

常规桥梁标准化设计技术研究与应用

吴孙尧

(上海同豪土木工程咨询有限公司,上海市200092)

摘要:分析了桥梁设计领域标准化的现状和困境,针对常规桥梁提出了面向输入控制的标准化设计的解决思路,分析了实现该方案的关键技术,研发了常规桥梁标准化设计系统,在实际工程项目中得到了广泛应用并取得了显著成效,为类似工程的软件开发提供借鉴。

关键词:常规桥梁;面向输入控制;标准化设计;数字技术

中图分类号:U442.5

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2021)05-0104-04

0 引言

标准化是一项技术成熟的重要标志。近20年来,我国修建了大量高速公路桥梁,积累了丰富的设计经验,也形成了很多标准化的成果。在桥梁设计领域,交通部颁布2008版标准图,而各地区在其基础上结合当地情况得到了差异化应用,形成了各地区的标准图。但标准化技术并没有彻底解决工程师繁重的施工图设计和绘图工作,除了桥梁设计专业领域本身的复杂性外,另一个关键原因是数字化技术没有得到充分的应用。本文对常规桥梁标准化设计的现状进行分析,并提出其解决思路 and 关键技术,最后介绍了标准化设计系统在实际工程中的应用效果。

1 常规桥梁标准化设计现状分析

从体量来看,在高速公路项目中,常规桥梁数量往往占到所有沿线桥梁的80%甚至更多,而常规桥梁施工图设计占大部分设计院业务量的70%以上。

从技术成熟度来看,省部级院基本具备了一定的标准化设计水平,在部颁通用图基础上发展出了院级或地区标准图,如各种路基宽度、跨径、交角的T梁、小箱梁标准图等。此外,常规桥梁设计经过了大量的生产实践,技术已经非常成熟。

从生产工艺来看,设计师对标准图的利用基本停留在套图的水平。对于没有标准图的构件,则以手工绘图并配合院内开发的或市场上的一些辅助设计

绘图软件,但均不够系统。对于常规桥梁领域,设计效率仍然很低,且由于存在大量人工控制,甚至还会出现很多低级错误。设计人员70%的工作在绘图算量等低级重复劳动,而非设计本身。

2 问题分析

桥梁设计参数繁多。相比初步设计来说,施工图设计细部参数至少是初步设计的10倍以上,且施工图阶段所有构造、筋束的参数必须做到精确无误。由于参数总量的增加,参数间的关系呈级数膨胀。设计院通过颁布院级标准图从一定程度上减少了参数数量,但没有彻底解决。

桥梁设计的过程是反复的。主要表现为制作过程反复、多轮意见反复、上下游的反复。设计人员在制作设计文件的过程中,要面对大量的设计参数,且设计人员的认识水平也参差不齐,导致设计文件在制作阶段就做大量的反复排错、优化;各级别的校审流程、专家意见,以及这些意见本身的不统一,也是导致反复的必然过程;此外,上游的路线、地勘、水文等专业提资也存在迭代更新,施工图提交以后,施工方也会针对现场提出一些变更需求。

材料数量表控制难度大。由于制作工艺多样,设计材料数量的来源很杂,有来手工图纸、制图软件图纸以及手工直接算量。在不断反复的修改过程中,材料数量统计也是不断反复制作、校核,容易出现脱节导致错误。

根据以上分析发现,对于一个具有数万参数的桥梁设计过程,面向结果控制不断迭代一定会导致结果失控。这也是一些参数开放程度很高的智能设计与绘图软件较难被设计人员充分应用的主要原因之一。

收稿日期:2020-11-16

作者简介:吴孙尧(1983—),男,硕士,工程师,从事桥梁设计工作。

3 解决思路

根据以上分析,提出一种面向输入控制的标准化设计思路。具体从设计资料、设计过程、设计成果三个方面实现标准化。

设计资料标准化。解决设计资料反复更新迭代时,桥梁专业和上游专业之间的联动。建立设计资料标准协议,包括:标准的数据格式、标准的存放路径等,实现桥梁专业与上游专业标准化对接,见图1。路线的标准格式如纬地、鸿业、BID-Road等,地勘的标准格式主要有理正、桥梁大师^[1]等,对没有成熟软件数据格式的,也可用约定数据标准格式的 excel、txt 等实现。项目设计资料的存放路径应采用与项目关联的标准存放路径。

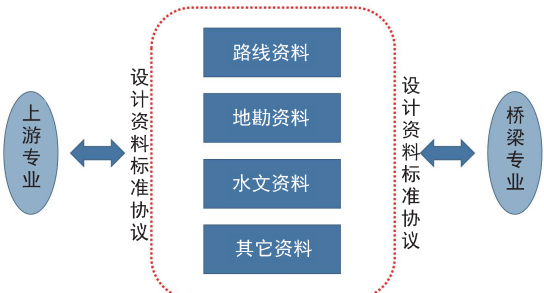


图1 设计资料标准化

设计过程标准化。将设计的过程简化为一个标准化组装的过程,即搭积木的过程。设计的过程要做到标准化,就要将构件内部的参数或算法全部封装,即通过数字化的手段,将院标准图专业思想通过参数化的形式入库,形成智能工程族库。标准化后,设计过程只剩下分孔、构件选型、必要的调整(如桩长调整),见图2。

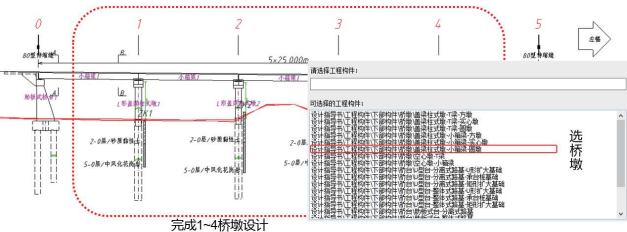


图2 设计过程标准化

设计成果标准化。设计成果包括总体图纸、构件详图、材料统计表等,其标准化主要表现为制图标准、表达风格等。设计成果的表达要实现标准化,就要借助计算机自动绘图技术,达到成果全部数控,成套施工图表由计算机自动生成。当设计发生变更时,重新执行绘图即可完成变更图表成果。

4 关键技术

根据以上分析,提出一种面向输入控制的标准化设计思路。具体从设计资料、设计过程、设计成果三个方面实现标准化。

实现面向输入控制的标准化设计技术,重点就是要最大限度的减少输入。实现该技术需要攻克以下三个关键技术,即系统性的自动出图出图、标准化库技术、自动计量技术,分别阐述如下:

系统性的自动出图技术。只要输入正确,全部图纸由程序自动出图且保证正确。计算机自动制图经过十几年的发展已经初具规模,其思想是通过描述结构的关键可变参数,自动生成工程图纸^[2]。可借助已有的桥梁结构参数化制图平台实现。

标准化库技术。将绝大部分参数取值规则、设计经验入库,大幅度降低输入数据。将桥梁设计理解为若干参数化的零件库、构件库通过设计流程将这些零部件有机组装的过程。零件库主要包括工程材料、桥面系、附属结构、设计标准、制图标准等,通过参数化的方式描述,并在设计过程中被调用,见图3、图4。

普通钢筋	
标称名称	HRB400
钢筋种类	HRB400
弹性模量E(MPa)	200000
密度g/mm³(kg/m³)	7850
线膨胀系数α(1/度)	0
是否环氧树脂涂层	☐
抗拉强度标准值f _{sk} (MPa)	400
抗压强度设计值f _{sd} '(MPa)	330
抗拉强度设计值f _{sd} (MPa)	330
备注	中交新钢筋: HRB400钢筋

图3 零件库示例 (HRB400)

支座	
标称名称	GBZJ500×600×110 (CR)
类型	矩形板式橡胶支座
顺桥向长度A(mm)	500
横桥向宽度B(mm)	600
安装高度F ₁ ×H(mm)	113
垫石最小边距d(mm)	50
橡胶层总厚度H(mm)	80
支座位移系数	8.92
竖向容许承载力F ₁ (kN)	2891
顺桥向水平承载力F ₂ (kN)	

图4 零件库示例 (板式支座)

构件库通过标准件库、设计方法库和经验表描述一个构件。标准件库是将标准图通过数字化的常参数形式表达^[3],包括构造、钢筋等所有参数,标准件

库是一个构件全部参数的表达,根据标准化程度的不同,标准件库的参数被实际调用的程度存在差异。

设计方法库则负责解决构件在实际桥梁上标准件库的调用、构造的布置原则,见图5、图6。

设计方法库\桥墩\T梁盖梁柱式墩\盖梁柱式墩-T梁-圆墩	
构造	
构造设计方式	按设计条件
是否刚性旋转	☐
顺桥向长度(mm)	2000
盖梁高度	[M]1500,0
端部高度(mm)	800
盖梁底缘形式	直线变高段
变高段长度或襟边(mm)	[!:]1125;[!:]1125

图5 设计方法示例(盖梁)

设计方法库\桥墩\T梁盖梁柱式墩\盖梁柱式墩-T梁-圆墩	
墩柱	
纵向布置设计方式	按设计条件
纵向布置	0,0
横向布置设计方式	按设计条件
上部为箱梁时自动横向布置同支座	☒
横向布置计算方式	指定中距
中距(mm)	7200
墩高取整级别(mm)	0
构造设计方式	按设计条件
截面类型	圆形
直径(mm)	1300

图6 设计方法示例(立柱)

最后,通过经验表将构造和钢筋中的常参数扩展为经验表,该技术可极大的减少构件数量。经验表由条件和值两部分组成,通过对跨径、桥宽、墩高等条件进行筛选,给出相应情况下的参数取值,见图7、图8。

跨径范围(m)	桥宽范围(m)	墩类型	墩高范围(m)	抗震设防烈度	墩柱标准段尺寸(m)	主桥直径(mm)	主桥墩数	墩距(m)
(0, 22]	[12, 12.9]	(1, 5)	(15, 100)	2	1.45	[1]1.3	0.75	1.3
(0, 22]	[12, 12.9]	(1, 5)	(15, 100)	2	1.45	[1]1.3	0.75	1.6
(0, 22]	[12, 12.9]	(1, 5, 22.5)	(15, 100)	2	1.45	[1]1.3	0.75	1.3
(0, 22]	[12, 12.9]	(1, 5, 22.5)	(15, 100)	2	1.45	[1]1.3	0.75	1.6
(0, 22]	[12, 12.9]	(22.5, 36)	(15, 100)	2	1.45	[1]1.3	0.75	1.3
(0, 22]	[12, 12.9]	(22.5, 36)	(15, 100)	2	1.45	[1]1.3	0.75	1.6

图7 钢筋经验表示例(立柱)

跨径范围(m)	桥宽范围(m)	斜交范围(度)	墩类型	墩高范围(m)	墩柱标准段尺寸(m)	主桥直径(mm)	主桥墩数	墩距(m)
(0, 22]	[12, 12.9]	(1, 5)	(15, 100)	2	1.45	[1]1.3	0.75	1.3
(0, 22]	[12, 12.9]	(1, 5)	(15, 100)	2	1.45	[1]1.3	0.75	1.6
(0, 22]	[12, 12.9]	(1, 5, 22.5)	(15, 100)	2	1.45	[1]1.3	0.75	1.3
(0, 22]	[12, 12.9]	(1, 5, 22.5)	(15, 100)	2	1.45	[1]1.3	0.75	1.6
(0, 22]	[12, 12.9]	(22.5, 36)	(15, 100)	2	1.45	[1]1.3	0.75	1.3
(0, 22]	[12, 12.9]	(22.5, 36)	(15, 100)	2	1.45	[1]1.3	0.75	1.6

图8 构造经验表(盖梁柱式墩)

构件库的参数存在优先级,从低到高依次为标准件库、设计方法库、经验表。即标准件库中的参数可能被设计方法库替换,设计方法库和标准件库中的参数最终也会被经验表中的参数强制替换。对于常规装配式桥梁,根据标准化程度的不同,不同构件的标准件库、设计方法库、经验表三者的参数权重分布存在显著差异。总体来说,装配式构件比现浇构件的标准化程度更高,因此装配式构件大部分参数直接用标准件库即可表达,而现浇构件则更多的需要

借助设计方法和经验表来补充描述。举例见表1。

表1 不同构件的参数权重分布示例

构件名称	标准件库	设计方法库	经验表
装配式上构	绝大部分	少量(仅材料、标准件调用、梁板布置)	极少
盖梁柱式墩	较少	较多(材料、构造参数、布置原则)	较多(构造、配筋经验)

自动计量技术。计量规则需预置到程序中,每个构件的材料数量将通过运算法则送入材料数量表矩阵中去,自动完成计量。计量过程全封闭,原则上不得人工干预。当然,对于附属结构和临时结构,可通过给定计量算法公式,直接调用设计模型中的参数进行计量,也可通过人工干预实现。对于常规装配式桥梁,可考虑按表2方式处理。

表2 不同构件的参数权重分布示例

构件名称	是否出图	计量方式	人工干预
装配式上构	不出图,直接套用标准图	标准件库中直接录入材料数量	不需
下部结构	程序直接参数化出图	以出图结果材料送入材料表	不需
附属、临时结构	不出图,直接套用通用图	有明确算法时,结合设计模型参数计量 无明确算法时,通过人工干预填写	不需 是

5 应用

常规桥梁标准化设计系统已在某省实施落地并应用,并取得了很好的应用效果。该系统主要目标是实现等宽装配式桥梁一键图表。上下部构件共计10大类,考虑上构类型、桥宽、路基类型、斜交角、墩台高度、抗震等级等情况,共计构件图纸580套。通过应用标准化库技术后,只需20个构件库,见图9。工程师在做常规桥梁设计时,只需要完成分孔、构件选型、调好桩长即可完成设计,通过自动出图技术和自动计量技术完成所有图表。

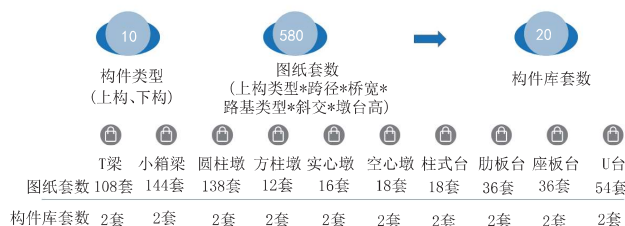


图9 应用标准化库技术后构件库的效果

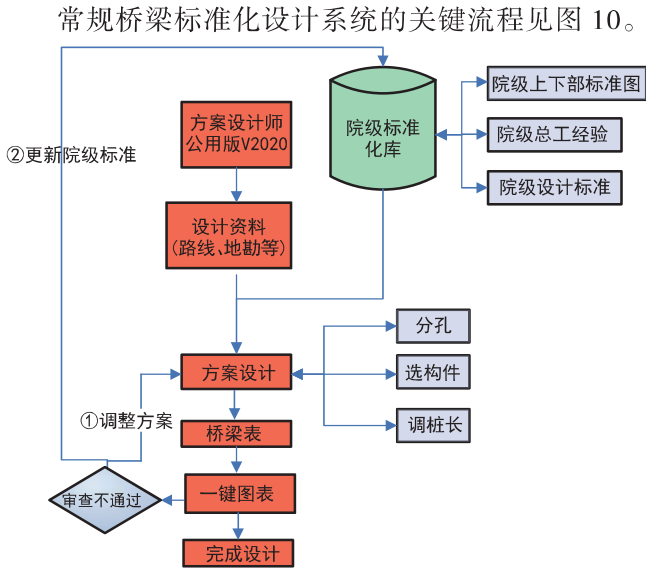


图 10 常规桥梁标准化设计系统的流程图

6 结 语

经过以上分析,结合系统在实践中效果,可以得出以下结论:

(1)在现有桥梁自动化制图软件基础上,结合各设计院的技术标准及院标准化图纸的技术积累,实现面向输入控制的标准化设计技术是完全可行的。

(2)系统在实际应用中,在设计资料、设计过程、设计成果均实现标准化,标准化设计水平、设计效率大幅提升,常规桥梁的设计重心大幅度向设计本身转移,解放工程师双手的同时,通过标准化系统提高了设计成果的质量。

(3)等宽常规桥梁作为标准化设计系统的先期有益尝试,为变宽复杂桥梁、现浇梁桥的标准化积累了基础,也为其他同类型设计院提供了标准化系统定制研发的借鉴。

参考文献:

[1] 卢卓君,袁国平,范之英.数字化设计技术的研究与应用[J].公路,2008(3):94-95.
[2] 阮雪飞,凌桂香,周宗泽.数字技术在桥梁标准化设计中的应用[J].交通科技,2014(5):52-54.
[3] 韩厚正.基于 BIM 的桥梁智能设计与自动绘图系统的研究与实践[J].道路桥梁,2016(3):17.

(上接第 89 页)

效应的附加质量模型以及考虑流固耦合效应的 Housner 模型进行计算。主要有以下结论:

(1)Housner 模型的侧弯及竖弯频率均会随渡槽内水位的增加而不断下降;

(2)附加质量模型和 Housner 模型在结构竖弯频率及纵飘频率上比较接近,说明在纵向和竖向两个方向上流固耦合效应不显著,尤其是纵向;

(3)附加质量模型和 Housner 模型在结构侧弯频率上会产生显著差异;

(4)而 Housner 模型中结构的侧弯频率可以划分为低频的水体振动和高频结构振动两部分,低频水体振动模态相当于使整个结构体系变得更加“柔性”,增加了体系的阻尼。

参考文献:

[1] 季日臣,苏小凤,严娟.水体质量对大型梁式渡槽横向抗震性能影响研究[J].地震工程学报,2013,35(3):569-574.
[2] 陈厚群.南水北调工程抗震安全性问题[J].中国水利水电科学研究院学报,2003(1):19-24.
[3] 李遇春,楼梦麟.强震下流体对渡槽槽身的作用[J].水利学报,2000(3):48-54+60.
[4] 徐建国,陈淮,王博.地震作用下大型渡槽结构动态应力计算方法研究[J].水利学报,2002(7):79-82.
[5] 白新理.大型渡槽结构优化设计、温度荷载及动力分析研究[Z].2008.
[6] 王博,徐建国.大型渡槽考虑土-结构相互作用的动力分析[J].世界地震工程,2000(3):110-115.
[7] 郑明燕.考虑 SSI 的减隔震简支桥梁(渡槽)建模及地震动力响应研究[D].北京:中国地质大学,2014.
[8] NB 35047—2015,水电工程水工建筑物抗震设计规范[S].
[9] 张盼盼.大型渡槽结构抗震计算的模型简化[D].湖南长沙:湖南大学,2011.