

Stiffened Deck Plate 용접부의 구조 형상에 따른 각 변형 (A Study on the Angular Distortion at the Stiffened Panel Structure)

신상범*, 윤중근, 박동환
현대중공업(주), 산업 기술 연구소

1. 서론

용접부는 용접 arc에 의한 불 균일한 온도 구배에 의한 열 변형도에 기인하여 변형을 수반하게 된다. 이러한 용접 변형은 선체와 같은 대형 강 구조물의 제작시 용접 뿐 아니라 가공 및 절단 그리고, 운반 및 적재 등의 구조물의 제작 전 공정에 의해 영향을 받기 때문에 정량적인 제어가 매우 힘들다. 따라서, 이러한 강 구조물의 변형을 효율적으로 제어하기 위해서는 무엇보다도 최적의 변형 예측 기법의 개발을 통한 설계 및 생산 공정에서 최적의 변형 제어 기법을 확립하는 것이다. 일반적으로 변형 제어 방안은 용접에 의한 변형에 대한 저항성을 증가시키기 위한 구조 형상 변경을 통한 설계적인 방안과 구속이나 용접 순서 등의 최적화 및 기 발생된 변형의 최적의 교정등의 시공상의 방안으로 대별되며, 실 구조물의 변형 제어를 위해서는 이들에 대한 종합적인 고찰은 필수적이라고 할 수 있다.

이에 본 고에서는 선체 제작시 deck plate 용접부의 변형을 최소화하기 위해 용접 변형에 대해 우수한 저항성을 가지는 최적 구조 설계 방안을 제시하기 위해 deck plate의 제작시 용접 조건에 따른 입열량 및 주판 및 longi. 및 trans. 보강재의 두께 및 간격등의 설계 인자들이 용접부 각 변형에 미치는 영향을 평가하였다.

2. 해석 모델 및 방법

Fig. 1의 (a)와 같이 deck plate는 주판과 trans와 longi 보강재의 fillet 용접부로 이루어져 있으며, 이때, 발생하는 대표적인 변형 양상은 Fig. 1의 (b)와 같은 각 변형이다. 따라서, 본 고에서는 deck plate의 제작시 발생하는 각 변형 거동을 규명하기 위해 유한 요소 해석(Finite Element Analysis, FEA)을 수행하였으며, 해석시 사용된 모델 형상 Fig. 1의 (a)와 같다.

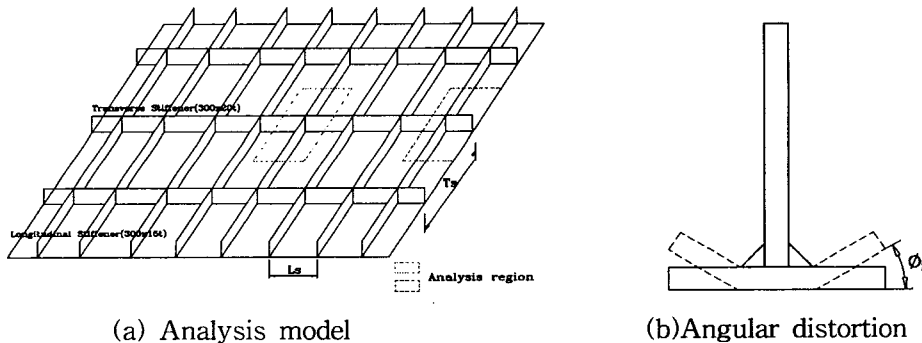


Fig. 1 Schematic diagram of deck plate

이때, 사용된 변수는 Fig. 1의 (a)와 같이 deck plate 용접부 주변의 구속 조건에 따라 2가지 type 즉, 은선으로 표기된 deck plate의 내부(inner part)와 외부(outer part), 그리고, Table 1과 같이 deck plate의 주판 두께(t), longi(Ls) 및 trans(Ts) 방향의 보강재의 간격등의 기하학적인 인자와 용접 조건 즉, 용접 입열량에 따른 용접 각장(WL)이다.

Table 1 Variables used for FEA

Thickness [mm]	Welding condition				Stiffener span [mm]		Restraint condition
	Leg length [mm]	Amp x Vol [A x V]	Velocity [cm/min]	Heat Input [cal/mm]	Longi	Trans	
8 - 20	4.0 - 7.0	320 x 30	35 - 70	197.5 - 395.0	700 - 900	2000 - 3500	Inner part Outer part

3. 해석 결과

용접 각장과 주판 두께 Fig. 2는 longi. 보강재의 간격이 700mm이고 trans. 보강재의 간격이 2000mm인 deck plate의 inner part 및 outer part에서 용접 각장(WL) 및 주판 두께(t)에 따른 각 변형량의 거동을 도시한 것이다. Fig. 2의 (a)와 (b)같이 deck plate의 outer part에서의 최대 각 변형량이 inner part의 각 변형량의 거의 4배 수준에 이르고 있음을 알 수 있다. 그러나, 용접 각장 및 주판의 두께에 따라 증감의 천이 거동은 매우 유사한 경향을 보이고 있다. 즉, 주판의 두께가 10mm이하인 경우 용접 각장이 증가함에 따라 증가하나, 임계치 이상으로 입열량이 증가하는 경우 오히려 각 변형량은 감소하고 있다. 이는 주판의 굽힘 강성에 의한 구속 효과는 동일하지만 용접 각장 즉, 입열량이 증가함에 따라 주판 두께 방향의 수축량의 차이는 오히려 감소하기 때문이다. 그러나, 판재의 두께가 10mm 이상 증가하게 되면 이러한 각 변형량의 천이 효과가 나타나지 않는다.

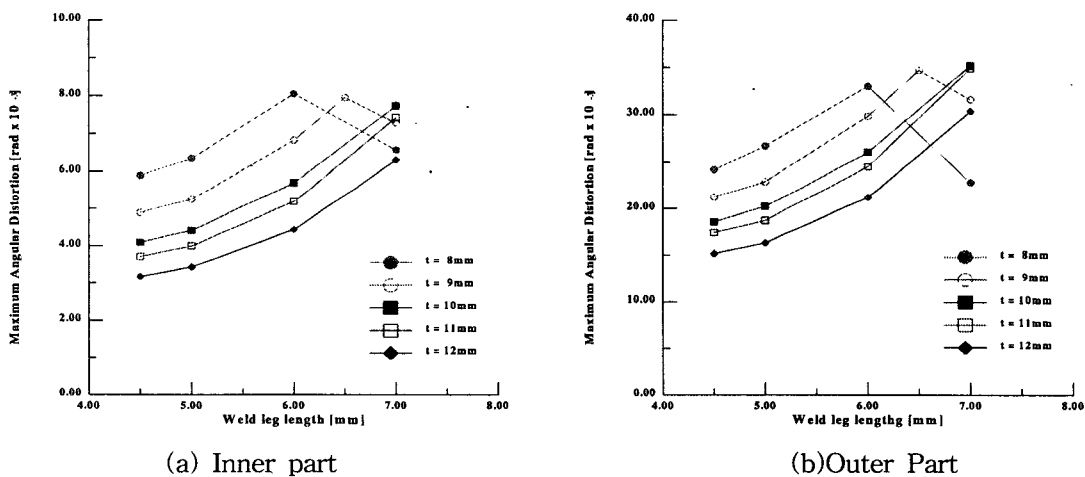


Fig. 2 Changes of angular distortion at the deck plate with WL and t

Trans. 보강재 간격 Fig. 3의 (a)는 주판의 두께가 8mm인 경우 longi 보강재의 간격이 700mm인 deck plate의 inner part에서 용접 각장(WL) 및 trans. 보강재의 간격(Ts)에 따른 최대 각 변형량의 거동을 도시한 것이며, (b)는 용접 각장이 6.5mm로 동일한 경우 trans. 및 longi. 보강재의 간격(Ts, Ls)에 따른 outer part에서 최대 각 변형량의 거동을 도시한 것이다. Fig. 3의 (a)와 같이 deck plate의 inner part에서는 동일한 trans 보강재의 간격(Ts)하에서 용접 각장의 증가함에 따라 각 변형량은 증가하나, 동일 용접 각장하에서 Trans 보강재의 간격의 변화에 따라 최대 각 변형량의 차이는 거의 영향을 없음을 알 수 있다. 그러나, Fig. 3의 (b)와 같이 outer part에서는 용접부에 작용하는 최대 각 변형량은 Longi 보강재의 간격(L)이 동일한 경우 Trans 보강재의 간격이 증가함에 따라 선형적으로 증가하는 경향을 보인다.

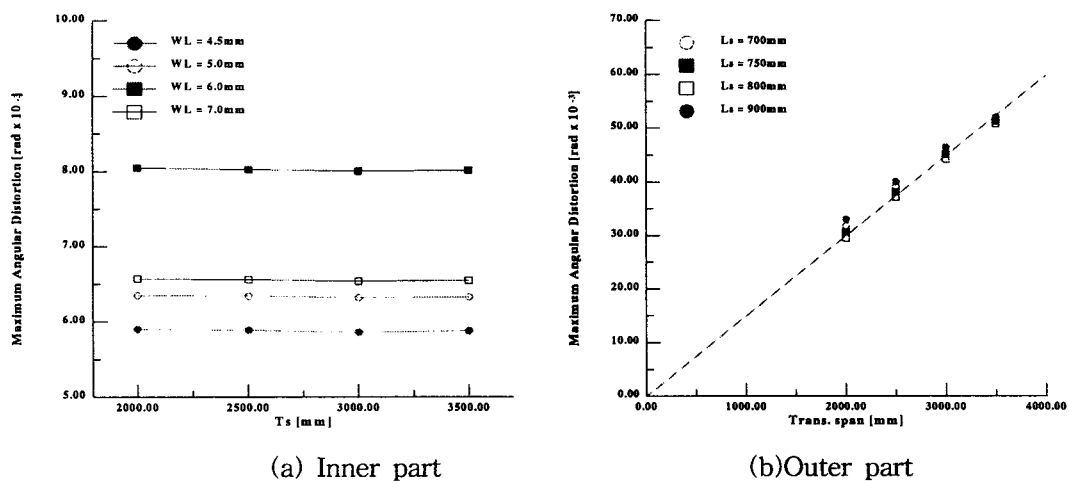


Fig. 3 Changes of maximum angular distortion at the deck plate with WL or Ls

4. 결론

Trans. 및 longi 보강재를 가진 Deck plate의 최적 구조 설계 방안을 제시하기 위해서 용접 각장 및 기하학적 인자들에 따른 각 변형 거동을 유한 요소 해석을 이용하여 평가하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Deck plate의 inner 및 outer part에서의 최대 각 변형량은 용접 각장 및 주판의 두께에 따라 동일한 경향의 천이 거동을 보이나, 그 크기는 outer part에서의 각 변형량이 inner part의 각 변형량의 4배에 이른다.
2. Trans. 보강재의 간격(Ts)가 증가함에 따라 deck plate의 outer part에서의 각 변형량은 거의 선형적으로 비례하여 증가하나, inner part에서의 각 변형량의 변화는 미세하다.