

인천대교 사장교 케이블 댐퍼의 성능 평가

Performance Evaluation of Stay Cable Dampers on Incheon Bridge

안상섭† · 양종호* · 심별** · R. Annan***

Ahn Sang-Sup, Yang Jong-Ho, Shim Byul and Rachid Annan

1. 서 론

인천대교는 인천 송도신도시부터 인천 앞바다를 건너 영종도 인천국제공항 접속도로의 북동쪽을 잇는 해상고속도로로서 순수 교량 연장은 약 18.2km이며 항로(폭 625.5m, 높이 74m)부에 위치한 사장교는 중앙경간이 800m로 중장경간 규모로 분류될 수 있다.(그림 1).

사장교 케이블은 한쪽 면이 104본으로 구성된 세미 팬타입이다. 최상단의 케이블 길이는 직선거리로 측경간 374m(C1), 중앙경간 419m(C52)로서 길며 바람에 의한 영향을 저감시키기 위해 NPWS(New Parallel Wire System) 케이블(와이어 109~301 가닥(Ø7mm, 1,770MPa))을 선정하였다.



그림 1 인천대교 사장교 전경

2. 본 론

2.1 댐퍼의 요구 성능 및 조건

인천대교 프로젝트에서 요구하는 댐퍼의 최소 성능 및

† 교신저자; 한국도로공사 도로교통연구원
E-mail : ahnss@ex.co.kr
Tel : (031)371-3434, Fax : (031)371-3339

* 삼성물산 건설부문

** VSL Korea

*** VSL Switzerland

기준은 다음과 같다.

- 1) 감쇠 장치는 최소한 0.5%의 감쇠비를 제공하여야 한다[1].
- 2) 교량의 사용성 확보를 위해 10분 평균풍속 V_{10} 이 탐정부에서 20m/sec 이하일 때, 케이블의 진동 진폭은 케이블 길이의 1/1,600을 초과하지 않아야 한다[2].

2.2 사장교 케이블 댐퍼 현황

인천대교 사장교 케이블에는 거더측 및 주탑측에 그림 2와 같이 각종 댐퍼 및 버퍼(완충재)가 설치되었다.

경제성 및 성능을 고려하여 길이가 긴 케이블(C1~C24, C29~C76, C81~C104)에는 거더 측에 마찰 댐퍼(VSL friction damper)를 설치하고 나머지 케이블에 대해서는 주탑 측에 고감쇠 고무 댐퍼(VSL gensui damper)를 설치하는 것으로 하였다.

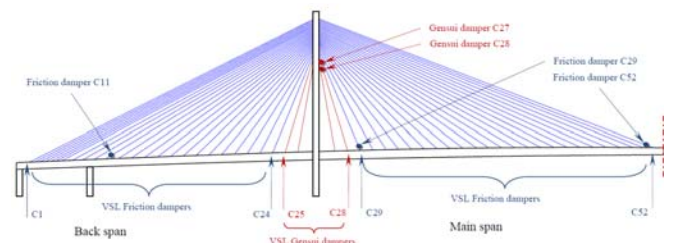


그림 2 댐퍼 설치 현황 및 실험 대상 케이블

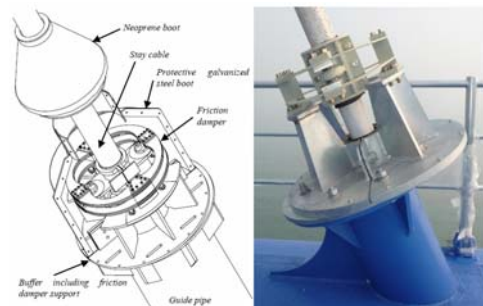


그림 3 인천대교 사장교 케이블 마찰댐퍼

2.3 마찰댐퍼

마찰댐퍼는 케이블에 고정된 디스크(움직이는 부분)가

케이블 가이드 파이프에 고정된 패드(움직이지 않는 부분) 사이를 움직이면서 마찰력에 의해 에너지를 소산하는 구조를 가지고 있다. 마찰력은 패드를 스프링에 의해 일정한 힘으로 눌러줌으로써 얻을 수 있으며 조정가능하다.

마찰댐퍼는 일정 진폭 이상이 되어야 작동을 시작하며 이 크기를 경계진폭(Threshold amplitude)이라고 한다. 마찰댐퍼 설계의 핵심은 최대 감쇠비를 발휘하면서 제한된 변위이하가 되도록 경계진폭과 마찰력을 조절하는 것이다.

2.4 현장실험

(1) 개요

설계성능의 검증을 위해 공사 시방에는 5개의 케이블 댐퍼를 선택하여 현장실험을 실시하도록 되어 있다. 인천대교 사장교의 케이블 댐퍼 설치 현황 및 실험 대상 케이블은 그림 2에 나타나 있다.

측정된 가속도는 노이즈를 제거하고 특정모드의 정현파 진동신호를 얻기 위해 필터링을 한다. 변위는 가속도 신호를 고유진동수의 자승값으로 나누어 얻는다. 감쇠비의 시간에 따른 변화량은 가속도 혹은 변위 신호의 envelop로부터 다음 식을 이용하여 구한다.

$$\xi(t) = -\frac{1}{\omega} \frac{A'(t)}{A(t)} \quad (2)$$

여기서 $A(t)$ 는 신호의 envelop이고 ω 는 회전고유진동수이다.

(2) 측정결과

측정결과와 예로 C52 케이블에 대한 원신호, 필터링된 신호 그리고 부가 감쇠비 곡선이 처음 3번째 모드까지에 대해 그림 4에 그려져 있으며 표 1에는 측정된 자체 감쇠비와 댐퍼에 의한 부가 감쇠비의 최대값이 각각 정리되어 있다.

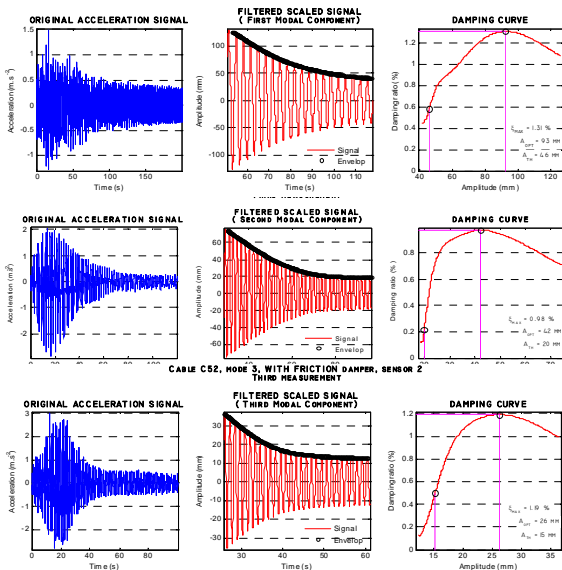


그림 4 C52 케이블에 대한 측정 결과

표 1 C52 케이블 측정 결과 정리

	자체감쇠비	최대부가감쇠비	경계진폭
1st mode	0.20%	1.11%	46mm
2nd mode	0.09%	0.83%	20mm
3rd mode	0.07%	1.17%	14mm

(3) 결과분석

C52 케이블에 대한 이론적인 최대 부가감쇠비 및 경계진폭이 표 2에 나타나 있다.

최대 부가 감쇠비는 전체적으로 계산치보다 실험치가 더 크게 산정되었다. 일반적으로 케이블의 새그 효과로 인해 부가 감쇠비가 줄어드는 특징이 있으나 계산치는 이러한 효과를 과대평가하는 경향이 있다.

경계진폭에 대해서는 계산치보다 실험치가 더 작게 산정되었다. 즉 실제 케이블에서는 계산치보다 더 빨리 댐퍼 작동이 시작된다는 의미이다. 이것은 계산치를 산정할 때 케이블의 변위방향은 횡방향으로 가정되지만 실제 거동은 기울어진 케이블의 중력방향으로 변위가 발생한다. 이런 경우 마찰댐퍼의 디스크에는 순수한 횡방향 변위 외에 중력방향 변위성분도 발생하므로 그만큼 댐퍼의 법선력이 감소하게 되어 댐퍼 작동 변위가 작아지게 된다.

표 2 C52 케이블의 계산치

	최대부가감쇠비	경계진폭
1st mode	0.68%	114mm
2nd mode	0.94%	53mm
3rd mode	0.88%	37mm

4. 결 론

본 논문에서는 인천대교에 설치된 마찰댐퍼의 현장실험 결과에 대해 알아보았다.

마찰댐퍼는 계산치와 다소 차이를 보이지만 설계 감쇠비 이상의 성능을 발휘하고 있었으며 경계진폭에 있어서도 좀 더 안전측인 낮은 진폭에서 작동이 시작되는 것으로 나타났다. 기계적인 거동 또한 안정적임을 얻어진 측정 결과치에서 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] 인천대교 설계 매뉴얼, 2006
- [2] Incheon 2nd Bridge Project, Project Performance Requirements, MOCT, 2004