

# LMC로 덧씌우기된 RC보의 비선형 휨 해석

## Nonlinear Flexural Analysis of RC Beam Overlayed by LMC

김성환\*

김동호\*\*

최성용\*\*\*

윤경구\*\*\*\*

Kim, Seong Hwan Kim, Dong Ho Choi, Sung Yong Yun, Kyung Ku

### ABSTRACT

Recently to repair the structure of deteriorated concrete, LMC rehabilitation method is introduced. however, this method has the possible risks of brittle failure depending on bond performance of the interface. the prediction of interfacial behavior becomes essential to protect the failure. all of the studies which have been done about this field are only about material property such as strength, durability, bond. there is not enough data and studies about structural behavior and numerical analysis. therefore, in this study A flexural nonlinear analysis model of ABAQUS was proposed to predict the load-deflection response, interfacial stress, and ultimate strength. The parameter study showed that overlay thickness was a main influencing factor to the behavior of RC beam overlayed by LMC.

### 1. 서론

최근 열화된 콘크리트상판 구조물의 보수를 위하여 LMC(Latex Modified Concrete ; 윤경구, 2000) 단면 증설공법이 새로이 선보였다. 그러나 LMC 단면증설 공법은 기존의 콘크리트 상판과 보강된 LMC 사이의 부착성능에 따라 부착계면 파괴 즉, 취성파괴를 일으킬 위험이 있어서 부착계면 파괴의 방지를 위한 부착계면 거동 예측이 필히 요구된다. 그러나, 기존에 발표된 LMC 관련 연구들은 강도 특성, 내구특성 및 부착특성 등 재료에 관한 것에 머물렀고, LMC로 덧씌우기 보강된 RC 보의 휨 거동 특성 및 부착파괴 예측을 위한 부착계면 거동 특성 등의 구조거동과 해석방법에 관한 체계적인 연구가 뒤따르지 못하였다. 따라서, 본 연구에서는 신설교량에 실시한 LMC 덧씌우기 보강형태와 기설교량의 손상된 콘크리트를 제거하고 실시한 LMC 보수형태의 철근콘크리트보에 대하여 범용 유한요소 프로그램인 ABAQUS를 이용한 비선형 휨 해석 기법을 소개하고자 하였으며, 매개변수 연구를 통하여 LMC로 덧씌우기 보강된 철근콘크리트 보의 비선형 거동에 미치는 영향을 알아보하고자 하였다.

\*정회원, 강원대학교 토목공학과 박사후과정

\*\*정회원, 강원대학교 토목공학과 박사후과정

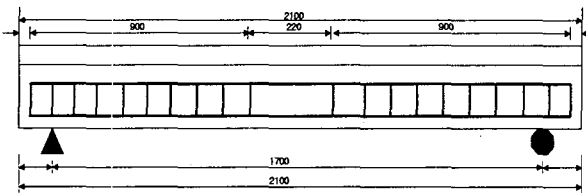
\*\*\*정회원, 강원대학교 토목공학과 박사과정

\*\*\*\*정회원, 강원대학교 토목공학과 교수

## 2. 해석모델

### 2.1 적용요소

LMC로 보강된 철근콘크리트 보의 해석에 사용한 프로그램은 비선형 해석프로그램인 ABAQUS 6.4-1을 사용하였으며, 해석에 사용된 시험편은 Fig.1과 같으며, 해석모델은 Fig.2와 같다. 이때 사용된 요소는 OPC는 8절점, LMC는 6절점의 솔리드 요소를 사용하였으며, 하부 균열 부위와 부착 경계부, 하중 작용위치에는 요소를 좀더 촘촘히 배열하였다. 철근은 2절점 트러스 요소를 사용하였으며, OPC와 LMC 요소사이의 공유절점, 철근 요소와 콘크리트 요소는 ABAQUS 기능중 하나인 Embedded 기능을 사용하여 솔리드요소와 같이 거동하도록 하였다.



<절면도>

Fig.1 Dimension of Beam Specimen (unit : mm)

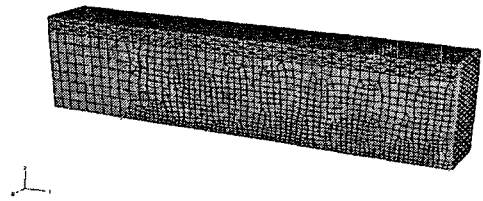


Fig.2 Analysis Model with Overlay

## 2.2 재료 모델

### 2.2.1 콘크리트 파괴모델

Menetry-William(1995) 콘크리트 파괴기준이 사용되었으며, 이모델은 인장과 압축항복강도가 크게 다른 복합재료와 같이 압축의존성 항복특성을 나타내는 재료에 적용 가능한 모델로서 삼축응력상태를 정확하게 나타낼 수 있을 뿐만 아니라 변수수정을 통해 기존의 개발된 모든 파괴기준을 구현할 수 있는 특성을 가지고 있다.

### 2.2.2 철근모델

Hsu(1992)의 연구결과에 의하면 철근이 콘크리트에 묻힌 경우의 항복강도는 순수 철근만의 항복강도에 비해 작은 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서도 Hsu에 의해 제안된 Bilinear 형태의 철근모델을 사용하였다.

## 2.3 하중조건 및 경계조건

유한 요소 모델은 그림 2에 나타난 것과 같이 단순 지지된 보에 보 중앙에 대하여 좌우 대칭인 하중이 작용하는 형태이다. 따라서, 해석의 편의상 반만 모델링 하였으며, 하중은 최대 2.04 N의 하중을 시간에 따라 자동적으로 고려되도록 하였다. 경계조건은 중앙부 단면에 x 방향의 변위를 구속하였으며, 지점부는 y, z 방향의 변위를 구속하였다.

## 3. 매개변수 연구

### 3.1 덧씌우기 콘크리트 두께의 영향

덧씌우기 콘크리트의 두께변화에 따른 보의 비선형 휨 거동 특성을 알아보기 위하여 기존 콘크리트

압축강도를 34MPa에 고정하고, 덧씌우기 콘크리트의 두께를 20mm, 50mm, 80mm로 변화하여 해석을 수행하였다. Fig.3은 콘크리트 두께의 변화에 따른 실험결과와 해석결과를 비교한 그래프이며 항복 시 까지 실험 결과와 일치하였으며, 항복 이후 거동에서 차이를 보였다. Fig.4는 덧씌우기 두께 변화에 따른 해석결과를 나타낸 것으로 항복점이 상승하는 경향을 보여주었다. 이 원인은 덧씌우기가 보의 강성을 높여준 결과로 판단된다.

### 3.2 덧씌우기 콘크리트의 압축강도 변화에 따른 영향

덧씌우기 압축 강도 변화에 따른 해석 결과를 Fig.5~6에 나타내었다. 덧씌우기 압축강도의 영향은 보의 휨 거동에서 미소한 것으로 나타났다. 항복이후 거동에서는 덧씌우기 압축강도가 35MPa일 때, 131.8kN에서 극한 상태를 나타냈으며, 45MPa일 때, 136.6kN에서 극한 상태를 보여주었으며, 55MPa일 때, 140.5kN에서 극한 상태를 보여주었다. 기존 보의 두께가 변할때, 덧씌우기 압축강도의 영향도 거의 없는 것으로 판단되며, 단지, 단면의 증가에 따른 강성증가의 경향을 보여주었다.

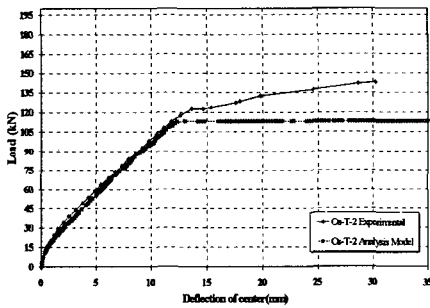


Fig.3 Comparison of Test and FEA Results with Overlay(20mm)

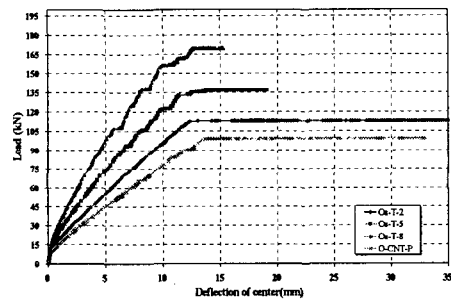


Fig.4 Comparison of FEA Results with Overlay Thickness

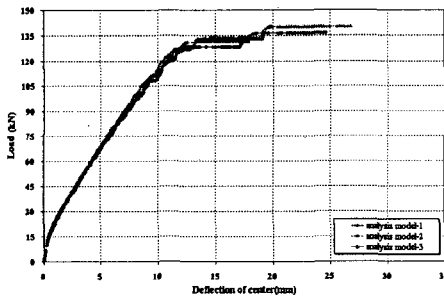


Fig.5 Comparison of FEA Results with Overlay Strength(OPC 250mm)

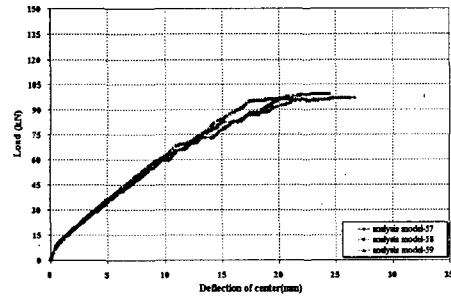


Fig.6 Comparison of FEA Results with Overlay Strength(OPC 180mm)

### 3.3 전단 철근, 인장철근, 압축철근의 영향

전단 철근 및 인장철근, 압축철근이 휨 거동에 미치는 영향을 알아보기 위하여 매개변수 연구를 수행하였으며, 해석 결과를 Fig.7~9에 나타내었다. 휨 거동에 전단철근의 영향은 없는 것으로 나타났으나, 실험결과 전단철근이 없을 경우 전단에 의한 전단파괴가 진전되다가 부착경계면의 파괴로 이어지는 결과를 보여주었다.

인장 철근의 영향은 인장 철근이 증가함에 따라 항복강도 및 극한 강도가 35%, 85% 증가하는 일반적인 경향을 보여 주었으며, 다소 연성이 떨어지는 경향을 보였으나 그 영향은 미소한 것으로 판단된다. 압축철근의 영향은 항복 강도 증가에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 압축철근 증가에 따라 연성이 증가하는 경향을 보여주었다.

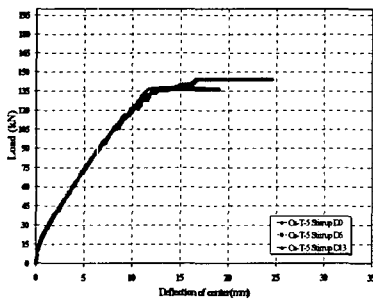


Fig.7 Comparison of FEA Results with Stirrup

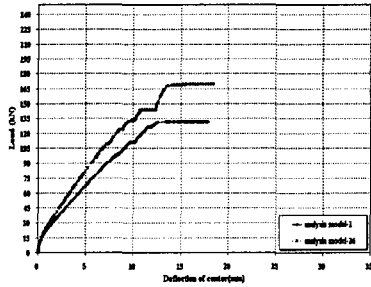


Fig.8 Comparison of FEA Results with Tension Steel Ratio

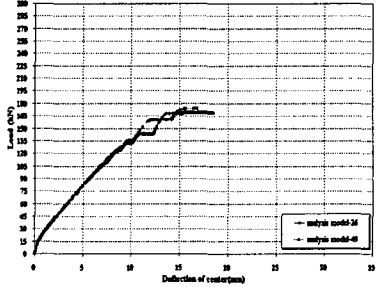


Fig.9 Comparison of FEA Results with Compressive Steel Ratio

## 4. 결론

덧씌우기 보강된 철근콘크리트 보의 비선형 휨 거동 특성을 파악하기 위하여 매개변수 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) LMC 덧씌우기 두께에 따른 매개변수 연구를 수행한 결과, 덧씌우기 두께가 증가할수록 내하력이 증진되는 효과를 나타냄으로써, 구조 보강재료로서의 LMC의 성능을 확인할 수 있었다.
- 2) LMC 덧씌우기 압축강도 증가에 따른 매개변수 연구를 수행한 결과, LMC로 덧씌우기된 철근콘크리트 보의 비선형 휨 거동에서 덧씌우기 압축강도가 미치는 영향은 미소하다는 것을 알 수 있었다.
- 3) 전단철근 및 압축철근, 인장 철근비에 따른 매개변수 연구를 수행한 결과 LMC로 덧씌우기된 RC보의 비선형 휨 거동에 전단 철근 및 압축철근의 영향은 미소하였으며, 인장 철근의 영향이 가장 크게 작용함을 알 수 있었다.

## 5. 참고문헌

윤경구, 이주형, 김기현, 김대호 (2000), "현장적용을 위한 라텍스 개질 콘크리트의 역학적 특성", 대한토목학회 학술발표회 논문집, Vol.1, pp.395-398.

Abaqus, "Version 6.4-1 User's Manual", Abaqus, inc.

Hus, T.C. (1992), "Unified Theory of Reinforced Concrete", CRC.