

내진 설계기준의 주요 문제점 검토

- Review of main Problems in Seismic Design Provisions -



마춘경*



신성우**

1. 시작하면서

국내에 내진설계가 가장 먼저 도입·시행된 것은 1972년 원자력 관련 시설물이며, 이후 일반구조물을 대상으로 건축구조물에는 6층 이상을 대상으로 1988년에, 토목구조물은 고속도로 등을 대상으로 1992년 도입·시행되었다. 최근에는 건축물의 내진설계를 6층이하에까지 확대적용하고 또한 내진기준 시행이전에 건설된 기존 건축구조물 및 토목구조물에 대해서는 내진취약성 보강대책이란 명분으로 Retrofit 관련규정을 내진기준에 추가하여 확대 시행하려고 하고 있다. 특히 2000년도 개정된 건축물허용기준에 의하면 지진하중이 10~40%까지 증가되는 경향마저 발생하여 구조체의 건설물량 증가를 수반하는 심각한 연쇄작용이 예상되고 있다.

현행 국내 내진설계개념은 지진발생 특징을 기본적으로 한반도를 중약진지역으로 구분하면서도 아직 미국이나 일본에서의 강진지역의 관련규정을 여과없이 도입하여 구조체의 경제성이나 최종 안정성측면에서 많은 문제점을 포함하고 있어, 국내 내진설계 도입에 관련하여 이론적 배경이 국내실정에 맞는지 재검토가 필요하다. 이러한 이론적 배경이외에도 재검토가 필요한 이유는 현재 국가경제가 매우 어려우며, 건설경기가 매우 위축된 상황에서 현행 내진규정에 따르면 소요경비가 1988년 당시 매년 4000억원 정도가 추가 소요되었으며 이는 최근 토목구조물에의 도입과 보수·보강 비용 부담으로 1~2조원 가까이 증가되리라 본다. 더욱이 2000년 강화된 지진하중기준을 따르면 구조체 물량이 최소 10%에서 40%까지 증가되리라 본다. 따라서 국내에 도입된 모든 내진 설계에 관한 내진기준의 도입배경이나 근거 그리고 그 후 관련학술 활동 등 모든 내진관련 조항에 관한 전반적인 검토

가 필요하며 여기에 그 근거를 위한 기본적인 문제점을 우선 제시하여 본다.

2. 주요 문제점의 근거

(근거1) 1999년 발표된 UN의 세계지진 지도나 UBC 97 기준에 의하면 한반도는 지진위험지대가 아니다

1999년 전세계 과학자 500여명이 7년간 UN의 지원을 받아 발표된 세계지진지도에는 한반도는 지진위험지대에 포함되지 않고 있다.¹⁾ 더욱이 국내 내진기준도 앞의 중요한 근거였던 UBC 97에도 UN보고서와 같은 내용이 아래와 같이 발표되어 있다. 그러나 국내 지진학자나 건축·토목구조학자는 어느 누구 이에 관한 해명 없이, 내진설계의 필요성을 생명보험이나 '유비무환' 등의 글귀를 사용하여 합리화시키고 있다. 그러나 이러한 보험이 과연 한반도에 해마다 엄청난 비용을 들일 만한 근거나 가치가 있는지 재검토할 필요가 있다.

UBC 97, Section 1653 (미국 이외 지역)
 서울 ZONE 0 (Z= 0.0)
 김해, 부산, 광주 ZONE 1 (Z=0.075)

(근거2) 한반도에 가장 큰 계기지진인 1978년 홍성지진에서 기존 철근콘크리트 건물 어느 곳도 피해를 입었다는 내용이 없다.

국내에서 계기지진은 1905년 이후에 기록되어 현재 500여개 이상이 기록되어 있으며, 그중 가장 큰 지진규모는 50gal(0.05g) 정도로 1978년 10월 7일 발생한 홍성지진이다(MM크기VIII).

* 명예회원, 표준구조연구소 소장

** 정회원, 한양대학교 건축공학부 교수

그러나 2000년 교육문화회관에서 개최된 지진 국제 세미나의 토론에서 홍성지진에 관련하여 건축학회 보고서에는 철근콘크리트 건물은 어느 하나 피해가 없었다는 발표가 있었다. 이는 VIII보다 낮은 MMVII이상의 지진을 근거로 한 국내 지진지도²⁾에 따른 구조물 지진영향권에 관한 피해 등이 다시 조사되어야 함을 의미한다. 그리고 내진 상세가 도입되지 않은 건축구조물의 경우, 우리나라의 예상 지진환경에 대해서 충분한 안전도를 보유하고 있는지의 여부가 우선 검토되어야 한다.

(근거3) 국내에서 건축구조물로도 가장 오래된 사찰이나 궁전 이 중요부재에 지진피해를 입었다는 보고가 없다.

국내에서 가장 오래되고 전통적인 구조물은 아마 사찰이나 궁전일 것이다. 이중 대표적인 사찰인 1000년 가까운 부석사 무량수전이나 불국사나 경복궁 등 어느 것도 지진 피해를 입은 적이 없다. 이러한 국내 전통구조물은 대개 기둥이 기초 위에 놓여있는 힌지형태로 되어 있으며, 상부 지붕의 무게도 1tonf/m²에 달하며, 기와만도 200kgf/m² 정도가 된다. 이렇게 상부가 무겁고 기둥과 기초가 힌지접합으로 된 경우 지진 발생시에 치명적인 구조시스템으로 평가되기 때문에 만일 한반도에 어느 규모 이상의 지진이 왔을 경우 이러한 구조체는 버티기가 어려웠을 것이다. 따라서 역사지진을 앞세우고 있는 현 내진설계기준 도입의 타당 근거는 매우 낮다고 본다.

실제 사례를 든다면 어느 지진학자가 연구작성한 한반도 지진 지도의 경우, 예상 지반가속도가 무려 0.2g~0.4g나 되어 미국 서부해안지대의 강진지역과 맞먹는 지반가속도를 제시하고 있어, 이들에 관한 이론적 타당성이 검토될 필요가 있다. (참고 문헌 5. P1~99)

(근거4) 현행 건축내진기준의 설계스펙트럼(동적계수)은 지진 공학적 근거가 무엇인가?

현행 기준의 설계스펙트럼(동적계수)은 분명한 지진공학적 근거가 없으며 Global Standard로 통용되는 UBC, ATC, EC8, 일본 등 기준에 비하여 고차진동 모드의 영향을 지나치게 과소평가하고 있다. 즉 동적계수의 상한 값이 1.75로서 UBC의 2.75나 ATC, NEHRP의 2.5와 비교하면 70%에도 미달하는 값이다.

중·약진자료를 근거로 연구작성한 설계스펙트럼³⁾의 경우에도 0.3~0.4초이하의 가속도영역에 대한 동적계수는 상당히

높은 값으로 평가되고 있는데 1.75로한 근거가 무엇인지 분명하게 해명되어야 한다.

(근거5) 현행 내진기준의 밀면 전단력계수(V/W)의 값이 미국 UBC 기준보다 1.25배 크게한 이유가 무엇인가?

건축 내진기준은 1988년에 처음 시행되었고, 2000년도에 소폭 개정되었으나 기본 골격 즉 밀면전단력산정식과 반응수정계수 등은 그대로 유지하고 있다. 밀면전단력식을 엄밀히 검증한 결과 다음과 같은 근거에 의해 조작유도 되었음이 확인되었다. 다만 88년도 기준식과 2000년도 기준식은 동일하기 때문에 편의상 KS 88로 표시한다. KS 88의 지진구역 2와 UBC 85 기준의 ZONE 2에 대한 밀면전단력 V/W를 검토한 결과 그 값이 일치하고 있다는 사실을 확인·포착하였다.

<표 1>의 기본조건에 따라 산정한 밀면전단력계수 V/W 비교 <표 2>를 자세히 보면 KS 88의 지진구역 2와 UBC 85의 ZONE 2가 같아지도록 조정되었음을 확인 할 수 있다. 지역계수 적용에 있어 KS 88은 A=0.12 인데 비해 UBC 85의 경우 Z=3/8이며 이를 지반가속도로 환산하면 A=0.15가 된다(UBC 94, ZONE 2A 참조). 결국 0.15/0.12=1.25로서 현행 내진기준의 밀면전단력산정식은 UBC 기준보다 1.25배 크도록 조작되었음이 확인되었다. 이러한 사실은 내력벽 구조 이외의 구조방식에 대해서도 확인·검증되었다.⁴⁾

도대체 지반조건과 그 위에 건축된 구조물이 동일한 조건일 경우, 역시 동일한 지반가속도를 가진 지진이 발생했을 때에 한국은 미국보다 1.25배나 더 큰 지진하중이 작용하도록 밀면전단력산정식을 조작한 이유가 무엇인지 해명되어야 한다.

표 1. 밀면전단력계수 V/W 비교를 위한 기본조건

KS 88 (지진구역 2)	UBC 85 (ZONE 2)
$\frac{V}{W} = \frac{AISC}{R}$	$\frac{V}{W} = ZIKCS$
$C = \frac{1}{1.2\sqrt{(T)}} \leq 1.5$	$C = \frac{1}{15\sqrt{(T)}} \leq 0.12$
A = 0.12	Z = 3/8 (A = 0.15)
I = 1.0 S = 1.0	I = 1.0 S = 1.0

표 2. 내력벽구조의 V/W 비교

주기 T(SEC)	KS 88 (지진지역 2)	UBC 88 (ZONE 2)
	A=0.12 R=3.0	Z=3/8 K=1.33
0.1	0.0600	0.05985
0.5	0.04714	0.04702
1.0	0.03333	0.03325
1.5	0.02357	0.02351

(근거6) 현행 내진기준의 반응수정계수 R의 실질적 근거가 무엇인지 해명되어야 한다.

현행 기준의 반응수정계수 R은 허용응력설계 Level에 해당하는 UBC 94 기준의 반응수정계수 RW 값의 약 1/2이 되는 수치임이 검증·확인되었다.⁴⁾ 원래 반응수정계수의 정량화 과정에서는 과거의 지진경험을 근거로한 공학적 판단에 의존해야하는 측면을 무시할 수는 없지만 그 산정근거가 분명히 제시되어야 하며 또한 근거없이 적당히 조정할 수 있는 단순한 수치가 아니다. 현재 UBC 94, UMC 97, ATC 및 NEHRP 기준 등에서는 공통된 구성내용을 근거로하여 산정한 반응수정계수를 사용하고 있으며 다음 식으로 요약 표시된다.

극한강도설계 Level : $R = R_s R_d$

허용응력설계 Level : $R_w = R_s R_d R_a$

R_s = 초과강도계수 (overstrength factor)

R_d = 연성감소계수 (ductility reduction factor)

R_a = 허용응력계수 (allowable stress factor)

위에 예시한 바와 같이 반응수정계수의 구성요소인 R_s , R_d , R_a 등을 감안할 때 지진하중기준해설에서 UBC 94와 ATC 3-06기준의 밀면전단력과 유사하게 되도록 정했다는 현행기준의 반응수정계수 R은 그 구성요소를 정량화하여 제시 할 수가 없을 뿐 아니라 다만 수치상으로 조작한 것에 불과하기 때문에 그 정체성이 무엇인지 해명되어야 한다.

3. 주요 문제점의 정리

- (1) 구조기준의 원래 법적권위와 규제력을 수반할 수 있는 것이기에 내용의 엄정성은 물론이고 또한 Global Standard에 부합되는 수준을 구비해야 한다.
- (2) 앞서 제시한 근거 4, 5 및 6항은 내진기준의 핵심요소가 Global Standard에 부합되지 아니함은 물론이고 엄정성에 문제가 있음을 제시하고 있다. 따라서 우리의 내진설계기술을 왜곡시키는 결과를 초래하여 이 분야의 발전과 국제경쟁력을 심하게 훼손하고 있다.

- (3) 내진기준 시행이전에 건축된 기존 구조물에 대한 내진취약성 보강대책으로서 Retrofit 관련규정을 내진 기준에 추가하기에 앞서 우리나라에 현존하는 수많은 기존 구조물 중에서 그동안 심각한 지진피해사례가 단 한건이라도 발생한 경우가 있었는지 재조사 되어야 한다.
- (4) 한반도 지진환경의 현실을 정상적인 판단력으로 평가할 때 혹시 지진피해가 발생 할 수도 있는 먼 훗날에 가서 Retrofit 관련 대책을 마련하여도 결코 늦지 않을 것이다. 불합리하게 과장된 지진위험도를 명분으로 삼아 불필요한 일거리를 창출(?)하려는 의도가 혹시라도 숨어 있는 것이 아닌지 의심스럽다.
- (5) 지진환경을 평가하는데 있어 계기지진을 이외에 역사지진기록도 고려하는 것이 원칙이긴하나, 지진 위험도의 평가 내용이 현실성과 합리성을 엄중하게 초월한 것이라면 결국 사이버 종교의 종말론과 다를 바가 없을 것이다. 어느 지진학자에 의하면 한반도 지진 위험도가 미국서부의 강진 지역과 맞먹는 수준의 연구 결과(지진지도)를 제시한 경우도 있으니, 향후 지진환경 평가 문제에 있어서는 보다 냉철하고 합리적인 지적풍토(知的風土)의 수립이 요망된다.
- (6) 한반도 지진환경에 대한 UBC 97 기준의 지진위험도 평가는 충분히 재고할만한 가치가 있는 것으로 사료된다.
- (7) 건교부 위촉으로 한국지진공학회가 1997년도에 연구 작성한 내진성능기준(상위기준)에서는 Global Standard에 부합될 수 있도록 UBC 97 기준의 기본틀을 보완·수용한 바 있다. 이는 실질적으로 매우 현명하고 실용적인 선택으로 평가되어야 할 것이다. 따라서 기술기준(하위기준)인 지진하중기준은 건교부의 원래 방침에 따라 원칙적으로 상위기준에 부합되도록 조속히 개정·보완 되어야 한다. [Q]

참고문헌

- 1. UN세계지진지도보고서, 조선일보, 1999. 12.
- 2. 이기화, “한반도의 지진위험도”, 대한건축학회지 32권 2호, 1988. 3.
- 3. 김상대, 김명한, “내진구조를 위한 스펙트럼의 이해”, 도서출판 새론, 2000.
- 4. 마춘경, “현행 내진설계기준의 재검증”, 대한건축학회지, 1999. 6.
- 5. 건설부, “건축물의 내진구조 및 방재기준에 관한 연구” 제 1권, 1987. 1.
- 6. UBC 85, UBC 94, UBC 97.