

# 부분 포스트텐션닝 방법을 이용한 2경간 연속 교량구조의 개발을 위한 기초연구

## A Fundamental Study to Develop the Two Span Continuous Bridge using the Partial Post-Tensioning Technique

이 환 우\*  
Lee, Hwan-Woo

김 종 수\*\*  
Kim, Jong-Soo

국 승 규\*\*\*  
Kook Seung-Kyu

김 광 양\*\*\*\*  
Kim, Gwang-Yang

---

### ABSTRACT

The current study is a part of series of research about the development of new superstructure system to overcome the engineering problems in the design of bridges of 30m to 45m in span length using the existing bridge systems. The basic concept of new system is the continuation of adjacent two simple spans composed of the precast prestressed concrete U-type sections. The partial post tensioning method is applied to create the continuity.

In this study, the new technique was introduced and applied with an example design of two span of 40m in span length to find the possibility for practical application as the feasibility study. The obtained results show that the new splicing method is expected to offer significant economical and serviceability advantages.

---

### 1. 서 론

현재 20~30m의 경간에 주로 사용되고 있는 I형 프리캐스트 프리스트레스트 거더(I형 PSC beam)는 경간장이 30m 이상으로 길어질 때, 급속한 형고의 증가로 인하여 교량의 형하공간 확보에 어려움이 따르며, 형하공간 확보를 위해 교량의 계획고를 높일 때는 접속도로의 성토고 증가로 인해 전체 노선에 대한 공사비의 증가를 가져오며 거더의 높은 형고로 인한 투박한 외관 때문에 30m 이상의 지간에는 거의 적용되지 못하고 있는 실정이다.

---

\* 정회원, 부경대 토목공학과 조교수

\*\* 정회원, 부경대 토목공학과 교수

\*\*\* 정회원, 부경대 토목공학과 조교수

\*\*\*\* 부경대 대학원 석사과정

한편 프리플렉스 거더(preflex beam)는 낮은 형고를 확보할 수 있다는 장점 때문에 30m~40m경간의 교량 설계시에 I형 PSC 거더의 대안 공법으로 채택되고 있다. 그러나, 프리플렉스 거더는 공사비가 I형 PSC 거더에 비해 2배에 달하고, 최근들어 시공이 완료되어 사용중인 프리플렉스 거더의 플랜지 콘크리트에 유해한 균열들이 많이 발생하여 교량의 사용성 및 안전성에 대한 문제가 제기되고 있다.

이에 따라 30m~45m 정도의 단순합성보 형식의 중소지간 교량의 문제점들을 해결하고자 구조적 기능과 내구성을 향상하는 동시에 경제성을 제고하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

프리플렉스 합성보의 2경간 연속화 공법이 개발되었으며<sup>1)</sup> I형 PSC거더의 상부 플랜지에 강선을 설치하고 연결부 콘크리트에 프리스트레싱을 도입하는 2경간 연속화 공법도 개발되었다.<sup>2)</sup> 한편, 단순보 형식으로 최대 경간장 40m 이내에서 I형 프리캐스트 프리스트레스트 거더의 대안으로서 경제성을 제고하는 동시에 구조적 성능향상과 미관을 고려하는 U형 프리캐스트 프리스트레스트 거더가 개발되었다.<sup>3)</sup>

본 연구는 30m~45m 정도의 중소지간 교량에서 적정한 형고와 경제성을 확보함과 동시에 단순보에서 교량과손의 주요원인이 되고있는 신축이음부를 줄여 교량의 안전성과 차량의 원활한 주행성을 확보할 수 있는 새로운 교량상부 구조공법의 개발을 목적으로 시작되었다. 새로이 제안하고자 하는 공법의 기본 개념은 부분 포스트 텐션닝 방법을 이용하여 U형 프리캐스트 프리스트레스트 거더를 연속화 하는 것으로서, 단순보 형식의 장점인 용이한 시공성을 그대로 유지하여 시공상의 경제성을 유지하는 동시에 연속합성 보의 장점인 상부구조의 구조적 기능 및 내구성 향상을 제고시킬 수 있도록 하였다.

본 논문은 새로운 연속화 공법의 개발을 위한 예비 연구로서, 개발된 공법의 개념을 제시하고, 40m 지간의 교량을 대상으로 한 종방향 설계를 통하여 그 실용화 가능성을 확인하고자 한다.

## 2. U형 PSC 거더의 연속화 공법의 기본절차

단순보 형식의 교량에 적용하기 위해 개발된 U형 프리캐스트 프리스트레스트 거더를 이용한 새로운 연속화 공법의 기본 개념은, 프리스트레스트 콘크리트교의 시공상 경제성을 유지하기 위해 U형

표 1. U형 PSC 거더의 연속화의 과정

단 계	시 공	용 력 검 토
1 단계	U형 거더를 제작하고 경간부 영구긴장재와 가설용 긴장재를 설치, 긴장, 정착한다. (단순보상태)	경간부 영구 긴장재 및 가설용 긴장재의 긴장력
2 단계	교각위에 PSC 거더를 설치한다. (단순보상태)	PSC 거더 자중
3 단계	PSC 거더를 가설한 단순상태에서 연결부와 1차 슬래브의 철근을 배근하고 양측거더를 연속화할 지점부 영구 긴장재를 설치한다.	
4 단계	양측거더의 연결부에 채움콘크리트와 1차 슬래브 콘크리트를 타설한다.	연결부 채움콘크리트 및 1차 슬래브 콘크리트자중
5 단계	연속화 작업단계로서 지점부 영구 긴장재를 통하여 긴장력을 지점부에 전달함과 동시에 1 단계에서 긴장되었던 가설용 긴장재를 이완한다. 이때 긴장과 이완작업은 PSC거더의 허용용력 범위내에서 균형을 이루며 단계적으로 이루어 져야 한다.	지점부 영구 긴장재의 긴장 및 가설용 긴장재의 이완
6 단계	교각부에 지지된 교좌장치를 단순보 상태의 위치에서 연속보 상태의 위치로 변환시킨다.	지점 이동
7 단계	1차 슬래브 구간을 제외한 슬래브 콘크리트가 2차로 타설 완료되고 이 단계에서 교량이 완성된다.	2차 슬래브 콘크리트 자중

PSC 거더를 단순보로 제작, 설치하고 상부구조의 구조적 기능 및 내구성을 향상하기 위해 교각 지점에서 인접된 U형 PSC 거더를 일정구간 포스트 텐션닝하여 연속화하는 공법이다. 시공과정은 표 1 및 그림 1과 같이 크게 7단계로 실시된다.

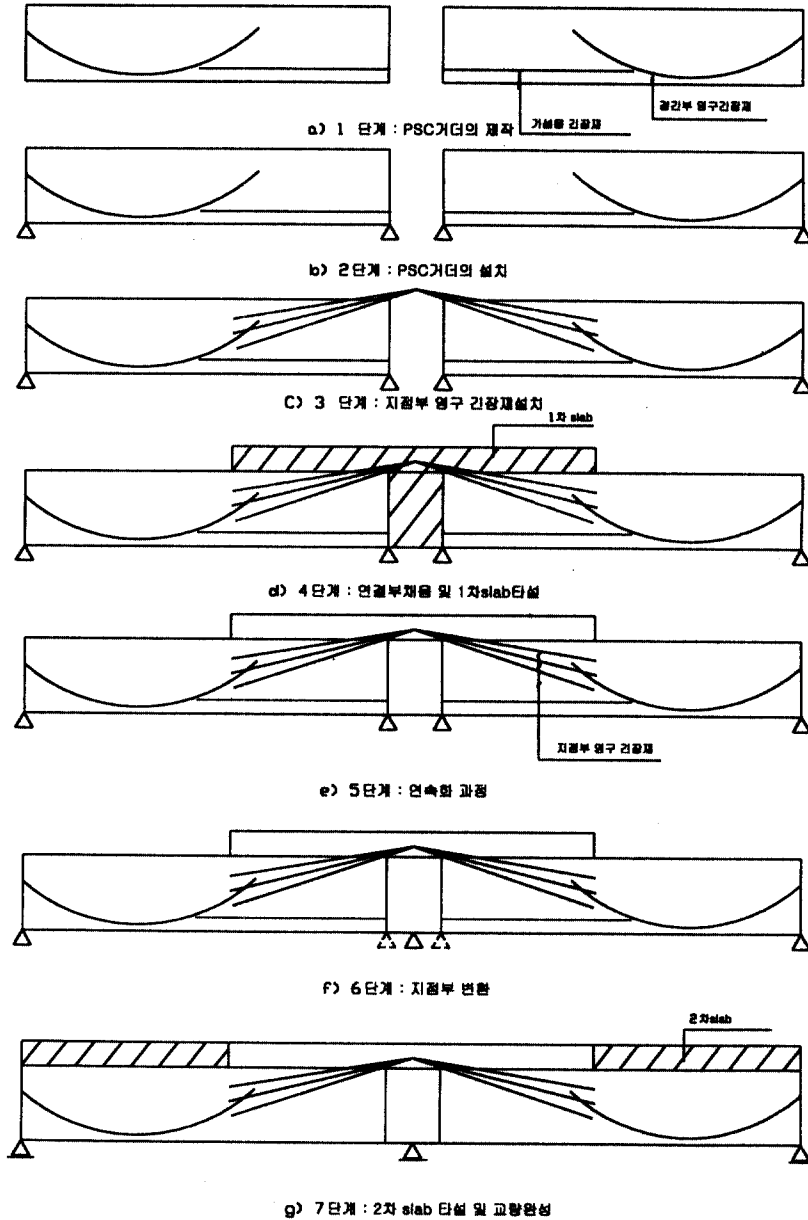


그림 1. U형 PSC거더의 연속화 공법

### 3. 설계 예

경간장 40 m를 갖는 2경간 프리스트레스트 콘크리트 교량에 본 연구에서 제안하는 공법을 적용하여 시공단계 및 완성 구조계에 대한 종방향 허용응력을 검토하므로써 본 공법의 실용화 가능성을 확인하고자 한다.

#### 3.1 교량제원 및 재료특성

대상 교량의 일반도 및 긴장배치도는 그림 2 및 3과 같다. 한편 사용되는 콘크리트 및 긴장재에 대한 재료특성치는 표 2와 같으며, 허용응력은 현행 도로교 시방규정<sup>4)</sup>에 따랐다.

표 2. 재료특성

구분	재료특성	비고
콘크리트	U형 거더 $\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2, \sigma_{ci}=400 \text{ kg/cm}^2$	
	1차 슬래브 $\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2, \sigma_{ci}=320 \text{ kg/cm}^2$	
	2차 슬래브 $\sigma_{ck}=270 \text{ kg/cm}^2$	
긴장재	경간부 영구긴장재 $6-\phi 12.7 \times 13EA, \sigma_{pj}=0.80 \sigma_{py}=12,800 \text{ kg/cm}^2$	1단 긴장
	가설용 긴장재 $3-\phi 15.2 \times 12EA, \sigma_{pj}=0.80 \sigma_{py}=12,800 \text{ kg/cm}^2$	1단 긴장
	지점부 영구긴장재 $6-\phi 15.2 \times 12EA, \sigma_{pj}=0.80 \sigma_{py}=12,800 \text{ kg/cm}^2$	양단 긴장
	$\mu, k$	$\mu=0.25/\text{rad}, k=0.0050/\text{m}, \text{Relaxation}=5\%$

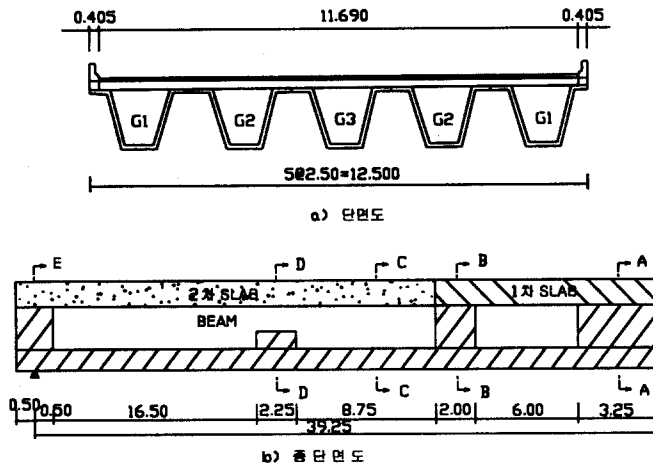


그림 2. 교량 일반도

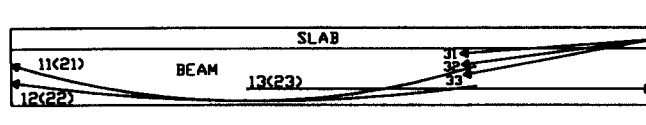


그림 3. 긴장재 배치도

### 3.2 모델링 및 구조해석

대상교량에 대한 시공단계별 해석을 위한 구조모델링은 2장에서 제시된 시공과정에 따라 9단계로 나누어 해석하였다.

해석 1, 2단계는 경간부 영구긴장재와 가설용 긴장재의 순수 프리스트레싱력만을 고려하였으며 3단계는 U형 거더의 자중이 고려되었다. 해석 1단계와 3단계 또는 해석 2단계와 3단계는 실제 구조물의 거동상 동시에 고려되어야 하나 각 단계별 영향을 검토하기 위하여 분리해서 해석하였다. 해석 4단계는 연결부 채움 콘크리트 및 1차 슬래브의 자중이 고려되며, 해석 5단계는 연속화 단계로서 지점부 영구 긴장재의 긴장 및 가설용 긴장재의 이완 작업에 대한 영향이 동시에 고려된다. 해석 6단계는 교각부 지점위치를 연속보 상태로 변환시킬때를 고려하였고, 해석 7단계는 2차 슬래브, 해석 8단계는 2차 사하중이 고려된다. 해석 9단계에서는 10000일 후의 크리프와 건조 수축에 대한 영향을 검토하였다.

시공단계별 구조해석을 완료한 후에는, 완성된 2경간 연속교량의 DB-24 하중과 DL-24 하중에 대한 사용단계에서의 콘크리트 구조체의 허용응력 검토를 위한 구조해석을 수행하였다. 이때, 온도하중과 지점침하등의 영향도 동시에 고려되어졌다. 온도하중은 슬래브의 온도변화량으로  $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 지점침하량은 중간 지점에서  $\pm 1.0\text{cm}$ 을 고려하였다.

본 예제의 해석은 교량전용 해석 프로그램인 RM-SPACEFRAME<sup>5)</sup>을 사용하여 수행하였다.

### 4. 해석결과에 대한 분석

그림 4는 크리프와 건조수축에 대한 영향을 포함한 3.2절의 시공단계 완료후의 해석결과에 대한 응력변화 결과를 나타내고 있으며, 그림 5는 사용단계에서의 최대 정모멘트에 의한 응력변화 결과를 나타내고 있다. 그림 4, 5에서의 각 단계별 응력분포도는 해당 단계의 응력변화량과 그 이전 단계들의 응력변화량들과의 누적량이 함께 나타내어 진 것이다. 따라서, 그림 4, 5의 응력검토 결과는 결국 이전 단계들의 영향이 모두 고려된 것이다. 응력은 각 단계별 슬래브 상단과 U형 거더의 상단 및 하단에 대하여 검토하였다.

그림 4, 5에서 보는바와 같이 어느 단계에서도 허용응력의 범위를 넘지 않고 있음을 알 수 있다. 대부분의 단면은 사용하중 상태에서 압축응력(최대  $100\text{kg/cm}^2$ 정도, 허용응력;  $160\text{kg/cm}^2$ )상태에 있으며, 정모멘트 최대의 하중조건에서 중앙단면의 U beam 하단에서 약  $3.5\text{kg/cm}^2$ 정도의 인장응력이 발생하게 되나 무시할 수 있는 정도이다.

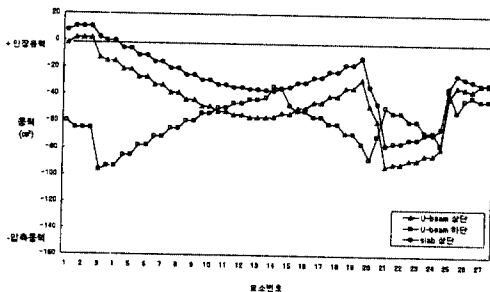


그림 4. 시공단계 완료후의 중방향 휨응력 분포도

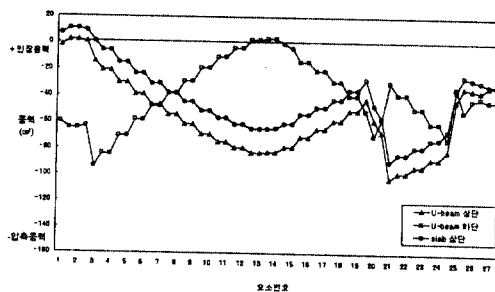


그림 5. 사용단계의 중방향 휨응력분포도(최대 정모멘트)

## 5. 결 론

본 연구에서 제시한 부분 포스트텐션닝 방법을 이용한 U형 프리캐스트 콘크리트 단순거더의 연속화를 통한 새로운 2경간 연속교량 구조공법을 경간장 40m의 교량에 적용하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 시공단계 및 사용단계에서의 종방향 휨용력검토 결과, 어느 단계에서나 현행 도로교시방서 규정을 만족하였다. 따라서 본 연구에서 제시한 연속화 공법은 설계와 시공상의 세부적인 보완연구를 통하여 충분히 실용화 될 수 있을 것으로 판단된다.

2) 단순 2경간의 연속화 공법은 기존의 단순보 공법이 갖는 시공상 용이성을 만족하면서, 단경간 교량의 신축 이음부를 줄임으로써 교량의 내구성을 향상시킬 수 있으며 연속보로서 그 구조적인 성능이 개선될 수 있다.

3) 향후, 횡방향 해석 및 극한 하중에 대한 설계를 통한 시간별 최적 단면의 결정과 기존의 타 공법과의 경제성 분석, 그리고 모형실험과 시험시공을 통한 시공성, 안정성 및 경제성에 대한 확인 연구를 진행할 계획이다.

## 참고문헌

1. 구민세, 신동기, 이재혁, 「2경간 P.S. 연속합성보 구조물의 설계에 관한 연구」, 대한토목학회 가을 학술발표회 논문집, 1994, pp.169-172.
2. M.K. Tadros, J.A. Ficenec, A. Einea and S. Holdsworth, *A New Technique to Create Continuity in Prestressed Concrete Members*, Journal PCI, Vol.38, No.5, 1993, pp.30-37
3. M.L. Ralls, L. Ybanez and J. J. Panak, *The New Texas U-Beam Bridges : An Aesthetic and Economical Design Solution*, Journal PCI, Vol.38, No.5, 1993, pp.20-29.
4. 도로교 표준 시방서, 건설부, 1996.
5. H. Pircher, RM-SPACEFRAME Rev 5.70, TDV, Austria, 1996.