

곡선 R.C라멘교의 해석적 고찰

An Investigation on the Analysis of Curved Rahmen Bridge

오세준* 정원기** 박명균*** 최성권**** 이은호***** 박 호*****

Oh, Sae Joon Chung, Wonki Park, Myoung-Gyun Choi, Sung Kweon Lee, Eunho Park, Ho

ABSTRACT

R.C. Rahmen bridges have been widely constructed in the location of interchange or narrow road crossing. In addition, skewed or curved rahmen bridges are mostly constructed in comparison with normal rahmen bridges for the purpose of maintaining the route of road or considering the beauty of bridge. However, due to the functional characteristics, rahmen bridges are sustained under the direct vehicle loads and the side directional earth pressure so that the stress concentration with respect to the geometrical eccentricity can be occurred if rahmen bridges are constructed in large amount of skew. In this investigation, the behavior of skewed rahmen bridges which is located in curved route has been analysed to investigate the additional effects on the change of stress concentration.

As a result, it is judged that the stress of curved rahmen bridges is more concentrated than the stress of straight rahmen bridges in the region of obtuse angle. However, in the middle of slab, the curve does not affect on the stress concentration.

1. 서론

R.C 라멘교는 입체교차 또는 좁은 도로의 횡단시 많이 사용되어져 왔다. 또한, 도로의 선형을 유지하거나 교량의 미관을 고려하기 위해 기하학적 형상이 직선교 보다는 사교(Skewed Bridge) 또는 곡선교(Curved Bridge)로 설계되어진다. 하지만, 라멘교의 기능적인 특성상 차량하중의 직접재하와 아울러 측방토압이 작용하는 구조물로서 사각이 큰 경우에는 기하학적 편심에 의한 국부적인 하중집중이 발생할 수도 있다.⁽¹⁾ 이러한 하중을 고려하여 현행시방서에서는 단면력을 계산할 때, 일반적으로 거더와 기둥, 슬래브와 벽 등을 평면 라멘구조로 보고 해석하면 되지만, 사각이 큰 사교등 하중분배의 영향을 무시할 수 없는 경우에는 입체구조로 보고 해석해야 한다고 명시되어 있다.⁽²⁾ 이에 따라, 실무설계자들은 사각의 정도에 따른 구조물의 응력집중 정도를 측정하기 위해 3차원 해석을 통하여 많은 노력을 투자해 왔고 이를 설계에 반영해 왔다. 또한, 사각의 영향을 고려하여 윤하중분포폭 설계식을 제안하거나 철근배근 상세를 제시하는 등 많은 연구가 이루어져 왔다.⁽³⁾

하지만, 사교이면서 평면선형상 곡선을 가지는 라멘교에 대한 고찰은 전무한 실정이므로, 본 연구에서는 사교형식이면서 곡률이 심한 R.C 라멘교의 거동에 대해 고찰하여 곡선이 라멘교의 거동변화에 어떠한 추가적인 영향을 미치는 지에 대해 분석하였다.

*정회원, 삼보기술단 사장

**정회원, 삼보기술단 구조사업부 전무

***정회원, 삼보기술단 구조사업부 상무

****정회원, 삼보기술단 구조사업부 이사

*****정회원, 삼보기술단 구조사업부 과장

*****정회원, 삼보기술단 구조사업부 대리

2 구조해석

일반적으로 R.C 라멘교의 상부구조 해석 방법에는 보요소를 이용하여 힘, 전단을 해석하는 보이론(Euler Beam Theory)과 교량 전체를 판모델로 적용하여 실제거동에 가깝게 하는 판이론(Plate Bending Theory) 등이 있다. 하지만 실무설계에서는 통상적으로 판이론에 의한 3차원 해석은 모델화가 복잡하고 이론적인 결과를 직접 적용하기 어렵기 때문에 사각이 큰 경우(약15°이상)에만 적용하고 그렇지 않은 대부분의 경우에는 보이론에 의한 2차원 해석을 통하여 구조물을 해석한다. 해석 대상교량의 일반적인 제원은 그림 1과 같다.

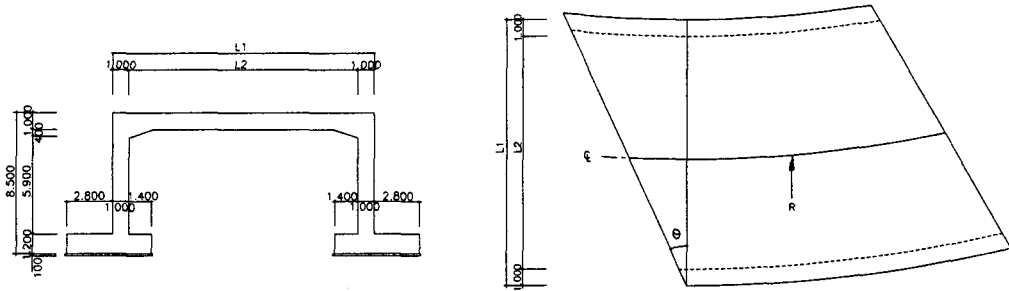


그림 1 해석 대상 교량 일반도

2.1 해석을 위한 모델링

본 고찰에서는 유한요소법을 이용한 교량 전용 해석 프로그램인 Midas/Civil을 이용하여 2차원해석은 frame요소로 그리고 3차원해석은 shell요소로 모델링하였다.

2.2 고찰을 위한 변수산정

본 고찰에서는 라멘교에서 주로 사용되는 지간 10m, 15m에 대한 보해석과 판해석을 실시하였고, 사각으로 인한 둔각부의 각도가 0°, 25°도 그리고 곡선의 영향을 고려하기 위해 R=400, R=800 등을 변수로 선정하였다. 또한, 해석의 범위를 지중 라멘교로 국한하여 고정하중, 토압, 건조수축, 그리고 지점침하 등의 하중은 고려하였으며, 활하중과 온도하중의 영향은 고려하지 않았다. 표 1은 3차원 해석시 고려된 변수들을 정리한 것이다.

표 1. 해석시 변수 산정

| 지 간(L2) | 곡선반경(R) | 사각(θ) | 지 간(L2) | 곡선반경(R) | 사각(θ) |
|---------|---------|-------|---------|---------|-------|
| 10m | 직선교 | 0° | 15m | 직선교 | 0° |
| | | 25° | | | 25° |
| | 400m | 0° | | 400m | 0° |
| | | 25° | | | 25° |
| | 800m | 0° | | 800m | 0° |
| | | 25° | | | 25° |

3. 해석결과 및 고찰

구조해석 결과를 모두 나열하기에는 지면의 한계가 있으므로 여기서는 슬래브의 둔각부와 중앙부에 대한 모멘트만을 정리하여 비교, 고찰하였다.

3.1 슬래브 둔각부의 해석결과

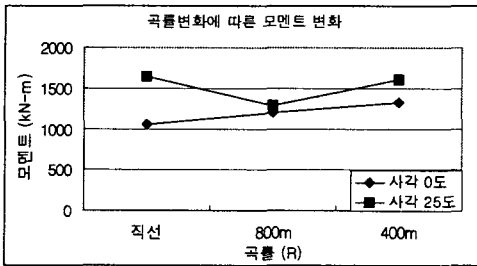
해석결과에 따라 변수별 슬래브 둔각부의 모멘트를 정리·비교하여 표 2에 나타내었다. 또한, 그림 2는 둔각부의 지간별 곡률변화에 따른 모멘트의 변화를 도식적으로 나타내었다. 먼저 2차원 해석과 3

차원 해석의 비교에서 지간의 길이와 상관없이 직선교(사각 0°)인 경우를 제외하고는 모든 경우에 있어 3차원 해석값이 크게 나왔다. 그러므로, 사각이나 곡선교에서 구조물을 2차원으로 해석 하는 것은 단면력을 과소평가하는 것으로 판단된다. 또한, 사각이 0°인 경우에 곡률의 영향을 고찰해 보면, 지간의 길이와 상관없이 곡률이 작아질수록 모멘트가 거의 선형적으로 증가하는 것을 알 수 있다.

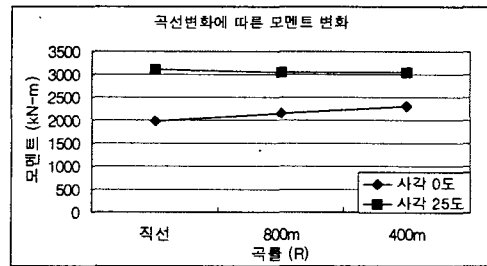
표 2. 변수별 슬래브 단각부의 모멘트 비교

| 지 간(L2) | 곡선반경(R) | 사각(θ) | 2차원 해석 모멘트(kN·m) | 3차원 해석 모멘트(kN·m) | 비 교 | 반력비 |
|---------|---------|-------|------------------|------------------|----------|-------|
| 10m | 직선교 | 0° | 1068.423 | 1054.205 | -14.218 | 0.987 |
| | | 25° | 1068.423 | 1639.607 | 571.184 | 1.535 |
| | 400m | 0° | 1068.423 | 1320.936 | 252.513 | 1.236 |
| | | 25° | 1068.423 | 1610.019 | 541.596 | 1.507 |
| | 800m | 0° | 1068.423 | 1205.379 | 136.956 | 1.128 |
| | | 25° | 1068.423 | 1286.769 | 218.346 | 1.204 |
| 15m | 직선교 | 0° | 1979.422 | 1968.955 | -9.467 | 0.995 |
| | | 25° | 1979.422 | 3108.650 | 1130.228 | 1.571 |
| | 400m | 0° | 1979.422 | 2312.840 | 334.418 | 1.169 |
| | | 25° | 1979.422 | 3033.859 | 1055.437 | 1.533 |
| | 800m | 0° | 1979.422 | 2162.490 | 184.068 | 1.093 |
| | | 25° | 1979.422 | 3042.406 | 1063.984 | 1.538 |

한편, 사각이 25° 그리고 지간이 10m인 경우에는 곡률의 변화에 따른 모멘트의 변화가 비교적 민감하게 나타나고 있으나, 지간이 15m인 경우에는 곡률의 영향과는 상관없이 거의 비슷한 결과 값을 보여 주고 있다. 그러므로, 지간이 증가하면 곡률에 대한 영향이 점점 줄어드는 것으로 판단된다. 또한, 사각의 영향은 직선교인 경우에 가장 크게 나타나고, 곡률이 작아질수록 점점 줄어드는 것으로 나타나 곡선교이면서 사각의 해석 시 곡률의 영향을 무시하면 다소 보수적인 설계가 이루어 질 것으로 판단 된다.



a) 지간 10m



b) 지간 15m

그림 2 단각부에서 지간별 곡률변화에 따른 모멘트 변화 (3차원 해석결과)

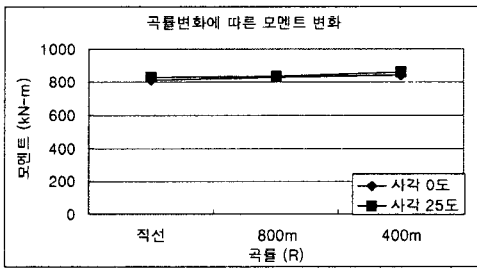
3.2 슬래브 중앙부의 해석결과

변수별 슬래브 중앙부의 모멘트를 정리하여 표 3에 나타내었다. 해석결과로부터, 슬래브 중앙부에서는 2차원 해석값과 3차원 해석값이 모든 경우에 대해 유사한 값(반력비 0.992~1.081)으로 나타나, 중앙부의 설계 시에는 2차원 해석을 이용하여 시간과 노력을 경감시켜도 무방할 것으로 판단된다. 또한, 사각에 대한 영향도 거의 나타나지 않아 지간 10m인 경우 사각에 대한 변화는 각 곡률에 대해 반력비 1.009~1.021 이내, 그리고 지간 15m인 경우 사각에 대한 변화는 각 곡률에 대해 반력비 0.988~1.011 이내로 나타났다. 한편, 곡률에 대한 비교도 모든 경우에 있어 유사한 반력값을 보이고 있다.

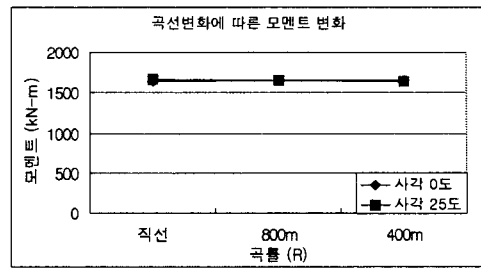
표 3. 변수별 슬래브 중앙부의 모멘트 비교

| 지 간(L2) | 곡선반경(R) | 사각(θ) | 2차원 해석 모멘트(kN·m) | 3차원 해석 모멘트(kN·m) | 비 교 | 반력비 |
|---------|---------|----------------|---------------------|---------------------|---------|-------|
| 10m | 직선교 | 0° | 793.455 | 810.218 | 16.763 | 1.021 |
| | | 25° | 793.455 | 827.360 | 33.905 | 1.043 |
| | 400m | 0° | 793.455 | 843.053 | 49.598 | 1.063 |
| | | 25° | 793.455 | 858.070 | 64.615 | 1.081 |
| | 800m | 0° | 793.455 | 829.901 | 36.446 | 1.046 |
| | | 25° | 793.455 | 837.277 | 43.822 | 1.055 |
| 15m | 직선교 | 0° | 1658.358 | 1645.016 | -13.342 | 0.992 |
| | | 25° | 1658.358 | 1663.570 | 5.212 | 1.003 |
| | 400m | 0° | 1658.358 | 1657.054 | -1.304 | 0.999 |
| | | 25° | 1658.358 | 1637.291 | -21.067 | 0.987 |
| | 800m | 0° | 1658.358 | 1651.930 | -6.428 | 0.996 |
| | | 25° | 1658.358 | 1647.021 | -11.337 | 0.993 |

그림 3은 중앙부에서 지간별 곡률변화에 따른 모멘트의 변화를 도식화하여 나타낸 것이다.



a) 지간 10m



b) 지간 15m

그림 3 중앙부에서 지간별 곡률변화에 따른 모멘트 변화 (3차원 해석결과)

4. 결론

본 고찰을 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 곡선교이며 동시에 사각의 둔각부 설계 시, 곡률의 영향을 무시하면 다소 보수적이 설계가 이루어 질 것으로 사료되며, 지간이 증가하면 곡률에 대한 영향이 점점 감소되는 것으로 나타났다.
- 2) 중앙부의 설계 시에는, 2차원 해석과 3차원 해석의 차이가 거의 없는 것으로 나타났고, 사각과 곡률에 대한 영향도 거의 없는 것으로 나타났다.
- 3) 앞으로의 고찰에서는 노출 라멘교를 포함시켜 활하중과 온도하중의 영향을 고려하여 구조물의 거동을 분석해야 할 것으로 판단되며, 정확한 사각과 곡률의 영향을 파악하기 위해 좀 더 조밀하고 많은 변수의 선정과 해석이 이루어 져야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김덕곤, 양승록, 우성균, “사각을 갖는 R.C 라멘교의 해석적 분석,” 콘크리트 학회지, 제 17권, 3호, pp. 45~49.
2. 건설교통부, 도로교 설계기준, 2005
3. 강성후, 박선준, 김규형, “해석적 방법에 의한 사각을 갖는 R.C. 라멘교의 유효중분포폭 설계식 제안,” 대한토목학회 논문집, 제 22권, 3-A호, 2002, pp. 679~686.
4. 엄종윤, “경사 Slab교의 설계조건에 따른 반력 특성 연구,” 롯데건설기술보, 2000. 3., pp. 21~34