

곡선교, 사교의 Bearing설계, 시공 및 보수방법

[군자하단 I/C교]

이기홍 / 토목기술부 대리

일

반적인 교량, 곡선교, 사교의 Bearing 설계방법과 군자하단 I/C교의 Bearing설계 및 시공 시의 오류 그리고 Bearing의 보수, 보강방법에 대하여 기술한다.

Bearing 설계방법

1. 교량구조와 Bearing배치

Bearing배치를 결정할 때에는 교량 상 · 하부 구조의 특성을 고려하고 상부구조의 하중을 하부구조에 원활히 전달하여야 하며, 또한 상부구조의 움직임을 구속하면 교량 전체의 경제성을 높일 수 있고 구조상의 문제점이 해소되나 이와같은 경우에는 Bearing본체 및 상 · 하부 구조에 발생하는 구속력에 대해서 안전성을 조사하여야 한다.

교량설계시 컴퓨터 사용기술이 날이 진전되고, 구조해석시 엄밀한 지점조건의 설정이 이루어지므로 Bearing배치, 형식선정에 있어서는 해석시 가정한 지점조건의 상황을 만족시키고 상 · 하부 구조의 설계조건을 구체적으로 만족시킬 수 있어야 한다.

Bearing배치에 관해서는 평면, 측면, 횡단골조 형상, 지점반력의 종류(정반력, 부반력), 이동, 회전방향, 고정, 가동 Bearing의 위치 등에 유

의하여야 한다.

2) 동일 Bearing선상의 Bearing 회전중심

1) 고정 Bearing의 위치

고정 Bearing은 교량신축의 원점인 동시에 수평력을 하부구조에 전달하는 지점으로 중요한 기능을 갖고 있다. 또한 위치선정은 하부구조를 포함한 교량 전체의 경제성, 구조 특성 및 경관 등을 좌우하는 요인의 하나로 지형조건, 상 · 하부 구조의 지지조건 등 전체적인 검토후 결정하여야 한다.

고정 Bearing의 위치는 다음과 같은 사항을 고려하여 결정한다.

- 교량 전체의 경제성

- 수평반력을 취하기 쉬운 지점

- 사하중반력이 큰 지점

- 가동 Bearing의 이동량을 보다

작게 하는 지점

- 경사진 교량인 경우에는 낮은 쪽의 지점

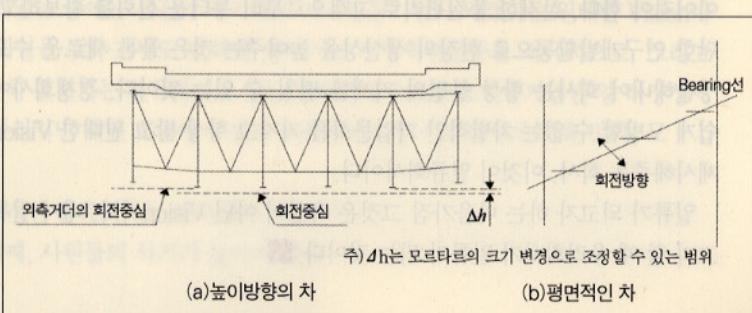
동일 Bearing선상에 있어서는 각 Bearing의 회전중심이 일직선상에

있도록 하는 것이 바람직하며, (그림 1)-(a)에서는 높은 쪽으로, (b)에서는 평면으로 회전중심이 다른 예를 나타낸 것이다. 여기서, 상부구조에 따라서 회전변위차에 대응하는 구속력이 무시할 수 없게 되는 경우가 있으므로 (a)에서는 Bearing부 모르타르의 높이를 변화시켜 회전중심의 높이를 동일하게 하고, (b)에서는 Pin의 방향을 변화시켜 일직선상으로 향하도록 한다.

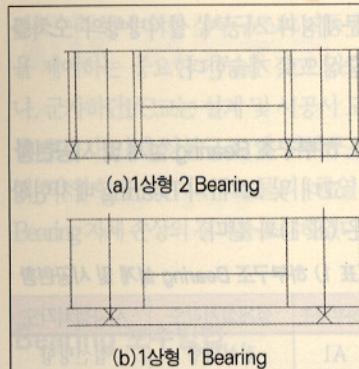
3)부반력발생을 방지하는 Bearing 배치

지점에 부반력이 발생하는 구조는

Bearing 상부구조에 예상치 못한 응력이 발생한다. 즉, 가능한 한 부반



(그림 1) 회전변위차가 발생하는 경우



(그림 2)

력이 발생하지 않는 구조를 계획해야 하며 예로 다음과 같은 방법이 있다.

- 상형거더교에는 1상형 1 Bearing 형식으로 한다.(그림 2-(b))
- 지점위치를 이동시켜 Outleager 방식을 이용하는 방법(그림 3)
- Counterweight를 이용하는 방법

4) 반력분산 Bearing

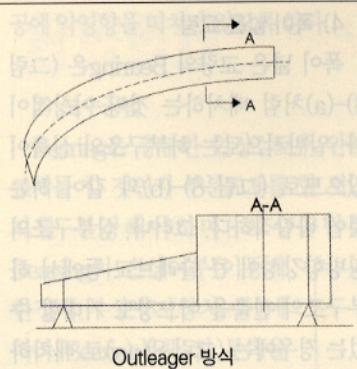
다경간 연속거더교에 있어서는 다수의 교각에 수평력을 분산시키는 것이 내진시 유리하며, 수평력을 분산시키는 방법으로는 다각고정방식, 강재의 탄성변형을 이용한 구조, 고무 Bearing을 이용한 구조 및 점성이 있는 재료를 이용한 구조 등이 있다.

어떤 경우에도 설계대로의 기능을 발휘할 수 있도록 내구성, 경제성 및 시공성을 고려한 Bearing형식을 결정하여야 한다.

2. 기타 형식의 교량

1) 곡선교 및 사교

곡선교와 횡강성이 큰 사교는 가동 Bearing의 이동방향과 회전방향이 일



(그림 3)

치하지 않으므로, 곡선교에서는 (그림 4)와 같이 이동방향을 고정 Bearing과 연결하는 방향(현방향)으로 하며, 회전방향은 거더에 직각이 되도록 설계한다.

사교에서는 (그림 6)에 나타난 것과 같이 거동한다고 보면, 이동방향과 회전방향 양자를 만족하는 Bearing형식을 선정하는 것이 바람직하다.

평면선형이 크게 변하거나, 가동 Bearing부에 있어서 거더단부에 엇갈림이 발생할 경우 신축장치, 낙교방지

장치 등에 악영향을 미치게 되므로 거더의 접선방향으로 Bearing의 이동방향을 정하고, 횡방향구속력에 견디도록 Bearing을 설계한다.

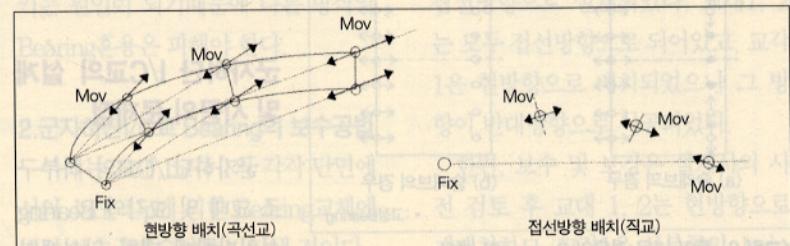
또한, 온도변화에 수반하는 횡방향구속력이 상하구조에 미치는 영향을 충분히 고려함과 동시에 Bearing부에서는 횡방향력을 받는 면에 윤활재를 이용하는 등 Bearing부의 구조에도 세심한 주의가 필요하다.

2) 절곡거더교

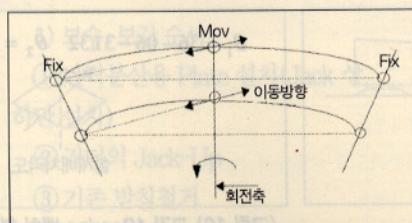
중간지점상에서 주거더가 구부러진 연속거더형식의 Bearing배치는 이동방향을 고정 Bearing과 연결하는 방향(현방향)으로 하고 회전방향은 (그림 7)에 나타난 구부러진 각의 2등분방향으로 하는 것이 좋다. 이와같은 Bearing배치로 하면 좌, 우거더의 회전에 따른 구속력을 감소시킬 수 있다.

3) 슬래브교 및 상형거더교

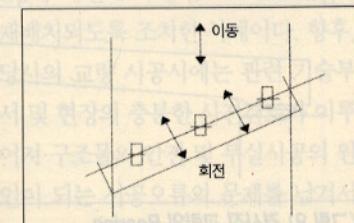
슬래브교와 상형거더교와 같이 횡



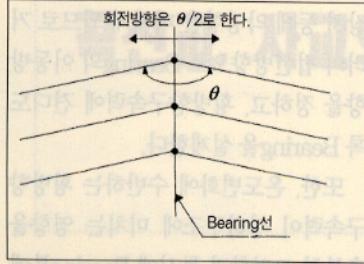
(그림 4) 곡선교 및 직교의 신축방향



(그림 5) 곡선교의 이동방향과 회전방향

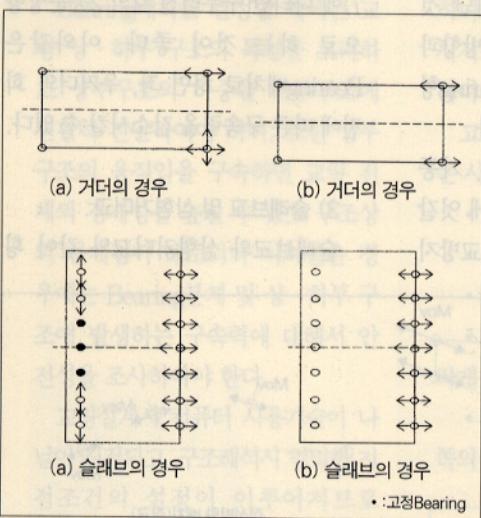


(그림 6) 사교의 이동방향과 회전방향



(그림 7) 절곡거더교의 회전방향

방향강성이 큰 경우에는 시공오차 등에 따라 Bearing설계시의 지점반력이 작용하지 않은 경우도 있다. 따라서, 슬래브교에서는 될 수 있는 한 Bearing수를 적게하고, 다주거더별령 상형교에서는 1상형 1 Bearing을 채택하며, 각 Bearing의 반력분포가 명확하게 되도록 배치한다.



(그림 8) 폭이 넓은 경우의 Bearing의 배치

4) 폭이 넓은 교량

폭이 넓은 교량의 Bearing은 (그림 8)-(a)처럼 배치하는 것이 이상적이나, 일반적으로는 하부구조의 신축이 있으므로 (그림 8)-(b)와 같이 하는 것이 바람직하다. 그러나, 상부구조의 횡방향강성이 큰 슬래브교 등에서 하부구조의 신축을 어느정도 기대할 수 없는 경우에는 (그림 8)-(a)로 배치하는 것이 바람직하다.

문제점과 시공시 설치방향의 오차를 중심으로 기술한다.

1. 하부구조 Bearing 설계 및 시공현황

교대 및 교각1의 Bearing 배치현황은 (표 1)과 같다.

(표 1) 하부구조 Bearing 설계 및 시공현황

하부구조	설계설치각도	시공설치각도
A1	접선방향	접선방향
P1	$\theta = 36-06-31.32$	$\theta = 32-54-18.87$
A2	접선방향	접선방향

5) 경사진 교량

교량이 종단상으로 경사진 경우 Bearing은 (그림 9)와 같이 수평으로 배치하며, 이는 반력이 연직으로 전달되도록 함이다. 그러나, 부득이 경사시

켜야 할 경우에는 경사배치에 따라 발생되는 수평력의 영향을 설계 및 시공에 충분히 고려해야 한다. 특히, 이 경우 종단구배상 낮은 쪽에 고정Bearing을 설치하는 것이 일반적이다.

1) 교대의 Bearing설치
교대의 Bearing 배치각도가 설계 및 시공 모두 접선방향으로 되어 있으나, 해당 교량이 곡선교인 점을 감안하면 배치각도는 현방향으로 설계되었어야 하며, 부반력방지용 Anchor Bolt도 현방향으로 배치되었어야 한다.

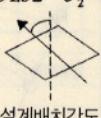
2) 교각의 Bearing설치
교각 1은 Bearing의 배치방향이 현방향으로 설계되었으나, 시공시 설계와 반대방향의 현방향으로 설치되었다.(그림 10 참조)

군자하단 I/C교의 설계 및 시공의 문제점

군자하단I/C교의 하부구조 교대 및 교각의 Bearing 설치방향에 대한 원설계의

2. 설계 및 시공오류에 따른 문제점

교량구조 가운데 Bearing은 상부구조의 하중을 하부구조에 원활히 전달해야 하며, 온도변화, 콘크리트의 크리프,



$$\theta_1 = 36-06-31.32 \quad \theta_2 = 36-06-33.68$$

$$\theta = -32-54-18.87$$



(그림 9) 경사진 교량의 Bearing

(그림 10) 교각 1 Bearing 배치 현황

건조수축 등에 의한 상부구조의 이동량을 제어하는 중요한 기능을 갖고 있으나, 군자하단/C교는 설계 및 시공시 모두 오류가 있어 상부구조 및 하부구조에 악영향을 미쳐 구조물의 균열, Bearing 자체 손상의 결과를 초래하였다.

Bearing 보수방법

1. Bearing 보수, 보강

1) 보수공사시의 점검사항

Bearing보수는 좁은 공간에서, 단시간에 이루어지는 경우가 많다. 이런 제약조건에서 안전하고 확실한 보수를 수행토록 하기 위해서는 보수공법 및 시공장비의 선택 등 사전에 충분한 검토가 필요하다. 즉, 계획단계시 Bearing의 변형부위, 변형정도 등의 파악 뿐만아니라 주변환경에의 영향, 교통의 영향, 시공공간, 교량의 형식과 구조 등에 대해서도 충분한 검토후 적절한 보수공법을 선정해야 한다.

(1) 교통에의 영향

상부공의 하중을 지지하는 Bearing 본체의 교환, Bearing콘크리트 및 무수축모르타르의 보수를 실시할 경우에는 상부공을 Jack-Up 해야 하므로 교통통제가 필요하다. 특히 단기간 작업의 경우에는 교통량이 적은 날을 선정하여 교통에 미치는 영향을 최소로 한다.

(2) Jack-Up

반력이 넓게 분산되도록 배려함과 동시에 교각 상단 콘크리트 연단을 파괴시키지 않도록 해야한다. Jack-Up시 상부공을 균등하게 지지하지 못할 경우 상부 슬래브의 균열원인이 되고, Jack-Down시에도 균형을 유지하면서 상부

공에 악영향을 미치지 않도록 한다.

2) 보수공법

Bearing은 충분한 현장검토후 완전교체를 할 것인지 부분교체를 할 것인지를 결정해야 하며, 보수공법은 Bearing의 손상여부(이동제한장치, 부상방지장치 등)에 따라 Bearing본체 및 부속을 완전교체 또는 일부를 교체하는 방법과, 용접에 의한 손상부의 보수와 상·하부 구조의 보수, 보강으로 나눌 수 있다. 또한 교체된 Bearing의 형식이 다르게 되면 회전중심 위치, 마찰계수 등이 다르고, 상·하부 구조에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있으므로 교체되는 Bearing은 기존의 Bearing과 같은 형식을 취한다. 동일 Bearing선상에 다른 형식을 사용하면 회전중심위치, 마찰계수의 상이함에 따라 상·하부 구조에 측정 불가능한 구속력을 발생시키는 원인이 되기때문에 다른 형식의 Bearing혼용은 피해야 한다.

2. 군자하단/C교 Bearing의 보수공법

아래는 교대, 교각 1의 각각 단면에 서의 Jack-Up에 의한 Bearing교체에 대한 보수공법순서를 나타낸 것이다.

1) 보수, 보강 순서

- ① 반력분산용 Plate 설치(Jack 상, 하단 설치)
- ② 거더의 Jack-Up
- ③ 기존 받침철거
- ④ Anchor-Bolt 절단

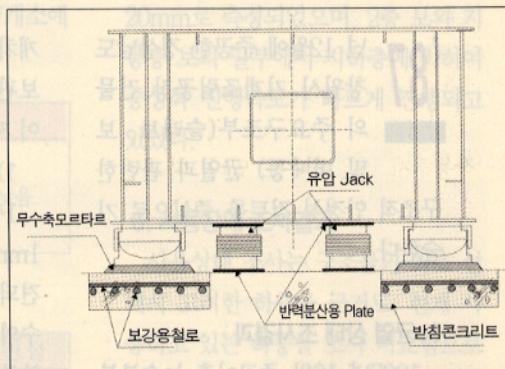
⑤ 받침보강 철근조립

⑥ 받침콘크리트 타설 및 양생

⑦ 새로운 받침설치(현방향 배치)

⑧ 무수축모르타르 타설 및 양생

2) 시공상세도



(그림 11) 시공상세도

결론

군자하단/C교 Bearing배치는 설계시 본 교량이 Ramp교인 곡선교인 점을 고려할 때 고정단을 중심으로 한 현방향을 기준으로 배치해야 했으나 접선방향으로 설계되었다. 교대1, 2는 모두 접선방향으로 되어있고, 교각1은 현방향으로 배치되었으나 그 방향이 반대방향으로 시공되었다.

한편, 보수 및 보강은 설계사의 사전 검토 후 교대 1, 2는 현방향으로 재배치하고, 교각1은 상부공의 Jack-Up에 의한 보수공법으로 Bearing이 재배치되도록 조치한 사례이다. 향후, 당시의 교량 시공시에는 관련 기술부서 및 현장의 충분한 사전검토가 이루어져 구조물의 안전 및 부실시공의 원인이 되는 시공오류의 문제를 남겨서는 안 될 것이다. **ss**