

선박소음예측 및 데이터베이스 프로그램 개발

⁰박종현*, 김동해*

A Study on the Prediction and Database Program of Ship Noise

Jonghyun Park and Donghae Kim

ABSTRACT

Ship owners are demanding quieter vessels since crews have become more sensitive to their acoustic environment. Accordingly, designers of shipyards need to respond intelligently to the challenging requirements of delivering a quiet vessel. In early design stage, to predict shipboard noise the statistical approach is preferred to other methods because of simplicity. However, since the noise characteristics of the ships vary continuously with the environments, it is necessary to update the prediction formula with data base management system.

This paper describes the feature of database program with the prediction method. Database management programs with GUI, are applied to Intranet system that is accessible by any users. Statistical approach to the prediction of A-weighted noise level in ship cabins, based on multiple regression analysis, is conducted. The noise levels in ship cabins are mainly affected by the parameters of the deadweight, the type of ship, the relative location of engines and cabins, the type of deckhouse, etc. As a result of verification, the formulas ensure the accuracy of 3 dB in 83 % of cabins.

1. 서론

선박내의 소음허용 기준은 환경문제에 대한 관심의 고조, 소음제어기술 발달 등으로 점점 그 정도가 강화되고 있는 실정이다. 이러한 상황에서 보다 합리적이고 경제적으로 소음제어를 하기 위해서는, 소음규제를 충분히 만족해야 함과 동시에 과도한 방음설계를 피해야 하는 상반되는 면을 모두 만족시켜야 한다. 따라서 최적의 소음제어를 위해서는 선박을 건조하기 전에, 선내 소음수준을 정확히 추정하고, 그 결과를 바탕으로 적절한 방음이나 차음을 통해 소음을 줄여야 할 것이다.

그러나 선박에는 그 소음원이 다양하고, 선내 소음의 주된 원인이 되고 있는 고체음의 전달경로 추정이 어려워, 소음수준을 정확히 예측하는 것은 선박소음 기술자에게도 매우 어려운 문제로 남아 있다. 특히, 설계초기에는 미결정 사항들이 많아 정확하고 충분한 자료를 구하기가 어려워 예측이 더욱 어렵다. 따라서 초기 단계에서는 해석적인 방법보다는 과거 건조선의 소음계측 자료를 이용한 통계적 처리방법에 의한 소음예측이 적절한 것으로 보이며, 이에 대한 연구 결과가 몇몇 자료에서 보고되었다.

격실내 소음수준은 주로 선박의 제원, 소음원의 용량 및 위치, 격실의 위치 및 종류등에 지배되는데 이러한 인자들로부터 소음

* 현대중공업(주) 선박해양연구소

예측식을 도출하고 또한 추후에 수정, 보완하고 이러한 결과로부터 설계 변동 상황에 따라 참고를 하기 위해서는 보다 체계적인 데이터베이스의 구축이 요구된다. 따라서 실질적인 소음 예측결과를 체계적으로 정리 보관할 수 있고, 영업부서, 설계부서 등의 여러 부서에서 동시에 접속 가능하고, 개발, 유지, 보수 면에서 여러 가지로 유리한 Intranet 구축이 필요하다.

본 연구에서는 과거 건조된 선박에 대한 데이터베이스 Intranet를 구축하고, 선내 소음수준에 상당한 영향을 미치는 변수들을 조사하고 이들 데이터 요소들에 대해 회귀 분석을 통한 선실소음예측식을 도출하여 그 타당성을 조사하였다.

2. 선내 소음 데이터베이스

2.1 데이터베이스 구조

Hull No.
Delivery Date
<i>mm-dd-yyyy</i>
Ship Type
<i>Bulk Carrier, Tanker, Container, Product Carrier, LNG Carrier, LPG Carrier, Ro-Ro Ore-Coal Carrier, O.B.O., V.L.C.C., P.C.C.</i>
Deadweight
<i>TON, TEU</i>
Main Engine
<i>Type, Power, rpm, Mounting (1)Rigid (2)Resilient (3)Shock</i>
Diesel Generator
<i>Type, Power, rpm, Mounting (1)Rigid (2)Resilient (3)Shock</i>
Propeller
<i>Diameter, rpm, No. of Blades</i>
Deckhouse Location
<i>Deck Level, Frame No.</i>
Deckhouse Type
<i>Separated, Combined, Mixed</i>
Cabin Type
<i>Cabins, Hospital, Mess/Recreation Room, Wheel House, Radio Room, Engine Room, Control Room, Workshop Offices, Galleys, Serveries and Pantries, Unoccupied Spaces, Bridge Wings and Other Listening Posts, Continuously Manned Machinery Spaces,</i>
Cabin Location
<i>Deck Level, Frame No.</i>

Table 2.1 Structure of database

통계적 처리에 의한 선실소음 예측값은 선박의 소음특성을 결정하는 여러 인자들을 구성하는 방법과 밀접한 관계가 있으며 또한 유

지, 보수 및 관리면에서 선박의 일반적인 제원등을 잘 나타낼 수 있는 데이터베이스가 필요하다. 본 연구에서는 선박의 소음특성을 결정하는 지배적인 요소와 선박의 일반적인 제원을 잘 표현할 수 있는 데이터베이스 구조를 Table 2.1과 같이 구성하였다.

2.2 데이터베이스 구축과 소음예측식에 사용된 선박데이터

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

선실소음의 특성을 구분짓는 인자 중 선종과 선실타입은 영향력이 큰 지배적인 요소이다. 이러한 변수들도 가변수를 도입하여 모든 선종과 모든 선실에 대하여 하나의 식으로 도출할 수 있으나, singular 계산 에러가 발생하기 쉽고, 관리 또한 어려우므로 선실소음 예측식을 도출하기 위해서 먼저 선종별로 구분을 하고, 같은 선종내에서도 선실을 Table 2.1에서 언급한 타입에 대하여 식을 도출하기로 하였다. 본 연구에서는 우선 컨테이너선의 Cabin/Hospital을 중심으로 식을 도출하였고, 같은 방법으로 다른 선종, 다른 객실에 대해서도 도출할 수 있을 것이다. 예측에 사용된 컨테이너선은 35척이고, 1761개의 객실중 Cabin/Hospital의 531개의 객실을 대상으로 식을 도출하였다.

3. 회귀분석

회귀 분석(Regression Analysis)은 자료에 포함된 한 변수와 또 다른 하나 이상의 변수들 간의 연관 관계를 적절한 함수식을 표현하여 자료 분석을 간편하게 하는 통계 기법이다. 이러한 회귀분석을 이용하여 미지의 것을 예측하고자 할 때는 이와 관련된 축적된 경험 및 지식 또는 실험이나 표본조사로 얻은 데이터를 활용하게 된다. 그러나 예측이 어려운 것은 예측하고자 하는 변수(확률 변수)가 분산을 갖고 있기 때문이다.

3.1 선실소음예측의 회귀분석

회귀분석을 이용하여 선내의 소음예측식을 얻기 위해서 선실의 소음수준을 종속변수라 두고, 선박의 소음 특성을 나타내는 모수(parameters)들을 독립변수라 두어, 이들 독립 변수들의 선형함수들을 이용하여 선박의 객실 소음수준을 예측할 수 있다.

종속변수 y 와 이 변수에 영향을 미칠 수 있는 가능한 모든 설명변수 x_1, x_2, \dots, x_k 를 알고 있을 때, y 의 변화에 대한 회귀모형을 설정하는 때는 다음의 두가지 기본원칙을 따른다.

- (1) y 에 영향을 줄 수 있는 모든 변수(x)를 다 포함
- (2) 데이터 획득, 분석, 변화 탐지 위해 가능한 한 최소의 설명변수 포함

위의 두가지 원칙은 서로 이율배반적이므로 적절한 판단기준(criterion)을 택하여 설명변수를 선택함으로써 최적(最適)회귀방정식(best regression equation)을 만들어 주어야 한다.

컨테이너선에 대한 선실소음 예측 회귀방정식을 구하기 위해서는 위에서 설명한 주요 설명변수에 대한 개략도는 Fig. 3.1와 같다. 이들 변수중 X_6 (D/G Mount)는 0과 1로 구성된 가변수를 도입하여 처리하였다.

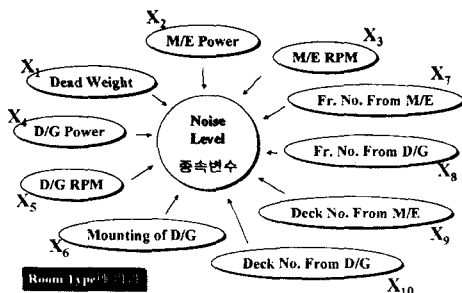


Fig. 3.1 Independent variables used in regression

3.2 상관계수 검토

최적의 회귀방정식을 도출하기 위해서는 종속변수에 영향을 주는 모든 파라미터를 포함시켜야하고, 파라미터간에 상관도가 가능한 작아야 한다. 자체 관련성이 높은 변수들이 회귀식에 포함될 때 전체 회귀식은 유의하면서 회귀계수들의 모형에 대한 기여도는 유의하지 않게 나타나는 경우가 발생한다. 독립변수들 사이의 관련성이 높으면 추정치의 분산을 팽창시키고, 각 회귀계수들을 신뢰할 수 없도록 한다. 상관계수를 살펴보면 D/G FR(Frame)과 종속변수의 상관도는 상당히 작다. 이는 선실내의 소음에 D/G FR이 미치는 영향이 작다는 것이다. 또한 M/E DK(Deck)와 D/G DK의 상관계수는 1로서 본 연구에 포함된 선박의 main engine의 위치와 diesel generator의 위치가 일정하기 때문이다.

3.3 변수의 변환

독립변수 x 와 종속변수 y 사이의 관계를 규명하는 회귀함수를 찾는데 있어서 선형식 $y = \beta_0 + \beta_1x + \epsilon$ 을 가정하는 것이 적절하지 않은 경우가 많다. 선형식이 아닌 비선형식인 경우에는 최소제곱법에 의하여 회귀계수들을 구하기가 어려우며 사용상 여러 가지 문제점을 가지고 있다. 특수한 경우에는 비선형 회귀함수이지만, 적절한 수학적 변환을 통하여 다루기 쉬운 선형식으로 바꿀 수 있다.

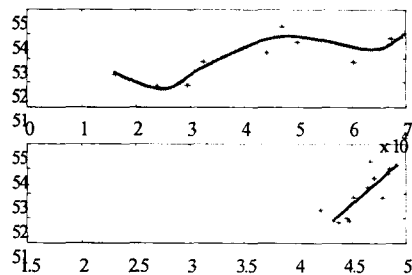


Fig. 3.2 M/E Power vs SPL(upper)
Log(M/E Power) vs SPL(lower)

본 연구에서는 Fig. 3.2에서 보는 바와 같이 M/E Power, M/E RPM, D/G Power, D/G RPM는 음압 레벨과 로그스케일(log scale)

이 보다 선형적인 관계가 있다. 따라서 M/E Power, M/E RPM, D/G Power, D/G RPM 는 log값을 취해서 변수로 선택하였다.

M/E Power, M/E RPM, D/G Power, D/G RPM는 log값을 취하고, Fr수에 대한 변수는 절대값을 취해서 회귀분석을 수행하면 Fig. 3.3와 같은 결과를 얻을 수 있다.

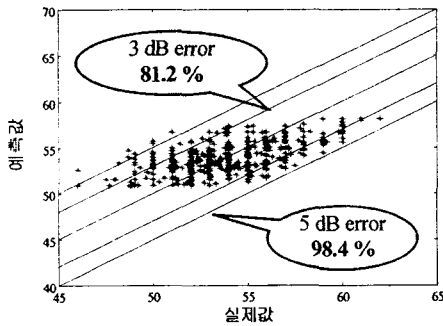


Fig. 3.3 Predicted value and measurement value after first regression

	자유도	제곱합	제곱 평균	F 비	유의한 F
회귀	7	1.37E+03	195.937	41.232	1.10432E-46
잔차	547	2.59E+03	4.752		
계	554	3966.19			

Table 3.1 Analysis of variance table

Fig. 3.3에서 x 축은 실제 계측값이고 y 축은 회귀분석에 의해 얻은 예측값이다. 98.4%가 계측값과 5 dB의 오차를 보이고, 81.2%가 3 dB의 오차 범위내에 있음을 알 수 있다. 또한 Table 3.1의 분산분석표에서 F 비가 유의한 F 비보다 크므로 적절하게 회귀분석이 이루어 졌음을 알 수 있다.

3.4 회귀식의 적합도 검토 및 최적의 변수 조합 판단

1차적으로 회귀분석의 결과를 바탕으로 최적의 변수조합을 찾아 보다 경제적이고, 더 나은 결과를 얻기 위해 적합도 검토작업이 필요하다. 다중 선형 회귀 모형의 적합도 검토는 추정된 회귀모형이 데이터를 얼마나 잘 설명하도록 추정되었는지 통계적 모형의 유

의성을 살펴보는 것이다. 이를 위해 잔차제곱평균, 결정계수, 수정결정계수 및 Q 값을 이용한다.

잔차평균제곱 (MSE_p)

MSE_p 는 SSE_p (회귀방정식에 의해 설명되지 않는 부분)의 간단한 함수로서

$$MSE_p = \frac{SSE_p}{n-p-1} \text{ 이므로 } SSE_p \text{를 작게 해주는 것이 } MSE_p \text{를 작게 해주는 것이다.}$$

결정계수 (R_p^2)

결정계수는 전체제곱합(SST) 중에서 회귀제곱합(SSR)이 차지하는 비율, 즉 총 변동을 설명하는 데 있어서 회귀선에 의하여 설명되는 변동이 기여하는 비율을 말한다. 즉 결정계수 R_p^2 은 다음과 같이 정의 된다.

$$R_p^2 = \frac{\text{회귀모형에 의해 설명되어지는 변동}}{\text{총변동}}$$

회귀선이 잘 적합되면 결정계수의 값은 1에 가까울 것이고, 그렇지 않으면 결정계수의 값은 0에 가깝게 된다.

수정결정계수 (R_{ap}^2)

설명변수의 수가 같은 두 축소모형에 대하여는 선택의 기준으로 결정계수 R_p^2 가 적절하지만 설명변수의 수가 다른 두 축소모형에 대하여는 R_p^2 가 적절한 모형선택의 기준이 되지 못한다. 왜냐하면 설명변수의 수가 추가될 때마다 결정계수 R_p^2 의 값이 증가하는 경향이 있기 때문이다. 실제로 완전모형은 다른 어느 축소모형보다 R_p^2 값이 크다. R_p^2 의 이런 단점을 보완한 것이 수정결정계수이다. 수정결정계수의 정의는 다음과 같다.

$$R_{ap}^2 = 1 - \frac{(n-1)(1-R_p^2)}{n-p-1}$$

Q Factor

다른 판정기준들이 모두 자료점(data point) x_j 에서 실제의 측정값 y_j 와 회귀방정식에 의한 추정값 \hat{y}_j 간의 어느 정도의 차이가 있

3.1 선실소음예측의 회귀분석

회귀분석을 이용하여 선내의 소음예측식을 얻기 위해서 선실의 소음수준을 종속변수라 두고, 선박의 소음 특성을 나타내는 모수(parameters)들을 독립변수라 두어, 이들 독립 변수들의 선형함수들을 이용하여 선박의 객실 소음수준을 예측할 수 있다.

종속변수 y 와 이 변수에 영향을 미칠 수 있는 가능한 모든 설명변수 x_1, x_2, \dots, x_k 를 알고 있을 때, y 의 변화에 대한 회귀모형을 설정하는 데는 다음의 두가지 기본원칙을 따른다.

- (1) y 에 영향을 줄 수 있는 모든 변수(x)를 다 포함
- (2) 데이터 획득, 분석, 변화 탐지 위해 가능한 한 최소의 설명변수 포함

위의 두가지 원칙은 서로 이율배반적이므로 적절한 판단기준(criterion)을 택하여 설명변수를 선택함으로써 최적(最適)회귀방정식(best regression equation)을 만들어 주어야 한다.

컨테이너선에 대한 선실소음 예측 회귀방정식을 구하기 위해서는 위에서 설명한 주요 설명변수에 대한 개략도는 Fig. 3.1와 같다. 이들 변수중 X_6 (D/G Mount)는 0과 1로 구성된 가변수를 도입하여 처리하였다.

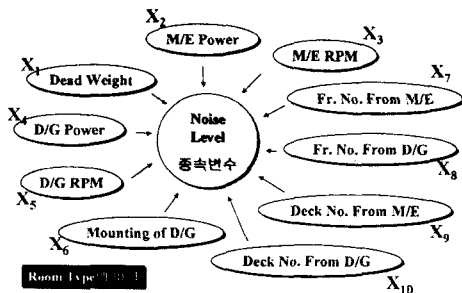


Fig. 3.1 Independent variables used in regression

3.2 상관계수 검토

최적의 회귀방정식을 도출하기 위해서는 종속변수에 영향을 주는 모든 파라미터를 포함시켜야하고, 파라미터간에 상관도가 가능한 작아야 한다. 자체 관련성이 높은 변수들이 회귀식에 포함될 때 전체 회귀식은 유의하면서 회귀계수들의 모형에 대한 기여도는 유의하지 않게 나타나는 경우가 발생한다. 독립변수들 사이의 관련성이 높으면 추정치의 분산을 팽창시키고, 각 회귀계수들을 신뢰할 수 없도록 한다. 상관계수를 살펴보면 D/G FR(Frame)과 종속변수의 상관도는 상당히 작다. 이는 선실내의 소음에 D/G FR이 미치는 영향이 작다는 것이다. 또한 M/E DK(Deck)와 D/G DK의 상관계수는 1로서 본 연구에 포함된 선박의 main engine의 위치와 diesel generator의 위치가 일정하기 때문이다.

3.3 변수의 변환

독립변수 x 와 종속변수 y 사이의 관계를 규명하는 회귀함수를 찾는데 있어서 선형식 $y = \beta_0 + \beta_1x + \epsilon$ 을 가정하는 것이 적절하지 않은 경우가 많다. 선형식이 아닌 비선형식인 경우에는 최소제곱법에 의하여 회귀계수들을 구하기가 어려우며 사용상 여러 가지 문제점을 가지고 있다. 특수한 경우에는 비선형 회귀함수이지만, 적절한 수학적 변환을 통하여 다루기 쉬운 선형식으로 바꿀 수 있다.

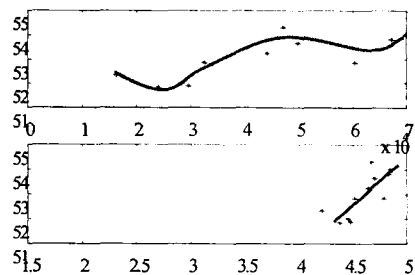


Fig. 3.2 M/E Power vs SPL(upper)
Log(M/E Power) vs SPL(lower)

본 연구에서는 Fig. 3.2에서 보는 바와 같이 M/E Power, M/E RPM, D/G Power, D/G RPM는 음압 레벨과 로그스케일(log scale)

이 보다 선형적인 관계가 있다. 따라서 M/E Power, M/E RPM, D/G Power, D/G RPM 는 log값을 취해서 변수로 선택하였다.

M/E Power, M/E RPM, D/G Power, D/G RPM는 log값을 취하고, Fr수에 대한 변수는 절대값을 취해서 회귀분석을 수행하면 Fig. 3.3와 같은 결과를 얻을 수 있다.

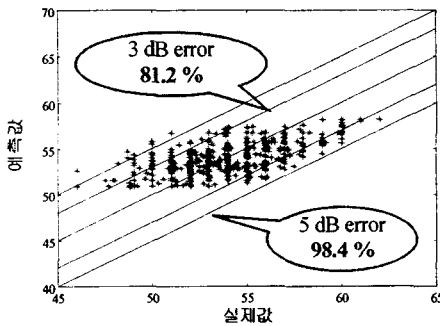


Fig. 3.3 Predicted value and measurement value after first regression

	자유도	제곱합	제곱 평균	F 비	유의한 F
회귀	7	1.37E+03	196.937	41.232	1.10432E-46
잔차	547	2.59E+03	4.752		
계	554	3966.19			

Table 3.1 Analysis of variance table

Fig. 3.3에서 x 축은 실제 계측값이고 y 축은 회귀분석에 의해 얻은 예측값이다. 98.4%가 계측값과 5 dB의 오차를 보이고, 81.2%가 3 dB의 오차 범위내에 있음을 알 수 있다. 또한 Table 3.1의 분산분석표에서 F 비가 유의한 F 비보다 크므로 적절하게 회귀분석이 이루어 졌음을 알 수 있다.

3.4 회귀식의 적합도 검토 및 최적의 변수 조합 판단

1차적으로 회귀분석의 결과를 바탕으로 최적의 변수조합을 찾아 보다 경제적이고, 더 나은 결과를 얻기 위해 적합도 검토작업이 필요하다. 다중 선형 회귀 모형의 적합도 검토는 추정된 회귀모형이 데이터를 얼마나 잘 설명하도록 추정되었는지 통계적 모형의 유

의성을 살펴보는 것이다. 이를 위해 잔차제곱평균, 결정계수, 수정결정계수 및 Q 값을 이용한다.

잔차평균제곱 (MSE_p)

MSE_p 는 SSE_p (회귀방정식에 의해 설명되지 않는 부분)의 간단한 함수로서

$$MSE_p = \frac{SSE_p}{n-p-1}$$

이므로 SSE_p 를 작게 해주는 것이 MSE_p 를 작게 해주는 것이다.

결정계수 (R_p^2)

결정계수는 전체제곱합(SST) 중에서 회귀제곱합(SSR)이 차지하는 비율, 즉 총 변동을 설명하는 데 있어서 회귀선에 의하여 설명되는 변동이 기여하는 비율을 말한다. 즉 결정계수 R_p^2 은 다음과 같이 정의 된다.

$$R_p^2 = \frac{\text{회귀모형에 의해 설명되어지는 변동}}{\text{총변동}}$$

회귀선이 잘 적합되면 결정계수의 값은 1에 가까울 것이고, 그렇지 않으면 결정계수의 값은 0에 가깝게 된다.

수정결정계수 (R_{ap}^2)

설명변수의 수가 같은 두 축소모형에 대하여는 선택의 기준으로 결정계수 R_p^2 가 적절하지만 설명변수의 수가 다른 두 축소모형에 대하여는 R_p^2 가 적절한 모형선택의 기준이 되지 못한다. 왜냐하면 설명변수의 수가 추가될 때마다 결정계수 R_p^2 의 값이 증가하는 경향이 있기 때문이다. 실제로 완전모형은 다른 어느 축소모형보다 R_p^2 값이 크다. R_p^2 의 이런 단점을 보완한 것이 수정결정계수이다. 수정결정계수의 정의는 다음과 같다.

$$R_{ap}^2 = 1 - \frac{(n-1)(1-R_p^2)}{n-p-1}$$

Q Factor

다른 판정기준들이 모두 자료점(data point) x_j 에서 실제의 측정값 y_j 와 회귀방정식에 의한 추정값 \hat{y}_j 간의 어느 정도의 차이가 있

는가를 나타내는 잔차제곱합의 간단한 선형 함수로서 작성되었는데 비하여, 이 판정기준은 독립변수들의 어떤 흥미영역(region of interest) R 에서 $\hat{y}_p = x_p^T \hat{\beta}_p$ 가 어느 정도 $E(y)$ 를 잘 추정하여 주고 있는가를 평가하려는 데 바탕을 두었다.

$$Q = \frac{\hat{\sigma}^2}{n} (p + 1 - C_p)$$

3.5 실제 모델에 대한 최적의 변수 조합

이상에서 제시한 판단기준을 바탕으로 최적의 변수 조합을 찾기 위해 각 변수의 조합개수에 대하여 가장 높은 판단값을 Fig. 3.4에 표시하였다. Fig. 3.4에서 보면 변수 개수가 7개인 경우가 최적의 경우임을 알 수 있다.

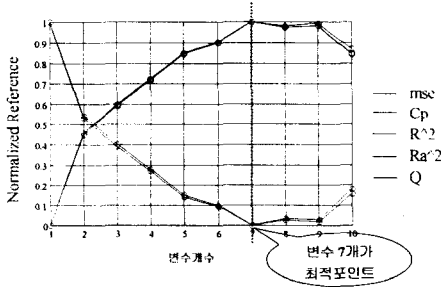


Fig. 3.4 Criteria of best variable set

이제, 7개의 변수조합중에서 다시 각 판단기준에 따라 상위 4개의 변수 조합을 계산해보면 그 결과 변수 $X_2, X_3, X_5, X_6, X_7, X_9, X_{10}$ 의 7개의 변수 조합이 가장 최적인 결과로 나왔다.

3.6 이상치(outlier)의 검출

n 개의 데이터 y_1, y_2, \dots, y_n 중에는 측정상의 과오, 또는 실험상의 오차로 인하여 과다하게 커지거나 작아져서 이상치가 되는 경우가 있다. 이러한 이상치를 검출하는 방법은 표준화잔차(standardized residual),

$$r_i = \frac{e_i}{s\sqrt{1-h_{ii}}}$$

($s = \sqrt{e'e/(n-k-1)}$ 는 σ 의 추정량)를 이용하면 된다. 표준화된 잔차 r_i 의 절대값 $|r_i|$ 값이 과다하게 크면 이상치라 생각할 수 있다. 그 기각치는 신뢰도에 따라 달라지나 본 연구에서는 표준화된 잔차의 절대값이 2.0 이상일 경우 이상치로 간주하여 제거하였다. 본 연구에서는 16개의 이상치가 발생하여 최종모델에서 제거되었다.

3.7 Polynomial Fitting

1차적인 회귀분석결과가 만족할 만 하나, 예측된 값들을 살펴보면 경향성을 찾을 수가 있다. 좀 더 정확한 예측값을 얻기 위해 1차 회귀분석의 결과값을 독립변수로 하고, 실제 값을 종속변수로 하여 1차에서 90차까지의 Polynomial Fitting을 수행하였다. 그 결과중에 판단기준의 MSE(residual mean square)와 F비를 통해 최적의 order를 찾았다. 수행결과 Fig. 3.5에서 보는 바와 같이 order가 15차 일 때 최적이 나왔다.

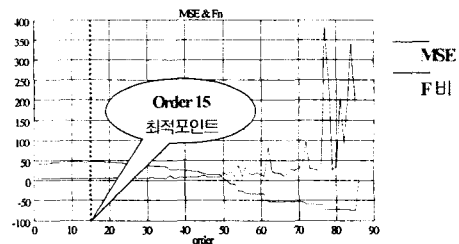


Fig. 3.5 Best order

그 결과를 이용해서 Polynomial fitting을 수행하여 최종적인 컨테이너선의 Cabin/Hospital에 대한 선실소음예측식을 변수 7개로 나타낼 수 있다.

$$L_p(A) = f(X_2, X_3, X_5, X_6, X_7, X_9, X_{10})$$

최종식을 이용해서 격실에 대한 소음 예측값을 구한후, Fig. 3.6과 같이 x 축에 실제값, y 축에 예측값을 도시화하면 99.1%가 계속값과 5 dB의 오차를 보이고, 83%가 3 dB의 오차 범위내에 있음을 알 수 있다. 또한 Table 3.2의 분산분석표에서 F비(1)가 유의

1) F비 = $\frac{\text{회귀선에 의해 설명되는 변동}}{\text{회귀선에 의해 설명되지 않는 변동}}$

한 F 비보다 크므로 적절하게 회귀분석이 이루어 졌음을 알 수 있다. 이는 Fig. 3.3의 결과보다 향상된 결과를 보여준다.

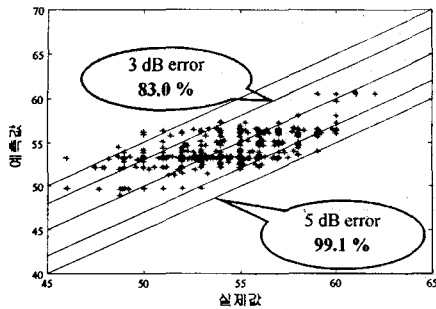


Fig. 3.6 Predicted value and measurement value after final regression

	자유도	제곱합	제곱 평균	F 비	유의한 F
회귀	7	1.5E+03	219.89	49.47	1.1E-46
잔차	547	2.4E+03	4.45		
계	554	3966.19			

Table 3.2 Analysis of variance table

3.8 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. 3.7는 잔차와 예측값간의 관계를 그린 것인데 랜덤하게 산포되어 오차항의 등분산성(normality)이 만족되고 있음을 알 수 있다.

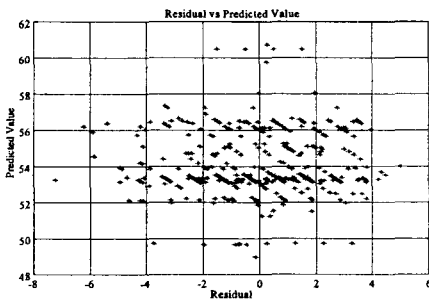


Fig. 3.7 Plotting of residuals

4. 결론

과거 건조된 선박에 대한 데이터베이스 Intranet를 구축하고, 선내 소음수준에 상당한 영향을 미치는 변수들을 조사하고 이들 데이터 요소들에 대해 회귀분석을 통한 선실소음예측식을 도출한 과제를 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 35척의 컨테이너선의 Cabin/Hospital에 대한 격실에서 소음 계측치를 회귀분석하여 추정식을 구성하였는데, 적합한 회귀식의 변수는 main engine과 diesel generator의 사양 및 상대위치로 구성되었다.

2) 설정된 회귀식을 검증한 결과 99.1%의 객실의 추정된 소음수준이 계측치와 비교하여 5dB(A), 83%의 객실의 추정된 소음수준이 3dB(A)의 오차 범위 내에 있었다.

3) 데이터베이스를 구성하여 건조선에 대한 intranet을 기반으로 한 입력/검색이 가능한 프로그램을 개발하였다.

[참고문헌]

- [1] IMO(International Maritime Organization), "Code on noise levels on board ships", Resolution A.468(VII), 1981.
- [2] Dong Hae Kim, Kyoong Yang Chung, "Application of multiple regression method to prediction of noise level in ship cabins", Transaction of Society of Naval Architects of Korea, Vol.31 No.3, August 1994, pp. 113-118.
- [3] Shigemi Ohno, Tetsuya Ohmatsu, "Development of noise level data bank on ship", IHI Engineering Review, Vol.26 No.5., 1986, pp. 313-318.
- [4] 박성현, "회귀분석", 대영사