

付建, 李晓明, 张茜. 基于 AHP 法的地震灾后恢复重建民用建筑工程施工质量控制模型[J]. 灾害学, 2021, 36(2): 155 - 158. [FU Jian, LI Xiaoming and ZHANG Qian. Construction Quality Control Model of Post-disaster Restoration and Reconstruction Civil Building Engineering based on AHP Method[J]. Journal of Catastrophology, 2021, 36(2): 155 - 158. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2021.02.027.]

基于 AHP 法的地震灾后恢复重建民用建筑工程施工质量控制模型*

付建, 李晓明, 张茜

(攀枝花学院 土木与建筑工程学院, 四川 攀枝花 617000)

摘要: 为了提高地震灾后恢复重建民用建筑工程施工质量控制效果, 设计一个基于 AHP 法的灾后恢复重建民用建筑工程施工质量控制模型。从抗震能力、节能等方面进行考虑, 建立了灾后恢复重建民用建筑工程施工质量评价体系, 采用层次分析法计算指标权重并进行一致性检验, 对施工质量进行评价, 根据评价结果确定需要控制项目的优先级, 从而对具体对象进行质量控制, 以此完成基于 AHP 法的灾后恢复重建民用建筑工程施工质量控制模型的设计。并通过实例分析证明了此次研究的质量控制模型的可行性与有效性, 为灾后恢复重建民用建筑工程施工质量控制提供参考。

关键词: AHP 法; 灾后恢复重建; 施工质量; 控制; 地震灾害

中图分类号: TU712; X43; X915.5; P315 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2021)02-0155-04

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2021.02.027

伴随着经济的发展和建筑技术的不断进步, 地震灾害灾后重建工程的规模也随之扩大。施工周期和施工难度成为影响建筑工程质量的重要因素。如果这些影响因素不能得到有效的控制, 就会导致工程质量和人身安全事故, 从而给工程建设造成重大的经济损失^[1]。目前对建筑工程质量的评价方法较多, 主要有专家评分法、德尔菲法、蒙特卡洛法、层次化分析法、计算机集成模型法、模糊分析法等。但这几种方法都存在一定的不足, 为了提高施工质量控制模式在建筑工程中的应用效果^[2], 需要对其进行优化设计。

AHP 就是把复杂问题分成若干层次, 然后根据客观事实的判断给出各个层次相对重要程度的量化指标, 也就是转换比较判断矩阵^[3]。定性与定量相结合的方式适用于经济分析、经营决策、行为科学、医学、教育、军事、农业、环境等多个领域。在多重选择、多重指标难以确定的情况下, 可将复杂问题按其性质进行层次划分, 使多因素比较变为简单的成对比较^[4]。由此可见, 相对于一般的风险评价方法, 层次分析法的评价结果更具有客观性和合理性, 能合理分析无法量化的因素。所以在地震灾后恢复重建民用建筑工程施工质量控制模型中, 采用 AHP 法确定权值, 通过数学矩阵运算, 获得客观的风险评价结果, 从而实现施工质量的控制, 提高工程质量控制水平。

1 基于 AHP 法的施工质量控制

为了保证施工质量, 必须对施工质量进行评估, 以评估结果为依据进行控制, 最大限度地降低风险^[5]。工程质量控制的对象很多, 既有定性因素, 也有不确定因素。因此, 对建设项目质量进行全面、科学、客观的评价, 具有重要意义^[6]。由于地震灾后恢复重建施工过程中, 施工质量多为定性评价, 难以定量描述, 故采用层次分析法进行评价。层次分析法的层次结构模型如图 1 所示。

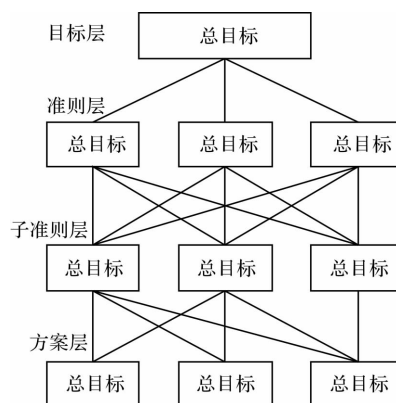


图1 层次分析法的层次结构模型

* 收稿日期: 2020-10-19

修回日期: 2020-12-21

基金项目: 四川省高校重点实验室 2020 年开放基金项目(SC_FQWLY-2020-Y-04)

第一作者简介: 付建(1982-), 男, 汉族, 四川简阳人, 硕士, 讲师, 主要从事工程结构及工程技术教学与研究。

E-mail: 33107698@qq.com

1.1 确定评价指标

在当地抗震设防标准下，灾后恢复重建房屋是否能承受地震破坏是灾民关注的重点问题，所选指标必须既要反映项目的质量，又要便于普通居民理解^[7]。同时，节约能源和环境自生态城镇概念提出以来，国家对生态节能建筑越来越重视^[8]。所以在建立地震灾后恢复重建民用建筑的质量评价体系时，可以考虑节能指标。基于以上简单分析，提出了以下评价指标体系(表1)。

表1 施工质量评价指标体系

目标层	准则层	指标层
重建工程 质量评价	抗震能力	结构选型
		整体结构性
		填充墙性质
		场址选址条件
	阻火与防排烟	人口密度
		楼梯间防排烟系统
		防火门
	震后应急疏散	疏散距离
		安全通道宽度
	环境	自然通风
		无障碍设计
		噪音
		建筑空间与色彩

1.2 定性评价

按照 AHP 原则，在施工项目的各个评价指标之间建立了层次关系，形成了一个目标层、方案层和准则层的多层次评价指标体系。每一层之间的层次关系是：标准层中的某一要素决定了方案层中的某一要素，方案层中的各个要素决定了目标层中的整体风险^[9]，方案层和标准层中的每一要素由目标层决定。

通过上述分析，建立起层次判断矩阵，方案层中的各个元素按照层次结构以目标层为标准，与准则层进行比较。衡量比较指标与目标层的重要性；并给出判断值 A ，形成判断矩阵。一般地，隶属于指标 A_i 的指标 B_j 等于 $j = (1, 2, \cdots, m)$ ，其判断矩阵为：

$$B = \begin{bmatrix} A & B_1 & B_2 & \cdots & B_m \\ B_1 & b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1m} \\ B_2 & b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ B_m & b_{m1} & b_{m2} & \cdots & b_{mm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中： B_j 代表隶属于 A_i 的各项指标。对于各个指标按照表 2 进行判别。

表2 矩阵判别标度

序号	标度	含义
1	1	B_i 和 B_j 相同重要
2	3	B_i 比 B_j 重要一点
3	5	B_i 明显比 B_j 重要
4	7	B_i 比 B_j 很重要
5	9	B_i 比 B_j 非常重要
6	倒数	与上述说明相反
7	2, 4, 6, 8	重要程度介于上述奇数中间

在判断矩阵一致性时，经常出现人为判断失误的现象，破坏了元素的传递，降低了决策结论的可信度^[10]。所以，得到配对比较矩阵后，需要

保证矩阵中数据的一致性。在一致性检验中，采用一致性指数、随机一致性指数进行判断，以得到质量评价结果^[11]，直至达到要求。

在此基础上，综合分析各个指标，进行综合评判，由专家对其进行评分。通过一致性判断，完成权重计算，结合专家评分，对建设项目的整体环境风险进行评价^[12]。其计算公式为：

$$Z = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (U_i \sum_{j=1}^n F_{ij}) \quad (2)$$

式中： Z 代表整个建筑工程质量综合评价价值， n 代表专家个数， F_{ij} 代表第 j 个专家对 i 个指标的评分， U_i 代表各个指标 i 的合成权重值。

基于以上计算，对整个地震灾后恢复重建民房工程的质量进行评价和判断，并根据评价结果进行质量控制^[13]，通过上述过程完成基于 AHP 法的灾后恢复重建民用建筑工程施工质量控制模型的构建。

2 实例分析

2.1 工程施工中的质量检查

为保证地震灾后重建工程的施工质量，建设单位成立了由管理人员、操作人员和质检员组成的质检员队伍，负责工程施工质量的检验与控制^[14]。建筑主体部分完工后，监理组定期检查混凝土外观、钢筋保护层厚度、混凝土强度和地面厚度。该工程基本特征表如表 3 所示。

表3 该工程基本特征表

序号	建筑工程等级	一级
1	层数	25/-1
2	建筑面积/ m^2	69 821.2
3	结构类型	剪力墙/框架结构
4	抗震设防烈度	Ⅵ
5	建筑抗震类别	标准设防类(丙类)
6	防水等级	-级
7	建筑高度(地上/地下)/m	79.3/4.2

地震灾后恢复重建工程施工具有工程工期紧、管理协调难度大、施工人员缺乏经验等特点。施工组织结构如图 2 所示。

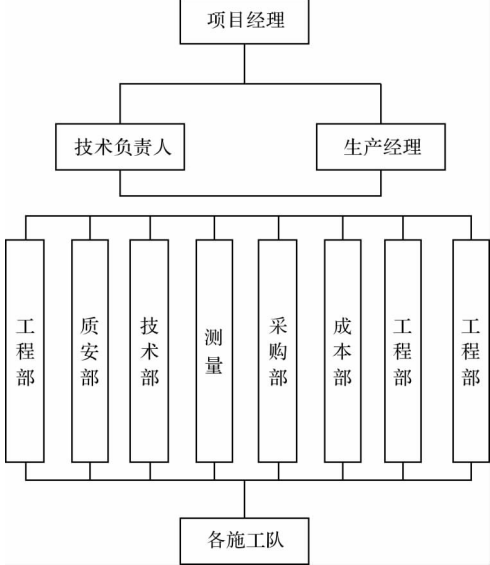


图2 施工组织结构图

2.2 混凝土外观质量

混凝土外观质量采用观测法检验, 水泥地面大部分是平坦的, 小部分区域存在蜂窝、表皮和孔洞; 施工缝结合紧密, 没有夹层; 水泥地面棱角整齐顺直, 梁柱节点、墙板角表面顺直清晰且光滑; 保护层无肋, 浇带边缘整齐; 预埋件表面平整密实, 预埋件螺栓外露, 符合要求并有保护^[15]。由此可见, 混凝土的外观质量在很大程度上得到控制, 但还有待提高。

2.3 AHP 层次分析法在施工中的运用

建立混凝土质量问题分析模型, 项目部根据检查中发现的混凝土外观质量问题及钢筋保护层厚度等问题, 请各方负责人及技术专家进行影响因素评估, 通过分析讨论确定各层次的影响指标。

通过现场调查, 从人员、机械、材料、方法、环境、施工前条件等方面排除了机械事故的原因。混凝土浇筑过程中所用的搅拌机、运输机械、振动器等设备及现场辅助设施均无故障, 一切正常。该项目采用商品混凝土, 每一次进场混凝土都要仔细核对生产单位提供的出厂合格证及各种检验报告。员工的技术水平、工作态度和现场人员的配置会对质量结果产生影响。除此之外, 钢筋和模板工程完工后的踩踏和堆叠会影响混凝土施工质量, 施工前的准备工作也会影响混凝土施工的连续性, 间接影响施工质量。水泥施工是一个需要专业技术的作业, 要采用正确的方法和程序进行浇筑、振动和固化。

技术人员依据 AHP 的原则, 通过讨论和分析, 建立了以下层次结构。

(1) 目标层: 混凝土质量问题 (包括外观质量缺陷, 如混凝土表面的蜂窝、麻面、裂缝和上部钢筋保护层厚度过大的现象);

(2) 准则层: 混凝土质量问题产生的因素 (包括人为原因、施工技术、施工前影响、环境因素);

(3) 指标层次: 各种因素影响指标的退化, 混凝土质量问题层次分析模型结构如图 3 所示。



图3 混凝土质量问题原因层次结构

依据上述过程构造判断矩阵, 按照 AHP 的原则, 需要给每一层的元素分配相对重要性。通过小组讨论, 现场调查和建立了混凝土质量问题的各级判断矩阵如下:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 & 6 \\ 1 & 1 & 3 & 5 \\ 1/2 & 1/3 & 1 & 3 \\ 1/6 & 1/5 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

其次, 采用 yaaph 分析软件计算上述判断矩阵的权向量, 并对其进行排序和一致性检验。yaaph 分析软件计算流程如图 4 所示。

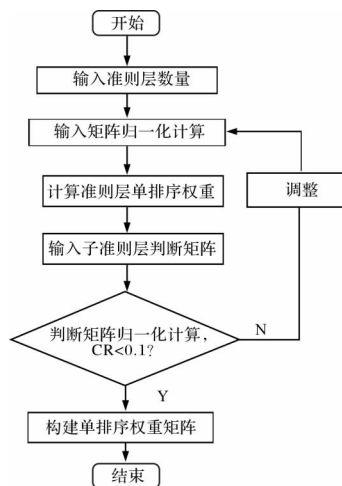


图4 yaaph 分析流程

采用加权比较法对影响因素进行了排序。权值表能直观地反映混凝土质量问题的主要影响因素, 如: 振动不足、质量意识薄弱、不规范的浇筑、不适当的操作等, 并能针对质量改进过程中规范执行不力、成品保护不到位、模板工程问题、混凝土维修不到位、员工情绪高涨等问题进行针对性改进。

表4 各元素对混凝土质量问题的影响权重排序

序号	影响因素	权数
1	振捣	0.213 5
2	质量意识	0.186 2
3	浇筑	0.117 6
4	规范执行	0.093 8
5	成品保护	0.075 9
6	模板工程	0.065 4
7	养护	0.036 4
8	员工情绪	0.051 2
9	现场准备	0.036 5
10	人员配置	0.025 4
11	钢筋工程	0.016 9
12	运输环境	0.012 5
13	施工温度	0.010 2

至此, 通过上述过程完成对施工质量的评价, 依据评价结果提出相应的控制措施。

综上所述, 此次研究的施工质量控制模型能够有效对影响施工质量的因素进行分析, 从而采用合理的方法加以控制, 具有一定的实际应用意义。

3 结束语

施工过程控制是保证地震灾后恢复重建工程质量的重要环节,为此对施工质量控制模型进行了设计。重点采用了层次分析法对施工过程进行质量控制,并通过案例的分析论证来控制常见的质量问题。通过对施工过程的动态分析,典型的质量问题得到了明显的改善,工程质量达到了预期的目标,受到了多方好评。

伴随着建筑行业的不断发展,建筑形式越来越复杂,质量控制会越来越困难。为了满足新形势下的工程质量要求,质量控制方法需要不断更新,控制体系需要不断完善。为此,要不断改革,创新管理观念,改进管理方法,提高质量管理的科学性和有效性。

参考文献:

- [1] 刘晨. 建筑工程施工质量管理方法及控制策略研究[J]. 科技创新与应用, 2018 (1): 106 - 107.
- [2] 胡庆永. 提高建筑工程施工质量控制的有效策略[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2018(24): 40 - 40.
- [3] 张海溢, 于立君. 基于 AHP 法在建筑施工中安全管理的评估研究[J]. 长春工程学院学报(自然科学版), 2018, 19(3):

126 - 128.

- [4] 汪学清, 许哲东, 杨已军, 等. BP 网络并串联模型用于施工质量管理评价的研究[J]. 建筑技术, 2019, 50(3): 338 - 341.
- [5] 刘小刚, 王震, 章培军, 等. 高层抗震结构造价的改进控制模型研究——基于—恢复重建高层的实例分析[J]. 地震工程学报, 2019, 41(3): 800 - 806.
- [6] 王雁. 基于 BIM 的地震灾后民用建筑重建工程施工成本控制方法[J]. 地震工程学报, 2019, 41(1): 233 - 238.
- [7] 赵雲泰. 地震灾后恢复重建土地利用规划技术方法研究[J]. 中国科技成果, 2019, 20(5): 61 - 62.
- [8] 何琴. 基于 AHP 的智慧城市建设水平评价模型及实证[J]. 统计与决策, 2019(19): 66 - 69.
- [9] 蒲天添. 基于 AHP 模型的工程项目风险预警分析[J]. 统计与决策, 2018, 34(21): 182 - 185.
- [10] 刘杰. 灾后恢复重建的多元参与机制研究[J]. 中国公共安全(学术版), 2017, 49(4): 44 - 47.
- [11] 海斌. 地震灾后恢复重建工程项目管理体制[J]. 科技视界, 2019(20): 220 - 221.
- [12] 黄建文, 王东, 张瑞, 等. 基于 Euclid 理论的震后恢复重建民用建筑工程质量评价[J]. 灾害学, 2016, 31(1): 11 - 16.
- [13] 陈丽娟, 陆亚. BIM 技术在地震灾后重建房屋建筑工程造价控制方法中的研究[J]. 地震工程学报, 2019, 41(1): 239 - 244.
- [14] 杨涛. 层次分析法在建筑工程项目质量绩效管理中的应用[J]. 工程技术(文摘版), 2016(7): 164 - 164.
- [15] 钟登华, 沈子洋, 王佳俊, 等. 基于实时监控的混凝土坝振捣施工质量动态评价研究[J]. 水利学报, 2018, 49(7): 775 - 786.

Construction Quality Control Model of Post-disaster Restoration and Reconstruction Civil Building Engineering based on AHP Method

FU Jian , LI Xiaoming and ZHANG Qian

(Department of Civil Engineering and Architecture , Panzhihua University , Panzhihua 617000 , China)

Abstract: In order to improve the construction quality control effect of post-disaster restoration and reconstruction civil construction projects, a post-disaster restoration and reconstruction civil construction project construction quality control model based on AHP method is designed. considering from factors such as earthquake resistance and energy saving, a post-disaster restoration and reconstruction civil construction project construction quality evaluation system is established by using the analytic hierarchy process to calculate the index weights, and a consistency test is conducted, the construction quality is evaluated, and the priority of the items to be controlled is determined based on the evaluation results to target specific objects carrying out quality control to complete the design of the construction quality control model for civil construction projects based on the AHP method for post-disaster restoration and reconstruction. An example analysis proves the feasibility and effectiveness of the control model in this study, which provides a reference for the construction quality control of civil construction projects for post-disaster restoration and reconstruction.

Key words: AHP method; post-disaster recovery and reconstruction; construction quality; control