

# 미세역학을 적용한 경량콘크리트 방호벽에 대한 유한요소 해석

## Micromechanics-Based FE analysis of Lightweight Concrete Barrier

김 봉 래\* · 양 범 주\*\* · 전 정 희\*\* · 이 행 기\*\*\* · 곽 중 원\*\*\*\* · 이 정 우\*\*\*\*\*

Kim, Bong-Rae · Yang, Beom-Joo · Jeon, Jeong-Hee · Lee, Haeng-Ki · Kwak, Jong-Won · Lee, Jung-Woo

### 요 약

현대사회에서 점차 경량콘크리트의 활용도에 대한 관심이 높아지고 있으나 이에 관한 연구실적은 아직까지 미비하다. 경량콘크리트는 그 특성상 가벼운 자중과 높은 에너지 흡수성을 가지고 있다는 점에서 방호벽에 적용 가능한 재료로 볼 수 있다. 이에 본 연구에서는 이러한 점을 고려하여 경량 방호벽에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 경량콘크리트 방호벽의 거동해석을 수행하였으며, 이를 위해 미세역학기반 경량콘크리트 모델을 상용 유한요소 프로그램인 ABAQUS에 적용하여 경량콘크리트 압축공시체에 관한 해석을 선 수행하였다. 이를 통해 도출된 손상변수를 통하여 실제 방호벽에 대한 정적 하중 시뮬레이션을 수행하였다.

**keywords** : 경량 콘크리트, 미세역학, 유한요소 해석, 방호벽

### 1. 서 론

현대사회에서 변화하는 건설구조물경향에 따른 재료의 성능향상 요구가 증대되고 있으나, 일반 콘크리트의 경우 면적 대비 비중이 크기 때문에 그 강도에 비하여 구조물의 자중이 크다는 결함을 가지고 있다(김영진 외, 2003). 따라서 경량콘크리트가 새로운 건설재료의 대안으로 부상하고 있으며, 이에 대한 실용화 및 적용 방법에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다(박대오 외, 2009). 콘크리트의 경량화는 자중의 경감 이외에 충격과 관련하여 높은 에너지 흡수를 기대할 수 있는데, 이는 차량이 방호벽에 충돌 시 외부로부터 가해지는 충돌에너지를 방호벽의 중량 및 변형 범위 내에서 최대의 변형에너지로 변환되기 때문이다(허승진 외, 1997). 이러한 경량콘크리트의 충격에 대한 우수한 특성에도 불구하고 지금까지 국내에서 이를 활용한 방호벽에 대한 연구는 거의 찾아보기 어렵다.

본 연구는 경량화 및 흡수 에너지특성을 가지는 방호벽 개발을 위한 연구로서 이를 위한 미세역학기반을 기반으로 경량콘크리트 방호벽에 대한 수치해석을 수행하고자 한다. 시뮬레이션을 위하여 경량콘크리트모델이 구현된 UMAT(user-defined material) (Lee, 2001; Lee et al., 2005, 2008)을 ABAQUS에 적용하였으며, 일반 압축공시체( $\phi$  100×150 mm) 시뮬레이션을 선수행하여 재료 손상변수를 정하였다. 이를 통해 도출한 변

\* 학생회원 · 한국과학기술원 건설 및 환경공학과 박사과정 bong-ida@kaist.ac.kr

\*\* 발표자, 학생회원 · 한국과학기술원 건설 및 환경공학과 석사과정 bumjoo@kaist.ac.kr, jeong0108@kaist.ac.kr

\*\*\* 교신저자, 정회원 · 한국과학기술원 건설 및 환경공학과 교수 leeh@kaist.ac.kr

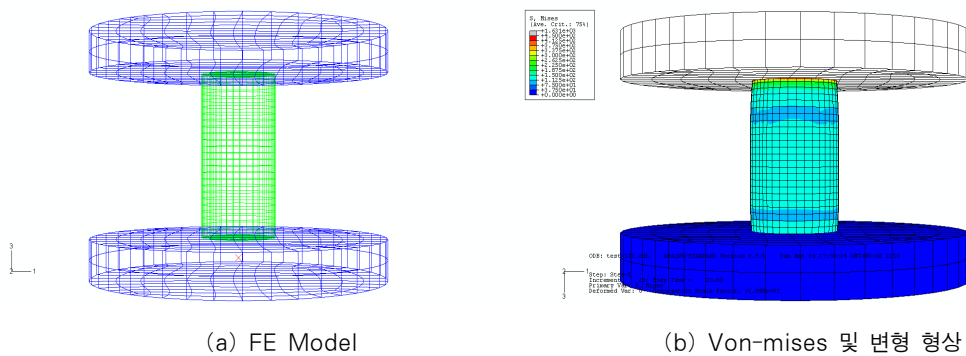
\*\*\*\* 한국건설기술연구원 기반시설연구본부 책임 연구원 origilon@kict.re.kr

\*\*\*\*\* 한국건설기술연구원 기반시설연구본부 연구원 duckhawk@kict.re.kr

수를 실물 크기의 6 m 방호벽에 대해 적용, 최종적으로 경량방호벽에 대한 수치해석을 수행하였다.

## 2. 경량콘크리트를 위한 수치해석

경량콘크리트로 제작된 방호벽을 시뮬레이션을 하기 위해 앞서  $\phi 100 \times 150$  mm의 경량콘크리트 공시체의 압축시험에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 본 시뮬레이션은 경량콘크리트의 손상변수를 알아보기 위한 선행과정으로써 예측된 시뮬레이션은 실제 압축시험결과와 비교 수행하였다. 그림 1은 유한요소(FE) Model과 Von-mises 및 변형양상을 나타내고 있다.



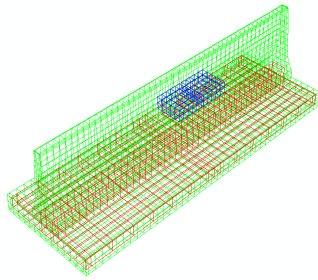
<그림 1. 경량콘크리트 공시체의 (a)FE model 및 (b)Von-mises 및 변형양상>

## 3. 경량방호벽에 대한 유한요소 해석 적용

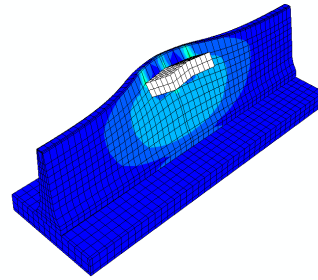
차량방호벽의 성능시험은 도로안전시설(건설교통부, 2002) 관리 지침에 따라 정하중 시험을 통해 이루어지지만, 시험의 규모로 볼 때 여러 차례의 시험을 수행하기에는 현실적으로 어려움이 따른다. 이러한 점을 고려해 본 연구에서는 실물크기의 방호벽과 정적하중을 고려하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였으며, 이를 통해 경량방호벽의 성능평가 및 거동을 예측해보았다.

대우건설기술연구원(전세진 외, 2007a, 2007b)은 도로에 연속적으로 이어져 있는 방호벽을 단일한 블록으로 실험하기 위해서 필요한 최소 길이를 6 m로 제안하였다. 이에 본 논문에서는 방호벽의 길이를 6 m로 설정하였으며, 그 외 방호벽의 높이, 기울어진 각도 등은 건설 교통부에서 수행한 “도로안전시설 설치 및 관리 기준 연구”(건설교통부, 1999)를 참조하여 설계하였다.

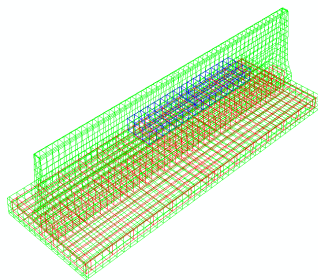
방호벽에 대한 하중재하길이는 각각 1070 mm, 2440 mm으로서 이 길이는 한국건설기술연구원보고서, 국내규정, AASHTO규정을 비교하여 결정하였다 (한국건설기술연구원, 2009; 건설교통부, 1998). 여기에서 방호벽 부분만 경량콘크리트로 가정하였고 그 외 바닥판 및 철근은 일반적인 콘크리트와 철근에 대한 물성치를 적용하였으며, 경계조건으로 바닥 밑면을 구속하였다. 그림 2은 본 연구에 수행된 두 종류의 방호벽에 대한 FE Model과 Von-mises 및 변형양상을 나타내고 있다.



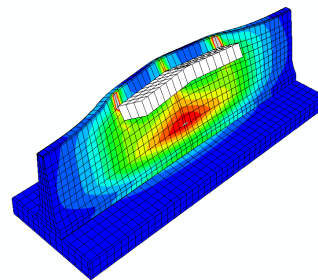
(a) FE Model (재하길이: 1070mm)



(b) Von-mises 및 변형형상 (재하길이: 1070mm)



(c) FE Model (재하길이: 2440mm)



(d) Von-mises 및 변형형상 (재하길이: 2440mm)

<그림 2 경량콘크리트 방호벽의 FE Model, Von-mises 및 변형형상: (a) FE Model (재하길이: 1070mm), (b) Von-mises 및 변형형상 (재하길이: 1070mm), (c) FE Model (재하길이: 2440mm), (d) Von-mises 및 변형양상>

#### 4. 결론

본 연구에는 미세역학 기반의 손상구성모델을 FE 프로그램인 ABAQUS에 적용하여 경량콘크리트 방호벽에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 두 가지의 다른 재하길이를 가지는 방호벽에 대해서 모델링을 하였으며 결과를 예측해 보았다. 앞으로 보다 정확한 경량콘크리트의 유한요소해석을 위한 연구를 추가적으로 수행할 예정이다. 또한 해석한 시뮬레이션은 차후 실제 실험과 비교 수행될 예정이다.

#### 감사의 글

본 연구는 스마트 사회기반시설 연구센터(SISTeC)로부터 지원된 연구비 [과제번호: 20100001367]와 HRHRP (High-Risk High-Return Project) 프로젝트를 통해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- 건설교통부 (1998) 도로안전시설 설치 및 관리 기준 연구, 중앙분리대 및 충격 흡수 시설 편 작성
- 건설교통부 (1999) 도로안전시설 설치 및 관리 지침-교량용 방호울타리 편
- 건설교통부 (2002) 도로안전시설 설치 및 관리지침 통합편
- 김영진, 공민호, 이정재, 임남기, 정상진 (2003) 혼화재료를 사용한 경량콘크리트 제품의 제작을 위한 실험

- 적 연구, **대한건축학회 학술발표대회 논문집: 구조계** 제23권 제1호, 2003. 4, pp. 199 ~ 202
- 박대오, 사순현, 김상현, 지식원, 최수경, 서치호 (2009) 경량골재의 공극구조와 흡수특성에 대한 경량골재 콘크리트 특성평가 연구, **대한건축학회논문집: 구조계** 제25권 제3호 통권 제245호 pp.85-92 1226-9107
- 전세진, 최명성, 김영진, 현병 (2007a) 프리캐스트 콘크리트 방호벽의 정적 실험 : I. 극한거동 및 등급 고찰 **대한토목학회논문집 A** 제27권 제6 A호, pp. 891 ~ 899
- 전세진, 최명성, 김영진 (2007b) 프리캐스트 콘크리트 방호벽의 정적 실험 : II. 계층값 분석, **대한토목학회 논문집 A** 제27권 제6 A호, pp. 901 ~ 908
- 한국건설기술연구원 (2009) 경량콘크리트를 이용한 방호벽 개발
- 허승진, 조성도성 (1997) 충격에너지 흡수 구조 요소의 경량화 설계 연구, **대한기계학회 1997년도 추계학술 대회논문집 A** pp.506~511
- H.K. Lee, (2001) A computational approach to the investigation of impact damage evolution in discontinuously reinforced fiber composites”, *Computational Mechanics*, Vol.27,pp.504-512,
- Lee, H. K., Avila, G. and Montanez, C. (2005) Numerical study on retrofit and strengthening performance of sprayed fiber reinforced polymer, *Engineering Structures*, Vol. 27, pp. 1476-1487.
- Lee, H. K., Kim, B. R. and Ha, S. K. (2008) Numerical evaluation of shear strengthening performance of FRP sheets/strips and sprayed FRP coating repair systems, *Composites Part B: Engineering*, Vol. 39, pp. 851-862.