

역변형 시스템을 이용한 U-rib Deck 판넬 용접변형 제어 Control of Welding Deformation in U-rib Deck Panel Using Elastic Pre-Bending System

장경복*, 박중구*, 조시훈*, 장태원**

* 삼성중공업주식회사 거제조선소 생산기술연구소 용접연구 변형 및 강도 그룹

** 삼성중공업주식회사 거제조선소 생산기술연구소 용접연구

1. 서 론

최근 강교의 Deck Panel 하부에는 구조상 U-rib 조인트가 많이 사용되고 있는데, 이러한 U-rib Deck Panel 제작 시에는 U-rib 용접으로 인해 발생하는 면외 변형이 제작상 상당한 문제가 되고 있는 실정이다.

최근에는 생산성 향상을 위해 U-rib 용접공법으로 FCAW 보다 SAW가 선호되고 있기 때문에 면외 변형 문제는 더 심각하다고 할 수 있다. 이와 같은 면외 변형을 제어하기 위해서는 다양한 방법이 있을 수 있으나 추가적인 변형 수정 작업 없이 제작 공정상에서 변형을 제어할 수 있는 방안으로는 역변형 구속 시스템의 적용을 생각할 수 있다.

이러한 역변형 구속 시스템이 생산현장에 제대로 적용되기 위해서는 다양한 모델에 대한 역변형량, 클램핑 제거 시간 등에 대한 최적화가 필요하다. 이 경우 다양하고 반복적인 실험을 통해 각 변수에 대한 최적 값을 찾을 수는 있으나 이는 상당한 시간 및 비용을 요한다. 그러므로, CAE 기법을 활용한 VM(Virtual Manufacturing) 기술의 활용을 통해 시험 모델 및 회수 등을 최소화 할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 U-rib Deck Panel 용접 변형 제어를 위해 Pre-camber 시스템이라고

하는 구속 역변형 시스템을 적용하고 실험 및 FEM 해석기법을 활용하여 그 시스템을 최적화하고자 하였다.

2. Pre-camber 시스템

Pre-camber 시스템을 이용한 U-rib Deck Panel 제작 과정은 취부, clamping, 역변형 부여, 본 용접(SAW), 역변형 제거, clamping 제거 순이다. 여기서 중요한 것은 최적의 역변형량 및 clamping 제거 시점을 찾는 것이다. Fig.1은 Pre-camber 장비 적용 현황을 나타낸다.

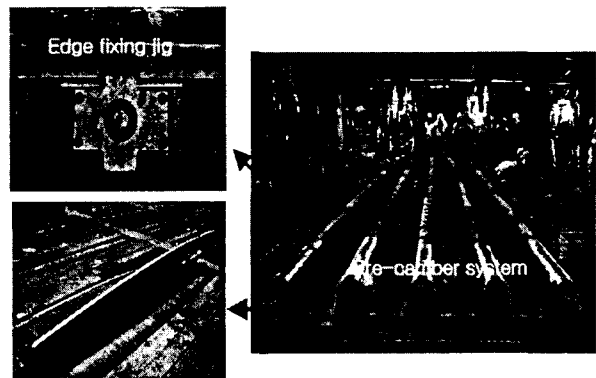


Fig.1 Pre-camber system

3. 실험 및 FEM 해석

본 연구의 경우 대상 모델은 U-rib 개수가 4, 5, 10개의 3가지 모델이다. 생산 현장에서의 초기 적용 방법은 4개 U-rib 모델에 대해 수차례 테스트를 통해 최적 camber양을 구하고 이를 토대로 동일 동심원을 가정하여 9, 10개 U-rib 모델에 대한 camber양을 구하고자 하였다. 그러나, 실제 U-rib 개수가 많아지면 자중 효과가 크기 때문에 이와 같은 이론이 적용되지 않는다.

그러므로, FEM 해석에서는 자중 및 정반과의 접촉 조건이 반드시 고려되어야 함을 알 수 있다. Fig.2는 4 U-rib 모델에서 pre-camber 없이 용접되었을 때의 최종 변형양상으로 자중 및 정반과의 접촉 조건이 고려된 결과이다. edge부 각변형은 20mm 내외임을 알 수 있다. Fig.3은 이 결과로부터 산출된 최적 camber양 55.8mm를 적용한 결과이다. 최종 edge부 변형은 1mm 이내로 제품 변형 기준을 만족한다.



Fig.2 Welding deformed shape in case of no camber in 4 U-rib model

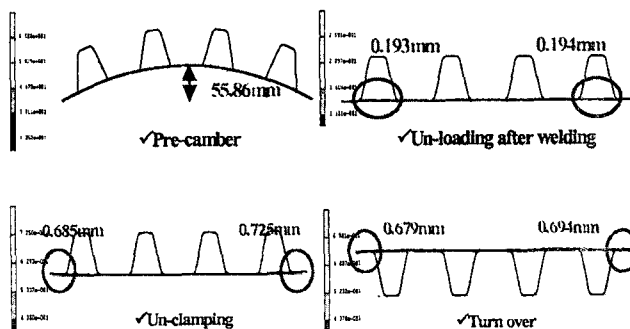


Fig.3 Deformation shape with process in case of in-camber in 4 U-rib model

Fig.4는 4 U-rib 모델에 대해 다양한 camber양으로 실험한 결과와 최적 camber에 대한 해석 결과를 같이 나타낸 것이다. 실험 결과에서 60mm camber의 경우 용접부에 약간 과도한

skin stress가 형성되어 원하지 않는 변형이 남게 됨을 확인할 수 있다. 그러므로, 최적 camber 양은 해석적으로 검토된 55mm 근방임을 알 수 있다.

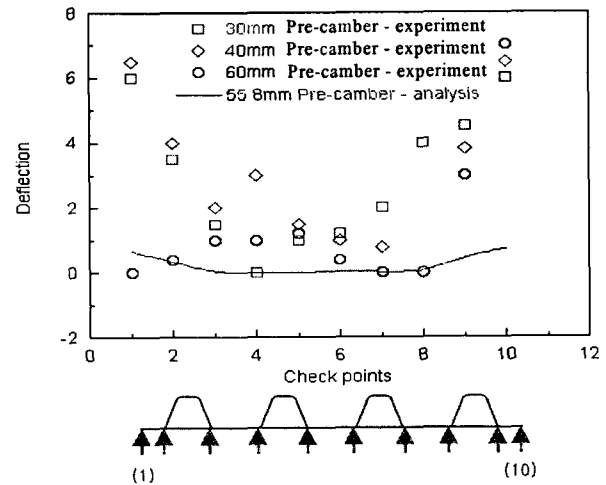


Fig.4 Comparison between experiment and analysis in 4 U-rib model

Fig.5는 10 U-rib 모델에서 pre-camber 없이 용접되었을 때의 최종 변형양상으로 역시 자중 및 정반과의 접촉 조건이 고려된 결과이다. 자중 효과 때문에 4 U-rib 모델 보다 적은 9mm내외의 변형이 edge부에서 발생하고 있음을 알 수 있다.

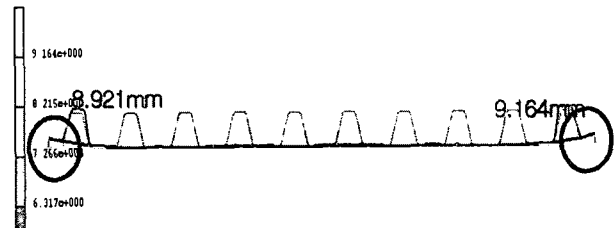


Fig.5 Welding deformed shape in case of no camber in 10 U-rib model

10 U-rib 모델의 경우 4 U-rib 모델과 동일한 skin stress부여하기 위한 이론적인 camber 양은 351mm 이나 실질적으로 최적의 camber 양은 자중효과로 인해 이보다 훨씬 적다. Fig.6은 10 U-rib 모델에 최적 camber양을 적용한 결과로서 최종적인 edge 변형이 3mm 내외로 허용 변형 기준치를 만족하고 있다.

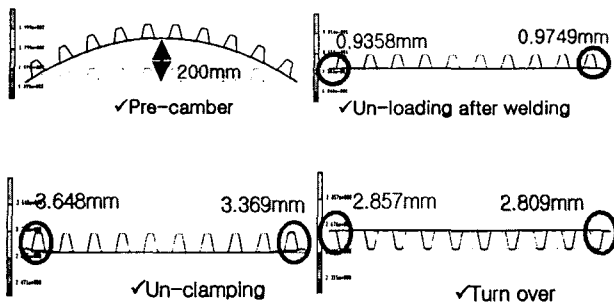


Fig.6 Deformation shape with process in case of in-camber in 10 U-rib model

4. 결 론

U-rib Deck Panel 용접 변형 제어를 구속 역변형 시스템(Pre-camber 시스템)을 적용하고 실험 및 FEM 해석기법을 활용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) U-rib 개수가 많을수록, 즉 부재 사이즈가 클수록, 자중 효과로 인해 edge부 각변형 양은 줄어든다.
- 2) 그러므로, 해석적 접근을 위해서는 자중 및 정반과의 접촉 조건을 고려할 수 있는 해석 기법이 필요하다.
- 3) U-rib 개수가 많을수록 적정 camber양은 동일 skin stress 기준, 즉 동일 동심원 가정, 으로 계산되는 camber양 보다 훨씬 적은 양에서 최적 양이 결정되는데 이는 부재 사이즈 증가로 인한 자중 효과 때문이다.

참고문헌

1. Nobuyoshi Shibata : Prevention and Estimation of Welding Deformation-Thick Plate Steel Structure(Steel Bridge)-, Journal of JWS, 60-6 (1991), 472-477
2. Nobuyoshi Shibata : Prevention and Estimation of Welding Deformation-Thin Plate Steel Structure-, Journal of JWS, 60-6 (1991), 466-471
3. 1. Satoh, K and Terasaki, T : Effect of welding conditions on welding deformations in welded structural materials, Journal of the Japanese welding Society, 45-4 (1976).