

## 造船生産性向上 및 船舶建造工期短縮에 대한 研究

朴命圭\* · 郭承鉉\*\* · 梁在河\*\*\*

### A Study on Improvement of Shipbuilding Productivity and Reduction of Work Man - Hour

*Park Myung - Kyu, Kwang Seung - Hyun, Yang, Jea - ha*

#### Abstract

The improvement of shipbuilding productivity and the reduction of work man-hour were investigated in the present research. It is because the reduction of work man-hour without the high productivity could eventually result in the increase of the total cost. In this connection, the efficient assembly methods are emphasized, especially on the pre-erection and the block discretization. Finally it is summarized that some factors are of great influence for the better productivity, such as the energy-saved welding, technical innovation and labor-capital reconciliation.

#### 1. 序 論

生産性 향상이 수반되지 않는 船舶 建造 공기의 단축은 선박 건조원가의 증가를 유발시키고, 생산성 향상에 근거를 두지 않은 건조원가의 절감은 이에 상응하는 만큼의 선박 건조공기의 증가를 필요로 하며, 건조공기의 증가는 결국 生産性 감소를 가져오게 된다.

이런 이유로 반드시 最適 船舶 건조공기하에서만 最大의 이익을 얻을 수 있다고 정의되기 때문에 선박 건조공기를 단축하기 위한 방향은 原價와 공기와 생산량과의 함수적인 상관관계를 어떠한 관리기법을

\* Korea Maritime University

\*\* Hyundai Heavy Industries Co.

\*\*\* Dong - Myung Junior College.

사용하여 效果的으로 조정하느냐에 의해 최소의 선박 건조원가로 최대의 선박 生産量을 얻을 수 있을 것이다.

그러므로 보다 巨示의인 차원에서의 선박 건조공기의 단축은 어느 단일 호선이나 단위 작업장의 일정계 획만을 단축시킴으로써 기대될 성질의 것이 아니다. 왜냐하면 특정한 호선을 집중 관리하여 선박 건조공 기를 단축하였다 할지라도 이와 동시에 건조되는 他號船의 자원 투입에 영향을 주게 되어 공정의 지연을 유발시켰다면 특정 호선의 공기단축이 갖는 바람직한 의미가 타호선의 공정 지연 사유로 인해 상쇄되어 버릴 것이다.

따라서 공기단축은 그것에 의해 얻을 수 있는 이윤이나 손실을 신중히 檢討하여야 할 것이다.

## 2. 建造方式의 合理化

산업의 현대화는 新기술의 개발만으로는 이룩될 수 없다고 본다. 새로운 기술은 생산성 향상을 도모할 수 있는 生産方式으로서 도입되어야 하며, 생산방식은 더욱 개선되어 기술의 응용범위가 확산되어야 할 것이다.

선진국의 造船業 발전과정을 고찰해 보면 개선의 역사적 과정을 밟았음을 알 수 있다. 예를 들면 船殼의 작업방법은 다음과 같이 변화되어 왔다.

1. 1940년대 : 小組立 단계의 시설
2. 1950년대 : 組立 단계의 시설
3. 1960년대 : 大組立(pre-erection)

단계의 시설, 大量生産

1973년 오일쇼크는 造船不況을 몰고 왔고, 大型船 건조로부터 전환되어 블록 구조의 다양화, 工作性的 難易(薄板 및 曲部 構造의 증가) 등의 문제가 야기되었다.

생산관리면에서 볼 때 생산의 일정한 흐름, 配員管理, 計劃管理등을 위해서는 각 단계별 작업량을 균일 화하는 것이 가장 중요하다.

작업량을 平準化하기 위하여는

1. 中組의 極大化
2. BLOCK 분할의 適正化
3. P/E 先行艤裝 공사의 증가등을 들 수 있겠다.

### 2-1 中組의 極大化

BLOCK의 中組는 ㉠ BLOCK 단위작업량의 균일화, ㉡ 조립작업의 工作性 容易化, ㉢ 足場架設의 감소 등의 측면에서 검토되어야 한다.

Yard에는 小組立 단계에서 中組를 극대화하여 組立 定盤의 조립기간 및 작업량을 평준화하도록 해야만 하겠다.

大組立 工場에서도 自動板繼 라인을 설비하여 平板의 板繼를 자동화함으로써 지그상의 어려움을 완화해 주고, 지그板繼 기간을 단축해 주는 한편 外板類등을 組立 전문화 함으로써 공작성의 어려움이 완화될 수 있다. 設計上의 문제점을 보완하면 더욱 극대화되어 組立 작업량이 평준화 될 수 있을 것이다. < Fig.1 참조 >

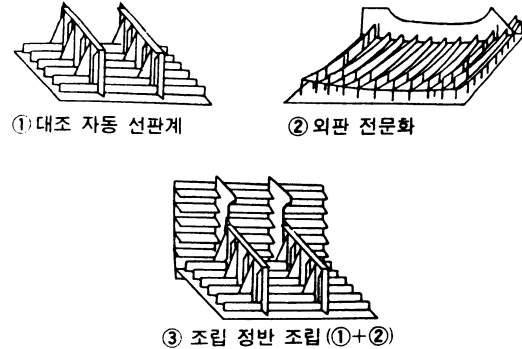


Fig. 1 외판 구조물.

## 2-2. 블록 分割의 適正化

작업량을 균일화하는 방안으로서 前節에서 中組의 극대화에 관해서 논했으나 이것으로서는 근본적으로 해결 될 수가 없다.

생산공장에서 일정한 흐름을 유지하고 생산방식을 단순화하여 반복효과(TACT 專門化 등에 의함)를 위하여서는 분할되는 블록의 작업량이 일정해야 됨은 주지의 사실이다.

공장의 비치나 기타를 감안하여 제일 효율이 좋은 大組블록 분할이 결정되어도 1개 블록당 작업량이 지나치게 많거나 혹은 組立日程이 지나치게 걸리는 경우가 많다.

## 2-3. Pre-Erection 및 先行艦裝工事

PE공사란 조립과 塔載공정 사이에서 작업환경의 어려움을 완화하고 塔載공사량을 균일화하여 塔載공사중에 걸리는 모든 接點間 공사를 先작업하는 단계로서 조립과 塔載간의 공사량을 평균화할 수 있다.

Pre-Erection을 극대화함으로써 얻을 수 있는 장점은 다음과 같다.

- 1) 地上조립에 의한 高能率
- 2) 下向化 작업으로 能률향상 (外板, 平板, 블록類)
- 3) 足場 가설의 감소
- 4) 船內 공사량 집중의 완화(先行艦裝, 先塗裝)
- 5) 船內 작업환경 개선
- 6) 도크工事 配員의 평준화 (피크(山谷人員 調整))

PE를 극대화하기 위하여는 組立블록의 盤出率, P/E場의 설비, 鐵艦裝 및 기타 資材入庫 등의 문제가 선결되어야 하며, 平行部 블록뿐만 아니라 船尾, 船首의 曲面블록 등도 P/E를 극대화하여 船內공사량을 완화하여 주고 地上조립에 의한 生産성 향상을 기해 나가야 될 것이다.

한편 先行艦裝공사도 블록組立 단계에서뿐만 아니라 P/E場에서 返轉후 平板블록 상태에서 극대화하여 船內 공사량을 줄여 能률의 향상, 足場 架設의 감소, 混線작업의 배제 등을 도모해야겠다. 또한 P/E작업장은 일정한 장소를 고정하여 이동 등에 의한 손실, 혼란 등을 해결하기 위하여 熔接機나 Utility의 固定 시설(예상 작업자의 1.6배 정도), 치구 및 장비의 보관 등이 필요하다.

塔載後 工事 進척을 촉진하여 도크공사 기간을 단축하고, 품질향상을 위하여는 塔載마진 先처리가 가장 급선무라 하겠다.

技術 및 精度의 자신감 문제로 과감한 시행이 유보될 수 있으나 단계별 계획 및 追跡, 補完 등에 의하여 이는 극복될 수 있을 것이다.

마진 처리를 위한 단계별 施行案은 다음과 같다.

1. P/E場 처리 : P/E후 또는 塔載전
2. 內業 처리
3. 電算처리 (도면 返影)

이를 좀더 효과적으로 시행하기 위하여 設計, 內業, 塔載의 關聯 作業자를 묶어 팀을 편성하여 계획 - 실시 - 검토 - 보완해 나가면 해결되어지리라 믿는다.

### 3. 生産期間의 短縮과 經營效果

- 1) 생산기간을 단축하여 회전율을 향상시키면 같은 자금으로 일정 기간내에 많은 이익을 얻을 수 있다.
- 2) 생산기간을 단축한다는 것은 공정에 있어서의 반제품 감소와 직접적으로 연관된다.
- 3) 생산기간을 단축한다면 그만큼 設計기간에 많은 시간을 줄 수가 있어 설계 오차라든가 설계 변경 등으로 현장이 받는 고통을 줄일 수 있다.
- 4) 생산기간의 단축은 영업 활동을 강화할 수 있다. (기간 단축만큼 조기 납품할 수 있는 여건을 갖추게 된다.)
- 5) 생산기간이 단축되면 반제품이 적어지고 그만큼 Space를 넓힐 수 있다.

企業의 내부적 생산성은 그 기업의 수익성에 직결되어 있으며 주어진 목표에 대하여 얼마나 효율적으로 이를 수행하는가가 그 주요관건으로 되어 있다. 이를 원가관리적 측면에서 보면 원가절감이라고 할 수 있으며, 기술적 측면에서는 설계 및 시공 방법의 효율성, 일반관리적 측면에서는 조직 및 업무의 합리화, 사무자동화 등이 이에 준한다고 할 수 있다. 그러나 이러한 내부적 관리체제는 그 기업이 놓여 있는 환경 및 기술 수준에 따라 달라져야 한다는 불확정성의 이론이 지배적이다.

예를 들면 부가가치가 높은 고도의 기술집약형, 자본집약형 기업의 관리체제는 그 높은 원가에도 불구하고 신속정확한 정보의 획득 전달 및 처리가 필수 불가결하며, 저부가가치의 노동집약형 기업은 관리 체제의 경제성이 신중이 고려되어야 한다는 것이다. 또한 불황기의 관리체제는 호황기의 관리 체제와는 달리 分散관리 방식이 유리하다는 것이다.

여기서 한가지 자명한 것은 한 기업의 생산성은 기술혁신의 함수이며, 여기서의 기술혁신은 공학기술 뿐만아니라 관리기술까지도 포함된다는 사실이다.

## 4. 공기단축 事例

### (1) Critical 공정의 공기단축을 위한 활동

산학협동으로 이루어진 R0-R0선박의 공기단축을 위한 생산현장 프로젝트에 기술자문위원으로 참여한 결연을 검토하고 그것에 따른 조선소의 방향제시를 예증으로 들어 극대화 시키코져 한다.

1) Keel Laying block이며 Critical path상에 있는 E/R D.BTM Block의 작업공법을 개선하여 조립공기를 단축하고 E/R Tank top 부위의 과밀한 의장공사를 大型 Module化 함으로써 W/C에서 K/L 간의 공기를 단축할 수 있다.

2) 중앙부 D.BTM의 작업공법 개선으로 조립공기 단축 및 M-HR를 절감하였으며, 중앙부 D.BTM을 大型P.E하여 Dock 공기를 단축할 수 있다.

3) Block 탑재 공정과 대형 철의장품(D/G, MSBD, 대형 Unit, Boiller등)의 선상 반입 공정을 계획적으로 Matching시켜 탑재 순서를 명시함으로써 船殼 및 艤裝 부서간에 상호 협조를 원활히 할 수 있었으며, Goliath Crane Time을 효율적으로 관리하여 Block 탑재 Pitch Time을 줄일 수 있다.

4) Deck House를 大型 단일 탑재 Block으로 P.E 탑재함으로써 塔載日程을 단축할 수 있다.

5) Bulbous Bow(Fore peak tank 부위 포함) Block을 大型 단일 Block으로 P.E후 탑재하여 Fore peak Tank test를 조기에 완료함으로써 進水日程을 단축할 수 있었으며, F.P.T 내부 도장을 進水前에 완료하여 Ballasting 함으로써 進水後 Sweat 현상에 따른 도장공수 이중 투입을 근절하였으며 각종 제설비의 경비도 절감할 수 있다.

6) Block 先行艤裝 作業을 극대화(약 70%) 함으로써 작업조건 개선으로 상당량의 공수를 절감하였으며, 艤裝工事 기간을 Block 조립 시점으로 확대, 공사량 분포 현황의 평준화는 물론 전반적으로 艤裝工事 기간을 단축할 수 있다.

7) 복잡한 艤裝工程을 표준적으로 단위 공사화하여 계획과 실적을 체계적으로 관리함으로써 공정진행 현황을 수시로 정확하게 파악할 수 있었고, 지연 공정에 대한 대책을 시기 적절하게 수립할 수 있다.

8) 선실의장공사를 화기성 작업과 비화기성 작업으로 구분하여 D/H PE 조립시 화기성 작업을 완료토록 하여 공사량을 평준화하여 공기를 단축할 수 있다.

9) 船體 중앙부 쏘 Block의 Butt 및 Seam에 탑재 Margine(20mm)을 없애 No Margine 상태에서 탑재함으로써 공기 단축은 물론 M-H를 절감할 수 있다.

10) Yard의 시설장비 능력이나 System에 알맞은 Block의 Size 및 Lot의 Size를 연구 개선하여 가공 장비 및 조립 정반의 회전율을 높여 공기 단축을 할 수 있다.

11) 선각 공작 기술의 향상으로 LR 및 DNV 船級의 Certificate를 획득하여 船級에 대해서는 선각검사를 받지 않고 자체 QC 검사로 대처함으로써 검사로 인한 공기 지연 현상을 없앨 수 있다.

### (2) 船臺 P.E場 활용으로 船臺기간 단축 및 건조척수 증가

Yard에 한개의 船臺가 있을때, 그 작업의 내용을 살펴보면 우선 선체를 34 Zone으로 분할하여 P.E장

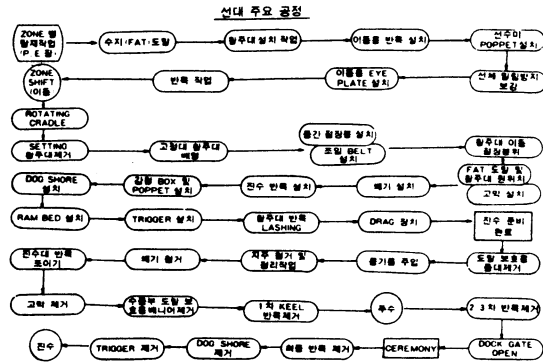


Fig. 2 선대주요 공정.

에서 Zone別 탑재작업을 하고 船臺上에 있는 건조작업이 완료된 船舶이 進水되면 이동장치를 이용하여 Zone을 船臺上에 옮겨 놓는다.

Zone 이동이 완료되면 Zone간의 용접이 실시되고 M/E DK House 탑재작업과 각종 船殼검사, 일반의장 작업이 이루어진다.

P.E場에서 Zone別 탑재를 하는 것은 船臺上으로 이동을 용이하게 하고 다점 탑재방식을 적용함으로써 단기 건조를 할 수 있는 이점이 있다.

결국, 船臺 건조기간 단축의 결정적인 역할을 하는 것은 P.E場이라 하겠다.

즉 하나의 船臺上에서 P.E場을 이용하지 않는다면 1척을 건조하는데 수개월이 소요되며, 年間 건조 척수는 불과 3~5척 정도가 될 것이다.

그러나 P.E場을 이용하여 大型 P.E(Zone)를 통하여 船殼은 물론 各種 先行艤裝을 실시한다면 船臺 기간을 2개월로 줄일 수 있고 年間 건조 척수는 증가하여 2-3배가 될 것이다.

특히, P.E場은 船臺 자체보다는 설비공사 비용 부담이 적고 제 장비 활용이 용이하므로 하나의 船臺에 2개의 P.E場을 병렬 연결하여 사용하면 建造 척수는 그만큼 증가하게 될 것이다.

H조선소의 Yard에서는 작년까지 年間 여러척을 건조하였으나 금년부터는 P.E場 2개를 이용하여 두배의 건조를 계획하고 있다.

물론, 이와 같은 船臺 작업은 Zone別 작업으로 인한 內業 및 外業등의 Load가 일시적으로 집중될 수 있으며 Zone의 이동時 作業성이 까다롭고 Zone Shift 부위의 정도가 문제가 될 경우등을 고려하여야 한다.

또한, 船臺上에서 짧은 기간 동안 艤裝作業이 수행되므로 제반 문제점들도 사전에 검토되어야 한다.

다음은 H조선소의 船臺에 관한 일반적인 사항을 소개하는것인데 Fig.3, Fig.4 에서와 같이 Zone別 탑재

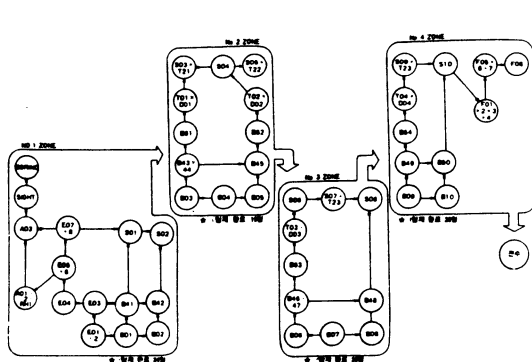


Fig. 3 37K B/C 선대 탑재용 Network.

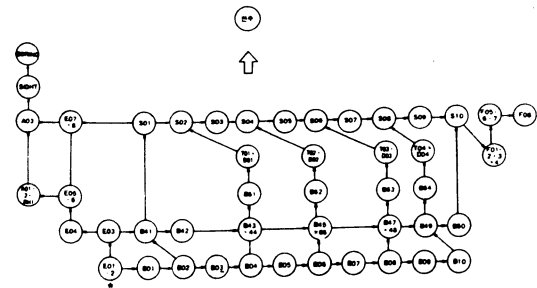


Fig. 4 37K B/C Dry Dock 탑재용 Network.



재로 工程일수를 절반 이하로 줄일 수 있다.

(3) RO - RO Vessel의 중앙부 2點 탑재로 建造工期 단축

Dock 건조에 있어서 건조방식은 매우 다양해서 여러가지 방법이 있겠으나, 몇가지로 구분한다면 Block을 층별로 쌓아가는 층식 건조방식과 Block을 Box식으로 구획별 탑재해 나가는 상형식 건조방식, 그리고 이 두 가지를 혼합한 피라미트식 건조방식, 한정된 Space를 최대한 활용하기 위한 Semi-Tand-er 방식과 속성 건조를 목적으로 하는 다점 건조방식 등이 있다.

그런데 이 중에서 다점 건조방식이란 앞의 사례에서 밝힌바와 같이 주로 船臺 건조방식에서 建造隻數 증가 및 工期단축의 일환으로 실시되는 경우가 대부분이며, Dock內에서 시도하기는 정도상의 문제로 상당히 어렵다고 하겠다.

그러므로 Yard에는 완전히 분리 탑재하는 Zone別 탑재보다는 Marking의 기준이 되는 D.BTM Block을 일괄적으로 탑재한 후 Parallel Body의 어느 부분을 Insert하여 탑재하는 방식을 택하고 있다.

이 방법은 BTM Block의 탑재가 짧은 시간에 이루어지므로 Insert 수대로 Zone의 개념이 나타나게 될 것이다.

그러나 이 방식도 Insert Block수가 늘어나면 建造 船舶의 기존 Dimension의 정도 및 작업에 상당히 어려움이 뒤따르게 되므로 주로 12 Block 정도가 Insert 하기에 적당하다고 생각된다.

Insert 탑재가 Zone別 탑재만큼 효율적이나 하는 것은 工期의 측면이나 진도율을 살펴 보아야 할 것이며, 탑재 초기에 많은 人員을 흡수할 수 있도록 하는 것은 생산관리 측면에서 중요한 점으로 나타나고 있으므로 가능한 한 大型 P.E와 탑재 Pitch 단축으로 人員 분배의 효율적인 운용을 꾀하여야 할 것이다.

결과적으로 塔載工事を 정상 作業時보다 상당기간 단축하였고 人員 배치 등의 효율적인 운용을 할 수 있었으며 주요 艙裝작업을 먼저 착수할 수 있게 되었다. 한 예로서 R0 - R0선을 선정하여 Fig.5의 그래프에서 Fig.6의 중앙단면도를 가지고 Block

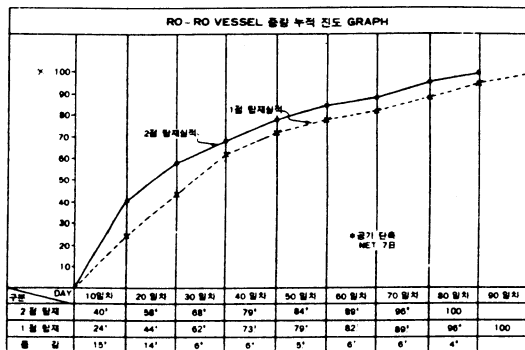


Fig. 5 Ro-Ro Vessel 중앙부 누적 진도 Graph.

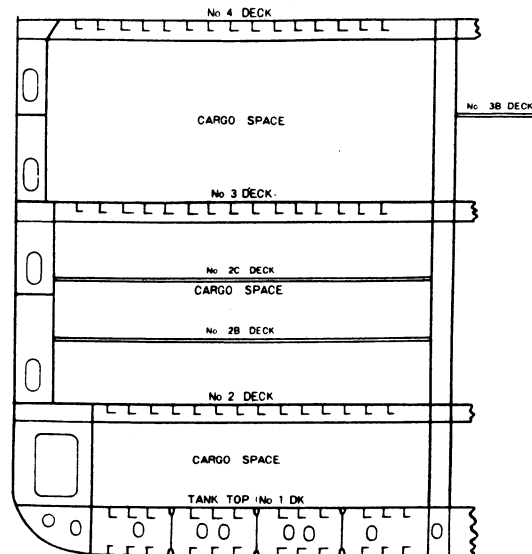


Fig. 6. Midship Section.

탑재 순서를 Fig.7~Fig.11까지 나타내었다.(Network : Keel laid+Day)

1) RO-RO Vessel의 제원

- Principal Dimension : 262×32.26×21×11.9(L×B×D×d)
- SPEED : 20.5 Knot
- 승무원 : 38 Persions
- D.W.T. : abt.44.000 Tons
- 적재량 : 2400 TEU

2) Mid Ship Section < Fig.6 >

3) Block 탑재 순서 < Fig.7~Fig.11 >

(4) 先行艙裝 극대화로 工期 단축 事例

현재 Yard에서 시행중인 先行艙裝 종류로는 Block 조립시 艙裝 설치작업을 시행하는 Block 先行艙裝과 Block 탑재전 P.E場에서 시행하는 P.E 先行艙裝이 있으며, 이들 작업 품목으로서는 Block 先行品은 Pipe, Pipe support, E/R Vent, Duct, Hole coaming, Lifting lug, Hold ladder, Platform,

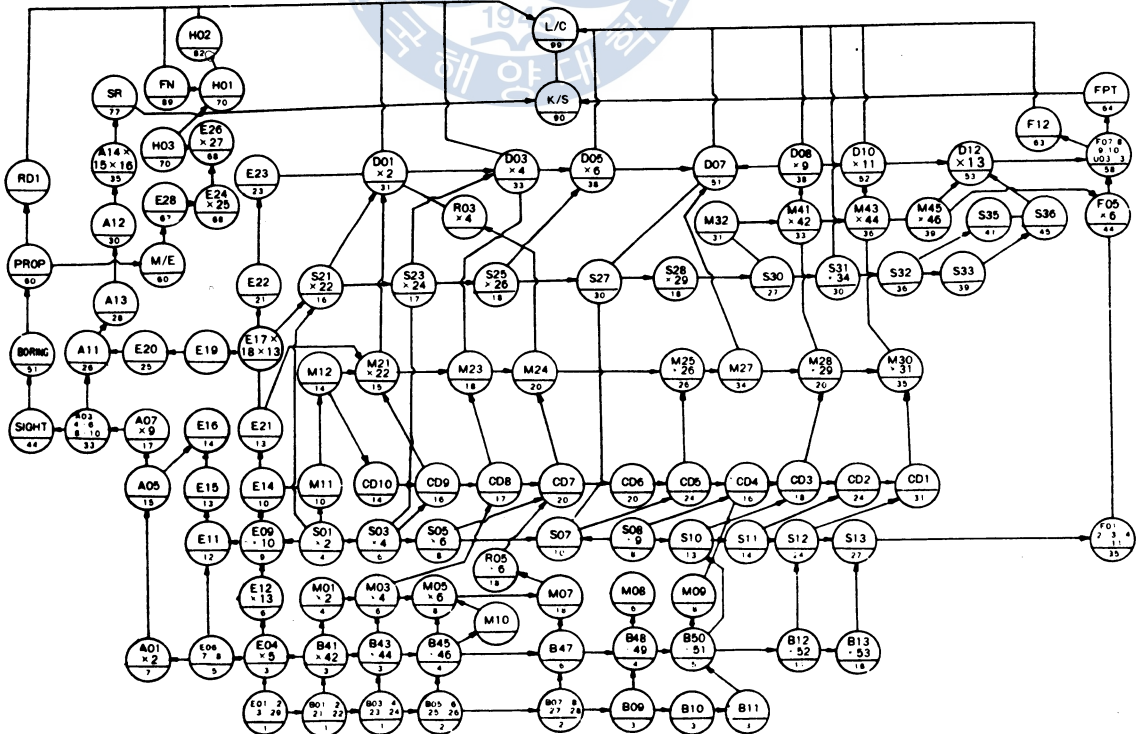


Fig. 7. RO-RO 실적 NETWORK(二点搭載).





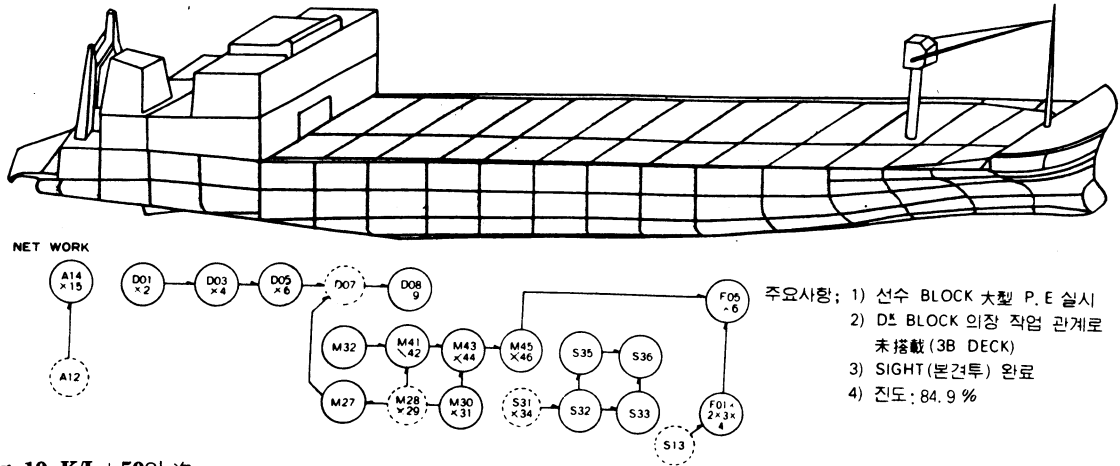


Fig. 10. K/L+50일 차.

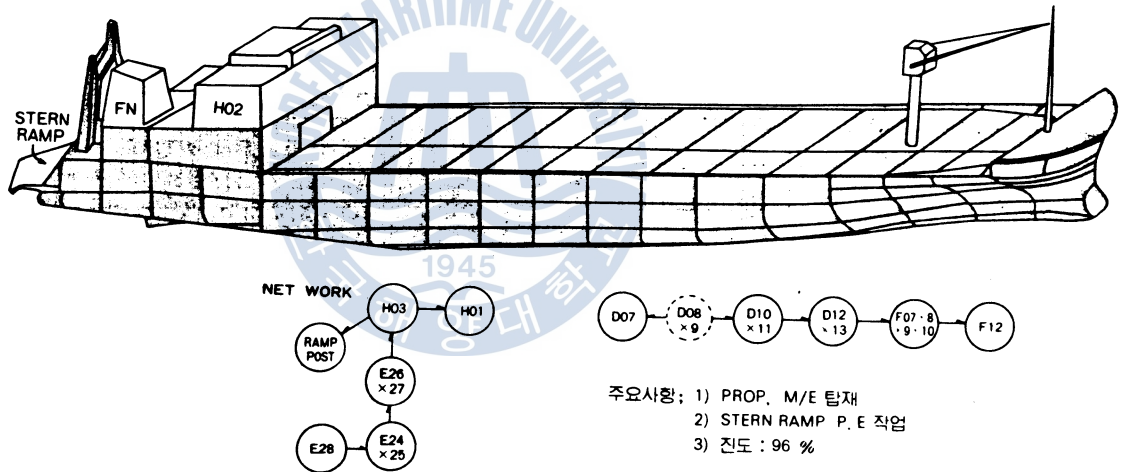


Fig. 11. K/L+70일 차.

새로 부상하고 있는 造船國家들도 필요한 도면만 사면 어떤 船種도 건조할 수 있는 능력을 갖추고 있으므로 이들과 日本은 도저히 경쟁할 수 없음을 인식하고 日本이 세계 優位를 뽐내고 있는 電子産業과 造船技術을 결합하여 기술 도입이나 모방이 거의 불가능한 복잡한 소프트웨어의 개발을 추진하고 있다. 우리는 자동화 또는 기계화 부분에 미흡한 점이 많이 있어 NC化 熔接의 自動化 등의 向上이 더욱 요망되며, 추후 개발 및 향상이 요망되는 분야는 다음과 같다.

1. NC化率 向上
2. 電算능력
3. 自動熔接의 개발 확대
4. 工作機械의 NC化
5. 自動切斷 능력 향상(Plasma 등)

## 6. 成形의 NC化

제아무리 기계화나 자동화를 한다고 해서 반드시 投資나 계획이 된만큼 생산성이 향상되고 生産原價가 절감된다고는 할 수 없다.

한편으로는 기계화를 추진하면서 다른 한편으로선 생산방법의 혁신이 병행되어야 한다.

切斷중 발생하는 드래그(Drag)는 작업전 그라인딩후 사용하기로 합의되었으나, 발생한 노치(Notch)는 속도무책이었으며, 시공에 소요되는 工數도 切斷工數에 비해 1.5배 이상이 투입되었다.

기계의 특정상 切斷火口에 감지장치가 되어 모재의 미미한 굴곡(12m/m)에도 민감하게 작동되어 노치가 발생되었으나 苦心끝에 토치와 연결된 Roller를 변형된 鋼板위를 굴러가게 만든 결과 절단면의 노치문제는 완전히 해결되었다.

생산을 해나가는 과정중에서 준비작업부터 완성단계에 이르기까지 많은 遊休시간이나 어쩔 수 없는 損失시간이 있다. 이를 면밀히 검토하여 일정한 흐름이 단절되지 않도록 생산방식을 개선해 나가는 것은 기계화 못지않게 중요한 일이라 하겠다.

## 6. 鎔接의 省人化

鎔接의 省人化라 함은 용접에 소요되는 총경비를 최소한으로 하는 鎔接技法을 말한다. 따라서 鎔接費는 용접에 소요되는 직접노무비(工貨), 재료비, 기타 경비(전력비, 機材의 償却費, 보수비, 검사비, 보조자재비 등)가 있겠으나 여기서는 工數 및 工期面을 고려한 省人化 방안을 주로하여 논의하기로 한다.

Table 1에서 같이 造船에서 적용할 수 있는 버트(butt)나 심(Seam) 斷手の 鎔接場은 제한되어 있다.

**Table 1.** 선종별 용접장 비교표.








구 분 선 종	D.W.T	주 요 촌 범			NET W/T (T)	용 접 장(M)			비 율 (%)
		전장 (L)	폭 (B)	깊이 (D)		BUTT	FILLET	계	
TANKER	80.000	243.8	42	18.5	13.215	55.922	312.736	368.658	85
CONTAINER	26.000	207	30.5	18	8.948	42.785	271.662	314.447	86
BULK CARRIER	60.000	224	32.2	18	9.048	44.415	233.182	277.597	84
	115.000	257	41.4	21	15.074	66.551	349.391	415.942	84
O.B.O	76.000	243	32.2	20	12.809	57.123	299.898	357.021	84

### 6-1 그레비티(Gravity) 鎔接

그레비티 용접은 日本에서 개발된 工法으로 국내에서도 널리 활용되고 있다. 그레비티용접은 사용법이 간단하여 초심자나 다른 職種의 작업자도 간단히 사용할수 있어 작업능률이 향상되고 각 Stage(小組大組)에서 널리 사용되고 있다.

Table 2에서 보는 바와 같이 1인이 3대를 사용할때 약 4배의 능률을 낼 수 있음을 알 수 있다. 작업장소

**Table 2.** 용접봉 종류별 능력 비교.

용접방식		S4301 - 1			S7016	S6027A		SM70
		HF	VU	O	VD	GRA VIT Y1/3	수동	CO <sub>2</sub>
용접형상								
용접조건	봉경(m/m)	5	4	4	4.5	5	5	1.2
	전류(A)	200	125~	150~135	220~160	200~240	200~220	200~300
	전압(V)	25	25	25	25	25	25	30
필요금속량(g)		185	185	185	185	185	185	185
용착효율(%)		67.3	64.5	64.5	65	68	68	90
용착속도(g/분)		35	18.5	16.3	36.3	42	42	71.13
ARC시간(분/M)		5.3	9.9	11.9	5.1	1.46	4.4	2.6
ARC발생율(%)		35	35	35	35	40	40	50
작업시간(분/M)		15.1	28.3	31.4	14.5	3.6	11	5.2

나 여건에 따라서 사용대수는 변화가 있으며 Fume의 多發性, 不等脚長, 언더컷트 등이 문제로 야기되어 이에 대한 보완(재료) 및 기술훈련 등이 필요하다.

### 6-2. 立向下進 熔接

立向자세의 熔接 繼手는 Fillet, Butt 공히 上進法으로 용접되지만 능률이 떨어지고 고도의 기량을 요한다.

低水素系의 立向下進 용접은 위의 단점을 개선한 것으로,

1) 용착금속의 내균열성이 우수하고, 2) 용입이 깊고, 3) 高電流를 사용하여 능률적이며 같은 조건(脚長)을 유지하여 용접을 할 때 表3에서 보는 바와 같이 立上下進法에 비해 약 1.9배 정도 능률적이다.

현재 Yard에는 평균 약 12% 정도를 사용하고 있으나 점점 증가 추세에 있으며, 작업자의 기량이나 棒 품질에 따라 오목비드 현상과 언더컷트(Under cut) 발생이 단점으로 되어 있으나 이것도 기량 향상에 의해 극복될 수 있을 것이다.

CO<sub>2</sub> 용접은 心線의 棒經이 가늘고(0.82.0), 全姿勢 용접이 가능하고, 용입이 매우 깊으며, Table 2에서 보는 바와 같이 매우 능률적이다. 용접속도가 빨라(入熱이 적음) 변형이 적으므로 薄板에도 적용 가능한 장점 등이 있으며 용접의 생산성 향상, Cost 節減을 위해 80년대의 유력한 용접법으로 되어 있다.

Butt 계수에는 Submerged Arc 용접이, Fillet 계수에 대해서는 그레비티 용접 (3대이상 사용시)이 우수하므로 작업장의 환경이나 여건에 따라 選定에 유의하여 극대화해 나가야 할 것이다. 지금까지 專門化 용접에 관하여 살펴보았지만 작업장이나 構造別 여건에 따라 차이가 있다. 가장 省人化된 용접 방법은 一般棒(일미나이트系)을 節減하는 방법이며, 이를 위하여는 返轉등에 의해 組立위치를 下向해 나가는 방법이라 하겠다.

**Table 3.** 중·소형선 주요부재 성력화 용접기법 ① ELECTRO GAS ③ Ascillation 자동  
② Automatic Horizontal ④ Pulse Automatic Welding

구 분		용 접 방법	용 접 방 법															
			수 동 용 접		CRA-VITY	S.A.W.	반 자동		편면용접			기기자동						
			일 반 봉	저수소계			CO2X solid wire	CO2X flux cored	FAB	FRB	KL3 BB	①	②	③	④			
관 계	평 하 향				○	○												
	곡 하 향			○		○			○	○경사각								
LONG STIFFNER의 FILLET	수평	평 FILLET	평		○	○		○										
	곡						△	○										
CORRUGATE B <sup>HD</sup> 의 조립		수평	FILLET		○	○	△	○										
TRANG+LONG		입향 FILLET			○			○										
TRANS+외판		수평 FILLET						○	○									
LONG×LONG <sup>L</sup> GUSSET×FACEFLAT		수평 BUTT										○						
곡면 BUTT(외판)		입 향(곡)											○					
UPPER DECK BUTT & SEAM		하 향(혼용)		○		○		○	○	○								
SIDE SHELL (외판)	중SEAM	입 향												○		○		
	횡SEAM	횡 향								○					○			
HOPPER TANK TOP B <sup>HD</sup> BUTT部		입 향																○
골 재		하향·입향		○	○			○	○				○					
선저외판 BUTT SEAM		상 향		○														○
BILGE BUTT		상향·입향		○														○
일반 내부재		전 자 세		○	○			○	○									

이상과 같은 용접의 專用化를 위한 방법을 간략히 표시하면 다음과 같다.

- 1) Gravity(鐵粉酸化鐵系) : 3대 이상의 그레비티를 사용 가능한 平板 Fillet 係數
- 2) 立向下進(低水素系) : 熔接長이 250m/m 이상 되는 全 Vertical Fillet 係數
- 3) CO2 半自動 용접 : 를 제외한 CO2 용접 Feeder 운반이 용이한 全 Fillet 係數, 양면 자동이 어려운 Butt 係數 등

### 6-3. 熔接의 自動化

造船 작업은 많은 人力이 소요되므로 개개인의 熟練 및 일정한 품질수준을 유지해 나가는 것이 무엇보다 중요하다. 따라서 이를 위하여는 작업방법을 단순화하고 표준화하는 한편 자동화를 추진하여 이를 해결해 나갈 수 있다. 종래의 대형 Tanker船으로부터 中,小型船 건조로 전환됨에 따라 薄板의 自動板繼, 立向自動, 曲面部 자동화 및 용접 변형의 감소 등이 문제로 대두되었으며, 현재 당사에서 시행하고 있는 용접기법을 중심으로 금후 적용 개발해야 할 용접기법을 현재 국내에서는 아직 생산되지 않고 있지만 미국

에서는 사용 鋼板의 종류 및 작업장 여건에 따라 약 15종 이상의 Flux Cored Wire가 널리 보급 사용되고 있으며, 작업장 환경을 고려하여 Non Gas 熔接棒도 많이 개발되어 있다. 따라서 금후 부가가치가 높은 시추船 및 기타 特殊船 건조 등을 대비해서라도 이러한 棒을 이용한 용접기법의 기술축적이 요구되며 Table 3에서 알 수 있듯이 內業 공장에서는 FRB나 曲面部 Electro gas 용접(治具 개선) 및 Flux cored wire 半自動 용접법, 外業에서는 자동 Seam 용접의 적용 및 기술축적이 금후의 과제라 할 수 있겠다. 한편 최근 개발되어 실용화되고 있는 電子빔 또는 레이저빔 용접, Non gas 片面용접, 高周波 Pulse 電流용접(非消耗 電極式 gas shield welding) 및 片面용접시 발생하는 용접 Bead 자동제어장치 등에 관하여도 연구 검토하여 생산성을 제고해 나가야 될 것이다.

## 7. 技術蓄積 勞使協助

ITT社의 알빈 구네슨인 “만일 작업자가 실수를 저지른다고 할 경우 그 경비의 손실(교육훈련 경비)은 관리자가 적절한 훈련을 시키지 않고 작업자를 직접 작업에 투입한 것보다는 훨씬 적을 것이다”라고 지적하고 있다.

가장 적성에 맞는 사람을 適所에 배치하여 충분히 훈련시키면 생산성은 급격히 향상될 것이다. 기량이 우수한 용접사와 훈련되지 않은 未熟한 용접작업자가 분담하여 작업을 할 경우 高技術者는 低技術者의 용접 수정작업에 더 많은 時間을 소비하는 경우가 흔히 있다. 前節에서도 언급한 바와 같은 造船작업에서는 작업자의 일정한 기량과 일정한 품질 수준을 유지하는 것이 가장 중요하며 이를 위하여는 반복적인 교육과 훈련이 효과적이라고 믿는다.

### 7-1. 技能교육에는

a. 標準작업 요령, b. 誤作 사례와 대책, c. 不良작업 방지, d. 정도 관리 요령등이 있고,

### 7-2. 多技能化 훈련

多技能化는 작업자가 자기의 固有機술을 저하되지 않도록 노력하고 작업능률이 저하되지 않는 범위 내에서 시행하는 것이 매우 중요하다. 그레비티 용접을 熔接士가 시행토록 하였으나 技術 저하의 우려로 기피하는 사례가 있어 지금은 거의 取付士로 하여금 시행하고 있으며, 이들은 그후 거의 용접 資格證을 획득하고 있다. 多技能化를 시행하므로써 工程間 불균형으로 인한 接點 Loss의 배제가 가능하게 되었다. 기타 職種도 다 기능화의 추진이 요구된다.

### 7-3 個人技術 管理

熔接士의 경우 용접 記名制를 거의 시행하고 있으나 不良率 점검이나 비파괴 검사의 缺陷率 등이 기록에 의하여 (技術관리 Card) 관리가 안될 경우는 유명무실해지는 경우가 많다. 따라서 기록을 유지 관리하여 일정한 수준에 미달될 경우는 교육훈련 등 적절한 대책이 필요하다.



#### 7-4. 品質管理

품질관리는 경쟁력 제고나 생산성 향상을 위하여 매우 중요하다. 생산성 향상은 품질관리의 기초 위에서 가능함은 말할 나위도 없다. 따라서 쫓 종사자가 문제점을 찾아내고 개선해 나가는 것은 매우 중요한 일이며, 이의 확산을 위해 노력 해야겠다.

#### 7-5 勞使協助

E-Beau 교수는 日本 기업의 생산성 향상은 “조직이 개인에게 歸屬意識(충성심)과 자존심을 심어줄 수 있었기 때문이다”라고 말하고 있다. 고용인을 단순한 작업자가 아닌 人間으로 취급하고 진심으로 아끼고 있다는 것을 보여줌으로써 진정한 勞使協助가 가능 하리라 본다. 노사협조와 생산성 향상은 서로 톱니바퀴와 같아서 노사협조가 잘될 때 생산도 향상되고 또한 생산성이 향상됨으로써 고용도 창출되고 厚生福祉도 향상될 것이다.

### 8. 결 론

앞에서 서술한 바와 같이 선박 건조 공기의 단축은 특정한 시설을 투자하여서 만이 얻어지는 것은 아니며 작업공법 및 공정의 개선, 관리의 개선, Yard Layout의 효율적인 활용 등으로도 충분히 공기 단축을 얻을 수 있다.

또한 선박 건조 공기의 단축은 반제품을 감소하고 설계에 충분한 시간을 할애하여 설계오작 및 설계변동에 의한 손해를 사전에 방지할 수 있으며, 건조 공기 단축 기간만큼 조기 납품할 수 있어 영업활동을 강화하며 회전을 향상으로 생산성을 제고시킬 수 있어 기업이 목표로 하는 이윤 추구를 할 수 있을 것이다.

이상 살펴본 바와 같이 치열한 國際경쟁력 속에서 기업이 살아남고 더욱 성장해 나가기 위하여는 生産性 向上을 통한 原價 절감의 길밖에 없다고 생각된다.

#### 參考文獻

- 1) Masaki-Yamasaki, A production planing and Control system for shipbuilding on individual orders Sasebo Heavy Industries Co.,Ltd. 1986.
- 2) 山崎眞善, 「造船의 理論的 計劃管理方法에 관한 研究」, 三臺星, 1978.
- 3) BP CWOPS, AN operator's and shipbuilder's perspective RINA, 1987.
- 4) 技術現代 Vol. 12, No.4, 現代重工業, 1992
- 5) 現代重工業, 「同型船 工數 比較」, 內部資料, 1993.
- 6) 現代重工業, 「船舶사양 等級 區分에 따른 目標工數 算定 검토」, 內部資料, 1993.
- 7) 現代重工業, 「造船生産性技術」 1-5卷, 1992.
- 8) Carreyette, J, 「Preliminary Ship Cost Estimation」, Trans. RINA, 1978.
- 9) Hamburg, M. et al, 「Statistical Analysis and Decision Analysis」, Harcourt Brace Javanovich,

- 1977.
- 10) Raffery, J. et al. 「Statworks™ Statistics with Graphics for the Macintosh™」, Cricket Software, 1985.
  - 11) 朴命圭, 「CAD 시스템에 의한 선체 중앙 단면도의 최소 중량 설계에 관한 연구」, 한국 항해학회지 제13권 2호, 1989.
  - 12) 박명규외 2인, 「G/T4500톤급 실습선의 선체 최적구조설계에 관한 연구」, 해대 선박 연구소 논문집, 1988.
  - 13) 박명규, 「격자형 2중저의 선체 최적설계에 관한 연구」, 한국 항해학회지 제12권 2호, 1988.
  - 14) H.J. Ruehser, 「planing and scheduling Hull production operations」, Marine Technology Vol.18. No.1, 1981.
  - 15) 朴命圭, 「조선공학의 NC기술및 컴퓨터」, 해문출판사, 1982.
  - 16) 朴命圭외3인, 「선체의장」, 청문각, 1988.
  - 17) 朴命圭, 「CAD/CAM 조선도형처리언어」, 해문출판사, 1986.
  - 18) ELWOOD S.BUFFA, 「Modern production/operations Management」, John Wiley & Sons, 1984.

