

모드중첩법을 이용한 정수중의 매트형 거대부유구조물의 동하중에 대한 시간영역 유탄성 해석

이동환*, 조경남**, 최윤락***, 홍사영****, 최항순*****

A Time Domain Analysis for Hydroelastic Behavior of a Mat-type Large Floating Structure in Calm Water under Dynamic Loadings by Mode Superposition Method

D.H. Lee*, K.N. Jo**, Y.R. Choi***, S.Y. Hong**** and H.S. Choi*****

요 약

본 논문에서는 매트형 거대 부유식 구조물의 동적 응답을 모드중첩법을 이용하여 시간영역에서 해석하였다. 동유체력의 시간기억함수는 고차경계요소법으로 계산한 동유체감쇠력을 푸리에변환하여 구하였으며, 구조물의 동적 응답은 해석적으로 유도한 고유 모드를 시간적분하여 산정하였다. 해석법을 검증하기 위하여 집중하중이 순간적으로 제거되는 경우, 집중하중이 충격적으로 가해지는 경우, 그리고 집중하중이 등속으로 일정거리를 움직인 경우 등 3가지에 대하여 계산을 수행하였다. 이렇게 얻은 수치결과는 3가지 경우 모두 모형에 대한 실험치와 잘 일치하였다.

*Keywords: Hydroelastic Behavior(유탄성 응답), Mode Superposition(모드중첩), Time Domain Analysis(시간영역해석)

Abstract

In this paper, the hydroelastic behavior of a mat-type large floating structure is analyzed in time domain by using mode superposition method. The time-memory function is estimated by Fourier transforming the wave damping coefficients, which are computed by a higher-order boundary element method based on potential theory. Meanwhile, the structural response is obtained by time integrating the

접수일자 : 2001년 4월 18일, 승인일자: 2001년 9월 21일

*학생회원, 서울대학교 대학원 조선해양공학과 박사과정(E-mail: leedh@plaza.snu.ac.kr)

**학생회원, 서울대학교 대학원 조선해양공학과 석사과정(E-mail: oceanpow@oceanpow.snu.ac.kr)

***정회원, 한국해양연구원 해양시스템안전연구소(E-mail: yrchoi@kriso.re.kr)

****정회원, 한국해양연구원 해양시스템안전연구소(E-mail: sayhong@kriso.re.kr)

***** 정회원, 서울대학교 해양시스템공학연구소 교수(E-mail: hschoi@plaza.snu.ac.kr)

eigenmodes of the structure. Numerical examples are made for three test cases on the scaled model of a mat-type large floating structure : weight pull-up case, weight drop case and weight moving case. In all three cases, the numerical results coincide well with experimental data.

1. 서론

거대 부유식 구조물은 해상공항, 해상항만, 해상물류기지, 해상전시관, 해양도시 등 여러 가지 목적의 해양공간으로 활용될 수 있다. 예를 들어 일본에서는 조선소와 제철사가 「메가 플로트 연구조합」을 결성하여 해상공항으로 활용할 목적으로 요코스카 앞바다에 길이 300m, 폭 60m, 두께 2m 인 매트형 구조물을 제작 설치하여 연구를 수행하였고, 이어서 길이가 1,200m에 달하는 2 단계 실험 모델을 건조하여 경비행기의 이착륙 실험이 수행된 바 있다.

이러한 거대 부유식 구조물이 그 기능을 적절히 수행하기 위해서는 충분한 공간이 필요하다. 예를 들어 상술한 해상공항의 경우 점보 여객기의 이착륙에 필요한 활주로의 길이는 약 3km로 이에 따른 부대시설까지 고려하면 그 규모가 대략 4km 가 됨을 알 수 있다. 종전에 주로 사용해오던 강제동역학은 이러한 거대 부유체에 적용하기에 적절하지 못함은 자명하다. 왜냐하면 구조물의 길이에 대한 두께의 비가 1/100 이하여서 구조물의 강성이 크게 줄어들어 구조물의 저차 고유진동수가 입사파의 진동수에 가까워져 국부 진동응답이 매우 크기 때문이다.

거대 부유체와 관련된 연구는 Ando(1983) 등에 의해서 부유식 공항에 대한 개념이 제시되면서 활발하게 수행되기 시작하였다. 이러한 거대 부유체 연구에서 가장 중요한 요소는 상호작용에 대한 올바른 규명이라 할 수 있다. 이에 대한 몇 가지 연구의 예를 살펴보면, Lee & Webster(1994)는 포텐셜이론을 이용하여 국부진동에 의한 교란을 직접 평가하는 방법을 제시하였고, 이호영 등(2000)은 모드중첩법과 압력분포법을 사용하여 이 문제에 접근하였다. 한편 심인환 등(1999)은

거대 부유체의 사파중 거동에서 전단변형의 영향을 포함시켜 고찰하였다.

이상의 연구는 구조물의 운동응답을 주파수영역에서 구하고자 하였으나, 항공기가 이착륙하는 경우에는 집중하중이 이동하고 파랑 하중과 같이 일정한 주기로 작용하지 않기 때문에 시간 영역에서의 해석이 필요하다. 이에 대하여 Yeung & Kim(1998)은 무한히 긴 판 구조물에 작용하는 집중하중에 대한 해석을 푸리에 변환을 사용하여 해석하였다. 이후 Kashiwagi(1999)는 앞에서 언급한 1단계 메가플로트에 대하여 시간 영역 그린 함수적분법을 사용하여 이에 대한 연구를 시도하였다. 또한 그는(2000) 시간 기억 함수를 이용한 그린 함수적분법을 이용한 해석을 전개하였다. 본 연구에서는 기본적으로는 Kashiwagi(2000)의 해법에 따라 시간영역해석을 수행하였으나, 고차경계법을 이용하여 동유체력을 보다 엄밀하게 계산하였으며, 길이방향의 모드 수를 9개까지 포함시켜 보다 엄밀하게 변형을 기술하고자 하였다. 계산 예로 일본 SRI에서 수행한 1단계 메가 플로트 실험모델을 택하여 실험치와 비교하였다.

2. 시간영역에서의 과도응답 해석

시간 영역 해석법은 시간 함수로 표시된 그린함수를 이용하여 계산하는 직접법과 주파수 영역에서 계산된 결과를 푸리에 변환을 통하여 구하는 간접법으로 나눌 수 있다. 직접법은 임의 형상의 물체에 대하여 모든 종류의 운동을 다룰 수 있으므로 범용적이라 할 수 있으나, 엄청나게 많은 계산시간이 요구된다. 또한 자유 수면 근처에서 해가 수렴되지 않고 발산하는 어려움을 지니고 있

다. 반면에 주파수 해법은 오랫동안 선박유체역학 분야에서 취급하여 왔으므로 그 해나 방법의 특징이 잘 알려져 있다는 장점이 있다.

구조물이 설치되는 해역에서 파고와 파 기울기가 비교적 작아 비선형성이 강하지 않다는 가정하에 거대 부유식 구조물에 작용하는 하중을 계산하기 위하여 속도 포텐셜, $\Phi(x, y, z, t)$ 을 도입한다. 이 속도 포텐셜은 라플라스 방정식과 적절한 경계조건을 만족하여야 한다. 수식전개에 사용한 좌표계를 Fig.1에 도시하였다. 조화운동을 가정하면 속도 포텐셜은 다음과 같이 기술된다.

$$\Phi = \text{Re}[\phi e^{i\omega t}] \quad (1)$$

그런데 제2 정리를 이용하면 속도 포텐셜은 적분 방정식의 해로 구할 수 있다.

$$\alpha\phi + \int_S G_n \phi dS = \int_S G_n \phi_n dS \quad (2)$$

위의 방정식은 특이주파수를 제외한 주파수 영역에서 해가 존재하므로 연산자 \mathbf{H} 를 이용하여 다음과 같이 간단히 표기하였다. 여기서 \mathbf{H} 는 ϕ_n 공간에서 ϕ 공간으로의 맵핑을 의미한다. \mathbf{H} 는 편상 실수부와 허수부로 나눌 수 있다.

$$\phi = \mathbf{H}\phi_n, \quad \mathbf{H} = \mathbf{H}_R - \frac{\mathbf{H}_i}{\omega} i \quad (3)$$

자매방정식과 경계조건을 만족하는 속도 포텐셜을 구하면 유체장에서의 속도와 가속도는 포텐셜의 정의로부터 구할 수 있다. 또한 베르누이 방정식으로부터 유동장내 임의의 위치에 작용하는 유체압력을 구할 수 있는데, 그 유체력은 다음에 전개될 판 방정식의 외력으로 작용한다. 본 논문에서는 수치해의 정확도를 높이면서 계산시간을 효율적으로 줄일 수 있는 고차경계요소법을 택하였다(Choi, et al., 2000).

평판의 수직 변위와 관련하여 물체표면에서의 수직방향 경계조건은 다음과 같이 표시된다.

$$\frac{\partial \Phi}{\partial z} = \frac{\partial w}{\partial t} \quad \text{on } z=0 \quad (4)$$

여기서 w 는 구조물의 수직 변위를 뜻한다.

평판의 운동 방정식을 기술하기 위하여 모든 물리량을 밀도 ρ , 중력가속도 g , 그리고 구조물

길이의 반인 $L/2$ 로 무차원화 시켰다. 무차원화된 평판의 운동방정식은 다음과 같다.

$$m \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + D \nabla^4 w = -p + p_E \quad (5)$$

여기서 m 은 단위 면적당 질량을 나타내며, D 는 평판의 굽힘 강성이다. 평판에 작용하는 하중은 유체력과 외력으로 나누었다. 여기서 유체력은 동유체력과 유체정압의 합으로 기술할 수 있다.

$$p = -\frac{\partial \Phi}{\partial t} + w \quad (6)$$

식(3)에 표시한 속도 포텐셜과 평판의 운동 방정식(5)를 결합하기 위하여 평판의 운동 또한 조화운동으로 가정한다.

$$w(x, y, t) = W(x, y) e^{i\omega t} \quad (7)$$

이에 따라 식(5)를 다시 정리하면 다음과 같은 평판의 조화 운동 방정식을 구할 수 있다.

$$-m\omega^2 W + D \nabla^4 W = -i\omega \phi + W + P_E \quad (8)$$

여기서 물체 경계조건($-\frac{\partial \phi}{\partial z} = i\omega W$)을 고려하여 식(3)의 속도 포텐셜을 식(8)에 대입하면 평판의 변위와 관련된 방정식을 유도할 수 있다.

$$\begin{aligned} -m\omega^2 W + D \nabla^4 W &= \omega^2 \mathbf{H} W + W + P_E \\ &= \omega^2 \mathbf{H}_R W - i\omega \mathbf{H}_i W + W + P_E \end{aligned} \quad (9)$$

윗식을 통하여 \mathbf{H} 의 실수부와 허수부는 각각 부가질량과 감쇠계수라는 물리적 의미를 가짐을 알 수 있다. 식(9)를 푸리에 역변환함으로써 평판의 과도응답에 대한 운동방정식을 구할 수 있다. 본 연구에서는 고유함수 전개법을 이용하여 시간기역 함수를 도입한다.

3. 고유함수 전개법

구조물의 동적응답은 모드 중첩법으로

$$w(x, y, t) = \sum_j u_j(t) w_j(x, y) \quad (10)$$

와 같이 표시할 수 있다. 모드함수의 특성인 x-y 방향에 대한 직교성을 가정하여

$$w_j(x, y) = v_m(x) v_n(y) \quad (11)$$

로 세분하여 표시할 수 있다(이동연, 최항순, 1998). 여기서 x 방향 모드 함수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 v_0(x) &= \frac{1}{2} \\
 v_1(x) &= \frac{\sqrt{3}}{2} x \\
 v_{2m}(x) &= \frac{1}{2} \left[\frac{\cos k_{2m}x}{\cos k_{2m}} + \frac{\cosh k_{2m}x}{\cosh k_{2m}} \right] \quad (12) \\
 v_{2m+1}(x) &= \frac{1}{2} \left[\frac{\sin k_{2m+1}x}{\sin k_{2m+1}} + \frac{\sinh k_{2m+1}x}{\sinh k_{2m+1}} \right]
 \end{aligned}$$

윗 식에 나타난 파수 k_m 은 아래에 제시한 특성방정식을 만족시키는 양의 근들이다.

$$(-1)^m \tan k_m + \tanh k_m = 0 \quad (13)$$

이 식으로부터 0차 모드는 상하 수직운동을, 1차 모드는 피치운동을 그리고 2차모드 이상은 꼭지점의 갯수가 해당 차수보다 하나씩 적은 탄성운동을 의미한다. 한편 y방향 모드함수는 위에 표시한 x 방향 함수와 유사하게 표시된다.

조화 운동을 가정하면 식(10)은 다음과 같이 기술된다.

$$W(x, y, \omega) = \sum_j U_j(\omega) w_j(x, y) \quad (14)$$

$$\begin{aligned}
 & \text{식(14)를 식(9)에 대입하여 다시 정리하면} \\
 & -m\omega^2 w_j U_j + D\nabla^4 w_j U_j \\
 & = \omega^2 H_R w_j U_j - i\omega H_I w_j U_j + w_j U_j + P_E
 \end{aligned} \quad (15)$$

와 같다.

고유함수 w_i 를 곱해서 평판 면적에 대하여 적분을 수행하면 부가질량과 감쇠계수 등을 포함한 운동방정식을 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 & -\omega^2 (M_{ij} + A_{ij}) U_j + i\omega B_{ij} U_j \\
 & + (DS_{ij} + C_{ij}) U_j = P_{Ei}
 \end{aligned} \quad (16)$$

여기서 각 행렬은 다음과 같이 정의된다.

$$M_{ij} = \iint m w_j w_i dS \quad (17)$$

$$A_{ij} = \iint H_R w_j w_i dS \quad (18)$$

$$B_{ij} = \iint H_I w_j w_i dS \quad (19)$$

$$S_{ij} = \iint \nabla^4 w_j w_i dS \quad (20)$$

$$C_{ij} = \iint w_j w_i dS \quad (21)$$

$$P_{Ei} = \iint P_E w_i dS \quad (22)$$

특히 S_{ij} 는 평판 끝단에서 굽힘응력과 전단응력이 영이라는 조건을 부가하기 위하여 부분적분을 수행한다(Kashiwagi, 2000).

$$\begin{aligned}
 S_{ij} &= \iint_{S_H} \nabla^2 w_i \nabla^2 w_j dx dy \\
 &- (1-\nu) \iint_{S_H} \left\{ \frac{\partial^2 w_i}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w_j}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w_i}{\partial y^2} \frac{\partial^2 w_j}{\partial x^2} \right. \\
 &\left. - 2 \frac{\partial^2 w_i}{\partial x \partial y} \frac{\partial^2 w_j}{\partial x \partial y} \right\} dx dy \quad (23)
 \end{aligned}$$

식(16)은 전통적인 부유체 강체 운동 방정식과 동일한 형태를 가진다. 이 식을 푸리에 역변환하면 시간 기억함수를 포함한 과도응답 운동 방정식을 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 [M_{ij} + A_{ij}(\infty)] \ddot{u}_j(t) + \int_{-\infty}^t K_{ij}(t-\tau) \dot{u}_j(\tau) d\tau \\
 + (DS_{ij} + C_{ij}) u_j(t) = p_{Ei}(t)
 \end{aligned} \quad (24)$$

한편 시간기억함수는 잘 알려져 있는 바와 같이 높은 주파수영역에서 그 거동이 비교적 확실하게 알려진 파감쇠계수를 푸리에 역변환하여 구하는 방법이 보다 합리적이다. 높은 주파수영역에서의 수치해 불안정성을 해결하기 위하여 파감쇠계수를 지수함수로 근사하여 사용하였다. 무한대 주파수에서의 부가질량은 따로 구할 필요 없이 시간기억함수를 다시 푸리에 변환하여 무한대 주파수에서의 부가질량을 계산한다.

$$\begin{aligned}
 K_{ij}(t) &= \frac{2}{\pi} \int_0^\infty B_{ij}(\omega) \cos \omega t d\omega \\
 &= -\frac{2}{\pi} \int_0^\infty \omega [A_{ij}(\omega) - A_{ij}(\infty)] \sin \omega t d\omega
 \end{aligned} \quad (25)$$

식(24)의 시간적분 방법으로는 4차의 Runge-Kutta법을 사용한다. 이 식을 풀어서 구한 각 모드의 변위 $u_j(t)$ 를 모드 중첩식 (10)에 대입함으로써 구조물의 수직 변위 $w(x, y, t)$ 를 구할 수 있다.

4. 수치결과 및 토론

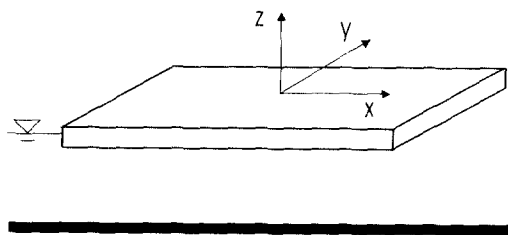
위에서 전개한 문제의 해를 얻기 위하여 적절한 수치 해법을 사용하여야 한다. 본 논문에서는 이

미 언급한 바와 같이 유체동역학 방정식은 그린함수법을 이용한 고차패널법을 그리고 과도응답은 모드중첩법을 시간적분하여 구하였다.

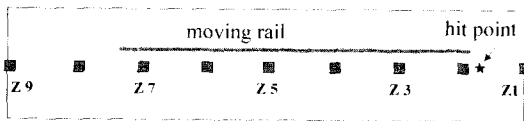
계산대상 구조물은 Ohmatsu(1998)가 수행한 실험결과와 비교하기 위하여 베가플로트 연구조합이 실험역에 설치하여 실험한 매트형 구조물을 약 1/30 축소한 모델을 택하였다. 모델은 알루미늄 하니컴판을 사용하였으며, 부력을 보강하기 위해 40 mm 두께의 폴리에틸렌(polyethylene) 판을 바닥에 부착시켰다. 주요치수는 Table 1에 주어졌다.

Table 1 모델의 주요치수 및 물성치

길이(L)	9.75 m
폭(B)	1.95 m
높이(d)	0.0545 m
홀수(T)	0.0163 m
굽힘강성(EI/B)	8985.62 Nm



(a) coordinate system



(b) displacement measuring points

Fig.1 Coordinate system and measuring points

동유체력 계산을 위하여 평판을 길이방향으로 60개 그리고 폭방향으로 12개의 고차패널로 분할하였다. 홀수가 작은 평판의 경우 해의 수렴성이 나쁘기 때문에 많은 요소를 요구한다. 본 계산에서는 일정패널법보다 고차패널법이 수렴성이 빠름을 확인하였다.

한편 수치계산을 위해서 모드는 길이 방향으로 9개 폭 방향으로 3개를 택하여 모두 27개를 고려하였으며, 시간적분의 시간간격을 0.002 초로 택하였다. 계산 시간은 Pentium III 800 MHz에서 대략 40분 소요되었으며, 대부분의 계산시간이 시간기역함수의 적분에 사용되었다.

일본 선박기술연구소(SRI)에서는 상기한 모델에 대하여 집중하중을 짧은 시간 안에 제거하는 실험, 집중하중을 충격적으로 가하는 실험 그리고 집중하중을 정속으로 일정 거리를 움직이는 실험 등 3가지 동적 실험을 수행하였다. 본 논문에서는 이 3가지 실험을 수치적으로 모사하여 그 결과를 실험치와 비교하였다.

이들 계산에 필요한 시간기역함수의 계산 결과를 Fig.2에 일부만 도시하였다. 이 그림에서 가로축은 $\sqrt{L/2g}$ 로 무차원화 시킨 시간이며, 세로축은 $\rho g(L/2)^2$ 으로 무차원화 시킨 시간기역함수의 값이다. 한편 괄호안의 숫자는 x-y 방향에 대한 모드의 차수를 나타내는 데, 예를 들어 모드(0,0)은 전체 구조물이 강제로 상하운동하는 경우에 해당하며, 모드(1,1)은 x축으로 피치운동을 하면서 동시에 y축으로 롤운동을 하는 경우에 해당한다. 그림에 나타나 있듯이 모든 모드에서 시간기역함수는 초기에는 큰 값을 갖지만 시간이 지남에 따라 급격하게 줄어들어 무차원 시간 3(실제시간 2초에 해당)후에는 실질적으로 사라짐을 알 수 있다. 보통 선박에서는 시간기역함수가 대략 30초 후에 사라지는 현상에 비하여 무척 빠르게 감소함을 알 수 있다.

첫 번째 실험은 구조물의 오른쪽 끝단에서 1.36875m 안으로 들어 온 중앙선에 놓은 20Kgf 하중을 0.25초 동안에 제거한 다음 중앙선의 각 점에서 변위를 시간에 따라 계측한 것이다. 계측위치를 Fig.1에 Z1부터 Z9까지 표시하

였는데, 집중하중이 놓였던 위치는 그림에 표시한 바와 같이 Z2의 오른쪽으로 15cm 떨어진 지점이다. 각 지점에서의 시간에 따른 변위는 Fig.3과 같다.

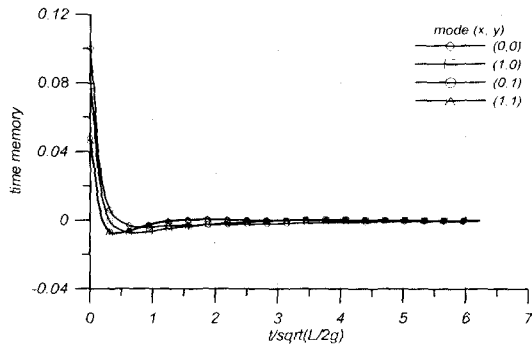


Fig.2 Time-memory function for leading modes

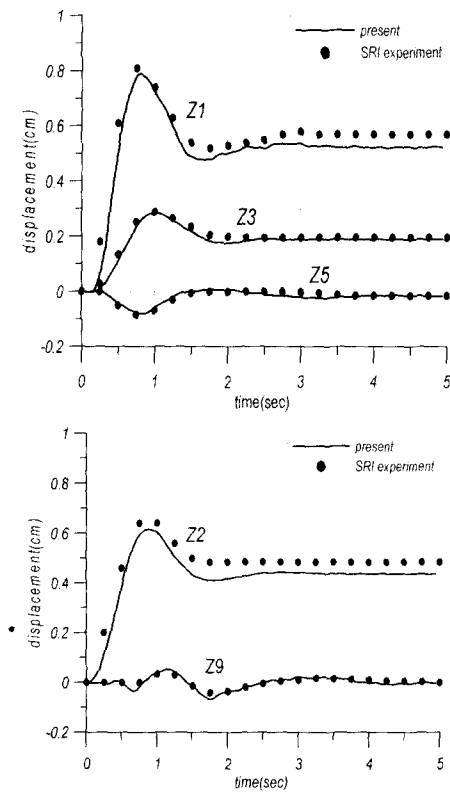


Fig.3 Time history of vertical displacement in weight pull-up test

이 그림에서는 실험치와 비교하기 위하여 모든 변수를 다시 차원화 시켰다. 모든 계측점에서 과도 응답에 대한 계산치가 실험치와 잘 일치하고 있다. 그러나 정상상태의 응답에서는 계산치가 실험치보다 조금 작은 값을 주고 있으며, 특히 응답이 크게 나타나는 계측점 Z1과 Z2에서 더욱 그러하다. 이는 계산에 사용한 구조강성이 실험모델의 강성과 조금 다르다는 것을 시사하나 그 차이를 정확하게 파악할 수는 없었다.

한편 각 모드 기여도를 Fig.4에 도시하였다. 지면 관계상 여기에는 제시하지 않았지만 그림에 보인 y방향의 모드 0차가 다른 차수에 비하여 현저하게 큰 값을 보인다. 각 모드의 기여도는 $(m,0) > (m,1) > (m,2)$ 순이다. 특히 $(m,1)$ 은 하중이 부유체의 중앙선에 작용할 때는 모드의 비대칭 때문에 아무런 기여를 하지 않는다. 이것으로 볼 때 y방향으로는 강제운동이 지배적임을 알 수 있다.

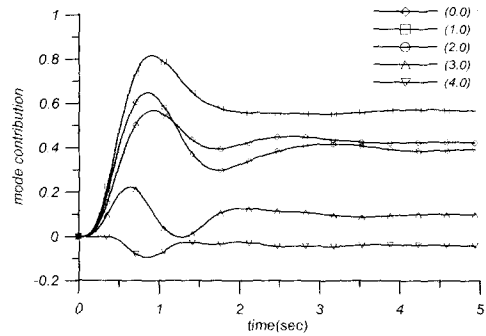


Fig.4 Mode contribution in pull-up test

다음은 앞에서와 같은 크기의 하중 20Kgf를 앞의 실험에서와 같은 위치에 순간적으로 떨어뜨리는 충격실험의 경우이다. 일본 선박기술연구소는 이 위치에서 충격으로 인한 수직 가속도를 계측하였다. 본 연구에서는 Fig.5에 주어진 가속도를 이용하여 동하중을 산정하였다.

Fig.6에 나타나 있듯이 앞에 보인 하중제거실험에 비하여 충격하중의 경우에는 고차의 구조진동을 보이고 있다. 계산치는 실험결과와는 달리 1.5초 이후에도 구조진동이 지속되고 있는 데, 이

는 구조감쇠를 포함하지 않았기 때문에 추정된다(Ohmatsu,1998).

세 번째 경우는 항공기가 착륙하여 환주로를 달리는 경우를 근사적으로 묘사하는 실험으로 6.91Kgf의 하중을 중심선에서 폭방향으로 0.18m 떨어진 위치에 설치된 레일을 따라 0.61

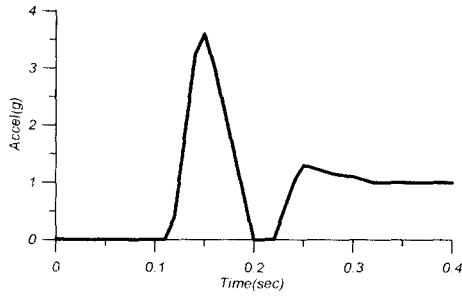


Fig.5 Acceleration of weight during impact

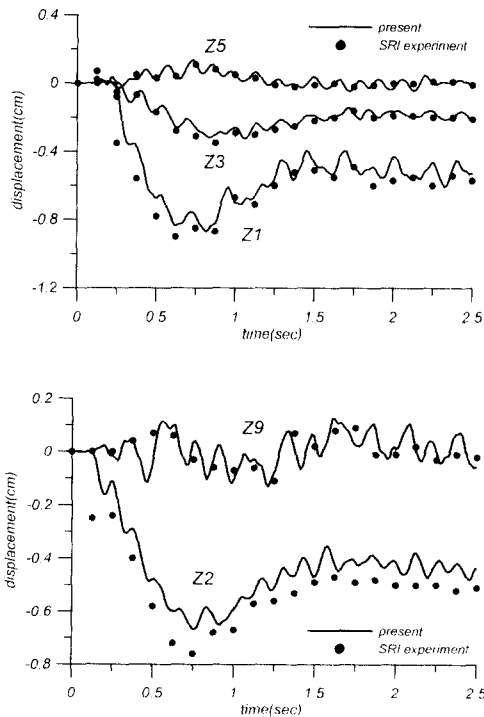


Fig.6 Vertical displacement (weight drop test)

m/sec의 등속으로 움직이는 실험이다. 시작 위치는 선미에서 1.828m이다. 즉 Z7에서 선미 쪽으로 0.61m되는 지점이다. 다만 실험자료에서는 초기의 가속과 이동이 끝날 때의 감속에 대한 언급이 없어 본 계산에서는 매우 짧은 시간에 급속히 일어나는 경우로 가정하였다. Fig.7에서 볼 수 있듯이 계산치는 대체로 실험결과와 일치된 결과를 보이고 있다. 이 경우에는 충격시험과는 달리 고차의 구조진동이 나타나지 않았다.

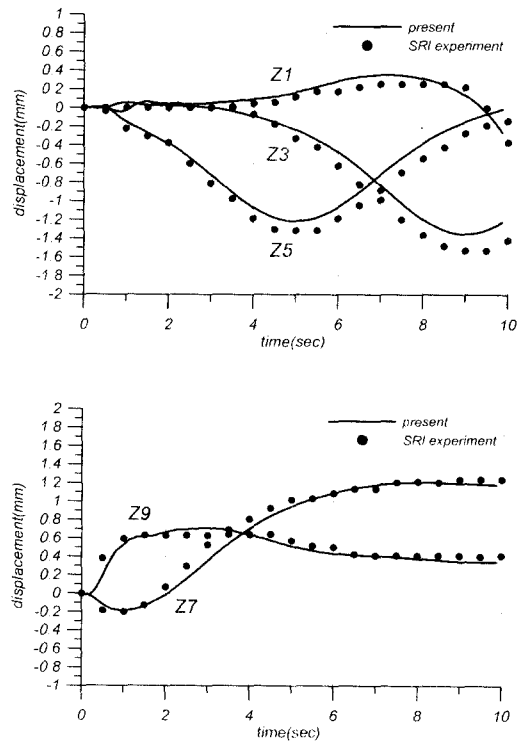


Fig.7 Vertical displacement (moving load test)

Fig.8은 이 경우 각 모드의 기여도를 보이고 있는데, 앞서의 하중제거의 경우와는 달리 (0,0) 모드의 기여도가 나타나지 않는다. 이는 하중이 시간에 따라 길이 방향으로 옮겨가기 때문에 길이 방향으로 변화를 나타내는 모드들의 기여도가 뚜렷하다. 특히 길이방향으로 W형 변형에 대응하는 모드인 (4,0)도 하중이동에 의한 구조변형에 크

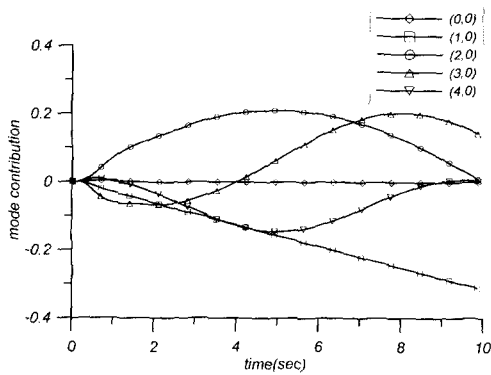


Fig.8 Mode contribution in moving load test

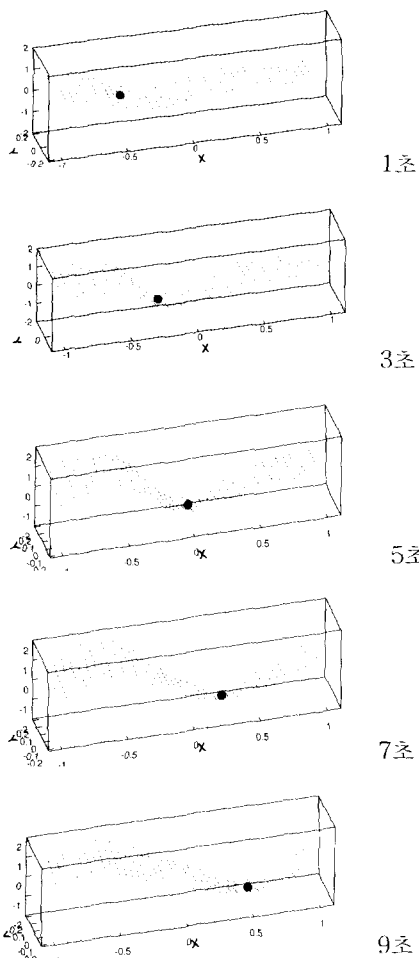


Fig.9 Snapshots of vertical displacement in moving load case

계 기여하고 있음을 알 수 있다.

마지막으로 몇 가지 시각에 나타나는 구조물 변형의 전체 모습을 Fig.9에 도시하였다. 이 그림에 표시된 까만점은 이동 무개의 각 순간 위치를 표시하며, 수평축은 무차원 길이로 표시하였으나, 수직축은 mm 단위로 표시하였다. 그러나 그림에서 수직변위를 크게 보이기 위하여 매우 크게 확대한 것임에 유의하여야 한다. 이동하는 무개가 놓인 구조 부위는 가해지는 하중으로 인하여 아랫 방향으로 변위가 일어나며, 시간이 지나면서 탄성의 영향으로 조화적 변화가 이어짐을 알 수 있다.

4. 결론

이상의 연구로부터 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

- 고차경계요소법을 이용하여 동유체력을 효율적으로 구할 수 있었다.
- 동유체감쇠력을 푸리에 변화시켜 시간기억함수를 엄밀하게 계산할 수 있었는데, 시간기억함수는 모든 모드에서 대략 3초 후에 소멸된다.
- 모드중첩법으로 거대부유구조물의 유탄성응답을 효율적으로 기술할 수 있는데, 모드는 최소한 W형 변형까지를 포함시켜야 한다.
- 하중의 제거 및 충격적 작용 그리고 이동에 대한 계산결과가 실험치와 잘 일치하였다.

후 기

본 연구는 해양수산부가 지원한 "초대형 부유식 해상구조물 기술개발"사업의 일환으로 수행되었으며, 이 자리를 빌어 감사의 뜻을 표한다.

참 고 문 헌

- 심인환, 윤재돈, 최항순, 1999, "사파중에 놓인 거대 부유체의 응답에 대한 유탄성 해석", 대한조선학회지, 제36권3호
- 이동연, 최항순, 1998, "유탄성을 고려한 탱크내 슬로싱에 대한 연구", 대한조선학회지, 제34권

4호.

- 이호영, 신현경, 신현수, 박인규, 2000, "압력분포법에 의한 초대형 부유식 해양구조물의 유탄성 해석", 대한조선학회지, 제37권4호.
- Ando, S., Ohkawa, Y., & Ueno, I., 1983, "Feasibility Study of a Floating Airport," Report of Ship Research Institute, Japan, Supplement No.4.
- Choi, Y.R., Hong, S.Y. & Choi, H.S. 2000, "An Analysis of Second-order Wave Forces on Floating Bodies by Using a HOBEM", J. Ocean Engineering Vol.28.
- Kashiwagi, M., 1999, "A time-domain Green function method for transient problems of a pontoon-type VLFS", 3rd VLFS, Vol.1, pp.97-104.
- Kashiwagi, M., 2000, "A time-domain Calculation Method for Transient Elastic Responses of a Pontoon-type VLFS", J. of Marine Science and Technology, Vol. 5, pp.89-100.
- Lee, S.W. & Webster, W.C., 1994, "A Preliminary to the Design of a Hydroelastic Model of a Floating Airport", Hydroelasticity in Marine Technology, Trondheim, pp. 351-362.

- Ohmatsu, S., 1998, "Numerical Calculation of Hydroelastic Behavior of VLFS in Time Domain", Hydroelasticity in Marine Technology, Fukuoka, pp.89-97.
- Yeung, R.W. & Kim, J.W., 1998, "Structural Drag and Deformation of a Moving Load on a Floating Plate", Hydroelasticity in Marine Technology, pp.77-80.



< 이 동 환 >



< 최 윤 락 >



< 홍 사 명 >



< 최 향 순 >