

실린더형 스파부이의 안정성에 관한 연구

박 노식* · 김 상동**
울산대학교 수송시스템공학부

A Study on Stabilities of the Cylinder Type Spar Bouys

Ro-Sik Park and Sang-Dong Kim
School of Transportation Systems Engineering, University of Ulsan

ABSTRACT

본 논문에서는 여러 가지 실린더형 스파 부이의 안정성을 평가하고, shear force를 보강하고 vortex를 줄이기 위한 나선형판의 형태와 크기가 운동에 어떤 영향을 미치는지를 조사하였다. 그 결과 나선형판의 운동진폭에 미치는 영향은 극히 작은 것으로 안정성을 향상시키기 위해서는 형상의 변화가 더욱 중요함을 알수 있었다.

1. 서 론

부유식 해양구조물은 해상에서 끊임없이 파랑, 바람, 조석, 조류 등과 같은 해양환경하중을 받고 있으며, 환경하중은 해상작업과 구조물의 가동일수에 직접적인 영향을 미친다. 또한 표류력의 경우에 자유 부유상태에서는 별 문제가 되지 않지만, 계류시 상당한 전도 모우먼트를 발생시켜 계류상태에서의 복원성에 영향을 미치게 된다. 따라서 이러한 환경하중 하에서 정위치를 확보하면서 구조물의 안정성을 유지하는 일은 대단히 중요하다.[1][2]

이런 면에서 스파 구조물은 운동성능이 상당히 우수한 것으로 알려져 있다. 스파 구조물은 6자유도의 모든 운동에 매우 긴 고유주기를 가진다. 비교적 큰 흘수를 가지는 스파 구조물은 혹은 해상상태에서도 뛰어난 운동특성을 가지므로 심해생산, drilling, 저장에 매우 효율적인 platform이다.[3][4]

본 연구에서는 원통형 스파부이에 여러 가지 형태로 나선형판을 부착하여 나선형 판이 운동에 어떤 영향을 주는지를 알아보았다. 그리고 부이의 형상에 변화를 주어 최적의 어떤 형상일때가 최적의 안정성을 가지는지에 대해 생각해 보았다.

2. 기초이론

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 스파부이에 chain이 달라붙은 점들이 이동할 경우에 변위량과 계류력과의 관계를 구하여 catenary계류에 대한 등가선형인 복원력 계수를 구하여 운동방정식의 복원력 term으로 포함하여 계산을 수행하였다.[5]

3. 수치계산

3.1 계산모델

계산 모델은 나선형판을 아래 그림과 같은 여러 가지 형태로 배치하여 판의 폭을 구조물의 1/20부터 1/4까지 변화시켜 보았고, 또한 형상에 따라서 배수량이 비슷한 항아리형과 청자형을

택하여 수치계산을 수행하였다. 나선형 판이 달리지 않은 원통형 스파를 SH, 나선형판이 원통을 한번 감았을 때 SH1, 두 번 감았을 때 SH2, 네 번 감았을 때 SH3, 나선형판을 2개로 감았을 때를 SH4, 네 개로 감았을 때를 SH5로 모델명을 붙였고 항아리형의 경우 PO, 청자형인 경우 VA로 모델명을 정하였다. 또한 나선형 판의 폭에 따라서 모델명 뒤에 구조물의 1/20일 때 A를 붙이고, 1/10일 때 B, 1/8일 때 C, 1/4일 때 D를 붙여 각각을 구분하였다. 절점의 수는 289개, 요소의 수는 280개로 분할했고 나선형 판을 추가함으로써 절점 485개 요소 600개까지 늘어났다. 구조물의 중심은 홀수의 3/4으로 정하여 각 모델에 대하여 계산을 수행하고 결과를 비교검토했다.

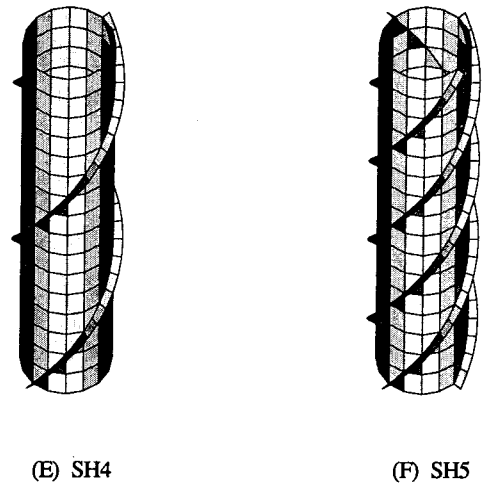
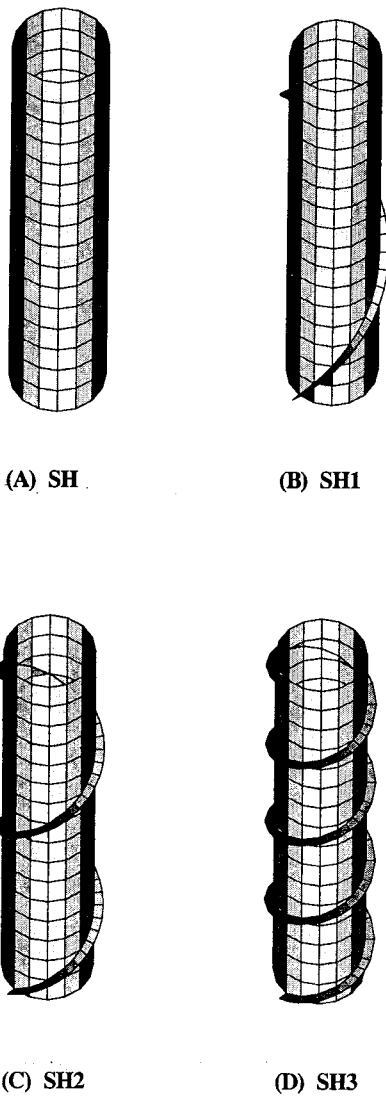


Fig 1. Various Types of Cylinder Spars with Helical Plate

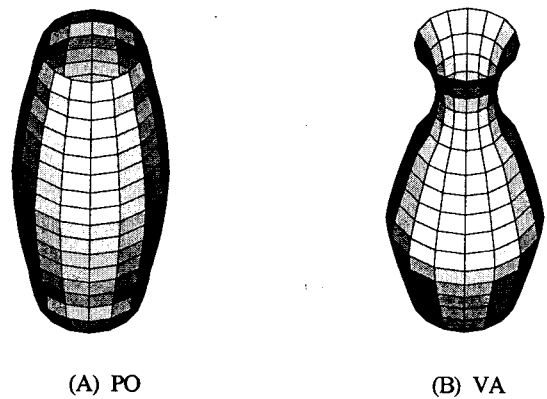


Fig 2. Pot Type and Vase Type

TABLE 1. PRINCIPAL DIMENSION

[단위 : m]

	L	B	Draft	Plate Breath		Displacmen [m ³]
SH ~ SH5	0.4	0.4	1.0	A	0.02	0.1256
				B	0.04	
				C	0.05	
				D	0.1	
PO	0.6	0.6	0.8	-	0.1590	
VA	0.6	0.6	0.8	-	0.1360	

3.2 계산결과

위와 같이 여러 가지 형태로 나선형 판을 붙여 판의 폭을 변화시켜가며 계산한 결과 나선형 판이 Sway, Heave와 Roll의 운동에 직접적인 영향을 주지 않는다는 것을 알수 있었다. 또한 실린더형, 항아리형과 청자형의 형상에 따른 비교계산결과 Sway와 Roll의 경우 실린더형이 비교적 큰 Added Mass를 가졌다. 반면 Heave Added Mass의 경우 청자형이 비교적 컸고, 실린더형이 가장 낮은 Added Mass를 가졌다. Sway와 Roll 운동에 있어서 실린더형이 가장 긴 고유주기를 가졌으며 Heave에 있어서 세가지 형상 모두 긴 동조주기를 가졌다.

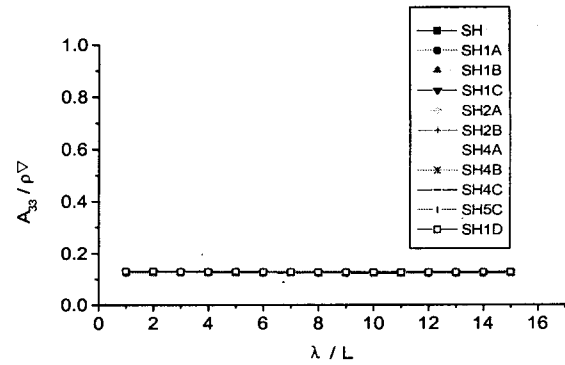


Fig 4a. Comparisons of Heave Added Mass

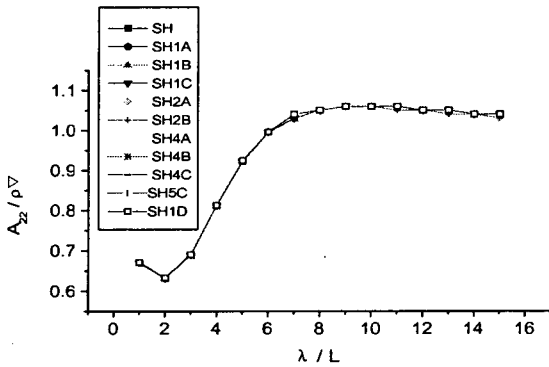


Fig 3a. Comparisons of Sway Added Mass

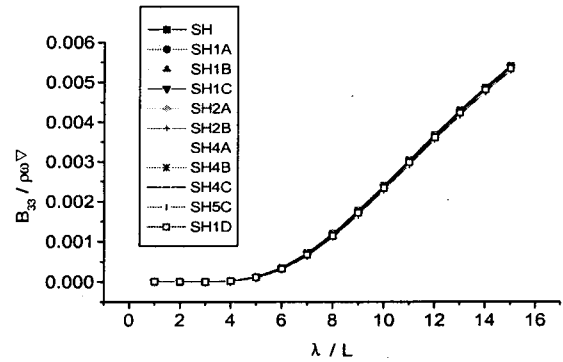


Fig 4b. Comparisons of Heave Damping Coefficient

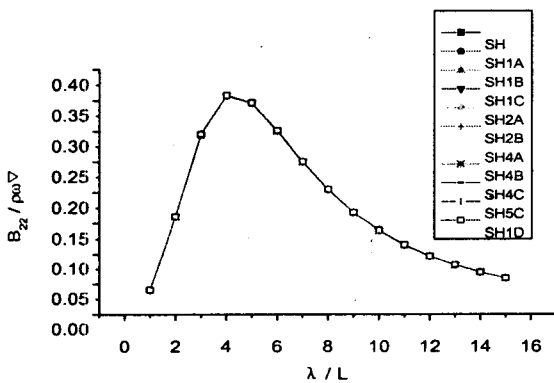


Fig 3b. Comparisons of Sway Damping Coefficient

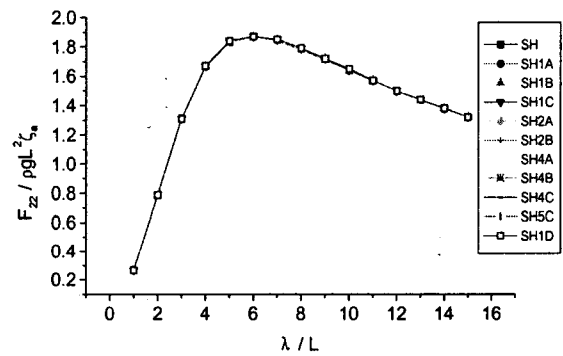


Fig 5a Comparisons of Sway Exciting Force

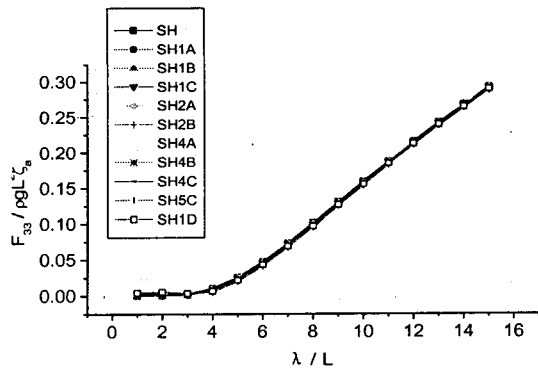


Fig 6. Comparisons of Heave Exciting Force

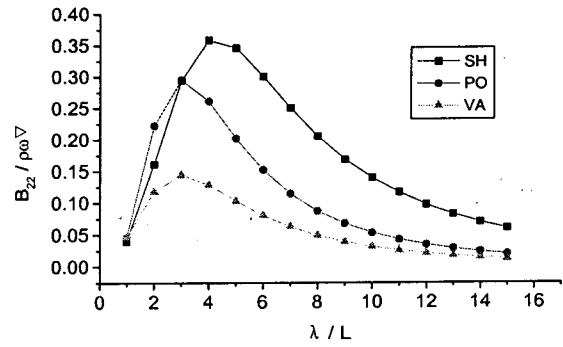


Fig 7b. Comparisons of Sway Damping Coefficient

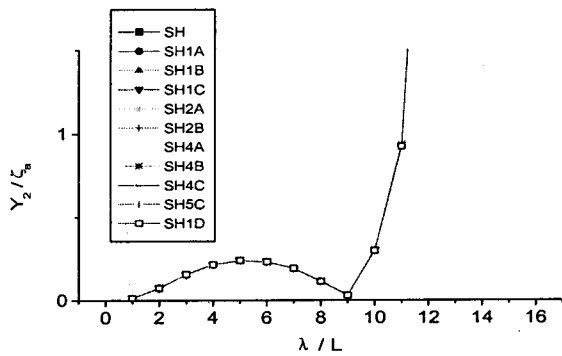


Fig 7. Comparisons of Sway Amplitude

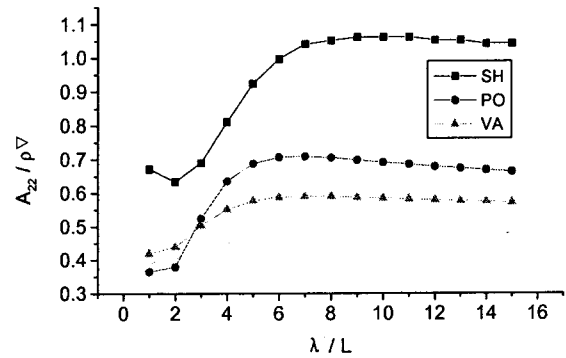


Fig 8. Comparisons of Sway Added Mass

(SH : 실린더형, PO : 항아리형, VA : 청자형)

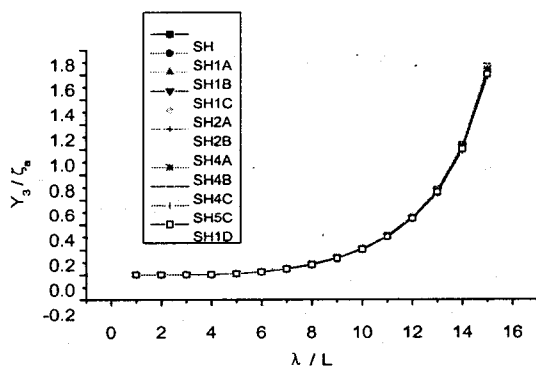


Fig 7a. Comparison of Heave Amplitude

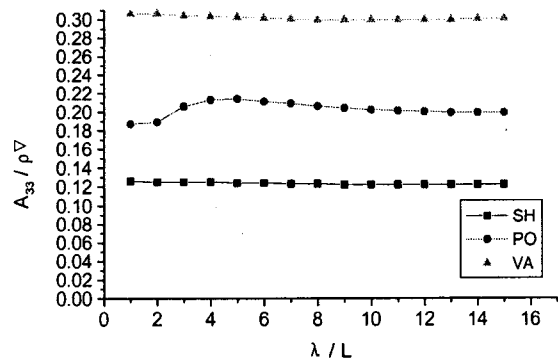


Fig 8a. Comparisons of Heave Added Mass

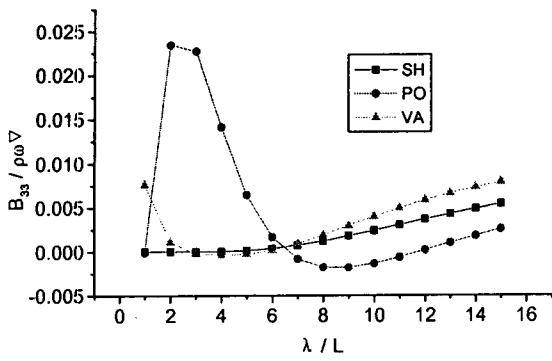


Fig 8b. Comparisons of Heave Damping Coefficient

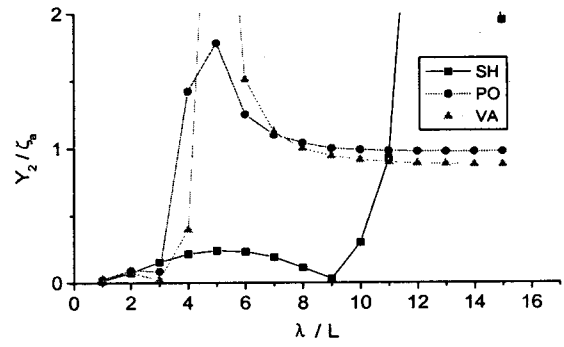


Fig 11. Comparisons of Sway Amplitude

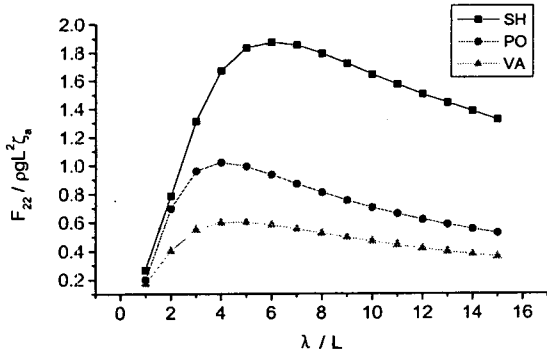


Fig 9. Comparisons of Sway Exciting Force

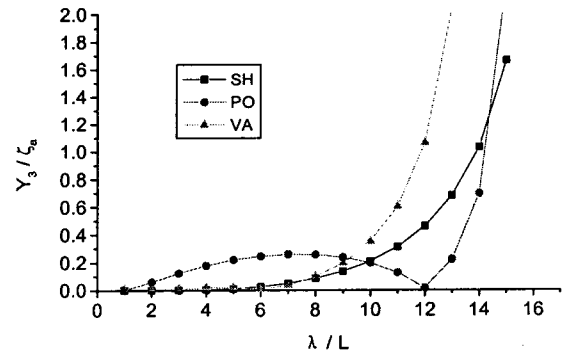


Fig 12. Comparisons of Heave Amplitude

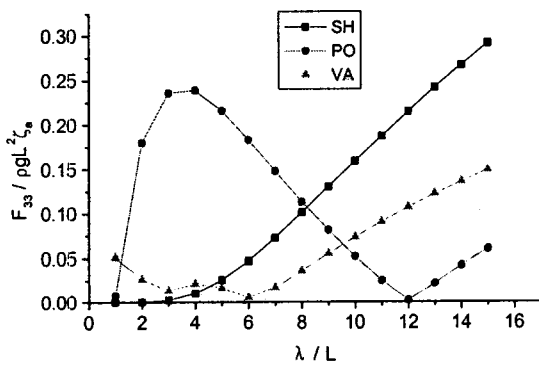


Fig 10. Comparisons of Heave Exciting Force

4. 추후 방향 및 과제

지금까지 나선형판이 원통에 미치는 영향과 형상에 따른 영향에 대하여 알아보았다. 그 결과 나선형판에 의해 운동에 미치는 영향은 거의 없었지만, 형상에 변화에 따라서 다소 차이를 보이는 경향이 있다는 것을 알수 있었다. 따라서 원통형 구조물에서는 어떤 부가물을 설치함으로써 안정성을 얻으려는 것보다는 형상에 변화를 주어 보다 안정성을 높이는 것이 유리하다고 사료된다. 추후 안정성 있는 구조물을 설계하기 위한 기초 자료로써 활용하기 위하여 좀 더 다양한 형상에 대한 연구를 수행하고 검토할 것이다.

참고 문헌

- [1] O. M. Faltinsen
: Sea loads on ships and offshore structures
- [2] Takarada, N. et al
: The Stability on Semi-submersible platform in waves
2nd international conference on stability of ocean
vehicle(1982)
- [3] M.H. Kim, Z. Ran and W. Zheng
: Hull/Mooring Coupled Dynamic Analysis of a Truss Spar in
Time-Domain
- [4] 田才・栖原・光易, 他 第46号
: 海上実験による海洋観測ステーションの開発研究(第1報)
- [5] 小山健夫・野藤久隆・前田久明
: 船體와 海洋構造物의 運動學(1990)
- [6] Hajime Maruo
: The drift of a body floating on waves, J. S. R.
vol.4(1960)
- [7] 朴魯植
: 半潛水式 海洋構造物に働く 流體力に 關する 研究, 日本
廣島大學, 學位論文, 1984
- [8] Kudo Kimiaki
: The drifting force acting on a three-dimensional body
in waves, J. society of naval architects o japan,
Vol.141(1977)
- [9] Hess, J. L & Smith, A. M. O
: Calculation of nonlift on potential flow about arbitrary
three-dimensional bodies, J. S. R(1964)
- [10] HOI SANG CHAN, B.sc.
: A THREE-DIMENSIONAL TECHNIQUE FOR PREDICTING
FIRST-AND SECOND-ORDER HYDRODYNAMIC FORCES
ON A MARINE VEHICLE ADVANCING IN WAVES(1990)
- [11] Gunter Clauss : 해양구조물공학 153(1977)