

## 내부 힌지로 연결된 강재프레임 내진보강장치

### Steel frame seismic retrofit devices with internal hinges

○최 재 훈\*      김 진 구\*\*  
Choi, Jae-Hun      Kim, Jinkoo

#### Abstract

In this research, a steel frame seismic reinforcement device was proposed with internal hinges in the middle of beams and columns where bending moment is zero when the steel frame is subjected to lateral load. As the frame can be separated into four pieces, the device has advantage in that it can be delivered to the site using a small truck and can be installed to existing structures without heavy-duty hoisting devices. Finite element analysis was conducted on a single story single bay steel frame fixed to the ground before and after the seismic retrofit using the software ANSYS to assess its effectiveness in comparison with conventional steel frame retrofit system without internal hinges. Based on the analysis results, it was concluded that the proposed system has equivalent seismic load resisting capability compared with conventional rigidly connected steel frame retrofit system.

키워드 : 내진보강 프레임, 유한요소해석, 내진 안전성

Keywords : Seismic Reinforcement Frame, Finite Element Analysis, Seismic Safety

#### 1. 서론

최근 몇 년간 국내외에서 발생한 지진으로 많은 인명 및 재산상 피해가 발생하였으며, 건축물에 대한 내진 설계의 중요성과 기존 건축물의 내진 보강 필요성이 증대되고 있다.

현재 기존 건물의 내진성능을 향상하기 위하여 다양한 형태의 내진보강 기법이 실무에 적용되고 있으며, 기존 건물의 외부에 강재프레임을 접합하여 보강하는 기법 또한 국내에서 널리 적용되고 있다 [1]. 본 연구에서는 기존 구조물에 대한 내진 보강 작업을 간소화하고, 중장비에 대한 의존도를 줄이며, 운반, 보강 비용 및 시간을 절약할 수 있고, 기존 구조체와의 간격을 줄여 최대한 밀착시킬 수 있도록 형력에 의한 휨모멘트가 0이되는 부재 중간에 힌지가 있는 내진 보강 강재프레임을 제안하였다. Opensees 및 Ansys 유한요소해석 프로그램을 사용하여 제안된 프레임의 내진 보강 효과를 평가하였으며, 이를 위하여 1층 1경간 철골구조 해석모델을 기존의 강재프레임 및 제안된 프레임으로 보강하고, 보강 전후의 내진성능을 평가함으로써 제안된 보강기법의 안전성 및 보강효과 평가하였다.

그림 1은 강제 보 및 기둥의 중간에 볼트구멍에 의한 힌지가 삽입된 강재프레임 내진보강시스템의 힌지 상세를 나타낸다.

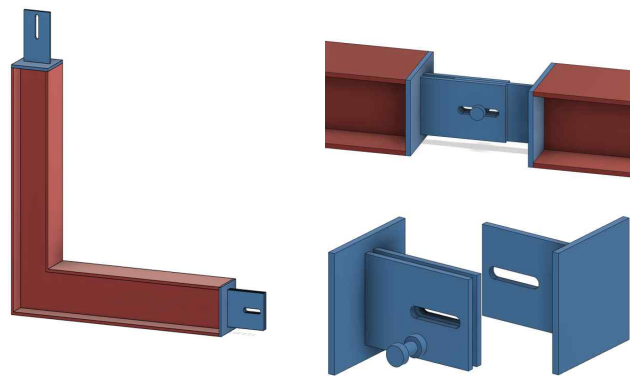


Fig. 1 Hinge detail of the proposed steel frame retrofit system

#### 2. 내진성능평가

제안된 내진보강시스템의 내진성능을 평가하기 위하여 1층 1경간 철골구조 해석모델을 현행 설계기준에 따라 산정된 중력하중으로 설계하고, 해석모델 내부에 제안된 강재프레임

이 논문은 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었습니다.

\* 성균관대학교 글로벌스마트시티융합전공 석사과정

\*\* 성균관대학교 건설환경공학부 교수

(Corresponding author : Department of Civil and Environmental Engineering, Sungkyunkwan University, jkim12@skku.edu)

과 내부 힌지가 없는 일반적인 강재프레임을 설치하여 보강하였다. 해석모델 (bare frame)의 기둥은 H-400\*400\*15\*25 (mm), 보는 H-400\*400\*15\*25 (mm)를 사용하였으며, 보강골조의 기둥은 H-200\*200\*8\*12 (mm), 보는 H-200\*200\*8\*12 (mm)를 사용하였다. 사용된 강재의 항복강도는  $275 \text{ N/mm}^2$ 이다.

제안된 보강시스템의 내진성능을 평가하기 위하여 단조 증가하중을 가하고 비선형 정적해석을 수행하였으며, 해석모델의 상단부에 ACI 374에 규정된 하중 프로토콜에 따라 증가하는 반복하중을 가하고 보강 전후 해석모델의 이력거동을 평가하였다.

그림 2는 해석에 적용된 해석 모델의 형상을 나타낸다. 좌측 모델은 보강 전 해석모델을 나타내며, 가운데 그림은 힌지가 없는 강재프레임으로 보강된 모델이며, 우측은 본 연구에서 제안된 힌지가 삽입된 강재프레임으로 보강한 형상을 나타낸다.

그림 3은 해석모델의 측면 상단에 단조증가하는 하중을 가하고 하중-변위관계를 나타낸 pushover 곡선이다. 해석결과에 따르면 강재프레임으로 보강한 경우 해석모델의 강성 및 강도가 증가하는 것으로 나타났으며, 제안된 보강기법의 보강효과는 일반적인 강재프레임과 동일한 것으로 나타났다.

그림 4는 반복하중에 대한 거동을 평가하기 위하여 해석모델에 적용한 loading protocol이며 그림 5는 세 모델의 반복하중에 대한 이력거동을 나타낸다. 해석결과를 통하여 반복하중에 대하여 기존의 강재프레임과 매우 유사한 보강 성능을 나타내는 것을 알 수 있다.

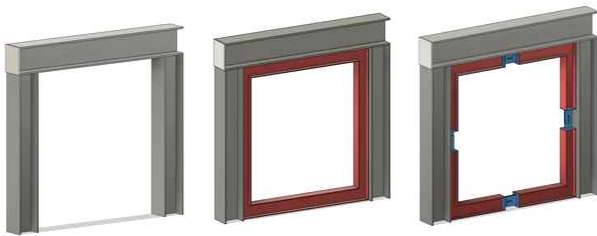


Fig. 2 Analysis model structures before and after the retrofit

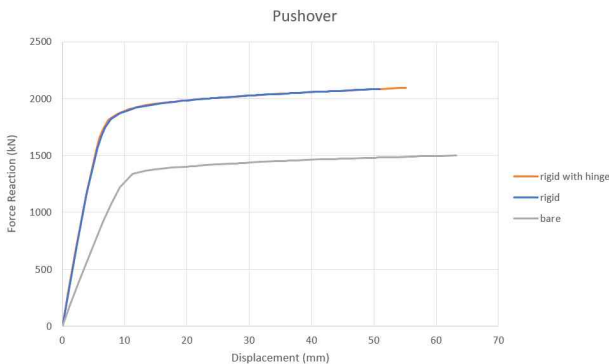


Fig. 3 Pushover curves of the model structures

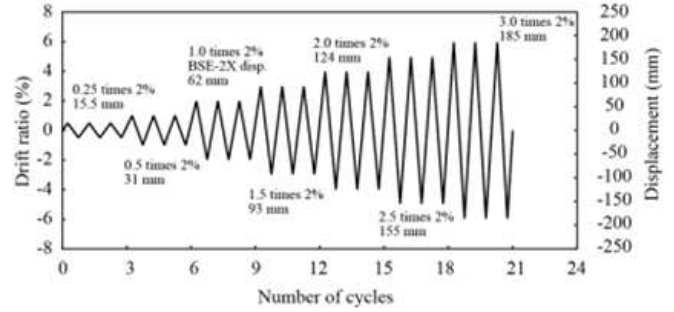


Fig. 4 Loading protocol recommended in ACI 374

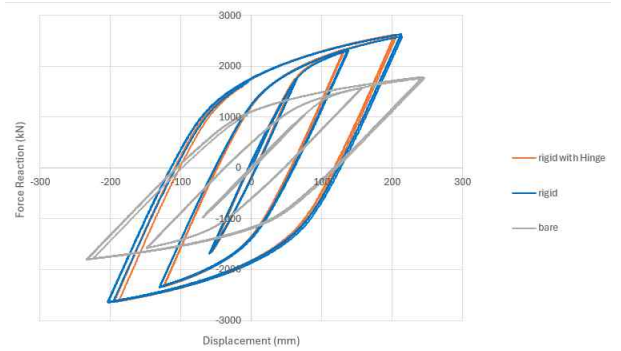


Fig. 5 Hysteresis curves of the model structures subjected to cyclic loads

### 3. 결론

본 연구에서는 기존 구조물에 대한 내진 보강 작업을 간소화하고, 중장비에 대한 의존도를 줄이며, 운반, 보강 비용 및 시간을 절약할 수 있고, 기존 구조체와의 간격을 줄여 최대한 밀착시킬 수 있도록 형력에 의한 휨모멘트가 0이되는 부재 중간에 힌지가 있는 내진 보강 강재프레임을 제안하였다. 유한요소해석 프로그램을 사용하여 제안된 프레임의 내진 보강 효과를 평가하였으며, 이를 위하여 1층 1경간 철골구조 해석모델을 기존의 강재프레임 및 제안된 프레임으로 보강하고, 보강 전후의 내진성능을 평가함으로써 제안된 보강기법의 안전성 및 보강효과 평가하였다.

비선형 정적 및 반복하중 해석결과에 따르면, 제안된 강재프레임 보강기법은 기존 강재프레임 내진 보강기법과 동등한 보강성능을 제공하는 것으로 나타났다. 향후 다양한 지진에 대한 응답을 비교 평가함으로써, 제안된 내진 보강 기술의 보강효과를 평가할 예정이다. 이 연구는 기존 내진 보강기술의 개선 방안을 제시함으로써 건축물의 지진 안전성 향상에 기여할 것으로 기대된다.

### 참고문헌

1. Michael Adane, Seungho Chun, Jinkoo Kim ‘Seismic retrofit of framed structures using a steel frame assembly’, Steel and composite Structures, Vol. 46, no. 6, 857-865