

关于城市高架桥梁装配率核算方法的探讨

任才¹,孙晓军²,杨炜²,齐新¹,周海峰¹

[1.上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市200092;2.无锡市城市重点建设项目管理中心,江苏无锡214031]

摘要:装配式建筑工程的评价标准相对比较完善,而装配式桥梁工程暂无正式颁布的评价标准。桥梁工程的评价体系与建筑工程存在较大的区别,不能直接套用。基于现桥梁工程装配率计算的研究成果,分别对评价指标的选择与权重系数的选取进行了系统研究,得到了推荐的城市高架桥梁装配率核算公式;通过对无锡多个桥梁工程装配率的计算,提出了装配式桥梁的评判标准。现通过对城市高架桥梁装配率核算方法的研究,以期促进桥梁装配式的进一步推广利用。

关键词:城市高架桥梁;装配率;评价指标;权重系数;评判标准

中图分类号: U445.2

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)12-0088-03

0 引言

为促进装配式建筑的发展,住房和城乡建设部颁布了《装配式建筑评价标准》(GB/T 51129—2017),作为装配式建筑标准体系的重要组成部分,规范了装配式建筑装配化程度的衡量标准^[1]。依据国家标准,上海市、广东省、重庆市、合肥市等各地地方根据自身发展特点又制定了地方标准或细则^[2-5],总体而言,建筑工程在装配式评价方面较为完善。

装配式桥梁技术十分成熟,应用十分广泛,近年来也从上部结构预制为主逐渐过渡到全预制装配桥梁^[6]。相对建筑工程,桥梁工程暂时没有正式颁布的装配式评价标准,桥梁工程的评价体系与建筑工程区别比较大,不能直接套用。上海作为装配式桥梁应用较早的城市,已着手编制装配式桥梁评价标准,其他省市暂未见相关研究。

现依托江苏省科研课题《市政基础设施装配率核算方法研究与应用》,针对城市高架桥装配率计算方法,分别从计算公式、评价系数、评判标准三方面进行了系统研究,核算方法与评判标准的制定旨在指导桥梁装配技术的健康发展,促进桥梁装配式的进一步推广利用。

1 研究现状

目前上海对装配式桥梁评价标准的研究较为系统,公布了评价标准征求意见稿,其中包括了上海市

城市建设设计研究总院(集团)有限公司主编的《装配式桥梁评价标准(征求意见稿)》和上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司主编的《桥梁工业化评价标准(征求意见稿)》。

1.1 《装配式桥梁评价标准(征求意见稿)》

该标准中装配化评价是综合装配率的概念,是对上部结构、下部结构和附属结构三部分装配率的一个综合评价指标,与本课题研究的市政桥梁装配率计算方法较为一致,其计算方法如下:

$$Q_p = \alpha_u Q_u + \alpha_d Q_d + \alpha_a Q_a \quad (1)$$

公式中上部结构、下部结构和附属结构的权重系数根据桥梁构件的重要程度、工程实践经验和技术发展水平,权重系数分别推荐采用0.35、0.40、0.25。

在判断工程是否为装配式桥梁时,根据该标准只有当工业化评价和装配化评价不低于60分方可认为是装配式桥梁。

1.2 《桥梁工业化评价标准(征求意见稿)》

此标准中桥梁装配率计算考虑了桥台、立柱、盖梁、主梁和防撞护栏五部分,其计算方法如下:

$$P = \omega_1 P_1 + \omega_2 P_2 + \omega_3 P_3 + \omega_4 P_4 + \omega_5 P_5 \quad (2)$$

公式中权重系数根据跨径不同相应变化,具体取值可参见相应标准。在一定规模长度的情况下,桥台数量相对桥墩少得多,其权重系数较小比较合理;防撞护栏相对主体结构体量也小得多,权重系数小,不随跨径变化而变化;随着跨径增大,立柱、盖梁投资所占桥梁整体投资的比例减少,通过针对不同跨径桥梁各构件混凝土用量或折算混凝土用量的比例进行分析,得出不同跨径时桥梁各构件标准化设计评价权重。

收稿日期:2023-01-05

作者简介:任才(1989—),男,工学硕士,工程师,从事桥梁结构设计工作。

2 城市高架桥装配率计算方法

总体上,前述两个标准中对桥梁装配率的计算思路基本一致,计算形式上是对桥梁各个组成部分装配率的综合加权,主要是在组成部分的选择和加权系数的确定上存在一定差异。因此本次研究思路如下:基于已有计算模式,结合城市高架桥的特点进行修正与完善。

2.1 评价指标的选择

桥梁结构主要包括基础、承台、立柱、盖梁、桥台、主梁、防撞护栏、其他附属设施,通过构件重要程度、造价占比、装配的意义、发展现状等多方面进行综合比较确定(见表 1)。

表 1 评价指标选择综合比选表

项目	重要程度	造价占比	装配意义	发展现状
扩大基础	★★★★	★★★★	★	★
桩基础	★★★★	★★★★	★★★★	★★
承台	★★★★	★★	★	★
桥台	★★★★★	★	★	★
立柱	★★★★★	★★★★	★★★★★	★★★★
盖梁	★★★★★	★★★★	★★★★★	★★★★
主梁	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★
防撞护栏	★★	★★	★★★★	★★★
其他附属	★	★	★★★★	★★

扩大基础、承台:构件均为主要受力构件,较为重要,且造价占比较大,但尺寸大、结构规整、钢筋布置简单,现场施工同样十分简单快速,相反采用预制装配存在运输吊装困难、成本较高,装配的意义不大,根据目前现状,几乎没有“扩大基础”、“承台”采用预制装配的案例,因此不建议参与评价。

桩基础:相比于扩大基础与承台,桩基础主要的区别在于装配的意义更大一些,一方面钻孔灌注桩基础施工需要泥浆护壁,对现场环境影响大,施工周期也较长;另一方面,桩基具有标准化程度高、适宜大规模标准件生产的特点。但目前预制装配虽有部分工程应用,但总体上还未普及,就目前发展阶段而言,建议可暂不参与评价,随着后续推广应用后再行纳入,现阶段可考虑作为鼓励性加分项的形式纳入。

桥台:对于一定规模的桥梁工程,桥台数量有限,桥台采用预制装配与大规模工厂化生产的理念并不相符,计入指标后容易出现“为了指标而装配”的现象,因此桥台不建议参与评价。

立柱、盖梁:构件均为主要受力构件,重要性高,且造价占比较大,结构形式统一,采用工厂化生产的质量可靠、精度高、对施工现场环境及交通影响小,是桥梁发展装配式结构重点鼓励的对象,随着近年来大量上、下部结构全预制装配桥梁的应用,技术十分成熟,因此该项目应该参与评价。

主梁:主梁是桥梁最主要的构件,也是造价占比最大的部分,预制装配技术发展较早,主梁预制是预制装配桥梁的基本要求,因此该项目应该参与评价。

防撞护栏:为附属结构,护栏标准化程度高,数量较多,采用预制装配能极大程度减少现场工作量,目前护栏采用预制装配施工也较为常见,采用预制装配具有较大的意义,因此该项目建议参与评价。

其他附属设施:不建议参与评价。

通过上述论述,本次建议参与装配率评价的指标包括 4 部分:立柱、盖梁、主梁和防撞护栏。

2.2 装配率计算方法

通过上述的研究,选定参与装配率评价的指标包括 4 部分,因此城市高架桥装配率计算方法如下所示:

$$P = \omega_1 P_1 + \omega_2 P_2 + \omega_3 P_3 + \omega_4 P_4 \tag{3}$$

式中: P 为装配率; P_1 为立柱装配率, P_1 = 预制装配式构件方量 / 总方量; P_2 为盖梁装配率, P_2 = 预制装配式构件方量 / 总方量; P_3 为主梁装配率, P_3 = 预制装配式构件桥面积 / 总桥面积; P_4 为防撞护栏装配率, P_4 = 预制装配式构件长度 / 总长度; ω_1 为立柱装配率的评价权重; ω_2 为盖梁装配率的评价权重; ω_3 为主梁装配率的评价权重; ω_4 为防撞护栏装配率的评价权重。当项目中某项不存在(如无盖梁的结构),评价权重系数需要相应调整,调整方法如下:

$$\omega_i' = \omega_i \times \frac{100}{\sum \omega_{\text{含}}} \tag{4}$$

2.3 评价权重的取值

评价权重的确定是评价计算最重要的参数,关于评价权重的取值《装配式桥梁评价标准(征求意见稿)》对上部结构、下部结构、附属结构分别取值 0.35、0.40、0.25,《桥梁工业化评价标准(征求意见稿)》中主要基于造价占比根据跨径给出了不同取值。

该项研究拟基于各部件的数量关系确定其评价权重,为此统计了无锡近几年主要几个装配式桥梁项目的数据,将各个部件的数量占比平均取整后作为各部件的评价权重(见表 2)。高浪路因采用了花瓶

墩而取消了盖梁,盖梁占比较小。

表2 桥梁不同构件混凝土数量统计表

项目	立柱	盖梁	主梁	护栏	总计
凤翔路	3 237	7 705	21 109	3 252	35 304
	9%	22%	60%	9%	100%
凤翔北路	24 498	45 080	157 951	17 101	244 630
	10%	18%	65%	7%	100%
高浪路	6 819	297	42 201	5 783	55 100
	12%	1%	77%	10%	100%
江海西路	17 417	36 831	93 524	11 450	159 222
	11%	23%	59%	7%	100%

通过表2看出,立柱数量占比9%~12%, ω_1 建议取值0.1;盖梁数量占比18~23%, ω_2 建议取值0.2;护栏数量占比7%~10%, ω_4 建议取值0.08;余下 ω_3 取值0.62。

与上海两部标准对比发现,此权重系数与《桥梁工业化评价标准(征求意见稿)》取值原则一致,基于实际工程测算的系数也基本相当,只是在其基础上进行了简化,而《装配式桥梁评价标准(征求意见稿)》中主要是基于构建重要性、工程实践经验和技术发展水平来取值,主观性更为明显,与本文及《桥梁工业化评价标准(征求意见稿)》中的取值差异较大。

3 装配式桥梁评价标准

按照上述计算方法得到城市高架桥综合装配率之后,还需要制定评价标准用以判定某个项目是否为装配式桥梁项目。同样先对无锡近几年主要几个采用装配式桥梁技术的项目的装配率进行计算,如表3所列。

经案例计算表明,如上、下部结构均采用预制拼装技术,整个项目装配率基本可以达到75%以上;如果仅上部结构采用预制拼装技术,且上部结构装配率达到97%以上时,综合装配率才能达到60%以上,因此建议采用如下规定:当装配率达到60%以上时,可被认定为装配式桥梁工程。

当上、下部结构均采用预制装配时,是较为容易满足条件的;在仅上部结构采用预制拼装技术时,要

表3 装配率计算一览表

项目	立柱	盖梁	主梁	护栏	装配率
凤翔路	80.1%	86.3%	95.1%	0	84.2%
	0.1	0.2	0.62	0.08	
凤翔北路	70.3%	79.5%	87.7%	0	77.3%
	0.1	0.2	0.62	0.08	
高浪路	0	—	97.2%	0	75.3%
	0.125	0	0.775	0.1	
江海西路	0	0	92.8%	0	57.5%
	0.1	0.2	0.62	0.08	

想达到装配式桥梁工程的条件,上部结构基本要全部预制装配方可。在此规定下,一方面也是为了鼓励推行上、下部结构全预制装配桥梁,一方面也为仅上部装配的桥梁工程能纳入装配式范畴留了一个可能性。

4 结 语

通过上述分析可以得到如下结论:

(1)桥梁工程装配率评价指标的选择需通过构件重要程度、造价占比、装配的意义、发展现状等多方面进行综合比较确定,本文建议包括4部分:立柱、盖梁、主梁和防撞护栏。

(2)基于实际工程统计分析,对桥梁结构各部件的材料数量关系进行了研究,提出立柱、盖梁、主梁和防撞护栏权重系数分别为0.1、0.2、0.62和0.08。

(3)基于实际工程的装配率测算,建议当装配率达到60%以上时,可被判定为装配式桥梁工程。

参考文献:

[1] GB/T 51129—2017,装配式建筑评价标准[S].
[2] 何夕平,赵仁松,李文海.不同地区装配式建筑评价方法的特点及对比分析[J].安徽建筑大学学报,2020,28(6):39-44.
[3] 李伟兴,徐伟栋,刘琛.《上海市装配式建筑单体预制率和装配率计算细则》文件修编思路及新旧内容对比解读[J].建筑结构,2020,50(17):1-6.
[4] 尹有惠,张艺伟,陈建名,等.重庆市装配式建筑装配化程度评价指标体系解读[J].重庆建筑,2019,18(8):21-23.
[5] DBJ/T 15-163-2019,装配式建筑评价标准[S].
[6] 周良,闫兴非,李雪峰.桥梁全预制拼装技术的探索与实践[J].城市道桥与防洪,2018(9):38-41.