
 論 文

大韓造船學會論文集
 第29卷 第1號 1992年 3月
 Transactions of the Society of
 Naval Architects of Korea
 Vol. 29, No. 1, March 1992

해양구조물의 모듈조립공정을 위한 생산계획법

김정제*, 박소흠**

A Production Planning System for Assembly Process of Offshore Structure Modules

by

Jeong Je Kim* and So Heum Park**

요 약

해양구조물(Offshore Platform)은 우리나라 조선소에서 1976년 이후 꾸준히 시공되어져 왔으나, 이미 체계화되어 있는 선박 건조와는 달리 이분야에 대한 정보와 연구가 적어, 노동생산성 향상을 위한 자원계획과 일정계획 등 생산계획 기법의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 해양구조물 건조과정중 모듈조립에 대한 효율적인 생산계획법을 제안하였다. 모듈은 해양구조물의 상부구조에 속하며 바다에서 설치할 때 해상 크레인의 용량제한 때문에 상부구조를 몇 개로 나눈 것이며, 성냥갑 모양이다. 모듈조립에는 구조, 의장, 도장 등 여러 직종의 작업이 동시에 이루어 져야 하고, 작업들이 상호연계되어 있어서 이들 직종간의 간섭이 있고 한 직종의 작업지연으로 다른 직종의 작업지연을 유발시켜 공정의 흐름이 정체되어 전체공기가 지연되는 사례가 허다하다. 결국 초기의 부적합한 인원투입으로 공사의 말기에 잔업, 철야, 외주 등 집중 인원투입으로 출혈 공기만회에 임하게 된다.

이런 현상은 원천적으로 초기 생산계획시 호환성이 없는 여러 직종의 인원을 동일한 작업자로 간주하고 계획수립을 하는데 기인한다.

모듈조립 공사에 대하여 소요 인력(Manpower)에 대한 표준모델을 설정하여, 직종별 자원분배의 평균화로 최적의 인력을 투입할 수 있는 생산계획법을 제안하고, 일정 기간에 24개의 프로젝트 즉, 72개의 모듈을 처리하는 실제의 예에 대한 생산계획 시스템을 전산화하여 시험함으로써 실용성을 검증하였다. 시험결과 한 프로젝트에 대한 1)공기면에서 18개월에서 16개월로 2개월(11%) 단축, 2)투입인원면에서 총투입 300명에서 208명으로 92명(31%)절감 등을 예상할 수 있었다.

발표: 1991년도 대한조선학회 춘계연구발표회('91. 4. 13.)

접수일자: 1991년 5월 17일. 재접수일자: 1991년 8월 29일

*정회원, 울산대학교 조선 및 해양공학과

**정회원, 현대중공업(주)

Abstract

Considerable number of offshore platforms have been built in Korean shipyards ever since 1976. Unlike for the cases of building ships, however, negligible efforts have been made to establish planning methodology for building offshore platforms. Severe congestion has been shown in the processes of assembling modules of platforms. The module which is the upper part of a platform is a steel structure accommodating various types of outfittings and machineries. The production planned without proper consideration on allocating work loads by trade used to show severe interferences among trades of workers and resulted in delayed completion.

In this paper, a method of planning module assembly in consideration of leveling work loads by trade is discussed. A system of planning has been formulated and tested on a exempld case of producing a mix of 72 modules. The test showed a possibility of saving 31% of manpower and trimming 11% of through put time.

1. 서 론

해양구조물중 가장 많이 제작 설치되고 있는 것은 고정식 구조물이며 [8][9], 그 중에서 대표적인 것이 자켓타입 구조물이다. 이 자켓 타입 구조물은 상부구조와 하부구조로 나누어 지는 데, 상부구조는 석유를 뽑아올려 물, 모래 등 불순물과 분리시키고 가스류는 종류대로 분리시켜, 원하는 석유와 가스 등을 파이프라인이나 선박을 통해서 운송시키게 하는 장비를 포함하는 구조물이며, 이 속에는 사람거주구와 석유화학 플랜트공장과 교통과 통신시설까지 포함하고 있다.

본 논문에서는 Fig.1과 같이 3개의 모듈이 한 프로젝트에 속한다고 가정한다. 이때 모듈 갯수는 설치크레인의 용량을 고려하여 설치시 작업성과 구조강도상의 문제들을 고려하여 정한 것이다. 모듈조립에 투입되는 인원은 구조직종, 외장직종, 도장직종으로 서로 호환성이 없다. 또한 모듈조립 공사는 실제 작업상 월별 물량처리의 기복이 크고 인원소요가 직종별로 변화무상하게 나타난다. 전 직종을 공기 초기부터 끝까지 전부를 투입시켜도 공기를 앞당기는 데 도움이 되지 않는다. 또한 이와같은 상황에서는 선행의장의 확대도 불가능하다.

따라서, 본 연구에서는 작업자의 직종별 수요를 고려하여 직종별 수요가 공사기간에 걸쳐 보다 평준화된 생산계획을 작성할 수 있는 방법[3]을 고안하고자 한다. 이러한 새로운 생산계획법은 이에 적합한 생산공정의 개선이 수반되어야 하는 것으로서 선행의장의 범위를 보다 확대시킬 수 있는 공정의 개선도 함께 고안하고자 한다. 이를 위해 2장에서는 국내에서 현재 시행되고 있는 해양구조물의 건조방식[11][12]을 객관적으로 검토하고, 3장에서 이를 위하여 현재 사용하고 있는 생산계획방식을 검토하여 그 결함을 도출하고, 4장에서 이 결함들을 극복할 수 있는 방법으로써의 직종별 인원투입 분포를 사용한 생산계획법을 제시하고자 한다.

2. 해양구조물의 현행 건조방법

본 연구에서는 가장 많이 만들어져 사용되고 있는 자켓 타입 해양구조물의 건조방법 [14][17]에 대해서 고찰해 본다.

자켓 타입(Jacket type) 해양구조물은 강 파이프로 지지하는 하부구조와 여러개의 모듈로 구성되는 상부구조로 나누어진다. 하부구조는 Fig.2와 같이 상부구조를 지지하는 강 파이프로 된 8개의

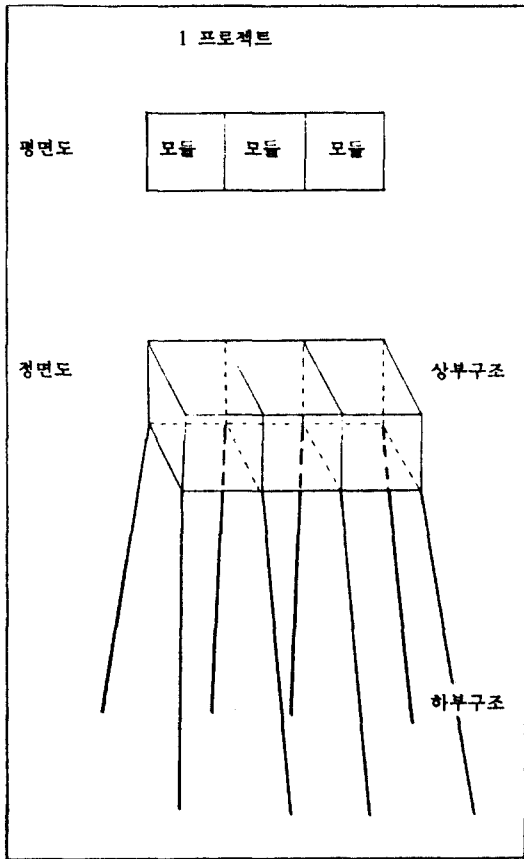


Fig.1 Module divisions of a Jacket-type platform

Leg, 하부구조 및 상부구조 전체를 지탱하기 위해 Leg보다는 직경이 작은 4개씩의 파이프로 해저의 지반에 심겨지는 말뚝기초(Pile), 제작이 되어 운송선박(Barge선)에, 신기 위해서와 운송선박에서 해상으로 부드럽게 밀어내거나 끌어내는 역할을 하는 Launch runner, 해저의 석유와 가스 채굴용 파이프라인으로 해저와 상부구조와의 연결 역할을 하는 파이프라인 라이저(Riser), 해저에서 자원을 뽑아내어 상부구조로 올릴 때 필요한 드릴링 콘크리트 파이프, 하부구조의 전체강도 및 지지도를 키우기 위해 Leg사이에 설치되는 수평, 수직, 대각선 브레이싱 파이프(Bracing Pipe)등 6개 부분으로 구성되어 진다[7]. 그리고, 하부구조의 건조 방법은 직경이 800밀리미터 이상인 모든 파이프는

강판(Plate)을 원통형 단관으로 굽히고 용접하여 제작되고 용접된 단관의 길이가 보통 3-4meter가 되는 데 소조립에서 12meter까지 약 3-4개의 단관을 연결하게 되고 중조립에서 24-48meter까지 약 2-4개의 소조립 용접된 파이프를 연결하게 되며 대조립에서는 전체 길이에 따라 다르겠지만 보통 100-150meter까지 약 2-3개의 중조립된 파이프를 연결하게 된다. 하부구조의 건조는 본체의 뼈대인 8개의 Leg와 그 사이에 들어가는 부대시설을 통틀어 말하는 데, 이것을 2개의 Leg와 Bracing pipe들로 구성되어지는 판넬(Pannel)이 4개가 합쳐져서 이루어진다. 보통 판넬번호는 왼쪽부터 판넬1, 판넬2, 판넬3, 판넬4로 불여지고 판넬별로 다른 작업장에서 대조립된 Leg중심으로 브레이싱 파이프와 기타 부대시설을 설치함으로써 각 판넬 작업이 완성되며 Launch runner의 설치작업이 힘들므로 중심판넬 2,3부터 지상에서 완성되면, 먼저 수직으로 세워서 입체적인 형상(성냥갑)이 형성되며 판넬1번이 그다음 세워지고 마지막으로 판넬 4번이 세워져 판넬 1-2-3 우측에 붙음으로써 하부구조의 본체작업이 완성된다. 판넬의 조립과정에 포함되지 않지만 그 판넬을 구성하는 콘크리트 파이프나 파일 슬리브(Pile sleeve)나 브레이싱 파이프는 별도로 가공되고 제작되어 설치시기에 맞춰 판넬제작 공정에 투입되게 된다. 상부구조는 Fig.2에서 보는 바와 같이 기능상으로 석유추출(Drilling), 석유분리 및 정제(Production), 요원의 거주구(Living Quarters)등 3개 부분으로 나누어지며 이들 하부구조 위에서 하중분포와 모듈설치를 쉽게하기 위해 모듈 지지프레임을 두게 된다[9]. 이 상부구조는 Box타입으로 보통 4개의 층으로 이루어지며 하부구조의 4개의 Leg면적에 하나씩의 블록(Block)으로 모듈을 구조적으로 분리시켜 제작 및 해상설치 되는 것이 보통이다. 분리시키는 이유는 해상설치시의 크레인(Lifting Crane)의 용량 제한에 의한 것이며 한 모듈전체 중량이 3000톤을 넘지 않게 설계되어 진다. 분리되어 설치 되므로 모듈마다 리프팅아이가 필요하고, 가이드범퍼가 모듈 설치시 부딪치는 면에 설

치되어야 한다.

상부구조인 모듈의 건조방법은, 주로 파이프로 된 하부구조와 달리, H-Beam과 층별로 철판(Plate)이 깔리고 화기의 위험도가 큰 구역에서는 벽(철판으로 됨)까지 설치하기도 한다. 하부구조와 특별 다른 것은 H-Beam으로 된 구조물 안에 기계장치(Equipment)와 파이프 등 의장품이 많아 구조물의 약 1.5배 가량의 중량을 가지게 되므로 구조물 조립이 조립이 끝난 후라도 의장품의 완전설치안되면 정확한 무게중심의 산정이 어려워져

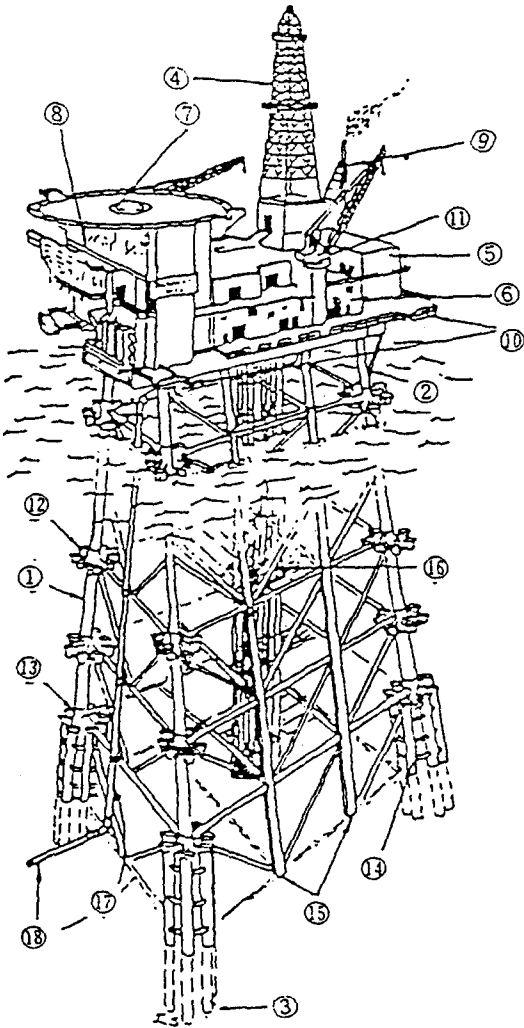


Fig. 2 A typical Jacket-type platform[7]

<1. Jacket Substructure, 2. Module Support Frame, 3. Piles, 4. Drilling Derrick, 5. Drilling Module, 6. Production Modules, 7. Helideck, 8. Living Quarters Module, 9. Flare Stack, 10. Survival Craft, 11. Revolving Crane, 12. Pile guides, 13. Bottle Legs, 14. Pile Sleeves, 15. Launch Runners, 16. Drilling Conductor Guide, 17. Pipeline Riser, 18. Subsea Pipeline.>

리프팅아이의 설치가 자연히 지연된다. 모듈의 건조공정을 보면 4개의 층으로 이루어진 모듈을 층별로 분리시켜 그 층별로 H-Beam과 강판의 가공이 되고 H-Beam의 조립이 끝나면 그 위에 강판을 붙이고 기계장치가 그 위에 놓여지게 준비되며 보통 기계장치와 파이프는 부분적인 집중하중을 유발시키므로 별도 지지대가 필요하게 된다. 층별로 이런 지지대 설치가 끝나면 아래층부터 정위치에 놓이게 되고 한층 위의 층이 올려지고 똑같은 방법으로 4개의 층이 올려지고 나면 모듈구조의 조립이 끝나게 된다. 그 다음에는 모듈구조 전체에 대하여 1차, 2차, 3차에 걸쳐서 샌딩, 코팅, 건조과정을 마침으로써 구조물 도장이 끝난다. 그 후는 부피가 큰 기계장치가 먼저 모듈구조 속에 들어가게 되고 그 후 그 기계장치에 연결되어 지는 파이프가 설치되어 지면서 전체의 모듈조립이 거의 완성되고 무게중심의 결정을 위한 중량관리(Weight control)를 세차레에 걸쳐 시행하여 무게중심이 정해 지면 리프팅아이의 위치와 크기 등의 설계도 완성되어 설치까지 작업이 이루어지게 된다. 그런, 리프팅아이의 설치는 집중하중을 지탱하는 주기둥(Main column)의 윗부분과 그 근처까지 부재설치가 이루어지는 작업이라서, 이 작업이 진행중일 때는 다른 작업을 거의 못하게 된다(대략 50-60일 소요). 리프팅아이 설치가 끝나면 파이프라인 검사와 수압테스트를 부분적으로 수행한다. 이 작업이 완전히 끝나면 모듈전체에 대한 시운전(Precommission)이 가능해진다. 시운전은 기계장치와 그 연결된 파이프라인과 압력 및 온도계기와 전기장치 등 모든 설비의 움직임을

테스트하게 되며 실제의 석유나 가스 생산시와 같은 조건으로 진행된다. 이들 작업이 모두 끝나면 터치업(Touch-up)도장을 하여 부분적인 용접수정으로 생긴 녹을 제거하고 전체적인 도장을 하여 모듈조립이 완성된다. 모듈조립 공사에 필요한 작업자는 철구조 제작을 위한 구조공, 의장 및 기계장치 등의 설치를 위한 의장공, 도장작업을 위한 도장공 등으로 구성된다. 의장작업은 주로 배관과 기계장치 설치로 이루어 지며, 의장공이 구조작업을 했을 때 구조물이 비교적 대형이어서 용접부위의 변형 등 오작이 많이 발생되고 구조공에 비해 50%정도의 능률을 낼 수 있는 것으로 본다. 구조공이 의장작업을 했을 때 취부와 용접이 아닌 부품조립도 있고 비교적 소형품의 취급이 많아 작업속도가 느리고 의장도면에 대한 이해가 힘들어 의장공의 70%정도 능률을 낼 수 있다고 본다. 각 직종의 작업자들은 작업성의 문제도 있지만 자격취득을 해야 그 프로젝트에 투입될 수 있다. 따라서, 필요시기에 직종별 상호교관 및 대체하여 인원투입할 수 없으므로 해당 직종에는 반드시 그 직종의 인원의 효율적인 운용이 필요하다.

현행 모듈조립 공정[11][12]에 대한 액티비티 12개를 차례대로 나열하면 아래와 같고 조립공정의 흐름은 Fig.3과 같다.

- (1) 층별 구조물의 부재가공과 제작.
- (2) 층별 구조물의 부재조립.
- (3) 모듈구조 전체조립(층별로 탑재하여 일체가 됨).
- (4) 기계장치와 파이핑의 지지대 설치.
- (5) 모듈구조 전체도장.
- (6) 기계장치의 탑재.
- (7) 파이핑의 탑재와 연결작업.
- (8) 무게중심 결정후 리프팅아이와 가이드범퍼 설치.
- (9) 파이핑의 연결작업 완료와 파이프라인 검사.
- (10) 파이핑의 수압테스트.
- (11) 기계장치와 파이핑 중심으로 모듈전체의

시운전.

- (12) 모듈전체 마무리 도장작업.

이 중에서 구조는 (1),(2),(3),(8) 등 4가지이고, 도장은 (5),(12) 등 2가지이고, 의장은 (4),(6),(7),(9),(10),(11)등 6가지이다.

현행상 문제점은, 공사초반에는 구조직종만 투입되고 의장직종은 구조완료때까지 대기하다가 공사말기에 집중 투입되는 양상으로 되어 혼잡하고 작업 상호간에 간섭이 이루어진다. 또한 해상 설치를 위하여 모듈전체의 무게중심을 아는 것이 중요한데 그것은 기계장치와 파이핑 등 모든 것이 탑재된 후에야 거의 정확한 무게중심이 결정되어진다. 이런 이유로 리프팅아이 설치가 자연히 늦어진다. 따라서 직종별 인원의 적정투입과 분산투입이 되도록 하여 혼잡한 상황을 배제시켜야 한다. 구조작업이 끝난 후 기계장치와 파이핑을 탑재하는데 많은 시간이 걸려 의장설치 작업시간을 쉽게 소모해버리는 결과가 되므로 층별 기계장치와 파이핑 탑재가 다된 후에 구조의 층별 탑재가 이루어지도록 해야 하겠다. 또한 의장직업종의 리프팅아이 작업은 의장작업에 지장을 초래하므로, 4층 작업때에 설치가능해 지도록 각 층별 무게와 무게중심을 미리 계산으로 구하여 4층 의장 탑재후 즉시 즉시 리프팅아이 설치가 이루어 지도록 하여야 하겠다.

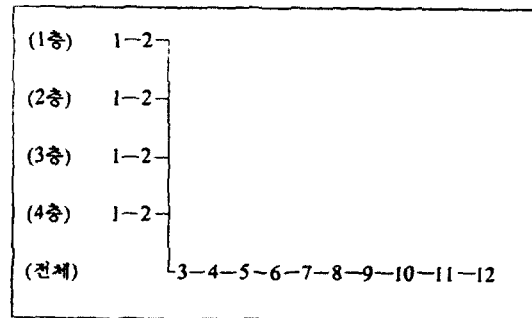


Fig. 3 Assembly process for a module produced by conventional planning method

3. 현행 생산계획방법에 대한 고찰

3.1 생산계획 일반

해양구조물 프로젝트는 우리나라 조선소에서 1976년 이후로 많은 공사가 진행되어 왔다. 공사의 규모는 선박건조와 비슷하며 마지막 공정인 해상 설치까지 있어 건설토목공사와도 유사한 성격을 띄고 있으며 공사기간도 보통 2년간 소요되며 긴 것은 4년간 걸리는 것도 있다[17]. 해양구조물의 생산계획은 설치지역이 바다이고, 취급유체가 화기의 위험이 따르는 석유 및 가스이고 대형물이라는 특성을 고려하지 않을 수 없으며, 거의 대부분의 기계장치가 수입에 의존하는 것도 공정상에 고려가 되어야 한다.

해양구조물에 대한 생산의 구분은 구조, 의장, 도장작업으로 나누어지며 이것은 각각 계획과 설계와 자재등과 연관되어 있으며, 자원관리에는 프로젝트에 투입되는 모든 자원이 해당된다. 그러나, 실제로 관리되고 있는 자원은 인원, 중장비(100-200톤 크레인)등이 대상이며 일정관리와 자원관리에서 공통적으로 관리되는 생산자원은 인원이자. 일정계획과 자원계획으로 이루어지는 생산계획은 먼저 그 프로젝트에 포함되는 액티비티를 정하고 액티비티끼리의 연결과 선후관계를 고려하고 액티비티마다 소요되는 공수(Manhour)와 공기(Duration)는 경험에 의해 산정한 다음 PERT/CPM 기법 [9][10]의 일정계획을 프로그램을 돌림으로써 액티비티별 그 공사에 있어서 작업시기와 여유일수를 알 수 있게 된다[13]. 그리고, Critical Path에 해당되는 액티비티들을 쉽게 알 수 있다[16]. 그러나 자원계획을 거치지 않고 일정계획에서 생산계획이 끝나므로해서 액티비티의 중요도나 작업시간은 알 수 있으나, 어느 시기에 과부하가 걸리는 지는 검토치 않고 일정계획이 되며 공기준수만을 요구함으로써 해서 발생하는 잔업계획이나 외주물량처리 계획은 수작업으로 이루어 진다. 즉, 구조인원, 의장인원, 도장인원의 총합계 인원수를 인원으로 하고 프로젝트 전체 물량(Ton)을 총공수(MH)로 나누어 환산톤으로

만들어 환산톤치리로 인원투입과 진도관리가 병행되므로 자원관리가 이루어 진다. 실제로 한 프로젝트 투입되는 직종별 인원은 구조직종(140명), 의장직종(100명), 도장직종(60명) 등이다. 또한 보통 중형크기의 모듈로 이루어진 프로젝트는 18개월만에 수행해 오고 있다[11]. 물론 자원관리는 수작업으로 이루어 진다. 자원분배는 보유인원의 공수에 맞추어 프로젝트의 우선 순위를 정하여 분배가 이루어지고, 보유 공수보다 소요가 적을 때는 훨씬 뒤에 계획된 물량을 앞당겨 처리하는 식으로 계획을 한다. 이 계획은 매월 새로 작성함으로써 잔업계획이 가능하다는 것이다. 여기서 문제가 발생한다. 즉, 직종별 인원의 호환성이 없음에도 불구하고 전체인력을 동일한 숫적으로만 계산했기 때문에 선공적의 어떠한 직종의 액티비티 지연이 생기면서 후속 타 직종의 액티비티까지 영향을 미쳐 모든 액티비티의 지연사태가 나타나고, 계획보다 앞당겨 완성한 액티비티가 있어도 다른 후속 액티비티를 미리 수행할 수 없다[13]. 결론적으로, 호환성없는 직종은 별도 계획이 되어야 하고 상호관계를 맺고 있는 액티비티로 된 모듈공정은 자원관리와 일정관리를 동시에 계획하여야 한다.

3.2 계획 System의 구성

합리적인 공사관리를 위해서, 생산계획도 단계별 체계를 정하여 자원을 효율적으로 하고자 한다. 그 단계별 체계는 주어진 상황아래 예측을 정확히 하여 인력, 설비, 자본 등을 활용하는 데 있어서 계획이 시한성과 정보의 한계 등에 의해 생산계획의 Level이 정해진다. 프로젝트의 수주전에 생산에 관한 기본적인 개략 정보만 가지고 그 기업의 사업계획을 이행하기 위한 거시적 계획으로부터 시작하면 설계가 진행되고 생산이 가까워짐에 따라 점차 구체적인 생산 정보를 가지고 보다 상세한 계획 Level로 진전하게 된다[8]. 생산계획의 Level은 Table 1과 같이 기업의 사정에 따라 서로 다르게 정하여 사용하고 있다[1][12]. 여기서 (B) 조선소의 경우는 Level- I 에서 프로젝트의 윤곽이

나타나게 되며, 이 계획은 공사계약 전부터 진행되어 계약시 확정된다. 또한 계약서상의 중요사건의 완료는 공사대금지불과 직결되기 때문에 거의 가능한 공기를 책정하여 계획작성이 되어야 한다. Level-II 계획은 공사계약이 되면서 작성되며, 생산착수 3개월전까지는 확정되어야 한다. 그것은 자재발주가 액티비티에 맞춰 계약이 이루어지고 도면계획에도 영향을 주고 생산작업에 지장이 없도록 생산의 지침도 정해야 하기 때문이다. Level-III 계획은 생산현장의 인력관리에 주안점이 되며 액티비티의 하부작업 공정중 비슷한 일로 작업단위를 구성하여 작업관리되게 한다. 그리고 용접과 취부 Joint의 수량관리나 파이핑 스펙의 수량관리나, 도장면적과 횡수관리 등 진도관리의 기초작업은 여기서 이루어진다. 여기서 Level 분류상 차이는 별문제가 없으나, 현실적으로 Level-II의 액티비티 계획과 Level-III 계획에서 자원관리를 하지 않아 일정관리와 자원관리의 연동이 불가능해 진다. 계획상 정해진 내용이 어느 정도는 변경될 가능성도 있고 액티비티의 추가나 삭제가 있을 수 있으며, 단위작업에 있어서너는 그 작업량 자체가 처음 추정 한 것과 많은 차이를 내는 경우가 허다하다. 그래서 생산계획이 자원계획과 유리될 때 그 계획은 계획자체의 가치를 상실하고 계약상의 진도관리를 시점별로 제시해 줄 뿐이고, 실제의 인원운용면에서 전혀 도움을 주지 못해서 계획에 대한 불신으로 작업자는 그 계획을 따르지 않는다. Level-III 계획은 생산부서에서 별도로 작성 및 수정되며, 주간별 인간별 작업계획은 그때 그때 상황에 따라 산정하여 작성되고 있는 실정이다. 따라서, 자원관리를 고려한 계획체계와 연결이 이루어지지 않는 계획관리는 아무런 의미를 없음을 알게된다[2].

3.3 스케줄링 패키지의 사용실태

생산계획용 패키지 프로그램은 사용하는 기업의 운용능력이나 사용 용도에 따라 장단점이 있을 수 있다. 생산계획 수립후의 네트워크와 바-차트 계획은 액티비티를 관리하고 일의 순서파악에 용이하고 그 관계를 알아 넘으로써 선행작업과 후행

Table 1 Levels of planning[11][12]

Level	A조선표	B조선표
I	전 프로젝트의 개략 관리용으로 공사착수, 탑재, 도장착수, 선적, 출항 등 가장 중요한 사건들로 구성되는 기본선표.	(A)Level- I 과 비슷하나 한 프로젝트의 중요 액티비티 중심으로 생산계획의 초기계획이 되며 공사계약서상의 마일스톤 기준도 포함.
II	모듈별 세분화하되 Level- I 의 중요한 사건들로 모든 프로젝트의 전모듈에 대한 액티비티조합을 위한 것.	모듈의 직종별, 총별 주요작업 액티비티를 나타내며 하위 Level의 단위작업을 그룹화하여 액티비티 지도관리가 되는 생산계획의 기본.
III	(B) Level-II 와 동일.	생산현장 관리용으로 부서별로 나누어지고, 액티비티의 단위작업까지 세분화시켜 작업반 관리를 가능케 한다. 이것은 인원관리의 최일선 계획.
IV	(B) Level-III과 동일.	없음

작업을 적절하게 수행하여 나아갈 수 있어야 하겠으나, 프로젝트 매니저들이 자신이 보아왔던 것과는 계획양식이 다르다는 이유로, 혹은 한눈에 전체를 볼 수 없다는 이유로, 수작업으로 별도의 일정계획표를 만들어 쓰고있다. 현재는 수작업 대신에 CAD를 이용하여 계획한 바를 그럴 방안까지 모색하고 있기도 하다. 그러나, 그 일정계획은 얼마 안가 변경될 처지에 놓여지게 되고 아주 지겹고 힘든 일의 연속이며, 컴퓨터 프로그램에 의해 만들어진 계획과는 점점 멀어져 가게된다. 즉, 해양개발사업은 수주받아 수행하는 공사이기 때문에 고객에게는 요구받은대로 네트워크와 바-차트계획 등을 제출하고 기업내의 실제계획, 판단, 분석, 지시

등에는 수작업계획을 사용하고 있다는 것이다. 이 현상은 영국, 미국 등에서 사용되어지는 ARTEMIS (A조선소), VISION(B조선소) 등도 사용방법에 따라 그 성과가 좌우된다. 현행 생산계획의 문제는 사용하는 범용 패키지에 있기 보다는 생산집행상 필요로 하는 사항(즉, 정보)을 충분히 고려하지 못한 현행 생산계획방식에 있다고 하겠다.

따라서, 이러한 기호에 적합한 계획이 고안되어야 하겠고, 생산계획은 자원관리를 포함하고, 단계별 계획도 서로 연결이 되어져 관리되어야만 계획의 신뢰도가 커질 것이다.

3.4 현행 생산계획법의 문제점

모듈 조립공정에 대한 공정흐름과 예산에 대한 표준이 없어서 작성하는 사람에 따라 다른 계획이 되어 버리고 만다. 또한, 직종별 인원투입을 무시하고 전체적으로 하나의 직종으로 하여 계획 수립하므로 실제 인원운용을 적절히 반영하지 못하고 있다. 즉, 전체는 남는데 호환성 없는 어느 직종은 모자라 인원충원이 필요하게 된다. 그리고, 일정계획에 직종별 인원관리가 안되므로 인원투입 예측이 불가능해지고 이것은 물량처리 예측에 대한 판단을 못하게하는 결과가 된다. 그렇게 일정계획이 완성된 후에는 수작업으로 습관이나 눈에 익은 양식대로 그려서 사용하고 있기 때문에 그 계획에 대한 신뢰도가 떨어지게 된다.

4. 직종별 인원투입 분포를 사용한 생산 계획법

앞장에서 도출된 현행 생산계획방식에의 약점들 즉, 직종별 인원투입을 무시한 계획수립과 의장*작업의 공사말기의 집중부하를 고려하지 않는 조립공정 등을 보완하기 위해서 다음과 같이 ARTEMIS를 이용하여 새로운 생산계획 방법을 제안하였다. 직종별 인원투입 모델이 정형화되어 있지 않고 표준예산이 정해져 있지 않는 상태에서는 인원투입에 대한 적절한 계획이 되지 못한다. 따라서, 한 프로젝트에 대한 표준예산을 정하고 각

모듈에 대한 직종별 투입인원의 변동이 가장 작은 모듈들의 조합을 찾아 조립 일정계획을 수립하는 방법[1]을 택했다. 작업자의 직종은 구조직종, 의장직종 및 도장직종으로 구분한다. 제시하고자하는 생산계획법의 개념은 일련의 순서에 입각하여 다음과 같이 정리할 수 있다.

먼저, 모듈조립공정에 대한 새로운 공정흐름과 액티비티별 표준예산 공기를 제시하고 의장작업의 조기착수에 따른 효과분석을 한다.

그 다음, 직종별 인원분포에 대한 모델링 근거를 찾는다.(1개의 프로젝트에 관한 모델링) 모든 직종을 전체로 하나의 직종으로 보아 최단공기를 만족하는 최소인원(자원한정값)을 구한다.

그 다음, 그 최소인원을 전체 투입인원으로 가정하고 직종별 투입인원의 조합에 관한 몇개의 경우를 두어 의장직종의 투입 인원분포에 대한 표준편차를 구하고 주구간의 편차가 최소이고 최단공기를 만족하는 경우를 찾는다.

그 다음, 정해진 직종별 자원한정값을 적용시키되 의장직종의 인원분포에 가장 적절한 모듈의 총별 착수 시간간격을 찾아낸다. 수 개의 착수 시간간격의 경우에 대해서 최단공기를 만족하고, 의장인원 분포의 주구간 편차가 가장 작은 경우를 택한다.

그 다음, 상기에서 결정된 조건 아래 의장직종과 도장직종에 대한 인원은 고정시키고 구조직종에 대한 인원을 변화시켜 전체인원도 줄이고 의장직종의 인원분포도 더 좋게하는 방안을 찾는다.

이 다섯 단계를 거쳐 1개 프로젝트에 대한 직종별 인원분포의 모델이 결정된다. 이때 모델의 형상은 해양구조물의 모듈 조립공정의 특징을 나타낸다고 할 수 있다. 이 방법을 실제의 예에 적용하는 세부적 Process를 아래와 같이 검토하겠다. 실험적으로 24개 프로젝트를 수행하는 경우를 적용하였다.

4.1 총별 작업수행과 선행의장의 확대를 고려한 새로운 공정흐름과 표준예산의 설정 2장에서 현행상 문제점을 보완하기 위해서

다음과 같이 모듈 조립공정의 흐름에 대해 개선한다. 의장작업을 앞으로 당기고 구조물의 전체 조립을 뒤로돌려, 모듈의 각 층별로 충분히 의장 설치작업이 끝난 후 다음 층의 구조조립을 하게 한다. 의장작업 중심의 새로운 모듈 조립공정에 대한 액티비티를 정의하고 Fig.4와 같이 조립공정의 흐름을 설계한다.

- (1) 층별 구조물의 부재가공과 제작.
- (2) 층별 기계장치와 파이핑의 지지대 설치.
- (3) 층별 구조물의 부재조립.
- (4) 층별 도장작업.
- (5) 층별 기계장치 설치.
- (6) 층위와 아래의 파이핑 설치.
- (7) 층과 층사이의 파이핑 탑재.
- (8) 층별 구조물의 탑재로 전체 모듈구조물 완성.
- (9) 층과 층사이의 파이핑 설치와 연결작업.
- (10) 모듈의 파이핑검사와 수압 테스트.
- (11) 기계장치와 파이핑의 보온작업.
- (12) 모듈전체의 기계장치에 대한 시운전.
- (13) 모듈전체의 마무리 도장작업.

이렇게 하면 층별 독립수행 작업은 현행 경우의 2가지 액티비티에서 7가지 액티비티로 증가된다. 현행의 선형의장 개념은 도장전까지 작업으로하여 4가지 액티비티 즉 구조의 제작과 조립, 의장의 지지대 설치까지 수행했으나, 그 개념을 바꾸어 층별로 구조작업후 의장품의 전량탑재를하여 층과 층간의 의장 연결작업을 제외하고는 대부분의 의장작업이 끝나도록 한다. Table 3은 선형의장의 기준을 <도장작업>전에서 <전체 구조물의 탑재>전으로 변경했을 때의 선형의장율을 보인다. 변경전의 선형의장 비중은 12%밖에 안되지만 변경후는 50%(Table 2 참조)의 달성을 하게 된다[15]. 여기서 의장품 탑재란 기계장치의 탑재와 파이핑의 층간 연결외의 설치작업을 의미하는 것이고 후속작업으로 층간연결과 검사, 테스트, 시운전 등 전체적인 연결 작업들이 있다. 층별 기계장치 설치와 파이핑 설치의 열린지붕(Open Roof)상태에서의 작업이기 때문에 탑재시 이동이 쉬워서 신

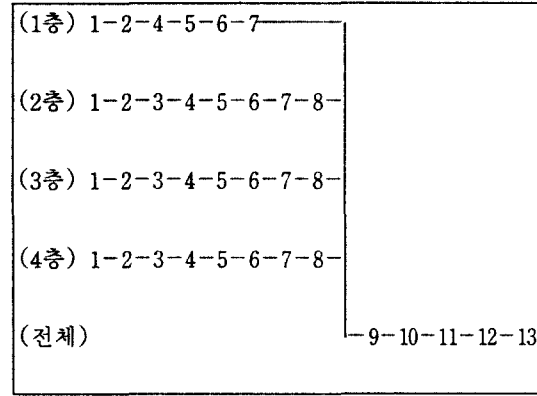


Fig. 4 Proposed assembly process for a module

Table 2 Activities and budget for assembling a module[11]

구분	번호	내용	총공수	공기	단위 공수
구조	층별1	Structure Fabrication	20000	40	5000
	층별2	Structure Assembly	28000	56	7000
	층별3	Str. + Outfit Erection	9000	24	3000
의장	층별5	E/Q + Pipe support Inst.	8000	16	2000
	층별6	E/Q Installation	8000	16	2000
	층별7	on/below Pipe Inst.	12000	24	3000
	층별8	between Pipe Lift-on	3000	8	1000
	전체9	between Pipe Inst.	8000	64	8000
	전체10	Piping Insp. + Test	13000	104	13000
	전체11	Pipe Reins, P/EQ Insul.	6000	48	6000
	전체12	E/Q Precommission	4000	32	4000
	도장	층별4	Str. 1st + 2nd + 3rd Paint	16000	32
전체13		Final Painting	5000	20	5000
계		One module	140000		

속해지고, 받침대 위에서의 층별작업이므로 고소 작업의 위험을 방지할 수 있고 작업자의 이동이 줄어들어 든다. 또한, 층별로 구조작업과 의장작업이 독립적으로 수행되며 부하의 분산과 작업자 밀집해소가 가능하다[15]. 변경후의 일반 의장작업으로는 층간의 파이핑 설치와 모듈전체 파이핑검사,

테스트와 기계장치 전체에 대한 시운전으로 이루어지는데 구조작업이나 도장작업의 간섭을 전혀 안받아 수행속도가 빠르다. 마지막 시운전은 해상설치후 프로젝트 전체의 시운전의 일부가 되고 모듈조립시 시운전의 보증으로 설치공기도 단축시킬 수 있어 중요한 액티비티이다.

Table 3 Comparison of pre-outfitting rates for a module produced between by conventional method and proposed method(in manhours)

구분	성격	선행의장	기준	일반의장
변경전	성격	구조위주	구조물의 도장작업전	의장위주
	의장비중	12%		88%
변경후	성격	구조완료 (의장탑재)	전체구조물 의 탑재전	의장완료 (시운전)
	의장비중	50%		50%

4.2 직종별 인원분포에 대한 모델링 근거의 설정

앞에서 언급한 한 프로젝트(3개의 모듈)에 대해 직종별 인원분포를 구하기 위해서, 세가지 직종인 구조, 의장, 도장직종 등을 하나로 보고 전체인원에 대한 최적의 자원한정값을 구하기 위해서, 먼저 인원분포에 자원한정=400으로 하면 Fig.5와 같이 최고부하=377명, 월평균부하=126명, 공기=11개월을 얻는다[13].

다음에 공기가 11개월을 넘지 않으면서 자원한정값이 제일 작은경우를 선택한다. 이때 자원한정값을 최고부하인 377부터 아래로 평균부하인 126까지 변화를 주어 Table 4를 얻어 최적의 자원한정값이 "238"임을 알 수 있고 그때의 인원분포도는 Fig.6과 같다.

4.3 직종별 인원투입비율 고려한 최적의 직종별 투입인원의 결정

예산 공수(Table 2를 근거로 함)의 비중대로 직종별 투입인원을 Table 5와 같이 구한다. 이 직종별 투입인원을 자원한정의 기준으로 잡고 구조

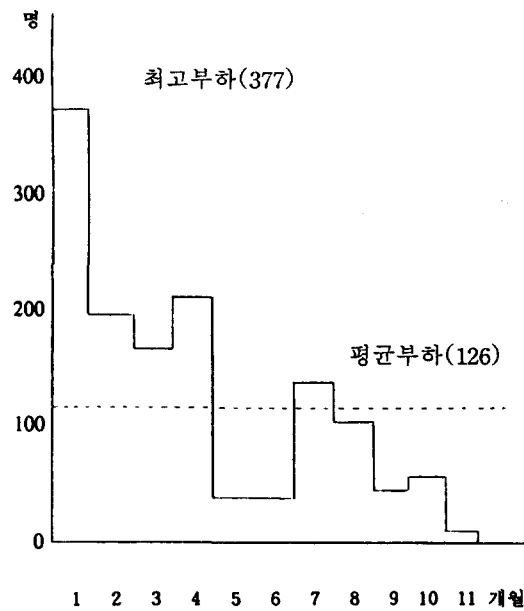


Fig. 5 Total manpower curve produced with upper limit of 400 men

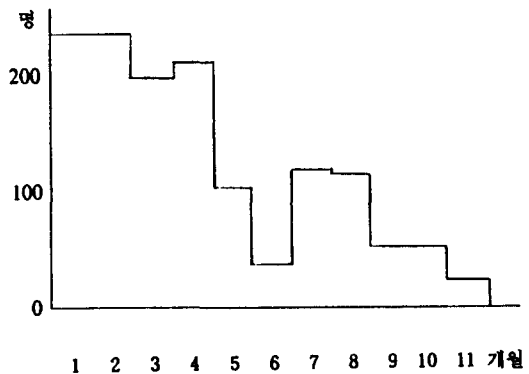


Fig. 6 Total manpower curve produced with upper limit of 238 men

와 의장의 인원을 5명씩 점차 증감하여 Table 6과 같이 경우의 수를 정해 둔다. 여기서 중점적으로 다루고자 하는 직종은 의장직종이며 각 경우의 수에 대한 Table 7과 같은 직종별 인원 분포를 얻게된다. 인원 투입분포중 의장직종에 대해서 전체 평균과 표준편차를 구하여 편차가 가장 작은

Table 4 Distribution of manpower with varied upper limits

(단위 : 명)

한정값 개월	400	377	250	240	238	237	235	230	210	200
1	377.42	375.00	250.00	237.50	237.50	225.00	225.00	225.00	200.00	200.00
2	198.21	200.89	245.98	237.50	237.50	225.00	225.00	225.00	200.00	200.00
3	166.94	164.52	185.89	198.79	198.79	192.74	192.74	192.74	190.32	190.32
4	212.50	215.00	210.00	210.83	210.83	208.33	208.33	208.33	190.00	190.00
5	37.50	37.50	97.58	104.03	104.03	113.31	113.31	113.31	160.48	160.48
6	37.50	37.50	38.75	38.75	38.75	49.17	49.17	49.17	60.42	60.42
7	139.11	139.11	119.76	119.76	119.76	95.57	95.57	95.57	66.53	66.53
8	104.03	104.03	114.92	114.92	114.92	111.29	111.29	111.29	126.61	126.61
9	43.75	43.75	52.50	52.50	52.50	75.00	75.00	75.00	89.17	89.17
10	56.86	56.86	50.40	52.40	52.40	53.23	53.23	53.23	43.55	43.55
11	10.00	10.00	23.33	23.33	23.33	28.33	28.33	28.33	48.33	48.33
12						11.29	11.29	11.29	11.29	11.29
13										
14										
15										

경우를 선택하게 된다. 그러나 전체공정의 초기와 말기에는 불가피한 인원감소를 감수하여야 하므로 해당직종의 작업이 상당한 양으로 진행되는 구간 즉, 주구간을 정하여 이 주구간에서의 인원분포의 편차가 작은 경우를 선택하는 것이 또한 중요하다. Table 7에서 최단공기가 15개월이므로 경우수중 상4(상3, 상2와 동일), 상1(중과 동일), 하1, 하2(하3과 동일), 하6, 하7(하8과 동일)등을 우선 선택한다. 여기서 선택된 경우수중 의장직종에 대해서만 평균과 표준편차를 구해보면 Table 8과 같다. 이 결과, 하7 경우와 최소공기 15개월을 유지하고 인원의 편차가 가장 작으므로 최적의 경우이다. 즉 직종별

최적의 자원한정은 우선 구조 132, 의장 70, 도장 36으로 정해진다.

Table 5 Preliminary estimations of manpower by trade

직종	예산MH			투입총원 (비중대로)
	1개모듈	1개 프로젝트	비중%	
구조	57,000	171,000	41	97
의장	62,000	186,000	44	105
도장	21,000	63,000	15	36
계	140,000	420,000	100	238

Table 6 Assumed cases of manpower limits by trade

(단위 : 명)

경우 직종	상8	상7	상6	상5	상4	상3	상2	상1	중	하1	하2	하3	하4	하5	하6	하7	하8	하9	하10
구조	57	62	67	72	77	82	87	92	97	102	107	112	117	122	127	132	137	142	147
의장	145	140	135	130	125	120	115	110	105	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55
도장	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
계	238																		

Table 7 Manpower distributions for the assumed cases for manpower limits by trade

직종	경우																			
	상8	상7	상6	상5	상4	상3	상2	상1	중	하1	하2	하3	하4	하5	하6	하7	하8	하9	하10	
구조	1	50	50	63	63	75	75	75	88	88	100	100	100	113	113	125	125	138	138	
	2	50	50	63	63	75	75	75	88	88	100	100	100	113	113	125	125	125	138	138
	3	50	50	63	63	75	75	75	88	88	100	100	100	113	113	125	125	125	129	129
	4	50	50	63	63	75	75	75	88	88	100	100	100	93	93	88	85	85	69	69
	5	50	50	63	63	75	75	75	88	88	79	79	79	57	57	25	29	29	16	16
	6	50	50	63	63	73	73	73	49	49	16	16	16	8	8	11	11	11	11	11
	7	50	50	63	63	50	50	50	26	26	22	22	22	22	22	20	20	20	19	19
	8	50	50	54	54	27	27	27	14	14	11	11	11	11	11	9	9	9	11	11
	9	50	50	34	34	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	13	13	13	13	13
	10	50	50	12	12	19	19	19	22	22	22	22	22	22	22	19	19	19	19	19
	11	33	33	22	22	10	10	10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	12	5	5	5	5															
	13	20	20																	
	14	6	6																	
의장	1	13	13	19	19	19	19	26	26	32	32	32	39	39	39	39	39	37	37	
	2	10	10	16	16	21	21	21	16	16	17	17	17	17	23	23	23	31	31	
	3	19	19	10	10	13	13	13	18	18	19	19	19	15	15	16	16	16	12	12
	4	38	38	45	45	47	47	47	50	50	51	51	51	48	48	42	43	43	40	40
	5	22	22	40	40	37	37	37	45	45	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	6	20	20	35	35	45	45	45	39	39	39	39	39	39	39	40	29	29	35	35
	7	40	40	43	43	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	40	40	40	42	42
	8	28	28	27	27	36	36	36	66	66	79	68	68	57	57	48	35	35	3	3
	9	23	23	33	33	77	77	77	78	78	78	74	74	72	72	65	59	59	50	50
	10	39	39	66	66	52	52	52	34	34	31	40	40	53	53	54	50	50	41	41
	11	16	16	48	48	76	76	76	78	78	78	74	74	72	72	65	59	59	50	50
	12	82	82	97	97	92	92	92	75	75	72	75	75	73	73	75	63	63	50	50
	13	54	54	82	82	38	38	38	34	34	34	34	34	45	45	56	63	63	50	50
	14	90	90	32	32	21	21	21	14	14	14	14	14	14	14	54	54	50	50	50
	15	74	74	15	15											3	3	44	44	44
	16	32	32															17	17	17
	17	11	11																	
도장	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	3	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	25	25	25	25	25	
	4	10	10	13	13	16	16	16	23	23	23	23	23	23	25	25	25	25	25	
	5	3	3	22	22	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
	6	24	24	23	23	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
	7	15	15	17	17	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
	8	13	13	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
	9	21	21	21	21	14	14	14	8	8	8	8	8	8	8	4	4	4	4	
	10	15	15	9	9															
	11	25	25						5	5	12	12	12	12	12					
	12	5	5			10	10	10	11	11	5	5	5	5	5	4				
	13			10	10	6	6	6								15	10	10		
	14			7	7	8	8	8	18	18	18	18	18	18	18	15	15	15	15	
	15	13	13	13	13	25	25	25	15	15	15	15	15	15	15	25	25	15	15	
	16	3	3	20	20													15	15	
	17	20	20															5	5	
18	13	13																		

Table 8 Mean values and deviations of manpower distributions for the representative assumed cases of manpower limits by trade

경우 구분	상4	상1	하1	하2	하4	하6	하7
전체평균	43.66	43.59	43.59	43.59	43.55	43.56	40.79
주구간평균	53.69	53.69	52.79	52.78	52.50	51.81	47.80
전체편차	23.57	22.77	22.70	21.45	19.45	18.13	17.12
주구간편차	20.17	18.51	19.83	17.71	13.83	12.99	10.83

4.4 최적의 인원투입분포를 위한 모듈의 층별 작업착수가격의 일정

먼저 착수 간격차가 1,2,3,6,9,11,12,13,14,15,16,18, 21,24,27일 등 15개의 경우에 대한 직종별 인원분포를 Table 10과 같이 구해서 최단공기에 만족되는 경우수에 대해서 의장직종의 평균과 표준편차를 Table 9와 같이 산출해 본다. 이때 전체와 주구간 표준편차가 제일 작은 경우를 선택하게 된다. 결과적으로 착수간격차가 13일인 경우가 선택되며 최단공기는 16개월이다.

Table 9 Mean values and deflections of outfitting manpower curves when varied intervals between start times of respective tiers of a module are applied

경우 구분	1	2	6	9	11	12	13	14	15	16	18
전체평균	38.2	38.2	38.1	38.2	38.2	38.2	40.7	40.7	40.7	40.7	38.2
주구간평균	47.5	47.6	47.5	48.4	49.2	49.4	50.1	50.3	50.5	50.7	50.3
전체편차	18.3	18.3	18.1	19.7	19.3	19.6	18.0	18.7	19.2	19.6	22.2
주구간편차	11.8	11.7	11.5	11.9	10.5	10.5	9.4	10.4	10.7	11.1	14.5

4.5 전체 소요인원의 최소화를 위한 구조직종 인원의 축소조정

먼저 현재까지 결정된 132명으로부터 5명씩 감소시킨 11개 경우수를 Table 11과 같이 정한다. Table 11의 경우수대로 구조직종 인원을 변화시켜

Table 13과 같이 직종별 인원분포를 구할 수 있다. 11개 경우 모두 최단 공기 16개월을 만족하므로 모든 경우수에 대해서 의장직종의 평균과 표준편차를 구하고, 편차가 가장 작은 경우를 택하게 된다. Table 13의 경우중 의장 인원분포가 동일한 경우들을 삭제하고 대표적인 경우의 수에 대한 전체 및 주구간 편차를 구해보면 Table 12와 같고 최적의 경우수는 102가 되며 따라서, 구조=102명, 의장=70명, 도장=36명 등으로 결정된다.

Table 11 Assumed cases of manpower limits by trade with varied structure manpower limits

경우 직종	132	127	122	117	112	107	102	97	92	87	82
구조	132	127	122	117	112	107	102	97	92	87	82
의장	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
도장	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
계	238	233	228	223	218	213	208	203	198	193	188

Table 12 Mean values and deviations of manpower distributions for the representative assumed cases of varied structure manpower limits

경우 구분	132	112	97	87
전체평균	40.72	38.18	38.18	38.18
주구간평균	50.08	50.08	50.12	49.47
전체편차	17.95	17.94	18.07	20.00
주구간편차	9.42	9.38	9.57	11.82

4.6 1개 프로젝트(3개 모듈)에 대한 직종별 인원분포의 모델

직종별 자원한정으로는 구조 102명, 의장70명, 도장36명(총원 208명), 모듈의 층별 작업 착수간격은 13일, 1개 프로젝트의 공기는 16개월로 결정된 경우의 인원분포는 Fig.7과 같다.

Table 10 Manpower distributions when varied intervals between start times of respective tiers of a module are applied

경우 직종	1	2	3	6	9	11	12	13	14	15	16	18	21	24	27
구조 1	116.9	108.9	98.4	76.6	56.5	48.4	46.0	43.6	41.1	38.7	37.1	35.5	33.1	30.7	28.2
2	125.0	125.0	106.7	125.0	118.3	101.8	92.4	86.6	80.8	75.9	72.8	64.7	55.4	50.0	44.6
3	125.0	125.0	98.4	125.0	125.0	108.9	101.2	91.5	85.9	79.4	75.4	64.9	56.5	49.2	45.2
4	90.4	95.8	102.1	111.7	120.0	108.8	98.3	93.3	85.8	80.0	75.8	67.5	58.3	47.5	45.0
5	33.9	36.3	73.0	51.6	66.9	99.2	106.9	102.4	96.0	89.9	83.9	75.8	62.9	58.9	48.8
6	15.0	15.0	14.6	15.4	17.1	35.4	53.8	73.3	87.1	91.7	86.7	78.3	70.4	59.6	50.4
7	14.1	14.5	17.7	15.7	16.5	15.7	18.6	25.8	39.1	55.7	71.0	79.0	65.7	60.9	56.1
8	8.9	8.5	13.3	8.1	8.5	9.3	9.7	10.1	10.5	14.5	22.6	50.8	68.6	55.7	48.8
9	12.9	12.9	5.4	11.7	10.0	9.2	8.8					7.5	40.8	57.9	55.8
10	19.0	19.4	8.9	21.0	22.2	8.1	7.7	12.9	13.7	13.3	12.9	5.7	12.1	46.4	48.8
11	6.7	6.7	21.7	6.7	7.1	20.4	20.8	19.2	18.3	18.8	19.2	22.5	9.6	9.2	42.9
12			6.5				2.0	2.4	7.3	7.3	7.3	7.3	11.3	22.2	12.9
13														7.3	11.3
14															1.7
15															
16															
의장 1	32.3	32.3	28.2	27.4	19.8	16.5	15.7	14.9	14.1	13.3	12.5	11.7	10.5	9.3	8.1
2	21.9	19.2	12.1	16.1	21.4	18.8	16.1	15.2	14.3	13.0	12.5	10.7	9.8	8.9	7.6
3	21.4	22.2	27.0	29.0	24.2	20.0	19.8	17.3	16.5	15.7	14.9	13.3	11.3	10.9	10.5
4	44.2	45.8	46.7	46.7	51.7	53.3	50.0	50.4	49.2	47.5	46.7	44.2	40.4	34.2	31.7
5	35.5	35.5	36.3	35.5	37.5	42.7	49.2	50.8	47.6	48.4	47.2	42.3	30.7	31.1	28.6
6	40.0	40.0	30.0	39.6	39.2	41.3	41.3	42.9	49.2	50.8	50.8	42.5	42.5	32.8	29.2
7	35.5	35.5	23.4	35.1	35.1	35.1	35.1	40.7	46.8	47.6	50.4	52.0	41.1	33.1	29.0
8	38.7	38.7	31.5	38.3	42.7	47.2	46.4	58.1	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	59.3	45.6
9	51.3	50.4	34.2	48.3	52.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5
10	56.1	56.1	54.8	56.1	55.7	52.0	52.8	45.2	44.0	45.2	46.4	56.9	60.5	59.3	58.1
11	62.5	62.5	37.5	62.5	62.5	34.2	32.5	32.1	26.7	25.0	23.3	14.2	30.8	37.5	43.8
12	62.5	62.5	50.0	62.5	62.5	62.5	62.5	55.2	54.4	54.8	55.2	51.2	13.7	22.6	24.6
13	62.5	62.5	45.6	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	55.2	12.1	10.9
14	33.6	34.1	45.7	35.8	30.6	47.9	49.1	50.4	47.9	49.1	50.4	62.5	62.5	60.8	12.9
15	12.5	12.5	45.8	12.5	12.5	13.3	13.7	12.5	12.5	12.5	12.5	17.3	58.1	62.5	13.7
16	0.4	0.8	16.1	2.5	0.4	1.3	1.7					4.2	15.4	53.3	61.7
17													3.6	18.2	62.5
18														4.6	51.3
19															15.3
20															3.2
도장 2	2.2	1.8	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
3	25.0	25.0	24.2	23.8	22.6	21.8	21.4	21.0	20.6	20.2	19.8	18.2	16.9	15.7	14.5
4	25.0	25.0	19.6	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	22.5	17.5	15.8	14.6
5	25.0	25.0	22.6	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	21.8	20.9	15.7	14.5
6	25.0	25.0	17.5	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	22.1	17.1	17.9	14.6
7	25.0	25.0	22.6	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	23.0	20.6	16.9	14.5
8	25.0	25.0	22.6	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	21.8	17.7	15.7	14.5
9	4.6	5.0	21.3	6.7	7.9	8.8	9.2	9.6	10.0	10.4	10.8	21.3	20.0	16.3	15.0
10			5.2									5.2	18.6	18.6	16.1
11								7.5	16.7	16.7	16.7	16.7	18.8	15.8	14.6
12						16.1	16.1	8.9					4.0	17.7	15.3
13	16.1	16.1		16.1	16.1									5.7	17.7
14	14.7	14.7	6.9	14.7	17.2			0.9	2.6	1.7	0.9				6.0
15	2.4	2.4	9.7	2.4		16.1	16.1	15.3	13.7	14.5	15.3	16.1			
16	16.7	16.7	10.8	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.1	
17			17.7										16.1	16.1	
18			4.2												
19														0.8	16.1
20															16.1

Table 13 Manpower distributions for the cases of varied structure manpower limits

직종 \ 경우	132	127	122	117	112	107	102	97	92	87	82
구조	1	43.55	43.55	43.55	43.55	43.55	43.55	43.55	43.55	43.55	43.55
	2	86.61	86.61	86.61	86.16	86.16	86.16	86.16	83.93	83.93	75.00
	3	91.53	91.53	91.53	91.53	90.73	90.73	90.73	87.50	87.50	75.00
	4	93.33	93.33	93.33	93.33	92.50	92.50	92.50	87.50	87.50	75.00
	5	102.42	102.42	102.42	102.42	98.79	98.79	98.79	87.50	87.50	75.00
	6	73.33	73.33	73.33	73.33	74.58	74.58	74.58	80.83	80.83	75.00
	7	25.81	25.81	25.81	25.81	30.24	30.24	30.24	46.16	46.16	72.18
	8	10.08	10.08	10.08	10.08	10.08	10.08	10.08	10.48	10.48	31.45
	9										2.92
	10	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90	8.87
	11	19.17	19.17	19.17	19.17	19.17	19.17	19.17	19.17	19.17	22.50
	12	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	8.07
의장	1	14.92	14.92	14.92	14.92	14.92	14.92	14.92	14.92	14.92	14.92
	2	15.18	15.18	15.18	15.18	15.18	15.18	15.18	14.73	14.73	13.39
	3	17.34	17.34	17.34	17.34	17.34	17.34	17.34	17.34	17.34	17.34
	4	50.42	50.42	50.42	50.42	50.42	50.42	50.42	49.17	49.17	43.33
	5	50.81	50.81	50.81	50.81	50.40	50.40	50.40	47.58	47.58	43.95
	6	42.92	42.92	42.92	42.92	43.33	43.33	43.33	47.92	47.92	45.42
	7	40.73	40.73	40.73	40.73	40.73	40.73	40.73	36.69	36.69	41.13
	8	58.07	58.07	58.07	58.07	58.07	58.07	58.07	58.07	58.07	53.23
	9	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50
	10	45.16	45.16	45.16	45.16	45.16	45.16	45.16	45.19	49.19	55.65
	11	32.08	32.08	32.08	32.08	32.08	32.08	32.08	32.08	32.08	22.50
	12	55.24	55.24	55.24	55.24	55.24	55.24	55.24	55.24	55.24	55.44
	13	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50
	14	50.43	50.43	50.43	50.43	50.43	50.43	50.43	50.43	50.43	59.48
	15	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	16.94
	16										4.17
도장	2	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34
	3	20.97	20.97	20.97	20.97	20.97	20.97	20.97	20.97	20.97	20.97
	4	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	21.67
	5	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	24.19
	6	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
	7	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
	8	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	23.79
	9	9.58	9.58	9.58	9.58	9.58	9.58	9.58	9.58	9.58	15.00
	10										
	11	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.33
	12	8.87	8.87	8.87	8.87	8.87	8.87	8.87	8.87	8.87	12.90
	13										
	14	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	
	15	15.32	15.32	15.32	15.32	15.32	15.32	15.32	15.32	15.32	16.13
	16	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67

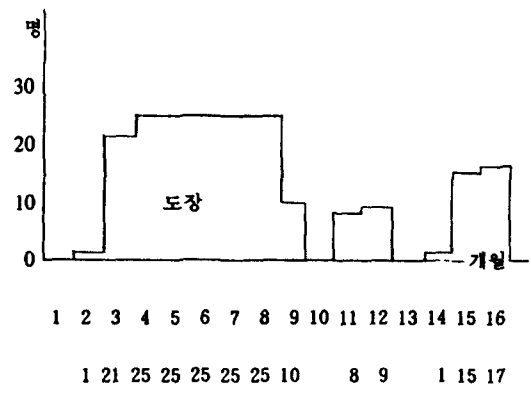
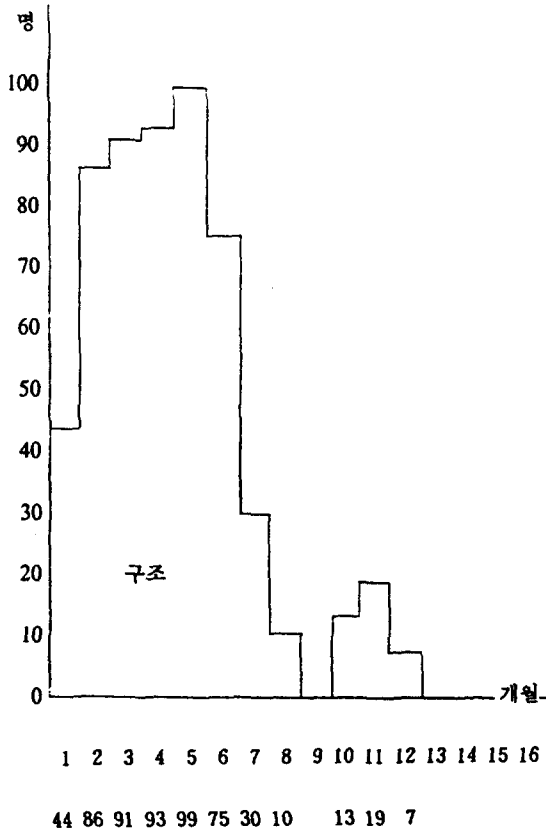


Fig. 7 Manpower curves produced with limits of 102 structural men, 70 outfitting men and 36 painting men

4.7 24개 프로젝트 수행시 프로젝트 착수간격에 따른 연간 처리 모듈수와 직종별 투입 팀수의 결정

앞서 결정된 단위 프로젝트에 대한 직종별 인원분포의 모델을 이용하여 24개의 프로젝트가 순차적으로 착수한다고 가정하는 프로젝트별 착수간격을 일정값으로 적용하여 조합해 보면 일정 주기를 가지는 반복구간이 형성된다[4]. 또한, 작업팀수는 여러 개의 프로젝트를 계속적으로 수행하도록 인원투입을 조정하면서 결정된다. 착수간격을 1개월로 하였을 때 Fig.8에서 보이는 바와 같이

구조인원은 44-86-91-93-99-95

의장인원은 17-50-50-43-41-58-63-45-32-55-63-50

도장인원은 21-25-25-25-25-25 등의 반복으로 나타난다.

각 직종별 작업팀수가 프로젝트 착수간격에 따라 달라지며, 1개월, 2개월, 3개월 6개월 일때에 대한 평균과 편차를 구하고 투입되는 작업팀수와 총인원을 구하여 Table 13과 같이 정리하여 이 경우들이 어떤 상황에 적합한가에 대해 검토해 본다. Table 14에서 보면 반복구간의 비교에서 1개월 경우 편차가 0이 되어 가장 좋지만 모듈 생산 계획량에 따라 알맞은 경우를 선택할 수 있다.

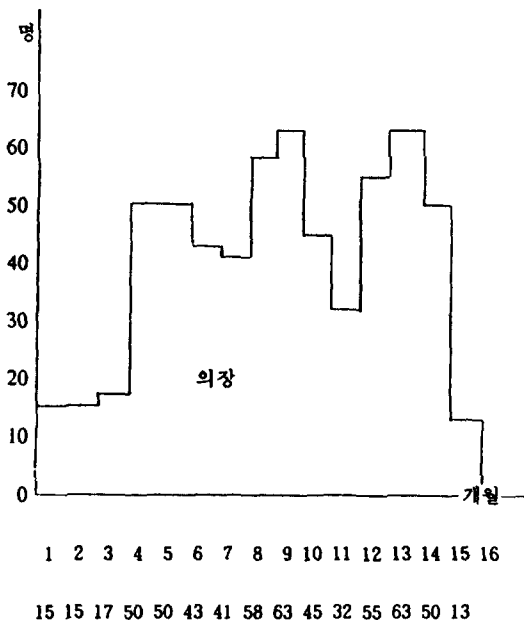


Table 14 Manpowers required for assembling modules in parallel with varied intervals of start times of respective projects

프로젝트 착수간격		1개월	2개월	3개월	6개월
전체공기(개월)		39	62	85	154
구조	전체평균	388.80	234.62	168.00	90.72
	반복구간평균	567.00	283.50	189.00	94.50
	전체편차	212.47	89.04	52.24	21.67
	반복구간편차	0.00	0.50	17.91	14.58
의장	전체평균	385.26	240.00	174.29	95.69
	반복구간평균	610.00	350.31	203.33	101.44
	전체편차	212.52	96.46	55.84	22.92
	반복구간편차	0.00	11.00	9.46	14.53
도장	전체평균	130.74	81.44	59.14	32.47
	반복구간평균	207.00	103.51	69.00	34.41
	전체편차	70.75	32.22	19.98	9.41
	반복구간편차	0.00	0.50	8.29	7.46
투입인원(명×투입수)					
구조	95×6	95×3	95×2	95×1	
의장	51×12	51×6	51×4	51×2	
도장	35×6	35×3	35×2	35×1	
적합한 년간모듈수		22	14	10	6
계획량의 총인원		1392	696	464	181

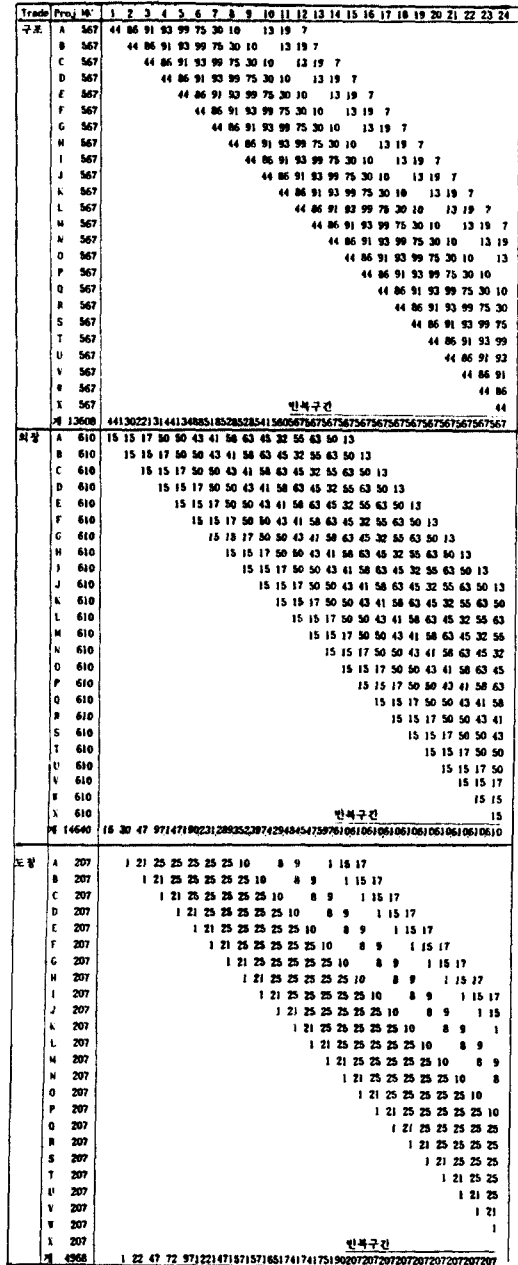
5. 검토 및 결과

Jacket platform의 모듈 조립공정에 대한 기존의 계획방식을 분석하여 그 결함을 보완할 수 있도록 작업자의 직종별 인원분포를 최대한 평균화할 수 있는 계획방법을 아래와 같이 제안하였다.

—모듈조립에 투입되는 작업 직종을 구조직종, 의장직종 및 도장직종으로 구분하고,

—모듈의 작업수행과 선행의장이 수행될 수 있는 공정흐름과 표준예산을 설정하고,

—모듈조립을 위한 전체인원을 평균화할 수 있는 생산일정을 우선 작성하여 전체인원의 한정값을 구하고,



직종 평균	전체		반복구간	
	평균	편차	평균	편차
구조	475.81	386.43	567.00	0.00
의장	385.26	212.52	610.00	0.00
도장	130.74	70.75	207.00	0.00

Fig. 8 Manpower distributions when assembling modules in parallel at 1 month interval between project start times.

—직종별 투입인원 비율의 여러 경우를 검토하여 의장인원의 편차를 최소로 나타내는 직종별 투입인원을 구하고,

—모듈의 층별 착수간격차의 여러 경우를 검토하여 역시 의장인원의 변동 편차를 최소로 하는 관점에서 최적층별 착수간격차를 구하고,

—구조직종의 투입인원을 감소시킨 경우들을 검토하여 전체공기를 증가시키지 않고 직종별 인원의 변동 편차를 크게 증가시키지 않는 범위내에서 구조직종의 최소투입인원을 정하여 해당 모듈조립을 위한 직종별 인원분포 모델을 설정한다.

—이 해당 직종별 인원분포 모델을 이용하여 각 project의 착수간격차의 경우들에 대한 직종별 인원분포의 반복구간을 구하여 생산계획량을 고려한 최적의 생산 계획을 얻을 수 있다.

이상의 방법을 건조 실적이 있는 프로젝트의 경우의 예에 적용하여

—선행의장 비율을 12%에서 50%를 높이고,

—작업인원을 31% 감축하고,

—공기를 2개월(11%) 단축할 생산계획을 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Kim, Jeong Je, "Development of ship production planning system using a cost-based approach", PhD. Thesis, University of Strathclyde, 1985.
- [2] Chariatis, A. T., "Development of shipyard planning systems", PhD. Thesis, University of Strathclyde, 1981.
- [3] Yamasaki, M., "SASP, A production planning and control system for shipyard on individual order", ICCAS '73, North-Holland Publishing Company, IFIP, 1973.
- [4] Ruehsen, H. J., "Planning and scheduling hull production operations", Marine Technology, Vol. 18, No.1, 1981.
- [5] McClelland B., Reifel, M.D., "Planning and design of fixed offshore platforms", Van Nostrand Reinhold Company, 1986.
- [6] Graff, W.J., "Introduction to offshore structures", Gulf Publishing Company, 1981.
- [7] 이재신, "해양구조물 설계개요", 광문출판사, 1989.
- [8] 광수일, "생산관리론", 영지문화사, 1986.
- [9] Antill J. M., Woodhead, R. W., "Critical Path Methods in construction practice", Wiley-Interscience Publication, 1982.
- [10] 이종영, 정경원, "PERT/CPM 이론과 실무, 응용", 한국이공학사, 1983.
- [11] 황정철, 안장호, "해양 공정관리 전산 System", 현대중공업(주), 1990.
- [12] 최영호, 김철규, "해양 계획관리 System표준", 대우조선공업(주), 1990.
- [13] 서석장, 이동욱, 박태중, "Offshore Project의 Scheduling작업의 효율화", 기술현대, Vol. 6, No. 2, 1986.
- [14] 동문수, "The construction of the Harmony and the Heritage jacket for the Santa Ynez Unit", 기술현대, Vol. 7, No. 3, 197.
- [15] 한기석, "선박건조 공기단축에 대한 연구", 기술현대, Vol. 4, No. 3, 1984.
- [16] 안충승, 조갑래, "Construction of two world class jackets for EXXON", PACOMS '90, 1990.