

진공성형제작 복합소재 바닥판 모델의 휨특성분석

이 성 우*

주 성 애**

Flexural Characteristics of Composite Deck Model Fabricated with VARTM

Lee, sung Woo*

Joo, Sung Ae**

Key Words: composite, Deck, VARTM, Flexure, Experiment, Analysis

Abstract

Recent days composite bridge deck is gaining attraction due to many advantages such as light weight, high strength, corrosion resistance, and high durability. In this study, composite sandwich deck models of hat, box, and triangular section type were fabricated by VARTM process. For those models, three point flexural test was carried out both in strong and weak axis. The experimental results are compared with each other to determine efficient section type. Also finite element analysis was performed to verify analysis model. It is demonstrated that the results of numerical analysis agree well with experimental results.

1. 서 론

기존의 교량의 상판은 대부분 콘크리트 상판으로 시공되고 있다. 그러나 콘크리트의 열화, 철근의 부식 등으로 유지관리 및 내구성에 문제가 발생하고 있어 새로운 재료를 이용한 교량 상판의 개발 필요성이 대두되었다.

본 연구에서는 복합소재 제조방법 중 진공성형 기법인 VARTM(Vacuum Assisted Resin Transfer Molding)¹⁾으로 제작된 복합소재 샌드위치 데크 모델에 대해 3점 휨 실험을 통하여 휨 거동특성과 파괴모드를 분석하고, 유한요소해석을 통한 해석모델과 비교하여 그 사용성을 검토하였다.

2. 파형코어 샌드위치 데크의 제작

2.1 파형코어의 단면

본 연구에서는 파형코어 샌드위치 데크의 단면으로 제형(Hat type), 박스형(Box type), 삼각형

(Truss type)의 세 가지 형태를 제작하여 휨실험하였다²⁾. 파형코어의 단면모습은 그림1과 그림2에 도시하였다.

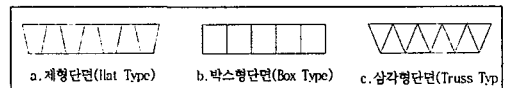


그림 1 파형코어 단면의 모습

2.2 복합소재 파형코어 샌드위치 데크의 제작

위의 세 가지 데크는 강축과 약축모델에 대하여 각각 폭 30cm, 지간 100cm가 되도록 제작하였으며, 실험체의 구분을 위하여,

- HS: 제형단면 강축모델
- BS: 박스형단면 강축모델
- TS: 삼각형단면 강축모델
- HW: 제형단면 약축모델
- BW: 박스형단면 약축모델
- TW: 삼각형단면 약축모델

로 정의하였다.

샌드위치 데크를 제작

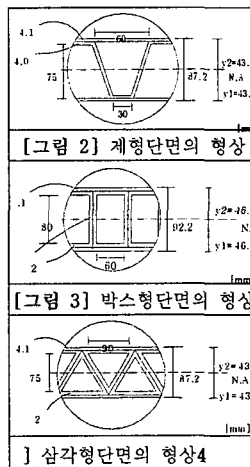


그림 2 파형코어 단면

* 국민대학교 건설시스템공학부 교수

** 국민대학교 건설시스템공학부 공학석사

하는 데 사용된 면재는 다축유리섬유 직포를 사용하여 적층하였고, 파형코어는 폴리 시아누레이트 우레탄 코어를 사용하였다.

3. 파형코어 샌드위치 데크의 휨 실험

실험은 그림 3에서와 같이 강축과 압축방향으로 3점 휨실험으로 수행하였으며, 하중은 선하중으로 재하하여 최대 인장·압축응력, 파괴하중, 파괴모드 그리고 하중-변위 관계로부터 가장 효과적인 단면을 검증하였다.

3.1 강축모델의 휨실험결과 및 파괴모드

실험결과 강축모델의 파괴하중은 차이가 있었으나, 단면이차모멘트를 고려한 최대응력 차이는 크지 않아 강축방향에 대하여 파형코어의 단면형상에 따른 최대응력값의 차이는 크지 않았다.¹³⁾ 그림 4에는 각각의 강축모델에 대한 하중-변형률 관계를 보여주고 있다.

강축모델의 파괴모드는 그림 5에서와 같이 모

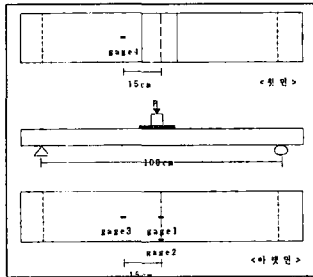


그림 3 강축모델의 게이지위치 및 실험모식도

두 압축부에서 면재의 압축파괴가 일어났고, 압축부 면재와 파형코어에서 적층간 분리가 일어난 것을 관찰할 수 있었다.

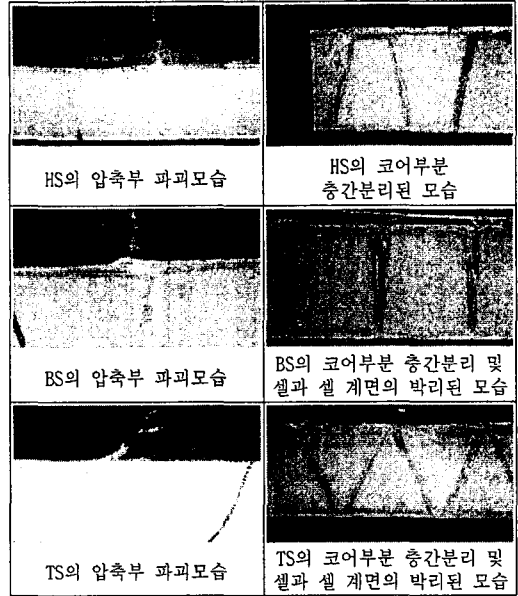


그림 5 강축모델의 파괴모습 및 파괴모드

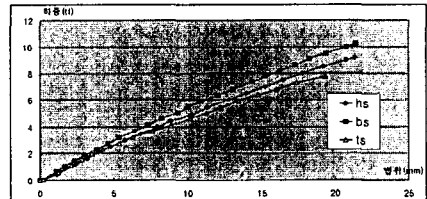


그림 6 중량기준으로 환산한 하중-변위도

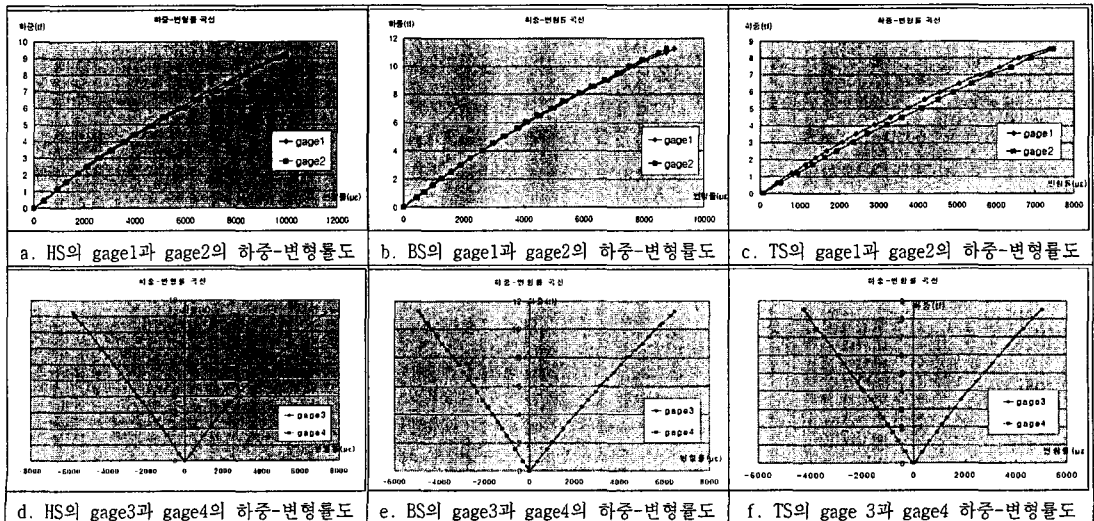


그림 4 파형코어 샌드위치 데크의 강축방향 휨실험에 대한 하중-변형률도

3.2 중량 기준으로 한 강축모델의 상대적인 하중-변위관계

각 단면이 동일한 중량/부피를 갖도록 환산하였을 때의 하중-변위관계를 산출하여 보았다.¹⁴⁾ 그림 6에서와 같이 박스형 단면이 가장 효율적인 단면임을 알 수 있으나, 강축방향으로의 휨성능에서 다른 단면형과 월등한 차이가 발생하진 않는 것으로 판단되었다.

3.3 약축모델의 휨실험결과 및 파괴모드

각각에 대한 약축모델의 실험결과는 강축모델의 강성과 비교하여, 박스형 단면은 17%, 제형단면은 30%, 삼각형단면은 65% 정도의 강성을 발휘하였고, 파괴하중에 대해선 약20~30%의 내하력을 보여주었다. 그림 7에는 각각의 모델에 대한 게이지 부착위치와 휨-하중 관계 곡선을 도시하였다.

모든 약축모델의 파괴는 그림 7에서와 같이 실험 중 파괴 강도 이전부터 계면박리가 서서히 발생하였고, 점차 압축부로 균열이 진행하며 파괴되었다. 파괴모드는 면제와 파형코어간의 박리, 셀과 셀 계면의 박리, 우레탄 코어와 파형코어간의 박리가 관찰되었다.¹³⁾

3.4 중량을 기준으로 한 약축모델의 상대적인 하중-변위관계

약축모델의 휨실험 결과를 통하여 최적단면을 판단하기 위하여 각각의 단면을 동일한 중량/부피를 갖는 단면으로 환산한 하중-변위 곡선을 산출하였다. 그림 9의 결과에서와 같이 삼각형 단

면이 가장 큰 강성을 보여 주었고, 항복하중의 경우 다른 단면의 2배에 이르는 강도를 발휘하는 것을 알 수 있었다.¹⁴⁾

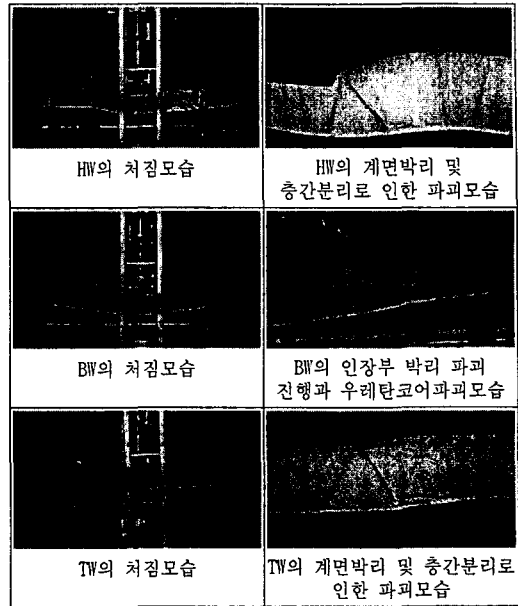


그림 8 약축모델의 파괴모드

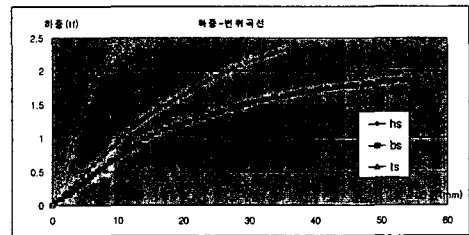


그림 9 중량기준으로 환산된 하중-변위곡선

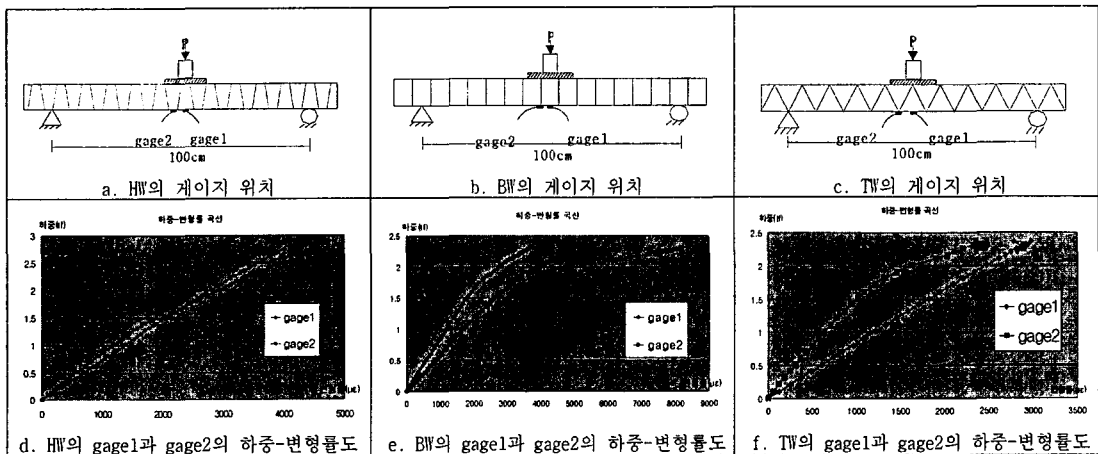


그림 7 파형코어 샌드위치 데크의 약축방향 휨실험에 대한 게이지 부착위치와 하중-변형률도

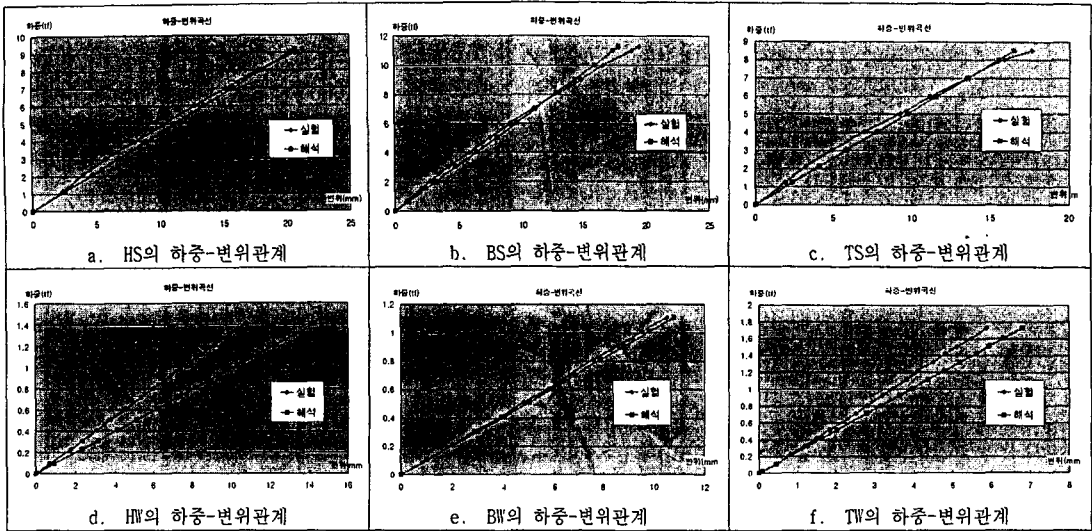


그림 11 파형코어 샌드위치 데크의 휨실험에 대한 실험치와 유한요소 해석치의 하중-변위관계 비교

따라서 같은 비용으로 파형코어 샌드위치 데크를 제작할 경우 삼각형 단면이 가장 효과적인 단면인 것으로 판단되었다.

4. 파형코어 샌드위치 데크의 휨 해석

4.1 샌드위치 데크 모델의 유한요소해석 결과분석

각각의 휨실험 모델시편에 대한 유한요소 모델을 구성하고 이를 해석한 결과를 비교하였다. 면재와 파형코어의 요소는 적층이 가능한 4절점 쉘 요소를 사용하였고, 우레탄 코어는 솔리드요소를 사용하여 해석하였다. 그림 10에는 해석모델의 처짐을 도시하였다. 그림 11의 실험치와 해석치의 하중-변위 곡선에서 알 수 있듯이 해석모델이 실험치에 대하여 비교적 근접한 결과를 나타내었다.

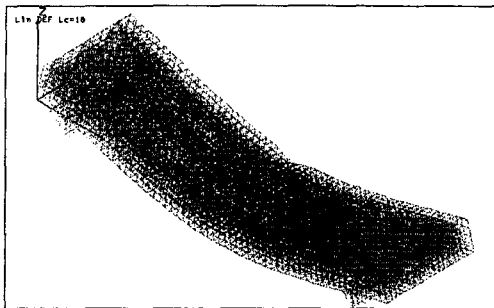


그림 10 파형코어 샌드위치 데크 모델의 처짐모습

5. 결론

1. 각각의 파형코어 데크에 대한 강축방향의 휨실험 결과에서는 단면의 형상에 따른 강도와 강성의 차이가 크게 나타나지 않았다. 약축방향의 휨실험 결과에서는 삼각형 파형코어 단면이 가장 우수한 강성과 강도를 발휘하는 최적 단면으로 판단되었다.
2. 휨실험에 대한 유한요소해석에서 해석값과 실험값이 잘 근접하여, 본 연구의 해석모델의 적절성을 확인하였다.

참고문헌

1. 이성우, 복합소재 구조물 제작을 위한 VARTM 제조공정도입 및 건설분야 활용기법 연구개발”, 구조안전연구보고서, KMU/SSRC, 2000
2. 주성에, 토목구조용 파형코어 복합소재샌드위치 구조의 휨 거동특성, 국민대학교 석사학위논문, 2000
3. Douglas A. Eckel II, A Theoretical and Experimental Study of the Behavior of Sandwich Bridge Decks Composed of Composite Materials, University of Delaware Center for Composite Material, 1998
4. Richard Brown, Dr. Abdul-Hamid Zureick, Lightweight Fiber Reinforced Plastic Decking”, Marine Platform Technology Program, 1999