

특 집

|| 콘크리트 교량에 적용된 신기술 ||

콘크리트 교각의 새로운 형식

- New Concrete Bridge Column System -



이재훈*
Lee, Jae Hoon



양종호**
Yang, Jong Ho

1. 머릿말

교량의 하부구조는 고정하중과 차량 활하중 등의 수직방향 하중을 지지할 뿐만 아니라, 차량 제동하중, 풍하중, 지진하중, 정수압과 유수압, 횡토압, 선박충돌하중, 온도변화나 크리프 및 건조수축에 의한 하중효과 등 횡방향 하중을 지지해야 하므로 교량의 안전성에 매우 중요한 구조 요소이다. 국내 교량의 교각은 대부분이 콘크리트 교각이 주종을 이루고 있으며, 공사비 면에서도 큰 비중을 차지하여 전체 교량의 경제성에 큰 영향을 준다. 이러한 하부구조의 중요성을 인식하여 최근 국내에서도 교각의 새로운 시스템에 대한 관심이 커지고 있으므로, 국내에서는 적용사례가 그리 많지 않은 말뚝-기둥 일체형 교각, 조립식 교각, 합성교각의 특성과 시공사례를 소개하고자 한다.

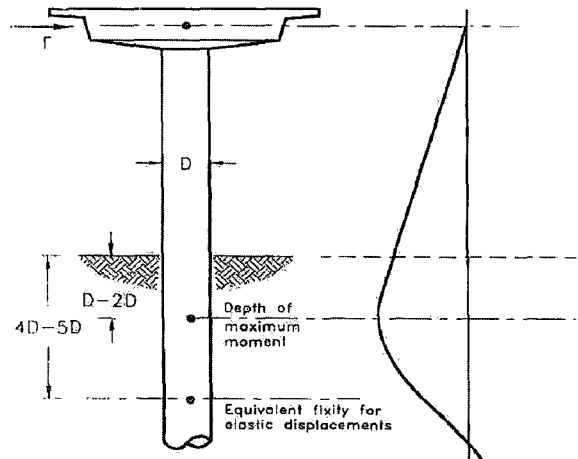
2. 말뚝-기둥 일체형 교각

말뚝-기둥 일체형(integral pile shaft-columns) 교각은 일반적으로 사용하는 기둥-캡-말뚝의 세 가지 요소로 구성되는 교각과는 달리 <그림 1>과 같이 말뚝 캡을 설치하지 않고 말뚝과 기둥을 단일 부재로 사용하는 교각을 말한다. 말뚝은 지름이 약 2.0 ~ 3.5m로 대구경인 천공말뚝(cast in-drilled-hole pile)으로서 현장타설 철근콘크리트 말뚝이며 철근콘크리트 기둥과 연

결 시공하여 항타 말뚝(driven pile)과 말뚝 캡을 사용하는 일반적인 경우에 비하여 경제성이 우수하다. 또한 교각과 기초(말뚝 캡)의 철근배근 등 연결상세에 따른 시공상의 문제점이 발생하지 않으며, 횡방향 하중에 대하여 유연한(flexible) 거동을 보임으로 내진 저항능력이 우수하다. 따라서 국내에서는 시공사례가 매우 드물지만 외국에서는 말뚝-기둥 일체형 교각의 시공이 증가추세에 있으며, 한국도로공사 설계처에서도 적용성을 검토한 바 있다.

말뚝의 설계 및 시공의 지반공학적 관점에서 말뚝-기둥 일체형 교각의 장점을 다음과 같이 요약할 수 있다.

- ① 대구경 말뚝이므로 말뚝 1본당 횡방향 저항력이 크다.



a. Structural configuration b. Shaft bending moment
그림 1. 말뚝-기둥 일체형 교각의 횡하중에 대한 모멘트 분포

* 정회원, 영남대학교 토목도시환경공학부 교수
** 삼성물산(주) 건설부문 차장

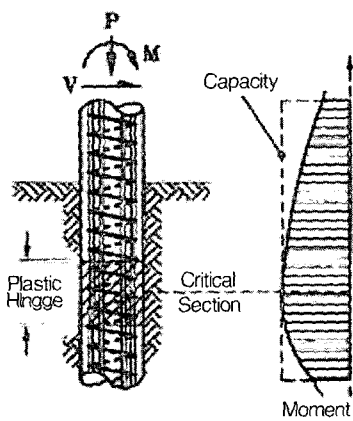


그림 2. 단면지름이 동일한 말뚝-기둥 일체형 교각

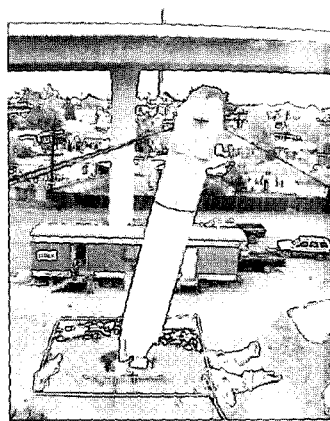


그림 3. 말뚝-기둥 일체형 교각의 반복 횡하중 현장실험 (105/405 Interchange, LAX)

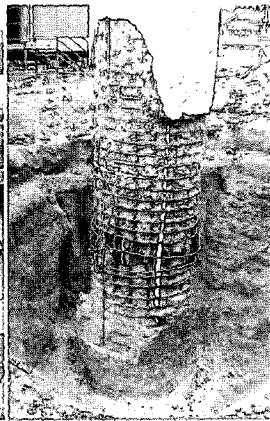


그림 4. 말뚝-기둥 일체형 교각의 소성힌지

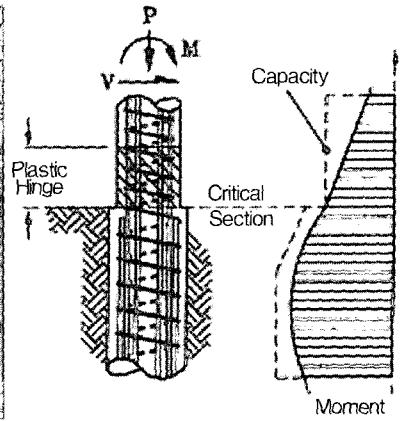


그림 5. 단면지름이 다른 말뚝-기둥 일체형 교각

- ② 말뚝 캡이 없으므로 터파기량이 감소한다.
- ③ 기초를 굴착하면서 지지층을 확인할 수 있다.
- ④ 주변지반의 교란을 최소화할 수 있다.
- ⑤ 항타 말뚝의 관입이 곤란한 지층에도 적용이 가능하다.
- ⑥ 시공 시에 소음과 진동을 최소화할 수 있다.
- ⑦ 충분한 근입심도를 유지할 수 있으므로 세굴에 유리하다.

말뚝 캡을 사용하는 경우에는 교각과 기초를 분리하여 해석하고 설계하며, 내진설계 시에는 기초의 강성이 크므로 교각을 고정단으로 가정하여 내진해석을 수행하는 것이 일반적이다. 그러나 말뚝-기둥 일체형 교각의 설계에서는 기둥과 말뚝을 연속된 구조물로서 해석하고 설계하며, 지반의 조건이 교각구조의 거동에 큰 영향을 미치므로 지반의 영향을 고려하여 구조해석을 수행한다.

말뚝-기둥 일체형 교각은 내진 성능이 우수한 것으로 평가되고 있는데, 수평지진하중에 의한 최대휨모멘트는 일반적으로 말뚝-기둥 지름의 1.0~2.0배(경우에 따라서는 1.5~2.5배)의 깊이에서 발생한다. 지진하중이 작용하는 경우, <그림 2>와 같이 말뚝-기둥의 단면지름이 동일할 때에는 휨모멘트의 변화가 완만하여 큰 지진하중에 의하여 소성변형이 크게 발생하기 이전까지는 콘크리트 파괴가 파괴되는 일은 발생하지 않는다. 그러나 지진하중의 작용으로 소성힌지가 발생하는 경우에는 소성힌지가 지표면 이하까지 비교적 넓게 발생한다.

<그림 3>은 미국 캘리포니아 교통국(Caltrans)과 UCLA 대학이 Los Angeles의 105번과 405번 도로의 교차로 교량현장에서 수행한 말뚝-기둥 일체형 교각의 내진성능 실험장면이다. 지름이 1.8m(6ft)인 말뚝-기둥 일체형 교각으로서 지표면 위의 기둥 길이는 12m(40ft)이고 지표면 아래의 말뚝 길이는 14.4m(48ft)이다. <그림 4>는 반복 횡하중 가력 실험 후 피복 콘크리트의 손상여부와 소성힌지의 형성여부를 확인하기 위하여 지표면 부분을 굴착한 사진이다.

이와 같이 말뚝-기둥의 단면지름이 동일한 경우에는 소성힌지

가 지표면 이하까지 발생하므로 지진 작용 후 지반을 굴착하지 않고서는 소성힌지의 형성여부 및 손상여부를 파악하기 곤란하며 보수 및 보강도 쉽지 않다.

따라서 소성힌지가 지표면 이하까지 발생하지 않도록 하기 위해서는, <그림 5>와 같이 말뚝의 지름을 크게 하여 말뚝이 탄성 응답 상태에 있도록 설계하고 소성힌지는 기둥의 하단에 발생하도록 하여 지진하중 작용 후 소성힌지의 형성여부 및 손상여부를 파악하기 쉽도록 할 수 있다. 이러한 경우 말뚝의 강성이 증가하여 전체 교량 시스템의 지진응답 변위가 작아진다. 다만, 동일한 지름의 말뚝-기둥 일체형 교각에 비하여 기둥의 소성힌지 길이가

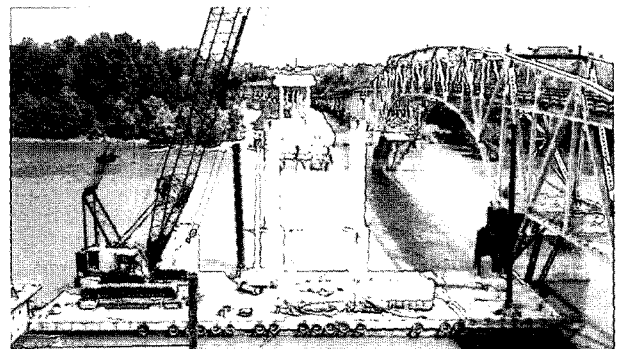


그림 6. SP20 신교의 말뚝-기둥 일체형 교각

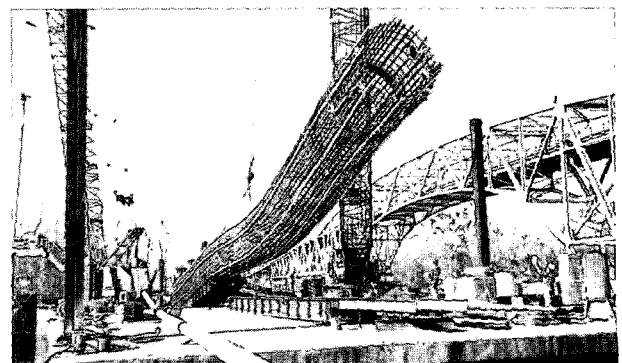


그림 7. SP20 신교 말뚝-기둥 일체형 교각의 철근 조립망

상대적으로 짧아지므로 콘크리트의 피복박리(spalling)가 빨리 발생하여 소성회전 능력이 감소되며 시공비가 증가되어 경제적으로 불리할 수 있다.

〈그림 6〉은 미국 플로리다 주의 Apalachicola 강에 건설된 SR20 신교(new bridge)의 두 가지 단면지름을 가진 말뚝-기둥 일체형 교각을 보이며, 〈그림 7〉은 SR20 신교 말뚝-기둥 일체형 교각의 철근 조립망을 보인다.

3. 조립식 교각

교량 하부구조에 대한 프리캐스트 기술의 적용은 최근 들어 활발하게 이루어지고 있는데, 이는 여러 가지 복합적인 요인으로 인해 프리캐스트 공법의 장점이 부각되어 채택되는 경우가 늘고 있기 때문이다. 그 요인으로는 현장 여건을 들 수 있는데, 콘크리트 타설 또는 거푸집 설치 등이 용이하지 않은 입지조건이나 신속한 하부 구조 시공이 요구되는 경우에는 사전에 제작된 부재를 이용하는 것이 효과적일 수 있다. 또 다른 중요한 이유는 교량 건설에서 유발되는 환경 피해의 최소화이다. 최근의 도로 구간이 주로 산악지역이나 해상에 위치하는 경우가 많아서 이 지역에서는 교량 건설로 인한 환경 피해의 민원이 많을 수 있고 이를 적절하게 해결하는 방안으로 하부구조를 포함하여 전체 교량을 모두 조립식으로 가설하는 형태의 교량이 시도되고 있다.

조립식 하부구조를 통한 급속 시공에서는 각 구성부재 자체의 품질은 뛰어나기 때문에 설계와 시공에 큰 무리는 없으나, 세그먼트의 연결부는 설계 및 시공에서 주의를 기울여 품질관리를 해야 하는 부분이다. 따라서 세그먼트의 연결부에 대한 연구 및 시공 기술 개발은 현재도 꾸준히 이루어지고 있다.

다음은 조립식 교각의 적용 사례이다.

3.1 Linn Cove Viaduct

미국 North Carolina 주의 Grandfather Mountain에 위치

한 Linn Cove Viaduct 교는 1983년에 완공되었는데 상부와 하부 구조가 모두 사전에 제작되어 시공된 프리캐스트 교량이다. 교량의 총 길이는 378.87 m이고 국립공원의 환경 피해를 최소화하기 위하여 교량의 상부에서 시공을 모두 수행하였다. 상부구조는 최대 50톤에 달하는 153개의 프리캐스트 세그먼트로 구성되어 있고, 하부구조는 최대 45톤에 달하는 40개의 프리캐스트 세그먼트가 제작되었다. 이 교량은 환경에 매우 민감한 지역에 위치하고 있기 때문에 중장비를 이용하지 않고 교량의 남쪽 교대에서 북쪽으로 진행하면서 시공되었다.

Linn Cove Viaduct 조립식 교각의 시공 순서는 다음과 같다.

- ① 기초부의 철근 배근
- ② 최 하단 프리캐스트 1번 세그먼트 설치
- ③ 포스트텐션 정착부와 덕트를 설치하고 프리캐스트 1번 세그먼트에 있는 덕트와 연결
- ④ 기초 콘크리트 타설 및 프리캐스트 부재와 기초사이에 에폭시 주입
- ⑤ 기초 콘크리트 양생 후 프리캐스트 2번 세그먼트 설치
- ⑥ 강봉 A를 긴장하여 프리캐스트 2번 세그먼트 연결
- ⑦ 프리캐스트 1번 세그먼트의 강봉 B에 새로운 강봉을 연결하고, 연결된 강봉 B를 긴장하여 프리캐스트 3번 세그먼트 연결
- ⑧ 강봉 A를 긴장하여 프리캐스트 4번 세그먼트를 연결하는데 강봉 A는 2번 세그먼트와, 강봉 B는 3번 세그먼트와 연결되어 있음
- ⑨ 강봉 A를 긴장하여 프리캐스트 5번 세그먼트를 연결하는데 강봉 A는 4번 세그먼트에 연결되어 있음
- ⑩ 포스트텐션 강봉을 그라우팅
- ⑪ 프리캐스트 6번 세그먼트 설치
- ⑫ 텐던 삽입 후 긴장
- ⑬ 텐던 그라우팅

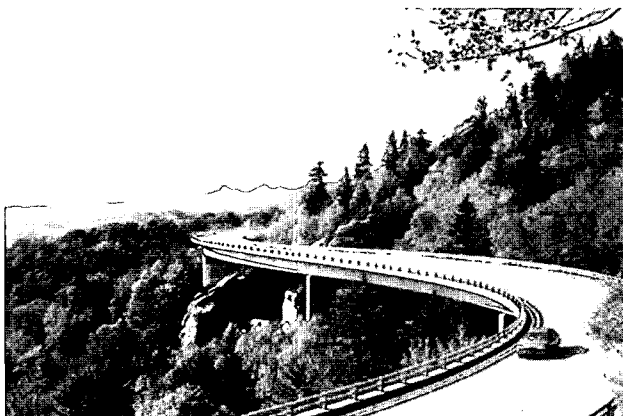


그림 8. Linn Cove Viaduct 교량 전경

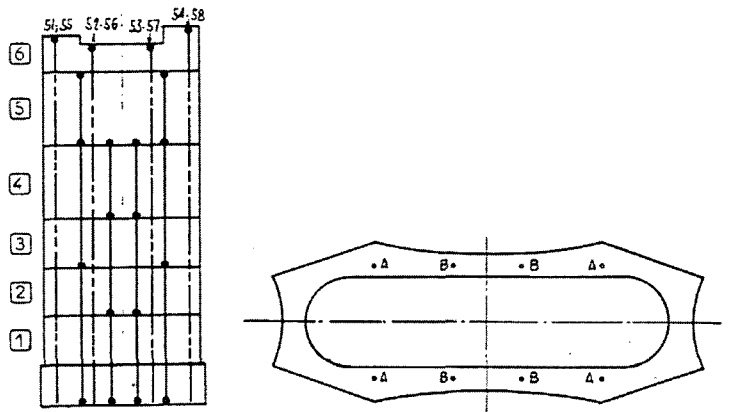


그림 9. Linn Cove Viaduct 조립식 교각의 정면도 및 단면

3.2 Baldorioty de Castro Avenue Bridges

푸에르토리코에 있는 Baldorioty de Castro Avenue 교는 두 개의 교량으로 구성되어 있으며, 전체 교량이 모두 프리캐스트 공법으로 시공되었다. 상자형 단면의 교각을 채용하여 현장타

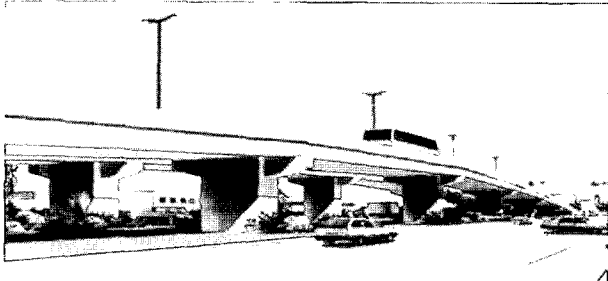


그림 10. Baldorioty de Castro Avenue Bridges 전경

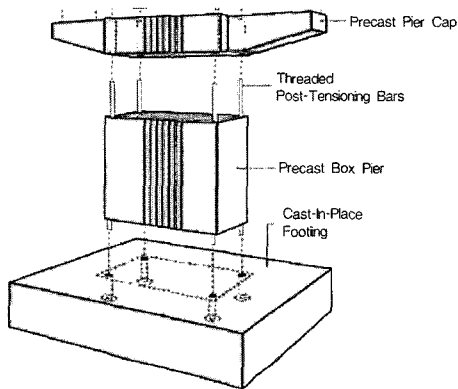


그림 11. Baldorioty de Castro Avenue Bridges 조립식 교각

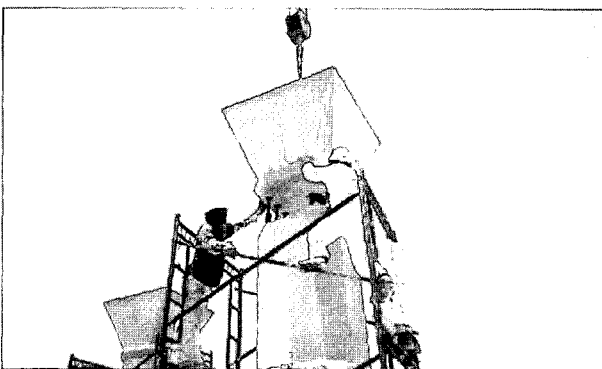


그림 12. Louetta Road Overpass 조립식 교각의 시공



그림 13. Louetta Road Overpass 상부구조의 시공

설 기초와 상부 프리캐스트 코핑부와는 포스트텐션으로 일체화시켰다. 교량의 길이는 각각 210 m(700 ft)와 270 m(900 ft)로서 2주일에 걸쳐서 두 단계로 시공되었다. 첫 주에는 말뚝의 시공과 기초 콘크리트 타설이 시행되었고, 둘째 주에는 미리 제작된 프리캐스트 하부구조가 가설되고 포스트텐션을 도입하였다.

이 공법을 채택하게 된 주된 이유는 교량 시공시의 교통 장애를 최소화하기 위한 것으로, 이 교량이 시공되는 도로의 1일 교통량이 10만 대를 상회하기 때문이다. 두 개 교량의 상부 구조도 역시 프리캐스트 구조로 각각 36시간과 21시간의 가설기간이 소요되었다.

3.3 Louetta Road Overpass

Louetta Road Overpass 교는 미국 휴스턴에서 1994년에 완공된 교량으로 하부구조 전체가 프리캐스트로 설계 시공되었다. 상부구조는 단경간 프리텐션 U 형 보와 프리캐스트 바닥판으로 설계되었으며 고성능 및 고강도 콘크리트가 사용되었다. 교각은 991 mm 크기의 중공 사각형 단면으로 두께가 각각 190.5 mm와 102 mm로 설계되었고, 일체화를 위하여 지름 35 mm의 포스트텐션 강봉 3개가 사용되었다.

3.4 Lake Ray Hubbard 교

총 길이가 1,312m인 Lake Ray Hubbard 교는 미국 텍사스 주 달라스 시에 건설된 교량으로, 교량 전체가 조립식으로 시공되었다. 조립식 공법이 채택된 이유는 이 교량에서 14m 떨어진 위치에 전력선이 지나가기 때문이었다. 43개의 교각과 코핑은 동일한 형태의 프리캐스트 부재로 제작하여 경제성 측면에서 효율이 높았다. 미국에서 일반적으로 현장타설 콘크리트 교각 1개당 8~9일의 공기가 소요되는데 비하여, 이 교량은 교각 1개당 하루의 공기가 소요되어 전체적으로 1년 정도의 공기단축이 가능하였다. 코핑부와 교각의 연결부에는 그라우팅 할 공간을 두고 고강도 그라우트를 충전한 후 연결하였다.

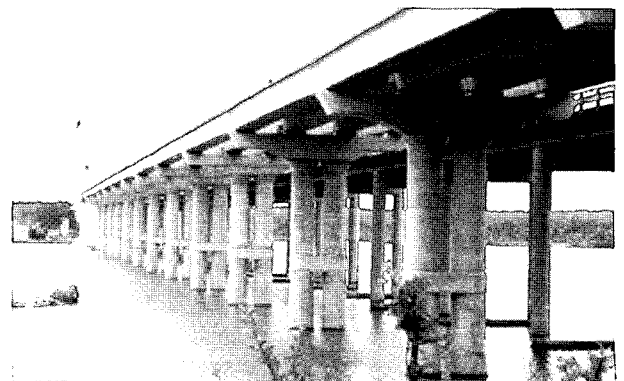


그림 14. Lake Ray Hubbard 교 전경

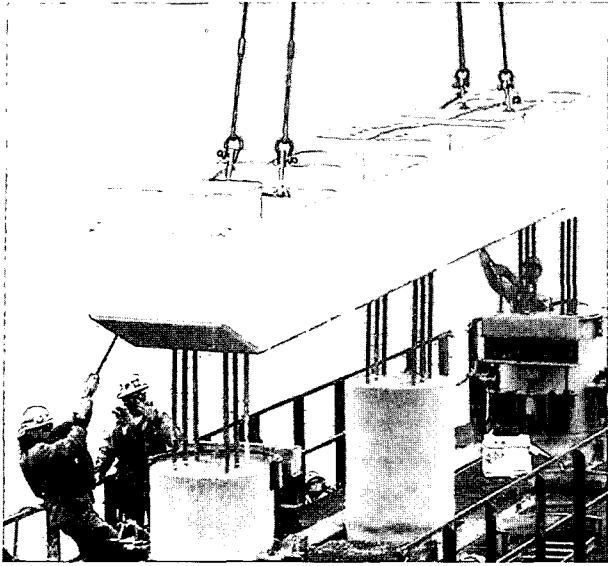


그림 15. Lake Ray Hubbard 교 조립식 교각의 시공

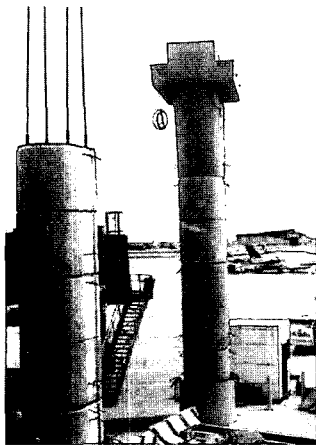


그림 16. Dallas/Fort Worth 공항 조립식 교각의 시공

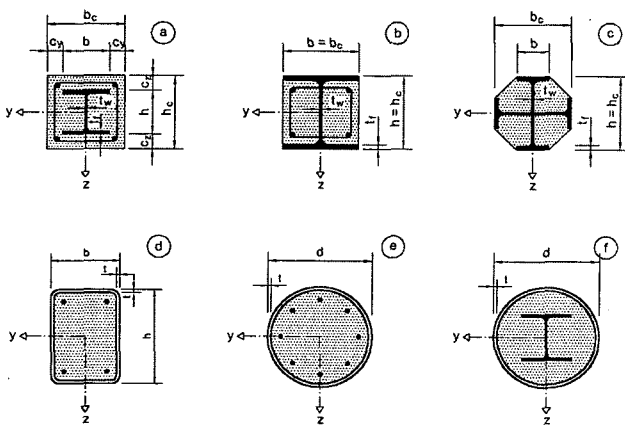


그림 17. 합성교각의 대표적인 단면

3.5 Dallas/Fort Worth 국제공항 People Mover

Dallas/Fort Worth 국제공항의 People Mover 교량은 미국 텍사스 주 달라스 시에 위치한 교량으로 2004년에 완공될 예정

이며 조립식 교각으로 설계 시공되었다. 교량의 상부구조로 단일 거더 형식을 채택하였기 때문에 코핑부가 필요 없으므로 교각만으로 구성된 조립식 하부구조이다. 프리캐스트 포스트텐션 세그먼트의 교각형식을 선택한 것은 공항 내에 위치한 구조물이기 때문에 시공이 야간에만 허용되기 때문이다.

4. 합성 교각

합성기둥의 시초는 1901년 Swell이 부식 방지용 콘크리트를 채운 강관을 기둥으로 사용한 것으로 거슬러 올라간다. 그 이후 합성기둥에 대한 연구는 극한강도(내하력)에 대한 연구를 중심으로 영국 및 미국 등지에서 활발하게 진행되어왔다. 한편, 강교각 및 콘크리트 충전 합성교각의 내진설계에 관한 연구는 강진 다발 지역인 일본에서 활발히 진행되어왔다. 1980년대와 90년대에 Nakai, Kitaka, Yoshikawa 및 Usami 등에 의해 강교각 및 강합성교각에 대한 폭 넓고 다양한 연구 및 실험이 수행되었다. 이들의 연구는 주로 사각형 단면을 갖는 강교각 및 콘크리트 충전 합성교각을 중심으로 유사정적실험과 수치해석을 이용하여 강진지역에 적절한 강성 및 연성을 확보할 수 있는 강교각 및 콘크리트 충전 합성교각을 설계하는 방법과 기존의 강교각을 적절히 보강하는 방법을 개발하는 것이었다. 주요한 설계변수는 폭 두께 비, 다이아프램의 유무, 보강재의 사용, 콘크리트 충전유무 및 충전길이 등이다.

일반적으로 합성기둥은 동일한 하중을 받을 수 있는 비합성 강재 기둥에 비해서 강성이 크고 동일한 크기의 철근콘크리트 기둥에 비하여 높은 강도를 가진다. 특히 지진하중과 같은 반복 횡방향 하중이 작용하는 경우에는 콘크리트에 균열이 발생하면서 강성이 변화하는 동시에 진동에 대한 효과적인 감쇠역할을 하게 된다. 강도의 관점에서 경제성을 비교하면 합성기둥은 강재 기둥에 비해서 비싸고 동일한 성능의 철근 콘크리트 기둥에 비해서도 비싸다. 그러나 구조물에 요구되는 성능(강도, 강성, 연성)과 함께 시공성, 부식, 내화성 등을 복합적으로 고려할 때 경우에 따라서는 경제성을 확보할 가능성이 있다.

콘크리트와 강(철골)의 합성교각에 활용될 수 있는 합성단면의 형태는 다음과 같이 세 가지로 구분된다.(<그림 17> 참조)

- ① 콘크리트에 강재가 묻힌 강재 매입형(concrete encased section)
- ② 콘크리트 충전 강관 형태(concrete filled section)
- ③ 부분적으로 강재단면이 묻힌 형태(partially encased section)

강재 매입형(concrete-encased) 합성단면의 경우 구조용 강재는 하나 혹은 여러 개의 압연 단면으로 서로 연결되어 사용될

수 있다. 콘크리트 단면은 기둥에 작용하는 하중을 분담할 뿐 아니라 강재의 국부 좌굴 또는 전체 좌굴에 대해 높은 저항력을 갖도록 구속하는 역할을 한다. 또한, 높은 열에 대한 저항능력을 향상시킬 수 있어서 화재 시에 강재를 보호하는 역할을 하게 된다. 주된 단점은 콘크리트의 타설을 위해서 거푸집이 필요하다는 것과 낮은 축하중 하에서 콘크리트 부분이 박리 되는 것을 방지하기 위해서 단면의 표면 주위에 축방향 철근과 횡방향 철근을 배근하여야 한다는 것이다.

(그림 18)과 같은 콘크리트를 충전하는 형태의 합성단면은 거푸집이나 철근 배근이 필요 없다는 장점을 가지고 있고 주로 원형 혹은 사각형 단면이 사용된다. 특히, 원형 단면의 경우 횡구속 효과(삼축압축 효과)로 인하여 콘크리트의 압축강도가 향상된다는 장점을 가진다. 물론, 단점은 화재에 대한 방호역할을 콘크리트가 할 수 없기 때문에 이를 위해서 추가적인 방화 처리가 요구된다는 것이고 연결구조에 어려움이 있을 수 있다.

합성기둥 단면이 교량의 교각 단면으로 활용되면 지진에 대한 성능 향상이나 시공의 간편성, 좁은 공간에서의 하부 구조 시공 등이 가능하게 된다. 일반적으로 지진시의 교량의 거동은 지진의 정도에 따라 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 발생가능성이 높지만 지반가속도가 낮은 약한 지진의 경우 지진 후 기능수행에 장애가 발생하지 않도록 하여야 하며(기능수행 수준), 발생가능성은 낮지만 지반가속도가 높은 설계지진의 경우에도 소성변형은 발생하더라도 붕괴는 되지 않도록 하여야 한다(붕괴방지 수준). 이에 따라 설계지진이 작용할 때 반복하중에 의해서도 교각이 붕괴에 이르지 않고 급격한 강성의 저하 없이 소성변형을 통해서 지진 에너지를 소산시키는 것이 필수적인 요인이다.

최근 일본을 중심으로 강진지역의 교각, 특히 높은 교각에 대하여 다양한 형태의 합성 교각의 적용이 시도되고 있다. 그 중의 하나가 강관을 콘크리트 단면에 매입하여 중공단면을 형성하는 합성교각이다. 이 교각단면에서는 강관이 구조요소의 역할을 하는 동시에 시공 시에는 내부 거푸집으로서의 역할을 하도록 한다. 외부 거푸집으로는 주로 슬립폼을 사용하여 시공하고 있다. 콘크리트 단면에는 교각의 축방향으로 최소 철근을 배근한다. 전체적으로 시공기간은 일반적인 철근콘크리트 교각의 1/2 정도 수준이고 투여되는 인력은 1/3 정도 소요된다.

시공순서를 간략하게 살펴보면 미리 제작된 강관을 약 10m 단위로 가설하고 풍하중 등에 대해 저항할 수 있도록 브레이싱으로 서로 체결한다. 설계된 교각 높이까지 강관이 가설되면 여기에 반력장치를 설치하여 슬립폼을 끌어올리는 지지대 역할을 수행하게 한다. 슬립폼을 조립하고 작업 공간을 확보하면 일반적으로 하루에 2.7m 높이로 콘크리트를 타설한다.

기둥은 축하중과 휨모멘트를 받게 되는데 합성교각의 설계에서는 부재의 축력-휨강도 및 전단강도와 국부 좌굴에 대해서 주로 검토하게 된다. 구조 안정성에 대한 설계는 시공오차에 따른 편

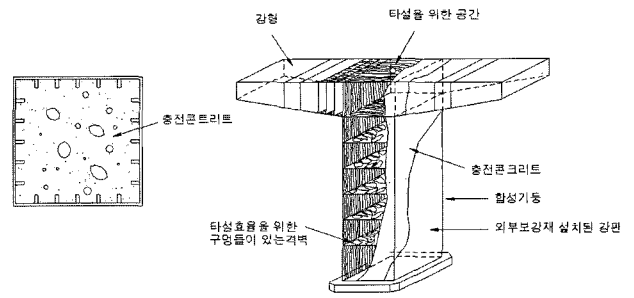


그림 18. 콘크리트 충전 합성교각의 상세

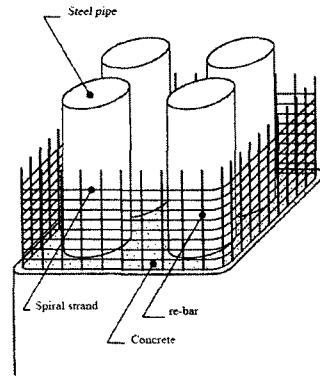


그림 19. 강관 매입형 합성교각

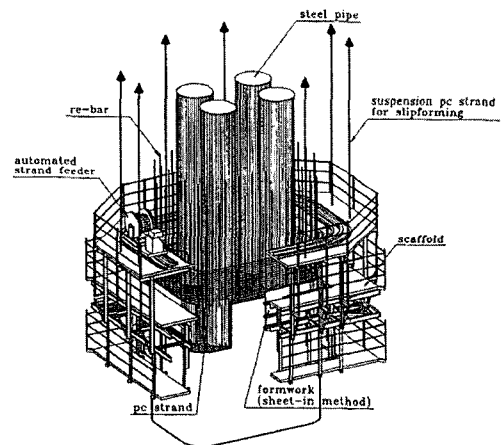


그림 20. 강관 매입형 합성교각의 슬립폼 운영

심과 하중에 의한 변위에 따른 2차 효과(P-Δ 효과)도 고려하여야 하고 극한한계상태에서의 가장 불리한 하중 조합에 대해서 좌굴이 발생하지 않도록 해야 한다. 또한, 변형 후 평면 유지의 베르누이 법칙을 적용할 수 있고, 파괴 시까지 콘크리트와 강재가 완전 합성으로 거동한다고 가정할 수 있다. 만일 건조수축과 크리프가 구조 안정성을 현저히 감소시킨다고 판단되는 경우에는 이 효과를 고려해야 한다. 크리프 변형과 고정 축하중에 의한 휨모멘트의 증가가 10% 미만인 경우에는 설계의 단순화를 위하여 이를 무시할 수 있다. 국부좌굴의 영향은 완전히 매입된 형태의 합성 기둥에서는 무시될 수 있다.

합성기둥에서 강재와 콘크리트 사이의 전단력의 전달은 부착/

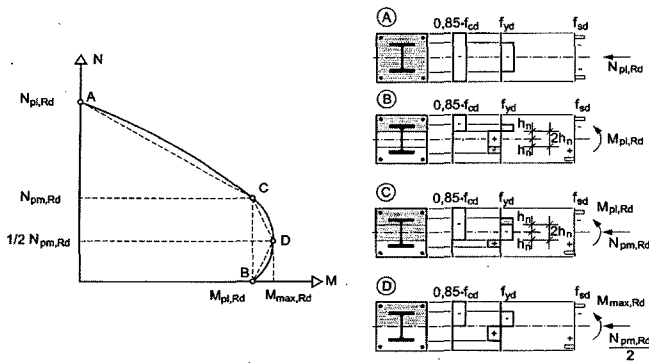


그림 21. 강재매입형 합성기둥의 축력-휨강도

마찰과 함께 기계적 전단연결재에 의해서 상대변위가 크게 발생하지 않도록 해야 한다. 일본에서는 일반적으로 완전 매입형 합성기둥에 대하여 0.6 MPa, 원형 충전 합성기둥에 대하여 0.55 MPa, 사각형 충전 합성기둥에 대하여 0.4 MPa의 값을 부착강도로 사용한다. 한편 중국에서는 전단연결재를 사용하지 않은 상태에서 합성거동을 인정하는 경우도 있다.

강재매입형 합성기둥의 축력-휨강도 해석에 대하여, 미국의 강구조물 설계기준인 AISC-LRFD와 콘크리트 구조물의 설계기준인 미국의 ACI-318 또는 유럽의 Eurocode가 해석개념의 차이를 보이고 있다. AISC-LRFD에서는 강재의 관점에서 합성단면의 강도를 평가하는데, 강재가 주재료로서 힘을 받고 콘크리트가 보조역할을 한다는 개념으로 콘크리트의 기여부분을 강재에 포함시켜서 해석한다. 따라서 AISC-LRFD 설계기준은 기본적으로 강재기둥의 설계법에 근거를 두고 있고 최소한 4% 이상의 강재비를 가진 단면에 대해서 철근과 콘크리트 단면의 기여를 고려할 수 있도록 보정값을 사용하고 있다.

반면에 ACI-318과 Eurocode는 철근콘크리트 기둥의 설계법에 근거를 두고 강재와 콘크리트의 합성거동의 강도해석 개념을 적용한다. 즉 매입된 강재를 철근과 같이 취급하여 해석과정에서의 강재비의 제한이 없고, 한계상태에서 변형을 적합조건과 평형조건에 근거하여 휨과 축력을 받는 부재의 강도를 평가한다. 따라서 ACI-318과 Eurocode에 따른 강재매입형 합성기둥의 P-M 상관도는 <그림 21>과 같이 철근콘크리트 기둥의 P-M 상관도와 유사한 형상을 보이며, AISC-LRFD에 따른 해석결과보

다 실험결과에 더 유사한 결과를 제공한다고 보고된 바 있다.

합성기둥 단면에 대한 기존의 설계기준은 주로 건물 구조에 적합한 상부에 근거한 실험결과를 바탕으로 하였다. 교량의 교각단면으로 활용하기 위해서는 하부 기초부와 상부 코핑부 등과의 연결구조를 포함하여 상대적으로 훨씬 큰 단면에 대한 고려에 근거한 상세의 변경이 필요하고 이에 대한 적절한 평가가 이루어져야 한다.

4. 맺음말

국내 교량의 교각은 대부분이 콘크리트 교각이 주종을 이루고 있으나 다양한 형태의 교각형식을 적용할 수 있을 것이다. 다만 이러한 경우에는 구조적인 안정성 및 안전성, 경제성, 시공성 등을 종합적으로 검토하여야 한다. 특히 국내에서의 시공 실적이 없는 형식이거나 대상 형식에 대한 설계 및 시공 경험이 없는 경우에는 구조적 안정성 및 안전성을 면밀히 검토하는 것이 바람직할 것이다. □

참고문헌

1. Priestley, M. J. N., Seible, F., and Calvi, G. M., "Seismic Design and Retrofit of Bridges," John Wiley & Sons, New York, USA, 1996.
2. FHWA, Drilled Shafts, "Construction Procedures and Design Methods," Federal Highway Administration, Washington D.C., USA, 1999.
3. Kitada, T., "Ultimate strength and ductility of state-of-the-art concrete filled steel bridge piers in Japan," Engineering structures, Vol.20, No.4~6, 1998, pp.347~354.
4. Ralls, M. L., Medlock, R. D., and Slagle, S., "Pre-fabricated Bridge National Implementation Initiative," Concrete Bridge Conference, 2002.
5. Matsumoto, E. E., Waggoner, M. C., Sumen, G., Kreger, M. E., Wood, S. L., and Breen, J. E., "Development of a Precast Bent Cap System," Center for Transportation Research Report 1748-2, Jan., 2001.

학회 홈페이지(www.kci.or.kr) 개편 안내

학회 홈페이지가 새로운 모습으로 개편됩니다. 앞으로 새로운 홈페이지의 활성화를 위해 지속적인 관심을 부탁드립니다.

- 개편 내용 : 다양한 최신 정보 제공, 회원 정보 시스템 강화, 사용자 편의를 위한 디자인 구축 등
- 개편 예정 내용 : 학술발표회 논문 투고 및 사전 등록, 학회 논문 투고 심사, 전문위원회 활동 게시판 등