

선박진동 데이터베이스 구축 및 회귀분석에 의한 초기 추정법

한성용, 권 혁

삼성중공업(주) 조선플랜트연구소

Construction of Ship's Vibration Database and Prediction of Ship Vibration by Regression Analysis

S.Y. Han and H. Kwun

Maritime Research Institute, Samsung Heavy Ind. Co. Ltd.

요 약

선박의 설계초기 단계에서 주요 진동특성인 주선체 및 상부구조의 고유 진동수와 고유 진동형을 구하게 위해서는 현재까지 주로 경험식에 의존하게 된다. 이들 경험식들은 만들어진 시기가 최소 20년 이상 씩 됨에 따라 이중선체 유조선, IMO의 visibility 규정의 강화에 따른 상부구조 높이의 증가, 컨테이너 선의 초 대형화 경향과 같이 최근의 선박 변화가 제대로 반영되어 있지 못하기 때문에 최근 선박의 진동특성을 추정하는 데는 많은 오차를 유발할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 실적선들의 진동해석 및 계측 결과들을 정리하여 데이터베이스화하고 이들 자료들을 이용하여 회귀분석 방법에 의해 통계해석을 수행하므로써 설계 초기단계에서 선박의 진동 특성을 정도 높게 추정하는 방법을 개발하고 주기관 및 프로펠러 날개 수 선정에도 정확도를 기할 수 있도록 하였다. 또한 본 방법을 바탕으로 windows환경의 전산프로그램으로 개발하여 사용자의 편의성을 크게 도모하였다. 본 방법의 타당성과 정도를 확인하기 위해 일련의 수치계산을 수행하여 계측치와의 부합성이 매우 양호함을 보였다.

1. 서 언

선박의 과도한 진동은 승무원의 안락성을 저해할 뿐 아니라 구조 손상 및 장비의 오작동 등을 유발할 수 있다. 이와 같은 과도한 진동을 유발하는 주 기진원으로는 프로펠러 및 주기관으로서 이들의 주요 사양은 초기설계 단계에서 결정된다. 이들의 기진 특성이 선박의 진동특성과 서로 맞지 않는 경우는 과도한 진동이 발생하기 때문에 이를 상세 설계 시 구조적으로 해결하려면 막대한 노력이 요구되며 이 노력도 한계가 있다. 따라서 초기 설계 단계에서 선박의 진동특성을 가급적 정확하게 추정하여 선박의 주 진동형과 공진이 일어나지 않도록 주기관의 사양 및

프로펠러 날개수를 합리적으로 선정하는 것이 매우 중요하다.

그러나 초기 설계 단계에서 선박의 주요 진동특성인 주선체 및 상부구조의 고유 진동수와 고유 진동형을 구하게 위해서는 선박의 상세 정보 및 자료가 없어 정밀 해석을 수행할 수 없기 때문에 주로 경험식에 의존하게 된다. 현재까지 이용되고 있는 경험식으로는 주선체 고유진동수 계산을 위한 Kumai의 식, SR94식[1] 및 KIMM 식[2]과, 상부 구조의 고유진동수를 추정하는 Hirowatari식[3,4], DnV식[5] 등이 주로 이용되고 있다. 주로 이용되고 있다. 이들은 만들어진 시기가 최소 20년 이상 씩 됨에 따라 이중선체 유조선, IMO의 visibility 규정의 강화에 따른 상부

구조 높이의 증가, 컨테이너 선의 초 대형화 경향과 같이 최근의 선박 변화가 제대로 반영되어 있지 못하기 때문에 최근 선박의 진동특성을 추정하는 데는 많은 오차를 유발할 수 있다. 따라서 최근 선박의 특성이 제대로 반영되는 초기 진동추정 방법의 개발이 절실히 요구되는 상황이다.

본 연구에서는 당사에서 건조된 실적선들의 진동해석 및 계측 결과들을 정리하여 데이터베이스화하고 이들 자료들을 이용하여 회귀분석 방법[6]에 의해 통계해석을 수행하므로써 설계 초기단계에서 선박의 진동 특성을 정도 높게 추정하는 방법을 개발하였다. 본 연구에서 개발한 방법의 타당성 및 정도를 확인하기 위해 계측 결과를 알고 있는 선박을 대상으로 진동특성 추정을 수행하여 계측결과와 비교하는 일련의 수치계산을 수행하였다.

2. 실적선 진동특성 데이터베이스

2.1 데이터베이스의 구성

당사에서 건조된 실적선들을 대상으로 진동해석 및 계측결과들을 정리하여 데이터베이스를 구축하였다. 본 데이터베이스는 크게 선박의 진동 특성을 좌우하는 주요 제원들, 상세 유한요소 해석 결과, 시운전 계측결과와 세 그룹으로 나누어진다. 각 그룹 별로 상세 항목은 표 1과 같다.

2.2 회귀분석법

데이터베이스의 통계자료를 이용하여 주선체 및 상부 구조의 진동특성을 추정하기 위해 다변수 선형 회귀분석법(MLR)[6]을 적용하였다. 주선체 또는 상부 구조의 고유진동수와 같은 추정치, y , 및 이와 관련된 독립 변수, x_j ($j=1, 2, \dots, n$)와의 관계를 선형으로 가정하여 다음과 같이 나타낸다.

표 1. 실적선 진동 데이터베이스 시스템의 구성요소

대 분류	중 분류	소 분류	비고
주요 제원	일반사항	호선번호, 선주 명, 인도일, 선종, 담당자 성명	
	주선체	Lpp, Breadth, Depth, Draft, Deadweight, Displacement, Lightweight, 2nd M.O.I at midship, Shear area at midship	
	상부구조	형상, 총 층수, 높이, 길이, 내부 중통격벽의 수, 중 및 횡방향 격벽의 평균 두께, 총 중량	
	주기관	Maker, Model, 최대출력, 최대출력 회전수, 실린더 수, compensator의 설치 상태 (전, 후부), 주기관 불평형 모멘트 크기 (Mv1, Mv2, Mh), Flywheel : 직경(m), 질량(kg), M.O.I.(kg-m ²), Top bracing의 type 및 개수(중방향, 횡방향 각각), A/V, T/V Damper 설치 여부	
	프로펠러	Type(Fpp, Cpp), 날개수, 최대회전수, 추력, 전개면적비, 평균피치, Skew 각도(deg) 공기중 질량, 변동압력 크기	
	축계	축계의 수, 회전수, 선미관 전,후 베어링의 간격, 추진축 직경, T/V 및 A/V critical frequencies	
상세해석결과	주선체	고유진동수 및 응답크기	Ballast 및 Full Load
	선루구조	고유진동수 및 응답크기	
	주기관	고유진동수	
계측결과	계측장비 및 조건	계측시 계측시스템 구성 및 선박의 Loading 상태	
	Exciter Test결과	주선체, 상부구조 고유진동수	
	시운전 결과	주선체, 상부구조 고유진동수 및 응답크기	

$$y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^p x_{ij} \beta_j + \epsilon_i, \quad (1)$$

$$(i=1, 2, \dots, N)$$

여기서 N 과 p 는 각각 통계처리를 위해 선정된 총 관측 수와 독립변수 개수이고 β 는 회귀분석 계수이다. 이때 독립변수의 선정은 추정 정도를 좌우하는 가장 중요한 사항으로서 다음과 같이 관측치, y_i ($i=1, 2, \dots, N$),와 독립 변수 x_j ($i=1, 2, \dots, p$)의 상관관계를 나타내는 상관관계 매트릭스로부터 판단한다.

$$[\rho] = \begin{bmatrix} \rho_{x_1, x_1} & \rho_{x_1, x_2} & \dots & \rho_{x_1, y} \\ \rho_{x_2, x_1} & \rho_{x_2, x_2} & \dots & \rho_{x_2, y} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \rho_{y, x_1} & \rho_{y, x_2} & \dots & \rho_{y, y} \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서

$$\rho_{x_i, x_j} = \frac{\sigma_{x_i, x_j}}{\sigma_{x_i} \sigma_{x_j}} = \frac{E\{(x_i - \bar{x}_i)(x_j - \bar{x}_j)\}}{\sqrt{Var(x_i) Var(x_j)}}$$

$$\rho_{x_i, y} = \frac{\sigma_{x_i, y}}{\sigma_{x_i} \sigma_y} = \frac{E\{(x_i - \bar{x}_i)(y - \bar{y})\}}{\sqrt{Var(x_i) Var(y)}}$$

$$\rho_{y, y} = \frac{\sigma_{y, y}}{\sigma_y \sigma_y} = \frac{E\{(y - \bar{y})(y - \bar{y})\}}{Var(y)}$$

식(2)의 행렬에서 대각 요소의 값은 당연히 1이 되며 비 대각 요소의 절댓값이 1에 가까울수록 해당 독립변수와 추정치의 상관관계 정도는 높으며 0에 가까울수록 그 정도는 작다.

식(1)을 매트릭스 형태로 나타내면 다음과 같다.

$$Y = [X]\{\beta\} + \{\epsilon\} \quad (3)$$

여기서

$$\{Y\} = [y_1 \ y_2 \ \dots \ y_N]^T$$

$$\{\beta\} = [\beta_1 \ \beta_2 \ \dots \ \beta_p]^T$$

$$\{\epsilon\} = [\epsilon_1 \ \epsilon_2 \ \dots \ \epsilon_N]^T$$

$$[X] = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{21} & \dots & x_{p1} \\ 1 & x_{12} & x_{22} & \dots & x_{p2} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & x_{1N} & x_{2N} & \dots & x_{pN} \end{bmatrix}$$

식(3)에서 최소 자승법에 의한 $\{\beta\}$ 의 추정치를 (b)라고 할 때 제곱 오차 크기는

$$S = \sum_i e_i^2 = \{e\}^T \{e\} \quad (4)$$

$$= (\{Y\} - [X]\{b\})^T (\{Y\} - [X]\{b\})$$

와 같이 표현되며 오차 크기를 최소화하는 계수 (b)는

$$\{b\} = ([X]^T [X])^{-1} ([X]^T [Y]) \quad (5)$$

와 같이 얻어진다.

따라서 통계자료를 이용한 회귀분석법에 의해 얻어진 추정치는 다음과 같다.

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_p x_p \quad (6)$$

3. 주선체 고유진동수 추정

3.1 경험식

주선체의 고유진동수를 추정하는 경험식으로 1894년에 Shlick에 의해 처음 제안된 이래 현재 사용하고 있는 경험식의 틀은 Todd[7]가 정립하였다. Shlick 형 경험식은 주선체의 중앙단면 2차 모멘트 값을 사용하였고 Todd 형 경험식은 초기설계 단계에서 중앙단면 2차 모멘트 값을 얻기 어려우므로 이를 중앙단면 폭 및 깊이에 비례하는 개념을 도입하였다. 현재 사용되고 있는 경험식으로는 상기 두 가지 형태로 구분되며 KIMM식, SR94식이 주로 이용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 상기 두 경험식에 대해서만 소개하기로 한다.

KIMM식은 Todd형의 경험식으로서 주선체의 상하 2절 진동의 고유진동수를 다음과 같이 추정한다.

$$N_{02} = 10.5 \times 10^4 \sqrt{\frac{BD^3}{\Delta_1 L^3} + 2.5} \quad (cpm) \quad (7)$$

여기서 B , D 및 L 은 형 폭, 형 깊이 및 수선간 길이(m)이며 Δ_1 은 배수량 와 부가수 질량을 합한 virtual mass로서 다음과 같이 산정한다.

$$\Delta_1 = \Delta \left(1.2 + \frac{1}{3} \frac{B}{d} \right) \quad (\text{tons})$$

한편 일본 조선연구협회의 제94부회, 즉 SR94에서는 주선체의 상하 2절 진동의 고유진동수를

추정하기 위해 Shlick형 경험식

$$N_{v2} = 27.1 \times 10^5 \sqrt{\frac{I_v}{\Delta_1 L^3}} + 14.5 \quad (cpm) \quad (8)$$

및 Todd 형 경험식

$$N_{v2} = 9.4 \times 10^4 \sqrt{\frac{BD^3}{\Delta_1 L^3}} + 19 \quad (cpm) \quad (9)$$

을 제시하였다.

3절 이상의 고차 진동형에 대한 고유진동수는 Kumai가 다음과 같은 경험식을 제안하였다[1].

$$\frac{N_{vm}}{N_{v2}} = (n-1)\mu, \quad n \geq 3 \quad (10)$$

$$\mu = \begin{cases} 1.02 : \text{유조선} \\ 1.0 : \text{O/C, B/C, O/O, B/O} \\ 2.0 : \text{일반화물선} \end{cases}$$

N_{vm} : n절 상하고유진동수, n :고유진동형절수.

3.2 회귀분석법에 의한 추정 방법

실적선의 진동특성 자료를 사용하여 선체 고유진동수를 2.2 절에서 기술한 회귀분석법에 의해 추정하는 방법을 적용하기 위해 주선체의 2절 상하 고유진동수를 추정치로 하고 독립변수는 표2에서와 같이 8가지를 선정하여 추정치와의 상관계수를 조사하였다. 여기서 선속은 상관계수가 매우 낮기 때문에 독립변수 선정에서 제외하였다.

한편 3절 이상의 고유진동수는 회귀분석으로 얻어진 2절 고유진동수에 식(10)에서와 같은 계수는 곱하여 구하되 본 계수는 식(10) 대신에 실적선 계측 결과들로부터 유추한 표3의 값을 사용한다.

4. 상부구조 진동해석

4.1 경험식

상부구조는 승무원이 거주하는 구역으로서 안락성 관점에서 진동 규제가 매우 엄격하다. 상부구조의 진동특성을 좌우하는 주 요소는 상부구조의 형상, 높이, 길이, 종횡 격벽 개수 등이 된

표2. 주선체 고유진동수 회귀분석 변수

변수 명	단 위	상관계수		
		유조선	B/C	C/C
Loa	m	0.70	0.91	0.95
Breadth	m	0.80	0.91	0.65
Depth	m	0.52	0.86	0.66
Deadweight	tons	0.63	0.91	0.60
Lightweight	tons	0.62	0.91	0.61
Draft	m	0.53	0.91	0.58
Displacement	tons	0.67	0.94	0.80
Speed	knots	0.06	0.21	0.56

표3. Ratio of natural frequencies of higher modes of hull girder, N_{vm}/N_2 .

Node No.	C.O.T.		Bulk Carrier		Container	
	B	D	B	D	B	D
3	2.13	2.04	2.04	1.98	1.85	1.95
4	3.41	3.15	2.98	2.77	2.68	2.98
5	4.32	4.26	3.72	3.60	3.52	3.80
6	5.25	5.19	4.47	4.30	4.33	4.70

* Note : B : Ballast Condition,
D : Design Load Condition

다. 이들 주 요소들을 사용하여 상부구조의 전후 고유진동수를 추정하는 경험식으로는 Hirowatari 식과 DnV식이 주로 이용된다. 이들 경험식은 하부 지지구조가 강체인 경우와 상부구조를 강체 질량으로 간주하고 하부 지지 스프링을 고려하는 경우에 대한 고유진동수를 조합하여 상부구조의 전후 고유진동수를 산정한다. 본보에서는 사용하기에 비교적 간단한 Hirowatari 식만 소개하기로 하며 DnV식은 참고문헌 [5]를 참고하기로 한다.

Hirowatari 식은 상부구조의 형태와 높이가 주어지면 기부강성이 무한대인 경우에 대한 고유진동수, f_{∞} ,와 기부강성을 고려하는 수정계수 k 를 Fig.1에서 구하여 다음 식으로부터 상부구조의 전후 고유진동수를 구한다.

$$f = f_{\infty} \times k \quad (11)$$

본 경험식은 상부구조 순수 진동형에 대한 고유진동수를 계산하며 선미구조와의 연성 진동형에 대한 고유진동수는 계산하기 어렵다. 또한 상부구조의 형상이 Fig.1에 주어진 유형으로부터 많이 벗어나는 경우, 최근 선박에서와 같이 높이가 20m를 초과하는 경우 또는 그 형상은 같더라도 기부강성이 선체하부 지지형태에 따라 심하게 다를 수 있기 때문에 추정 신뢰도는 높지 못하다.

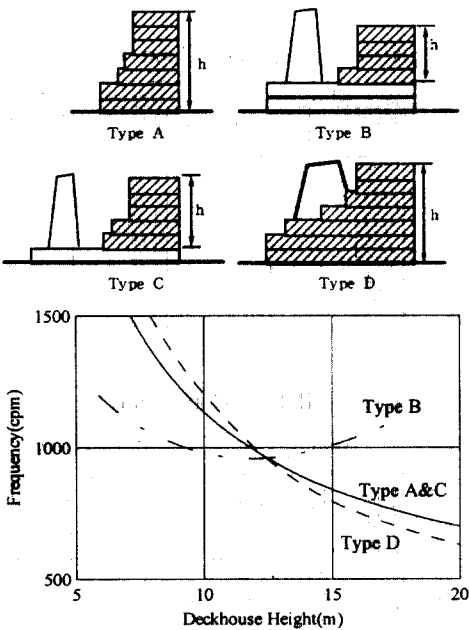


Fig.1 Deckhouse type and elastic support for Hirowatari's formula.

4.2 회귀분석법에 의한 추정 방법

상부구조 고유진동수를 추정하기 위해 4.1절에서 소개한 경험식들은 최근의 선박뿐 아니라 당사 실적선의 진동특성이 제대로 반영되지 못함에 따라 실제 결과와의 오차가 크게 나타날 수 있으며 또한 상부구조의 전후 방향 순수 진동형에 대한 고유진동수만을 산정할 수 있으며 실제 실선에서 많은 문제가 되고 있는 선미부와의 연성진동형에 대한 고유진동수에는 사용할 수 없

다. 따라서 실적선의 진동 해석 및 예측결과를 데이터베이스화하여 2.2절에서 기술한 회귀분석법에 의해 통계 처리하는 방법을 적용하면 초기 추정의 정도를 보다 개선시킬 수 있을 뿐 아니라 선미부와 연성 전후 진동형, 횡 방향에 대한 고유진동수의 추정도 가능해진다. 상기 방법을 적용하기 위해 상부구조의 순수 진동형 또는 선미연성 진동형에 대한 고유진동수를 추정치로 하고 독립변수는 상부구조의 길이, 높이, 폭, 종 및 횡 격벽의 평균두께로 선정하였다. 추정치와의 독립변수들 간의 상관계수는 선종, 추정치의 종류에 따라 다르게 나타나므로 각 경우에서 상관 계수가 가장 큰 2개의 변수를 취하여 회귀분석을 수행하였다.

5. 전산 프로그램 개발

초기설계 단계에서 선박의 진동특성을 추정하는 방법으로서 경험식을 이용하는 방법 뿐 아니라 초기 추정의 정도를 크게 향상시키기 위해 본 연구에서 제안한 회귀분석 방법을 전산프로그램으로 개발하였다. 전산프로그램은 사용자의 편의를 도모하기 위해 windows 환경에서 MS Visual Basic 6을 사용하여 개발하였다. Fig.2는 본 프로그램의 시작화면으로 파일 입출력 및 각종 작업을 수행할 수 있는 환경을 제공하며, Fig.3은 추정 대상선에 대한 자료 입력화면으로 초기 설계 단계에서 확보 가능한 자료들로 구성된다. 또한 Fig.4는 데이터베이스의 초기화면으로서 실적선 자료의 검색, 편집, 열람 등의 기능을 제공한다.

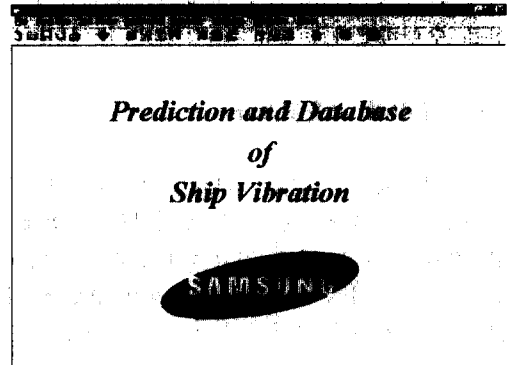


Fig.2 Main screen.

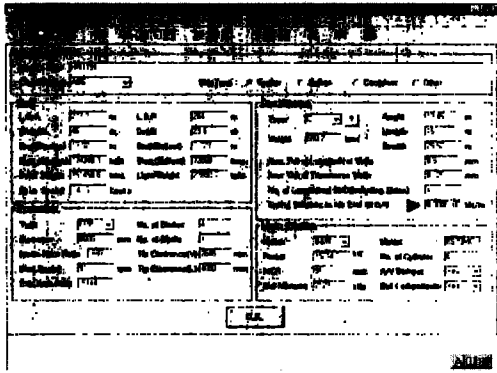


Fig.3 Data input screen.

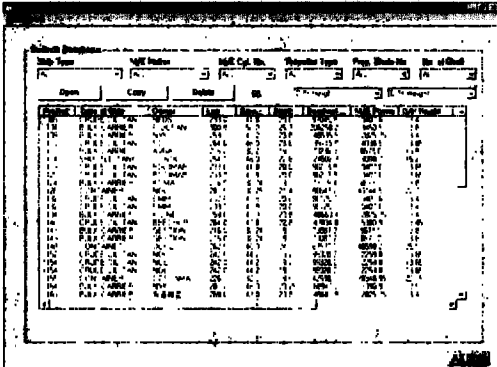


Fig.4 Screen of ship vibration database.

6. 수치계산 및 검증

초기설계 단계에서 주선체 및 상부구조의 진동특성을 정도 높게 추정하기 위해 본 연구에서 제안한 방법으로서 실적선 데이터베이스의 구축 및 회귀분석법을 적용하는 방법의 타당성 및 정도 검증을 위해 계측 결과가 있는 실적선들을 가상의 추정 대상선으로 취하여 일련의 수치계산을 수행하였다.

6.1 주선체 고유진동수

본 연구에서 제안한 방법으로서 주선체 고유진동수를 통계해석에 의해 추정하는 방법에 의한 결과를 실제 계측 결과들과 표4에서 비교하였다. 이로부터 본 연구에서 제안한 방법에 의한 값은 계측치와의 부합성이 매우 우수함을 알 수 있다.

표4. 주선체 고유진동수 추정 결과 비교

(1) 유조선

Hull No.	Meth od	Design Load Cond.					Ballast Load Cond.				
		Nv2	Nv3	Nv4	Nv5	Nv6	Nv2	Nv3	Nv4	Nv5	Nv6
1085	Meas.	0.68	1.31	1.88	2.50	2.83	0.69	1.38	2.50	3.25	3.75
	MLR	0.64	1.31	2.02	2.72	3.32	3.32	1.49	2.39	3.02	3.68
1191	Meas.	0.56	1.22	2.16	2.96	-	0.69	1.47	2.22	-	-
	MLR	0.56	1.14	1.76	2.39	2.91	0.67	1.43	2.29	2.89	3.52
1217	Meas.	0.66	1.34	1.81	2.72	3.19	0.75	1.63	2.44	3.13	-
	MLR	0.67	1.37	2.11	2.85	3.48	0.75	1.60	2.56	3.24	3.94
1277	Meas.	0.69	1.50	2.00	2.90	3.50	0.77	1.75	2.67	3.33	4.00
	MLR	0.69	1.41	2.17	2.94	3.58	0.76	1.62	2.59	3.28	3.99

(2) Bulk Carriers(Ballast Cond. Only)

Hull No.	MLR					Measurement				
	Nv2	Nv3	Nv4	Nv5	Nv6	Nv2	Nv3	Nv4	Nv5	Nv6
1104	0.53	1.08	1.58	1.98	2.37	0.53	0.94	1.59	1.91	2.44
1109	0.63	1.28	1.86	2.33	2.80	0.63	1.31	1.88	2.31	2.81
1113	0.81	1.65	2.41	3.01	3.62	0.81	1.63	2.38	3.00	3.81
1124	0.75	1.53	2.23	2.79	3.35	0.75	1.56	2.31	2.75	3.25
1134	0.62	1.27	1.86	2.32	2.79	0.63	1.25	1.88	2.44	2.81
1164	0.57	1.17	1.71	2.14	2.57	0.56	1.19	1.69	2.18	2.62
1165	0.64	1.30	1.90	2.37	2.85	0.63	1.25	1.88	2.25	2.63
1167	0.57	1.17	1.71	2.14	2.57	0.59	1.19	1.69	2.18	2.63

(3) Containers(Ballast Cond. Only)

Hull No.	MLR					Measurement				
	Nv2	Nv3	Nv4	Nv5	Nv6	Nv2	Nv3	Nv4	Nv5	Nv6
1126	0.75	1.39	2.01	2.64	3.24	0.75	1.53	2.22	3.09	-
1148	0.94	1.73	2.51	3.30	4.06	0.94	1.69	2.44	3.00	3.50
1155	1.01	1.87	2.71	3.56	4.38	1.03	1.88	2.73	3.75	-
1196	1.00	1.86	2.69	3.53	4.34	1.00	1.88	2.56	3.44	-
1260	0.75	1.39	2.01	2.64	3.25	0.75	1.50	2.33	2.94	3.56
1291	0.94	1.74	2.52	3.31	4.07	0.94	1.63	2.31	3.31	4.25

6.2 상부구조 고유진동수

본 연구에서 제안한 회귀분석 방법에 의한 상부구조 고유진동수 추정 결과들을 표5에 나타내어 계측 결과와 비교하였다. 이로부터 통계해석에 의해 얻어진 값은 계측치와의 부합성이 매우 우수함을 알 수 있다.

표5. 상부구조 고유진동수 추정 결과 비교

(1) 유조선

Hull No.	Meth od	Design Load Cond.			Ballast Load Cond.		
		C.L	P.L	T	C.L	P.L	T
1119	Meas.	8.50	9.67	-	8.56	10.7	-
	MLR	8.46	10.6	10.9	8.69	10.8	10.8
1191	Meas.	8.16	9.06	10.7	8.13	9.13	10.9
	MLR	8.11	9.47	10.2	8.14	9.45	10.8
1217	Meas.	8.47	9.53	10.3	8.44	9.50	10.3
	MLR	8.26	9.56	10.5	8.40	10.2	10.7
1228	Meas.	7.00	9.00	8.69	7.06	8.94	9.06
	MLR	7.02	9.78	8.65	7.13	8.93	9.10
1277	Meas.	8.69	9.44	9.88	9.00	10.1	10.2
	MLR	8.25	9.81	10.5	8.39	10.2	10.6

(2) Bulk Carriers(Ballast Cond. Only)

Hull No.	MLR			Measurement		
	C.L	P.L	T	C.L	P.L	T
1104	6.76	9.90	10.2	-	9.90	-
1109	7.93	10.4	10.1	7.78	10.4	10.1
1113	8.73	10.3	10.3	8.70	10.8	-
1124	8.73	10.3	10.3	8.75	9.92	10.2
1134	7.93	10.5	10.9	8.06	10.7	10.9
1164	8.69	10.3	10.2	8.88	10.1	10.5
1165	7.93	10.4	10.9	7.94	10.1	10.9
1167	8.69	10.4	10.2	8.50	10.8	9.88

(3) Containers(Ballast Cond. Only)

Hull No.	MLR			Measurement		
	C.L	P.L	T	C.L	P.L	T
1126	6.45	8.92	9.07	6.41	9.19	8.66
1148	6.20	9.24	9.32	6.41	9.03	9.72
1155	6.89	8.40	9.00	7.01	8.06	8.63
1196	7.25	8.30	9.25	7.10	8.38	9.31
1260	6.36	8.92	8.91	6.10	8.63	9.13
1291	6.94	8.92	8.90	7.00	9.19	8.81

*Note : C.L : 연성 전후 방향 진동형

P.L : 순수 전후 방향 진동형

T : 순수 횡 방향 진동형

7. 결 언

본 연구에서는 실적선의 상세 해석 및 계측을 통해 얻어진 자료들을 데이터베이스 화 하였으며 초기설계 단계에서 주선체 및 상부구조 고유진동수를 정도 높게 추정하는 방법으로서 상기 데이터베이스 자료를 이용하여 회귀분석법에 의해 추정하는 방법을 제시하였다. 또한 본 방법을

바탕으로 windows환경에서 전산프로그램을 개발함으로써 사용자의 편의성을 최대한 도모하였다. 한편 본 방법의 타당성 및 정도를 검증하기 위해 일련의 수치계산을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 실적선의 진동해석 및 계측 결과들을 정리하여 실적선 진동 데이터베이스를 구축하여선박 진동제어 기술 축적의 기반을 마련하였으며 실적선 자료의 검색이 매우 용이하게 되었다.

(2) 실적선 통계 자료를 이용하는 회귀분석법에 의해 초기 추정된 주선체 및 상부구조 고유진동수는 계측치와의 부합성이 매우 양호하다. 따라서 초기설계 단계에서 주선체 및 상부구조의 고유진동수를 정도 높게 산정할 수 있음에 따라 주기관 및 프로펠러 날개 수 선정에도 정확도를 기할 수 있게 되었다.

(3) 실적선 자료를 추가 보완하여 실적선 진동 데이터베이스를 충실히 유지해 가므로써 초기 진동 추정의 정도를 높이고 선박진동제어 기술력 향상을 계속적으로 도모해 가야한다.

참 고 문 헌

1. 일본해사협회(NK), *Guide to Ship Vibrations*, 1984.
2. 한국선급, *선박진동제어지침*, 1997.
3. Sandstrom, R. E. and Smith, N. P., "Eigenvalue Analysis as an Approach to the Prediction of Global Vibration of Deckhouse Structures", *Marine Technology*, SNAME, Vol.17, No.3, 1980.
4. Hirowatari, T. and Matsumoto, K., "On the Fore and Aft Vibration of Superstructure Located at Aftship(2nd Report)", *Jour. of SNA of Japan*, Vol.125, 1969.
5. VERITEC, *Vibration Control in Ships*, VERITEC Marine Tech. Consultants, 1985.
6. Barnes, J.W., *Statistical Analysis for Engineers: A Computer-Based Approach*, Prentice Hall Inc., 1988.
7. Todd, F.H., *Ship Hull Vibration*, Edward Arnold Ltd., London, 1961.