論 文

大 韓 造 船 學 會 論 文 集
第 31 卷 第 3 號 1994年 8月
Transactions of the Society of
Naval Architects of Korea
Vol. 31, No. 3, August 1994

회귀분석법에 의한 선박 소음 예측에 관한 연구

김동해*, 정균양**

Application of Multiple Regression Method to Prediction of Noise Level in Ship Cabins

by

Dong Hae Kim* and Kyoon Yang Chung**

요 약

본 연구에서는 선박의 초기 설계시에 비교적 간단한 자료로 각 선실에서의 소음수준을 예측하기 위한 방법으로 다중 회귀 분석법에 근거한 통계적 접근을 시도하였다. 선실에서의 소음수준에 영향을 미치는 여러 변수중에서, 선종, 재화중량, 주기관과 선실의 위치, 거주구 형상, 선실의 종류 및 프로펠러 스큐등이 최종 회귀식에 포함되었다. 회귀식의 추출시 사용하지 않은 6척 210개 선실에 대하여 검증을 실시한 결과, 77%의 선실이 3 dB 이내의 오차범위에 있음을 확인하였다.

Abstract

In this paper, statistical approach to prediction of A-weighted noise level in ship cabins, based on multiple linear regression analysis, is conducted. The best regression formula is composed of seven parameters of the deadweight, the type of ship, the location of engines and cabins, the type of deckhouse and the propeller skew angle. Verification work was carried out with other 210 cabins' data in 6 ships. As a result, the formula ensures the accuracy of 3 dB(A) in 77 % of cases.

발표일자 : 1993년도 대한조선학회 추계연구발표회('93.11.13)
접수일자 : 1993년 11월 29일, 재접수일자: 1994년 5월 13일
* 현대중공업(주) 선박해양연구소
** 정회원, 현대중공업(주) 선박해양연구소

1. 서 언

선박설계 초기단계에서 예측된 각 선실에서의 소음수준은 거주구의 적절한 배치 및 방음설비 시공 계획과 예산을 추정하는데 중요한 자료로 쓰일 수 있다. 그러나, 선내 소음수준을 정확히 추정하는 것은 소음원이 다양하고, 선박소음의 주된 원인이 되는 고체음 전달경로의 추정이 어려운 점등으로 선박소음 기술자에게도 매우 어려운 문제로 남아 있다. 특히, 설계초기에는 미 결정 사항들이 많아 정확하고 충분한 자료를 구하기가 어려워 예측이 더욱 어려워 지는데, 이 단계에서는 과거 건조선의 소음계측 자료를 이용한 통계적 처리방법에 의한 소음예측이 적절한 것으로 보이며, 이에 대한 연구 결과가 몇몇 자료에서 보고되었다[1][2].

선실내 소음수준은 크게 선박의 제원, 소음원의 용량 및 위치, 선실의 위치 및 종류등에 지배된다고 볼 수 있는데, 이들 자료로부터 관계식을 도출하고, 또 이를 지속적으로 수정·보완하고 또한 설계 상황에 따른 참고를 하기 위해서는 데이타베이스의 구축이 요구된다.

본 연구는 과거 건조된 선박에 대한 데이타베이스를 구축하여, 선내 소음수준에 상당한 영향을 미치는 변수들을 조사하고 이들 데이타 요소들에 대해 회귀분석을 통한 경험식을 추출한 후 그 타당성을 조사하였다.

2. 선내 소음 데이타베이스

데이타를 통계적으로 처리하여 얻어진 예측값의 정확도는 데이타가 어떻게 구성되는가에 밀접한 관계가 있으므로, 선박의 소음특성을 반영할 수 있고, 또 선박의 일반적인 제원등을 나타낼 수 있는 데이타베이스를 구성하였다[3][4][5].

구축된 데이타베이스에 사용된 자료들은 모두 33척의 선박, 1219개의 선실에 대한 것으로 Table 1에 정리해 보였다. 이 Table에서 1번부터 27번의 선박에 대한 자료는 추정식 추출에 쓰인 것이고 28번부터 33번까지 6척의 선박에 대한 자료는 추정식 검정용으로 쓰였다. 입력된 선박의 척수를 선종별로 살펴보면 Fig. 1과 같다.

사용된 자료는 모두 현대중공업(주)에서 건조한 선박에 대한 것이며, 소음계측은 선상 시운전시 수행된 것으로 NCR 운항 조건에서 실시되었다. 계측기기는 휴대용 소음 측정기가 주로 사용되었으며 A-weight 필터를 사용하여 전 주파수 대역값이 측정되었다.

일차적으로 본 연구는 dB(A)값만을 다루었다. 그러나 이러한 방법은 옥타브 분석값을 사용하는 것과 비교하여 각 소음원들의 전달 특성이 개별적으로 반영되지 못하는 약점이 있어 불리하다[6]. 그러나, 데이타의 미비로 본 연구에서는 dB(A)값만을 처리하였다.

구축된 데이타베이스로부터 1009개의 선실(cabin)에서 계측된 소음수준의 도수그래프를 그려보면 Fig. 2와 같이 50~56dB(A)의 소음 수준에 계측치의 54%가 집중되어 분포되어 있음을 볼 수 있다. 또한 계측된 소음수준이 규정치를 넘는 경우는 전체의 3.2%로 나타났으나, 대부분 건조선의 경우 IMO의 소음

Table 1 Data on ships on which measures were carried out

No.	Type of ship	DWT	Main engine Hp×rpm	No.of cabin	Remark
1	V.L.C.C.	255028	24280x 82	54	Estimation of the parameters of the regression model
2	Container	31829	16230x 99	61	
3	Ore/Coal	322941	29050x 75	43	
4	O.B.O.	96027	15300x 98	25	
5	Container	61777	48500x 89	83	
6	Ore/Coal	284497	22450x 61	36	
7	Bulk C.	42264	7900x100	40	
8	Bulk C.	150149	14750x 82	54	
9	Bulk C.	148160	16280x 79	58	
10	LPG C.	22500	8550x107	85	
11	Container	24495	15500x 97	43	
12	Container	24495	15500x 97	48	
13	Bulk C.	146859	13830x 75	29	
14	Bulk C.	38393	9610x119	51	
15	Bulk C.	38393	9610x119	49	
16	Ore/Coal	207346	17620x 77	59	
17	Ore/Coal	150977	12690x 71	62	
18	Bulk C.	149722	14650x 79	56	
19	Bulk C.	70424	9600x 83	44	
20	Bulk C.	70424	9600x 83	44	
21	Ore/Coal	207346	15860x 74	59	
22	Ore/Coal	200052	18250x 85	43	
23	Tanker	147348	6500x 74	69	
24	Bulk C.	64282	10485x 95	58	
25	Bulk C.	64282	10485x 95	54	
26	Product C.	36850	9610x119	47	
27	Bulk C.	122829	18050x 77	69	
28	Bulk C.	207000	14350x 82	56	Verfication of the obtained regression equations
29	Container	207000	60370x100	54	
30	Container	61777	48500x 89	83	
31	Product C.	66000	9750x 87	42	
32	Container	61777	48500x107	83	
33	O.B.O.	102000	18850x 85	50	

규정치[7]를 만족하는 것으로 나타났다.

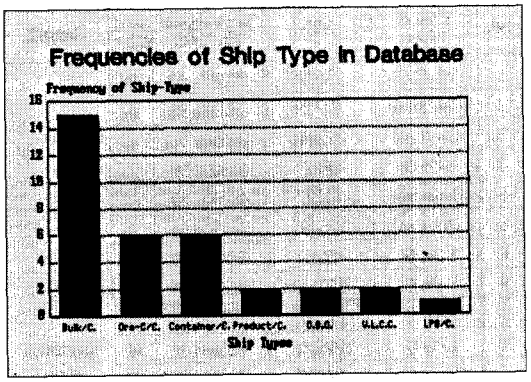

Fig. 1 Frequency of ship associated to ship type

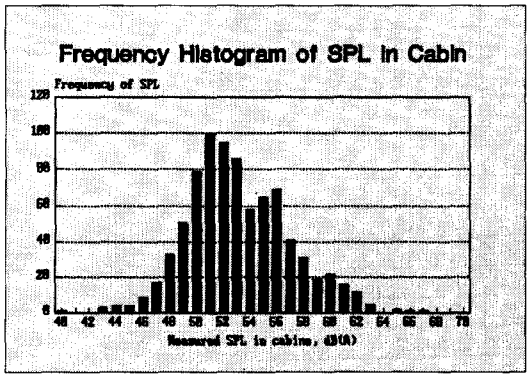

Fig. 2 Cumulative distribution of measured sound pressure level in ship cabins

3. 회귀분석

3.1 개요

회귀분석은 하나의 종속 변수와 최적 관련성을 갖는 독립 변수들의 함수 관계를 얻기 위한 통계적 방법인데 선실의 소음수준을 종속변수라 두고, 선박의 소음 특성을 나타내는 모수(parameters)들을 독립변수라 두어 이들 독립 변수들의 함수들을 이용하여 선박의 객실 소음수준을 예측할 수 있다.

독립변수가 k개이고 계측함수가 n개일 경우에 표준화된 다중선형회귀 모형은 다음과 같이 쓸 수 있다 [8].

$$Y_j = \beta_1 Z_{1j} + \cdots + \beta_k Z_{kj} + \varepsilon_j, j = 1, \cdots, n$$

여기서, Y는 종속변수를 나타내고, Z는 독립변수를 나타낸다. 오차항 ε_i, i=1, ···, n은 서로 독립이고, 평균 0이며, 미지의 분산 σ^2를 갖는 정규 분포를 따르는 것으로 가정한다. β_i, i=1, ··· k는 추정되는 회귀 계수를 나타낸다. 윗식으로부터 최소제곱법을 이용하여 β_i의 추정값을 구하였다.

다중선형회귀는 종속변수에 관한 예측의 정확도를 높이기 위하여 하나 이상의 독립변수를 선형적으로 더하는 형태로 사용되는데, 이때 독립변수들 사이에는 가능한 교호작용과 상관성이 배제되어야 한다. 또 종속변수의 계측값도 환경이나 계측방법에 따른 오차를 내포하게 되므로 모형의 적합성 개선뿐 아니라, 주어진 자료로 부터 좀 더 유용한 정보를 얻기 위한 진단을 하여야 한다. 진단 방법으로 다음에 열거한 척도로써 설정된 회귀방정식의 타당성을 조사해 볼 수 있다.

- 오차항 가정의 검토
- 적절한 모형의 선택
- 독립변수들간의 상관관계 검토
- 이상치 검출
- 영향을 크게 주는 측정값 검출

이러한 진단 방법에 따른 모델 적합 과정을 다음에 기술한다.

3.2 회귀 모형의 설정

선박소음 예측과정은 소음원의 음향출력추정과 소음원으로부터 수음점까지의 전달손실추정, 수음실 경계면에서의 방사효율추정의 3단계로 이루어 진다. 첫번째 단계인 소음원의 음향출력수준에 영향을 미치는 변수로는 선박의 주요소음원인 주기관과 발전기의 경우 상용출력과 회전수등이고 프로펠러의 경우 프로펠러 자체와 선미형상등이다. 두번째 단계의 주요변수로는, 소음원과 수음실과의 거리와 갑판높이, frame의 차이 및 거주구와 연돌의 결합상태등이다. 세번째 단계의 주요변수로는, 강재와 내장재의 설치상태와 실상수 및 방사효율등이며, 이는 주로 선종, 선실종류, 내장재 유무, 설치방법등으로 대표할 수 있다.

이상과 같은 변수들 중에서 기기의 탄성지지유무, 내장재의 설치 방법(floating floor 설치)등의 변수는 선내소음수준에 영향을 주고 있는 것으로 알려지고 있지만[1][2][3] 구축된 데이타 베이스의 경우에는 이들 변수값이 거의 변화가 없기 때문에 고려하지 않았다. 결과적으로 15개의 독립변수(Z)를 Table 2와 같이 설정하였다. 이들 변수중 선종(Z_1), 선루형상(Z_8), 선실종류(Z_9)는 0과 1로 구성된 가변수를 도입하여 처리하였다.

3.3 SPSS (Statistical Package for the Social Science)

본 연구에서 통계적 계산은 미국 SPSS Inc.사의 통계 계산용 소프트웨어 패키지인 SPSS/PC+ ver.4.0을 사용하여 수행하였다. 이 소프트웨어 패키지는 자료 처리 및 통계적 분석에 뛰어난 기능을 가지고 있다[9][10].

3.4 계수 추정 및 분산 분석표

선실의 소음수준을 종속변수(Y)로 하고, 독립변수(Z)를 Table 2의 변수로 갖는 중회귀 모델을 설정하였다. 우선 소음수준 예측 대상 선실을 cabins(bed room & day room), offices, mess/recreation room에 국한하여, 1009개의 객실 자료에 대한 회귀분석을 수행하였다. Table 3에서 보는 바와 같이 모든 변수들 각각에 대한 상관 행렬(correlation matrix)를 계산하여 보면 선실종류, 선루형태, 재화중량 및 주기관 용량등의 독립변수들은 종속변수와 상관관계가 높음을 알 수 있다.

Table 2 Parameters of regression model for noise prediction of ship cabins

Var.	Name	Description
Z_1	TSHIP	Ship Type
Z_2	TDW	TDW
Z_3	MEHP	the power of main engine [kW]
Z_4	MERPM	the rpm of main engine [min-1]
Z_5	DGHP	the power of diesel generator [kW]
Z_6	DGRPM	the rpm of diesel generator [min-1]
Z_7	TDH	the shape of deckhouse (saparated, combined, mixed)
Z_8	TCBN	the type of cabin (cabins, mess/recre. room)
Z_9	MEFR	the distance from the middle of the cabin to the main engine given in the number of frames
Z_{10}	DGFR	the distance from the middle of the cabin to the auxiliary engine given in the number of frames
Z_{11}	CBNFR	the distance from the middle of the cabin to the after erpendicular given in the number of frames
Z_{12}	CBNDK	the position of cabin with respect to the upper deck
Z_{13}	MEDK	the position of cabin with respect to the main engine
Z_{14}	TCLR	the tip-clearance above propeller
Z_{15}	SKEW	the skew-angle of propeller

Table 3 Correlation matrix of all variables

	SPLM	TSHIP2	TDW	MEHP	MERPM	DGHP	DGRPM	TDH2	TDH3	MEFR	DGFR	CBNFR	MEDK	TCLR	SKEW	CBNDK	TCBN2
SPLM	1.000	.249	-.287	-.106	.256	-.055	.044	.260	.160	-.023	-.049	-.083	-.240	-.222	.172	-.236	.441
TSHIP2	.249	1.000	-.351	.246	.153	-.048	.063	.771	-.162	.522	.502	.450	.237	-.298	.177	.236	.003
TDW	-.287	-.351	1.000	.704	-.811	.121	-.445	-.386	-.421	.074	.084	.170	-.096	.763	-.176	-.091	.025
MEHP	-.106	.246	.704	1.000	-.503	.151	-.515	.114	-.385	.347	.325	.372	.023	.440	.093	.026	.031
MERPM	.256	.153	-.811	-.503	1.000	-.072	.157	.221	.663	-.117	-.160	-.234	.031	-.556	.105	.030	-.043
DGHP	-.055	-.048	.121	.151	-.072	1.000	.076	-.313	.394	.315	.261	.300	.082	-.019	-.099	.081	.008
DGRPM	.044	.063	-.445	-.515	.157	.076	1.000	.049	.100	-.116	-.037	-.081	.083	-.346	-.061	.086	.011
TDH2	.260	.771	-.386	.114	.221	-.313	.049	1.000	-.125	-.073	-.061	-.125	.159	-.428	.136	.158	.016
TDH3	.160	-.162	-.421	-.385	.663	.394	.100	-.125	1.000	-.133	-.181	-.221	-.017	-.316	.102	-.013	-.024
MEFR	-.023	.522	.074	.347	-.117	.315	-.116	-.073	-.133	1.000	.971	.951	.122	.166	.075	.123	-.021
DGFR	-.049	.502	.084	.325	-.160	.281	-.037	-.061	-.181	.971	1.000	.987	.118	.198	.057	.120	-.026
CBNFR	-.083	.450	.170	.372	-.234	.300	-.081	-.125	-.221	.951	.987	1.000	.106	.263	.036	.107	-.023
MEDK	-.240	.237	-.096	.023	.031	.082	.083	.159	-.017	.122	.118	.106	1.000	-.078	-.094	.985	-.144
TCLR	-.222	-.298	.763	.440	-.556	-.019	-.346	-.426	-.316	.166	.198	.263	-.078	1.000	-.149	-.063	-.007
SKEW	.172	.177	-.176	.093	.105	-.099	-.061	.136	.102	.075	.057	.036	-.094	-.149	1.000	-.094	-.011
CBNDK	-.236	.236	-.091	.026	.030	.081	.086	.158	-.013	.123	.120	.107	.985	-.063	-.094	1.000	-.138
TCBN2	.441	.003	.025	.031	-.043	.008	.011	.016	-.024	-.021	-.026	-.023	-.144	-.007	-.011	-.138	1.000

Table 4는 1차적으로 전 회귀 계수에 대해 계산된 값을 나타낸 것이다. 여기서 β 는 표준화 회귀계수(standarized regression coefficient)로 회귀모형에서의 각 변수들이 표준편차 1을 갖도록 조정되었을 때의 회귀계수를 말한다. 계수 β 는 단위와 산포에 무관하므로 서로 크기가 비교될 수 있다. 즉, 작은 크기의 β 값은 해당 변수의 모형에 기여도가 적음을 뜻한다. 그리고 각 회귀계수에 대한 검정통계량(T)과 양쪽유의확률(Sig. T)을 나타냈으며 양쪽유의확률이 적을수록 유효한 변수로 선택될 가능성이 높다[9][10].

Table 4에서는 결정계수(coefficient of determination) R^2, 오차분산의 추정치 (standard error) S, 분산분석표(analysis of variance), 분산비 F 등에 관한 출력도 보여준다. 여기서, 결정계수 R은 회귀선에 의해 종속변수가 설명되어 지는 정도를 나타내는데, 수식으로 다음과 같이 정의된다.

$$R^2 = \sum(\hat{Y}_i - \overline{Y})^2 / \sum(Y_i - \overline{Y})^2$$

따라서 R^2이 클수록 좋은 회귀모형이라 할 수 있으며, 전 독립변수를 포함한 첫번째 회귀모형에서는 0.41596 이다. 이 R^2 값은 변수의 갯수가 많아지면 그 크기가 계속 증가하므로 최적 회귀모형을 찾기가 쉽지 않다. 그런데

$$R_a^2 = R^2 - \frac{k(1-R^2)}{n-k-1}$$

Table 4 Statistics for variables in the equation

Variable	β	T	Sig T
TCBN2	.414382	16.788	.0000
TSHIP2	.604217	5.473	.0000
DGHP	.081581	1.900	.0577
DGRPM	-.072863	-2.065	.0392
SKEW	.118634	3.721	.0002
MERPM	.200729	2.303	.0215
CBNDK	-.099217	-.696	.4867
CBNFR	-.479392	-2.485	.0131
TCLR	.015641	.332	.7399
MEHP	-.283324	-3.328	.0009
TDH3	.033340	.619	.5360
TDH2	-.079069	-.905	.3656
MEFR	-.157664	-1.172	.2415
MEDK	-.150171	-1.052	.2930
TDW	.264601	1.808	.0709
DGFR	.380987	1.559	.1193
(Constant)		11.336	.000

Multiple R	.64495
R Square	.41596
Adjusted R Square	.40654
Standard Error	3.30608

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	16	7722.44736	482.65296
Residual	992	10842.69634	10.93014
F =	44.15800	Signif F =	.0000

로 정의된 Ra^2은 최대값이 존재하므로 최적의 변수 갯수를 선택하는 척도로 사용된다. 분산비 F는 회귀모형의 통계적 유의성을 검증하기 위한 통계량으로

$$F = [(n-k-1)/k]\ [\sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 / \sum(Y_i, - \bar{Y}_i)^2]$$

로 정의된다. 이 통계량은 귀무가설 H_0 : $b_1 = \cdots = b_k = 0$ 를 검정하여 주며, 이것의 Signif F는 F 통계량의 유의확률을 나타낸다. 즉, 종속변수와 독립변수 집합과의 선형관계 정도를 검정하는 것으로 Table 4에서 Signif F = 0.0000(⟨0.05)⟩)으로 이 중회귀 모형은 적합한 것으로 볼 수 있으며, 이때 표준오차는 $\sum(Y_i, - \hat{Y}_i)^2 / (n-k-1)$ 로 정의된 잔차 제곱 평균치 (Residual Mean Square) 의 제곱근으로 3.30608이 된다.

3.5 변수의 선택

자체 관련성이 높은 변수들이 회귀식에 포함될 때, 전체 회귀식은 유의하면서, 회귀계수들의 모형에 대한 기여도는 유의하지 않게 나타나는 경우가 발생한다. 따라서, 다중공선성(multicollinear)이 크거나 변동원인 규명에 적게 기여한 변수들을 제거하는데, 변수 선택의 방법으로 앞으로부터 선택, 뒤로부터 제거, 단계별 선택의 3가지 방법이 주로 쓰인다. 본 연구에 적용된 단계적 회귀는 앞으로부터 선택과 뒤로부터 제거가 혼합된 형태로 첫번째 투입변수는 종속변수와 가장 관련성이 큰 변수가 되고, 두번째 변수는 가장 큰 편상관 관계를 갖는 변수가 선택된다. 이리하여 단계적으로 변수가 F값 판정기준에 따라 제거할 가능성이 있는지를 검토한다. 판정기준은 앞으로부터 선택은 F검정의 유의확률이 0.05일때, 뒤로부터 제거는 확률값이 0.10일때를 기준으로 하여 수행되었다. 최종 모형의 결정은 수정된 결정계수 R^2_a 값이 감소되기 시작하는 점에서 이루어 진다.

이상과 같이 하여 구해진 중회귀모형 계수들의 통계량과 분산분석표를 구하면 Table 5와 같으며 F 통계량은 106.97 (Signif F = 0.0000)으로 95 %의 유의확률에서 귀무가설 $H_0 : \beta_1 = \cdots = \beta_k = 0$을 기각하므로 이 중회귀 모형은 적합한 것으로 볼 수 있으며, 이때 표준오차는 3.17014가 된다.

Table 5 Statistics of variables in the regression equation and analysis of variance

Variable	β	T	Sig T
TCBN2	.423070	17.418	.0000
TDW	-.087876	-2.738	.0063
MEDK	-.261075	-10.337	.0000
TSHIP2	.378795	11.302	.0000
CBNFR	-.168931	-5.779	.0000
TDH3	.145950	5.123	.0000
SKEW	.052932	2.126	.0338
(Constant)		38.150	.0000

Multiple R	.65567
R Square	.42990
Adjusted R Square	.42588
Standard Error	3.17014

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	7	7525.18676	1075.02668
Residual	993	9979.41464	10.04976
F =	106.97035	Signif F =	.0000

3.6 잔차분석

설정된 회귀선이 잘 적합되었는지의 판정방법으로 잔차들의 플롯팅이 널리 쓰이는데 만일 회귀선의 선형성과 오차항의 등분산성 가정이 만족되고 있다면, 예측값과 잔차들 간에 어떤 패턴이 인식되지 않아야 한다. Fig. 3은 잔차값(PRED)와 표준화된 잔차값(S-

RESID) 간의 관계를 그린 것인데 랜덤하게 산포되어 오차항의 등분산성(normality)이 만족되고 있음을 알 수 있다.

개별 관측점이 전체 모양에 수용되는 것을 거부하거나(특이점, outliers), 혹은 전체 모양에 지배적인 영향을 미치는 경우(영향력이 큰 관측점, influential observations)가 발생되므로 관측점들의 식별에 주의를 요한다. 특이점은 큰 잔차를 주므로 식별이 용이한데, 원시 잔차를 표준편차로 나눈 표준화 잔차(standarized residual)가 판단의 중요한 도구가 되며, 이 표준화 잔차값이 3이상이 되는 관측점은 이상치로 간주하여 대응책을 마련하게 된다. 표준화 잔차가 3 이상이 되는 특이점은 모두 8개로 나타났는데, 이들은 최종 모델설정시 제거되었다.

영향력이 큰 관측점을 식별하는 방법은 여러가지가 있으나 $D_i = \left(\frac{(Y_i - \bar{Y})}{S_y}\right)^2$ (단, Sy는 표준 오차)로 정의되는 Mahalanobis' Distance[8]를 판단의 척도로 적용하기로 하고 이를 고려한 해석을 수행하였으나, 추정식의 정확도 향상에 크게 영향을 주지 않아 이를 무시하였다.

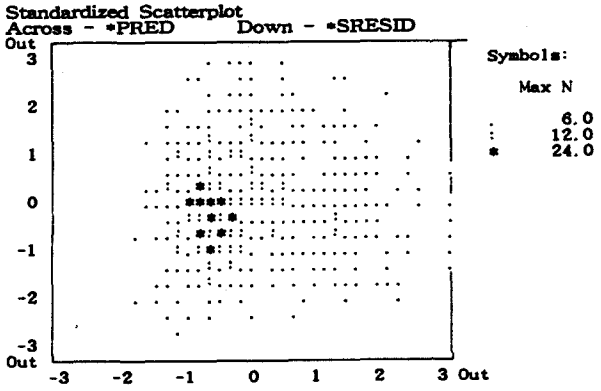

Fig. 3 Stadardized Scatterplot
*** PRED (Unstandardized predicted values)**
*** SRESID (Standard errors of the predicted values)**

4. 결과 및 검토

4.1 최종 회귀 모델

이상의 과정과 같이하여 구한 최종 회귀모델의 표준화된 추정식과 선택된 변수는 다음과 같다.

$$Y(estimated) = 0.4231Z_8 - 0.0879Z_2 - 0.2611Z_{12} + 0.3788Z_1 - 0.1689Z_{11} + 0.1460Z_7 + 0.0529Z_{15}$$

- Z_8 : 선실 종류를 나타내는 변수로 선실형태가 일반 선실이 아니고 mess room이나 recreation room 일때 1의 값을 가진다.
- Z_2 : 재화 중량을 ton 단위의 값으로 입력한다.
- Z_{12} : 주기관과 대상 객실간의 거리를 둘 사이에 놓인 갑판 수로 입력한다.
- Z_1 : 선종을 나타내는 변수로 컨테이너선의 경우 1의 값을 가진다.
- Z_{11} : 선미 수직간선으로부터 대상 객실간의 거리를 frame 갯수로 입력한다.
- Z_7 : 선루형상을 나타내는 가변수로 연돌과 선루가 결합되어 있는 경우 추정치가 커지는 계산 결과를 준다.
- Z_{15} : 프로펠러 기진원의 주요 변수가 되는 스큐각을 단위 도(°)의 값으로 입력한다.

4.2 회귀식 검정

회귀식 결정에 사용한 27척의 선박에 대한 자료를 다시 사용하여 수정된 소음수준과 실선 계측치를 비교해보면, Fig. 4와 같이 80%가 3 dB(A)의 오차 범위내에 있다. 설정된 회귀식을 검정하기 위하여 Table 1에서 보인 28번부터 33번까지 6척의 선박에 대한 자료를 사용하기로 하고, 이들 6척의 선박에 대해 계산

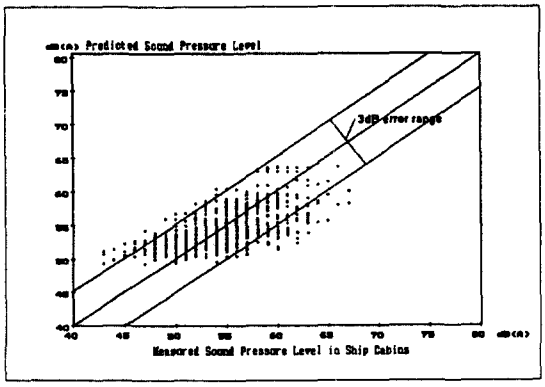

Fig. 4 Comparison between predicted value and measured value - estimation

된 결과와 계측치를 비교한 것을 Fig. 5에 보였다. 이 그림에서 77%의 선실에 대한 계산 결과가 실선 계측치와 3 dB(A)의 오차 범위내에 있음을 알 수 있다. Table 6은 210개의 선실에 대해 예측된 소음수준의 오차범위를 보인 것이다.

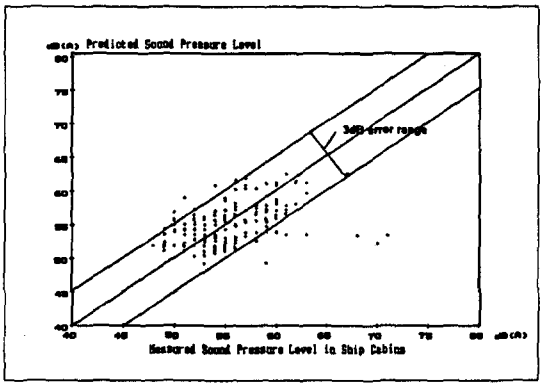

Fig. 5 Comparison between predicted value and measured value - verification

Table 6 Distribution of error in predicted noise levels for 210 cabins

error range	Propability of the error in the predicted level falling within the ndicated range
3 dB(A)	77 %
5 dB(A)	90 %
7 dB(A)	98 %

5. 결 론

초기 설계 단계에서 선내 소음 수준을 예측하는 프로그램을 구성하고, 또한 건조선에 대한 데이타베이스를 구성한 연구를 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 27척 1009개의 객실에 대한 격실에서의 소음 계측치를 회귀 분석하여 추정식을 구성하였는데, 변수 사이에 상관성이 적고, 적합한 회귀식을 구성하는 변수는 객실 형태, 객실의 위치, 선루 형태, 스큐각으로 구성된다.
2) 설정된 회귀식을 자기 검증을 한 결과 80 % 객실의 추정된 소음수준이 계측치와 비교하여 3 dB(A)의 오차 범위내에 있다.
3) 추정식 설정에 사용되지 않은 6척 210개의 객실에 대한 검정을 실시한 결과 77% 격실의 추정치가 계측치와 비교하여 3 dB(A)의 오차 범위 내에 있다.

참 고 문 헌

[1] E.Szczerbicki and A.Szuwarzynski, "Application of Multiple Regression Method to Prediction of A_Weighted Noise Levels on Ship Accommodation Spaces", *International Shipbuilding Progress* Vol.33, May, 1986.

[2] J.Buiten and H.Aartsen, "Simplified Method for Prediction Sound Level A in Accommodation Spaces aboard Sea-Go ing Motorships", Inter-Noise '79 Warszawa Poland, 1979.

[3] Shigemi Ohno, Tetsuya Ohmatsu, "Development of Noise Level Data Bank on Ship", *IHI Engineering Re view*, Vol.26 No.5.

[4] K.Andresen, A.C.Nilsson and E. Brubakk, "Noise Prediction and Pre vention", VERITEC Seminar Note, 1980.

[5] 박재홍, 김동해, "선내 소음 예측 프로그램 개발", HMRI Report HMRI-93-10-R142, 1993.

[6] E.Szczerbicki and A.Szuwarzynski, "Application of Multiple Regression Method to Prediction of Octave Band Noise Levels on Ship Accommodation Spaces", *International Shipbuilding Progress* Vol.30 No.344, 1983.

[7] ISO(International Maritime Organiza tion) Resolution A.468( ) "Code on Noise Levels on Board Ships", 1981.

[8] 박성현, "회귀분석", 민영사, 1992.

[9] Marija, J.Norusis, "SPSS/PC+ Ver. 4.0 Manuals", SPSS Inc., 1990.

[10] 정성원, 원태연, "SPSS 초급/중급/고급 데이타분석", 고려정보산업, 1992.