

박판 패널의 용접 좌굴 변형 민감도에 미치는 맞대기 용접 시공 조건의 영향

Effect of Butt Welding Procedure on the Welding-induced Buckling Susceptibility of the Thin-plated Panels

한 명수*, 김 현욱* 한 종만*, 전 유철*

* 대우조선해양(주) 산업기술연구소

1. 서 론

여객선, 군함, 자동차 운반선 등의 상부 구조물은 자체 중량 경감을 목적으로 거주구 블록 및 deck부 등에 박판을 사용하여 건조하고 있다. 하지만 박판 구조물에서는 용접 좌굴변형을 포함한 면외 용접 변형이 큰 문제가 되고 있으며 선체 블록 생산 과정 중 면외 변형 발생을 억제하는 것이 순차적인 조립 정도 향상 및 조립 생산성에 매우 중요한 요소로 인식되어져 있다.

면외 변형을 억제하기 위한 수단으로 변형 방지용 보강재인 carling stiffener를 배치하는 방법을 일반적으로 사용하고 있지만 특별한 경우를 제외하고 박판의 면외 변형 억제에 어느 정도 효과가 있는지에 대한 정량적인 평가는 충분하지 않은 상황이다. 한편 필요한 최소 입열 조건을 사용하여 주어진 용접 이음부를 제작하는 것이 실용적인 용접 변형 억제 방법으로 가장 먼저 고려되어야 하는 사항이지만 생산 현장의 여러 가

지 여건으로 이러한 기본에 어긋난 제작 방법이 채택되고 있는 사례들도 있다.

본 연구에서는 선체 구조용 박판 패널 블록 제작에 적용되고 있는 필릿 용접 및 맞대기 용접 조건과 용접 시공 방법에 따른 용접 좌굴 변형 민감도를 구조 해석을 통해 검토하였다. 또한 용접 시공 방법에 따른 carling stiffener의 구역별 배치 방안을 설정하고 그에 대한 효과를 검토하였다.

2. 장 해석 방법

2.1 열전달 및 열탄소성 해석

실험을 통해 필릿 치수에 따른 용접 조건과 주어진 두께의 판재를 맞대기 이음하기 위한 용접 조건을 구하여 2차원 열전달 및 열탄소성 해석에 적용하였다.

2.2 용접 좌굴 변형 민감도

용접 잔류 응력 상태에 기초한 용접 좌굴 변형 민감도를 계산하였다. 용접 좌굴 변형 추정을 위한 eigenvalue 해석에 적용할 weld load pattern은 2 차원 열탄소성 해석 결과를 이용하여 계산하였다. 해석에 고려한 용접 입열 조건에 따른 weld load pattern을 적용하여 구한 좌굴 모드별 Eigenvalue 값을 잔류 응력 상태의 좌굴 하중으로 나눈 백분율을 좌굴 민감도 지수로 정의한다. 좌굴 민감도 지수가 100보다 작으면 좌굴이 발생하는 조건이며 100보다 클수록 좌굴 방지에 유효하다고 판단할 수 있다.

2.3 용접 및 설계 변수

Table 1. 좌굴 민감도 분석 용접 및 설계 변수

Butt welding (SAW)	1) Variables for 4.8mm wire dia. 2) Variables for 2.0mm wire dia.
Fillet welding (FCAW)	1) Variables for design fillet weld size (=3mm) 2) Variable for oversize fillet weld(=4mm)
Carling Location & Direction	1) Mid-span between web frames in the transverse direction 2) Without carling stiffener 3) Panel edge in the transverse direction 4) Panel edge in the longitudinal direction

본 연구에서 고려한 용접 및 설계 변수를 Table 1에 보이고 있다. 용접 입열 조건과 변형 방지 carling stiffener의 배치, 그리고 carling stiffener의 배열 방향의 영향으로 나누어 보았다. Table 1에 나타낸 carling stiffener 배치 방법을 Fig.1에 도식적으로 설명하였다.

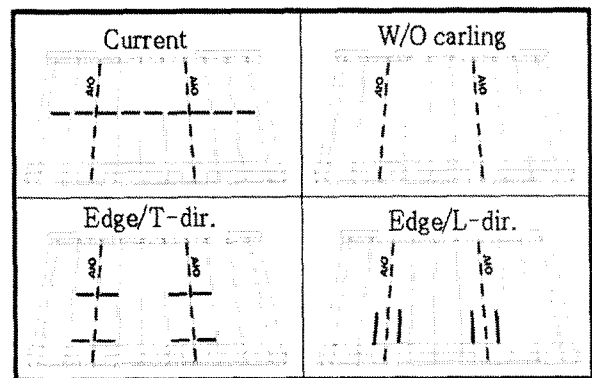


Fig.1 Location & Direction of carling stiffener

3. 장 결 과

3.1 해석 변수에 따른 좌굴 민감도

Eigenvalue 해석을 통해 좌굴 민감도를 계산하였으며 주어진 해석 변수에 대한 결과를 Table 2에 정리 하였다.

Carling stiffener 유무에 따른 좌굴 민감도에 차이가 없는 점으로 미루어 볼 때, 현재의 carling stiffener의 배치 방안은 좌굴 방지에 큰 효과가 없다고 판단된다. 반면 본 연구에서 제시한 종 방향 및 횡 방향으로의 carling stiffener 배치 방안은 좌굴 민감도가 100보다 큰 값을 보

여름으로써 효과가 있음을 알 수 있다.

Table 2. 좌굴 민감도 분석 결과

Butt/SAW	Carling stiff. Arrangement	Sensitivity Index
$\phi 4.8mm$	Current	93
	W/O carling stiff.	93
	Edge/L-direction	110
	Edge/T-direction	105
$\phi 2.0mm$	Current	123
	W/O carling stiff.	123
	Edge/L-direction	138
	Edge/T-direction	133

SAW 용접 시 용접 입열량을 줄이기 위해 $\phi 2.0mm$ 용접봉을 사용한 경우 좌굴 민감도 값이 전체적으로 약 30% 증가하며, 이는 입열량 관리가 좌굴에 있어 가장 중요한 변수라는 것을 보여준다.

참 고 문 헌

1. M.S. Han: Fundamental Studies on Welding-Induced Distortion in Thin Plate (2002), Ph. D. Dissertation, The Ohio State University
2. Abaqus Version 6.5 Documentation