

장지간 교량을 위한 PSC-I형 거더의 단면 설계변수 연구

A Study on the Design Parameters of the PSC I-Type Girders for Long Span Bridges



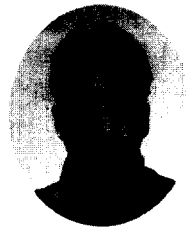
심종성*

Sim, Jong-Sung



오홍섭**

Oh, Hong-Seob



김민수**

Kim, Min-Su

ABSTRACT

In order to resolve the problem of increasing traffic entailed by the economic development, road system is reorganization and new highways are built, and long span bridges over 40m are being constructed in environmental and aesthetic considerations. Most long span bridges that are currently being constructed are in general steel box girder and preflex girder bridges; however these types of bridges are less efficiency than PSC I-type girder bridges in terms of construction cost and maintenance.

Therefore, in these study, structural efficiency of PSC I-type girders based on section parameters, concrete compressive strength and other design parameter is observed to develop new PSC I-type girder for long span bridges. As a results of analysis, most important design parameters that control the stress of the girder are found to be the top flange width and the height of girder. In this light, the relationship between the two variables is determined and cross-section details of the girder that most appropriates for the long span bridges are proposed. The use of high strength concrete appears to increase the general design span however the increase rate of the span from increasing concrete ultimate strength appears to be reduced depending on the span. Also, the optimal girder spacing is determined through the parameter studies of design span using the proposed girder.

Keywords : design parameter, high strength concrete, long span bridge, PSC I-Type girder

* 정회원, 한양대학교 공과대학 토목·환경공학과 정교수

** 정회원, 한양대학교 공과대학 토목·환경공학과

· 본 논문에 대한 토의를 2001년 4월 30일까지 학회로 보내 주시면 2001년 6월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 서 론

현재 국내에서는 경제발전에 따라 급증하는 교통문제를 해결하기 위하여 도로망의 재정비와 새로운 순환고속도로 등의 건설이 꾸준히 수행되고 있으며, 이와 함께 통과차량의 분산 및 다른 도로망과의 연계를 위하여 기존도로망과 연계되는 상부고가차도 및 연결도로를 동시에 시공하고 있는 실정이다. 현재 시공되고 있는 대부분의 고가차도는 교량의 장지간화 등의 이유로 지간 40 m 이상의 steel box교 및 preflex교의 시공이 일반화되고 있다.^(1,2,4) 그러나 이와 같은 교량 형식은 시공비용 및 유지관리 측면에서 PSC 거더 교량에 비하여 비효율적인 것이 사실이다.

미국, 캐나다 등의 선진국 등에서도 기존의 PSC-I형 교량의 장지간화에 대한 관심이 고조되고 있으며, 고강도 콘크리트의 개발과 더불어 Fig. 1과 같은 "Bulb-Tee 거더"를 사용한 장지간 PSC I형 거더 교량의 개발과 활용이 증가하고 있다.^(3,5,6)

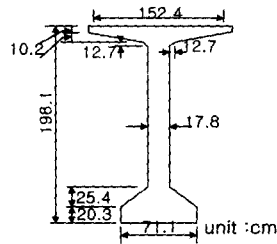


Fig. 1 Typical Bulb-Tee girder section

본 연구에서는 장지간 PSC-I형 거더 교량을 개발하기 위하여 단면 설계변수들의 상호 관계 및 지간효율성을 분석하였으며, 국내 건설환경에 적합하고, 효율적으로 거동할 수 있는 장지간 교량에 적합한 거더 단면을 제안하였다.

2. 설계변수 고찰

교량의 최적설계를 위해서는 다음 3단계의 과정을 통하여 완전한 최적설계를 수행할 수 있다.

첫째 부재의 최적화 과정으로서 PSC I형 거더 단면의 형상과 거더 간격 및 형상의 관계 등을 고려한 단면에 대한 최적설계기법이다. 두 번째

단계는 실제 설계 및 가설 단계에 대한 최적화로써 부지 및 가설조건에 따라 계획된 교량형식에 따른 교량의 중, 횡방향 부재의 배치 및 형식을 결정하는 단계이다. 마지막 세 번째의 최적화 단계는 교량의 설계에서 시공 및 사용연한 등을 고려한 시스템 최적화 단계로서 현장에서의 적용 가능성에 대한 연구가 꾸준히 진행되고 있으나, 아직까지 현장에 적용하기에는 많은 무리가 있다.

본 연구에서는 장지간 교량에 적합한 효율단면을 제안하기 위하여 부재의 최적화 설계를 수행하고자 하였으며, 첫번째 단계로서 문헌 및 해석 연구를 통하여 각 단면변수의 허용범위 및 제한 사항 등의 구속조건을 선정하였다.

장지간 PSC I형 거더의 개발을 위해 고려하여야 할 변수는 거더 단면적과 거더상·하연 응력, 현장 시공가능한 콘크리트 강도의 선정 및 거더 간격 등이다. 따라서 본 연구에서는 현장에서의 실제 활용을 위하여 단면 선정을 위해 응력과 단면변수의 영향을 고려하여 응력 함수를 도출하였으며, 콘크리트 강도 및 거더간격은 전진법을 사용하여 국내 설계기준을 충족시키는 최적화된 단면을 개발하였다.

PSC-I형 교량의 장지간화를 위한 설계변수들의 영향 및 상호관계는 Fig. 2와 같은 순서로 설계되는 PSC 거더 교량의 설계 프로그램을 개발하여 고찰하였으며, 각 설계변수와 휨응력의 상호관계를 도출하였다. 또한 PSC I형 거더의 단면변수 고찰시 정착부와 전단에 대한 설계를 수행하였으며, 휨응력 조건을 만족하는 모든 단면에서 안전한 것으로 나타났기 때문에 이에 대한 단면변수 연구는 수행하지 않았다.

각 설계변수의 영향을 고찰하기 위하여 국내 30 m 표준단면인 도로교 표준단면을 사용하여 각 변수의 변화에 따른 최대 지간 증대비를 살펴 보았으며, 그 결과를 바탕으로 하여 40 및 50 m 지간단면과 교량을 제안하였다.

2.1 설계프로그램의 개발

설계프로그램은 범용 Spreadsheet 프로그램을 사용하여 개발하였으며, 도로교 설계기준에 따라 설계, 해석되도록 하였다.^(8,9) 긴장재의 배치는 2

차원 포물선으로 가정하여 긴장재의 손실량과 프리스트레스력 등이 계산되도록 하였다. 설계하중은 1등급 교량을 기준으로 하였고, 콘크리트의 탄성계수와 긴장재의 손실량, 그리고 활하중의 재하 등도 국내에서 현재 사용중인 도로교 설계기준에 적합하도록 하였다.^(8,9)

나타내는 것으로서 기본단면에서 각 변수의 영향을 고찰하기 위하여 사용하였다.

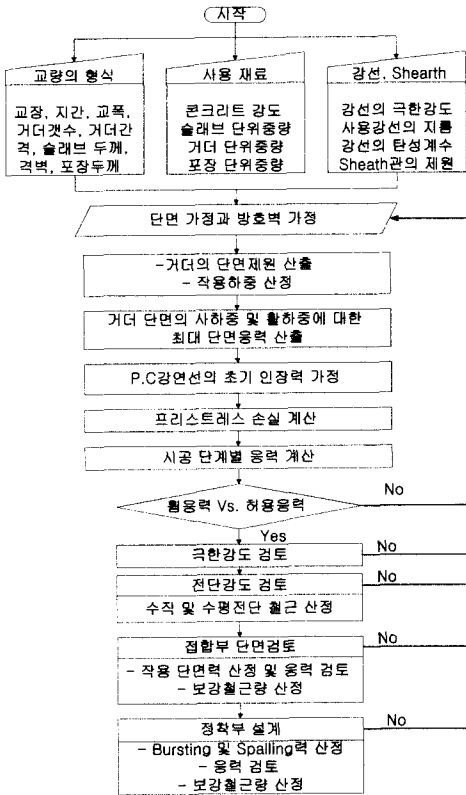


Fig. 2 Flow chart

2.2 단면 형상 변수의 영향

각 단면변수의 상호관계와 응력과의 관계를 도출하기 위하여 Fig. 3에 나타낸 것과 같은 도로 설계 실무편람⁽⁹⁾에 제시되어 있는 30 m 표준단면의 PSC I거더를 사용하여 각 설계변수의 변화에 따른 응력변화 및 시간중대비를 비교하고, 상관관계를 연구하였다. 이때 다른 설계변수는 구속하였으며, 고찰결과로부터 기본 설계변수의 구속조건을 선정하였다.

본 연구에서 사용한 시간중대비는 설계변수의 변화에 따른 최대가능지간의 변화량의 기울기를

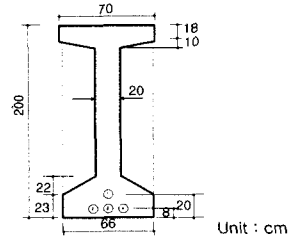
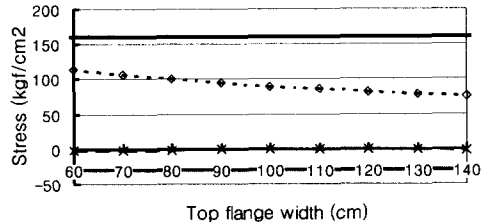


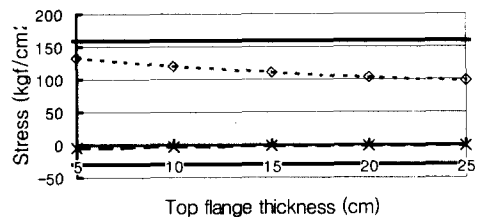
Fig. 3 Standard PSC I-type girder section(span : 30m)⁽⁹⁾

2.2.1 상부 플랜지 제원

상부 플랜지의 폭 및 두께변화에 따른 중앙단면에서의 응력변화를 고찰하면 Fig. 4와 같다. 상부플랜지 폭의 변화는 상연응력에 대한 제어효과가 충분한 것으로 관찰되었으나, 하연응력의 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 또한 상부 플랜지 두께를 변화시킨 경우에도 플랜지 폭의 경우와 유사한 경향을 보이는 것으로 조사되었다.



(a) The effect on the top flange width



(b) The effect on the top flange thickness

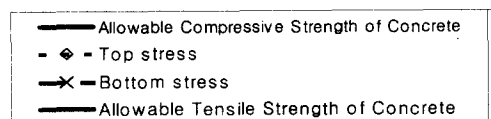
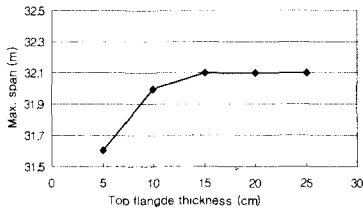
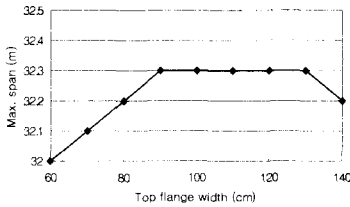


Fig. 4 Variation of flexural stress by the top flange

지간 30 m의 표준 PSC I형 거더 단면을 기본 단면으로 하여 단면제원을 변화시키며 최대가능지간을 살펴보면 Fig. 5(a)와 같이 상부플랜지의 두께가 15 cm 이상일 경우가 지간증대비가 최대가 되는 것으로 나타났다. 또한 Fig. 5(b)에 나타난 것과 같이 상부플랜지의 폭이 90 cm~130 cm일 때 최대 지간을 설계할 수 있음을 알 수 있다. 그러나 상부 플랜지의 단면제원은 하부응력에 대한 제어가 불가능하기 때문에 긴장재와의 상호 영향을 고려하여 최적의 설계조건을 선정하여야 한다.



(a) The Max. span by the top flange thickness



(b) The Max. span by the top flange width

Fig. 5 The Max. span by the top flange

일반적으로 플랜지 폭은 하중 단계에서 압축응력에 저항하도록 설계해야 하기 때문에 일정길이 이하로 줄일 수 없다. 또한 상부플랜지의 두께를 얇게 제작하는 것이 좋으나, 두께가 얇은 상부 플랜지는 운반이나 시공단계, 그리고 사용중의 국부좌굴 등으로 인한 손상이 발생할 확률이 크다. 따라서 사용가능한 최대지간을 획득하기 위해서는 플랜지 두께를 변화시키는 것보다는 상부플랜지 폭을 변화시키는 것이 보다 효율적인 방법인 것으로 판단된다.

2.2.2 복부의 제원

장지간 PSC I형 거더교를 설계하기 위해서는

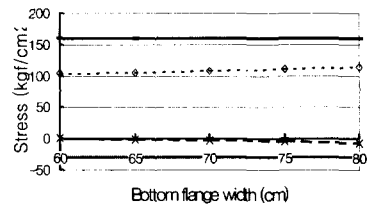
거더의 자중을 최소화하고 거더의 휨성능을 향상시켜야 하며, 복부 폭을 최소화하는 것이 바람직하다. 그러나 국내에서 많이 사용되고 있는 포스트텐션부재의 경우에는 거더 복부에 쉬스관(직경 12.3 cm)을 배치시키고 설계기준상의 콘크리트 덮개(4 cm) 등을 고려하여 복부 폭을 20 cm이하로 설계하는 것은 시공성 및 구조적 안정성에 문제가 있는 것으로 판단된다.

2.2.3 하부플랜지

하부 플랜지의 폭 및 두께변화에 따른 중앙단면에서의 응력변화를 살펴보면 Fig. 6과 같다. 하부플랜지 폭과 두께의 변화는 거더하연의 응력을 제어하기 보다는 거더자체의 자중을 증가시키는 영향력이 큰 것으로 나타났으며, 거더의 응력 분배에 비효율적인 단면 변수인 것으로 고찰되었다. 따라서 단순교의 경우에는 휨 효율을 증대시키기 위하여 가급적 하부 플랜지의 크기를 줄이는 것이 바람직한 것으로 고찰되었다.



(a) The effect on the bottom flange thickness



(b) The effect on the bottom flange width

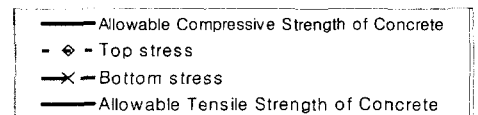


Fig. 6 Variation of flexural stress by bottom flange

또한 거더의 단면을 줄이기 위하여 하부플랜지 현치부 경사를 낮추는 것이 효과적이나, 거더 제작과정에서 콘크리트 다짐과 미관에 불리하게 작용할 수 있다. 따라서 하부 플랜지의 현치경사를 최소 1/3로 제한하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

또한, 거더 높이가 상대적으로 높고, 상부 플랜지가 넓은 거더를 시공할 경우 좁은 하부 플랜지는 가설시의 안정성에 문제가 발생할 수 있으므로 긴장재 정착을 위하여 필요한 최소폭 이외에도 안정성을 고려하여 충분한 하부플랜지 폭을 확보하여야 한다.

2.2.4 거더 높이

Fig. 7과 Fig. 8에는 거더의 높이변화에 따른 중앙단면에서의 응력변화와 최대가능지간을 나타내었다. Fig. 7에 나타낸 것과 같이 거더 높이의 증가는 단면의 강성을 증가시키며, 긴장재의 편심거리를 증가시킴으로써 단면내의 응력을 가장 효율적으로 제어할 수 있는 중요 설계변수임을 알 수 있다.

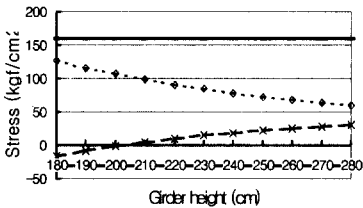


Fig. 7 Variation of flexural stress by the girder height

이때 지간이 장대화됨에 따라 거더 하연의 인장응력보다는 상연의 압축응력이 큰 폭으로 감소하는 것을 볼 수 있으며, 이는 거더높이가 증가함에 따라 긴장재의 편심이 증가하게 되어 거더가 부담할 수 있는 휨응력이 증가하기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 장지간 교량을 설계하기 위해서는 상부에서 발생하는 압축응력을 적절히 제어할 수 있는 설계방안을 제시하는 것이 필수적

이다. 상연압축응력을 효율적으로 제어하기 위해서는 거더높이의 증가와 함께 고강도 콘크리트의 적용이 필수적이다. 그러나 국내에서는 품질관리와 시공관리가 어려운 현장타설이 주를 이루고 있기 때문에 선진국에서와 같은 700 kgf/cm² 이상의 고강도 콘크리트의 사용이 상대적으로 어려운 것이 사실이다.

따라서 개발하고자 하는 지간 40~60 m의 장지간 PSC I형 거더 단순교의 경우에는 콘크리트 압축강도를 높이지 않은 상태에서 지간을 증대시키기 위하여 거더 높이의 증가가 필수적이다.

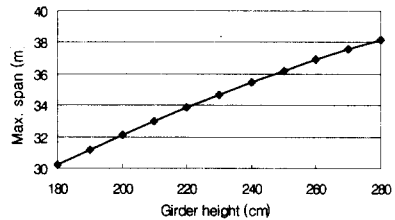


Fig. 8 The Max. span by the girder height

2.3 압축강도의 영향

30 m 표준단면에 대한 압축강도와 거더개수 및 거더 간격변화에 따른 최대 가능 지간을 살펴보면 Fig. 9와 같다. Fig. 9에서 500 kgf/cm²는 콘크리트의 압축강도를 나타내는 것이며, (4)와 (5)는 거더개수를 각각 4개와 5개로 설계한 경우를 나타내는 것이다. 거더의 높이 변수와 함께 콘크리트의 압축강도가 거더의 장지간화를 위한 주요변수임을 알 수 있으나, 30 m 지간의 PSC 거더의 경우에는 압축강도의 변화에 따른 영향력이 500에서 600 kgf/cm²로 증가할 때보다 400에서 500 kgf/cm²로 증가할 때 지간증대효과가 높은 것으로 나타나고 있다.

또한 거더간격을 변화시킨 경우, 내·외측거더의 모멘트 전달에 의하여 일정간격까지 거더간격을 증대시킴에 따라 거더 상하연의 응력을 효율적으로 조절할 수 있는 것으로 나타났으나, 임계간격 이상 변화시킬 때에는 방호벽 등에 의한 추가 사하중의 영향으로 외측거더의 응력이 증가되어 설계가능지간이 감소하는 것으로 나타났다.

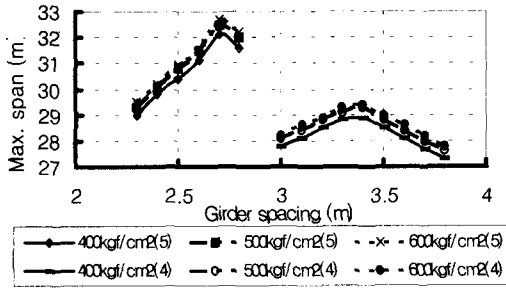


Fig. 9 Compressive strength and number of girders vs. girder spacing for max. span

콘크리트 압축강도와 긴장재의 개수의 변화에 따른 최대가능지간을 살펴보면 Fig. 10과 같이 긴장재 개수의 변화에 따라 일정한 경향을 보이고 있으며, 거더의 장지간화에 큰 영향을 미치는 설계변수임을 알 수 있다. 콘크리트의 압축강도가 증가함에 따라 설계가능지간이 증대되고, 긴장재 개수의 증가는 거더 하연의 인장응력에 대한 저항력을 증대시켜준다. 단면에 비하여 긴장재의 개수가 적을 경우에는 연성의 증가를 가져올 수 있으나 프리스트레스력의 감소로 인하여 거더의 장지간화는 불가능하게 된다. 따라서 설계지간에 적절한 긴장재 개수를 선정함으로써 단면내의 응력을 고르게 분배시킬 수 있으며, 단면의 구조효율성을 증대시킬 수 있다. 또한 단면에서의 콘크리트 압축강도에 의하여 사용가능한 긴장재 개수의 범위가 결정되기 때문에 장지간화를 위해서는 압축강도의 증가가 필수적인 것으로 판단된다. 그러나 국내건설여건상 콘크리트 압축강도 600 kgf/cm² 이상의 고강도 콘크리트의 경우에는 실리카흙과 같은 혼화제의 첨가 및 물-시멘트비의 감소로 인하여 시공시 배합, 타설 및 양생 등의 품질 관리에 어려움이 있으며, 시공비용의 경우에도 실리카흙을 혼입한 고강도 콘크리트가 2배 이상 비싼 것으로 조사되고 있다. 따라서 국내 여건을 고려할 때 혼화제를 사용하지 않는 범위내에서 고강도 콘크리트를 사용하는 것이 바람직한 것으로 판단되며, 기존의 연구결과를 바탕으로 콘크리트 압축강도 450 kgf/cm² ~ 550 kgf/cm²의 콘크리트를 적용하는 것이 효율적이라 판단된다.

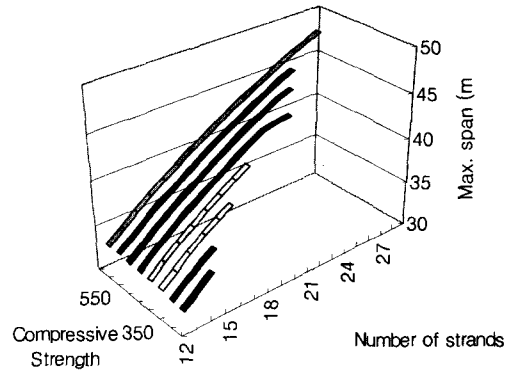


Fig. 10 Number of strands for max. span vs. compressive strength of concrete

3. 변수 고찰 및 영향변수의 최적화

각 단면제원에 대한 고찰 결과 거더 복부 폭 및 상·하부 플랜지의 높이 등은 단면의 구조효율성에 미치는 영향이 상대적으로 작은 것으로 나타났다. 따라서 강지간 PSC I형 거더의 기본 단면을 Fig. 11과 같이 결정하였다. 상부플랜지의 두께는 상부의 압축력을 충분히 지지할 수 있고, 스테럽의 배근이 용이한 15 cm로 제한하였으며, 상부 플랜지의 현치부 제원 역시 미관 및 구조상의 역할 등을 고려하여 10 cm로 결정하였다.

하부플랜지의 두께는 거더 중앙부 및 단부의 블럭아웃부에서의 쉬스판 배치를 위하여 최소한 25 cm의 제원이 필요한 것으로 나타났으며, 현치부는 미관을 고려하여 20 cm로 가정하였다. 또한 복부의 폭은 콘크리트 타설시의 어려움을 최소화하기 위하여 26 cm 결정하였으며, 거더내에 배치하는 쉬스판의 갯수는 정착부 설계와 지간 중앙부의 배치를 고려하여 4개로 제한하였다.

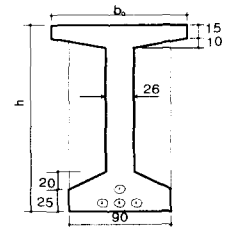
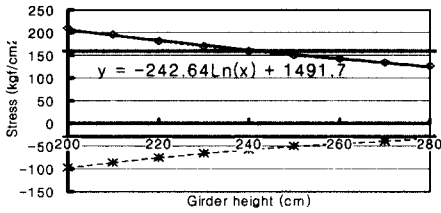
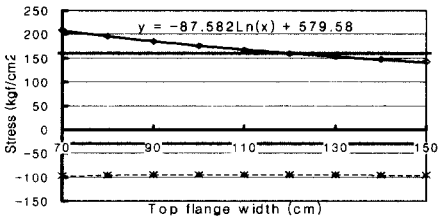


Fig. 11 The proposed cross section parameter (cm)



(a) The effect on the girder height



(b) The effect on the top flange width

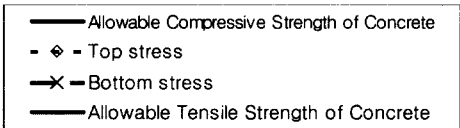


Fig. 12 The effect on the design parameters of the 40 m span bridge

Fig. 11의 기본 거더 단면을 적용한 지간 40 m 와 50 m의 최적단면의 교량을 개발하기 위하여 콘크리트 압축강도는 혼화제를 첨가하지 않은 콘크리트로서 현장타설이 가능한 550 kgf/cm²를 사용하였다. 이때 교량상판 두께는 25 cm로 설계하였으며, 교폭은 12.145 m로 설계하였다. 기본단면을 바탕으로 설계변수의 최적값을 선정하기 위하여 주요 단면제원인 거더 높이와 상부플랜지 폭의 변화에 따른 단면의 응력 관계를 고찰하였으며, Fig. 12에 나타내었다.

또한, 동일 응력하에서 거더높이와 상부폭의 응력변화를 식 (1)과 같은 조합응력으로 표현할 수 있으며, Fig. 13와 같이 나타낼 수 있다.

$$f = \sqrt{(h^{-1.38} \cdot e^{13}) \times (b_o^{-0.50} \cdot e^{7.8})} \quad (1)$$

여기서, f : 조합응력

Fig. 13는 40 m 지간을 갖는 거더의 높이와 상부플랜지폭의 변화에 따른 거더상연응력의 관

계를 도시한 것이다. 거더 상연응력이 허용응력 이내에 들도록 제한하고, 상부플랜지폭에 따른 거더높이를 결정함으로써 가장 효율적인 단면형태를 결정할 수 있도록 하였다.

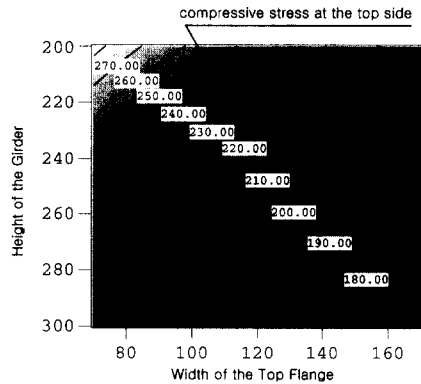


Fig. 13 The combination stress by the girder height and top flange width

따라서 식(1)로부터 상부플랜지의 폭 120 cm 일 때 효율적인 거더 높이는 약 240 cm인 것을 알 수 있다.

Fig. 14에는 교폭 12.145 m의 도로교 설계시 거더간격과 높이에 따른 최대가능지간을 도시하였다. 이때 거더당 슈스관의 개수는 정착부의 최소 폭 및 슈스관의 배치 등을 고려하여 거더의 최소높이를 확보할 수 있도록 4개로 고정하였다.

Fig. 14(a)에는 각 슈스관의 긴장재 개수가 21 개이고, 거더 4개인 지간 40 m 교량을 거더간격과 거더 높이를 변화시키면서 설계가능한 최대지간을 나타내었다. Fig. 14(b)와 (c)는 각각 50 m지간 교량 설계시의 거더간격과 지간과의 관계를 나타낸 것이다. 각 슈스에서의 긴장재 개수는 25개로 하였다. Fig. 14(b)는 거더 5개일 때 거더의 간격에 따른 거더높이별 최대가능지간을 나타낸 것이며, Fig. 14(c)는 거더 6개일 때를 나타낸 것이다. Fig. 14(d)와 (e)는 60 m 지간에 대하여 고찰하였다.

Fig. 14에서와 같이 교폭 12.145 m의 교량에서 거더간격과 거더높이의 변화에 따라 최대가능지간을 살펴본 결과 Fig. 14(a)에서 거더간격 3.6 m일 때 거더높이가 230 cm 이상이면 40 m지간으로 교량설계가 가능한 것으로 나타났다. 또한 지간 50 m의 경량의 경우에는 Fig. 14(b)와 (c)에 나타난 것과

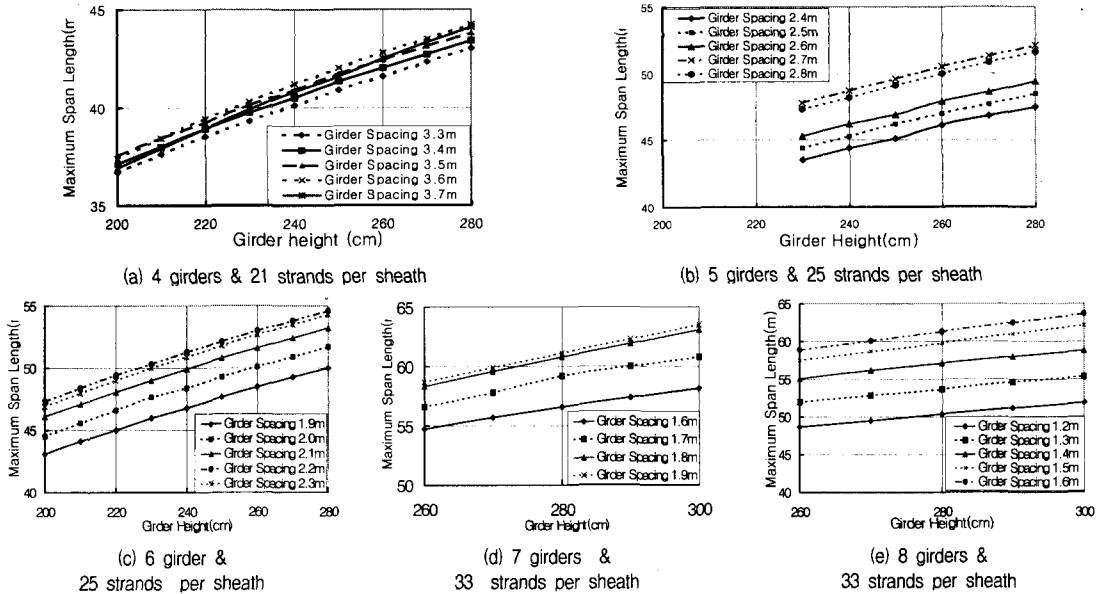


Fig. 14 The comparison on maximum span with the girder spacing and girder height

같이 거더간격이 각각 2.7 m와 2.1 m 일 경우, 거더높이가 260 cm와 230 cm 이상 일때 설계가 가능한 것으로 고찰되었다. 또한 60m지간의 경우에는 Fig. 14(d)와 같이 거더간격 1.9 m 일 때 거더높이 280cm 이상이면 설계가 가능한 것으로 고찰되었다.

위의 결과를 이용하여 PSC I형 거더 개발을 위한 구속조건을 설정하였으며, 단면의 응력변수로 거더간격 및 적정 거더 높이 등의 영향을 판정하였다.

4. 단면제한 및 고찰

본 연구에서는 앞에서 언급한 변수들의 영향을 고려하여 50 m 지간의 단면을 제안하였다. 제안 거더 단면은 단면의 효율성 및 설계의 용이성을 동시에 획득하기 위하여 상, 하부 플랜지의 폭과 높이는 표준화하였으며, 단면의 미관 및 구조거동 등에 대한 검토를 통하여 단면을 산정하였다. 상부 플랜지의 폭과 두께는 변수고찰에서 언급한 장점을 최대한 활용하고, 사용하중단계에서 거더 상부에 작용하는 압축응력에 저항할 수 있어야 하므로 상부 플랜지의 폭과 거더 높이는 120 cm와 260 cm로 결정하였다. 그리고 다른 단면변수들은 Fig. 11과 동일하게 적용하였다.

Fig. 15와 Fig. 16에는 지간 50 m의 제안 거더와 폭 12.145 m의 50 m 교량 단면을 도시하였다.

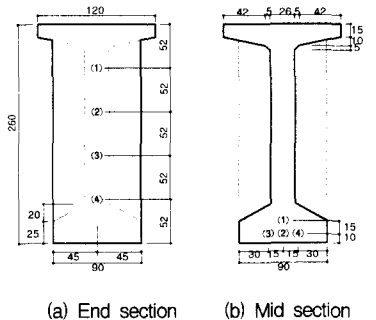


Fig. 15 Proposed girder section (50m span, unit=cm)

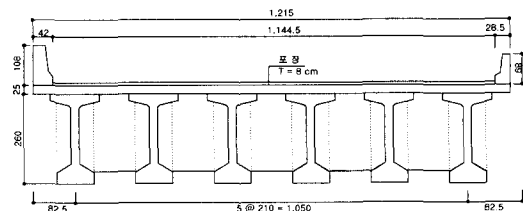


Fig. 16 The transverse section of proposed PSC I girder bridge(50m Span)

4.1 제안단면의 휨효율성 고찰

4.1.1 콘크리트 단면에 대한 단면계수의 비

콘크리트 단면적에 대한 단면계수 비 (Z/A_c) 가 큰 거더는 Z/A_c 가 작은 거더에 비하여 단면을 효율적으로 사용하고 있음 나타낸다. 즉 Z/A_c 는 상부 슬래브를 합성하기 전에 작용하는 거더 자중 모멘트로 발생하는 압축응력과 인장응력에 대하여 거더가 저항할 수 있는 능력을 보여주는 것이다. 여타 거더들과 비교하여 제안 거더의 효율을 고찰하기 위하여 각 거더의 전체 횡단면적에 대한 거더 상·하연으로부터의 단면계수비 (Z_b/A , Z_t/A)를 비교하였으며, Fig. 17에 나타내었다. 제안거더의 단면계수비는 기존의 PSC I형 거더 뿐만 아니라 외국의 Bulb-Tee 거더와 비교하여도 충분히 높은 것으로 나타났으며, 장기간 단순교에 적합한 단면인 것으로 판단된다.

4.1.2 단면의 휨효율계수

Guyon은 회전반경이 가장 큰 값을 가지는 단면이 가장 효율적인 단면이라고 정의하였다.⁽⁷⁾ 즉, 상하의 핵거리가 가장 큰 단면이 효율적이라고 하고, 단면계수(Z_b , Z_t)와 핵거리 ($k_{t,b} = \frac{y^2}{y_{b,t}}$)의

관계를 무차원화하여 휨효율계수를 $Q = \frac{y^2}{y_b \cdot y_t}$ 로 나타내었다. 이는 높이가 주어진 단면의 휨효율을 비교하는데 주로 쓰이고 있다.

Fig. 18에는 제안거더와 국외거더의 휨효율을 Guyon이 정의한 휨효율계수로 비교하여 나타내었다. 비교적 얇은 복부와 하부 플랜지를 가지는

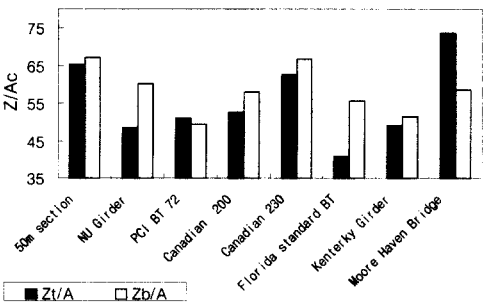


Fig. 17 The section modulus ratio (Z/A_c)

I형 또는 T형 단면이 두꺼운 복부와 하부 플랜지를 가지는 단면보다 Q값이 크며, 휨효율계수가 0.45이하일 경우는 투박한 단면이 되고, 얇은 단면에서는 Q값이 0.55 이상이 된다.

미국과 캐나다에서 사용되고 있는 Bulb-Tee 거더들은 프리텐션 방식을 적용함으로써 복부 폭과 하부플랜지의 면적을 최소화할 수 있기 때문에 본 연구에서 제안된 PSC I형 거더보다 상대적으로 높은 휨효율 계수를 갖는 것으로 나타났다.

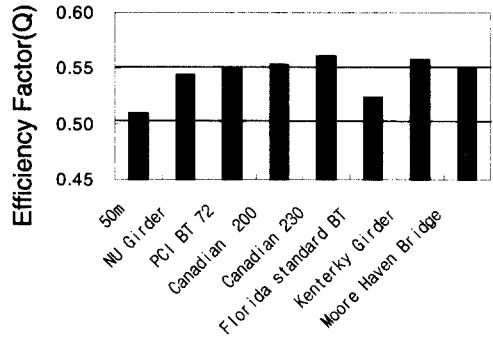


Fig. 18 Efficiency factor of girders

5. 결 론

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) PSC I형 거더의 단면변수 중 거더의 높이와 상부플랜지의 폭이 휨응력을 효율적으로 제어할 수 있는 주요변수인 것으로 고찰되었으며, 거더 상하연의 응력과 거더 높이 및 상부플랜지의 관계로부터 50m 지간의 PSC I형 거더 단면을 제안하였다.
- 2) 고강도 콘크리트를 사용할 경우 설계가능지간이 증대하는 것으로 나타났으나, 일정 강도 이상에서는 지간증가정도가 둔화되는 것으로 나타났으며, 500~600 kgf/cm² 정도의 콘크리트가 경제성과 시공성 면에서 보다 효율적인 것으로 분석되었다.
- 3) 본 연구에서 제안된 PSC I형 거더 교량은 국외의 단면들에 비하여 상대적으로 복부와 하부플랜지의 크기가 큰 것으로 나타났으나, 프리텐션방식임을 감안하면 충분한 휨효율성을 갖는 것으로 판단된다.

4) 본 연구에서의 PSC I형 거더 교량 설계는 효율적인 단면의 설계로서 전체 교량 시스템의 최적화 및 경제성의 최적화 설계는 수행하지 못하였으며, 추가적인 연구를 통하여 전체 교량시스템의 전 단계에 대한 최적화 설계가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 대우엔지니어링의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며, 저자들은 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Abdel-Karim, Ahmad and Tadros, Maher K., "Design and Construction of Spliced I-Girder Bridges," PCI Journal, V. 37, No. 4, July-August 1992, pp. 114-122.
2. Abdel-Karim, Ahmad and Tadros, Maher K., "State-of-the-Art of precast/prestressed spliced Girder Bridges," PCI Special Publication sponsored by PCI Committee on Bridges, Precast/Prestressed Concrete Institute, Chicago, IL, 1993, pp. 133.

3. Bardow, Alexander K., Seraderian, Rita L. and Culmo, Michael P., "Design, Fabrication and Construction of the New England Bulb-Tee Girder," PCI Journal, Nov.-Dec. 1997, pp. 30-40.
4. Dolan, Charles W., Ballinger, Craig A and LaFraugh, Robert W., "High Strength Prestressed Concrete Bridge Girder Performance," PCI Journal, 1993, pp. 88-97.
5. Garcia, Antonio M., Florida's Long Span Bridges : New Forms, New Horizons, PCI Journal, V. 38, No. 4, July-August 1993, pp. 34-49.
6. Green, K. L and Tadros, M. K., "The NU Precast/Prestressed Concrete Bridge I-Girder Series," PCI Journal, NO. 3, May-June, 1994, pp. 26-39.
7. Guyon, Y., Prestressed Concrete, John and Wiley and Sons, Inc., New York, 1953, pp. 543.
8. "도로교표준시방서," 대한토목학회, 1996.
9. "도로설계실무편람," 한국도로공사, 1996

요 약

국내에서는 경제발전에 따라 급증하는 교통문제를 해결하기 위하여 도로망의 재정비와 새로운 순환고속도로 등의 건설이 꾸준히 수행되고 있으며, 환경과 미관 등을 고려하여 지간 40m 이상 장지간 교량이 많이 시공되고 있다. 현재 시공되고 있는 대부분의 교량은 일반적으로 steel box교 및 preflex교 등이 시공되고 있으나, 시공비용 및 유지관리 측면에서 PSC 거더 교량에 비하여 비효율적이다.

따라서 본 연구에서는 장지간 교량에 적합한 PSC I형 거더를 개발하기 위하여 단면의 형상, 콘크리트 압축강도 및 설계변수에 따른 거더의 구조거동 효율성을 고찰하였다. 단면변수 고찰결과, 거더의 응력을 제어하기 위한 주요 변수는 상부플랜지의 폭과 거더 높이인 것으로 나타났으며, 두 변수의 상호관계를 조합하여 장지간에 적합한 단면체형을 제안하였다. 고강도 콘크리트를 사용함에 따라 일반적인 설계가능지간은 증대하는 것으로 고찰되었으나, 지간에 따라 콘크리트 압축강도 증가에 따른 지간의 증가비용은 감소하는 것으로 나타났다. 또한 제안된 거더를 적용하여 거더 간격에 따른 설계가능지간을 고찰을 통하여 거더의 최적간격을 결정하였으며, 지간 50m의 PSC I형 거더 교량 단면을 제안하였다.

(접수일자 : 2000. 3. 27.)