



박 정 민 우리회 부회장
(주)티섹구조엔지니어링 대표이사

내진성능설계와 보강전략에 대하여

서언

KBC2014에 내진성능설계(이하 성능설계)와 그에 따른 제3자검토(Peer Review:PR) 검토제도가 도입됨에 따라 이러한 새로운 설계개념에 대하여 전문적인 교육을 받지 못한 회원들에게 조금이나마 도움을 드리고자 2년 전부터 관심 있는 회원들 중심으로 자발적인 연구모임을 구성하여 '성능설계위원회'는 명칭으로 활동하였으며 그 결과물로 '기존 학교시설물 내진성능평가 및 보강전략' (이하 내진성능평가서)를 집필하여 지난 총회 때 회원들에게 배포하게 되었습니다. 그 과정에서 제가 공부하고 이해하는 범위 내에서 성능설계와 댐퍼의 역할, 보강전략 등에 대하여 회원들에게 소개드리고자 합니다.

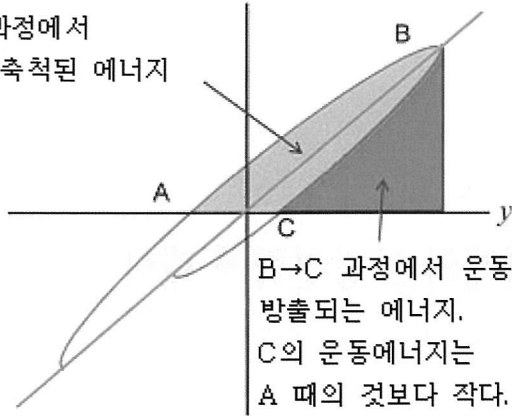
성능설계란 무엇인가?

구조물 골조시스템별로 반응수정계수라는 R계수를 도입하여 탄성적으로 내진설계를 하는 방법과 달리 구조물을 구성하는 골조의 실제 모델이 설계지진동에 저항하는 거동을 예측하여 비선형 변형으로 발생하는 잔류변형을 그 구조물이 갖는 소산에너지라는 개념으로 이력감쇠라 칭하며, 탄성설계시 적용하는 5%감쇠(아직까지 그 메커니즘은 밝혀지지 않았음)에 추가하여 최초의 요구스펙트럼을 수정한 수정스펙트럼을 작성한 후 그 구조물의 지붕이나 각층에 정적하중을 작용시켜 거동스펙트럼(능력스펙트럼)을 만들어 능력스펙트럼선상의 적절한 지점 전에서 요구스펙트럼과 교차하도록 설계하는 방법이다. 즉 사용목적상 정해지는 다양한 성능목표점 이전에 이력감쇠계수를 적용한 지진동에 그 구조물이 안전하다는 것을 확인하는 설계방법이다.

이력감쇠가 무엇인가?

'관성력 = 감쇠력 + 복원력' 으로 건물이 탄성구간 내에서만 거동을 반복한다면 5%감쇠를 갖는 구조물로 거동하지만 비선형구간까지 거동한다면 아래 그림에서처럼 구조물에 축적되는 에너지로 인하여 감쇠력은 증가되는데 이를 이력감쇠라 한다.

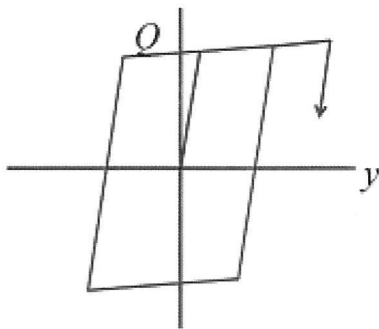
A→B의 과정에서
구조물에 축척된 에너지



B→C 과정에서 운동에너지로
방출되는 에너지.
C의 운동에너지는
A 때의 것보다 작다.

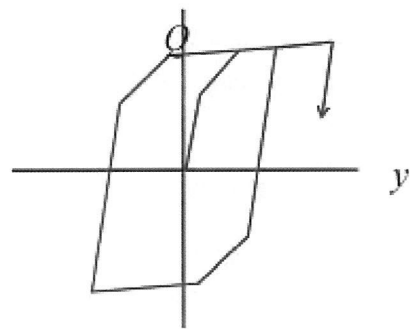
이러 루프로 둘러싸인 만큼의 에너지가 소비되는데, 과정에서 방출된 운동에너지는 다시 A-B의 과정에서 구조물에 축척되며, 이러한 것을 반복하면 구조물의 진동은 서서히 감쇠해 가는 것이다.

구조종별에 따른 복원력의 특성



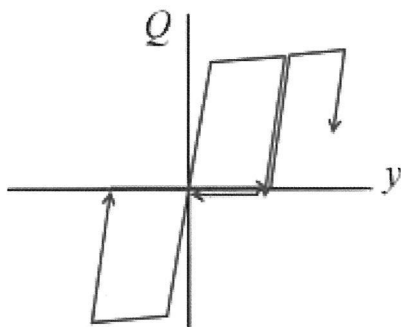
2선형형

항복점에서 강성이 저하하는 철골조에 이용된다.



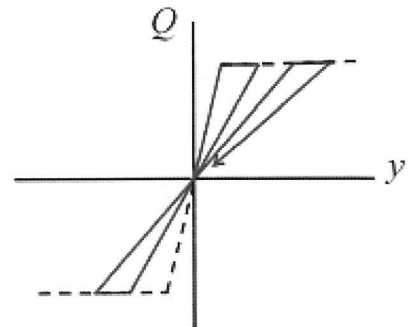
3선형형

균열 점과 항복점에서 강성이 저하하는 RC조에 이용된다.



슬립형

인장력만 부담하는 브레이스 등



원점지향형

전단변형의 복원력특성에 많이 이용된다.

상기 그림을 통해서 내력이나 반복 변위이력이 동일한 경우에도 흡수되는 소성변형에너지는 복원력 특성에 따라 다르다는 것을 알 수 있으며 일반적으로 슬립형보다는 다중선형형 쪽이 효율적으로 에너지를 흡수할 수 있음을 알 수 있다.

댐퍼는 무엇인가?

복원력의 특성에서 보았듯이 소성변형에너지 크기를 인공적으로 키우기 위하여 구조물에 설치하는 장치가 댐퍼인 것이다. 건물의 고유주기, 각 댐퍼가 갖는 이력특성, 댐퍼가 설치되는 지점에서의 구조물 부재의 변위형태 및 크기, 댐퍼를 구성하는 보조부재 등을 면밀히 고려하여야 한다. 또한 댐퍼를 사용할 경우에는 필히 비선형시간이력해석을 해야 하는데 지진파 선정이나 프로그램의 신뢰성 등에서 세심한 주의가 요구된다.

보강전략

해당 구조물의 성능스펙트럼과 수정된 요구스펙트럼과의 관계성을 검토하여 어떠한 보강방식으로 보강할 것인가를 궁리하는 하는 것이 보강전략인 것이다. 예로, 학교구조물은 대부분 RC모멘트골조시스템이다. 복원력 특성상 3선형 형태로 어느 정도 에너지 흡수 능력이 있는데 이를 전단벽으로 보강할 경우 지진력은 전단벽에 집중되고 수정완화된 요구스펙트럼은 다시 5%요구스펙트럼으로 복귀하며 지상층의 횡변형은 제어가 되더라도 전단벽이 설치되는 구간의 기존기초는 상당한 보강이 필요하게 될 것이다. 비내진 코어전단벽이 있는 일반 건물의 경우에 성능평가를 하면 대부분 벽체의 기존 철근량이 턱없이 부족하고 기초 또한 상당한 보강이 필요하게 된다. 전단벽체가 주구조체인 경우 브레이스나 프레임보강은 의미가 없음을 금방 알 수 있다. 이러한 다양한 형태의 구조물 복원력 특성과 보강전 성능 및 요구스펙트럼이 보강 후 어떻게 변할 것인지 사전에 예측하여 보강전략을 세우는 것이 우리 기술자들의 책무라고 생각합니다.

결언

성능설계는 컴퓨터 도움없이 불가능합니다. 하지만 입력데이터에 대하여 기술자들에게 고도의 지식과 경험을 요구합니다. 프로그램 사용설명만 듣고 직원들이 그냥 할 수 일이 아니라는 것이지요. 특히 PR를 요청받는 회원들은 설계자 이상의 경험을 확보해야 할 것입니다. 회원들을 대상으로 하는 교육과 세미나에서 기본 지식을 확보하고 성능설계 연구 소모임 등을 구성하여 활발한 연구가 필요하다고 사료됩니다.

그동안의 성능설계위원회 활동은 종료하고 새로운 회원들과 관련 교수 및 전문가들로 성능설계발전을 연구모임을 구성하여 심도 있는 연구를 지속할 계획입니다. 회원 여러분의 관심과 많은 참여를 요청 드립니다.