

◎ 論 文

랜덤파랑하중에 대한 Guyed Tower의 동적 거동해석⁺

柳 井 善* · 尹 楨 邦**

Dynamic Analysis of Guyed Tower Subjected to Random Waves

Jung Sun Ryu and Chung Bang Yun

Key Words : Average Stiffness Method(평균강도법), Equivalent Linearization Method(등가선형법), Guyed Tower(가이드 타워), Nonlinear Drag Force(비선형저항력), Nonlinear Restoring Force(비선형 복원력), Random Wave Loading(랜덤파랑하중)

Abstract

Methods of nonlinear stochastic analysis of guyed towers are studied in this paper. Two different kinds of nonlinearities are considered. They are the nonlinear restoring force from the guying system and the nonlinear hydrodynamic force. Analyses are carried out mainly in the frequency domain using linearization techniques. Two methods for the linearization of the nonlinear stiffness are presented, in which the effects of the steady offset and the oscillating component of the structural motion can be adequately analyzed. Those two methods are the equivalent linearization method and the average stiffness method. The linearization of the nonlinear drag force is also carried out considering the effect of steady current as well as oscillatory wave motions. Example analyses are performed for guyed tower in 300 m water. Transfer functions and the expected maximum values of the deck displacement and the bending moment near the middle of the tower are calculated. Numerical results show that both of the frequency domain methods presented in this paper predict the responses of the structure very reasonably compared with those by the time integration method utilizing the random simulations of wave particle motions.

1. 서 론

본 논문에서는 랜덤(random) 파랑하중에 대한 guyed tower의 비선형 동적거동 해법에 대하여 연구하였다. Guyed tower란 최근에 개발된 심해용 해양구조물 중의 하나로서 Fig. 1(a)와 같이 수평단면의 크기가 균일한 철타 tower와 이의 guynode에 수평지지를 제공하는 16~24개의 guylines로 구성되어 있는 구조물로서 유연성이 매우 큰 특성을 가지

고 있다. 이 구조물은 guying system의 비선형 복원력, 그리고 유동의 비선형 점성력 등으로 인해서 비선형계이다. Guyed tower의 비선형 랜덤해석방법은 유동의 랜덤시계열을 시뮬레이션한 후 이를 이용하는 시간영역 해법과^{1,2,3)} 비선형항의 선형화를 통한 주파수영역해법^{4,5,6)}으로 나눌 수 있다. 전자의 방법은 선형화 과정이 없이 바로 비선형 운동방정식의 해를 얻을 수 있는 점에서 후자의 방법보다 더 정확한 기법으로 판단되나 계산상에 많은 시간이 소요되는

⁺ 1986년도 한국해양공학회 추계 학술대회 발표(1986년 12월)

** 학생회원, 한국과학기술원 박사과정

*** 정회원, 한국과학기술원 토목공학과

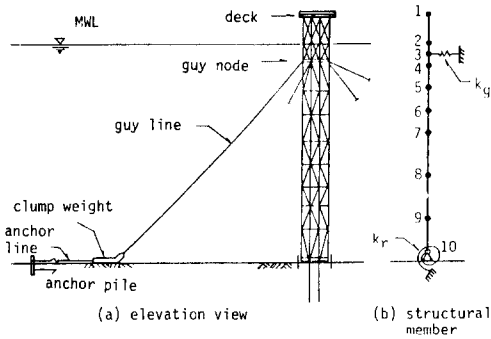


Fig. 1 Guyed tower and its structural model

문제점이 있다. 본 연구에서는 주파수 영역해법을 사용하였으며, 이에 수반되는 비선형 항들의 선형화 과정에서 정적성분인 조류의 영향과 동적성분인 파도에 의한 영향을 함께 처리하는 개선된 방법이 연구되었다. 구체적으로 언급하면 guyline system의 비선형 복원력의 선형화를 위하여 아래의 두가지 방법이 제안되었다. 등가선형법(equivalent linearization method)에서는 선형화에 따른 오차의 제곱의 기대치를 최소화 하도록 선형화계수들을 산정하였으며, 평균강도법(average stiffness method)에서는 동적 거동의 적절한 범위내에서 stiffness의 평균값을 취하는 방법을 택하였다. 파동의 비선형 점성력의 선형화 과정에서는 유동의 파도(wave)와 조류(current)성분을 동시에 고려하는 기법을 사용하였다.

예제 허석은 수심 300m의 저점에 위치한 가상적인

구조물에 대하여 수행되었으며, 여러 해상조건에 대하여 구조물의 변위 및 휨모멘트의 transfer function 과 이들의 최대기대치들을 구하였고 각 방법에 따른 결과들을 비교하였다.

2. 구조모형 및 운동방정식

Fig. 1(a)와 같은 구조물을 Fig. 1(b)처럼 수직 평면상에서 집중질량을 가지는 하나의 등가기둥(equivalent stick model)으로 단순화하였다. 강성행렬에 tower구조의 기하학적 강성(geometric stiffness)을 포함시킴으로써 수직하중의 영향을 고려하였으며 guyline system은 guynode에 수평방향으로 부착된 비선형 스프링요소로 나타내었다. Guyline system의 복원력곡선은 guyline들의 static catenary방정식으로 부터 계산되었다. Fig. 2에 보인 그 결과를 고찰하면 guynode에서의 offset이 약 4.5m 이상되면 강성이 급격히 감소하는 비선형특성을 가짐을 알 수 있는데, 이는 offset이 약 4.5m 이상되면 상류쪽 guyline의 clump-weight가 해면으로부터 완전히 뜰리게 되기 때문이다. pile 기초는 문헌 3에서처럼 tower중상부에 집중된 group pile로 이루어졌다고 가정하였으며, 이를 tower의 해저면에 작용에는 회전방향의 스프링요소로 나타내었다.

위와같은 구조모형의 운동방정식은 다음과 같이 구해진다.

$$[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} + \{1_g\}R(X_g)$$

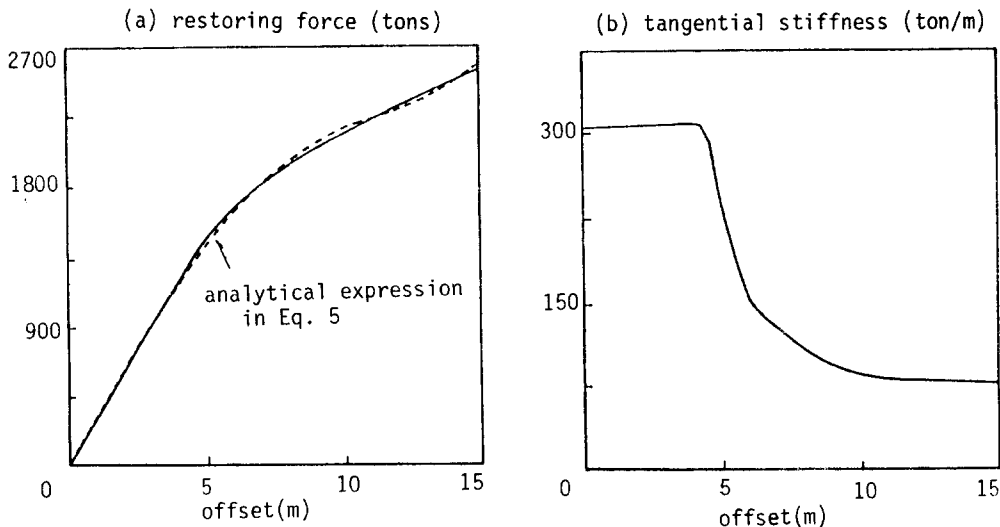


Fig.2 Horizontal restoring force of guying system (twenty guylines of 12.5cm in diameter, 160tons-36m long distributed clump)

$$= \{F_{wc}\} + \{F_{wd}\} \quad (1)$$

여기서

$\{x\}, \{\dot{x}\}, \{\ddot{x}\}$ = 구조물의 수평변위, 속도, 가속도벡터

$[M]$ = 구조물의 질량행렬

$[C]$ = 구조적 감쇠행렬

$[K]$ = tower의 강성행렬

$\{F_{wc}\}, \{F_{wd}\}$ = 파도 및 조류에 의한 파동력벡터와 풍하중벡터

$R(X_g)$ = guying system의 비선형복원력

$\{1_g\}$ = guynode motion에 대해서 1, 나머지는 0인 상수벡터이다.

3. 비선형파동력의 선형화

파동력벡터는 Morison방정식을 사용하면 다음과 같이 구할수 있다.^{7,8,9)}

$$\{F_{wc}\} = \left[\frac{1}{2} \rho C_d A \right] \{ (V_w + V_c - X) | V_w + V_c - X | \} + [\rho C_m \Gamma] \{ \dot{V}_w \} - [\rho (C_m - 1) \Gamma] \{ X \} \quad (2)$$

여기서

$\{V_w\}, \{\dot{V}_w\}$ = 유동의 속도, 가속도

$\{V_c\}$ = 조류의 속도

A, Γ = 구조물의 projected area, displaced volume

C_d, C_m = 유동의 점성 및 관성계수 이다.

식(2)의 첫 항에서 보는 바와 같이 점성력 항으로 인하여 파동력은 비선형이다. 본 논문에서는 주파수 영역해석을 위해서 위의 비선형항을 선형화기법을 사용하여 선형화하였는데 이때 시간에 따라 변하는 파동성분과 시간에 일정한 조류성분을 동시에 고려하는 기법을 사용하여 아래와 같이 선형화했다.¹⁰⁾

$$\frac{1}{2} \rho C_d A_i (V_{w_i} + V_{c_i} - X_i) | V_{w_i} + V_{c_i} - X_i | \approx \{ C_{1_i} (V_{w_i} - X_i) + C_{2_i} V_{c_i} \} \quad (3)$$

식(3)에서 절점 i 에서의 선형화계수들은 아래와 같으며

$$C_{1_i} = \frac{1}{2} \rho C_d A_i \left[\sqrt{\frac{\sum \sigma_{r_i}}{\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2} \left(\frac{V_{c_i}}{\sigma_{r_i}}\right)^2\right\} + 2V_{c_i} \operatorname{erf}\left(\frac{V_{c_i}}{\sqrt{2}\sigma_{r_i}}\right) \right] \quad (3a)$$

$$C_{2_i} = \frac{1}{2} \rho C_d A_i \left[\sqrt{\frac{2}{\pi}} \sigma_{r_i} \exp\left\{-\frac{1}{2} \left(\frac{V_{c_i}}{\sigma_{r_i}}\right)^2\right\} + V_{c_i} \left\{ 1 + \left(\frac{\sigma_{r_i}}{V_{c_i}}\right)^2 \right\} \operatorname{erf}\left(\frac{V_{c_i}}{\sqrt{2}\sigma_{r_i}}\right) \right] \quad (3b)$$

이때 σ_{r_i} 는 구조물에 대한 유동의 상대속도 ($r_i = V_{w_i} - X_i$)의 표준편차이며 $\operatorname{erf}(\cdot)$ 는 error function

을 나타낸다.

4. Nonlinear Mooring Force의 선형화

Guying system의 비선형복원력을 선형화하는데 있어서는 다음과 같은 두가지의 방법을 사용하였다.

등가선형법(equivalent linearization method)

비선형복원력, $R(X_g)$,을 선형화오차의 제곱의 기대치를 최소화하는 기법을 사용하여 다음과 같이 선형화하였는데, 이때 guynode의 변위(X_g)에 대한 1차항과 상수항(R_o)으로 나타내었다.

$$R(X_g) \approx k_{eq} X_g + R_o \quad (4)$$

여기서

$$k_{eq} = \frac{E\{X_g R(X_g)\} - E\{X_g\}E\{R(X_g)\}}{E\{X_g^2\} - E^2\{X_g\}} \quad (4a)$$

$$R_o = \frac{E\{X_g^2\}E\{R(X_g)\} - E\{X_g\}E\{X_g R(X_g)\}}{E\{X_g^2\} - E^2\{X_g\}} \quad (4b)$$

식(4a)와 (4b)에서 $E\{\cdot\}$ 는 확률적 기대치를 의미하며 이들의 산정시 계산의 효율성을 위하여 비선형복원력곡선을 다음과 같이 X_g 에 대한 5차다항식으로 나타내었다.

$$R(X_g) \approx k_o X_g + d_1 X_g^3 + d_2 X_g^5 \quad (5)$$

여기서 k_o, d_1, d_2 는 least square fitting 기법으로 결정될 수 있으며, 그 결과로부터 구한 복원력곡선은 Fig. 2(a)에 보인 바와 같다. X_g 를 Gaussian 과정이라고 가정하면 식(4a)와 (4b)는 각각 X_g 의 평균(\bar{X}_g)과 표준편차(σ_{x_g})의 항들로 아래와 같이 산정될 수 있다.

$$k_{eq} = k_o + 3d_1(\bar{X}_g^2 + \sigma_{x_g}^2) + 5d_2(\bar{X}_g^4 + 6\bar{X}_g^2\sigma_{x_g}^2 + 3\sigma_{x_g}^4) \quad (6a)$$

$$R_o = -2d_1 \bar{X}_g^3 - 4d_2(\bar{X}_g^5 + 5\bar{X}_g^3\sigma_{x_g}^2) \quad (6b)$$

평균강도법(average stiffness method)

이 방법에서는 정적하중인 풍력과 조류력으로 인한 guynode의 정적변위 X_{gs} 와 이를 중심으로 동하중인 파동력에 의한 구조물의 동적변위의 적절한 구간 내에서 guying stiffness의 평균치, k_{av} 를 취하여 아래와 같이 비선형복원력을 선형화하였다.

$$R(X_g) \approx k_{av}(X_g - X_{gs}) + R(X_{gs}) \quad (7)$$

$$k_{av} = \frac{1}{2\alpha\sigma_{x_g}} \int_{X_{gs} - \alpha\sigma_{x_g}}^{X_{gs} + \alpha\sigma_{x_g}} k_T(X_g) dX_g \quad (7a)$$

여기서 $k_T(X_g)$ 는 tangential stiffness이며 (Fig. 2b),

지수 α 를 본 연구에서는 1로 택하였다.

5. 랜덤파랑하중에 대한 동적거동

식(3)과 (4)를 식(1)에 대입하고 정리하면 다음과 같은 선형운동방정식을 얻게 된다.

$$\begin{aligned} [M+M_d]\{X\} + [C+C_1]\{\dot{X}\} + [K]\{X\} + \{1_g\}k_{eq}X_g \\ = [C_1]\{V_w\} + [\rho C_m \mathcal{V}]\{\dot{V}_w\} + [C_2]\{V_c\} - \{1_g\}R_o \\ + \{F_{wd}\} \end{aligned} \quad (8)$$

여기서, M_d 는 부가질량(= $\rho C_m - 1$) \mathcal{V})이다.

선형인 식(8)의 해는 동적성분과 정적성분의 두 부분의 합으로 다음과 같이 나누어 해석할 수 있으며,

$$\{X\} = \{X_d\} + \{X_s\} \quad (9)$$

각각의 성분은 아래 식으로부터 산출될 수 있다.

$$\begin{aligned} [M+M_d]\{X_d\} + [C+C_1]\{\dot{X}_d\} + [K]\{X_d\} \\ + \{1_g\}k_{eq} X_{gd} = [C_1]\{V_w\} + [\rho C_m \mathcal{V}]\{\dot{V}_w\} \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} [K]\{X_s\} + \{1_g\}k_{eq} X_{gs} = [C_2]\{V_c\} - \{1_g\}R_o \\ + \{F_{wd}\} \end{aligned} \quad (11)$$

랜덤파동력에 대한 동적거동의 스펙트럼은 식(10)으로부터 주파수영역방법으로 계산할 수 있으며, 보다 효율적인 계산을 위해서 모우드중첩법을 사용하였다. 이때 선형화계수, k_{eq} 와 $[C_1]$ 은 식(3), (6)과 같이 거동의 평균치 및 표준편차로 나타내지므로 반복과정의 계산을 통하여 얻어질 수 있다. 파동력 스펙트럼은 유동의 속도 및 가속도의 스펙트럼으로부터, 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} [S_{FF}(\omega)] = [C_1][S_{v_w v_w}(\omega)][C_1] + [C_1][S_{v_w v_w}(\omega)] \\ [\rho C_m \mathcal{V}] + [\rho C_m \mathcal{V}][S_{v_w v_w}(\omega)][C_1] \\ + [\rho C_m \mathcal{V}][S_{v_w v_w}(\omega)][\rho C_m \mathcal{V}] \end{aligned} \quad (12)$$

여기서 절점 j, k 에서의 유동의 속도 및 가속도의 cross-spectrum은 선형파이론을 사용하면 다음의 식(13)으로 나타낼 수 있다.⁸⁾

$$S_{v_j v_k}(\omega) = \omega^2 S_{\eta \eta}(\omega) \exp\left\{-\frac{\omega^2}{g}(y_j + y_k)\right\} \quad (13a)$$

$$S_{v_j v_k}(\omega) = \omega^2 S_{v_j v_k}(\omega) \quad (13b)$$

$$S_{v_j v_k}(\omega) = i\omega S_{v_j v_k}(\omega) \quad (13c)$$

$$S_{v_j v_k}(\omega) = -i\omega S_{v_j v_k}(\omega) \quad (13d)$$

여기서 $S_{\eta \eta}(\omega)$ 는 파고스펙트럼으로서 본 논문에서는 Pierson-Moskowitz의 spectrum¹¹⁾을 사용하였으며, y_j 와 y_k 는 각각 절점 j, k 에서의 수직좌표값이다.

식(10)과 식(13)을 이용하여 구조물의 동적거동에 대한 스펙트럼을 구한후 그 결과로부터 구조물거동의 표준편차, σ_{xd} ,를 산정하였으며, 구조물거동의 예상최대값은 근사적으로 아래와 같이 정적거동 X_s ,

에 4배의 표준편차를 합한 값으로 하였다. 이값은 대체적으로 1,300개의 극대값(peak)에 대한 예상 최대값에 해당한다.

$$E(\max|X|) = X_s + 4\sigma_{xd} \quad (14)$$

6. 예제해석과 검토

예제해석은 수심 300m 지점에 위치한 가상적인 guyed tower에 대하여 수행되었다. Fig. 1은 구조물 및 단순화한 구조모형을 보인 것이며, 그 계원은 표 1에 요약하였다. Fig. 2(a)는 정력학적 계류선해석으로부터 구한 guyline system의 비선형복원력곡선과, 이 곡선에 대한 식(5)의 5차다항식으로 나타낸 근사곡선을 보인 것인데 두 곡선이 매우 유사함을 알 수 있다. Fig. 2(b)는 수평복원력의 tangential stiffness를 보인 것이다. pile 기초로 인한 tower의 해저면에서의 회전강성은 $10^6 \text{ ton}\cdot\text{m}/\text{rad}$ 으로 택하였다.⁹⁾ 구조물의 동적거동은 선형계로부터 구한 처음 4개의 고유진동모우드를 사용하고 앞에서 기술한 선형화기법을 이용한 주파수영역해법으로 해석되었으나, 비교의 목적으로 랜덤유동의 simulated time history를 이용하여 비선형거동을 시간영역에서 해

Table 1 structural properties (tons, m)

No.	El	Mass	I	A	∇
1	30	535	328	—	—
2	0	350	328	734	445
3	-15	362	328	1468	890
4	-30	674	259	2239	1991
5	-60	1009	259	3010	5093
6	-90	1009	259	3010	5093
7	-120	1138	259	3772	4086
8	-180	1269	259	4534	3077
9	-240	1269	259	4534	3077
10	-300				

I = moment of inertia of a section

A = projected area

∇ = displaced volume

$C_d = 1.4, C_m = 2.0$

El = elevation

석하는 기법^{8,12)}도 아울러 사용되었다. 이때 각 파고 조건에 대해서 물 입자의 속도 및 가속도에 대한 1072.3 sec 동안의 랜덤시계열을 Monte Carlo기법으로써 시뮬레이션 하였다. Parameter study를 위해 유의파고 (H_s)는 3m, 6m, 9m와 12m의 값들을 취하였으며 조류속도의 분포는 Fig. 3과 같이 3가지의 다른 값들이 고려되었다.

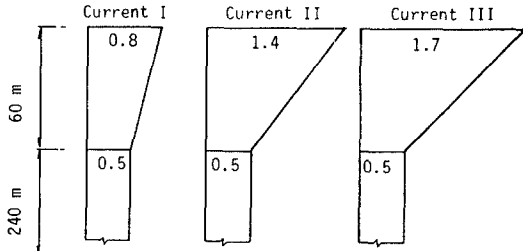


Fig. 3 Current velocity profiles (m/sec)

Table 2a Natural periods vs wave conditions

Wave conditions(m)	First period (sec)	Second period (sec)
$H_s=3$	25.9	3.08
$H_s=6$	27.4	3.08
$H_s=12$	29.9	3.08

Note: Current condition II is used

Table 2b Natural periods vs current conditions

Current conditions	First period (sec)	Second period (sec)
I	25.9	3.08
II	29.9	3.08
III	37.2	3.08

Note: $H_s=12m$

Table 2a는 파고조건에 따라 다른 처음 2개의 고유진동주기를 보인 것이며 Table 2b는 서로 다른 조류조건들에 대한 고유진동주기의 값들을 비교한 것이다. 이 결과에 의하면 tower의 강제최진운동과 관련

된 제1 고유진동주기는 파고조건에 변화에 대해서는 큰 차이가 없으나 조류조건에 따라서 25.9 sec에서 37.2 sec까지 크게 변함을 보였다. 반면 tower의 휨 변형과 관련된 제2 고유진동주기는 3.08 sec로서 여러가지의 파고 및 조류조건에서 일정하게 나타났다.

Fig. 4와 5는 각각 여러가지 파고와 조류조건에 있어서 deck의 변위와 tower중상부(node 8)의 휨모멘트에 대한 transfer function을 보인 것이다. Fig. 4(a)와 4(b)는 파고조건에 따라서 transfer function이 크게 변하지 않았음을 보이는 반면, Fig. 5(a)와 5(b)는 조류조건에 따라서는 이들이 크게 변함을 보여주고 있다. 또한 조류의 크기가 증가하면 휨모멘트에 대한 전달함수값도 크게 증가함을 알 수 있는데, 이는 식(3a)에서 보는바와 같이 조류속도의 증가에 따라 파동과 관련되는 선형유동계수([C_i])가 증가하기 때문으로 판단된다. 이 결과들은 guyed tower의 비선형거동이 파고조건보다는 조류조건에 보다 크게 의존함을 나타낸다.

Fig. 6(a)와 6(b)는 하나의 파고 및 조류조건에 대하여 ($H_s=12m$, current II) tower의 높이에 따른 변위와 휨모멘트의 예상 최대 및 최소값을 보인 것인데, 두가지의 주파수영역방법에 의한 결과가 공히 비선형거동을 시간영역에서 해석한 결과와 매우 근사함을 보여 본 연구에서 제안한 선형화기법이 타당함을 알 수 있었다.

Fig. 7과 8에서는 각각 여러가지 파고와 조류조건에 대하여 구한 구조물거동의 최대 및 최소 기대치들

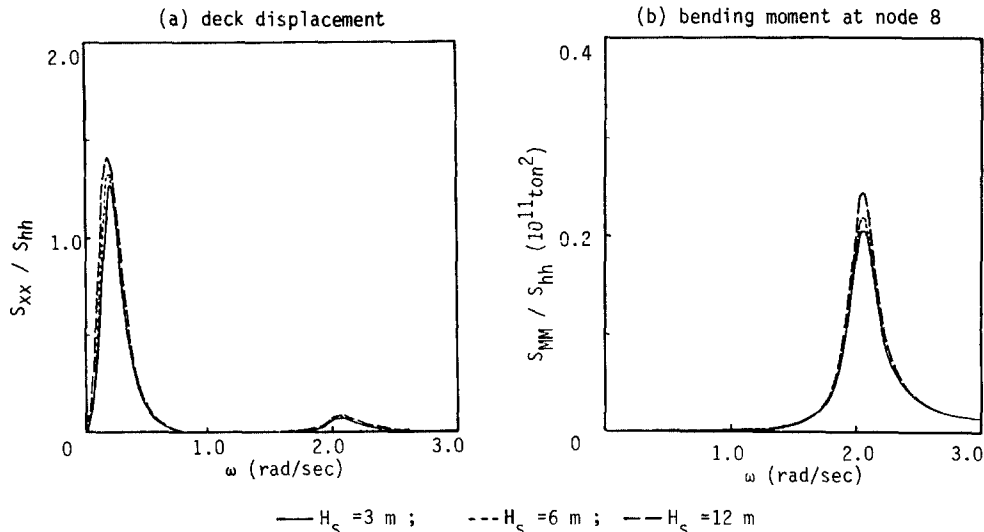


Fig. 4 Transfer functions for different seastate conditions(using current II and equivalent linearization method)

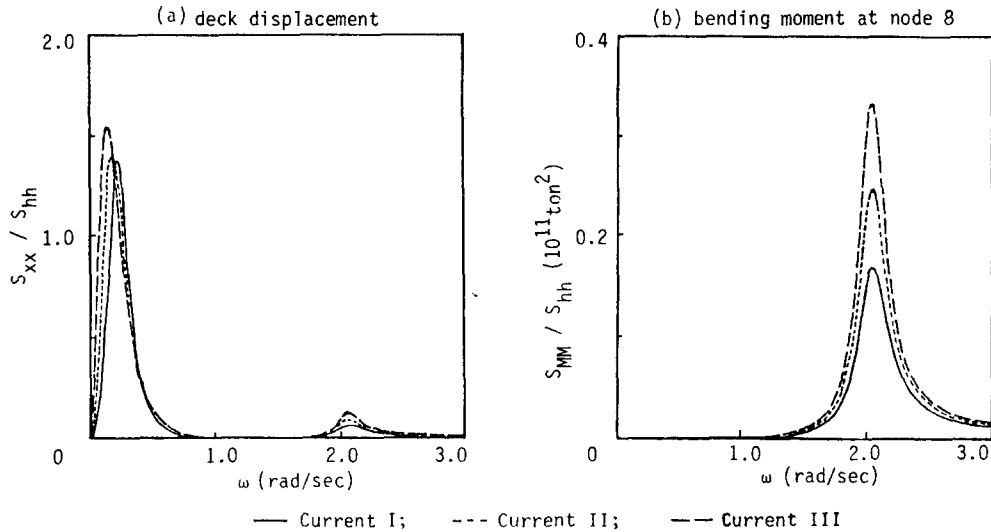


Fig. 5 Transfer functions for different current profiles (using $H_s=12m$ and equivalent linearization method)

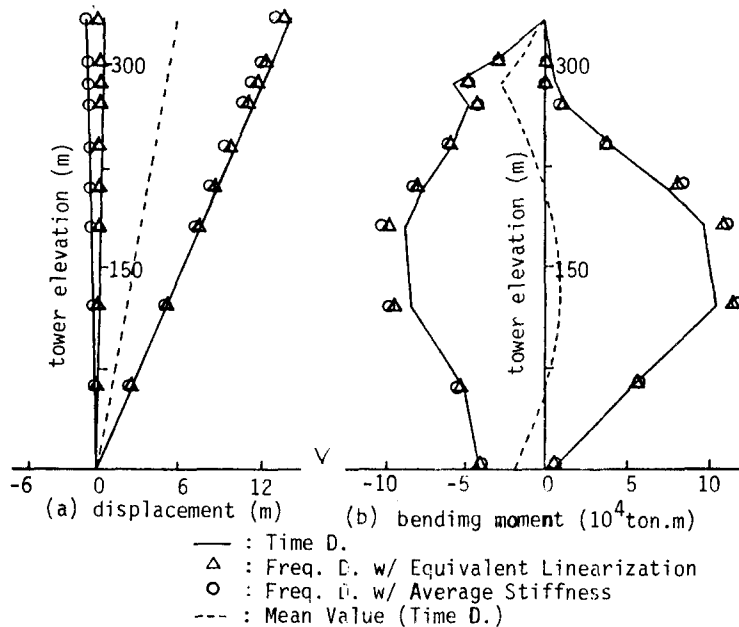


Fig. 6 Expected max. and min. responses along the tower ($H_s=12m$, current II)

을 보인 것인데 앞의 결과와 마찬가지로 두가지의 주파수영역해법의 결과가 시간영역에 의한 결과와 잘 일치함을 보여주고 있다. Fig. 7은 구조물의 동적 거동이 파고의 증가에 따라 거의 선형적으로 증가함을 보여주고 있다. 한편 Fig. 8은 파고조건이 일정한 경우에도 정적성분인 조류의 증가에 따라 구조물의 동적거동의 진폭이(특히 휨모멘트) 상당히 증

가하는 비선형특성을 보여주고 있다.

본 연구에서 제안된 주파수영역방법은 전산해석상에 효율성이 크음을 알 수 있었다. 즉 이 방법으로는 하나의 파고조건에 대한 거동의 계산에 있어서 VAX 11-730 기종으로 8 CPU minutes 이 소요되었으나, 시간영역방법에서는 33 CPU minutes 이 소요되었다.

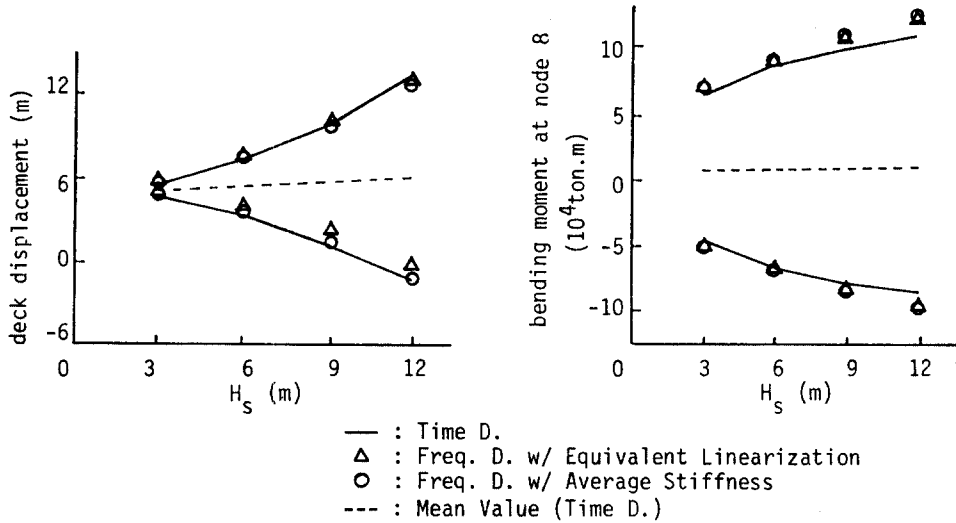


Fig. 7 Expected max. and min. responses vs significant wave height (current II)

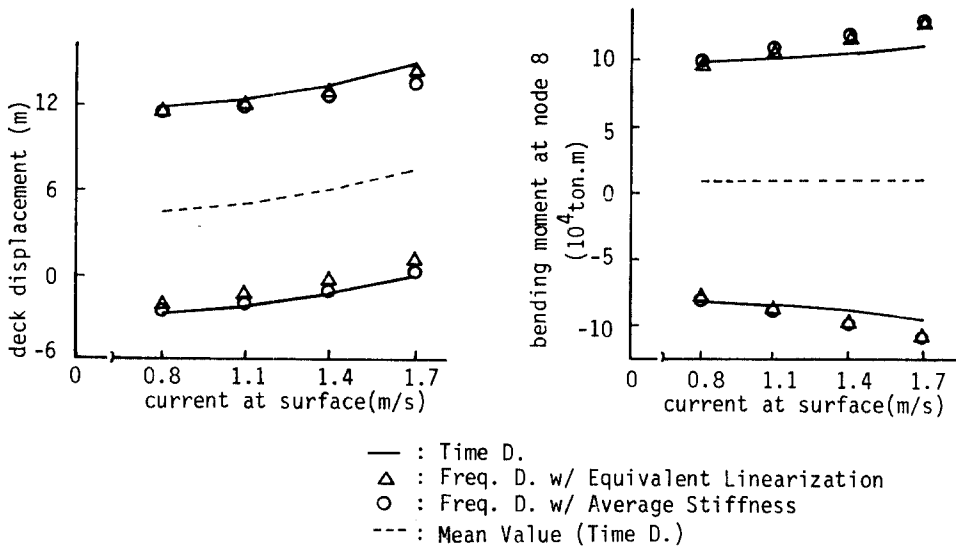


Fig. 8 Expected max. and min. responses vs current conditions ($H_s=12m$)

7. 결 론

본 논문에서는 랜덤파랑하중에 대한 심해용 guyed tower의 주파수영역해석을 위하여, 정적 및 동적거동을 동시에 적절히 해석할 수 있는 guying system의 비선형강성에 대한 두가지의 선형화기법이 제안되었다. 예제해석의 결과는 유동의 simulated time history를 이용하여 비선형운동방정식을 시간영역에서 해석한 결과와 비교하여 좋은 일치율을 보이고 있어, 본 방법들이 매우 타당함을 알 수 있었다. 여러

가지 파고조건에 대한 해석결과, 구조물의 동적거동이 파고조건에 따라 거의 선형적으로 변함을 알 수 있었으며, 아울러 파고조건이 일정한 경우에도 정적 유동성분인 조류의 크기가 증가함에 따라 tower의 휨모멘트의 동적진폭이 상당히 크게 증가됨을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1) Finn, L.D., "A New Deep water Offshore

- Platform-The Guyed Tower”, OTC 2688, Off-shore Technology Conference, May 1976
- 2) Mangiavacchi, A., P. A. Abbott and S.Y. Hanna, “Design Criteria of A File Founded Guyed Tower”, OTC 3882, Offshore Technology Conference, May 1980
 - 3) Glasscock, M.S., et al., “Design of the Lena Guyed Tower”, OTC 4650, Offshore Technology Conference, May 1984
 - 4) Smith, E. and R. Sigbjornsson, “Nonlinear Stochastic Analysis of Compliant Platforms”, OTC 3801, Offshore Technology Conference, May 1980
 - 5) Basu, A.K., “Response of Guyed Tower to Wave Loading”, Proc. Second International Offshore Mechanics and Arctic Engineering Symposium, Houston, 1983
 - 6) Mo, O. and T. Moan, “Environmental Load Effect Analysis of Guyed Towers”, Proc. Third International Offshore Mechanics and Arctic Engineering Symposium, New Orleans, 1984
 - 7) Morison, J.R., et al., “The Forces Exerted by Surface Wave on Piles”, Petroleum Transactions, AIME, Vol. 189, 1950.
 - 8) Malhotra, A.K. and J. Penzien, “Nondeterministic Analysis of Offshore Structures”, J. Engineering Mechanics, ASCE, EM6, 1970
 - 9) Chakrabarti, S.K., “Discussion, Nondeterministic Analysis of Offshore Structures”, J. Engineering Mechanics, ASCE, June 1971
 - 10) Krolkowski, L.P. and T.A. Gay, “An Improved Linearization Technique for Frequency Domain Riser Analysis”, OTC 3777, Offshore Technology Conference, May 1984
 - 11) Pierson, W.J. and L.A. Moskowitz, “A Proposed Spectral Form for Fully Developed Wind Seas Based on the Similarity Theory of S.A. Kitaigorodskii”, J. Geophysical Research, Vol. 69, No. 24, 1964
 - 12) Shinozuka, M., C. Yun and R. Vaicaitis, “Dynamic Analysis of Offshore Structures Subjected to Wind Generated Waves”, J. of Structural Mechanics, pp.135-146, 1977



韓國海洋工學會誌 投稿案内

1. 원고내용 : 論文, 論說, 展望, 解說, 講座, 資料, 技術報告, 座談會記錄, 紀行文, 見學 및 參觀記, 國內外뉴스, 會員의 소리, 其他 등의 海洋工學 및 관련된 工業에 관한 內容
2. 원고의 양 : 200자 원고지 40매 내외(표 및 그림 포함)
3. 작성요령 : 원고지 및 타이핑(워드프로세스 포함)으로 작성할 것.
4. 원고마감 : 수시 접수
5. 제출처 : 본 학회 사무국(전화 : (051) 205-2325)
부산시 사하구 하단동 840 동아대학교 공과대학 내
사단법인 한국해양공학회

※ 원고작성은 한국해양공학회지 집필요강(본지, 제1권 제1호)을 준수하여 주십시오.