

# 정성적 평가항목을 고려한 콘크리트 보수용 단면복구재료의 AHP 기반 최적선정 모델링

## AHP Based-Optimal Selection of Concrete Patching Repair Materials Considering Qualitative Evaluation Criteria

도 정 윤\*

Do, Jeong Yun

송 훈\*\*

Song, Hun

김 두 기\*\*\*

Soh, Yang Seob

### ABSTRACT

This study is interested in modeling the selection of optimal repair materials in view of the qualitative evaluation. In order to architecting the evaluation model of various repair alternatives, Analytical hierarchy process techniques was applied to this study. It is composed of aesthetics, easy-to-application, economical efficiency, and environment-friendly properties in upper level. Among the qualitative evaluation items, Environment-friendly properties and execution cost included in economical efficiency is highly weighted. It was concluded that the evaluation model by this study is very useful to choose the best alternative among various repair materials.

### 요 약

본 연구는 보수재료의 다양한 요구성능 중 정성적 측면을 고려하여 최적의 보수재료를 선정하기 위한 평가모델을 구축하고자 하였다. 다양한 보수 대안에 대한 평가모델을 구축하기위해서 본 연구에서는 위계분석기법(AHP)가 적용되었다. 평가모델의 평가항목에는 미적성능, 환경성, 작업성, 경제성으로 크게 분류되었으며, 미적성능은 마감성과 변동성, 작업성은 품질관리난이, 구성재료수, 시공성으로, 경제성은 시공비용, 보수공기, 소요장비의 항목으로 세분되어 구성되었다. AHP기법의 상대적 평가방법에 따라서 각 평가항목별 쌍대비교를 한 결과, 환경성과 시공비용이 가장 가중치가 높은 중요한 평가항목으로 선정되었다. 본 연구에서 제시한 정성적 평가항목에 대한 평가모델은 다양한 보수대안 중에서 정성적 평가항목을 고려하여 최적의 보수대안을 선정할 때 매우 유용하게 활용될 수 있다.

\*정회원, 군산대학교, 연구교수, 공학박사

\*\*정회원, 요업기술원, 선임연구원, 공학박사

\*\*\*정회원, 군산대학교, 교수, 공학박사

## 1. 서론

현재 상당수의 보수작업은 외국의 재료 및 시공기술을 도입하여 사용하거나, 혹은 충분한 경험 혹은 객관적인 선정평가가 이뤄지지 않고 그 작업이 이뤄지고 있어 신뢰할 만한 수준의 성능을 확보하기가 어려운 상황에 있다. 또한 국내에서는 아직까지 손상원인에 따른 최적 보수보강지침이나 시공재료의 선정기준이 없어 피착체와 유사한 재료(repair like with like) 혹은 구하기 쉬운 재료, 작업자에게 익숙한 재료가 최적의 재료인 것처럼 확신하며 사용하고 있다. 또한, 콘크리트 보수재료에서 몇몇 재료가 만능 재료인 것처럼 오인하여 적용환경의 영향, 보수재료의 역학적/화학적 성능, 시공비용, 환경성, 작업성, 미관성 등의 여러 가지 정성적 성능을 종합적으로 고려하고 있지 않다.

이에 본 연구에서는 보수재료의 선정기준 중 정성적인 항목에 대하여 체계적이고 효율적인 평가가 이뤄질 수 있도록 선정기준을 선정하고, 각 기준별 가중치를 도출함으로써 각 보수대안을 객관적이면서 정량적으로 평가하는 방법에 대한 연구가 진행되었다.

## 2. 연구의 범위 및 방법

### 2.1 연구의 범위

일반적으로 최적의 보수재료를 선정하기 위해서는 다양한 정성적, 정량적 평가항목에 대하여 종합적이면서, 객관적인 평가가 이뤄져야 한다. 보수재료의 선정기준은 그림 1과 같이 정성적 항목과 정량적 항목으로 구분하여 위계화할 수 있으며, 본 연구에서는 정성적 항목만을 평가하고자 한다. 이를 위해서는 정성적 항목을 평가할 있으면서, 또한 보수재료를 선정하는 과업 자체가 다기준의사결정의 속성을 띄므로 이를 반영하여 평가할 수 있는 계층분석기법(Analytical Hierachy Process; AHP)를 사용하였다.

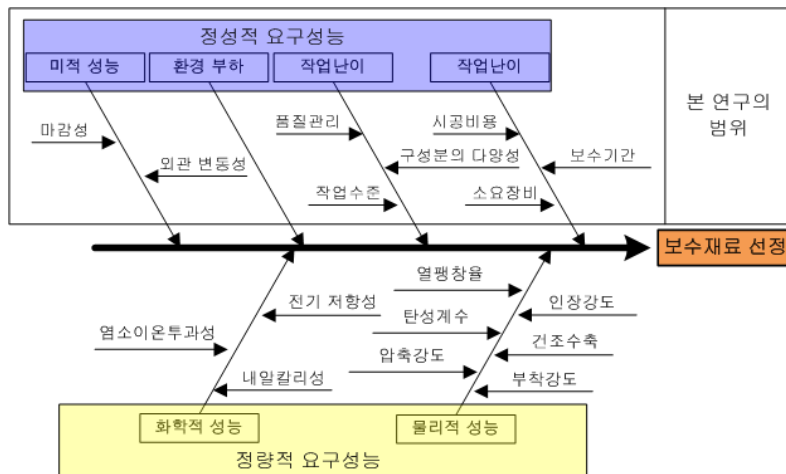


그림 1 최적 보수재료 선정을 위한 요구성능의 분류 및 본 연구의 범위

### 2.2 연구 방법 및 절차

최적 선정 모델의 전제 조건으로는 객관적인 평가와 다기준 속성을 가지는 평가기준을 종합적으로 반영할 수 있는 방법이어야 한다. 즉 다기준의사결정의 특징을 보이는 보수재료의 선정 문제가 지니는 특성을 보다 효율적이고, 타당성있게 해결할 수 있는 체계적이고, 객관적인 접근법이 필요하다. 이에 따라 Analytic Hierarchy Process(AHP)를 이용하여 다기준의사결정의 형태를 보이는 보수재료 선정 과정을 효과적으로 모델링하였다. 그림 1에는 본 연구에서 지향하는 보수재료 최적 선정 절차가 요약적으로 표현되어져 있다. 본 연구서는 최적 보수재료 선정을 위한 평가 기준 중 정성적 항목만을 그

대상으로 하고 있으며, 먼저, 정성적 평가항목을 위계적으로 분류한 후 각 항목별 쌍대비교를 통해 상대적 중요도인 가중치를 산정한 후 예비 선정된 보수대안들의 각 평가항목 별 평가치를 상대적 비교방법을 통해 평가치를 산정하였다. 이렇게 산정된 평가치는 각 평가항목별 가중치를 부여함으로써 최종 평가치를 구하여 예비선정된 보수대안들을 평가하는 시스템을 구축하였다.

### 3. 연구내용

#### 3.1 보수대안의 예비선정

최적의 보수재료를 선정하기 위해서는 수많은 형태와 상호로 시중에 나와 있는 보수 재료 중에서 본 연구에서 제시하는 적절한 평가기준에 따라 평가할 수 있는 수량으로 필터링을 하여야 한다. 이에 각국의 기준과 연구자료를 통해 마련된 최소성능기준을 만족하는 보수대안을 표 1과 같이 예비 선정하였다.<sup>1)</sup>

#### 3.2 정성적 평가항목의 분류 및 가중치 산출

보수대안에 대하여 정성적으로 평가할 항목은 다음 표 3과 같으며, 각 평가항목별 상대적 평가에 의한 가중치는 표 4와 같다.

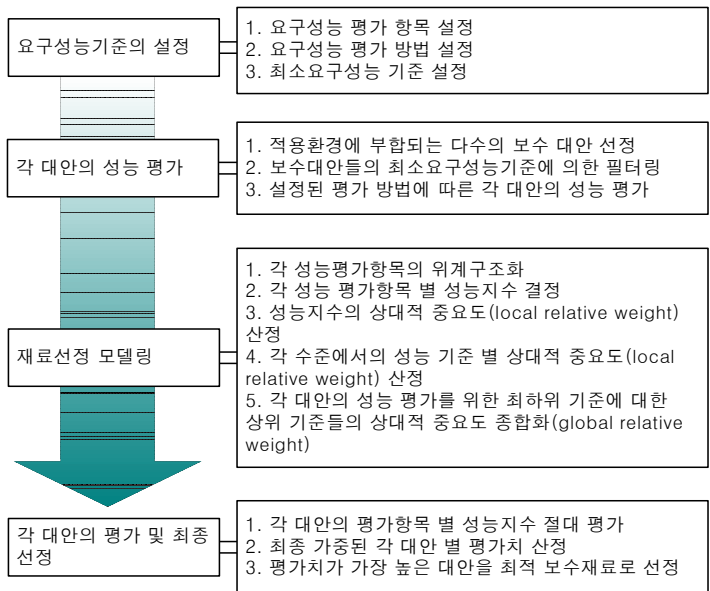


그림 2 본 연구에서 제시된 보수재료 최적 선정 절차

표 2 보수대안으로 선정된 보수재료의 특징

보수대안	분류	구성분
Repair A	PCM	NO <sub>2</sub> -계 방청제를 혼입한 SBR 개질 시멘트 모르타르
Repair B	PCM	하이드로탈사이트를 혼입한 아크릴 개질 시멘트 모르타르
Repair C	PCM	실란을 혼입한 아크릴 개질 시멘트 모르타르
Repair D	FRM	유리섬유 보강 고로슬래그 혼입 시멘트 모르타르
Repair E	PCM	PAE 개질 시멘트 모르타르
Repair F	RM	에폭시 모르타르

표 3 정성적 평가항목의 종류

수준 1	수준 2	수준 3	설명	
정성적 요구성 능; QL1	미적성능; QL21	마감성; QL31	완성된 보수부위의 이웃 면과의 어울림의 정도, 외관 등을 나타내는 특성	
		변동성; QL32	완성된 보수부위가 노출환경에 쉽게 변색, 변형되지 않는 성질, 즉 내후성과 관련있는 특성	
	환경성; QL22	재료의 운반, 적용, 시공, 유지관리 및 폐기 시 인체에 유해한 것으로 알려진 각종 VOC 및 건설안전보건법에서 규정하는 각종 유해물을 포함하고 있는 정도		
		품질관리난이; QL33	보수재료의 구성 및 시공 그리고 완료후 보양 등 과정의 어려움의 정도를 나타내는 특성	
			구성재료수; QL34	보수재료를 구성하는 부수구성재료의 수를 가르키는 것으로서 구성재료의 수가 많을수록 품질관리가 어려우므로 불리하게 작용함.
	작업성); QL23	시공성; QL35		보수재료를 제조 혹은 배합해서 적용하는 절차의 버려움 및 적용하기 쉬운 정도를 나타내는 특성
		경제성; QL24	시공비용; QL36	
	보수공기; QL37		보수재료를 적용/시공하는 데 소요되는 시간 및 소정의 성능을 발휘하는 데 소요되는 시간	
	소요장비; QL38		보수재료를 적용/시공하는 데 소요되는 장비 및 소모품의 수량	

표 4 정성적 평가항목의 상대적 중요도

Level 1	Level 2	Level 3	Global Weights
정성적 요구성능 ; QL1	미적성능 (L:148); QL21	마감성 (L:571); QL31	0.148*0.571=0.084
		변동성 (L:429); QL32	0.148*0.429=0.064
	환경성 (L:222); QL22		<b>0.220</b>
	작업성 (L:249); QL23	품질관리난이 (L:540); QL33	0.249*0.540=0.136
		구성재료수 (L:297); QL34	0.249*0.297=0.076
		시공성 (L:163); QL35	0.249*0.163=0.040
	경제성 (L:381); QL24	시공비용 (L:603); QL36	<b>0.381*0.603=0.228</b>
		보수공기 (L:315); QL37	0.381*0.315=0.120
		소요장비 (L:082); QL38	0.381*0.082=0.032

### 3.3 정성적 평가항목에 대한 보수대안의 상대적 평가

최소성능기준을 만족하는 예비선정된 보수 대안에 대하여 표 4와 같은 가중치를 가지는 정성적 평가항목에 대하여 종합화를 하면 아래와 같다.

Evaluation value of Qualitative Performance		Relative weights of evaluation items																																																																					
"QL31" "QL32" "QL22" "QL33" "QL34" "QL35" "QL36" "QL37" "QL38"																																																																							
<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <tr><td>"Repair A"</td><td>0.356</td><td>0.204</td><td>0.114</td><td>0.234</td><td>0.154</td><td>0.235</td><td>0.068</td><td>0.105</td><td>0.163</td></tr> <tr><td>"Repair B"</td><td>0.252</td><td>0.141</td><td>0.144</td><td>0.140</td><td>0.100</td><td>0.127</td><td>0.253</td><td>0.160</td><td>0.127</td></tr> <tr><td>"Repair C"</td><td>0.145</td><td>0.124</td><td>0.125</td><td>0.104</td><td>0.070</td><td>0.176</td><td>0.102</td><td>0.091</td><td>0.097</td></tr> <tr><td>"Repair D"</td><td>0.045</td><td>0.057</td><td>0.348</td><td>0.112</td><td>0.074</td><td>0.140</td><td>0.374</td><td>0.061</td><td>0.302</td></tr> <tr><td>"Repair E"</td><td>0.127</td><td>0.138</td><td>0.214</td><td>0.345</td><td>0.279</td><td>0.242</td><td>0.161</td><td>0.194</td><td>0.245</td></tr> <tr><td>"Repair F"</td><td>0.076</td><td>0.335</td><td>0.055</td><td>0.065</td><td>0.324</td><td>0.080</td><td>0.043</td><td>0.390</td><td>0.065</td></tr> </table>	"Repair A"	0.356	0.204	0.114	0.234	0.154	0.235	0.068	0.105	0.163	"Repair B"	0.252	0.141	0.144	0.140	0.100	0.127	0.253	0.160	0.127	"Repair C"	0.145	0.124	0.125	0.104	0.070	0.176	0.102	0.091	0.097	"Repair D"	0.045	0.057	0.348	0.112	0.074	0.140	0.374	0.061	0.302	"Repair E"	0.127	0.138	0.214	0.345	0.279	0.242	0.161	0.194	0.245	"Repair F"	0.076	0.335	0.055	0.065	0.324	0.080	0.043	0.390	0.065	×	<table style="border-collapse: collapse;"> <tr><td style="border-left: 1px solid black;">0.021</td></tr> <tr><td style="border-left: 1px solid black;">0.016</td></tr> <tr><td style="border-left: 1px solid black;">0.055</td></tr> <tr><td style="border-left: 1px solid black;">0.034</td></tr> <tr><td style="border-left: 1px solid black;">0.019</td></tr> <tr><td style="border-left: 1px solid black;">0.010</td></tr> <tr><td style="border-left: 1px solid black;">0.057</td></tr> <tr><td style="border-left: 1px solid black;">0.030</td></tr> <tr><td style="border-left: 1px solid black;">0.008</td></tr> </table>	0.021	0.016	0.055	0.034	0.019	0.010	0.057	0.030	0.008
"Repair A"	0.356	0.204	0.114	0.234	0.154	0.235	0.068	0.105	0.163																																																														
"Repair B"	0.252	0.141	0.144	0.140	0.100	0.127	0.253	0.160	0.127																																																														
"Repair C"	0.145	0.124	0.125	0.104	0.070	0.176	0.102	0.091	0.097																																																														
"Repair D"	0.045	0.057	0.348	0.112	0.074	0.140	0.374	0.061	0.302																																																														
"Repair E"	0.127	0.138	0.214	0.345	0.279	0.242	0.161	0.194	0.245																																																														
"Repair F"	0.076	0.335	0.055	0.065	0.324	0.080	0.043	0.390	0.065																																																														
0.021																																																																							
0.016																																																																							
0.055																																																																							
0.034																																																																							
0.019																																																																							
0.010																																																																							
0.057																																																																							
0.030																																																																							
0.008																																																																							
	=	<table style="border-collapse: collapse;"> <tr><td style="border-left: 1px solid black;">0.039</td></tr> <tr><td style="border-left: 1px solid black;">0.044</td></tr> <tr><td style="border-left: 1px solid black;">0.028</td></tr> <tr><td style="border-left: 1px solid black;">0.053</td></tr> <tr><td style="border-left: 1px solid black;">0.053</td></tr> <tr><td style="border-left: 1px solid black;">0.034</td></tr> </table>	0.039	0.044	0.028	0.053	0.053	0.034																																																															
0.039																																																																							
0.044																																																																							
0.028																																																																							
0.053																																																																							
0.053																																																																							
0.034																																																																							
		Weighted evaluation value of each alternative																																																																					
Eval.qualitative	×	GlobalW.qualitative																																																																					
		= Weighted evaluation In qualitative performance																																																																					

즉 각 보수대안의 평가치 행렬의 정성적 평가항목의 가중치 행렬에 대한 곱을 계산하면 최종적인 평가치가 되며 6개의 보수대안 중 Repair D와 Repair E가 가장 높은 평가치를 보이고 있다. 따라서 이 두 대안을 우선 선정한 다음에 추가적으로 LCC분석을 함으로써 최종적으로 최적의 보수재료를 선택할 수 있을 것이다.

### 4. 결론

본 연구는 정성적 요구성능 측면에서 수많은 보수재료 중에서 최적의 보수재료를 선정하기 위해 다 기준 의사결정에 유효하게 적용되고 있는 AHP기법을 활용하여 선정모델을 구축하였다. 정성적 요구성능 측면에서 보자면 여러 평가기준 중에서 환경성과 시공비용이 가장 중요도가 높은 것을 파악되었다. 이렇게 정성적 항목을 효율적으로 평가할 수 있는 평가모델을 구축함으로써 여러 보수대안을 효율적으로 평가하고 선정 우선순위를 정할 수 있었다.

#### 참고문헌

1. 도정윤, 염해 열화된 콘크리트 구조물의 단면복구용 보수재료의 정량적 성능 기준 설정 및 최적선정 모델링, 구조물진단공학회 추계학술발표대회 논문집, 11(2), 325-330.
2. 도정윤, "콘크리트 구조물 보수용 폴리머 기반 보수재료의 사용과 선정기법," 한국콘크리트학회지, 제18권 4호, 2006, 7월, pp.73-79.
3. ACI 546R 04, Concrete Repair Guide.
4. ICRI Guideline No. 03733, Guide for Selecting and Specifying Materials for Repair of Concrete Surfaces, 1996.
5. ACI 546.3R-06, Guide for the Selection of Materials for the Repair of Concrete. 2006.