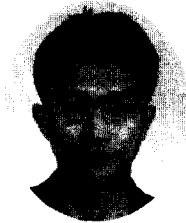


P.C. Beam을 이용한 일체식교대 교량의 설계 및 시공

A Design and Construction of Integral Abutment Bridge using Precast Concrete Prestressed Beam



박종면*



이재혁**



유성근***

1. 서론

교량 구조물의 유지관리 측면에서 많은 주의를 요하는 부분중 바닥판 신축이음부의 파손과 관련하여 발생하는 구조물의 손상은 유지관리 기술자들에게 오랜 기간에 걸쳐서 매우 큰 문제로 대두되고 있는 실정이다. 상부구조의 온도 및 습도 등의 외적 환경 조건변화에 대한 신축변위를 처리하기 위한 방안으로써 사용되는 신축이음부는 교량의 구조역학적인 측면에서 필수 구성요소로 인식되고 있다. 그러나 신축이음부의 구조적 역할을 고려 할 경우, 많은 교량 구성요소중 이동장치계(Movable System)에 해당하는 부분이므로 설계 및 시공시 실제적 거동을 정확히 예측하여 적용형식의 합리적 선택과 이에 따른 정

밀 시공이 요구되는 매우 중요한 부분이다. 또한 교량구조물의 전체적인 거동에 있어서 신축이음부의 작동원리는 베어링부와 더불어서 기계요소적인 작동 개념이 나타나게 되므로 교량구조물의 거시적 거동을 주시하는 관점(Holistic View)과 더불어서 해당 부재요소의 작동원리를 고려한 관점(Elementalistic View)을 이해하여 전체구조계의 거동을 합리적이고 조화를 이룰 수 있는 설계, 시공이 절대적으로 필요하나 현실적으로 국내 실정을 고려시 이에 대한 관련 기술자들의 인식이 부족하며 해당기술에 대한 개선 및 연구개발에 대한 인식이 상대적으로 미진한 상태로 판단된다.

신축이음부에 발생하는 손상은 대부분의 경우, 차량 주행성 저하 및 충격하중 증대와 같이 직접적 영향

* 동아건설산업(주) 기술연구소 연구원
 ** 동아건설산업(주) 기술연구소 주임연구원
 *** 동아건설산업(주) 기술연구소 책임연구원

과 더불어 손상부위를 통하여 누수되는 오염수 등에 의한 교좌장치부의 부식으로 인하여 베어링의 작동불량과 교좌부의 파손 및 열화 등의 간접영향에 의하여 교량구조체에 심각한 영향을 미치는 경우가 빈번히 발생하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 기술적 방안으로 신축이음부의 성능 개선 및 사용수량을 최소화하는 방안이 제시 되어 현재 시행되고 있으나 보다 적극적인 문제해결 방안으로 신축이음부와 교좌장치를 제거하는 방안이 고려되고 있으며 기술적인 타당성과 그에대한 검증이 된다면 교량의 안전성을 확보 뿐만 아니라 건설 및 유지관리 비용을 고려시 경제적 측면에서도 매우 바람직하다고 할 수 있다.

위와 같은 다수의 문제점들은 교량 설계, 시공 및 유지관리 관련 기술자 모두가 인지하고 있는 것이며 현재 활용중인 사례로서 국내의 경우 P.C.Beam 교량의 지점부 연속화, 최근의 신공법을 적용한 P·C Box 및 Steel 교량의 건설사례 등을 통하여 교량 상부구조에 필요한 신축이음부의 수를 최소화하는 공법이 매우 활발히 적용되고 있음을 통하여 확인된다. 특히 미국의 경우는 중·소 교량의 건설시 상부구조와 교대를 일체화하여 교대부의 신축이음부를 제거하고 발생하는 상부구조의 온도신축 이동량을 교대부의 파일기초를 이용하여 처리하는 일체식교대 교량(Integral Abutment Bridge)이 매우 오래전 부터 실무적용되어 그 성능의 우수성을 인정 받고있다. 당사와 한국도로공사는 이미 언급한바와 같은 문제를 기술적으로 해결하기 위하여 교대부의 신축이음장치와 베어링을 제거한 일체식교대 교량을 활발히 연구중에 있으며 현재 기본설계 및 실시설계가 완료

되어 현장적용중에 있다.

본 내용에서는 현재까지 수행된 기본 및 실시설계를 중심으로 일체식교대 교량의 구조시스템과 시공법상 일반 조인트 교량의 상이점을 간단히 소개하고자 한다.

2. 일체식교대 교량의 구조형식

일체식교대 교량의 구조형식은 일반적으로 교량의 기본적 구성요소로 인식되는 교대부 신축이음장치와 교좌장치를 교량구조체에서 제거한 교량형식을 의미한다. 그림1 에서와 같이 일반조인트 교량은 교대부에 상부구조의 온도신축변위를 처리 할 수 있도록 신축이음장치와 상부거더를 지지하는 베어링장치가 설치된다. 이 장치들은 위에서 서술한 것과 같이 교량 유지관리상 상당히 불리한 요소로 작용되고 있다. 이러한 일반교량의 단점을 해결하기 위한 교량형식이 그림2와 같이 교대부의 신축이음장치와 베어링을 제거하여 상부구조와 교대를 연결시공한 일체식 교대이다. 일체식교대 교량은 상부구조와 교대사이에 신축이음장치를 제거한 교량으로서 신축이음장치의 파손과 이를 통한 누수로 발생하는 구조물의 손상을 최소화 할 수 있는 장점이 있다. 그러나 상부구조의 신축변위는 상부구조와 교대가 일체시공 되어 있으므로 이를 처리하기 위하여 교대 파일 기초의 설계 및 시공법이 일반교량과는 매우 상이하다. 일반조인트 교량에서의 교대는 변위를 허용치 않는 고정점이므로 다열 혹은 경사 파일 사용이 필요하다. 하지만 일체식교대 교량에서는 상부구조의 변위량을 파일 기

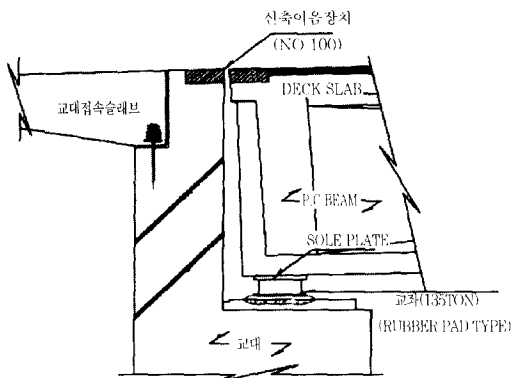


그림 1 일반조인트 교량의 교대부(변경전)

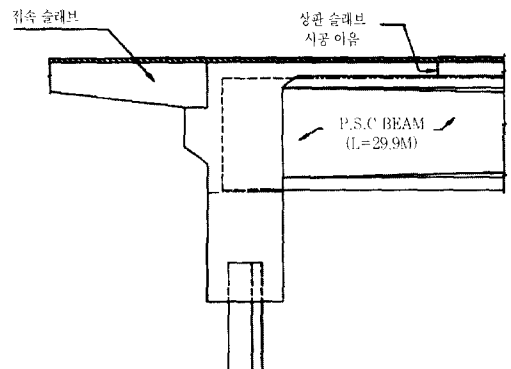


그림 2 일체식교대 교량의 교대부(변경후)

초부의 변위로 흡수 처리하기 위하여 파일의 유연성을 최대한 활용하는 방안이 필요하기 때문에 일렬파일 시공이 요구되며 파일기초에 사용되는 재료 또한 변위량을 흡수 할 수 있도록 강재 H파일이 주로 사용된다. 또한 일체식교대 교량에서는 기존의 설계개념과는 상당히 다르게 교대가 상부거더의 온도신축에 의해 교대 배면쪽으로 이동하게되므로 그 수동토압 저항을 최소화 하기 위하여 교대단면이 축소되고, 교대변위로 인한 수동토압을 저감하기 위하여 교대 뒷채움재료도 일반교량 뒷채움재와 비교시 엄격한 품질관리를 요구하는 재료가 사용된다. 그림1과 2는 일반교량과 일체식교대 교량의 교대, 상부구조와 접속슬라브의 연결상세에 대한 이해를 돕기 위하여 현재 시공중인 대전~통영간 고속도로 건설공사 13공구(P.C.BEAM 3경간 연속교)의 원설계 교량과 일체식교대 교량의 설계내용이다.

3. 일체식교대 교량의 구조거동

일반조인트 교량의 경우 온도 및 습도변화 등으로 발생하는 신축에 의한 상부구조의 수평변위는 베어링과 신축이음부의 설치로 처리되도록 설계, 시공된다. 그러나 일체식교대 교량의 경우, 상부구조의 신축변위에 대한 전체 교량 구조물은 그림3과 같이 거동한다는 가정에 기초하고 있다. 즉, 온도신축변위는 교대파일의 유연성을 이용하는 동시에 접속슬라브와 완충슬라브사이 에 위치하는 Cyclic Control Joint로 흡수하게 된다.

일체식교대 교량과 벽체식 교대와 교대 베어링 및 신축이음장치를 이용한 일반조인트 교량의 구조거동

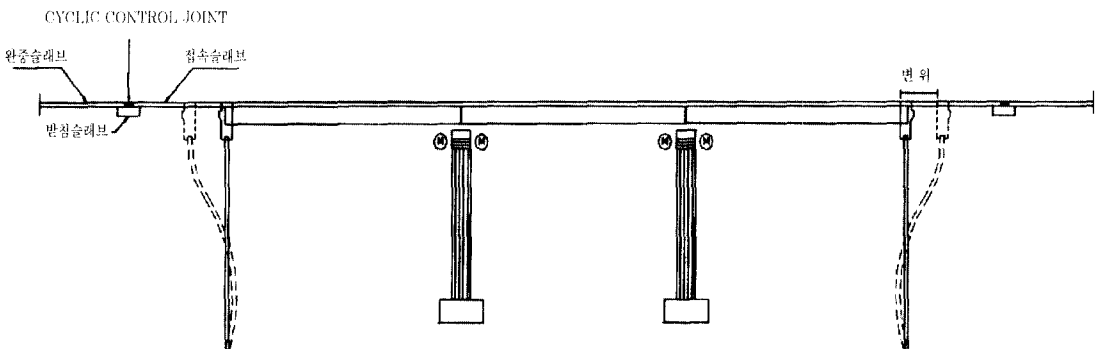


그림 3 일체식교대 교량의 구조거동

을 비교시 다음과 같은 특성이 고려 되어야한다.

- 1) 상부구조와 교대 연결부에 발생하는 Rahmen 거동
- 2) 교대 파일 Caping부 내에 발생하는 교대의 회전거동(특히 활하중과 온도하중에 대하여)
- 3) 교대 배면부에 발생가능한 수동토압에 대한 구조거동
- 4) 교대 파일부의 수평변위 및 소성거동
- 5) 교대와 연결시공된 접속슬라브 끝단의 Cyclic 변위거동처리

4. 일체식교대 교량의 특성

위와같은 다양한 특성을 가진 일체식교대 교량은 일반 교량과 비교시 공법적용의 이점이 시공후 유지관리 분야에만 국한 된 것이 아니라 설계 및 시공과정에서 또한 다양하게 존재하므로 각종의 조건을 비교 검토하여 그적용을 결정 할 경우 경제적이고 합리적인 공사를 시행 할 수 있으며 아래의 장점은 비교대상 구조물에 대하여 가변적이기는 하나 현재까지 설계 및 시공 실무적용을 통하여 밝혀진 항목에 대한 기술적 내용이다.

4.1 일체식교대 교량의 장점

- 1) 설계의 단순성 :

연속교 형식의 일체식교대 교량의 교각이 상부구조와 일체로된 일렬파일로 지지되거나 혹은 교각이 상부구조와 이동(Movable) 베어링으로 분리되어 있는 경우에는 설계를 위한 구조해석수행시 일체식교대 교량은 1개의 수평부재와 2개 혹은 그 이상의

수직부재를 갖는 뼈대 구조물(Frame)로 이상화한 구조해석이 가능하다. 즉, 뼈대 구조물의 해석을 위한 강성계수 및 분배계수를 산정시, 수직부재는 수평부재와 비교시 매우 유연하기 때문에 수평부재를 일 반지점을 가진 보로 가정한 해석을 실무에 적용할 수 있다. 결과적으로 교대 연결부의 연속부재를 제외하고는 수직하중에 대한 뼈대구조 해석효과(Frame Action)를 무시하여도 된다. 교대지점에서 상부구조와의 연결부는 2차응력(Secondary Effect : 건조수축, 크리프, 수동토압등)을 고려하여 설계를 실시하고, 교대부는 수동토압에 저항하도록 설계를 실시한다. 교각설계에 있어서 교각이 상부구조와 이동 베어링으로 분리되어 있는 경우에는 수평하중은 교대가 전적으로 부담함으로써 상부구조와의 연결시 수평하중에 의한 모멘트를 고려 할 필요가 없다. 그러므로 일체식교대 교량의 교각은 대부분의 경우 수직하중에 대한 설계를 실시하면 된다.

2) 바닥판 신축이음부의 제거

일체식교대 교량의 가장 큰 특이성은 상부 바닥판의 신축이음부가 존재하지 않는다는 점이다. 이러한 특성의 이점을 충분히 이해하기 위해서는 신축이음부와 교량손상과 관련된 일반적인 손상 mechanism에 대한 이해가 필요하며 그 원인은 대부분의 경우 실제 상황을 충분히 고려하지 않은 설계 및 부실한 시공에 존재함을 인식하여야 한다. 대부분의 경우 파손된 신축이음부는 제설제등으로 오염물질을 통과하게 되며 이는 교좌부에 광범위한 손상을 유발한다. 또한 신축이음부는 접속슬래브의 온도신축으로 발생하는 하중에 매우 취약하다. 접속 슬래브 부위는 온도 상승에 따라서 팽창을 하게되며 이러한 변위는 신축이음부의 유격을 감소시키며 일단 유격이 사라지게 되면 계속하여 증대되는 압력은 교대배면과 교좌 위치에 균열을 발생시킨다. 그러므로 이러한 피해를 줄이기 위하여는 설계 및 시공중 각별한 주의를 필요하게되나 국내의 현실은 아직 완벽한 신축이음부의 설계 및 시공이 유지관리를 고려시 아직 미흡한 상태이다. 그러므로 신축이음부의 제거를 통하여 다양한 이점을 동시에 확보 할 수 있으며 부가적으로 도로 사용자에게는 보다 좋은 사용성을 제공 할 수 있다.

3) 시공기간의 단축

▶ 성토설치 : 대형 토공장비와 다짐장비를 사용하여 교대 성토부를 빠른 시일안에 축조 할 수 있다. 즉 기능 작업인력의 필요성이 거의 요구되지 않는다.

▶ 굴착의 최소화 : 교대의 위치에서 파일관입을 위한 굴착깊이는 60-90cm를 초과 할 필요가 없다.

▶ 수직파일 : 교대의 경우 일정간격으로 일렬 파일 공사를 실시하게 되므로 상대적으로 다열 혹은 경사 파일시공 등을 필요로 일반 교량의 파일공사와 비교시 시공기간의 단축이 보장된다.

▶ 단순한 거푸집 : 교각과 교대의 두부는 주로 사각 형상을 가지므로 빠른 시공이 실시 될 수 있다.

▶ 시공이음의 최소화 : 일체식교대 교량의 경우는 시공 조인트의 수를 줄이거나 제거 할 수 있다. 그 결과로 적은 횡수의 콘크리트 타설 및 양생기간을 요하게된다. 일반적으로 일체식교대 교량의 경우는 4회의 콘크리트 타설을 요하며, 파일두부 위치, 연결부 연속처리, 바닥판, 접속 슬래브 공사의 경우 각 1일을 필요하게 된다. 단기간 일체식교대 교량의 경우는 콘크리트 타설에는 이들의 공사 기일을 요하며 둘째날의 경우는 독립적인 접속 슬래브의 타설을 실시한다. 일반 교량의 콘크리트 타설시 4-5일을 요하는 기간 및 이후의 양기간을 비교 할 경우 매우 큰 차이가 나타나는 것을 알 수 있다.

▶ 부재 요소의 최소화 : 고정, 이동베어링과 바닥판 조인트의 부속물이 필요 없으며 따라서 부속물의 설치까지 걸리는 시간을 생략 할 수 있다.

▶ 큰 허용시공오차 : 일반교량의 정밀 시공과 교도 기능작업이 많이 요구되는 베어링 설치 작업 등이 일체식 교대 교량에서는 필요치 않으며 높이, 경사, 교좌위치의 확보 등은 일반 교량 건설과 비교시 정밀작업의 필요성이 감소된다.

▶ 단순한 교좌 위치 : 교량 시공작업 중, 상당수의 인력을 요하는 공사부분을 생략 할 수 있다. 실제로

탄성받침을 설치하는 PC Beam의 하중 면은 교량의 횡방향 기울기 및 종방향 기울기, 프리스트레싱에 의한 Camber를 맞추기 위하여 보의 하면, 베어링의 밑면, 교좌위치 등에 대하여 기하학적인 불규칙성을 만족하기 위한 작업이 필요하다. 그러나 이러한 모든 작업을 수행 한 후에도 시공조건을 만족시키지 못하여 기움재등을 이용하여 문제를 해결하는 경우가 많다. 일체식교대 교량의 경우는 교좌의 설치 위치에 대한 허용오차 범위가 크므로 위와 같은 작업이 간소화 된다.

4) 스펠 비율의 넓은 선택 범위

일반적으로 단부지간과 중앙지간의 비율(L_e/L_c)은 대부분의 연속교량에서 0.75~0.8정도에서 합리적이고 시공안전성과 경제성을 확보 할 수 있다. 그러나 때로는 위의값보다 작은 값의 사용이 요구된다. 예로서 0.6의 비율을 필히 적용하여야 되는 조인트 교량의 경우는 콘크리트 타설시의 보의 상승을 방지하기 위한 조치가 필요하다. 이와 같은 절차는 매우 어렵고 복잡하며 상당한 추가비용이 발생하는 경우가 있다. 반면에 교대가 상부구조에 일체식으로 연결되어 있는 일체식교대 교량은 교대 사하중이 보의 상승에 대하여 저항을 함으로 지간비율 0.5까지를 기본적인 설계개념의 변화없이 적용 가능하다.

5) 내진성

일체식교대 교량은 구조형식상 상부구조가 양측 교대와 연결시공되어 있으므로 지진하중 작용시 상부구조에 발생하는 변위는 교대제방부로 전달되며 이때 교대부는 상호작용을 통하여 매우 효과적인 Damping 효과를 유발하므로 지진하중에 대하여 매우 효과적인 구조거동을 보이며 상부구조의 낙교 방지에서도 일반교량과 비교시 탁월함이 실적용 관찰을 통하여 증명되었다.

6) 활하중 분배

다수의 베어링에 의하여 분리 지지되는 일반교량과 달리 교대와 일체로 시공되는 일체식교대 교량은 상부구조에 작용하는 활하중을 보다 효과적으로 전달하므로써 상부구조에 발생하는 응력을 감소시킨다.

4.2 일체식교대 교량의 제한조건

1) 교대파일의 고응력

일체식교대 교량을 이루고 있는 요소들은 주하중(사하중, 활하중, 충격하중)에 의하여 발생하는 응력과 2차하중(건조수축, 크리프, 온도변화 등)에 의하여 발생하는 응력을 동시에 부담하고 있다. 그러므로 교대 수직 파일은 온도변화에 의한 상부구조의 신축으로 발생하는 휨에 저항함으로써 장지간의 일체식교대 교량은 일반 Joint교량과 비교시 상대적으로 높은 휨응력을 받고 있다. 연구조사 보고에 의하면 장지간의 일체식교대 교량의 경우는 파일에 발생하는 응력이 재료의 항복응력에 도달하는 정도의 응력이 발생하는 결과를 나타낸다. 이같은 크기의 응력이 발생하는 경우, 파일에는 교량 상부구조의 신축으로 발생하는 휨응력을 부담하기 위하여 소성 힌지가 생성될 가능성이 충분하다. 이같은 특성 때문에 일체식교대 교량의 경우는 파일 종류에 특별한 제약이 따른다. 즉 충분한 축하중 능력을 보유함은 물론 동시에 국부적인 변형으로 발생하는 파일의 휨응력을 처리할 수 있는 형식이어야 한다. 이같은 이유로서 90m 이상의 일체식교대 교량에서는 강재 H 파일이 가장 합리적 선택이라 할 수 있다.

2) 한정된 적용범위

적용교량의 연장길이에 제한이 존재한다. 즉 발생하는 이동량 및 수동토압의 제한, 일반적으로 사용되는 집속도로부의 압력제거용(Pressure Relief) 조인트를 사용하기 위한 교량의 종방향 이동량의 제한, 곡선교에서의 사용 불가, 30°이상의 사교에서의 사용 제한, 지반의 안정성이 불확실한 장소, 교대의 침하가 과도하게 발생하는 장소, 침수가 예상되는 지역에서는 발생가능한 부력 때문에 사용이 제한된다.

3) 부력

신축이음부가 존재하지 않는 이유로서 일체식교대 교량이 침수가 되는 경우 부력이 발생된다. 특히, Steel plate I거터 형식의 경우 가능성이 매우높다. 교대벽체의 자중은 부력에 대한저항을 하는 구조물이 될 수 있으나 보다 확실한 부력저항에 대한 안전성이 충분히 고려된 설계절차가 필요하다.

4) Cyclic Control Joint의 필요

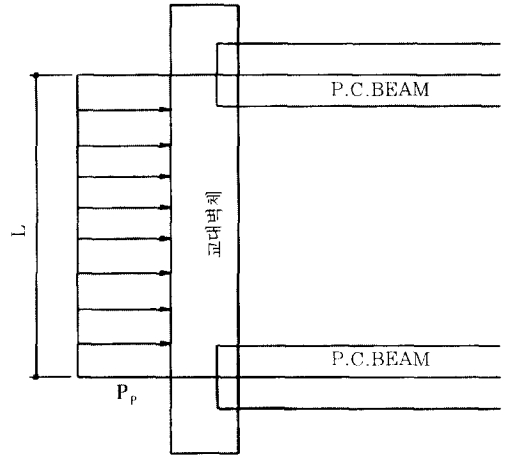
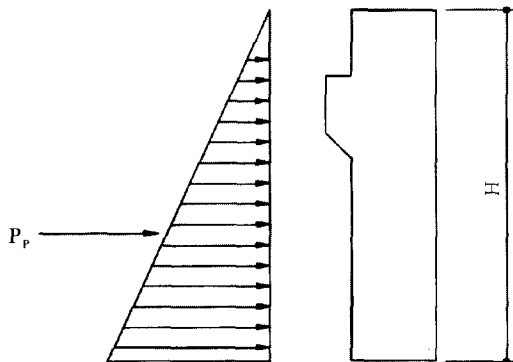
교량 신축이동량을 전달하는 접속슬래브와 도로부의 온도와 습도에 의한 신축작용을 동시에 처리하는 새로운 신축장치가 필요하게 되는데 대부분의 경우는 기계적인 장치 형식이 아니므로 상세 거동을 충분히 예측하여 이에 적합한 설계 및 재료선택 등이 필요하므로 이에 대한 새로운 설계가 필요하다.

5. 일체식교대 교량의 설계

일체식교대 교량의 설계중 상부구조의 경우는 일반교량과 대부분의 경우 동일하며 가장 큰 차이점은 난쟁이교대(Stub Type Abutment)의 사용, 교대와 상부거더의 접합부, 교대와 접속슬래브의 접합부, 교각과 상부거더와의 접합부, 날개벽과 교대성토 작업, 교대의 뒷채움, 접속슬래브와 도로포장부에 위치하는 Cyclic Control Joint등이 있다. 다음은 설계시 특별한 고려가 필요한 사항에 대한 간략한 설명이다.

5.1 교대 벽체의 설계

일체식교대의 벽체는 온도변화에 의한 상부구조변위로 인하여 교대가 배면방향 이동하면서 교대 벽체에 수동토압이 유발하게 된다. 이러한 수동토압은 교대 벽체에 상당한 영향을 주므로 이 수동토압의 크기를 합리적으로 조절하는 설계내용이 일체식교대 벽체설계에서는 매우 중요한 사항이 된다. 수동토압의 양을 줄이기 위해서는 아래의 Rankine 토압식에서와 같이 뒷채움재료와 교대의 높이에 대한 설계시 제한조건이 필요하다. 그러므로 이러한 수동토압의 크



기를 조절하기 위하여는 난쟁이 교대의 사용이 합리적이다.

$$P_p = \frac{1}{2} \times \gamma \times K_p \times H^2$$

여기서

γ : 뒷채움 단위중량(t/m³)

K_p : RANKINE 수동토압계수

$$K_p = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2})$$

H : 수동토압 작용고(m)

벽체에 작용하는 수동토압에 대한 주철근 배근을 실시하기 위하여는 옆의 그림과 같이 P.C BEAM에 의해 연속 지지되므로 다음 식의 사용이 가능하다.

$$M_{MAX} = \frac{1}{9} P_p L^2$$

5.2 말뚝(H-PILE)의 설계

일반적으로 건축구조물을 제외한 토목구조물 특히 교량구조물에서는 가설구조물인 경우를 제외하고는 기초로서 H형강 말뚝을 사용하지는 않는 것이 국내 실정이나 외국의 경우, 일체식교대 교량에서는 교축방향의 변위에 대하여 유연하게 작용할 수 있도록 H 파일의 약축이 교축방향이 되도록 배열하고 교축과 직각방향으로 일렬 배치한다. 일체식교대 교량에서 사용되는 파일 길이는 최소한 4m이상이어야 한다. 그 이유는 파일의 길이가 너무 짧으면 휨에대한 강성이 상당히 커져 유연성(Flexibility)을 가지지 못하

기 때문에 파일의 길이에 대한 제한을 둔 것이다. 또한 현재 미국에서는 다소의 제약은 있지만, 강관말뚝, PC말뚝, 콘크리트말뚝, 나무말뚝 등을 사용하는 경우도 있다. 일체식교대 교량의 말뚝은 상부구조의 온도 신축에 의해 교대가 배면쪽으로 이동하므로 말뚝에 상당한 양의 변위가 발생한다. 명확한 상호구조 거동을 파악하기 위하여는 파일과 지반조건을 충분히 고려한 비선형 해석이 필요하며 파일 설계는 시공 중, 완공후, 사용중 온도변위에 따른 말뚝본체의 응력에 대한 검토 또한 필요로 한다. 온도변위에 따른 단경간 일체식교대 교량의 말뚝 본체의 응력에 대한 검토를 간략히 소개하면 아래와 같다.

1) 온도신축에 의해 파일에 작용하는 온도변위 온도신축에 의해 말뚝머리에 작용하는 수평변위는 다음과 같다.

$$\delta = \alpha \times \Delta T \times L$$

- δ : 온도변위
- α : 콘크리트 선팽창계수
- ΔT : 온도범위
- L : 교량연장

2) 온도신축량에 의해 파일에 작용하는 모멘트 말뚝머리에서 상부구조의 온도신축량에 따라 발생하는 모멘트는 다음과 같다.

$$M^T = \frac{E_p I_p \delta}{L_p^2}$$

- 여기서
- E_p : 말뚝의 탄성계수
 - I_p : 말뚝의 단면2차모멘트
 - δ : 상부구조의 온도에 의한 변위량
 - L_p : 파일길이

3) 교대 배면에 작용하는 수동토압 상부구조가 온도에 의해 팽창함에 따라 교대배면은 수동토압을 받게되는데 일체식 교대 교량의 뒷채움재로는 입상(Granular)재의 사용이 바람직하므로 발생하는 수동토압은 다음과 같이 추정 할 수 있다.

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma h^2 \left[\tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \right] s$$

- 여기서
- γ : 흙의 단위중량
 - ϕ : 흙의 내부마찰각
 - s : 파일의 간격
 - h : 교대높이

4) 파일에 작용하는 전체 수직하중 온도신축과 수동토압에 의해 발생하는 수직하중은

$$P_T = \frac{P_p \left(\frac{2}{3} h \right) + H_T h + M^T}{L_g} \text{ 이고,}$$

전체 수직하중은 $P = P_T + V$ 이다.

- 여기서
- V : 사하중+활하중
 - L_g : 상부구조 지간

5) 파일에 작용하는 전체 모멘트 상부구조와 교대의 조인트부의 회전으로 인해 파일에 작용하는 모멘트 M_w 와 온도신축에 의해 발생하는 모멘트 M_T 의 합이다.

$$M = M^W + M^T$$

위에서 계산한 수평, 수직, 모멘트하중에 대하여 파일응력이 허용범위내에 존재토록 설계를 실시한다.

또한 온도변위에 따른 파일 거동을 예측키 위한 가장 간편하고 타당성이 존재하는 수치해석 작업시에는 파일해석 모델은 지반조건을 충분히 고려하도록 하며

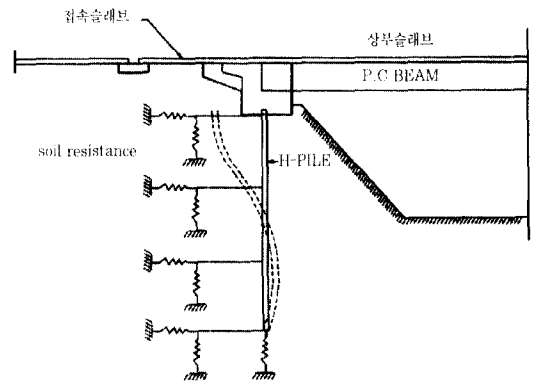


그림 4 파일 해석 모델

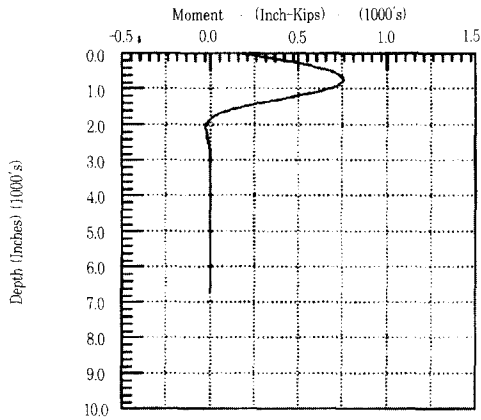


그림 5 해석 결과

그림5는 온도변위에 따른 파일변위에 대한 해석 결과를 보여준다. 파일과 지반의 상호작용(Interaction)을 고려한 파일거동 해석시에는 합리적인 하중조건 등에 대한 분석이 필요하다. 현재 이와 같은 비선형 해석 방법의 적용에 대한 많은 연구가 진행 중이다.

5.3 접속슬래브와 포장 접속부 상세설계

일체식 교량의 접속슬래브의 도로부 끝단에는 일종의 신축이음 장치인 Cyclic Control Joint가 설치된다. 그 역할은 상부구조의 온도변위가 파일로 지지된 교대와 연결시공된 접속슬래브로 전달됨에 따라 발생하는 수평변위를 허용토록 하기 위함이다. 그림6 에서와 같이 채움(plug)조인트 형식이 많이 사용되며 접속슬래브 접속부의 처짐을 방지하기 위한 받침 슬래브(Sleeper Slab)가 적용된다.

Cyclic Joint는 결과적으로는 교량에 위치하는 신축이음장치를 도로부에 위치하도록 유도함으로써 사

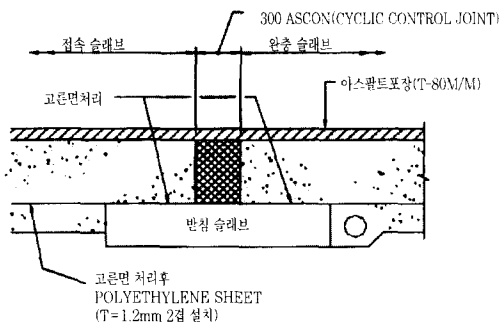


그림 6 Cyclic joint 상세

용중 유지관리의 편의를 확보하기 쉽도록 단순하게 설계되어야하나 도로부 접속부와의 연결상세 및 거동을 충분히 고려한 방안이 필요하다.

6. 결론

국외의 일체식교대 교량의 개발 및 관련기술 발전 과정을 검토, 분석한 결과, 관련 분야의 기술발전 과정은 매우 오랜 경험과 이에대한 보완 수정을 바탕으로 현재 급속한 발전을 이루고 있다. 이는 교량구조물과 환경적 요인(외기온도, 일조량, 습도, 재료특성 등)의 상호작용이 일체식교대 교량의 기술성립과 완성도에 가장 큰 원인이 되기 때문이다. 즉 이와 같은 환경적인 요인에 대한 종합적이고 체계적으로 분석을 통하여 기술 적용지역의 조건을 만족하는 하나의 완성된 기술이 이루어 질 수 있다. 현재까지의 일체식 교량공법의 적용에 대한 국내조건을 분석한 결과 매우 높은 적용성과 필요성을 가진 기술이며 시공성과 경제성 또한 충분히 확보될 수 있는 새로운 교량공법이다. 그러나 일체식교대 교량의 성공적인 완성을 위해서는

- ① 교량 실 온도신축 변위량에 대한 계측 및 분석
- ② 교대파일과 지반조건과의 상호작용
- ③ 합리적 하중조건에 대한 정립
- ④ 2차 하중 조건에 대한 분석(특히 외기 온도와 사용 재료특성 측면)
- ⑤ 각 연결부에 대한 상세 설계 등에 대한 집중적이며 지속적인 연구활동과 관련 기술개발에 대한 투자가 매우 필요하다.

참고 문헌

1. 박종면, 이재혁, 유성근, 김성환 "일체식교대 교량의 실용화 연구", 대한토목학회 1997년도 학술발표회 논문집 (I), 1997.10 p173~176.
2. 이재혁, 박종면, 유성근, 정경자 "P.C Beam을 이용한 일체식교대 교량의 실용화 연구", 한국콘크리트학회 1997년도 가을학술발표회 논문집, 제9권 2호(통권 제17집), p769~776.
3. Martin P. Burke, Jr., "Bridge Approach Pavements, Integral Bridges, and Cycle Control Joints," Transportation Research No. 1113.

- Transportation Research Board, National Research Council, Washington, 1987
4. E.C. Hambly., "Bridge Deck Behaviour", E&FN SPON
 5. Wolde-Tensae, A.M. and J.E.Klinger, "Integral Abutment Bridge Design and Construction, Report FHWA/MD-87/042", University of Maryland, College Park Maryland, 1987.
 6. "Foundations and Earth Structures," Design Manual 7.2, Department of the Navy, Naval Facilities Engineering Command, Alexandria, May 1982, p.7.2-60.
 7. Mattock, Alan H., "Precast-Prestressed Concrete Bridges-5. Creep and Shrinkage Studies," Journal of the PCA Research and Development Laboratories, V.3, No.2, May 1961. 