩见图 6~图 7。根据上述计算, 并按照程序规则, 对横梁处板单元进行积分, 得到整个横梁的受力, 最后横梁受力见表 3。





注:图中左上角为中横梁,右下角为端横梁,为了明显起见,其他单元已被钝化消失。

图6 横梁剪力云图



注:图中左上角为中横梁,右下角为端横梁,为了明显起见,其他单元已被钝化消失。

图7 横梁弯矩云图



表 3 空间模型横梁计算结果表

名称 \ 位置	端横梁	中横梁
	弯矩 /kN·m	- 1 348 5
剪力 /kN	1 910 6	3 870 0

3 受力分析及简化模型计算

箱梁的横梁在受力时,应考虑梁上荷载(不限于活荷载,可能类似于下锚柱等单个恒荷载)传递到箱梁顶板的荷载分布宽度,箱梁顶板长短边的长度比值直接决定了板是属于单向板还是双向板的受力特性。在正常情况下,箱梁长边要远远大于短边,故其比值远大于 2 为单向板,因而其计算可参照交通部标准 JTG D62—2004 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》4.1.3 中提到的整体单向板计算方法。对于本箱梁则应照此执行,即对于活载,宜偏安全考虑全部通过道床扩散至顶板的分布宽度并传至腹板,进而传递给横梁;而对于恒载,在计算弯矩时,应该按照单向板计算方法,考虑将其支反力折算成在箱梁顶板有效全宽截面均匀加载。在计算剪力时,则应该按照支反力集中到腹板上去计算,这样剪力计算结果虽然偏大,但在计算过程中发现,横梁是深受弯构件,抗剪能力强,容易满足设计要求,可以按此种方法偏保守地进行计算。值得注意的是,横梁模型不再计入横梁自重,因其已包含在支反力值当中。

因此,可以按照上述方法分别建立横梁的剪力和弯矩计算模型。经过计算得出,中横梁和端横梁的弯矩和剪力图见图 8(图中上为中横梁,下为端横梁),计算结果见表 4。

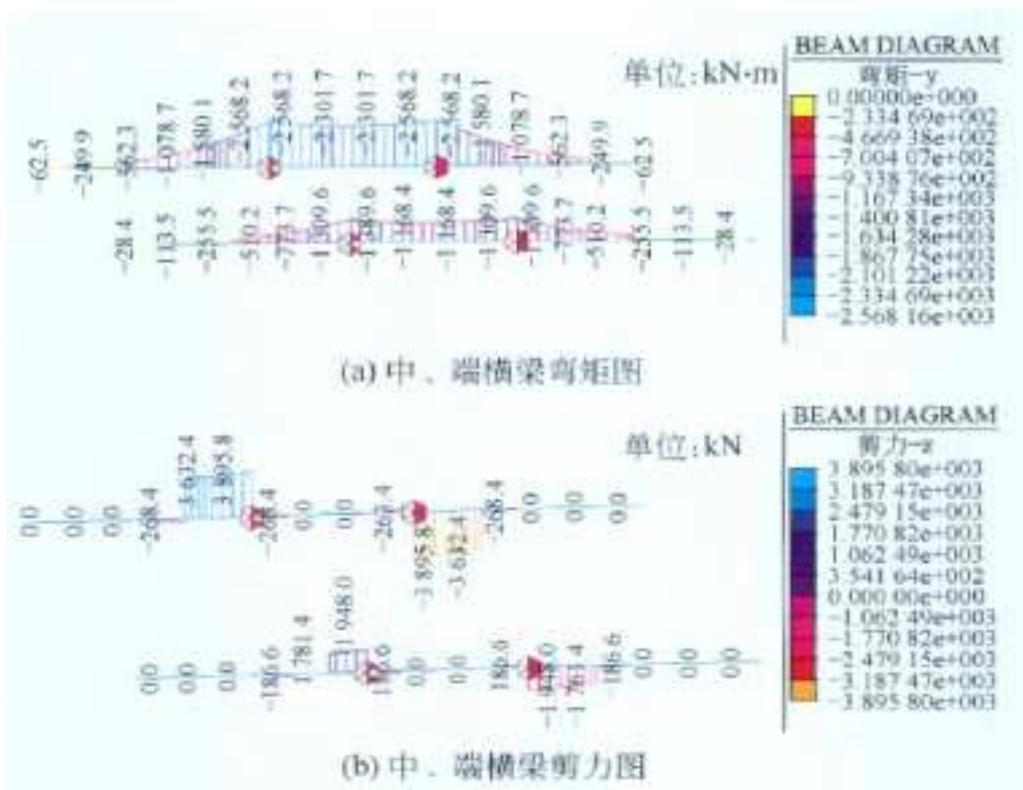


图 8 横梁受弯受剪图

此结果与空间单元计算结果相近,误差在 0.04 之内,同时对本项目的其他配跨 25+28+25(m)和 25+30+25(m)连续梁的横梁进行分析,以及对深圳枢纽交通 4 号线、6 号线高架线横梁进行分析计算,均能较好地模拟实际情况,误差不超过 0.05。

表 4 简化模型横梁计算结果表

位置 名称	端横梁	中横梁
弯矩 /kN·m	- 1 390 6	- 2 568 2
剪力 /kN	1 948 0	3 895 8

4 结语

以上计算以及分析均建立在箱梁为直线单箱单室梁,而且其顶板受力为单向板(宽跨比很小)、横梁与箱梁腹板正交的基础上。对于非上述箱梁的横梁计算,笔者建议采用空间模型方法。在计算出各横梁受力后,可以按照普通结构进行配筋设计,如果弯矩较大,还需要配置预应力束。本方法在截面计算时横梁仅按简单的矩形截面输入,建议在考虑横梁受弯时,受压区的有效宽度可将横梁截面作为“形梁”或者“形梁”输入,这样计算结果将更贴近实际截面受力状态。

本文通过对连续梁的空间和平面杆系的受力对比分析,得出如何简化计算横梁内力方法,即可以借助箱梁单向板受力原理,对横梁建立平面杆系模型,确定了恒载和活载的加载以及计算受弯、受剪不同荷载时的方法。经过两个不同的项目验证后,发现误差很小,可供工程技术人员参考。

参考文献

- [1]范立础.桥梁工程[M].北京:人民交通出版社,2001.
- [2]徐岳.预应力混凝土连续梁桥设计[M].北京:人民交通出版社,2001.
- [3] JTG D62—2004 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].北京:人民交通出版社,2004.
- [4] TB 10002.3—2005 铁路桥涵钢筋混凝土和预应力混凝土结构设计规范[S].北京:中国铁道出版社,2005.
- [5]黎海堤,陈大根.箱梁预应力横隔梁的实用设计计算方法[J].桥梁建设,2002(3).
- [6]张树仁.钢筋混凝土及预应力混凝土桥梁结构设计原理[M].北京:人民交通出版社,2004.
- [7]延波.城市轨道交通箱梁横隔梁实用简化计算[J].都市轨道交通,2007(2).

