

조선용 A grade 강재의 Charpy 충격특성에 관한 연구

(A Study of Charpy V-Notch Impact Characteristic on grade A Steel plate)

삼성중공업 조선플랜트부문 용접연구팀
신 동진

1. 서론

현대 선박의 대부분은 철강재료에 기초를 두고 있다. 보다 안전하고 경제적인 구조물을 요구하는 오너들의 구매욕구를 충족시키기 위해 고강도 고인성을 가진 재료에 대한 지속적인 연구와 이에대한 시험법 개발이 진행되고 있다.

이전의 공학자들은 파괴거동에 대한 인성을 연구하기 위해 엄청난 비용이 드는 실험 크기의 구조물에대한 파괴시험에 의존하지 않고, 현장 파손을 묘사할 수 있는 실험실 크기의 시험편과 적당한 시험조건을 추구하였다. 이같이 파괴인성 시험은 표준화된 시험편과 시험법으로 실시되나 그 절차와 조건이 복잡하였으므로 일반적으로 널리 알려진 charpy 충격 시험법이 이용되고 있다.

일반적으로 구조물에 적용되는 압연강재를 구분하는 방법은 여러가지 있으나 본 연구에서는 각 선급에서 인정하는 조선용 강재에 한정하였다. 선급에서 규정하는 강재 등급에 다소의 차이는 있으나 재료의 강도차에 따라 일반적으로 연강(normal strength steel), 고장력강(high strength steel) 그리고 초고장력강(extra high strength steel) 등으로 대별되며 저온 충격치를 요구하는 TEST 온도에 따라 A,B,D,E grade 등으로 나누고 있으며 본 시험에서는 선박에 많이 적용되며 연강으로 분류되는 A grade 강재의 plate와 angle 대한 Charpy V-Notch (CVN) 충격특성을 조사하였다.

2. 시험편 제작 및 시험 조건

시험편 제작시 강재의 두께가 10mm 이상일 경우 CVN시험 10×10mm(ASTM E23-94b)의 standard size로 하고, 그 이하인 경우에 대해서는 가공여유가 필요하므로 10×5mm의 sub-size로 제작하였으며 각 강재 maker별로 구별하여 test를 수행하였다. 강재 maker로는 당 사업부에 가장 많이 공급받고 있는 국내의 P사, D사와 국외의 K사, N사, S사에 대해서 검토하였다. 그림 2.1은 일반적으로 알려진 충격시험편의 촌법이다.

A grade 강재는 일반적으로 충격특성이 요구되지 않거나, 상온(+20℃)에서 부분적으로 요구되는 상태이므로 저온 충격치에 대한 특별한 요구사항 따르지 않는다. 단 B grade 강재의 경우 0℃, D 및 E grade 강재의 경우는 -20℃와 -40℃의 test 온도 조건에서 27J의 충격특성이 요구된다.

본 연구에서는 특별한 충격특성이 요구되지 않는 A grade 강재로써 0℃의 시험조건에서 test하였다. 표 2.1은 각 선급에서 요구하는 화학조성, 기계적특성 및 size별 요구 충격치로 일반적인 사양이다.

3. 시험 결과

3.1 A grade 강재의 충격특성

선급용 A grade 강재의 0℃ charpy 충격시험 결과 angle의 경우 최소충격치 33J, 평균 142J로 조사되었으며, plate의 경우 최소충격치 53J, 평균 흡수에너지 186J로 조사되어 B grade 강재의 rule 요구치인 0℃ 27J를 만족하였다. 또한 그림 2.2는 본 test에서 얻은 충격치와 강재의 항복 및 인장강도와의 관계를 조사하였으나 큰 관련성이 없음을 알 수 있었다.

3.2 sub-size와 standard-size의 비교

강재의 두께 10mm 이하인 경우에는 sub-size 시험편을 이용하였으며, angle의 경우 최소충격치가 31J, 평균충격치가 64J이며 plate의 경우 최소충격치가 26J 평균충격치가 65J로써 역시 B grade 강재의 rule 요구치인 18J를 만족하였다. 또한 일반적으로 sub-size의 흡수에너지가 standard-size의 2/3 수준인 것을 감안할 때 상기의 sub와 standard-size의 관계가 거의 일치함을 알 수 있었다.

그림 2.3은 angle의 test 횟수별로 충격값의 추이로써 약 3개월 동안 각각 480회(sub)와 1200회(standard)에 걸친 charpy v-notch 충격시험의 결과를 나타내었다. 여기서 standard-size의 경우 편차가 sub-size에 비해 크게 나타났으며 이는 plate의 경우도 비슷하게 조사되어 이 부분에 대한 추후 검토가 필요하다 생각된다.

3.3 강재 maker별 충격특성

표 2.2는 각 maker별 test 결과를 종합적으로 나타내었으며, 그림 2.4는 sub와 standard-size의 충격치를 maker별로 도시한 결과로서 앞서 언급되었듯이 standard-size의 경우 그 편차가 크게 조사되었다. 그림 2.5는 당 사업부의 대표적인 강재 maker로써 충격치의 분포정도를 조사하였으며 그래프에서 나타내 듯이 D사가 P사 보다 편차가 적게 조사되어 품질적인 측면에서 다소 양호한 것으로 나타났다.

4. 결 론

A grade 강재로써 0℃의 charpy 충격특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 0℃ 저온충격 요구시 B grade 강재 대신 A grade로서 충분히 적용가능함을 실험test를 통해 확인하였다.
- 2) Angle/plate의 충격특성과 sub-size/standard-size의 충격특성 관계를 검증하였으며 각 maker 충격특성을 비교할 수 있었다.

4. 참고문헌

- 1) AWS : WELDING HANDBOOK
- 2) ASTM : ANNUAL BOOK of ASTM STANDARDS VOL. 03.01 (1995)
- 2) RULES FOR MATERIAL TEST : ABS, BV, DNV, KR, NK, GL (1995)
- 3) EUROPEAN STANDARD EN 10025

표 2.1 General rule requirement

구분	SIZE	C (max.)	Mn (min.)	Si (max.)	P (max.)	S (max.)	YP (min.)	TS (min.)	EI (min.)	충격치
grade A	full	0.23 %	2.5×C%	0.5 %	0.004 %	0.004 %	235 (N/mm ²)	400~490 (N/mm ²)	22 (%)	-
	sub									27J (0°C)
grade B	full	0.21 %	0.8 %	0.35 %	0.004 %	0.004 %				18J (0°C)
	sub									

표 2.2 각 maker별 test 결과

	size	TEST 온도	충격치	횟수	최대값	최소값	평균
P사	full	0°C	27 J (min.)	570	325	53	177
	sub			36	244	64	73
D사	full			210	320	62	176
	sub			54	82	26	62
K사	full			42	336	98	217
	sub			45	86	50	65
N사	full			90	316	103	199
	sub			12	75	61	68
S사	full			96	334	79	159
	sub			9	73	60	66

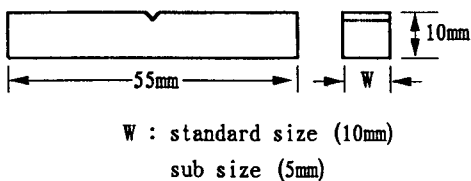


그림 2.1 충격시험편 치수 (ASTM E23-94b)

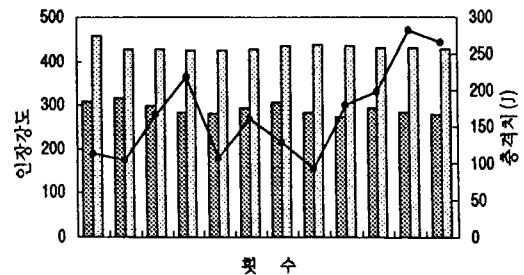


그림 2.2 항복/인장강도-충격치 비교

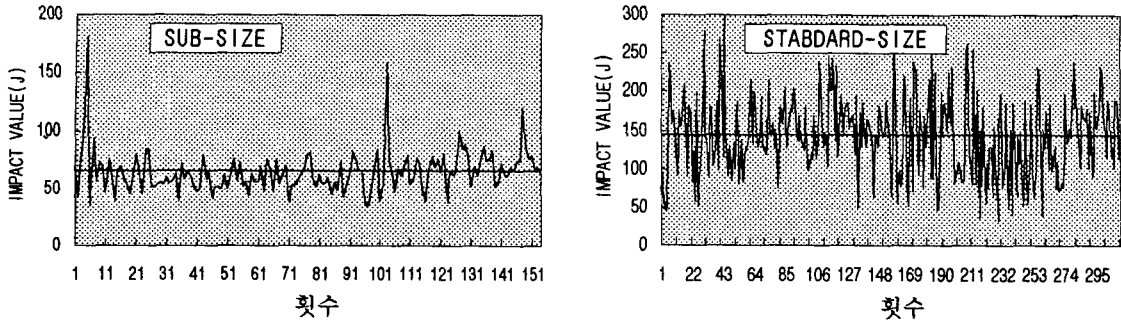


그림 2.3 SUB & STANDARD SIZE의 충격특성 추이

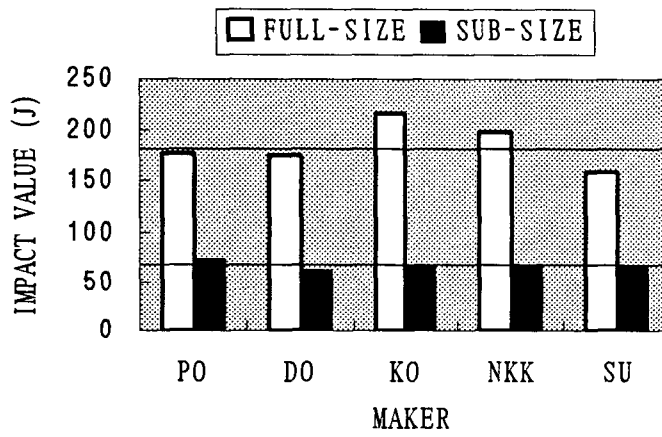


그림 2.4 각 MAKER대 충격치

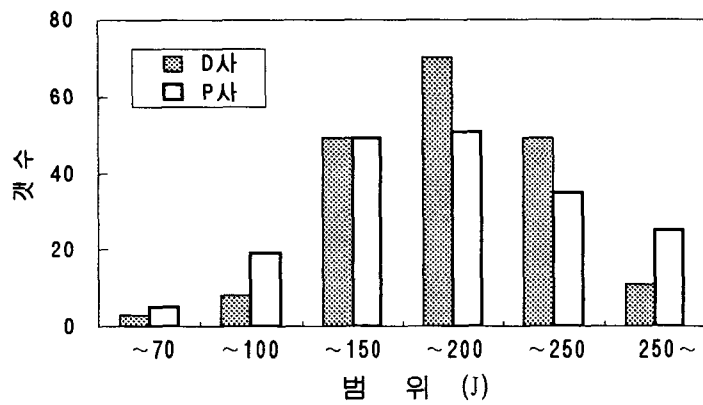


그림 2.5 D사, P사의 충격치 분포