

改性沥青防水卷材施工方法 决策分析

张珊珊¹, 李建峰^{1,2}, 袁晓洒¹

¹西京学院, 陕西 西安

²长安大学, 陕西 西安

收稿日期: 2021年9月22日; 录用日期: 2021年10月13日; 发布日期: 2021年10月21日

摘要

改性沥青防水卷材是建筑工程中应用最广泛的防水材料, 其施工方法对建筑工程的寿命和质量有着重要的影响。因此提出了基于层次分析法对施工方法进行决策的方法, 通过利用某工程对此方法进行验证。结果表明与工程实际情况一致, 为选择防水卷材的施工方法提供了一种可靠的决策方法, 具有一定参考价值。

关键词

聚合物改性沥青防水卷材, 层次分析法, 施工方法, 决策

Decision Analysis on Construction Method of Modified Asphalt Waterproof Coiled Material

Shanshan Zhang¹, Jianfeng Li^{1,2}, Xiaosa Yuan¹

¹Xijing University, Xi'an Shaanxi

²Chang'an University, Xi'an Shaanxi

Received: Sep. 22nd, 2021; accepted: Oct. 13th, 2021; published: Oct. 21st, 2021

Abstract

The modified bitumen waterproofing membrane is the most widely used waterproof material in

construction engineering, and its construction method has an important influence on the life and quality of construction engineering. In view of the problem of a project in the decision-making of the construction method of the modified asphalt waterproof membrane, the construction method was analyzed and decided based on the analytic hierarchy process, and the result was consistent with the actual situation of the project, which provided a reliable decision for the selection of the construction method of the waterproof membrane method.

Keywords

Polymer Modified Bitumen Waterproofing Membrane, Analytic Hierarchy Process, Construction Method, Decision-Making

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

改性沥青防水卷材是以合成高分子聚合物改性沥青为涂盖层,纤维织物或纤维毡为胎体,粉状、粒状、片状或薄膜材料为覆面材料制成的可卷曲片状材料[1],是应用最广泛的建筑物防水材料,其优良的防水性能和高低温性能适用于大部分建筑防水工程[2],可与建筑无缝连接,可以说是整个防水工程的第一步,所以至关重要,

我国对改性沥青防水卷材现有的研究成果主要集中在防水卷材的变形成因、改进措施[3] [4] [5],以及对防水卷材施工工艺与施工流程的研究等[6] [7] [8] [9],但没有明确对选择施工方法进行研究。作为施工人员,在选择改性沥青防水卷材的施工方法上往往会产生困惑,如何合理地确定施工方法是亟待解决的问题。

陕西省某改造建设项目安置房,屋面防水等级为 II 级,一道防水设防,选用改性沥青防水卷材做防水层,亟需确定可靠的施工方法。基于此,分析了影响改性沥青防水卷材施工方法选择的要素,通过应用层次分析法建立了施工方法的量化评价体系,最后选出较优的施工方法[10],为同行业施工提供一定的借鉴意义。

2. 防水卷材施工方法选择的的原则与要素

2.1. 防水卷材施工方法选择的的原则

根据防水卷材的特点和施工要求,选择其施工方法的原则应满足施工简便效率高、质量可靠性能好、安全环保工期短、经济节省有保证。

2.2. 防水卷材施工方法选择的要素

本着已探求最优方案为目标,逐级剖分为三个层次,目标层为工程最优施工方法,在遵循施工简便效率高、质量可靠性能好、安全环保工期短、经济节省有保证等原则基础上选取施工条件 B_1 、造价 B_2 、环保 B_3 、质量 B_4 、安全性 B_5 以及工期 B_6 ,这六个要素构成准则层。对方案层的冷粘法 S、热熔法 I 和自粘法 T 三种施工方法进行筛选,施工方法选择结构图 1 所示。

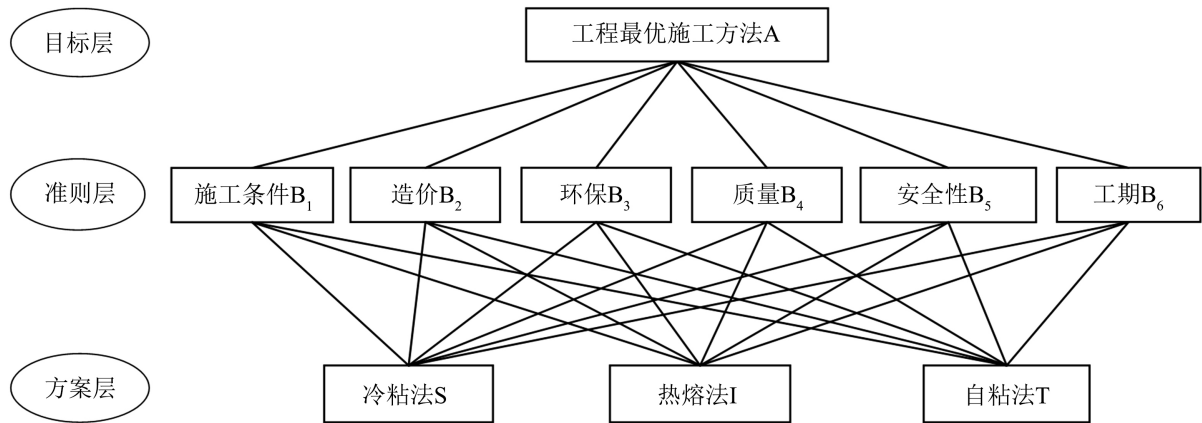


Figure 1. Construction method selection structure diagram
图 1. 施工方法选择结构图

3. 改性沥青防水卷材施工方法定性分析

综合施工条件、造价、环保、质量、安全性、工期六个要素对三种施工方法作比较，如表 1 所示。

Table 1. System resulting data of standard experiment
表 1. 标准试验系统结果数据

	冷粘法 S	热熔法 I	自粘法 T
施工条件 B ₁	温度 $\geq -10^{\circ}\text{C}$ ； 要求基层平整、干燥，不受季节限制。	温度 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ ，负温度下对其影响很小 要求基层干燥，表面突出物铲除并将 灰尘杂物彻底清理。	温度 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ ，最好避免高温、大雨的 天气； 保持施工面的整洁无突出，对于润湿 的基层也可以，但不得有明水。
造价 B ₂	1) 综合单价较高，约 42 元/m ² ； 2) 搭接用材料多，搭接长度： $\geq 80\text{ mm}$ ； 3) 人工费较低，日工效 150~200 m ² /(天·人)。	1) 综合单价较低，约 35 元/m ² ； 2) 搭接用材料多，搭接长度 $\geq 100\text{ mm}$ ； 3) 人工费高，日工效 100~120 m ² /(天·人)。	1) 综合单价较高，约 38 元/m ² ； 2) 搭接用材料相对少，搭接长度 $\geq 70\text{ mm}$ ； 3) 人工费低，日功效 250~300 m ² /(天·人)。
环保 B ₃	胶粘剂成分多是有机化学物，且具有 挥发性，会轻微污染环境。	1) 在现场拌制界面剂，产生废料较 多； 2) 使用火焰喷枪对卷材加热，会产 生大量的废料和废气，污染环境。	直接撕下薄膜铺贴，结束后薄膜集中 清理，不会对周边的环境造成污染。
质量 B ₄	若基层出现一处缺口，那么整个防水 系统破坏。	1) 若基层出现一处缺口，那么整个 防水系统破坏； 2) 卷材搭接边易发生翘曲、脱落等 现象； 3) 在烘烤卷材时要求较高，难以保 证卷材的质量。	1) 能自动愈合小型的穿刺破损，在 遭遇穿刺或硬物嵌入时，会自行与这 些物体合为一体，防水性能优良； 2) 黏结强度大，耐腐蚀，耐老化， 在水中也能粘且能非常牢固[11]。
安全性 B ₅	在常温下不需任何处理，就能牢牢粘 结沥青类防水卷材，非常安全。	采用液化气火焰喷枪明火施工时工 人易被烧伤或烫伤，施工现场存在火 灾隐患。	无工具施工，安全隐患小容易做到现 场文明施工。
工期 B ₆	1) 工序适中，需基层清理、涂刷基 层处理剂、卷材反面涂胶、基层涂胶； 2) 日工效高，受工人业务能力和天 气、环境影响小。	1) 热熔法工序庞杂，需基层清理、 涂刷界面剂、卷材铺贴、火焰喷枪加 热等； 2) 日工效低，受工人业务能力和天 气、环境影响大[13]。	1) 自粘法工序简单，仅基层清理、 卷材铺贴[12]； 2) 日工效高，受工人业务能力和天 气、环境影响小。

通过对改性沥青防水卷材三种施工方法的对比分析,可看出自粘法具有优越的施工环境宽容性、工期“零”等待、施工简单方便、质量安全可靠等特点,且符合新型建筑施工“四节——环保”的理念,适用于大型车站、商场及住宅楼等建筑的地下室及屋面防水工程施工,具有较高的推广价值。

4. 施工方法的选择与评价

4.1. 施工方法的选择

针对陕西省某改建工程选择防水卷材施工方法上有着大量不确定性、模糊性、随机性要素,采用层次分析法对每一个要素进行施工方法的评价,建立了施工方法的量化评价体系,旨在综合考虑施工条件 B_1 、造价 B_2 、环保 B_3 、质量 B_4 、安全性 B_5 以及工期 B_6 等要素,将定性与定量的方法有机结合起来,使复杂的决策问题简易化,清晰化,选出较优方法。减少定量计算的工作量,节约人力物力资源,具有较强的实用性[14]。

4.2. 判断矩阵的确定和层次单排序

4.2.1. 对准则层的要素进行排序,根据层次结构图构造出判断矩阵

对各要素进行两两比较打分,以提高准确性。成立专家小组,利用专家打分法,依据 1~9 标度对两两比较的要素进行打分,对要素进行重要程度判断。具体重要度如表 2 所示。

Table 2. Comparison of construction method selection criteria

表 2. 施工方法选择准则间的比较

优化施工方法	施工条件 B_1	造价 B_2	环保 B_3	质量 B_4	安全性 B_5	工期 B_6
施工条件 B_1	1	1/4	2	1/5	1	1/5
造价 B_2	4	1	3	1	2	1/2
环保 B_3	1/2	1/3	1	1/2	2	1/5
质量 B_4	5	1	2	1	1	1/2
安全性 B_5	1/2	1/2	1	1/2	1	4
工期 B_6	5	2	5	2	1/4	1

$$\text{由此得出对于准则层的判断矩阵 } P = \begin{bmatrix} 1 & 1/4 & 2 & 1/5 & 1 & 1/5 \\ 4 & 1 & 3 & 1 & 3 & 1/2 \\ 1/2 & 1/3 & 1 & 1/2 & 2 & 1/5 \\ 5 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1/2 \\ 1/2 & 1/2 & 1 & 1/2 & 1 & 4 \\ 5 & 2 & 5 & 2 & 1/4 & 1 \end{bmatrix}$$

4.2.2. 计算权重

将矩阵 P 的各行向量采用相乘的方式,再进行归一化处理(重要性排序),即可得到各评价指标权重和特征向量 w 。

1) 计算判断矩阵 P 中每一行元素相乘得到 M_i , 结果见表 3 所示。

Table 3. M_i calculated in the judgment matrix P
表 3. 判断矩阵 P 中计算的 M_i

M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6
0.02	12	0.033	5	0.5	25

2) 计算出 M_i 的五次方根 W_i , 可得出向量 = (0.457, 1.644, 0.506, 1.37, 0.871, 1.904)。

3) 对于 2) 所得出的向量进行归一化处理得出特征向量 $W_i = (0.067, 0.241, 0.074, 0.201, 0.128, 0.28)$ 即所求 $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6$ 的权重系数。

4.2.3. 排序

施工方法在选择上的重要程度排序结果为:

工期 > 造价 > 质量 > 安全性 > 施工条件 > 环保

对三种施工方法 S、I、T 在准则层中的各项要素进行两两对比, 可得出以下 6 个判断矩阵。

$$P_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1/6 & 3 \\ 6 & 1 & 1/8 \\ 1/3 & 8 & 1 \end{bmatrix} \quad P_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 1/3 \\ 5 & 1 & 1/2 \\ 3 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad P_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1 \\ 2 & 1 & 2 \\ 1 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$P_4 = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 1/2 \\ 1/3 & 1 & 1/5 \\ 2 & 6 & 1 \end{bmatrix} \quad P_5 = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 1 \\ 1/5 & 1 & 1/5 \\ 1 & 5 & 1 \end{bmatrix} \quad P_6 = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 1/2 \\ 1/3 & 1 & 1/4 \\ 2 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

基于 2) 同理可得 $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6$ 的特征向量分别为 (0.189, 0.311, 0.401), (0.581, 1.201, 1.430), (0.284, 0.104, 0.284), (0.334, 0.179, 0.488), (0.420, 0.160, 0.420), (0.338, 0.189, 0.472), 即可得出结论, $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6$ 六个要素对于施工方法选择的重要程度分别可排序为: 自粘法 T > 热熔法 I > 冷粘法 S, 热熔法 I > 自粘法 T > 冷粘法 S, 自粘法 T = 冷粘法 S > 热熔法 I, 自粘法 T > 冷粘法 S > 热熔法 I, 自粘法 T = 冷粘法 S > 热熔法 I, 自粘法 T > 冷粘法 S > 热熔法 I。

4.3. 一致性检验

采用一致性指标为 CI 与平均随机一致性比率 CR 来进行一致性检验。若 $CR < 0.1$, 则认为判断矩阵具有一致性。以下是以准则层的特征向量 W 为例进行详细的一致性检验 CR 的检验过程:

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^6 \frac{(PW)_i}{nW_i} \quad (1)$$

$$CR = CI/RI \quad (2)$$

$$CI = (\lambda_{\max} - n)/(n-1) \quad (3)$$

式中, $(PW)_i$ 表示的是中的第 i 个元素; $n = 6$ (该矩阵为 6 维矩阵)。

Table 4. Average random consistency index RI standard value
表 4. 平均随机一致性指标 RI 标准值

阶数 n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

RI 标准值见表 4，一致性比例 $CR = 0.099 < 0.1$ ，可见该判断矩阵通过一致性检验。

同理也可得出判断矩阵 $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$ 的一致性比例。CR 均小于 0.1，则可认为以上判断矩阵 $P_1 \sim P_6$ 皆具有一致性。

4.4. 选择最优方法

通过以上的计算过程，可以计算出三种施工方法的综合得分，见表 5。

Table 5. Comprehensive score table of three construction methods

表 5. 三种施工方法综合得分表

施工方法	施工条件 B_1	造价 B_2	环保 B_3	质量 B_4	安全性 B_5	工期 B_6	综合权重
冷粘法 S	0.012663	0.065793	0.021016	0.067134	0.05376	0.09464	0.315006
热熔法 I	0.020837	0.043862	0.007696	0.035979	0.02048	0.05292	0.181774
自粘法 T	0.026867	0.131345	0.021016	0.098088	0.05376	0.13216	0.463236

在此次施工方法选择中，三种施工方法的综合排序应为：自粘法 T > 冷粘法 S > 热熔法 I，由此陕西省某改建工程改性沥青防水卷材施工方法可选择自粘法 T。在自粘法施工下，能够使施工满足工期缩短、经济合理、质量可靠、安全性好、施工简便、防水效果优良，符合现实环保要求。

经工程案例的验证，基于层次分析法的改性沥青防水卷材施工方法决策可行，同时也明确施工进度快，防水质量高，造价较低，安全环保等要素是其选择施工方法的关键要素。

5. 结语

运用层次分析法对陕西省某改建工程建立综合评判模型，通过将选取的方法和实际工程采用的方法进行比较，检验模型的科学性、结果的可靠性，为选择防水卷材的施工方法提供了一种可靠的决策方法。

在施工方法比选过程中，采用层次分析法对方法的可行性和准确性进行了综合评判，但是在评判过程汇总还存在不少缺点，比如指标权重的确定等，这些都是人为判断的，对整个过程的评价影响比较大，希望应根据实际情况因地制宜，多参考同一地区同种类型施工方法的经验数据，加强调查，使层次分析法在应用过程中更加科学可靠，选择出真正缩短工期，节约投资，事半功倍的防水卷材施工方法[6]。

参考文献

- [1] GB23441-2009, 自粘聚合物改性沥青防水卷材[S].
- [2] 孙源泽, 蒋勤俭, 黄清杰, 吴焕娟. 基于层次分析法的高性能外围护墙体部品评价技术研究[J]. 混凝土与水泥制品, 2019(2): 67-71.
- [3] 陈炯明. 沥青防水卷材空鼓变形原因及改进措施研究[J]. 城市建筑, 2021, 18(6): 139-141.
- [4] 毛三鹏, 郑贵涛, 张天伟, 余剑英. SBS 改性防水沥青的微观结构与性能研究[J]. 新型建筑材料, 2020, 47(12): 130-134.
- [5] 毕鑫磊, 林涛, 林宏伟. 改性沥青防水卷材与屋面丙烯酸防水涂料复合性能研究[J]. 中国建筑防水, 2020(S2): 1-3+8.
- [6] 钟县楼. SBS 改性沥青防水卷材及施工质量控制探讨[J]. 建材与装饰, 2019(10): 44-45.
- [7] 李志刚. 耐盐碱型改性沥青防水卷材的抗氯离子渗透性能研究[J]. 新型建筑材料, 2019, 46(10): 62-66.
- [8] 王吉福. SBS 改性沥青防水卷材热风焊接法探讨研究[J]. 中国建筑防水, 2018(16): 32-34.
- [9] 许芳. 湿铺法双面自粘防水卷材施工技术应用[J]. 建设科技, 2017(5): 90-91.

- [10] 马韬速. 地下室 SBS 改性沥青防水卷材施工[J]. 科技与企业, 2014(14): 235+237.
- [11] 徐茂震, 刘金景, 罗伟新, 吴士玮. 自粘聚合物改性沥青防水卷材性能探究[J]. 新型建筑材料, 2016, 43(1): 52-55+82.
- [12] 童光勇. 自粘式防水卷材施工新工艺研究[D]: [硕士学位论文]. 绵阳: 西南科技大学, 2018.
- [13] 曾三海, 比干旭枕, 夏冰, 马玉凤. 高聚物改性沥青防水卷材热熔铺贴前后性能研究[J]. 新型建筑材料, 2015, 42(4): 55-58.
- [14] 韩露. 基于模糊层次分析法的基坑降水方案比选[J]. 安徽建筑, 2019, 26(7): 166-167+180.