

## 프리스트레스트 콘크리트 박스거더 교량의 현황과 전망

### The State-of-the art and Vision of Prestressed Concrete Box Girder Bridges



김 영 진\*



박 칠 림\*\*

#### 1. 서 론

교량 건설에 소요되는 총 건설비는 일반적으로 8%의 공사준비(mobilization)비, 24%의 하부구조공사비 및 68%의 상부구조공사비로 구성된다.<sup>(1)</sup> 따라서 공사비의 상당한 부분이 투입되는 상부구조형식의 결정은 경제성, 시공성, 구조적 안전성, 사용성, 조형미, 기술보유능력 및 유지관리의 용이성 등을 종합적으로 고려하여 신중히 결정하여야 한다. 최근에는 건설재료의 발전, 시공능력의 향상, 구조해석 기술의 진보 등에 힘입어 교량구조가 장기간화, 대형화되는 추세에 있으며, 사장교, 현수교, 프리스트레스트 세그멘탈 형식의 교량이 급증되고 있는 경향이 있다.

특히 프리스트레스트 콘크리트(이하 PC라 함) 교량은 1950년대부터 유럽을 중심으로 개발되기 시작한 이후 급속한 발전을 거듭해, 현재는 다른 형태의 교량보다 비교적 폭넓게 사용되고 있다.

이는 PC 교량이 미적인 면이 우수하고 기계화, 공정표준화 등을 통하여 시공성과 품질을 높일 수 있으며, 인건비를 감소시킬 수 있는 효과 등에 기인한 것으로 판단된다.<sup>(2)</sup>

국내에서는 1981년 대형교량으로는 최초로 원효대교가 캔틸레버공법으로 시공된 이후 많은 PC 교량들이 준공되었거나 시공중에 있으나, 아직도 설계 및 시공기술의 일부분을 선진국에 의존하고 있는 실정이다. 따라서 본 고에서는 국내 PC 교량의 발전과정과 건설현황의 고찰을 통하여, 향후 장대 PC 교량 건설기술의 발전 방향을 모색해 보고자 한다.

#### 2. 국내 PC 교량의 발전과정

PC 교량의 실용화는 재료의 발전과 프리스트레스트 개념의 도입으로 가능하게 되었다. 1886년 미국의 기술자 P. H. Jackson에 의해 PC가 발명되었으나 재료의 강도 부족으로 성공하지 못하다가, 1926년 불란서의 E. Freyssinet가 고강도 강재를 이용한 PC 제조 개념을 고안하여 특허를 출원하

\* 정회원, (주)대우 건설기술연구소 선임연구원, 공학박사  
 \*\* 정회원, (주)대우 건설기술연구소 소장, 전무이사

였고 1928년에는 일본에 특허를 출원하여 오늘날 PC로 발전할 수 있는 계기를 제공하였다.<sup>(3)</sup>

한편 국내의 경우는 1950년 부터 PC 교량에 관한 논의가 시작되었는데, 그 개략적인 발전과정은 다음과 같다.<sup>(4,5,6,7,8)</sup> 1957년 佑林産業株式會社の 안양공장을 인수한 韓美財團이 경간 4.5m의 PC 보를 포스트텐션 방식으로 제작하였고, 中央産業(주)은 프리텐션방식에 의한 PC 침목의 시제품 제작에 성공하였다. 1961년 교통부는 서울 청량리역에 중앙선을 횡단하는 경간 20m의 육교를 국내 최초로 BBRV 방식으로 가설하였다. 1962년에는 경기도 가평에 九雲橋(6@16m)가 최초로 Freyssinet 공법으로 가설되었고, 같은 해 동일 공법으로 서울 용산에 원효교(5@20m)가 가설되었다. 1963년 건설부는 지간 30m까지의 PC 교에 대한 표준설계도를 작성하였으며, 그 당시 대부분은 이 표준도를 사용하여 PC 교를 시공하였다. 1965년 이후 서울시에는 교통소통을 위해 건설된 입체화도로상에 많은 육교가 건설되었는데, 이 육교는 거의 모두 PC 교로 되어 있다. 그후 1966년 강남울산시 태화강에 교장 440m, 경간 20m의 태화교가 가설되는 등 국내 PC 기술은 착실히 발전되어, 1970년 개통된 경부고속도로상의 교량 등에는 PC 교량이 주종을 이루게 되었다.

1981년에는 최초의 PC 박스거더 교량인 원효대교가 Dywidag 강봉을 이용한 캔틸레버공법으로 완공되었으며, 접속교는 PC 연속 슬래브교로서 Freyssinet의 콘크리트콘을 이용한 강선 방식으로 시공되었다. 그후 1983년 개포지구의 영동 1교가 국내 최초로 강재 정착구에 의한 강연선 방식으로 완공되어 현재 교량용 긴장재의 주종인 강연선 사용의 효시가 되었다.

1985년에는 호남고속도로 확장구간상의 금곡천교가 압출공법으로 최초로 완공되었고, 1986년에는 올림픽대로상의 노량대교가 이동식비계공법에 의하여 완공되었다. 그후 1991년 12월에는 강동대교가 국내 최초로 연속강결방식의 캔틸레버공법으로 완공되었다. 1989년 11월에는 국내 최초의 PC 사장교인 올림픽대교가 캔틸레버공법으로 완공되었다. 그러나 1991년 8월 준공예정이었던 PC 사장교인 팔당대교가 동년 3월에 붕괴되었고,

1992년 7월에는 PC 사장재와 압출공법을 병용한 신행주대교가 붕괴되는 등 장대 PC 교량 건설 기술에 문제가 제기되기도 하였다.

최근에는 이러한 현장타설공법에 비하여 공기 단축과 품질관리의 용이 등의 장점이 있는 프리캐스트 세그먼트 공법에 의한 교량의 건설이 활발히 이루어지고 있어, 북부도시고속도로 및 강변도시고속도로, 정능천 도시고속도로로 이루어지는 내부순환도로와 서해대교 등에 본 공법이 시공되고 있거나 계획중에 있다.<sup>(9)</sup>

### 3. PC 박스거더 교량의 건설현황

#### 3.1 한강상의 교량

현재 한강상에는 사용중인 교량이 22개, 공사중인 교량이 6개, 설계중인 교량이 1개로 총 29개의 교량이 가설되어 있다.<sup>(10)</sup> 29개 교량을 상부구조 형식별로 분류하면 아치교가 3개교, 사장교가 3개교, 트러스교가 9개교, 연속강재 거더교가 2개교,

표 1 프리캐스트 세그멘탈 교량의 현황<sup>(9, 14)</sup>

교량명	시공 년도	시공 회사	구조 형식	가설공법	제작방법	가설장비	설계회사	비고
북부도시고 속도로 1공구	90 ~94	삼성	연속보	Balanced Cantil- er Method	Short Line	Laun- ching Truss	삼우 기술단	가설중
북부도시고 속도로 2공구	91 ~96	삼성	-	-	-	-	-	-
강변도시고 속도로 1공구	89 ~94	남광	-	Span by Sapn Met- hod	-	Crane	한국종합	-
강변도시고 속도로 4공구	91 ~95	현대	-	Progress- ive Place- ment Met- hod	-	Winch	-	-
정능천 도 시고속도로 /공구	91 ~95	동부	-	Balanced Cantilev- er Method	-	Laun- ching Truss	삼우기술 단	-
서해대교 1공구	94 ~98	대림	-	-	-	Crane	-	'93. 10 발주
서해대교 2공구	94 ~98	럭키	-	-	-	Crane	-	-
부선향 고가교	92 ~96	대림	-	Span by Span Met- hod	-	Laun- ching Truss	한국종합	가설중

거더교가 9개교 그리고 PC 박스거더교가 3개교로 구성되어 있다.

이중 최초의 PC 박스거더교는 1981년 개통된 원효대교이다. 이 교량은 경간중간을 힌지를 연결하는 캔틸레버공법으로 시공되었으나, 힌지부에서 과도한 처짐이 발생하여 이를 보수·보강하기

위한 성능개선 공사가 금년 4월에 착공되어 1995년 6월말 완공예정으로 진행되고 있다.

1991년 12월에 준공된 강동대교는 판교·구리간 고속도로 건설공사 구간중 서울시 강남구 하일동과 경기도 구리시 토평동을 연결하는 교량으로, 국내 최초로 연속강결 방식의 캔틸레버 공법으로

표 2 입출공법으로 가설된 PC 교량<sup>(13~17)</sup>

번호	교량명	총연장 (m)	지간 (m)	교폭 (m)	설계자	시공자	발주처	착공 년도	준공 년도
1	금곡천교	330	42	11.7	대림엔지니어링	태평양건설	한국도로공사	1983	1984
2	염창교	270	35~40	22.4	대림엔지니어링	대림산업	서울시	1983	1985
3	황산대교	1,050	50	12.00	삼우기술단	삼부토건	충남도청	1984	1986
4	미호천 1교	500	50	23.8	동일기술공단	현대건설	한국도로공사	1985. 8	1987. 10
5	미호천 2교	210	30~50	23.8	동일기술공단	현대건설	한국도로공사	1985. 9	1987. 10
6	미호천 3교	260	30~50	23.8	동일기술공단	현대건설	한국도로공사	1985. 9	1987. 10
7	장작교	305	40~45	23.8	유신설계공단	유신건설	한국도로공사	1985. 10	1987. 5
8	하년 2교	405	45	23.8	유신설계공단	쌍룡건설	한국도로공사	1985. 10	1987. 9
9	가산교	500	50	23.8	-	-	한국도로공사	1985	1987
10	만경강교	600	60	10	동일기술공단	롯데건설	이리지방국도관리청	1985	1987
11	의암교	720	60	11	삼우기술단	신동아	원주지방국도관리청	1985	1989
12	연도교	510	45~60	8.2	도화종합기술공사	유원건설	이리지방국도관리청	1986	1989
13	남대천교	450	45	13.6	유신설계공단	미룡건설	한국도로공사	1986	1988
14	경강교	650	50	11	삼성종합	삼성종합	서울지방국도관리청	1987	1989
15	정암교	400	50	12	동일기술공단	삼부토건	경남도청	1987	1989
16	무한교	347	33.5~40	20	우성엔지니어링	현대건설	대전지방국도관리청	1987	1989
17	신행주대교	1,460	60	14.5	한국종합기술	백산건설	서울지방국도관리청	1987	공사중
18	단성교	240	42.5	11.0	동일	유원건설	김성남도	1988. 12	1989. 7
19	신구교	330	60	12.5	-	개룡건설	충청남도	1988. 12	1989. 7
20	기여 고가교	962	50	23.9	도우엔지니어즈	동아건설	한국도로공사	1988. 10	1991. 12
21	양양대교	490	30	18.5	남원엔지니어링	롯데건설	원주지방국도관리청	1989	1991
22	동작교	500	50	12.0	-	대한조선공사	이리지방국도관리청	1989. 9	1990. 9
23	홍천강 2교	550	50	12.1	천일기술단	롯데	한국도로공사	1989	1994
24	원장 4교	320	35~50	13.71	동명기술공단	동부	한국도로공사	1989	1994
25	남지대교	700	50	12.5	대한콘설단트	화승산업	부산지방국도관리청	1989	1991
26	구포교	953.7	56.1	30	삼우기술단	삼성건설	부산시	1990. 11	1995. 5
27	봉양교	400	50	12.1	대한콘설단트	남광토건	한국도로공사	1990	1994
28	풍산대교	610	50	12.1	신진엔지니어링	대림	한국도로공사	1990	1994
29	제 2 수영교	500	50	20	삼우기술단	롯데	부산시	1990	1993
30	섬전강교	760	60	23.4	-	풍림산업	한국도로공사	1990. 12	1992
31	경부 미호천교	430.7	50	16.7	남원엔지니어링	삼부	한국도로공사	1991	1993
32	남한강교	540	60	12.1	우대기술단	현대건설	한국도로공사	1991	1994
33	강천 2교	350	50	12.51	동부엔지니어링	대림	한국도로공사	1991. 9	1994
34	섬강교	530	50	12.1	동부엔지니어링	대림	한국도로공사	1991. 9	1994
35	지정교	780	50	12.1	대한콘설단트	동아	한국도로공사	1991. 9	1994
36	서강대교	1,320	60	29	한국종합	현대건설	서울시	1992. 12	1996. 7
37	제 2 양평대교	765	-	12.0	도화종합기술공사	(주)한양	경기도	1992	1995
38	학익 1교	420	-	15.55	-	-	한국도로공사	1990	-
39	군자교	420	-	15.55	-	-	한국도로공사	1990	-
40	연동교	170	35~50	12.1	-	-	한국도로공사	1991	-

시공되는 7경간 연속 PC 박스거더 교량이다.<sup>(11)</sup> 이 교량에서 채택하고 있는 연속강결 방식은 구조해석이 복잡하고 시공중의 처짐관리가 어려운 단점이 있으나, 원호대교와 같이 경간 중앙에 힌지를 둘 경우에 비하여 장기 처짐의 우려가 적고 주행성이 양호한 특징을 가지고 있다.

한편, 1993년에 착공되어 1997년 준공을 목표로

표 3 동바리공법으로 가설된 PC 교량<sup>(14~17)</sup>

번호	교량명	총연장 (m)	지간 (m)	교폭 (m)	발주처	착공년도	준공년도
1	영동 1교	140	40	50	서울시	1982	1983
2	영동 7교	64	23	20	서울시	1982	1985
3	영동 5교	105	45	35	서울시	1983	1985
4	영동 6교	120	50	50	서울시	1983	1985
5	공주대교	480	60	22	대전지방국도관리청	1983	1986
6	낙동강하구원 (김해대교부지)	513	51.5	17.5	산업기지개발공사	1983	1987
7	성남교	500	60	17.4	서울시	1983	1984
8	상남 1교	135	45	23.8	한국도로공사	1985. 3	1987. 7
9	청주 1/C육교	80	25~30	23.8	한국도로공사	1985. 11	1986. 11
10	서청주 육교	100	30~40	23.8	한국도로공사	1985. 11	1986. 7
11	덕산육교	91.2	23.1~45	23.8	한국도로공사	1986. 3	1987. 5
12	비호천교	480	40~50	23.8	한국도로공사	1986. 2	1987. 10
13	주포천교	191	43~52.5	13.71	한국도로공사	1989	1994
14	부산 제2도시고속도로	12,700	40~50	16.0	부산시	1989	1994
15	외곽 순환 양~동교	1,030	50~160	38.7	한국도로공사	1992	1996
16	청미교	160	40	11.9	한국도로공사	1985	1986
17	비호천 5교	320	40	11.9	한국도로공사	1986	1987
18	도계육교	130	30~35	11.9	한국도로공사	1986	1987
19	새정육교	52.8	11.7~29.4	10.0	한국도로공사	1986	1987
20	석남 1교	130	40~50	11.9	한국도로공사	1986	1987
21	비하육교	100	30~40	11.9	한국도로공사	1986	1987
22	보들육교	80	25~30	11.9	한국도로공사	1986	1987
23	신정 1교	500	40~46	20.0	-	1985	1987
24	원곡 4교	260	-	15.5	한국도로공사	1990	-
25	거포 2교	395.1	-	15.5	한국도로공사	1990	-
26	대재이 1교	100.1	-	15.5	한국도로공사	1990	-
27	대재이 2교	40	-	15.5	한국도로공사	1990	-
28	화정 1교	270.3	-	15.5	한국도로공사	1990	-
29	양산천 1교	100.1	-	15.5	한국도로공사	1990	-
30	초대 2육교	100.1	-	-	한국도로공사	1990	-
31	금강대교	1,600	-	-	한국도로공사	1990	-
32	양산 1/C 3교	300	-	50	한국도로공사	1991	-
33	양산 1/C 5교	250	-	50	한국도로공사	1991	-

공사가 진행되고 있는 김포대교는 서울시 외곽순환 고속도로의 일부로 경기도 고양시 대장동과 경기도 김포군 고천면을 연결하는 총 연장 3,305m의 교량으로 당초의 프리캐스트 세그먼트 공법 (FCM, Span by Span 공법)에서 현장타설공법 (FCM, MSS공법)으로 설계변경된 바 있다.

이외에도 PC 박스거더 형식이 일부 적용된 교량이 있다. 올림픽대교는 지보공이 필요없는 캔틸레버공법이 주공법이나, 강남쪽 접속구간은 동바리공법이고 중앙부의 사장교는 캔틸레버공법 그리고 사장교 양단에서 교대 1, 2층 구간은 이동식비계공법으로 시공되었다.<sup>(12)</sup> 한편 신행주대교에는 압출공법이 사용되었고, 서강대교에는 압출공법과 동바리공법이 적용되어 1996년 7월 준공을 목표로 공사가 진행되고 있다.

### 3.2 프리캐스트 세그멘탈 PC 교량

프리캐스트 세그멘탈 PC 교량은 일정한 길이로 분리된 세그멘트를 공장 또는 제작장에서 제작하여 가설현장으로 운반한 후, 적절한 가설장비를 이용하여 상부구조를 조립해서 건설하는 교량이다.<sup>(13)</sup> 표 1은 국내 프리캐스트 세그멘탈 교량의 현황이다.<sup>(9, 14)</sup> 이 형식의 교량은 동바리, 기푸집이 필요없고 교하공간의 활용에 제약을 받는 곳에 유리하며, 특히 공기를 단축할 수 있어 조기 개통이 가능하다는 장점이 있어 최근 도심지 통과 교량 등에 많이 채택되고 있다.

### 3.3 현장타설 PC 교량

PC 교량의 가설공법은 초기에는 지면으로 부터 동바리를 설치하여 교량을 가설하는 동바리공법 (FSM)과 프리캐스트 거더를 공장에서 제작하고 가설위치까지 운반하여 조립하는 프리캐스트 거더 공법이 주로 사용되어 왔다. 그러나 1950년 독일의 Dywidag사에 의하여 form carrier를 이용하여 상부구조를 세그멘탈 형식으로 건설하는 캔틸레버공법 (FCM)이 개발되면서 PC 장대교량 건설은 점차 증가되었다. 그후 1960년대에 들어서 부터는 기계화, 공정의 표준화 등을 피할 수 있는 공법들이 개발되었는데, 압출공법 (ILM), 이동식비계공법 (MSS) 및 지면집지이동지보공법 (GMSS)

표 4 컨틸레버공법으로 가설된 PC 교량<sup>(4, 14, 16, 17)</sup>

번호	교량명	총연장 (m)	지간 (m)	교폭 (m)	설계사	시공사	발주처	착공 년도	준공 년도
1	원효대교	1,470	100	20	한국종합	동아건설	서울시	1978	1981
2	상진대교	400	95	12.5	대림엔지니어링	동아건설	대전지방국토관리청	1983	1985
3	청봉교	315	57.5~100	10	대림엔지니어링	동아건설	대전지방국토관리청	1983	1985
4	운감교	350	95~160	10	유신설계공단	동원건설	이리지방국토관리청	1984	1989. 8
5	강동대교	1,126	60~120	26.7	동명기술공단	대림산업	한국도로공사	1988	1991. 12
6	가화천교	290	50~60	23.9	대우엔지니어링	한양(주)	한국도로공사	1990	1992
7	외관도~내관도연육교	380	100~160	10.0	유신설계공단	(주)삼호	이리지방국토관리청	1990	1994
8	비관도~교포도연육교	812	82~128	8.2	도화종합기술공사	대림	이리지방국토관리청	1991	1995
9	죽은암배연육교	675	65~105	9.0	동명기술공단	대림	이리지방국토관리청	1992	1996
10	서해대교	500	125~250	31.41	삼우기술단	리키	한국도로공사	1993	1998
11	상하조도교	-	-	-	동일기술	삼부	이리지방국토관리청	1990	-
12	산호교	-	-	-	동일기술	한진종합건설	-	1990	-
13	주진교	440	150	11.5	삼우기술단	-	경상북도	-	-
14	집지교	630	40~50	15.9	-	-	한국도로공사	1991	-
15	안산 I / C 2교	90.2	-	8.61	-	-	한국도로공사	1990	-
16	김포대교	3,305	50~125	37.8	삼우기술단	쌍용	한국도로공사	1993	1997

표 5 이동식비계공법 및 지면접지이동지보공법으로 가설된 PC 교량<sup>(13, 14, 17)</sup>

번호	교량명	총연장 (m)	교폭 (m)	설계사	시공사	발주처	착공 년도	준공 년도
1	노량대교	1,350	42.8	삼우기술단	진흥기업	서울시	1983	1985
2	올림픽대교	1,440	30.3	삼우기술단	유원건설	서울시	1986	1989
3	김포대교	3,305	37.8	삼우기술단	쌍용	한국도로공사	1993	1997
4	배방 2교	970	14	동명기술공단	한라, 일성	고속철도공단	1992	1998
5	풍세 제1교	4,080	14	동명기술공단	현대산업	고속철도공단	1992	1998
6	풍세 제2교	2,710	14	동명기술공단	현대산업	고속철도공단	1992	1998
7	시원교	560	14	동명기술공단	대우, 대호	고속철도공단	1992	1998
8	신정교	344	14	동명기술공단	대우, 대호	고속철도공단	1992	1998
9	노상 1교	435	14	대우, 벽산	한국중공업	고속철도공단	1992	1998
10	노상 2교	435	14	대우, 벽산	한국중공업	고속철도공단	1992	1998
11	연제교	1,915	14	대우, 벽산	한국중공업	고속철도공단	1992	1998
12	오송교	2,277	14	대우, 벽산	한국중공업	고속철도공단	1992	1998
13	강현 2교	1,185	14	대우, 벽산	한신공영	고속철도공단	1992	1998
14	갈원교	395	14	대우, 벽산	한신공영	고속철도공단	1992	1998
15	분곡교	275	14	대우, 벽산	선경건설	고속철도공단	1992	1998
16	시북교	877.5	14	대우, 벽산	선경건설	고속철도공단	1992	1998
17	충척 1교	250.9	14	대우, 벽산	선경건설	고속철도공단	1992	1998
18	충척 2교	315	14	대우, 벽산	선경건설	고속철도공단	1992	1998
19	금강교	1,635	14	대우, 벽산	선경건설	고속철도공단	1992	1998
20	갑천교	2,995	14	선진엔지니어링	하인, 위광	고속철도공단	1992	1998
21	감변교*	1,000	11	삼우기술단	신동아	원주지방국토관리청	1986	1988
22	농선교*	2,000	11	삼우기술단	신동아	원주지방국토관리청	1987	1988

(주) \* 지면접지이동지보공법에 의한 교량

등이 그 예이다. 표 2, 표 3, 표 4 및 표 5는 각각 ILM, FSM, FCM, MSS 및 GMSS에 의해 가설된 PC 교량현황이다. 이는 제한된 자료에서 정리된 내용으로, 누락되고 비흡한 점이 많을 것으로 사료되며 많은 지적을 기대한다.

표 6은 한국건설기술연구원의 자료<sup>(17,18)</sup>와 본 연구에서 조사된 자료에 근거하여 PC 교량의 건설공법별 교량수의 변화를 년도별로 정리한 것이다.

표 6 건설공법별 PC 교량수의 변화

공법		년도		
		1986 <sup>(17)</sup>	1990 <sup>(18)</sup>	1994
현상건설공법	동바리공법	21개교 (60%)	22개교 (47%)	33개교 (28%)
	암출공법	9개교 (26%)	18개교 (36%)	40개교 (35%)
	캔틸레버공법	3개교 (9%)	4개교 (8%)	16개교 (14%)
	이동식비계공법	2개교 (5%)	4개교 (8%)	22개교 (19%)
프리캐스트공법	상관불명공법	1 (0%)	1개교 (2%)	5개교 (4%)
합 계		35개교 (100%)	49개교 (100%)	116개교 (100%)

표에 나타난 바와 같이 동바리공법과 암출공법에 의해 가설된 교량은 1994년을 기준으로 전체 건설실적의 63%를 차지하고 있고, 암출공법 등의 기계화공법은 동바리공법에 비하여 관목할 만한 신장세를 보이고 있다. 동바리공법은 상부구조 시공비중 인건비의 점유율이 65%를 상회하고 특히 인건비중 거푸집과 동바리작업비의 비율이 45% 정도이기 때문에, 교량이 장대화되면 총공사비중 인건비의 점유비율이 점차로 증가되어 이 공법은 비경제적이 된다. 따라서 이러한 한계를 극복할 수 있는 암출공법 등과 같은 기계화 시공법의 적용은 더욱 확산될 것으로 기대된다.<sup>(18)</sup>

#### 4. PC 박스거더 교량의 건설전망

지난 80년대 부터 본격적으로 건설되기 시작한 PC 박스거더교량은 경제성, 사용성, 유지관리성 및 단면의 역학적 우수성 등이 양호하여 타 교량형식에 비하여 광범위하게 보급되기 시작하였다. 표 7은 최근에 건설된 고속도로상 교량의 구성비율이다.

표 7 고속도로상 교량의 구성비율

교량형식	중부고속도로 <sup>(19)</sup>		서해안고속도로
	교량수	총연장	
RC 교	79개교	3,678 m	35개교
PC 교	41개교 (11개교)	5,648 m	40개교 (11개교)
강 교	15개교	1,632 m	22개교
합 계	135개교	10,958 m	97개교

(주) ( )은 PC 박스거더교량의 수

표에서 알 수 있는 바와 같이, 중부고속도로 및 서해안고속도로상에서 강교가 차지하는 비율은 각각 11%, 22%정도에 불과하며, 콘크리트 교량이 점유하는 비율이 평균 84% 이상이 되는 것을 알 수 있다. 중부고속도로의 경우, PC 교량이 차지하는 비율은 교량수를 기준으로 하면 30%정도에 불과하나 실제 차지하는 총연장의 비율은 52%에 달하는 것을 알 수 있다. 이는 RC 교량이 비교적 경간이 짧고 단순한 지형에 사용된 반면 PC 교량은 암출공법을 이용한 장대교량이 주를 이루었기 때문이다. 중부고속도로의 경우 PC 박스거더교량은 PC 교량의 27%를 차지하고 있는데, 이는 서해안고속도로에서도 유사한 것으로 분석되고 있다. 이와같이 콘크리트 교량의 점유율이 높은 이유는 주로 콘크리트 교량의 경제성에 기인하는 것으로 판단된다.

표 8은 강교와 PC 박스거더 교량의 공사비의 비교이다. 표 6에서 분석된 바와 같이, 국내에서는 PC 박스거더교량의 건설공법으로 동바리공법과 암출공법이 주로 사용되는데, 이는 본 공법의 단위 m<sup>2</sup>당 공사비가 이동식비계공법 및 캔틸레버공법에 비하여 저렴하기 때문인 것으로 분석된다.

표 8 강교와 PC 박스거더교의 경제성 비교<sup>(20)</sup>

구 분	단위m <sup>2</sup> 당 공사비	비율(%)	비 고	
PC 거더교	850,000	77	표준교량 : 교장 : 150m 교폭 : 11.56m	
PC 박스거더교	FSM	980,000		89
	ILM	1,100,000		100
	MSS	1,400,000		127
	FCM	2,150,000		195
강성형교	1,100,000	100		

특히 향후에는 건설노동력의 고령화, 건설자재비 및 인건비의 상승 등의 문제가 심각해 질 것으로 예상되기 때문에, 이를 극복하기 위해서는 1) 교량단면의 표준화 및 단순화, 2) 반복시공을 가능하게 하는 기계화, 자동화 및 로봇화, 3) 현장타설콘크리트의 감소 및 QC의 적극적인 도입 등이 필요하다. 표 9는 각 공법의 년도별 공사비상승율의 비교이다.<sup>(21)</sup>

1980년을 기준으로 1965년부터 1995년 까지의 공사비상승율을 비교하면, 프리텐션 단순T형교, 포스트텐션 단순T형교, 동바리공법, 압출공법 및 이동식비계공법 순으로 공사비상승율이 낮아지고 있다. 이동식비계공법과 압출공법은 타 공법에 비해 공사비의 상승율이 작으며, 특히 이동식비계공법은 194%로 최저의 값을 나타내고 있다. 이는 본 공법이 상당히 기계화되어 있기 때문에 직접공사비중 노무비가 차지하는 비율이 타 공법이 비하여 적기 때문인 것으로 분석된다.<sup>(21)</sup>

표 9 공법별 공사비상승율 비교<sup>(21)</sup>

공법	년도							
	1960년	1965년	1976년	1980년	1985년	1990년	1995년	
포스트텐션 단순T형교	28	35	70	100	129	188	232	
프리텐션 단순T형교	33	37	70	100	131	195	243	
동바리공법	-	40	74	100	129	188	232	
이동식비계공법	-	-	-	100	122	162	194	
압출공법	-	-	-	100	125	174	213	

한편 PC 박스거더교량이 갖는 고유의 역학적 장점으로 그 사용이 계속 확대될 가능성이 있는데, 그 예를 고속철도상의 교량에서 찾아 볼 수 있다. 포화된 교통운송능력을 해결하기 위한 강력한 대책으로 진행되고 있는 경부고속철도는 총 연장 411.5km중에서 37%에 달하는 구간인 152.3km가 교량으로 구성되어 있다. 프랑스와 독일에서는 열차운행 최고속도가 270km/h 이상인 경우 경간 20m이상의 교량은 열차의 진동, 충격 및 처짐 등으로 비틀림과 횡방향 강성유지를 위하여 PC 박스거더교량을 채택하고 있다. 박스거더는 비틀림 강성이 커서 하중횡분배가 잘 이루어져 곡선교량에 유리하므로, 경부고속철도에서도 경간 30~40m이상의 교량에는 PC 박스거더교를 사용

하고 있는 실정이다.<sup>(22)</sup> 이는 자기부상용 교량구조물에서도 유효한 것으로 보고되고 있다. 즉 고유진동수, 처짐의 제한 및 경제성 등을 고려할 때, 비틀림모멘트에 대해 가장 효과적으로 저항할 수 있는 박스형 단면을 가진 PC 교량이 적절한 것으로 분석되고 있다.<sup>(23)</sup> 최근의 PC 교량분야의 중요한 건설경향으로는 PC 교량의 조립화공법의 하나인, 프리캐스트 세그먼트 공법의 도입이 확산되고 있다는 것이다.<sup>(13)</sup> 전술한 바와 같이 본 공법은 공장 또는 현장에서 제작된 세그먼트를 가설현장에서 결합시키고 프리스트레스를 도입하여 일체화시키는 공법이다. 이 공법의 가장 중요한 특징은 상부공의 시공이 제작과 가설로 분리되고 상부구조의 가설공기가 대폭으로 단축되며, 상부와 하부구조의 시공을 병행하기 때문에 착공으로부터 완성까지의 공기를 상당히 줄일 수 있다는 것이다. 이는 장기간의 공사로 인한 교통체증을 피할 수 있고 지상작업을 최소화시킬 수 있다는 부수적인 효과를 지니고 있기 때문에, 서울시의 내부 및 외부순환고속도로에 적극적으로 사용되고 있으며 서해안고속도로상의 서해대교건설 공법으로 채택되는 등 그 사용이 확산되고 있는 추세이다.

## 5. 맺음말

1950년대에 국내에 도입되어, 1980년대부터 활발한 발전을 시작한 PC 교량은 현재에 이르러 타형식의 교량과 경쟁하면서 꾸준히 보급되고 있다. 장대 PC 교량은 비틀림 강성 및 종, 횡방향 강성이 큰 상자형단면을 사용하고 있으며, 현장타설과 프리캐스트 공법으로 건설되고 있다. 국내에서는 현장타설공법중 동바리공법과 압출공법이, 프리캐스트 공법중에서는 상판분질공법이 주로 사용되고 있다.

그러나 이러한 외국의 신공법을 도입적용하는 과정에서 충분한 기술적 대응력을 갖추지 못하여, 팔당대교와 신행주대교의 붕괴사고가 발생되었고, 프리캐스트 세그먼트 교량의 정착부 및 격벽에서 균열이 발생하였으며, 원효대교 등의 캔틸레버공법에 의한 교량에서 중앙연결힌지부에 과도한 처짐이 발생하는 등의 문제가 제기되기도 하였

다.

그러나 현재 국내 각 대학, 기업연구소 및 건설 현장에서는 장대 PC 교량건설에 따른 기술력을 갖추기 위한 노력을 경주하고 있으며, 그 성과로 설계, 시공 및 감리능력이 축적되고 (주)대우의 DWPCBOX 등과 같은 장대 PC교량전용 해석프로그램이 국내기술로 개발되기에 이르렀다.<sup>(16)</sup> 따라서 PC 교량은 구조적 안전성, 경제성, 사용성, 내풍안정성, 내구성, 유지관리성, 피로저항성 및 미관 등의 우수한 장점에 힘입어 앞으로 도시고속화도로, 고속도로, 고속전철 및 도서지역 개발을 위한 연육교, 연도교 등에 지속적으로 적용될 것으로 예상된다.

### 참 고 문 헌

1. C. Menn, Prestressed Concrete Bridges, Springer-Verlag, 1989, pp.52~55.
2. 이승우, 조재병, “콘크리트 장대교량의 설계 및 건설기술”, 콘크리트학회지, Vol.5, No.4, 1993, pp.20~27.
3. プレストレスト・コンクリート建設業協會, やさしいPC橋の設計, 1991, pp.9~12.
4. 최효중, 프리스트레스트 콘크리트 세그멘탈 교량, 원기술, 1993, pp.42~193.
5. 유니슨산업주식회사, 프리스트레스트 콘크리트 형교의 해석 및 설계에 관한 연구, 1991, pp.3~5.
6. 대한토목학회, 토목공학핸드북, 제 14편, 1983, p.56.
7. 신현목, 프리스트레스트 콘크리트, 동명사, 1992, pp.30~31.
8. 윤만근, 상판분절교량 공중가설공법, 삼성건설(주), 1994, pp.49~62.
9. 정희용, “한강교량의 역사”, 기술, 제5권, 제4호,

- 서울특별시, 1994, pp.1~16.
10. 변근주, 한강상의 교량, 건설기술정보, 통권 117호, 1993, pp.1~5.
11. 최계식, 이상희, “켄틸레버공법에 의한 PS Concrete 교량의 설계와 시공- 강동대교 건설”, 콘크리트학회지, Vol.3, No.2, 1991, pp.35~45.
12. 정기택, “콘크리트 신공법 장대교량의 현황”, 콘크리트학회지, Vol.1, No.1, 1989, pp.33~38.
13. 변근주, 김영진, 프리캐스트 프리스트레스트 콘크리트 세그멘탈 교량의 안전시공, 제3회 건설안전세미나발표집, 1992, pp.101~124.
14. 장래섭, PC BOX GIRDER 교량-시공성을 감안한 설계 및 시공, 건설기술교육원, 1994, pp.15~18.
15. 정필무, “산악 계곡부의 높은 교각시공보고”, 대한토목학회지, Vol.40, No.2, 1992, pp.12~29.
16. (주)대우, 서울대학교 공학연구소, 프리스트레스트 콘크리트 세그멘탈 박스거더 교량의 시공단계별 자동화 정적해석 연구, 1994, pp.30~36.
17. 한국건설기술연구원, P. S. 콘크리트박스거더교량의 설계표준화에 관한 연구, 1986, pp.45~53.
18. 한국건설기술연구원, 교량의 계획설계에 관한 연구, 1990, pp.102~109.
19. 김병규, “중부고속도로공사보고”, 대한토목학회지, 제36권, 제1호, 1988, pp.36~47.
20. 박종현, 이홍원, 강경태, “강재이용 공정에 대한 현행 품셈의 적정성 검토 연구(용접교 부분을 중심으로)”, 건설기술연구연보, 1994, pp.497~506.
21. (財)고속道路調査會, “PC 橋の諸問題に關する研究報告,” プレストレストコンクリート, Vol.27, No.2, 1985, pp.48~54.
22. 신종서, “경부고속철도건설추진현황”, 대한토목학회지, 제40권, 제2호, 1992, pp.44~47.
23. 한국건설기술연구원, 자기부상열차 시험선로 프리캐스트 교량설계, 과학기술처, 1993, pp.15~25.