

경간/형고비 34를 실현한 IPC 거더교의 연구

Study of Bridge Design of The Length-Depth Ratio is 34

한 만 엽*

곽 창 현**

Han, Man Yop

Kwak, Chang Hyun

Abstract

The length-depth ratio of the preflex and PSC girder is very important variable. But PSC girder is very difficult to reduce the depth. If the bridge that girder depth is most important variable, then generally the great part of engineers are use the preflex girder that more expensive method than PSC girder.

This paper introduce the design example that replace the preflex girder with the IPC girder. The bridge span is 44m, and depth is 1.15m. The depth is restrained in 1.15m by several conditions. And it is compare preflex with IPC girder in semi condition. These two girders are very different in economy and execution. So, this paper present more economic and easy construction method.

1. 서론

산업이 발달함에 따라 교량의 장경간화가 필요하게 되었다. 이에 따라 새로운 기술들이 많이 개발되어 지고 있다. 이와 함께 생각해야 할 것이 형고의 높이이다. 여러 가지 많은 제약 조건으로 인하여 형고의 높이가 제한을 받는 경우가 많다. 또한 많은 교량에서 형고의 높이에 따라 공사비에 큰 차이가 있기 때문에 형고의 문제는 많은 기술자들의 큰 관심거리가 되고 있다.

현재 국내에서 시공되고 있는 프리플렉스교나 PSC I형 거더의 경우 경간/형고비는 대부분 20을 넘지 않는 정도가 된다. 하지만 본 논문에서 제시하는 실제 교량은 형고높이 1.15m, 경간 44m의 교량으로서 경간/형고비가 약 34 정도가 되는 교량이다. 따라서 본 논문에서는 이러한 교량의 설계 방법을 연구·소개하고 프리플렉스 교량으로 설계되어진 기존의 설계방법과 IPC 거더를 사용한 설계방법을 비교하여 보다 경제적인 교량 설계 모델을 소개하고자 한다.

* 정회원, 아주대학교 토목설계공학과 교수, 공학박사

** 정회원, 아주대학교 토목설계공학과 석사과정

2. 설계조건

2.1 기존설계

본 교량은 서울의 이화여자대학교 철도과선교 주변 복개공사와 관련하여 라멘교와 프리플렉스교로 설계되었으며 제원은 아래의 표 1, 2와 같이 설계되어졌다.

표 1 라멘교 (원설계) - 3경간 연속교

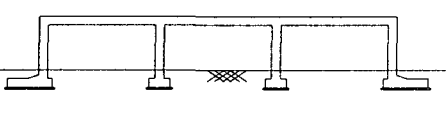
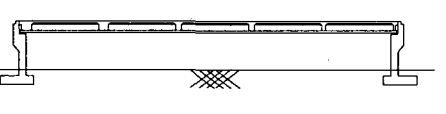
	구 분	경 간 (m)	교 폭 (m)
	라멘교 I	47.3 - 51.0	37.0
	라멘교 II	43.8 - 47.3	33.0
	계		70.0

표 2 프리플렉스교 (원설계)

	구 분	경 간 (m)	교 폭 (m)	빔간격 (m)
	Type - I	43.9	40.0	1.95 (20본)
	Type - II	38.9	20.0	2.2 (9본)
	Type - III	35.8	180.0	2.5 (72본)
	계		240.0	

본 교량의 프리플렉스교의 형고는 모든 Type에서 1.3m로 제한하여 설계하고 50mm의 아스팔트 포장을 하도록 설계되어 졌다.

2.2 변경된 설계

설계변경을 통해 IPC 거더교를 사용하여 프리플렉스교를 대체하여 설계하였다. 여기서도 마찬가지로 3가지 Type 중에서 경간이 44m인 Type - I의 경간이 가장 장경간이므로 본 논문에서는 이 교량에 대해서 살펴보며 마찬가지로 형고는 1.15m로 제한되며 슬래브가 15cm로 설계되며 마찬가지로 50mm의 아스팔트 포장을 하도록 설계되었다.

2.3 프리플렉스와 IPC 거더의 비교

IPC 거더와 프리플렉스교를 비교하면 아래의 표 3과 같다. 아래의 표에서와 같이 IPC 거더교와 프리플렉스교의 가장 큰 차이점이라면 경제적인 면과 시공적인 측면을 들 수 있다.

우선 IPC 거더는 기존 PSC 빔과 유사한 공정으로 제작 및 거치가 간단하고 슬래브 공사가 거치된 거더 상부에서 이루어지게 되어 빔 거치 후 복부 및 슬래브를 시공하는 프리플렉스교에 비하여 시공이 간단하다. 또한 거더에 내장된 여유분의 비부착 강선을 이용하여 필요시 보수보강이 용이하며 제작비용이 저렴하다.

표 3 두 공법의 비교

구분	IPC 거더	프리플렉스교
공법의 개요	PSC 거더 제작시 시공단계별 하중 증가를 고려하여 단계적으로 긴장력을 도입할 수 있도록 설계·제작함으로써 거더의 높이를 줄임과 동시에 장경간화가 가능토록한 새로운 개념의 프리스트레스트 콘크리트 거더임	미리 솟음을 주어 제작한 강형에 설계하중만큼의 휨모멘트를 주어 하부 플랜지에 콘크리트를 타설하여 프리스트레스를 도입하여 가설한 후 슬래브, 복부, 가로보 콘크리트를 타설하는 공법임
재료의 구성	<ul style="list-style-type: none"> ◎ IPC 거더 <ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트 : $f_{ck} = 600\text{kg/cm}^2$ - 철근 : $f_y = 3,000\text{kgf/cm}^2$ (SD30) - PS 강연선 : SWPC 7B 15.2m/m ◎ 슬래브 <ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트 : $f_{ck} = 270\text{kg/cm}^2$ - 철근 : $f_y = 4,000\text{kgf/cm}^2$ (SD40) 	<ul style="list-style-type: none"> ◎ P/F 거더 <ul style="list-style-type: none"> - 강재 : SM 520 ($f_{sy} = 3,600\text{kgf/cm}^2$) ◎ 하부플랜지 콘크리트 <ul style="list-style-type: none"> : $f_{ck} = 400\text{kg/cm}^2$ ◎ 바닥판, 복부, 가로보 콘크리트 <ul style="list-style-type: none"> : $f_{ck} = 270\text{kg/cm}^2$
적용 경간장 및 형고	경간장 : 20m ~ 50m, 형고 : 0.9m ~ 2.3m	경간장 : 20m ~ 50m, 형고 : 0.9m ~ 2.0m
처짐 및 균열	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 처짐 <ul style="list-style-type: none"> - 처짐의 제한치 (콘크리트교 기준) : $L/800$ 이하 ◎ 균열 <ul style="list-style-type: none"> : 설계하중에 대하여 전단면 압축 응력상태의 인장응력 미발생으로 설계하여 균열에 대한 안정성 양호 	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 처짐 <ul style="list-style-type: none"> - 처짐의 제한치 (강교 기준) : $L/500$ 이하 ◎ 균열 <ul style="list-style-type: none"> : 사용하중하에서 거더 중앙부에서 인장응력이 발생하므로 균열 발생 우려가 있음

이에 비해 프리플렉스교는 낮은 형고의 교량가설이 가능하여 형고에 자한을 받는 개소에 유리하며 강형을 콘크리트로 피복함에 따라 강교대비 내구성 및 내부식성이 좋다. 반면에 빔 거치후에 복부 및 바닥판 슬래브 시공이 복잡한 단점이 있다.

또한 상부 공사비를 비교하여 보면 IPC 거더는 65만원/m'에 비해 프리플렉스교량은 120만원/m' 정도로 프리플렉스교가 IPC 거더에 비하여 약 2배 정도의 공사비가 더 들어가는 것을 알 수 있다.

따라서 기존의 프리플렉스를 대체하여 IPC 거더로 설계변경을 실시하였다

아래 그림 1, 2는 Type - I 의 경우 프리플렉스교 단면과 IPC 거더교의 단면이다.

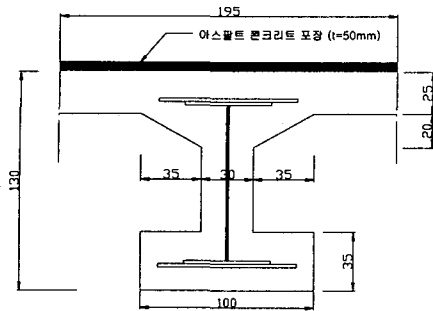


그림 4 프리플렉스거더의 단면형상 (Type - 1)

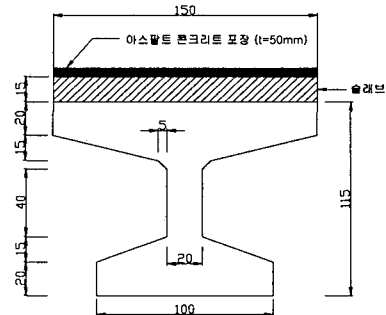


그림 5 IPC 거더의 단면형상 (Type - 1)

3. 구조해석

3.1 상재하중

본 교량은 SAP2000을 사용하여 구조해석을 실시하였다. 이 교량은 주차장으로 사용되어지는 교량으로서 외측에 화단이 만들어지게 계획되었다. 따라서 교량의 외측에 화단을 형성하기 위한 흙을 쌓도록 되어져 있다. 그래서 본 구조해석에서는 이러한 것을 감안하여 교량의 전 지간에 50cm 두께로 흙을 상재하중으로 재하하여 DB하중과 비교, 더 큰 모멘트를 일으키는 하중을 거더에 재하하였다.

구조해석 결과 아래 표 4와 같이 DB하중과 흙하중의 값이 구해졌다.

표 4 DB하중과 흙하중의 비교

	DB 24	흙하중
작 용 하 중	총중량 : 43.2t, 전륜하중 : 2400kg, 후륜하중 : 9600kg	전지간에 50cm 두께의 흙하중 재하 단위중량 : 1.65
최대휨모멘트(내측보)	327 t·m	337 t·m

따라서 이 교량에는 50cm의 상재하중을 재하하여 구한 최대 휨모멘트를 적용하였다. 아래 그림 3은 SAP2000에서 격자망 해석으로 상재하중을 재하한 그림이다.

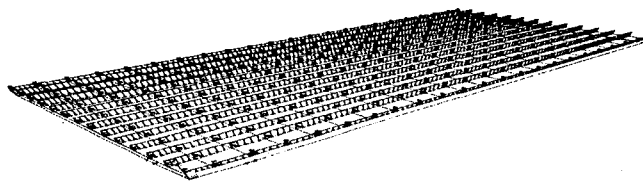


그림 6 상재하중을 재하한 격자망 해석

3.2 교량 설계

위의 구조해석에서 나온 최대 모멘트를 가지고 기존의 IPC 거더 설계 프로그램에 입력하여 교량의 전반적인 설계를 한 값은 다음과 같다.

3.2.1 설계조건

표 5 설계 조건표

1. 형식	단경간	9. 포장 두께	5 cm
2. 총지간	44 m	10. 설계차선수 (왕복)	5 차선
3. L1 거더	43.9 m	11. 차선평	3.6 m
L2 거더	- m	12. 길어깨폭	1 m
거더단부 ~ 교좌 중앙	0.5 m	13. 방호벽/난간 중량	0.1 t/m
4. L1 거더 설계지간	42.9 m	14. 외측 바닥판 길이	0.25 m
L2 거더 설계지간	- m	15. 교량의 총폭	20.00 m
5. 등급	1 등급	가rob 개수	4 개
6. 거더 개수	14 개	두께	0.3 m
7. 거더 중심간격	150 cm	높이	0 m
8. 바닥판 두께	15 cm	단부빔 두께	0.4 m
		높이	0.7 m

3.2.2 사용재료

표 6 사용재료

	거더	바닥판	포장	단위
단위중량	2.5	2.5	2.3	ton/m'
설계기준강도	600	300		kgf/cm'
긴장력 도입시	480			kgf/cm'
탄성계수	327196	259808		kgf/cm'

위와 같은 설계조건과 재료를 사용하여 설계하고 긴장재는 IPC 거더의 기본이론을 바탕으로 1차와 2차 긴장으로 나누어서 각각 긴장한다. 여기서 1차 긴장에서는 각각 16개의 긴장재를, 2차 긴장에서는 8개의 긴장재를 배치하고 긴장한다. 긴장력은 1차 긴장에서 각각 239ton, 2차 긴장에서 120ton을 긴장한다.

아래 그림 4는 이렇게 설계된 교량의 횡단면도를 나타낸 그림이다.

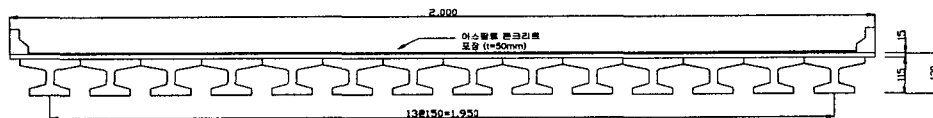


그림 7 교량의 횡단면도

이와 같이 설계하였을 시에 기존의 설계 프로그램에 있는 그림 5, 6과 같이 거더 상하단과 슬래브 상하단의 응력이 허용응력 안에 들어오는 것을 알 수 있다.

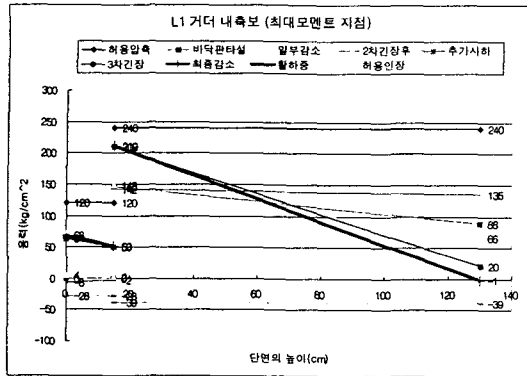


그림 8 내측보의 응력

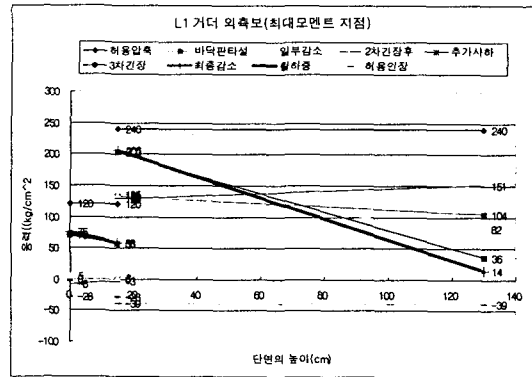


그림 9 외측보의 응력

4. 결론

이상에서 살펴본 바와 같이 본 논문에서는 형고/경간비가 최저가 될 수 있도록 설계하였으며, 기존의 설계인 프리플렉스에 비하여 경제적으로 훨씬 저렴하고 시공이 간편한 설계 방법 및 시공방법을 소개하였다. 여기에서의 IPC 거더는 거더의 설계기준강도가 600kg/cm²로서 일반적으로는 현장에서 잘 사용되지 않는 고강도를 사용하였다. 하지만 이미 세계적으로 우리나라보다 후진국에서도 이미 이보다 더 고강도 콘크리트를 사용하고 있는 실정이므로 국내에서도 고강도 콘크리트 사용을 권장하여야 할 것이라고 생각한다.

참고문헌

1. 박준범, "IPC 거더교의 연속화를 위한 설계 프로그램 개발 연구", 아주대학교 토목설계공학과 석사학위 논문, 2001
2. 김성겸, "IPC 거더교의 구조적 거동에 관한 연구", 아주대학교 토목설계공학과 석사학위 논문, 2001
3. 한만엽, 김진근, 이차돈, 박준범, "프리스트레스를 단계적으로 도입하는 IPC 거더의 설계이론 연구", 한국콘크리트학회 논문집, vol.12, No.4, pp121-130, 2000년 8월
4. 건설교통부, "도로교 설계 기준", 2001
5. 조효남, "교량공학", 구미서관, 1999