한국해양환경공학회지
Journal of the Korean Society
for Marine Environmental Engineering
Vol. 13, No. 1. pp. 47-52, February 2010

착저식 OWC 파력발전장치의 파에너지 흡수효율 및 파랑하중 계산

홍도천*,† · 홍기용**
*충남대학교 첨단수송체연구소
**한국해양연구원 해양시스템안전연구소

Prediction of Wave Energy Absorption Efficiency and Wave Loads of a Three-Dimensional Bottom-Mounted OWC Wave Power Device

Do Chun Hong*,†, and Key Yong Hong**
**Center for Advanced Transportation Vehicles, Chungnam National University, Daejon, Korea*
***Maritime & Ocean Engineering Research Institute, KORDI, Daejon, Korea*

요 약

근해에 설치되는 3차원 착저식 OWC 파력발전 챔버구조물의 파에너지 흡수효율과 구조물에 작용하는 1차 및 시간평균 2차 파랑하중의 해석기법을 보였다. 쌍동형 OWC챔버 내부의 변동압력을 각 챔버의 내부 자유표면 경계조건에 도입하였으며 챔버 내부는 Rankine, 외부는 유한수심 3차원 자유표면 Green함수에 연계된 하이브리드 적분방정식을 사용하여 포텐셜 유동을 해석하였다. 수치실험 결과로서 3차원 착저식 OWC 파일럿 플랜트의 파력발전 1차변환 효율과 구조물에 작용하는 반복 및 지속적인 파랑하중을 제시하였다.

Abstract – The wave energy absorption efficiency and the first-order and the time-mean second-order wave loads of a three-dimensional bottom-mounted oscillating water column (OWC) chamber structure are studied. The potential problem is solved by making use of a hybrid Green integral equation associated with the finite-water-depth free-surface Green function outside a twin chamber and the Rankine Green function inside taking account of the fluctuating air pressure inside the chamber. Numerical results of the primary wave energy converting efficiency and the oscillating and steady wave loads of a three-dimensional bottom-mounted OWC pilot plant have been presented.

Keywords: 쌍동형 진동수주(twin oscillating water column), 파에너지 흡수효율(wave energy absorption efficiency), 시간평균 2차 파랑하중(time-mean second-order wave loads)

1. 서 론

유한수심 해역에 설치되는 3차원 착저형 파력발전 OWC 챔버 구조물에 작용하는 반복 파랑하중과 시간평균 표류력 및 모멘트를 3차원 유한수심 선형 산란파이론을 사용하여 해석하였다. 파력발전 OWC 챔버구조물은 착저식 구조물로서 해양파 중에 방파제 등의 보호가 없이 설치되므로 구조안전성이 보장되어야 한다.이를 위하여 타당한 설계파를 설정하고 이에 따른 6방향 파랑하중 및 챔버 내외부에 작용하는 파압력 분포를 추정하여 내파 구조설계에 반영하여야 한다.

†Corresponding author: dchong@cnu.ac.kr

설계파는 통상 구조물 설치해역의 외해에서 들어오는 심해 설계파를 정하고 이에 대하여 설치해역의 수심에 대한 보정을 행한다. 심해 설계파는 10년 이상의 실측자료 또는 30년 이상의 기상자료를 근거하여 작성되고 있다. 한편 실측자료가 전혀 없는 경우에는 해양환경이 유사한 인접해역의 실측자료로부터 구하기도 한다. 본 파력발전 OWC챔버 구조물이 제주도 남부에 설치되므로 심해 설계파는 북태평양의 파랑자료를 사용하여 구할 수 있다.본 수치실험 연구에서는 선형파 이론을 사용하므로 파랑하중 등은 유의파고에 선형적으로 비례하게 된다. 따라서 모든 수치실험 결과를 유의파고와 곱하면 설계파에 대응하는 값을 얻을 수 있으며 이 결과는 극한상황 이외에서는 비선형성을 고려한 결과보다 크므로 보다 안전하다고 알려져 있다. 본 연구에서는 심해 설계파 주기

영역 3-20초에 해당하는 파를 설치해역 수심 15 m로 변환하여 수치실험을 수행하였다. 한편 진동수주(OWC: O*scillating Water Column*) 챔버 구조물은 진동수주 상부에 위치한 공기실의 압력과 챔버 내부 자유표면 유동이 서로 연계되어 있다. 공기실 압력에 의한 자유표면 교란을 자유표면 변동압력면(free surface oscillating pressure patch)으로 다룬 기본 이론은 Falcão and Sarmento[1980]에 의하여 발표된 바 있다. 본 논문에서는 챔버 내부유동은 Rankine, 외부유동은 유한수심 3차원 자유표면 Green함수를 사용하여 해석한 뒤 각각의 해를 정합시켜 완전한 해를 구하는 하이브리드 적분방정식을 해석방법으로 사용하였고 챔버 내 압력강하 파라미터를 내부 자유표면 경계조건에 도입하였다(Hong *et al*.[2004a]). 챔버 구조물에 작용하는 반복 파랑하중과 시간평균 표류력 및 모멘트도 모두 챔버 내 압력강하 파라미터의 값에 따라 변하므로 파에너지 흡수효율이 최대가 되는 압력강하 파라미터를 수치실험으로 구하여 이 값 전후에서 파랑하중과 표류력 등을 구하였다.

2. 문제의 수식화

비 점성 유체, 비압축성 유동이라는 가정하에 선형파 이론을 적용한다. Fig. 1에 보인 바와 같이 균일수심 H인 해역에 무한원방으로부터 들어오는 입사파 중에 OWC 챔버구조물이 위치한다.

좌표계의 원점은 구조물 내벽과 자유수면의 교차점이다. 입사파의 속도 포텐셜 $\Phi_0 = Re[\Psi_0 e^{-i\omega t}]$ 는 다음과 같다.

$$\Psi_0 = -\frac{a_0\omega}{m_0}\frac{\cosh m_0(z+H)}{\sinh m_0 h}e^{im_0(x\cos\beta+y\sin\beta)} \tag{1}$$

위에서 m_0는 파수, a_0는 입사파 진폭, ω는 원진동수이고 β는 양의 x축과 파의 진행방향이 이루는 입사각이다. 선형파 이론에 의하면 무한 원방으로부터 들어오는 입사파에 의한 마력의 시간평균 P_0는 단위 폭에 대하여 다음과 같이 주어진다.

$$P_0 = \frac{1}{2}\rho g C_g a_0^2 \tag{2}$$

위에서 C_g는 파 에너지 전파속도로서 다음 식으로 표시된다.

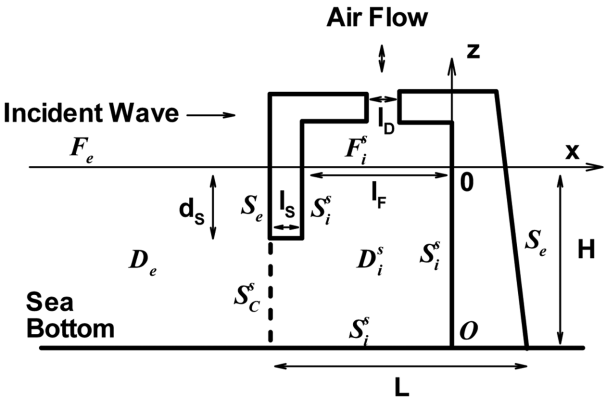

Fig. 1. Longitudinal section of a twin OWC chamber structure.

$$C_g = \frac{\omega}{2m_0}\left[1+\frac{2m_0H}{\sinh(2m_0H)}\right] \tag{3}$$

입사파는 챔버구조물에 의하여 산란되며 이때 유동은 입사파와 산란파 포텐셜 $\Phi_S = Re[\Psi_S e^{-i\omega t}]$ 의 합인 전체 포텐셜 Φ로 특성지어진다.

$$\Phi = Re[\Psi e^{-i\omega t}], \Psi = \Psi_0 + \Psi_S \tag{4}$$

여기서 y=0 평면을 대칭면으로 하여 좌우 대칭인 쌍동형 챔버 구조물의 경우를 다룬다. Fig. 1에 보인 바와 같이 동일한 종단면을 가지는 구조물 내부의 대칭면이 격벽으로 막혀있어 좌우 동형인 2개의 챔버가 있는 경우이다. 1개 챔버에 대한 연구는 참고문헌과 같다(Hong *et al*.[2004b]). 각각의 챔버내부 자유표면 $F^s{}_i$, (s=1,2)상부의 기체는 외부와 단면적 $A^s{}_D$,(s=1,2)인 공기덕트를 통하여 연결되어있고 덕트통과 기류의 평균 상대속도 $U^s{}_D$,(s=1,2)와 챔버내부 공기압력 $p^s{}_C$,(s=1,2)의 관계는 압력강하 복소수 파라메터 γ^s(s=1,2)를 도입하여 다음과 같이 선형적으로 가정한다.

$$Re[p^s C e^{-i\omega t}] = Re[\gamma^s U_D^s e^{-i\omega t}] \tag{5}$$

압력강하 파라메터는 챔버 내부기체의 압축성을 고려하지 않을 경우에는 실수이며 공기덕트가 완전히 막혀있을 경우에는 내부기체의 압축성으로 인하여 허수가 된다. 본 연구에서는 복소수 파라메터를 사용하였다. 그 이유는 내부기체의 압축성은 무시하지만 내부 자유표면의 운동으로 유발되는 공기유동은 터빈을 거치면서 위상차를 경험하게 되며 이것이 압력강하 파라메터의 허수에 해당하는 효과를 가지기 때문이다. 압력강하 파라메터는 공기터빈 설계를 위하여 필요한 인자이며 보통 실험적으로 결정되고 있다. 압력강하 파라메터가 복소수인 경우에 대한 실험 결과는 아직 미비하나 본 연구는 파랑하중 및 파에너지 1차변환 효율에 주안점을 두었으므로 이를 복소수 파라메터로 가정하여 해석을 수행하였다.

한편 Ψ_S의 자유표면 경계조건은 챔버 밖과 안의 자유표면에서 각각 다음과 같다.

$$-k_0\Psi_S + \frac{\partial\Psi_S}{\partial z} = \begin{Bmatrix} 0 & \text{on} & F_e \\ \alpha^s U_D^s & \text{on} & F_i^s, s=1,2 \end{Bmatrix} \tag{6}$$

위에서 $k_0=w^2/g$이고 α^s는 다음과 같은 무차원 압력강하 파라메터이다.

$$\alpha^s = i\frac{\gamma^s\omega}{\rho g}, s=1,2 \tag{7}$$

Fig. 1에 표시된 바와 같이 OWC챔버 구조물의 전체 접수면 S는 외부 접수면 S_e와 좌우 챔버 내부의 접수면 $S^s{}_i$,(s=1,2)으로 구성되며 각 내부 접수면은 바닥면과 전후좌우 내벽으로 이루어진다. Ψ_S는 챔버구조물의 전체 접수면 S 및 해저면에서 다음 경계조건들을 만족시켜야 한다.

$$\frac{\partial \Psi_S}{\partial n} = -\frac{\partial \Psi_0}{\partial n} \text{ on } S \tag{8}$$

$$\frac{\partial \Psi_S}{\partial n} = 0 \text{ on } z=-H \tag{9}$$

위에서 n은 경계면의 법선이다. Ψ_S는 또한 무한원방 방사 경계조건을 만족시켜야 한다. 본 연구에서는 자유표면 Green함수를 사용함으로서 이 조건이 만족되게 된다. 여기서 Fig. 1에 표시된 바와 같이 가상경계면 S^s_C,(s=1,2)를 도입하여 유체영역을 챔버 외부 유체영역 D_e 및 내부 유체영역 D^s_i,(s=1,2)로 나눈다. 챔버 외부 유체영역에서는 유한수심 자유표면 Green함수 G, 내부 유체영역에서는 Rankine 형 Green함수 G_0를 사용하고 포텐셜과 Green함수에 Green 정리를 적용하고 식 (6)을 사용하면 다음과 같은 Green 적분방정식을 얻는다.

$$\frac{\Psi_S}{2} + \iint_{S_e \cup S_C^1 \cup S_C^2} \Psi_S \frac{\partial G}{\partial n} ds - \iint_{S_C^1 \cup S_C^2} \frac{\partial \Psi_S}{\partial n} G ds = -\iint_{S_e} \frac{\partial \Psi_0}{\partial n} G ds \quad on \quad S_e \cup S_C^1 \cup S_C^2 \tag{10}$$

$$\frac{\Psi_S}{2} - \iint_{S_i^1 \cup S_i^2 \cup S_C^1 \cup S_C^2} \Psi_S \frac{\partial G_0}{\partial n} ds - \frac{1}{k_0} \iint_{F_i^1 \cup F_i^2} \frac{\partial \Psi_S}{\partial n} \frac{\partial G_0}{\partial n} ds + \iint_{F_i^1 \cup F_i^2 \cup S_C^1 \cup S_C^2} \frac{\partial \Psi_S}{\partial n} G_0 ds$$
$$= \iint_{S_i^1 \cup S_i^2} \frac{\partial \Psi_0}{\partial n} G_0 ds - \frac{1}{k_0} \sum_{s=1}^{2} \alpha^s U_D^s \chi_s \quad on \quad S_i^1 \cup S_i^2 \cup S_C^1 \cup S_C^2 \cup F_i^1 \cup F_i^2 \tag{11}$$

위에서

$$U_D^s = \frac{1}{A_D^s} \iint_{F_i^s} \frac{\partial (\Psi_S + \Psi_0)}{\partial n} ds \tag{12}$$

$$\chi_s = \iint_{F_i^s} \frac{\partial G_0}{\partial n} ds \tag{13}$$

한편 Ψ_S는 가상경계면에서 다음과 같은 정합조건을 만족시킨다.

$$\Psi_S(M^+) = \Psi_S(M^-) \; and \; \frac{\partial \Psi_S(M^+)}{\partial n} = \frac{\partial \Psi_S(M^-)}{\partial n}, \; M \quad on \quad S_C^s (s=1,2) \tag{14}$$

위에서 위 첨자 +, -는 각각 가상경계면의 안팎을 나타낸다. Ψ_S에 대한 적분방정식 식 (10),(11)을 연립하여 정합조건 식 (14)과 같이 풀면 다음 결과를 얻는다.

$$\Psi_S = \phi - \frac{1}{k_0} \sum_{s=1}^{2} \alpha^s U_D^s \phi_s \quad on \quad S_e \cup S_c \cup S_i \tag{15}$$

$$\frac{\partial \Psi_S}{\partial n} = \frac{\partial \phi}{\partial n} - \frac{1}{k_0} \sum_{s=1}^{2} \alpha^s U_D^s \frac{\partial \phi_s}{\partial n} \quad on \quad F_i \cup S_c \tag{16}$$

위에서 ϕ는 식 (11) 우변의 첫째항에 대한 적분방정식을 식 (10)과 연립하여 구한 해이고 ϕ_s,(s=1,2)는 식 (11) 우변의 둘째항중의 γ_s,(s=1,2)에 대한 적분방정식을 식 (10)과 연립하여 구한 해이다. 식 (15)-(16)에서 U^s_D,(s=1,2)가 아직 미지수이므로 이를 구하기 위하여 식 (16)을 F^s_i,(s=1,2)에 걸쳐 적분하여 정리하면 에 대하여 다음과 같은 2원 연립방정식을 얻게 된다.

$$\sum_{t=1}^{2} [\delta_{st} + \frac{1}{k_0} \alpha^t \mu_s^t] \sigma_t = \mathrm{K}_s + \frac{1}{k_0} \sum_{j=1}^{2} \alpha^j \mu_s^j \mathrm{K}_j \; , s = 1,2 \tag{17}$$

위에서 δ_{st}는 Kronecker delta이며

$$\sigma_s = U_D^s + K_s, s = 1,2 \tag{18}$$

$$\mathrm{K}_s = -\frac{1}{A_D^s} \iint_{F_i^s} \frac{\partial \Psi_0}{\partial n} ds \, , s = 1,2 \tag{19}$$

$$\mu_s^t = \frac{1}{A_D^s} \iint_{F_i^s} \phi_t \, ds \, , \; s = 1,2 \; ; t = 1,2 \tag{20}$$

식 (17)의 해 로부터 식 (18)을 사용하여 U^s_D,(s=1,2)를 구하여 다시 식 (15)-(16)에 대입하면 최종해를 얻게 된다. 전술한 3차원 쌍동형 OWC 챔버에 대한 해석은 부유식 2차원 2개 챔버에 대한 해석을 3차원에 적용한 것이다(Hong and Hong[2007]).

한편 공기터빈이 흡수할 수 있는 파 마력의 시간평균 P_T는 다음과 같이 구해진다.

$$\begin{aligned} P_T &= \sum_{s=1}^{2} A_D^s \gamma^s \frac{1}{T} \int^{+T} \mathrm{Re}[U_D^s e^{-i\omega t}] \mathrm{Re}[U_D^s e^{-i\omega t}] dt \\ &= \frac{1}{2} \sum_{s=1}^{2} A_D^s \gamma^s \left\lfloor U_D^s \right\rfloor^2 \end{aligned} \tag{21}$$

OWC 챔버에서 흡수한 파 마력의 시간평균 P_T를 (2)식으로 주어진 입사파 진행 방향에 수직한 단위 폭당 입사파 마력 P_0와 챔버구조물의 폭 B을 곱한 것으로 나누면 3차원 OWC챔버의 파에너지 흡수효율 E을 구할 수 있다.

$$E = P_T / (P_0 \times B) \tag{22}$$

이와 같이 구한 효율은 2차원 파력발전장치의 효율과 달리 100%를 초과할 수 있다(Guevel et Hong[1983]). 한편 챔버내부 자유표면높이는 다음 식으로 구한다.

$$\zeta^s = \frac{i\omega}{g} \Psi_T + i \frac{\gamma^s}{\omega} U_D^s \quad on \quad F_i^s \tag{23}$$

3. 반복 및 지속 파랑하중

파에 의한 반복하중은 파 기진력이며 지속하중은 시간평균 파랑 표류력 및 표류 모멘트를 말한다. 챔버 구조물 접수면의 한점 M에 작용하는 동압력 p는 입사파와 산란파 압력의 합을 사용하여 구해진다.

$$p = -\rho \frac{\partial \Phi(M)}{\partial t} = \rho \omega Re[i \Psi(M) e^{-i\omega t}] \tag{24}$$

구조물에 작용하는 반복하중의 힘 및 모멘트는 p를 전체 접수면 S에 걸쳐 적분하여 구한다.

$$\vec{F_l} = -\iint_S p \vec{n} ds \tag{25}$$

$$\vec{M_l} = -\iint_S p \overrightarrow{OM} \times \vec{n} ds \tag{26}$$

위에서 O는 모멘트의 중심을 가리킨다. 여기에 식 (5)로 주어지는 챔버내부 공기압에 의하여 챔버 상부 구조물이 받는 힘 및 모멘트도 공기실 내부 접기면 $S_A^s(s=1,2)$ 에 걸쳐서 계산하여 반복하중에 추가한다.

$$\overrightarrow{F_A} = -\sum_{s-1}^{2} Re[p_C^s e^{-i\omega t}] \iint_{S_A^s} \vec{n} ds \tag{27}$$

$$\overrightarrow{M_A} = -\sum_{s-1}^{2} Re[p_C^s e^{-i\omega t}] \iint_{S_A^s} \overrightarrow{OM} \times \vec{n} ds \tag{28}$$

한편 지속하중인 시간평균 파랑 표류력 및 모멘트는 반복하중의 압력인 1차항의 곱으로 표시되는 2차 유체 압력의 접수면 적분의 시간평균으로부터 구할 수 있다. 고정식 구조물의 경우에 2차 유체력 및 모멘트는 다음 식으로 표시된다.

$$\overrightarrow{F^{(2)}} = \rho \iint_S \frac{1}{2} |\nabla\Phi| \vec{n} ds \tag{29}$$

$$\overrightarrow{M^{(2)}} = \rho \iint_S \frac{1}{2} |\nabla\Phi|^2 \overrightarrow{OM} \times \vec{n} ds \tag{30}$$

이들을 주기 T에 걸쳐 적분한 후 주기로 나누면 시간평균 표류력 및 모멘트가 구해진다.

4. 수치실험 및 토의

착저식 OWC 파력발전장치 파일럿 플랜트의 내파성능 검증을 위하여 챔버 내부 압력강하 파라미터 γ의 변화에 따른 파랑하중을 계산하였다. 특히 해양파의 입사각이 챔버입구에 수직으로 들어올 경우, 즉 입사각 β=0도인 경우에 파에너지 흡수효율이 최대가 되는 γ의 값을 수치실험으로 구하고 이 값 전후에서 파랑하중의 변화를 구하였다. 파일럿 플랜트의 접수면과 좌표계는 Fig. 2

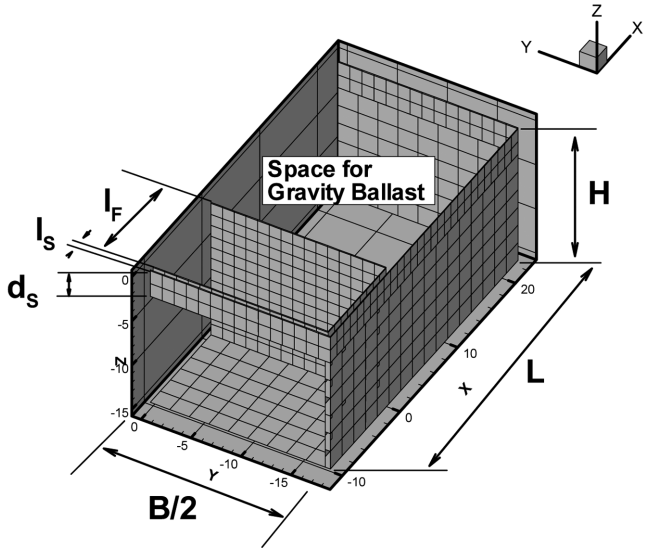

Fig. 2. Discretized half view of the wetted surface of the OWC Chamber with Gravity Ballast Structure.

Table 1. Principal Particulars of OWC Chamber with Gravity Ballast Structure

Water Depth	H=15 m
Chamber Length	l_F=35 m
Front Skirt Draft	d_S=3 m
Front Skirt Thickness	l_S=0.5 m
Overal Width of the Structure	B=36 m
Overal Lengthth of the Structure	L=32.5 m

와 같으며 제원은 Table 1과 같다. 챔버 구조물 전폭이 B, 전후방향 전장이 L, 내부 자유표면의 전후방향 길이가 l_F, 전면 스커트의 흘수가 d_S, 스커트 벽 두께가 l_S로 표시되었다. 좌우 대칭이므로 y<0인 부분만 표시하였고 전면에 보이는 개구부가 OWC챔버 유입구이다. 뒤에 보이는 빈 공간은 고체나 액체 발라스트로 충전되며 그 무게로서 OWC챔버 구조물 전체를 파 중에서 지탱하는 중력식 또는 착저식 구조물이다. 본 3차원 OWC챔버의 종단면 형상은 2차원 해석을 통하여 결정되었다(홍기용 외[2007]). 수치실험은 파의 입사각 β=0인 경우에 수행되었다. 이 경우 OWC챔버 전면과 입사파의 진행방향이 직각을 이루므로 전달되는 파에너지가 최대가 된다. 따라서 β=0이 되도록 구조물이 설치될 것이므로 이에 대한 설계파 조건을 적용하여 최대 파랑 하중을 산출하여야 한다. 이 경우 챔버를 2개로 나누는 격벽의 효과는 미미하다. 또한 설치될 파일럿 플랜트도 수밀 격벽이 없이 설계되었기에 본 수치실험에서는 y<0인 부분의 챔버에 대한 해석을 수행하였다. 쌍동형 OWC챔버는 입사각 β=0이고 좌우의 압력강하 파라미터가 같을 경우에는 기하학적 대칭성에 더하여 유체역학적 대칭성을 지니므로 좌우 챔버중 한쪽 챔버에 대한 해석결과로부터 전체를 알 수 있다.

Fig. 3에 복소수 압력강하 파라메터의 변화에 따른 파 에너지 흡수효율을 표시하였다. Fig. 3-7에 보이는 다섯 개의 복소수 압력강하 파라메터 γ의 값은 Table 2와 같으며 γ의 물리적 차원은 kg-mass/(m^2 sec)이다.

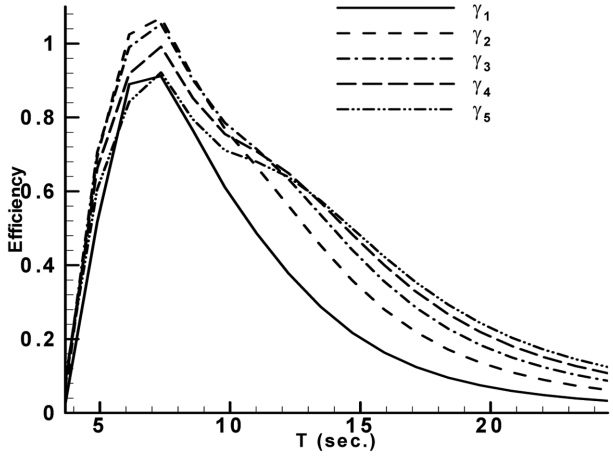

Fig. 3. Wave power absorption efficiencies for various values of damping parameter, β=0 degs.

Table 2. Comlex damping parameters

γ_1	50+10i
γ_2	100+20i
γ_3	150+30i
γ_4	200+40i
γ_5	250+50i

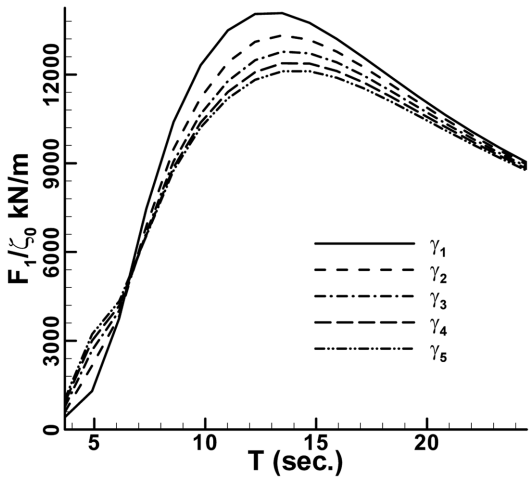

Fig. 4. Surge exciting force RAOs for various values of damping parameter, β=0 degs.

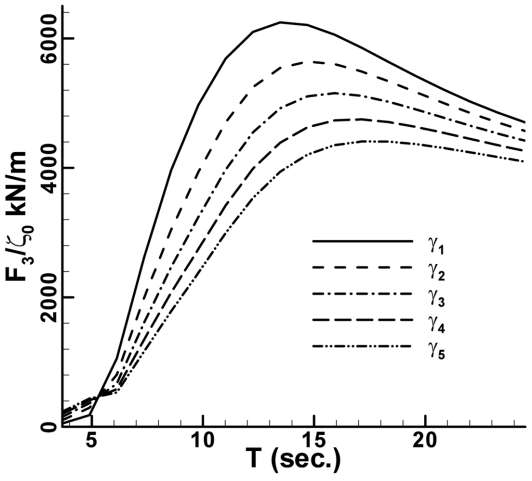

Fig. 5. Heave exciting force RAOs for various values of damping parameter, β=0 degs.

Fig. 4-6은 종방향. 수직방향 반복하중 및 횡방향 모멘트를 보이고 있다. 파에너지 흡수효율이 입사파 주기 8초부근에서 $\gamma=\gamma_2$일 때 최대값을 보이고 있으나 파랑하중은 주기 13초 부근에서 가장 작은 γ값에 대하여 최대값을 보이고 있다. 이는 γ가 커지면 파 에너지가 파력발전장치에 의하여 흡수됨에 따라 파랑하중은 줄어드는 것을 뜻한다. Fig. 7에 나타낸 지속하중인 종방향 파랑 표류력도 같은 경향을 보이고 있으며 파에너지가 흡수되는 소파제에서 보이는 현상과 유사하다. 끝으로 Fig. 8에 OWC 구조물 중앙 좌우대칭 종단면 하단 챔버 입구부터 전면 스커트 외벽까지의 파 압력 분포를 나타냈다. 그림의 횡축은 종단면 하단 챔버 입구부터

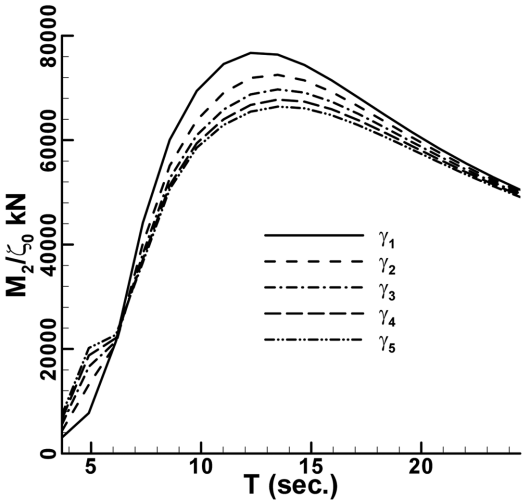

Fig. 6. Pitch exciting moment RAOs for various values of damping parameter, β=0 degs.

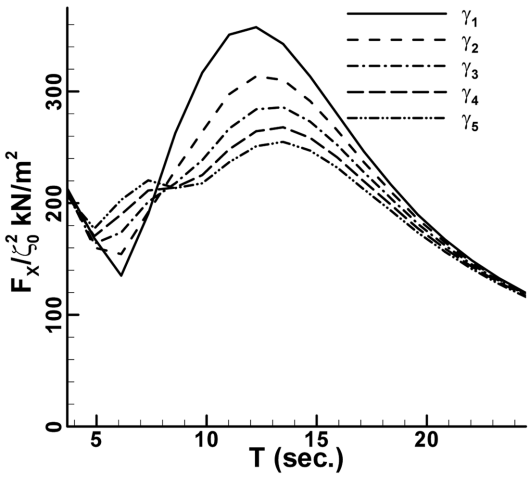

Fig. 7. Longitudinal drift force RAOs for various values of damping parameter, β=0 degs.

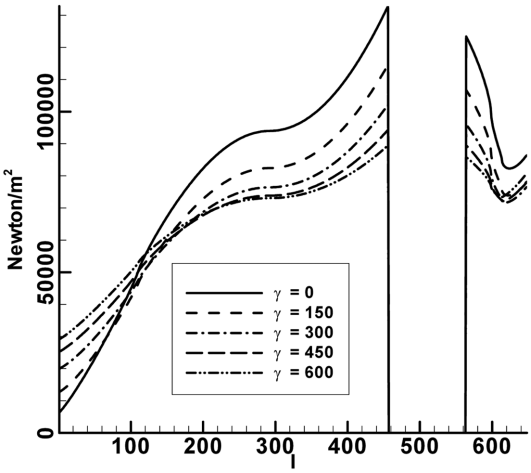

Fig. 8. Wave pressure distribution along the longitudinal center line of the OWC chamber for various values of damping parameter, β= 0 degs.

전면 스커트 외벽까지 지점을 번호로 표시한 것이다. 500번 전후는 내부 자유수면이어서 구조물 접수면이 없는 구간이다. γ는 그림에 나타낸 바와 같이 실수값 만을 주었으며 γ=0에서 최대 파 압력이 걸리는 것을 보이고 있다. 이는 파 에너지 흡수가 전무한 경우이며 파랑하중의 경우와 마찬가지로 γ가 작을수록 구조물에 작용하는 압력이 커짐을 보이고 있다.

5. 결 론

3차원 착저식 OWC 파력발전용 해양구조물에 작용하는 반복적 및 지속적 파랑하중과 챔버 내부의 파 압력분포를 추정하였다. OWC챔버 내부 공기압을 고려한 파랑하중 산정을 위하여 압력강하 파라미터 γ를 사용하여 파에너지 흡수효율이 최대가 되는 γ의 값을 수치실험으로 구하고 이 값 전후에서 파랑하중을 계산하였다. γ=0일 경우에 챔버내부에 최대의 파 압력이 작용함을 보였고 γ값이 작을수록 전체구조물에 작용하는 파랑하중이 증가함을 보였다. 이는 역으로 파에너지 흡수량이 클수록 구조물에 작용하는 하중이 감소한다는 파에너지 보존법칙에 부응하는 결과이다. 따라서 설계파에 대한 파랑하중은 γ=0인 경우에 대한 해석결과를 사용하는 것이 타당한 것으로 판단되며 항만 및 어항설계기준에 따른 설계파 조건이 주어지면 본 기법을 사용하여 설계파 파고, 입사각 및 주기에 대응하는 파랑하중을 쉽게 도출할 수 있다. 한편 본 연구결과는 3차원 착저식 OWC 파력발전장치의 파에너지 1차변환 효율을 추정하는 해석적 방법으로도 유용하게 쓰일 수 있다.

후 기

본 연구는 국토해양부 해양과학기술연구개발사업으로 수행된 “파력에너지 실용화 기술 개발”과 지식경제부 신재생에너지기술개발사업으로 수행된 “나선암초형 월류파력발전 기술 개발”과제의 연구 성과 중 일부임을 밝히며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

[1] 홍기용, 신승호, 홍도천, 2007, “진동수주형 파력발전장치 공기실의 파력에너지 흡수효율”, 한국해양환경공학회지 제10권 제3호, 173-180.

[2] Falcão, A.F. de O. and Sarmento, A.J.N.A., 1980, “Wave generation by a periodic surface pressure and its application in wave-energy extraction”, 15th Int. Cong. Theo. Appl. Mech., Toronto.

[3] Guevel, P. et Hong, D.C., 1983, “Quelques problèmes d'hydrodynamique navale envisagés sous l'angle de la théorie de la récupération de l'énergie des vagues (Some hydrodynamic problems related with the thoery of the wave energy absorption)”, Bulletin de l'ATMA Paris, France, Vol.83, 141-165.

[4] Hong, D.C. and Hong, S.Y. 2007, “Floating wave energy device with two oscillating water columns,” Proceedings of the 26th OMAE symposium, ASME, Sandiego, USA, paper No. OMAE2007-29103.

[5] Hong, D.C., Hong, S.Y. and Hong, S.W. 2004a, “Numerical study of the motions and drift force of a floating OWC device”, Ocean Engineering, Vol.31, No.2, 139-164.

[6] Hong, D.C., Hong, S.Y. and Hong, S.W., 2004b, “Numerical study on the reverse drift force of floating BBDB wave energy absorbers”, Ocean Engineering Vol.31, No.10, 1257-1294.

2009년 11월 13일 원고 접수
2010년 2월 16일 심사완료
2010년 2월 17일 수정본 채택