

# 플로팅 구조물의 롤링방향 진동제어에 관한 연구

† 정기범 · 황재승\*

† 전남대학교 건축학부 대학원 석사과정, \*전남대학교 건축학부 교수

**요 약 :** AMD 능동형 제진장치를 이용하여 플로팅 구조물을 제어하기 위해서는 수조실험을 통해 플로팅 합체 구조물의 롤링방향에 대한 동적 특성을 추정한 후 대상 구조물 특성에 적합한 제어알고리즘을 적용하여 수치시뮬레이션을 통한 제어의 가능성 확인 및 향후 실제 제진장치를 설치하여 검증실험을 통해 플로팅 구조물 능동제어의 효과를 검증해야 한다.

**핵심용어 :** 플로팅 구조물, AMD, 제어 알고리즘

## 서론

- 연구 배경
  - 심플하면서도 유연한 플로팅 구조물 진동해석기법의 필요
  - 견고한 플로팅 해석 모델 필요
  - 정밀한 진동저감 시스템 해석모델 필요
- 연구의 필요성
  - 수조실험을 통한 플로팅 구조물 동특성 추정
  - 진동저감시스템(능동) 해석모델 구축
  - 최적 제어알고리즘 개발
  - 능동진동제어 시스템이 통합된 모델의 최적 제어 실험적 검증

School of Architecture Chonnam National University

## 플로팅 합체 Rolling 방향 동특성 추정 실험

□ Rolling 방향 가진 Free ex3(rolling)

공진 후 자유진동 실험      실험 결과

School of Architecture Chonnam National University

## 플로팅 합체 Rolling 방향 동특성 추정 실험

- 목적
  - Rolling 방향 진동수 및 감쇠비 예측
- 실험 합체 스펙
  - 질량: 254 kg
  - 흘수: 12.7 cm

School of Architecture Chonnam National University

## 플로팅 합체 Rolling 방향 동특성 추정 기법

- 고유진동수 예측
  - 힐버트 변환 이용
    - 힐버트 변환에 의하여 analytic signal 을 생성하고 signal 의 위상의 변화율을 이용
    - 위상의 변화율은 합체 heave 방향 instantaneous natural frequency로 가정

순간 고유 진동수

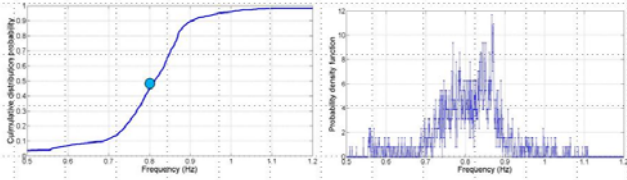
School of Architecture Chonnam National University

† 학생회원) allblock@nate.com

\* 교신저자 정회원, jshwang@jnu.ac.kr

## 플로팅 함체 Rolling방향 동특성 추정 기법

- 고유진동수 확률 분포



주요분포 : 고유진동수 0.813 Hz

평균 일도 함수

School of Architecture Chonnam National University

## 능동형 제진장치를 가지는 플로팅 구조물 해석 모델

- 운동 방정식

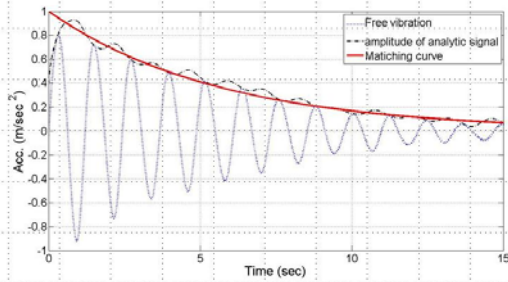
$$\begin{cases} M_1 \ddot{z} + C_1 \dot{z} + K_1 z = f_z + u_1 + u_2 \\ M_2 \ddot{\theta} + C_2 \dot{\theta} + K_2 \theta = f_\theta + L u_1 - L u_2 \\ m_{s1} \ddot{x}_1 = -u_1 \\ m_{s2} \ddot{x}_2 = -u_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} M_1 & & & & & \\ & M_2 & & & & \\ & & m_{s1} & & & \\ & & & m_{s2} & & \\ & & & & \ddots & \\ & & & & & \ddots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z \\ \theta \\ x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_1 & & & & & \\ & C_2 & & & & \\ & & 0 & & & \\ & & & 0 & & \\ & & & & \ddots & \\ & & & & & \ddots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z \\ \theta \\ x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_1 & & & & & \\ & K_2 & & & & \\ & & 0 & & & \\ & & & 0 & & \\ & & & & \ddots & \\ & & & & & \ddots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z \\ \theta \\ x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_z \\ f_\theta \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ L & -L \\ -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

School of Architecture Chonnam National University

## 플로팅 함체 Rolling방향 동특성 추정 기법

- 고유감쇠비 추정



School of Architecture Chonnam National University

## 제어 알고리즘

- 제어 알고리즘

■ 상태 방정식  $\dot{p} = Ap + B_1 f + B_2 u$   $A = \begin{bmatrix} 0 & I \\ -M_c^{-1}K_c & -M_c^{-1}C_c \end{bmatrix}$

$r = Cp + Df$   $B_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ M_c^{-1}B_1 \end{bmatrix}$   $B_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ M_c^{-1}B_2 \end{bmatrix}$

■ 제어 이득  $u = -Gp$

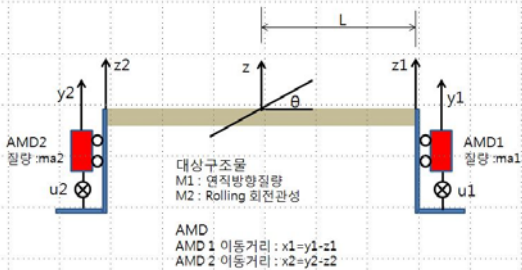
$\frac{\partial J_o}{\partial G} = RGX - B_2^T \Lambda X = 0 \rightarrow G = R^{-1} B_2^T \Lambda$

$\frac{\partial J_o}{\partial X} = Q + G^T R G + \Lambda(A - B_2 G) + (A - B_2 G)^T \Lambda = 0$

School of Architecture Chonnam National University

## 능동형 제진장치를 가지는 플로팅 구조물 해석 모델

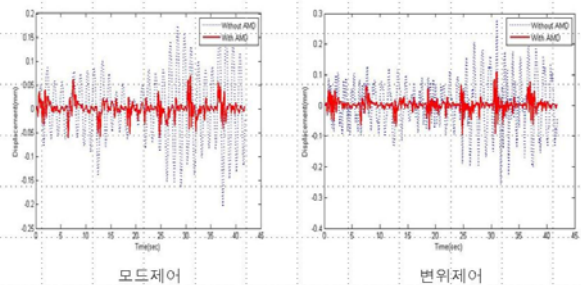
- 해석 모델



School of Architecture Chonnam National University

## 능동형 제진장치 제어효과 수치시뮬레이션

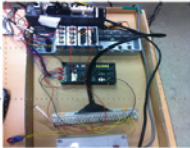
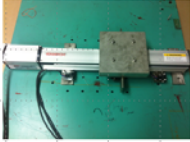
- 제어 효과



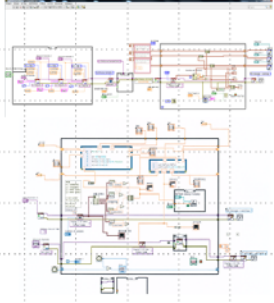
School of Architecture Chonnam National University

## AMD를 이용한 플로팅 구조물 진동제어 실험 준비

### ■ 실험 장비



### ■ 신호처리 및 제어 알고리즘 탑재



School of Architecture Chonnam National University

## 결론

- 능동형 제진 장치가 설치된 플로팅 구조물의 제어효과 수치 시뮬레이션
- 제어율을 높일 수 있는 최적 알고리즘 설계 (LQG알고리즘+적분필터)
- AMD 제진장치 설치 후 수조실험을 통한 제어효과 실험적 검증

School of Architecture Chonnam National University

### 감사의 글

본 논문은 2010년 국토해양부 기술연구개발의 지역기술 혁신 사업(과제번호 : 10지역기술 혁신 B01)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.