

해양 환경조건을 고려한 긴장계류장치의 신뢰성 기반 강건설계 최적화

† 오영철 · 강병모* · 고재용**

† 목포해양대학교 대학원 해양시스템공학과, *, **목포해양대학교 해양공과대학 조선해양공학과,

Reliability Based on Robust Design Optimization of Tension Mooring Unit Considered Marine Circumstance Condition

† Young-Cheol Oh · Byoung-Mo Kang* · Jae-Yong Ko**

† Department of Ocean System Engineering, Graduate school of Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

*, **Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

요 약 : 최근, 우리나라는 소득수준 향상, 교통여건 개선 등으로 여가활동 및 관광형태가 다양화되면서 육지 레저에서 해양 레저 활동이 증가하고 있다. 하지만 이런 여가활동을 수용할 수 있는 기반시설을 구축하고 있지만, 아직도 부족한 실정이다. 또한, 시설 구축 시 도입되는 기자재는 거의 전량을 수입하고 있으며 특히 마리나 구축 시 사용되는 긴장계류장치도 비슷한 상황이다. 따라서 이 논문에서는 에틸렌 프로필렌 고무와 아라미드섬유 등 재료를 이용하여 긴장계류장치를 구성하고 신뢰성 기반 강건 설계를 통해 국내 해양환경에 적합한 제품을 개발하여 해양레저문화 활성화와 산업발전에 이바지할 수 있을 거라고 생각한다.

핵심용어 : 긴장계류장치, 에틸렌 프로필렌 고무, 아라미드 섬유, 신뢰성, 강건설계

ABSTRACT : Recently, our country is to be diversification a leisure activity and tourism form by income level rise and traffic circumstance improvement. But Basic facilities expropriated these leisure activities have built an insufficient condition. Also, Building a facility, Introduced tools and materials import the whole quantity. Therefore, In this paper, it builds a tension mooring unit to use EPDM and Kevlar R29 and it develops a domestic marine circumstance through reliability based on robust design. It contributes to marine leisure culture activation and industry development.

KEY WORDS : Tension Mooring Unit, EPDM, Kevlar, Reliability, Robust design

1. 서 론

최근, 요트이용과 구매에 대한 관심이 증가함에 따라 마리나 시설구축이 필요성이 증대되고 있다. 이러한 부유 구조물의 계류하는 방식은 수중 지반에 커다란 중량 콘크리트 블록을 설치하고 계류삭으로 어느 정도 느슨하게 연결하여 계류하는 방식을 사용하고 있다. 하지만 간조 차나 자연재해 등으로 인하여 계류삭이 버틸 수 있는 거리만큼 계류 장치를 길게 한다면 부유식구조물의 위치 제어가 불가능하기 때문에 이를 일정하게 머물게 하기 위해 긴장계류장치를 사용하여 부유 구조물의 일정한 위치를 유지할 수 있도록 설계하여야 한다(중소기업진흥공단, 2011). 하지만 이런 장치 및 기자재들은 거의 수입되고 있는 실정이다. 따라서 이것을 국산화한다면 마리나

시설구축 및 해양레저 문화지변 확대에 좋은 성과를 가져올 수 있을 거라고 생각한다.

2. 재료 물성시험과 재료상수 결정

에틸렌프로필렌 고무는 에틸렌과 프로필렌을 혼성중합시켜 얻은 비결정성 고분자물질이며 주로 고전압 전선, 타이어 등에 사용하는 재료이다. 고무 정적 변형(이하 대변형) 특성을 지배하는 재료상수를 산정하기 위해 KS M 6782에 따라 인장 시험을 수행하였다. 고무 재료에 대한 유한 요소 해석을 위하여 적절한 변형률 에너지 밀도 함수를 선택하여야 하며 재료 변형을 예측하기 위해 3차 Yeoh모델을 이용하였다. 3차 Yeoh 모델은 고무 거동을 나타내기 위해 C_1 , C_2 , C_3 의 재료상수를

† 교신저자(비회원), yochoh@mmu.ac.kr 061)240-7476

* 공동저자(비회원), boomkang@mmu.ac.kr 061)240-7476

필요로 한다(박영철 등, 2006). 재료상수는 Fig. 1의 (a)인 인장력-진변형률 선도에 곡선회귀(Curve fitting)를 수행하여 Fig. 1의 (b)로 나타내었다. Table 1은 곡선회귀 결과를 통해 산정한 고무 재료상수 값들을 나타내고 있다.

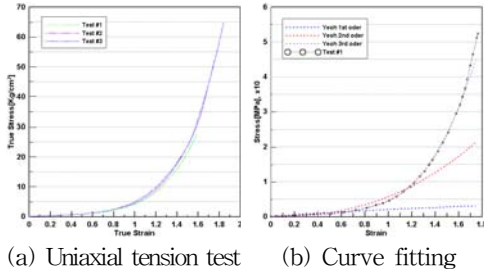


Fig. 1 Uniaxial tension test results and curve fitting

Table 1 Yeoh model material constants

Model	C_1	C_2	C_3
Yeoh 3rd order	4.0375×10^5	-1.0129×10^5	1.1284×10^5

3. 해석모델 및 하중선정

긴장계류장치의 계류삭 단면 재질구성과 모델 치수 도면을 Fig. 2에 나타내었다. 계류삭은 이중 코어(Core)방식 에틸렌 프로필렌 고무 압출 1회(EDPM#1), 압출된 반제품에 케블라 편조 1회, 접착력을 높이기 위해 에틸렌 프로필렌 고무 압출 1회(EDPM#2), 인장강도 보강을 위한 케블라 편조 1회, 마지막으로 에틸렌 프로필렌 고무 압출 1회(EDPM#3)를 추가하여 총 6개 층(Layer)으로 구성하였다. 하중선정은 일반적인 부유 구조물의 설계 하중은 항만 및 어항 설계기준(해양수산부, 2005)을 권장하고 있으나 마리나 시설의 설계 하중은 Guidelines for design of marinas(Australian Standard 3962, 2001)를 참조하여 산정하였다.



Fig. 2 Material arrangement and dimension

4. 유한요소 해석결과

이 논문에서는 압출 부분(EDPM#2, EPDM#3)을 설계변수로 활성화시켜 초기 설계안을 산출하도록 실험계획법(DOE)을 수행하였다. 실험계획법에 따른 결과를 통해 반응 표면을 Fig. 3으로 나타내었고 Fig. 4는 최적설계 결과의 불확실성에 대한 신뢰성을 확보하기 위한 확률밀도 분포를 나타내었다. 이에 따른 최적 설계안은 Table 2에 나타내었다.

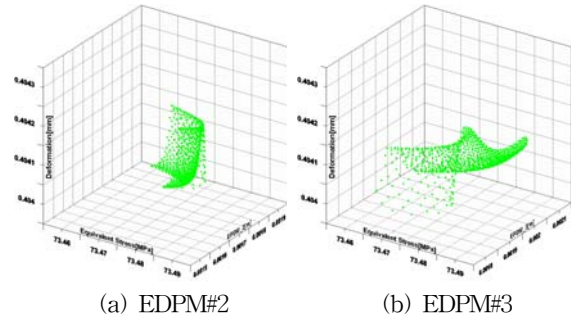


Fig. 3 EPDM #2 and EPDM #3 Response surface results

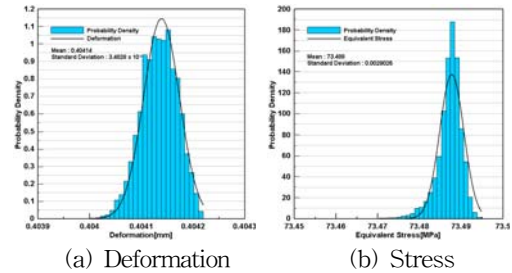


Fig. 4 Probability density of deformation and stress

Table 2 Results of EPDM rubber optimization

Candidate Point	EPDM#2	EPDM#3	Stress	Deformation
Value	1.575mm	1.865mm	73.493MPa	0.40431mm

5. 결 론

신뢰성 및 강건 설계를 통해 긴장계류장치의 최적 설계안을 도출하였고 이 결과는 긴장계류장치의 성능을 개선시킬 수 있을 것으로 생각한다.

후 기

이 논문은 지식경제부의 자전거·해양레저장비산업육성사업으로 수행된 연구 결과이며 위 기관의 지원에 감사를 표합니다.

참 고 문 헌

- [1] 중소기업진흥공단(2011), 부유식 구조물을 위한 신축 고무/합성 Fiber 계류 시스템의 개발계획 보고서.
- [2] 박영철, 정대석, 김지영, 이종문(2006), CFD 기반의 비선형 초탄성 재료의 구조설계, 대한기계학회논문집 A권 제30권 제4호, pp. 379~386.
- [3] 해양수산부(2005), 항만 및 어항 설계기준.
- [4] Australian Standard 3962(2001), Guidelines for design of marinas.