

# 조선 기본계획을 위한 S-커브 활용에 관한 연구<sup>1)</sup>

박주철\* · 이강렬\*\* · 문동욱\*\* · 송치운\*\*\*

A Study on the Application of S-curve for Basic Plan in a Shipbuilding Yard

Ju-Chull Park · Kang-Ryol Lee · Dong-Ug Moon · Chi-Oun Song

〈Abstract〉

In this paper, we develop computerized procedures of the S-Curve, the cumulative progress rates of load input, applied to shipbuilding basic plan. For a real world ship yard, we study the application related problems and develop more efficient procedures of applying the curves in terms of usability and computerization.

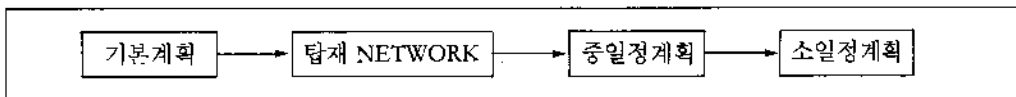
The yard currently do not have any mathematical expression for the S-curve. They express the curves using data tables which represents data points of the manually drafted S-Curve graphs, which causes the difficulties in efficient computerization. Another problem the yard has is the lack of the feedback procedure of the actual load different from the initial plan. Due to those problems, the application procedures of the S-Curve require much time and endeavor amounting two full time employees.

To resolve the problems, we develop the mathematical expression of the S-Curve using beta distribution function and the feedback procedure regenerating the planned load reflecting the difference between the initial plan and its realization. To build user friendly program, the graphic user interface is also developed using OSF/MOTIF toolkits. Through the development, we reduce the burden required in applying the curves to a part-time job of one employee.

## 1. 서론

선박을 건조하는 조선업의 생산계획은 선박건조의 특성에 의해 많은 영향을 받고 있다. 일반적으로 선

박건조에는 오랜기간이 소요되고, 단위 선박에 투입되어지는 작업의 종류가 대단히 많다. 선박건조의 이러한 특성에 기인해서 조선 생산계획은 다음과 같은 단계별 계획으로 나뉘어져 편성되어진다.[2]



1) 본 연구는 현대중공업 기본계획시스템 개발 프로젝트(CRP PROJECT)의 일부로 이루어졌음.

\* 울산대학교 산업공학과

\*\* 현대중공업주식회사

\*\*\* 삼성중공업주식회사

기본계획은 영업시황과 선박 건조능력을 고려하여 중장기적인 관점에서 건조해야할 선박의 종류와 건조 시점을 결정하는 계획을 말한다. 탑재 NETWORK는 기본계획에서 표시된 전체적인 일정을 기준으로 도크 작업의 순서를 정하는 것을 말하며, 이를 기준으로 중 일장계획과 소일장계획이 계속해서 편성되게 된다.[1]

기본계획의 편성시 계획의 부적절성은 주로 생산현장의 부하(LOAD)를 제대로 계획에 반영하지 못함으로써 초래되게 된다. 기본계획에서는 이러한 현장의 부하를 고려하기 위해 선박 건조과정을 여러개의 스테이지(STAGE)로 나누고 스테이지단위로 부하를 고려한다. 여기서 스테이지 개념은 단위 작업장보다는 포괄적인 개념이며 단위 작업부서 혹은 그 하위 개념으로 파악한다.

선박생산에서의 스테이지별 부하투입계획을 구하기 위해 'S-커브'를 사용한다. 여기서 'S-커브'란 스테이지별로 공수가 시간에 따라 누적적으로 어떻게 투입되는가를 표현하는 커브를 말한다. 이러한 S-커브는 현장의 부하를 고려해서 스테이지별 혹은 월별로 계획부하가 얼마인지를 계산해서 기본계획단계에서 계획의 적절성을 높이는데 활용되어진다. 기본계획단계에서 활용되는 S-커브는 이 단계에서 현실적으로 고려가 불가능한 작업장별 부하를 스테이지수준에서 고려할 수 있게 하는 중요한 역할을 하게 된다. 본 논문에서는 S-커브를 활용해서 기본계획을 편성하는 한조선소(H사)를 대상으로 그 적용상의 문제를 밝히고 이를 개선하는 방안을 연구한다.

H사의 S-커브 적용 방식은 현재 두가지 문제점을 가지고 있는데, 이는 S-커브가 수식으로 표현되지 못해 계산의 정확성이 결여되고 있다는 점과 이로 인해 전산화 작업에 장애가 되고 있다는 것이다. 본 연구에서는 현재의 S-커브 적용상의 문제를 해결하기 위해 S-커브의 수식화, 실적처리 절차의 개발, 그리고 S-커브 처리절차의 전산화 체계를 개발한다. S-커브의 수식화를 위해서는 확률분포함수의 하나인 베타분포를 이용해서 근사화를 시도한다. 실적처리에 대해서는 S-커브에 의한 계획이 실적과 차이가 날 때 실적 입력후의 계획치를 실적치에 근거해서 보정하는 절차를 개발한다. 전산화 체계는 SUN SPARK WORKSTA-

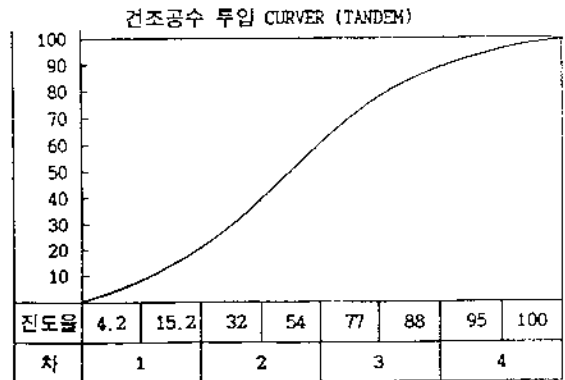
TION에서 X-WINDOW 환경 [3,4] 을 이용해서 C언어로 구현한다.

## 2. S-커브의 개념 및 적용

### 2.1 S-커브의 개념

부하의 기간별 투입 곡선을 S-커브라 하며 이는 지금까지 건조했던 수 많은 실적선을 기초로 해서 작성되어진다. 과거 투입실적치를 건조당시의 사정 등을 고려해서 보정하고 작성자의 판단을 입력해서 유연한 표준 S-커브를 만들어낸다. 이 때 부하량을 스테이지별로 계산하기 위해 S-커브를 스테이지별로 구한다.

S-커브의 표현방식은 X축을 기간으로 잡고 Y축을 누적 부하투입량으로 해서 단조증가의 곡선으로 한다. X축에 표시되는 기간은 상대적인 기간으로 [0,1] 과 같은 방식으로 표현되며 이 경우 '0'은 스테이지 공기의 시작, '1'은 스테이지 공기의 완료를 나타내게 된다. X축에 표시되는 공기를 이와 같이 상대적인 기간으로 잡는 이유는 실제의 스테이지 공기가 도크사정 등과 같은 건조상황에 따라 조절이 될 수 있기 때문이다. 또한 Y축에 표시되는 누적부하 투입량도 [0%, 100%]와 같은 상대적인 진도율로 표시된다. 이는 실제 진도량이 선박에 따라 달라지고, 또한 선박의 건조 시점에 따라 달라지기 때문이다. 그림 1은 S-커브의 한 전형적인 예를 보여 주고 있다.



(그림 1) S-커브의 한 예

## 2.2 S-커브의 적용

### 2.2.1 적용과정

S-커브를 이용해서 기간별(월별) 부하계산을 하기 위해서는 다음과 같은 3단계의 절차가 필요하다.

STEP 1. 스테이지 전체 작업 일수에 대한 각 월의 순수 작업일수의 비율을 계산한다.

STEP 2. 구하여진 각 월별 비율을 순서대로 X축상에 누적하여 표시하고 각 월에 해당하는 S-커브상의 Y축값을 읽어 누적부하 투입율을 구한다.

STEP 3. STEP 2로부터 구해진 누적부하 투입율을 이용해 각 월의 부하 배분율을 구하고 여기에 스테이지 총 부하량을 곱하여 월별 부하 투입량을 계산한다.

H 사에서는 S-커브에 대한 데이터 형태의 표현을 위해 기간을 600 단위로 구분해서 각 구분별 누적진도율 값을 계산해서 이를 부하계산에 활용하고 있다. 이를 600일 표준화 과정이라고 한다. 이 때 누적진도율 커브에서 변곡점과 변곡점 사이의 기간에 대한 배분율을 각 단위기간별로 배분하는 과정에서 분개오차가 발생한다. 이러한 문제들 즉, 선형 S-커브에 의한 오차문제, 600일 표준화 과정에서의 분개오차문제 등은 부하계산의 부정확을 초래하고, 또한 사용상의 번거로움과 함께 데이터 요구량을 증가시켜 S-커브의 전산화를 어렵게 하는 요인으로 작용한다.

본 연구에서는 이러한 S-커브 적용상의 난점들을 해소하기 위해 S-커브의 수식화 표현을 개발하고 이를 기반으로 S-커브 적용을 위한 전산체계를 개발한다.

월	9월	10월	11월	12월	1월	비 고
순수 작업 일수	22	26	25	25	13	총111일
작업 일수 누계 / 전체 작업 일수	0.1982	0.4324	0.6576	0.8829	1.0	총계 1.0
월별 배분율	0.0877	0.2664	0.3227	0.2662	0.0574	총계 1.0
월 별 공 수	2571	7847	9504	7840	1690	총계 29455

(각 STEP별 적용과정의 예)

선종·선형 : BC 150K (15만톤 벌크선)

스테이지 : 가공분작업

작업공기 : 1992. 9. 1 - 1993. 1.18

총공수 : 29455 MH

### 2.2.2 현업에서의 S-커브 적용상의 문제점

현업에서의 S-커브 적용과정을 보면 몇가지 문제점이 있다. S-커브 생성을 위해 스테이지별로 작업 시작시점에서 종료시점까지의 기간을 몇단계로 나누고 각 기간별 부하를 백분율의 누적치로 표현한다. 이때 기간의 구분과 백분율의 산정은 실적자료를 바탕으로 그래프상의 변곡점을 기준으로 이루어진다. 이렇게 생성되어진 커브는 꺾어지는 선의 형태로 나타나게 되는데 이와 같은 커브는 유연한 커브에 비해 부하계산 시 많은 오차를 가져온다.

## 3. S-커브의 수식화 및 실적 처리 절차의 개발

### 3.1 베타분포함수에 의한 S-커브의 근사화

본 연구에서는 S-커브의 수식화를 위해 확률분포함수의 하나인 베타분포의 함수식을 이용한다. 베타분포의 함수식은 다음과 같다.[5]

$$f(x) = \frac{1}{B(\alpha, \beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1}$$

$$\text{where, } B(\alpha, \beta) = \int_0^1 x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} dx$$

$$\text{단, } 0 \leq x \leq 1$$

$\alpha$ 와  $\beta$ 의 정의역은  $0 < \alpha, 0 < \beta$ 이며 이들은 베타 분포의 모수이다. 확률변수 X의 변역은  $0 \leq x \leq 1$  이다.

3.1.1 베타분포함수 사용의 근거

S-커브 자체는 확률밀도함수와는 다른 성질의 것으로써 부하의 누적투입률을 나타낸다. 이러한 커브를 분포함수로 표시하고자 하는 것은 S-커브의 특성이 분포함수의 그것과 유사한 성질이 많고 특히 베타분포를 사용하는 경우 S-커브의 X와 Y의 변역을 일치시킬 수 있기 때문이다.

베타분포와 S-커브의 특성을 베타분포의 확률분포의 확률변수 X의 변역을 비교해 보면,

- 1) 베타분포의 확률변수 X의 변역이  $0 \leq x \leq 1$  으로서 S-커브의 X축이 기간으로 간주할 수 있다.
- 2) 베타분포함수의 누적밀도함수 (CDF) 는 S-커브 Y축의 누적부하 투입진도율로 간주할 수 있다.
- 3) 베타함수의 모양은 단일정점(UNIMODE)으로 꼭지점을 하나 가지고 두개의 변곡점을 가지는 다양한 모양을 나타내는데 이는 S-커브의 함수 모양을 근사화 한다.

S-커브를 식으로 표현하기 위한 방법에는 여러가지 접근이 있을 수 있다. 일반적으로 많이 사용하는 방법으로 회귀분석(REGRESSION)이 있을 수 있다. 회귀분석 방법은 추정하고자 하는 커브에 유사한 함수식을 설정하고 이 함수식의 계수값을 추정하는 방식으로 전개된다. 회귀분석 접근방법은 모든 경우에 일반적으로 적용될 수 있는 장점이 많은 방법이다. 그러나 회귀분석 접근 방법을 S-커브의 추정에 사용하는 경우 두가지 문제점이 있을 수 있다. 첫째는 S-커브의 모양에 유사한 함수식을 설정하는 것이다. 가장 일반적인 다항식(POLYNOMIAL)을 사용하더라도 그 차수를 얼마로 해야할 것인지가 문제로 남는다.

두번째 문제점은 Y의 변역에 관한 것인데 S-커브는 항상 0 에서 시작해서 1 로 끝난다는 것이다. 회귀분석 접근방법에서 이러한 X의 변역을 만족시키기

위해서는 함수식을 추정한 다음 이를 Y의 변역에 따라 조정해야 한다. 이러한 조정과정은 함수값의 왜곡을 불러일으킬 수 있으며 전산화시에는 그 정확성을 떨어지게 할 수 있다.

이러한 회귀분석 접근방식의 문제점으로 인해 본 논문에서는 베타분포에 의한 추정을 시도하게 되었다. 실제로 베타분포는 모수값을 변화시킴으로써 다양한 형태의 모양을 구현할 수 있고, S-커브의 특성과 많은 유사성을 가지기 때문에 근사한 결과를 주는 것으로 밝혀졌다.[1]

3.1.2 베타분포 추정절차

베타분포 추정과정은 크게 독립된 두개의 모듈(MODULE)로 나눌 수 있다. 첫번째 모듈은 베타분포의 모수를 추정하는 절차이며 두번째 모듈은 카이 제곱 검증에 의한 적합도를 검사하는 단계이다. 그 구체적인 절차는 다음과 같다.

MODULE I. 매개 변수 추정

STEP 1. 자료입력과정으로 화일형태로 입력된다. 입력되는 자료는 공정진도의 각 시점에 해당하는 누적진도율이다. 여기서 누적진도율이 베타분포의 누적확률에 해당한다. 입력자료중 수치값 영은 입력자료의 누락분을 나타낸다.

STEP 2. 입력된 누적치의 자료를 단위구간의 확률에 해당하는 이산치로 가공한다. 이때 단위구간은 공기 10일에 해당한다. 입력 DATA 사이가 0.0으로 입력된 경우는 입력 누락을 나타내며 전후 데이터를 이용하여 보간(INTERPOLATION)을 한다. 보간을 통해 수정되는 값은 0.0과 0.0이 나온 직후의 값이다. 보간은 0.0 직전의 값으로 부터 출발하는 가상의 직선을 상정하고 이 직선상에서 0.0과 그 직후의 값의 합이 원래의 0.0 직후의 값과 같도록 하는 방식을 취한다.

STEP 3. 전체 구간을 구간 [0,1] 환산하고 평균과 분산을 계산한다. 전체구간을 [0, 1]로 환산하는 이유는 공기가 상황에 따라 바뀔 수 있기 때문에 공기변화시 입력을 통해서 이를 수용하기 위함이다.

(표 1) S-커브와 베타누적분포함수(CDF)의 특성비교

항 수	MODEL CURVE	BETA CDF
X 축	0 - 1 : 기간	0 - 1 : 확률변수
Y 축	0 - 1 : 진도율	0 - 1 : 누적확률
CURVE의 모양	UNIMODE	UNIMODE (PDF)

$$\text{평균} = \text{aver}[X] = \frac{\sum M_i \cdot P_i}{N}$$

$M_i$ 는 구간대표값(확률변수),  $P_i$ 는 기간 이산치(확률),  $N$ 은 총작업일수

$$\text{분산} = \text{var}[X] = \frac{\sum M_i^2 \cdot \Pi}{N^2} - \text{평균}^2$$

STEP 4. 계산된 평균과 분산을 이용하여 베타분포의 매개변수  $\alpha$ 와  $\beta$ 값을 계산한다. 평균과 분산을  $\alpha$ 와  $\beta$ 로 표시하면

$$\text{aver}[X] = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \quad \text{and}$$

$$\text{var}[X] = \frac{\alpha\beta}{(\alpha + \beta + 1)(\alpha + \beta)^2}$$

역으로  $\alpha$ 와  $\beta$ 를 평균과 분산으로 표시하면 다음과 같다.

$$\alpha = \frac{(1-\text{aver}) \cdot \text{aver}^2}{\text{var}} - \text{aver},$$

$$\beta = \frac{(\text{aver} - \text{aver}^2 - \text{var}) \cdot (1-\text{aver})}{\text{var}}$$

STEP 5. 구해진  $\alpha$ ,  $\beta$ 와 실측 PDF DATA를 OUTFILE(커브1.OUT)로 저장한다.

STEP 6. STEP 1 에서 STEP 5.까지 모든 스테이지에 대해 반복한다.

STEP 3.

$$\text{평균} = \text{aver}[X] = \frac{\sum M_i \cdot P_i}{11}$$

$$= \frac{4.38417898}{11} = 0.395310718$$

$$\text{분산} = \text{var}[X] = \frac{\sum M_i^2 \cdot \Pi}{N^2} - \text{평균}^2$$

$$= \frac{23.2155574}{11^2} - 0.395310718^2 = 0.193155603$$

STEP 4.

$$\alpha = \frac{(1-0.395310718) \cdot 0.395310718^2}{0.193155603} - 0.395310718,$$

$$= 1.6641$$

$$\beta = \frac{((0.395310718 - 0.395310718^2 - 0.193155603) \cdot (1 - 0.395310718))}{0.193155603}$$

$$= 2.5455$$

(MODULE 1 계산절차 예)

STEP 1. 자료입력

A	6.5	16.0	0.0	50.0	64.5	0.0	85.0	92.0	96.0	98.5	100.0
---	-----	------	-----	------	------	-----	------	------	------	------	-------

STEP 2. 이산치변환 및 데이터 가공

이산치 변환후

A	6.5	9.5	0.0	34.0	14.5	0.0	20.5	7.0	4.0	2.5	1.5
---	-----	-----	-----	------	------	-----	------	-----	-----	-----	-----

DATA 가공후

A	6.50	9.50	14.50	19.50	14.50	11.67	8.83	7.00	4.0	2.50	1.50
---	------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	-----	------	------

STEP 5. 결과를 저장한다.

STAGE	구간수	$\alpha$	$\beta$	가공된 DATA							
A	11	1.664066	2.545530	6.500000	9.500000	14.500000	19.500000	14.500000	11.666667		
				8.833333	7.000000	4.000000	2.500000	1.500000			

STEP 6. MODULE을 반복한다.

로그랩시 적분은 심프슨의 1/3 방식을 이용했다.

MODULE II. 적합도 검증

$$f(x) = \frac{1}{B(\alpha, \beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} \quad 0 < x < 1$$

STEP 1. MODULE 1 에서 생성된 결과파일로부터 데이터 입력

STEP 2. STEP 1 에서 입력된 데이터의 매개변수  $\alpha$ 와  $\beta$ 를 이용 S-커브의 베타분포함수를 구한다. 프

$$\text{where, } B(\alpha, \beta) = \int_0^1 x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} dx$$

(MODULE II 계산절차에)

STEP 1.

STAGE	구간수	$\alpha$	$\beta$	가공된 DATA										
A	11	1.664066	2.545530	6.500000	9.500000	14.500000	19.500000	14.500000	11.666667	8.833333	7.000000	4.000000	2.500000	1.500000

STEP 2. 입력 파일의 매개변수  $\alpha$ 와  $\beta$ 를 이용 베타분포계산

STEP 3. 베타 PDF의 경우 (CDF도 동일)

6.440	12.118	14.395	14.857	14.083	12.436	10.194	7.607	4.922	2.422	0.526
-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------	-------	-------	-------

STEP 4.

STAGE		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
A	$\alpha$ -PDF	6.500	9.500	14.500	19.500	14.500	11.667	8.833	7.000	4.000	2.500	1.500
	$\beta$ -PDF	6.440	12.118	14.395	14.857	14.083	12.436	10.194	7.607	4.992	2.422	0.528
	$(\alpha-\beta)$	0.060	-2.618	0.105	4.643	0.417	-0.769	-1.361	-0.607	-0.922	0.078	0.974
	$\alpha$ -CDF	6.440	16.000	30.500	50.000	64.500	76.167	85.000	92.000	96.000	98.500	100.000
	$\beta$ -CDF	6.440	18.559	32.953	47.810	61.893	74.329	84.523	92.130	97.051	99.474	100.000
	$(\alpha-\beta)$	0.060	-2.559	-2.453	2.190	2.607	1.838	0.477	-0.130	-1.051	-0.974	0.000

STEP 5.  $\chi^2$  검증법으로 검증한 결과이다.

STAGE	$\chi^2$ STAT.	Crit. 5%	Crit. 1%	Min	Max	$\alpha$	$\beta$
A	4.286	19.6751 A	24.7250 A	-2.6183	4.6431	1.6641	2.5455

STEP 6. 검증결과를 출력한다.

STEP 3. 계산된 베타분포함수를 이용 해당 스테이지의 구간별 이산치(PDF), 누적치(CDF)값을 구한다.

STEP 4. 실측 PDF, CDF와 베타 PDF, CDF를 비교 및 차이를 출력한다.

STEP 5. STEP 4 에서 구해진 결과와 실측 PDF와 의 적합도검증을 이용 1%와 5% 검증을 한다.

STEP 6. 검증결과를 출력한다.

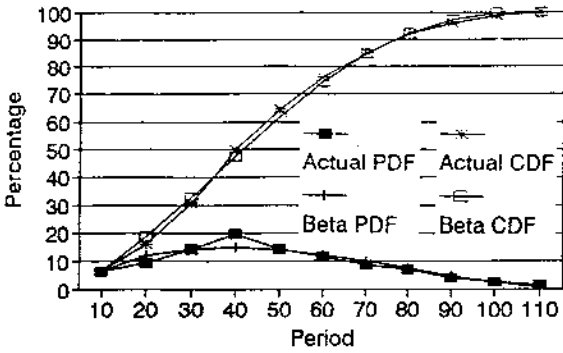
### 3.1.3 검증결과

회사의 실제 데이터를 이용하여 베타분포의 모수를 추정하고 이를 적합도 검증을 통해 검증한 결과가 <표 2>에 나타나 있다. <그림 2>는 특정한 한 스테이지에 대한 추정결과를 그림으로 보여주고 있다. 표 2에서 보면 회사에서 사용하는 모든 종류의 S-커브가 적합도 검증을 통과하고 있음을 알 수 있다. 또한 모든 스

<표 2> 검증결과

A :  $\alpha$  B :  $\beta$

STAGE	$\chi^2$ STAT	Crit, 5%	Crit 1%	Min	Max	A	B
A	4.286	19.6751 A	24.7250 A	-2.6183	4.6431	1.6641	2.5455
B	13.924	24.9958 A	30.5779 A	-2.1509	4.6865	2.1373	3.5437
C	2.627	21.0210 A	26.2170 A	-1.6402	2.8003	1.9899	1.7665
D	0.608	27.5871 A	33.4087 A	-0.7332	0.9121	1.9799	1.9062
E	1.254	22.3621 A	27.6883 A	-1.0798	1.8634	1.9765	1.7597
F	0.599	27.5871 A	33.4087 A	-0.6977	0.8118	1.6104	1.8753
G	5.482	16.9199 A	21.6660 A	-2.9572	3.7259	2.4840	2.2474
H	8.458	12.5916 A	16.8119 A	-4.3927	11.1454	2.1214	2.0315
I	0.000	0.0000 A	0.0000 A	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
J	0.000	0.0000 A	0.0000 A	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
K	1.826	23.6848 A	29.1413 A	-1.6006	2.2034	2.1407	1.7633
L	2.201	26.2962 A	31.9999 A	-0.9352	1.6507	1.8015	2.1219
M	0.000	0.0000 A	0.0000 A	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
N	3.648	22.3621 A	27.6883 A	-2.5957	3.6332	1.7979	1.2458
O	10.525	24.9958 A	30.5779 A	-4.0549	3.0503	2.1046	1.4401
P	1.872	19.6751 A	24.7250 A	-1.7411	1.3868	2.0230	1.7874
Q	0.588	18.3070 A	23.2093 A	-1.1092	0.9943	1.6744	1.8031
R	0.855	18.3070 A	23.2093 A	-1.1505	2.0710	1.9008	3.0150
S	9.589	26.2962 A	31.9999 A	-1.7162	1.7266	2.0074	3.1936
T	2.972	26.2962 A	31.9999 A	-1.6807	2.1825	1.9315	2.6458
U	7.678	28.8693 A	34.8053 A	-1.4362	1.2532	2.0642	2.7801
V	5.245	30.1435 A	36.1908 A	-1.3822	1.0311	2.2543	2.5604
W	3.381	30.1435 A	36.1908 A	-1.7201	2.1465	2.0348	2.6201
X	14.990	28.8693 A	34.8053 A	-2.2837	3.1089	2.4507	2.4704
Y	4.093	19.6751 A	24.7250 A	-2.4755	3.0021	1.6394	2.3824
Z	8.263	27.5871 A	33.4087 A	-0.7873	3.3349	1.6768	1.8435
a	8.334	19.6751 A	24.7250 A	-2.9511	1.5948	2.5522	3.5234
0	8.365	16.9199 A	21.6660 A	-3.7860	4.9244	2.0840	3.0267
2	5.026	16.9199 A	21.6660 A	-4.6453	2.7540	2.9289	3.4076
A : A C C E P T				R : R E J E C T			



(그림 2) 검증결과

테이지에 대해 그림 2와 같은 자료를 작성하여 현업 실무자의 판단을 구해본 바에 의하면 베타분포함수가 S-커브를 적절히 묘사한다는 결론을 구할 수 있었다.

### 3.2 실적처리절차의 개발

S-커브의 전산화 작업에서 고려해야 할 또다른 요소의 하나로 실적이 집계되었을 때 이를 부하계산에 적절히 반영하는 실적처리절차의 개발이 있다. 현재는 이러한 실적보정의 절차가 명확히 설정되어 있지 못해 계획의 정확성이 떨어지고 있다.

#### 3.2.1 실적보정

실적보정이란 공정의 진행중에 집계된 실적치가 초기 계획치와 차이가 나는 경우 이러한 차이를 반영하여 실적집계이후부터 공정의 잔여기간동안의 계획치를 보정해주는 것을 의미한다. 이러한 절차는 현장의 공정진행과 계획치를 일치시켜 계획치를 현실화시키는 역할을 하게 된다. 실적보정의 원리는 다음과 같다.

- 원리 1. 실적치가 계획치보다 높은 경우 차후의 계획치를 하향조정한다.
- 원리 2. 실적치가 계획치보다 낮은 경우 차후의 계획치를 상향조정한다.
- 원리 3. 조정된 계획치가 당초의 S-커브의 패턴과 같은 형태로 분개되도록 한다.

위의 원리 중 '원리 3'은 실적보정에 의해 분개된 계획치가 당초의 계획 패턴과 유사하게 되도록 하는 역할을 함으로 실적치와 계획치의 차이가 잔여공기동안에 고르게 흡수되도록 한다. 이러한 원리에 의한 실적보정의 과정을 예시하면 (그림 3)과 같다.

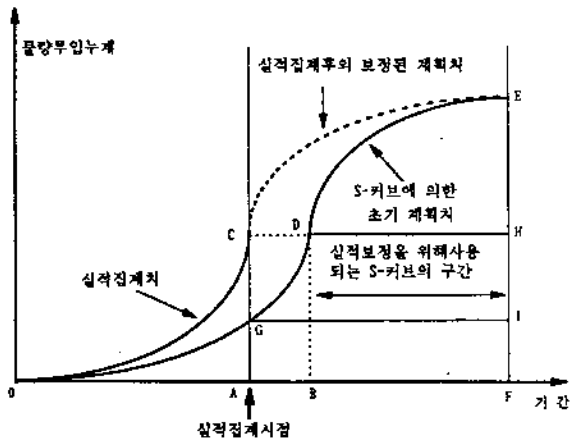
(그림 3)에서 A점은 현재를 나타내며 실적집계가 이루어진 시점에 해당하며 C는 집계된 실적의 누계치를 나타낸다. OGDE로 표시되는 실선은 S-커브에 의한 초기계획치를 나타내며 C가 G보다 크기 때문에 현재 계획치보다 작업이 더 많이 진행되었다는 것을 알 수 있다. EI는 초기계획에 의한 잔여작업량을 나타내며, EH는 실적발생에 의한 잔여 작업량으로 실제 잔여작업량을 나타낸다. 초기계획에 의하면 EH에 해당하는 작업량은 기간 BF사이에서 S-커브의 DE부분에 의해 분개가 이루어진다. 실적보정을 한후의 A점 이후의 계획치는 점선으로 표시된 CE에 해당하는데 CE는 DE가 분개되는 구간을 BF에서 AF로 확장함으로써 구해진다. 그림 3은 실적이 계획치를 초과하는 경우를 나타내는데 그 반대의 경우도 같은 원리로 실적보정을 실시할 수 있다. 다만 이같은 경우 분개구간의 확장대신에 축소의 개념을 사용해야 한다.

(실적 보정 절차의 예)

먼저 실적처리를 하기 위해 필요한 자료가 아래와 같다고 할때 보정하는 과정을 살펴보자.

호선 번호: H908

스테이지: 건조 본작업



(그림 3) 실적보정의 과정



(표 3) 월별 공수 계획과 실적 자료 및 실적보정치

월	7	8	9	10	11	12	비고
순수 작업 일수	23	22	26	21	26	15	총133일
작업일수율	0.173	0.338	0.534	0.692	0.887	1.00	합계 1.0
작업진도율	0.1140	0.2174	0.2890	0.2021	0.1539	0.0239	합계 1.0
월 공수	15206	28988	38536	26946	20526	3181	총 133358MH
월 실적	19000	34000					8월까지 누계 53000MH
보정치			35616	24057	17990	2756	

작업공기: 1995년 7월 3일 - 1995년 12월 19일  
 목표공수: 133358MH  
 S-커브 매개변수:  $\alpha = 1.8801468$ ,  $\beta = 2.121875$   
 실적 입력월: 1995년 8월

로 보고 잔량을 다음달로 이월 시킨다. 이때 작업이 끝났다면 실적 처리는 끝난 것으로 본다. 작업이 끝나지 않은 경우는 이후의 실적을 그대로 입력하며 계획치 보정은 하지 않는다.

3.2.2 특수상황의 처리

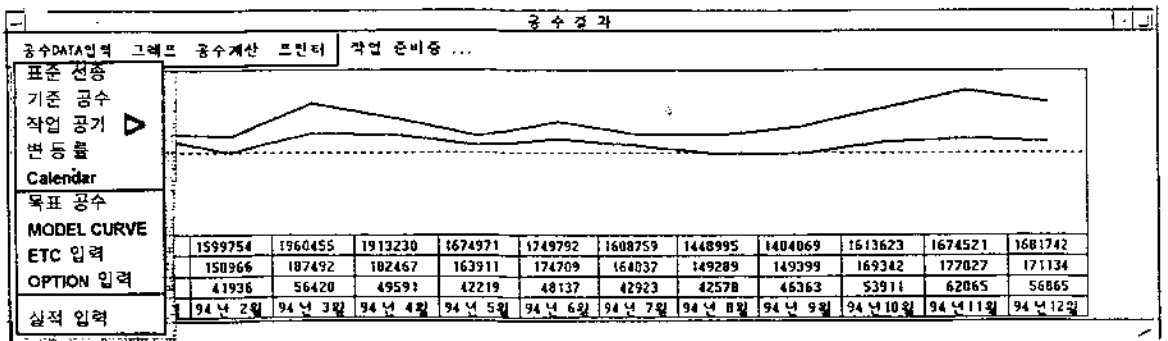
실적입력후의 계획치의 보정에 대한 일반적인 방법들은 앞서 설명한 바와 같다. 그러나 실적처리가 이루어지면 앞서 설명한 상황이외의 상황이 발생할 수 있다. 이러한 경우에는 현업의 요구대로 다음과 같은 방식으로 처리한다.

첫째, 입력된 실적의 누계가 작업의 종료시점 이전에 이미 목표치를 초과한 경우가 있을 수 있다. 이같은 경우 계획치와 실적치의 누계차이를 그대로 표현하고 이후에 초과된 실적을 계속 입력하되 계획치 보정은 하지 않는다.

둘째, 반대의 경우로 작업공기가 끝나는 시점인데도 잔량이 남아 있을 경우는 다음달에 작업이 있는 것으

4. S-커브 적용을 위한 사용자 인터페이스

S-커브 전산체계는 H사의 기본계획시스템 (CRP)의 일부로 구성되었다. 기본계획시스템의 개발은 X WINDOW 환경하에서 개발되었는데 S-커브도 이러한 환경하에 MOTIF WIDGET을 이용하여 개발되었다. S-커브는 기본계획시스템의 여러구성부분중 부하계산을 담당하는 '공수 PROCESS'에서 활용된다. '공수 PROCESS'에서 S-커브 모듈을 호출하면 S-커브의 구성과 실적처리를 실시할 수 있다. '공수 PROCESS'에서 S-커브 모듈을 호출하기 위해 'MODEL CURVE'와 '실적입력'의 두가지 메뉴가 그림 4와 같이 제공된다.



(그림 4) "MODEL CURVE"와 "실적입력"의 MENU

〈그림 4〉의 메뉴에서 'MODEL CURVE' 버튼을 마우스로 선택하면 S-커브의 편집작업과 현재까지 만들어진 그래프를 볼 수 있다. 그림 5는 S-커브 편집을 위해 구현된 화면이다.

〈그림 5〉를 보면 S-커브를 편집할 수 있는 옵션들이 다양하게 제공되고 그 결과가 그래프로 나타나고 있음을 관찰할 수 있다. 그림 6은 '실적입력'을 선택했을 때 나타나는 화면으로 실적보정작업을 실시한다. 그림 6의 왼쪽에 있는 표는 모든 스테이지에 대한 실적을 입력하기 위한 것이며 오른쪽 그래프는 그 중 특정 스테이지의 결과를 나타낸다.

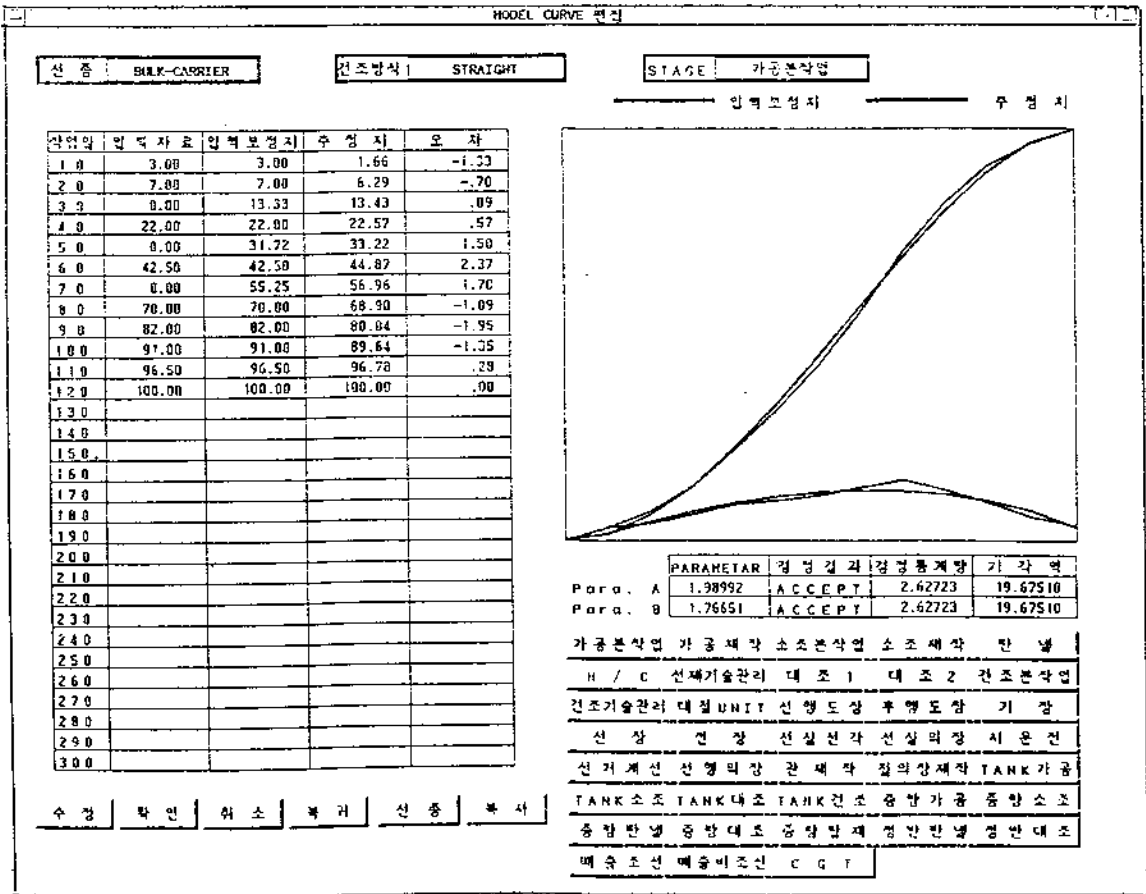
S-커브의 편집작업 혹은 실적입력작업이 이루어지면 그 결과가 자동으로 갱신 (UPDATE) 되어지고 '공수 PROCESS'에서 호출이 있을 경우 갱신되어진 S-

커브를 이용하여 부하의 재계산이 이루어진다.

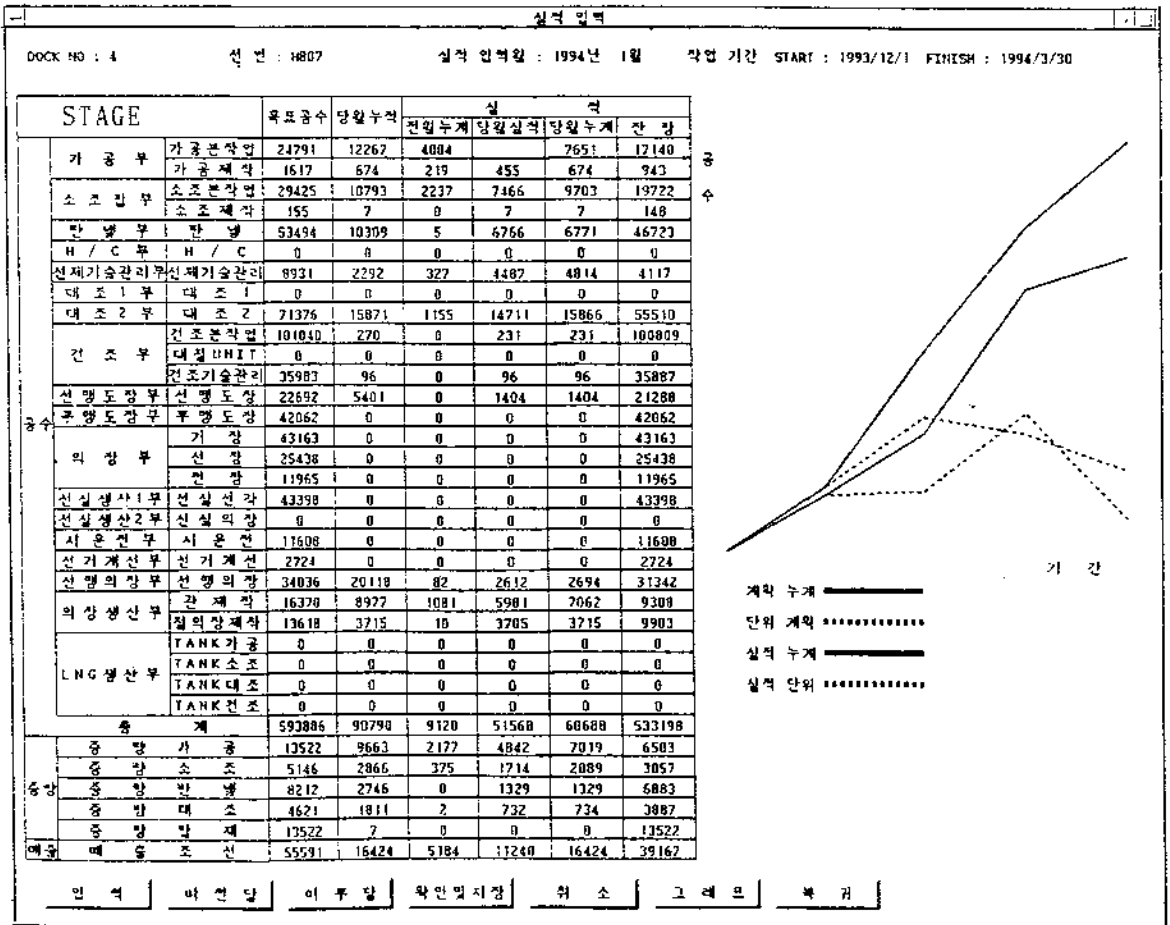
### 5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 조선기본계획편성시 부하계산에 활용되는 S-커브의 수식화 표현의 개발과 S-커브 적용과정의 전산화에 관해 연구했다.

S-커브의 수식화를 위해서는 확률분포의 하나인 베타분포함수를 사용해서 실무에서 사용되는 S-커브의 근사화를 시도했다. 개발된 수식화 표현에 대한 통계적 분석과 실무적인 판단을 종합한 결과에 의하면 베타분포함수를 이용한 S-커브의 근사화가 가능하다는 결론을 얻을 수 있었다. S-커브를 이용한 부하계산은 베타분포함수의 수치적분을 통해 가능한데 이를 위한



〈그림 5〉 S-커브편집 화면



〈그림 6〉 실적입력 화면

계산 프로그램이 개발되었다.

S-커브의 수식화 표현외에 현업에서의 필요성에도 불구하고 이루어지지 못했던 것으로 실적처리절차가 있다. 본 연구에서는 실적발생시점 이후의 잔여 공기 동안의 초기계획치를 실적치를 반영해서 보정해 주는 절차를 개발했다. 실적보정을 위해서 잔여공기동안의 S-커브를 확장 혹은 축소해서 사용하게 함으로써 실적보정치가 초기의 계획치와 같은 추세를 갖도록 함으로써 실적치와 계획치와의 차이가 잔여공기에 걸쳐 골고루 흡수되도록 했다.

S-커브적용의 전산화를 위해 계산 모듈과 함께 사용자 편의성을 지향하는 사용자 인터페이스가 개발되었다. 사용자 인터페이스는 X window환경하에서 지

원되는 GUI (Graphic User Interface) 기능을 활용하여 구현되었다. 본 연구에서 다루어진 S-커브의 전산 체계는 연구대상 조선소의 기본계획시스템 (CRP SYSTEM) 의 한 부분으로 구성되어 현재 활용되고 있다.

본 연구의 S-커브 수식화 표현과 그 편집을 위해서는 S-커브의 기본 패턴에 관한 사용자측의 입력이 이루어져야 한다. S-커브 기본 패턴은 수 많은 실적선을 토대로 전문가의 경험에 의해서 만들어지는데 그 구성에 적지 않은 노력이 소요된다. S-커브의 기본 패턴 자체를 실적선의 자료를 이용해서 바로 구할 수 있다면 사용자 측의 노력을 상당부분 절감할 수 있다. 이러한 부분은 추후의 개발과제로 지속적인 연구가

있어야 할 것으로 여겨진다.

**【참고문헌】**

- [1] 울산대학교 생산성연구소, CRP PROJECT 최종 보고서, 현대중공업주식회사, 1994.
- [2] 이강렬, 문동욱, "기본 선포 작성의 최적화에 대한 고찰", 기술현대(현대 월보), VOL.12, NO.4, PP.74-85, 1992.
- [3] 이계영, 입문 X-Window (Applications Programming), 지산사, 1992.
- [4] Newmarch, J. D., The X-Window System and Motif, Addison-Wesley Publishing Company, 1992.
- [5] Johanson, Norman L., and Samuel Kotz, Distributions in Statistics: Continuous Univariate Distributions-2, Houghton Mifflin, 1970, PP.37-56.



**박주철 (朴柱哲)**  
 1958년 6월 20일생  
 1981년 서울대학교 공과대학 산업공학과 (학사)  
 1983년 한국과학기술원 산업공학과 (석사)  
 1990년 한국과학기술원 산업공학과 (박사)  
 1983년~현재 울산대학교 공과대학 산업공학과 부교수  
 관심분야 경제성공학, 생산정보시스템



**이강렬 (李康烈)**  
 1955년 10월 13일생  
 1978년 인하대학교 공과대학 조선공학과 졸업  
 1978년 현대중공업 생산관리실 입사  
 현재 현대중공업 사업기획부 공정계획과 차장  
 관심분야 조선공정계획 및 관리



**문동욱 (文東郁)**  
 1948년 3월 29일생  
 1977년 현대중공업 생산관리실 입사  
 현재 현대중공업 사업기획부 기본계획과 과장  
 관심분야 조선기본계획, 기본선포 최적화



**송치운 (宋致堃)**  
 1969년 2월 12일생  
 1994년 울산대학교 공과대학 산업공학과 졸업  
 1994년 삼성중공업 거제조선소 생산관리부 사원  
 관심분야 시스템개발, GUI 프로그래밍