

Fe-Mn 제진금속을 적용한 교량용 교좌장치

Application of Fe-Mn Damping Alloy for Divided Spherical Bearing in Bridge

한동운†·김태훈*·백진현*·김정철*·백승한*·유문식**

Dong-Woon Han, Tai-Hoon Kim, Jin-Hyun Back, Jung-Chul Kim, Seung-Han Baik and Mun-Sik Yoo

Key Words : Dampalloy(제진금속 ; 브랜드명), Divided Spherical Bearing(분할형 스페리컬 베어링), Specific Damping Capacity(진동감쇠능), Load Test(재하시험)

ABSTRACT

The Fe-Mn damping Alloys which combine a high damping capacity with good mechanical properties can provide attractive technical and economic solutions to problems involving fatigue, noise and vibration. This study is aimed at finding its applicability to divided spherical bearing in bridge. The results obtained are summarized as follows : 1) The specific damping capacity of the Fe-Mn damping alloy is superior to that of SM490B. 2) The divided spherical bearing manufactured Fe-Mn damping alloy passes the load test to confirm applicability of that in bridge.

1. 서론

건설교통부의 통계에 따르면 지난 2004년 12월 현재 국내 전체 교량의 수는 22,159개이며, 그 총 연장은 1,908km에 달한다. 이 수치는 95년과 비교해 교량의 수는 59%증가, 총 연장은 135%가 증가하였다. 그러나 SOC사업 정책방향이 도로부문 투자의 효율화에 맞춰지면서 투자가 축소됨에 따라 교량건설도 과거에 비해 증가추세가 둔화가 예상된다. 교통정체구간해소, 국토균형개발 촉진, 국가경쟁력제고 등 도로선형개량으로 도로 이용자들의 교통안전개선을 위해서는 도로부문 투자비용의 확대는 불가피하며, 특히, 교량의 안전에 영향을 미치는 부위에 더욱 관심을 기울여야 한다. 교량의 구조부위 중 가장 기계적 요소가 강하다 할 수 있는 교좌장치는 상부구조의 하중을 하부구조에 전달하는 기능 이외에 온도신축에 의한 상부구조의 중방향으로의 이동과 처짐 등에 따른 회전 기능 등을 원활히 할 수 있도록 하는 기능을 갖고 있다. 결국, 교좌장치는 응력의 전달과 완충의 기능을 갖고 있어 이러한 기능을 위해 견고히 설치되고

관리되어야 한다. 기능적으로 결함이 발생하면 교좌장치 자체뿐 아니라 인접한 상부구조나 하부구조의 부재에도 손상을 발생시키기 때문에 안전성에 크게 영향을 미치게 된다. 이러한 교좌장치의 종류에는 여러 가지가 있는데, 주로 탄성받침, 포트베어링, 스페리컬 베어링, 납면진 베어링 등으로 분류할 수 있다.

최근에 교좌장치 연구동향은 교좌장치에 특수 장치를 추가함으로써 교량의 시공 및 유지관리에 이용하려는 연구가 대부분이며, 그 대표적인 사례로 교좌장치 내부에 유압장치를 내장하여 승강기능을 추가한 승강식 교좌장치, 교량의 지점하중과 상판의 거동을 상시 계측을 통하여 교량의 안전성을 평가할 수 있는 기능을 가진 계측용 받침 등이 있다.

본 연구에서는 대표적인 교좌장치인 스페리컬 베어링(Spherical Bearing)의 단점인 하부 플레이트가 앵커부와 일체로 되어 있어 보수 및 교체가 어렵고 사이드 블록과 상부플레이트 간의 마찰로 도장부 손상 및 녹이 발생하여 성능이 저하되는 문제를 개선한 분할형 스페리컬 베어링(DSB ; Divided Spherical Bearing)에 외부의 충격을 흡수하는 능력과 기계적 강도가 우수한 소재인 Fe-Mn 제진금속(이하 Dampalloy ; 브랜드명)을 적용하여 교좌장치의 기본 기능인 응력의 전달과 완충의 기능을 더욱 향상시킨 새로운 개념의 교좌장치를 제안하고자, 기존 소재로 제작된 교좌장치와 비교 평가해 보았다.

† (주)우진

E-mail : dwhan@woojininc.com

Tel : (031) 379-3423, Fax : (031) 379-3134

* (주)우진

** (주)케이알이엔씨

2. 실험방법

2.1 DSB(Divided Spherical Bearing)

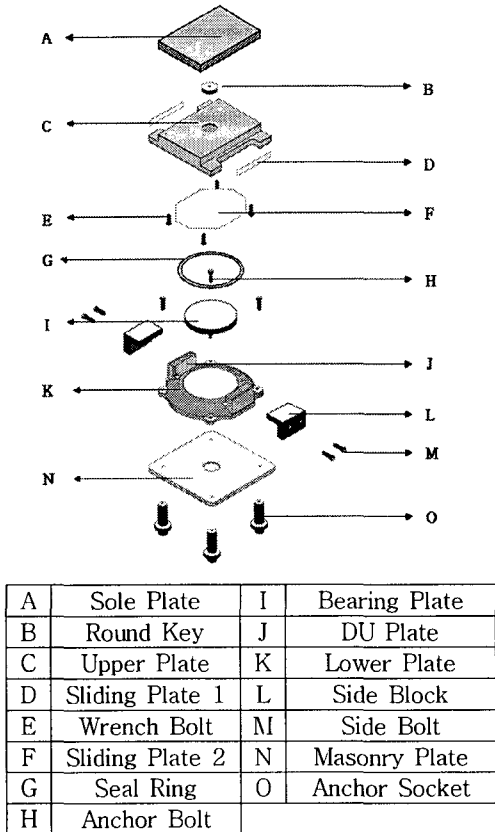


그림 1. DSB의 구조 및 각부의 명칭

본 실험에 사용된 스페리컬 베어링은 하부 플레이트와 지지 플레이트가 분리가 가능하여 상부 거더를 높이 들어올릴 필요없이 협소한 교량구간에도 설치가 용이한 분할형 스페리컬 베어링이며 그 구조와 각부의 명칭은 그림 1과 같으며, 본 실험에서는 이들 부품중 5가지 부품에 대해서 Dampalloy를 적용하기로 하였다. 표 1에는 Dampalloy를 적용하기로 한 부품의 명칭과 원재료 란에는 상용화되어 있는 DSB에 적용되는 재료의 규격을 표기하였다.

표 1. DSB 구성품중 Dampalloy를 적용한 부위

부위	명칭	원재료(규격)
A	Sole Plate	SM490B(KS D 3515)
B	Round Key	SM490B(KS D 3515)
C	Upper Plate	SM490B(KS D 3515)
K	Lower Plate	SCMn2A(KS D 4102)
N	Masonry Plate	SM490B(KS D 3515)

2.2 제조공정 및 테스트 방법

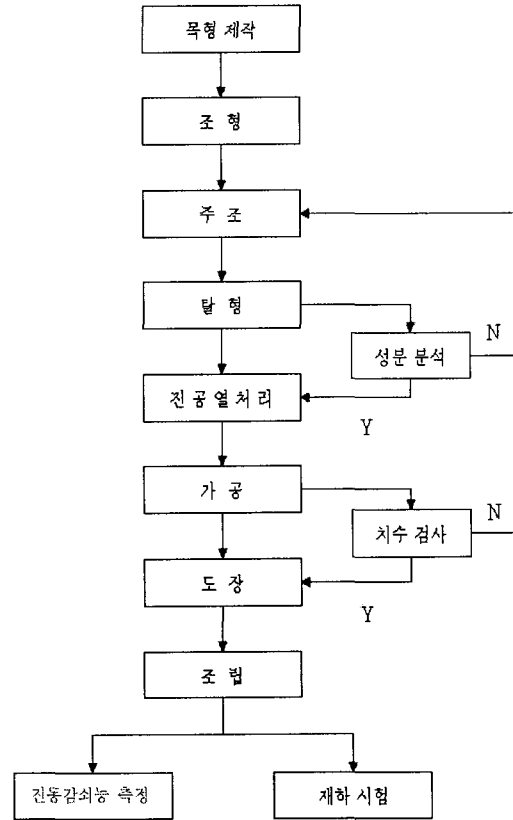


그림 2. DSB의 제조 및 테스트 공정도

Dampalloy를 적용한 DSB의 경우, 그림 2와 같은 제조공정을 통하여 시작품을 제작한 후, 기존재료로 제작된 DSB와 특성을 비교하기 위하여 진동감쇠능과 재하시험을 실시하였다.

2.3 진동감쇠능 측정

Dampalloy를 DSB에 적용할 경우 진동저감효과가 있는지를 확인하기 위하여, 실험실 수준에서 소재평가를 실시하기 위하여 시험편 형태로 진동을 흡수하는 능력인 진동감쇠능(SDC ; Specific Damping Capacity)을 측정하였다. 진동감쇠능 측정을 위하여 Dampalloy와 기존 DSB 소재인 용접구조용 압연강재(SM490B)를 봉상시험편으로 제작하였고, 실험장치는 본 연구실에서 자체 제작한 Föpple-pertz형 비틀림진자 시험장치로 진동감쇠능을 측정하였다. 이 시험장치의 원리는 시험편을 자유진동시켰을 때 시간의 경과에 따라 진동의 진폭이 점차 감소해

가는 것을 potentiometer로 감지하여, 증폭기를 거쳐 A/D converter를 통해 입력된 신호인 시간 대 진폭 변화 곡선으로부터 strain에 따른 진동감쇠능을 측정하였다. 그림 3에 진동측정시스템의 개략도와 봉상시험편을 나타내었다.

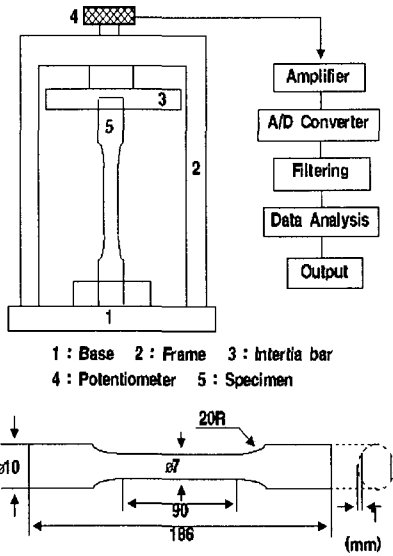


그림 3. 진동측정시스템의 개략도와 시험편

2.4 재하시험(Load Test)

Dampalloy로 제작한 DSB를 그림 4와 같은 Bearing Testing System을 사용하여 교량지지용 교좌장치(KS F 4424)의 재하시험 방법에 따라 수직하중, 수직/수평하중, 및 회전시험을 수행하여 DSB에 Dampalloy의 적용 가능성을 평가해보았다. 표 2는 Bearing Testing System에 제원을 나타내었다.

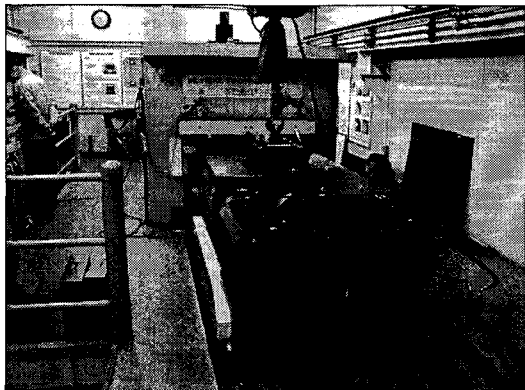


그림 4. 재하시험에 사용된 Bearing Testing System

표 2. Bearing Testing System의 제원

Bearing Testing System Specification (Model : DYHC-25-4MN)	
Loading Weight	2,500 Ton (MAX)
Main Cylinder	2,500 Ton
Side Cylinder	400 Ton
Press Plate	1200×1400×250t
25MM Piston Stroke	150 mm
4MM Piston Stroke	400 mm

3. 실험결과

3.1 진동감쇠능 측정 결과

자체 제작한 Föpple-pertz형 비틀림진자 시험장치로 제진금속과 기존재료인 용접구조용 압연강재(SM490B)의 진동감쇠능을 측정된 결과를 그림 5에 나타내었다.

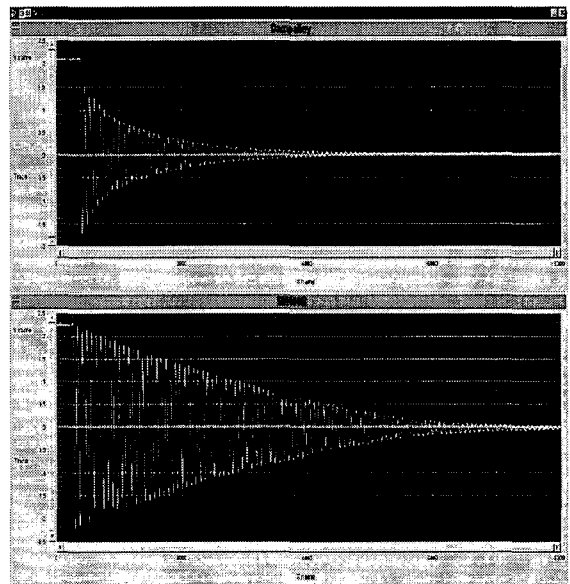
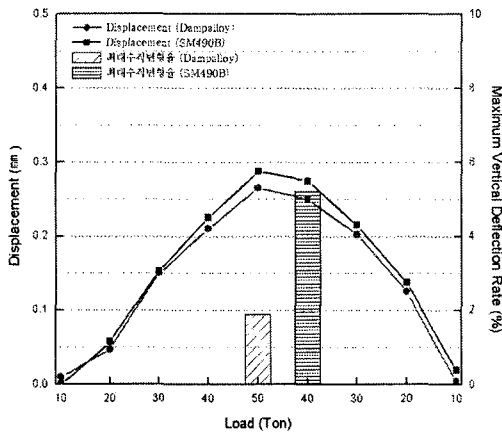


그림 5 진동감쇠능 측정 화면

Dampalloy의 경우 초기부터 급격하게 진동감쇠가 일어나 약5초 이후에는 거의 진동이 소멸되었으나 기존 DSB의 소재인 용접구조용 압연강재(SM490B)의 경우 측정완료 시점인 8초까지도 진동이 잔존하였으며, 또한 원 신호를 가지고 진동감쇠능을 측정된 결과, Dampalloy의 경우 33.8%(SDC, %), 용접구조용 압연강재(SM490B)는 2.3% (SDC, %)의 진동감쇠를 보였다.

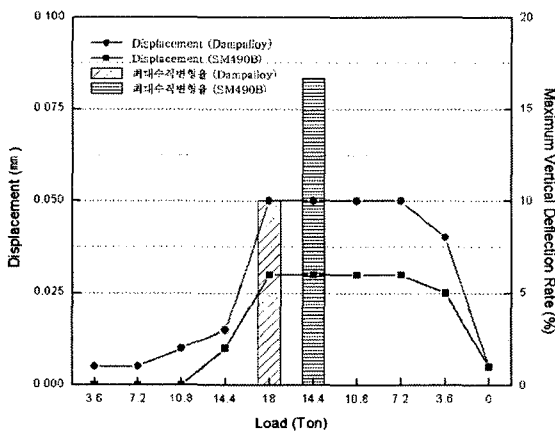
3.2 재하시험 결과

Bearing Testing System을 사용하여 Dampalloy와 기존재료(SM490B)로 제작된 DSB에 대한 수직 재하시험, 수직/수평 재하시험 및 회전시험한 결과를 그림 6, 7, 8에 나타내었다.



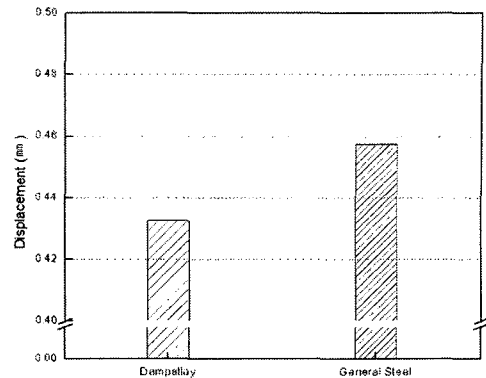
시험명	시험품	최대수직 변형율	조 건	합격기준
수직하중 재하시험	Dampalloy	1.887%	수직하중 50 Ton	최대영구변형은 수직변형의 10%이내
	기존제품	5.217%		

그림 6. 수직하중 재하시험 결과



시험명	시험품	최대수평 변형율	조 건	합격기준
수직/수평 하중 재하시험	Dampalloy	10.000%	수직하중 50 Ton	최대영구변형은 수평변형의 20%이내
	기존제품	16.667%	수평하중 18 Ton	

그림 7. 수직/수평하중 재하시험 결과



시험명	시험품	육안검사	조 건	합격기준
회전 시험	Dampalloy	이상없음	수직하중 : 50 Ton 회전각 : 0.02 Rad	손상 유무
	기존제품	이상없음		

그림 8. 회전시험 결과

4. 결론

DSB에 진동을 흡수하는 능력이 탁월하여 외부 응력의 전달과 완충능력을 획기적으로 개선하여 교좌장치 자체 뿐만아니라, 상하부 구조에 손상을 감소시켜 교량의 안전성 향상에 기여할 수 있다고 판단되는 Dampalloy를 적용하여 기존 제품과 진동감쇠능 측정과 재하시험을 통한 비교실험을 한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 기존 제품 소재인 용접구조용 압연강재(SM490B)와 Dampalloy의 진동감쇠능을 측정한 결과, 약 15배정도 Dampalloy가 우수하였다.
- 수직재하시험, 수직/수평 재하시험 및 회전시험을 실시한 결과, Dampalloy로 제작된 DSB가 교좌로 사용할 수 있는 모든 합격기준을 만족함을 확인하였다.

따라서 Dampalloy를 DSB소재로 적용할 경우, 외부 응력과 완충 능력이 개선되어, 교량의 안전성 향상에 기여할 수 있다고 판단되며, 추후 현장 설치를 통하여 최종적으로 평가를 받고자 한다.

후 기

본 연구는 산업자원부의 국가지정연구실사업(NRL)으로 지원된 “제진금속의 소음진동 제어기술 개발”과제의 연구결과와 일부이며, 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

(1) C.S choi and WOOJIN Inc., "Fe-Mn Group Vibration Damping Alloy Manufacture Method thereof" U.S. Pat., No.5290372 (1994)

(2) 건설부 국립건설연구소, "교량의 신축이음 및 교좌장치공법" (1982)

(3) 한국도로공사연구소, "교좌장치에 관한 연구(1993년도 연구보고서)" (1993)