

압출공법에 의한 가설시 추진코가 주형에 미치는 영향

The Effects of a Launching Nose on Main Girder Erected by Incremental Launching Method

吳貴煥* · 金哲永** · 朴英錫***

Oh, Kwi Hwan · Kim, Chul Young · Park, Young Suk

Abstract

Since the structural system of a prestressed concrete bridge erected by Incremental Launching Method is varying continuously during construction, the main girder bears alternating stress resultants different from those under a service load condition. The magnitude of these stress resultants depends on span lengths, nose length and stiffness ratios between girder and nose.

A parametric study is performed for various span lengths, nose lengths and stiffness ratios. In order to analyze structural systems varying at every launching step two programs are developed; a pre-processor which automatically produces a data file for each stage and a main-processor which can summarize the results of all stages. From the results, the relationships between optimum nose length and stiffness ratio are proposed for various span lengths.

요 지

프리스트레스드 콘크리트 교량을 압출공법으로 가설하는 과정에서는 구조계가 계속하여 변하므로 교량의 주형에는 사용하중 상태에서와는 상이한 교번 단면력이 발생하게 된다. 이러한 단면력의 크기는 경간 길이, 추진코의 길이 및 강성비에 영향을 받게 된다.

본 논문에서는 많은 예제를 해석하여 이러한 요소들이 주형에 발생하는 최대 단면력에 미치는 영향을 연구하였다. 주프로그램의 복잡한 입력작업을 쉽게 처리할 수 있는 선처리 프로그램과 더불어 주형 압출시 변화되는 구조계의 다단계 해석을 수행하여 최종적인 결과를 종합 출력할 수 있는 전산프로그램을 개발하였다. 압출공법으로 시공되는 박스거더교를 대상으로 하여 여러가지 경간길이에 대한 구조해석을 수행한 결과로부터 경간 길이에 따른 최적 추진코길이와 강성비의 상호 관계를 제안하였다.

1. 서 론

1950년대 이후 P.C.(Prestressed Concrete)의 발

- * 정희원 · 도우 엔지니어즈 토목구조부 부장
- ** 정희원 · 명지대학교 공과대학 조교수, 토목공학과
- *** 정희원 · 명지대학교 공과대학 부교수, 토목공학과

달과 더불어 장경간의 교량을 미관, 경제성, 유지관리 측면에서 우세한 P.C.구조물로 가설하고 있는 추세이다. 또한 P.C.박스거더교의 가설방법은 장비의 기계화 및 시공기술의 개발로 재래의 동바리 공법에서 동바리를 사용하지 않는 이동식비계공법(Mo-

vable Scaffolding System), 압출공법(Incremental Launching Method), 캔틸레버공법(Free Cantilever Method) 등으로 발전되었다. 특히 1960년대 초 서독의 F. Leonhardt, W. Baur 등에 의하여 개발된 압출공법은 동바리에 의한 시공이 곤란한 계곡이나 하천을 횡단하는 연속교의 가설방법으로서 매우 적합한 공법이다.

압출공법이란 교량 상부구조의 가설방법으로서 적당한 길이로 분할된 P.C. 세그먼트를 교대 후방에 설치된 작업장에서 제작하여 압출용 P.S.강재를 긴장한 후 압출장비를 이용하여 교축방향으로 밀어내는 공법이다(그림 1 참조).

압출공법에 의하여 가설되는 교량은 대부분 비틀에 대한 저항능력이 큰 P.C. 박스형 단면으로 제작되며, 압출 중 캔틸레버 상태에서 발생하는 큰 부

모멘트를 줄이기 위하여 가교각을 세우거나 추진코(Launching Nose)를 붙이며 때로는 케이블을 사용하기도 한다.

압출공법에 의한 P.C.박스거더교의 상부구조 설계는 두 단계로 분리하여 검토되어야 하는데, 그 하나는 시공시 주형의 압출단계별 응력상태이고 나머지는 완성 후 설계하중 작용시의 응력상태이다. 후자는 다른 공법에 의한 설계방법과 큰 차이가 없으나, 전자는 각 단계에서 항상 상이한 구조계를 형성하므로 임의의 한 단면에서 자중에 의한 정,부의 교번모멘트를 받게 되며 또한 압출선단부의 캔틸레버상태에서 과대한 부모멘트가 발생하게 되므로 이에 따른 응력검토는 필수적이다.

이 공법은 오스트리아의 Ager교(1959-1962년)를 시작으로 베네주엘라의 Rio Caroni교(1962년), 스위스의 Inn교(1965년)에 차례로 적용되면서 현재와 같은 방법으로 발전하였고, 1970년대 들어 여러가지 압출방식들이 개발되므로 다수의 교량가설공법으로 채택되었다. 일본의 경우는 幌萌大橋(73년), 猿ヶ石川橋(76년) 등 철도교를 중심으로 많은 교량이 압출공법에 의하여 건설되었다.

1974년 安藤⁽¹⁾ 1976년 鈴木⁽²⁾ 등은 가설경간의 60% 전후가 경제적인 추진코의 길이라고 발표하였다. 1977년 清水⁽³⁾는 田平橋의 설계, 시공보고를 통해 가설경간의 45%인 추진코를 사용하였다고 보고하였다. 그 후 1978년 千田⁽⁴⁾은 가설경간의 1/2-2/3정도, 1979년 일본 건설성의 『압출공법을 적용하는 P.C. 박스거더의 설계시공요령의 작성』에서는 최대경간장의 2/3, 횡강성은 주형의 1/10정도, 1980년 町田⁽⁵⁾은 60-70%, 일본 국유철도의 『압출공법에 의한 P.C. 거더 설계시공지침서』는 60-70%의 길이를 각각 최적 길이로 발표하여 추진코의 최적 길이는 가설 최대경간의 60-70%로 정해진 경향이 있다. 그러나 횡강성에 대한 연구는 주형의 1/9-1/15정도가 좋다는 보고도 있지만 확실한 근거가 없으며 또한 연구결과들도 충분하지 못하다.

국내에서의 압출공법에 의한 시공은 호남고속도로 4차선 확장공사구간의 금곡천교(1984년)를 시작으로 현재까지 고속도로를 중심으로 약 45개소의 교량이 시공 및 설계되었다. 그러나 본 공법에 의한 시공 사례가 많아짐에도 불구하고 이에 대한 연구는 충분하지 못하다. 1985년 이성권⁽⁶⁾은 SAP-5 프로그램

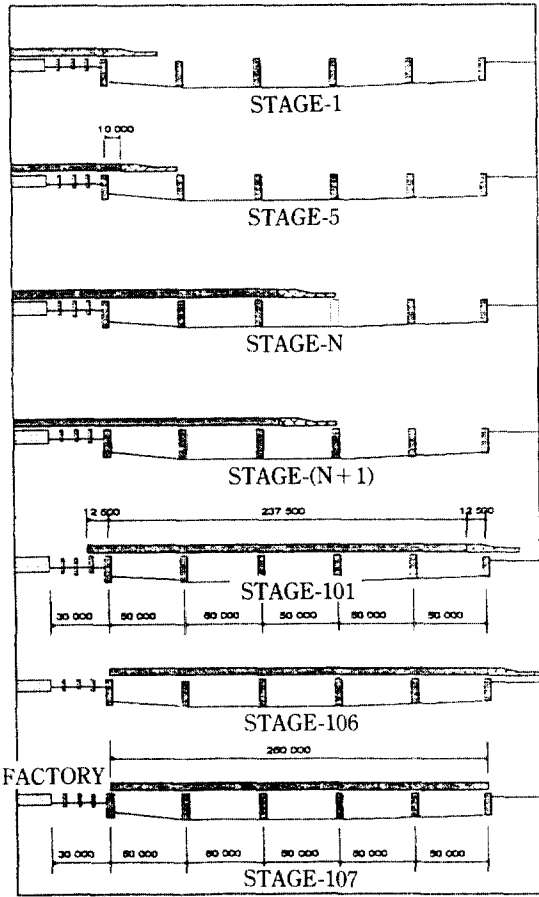


그림 1. 압출시공 각 단계의 구조계

을 이용하여 해석한 결과로부터 추진코길이는 최대 경간의 60-80%가 적당하다고 제안하였으나 강성에 관한 내용은 분명하지 않았고, 1986년 한국건설기술연구원 연구보고서⁶⁾에서 추진코의 길이는 경간 길이의 60-70%, 강성비는 $k=0.1$ 이 적당한 상태라고 발표하였으며, 실제 시공에 있어서도 단순히 외국의 시공사례를 참고하여 대개 65-75%의 범위에서 추진코의 길이를 결정하여 시공하고 있는 실정이다.

본 논문에서는 P.C.박스거더교를 압출공법에 의하여 가설할 때 경간길이, 압출코의 길이와 강성이 시공중 주행에 발생하는 최대부모멘트의 크기에 미치는 영향을 연구하여 경간길이에 따른 압출코의 강성과 최적 추진코길이의 관계를 제시하고자 한다. 이를 위하여 다음과 같은 내용의 연구를 수행한다.

(1) 연구범위

- 1) 일정한 강성비에서 추진코길이의 변화에 따른 주행의 단면력 고찰
- 2) 일정한 추진코길이에서 강성비의 변화에 따른 주행의 단면력 고찰
- 3) 경간길이에 따른 추진코길이와 강성비의 관계 고찰
- 4) 경간장과 그 구성에 따른 주행의 단면력 고찰

(2) 제한사항

- 1) 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의한 장기거동을 고려하지 않는 선형 탄성이론에 의거 2차원 보 요소로 해석한다.
- 2) P.S.강재(Prestressing Tendons)는 시공 단계별 단면력에 의하여 결정되므로 그 영향은 무시한다.
- 3) 추진코의 형상은 수치해석 예에 적용한 모델로 한정된다.

그리고 본문의 내용에서 강성비(k)라 함은 주형인 P.C.박스거더 단면의 휨강성($E_c I_c$)에 대한 추진코의 휨강성($E_s I_s$)의 비로서 식(1)로 표현된다.

$$k = \frac{E_s I_s}{E_c I_c} \quad (1)$$

여기서 E_s, E_c =강재 및 콘크리트의 탄성계수
 I_s, I_c =추진코 및 주형의 단면2차모멘트

2. 해석방법

2.1 개요

압출공법에 의한 P.C.박스거더의 가설방법은 압출 중 각 단계마다 구조계가 변화하므로 일반적인 범용 프로그램을 사용하여 해석하기에는 입력작업이 매우 복잡하여 많은 시간과 인력을 들여야 한다. 즉 해석단계마다 좌표계를 재 설정해서 절점을 나누어 좌표를 계산하고 부재번호와 해당 부재의 단면재원을 파악하여 입력자료(DATA)를 작성해야 된다. 또한 압출중의 모든 과정을 해석한 이후에는 가설용 P.S.강재량을 결정하기 위하여 각 단면이 전 압출중에 받았던 최대의 단면력을 알아야 하므로 모든 해석결과를 일일이 확인하여 정리해야 된다.

상기와 같은 문제해결을 위하여 먼저 압출시공과정의 해석단계들에 대한 입력자료를 자동으로 형성해주는 선처리 프로그램(pre-processor)과 더불어 일반적인 2차원 뼈대 구조물의 해석을 비롯한 압출시공과정의 최대 단면력을 계산해주는 전산 프로그램을 개발한다.

2.2 프로그램의 구성

본 연구에서 개발된 선처리 프로그램과 주프로그램은 IBM-PC 호환기종의 DOS 환경하에서 이루어졌고 언어는 FORTRAN-77을 사용하였다. 전체과정은 다음과 같이 3단계로 구성되었다.

(1) 선처리 프로그램(pre-processor)

압출시공중 각 단계별로 재구성되는 복잡한 입력 자료를 간단한 자료에 의하여 자동으로 형성해주는 프로그램이다. 이에 대한 입력자료는 압출완료 후의 상태에서 다음과 같다.

- 1) 경간수 및 각 경간의 길이
 - 2) 세그먼트의 갯수 및 길이(추진코 포함)
 - 3) 각 세그먼트의 단면상수
 - 4) 하중(재료별 단위중량)
 - 5) 해석단계의 간격 및 최대 단면력의 출력간격
- 입력자료에 의하여 각 단계별로 주 프로그램(main processor)에서 필요한 자료를 생성하는 순서는 다음과 같다.
- 1) 단계별 구조물의 길이계산
 - 2) 절점분할 및 좌표계산
 - 3) 분할된 각 부재의 단면상수 및 절점번호 지정
 - 4) 각 절점에 대한 지점조건 지정

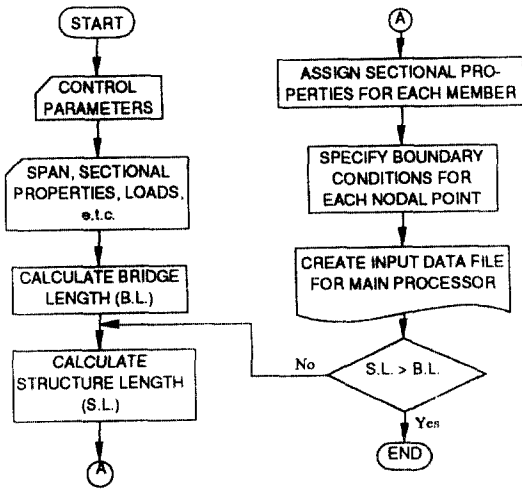


그림 2. 선처리 프로그램의 흐름도

5) 주 프로그램(main program)의 입력순서에 따른 출력

상기한 1)~5)의 순서에 따라 최종단계인 압출완료 후 추진코를 제거한 상태까지 반복수행하며 이에 대한 흐름도는 그림 2와 같다.

(2) 주 프로그램

주 프로그램의 구성은 일반적인 평면뼈대요소를 이용한 매트릭스 직접강도법을 골격으로 하였으며, 선처리 프로그램에 의해 생성된 자료를 사용하여 압출중 매 단계마다 각 절점에 대한 최대 단면력을 취하면서 반복수행할 수 있도록 하였다. 또한 임의의 단면에 대한 단계별 응력(단면력)이력을 알 수 있게 하였다. 이 과정을 순서대로 열거하면 다음과 같다.

- 1) 절점 및 부재에 대한 자료입력
- 2) 부재좌표계의 강도매트릭스 계산
- 3) 부재좌표계의 강도매트릭스를 전체좌표계로 변환
- 4) 부재강도매트릭스를 조합하여 전체구조물강도 매트릭스를 형성
- 5) 하중자료 입력
- 6) 등가절점하중 계산
- 7) 변위 및 단면력 계산
- 8) 최대 단면력 및 특정단면(절점)에 대한 단면력 저장
- 9) 각 단계별 변위 및 단면력 등 출력

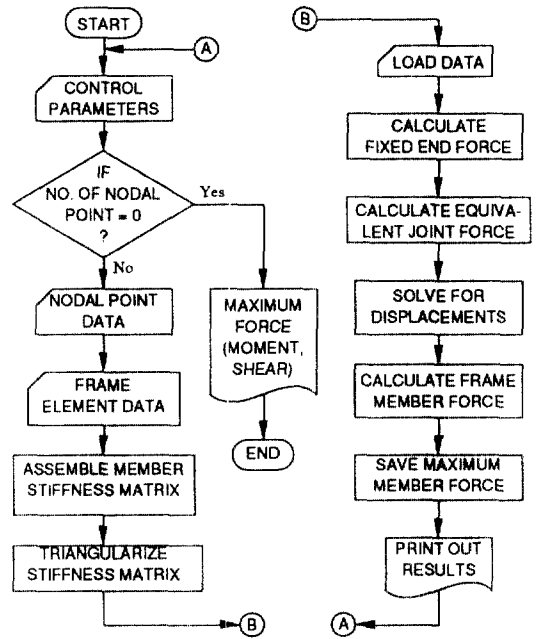


그림 3. 주처리 프로그램의 흐름도

1)~9)의 과정을 최종단계까지 반복수행하며 마지막 단계가 완료되면 각 부재에 대한 최대단면력 및 특정단면에 대한 응력이력이 출력된다. 이 과정을 도시하면 그림 3과 같다.

3. 적용에 및 고찰

3.1 해석 모형

압출공법에 의한 교량가설시 경간길이와 추진코의 길이 및 강성이 주형의 단면력에 미치는 영향을 비교분석하기 위하여 박스형 단면을 가지는 P.C.교량을 다음과 같은 경우들을 조합한 총 254개의 해석을 수행하였다.

(1) 경간 구성

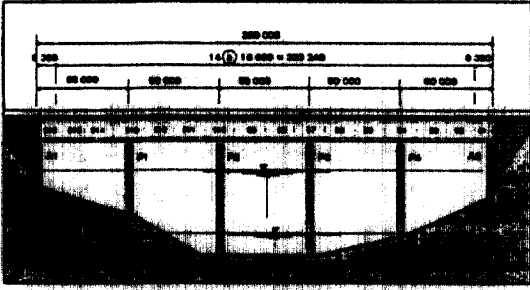
5 @ 40m, 5 @ 50m, 5 @ 60m, 6 @ 50m, 7 @ 50m, 30m + 3 @ 50m + 30m, 40m + 3 @ 50m + 40m

(2) 강성비(모든 경간구성에 대해)

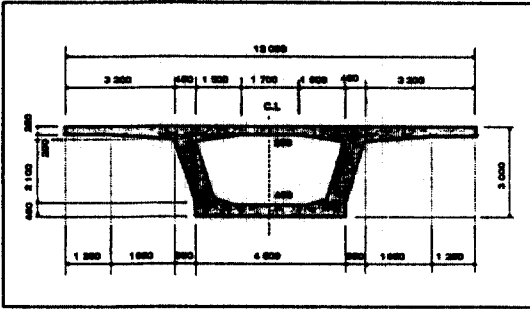
0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.5, 0.6, 1.0

(3) 추진코의 길이

경간구성과 강성비에 따라 20m~40m 범위의 값을 3개 내지 5개 선택



(a) 종단면도

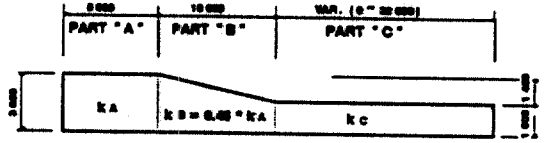


(b) 주형 단면

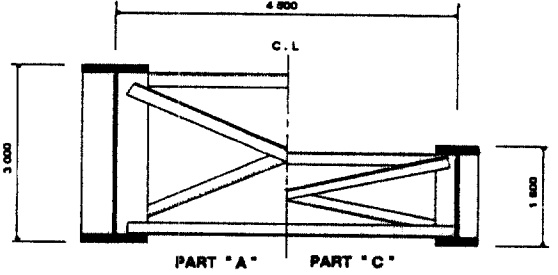
그림 4. 해석 교량의 종단면도와 횡단면도

5@50m 인 등경간교량의 종단면도와 횡단면도는 그림 4와 같으며, 한 세그먼트의 길이는 경간길이의 1/3정도로 하였다. 첫번째 세그먼트의 압출시 전도에 대한 안정을 위하여 교대 후방에 30m의 여유장을 두었으며 제작장은 한 세그먼트를 충분히 수용할 수 있는 길이로서 18m로 계획하였다.

기존의 연구^(6,7)에서는 추진코 전체길이를 일정한 단면(동일한 강성)으로 가정하여 해석하였으나 실제 형상과는 많은 차이가 있다. 설계시 적합한 등가의 강성비를 추출하기 위하여 그림 5와 같은 실용적인 추진코의 형상 및 단면제원을 선택하였다. 그림 5에서 구간 "B"의 강성은 일정한 단면의 값으로 가정하였으며 구간 "A"의 강성비(k_A)에 대한 45%를 취하여 적용하였다. 또한 구간 "C"의 강성은 주형 단면 강성의 3%를 적용하였다. 45% 및 3%의 값을 취한 이유는 본 논문에서 해석된 모든 경우의 최대 정모멘트에 의거 단면설계를 해본 결과 가장 합리적인 비율로서 판단되었기 때문이다. 본 논문에서 언급되는 강성비(k)는 구간 "A"의 강성비(k_A)를 의



(a) 종단면



(b) 단면도

그림 5. 추진코의 단면

미한다.

압출시 작용하는 하중은 주형 및 추진코의 자중과 추진코접합부의 격벽에 의한 집중하중이 있다. 추진코에 작용하는 하중은 동일한 외력조건에서의 변화상태를 파악하기 위하여 주형자중의 10%로 고정시켰다.

압출은 시점에서 종점방향으로 하며 교량 총연장에서 주형선단이 시점에 위치한 때를 첫 단계로 하여 2.5m 간격으로 증가시키면서 단계별 해석을 수행하였다. 추진코선단이 지점부에 위치하는 경우에는 지점이 없는 경우와 있는 경우를 분리하여 해석하였고 압출완료 후 추진코가 제거된 경우를 마지막 단계로 하였다. 이 과정을 도시하면 그림 1과 같다.

해석에 사용한 재료 및 단면의 상수값들은 다음과 같다.

콘크리트단위중량 : $\gamma_c = 2.5 \text{ t/m}^3$

콘크리트탄성계수 : $E_c = 2.8 \times 10^6 \text{ t/m}^2$

강재 단위 중량 : $\gamma_s = 7.85 \text{ t/m}^3$

강재 탄성 계수 : $E_s = 2.1 \times 10^7 \text{ t/m}^2$

주형의 단면적 : 7.283 m²(40m 등경간)

7.704 m²(50m 등경간과 부등경간)

8.263 m²(60m 등경간)

주형의 단면2차 모멘트 : 5.904 m⁴(40m 등경간)
 9.894 m⁴(50m 등경간
 과 부등경간)
 15.452 m⁴(60m 등경간)

3.2 추진코 길이의 영향

해석결과를 분석해 보면, 최대 부모멘트가 발생되는 단계별 구조계는 다음의 두가지 경우임을 알 수 있다.

Case-1 : 그림 6에서 추진코 선단이 교각에 닿기 직전의 캔틸레버 상태(이 때의 부모멘트 값 : M_{cant})

Case-2 : 그림 7과 같이 추진코 선단이 교각 P_2 를 통과하고 주형선단이 P_1 을 지나서 제2경간의 약 60%를 경과하였을 때의 상태(이 때의 부모멘트값 : M_{supp})

각 단면이 압출도중에 받는 단면력 중 최대값을 취하여 최대단면력도를 그릴 수 있으며, 해석경우 중에서 경간 5 @ 50m, 강성비 0.25일 때의 최대단

면력도가 각 추진코 길이에 대하여 그림 8~10에 나타나 있으며, 교량 전체에서의 최대치를 표 1에 정리하였고 이를 그림 11에 도시하였다.

그림 8은 최대 정모멘트의 값을 표시한 그림으로서 추진코 길이의 변화에 따른 차이는 거의 없음을 알 수 있다. 또한 그림 9는 최대 전단력의 변화도인데, 주형선단부에서 약간 차이를 보이나 그 비율은 약 10% 이내로서 설계의 주요한 고려사항이 되지 못한다. 하지만 최대부모멘트는 그림 10에서 보듯이 주로 압출선단부 경간에서 추진코 길이에 따라 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 이 부분을 확대한 그림(b)를 자세히 관찰해 보면 Case-1의 상태(그림 6)에서의 지점부 부모멘트 M_{cant} 는 추진코길이가 증가함에 따라 거의 일정하게 큰 차이로 감소되고 있으나, Case-2의 상태(그림 7)에서의 지점부 부모멘트 M_{supp} 는 거의 변화하지 않음을 알 수 있다.

이러한 사실은 표 1과 그림 11에서도 확인할 수

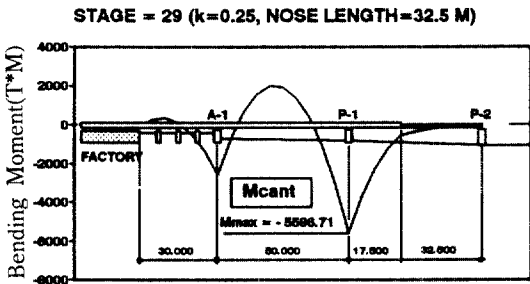


그림 6. Case-1의 휨모멘트도(STAGE=29)

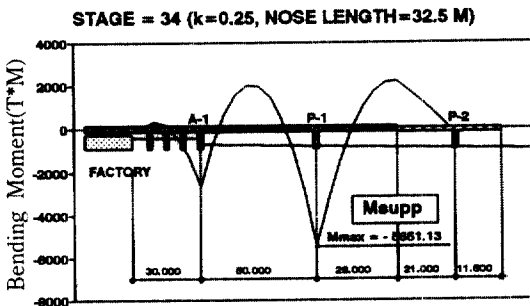


그림 7. Case-2의 휨모멘트도(STAGE=34)

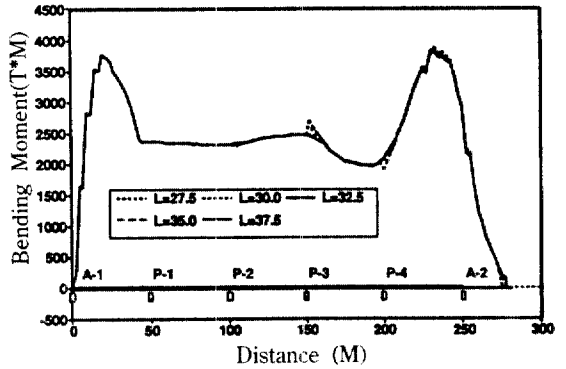


그림 8. 최대 정모멘트(5 @ 50m, k=0.25)

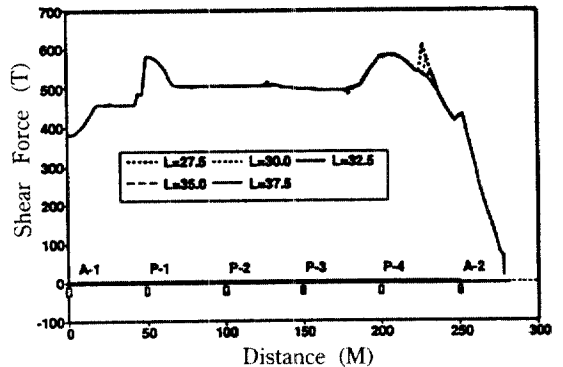
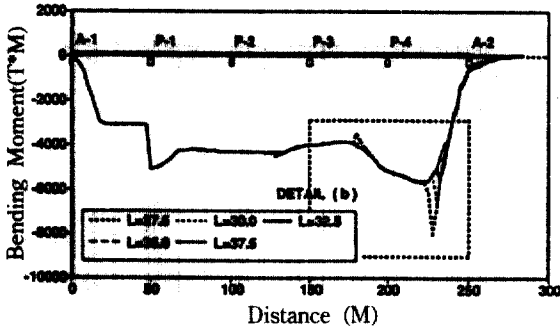
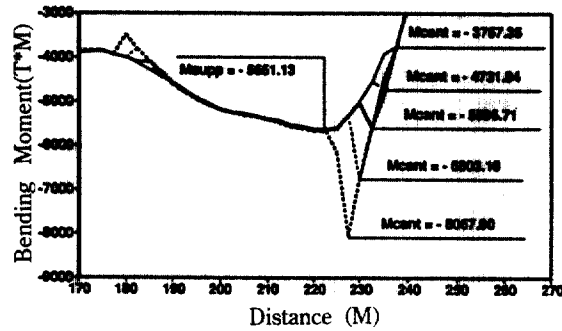


그림 9. 최대 전단력(5 @ 50m, k=0.25)



(a) 각 단면의 최대 부모멘트



(b) 상세도

그림 10. 최대 부모멘트(5 @ 50m, k=0.25)

표 1. 추진코 길이에 따른 최대 단면력 (5 @ 50m, k = 0.25)

추진코길이	정모멘트	부모멘트	전단력
25.0	3,884.22	-9,262.06	642.74
27.5	3,871.08	-8,067.90	609.42
30.0	3,844.84	-6,803.18	584.75
32.5	3,827.62	-5,651.13	583.21
35.0	3,807.21	-5,632.25	582.87
37.5	3,776.69	-5,609.17	582.87
40.0	3,752.24	-5,582.18	582.87

있다. 추진코길이에 따른 최대단면력의 변화는 정 모멘트와 전단력은 거의 변화가 없고 부모멘트에 큰 영향을 준다. 최대 부모멘트의 변화상태를 분석해 보면, 추진코길이가 32.5m(경간장의 65%)가 될 때 까지는 추진코의 길이가 길수록 주형에 발생하는 최대부모멘트의 절대치는 감소하지만 그 이상이 되면 거의 변화가 없다. 그 이유는 추진코길이가 32.5m 미만이면 최대 부모멘트는 Case-1의 상태(그림 6)

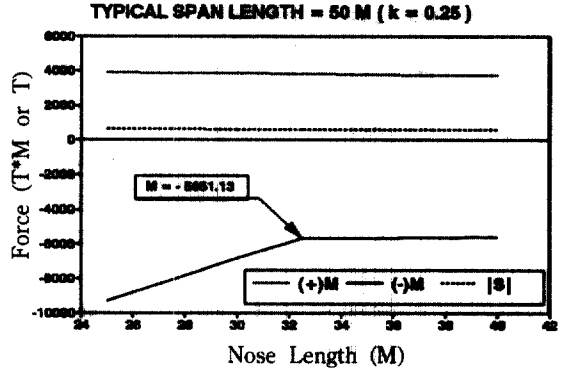


그림 11. 추진코길이에 따른 최대 단면력(5 @ 50m, k=0.25)

에서 발생되지만 그 이상이 되면 Case-2의 상태(그림 7)로 바뀌기 때문이다.

따라서 경간 5@50m, 강성비 k=0.25일 경우에는 추진코의 길이는 32.5m가 적절하다고 할 수 있다. 즉 추진코의 길이가 32.5m보다 작으면 작을수록 추진코를 제작하는 강재량은 줄어 들지만 시공 도 중에 주형이 부담해야 하는 응력은 커지므로 주형 단면이나 가설용 P.C.강재량이 늘어나게 된다. 하지만 추진코의 길이가 32.5m 이상이 되면 주형에 발생하는 최대 부모멘트값은 변화가 없으므로 추진코의 길이를 길게 하는 것은 비경제적이다.

다른 해석 경우의 결과에서도 경간구성이나 강성비에 관계없이 동일한 현상을 보인다.

3.3 추진코 감성의 영향

추진코의 강성이 시공도중 주형에 발생하는 최대 단면력에 미치는 영향을 파악하기 위해 해석결과를 각각의 강성비(k)에 대하여 서로 비교할 수 있도록 도시하였다. 그 중 경간 5@50m, 추진코 길이 NL=32.5m일 때 모든 강성비에 대한 최대 단면력도를 종합하여 그림 12~14에 수록하였으며, 교량 전체에서의 최대치를 표 2에 정리하였다.

그림 12는 최대 전단력을, 그림 13은 최대 정모멘트를 나타낸 그림이며 강성비가 변하더라도 최대치에는 큰 차이를 보이지 않음을 알 수 있다.

그림 14는 모든 단면에 대한 최대 부모멘트를 나타낸 그림이며, 강성비가 달라지면 주로 압출선 단부 경간에서 큰 변화를 보임을 알 수 있다. 그림 (b)를 관찰해 보면 강성비가 변해도 추진코의 길이는

표 2. 강성비에 따른 최대 단면력
(5 @ 50m, NL=32.5m)

강성비	정모멘트	부모멘트	전단력
0.10	3,804.15	-6,773.48	589.76
0.15	3,817.17	-6,229.53	585.59
0.20	3,823.70	-5,886.60	583.82
0.25	3,827.62	-5,651.13	583.21
0.30	3,830.24	-5,596.71	583.11
0.40	3,833.52	-5,596.71	583.00
0.50	3,835.49	-5,596.71	582.93
0.60	3,836.80	-5,596.71	582.88
1.00	3,839.43	-5,596.71	582.79

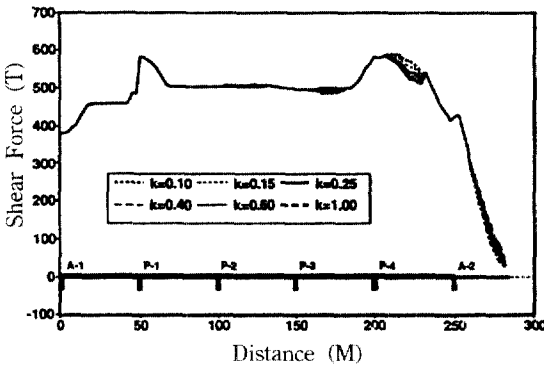


그림 12. 최대 전단력(5 @ 50m, NL=32.5m)

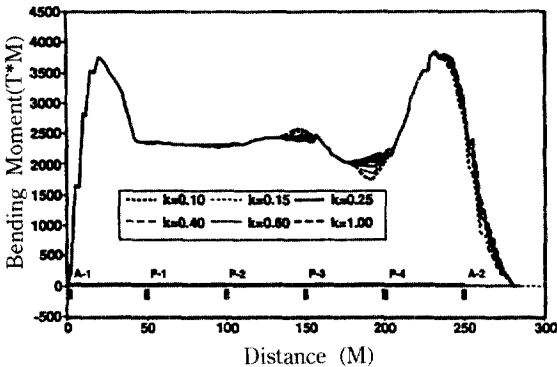
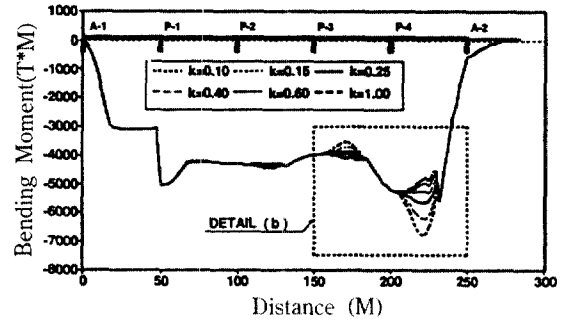
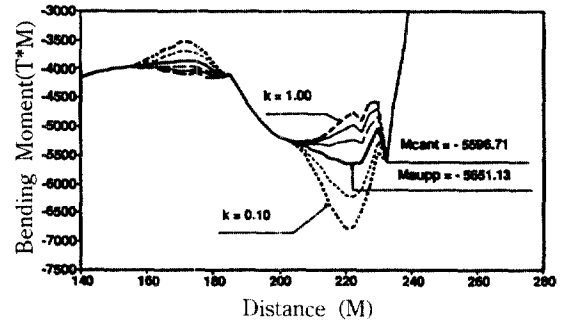


그림 13. 최대 정모멘트(5 @ 50m, NL=32.5m)

일정하므로 Case-1 상태에서의 지점부 부모멘트 ($M_{cant} = -5596.71 \text{ t} \cdot \text{m}$)는 일정한 값을 갖는다. 반면에 Case-2 상태에서 발생하는 지점부 최대 부모멘트 M_{supp} 는 강성비가 커짐에 따라 큰 폭으로 감



(a) 각 단면의 최대 부모멘트



(b) 상세도

그림 14. 최대 부모멘트(5 @ 50m, NL=32.5m)

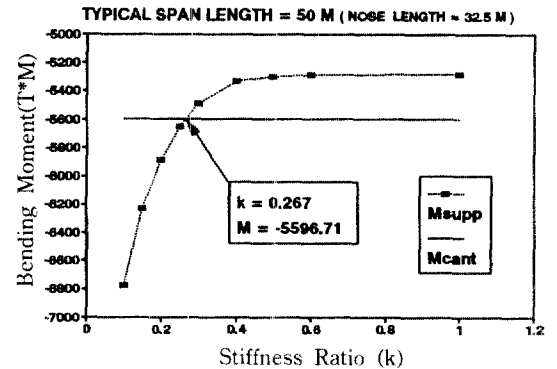


그림 15. 강성비에 따른 최대 부모멘트(5 @ 50m, NL=32.5m)

소됨을 알 수 있다.

표 2에서도 전단력과 정모멘트의 최대치는 강성비의 변화에도 큰 차이가 없으나 최대 부모멘트의 절대치는 $k=0.3$ 까지는 감소하다가 그 이상이 되면 일정한 값을 갖음을 알 수 있다. 최대 부모멘트의 변화를 자세히 고찰하기 위하여 각 강성비의 해석

표 3. 경간 구성에 따른 최대 단면력

해석 경우		정모멘트	부모멘트	전단력
k=0.3	5 @ 40	2,310.39	-3,364.03	441.461
NL=	5 @ 50	3,847.57	-6,803.18	582.868
30.0m	5 @ 60	5,983.16	-11,765.7	750.489
	5 @ 50	3,827.62	-5,651.13	583.207
k=	6 @ 50	3,827.62	-5,651.13	583.207
0.25	7 @ 50	3,827.62	-5,651.13	583.207
NL=	30+3 @ 50+30	3,823.21	-5,633.08	582.784
32.5m	40+3 @ 50+40	3,740.13	-5,546.08	580.719

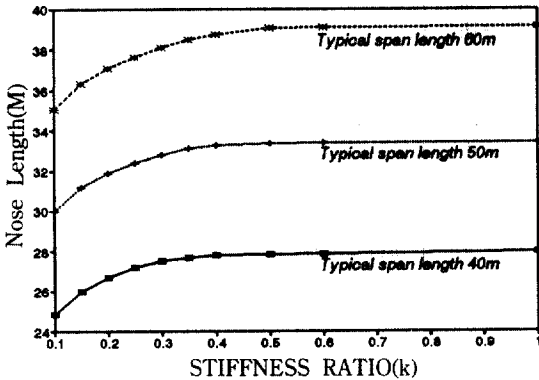


그림 16. 경간장에 따른 최적 추진코길이-강성비의 관계

결과에서 M_{cant} 와 M_{supp} 의 값을 각각 찾아서 그림 15에 도시하였다. 이 그림에서 M_{cant} 값은 강성비에 관계없이 일정하지만 M_{supp} 는 강성비에 따라 그 값이 변함을 알 수 있다. 따라서 두 선의 교점인 $k=0.267$ 까지는 M_{supp} 가 최대 부모멘트가 되어 강성비가 커짐에 따라 최대 부모멘트의 절대치도 감소하지만 그 이상이 되면 M_{cant} 가 최대 부모멘트가 되므로 강성비에 무관하게 일정한 값을 갖는다.

이러한 현상 역시 모든 경간 구성에서 추진코의 길이에 무관하게 동일하게 나타났으며, 이로 부터 추진코의 강성을 어느 정도까지(5@50m, NL=32.5m일 경우 $k=0.267$) 키우는 것은 주형이 부담하는 최대 부모멘트의 크기를 줄여 줄 수 있으나 그 이상이 되면 아무런 영향을 미치지 못하므로 비경제적이 된다고 할 수 있다.

3.4 경간수와 길이의 영향

표 3은 동일한 추진코 길이와 강성비에 대해 교

량의 경간 구성이 다를 경우의 최대 단면력 값을 정리해 놓은 표이다. 여기에서 먼저 경간수는 5개로 동일하지만 경간장이 각각 40m, 50m, 60m인 경우의 결과들을 보면, 사용하중 상태일 경우와 같이 경간 길이가 커짐에 따라 시공중에 주형이 부담하는 최대 단면력 값도 매우 커짐을 알 수 있다. 그러나 길이는 50m로 동일하지만 갯수가 5개, 6개, 7개인 경우에는 경간의 갯수에는 상관없이 동일한 최대 단면력을 받는다. 즉 교량이 등경간으로 지지될 경우에는 경간의 길이는 시공중의 단면력에 큰 영향을 미치지만 그 갯수와는 무관함을 알 수 있다.

가운데의 3경간은 50m로서 길이가 같지만 외측 경간들만 30m 혹은 40m로서 구성되어 있는 부등경간의 경우에는 비록 50m 등경간인 경우와 다른 최대 단면력 값을 주지만 그 차이는 최대 2.3%에 불과하다. 그리고 40m+3@50m+40m인 경우의 최대 단면력들은 5@40m 등경간인 경우와는 매우 차이가 큼을 알 수 있다. 즉 압출공법으로 가설되는 부등경간 연속교가 외측의 경간만 길이가 다르고 가운데 경간들은 등경간일 때에는 가운데 등경간부의 경간 길이가 시공도중에 주형에 발생하는 단면력을 좌우한다.

3.5 경간장에 따른 최적 추진코길이-강성비의 관계

상기한 해석결과들의 고찰을 종합하여 교량의 경간길이(부등경간일 경우에는 내측 등경간부의 경간장)에 따라 주어진 추진코의 강성에 가장 적합한 최적 추진코길이를 찾을 수 있으며 이를 그림 16에 나타내었다. 이 그림은 압출공법으로 가설되는 교량의 설계시에 적절한 추진코의 형태를 결정하는 데 사용될 수 있을 것이다.

4. 결 론

압출공법에 의한 교량 가설시 압출과정에서 주형에 발생하는 최대 단면력중 경간장, 추진코의 길이 및 강성에 가장 민감한 영향을 받는 것은 부모멘트이며, 이것이 설계시에 중요한 고려사항이 된다. 최대 단면력에 대한 각각의 영향을 분석하면 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

(1) 등경간일 경우 최대 단면력의 크기는 경간의

길이가 커질수록 커지며 갯수에는 무관하다. 외측 경간장이 내측 등경간부의 경간장에 비해 짧은 교량일 경우에는 내측 등경간부의 경간장이 최대 단면력의 크기를 좌우하며 외측 경간장의 영향은 매우 작다.

(2) 추진코의 길이가 길어질수록 주형에 발생하는 최대 부모멘트의 절대치는 작아진다. 그러나 그림 16에 제시한 최적길이 이상이 되면 그 영향은 매우 작아져서 더 이상 추진코의 길이를 키우는 것은 비경제적이 된다.

(3) 추진코의 강성이 커질수록 주형이 부담해야 할 최대 부모멘트의 절대치는 작아진다. 그러나 이 역시 특정치 이상이 되면 그 영향은 없어져서 추진코의 강성을 더 이상 크게 설계하더라도 주형이 부담하는 최대 부모멘트의 크기를 줄여주지는 못한다.

본 논문에서 제시한 그림 16의 최적 추진코길이-강성비의 관계를 이용하면 교량의 경간구성에 따라 압출도중에 주형에 발생하는 응력을 최대한 줄여주면서도 경제적인 추진코의 형태를 결정할 수 있을

것이다.

참 고 문 헌

1. 安藤照司 外 1人, “バウル レオンハルト押し出し工法”, 土木施工, Vol.15, No.4, 1974.
2. 鈴木 昭好 外 2人, “押し出し工法の研究と開発(1,2)”, 橋梁, Vol.12, NO.1-2, 1976.
3. 清水基衛 外 4人, “押し出し工法による田平橋の設計と施工”, プレストレスト コンクリート, Vol.19, NO.6, Dec. 1977.
4. 千田清悦, “P.C. けた 押し出し工法の設計施工と安全性”, 鐵道土木, Vol.20, NO.8, Aug. 1978.
5. 町田富士夫, “プレストレストコンクリート押し出し工法”, プレストレストコンクリート, Vol.22, NO.1, Feb. 1980.
6. 이성권, “연속압출공법에서 압출 NOSE가 단면에 미치는 영향에 대하여”, 연세대학교, 산업대학원 석사 학위논문, 1986.
7. 한국건설기술연구원, “경제적인 P.S.콘크리트 교량 건설공법에 관한 연구”, 연구보고서, 1986, pp 201-277, pp 556-587.

(接受 : 1991. 4. 25)