

ISO 12215-5에 기반 한 레저선박 낙하시험 평가시스템 개발을 위한 기초연구

강남선*† · 박충환**

*, ** 중소조선연구원

The Fundamental Study on the Development of Leisure Boat's Drop Test Management System based on ISO 12215-5

Nam-Seon Kang*† · Chung-Hwan Park**

*, ** Research Institute of Medium & Small Shipbuilding, Busan, 618-820, Korea

요 약 : 최근 소형선박 국제표준규격(ISO-12215)이 제정되면서 소형선박-선체구조 및 치수-제5장 부속서 B에 의하여 길이 2.5미터 이상 6미터 미만 소형선박의 낙하시험에 의한 강도시험 기준을 적용할 수 있게 되었으나, 육안검사로 실시되는 현재의 방법으로는 선체 강도 평가의 객관적인 평가가 어려운 문제점이 있다. 본 연구에서는 레저선박의 낙하시험의 정량적 평가가 가능한 평가시스템을 개발하기 위하여 레저선박의 낙하시험에 대한 국내외 규정을 기반으로 한 낙하시험 평가시스템을 설계하였으며, 5미터급 알루미늄선박의 낙하시험을 통하여 시스템의 적용가능성을 검토하고 낙하 시 선박의 상태 및 낙하자세에 따라 발생하는 문제점을 확인하였다.

핵심용어 : 국제표준규격(ISO 12215-5), 플레저 보트, 낙하시험, 낙하높이, 충격하중, 수면자유낙하

Abstract : International Organization for Standardization has recently published ISO 12215-5 which is the small craft-hull construction and scantling. According to ISO 12215-5 AnnexB, the scantling determination can be accomplished by drop test for craft with a length L_H of 2.5m up to 6m and single-skin construction. The current method, however, of visual test has the issue where it is difficult to make an objective evaluation of ship body strength. In this study, in order to develop an evaluation system that can make a quantitative evaluation of the drop test of leisure boats, the domestic/foreign regulations on drop test of leisure boats are analyzed and the drop test evaluation system is designed, and the system applicability is reviewed through 5-meter level aluminum ship, and the issues incurred by the state of the ship and the posture while dropping were checked.

Key Words : International Standard(ISO 12215-5), Pleasure boat, Drop test, Drop height, Impact pressure, Falls free into the water

1. 서 론

주 5일제의 정착으로 인하여 여가활동이 자기개발을 위한 적극적인 개념으로 인식되고 있으며 관광의 주체가 개인단위에서 가족단위로 변화함에 따라 체험형 관광활동에 대한 관심과 수요가 증가하고, 광역 교통망 개선으로 해양에 대한 접근성이 향상되어 해양관광활동과 해양레저활동에 대한 국민수요가 급속히 확산되고 있다. 최근 정부에서도 해양레저산업에 대한 중요성을 인식하고 연관 산업의 부가가치 창출과 '저탄소 녹색성장'이라는 국가시책의 성공

적 수행을 위하여 생태관광 활성화·레저·스포츠 산업의 성장을 지원하고 있다. 하지만 이러한 노력에도 불구하고 해양레저활동의 가장 근간이 되는 레저선박의 기준이 일반 어선·상선에 맞추어져 있어 레저선박 건조에 많은 제한을 받고 있으며, 국외 레저선박의 수입 시 국내 규정에 맞추어 구조를 개조해야하는 등 많은 문제점을 가지고 있다(이와이, 2010).

관련업계의 검사기준 완화에 대한 요구사항을 반영하고 국내 레저선박 제조산업 경쟁력을 강화하기 위하여 플레저 보트(Pleasure boat) 검사지침을 제정하였으며, 이에 따라 길이 6미터 미만 소형 플레저 보트의 낙하시험(Drop test)에 의한 강도시험 기준을 적용 가능하게 되었다(국토해양부,

† 교신저자 : 정희원, nskang@rims.re.kr, 051-974-5534

2009a). 플레저 보트 검사지침은 레저선박의 낙하시험 후 선체의 박리, 파손, 찌그러짐을 육안으로 판단하여 시험 합격여부를 평가하는 등 평가를 위한 정량적인 기준이 마련되지 않았으며 시험방안서, 공인인증 여부에 대한 대안이 마련되지 않아 강도시험 평가를 위한 낙하시험의 적용이 활발하게 이루어지지 않고 있다.

본 연구에서는 레저선박의 낙하시험 표준절차 및 정량적 평가기준을 개발하고 ISO 12215-5기반의 낙하시험 평가시스템을 구축하기 위하여 5미터급 알루미늄선박에 시스템을 적용하여 기초시험을 수행하였다.

2. 국내 · 외 법규 분석

낙하시험을 위한 국제표준규격 및 플레저보트 검사지침의 구조 기준은 Table 1 과 같다.

Table 1. Regulations related to drop test

| MLTM | | ISO |
|--------------------------|---|---|
| Rule | Domestic Pleasure Boat Inspection Guideline | ISO 12215-5 Small craft - Hull construction and scantling-Part5 |
| Length (L _H) | <ul style="list-style-type: none"> FRP : L_H ≤ 12(m) AL : L_H ≤ 6(m) Poly : L_H ≤ 6(m) | <ul style="list-style-type: none"> Single -skin 2.5(m) ≤ L_H ≤ 6(m) Speed ≤ 50 Knots |
| Condition | Falls free into the water | <ul style="list-style-type: none"> Falls free into the water Running in wave |
| Inspection | Visual inspection (Creak, Debonding & Failure) | |

2.1 국제표준규격(ISO 12215-5)

소형선박 ISO 12215-5에 따라 길이 2.5미터 이상 6미터 미만의 단동형 선체에 대하여 낙하시험을 수행한다(ISO 12215-5, 2008a). 낙하시험은 반드시 만재상태에서 시행하여야 하며 여객 · 기관설비 등을 탑재하지 못하는 경우 이에 해당하는 중량물을 탑재하여 실험할 수 있다. 낙하시험의 높이는 Fig. 1의 그래프를 통하여 산정하며, 자유낙하(Falls free into the water) 및 파랑 중(Running in wave) 선체에 작용하는 충격하중과 충격하중에 의한 선체의 크랙, 보강재의 박리/파손(Debonding & Failure) 등을 확인하여 강도기준 합격여부를 판단한다(ISO 12215-5, 2008b).

2.2 플레저 보트 검사지침

플레저 보트 검사지침은 여객선 · 유선 · 도선 · 어선이 아닌 스포츠 또는 레크레이션용으로 사용하는 선체 길이 24

미터 미만 총톤수 2톤 이상의 보트에 적용된다. 12미터 미만 강화플라스틱(FRP, Fiber Reinforced Plastic) 재질의 소형 플레저 보트의 경우 판두께 측정에 의한 강도시험 또는 낙하시험의 적용이 가능하며, 강화 플라스틱 이외의 선체 재료를 사용하는 6미터 미만의 소형 플레저 보트는 낙하시험에 의한 강도기준을 적용하고 있다(국토해양부, 2009a). 낙하시험 후 시험결과를 포함하여 시험일시, 시험장소, 탑재(예정) 기관의 중량, 최대승선인원 등이 기재된 시험 방안을 제출한다(국토해양부, 2009b).

낙하시험을 위한 높이 계산은 Fig. 1 또는 식(1)에 따라 계산하며 식(1)계산 시 속도는 만재상태의 계획속력 또는 최고속력 계산 시 기관출력을 와트(W)로 산정한 경우는 식(2)를 마력(PS)으로 산정한 경우 식(3)을 통하여 속력을 계산한다. 식(1)의 결과가 2.5미터를 넘는 경우 2.5미터로, 0.7미터 미만인 경우 0.7미터로 낙하 높이를 제한한다.

drop height (m)

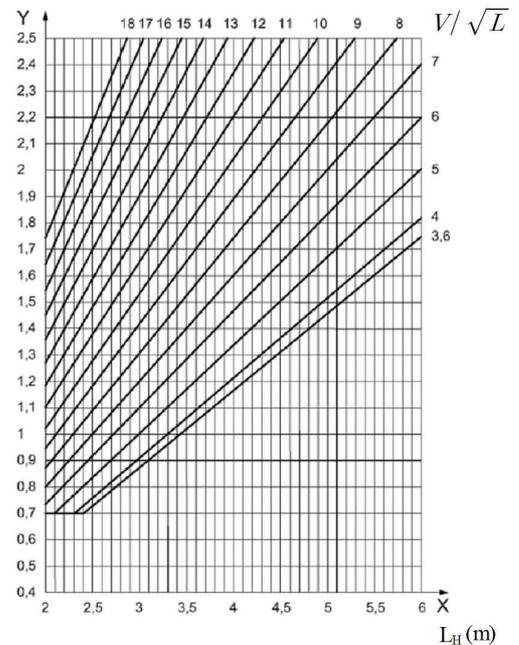


Fig. 1. Determination of drop test height (m).

$$H = 7.475 \times (V/\sqrt{L} + 16.142)^2 \times L \times 10^{-4} \text{ (m)} \quad (1)$$

V : 만재상태 계획속력(노트) 또는 최고속력(노트) 또는 다음 산식의 값으로 한다. 다만 $V/\sqrt{L} < 3.6$ 의 경우 V/\sqrt{L} 를 3.6으로 한다.

$$V = 0.914\sqrt{L} (kW/\Delta)^{0.623} + 10 \quad (2)$$

$$= 0.755\sqrt{L} (PS/\Delta)^{0.623} + 10 \quad (3)$$

2.3 알루미늄합금제 플레저 보트의 선체 강도 평가를 위한 낙하시험 방법

한국조선공업협동조합에서는 알루미늄합금 선체로 비범 주형 6미터 미만 단동형 플레저 보트의 선체강도평가를 위한 낙하시험 방법의 표준을 Table 2와 Table 3과 같이 규정하였다(한국조선공업협동조합 단체표준, 2010).

Table 2. Strain gauge attaching position

| Length (L _H) | No. of sensor |
|--------------------------------|---------------|
| 2.0(m) < L _H | 2 |
| 2.1(m) ≤ L _H ≤ 4(m) | 3 |
| 4.1(m) ≤ L _H ≤ 6(m) | 4 |

Table 3. Evaluation criteria of drop test

| Item | Maximum Displacement |
|----------------------------|----------------------|
| Length Bet. perpendiculars | > ± 50 mm |
| Breadth | > ± 25 mm |
| Depth | > ± 10 mm |
| Bottom Shell Plating | > ± 5 mm |
| Side Shell Plating | > ± 5 mm |

하지만 한국조선공업협동조합 단체표준에서 제시한 낙하시험 평가기준은 변형량 계측을 통한 구조강도 평가를 위한 이론적 근거 제시 및 강도 평가를 위한 이론식, 기초 실험 등이 이루어지지 않아 낙하시험을 위한 평가 기준으로 활용이 어렵다.

3. 레저선박 낙하시험 평가시스템

본 연구에서는 ISO 12215-5 및 국내 규정을 만족하는 레저선박 낙하시험 평가시스템을 구축하고 낙하시험의 정량적인 평가기준을 개발하기 위하여 시스템 구축 및 운용기술을 정립하고자 한다.

3.1 낙하시험 계측시스템

레저선박의 낙하시험 평가시스템 구축을 위하여 Table. 4와 같이 센서 데이터를 계측할 수 있는 계측시스템을 구성하였다. 모션센서(Motion sensor)를 설치하여 자유낙하 시 선체의 낙하자세를 측정하며, 압력센서(Pressure sensor)와 스트레인게이지를 설치하여 수면접촉 시 선체에 걸리는 충격력 및 변형률을 측정하고 Force gauge를 부착하여 가속도, 힘과의 관계식을 추정하여 슬래밍 충격력을 측정한다.

Table 4. Instrumentation of the drop test

| Measurement | Notation | Unit | Sensor | Data rate |
|--------------------|--|------|--------------------|-----------|
| Motion | Yaw | Deg | 3DM-GX1 | 45 Hz |
| | Roll | | | |
| | Pitch | | | |
| Strain | Strain | με | Strain gauge | |
| Acceleration | Acc | G | Strain gauge type | |
| Pressure | Press | bar | Piezoelectric type | 50 KHz/ch |
| Force | F _x , F _y , F _z | N | Strain gauge type | |
| | T _x , T _y , T _z | Nm | | |
| Water flow pattern | - | - | High speed camera | 500 RPS |

또한 낙하시험 시 급격한 자유수면 형상변화의 관찰, 가속도, 변위, 선체와 수면과의 접촉각을 확인하기 위하여 Table 5와 같이 고속영상촬영시스템을 구축한다. 촬영에 사용되는 카메라는 Redlake社의 Area scan type 카메라로 초당 500회 이상의 영상을 촬영한다.

Table 5. Instrumentation of the high speed camera

| Item | Model | Notation |
|----------------|---------------|---|
| Camera | M3 | - 520frame, 1280 × 1024 |
| | | - Area scan type |
| | | - Full camera link type |
| Data streaming | SSD | - Solid-state drives |
| Camera control | Motion Studio | - M3 Camera control |
| Analysis | TEMA Motion | - Target Tracking |
| | | - Velocity, Acc, Angles & Distance between points |
| | | - Outline Tracking |

3.2 낙하시험 계측프로그램

레저선박의 낙하시험 운용프로그램은 National Instrument社의 LabVIEW2011을 이용하여 Fig. 2와 같이 개발하였다.

낙하시험 운용프로그램에서는 모션센서, 압력센서, 스트레인 게이지 등을 동기화하여 계측/저장하며, 고속영상데이터와 센서계측데이터간의 동기화를 지원한다. 선박의 주요 재원 입력 시 FEM Data 등 구조해석과 관련된 값을 함께 입력하는 경우 현재 계측되는 압력센서와 스트레인 게이지의 변형률을 실시간으로 비교/분석하여 대상선박의 구조강도를 평가할 수 있다.

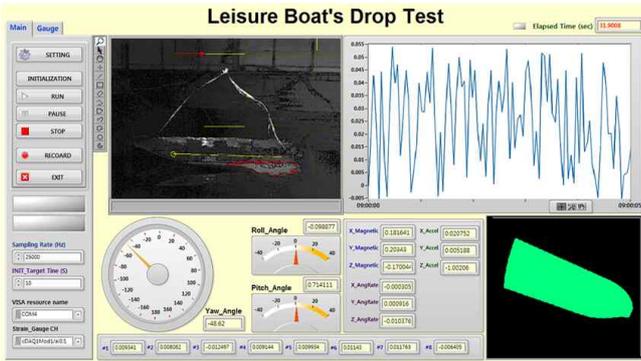


Fig. 2. Leisure boat's drop test management program.

3.3 낙하시험 운용프로그램

레저선박의 구조강도 평가를 위한 낙하시험 절차는 Fig. 3과 같으며, 낙하시험을 위한 운용프로그램은 LabVIEW2011을 이용하여 개발하였다.

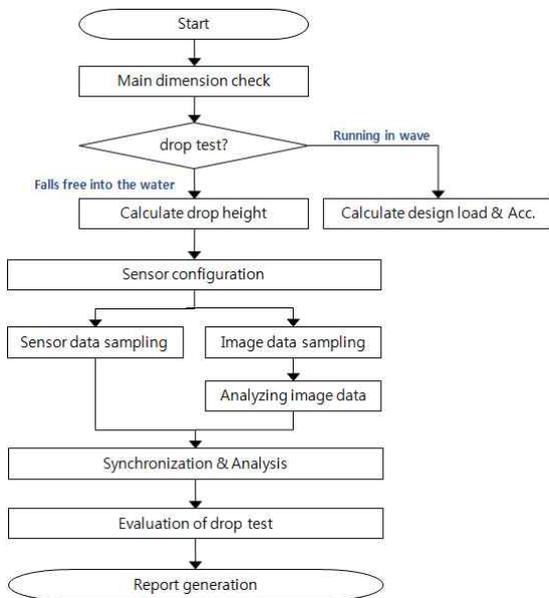


Fig. 3. Flow chart of drop test procedure.

대상선박의 선체 재질 및 주요재원을 입력 후 국제표준 (ISO 12215-5)에 근거하여 파랑 중 시험 또는 자유낙하시험 중 수행하고자 하는 시험을 선택하면 낙하높이 또는 국제표준, 선박안전기술공단의 선체구조기준 및 한국선급 규정에 따른 설계하중과 설계가속도 등을 계산하며, 계산이 완료된 후 사용자 인터페이스를 통하여 센서의 위치, 특성 등을 설정할 수 있다. 낙하시험 운용프로그램을 통하여 얻어진 센서데이터, 고속영상촬영시스템을 통하여 수집/분석된 데이터, 계산된 설계하중 및 FEM Data를 신호분석 기술기

반의 낙하시험 평가 알고리즘을 통하여 평가 기준 적합 여부를 판별하고 시험 평가 보고서를 생성하게 된다.

4. 5미터급 알루미늄 선박의 낙하시험

레저선박의 낙하시험 평가시스템 구현 가능성을 확인하고, 시스템 개발을 위한 요구사항을 파악하기 위하여 Table 6의 5미터급 알루미늄선박을 대상으로 낙하시험을 수행하였다.

Table 6. Main Particulars of Aluminum Boat

| Designation | Unit | Ship |
|----------------------------|------|------|
| Length Bet. perpendiculars | m | 5.92 |
| Length of waterline | m | 4.80 |
| Breadth | m | 2.47 |
| Depth | m | 1.08 |
| Draft | m | 0.30 |
| Design speed | Knot | 8.00 |

대상선박의 낙하높이는 Fig. 1 그래프에 의하여 약 1.75미터이며, 식(1)에 의하여 계산된 높이가 약 1.725미터이므로 낙하높이를 1.75미터로 선정하였다.

4.1 압력센서

낙하 시 선체에 가해지는 충격압력을 측정하기 위하여 Fig. 4와 같이 압력센서를 설치하였다. 대상선박의 유한요소 해석결과를 살펴보면 Fig. 5 상단에서처럼 정수 중 최대 등가응력은 선저 중앙부에서 41.7 MPa, 최대 변형량은 14.2 mm로 비교적 적은 변형상태를 나타냈으며, 슬래밍 하중 작용 시 최대 등가응력은 Fig. 5 하단에서와 같이 선저부에서 79 MPa, 최대 변형량은 18 mm의 변형을 나타냄에 따라 대상선박의 구조취약부인 선저 중앙부 및 선저부에 Fig. 4와 같이 압력센서를 설치하였으며, 실험에 사용된 압력센서는 스트레인게이지 타입의 압력센서로 주요사양은 Table 7과 같다.



Fig. 4. Pressure and strain-gauge for drop test

ISO 12215-5에 기반 한 레저선박 낙하시험 평가시스템 개발을 위한 기초연구

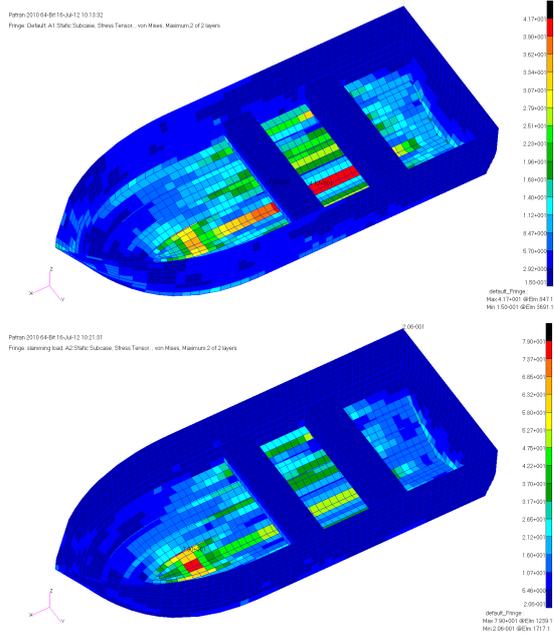


Fig. 5. Result of Model under Hydrostatic and Hydrodynamic Pressure.

Table 7. Specification of Pressure sensor

| | |
|-------------------|--------------|
| Bridge resistance | 350 Ω ± 10 % |
| Non-linearity | ± 1 % RO |
| Hysteresis | ± 1 % RO |
| Natural frequency | 10 kHz |

4.2 스트레인게이지

낙하 시 선체의 변형량을 측정하기 위하여 스트레인게이지를 설치하였다. 센서 부착위치는 압력센서와 동일하게 유한요소 해석결과에 따라 선체 구조취약부에 설치되었다. 실험에 사용된 스트레인게이지의 특성은 Table 8과 같다.

Table 8. Specification of Strain-gauge sensor

| | |
|--------------|---------------|
| Gauge length | 5 mm |
| Resistance | 350 Ω ± 0.3 % |
| Gauge factor | 2.13 ± 1.0 % |

4.3 낙하시험 수행 및 결과

대상선박의 실선 낙하시험을 Fig. 6과 같이 수행하였다. 고속영상데이터의 분석을 위하여 선측 3개 지점에 식별 가능한 포인트를 부착하였으며 이를 바탕으로 고속영상데이

터를 분석하였다. 압력센서와 스트레인게이지, 모션센서의 데이터 계측/저장 모니터링을 위하여 Fig. 2의 계측 프로그램을 이용하였다.



Fig. 6. Leisure boat's drop test in RIMS's square tank.

시험결과 Fig. 7과 같이 선체에 가해진 최대 압력은 선체 중앙에서 607Pa로 계측되었으며, 최대 변형률 역시 선체 중앙에서 0.00245 με, -0.00287 με로 계측되었다. 선저부에서는 최대 압력 408 Pa, 최대변형률 0.000518 με, -0.000989 με이 계측되었다.

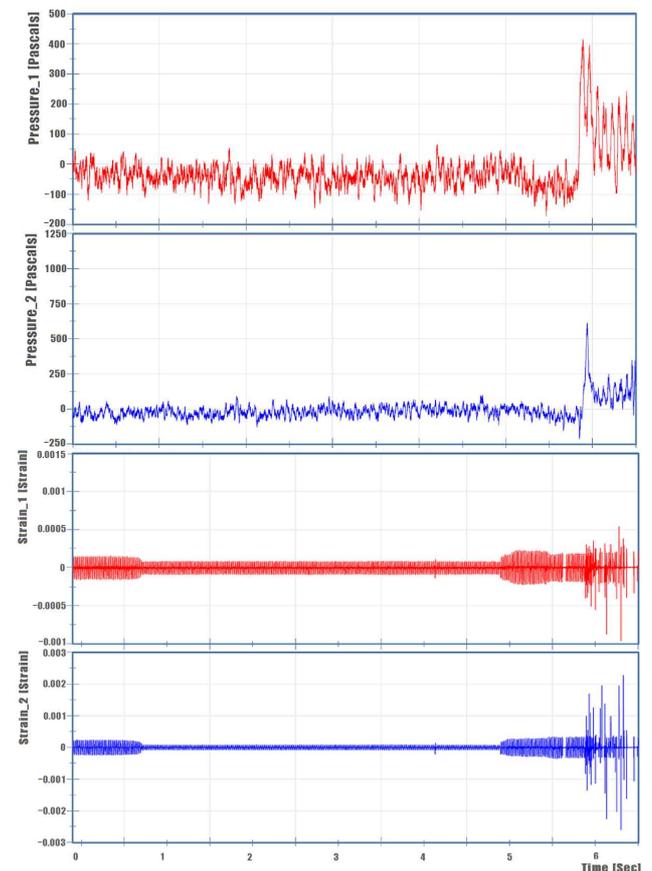


Fig. 7. Result of drop test.

유한요소 해석결과와 달리 슬래밍 하중이 선저부에서 최대값이 측정되지 않은 이유는 낙하 시 선미로 무게중심이 이동되어 선박이 수평상태로 낙하되지 않았으며, 경하중에서 시험이 수행됨에 따라 최대 압력 및 변형량의 차이가 발생된 것으로 판단된다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 구속모형시험 및 낙하시험 데이터를 활용한 수리모형개발을 통하여 낙하시험의 정량적 판단기준을 정립할 예정이다.

5. 결 론

본 연구에서는 기존의 육안으로 실시되던 플레저 보트의 낙하시험방법을 개선하고 국제표준에 근거하여 정량적인 평가가 가능한 시스템을 개발하기 위하여 낙하시험과 관련된 국내·외 규정을 분석하고 이를 통한 시스템을 설계하였으며, 5미터급 알루미늄선박에 적용하여 시스템의 구현가능성 및 문제점을 확인하였다.

이후 개발된 ISO기반의 레저선박 낙하시험 평가시스템을 개발하여 모형시험과 실선시험을 수행하고 낙하시험 평가 알고리즘을 구현하여 레저선박 낙하시험 평가시스템의 구축을 완료하고 시스템의 성능을 검증할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] 국토해양부(2009a), 국토해양부 예규 제2009-126호, ‘플레저보트 검사지침’, pp. 1-2.
- [2] 국토해양부(2009b), 국토해양부 예규 제2009-129호, ‘플레저보트 검사지침’, 별표2 플레저보트의 강도시험기준, pp. 1-6.
- [3] 이찬재, 이희준(2010), 국내 플레저보트 검사지침 및 국제표준규격의 비교검토, 선박안전, 제28호, pp. 64-77.
- [4] 한국조선공업협동조합 단체표준(2010), ‘알루미늄합금제 플레저보트의 선체 강도평가를 위한 낙하시험 방법’, pp. 1-7.
- [5] ISO 12215-5(2008a), 'Small craft-Hull construction and scantlings - Part5 : Design pressure for monohulls, design stress, scantlings determination, p. 6.
- [6] ISO 12215-5(2008b), 'Small craft-Hull construction and scantlings - Part5 AnnexB Drop test for boats of <6 m, pp. 49-51.

원고접수일 : 2012년 05월 31일

원고수정일 : 2012년 07월 11일 (1차)

2012년 08월 14일 (2차)

게재확정일 : 2012년 08월 24일