

소련 아르메니아 공화국 대 지진

孫 基 詳

공학박사

한국산업안전공단

산업안전교육원 교수

소련에서 지진활동 지역을 갖는 공화국들은 11개이다. 이들 지역에서 건설시는 별도 규정에 따른다.

건물시공시 내진비용의 증상은 각 나라가 치루고 있는 중요 고려사항이고, 중앙설계 사무실에서 완성한 표준설계에 입각한 수천개의 건물시공에 해당되는 사항이다. 그러므로, 건물규정 준비는 지진안전 규정은 물론 심각한 비용관계를 갖는다. 비용과 내진사이의 주의 깊은 균형유지는 여러가지 설계 개념들에 관한 해석적, 실험적평가에 의해서 확립된다.

조립식 구조시스템에 관한 표준화에 대하여 소련에서는 하나의 경향이 있었다. 일반적으로 P.C 골조, 대형판넬, 그리고 양중슬라브 시공 등의 범주에 해당된다. 양중슬라브 개념은 설계연구소는 이러한 유형의 시공에 전문성을 갖는 아르메니아에서 최초 적용을 갖게 되었고 여타 공화국들에 전수되었다. P.C 골조와 대형판넬 시공은 모스크바 설계연구소에서 개발되었고, 여타 공화국들에서 인기를 갖게 되었다. 부가적으로 현장 타설 콘크리트나 석조 조적의 전통적 유형들도 아르메니아에서는 일상적으로 사용되고 있다.

1. 설계 하중에 대한 기준

(1) 토질영향 계수(Soil Influence Factor)

건축법규는 특기 강도의 지지 지역에 대한 토질영향 계수를 갖는다. 설계자들은 구조물이 연약 토질에 위치될 경우 일률적으로 설계강도를 높여야 하고, 암반에 위치할 때는 감소시킬 수 있다. 강도를 한단계 올리고 내리는 문제에 대한 토질상세는 다음과 같이 아주 특기해야 한다.

① 지하수 깊이가 8m 이상인 경질점토, 사질로움(loam)토, 모래등에 대한 강도는 변하지 않는다.

② 지하수는 깊이가 4m 미만인 소정점토, 모래 및 사질로움토 등에대한 강도는 한단계 증가된다.

③ 지하수 깊이가 15m 이상인 화산암, 변성암, 침적암(수성암), 연암 기타 밀실토질등에 대해서는 강도는 한단계 감소된다.

양질의 토질조건에 따라, 지진위험을 감소시킬 뿐만 아니라 구조요소를 내진화 하는데 상당한 절감효과를 낼 수도 있다. 아르메니아 공화국 엔지니어들은 이 규정이 공사 활동들이

있었던 공화국내의 여러지역에서 구해진 토질단면에 입각하여 고정된 것으로 지적하고 있다. 시공된 대단위 아파트 건물때문에 이러한 결정을 하는데 경제적 고려가 가장 중요하다는 것이 주목되어야 한다.

(2) 지진계수

등가정하중에 대한 수평하중은 주어진 위치의 강도비율에 근거하고 있다. 지진계수는 중력하중의 승수(multiplier)로 정의된다.

이 계수는 최대지반 가속도(g)에 근거하고 구조물의 고유연성에 대해 허용하는 반응 거동을 가정한다. 건물이 필수적인 것으로 생각되면 탄성, 한계 내에서의 구조물 반응을 유지하기 위하여서는 감소계수는 전혀 허용되지 않는다. 그러나, 통상적인 건물에 대해서, 분할계수 4가 사용된다. 예를들면 강도 VII에 대한 지반가속도 0.10을 4로 나눈값 0.025가 기초전단 산정계수로 사용된다. 강도 VIII은 지진하중 0.05 강도 IX는 지진하중 0.10이 된다.

강도	추변위 (m/m)	지반속도 (cm/sec)	지반가속도 (g)	비 고
VII	2-4	4-8	0.1	
VIII	4.1-8	8-16	0.2	
IX	8.1-16	16-32	0.4	
X	16.1-32	32-64	0.8	

등가 수평하중도 구조물 시스템의 지연주기에 좌우되는 동역학계수 “베타(beta)”를 포함하고 있다. 적절한 감쇄계수(damping factor)를 도입하면, 반응 스펙트럼이 건축법규에 제시되어 있다. 이 반응 스펙트럼은 주기범위 0.0 sec-0.3sec에서 최대 증폭값 3.0을 갖는다. 주기함수 T는 0.3-1.5로써 최소값 0.6까지 감소된다.

그러므로 지진설계 계수는

$$\frac{3 \times \text{PGA} - 0.6 \times \text{PGA}}{4}$$

단, PAG

=최대지반 가속도(g)

=주어진 지진 지역의 강도점에서의 값
아르메니아에서 주요파괴를 경험했던 건물 유형은 9층 P.C 골조건물로 예측 고유주기는 0.6sec이었다.

지진강도 VIII 지역에서 PAG 0.2이고, 감소계수 4를 사용하면 소련 건축법규상의 반응 스펙트럼은 T=0.6sec, 동역학 계수 1.5일때 지진설계 하중은 $0.20 \times 0.25 \times 1.50 = 0.075$ 이다.

레니나칸(지방)에는 별 손상없이 잘 견디어낸 16층 대형 판넬건물등이 있었다. 그 건물들은 충분한 전단벽을 갖고 P.C 골조 건물보다 훨씬 더 剛(stiff)한 구조물로서 P.C 골조 건물의 고유주기의 약 0.5로 예측되는 고유주기를 갖는다. 건축법규에서 스펙트럼 의해서 주어진 바와 같이 판넬조립 건물에 동역학 계수는 라멘구조물에 대하여 사용되는 1.5대신 3.0을 취한다. 한편 16층 양중슬라브 구조(손상은 되었지만 붕괴는 되지 않은) 반응 스펙트럼에 관한 동역학 계수 0.6에 상응하고, 설계하중을 상당히 감소시키는 고유주기는 1.5를 갖는다.

(3) 기초설계

건축법규는 기초 밑의 지바에 좌우되는 일점까지 강도(intensity)증감을 허용하고 있다. 기초토질 특성결정과 일점까지의 강도기준 증감에 대한 결과 결정은 기초설계에 관한 중요효과를 갖는다. 현시점에서는 얼마나 많은 건물들이 영역지도에 도시된 바와 다른 강도에 대한 설계를 했는지 알려지지 않아서, 기초유형에 의해 영향을 받는 건물의 손상이나 파괴는 즉시 결정될 수 없는 일이다.

2. 표준건물

(1) 표준설계 비용과 지진안전

소련내에서 표준건물은 수많이 건축되어 있다. 시공비용의 5~15%가 절감되고 이것을 건축된 건물숫자 만큼 곱할 경우, 절감비용은 무시 못할 정도로 상당한 양이 된다.

그러나, 지진하중에 대한 건물안전을 침해하는 기준은 엄청난 위험을 수반한다. 비용과 안전은 이들 표준건물들에 관한 최적설계에 도달해서는 중요한 고려사항들이다.

중요문제는 “설계규정에 가정된 것 보다 더 큰 지진에 저항하기 위한 건물의 내진능력은 얼마이어야 하는가?”이다. 아르메니아의 엔지니어들은 예비조사팀 구성원들에게 실험을 통해서 지진규정에 맞게 설계되었음을 확인했다고 말했다. 그러나 건물저항이 설계수준을 얼마나 초과했는지는 분명치 않다. 기준에 명시된 값보다 좀 더 심각한 진동으로 생기는 손상을 피하기 위하여, 에너지 흡수폭은 연성접합부 상세를 갖도록 설계에 고려되었다. 조사팀이 목격했던 지진 손상으로는 이 평가를 증명하는데 도움이 되지못한다.

(2) 시공의 품질

건축법규와 규준에 관한 토론은 시공의 품질에 관한 언급없이 완성될 수 없다. 조사팀은 시공의 품질이 불실했고, 의심할 여지없이 설계자들에 의해 제시된 값 보다 더욱 불실했다는 것을 알 수 있었고 품질관리에 있어 건축법규의 역할은 이들 예비조사 중에는 분명치 않았다.

3. 소련 엔지니어들에 의한 손상 평가

(1) 손상의 주요원인들

1988. 12. 7에 발생한 지진에 대한 주요 파괴원인 평가에 아르메니아 엔지니어들이 진

상조사팀 방문중에 자발적으로 응하였다.

① 지진은 건축법규 허용값 보다 더 심각하였다.

② P.C 철근 콘크리트 구조물에 설계결합들이 있었다.

③ 지반과 구조물 사이의 공명이 가능하였다.

④ 기초 파괴들이 가능하였다.

⑤ 두개의 충격이 4분동안 별도로 작동하였고, 첫번째 충격 후에 서있던 구조물들이 붕괴되었다.

⑥ 지반운동의 수직 성분영향이 중요하였다.

⑦ 시공품질이 불실했다.

(2) 지진안전 시공에 대한 권장사항들

① 내진시공에 관한 현재 프로그램에서 과학적 연구가 시행되는 것은 부적합한 재정 때문에 불충분하다.

② 건물 구조물의 실제조건들을 고려한 수학적 모델 개발을 해야한다.

③ 진동기계 및 진동반(shaking table), 대형모델 등으로 갖추어진 실험조건으로 건물의 지진안정 문제를 다루어 나가야 한다.

④ 건물의 반응에 관한 지진기록은 물론 강진을 기록하는 새로운 접근방법이 필요하다.

⑤ 지진 및 강진운동에 관한 과학적 실험장치 제조에 관한 좀 더 수준높은 규준이 필요하다.

⑥ 소련연방 내의 지진지역들의 분할이 개정되어야 한다. 지진지역 내의 시공규준에 관한 근본적인 개정과 완성이 필요하다.

⑦ 참여자들로 하여금 높은 책임감을 갖게 하여 지진지역 내의 무수한 시공품질을 갖추도록 하는 새로운 접근방법들을 개발하는 것이 아주 중요하다.

⑧ 건물의 층수 또한 적절한 지진저항(내진)을 달성하기 위하여 고려되어야 한다.

⑨ 철골사용과 금속재 시공 적용에 관한 기존 제한사항들이 초법적으로 고려되어야 한다.

⑩ 지진연구 경험으로 볼 때 강진이 발생하면 주민들은 보호될 적절한 방법이 없기 때문에 평상시의 생활양태를 확보하는 필수적 조치를 취하는 것이 지진 지역에서 최우선 과제이다.

4. 결 론

진도 6.8 정도에도 심각히 파손되고 붕괴되었던 건물들의 설계 및 시공에 사용된 법규와

기준들을 평가하는 것이 아주 중요하다. 주의 깊은 조사에서 몇가지 인자들을 무시하거나 중복시키는 실수를 범하였다. 이 지역의 재난을 가져온 법규와 기준의 중요도는 주의깊고 광범위한 연구를 통해서 만이 될 수 있다.

주 : 이 논문은 소련 아르메니아 대지진에 대해서 영국 런던대 교수팀이 조사한 내용을 계간학술지 "Earthquake Spectra"

The Professional Journal of the Earthquake Engineering Research Institute pp.93~100, 1989. 8.에 기고한 것을 발췌 요약한 것이다. ㉠

