

# 울돌목 시험조류발전소 모형을 이용한 가속도 기반의 손상 검색 기술 적용

## Acceleration-based Damage Detection Technique for Down-scaled Model of Uldolmok Tidal Current Power Plant

조수진† · 김유청\* · 윤정방\* · 이진학\*\*

Soojin Cho, Yuchung Kim, Chung-Bang Yun and Jin-Hak Yi

### 1. 서 론

본 연구에서는 울돌목에 위치한 시험조류발전소 구조물의 1/20모형을 이용하여 가속도를 측정하고 모드해석을 수행하여, 그 결과를 이용하여 프레임 구조물의 손상을 찾아냄으로써 지속적으로 구조물의 건전성을 감시하기 위한 연구를 수행하였다. 구조물의 손상을 찾아내기 위한 동적 기반의 알고리즘으로는 추계론적 손상위치벡터기법(Stochastic Damage Locating Vector, SDLV)을 이용하기로 하였다. (Bernal, 2007) 이를 위하여 구조물 모형의 유한요소 모델을 제작하고, 이를 기반으로 동적해석을 수행하였다.

### 2. 실험 준비

#### 2.1 조류발전구조물 모형 제작

모형은 그림 1(a)의 실제 시험조류발전소 구조물을 1/20로 축소하여 제작하였다. 축소를 위하여 Freude 상사법칙을 활용하여 실제 울돌목 구조물의 구조 부재를 1/20로 축소하고, 가장 비슷한 사이즈의 상용 강관을 이용하여 구조물을 그림 1(b)와 같이 제작하였다. 또한 조류발전구조물 위의 발전기 및 하우스의 무게 역시 감안하여, 위에 1/20에 해당하는 무게(약 1/8000)의 철판을 재하하여, 최대한 비슷한 특성을 보이도록 하였다.

#### 2.2 유한요소모델(SAP2000)

SDLV를 적용하기 위해서는 기본적으로 손상 전 초기 모델을 표현하는 유한요소 모델을 필요로 한다. 이를 위하여 SAP2000을 이용하여 조류발전구조물 모형의 유한요소모델을 다음 그림 3과 같이 제작하였다.



(a) 시험조류발전소 구조물 (b) 1/20크기 모형

그림 1. 시험조류발전소 구조물과 모형

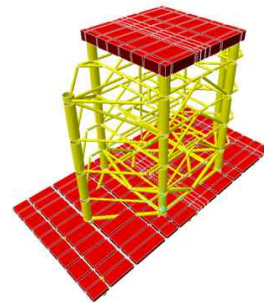


그림 2. 모형 유한요소 모델 (SAP2000)

### 3. 진동 실험

#### 3.1 실험 과정

위의 실험 준비를 바탕으로 모형구조물에 그림 3과 같이 총 16개의 가속도계를 레그 L2, L3, L5, L6의 가장 위층과 중앙부에 그림 4와 같이 지면과 평행한 두 개의 방향으로 부착하고 상시진동에 의한 가속도를 측정하였다. 본 실험에서는 외부 하중에 상시 노출되어 있는 본 해양구조물의 특성을 감안하여, 온도, 수평하중, 그리고 발생가능한 손상에 대한 구조물의 동적 특성을 파악해보기로 하였다. 손상은 다음 그림 3에 나타난 위치에 그림 5와 같이 접합부 절단으로 모사하였다. 실험에 관한 상세 내용은 다음 표 1과 같다. 다만, 온도 변화에 대한 효과는 차후 기술하기로 하겠다.

† 교신저자; KAIST  
E-mail : zelos@kaist.ac.kr  
Tel : (042) 350-3652, Fax : (042) 350-8292

\* KAIST

\*\* 한국해양연구원

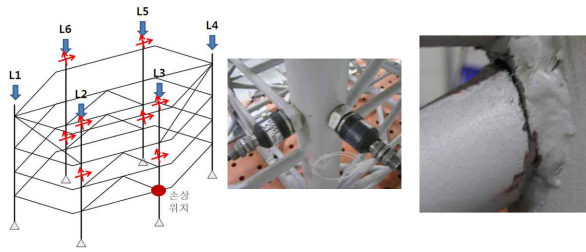


그림 3. 가속도계의 위치 및 계측 방향, 손상 위치

그림 4. 설치된 가속도계

그림 5. 접합부 절단에 의한 손상 모사

표 1. 실험 조건

실험 경우	온도(°C)	수평하중(kg)	손상
L0D0	22	0	무
L1D0	22	36.950	무
L2D0	22	136.950	무
L3D0	22	236.950	무
L0D1	22	0	유
L1D1	22	36.950	유
L2D1	22	136.950	유
L3D1	22	236.950	유

### 3.2 실험 결과

위 각각의 실험조건에 대하여 얻은 가속도를 주파수영역분석법(Frequency Domain Decomposition, Brinker 등, 1998)으로 분석하여 각 경우의 고유진동수와 모드형상을 얻었다. 총 3차까지의 모드 정보를 획득하였으며, 1차는 약 축방향(L2-L6방향), 2차는 강축방향(L1-L4방향)의 휨모드, 그리고 3차는 비틀림모드이다.

#### (1) 고유진동수의 변화

고유진동수의 경우 표 2.에서 보듯이 하중에 의한 주파수의 변화는 거의 관찰되지 않았으며, 손상을 전 후로 같은 하중 케이스에 대해 2차 모드와 3차 모드에 대해서만 고유진동수가 감소하는 경향을 보였다. 그러나 하중의 무게가 증가함에 따라서 이러한 차이도 감소하는 경향을 보였는데, 이는 하중을 가하기 위한 장치가 추가적인 지점의 역할을 함으로써, 구조물의 전체 강성을 증가시키는 역할을 한 것 때문으로 보인다.

#### (2) 모드형상의 변화

모드 형상의 경우, 고유진동수와 마찬가지로 큰 변화는 나타나지 않았으나, 손상에 의하여 직접적인 영향을 받을 것으로 예상되는 2차 모드와 3차 모드의 경우, 손상을 가한 레그 L3에서 다른 부분보다 더 큰 모드형상의 차이가 나타났다. 자세한 분석은 차후 수행할 예정이다.

표 2. 각 실험 경우별 고유진동수의 변화

실험 경우	1차 모드(Hz)	2차 모드(Hz)	3차 모드(Hz)
L0D0	10.6201	21.8994	30.9082
L1D0	10.5469	22.0459	29.8096
L2D0	10.5469	22.1191	30.3955
L3D0	10.5469	22.1191	29.6631
L0D1	10.6201	21.6797	30.3955
L1D1	10.6201	22.1191	29.8096
L2D1	10.5469	22.0459	30.5420
L3D1	10.5469	21.7529	29.8828

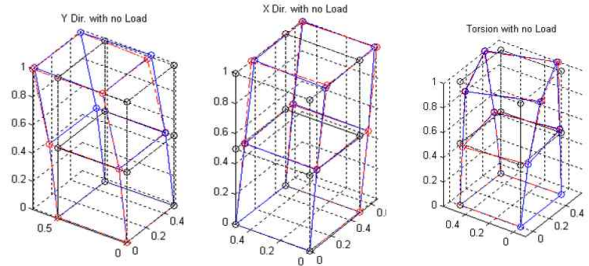


그림 6. 각 손상 경우에 따른 모드 형상의 변화

## 4. 결 론

올돌목 시험조류발전 구조물의 1/20 크기의 모형을 제작하고, 동적 실험을 수행하였다. 실제 구조물에 가해질 수 있는 환경하중 및 손상을 모사한 각각의 실험경우로부터 얻은 구조물의 동적 특성을 분석, 영향을 파악하고자 하였다. 현재 자세한 분석은 진행중이며, 추가로 SDLV기법을 적용, 환경적 요인을 고려하여 손상을 감지할 수 있는 시스템을 개발할 예정이다.

## 후 기

본 연구는 국토해양부 R&D 사업인 ‘조류 에너지 실용화 기술개발’ 과제(PM50500)와 한국과학재단 ERC 센터(SISTeC, R11-2002-101-03001-0)의 지원에 의해 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

1. D. Bernal (2006), "Flexibility-Based Damage Localization from Stochastic Realization Results", *Journal of Engineering Mechanics*, 132(6), 2006, pp. 651-658,
2. R. Brincker, L. Zhang, and P. Andersen (2001), "Modal identification of output-only systems using frequency domain decomposition," *Smart Materials and Structures*, 10, pp. 441-445.