

철근콘크리트 구조물의 성능기초평가

Performance Evaluation of a RC Structure

이도형* 박대효** 윤성환***

Lee, Do Hyung, Park, Tae Hyo Yun, Sung Hwan

ABSTRACT

In order to evaluate the seismic performance of a reinforced concrete building structure, four different analyses are carried out. Firstly, conventional pushover analysis with code-specified inverted triangular load pattern is conducted. Secondly, the pushover analysis with uniform load pattern is performed. Thirdly, adaptive pushover analyses with spectral amplification for both EC 8 artificial and Northridge earthquake are carried out. Lastly, incremental dynamic analyses under a number of scaled PGA for both EC 8 artificial and Northridge earthquake record are performed. Comparative studies demonstrate that the adaptive pushover analysis may be able to explain the response characteristics that conventional pushover analysis with fixed load distribution fails to capture.

1. 서론

최근 일련의 큰 지진들(1994년 미국 노스리지 지진, 1995년 일본 고베지진)로부터 알 수 있듯이 최근의 내진설계 규정에 의해서 설계된 건물들조차도 지진하중에 대해 여전히 취약한 양상을 보여주었다. 이에 따라 지진이 빈번한 나라들에서는 내진설계개념에 대한 근본적인 변화를 시도하고 있는 실정이다. 현재의 내진설계절차는 지진하중에 대한 구조물의 요구도(demand)와 지지능력(capacity)의 산정과 관련하여 많은 불확실성을 포함하고 있다. 따라서 최근, 설계기준에 의해 제시된 지진재해수준에 도달했을 때 제시된 성능목표에 도달하도록 하는 성능기반설계(Performance based design)법이 일반화되는 추세이다. 성능기반설계법은, 구조물의 설계기준들이 일련의 제시되는 성능목표에 도달하는 정도에 의해서 표현되는 방법론들을 내포하고 있다. 지진하중을 받는 구조물의 성능을 보다 정확하게 조사하기 위해서는 지역특성에 잘 부합되는 일련의 입력지진파를 이용한 비선형 시간이력 해석이 수행되어야 한다. 하지만 비선형 시간이력 해석은, 입력지진파 선택에 있어서의 어려움, 점성 및 이력 감쇠에 대한 부정확한 이해도, 구조물 내에서의 질량 및 강성분포에 대한 모델링의 어려움 그리고 중요한

* 정회원, 배재대학교 건설환경철도공학과 교수

** 정회원, 한양대학교 토목공학과 교수

*** 정회원, 한양대학교 토목공학과 박사과정

구조요소에 대한 주기적인 하중-변위 모델 선정에 대한 복잡성 등으로 인하여 실무에서 적절하게 이용할 수 있기에 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 실무에서 일반적으로 사용하는 정적 pushover 해석법에서 고차모드 및 하중증가에 따른 강성감소 효과를 보다 포괄적으로 고려한 정적 adaptive pushover 해석법을 이용하여 기존의 내진설계기준에서 제시된 하중분포에 따른 성능평가곡선 및 점진증가동적해석(incremental dynamic analysis)을 통한 성능평가곡선과의 비교를 수행하여 향후 보다 진보된 비탄성 응답해석 결과를 제공하고자 한다.

2. 대상구조물

본 연구에서 고려된 대상구조물은 그림 1에서 볼 수 있는 바와 같이 총 높이 24m의 8층으로 된 철근콘크리트 뼈대구조물이다. 이 철근콘크리트 구조물은 Eurocode 2 & 8 에 의해서 설계되어진 건물로써, 연성도 M(Medium), 설계지반가속도 0.15g로 설계되었다. 이 건물구조물에서 모든 보 요소들은 같은 단면을 가지고 있는 반면에 종방향 주철근비가 각각 다르고 설계되어졌고, 기둥의 경우에는 내측 기둥의 단면이 바깥기둥의 단면보다는 약간 큰 반면에 각각의 기둥에서의 종방향 주철근비는 동일하였다. 보다 자세한 내용은 참고문헌 Lee and Elnashai(199*) 에 언급되어 있다.

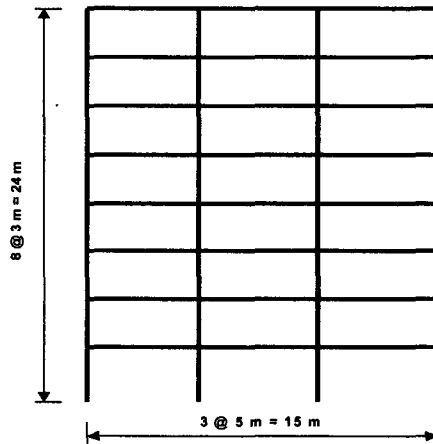


그림 1 해석대상 철근콘크리트 구조물(8층 뼈대구조물)

3. 해석방법

본 해석대상 구조물의 고유치 해석결과 1차모드에 대응되는 탄성주기는 $T=0.596$ (초)를 나타내었다. 본 연구논문에서는 다양한 해석방법들을 이용하여 하중-변위 성능곡선을 구한 후, 그 결과를 비교검토하기 위하여 4가지의 해석방법들을 사용하였다. 첫 번째 해석방법은 설계기준에서 제시된 역삼각형 모양의 하중형상을 적용한 기존의 pushover 해석방법이고, 두 번째는 일정한 등분포하중형상을 적용한 기존의 pushover 해석방법, 세 번째는 고차모드의 효과를 고려하기 위해서 매 하중단계마다 하중분포형상이 다른 adaptive pushover 해석방법, 그리고 마지막으로 최대지반가속도를 0에서부터 점진적으로 증가시켜 가면서 최대값을 얻는 incremental dynamic 해석방법을 사용하여, 위의 네가지 방법들로부터 얻어진 해석결과를 비교하였다. 위의 네가지 해석방법중 adaptive pushover 해석방법과 incremental dynamic 해석방법에서는 결과의 차별성을 고려하기 위하여 Eurocode 8 에 따른 인공지진

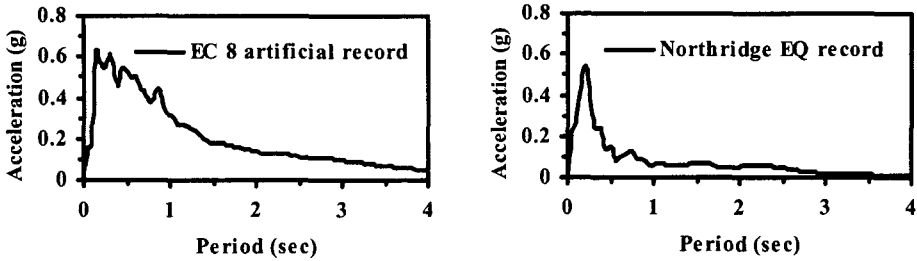
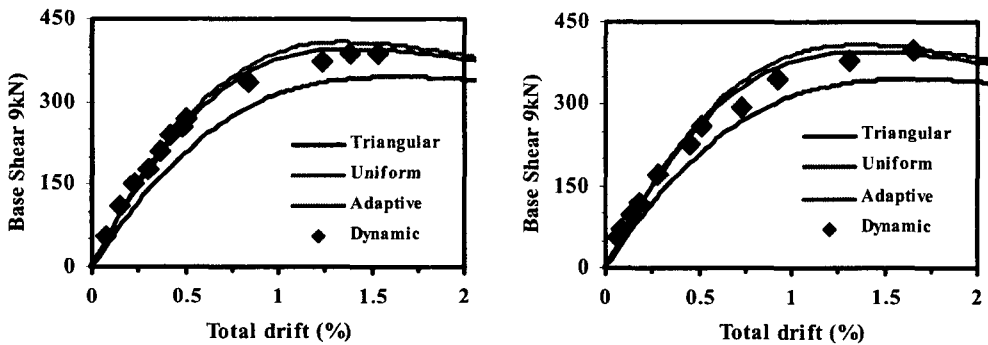


그림 2 사용된 입력지진파의 응답스펙트럼



(a) EC 8 Earthquake

(b) Northridge Earthquake

그림 3. 하중-변위 곡선의 비교

과와 1994년 미국 노스리지 지진파를 사용하였고 응답스펙트럼은 그림 2와 나타나 있다.

그림 3의 a) 와 (b) 는 각각 EC 8 지진파와 Northridge 지진파에 대해서 위에서 언급된 네가지 방법들로부터 얻어진 하중-변위 곡선들을 나타내고 있다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 설계기준에서 명시하고 있는 역삼각형 하중분포는 그 결과값이 보수적인 경향을 알 수 있으며, adaptive pushover 해석결과와 incremental dyanmic 해석결과는 좋은 상관관계를 보여주고 있다.

4. 결론

본 연구에서는 네가지 방법들을 이용하여 철근콘크리트 건물구조물에 대한 하중-변위곡선들을 비교검토하였다. 검토결과 고정된 하중형태를 갖는 기존의 pushover 해석결과는 보수적인 경향을 보여준 반면에, 하중분포가 변화하는 adaptive pushover 해석방법은 incremental time-history 해석결과와 좋은 상관관계를 보여주었다. 따라서 adaptiv pushover 해석결과는 향후 구조물의 성능곡선 평가에 좋은 자료를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 산하의 한국건설교통기술평가원에서 후원하고 콘크리트코리아 연구단

(05-CCT-D11)의 지원으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분들에게 감사드립니다.

참고문헌

1. 이도형, 2003. '성능기초평가를 위한 Adaptive pushover 해석방법', 전산구조공학회 가을학술발표회.
2. Elnashai, A.S., Papanikolaou, V. and Lee. D.H., 2001. 'ZeusNL-A program for inelastic dynamic analysis of structures', MAE Center, University of Illinois at Urbana-Champaign, USA.
3. Lee, D.H. and Elnashai, A.S., 1995. 'Analytical evaluation of behaviour factor(q) for a ductility class M reinforced concrete structure', Prenormative Research in Support of Eurocode 8, Imperial College.