

교좌장치 검용 웨지잭을 이용한 교좌장치 보수공법

Technique for Bridge Bearing Retrofit Using Wedge-Jack

백 동 명¹⁾ 유 문 식²⁾ 임 진 석³⁾
Baek, Dong-myung Yoo, Moon-sig Yim, Jin-suk

ABSTRACT

A common hydraulic jack using bridge retrofit has a problem of increasing cost and time of construction to construct additionally temporary bent or concrete bracket, in case of insufficiency work space and release hydraulic pressure. To solve the problem, this technique is developed to alternate the bridge bearing in adequate inspection condition. After control maximum lift-height and minimum lift-force of no damage to super structure, the constructive technique is to alternate and repair the bridge bearing using the wedge jack with bridge bearing ability that is no release hydraulic pressure for stopper, and able to reuse separable cylinder.

1. 서론

교좌장치 교체는 장시간 잭킹상태에서 시공이 이루어져야 하므로 특히 안전과 관련하여 상부교통 통과여부, 잭장비의 성능, 시공기간의 단축 등을 충분히 고려하여야 한다. 그러나 대부분 교좌장치 교체공사시 교통차단 없이 시행되고 있으며 일반 잭의 경우 미세한 유압의 빠짐 현상이 있기 때문에 대형사고의 위험성이 상존하고 있다. 이러한 문제점에 대한 대책방안으로 잭킹상태에서 온도차에 의한 수축팽창변위 및 차량통과에 의한 충격, 회전변위를 흡수하고, 형하의 좁은 공간(평균95mm=75ton)에 설치 가능하고 교각 콘크리트강도 보다 적은 지압강도를 받으며 100% 유압이 빠지지 않고 Jack up과 down시 미세량(0.1mm)조정이 가능한 Wedge Jack을 개발하게 되었으며 1998년 2월 건설교통부로부터 제 136 호 신기술로 지정받았다.

2. 본론

2.1 개발 동기 및 과정

2.1.1 개발 동기

교좌장치는 상부구조와 하부구조의 응력의 전달과 완충의 기능을 갖고 있어 견고하게 연결되어야

1) 정회원, (주) KR 기술고부

2) (주) KR 기술연구소 책임연구원

3) (주) KR 기술연구소 연구원

하고, 지진력 및 풍하중등의 상부구조에 작용하는 횡하중에 대하여도 안전하도록 하여야 한다. 또한 온도 변화에 의한 상부구조의 신축에 대응하고 활하중에 의해 생기는 주형의 회전을 자유롭게 할 수 있어야 한다. 이러한 주요한 기능을 수행하며 교량 안전과 직결되는 교좌장치를 개발하게 된 동기는 첫째, 교좌장치의 작동이 잘되고 있는지 또는 손상의 원인이 무엇인지 등의 점검시 부식정도, 토사, 볼트누락 등의 육안관찰에 의존하므로써 작동여부에 대한 정확한 점검이 이루어지지 못하여 실질적인 점검이 되지 못하고 있다. 이러한 문제점을 해소하기 위하여 자동측정장치에 의한 과학적인 점검체제로 예방 및 적기 보수를 하므로써 안전성 및 손상부 보수에 소요되는 공사비의 절감을 기한다. 둘째, 교좌장치의 손상으로 교체 등 보수공사시 빔 하단부를 잭킹한 상태에서 교좌장치를 보수하고 있으나, 현실적으로 교통을 차단하지 않고 신속한 보수가 이루어져야 하는 실정으로 잭킹 높이에 따른 상부구조의 영향과 적정 잭킹하중 및 보수공사중 잭킹자체가 수평 및 회전변위를 충분히 받도록 하고 최단 시간 내 보수공사를 마무리 할 수 있도록 하여야 한다. 그러나 현재의 시공은 안전성과 관련하여 검토할 때 구조검토, 잭킹장비, 보수시간 등에서 상당부분 미비한 실정이며 특히, PSC빔의 교좌장치 보수공사는 안전성에서 신중을 기하여야하는 구조로서 이에 대한 대책이 절실히 필요한 것이다.

2.1.2 개발 과정

현재 교량보수에 사용되고 있는 일반 유압 Jack은 장시간 사용시 유압이 줄어들고 교좌장치 역할을 하지 못함으로 차량통행은 불가능하다. 또한 손상 상태를 육안으로 점검하므로 정확한 점검이 힘들고 손상이 상당히 진행되어야 문제점을 볼 수 있으며, Jack-up의 기준이 없으므로 현장경험으로 인상하므로 과다 인상 시 단부에 균열 또는 파손이 발생하는 문제점을 파악하여 다음 표 1과 같은 개발 과정을 거쳐 Wedge Jack을 1997년 10월 개발 완료하였다.

표 1 개발 과정

기 간	내 용
1994년 4월	· 성산대교 교좌장치 교체 공사 · FLAT JACK 도입
1995년 1월 ~12월	· 천호대교, 거여대교, 봉정교등서 교좌장치 보수공사를 수행하면서 문제점 분석
1996년 1월 ~12월	· FLAT JACK 개량한 WEDGE JACK 개발 착수
1997년 2월	· PSC 빔교량의 교좌장치 교체시 상부구조물의 안전성 평가에 관한 연구 (최대 인상높이)
1997년 8월	· 자동측정장치 개발완료
1997년 10월	· WEDGE JACK 개발완료

2.2 교좌장치 점검 시스템

2.2.1 개요

시설물 특별관리법에 의거 제 1종 및 제 2종 시설물의 안전점검을 시행하고 있으나, 특히 교좌장치의 점검은 육안점검에 의존하고 있다. 따라서, 교좌장치가 외관상 부식이 심하거나 PSC빔 또는 교각의 상단이 작동불량으로 균열현상이 나타나거나 교좌장치가 잘못설치되는 등의 경우에는 교체공사를

시행하고 외관상 이상이 발견되지 않으면 일상적인 도장작업만 시행하고 있는 실정이다. 따라서, 균열 현상이 나타나기 이전에 사전보수를 시행하기 위하여는 교좌장치 작동여부에 대한 과학적인 DATA에 근거한 점검방법을 구축하여 점검시 작동여부에 대한 과학적인 시스템 확립이 필요한 실정이다. 따라서, 점검시 계측기를 설치하여 작동상태를 다이어그램에 기록하므로써 양호, 불량, 교체등 교좌장치의 보수방법을 결정한 후에 그 자료에 대한 보수설계 및 시공을 함으로써 예산절감 및 안전관리에 기여토록 할 것이다. 개발한 자동측정장치는 일교차에 의한 신축변위 및 활하중에 의한 회전변위를 손쉽게 측정하여 확인할수 있으며, 특히 장기간에 걸쳐 원하는 시간간격으로 각각의 변위량에 대하여 측정할 수 있도록 개발되었다.

2.3 PSC빔 교량의 잭킹 최대인상높이 및 인상력설정

2.3.1 개요

교좌장치의 손상은 상,하부 구조에 악영향을 미치게 하므로 교량안전과 직결되며 특히 교체공사시는 교통이 통행하는 상태에서 잭킹하고 있는 실정으로 안전성에 대한 사전검토가 충분히 이루어져야 하고 작업공간이 좁기 때문에 시공법의 선택에도 충분한 주의가 필요하다. 그러나 현재 유압잭에 의하여 교량을 들어 올리는 경우 잭킹력과 잭킹최대인상 높이를 정한 기준 없이 현장에서 무리하게 경험에 의하여 10mm 이상까지도 인상하는 등 대형 안전사고의 우려가 상존하고 있는 실정이다.

이러한 문제점을 해소하기 위하여 성균관 대학교 토목과 구조연구실과 공동으로 교좌장치 손상이 가장 심하고 잭킹시 안전이 우려되는 PSC빔을 대상으로 잭킹으로 거더를 들어올릴 때 거더와 상부 슬래브에 손상을 주지 않을 정도의 잭킹 최대인상 높이와 잭킹력을 시스템화 하였다.

2.3.2 PSC빔 교량의 유형

과거에 우리나라에 건설된 PSC빔 교량을 유형별로 분류하기에는 무리가 따른다. 특별한 표준안이 없었기 때문에 일정한 규격을 가지고 설계되지 않았기 때문이다. 따라서 교폭, 거더의 수, 거더간의 간격, 슬래브의 두께 및 보도와 난간등에 대한 파라미터등을 모두 수용하여 교량을 분류하는 것은 불가능하다. 그러나, 최근에 들어서 PSC빔이 규격화되어 생산되기 시작했으며 이와 함께 교량의 형식별 표준안이 제시되었다. 건설부가 제정하고 건설연구사가 발행한 標準設計圖集이 1972년에 발행 되었으며, 1980년이 이를 보정한 補訂標準設計圖集을 발행되었다.

본 논문에서는 補訂標準設計圖集에서 제안된 PSC교량을 유형별로 분류하고, 이를 근거로하여 구조해석과 데이터 베이스를 구축하고자 한다. 실제로는 이보다 더 많은 유형이 있을수 있으나 여기서는 제외한다. PSC빔 교량의 유형에서 작용하는 대표적인 변수를 알아보면 다음과 같다.

- (1) 활하중의 종류 (DB-24, DB-18)
- (2) PSC빔의 길이 (15m, 20m, 25m, 30m)
- (3) 교폭(10.5m, 11.0m, 11.5m) - DB-24의 경우, 교폭(10.0m, 10.5m) - DB-18의 경우

따라서, 위의 변수들을 조합하면 PSC빔 교량을 모두 20가지의 유형으로 분류할 수 있다. 각 교량은 모두 5개의 거더를 가지고 있으며, 슬래브의 두께는 DB-18의 경우 18cm이며, DB-24의 경우 18cm, 혹은 20cm로 나뉘어지지만 이는 독립적인 변수로 작용하지는 않는다.

2.3.3 PSC Beam 교량의 교좌장치 교체시 Girder의 최대 인상 높이

PSC Beam 교량은 정형화되어있기 때문에 교좌장치 교체시 Girder에 불리한 영향을 주지 않는 최대 인상높이를 각 변수에 따라 산정하여 일반화하였다. 변수는 하중의 종류 DB18하중과 DB24, Beam의 길이 15~30 m, 슬래브의 폭 10.0m와 10.5m에 대해 총 20종에 대해 최대 인상 높이를 구하여 다음 표 2와 3에 정리하였다.

표 2 DB 18 교량의 경우

NO	BEAM길이	SLAB 폭	최대인상높이
1	15 M	10.0 M	3.913 mm
2		10.5 M	3.917 mm
3	20 M	10.0 M	3.948 mm
4		10.5 M	3.957 mm
5	25 M	10.0 M	3.958 mm
6		10.5 M	3.221 mm
7	30 M	10.0 M	4.148 mm
8		10.5 M	3.799 mm

표 3 DB24교량의 경우

NO	BEAM길이	SLAB 폭	최대인상높이
1	15 M	10.5 M	3.935 mm
2		11.0 M	4.260 mm
3		11.5 M	4.260 mm
4	20 M	10.5 M	3.955 mm
5		11.0 M	3.837 mm
6		11.5 M	3.423 mm
7	25 M	10.5 M	4.429 mm
8		11.0 M	4.656 mm
9		11.5 M	4.841 mm
10	30 M	10.5 M	4.635 mm
11		11.0 M	3.898 mm
12		11.5 M	3.491 mm

2.3.4 PSC Beam 교량의 교좌장치 교체시 Jacking Force

최대 인상높이 산정에서와 같이 교좌장치 교체시 Girder에 불리한 영향을 주지 않는 Jacking Force 를 각 변수에 따라 산정하여 일반화하였다. 변수는 하중의 종류 DB18하중과 DB24, Beam의 길이 15m~30 m, 슬래브의 폭 10.0m ~11.5m에 대해 총 20종에 대해 Jacking Force를 구하여 다음 표 4와 5에 정리하였으며 지점 반력은 사하중 활하중 충격하중만 고려하였다.

표 4 DB 18 교량의 경우

NO	BEAM길이	SLAB 폭	지점반력 (ton)	인상력 (ton)
1	15 M	10.0 M	40.03	61.3
2		10.5 M	41.57	63
3	20 M	10.0 M	50.06	92
4		10.5 M	51.15	94
5	25 M	10.0 M	70.1	130.7
6		10.5 M	71.82	135
7	30 M	10.0 M	90.55	154.3
8		10.5 M	93.01	154.3

표 5 DB 24 교량의 경우

NO	BEAM길이	SLAB 폭	지점반력 (ton)	인상력 (ton)
1	15 M	10.5 M	49.37	63.6
2		11.0 M	51.96	68.4
3		11.5 M	52.59	68.4
4	20 M	10.5 M	64.1	96.1
5		11.0 M	67.24	102.3
6		11.5 M	70	106.3
7	25 M	10.5 M	80.52	132.8
8		11.0 M	82.4	135.5
9		11.5 M	87.08	138.7
10	30 M	10.5 M	101.52	157.2
11		11.0 M	104.93	157.2
12		11.5 M	109.2	154

2.4 Wedge Jack

2.4.1 개요

교좌장치교체는 장시간 잭킹상태에서 시공이 이루어져야 하므로 특히 안전과 관련하여 상부교통 통과여부, 잭장비의 성능, 시공기간의 단축등을 충분히 고려하여야 한다. 그러나 대부분 교좌장치 교체공사시 교통차단 없이 시행되고 있으며 일반 잭의 경우 미세한 유압의 빠짐 현상이 있기 때문에 대형사고의 위험성이 상존하고 있다.

이러한 문제점에 대한 대책방안으로 잭킹상태에서 온도차에 의한 수축팽창변위 및 차량통과에 의한 충격, 회전변위를 흡수하고, 형하의 좁은 공간(평균95mm=75TON)에 설치가능하고 교각 콘크리트강도 보다 적은 지압강도를 받으며 100% 유압이 빠지지 않고 JACK UP & DOWN시 미세량(0.1mm)조정이 가능한 WEDGE JACK을 개발하게 되었다.

2.4.2 Wedge Jack의 기능

Wedge Jack은 크게 3가지의 기능을 갖고 있다. 첫째, Sliding 기능으로서 그림 1의 5번 Rubber 뒷면은 PTFE이며, 6번은 스텐레스로서, 온도차에 의한 교량의 신축 거동에 따라 Sliding기능을 한다. 둘째, 충격흡수 기능으로서 그림 1의 5번은 Rubber로서 충격을 흡수할 수 있는 기능을 갖는다. 끝으로 안전장치 기능으로서 7번은 Stopper Plate로서 Jack up 후 삽입하여 유압의 빠짐 현상을 방지해주는 안전장치 기능을 갖는다.

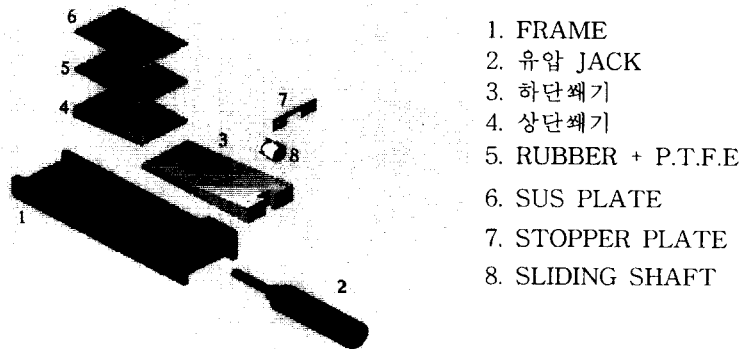


그림 1 Wedge Jack

2.4.3 일반 Jack과 Wedge Jack 비교

동일한 능력을 갖는 원통형 모양의 일반 유압 Jack은 개량된 Wedge Jack에 비해 높이를 낮추고자 하였으며 다음과 같은 차이가 있다.

일반 유압 Jack은 유압으로 하중을 지탱하므로 장기간의 교좌장치 기능을 하지 못하는 반면 PTFE 마찰판과 고무 Pad가 사용되어 이동, 회전이 가능한 Wedge Jack은 교좌장치 기능을 할 수 있다. 또한, 일반 유압 Jack와 Wedge Jack은 각각 인상 후 유압의 힘만으로 지지하여 유압이 미세하게 빠질 위험이 있으나 인상 후 유압을 완전히 제거하여 상재하중을 썰기가 대신 받아주므로써 안전하며 이때 미세조절이 가능한 Jacking 최대 인상높이 및 인상력을 사전에 설정할 수 있다.

유압 Jack과 Wedge Jack의 각각의 장점은 구입과 운반이 용이한 반면, 협소한 공간에서 작업이 가능하고 지압면적이 크며 교좌장치 작동여부에 대한 과학적인 점검 System이 확립되어 있다는 장점이 있다. 각각의 단점으로서 전자는 협소한 공간에서 작업이 어렵고 지압면적이 작으며 교좌장치의 기능 역할을 하지 못하고 후자는 중량이 다소 크며 비용면에서 10%정도 비싸다.



그림 2 일반 유압 Jack

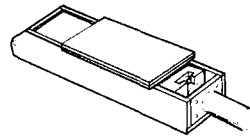


그림 3 Wedge Jack

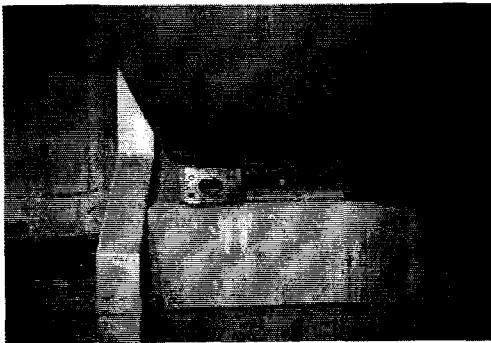


그림 4 Cylinder 제거 후의 Wedge Jack



그림 5 Wedge Jack 설치

3. 결과 및 고찰

PSC빔 교량의 안전하게 잭킹할 수 있는 잭킹 최대인상높이 및 잭킹력의 기준을 정하여 시스템화 하였다. Jack up 시스템에서는 DB 18 교량의 경우 최대 4.148mm, 최소 3.221mm 이상 Jack up시 상부 구조물의 영향을 미치는 것으로 평가되었고, DB 24 교량의 경우 최대 4.656mm, 최소 3.491mm 이상 Jack up시 상부구조물의 영향을 미치는 것으로 평가되었다.

각 거더별 최대 JACK UP 기준량을 시스템화 하므로써 안전하게 JACK UP 할 수 있다. Jacking Force 시스템에서는 PSC빔 교량의 지점반력을 기준 Jackign Force를 결정하였으나 Jack up시 영향등으로 인상력(jacking force)이 크게 나타나므로 최소 인상력을 기준하여 Jack up하여야 안전하게 시공이 이루어질 수 있다.

참고문헌

- 1) 橋梁補修・補強の 新技術, 建設圖書, 1994.
- 2) 日本土木學會, 콘크리트 標準示方書(規準集), 1996.
- 3) Fisher, J. W., "Fatigue and Fracture in Steel Bridge", John Wiley & Sons, pp. 42~60, 1984.
- 4) Miki, C., Mori, T., Tuda, S. and Sakamoto, K. "Retrofitting Fatigue-Cracked Joints by TIG Arc Remelting, 土木學會論文集, No. 380, 1987. 4.
- 5) 대한토목학회, 콘크리트 표준시방서, 1996.