

갑판적 목재운반선의 비손상 복원성에 관한(문제점) 검토

장 인 환, 김 찬 중

Review of the Intact Stability(Problems) for Ships Carrying Timber Deck Cargoes

by

I.H. Chang* and C.J. Kim*

ABSTRACT

A series of total loss of log carriers of G/T 4000 class which are engaged in EAST-SOUTH ASIAN route have been reported during the last decade. The cause of these casualties has been investigated in depth to draw the efficient means of safety.

The results of this investigation, which are described in this paper, have been submitted to INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION(IMO) by KOREAN GOVERNMENT in cooperation with the KOREAN REGISTER OF SHIPPING to request the revision of stability criteria of ships carrying timber deck cargoes.

1. 서 언

1980년 한해동안 5척의 원목선 침몰사고를 위시하여 매년 1~2척의 원목선이 황천 항해중 침몰되어 수많은 인명과 막대한 재산의 손실을 가져오고 있다. 이들 원목선의 침몰 원인은 대부분 제 1 번 화물창의 외판 균열로 인한 화물창의 침수와 갑판적 화물의 붕괴 혹은 과적으로 인한 전복이었던 것으로 확정 또는 추정되었다. 정부는 침몰된 원목선들이 G/T 4,000톤급(길이 약 100m) 미만이라는 점을 주시하고 이들 선박의 해난사고 방지를 위하여 International maritime organization(IMO)의 관련 회의**에 international convention on load lines(ICLL), 1966 및 갑판적 목재운반선의 안전실무code(IMO resolution A. 287)의 개정을 제안하였으며 이들 제안은 현재 각 실무 소위원회에서

논의중에 있다. 본고에서는 IMO의 관련회의에 제안된 내용을 토대로하여 G/T 4,000톤급 미만 원목선의 설계시 유의할점 등을 요약하고자 한다. 단, 정부의 제안내용은 G/T 4,000톤급과 G/T 10,000톤급 원목선의 특성을 상호 비교하고, 관련 복원성 기준(IMO RES. A. 206 및 A. 562)의 적용을 통하여 G/T 4,000톤급 미만 원목선의 안전기준을 강화하고자 하였음을 밝혀 둔다.

2. 갑판적 목재 운반선의 비손상 복원성

2.1. Vertical center of gravity(KGo)의 고찰

Korean register of shipping(KR)에 등록된 원목선 중 G/T 4,000톤급 7척과 G/T 10,000톤급 3척, nippon kaiji koykai(NK)등록 원목선중 G/T 4,000톤급 2척의 주요론법, 경하 및 만재상태의 평균 비교치를 Table

본 기술보고는 1989년도 대한조선학회 춘계연구발표회에서 발표된 내용임.

접수일자 : 1989년 4월 28일, 재접수일자 : 1989년 8월 4일

* 정회원, 한국선급

** 1. Maritime safety committee(MSC)—53RD and 54TH session

2. Sub-committee on containers and cargoes(BC)—28TH and 29TH session

3. Sub-committee on stability and load lines and on fishing vessels safety—32ND and 33RD session

Table 1 Principal dimensions

Ship	LBP(M)	Bmld(M)	Bmld(M)	L/B	B/D	L/D
(A)GT 4000	100.78	16.52	8.34	6.100	1.981	12.084
(B)GT 10000	137.70	22.37	12.17	6.156	1.838	11.315

Table 2 Ship conditions

Condition	Light weight condition		Fully loaded condition			
			Homo. loading only in hold		Lumber loading with on deck	
Ship	A	B	A	B	A	B
TKM(M)	11.94	18.75	6.95	9.19	7.00	9.26
TKM/Bmld	0.723	0.838	0.421	0.411	0.424	0.414
KG ₀ (M)	6.99	8.63	5.61	7.16	6.48	8.69
KG ₀ /Dmld	0.838	0.709	0.673	0.588	0.777	0.714
Timber height, H(M)	—	—	—	—	4.56	5.50
H/Bmld	—	—	—	—	0.276	0.246

1과 Table 2에 나타내었다.

Table 1에 보인바와 같이 두 group의 선박噸법비는 유사한 점이 많으며 다만 G/T 4,000톤급의 형 깊이가 G/T 10,000톤급에 비하여 주요 치수비에서 약간 작아 보이나 본고에서는 선박의 특성에 기인하는 것으로 보아 무시한다.

소각도 경사에서의 복원성(righting arm)은

$$G_0Z = G_0M \cdot \sin\theta$$

$$= (TKM - KG_0) \cdot \sin\theta \text{ 식으로 표시된다.}$$

Table 2에 의하면 fully loaded condition에서의 moduled breadth에 대한 TKM의 비율은 두 group이 극히 유사하므로 원목선의 G₀M의 대소는 KG₀의 값에 의하여 결정되어 짐을 알 수 있다. 한편 moduled depth에 대한 KG₀의 비율은 각 상태 공히 A group이 B group에 비하여 상당히 큰 값을 보인다. 이는 운송되는 목재화물의 특성(heavy and lengthy cargo)에 의하여 하역 설비의 용량등이 비슷하고 또한 갑판적 목재의 중량이 선박의 크기에 비하여 상대적으로 큰것으로 추정된다.

2.2. 횡요주기(rolling period)에 의한 G₀M의

결정

적하지에서 화주가 제공하는 화물의 중량에 대한 부정확성 등으로 인하여 선박의 G₀M을 확인할 수 있는 유일한 방법은 선박을 경사시켜 횡요주기를 측정하고 이로부터 G₀M을 추정하는 것이다. 바람, 조수 및 해류등의 외력을 무시하고 G₀M과 횡요주기(Tr)의 관계

를 $G_0M = (f \cdot B / Tr)^2$ 식을 사용하여 계산하고 이를 Fig. 1에 나타내었다.

여기서 형요계수(f)는 $f = 2.01 \frac{K}{B}$ 를 사용하고

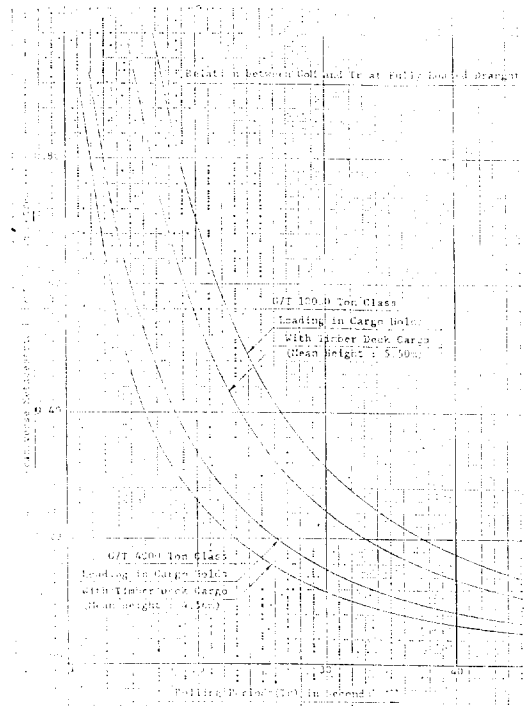


Fig 1 Rolling period curve

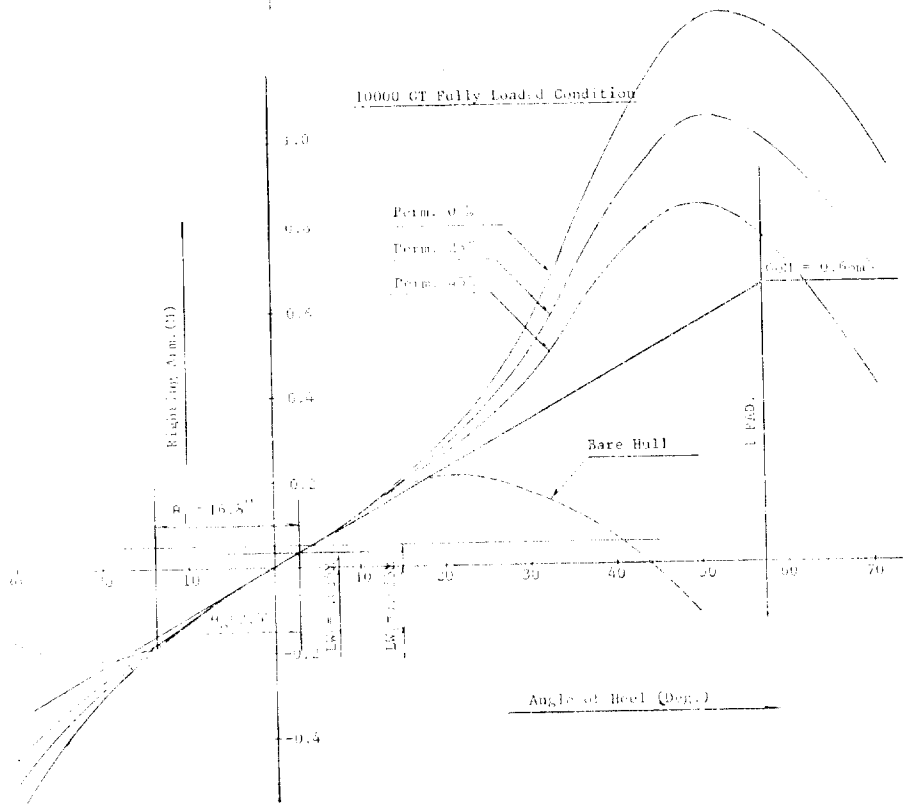
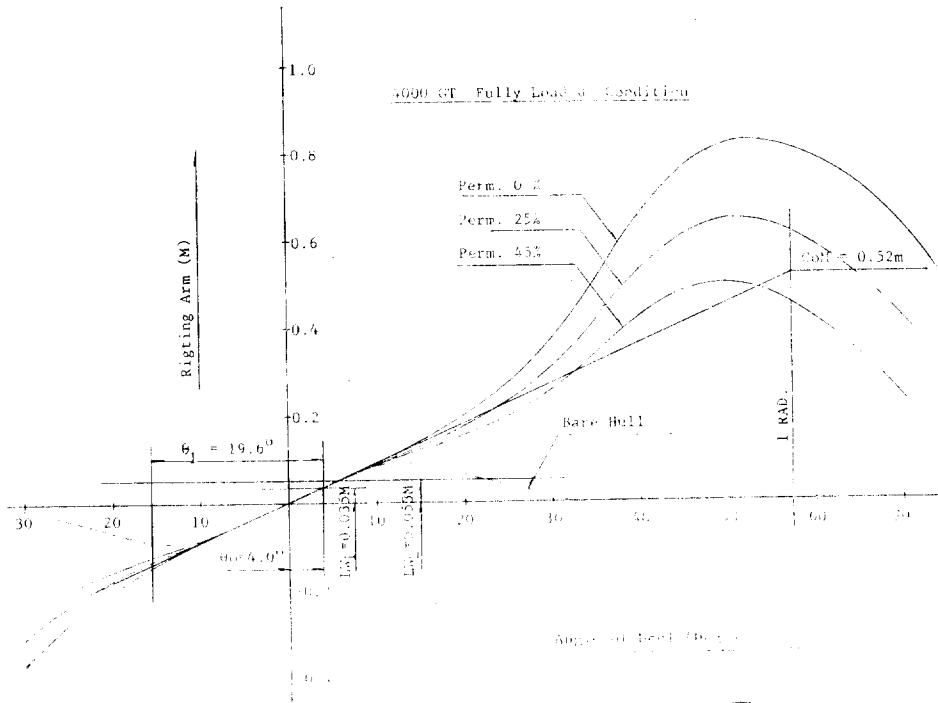


Fig 2 Static stability curves

환동반경계수 $\left(-\frac{K}{B}\right)$ 는 본선의 횡요시험 결과와 kato's formula, $\left(\frac{K}{B}\right)^2 = 0.215 \left\{ C_a C_b + 1.10 C_a (1 - C_b) \right.$
 $\left. \left(\frac{H_s}{d} - 2.20 \right) + \frac{H_s^2}{B^2} \right\}$ 에 의하여 구하였다.

위의 Fig. 1에 의하여 IMO RES. A. 206의 최소 G_0M 0.10m인 경우의 갑판상 목재적재시 횡요주기는 G/T 4,000톤급 약 32초, G/T 1,000톤급 약 46초 정도이다. 이 횡요주기는 CAPT. W.E. George의 보고서(1)에 의하여 restraining force의 감소 측면에서는 바람직하다 하겠으나 횡요주기가 길므로 인하여 경사후 복원이 늦어지므로 외력에 의하여 경사가 계속될 가능성이 있다. 갑판적 원목선이 심한 경사를 일으키는 것은 갑판에 적재한 원목의 이동이 주원인으로 믿어지며 이는 가장 위험한 결과를 초래할 수도 있을 것이다. 따라서 횡요주기 방법에 의하여 배를 경사시켜 G_0M 0.01~0.15m를 측정하려는 것은 적하지에는 아주 위험스런 방법으로 간주된다. CAPT. W.E. george는 D/W 27,000톤급 갑판적 목재운반선의 적정 횡요주기는 25

~35초인 것으로 밝히고 있으며 선장들의 경험에 의한 적정 횡요주기 G/T 4,000톤급 20초 및 G/T 10,000톤급 25초일때의 G_0M 은 각기 0.26m와 0.35m가 된다.

2.3. 갑판적 목재의 부력

통상 갑판적 목재 운반선은 타선박과 달리 갑판적으로 인하여 비교적 작은 G_0M 을 가지고 운항하므로 항천중에도 쉽게 횡요하지 않으며 심하게 경사한 경우에는 적립상태로의 복원 소요시간이 길며 이때의 예비부력은 갑판상에 적재된 목재의 부력이라는 것은 잘 알려진 사실이다. 때문에 ICLL, 66에서는 갑판적 목재의 부력을 인정하여 목재의 갑판적재시 건현의 감소를 허용하는 반면에 뽁뽁하게 적재하도록 규정해 두고 있다. IMO RES. A. 206 및 287에서는 부력 계산시 갑판적 목재 용적에 25%의 permeability를 적용하여 계산하는 것을 허용하고 있으며 이는 broken space가 작은 제재목(timber)을 기준한 것으로 판단된다. 갑판상 원목(LOG) 적재선의 경우에는 본선 계측 및 선박 재화법(2)에 의하면 갑판적 장소 용적에 대한 적재 비율(S.R)이 Table 3과 같으므로 최소 45%의 permeability

Table 3 Stowage ratio on deck

Ship	G/T(ton)	Log capacity(m ³)	on deck volume(m ³)	S.R	선박 재화법
M/V "T"	2,994	878.00	1,787.6	0.491	1BM=1000 B. F=150~
M/V "D"	3,789	1,612.72	2,932.1	0.550	175CuFT(SR=0.556~
M/V "S"	4,255	1,807.16	3,049.5	0.593	0.476)
Mean	—	—	—	0.545	

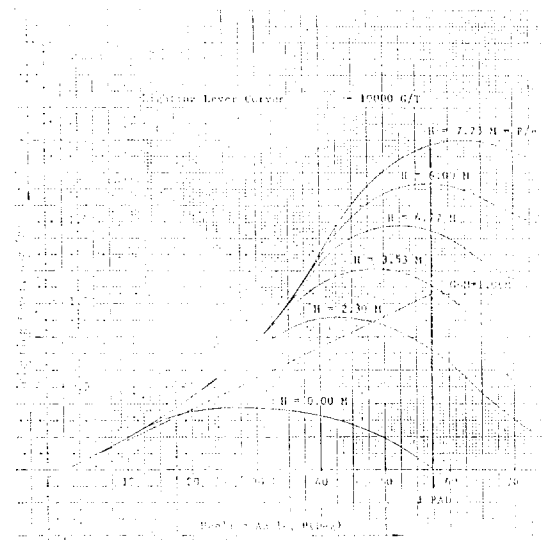
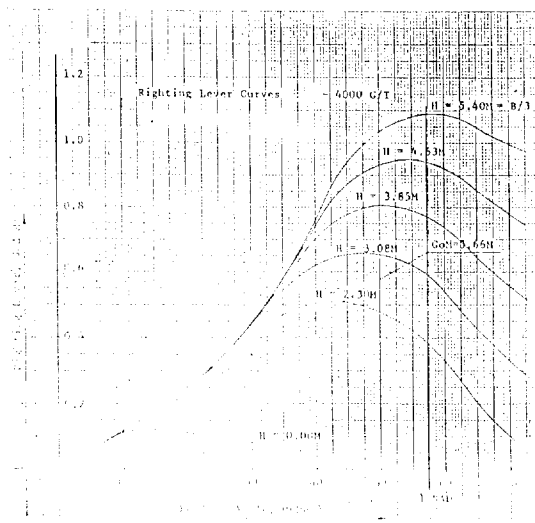


Fig 3

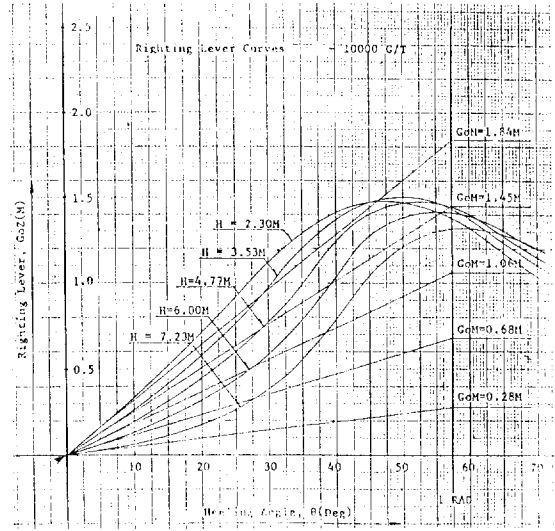
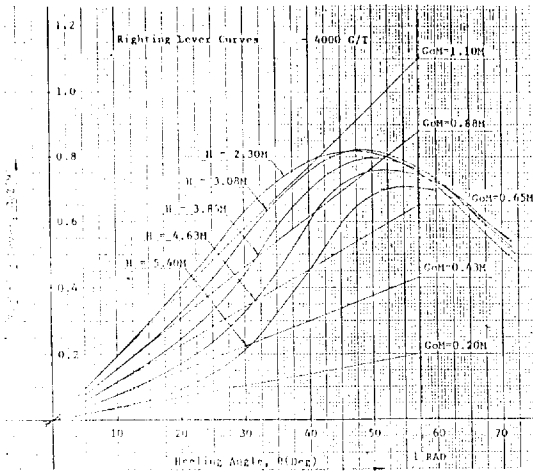


Fig 4

를 적용하여 계산하여야 한다. 또한 통상 적재 가능한 장소 용적에 대하여는 55%이상의 permeability를 적용하여야 할 것으로 판단된다.

갑판적 목재의 부력이 본선의 비손상시 복원력에 미치는 영향을 단재 적재 상태를 기준하여 살펴보면 Fig. 2와 같다. G/T 4000톤급 선박은 갑판적 목재의 부

력을 고려치 않을 경우에 복원력 및 복원력 범위가 심한 부족현상을 보이고 있으므로 갑판적 목재의 부력이 복원력 확보에 중요한 역할을 하고 있음을 알 수 있다.

다음에 가정된 통상 운항상태에서의 갑판적 목재의 높이 변화에 따른 본선의 복원정(GZ)의 변화를 Fig. 3 및 4에 나타내었다. Fig. 3은 배수량(W) 및 KG₀가

Table 4 Stability criteria

Iitem	Criteria	G/T 4000 Fully Loaded condition							
		25		45		25		45	
T.H(M)	5.507	4.56		4.13					
T.H/Bmld	≤0.333	0.276		0.250					
G ₀ M(M)	≥0.100	0.33		0.10		0.33		0.10	
Perm.(%)	25	25	45	25	45	25	45	25	45
θ _f (Deg)	—	41.2	40.7	41.2	40.7	41.1	40.7	41.1	40.7
Area(M-RAD)	≥0.08	0.100	0.079	0.046	0.025	0.099	0.078	0.045	0.024
MAX. G ₀ Z(M)	≥0.25	0.42	0.31	0.27	0.16	0.39	0.290	0.24	0.14
θ ₀ (DEG)	—	6.1	6.1	21.3	28.1	6.1	6.1	20.8	28.1
θ ₁ (DEG)	—	16.5	16.5	16.7	16.7	16.5	16.5	16.7	16.7
θ _i (DEG)	—	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
"B"/"A"	≥1.0	7.65	5.03	2.78	0.91	3.85	2.52	2.52	0.82

※ 신 체 경사각 θ₀는 θ_i보다 작아야 함.

θ_f : Angle of down flooding

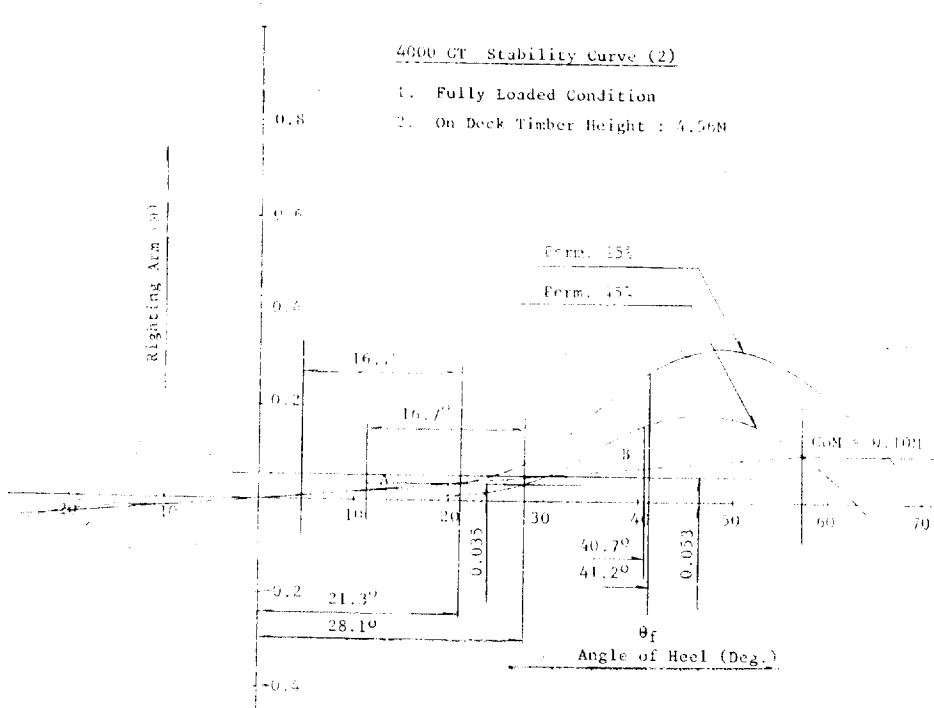
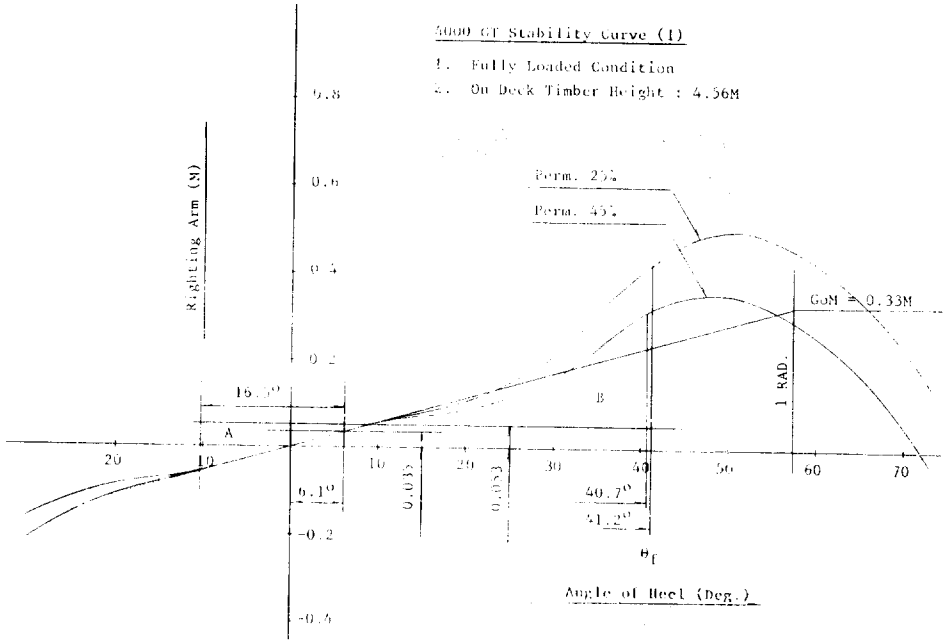
AREF : Area under the righting arm(gz curve) UP TO 40° OR

θ_f if this angle is less than 40°

θ₀ : angle of heel under action of steady wind

θ₁ : angle of roll to windward due to wave action

θ_i : 16° or 80% of the deck dege immersion, whichever is less



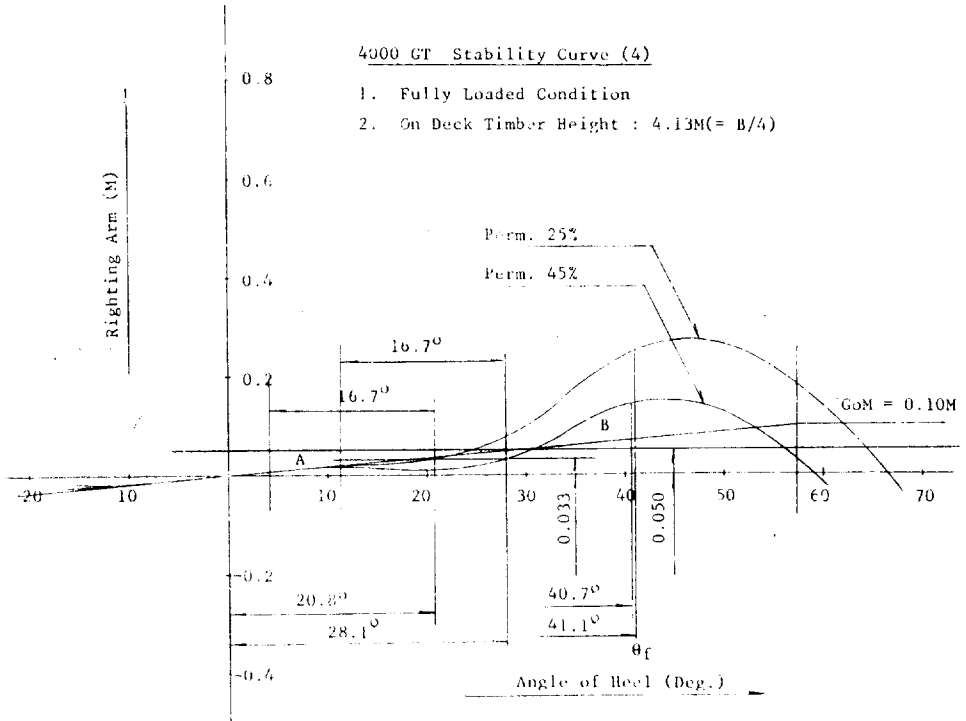
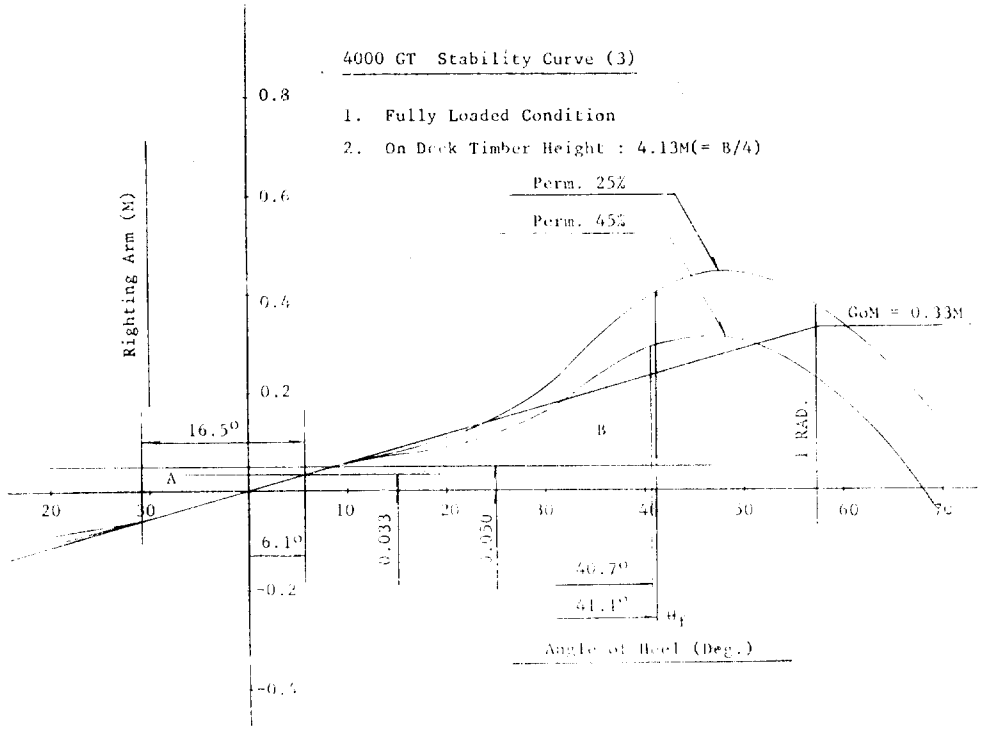


Fig 5 G/T 4000 Stability curves

일정한 것으로 가정하여 검토하였으며, 갑판적 목재의 적재 높이가 ICLL, 66의 규정에 의한 선루의 표준 높이($H=2.30m$) 이상으로 될 경우에 대각도 경사(약 22°)시에 적재 높이에 따른 영향이 나타나고 있으나 통상의 복원성 범위로 간주하는 경사각 40° 까지는 커다란 변화를 찾을수가 없다. 그러나 균질의 화물을 적재시는 적재 높이에 따라 전체적인 중심은 상승하므로 Fig. 4에 배수량(W)은 일정하나 KG_0 는 적재 높이에 따라 변하는 것을 가정한 상태를 나타내었다. 이는 갑판적 목재 높이의 증가에 따라 예비부력의 증가에도 불구하고 중심의 상승량이 보다 크므로 통상의 복원력 범위내에서 복원점(GZ)이 오히려 감소하게 되고 선박의 복원성이 저하됨을 보인다.

2. 4. 기상기준(weather criterion)의 적용

IMO RES. A. 562는 26M/SEC의 정상풍(steady wind)과 이때의 돌풍(gust wind)를 횡방향으로 받는 기상 상태하에서의 선박의 최소 복원성 요건을 기준하고 있다. 이기준을 적용하여 G/T 4,000톤급의 갑판적 목재 운반선에 대한 복원성을 검토한 바를 Fig. 5 및 Table 4에 보이고 있다. G_0M 이 선폭의 2%이하인 G/T 4,000톤급 선박은 정상풍 하에서의 선체 경사각(θ_0)이 크고 특히 G_0M 0.10M에서는 복원점 곡선의 면적이 기준에 부족하며 정상풍 하에서의 선체경사각이 현단 물입각($\theta=8.3^\circ$)을 초과하여 갑판상에 해수유입이 발생한다. 이는 복원력 감소 현상을 유발하게 되어 결코 바람직하지 못한 상태이며 RES. A. 562 ANNEX. 2. 1.2의 foot note의 권고에 의하여도 이런 경우는 배제되어야 한다.

선박이 대각도 경사하면 갑판적 목재 부력에 기인하는 복원력을 형성하게 되나 충분한 복원력이 형성되기 이전에 갑판상에 유입된 해수의 영향과 갑판적 목재의 하중에 의한 고박장치의 판단으로 화물의 붕괴를 동반할 경우에는 본선이 전복되는 위험한 상태를 초래할 가능성이 있다.

3. 결 언

이상의 고찰로부터 갑판적 목재 운반선의 복원성 기준을 타선박에 비하여 완하시킴은 불합리한 것으로 추정된다. IMO의 관련 회의에서는 제 1번 화물창의 외관 손상 방지를 위한 보강과, 복원성 기준의 재고등이 논의되고 있으며, 해상 보험협회와 구조협회 등에서도 관련 규정에 대한 재검토를 요구하고 있다. 또한 우리 나라의 관해 관청에서는 원목 운반선의 해난사고 방지를 위하여 원목의 적하와 양하 진후에 특별 검사를 실시할 것을 검토중에 있다. 따라서 정부 당사자는 해난사고 선박의 사고 원인에 대한 더욱 철저한 분석과 실험등을 통하여 IMO관련 회의에서 소기의 목적을 달성하도록 연구 노력하여야 하며, 설계자는 운송화물의 특성을 충분히 고려하여 적합한 선박의 건조에 최선을 다하여야 할 것으로 믿는다.

참 고 문 헌

- (1) Revision of the code of safe practice for ships carrying timber deck cargoes, IMO BC 28/7/1, 27 JAN. 1987.
- (2) 선박재화법(특수화물편), 다나카 이와요시, 1960.9 해문당
선박재화법(기본편), 양서권. 김순갑, 1984.8 한국해양대학
선박재화법(이론과 실무), 김기윤, 1986.10 아주출판사
- (3) 남동지나해의 해난사고에 관한 고찰, 1982.11 해운항만청, (사)한국선급
- (4) Approximate methods of calculating the period of roll of ships, kato hiroshi, 1951.4 일본조선협회 출제강연회