

Panel 구조 용접 변형에 미치는 Carling 효과

A Study on the Effect of Carling on Welding Deformation of Panel Structure

김성윤*, 신상범, 박윤기
현대 중공업(주), 산업기술연구소

1. 서론

Deck plate의 두께 감소는 선체를 경량화함으로써 운항 비용의 절감이라는 경제적인 효과 이외에도 선박의 무게 중심을 낮춤으로써 안정성을 증가시킨다는 측면에서 매우 효율적인 설계 방안이라고 할 수 있다. 그러나, 선체 제작 측면에서 주판의 두께 감소는 용접 변형에 대한 저항 정도를 나타내는 용접부의 면내 및 굽힘 강성을 저하시킴으로써 기존의 후판 제작시 발생하는 일반적인 변형 양상인 각 변형이나, 수축량을 증가시킴으로써 정도 관리 문제를 야기한다. 특히, 박판 용접부의 변형 양상은 선상 가열과 같은 단순 변형 교정 방안을 통하여 교정하는 것이 매우 어려울 뿐 아니라, 선상 가열에 의한 수축 하중이 용접 수축 하중과 중첩되어 좌굴 변형을 유발할 가능성이 매우 높기 때문에 이에 대한 적정 대책 방안의 선정은 무엇보다도 중요하다. 일반적으로 박판 deck류의 제작시 용접 변형을 최소화하기 위하여 용접 입열량의 제어를 통한 용접 각장을 최소화하는 방안, 용접부의 구속도를 고려한 적정 용접 순서를 선정하는 방안, 그리고 carling과 같은 보강재를 이용하여 용접부의 구속도를 증가시킴으로써 변형을 제어하는 방안 등이 있다. 그러나, 이러한 변형 제어 방안중 carling을 이용한 용접부의 변형 제어 효과에 대한 기존의 연구 결과는 소규모 시편을 이용한 단편적인 실험 및 해석적인 접근에 제한되어 있어 이 결과를 선체와 같은 대형 panel 용접부에 적용하기 위해서는 이에 대한 효과에 대한 검증이 필요하다. 또한, carling 취부 기준의 최적화는 변형 제어를 위한 생산 공수 및 공기의 절감이라는 측면에서 시사하는 바가 매우 크다.

따라서, 본 연구에서는 유한 요소 해석을 이용하여 carling의 부착 유무에 따른 박판 panel 용접부의 변형 제어 효과를 규명하고, 이를 토대로 carling의 형상 및 취부 기준에 따른 carling의 변형 제어 효과를 정식화하고자 하였다.

2. 유한 요소 해석

2.1 해석 모델 및 방법

박판 panel 용접부에서 발생하는 변형 양상은 크게 각 변형 및 좌굴 변형으로 대별되며, 이러한 변형량은 용접시 발생하는 용접부의 수축 하중의 크기 및 분포 그리고, panel 용접부의 변형에 대한 저항 정도인 굽힘 강성에 의존한다. 따라서, 본 연구에서는 Fig. 1과 같은 panel의 제작시 carling에 의한 각 변형 제어 효과를 규명하기 위하여 Table 1과 같이 용접 입열 세기(Q_w) 및 굽힘 강성(D_b)의 비와 주판 두께(t), 종 및 횡 보강재의 간격(L_s , T_s) 그리고, carling의 형상(A, B type)을 유한 요소 해석 변수로 선정하였다. 그리고, carling에 따른 좌굴 변형에 대한 제어 효과를 평가하기 위해 본 고에서는 Table 2와 같이 carling의 취부 유무 및 형상 그리고, girder의 크기에 따라 4가지 type의 해석 모델에 대해 용접부의 수축 하중 (σ_w) 및 좌굴 강도 (σ_c)를 평가하고, 식(1)과 같이 정의되는 잔여 강도 (σ_r)를 평가하였다. 해석시 사용된 해석 모델의 주요 치수는 Table 2와 같다.

$$\sigma_r = \sigma_c - \Sigma\sigma_w \quad (1)$$

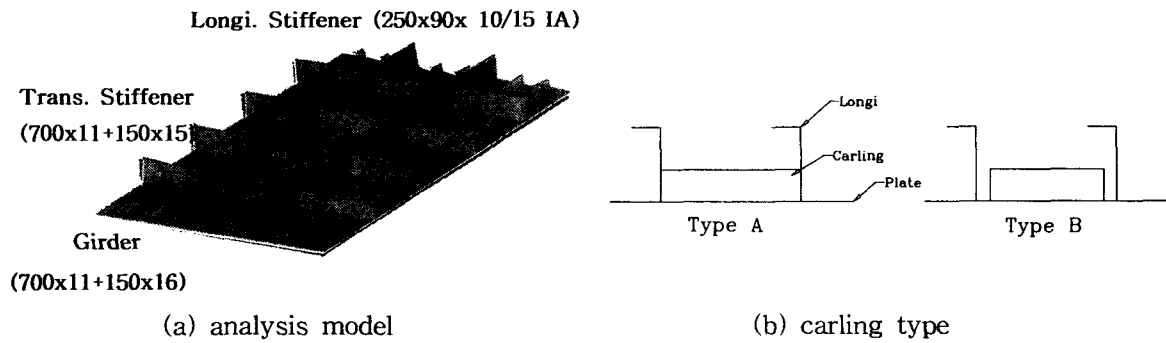


Fig. 1 Schematic diagram of panel and carling used for FEA

Table 1 Variables used for FEA (angular distortion)

Thickness [mm]	Qw/Db [cal/mm/mm ³]	Stiffener Span [mm]		Carling Type (Ref. Fig. 1)
		Trans.	Longi.	
7 - 11	0.15 - 0.56	1000 - 6000	500 - 1000	A, B type

Table 2 Welding conditions and variables used for FEA (Buckling distortion)

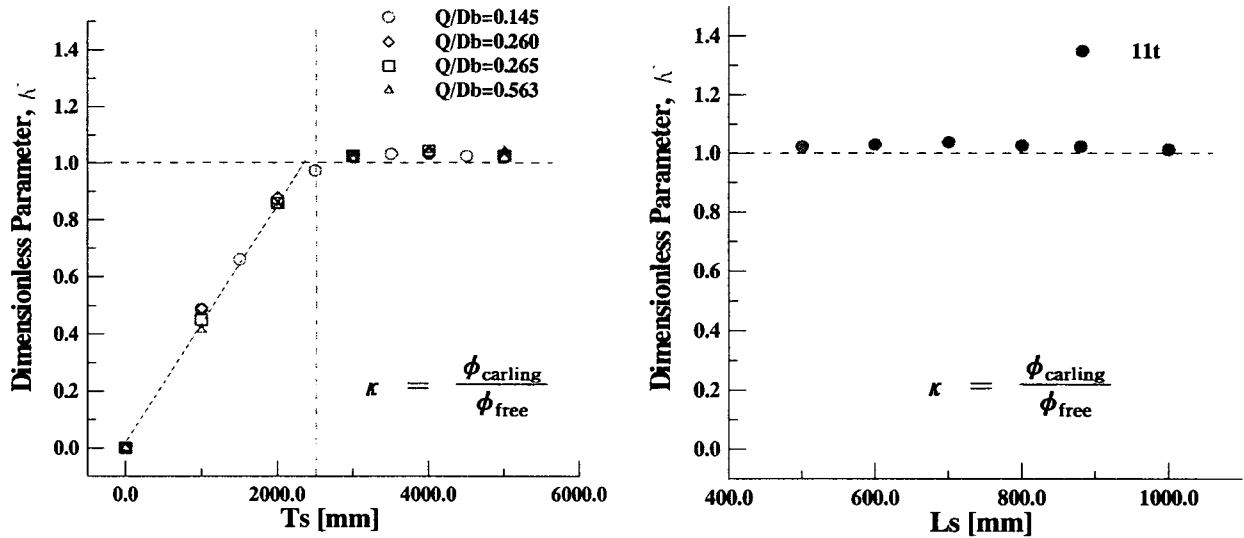
Thickness [mm]	Heat Intensity, Qw [cal/mm]			Carling Type (Ref. Fig. 1)	Girder
	Fillet	I butt	Groove		
11	292	890	410 (6pass)	A, B type	700x11+150x16 (C type)
					1000x12+200x16 (D type)

2.2. 해석 결과 및 고찰

Fig. 2의 (a)는 종 보강재 간격이 880mm이고, 용접 입열량 및 굽힘 강성의 비에 따라 carling의 부착 유무에 따른 변형량의 비와 횡 보강재 간격의 관계를 도시하고 있다. Fig. 2의 (a)와 같이 용접 입열량 및 굽힘 강성의 비와는 무관하게 횡 보강재의 간격(T_s)이 증가함에 따라 carling에 의한 변형 제어 효과는 감소하며, 특히 횡 보강재의 간격이 2500mm이상 증가하면 carling에 의한 변형 제어 효과는 거의 없음을 알 수 있다. Fig. 2의 (b)는 주판 두께 11mm, 용접 각장 4.5mm, 횡 보강재 간격이 3000mm인 경우 carling의 부착 유무에 따른 변형량 비와 종 보강재의 관계를 도시하고 있으며 종 보강재의 간격과 carling 시공에 따른 각 변형의 제어 효과는 거의 없음을 알 수 있다. 이는 종 및 횡 보강재의 취부 및 용접부 panel에서 발생하는 용접 변형 양상이 convex type이 아닌 plateau type의 변형 양상을 가지기 때문이다. 이상의 결과로부터 선체의 deck와 같은 대형 panel 제작시 부착되는 carling에 의한 각 변형 제어 효과는 무시할 수 있을 정도로 작음을 알 수 있으나, 이는 종 및 횡 보강재 사이에서 발생하는 각 변형을 제어하는 효과가 미미함을 의미하는 것이며, carling에 의한 변형 제어 효과가 없다는 것을 의미하는 것은 아니다.

Table 3은 종 보강재의 간격이 880mm이고, 횡 보강재의 간격 2400mm인 panel의 양 끝단 면이 단순 지지된 경우 Table 2와 같이 carling의 취부 유무 및 형상 그리고, girder의 칫수에 따른

좌굴 강도 (σ_c)와 용접부의 수축 하중의 차이로 정의되는 잔여 강도의 수준을 도시하고 있다. Table 3과 같이 carling이 부착된 A와 B type에서의 잔여 강도는 동일한 girder를 가진 C type의 panel에 비하여 15-20 %이상 증가함을 알 수 있으며, 이는 girder의 치수가 증가한 D type과 거의 유사한 수준을 보이고 있다.



(a) Span of Trans. stiffener

(b) Ls and the ratio of Q/Db

Fig. 2 Changes of dimensionless parameter of distortion at the panel structure

Table 3 Remaining strength σ_r at the panel structure

Direction	With carling [kgf/mm ²]		Without carling [kgf/mm ²]	
	A type	B type	C type	D type
Longi.	4.9	4.8	4.1	4.7
Trans	2.7	2.6	2.2	2.5

3. 결론

본 연구에서는 Panel 구조의 용접 변형을 제어하기 위해 적용하고 있는 carling 취부 방식에 따른 변형 제어 효과를 규명하기 위하여 유한 요소 해석을 수행하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) Panel 제작시 보강재간 용접부에서의 각 변형 제어 효과는 용접부의 입열 세기 및 굽힘 강성의 비 그리고, 종 보강재의 간격(Ls)과는 거의 무관하며, 횡 보강재의 간격(Ts)에 의존한다.
- 2) 박판 panel 용접부에 부착된 carling의 경우 용접부의 잔여 강도를 증가시킨다.