

2024년 춘계학술발표대회 : 일반부문

변형지배거동을 하는 철근콘크리트 벽체의 에너지소산계수에 영향을 미치는 요인분석

Analysis of Factors Affecting the Energy Dissipation Factor of Reinforced Concrete Wall with Deformation-Dominated Behavior

○강 대 영* 유 석 형**
Kang, Dae-Young Yoo, Seok-Hyung

Abstract

The energy dissipation factor of the concentrated plastic hinge model of reinforced concrete wall presented in the performance-based seismic design guidebook. In this study, the energy dissipation factor using the PERFORM-3D fiber element model were compared with the axial force ratio, boundary zone reinforcement ratio, and aspect ratio as variables.

It was found that the energy dissipation factor of the intensive plastic hinge model in the guidebook is significantly higher than that of the fiber element model, and the increase in the boundary zone reinforcement ratio is proportional to the energy dissipation factor while the aspect ratio and axial force ratio are inversely proportional.

키워드 : 에너지소산계수, 비선형정적해석, 섬유요소모델, 철근콘크리트 벽체, PERFORM-3D

Keywords : Energy Dissipation Factor, Nonlinear Static Analysis, Fiber Model, Reinforced Concrete Wall, PERFORM-3D

1. 서론

국내에는 많은 공동주택이 있으며 이러한 공동주택들은 벽식구조가 대부분을 이룬다. 이러한 벽식구조 설계 및 시공을 진행함에 있어 최근 지진빈도가 잦아짐에 따라 성능기반 내진설계에 대한 관심이 크게 대두되고 중요성이 크게 올라감에 따라 실무에서 성능기반 내진설계 사용빈도가 점차 증가하고 있다. 이러한 성능기반 내진설계를 진행할 경우 비선형해석은 필수절차인데 비선형해석은 기존 실무에서 주로 진행되던 선형탄성해석보다는 복잡하고 많은 경험 및 지식이 요구되지만 보다 정확하고 신뢰성 있는 결과를 도출 할 수 있는 장점이 있다. 이에 대한건축학회 및 한국콘크리트학회에서 “철근콘크리트 건축구조물의 성능기반 내진설계를 위한 비선형해석모델, 2021” (이하 지침서) 발간함으로써 실무 및 연구에서의 철근콘크리트 내진설계 및 비선형 해석작업에 있어 보다 합리적으로 진행할 수 있게 되었다.

철근콘크리트 구조물은 지진하중이 작용하면 탄성거동

에 이어서 항복 이후 비탄성거동을 한다. 비탄성거동을 하는 철근콘크리트 부재는 강도 및 강성이 감소, 편칭현상 등으로 인해서 에너지가 소산하게 되며 주기거동을 거듭할수록 철근콘크리트 부재의 에너지소산능력은 점차 감소한다. 주로 철근에 의해서 에너지가 소산되며 내진설계시에는 에너지소산계수(κ)를 산정하고 입력함으로써 철근콘크리트의 에너지소산능력을 간접적으로 고려하고 있다. 에너지소산계수는 그림 1과 같이 이상화된 탄소성거동 면적(E_{ep})과 실제 에너지소산량 면적(E_D)의 비율을 통해서 철근콘크리트 부재의 주기거동 중 한 구간의 에너지소산량을 나타내는 것이다.

지침서에서는 현재까지 경험에 의거하여 산정하던 에너지소산계수를 이론식을 통하여 모든 철근콘크리트 부재에 대해 에너지소산계수를 정의하였다. 기둥 및 벽체에 대해서도 집중소성힌지모델의 에너지소산계수 값을 식.(1)을 통해 제시하고 있다. 하지만 벽체는 단면 내 세밀한 응력변화를 고려해야 하기 때문에 섬유요소모델을 주로 사용하고 있다. 또한 식.(1)은 단부집중배근 벽체에 한해서 적용이 되며, 본 연구에서는 실무에서 주로 사용되는 단부집중 배근에 한해서만 진행하였다.

따라서 본 연구에서는 지침서에서 이론을 기반으로 한 집중소성힌지모델의 에너지소산계수 값과 섬유요소모델 해석을 통하여 산출된 에너지소산계수 값을 여러 요인들을 통해 비교함으로써 그에 따른 차이점을 알아보고자 한다.

* 경상국립대학교 건축공학부 석사과정

** 경상국립대학교 건축공학부 교수, 공학박사

(Corresponding author : Department of Architectural Engineering, Gyeongsang National University, piter31@gnu.ac.kr)

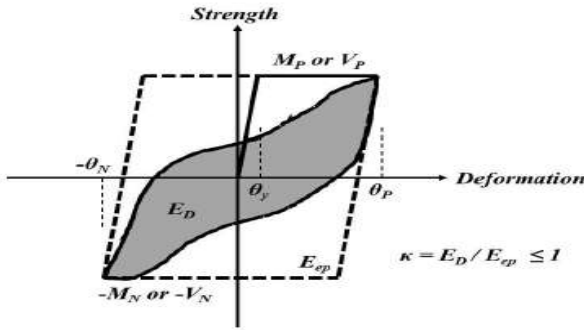


그림 1. 에너지소산계수

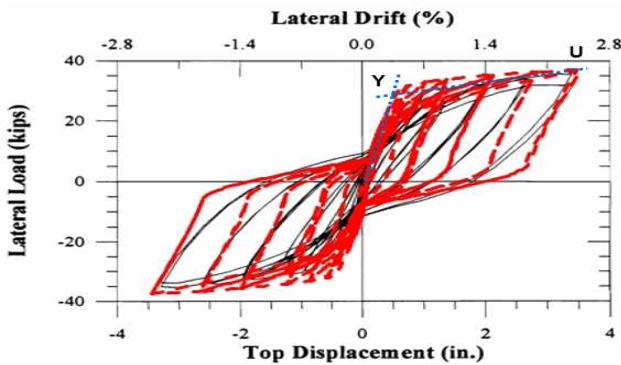


그림 2. 섬유요소모델 해석결과(RW2 벽체)

$$\frac{3}{2} \frac{f_y A_s h_s}{M_P + M_N} \lambda \geq 0.15 \quad \text{and} \quad \lambda = \frac{l_s}{3h} (\leq 1) \quad (1)$$

2. 비선형 해석

섬유요소모델을 통해 해석할 대상 실험모델은 RW2(Thomsen et al; 1995)로 선택 후 진행하였다. RW2 벽체는 폭 1219mm 높이 3658mm 축력 $0.1A_g f_{ck}$ 을 조건으로 하는 변형지배거동 벽체이다. 섬유요소모델을 통한 비선형해석은 PERFORM-3D를 통해 진행하였으며, 결과는 그림 2를 참조한다. 섬유요소모델의 에너지소산계수는 PERFORM-3D의 Multiple Loads 기능을 사용하여 포락선을 구한 후 Y-U구간을 정의하여 Y-U구간 사이에 있는 Drift Ratio 1.0%를 기준으로 하였다. 변수로는 축력비(Axial Force Ratio), 단부철근비(Boundary Zone Reinforcement Ratio) 및 형상비(Aspect Ratio)를 고려하였다. 축력비($0.1A_g f_{ck}$)와 단부철근비(ρ_{BE}) 및 형상비(l_w/h)에 대하여 각각 1.1, 1.2 및 1.3배로 증가시키며 에너지소산계수를 도출하였다.

3. 비선형 해석 결과

그림 3은 변수별 에너지소산계수를 나타내었는데 전체적으로 집중소성힌지모델의 에너지소산계수가 더 큰 것을 알 수 있다. 단부철근비 조건일 때 차이가 다소 났으며, 축력에 의한 차이는 미비하였다. 단부철근비가 증가할수록

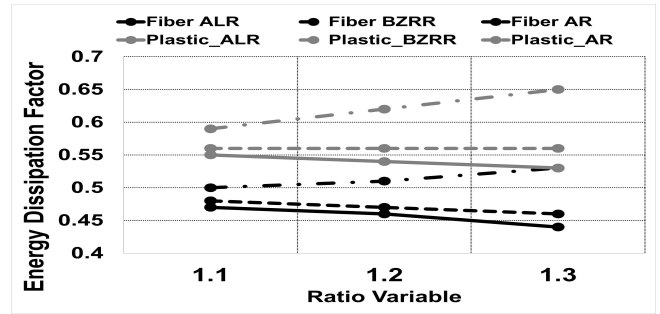


그림 3. 영향요소별 에너지소산계수 차이(절댓값)

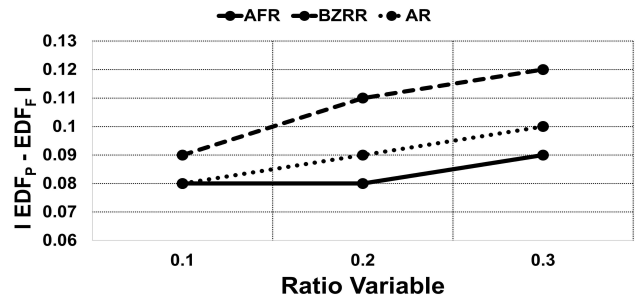


그림 4. 영향요소별 에너지소산계수 차이(절댓값)

에너지소산계수는 증가하는 것으로 나타났으며 형상비가 증가할수록 섬유요소모델의 에너지소산계수는 미소하지만 감소하는 경향을 보이며, 지침서의 에너지소산계수 값은 변화가 없었다. 이는 식(1)에서 나타나는 것처럼 형상비 최댓값 1을 초과하였기 때문에 에너지소산계수의 증가 및 감소 없이 일정하게 나온 것으로 판단된다.

그림 4는 변수별 섬유요소모델과 지침서의 에너지소산계수 차이를 나타내었는데 변수별 변화가 클수록 단부철근비 및 형상비에 따른 에너지소산계수 차이가 미소하게 증가하는 것으로 나타났고 축력비에 따른 에너지소산계수는 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 끝으로 지침서의 에너지소산계수는 섬유요소모델을 이용한 해석결과보다 값이 컸으며, 이는 섬유요소모델을 통하여 핀칭효과 등의 에너지소산능력을 고려하여 나타난 차이인 것으로 사료된다. 또한 에너지소산계수 값의 크기는 단부철근비, 형상비, 축력비 순으로 영향을 주는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Architectural Institute of Korea & Korea Concrete Institute(2021). Nonlinear analysis model for performance-based seismic design of reinforced concrete building structures, Korea
2. Computers & Structures INC. (2011). Components and Elements for PERFORM-3D and PEFORM-COLLAPSE, Ver 5, CSI.
3. Thomsen, J. H. and Wallace, W. J., Displacement-Based Design of Reinforced Concrete Structural Walls : An Experimental Investigation of Walls with Rectangular and T-Shaped Cross-Sections, Clarkson University.