

기둥으로 지지된 슬래브橋의 모멘트 算定에 관한 研究

Simplified Bending Moment Analysis
in Slab Bridges supported by Column Type Piers

김영인* · 이채규** · 김 우***

Kim, Young Ihn · Lee, Chae Gyu · Kim, Woo

Abstract

It would be much effective that single column type pier is used in concrete slab bridges rather than Π or gravity type pier is used. To determine the longitudinal bending moment in concrete slab bridges supported by single column type piers, the concept of effective width is applied. By elastic plate theory cooperated with finite element method, the distribution of the longitudinal moment of the slab supported by single column type piers is studied. The main variables are span, width, thickness of the slab, and column section size. The analytical results obtained are summarized and analysed to evaluate the maximum longitudinal negative moment, then a simplified method for calculating the longitudinal moment is proposed.

요 지

鐵筋콘크리트 슬래브橋 設計時 橋脚을 T형 및 Π 형식으로 취하는 것보다 기둥만으로 슬래브를 직접 支持하도록 함으로써 有效空間 확보 뿐만 아니라 슬래브 自體의 耐荷力을 이용함으로써 構造的인 效率側面에도 유리하다. 그러나 기둥으로 지지된 슬래브교의 설계를 위한 휨모멘트계산은 아직 體系化 되어 있지 않은 상태이다. 中間支持點의 縱方向 최대휨모멘트를 有效幅概念을 적용하여 假像支間을 이용한 단순보해석으로 간단히 구할 수 있는 方法에 대하여 연구하고 有效폭을 數式化하였다. 主要變數는 支間, 橋幅, 슬래브 두께 및 기둥斷面으로 하고 有限要素法을 이용하여 斷面力의 變化를 조사 하였다.

1. 서 론

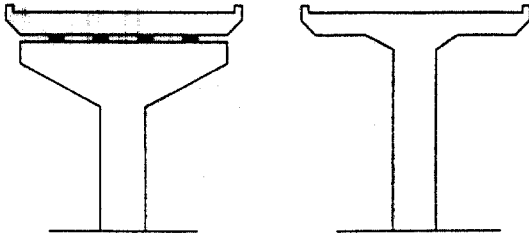
鐵筋콘크리트 橋梁중 간단한 上部構造를 가지고 있는 슬래브橋는 다른 形式의 교량에 비하여 構造

적으로 덜 效果적이지만 施工의 簡便性 및 교량밑의 有效空間의 確保를 위하여 짧은 支間の 교량에서 많이 사용되고 있다. 그런데 슬래브교를 그림 1(a)와 같이 重力式(T) 또는 라아멘(Π)形式에 의해 支持되도록 설계하는 경우 橋脚頭部에 의한 교량 自體의 美觀 및 橋脚下部의 有效공간을 확보하는데 문제점이 되고 있다. 반면에 그림 1(b)과 같이 기둥만으로

* 정희원 · 조선대학교 공과대학 토목공학과 부교수

** 정희원 · 조선대학교 대학원 박사과정

*** 정희원 · 전남대학교 공과대학 토목공학과 조교수



(a) T형교각 지지 슬래브교 (b) 고정 지지 슬래브교

그림 1. 슬래브교의 중간지지점의 형태

슬래브를 직접 支持하도록 設計한다면 橋脚 밑의 유효공간 확보 뿐만 아니라 슬래브 자체의 橫方向 耐荷力을 이용함으로써 從來의 橋脚頭部(그림 1a)를 代替할 수 있어 구조적인 效率側面에서도 유리할 것이다. 그러나 위와 같은 장점이 있는 반면에 슬래브교를 고정만으로 지지하면 上板슬래브설계할 때 縱 및 橫方向 設計모멘트를 결정하는데 복잡하게 된다. 즉 그림 1a와 같은 形態의 교각에 의해 지지되는 슬래브교는 1방향슬래브舉動에 의해 支配되므로 상판슬래브는 단순한 計算法에 의하여 解析 및 設計를 할 수 있는 반면에, 그림 1b와 같이 고정과 一體로 구성된 슬래브교는 2방향슬래브거동을 하게 됨으로써 해석 및 설계가 훨씬 복잡하게 된다.

그림 1a와 같은 교각으로 지지된 連續橋를 설계할 때 斷面力을 엄밀하게 해석하려면 계산이 복잡하기 때문에 우리나라의 道路橋示方書, 캐나다의 OHBDC (Ontario Highway Bridge Design Code) 및 일본 등 여러나라의 시방서에서는 死荷重 휨모멘트가 0이 되는 2점간의 距離를 假像支間(Effective Span)으로 한 單純보로 置換하여 보이론으로 斷面力을 계산하고 荷重橫分配係數를 곱하여 설계단면력을 算定하는 近似解法을 提示하고 있다. 고정으로 지지된 슬래브교에서 正모멘트는 그림 2와 같이 現行의 방법을 사용하여 계산하여도 충분히 信賴性 있는 단면력을 계산할 수 있으나, 中間支持點에서는 平均값보다 큰 단면력이 발생함으로 現행의 방법을 사용하여 중간 지지점의 단면력을 계산하면 實際의 應力狀態와 큰 차이가 있기 때문에 平均이론을 이용하여 해석하여야 한다. 그러나 平均이론으로 단면력을 계산한다는 것은 복잡하여 設計者의 입장에서는 容易한 방법이라고 할 수 없다.

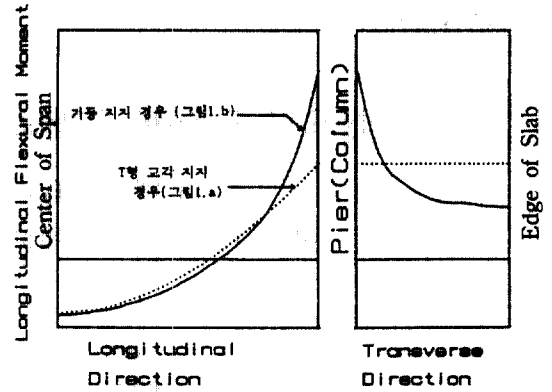


그림 2. 연속슬래브교의 종방향모멘트의 종·횡방향 분포 비교

고정만으로 지지된교량은 1957년 독일에서 건설된 Unkelstein교를 최초로 日本 등 여러나라에서 건설되고 있으나, 이에 대한 연구는 未盡하여 간단히 設計斷面力을 계산할 수 있는 방법이 현재까지 體系化되어 있지 않은 상태라고 할 수 있다. 따라서 본 연구는 死荷重 및 輪荷重이 作用할 때 고정으로 지지된 連續슬래브교의 중간지지점에서의 최대휨모멘트를 간단히 계산하기 위하여 연속슬래브를 어떤 一定幅(여기서는 有效幅으로 정의함)과, 假像支間을 갖는 단순보로 置換하는 방법을 提案하고, 이에 따른 가상지간과 유효폭을 계산하는 방법을 數式化하였다. 主要變數로는 支間(L), 橋幅(B), 슬래브 두께(T) 및 고정幅(C)/橋幅(B)比를 취하였으며, 변수에 따른 상판슬래브의 모멘트 변화는 有限要素法을 이용하여 조사하였다.

슬래브를 고정으로 지지하는 경우 중간지지점에서는 縱·橫方向 휨모멘트 및 비틀림모멘트에 대하여 복합적인 검토가 필요하나 一次的으로 중간지지점에서의 縱方向 휨모멘트를 대상으로 하였으며, 교량은 兩橋臺 사이에 수개의 고정교각이 있는 것으로 보아야 하지만 중간지지점에서의 단면력을 파악하기 위하여 同一 支間을 갖는 2徑間 연속교를 對象으로 하였다.

2. 縱方向 有效幅의 定義

集中荷重이 작용하고 있는 1방향 슬래브에서 유효폭 B_e 는 다음과 같이 정의할 수 있다.¹⁾

$$Be = \frac{\int_{-B}^B Mx \, dy}{Mx_{max}} \quad (1)$$

여기서, Mx_{max} 는 하중에 의한 슬래브에서의 종방향 최대 휨모멘트이고, $\int_{-B}^B Mx \, dy$ 는 최대모멘트가 발생하는 지점에서 橫斷面 휨모멘트 합이다. 1방향 슬래브에서 橫斷面 휨모멘트 합은 單位幅을 가지고 있는 同一支間의 보에 同一크기의 荷重이 작용하였을 때 該當點의 휨모멘트(M_{beam})와 같다.^(7,8) 즉 횡단면의 휨모멘트 합은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\int_{-B}^B Mx \, dy = M_{beam} \quad (2)$$

따라서 식 (2)를 식 (1)에 대입하여 유효폭은 아래와 같이 정의할 수 있다.

$$Be = \frac{M_{beam}}{Mx_{max}} \quad (3)$$

슬래브의 유효폭은 많은 變數에 의하여 영향을 받고 있다. 이러한 변수중 가장 큰 영향을 주는 변수를 교폭(B)/지간(L)의 比로 보면, 유효폭 Be를 Be/L 및 Be/B 와 같이 無次元化함으로써 B/L의 函數로 나타낼 수 있을 것이다.⁽⁹⁾ 여기에서는 무차원화한 Be/L 의 값을 아래와 같이 有效幅係數 Ce로 정의하였다.

$$Ce = Be/L \quad (4)$$

식 (3)과 식 (4)의 관계를 이용하여 슬래브의 최대모멘트 Mx_{max} 에 대하여 정리하여 보면 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$Mx_{max} = \frac{M_{beam}}{Be} = \frac{M_{beam}}{Ce \times L} \quad (5)$$

즉, 식 (5)에서 보는 바와 같이 1방향 슬래브에 집중하중이 작용하고 있는 경우 슬래브의 유효폭 Be 또는 유효폭계수 Ce값을 결정할 수 있다면 단순보 해석으로도 슬래브의 최대휨모멘트를 간단히 구할 수 있게 된다.

위와 같은 有效幅의 概念을 이용하여 기둥으로 지지된 연속슬래브교의 중간지지점에서 휨모멘트가 0인 2점간의 거리를 가상지간으로 한 1방향슬래브로 치환하고 支持點위치에서 기둥반력이 집중하중으로

작용한다고 간주하여 유효폭을 계산한다면, 단순보 해석으로도 중간지지점의 휨모멘트를 계산할 수 있게 될 것이다.

본 연구에서는 기둥으로 지지된 연속슬래브교의 중간지지점에서 유효폭을 계산하기 위하여, M_{beam} 은 사하중 및 윤하중이 작용할때 종방향 휨모멘트가 0인 2점간의 거리를 지간으로 한 단순보에 중간지지점의 반력이 집중하중으로 작용할 때의 최대 휨모멘트로 하고, Mx_{max} 는 유한요소법을 이용하여 구조물의 실제 단면과 동일하게 모델링하여 기둥모서리에서 발생하는 최대모멘트의 값을 이용하였다. 여기에서 식 (4)의 유효폭계수 Ce를 계산하기 위하여 지간 L은 純徑間을 이용하였다.

3. 解析 프로그램 및 모델링

본 연구에서 斷面力산정을 위하여 참고문헌 5의 SHELPV의 평판요소를 이용하였다. SHELPV는 構造物의 形狀을 나타낼 수 있는 최소의 요소망을 이용하고 요소의 형상함수(Shape Function) 次數(P-Level)를 점차 증가시켜 收斂하는 技法을 사용한 P-version FEM program이다.⁽⁶⁾ SHELPV의 평판요소는 Mindlin이론에 근거를 두어 전단변형을 고려하도록 되어 있으며, 非定形 평판에서의 해석결과를 매우 신뢰성있는 通用性을 보여주고 있다.⁽⁶⁾

단면력을 구하기 위한 要素網을 결정하기 위하여 등분포하중 및 중앙에 집중하중이 작용하고 있는 四邊固定된 평판에 대해, 1/4領域을 1×1 요소망으로 형상함수 次數를 증가하며 지지점에서의 휨모멘트를 검토하면, 표 1과 같이 P-Level이 6이상에서 부터는 理論解와 비교하여 相對誤差가 3% 이내의 값을 구할 수 있었다.

해석모델은 上板슬래브의 對稱性을 이용하여 그림 3의 1/2 부분을 3×3 요소망으로 구성하였고, 1개 요소가 47개의 절점을 갖는 P-Level이 8일 때의 요소를 이용하였다. 기둥상부의 슬래브는 기둥과 一體로 구성되어 기둥과 함께 擧動하는 것으로 보고, 기둥의 실제 칫수와 동일한 斷面을 갖는 1개의 요소로 취하여 기둥단면의 變化를 고려하였고, 기둥의 휨강성이 매우 크다고 가정하여 요소의 境界條件을 固定으로 하였다.

표 1. P-Level에 따른 SHELPV의 평판요소의 수렴성 조사

P-Level	등분포하중		집중하중	
	SHELPV	상대오차	SHELPV	상대오차
6	4.94	0.037	0.1220	0.0029
7	5.29	-0.031	0.1259	-0.0015
8	5.18	-0.009	0.1256	0.0007
Timoshenko	5.13(kg·cm)		0.1257(kg·cm)	

NOTE: 해석대상=四邊固定된 장방형 평판; 가로=세로=10 cm, 두께(t)=0.01 cm, 영계수(E)=10E+06 kg/cm², 포아슨비(v)=0.3

작용하중: 등분포하중=1 kg/cm²
 집중하중=1 kg

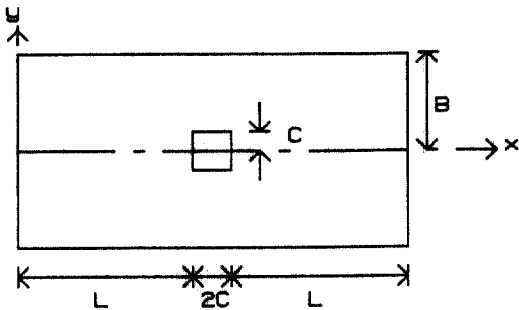


그림 3. 상판바닥슬래브의 재원

4. 有效幅 計算 結果 및 考察

본 연구에서는 슬래브교가 주로 이용되는 범위⁽¹²⁾에서 2次線 橋梁를 대상으로 순경간(L)은 8-18m, 교폭(2B)은 6-9m, 기등폭(C)/교폭(B)비는 0.1-0.2, 슬래브 두께(T)/순경간(L)비는 1/20-1/30의 범위에 대하여 유효폭을 계산하였다.

4.1 死荷重에 의한 有效幅

기등으로 지지된 연속슬래브교에 사하중이 작용할 때 휨모멘트가 0인 2점간의 거리, 즉 가상지간을 결정하기 위하여 사하중이 등분포하중으로 작용하는 2경간 라아멘 해석을 통하여 모멘트가 0인 점을 계산하고, 유한요소해석을 통하여 검토하여 본 결과 중간지지점으로 부터 0.2L만큼 떨어진 지점에서 휨모멘트가 0인 선은 거의 直線적으로 나타났다. 유한요소해석에서 고찰한 가상지간을 확인하기 위하여

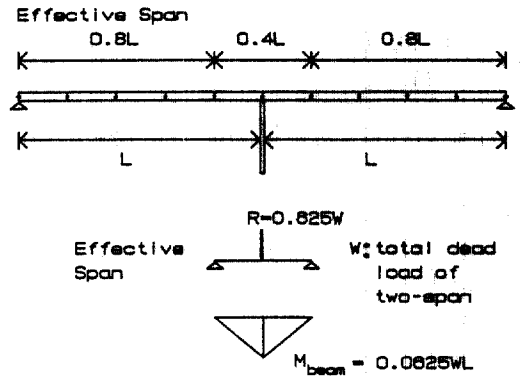


그림 4. 등분포하중을 받는 연속형교의 가상지간

0.4L를 가상지간으로 한 단순보의 중앙에 반력이 집중하중으로 작용할 때 최대휨모멘트를 계산하여 라아멘해석에서 계산된 최대부모멘트의 값과 비교하여 본 결과 서로 동일한 값이 계산되었다. 이를 근거로 우리나라 도로교시방서 및 캐나다의 OH-BDC를 참고하여 사하중이 작용할 때 부모멘트에 대한 가상지간은 그림 4와 같이 0.4L로 결정하였고, 중간지지점의 기등반력은 라아멘 해석을 통하여 0.625W로 하였다. 여기에서 W는 2개 지간의 전체 사하중이다. 유효요소법을 이용하여 구한 $M_{x,max}$ 과 그림 4에서와 같이 가상지간의 단순보에서 구한 M_{beam} 를 이용하여 유효폭과 유효폭 계수는 다음과 같이 계산하였다.

$$Be = \frac{0.0625WL}{M_{x,max}} \quad (6)$$

$$Ce = \frac{0.0625W}{M_{x,max}} \quad (7)$$

먼저 사하중이 작용할 때 유효폭에 영향을 주는 변수를 고찰하여 보았다. 표 2는 슬래브 두께가 변화할 때 유효폭의 변화를 나타낸 것으로 두께의 변화에 따른 유효폭의 변화는 매우 적다는 것을 알 수 있다. 그림 5는 유효폭과 교폭 및 지간의 관계를 나타낸 것으로서 유효폭은 교폭 및 지간의 변화에 지배적인 영향을 받고 있으며, C/B의 변화에 따라 유효폭이 변하고 있음을 알 수 있었다. 따라서 사하중이 작용할 때 유효폭은 두께변화를 따로 고려하지 않고 평균한 값을 사용하였다. 평균유효폭을

표 2. 사하중이 작용할 때 슬래브 두께에 따른 유효 폭의 변화(B=3, C/B=0.1)

T/L	1/20	1/25	1/30
L	(m)	(m)	(m)
8 m	2.673	2.664	2.659
10 m	2.910	2.905	2.905
12 m	3.100	3.259	3.251
16 m	3.398	3.386	3.384
18 m	3.519	3.519	3.499

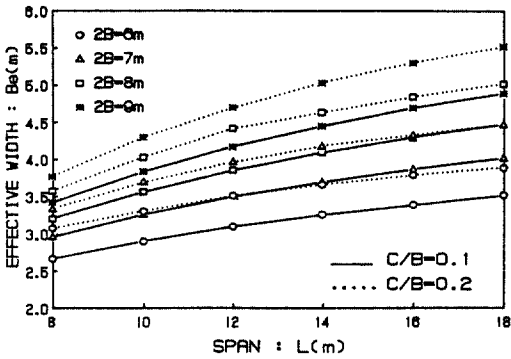


그림 5. 사하중이 작용할때 교폭 및 C/B비의 변화에 의한 유효폭의 변화

식 (4)와 같이 무차원화한 유효폭계수 C_e 와 B/L 와의 관계를 고찰하여 보면, 그림 6에서 보는 바와 같이 2차함수관계를 가지고 있으므로, 2차회귀분석을 통해 C/B 비의 영향을 고려하여 C_e 를 간단히 구할 수 있는 식 (8)을 구하였다.

$$C_e = \left[0.026 + 1.06 \left(\frac{B}{L} \right) - 0.74 \left(\frac{B}{L} \right)^2 \right] \left[\frac{C}{B} + 1 \right] \quad (8)$$

4.2 윤하중에 의한 유효폭

기둥으로 지지된 슬래브교에서 윤하중의 위치에 따른 중간지지점에서의 휨모멘트를 조사하여 보면 그림 7과 같이 횡방향의 하중위치와 관계없이 기둥표면으로부터 0.4L 떨어진 단면에 윤하중이 위치할 때 최대부모멘트가 발생하였다. 각각의 경우에 대해 하중의 횡방향위치에 따른 휨모멘트가 0인 선을 조사하여 보면 불규칙적이었다. 그러나 중간지지점에서 최대 부모멘트가 발생하는 윤하중위치에서 전 교폭에 걸쳐 線荷重을 재하하여 휨모멘트가

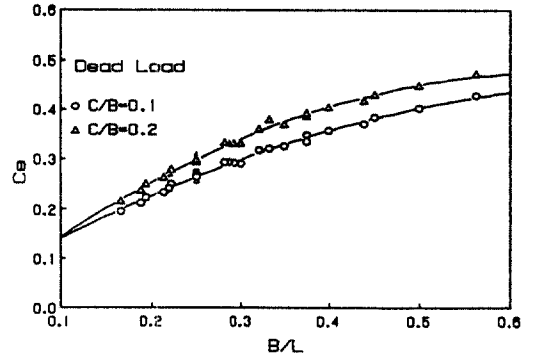


그림 6. 사하중이 작용할때 C/B비의 변화에 의한 유효 폭 계수의 변화

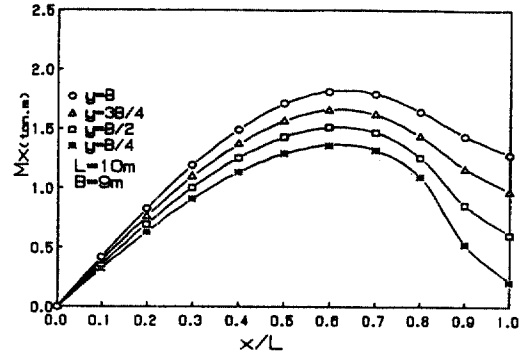


그림 7. 윤하중의 위치에 따른 중간지지점의 M_x 의 변화

0인 지점을 검토하여 보면, 기둥선단으로부터 0.25L 지점에서 전 교폭에 걸쳐 거의 일정하였다. 위의 고찰을 확인하기 위하여 0.5L의 가상지간을 갖는 단순보에 반력이 집중하중으로 작용할 때 최대휨모멘트를 라아멘해석에서 계산된 최대부모멘트값과 비교하여 본 결과 매우 근사한값이 계산됨을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 윤하중이 작용할 때의 가상지간은 전교폭에 선하중이 작용하고 있을 때의 값인 0.5L을 사용하였다(그림 8).^(1,10)

윤하중이 작용할 때 중간지지점에서 그림 8에서와 같이 0.5L을 가상지간으로 한 단순보로 치환한 후, 반력 1.584P가 집중하중으로 작용할 때의 최대휨모멘트 M_{beam} 를 구하고, 유효요소해석을 이용하여 하중을 기둥표면으로부터 0.4L 떨어진 지점에 위치할 때 중간지지점의 기둥모서리에서 $M_{x,max}$ 를 구하여

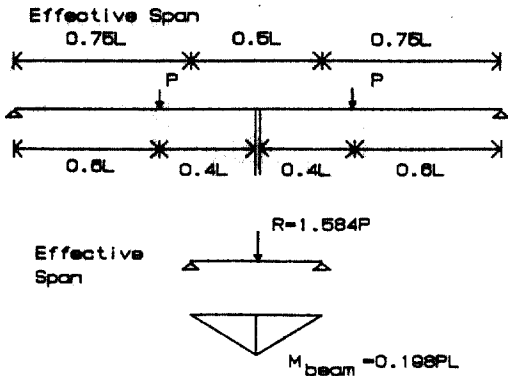


그림 8. 집중하중을 받는 연속형교의 가상지간

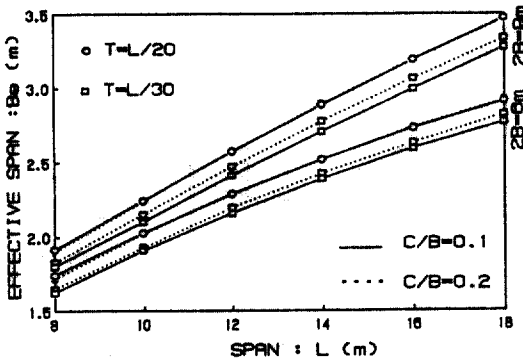


그림 9. 윤하중이 작용할 때 교폭 및 슬래브두께의 변화에 따른 유효폭의 변화

유효폭과 유효폭계수는 아래와 같이 계산하였다.

$$Be = \frac{0.198PL}{M_{x,max}} \quad (9)$$

$$Ce = \frac{0.198P}{M_{x,max}} \quad (10)$$

윤하중이 작용할 때 유효폭에 영향을 주는 변수로서 교폭, 지간, 슬래브두께 및 C/B의 변화에 따른 유효폭의 변화는 그림 9와 같다. 그림 9에서 알 수 있는 바와 같이 유효폭에 가장 큰 영향을 주는 변수는 교폭과 지간이고, 슬래브두께는 큰 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 또한 슬래브두께 T와 C/B의 관계를 고찰해보면, T가 L/20인 경우에는 C/B의 비에 상관없이 거의 동일한 유효폭이 계산되지만, T가 낮아질수록 C/B의 변화에 따라 유효폭이 달리

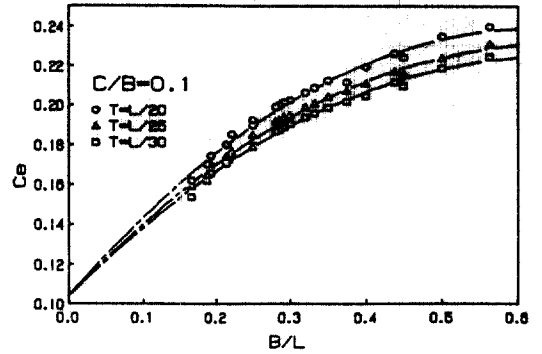


그림 10. 윤하중이 작용할 때 슬래브두께에 따른 유효폭 계수(Ce)의 변화

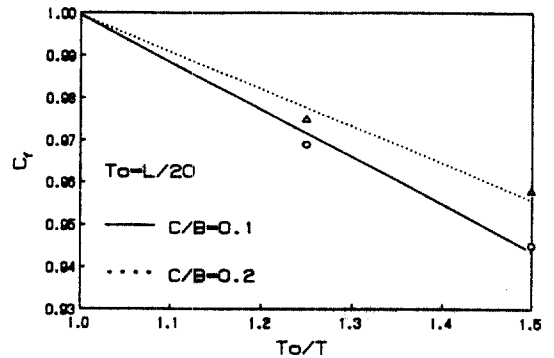


그림 11. 슬래브두께의 변화에 따른 영향계수(Cf)

계산됨을 알 수 있다.

또한 무차원값인 유효폭계수 Ce와 B/L비의 관계를 그림 10에서 고찰하여 보면, Ce는 B/L비와 2차 함수관계가 있으며, 슬래브의 두께에 따라 변하는 것을 알 수 있다. 따라서 유효폭계수 Ce는 C/B비와 상관없이 동일한 유효폭이 계산되는 T=L/20인 경우를 기준으로 수식화하였고, 슬래브두께 및 C/B비의 변화에 따른 유효폭의 변화를 고려하기 위하여 影響係數 Cf를 따로 정하였다.

$$Ce = \left[0.104 + 0.435 \left(\frac{B}{L} \right) - 0.355 \left(\frac{B}{L} \right)^2 \right] C_f \quad (11)$$

슬래브 두께변화에 따른 유효폭의 변화는 그림 10에서 T=L/30인 경우 C/B=0.1인 경우와 C/B=0.2인 경우의 차가 지간의 全範圍에 걸쳐서 일정하게

나타나 있고, 그림 11에서 슬래브두께 $T=L/20$ 인 경우를 기준으로 각각의 두께에 대한 C_e 의 변화율을 계산하여 보면 B/L 의 全範圍에서 거의 일정하다는 것을 알 수 있다. 즉 슬래브두께 T 가 $L/20$ 일 때의 C_e 를 1로 보고 슬래브 두께의 변화에 따른 C_e 의 변화율과 슬래브두께의 변화율($T_0/T < T_0=L/20 >$)의 관계를 고찰하여 보면, 그림 11에서 보는 바와 같이 거의 線形으로 변화하고 있음을 알 수 있다. 따라서 슬래브두께의 변화에 따른 C_e 의 평균변화율을 영향계수 C_f 로 정하고 이를 回歸分析하여 아래와 같은 식을 구하였다.

$$C_f = 1 - \left[0.24 \left(\frac{C}{B} \right) - 0.136 \right] \left(\frac{T_0}{T} - 1 \right) \quad (12)$$

5. 中間支持點에서의 휨모멘트 計算

기둥으로 지지된 슬래브교의 중간지지점에서의 縱方向 최대휨모멘트를 가상지간을 이용한 단순보 해석으로도 간단히 구할 수 있는 방법을 연구하였다. 제안된 수식을 이용하여 중간지지점의 최대휨모멘트를 구하는 순서를 정리하여 보면 다음과 같다.

(1) 라아멘 해석을 통하여 중간지지점의 반력을 계산한다. 윤하중은 기둥표면으로부터 $0.4L$ 지점에 재하한다. 여기서 L 은 순경간이고 윤하중 P 는 도로 교시방서의 값에 준한다.

(2) 사하중이 작용할 때에는 $0.4L$, 윤하중이 작용할 때에는 $0.5L$ 를 가상지간으로 한 단순보로 치환하여 중간지지점의 반력이 기둥위치에서 집중하중으로 작용할 때의 최대모멘트 M_{beam} 를 계산한다.

(3) 사하중이 작용할 때는 식 (8)을, 윤하중이 작용할 때는 식 (11)을 이용하여 유효폭계수 C_e 를 결정한다. 윤하중이 작용할 때 슬래브 두께가 $L/20$ 보다 적은 경우 식 (12)를 이용하여 영향계수 C_f 를 결정한다.

(4) 중간지지점의 최대 모멘트는 식 (5)를 이용하여 계산한다.

6. 結 論

本 研究에서는 有限要素法을 이용하여 기둥으로 지지된 連續슬래브橋의 中間支持點에서의 縱方向

최대휨모멘트를 간단히 구할 수 있는 近似解法을 연구하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

(1) 중간지지점의 휨모멘트를 계산하기 위하여 死荷重이 작용할 때 $0.2L$, 輪荷重이 작용할 때 $0.25L$ 를 假像支間으로 한 단순보로 置換할 수 있다.

(2) 사하중 및 윤하중에 의한 중간지지점의 縱方向 최대휨모멘트는 다음과 같은 有效幅 및 有效幅係數 C_e 를 사용하면 기둥반력이 集中荷重으로 작용하는 단순보이론으로 간단히 구할 수 있다.

$$M_{x,max} = \frac{M_{beam}}{B_e} = \frac{M_{beam}}{C_e \times L}$$

사하중에 대하여

$$C_e = \left[0.026 + 1.06 \left(\frac{B}{L} \right) - 0.74 \left(\frac{B}{L} \right)^2 \right] \left[\frac{C}{B} + 1 \right]$$

윤하중에 대하여

$$C_e = \left[0.104 + 0.435 \left(\frac{B}{L} \right) - 0.355 \left(\frac{B}{L} \right)^2 \right] C_f$$

윤하중이 작용하는 경우 슬래브의 두께가 $L/20$ 보다 작은 경우 슬래브 두께 및 C/B 의 변화에 따른 영향계수 C_f 는 다음 식을 이용하여 구한다.

$$C_f = 1 - \left[0.24 \left(\frac{C}{B} \right) - 0.136 \right] \left(\frac{T_0}{T} - 1 \right)$$

위에서 제안한 식은 슬래브 단면의 변화를 고려하지 않고 구하였으므로 위의 식을 이용하여 종방향 최대모멘트를 구할 때는 도로교 시방서의 라아멘교 설계일반과 같이 휨모멘트를 분배하여야 한다.

本 연구는 기둥으로 지지된 슬래브교에 있어서 2경간 연속교에 한하여 사하중 및 윤하중에 의한 종방향 휨모멘트에 대하여 실시하였지만 슬래브교를 기둥으로 지지하는 경우 윤하중에 의한 횡방향 휨모멘트, 비틀림 거동 및 계산된 유효폭에 대한 철근배근방법 등에 대해 더 많은 연구가 과제로 남아 있다고 할 수 있다.

감사의 글

本 연구는 조선대학교 '91학년도 연구비 지원에 의하여 실시되었으며, 이에 감사드립니다. 아울러

아낌없이 도움을 주신 전남대학교 우광성교수님께
감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Bakht, B. and Jaeger, L.G., "Bridge Analysis Simplified", McGraw-Hill, 1987.
2. 西山啓伸, "新體系土木工學43 橋梁上部構造(III)", 技報堂, 1980, pp.131-148.
3. "道路橋標準示方書", 建設部, 1985.
4. Ministry of Transportation and Communications, "Ontario Highway Bridge Design Code(OHBDC)", 2nd ed., Downsview, Ontario, Canada.
5. Woo, Kwang-sung, "High Precision Analysis of Plates and Cylindrical Shells in the Presence of Singularities by the P-version of the Finite Element Method", Vanderbilt University, 1988.
6. 우광성, "특이성을 갖는 비정형 평판의 P-version 유한요소해석", 한국전산구조공학, 제3권 제3호, 1990. 9, pp.101-112.
7. Szilard, R., "Theory and Analysis of Plates", Prentice Hall, 1974.
8. 關田惠一郎 外 3人, "柱を通して集中荷重を受ける RCスラブの曲げモーメントの一算定法", 土木學會論文彙集, 第384號/V-7, 1987. 8, pp.73-81.
9. Beendel, G., "Strength of The Compression Slab of T-Beams Subject to Simple Bending", *ACI Journal*, January, 1964, pp.57-75.
10. Jaeger, L.G. and Bakht, B., "The Grillage Analogy in Bridge Analysis", *Canadian Journal of Civil Engineering*, (9)2, 1982, pp.224-235.
11. Jaeger, L.G. and Bakht, B., "Bridge Analysis by Microcomputer", McGraw-Hill, New York, 1989, pp.129-143.
12. Lee, Sung-woo, "Design of Reinforced Concrete Slab Systems using the Finite Element Method", University of Southern California, Jan., 1987.
(接受 : 1992. 4. 1)