

Hatch cover의 제작 공정별 변형 거동에 관한 연구

A Study on the distortion behavior of hatch cover during the manufacturing process

이동주*, 신상범**, 김경규*

현대중공업 (주), 기술개발본부 산업기술연구소
현대중공업 (주), 기술개발본부 산업기술연구소/울산대학교

1. 서 론

Container 운반선 화물창의 hatch cover는 상부에 최대 35 TEU의 컨테이너가 적재되어 높은 구조 강도가 요구되지만 중량이 40ton으로 제한된다. 따라서 구조 강도 확보를 위해 대부분 8mm의 주판에 다수의 종·횡 보강재를 용접하여 제작한다. 이러한 구조적 특성을 고려할 때 hatch cover 제작시 발생하는 변형은 변형 유발 양상에 따라 보강재 사이에서 각변형 형태로 발생하는 local 변형과, 전체적인 굽힘 변형 형태로 발생하는 global 변형으로 구분할 수 있다. 특히, global 변형 즉, 굽힘 변형의 경우 제작 공정에서 유발된 수축 하중과 용접부와 hatch cover의 도심과의 차이에 의해 발생하므로, 각 제작 공정에서 구조 강성의 변화에 따라 변형량 및 변형 모드가 급격하게 천이되는 것으로 알려져 있다.

따라서, 본 연구에서는 hatch cover 제작시 변형을 보다 효율적으로 제어하기 위하여 제작 공정별 굽힘 변형 거동 양상을 공정별 변형 계측 및 유한 요소 해석을 통해 평가하고, 이를 토대로 적정 역변형 시공 기준을 제안하였다.

총 5개의 공정으로 이루어져 있다. 여기서 down heating은 굽힘 변형을 교정하기 위한 추가적인 공정으로 Fig. 1의 'W' 보강재의 flange 부분을 가열하는 공정이다. 따라서 본 연구에서는 Fig.1과 Table 1의 각 제작 공정 및 작업 특성에 따른 굽힘 변형 거동 특성을 공정별 변형 계측 및 유한 요소 해석을 통해 평가하였다. 이때 사용된 hatch cover의 주요 부재의 치수는 Table 2와 같으며, 변형 계측은 각 제작 공정 완료 후 hatch cover 외곽의 보강재(MG, W)를 따라 3차원 변형 계측기를 사용하여 수행하였다.

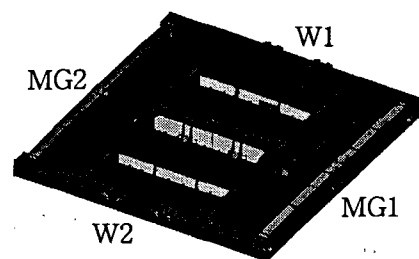
Table 1 Manufacturing process of the hatch cover and heat input

Manufacturing process		Heat input [cal/mm]
1st	Deck W/D	225/328
2nd	Stiffener W/D	491/1pass
3rd	Down Heating	12374
4th	Bot. Plate W/D	455/741(FC/SA)
5th	Correction	510

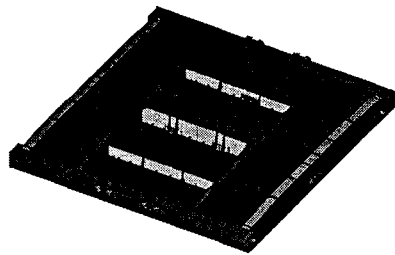
2. 제작 공정별 변형 특성

2.1 Hatch cover 제작 공정

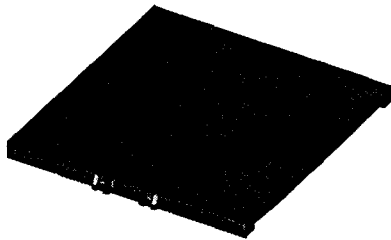
Table 1과 Fig. 1은 hatch cover의 제작 공정 및 공정별 작업 특성을 나타낸 것이다. Table 1과 Fig. 1과 같이 hatch cover 제작 공정은 deck 용접, 보강재 용접, down heating, bottom plate 용접 그리고 turn-over후 최종 교정 작업으로



(a) 1st ~ 3rd stage
Fig. 1 (continued)



(b) 4th stage



(c) 5th stage

Fig. 1 Fabrication sequence of the hatch cover

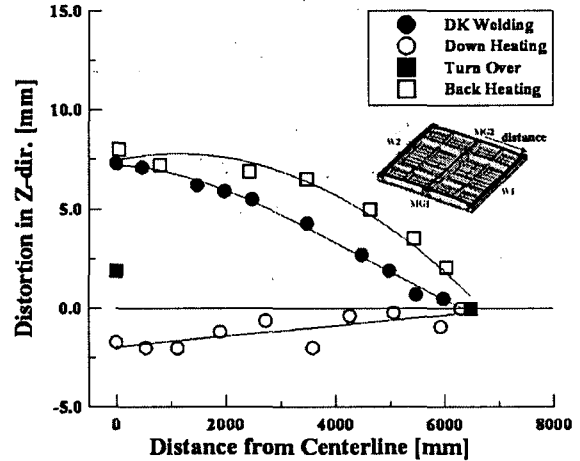
Table 2 Dimensions of the structural members of hatch cover

	Dimension [mm]
Deck plate	8.0
Deck longi.	100x75x7, 300x90x11/16
Gir. & Trans.	860x8+80x8, 600x6+150x20

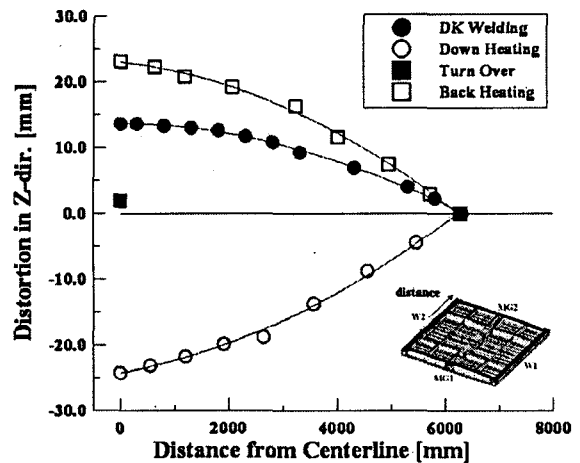
2.2 제작 공정별 변형 예측 결과

Fig. 2는 hatch cover 제작 공정 중 주판 보강재 용접, down heating, turn over 그리고 최종 교정 작업 후에 발생하는 'MG' 및 'W' 보강재에서의 굽힘 변형 분포를 나타낸 것이다. 여기서 (+) 변형은 deck의 보강재 취부 방향으로 용기된 변형을 나타내며, (-) 변형은 보강재 취부이면 방향으로 발생한 변형을 나타낸다. Fig. 2와 같이 정도의 차이는 있지만 'MG' 및 'W' 보강재 쪽 모두 주판과 보강재의 fillet 용접과 back heating후에는 (+) 변형이 발생하였으며, 나머지 경우에는 (-) 변형이 발생하고 있음을 알 수 있다. 이는 각 공정에서 유발된 수축 하중 및 횡수축과 hatch cover의 도심과의 차이에 기인하여 발생하는 굽힘 모멘트의 방향이 상이하기 때문이다. 즉, 주판에 입열이 가해진 경우 굽힘

모멘트는 (+) 방향의 변형을 유발하지만, hatch cover 도심의 상부에 위치한 보강재에 가해진 용접 및 교정 작업은 (-) 변형을 유발한다.



(a) 'MG' stiffener



(b) 'W' stiffener

Fig. 2 Measured results of the global bending distortion at each manufacturing process

3. 유한 요소 해석

3.1 해석 방법 및 모델

유한 요소 해석을 이용한 공정별 굽힘 변형 거동 특성 평가는 간이 열 탄성 해석 기법(STEM)⁽¹⁾을 이용하여 수행하였다. 해석시 사용된 용접 및 교정 조건은 Table 1과 같다. Fig. 3은 유한 요소 해석 모델을 도시한 것이다. 그림과 같이 해석 모델의 유한 요소망은 4절점 등매개 shell 요소를 이용하여 구성하였으며, 기하학적 대칭성

을 고려하여 Fig. 3과 같이 해석 모델의 1/4에 대해서만 요소망을 구성하였다.

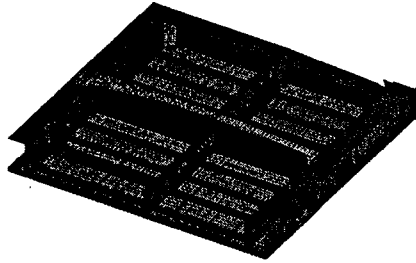


Fig. 3 Mesh design used for FEA

3.2 해석 결과

Fig. 4는 fillet 용접부 입열량이 225 cal/mm 인 경우 'MG' 및 'W' part에서 발생하는 굽힘 변형의 해석 및 계측 결과를 비교하여 도시한 것이다. Fig. 4와 같이 해석과 계측 결과가 비교적 잘 일치하고 있다. 이는 본 연구에서 굽힘 변형을 평가하기 위해 적용된 해석 기법이 타당함을 의미한다. 따라서 global 변형을 유발하는 나머지 5공정에 대해서도 같은 방법으로 유한 요소 해석을 수행하고 계측 결과와 비교 검토함으로써 각 공정에서의 굽힘 변형 거동을 평가하였다.

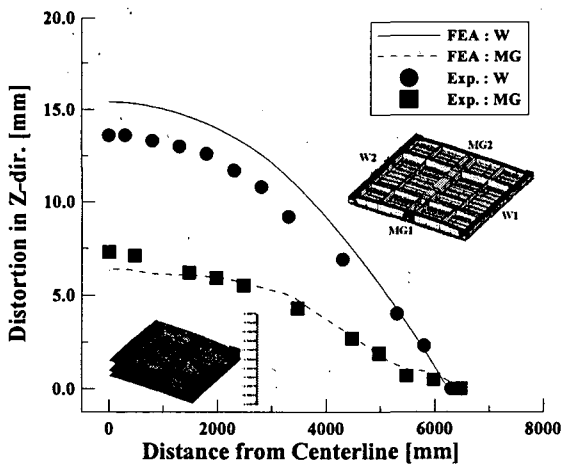


Fig. 4 Comparison results of the bending distortion obtained by FEA and experiment after deck W/D

Fig. 5는 hatch cover 제작시 각 공정에서 발생하는 굽힘 변형 거동 특성 평가 결과를 나타낸 것이다. Fig. 5와 같이 최종 잔류 굽힘 변형이 'W' part에서는 5.0mm가 (+) 방향으로 발생하

며, 'MG'의 경우 (-) 방향으로 4.0mm 발생하는다. 이상의 결과로부터 hatch cover 제작시 Table 1의 작업 조건하에서 global 굽힘 변형을 효과적으로 제어하기 위해서는 'W' 보강재는 -5.0mm, 'MG' 보강재는 +4.0mm의 역변형을 시공해야 함을 알 수 있다.

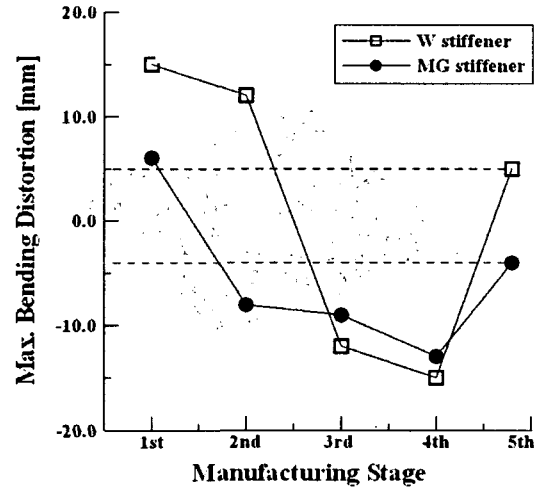


Fig. 5 Change of the bending distortion at the stiffeners during manufacturing process

4. 결 론

Hatch-cover 제작시 발생하는 굽힘 변형 거동을 제작 공정별 변형 계측 및 유한 요소 해석을 통해 평가하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) Hatch cover의 도심을 기준으로 하여 deck 쪽에 가해진 입열은 (+)방향의 굽힘 변형을 유발하며, 이와 반대인 경우에는 (-) 방향의 굽힘 변형을 유발한다.
- 2) Hatch cover의 각 제작 공정별 변형 거동 예측 결과를 통하여 제작 완료 후 잔류 하는 굽힘 변형을 제어하기 위한 적정 역변형량을 산출하였다.

참고문헌

1. D.J. Lee, S.B. Shin, K.G. Kim and J.G. Yoon : Evaluation transitional behavior of welding distortion at the deckhouse during the manufacturing process, the 14th ICCTW proceedings (2004)