

# 두께가 두꺼운 카본화이버/에폭시 적층복합재의 해저환경에서의 압축특성

이지훈\* · 이경엽\* · 김현주\*\* · 정동호\*\*

\*경희대학교 기계·산업시스템 공학부

\*\*한국해양연구원

## Compressive behavior of thick carbon fiber/epoxy composites in a submarine environment

JI-HOON LEE\*, KYONG-YOP RHEE\*\* HYEON-JU KIM\*\* AND DONG-HO JUNG\*\*

\*Kyung Hee University, Department of Mechanical & Industrial System Engineering

\*\*Ocean Development System Laboratory, KORDI, Daejeon, Korea

KEY WORDS: Submarine environment 해저환경, Hydrostatic Pressure 정수압력, Compressive behavior 압축거동

ABSTRACT: The compressive characteristics of thick carbon/epoxy composite in a submarine environment was investigated in this study. The specimens made of thick carbon fiber/epoxy composite that were immersed into seawater for thirteen months. The seawater content at saturation was about 1.2% of the specimen weight. Compressive tests have been performed in different hydrostatic pressures of 0.1 MPa, 100 MPa, 200 MPa, and 270 MPa. The results showed that the compressive elastic modulus increased about 12.3% as the hydrostatic pressure increased from 0.1 MPa to 200 MPa. The results also showed that compressive fracture strength increased 28% and compressive fracture strain increased 8.5% as the hydrostatic pressure increased from 0.1 MPa to 270 MPa.

### 1. 서 론

일반적으로 섬유강화 고분자기지 복합재를 선박, 잠수함 등의 해저구조물로 적용하기 위해 해저환경에 따른 물성변화 특성 파악이 요구된다. 섬유강화 고분자기지 복합재가 해수를 흡수할 경우 유리전이온도의 변화로 인한 강성도 및 강도의 손실을 가져오며 섬유비틀림과 초기파괴가 발생하는 것으로 알려져 있다. 따라서, 해수흡수가 고분자기지 복합재의 압축, 인장, 전단특성에 미치는 영향에 대한 연구가 많은 연구자들에게 의해 이루어졌다. 또한, 정수압력의 작용은 고분자기지 복합재의 기계적 특성에 상당한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 그러나, 현재까지 정수압력이 작용하는 환경에서 고분자기지 복합재에 대한 물성특성 변화에 대한 이해는 부족한 상태이다. 특히, 해저환경에서와 같이 정수압력이 작용하며 해수가 흡수된 고분자기지 복합재의 기계적 특성에 대한 연구는 극히 미진한 상태이다. 따라서, 본 연구에서는 해저환경에서 고분자기지 복합재의 기계적 특성을 이해하기 위해 두께가 두껍게 적층된 Carbon fiber/epoxy 복합재를 해수에 충분히 흡수시킨 후 이를 적용하여 압축시험을 수행하였다. 이로부터 해저환경에서의 Carbon fiber/Epoxy

복합재의 압축탄성계수, 압축파괴응력 및 압축파괴변형률의 변화를 검토하였다.

### 2. 실험방법

본 연구에서는 시편의 재료로서 (주)S.K Chemical에서 생산하는 Carbon fiber/Epoxy 프리프레그(제품명 : USN 150B)를 사용하였다. 시편제작을 위해 64 층의 프리프레그를 25 cm × 30 cm로 절단한 후 0° 방향, 64플라이([0°]<sub>64</sub>)의 단일방향으로 적층하였으며 0.5 MPa의 압력 및 130°C의 온도로 오토클레이브 (autoclave) 내에서 성형하였다. 제작된 판은 도그본 형태의 시편으로 가공하였다. 도그본 형태의 시편은 Fig. 1에 나타나 있다. 가공된 시편은 시험 전 최소의 수분흡수를 위해 건조기에 저장하였다. 시편의 해수흡수를 측정하기 위해 해수(SIGMA, S-9148)에 13개월 이상 침지시켜 보존하였다. 해수가 흡수된 시편의 무게는 최소한의 증발건조 방법으로 수분을 제거한 후 즉시 측정하였다. 수분흡수율은 복합재 무게의 백분율(%)로써 나타내었다. 정수압력 환경에서의 압축실험은 대기압(0.1 MPa) 및 3 단계(100 MPa, 200 MPa, 270 MPa)의 정수압 상태에서 시행하였다. 압축실험은 0.25%/sec의 일정한 변형률로 시행되었으며 실험 결과의 유사성을 판단하기 위하여 최소한 세 번의 실험을 각각의 같은 압력 조건하에서 반복하여 시행하였다. 본 연구에 사용된 Carbon fiber/Epoxy 복합재 시편의 경우 해수흡수는 6개

제1저자 이지훈 · 이경엽 : 경희대학교 기계·산업시스템 공학부

제2저자 김현주 · 정동호 : 한국해양연구원

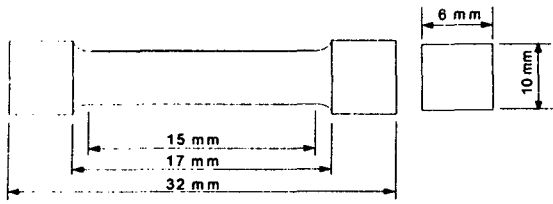


Fig. 1 Schematic diagram of test specimen

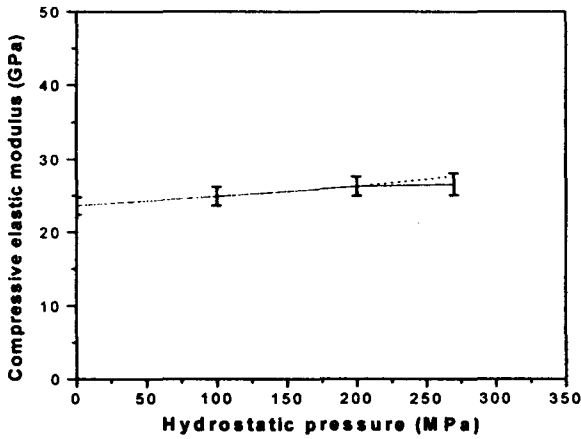


Fig. 2 Elastic modulus variation of seawater-absorbed carbon-epoxy composite with respect to hydrostatic pressure

월정도 지나 포화상태였으며 이때의 해수흡수율은 약 1.2 % 였다.

### 3. 결과

Fig. 2는 정수압력 증가에 따른 해수가 충분히 흡수된 Carbon fiber/Epoxy 복합재의 압축탄성계수의 변화를 나타낸다. Fig. 2에서 에러바는 적어도 네 개의 시편에서 결정된 압축탄성계수의 최대, 최소값을 나타낸다. 비록 압축탄성계수의 실험값들이 흩어져 있지만 그것은 쌍일차 형태로서 정수압력 증가에 의해 압축탄성계수가 증가하고 200 MPa의 정수압력에서 두 선형직선 구간을 나타냄을 알 수 있다. 즉, 정수압력이 200 MPa까지는 압축탄성계수가 급격히 증가하지만 정수압력이 더욱 증가하면 그 이후에는 압축탄성계수가 완만히 증가하는 것을 나타내고 있다고 하겠다. 가해진 정수압력이 200 MPa를 전후로 압축탄성계수가 쌍일차로 증가하는 현상은 해수가 흡수되지 않은 건조 Carbon fiber/Epoxy 복합재에도 나타나는 현상으로 정수압력이 증가함에 따라 에폭시의 유리전이온도 (glass transition temperature)가 변하는 것에 기인하는 것으로 사료된다. Fig. 3은 정수압력 증가에 따른 해수가 충분히 흡수

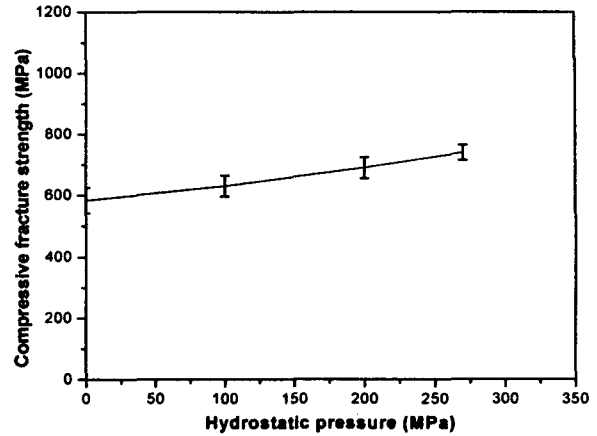


Fig. 3 Variation of compressive fracture strength with respect to hydrostatic pressure

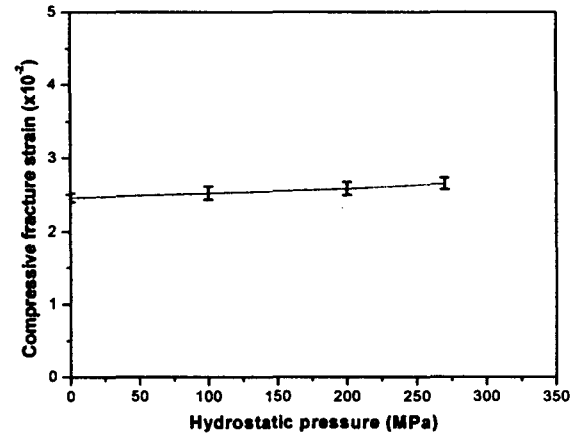


Fig. 4 Variation of compressive fracture strain with respect to hydrostatic pressure

된 Carbon fiber/Epoxy 복합재의 압축파괴강도의 변화를 나타낸다. Fig. 3에 나타나 있듯이 실험값들은 편차를 보이거나 정수압력이 증가함에 따라 압축강도는 증가함을 알 수 있다. 또한, 압축강도는 정수압력 증가에 따라 선형적으로 증가함을 알 수 있다. 즉, 평균압축응력은 적용정수압이 0.1 MPa에서 270 MPa로 증가함에 따라 28 %가 증가하였다.

Fig. 4는 해수 흡수된 Carbon fiber/Epoxy 복합재에 대한 정수압력 증가에 따른 압축파괴변형률의 변화를 나타낸다. 그림에 나타나 있듯이 압축파괴변형률은 압축파괴강도의 경우처럼 정수압력이 증가함에 따라 선형적으로 증가함을 보여주고 있다. 즉, 정수압이 0.1 MPa에서 270 MPa로 증가함에 따라 평균 압축파괴변형률은 약 8.5 % 증가하였다. 해수가 흡수되지 않은 건조시편의 경우 정수압력이 증가함에 따라 압축파괴강도 및 압축파괴변형률이 선형적으로 증가한다는 것이 여러 연구자에 의해 발표된 바 있다. 정수압력이 작용할 때 압축파괴강도 및

압축파괴변형률의 향상은 정수압력이 시편표면에 수직응력으로 작용함으로써 층간분리 발생 및 미소크랙의 발생을 억제하며 또한 층간분리 등이 발생하였다 할지라도 진전을 억제하는 역할을 하는데 기인하는 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 해수가 충분히 흡수된 carbon/epoxy 복합재의 압축특성에 대해 다루었다. 본 연구에서 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 압축탄성계수는 정수압이 200 MPa에서 쌍일차로 증가하였으며, 증가율은 약 12.3%였다.
- 2) 파괴응력과 파괴변형률은 정수압 증가에 따라 선형적인 형태로 증가하였다. 정수압이 270 MPa까지 증가함으로써 파괴응력은 약 28% 증가하였고 파괴변형률은 약 8.5%가 증가하였다

#### 후 기

본 연구는 2004년도 해양수산부의 지원으로 수행되었습니다.

#### 참 고 문 헌

- Russell, A.J. and Street, K.N. (1989). "Moisture and Temperature Effects on the Mode I and Mode II Interlamina Fracture of Carbon-Epoxy Fracture of Carbon-Epoxy Composites", Key Eng. Mater., Vol 37, pp 199-208.
- Ogi, K. and Takeda, N., (1997). "Effects of Moisture Content on Nonlinear Deformation Behavior of CF/Epoxy Composites", Compos. Mater., Vol 31, pp 530-551.
- Rhee, K.Y. and Pae, K.D., (1995). "Effects of Hydrostatic Pressure on the Compressive Properties of Laminated 0° Unidirectional Behavior of Graphite Fiber/Epoxy Thick Composites", J. Compos. Mater., Vol 29, pp 1295-1307.
- Pae, K.D. and Carlson, K.S., (1998). "Combined Effects of Hydrostatic Pressure and Strain-Rate on the Compressive Properties of a Laminated, Multi-Directional Graphite/Epoxy Thick Composites", J. Compos. Mater., Vo 32, pp 49-67.
- Zinoviev, P.A., Tsvetkov, S.V., Kulish, G.G., Van, den Berg and L.Van Schepdael, (1998). "Mechanical Properties of Unidirectional Organic-fiber-reinforced Plastics under Hydrostatic Pressure", Compos. Sci. Technol., Vol 58, pp 31-39.