

선수 부가물 길이에 따른 Axe Bow선형의 규칙과 중 Spray억제에 관한 수치해석 연구

박근홍* · 김상원** · 조대환*** · 서광철**** · † 이경우

*,**목포해양대학교 대학원, ***목포해양대학교 기관시스템공학과, †,****목포해양대학교 조선해양공학과

요 약 : 파랑 중 선수과의 영향을 줄이기 위해 도입된 Axe Bow선형은 파랑 중 항해 시 선수부에 과도한 Spray현상이 발생한다. 이를 억제하고자 선수 부가물이 도입되었으나, 수치해석적 연구가 필요할 것으로 판단하였다. 선수 부가물은 Spray rail에서 착안하였으며, 구현이 쉽고 설계 파라미터를 제시 할 수 있는 Barge형상으로 적용하였다. 본 연구에서는 선수 부가물의 길이 변화에 따른 Axe Bow 선형의 Spray 억제에 수치해석적으로 고찰하였다.

핵심용어 : 선수 부가물, Axe Bow, 규칙파, Spray현상, 수치해석, CFD

연구 범위

- 수치해석은 상용프로그램 STAR CCM+를 이용함
- 고속선의 규칙파 중 수치해석기법을 바탕으로 Axe Bow선형 연구를 수행함
 - 선형연구를 바탕으로 고속선의 규칙파 중 수치해석기법을 연구함
 - 이를 바탕으로 Axe Bow선형의 규칙파 중 수치해석적 연구를 수행함

연구 배경

- 고속선의 성능향상 및 안정성을 위한 여러 종류의 선형이 개발됨
 - 단동선, 수중익선, 공기부양선 및 위그선, 쌍동 및 삼동선 등으로 분류됨
 - 경제성, 운용성, 보수성, 보편성 등의 장점으로 단동선의 건조비중이 높음
 - 고속 단동선의 형상은 크게 Hard chine, Round bilge으로 분류됨
- 파랑 중 운동성능 및 안정성 개선을 위한 새로운 선형이 제시됨
 - 파랑을 고속으로 운항하는 경우 비선형적인 운동에 의한 문제점이 있음
 - 이를 개선하기 위해 Enlarge Ship Concept이 도입됨 (J.A.Keuning, 1995)
 - 또한 보다 정교한 개선을 위한 Axe Bow선형이 제시됨 (J.A.Keuning, 2001)

연구 목표

- Axe Bow선형의 파랑 중 수치해석적 연구
 - Axe Bow선형의 경우 정수 중 저항 및 항주자세, 선수파 중 수직가속도, 선미사파 중 운동성능에 관한 실험 및 수치해석적 연구가 수행되었음 (J.A.Keuning, 2002)
 - 이후 연구는 선측파의 영향을 줄이는 방향으로 진행되고 있음
 - 본 연구에서는 선수파에 의한 영향을 수치해석적으로 연구하고자 함
- 선수 부가물을 이용한 Axe Bow선형의 Spray억제 연구
 - Axe Bow선형 특성 상 선수부에서 과도한 Spray현상이 발생함
 - 실제 운항하는 Axe Bow선박은 선수 부가물을 적용하여 운용하고 있음
 - 하지만 선수 부가물에 따른 영향에 대한 연구자료는 전무함
 - 부가물을 이용한 고속활주선의 운동억제에 관한 연구(Kim, 2016)를 바탕으로, 선수 부가물을 이용한 Axe Bow선형의 Spray억제에 관한 수치해석적 연구를 수행함

검증모델 개요

- 검증 모델 : Warped 2 Hull
 - 이탈리아 나폴리 대학(University of Naples Federico II)의 하드차인 활주선 시리즈
 - DIN systematic series models, Begovic and Bertorello (2014)
 - 선속 : 3.4, 4.6m/s (Fn : 0.78, 1.06)
 - 파장 : 1.561 ~ 9.755m (λ/L_{OA} : 1.28 ~ 5.13)
 - 계측결과 : Heave & Pitch Amplitude

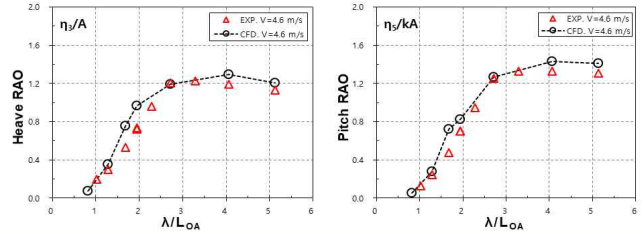
λ/L_{OA}	Wave Number(K)	λ (mm)	Amplitude (mm)
0.8216	0.0040	1561	16
1.2837	0.0026	2439	20
1.6763	0.0020	3185	20
1.9442	0.0017	3694	32
2.7158	0.0012	5160	35
4.0568	0.0008	7708	45
5.1342	0.0006	9755	45

† 교신저자 : kwlee@mmu.ac.kr, 061-240-7307
* thisishim28@naver.com, 061-240-7142

- 고속 활주선의 파랑 중 내항성능 수치해석 기법
 - STAR-CCM+ version 9.04
 - Implicit Unsteady
 - Time-step size : 0.001s
 - Solution time : 15s
 - Turbulent model : SST K-W Model
 - Dynamic Fluid Body Interaction(DFBI) Module
 - Volume of Fluid (VOF)
 - First Order VOF Waves
 - Trimmer mesh(with prism) : 2.50M
 - Y+ Value : 75

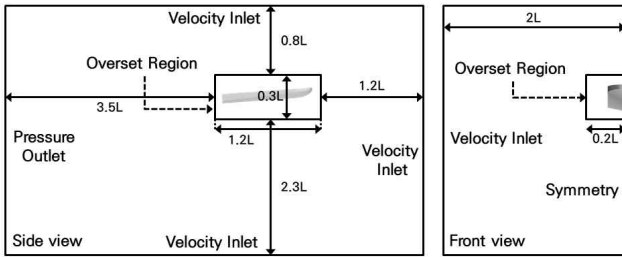
9

- 검증결과 비교 (V = 4.6m/s)
 - $\lambda/L_{OA} < 3$ 에서는 수치해석 결과값이 상이함
 - $\lambda/L_{OA} > 3$ 에서는 낮은 차이(최대 8%)를 보임
 - 단파장영역의 경우 상대적으로 작은 파랑을 표현하기위한 격자계 연구가 필요함
 - 파랑별 격자계 및 Time-step의 최적화가 필요함



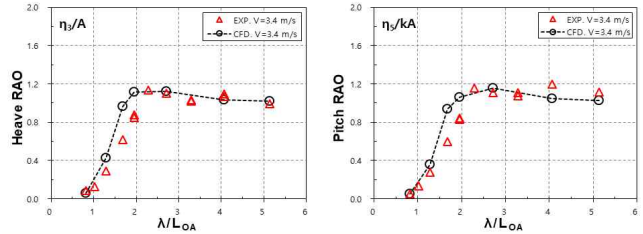
13

- 수치 도메인 및 경계조건
 - Inlet, Top, Bottom, Side - Velocity inlet
 - Outlet - Pressure outlet
 - Symmetry - Symmetry



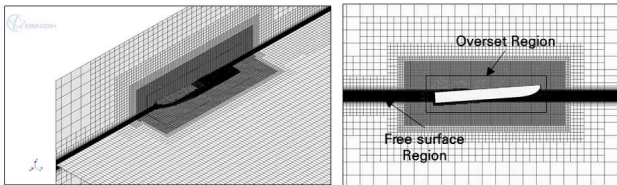
10

- 검증결과 비교 (V = 3.4m/s)
 - $\lambda/L_{OA} < 3$ 에서는 수치해석 결과값이 상이함
 - $\lambda/L_{OA} > 3$ 에서는 낮은 차이(최대 12%)를 보임
 - 단파장영역의 경우 상대적으로 작은 파랑을 표현하기위한 격자계 연구가 필요함
 - 파랑별 격자계 및 Time-step의 최적화가 필요함



12

- 고속 활주선의 파랑 중 내항성능 수치해석 격자계 구성
 - 선체 측면 스프레이 → 선체 주위의 격자 세분화함
 - 선축/선미파 유동 → 자유표면의 높이방향으로 격자 세분화함
 - 파랑 구현 → 파랑 진행방향으로 격자 세분화함
 - 선체의 자유도를 묘사하기 위한 중첩 격자(Overset mesh) 사용
 - 중첩되는 부분의 격자 크기는 외부격자계와 내부격자계에 동일하게 적용
 - 최소격자크기 : 0.0624m → 선체길이(L_{OA}) 1.6%



11

- 상대적으로 단파장영역($\lambda/L_{OA} < 3$)에서의 차이가 크게 나타남
 - 상하동요, 중동요 최대56%의 차이가 나타남
 - 단파장영역의 파랑을 표현하기 위한 격자계 구성이 필요할 것으로 판단됨
- 파장 영역에 따라 값의 차이가 상이함
 - 각 파장 영역에 맞는 격자계 및 Time-step의 최적화가 필요함
- 파랑관통형 고속활주선의 파랑 중 내항성능 수치해석 기법으로 사용함
 - 전반적인 범위에서 유사한 경향을 나타냄
 - 격자계의 경우 선박의 길이에 맞추어 최소격자 크기를 설정함 → 선체길이(L_{OA}) 1.6%

14

- 수치해석 연구선형 : AXE 4100 (J.A.Keuning, 2001)
 - 네덜란드 Delft University of Technology와 DAMEN社 에서 개발한 선형
 - 선수파의 영향을 줄이기 위해 선수부인이 도끼(AXE)의 형태를 띠고 있음
 - LBP와 LWL을 길게 하여 수선길이 증가, 무게중심을 선수부에 위치하게 함
 - 선체 중심부에서 선수방향으로 음(-)의 곡률을 주어 슬래밍에 의한 영향을 줄임
 - 수직가속도를 크게 낮추어(약 50%) 안정성 및 승선감을 향상시킴

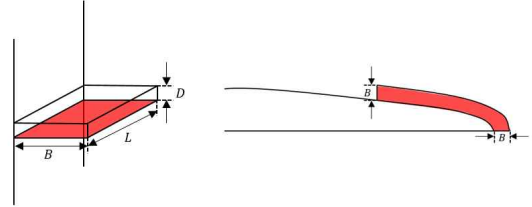


Dimensions	AXE 4100	Model
Model Scale	1	1/21
W.L.Length (m)	41	1.952
W.L.Beam (m)	5.608	0.267
Draft (m)	2.713	0.129
Volume (m ³)	111.57	0.120
Wetted S.Area (m ²)	222.3	0.504
Speed (knot)	25	1.443

16

선수핀(Bowfin) 모델

- 모델 형상을 단순화하여 선수핀의 주요요목에 따른 파라미터를 제시하고자 함
 - $\beta = 0^\circ, \gamma > 90^\circ$ 모델에서 착안하여, 접촉부분만을 고려 구현하기 쉬운 Barge형상으로 설정
 - $\alpha_0, \alpha_{0m} = 0$ 으로 하여 선수부의 스프레이 억제도를 고찰
- 선수핀의 길이, 폭, 두께를 주요요목으로 선정함



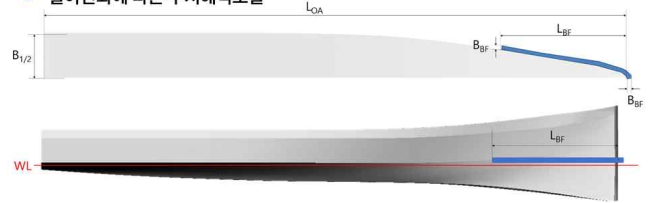
19

- 해석조건 설정
 - Heave & Pitch RAO
 - Vertical Acceleration (at Bow, COG)
 - Wetted Surface Area
 - Total Resistance (R_T)
 - Speed : 5.4705m/s (Fn : 1.25)
 - Heading Angle : 180°
 - Wave Condition : Beaufort Scale 2,3,4,5,6 → Regular wave
 - A_m : Wave Amplitude model scale
 - λ_m : Wave Length model scale

Wave Condition	H _{1/3} (m)	T(sec)	A _m (m)	λ _m (m)	λ _m /L _{DA}
B.F_2	0.2	1.73	0.0047619	0.222516	0.113970498
B.F_3	0.6	2.99	0.0142857	0.664679	0.340442215
B.F_4	1.0	3.86	0.0238095	1.107756	0.567382094
B.F_5	2.0	5.46	0.047619	2.216435	1.135236427

17

길이변화에 따른 수치해석모델

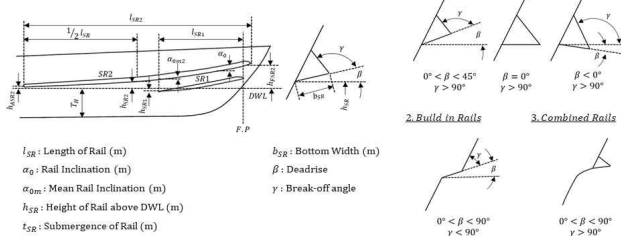


Case	Bowfin	L _{BF}	B _{BF}
1	Bare Hull	-	-
2	Bowfin (L1 / B1)	5%L _{CA}	3%B
3	Bowfin (L2 / B1)	10%L _{CA}	3%B
4	Bowfin (L3 / B1)	15%L _{CA}	3%B
5	Bowfin (L4 / B1)	20%L _{CA}	3%B
6	Bowfin (L5 / B1)	25%L _{CA}	3%B

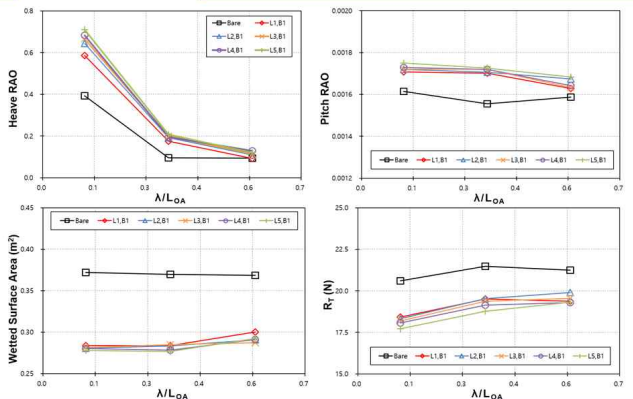
20

- 선수부가물 선정
 - 스프레이현상은 갑판침수, 조타실 시야확보 등의 문제를 야기함 (Muller, 1991)
 - 물을 가르며 나아가는 Axe bow선형 특성에 의해 선수부의 과도한 스프레이가 발생함
 - 스프레이현상을 억제하는 Spray rail에서 착안하여 선수핀(Bowfin)으로 적용함

Geometry of Spray Rails



18



21

후 기

본 연구는 교육부 및 한국연구재단 지역혁신창의인력양성사업(2015H1C1A1035813) 지원으로 수행되었습니다.