



LNG 운반선의 수명 연장

김 주 돈 <삼성중공업 선박개발팀 수석연구원>

1. 서 론

최근 LNG선의 수명에 대해 「LNG 운반선의 수명 평가 기술」 「선형 연장 방법」 「취항연한을 20년 이상 30년, 40년까지 연장 가능할 것인가?」 등 수명 연장에 대한 Topic들을 자주 접할 수 있다.

Gas Field관련 국제 Conference(LNG 9 & 10, Gastech 90 Etc.)에서 같은 테마로써 LNG선의 신뢰성에 대해 Panel discussion이 있었다.

배의 수명을 연장하고, 나이를 늘린다는 의미 자체가 애매모호한 점도 있겠으나, LNG선의 수명을 20년으로 볼 때, 25년 혹은 30년 그 이상으로 배를 사용하는 것을 의미한다 하겠다.

관련 논문들을 읽어보면 줄거리가 통하는 점은 이해할 수 있으나, 배의 나이를 늘린다는 관점에는 차이가 있어 전체적으로 완전히 이해하기는 쉽지가 않았다. 그러나, 전체적으로 함축해 보면,

1) LNG선의 수명 연장을 하고 싶다는 상업적 욕구가 강해야 한다.

2) LNG선의 수명 연장에 대한 기술적 요인 및 배경이 명확하지가 않다.

는 2가지 문제에 부딪치게 되는 것을 알 수 있다.

LNG운반선의 수명 연장에 대해서는 <표>LNG선의 크기 및 선령에서 보는 바와 같이 전 세계적으로 대형선(125k급 이상)을 운항케 된 횟수 (1975년 이래)가 20년을 넘어가고 있는 현 시점에서 수명에 대한 논의가 부각됐다는 것은 어느 정도 필연적인 것으로 예측해 볼 수도 있겠다.

배의 수명 연장이 조선 기술면에서 제일 어려운 부분이며, 특히 고신뢰성이 요구되는 LNG선이므로, 문제는 대단히 어렵게 된다.

이에 대해 관련된 일반적인 내용을 개략적으로 소개하고자 한다.

<표> LNG선의 크기 및 선령(Size & AGE)

인도년도 (선형)	SIZE RANGE(CUBIC METERS)						TOTAL	
	- 30,000		30,000-60,000		60,000 -			
	NO.	CAPA.	NO.	CAPA.	NO.	CAPA.	NO.	CAPA.
1964년 (30)								
1965 (29)	1	27,400	-	-	-	-	1	27,400
1966 (28)	1	25,500	-	-	-	-	1	25,500
1967 (27)	-	-	-	-	-	-	-	-
1968 (26)	-	-	-	-	-	-	-	-
1969 (25)	-	-	1	41,000	2	143,000	3	184,000
1970 (24)	-	-	2	81,000	-	-	2	81,000
1971 (23)	1	2,725	2	90,850	-	-	3	93,575
1972 (22)	1	2,469	-	-	1	75,060	2	77,529
1973 (21)	-	-	2	69,469	3	237,750	5	307,219
1974 (20)	2	30,688	-	-	2	162,640	4	193,328
1975 (19)	-	-	2	71,000	4	356,628	6	427,628
1976 (18)	-	-	-	-	3	373,628	3	373,537
1977 (17)	1	5,036	-	-	8	1,011,728	9	1,016,764
1978 (16)	-	-	-	-	6	763,340	6	763,340
1979 (15)	-	-	-	-	5	635,407	5	635,407
1980 (14)	-	-	-	-	5	639,190	5	639,190
1981 (13)	-	-	-	-	6	778,130	6	778,130
1982 (12)	-	-	-	-	-	-	-	-
1983 (11)	-	-	-	-	3	376,110	3	376,110
1984 (10)	-	-	-	-	4	508,199	4	508,199
1985 (9)	-	-	-	-	1	125,000	1	125,000
1986 (8)	-	-	-	-	-	-	-	-
1987 (7)	-	-	-	-	-	-	-	-
1988 (6)	1	1,517	-	-	-	-	1	1,517
1989 (5)	-	-	-	-	3	382,823	3	382,823
1990 (4)	-	-	-	-	2	264,147	2	264,147
1991 (3)	-	-	-	-	1	127,500	1	127,500
1992 (2)	-	-	-	-	1	127,452	1	127,452
1993 (1)	1	18,800	-	-	4	434,965	5	453,765
1994 (0)	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	9	114,135	9	353,319	64	7,522,606	82	7,990,060

2. LNG 운반선 수명 연장 개요

1) LNG 운반선에서 신뢰성이 무엇보다 중요하다
는 것은 새로운 것이 아니다.

이 경우 신뢰성은 단순히 책상 위에서 검토나 소형
실험의 증거로써는 불충분하며, 실선에 있어서 실증
하는 증거가 필요하다 하겠다.

그것은 LNG선이 초저온 가연성 액화 가스를 해상
수송할 선박이라고 하는 극히 가혹한 설계, 건조, 운
항의 조건이기 때문이다.

LNG선의 개발이 1950년대 시작된 뒤, 제1차 건
조 선박의 예측치 못한 탱크 손상으로 실패, 50~70
년대에도 예측치 못한 Trouble로 신뢰할 수 없었던
것은 모두 가혹한 조건에 의한 것이었다.

1944년 육상에서 일어난 Cleveland 사고와 같이
LNG 대량 유출 화재는 LNG선에서는 다행히 한번
도 일어나지 않았다.

이것은 훌륭한 실적이기는 하나, LNG선에서는 예
측키 어려운 사고가 일어날 수 있어, 실증성에 기초
한 신뢰성이 불가피 하다는 것을 강조하고 싶다.

2) 1980년대에는 LNG선의 품질이 안정되어 안
전하고 확실하게 LNG 수송을 행할 수 있었다. 30년
간의 개발기간을 거친 후 LNG선 기술이 겨우 이루
어질 수 있었던 것이다.

1990년대에서는 80년대와 동일한 방법으로 LNG
를 수송하면 문제가 없을 것이며, 80년대에 수립된
실증성을 겨우 운용한 것이지만, 결국 필연적으로
LNG선의 수명연장이라는 새로운 경제적인 개념 문
제 해결에 부딪치게 되는 것이다.

LNG선의 수명 연장에 대해서 이런 점을 이해한
후 고찰해 보는 것이 좋을 것이다.

3. LNG선의 수명 연장 요인(SEEDS)

1) LNG선에 부식성은 없고, LNG Tank, 기기
배관은 화물(Cargo)에 의한 부식이 없다(이것은 킨
연개스를 -162℃까지 냉각 액화할 때에 거의 대부
분의 불순물이 제거되기 때문이며 이 점이 원유, 석
탄 등 불순물을 포함하는 화물과 다른 점이다).

2) LNG선은 SOLAS 조약의 요구로써, 선측/선체
를 2중선각으로 한다. 또, LNG 비중은 0.43~0.48
로써 대단히 작기 때문에 LNG선의 깊이는 깊고 흡수

는 작게 된다. 이에 따라 Hull-Girder(중강도)는 타
선종보다 크고, 수명 연장에 적절하다 할 수 있다.

3) LNG선 가운데 독립 탱크 방식 Type 'B' (2차
방벽 부분 삭감 인정)에서는 Solas 조약에 의거해
Tank system 강도, 피로수명을 검토할 때는 북대서
양 파랑 장기 분포를 기초로 해 10°회의 파도 접촉
횟수가 사용된다.

특히, Membrane 방식의 경우에도 해석할 때는
같은 조건으로 하는 것이 보통이다.

이 10°회 라고 하는 것은 약 20년 운항에 상당하
나, 북대서양의 가혹한 조건임에 비해 동남아시아/중
동 ↔ 극동(한국/일본)항로는 상대적으로 평온하다
할 수 있다.

Tank System의 피로 수명은 20년을 훨씬 넘는
다는 계산이다.

이에 대해 북대서양의 파랑 조건이 계산상 여유가
있다고 생각한다. 즉 Margin을 너무 많이 가져갔다
는 반론도 나올 수 있다는 것이다.

여기서 주의해야 하는 것은 10°회의 파도 접촉이
명문화된 것은 Type 'B'에 한정된다는 것이며, 이
것을 LNG선의 전체 강도에 적용시키는 것은 잘못된
것이라 생각할 수 있겠다.

4) LNG선은 Gas연소 Boiler/Steam turbine
구동으로서 이는 Diesel 구동보다 배의 수명 연장에
유리하다고 볼 수 있다.

5) Hold, 방열 구획은 Inert gas 또는 Dry air로
서 채우고 저온에서 유지된다. 이에 따라 방열재의
노화는 현격히 방지될 수 있다.

4. LNG선 수명 연장의 당위성(NEEDS)

1) LNG선의 수명 연장의 Needs는 우선 자본 비
용의 삭감이다. LNG선은 고기술선이기 때문에 고가
의 선박이다. 감가 상각 부담은 크고, 상각이 끝난 뒤
에는 그만큼 부담이 가벼워진다. 선가, 상각 조건에
따라 크게 변하지만, 연간 상각비는 통상 수백억원대
이다. 대체 신조선을 건조할 경우 적당 2,500~3,
000억원의 자금 준비가 필요하게 된다.

2) 또 하나의 Needs로써 신조 LNG선의 공급 불
안이 지적되기도 한다. 즉, 1970년대에 다수 건조된

대형 LNG운반선의 수명이 20년이 되어가기 때문에 대체선 Rush가 이뤄질 것으로 예견하고 있다.

또, 현재의 에너지 사정에 의하면 신규 LNG Project가 증가할 것으로 예측되고 있어 신조 LNG선 수요가 증대할 것이다.

그밖에 Tanker, Bulker 등의 대체 수요, 신규 수요, 탱커의 Double Hull 요구에 따른 공기 연장 등 신조선 공급 불안이 지적되고 있다.

수명 연장이 가능하면, LNG선 공급 불안은 해소가 가능하게 될 것이다.

5. LNG선 수명 연장의 과제

1) LNG 선도 수명 연장의 적합성에도 불구하고, 노령선이 되면 신뢰성 저하의 경향을 피할 수 없다. 만일 사고를 일으키는 일이 있다면 그 영향은 대단히 크게 될 것이다. 따라서, 신중히 대처해야만 한다.

노령 LNG선의 신뢰성에 대해서 상세히 검토하면, 여러 관점에서 역시 주선체 쪽이 중요하다.

LNG선에 공통되는 과제로써는 주선체 중에서도 [Ballast tank 부재의 Scantling유지] [선체 피로 수명 확신] 등 2가지로 압축된다.

Ballast tank는 선측, 선저의 이중 선각 구획 및 선수, 미 부에 배치된다.

이것은 해수의 부식 환경에 지장을 주어, 만일 부식하면 주선체의 강도에 영향을 미친다. 따라서 신조시에 고급 방식 도장을 높은 품질관리로 행하고, 취향후는 점검, 보수를 충분히 행하는 것이 필요하다.

Ballast tank 내부는 커다란 면적을 가진 크고 작은 Stiffner가 종횡으로 취부되어 용접선은 길다. 탱크 내에 고소 작업부 및 협소한 부분도 많다.

따라서, 한마디로 점검, 보수라고 해도 용이하지가 않다.

그러나, 점검/보수에 의한 부재의 Scantling 유지는 가능하다.

부식이 심한 부재는 교환하는 것이 좋다.

2) 선체의 피로수명은 더욱 어려운 기술 내용이다. 피로는 주저하는 바와 같이 파단 용력보다 훨씬 낮은 용력이라도 그것이 장기간에 걸쳐 반복해서 걸리면 Crack 발생에 이르게 된다. 재료, 구조물의 피로 문제는 일반에 잘 알려져 있으나 선체의 경우는 아직 충분히 해명되어 있지 않다.

왜냐하면 배가 해상을 달리는 거대하고 복잡한 구조물이기 때문이다.

이를 좀더 분석해보면 [선체에 대한 파랑 외력이 파악되어 있지 않다] [파랑 외력에 의한 선체응답이 파악되어 있지 않다] [선체 부재의 피로 특성이 파악되어 있지 않다] 이러한 현실 즉 피로 수명 계산에 필요한 DATA가 어느 것도 아직 파악되어 있지 않기 때문이다.

파랑 외력이란 것은 파랑의 관측치가 아니고, 배에 대한 외력으로서의 파랑이다.

이직 충분히 해명되어 있지 않다.

파랑 외력에 대해 선체가 여하히 반응해서, 선체 응력이 발생해서 전달해 가는 것도 선체 구조가 꽤 복잡하기 때문에 아직 충분히 해명되어 있지 못하다.

선체 응답은 선형, 운동 특성, 선체 구조에 따라 변하기 때문에 대형 LNG선의 응답은 대형 LNG선으로 예측해야 한다.

이런 것들은 아직 구체화 되지 못하고 있다. 선체 부재의 피로 특성은, 강재의 Test piece의 피로시험 결과가 Base로 된다.

그러나, 실제의 선체 부재의 피로 특성이 필요하기 때문에 부재마다의 용접, 공작 오차, 소모 등의 영향이 증가하고, 실부재의 피로 특성을 파악하는 것은 극히 곤란하다.

한편, Test piece의 피로시험도 종래는 규칙적인 하중의 반복시험에 따라 왔으나, 실제의 하중은 불규칙적인 것으로 이 경우의 피로 특성은 다르다는 것이 최근에 제기 되었다. 즉, Base data 조차 애매하고 이 점이 추후 해결되어야 한다.

한편, 이러한 많은 과제를 조선 기술자들이 전혀 손대지 않았다는 것은 아니다. 대형 유조선, VLCC 등 실선 계측에 의한 횡부재의 하중, 용력 계산의 검증 등을 수행함으로써 상당한 성과가 기대되고 있다.

3) 선체 피로 수명의 고정도 계산에 필요한 실선 계측 Data가 현재 축적되어 있지 못하다. 따라서 20년 선령의 LNG선이 30세까지 운항 가능하다는 것은 현재의 Data로서는 누구도 장담할 수 없는 것이다. 컴퓨터가 이토록 발전했음에도 아직 계산되지 않고 있다. 실질적인 문제는 바로 컴퓨터의 입력 Data 유·무이다. 세상의 과학 기술이 이 정도 진척되어 있는 오늘날에도 Data 축적면에서 뒤쳐진 부분이 남아 있는 것이다.

이에 대해 금후는 실선 계측, Data 축적을 수행해야 하지만, 이에 는 비용과 시간이 필요하다. Data

축적이 될 때까지 노령 LNG선이 신뢰성 유지를 위해 필요한 것은 신중한 점검/보수이다. 이 평범하고 극히 수수한 일이 이후에도 중요한 것이다. 보수/점검을 계속한 결과로써 25년, 30년 수명연장이 가능한 LNG선이 나오리라는 것도 예상된다.

LNG선단 가운데는 장기 보수 계획을 세우고 그것에 따라 선령과 함께 수선비를 증가하는 경우가 있고, 이러한 선단에서는 상당한 수명 연장이 가능하리라는 예감과 판단이 얻어지고 있다.

4) 이와 같이 노령 LNG선의 신뢰성은 신조시의 설계, 건조 그후 장기간에 걸친 운항, 조선, 보수, 수선에 의해 대폭적인 변동이 있음을 알 수 있다.

5) 선체의 피로수명은 바다와 배의 불가분의 관계에 따라 이론만으로는 해명이 안 된다. 컴퓨터에서도 아직 Access되지 않은 것으로, 대규모 실선 계측에 의거 Data 축적이 필요하다는 사정이 있다. 세련되지 못하고 익숙치 못한 자료들이 혼합되어 정리되지 못하고 있다. 이러한 사실이 중요한 것이며, 이런 사실을 인식하지 못하면 LNG선 수명 연장 논의는 의견이 맞지 않고 헛된 일이 될 뿐이다. 이와 같이 판단의 척도가 될 수 있는 조선 기술이 충분히 성숙되어 있지 못한 가운데에, 수년 내지 십수년을 예상한 대체 신조선 발주, 수송 계약 갱신 등의 상업적 활동은 매우 신중하고 실제적인 판단이 얻어지게 되는 것이다.

독립적인 제 3의 기관으로써 각국 선급 협회 (Classification society)의 역할도 더욱 중요하게 되는 것이다.

6) LNG선의 공급 불안은 LNG 분야에 중요한 일이며, 심각한 지경에 이르지 못하도록 해야 한다. 그러나, 이것은 LNG선 수요 증가에 대한 공급부족이라는 통계치만 얻어지는 것이 아니라, 더욱 자세한 세부사항들을 눈여겨 볼 필요가 있다.

즉, 통계치에 나타나지 않는 2개의 POINT가 있다.

[조선소들은 각종 선박 가운데 LNG선과 같은 고기술선을 건조하고자 한다]

[LNG선은 고기술선이기 때문에 신조 계획부터 계약까지는 장기간이 걸리고 계약부터 인도까지 대략 3년이 걸린다]

이것은 일반 상선 (Tanker, Bulker Etc.)의 약 2배 기간이다.

이 때문에 LNG선은 우선적으로 Dock가 확보된다.

따라서, LNG선 공급 불안은 실제적으로 대폭 삭감될 수 있다고 생각된다.

LNG선을 우선적으로 공급한다면, 그 여파는 일반 상선에 끼치는 영향도 있겠으나 일반상선의 공급 문제는 LNG선에 비교해 보면 덜 심각하다.

7) LNG선 수명 연장을 논할 때에는 항로 조건, 취항 조건 등이 다른 배가 조건부로 나올 수도 있다.

예를 들면, 5대호 연안 운항선(Saint lawrence sea way vessel)이다. 이 조건은 통상의 LNG선 운항 조건과는 확실히 다르며, 이러한 항로 조건이 다른 내용이 결론을 혼란스럽게 하는 것이다.

수명연장은 최고난도의 기술 과제이기 때문에 조건이 다른 점은 최소화해서 의논할 수 밖에 없다.

당연한 일을 감히 언급하는 것은, 분야의 전문가들 조차 서로 다른 조건들을 도입해서 분석한 결과들을 주장할 수 있기 때문이다.

6. 결 언

LNG선의 신뢰성이 향상되고 안전운항이 오래 지속되고 있다. 이것은 모든 관련자들의 노력 덕택이며, 매우 고무적인 일이다.

현재보다도 미래에 LNG선의 역할은 보다 더 중요하게 될 것이다.

LNG선의 신뢰성 유지는 한층 더 요구되어 질 것이다.

LNG선과 같은 고기술선에서는, 실증성에 의거한 증명된 신뢰성이 필수적인 것이다.

이 점에서 미실증 분야로 있는 LNG선 수명 연장에는, 극히 신중한 대처가 필수 불가결하다.

기술면의 증명이 부족한 대로 수명 연장을 통해 사고를 일으킨다면, 열심히 쌓아올린 LNG선의 안전에 대한 전통이 붕괴될 염려가 있다.

여러가지 요인으로 볼 때 수명연장 요인은 존재하나, 대형사고 유발에 대한 Risk가 워낙 큼으로써 신중을 기해야 할 것이라고 생각한다.

참 고 자 료

- [1] 'Technical Aspects of Life Assessment for LNG Vesses' by E.J.Bannister - LNG -9(1989)

