

건설공사의 공정계획을 위한 공정정보 시스템 구축계획

1. 서론



권 춘 안*

건설사업(Project)의 규모가 확대되고, 건설시장이 해외시장의 개방화를 맞이하면서 다양한 양상의 공사관리기법이 나타나고 있다. 이에 따라 공사계획의 범위 또한 횡적으로 확대되고, 관리내용이 다양한 양상으로 나타나고 있다. 과거의 관리개념은 설계, 시공에 한정된 내용이지만, 현재의 개념은

건설사업의 발굴, 기획, 계획, 설계, 시공, 시운전, 인도, 유지관리까지를 포함한 개념으로 확대되어져 가고 있다. 이런 유형의 공사 관리계획에서 공사정보가 영역간에 공유되지 못하면, 모든 계획이 단순히 계획을 위한 계획으로 머물고 마는 결과를 초래하게 된다.

이와 같은 복합적 요소를 지니고 있는 공사계획은 관리영역을 명확히 구분하고, 공사별 업무한계를 명확히 구별할 수 있는 합리적인 도구(System)의 개발을 필요로 하고 있다. 따라서 조직 상호간 공사정보가 연계성을 갖고 의사결정을 원활하게 할 수 있어야 하고, 나아가서 상위 단계에서 하위 단계 공사현장관리까지 공유할 수 있는 공사 관리계획의 시스템구축이 요망된다. 또한 효율적인 공정관리를 위해 공정계획 시스템의 개선과 사업관리 범위의 확대에 따른 정량적이고 정형적인 통합공사정보 시스템이 요구되는 현실에 있다.

특히, 현재 건설사업의 영역은 프로젝트의 발굴/기획/설계/시공/하자보수/유지관리까지 전 과정에 걸쳐 수행되고 있으며, 건물의 생애주기 전반을 총괄하는 일괄관리체제를 형성해 가고 있다. 그러므로 과거의 공정계획의 개념이 공사량/시간에 중점을 두었다면, 현재의 공정계획은 초기 공정편성 단계에서부터 공사비용까지 고려한 체계적이고 합리적인 계획의 체제가 마련되어야만 한다.

최근 발주가 확대되고 있는 CM 공사발주방식에서는 공사에 소요되는 제 자원(노무, 자재, 자금 등)계획과 무

관하게 초기 공정편성이 이루어질 수 있으므로 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 공사에 관련된 여러 관리조직으로부터 공정편성요소를 제공받아 공정계획을 수립하고, 자원의 내용을 검토하며, 그 적정성을 협의·조정한 후, 발생하는 여러 개의 공정선을 결부시켜 총괄관리체제로 공정을 편성하는 것을 필요로 하게 된다.

2. 공사영역의 구성과 건설정보의 결정

건설사업이 전문화되면서 과거의 산업화 사회에서 지식정보화 사회로 이행되면서 건설산업에도 여러 가지 다양한 형태의 관리기법이 개발되고 있다. 과거의 설계/시공 단순관리의 형태에서 프로젝트 발굴에서 건축물 유지관리까지 1식(Set) 시스템으로 실행되는 관리형태(Turn-Key Base)와 현장관리업무를 제외한 계약관리, 시스템 운영기술, 발주자와의 시행자사이의 의사조정, 관련법규 분쟁조정관리기술 그리고 신기술교육(Software, 즉 CM) 등으로 나타난다.

그 사업의 각 단계별의 사업영역의 특징과 전개순서는 다음과 같이 나타난다. 첫째, 뮤추얼 펀드(Mutual Fund)업역은 건설비용 조달방식 선정(IRR Method, NPV, B/C Ratio Franchise), 둘째, 부동산(Consulting)신탁 업역은 부동산 매입, 관리, 개발, 처분 등의 사업, 셋째, Architecture Engineering 업역은 Design, Process Engineering, Piping Engineering, Mechanical Engineering, Rotating Engineering 등등의 사업, 넷째, 시공(Construction)업역은 노무/자재/장비/자금관리 등과 조달업무(Procurement) 외 다수의 관련 관리업무, 다섯째, 유지관리(Maintenance) 업역은 위탁운영 및 직접운영(Commissioning & Operation)의 체제구축 등의 사업의 내용을 포함하고 있다.

전개순서는 다음의 그림 1, 그림 2 와 같으며, 그 사업의 구성은 상향식 CM과 하향식 CM전개 시스템으로 구분할 수 있다. 이상의 건설산업의 전개과정과 단계별 순서와 해당 영역의 특징은 건설공사 계약행위와 관련시켜 고찰하면, 일반관리형태(기존 관리방식)와 CM관리로 구

*시립 인천전문대학 건축과 교수, 공학박사

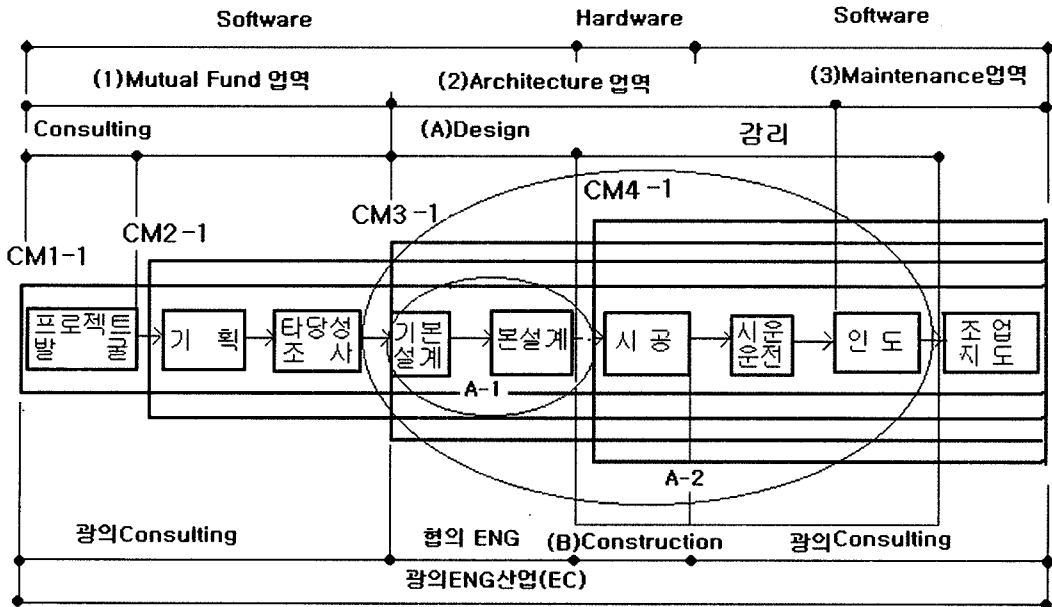


그림 1. 상위단계로 건설산업 CM의 전개순서와 현장공사관리의 다양성

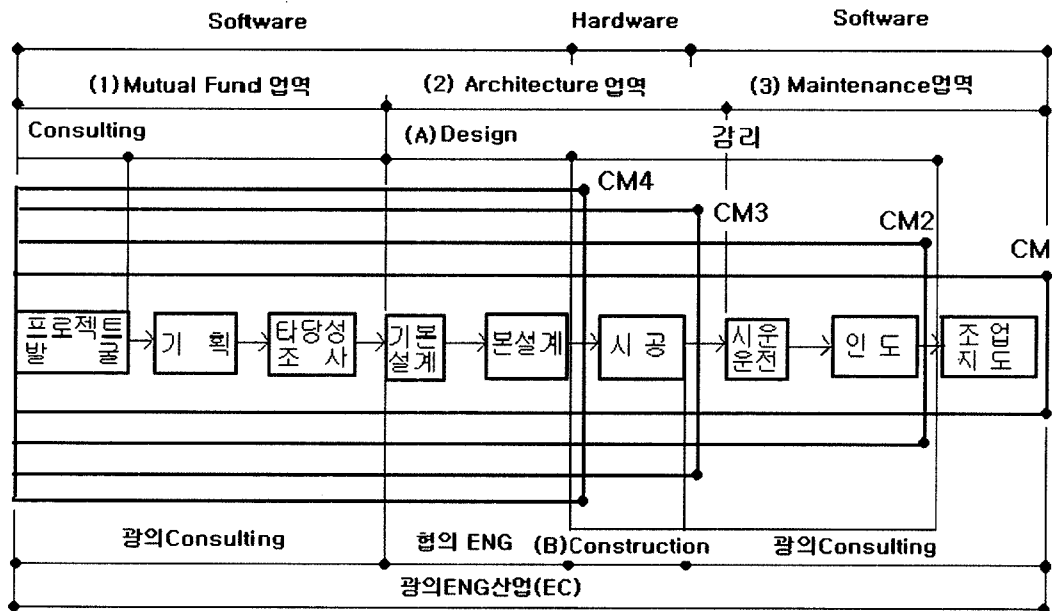


그림 2. 하위단계로 건설산업 CM의 전개순서의 다양성

분할 수 있고, 공사영역(Construction Scope)이 해당공사의 작업상의 속성에 따라서 결정되는 업역별 정보속성인사인 IRO/C(Integrated Root Object or Class)의 결정과 공정정보의 속성을 분석하는데, 대단히 중요한 요소가 된다.

예를 들면 건축 혹은 건설공사군에서도 플랜트공사군(석유화학, 석유비축시설, LNG/LPG시설), 기반시설공사군(택지조성, 도로, 기계/전기시설), 토목공사군(일반토목, 부대토목), 건축물공사군(주택건축, 도심업무용 건축), 항만공사군(운하, 방파제) 등으로 공사영역이 복잡성을 띤

양상으로 나타나고 있다. 이와 같은 양상은 사업영역(설계·시공분리 계약제도, 설계·시공일괄계약제도, 설계/시공전문관리(PCM, Professional Construction Management)계약제도, 일괄계약제도(Turn-Key Base)를 계약제도와 관련하여 관리방식을 구성하면, 일반(기존)관리방식과 CM관리방식의 속성으로 나타나므로, 그 결과가 주공사객체정보(Main) IRO/C가 되며, 그 이하를 부공사객체정보(Sub) IRO/C가 된다. 이들 요소가 공정관리영역을 결정하는데, 제 1의 근간이 되며, 공정계획의 시작을 의미한다.

일례로 상기 공사영역에서 건축물공사와 건설공사군을 설계/시공 전문관리 계약방식으로 수주하여, 1식 공정구성 계획의 개념과 건축공사군을 단독으로 설계/ 시공 일괄계약 방식을 1식으로 구성한다면, 구성계획의 개념은 그림 3, 그림 4 에서 볼 수 있듯이 전혀 다른 양상인 요소작업으로 나타난다.

그리고 IRO/C의 구성은 상위 (1) Mutual Fund 업역을 α 라고 하면 그 이하 업역을 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots$, 하위 (2) Maintenance업역을 β 라고 하면 그 이하 업역을 $\beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots$ 가 된다. 이 내용을 요약하면 다음의 표 1과 같은 IRO/C가 된다.

그 다음으로 IRO/C는 공사발주방식(일식, 분할, 공동 등)과의 관련정보를 고찰하여, 이들 정보를 분석하여 상관관계 관리목적별로 이들 정보의 통합이 필요로 하는데, 이것을 ICIM(Integrated Construction Information Method)라고 한다.

다시 효율적인 공정계획을 실시하려면, 원가계산의 내역비목정보(CBS)와 공정계획의 요소작업구성정보(WBS)가 최소한 필요로 하고, 공사관리의 영역이 확대되면서 CBS와 WBS의 정보를 통합조정후 다시 요소작업 분할구성(EBS, Element Breakdown Structure)이 필요하다.

만약 상기와 같은 조정을 하지 않고 공정계획을 실행

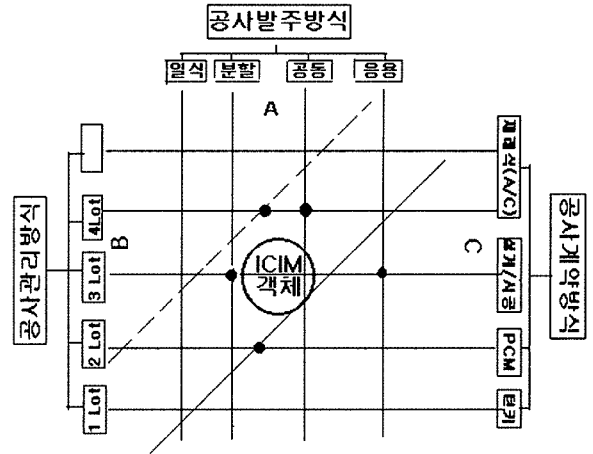


그림 3. 발주 및 계약방식에 따른 공사관리방식

할 시에는 앞서 지적한 바 같이 정보요소의 누락, 중첩 (Overlap), 중복, 및 충돌과 단절의 현상이 일어나는 문제점을 갖고 출발하게 된다.

3. 건설산업 관리조직구조의 유형

각 건설사업의 관리자는 그들의 작업환경에 영향을 받으며, 회사의 관리조직은 사업의 관리에 큰 영향을 미친다. 사업관리 책임자는 다양한 유형의 관리조직시스템을

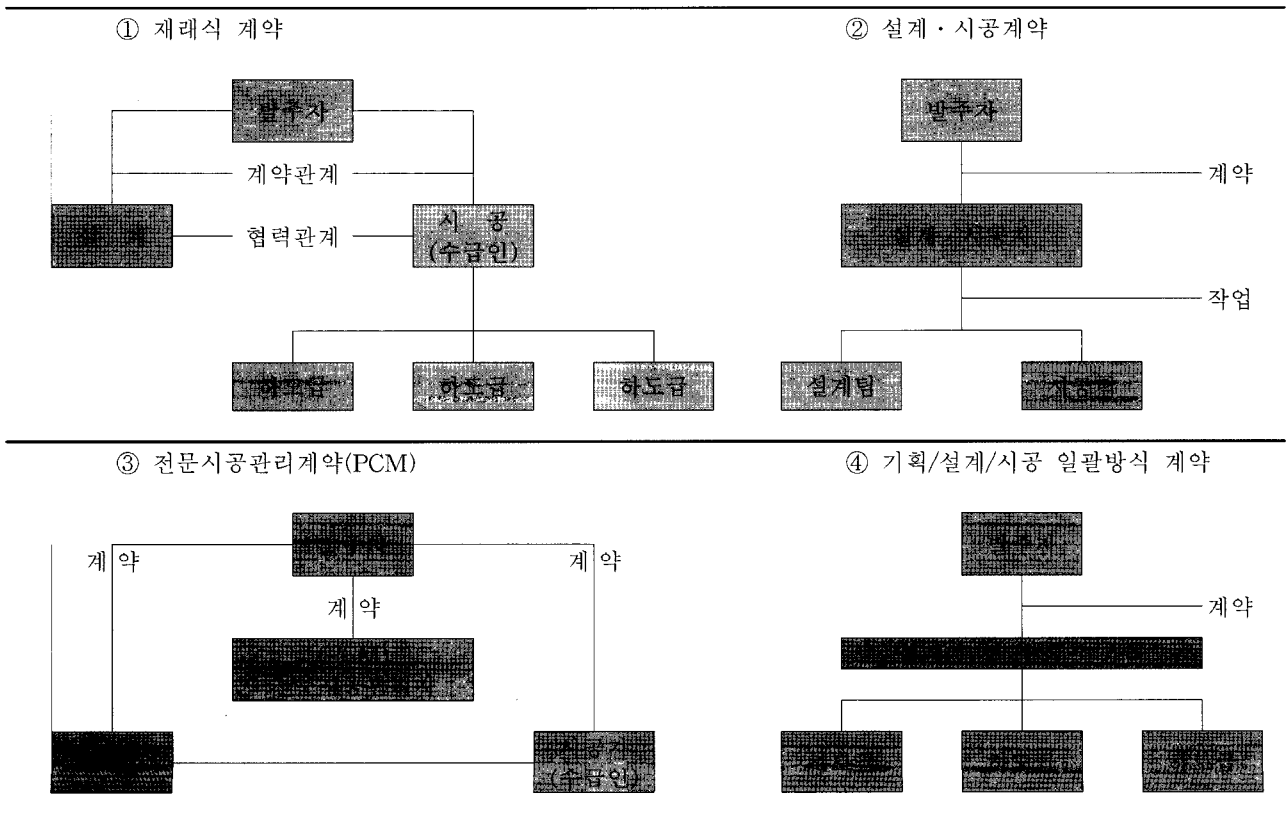


그림 4. 공사계약의 형태별 내용

표 1. Integrated Root-Object/Class(IRO/C구성)

IRO/C구성 계약방식	일반/CM관리의 적용여부	일반/CM의 비교내용	IRO/C의 구성 (Architecture 업역)
1) 재래식계약제도	· 일반+감리제도가 최적의 방법.	· 설계/시공의 발주가 이원화된 제도이기 때문에 CM 적용 시 마찰의 소지가 큼. · VE가 곤란하고, 다 보증 절차.	(일반) $IRO/C_1 = [(A-1)+(A-2)]$ · 소규모 민간공사.
2) 설계·시공계약제도	· 일반+감리/CM 둘 다 가능함.	· 업무한계를 명확히 하여 책임과 권한을 구분하여 적용시킴. · 일반관리에서는 시공단계에서 VE/원가관리가 가능함. · 다보증 절차.	(일반-하향) $IRO/C = \alpha(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots) + (A) + (B) + \beta$ (상향) (일반-상향) $IRO/C = \alpha(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots) + (A) + (B) + \beta(\beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots)$ · 공공사업에서 법 체제미비로 공동도급에서 분담이행 방식을 응용한 컨소시엄(Consortium)형태.
3) 전문설계·시공 계약제도	· CM제도가 최적의 방법.	· 공사계약의 범주를 구분하여, 적용시킴. · 설계/시공단계에서 VE/원가관리가 가능함. · 단일보증 절차.	(CM-하향) $IRO/C = \alpha(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots) + (A) + (B) + \beta$ (상향) (CM-상향) $IRO/C = \alpha(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots) + (A) + (B) + \beta(\beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots)$ · 대형 공공사업 패스트 트랙(Fast track)계약으로 공기단축 가능함.
4) 기획/설계/시공 일괄계약제도	· 일반/CM제도가 최적의 방법. · 부분적 CM적용도 가능함.	· 대형 프로젝트에 적합하고, 각 업역마다 전문성을 고려하여 적용시킴. · 설계/시공단계에서 VE/원가관리가 가능함. · 단일보증 절차.	(CM) $IRO/C = \alpha + (A) + (B) + \beta$ · 대형 공공사업의 패스트 트랙(Fast track)계약으로 ENG설계 진행 중에 추가·보완하여 공기단축이 가능한 제도임.

주 기 : α 는 Mutual Fund 업역, β 는 Maintenance 업역을 의미한다.

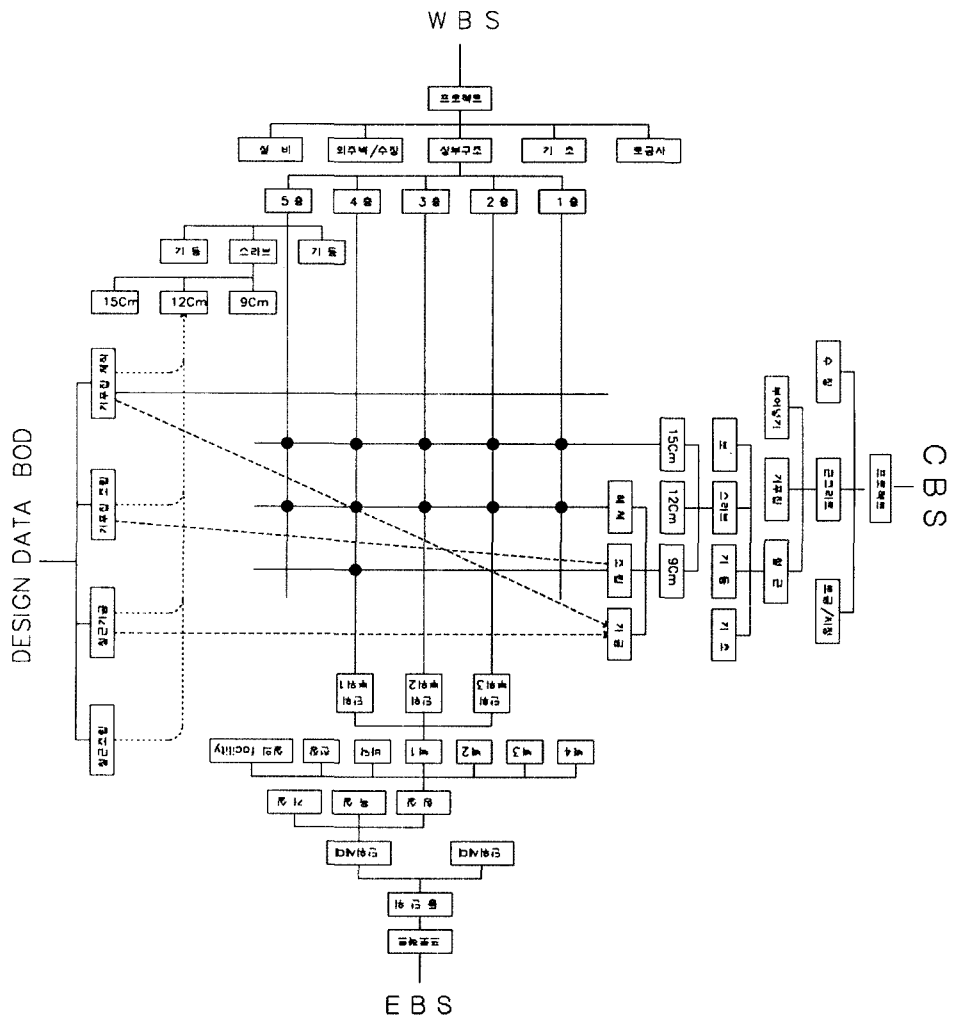
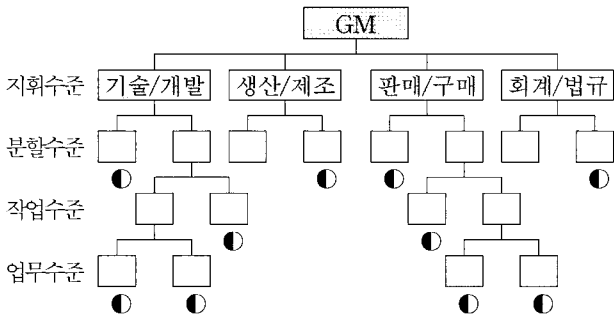


그림 5. 공사정보의 통합구성

적용한 기업에서 업무를 수행하거나 혹은 이와 유사한 기업의 조직구조에 소속이 되어 일을 해야만 한다. 만약에 기업이 어떤 유형의 시스템 조직구조를 적용해서 사업을 실행을 한다면, 그들은 사업수행에 필요로 하는 사업정보에 초점을 맞추어서 조직 시스템을 구성해야만 한다. 건설산업은 설계/시공이 목적인 결과로 이루어지도록 관리조직을 구성하는 것이 요구되므로 조직시스템구성의 실행은 사업의 주변 여건의 조직구성을 만드는 것으로부터 시작하며, 특히 공사관리자에게 업무에 방해받는 요소를 제거해야 한다.

3.1 일반생산관리조직

일반생산관리조직구조는 생산과 판매의 내용을 강조한 구조이다. 기술/개발은 제조/가공부분을 지원하고, 생산/제조는 판매부분을 지원하도록 구성되어 있으며, 이러한 조직구조의 특징은 기술/건설사업이 기술영역에 직접 연결구성 되어 있다는 것이다. 이와 같은 시스템 유형으로 조직된 회사에서 업무를 추진해야 될 사업관리자는 사업주의 문제사안에 대한 대안조치 지연과 사업의 변경으로 인한 문제일정을 사전 사업계획에 포함시켜 조직을 구성해야 한다.



GM : General Manager, ○ : 계속 연결
그림 6. 일반생산관리조직

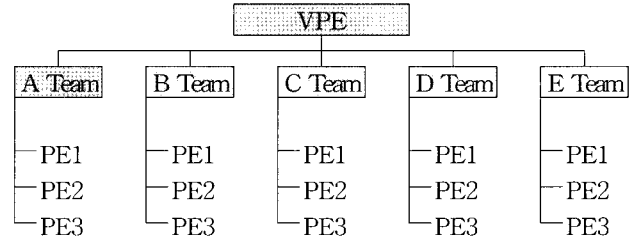
3.2 기능조직구조

기능별 조직구성 시스템은 주로 공공사업과 정부기관이 많이 채용하는 형태이다. 이런 유형의 구성 시스템은 전기공급시설, 변전소설계/건설 및 간단한 내용의 건설사업에 효과적이다. 그러나 정보의 부재와 사업계획일정의 지연을 초래할 수 있으며, 전체적인 조직을 협의 조정한다는 것은 대단히 어려울 것이다.

3.3 사업관리통제 조직구조

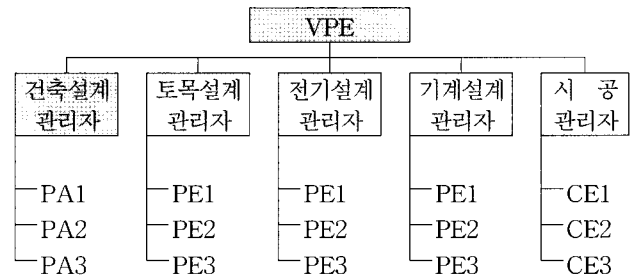
설계를 전문으로 하는 기술 컨설팅회사의 조직구성에 있어서 강조하는 내용은 지식과 전문성을 갖는 전문가 집단을 포함하는 수직통제(Discipline) 조정기법이다. 수직으로 분리한 통제를 강조한 것은 결정할 내용과 의사결정

의 통로가 수평적인 것 보다 작은 노력으로 사업경비, 사업일정, 그리고 사업조정에 대한 관리기법이 수직적인 것이 이롭게 되는 경향이 있기 때문이다. 그러나 사업관리는 설계자, 공사관리자 쌍방 기술자의 이면적으로 숨겨진 몇 가지의 역할이 있기 때문에 통제라인의 수가 증가가 되고, 사업을 완공시키는 관리기법이 더욱더 어려워진다.



VPE : Vice President Engineering(총괄 부서장)
PE : Project Engineer

그림 7. 기능조직구조



PA : Project Architect
PE : Project Engineer
CE : Construction Engineer

그림 8. 사업관리통제 조직구조

3.4 전문설계회사의 기능별 조직구조

컨설팅 기술회사의 또 다른 관리조직 유형으로는 기능별 조직구조가 있다. 빌딩, 장비/토목, 화학시설, 그리고 운송시설 등의 기능별 분야로 조직되어 있으며, 통제라인은 기능분야별로 분산되어 있다. 그리고 해당사업에 대해 설계팀이 작업을 할 수 있도록 부분별로 할당되어 있다. 만약 어떤 분야의 사업이 부진하거나 혹은 특정 분야의 작업이 집중될 경우 설계자를 다른 기능부분으로 이동 배치하게 된다. 기능별 조직구조는 이러한 방법으로 사업의 관리가 분할이 되도록 한 조직구조 시스템이다.

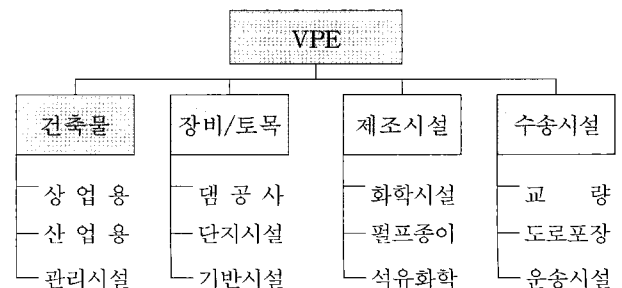


그림 9. 기능별 조직구조

3.5 설계/시공 회사의 모체 조직구조

사업의 비용, 일정, 그리고 사업영역간 조정을 강조하기 위한 모체조직의 목적은 기술의 전문성도 잃지 않고, 내부조직에서 통제체제가 유지되도록 하는 데에 있다. 또한 이런 유형의 조직체계는 해당사업의 협의체가 만들어짐으로 사업 전체에 대한 책임감을 갖게 하는 것이다.

사업관리자가 성취시켜야 할 것은 설계/시공 기술감독을 하는 것과 사업관리 집행하는 두 개의 의사전달의 통로가 있으며, 기술전문성에 관계된 문제는 수직적으로 통제되고, 전체 사업에 관계된 사항은 수평적으로 전달된다.

각 사업은 모체의 수평라인에 의해 명확하게 된다. 사업의 관리자는 전체사업의 조정, 통제라인의 공유영역, 작업자의 소속관계, 그리고 전체사업의 비용과 일정에 관한 감독에 대한 책임이 있다. 또한 설계/시공의 통제라인은 전문기술의 제공, 품질성취, 그리고 사업내용 등의 업무영역에서 비용과 일정에 책임이 있다.

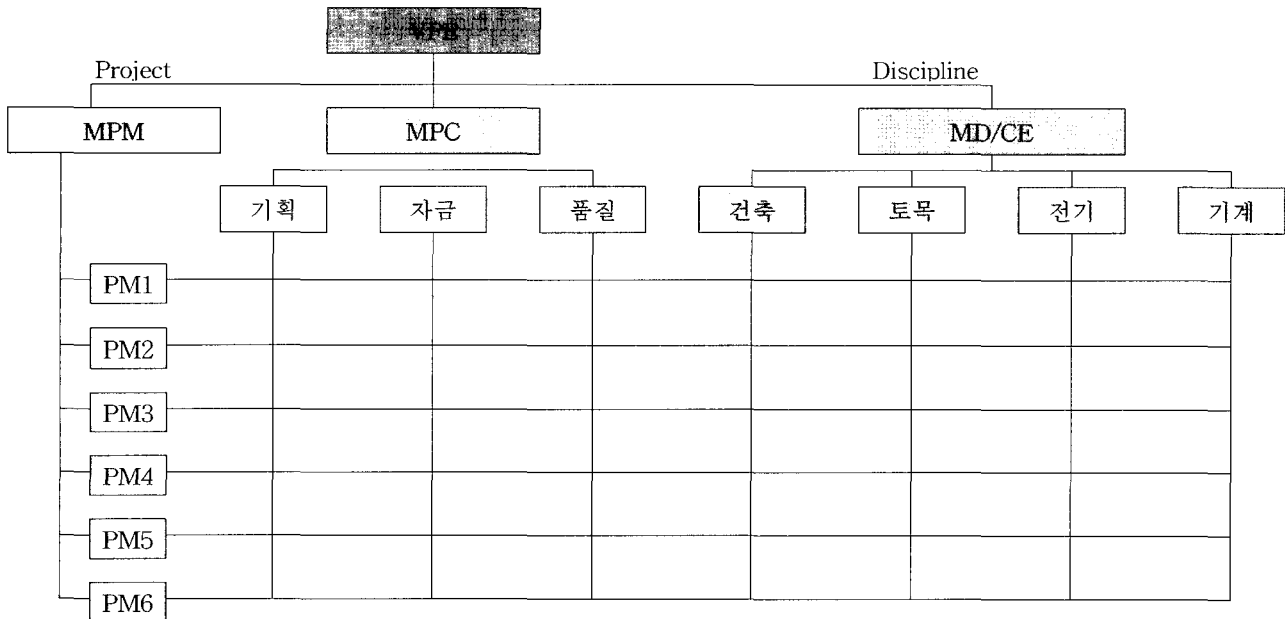
수직통제 라인의 지나친 강조는 시간과 비용을 과 투입해야 하는 문제를 야기할 수 있으며, 수평조정 라인을 지나치게 강조하면, 다른 기술분야와의 교류단절로 인해 비능률적이고, 품질저하의 문제가 발생할 수 있다. 그러므로 사업라인과 수직통제 라인의 사이에서 균형을 유지해야 한다.

4. 공정편성을 위한 공사영역 구성의 경제성 평가

각 공사의 공정집행은 작업내용에 따라서 단회성과 다회성 작업이 있다. 다회성의 공정집행은 기술행태에 따라 단회성 작업이 어려운 경우와 공사실행 시에 경제성 제고를 위해 의도적으로 다회성으로 분할하여 작업하는 경우가 있다.

이런 기술상의 문제를 예를 들면, 대규모 프로젝트에서 사업의 여건에 따라서 지역별로 분할하는 경우와 기술특성의 문제로 공사영역을 구획이나 공구 단위로 분할하여 작업하는 경우가 있다. 또한 건축공사 경우에 철근콘크리트공사에서 거푸집조립, 철근조립 등은 기술적으로 단회성 작업이 불가능하므로 매 층마다 수회로 분할하여 작업하는 것이 불가피하다. 그러나 외/내부 마감, 실내 방수공사 등은 몇 개의 공구로 구획하여 건설 경영관리상 공사비를 절감하기 위한 수단으로 분할 작업을 실시하기도 한다.

그러므로 공정집행의 합리적인 적용 및 공사(작업)영역의 분할을 위한 체계적이고 과학적인 이론의 접목이 요청되며, 본 연구에서는 이러한 이론들 가운데 본 연구의 방법론 및 연구의 목적에 적합한 경영관리기법에서 사용되는 로트이론을 도입, 적용하고자 한다.



- MPM : Manager Project Management (프로젝트 관리자)
- MPC : Manager Project Control (프로젝트 실무기획자)
- MD/CE : Manager Design / Construction Engineering (설계/시공관리자)
- PM : Project Manager (단위 프로젝트 관리자)

그림 10. 모체 조직구조

로트이론에서는 제품생산공정에 1회 생산량을 1로트 (Lot Number)라고 하며, 이를 건설공사에 적용할 경우 건설공사에서의 1로트는 공사영역에서는 단위공사, 공사 작업영역에서는 단위 공중 분할 회수를 말한다. 즉, 공동 주택공사를 실시함에 있어서 기반시설공사, 일반토목공사 및 건축물공사 등은 공사진행을 한 주체로 몇 회로 분할 하여 집행하는가에 따라서 건설공사 경제성이 다르게 평가된다. 또한 건축공사에 부대토목, 구조물, 설비, 마감공사 등에도 공사영역 수는 경영학적으로는 로트 수, 즉, 단위 공중별 작업량을 로트 크기로 표현할 수 있다.

4.1 로트 수의 결정

로트의 수를 정하는 데는 일반적으로 시간, 비용 또는 품질에서 경제적이어야 한다. 비용과 로트 수와의 관계를 도식화하면 그림 11과 같다.

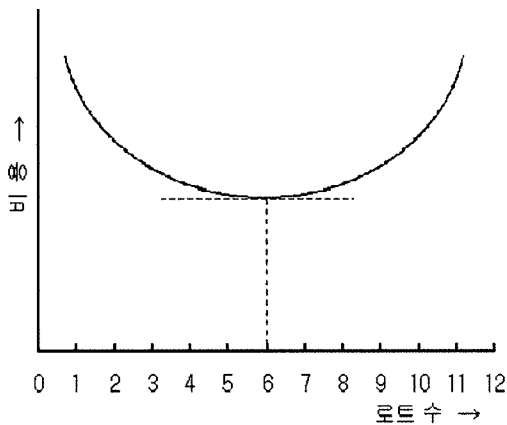


그림 11. 로트 수의 결정

로트의 산정 식은 F. W. Harris 식, P. N. Lehozky 식, P. T. Norton 식 등 여러 사람들에 의해 제시되어 왔는데 건설공사 적용에 적합한 공식은 다음의 (1)식이다.

$$X = \sqrt{M/L(S+J+S)/2} \quad \text{--- (1)}$$

- 여기서, X: 단위 공중의 로트 수
- M: 1회 공중완료시 공사원가의 이자
- L: 착공 준비비
- S: 자재단가/자재원가
- J: 공사개소/작업능력

따라서 경제적인 로트의 결정은 먼저 경제적인 로트 수를 결정해야 한다. 경제적인 로트 수를 결정할 경우 몇 개의 공사를 모아서 실시하면 그 공사의 비용이 최소가 되는가를 조사하여 이를 단위로 잡는다.

공사원가 중에는 직접 자재비는 로트 수와는 거의 무관하므로 생략하고, 직접 노무비와 간접 노무비(경비)에 대하여 생각하기로 한다. 이들의 원가요소와 로트 수와의 관계는 다음과 같다.

$$C = A + B \quad \text{--- (2)}$$

(총 원가 = 직접 노무비 + 기타 경비)

4.2 로트 크기의 결정

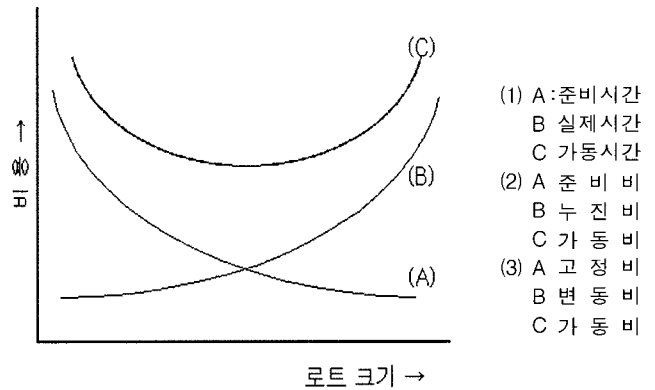


그림 12. 로트의 크기

$$\begin{aligned} \text{로트의 크기} &= \frac{\text{예정공사목표량(공사목표량)}}{\text{로트수}} \\ &= \frac{\text{예정공사발주회수(공중실시회수)}}{\text{로트수}} \end{aligned}$$

4.3 경제적 로트 수의 결정

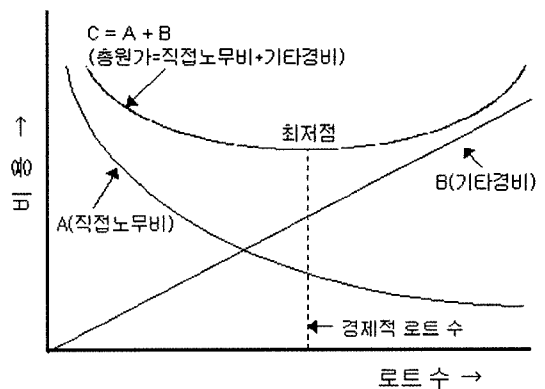


그림 13. 경제적 로트 수의 결정(비용)

직접 노무비와 일부의 직접경비는 대체로 작업시간에 비례하므로 A선과 같이 되며, 로트 수를 많이 할수록 경제적이다. 그러나 기타 경비는 일종의 고정비로 되어 로트 수의 증감에 무관한 경우도 있고, 또 일종의 체감비가 되어 로트 수의 증감에 따라 대개 B선과 같이 직선으로

증가하거나 감소한다. 즉, 로트 수의 증가는 공사의 지연을 의미하고 이에 따라서 금리, 보험비 등이 증가하게 된다. 이 두 가지 비용을 합한 총 원가는 C선과 같이 되며, 어떤 로트 수에 원가 최저로 되는 그 곳이 경제적 로트수에 해당된다.

경제적인 로트의 크기 결정은 일반적으로 예정 목표 공사량 혹은 예정 공사기성 회수를 경제적 로트로 나누면 된다. 즉, 다음과 같은 수식으로 표시할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{경제적인 로트의 크기} &= \frac{\text{예정공사량의 목표}}{\text{경제적 로트수}} \\ &= \frac{\text{예정공사 기성회수}}{\text{경제적 로트수}} \end{aligned}$$

5. 의사결정(건설정보의 흐름/교환) 속성

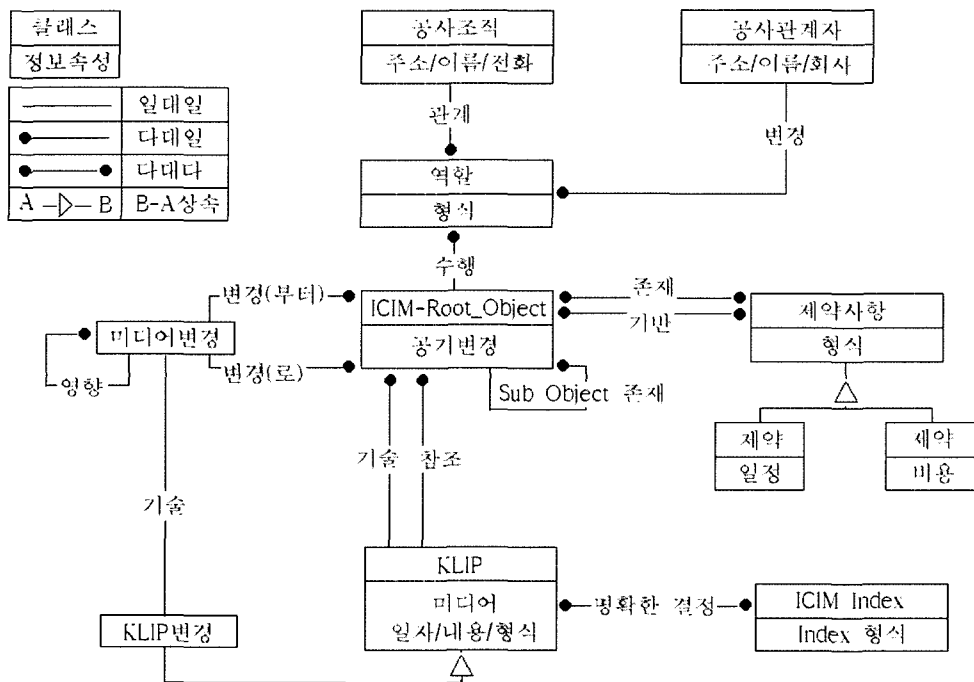
건설사업에 대한 국내 시장의 개방화, 공사여건 및 계약제도의 변화로 공사발주방식이 다양화되고 있으며, 이에 따라 새로운 형태의 공정관리기법들이 등장하고 있다. 건설공사에서 공정계획 시스템의 체계화 및 정형화를 위한 노력의 결과는 ISO의 STEP과 IAI의 IFC 등으로 나타났다으며, Fischer (1991), Garold(1993), Hanlon(1995) 등의 연구결과에서도 많은 성과가 있었다. 전자의 두 기법

은 개념적 차원(Generic Level)에서 생산(Product) 및 공정(Process)의 정보구축 내용이며, 후자는 실행 통합정보 구축에 주된 관심을 두고 있다.

건설정보의 흐름과 교환에 관련된 공정편성 요소정보는 개념적 차원(Generic Level)과 실무적 차원(Practices Level)의 두 가지 구성내용 및 정보흐름/교환의 속성관계로 구분할 수 있다.

5.1 개념적 차원의 의사결정 속성

공사정보는 살아있는 생명체처럼 한 곳에 정제하지 않고, 상위단계(Super Class)에서 하위단계(Sub Class)로 흐름/교환의 과정으로 대응과 포함(Aggregation), 그리고 상속(Inheritance)의 연관관계로 새로운 정보를 생성하는 속성(Attributes)이 있다. 그 구성내용과 정보의 순환과정은 그림 14와 같다. 여기서 대응관계에 있는 객체는 업체, 공사관계자, 그리고 역할이며, 객체를 순환하는 건설정보간에는 변경, 제약, 영향, 기초하는 등의 내용으로 대응, 종속(포함), 전개의 방향을 제시하는 연관관계를 표기하여 정보내용을 구체화했다. 공정편성에 직접적으로 영향을 미치는 이런 모든 정보는 ICIM-Integrated Construction Information Model, 즉 ICIM은 공사객체별 통합내용(IRO/C)을 현장실무단계에서 사고적 공사정보와 물성 공사정보를 통합하는 내용의 용어이다-에 영향을



ICIM : Integrated Construction Information Model
 KLIP : Knowledge, Lessons-learned, Issues and Problems

그림 14. Root Layer 모델

미치는 대응관계에 있는 정보들이다. ICIM-Root-Object 정보 구성관계의 속성은 공사관계자, 공사의 제약조건, 공사의 구성조직, KLIP 등의 내용에 따라서 다양한 양상의 조건으로 구현된다.

공사 및 공정영역은 요소정보속성에 따라 구성되어진 객체 ICIM-Root-Object를 말하며, 이 객체는 전문기술내용(토목, 건축, 설비 등) 및 건설사업상의 제약 등을 검토하여 다양한 방법의 공사발주방식에 따라 단일객체 또는 복수객체로 구성한다. 다시 이 객체(ICIM)를 세로방향으로 1단계, 2단계, 3단계 등으로 분할하여 각각의 Sub ICIM을 구성한다. 이들 최종단계의 Sub ICIM을 공사발주방식과 관련하여 구성하면, 아주 명확한 공사/공정관리의 영역을 확보할 수 있다. 이들 각 객체 ICIM의 크기가 방대할 경우에는 공사/공정구성의 내용이 같은 조건의 속성을 갖고 있다 하더라도 합리적이고 효율적인 그리고 경제적인 관리를 위하여 여러 개의 공사/공정영역으로 분할 편성시킬 수 있다. 이때 공사/공정영역의 분할 및 편성에 관련해서는 전술한 로티론을 적용하여 실시하면, 보다 간편하고 명확한 작업이 가능하다.

5.2 실무적 차원의 의사결정 속성

건설공사 통합정보 구축모델에는 Teicholz 모델, Hendrickson 모델, Ibb와 Kim모델, Work-Package 모델, CBS 모델 등이 있다. 각 모델의 개념은 다음과 같다.

(1) Teicholz 모델

Teicholz의 모델은 WBS와 CBS를 별개로 분할 구성하여, 관리계획 시에 서로 연계하여 공사정보를 구축하고, 각각의 정보를 백분율로 할당하여 활용하도록 한 개념이다. 그러나 공정수행과정에 이들 정보가 누락, 중복, 그리고 중첩되는 경우가 나타나므로, 문제점이 발생 시에 대체하는데 시간이나 비용계정이 많아지는 단점과 공정의 변경이 요구되는 실무적용에 애로사항을 내포하고 있다.

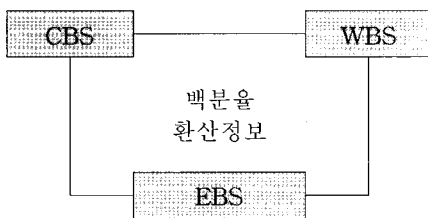


그림 15. Teicholz 모델

(2) Hendrickson의 모델

Hendrickson과 Au의 모델은 WBS와 CBS를 별개로 분할 구성하여, 공사관리계획 이전에 물리적으로 서로 연계하여 요소작업을 정립한 개념이다. 이 기법은 Teicholz의 모델의 단점을 대체로 제어한 공사정보 구축방법이다.



그림 16. Hendrickson 모델

(3) Ibb와 Kim의 모델

Ibb와 Kim의 모델은 WBS, CBS 그리고 BOD(디자인/설계데이터: Basic Construction Operation Required by Design Object)를 연계하여 요소작업의 정보를 발생시키는 개념이다. 즉 비용, 공정(종) 그리고 설계 데이터를 연계한 개념으로 Teicholz 모델의 단점은 그대로 유지되고 있다.

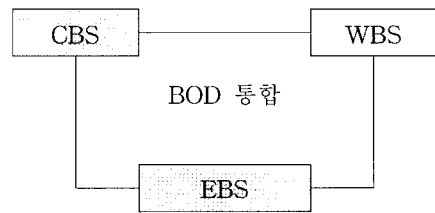


그림 17. Ibb와 Kim의 모델

(4) Work-Package 모델

Work-Package의 모델은 공사관리계획 이전에 공정정보와 내역비목정보를 물리적으로 연계하여 통합하여, 처음부터 CBS의 비목내용을 배제하고, 독자적으로 요소작업의 WBS를 분할 구성한 시스템의 개념이다.

따라서 각종 공사관리계획을 정량적이고, 정형적인 관리계획을 수립할 수 있는 장점이 있는 반면에, 단점으로는 공사범위와 공사관리의 직능관리 분할구성(OBS)과 공사관리 초기계획에 연계한 관리계획이 요구되는 복잡한 문제가 있다.

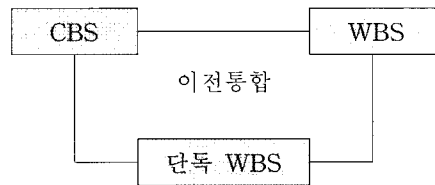


그림 18. Work-Package 모델

(5) CBS 모델

설계, 시공, 유지관리의 단계로 구획하여 공사정보 내장의 부위별 분류체계를 구성한 다음에, 설계단계, CBS, EBS 통합, 그리고 설계정보, 시공단계, WBS, CBS 통합 그리고 시공정보, 유지관리단계, WBS, EBS 통합 그리고 유지관리정보를 각각 제공하여, 각각의 관리대상의 단

위작업의 요소작업으로 채택한 개념이다.

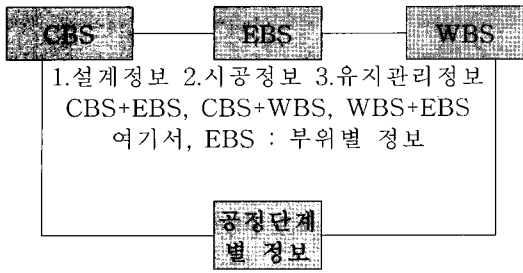


그림 19. CIBS 모델

이상과 같은 5가지 모델은 각각의 특징과 장단점을 가지고 있지만 그 목적은 모두 통합요소정보시스템을 구축하고자 하는데 있다. 따라서 보다 상위에 있는 요소공사에 대한 작업 업무별, 작업 구성원별 작업 패키지를 결정하고 이들의 공사정보를 분할하여 각각의 요소작업을 결정하는데는 한계를 가지고 있다.

6. 건설정보 통합 구성시스템 결정방법

공사를 실시하기 전 공정과 원가계획의 범위(Scope)를 결정하여, 공사(사업)영역을 명확히 확보하기 위해서는 개괄적인 WBS와 CBS의 체계가 구성되어 있어야만 한다.

이 공사/공정 정보체계(ICIM-Root-Object, Sub ICIM)의 구성은 공사계약방식과 밀접한 관련이 있으므로 그 내용을 고찰하면 표 2와 같은 유형이 된다.

이 높은 단계에서 낮은 단계로 분할하여 최하 레벨에서는 수 개 이하의 단위 작업군으로 구성하여 공사종목의 분할 구조를 표시하게 된다. 그 분할의 목적은 다음과 같다.

① 공사에 필요한 작업 중에서 단위공정의 요소작업의 정의를 용이하게 한다.

② 각 레벨에서의 작업단위와 공사 전체와의 관계를 알 수 있다.

③ 공사일정 및 공사비용별 관리의 구조 및 정도를 설정한다.

④ 공사의 진척상황을 파악할 때에 하위 레벨에서부터 상위 레벨로 순차적인 일정, 원가집계, 요약 및 보고할 수 있는 체계의 기초가 된다.

단위공정의 분할은 그 중요성에 비추어 공사의 내용을 숙지하고, 유사한 공사 경험을 가진 기술자에 의하여 실시되어야 하며 공사의 모든 내용과 작업계획을 포함시킬 수 있도록 조직내 각 분야의 긴밀한 협조를 얻어야 한다.

공정계획을 실시함에 있어 처음부터 완전한 계획은 사실 불가능한 것이다. 이를 위하여 다음의 그림 23과 같이 단위공정 구성도를 작성하고, 그 중 상위수준의 요소작업을 기초로 계획공정을 채택한다.

보통 공정계획은 제 3단계를 기준하여 계획공정표를 작성한다. 물론 제 1단계, 제 2단계에서 제 1단계가 더 중요한 수준이 될 수 있으나 공정계획 시 너무 단조롭게 작성되면 관리에 허점이 많아질 소지가 있다. 따라서 WBS는 현행상의 각 부분영역별 작업공정의 계획공정

표 2. 공사발주방식에 의한 공사영역구성

공사발주(계약)방식	공사영역구성방식	세부사항의 특징
① 재래식 도급계약	① + ④형식	설계, 시공분리
② 설계·시공 일괄도급계약	② + ④형식	설계, 시공 일괄제도
③ 설계·시공 전문관리 도급계약	② + ④, 혹은 ① + ④ 형식	전문관리영역(소프트웨어)을 확보하는 제도(PCM제도)
④ 일괄도급계약 (Turn Key Base Contract)	$\alpha + (② + ④) + \beta$ 의 형식	α : 사업성 평가와 기획 β : 하자보수 및 유지관리
⑤ 기타 응용유형	자재지급 방식과 노무고용 형식을 달리 하는 계약방식	자재지급 방식과 노무고용 형식을 달리 하는 계약방식

이상의 계약조건에 일치한 한 가지를 구성체제로 선택하여, 상위수준(Supper Class Level)의 공사영역을 확보한다. 이때 로트이론을 도입하여 경제적 관점을 동시에 고려하며 정보체계 구성의 범주를 결정한다.

6.1 요소정보(EBS) 구성시스템

(1) 요소정보 분할원칙

WBS는 공사를 실시함에 있어 해당작업별로 책임수준

표를 그 규모에 따라 단위공정으로 세분화하여, 세분화된 단위공정 분류를 기초로 설계건축을 실시함으로써 계획 공정표화 할 수 있도록 체계화하여야 한다. 이때 각 회사 단위의 단위공정의 분류는 대 분류, 중 분류, 소(세) 분류 등으로 구분된 정보를 데이터베이스화하여 계획공정표를 작성한다.

여기서 단위공정의 분할은 다음과 같은 여러 가지 기준에 의하여 분할하되 야간작업과 같은 비정상적인 작업

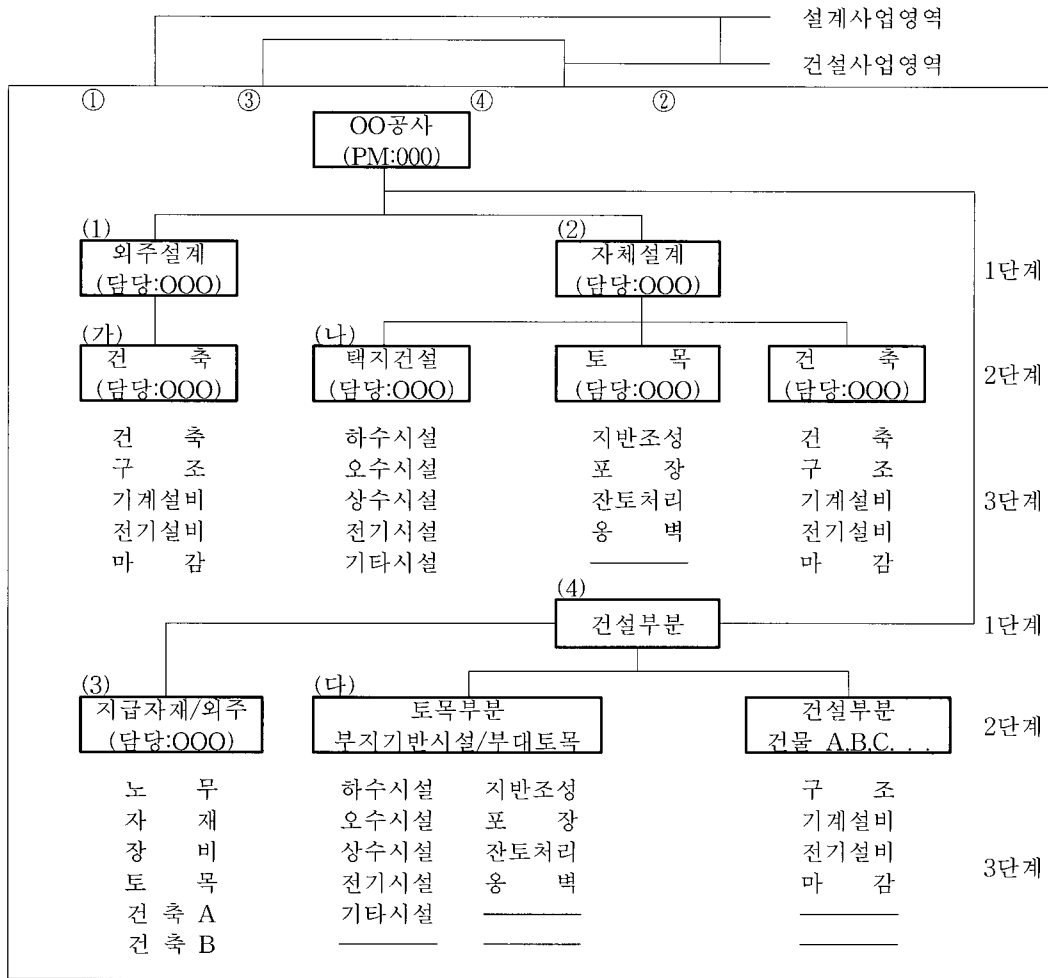


그림 20. WBS 구성구조(Work-Package 응용모델)

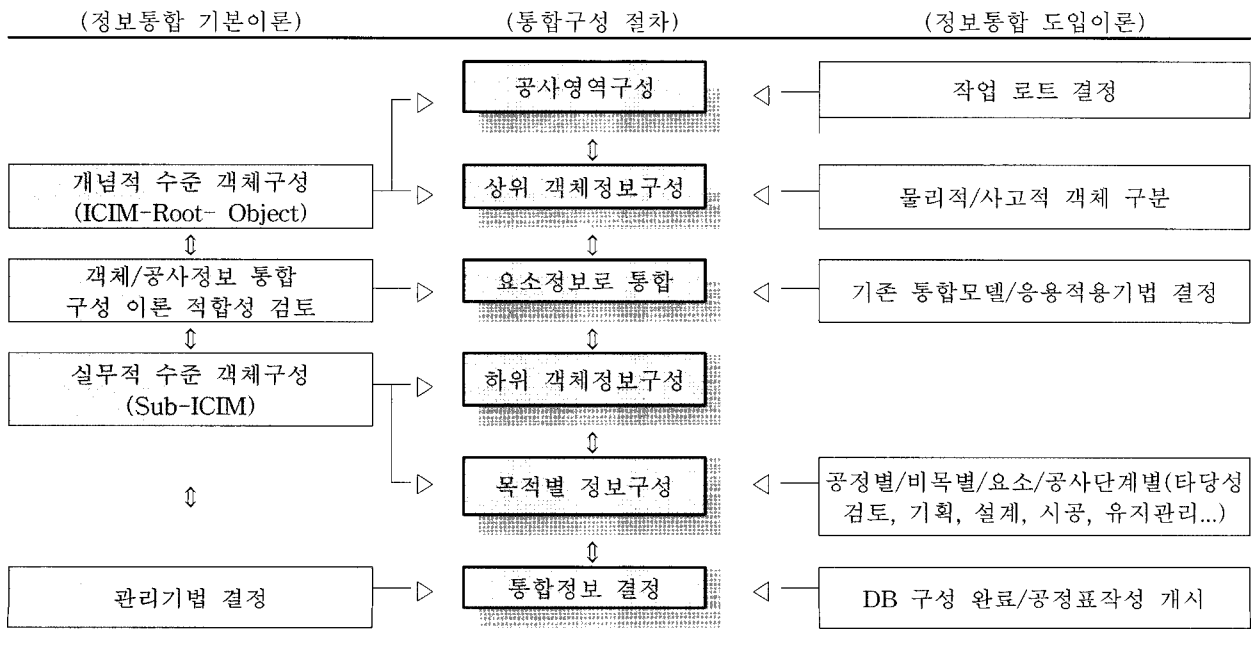


그림 21. 공시정보 통합구성 순서

이 아닌 것을 기준으로 한다.

- ① 기술자의 경험 및 공법
- ② 조달 가능한 자재의 양과 질
- ③ 동원 가능한 작업인원
- ④ 동원 가능한 장비 및 기타 부대시설과 기구

이때 WBS와 CBS 공사정보구성 초기에 통합편성이 가능하도록 모든 여건을 고려하여 요소정보(요소작업)를 결정한다. 만약, 그 내용이 누락, 중복, 중첩(Overlap)되어 지면, 공사실행 초기단계에서 공사진도계획과 공사투입계획부터 문제점을 안고 출발하므로 공사진행 중에 여러 가지 측정값의 결과는 정도를 벗어나게 된다.

(2) 요소정보 통합편성의 전개방법

요소정보 통합편성을 위해서는 우선 공사정보 통합편성의 방법 중에서 개념적 차원의 통합을 실시하여, 정보수준(Class)을 ICIM-Root-Object, Sub ICIM, KLP 등으로 구성해서 코드화 한다.

둘째로 실무적 차원에서 통합정보구성 이론(WBS, EBS, CBS)을 적용하여 공사시공 단계별, 시공 목적별 하위객체 요소정보를 구성하고 통합정보를 결정한다. 여기서, 세로(중)축 사업은 사업 구성단계별로 편성하여 관리의 방법을 결정한다.

세로축 건축물군에서 부속 건축물을 대상으로 하여 공정편성을 시도하는 방법을 예를 들어 설명하면 다음과 같다. 단, 요소작업체계(EBS)가 워크 패키지 모델처럼 이전에 이미 WBS와 CBS 정보가 요소작업 결정전에 하위객체가 일치한다는 가정 하에 실시한다.

제 1단계 주 용도는 건축물군, 제 2단계 부 용도는 부속건축물군, 제 3단계 작업 팀은 토목군(AA), 건축구조물군(BB), 마감작업군(CC)을 요소작업으로 분할한다. 제 4 단계 이하의 내용은 부속건축물군에서 부속건물 작업 패키지(Work-Package)에 소요작업을 ① 부지정지공사(A), ② 진입가설도로 공사(B), ③ 기존시설물 해체공사(C), ④ 기초지정공사(D), ⑤ 장비설치공사(E), ⑥ 기초공

사(F), ⑦ 가설공사(G), ⑧ 동력시설공사(H), ⑨ 기계류 플랜트공사(I), ⑩ 철골구조물공사(J), ⑪ 외주벽 마감공사(K), ⑫ 내부마감공사(L), ⑬ 설비공사(M), ⑭ 마감 잡공사(N), ⑮ 가동시험(O) 등의 내용으로 분할하여 그 내용을 정리한다.

그 집계내용을 기호화하여, 일정계산 영역을 묶으면, (AA)_(A, B, C) (BB)_(D, E, F, G, J) (CC)_(H, I, K, L, M, N, O) 등으로 나타낼 수 있고, 다시 일정계획의 신뢰성을 높이기 위해 제 5단계, 제 6단계 등으로 계

표 3. 요소작업(WBS)분할 집계표

대분류	중분류	세분류
A	a	ai bi
B	a b	ai
C	a b c	ai
D	a b	
H	a b	ai ai
I		
J	a b c d e	
K		

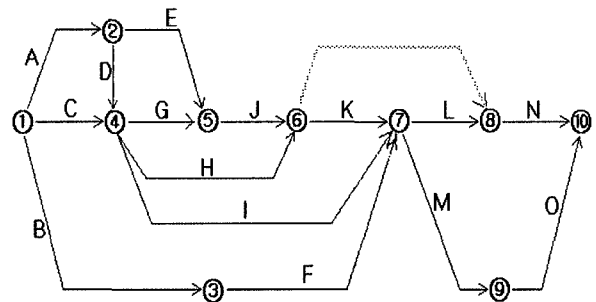


그림 22. 부속건물 요소작업 공정표

표 4. 단위공정분할 집계표(건축공사부분)

대분류	중분류	총별 작업별 단위공정 분할						비고
		지하1 ①②③	지하2 ①②③	지상2 ①②③		지상15 ①②③	옥상 ①②③	
1. 착공	1.1 사무절차 1.2 인허가 1.2 도서검토							
2. 가설	2.1 공통가설 2.2 직접가설							
3. 토공/기초	3.1 토공 3.2 지정							

주기 : Lot는 ①②③으로 표시함

속 진행시키려면, 작업(AA)_A_(a)(ai, bi), 작업 (BB)_D_(a, b, c, d), 작업 (CC)_H_(a, b)(ai, bi) 등의 내용으로 세분하여 묶어 도표로 표 3, 표 4 및 표 5와 같이 표현할 수 있다.

앞의 요소작업 분할 집계표에서 대 분류를 중심으로 선후작업의 공정순서를 CPM 다이어그램을 나타내면 그림 22와 같다.

표 5. Work Package의 작성

Work Package					
공사명 : _____					
WBS 코드 : _____					
1. 공사범위 : 작업범위 : 제공내용 :					
2. 공사예산					
작업에 배당된 인원 / 작업시간 / 작업단가 / Acct			CBS Code 컴퓨터 지원내용 타입 / 시간 / 단가		
총작업시간 = _____			인원당 단가 = _____		
컴퓨터시간 = _____			컴퓨터 단가 = _____		
여비지출 + 재실행비용 + 기타비용 = _____					
총예산 = 노무비 + 여비 + 기타비용 = _____					
3. 일정(공기)					
OBS 코드	작업업무	책임자	개시일자	종료일자	
Work Package : 개시일자 _____ 종료일자 _____					
추가할 내용:					
기안자:			일자:		
결재자:			일자:		

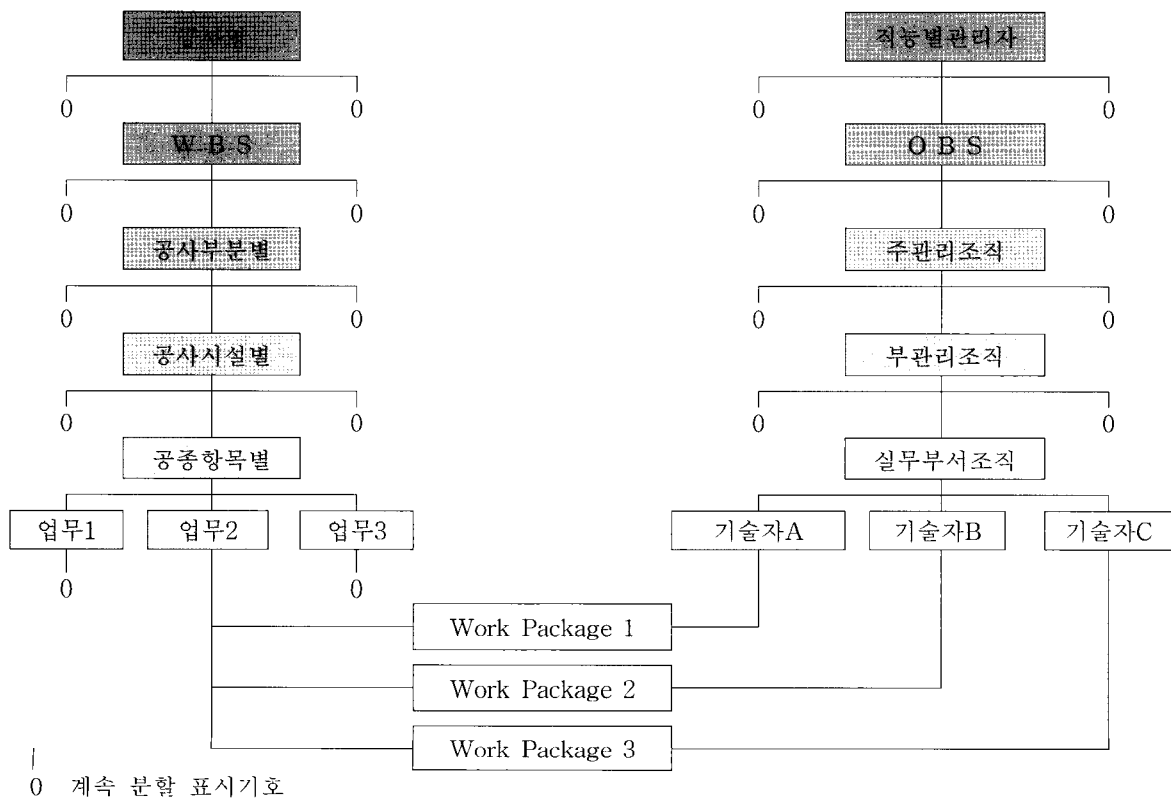


그림 23. WBS와 OBS 단위공정 연결구조

6.2 EBS-OBS 연결 및 코딩(Coding)화 시스템

WBS/EBS를 완성한 후 그 다음 단계는 WBS 안에서 요구하는 명확한 단위공정을 OBS 체제에 연결하는 것이다. 이때 WBS/EBS 분할에서 단위 공정의 구체적인 내용들 즉 공사범위, 공사비, 공기 등을 기록한 카드를 작업 패키지라고 하며, 공사범위, 소요예산, 소요공기 등을 기록하여 OBS의 최종단계인 관리 기술자와의 연결이 되도록 한다. 여기서 WBS, OBS의 연결은 CPM 공정계획을 완성한 후 공기추적과 공정관리의 수단이 된다. 따라서 CBS 내용도 확실해지며, 앞의 그림 23은 같은 내용으로 설명하고 있다.

컴퓨터에 의해 CPM 일정계획이 발전된 것은 컴퓨터 리스트에 대해, 작업내용에 따라서 중요한 작업을 분류하는 능력에 달려 있다. 예를 들어 공사관리자는 하수도작업에 대하여 줄파기 장비에서 요구되는 작업의 시간 혹은 측량의 조직에서 작업할당의 정보를 요구한다면, 이런 정보들을 코딩시스템에 의해 쉽게 완성시킬 수 있다.

그림 24에 나타난 것은 상·하수도공사에 이용할 수 있는 작업종류를 설명하기 위한 간단한 4-Digit 코딩시스템이다.

하수도공사에 관련된 모든 작업 활동은 처음 지시에서처럼 넘버(Number) 1을 대표한다. 상수도공사는 넘버 2가 대표한다. 제 2코드의 지시항목은 각각 측량, 맨홀, 형틀, 줄파기, 파이프 깔기, 뒷채움 등 작업의 형태를 대표한다. 그래서 제 4단계 지시는 공사에서 각각 작업활동에 대하여 할당을 했다. 이 코드는 상수설비공사 라인에 따라 다니면서 작업을 대표한다. 각 작업의 리스트는 4 단

계코드 넘버에서 보여주고 있다. 코딩 시스템은 공사관리자에 의해 작업을 선택하기 위하여 여러 가지 이점을 제공하고 한다. 예를 들면, 상수설비 액티비티는 작업코드 2410, 건축구조물 액티비티는 작업코드 6723, 하수설비의 액티비티는 작업코드 1512가 된다.

통합정보구성 연구현황과 정보구성 시스템 내용을 요약하면 다음의 표 6과 같다.

7. 결 론

최근 건설산업의 영역 확대와 일괄관리체제의 형성에 따라 공정계획은 초기 공정편성 단계에서부터 공사비용까지 고려한 체계적이고 합리적인 계획의 체제가 마련되어야 한다.

따라서 건설정보의 의사결정속성과 그 연관관계, 공사(공정)별 정보속성을 명확히 구분하여 범용 관리하의 건설정보공유와 대의적 측면에서 네트워크공정을 쉽게 표현하고 관리할 수 있도록 체계화하는 공정편성 시스템을 새롭게 제안하고 구성하고자 하는 노력이 요구된다.

또한 각 건설회사에서 실질적이고도 효율적으로 이를 현장에 적용시키기 위해서는 각 사의 시공능력과 관리능력의 특성에 맞는 시공성 및 비용성에 대한 체계적인 검토가 있어야 할 것이다. 시공성 및 비용성을 보다 명확히 하기 위해서는 각사에서 시공한 공사에 대한 자료를 데이터베이스로 구축하여 상시적으로 검정하고 갱신해 나가는 것이 요청되고 있다.

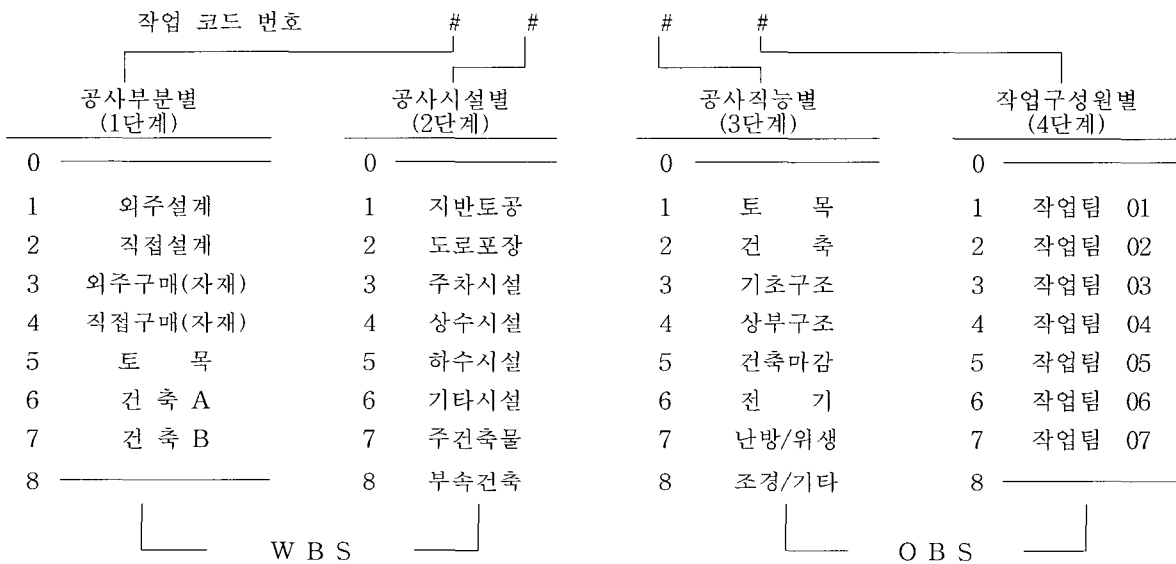


그림 24. 공공 상하수도시설 단위공정 부여 코드(설계/시공단계)

표 6. 기존 공사 정보구성 시스템과의 차이점

공사정보 구성내용	세부관련이론	기존 정보 구성시스템	신 제안 구성시스템	신 시스템에 제안된 내용
1. 공사영역결정	1) 공사발주방식 대응	모호	근거 마련	공사/공정의 영역을 명확히 하여 대응
	2) 로트이론 도입여부	미고려	고려	초기계획에서 과학적인 근거
2. 공사정보속성	1) 개념적/실무적 차원의 정보속성 구분	모호	고려하여 결정	공사정보의 정성적 인자획득 가능
	2) 물리적/사고적 정보 구분	모호	초기부터 적용	시간과 비용을 소비하는 정보속성을 처음부터 구분
	3) 공사부위별 구분	근거 불명확	공사영역이 명확하므로 적용 가능	다양한 건축물의 형상의 시공속성을 초기계획에서 구분/ WBS, CBS, EBS, 설계 BOD 정보를 적용
	4) 요소작업정보/직능 관련 관계 시스템	근거 없음	공사영역, 공사시설별 구획을 분명히 함으로 쉽게 적용	하도급공사의 내용을 분명히 함
	5) 공사영역별/시설별/직능별/구성원별구분	체계적 적용 불가능	적용 가능	전산관리를 염두에 둔 데이터관리 기법
3. 공정 단계별 요소정보속성	1) 공정단계별 정보구분	적용 불가능	적용 가능	공사 건설당단계에서 유지관리 단계까지 구분 적용 가능
4. 관리기법	1) 범용/내역관리 전제	구분 곤란	범용관리 가능	요소정보(작업)코드화로 다양한 정보를 생성
5. 공정표 표기 사항	1) 공정표 표기를 전제로 정보요소 구분	불분명	네트워크기법을 전제	모든 네트워크기법에 대처하도록 대비

▼
통합공사정보 데이터 베이스 구성

참 고 문 헌

1. 김재준, 건설정보 통합관리 시스템, 건설관리 및 경영, 한국건설산업원, 보성각, 1996.
2. 류봉열, 건설관리 도입에 따른 건설정보시스템 구축 모델제안, 한국프로젝트관리기술학회정기심포지엄, 1996.
3. 송혁의 3인, 건설정보통합을 위한 CIBS 모델에 관한 기초적 연구, 대한건축학회논문집, 제 14호 11호, 1998.
4. 이순요, 신 공정관리론, 박영사, 1993.
5. 진상윤, 건설정보의 공통적 요소를 이용한 통합 건설 관리 기반모델 구축, 대한건축학회논문집, 제 14권 10호, 1998.
6. Garold D. Oberlender, Project Management for Engineering and Construction, McGraw-Hill, 1997.