
프리스트레스를 단계적으로 도입하는 IPC 거더의 설계 이론 연구

Development of a New Design Theory for Incrementally
Prestressed Concrete Girder



한만엽*

Han, Man-Yop



김진근**

Kim, Zin-Keun



이차돈***

Lee, Cha-Don



박준범****

Bak, Joon-Beom

ABSTRACT

Current engineering practice in determining sectional dimensions of prestressed concrete (PSC) girders for bridges is primarily based on the code-specified allowable concrete stresses at different loading stages. 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. This traditional tensioning method, however, 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 girders 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. Parametric studies are performed with due considerations given to its practical applications.

Keywords : PSC girder, loading stages, tendons, tensioned twice, ultimate capacity

* 정회원, 아주대학교 토목공학과 교수
** 정회원, 한국과학기술원 토목공학과 교수
*** 정회원, 중앙대학교 건축공학과 교수
**** 정회원, 아주대학교 대학원 토목공학과 석사과정

• 본 논문에 대한 토의를 2000년 12월 31일까지 학회로 보내주시면 2001년 2월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 서 론

PSC I형 거더를 이용한 교량은 설계 및 시공이 간편하며 유지보수비용 또한 저렴하여 시공성 및 경제성을 갖춘 교량의 상부구조에 널리 채택되고 있다. 이와같은 장점을 갖는 PSC I형 거더에 대하여 좀 더 효율적인 단면을 개발하기 위한 노력은 AASHTO, PCI, NEBT(New England Bulb-Tee girder) 등을 중심으로 진행되어 왔다. 그러나 최근 급증하는 교통량에 대응하기 위한 장경간 교량의 시공추진에서 볼 때, 기존의 PSC I형 거더는 그 부재의 치수적인 제약 때문에 국내에서는 경간 30m 이하의 단순교에만 채택되고 있는 실정이다.

본 논문에서는 기존의 PSC I형 거더의 설계법을 개선하여 설계 경간을 증가시키고 단면 높이를 감소시켜, 장경간 교량을 경제적으로 건설할 수 있는 설계이론을 제시하고자 하였다. 본 이론은 프리스트레스강재의 1회 긴장에만 의존하던 기존의 PSC I형 거더의 설계개념을 개선하여 시공 및 하중 상태에 따라 2차로 나누어 긴장하도록 함으로써 최종 하중단계에서도 기존의 거더보다 낮은 높이로써 효율적으로 외력에 대하여 저항하도록 하였다.

본 설계법에 따라 설계된 거더와 AASHTO II 및 NEBT에 의하여 설계된 기존의 거더들을 적용 가능한 설계지간에 대해 비교, 검토하여 개발된 설계법에 의한 거더의 경제성을 검증하였다. 또한 본 설계기법에 의하여 설계된 거더를 단면 높이별 최대경간, 거더 간격별 최대경간, 그리고 콘크리트 강도별 최대경간에 대하여 검토함으로

써 그 적용 조건에 대하여 검토하였다. 본 논문은 본문에서 제시한 이론에 근거하여 기 실시된 실험크기의 실험과 연관된 논문으로서 실험에 관한 내용은 참고문헌[8]에서 살펴볼 수 있으므로 본문에서는 설계를 위한 이론적 고찰만을 서술하기로 한다.

2. 기존 PSC I형 거더와 벌브티 거더의 특징

1950년대 중반에 교량의 주형으로 개발된 PSC 거더의 초기 형상은 Fig.1.에서 나타낸 것과 같이 상부가 하부보다 약간 작은 I형 단면을 지니도록 설계되었다. 이렇게 I형 단면의 하부가 상부보다 더 크게 설계된 이유는 당시에는 고강도 콘크리트를 생산하기 어려웠으므로 긴장재가 배치되는 하부플랜지의 면적이 상부보다 더 크도록 설계되었다. 콘크리트의 강도가 점진적으로 향상됨에 따라 휨 응력에 효율적으로 저항할 수 있는 형상으로 단면이 개선되었다. 특히 1980년대 이후 현재까지도 개발되어지고 있는 벌브티 거더의 경우 하중에 의한 휨응력과 이에 저항하는 프리스트레스력에 대하여 최적의 효율을 가지도록 설계되어지고 있다. Fig.2에서 살펴보면, AASHTO 거더의 후기단면인 Type V는 상부플랜지의 폭이 하부플랜지 보다 넓으며, 하부플랜지의 경우에는 단면적을 증가시켜 더 많은 긴장재를 수용할 수 있도록 하였다. PCI 벌브티 거더는 단순교에 적합한 프리텐션 부재가 되도록 날렵한 단면을 지닌다. 최근에 개발된 NEBT 거더는 단순교와 연속교에 모두 적용 가능하며 프리텐션 긴장재와 포스트텐션 쉬스를 모두 수용할 수 있도록 하부플

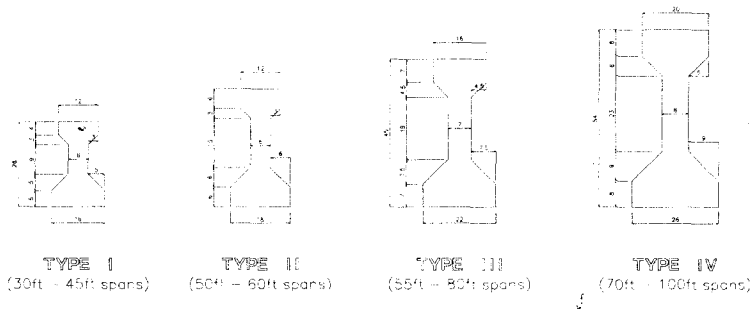


Fig. 1 Early forms of AASHTO-Girder

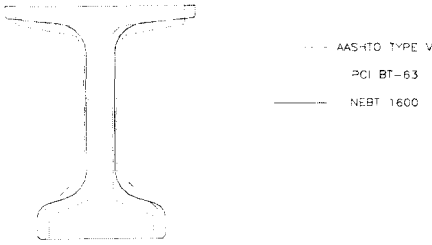


Fig. 2 Comparison on sections of long-span bulb-T Girder

랜지가 PCI BT거더에 비해 더욱 두툼해진 형상으로 발전되었다.

이들 거더의 공통적인 특징은 긴장재를 1회에 한하여 프리스트레싱에 의하여 긴장함에 있다. 즉 거더 밑단의 긴장재를 긴장하여 정착한 후, 이 프리스트레싱에 의한 단면 내에 발생하는 응력과 외부 하중에 의하여 발생하는 응력값의 합이 사용하중 상태에서 기준에서 규정한 허용치를 넘지 않도록 하고 또한 계수하중 상태에서도 그 내력이 충분히 발휘되도록 하는 설계개념에 그 공통점을 두고 있다. 초기에 한번만 강재를 긴장할 경우, 그 거더에 외부 하중이 추가적으로 가해짐에 따라 초기에 발생한 부재 밑단의 압축 응력이 서서히 인장 응력 축으로 변하게 된다. 따라서 하중 상태에 따른 보의 상, 하면에 발생하는 압축 및 인장 응력이 허용응력 제한을 만족하기 위하여 보 단면의 형상이 결정되게 되고 대개의 경우가 단면은 필요한 극한 내력을 초과하는 과도한 단면 결과를 가져오게 된다. 즉 주어진 외부 모멘트에 의하여 단면내에 발생하는 응력(σ)은 다음과 같다.

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{S} \quad (1)$$

상기 식에서 단면내 응력 σ 값이 허용치에 들게 하기 위하여는 S 값이 충분히 커야 하는데, 이때의 S 값은 극한 내력면에서 볼 때 필요 이상의 높이를 요구하게 된다. 본 연구에서는 이러한 기존 PSC 거더의 단점을 극복하고자 2차에 걸친 긴장방법으로 1) 사용하중 단계별 콘크리트의 허용 응력치 만족; 2) 소요극한내력

의 확보; 3) 거더 단면 높이의 획기적 감소를 실현할 수 있는 거더에 대한 설계법을 제시하였다.

3. 합성형교의 설계방법 개선

3.1 기존 PSC 거더

허용응력설계 개념을 토대로 하는 기존 설계에서는 거더를 공장에서 프리캐스트 부재로 생산하거나 현장에서 직접 제작한 후 총 설계하중을 감안한 소요긴장력을 초기에 단 한차례만 도입하도록 하였다. 이 때 긴장재에 가하는 프리스트레싱력은 추가되는 고정하중과 활하중에 의해 단면에 발생하는 휨응력과 함께 단면 콘크리트의 허용치 내에 들도록 결정되어야 한다. 한편, 프리스트레싱력을 도입하는 긴장작업이 1회에 그치기 때문에 프리스트레싱 도입 초기부터 단기 및 장기적인 긴장력 총 손실을 모두 고려하여야 하므로 초기 거더의 단면은 손실분을 고려한 추가적인 프리스트레싱력에 저항할 수 있는 높이를 확보하도록 설계되어야 한다.

P_i, P_e, M_d, M_w, M_l 을 각각 초기긴장력, 유효긴장력, 보의 자중에 의한 단면 내 모멘트, 외부 고정하중에 의한 단면 내 모멘트, 그리고 활하중에 의한 단면 내 모멘트라고 하면, Fig.3은 기존 설계법에 의하여 제작된 단순지지 PSC 거더의 지간 중앙점에서의 하중-응력 관계를 이들 하중과 연관하여 나타내고 있다. Fig.3에서 나타난 바와 같이 1회 긴장에 의하여 PSC 거더를 긴장한 경우에는 외부 하중이 증가함에 따라 순차적으로 상단의 응력은 압축축으로, 그리고 하단의 응력은 인장축으로 변하고 있음을 살펴볼 수 있다. 이때, ②번 하중상태와 ⑤번 하중상태에서의 거더의 상연 및 하연의 응력들은 기준에서 제시하고 있는 허용응력치 내의 값을 가져야 한다⁽⁹⁾. 이들 허용치는 제한적인 값들로써, 이를 충족시키기 위하여는 거더의 단면 1차 모멘트 값이 충분하여야 하며 이를 위하여 거더 단면의 높이가 커져야 할 필요가 있다.

결과적으로 사용하중 상태에서의 허용치를 만족

하기 위하여 설정된 거더 단면은 그 강재량과 함께 계수하중에 대하여 필요 이상의 극한 내력을 소유하게 된다. 본 연구의 주 이론은 Fig. 3에서 ④번 그림 하중상태와 ⑤번 하중상태 사이에 추가적으로 프리스트레스를 가하는 단계를 들으로써 거더 하단의 응력을 압축측으로 이동하도록 하여 추가적인 최종하중에 의한 하단의 인장응력에 대하여 충분한 여유분을 갖도록 하고자 함에 있다. 이런 경우, 일차적으로 $P_i + M_{d1} + M_{d2}$ 하중상태에 대하여 거더의 상, 하연의 응력값이 허용치에 들도록 하면 되므로 거더의 단면 높이를 획기적으로 경감시킬 수 있다. 추가 프리스트레스력은 기 경감된 단면에 대하여 1차 긴장된 프리스트레스력의 장,단기 손실과 추가적인 활화중에 의한 모멘트(M_l)에 따라 결정하게 되며 이 단면에 대하여 주어진 계수하중에 대한 극한 내력을 검토하게 된다.

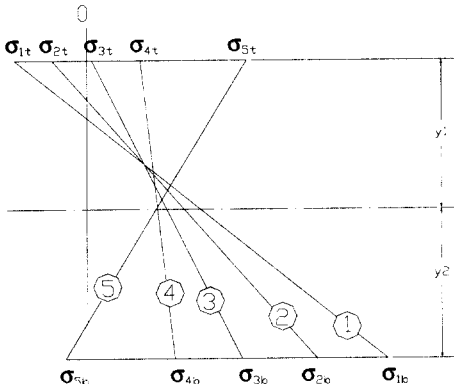


Fig. 3 Stress-load diagram of existing design method

- | |
|---------------------------------|
| ① P_i |
| ② $P_i + M_{d1}$ |
| ③ $P_e + M_{d1}$ |
| ④ $P_e + M_{d1} + M_{d2}$ |
| ⑤ $P_e + M_{d1} + M_{d2} + M_l$ |

3.2 개선된 PSC 거더 설계법

본 연구에서 제시하고자 하는 설계법은 단단계 긴장공법으로서 1) 상판 슬래브가 타설되기 전

단계, 2) 상판슬래브 타설과 2차긴장 단계, 그리고 3) 타설된 상판 슬래브가 PSC 거더와 합성으로 작용하는 단계로 구분된다. 상판 슬래브가 타설되기 전 단계에서는 PSC 거더에 대하여 1차 긴장이 실시되며 상판 슬래브용 콘크리트가 타설된 후 2차 긴장이 이루어 진다. 상판 콘크리트가 기존 PSC 거더와 합성작용을 하는 단계에서는 추가 고정하중과 활화중 등에 대하여 검토가 이루어 진다.

3.2.1 상판슬래브 타설 전 단계

다음 Fig. 4에서는 상판슬래브를 타설하기 전, PSC거더의 비합성단면의 시공 단계별 응력 상태를 나타내었다. 아래에서는 Fig. 4에 대하여 각 하중 단계별로 연관하여 설명하고자 하였다. 직선 ①은 처음 프리스트레스를 도입하는 단계의 응력 분포를 나타낸 것이다. 이 단계에서는 부재의 자중에 의한 휨응력이 존재하므로, 휨응력과 프리스트레스력에 의하여 단면의 응력이 결정된다. 이들 응력인 거더 상하연의 응력 σ_{g1t} 및 하연응력 σ_{g1b} 는 기준에서 제시하는 콘크리트의 허용 인장응력 σ_{ti} 와 허용 압축응력 σ_{ci} 사이의 값이어야 한다.

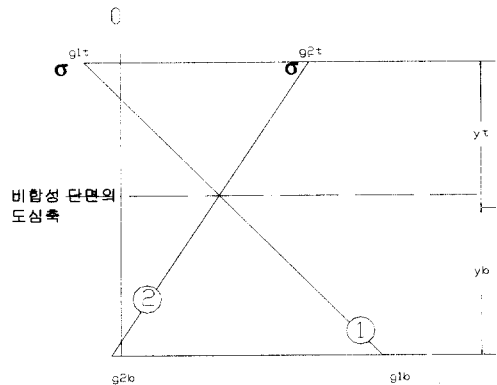


Fig. 4 Stress-load diagram of noncomposite section according to the new design method

- | |
|------------------------------|
| ① $P_{i1} + M_{d1}$ |
| ② $P_{i1} + M_{d1} + M_{d2}$ |

3.2.2 상판슬래브 콘크리트 타설과 2차 긴장단계

1) 상판슬래브 콘크리트 타설

직선 ②는 바닥판 콘크리트 타설 직후 단면의 응력 분포 양상이다. 바닥판 콘크리트는 타설 직후이므로 아직 구조적인 거동을 하지 못하고 단지 하중으로만 작용하게 된다. 따라서 이 단계의 응력은 상기 1) 단계에서 구한 σ_{g1} 에 바닥판 콘크리트의 고정하중 모멘트 M_{d2} 에 의한 휨응력을 더한 값이다. 이 단계에서는 아직 추가적인 고정하중이나 활하중이나 가하여져 있지 않은 상태이므로 거더 단면이 기존의 1차 긴장에 의한 PSC 거더의 경우보다도 더 낮은 거더의 높이로 단면내 발생하는 응력을 허용응력치 내의 값으로 유지할 수 있다.

2) 추가 프리스트레스 도입

직선 ②와 같이 개선된 설계법에서는 바닥판 콘크리트 타설만으로도 이미 거더의 상연 응력이 콘크리트의 허용압축응력에 접근하고 있다. 이 상태에서는 거더가 더 이상 하중을 받을 수 없으므로, 긴장력을 추가로 도입하여 거더 상연의 압축응력을 감소시켜야 한다. 직선 ③은 계산된 단면의 응력 분포를 나타낸 것이다. 2차 긴장력에 의한 프리스트레스로 인하여 거더의 상연 및 하연 모두 허용응력에 대한 여유를 확보할 수 있으므로 교면사하중 및 활하중에 의한 휨응력에 저항할 수 있다.

3.2.3 합성단면

1) 시공 도중의 긴장력 손실

긴장력의 장기손실 중 약 50% 정도가 4주 이내, 바닥판 콘크리트가 굳는 동안의 시간에 일어난다. 총 장기손실에 대한 긴장력의 유효율을 R 이라 하면, 2회에 걸친 긴장력의 잔류량은 $(1+R)(P_{i1} + P_{i2})/2$ 이 된다. 여기서 1차 및 2차 긴장력 사이에는 손실에 관한 시간적 차이는 없는 것으로 가정하였다. Fig.5의 직선 ④는 손실이 발생한 상태의 응력분포를 나타낸다. 이 때부터 굳은 후의 바닥판 콘크리트에 의해 거더는 합성단면으로 거동하며 도심축, 단면계수 등의 설

계변수도 합성단면에 대한 설계변수를 사용한다.

2) 교면 고정하중의 재하

직선 ④와 같은 단계에서 포장, 연석, 방호벽 등과 같은 교면 고정하중에 의한 휨모멘트 M_{d3} 으로 인하여 발생하는 휨응력이 합성되면 합성단면의 응력 분포는 직선 ⑤와 같다.

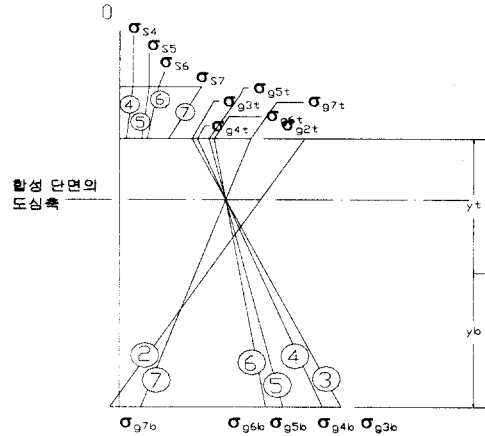


Fig 5 Stress-Load diagram of composite section according to the new design method

- ② $P_{i1} + M_{d1} + M_{d2}$
- ③ $P_{i1} + M_{d1} + M_{d2} + P_2$
- ④ $(1+R)(P_{i1} + P_{i2})/2 + M_{d1} + M_{d2}$
- ⑤ $(1+R)(P_{i1} + P_{i2})/2 + M_{d1} + M_{d2} + M_{d3}$
- ⑥ $R(P_{i1} + P_{i2}) + M_{d1} + M_{d2} + M_{d3}$
- ⑦ $R(P_{i1} + P_{i2}) + M_{d1} + M_{d2} + M_{d3} + M_i$

3) 사용단계 직전

교량 시공이 완료된 후 활하중이 재하되기 직전에 긴장력의 시간적 손실이 모두 완료된 것으로 보면, 긴장력의 최종 손실로 인하여 거더 하연의 압축응력은 약간 감소하며 거더 상연의 압축응력은 약간 증가하게 될 것이다. 이 상태의 응력 분포는 직선 ⑥과 같다.

4) 활하중 재하되는 사용단계

충격을 포함한 총 설계 활하중이 재하되는 단계의 경우, 직선 ⑦에서 알 수 있는 것처럼 이미 충분한 프리스트레스가 도입되었으므로 초과하중이 재하되어도 부재가 인장파괴를 일으키지는 않는다. 교량의 사용단계에서 초과하중이 재하되지

않는 한 부재 중앙 단면 응력은 직선 ⑥과 직선 ⑦ 범위 내에 존재한다.

이상 설명한 개선된 설계법을 요약하면, 우선 작은 거더 높이를 갖는 거더에 1차 긴장력을 도입한다. 1차 긴장력에 의한 프리스트레스는 거더 및 상판 바닥판의 자중에 의한 휨모멘트만을 지지하게 되므로, 부재의 단면 높이를 낮출 수 있으며 그 결과 자중을 크게 감소시킬 수 있다. 바닥판 타설 직후, 교면 고정하중 및 활하중 모멘트에 저항할 수 있도록 추가적인 프리스트레스를 도입한다. 프리스트레스를 각 시공 단계별로 하중-응력 관계에 대하여 적절한 만큼의 프리스트레스를 도입하여 단면의 높이를 줄일 수 있도록 하는 것이 개선된 설계법의 기본 개념이다.

4. 개선된 설계법의 적용

본 장에서는 개선된 설계법에 따라 설계된 거더와 이와 유사한 기존의 외국 거더를 비교함으로써 본 연구에서 제시한 설계법에 따른 거더의 우수함을 검증하고자 하였다. 또한 거더의 간격, 거더에 사용된 콘크리트의 강도에 따라 시공될 수 있는 최대경간을 제시함으로써 본 연구에서 제시한 거더의 시공성 및 활용성에 대하여 검토하고자 하였다. 검토사항으로는 사용하중 하에서, 기준에서 제시한 허용응력치 내의 값을 확보함과 동시에 주어진 극한하중에 대한 소요내력에 대한 검토를 중심으로 하였다.

4.1 거더의 단면 선정

거더의 단면 형상은 해외의 벌브트 설계 경향을 참고하여 상부 플랜지폭 120cm, 하부 플랜지폭 90cm, 복부폭 20cm로 정하였다. 거더의 총 높이는 설계지간, 교량의 등급, 재료의 강도, 거더 간격 등의 설계조건 변화에 따라 결정되는 변수이다. 기타 설계변수들은 국내 설계기준 규정에 적합하도록 설정하였다. Fig. 6은 지간 중앙부의 단면 형상을 나타낸다.

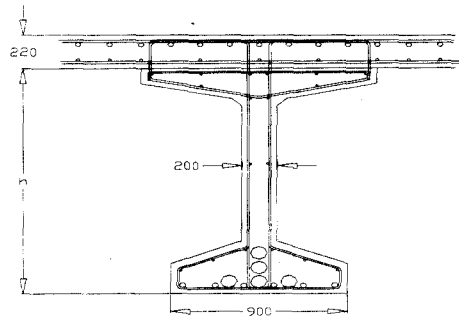


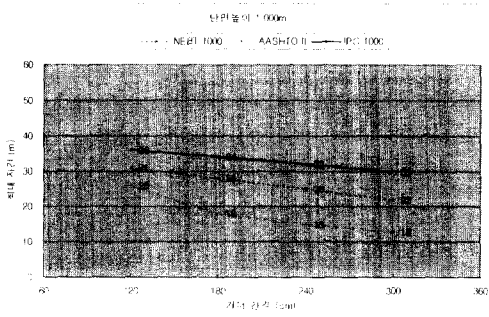
Fig 6 Section of center

4.2 기존 PSC 거더와의 비교

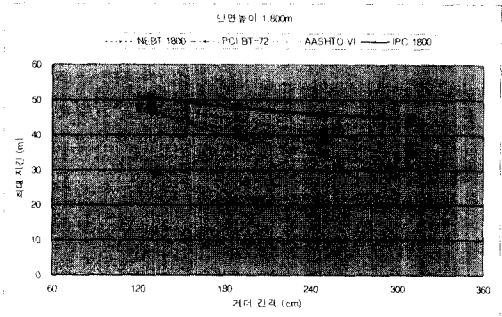
비교를 위한 설계 조건은 Table 1.과 같으며, 거더의 성능을 비교하기 위하여 각각 비슷한 단면 높이를 지니는 거더를 채택했을 때 적용 가능한 교량의 설계지간을 검토하였다. 단면의 높이는 1.0m부터 1.8m까지 20cm 간격으로 증가시켰으며 각각의 경우에 대하여 각 거더에 대한 최대경간 길이를 분석하여 Fig. 7에 나타내었다. 그림에서 NEBT1000 및 AASHTO II는 각각 NEBT, AASHTO에서 사용하는 단면들이며 IPC1000은 본 연구에서 제안한 단면을 나타낸다. Fig. 7은 동일한 단면 높이를 지닌 거더들의 간격을 변화시킬 때 적용할 수 있는 최대 경간을 비교하여 나타낸 표이다. 결과를 요약하면 다음과 같다. (1) 개선된 설계법을 적용한 경우 2m 에서 17m 까지 경간을 더 확보할 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 개선된 설계법을 이용하면 기존의 거더에 의한 경간을 더 장경간화 할 수 있다. (2) 거더 간격이 넓어질수록 개선된 설계법에 의한 부재의 최대경간과 기존 설계법에 의한 최대 경간의 격차가 증가한다. 따라서 부재의 개수를 줄일 수 있어 경제적인 교량 시공을 기대할 수 있다.

Table 1 Design condition for comparison

Design stress of concrete	500kgf/cm ²
Concrete stress during tendon tensioning	350kgf/cm ²
Condition of tendon	0.6"(15.2mm) low relaxation steel
Design live load	HS20 (=DB24)

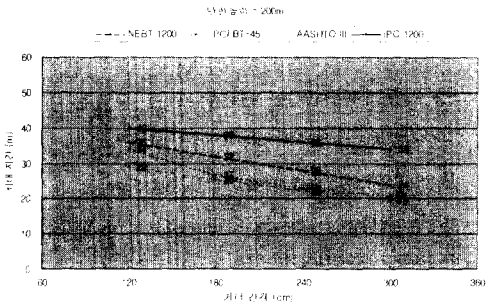


(a) Comparison at section height 1.0m



(e) Comparison at section height 1.8m

Fig. 7 Comparison of max span according to section height

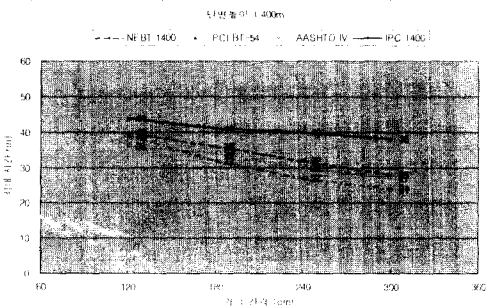


(b) Comparison at section height 1.2m

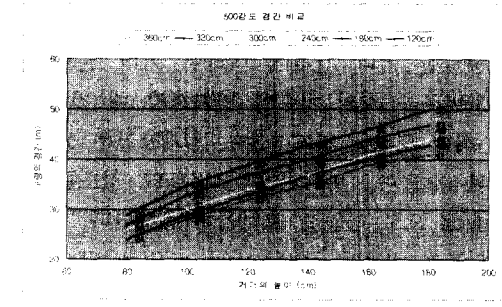
4.3 IPC 거跨의 최대 경간

4.3.1 거跨 간격에 따른 비교

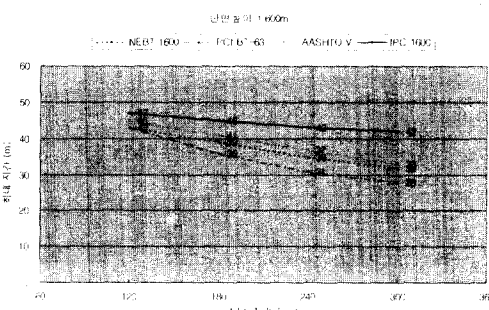
동일한 거跨 콘크리트의 강도에 대해 거跨의 간격별로 부재의 치수를 변화시킬 때 적용 가능한 최대 경간을 비교하였다. 거跨의 간격을 120cm 부터 360cm 까지 60cm 간격으로 증가시키면서



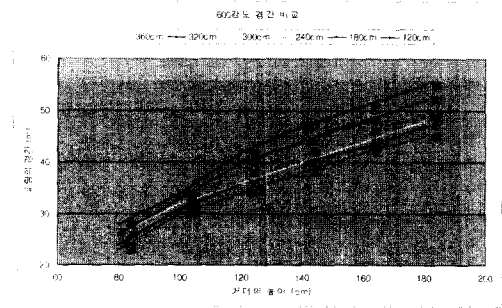
(c) Comparison at section height 1.4m



(a) Compressive strength 500 kgf/cm²

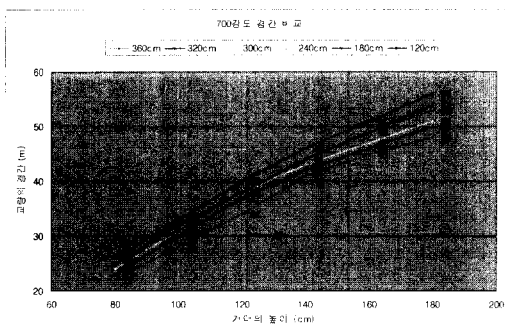


(d) Comparison at section height 1.6m



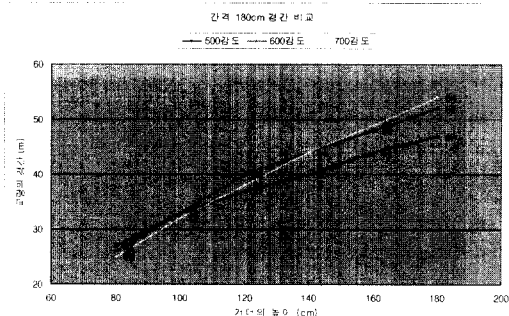
(b) Compressive strength 600 kgf/cm²

Fig. 8 Max span according to girder spacing and compressive strength(cont.)

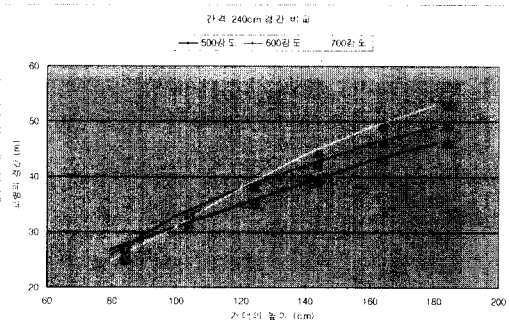


(c) Compressive strength 700 kgf/cm²

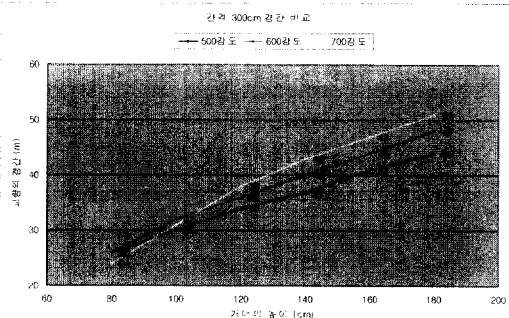
Fig. 8 Max span according to girder spacing and compressive strength(cont.)



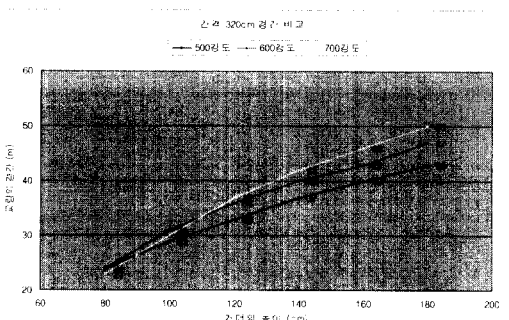
(b) Girder spacing 180cm



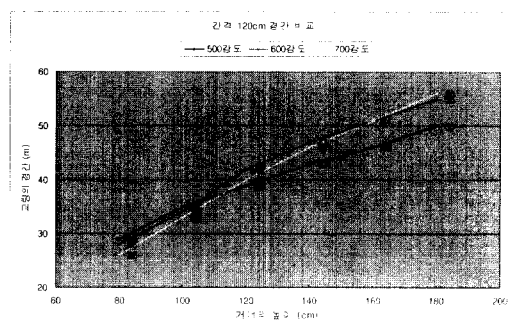
(c) Girder spacing 240cm



(d) Girder spacing 300cm



(e) Girder spacing 320cm

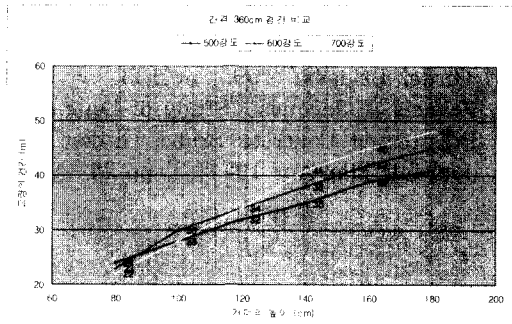


(a) Girder spacing 120cm

설계를 수행한 결과를 Fig. 8에 나타내었다. 본 그림들에 의하면 거더의 간격이 좁은 경우에 더 긴 경간을 확보할 수 있는 것으로 나타났는데, 동일한 콘크리트의 강도에 대하여 거더의 높이가 낮은 경우보다 높은 경우에 최대 경간의 차이는 더욱 크게 나타났다.

4.3.2 콘크리트의 강도에 따른 비교

동일한 거더 간격에 대하여 거더 콘크리트의 강도별로 부재의 치수를 변화시킬 때 적용 가능한 최대 경간을 비교하였다. 설계조건은 상기 (1)항과 같으며, 바닥판 콘크리트의 강도는 280 kgf/cm² 으로 동일한 조건을 적용하였다. 거더 콘크리트의 강도를 500 kgf/cm², 600 kgf/cm², 700 kgf/cm²로 변화시키면서 설계를 수행한 결과를 Fig. 9에 나타내었다. 거더의 높이가 1200 mm



(f) Girder spacing 360cm

Fig. 9 Max span according to girder concrete strength

이상인 경우에는 모두 거더 콘크리트의 설계기준 강도가 클수록 최대 경간도 큰 값을 나타내었으나, 거더의 높이가 낮은 경우에는 오히려 반대 결과를 가져옴이 고찰되었다. 즉, 단면의 높이가 1200 mm보다 작은 경우 거더 콘크리트의 강도가 낮을수록 더 긴 경간을 확보할 수 있음이 고찰되었는데 그 이유는 바닥판 콘크리트와 거더 콘크리트 사이의 탄성계수비에 기인한다.

5. 결 론

본 연구에서는 다단계 긴장형 프리스트레스트 콘크리트(IPC) 거더의 개념을 증명하기 위한 설계 이론을 정립하였으며, 이 설계 이론에 따른 매개 변수 연구 결과 다음과 같은 결론에 도달하였다.

- 1) 본 논문에서는 다단계 긴장을 통해 프리스트레스트 콘크리트 거더의 동일한 형고에서 가장 최근에 외국에서 개발된 PSC 거더와 비교하여 더 증대시킬 수 있는 이론을 제시, 검증하였다. 또는 같은 경간에서 거더의 높이를 최고 30%까지 낮출 수 있음이 밝혀졌다.
- 2) 거더의 간격이 넓어질수록 다단계 긴장의 효과는 증대되어, IPC 거더와 기존 PSC 거더의 최대 경간과의 격차는 점진적으로 증가한다. 따라서 경제적인 교량을 건설하기 위한 최근에 널리 사용되고 있는 소수주

형 개념의 교량 설계에 더욱 유리할 것으로 판단된다.

- 3) IPC 거더는 거더의 간격을 120cm로 좁게 배치할 경우에는 30m 경간의 경우 형고를 최저 80cm까지 낮추는 것이 가능하며, 형고를 180cm로 하게 되면 경간을 최대 50m까지 증대시킬 수 있는 것으로 나타났다. 거더의 간격을 최대 360cm까지 넓히게 되면 30m의 경간장을 실현하기 위하여 최저 150cm의 형고가 필요하며, 형고를 180cm로 하게되면 최대 42m까지 가능한 것으로 나타났다. (압축강도 500kgf/cm² 기준) 이러한 최대 가능 경간장은 내하력 측면에서의 해석 결과이므로, 실교량 설계에서는 처짐, 진동 등 사용성에 대한 검토가 수반되어야 한다.
- 4) 동일한 거더 간격에 대하여 거더 콘크리트의 강도별로 부재의 치수를 변화시킬 때 거더의 높이가 120cm이상인 경우에는 모두 거더 콘크리트의 설계기준강도가 클수록 최대 경간도 큰 값을 나타내었으나, 거더의 높이가 120cm보다 작은 경우에는 바닥판 콘크리트와 거더 콘크리트 사이의 탄성계수비에 의해 거더에 사용된 고강도 콘크리트가 제기능을 발휘하지 못하게 되어 오히려 반대 결과를 가져옴이 고찰되었다(바닥판 콘크리트의 강도는 고정). 따라서 거더와 슬래브의 콘크리트 강도는 같이 증대시키는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 한만엽, 김진근, 이차돈, 박선규, 황의승, "다단계 긴장법에 의한 IPC거더 개발," 아주대학교 보고서, 1999. 12.
2. 콘크리트구조설계기준, 건설교통부, 1999.6, pp. 319
3. 김양현, "프리스트레스트를 단계적으로 도입하는 PSC I형 거더의 설계에 관한 연구," 아주대학교 석사 학위 논문, 1999. 2. pp. 86.
4. Richard M. Barker and Jay A. Puckett, "Design of Highway Bridges," 1997.
5. Collins, M.P. and D. Mitchell, "Prestressed

- Concrete Structures," 1991.
6. Nawy, E. G., "Prestressed Concrete : A Fundamental Approach," 1989.
 7. Alexander, K. B., Seraderian, R. L., & Culmo, M. P., "Design, Fabrication and Construction of the New England Bulb-Tee Girder", PCI Journal, Nov.-Dec. 1997.11. pp.30~40.
 8. Kathryn L. Geren, "Optimization of Precast /Prestressed Concrete Bridge I-Girders," 1992. 11, pp.189.
 9. PCI Committee on Bridges, "State of the Art of Precast/Prestressed Concrete Spliced I-Girder Bridges," 1995, pp.133.
 10. Francis J. Jacques, "Study of Long Span Prestressed Concrete Bridge Girder," PCI Journal, Mar-Apr 1971. 3, pp.24~42.

요 약

기존의 프리스트레스트 거더 교량의 설계에서는 초기에 단 한번의 긴장 작업으로 각각의 단계에 대한 하중을 모두 받도록 되어있다. 거더의 극한 내하력을 고려할 때 이러한 긴장 방법에서는 거더 단면의 높이가 너무 커지게 되고 아울러 거더의 자중이 그만큼 커지게 된다. 이 논문에서는 PSC 거더의 형고를 줄일 수 있는 새로운 설계 방법을 소개한다. 이 새로운 설계법에서 긴장재는 서로 다른 단계에 2차에 걸쳐 긴장 작업을 하게 된다. 1차 긴장 작업은 기존의 방법과 같이 초기에 긴장 작업을 수행하게 되고, 슬래브 콘크리트를 타설한 후에 2차 긴장 작업을 실시하게 된다. 연구 결과 기존의 공법과 비교해 볼 때 새로운 설계법에 따르면 PSC 거더교에서 형고의 감소와 거더 길이의 장경간화가 실현 가능한 것으로 나타났다. 현재 이 새로운 설계법을 적용하여 실교량에 대한 설계를 수행하고 있는 실정이다.

(접수일자 : 1999. 11.10)