

# 특 집

|| 최근 프리캐스트 콘크리트의 신기술 ||

## 국내 연속 프리캐스트 프리스트레스트 콘크리트 거더교

- The Continuous Prestressed Precast Concrete Girder Bridges  
with a Reinforcement Steel Plate -



구민세\*  
Koo, Min Se



연정흠\*  
Yon, Jung Heum



정범석\*\*  
Jung, Beom Seok



김상철\*\*\*  
Kim, Sang Chel

### 1. 서 론

프리스트레스트 콘크리트(prestressed concrete ; 이하 PSC) 부재는 철근 콘크리트 부재가 지니는 균열발생 제어 문제 및 그에 따른 철근의 부식·누수 등 내구성에 미치는 약점을 보완할 수 있는 장점과 부재 단면을 작게 할 수 있는 효율성 등으로 인해 구조부재로서의 사용량이 점차 증가하고 있다. 지금까지 사용되어 온 PSC 거더교는 대부분이 단순교 형식에 국한되어 있으며 이를 다경간 교량에 사용 시에는 <그림 1>과 같이 보와 보의 연결부를 신축이음장치로 처리하여 시공하였다. 이러한 시공법은 받침의 수요가 많이 요구되며 신축이음부에서의 충격으로 인해 차량의 주행감을 저하시키고 교량의 열화현상 촉진 및 신축이음부를 통한 누수 등 지속적인 보수 및 유지관리를 필요로 하는 단점을 가지고 있다. 따라서 이러한 신축이음부의 문제점을 해결할 수 있는 방법 중의 하나로 <그림 2>와 같이 단순보 형식으로 제작된 PSC 거더를 가로보와 바닥판만으로 연속 처리하여 시공하는 방법(활하중 연속형 거더교)이 제시되고 있다.

그러나 이 시공법은 콘크리트의 크리프 및 건조수축에 의한 시간에 따른 모멘트 재분배로 인하여 부모멘트 구간의 바닥판에 균열을 야기시킬 수 있으며 실제 설계 시에도 부모멘트 발생 구간의 균열을 허용하고 있다. 더욱이 이러한 균열은 설계된 연속형 교량을 단순보 또는 단순보에 가까운 거동을 하게 함으로써 정모멘트 구간에 과도한 모멘트를 발생시키는 물론 처짐 및 진동이

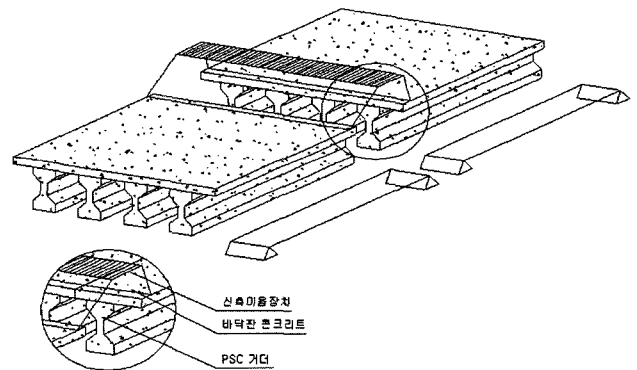


그림 1. 신축이음장치를 가진 단경간 PSC 거더교

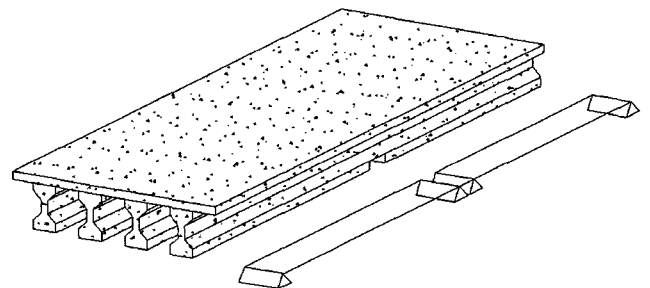


그림 2. 신축이음장치가 없는 활하중 연속형 PSC 거더교

증가하게 되어 사용성과 내구성에 불리한 영향을 미칠 수 있다.

결국 이러한 단점을 보완할 수 있는 PSC 거더교를 개발하기 위해 많은 연구가 진행 중에 있으며 국내에서는 PSC 거더를 이용한 다수의 신기술 교량이 개발되었다.

\* 정희원, 인하대학교 토목공학과 교수

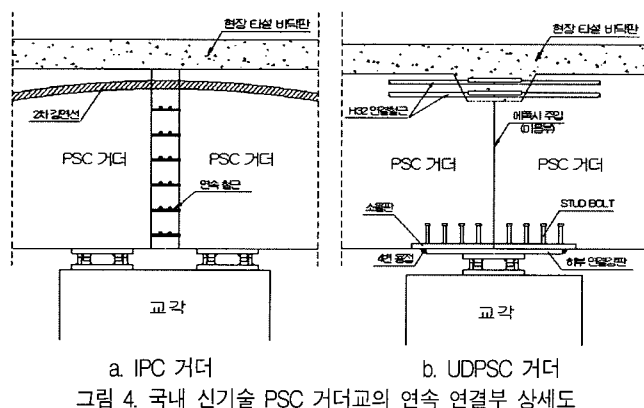
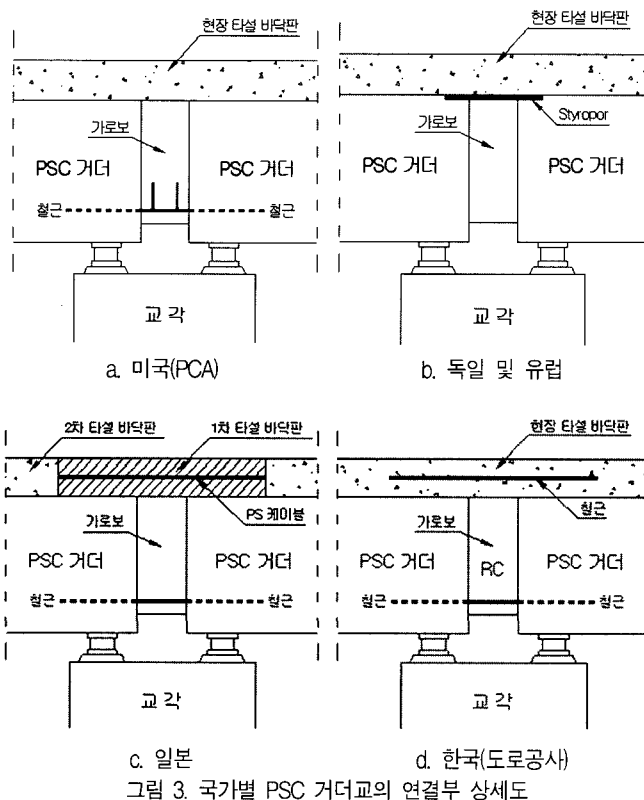
\*\* 정희원, 동의대학교 토목공학과 교수

\*\*\* 정희원, 한서대학교 토목공학과 교수

## 2. PSC 교량의 개발 동향

### 2.1 연결부의 연구

최근에 주로 사용하고 있는 가로보와 바닥판만으로 연속 처리하는 활하중 연속형 PSC 거더교의 경우는 프리캐스트 부재가 연속부에서 구속되어 지점에 구속모멘트가 발생된다. 이러한 구속모멘트는 사하중과 프리스트레스에 의한 크리프, 현장타설 바닥판과 거더의 건조수축차, 긴장재의 손실, 인접지점에 작용하는 충격을 포함한 활하중 및 온도변화 등에 의해서 발생한다. 따라서 각 국가별 (그림 3)과 같은 연결부 상세 기준을 제시하여 지점에서 발생하는 정, 부모멘트에 효율적으로 저항하고 교량의 공용기간 동안 충분한 내하력을 확보하게 하고 있다. 각각의 연결부 상세를 설명하면 다음과 같다.



〈그림 3(a)〉는 PCA에서 제시한 연결부 상세도로서 양쪽 인접한 보에 철근을 미리 매입하고 보를 제작한 후 같고리 형태로 연결하여 가로보를 타설하고 바닥판을 타설하는 것이 특징이다. PCA에서는 이 철근의 설계방법을 상세히 설명하고 있지만 최근 TRB의 연구 결과에 의하면 PCA 설계방법에 따라 설계된 연결부는 현장에서 시공하기 어렵고, 많은 시간이 소요되며 또한 그 효과에 대해서 의문이 제기되고 있다.

〈그림 3(b)〉는 1978년 제정된 “PS 콘크리트 및 RC로 된 프리캐스트 거더교에 관한 잠정지침서”에 소개된 콘크리트 타설 연결 바닥판의 상세도이다. 먼저 PSC 거더를 가설하고 거더와 바닥판 사이에 Styropor를 삽입하고 난 후에 바닥판 콘크리트를 타설한다. 이것은 주로 독일을 중심으로 한 유럽지역에서 많이 사용하는 설계방법으로 이미 설치된 연결부의 내구성을 조사하기 위해 10년 이상 경과된 몇 개소의 포장층을 제거하여 그 상태를 조사하였으나 전혀 균열이나 그 밖의 결함도 발견되지 않았음이 보고된 바 있다. 그러나 이 연결부 설계는 거의 단순보와 같은 상태로 거동하기 때문에 연속교의 거동을 나타내지 못하고 또한 형고 및 단면의 감소도 기대하기 어려운 연결 방법이다.

〈그림 3(c)〉는 일본에서 시공되고 있는 사례로 PSC 거더를 가설하고 1차 바닥판 부분을 타설한 후에 바닥판 PS 강재를 긴장한 후 2차 바닥판을 타설하는 방법이다. 그러나 이 방법은 긴장재의 정착구가 바닥판에 매설되므로 바닥판이 마모되거나 균열에 의해 긴장력이 손실되는 문제점을 내포하고 있는 것으로 알려진 공법이다. 또한 바닥판 PS 강재 긴장재 배치 및 긴장 작업시 번거로운 과정을 거쳐야 하는 단점이 있다.

〈그림 3(d)〉는 현재 국내의 연결 형태로 PSC 거더를 가설한 후 바닥판 및 부모멘트 보강철근을 배근하고 바닥판 및 연결부 콘크리트를 타설하는 방법이나 이는 모멘트의 재분배를 전혀 고려하지 않고 설계하며 균열이 발생하여 연속형 교량의 거동을 전혀 발휘하지 못하는 연결 방법이다.

다음 〈그림 4〉는 최근에 국내에서 개발된 PSC 거더를 이용한 신기술 공법의 연결 방법을 나타낸 것이다.

〈그림 4(a)〉는 단계적 긴장력 도입에 의한 프리스트레스트 콘크리트 거더(IPC: Incrementally Prestressed Concrete Girder)의 연속부 연결부 상세를 나타낸 것으로 기존의 도로공사 연결부의 단점을 보완하여 거더와 거더간을 철근을 이용하여 연결, 강결하고 2차강선 연결 긴장방법으로 연속지점부에 대한 구조적 안정성을 확보하게 한 구조이다.

〈그림 4(b)〉의 연결 방법은 내측지점의 상승·하강을 이용한 연속 PSC 거더(UDPSC: Up Down Prestressed Concrete Girder)에 대한 것으로 IPC 신기술 공법이 활하중 연속형인데 비해 UDPSC 신기술 공법은 PSC 거더와 거더를 완전 연결하여 연속교로의 거동을 원활히 발휘할 수 있도록 개발된 방법으로 연속지점부에 있어서 상부플랜지는 연결철근끼리의 flare 용접 연

결로 거더 상승시의 인장력과 하강시의 압축력을, 하부플랜지는 소울플레이트와 접합 설치된 연결플레이트를 필렛(filet) 용접 연결로 상승시의 압축력과 하강시의 인장력에 저항하도록 하였으며, 상부플랜지로부터 복부 하단까지는 교축직각 방향으로 설치된 약 1.2m 두께의 가로보에 의해서 각각의 거더를 연결하여 전단력에 대응토록 하였다. 또한 연결부 거더와 거더 사이의 틈새는 에폭시의 주입으로 매움으로써 활하중 시의 진동에 의한 연결 용접부에 발생하는 피로 손상을 방지하고자 한 방법이다. 상기의 연결 방법에 의해 시공된 연속 PSC 거더교는 연결부에 어떠한 균열이나 결함이 발견되지 않았으며 교량의 내하력도 충분히 설계 내하력을 발휘하는 것으로 나타나 완전 연속된 PSC 거더교로서 그의 적용이 활발히 이루어지고 있다. 그러나 상기의 연결 방법은 지간이 긴 거더의 경우 연결부에 필요한 상부 연결 철근이 과다해지는 관계로 연결부의 용접 작업 등 시공이 까다로워지고 조잡하다는 문제점을 가진다.

### 2.2 시공법의 연구

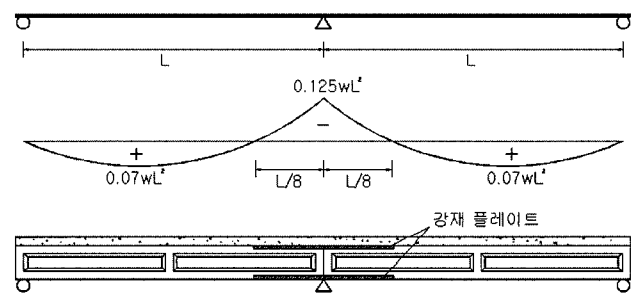
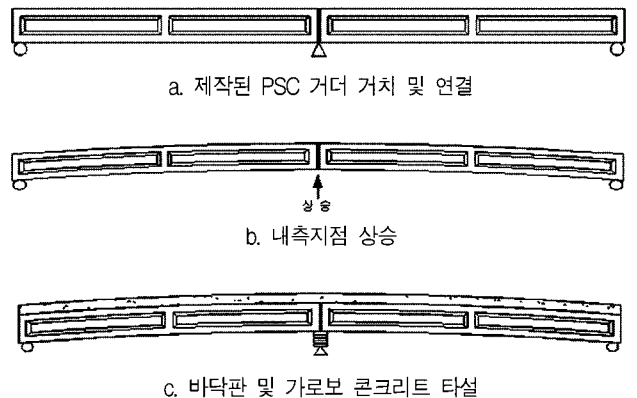
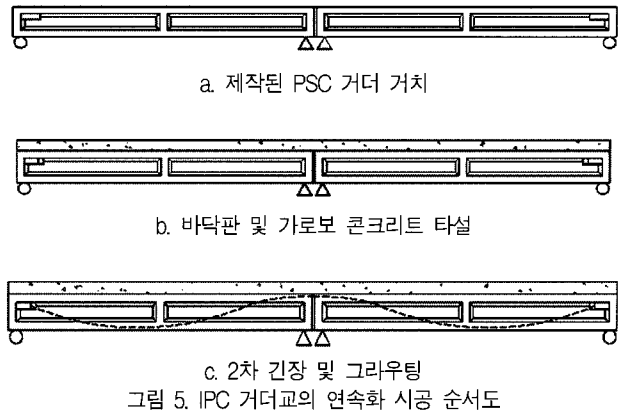
상기의 각 연결부에 대한 연구를 바탕으로 최근에는 연속 PSC 거더교의 개발이 활발히 이루어지고 있으며 이미 상당한 양의 시공실적을 가지고 있는 대표적인 신기술 시공법으로는 IPC 거더교와 UDPSC 거더교가 있다.

이중 IPC 거더교는 내측지점부에 2개의 교좌장치가 설치되어 있는 활하중 연속형 거더교로서 2차 고정하중 및 활하중에 의해 내측지점부에 발생하는 부모멘트를 2차 강연선의 긴장으로 압축력을 도입하여 대응시키는 시공법이다(〈그림 5〉 참조). 그러나 IPC 거더교는 PSC 거더 상부플랜지 폭(2차 강연선의 개수)의 제약으로 인해 내측지점부 바닥판 콘크리트의 부분 프리스트레싱(partial prestressing) 설계가 불가피하며 사각 25° 이상의 교량에는 적용이 불가능한 단점을 가지고 있다.

〈그림 6〉은 UDPSC 연속 거더교의 시공 순서를 나타낸 것으로 제작, 거치된 PSC 거더를 교대 및 교각 상에 거치·연결한 후 내측지점을 상승·하강시켜 지간부의 PSC 거더 하부와 내측지점부 바닥판 콘크리트에 압축력을 도입시키는 시공법이다. 상기 시공법은 2.1절에서 언급한 바와 같이 내측지점부에 1개의 교좌장치를 사용하여 완전 연속교로서의 거동을 꾀하였고 교량 연직방향의 처짐을 이용하여 압축력을 가함으로 내측지점부 바닥판 콘크리트의 완전 프리스트레싱(full prestressing) 설계가 가능하여 교량의 내하력을 충분히 증진시킬 수 있는 공법이다.

### 3. 보강강판을 사용한 연속 PSC 거더교의 개발

지금까지 사용되어 온 PSC 거더교는 콘크리트와 압축력 도입을 위한 강선만으로 이루어진 콘크리트교로서 연속교와 같은 부



정형 구조물로의 시스템 전환으로도 형고 또는 단면의 감소에는 그 한계가 있다. 따라서 강재와 콘크리트의 합성 효과로 인하여 단면의 형고를 대폭 줄일 수 있는 프리플렉스 거더교와 같이 PSC 거더교에도 강재를 매설하여 콘크리트와 합성을 시킨다면 연속교로의 시스템 전환과 더불어 형고 또는 단면의 감소도 추가로 시킬 수 있다. 그러나 프리플렉스 거더교와 같이 강재를 거더의 전단면에 적용시킨다면 PSC 거더교의 상대적 장점인 저렴한 공사비를 유지할 수 없으므로 구조적으로 필요한 구간에만 강재를 매설하여 경제성은 유지시킨다. 〈그림 7〉은 일례로서 2경간

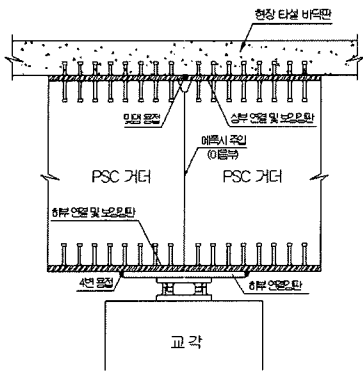


그림 8. 보강강판을 이용한 연속 PSC 거더교의 연결부 상세도

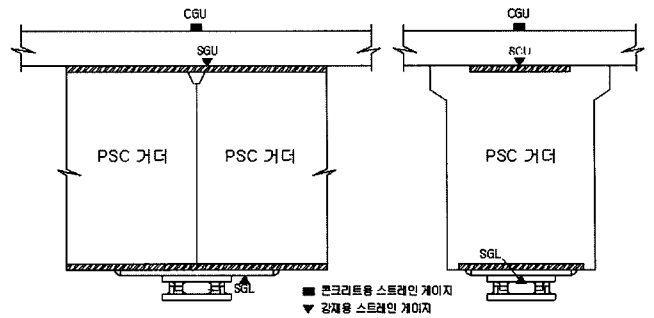


그림 10. 보강강판을 이용한 연결부 실험 게이지 부착위치

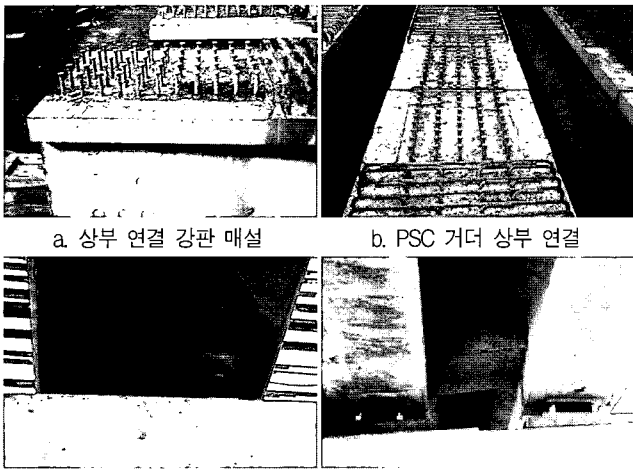


그림 9. 보강강판을 이용한 연속 PSC 거더교의 연결부 시공도

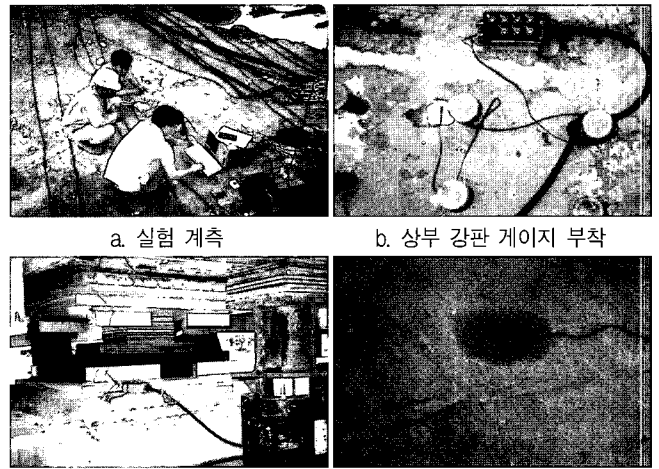


그림 11. 보강강판을 이용한 연속 PSC 거더교의 연결부 실험

연속교의 시스템에서 등분포하중에 의해 발생하는 모멘트도를 나타낸 것이다. 연속교에서 정모멘트에 비해서 상대적으로 큰 모멘트가 발생하는 부모멘트 구간에 강재를 매설하여 강성을 제고시키면 정모멘트 구간에 발생하는 에너지까지를 흡수하여 전체 교량의 형고를 보다 낮출 수 있다.

상기 <그림 7>과 같이 강성 보강을 위한 부모멘트 구간에 강제 플레이트를 매설하게 되면 <그림 4 (b)>와 같은 연결부의 단점도 보완할 수 있는 장점을 추가로 가진다.

<그림 8> 및 <그림 9>의 연결 방법은 <그림 4 (b)>의 연결 방법에서 PSC 거더의 상부플랜지에 매설된 다량의 연결 철근 대신에 강제 플레이트로 대체한 것임을 알 수 있다. 매설된 보강강판끼리를 맞담 용접 연결하며 나머지 하부플랜지 연결, 가로보로의 연결 및 거더 사이의 틈새 에폭시 주입 등은 <그림 4 (b)>의 연결 방법과 같다.

### 3.1 보강강판에 의한 연결부의 거동 실험

본고에서 새롭게 제시하는 연결부에서 가장 주목해야 할 점은 PSC 거더와 상부 보강강판과의 합성문제이다. 기존의 연결방법은 연결철근이 PSC 거더의 상부플랜지에 일정 피복두께를 가지

고 매설되어 있어 그의 합성 작용은 의심할 여지가 없으나 본고에서의 연결방법은 보강강판을 PSC 거더의 상부플랜지에 얹어 놓는 형태로 스티드만에 의해서 합성을 시켜야 함으로 그의 합성 작용을 실험에 의해 검증해 볼 필요가 있다. 이를 위해 본고에서는 본고의 연결방법이 적용된 전남 광양시에 위치한 38m 2경간 연속교(L = 2@38 = 76 m)인 흑룡교의 연결부에 대해 <그림 10> 및 <그림 11>과 같이 계측용 스트레인 게이지를 부착하고 시공 중 변형률을 측정하여 이론치와의 비교를 통해 그 합성 효과를 검증하였다.

변형률의 계측은 연결부에 가장 큰 부담이 작용하는 내측지점의 상승 시와 하강 시에 실시하였다. 즉, 상부 및 하부 보강강판에 의해 연결된 거더는 교량의 공용 중 발생할 수 있는 인장응력 및 압축응력을 내측지점의 상승과 하강으로 사전 재하시험을 거치게 되므로 거더의 안전성을 미리 검사할 수 있기 때문이다.

표 1. 흑룡교 계측 변형률

시공단계	게이지	변형률		
		이론치	실측치	비율(%)
상승 시 (120 mm)	SGU	254.4	252.2	99.1
	SGL	-93.0	-85.0	91.4
하강 시 (150 mm)	CGU	-190.3	-182.0	95.6
	SGL	158.5	146.4	92.4

이의 측정 결과를 <표 1>에 나타내었다. <표 1>에서 알 수 있듯이 내측지점의 상승 및 바닥판과의 합성 후 하강시의 강판 및 바닥판 콘크리트에서 발생하는 변형률이 현장 실험이라는 불리한 여건에서도 이론치와 최대 약 8.6%의 오차를 보여 PSC 거더와 강판은 충분한 합성이 이루어진 것으로 판단된다.

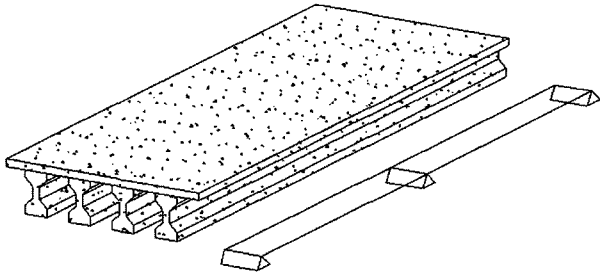


그림 12. 연속 PSC 거더교

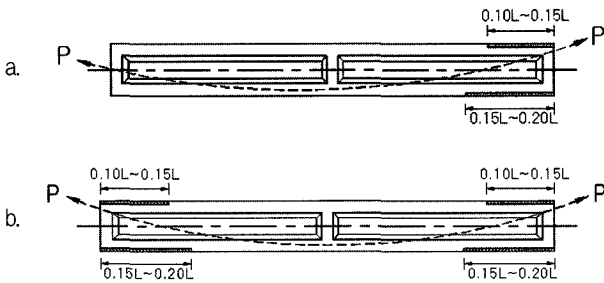


그림 13. 보강강판을 이용한 PSC 거더의 제작

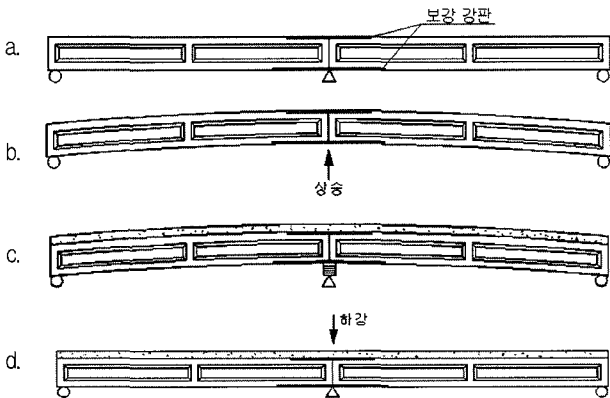


그림 14. 보강강판을 이용한 2경간 연속 PSC 거더교의 시공순서

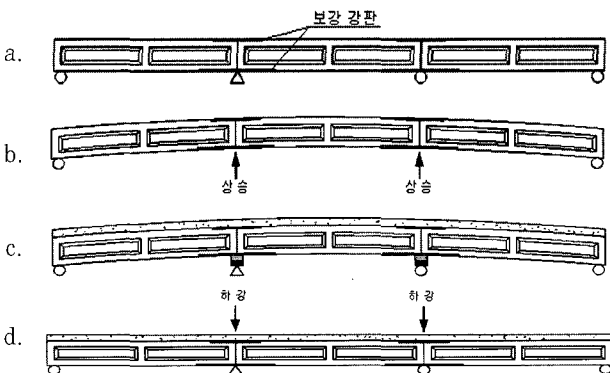


그림 15. 보강강판을 이용한 3경간 연속 PSC 거더교의 시공순서

### 3.2 보강강판을 이용한 연속 PSC 거더교의 개발

<그림 12>는 PSC 거더와 거더가 완전히 연결된 연속 PSC 거더교를 나타낸 것으로 PSC 거더를 완전히 연속화하여 연속교로 하는 경우 단경간 교량에 비해 다음과 같은 이점을 얻게 된다.

- ① 연속보 시스템으로 인해 발생 부재력이 단순보 시스템이 비해 적으므로 단면의 크기를 줄일 수 있어 경제성을 높일 수 있다.
- ② 활하중에 의한 처짐이 줄어 사용성을 높일 수 있다.
- ③ 신축이음부를 없앴으므로 유지보수 비용을 절감시킬 수 있다.
- ④ 단순보 시스템의 비해 내측지점부에 1개의 교좌장치를 사용함으로 구조적 거동을 향상시킬 뿐만 아니라 경제적이다.

#### 3.2.1 보강강판을 이용한 PSC 거더의 제작

상기와 같은 연속 교량을 시공하기 위하여 PSC 거더는 <그림 13>과 같은 방법으로 제작한다.

<그림 13(a)>는 2경간 및 3경간 연속교에서의 외측경간 PSC 거더를, <그림 13(b)>는 3경간 연속교에서 내측경간 PSC 거더의 제작시 보강강판의 필요 구간과 강선에 의한 압축력의 도입 방법을 나타낸 것이다. 연속교의 구조시스템상 발생하는 모멘트에 따라 PSC 거더에 인장력이 발생하는 내측지점부는 강선을 상향으로 배치하고, 지간부는 하향 배치하여 압축력을 도입시킨다. 또한 내측지점부에 보강하는 보강강판은 상부플랜지보다 하부플랜지에 지간 길이의 5% 이상을 더 보강하는데 이는 더욱 낮은 형고를 가진 PSC 거더교를 시공하기 위함이다. 즉, 강선의 축방향력에 의해 연속 PSC 거더에 최대의 압축력 효과를 발휘시키려면 내측지점부의 상부에는 최대의 압축력이, 하부에는 최소의 압축력이 도입되어야 한다. 그러나 보강강판과 PSC 거더와의 합성 효과를 이용하여 PSC 거더의 형고를 더욱 낮추면 내측지점부에서는 중립축으로부터 강선까지의 편심거리가 짧아져 거더의 하부플랜지에 불필요한 압축력이 도입되기 때문에 상부플랜지에 보다 하부플랜지에 보강강판을 더 보강하여 이에 대응하기 위함이다.

#### 3.2.2 보강강판을 이용한 연속 PSC 거더교의 시공

연속교의 시스템 특성상 합성 후 내측지점부의 바닥판 콘크리트에 발생하는 인장력은 <그림 14> 및 <그림 15>와 같이 내측지점의 상승 및 하강을 이용하여 압축력을 도입시킨다.

다음 <표 2>는 <그림 14> 및 <그림 15>의 시공내용별 저항단면 및 구조계를 나타낸 것이다.

<그림 14(a)> 및 <그림 15(a)>는 제작된 PSC 거더를 교대 및 교각상에 거치시킨 후 <그림 8>과 같이 거더와 거더를 내측지점에서 완전히 연결하는 공정에 대한 것이다. 이때 거더의 거치는 교대 및 교각의 교좌장치가 완전히 설치된 뒤에 실시한다.

표 2 보강강판을 이용한 연속 PSC 거더교의 시공별 저항단면

시공단계	시공 내용	저항 단면	구조계
-	PSC 거더의 제작	PSC 거더	단순
a	거치 및 PSC 거더의 연결	PSC 거더	단순
b	내측지점 상승	PSC 거더	연속
c	바닥판 콘크리트 타설	PSC 거더	연속
d	내측지점 하강	PSC 거더 + 바닥판 콘크리트	연속
-	2차 고정하중 및 활하중	PSC 거더 + 바닥판 콘크리트	연속

〈그림 14〉 및 〈그림 15(b)〉는 내측지점을 상승시키는 공정에 대한 것으로서 PSC 거더와 거더를 완전히 연결한 후 작업이 이루어지며 PSC 거더의 제작 후 거치 시까지 거더의 하부플랜지 콘크리트에서 발생하는 압축력의 손실과 추후 내측지점의 하강 시 하부플랜지 콘크리트에서 발생하는 인장력에 대응하는 압축력을 도입시키기 위함이다. 이때의 상승량은 PSC 거더의 하부플랜지 콘크리트와 이에 매설한 보강강판이 허용압축응력을 초과하지

않고, 상부플랜지 콘크리트 및 이에 매설한 보강강판이 허용인장 응력을 초과하지 않는 범위에서 결정된다.

〈그림 14〉 및 〈그림 15(d)〉는 내측지점을 하강시키는 공정에 대한 것으로서 하강 후 포장 등 2차 고정하중, 활하중에 의해 내측지점부 바닥판 콘크리트에 발생하는 인장력에 대응할 만큼의 충분한 압축력이 도입될 수 있도록 하강량을 결정한다. 이때 도입된 압축력의 손실도 고려한다.

다음 〈그림 16〉는 본고의 연속 PSC 거더교의 시공 공정을 나타낸 사진이며 〈그림 17〉은 이러한 시공 공정을 거쳐 완료된 2경간 연속 및 3경간 연속교량의 완공도를 나타낸 것이다.

### 3.2.3 보강강판을 이용한 연속 PSC 거더교의 제안 단면

본고의 연속 PSC 거더교에 적합한 제안 단면은 Florida주 정부의 주도로 개발되어 형고를 줄이는 대신에 상부플랜지의 폭을 넓혀 주로 프리텐션(pretension) 공법을 위해 만들어진 FDOT 단면을 다소 변형하여 적용하였다. 이에 각 지간 길이에 따른 표준단면을 〈그림 18〉에, 〈표 3〉에 각 지간 길이에 따른 형고를 현재 한국도로공사에서 적용하고 있는 표준단면과 기존의 철근 연결 방법으로 제안된 단면과 비교하여 제시하였다.

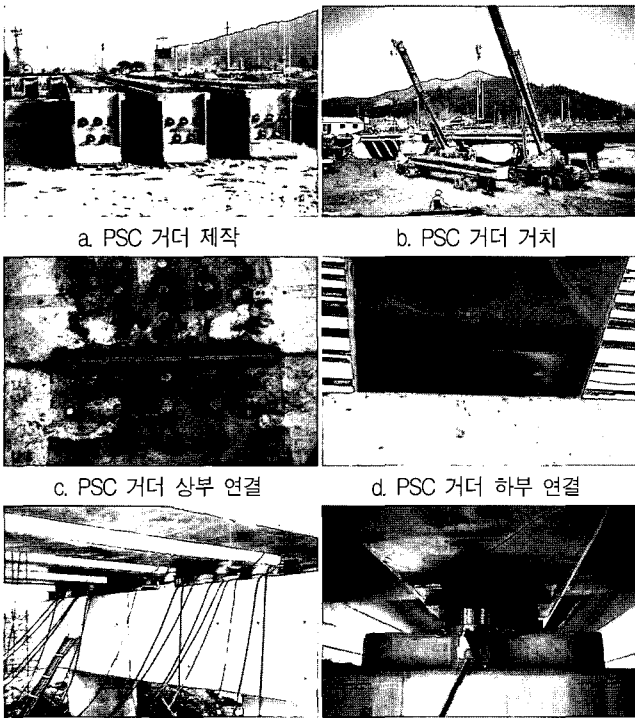


그림 16. 보강강판을 이용한 연속 PSC 거더교의 공정 사진

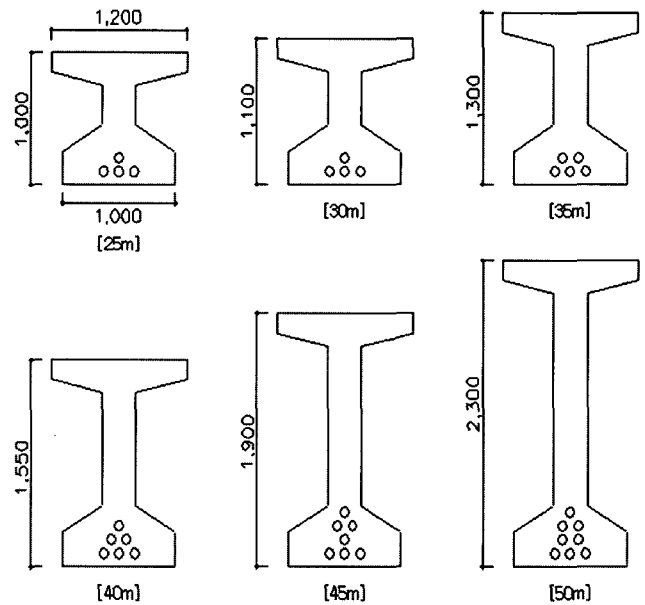


그림 18. 보강강판을 이용한 연속 PSC 거더교의 제안단면(단위:m)

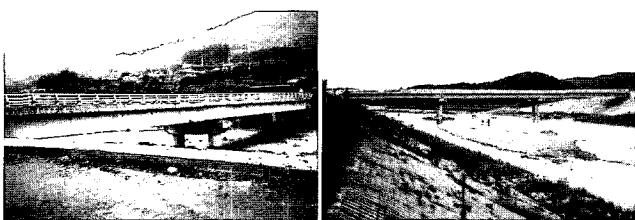


그림 17. 보강강판을 이용한 연속 PSC 거더교의 완공 (전남 광양)

표 3. 보강강판을 이용한 연속 PSC 거더교의 지간별 제안 형고(단위:m)

지간	보강강판 형고	철근연결 표준형고	도로공사 표준형고
20	0.80	0.90	-
25	1.00	1.10	1.75
30	1.10	1.30	2.00
35	1.30	1.50	2.30
40	1.55	1.80	-
45	1.90	2.20	-
50	2.30	2.50	-

#### 4. 맺음말

산업 발전에 따른 급속한 교통량의 증가와 신공항과 고속철도 건설과 같은 사회간접자본의 확충 등으로 전국적인 기존 도로망의 재정비와 순환 고속도로와 같은 새로운 도로망의 건설이 필요한 시점에서 본고에서 제시한 신공법은 다음과 같은 부분에 활용이 가능하다.

- ① 신설 교량의 접속고 및 형하공간의 제약으로 낮은 형교의 합성형교에 대한 설계 및 시공이 필요한 경우
- ② 경제성 우위의 합성형교의 설계 및 시공이 필요한 경우
- ③ 급격히 증가하고 있는 민간사업에서 공사비 절감을 위하여 경제적인 교량 설계 및 시공이 요구되는 경우
- ④ 수해 지역에 관련하여 홍수위 조절 등의 제약으로 교각 및 기초 설치 개소의 최소화가 필요한 경우

건설시장 개방과 같은 건설 환경의 변화 등의 시대적인 요구로 인하여 장경간 교량에 대한 필요성이 급증하고 있는 국내 현실에서 경제성이 충분히 입증되고 시공이 비교적 용이한 본고의 신기술 공법은 발전된 교량의 설계 및 시공 기술을 제공함으로써 향후 국내건설 현장에서의 활용가치가 매우 클 것으로 기대된다. ■

#### 참고문헌

1. Allouche, Frez N. Green, Mark F., and Soudki, Khaled A. and Scordelis A., "Tendon stress in continuous unbonded prestressed concrete members." Journal of the Prestressed Concrete Institute, Vol.43, 1998, pp.86~93.
2. Meir, Joseffa V., and Ramirez, Julio A., "Alternative to the current AASHTO standard bridge sections." Journal of the Prestressed Concrete Institute, Vol.42, 1997, pp.56~66.
3. Ma, Zhongguo(John), Tadros, Maher K., Mantu Baishya, and Xiaoming Huo, "Restraint Moments in Precast/Prestressed Concrete Continuous Bridges." Journal of the Prestressed Concrete Institute, Vol.43, No.6, Nov.~Dec. 1998, pp.40~57.
4. Amir Mirmiran, Siddharth Kulkarni, Reid Castrodale, Richard miller, and Makarand Hastak, "Nonlinear

Continuity Analysis of Precast, Prestressed Concrete Girders with Cast-in-Place Decks and Diaphragms Bridges." Journal of the Prestressed Concrete Institute, Vol.46, No.5, Sep.~Oct., 2001, pp.60~77.

5. Robert J. Peterman and Julio A. Ramirez, "Restraint Moments in Bridges with Full-Span Prestressed Concrete Form Panels." Journal of the Prestressed Concrete Institute, Vol.43, No.1, Jan.~Feb. 1998, pp.54~73.
6. Michael P. Collins and Denis Mitchell, "Prestressed concrete structures," Prentice Hall, 1991.
7. R. I. Gilbert, "Time effects in concrete structures," ELSEVIER.
8. R. Sen, S. Stroh, J. Olbinska, S. Hassiotis and G. Mullins, "Development of a New Concept for Florida's Bridges." Florida Department of Transportation.
9. Basile G. Rabbat and Henry G. Russell, "Optimized Sections for Precast Prestressed Bridges Girders," Journal of the Prestressed Concrete Institute, Vol.43, 1982, pp.88~104.
10. El-Mezaini, N. and Çitipitioglu, E., "Finite Element Analysis of Prestressed and Reinforced Concrete Structures," Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.117, No.10, 1991, pp.2851~2864.
11. R. G. Oesterrle, J. D. Glikin and S. C. Larson, "Design of precast prestressed bridge girders made continuous," Transportation research board.
12. Bazant Z. P., "Prediction of Concrete Creep Effects using Age-adjusted Effective Modulus Method," Journal of the Prestressed Concrete Institute, Vol.69, 1972, pp.212~217.
13. ACI Committee 209, "Prediction of Creep, Shrinkage, and Temperature Effect in Concrete Structure," American Concrete Institute, 1995, Detroit.
14. ACI Committee 435, "Deflections of Prestressed Concrete Members," American Concrete Institute, 1989, Detroit.
15. 박찬, "2경간 PSC빔교의 연속화에 따른 구속모멘트의 시간의존해석", 공학석사 학위논문, 2001. 인하대학교.
16. 주낙진, "합성단면에 대한 콘크리트의 장기 변형의 구속계수와 선압축응력의 손실계수", 공학석사 학위논문, 2002. 인하대학교.
17. 한국건설기술연구원, "프리캐스트 PS 콘크리트 교량의 설계에 관한 연구", 1992.
18. 신현목, "프리스트레스트 콘크리트", 1992. 동명사