

## 다목적 TWIN HULL 소파제의 유체력 계산

박노식\* · 이문석\* · 김성근\*\* · 이상무\*\*\* · 안승환\*\*\*\* · 양영태\*\*\*\*\*

\*울산대학교 수송시스템 공학부

\*\*제주대학교 BK21사업단

\*\*\*동양대학교

\*\*\*\*한국해양기술

\*\*\*\*\*현대중공업

RO-SIK PARK\*, MOON-SUK LEE\*\*, SEOUNG-GUN KIM\*\*, SANG-MU LEE\*\*\*, SEUNG-HWAN AN\*\*\*\*, YUNG-TAE YANG\*\*\*\*\*

\*University of Ulsan, school of transportation systems engineering

\*\*University of Cheju BK21

\*\*\*Dong-Yang University

\*\*\*\*Korea Ocean Engineering & Consultants Co. Ltd

\*\*\*\*\*Hundae Heavy Industry

### 1. 서 론

바다의 자원을 이용하는 방법 중에는 양식장을 설치하여 지속적인 어종자원을 획득할 수 있도록 하는 것도 중요한 방법 중의 하나이다. 그러나 양식에 적합한 연안일대에 새로운 양식시설을 증가시키는 것이 어렵게 되고 있어 보다 효율적인 환경친화형 양식시설 개발이 불가피한 상태이고 어업의 현안 문제를 극복할 수 있는 방법 중에 가장 가능성이 큰 것이 연안의 가두리 개념을 뛰어 넘는 세계적인 대규모 해상 전진기지를 개발하는 것이다.

또한 해상의 작업이나 주거를 위한 기지를 건설하고 이에 파를 제어하는 것은 가장 기본적인 중요한 문제이다. 파도에 의한 구조물의 파괴나 파의 운동에 의한 움직임으로 인한 구조물의 움직임이 커지면 작업이나 생활에 커다란 불편을 초래하게 될 수도 있다. 이것을 대처하기 위한 방법으로는 파랑중의 동요를 적게 하도록 하는 방법과 구조물 주위에 소파장치를 설치하여 파가 직접 구조물에 작용하지 않도록 하는 방법이 있다.

소파구조물에는 크게 중력식과 부력식으로 나누어진다. 항만의 방파제는 대부분 중력식이나 수심이 깊어지게 되면 건설비용이 크게 증가하고 해양 생태계의 오염 및 변화를 초래하게 된다. 그러나 부력식의 경우에는 수면부분에만 구조물을 설치하게 되므로 건설 비용이나 해양생태계의 오염 및 변화를 크게 줄일 수 있다.

본 연구에서는 양식시설을 개발할 목적으로 twin hull을 가지는

소파제를 계획하고 이들 구조물에 작용하는 유체력에 의한 동요 및 투과효율에 대해 연구하였다.

### 2. 이론의 정식화

이론계산에 있어서 수치계산은 Hess & Smith 이론과 Green function을 이용해서 부유체의 표면에 분포시킨 특이점의 세기를 미지수로 하는 적분방정식을 푸는 3차원 특이점 분포법 (Three-Dimensional Source Distribution Method)을 이용하여 수행하였다. 3차원 특이점 분포법에 적용된 이론 및 가정들은 참고문헌 [7][9]를 참조하기 바란다.

표류력에 대해서는 파진폭의 제곱항까지를 고려한 Maruo[6]의 방법을 이용하였으며 계류력의 경우 twin hull 구조물에 chain이 달라붙은 점들이 이동할 경우에 변위량과 계류력과의 관계를 구하여 catenary계류에 대한 등가선형인 복원력 계수를 구하여 운동방정식의 복원력 term으로 포함하여 계산을 수행하였다.[5]

또한 소파효율에 있어서는 위상차를 이용한 계산을 하였으며 [21] 이들 이론에 대해서는 참고문헌을 참고하기 바람과 본고에서는 생략한다.

### 3. 수치계산 및 고찰

#### 3.1 계산모델

계산 모델은 아래 그림과 같이 부력을 발생하는 twin hull 형태의 구조물과 아래쪽의 철망으로 구성되어 있다. 여기서 철망 부분의 계산은 그림과 같이 내부 철망을 외부철망으로 합하여 철망의 투과율을 50%로 가정하고 요소를 분할하여 계산하였다. 또한 철망부분의 요소분할시 철망의 두께는 전체 구조물의 크기에 비하여 아주 작아서 무시한다 라고 가정하고 요소를 분할하고 유체력을 계산하였다.

구조물의 홀수는 twin hull의 절반까지라고 가정하고 구조물의 무게중심은 구조물 높이의 절반으로 가정하였다. 철망을 포함한 twin hull 구조물의 절점의 수는 476개이고 요소의 수는 622개로 분할하였다. box형 구조물에서 절점의 수는 383개 요소의 수는 360개 이고 twin hull부분만 계산한 구조물의 절점의 수는 438개 요소의 수는 396개 이다.

파도는 횡파 (beam sea)의 상태에서 구조물 폭의 1.2~9배 되는 파장을 27개. 주기상에서 added mass, damping coefficient, exciting force, amplitude, drift force, transmission coefficient, reflection coefficient를 계산하였다.

소파효율(투과계수, 반사계수) 계산 프로그램은 부체가 동요하는 경우의 운동방정식을 풀어서 구한 상하요와 좌우요 동요 위상을 이용하여 구한 식을 사용하였으며 수치해석결과의 신뢰성을 확인하기 위해 山下誠也의 논문중의 상자형 부체에 대하여 구한 운동진폭 및 투과계수와 비교 분석하였다. 그리고 같은 크기의 box type 구조물과 twin hull 부분만 계산한 것과 철망부분까지 모두 계산을 하여 비교를 하였다.

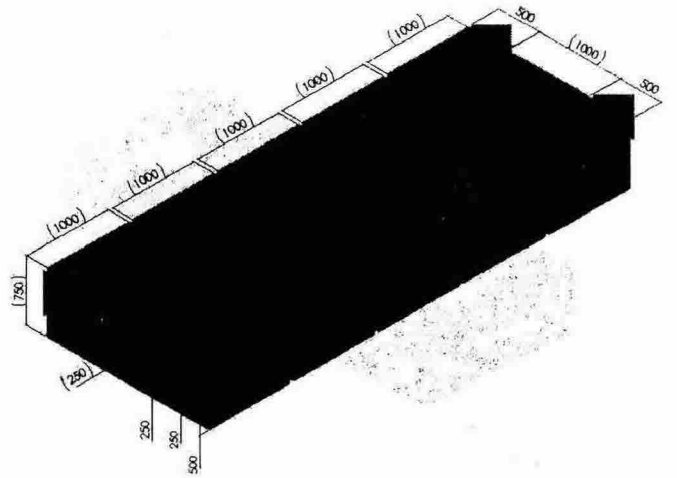


fig.1 twin hull 구조물

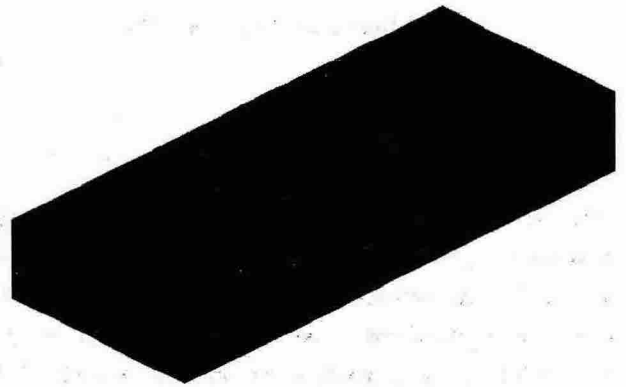


fig. 2 box type 요소분할

	box type	twin hull (동체)	twin hull (all)
길이 (m)	50	55	55
폭 (m)	20	20	20
높이 (m)	7.5	2.5	7.5
홀수 (m)	6.25	1.25	6.25
배수량 (ton)	6250	656.25	656.25
수선면적 (m <sup>2</sup> )	1000	525	525
KG (m)	3.75	0.633	3.75
KB (m)	3.125	0.625	3.125
Ixx (ton-m <sup>2</sup> )	33.3×10 <sup>3</sup>	27×10 <sup>3</sup>	27×10 <sup>3</sup>
Iyy (ton-m <sup>2</sup> )	2.08×10 <sup>5</sup>	1.09×10 <sup>5</sup>	1.5×10 <sup>5</sup>
Izz (ton-m <sup>2</sup> )	5×10 <sup>3</sup>	1.5×10 <sup>3</sup>	4×10 <sup>3</sup>

표1. 구조물의 기본 data

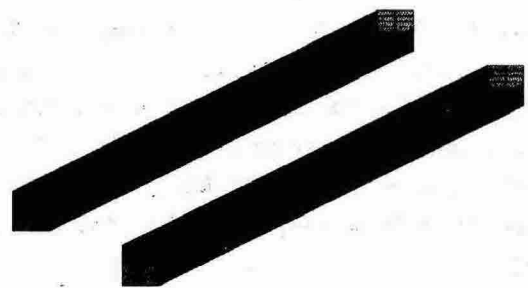


fig. 3 twin hull 동체부분 요소분할

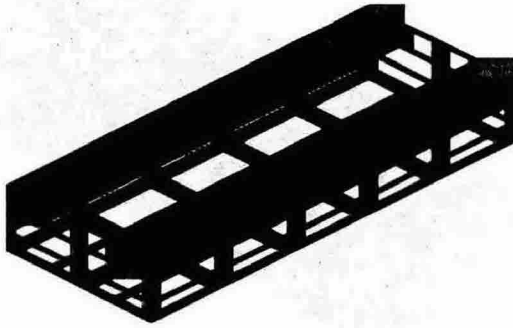


fig. 4 twin hull 전체의 요소분할

### 3.2 계산결과 및 고찰

위의 세가지 모델을 이용하여 구조물의 유체력을 계산하였다. twin hull만 있을 때의 계산과 철망이 부착된 구조물의 added mass에서 sway motion에서는 두 구조물이 거의 비슷하게 나왔으나 heave motion에서 box형 구조물과 비교할 때 구조물 폭의 2~3배 되는 파장에서의 added mass는 음의 값으로 계산되었다. 이것은 山下誠也의 논문에서도 같은 쌍동형 형상의 모형인 경우 음의 값이 나타남을 볼 수 있다. 또한 damping coefficient에서 sway motion에서는 hull 만 있을 경우와 철망이 부착된 구조물에서 철망으로 인한 damping은 음의 값으로 나왔다. 그리고 heave motion 에서는 twin hull과 철망이 있을 경우 모두 구조물 폭의 2배되는 파장부터 급격히 damping coefficient가 증가하는 것을 보인다. exciting force 역시 heave motion 은 twin hull과 철망이 있을 경우 모두 구조물 폭의 2배되는 파장에서 급격히 증가하는 것을 보인다. drift force에서는 sway motion 과 heave motion 모두 장파로 갈수록 0으로 수렴하는 것을 볼 수 있다. 소파효율은 山下誠也의 논문에서 계산된 값들과 본 계산에서 구한 값들이 대체로 잘 일치함을 보이고 있다.

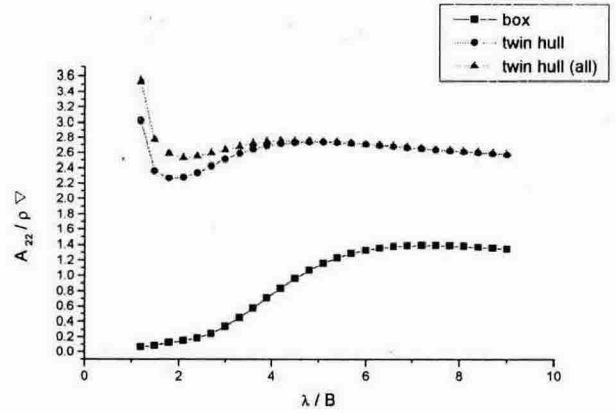


fig. 5-1 sway added mass

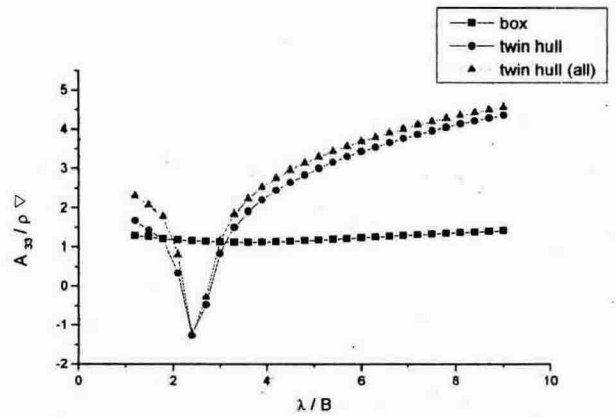


fig. 5-2 heave added mass

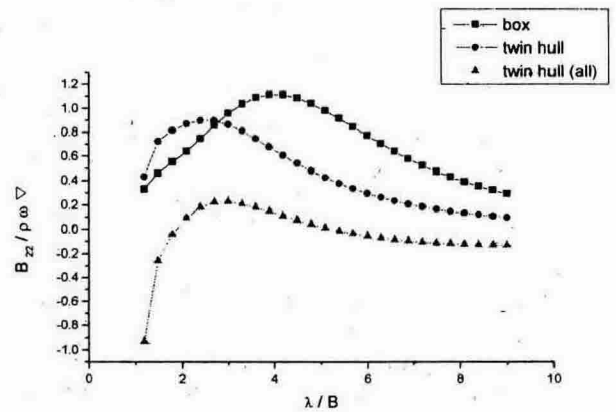


fig. 6.1 sway damping coefficient

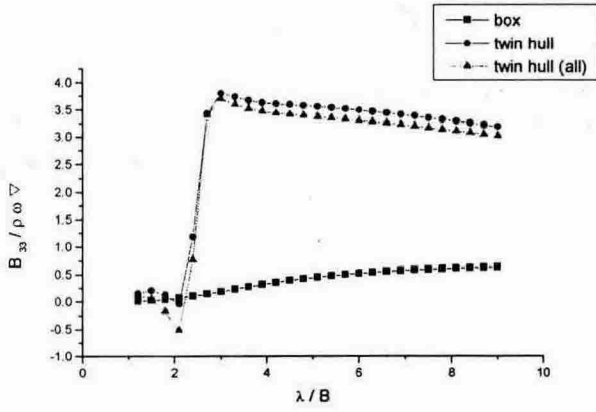


fig 6-2 heave damping coefficient

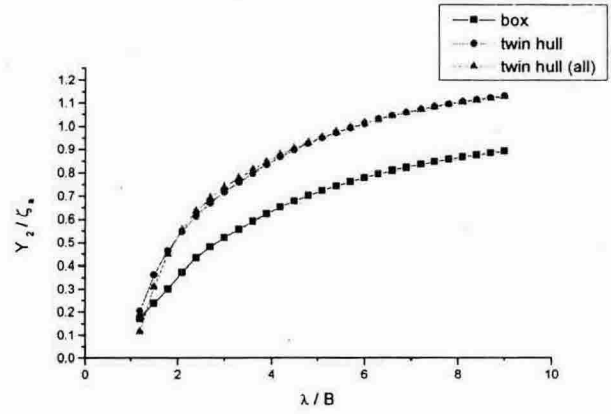


fig 8-1 sway amplitude

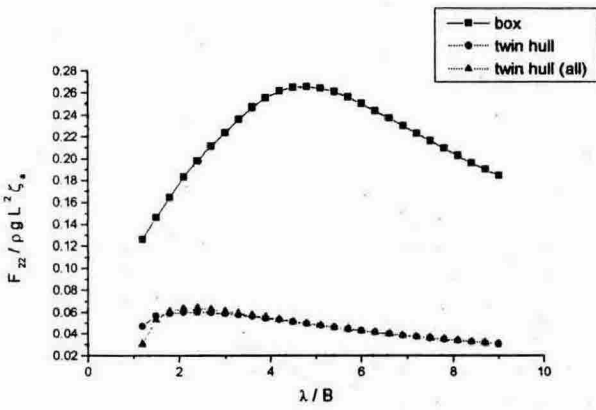


fig7-1 sway exciting force

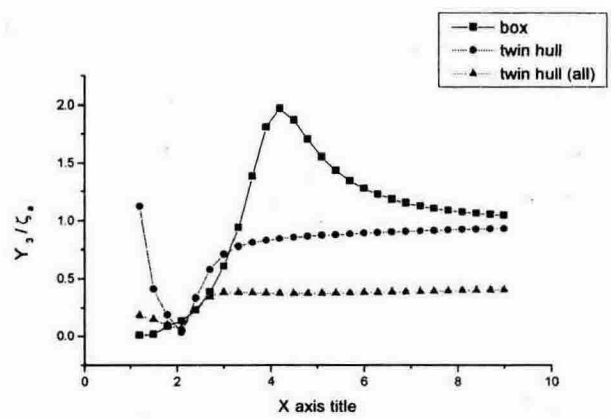


fig 8-2 heave amplitude

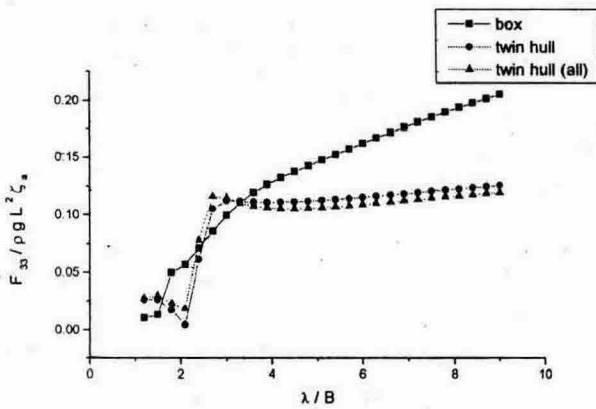


fig 7-2 heave exciting force

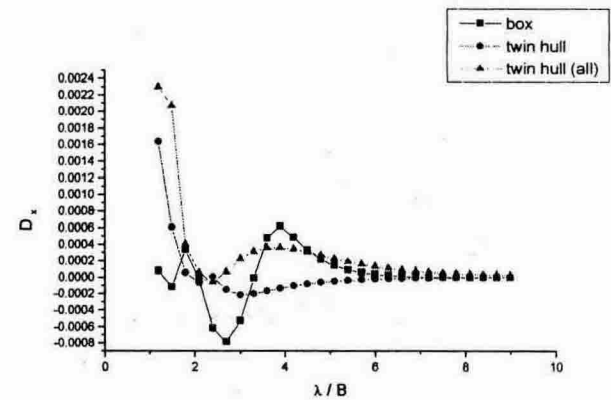


fig 9-1 drift force of sway motion

#### 4. 추후 방향 및 과제

지금까지 다목적 twin hull 소파제의 유체력을 계산하였다. 그 결과 twin hull 부분과 철망에 걸리는 유체력을 알 수 있었다. 또한 가동해상에서 소파제의 역할을 하는데 있어서 가능성을 알아보았다. 실제 구조물을 해상에서 가동할 때 계류나 다른 영향에 대하여서는 좀 더 많은 연구가 있어야 할 것이다.

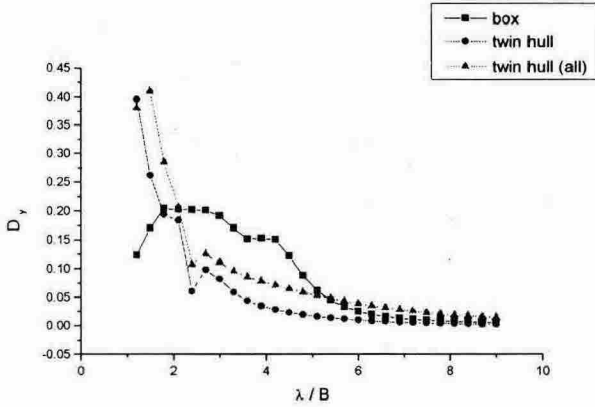


fig 9-2 drift force of heave motion

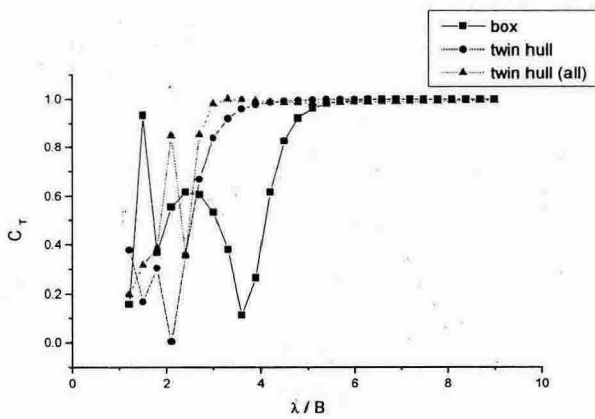


fig 10-1 transmission coefficient

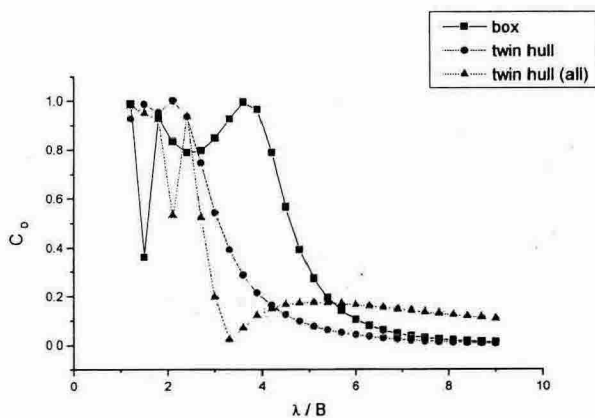


fig 10-2 reflection coefficient

#### 참고 문헌

- [1] 小林浩 著  
: 海洋施設の 計割과 設計, 韓國學術振興財團翻譯叢書 154, 미리내, 1992
- [2] Takarada, N. et al  
: The Stability on Semi-submersible platform in waves, 2nd international conference on stability of ocean vehicle, 1982
- [3] O. M. Faltinsen  
: Sea loads on ships and offshore structures, Cambridge university, 1990
- [4] M.H. Kim, Z. Ran and W. Zheng  
: Hull/Mooring Coupled Dynamic Analysis of a Truss Spar in Time-Domain, International Offshore and Polar Engineering Conference, 1999
- [5] 田才・柄原・光易, 他  
: 海上實驗による海洋觀測ステーションの開発研究(第1報), 九州大學應用力學研究所所報第46号, 1978
- [6] 小山健夫・野藤久隆・前田久明  
: 船體와 海洋構造物的 運動學, 淵鏡文化史, 1990
- [7] Hajime Maruo  
: The drift of a body floating on waves, J. Ship Research, Vol.4 No3, 1960
- [8] 朴魯植  
: 半潛水式 海洋構造물에 働く 流體力에 關する 研究, 日本廣島大學, 學位論文, 1984
- [9] Kudc Kimiake  
: The drifting force acting on a three-dimensional body in waves, J. Society of Naval Architects of Japan, Vol.141, 1977
- [10] Hess, J. L & Smith, A. M. O

: Calculation of nonlifting potential flow about arbitrary three-dimensional bodies, J. Ship Research, Vol.8 No.3 Sept, 1964

[11] Hoi Sang Chan, B.sc.

: A Three-Dimensional Technique for Predicting First-and Second-Order Hydrodynamic Forces on A Marine Vehicle Advancing in Waves, University of Glasgow, 1990

[12] Gunter Claus

: 해양구조물공학, 韓國學術振興財團翻譯叢書 153, 미리내, 1977

[13] 田才福造

: Semi-Submersible Catamaran Hull의 規則波中の運動について, 西部造船會. 第40號, 1970

[14] Newman, J. N.

: The drift force and moment on ship in waves, J. Ship Research, Vol.11, 1967

[15] 崔潤洛

: 불규칙파중에 계류된 부유체에 작용하는 저진동 표류력, 서울대학교 대학원, 1990

[16] Morison, J. R. , O'Brien, M.P., Johnson, J. W. & Schaaf, S.A.

: The force exerted by surface waves on piles, Pet. Trans., 1950

[17] Havelock, T.H

: The pressure of water waves upon a fixed obstacle. Proc. Royal Soc. London, Series A, No.963, Vol.175, 1940

[18] Havelock, T.H

: The drifting force on a ship among waves. phil. Magazine. Ser.7, Vol.33, 1942

[19] Newman, J. N.

: Second order slowly varying forces on vessels in irregular waves, Inter. Symp. on Dynamics Marine Vehicles and Offshore Structures in Waves, London, 1974

[20] Pinstor, J. A.

: Low frequency second order wave exciting forces on vessels moored at sea, Proc. 11th Symp., Naval Hydrodyn., 1976

[21] 山下誠也

: 浮體の能動形 動搖制御の實驗 11th ocean engineering symposium, 日本造船學會, 1992