

| 재해대책기술위원회 |

2007년 사할린 지진과 피해상황



신은철
 인천대학교 토목환경공학과 교수
 (ecshin@incheon.ac.kr)



장우람
 인천대학교 토목환경공학과 석사과정
 (jangwi18@naver.com)

1. 서론

자연재해 중 지진은 지중 및 지상에 설치되는 모든 구조물이 그 피해의 대상이 되기 때문에 인간의 생명과 재산을 위협하여왔다. 특히 인구가 밀집된 지역에서의 대규모 지진은 일시에 많은 인명과 재산상의 손실을 가져올 수 있다. 이러한 피해를 최소화하기 위해서는 지진발생의 조기 예측과 지진발생 후의 신속한 복구와 대책수립이 이루어져야 한다.

지진으로 인해 발생하는 잠재적 재해는 크게 지진동(ground motion), 지반변형(ground failure), 쓰나미(tsunami)로 요약된다(FEMA, 2002). 지진으로 인해 발생하는 잠재적 재해 중에서 지진동 및 지반변형은 직접적인 피해의 정도가 심각하고 피해 규모가 광범위하며, 지반변형이 대상지역의 지질 및 지질구조, 지형, 지하수 분포 등

지질학적인 요소와 밀접한 관계를 갖는다.

우리나라는 지진으로부터 지질구조가 안정하고, 지난 한 세기 동안 리히터 규모 5.8 이상의 지진이 발생하지 않은 점 등을 이유로 내진설계 및 지진을 대상으로 하는 전반적인 대처방안 연구가 미흡한 실정이다. 최근 내진규정이 강화되고 있는 추세이지만 설계의 경제성으로 인하여 예상하중을 벗어난 지진하중 발생 시 구조물의 손상은 필연적인 결과로 예측된다.

지진에 대한 대응방법은 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 첫번째는 전통적인 지진대응방안인 내진설계이다. 두번째 방법은 지진으로 인한 손상을 예상하고 임의의 지진하중이 발생 시 구조물의 손상을 확률적으로 추론하여 지진발생 후 구조물의 피해를 평가하는 지진피해평가이다. 이 글에서는 지진으로 인한 지진동 및 지반변형의 피해 사례로 2007년 8월 2일 사할린(Sakhalin)에서 발생한 지진과 지

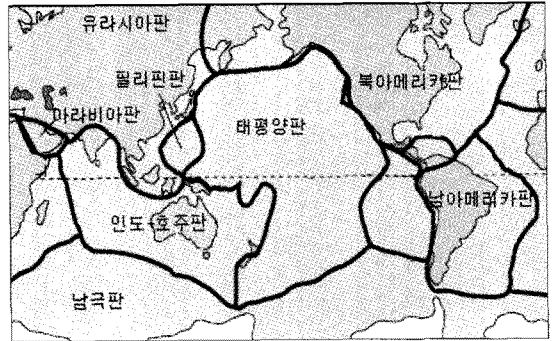
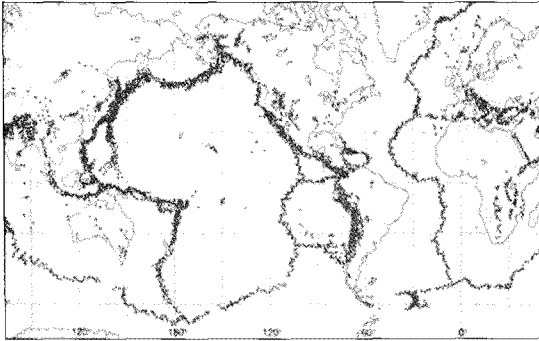


그림 1. 세계의 지진대

진피해평가에 대해 Sergei Medvedev (USSR), Wilhelm Sponheuer (East Germany), and Vit Karnik (Czechoslovakia)(1964)에 의해 제안된 MSK-64를 기준으로 기술하고자한다.

인도네시아에서 히말라야를 거쳐 지중해에 이르는 지역 에 나타나는 지진대로 대륙끼리 충돌이 일어나면서 지진이 발생하는 지역이다. 이 지진대의 띠는 대서양의 아조레스 제도에서 지중해, 중동, 인도 북부, 수마트라섬, 인도네시아를 거쳐 환태평양 지진대와 연결된다.

2. 세계의 주요 지진대

2.3 중앙 해령 지진대

세계지진대의 분포는 그림 1과 같이 태평양 주변을 따라 나타나는 환태평양 지진대, 인도네시아에서 히말라야를 거쳐 지중해에 이르는 알프스-히말라야 지진대와 대양 중에 있는 해령을 따라 나타나는 해령지진대로 크게 구분한다. 지진대는 화산대와 거의 일치하며, 지각이 불안정한 지구상의 변동대에 해당된다.

해저에 분포하는 해령을 따라 나타나는 지진대로 열곡이나 변환단층을 따라 지진이 발생하며 주로 천발 지진이 일어나고, 맨틀 물질이 상승하여 지각이 확장하고 있는 곳이다. 중앙 해령 지진대는 일반적으로 규모가 작아 인명 및 재산피해에 대한 영향이 거의 없다.

2.1 환태평양 지진대

3. 지진의 크기

태평양 주변을 따라 나타나는 지진대로 해양 지각이 대륙 지각 밑으로 침강하는 해구 주변에서 지진이 발생하며, 전 세계에서 발생하는 대부분의 지진이 환태평양 지진대에서 발생한다. 천발 지진과 심발 지진이 발생하며 대륙으로 갈수록 진원의 깊이가 깊어진다. 이 지진대는 태평양을 중심으로 남미 및 북미 대륙의 서해안에서 알류산열도, 캄차카반도, 쿠릴열도, 일본, 필리핀, 동인도제도를 거쳐 뉴질랜드로 이어져 있다.

3.1 규모(Magnitude)

2.2 알프스-히말라야 지진대

지진과 관련된 에너지의 양에 따라 분류하는 것으로 이 개념을 처음 도입한 미국의 지진학자 리히터(C.Richter, 1935)의 이름을 따서 리히터스케일(Richter scale)이라고도 한다. Richter는 진원으로부터 동일한 거리에 위치한 관측점에서는 에너지의 양이 많을수록 지반의 흔들림의 세기도 강하다는 사실에 착안하여, 진원거리 100km에 있는 표준 지진계에 기록된 진폭의 크기의 대수를 취하는 방법으로 규모를 정의하였다. 지진 규모는 지진파로 인해 발생

한 층 에너지의 크기로 지진자체의 크기를 말하며, 규모는 리히터 지진계에 기록된 지각의 진동 수치로 지진의 크기를 나타내는 단위로서 기록된 파동의 최대진폭, 진동주기 및 발생지점까지의 거리에 따라 계산된다. 보통 지진의 규모는 M으로 표시되며 소수 1자리까지 나타낸다.

3.2 진도(Seismic intensity)

지진피해는 구조물이 위치한 곳에서 지반 흔들림의 세기에 주로 의존하므로, 지반 흔들림의 세기는 구조물의 지진 피해 가능성에 대한 좋은 지표가 될 수 있다. 지반의 흔들림의 세기와 동적 특성에 따라서 구조물에 작용하는 지진 하중의 크기와 특성이 결정된다. 그러므로 구조물의 내진 설계를 위해서는 지반 흔들림에 세기와 그 특성이 정량적으로 표현되어야 한다. 정량적인 지표의 대표적인 예는 최대 지반 가속도가 있다. 지진 가속도계가 없거나 지반 가속도가 측정이 되지 않았을 경우 또는 광범위한 지역에서의 지반에 흔들림의 세기를 나타내기 위해서 서술적이고 정성적인 지표로 진도가 도입되었다. 규모와 진도는 1대1 대응이 성립하지 않으며 상대개념인 진도(seismic intensity)는 일반적으로 동일한 지진에 대해 거리에 따라 느껴지는 정도 또는 지진이 인간에게 얼마만큼의 피해를 주었는가를 나타내는 지표를 말하는데, 지진이 발생하였을 때 어떤 장소에서 사람이 느끼는 정도와 물체, 구조물 또는 자연에 미치는 영향정도에 따라 정해놓은 개념으로 각 나라의 사회적 여건과 구조물의 차이를 고려해 설정하는 것이다.

우리나라 기상청은 2000년까지 일본 기상청계급(JMA scale : 1949)을 사용하여 왔으나, 2001년부터는 세계 많은 나라에서 사용하고 있는 MM scale을 사용하고 있다. JMA scale이 8계급을 갖는 반면, 미국에서 시작되어 여러 나라가 사용하는 MM scale(Modified Mercalli scale : 1931, 19-56)과 진도계급의 국제적 통일을 시도한 MSK scale(Medvedev, Spouheur, Karnik : 1963)은 12계급을 갖는다.

진도는 지진의 규모와 진앙거리 그리고 진원 깊이에 따라 크게 좌우되며 그 지역의 지질구조와 구조물의 형태 및 인구 현황에 따라 달리 평가될 수 있다. 따라서 진도계급은

세계적으로 통일되어 있지 않으며 나라마다 실정에 맞는 척도를 채택하고 있다. 현재 세계 각국에서 사용하고 있는 진도계급에서 대표적인 것은 다음의 4종이다.

- 룩시 · 포렐 진도계급(10계급) 1883년
- 개정 메르칼리 진도계급(12계급) 1931년
- 일본기상청 진도계급(8계급) 1949년
- MSK 진도계급(12계급) 1964년

이들 각종의 진도계급의 진도 판정상의 공통점은 하위 계급은 체감위주이고, 중간계급은 실내물품의 거동, 상위는 건물의 피해상황이 주로 되어 있다.

4. 지진 발생 지역의 특징과 지진 분포도에 따른 분류

4.1 지진 발생 지역의 특징

러시아 과학아카데미 지구물리학 사할린 사무실은 2007년 8월 2일 오전 1시 27분에 리히터 규모 6.1도의 지진을 관측하였으며, 진앙지는 사할린 네벨스크(Nevsk) 근해 타탈해협(46.65° N, 141.7° E)이하 8km 심도에서 발생하여 진앙 근처 주거지역의 건물이 크게 손상되었고 2명의 인명 피해가 발생되었다.

네벨스크 지역은 타타르 해협 해안가에 위치한 사할린 섬의 남부지역이다. 이 지역의 기후특성과 지구물리학적 특성은 다음과 같다.

- 냉온대 기후
- 일년 중 추울 때 네벨스크 지역의 외부온도 : -16 °C
- 연중 적설량 : 320 kg/m²
- 풍압 : 73 kg/m²

표 1. 네벨스크 및 주변지역의 진동크기

주거지역	거리(진앙지로부터), km	진동크기(MSK-64)
네벨스크 남부지역	13	8
네벨스크 북부지역	15	7
고노자보스크 지역	16	7
세부니노 지역	27	5

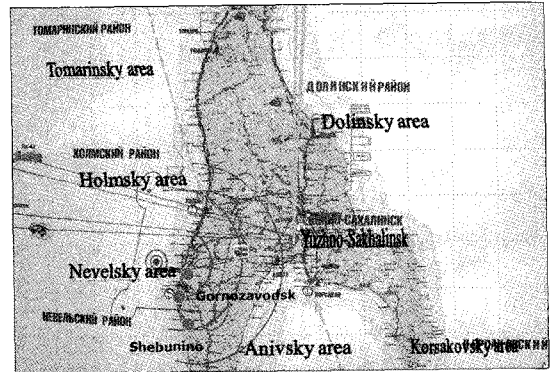
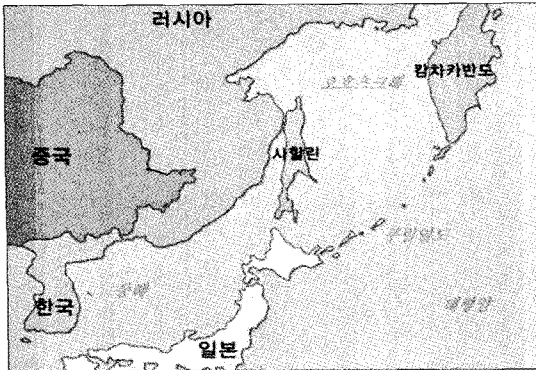


그림 2. 지진발생 지역

- 네벨스크 지역의 동결깊이: 110~163 cm
- 네벨스크 지역의 지진활동도(MKS-64): 7 point (1996년 1월 1일 기준)
- 현재 SN&P II-7-81*(2000년판), OCP-97A지도(대규모건설공사), OCP-97B(구조물의 지진반응)에 의하면 9 point이다.

네벨스크 지역의 지반공학적 특성은 복합지반으로 MSK-64의 분류 기준에 따르면 I~III 범위의 지진 특성을 나타내며 초기의 지진강도가 지역에 따라 ± 1 point의 오차를 갖는다. 또한, 네벨스크는 사할린 섬의 서부 해안을 따라 지진활동대가 통과하는 지역이며, 이 지진활동대에서 다음과 같은 강한 지진들이 발생하였다.

- Aleksandrovs-k-Sakhalinskoye 1909년 진도 6.6도
- Lesogorsko-Uglegorskoye 1924년 진도 6.9도
- Uglegorskoye 2000년 진도 6.8도
- Moneronskye 1971년 진도 7.5도로 예측되었으며 네벨스크(Nevelsk)에 도달 했을 때 7 point로 MSK-64에 의하면 12-mark scale로 예측되었다.

4.2 사할린 지역 지진 분포도에 따른 분류

지진과 관련된 공사기준(TU 58-48, SN 8-57, SN&P II-A.12-62, SN&P II A.12-69, SN II-7-81)에 기재된 사할린 지진 분포도에 따르면 네벨스크 지역이 MSK-64 지진분류도표 기준으로 7 point로 기록되어 있으며, 1955

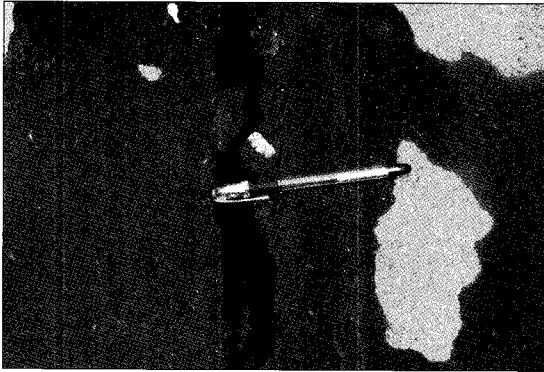
년 네프테고르스코브(Neftegorskoye)지진 이후 “사할린 관할구역의 지진 발생 분포조사”에서는 네벨스크 지역은 1000년 주기로 8 point의 지진이 발생하는 지역에 속해 있다. 또한, 2000년에 작성된 새로운 지진구역도 “Russia OSO-97”은 표준화된 SN&P II-7-81*을 포함하며 이 구역도에 따르면 네벨스크 지역은 MSK-64 기준 9 point의 지진이 500년 주기로 기재되어 있고 상세 지진구역에 관한 예상도(SMP), “VostSibTISIZ, 1995”에 의하면 8~9 point로 나타나 있다. 따라서, 2003년 6월 19일자로 개정된 사할린 토목부 시방규정 No 1-29는 사할린 지역의 주거지에 대해 내진 설계와 시공을 의무적으로 적용하도록 개정되었다.

5. 현장방문조사

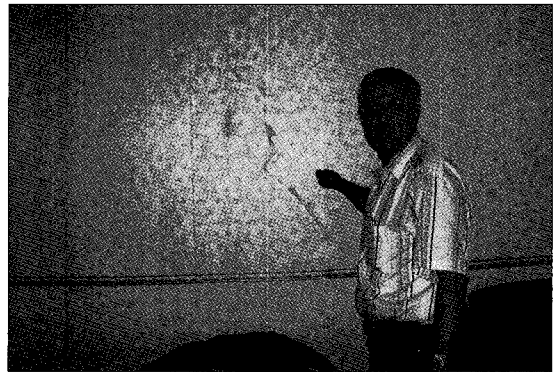
5.1 현장방문조사

사할린의 건설 및 설계 전문가들이 네벨스크 중부지역의 건물들을 현장방문조사 하였다. 현장방문조사는 육안으로 관찰하였으며(TNIISK called after B.A, Kucherenko, Moscow, 1981), 진동에 의한 사할린 지역 건물의 안정성을 평가하였다.

현장방문조사는 2007년 8월 2일 발생한 지진 후에 계속 되는 여진과 관련하여 네벨스크 지역 관리부서의 요청에 의해 수행되었고, 지진의 영향으로 인하여 다수의 건물에서 안전성에 문제가 발견되었다. 30년 이상의 낡은 건물들



(a) 외부균열조사



(b) 내부균열조사

그림 3. 사전조사

이 많은 사할린 지역의 지진의 피해는 MSK-64에 따라서 건물의 분류, 손상 정도를 조사하며, 지진의 결과(피해)는 기술적인 분석에 바탕이 된다.

5.2 진동에 따른 다층건물의 영향

지진활동대가 통과하여 주기적인 지진과 여진의 영향을 받는 사할린 서부지역에 위치한 고속철도 인근 건물에서 고속철도의 진동에 따른 추가적인 손상은 다층건물 세대주에게 조사한 결과 표 2-1과 표 2-2와 같다. 조사 결과 3~6층

의 다층건물과 비교하여 1~2층의 단층건물이 물리적인 진동과 지진활동의 영향으로 보다 큰 손상을 나타내었다. 또한, 다른 건물에 비해 손상이 큰 건물들은 독립적인 건물이거나 50~70년 된 단층 건물의 경우인 것으로 나타났다.

6. 피해상황

네벨스크, 고르노자보스크, 세부니노(Nevelsk, Gornozavodsk, Shebunino) 거주 지역의 건축물은 1, 2층의 목조

표 2-1. 단층건물

거주지역	건물수	MSK-64의 "d"에 따른 손상된 건물의 수										MSK64의 크기
		d=0	d=1	d=1.5	d=2	d=2.5	d=3	d=3.5	d=4	d=4.5	d=5	
네벨스크	344	13/3.76	22/6.65	-	73/21.10	-	87/25.14	10/2.89	134/39.02	4/1.16	1/0.03	2.97
고르노자보스크	21	-	1/4.76	-	7/33.33	9/42.86	4/19.05	-	-	-	-	2.357
야스노모스크	9	2/22.22	1/11.11	-	4/44.44	-	2/22.22	-	-	-	-	1.67
코르코노예	9	2/22.22	2/22.22	-	3/33.33	-	-	-	2/22.22	-	-	1.78
세부니노	2	-	-	2/	100	-	-	-	-	-	-	-

표 2-2. 다층건물

거주지역	건물수	MSK-64의 "d"에 따른 손상된 건물의 수										MSK64의 크기
		d=0	d=1	d=1.5	d=2	d=2.5	d=3	d=3.5	d=4	d=4.5	d=5	
네벨스크	130	-	12/9.23	1/0.77	51/39.23	3/2.31	34/26.15	2/1.54	27/20.77	-	-	2.62
고르노자보스크	15	-	5/33.33	-	6/40.00	3/20.00	1/6.67	-	-	-	-	1.833
세부니노	5	-	-	5/100	-	-	-	-	-	-	-	1.5

건물과 4, 5층 벽돌 또는 경량 콘크리트 구조물이 주름이
루고 있다. 현재 개정된 시방서에 따라 건축물은 기본적으로
7~8 point의 지진에 견딜 수 있도록 설계되고 있으나 개
인 아파트나 오래된 저층 집들은 내진이 고려되지 않아 많
은 피해가 발생되었다. 특히 주기적인 지진의 영향은 구조
물의 안정성을 감소시키는 주요 원인이 되므로 오래된 구
조물의 벽면에 대하여 지진과 여진에 따른 영향 연구와 함
께 사할린 지역의 과거 지진에 대한 연구가 이루어지고 있
다. 피해 정도는 2명이 숨지고 46명의 부상자가 발생하였
으며 2400여명이 집을 잃은 것으로 집계되었으며 러시아
정부의 주도하에 구호조치와 복구 작업이 진행 중이다.

사할린에서 기록된 가장 큰 지진중 하나이며, 여진은 지반
상태에 따라 MSK-64 분류표상 6~8 point로 계속되었다.
MSK-64 분류표 기준 손상률 $d=3\sim5$ 에서 건물과 구조물
의 가장 큰 손상은 지진특성상 제 3범주에 속하는 포화된
토질지역이며 유기질토, 모래, 점토 등이 넓게 분포한 네벨
스크 중심부에서 발생하였다. 지진 특성상 1~2범주에 속
하는 사암과 황토로 이루어진 북부지역은 평균손상률 $d=2$
로 건물이 손상되지 않았다.

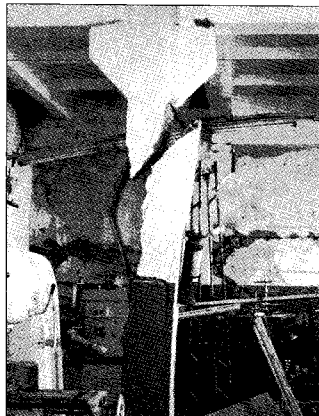
7.1 네벨스크(Nevelsk)지역

Nevelsk에 위치한 72개의 미거주 건물의 점검에 따르
면, 2007년 8월 2일에 발생한 지진과 그 직후에 일어난 여
진에 의해서 평균 $d=2.82$ 에 이르는 피해를 입은 것으로 판
단된다.

- 16.44~26.03%의 건물이 경고관정을 받았다($d=3.5\sim4$).

7. 지진피해평가

네벨스크(Nevelsk)에서 2007년 8월 2일 검측된 지진은



(a) 건물의 손상



(a) 건물의 손상



(b) 도로의 파괴



(c) 구호조치

그림 4. 구조물 피해 상황

표 3. 네벨스크의 73개 미거주 건물의 조사결과

MSK-64에 따른 파손율	건물의 수	비율(%)	비 고
d=0	1	1.37	
d=1	4	5.48	
d=1~2[1.5]	1	1.37	
d=2	18	24.65	
d=2~3[2.5]	4	5.48	
d=3	19	26.03	
d=3~4[3.5]	14	19.18	
d=4	12	16.44	
d[평균]=2.82	[누계] : 73	[누계] : 100%	

표 4. 고르노자보스크의 9개 미거주 건물의 조사결과

MSK-64에 따른 파손율	건물의 수	비율(%)	비 고
d=1~2[1.5]	1	11.1	
d=2	2	22.2	
d=2~3[2.5]	4	44.5	
d=3	2	22.2	
d[평균]=2.39	[누계] : 9	[누계] : 100%	

표 5. 세부니노의 3개 미거주 건물의 조사결과

MSK-64에 따른 파손율	건물의 수	비율(%)	비 고
d=1~2[1.5]	3	100	
d[평균]=2.39	[누계] : 3	[누계] : 100%	

- 26.03~38.36%의 건물이 내진성능에 대한 특별점검이 요구되었다(d=2.5~3.5).
- 24.65~28.07%의 건물이 보수, 보강이 요구되었다(d=1.5~2.5).

7.2 고르노자보스크(Gornozavodsk)지역

고르노자보스크에 위치한 9개의 미거주 건물의 경우 MSK-64에 따른 파손율은 d=2.39로 나타났으며 고르노자보스크에 위치한 건물들은 2006년 8월 18일에 일어난 지진과 2007년 8월 2일 발생한 지진의 연이은 영향으로 손상이 가중된 것으로 판단된다.

- 22.4~44.4%에 이르는 건물들이 내진에 대한 점검이 요구된다(d=2.5~3.5).
- 22.4~50%에 이르는 건물들이 보수, 보강이 요구되었

다(d=1.5~2.5).

7.3 세부니노(Shebunino)지역

세부니노에 3개의 미거주 건물의 조사에 따르면, 2007년 8월 2일에 일어난 지진의 영향과 그 직후에 일어난 여진에 의해 MSK-64에 따른 파손율 d=1.5로 경미한 상태를 나타내었으며 d가 1 이상인 건물 중 50% 이상의 건물이 보수, 보강이 요구된다.

8. 복구현황

시할린의 2007년 8월 2일 발생한 지진의 영향으로 손상된 건물과 함께 7~8point의 내진 시방규정에 따라 공사가 계획되거나 시공된 곳 또한 지진과 여진으로 인하여 기초 지반과 건물에 지속적인 침하가 발생하였기 때문에 충분한 조사와 함께 보수·보강이 필요한 것으로 판단된다. 또한, 현지 조사 보고서에 따르면 MSK-64 "d=3" 이상의 손상율의 건물은 비교적 약한 2~3 point의 진동에도 큰 물리적 피해가 예상되므로 긴급 보수보강 공사뿐만 아니라 9point의 내진 성능을 유지할 수 있는 보수·보강이 필요한 것으로 나타났다. 이러한 보수·보강 대책은 모든 학교, 병원 등 많은 사람들이 이용하는 공공기관에 SN&P II -7-81*의 최근 요구조건을 따라 우선적으로 이루어져야 하지만 보수·보강에 따른 공공기관의 이전 및 거주 주민의 이주와 예산부족 등의 이유로 상당한 시간이 소요되고 있다.

SN&P II -7-81*의 최근 요구조건에 적합한 보수·보강이 계획되어 수행되기 전에 필요한 긴급보수보강 공사는 다음과 같다.

- 파괴된 지붕 및 굴뚝의 복구
- 파괴된 난방로의 복구
- 경계벽의 고정 및 전도 감시
- 벽사이의 균열 보강
- 파괴된 계단의 보수
- 마루와 천장의 손상부위 보수
- 유리로 된 창과 문의 복구

9. 내진보강공법

사할린 지역의 기존 건물은 낡고 내진설계가 되어 있지 않은 구조물이 대부분이기 때문에 2007년 8월 2일의 지진과 같은 구조물에 영향을 줄 수 있는 지진 발생 시 안전성에 큰 문제가 있다. 지진발생으로 손상을 입은 건물의 보수도 중요하지만, 기존건물의 내진보강이 경제적인 면에서 훨씬 효과적이며, 구조물의 내진성능을 향상시키기 위해서 시행하는 내진보강공법은 다음과 같이 강도상승형, 인성(변형능력)향상형과 혼합형(강도+인성)으로 분류할 수 있다.

9.1 내진보강공법의 목적 및 특성

1) 강도상승

내진벽, 날개벽, 브레이스를 증설하여 구조물의 수평력에 대한 강도의 향상을 도모하는 경우이다. 현재, 일본에서는 보강공법 중 내진벽 증설공법이 가장 많이 이용되고 있으며 내진 보강공법 시공의 80% 이상을 차지하고 있다.

2) 인성향상

기둥과 보 등에서 전단파괴가 예측되는 부재에는 전단 보강을 실시하여 상대적으로 휨에 순응하도록 인성을 향상시키는 방법으로 용접철망, 강판 등으로 보강하고 콘크리트와 모르타르로 일체화한다. 단면이 증가하기 때문에 휨 내력이 증가하고, 내력도 향상된다. 기둥 보강의 경우는 극취성 기둥의 단주화를 막고, 인성 향상을 도모하기 위해 허리벽 및 내림벽과 기둥 사이를 끊어서 틈을 성형한다. 이 경우 내력은 일반적으로 저하된다.

3) 기타

- 건물중량 감소: 수평전단력의 감소효과
- 보강골조의 중량 증가: 기초보강

9.2 내진보강공법의 종류와 특성

1) 내진벽

기존 골조내에 신설 내진벽을 설치하거나, 기존 내진벽의 두께를 늘려 주로 보유내력을 향상시켜 건물의 내진성능을 개선하는 방법이다. 기둥의 취성파괴가 예측되는 경우에는 기존 벽의 개구부를 콘크리트 벽으로 폐쇄해서 내진벽을 만드는 보강법도 있다. 일반적으로 내진벽은 강도 저항형의 내진요소로, 높은 강성과 큰 전단내력을 보유하는 반면, 변형 능력이 약하다는 역학특성을 갖고 있다. 따라서 내진벽 보강은 극한강도가 작은 기존 건물을 벽으로 보강하여 벽의 전단력을 증가시켜서 강도만으로 지진에 저항할 수 있는 강도저항형 건물을 만들 경우에만 사용한다.

2) 날개벽의 증설

내진벽으로 취급할 수 없는 비교적 작은 벽판 즉, 날개벽을 기둥의 한쪽 또는 양측에 덧붙여서 기둥의 강도 또는 골조의 인성을 개선하는 방법이다. 이는 골조의 수평강성이 증대되어 건물의 강성분포를 개선할 수 있다.

3) 기둥의 보강

벽이 적고 주로 기둥으로 구성된 건물을 대상으로 한다. 건물의 용도상 벽의 증설이 곤란한 경우에 기둥을 보강해서 건물의 내진성능을 향상시키는 공법이다. 구체적인 적용대상으로는 기둥의 전단내력이 부족한 건물과 허리벽, 내림벽과 같은 잡벽이 있어 동일층의 기둥강성이 불균등한 건물 및 기둥에 큰 내력과 변형 능력이 필요한 건물에 적용한다.

참고 문헌

1. Zhusupbekov a.z, "About consequences of Nevelsky Earthquakes in the Sakhalin area", The International Scientifically-practical Conference, 2007
2. 정태호, "주요재난사례", 방재연구, 제 9권 제 3호 통권 35호, 2007. 9
3. 국립방재연구소, "지진재해 수습체계 및 대응능력 연구" 1998
4. 서울특별시 소방방재본부, "지진의 이해". 2001