

선급 및 강선규칙 적용지침 개정(안)

(잠수선 규칙/적용지침)

- 외부의견조회 용 -



선 체 규 칙 개 발 팀

- 주요 개정 내용 -

(1) 2021.07.01일자 시행사항

- ◎ 잠수선 규칙/적용지침 부록 3 잠수선의 복원성 지침

현행	개정안	개정사유
<p>잠수선 적용지침 제 1 장 총칙 제 1 절 일반사항</p> <p>101. 적용범위 <생략></p> <p><신규></p> <p>제 3 절 시험 <이하 생략></p>	<p>잠수선 적용지침 제 1 장 총칙 제 1 절 일반사항</p> <p>101. 적용범위 <현행과 동일></p> <p>제 2 절 승인 도면 및 자료</p> <p>205. 잠수, 조절탱크 및 트리밍 장치 규칙 205.에 규정된 “수학적 계산 자료”는 부록 3의 요건을 만족하여야 한다.</p> <p>제 3 절 시험 <이하 현행과 동일></p>	<p>신규</p>

현행	개정안	개정사유
	<p style="text-align: center;">부록 3 잠수선의 복원성</p> <p>1. 일반</p> <p>1.1 승인 도면 및 자료</p> <p>이 부록은 규칙 1편 1장 2절 205.에서 요구되는 제출 자료의 최소 요건을 정의하고 있다. 중량 및 경사시험 완료 후 이를 바탕으로 비손상 및 손상 복원성 보고서(Trim & Stability Report & Damage Stability Report)가 선급에 제출되어야 하며, 이 보고서는 항상 선내에 비치해야 한다. 복원성능 검증을 위하여 제출되어야 하는 문서는 다음과 같다.</p> <ul style="list-style-type: none"> •일반배치도 •모든 구획 및 탱크의 무게중심 및 체적/용량 배치도 •선도 (lines plan) 또는 그와 동등한 자료 •배수량 등곡선도 (hydrostatic curves). •중량 및 경사 시험 보고서 •복원성 보고서(Trim and stability Report) •손상 복원성 보고서 (Damage Stability Report) <p>1.2 정의</p> <p>잠수선의 복원성과 관련된 용어의 정의는 다음과 같다.</p> <p>(1) 수상배수량(Surfaced displacement, Δ_f)이라 함은 일반적인 선박의 배수량 정의와 동일하다. 잠수선의 경우 수상 배수량은 승객, 화물 및 항해를 위한 연료 및 기타소모품을 100% 적재한 상태에서 선체의 종경사를 조절하는 트림탱크는 50%를 채우고 보상탱크는 비워 있을 때를 기준으로 한다.</p> <p>(2) 수중배수량(Submerged displacement, Δ_b)이라 함은 수상배수량에 잠수탱크의 체적을 더하여 계산한다. 수중 배수량에서 자유통수구역(Free flooding zone)의 체적은 포함하지 않는다.</p> <p>(3) 자유통수구역(Free flooding zones)이라 함은 선체의 일부를 구성하는 구획으로 수상 또는 수중상태와 관계없이 해수가 자유로이 유입되거나 배출되는 구역이다.</p> <p>(4) 잠수탱크(Diving Tank)라 함은 Soft Ballast 라고도 하며 잠수선의 중량을 증가시켜 잠수하기 위한 평형수 탱크를 말한다. 잠수탱크의 용적은 수중상태에서 잠수선의 전체 중량과 부력이 평형(중성부력)에 도달될 수 있도록 결정되어야 한다. (그림 1 참조)</p>	신규

현행	개정안	개정사유
-	<div data-bbox="904 245 1518 751" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="999 772 1415 799">그림 1 수상 또는 수중상태에서의 잠수탱크</p> <p data-bbox="546 839 1868 1350"> (5) 보상탱크(Compensating tank)는 Hard Ballast라고도 하며 수중에서 압력에 의한 선체 체적감소와 연료 등의 소모품 소비로 인하여 부력이나 중량에 변화가 있을 경우 중량과 부력 평형을 위하여 중량을 가감하기 위한 평형수 탱크를 말한다. (6) 고정밸러스트(Permanent ballast)란 중량/부력 평형을 위하여, 잠수선의 중량이 부족할 경우 무거운 재질을 사용하여 선체에 고정되는 중량물을 말한다. 비상 상황에서 긴급부상을 위하여 고정 밸러스트는 탈착식이 허용될 수 있다. 부력이 부족할 경우 소형 잠수선에서는 유리기포 강화플라스틱 (Syntactic Foam)을 사용하여 추가 부력을 확보하는 경우도 있다. 다만, 수압에 의하여 상기 재료가 손상되지 않을 정도의 충분한 강도를 확보하여야 한다. (7) 잠수선의 건현(Freeboard)은 수선으로부터 상방에 위치한 건현갑판까지의 높이를 말하며, 건현갑판은 예비부력을 제공하는 구획의 최상층 갑판을 말한다. (8) 예비부력(Reserve of buoyancy)이라 함은 수선위의 밀폐된 공간의 체적을 의미하며 그 크기는 안전한 승/하선 및 갑판작업에 요구되는 건현을 유지할 수 있도록 설계되어야 한다. 또한, 예비부력은 잠수탱크의 크기를 결정하는 중요 인자이다. (그림 2 참조) (9) 해수유입각(Angle of down flooding, θ_f)이란 신속하게 풍우밀로 폐쇄할 수 없는 선체, 선루 또는 갑판상의 개구가 침수를 시작할 때의 횡경사각을 말한다. </p>	

현행	개정안	개정사유
-	<div data-bbox="893 220 1498 411" data-label="Image"> <p>The diagram shows a cross-section of a submarine's hull partially above the water surface. The upper part of the hull is shaded and labeled 'Reserve of Buoyancy'. The vertical distance from the top of the hull to the water surface is indicated by a double-headed arrow and labeled 'Freeboard'. A small rectangular structure is shown on top of the hull.</p> </div> <p data-bbox="1077 424 1364 443" style="text-align: center;">Surfaced Condition of Submersibles</p> <p data-bbox="1077 475 1323 494" style="text-align: center;">그림 2 예비 부력과 건현</p> <p data-bbox="510 576 741 595">2. 중량 및 경사시험</p> <p data-bbox="533 624 680 643">2.1 중량 시험</p> <p data-bbox="546 660 1865 834">(1) 중량부표가 중량 시험에 사용될 경우, 부표에는 흡수가 표시되어야 하며, 잠수선의 부력 중심 연직 방향에 위치하여 케이블로 연결되어야 한다. 중량 시험의 기준 상태는 속도는 0, 횡경사 및 트림이 없고, 선원, 승객, 소모품, 탱크 및 배관 내의 유체 등 모든 가변중량을 포함한 상태에서, 중량과 부력이 평형을 이룬 수중에서 측정된 중량을 기준으로 한다. 중량을 측정하기 위한 수심은 수압에 의하여 부피 수축이 무시할만한 정도의 수심을 기준으로 하며 일반적으로 30m 이내여야 한다.</p> <p data-bbox="546 847 1285 866">(2) 대체수단으로 중량시험이 가능할 경우 선급의 승인하에 시행한다.</p> <p data-bbox="546 884 1865 946">(3) 중량 시험 전에 각 중량물의 중량과 선체 길이, 폭 및 높이방향 위치를 정확하게 측정하고 기록해야 하며, 이는 경사시험 이전에 가감하거나 재배치해야 할 중량물을 결정하기 위함이다.</p> <p data-bbox="533 959 680 978">2.2 경사 시험</p> <p data-bbox="546 995 1865 1058">(1) 잠수선의 경사시험은 일반적으로 시험용 중량물을 종/횡방향으로 이동한 다음, 종/횡 경사각의 변화를 측정하여 길이방향 무게중심(LCG) 및 수직방향 무게중심 (VCG 또는 KG)을 결정하고 수상 및 수중배수량을 평가하는 절차이다.</p> <p data-bbox="546 1070 1722 1090">(2) 경사시험은 조용하고 보호된 지역에 계류되어 바람 및 조류의 영향이 최소화된 장소에서 시행되어야 한다.</p> <p data-bbox="546 1107 1865 1169">(3) 해수의 비중은 경사시험장의 인증된 값이 없는 경우, 표층수를 포함하여 충분한 수심에서 다수의 샘플을 채취하여 비중을 측정 후, 그 평균값을 사용한다. 이 때 같이 측정된 온도를 고려하여 편차를 보정하여야 한다.</p>	

현행	개정안	개정사유
-	<p>(4) 잠수선의 트림은 0.1° 를 넘지 않아야 하고, 액체를 포함하는 탱크의 수는 최소로 하여야 한다. 경사시험 중에 자유표면을 가지는 탱크가 존재하고 그 효과가 클 경우 반영되어야 한다(3.3을 참조). 액체 관련 모든 탱크 및 구획을 점검해야 하며, 특히 트림 및 공기 파이프의 위치로 인해 축적될 수 있는 에어 포켓에 주의를 기울여야 한다. 빌지 탱크가 비워있는지 확인하여야 한다.</p> <p>(5) 경사에 필요한 시험 중량물들의 무게는 최소 1도 및 최대 3 도의 경사를 제공하기에 충분해야 한다. 경사 모멘트를 생성하기 위한 고체 중량의 사용이 불가능한 경우, 각 방향으로 2 개의 대칭되는 탱크 사이에서 물의 이동이 대안적인 방법으로 선급의 승인 하에 허용될 수 있다.</p> <p>(6) 경사각 측정에 사용하는 진자나 경사계는 교정 인증된 것으로 측정오차를 식별할 수 있도록 충분한 수가 사용되어야 한다.</p> <p>(7) 경사시험을 통하여 수중배수량을 평가할 경우, 잠수탱크는 해수로 채우고 중량보상탱크는 잠수선이 완전히 잠기도록 부분적으로 채워져 있어야 한다.</p> <p>(8) 경사시험을 통하여 수상배수량을 평가할 경우, 흘수 측정값은 선수, 선미 및 중앙에서 우현 및 좌현 측정값을 사용하여 평균하여 구한다. 특히, 잠수탱크에서 배출되지 않은 수량은 측정되어야 한다. 또한, 빌지와 갑판은 완전히 건조되어야 한다.</p> <p>(9) 개조 또는 유지 보수로 인한 중량 변화가 복원성에 영향을 주며, 그 영향이 중량보상탱크로 제어가 불가능한 경우, 중량 및 경사시험을 시행하여야 한다.</p> <p>3. 비손상 복원성</p> <p>3.1 수중 비손상 복원성</p> <p>(1) 수중에서 잠수선의 횡경사 각도는 체적 변화를 일으키지 않기 때문에 부력 중심은 변하지 않는다. 또한, 수중에서 메타센터 높이는 수선면이 없기 때문에 부력 중심과 일치한다. 따라서 아래의 수식처럼 메타센터 높이가 \overline{GB}가 된다(그림 3 참조). 여기서 I 는 수선면의 2차모멘트 이며 ∇ 는 수선아래의 배수 용적이다. 다만, 부력 중심은 무게 중심보다 높아야 수중에서 복원력이 안정적인 상태가 된다.</p> $\overline{KM} = \overline{KB} + \frac{I}{\nabla} = \overline{KB} + \frac{0}{\nabla} = \overline{KB}$ $\overline{GM} = \overline{KM} - \overline{KG} = \overline{KB} - \overline{KG} = \overline{GB}$	

현 행	개 정 안	개 정 사 유
-	<div data-bbox="1093 240 1335 619" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1055 667 1352 695">그림 3 수중에서의 GM(=GB)</p> <p data-bbox="546 762 1865 831">(2) 수중 상태에서 모든 적재조건에 대하여 무게중심과 부력중심 사이의 거리(\overline{GB})는 일반적으로 0.05 m 또는 다음 식에 의한 값 중 큰 값보다 커야 한다. (그림 4 참조)</p> $\overline{G^1B} = \overline{GB} \tan \alpha$ $\overline{GB} \geq \frac{wd}{\Delta \tan \alpha}$ <p data-bbox="577 1024 651 1050">여기서,</p> <ul data-bbox="600 1062 1753 1203" style="list-style-type: none"> w: 이동 가능한 중량 (ton)으로 일반적으로 탑승가능 인원(1인당 73kg) 또는 화물의 10%에 해당하는 중량. d: 이동 가능한 중량물(승객/선원 포함)의 선체 길이방향 선내 최대 이동거리(기관실 제외) (mm) Δ: 수중배수량에서 잠수탱크 내부의 해수 중량을 제외한 중량 (ton) α: 선내 장비의 정상 작동을 위한 잠수선의 최대 허용 종경사각으로 일반적으로 25도보다 작아야 한다. 	

현행	개정안	개정사유
-	<div data-bbox="981 240 1424 488" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="972 520 1413 547" data-label="Caption"> <p>그림 4 종경사에 따른 GB 길이에 대한 제한</p> </div> <div data-bbox="533 616 779 643" data-label="Section-Header"> <p>3.2 수상 비손상 복원성</p> </div> <div data-bbox="546 659 1865 719" data-label="Text"> <p>(1) 수상에서의 잠수선의 복원성 기준은 수상 선박과 유사하게 메타센터 높이(\overline{GM})이다. 수상 상태의 잠수선이 횡경사 할 경우 부력 중심이 새로운 위치로 이동하고 무게중심 위에 있는 메타센터는 복원모멘트를 생성한다(그림 5 참조).</p> </div> <div data-bbox="1050 751 1391 1129" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1081 1166 1357 1193" data-label="Caption"> <p>그림 5 수상상태에서 GM</p> </div>	

현행	개정안	개정사유
-	<p>(2) 일반적인 선박의 선수형상과 다른 잠수선의 경우, 수상에서의 종방향 무게 중심의 변화는 수선 면적의 급격한 감소를 초래하여 메타센터 높이(\overline{GM})를 감소시키는 트리밍 모멘트를 유발하므로 수상에서는 종방향 무게 중심의 이동을 최소화하여야 한다. (그림 6 참조)</p> <div data-bbox="958 531 1464 884" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;">그림 6 종경사에 따른 수선면적의 변화</p> <p>(3) 복원정 곡선은 경사각이 해수 유입각(θ_f), 90° 또는 전복 각도(θ_c) 중에서 작은 값에 도달할 때 까지 계산하여야 한다. 최대 복원정(\overline{GZ}_{MAX})에 도달하는 경사각은 60°를 초과하여야 하며, \overline{GM}은 최소 0.1 m 이상이어야 한다. θ_s는 정적 안정성의 한계를 의미하며 잠수선이 전복되기 전에 유지할 수 있는 최대 복원모멘트에 해당하는 각도를 의미한다. 잠수선의 비손상 복원성의 요건은 그림 7에 나타낸 바와 같이 $A_{30} \geq 0.027 \text{ m-rad}$ 이어야 하고 $A_{45} \geq 0.034 \text{ m-rad}$ 이어야 한다.</p>	

현행	개정안	개정사유
-	<div data-bbox="958 252 1496 667" data-label="Figure"> </div> <div data-bbox="987 719 1451 746" data-label="Caption"> <p>그림 7 수상에서의 잠수선 비손상 복원성 요건</p> </div> <div data-bbox="546 810 1865 879" data-label="Text"> <p>(4) 수상에서의 복원성 검증에는 횡풍에 의한 영향을 고려하여야 한다. 횡풍에 의한 경사우력정(Heeling moment arm)은 다음 식에 따른다.</p> </div> <div data-bbox="1048 927 1384 995" data-label="Equation-Block"> $Arm = \frac{0.0195 V^2 A h \cos^2 \theta}{1000 \Delta_f}$ </div> <div data-bbox="600 1034 1865 1177" data-label="Text"> <p>여기서, V : 횡풍 속도(knot), 횡풍 속도는 운용환경이 북대서양 기준일 경우 100 knot, 그 외의 해역일 경우 80knot를 적용하며, 환경조건에 따른 잠수선의 운항조건이 제한될 경우 선급이 인정하는 바에 따라 80 knot 이하로 적용할 수 있다.</p> </div>	

현행	개정안	개정사유
-	<p> h : 수선하부 선측 면적중심(홀수의 1/2 위치)으로부터 풍압을 받는 면적 중심까지의 연직 거리 (m). A : 횡풍에 노출되는 수선 상부의 투영면적 (m^2) θ : 횡경사각(radian) Δ_f : 수상배수량(ton) </p> <p> 횡풍에 의한 횡동요 발생시 수상에서의 비손상 복원성 요건은 그림 8에 나타낸 요건을 만족하여야 한다. 정적 평형의 기준이 되는 경사각은 15°를 넘지 않은 상태에서 횡동요에 의한 경사각의 진폭은 30° 이내로 하였을 때, 면적 A_R은 A_H의 1.4배보다 커야 하고 경사각 15° 일 때의 경사우력정(H)은 $0.6 GZ_{MAX}$ 보다 작아야 한다. </p> <div data-bbox="779 651 1608 1200" data-label="Figure"> <p>The diagram illustrates the relationship between the Righting Moment Arm Curve and the Heeling Moment Arm Curve by Wind. The vertical axis represents the Arm in meters (m), and the horizontal axis represents the heel angle θ. The Righting Moment Arm Curve is shown as a solid black line that starts at the origin, reaches a peak labeled GZ_{MAX} at an angle of 90° or θ_f, and then declines. The Heeling Moment Arm Curve by Wind is shown as a red curve that starts at a positive value on the y-axis and decreases as θ increases. The area between the two curves from 15° to 90° is shaded with diagonal lines and labeled $A_R \geq 1.4 A_H$. A vertical line is drawn at 15°, and the height of the Righting Moment Arm Curve at this angle is labeled $H \leq 0.6 GZ_{MAX}$. The angle $\theta_{Roll} = 30^\circ$ is also indicated. A small area under the Heeling Moment Arm Curve is labeled A_H.</p> </div> <p style="text-align: center;"> 그림 8 횡풍에 의한 횡동요 상태에서의 비손상 복원성 및 경사우력정 곡선 </p>	

현행	개정안	개정사유
-	<p>(5) 겨울철에 상부구조 및 갑판에 대한 착빙이 고려되는 잠수선은 배수량 증가, 트림 변경 및 무게 중심의 상승이 발생할 수 있다. 잠수선은 착빙으로 인한 영향에도 불구하고 (3)과 (4)의 비손상 복원성 요건을 만족하여야 한다. 다만, 풍속은 30%을 감하여 적용한다. 착빙으로 인한 중량 증가는 수형 갑판의 경우 140kg/m^2이고 경사된 상부구조의 경우 70kg/m^2 으로 간주한다.</p> <p>3.3 자유표면 효과 잠수선의 비손상 복원성 검증 시에는 수중/수상과 관계없이 액체를 적재하는 선내 탱크의 자유표면의 영향을 반드시 고려하여야 한다. 탱크 내의 액체 밀도를 고려하여 충전 수준별 및 각 경사각에 대하여 자유표면 효과를 반영하여 초기 \overline{GM} 및 복원정 곡선을 수정하여야 한다. 탱크의 수위가 100%미만일 경우 자유표면 효과를 고려하여야한다. 다만 용량이 100L 미만인 소형 탱크의 경우 자유표면 효과를 무시할 수 있다. 수상항해 시에는 잠수 탱크에 남아있는 해수의 자유표면 효과도 고려하여야 한다.</p> <p>4. 손상 복원성</p> <p>4.1 일반</p> <p>(1) 잠수선이 수중 또는 수상에서 손상이 발생한 경우, 즉시 수상 상태로 전환되어야 한다. 손상 복원성은 손상 후 잠수선이 수상 상태에 있는 경우를 가정하여 계산되어야 한다.</p> <p>(2) 손상 복원성 보고서에는 다음이 포함되어야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 모든 손상조건에 대하여 압력선체의 수밀보전성은 유지되는 것으로 가정한다. • 손상될 수 있는 각 평형수 탱크의 볼륨, 무게 중심 및 투수성 • 격벽 및 갑판에 설치된 개구부의 위치, 폐쇄 유형, 수밀 형식 및 작동방식 • 발지 탱크 상세도면 및 사고 수위 • 발생 가능한 모든 손상 조건에 대한 손상복원성 계산 결과 <p>4.2 손상 복원성 계산</p> <p>(1) 손상 후 잠수선의 최종 횡경사각은 15°, 종경사각은 10° 보다 작아야 한다. 손상 복원정 곡선은 횡경사각이 해수유입각 또는 60° 보다 작은 값까지 표시되어야 하며, 자유표면 효과를 고려하여 보정한 \overline{GM}은 0보다 커야 한다. 잠수선의 손상 복원성의 요건은 그림 9에 나타낸 바와 같이 $A_{45} \geq 0.019 \text{ m-rad}$ 이어야 하고 $A_{60} \geq 0.023 \text{ m-rad}$ 이어야 한다.</p>	

현행	개정안	개정사유
----	-----	------

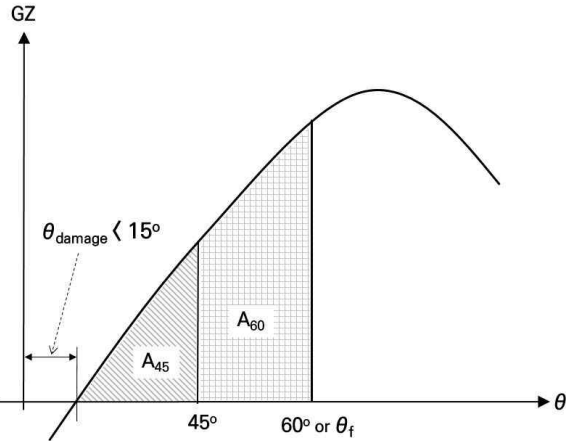


그림 9 잠수선의 손상 복원정 곡선

(2) 횡풍에 의한 횡동요 발생시 수상에서의 손상 복원성 요건은 최대 풍속의 경우 60 노트, 횡동요 최대 진폭은 30° 로 가정할 때, 그림 10 에 나타난 요건을 만족하여야 한다. ↓

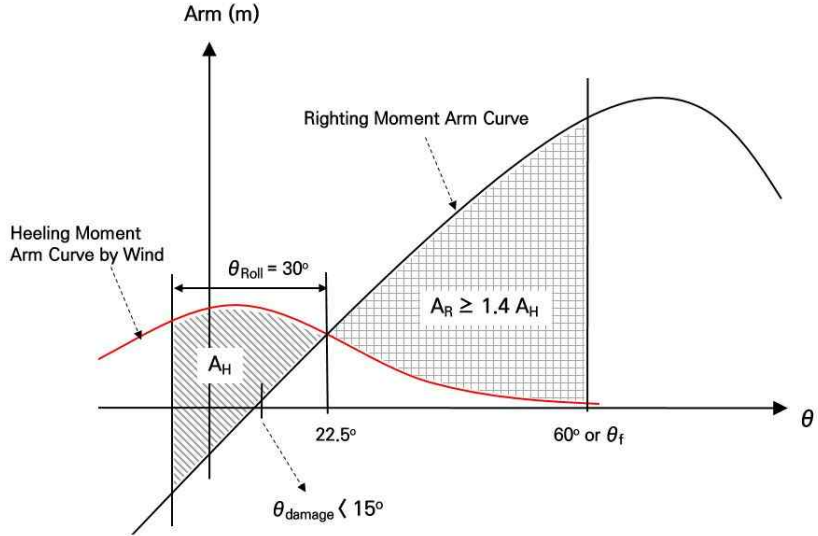


그림 10 횡풍에 의한 횡동요 상태에서의 손상 복원정 및 경사우력정 곡선