

가 지지점을 이용한 프리스트레스된 강재 라멘식 보도육교의 개발

Development of Prestressed Steel Frame Overpass using Temporary Piers

공 병 승¹⁾ · 황 원 섭²⁾ · 박 영 제³⁾

Kong, Byung Seung · Hwang, Won Sup · Park, Young Je

요 약 : 본 연구는 가 지지점을 이용한 프리스트레스된 강재 라멘식 보도육교를 설계하고 시공하는 전반적인 과정을 제시하였다. 설계의 자동화를 위하여 전산 프로그램을 개발하였으며 지간별로 매개변수 연구를 수행하여 적절한 단면을 제시하였고 이를 기존의 강재 단순보형 보도육교와 형고 및 강재량 면에서 비교하였다. 지간장 20~45m에 대한 연구결과, 주형고의 경우에는 26~48%, 강재량의 경우에는 25~34%의 재료 절감 효과를 나타내었으며, 지간장이 클수록 절감 효과가 큰 것으로 분석되었다.

ABSTRACT : This study presents overall process for designing and constructing a prestressed frame overpass using temporary piers. For the purpose of automating the design process, this study presents a computer program. According to the effective span(20m, 25m, 30m, 35m, 40m, 45m), this study performed parametric analysis and eventually presented appropriate cross section and compared this cross section with that of the existing simple steel overpass in girder height and quantity of the steel. 26~48% for girder height and 25~34% for quantity of the steel are reduced as the result of study for span length 20~45m. As long as the span length, the reduction rate was large.

핵심용어 : 프리스트레스된 강재 라멘식 보도육교, 가 지지점

KEYWORDS : Prestressed Steel Frame Overpass, Temporary Piers

1) 정회원, 삼성물산 (주) 토목영업 경력팀, 공학박사
2) 정회원, 인하대학교 토목공학과 조교수, 공학박사
3) 인하대학교 토목공학과 박사과정

본 논문에 대한 토의를 1999년 6월 30일까지 학회로 보내
주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

1. 서 론

자동차의 교통량이 증대하는 추세에 따라 보행자의 사고 요인을 줄이고 자동차의 흐름을 원활하게 하기 위해 자동차 교통과 보행자 교통을 분리시키는 보행자 전용교 또는 보도육교의 설치가 증가되고 있다. 보도육교를 계획할 경우 요구되는 주요한 조건으로는 보행자가 이용하기 편리하도록 구조형식을 선정하여야 하며, 보도육교의 구조형식이나 색채가 설치장소의 환경조건과 충분히 조화(미관)되어야 하고 마지막으로 기존 교통의 장애를 최소화하며 신속하게 설치할 수 있어야 한다. 더욱이 보도육교는 도로교와 철도교 등 일반 교량과는 달리 사용자가 근접하여 있으므로 직접적으로 접촉을 하는 교량이다.

본 연구에서는 기존의 단순하고 투박해 보이는 보도육교의 구조형식을 탈피하여 외관이 수려하고 날렵하며 강재량도 월등히 줄일 수 있는 새로운 구조형식의 보도육교를 개발하고자 한다.

2. 연구배경

기존 보도육교의 대부분의 구조 형식은 강상자형보가 기둥과 일체화되어 있지 않고 단순보형으로 기둥 상부에 얹혀진 상태로 건설되어 왔다(그림 2.1).

이 공법은 간편한 시공방법으로 알려져 왔으나 단순보형이므로 보의 중앙에 발생하는 최대 정모멘트로 인해 상자형보의 단면이 커져야 하고 단면을 균일하게 해야 하므로 외관상 투박하게 보인

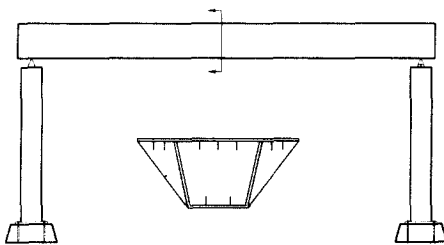


그림 2.1 단순보형 보도육교 구조형식

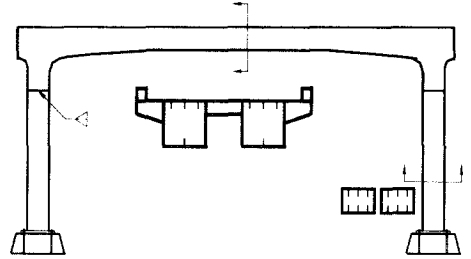


그림 2.2 복상자형 라멘식 보도육교 구조형식

다. 또한 이러한 단순보형 보도육교 구조형식의 다른 문제점은 처짐에 관한 사용성의 문제로서 단순보형 구조이므로 처짐이 과다하다는 점이고, 시공에 있어서도 보와 기둥의 체결시, 기둥을 기초에 고정시킨 후 기둥과 보에 미리 뚫어 놓은 볼트 구멍을 통하여 체결해야 하므로 오차 발생시 기둥을 좌우로 기울이거나 산소로 볼트 구멍을 넓히는 등 부실시공의 원인이 되고 있다.

기존 보도육교의 또 다른 구조 형식은 그림 2.2와 같이 복상자형 단면과 한 측에 2개씩 총 4개의 기둥으로 구성되는 라멘식 구조형식이 존재하나 보와 기둥의 단면이 단일상자형이 아닌 복상자형 단면이므로 재료 측면에서는 물론 제작측면에서도 단일상자형보다 불리하다. 또한, 이 구조형식의 시공상의 문제점은 보와 기둥의 체결시, 기둥의 일부를 기초에 고정시킨 후 기둥의 상부 일부분과 보를 일체화시킨 부재를 기둥상에 거치하여 용접에 의해 완성시키는 방법으로 거치시의 오차로 인하여 현장에서 기둥을 절단하여 용접해 놓은 부실 시공 사례가 빈번히 발생할 뿐만 아니라 단순보형보다 강재량과 공사비 또한 과대하여 실제 시공에는 이러한 복상자형 라멘식 보도육교의 건설이 회피되고 있는 실정이다.

본 연구는 그림 2.3의 가 지지점을 이용한 프리스트레스트된 라멘식 구조 형식에 관한 것으로 기존 단순보형 보도육교의 구조 형식이 강상자형보와 기둥이 일체화되어 있지 않은 것과는 달리 강상자형보와 기둥을 현장 용접에 의해 일체화시켜 시공상의 문제점을 개선시키는 것을 목적으로 하

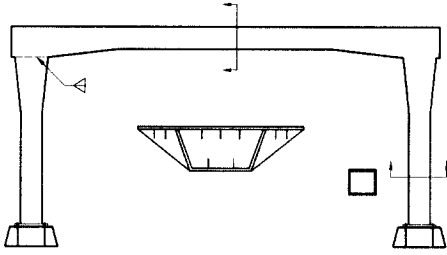


그림 2.3 가 지지점을 이용한 프리스트레스트된 강재 라멘식
보도육교 구조형식

며, 기존 복상자형 단면의 라멘식 구조형식의 2중 단면을 단일화하고, 각각 2개 총 4개의 기둥을 각각 1개 총 2개의 기둥으로 만들어 재료 절감의 효과 또한 기대하고자 한다.

3. 가 지지점을 이용한 프리스트레스트된 강재 라멘식 보도육교의 개발

3.1 특 징

본 연구의 보도육교의 특징을 기존의 단순보형 보도육교와 그리고 2중상자형 단면의 라멘식 보도육교와 비교 설명하면 다음과 같다.

첫째로, 구조형식 면에서 보면, 기존 단순보형 보도육교의 구조형식이 강상자형보와 기둥이 일체화되어 있지 않은 것과는 달리 본 연구의 보도육교는 강상자형보와 기둥을 용접에 의해 일체화시키는 특징이 있다.

위와 같은 특징을 갖는 가 지지점을 이용한 프리스트레스트된 강재 라멘식 보도육교의 최대 정모멘트는 기존 단순보형 구조형식의 최대 정모멘트의 약 1/3까지, 그리고 강상자형보의 양단부 부모멘트는 절대값으로 기존 단순보형 구조형식의 약 2/3까지 감소시킬 수 있으므로 강상자형보 중앙부 단면의 형고를 기존 단순보형 구조형식보다 월등히 줄일 수 있다. 이러한 모멘트의 감소효과는 강상자형 단면의 중앙부와 양단부의 단면을 일정하게 하지 않고 곡선형 또는 직선형으로 변단면

화할 수 있으므로 외관이 수려하고 날렵한 시공을 가능토록 할 수 있을 뿐만 아니라 강재량 또한 기존의 단순보형 구조형식보다 약 30%를 감소시킬 수 있다.

사용성 면에서 살펴본 본 연구의 보도육교의 또 다른 장점은 기존 단순보형 구조형식과 동일한 강상자형보의 단면을 사용하였을 시 최대처짐이 약 1/5 정도로 감소되므로 처짐에 의한 사용성이 현저히 향상될 수 있고 시공면에서도 기존 방법에서의 온도에 의한 수축 또는 팽창의 문제점을 강상자형보와 기둥의 결합을 용접에 의해 처리하므로 월등히 개선할 수 있다.

두번째로, 외형적 측면에서 본 연구의 보도육교와 기존의 2중상자형 단면의 라멘식 보도육교를 비교 설명하면 다음과 같다. 기존 복상자형 단면의 라멘식 구조는 구조적인 특성으로 볼 때 본 연구의 구조적 특성과 유사하나 보의 단면이 복상자형으로 구성되어 있고 보도육교 양단의 기둥이 각각 2개로 구성되어 있다. 그러나 본 연구의 보도육교는 기존의 라멘식 구조형식과는 달리 보의 단면을 2중에서 단일화하였고 기둥도 2개에서 1개로 단순화하면서 역학적으로 유리하도록 단일상자형 보와 연결되는 상부의 단면이 하부의 단부보다 크게 변단면화 하였으므로 재료 절감효과를 높이고 제작상의 번거로움을 감소시켰다.

마지막으로 본 가 지지점을 이용한 프리스트레스트된 강재 라멘식 보도육교의 역학적 특징은 기둥 상에 단일상자형보를 얹어 놓은 상태에서 보의 양 끝단에서 전체 길이의 1/8~1/6 지점에 높이 조절이 가능한 임시기둥을 각각 설치하여 보의 양 단부가 기둥의 상단부와 수평을 이룰 수 있도록 높여줌으로써 발생하는 부모멘트에 의해 보의 자중에 의한 정모멘트와 보와 기둥이 일체화된 후의 활하중에 의한 정모멘트를 대폭 감소시켜 줄 수 있는 프리스트레스 효과를 얻는 것이다. 부모멘트 구간의 일부에는 프리스트레스 효과가 역으로 작용되나 그 구간은 극히 짧다 즉, 시간별로 살펴보면 지간 20m에서는 전체 지간의 4.5%, 25m는

5.5%, 30m는 6.5%, 35m는 7%, 40m는 7.5%, 그리고 45m에서는 7%의 구간에만 역효과가 작용하나 프리스트레스 효과가 도입되는 나머지 구간은 상대적으로 훨씬 길기 때문에 전체적으로 프리스트레스 효과가 유리하게 작용함을 알 수 있다.

3.2 제작 방법

3.2.1 제작단계

본 연구의 시공순서는 일반 단순보형 보도육교의 시공과는 달리 여러 단계를 거치게 되므로 이에 따른 응력 상태도 복잡하게 된다. 따라서 각 단계별로 특징있게 나타나는 구조적인 현상을 고려하고 하중의 재하 상태별로 부재의 허용응력을 만족시켜야 다음 단계의 제작이 가능하다.

이 과정은 표 3.1 과 그림 3.1에 자세하게 나타내었다.

표 3.1 제작단계 및 시공과정

구조계	제작단계	시공과정
단순보형	step 1	솟음 및 강재의 자중 재하
	step 2	상향력의 결정 및 재하
라멘형	step 3	보와 기둥의 일체화 후 릴리스
	step 4	추가 사하중 재하
	step 5	활하중 재하

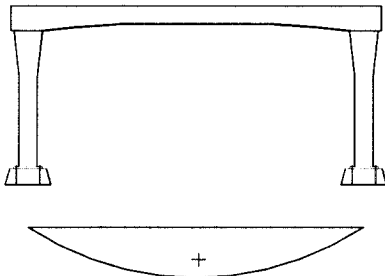


그림 3.1 (a) 기 설치된 기둥상에 단일 상자형보가 얹혀진 상태도 및 모멘트도

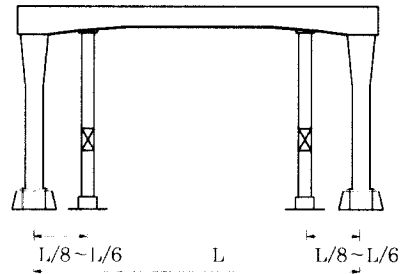


그림 3.1 (b) 가 지지점을 설치하여 부모멘트를 발생시킨 상태도 및 모멘트도

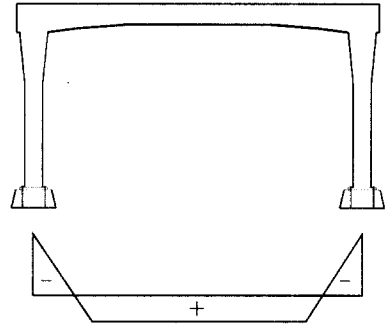


그림 3.1 (c) 용접에 의해 기둥과 보를 일체화시킨 후 가 지지점을 제거시의 상태도 및 모멘트

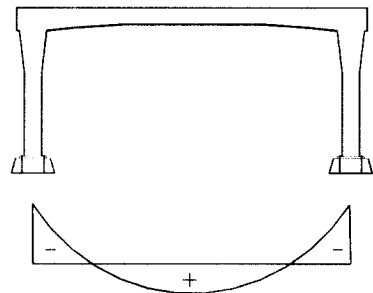


그림 3.1 (d) 가 지지점을 이용한 프리스트레스된 강재 라멘식 보도육교의 완성 후의 상태도 및 활하중에 의한 모멘트도

3.2.2 제작단계별 세부사항

- 1) step 1 : 솟음 및 강재의 자중재하
재료 절감 효과를 고려하여 변단면화된 강재

기둥을 미리 시공된 기초에 고정 설치한 후 곡선형 및 직선형 변단면으로 제작된 단일 강상자형보를 기둥상에 그림 3.1 (a)와 같이 단순 거치시키고 강형 자중을 고려하여 응력을 계산한다. 강재는 용접구조용 압연강재(KS D3515)로서 본 연구에서는 SM 490 강재를 사용한다.

2) step 2 : 상향력의 결정 및 재하

보의 자중에 의한 정모멘트와 보와 기둥이 일체화된 후의 활하중에 의한 정모멘트를 대폭 감소시켜 줄 수 있는 프리스트레스 효과를 얻기 위한 전단계로서 그림 3.1 (b)와 같이 높이 조절이 가능한 임시기둥을 설치하여 프리스트레스 효과를 얻을 수 있는 상향력을 가하고 응력을 계산한다. 이 때 상향력은 강형의 자중보다 크지 않게 그리고 이로 인하여 발생하는 응력은 강재의 허용인장 응력을 초과하지 않는 최대 한계내에서 결정한다. 상향력은 보의 양단부로부터 약 $L/8 \sim L/6$ 의 위치에 재하시킨다. 따라서 상향력이 재하될 때에는 강형 복부의 국부좌굴이 발생되지 않도록 응력검토가 필요하다.

3) step 3 : 보와 기둥의 일체화 후 릴리스

기둥과 보를 용접에 의해 일체화시킨 후 가지점을 제거(그림 3.1 (c))함으로써 그림 3.1 (d)와 같은 보도육교를 완성시킨다. 이 때 강재 기둥상의 강상자형보의 거치 위치는 온도에 의한 수축 및 팽창에 따라 약 1cm 정도 달라질 수 있는 오차를 허용할 수 있도록 강상자형보를 보강하여 설계하고 기둥은 모멘트가 크게 발생하는 상단부를 하단부보다 크게 변단면으로 설계 제작하여 재료 절감 측면에서의 경제성을 부각시킨다.

4. 설계에 대한 고려 사항

4.1 단면 형고의 제약

제작, 가설, 유지점검 등에 필요한 맨홀의 크기는 $0.4m \times 0.6m$ 정도가 최소 크기이며, 맨홀의 위치는 응력에 무리가 없는 위치를 선택하고 필요

에 따라서는 주변에 보강재를 낸다. 이에 따라 단면을 최소화할 수 있는 정모멘트 구간의 형고를 70cm 이상으로 하여야 한다.

4.2 진동의 고려

최근에는 간선도로 등을 횡단하는 횡단보도교에서 지간장이 40m가 넘는 판형이나 주형의 높이는 제한되는 경우가 많다. 이러한 경우에는 진동을 배려하지 않으면 보행자에게 불안감을 줄 우려가 있다.

보행자에 의한 동적하중의 특성에 있어서, 보행자의 보행 주파수가 평균적으로 2Hz이고 편차가 극히 작은 정규 분포에 가까우며 보행자로 인한 보도교의 진동을 고려할 때에는 보행주파수의 영향이 지배적이라는 사실이 과거의 실험으로 확인되어 있다(강구조편람, 1995).

보도교가 쾌적한 사용한계 내에 설치되기 위해서는 유해한 진동을 제거하거나 공진진폭을 작게 하는 것이 바람직하다. 이를 해결하기 위한 방법으로는 진동감쇠를 크게 하는 것, 활하중에 비해 사하중을 크게 하는 것, 보도교의 최소 진동수를 보행 주파수와 일치시키지 않을 것 등을 고려할 수 있다. 이와 같은 점을 고려함에 있어서는 우선 주구조계의 고유진동수가 2Hz 전후(1.5~2.3 Hz)가 되지 않게 하는 것이 바람직한 것으로 알려져 있다(강구조편람, 1995).

따라서 본 연구에서는 구조물의 고유진동회수가 보행주파수의 범위와 일치되지 않도록 2.3Hz 이상이 되게 설계한다.

4.3 온도의 영향

라멘 형식은 보의 양단이 고정으로 되어 있기 때문에 온도에 의한 영향을 고려하여야 한다. 강의 온도에 대한 선팽창계수는 1.2×10^{-5} 이며 보통의 경우 온도의 상승은 $\pm 15^\circ C$ 이다(도로교 표준시방서 1996).

온도에 의한 모멘트는 활하중에 의한 모멘트의 약 3% 정도에 불과하며 온도에 의한 변형(45m의 경우 ±0.81cm)도 미소하나 이를 고려하여 강상자형보를 보강하여 설계한다.

온도하중에 의한 보의 양끝단에서의 모멘트 (M_B)와 기둥 하부의 모멘트(M_C)는 다음 식(1), 식(2)와 같다.

$$M_B = -3\alpha_T \Delta T \cdot \left(\frac{E \cdot I_B}{h^2} \right) \cdot \left(\frac{2k+1}{k(k+2)} \right) \cdot \left(\frac{h \cdot k}{2k+1} \right) \quad (1)$$

$$M_C = 3\alpha_T \Delta T \cdot \left(\frac{E \cdot I_B}{h^2} \right) \cdot \left(\frac{2k+1}{k(k+2)} \right) \cdot \left(\frac{h(k+1)}{2k+1} \right) \quad (2)$$

여기서,

$$k = \frac{I_B \cdot h}{I_C \cdot L}$$

α_T : 선팅창계수(1.2×10^{-5})

I_B : 강상자형보의 단면2차 모멘트

I_C : 기둥의 단면2차 모멘트

h : 기둥의 높이

L : 보의 길이

5. 전산프로그램 개발 및 해석결과

5.1 전산프로그램의 개발

본 연구의 설계과정을 자동화할 수 있는 전산 프로그램을 개발, 그의 순서도를 그림 5.1에 나타내었으며 기본적인 구성은 다음과 같다.

- 1) 강재 단면에 대한 단면값을 계산한다.
- 2) 상향력의 결정시 강상자형보가 켈틸레버거동을 하지않도록 시스템을 점검한다.
- 3) 2차원 요소에 대한 유효요소법을 이용하여

부재의 단면력과 처짐을 계산한다.

- 4) 계산된 단면력을 이용하여 각 요소마다 구조부재에 대한 응력을 계산한다.

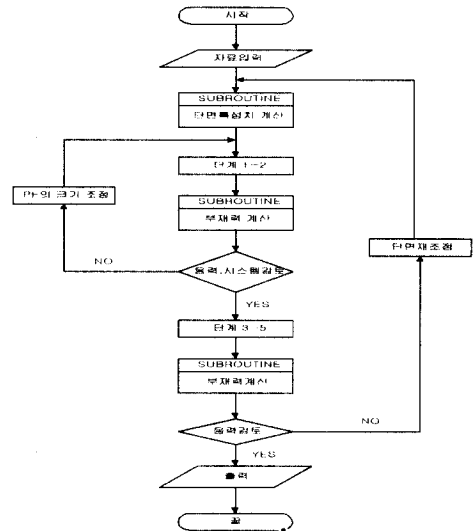


그림 5.1 프로그램의 순서도

5.2 매개 변수의 결정

가 지지점을 이용한 프리스트레스된 강재 라멘식 보도육교의 설계에 있어서 단면에 큰 영향을 미칠 수 있는 매개변수는 다음의 2가지로 정리할 수 있다.

첫째, 지간을 20m, 25m, 30m, 35m, 40m, 45m까지 5m씩 늘릴 때의 지간별 변수.

둘째, 보의 양단부로부터 $L/8 \sim L/6$ 까지 가 지지점을 설치하여 프리스트레스 효과를 얻을 수 있는 상향력의 위치.

따라서 적절한 설계단면을 찾기 위한 매개변수 연구는 전체 형고에 대하여 수행되었다.

5.3 단면의 결정 과정

가 지지점을 이용한 프리스트레스된 강재 라멘식 보도육교의 설계는 매개변수인 지간별 변수와 상향력을 가할 수 있는 가 지지점의 위치를 이용

하여 보와 기둥의 단면을 결정하였다. 이때 가 지지점의 가장 적당한 위치는 원래 라멘 구조물의 모멘트 형상인 정모멘트 구간의 최대모멘트가 부모멘트 구간 최대모멘트의 절대값의 1/2이 발생 되는 지점으로 결정하였다.

5.4 시간별 가 지지점의 위치

가 지지점의 위치를 시간별로 살펴보면 시간 20m에서는 보의 양단부에서 2.6m 위치에 가 지지점을 설치하여 상향력을 가하는 것이 가장 단면에 유리하게 작용하였고, 25m에서는 3.2m, 30m에서는 4.1m, 35m에서는 5.0m 위치에, 40m에서는 6.0m 그리고 45m에서는 4.2m의 위치로 나타났다. 여기서 가 지지점의 위치가 20m, 25m, 30m, 35m, 40m에서는 선형적으로 증가하다가 45m에서는 감소하는 이유는 20m, 25m, 30m, 35m, 40m에서는 보의 양 단부에서의 형고와 보의 중앙에서의 형고의 비가 80 : 70으로 일정한 데 비해 45m에서는 100 : 70으로 변해 상대적으로 강성이 큰 양단부로 모멘트가 더 집중되기 때문이다.

표 5.1 시간별 가 지지점의 위치와 상향력의 크기

지 간	20m	25m	30m
상부 보의 자중	15.764ton	19.706ton	23.648ton
양단부에서의 거리	260cm	320cm	410cm
상 향 력	7.882ton	9.853ton	11.824ton

지 간	35m	40m	45m
상부 보의 자중	27.588ton	31.528ton	36.412ton
양단부에서의 거리	500cm	600cm	420cm
상 향 력	13.794ton	15.764ton	18.206ton

5.5 시간별 형고 및 단순보형 보도육교와의 형고 비교

그림 5.2에서 나타낸 바와 같이 보의 형고를 살펴보면 20m와 25m, 30m, 35m, 40m에서는

정모멘트 구간이 70cm, 부모멘트 구간이 80cm로 나타났고, 45m에서는 정모멘트 구간이 70cm, 부모멘트 구간이 100cm로 나타났다. 여기서 20m와 25m, 30m, 35m, 40m에서 정모멘트 구간의 형고를 70cm 이하로 줄일 수 없는 이유는 앞에서 기술했듯이 시방서 규정의 맨홀(40×60cm) 크기 때문이다.

또한, 본 연구의 보도육교와 기존의 단순보형 보도육교와의 형고를 비교하면 시간 20m, 25m, 30m에서는 정모멘트 구간에서 최대 39%, 부모멘트 구간에서는 최대 30%의 형고 감소 효과를 나타내었다. 35m, 40m에서는 정모멘트 구간과 부모멘트 구간에서 각각 48%와 41%의 효과를, 마지막으로 45m에서는 각각 48%와 26%의 형고가 감소하여 기존의 단순보형 보도육교보다 더욱 날렵한 단면을 가질 수 있음을 알 수 있다.

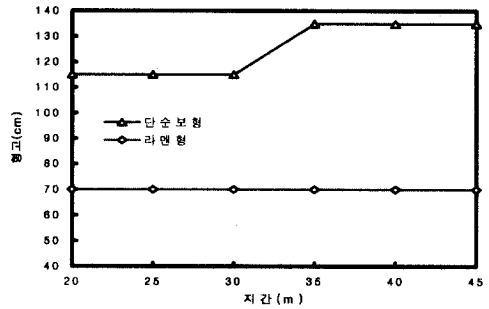


그림 5.2 (a) 시간별 정모멘트 구간의 형고 및 기존의 단순보형 보도육교와의 형고 비교

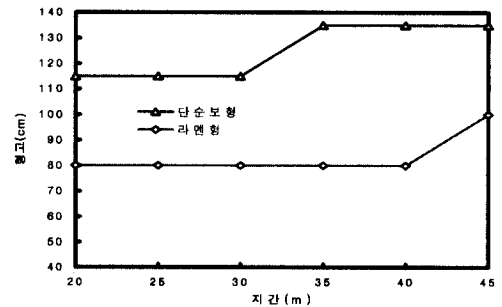


그림 5.2 (b) 시간별 부모멘트 구간의 형고 및 기존의 단순보형 보도육교와의 형고 비교

5.6 시간별 진동수

본 가 지지점을 이용한 프리스트레스된 강재 라멘식 보도육교의 진동수의 해석 결과는 그림 5.3과 같다.

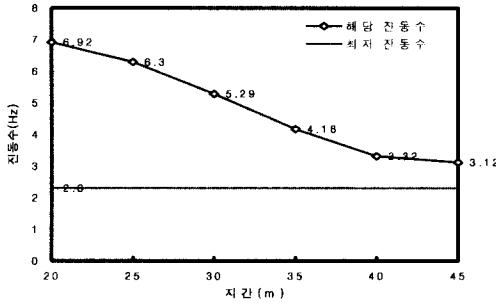


그림 5.3 시간별 진동수

해석 결과 본 연구의 보도육교는 최저 허용 Hz 인 2.3 Hz를 훨씬 상회하는 값을 가져 보도육교의 진동에 가장 큰 영향을 주는 보행주파수에 대해서도 안전한 것으로 나타났다.

5.7 기존의 보도육교와의 강재량 비교

기존의 단순보형 보도육교, 2중 상자형 라멘식 보도육교와 본 연구의 보도육교와의 강재량 비교는 표 5.2와 같다.

표 5.2를 살펴보면 각 시간마다 강상자형 보의 경우에는 32~46%의 강재량 감소 효과를 보이고 있으며, 기둥의 경우에는 축력만을 받으며 원형으

표 5.2 가 지지점을 이용한 프리스트레스된 강재 라멘식 보도육교와 단순보형 보도육교, 2중 상자형 라멘식 보도육교와의 강재량 비교 (단위 ton)

지 간	20m			25m		
	단순보형	2 cell 라멘형	라멘형	단순보형	2 cell 라멘형	라멘형
보	23.08	26.62	15.78	29.05	33.24	19.69
기둥	6.36	7.98	6.28	6.36	8.38	7.06
합계	29.44	34.60	22.06	35.41	41.62	26.75
비율	1.00	1.17	0.75	1.00	1.17	0.74

지 간	30m			35m		
	단순보형	2 cell 라멘형	라멘형	단순보형	2 cell 라멘형	라멘형
보	38.54	46.28	23.63	44.27	54.24	27.55
기둥	6.36	8.91	8.32	6.36	9.41	8.95
합계	44.90	55.19	31.95	50.63	63.65	36.50
비율	1.00	1.23	0.72	1.00	1.26	0.72

지 간	40m			45m		
	단순보형	2 cell 라멘형	라멘형	단순보형	2 cell 라멘형	라멘형
보	55.50	66.68	31.56	65.00	79.54	36.42
기둥	6.36	12.86	9.73	6.36	14.15	11.00
합계	61.86	79.54	41.29	71.36	93.69	47.42
비율	1.00	1.29	0.67	1.00	1.31	0.66

로 만든 단순보형보다는 축력과 휨을 동시에 받고 상자형 단면으로 된 본 연구의 보도육교가 최대 70% 정도의 강재량이 증가하나 전체적으로는 25~34%의 강재량이 감소함을 알 수 있다.

5.8 시간별 기둥과 단일상자형보의 단면제원

본 라멘식 보도육교의 시간별 매개변수의 연구 결과 설계된 보와 기둥의 단면 제원은 다음 표 5.3, 표 5.4와 같다.

표 5.3 시간별 단일 상자형보의 단면 제원 (단위 mm)

지 간	20m		25m		30m	
	변 단면	등 단면	변 단면	등 단면	변 단면	등 단면
길이	4000	12000	5000	15000	6000	18000
형 고	800	700	800	700	800	700
상부플랜지 두께	12	12	12	12	12	12
상부플랜지 폭	3300	3300	3300	3300	3300	3300
하부플랜지 두께	22	22	22	22	22	22
하부플랜지 폭	1440	1440	1440	1440	1440	1440
복부 높이	764	664	764	664	764	664
복부 두께	12	12	12	12	12	12
상부 리브 갯수	5	5	5	5	5	5
하부 리브 갯수	2	2	2	2	2	2
리브 폭	12	12	12	12	12	12

지 간	35m		40m		45m	
	변 단면	등 단면	변 단면	등 단면	변 단면	등 단면
구 간						
길 이	7000	21000	8000	24000	9000	27000
형 고	800	700	800	700	1000	700
상부플랜지 두께	12	12	12	12	12	12
상부플랜지 폭	3300	3300	3300	3300	3300	3300
하부플랜지 두께	22	22	22	22	22	22
하부플랜지 폭	1440	1440	1440	1440	1440	1440
복부 높이	764	664	764	664	966	664
복부 두께	12	12	12	12	12	12
상부 리브 갯수	5	5	5	5	5	5
하부 리브 갯수	2	2	2	2	2	2
리브 폭	12	12	12	12	12	12

표 5.4 시간별 기둥의 단면 제원 (단위 mm)

지 간	20m		25m		30m	
	변 단면	등 단면	변 단면	등 단면	변 단면	등 단면
구 간						
길 이	1700	3300	1700	3300	1700	3300
형 고	600	300	900	400	1200	600
상하플랜지 두께	18	18	18	18	18	18
상하플랜지 폭	800	800	800	800	800	800
복부 높이	564	264	864	364	1164	564
복부 두께	18	18	18	18	18	18

지 간	35m		40m		45m	
	변 단면	등 단면	변 단면	등 단면	변 단면	등 단면
구 간						
길 이	1700	3300	1700	3300	1700	3300
형 고	1400	700	1600	700	1800	800
상하플랜지 두께	18	18	18	18	18	18
상하플랜지 폭	800	800	900	900	1000	1000
복부 높이	1364	664	1564	664	1764	764
복부 두께	18	18	18	18	18	18

개발된 전산프로그램에서는 적절한 단면을 찾기 위하여 여러 가지로 입력 변수를 변화시킬 수 있다. 그러나 실제로 모든 변수들을 어떻게 조합하는가에 따라 허용응력을 만족시키는 단면은 여러 가지로 나올 수 있으며 이러한 변수들을 모두 조합하여 시산법으로 단면을 찾는다는 것은 사실상 불가능하다. 따라서 단면 설계에 큰 영향을 미치지 않는 변수는 일정하게 고정시킬 필요가 있다. 즉, 각 시간마다 강상자형보의 경우는 상·하부 플랜지의 두께와 폭, 복부의 두께, 상·하부 리브의 개수와 폭을, 기둥의 경우에는 두께를 일정하게 고정시켜 표 5.3, 표 5.4와 같은 단면을 결정하였다.

5.9 시간별 허용처짐

부재의 설계에 있어서 변형에 의한 2차 응력의 영향에 대한 구조물의 안전성 확보 및 통행자에게 주는 불편감 제거 등을 고려하여야 한다. 따라서 보도육교 각 부분의 응력이 사용재료의 허용응력 이하일 뿐 아니라 보도육교 전체가 어느 정도 이상의 강성이 필요하게 되므로 처짐량을 제한하여 충분한 강성이 확보되어야 한다. 또한 일반 보도교는 도로교에 비해 강성이 작기 때문에 활하중에 의한 처짐이 커지게 되어 보행자에게 불안감을 느끼게 할 우려가 있다. 따라서 처짐의 제한치는 도로교(라멘교의 경우 시간장의 1/500)보다 엄격하여 활하중에 의한 허용처짐량의 규준은 다음 식 (3)과 같다.

$$\delta_{all} \leq \frac{L}{600} \quad (3)$$

여기서,

L : 시간장(m)

그림 5.4는 시간별 허용처짐과 본 연구의 보도육교의 최대처짐과의 비교를 나타내고 있다. 그

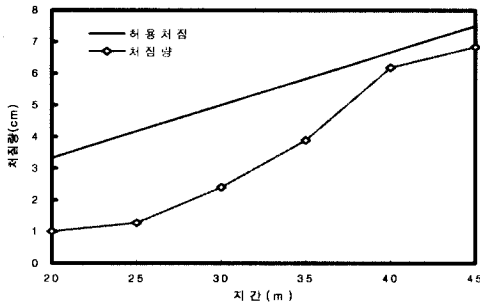


그림 5.4 지간별 최대처짐과 허용처짐의 비교

결과 본 연구에서 설계한 가 지지점을 이용한 프리스트레스트된 강재 라멘식 보도육교는 충분한 강성을 가지고 있는 것으로 나타났다.

6. 전산 프로그램의 검증

가 지지점을 이용한 프리스트레스트된 라멘식 보도육교의 설계를 위해 개발한 전산 프로그램의 검증은 범용 유한요소해석용인 SAP90을 사용하였으며, 이는 동일한 지간, 단면 형태로 격자해석을 수행하여 그 결과를 비교하였다. 본 연구의 보도육교는 가 지지점을 설치하여 상향력을 가할 뿐 아니라 구조 시스템도 바뀌는 등 복잡한 단계를 거치므로 두 프로그램 간의 실제적인 응력 비교 등은 불가능하여 마지막 단계인 활하중에 대하여 처짐량만을 검토하였다. 휨, 전단, 비틀림을 받는 격자요소가 조립되어 전체 구조계가 구성된 것으로 생각하는 격자해석은 본 연구에서 개발한 전산 프로그램을 검증하는 데 적절하리라 판단된다.

그림 6.1은 본 연구에서 개발한 전산프로그램에 의한 처짐과 범용 프로그램인 SAP90과의 처짐 비교를 나타내고 있다. 오차를 살펴보면 40m, 45m에서 최대 3%의 오차를 보이고 있으며 그 이외에서는 거의 일치하고 있음을 알 수 있다. 이 결과로부터 본 연구에서 개발한 전산 프로그램은 실제의 구조물의 거동을 잘 반영하고 있다고 판단된다.

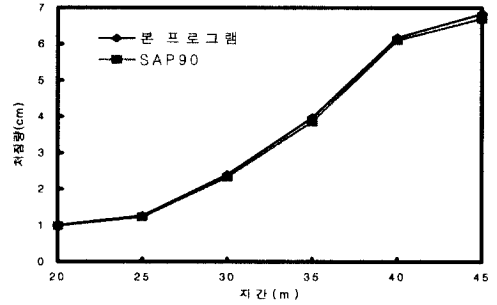


그림 6.1. 본 연구의 프로그램과 범용 프로그램 간의 처짐 비교

7. 결 론

본 연구는 가 지지점을 이용한 프리스트레스트된 강재 라멘식 보도육교를 소개하고 이를 자동 설계할 수 있는 전산프로그램을 개발, 매개변수 연구를 수행하여 설계단면을 제시한 것으로 본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

1) 라멘 구조시스템의 모멘트도의 형상에 따라 정모멘트 구간과 부모멘트 구간으로 구분하여 정모멘트구간은 등단면으로, 이보다 최대모멘트가 절대값의 2배에 이르는 부모멘트 구간은 변단면으로 제작하여 외관이 수려하고 날렵한 보도육교의 새로운 공법을 제시하였다.

2) 기둥의 일부를 기초에 고정시킨 후 기둥의 상부 일부분과 보를 일체화시킨 부재를 기둥상에 거치시의 오차로 인해 빈번한 부실 시공을 유발하는 기존의 복사자형 라멘식 보도육교와는 달리 기둥 전체와 보를 현장 용접에 의해 일체화시킴으로써 시공상의 문제점을 월등히 개선시킬 수 있는 새로운 공법을 제시하였다.

3) 이를 바탕으로 설계를 자동화할 수 있는 전산 프로그램을 개발하였고 지간별로 매개변수를 수행한 결과 가장 적절한 단면을 제시하였다.

4) 본 연구의 가 지지점을 이용한 프리스트레스트된 강재 라멘식 보도육교는 기존 보도육교의 대부분의 구조형식인 단순보형보다 20m에서는 25%, 25m에서는 26%, 30m에서는 28%, 35m에서는

28%, 40m에서는 33%, 그리고 45m에서는 34%의 재료절감 효과를, 그리고 복상자형 라멘식 보도육교보다는 각 지간별로 약 45~50%의 강재량 감소를 나타내었다.

5) 본 연구의 결과에 의해 1997년도 후반기부터 건설된 4개의 보도육교는 현재까지 설계된 상태를 유지하여 안전하게 사용되어 지고 있음을 밝힌다.

참 고 문 헌

- (1) 대한토목학회, 도로교 표준시방서, 1996
- (2) 한국강구조학회, 강구조편람, 1995

- (3) 황학주, 최신 교량공학, 동명사, 1994
- (4) Charles G. salmom and John E. Johnson, STEEL STRUCTURES, Harper Collins College Publishers, 1996
- (5) 일승산업, 단순보형 보도육교 20m, 25m, 30m, 35m, 40m, 45m 설계도 및 구조검토서
- (6) 일승산업, 복상자형 라멘식 보도육교 20m, 25m, 30m, 35m, 40m, 45m 설계도 및 구조검토서
- (7) Xanthakos, Theroy And Design of Bridge, JOHN WILEY & SONS, 1994
- (8) Kurt Hirschfeld, BAUSTATIK, 1982

(접수일자 : 1998년 9월 24일)