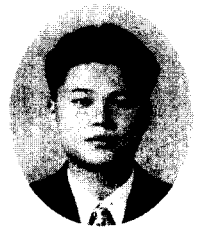
사교의 사각에 따른 하부구조 설계변화

Change of Substructure Design with Changed Angle of Skew Bridges



이주호* Lee, Joo-Ho

염종윤*** Yum, Jong-Yoon

박경래** Park, Kyoung-Lae

배한욱*** Bae, Han-Ug

ABSTRACT

This study presents a suggestion of regulation of skewed slab bridge. In order to find the characteristic behavior of skew bridge, many cases of skew bridges were analyzed with changed angle of skew. The comparison of design methods for cantilever part in pier was also made.

It was found that : (1) The lower the skew angle was, the higher the maximum support reaction forces at the end point were. (2) The higher the ratio of L/B was, the higher the maximum support reaction force at the end point was. (3) The effect of skew may be neglected for skew angles of 70° or more. (4) If elastic springs are applied to the boundary conditions to simulate the rubber pad bearings, the results will be more reasonable. (5) The shear deformation effect must be considered in the analysis of cantilever part of substructure. (6) Using strut and tie model to design cantilever part of pier, it will be more simple than finite element method with same accuracy and more accurate than using frame element.

* 정회원, 롯데건설(주) 기술연구소 수석연구원
** 정회원, 롯데건설(주) 기술연구소 선임연구원
*** 정회원, 롯데건설(주) 기술연구소 연구원

·본 논문에 대한 토의를 1999년 10월 30일까지 학회로 보내 주시면 1999년 12월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 서 론

최근 국가 경제규모가 증대되면서 사회 간접자본에 대한 투자가 활발히 진행되고 있다. 국도상의 교량들과 비교하여 고속도로의 교량들은 계획단계에서부터 유지관리까지 체계적으로 관리되기 때문에 구조물의 내구연한이 훨씬 긴 편이다. 일반적으로 국도상의 교량은 기존도로의 확장이나 주변지형의 영향 등을 더 많이 받기 때문에 기하학적 형상이 직선교보다 사교나 곡선교인 경우가 많다. 그러나 이러한 교량들은 경간이 짧고 구조형식도 단순한 슬래브교나 라멘교 형식이 많아 설계자들은 상대적으로 덜 관심을 갖는 경향이 있다. 연이은 대형참사 이후로 이들 교량들에 대한 조사 결과, 이들 교량의 상부사각이 작은 경우에 기하학적 편심에 의한 국부적인 하중집중으로 하부구조에 손상을 가져오는 예가 종종 발견되고 있다.

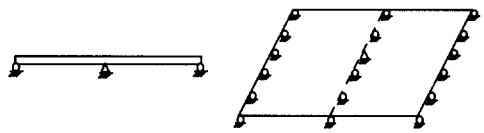
본 연구에서는 사교의 사각에 대한 거동 특성을 분석하고 현행 시방서에서 제시하는 시방 기준을 검토하여 상부구조 및 하부구조에 대한 합리적인 설계기준을 제시하고자 한다.

2. 슬래브 교량의 상부구조 해석 방법

2.1 슬래브교 상부구조의 해석모델

일반적으로 R.C.슬래브교의 해석 방법에는 도로교표준시방서[1] 상에서 제시하는 바와 같이 3차원 Frame 요소를 이용하여 교량의 휨, 전단, 비틀림 등을 해석하는 보이론(Euler Beam Theory)과 슬래브교량의 특성인 판거동을 직접적으로 묘사하는 판이론(Plate Bending Theory)이 있다. 해석시 판이론에 의한 해석이 더 합리적이라 할 수 있으나 모형화가 복잡하고 이론적인 결과의 직접적용의 어려움 등으로 인하여 주로 보이론에 의한 해석 및 설계가 이루어지고 있다.

슬래브의 사각이 작아짐에 따라 상부구조의 기하학적 특성이 변하게 되는데, 이때 지점 반력이 편기되며 이 하중은 하부구조에 큰 부재력을 유발하게 되므로 보이론에 의한 해석 및 설계를 수행하는 경우 이에 대한 고려가 불가하다. 따라서 슬래브교의 상부구조해석시에는 판이론을 사용하여 해석하는 것이 바람직하다.



(a) frame model (b) plate model

Fig. 1 Frame Model and Plate Model

2.2 도로교 시방서상의 상부구조 해석방법

현 도로교 시방서에서는 슬래브교의 해석은 받침부 조건 및 사각 등을 고려하여 판이론에 따라 수행하는 것을 원칙으로 하고 있으며, 연속 슬래브교, 라멘 슬래브교 등과 같이 지지조건이 복잡한 경우 혹은 곡선교, 사교와 같은 경우 유한요소법 등에 의하여 해석하여도 좋다고 명기하고 있다. 그러나 실제 설계자들이 모든 슬래브교에 대하여 판이론으로 해석하는 것은 복잡하고 번거로운 일이기 때문에 일방향 직 슬래브교의 경우와 사각이 45° 이상의 단순 슬래브교의 경우 사하중에 의한 휨모멘트는 하중이 슬래브의 전면적에 고르게 분포되어 있는 것으로 가정하여 보의 지간을 경사거리로 보고 슬래브의 상부 부재력을 산정하고 있다.

한편 연속 슬래브교의 설계는 폭 1m인 보요소로 보고 지간에 대하여는 사각에 따라 단순 사각슬래브의 규정을 사용하고 있는데, 기존의 연구에 의하면 이와 같이 해석할 경우 상부 슬래브의 부재력은 과다 설계하는 경향이 있다고 보고되어 있다[4-7].

3. 슬래브의 사각에 따른 상부구조의 해석

3.1 구조물의 모형화

해석에 사용한 모형 구조물은 3경간 연속 슬래브 교로써 슬래브 측면의 캔틸레버부 길이는 0.6m, 슬래브의 높이는 0.8m, 교폭을 18m로 고정한 후 길이와 폭의 비(L/B)를 1.5에서 4.0까지 변화시켜가면서 거동특성을 파악하였다. 구조물의 제원과 평판 유한요소에 의한 모형화시 유한요소 mesh의 형상은 Fig. 2와 같다.

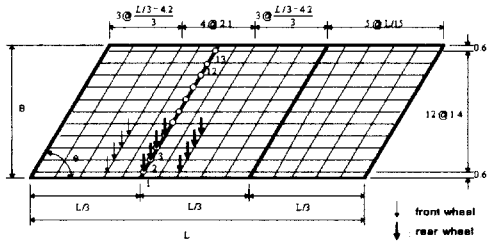


Fig. 2 Dimension of Structure and FEM Mesh

구조해석용 프로그램은 범용구조해석 프로그램인 GT-STRUDL을 사용하였다. 평판유한요소모형으로 해석하는 경우에는 Kirchhoff요소를 사용하여 사각을 90° 에서 45° 로 5° 씩 변화시키면서 해석하였다.

반력의 특성을 비교하기 위하여 Fig. 3과 같은 보요소를 사용하여서도 해석을 수행하였다. 보의 폭은 단위길이(1m)로 하였으며 보 높이는 0.8m이며, 경계조건은 Fig. 3과 같다. 이때 지간 (L)은 평판 유한요소모형에서의 지간에 준하여 비교 해석하였다.

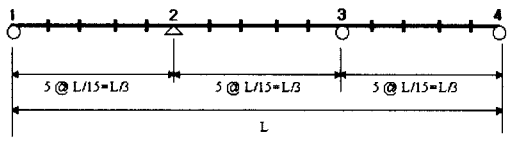


Fig. 3 Modeling of Structure Using Beam Element

해석시 사용되는 하중은 자중과 활하중으로 나눠서 해석하였다. 자중은 요소자체의 body force를 이용하였으며, 활하중은 DB-24하중을 2차선으로 재하하여 해석하였다. 재하위치는 Fig. 2와 같이 2번째 교각에 최대반력을 일으킬 수 있는 형태로써 재하하였다.

실제교량과 비교하기 위하여 기시공 된 실제교량에 대해서도 해석을 수행하였다. 실제교량의 제원은 Fig. 4와 같은 사각이 60° 이며 L/B가 약 2.5인 3경간 연속 슬래브교이다. 이때 캔틸레버부의 길이가 0.85m로 앞의 예제해석보다 0.25m정도 더 길며, 슬래브의 높이는 0.7m이고 중간 지점부에는 헌치부가 0.3m높이로 있다.

3.2 사하중 재하시 해석결과

사하중 재하시 보요소에 의한 해석결과는 Table 1과 같다. 보요소에 의한 해석은 평균개념에 의한 해석결과이므로 특별히 최대값을 구할 수 없다. 지점의 전체 반력은 교폭(18m)을 곱해서 구할 수 있다.

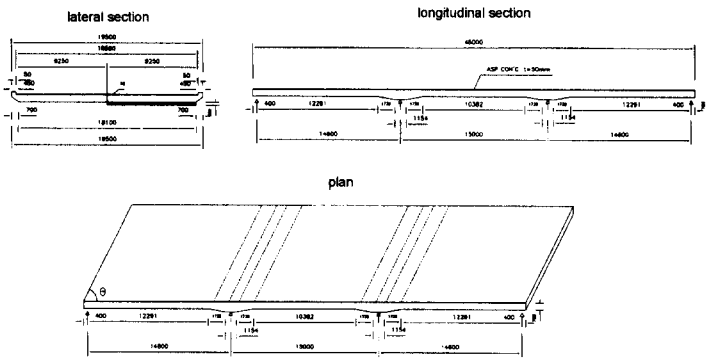


Fig. 4 Dimension of Actual Bridge

Table 1 Analysis Results of 2D Frame (unit t/m)

L/B \ support	1	2	3	4
1.5	7.2	19.8	19.8	7.2
2.0	9.6	26.4	26.4	9.6
2.5	12.0	33.0	33.0	12.0
3.0	14.4	39.6	39.6	14.4
3.5	16.8	46.2	46.2	16.8
4.0	19.2	52.8	52.8	19.2

모형교량에 대하여 평판유한요소모형을 이용한 해석결과를 정리하면 Fig. 5와 같다.

자중재하시 사각에 따른 지점반력 분포의 형상은 길이비(L/B)에 관계없이 유사한 형상을 유지하고 있다. 90° 의 경우 최단부(1번) 지점 보다 바로 다음 지점(2번)의 반력이 더 크게 나오는 것은 슬래브 측면 캔틸레버부의 효과에 의한 것으로 판단된다. 각도가 작아짐에 따라서 최대값의 위치는 단부로 이동하게 되며, 반력의 분포형상도 90° 일 때와 매우 다른 형태로 변하게 된다. 또한 사각의 영향에 의해 편심하중이 문제가 되는 사각은 길이비에 관계없이 사각이 70° 보다 작은 경우인 것을 알 수 있다.

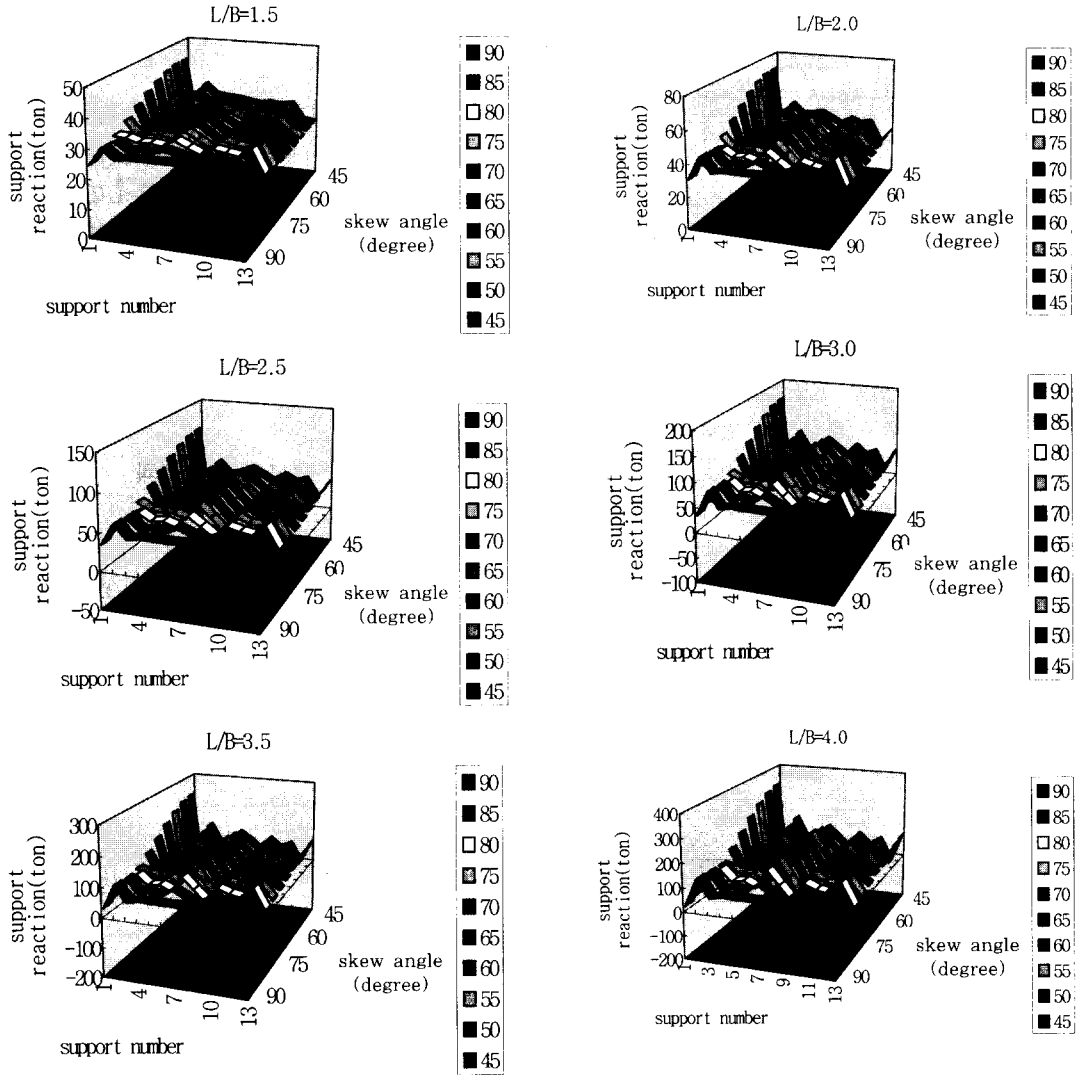
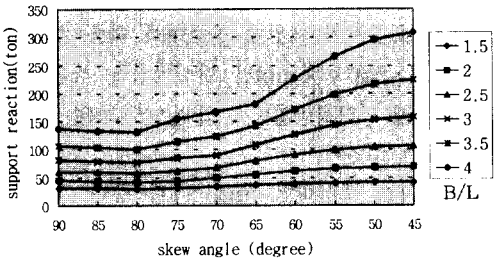
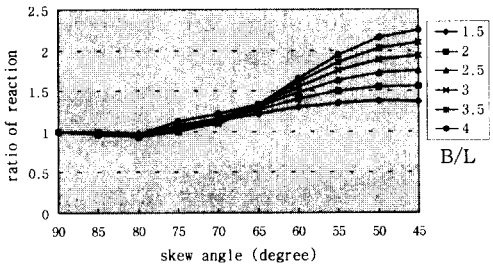


Fig. 5 Distribution of Support Reactions According to Skew Angle and L/B (for dead load)



(a) distribution of reactions according to skew angle



(b) distribution of dimensionless maximum reactions

Fig. 6 Distribution of Maximum Reaction According to Skew Angle

각도에 따른 최대값 분포의 변화를 살펴보면, Fig. 6(a)에서 알 수 있듯이 사각이 작아질수록 최대지점 반력도 커지는 것을 알 수 있다. 또한 각 반력값을 사각이 90° 인 경우의 반력으로 나누어 무차원화한 분포인 Fig. 6(b)에서 알 수 있듯이 이 영향은 길이비가 커질수록 더 크게 나타나서, 길이비가 4.0인 경우 그 차이가 2배 이상임을 알 수 있다.

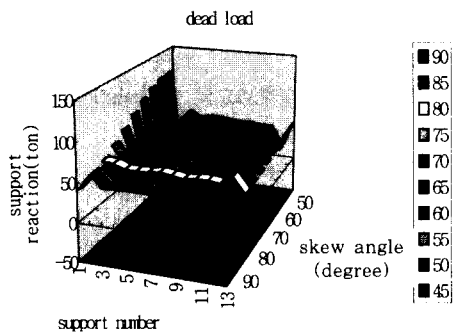


Fig. 7 Distribution of Reaction According to Skew Angle in Actual Bridge

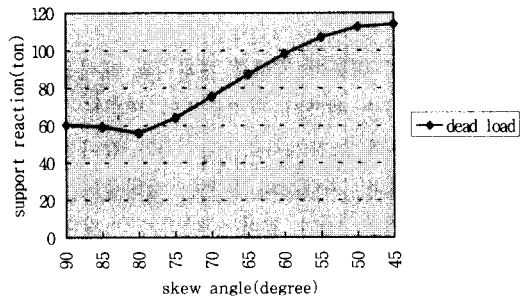


Fig. 8 Distribution of Maximum Reaction According to Skew Angle in Actual Bridge

실제 교량의 경우도 Fig. 7과 Fig. 8에서 보는 바와 같이 모형교량의 해석결과와 큰 차이가 없었다. 이 구조물은 제원에 약간의 차이는 있으나 위의 해석에 의한 결과와 하중분포 형상이나 최대값 분포에서 별 차이가 없었다.

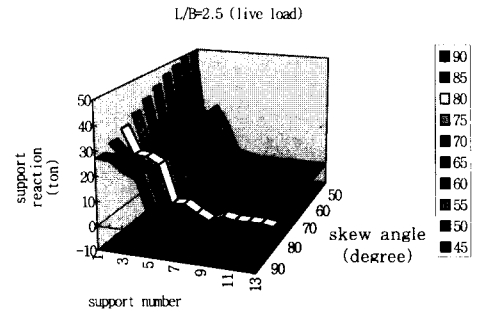


Fig. 9 Distribution of Reaction According to Skew for Live Load

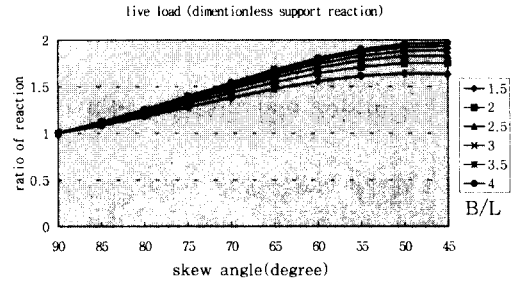


Fig. 10 Distribution of Maximum Reaction for Live Load

3.3 활하중 재하시의 해석결과

모형 교량에 대하여 활하중 재하시의 해석을 수행하였다. 활하중 재하시 반력분포의 변화도 사하중 재하시의 경우와 마찬가지로 Fig. 9와 같이 사각에 따라서 변화하며, 최대값의 분포는 사하중의 경우와 마찬가지로 Fig. 10과 같이 길이비가 커질수록 최대값도 커지지만 그 효과는 더 적은 것을 알 수 있다.

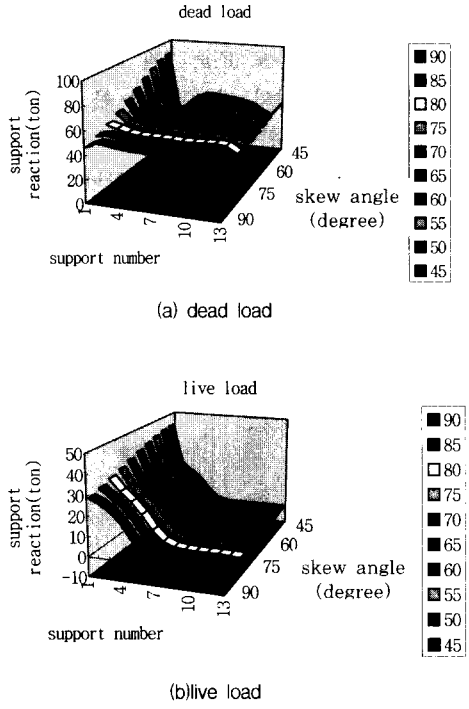


Fig. 11 Support Reaction Considering Elastic Spring Support

3.4 탄성받침에 의한 반력특성 변화

위에서 해석한 결과는 모두 지점이 고정이나 힌지로 가정하여 해석하였다. 이와 같은 가정은 포트받침(pot bearing)에서 적용가능하지만 교량받침에 탄성받침을 사용하였을 경우 지점 경계조건을 탄성스프링으로 모형화하는 것이 합리적이라고 제안하고 있다[8]. 따라서 이를 고려한 해석을 수행하였으며, 사용된 탄성받침은 한국도로공사의 교량지지부 보강 탄성받침 표준도의 제원에 준하여서 하중 200ton, 크기 350×550×56mm인 탄성받침을 사용하였다[9]. 이때 탄성받침의 압축스프링계수(K_v)는 310,000 t/m이다.

해석결과를 도시하면 Fig. 11과 같다. Fig에서 보는 바와 같이 사하중 재하시나 활하중 재하시 전체적으로 힘이 분배되어 부드러운 형상으로 나타남을 알 수 있으며, Fig. 12와 같이 최대값의 분포도 약 20%정도 감소됨을 알 수 있었다. 그러나 이 경우에도 사각이 70° 이하인 경우 사교의 특성인 편심반력분포가 유사하게 나타났다.

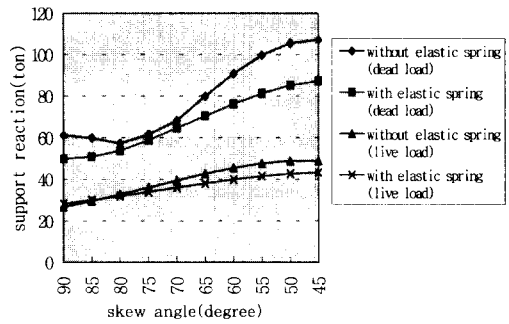


Fig. 12 Comparison of Maximum Support Reactions with and without Elastic Spring Support

4. 하부구조의 설계

4.1 교각의 설계방법

슬래브의 구조형식은 판에 작용하는 응력을 하부로 균등하게 전달하기 위하여 여러 개의 지점이 필요하다. 일반적으로 슬래브교의 하부구조 형식은 문형(Π형) 교각형식이 많다.

문형교각의 설계시 변위가 미소하다는 기본 가정하에 오일러 보 이론 (Euler beam theory)을 적용하여 평면 Frame요소를 적용하고 있다. 그러나 캔틸레버부의 형상에 따른 전단거동을 해석에 반영하는데에는 어려움이 있다. 일반적으로 지간길이 대 보의 높이 비(h/L)가 5이하인 경우에는 응력거동이

휨에 의한 지배보다는 전단변형의 효과가 지배적일 수 있으므로 이것을 고려할 필요가 있다. 시방서의 코벨의 개념을 적용하여 설계하는 경우에는 휨인장철근량과 수평전단철근량의 산정은 가능하나 수직전단철근량의 산정이 불가한 단점이 있다.

실제로 교각경사가 작은 경우 캔틸레버부 끝단에서의 균열은 부모멘트에 의한 균열보다는 전단변형의 영향에 의한 것으로 판단되며, 이것은 높이가 큰 보 이론(Deep beam theory)에 근거한다. 높이가 큰 보 거동을 적용하기 위해서는 보의 형상에 따라 형상계수(f_s)를 고려하여 해석하는 방법과 2, 3차원 유한요소를 적용하여 보의 내부에서 전단변형의 효과가 고려되도록 해석하는 방법이 있다. 해석결과 계산된 전단력에 대하여 현행 콘크리트 시방서에서는 높이가 큰 보의 전단에 대한 설계방법을 제시하고 있다.

최근에는 스트럿-타이 모델을 적용하여 전단변형 효과를 상대적으로 간편하게 고려할 수 있으며 유한요소해석과 유사한 수준의 정확도를 확보할 수 있는 것으로 알려져 있다. 스트럿-타이 모델은 45° 트러스 모델을 확장하여 모든 철근 콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트 구조물에 사용될 수 있도록 일반화한 것이다. 철근 콘크리트 구조물은 기존이론으로 정확한 해석이 가능한 B영역(beam or Bernoulli region)과 기하학적 또는 역학적 불연속성이 존재하여 해석에 어려움이 있는 D영역(discontinuity or disturbance region)으로 나눌 수 있는데, 스트럿-타이 모델은 교각의 코핑부와 같은 D영역에 대하여 간편하면서도 정확한 설계가 가능하다는 장점을 갖고 있다.[10]

스트럿-타이 모델의 구성은 압축력에 저항하는 스트럿과 인장력에 저항하는 타이, 그리고 스트럿과 타이를 연결시키면서 각 요소의 부재력의 방향을 전환시키는 절점으로 이루어져 있다. 이 각 요소는 외부의 하중을 지지 할 수 있도록 구성되어야 안전성이 확보된 설계가 된다.

스트럿은 한 절점에서 다른 절점으로 압축력을 전달하는 기구이며 압축응력을 지지하는 콘크리트의 영역을 의미한다. 타이에 해당되는 철근등의 보강재는 인장력을 지지하기 위하여 배근된다. 보강재의 축은 반드시 모델에서의 타이의 축과 일치하여야 하며 타이는 직선으로 구성된다. 이 타이는 식 (1)과 같은 단면적을 갖도록 구성한다.

$$\phi A_s \sigma_y \geq T_s \qquad (1)$$

여기서, ϕ는 강도감소계수(일축인장에 대하여 0.9), A_s는 철근의 단면적, σ_y는 철근의 항복응력, T_s는 타이에 발생하는 인장력이다.

스트럿-타이 모델에서의 절점은 셋 또는 그 이상의 직선 스트럿 또는 타이의 교차점이다. 절점은 모델에서 부재력 방향의 변화를 뜻하며, 방향의 변화는 절점영역에서 평형을 성립시키면서 어떤 길이와 두께를 가지면서 발생한다. 절점은 스트럿과 타이의 치수와 방향에 따라 각 부재의 중심선이 한 점에서 교차하도록 형상을 결정한다.

스트럿-타이 모델을 이용한 해석결과와 2차원 solid plane stress 모델을 이용한 탄성유한요소해석 결과를 비교하기 위하여 높이가 큰 보에 대한 예제해석을 수행하였다. 높이가 큰 보에 대한 단면제원 및 스트럿-타이 모델의 구성은 Fig. 13과 같다.

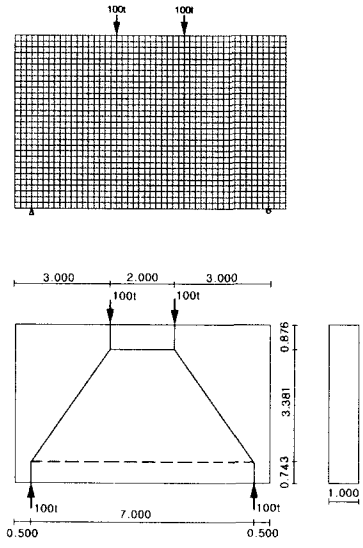


Fig. 13 FEM Analysis and Strut and Tie Model for Deep Beam

Fig에서 실선은 스트럿, 점선은 타이를 나타낸다. Fig. 13의 스트럿-타이 모델은 유한요소해석결과 얻은 보 중앙 단면의 횡방향 응력도의 압축응력영역과 인장응력영역의 무게중심에 스트럿과 타이를 각각 배치하여 구성하였다.

스트럿-타이 모델의 해석을 통하여 얻은 타이에 발생하는 인장력과 탄성 유한요소해석 결과로 얻은 부재중앙 하단의 인장력 값을 비교하면 Table 2와 같이 거의 일치함을 볼 수 있다. 탄성유한요소 해석에 의한 인장력 값은 타이의 위치에 해당되는 영역의 인장응력도의 면적에 보의 폭을 곱하여 계산하였다.

Table 2 Comparison of FEM Analysis and Strut and Tie Model for Deep Beam

Analysis method	FEM(ton)	Strut and tie model(ton)
Flexural tensile force	73.489	73.943

4.2 스트럿-타이 모델을 이용한 교각의 설계

교각 구조물의 켄틸레버부는 기하학적, 역학적 불연속성이 동시에 존재하는 D영역으로 스트럿-타이 모델을 사용하여 설계를 수행하는 것이 합리적이다.[12] Fig. 4와 같은 60° 의 사각을 가진 실제교량에 대하여 사교의 반력분포에 따라 스트럿-타이 모델을 구성하고, 켄틸레버부의 휨인장 철근량, 수직전단 철근량, 수평전단 철근량을 산정하여 프레임요소를 사용한 해석결과 발생하는 모멘트와 전단력에 대하여 시방서의 높이가 큰 보의 설계기준에 따른 설계결과와 비교하였다. 설계에 사용된 하중으로는 하중계수를 고려한 상부구조의 사하중과 활하중을 포함하였다. 교각구조물에 대하여 Fig. 14와 같이 유한요소해석을 수행하여 얻은 주압축응력의 궤적을 Fig. 15에 나타내었다. 주압축응력의 흐름방향과 주요 단면의 응력분포도를 기준으로 하여 Fig. 16과 같이 스트럿-타이 모델을 구성하였다.

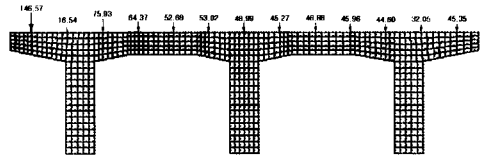


Fig. 14 FEM Analysis of Pier

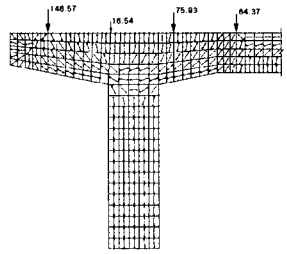


Fig. 15 Principal Compressive Stress Trajectory

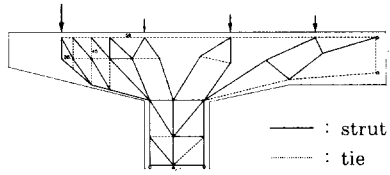


Fig. 16 Strut and Tie Model for Cantilever Part of Pier

스트럿-타이 모델의 해석결과 Fig. 16의 element #59의 위치에 발생한 휨인장력과 2차원 solid plane stress 모델을 이용한 탄성유한요소해석에서 동일 위치의 인장력 값을 비교하여 Table 3에 나타내었다. 탄성유한요소해석에 의한 인장력 값은 인장응력도의 면적에 보의 폭을 곱하여 계산하였다.

Table 3 Comparison of FEM Analysis and Strut and Tie Model

Analysis method	FEM analysis (ton)	Strut and tie model (ton)
Flexural tensile force	244.04	232.04

구성된 스트럿-타이 모델을 해석하여 설계된 철근량과 프레임요소를 사용하여 얻은 휨모멘트와 전단

력을 바탕으로 시방서의 방법에 의해 설계된 철근량을 Table 4에 나타내었다.

Table 4 Comparison of Design Results using Frame Analysis and Strut and Tie Model

Design method	Frame analysis	Strut and tie model
Flexural tensile reinforcement(㎠)	129.1	86.1 (element #59)
Vertical shear reinforcement (㎠/m)	114.0	78.0 (element #45)
Horizontal shear reinforcement (㎠/m)	70.3	44.6 (element #36)

설계된 철근량을 비교한 결과 스트럿-타이 모델을 사용한 결과는 프레임 요소를 사용한 결과에 비해 63.44% ~ 68.42%의 철근량을 나타내었다.

5. 결 론

5.1 상부구조의 사각에 따른 반력특성

1. 사하중과 활하중에 관계없이 사각이 작아질수록 교각 지점부에서의 최대반력은 커지고, 길이비(L/B)가 커질수록 사각에 따른 최대반력이 더 커진다.
2. 사각이 70° 이상인 경우에 지점반력의 증가는 20%내로써 사각의 영향은 무시할 수 있을 정도이다. 그러나 사각이 작아질수록 영향이 커져서 45° 인 경우 길이비에 따라서는 최대지점반력이 두 배 이상 커진다.
3. 연속 슬래브교의 교좌장치가 탄성받침인 경우, 경계조건을 탄성스프링 모형을 사용하면 슬래브교의 특성인 고른 응력분포를 나타내며 최대지점반력이 감소하게 되어 더 합리적인 결과를 얻을 수 있는 것으로 판단된다.
4. 현 도로교시방서에서는 사교에 의한 영향이 상부구조 부재력에 국한되어 있으나, 연구결과 사교에 의한 영향은 상부구조의 기하학적인 편심하중에 의하여 하부구조에 국부적인 하중집중이 발생하는 것을 알 수 있었다. 따라서 추후 연구과제로 70° 이하의 슬래브 사교의 설계시 일반적인 2차원 보 요소해석 결과로부터 각 지점의 반력값을 얻을 수 있도록 교량의 길이, 폭, 경간수, 지점부, 지점간격, 경사각도 등의 계수에 대한 매개변수 연구가 필요하다.

5.2 하부구조의 거동분석 및 설계방법

1. 높이가 큰 보에 대하여 스트럿-타이 모델을 이용하여 산출된 휨인장력과 2차원 solid plane stress 모델을 이용한 유한요소해석을 통해 산출된 휨인장력이 잘 일치됨을 알 수 있다.
2. 슬래브의 사각으로 인해 교각에 작용하는 반력분포가 일정하지 않은 실제 교량의 교각에 대하여 2차원 solid plane stress 모델을 이용한 유한요소해석결과 발생한 인장응력을 인장력으로 환산한 값과 스트럿-타이 모델을 구성하여 타이에 발생하는 인장력 값을 비교한 결과 비교적 잘 일치됨을 알 수 있다.
3. 교각의 설계방법중 프레임 요소를 이용하여 산출된 단면력에 대한 시방서 상의 규정에 따른 설계결과와 스트럿-타이 모델의 설계결과를 비교해 본 결과 프레임 요소를 이용한 방법은 실제 구조물의 형상에 따른 전단거동을 해석에 반영할 수 없으므로 다소 과다한 설계가 되며, 높이가 큰 보의 전단거동에 적합한 철근배근이 이루어지지 않아 교각의 상부에 균열 등의 문제발생 원인이 된다.
4. 이상의 결과로 볼 때 프레임 요소를 이용하여 설계를 수행한 경우 다소 과다한 철근량이 산출되었고, 2차원 solid plane stress 모델을 이용한 유한요소해석결과 산출된 철근량과 스트럿-타이 모델을 이용한 철근량 산출결과는 비교적 일치함을 알 수 있다. plate 요소 또는 solid요소를 이용한 유한요소해석은 많은 계산량과 시간이 소요되고 상대적으로 전단철

근의 배근위치 및 배근량을 산출하는데 어려움이 있으므로, 비교적 간편한 스트럿-타이 모델을 이용한 설계방법이 합리적인 것으로 판단된다. 또한 현행 콘크리트 시방서의 설계법에서는 높이가 큰 보의 전단철근량을 설계하는데 있어서 수직 전단철근량과 수평 전단철근량에 대하여 상호 독립적인 값을 설계하는 것이 아니라 하나의 값이 결정되면 나머지 값이 종속적으로 결정된다. 반면에 스트럿-타이 모델을 이용하면 각각의 독립적인 설계가 가능하다. 그 결과 교각 캔틸레버부의 하중성분에 따른 철근 배근이 이루어져 효율적인 배근이 가능하여, 균열 예방에도 적합한 설계가 된다.

참고문헌

1. 건설부, 도로교 표준시방서, 1992.
2. Szilard, R., Theory and Analysis of Plates, Prentice Hall, 1974.
3. 최창근, 유한요소해석, 집문당, 1989.
4. 김귀식, "연속 경사슬래브교의 구조적 특성에 관한 연구", 고려대학교 대학원 석사학위논문, 1989.
5. 신성필, "전단변형을 고려한 경사 평판의 유한요소해석", 서울대학교 대학원 석사학위 논문, 1990.
6. Bakht, B., "Analysis of Some Skew Bridges as Right Bridges", Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 114, No. 10, 1988.
7. Khaleel, M.A., et al., "Live-Load Moments for Continuous Skew Bridges", Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 116, No. 9, 1990.
8. 신희정, "탄성받침의 지점구속이 교량의 거동에 미치는 영향", 고려대학교 대학원 석사학위 논문, 1993.
9. 한국도로공사, 고속도로건설공사 표준도, 1995.
10. Schlaich, J., Schafer, K., and Jennewein, M., "Towards a Consistent Design of Structural Concrete", Journal of the Prestressed Concrete Institute, Vol. 32, 1987, pp. 74-150.
11. Siao, W. B., "Strut-Tie Model for Shear Behavior in Deep Beams and Pile Caps Failing in Diagonal Splitting", ACI Structural Journal, Vol. 90, No. 4, 1993, pp. 356-363.
12. 이덕규, 윤영묵, "선형 및 비선형 스트럿-타이 모델방법에 의한 교각구조물의 설계", 대한토목학회 학술발표회 논문집(Ⅰ), 1997, pp. 191-194.
13. 이주호, 박광순, 박경래, 염종윤, "슬래브교 하부구조의 경사각도에 따른 거동특성분석", 대한토목학회 학술발표회 논문집(Ⅰ), 1996, PP. 165-168.

요 약

사각 슬래브교의 반력의 분포의 특성을 관찰하기 위하여 사각을 변수로 하여 모형교량 및 실제교량에 대한 해석을 수행하였다. 연구결과, 사각이 작아지고, L/B값이 커질수록 둔각부의 지점의 큰 반력이 생성되었다. 또한 사각이 70° 이상인 경우에는 사각으로 인한 영향은 상대적으로 감소하였다. 교량의 해석시 탄성스프링을 지점에 사용한 경우에는 더 합리적인 결과를 얻을 수 있었다.

교각의 설계방법에 따른 교각 코핑부의 휨인장, 수직전단철근 그리고 수평전단철근에 대한 설계결과의 비교 결과, 프레임 요소를 이용하여 설계를 수행한 경우 다소 과다한 철근량이 산출되었고 2차원 solid plane stress 모델을 이용한 유한요소해석에 의한 철근량 산출결과와 스트럿-타이 모델을 이용한 철근량 산출결과는 비교적 일치함을 알 수 있었다. 스트럿-타이 모델을 이용한 설계방법은 유한요소해석에 의한 방법에 비하여 상대적으로 철근량을 산출하는데 간편하면서 동일한 정확도를 확보할 수 있음을 파악하였다.

(접수일자 : 1998.2 24)