

직교이방성판요소를 사용한 철근콘크리트거더교량의 해석

Analysis of RC girder bridges using orthotropic plate elements

오병환*
Oh, Byung Hwan

박종범**
Park, Jong Bum

김세훈***
Kim, Se Hoon

김지상****
Kim, Ji Sang

ABSTRACT

For the estimation of the load effects of the slab-on-girder type structures, the applicability of FEM analysis for RC T-type girder bridges using orthotropic plate elements has been studied in the present study. The present study indicates that the analysis by orthotropic plate elements for RC T-type girder bridges gives reasonable results for sectional force, including moments and shear. The results from the present method gives the values in between full composite and non-composite cases, which are reasonable when compared with actual test results.

1. 서론

RC T형 거더교량같은 slab-on-girder형의 교량을 해석하는 방법에는 2차원 격자해석과 beam-plate 요소를 이용한 유한요소해석 등이 있다. 격자해석방법은 바닥판의 거동을 정확하게 묘사할 수 없는 단점이 있고 beam-plate 요소를 이용한 해석방법은 현장실험을 통한 바닥판과 거더의 일체거동 여부에 따라 해석을 달리하여야 한다는 단점이 있다. 여러 가지 방법 중 그동안 철근콘크리트 거더교량의 해석은 등방성판요소와 빔요소의 결합으로 해석하여 왔으나, 본 연구에서는 beam-plate 요소를 대신하여 직교이방성판요소를 사용하여 좀 더 간단하게 해석할 수 있는 방안을 연구하고자 한다.

따라서 본 연구에서는 RC T형 거더교량같은 slab-on-girder형의 구조물의 작용력을 구하기 위해 일반적으로 사용하는 해석방법의 대안으로 직교이방성 판요소를 이용한 유한요소해석을 통한 RC T형 거더교량 해석의 타당성을 분석하였다.

* 정회원, 서울대학교 토목공학과 교수

** 정회원, 서울대학교 지구환경시스템공학부 박사과정

*** 정회원, 서울대학교 토목공학과 박사

**** 정회원, 서경대학교 토목공학과 교수

2. RC T형 거더교량의 직교이방성 판요소를 이용한 유한요소해석

2.1 직교이방성 판요소를 이용한 유한요소해석

RC T형 거더교량의 작용력을 구하기 위해 직교이방성 판요소를 이용하여 유한요소해석을 수행하고자 한다.

판요소의 공식화는 수직방향의 전단변형을 고려하는 판이론(E. Reissner, R. D. Mindlin)에 기초하였다. 즉, 변형 전에 판의 중앙면에 수직인 직선 위에 있던 판요소들은 변형동안에는 직선 형태로 존재하지만 변형된 판의 중앙면에는 수직할 필요가 없다는 가정에 기초하였다.

2.2 해석한 RC T형 거더교량의 모델링

RC T형 거더교량을 직교이방성 판요소를 이용하여 모델링하였다. 거더와 바닥판은 종방향과 횡방향으로 철근배근이 다르기 때문에 방향별로 강성을 다르게 주었다.

그림 1은 교량의 제원을 나타내고 그림 2는 이 교량의 모델링 예를 나타낸다.

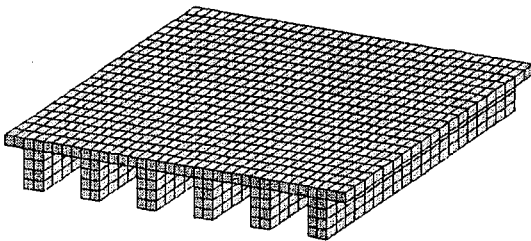


그림 1 교량의 제원

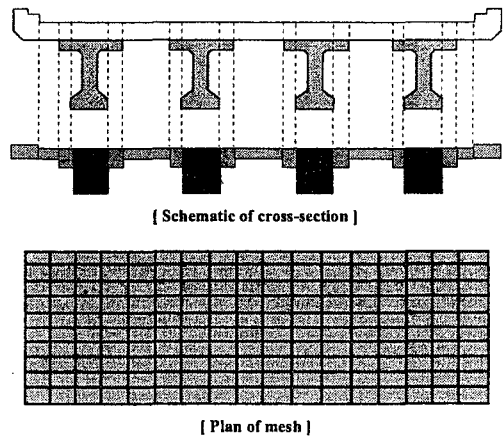


그림 2 직교이방성 판요소를 이용한 모델링

3. RC T형 거더교량 해석방법에 따른 결과값 비교

3.1 Slab-on-girder형의 교량의 해석방법

PSC거더교량과 RC T형 거더교량같은 slab-on-girder형의 교량을 해석하는 방법은 2차원 격자해석, beam-plate요소를 이용한 FEM해석 등이 있다. 여기서는 각각의 해석방법에 대해서 설명하고 직교이방성 판요소를 사용한 결과값과 비교하였다.

3.1.1 2차원 격자해석

이 방법은 일반적으로 설계할 때 사용되며 간단한 해석방법이다. 이 방법에서는 거더와 바닥판을 뼈대요소로 치환하여 모델링한다. 하지만 이 방법은 바닥판의 거동을 정확히 묘사할 수 없는 단점이 있다.

3.1.2 Beam-plate 요소를 사용한 유한요소해석

Slab-on-girder형의 교량은 거더와 바닥판의 합성으로 볼 수 있다. 따라서, 거더는 뼈대요소로 바닥판은 판요소로 모델링할 수 있다. 교량의 바닥판과 거더가 일체거동을 하는가, 그렇지 않은가에 따라 비합성형, 부분합성형, 완전합성형으로 구분하여 모델링하였다. 합성작용에 대해서는 현장실험이 필요하므로 일반적으로 비합성형과 완전합성형의 결과값의 평균값을 사용하기도 한다.

비합성형 모델에서는 바닥판과 거더의 중립축이 같다고 가정한다. 부분합성형과 완전합성형 모델에서는 바닥판과 거더의 중립축이 다르고 각각의 중립축을 Rigid link 요소를 사용하는 연결한다. 부분합성형에서는 바닥판 아래의 거더부분만이 뼈대요소로 치환하고 완전합성형에서는 유효폭의 바닥판과 거더를 뼈대요소로 치환한다.(그림 3, 4, 5)

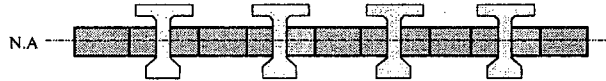


그림 3 바닥판과 거더의 비합성형 모델

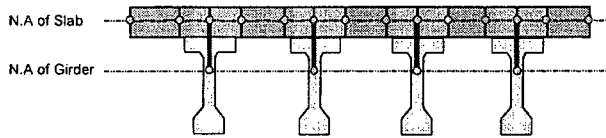


그림 4 바닥판과 거더의 부분합성형 모델

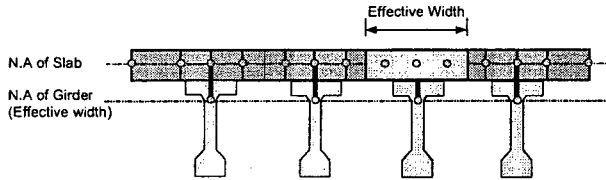


그림 5 바닥판과 거더의 완전합성형 모델

3.2 해석결과의 비교

3.2.1 RC T형 거더교량의 제원

그림 6, 7은 분석한 RC T형 거더교량의 제원(AASHTO의 RC T형 거더교량의 예)을 보여준다. 그림 6에서 P_1 과 P_2 는 처짐을 보는 관심위치이고, $L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6, L_7$ 은 하중제하지점이다. 그림 7은 철근상세를 나타낸다.

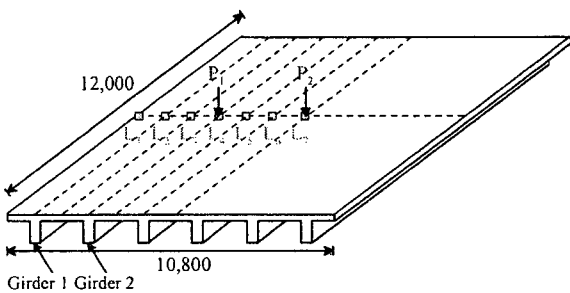


그림 6 분석한 RC T형 거더교량의 제원

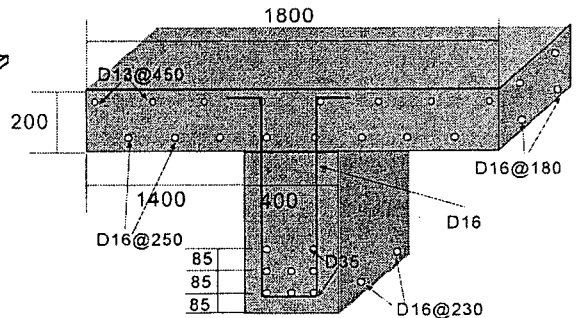


그림 7 철근상세

3.2.2 해석결과와의 비교

그림 8과 그림 9는 각 해석방법에 따른 P1과 P2에서의 처짐을 나타낸다. 직교이방성 판요소를 이용한 FEM해석의 처짐이 부분합성형과 완전합성형 모델을 사용한 결과값 사이에 있음을 알 수 있다. 따라서, slab-on-girder형의 교량을 직교이방성 판요소를 이용한 FEM해석하는 것은 적절한 방법이라 생각된다.

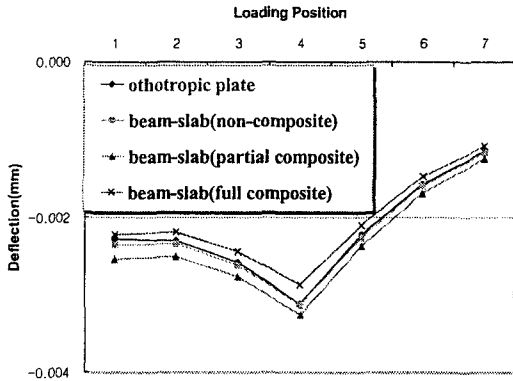


그림 8 P1에서의 처짐 비교

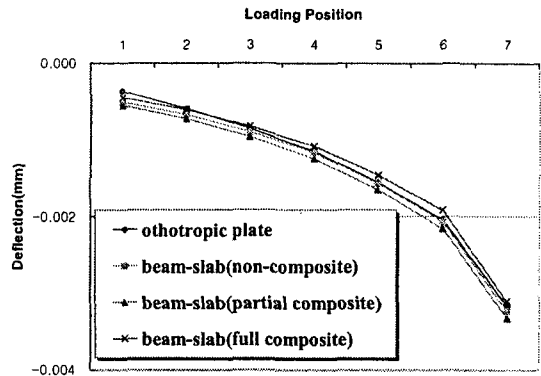


그림 9 P2에서의 처짐 비교

4. 결 론

본 연구에서는 직교이방성 판요소를 이용한 유한요소해석을 통해 RC T형 거더 교량을 해석하였고 기존의 방법과 비교함으로써 이 방법의 타당성을 검토하였다. 해석결과 직교이방성 판요소를 이용한 유한요소해석을 통한 처짐값이 beam-plate 요소를 이용한 해석방법 중, 부분합성형과 완전합성형 모델을 이용하여 해석한 처짐값 사이에 있는 것으로 나타났다.

따라서, RC T형 거더교량같은 slab-on-girder형의 교량을 직교이방성 판요소를 이용한 유한요소해석을 통해 해석하는 방법은 적절한 방법으로 판단된다. 본 연구의 해석 결과가 비교적 타당한 구조거동을 보여 주고 있어 앞으로 철근콘크리트 거더교량의 해석에 효율적으로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. CEB-FIP, "Model Code for Concrete Structures", 1990
2. Bakht, B. and Jaeger, L.G. (1985), "Bridge Analysis Simplified", McGraw-Hill
3. 김광수, 박선규, 김형일, "PSC보 교량의 유한요소 모델링방법에 관한 연구", 콘크리트학회 논문집 제 11권 5호, 1999
4. Timoshenko, S., "Theory of Plate and Shells", 2nd edition