



装配式混凝土建筑的经济评价方法初探

吴水根 王佳佳

同济大学建筑工程系 上海 200092

摘要: 装配式混凝土建筑的发展得到了政府的大力推广和支持,但其较高的成本成为制约其发展的“瓶颈”。为此,通过对其经济性进行分析,包括建设项目的前期准备阶段、设计阶段、建造阶段和使用维护阶段,分别提取了多个经济评价指标,并运用模糊综合评价法建立了经济评价模型。该评价方法可用于发现某个项目在经济性方面存在的问题,也可进行多个方案之间经济性的比选,具有一定的科学性和实用性。

关键词: 装配式混凝土建筑;模糊综合评价法;经济指标;建设全过程管理

中图分类号: TU723.3

文献标志码: B

DOI: 10.14144/j.cnki.jzsg.2016.03.045

Preliminary Discussion on Economical Evaluation Method of Prefabricated Concrete Building

WU Shuigen WANG Jiajia

Department of Structural Engineering, Tongji University Shanghai 200092

随着政府对装配式混凝土住宅的扶持,有关预制装配式建筑的研究也不断深入,研究范围涵盖了PC技术、施工组织与设计、部品标准化等多个方面。本文主要通过建立装配式混凝土建筑的经济评价模型,对装配式混凝土建筑的经济性进行全过程的综合评价。

1 装配式建筑经济评价的内容

1.1 前期准备阶段

在工程建设中,前期准备阶段的工作一般包括投资机会研究、初步可行性研究、可行性研究和项目前评估4个阶段,其中,投资决策的结果对整个项目的可行性有直接影响,对工程造价的影响很大。

1.2 设计阶段

对于装配式混凝土建筑而言,其设计可分为:建筑设计、预制构件的拆分设计和预制构件的工厂化生产设计(含构件图设计和构件的模具设计)3个阶段,其典型的经济指标可选择“结构选型”“PC构件设计”和“构件模具设计”。

不同的结构选型各有其优缺点,关键是要结合待建项目,选择最合适的结构体系,达到技术和成本的双赢。构件的设计要向着模数化、通用性的方向发展,以减少PC构件的固定成本。构件的模具设计则应尽量减少种类、提高其周转次数,满足装拆简便、尺寸精确等要求,以降低成本。

1.3 建造阶段

重点选取工厂预制、构配件仓储运输、现场安装施工、工期和绿色施工这5个经济指标。其中,工厂预制费用应包含构件生产厂房、设备和技术等固定资产摊销,以及生产构件的材料购置费用和生产人工费用;构配件的运输费为预制构配件从生产工厂运到施工现场的费用,与运输方式和运输距离密切相关;现场安装施工费用通常包括人工、材料和机械费用,其影响因素主要有施工组织设计、构件的接收和吊装、现场支模水平、钢筋绑扎和传统施工面现浇作业等;业主单位和施工单位对于工期都非常重视,由于构件预制,在寒冷的冬天也可以顺利施工,预制构件使得内外装修可以同时进行,当主体结构封顶后便可以立即实现外围封闭,减少了施工噪声和扬尘,是对“文明施工”的积极响应;由于构件预制,在扬尘、粉刷、落地灰、噪声、散装物料、废物废水排放、模板木材节省、建筑垃圾和废弃物处理等绿色施工方面都有积极的影响,也符合当今国家对于环境保护的号召^[1-3]。

1.4 使用维护阶段

使用维护阶段的费用主要指房屋在使用过程中所产生的能耗费用和维护费用。装配式混凝土建筑在使用阶段的成本占比最大的是能耗费用,主要包括供暖、制冷、照明、通风和设备成本;装配式混凝土建筑的维护费用主要体现在计划性和零星的维护措施费用方面,在临时停止使用和计划停止使用的故障性维修方面花费较低。

2 装配式混凝土建筑经济评价方法

在经济评价内容中,涉及到了多个影响因素,并且有些影响因素间还有相互作用,即存在大量的模糊现象和概



作者简介:吴水根(1965—),男,硕士,高级工程师。

通信地址:上海市四平路1239号(200092)。

收稿日期:2015-12-28



念。因此,本文采取模糊综合评价法对这些影响因素进行量化,以便于对装配式混凝土建筑经济性进行综合评价。

2.1 建立建设全过程的经济评价指标体系与层次模型

通过对装配式混凝土建筑的经济性进行分析,并结合装配式混凝土建筑的特性,本文选取了有代表性、有引导作用的经济评价指标来构建其经济评价指标体系,如表1所示。

表1 装配式混凝土建筑经济评价指标体系

评价对象	一级经济评价指标	二级经济评价指标	指标描述
装配式混凝土建筑经济评价(U)	前期准备阶段(T ₁)	投资决策(Q ₁)	包括对市场的合理定位、决策分析与评价时采取方法的科学性、是否进行多方案比较并对方案进行优化。若有进行相应的科研课题,成果是否对装配式建筑的发展有所贡献。
	设计阶段(T ₂)	结构选型(Q ₂)	针对不同的建筑种类、性能,兼顾经济性,选取合适的结构体系,包括:框架结构体系、剪力墙体系、预制夹心保温外墙体系以及由它们组成的框剪结构等混合结构。
		PC构件设计(Q ₃)	构件设计的参数化、模数化程度、通用程度。对BIM技术的运用,对装配式户型库和PC构件产品库的贡献。
		构件模具设计(Q ₄)	模具设计是否合理,是否有利于增加模具周转次数,是否具有好的强度、刚度和稳定性,尺寸和形状精确度。
	建造阶段(T ₃)	工厂预制(Q ₅)	所采用的仪器设备、生产工艺和管理流程是否合理,是否有利于控制成本。
		构配件仓储运输(Q ₆)	运输方式、运输距离。构件堆放是否有序、空间组织是否合理,与施工现场的有序对接程度。
		现场安装施工(Q ₇)	分为人工、材料、机械费用。影响因素包括施工组织设计、构件的接收和吊装、现场支模水平、钢筋绑扎和传统施工面现浇作业。
		工期(Q ₈)	是否制订了利于建设项目经济性的工期计划,根据工程特点进行工期计划的优化,并结合工程实际进展情况进行动态的工期控制。
		绿色施工(Q ₉)	是否采取了绿色施工的相关措施,制定了绿色施工的计划并对其成本加以合理控制。
	使用维护阶段(T ₄)	使用维护费用(Q ₁₀)	包括能源消耗费、管理服务费、财产保险费 and 日常维修支出。是否利于降低能耗、降低使用成本,具有合适的日常维修周期、完善的房屋维修基金收缴制度、良好的物业管理水平。

2.2 建立评语集

评语集是对经济评价可能出现的结果的集合,通常记为 $V=\{v_1, v_2, \dots, v_p\}$ 。运用语义学标度可将指标可能出现的测量结果分为4个等级:优秀、良好、一般和差,即 $V=\{v_1, v_2, v_3, v_4\}$ 并对其进行量化依次赋值为:4、3、2、1。

2.3 确定各指标权重

权重是指各评价因素的地位和重要程度。在模糊综合评价法中,规定第一级评价因素的权重和为1,并且每个评价因素的下一级评价因素权重之和也为1。本文采取层次分析法来确定各因素的权重,其步骤如下^[4-5]。

1) 建立层次结构模型。通过对问题的分析,将各影响因素按性质自上而下分成若干个层次,建立起层次模型。同一层的因素既从属于上一层的因素又对其有一定程度的

影响,同时还对隶属于该因素的下层因素起支配作用。在此,我们选取表1中的评价指标体系构建其层次结构模型。

2) 构造成对比较矩阵。从层次结构模型的第二层开始,对于从属于上一层每个因素的同层各个因素,用成对比较法按1~9的比例标度对其重要性程度进行比较打分,得到一个两两比较的判断矩阵,直到最下层。

3) 计算权向量并进行一致性检验。计算每一个比较判断矩阵的最大特征根和对应的特征向量,并对其进行一致性检验。通过一致性检验的特征向量在归一化后即成为权向量,未通过一致性检验的需要重新修改、构造比较判断矩阵,直到满足要求为止。至于构造调查问卷,可邀请造价领域相关的多位专家、学者和工程师,根据各层次指标之间对经济性影响的重要程度进行打分。通过分析法求得 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 这4个阶段对经济评价集合 U 的权重向量为 $Q=(0.35, 0.37, 0.15, 0.13)$, T_1 的权重向量为 $q_1=(q_{11})=(1.00)$, T_2 各指标的权重向量为 $q_2=(q_{21}, q_{22}, q_{23})=(0.67, 0.18, 0.15)$, T_3 的权重向量为 $q_3=(q_{31}, q_{32}, q_{33}, q_{34}, q_{35})=(0.27, 0.12, 0.20, 0.25, 0.17)$, T_4 的权重向量为 $q_4=(q_{41})=(1.00)$ 。

2.4 求解二级经济评价指标的隶属度

基于前述设定的评语集,采取专家打分法对某装配式混凝土建筑的各个指标完成情况进行打分。本文以位于海口市新区的一座老年公寓为例:该建筑地上25层,地下2层,总建筑面积约25 000 m²,地上建筑高度88 m,其建筑外立面如图1所示。



图1 外立面示意

该工程采用预制框架和现浇剪力墙结构体系,总体装配率达到70%,其标准层结构布置情况见图2。

公寓外墙内外装饰、结构、保温、门窗均采用整体工厂化生产,整个工程合理控制成本,以便于施工和绿色建筑为建造目标,图3为其现场拼装示意。

有10位专家参加了该项目各经济指标的打分过程。以“投资决策”指标为例,有5人认为“优秀”,4人认为“良好”,1人认为“一般”,0人认为“差”,则该指标的判断向量为(0.50, 0.40, 0.10, 0.00),依次将各指标的得分进行统计,并归一化,可以构造单因素评价的向量 R_1 、

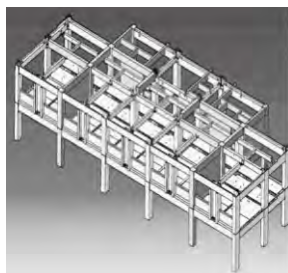


图2 标准层结构布置示意



图3 现场拼装示意

R_2 、 R_3 和 R_4 如下:

$$R_1 = [0.50 \ 0.40 \ 0.10 \ 0.00],$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.20 & 0.50 & 0.20 & 0.10 \\ 0.60 & 0.40 & 0.00 & 0.00 \\ 0.30 & 0.30 & 0.30 & 1.00 \end{bmatrix},$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.60 & 0.20 & 0.20 & 0.00 \\ 0.30 & 0.40 & 0.20 & 0.10 \\ 0.30 & 0.40 & 0.30 & 0.00 \\ 0.20 & 0.30 & 0.30 & 0.20 \\ 0.30 & 0.40 & 0.20 & 0.10 \end{bmatrix},$$

$$R_4 = [0.30 \ 0.30 \ 0.30 \ 0.10].$$

其中, r_{ij} 表示指标 Q_i 对评语集 V_j 的隶属度,即被评价对象在指标 Q_i 方面的表现是通过模糊向量($R|Q_i$)= $(r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, r_{i4})$ 来刻画的,其求解步骤为前述的专家打分法,即若专家组有 n 人,认为 Q_i 指标为 V_j 等级的人数为 n_{ij} ,则 $r_{ij} = \frac{n_{ij}}{n}$ 。

2.5 合成模糊综合评价结果向量

结合判断矩阵与其对应的权重向量,可得二级经济评价指标模糊综合评价结果为:

$$B_i = q_i \cdot R_i = (q_{i1}, q_{i2}, \dots, q_{in}) \cdot \begin{bmatrix} r_{i1} & r_{i2} & \dots & r_{i4} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{24} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{n4} \end{bmatrix}$$

$$= (b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{i4}).$$

计算得到 $B_1=(0.50, 0.40, 0.10, 0.00)$, $B_2=(0.29, 0.45, 0.18, 0.08)$, $B_3=(0.36, 0.32, 0.24, 0.08)$, $B_4=(0.30, 0.30, 0.30, 0.10)$ 。一级经济评价指标的判断矩阵即为: $R=[B_1 \ B_2 \ B_3 \ B_4]^T$, 一级经济评价指标的模糊综合评价结果为:

$$B=Q \cdot R = (b_1, b_2, b_3, b_4)$$

$$=(0.35, 0.37, 0.15, 0.13) \cdot \begin{bmatrix} 0.50 & 0.40 & 0.10 & 0.00 \\ 0.29 & 0.45 & 0.18 & 0.08 \\ 0.36 & 0.33 & 0.25 & 0.08 \\ 0.30 & 0.30 & 0.30 & 0.10 \end{bmatrix}$$

$$= (0.38, 0.40, 0.18, 0.05).$$

2.6 分析模糊综合评价结果

根据评价结果计算评分值,并对其进行等级评定。

二级经济评价指标评分值的计算公式如下: $A_j=\{4, 3, 2, 1\} \cdot B_j^T=4 \times b_{j1}+3 \times b_{j2}+2 \times b_{j3}+1 \times b_{j4}$ 。一级经济评价指标综合评分值的计算公式为: $A_0=\{4, 3, 2, 1\} \cdot B_0^T=4 \times b_1+3 \times b_2+2 \times b_3+1 \times b_4$ 。评价结果的定量分级标准如表2所示。

表2 评价定量分级标准

评价值	$A_i > 3.5$	$2.5 < A_i \leq 3.5$	$1.5 < A_i \leq 2.5$	$A_i \leq 1.5$
评语	优秀	良好	一般	差

代入数据求得: $A_1=3.40$, $A_2=2.95$, $A_3=2.96$, $A_4=2.80$, $A_0=3.13$ 。可知该装配式混凝土建筑各层次评价结果均为“良好”级别^[6-7]。

3 结语

本文通过采取模糊综合评价法,建立了装配式混凝土建筑全过程的经济评价模型,得出了如下关于装配式混凝土建筑经济性的结论。

1) 我国装配式建筑行业目前仍处于摸索发展阶段,装配式建筑普遍存在“快”而“不省”的局面,预制装配式混凝土建筑住宅的成本控制将成为住宅产业发展的关键。

2) 判别一种结构体系的经济性,不能仅简单地将结构主体的造价进行比较,必须综合考虑所有影响造价的因素。

3) 对建筑的经济性进行评价,可以综合采用层次分析法、模糊综合评价法、专家打分法等方法,使得结果更加精确。

【参考文献】

- [1] 段凯元,张季超.预制装配式混凝土住宅设计施工一体化研究[J].施工技术,2014(22):45-47.
- [2] 顾进.住宅产业化之PC构件模具解决方案[J].建筑施工,2010(5):445-448.
- [3] 张红霞.装配式住宅全生命周期经济性分析[D].泰安:山东农业大学,2013.
- [4] 王爽,王春艳.装配式建筑与传统现浇建筑造价对比浅析[J].建筑与预算,2014(7):26-29.
- [5] 张维恭,胡智敏.台湾钢结构建筑及H型钢之使用[J].建筑钢结构进展,2002(1):24-32.
- [6] 朱建华,於林峰,朱永明.当前我国工业化住宅的建设情况与策略研究[J].混凝土与水泥制品,2013(3):62-65.
- [7] 李丽红,肖祖海,付欣,等.装配整体式建筑土建工程成本分析[J].建筑经济,2014(11):63-67.