

## 승강식 교좌장치를 이용한 교좌장치 교체공법

박 창 호\*

박 정 근\*\*

### 1. 개 요

교좌장치에는 상부구조의 자중에 의한 일정한 연직하중과 통과차량에 의한 동적하중을 받는다. 따라서 대부분의 교량의 교좌장치에는 항상 큰 압축력이 작용하는 것이 일반적이다. 그러나 곡선 반경이 작은 강박스 교량에서는 활하중 상태 뿐만 아니라 사하중 상태에서도 부반력 즉 압축력이 작용하지 않고 교좌장치와 상부구조가 분리되는 현상이 발생하는 경우가 있다. 이러한 경우에는 설계시의 교량 하중 전달 시스템과 실 구조물의 하중 전달 시스템이 달라지기 때문에 교량의 안전에 치명적인 문제가 발생할 수 있다. 교좌장치의 부반력 상태의 심각성은 2001년 6월 발생한 제천 신동 IC 교량의 낙교사고로 모든 교량기술자들이 인식하게 되었다. 부반력 상태는 곡선교에만 존재하는 것은 아니다. 강박스 교량의 경우에는 시공시 강박스의 뒤틀림 등으로 부분적인 부반력 상태가 될 수 있다. 시공시에는 정반력 상태인 교량도 경간비가 부적절하거나 바닥판의 건조수축 등으로 인하여 부반력 상태가 되는 경우도 종종 발생되고 있다.

본 연구에서는 지점부의 다양한 문제점들을 해결할 수 있는 방법의 하나로서 높이 조절이 가능한 승강식 교좌장치를 개발하는 것을 목적으로 하였다. 승강식 교좌장치(injectionable bearing 또는 adjustable bearing)란 교좌장치에 상부구조를 인상할 수 있는 장치를 부설하여 필요시에 간단한 시설을 이용하여 상부구조를 인상 또는 하강시킬 수 있는 교좌장치를 말한다.

개발된 승강식 교좌장치를 실교량의 교좌장치 교체 공사에 적용함으로써 시공성과 사용성을 검증하였으며, 교좌장치 교체시에는 구조해석과 거동 계측을 통하여 교좌장치 교체를 통한 교량의 구조적인 거동 개선 효과를 조사하였다.

### 2. 승강식 교좌장치 개발

본 연구에서 개발한 승강식 교좌장치는 기존의 스페리컬 받침(spherical bearing)에 기초를 두고 있다. 이 받침에 유압 잭과 유사한 개념으로 필요할 때만 승강하고 상시에는 소정의 위치를 유지할 수 있는 고정시스템(Locking Nut System)을 부착하였다.

\* 한국도로공사 수석연구원

\*\* (주)케이알 수석연구원

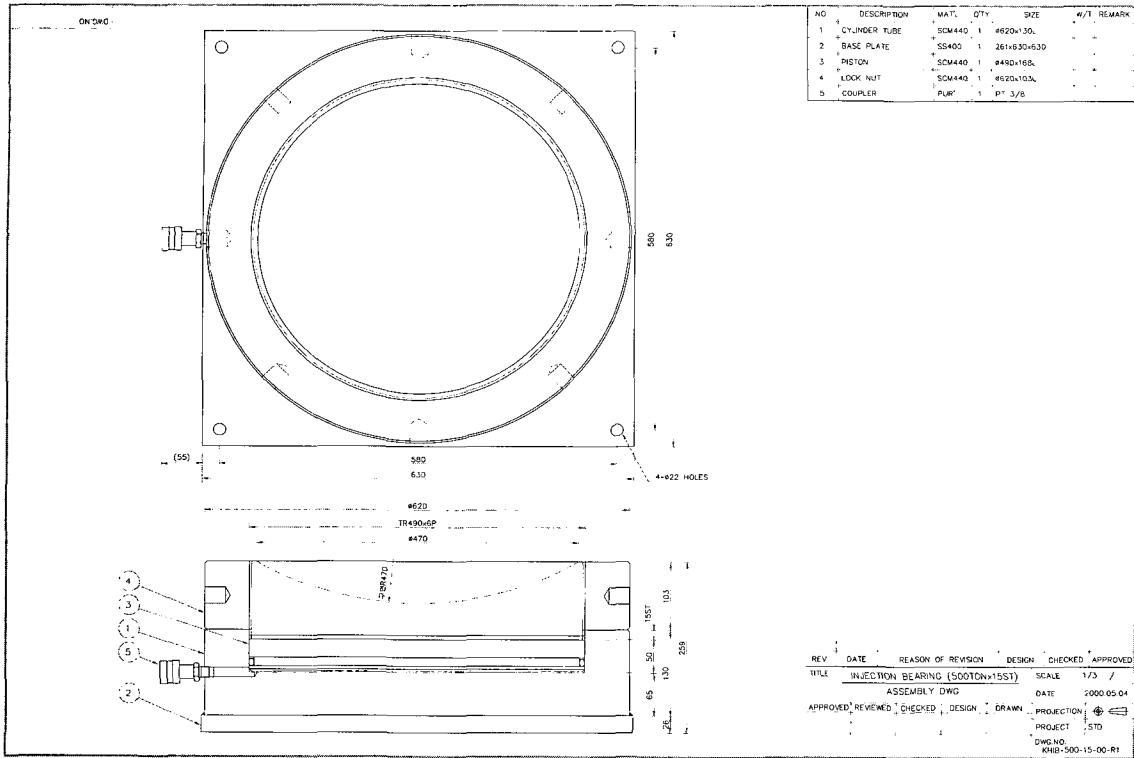


그림 1 수직용량 500ton 승강식 교좌장치

받침 용량은 상부구조의 형식과 하중 조건에 따라 결정되지만 가장 일반적으로 사용되는 것들 중에서 수직하중 130ton과 500ton을 대상으로, 총 15mm의 승강이 가능하도록 하였다. 그림 1에는 수직용량 500ton의 승강식 받침의 설계도면을 나타내었다. 이 도면에서 ①은 받침의 본체로서 실린더 역할을 하고 있다. ②는 하부판(base plate)이고 ③은 피스톤 헤드이다. ④는 나사형 고정장치(Locking Nut)이며 ⑤는 유압 주입구이다.

### 3. 승강식 교좌장치를 이용한 교좌장치 교체

#### 3.1 교좌장치 교체 개요

본 연구에서 개발한 승강식 교좌장치의 사용성과 시공 안전성 등을 평가하기 위하여 교좌장치가 열화된 상적교에 시험시공을 실시하였다. 상적교는 경부선 12.36Km에 위치한 3경간 연속 강판형교 (SPG) 형식이다. 중앙경간 하부에는 하천이 통과

하고 있으며, 상하행선 각각 4차선으로서 주형이 10개씩 있다. 따라서 본 교량은 자중에 의한 고정하중과 공용차량에 의한 활하중을 주형이 분담하고 이 하중은 교좌장치를 통하여 하부구조로 전달된다. 따라서 교량이 적절하게 거동하기 위해서는 상부의 하중이 설계시 가정된 구조계에 적합하도록 교좌장치에 의하여 분담되어야 한다. 그러나 정밀안전진단을 통해서 본 교량은 활하중이 작용하지 않는 고정하중 상태에서 상부구조와 교좌장치가 분리되어 있다는 것을 확인하였다. 이것은 상부구조의 고정하중이나 활하중의 분배가 왜곡되어 일부 주형에 큰 하중이 작용하고 상부구조와 교좌장치가 분리된 곳에는 상대적으로 작은 하중이 분담되고 있다는 것을 나타내는 것이다. 이러한 부분력 상태로 인하여 신축이음부에는 단차가 발생하였으며, 중차량이 통과할 때에는 충격으로 인한 소음이 발생하고 있었으며, 진동도 크게 발생하고 있었다. 이러한 제반 문제점들을 개선하고자 교좌장치 교체를 실시하였다.

### 3.2 교좌장치 교체 방법

상적교의 열화된 교좌장치 교체를 통하여 상부 하중을 하부구조로 균등하게 전달하면서 상부의 신축이음부 단차를 제거하여 충격을 저감시키고자 하였다. 기존의 교좌장치는 본 연구에서 개발한 승강식 교좌장치로 교체하였다.

기존 교좌장치를 이용하여 교좌장치를 교체하거나 상부의 단차를 제거하여 평탄성을 확보하기 위해서는 철판(솔플레이트)를 가공하거나 받침콘크리트를 재타설하여 높이를 변경해야 한다. 즉 기존의 경우 교량 구조물의 상하 보정을 위하여는 상부구조물을 인상한 후 교좌장치를 교체하거나 보수하여 단차를 보정한다. 이 경우 별도의 보강재를 설치 한 후 유압잭을 이용하여 구조물을 상승한 후 높이 차만큼 솔플레이트를 가공하여 삽입한 후 교좌장치를 고정하거나 하부 교좌부 몰탈을 높이 조정하여 설치하는 경우가 있다. 이러한 방법의 특징을 표 1에 나타내었다.

따라서 기존의 교좌장치 교체 공법을 적용할 경우에는 단차 제거를 위한 정밀시공이 현실적으로 어렵다. 이와 달리 본 연구에서 개발한 승강식 교좌장치를 적용할 경우에는 교좌장치 자체의 높이 조절 기능을 활용하여 단차를 제거할 수 있기 때문에 정밀시공은 물론 시공이 매우 간편해질 수 있다. 승강식 교좌장치를 적용하여 교좌장치를 교체하는 과정은 다음과 같이 5단계로 간략화할 수 있다.

• 제 1 단계 : 임시 지지대 설치

기존 교좌장치를 철거할 동안 교량을 지지하기 위하여 가로보에 수직 보강재를 설치하고 유압잭을 설치하였다. 기존 교좌장치 철거시 모든 하중은 유압잭이 지지한다.

• 제 2 단계 : 콘크리트 깨기 및 기존 교좌장치 철거  
기존 교좌장치를 철거하기 위하여 콘크리트 깨기 및 연결 볼트 등을 제거하고 교좌장치를 철거한다.

• 제 3 단계 : 방석철근 설치  
교좌장치 설치를 위하여 철근을 설치한다.

• 제 4 단계 : 교좌장치 설치 및 콘크리트 타설  
방석철근 배근 후 승강식 교좌장치를 설치하고 무수축 콘크리트를 타설하고 양생한다. 무수축 콘크리트의 강도가 발현되면 임시 지지대를 제거한다.

• 제 5 단계 : 단차 조정 및 하중 측정  
교량 상부의 신축이음부의 단차를 제거하기 위하여 승강식 교좌장치를 이용하여 높이를 조정하고, 이때 교좌장치에 작용하는 하중을 측정하여 인접 교좌장치와 하중 분담이 적절하게 이루어지도록 한다. 교좌장치 교체시의 승강식 교좌장치의 승강 기준 높이는 15mm를 표준으로 하였다. 기존 교좌장치 형식을 이용하여 열화된 교좌장치를 교체할 경우에는 시공 후 높이가 조정이 불가능하기 때문에 정밀시공이 어렵고, 또한 교좌장치의 하중 분담을 알 수 없다.

### 3.3 교좌장치 교체

상적교의 교좌장치 교체는 부반력 상태를 제거하여 하중 전달을 원활하게 하면서, 상부 신축이음부의 단차를 제거하여 중차량의 통과시 충격을 완화하여 교량의 안전성과 내구성을 확보하기 위한 목적으로 추진되었다. 교좌장치 교체시에 각각의 교좌장치에 대한 하중 분담을 균일하게 하면서 상부의 단차를 없애기 위하여 승강식 교좌장치를

표 1 교좌장치 교체 공법 비교

구분	상부솔플레이트 조정	교좌부(무수축몰탈) 조정
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jack up 후 상부 plate를 가공하여 삽입한 후 Jack down 하여 고정</li> <li>- 설치후 재조정이 불가능함.</li> <li>- 브라켓등 보강재 필요</li> <li>- 정밀시공 불가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jack up 후 하부교좌부를 깨고 교좌장치를 상승후 무수축몰탈 재타설하고 Jack down 하여 고정</li> <li>- 설치후 재조정이 불가능함.</li> <li>- 브라켓등 보강재 필요</li> <li>- 정밀시공 불가능</li> </ul>

적용하였으며, 그 과정은 그림 2~그림 7에 나타내었다.

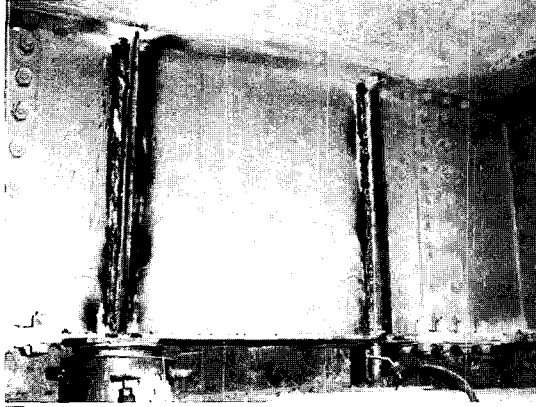


그림 2 유압잭을 이용한 임시 지지대 설치

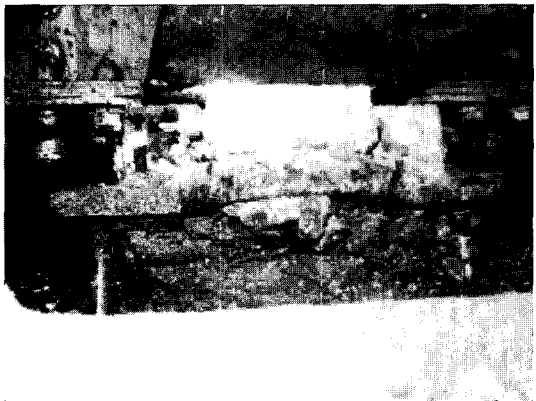


그림 3 받침 콘크리트 깨기

을 다음에 상세하게 정리하였다. 기존의 교좌장치는 그림 14에서 볼 수 있듯이, 매우 열화되어 있었다.

본 교량은 교좌장치 교체 전에 부반력 상태로 공용되었으므로, 각각의 교좌장치에는 하중 분담이 균일하지 못하였다. 이러한 사실은 교좌장치 교체 과정에서 상부의 단차를 정밀하게 조정하지 않은 상태에서 각각의 교좌장치에 작용하는 하중을 계측한 결과로부터 알 수 있다. 교좌장치에 작용하는 하중 계측 결과는 그림 8에 나타내었으며, 하중 계측시에는 계측대상 교좌장치만을 0.5mm 상승시켜 측정하였다. 그림 8로부터 교좌장치 교체 전에는 각각의 교좌장치에 작용하는 하중이 18ton~37ton으로서 불균형이 심각하였다. 그러나 교좌장치 교체 후에는 25ton으로 균일하게 작용한다는 것을 확인하였다.

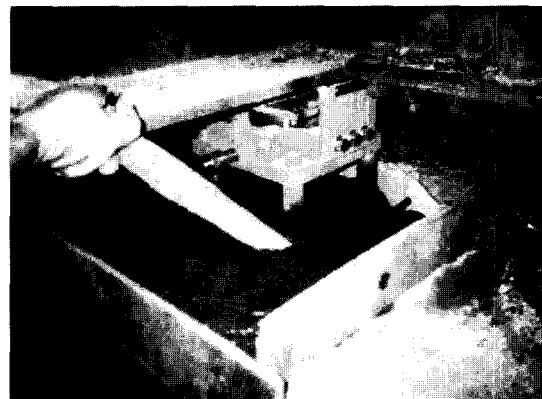


그림 5 승강식 교좌장치 설치 및 콘크리트 타설

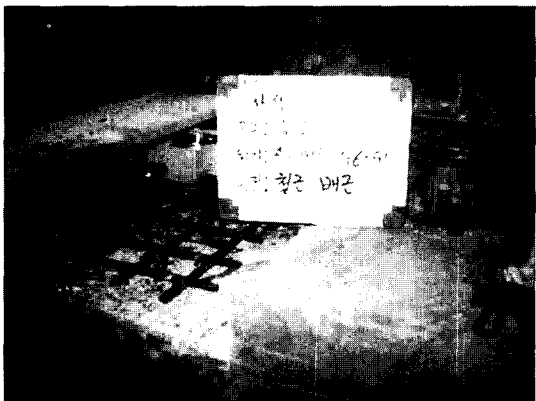


그림 4 방석철근 설치

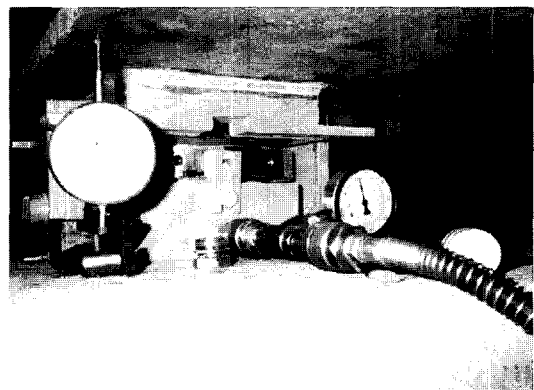
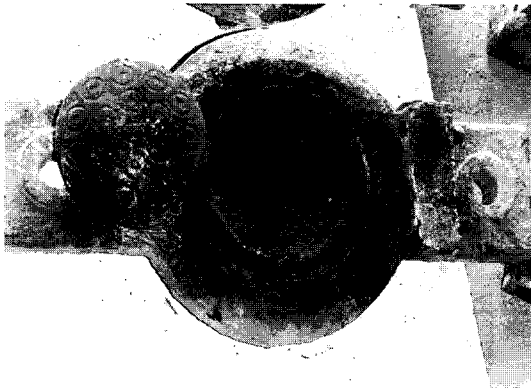
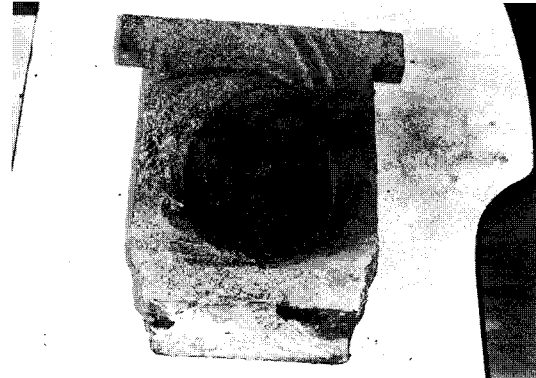


그림 6 승강식 교좌장치를 이용한 높이 조정(변위 및 압력 측정)



(a) 해체 후의 받침판



(b) 해체 후의 상부판

그림 7 기존 교좌장치 모습

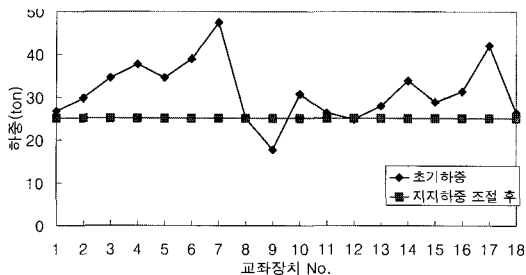


그림 8 승강식 교좌장치 설치 후 지점 하중 계측

#### 4. 교량구조물의 교좌장치 교체 효과

본 연구에서는 공용중인 교량의 교좌장치 교체를 통하여 교량의 거동이 개선되는 효과를 평가하고자 하였다. 대상 교량은 경부고속도로상의 상적교이다. 3경간 연속 SPG(Steel Plate Girder)로서, 교대부의 교좌장치와 주형 사이에 틈이 발생하여 즉 사하중 상태에서 일부 교좌장치가 부반력 상태가 되어 차량 통과시에 소음과 충격이 발생되고 있었다. 이와 같은 틈의 원인은 명확하게 밝혀지지 않았으며, 교좌장치 자체도 매우 열화되어 있는 상태로서 교좌장치 자체의 단차 조절만으로는 장기적인 교량의 거동을 개선하는 데 한계가 있는 것으로 판단되어 교대부의 교좌장치 전체를 교체하였다.

##### 4.1 교량 거동 계측

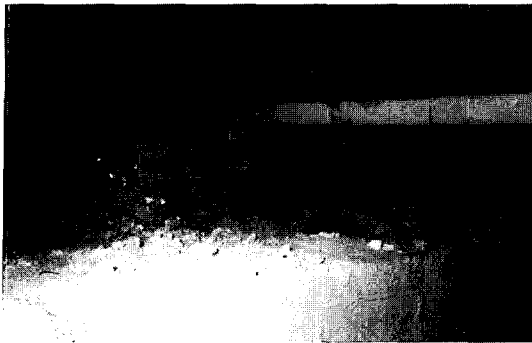
교좌장치 교체는 부반력 상태인 교대부의 전체 개소에 대하여 실시하였다. 기존 형식의 교좌장치

를 이용하여 교좌장치를 교체하는 경우에는 높이 조절을 하기 위하여 슬플레이트를 가공하거나 받침콘크리트의 높이를 조정해야 하므로 정밀시공이 어려운 것이 현실이다. 따라서 적절한 하중 분배는 물론 상부 신축이음부의 단차도 최소화하는데 많은 어려움이 따른다. 따라서 본 공사에서는 승강식 교좌장치를 이용하여 교좌장치 교체 효과를 극대화 할 수 있도록 하였다. 승강식 교좌장치는 기존의 스페리칼 받침의 하부에 유압시스템을 추가한 교좌장치로서 설치시 교좌장치에 작용하는 하중 측정은 물론 상승 및 하강이 가능하므로 사하중의 적절한 분담을 유도하면서 신축이음부의 단차를 최소화할 수 있다. 그림 9에는 교체 전과 후의 교좌장치 모습을 나타내었다.

교좌장치 교체 전과 교체 후의 교량의 거동을 분석하기 위하여 재하시험을 실시하였다. 거동 계측을 위하여 일반 차량의 주행이 없을 때 덤프트력을 주행시키는 동적재하시험을 실시하였다. 재하 차량으로는 총 중량이 23ton인 덤프트력을 이용하였으며, 재하차량이 교량의 2차선을 주행할 때 경간 중앙부의 교좌장치 교체 전과 교체 후의 처짐 이력을 그림 10에 나타내었다.

##### 4.2 종방향 거동 특성

재하차량이 교량의 2차로를 주행할 때 주형 No. 5와 No. 6의 길이방향의 처짐 분포를 그림 11에 나타내었다. 그림에는 교좌장치 교체 전과 교체 후

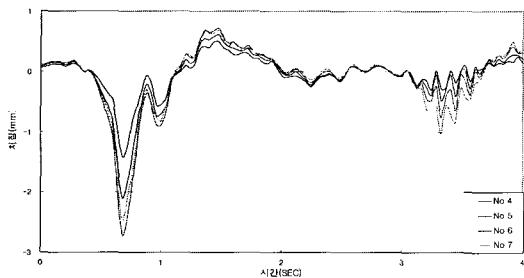


(a) 교좌장치 교체 전

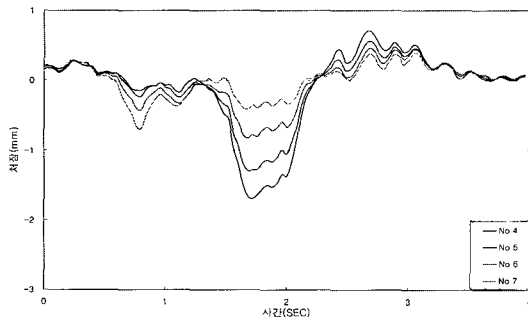


(b) 교좌장치 교체 후

그림 9 교좌장치 교체 전과 후의 모습



(a) 교좌장치 교체 전

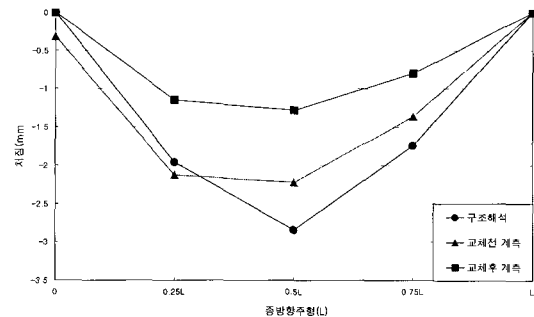


(b) 교좌장치 교체 후

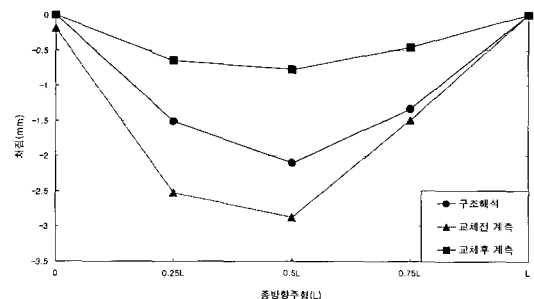
그림 10 2차로 재하시험 구간 중앙부 처짐이력

및 구조해석에 의한 처짐량을 모두 나타낸 것으로서, 구조해석에 의한 결과는 ○, 교좌장치 교체 전에 계측한 결과는 △, 교좌장치 교체 후에 계측한 결과는 □으로 나타내었다. 이 그림으로부터 교좌장치 교체 전에는 교대부 즉 0 지점에서 차량이 통과할 때 처짐이 발생함을 알 수 있다. 이것은 교좌장치와 주형 사이에 틈이 발생한 상태에서 차량이 통과할 때 그 틈이 닫히기 때문으로서 사하중 상태에서는 교좌장치에 하중이 작용하지 않는 부분력 상태임을 쉽게 알 수 있으며, 이 사실은 차량이 통과할 때의 지점부의 거동을 육안관찰을 통해서도 확인할 수 있었다. 그림의 처짐값은 중앙부의 처짐이 최대가 될 때의 각 위치에서의 값으로서 차량이 통과할 때의 처짐 분포 특성을 판단할 수 있다.

그림 11으로부터 교좌장치 교체 전의 구간 중앙부(0.5L)의 처짐에 대한 0.25L 지점의 처짐의 비가 교좌장치 교체 후의 처짐비보다 크다는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 교좌장치의 부분력 상태인 지점부의 틈으로부터 0.25L 지점의 처짐이 상대적으로 크게 발생되기 때문인 것으로 판단된다.



(a) 주형 No. 5



(b) 주형 No. 6

그림 11 2차로 주행시 주형의 중방향 처짐 분포

### 4.3 교량의 진동특성

교좌장치 교체 전과 교체 후의 교량의 진동특성을 조사하기 위하여 재하차량과 일반 주행차량이 통과할 때의 충격계수를 조사하였다. 충격의 영향은 각각의 주형에서 응답이 큰 경간 중앙부 처짐이력으로부터 최대 처짐과 정적인 처짐을 비교하여 구하였으며, 그 결과를 표 2에 나타내었다.

표 2로부터 교좌장치 교체 전 재하차량의 주행시 최대 충격계수는 0.25이고 통행차량에 의한 충격계수는 0.36으로 나타났으며, 교좌장치 교체 후의 충격계수는 재하차량에 의하여 0.13이고 통행차량에 의해서는 0.15인 것으로 계측되었다. 따라서 차량이 주행할 때의 충격의 영향은 교좌장치 교체를 통하여 약 50% 감소한 것으로 나타났다. 이와 같이 교량의 충격계수가 크게 감소한 것은 교좌장치 교체시에 각각의 교좌장치의 하중 분담을 동일하게 유도하면서 상부 신축이음부의 단차를 최소화했기 때문인 것으로 판단된다.

교좌장치 교체 전과 교체 후의 진동 특성을 비교하기 위하여 교량의 주파수 특성을 평가하였다.

교량의 주파수 특성은 차량이 통과하고 난 후, 자유진동 상태에서의 경간 중앙부의 처짐이력을 측정하고 그 결과를 FFT하여 구하였다. 측정 결과를 FFT하여 그림 12에 나타내었다. 처짐이력의 FFT 결과는 가속도 이력의 FFT 결과보다 저주파 성분이 두드러지게 나타나기 때문에 첫째 고유 진동수는 명확하게 확인할 수 있지만, 고차 진동수는 그 진동수보다는 전반적인 분포 특성을 비교함으로써 교좌장치 교체를 통한 진동 특성을 분석하였다.

그림 12에서 알 수 있듯이 교좌장치 교체 전과 교체 후의 1차 진동수(약 4.7Hz)는 동일한 것으로 나타났다. 그러나 고차 진동수의 양상은 다소 차이가 있다. 교좌장치 교체 후의 주파수 특성은 1차 진동수에서 크고 고차 진동수에서는 응답이 매우 작다. 그러나 교좌장치 교체 전의 주파수 특성은 고차 진동수에 대한 응답이 부분적으로 크고 매우 불규칙적이다. 이것은 전절에서 교좌장치 교체 전의 처짐 분포 특성에서도 언급한 바와 같이 교좌장치의 부반력 상태로 인하여 교량의 거동 자체가 왜곡되어 처짐 양상이 복잡하기 때문으로 판단된다.

표 2 통행차량에 의한 상적교의 충격계수

(a) 교좌장치 교체 전

Load Case	주형 No. 4			주형 No. 5			주형 No. 6			주형 No. 7		
	최대처짐		충격 계수	최대처짐		충격 계수	최대처짐		충격 계수	최대처짐		충격 계수
	정적	동적		정적	동적		정적	동적		정적	동적	
2차로(재하차량)	1.40	1.42	0.01	2.08	2.09	0.01	2.69	2.71	0.01	2.40	2.47	0.03
3차로(재하차량)	0.39	0.41	0.07	0.73	0.88	0.21	1.33	1.66	<b>0.25</b>	2.01	2.49	0.24
통행차량 1	0.33	0.30	0.00	0.69	0.64	0.00	1.36	1.33	0.00	2.22	2.25	0.02
통행차량 2	0.18	0.22	0.22	0.33	0.44	0.32	0.63	0.86	<b>0.36</b>	0.98	1.32	0.34

(b) 교좌장치 교체 후

Load Case	주형 No. 4			주형 No. 5			주형 No. 6			주형 No. 7		
	최대처짐		충격 계수	최대처짐		충격 계수	최대처짐		충격 계수	최대처짐		충격 계수
	정적	동적		정적	동적		정적	동적		정적	동적	
2차로(재하차량)	1.69	1.7	0.01	2.12	2.16	0.02	2.4	2.46	0.03	2.01	2.07	0.03
3차로(재하차량)	1.52	1.71	<b>0.13</b>	2.04	2.26	0.11	2.47	2.71	0.09	2.15	2.37	0.10
통행차량 1	0.73	0.74	0.01	0.53	0.31	<b>0.15</b>	0.4	0.42	0.05	0.25	0.23	0.00
통행차량 2	1.69	1.7	0.01	2.12	2.16	0.02	2.4	2.46	0.03	2.01	2.07	0.03

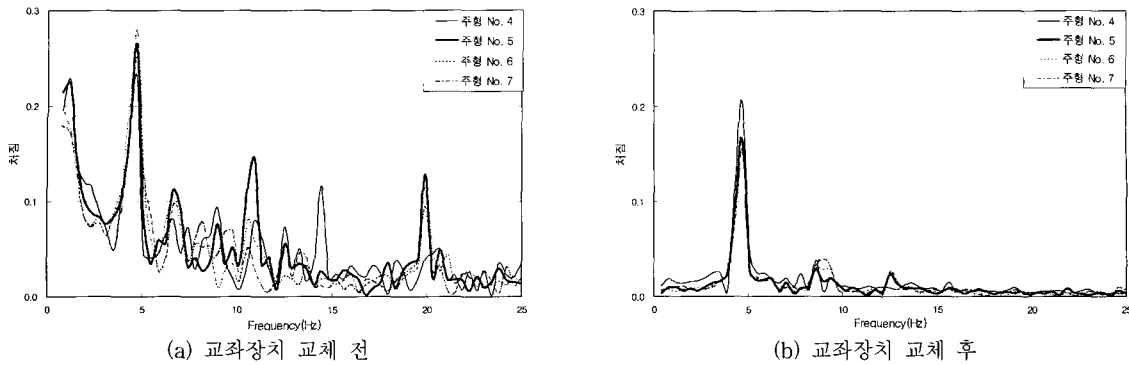


그림 12 교량의 주파수 특성

4.4 내하력 평가

교좌장치 교체 전과 후의 구조안전성의 변화는 교량의 공용내하력을 서로 비교함으로써 평가하였다. 공용내하력은 이론적인 구조해석, 재하시험 결과 등을 고찰함으로써 구하였으며, 본 교량은 허용응력설계법에 의하여 설계되었으므로 허용응력 이론에 근거한 공용내하력을 조사하였다. 교량의 공용내하력(P)은 다음 식과 같이 계산된다.

$$P = K_s \times RF \times P_r$$

여기서,  $K_s (= \frac{\epsilon_{계산}}{\epsilon_{실측}} \cdot \frac{1+i_{계측}}{1+i_{실측}})$ 는 응력보정계수로서 계측값과 구조해석값과의 비를 나타내며,  $P_r$ 는 설계활하중으로서 본 교량은 DB-24이다. 그리고 RF는 내하율을 의미하며 다음 식과 같이 계산된다.

$$RF = \frac{\sigma_a - \sigma_d}{\sigma_1 (1+i)}$$

여기서  $\sigma_a$ ,  $\sigma_d$ ,  $\sigma_1$ 는 각각 허용응력, 고정하중에 의

한 응력, 활하중에 의한 응력을 나타내며, i는 충격계수를 의미한다.

본 연구에서는 전체 교량의 공용내하력을 계산하지 않고, 교좌장치 교체 효과를 통한 내하력의 변화를 조사를 위하여 재하시험을 실시한 외측경간에 대한 내하력을 계산하였다. 충격계수는 표 2의 재하차량에 의한 충격계수 계산 결과를 이용하였으며, 교좌장치 교체 전과 교체 후의 충격계수는 각각 0.25와 0.13이다. 또한 응답비는 구조해석 결과와 계측 결과의 비를 나타내며, 교좌장치 교체 전에는 0.7이고, 교좌장치 교체 후에는 1.2로 평가되었다. 즉 교좌장치 교체 전에는 계측값이 구조해석값보다 크고, 교체 후에는 구조해석값이 계측값보다 큰 것으로 나타났다.

이와 같은 계측결과와 구조해석결과를 이용하여 계산한 본 교량의 공용내하력은 표 3에 나타내었다. 표 3으로부터 교좌장치 교체를 통하여 교좌장치의 부반력 상태를 제거하고, 상부의 신축이음부 단차를 제거함으로써 교량의 공용내하력이 크게 증가함을 알 수 있었다. 이것은 교좌장치 교체를 통하여, 각각의 교좌장치가 고정하중을 적절하게 분담하면서, 활하중을 균등하게 분담할 수 있고, 또한 신축이음부의 단차 제거를 통하여 차량의 충격을 완화하였기 때문이다.

표 3 재하차량을 이용한 공용 내하력

	내하율(RF)	Pr	응답비	충격계수	Ks	공용내하력	비고
교체 전	2.2	24	0.7	0.25	0.7	40	외측경간(중앙부)
교체 후			1.2	0.13	1.35	71	



## 5. 결 론

본 연구에서는 부반력 상태인 교좌장치를 교체하고, 상부 신축이음부의 단차를 제거함으로 인하여 교량의 구조 성능이 개선되는 효과를 조사하였다. 교좌장치의 교체는 교좌장치에 작용하는 하중을 측정하면서, 높이를 조절할 수 있는 승강식 교좌장치를 적용하여 실시하였으며, 각각의 교좌장치에 고정하중이 균등하게 작용하도록 하였다. 이와 같은 교좌장치 교체를 통한 구조계의 변화는 다음과 같다.

- 1) 교좌장치 교체 전에는 부반력 상태로 인하여, 활하중에 근접한 주형에서 처짐이나 응력이 발생하지 않는 등 이론적으로 평가한 교량의 거동과 큰 차이를 보였다. 그러나 교좌장치의 교체 후에 측정된 결과에서는 활하중에 의한 하중 분배 특성이 구조해석에 의한 결과와 동일한 것으로 나타났다.
- 2) 교좌장치 교체 전에 통행 차량에 의한 교량의 충격계수는 0.25~0.36으로 큰 것으로 조사되었지만, 교좌장치 교체 후의 충격계수는 0.13~0.15로 50% 정도 저감되었다. 이와 같이 교량의 충격계수가 크게 감소한 것은 정밀시공을 통하여 상부 신축이음부의 단차를 완전하게 제거하였기 때문으로 판단된다.
- 3) 주행차량의 통과 후의 자유진동 측정 기록을 FFT하여 교량의 주파수 특성을 평가하였다. 교량의 1차 진동수는 교좌장치 교체 전과 교체 후의 변화가 없었지만, 고차 진동수에서는 교좌장치 교체 전의 주파수 특성이 매우 복잡한 양상을 보였으며, 이 결과로부터 교좌장치 교체 전의 교량의 거동은 상부의 하중 전달시스템이 크게 왜곡되어 있음을 알 수 있었다.
- 4) 교좌장치 교체를 통하여 부반력 상태를 없애고, 상부 신축이음부의 단차를 제거함으로써 교량의 공용내하력이 DB-40에서 DB-71로 증가하였으므로, 교량의 안전성이 크게 향상되었다. 이와 같이 교량의 구조적인 보강을 실시하지 않고 열화된 교좌장치를 제거하고 신축이음부의 단차를 제거함으로써 교량의 진동을 감소시키고, 적절한 활하중 분배를 유도함으로써 교량의 안전성을 개선할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 