

경량전철 P.S.C BEAM 교 설계
P.S.C BEAM Bridge Design For Light Rail System

서석구*
Suh, Suk-Koo

이상희**
Lee, Sang-Hee

송창희***
Song, Chang-Hee

ABSTRACT

Design criteria of precast prestressed concrete bridge are analysed and design method is systemized. As a result, analysis and design program is developed. Parametric study and economic analysis are accomplished, and data base of design section is developed.

1. 서 론

경량전철은 지하철이나 전철보다 규모가 작으며 무인열차 운행을 목표로 하는 첨단교통시스템을 말한다. 기존 버스, 지하철, 항공 및 해운과 같은 대중교통수단간 연계체제의 미흡과 도심지의 과포화된 교통혼잡등을 해결하는 방안으로 경량전철의 건설이 부각되고 있는 실정이다. 이러한 경량전철이 기존의 대중교통수단과 연계하여 도심권을 통과하기 위해서는 전천후 시공이 가능하고 건설기간의 최소화된 구조가 필요하게 되는데, 이때 직선교량으로 30m이내의 공간에서 유리한 구조물이 프리캐스트 P.S.C BEAM 교량(Precast Pre-Stressed Concrete Beam Bridge)이다. 경량전철이 운행하는 프리캐스트 P.S.C BEAM 교량의 상부구조 설계를 자동화하고 최적단면을 도출하기 위한 일련의 계산과정에 대해 프로그램으로 제작하였다.

2. 프리캐스트 P.S.C Beam 교량의 특징

P.S.C Beam교의 가설방법은 크게 현장타설공법과 프리캐스트 공법으로 구분할 수 있다. 현장타설공법은 단면형상에 대한 적합성, 재료의 운반 용이성, 지역적 조건에 제약되는 경우가 적은 잇점이 있으나 현장타설 콘크리트이므로 시공관리에 주의가 필요하고 시공의 용이성을 배려한 설계기술이 요구된다. 또한 소요의 양생기간을 큰 면적에 걸쳐서 필요로 하기 때문에 양생설비의 규모, 효과, 양생기간에 대한 작업상의 준비 등 현장타설 콘크리트로서의 일반적인 문제가 있다. 프리캐스트공법은 품질, 치수의 확실성을 도모할 수 있으며, 동일한 형식의 교량이 대량으로 가설될 경우에 제작작업관리의 대부분을 공장에서 할 수 있어 대량생산에 의한 거푸집 전용횟수의 능률화에 따라 경제적 도모가 가능하다. 전천후 시공이 가능하고 가설공기 자체가 단기간이어서 교통제한시간을 단축시킬 수 있기 때문에 도심지 가설에 유리하다.

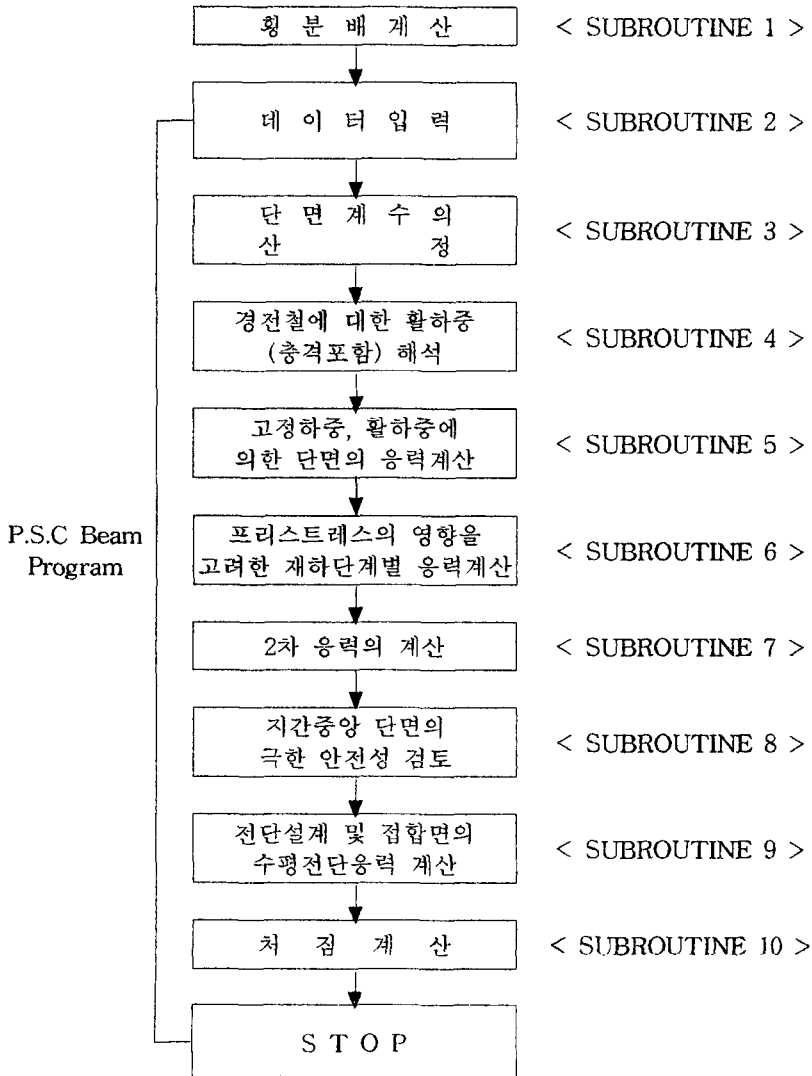
* 서영기술단 구조부 전무, 비회원
** 서영기술단 구조부 부장, 비회원
*** 서영기술단 구조부 대리, 비회원

그러나 공장에서 제작한 경우 현장타설 콘크리트공법에 비하여 운반비가 증가되고 반입경로의 제약이 있어 프리캐스트 부재의 치수, 중량에 따라 현장부근에 제작장을 설치할 필요가 있다. 교량의 규모에 따라 기계장비의 가설능력을 설계시 고려하여야 하며, 연결부에 대한 설계상의 문제, 예폭시 수지를 이용하는 경우 가설시의 캠버조정 중 정밀도를 요구하는 작업상의 어려움이 있다. 특히 곡선보에 대한 적용은 부재의 제작, 가설시 상당한 기술적인 곤란함을 수반된다. 한편 경간수가 많은 단순보 형식의 경우 신축이음부가 많아서 주행상 좋지 않고 신축이음부의 유지관리에 문제가 발생하기 쉬우므로, 보를 연결해서 연속성을 유지하는 공법도 채용되고 있다.

3. 해석 및 설계

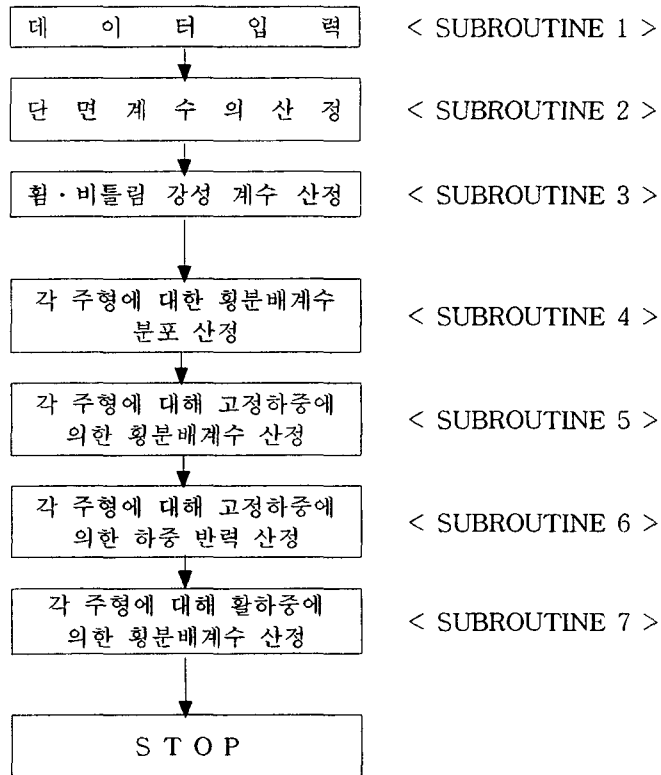
3.1 설계흐름도

개발하고자 하는 P.S.C Beam 전용 프로그램은 단순교형식의 프리텐션 및 포스트텐션, 비합성교량 및 합성거더 교량에 대하여 해석, 설계가 가능하며 주프로그램과 10개의 부프로그램으로 구성된다.



3.2 SUBROUTINE 1 (횡분배계산 Flow)

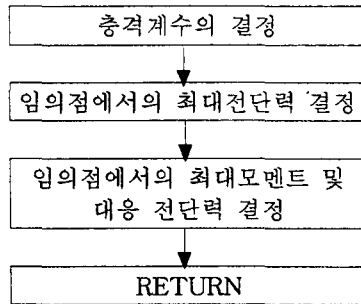
교량구조는 상판, 주형, 가로보 등 다양한 부재들이 결합된 구조이기 때문에, 교량 상판에 작용된 하중의 분포는 각 부재들의 휨강성 및 비틀림 강성 등의 영향을 받게 되어 아주 복잡한 문제가 된다. 하중이 교량상판에 작용하면 그 작용하중은 종·횡 방향으로 분배되나, 종방향의 하중분배는 실제 크게 문제가 되지 않으므로 무시되며, 횡방향의 하중분배가 문제시 된다. 보통 하중 횡분배는 이방성 평판이론에 기초를 둔 방법이 시초이며, 이는 Guyon-Massonet 등에 의해서 확립된 이론이다.



3.3 SUBROUTINE 3 (단면계수의 산정)

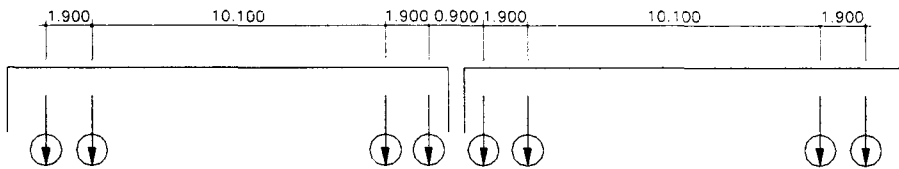
구분 하중	비합성정보		합성정보		비고
	단면계수	탄성계수	단면계수	탄성계수	
프리스트레스	총단면	프리스트레스 도입시	순단면	프리스트레스 도입시	
자중	총단면	프리스트레스 도입시	순단면 (초기상태) 총단면 (최종상태)	프리스트레스 도입시	
합성전 고정하중	총단면	교면포장시	총단면	바닥판 타설시	비합성보인 경우 사하중
합성후 고정하중			총단면+ 바닥판단면	바닥판 타설시	비합성보 해당없음
활하중	총단면	교면포장시	총단면+ 바닥판단면	바닥판 타설시	

3.4 SUBROUTINE 4 (경량전철에 대한 활하중 (충격포함) 해석)

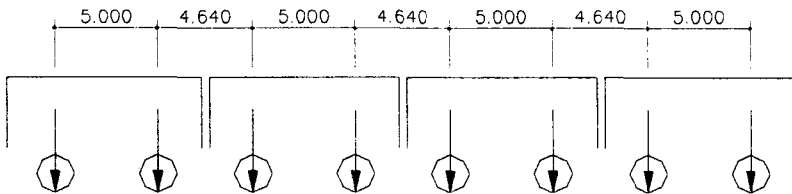


경량전철은 크게 철제차륜과 고무차륜으로 나뉘며, 각 하중형태는 다음과 같으며, 두가지 모두에 대해 적용이 가능하도록 프로그램작성시 고려하였다.

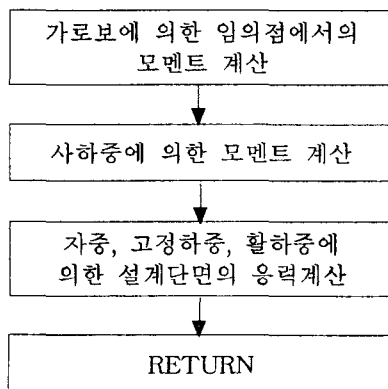
1) 철제차륜 차량 (열차 축하중 : 9.0 tonf)



2) 고무차륜 차량 (열차 축하중 : 9.5 tonf)

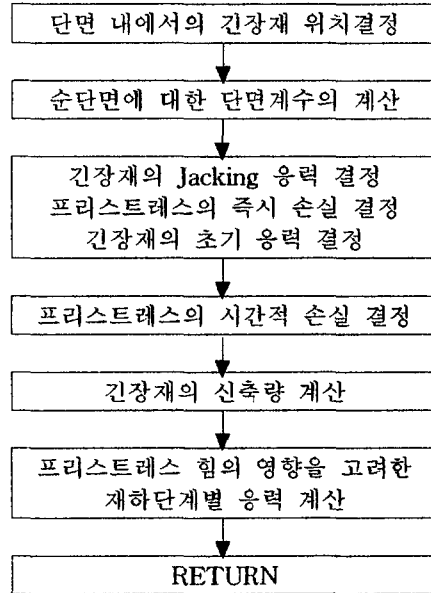


3.5 SUBROUTINE 5 (고정하중, 활하중에 의한 단면의 응력계산)



3.6 SUBROUTINE 6 (프리스트레스의 영향을 고려한 재하단계별 응력계산)

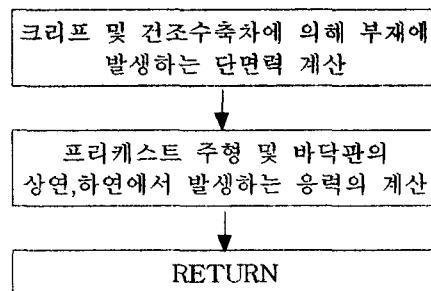
프리스트레스 도입시 손실(즉시 손실)에는 정착장치의 활동, PC강재와 쉬스 사이의 마찰, 콘크리트의 탄성변형 등에 의한 손실이 있다. 프리스트레스 도입후 손실(시간적 손실)에는 콘크리트의 크리프, 콘크리트의 건조수축, PC강재의 릴랙세이션(relaxation) 등에 의한 손실이 있다.



재하 단계는 다음의 4가지로 구분된다.

- 1단계 : 초기 프리스트레스 힘
- 2단계 : 초기 프리스트레스 힘 + 자중
- 3단계 : 초기 프리스트레스 힘 + 자중 + 합성전 고정하중
- 4단계 : 초기 프리스트레스 힘 + 자중 + 합성전 고정하중 + 합성후 고정하중 + 활하중

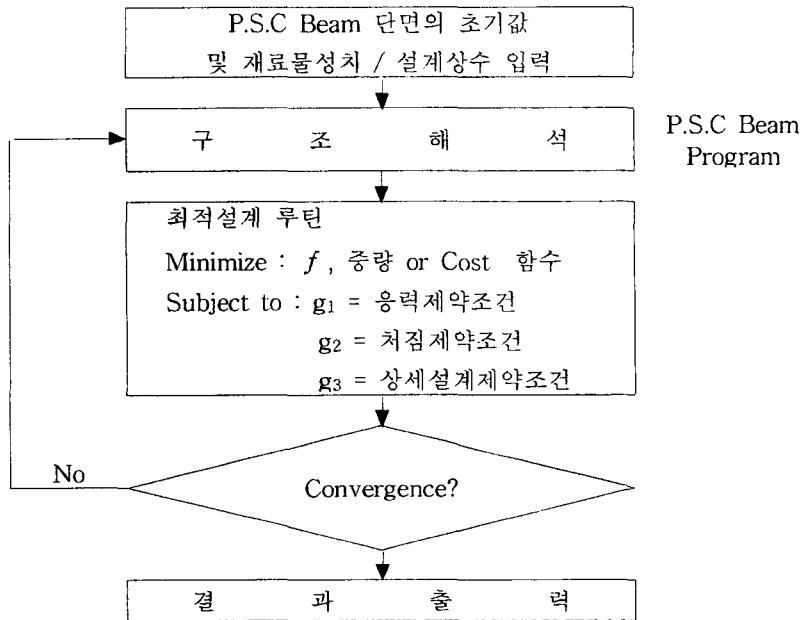
3.7 SUBROUTINE 7 (2차 응력의 계산)



일반적으로 건조수축차에 의해 발생하는 응력은 주형에 불리하게 발생하고, 크리프에 의해 발생하는 응력은 주형에 유리하게 발생한다.

4. P.S.C Beam의 형상 최적화

위에서 작성된 프로그램을 이용하여 다음과 같은 조건으로 반복하여 계산하면, 구조적으로 안전하고 경제적인 P.S.C Beam 단면을 구할 수 있다.



5. 결론

본 논문에서는 경량전철이 운행하는 프리캐스트 P.S.C BEAM 교량(Precast Pre-Stressed Concrete Beam Bridge)의 상부구조 설계를 자동화하고 최적단면을 도출하기 위한 일련의 계산 과정에 대해 프로그램을 제작하고 소개하였다. 프로그램은 다음과 같이 이루어져 있다.

1단계 : 횡분배 계산

2단계 : P.S.C Beam 계산

3단계 : 단면 최적화

일련의 과정을 자동화함으로써 구조적으로 안전하고 경제적인 P.S.C Beam 단면을 구할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 “경량전철시스템 기술개발사업(선로구축물분야)”의 일부로서 수행되었으며 주관기관인 포항산업과학연구원의 연구비 및 제반지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 포항산업과학연구원(1999) 경량전철시스템기술개발사업 1차년도 연구결과 보고서(분야:선로구축물), 연구보고서, 건설교통부
2. 건설교통부(1998) 도시철도차량표준사양
3. 건설도서(1988) PC교의 설계 계산예
4. 신현목(1989) 프리스트레스트 콘크리트, 동명사