

# 설계변경 분석을 통한 설계품질 평가모델

## Evaluation Model for Design Quality using Change Order Analysis

이 승 현\* · 이 현 수\*\*

Lee, Seung-Heon · Lee, Hyun-Soo

### 요 약

건설프로젝트에서 설계품질은 전반적인 프로젝트 목표를 달성하기 위하여 고려하여야 할 중요한 요소이다. 건설프로젝트의 품질확보를 위해서는 설계단계에서부터 관리기준에 따른 지속적인 품질관리활동이 필요하며 이는 장기적 관점에서 볼 때, PDCA 사이클에 따라 피드백 되어야 한다. 본 연구는 설계품을 객관적인 기준에 의하여 정량적으로 평가할 수 있고, 품질정보의 효율적인 피드백이 가능한 설계품질 평가모델을 제시하는데 그 목적이 있다. 본 연구에서는 설계품질과 설계변경의 연관성에 착안하여 설계의 결과물인 설제도면과 시방서 변경사항을 시공단계에서의 하자과 같은 개념으로 파악하고, 객관적인 설계변경정보를 이용하여 품질을 정량적으로 평가할 수 있는 설계품질지수 산정방법을 제안하였다. 또한 설계품질관리 항목에 있어서 국제 품질규격인 ISO 시리즈를 적용함으로써 해외 수주 의존도가 높은 국내의 현실을 반영하였다.

**키워드** : 설계품질평가, 건설품질관리, 설계변경, ISO 9000, 설계품질지수, objectives matrix

## 1. 서론

건설프로젝트에서 품질관리란 설계, 시공단계를 통해 건축주, 설계자, 시공자가 합의를 거쳐 원하는 건축물의 품질을 달성해 나가는 과정이라고 할 수 있다. 품질관리란 각 단계별 관리와 단계간의 연속성에 의해 완성될 수 있는데, 특히 프로젝트의 초기라고 할 수 있는 설계단계에서 작성되는 도면, 시방서 등은 전체 품질을 결정하는 중요한 요소이다. 그러나 최종적인 설계의 품질은 시공 완료 후 사용결과에 따라 판단될 수밖에 없기 때문에 그 판단을 사용 시까지 미룰 경우 불량으로 인한 손실이 너무 크게 발생할 위험이 있으므로 설계단계에서부터 품질기준을 수립하고 기준에 의한 품질관리를 수행함으로써 불량 손실에 대한 위험도를 낮추어야 한다. 한편 품질관리의 기본원칙인 Plan-Do-Check-Action(PDCA) 사이클의 관점에서 볼 때, 품질관리활동의 결과는 이후 진행되는 프로젝트에 반드시 피드백 되어야 한다. 품질의 향상을 위해서는 품질 수준을 확인할 수 있는 품질평가 작업이 반드시 필요하다.

이러한 관점에서 현재 해외에서는 설계품질 관리방법과 그 평

가에 관하여 다양한 연구가 진행중이며(Bubshait 1996, Stevens 1994, Davis 1988), 국내에서도 이에 대한 일반적인 소개 및 설계/엔지니어링 품질측정 방법에 관한 기초적인 연구가 진행되고 있다(김태식 1998, 정대기 1998). 그러나 도면과 시방서의 품질에는 시공단계의 하자와는 달리 객관적으로 판단할 수 없는 요소가 많기 때문에, 주로 통계적인 기법에 의한 정성적이고 주관적인 평가가 이루어졌다. 한편 국제적으로 품질에 관한 규격이 통일되고 국내 건설업계에서도 ISO 시리즈와 같은 품질보증시스템이 도입되고 있는 상황에서, 해외수주 의존도가 높은 우리나라의 현실로 볼 때 설계품질 평가에서도 국제화된 표준을 따르는 것이 바람직하다. 본 연구에서는 품질관리활동 결과의 효율적인 피드백에 의하여 장기적인 설계품질 향상을 꾀하기 위하여, 설계품을 객관적인 기준에 의하여 정량적으로 평가할 수 있는 표준화된 설계품질 평가모델을 제시하고자 한다.

건설 프로젝트에서 설계가 완료된 후의 설제도서 품질 평가를 위하여, 시공자에게 전달되는 실시설제도서에서부터 최종 준공도(as-built drawing)까지의 설계변경만으로 연구를 한정하였으며, 설계 프로세스 중에서 발생하는 설계변경사항에 대해서는 연구에서 제외하기로 하였다. 연구의 방법을 진행순서에 따라 요약하면 다음과 같다.

(1) 문헌연구를 통한 설계단계의 품질관리 개념 파악 및 통계

\*학생회원, 서울대학교 건축학과, 공학석사

\*\*일반회원, 서울대학교 건축학과 교수, 공학박사

- 관련 문헌의 분석을 통한 설계품질과 설계변경의 관계 분석
- (2) 품질관리 문헌분석을 통한 설계품질평가요소 도출
- (3) 설계품질관리 세부항목 제시 및 설계품질 관리정보 구성요소 도출
- (4) 설계변경 유형 분석 및 설계품질에 관련된 설계변경 항목 선정방법 제시
- (5) 설계변경항목 평가방법 및 설계품질 평가 및 피드백 방법 제시
- (7) 설계품질 평가모델의 구축 및 데이터베이스 구축
- (8) 사례연구를 통한 설계품질평가모델의 타당성 검증

## 2. 설계품질관리

### 2.1 설계품질관리의 개요

#### (1) 설계품질관리의 정의

건설공사의 품질관리는 ‘공사가 도면과 시방서에 따라서 공기 내, 예산 범위내에서 수행되는가를 확인하는 임무의 수행(이중호 1992)’으로 정의된다. 품질관리 정보는 일반적인 절차인 PDCA 사이클에 따라 크게 요구품질, 설계품질, 시공품질로 분류할 수 있다. 설계품질은 건축주의 요구, 각종 규정, 사회적 요구 등에 대한 검토를 통하여 지정된 건축물의 품질특성을 구체적인 도면과 시방서 등으로 표현하고 이를 시공자에게 전달하는 과정에서 달성된다(Burati, et al 1992). 본 연구에서는 그림 1과 같이 건축주와 시공자측면에서 기능적인 관점의 설계품질에 대해 논의하고자 한다.

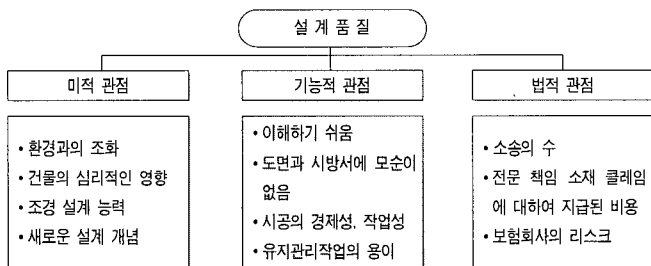


그림 1. 설계품질의 정의

#### (2) 설계품질의 국제규격

ISO 9001은 설계 요소를 언급하는 ISO 9000 시리즈 중에서 유일한 품질보증(quality assurance) 모델이다. 본 연구에서는 설계품질과 가장 밀접한 관계가 있는 ISO 9001의 4.4항 설계관리(design control) 항목에 관하여 고찰하였다. 설계관리는 서비스의 설계나 건설된 제품의 설계 중 하나를 의미할 수 있는데, 이러한 해석상의 혼란을 피하고 모호한 표현을 막기 위해 4.4항의 설계 관리는 물리적 제품의 설계만을 참조하는 것으로 해석하였다.

### 2.2 기존연구 고찰

현장에서 발생하는 설계변경 사항은 발생 주체별로 건축주, 설계자, 자재 공급자, 시공자로 나눌 수 있고, 유형별로 개선과 오류로 나눌 수 있다.

모든 설계변경항목들이 설계단계에서의 품질관리와 관계 있는 것은 아니지만 다음의 국내, 국외의 설계변경 발생 원인을 살펴보면 설계품질과 설계변경의 관계를 파악할 수 있다. 건설회사들의 내부자로 분석결과 이러한 ROI 발생원인 중 설계상 오류에 의한 것이 47.7%이며, 재시공 비용은 총도금액의 2.5%로 설계오류로 인한 설계변경이 매우 높은 것으로 나타났다. ROI 발생원인과 설계품질관리와의 연관성은 표 2와 같다(이태식, 강재준 1998).

표 1. 시공단계에서 발생하는 설계변경의 유형

발생주체	유형	내 용
건축주	change	작업 진행후 건축주 요청으로 인한 변경
설계자	change	설계단계에서 설계자로 인한 변경
	error	설계단계에서 설계자로 인하여 생기는 오류나 누락사항, 재작업 수행
자재공급자	change	자재공급자로 인하여 구매한 자재나 프로젝트의 인터페이스에 대하여 발생하는 변경. 변경으로 인하여 가치나 작업성 향상
	error	자재공급자로 인하여 발생하는 오류나 누락사항. 시공 단계에서 재작업 수행
시공자	change	시공자로 인한 변경, 시공성, 가치, 작업성의 향상
	error	시공자에 의하여 발생하는 오류나 누락사항

표 2. ROI 발생원인과 설계품질의 연관성

발생원인	내 용	발생비율	연관성
설계실수	설계오류로 인한 경우	47.7%	◎
건축주 요청	발주처가 제기하는 변경 요구	25.5%	○
기자재 제작 실수	제작자(Vendor)의 제작실수로 인한 경우	10.8%	×
시공 요청	시공사가 제기하는 변경 요구	7.5%	○
시공 실수	시공 실수로 인한 경우	8.5%	×

◎ : 설계품질관리와 연관성 높음  
 ○ : 설계품질관리와 일부 연관성 있음  
 × : 설계품질관리와 관계 없음

설계품질의 결과가 반드시 설계변경으로 나타난다고는 말할 수 없지만, 설계상의 오류 등으로 인하여 설계품질이 떨어진다면 설계변경이 필연적으로 발생된다고 할 수 있다. 이러한 관계는 설계변경의 원인을 분석하여 품질과 관련 있는 것을 선정하여 설계품질 관리항목과 연관지을 수 있다.

### 2.3 기존연구 고찰

설계품질에 관한 기존 연구는 설계정보의 품질 특성에 관한 연구와 설계품질의 평가에 관한 연구들로 구분할 수 있다. 대부분의 설계품질에 관한 연구들은 정성적인 인자들을 대상으로 통계

적인 방법에 의하여 연구를 수행해 왔다. 설계품질 평가에 관한 연구 중, 이태식(1998)은 플랜트 건설사업에서의 설계품질 평가 방법에 관한 연구에서 절차서 작성여부, 설계입력 자료의 정확성, 설계제품의 부서간 간섭여부, 설계검증 여부, 설계변경 항목을 평가항목으로 하는 설계 품질 평가표를 구성하고 설계품질평가를 상, 중, 하로 실시하여 설계품질점수를 산정하였다. 이 연구는 가중치 부여에서 man-hour를 사용하여 객관성을 높였으나 품질평가에서 주관적인 요소가 개입되어 있다.

정대기(1998)는 설계도서를 중심으로 한 설계품질 평가에 관한 연구를 수행하였다. 품질평가를 위한 품질특성을 정확성, 편이성, 일관성, 시공성으로 보고 설계/엔지니어링 회사를 대상으로 설문 조사를 실시하여 통계적인 기법에 의하여 설계품질을 평가하였다. 이 연구 또한 전문가 입장에서 설계품질을 평가하고 세부 항목을 결정해야 하기 때문에, 평가에 관한 객관성을 유지하기 힘들다.

### 3. 설계품질 평가방법의 체계화

#### 3.1 설계품질 관리체계

건설공사 시공단계에서의 품질관리는 품질을 확보하기 위해 계획을 수립하고 수행하는 과정에서 요구되는 사전품질정보(품질정보)와 하자에 대한 제반 관리와 개선안 및 대책을 수립하기 위한 사후품질정보(하자정보)로 크게 나눌 수 있다(유광홍 1996). 2장에서 설계품질과 설계변경에 대한 연구에서 설계변경 원인 중 설계품질의 부실로 인한 비율이 매우 높다는 사실에 근거하여, 시공단계에서의 품질정보와 하자정보를 설계단계에서 각각 설계품질정보와 설계변경 정보로 대응시킬 수 있다. 그림 3은 시공단계의 품질관리정보의 흐름을 설계단계에서 나타내고 각각의 항목을 대응시킨 것이다.

설계품질평가는 설계품질관리 수행을 위한 정보를 제공해야하므로, 사전관리단계에서의 통계적 방법보다는 객관적으로 입증되는 사후관리 재작업이라는 관점에서 설계를 평가하고 피드백시키는 절차가 필요하다. 그림 2는 설계품질관리 프로세스 중 설계품질

평가가 프로세스의 위치를 보여주고 있다. 설계품질 평가절차는 크게 설계변경의 평가와 설계품질의 평가로 구성되어 있다.

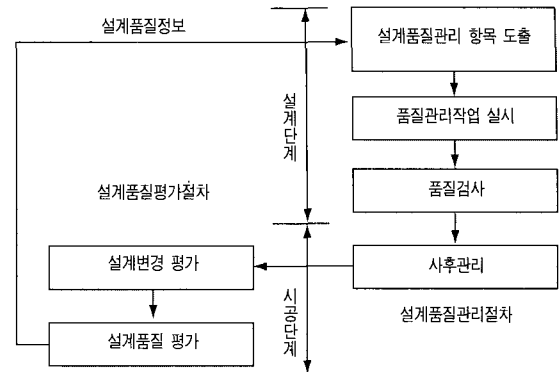


그림 3. 설계품질관리와 설계품질평가의 관계

#### 3.2 설계품질 관리항목의 도출

ISO 9001 4.4 설계관리항목은 설계품질의 기술과 관리의 2가지 관점 뿐 만 아니라 기존의 설계품질관리 도구들을 모두 만족시키므로 본 연구에 ISO 시리즈에서 제시하는 설계관리 항목들을 도입한다. 이를 토대로 본 연구에서 제안하는 설계품질관리 세부 항목은 다음과 같고, 표 3에 요약되어있다.

설계품질 관리항목 중요도는 최종 품질 항목별 설계품질점수를 평가할 때, 항목별 설계품질등급과 함께 사용된다. 중요도는 프로젝트 설계가 시작하기 전에 합의되어야 하며 이를 위해서 프로젝트의 목표를 명확히 해야 한다.

설계품질관리 항목 중요도는 첫째, 프로젝트의 성격 및 규모, 지역위치, 시설물의 기능 등의 조건등과 같은 프로젝트 특성 및 기업의 상황을 고려해야 하고, 둘째, 설계품질 평가의 결과를 이용해야 한다. 설계단계에서 품질관리작업이 수행된 후 설계품질이 평가되고, 그 결과가 다음 프로젝트에서의 품질관리항목으로 피드백 되어야 한다. 이때 품질평가 결과 점수가 낮은 항목을 우선적으로 선정하여 중점적으로 관리해야 한다.

#### 3.3 설계변경항목의 평가

##### (1) 설계변경항목의 평가기준

본 연구에서는 설계변경에 영향을 받는 주체에 따라 설계변경 발생시 재작업을 시행하는 주체인 설계자, 비용 측면에서의 시공자 관점과, 성능 측면에서의 건축주/사용자 관점으로 나누어 평가한다.

##### ① 설계자 관점 - 재작업관점

설계자 관점에서의 설계변경 평가요소를 설계변경 발생시 변경해야 할 도면과 시방서 등 각종 설계도서의 수로 나타낸다. 이를 모든 프로젝트에 적용하여 상호 비교할 수 있는 객관적인 자료로 활용하기 위해, 설계변경 도서수와 전체 설계도서 수의 비(%)를

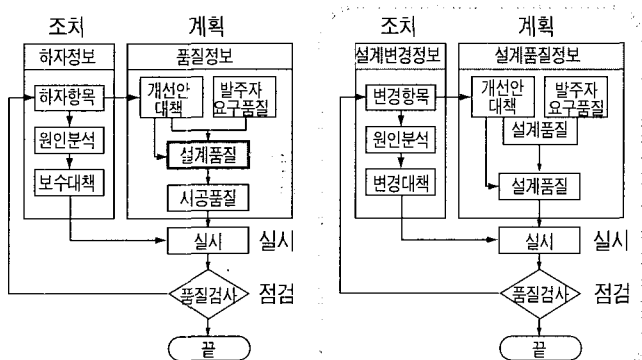


그림 2. 품질관리와 설계품질관리의 관계

설계 재작업관점의 설계변경 평가요소로 제시한다.

② 시공자 관점 - 비용관점

경제적인 측면에서 설계 변경으로 인한 공사 증감액이 높을수록 중요도가 높은 설계변경항목으로 인식된다. 이러한 정보를 모든 프로젝트에 적용하기 위하여, 그 프로젝트의 총도급금액에 대한 공사비 증감금액의 비율(%)로 나타내었다.

③ 건축주/사용자 관점 - 성능관점

건축주/사용자 관점에서 설계변경은 성능의 향상 정도로 평가될 수 있다. 성능 향상도는 설계 변경이 되었을 때와 설계 변경이 되지 않았을 때를 비교하여 사용자가 느끼는 계획측면에서의 질적인 향상을 나타내는 척도라 할 수 있다. 이 값은 정성적인 요소로 객관적인 수치로 나타낼 수 없기 때문에, 전문가가 구체적인 평가기준에 따라 각 변경항목의 성능 향상도 평가를 실시하고 이를 정량적인 값으로 나타내어야 한다. 이러한 평가기준으로 환경태학의 주요 연구방법론인 POE(Post Occupancy Evaluation) 방법론에서 사용되는 평가기준을 적용한다.

표 4. 설계변경항목 평가인자

참여자	관점	평가인자	평가 방법	비고
설계자	재작업	변경 설계도서	변경된 설계도서양 전체 설계도서양	정량적
시공자	비용	공사 증감액	공사비 증감액 전체 공사도급금액	정량적
건축주/사용자	성능	POE 기준 성능향상	전문가 지식에 의한 등급(1~10) 부여	정성적

한 현장에서의 설계변경 평가는 설계변경 항목과 재작업, 비용, 성능 관점의 평가 요소를 한 현장에서 수집되어 합산되면서 이루어진다. 위에서 정리한 관점에 따라, 각 설계변경 항목을 평가하기 위한 항목들을 정리해 보면 표 4와 같다.

(2) 설계변경항목의 평가절차

설계변경 평가항목의 객관적인 가중치 결정을 위하여, Saaty에 의하여 개발된 AHP(analytic hierarchy process) 기법을 사용하였다(Saaty 1980). 재작업관점, 비용관점과 주관적인 요소

표 3. 세부설계 품질관리 항목

구 분	세 부 항 목	
설 계 입 력	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건축주의 요구사항 및 계약검토</li> <li>• 건축주로부터 제공된 문서, 정보 및 고객의 의도 내용 파악</li> <li>• 관련법규 및 시방에 관한 사항 검토</li> <li>• 설계입력사항목록작성</li> <li>• 이해관계자의 요구사항과 기대사항 검토</li> <li>• 현장여건과 관련된 정보, 문서 검토</li> </ul>	
	규정요구사항, 기능, 성능에 대한 만족	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 검증 및 유효성 확인 실시자가 이해할 수 있는 용어로 표현</li> <li>• 설계입력의 요구사항 만족 여부</li> <li>• 설계입력 요구사항 만족에 대한 점검용 체크리스트를 작성</li> </ul>
설 계 출 력	합격판정기준 기술 또는 인용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 당해 건조물에 요구되는 완성도(기능, 성능 포함)의 판정기준이 특기시방서 등에 명시되어 있거나 또는 공통의 기준을 인용하고 있을 것</li> </ul>
	설계물의 특성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 당해 건조물에 필요한 안전성 및 중요한 설계상의 특성(내진성, 수밀성, 차음성 등)을 특기시방서 등에 명확히 규정하고 있을 것</li> </ul>
설 계 검 토	설계입력 자료의 적절성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건축주 요구조건 만족도</li> <li>• 설계의 법적 요구조건 만족도</li> </ul>
	설계방법의 적절성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용된 설계기법의 적절성</li> <li>• 설계자의 해당 업무에 대한 자격 보유 여부와 훈련 정도</li> <li>• 설계의 안전성 만족도</li> <li>• 설계의 효율성</li> <li>• 설계 비용 효과성</li> </ul>
	설계물의 현장시공 가능성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재료(자재) 선택의 적절성</li> <li>• 설계의 기능상, 작동상의 요구조건 만족도(성능, 신뢰성, 유지성 등)</li> </ul>
설 계 검 증	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대체계산 실시 검증</li> <li>• 기입증된 유사 설계와 비교 검증</li> <li>• 검증시험 및 실증실시</li> <li>• 설계도서의 설계출력 단계별 발행전 검토시험 및 실증</li> </ul>	
인터페이스관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 설계단계별 문서화 할 수 있는 요소를 추출하여 양식화</li> <li>• 설계단계별 관련정보 전달양식을 기록, 유지</li> <li>• 설계관련 회의체를 운영</li> <li>• 단계별 검토 결과를 피드백하여 설계 조정</li> </ul>	

인 성능관점의 평가항목을 하나의 기준으로 평가하기 위해서 등급을 사용하여 각각의 평가값들을 표준화된 척도로 나타낸다. 표준화된 척도를 통해 미리 결정된 기준값에 따라 등급을 결정하게 된다. 이를 이용하여 본 연구에서 제시하는 설계변경항목 평가점수 산정식은 식 3.1과 같다.

$$CE_i = p \times RD_i + q \times RC_i + r \times RI_i \quad (3.1)$$

CE<sub>i</sub> : i번째 설계변경항목 평가점수  
 RD<sub>i</sub> : i번째 설계변경항목의 재작업관점 등급  
 RC<sub>i</sub> : i번째 설계변경항목의 비용관점 등급  
 RI<sub>i</sub> : i번째 설계변경항목의 성능관점 등급  
 p, q, r : 가중치 (p + q + r = 1)

### 3.4 설계품질의 평가

#### (1) 설계품질정보와 변경정보의 연결

설계변경항목과 설계품질항목을 상호 연결시키기 위해서는 매개인자가 필요한데 설계변경 항목에 대하여 설계 변경의 원인을 분석함으로써 가능하다. 대부분 복합적인 품질관리 원인으로 인하여 설계변경이 발생하므로 이러한 모든 발생 원인들을 고려하여야 한다. 설계변경의 발생원인을 분석한 뒤 전문가에 의해 상관도 평가가 이루어진다. 상관도는 설계품질관리 항목을 준수하지 않음으로써 설계변경항목에 영향을 끼치는 정도를 나타낸다. 본 연구에서는 영향 정도에 따라 0~1 사이의 값을 부여하되, 0(관련 없음), 0.5(일부 관련 있음), 1(직접적인 영향)의 세 단계로 나누어 나타내었다.

#### (2) 설계품질의 평가방법

각 품질관리 항목별 품질측정치(value)는 설계품질 관리항목 중요도와 연관된 설계변경항목의 평가점수의 곱을 모두 합한 값으로 정의된다. 여기서 설계품질 측정값이 낮을수록 항목별 최종 품질은 높게 된다. 즉 n개의 설계변경항목 발생시, j번째 설계품질 관리항목의 품질 측정치 QV<sub>j</sub>는 식 3.2와 같다.

$$QV_j = \sum_{i=1}^n (CE_i \times CR_{ij}) \quad (3.1)$$

CE<sub>i</sub> : i번째 설계변경항목 평가점수  
 CR<sub>ij</sub> : i번째 설계변경항목과 j번째 설계품질 관리항목의 상관도

이러한 설계품질 측정치는 각 설계품질 항목별 비교와, 더 나아가서는 다른 프로젝트와의 비교를 위해서 객관성을 나타낼 수 있는 표준화된 점수로 치환해야 하는데, 이를 위해 본 연구에서는 objectives matrix(Stull and Tucker 1986)를 이용한다. 설계품질평가에서 기준, 가중치, 성능척도, 성능지수의 요소는 각각 설계품질 관리항목, 설계품질 관리항목별 중요도(QI), 설계품질척도(QS), 설계품질지수(DQI)로 표시된다. 설계품질척도는 설

계품질 측정치를 등급(척도)으로 환산한 값이고, 설계품질지수는 그 프로젝트의 최종 설계품질을 나타내는 객관적인 값이다.

Objectives matrix를 이용하여 설계품질 지수를 구하기 위해서는 우선 항목별 설계품질 측정치를 다년간 데이터를 조사한 벤치마크(benchmark) 값을 통하여 0~10까지의 등급으로 나누고 측정치를 설계품질척도로 환산한다. 다음 이러한 설계품질척도와 설계품질항목의 중요도를 곱하여 각 설계품질관리 항목별 품질을 산출해 내고, 이들의 총합이 프로젝트의 설계품을 나타내는 고유값인 설계품질지수로 표현된다. 이러한 항목별 품질과 품질지수는 객관적이고 정량적인 수치이기 때문에 이를 이용하여 항목간 설계품질평가 비교 뿐만 아니라, 다른 유사 프로젝트에서의 설계품질과도 비교할 수 있다. 품질지수 DQI는 식 3.3과 같이 나타낼 수 있다.

$$DQI = (QI_{input} \times QS_{input}) + (QI_{output} \times QS_{output}) + \dots + (QI_{verify} + QS_{verify}) \quad (3.3)$$

DQI(design quality index) : 프로젝트 설계품질지수

QI<sub>j</sub> : j 항목의 설계품질 중요도

QS<sub>j</sub> : j 항목의 품질척도

#### (3) 품질평가의 피드백

반복되는 설계 착오를 막기 위해서는 중점적으로 관리해야 할 설계품질 관리항목이 피드백되어야 하고 이는 표준화된 정보로서 가능하다. 설계단계에서 중점적으로 관리해야 할 설계품질관리 항목 선정을 위해 이러한 중요도 산정에 품질평가 결과를 이용하도록 한다. 품질관리항목 중요도는 프로젝트 특성을 반영하는 중요도와 피드백된 중요도를 함께 고려해야하므로 산정식은 식 3.4와 같다. 프로젝트특성 품질관리항목별 중요도는 앞에서 서술한 값을 이용한다. 피드백 품질관리항목별 중요도는 이전 프로젝트의 설계품질 평가결과가 설계품질정보에 누적되어온 정보로서 이전 프로젝트에서 설계품질이 더 낮은 항목에 더 높은 중요도값이 부여된다.

$$QI = p \times QI_{feedback} + (1 - p) \times QI_{character} \quad (3.4)$$

QI : 설계단계의 품질관리항목별 중요도

QI<sub>feedback</sub> : 피드백 품질관리항목별 중요도

QI<sub>character</sub> : 프로젝트특성 품질관리항목별 중요도

p : 가중치 (0 < p < 1)

## 4. 설계품질 평가모델의 구축

### 4.1 평가모델의 구성

본 연구에서는 각각의 프로젝트에서 표준화된 설계변경정보를 이용하여 설계품을 평가하고 다음프로젝트에 이러한 정보들을 피드백할 수 있도록 데이터 베이스를 구축하는 방법을 사용한다. 설계품질 평가 및 피드백 알고리즘은 다음 그림 4와 같다.

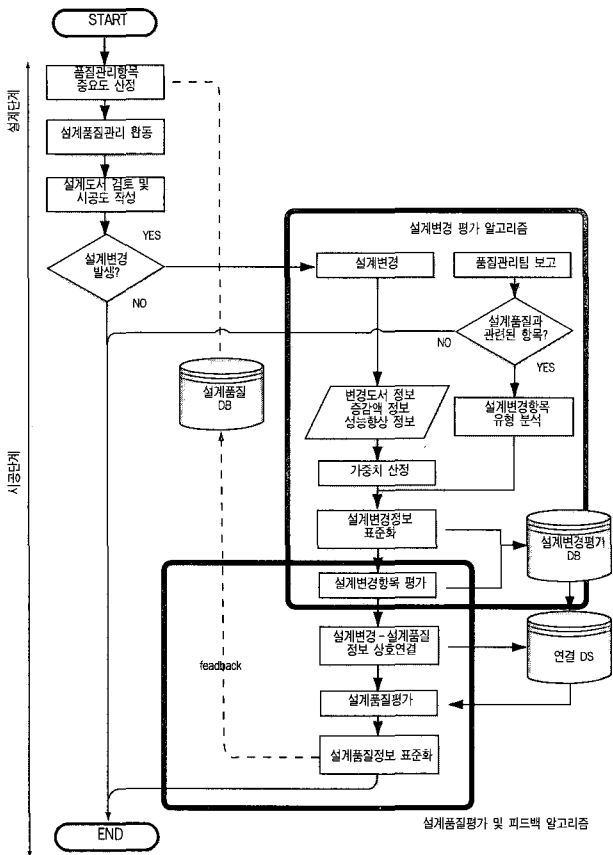


그림 4. 설계품질평가 및 피드백 알고리즘

이 알고리즘은 설계단계와 시공단계로 구분되고, 다시 시공단계에서는 크게 설계변경 평가모델과 설계품질 평가모델로 나누어진다. 설계품질관리 모델은 크게 설계변경 평가와 설계품질 평가 및 피드백 단계로 나누어진다. 설계품질평가는 설계변경 정보들을 중요도를 부여하여 설계 품질을 측정하는 단계이고, 피드백은 자료의 표준화를 거쳐 다음 공사에서 사용할 수 있는 자료로 피드백 되는 단계이다.

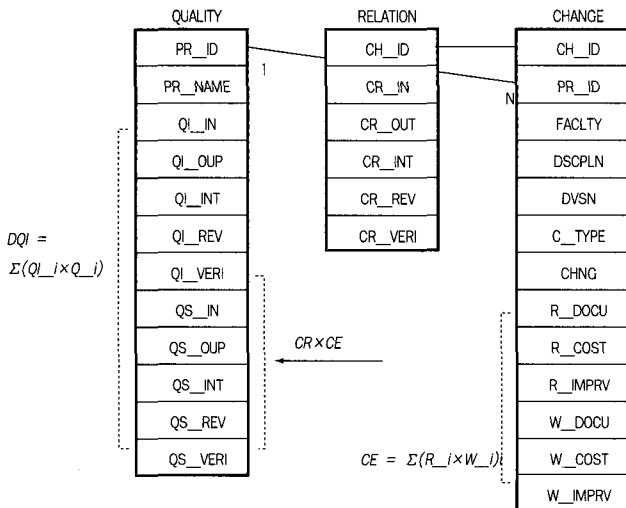


그림 5. 데이터베이스의 연결관계

#### 4.2 평가모델 데이터베이스 구축

사후관리 단계에의 설계변경평가의 결과는 각각 설계변경평가, 연결, 설계품질 테이블에 저장된다. 이러한 데이터베이스는 향후 진행되는 프로젝트에서 설계품질관리를 위한 기초 자료로 피드백 된다. 설계품질평가 및 피드백에 사용되는 데이터베이스는 설계변경평가(CHANGE), 연결(RELATION), 설계품질(QUALITY) 등의 테이블로 구성되어 있다. DBMS를 이용한 설계품질 평가모델에서의 입력력 작업과 관련된 각 테이블간의 연결관계는 그림 5와 같다.

### 5. 사례연구

현장에서 발생하는 구체적인 설계변경항목을 대상으로, 본 연구에서 제안하는 설계품질 평가모델을 적용하여 적용가능성을 검증하고자 한다. A현장에서는 34건, B현장에서는 38건의 설계변경 항목이 발생하였다.

#### (1) 설계변경 평가

현장에서 발생한 설계변경 사항 중 설계품질과 관련 있는 설계변경 항목을 선정하는 프로세스를 거쳐 그 결과를 유형별로 분리하였다. 설계변경시 그 항목과 관련된 변경 설계문서수, 공사비 증감액을 조사하고, 설계변경으로 인하여 성능이 향상된 정도를 POE 기준에 맞추어 전문가로 하여금 평가하게 하였다. 다음 공사 도급액과 총 설계문서의 양을 조사하여 각 평가요소에 설계품질과의 영향도를 나타내는 객관성 있는 등급을 부여하였다. 표 5는 전문가 집단으로 하여금 3가지 평가 요소의 중요도를 평가하게 하고, AHP 기법에 의하여 각 평가요소에 가중치를 부여하여 최종 설계변경항목 평가점수를 산출한 예이다.

표 5. 철근콘크리트공사 설계변경 평가(사례A)

설계 변경 항목	변경문서양/ 전체문서 (%)	재작업 관점 등급	공사비증감액/ 전체도급액(%)	비용 관점 등급	성능향상 관점등급	평가점수
1	0.80	6	0.001203	2	8	4.60
2	0.80	6	0.000654	1	8	4.06
3	0.80	6	0.009677	4	6	4.92
4	0.60	4	0.015373	7	2	4.86
5	1.00	8	0.006241	4	6	5.08

#### (2) 설계품질 평가

설계변경항목별로 그 원인을 분석하여 설계품질항목과 연결시킨다. 연관성에 따라, 1(연관성 높음), 0.5(연관성 보통), 0(연관성 없음)의 수치를 부여하였다. 철근콘크리트 공사의 설계변경항목과 설계품질항목의 연결 관계는 표 6과 같다.

설계품질항목의 중요도는 일정한 비율이라고 가정하고, 표 7과 같이 objectives matrix를 이용하여 항목별 설계품질을 평가하였다. 설계 품질을 나타내는 등급은 누적자료가 없기 때문에 임의로 설정하였다.

표 6. 철근콘크리트 공사의 설계변경항목과 설계품질항목의 연결(사례A)

번호	설계변경 항목	변경 평가 점수	설계 입력	설계 출력	인터 페이스	설계 검토	설계 검증
1	지하층옹벽두께 200⇒400변경	4.60	0	0	0.5	1	0
2	현관 케노프 입면변경 (135⇒500)	4.06	0	0	0	0.5	1
3	발코니턱 역보처리 (150⇒200)	4.92	0	0	0	0.5	1
4	내부와 발코니사이 보차리	4.86	0	0	0	0.5	1
5	후면높은 발코니턱보강	5.08	0	0	0	0.5	1
6	독립기둥 철근보강 /규격변경(450⇒500)	5.30	0	0.5	0	0.5	1
7	창문옹벽하부 철근보강 (안방창 하부)	4.44	1	1	0	0.5	0
8	3호동 뒤 건축옹벽 추가	6.84	0	0	1	0.5	0
9	옥상층바닥 지붕보강	7.02	0.5	0	0	1	0
10	8호동 지하연결통로	5.14	0.5	0	1	0.5	0

표 7 Objectives Matrix (사례A)

평가항목	설계입력	설계출력	설계인터페이스	설계검토	설계검증
품질측정치	24.5	13.0	46.5	85.9	62.2
등급	10	0	0	10	0
	9	3	3	7	10
	8	6	6	14	20
	7	9	9	21	30
	6	12	12	28	40
	5	15	15	35	50
	4	18	18	42	60
	3	21	21	49	70
	2	24	24	56	80
	1	27	27	64	90
0	30	30	70	110	100
품질척도	2	6	4	3	4
중요도	20	20	20	20	20
설계품질	40	120	80	60	80
DQI	380/1000				

(3) 모델의 타당성 검증

설계변경항목 평가가 끝나면 이 결과를 이용하여 설계품질을 평가한다. 총 설계품질지수를 비교해 볼 때, 사례A가 사례B보다 설계품질이 우수한 것으로 판명되었다.

설계평가항목의 가중치를 동일하게 적용한 결과 사례A의 경우 설계품질지수는 1000점 중 380점, 사례B는 340점으로 평가되었다. 각 설계항목별 품질을 비교하면 그림 6과 같다.

사례 현장 근무자와의 면담조사 결과, 실제로 설계입력항목의 경우 사례A는 건축주의 요구사항 및 건축주가 제시하는 자료조건 등을 반영하지 못함으로써 발생한 설계품질의 손실이 컸음

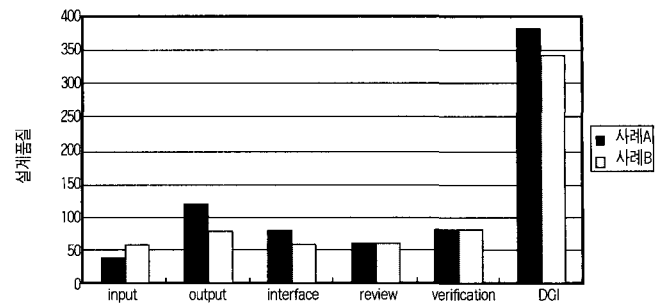


그림 6. A, B 사례의 설계품질비교

조사되었다. 설계출력항목의 경우 사례B 현장에서는 주상 복합 프로젝트라는 특성과 패스트트랙이 일부 적용되어 출력되는 설계 문서의 양이 매우 방대한 것으로 조사되어 설계품질모델의 적용 결과와 일치하는 것으로 밝혀졌다. 설계 인터페이스 항목의 경우, 사례B 현장에서 다양한 공법, 복잡한 마감 그리고 설계기간의 중첩으로 인하여 건축, 토목, 설비간의 인터페이스 관련 설계 오류사항이 설계문서에서 많이 발견되었던 것으로 조사되었다.

6. 결론

본 연구에서는 설계품질정보를 정량적으로 평가할 수 있고, 품질정보의 효율적인 피드백이 가능한 설계품질 평가모델을 제시하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 현장에서 발생된 설계변경사항의 원인을 분석해 볼 때, 절반 이상이 설계도서의 오류나 누락사항으로 발생하거나 품질의 향상을 위해 건축주나 시공자가 요구한 사항이었다. 이를 분석해 볼 때, 시공단계의 하자를 설계단계에서의 설계변경으로 파악하고 시공단계에서 발생한 설계변경항목 분석을 통해 설계품질을 측정할 수 있음이 밝혀졌다.

(2) PDCA 싸이클에 따라 품질관리항목 설정 - 품질관리활동 실시 - 검사 - 사후관리작업의 순의 설계품질관리 프로세스를 도출하였고, 사후관리작업에서 이와 상호 연결되어 관리가 가능하도록 설계변경항목의 평가 - 설계변경항목과 설계품질항목 연결을 통한 설계품질평가로 구성된 설계품질 평가 프로세스를 제안하였다. 그리고 설계품질관리 프로세스와 설계품질평가 프로세스를 결합하는 방법을 제안하였다.

(3) 설계변경으로 인한 손실을 평가하기 위해 설계자, 시공자, 사용자/건축주 관점의 설계변경 평가인자를 도출하고 AHP 기법에 의해 가중치를 적용하여 객관적인 설계변경항목 평가방법을 제시하였다. 설계변경항목과 설계품질항목의 연결 후 objectives matrix를 통해 최종 설계품을 평가하는 절차와, 다음 프로젝트 설계단계에서의 품질관리 프로젝트 특성과 피드백을 고려한 설계품질관리항목의 중요도 산정방법을 제안하였다.

(4) 본 연구에서 제안된 설계변경 분석을 통한 설계품질평가 방

법을 전산화하여 효율적으로 사용하기 위하여 설계품질 평가와 피드백 알고리즘을 구축하고 데이터베이스를 설계하였다. 사례연구를 통해 현장에서 발생하는 설계변경자료를 본 연구에서 구축된 모형에 적용하여 타당성을 검증한 결과, 설계변경항목 분석을 통해 설계품질을 평가하고, 이후 진행되는 프로젝트를 위한 설계품질관리항목 중요도를 도출할 수 있음이 판명되었다.

설계 프로세스의 복잡성과 다양성 때문에, 실제 설계상황과 환경을 고려한 완벽한 정량적인 결과를 제공할 수 없지만, 본 연구의 결과를 통해 객관적이고 정량적인 방법으로 유사 프로젝트의 설계 품질을 비교함으로써 건축주, 설계자, 시공자간의 공통적인 이해를 추구할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 품질관리목표 달성을 위하여 현장과 설계자 사이의 원활한 피드백 시스템을 구축함으로써 궁극적으로는 설계품질 향상에 이바지할 수 있을 것으로 기대된다.

## [참고문헌]

1. 유광흠 (1996). 건설공사의 품질관리를 위한 정보시스템 개발에 관한 연구, 서울대학교 박사학위논문
2. 이태식, 강재준 (1998). 국내 플랜트 건설사업의 설계품질 경영 사례를 통한 개선방안 연구, 대한토목학회논문집, 제18권 1호, 529-537
3. 한국건설기술연구원 (1998). 건설공사 품질관리 개선방안 (품질시스템) 연구 및 건설분야 ISO 9000 Guide Line
4. Burati, J. L., Farrington, J. J. and Ledbetter, W. B. (1992). Cause of quality deviations in design and construction, J. Constr. Engrg. and Mgmt., ASCE, 118(1), 34-49.
5. Davis, K., Ledbetter, W. B. and Burati, J. L. (1989). Measuring design and construction quality costs, J. Constr. Engrg. and Mgmt., ASCE, 115(3), 385-400
6. Kubal, M. T. (1994). Engineered Quality in Construction, McGraw-Hill, Inc.
7. Ledbetter, W. B. (1994). Quality performance on successful project, J. Constr. Engrg. and Mgmt., ASCE, 120(1), 34-46
8. Nee, P. A. (1996). ISO 9000 in Construction, John Wiley & Sons, Inc.
9. Nelson, C. (1996). TQM and ISO9000 for Architects and Designers, McGraw-Hill
10. Nigro, W. T. (1984). REDICHECK: A System of Interdisciplinary Coordination, DPIC Comunique newsletter, DPIC Companies Inc.
11. Saaty, T. L. (1980). The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York, NY, 249-263
12. Scarlett, B. R. and Tucker, R. L. (1986). Evaluation of Design Effectiveness, The University of Texas at Austin, A Report to The Construction Industry Institute
13. Stasiowski, F. A and Burstein, D. (1994). Total Quality Project Management for the Design Firm, John Wiley & Sons, Inc.
14. Stull, J. O. and Tucker, R. L. (1986). Objectives Matrix Value for Evaluation of Design Effectiveness, The University of Texas at Austin, A Report to The Construction Industry Institute

## Abstract

Design quality in constructed project is a primary consideration to achieve overall project objectives. It is not easy to evaluate the design quality because various factors are involved in the design process. This paper presents a new approach to improve the evaluation process of design quality in the construction project. The evaluation model is developed to satisfy the requirement for implementing the ISO 9000 Quality Assurance Standards in the design process.

It is assumed that design changes are resulted from the poor management of design quality. The model relates design changes to design quality management items. It assigns weight ratio to each design quality item to evaluate quantitatively. Design Quality Index (DQI) is calculated to assess design quality based on the Objectives Matrix. A case study is performed to illustrate the practical implementation of the design quality evaluation.

**Keywords** : design quality evaluation, quality management, change order, ISO 9000, design quality index, objectives matrix