

# Optic Fiber System을 이용한 알루미늄 라이너 내부결함 측정의 FEM 검증

## FEM Verification of Measured Internal Defects of Pressure Vessel Liner by using Optic Fiber ESPI

\*안용진<sup>1</sup>, #강영준<sup>2</sup>, 윤석범<sup>2</sup>, 김성종<sup>1</sup>, 유원재<sup>3</sup>

\*Y. J. Ahn<sup>1</sup>, #Y. J. Kang(yjkang@chonbuk.ac.kr)<sup>2</sup>, S. B. Yoon<sup>2</sup>, S. J. Kim<sup>1</sup>, W. J. RYU<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>전북대학교 대학원 기계설계학과, <sup>2</sup>전북대학교 기계설계공학부, <sup>3</sup>전주기계탄소기술원

Key words : Optic Fiber ESPI, Out of Plane, Pressure Vessel Liner, Internal Defect, FEM

### 1. 서론

CNG(Compressed Natural Gas)를 연료로 사용하는 CNG자동차는 공해물질이 적고 뛰어난 경제성 때문에 세계적으로 보급이 크게 확산되고 있는 추세이다. 국내에는 약 27,000대의 CNG버스가 보급되어 있다. CNG연료탱크 내부 압력은 약 200bar로 LPG 택시의 1.5bar에 비해 150배 정도의 높은 압력을 가지고 있어서 폭발 시에 대규모 인명 피해가 우려되기 때문에 용기의 안전성 확보가 중요하다.

본 연구에서는 Out of plane ESPI를 이용한 광학계를 구성하여 국내 대부분의 CNG버스에 쓰이고 있는 Type-II 알루미늄 라이너의 내부 결함깊이를 측정하고, FEM으로 해석한 결함깊이와의 상관관계에 대하여 확인하고 신뢰성을 평가하였다.

### 2. 시스템 구성 및 실험 방법

본 실험에서는 광섬유 ESPI 시스템을 이용하였으며, Fig. 1은 개략도이며 Fig. 2는 구성된 시스템의 실제 사진이다.

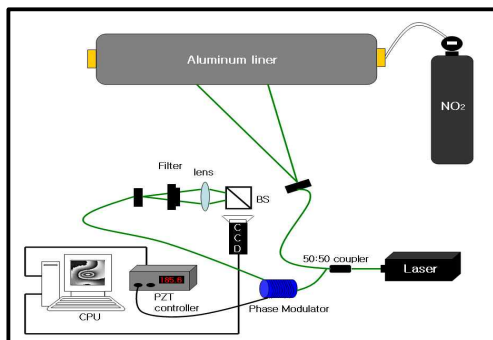


Fig. 1 Configuration of optic fiber ESPI

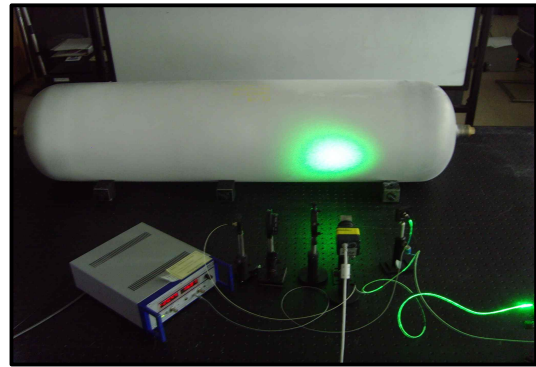


Fig. 2 Photograph of optic fiber ESPI

532nm의 Nd-Yag 레이저를 사용하였고, beam의 경로는 Thorlab에서 제작한 총길이 2m의 광섬유를 이용하였다. 광섬유는 532~640nm의 파장범위를 가지고 있고, Fig. 1에서 볼 수 있듯이 beam은 중간에 coupler를 통해 50:50으로 분리된다.

beam이 발진하여 50:50 커플러를 통하여 기준 beam과 대상체 beam으로 나뉜다. 기준 beam은 PZT controller에서 전압을 가하면 위상이동을 하게 되며, CCD에서는 간섭이론으로부터 얻어진 식을 통하여 Phasemap의 정보를 확인 할 수 있다.

### 3. 실험 시편

본 실험에서 사용된 압력용기의 재질은 Al 6061 이고 시편의 원통부분의 길이는 584.5mm, 외경은 356mm, 두께는 5.5mm로 되어 있다. 시편은 사전에 결함을 주었으며, 축 방향으로 20mm의 결함길이와 결함 폭 0.6mm, 결함깊이는 각각 용기 총 두께의 20%, 60%인 1.1mm, 3.3mm로 2종류의 결함에 대해

여 실험을 진행하였다.

#### 4. 실험 및 FEM 결과

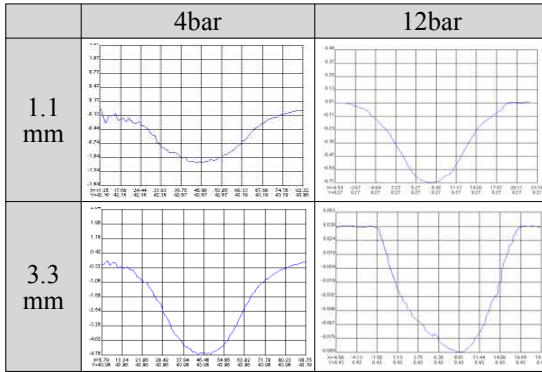


Fig. 3 Profile of axial defect

Fig. 3은 시편의 결함 깊이에 따라 일정 압력을 가했을 때 축 방향 결함의 profile을 보여주고 있으며, 각각의 실험 결과는 Table. 1과 같다.

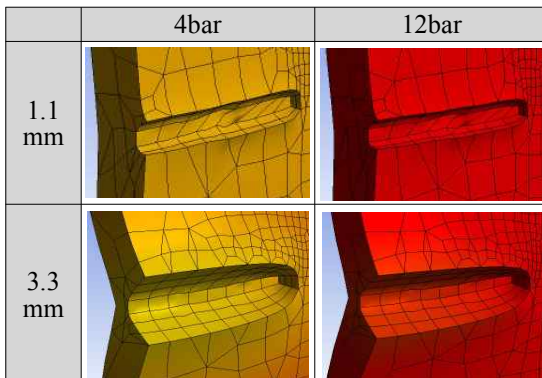
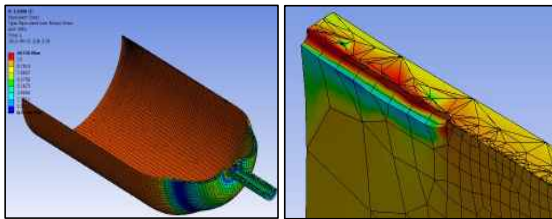


Fig. 4 FEM result of axial defect

Fig 4는 유한요소 프로그램 중의 하나인 ANSYS Workbench를 이용하여 해석한 결과이며, 각각의 해석 결과는 Table. 1과 같다. Table. 1에서 보는 것과 같이 결함 깊이가 깊을수록, 가하는 압력이 커질수록 결함 부위의 변위가 커짐을 알 수 있었다.

	4bar		12bar		오차 범위
	실험 결과	FEM 결과	실험 결과	FEM 결과	
1.1 mm	0.042	0.043	0.118	0.130	0.001 · 0.012
3.3 mm	0.21	0.25	0.71	0.76	0.04 · 0.05

(단위 : mm)

Table. 1 Specification of defects

또한, 광섬유 ESPI 실험 결과와 유한요소 프로그램(ANSYS Workbench)의 해석 결과의 오차가 크지 않음을 알 수 있다. 본 연구에서 사용된 광섬유 ESPI 방법의 신뢰성을 FEM 결과를 통해 확인할 수 있었다.

#### 4. 결론

본 연구는 광섬유 ESPI의 Out of Plane 방법을 이용하여 CNG버스에 탑재될 압력용기 라이너의 내부에 발생하는 결함에 대하여 압력용기 라이너를 시편으로 제작하고 모델링하여 내부 결함의 두께 및 압력에 따라 측정하고 FEM 결과와 비교하였다.

Table. 1에서 보는 것과 같이 본 연구에서 사용된 광섬유 ESPI 방법을 통해 얻어진 결과가 정확하며 외관상으로 확인할 수 없는 압력용기의 내부 결함 측정에도 적합함을 알 수 있었으며, 앞으로 산업현장에서 쉽고 편리하게 사용할 있도록 간단하고 이동성이 가능한 시스템 개발에 대한 연구가 필요하다.

#### 참고문헌

1. R. W. Nichols, "In-service inspection as an aid to steel pressure vessel reliability?", Reactor Inspection Technology, Proceeding of a BNES symposium, pp.24-37, 1975
2. 이정식, 강영준, 백성훈, "ESPI를 이용한 압력용기 내부 결함 측정 결과와 유한 요소 법을 이용한 결과 비교에 관한 연구", 한국정밀공학회, 2005
3. 이재훈, 강영준, 김성중, 유원재, "Optic Fiber 시스템을 이용한 알루미늄 라이너 결함에 관한 연구", 한국정밀공학회 2010년도 춘계 학술대회 논문집, pp.1043-1044, 2010.