

FRP-콘크리트 합성 바닥판에 적용 가능한 FRP 부재의 최소 두께

Minimum Thickness of FRP Member Applicable to FRP-Concrete Composite Deck

조근희*
Cho, Keunhee

박성용*
Park, Sung Yong

김성태**
Kim, Sung Tae

조정래*
Cho, Jeong-Rae

김병석***
Kim, Byung-Suk

ABSTRACT

In order to determine a minimum thickness of the pultruded GFRP panel as a structural member, some experimental studies were performed. GFRP tubes with 2mm, 4mm, 6mm thickness were manufactured by pultrusion process. First, coupon tests for finding mechanical properties were carried out. Comparisons between test results and analysis results based on classical laminate theory showed large differences in case of 2mm, 4mm specimens. The reason is that it is difficult to apply appropriate pultruding force and keep layered stitched fabric flat for the pultrusion process of complex shaped FRP member with small thickness. On the consequence, we decide 6mm as a minimum thickness of FRP member. Second, 4-point bending tests were performed and the results with compared with numerical analysis. The behavior of FRP tube can be exactly predicted by numerical analysis if buckling analysis is included.

1. 서론

FRP-콘크리트 합성 바닥판은 FRP와 콘크리트가 합성된 새로운 형식의 구조이다. 그림 1(a)와 같이 바닥판 하부에 배치된 FRP는 거푸집 및 주요 인장 부재의 역할을 수행하고, 상부의 콘크리트는 압축에 저항한다. 따라서 FRP-콘크리트 합성 바닥판은 구성 재료의 장점을 극대화한 구조라고 할 수 있

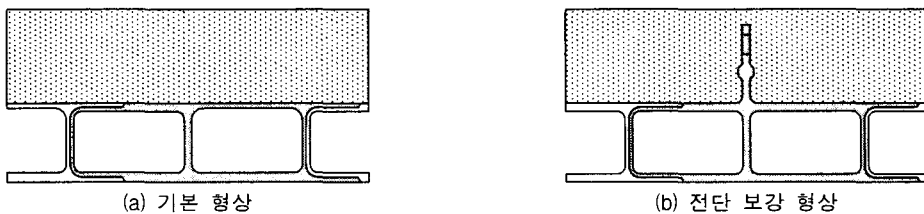


그림 1 FRP-콘크리트 합성 바닥판의 단면 형상

* 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 선임연구원
** 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 연구원
*** 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 연구위원

다. 2가지 재료의 합성 방안으로는 FRP와 콘크리트의 계면에 실시하는 규사코팅과 함께 그림 1(b)와 같이 FRP 모듈과 일체로 제작된 전단연결재를 도입한다. 또한 콘크리트가 파괴된 후에도 FRP 부재만으로 사용하중에 대해 2 이상의 안전율을 갖는 설계 개념을 도입하여 안전성을 제고한 바닥판이다.

FRP-콘크리트 합성 바닥판에 사용되는 FRP 부재는 FRP만으로 이루어진 바닥판과 달리 구조적인 요구 성능보다는 제작 가능한 최소 치수에 의해 형상이 결정될 가능성이 있다. 따라서 FRP 부재에 대해 구조부재로서의 역할을 수행하면서도 실제로 제작 가능한 최소 두께가 얼마인지 알아볼 필요가 있다. 이에 이 연구에서는 FRP 부재를 두께별로 인발 공정으로 제작하여 휨 실험을 실시하고 이 결과를 토대로 FRP-콘크리트 합성 바닥판에 적용 가능한 최소 치수를 구하고자 한다.

2. 구조부재로서의 FRP 한계치수 결정 실험

2.1 실험 개요

FCCD의 하부에 배치되는 FRP 부재는 튜브 형상을 가지므로 이를 모사하기 위하여 실험체는 튜브 형태로 인발 제작하였다. FRP의 두께를 주요 변수로 취하여 표 1에 보인 바와 같이 각각 2, 4, 6mm로 인발, 제작하였다. 이때 적층은 두께와 무관하게 동일한 강성이 발휘되도록 설계하였다.

표 1 FRP 부재의 한계 치수 결정을 위한 실험체 변수

구분	두께	폭(외측)	높이(외측)	단면2차모멘트	적층 설계
Tube-2T	2mm	112mm	66mm	538,344mm ⁴	DBLT850 : 1 layer 8800Tex : 77
Tube-4T	4mm	116mm	70mm	1,176,411mm ⁴	DBLT850 : 2 layers 8800Tex : 153
Tube-6T	6mm	120mm	74mm	1,942,232mm ⁴	DBLT850 : 3 layers 8800Tex : 230

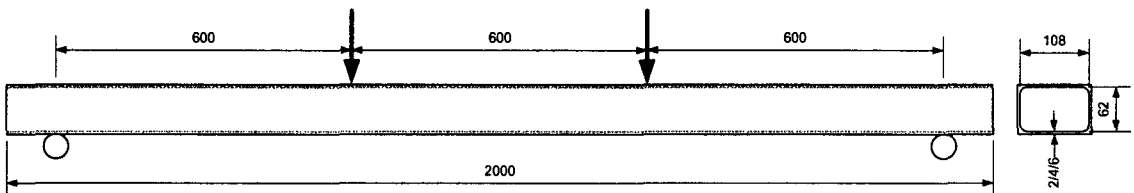


그림 2 FRP 부재의 한계치수 결정을 위한 실험체 형상

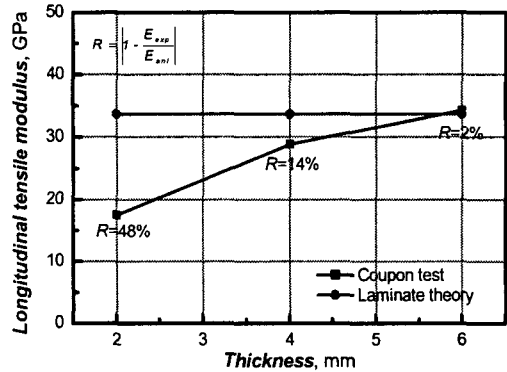
시편 시험 및 4점 휨 실험을 수행하여 실험 및 해석의 강성을 서로 비교하여 그 차이가 일정 수준 이하로 될 때의 두께를 최소 치수로 정하기로 한다. 이는 FRP 부재가 구조부재로서의 기능을 제대로

수행하지 못하면 실험값은 해석값보다 작을 것이며, 제대로 수행한다면 실험값은 해석값과 큰 오차를 보이지 않을 것이기 때문이다.

2.2 시편 시험

그림 3은 시편의 인장탄성계수에 대해 시험값과 이론값을 비교한 것이다. 두께가 2mm, 4mm인 경우에는 섬유방향 인장 탄성계수가 적층이론값과 비교하여 48%, 14%의 오차를 나타내므로 적층설계와의 일치성을 보장할 수 없다고 할 수 있다.

이러한 차이는 튜브와 같이 복잡한 구조부재를 그림 3 시편에 대한 시험 및 이론의 인장탄성계수 비교 인발공정에 의해 제작하는 경우 판과 같이 단순한 형태의 부재와는 달리, 두께가 작으면 제작이 어렵기 때문에 발생한다. 제작이 어려운 이유로는 부재가 얇기 때문에 인발력을 제대로 가하지 못하는 것과 Stitched fabric 등의 섬유가 가이드를 통과할 때 잘 퍼져서 가이드 및 몰드를 통과해야 하는데 이것 또한 쉽지 않기 때문이다. 따라서 인발에 의하여 튜브와 같이 복잡한 형상을 제작할 때에는 일정 두께 이상으로 제작하여야 목적하는 성능을 얻을 수 있으며, 이때의 치수는 약 6mm 이상임을 실험을 통하여 알 수 있다. 하지만 이를 확정적으로 결정하기에는 실험 데이터의 수가 너무 작으므로 앞으로 이루어지는 여러 실험들에 대해서도 데이터를 축적하여 이에 대한 신뢰도를 높이는 것이 필요하다.



2.3 4점 휨 실험

그림 4는 실험으로부터 얻어진 하중-처짐 관계로서 FRP 부재의 특징적인 거동인 선형 탄성과 취성 파괴 거동을 잘 보여주고 있다. Tube-2T 실험체는 하중 재하 초기부터 좌굴이 시작되었으며, Tube-4T 실험체는 거의 하중 재하 말기에 좌굴이 시작되었다. 좌굴이 시작된 이후에는 기울기가 조금씩 감소하였다.

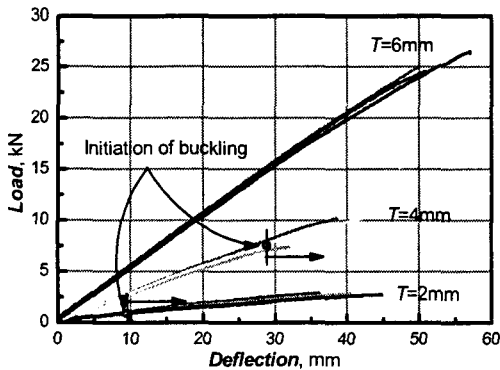


그림 4 실험의 하중-처짐 관계

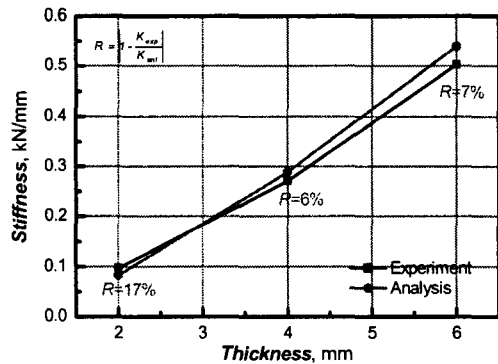


그림 5 실험과 해석의 강성 비교

그림 5는 실험과 해석의 강성을 비교한 것으로서, Tube-2T를 제외하면 10% 미만의 오차를 보인다.

따라서 FRP 부재는 해석을 통하여 거의 정확하게 구조적인 거동을 예측할 수 있다고 할 수 있다. 이와 함께 두께가 작은 경우 좌굴이 발생할 우려가 있으므로 좌굴해석을 반드시 수행하여야 한다.

4. 결론

구조부재로서의 FRP 부재에 대한 최소 한계 치수를 알아보기 위하여 시편 시험 및 휨 실험을 수행하였다. 이때 실험체는 FRP-콘크리트 합성 바닥판에 사용되는 FRP 부재의 형상을 반영하기 위하여 튜브 형태로 제작하였다.

시편 시험 결과, 두께가 작은 경우에는 고전적인 적층 이론에 의한 강성과 상당한 차이를 보였다. 이는 두께가 작으면서 튜브와 같이 복잡한 형상을 가진 제품을 인발 공정으로 제작하는 경우에는 적절한 인발력을 부재에 가하기가 어렵고, 적층되는 섬유(Stitched Fabric) 또한 고르게 펴서 인발하기가 어렵기 때문으로 판단된다. 이 시편 시험 결과를 토대로 최소 한계치수는 6mm로 결정하였다.

휨 실험 결과, 해석을 통하여 거동을 거의 정확하게 예측할 수 있음을 확인하였다. 단, 좌굴 발생의 우려가 있으므로 좌굴 해석이 반드시 요구된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 건설핵심기술연구개발사업의 연구비지원(05건설핵심D09-차세대 시설물용 신재료 활용기술 연구단)에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

1. 차세대 시설물용 신재료 활용기술 연구단 (2006) 차세대 시설물용 신재료 활용기술 개발 (발간 예정)