

전문가 시스템 구축을 위한 정보분류체계 연구 (국내의 LNG산업을 중심으로)

A Study of Work Break-Down Structure Construction with Expert System - LNG Industry in Domestic -

김건호(Kim, GeonHo)¹⁾, 김윤성(Kim, YoonSung)²⁾, 강경식(Kang, KyungSik)³⁾

1. 서 론

우리나라는 70년대와 80년대의 고도성장을 통하여 양적인 경제성장을 도모한 시기였으나 90년대 후반이후 경제개발도상국에서 선진국으로의 진출을 위한 질적인 성장을 하기 위해서는 과거의 경제정책과 산업구조는 선진국 대열로의 진입을 위해 개선해야 할 문제점이 많음을 IMF 사태를 거치면서 확인하였다. 이와 함께 90년대부터 대형사고의 발생을 통하여 나타난 산업구조의 문제점들은 안전에 대한 인식을 바꾸어 놓았으며 이를 개선하기 위하여 안전관리 및 통합관리시스템에 대한 연구가 필요함을 인식하였다. 그러나 산업별 특성에 의한 장벽은 분야별 전문가의 양성에 많은 시간과 투자가 필요함을 확인하였으며 과거의 기술인력의 확보 방식으로는 그 효율성이 떨어짐을 알고 있다. 이러한 문제점의 개선과 해결을 위하여 전문가 시스템의 도입이 필요하다. 분야별 관련 전문가의 양성을 위한 투자비용을 절약하고 기존 관련 인력의 활용을 통한 전문가 시스템의 도입은 기존 인력의 업무 효율성 증대에 효과가 크므로, 일차적인 작업으로 작업분할체계를 적용하여 분석과 검토를 실시하였으며 전문가시스템 구축을 위한 새로운 정보분류체계를 제안하고자 한다.

본 연구에서는 제조산업과 건설산업의 특성을 공유하는 LNG산업을 대상으로 하여 기존의 정보분류체계를 조사/분석하고 이를 토대로 새로운 정보분류체계를 제안함으로써 통합관리 시스템 구성을 위한 DB구축의 기준을 마련하고자 한다.

2. 기존 정보분류체계

정보분류체계(WBS ; Work Breakdown Structure, CBS ; Cost Breakdown Structure)를 적용

1) 안산공과대학 조교수
2) 안산공과대학 조교수
3) 명지대학교 교수

하기 위해서는 정보분류체계의 개념 및 구축의 기초작업과 그 활용도를 충분히 이해하여야 한다. 정보분류체계는 최종 목표물과 그 목표물을 이루는 세부 항목들의 연계를 이루는 프레임 형태의 계층구조를 형성함으로써 완성된다. 최하위 단계인 작업활동까지 규명하여 그 활동의 단계별 상위 계층 요소들과 연계시키고 결국 최상위 단계인 최종 목표물과 연계시킨 하나의 구조군을 형성하여 계획과 관리를 위한 계층적 구조체계를 제공하게 되는 것이다.

정보분류체계의 각 요소들은 서로 독립적인 의미를 가지며, 다시 하위단계의 세부요소들로 구성된다. 최종 목표물을 이루기 위한 모든 요소들은 단일군 조직에 포함되어야 하며, 단계별 구분이 명확하고, 상하 단계의 연계성이 분명히 규명되어야 한다. 정보분류체계의 최하위 단계 설정은 공사의 규모와 복잡성에 따라 다르며 관리의 목적을 충족시키기 위해 다양하게 구축할 수 있다.

또한 정보분류체계의 각 요소들이 preceding 동안에 독립된 항목으로 수행되고, 관리하기 위해서는 체계적인 코드번호를 부여하여야 한다. 이 코드를 부여하는 것은 정보분류체계의 각 요소 상하간에 관계를 손쉽게 식별할 수 있고, 작업항목의 소속 관계를 분명히 함으로써 단계별 비용계산 및 공정계획을 용이하게 할 수 있다.

2.1 국외의 정보분류체계

미국 등 선진국에서 1980년대 후반부터 정보분류체계의 데이터 표현 모형 개발을 통한 접근 방식에 관하여 많은 연구가 수행되었다. 그러나 가스산업에 대한 정보분류체계에 대한 연구는 미흡하였으므로 전산업중에서 관련도가 높은 건설업에서의 정보분류체계가 관련성이 많다. 이에 건설업에서 정보분류체계 이론을 정리하였다. 이들중에서 Teicholz의 Model, Hendrickson의 Model, Ibbs & Kim의 Model, Rasdorf & Osama의 Model에 대하여 정리하였다.

2.1.1 Teicholz의 Model

건설산업에서 공정·공사비 통합관리의 패러다임은 1987년 Teicholz에 의해서 주창되었다. 그는 과업중심 계층구조(task-oriented hierarchy)를 따르는 작업분할체계(WBS)와 자재중심 계층구조(material-oriented hierarchy)를 따르는 원가분류체계(CBS)가 각각 공정관리와 공사비관리에 활용되고 있다는 사실을 인식하였다. 그리고 작업분할체계와 원가분류체계의 통합을 최초로 시도하였다.

Teicholz는 원가분류체계의 세부항목이 작업분할체계의 세부항목들과 일대일(一對一) 또는 일대다수(一對多數)의 대응관계를 가진다고 보았다. 또 이들 대응관계에서는 방법론을 채택하였다. 그의 확률분배 개념은 개략적이며, 주관적인 판단에 의존하고 있다. 특히, 원가와 공정체계의 세분화 수준이 서로 일치하지 않았을 때, 원가항목은 공정과 연계되지 못하는 상태로 존재하게 된다. 이러한 불일치 성의 문제는 두 가지 데이터의 분리된 구조 때문이며, 이러한 구조를 실질적으로 통합하지 못하기 때문에 발생하게 된다.

이와 같이 비록 배분원칙이 분명하지 못하여 공정과 공사비의 통합관리하는 본질에 접근하지 못했지만, 작업분할체계와 원가분류체계를 통합하려는 최초의 시도는 높이 평가되고 있다.

2.1.2 Hendrickson's Model

Teicholz가 작업분할체계와 원가분류체계의 통합을 시도한 후 2년이 지난 1989년 Hendrickson은 Teicholz의 패러다임을 변환했다. Hendrickson은 공정·공사비 통합관리라는 Teicholz의 패러다임을 수용하였고, 여기에 덧붙여 작업분할체계와 원가분할체계를 통합할 수 있는 작업요소(work element)라는 개념을 제시하였다. Teicholz는 원가분할체계와 작업분할체계간에 일대일(一對一) 또는 일대다수(一對多數)의 관계만이 있다고 보았던 반면에 Hendrickson은 원가분할체계와 작업분할체계 간에 다수대일(多數對一)의 관계를 인식하였다는 점에서 패러다임의 변환이 있었다고 할 수 있을 것이다.

즉 작업분할체계와 원가분할체계간의 관계를 제공하는 데 하나의 비용항목이 한 개 이상의 작업과 연계될 수도 있고, 또 하나의 작업이 한 개 이상의 비용항목과 연계될 수도 있다. 이러한 관계는 작업요소를 공통분모로 다시 이용함으로써 바람직한 통합을 가능하게 한다. 따라서 특정한 작업에서 일어나는 문제는 그 작업과 연관된 원가와 수행 관련 데이터들이 동일 수준에서 축적되므로 쉽게 분리되어 분석될 수 있다. 그러나 이 모형은 작업분할체계와 원가 분할체계가 데이터 수집과 저장을 목적으로 작업요소에 의해 연결되었지만 여전히 두 가지의 다른 관점에서 봄으로써 상이한 구조를 가지며, 원가관리 기능과 공정관리 기능을 목적으로 관련 데이터를 수집하는 데 추가적인 작업을 필요로 했고, 이로 인하여 수치계산작업을 복잡하게 했다.

2.1.3 Ibbs & KIM의 Model

비슷한 시기에 Ibbs와 Kim의 모델이 제시되었는데 역시 공정·공사비 통합관리라는 Teicholz의 패러다임을 수용하고 있지만, 그들은 객체지향 프로그래밍(object-oriented programming)의 개념을 기반으로 설계대상(design object)이라는 새로운 통합 대상을 추가하였다.

공정·공사비 뿐 아니라, 설계대상에 의해서 요구되는 BOD(basic construction operation required by a design object)라고 불리는 제3의 요소를 통합하려 했다는 점에서 역시 Teicholz의 패러다임을 변환했다 해도 무방할 것 같다.

하나의 BOD는 설계대상의 세부항목들과 대응되는 공사정보분류체계 사이의 결합 메커니즘을 제공하는 하나의 대상이며, 3차원 구조로서 작업분할체계에서 하나의 활동, 원가분류체계에서 하나의 원가항목, 도면에서 하나의 설계대상으로 나타내는 것이다.

그러나 Ibbs와 Kim의 패러다임은 획기적이지만 가공되지 않은 방대한 데이터를 요구하는 모델을 제시하였다. 따라서 구현은 가능할지라도 별도의 데이터 처리과정에 많은 노력이 요구되는 단점이 있다.

2.1.4 Rasdorf & Osama의 Model

1991년에 Rasdorf와 Osama는 역시 공정·공사비 통합관리가 Teicholz의 패러다임을 부분적으로 수용하면서도 작업분할체계와 원가분할체계가 다른다는 Teicholz의 개념을 완전히 부정해 버렸다. 즉 그들은 작업분할 체계와 원가분할체계를 일치시키려 했다는 점에서 Teicholz나 Henderikson, Ibbs와 Kim이 공통으로 소유했던 패러다임, 즉 작업분할체계와 원가분할체계는

별개이다라는 패러다임을 완전히 변환하고 있다.

여기에 머무르지 않고 이들은 작업분할체계이면서 원가분할체계인 공사정보 분류체계와 조직 분류체계(OBS : Organization Breakdown Structure)의 통합을 추구하고, 관리항목(control account)라는 개념을 제시했다.

2.1.5 UCI의 Model

건설공사 정보분류체계로서 북미지역에서 활용되고 있는 UCI(UCI : Uniform Construction Index)분류체계는 정보를 공사의 기능요소와는 관계없이 16개 분류의 시공 내용에만 관련시켜 분류, 배열하고 4개 계층의 분류항을 5자리 정수로 표시하고 있다.

이 분류체계는 당초에 공사시방서의 목록색인으로 미국과 캐나다에서 별개로 제안되었다가 통합조정을 거쳐 UCI로 명명된 통일분류체계로 채택되어 사용되어 왔으며, 후에 계약문서 등의 일반사항을 추가하여 마스터포맷(master format)으로서 계약문서, 시방서, 기술자료, 공사비자료, 공사자료 등의 분류와 정리에 활용될 수 있도록 했다.

2.1.6 SfB의 Model

일반 분류와는 달리 공사정보를 여러 개의 표제로 분류해서 구분하고, 관련되는 표제의 분류항을 조합하여 활용되는 파세트분류체계(facet classification)는 1940년대 후반에 스웨덴의 건축문제조정위원회(SfB : Samarbets Kommitten for Byggnadsfrager)가 자료분류체계로 제안하여 설계도면, 시방서, 공사비자료, 기술 및 제품자료를 정리하는 데 도서분류체계인 UDI의 보완체계로서 사용해 왔다. 이 분류방법은 후에 구미제국에서 부분적으로 수정, 보완하여 활용되고 있다. 이 분류체계는 다음과 같이 3개의 표제로 구분된다.

- ① 기능요소(functional elements)
- ② 시공요소(construction operations)
- ③ 자재요소(materials)

2.2 국내의 정보분류체계

LNG산업과 연관된 국내의 정보분류체계 연구는 건설분야의 연구기술로 한국건설기술연구원 수용 Model, 한국건설산업연구원 수용 Model을 중심으로 정보분류체계가 어떻게 상호 연계되고 있는지 각 모형의 특징을 알아보고, 기존의 LNG 산업에서 사용하는 정보분류체계를 분석하였다.

2.2.1 한국건설기술연구원 수용 Model

공정·공사비 이외에도 설계대상(design object)과 시방서분류체계(SBS ; Specification Breakdown Structure) 등 설계정보를 통합대상으로 보고 있다는 측면에서는 Ibbs와 Kim의 패러다임을 수용하고 있고, 작업분할체계와 원가분할체계를 동일 구조로 보고 있다는 측면에서는

Rasdorf와 Osama의 패러다임을 수용하고 있다. 또한 설계대상의 분류를 통합 작업분할체계와 원가분할체계에 반영하고 있다.

2.2.2 한국건설산업연구원 수용 Model

작업분할체계이면서 원가분류체계인 공사정보분류체계에 대한 접근방법이나 공사정보분류체계와 시방서분류체계의 통합을 추구하는 것은 한국건설기술연구원과 거의 유사하다.

다만, 조직분류체계도 통합대상으로 고려하고 있다는 측면에서 Rasdorf와 Osama의 패러다임의 영향을 더 크게 받고 있는 것으로 보인다.

2.2.3 국내 LNG산업의 분류체계

2.2.3.1 한국가스공사의 분류체계

한국가스공사(이하 가스공사)의 정보분류체계는 한번에 작성된 것이 아니라 기존 업무를 진행하면서 자연적으로 분류된 방식으로 업무개선의 과정을 통하여 발달되어온 진행형의 정보분류체계이다. 그러므로 각 사업단위 부서와 업무의 진행을 고려한 특성이 잘 나타나 있다. 가스공사의 정보분류체계는 크게 2 단계를 통하여 발전하였으며 1차로는 ISO 시스템의 도입이며 2차로는 2001년부터 도입된 포탈지식경영시스템의 적용이다.

1차 발전단계인 ISO 시스템의 도입 때에 문서분류와 관련기술자료의 기본 분류가 체계화 되었으며 2차로 포탈지식경영시스템의 도입에서는 각종 정보와 전자결제가 종합적으로 연계되어 운영되기 시작하였다. 이러한 운영체계에서 가스공사의 기존 정보분류체계를 구분하였다.

ㄱ) 문서분류체계 : 대분류, 중분류, 소분류, 세분류의 4가지 단계로 구성되어 있으며 내용상으로는 관리표준문서와 기술표준문서로 대별된다.

ㄴ) 도면분류체계 : 도면작성 및 관리규정에 의하여 분류되며 생산기지, 공급관리소, 배관망, 사옥 및 기타 건축물의 관련 도면을 분류하는 형태를 이루고 있다.

ㄷ) 생산설비 분류체계 : 생산기지내의 각각의 생산프로세스에 의한 분류체계로서 생산공정에 비중을 둔 분류체계이다.

ㄹ) 기술자료분류체계 : 대분류, 중분류, 소분류, 세분류의 4단계로 이루어지며 기술관련 업무의 특성을 고려한 실무 중심의 분류체계이다.

ㅁ) 자산분류체계 : 크게 일반자산과 고정자산의 형태로 나누어지며 상세분류는 4-6단계의 분류로 구성되어지며 주로 비용요소분류의 기능을 가지고 있다.

2.2.3.2 전문가시스템 적용에 따른 문제점

기존의 정보분류체계를 전문가시스템에 적용하여 사용함에는 몇 가지 문제점이 있다. 이를 정리하면 다음과 같다.

ㄱ) 전산입력 데이터의 불일치 : 분류체계에 의한 코드별 자릿수가 틀리다는 점이다. 이는 전산데이터의 운영에 혼란을 야기할 수 있기에 통일된 형태로 지정을 해주어야 할 것이다.

ㄴ) 동일대상에 대한 이중분류 : 시스템 구축을 위한 전산화 작업에서 동일 대상물에 대하여 각 부문요소별 코드가 이중으로 부여되고 있다. 이는 처리용량의 부하를 가져오며 중복된 분류는 개별적인 평가와 관리는 가능하나 통합적이면서도 종합적인 관리는 이루어지기 어렵다.

ㄷ) 기존의 연구적용 불가능 : 가스공사의 업무 특성상 건설업과 제조업의 특성을 모두 가지고 있음으로 인하여 기존 건설분야의 연구결과를 그대로 적용할 수가 없는 단점이 있다. 즉 새로운 정보분류체계를 구성하여 적용할 필요성이 있다.

ㄹ) 기업의 특이성 : 일반 사기업체가 아닌 공기업으로 독과점의 특성을 가지면서 공공기관의 역할을 담당하는 기업인 관계로 일반기업체보다 법적인 제약을 많이 받으며 이로 인하여 관련 문서나 자료가 많이 필요하고 이들 자료의 중요성을 고려해야만 한다. 현재는 이러한 문제점으로 이중적인 관리계에 의하여 문서나 기술자료가 관리되고 있는 실정이다.

3. 개선된 정보분류체계의 제안

정보분류체계는 비용계산과 작업 및 업무관리뿐만 아니라 예산편성, 재무관리, 이행관리 등의 필수적인 주요 관리기능들을 수행하기 위해 사용되고 있으며, 통합관리시스템(CIS ; Computer Integrated System)과 지식기반 전문가시스템(Knowledge-Based Expert System)을 구축하는데 기초자료로 사용된다. 활용방법으로 정보분류체계의 최하위 작업항목인 모든 활동수준(activity level)에 이러한 관리기능들이 부여되고 공사목적이 연계된다. 또한 활동들이 상호 연계됨으로써 관리목적에 위한 공통된 기초체계를 형성하는 데 쓰여지게 된다. 여러 형태의 관리기능을 수행하기 위해서 사용되는 정보분류체계의 관리기능은 위에서 언급한 바와 같이 공정관리, 예산편성, 재무관리, 이행관리, 안전관리, 환경관리, 품질관리 등을 계획하는 데 기초자료를 제시한다.

3.1 정보분류체계의 구성

3.1.1 시설요소분류체계

시설요소분류체계(facility classification)는 분류체계에서 최상위 레벨이 되며, 기능을 달리하는 대단위 시설물을 나타내는 시설물들로 분류된다. 기존의 정보분류체계 자료를 활용하면 본사, 지사, 생산기지, 공급관리소, 통제소 등의 지역별 분류와 사업단위를 중심으로 하는 분류로 구분하는 체계이다.

3.1.2 구조요소분류체계(Functional Component Classification)

구조요소분류체계는 시설요소분류체계의 최하위 항목들로 독자적인 기능을 갖는 독립구조물이나 설비의 수준으로 구성된다. 구조요소분류체계의 최상위 등급은 시설요소분류체계의 최하위 등급에 연결되며, 시설요소의 종류에 관계없이 반복 호출될 수 있는 공통항목이다. 이때 주된 분류기준은 작업공종의 관련 여부로 나타내므로 알파벳 문자를 자주 사용한다.

3.1.3 운영요소분류체계(Process Classification)

운영요소분류체계는 업무중심의 정보분류체계로서 크게 2가지 형태로 나누어지며 그 대상이 건설중인가 아니면 완성되어 사용중인가로 나누어지며 다시 사용중인 대상에 대하여 생산인가 아니면 공급인가에 따라 2가지로 분류된다. 그러나 분류된 대상은 결국에는 동일설비에 대하여 건설중인가 사용중인가에 따른 시간상의 분류이므로 시점에 따라 그 분류가 다를 뿐이다. 그러나 적용시에는 사용목적과 사용기능이 달라지므로 구분해서 사용하는 것이 적절하다.

3.1.3.1 건설관리요소분류체계(Construction Classification)

건설관리요소분류체계에서 각 항목들은 공사를 구성하는 공정들 중에서 직접 현장에서 시공이 수행되는 소공종들로 구성된다. 시공요소분류의 최하위 등급은 적산의 비목분류로서 활동시 품셈이 적용되는 공종이고, 공종의 네트워크 관리시 기본 공정네트워크의 활동수준이 되어야 한다.

3.1.3.2 생산 및 공급관리요소분류체계(Production & Supply Classification)

주로 제품의 생산과정과 공급에 관련되는 설비들이 포함되며 이때 설비는 1차 분류가 되며 설비의 하위개념인 펌프압축기, 밸브 등의 단일장치를 기기로 분류하여 2 차분류가 이루어 지도록 한다.

3.1.4 자원요소분류체계(Resource Usage Classification)

자원요소분류체계는 최하위 분류체계로서 운영요소분류체계와 관련된 작업분할을 의미하며, 이 중 최하위 단계에서는 자원이 투입된다. 이 분류 가운데 재료의 종류별/규격별, 노무종류별, 장비의 종류별/규격별로 코드를 분류하여 적용한다.

3.1.4.1 자재요소분류(Material Classification)

주로 운용요소의 재료가 되는 모든 자재에 대한 분류가 된다.

3.1.4.2 장비요소분류체계(Equipment Classification)

운영요소가 진행되는 활동의 단계에서 사용되는 장비들을 말하며 이때 주요장비와 보조 장비

모두가 등록되어야 한다.

3.1.4.3 인력요소분류체계(Manpower Classification)

인력요소는 가장 중요한 사항으로 해당 작업진행에 필요한 기술의 핵심인 관계로 자격사항이나 기술수준, 담당업무 등에 대하여 현재상황과 함께 과거 경력도 함께 포함되어야 한다. 그러나 개인의 프라이버시 등을 고려한 표현방법에 주의해야만 할 것이다.

3.1.5 비용요소분류체계(Cost Classification)

비용요소는 자원요소에 대하여 2가지 표현이 필요하다. 1차로는 구입시의 가격과 현재의 가치 즉 자산으로서의 가치가 평가되어야만 하는 것이다. 이는 자원요소에 대한 평가(인력요소는 제외)가 도입시점과 현재를 비교할 수가 있어야 하며 또한 생산효율에 대한 평가가 동시에 이루어 질 수가 있어야 하기 때문이다.

3.1.6 지원자료분류체계(Assist Data Classification)

지원자료분류체계는 앞에서 언급된 각각의 요소들이 운용되면서 효율성과 합리성을 최대화 하기 위한 모든 보조지원자료를 작업에 연계시키기 위한 분류이므로 해당기관의 특성에 맞추어 구성이 되어야 할 것이다. 그러므로 문서분류/도면분류/기술자료/경영자료 등의 모든 자료가 포함된다. 또한 비용요소처럼 전 과정에서 들어 갈 수가 있으며 별개로 운영될 수가 있는 특성을 갖추어야만 할 것이다.

3.2 정보분류체계의 계층구조

정보분류체계는 전문가시스템의 핵심 기초 부문으로서 사용자가 전체 공정의 최소 단위로부터 비용, 자원 등의 정보를 집합할 수 있도록 각 활동의 구성요소를 피라미드 형태의 계층구조로 분해해 놓아야 한다. 또한 공정에 대한 관리 목표에 따라 활동 단위를 결정하고, 이 활동들을 집합하여 작업항목별로 네트워크를 작성하게 된다. 그리고 통합관리 전산체계에 적용하기 위해서는 각 작업항목별로 체계적인 코드를 부여하여 정보분류체계의 각 요소 상하간 관계를 손쉽게 식별하고 각 작업항목별 소속을 분명히 함으로써, 단계별 비용계산을 용이하게 할 수 있다. 이를 위해서는 공정을 단계별 계층적으로 세분화하여 건설관리단계에서 생산 및 공급관리 단계까지의 전과정에서 관리 및 통제가 가능해야 한다.

앞에서 제시한 시설요소, 구조요소, 운영요소별 각 분류체계 내의 항목은 대공종인 경우 시설요소 단독으로, 중공종인 경우 시설요소-구조요소가 연결되며, 소공종인 경우 시설요소-구조요소-운영요소가 연결되어 사용되어야 한다.

4. 결 론

본 연구는 LNG산업에서의 통합관리를 위한 전문가시스템 도입의 필요성을 고찰하였고, LNG 산업을 위한 전문가 시스템의 도입에 필요한 정보분류체계에 대하여 국내외적인 조사를 하였다. 그러나 건설업과 제조업의 특성을 동시에 가지는 산업인 특성으로 인하여 통합관리시스템의 개발과 적용이 필요함 현재 도입된 시스템은 그 기능을 충분히 발휘하지 못하고 있다. 이러한 주된 요인으로는 가스공사의 정보분류체계가 통합적이고 종합적인 형태를 갖추지 못하고 개별 업무의 필요성으로 작성된 정보분류체계이기 때문이다.

이러한 정보분류체계로는 전문가시스템의 기능을 담당할 수가 없기에 본 연구에서는 새로운 정보분류체계가 필요함을 인식하여 부족한 기능을 보완할 수 있는 새로운 이론체계를 제안하였으며 이를 토대로 유관산업의 통합 전문가 시스템의 도입을 추진하고자 하는 것이다. 향후 실용화가 가능한 전문가 시스템의 도입과 통합관리시스템의 개발을 위한 연구가 지속적으로 연계되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 한국건설기술연구원, "건설생산성 향상을 위한 설계·시공정보 통합관리시스템 개발연구(3)", 1998.12
2. 한국과학기술원, "공사관리를 위한 전문가시스템의 개발(1)", 1988
3. 박홍태, "건설공정관리학", 기문당
4. 김윤성, "국내 건설업의 공사관리 전산체계이용실태조사", 1992, 중앙대학교 석사학위
5. 이배호, "건설공사 정보분류체계에 관한 연구", 중앙대학교 논문집 제33집 P263-295, 1990
6. CIB W-58-SfB Development Group, The SfB System-Authorized Building Classification system for Use in Project Information and Related General Information, CIB Report No.22, Rotterdam, 1973
7. William J. Rasdorf and Osama Y. Abudayyeh, Cost and Schedule control Integration: Issues and Needs, Journal of Management in Engineering, Vol. 117, No.3, pp. 486-502, Sep. 3, 1991