

최근 내진설계 개념의 발전동향
일본의 내진설계 기준과 지침
 Earthquake Provisions in Japanese Building Codes



권기혁*

1. 서론

1997년 1월 17일에 일본 關西지역에서 일어난 “平成 7年 兵庫縣 南部地震(통칭 고베지진)”은 神戸市을 중심으로 한 근대도시에 큰 지진피해를 주었다는 면에서 이전에 일본에서 발생한 지진들과는 다른 피해양상을 나타내었다. 이러한 고베지진의 영향과 21세기를 향한 새로운 건축제도확립의 필요성에 대한 일본사회의 전반적 인식을 반영하여 1998년 6월 12일에 개정된 건축기준법이 공포되었다.

이번 개정의 목적은 “고령화의 진전, 국제경쟁의 심화, 도시재건축기의 도래, 기술의 고도화 등의 경제사회의 변화에 따른, 규제의 완화, 국제조화, 향상된 안전성의 확보 등의 요청에 대응하기 위한 건축규제체도의 구축”이라고 정의되고 있다. 1950년 건축기준법이 제정된 이후, 몇 차례에 걸친 법의 개정이 있었지만, 이번의 개정은 개정

이러기 보다는 새로운 법령의 재정이라고 할 수 있을 정도의 근본적 개념의 변화를 보여주고 있다.

이 글에서는 지금까지 일본 내진규정의 변천과 이번 개정의 특징 및 내용에 관해서 소개하고, 철근콘크리트구조물의 구조성능에 주안점을 둔 설계에 대해 자료들을 정리하여 언급하고자 한다.

2. 일본 내진규정의 변천

2.1 개요

일본은 지구상에서 대표적인 지진 다발지역이며, 그로 인한 피해도 상당하다. 메이지유신 이후, 지진 및 내진구조에 관한 과학적 연구를 시작하여 일본의 내진구조 기술은 주로 메이지 이후의 대지진의 진해경험을 토대로 진보 발전해 왔다.

*서울시립대 건축·도시·조경학부 조교수

이러한 과정을 통해서 과거에 경험한 피해에 대한 대비는 발전되어 왔으나, 시대의 변천에 따라 건물과 도시의 양상도 변화하여 새로운 형태의 피해가 발생하고 있다.

건축물의 내진설계에 있어서 관계되는 법령과 기술규준은 다음과 같다.

- ① 건축기준법
- ② 건축기준 시행령
- ③ 건설성고시
- ④ 건설성 주택국 건축지도과 통달
- ⑤ 지자체 조례
- ⑥ 특정 행정청의 행정지도
- ⑦ 일본 건축학회의 지침 및 규준

이들의 내용은 상당히 다양하며, 대상이 되는 건축물의 종류도 무수함으로 이 글에서는 이들 중 가장 상위 규정인 건축기준법에 중점을 두고

기술한다.

메이지 이후의 주요한 지진과 그에 따른 설계법의 변화를 표1에 개략적으로 나타내었다. 현재까지의 건축기준법의 변화를 보면, 1950년에 법이 성립된 후 1968년 十勝沖 지진이 계기가 된 1971년의 개정, “신내진설계법”이라 불리웠던 1981년의 개정, 그리고 1995년의 兵庫縣 南部 지진이 계기가 된 1998년의 개정이 내진설계에 있어서 큰 변화를 가져왔다.

2.2.1971년의 개정

1968년의 十勝沖 지진은 내진설계를 실시한 콘크리트 건축물이 진동에 의해 본격적인 피해를 입은 최초의 예이다. 콘크리트 건축물의 주요 파괴요인은 기둥의 전단파괴였고, 이것을 방지하기

표 1 일본의 주요지진시스템 설계법의 변천

年月日	지진명	지진규모	건물 피해	특징	설계법의 변천화
1891.10.28	濃尾지진	M7.9	전파15만 반파 8만	국내최대내륙지진 연와조의 도괴	내진설계의 의무화(~'23)
1923. 9. 1	關東지진	M7.9	전파13만 반파13만	조적구조의 대피해 내진벽의 유효성	(大5)左野利器 (가옥내진구조목) 진도의 개념발표
1927. 3. 7	北丹後지진	M7.3	전파1만2천	郷村단층과 山田단층의 발생	(大8)시가지건축물법 제정 진도0.1의 허용응력도 설계법
1944.12. 7	東南海지진	M8.0	전파2만6천 반파4만7천	沖積지역과 매립지의 대피해	(昭8)일본건축학회 철근콘크리트 구조설계지침무동형의 D식법
1946.12.21	南海지진	M8.1	전파1만2천 반파2만3천	규모와 균열피해가 적다	(昭23)기상청진도단계의 진도7(격진)설정
1948. 6.28	福井지진	M7.3	도파3만5천 반파1만4천	대규모의 내륙형지진	(昭25)건축기준법 제정 진도0.2의 장기·단기허용응력도설계법
1964. 6.16	新潟지진	M7.5	전파2천 반파6천	액상화 발생에 의한 부동침하, 경사 등에 의한 피해 침전에 의한 피해	설계진도0.2(높이 16m이상점층)의 규정(허용응력도 2배허용)
1968. 5.16	十勝沖지진	M7.9	전파7백 반파3천	내진설계에 의한 RC조의 대피해	(昭46)일본건축학회 철근콘크리트 구조설계지침개정
1978. 2.20	官城縣沖지진	M6.8	전파58 반파93	중고층 빌딩의 균열	기둥의 전단보강, 중저층의 인성확보 (昭55)건축기준법시행령내진규준개정 (신내진설계법)
1993. 1.15	釘路沖지진	M7.8	전반파120 (북해도)	태평양플레이트의내부에서 발생 釘路진도6	허용응력도의보유수평내력설계법 (1981~)
1995. 1.17	兵庫縣南部지진	M7.2	전파10만 반파11만	神戸市 및 淡路島の 일부에서 진도7 직하형내륙지진에 의한 도시형화재	平10 신 개정법공포 성능규정, 민간개발

위한 연구가 시작되었다. 그 결과, 콘크리트 기둥의 연성을 증가시켜야 한다는 결론을 얻어, 1971년의 개정은 전단보강근에 대한 규정의 강화가 주요 내용이다. 즉 이전까지 기둥의 횡보강근은 30cm 간격이하로 배근하도록 한 규정을 기둥의 상하단에서는 10cm이하, 중앙부에서는 15cm이하로 개정했다.

2.3 1981년의 개정

컴퓨터를 이용한 응답해석기술의 진보와 이전 지진에 대한 분석을 통해 내진설계법의 근본적 변화가 필요하게 되어 1972년에서 1977년에 걸쳐 신내진설계법의 개발이 행해졌다. 그 목적은 건물의 고유주기에 따라 설계용 지진력을 변화시키는 것과 연성을 계산규정에 도입하는 것이었다. 개정의 주요한 내용은 다음과 같다.

2.3.1 옥상돌출물등에 관한 규정

옥상돌출물에 있어서는 옥상층의 지진응답이 지진동과 같은 역할을 한다. 건축물의 본체가 지진동을 받으면, 그 크기는 지진 흔들림에 수배에 이르는 경향이 있다. 그래서 옥상돌출물에 대해서는 국소적인 지진력을 정한다. 표준으로는 진도 1.0이상을 증가시키는 것이고, 이것은 지표면 가속도를 약 0.3G~0.4G로 가정하고, 2.5~3배의 증폭이 건물에 의해 일어나는 것으로 고려하는 것에 해당된다.

2.3.2 기둥의 횡보강근비에 관한 규정

철근콘크리트구조에 있어서는 횡보강근을 밀도 있게 배근하여 연성을 개선하는 것이 가능하다. 다만, 밀도에 비례하여 효과가 증진되는 것은 아님으로 계산상에 고려된 횡보강근의 량에 상한을 설정하는 것이다. 또한, 계산상 불필요하여도 과도한 휨변형후의 전단균열을 방지하기 위해, 최소한의 횡보강근의 배근의무를 규정하고 있다. 표준적으로 횡보강근비는 상한이 1.5%, 하한이 0.2%이다.

2.3.3 내력벽에 관한 규정

개구부를 갖는 내력벽을 포함한 내력벽의 강도

및 변형성능을 검토하기 위한 유의사항을 규정하고 있다. 여기서는, 주변가구와 내력벽과를 일체화한 검토가 필요하다는 것과 내력벽의 강도와 파괴에는 내력벽과 동일면내 뿐만 아니라, 직각방향 가구의 강도도 상당한 영향을 미치므로 입체적 거동에 대한 배려가 필요하다는 것 등을 기술하고 있다.

2.3.4 층전단력계수, 진동특성계수, Ai분포의 도입을 위한 규정

지금까지는 지진력은 진도0.2, 즉 그 층에 걸리는 수평력을 그 층의 중량의 2할로 설계하는 것이 원칙이었다. 그러나, 지진피해 및 지진기록의 분석과 해석기술의 발달에 의해서, 실제로 건축물의 각층에 생기는 힘(층전단력)은 건물의 고유주기, 층의 높이에 의해 다르다는 것과 지진동의 크기도 지역 및 지반에 따라 다르다는 것이 확인되었다. 그래서, 개정에서는 각 층의 설계용 지진력을 층의 지진 층전단력 계수와 그 층이 지지하고 있는 상층 중량의 곱으로 구하도록 하였다. 지진 층전단력 계수는 건물의 고유주기와 지반중별에 따른 진동특성계수를 정의하고, 층전단력의 높이방향의 분포를 가정하고, 그 지방의 특성을 고려하여, 최상층에 대한 진도를 기초로 한 각층의 전단력계수를 구해서 이들 네 요소의 곱으로 구한다.

2.3.5 층간변형각, 강성률, 편심률의 제한

층간변형각이란 어떤 층에 생기는 수평방향의 층간변위와 그 층의 높이의 비율이다. 층간변형각의 제한은, 층의 층간변형이 과대해지는 것에 의해 칸막이벽, 내외장재, 설비등의 파손, 탈락을 방지하기 위한 조치이다. 제한치는 일차 설계용 지진력에 의해 생기는 층간변형각에 대해서, 1/200(칸막이벽, 내외장재, 설비등에 현저한 손상이 생길 우려가 없는 경우에 한하여 1/120까지 완화가능하다.)이다.

강성률이란, 1차 설계용 지진력에 의해 생기는 각층의 층간변형각의 역수(rs)와, 그 건물 전체 층의 층간변위각의 역수의 相加平均(ks)와의 비(rs/ks)이고, 이것은 각층의 수평방향의 변형발생에 대한 저항능력을 건물전체의 그

것과 비교하여 어느 정도인가를 나타낸다. 이것이 작으면, 그층의 변형이 다른 층에 비해 큰 것이 되고, 그층에 손상이 집중되는 것을 의미한다. 따라서, 그 치가 0.6이상이 되도록 규정하고 있다.

편심률이란 편심거리(중심과 강심, 즉 회전중심과의 거리)의 비틀림 저항(탄력반경)에 대한 비율이고, 그 층의 편심정도를 나타낸다. 이것이 크면 그 층은 비틀림을 일으키기 쉽고, 부분적으로 과대한 변형을 받게 되는 부재가 생기게 된다. 따라서, 이 값은 0.15를 넘지 않도록 규정하고 있다.

2.3.6 보유수평 내력계산의 도입

내진규정에서는 건물이 관동 대지진급의 지진동을 받았을 경우, 부분적인 손상을 허용하나, 붕괴를 막는 것을 전제로 놓고, 그러기 위해 건물이 수평력에 대해서 가지고 있는 최대내력을 계산하고, 대지진시에 필요한 내력과 비교하는 방법을 채택하고 있다.

최대내력은 극한해석법등의 정산에 의한 방법 외에 여러 종류의 방법이 사용될 수 있다. 필요 내력은 건축물의 특성을 고려한 규정된 식에 의해 구해진다.

2.3.7 지하 지진력에 관한 규정의 신설

지하부분의 지진시 거동에 대해서는 미해명의 요소가 많이 있지만, 관측결과에 의하면 지하부분의 응답가속도는, 깊이가 깊어짐에 따라 작아진다. 이점을 고려하여, 깊이에 대응한 수평진동에 따라 지진력을 규정하고, 지상부분에서 전해진 지진충전단력을 더한 힘에 대해서 설계를 행하는 것으로 하고 있다.

3. 신개정법의 특징

3.1 개요

21세기에 맞는 건축규제제도의 확립을 위해 개정된 1998년도의 개정은 대변혁이라 할 수 있을 정도로 종래의 내진설계에 대한 개념을 바꾸어 놓고 있다.

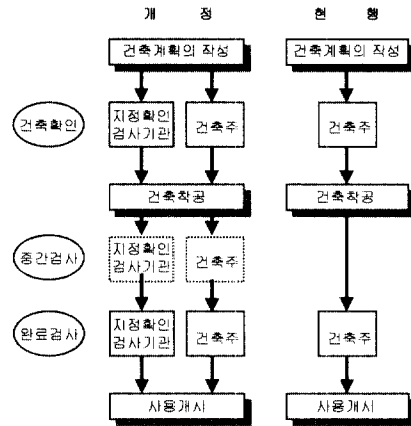


그림 1 새로운 건축기준의 체계

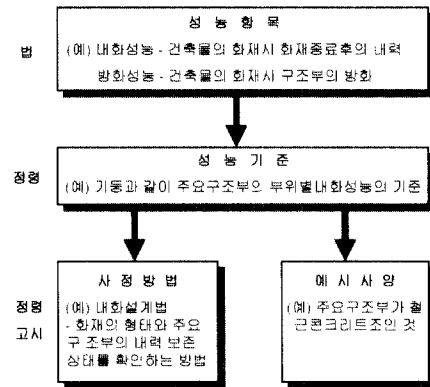


그림 2 개정된 건축확인·수속의 절차

이번 개정에서 건축 구조설계에 관련된 개정 내용으로는 건축기준법의 성능규정화와 건축확인·검사의 민간기관에 개방이며, 이것들 이외의 주요한 개정내용은 토지의 효율적 이용을 위한 건축규제 수법의 도입, 중간검사제도의 도입, 그리고, 확인검사 등에 관한 도서열람권 등이다. 이러한 개정을 통해 일본은 새로운 세기에 맞는 건축규제 제도를 확립하고자 하고 있다. 이번 개정의 기본적 개념은 자율성을 확대하는 대신 책임을 강조하는 것이라 하겠다.

3.2 구조설계에 관한 개정의 내용

3.2.1 건축기준의 성능규정화

건축주와 소비자가 다양한 선택을 행할 수 있도록 건축설계의 자유도를 높이고, 신기술,

신재료의 개발과 도입이 원활한 건축기준체계의 확립이 새로운 세기에 맞는 건축규제 체제이다.

이를 위해서는 특정재료, 공법, 치수 등의 사양에 의한 규제를 중심으로 한 종래의 방식을 수정하여, 일정 성능만을 만족하면 다양한 재료, 설비, 구조방법을 채용할 수 있는 규제방식(성능규정)을 도입하여야 한다. 성능규정화에 대한 구체적 내용은 다음과 같다.

1) 성능항목, 성능기준을 명시함과 동시에, 그것을 검증하기 위한 시험방법 및 계산방법을 제시하도록 한다. 이러한 개정에 의해 다음과 같은 사항들이 가능해진다.

- (1) 내화설계법의 도입으로 대규모 목조건축물의 건축
 - (2) 지붕재료의 연소방지 성능기준의 도입에 의해 태양전지 일체형 지붕부재와 같은 신제품의 사용
 - (3) 기타, 피난설계법, 성능중시형 구조계산법, 건축설비 성능시험등의 도입
- 2) 성능규정화에 대응한 신청자의 부담경감, 확인검사의 효율화를 위한 조치가 강구되었다. 구체적 내용을 간략히 정리하면 다음과 같다.

- (1) 기술기준을 만족한 형식의 표준설계사양등을 인정(형식적합인정)하는 것에 의해 건축확인을 간소화한다(기술기준과의 적합성 심사가 아니라, 인정도서와의 적합성 심사로 종료된다).
- (2) 규격화된 형식의 부재, 설비, 주택등의 제조자의 인증(형식부재 등 제조자 인증)을 행하는 것에 의해 건축인증 및 검사를 생략한다(번호, 표식등을 확인하는 것만으로 심사 및 검사를 생략).
- (3) 건설대신(국내의 건교부 장관에 해당)은 까다로운 기술심사능력과 공정중립인 심사체제를 갖춘 국내외 민간기관(지정인정기관)에 대해 이들이 인정, 인증을 행할 수 있도록 허가한다.
- 3) 종래의 사양규정은, 성능규정을 만족하는 예시 사양으로서 법령 및 고시에 남긴다.

3.2.2 건축확인·검사의 민간기관에 개방
건축확인·검사의 충실, 위반건축물 대책, 도

시계획 등, 새롭게 대두되는 행정적 문제에 행정기관이 충분한 대응체제를 갖추기 어려운 부분에 대하여 민간기관에 역할분담을 행함으로써 합리적이고 효율적인 집행체제를 창출하여야 하는 상황이 되었다. 따라서, 이번 개정에서 지금까지 특정 행정기관의 공무원이 행하던 건축확인·검사업무를 필요한 심사능력을 구비한 공정하고 중립적인 민간기관(지정확인검사기관)에게 수행할 수 있도록 개방하였다. 구체적인 내용은 다음과 같다.

1) 민간기관에 의한 확인·검사의 도입방식 지정 확인검사기관 이 확인·검사를 행한 건축물은 건축주사의 확인·검사를 받은 것으로 본다.

2) 지정검사기관의 개요

(1) 대상 : 비영리법인, 영리법인에 상관없이 모든 법인을 대상으로 한다.

(2) 지정 : 지방 자치단체장이 지정(여러 지방 자치단체지역에 걸쳐 업무를 수행할 경우는 건설대신)

(3) 지정기준

- 확인검사원(건축기준 적합판정 자격검정 합격자)이 일정 숫자이상일 것
- 직원의 구성이 업무의 공정성에 지장을 초래 하지 않을 것
- 확인등의 업무이외의 업무를 행하는 것에 의해 업무가 불공정하게 수행될 우려가 없을 것

3) 지정확인검사기관 직원의 의무

비밀을 지켜야 하며 준공무원 규정을 됨

4) 특정행정기관과 지정확인검사기관과의 관계
지정확인검사기관은 필요한 사항을 특정행정기관에 조회할 수 있으며, 특정행정청은 필요한 지시 및 확인의 취소를 행할 수 있다.

5) 심사수속등의 절차는 지정확인검사기관이 자율적으로 정할 수 있다.

3.3 기타 개정의 주요내용

3.3.1 토지의 효율적 이용을 위한 건축규제 수법의 도입

토지의 집약적 이용에 따른 합리적 건축계획

을 가능하도록 하고, 토지의 효과적 이용을 위해, 인접 건축물과의 설계조정과, 복수 건축물에 대해서 일체적인 규제를 적용한 특례조항을 만들었다. 또한, 건축주사의 판단에 의해 특례적 취급에 대해서는 건축확인의 민간개방등을 행하여 특정행정청의 허가를 얻는 방식을 취한다.

3.3.2 중간검사제도의 도입

특정행정청이 지정한 일정 구조, 용도등의 건축물에서 지정된 공사공정이 종료된 단계에서 건축기준관계규정에 적합한 지의 여부를 건축주사 또는 지정확인검사기관의 검사를 받도록 규정하고 있다. 지정된 건축물은 중간검사를 받지 않은 경우 중간검사에 장애를 초래하는 공사는 할 수 없다.

또한, 단독주택, 조립주택등의 공사감리가 적정하게 행하여진 것이 확인된 경우에 대해서는 검사의 간소화를 행한다.

3.3.3 확인검사등에 관한 도서의 열람

중간검사, 완료검사의 수검물의 향상, 행정수속의 철저와 함께, 시장법칙에 의한 건축물의 질이 적절히 평가되도록 하기 위하여 제도적 정비가 필요하다. 이를 위해, 특정행정청에 의해 건축물의 대장정리를 의무화한다. 또한 건축물의 계획 개요에 추가해서 검사의 실시상황등에 대해서도 열람이 가능하도록 한다. 열람사항으로는 계획의 개요, 확인, 검사이력(중간, 완료), 허가의 유무등으로 한다. 건축확인 후에 설계를 변경한 경우는 재확인수속여부를 명확히 한다.

4. 콘크리트 구조물의 내진성능 설계

4.1 개요

성능설계법에 있어서는 건축주의 요구성능을 설계자는 책임있게 충족시키는 것이 설계의 기본이 된다. 요구성능의 설정은 건축주와 설계자의 합의에 기초하게 되고, 합의형성과정에 있어서는 성능을 표현하기 위한 다양한 기술적 언어 체계가 정의될 필요성이 있다. 또한 성능이 충족되어 있는 것을 실증할 수 있는 수단이 기본

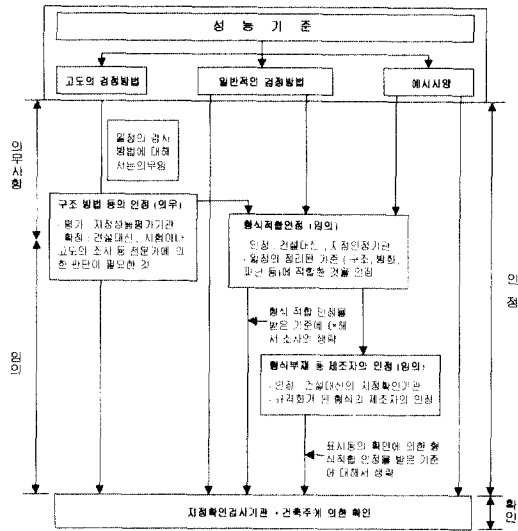


그림 3 성능규정화에 따른 건축확인절차

적으로 정비되어야 한다. 따라서, 구조기술자를 포함한 사회전반의 환경이 이에 대한 준비와 투자가 없이는 단순한 법령의 개정만으로는 성능설계법의 개념에 도입되기는 어렵다.

이장에서는 면진이나 제진기구를 사용하지 않은 협의 내진구조의 수법과 개념에 의해 설계되는 철근콘크리트 구조물의 구조성능에 대해 다루고자 한다.

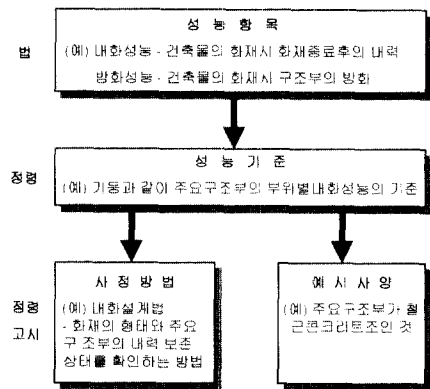


그림 4 성능설계체계

4.2 내진설계법의 개념

내진구조 설계법의 개념은 크게 1) 강도형 설계법과 2) 연성형 설계법으로 나눌 수 있다. 강도형 설계법에 의해 설계된 건축물은 가구

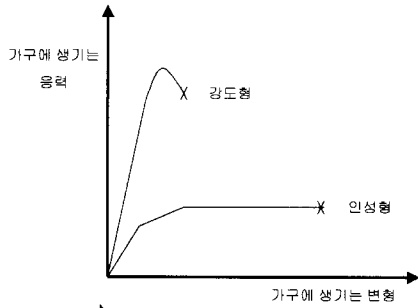


그림 5 내진성 확보의 개념

의 강도에 의해서 지진시에 입력되는 하중에 저항하는 형식이다. 예를 들어 벽식 구조와 같이 내진벽을 다수 포함한 구조형식이다. 연성형 설계법에 의한 건축물은 가구에 설계자가 적극적으로 계획한 한지에 의한 소성변형에 의해 건축물에 입력된 지진에너지를 소비하는 것으로 내진성을 확보하도록 설계된 구조이다. 이들 두 방식을 적당히 혼합하여 설계된 건축물은 바람직하지 않은 것으로 판단된다. 연성능의 수준이 다른 구조요소에 의해 구성된 건축물의 내진성능을 평가하는 방법은 내진진단기준에 제안되어 있고, 이를 근거로 하면, 변형능력이 낮은 부재요소의 손상이 전제되고 변형능력이 우수한 부재요소는 그 강도성능을 충분히 발휘하지 못하는 것을 전제로 하여 평가하고 있다. 즉, 강도·연성형의 중간적인 개념으로 설계된 건축물은 건물을 구성한 내진요소가 강도 및 변형(연성)의 성능을 충분히 발휘하지 못하는 상태에서 지진에 저항하게 된다. 성능설계라는 관점에서 볼 때 이러한 성능을 발휘하지 못하는 구조부재들을 내재한 건축물을 계획하는 것은 바람직하지 못하다.

4.3 지진시 수평력(설계용응력)과 가구에 상정된 변형의 개념

① 철근콘크리트조 건물의 중국강도형 내진 설계지침과 ② 철근콘크리트조 건물의 인성보충형 내진설계지침의 설계법에서는 아래 표의 성능이 확보된 구조가 계획되어진다. 또한, 표에서 사용된 변형의 개념은 그림 6에 나타내었다.

표의 지진입력 및 건물목표를 구체적으로 나

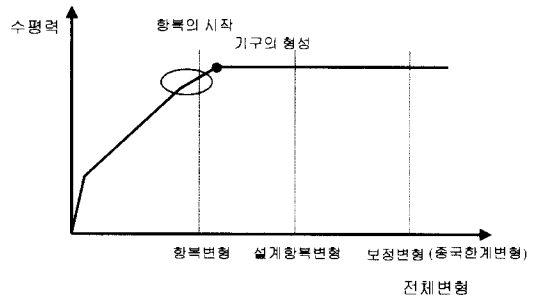


그림 6 골조의 연성을 기대한 내진설계법

타내면, 표 2, 3과 같다.

이 두 설계법 이외의 유사한 설계법으로는 통칭 New R/C 설계법으로 알려진 설계법이 있다. 이 설계법은 두 개의 수준지동에 대해서 동적해석으로 목표를 만족하는 지를 확인함과 동시에 설계확인을 행한다. ① 건물의 공용기간 중에 한번은 생길 가능성이 있는 지진동(레벨 1 지진동)에 대해서는 건물을 구성하는 부재에 항복이 발생하지 않을 것

② 건설지에 생길 가능성이 있는 최대급 지진동(레벨 2 지진동)에 대해서, 건물이 붕괴되지 않을 것

표 2 지동입력과 건물의 목표

	지침 ① 설계법	지침 ② 의 설계법
지동 입력 레벨	<ul style="list-style-type: none"> · 2개의 레벨을 설정한다. · 건물의 사용연한 중의 수회경험으로 예상되는 지진동(중지진동) · 건물의 사용연한중의 1회경험이 가능한 지진동(대지진동) 	<ul style="list-style-type: none"> · 3개의 레벨을 설정한다. · 사용한계검토에서 건물의 공용기간에서 수회정도 일어나는 지진동을 고려 · 설계한계검토에서 수백년에 한번정도의 지진동을 고려 · 중국한계검토에서 천년 이상의 재현기간의 지진동을 설정
건물 상태	<ul style="list-style-type: none"> · 중지진동에 있어, 소규모의 보수로 재사용이 가능한 피해를 입은 경우 · 대지진동에 있어, 재사용을 위해 대규모의 보수가 필요한 피해를 입은 경우 	<ul style="list-style-type: none"> · 사용한계에서 건물이 구성된 부재에 항복이 발생하지 않은 상태 · 설계한계에 있어 지진지후에도 건물의 최소한의 기능을 유지하며, 보수하여 재사용이 가능한 피해 상태 · 중국한계에서 연직하중의 지지능력을 갖고 있으며, 국부적인 붕괴와 전체적 붕괴가 생기지 않는 상태

③ 레벨 2 지진동에 의한 응답변형의 상한치(응답한계변형)를 상회하는 변형(가구설계변형: 하중의 불확실성, 구조물의 다양성에 대한 내진 안전성을 확보하기 위해 응답한계변형을 상회하는 치로서 설계자가 설정한 값)까지, 힌지계획 부재의 연성을 확보함과 동시에 힌지형성을 계획하지 않은 부재의 강도를 확보할 것

표 4에 New R/C 설계법의 설계기준을 정리하였다.

표 3 지진동입력레벨과 목표성능지표

	지점 ① 설계법	지점 ① 설계법
입력	· 중지진동 : 가속도 100~120 cm/s^2 속도 15~20 cm/s 정도의 강세	· 사용한계검토에는, 최대가속도 80~100 cm/s^2 의 강세
레벨 강세	· 대지진동 : 가속도 300~400 cm/s^2 속도 40~50 cm/s 정도의 강세	· 설계한계검토에는, 최대속도 50 cm/s^2 정도의 강세 · 중국한계검토에는, 최대속도 50 cm/s 이상의 강세
건물	· 중지진동시 : 균열발생은 허용되지만, 철근의 항복은 발생하지 않은 상태 · 대지진동시 : 설계한계변형 : R=1/100	· 사용한계 : 과도한 전단균열, 휨항복이 생기지 않은 상태 사용한계 변형 : R=1/200 균열폭의 제한 (예: 0.3mm)
상태	· 보정계수 : 보 1/50 기둥 1/67 내진벽 1/75 경계량(보) 1/40	· 설계한계 : 설계한계변형 : R=1/120 (골조구조) R=1/150 (벽식구조) · 중국한계 : 중국한계변형 : 보 1/50 기둥 1/67 내진벽 1/75 경계량(보) 1/40

표 4 New R/C 설계법의 지동입력레벨과 목표성능치

입력지동 크기	레벨 I 지진동	레벨 II 지진동
건물 상태	· 응답중간변형이 사용 한계 변형각이하 · 사용한계변형각 : 1/200이하	· 외력중심위치에서의 응답변형각이 응답한계변형각 이하 · 각층의 층간변형각이 응답변형각의 1.5배 이하 · 응답한계변형각 : 1/200이하

New R/C 설계법에서는 동적해석에 의해 목표성능을 만족하는 것을 확인한다. 지진하중 예측의 불확실성, 설계에서는 고려되지 않은 구조물의 다양성에 대해서 레벨 2의 지진동입력에 대해서 안전성 확보(설계에서 고려되지 않은 사항에 대한 배려)는 입력 지진동의 증감에 의한 방식이 아니라, 철근콘크리트조 건물의 중국강도형 내진설계지침의 보증변형개념에 따라서 가구설계변형의 개념을 도입하고 레벨 2 지진동 입력시의 가구응답보다도 큰 변형까지 건물의 구조안전성을 확보한다. New R/C 설계법에서 가구설계변형의 크기는 가구에 변형을 생기게 하여 필요한 일의 량(지진시에 가구가 소비하는 에너지)에 기초해서 설정한다.

4.4 동적검토용 지진동의 스펙트럼에 따른 설계용 지진동 입력레벨

그림 7에 건물의 응답해석에 사용되어지는 표준적 지진동의 응답스펙트럼(탄성: 감쇠정수 = 0.05)을 나타내었다. 지진의 크기레벨은 레벨 2 지진동에 상당하고 최대속도는 50cm/s에 기준화하고 있다. 그림에는 내진기준법시행령에 의한 Rt곡선(응답가속도 1G)을 함께 표시하였다.

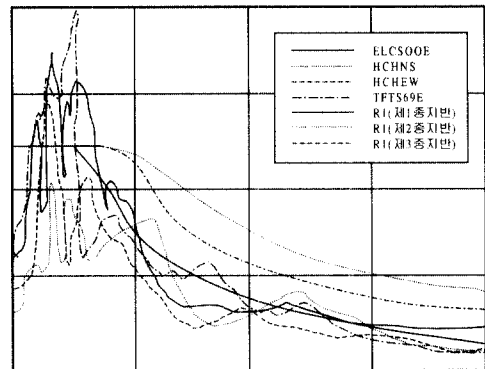


그림 7 응답해석에 사용된 지진동 스펙트럼

계획된 건물의 주기(건물의 강성)에 의해 응답스펙트럼의 값은 변화된다(주기에 따른 변동이 큼). 여기서 소개된 가구의 연성에 내진성을 의존한 건물은, 원칙적으로는 지진시에 가구에

항복변형을 발생시켜서 항복 힌지부에서의 에너지 소비에 의해 내진성을 확보한다. 따라서, 지진시에 가구에 큰 변형이 생기는 것을 허용한다. 건물의 사용성의 확보 및 어느 정도의 지진동 입력에 의한 항복힌지형성을 촉진하기 위해 일정 크기의 초기 강성은 확보하지만, 대지진동 입력시의 응답시 강성(등가한 강성)은 적고, 설계용 고유주기는 비교적 큰 것으로 고려되어진다. 고유주기가 1.0초보다 큰 주기범위에서는 스펙트럼치가 안정된 크기를 가진다.

단주기 범위에서는 변화가 크지만 이 범위의 강성을 갖는 건물에 대해서는 충분한 가구의 강도를 확보한 강도설계법이 적용된다.

면진구조를 채용한 건축물의 경우에는 주기 범위가 1.0초이하인 건물을 주기 3.0~4.0초까지 연장시키도록 계획하여 지진하중의 변화(불확실성)가 적도록 하는 것에 의해 결과적으로 높은 내진안전성을 확보한다.

4.5 정리

가구의 연성에 내진성을 기대하는 설계법에 의해 설계된 건축물에서 확보되어야 하는 성능을 정리하면 다음과 같다.

- 1) 건물의 공용기간중에 수회 경험하는 지진동(레벨 1 지진동)에 대해서는 가구에 생기는 층간변형각이 1/200이하, 응력상태로는 항복힌지가 형성되지 않음
- 2) 건물의 공용기간중에 한번 있을 가능성이 있는 최대급 지진동(레벨 2 지진동)에 대해서는 가구에 생기는 층간변형각이 1/100이하로 함
- 3) 지진동의 불확실성등에 대한 안전율을 확보하기 위해 보증변형/가구설계변형까지의 힌지의 소성변형능력을 확보함

5. 맺는 말

1998년 6월 12일 일본 정부는 건축기준법을 근본적으로 개정한 개정 법안을 공포하였다. 이 개정법안의 근본적 취지는 규제의 완화와 건축기술자의 책임과 자율성의 확대라고 할 수 있다. 성능규정의 도입과 건축확인·검사의 민간

기관 개방은 이런 목적을 잘 나타내고 있는 조치이다. 따라서, 이번 개정으로 건축기술자, 특히 구조기술자의 기술적인 선택의 폭은 무한하게 열려졌으나, 이에 따른 법적책임도 증가되었다.

성능규정의 도입은 기술의 고도화와 경제사회의 변화에 대응하고, 건축물의 안전성을 향상시키기 위해 필요한 조치이다. 또한, 성능규정의 도입에 의한 규제완화조치가 수행되기 위해서는 사회 전반적인 건축에 대한 인식의 향상과 건축분야에서의 구조적 안전성에 대한 공감대의 형성이 우선되어야 할 것이다. 그러나, 우리나라의 현실은 성수대교 붕괴사고, 삼풍붕괴사고 등 일련의 재해로 인해 이전보다는 구조안전성에 대한 관심이 높아졌다고는 하지만 아직도 건축계 전반적인 인식이 건축가에게 구조기술자를 종속시킨 개념으로 되어있는 한, 성능규정의 도입은 구조기술자들에게 자율성의 확대라는 긍정적인 측면보다는 법적책임만을 가중시킬 우려가 더 크다. 따라서, 성능규정의 국내도입을 위해서는 현재의 건축계약과정에서 건축주와 구조기술자가 독립된 계약을 체결하거나, 건축가와 동등한 위치에 공동계약을 하는 상황으로의 현실개선이 필수적이라고 본다.

마지막으로 이 글에 사용된 문헌들의 저자들에게 사전양해를 구하지 못한 것을 죄송스럽게 생각하며, 넓은 이해를 바란다.

참고 문헌

1. 建築雜誌 “성능규정과 구조설계”, 일본건축학회, Vol.113, 1998.2
2. 일본손해보험협회 “건축물의 내진·방화성능을 규정 한 법규의 변천” 1996.3
3. 建築技術 “건축기준법개정” 1998.8
4. 久保哲夫 “내진구조의 성능” 1997년 일본건축학회 대회 패널토론자료, 1997.9
5. 일본건축학회 “철근콘크리트조 건물의 종국강도형 내진설계지침·동해설” 1990.11
6. 일본건축학회 “철근콘크리트조 건물의 인성보장형 내진설계지침(안) 1992.12
7. Nakata, S., “Application of new R/C material to mega-structural building systems in seismic zones,” Proc. of the 11th WCEE, paper No.1104, June 1996