

# 船體損傷의 實例에 따른 檢討 및 對策

이 일 태 <현대중공업(주) 선체설계부>

## 1. 序 言

선체의 구조 배치 및 강도 해석 면에서 구조해석의 전산적용 등 큰 진전을 가져왔지만 배의 운항 중 받을 수 있는 Force 등에 관해서는 이론과 실제 계산에 있어서 아직도 여러 부분 및 선급에 따라서 차이가 있다. 이에 대한 실례로서 인도 후 A/S를 통한 선체 Defect 사항이 이를 입증하고 있다.

본고에서는 선체 Defect 사항을 각 선급의 실적 선 예를 중심으로 선체 손상의 문제점을 비교, 검토하고 신호선 작업 시 반영할 사항에 대해서 간단히 언급하였다.

## 2. 損傷에 대한 諸般特性

손상(Failure)은 강도상 주요 개념이다. ISSC-Committee 10에 의하면 손상은 Damage와 Collapse 두 가지로 나누어지며, Damage의 경우 구조가 기능상 피해를 입었지만 강도상 즉각적인 결함을 가져오지 않는 것을 말하며 이 경우 단시간 내에 수리되지 않으면 Collapse로 진전된다. Collapse는 구조가 Damage를 심하게 입어서 더 이상 기능을 발휘할 수 없는 경우를 말한다.

선체 손상을 대별하면 해난 손상과 일반 손상으로 나눌 수 있는데, 해난 손상은 배의 좌초 및 화재 등 배의 운용과 관련이 있으며, 일반 손상은 해난 손상 이외의 주로 Wave Loading(ballast, cargo 등), 구조 결함, 공작 결함, 부식 마모, 등에 의한 손상을 말한다. 일반 손상의 경우 부식(Corrosion), 좌굴(Deformation), 균열(Crack)이 대부분을 차지하며(조사 자료에 의하면 선급선의 경우 손상의 79.6%를 차지), 이의 원인으로는 부식, Handling(Operation), 진

동, 설계, 공작성 등에 의한다(Fig. 1 참조).

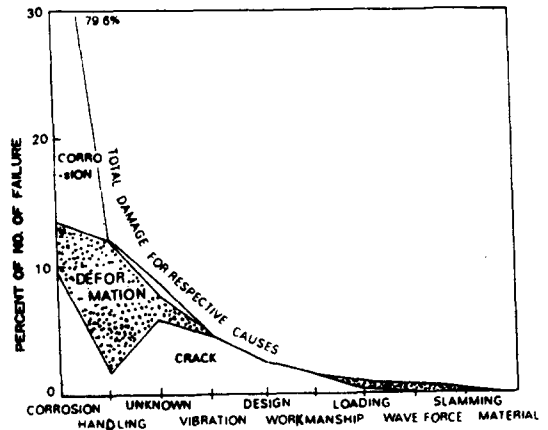


Fig. 1 Mode of failure for several causes at damage(1981)

## 3. 선종별 선체 손상 현황

Fig. 3에서 Fig. 11까지는 각 선종의 1척당 평균 손상 건수를 검사 결과를 기초로 선형별로 집계하고, 1척당 손상 건수가 최대가 되는 선형에 있어서는 값을 100으로 표시한 것이며, 선종별 손상 사례는 각 선급의 자료에 의한다. 선령에 따른 척당 손상은 Fig. 2와 같다.

주요 선종인 Bulk Carrier, Container Ship, Tanker, Car Carrier에 대한 각각의 부위별 손상의 실례는 다음과 같다.

### 3.1 BULK CARRIER

주요 손상은 Tip Side Wing Tank, Hatch Coaming, Double Bottom Tank, Side Frame,

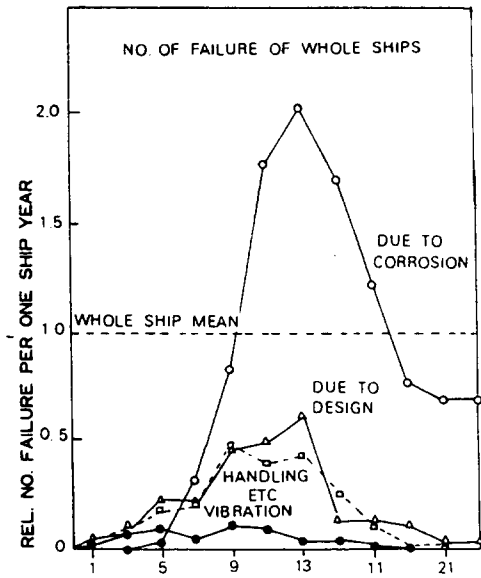


Fig. 2 Age of ship (Years)

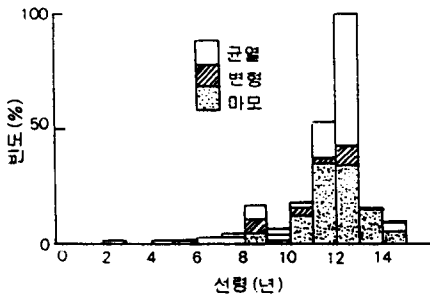


Fig. 3 산적화물선 1척당의 손상건수

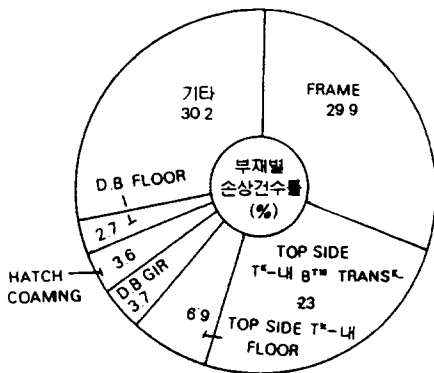


Fig. 4 산적화물선 손상 다발부재

Bottom Stool등에서 주로 발생한다. 이 중에서 Lower StoolL상의 Shedding Plate의 경우 Yard

Workmanship과 관계가 깊으며, 특히 OBO선에서는 주의를 요한다. 선령에 따른 년도별, 부위별 발생 현황은 Fig. 3, 4와 같다.

### 3.2 OIL TANKER

1960년대 이후 구조해석의 전산화에 따라 복잡한 구조물의 해석이 가능하게 되었으며, 이에 따라 대형 Tanker의 출현도 가능하게 되었다. 실제 10만 DWT이상의 Tanker는 대부분 1963년 이후부터 건조 되었으며 이에따른 손상도 1960년 대에 건조된 배에서 많이 발생하였다. 이후 건조 공법 및 설계개선에 따라서 감소를 보이고 있다. 손상 부위 별로는 Trans. Bulkhead(13.6%), Deck Trans.(9.0%), Trans. BHD Girder(8.9%)등을 들수 있다(Fig 5, 6).

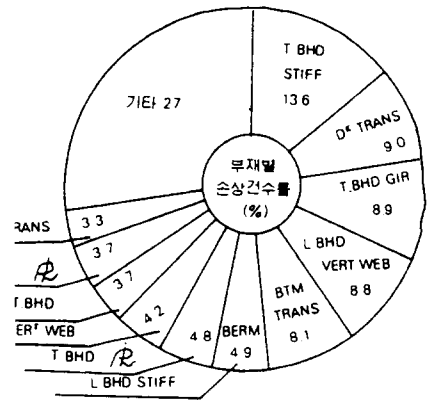


Fig. 5 유조선의 손상 다발 부재

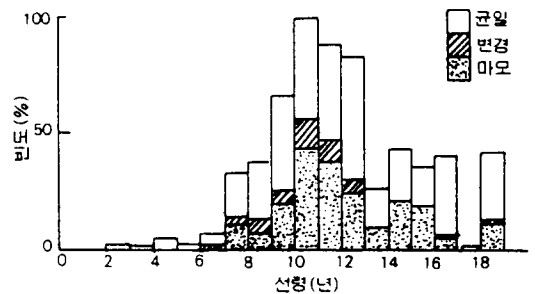


Fig. 6 대형 탱커 1척당의 손상건수

### 3.3 CONTAINER SHIP

타 선종에 비해서 비교적 손상률이 적다.(전 선급선의 척당 손상률을 1.0으로 한 경우 광석 운반선:2.8, 산적 화물선:1.82, 자동차 운반선:1.42,

Container:0.92, 유조선:0.82) 부위별 손상률은 Side Frame:18.2%, Bulwark:13.9%, Side Shell:11.4%, Horizontal Girder of Side Shell:7.2%순이다(Fig.7 참조).

손상의 원인으로서는 선미에서는 진동으로 인한 AFT Peak Tank의 Crack을 들 수 있으며, 선수에서는 고속에 의한 Flare부위 파의 충격으로 인한 손상을 들 수 있다. 중앙부의 경우 Horizontal Wave Bending 및 Torsional Moment에 의한 Longitudinal Hatch Girder부위에 Crack이 발생하는 수가 있다.

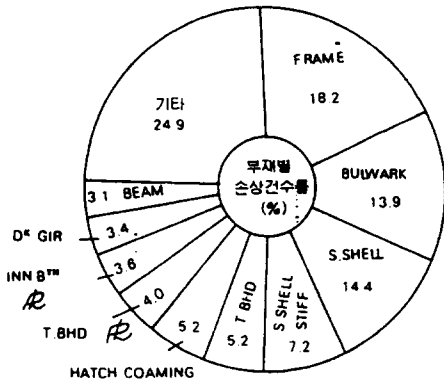


Fig. 7 콘테이너선의 손상 다발 부재

### 3.4 자동차 전용선 (Car carrier)

손상을 형태별로 분류하면 Girder 83.8%, 부식 마모 8.7%, 변형 7.0%이며 부위별 손상률은 Beam 23.5%, D/B Floor 16.3%, Frame 10.3%, D.B Girder 9.7%순이다(Fig. 8). 실제손상은 고속력의 기관이 선미에 위치함으로 인한 기관실을 포함한 선미부 Tank의 손상 및 Car Loading을 고려한 선체구조(Trans Bulkhead가 타선종에 비해서 적다)로 인하여 심한 Rolling에 의한 Racking이 Hold손상에 증대한 영향을 미친다. 자동차를 적재한 후 Rolling시 받는 구조의 부위별 Racking Stress를 Fig.에서 볼수 있다.

따라서 Deck 및 Side Frame의 Connection, Trans. Bulkhead Corner부위는 Stress Level을 Check하여 적절한 보강을 하여야 한다.

### 3.5 선미부의 손상

선미부의 손상은 대부분 Crack이며, 이의 발생 원인은 Propeller 기진력에 따른 진동에 기인 한다. 특

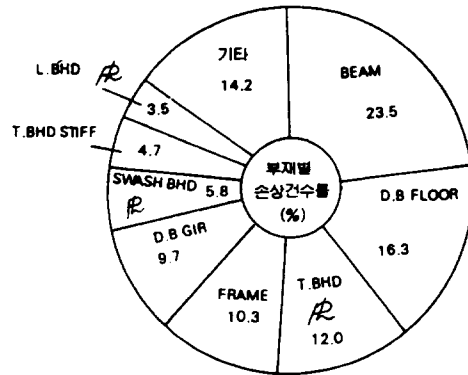
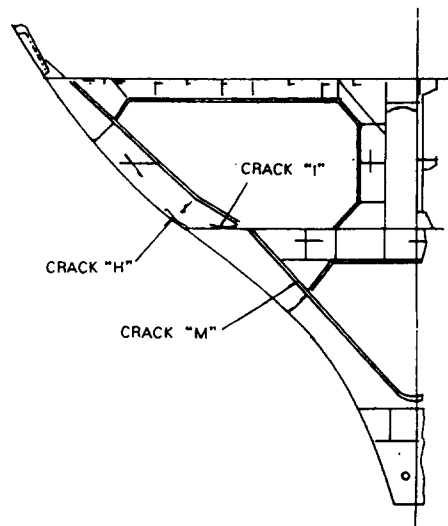


Fig. 8 자동차 운반선의 손상 다발 부재

히 Containter Ship 및 자동차 운반선등 고속선의 경우 고속력에 의한 기관실 및 선미 Tank의 손상이 다른 선종의 배보다 심하므로 설계작업시 특히 주의 를 요한다.

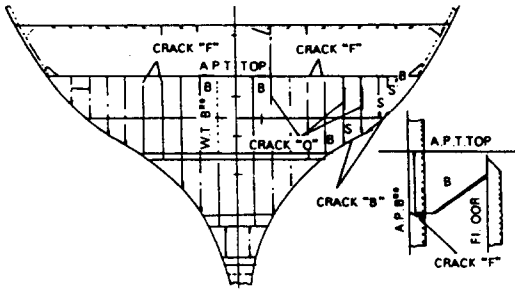
DNV선급의 경우 선미진동을 고려 하여 A.P Tank의 Floor Stiffener의 경우 Local Vibration을 고려한 Scantling을 요구하고 있다. 부위별 실선 손상의 예는 Case 1 - Case 3과 같다.



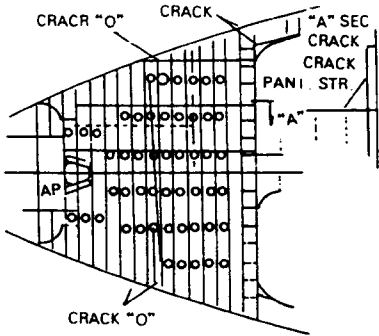
CASE 1

### 3.6 선수부의 손상

선수부의 손상은 Container선 등의 고속선과 Large Flare를 갖는 배에서 주로 발생한다. 초기 (1960년대) 선수부위 손상의 경우는 Case 4와 같



CASE 2



CASE 3

이 Fore Peak Tank내의 Deck가 Perforated Flat으로 된 경우 원활한 Water Flow를 위하여 많은 Lightening Hole을 뚫었다. 이로 인한 유효한 단면적의 손실로 파에 의한 외력에 따른 압축을 받을때 Buckling이 생기는 현상이 발생 하였다.

따라서 Lloyd Rule의 경우 Perforated Flat의 Opening Area는 관련 Deck의 10%정도 뚫도록 (Wash Bulkhead의 경우 5 - 10% 이내) 규정하였다. 가장 일반적인 선수부위 손상은 Upp. Deck상부 Shell Plate 및 F'cle Deck이다. 이는 선수구조가 Fig.와 같이 되어서 Longitudinal 부재가 수직 및 압축을 받으면 Web에 Tripping Moment를 유발시켜서 유효 강도가 떨어지기 때문이다.

이러한 손상의 대책으로서는 (BV 선급의 경우 외 판과의 각도가 70°일때 Tripping Bkt를 설치하도록 권고한다.) Extra Angle 및 Bkt의 신설을 들 수가 있다. 판과 Stiffener와의 허용 Pressure Height는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$h = 56 * W/SL^2 \text{ or } 3000 * A/SL \text{ for the web and longitudinal}$$

$$h = t^2/s*0.0032 \text{ for the plating}$$

h : pressure height of water (m)

- W : section modulus (cm<sup>3</sup>)
- S : spacing (mm)
- L : span (m)
- t : thickness (mm)
- A : cross - sectional area (cm<sup>2</sup>)

Fig. 9의 경우 Pressure Height관련, 부위별 손상의 예를 보여준다. Zone A의 경우 Pressure Height 20M까지는 손상이 발생하지 않으며 Zone C의 경우 5M까지이다. 이의 손상의 예로서는 Hawse Pipe와 외판의 연결부위 및 Anchor의 Operation에 따른 Attached Shell Plate의 보강이 필

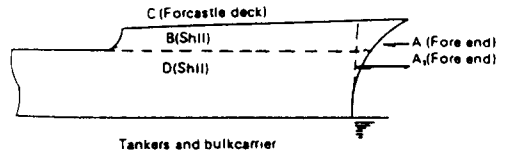
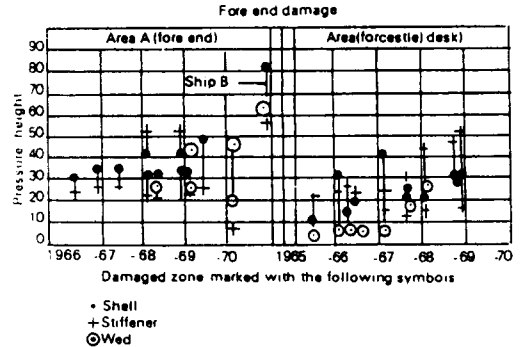
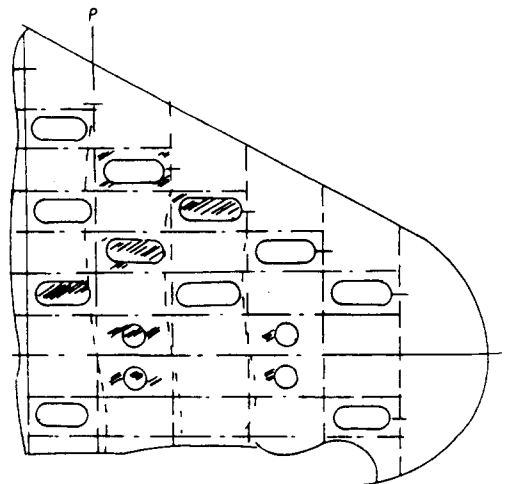


Fig. 9



CASE 4

요하며, 이 경우 선수 Hull Form을 고려하여야 한다. 손상의 예는 Case 4와 같다.

### 3.7 부식에 의한 손상

#### 3.7.1 해수의 부식작용

해수는 담수에 비해 부식(Corrosion) 및 침식(Erosion) 작용이 모두 크다는 것이 일반적이다. 이것은 해수가 전해질 용액이기 때문에 각종 원인에 의한 전기, 화학적 부식이 일어나기 쉽다는 것이다. (이것은 Steel이 포함하고 있는 탄소성분이 부식의 원인이 되며, 따라서 저탄소 일수록 반대이다. 또한 고탄소 일수록 결정구조와 관련 음극으로 작용하므로 해수에서의 부식이 심한 원인이 된다. 0.85%의 탄소를 함유하였을 때 부식이 최대가 된다).

순화학적 부식에 영향을 주는 용해 산소량에 관해서는 해수가 산소 함유량이 적으므로 이 점에서는 담수보다도 부식이 적다고 할 수 있지만, 실제로는 이의 영향이 적고 전기화학적 영향이 크다. 해수 중에서 부식에 관계하는 인자로는 온도, 염분량, PH(수소이온 농도), 유속등으로 일반적인 부식작용은 온도 상승과 더불어 증가하지만, 한편 용해 산소량은 감소하므로 70°C - 80°C 에서 부식은 최대가 된다. 또한 산소량은 수심과 더불어 감소하므로 선박에 있어서 흡수선 부근의 외판이 부식을 받는 것은 용해 산소량의 영향이 적지 않기 때문이다.

염분의 작용에 대해서는 해수중의 염소이온이 금속에 생성된 보호 피막의 파괴 작용을 일으키므로 알루미늄, 크롬등과 같이 담수중에서는 안정된 금속도 해수중에서는 부식을 받는 이유는 이것 때문이다.

#### 3.7.2 대기중에서의 부식

선박에 있어서는 항시 염분을 포함한 해풍을 받으면서 항해 하므로 대기 노출에 의한 부식이 크고, 특히 야간의 기온 저하에 의한 갑판상에 생기는 염분을 다량 포함한 강 전해질의 응고에 의해 국부적으로 부식을 받는 예도 많다.

#### 3.7.3 선박에 있어서의 부식

선박의 부식은 운항 빈도, 항해 해역 및 선박의 보존 유지방법의 정도에 따라 현저하게 좌우되므로 건조 도장의 철저관리, 재도장시의 완전한 녹제거 등이 부식 및 도장수명에 주요한 영향을 미친다. 선체 구조의 주요 부위별 부식과 관련하여 특징을 기술하면 다음과 같다.

#### 3.7.3.1 외판의 외면

이 부분은 가장 도장을 중시하는 곳으로서 관리를 잘 하여야 하며, 부식도 조기에 발견되는 경우가 많다. 강판의 재질이 불량한 경우를 제외하고는 별로 급속한 부식은 보이지 않는다. 단, 접안시 Fender와 외판과의 부분 마찰 및 ROPE와의 마찰등에서 부분적으로 부식되기 쉽고, 또 수선부(Boottop level)는 파에 의해 건습이 되풀이 되므로 가장 부식이 되기 쉬운 곳이다. 그리고 선저부에서는 조개, 해초류 등이 부착하면 그 부분에 산소를 발생시켜 부식을 일으키며, 배설물 또한 부식에 영향을 준다.

#### 3.7.3.2 WATER TANK

청수 및 해수에 의한 통상적인 부식외에도 액면부에는 산소의 작용이 더해 지므로 부식은 상당하고 Tank Top은 항상 습윤하므로 이의 부식도 크다. 또한 배의 동요에 의해 물이 움직이고 주위 벽에 큰힘을 미치며 부식 피로를 일으키는 경우도 있다.

#### 3.7.3.3 OIL TANK

연료유에는 유황(부식을 촉진하고 특히 유황 편석이 있으면 부식의 원인이 된다.) 등의 부식성 불순물

	A		B		C		D		소일 파·역선 정밀도 (단위mm)
	최대	평균	최대	평균	최대	평균	최대	평균	
BOTTOM KEEL									1~3 (선미 3~5)
BOTTOM SHELL			0.6	0.5	2.5	1.0	0.5	0.2	< 1 (Water TK 1.5~2.5)
SIDE SHELL	1.7	0.5	1.2	0.5	3.8	0.4	2.0	0.2	< 0.5 (Water TK 1.5~2.5) 0.5~2 (Chain Locker 1~)
SHEER STRAKE	0.7	0.2	0.0	0.0	0.2	0.1			
UPPER DECK	1.7	0.8	1.9	1.1	2.6	1.5	1.5	0.8	
UPPER DECK 내부	1.0	0.5	3.3	2.0	2.8	1.5	3.0	0.9	内下 3~5
거타 DECK	2.2	0.6	1.6	0.9			2.0	0.8	> 0.5
거타 DECK 내부	1.2	0.2	3.1	1.8			3.0	0.8	2~4 (Ceement 하부)
CENTER GIR (상내)			5.2	2.6	2.5	1.6	2.0	1.5	1~2
CENTER GIR (D/B)					3.0		4.0		3~5
SIDE GIR (상내)			5.2	2.2	1.0	0.5	1.0	0.3	
SIDE GIR (D/B)					5.0	4.0	4.0	3.0	
FLDOR (상내)					2.5	2.0	2.0	1.1	1~2
FLOOR (D/B)					5.0		2.0		2~4
DK HOUSE S/WALL									< 0.5
D/H 내부 WALL									0.5~1
경 파 빈 수	15년		22년		25년		25년		20년

Fig. 10 선박의 부식

Yearly Thickness Reduction Part of Hull	0.05 mm      0.10 mm      0.15 mm      0.20 mm			
Forward Bottom Shell	←	○	→	
Forward Side Shell		←	○	→
Bottom Amdships	←	○	→	
Side Shell Amdships		←	○	→
Aft Bottom Shell	←	○	→	
Aft Side Shell		←	○	→
Upper Deck		←	○	→

Fig. 11 선박의 부식

을 포함하기 때문에 부식이 일어나는 경우가 있다. Fig. 10 - Fig.11은 주요 선체부재의 실측 예를 보여준다. 선체구조 부분의 표면이 균일하게 부식되는 전면부식은 Fig. 11과 같이 연간 약 0.1mm - 0.15mm정도가 된다.

## 5. 結 言

각 선급 자료(결함사항)를 중심으로 선종및 부위 별로 살펴보았다. 차후 인도선에 대한 선체 손상을 계속적으로 추적, 원인분석하여 신호선 설계작업시 반영하므로서 선주신뢰성 향상및 원가면에서 보탬이 되었으면 한다.

### 참 고 문 헌

- [1] 이 일태 "선체 손상부 실례에 따른 문제점 비교 검토및 이에 따른 대책 (上)" 기술 현대 Vol.5 No.4
- [2] 이 일태 "선체 손상부 실례에 따른 문제점 비교 검토및 이에 따른 대책 (下)" 기술 현대 Vol.6 No.1

♪ ♪ # ♪ ♭ ♪ # ♪ ♭ **축하합니다** ♪ # ♪ ♭ ♪ # ♪ ♭

## 인천 지부 결성 !

지부장 : 최길선 (한라중공업)

부지부장 : 이현상 (중앙조선), 황성호 (한라중공업)

총무 : 박희광 (한라중공업)

간사 : 고수한 (조합), 이영길 (인하대), 장경식 (한라중공업)

감사 : 노규석 (인하전대), 이호성 (한라중공업)