

항해하는 선박과 부유하는 컨테이너의 충돌 가능성에 관한 연구

† 공길영 : 한국해양대학교 항해학부, kong@hhu.ac.kr

이상갑 : 한국해양대학교 조선해양시스템공학부, sglee@hhu.ac.kr

정창현 : 한국해양대학교 한나라호, hyon@hhu.ac.kr

이춘기 : 한국해양대학교 수중운동체연구센터, leeck@hhu.ac.kr

요약 : 부유물 부근을 항해하는 선박의 조종 운동에 미치는 부유물의 영향을 파악하기 위하여 선박과 부유물(40피트 컨테이너)을 형상화 하고 선박과 부유물간의 간섭영향을 수치 계산하였다. 이 논문에서 사용되어진 계산 방법은 충돌 회피를 위한 선박의 자동 제어시스템과 해상교통제어시스템 및 항만 건설 등을 위한 초기 설계 단계에서 선박 조종성의 예측에 유용할 것이다.

핵심용어 : 선박조종성능, 부유체, 항해선박, 충돌가능성

대상 선박과 부유체의 좌표계

1



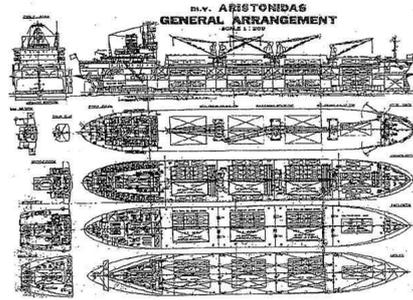
$$C_F = \frac{F}{\frac{1}{2} \rho L d U^2}$$

$$C_M = \frac{M}{\frac{1}{2} \rho L^2 d U^2}$$

한국해양대학교

대상 선박의 일반배치도

2

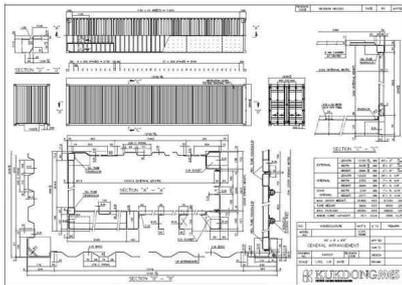


한국해양대학교

부유체의 규격 및 일반배치도

3

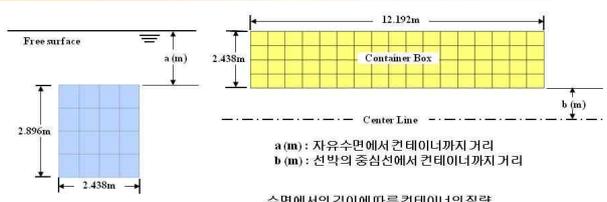
- 컨테이너 ISO 표준규격 : 40ft high cube 컨테이너 일반배치도
 - 길이 : 12,192mm(40ft), 폭 : 2,438mm(8ft), 높이 : 2,896mm(9ft 6in)
 - 자체중량 : 2,593.6 kg, 최대총중량 : 30,480 kg



한국해양대학교

깊이에 따른 컨테이너 질량

4



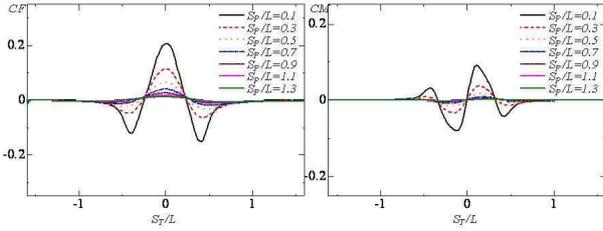
a (m)	mass of container (kg)	a (m)	mass of container (kg)
draft 1.0	30,480	0.1	~89,000
1.0	92,500	0.2	~89,500
2.0	94,000	0.3	90,000
3.0	95,000	0.4	90,500
4.5	97,000	0.5	91,000

컨테이너에 해수가 완전히 침수된 경우
전체 질량 = 30,480 + 12,192 × 2,438 × 2,896 × 1,025 = 118,713 (kg)

한국해양대학교

선박의 간섭력과 모멘트

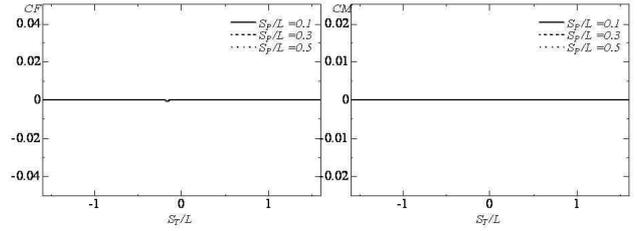
5



선박이 부유물에 작용하는 간섭력 선박이 부유물에 작용하는 모멘트

부유체의 간섭력과 모멘트

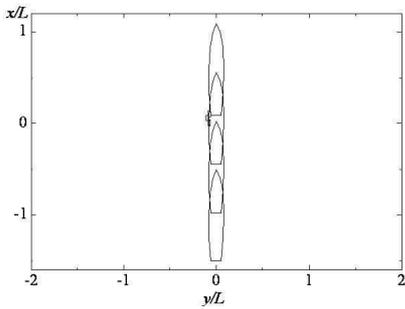
6



부유물이 선박에 작용하는 간섭력 부유물이 선박에 작용하는 모멘트

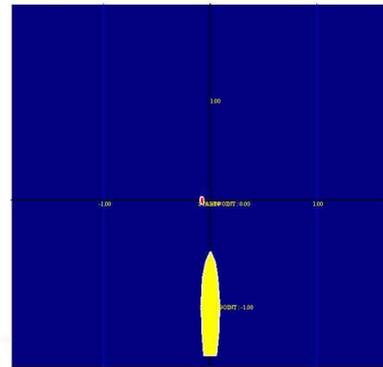
수면상에서의 충돌 시뮬레이션

7



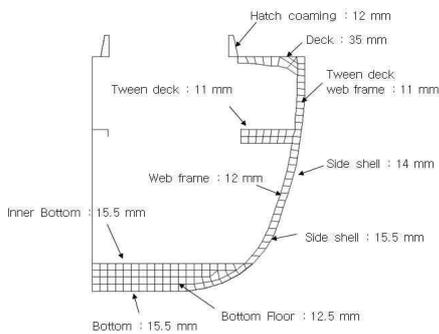
수면상에서의 충돌 시뮬레이션

8



대상 선박의 선체 외판 치수

9

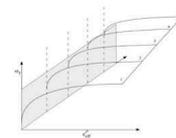


선체 외판의 물성치

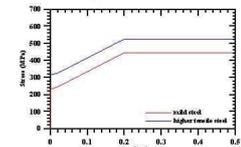
10

- Strain rate 효과를 고려한 재료 물성치(Cowper Symonds 모델)

Property	Mild steel	High tensile steel
Young's modulus	206.0 GN/m ²	206.0 GN/m ²
Density	7,850 kg/m ³	7,850 kg/m ³
Yield stress	235.0 MPa	315.0 MPa
Ultimate stress	445.0 MPa	525.0 MPa
Failure strain	0.2	0.2
Dynamic yield stress constants	D=40.4 s ⁻¹ , q=5	D=24,805.6 s ⁻¹ , q=5



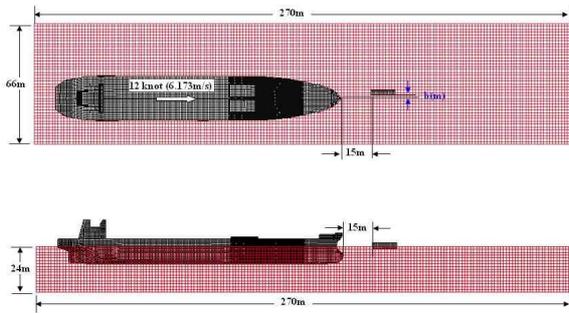
Strain rate 효과 (Cowper Symonds 모델)



연강 및 고강도강의 응력-변형률 곡선

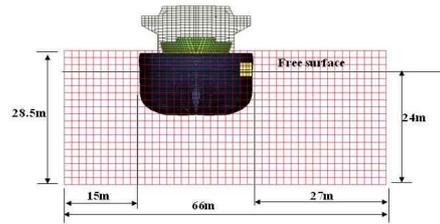
내충돌 수치 시뮬레이션을 위한 좌표

11



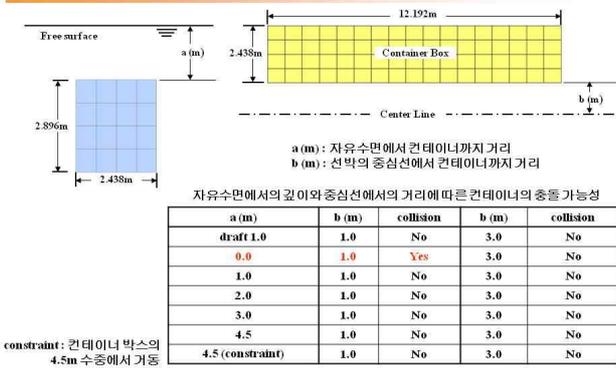
내충돌 수치 시뮬레이션을 위한 좌표

12



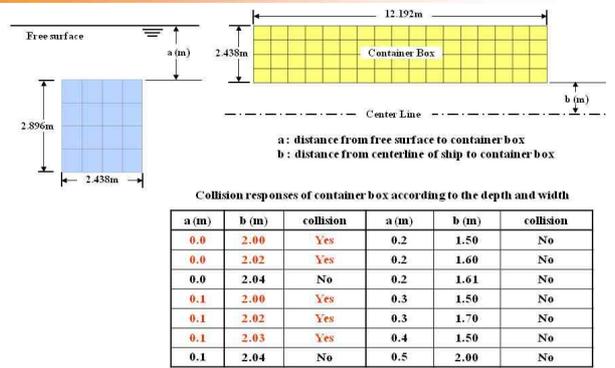
내충돌 수치 시뮬레이션 결과 : 넓은 영역

13



내충돌 수치 시뮬레이션 결과 : 좁은 영역

14



충돌 가능성에 대한 종합 평가

15

- 충돌 가능성을 확인하기 위하여, 선박 전방에서 상하 방향으로 수면 상 1m ~ 수면 하 4.5m, 선박의 종중심선에서 좌현 1m~3m까지 시뮬레이션 실행하여 수면하 0m ~ 0.1m 부근에서 충돌 가능성 확인. 충돌 가능성은 대단히 낮음.
- 선박이 항해하면서 생기는 항주파(ship wave)는 물을 선박 앞으로 밀면서(bow outward moment), 선저 밑으로 빠지도록 작용함.
- 본 시뮬레이션에서 수중부유체 컨테이너가 선박 앞과 옆으로 밀리면서(bow outward moment), 수중으로 가라앉는 것(heaving)으로 확인됨.

내충돌(耐衝突) 응답분석 종합 평가

16

- 수면 0m~0.1m 부근, 종중심선에서 2.02m 부근에 위치하는 컨테이너와 충돌 가능성 확인
- 선체 좌현의 충돌 지점에서의 내충돌 응답
 - 최대 발생 응력 : 약 250MPa (연강의 항복응력 235MPa, 극한응력 445MPa를 감안하면 약간의 변형이 발생)
 - 최대 발생 소성 변형률 : 0.026 (연강의 소성변형률 0.2)
 - 최대 변형 : 약 6 cm, 잔류 변형 : 약 4 cm
- 수면 0m~0.1m 부근에서 충돌한 것을 이때 컨테이너의 질량은 약 85톤임. 컨테이너 최대중량이 30톤임을 감안하면 나머지 55톤은 해수의 무게임.
- 이 경우 계속적인 해수유입이 있다고 판단되며, 선박의 항주파와 자체 부력 상실로 급속히 가라앉음. 따라서 수중부유체(컨테이너)가 선박과 충돌하여 선체에 큰 손상을 줄 가능성은 거의 없다고 판단됨.