

# IPC 거더를 이용한 장지간 철도교 설계에 관한 연구

Development of Long-Span Railway Bridges Design Using IPC Girder

장 원 석\*

Jang, Won-Seok

박 준 명\*\*

Park, Jun-Myung

박 선 규\*\*\*

Park, Sun-Kyu

## Abstract

It is customary that tendons and sectional dimensions are calibrated and tendon forces are applied at once at the initial stage to keep the subsequent stresses occurring at different loading stages within the allowable stresses in prestressed concrete (PSC) bridge design. However, this traditional tensioning method usually results in a too conservative sectional depth in view of ultimate capacity of a girder. A new design method which can realize the reduction of sectional depth of PSC girder is theoretically suggested in this study. Tendons are tensioned twice at different loading stages: the initial stage and the stage after fresh slab concrete is cast. It can be shown that according to this technique, sectional depth can be significantly reduced and larger span can be realized compared to traditional ones. In this paper, there is an example about the design of bridge by means of new PSC design theory, having a longer span than an existing railway bridge. Also, a new method by continuous tendon profiles is presented to be continuous a IPC bridge.

## 요 지

기존의 프리스트레스 콘크리트 거더의 설계개념은 초기에 긴장된 강선의 긴장력으로 초기상태에서의 응력과 사용상태에서의 응력이 허용한계내에 들도록 설계하여 왔다. 이러한 설계방법은 거더의 단면이 커지는 단점이 있다. 본 연구에서는 철도하중을 받는 교량에 대하여 강선의 긴장력을 단계적으로 증가시키는 프리스트레스 콘크리트 설계이론을 제안하여 거더의 단면을 감소시켜 설계의 간편성과 시공성 및 경제성을 확보하고자 하였다. 그리고 제안된 설계방법을 적용하여 기존의 철도교보다 거더의 단면을 감소시켜 장지간의 교량을 설계하였으며 긴장재를 연속적으로 배치하여 IPC교량의 연속화를 제안하였다.

**Keywords :** IPC, PSC girder, Tendons, Railway bridge, Design method

\* 정회원, 도화종합기술공사

\*\* 학생회원, 성균관대학교 토목환경공학과 박사과정

\*\*\* 정회원, 성균관대학교 토목환경공학과 부교수

E-mail : jmpark@skku.edu 031-290-7530

• 본 논문에 대한 토의를 2003년 9월 30일까지 학회로 보내주시면 2004년 1월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

## 1. 서론

현재 25m 지간을 갖는 PSC I형 거더를 이용한 철도교량이 건설되고 있다. 그러나, 본 연구에 의한 Incrementally Prestressed Concrete(IPC)거더를 이용할 경우, 기존의 PSC I형 거더보다 낮은 형고를 갖으면서도 지간길이가 연장된 철도교량을 설계할 수 있다. IPC 거더는 거더의 단면 특성을 변화시키고, 고강도 콘크리트를 사용하며 긴장재 및 부재의 배치 방식을 개선하여 지간길이를 철도교의 경우 40 m까지 연장할 수 있도록 설계된다. 또한 IPC 거더는 재래식 PSC I형 거더가 지니는 설계의 간편성과 시공성 및 경제성을 모두 확보할 수 있다. 기존의 프리스트레스 거더의 설계개념은 초기에 긴장된 강선의 긴장력으로 초기 상태에서의 응력과 활하중이 작용하는 사용상태에서의 응력이 동시에 허용한계내에 들도록 설계하여 왔다. 이런 두 단계에서의 응력을 항상 적정한계내로 유지하려면 단면의 크기를 키우는 방법밖에 없는 것으로 인식되어 왔다. 그러나, 본 IPC 거더는 철도하중을 받는 교량시공중에 강선의 긴장력을 단계적으로 증가시킴으로써 이런 문제들을 해결하였다. 즉, 제작단계에서는 자중과 슬래브의 무게를 받을 수 있을 정도만의 긴장력을, 슬래브를 타설한 후에는 추가사하중을 받을 수 있을 정도의 긴장력을, 공사가 완료된 후에는 활하중을 받을 수 있을 정도의 긴장력을 단계별로

가해줌으로써 부재의 치수를 대폭적으로 줄일 수 있다. 또한 제안된 설계방법을 한 단계 향상시켜 연속화 교량을 설계하였을 경우 단순교 형식의 IPC 거더에 비해 보다 안정적이고 경제적인 교량을 건설할 수 있다. 시공된 철도교에 처짐이나 균열이 심각하게 우려되어서 보수·보강해야 하는 경우에도 강선을 재긴장 해주면 간단히 문제를 해결할 수 있다. 본 논문은 철도교량의 설계에 있어 개선된 PSC 거더의 설계방법 및 시공을 고려한 연속화 방법을 제시하였다.

## 2. 개선된 IPC 거더 설계법

본 연구에서는 기존의 PSC 거더 설계법을 개선하여 시공단계에 따른 최적화된 긴장력을 도입하였다. 거더자체를 몇 개의 분할된 부재로 제작하여 이를 현장에서 1차 긴장력 도입에 의해 일체화시킨다. 1차 긴장력은 거더 및 바닥판의 자중만을 지지할 수 있는 크기만큼 도입하면 되므로, 부재의 단면의 높이를 낮출 수 있다. 바닥판 타설 직후 가해지는 2차 긴장력은 교면사하중 및 활하중 일부에 저항할 수 있는 프리스트레스를 도입하는데 기여한다. 만일 활하중 재하시 부재 하연에 인장응력이 발생하는 경우에 활하중 재하직전에 3차 긴장력을 도입하여 결국 부재의 전단면이 압축영역에 있도록 설계하는 것이 IPC 거더 설계의 기본 개념이다.

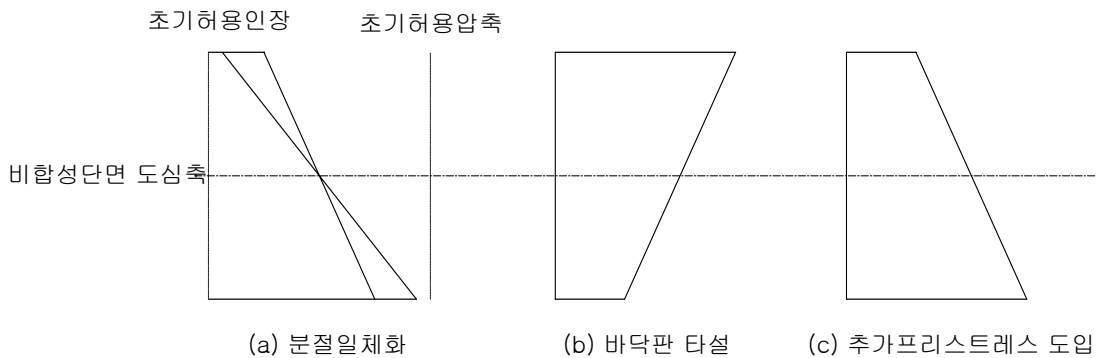


Fig. 1 IPC 설계법에 의한 비합성 단면의 하중-응력

특히 IPC 거더를 철도교 설계, 시공에 적용할 경우 도로교에 비해 활하중이 크기 때문에 활하중에 의한 분담량을 다단계 긴장으로 감소시켜 줄 수 있으므로 보다 효율적인 교량을 건설할 수 있다.

## 2.1 각 시공 단계별 프리스트레스 도입

### 2.1.1 비합성단면

각 시공 단계별 응력 상태에 따라서 포스트텐션 방식에 의한 프리스트레스를 적절히 도입하게 되면 부재의 높이를 낮추면서도 더 긴 설계지간을 확보할 수 있게 된다. Fig. 1에서는 비합성 단면의 시공 단계별 응력상태를 나타내었다.

#### 1) 분절일체화

분절된 부재들은 최초에 도입되는 긴장력에 의해 맞물려 일체화된다. 이 때 부재 단면의 높이를 적절하게 낮추면 상연에 인장응력이 발생하는 것을 피할수 있다. 부재의 전단면에 걸쳐 압축응력만이 분포하도록 긴장력 및 단면의 높이를 조절 하면 각 분할 부재들 사이의 접합면에는 항상 압 축력만이 작용하게 된다. 이러한 압축력에 의해 일체화된 거더는 Fig. 1(a)에서 나타난 것과 같이 단일 부재로 제작된 거더와 동일한 거동을 보이게 된다. 여기서, 일체화된 거더의 자중에 의한 사하중 모멘트,  $M_{dl}$ 은 단일 부재로 제작될 경우와 동일하므로, 이 단계에서 프리스트레스와 휨응

력의 합인 거더의 응력,  $f_{g1}$ 은 허용응력 설계개념에 의한 재래식 방법인 다음 식(1)과 같은 방법으로 계산할 수 있다.

$$f_{g1} = \frac{P_{\bar{n}}}{A_g} \mp \frac{P_{\bar{n}} \times e_g}{Z_g} \pm \frac{M_{dl}}{Z_g} \quad (1)$$

여기서,

$P_{\bar{n}}$  = 즉시손실후 잔류긴장력

$e_g$  = PSC 거더 긴장재의 편심거리

$A_g$  = PSC 거더의 단면적

$M_{dl}$  = 거더의 자중에 의한 휨모멘트

$Z_g$  = PSC 거더의 단면계수

#### 2) 바닥판 타설

이 단계에서 단면의 응력 분포는 Fig. 1(b)에서 보인 바와 같다. 이 단계의 응력분포는  $f_{g1}$  과 바닥판 콘크리트의 사하중 모멘트에 의한 휨응력과의 합으로 생각할 수 있다. 따라서, 바닥판 타설 직후 단면의 응력,  $f_{g2}$ 는 식(2)로 계산한 값과 같다.

$$f_{g2} = f_{g1} \pm \frac{M_{dl}}{Z_g} \quad (2)$$

여기서,  $M_{dl}$  = 바닥판 콘크리트에 의한 휨모멘트

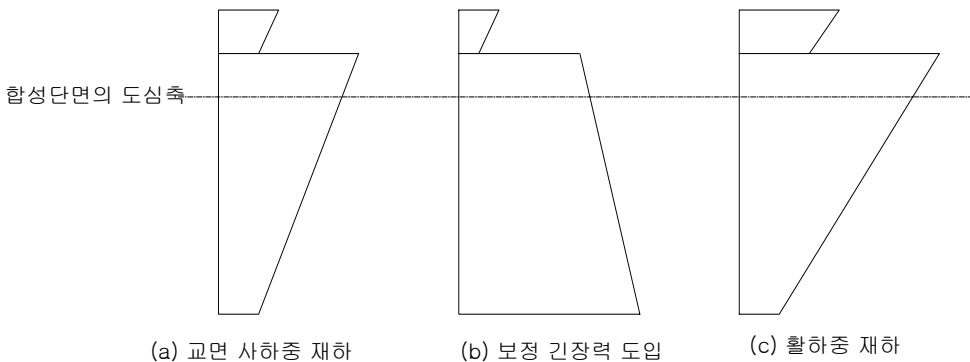


Fig. 2 IPC 거더 설계법에 의한 합성단면의 하중-응력 관계도

3) 추가프리스트레스 도입

바닥판 타설 후 거더의 상연에는 대단히 큰 압축응력이 발생한다. 이 상태에서는 거더가 더 이상의 하중을 받을 수 없으므로, 추가로 긴장력을 도입하여 거더 상연의 압축응력을 감소시켜야 한다. 이에 대한 응력 분포는 Fig. 1(c)와 같다. 이 때 추가 긴장력에 의한 프리스트레스와 조합된 단면의 응력,  $f_{g3}$ 은 다음 식(3)과 같다.

$$f_{g3} = f_{g2} + \frac{P_{l2}}{A_g} \mp \frac{P_{l2} \times e_{g2}}{Z_g} \quad (3)$$

여기서,

$P_{l2}$  = 추가긴장력

$e_{g2}$  = 추가긴장력의 편심거리

2.1.2 합성단면

1) 자갈도상 포설 단계

기존 설계법과 마찬가지로 바닥판 콘크리트가 굳은 후에는 합성단면으로 작용하여 도심축, 단면 계수 등의 설계변수도 역시 기존 설계법과 동일한 합성단면에 대한 설계변수를 사용한다. Fig. 2(a)에서는 교면 하중이 재하될 때 합성단면의 응력 분포를 나타내었다. 이 단계에서는 자갈도상 등과 같은 교면 하중에 의한 휨모멘트,  $M_{d3}$ 가 발생하므로 거더 콘크리트에 작용하는 응력,  $f_{g4}$ 는 다음 식(4)와 같다.

$$f_{g4} = f_{g3} \pm \frac{M_{d3}}{Z_t} \quad (4)$$

여기서,

$Z_t$  = PSC 합성단면의 단면계수

또한 바닥판 콘크리트의 상연응력,  $f_{s1}$ 은 다음 식(5)와 같다.

$$f_{s1} = \frac{M_{d3}}{Z_s} \quad (5)$$

여기서,

$Z_s$  = 바닥판 콘크리트의 단면계수

2) 보정 긴장력 도입

합성단면으로 거동하게 되는 단계에서는 중립축이 상당히 위쪽으로 이동하게 되는데, 이런 경우 상연의 압축응력 증가량이 적어도 하연응력이 훨씬 크게 감소하여 인장이 발생할 수도 있다. 이런 경우에는 부재 자체에도 인장 균열이 발생할수 있을 뿐만 아니라 일체화시킨 부재들의 접합면이 매우 위험해 진다. 따라서, 설계활하중 재하시 단면에 인장력 발생이 예상되는 경우에는 이를 보정해 줄 수 있는 추가 긴장력을 도입하여 전 단면에 압축응력만이 분포하도록 해야 한다. 보정긴장력이 도입된 후 단면의 응력,  $f_{g5}$ 는 다음 식(6)과 같다.

$$f_{g5} = f_{g4} + \frac{P_{B3}}{A_t} \mp \frac{P_{B3} \times e_{g3}}{Z_t} \quad (6)$$

여기서,

$P_{B3}$  = 보정긴장력

$e_{g3}$  = 보정긴장력의 편심거리

$A_t$  = PSC 거더 합성단면의 단면적

또한 바닥판 콘크리트의 상연응력,  $f_{s2}$ 는 다음 식(7)과 같다.

$$f_{s2} = f_{s1} + \frac{P_{B3}}{A_t} - \frac{P_{B3} \times e_{g3s}}{Z_s} \quad (7)$$

여기서,

$e_{g3s}$  = 보정긴장력에 대한 바닥판 콘크리트 상연의 편심거리

기존 설계법과 마찬가지로 긴장력의 장기손실에 의한 프리스트레스의 감소를 고려하면, 활하중 재하 직전 거더의 응력,  $f_{g5}$ 는 다음 식(8)과 같다.

$$f_{g5} = f_{g5} - (1-R)(P_{11} + P_{22} + P_{33}) \left( \frac{1}{A_t} \mp \frac{e_t}{Z_t} \right) \quad (8)$$

여기서,

$R$  = 긴장력의 유효율

$e_t$  = 총긴장재의 편심거리

또한, 감소된 바닥판 콘크리트의 상연응력,  $f_{s1}$ 은 다음 식(9)와 같다.

$$f_{s1} = f_{s2} - (1-R)(P_{11} + P_{22} + P_{33}) \left( \frac{1}{A_t} \mp \frac{e_k}{Z_s} \right) \quad (9)$$

여기서,

$e_{ks}$  = 바닥판 콘크리트 상연에 대한 총 긴장재의 편심거리

### 3) 철도차량하중 (LS-22) 재하단계

충격을 포함한 설계활하중이 재하되는 단계에서는, 이미 충분한 긴장력이 도입되었으므로 초과하중이 재하되더라도 부재가 인장파괴를 일으키지는 않는다. 결국 활하중 재하단계의 응력을 검토해 보면 부재가 과보강으로 설계되었음을 알 수 있다. 이 단계에서 거더 콘크리트의 응력,  $f_{gt}$ 은 다음 식(10)과 같다.

$$f_{gt} = f_{g5} \pm \frac{M_{(l+d)}}{Z_t} \quad (10)$$

여기서,

$M_{(l+d)}$  = 충격을 포함한 설계활하중

또한 바닥판 콘크리트의 상연응력,  $f_{s1}$ 은 다음 식(11)과 같다.

$$f_{s1} = f_{s2} \pm \frac{M_{(l+d)}}{Z_t} \quad (11)$$

결과적으로, 교량의 사용단계에서 초과하중이 재하되지 않는한 거더 단면의 응력은  $f_{g2}$ 와  $f_{g3}$  범위내에 존재하게 된다.

## 3. IPC 거더를 이용한 교량의 연속화

IPC 거더교량의 연속화는 기존의 PSC 거더의 연속화에 기초로 하고 있다. 미리 제작된 PSC 거더를 교각 위에 거치하고, 거더와 거더 사이 이음부와 바닥판 슬래브는 현장치기 콘크리트로 타설하여 일체화한다. 또한 중앙 지점부에 발생하는 부모멘트를 상쇄하고 구조적인 연속교 거동을 확보하기 위하여 연속 PS장재를 배치하고 긴장하도록 한다.

### 3.1 시공 순서에 따른 연속화 방법

#### 3.1.1 PS장선의 배치 수

PS장선은 거더 내부에 배치되는 강선과 다경간의 거더 거치 후에 배치되는 연속강선 두 가지로 나누어진다. 1차 긴장 강재는 거더가 거치되기 이전에 긴장되는 강선이고 2, 3차 긴장 강재는 거더 거치후 교량의 연속화를 위한 긴장 강선 또는 추후 긴장을 위한 여유분의 강선이다. 본 연구에서는 연속 긴장재를 2차 긴장까지만 실시하였다.

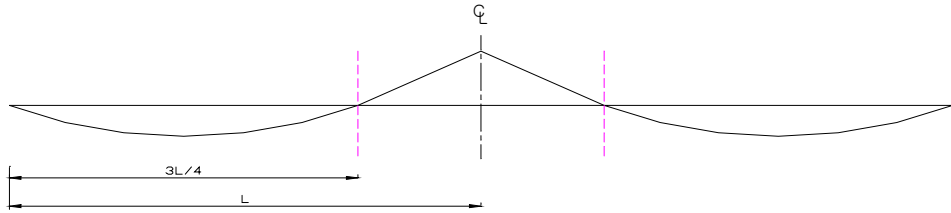
#### 3.1.2 현장 콘크리트 타설 순서

거더 외에 교량에 필요한 나머지 부분은 현장 타설 콘크리트로 이루어진다. 이러한 부분은 크게 거더와 거더간의 이음부 그리고, 슬래브로 나누어지며 시공방법에 따라 적절히 콘크리트 타설 순서를 바꾸어 모든 작용력에 의해서 교량에 작용하는 모멘트를 최대한 유리하도록 한다. 2경간 교량의 경우 작용력에 의한 모멘트도는 지간길이,  $L$ 일 때 Fig. 3(a)와 같다. 그리고 Fig. 3의 세 구간 중 어느 곳을 먼저 타설 하느냐에 따라 다음과 같이 분류되어질 수 있다.

- 이음부 먼저 타설
- 부모멘트 구간 슬래브 먼저 타설
- 정모멘트 구간 슬래브 먼저 타설
- 이음부와 정-부모멘트 구간슬래브 동시 타설

본 연구에서는 이음부와 정-부모멘트 슬래브구간을 동시에 타설하는 방식으로 하였다.

(a) 2경간 연속교 모멘트도



(b) 현장 타설 콘크리트 구간

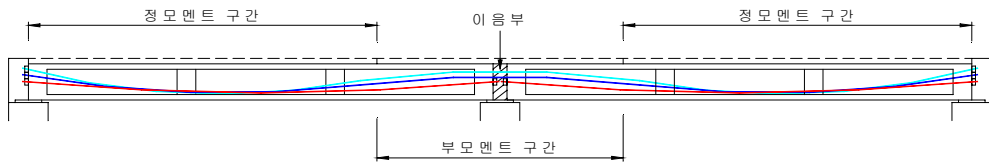


Fig. 3 현장 타설 콘크리트 순서에 따른 분류 기준

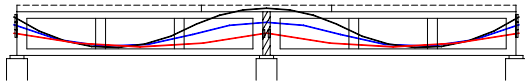


Fig. 4 슬래브 구간까지 상향 배치된 연속강선

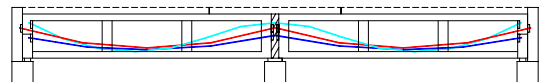


Fig. 5 슬래브 양생후 추가 사하중 작용전 연속강선 시공방법

### 3.1.3 연속강선 배치

Fig. 3(a)에서 알 수 있듯이 2경간 연속교의 중앙 지점부에는 부모멘트가 크게 작용한다. 이를 최소화하기 위하여 연속강선을 배치하여 긴장하거나 현장 타설 콘크리트보다 강도가 강한 재료로 이음부를 채운다. 부모멘트를 감소시키기 위하여 본 연구에서는 이음부 콘크리트의 강도변화 그리고 변곡점의 위치를 최적화시켜 연속강선의 긴장력으로 중앙 지점부의 압축력을 증가시키는 방법을 추가하였다. Fig. 4에는 연결 강선이 이음부 또는 슬래브 구간까지 배치되어 구조적으로 연결된 상태이다.

연속 긴장재의 경우에는 최대 편심은 거더 상부에서 10 cm 떨어진 거리에 위치하였다.

### 3.1.4 슬래브 양생과 거더 연속 강선의 긴장

Fig. 5와 같이 교대상부가 제작된 후 거더 내부에 PS강선 연속 강선이 배치되고, 연속강선으로 압착하는 경우는 슬래브가 양생되기 전에 거더의 연속 강선을 긴장하는지 슬래브가 양생된 후에 긴장하는지에 따

라 시공방법을 분류할 수 있다. 슬래브가 양생되기 전에는 거더에 하중만으로 작용하며 이때 응력 계산 시 사용되는 단면은 거더만의 순단면이 된다. 하지만, 슬래브가 양생된 후에는 거더와 슬래브가 합성단면이 되어 하중에 대하여 함께 거동한다.

연속강선의 긴장력이 슬래브가 양생되기 전에는 슬래브에 영향을 미치지 않고, 슬래브가 양생되어 충분한 강도를 갖게되면 긴장력이 슬래브에도 영향을 줄 수 있다는 의미가 된다. 본 연구에서는 슬래브 양생 후 연속 긴장재를 긴장하는 방식을 취하였다.

### 3.1.5 IPC 연속교 시공순서

본 연구에서 제시된 연속교의 시공 순서는 다음 Fig. 6과 같다. 거더 배치, 긴장재의 긴장 순서, 바닥판 슬래브, 이음부의 콘크리트 타설 순서등에 따라서 무수히 많은 경우의 수가 있을 수 있다. 여기서는 모든 형식에 동일하게 이음부 콘크리트와 바닥판 슬래브의 강도는 동일하고 동시 타설 방식으로 설정하였으며 다음의 1)~7) 순으로 시공이 진행된다.

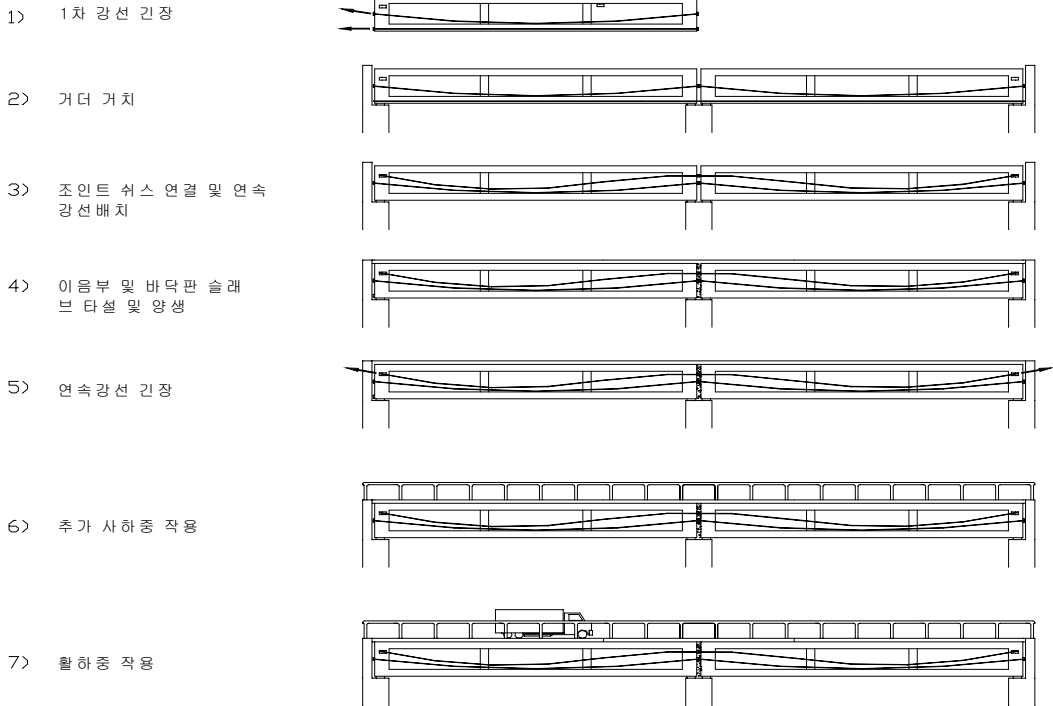


Fig. 6 2경간 연속교 시공순서

- 1) 거더의 자중 및 바닥판 슬래브 하중을 지지하기 위한 1차 강선 긴장
- 2) 거더 거치
- 3) 조인트 쉬스 연결 및 연속 긴장재 배치
- 4) 이음부 및 바닥판 슬래브 타설 및 양생
- 5) 연속강선의 긴장
- 6) 자갈도상, 방호벽등 추가 사하중 작용
- 7) 활하중 작용

#### 4. 예제 해석

본 논문에서는 IPC 거더 설계법을 이용하여 단순교, 연속교 형식의 철도교를 설계하였다. 개선된 설계법에 의한 교량은 현재 설계, 시공되고 있는 철도교보다 낮은 형교로 지간을 연장화 할 수 있다. 그리고, 연속 강선배치에 의한 연속화 교량은 보다 높은 내하력을 갖는 안전한 교량으로 설계·시공할 수 있다.

#### 4.1 개선된 설계법에 의한 단경간 철도교의 설계

##### 4.1.1 설계조건

- 1) 교량형식 : IPC Bridge
- 2) 폭 원 : 6.6 m
- 3) 교량등급 : 1급선교 (LS-22)
- 4) IPC BEAM 길이 : 30 m
- 5) 지간길이 : 29.3 m
- 6) 거더개수 : 3 개
- 7) 거더중심간격 : 170 cm
- 8) 바닥판두께 : 28 cm
- 9) 콘크리트 설계기준강도  
거더 :  $400 \text{ kgf/cm}^2$ , 바닥판 :  $280 \text{ kgf/cm}^2$
- 10) 긴장재 종류 : SWPC 7B
- 11) 단위중량 : 콘크리트  $2.5 \text{ tonf/m}^3$ ,  
자갈도상  $1.9 \text{ tonf/m}^3$

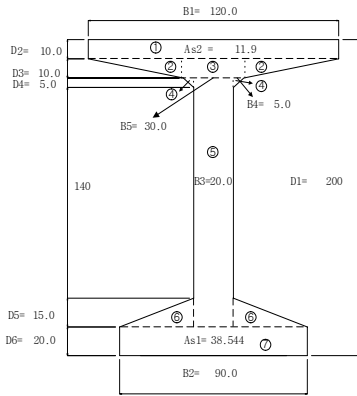


Fig. 7 단경간 IPC 수형단면

Table 1 단경간 IPC 철도교 텐던긴장량

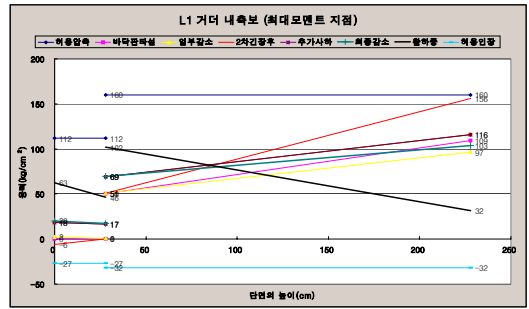
	긴장재 제원		지간 중앙단면		긴장력합 (tonf)
	개수	면적(cm <sup>2</sup> )	하연(cm)	상연(cm)	
1차긴장	36.00	49.93	10.10	189.90	561.15
2차긴장	14.00	19.42	26.25	173.75	218.30
쉬스상연	183.44 cm		-	-	-
쉬스하연	16.56 cm		-	-	-

Table 2 최대정모멘트부 설계휨강도(tonf · m) 및 내하율 검토( $\phi$ =강도감소계수)

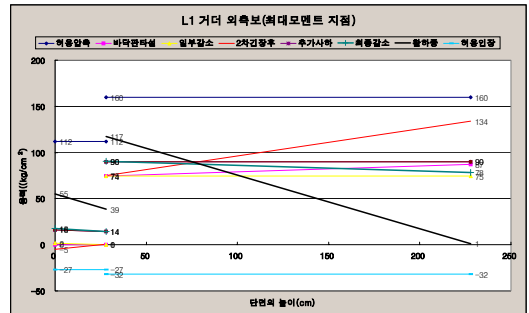
	내측보	외측보	비 고
공칭휨강도 Mn	2,381	2,488	-
설계휨강도 Md	2,024	2,115	$\phi = 0.85$
극한휨모멘트 Mu	1,284	1,449	-
내하율 RF	1.32	1.09	-

#### 4.1.2 허용응력 및 사용성검토

이와 같이 설계한 경우 시공단계별 뿐만아니라 사용하중시에 Fig. 8(a),(b)와 같이 거더의 상·하연과 슬래브 상·하연의 응력이 허용응력을 만족하였다. 또한 부재의 휨강도는  $\phi M_n > M_u$ 를 만족하였다. 사용성검토에 있어서는 외측보에서의 최대처짐이 2 cm 발생하여 프리스트레스트 콘크리트 교량의 처짐제한  $L/800$ 을 만족하였다. 또한 사용하중 작용시 거더의 전체 응력상태가 압축상태에 있도록 긴장력을 조절함으로써 균열이 발생하지 않도록 하였다.



(a) 내측보 합성단면



(b) 외측보 합성단면

Fig. 8 최대정모멘트부 합성단면의 응력상태

## 4.2 개선된 설계법에 의한 2경간 연속교 철도교 설계

### 4.2.1 설계조건

- 1) 교량형식 : IPC Bridge
- 2) 경 간 : 2 @ 30 = 60.0 m
- 3) 폭 원 : 6.6 m
- 4) 교량등급 : 1급선교 (LS-22)
- 5) IPC BEAM 길이 : 30 m
- 6) 지간길이 : 29.3 m
- 7) 거더개수 : 3 개
- 8) 거더중심간격 : 170 cm
- 9) 바닥판두께 : 28 cm
- 10) 콘크리트 설계기준강도 :  
거더 400 kgf/cm<sup>2</sup>, 바닥판 280 kgf/cm<sup>2</sup>
- 11) 긴장재 종류 : SWPC 7B
- 12) 단위중량 : 1

콘크리트 25 tonf/m<sup>3</sup>, 자갈도상 1.9 tonf/m<sup>3</sup>



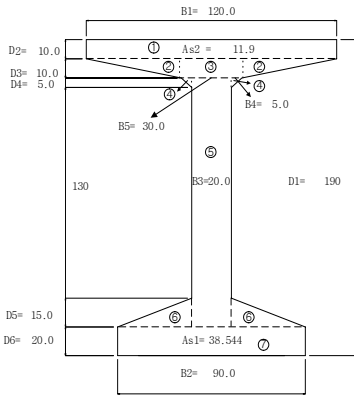


Fig. 9 2경간 IPC 주형단면

Table 3 2경간 IPC 철도교 텐던긴장량

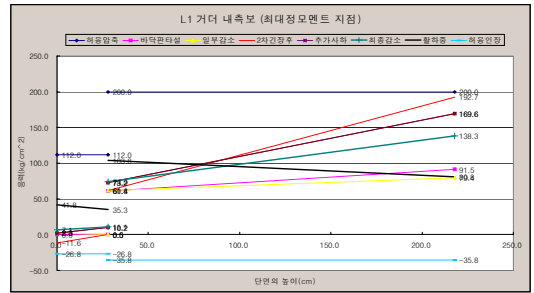
	긴장재계원		지간 중앙단면		지점부 단면		긴장력 합 (tonf)
	개수	면적 (cm <sup>2</sup> )	하연	상연	하연	상연	
1차긴장	36	49.93	10.1	179.9	-	-	545
2차긴장	30	41.61	26.3	163.7	180.0	10.0	455
쉬스상연	174.9 cm		-	-	-	-	-
쉬스하연	15.1 cm		-	-	-	-	-

Table 4 2경간 연속교 최대정모멘트부 설계휨강도(tonf · m) 및 내하율 검토

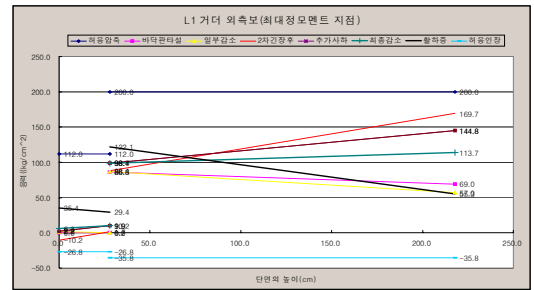
	내측보	외측보	비고
공칭휨강도 Mn	3249.00	3381.00	
설계휨강도 Md	2762.00	2874.00	$\phi = 0.85$
극한휨모멘트 Mu	1326.00	1454.00	
내하율 RF	2.91	2.69	

Table 5 2경간 연속교 최대부모멘트부 설계휨강도(tonf · m) 및 내하율 검토

	내측보	외측보
공칭휨강도 Mn	1,678	1,678
설계휨강도 Md	1,426	1,426
극한휨모멘트 Mu	803	818
내하율 RF	1.36	1.27

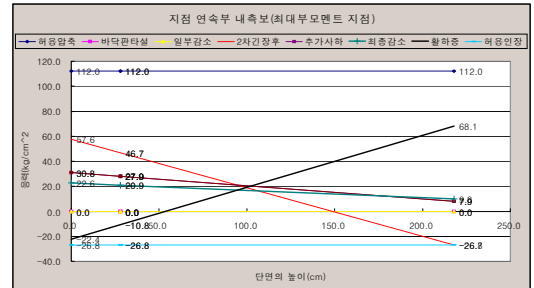


(a) 내측보 합성단면

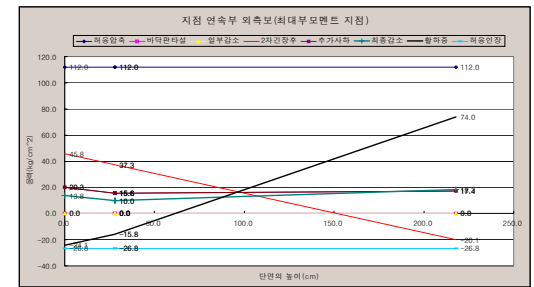


(b) 외측보 합성단면

Fig. 10 최대정모멘트부 합성단면의 응력상태



(a) 내측보 합성단면



(b) 외측보 합성단면

Fig. 11 최대부모멘트부 합성단면의 응력상태

#### 4.2.2 허용응력 및 사용성검토

IPC 거더 설계법을 이용하여 2경간 연속 철도교량의 설계시 단순교 형식의 거더를 사용한 것과 비교할 때 내하력 증진 및 장시간화 가능성을 보인다. Fig. 10, 11에 나타나 있듯이 최대 정모멘트 구간, 지점부 부모멘트 구간에 대한 응력검토시 최대응력이 허용응력 이하로 휨응력에 대한 안정성을 만족하고 있다.

### 5. 결론

본 연구에서는 효율적인 PSC 철도교 설계방법을 제시함으로써 경제적인 철도교 설계·시공방법을 제안하였다.

- 1) 허용응력 설계법에 의한 기존의 PSC 거더 설계방법은 단 1회에 걸쳐 프리스트레스를 도입하여 전 설계하중에 저항할 수 있도록 하였으나, 이러한 방법은 시간이 길어질수록 단면의 높이를 증가시켜야 하는 단점이 있다. 이러한 단점을 개선하기 위하여 본 연구에서는 허용응력 설계 개념을 기반으로 시공 단계에 따른 다단계 프리스트레스를 도입함으로써 시간을 크게하면서도 단면의 높이를 감소시키고 휨성능을 향상시키는 설계방법을 제시하였다.
- 2) IPC 거더를 철도교에 적용시, 현재 사용하는 PSC 거더가 25 m 지간에 2.35 m의 형고를 사용함에 반해 IPC 거더를 사용할 경우 30 m 지간에 1.9 m 형고로 설계가 가능함으로써 낮은 형고로 부재 무게를 감소시킴으로서 시공성을 향상시킬 수 있고, 철도교의 시간을 연장시킬 수 있다.

- 3) 연속 강선을 사용한 기존 공법의 경우 연속 강선의 정착 시에 단부에서 긴장 작업을 수행하였으므로 3경간이 넘을 경우에는 공사기간이 길어지고 시공 단계가 복잡하였다. 그러나 본 제안 공법의 단부 노출 정착 장치를 이용함으로써 경간 수가 많아져도 2경간이나 3경간이었을 때와 동일한 시공 단계가 적용 가능하므로 시공성이 매우 뛰어난 연속 공법이다.

#### 참고문헌

1. 철도설계기준, 철도청, p.680, 1999.
2. 콘크리트 구조설계 기준, 한국콘크리트학회, p.413, 2000.
3. 콘크리트 표준시방서, 한국 콘크리트학회 pp.246, 2000.
4. 박준범 IPC 거더교의 연속화를 위한 설계프로 그램 개발 연구, 석사학위논문, 아주대학교, 2001.
5. 한만엽 “프리스트레스를 단계적으로 도입하는 IPC 거더의 설계이론 연구,” 한국콘크리트학회 논문집, Vol. 12, No. 4, pp.121~130, 2000.

(접수일자 : 2001년 9월 4일)