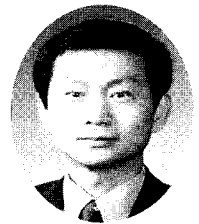


특 집

|| 철근 콘크리트 구조물의 우수성과 미래 ||

PSC 교량의 세계 건설 현황 및 장점

- State-of-the-Arts and Advantages of Prestressed Concrete(PSC) Bridges -



오병환*

1. 서론

산업과 경제가 급속히 발전함에 따라 산업 물량의 수송과 인간의 생활을 위한 사회 기반 시설의 확충이 절실히 요청되고 있고, 이의 일환으로 도로의 건설이 급증하고 있다. 최근에는 서울시, 부산시 등 대도시의 교통 소통을 위한 도심지 내부 및 외곽 고속 도로의 건설도 활발해지고 있다. 이러한 도로 시설의 확충은 교량 구조물의 건설을 불가피하게 하며 특히 하천, 바다, 계곡을 통과하기 위한 장대 교량의 건설이 크게 늘어나고 있다.

교량 건설에 소요되는 총 건설비는 일반적으로 8%의 공사 준비비, 24%의 하부 구조 공사비 및 68%의 상부 구조 공사비로 구성된다. 따라서 공사비의 상당한 부분이 투입되는 상부 구조 형식의 결정은 경제성, 시공성, 구조적 안전성, 사용성, 조형미, 기술 보유 능력 및 유지 관리의 용이성 등을 종합적으로 고려하여 신중히 결정하여야 한다. 최근에는 건설 재료의 발전, 시공 능력의 향상, 구조 해석 기술의 진보 등에 힘입어 교량 구조가 장기간화, 대형화되는 추세에 있으며, 사장교, 현수교, 프리스트레스트 세그멘탈 형식의 교량이 급증하고 있는 경향이 있다. 이러한 새로운 도로의 건설에는 세계 각국에서 가장 활발히 건설되고 있는 진보된 교량 형식과 교량 공법이 시도되고 있다.

특히 프리스트레스트 콘크리트 교량은 1950년대부터 유럽을

중심으로 개발되기 시작한 이후 급속한 발전을 거듭해, 현재는 다른 형태의 교량보다 비교적 폭넓게 사용되고 있다. 지금 세계 각국의 추세를 보면 PSC(Prestressed Concrete)교량은 안전성, 미관성, 사용성, 경제성, 유지 관리성, 자연 및 환경과의 조화 등에서 탁월한 교량으로 받아들여지고 있다. 따라서 본 소고에서는 PSC교량의 세계적인 건설 현황과 함께 국내의 PSC 교량의 발전 과정에 대해 기술하고, PSC교량의 여러 가지 공학적 장점을 고찰하였다. 또, 최근 들어 해외 주요 국가 뿐만 아니라, 한국 도로 공사, 서울시 등 우리나라에서 시행되고 있는 PSC 박스 거더 교량의 공법별 설계 및 시공상의 특성을 분석하여 기술하고자 하였으며, 앞으로도 이 분야의 지속적인 연구 개발을 위하여 필요한 사항에 대해 기술하고자 한다. 본 소고의 내용은 주로 실제 발표된 자료를 바탕으로 그대로 인용하여 객관적으로 작성하여 기술하였다.

2. PSC 교량의 세계적 건설 현황

2.1 개요

프리스트레스트 콘크리트(PSC)에 대한 기본적인 개념은 19세기 말부터 있어왔지만, 프리스트레스트 콘크리트에 관련된 기술을 교량에 처음 적용한 것은 프랑스의 Freyssinet의 연구에 의해서였다. 그는 교량과 건축에 프리스트레스트 콘크리트 기술을 접목 시키고자 노력하였으며, 교강도 와이어와 콘크리트의 부착을 확

* 정회원, 서울대학교 토목공학과 교수

실히 함으로써 이를 개량시켰고, 여러 가지 실험적인 노력으로 이를 구체화하게 되었다. 이 Freyssinet의 아이디어는 수십년 동안 PSC 분야의 근간을 이루며 발전되어 왔다. 그 결과로 다양한 프리스트레싱 기술이 개발되었으며 이로 인하여 현장 타설 콘크리트에 PSC의 정착이 가능하게 되었다.

제 2차 세계 대전 이후 강재의 부족으로 PSC는 비약적으로 발전하였고 이로 말미암아 건설 분야에서는 RC보다 더 다양하게 이용되기에 이르렀다. 예를 들면 보통 지간의 교량 대부분이 PSC 교로 가설되어 있고 건물은 조립식 구조를 비롯하여 넓은 공간을 요구하는 헬·평판 등에도 PSC가 이용되고 있다. Guyon은 일찍이 "PSC에 의하여 해결할 수 없는 구조 문제는 아마도 없을 것이다" 라고 말한 바 있다. 최근의 PSC의 발전 추세와 응용 범위를 볼 때 그의 견해가 옳았음을 알 수 있다. 미국의 National Bridge Inventory Statistics(C.L. Freyermuth, "Comparative Advantages of Segmental Bridges," Proc. of the 1991 Convention of the American Segmental Bridge Institute, 1991.11.4)에 따르면 1970년대 중반 이후 부터는 상대적으로 다른 형식의 교량 건설이 대폭 감소하고 Prestressed concrete 교량의 건설이 급증하고 있는 추세로 보고되고 있다. 이런 경향은 유럽에서는 두드러진다. 미국 연방 도로 관리 공단(FHWA)에 의하면, 다른 재료로 된 교량의 하자 발생 비율이 높기 때문에, 상대적으로 구조적 하자나 결함이 매우 적은 콘크리트 교량의 건설이 증가하였다고 보고 하고 있다.⁷⁾

우리나라에서의 RC부재의 도입은 20세기 초반 부터이며 PSC 부재가 처음으로 채용된 것은 1950년대 이후이다. 그 후 점차로 PSC 교량의 가설이 증대되어 왔고, 무엇보다도 PSC는 RC가 가지는 균열의 발생과 이로 말미암은 철근의 부식 등에 의한 내구성이 저하되는 약점을 보강할 수 있고 부재 단면도 RC에 비해 작게 할 수 있기 때문에 오늘날에는 25m 이상의 지간을 가지는 콘크리트 교량은 대부분 PSC교로 가설되는 것이 보편화되었다. 그리고 포스트텐션 공법의 발전과 가설 공법의 발전은 장지간 및 장대 PSC 교의 출현을 가능하게 하였다.

2.2 우리나라

우리나라에서 PSC를 처음 알게 된 것은 외국의 문헌과 외국 시찰을 통해서이며, 1950년 초부터 논의되기 시작하였다. 당시 RC 침목의 개발에 주력해 오던 교통부는 PSC 침목 제작에 눈을 돌리게 되어, 당시 RC 침목을 제작하던 佐林産業株式會社の 안양공장을 인수한 韓美財團이 1957년 프리텐션 방식에 의한 PSC 부재를 제작하기에 이르렀다. 이 PSC보는 경간 4.5m로서 당시 PSC 침목 제작 준비를 서두르고 있던 中央産業株式會社 중앙동공장의 鐵道引入線 교량 가설에 사용되었다.²⁾

이 해 中央産業은 서독의 Betmowa와의 기술 제휴로 BB

19-55형(단일 몰드의 프리텐션 방식)을 도입하여 1957년 말 드디어 PSC 침목의 시제품 제작에 성공하였으며, 1958년에는 4180개의 PSC 침목을 제조하여 부설하기에 이르렀다. 또한 교통부는 1961년 서울 청량리역 동북쪽을 횡단하는 육교(경간 20m)를 BBRV 방식으로 가설하였으며, 이 교량은 우리나라 최초의 BBRV 방식의 PSC 교량이다.²⁾

1962년에는 경춘국도상의 九雲橋(경기도 가평군)를 Freyssinet 공법(6@16m)으로 가설하였으며, 이 교량은 우리나라 최초의 Freyssinet 방식의 PSC 교이다. 같은 해에 九雲橋보다 약간 늦게 같은 공법으로 서울 용산에 원효교(5@20m)가 가설되었다. 그 후 1966년 경남 울산시 태화강에 설치된 교량 440m, 경간 20m의 태화교가 가설되면서 우리 나라의 PSC 기술은 착실하게 발전하여 1970년 개통된 경부고속도로의 많은 교량을 비롯하여 콘크리트 교는 PSC 교가 주종을 이루게 되었다.

1981년 10월에는 Diwidag 방식에 의한 PSC 장대교인 원효대교가 1978년 착공된 이래 캔틸레버 공법으로 완공을 보았으며, 1985년 8월에는 VSL 방식에 의한 PSC 연속교인 금곡천교(호남고속도로 확장부)가 압출 공법으로 개통되었고, 1986년 5월에는 노량대교가 이동지보공(MSS) 공법에 의하여 완공되어 개통을 보았다. 1989년 11월에는 우리나라 최초의 PSC사장교인 올림픽대교가 캔틸레버 공법에 의하여 완공되었다.

서울시의 북부간선도로 및 강변고속도로, 중앙고속도로의 신설, 서해고속도로신설, 영동고속도로 확장 공사 등에서 PSC 박스 거더 교량이 많이 시공되었다. 이와 같이 국내의 PSC 교량 건설 기술은 지난 40여년간 급격한 발전과 보급이 이루어져 왔다.

〈그림 1〉은 우리나라에서 시공되었거나 시공 중 또는 계획 중인 PSC 교량을 연도별로 나타낸 것으로 80년대 중반 이후 이 교량의 건설이 활발하게 증가하는 것을 보여주고 있다. 또한, 국내에서 PSC 박스 거더 교량의 시공은 동바리 공법(FSM)과 압출 공법(ILM)이 주를 이루고 있으나, 최근에 와서는 세그멘탈 공법(PSM)에 의한 시공이 증가하는 추세에 있다.

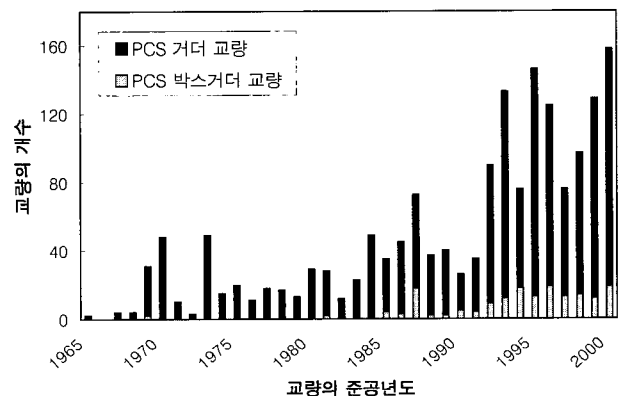


그림 1. 우리나라의 PSC 교량 및 PSC 박스 거더 교량의 연도별 현황

우리나라 최초의 PSC 박스 거더 교는 1981년 개통된 원효대교이다. 이 교량은 경간 중단을 힌지로 연결하는 캔틸레버 공법으로 시공되었다.

1991년 12월에 준공된 강동대교는 판교·구리간 고속도로 건설 공사 구간 중 서울시 강남구 하일동과 경기도 구리시 토평동을 연결하는 교량으로, 국내 최초로 연속 강결 방식의 캔틸레버 공법으로 시공된 7경간 연속 PSC 박스 거더 교량이다. 이 교량에서 채택하고 있는 연속 강결 방식은 구조해석이 다소 복잡하고 시공중의 처짐 관리가 어려운 점이 있으나, 원효대교와 같이 경간 중앙에 힌지를 둘 경우에 비하여 장기 처짐의 발생이 적고 주행성이 양호한 특징을 가지고 있다.

한편, 1993년에 착공된 김포대교는 서울시 외곽 순환 고속도로의 일부로 경기도 고양시 대장동과 경기도 김포군 고천면을 연결하는 총 연장 3,305m의 교량으로 현장 타설 공법(FCM, MSS 공법)으로 시공되어 현재 주요 도로로 잘 활용되고 있다.

이외에도 PSC 박스 거더 교량부 시공 실적은 매우 많다. 올림픽대교는 지보공이 필요없는 캔틸레버 공법이 주공법이나, 강남쪽 접속 구간은 동바리 공법으로, 중앙부의 사장교는 캔틸레버 공법 그리고 사장교 양단에서 교대 1, 2층 구간은 이동식 비계 공법(MSS)으로 시공되었다. 한편 신행주대교는 압출 공법(ILM)의 PSC 박스 거더로 시공되었고, 서강대교는 압출 공법과 동바리 공법(FSM)이 적용된 PSC 박스 거더 교량이다.

2.3 미국

미국에서 건설되는 교량의 유형은 1950년에서 1980년 후반 사이에 해마다 큰 변화를 보여왔다. <그림 2>는 1950년대 이후 현재까지 건설된 미국 전역의 교량들을 구조 재료에 따라 분류한 것이고, <그림 3>은 1950년부터 현재까지 해마다 새롭게 건설되는 교량의 추이를 구조 재료별로 나타낸 것이다. <그림 2>에서 알 수 있듯이 이 기간 동안 건설된 교량의 총수는 RC교와 PSC

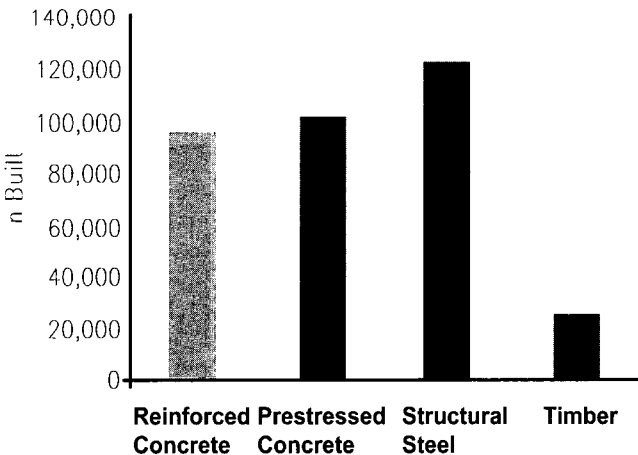


그림 2 미국 교량의 형식별 교량 개수¹¹⁾

교를 합하면 콘크리트 교량이 훨씬 많은 것을 알 수 있다. <그림 3>을 보면 RC교와 PSC교를 합할 때 전체 교량의 70~75%를 차지하여 꾸준히 증가하고 있음을 보여주고 있다. 1950년대까지 해마다 건설되는 8000여개의 교량 중 극히 일부만이 프리스트레스트 콘크리트 교량이었는데, 그후로 프리스트레스트 교량의 건설은 꾸준히 증가하여, 현재에는 한해에 건설되는 교량의 50%에 가까운 교량이 프리스트레스트 콘크리트(PSC) 교량으로 건설되고 있다.¹¹⁾

프리스트레스트 교량의 건설이 급격히 증가한 1950년에서 1980년 후반까지의 기간동안 RC 교량의 사용은 어느정도의 변화를 보이다가 현재에는 약 25%정도를 차지하며 50%를 차지하고 있는 PSC 교와 함께 콘크리트 교량이 75% 정도를 차지하고 있다.

2.4 유럽

독일 및 프랑스를 중심으로 한 서부 유럽은 PS 콘크리트 교량의 개발지로서, 특히 교량 부분에서 PS 콘크리트 기술은 세계를 주도하여 왔다. 독일에서는 현장 타설에 의한 세그멘탈 공법을 주로 사용하여 발전시켜 왔으며, 최초의 교량이 1950년 Ulrich Finsterwalder에 의해 설계되어 Lahn강 상에 세워졌다. 이에 비해 프리캐스트 공법은 프랑스에서 발전되어 왔는데 그 최초의 교량은 1962년에 세워진 Choicy-Le-Roi교이다. 그 이후, 유럽에서는 PSC 교의 발상지답게 PSC 교량의 건설이 주종을 이루며 활발하게 건설되고 있다.

2.5 일본

일본에서는 1951년에 최초의 프리스트레스트 교량이 건설된 이래로 프리스트레스트 교량 기술 분야에서 많은 진전이 이루어졌고, 그후 많은 프리스트레스트 교량이 건설되었다.

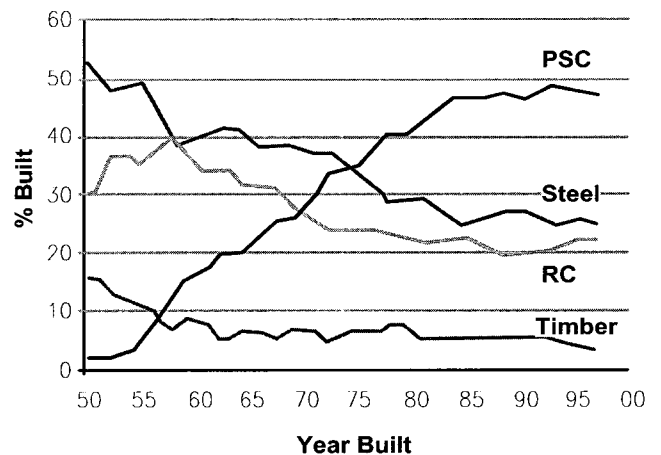


그림 3 미국의 교량 형식에 따른 연도별 건설 추이¹¹⁾

일본은 네 개의 큰 섬과 4,000여개의 작은 섬들로 이루어진 열도이고, 환태평양 지대에 속하여 지구상에서 지진이 가장 활발한 지역 중의 하나로 아직도 여러 개의 화산이 활동 중이며, 산악지대에 위치한 강들은 길이는 짧지만 깊고 유속이 빠른 특징을 가지고 있다. 이러한 지형적, 지역적 특징 때문에 일본에서 교량은 도로와 철도에 있어서 중요한 교통 수단이다. 오늘날, 일본에는 5,400km의 간선도로와 2,000km의 신간선이 있고, 이들중 6,300km가 교량으로 이루어져 있다. 이들 교량의 1/3이 프리스트레스트 콘크리트 교량이다.¹⁰⁾

일본에 프리스트레스트 콘크리트 교량이 처음 소개된 것은 1928년 프랑스인 기술자인 Freyssinet이 일본 정부에 특허를 출원하면서부터였는데, 최초의 프리스트레스트 교량은 1951년에 건설된 "Chosei"라는 작은 교량이었다. 이 교량은 경간 길이가 3.6m인 단순 지지 프리텐션 슬래브 교량으로서, 아직도 사용 중이다. 이 교량 이후에 1952년 "Taihei bashi"라는 이름의 프리텐션 거더 교량이 건설되었다. 이들 교량은 1959~1960년에 제정된 일본 산업 규격의 표준이 되었다. 그 이후 1950년대 초반까지는 대부분 프리텐션에 의한 PSC 거더 형식의 교량이 PSC 교량의 주종을 이루었다.

일본 최초의 포스트텐션 교량은 1953년에 건설된 경간 길이 7m인 "Togo" 교량이었었는데, 기술이 발전하면서 경간 길이는 20m에서 40m 까지 늘어났다. 1956년 Freyssinet의 특허가 만기된 후에, BBRV, Dywidag, Leonhandt 등의 외국 공법들이 도입되었고, 같은 시기에 OBC, MDC 등의 일본 고유의 공법도 개발되었다. 1958년, Dywidag 공법이 도입되면서 프리스트레스트 교량의 경간 길이가 획기적으로 늘어났는데, 최초의 교량은 1959년 캔틸레버 공법으로 건설된 교량으로 경간길이가 51m였다.

1951년 최초의 PS 콘크리트 교량 건설 이후 1983년까지 디비닥 공법에 의한 교량의 건설만도 250여개에 이르며, 최대 지간이 100m이상인 교량도 39개에 이르고 있다. 이러한 장대 지간 PSC 박스 거더 교량의 건설은 증가하는 추세에 있다. 프리스트레스트 콘크리트 교량은 상대적으로 타형식의 교량에 비해 적은 유지 관리비, 수려한 외관, 적은 소음 및 지간 길이의 장대화와 같은 장점을 갖고 있기 때문에 현재 주요 고속도로 교량의 1/3가량이 콘크리트 교량으로 시공되었다.

1965년에서 1974년까지 일본의 산업 규모가 커지고 건설 기술이 발전함에 따라 이 기간에 건설된 프리스트레스트 교량도 규모가 커지는 경향이 있다. 컴퓨터 기술이 발전함에 따라 복잡한 구조물의 구조해석이 가능하게 되었고, 트럭 크레인의 개발로 인해 프리캐스트 공법을 도입할 수 있게 되었는데, 세그먼트의 접합부에 에폭시 레진을 주입하는 프리캐스트 세그멘탈 공법이 도입되면서 신속한 시공과 품질 관리가 가능하게 되었다. 새로운 교량 가설공법으로서 이동 동바리 공법(MSS)과 연속 압출 공법(ILM)이 소개되었고, 아치 교량과 현수교 등 새로운 교량 형식이 도입되었다.

1966년 도시 고속도로의 Megro 고가도로가 에폭시 레진을 이용한 프리캐스트 세그멘탈 공법으로 시공되었고, 1972년에는 경간 길이가 230m인 교량이 캔틸레버 공법에 의해서 시공되었다. 1972년에는 또 한신고속도로의 교량과 도시 고속도로의 타카시마다이라는 고가도로가 이동 동바리 공법(MSS)으로 건설되었고, 홋카이도의 호로모 교량은 연속 압출 공법(ILM)으로 시공되었다.¹⁰⁾

1975년 이래로 건설 장비가 발전하고 교량의 품질관리와 단기간 시공의 중요성에 대한 인식이 확산됨에 따라, 일본에서는 이동 동바리 공법과 연속 압출 공법의 사용이 증가하게 되었다. 경간 길이가 긴 교량에 대해서는 여전히 캔틸레버 공법이 적용되고 있고, 프리스트레스트 현수교의 건설도 증가 추세에 있다.

1976년에는 경간 길이가 240m인 하마나 교량이 캔틸레버 공법으로 시공되었는데, 이 교량은 최장 경간의 콘크리트 박스 거더 교량으로 기록되었다. 아치 교량으로는 1982년에 건설된 우사가와 교량을 들 수 있는데, 경간 길이는 204m이고 캔틸레버 공법으로 시공되었다. 1989년에는 아치 구간의 경간 길이가 235m인 배푸 교량이 건설되었다.

케이블 지지를 이용한 장경간 교량의 건설은 1978년 경간 길이 96m의 마츠가야마교로부터 시작되었는데, 그 후에도 1989년에 요부교 교량(경간 길이 250m), 1991년에 이구치교(경간 길이 490m), 1992년에 아시하라교(경간 길이 185m) 등이 건설되었다. 요부교는 경간 길이 250m로서 프리스트레스트 교량 중 경간 길이가 가장 긴 교량이다.¹⁰⁾

3. PSC 교량의 공학적 장점

3.1 개요

1970년대 중반 이후부터 미국에서는 프리스트레스트 콘크리트 교량이 가장 많은 부분을 차지하고 있으며, 1990년대에 들어와서는 철근 콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트 교량이 차지하는 비중은 전체 교량의 약 70%를 상회하고 있다. 또, 프리스트레스트 공법의 발원지인 유럽과 일본에서도 1970년대 이후로 프리스트레스트 교량의 건설이 활발히 진행되어 일본의 경우 현재 주요 고속도로 교량의 1/3 이상이 프리스트레스트 교량으로 시공되었다. 이와 같이 전세계적으로 프리스트레스트 콘크리트 교량의 건설이 증가하고 있는 것은 프리스트레스트 콘크리트 교량이 가지는 여러 가지 장점 때문이다.

3.2 구조적 특성과 보유 안전율

PSC 부재는 경간 길이가 30m인 PSC 거더 교량이나 사장교 등의 장대 교량에 주로 사용되므로 구조적으로 안전해야 하며 사용중이나 시공중 안전도가 확보되어야 한다.

미국 세그멘탈 교량 협회(ASBI)의 1991년 자료에 의하면, PSC Box Girder 교의 구조적 안전성이 매우 우수함을 보고하고 있다. 1975년에 텍사스 주립대학에서는 내부강선으로 긴장된 프리스트레스트 세그멘탈 교량에 대한 실험을 수행하였는데, 이 경우 span/depth 비는 25이었고, 활하중에 의한 처짐은 대략적으로 L/3200로 나타났다. 또한, 1989년에는 외부 강선으로 긴장된 세그멘탈 교량에 대한 실험이 같은 대학에서 수행되었는데, span/depth 비가 18.75인 경우 활하중에 의한 처짐은 L/6000~L/7500 이었다. 이러한 실험 결과, 세그멘탈 콘크리트 교량은 활하중에 의한 처짐이 매우 작은 것을 알 수 있다. AASHTO에서 활하중에 의한 처짐을 L/800~L/1000으로 제한하고 있다. 따라서, 세그멘탈 콘크리트 교량의 경우 매우 우수한 처짐 거동을 보임을 알 수 있다. 일반적으로 사하중/총하중의 비율은 세그멘탈 콘크리트 교량이 타 교량 보다 크다. 따라서, 세그멘탈 교량에 있어서 활하중은 상대적으로 작은 영향을 미치고, 초과 하중에 대한 민감도는 감소한다.

과거에 건설된 일부 교량들은 여유도(redundancy)가 부족하여, 부재 중 하나가 파괴되므로 인해 교량 전체의 파괴가 발생하는 사례가 있었다. 반면에 콘크리트 박스 거더 교량은 콘크리트가 구조적으로 연속인 재료이고, 여러 가닥의 텐던을 사용하기 때문에 충분한 여유도가 확보된다.

〈그림 4〉는 프리스트레스트 콘크리트 교량이 미국의 고속도로

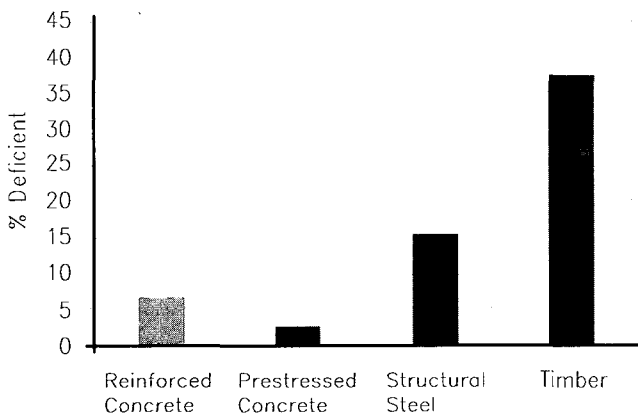


그림 4. 미국에서 구조적으로 손상된 교량의 비율¹¹⁾

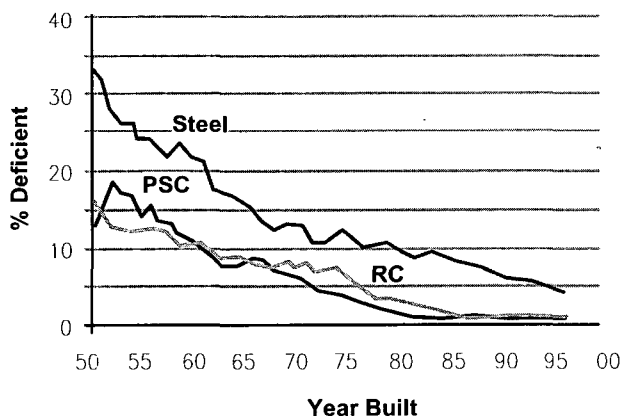


그림 5. 건설 연도에 따른 구조적으로 손상된 교량의 비율¹¹⁾

에 처음 사용된 1950년 이후에 건설된 교량들을 대상으로 하여, 구조적인 결함을 보이는 교량의 비율을 나타낸 것이고, 〈그림 5〉는 이러한 교량의 비율을 건설된 연도에 따라 나타낸 것이다. 이에 따르면, RC 및 PSC 교량의 결함 발생 비율이 가장 낮아 2~6% 정도이고, 다른 형식의 교량은 15~30% 정도로 큰 것으로 나타나고 있다. 특히 1988년 이후에 건설된 프리스트레스트 교량의 경우 2%도 안되는 교량만이 구조적으로 결함을 가지고 있는 것으로 조사되어 가장 낮은 비율을 보이는 것으로 나타났다.

3.3 피로 특성

콘크리트 구조물이 가지는 여러 가지 특징 중에 하나가 사하중과 활하중의 비율이다. 콘크리트 구조물은 중량이 크기 때문에 더 큰 사하중에 대해서 설계되고, 따라서 활하중의 비율이 상대적으로 낮아진다.

〈그림 6〉은 여러 가지 경간 길이에 대해서 총하중에 대한 활하중의 비율을 나타낸 것이다. 모든 경간 길이에 대해서, 총 모멘트에 대한 활하중 모멘트의 비율은 콘크리트 교량에서 가장 낮게 나타났으며, 그 중에서도 콘크리트 박스 교량의 경우가 가장 낮게 나타났다.⁹⁾

교량은 차량이 반복하여 통과하므로 피로 파괴가 중요한 문제로 대두된다. 최근까지의 연구조사 결과에 따르면 PSC Box Girder 교량에서는 피로가 별로 문제가 되지 않는 것으로 보고되고 있다. AASHTO의 PSC 세그멘탈 교량 설계 시방서에서는 설계 시방 규정에 따라 설계할 경우 PSC 교량의 피로는 별도로 고려할 필요가 없다고 규정하고 있다.

3.4 유지 관리 용이성

교량은 사용 기간이 늘어남에 따라 구조적 요인이나 환경적 요인에 의해서 교량에 손상이 발생할 수 있는데, 교량의 유지 관리

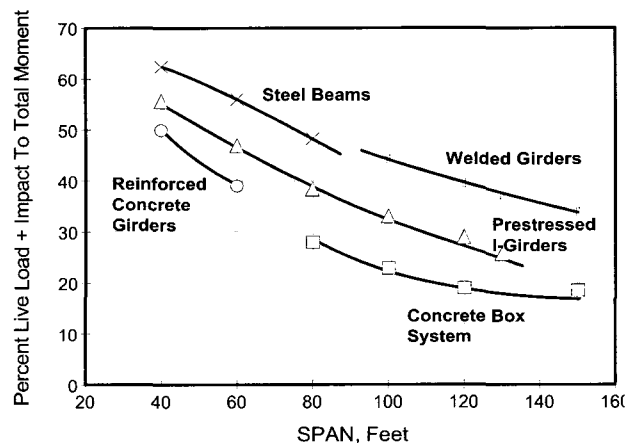


그림 6. 여러 가지 경간 길이에 따른 총 하중에 대한 활하중의 비율⁹⁾

란 구조물이 준공된 후 손상 여부를 점검하는 행위 및 손상이 발견되었을 때 구조물의 성능을 복원하기 위하여 실시되는 보수·보강 업무를 말한다. 이러한 관점에서 볼 때 PSC 콘크리트 교량은 고품질의 고강도 콘크리트 등으로 시공되므로 유지 관리 면에서 매우 유리한 교량으로 나타나고 있다.

3.5 TLC(생애주기비용)과 경제성

교량의 경제성은 생애주기비용(total life-cycle cost)에 의해서 평가할 수 있는데, 이것은 교량의 초기 건설 비용과 예상되는 유지 관리 비용을 합한 것이다. 미국 세그멘탈 교량 협회(ASBI)의 1991년 자료에 의하면, 프리스트레스트 세그멘탈 교량의 초기 건설 비용이 다른 형식의 교량의 초기 비용보다 상대적으로 싼 것으로 보고되었다. 예로서, 프리스트레스트 교량인 Dam Point Bridge는 공사 비용이 4,800만 달러였는데, 다른 재료의 교량으로 설계했을 때보다 4,000만 달러나 적은 비용이었다. 또, 1980년에 건설된 서부 시애틀 고속도로의 현장 타설 세그멘탈 교량의 경우 초기 공사 비용이 2,400만 달러였는데, 다른 재료의 교량으로 설계했을 때는 초기 비용이 4000만 달러로 산정되었다.⁷⁾ 또한, 25년동안 건설된 211개의 세그멘탈 교량의 경우 유지·보수 비용은 초기 건설 비용의 1.5%에 불과한 것으로 보고되고 있다.⁷⁾

4. PSC 교량의 공법 개발 및 건설 전망

4.1 개요

1950년대 프리스트레스트 콘크리트의 개념이 처음 소개된 이후, 1960년대 초부터 우리 나라에도 프리스트레스트 교량의 건설이 시작되었고, 1970년대를 거치면서 본격화 되었다. 1981년에는 Diwidag 공법에 의한 PSC 장대 교량인 원효대교가 완공되었고, 1985년에는 VSL 방식에 의한 PSC 연속교인 금곡천교가 개통되었으며, 1986년에는 노량대교가 이동지보공 공법에 의하여 건설되었다. 또, 1989년 11월에는 우리 나라 최초의 PSC 사장교인 올림픽대교가 캔틸레버 공법에 의하여 완공되었다. 이와같이 국내의 PSC 교량의 건설기술은 지난 40여년간 급격한 발전을 이루어 왔으며 최근에는 서울시의 북부간선도로 및 강변도로, 중앙고속도로, 서해안고속도로 등의 신설교량에 PSC 교량이 많이 적용되었다. 이러한 새로운 도로의 건설에는 세계 각국에서 가장 활발히 건설되고 있는 진보된 교량 형식과 교량 공법이 시도되었는데, 특히, 서울시의 내부순환 도시고속도로와 강변 도시고속도로에 프리캐스트 세그멘탈 공법(Precast Segmental Method : PSM)의 PSC(Prestressed Concrete)박스 거더 교량이 건설되었고, 한강상의 서강대교에는 ILM(Incremental

Launching Method)의 PSC 박스 거더 교량과 널센 아치 교량이 건설되었다. 또한, 최근에 완공된 서해대교는 3가지 서로 다른 교량 형식으로 시공되었는데, PSM 공법의 PSC 박스 거더 교량(5820m), FCM 공법의 PSC 박스 거더 교량(500m)과 사장교 구간(990m)으로 구성되고 있다.

본 절에서는 PSC 교량의 건설에 사용되는 여러 가지 공법들에 대해서 간략히 알아보고, 앞으로의 우리 나라 프리스트레스트 교량의 건설 전망에 대해서 논하기로 한다.

4.2 공법의 다양성

(1) FCM 공법 PSC 교량

PS 콘크리트 교량은 그 가설 공법에 따라 여러 가지가 있으나 FCM 공법에 의한 PS 콘크리트 교량은 여타 ILM, MSS, FSM 공법 등에 의한 교량보다 긴 시간 시공이 가능하며 구조적, 미적으로 우수하고, 또한 험난한 지형에서의 시공성도 우수하여 전 세계적으로 널리 사용되는 교량 형식으로서, 최초 독일을 시발로 하여, 프랑스를 비롯한 많은 나라에서 지난 40여년간 발달되어 왔다. 우리 나라에서는 1978년 원효대교(1978~1981년)를 효시로 상진대교(1983~1985년), 청풍교(1983~1985년) 및 운암교(1984~1989년), 강동대교(1989~1992년) 등이 본 공법에 의해 가설되었고, 현재도 시공 중이거나 설계 중인 교량이 수 개소나 있다. 이는 PS 콘크리트 교량의 장대화에 따른 새로운 시공법으로서 프리스트레스트 콘크리트의 장점을 충분히 응용한 성공적인 시공법이라 하겠다. 또한, 최근에는 프리캐스트 블록을 이용한 시공법이 실용화되어서 공사비의 절감, 품질 관리 향상 및 공기의 대폭적인 단축이 가능하게 되었다. 긴장재로서는 최초 독일 Dywidag사로부터의 기술 도입 관계상 PS 강봉을 사용하였으나, 현재는 국내에서 생산되고 있는 PS 강연선을 주로 사용하고 있으며, 교량의 형식도 초기에는 경간 중앙에 힌지를 설치한 T-형 라멘교 형식이었으나 최근에는 설계 및 시공의 대부분이 연속교 형식으로 이루어지고 있다.

〈그림 7〉은 FCM 공법의 시공 순서도이고, 〈그림 8〉은 FCM 공법으로 시공 중인 원효대교의 모습이다. 이러한 FCM 공법에 의한 교량 가설 공법은 다음과 같은 장점이 있다.

첫째, 지보공이 필요 없으므로 교하 공간의 제한 조건에 무관하게 작업이 가능하다. 예를 들면, 하천 및 해상상의 주운, 도로 교통 및 철도의 운행에 지장을 전혀 주지 않으며, 이러한 시공 방법은 교각의 높이가 높으면 높을수록 적합한 공법이라 하겠다. 높은 교각의 시공 또한 슬라이딩폼(sliding form)을 사용함으로써 저렴한 공사비로 완성할 수 있다.

둘째, 주형의 블록 수가 많은 대규모의 다경간 교량인 경우는 제작 공장에서 블록을 제작하여 보다 나은 품질을 얻을 수 있고,

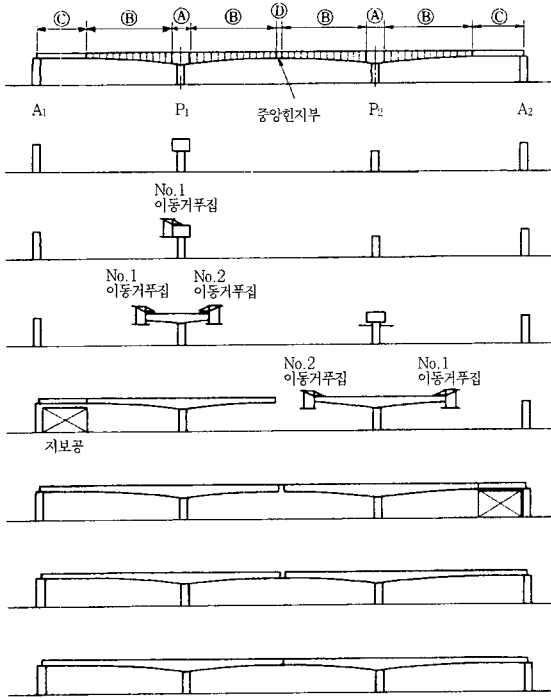


그림 7. FCM 공법의 시공 순서도

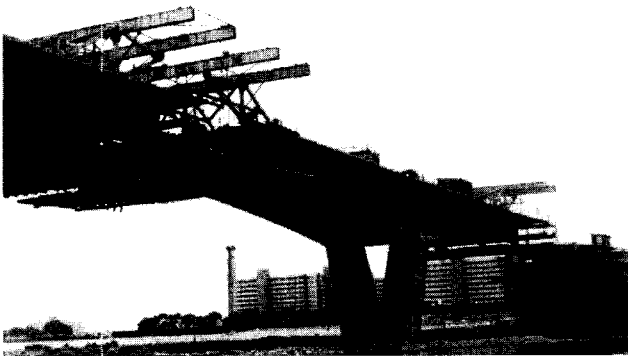


그림 8. FCM 공법으로 시공 중인 원호대교

작업의 단순화, 신속화를 기할 수 있다. 또한 프리캐스트 블록이 가설될 때는 건조 수축이 상당히 진행된 상태로서 프리스트레스트 도입시 콘크리트 강도가 균일하게 되는 이점이 있다.

셋째, 급속 시공이 가능하다. 현장 타설 캔틸레버 공법으로 1블록을 시공하는데 보통 8-12일이 소요된다. 이 소요 일수는 작업차 1대 당의 소요 일수로서 다경간의 장대 교량에서는 교각을 중심으로 작업차가 2대 설치되므로 타공법에 비해 공기 단축이 가능하다.

넷째, 동일 경간장에서 프리스트레스트 콘크리트 교량의 설계는 시공 단계에 따라 구조계가 변화하므로 타 공법의 교량 설계에 비해 좀 더 깊은 고려가 필요하다. 즉 콘크리트의 건조 수축 및 크리프의 영향, 긴장재의 릴랙세이션(relaxation)등을 고려한 슐림 조정 관리와, 주형 연결 후의 각종 응력의 재분배 문제 등에 대한 충분한 검토를 통하여 설계를 수행하여야 한다.

(2) ILM 공법 PSC 교량

연속 압출 공법은 본래 1960년대 초에 서독의 Stuttgart도시에 있는 Leonhardt & Andra 회사의 Fritz Leonhardt, Willi Baur, Andra 3인에 의하여 개발된 공법으로서 그 후 점차적으로 진전 개발되어 현재에 이르러 채택되고 있으며, 이 공법의 원명은 독일어로 "T.S.V(Taktschiebe Verfahren)"라고 부르며, 영어로는 "I.L.M(Incremental Launching Method)"라고 한다. 이 공법은 교량의 상부 구조물을 교대 후방에 미리 설치한 제작장에서 한 세그먼트(일반적으로 1span을 2-3등분 함)씩 제작하여, 교량의 지간을 통과할 수 있는 평형 압축력을 포스트 텐션 방법에 의거 미리 제작된 상부 구조물에 긴장력을 도입시킨 후 교량의 교축 방향으로 특수 압출 장비를 이용하여 밀어내는 공법이다. 이때 상부 구조물을 밀어내는 장치는 여러 가지 종류가 있으나, 근본적으로는 상부 구조물과 하부 구조물의 모든 지지점 사이에서 발생하는 마찰의 차이를 이용한다는 면에서는 공통적이다. 따라서 이 연속 압출 공법은 마찰 계수가 매우 작은 테프론(tefron)판이 개발됨으로써 더욱 용이하여졌다. 즉 이 공법의 초기에는 교량의 각 경간에 설치되어 있는 등바리 위에다 미끄럼대를 이용하여 소정의 위치까지 압출시켰던 점을 감안하면, 오늘날과 같이 등바리를 세우지 않고 교각의 교좌 장치 위에서 직접 밀어낼 수 있게 된 것은 바로 이 테프론판(ptfe sliding pad)의 개발로 인하여 훨씬 더 경제적인 공법으로 이용받게 되었다.

<그림 9>는 압출공법의 개요도이고, <그림 10>은 압출공법으로 시공 중인 교량의 전경이다.

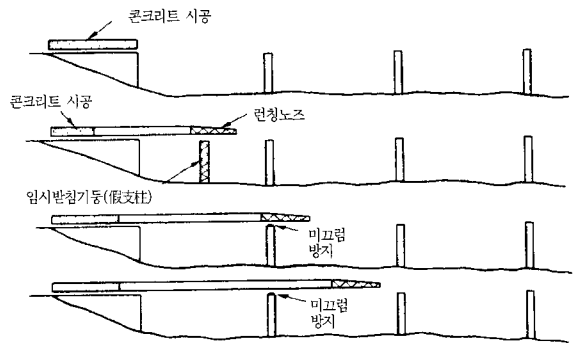


그림 9. 압출 공법의 개요도



그림 10. 압출 공법으로 시공 중인 교량

연속 압출 공법의 기술적 및 경제적인 측면에서의 장점과 단점은 다음과 같다.

1) 기술적인 장점

- ① 제작장은 공장 생산이 갖는 모든 장점을 갖는다. 즉, 반복 작업으로 수행될 뿐만 아니라 전천후 제작이 가능하다.
- ② 거푸집의 반복되는 가설 및 해체 작업으로 인한 시간 낭비가 없고 계곡, 하천, 교통 장애물의 통과 지역에 적합하다.
- ③ 연속교로 시공되므로 신속 이음 장치의 수가 줄어 차량의 주행성이 양호하다.

2) 경제적인 장점

- ① 동일한 작업 공정의 반복이므로 노무비가 절감된다.
- ② 거푸집 및 가 시설물의 재사용과 조립 해체 작업이 간편하다.
- ③ 일정한 장소에서 철근 가공 조립 및 긴장 작업이 용이하다.
- ④ 자재 운반 거리가 단축된다.
- ⑤ 콘크리트 품질 관리가 용이하다.
- ⑥ 작업장에 보온 설비를 함으로써 외부 기후 조건에 상관없이 공사를 진행할 수 있으므로 공기가 단축된다.
- ⑦ 가설 구조물(강재 거푸집, 추진코) 및 장비의 타공사 재사용이 가능하다.
- ⑧ 시공 중에 안전도가 높고, 현장의 청결성으로 건설 공해를 줄일 수 있다.

3) 제한 사항

- ① 적용 대상 교량은 직선 구간 혹은 단일원 곡선 구간이어야 한다.
- ② 교대 후면에 일정한 작업 공간을 확보할 수 있어야 한다.
- ③ 구조물(가설 구조물 포함) 제작시에 엄격한 규격 관리가 필요하다. 제작 규격 오차가 발생되면 일정량만큼 압출 후에는 교정 및 수정이 매우 어려우며 그 비용도 많이 소요된다.
- ④ 상부 구조물의 단면 높이가 일정하여야 하므로 경간이 긴 교량의 경우에는 단면이 변화하므로 재료 절감을 기대할 수 없다.

- ⑤ 압출시에 발생하는 모멘트를 지지시키기 위해서 별도의 축 방향 프리스트레싱이 필요하므로 긴장재의 소요량이 많다.
- ⑥ 교량 길이가 짧은 경우 가설 구조물(mould,nose) 및 제작장 등에 대한 비용의 부담율이 커진다.

(3) PSM 공법의 PSC 교량

프리캐스트 프리스트레스트 콘크리트 박스 거더 교량은 일반 PSC 박스교의 구조물을 의도적으로 분할 계획하여, 계획에 따라 제작된 세그먼트(segments)를 포스트텐션에 의해 프리스트레스를 도입하여 순차적으로 조립 완성시키는 시공법을 이용한 교량을 의미한다. 이러한 교량은 일반 동바리를 사용한 교량의 설계에 다음과 같은 설계 개념이 추가된다.

- 세그먼트 생산 방식
- 세그먼트 운반 및 설치 장비
- 세그먼트 접합면의 접합 및 응력 전달

이와 같은 프리캐스트 세그먼트를 이용하는 공법은 세그먼트의 특성상 해체 가능한 임시 고정 장치의 설계가 필요하며 이러한 임시 고정 장치의 설치 및 해체와 세그먼트의 설치 공정에 따라 구조물 시스템이 수시로 변경되는 것이 특징이다.

프리캐스트 PSC 박스 교량의 설계는 프리캐스트 세그먼트의 특성을 파악하고 세그먼트 설치 장비의 운용에 따른 가설 순서 및 구조물의 시스템 변경을 고려하여 순차적으로 설계하는 것이 중요하다.

이 공법에 의한 교량 상부 가설은 현장에서의 거푸집 및 동바리 작업을 최소화하므로 주위 환경을 해치는 범위를 축소하며, 가설 공기를 단축하여 공사비를 줄이는데 큰 잇점이 있다. 일반적으로 경제성은 현장 여건, 이용 가능한 가설 장비, 공기, 자재 또는 세그먼트 공급 방식 등의 종합적인 고려로 판단되어야 한다. <그림 11>은 PSM 공법의 개요도이다.

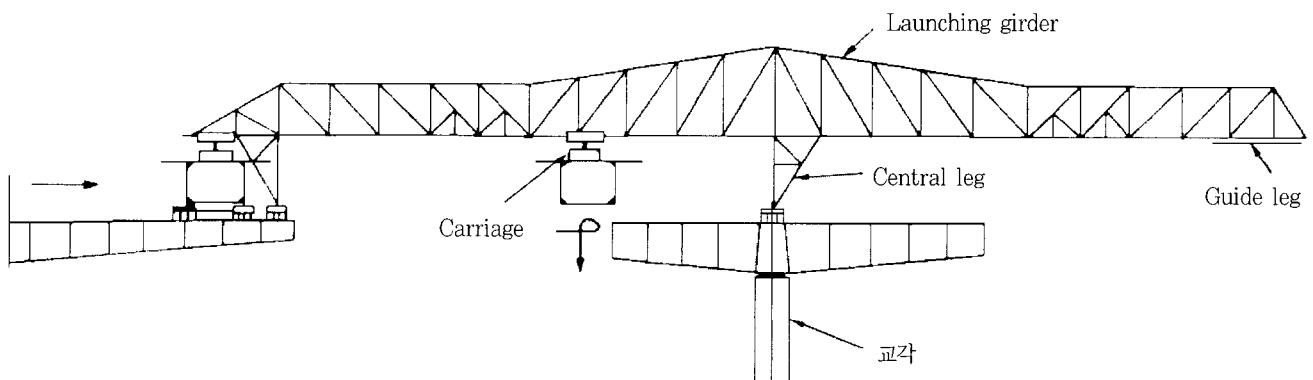


그림 11. PSM 공법의 개요도

프리캐스트 세그먼트 방식에 있어 일반적으로 거론될 수 있는 장·단점은 <표 1>과 같다.

표 1. 프리캐스트 세그먼트 공법의 장·단점

장점	<ul style="list-style-type: none"> • 하부 구조 가설 도중, 세그먼트를 미리 제작함으로써 상부 시공 공기를 크게 줄일 수 있다. • 콘크리트를 제작장에서 충분히 양생시킴으로써 상부 가설중 양생 기간을 Critical-Path에서 제거시킬 수 있다. • 충분히 양생된 세그먼트가 가설 조립되므로 크리프 및 건조 수축의 영향을 극소화시킨다. • 세그먼트를 공장 생산화 함으로써 우수한 품질 관리가 가능하다.
단점	<ul style="list-style-type: none"> • 세그먼트의 생산 및 가설 과정에서 고도의 기하학적 형상 관리가 필요하다. (Geometry Control) • 접합면의 에폭시 작업시 온도 및 기후에 깊은 관련을 갖는다. (에폭시의 혼합 및 적용) • 접합면의 철근이 연속되어 있지 않으므로 인장 응력에 한계를 가짐

(4) PSC 사장교

근대 PSC 사장교는 1957년 Riccardo Morandi교수에 의해 최초로 설계 시공되었다. 그러나 사장재를 사용한 최초의 콘크리트 교는 스페인의 Gruandalet 강을 횡단하는 Templyu수로교였다. 프리스트레스트 콘크리트에 많은 독창적인 개념을 도입했다. 유명한 스페인 기술자인 Torija교수에 의해 설계된 이 교량은 두 개의 탑을 가진 고전적인 3경간 대칭의 사장교의 외관을 가진다. 수심이 깊어 교각의 시공이 곤란하다고 판단하여 그것에 대신해서 사장재가 도입되었다. 이와 같이 사장재는 주경간의 교각 2기를 제거하기 위해 도입된 것이다. 세계적으로는 1980년대 초반에도 30여개의 콘크리트 사장교가 건설되었다. 우리나라에서도 올림픽대교 등이 PSC 사장교로 건설되어 사용 중에 있다.

콘크리트 사장교의 이점은 다음과 같다.

- ① 지간에 대한 거더의 높이의 비가 낮다. 지간/거더 높이 비는 45~100의 범위가 일반적이다. 또 공기역학(Aerodynamics)에 의한 유선형 단면과 다중 케이블 형식을 사용하면 주거더 구조를 지간/거더 높이비를 150~400으로 얇은 것을 사용할 수 있어 중량감을 주지 않는다.
- ② 콘크리트 거더는 그 자중에 의해 그리고 콘크리트가 본질적으로 감쇠성이 좋다는 이유에서 공역학적 진동에 대해서 유리하다.
- ③ 스테이에서 전하는 수평력은 거더에 휨과 함께 압축력을 생기게 하나 이것은 콘크리트 거더에 있어 유리하다. 그 이유는 스테이에 걸치는 힘은 콘크리트에 프리스트레스트를 생기게 하여 불리한 인장 응력을 저감시키기 때문이다.
- ④ 활하중의 사하중에 대한 비가 적기 때문에 활하중에 의한 처짐도 적다. 이 때문에 콘크리트 사장교는 철도 등의 대량 수송 시스템에 채용하는 것이 타당하다.

사장교는 주탑, 케이블 그리고 상부 거더의 3가지 요소로 구성되어 있으며 주탑과 상부 거더는 주로 압축력에 의한 지배를 받고 케이블은 인장력에 의해 지배를 받는 교량 구조 형식이다.

케이블로 지지되는 교량 형식중 대표적인 것으로는 사장교와

현수교가 있다. 현수교는 주 케이블이 포물선형으로 배치되어 연직 하중 재하시 케이블의 장력이 평형 상태에 이를 때까지 큰 변형을 일으키고 이때 상부 거더에는 큰 인장력이 발생하게 되는 반면에 사장교에서는 주케이블이 주탑과 거더를 직선상으로 직접 연결되기 때문에 현수교와 같이 큰 변형은 발생되지 않으며, 연직 하중 재하시 상부 거더는 큰 압축력이 발생하게 된다.

콘크리트 사장교는 주형의 강성이 크고 압축력의 저항에는 탁월한 재질을 갖고 있어 지간 약 300m이내의 장경간 교로서는 최적의 교량 형식이라 하겠다.

일반적으로 주어진 조건하에서 교량 형식을 선정할 경우에는 생활 수준의 향상과 함께 과학적인 것보다는 실제적으로 예술적인 것을 고려하여 결정하는 경우가 많이 있으며, 콘크리트 사장교에 대한 유리한 점으로는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

- ① 중, 횡방향 케이블수의 조절로 상부 구조를 매우 날렵한 형상으로 하여(거더 높이/지간=1/50~1/200)미관상 현대적 감각을 지닌 수려한 교량으로 계획할 수 있다.
- ② 콘크리트 거더는 단면 자체의 강성이 크고 충격 흡수 능력이 있기 때문에 동적 거동 특히, 바람에 의한 영향에 매우 강한 면이 있다.
- ③ 케이블의 종방향 수평력은 거더에 발생하는 휨에 대하여 압축력으로 작용하게 되어 인장 능력을 감소시켜줌으로 인하여 사용 철근량을 상당량 절감할 수 있다.
- ④ 콘크리트 단면이 갖는 큰 강성으로 인한 활하중에 의한 처짐이 작기 때문에 철도교나 중차량 교통량이 많은 곳에 적합하다. (활하중/사하중의 비율이 작기 때문)
- ⑤ 최근 건설 기술의 발달로 긴장 작업, 가설 조립 및 Segmental Cantilever의 시공 등이 상대적으로 간편하다.

4.3 건설 전망

지난 80년대부터 본격적으로 건설되기 시작한 PSC 박스 거더 교량은 경제성, 사용성, 유지 관리성 및 단면의 역학적 특성 등이 양호하여 타 교량 형식에 비하여 광범위하게 보급되기 시작하였다. <표 2>는 최근에 건설된 고속도로상 교량의 구성 비율이다.³⁾

표에서 알 수 있는 바와 같이, 중부고속도로 및 서해안고속도로상에서 콘크리트 교량이 점유하는 비율이 평균 84% 이상이 되는 것을 알 수 있다. 중부고속도로의 경우, PSC 교량이 차지하

표 2. 고속도로상 교량의 구성 비율³⁾

교량형식	중부고속도로		서해안고속도로
	교량수	총연장	
RC교	79개교	3,678m	35개교
PSC교	41개교	5,648m	40개교
(PSC 박스거더교)	(11개교)		(11개교)
강교	15개교	1,632m	22개교
합계	135개교	10,958m	97개교

는 비율은 교량 수를 기준으로 하면 30% 정도에 불과하나 실제 차지하는 총 연장의 비율은 52%에 달하는 것을 알 수 있다. 이는 RC 교량이 비교적 경간이 짧고 단순한 지형에 사용된 반면 PSC 교량은 압출 공법을 이용한 장대 교량이 주를 이루었기 때문이다. 중부고속도로의 경우 PSC 박스 거더 교량은 PSC 교량의 27%를 차지하고 있는데, 이는 서해안고속도로에서도 유사한 것으로 분석되고 있다. 이와 같이 콘크리트 교량의 점유율이 높은 이유는 주로 콘크리트 교량의 경제성에 기인하는 것으로 판단된다.

한편 PSC 박스 거더 교량이 갖는 고유의 역학적 장점으로 그 사용이 계속 확대될 가능성이 있는데, 그 예를 고속철도상의 교량에서 찾아 볼 수 있다. 포화된 교통 운송 능력을 해결하기 위한 강력한 대책으로 진행되고 있는 경부고속철도는 총 연장 411.5km 중에서 37%에 달하는 구간인 152.3km가 교량으로 구성되어 있다. 프랑스와 독일에서는 열차 운행 최고 속도가 270km/h 이상인 경우 경간 20m 이상의 교량은 열차의 진동, 충격 및 처짐 등으로 비틀림과 횡방향 강성 유지를 위하여 PSC 박스 거더 교량을 채택하고 있다. 박스 거더는 비틀림 강성이 커서 하중 횡분배가 잘 이루어져 곡선 교량에 유리하므로, 경부고속철도에서도 경간 30~40m 이상의 교량에는 PSC 박스 거더 교를 사용하고 있다. 이는 자기 부상용 교량 구조물에서도 유효한 것으로 보고되고 있다. 즉, 고유 진동수, 처짐의 제한 및 경제성 등을 고려할 때, 비틀림 모멘트에 대해 가장 효과적으로 저항할 수 있는 박스형 단면을 가진 PSC 교량이 적절한 것으로 분석되고 있다. 최근의 PSC 교량 분야의 중요한 건설 경향으로는 PSC 교량의 조립화 공법의 하나인, 프리캐스트 세그먼트 공법의 도입이 확산되고 있다는 것이다. 전술한 바와 같이 본 공법은 공장 또는 현장에서 제작된 세그먼트를 가설 현장에서 결합시키고 프리스트레스를 도입하여 일체화시키는 공법이다. 이 공법의 가장 중요한 특징은 상부공의 시공이 제작과 가설로 분리되고 상부 구조의 가설 공기가 대폭으로 단축되며, 상부와 하부 구조의 시공을 병행하기 때문에 착공으로부터 완성까지의 공기를 상당히 줄일 수 있다는 것이다. 이는 장기간의 공사로 인한 교통 체증을 피할 수 있고 지상 작업을 최소화시킬 수 있다는 부수적인 효과를 지니고 있기 때문에, 서울시의 내부 및 외부순환고속도로에 적극적으로 사용되었으며 서해안고속도로상의 서해대교건설 공법으로 채택되는 등 그 사용이 확산되고 있는 추세이다.

5. 결론

본 소고에서는 최근 들어 급격히 늘어나고 있는 고속도로와 교량 건설에 적용되고 있는 PSC(프리스트레스드 콘크리트) 교량의 세계적인 건설 현황과 우리나라 PSC 교량의 역사에 대하여 고찰하였다. 또, PSC 교량의 시공 방법 별 설계 및 시공 특성을 고찰하였고 PSC 교량의 향후 건설 전망에 대하여도 기술하였다.

또한, 본 소고에서는 최근의 세계 주요 국가의 교량 건설 현황과 추세를 살펴보았다. 외국의 발표 자료에 따르면, 미국, 유럽 등에서는 PSC(Prestressed Concrete) 교량의 건설이 꾸준히 증가하고 있고, 최근 미국에서는 전체 교량의 75% 이상이 프리스트레스드 및 철근 콘크리트 교량으로 건설되고 있는 것으로 보고하고 있다.¹¹⁾ 교량의 계획 및 선정은 안전성, 사용성, 내구성, 경제성, 유지관리성, 환경과의 조화 및 환경 영향 등 제반 사항을 검토하여 결정되며 이러한 관점에서 세계적으로 PSC 교량 건설이 증가하고 있는 것으로 사료된다.

건설 공법은 장대 PSC 교량에서 가장 많이 활용되고 있는 캔틸레버 공법(FCM : Free cantilever Methd), 연속 압출 공법(ILM : Incremental Launching Method), 프리캐스트 세그멘탈 공법(PSM : Precast Segmental Method), 그리고 PSC 사장교(Cable Stayed Prestressed Concrete Bridges)에 대해서 서술하였다. 각 공법별 공법 개요, 설계 시 고려 사항과 설계 절차 및 공법, 그리고 시공시 유의 사항과 시공 절차 및 특기 사항 등에 대하여 간략하게 서술하였다. 앞으로 건설시장이 개방됨에 따라 우리나라 기술진도 좀더 심층적인 설계 및 시공 기술을 축적하여야 하고, 감리자 및 감독자도 이러한 설계 및 시공 특성을 알아야 효율적인 관리와 감독을 할 수 있을 것으로 사료된다. 끝으로, 우리나라에서도 세계 추세에 발맞추어 세계의 교량 건설 추세를 주시하고 이에 대한 기술 진보를 해야 할 것으로 사료된다. □

참고문헌

1. 한국콘크리트학회, "서해대교의 교량형식 및 건설공법에 관한 비교 분석," 1994. 5.
2. 오병환, "PSC박스거더 교량의 건설공법별 설계 및 시공특성," 동부 건설주식회사 1994. 12.
3. 김영진, 박철림, "프리스트레스드 콘크리트 박스거더 교량의 현황과 전망," 콘크리트학회지, 제6권 5호, 1994. 10.
4. 건설교통부 도로국, "2001년 교량현황조사," 2001.
5. 조효남, "교량공학," 구미서관, 1999. 9.
6. 신현목, "프리스트레스드 콘크리트," 동명사, 2001. 1.
7. C.L., Freyermuth, "Comparative Advantages of Segmental Concrete Bridges," Convention of the American Segmental Bridge Institute, Hyatt Regency, San Antonio, Texas, Nov. 4, 1991
8. K.F., Dunker, and F.G., Rabbat, "Performance of Highway Bridges," Concrete International, ACI, August, 1990.
9. W.J., Wilkes, "Fatigue : Concrete vs. Steel," PSCI Journal, Jul/Aug, 1989.
10. N., Yamashita, "Development of Prestressed Concrete Bridges in Japan," FIP Symposium '93 Kyoto, Japan, Oct, 1993.
11. G. Basile Rabbat, "Group Promotes Benefits Of High Performance Concrete Bridges," Articles in <http://www.pci.org>.