

中東地域에 있어서 建物の 地震危險

朴 允 守 — 国立建設研究所 建築部

우리나라에서는 지금까지 지진에 관해 관심을 가지지 않았으나 포항지진 및 홍성지진을 기점으로 지진문제가 대두되었으며, 한반도의 지각구조학적인 면에서나 원자력 발전소와 같은 중구조물이 늘어남에 따라 앞으로 지진피해가 대규모 될 것으로 사료되고, 아국 건설업체가 중동에 진출하여 중동지역 건설공사에의 건물설계 및 시공에 참여하고 있는바, 이에 중동지역 지진에 관해 일반적인 검토를 해봄으로 조금이나마 보탬이 되고자 BRE의 Mr. LLOYD의 원문에서 발췌한 중동지역의 건물의 지진위험에 대한 보고서를 번역 소개하고자 한다.

1. 序言

지난 수년간 중동의 여러 지역의 건설활동이 세계 역사상 유례없이 급증하여 왔다. 유류판매 소득에 의한 급속한 경제팽창에 의해 과거에는 거의 투자하지 않았던 사회의 현대화와 환경 공공사업에 域내 몇몇 나라가 투자하여 왔다.

이러한 크기의 공공사업의 준비는 방송 시설 (전기 통신 기관, 공항, 항구), 병원, 공공사업 등 기타를 위하여 변화가 많은 대규모 건물을 지어야만 했다. 이런 범주의 건물은 재앙과 위험이 많기 때문에 원호청의 주요 문제로 대두되었다. 이것이 경제적인 중요성에서는 같으나, 사회적인 의미에서는 덜한 그런 건물뿐만 아니라, 모든 건물이 지진이 올 경우에 커다란 피해를 안입고 남아 있어야 할 중요 이유이다.

이 보고서의 중요한 목적은 내진 설계되어야 할 건물이 있는 지역을 표시해 주는 지도를 만드는 데 중요한 자료를 제공해 준다.

이러한 지도는 건물 설계의 초기 단계에 지진을 고려할 필요가 있음을 제시해 준다. 설계자는 지역 기준과 표준과 기타 유용한 문헌을 이용하여 좀 더 상세한 자료를 얻으려고 할 것이다.

여기 제시된 이 지진 지역은 지역의 지각 구조상의 실험과 지난 50년에서 100년 사이의 지진 기록 그래프, 그리고 B.C 1500년 이래 지진의 역사적인 기록에 근거를 둔 것이다.

지진의 지각 구조상의 진앙을 뒷받침하는 자료, 지진의 측정, 강도, 빈도, 지진의 위험과 Zoning이 보고서에 기록되어 있다.

이전의 OVERSEAS BUILDING NOTE NO. 143인 “지진 지역의 건물”은 내진 건물⁽¹⁾의 구조와 설계에 대한 내용이다.

2. 지진의 지각 구조상의 진앙

지각 구조 평판설에 의하면, 지각은 지표면에 관해 과거에도 움직였고, 여전히 움직이고 있는 커다란 판으로 구성되어 있다. 각각의 판은 커다란 대륙과 그것에 부속된 대륙봉으로 구성되어 있다. 그 판의 끝에서, 인접한 판과 접하고 있고 상호간의 운동이 거대한 응력을 일으켜 지진의 형태로 갑자기 나타난다. 어떤 지진은 판 들레로부터 멀리 떨어진 지역에 일어나므로, 그 이론으로는 명백하게 이 현상을 설명할 수 없다.

지진은 힘의 편향된 형태로 일어나는 것이 틀림없고, 아마도 온도 변화와 표면 암반의 깊이와 강도와 관련이 있을 것이다. 그럼에도 불구하고 이 이론은 대단히 큰 지진의 진원의 이해에 도움을 주고, 지진 위험의 평가를 위하여 필수적이다. 중동 지역에 대한 더 상세한 설명은 7장에서

하기로 한다.

3. 지진의 기록과 측정

적어도 A.D 132년 까지의 지진 기록의 측정은 CHANG HENG이라는 이름의 중국의 철학자요, 천문 학자요, 수학자에 의해서 龍 형태의 간지 지진계⁽²⁾⁽³⁾가 고안되었다. 이 기구는 龍 형태의 입으로 둘러 싸인 것으로부터의 몇개의 공 중의 하나를 때려 떨어 뜨리게 하는 진자를 보유하고 있다. 지진 진원의 방향은 튀어나오는 특수한 공에 의해서 나타내진다고 생각되어진다.

19C말과 20C초기에 와서는 이 기구 사용은 넓은 우주에 근거를 둔 지진 운동의 연구를 발전시키는 데 충분치 못했다. 지진계의 구조는 최근에 와서 개발된 이 기구의 사용으로 인하여 지진의 세계적인 측정이 더욱 더 정확하게 되었다. 예를 들면, 1972년 미국의 “국가 지진 정보 센터”는 거의 2천개의 지진계 설치 장소⁽⁴⁾를 가지고 있다.

지진은 다음 네가지 매개 변수로 구분한다.

- 1) 최초 시작 시간 2) 진앙의 좌표 3) 진원의 깊이 4) 지진의 크기, 보통 진도의 크기로 표현된다.

이 매개 변수들 중에서, 첫번째 3가지는 지진을 정확히 평가하기 전에 결국 네개의 지진계 설치 위치로부터 알 수 있다.

震動圖에서의 주기와 진폭의 측정으로 부터 계산되는 진도는 어떤 하나의 지진계로 부터 계산될 수 있다.

최초의 기록 단체들은 전세계의 지진계의 지진 활동의 기록으로 부터 대부분 지진의 네가지 매개 변수의 정규적인 카다록을 작성한다. 주요한 최초 단체들 중에서 두 단체는 “국제



지진 저항 설계되지 않은 건물의 지진 피해

지진 센터”(Newbury, 영국)과 “미국 국가 지진 정보 서비스”(Boulder, 콜로라도주)이다. 이 단체들에 이어, 지방 단체들은 세계 곳곳과 각 나라에 설치되어 있다.

주요한 지진은 이 두 단체에 의해 기록되어 있고, 그래서 정보의 상당한 량이 복제되어 있다. 이 보고서의 사용자에게 가장 유용한 자료의 출처(복사 보고서를 제외한 자료의 출처)는 The IGS File of Seismic Activity⁽⁴⁾이다. 이 자료는 지진 기록이 시작된 이래 어떤 특정 지역에서 일어난 모든 지진의 목록을 작성하는데 사용되어질 수 있는 지진 폭발의 중심과 진도 자료의 컴퓨터 File이고, 그래프식의 도표도 가지고 있다.

지진의 광범위한 정보에 덧붙여서, 특정 지역에서의 지역적인 지진의 잠재적인 격렬함은 強震 지진계(가속도계)의 기록으로 부터 알 수 있다. 이 장치는 강진 가속도계 로써 널리 알려졌는데, 건물의 잠재적인 손실에 관한 정확한 정보를 기술자에게 제공하고 강한 지반의 움직임을 기록하는 지방 분소에 설치되어 있다. 이 기구는 계속적으로 기록하는 것은 아니다.

왜냐하면 그 장치는 미리 고정해 놓은 수준 이상으로 강한 지진이 있을 때 작동하기 때문이다. 그 기록은 특정 지역의 지반 가속도의 진동수와 진폭을 나타내고 속도와 변위를 결정하기 위해서 적분될 수 있다. 지진 측정 장소에서의 지진의 강도는 ρ 의 분수로써 나타나고, 가속도는 중력에 해당된다.(그림1 참조)

지난 50년간 이 지진계^{3.5}는 상당히 발전했고, 극소 전자 공학의 분야에서 정밀도가 급속히 발달한 최근 수년에 있어서 특히 현저하게 발전했다. 강한 가속도 운동의 그래프로 부터의 자료는 많은 국가의 지진 지역 Zone의 상세한 결정을 하기 위한 입력 정보로써 계속적으로 사용되고, 대부분 구조물 설계자가 요구하는 정보이다. 모든 지진 데이터가 본래부터 부정확하더라도 기억해 놓아야 한다.

진앙 위치의 정확성은 이러한 지방 지진 분소로 부터 5~10km에 지나지 않고, 전세계 분소로 부터는 20km에 지나지 않기 때문에 완전하고 유용한 데이터가 기록될 필요가 있다. 그 기계 사용이 개선됨으로써 전세계 분소에서 사용되는 지진 도표는 아주 작

은 지진의 상태를 분석하는데 더욱 유용하다. Burton⁴은 IGS파일은 1900년 이래 $M=7.5$, 1905년 이래 $M=7.0$, 1930년 이래 $M=6.5$, 1955년 이래 $M=6.0$, 1964년 이래 $M=4$ 보다 큰 모든 지진을 수록하고 있다

지진 斷口의 중심 위치는 중심 또는 진원이라고 불리워지고 그 중심 바로 위의 지표면의 지점을 진앙이라 한다.

간이 지진계는 지진 발생을 나타내는 기구이지 기록계는 아니다.

지진계는 지구 운동을 연구히 계속적으로 기록하는 기계이다.

震動圖는 지진계에 의해 만들어진 기록이다.

대표적인 지진계 부속품은 세가지로 구성되어 있는데 진자, 시간 기록 장치, 진자의 운동을 나타내는 궤적을 기록하는 장치이다.

지진의 크기를 설명하는 공통적인 두가지 용어는 진도와 강도이다. 이 두가지 용어는 가끔 혼동하는데 그 차이를 아는 것이 중요하다.

진도는 지진에 의해서 방출되는 전체 에너지의 양을 말한다. 이 방출 에너지 양을 결정하기 위한 수많은 연

구가 수년동안 진행되었고, 일반적인 용도로 사용되는 것 중에 하나를 Richter⁶가 만들었는데 지진 진도에 관한 Richter Scale은 각각의 지진에 숫적인 값을 매긴다. 이것은 진앙지로부터 100km의 거리에 있어서 지진계에 의해 만들어지는 제적 진폭의 100만분의 1을 자연 대수로 나타낸다. 왜냐하면 Richter Scale은 대수적으로, 그 Scale에 있어 단위 증가는 지진계의 진폭에 있어서 10배의 증가를 뜻한다. 이 진폭은 유리된 에너지와 관계되고, 많은 지진으로 부터의 자료 연구를 함으로 다음의 에너지와 진도 사이의 경험적인 관계식을 Richter⁶가 만들었다.

$$\log_{10} E = 11.4 + 1.5M$$

여기서 E는 erg 단위의 에너지이고, M은 Richter Scale의 진도이다.

이 관계식은 진도에 있어서 단위 증가는 금후의 파괴적인 힘과 에너지에 있어서는 32배 증가하는 것을 나타내고 있다.

斷口되기 전에 누적되어 질 수 있는 변형의 양이 한계가 있기 때문에, 震度는 지진 진도의 최상한선을 나타내는 것이 확실하다. 대개의 최대 진도는 8.9이다. 최대와 최소의 진도 사이에 방출된 에너지의 비율은 약 10^{13} 이다.

강도는 어떤 특정 지역에 있어서 지진의 외관상의 격렬함을 나타내고, 관찰자의 주관에 의해 좌우된다. 지표면에서의 지진의 정도(관찰된 결과와 관련이 있는)는 지진계로 측정되지 않은 강도 Scale로 보고된다. 꽤 많은 Scale이 사용되고 있으나, 그 중에 가장 많이 사용되는 것이 Modified Mercalli(MM) Scale⁶이다. 이것은 12등급의 Scale이고, 상세한 것은 표 1에 표시되어 있다. 이것과 또 다른 Scale과의 적절한 관계가 그림 1에 표시되어 있다. 몇몇 경험적인 방정식이 강도와 진도를 관계지으려고 제안되어 왔다. 가끔 한정된 지역에서의 연구와 특별하게 관계되어지는 방정식은 캘리포니아의 Richter가 만든 방정식이다.

이 보고서에서 사용되는 강도의 측정에 사용되는 방정식은,

$$I = 8.0 + 1.5M - 2.5 \log(h^2 + d^2 + 400)^{0.5}$$

표 1. Modified Mercalli Scale 강도 (1956)

강도	설명 용어	영 향	가 속 도 cm S ⁻²
I	미 세 합 (Inperceptible)	거의 느끼지 않음. 지진계에 의해서만 기록됨.	< 1
II	매 우 약 합 (Very slight)	단지 윗층에서 휴식하고 있는 사람이 느끼는 정도	1 - 2
III	약 합 (Slight)	실내에서 느낌. 가벼운 트럭이 지나갈 때 일어나 것과 같은 진동	2 - 5
IV	보 통	매달린 물체가 이동함. 무거운 물체가 벽을 쳐서 일어나는 것과 같은 충격이나 무거운 트럭에 의해 일어나는 것과 같은 진동	5 - 10
V	약 간 강 합 (Fairly strong)	실외에서 느낌. 자는 사람이 깨어남. 고정되지 않는 물건이 옮겨지거나 뒤집히고 문이 닫히고 열림. 샷리와 화면이 멈추고 재중 시계가 멈추거나 움직이기 시작하거나 속도가 변함.	10 - 20
VI	강 합 (Strong)	걸는 것이 힘들고 창문, 도자기, 유리가 부서짐. 장식용 골동품, 책 등이 선반 위에서 떨어지고 그림이 떨어지고 가구가 움직이거나 뒤집힘. Type D 형태의 구조물의 자재와 플라스틱이 금이감. 작은 종 소리가 난다(교회, 학교).	20 - 50
VII	매 우 강 합 (Very Strong)	운전기사나 행인에게 목격됨. 가구가 부서지고 Type D 형태의 구조물이 심한 손상을 입음. 어떤 경우에는 Type C 형태의 구조물의 자재도 금이감. 지붕에서는 약한 골뚝이 부서지고 플라스틱, 영성한 벽돌, 석재, 타일, 선반이 붕괴됨. 연못에 파도가 인다.	50 - 100
VIII	파 괴 (Destructive)	차의 운전이 힘들. Type D 형태의 구조물의 자재에 심한 손상이 오고, Type C 형태의 구조물의 자재에는 약간의 손상이 오고 부분적으로 붕괴됨. Type B의 자재에는 약간의 손상이 있음. 골뚝, 기념비, 탑, 높은 탱크가 붕괴되고 영성한 판넬벽이 무너짐. 나무가지가 부러지고 흐름이 변하거나 온천의 온도가 변함. 샘의 수위가 변하고, 습한 땅과 절벽 경사에는 금이감.	100 - 200
IX	강 한 파 괴 (High Destructive)	일반적인 공포상태. Type D 형태의 구조물의 자재는 완전히 파괴됨. Type C 구조물도 심하게 파괴되고 종종 붕괴됨. Type B 구조물도 똑 같이 약간의 피해를 입음. 골조 구조는 기초로부터 떠오르거나 붕괴됨. 철근 콘크리트의 구조물의 하중부담 부재는 금이감. 관이 파열하여 땅에 파묻힘. 지반 위에 큰 크랙이 감. 충격지역에서는 물, 모래와 진흙이 방출된다.	200 - 500
X	극 한 파 괴 (Extremely destruction)	대부분의 조적조 및 목구조 건물은 파괴됨. 철근 보강건물과 교량은 심하게 파괴되고, 그들 중 일부가 파괴됨. 제방, 둑, 댐 등이 심하게 파괴됨. 큰 사태가 일어나고 물이 운하나 강이나 호수에서 흘러 넘침.	500 - 1000 (≈ 1g)
XI	재 난 (Disaster)	모든 구조물이 붕괴됨. 크고 잘 구조된 교량이 파괴되고 심한 손상을 입음. 몇몇 건물만이 남음. 레일이 심하게 휘이고 궤도를 벗어남. 지중의 배선이나 배관은 파괴됨.	1 - 2g
XII	큰 재 난 (Major Disaster)	지상의 모든 건물에 큰 변화가 있음. 지상과 지하의 모든 지류와 강은 수로가 바뀜. 폭포가 생기고, 호수가 진동되어 제방이 터짐. 강은 수로가 변함.	> 2g

- (주) Type A : 질 좋은 기술과 모르터를 사용하여 설계를 잘한것. 특히 수평 축에 대해 보강된, 그리고 사용된 철근과 콘크리트가 같이 저항하고, 수평력 저항 설계를 한 구조형태
- Type B : 질 좋은 기술과 모르타르를 사용함. 철근으로 보강했으나 강한 수평력에 는 저항하도록 설계되지 않은 구조형태
- Type C : 보통의 기술과 모르터를 사용함. 모서리에서 결합시키는데 실패한 것과 같은 극히 약한 것은 아니나 수평력에 저항하도록 설계되거나 보강하지 않은 구조 형태
- Type D : 어도비 진흙집과 같은 약한 자재, 배합비가 나쁜 모르터를 사용하고, 기술 수준이 낮고 수평력에 약한 구조형태

여기서

- I = 강도(MM)
- M = 진도(Richter)
- h = 진원지 깊이(km)
- d = 진앙으로 부터 거리(km)

IGS 조사 보고서List의 과거 지진의 역사에 관한 더 상세한 정보는 다음 연구소를 이용하기 바란다.

Global Seismology Unit
 Institute of Geological Sciences
 Marchison House
 West Mains Road
 EDINBURGH
 EN 93 LA
 UNITED KINGDOM

4. 지진의 빈도와 강도

어떤 주어진 지역에서, 지진의 진도와 빈도의 관점에서 지진활동의 정도는 시간에 따라 변한다. 그 지역은 활동이 없다가 긴 잠복기간후에 대단위 에너지 방출 형태의 격변이나, 단층을 따라 진행성의 완곡한 움직임에 의해 일어나는 일련의 최소한의 진동에 의해 갑자기 지진활동이 일어난다.

오랜 기간동안에 어떤 지역에 있어서 예상된 지진의 폭은, 첫째로 국부 응력구조에 의하고, 둘째로는 어떤 지점에서 지각(地殼)의 물리적인 암반성분과 구조에 의한다.

일반적으로 지표면의 어떤 지점에서 발생한 지진의 강도는 진원지(震原地)의 깊이와는 역(逆)으로 표시된다.

중간정도 진도의 얇은 지진은 깊은 진원에서 커다란 진도의 지진보다 잠재적으로 더 많은 피해를 줄 것이다.

표 2. MM 강도수정

지	반	MM강도에 있어서 평균적변화
바위 (즉 화강암: 편마암·현무암)		- 1
단단한 침전물		0
단단치 못한 침전물(즉 모래·충적 퇴적물)		+ 1
습기찬 침전물이나 인공적으로 채운땅		+ 1 혹은 + 2

최근의 가장 많은 피해를 준 지진 중의 하나는 진도 5.7이나 진원지의 깊이가 2 내지 3 km 밖에 안되는 지진으로 Agadir에서 발생했다. 강도가 그 지역의 지반조건과 그 지역의 지질에 의해 영향을 받는다는 것도 중요하다.

4.1. 지역적 지반조건

잘 기록된 자료로 부터 인용된 지진 강도는 보통의 지반조건(단단한 침전물)과 관계된다. 지역적인 지반조건은 어떤 국가에 있어서 짧은 거리에서도 예상된 강도가 차이가 나는 원인이 된다.

이것은 표 2에 주어진 자료로 계산되어 질 수 있다. 예를들면, 어떤 지역에서 강도 V로 분류된 지역의 건물이 모래와 같은 단단치 못한 침전물 위에 건축되어 졌다면 그 건물은 강도 VI의 지진을 당한다는 것을 고려해야 한다.

4.2. 주어진 지역에서 지진 가능성

지진을 상세하게 기록할 수 있는 밀집된 지진기록 분소를 갖는 국가는 세계에서 몇나라 안된다. 대부분 국가들에 있어서 지진의 가능성의 평가는 유용한 地震學의인 기록과 지각구조상의 자료에 의한 역사적인 강도(주관적이고 균일치 않는)의 기록으로 부터의 종합된 정보에 의해 알 수 있다.

지질학상으로 대단히 짧은 지진관측 시간간격에 있어서, 지각구조상의 평면 움직임이 일정하다고 가정하는 것이 타당하다. 이 가정에 있어서 어떤 진도의 지진 가능성은 과거의 지진학적인 기록에 근거를 두고 평가된다. 이방법은 지각표면에서 일어나는

얇은 지진(진원깊이 60km나 그 이하)에 특히 관련이 있다고 보여진다.

미국에 있어서 Gutenberg 와 Richter, 이와 별도로 일본의 Ishimoto 에 의한 지진의 진도와 빈도의 시험은 그것들이 다음 방정식에 의해 수학적으로 관계가 있다는 결론에 이르렀다.

$$\log_{10} N = A - bM$$

여기서 N은 단위시간, 단위면적당 진도M이나 그 이상의얇은 지진의 빈도이고 A와 b는 일정하다⁶. 그 일정한 수는 M에 대해 $\log_{10} N$ 을 제도함으로 계산되어지고 발견되며, 가능최적한 선을 그릴 수 있다.

어떤 기록은 미세한 지진활동은 무시된다. 그래서 Scale의 낮은 끝부분의 기록은 불완전하다. Scale의 위 끝부분의 통계학상의 기록도 역시 불충분 함으로 큰 지진은 특정지역에 빈번히 일어나지는 않는다. 실제로, 통계학적인 방법에 알맞는 자료의 범위에 한계가 있다. 그럼에도 불구하고 구조물의 위험에 대한 지진 활동의 전체적인 전망을 해 보는 것을 가능하게 해준다.

4.3. 주기와 기간

기술적인 입장에서 지진의 전체기간과 진동의 주기 혹은 빈도는 매우 중요하다. 지진은 짧은 주기의 비교적 짧은 날카로운 일련의 충격으로부터 비교적 긴 주기의 충격으로 변한다.

前者는 구조물의 관성때문에 지표 정도에서 剪斷力으로 발전하고 반면에 後者は 휨응력을 초과하는 유도응력과 긴 기본 주기로써 큰 가변성의 구조물을 움직이게 한다.

4.4. 진동방향

어떤 지진에서 지반운동은 순 방향성이고, 에너지는 집단파도의 두가지 형태로 소산되어지고, 그 중 하나의 옆쪽의 진동은 S(剪斷力 또는 충격파)이고, 다른 하나의 운동방향이 일직선상의 진동은 P(Push-pull)이다. 그래서 P파는 첫째번로 도착하고, 최초의 파로서 더더욱 진행한다. 반면에 S파는 제 2의 파이다. 지표면에 다다른데 있어서 에너지는 두가지 형태의 표면파로 각각 전달된다. 즉, 타원운동의 R(Ray Leigh) 파와 수직운동의 L(Love) 파이다. 통상 큰 피

해를 일으키는 것은 수평성분의 파이기 때문에 정상적인 구조는 상당한 수평 가속도에 견디는 설계가 되지 않으면 안된다.

5. 지진지역

이 보고서에는 같은 강도를 나타내는 Zone은 위에서 대략 설명을 한 주관적인 평가에 의한 IGS 컴퓨터의 印字回答(Printout)로 부터 지진의 기록을 종합함으로써 설명하여 왔다. Zone은 최대와 최소의 지진강도가 예상되는 지역의 형태로 표현되고 다음과 같이 정의된다.

Zone A : MM강도Ⅶ 혹은 그 이상의 강도가 기존 건물의 일생동안 일어날 수 있는 지역

Zone B : MM강도Ⅴ 혹은 Ⅵ로 일어날 수 있는 작은 지역적인 강도 혹은 먼거리의 지진에 의해 영향을 받는 지역

이 Zone 사이의 관계, UBC Zone, 그리고 강도 Scale은 적당한 지표 가속도와 같이 그림 1에 표시되어 있다.

6. 지진위험

지진위험은 과학자, 기술자 혹은 피보호인만의 문제가 아니다. 그것은 전체집단에 영향을 주는 사회적인 영향을 가진다. 앞으로의 위험과 Zoning에 관해 법률을 제정하고, 혹은 건물의 표준을 규정하는 기준을 만들 수 있고 그렇게 되기를 원하는 힘을 가진 국가는 스스로 제정하기만 하면 된다. 몇몇 나라는 지진저항설계의 최소수준을 의무적으로 규정하고 Zoning의 필요성을 인정했다. 많은 개발도상국에서는 대다수가 지진문제에 대해 선진국과 동등한 방법을 강구하지 못하거나 기술자, 건물주, 신용있는 회사의 설계표준에 맡겨 둔다. 몇몇 신용있는 회사들은 그 분야에서 전문 기술을 가진 鑑定人이 부딪히는 많은 위험때문에 상당한 노력을 경주했다. 그들은 설계표준을 작성한 다음 활중을 덧붙였다. 다행히도 신용있는 회사들에 의해 모아진 몇개의 자료들은 설계자들에게 유용하다. 예를들면, 한 회사는 자연위험에 대한 세계지도를 만들었고, 어떤 주어진 지역의 지진위

주관적 지진강도 Scales	JMA																					
	I			II			III			IV			V			VI			VII			
	II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X					
	MSK																					
	II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII	
	MM																					
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII										
	가속도																					
	.001g	.002g	.005g	.01g	.02g	.05g	.1g	.2g	.5g	g	2g	5g										
	UBC zones						4 (문단충부근에)															
0			1			2			3													
OBN 190 zones						B (작은지진)			A (큰지진)													
JMA - Japan Meteorological Agency 1951						MM - Modified Mercalli 1956																
RF - Rossi - Forel 1883						가속도 - 기정수평지반가속도 (g - 9.81m S ⁻²)																
MSK - Medvedev - Sponheuer - Karnik 1964																						
UBC - Uniform Building Code 1979																						

그림 1. 지진강도, 지반가속도와 설계요구조건의 비교표

(참고문헌 7에 11에는 Scales 이 상세하게 나와 있음)

험에 대한 주의를 수록했다.

7. 중동의 지진

중동의 지진에 대한 손실과 빈도와 같은 지진평가는 前章에서 설명한 원리로 지금도 행할 수 있다. 중동의 주요한 지질학상의 특징은 그림 2에 표시되어 있다. 중요한 영향선은 아라비아 반도의 지진영향선인데, 그것은 이란에 있어서 Zagros의 지역에서의 충격과 북동쪽 방향에서의 움직임이다. 그 부분은 홍해의 중심을 따라 펼쳐지는 해상에 의해 서쪽에 까지 이어진다. 이 해상은 요르단 계곡을 따라 남 터키로 부터 홍해를 경유하여 동아프리카 틈과 거기서 부터 남아프리카에 이르기까지 Rift System의 부분을 형성하고, 더 나아가 바다층의 움직임은 예멘의 남쪽에서 일어난다. 그리고 Rift는 인도양 아래의 Carlsberg 능선에 다다를 때까지 동쪽으로 이어진다.

중동의 대부분의 역사적 기록에 의해 지진이 활발하다고 알려져 왔고, 지진의 묘사에 쓰여졌던 많은 중심지가 있기에 그 큰 대륙은 인기가 없거나 인구밀도가 낮거나 유목민들로 이루어 졌다. 사람들이 많이 사는 지역에 대한 지진의 역사적 기록은 이장에서는 당연히 주관적이고, 보고된 지진강도의 영향은 필자의 개인적인 경험에 의해 변한다.

유목민의 아영지에서 큰 지진이 일어났다 할지라도 기록되지 않고 지나친

그럼에 불구하고 이런 역사적인 기록은 현재의 지진계가 생길 때까지 유용한 데이터로써 이용되었다. 편의상 중동지역을 7 지역으로 나누어 생각해 보자.

7.1. 아라비아 반도

역사적인 보고서에 의하면 지진이 그 반도의 많은 지역에 일어난 것을 알 수 있다. 그러나 그 보고서는 상세하지 않고 지진이 일어난 지역을 보여 주는 것 외에는 아무 가치도 없었다.

그림 2는 아라비아 반도 전체 땅전부가 지각 구조상의 한 판과 같음을 보여주고 그 판내에 진앙지의 위치는 그림 3에 표시했다. Zone A 혹은 Zone B로 분류된 지역은 이 지각 구조상의 상황에 거의 관계가 되고 그림 3에 표시했다.

7.2. 사이프러스

역사적인 기록은 주요한 지진활동이 남쪽해안 그리고 특히 남서쪽 지역을 따라 일어났다고 기록되어 있다. 지진계에 의해 측정된 자료는 그림 4에 표시했다. 최근의 지진 중에서 1953년 9월 10일의 지진은 피해가 아주 큰 것 중의 하나였고, 진앙지 가까이는 강도가 MM IX에 이르렀다. 그 지진은 Stroumbi, Lapithos, Kithasi, Phousoula와 Axylou를 파괴했고, Ktima와 북동쪽에 있는 몇몇 다른 마을에 심한 피해를 주어서 약 40명이 사망했고, 200여명이 부상했으며, 그 충격이 이집트에서 감지됐다.

현재의 자료에 의하면 그 전체 섬은 Zone A로 설계되어 지도록 규정되어

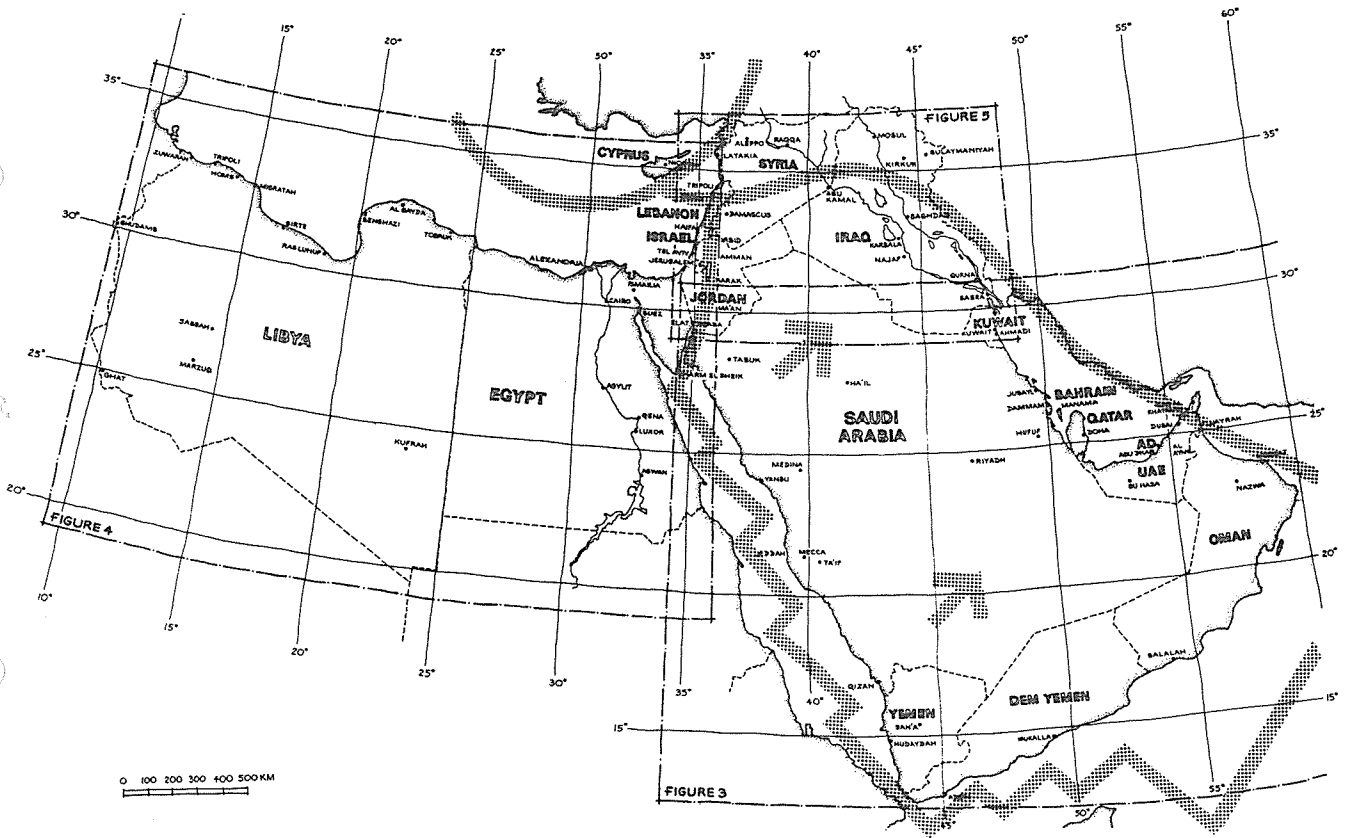


그림 2. 중동의 주요한 지각 구조상의 형태

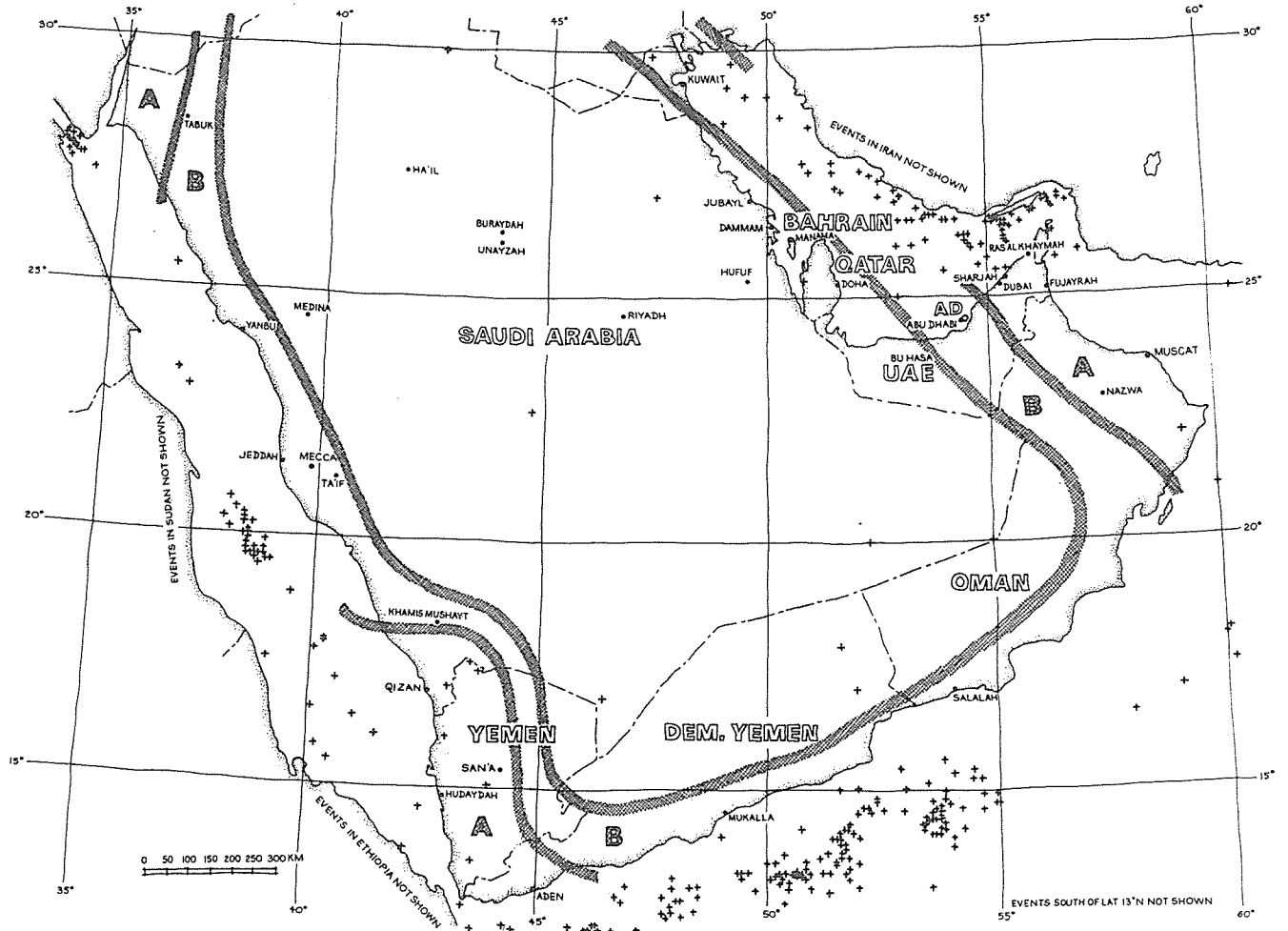


그림 3. 아라비아반도 : 지진

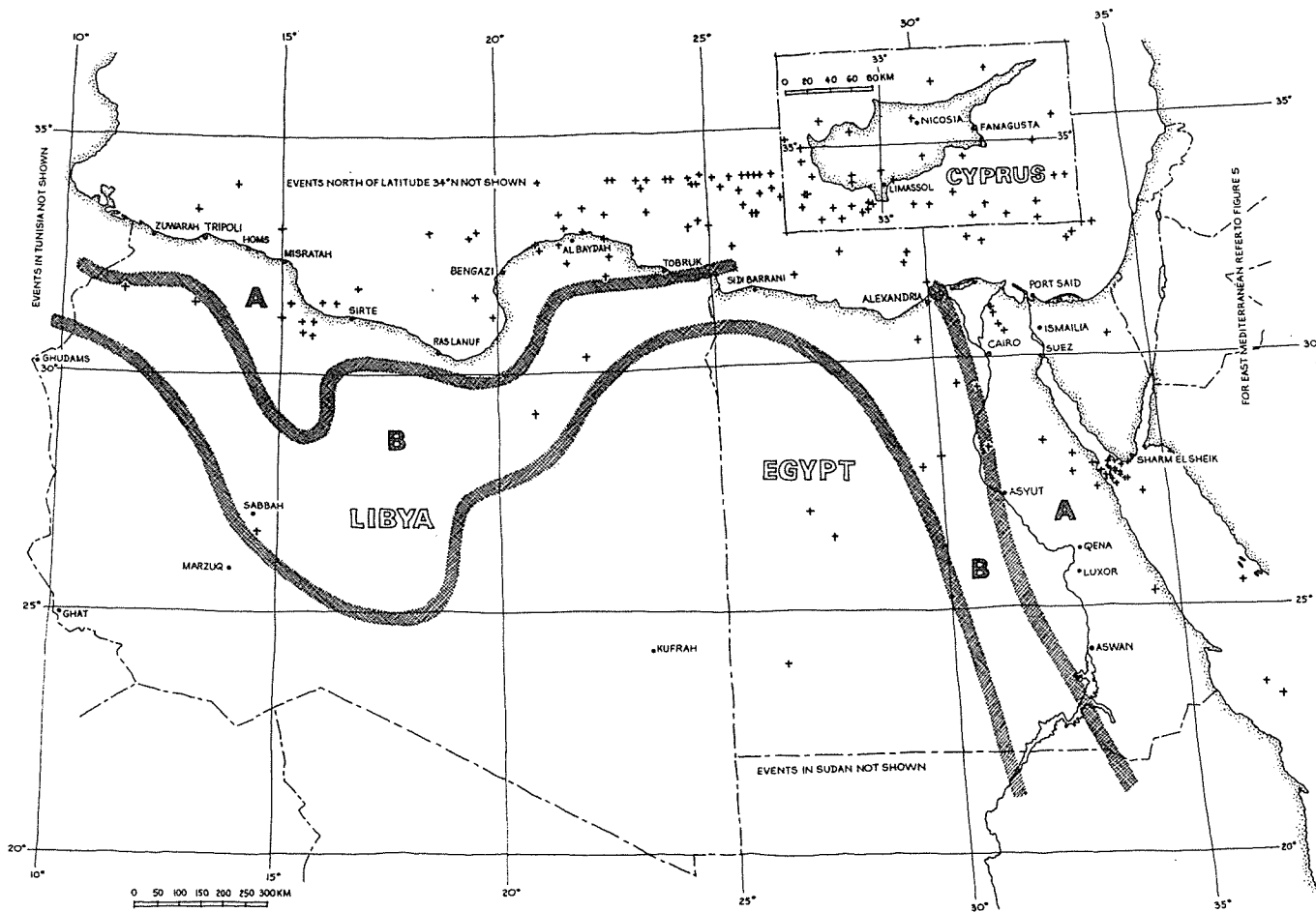


그림 4. 사이프러스, 이집트, 리비아의 지진 야만한다.

7.3. 이집트

지진계 설치 이후에 기록된 지진 중에 가장 피해가 많은 것 중의 하나가 1969년 3월 31일의 지진이었고, 그 지진은 지각구조상의 판의 영역에 가까이 일어난 활동의 결과로 설명된다. 이 충격은 홍해의 북쪽부근의 진앙지로 부터 3월 24일 시작되었고, 3월 31일까지 계속되었으며, 진도 7의 지진이었다. 4월 동안에 몇차례 여진이 있었다.

제일 큰 충격의 효과는 초원에서 감지되었다. 단층, 낙석과 균열이 Shakis 섬에서 관찰되었고, 진앙지 가까이서 케이블이 끊기고 경량구조주택에서는 막심한 피해를 입었다. 몇몇 구조물이 피해를 입었고, 홍해 서해안의 Hurghada에서 호텔과 발전소가 막대한 피해를 입었다. 카이로에서는 조적조가 떨어져서 한 사람이 사망했고 수명이 부상했다. 지진계 자료로부터의 진원지가 그림 4에 표시되었으며, 지진강도의 Zone이 같이 나타나 있다.

7.4. 리비아

리비아에는 지각구조상의 판 영역이 없음에도 불구하고 지진활동이 심각한 두 지역이 있다. 이것 중의 하나가 Cyrenaica에 있는 Jebel과 Akhdar와 관계가 있는데, 그 지진은 역사적으로나 현실점에 있어서 많은 피해를 입혔다.

최근의 좀더 보고가치가 있는 지진 중의 하나는 진도 5.6으로 1963년 2월 21일에 일어났는데 Brace, Cyrenaica와 그 주위에 심한 피해를 입혔고 300명의 이재민을 냈다.

지진이 일어난 또, 다른 지역은 Hun Graben으로써 알려져 있는 단층지역과 관련이 있다. 이 지역은 Homs의 남동쪽에 있는 것인데, 1934년 이래 일어난 진도 5보다도 더 큰 진도의 지진이 있었다. 진도 7.1과 6.5의 1935년 4월 19일과 20일의 지진은 북서-남동쪽으로 연결된 두 평행된 단층 사이에 놓여 있는 "Mistratch Trench"에 있어서의 운동과 관련이 있다. 이 해구는 같은 주향으로서 계속되는 단층을 통해 북서쪽으로 연결되어 있

다. 그것 중의 하나가 Tripoli를 통과하고 있다. 1974년 9월 4일에 일어난 지진의 중심은 북서쪽으로 바다밑의 단층구조에 까지 확장되었다. 1919년 1월 4일, 1935년 4월 19일과 1941년 3월 4일의 지진 진도는 전세계에서 기록되었다. 지진계 자료는 그림 4에 나타나고, Mallick와 Barony¹³ 으로부터 발생한 지진강도의 Zone이 같이 기록되어 있다.

7.5. 이라크

최대의 지진 기록은 진원의 깊이가 5에서 50km 범위이고 그 중에 다만 3개가 비교적 깊었다. 북쪽 산이 많은 지역은 진도 7.0에 까지 이르는 지진 활동이 빈번하다. Zagros 산맥에 있어서 지각 구조상의 衝上의 영향에 의하여 이란에 인접한 남동쪽 지역은 지진 활동이 중간 정도이다. 지진 활동의 Zone을 포함한 지진계 자료는 그림 5에 도시되어 있다.

7.6. 이스라엘과 요르단

가장 강도가 큰 지진은 요르단 Rift계곡에 인접한 단구 단층의 운동에 의해 일어난다.

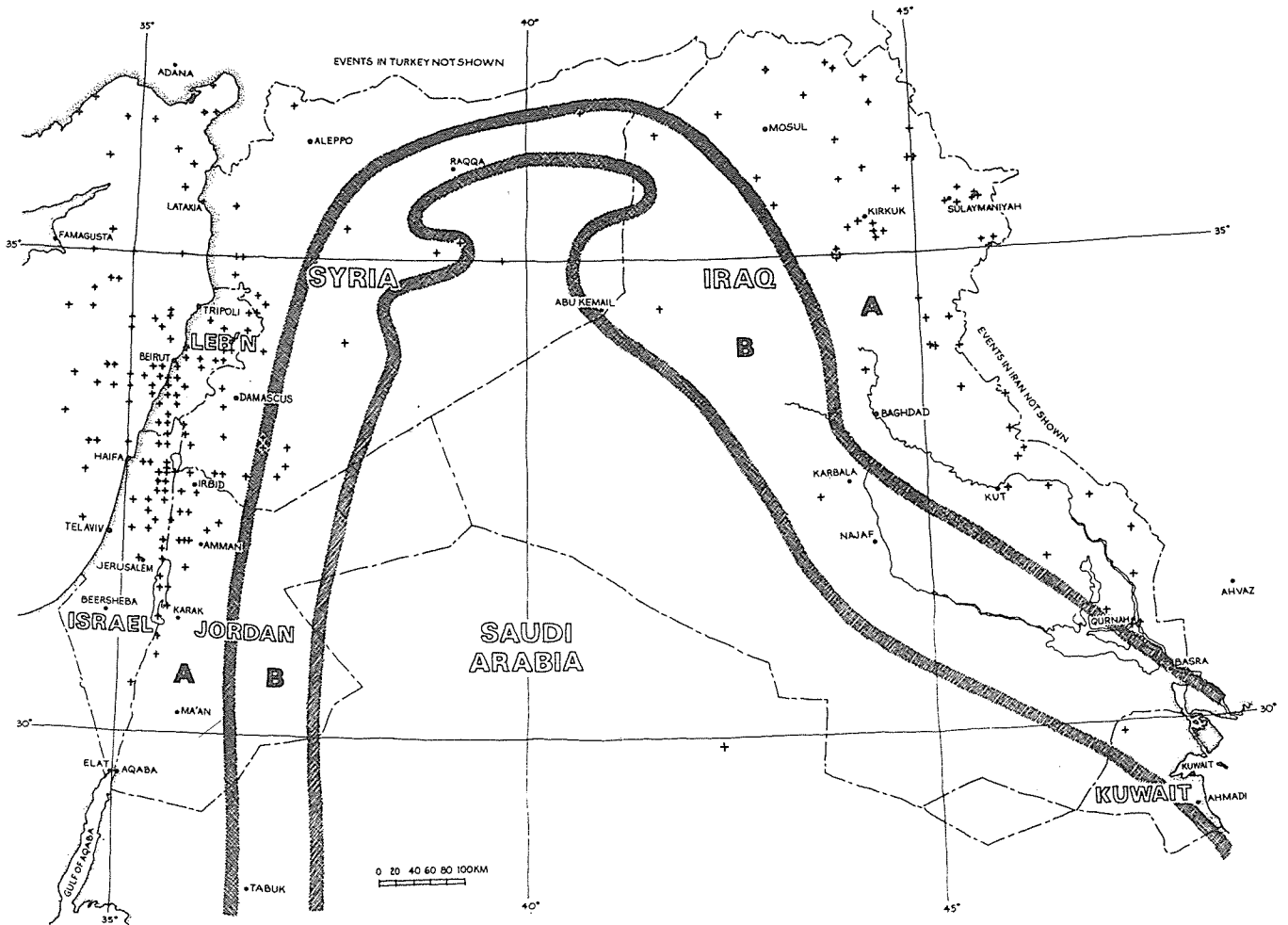


그림 5. 이라크, 이스라엘, 요르단, 레바논, 시리아의 지진

지진 강도의 Zone을 포함한 지진계 자료는 그림 5에 표시했다.

Rift계곡 지역의 높은 지진 강도를 (VIII과 IX에 이르는) 나타내는 더욱 심각한 지역은 이스라엘의 표준에 채택되어져 왔다.

7.7. 레바논과 시리아

주요 지진 활동은 특히 요르단 Rift계곡 북쪽으로 연속된 판형의 영역에 따른 운동과 관련이 있다.

진도 7.0쯤 될 것으로 믿어지는 파괴적인 지진은 1837년에 레바논에서 일어났다. 이와 유사한 파괴적인 지진은 1956년 3월에 일어났는데, 9시간 동안에 2가지의 심각한 무서운 사고(136명 사망)와 피해(600주택이 파괴되거나 심한 소상을 입었으며, 50여개 마을이 복구될 수 없을 만큼 황폐화 됨)가 일어났다. 진앙지는 Mount Lebanon의 배사층 경사로 부터 Mediterranean로 이어지는 Chouf의 산간 지역에 있었으며, 지진 강도의 Zone을 포함한 지진계 자료는 그림 5에 표시되어 있다.

8. 요약과 결론

중동의 수개국에서는 최근 수년동안 건설 활동이 격증하여 왔다. 이 지역 내에서 역사적으로 약간 있어 왔고, 최근에는 더 심한 지진 피해를 많은 지역들이 받아 왔다.

오랫동안 지진에 안전하다고 생각되어진 아라비아 반도와 같은 지역도 역사적으로 먼 옛날 뿐만 아니라 금세기 동안도 지진에 의해서 영향을 받아왔다고 알려져 있다.

피해를 받기 쉬운 지역의 건물 설계나 공사는 설비가 수명을 다하고, 건물의 존치기간 동안 전체적인 붕괴의 위험을 최소화하기 위해 지진의 영향을 참작해야만 한다. 이 보고서에 의하여, BRE 해외지사는 중동에 있어서 모든 나라의 지진을 조사해왔고, 지진 지역을 표시하는 지도(그림 2에서 5까지)를 만들었다.

Zone은 다음과 같이 구분한다.

- Zone A; 대략 최대의 지진을 경험한 지역
- Zone B; 대략 최소의 지진을 경험한 지역

이 Zone 이외의 지역은 지진 경험을 별로 하지 않은 지역이다.

그 지도는 그 지역에 있어서 건설 공사에 참여하는 건축가, 기술자, 도급자에게 도움을 주는 최초의 자료이고, 그들에게 그들이 공사하는 지역의 Zone을 결정하게 해준다.

Zone A에 있어서는, 대규모 지진이 예상되므로 지진저항 설계를 설계할 때 특별한 조치가 필요하다.

Zone B에 있어서는, 정상적인 건물시공은 적당한 방진설계를 해주어야 한다.

몇몇 중동국가들에 유용한 자료가 참고문헌 15에 있다. 이것은 세계의 지진 저항 기준으로써 알제리, 이디오피아, 그리스, 이란, 이스라엘과 터키와 관련된 실용기준이 포함되어 있다.

기준이 없는 국가들과 특히 Zone A로 분류된 지역의 설계자는 더 나은 특수한 자료를 얻기 위해 노력해야만 한다.

만약, 이것이 관련된 국가들에게 유용하지 않다면 Edinburgh에 있는 "지질과학연구소"로부터 규정된 지역에

서의 지진의 최근목록을 얻을 수 있을 것이다. 이런 자료에도 불구하고, 설계자는 평균적 지반조건에서의 앞으로 50년 동안의 예상된 최대강도를 구하여 지진위험을 평가할 수 있어야 한다. 이것으로부터 설계자는 지진(표 1 과 그림 1 참조)이 진행되는 동안 지반가속도의 값을 평가하고, 그때 공인된 국가표준에 의해 구조설계를 완전하게 한다. 그들 자신의 기준이나 기준을 갖지못한 많은 제삼세계 국가들은 미국의 Uniform Building Code II 에 따르고, 편의상 그림 1 은 UBC의 많은 Zone을 적당히 변화시킨 것을 포함한다. 건물에 있어서 위험한 진동수는 지반의 진동에 대해 공명이 쉽게 일어나기 때문에 설계자는 지반이 단단치 못한 지역에서는 건물설계에 특별한 주의를 기울여야 한다. 이런 경우에는 상세한 지반조사를 행할 필요가 있다.

9. 참고문헌

- 1 **Building Research Establishment.** Building in earthquake areas. Overseas Building Note No 143. Garston, BRE, 1972.
- 2 **Behrman D.** China predicts a major earthquake. The UNESCO Courier, May 1976. Paris, UNESCO, 1976.
- 3 **Halverson H T.** Modern trends in strong movement (strong-motion) instrumentation, Dynamic waves in civil engineering. Proceedings of a conference organised by the Society for Earthquake and Civil Engineering Dynamics held at University College of Swansea on 7-9 July 1970. London, Wiley-Interscience, 1971, pp 341-363.
- 4 **Burton P W.** The IGS file of seismic activity and its use for hazard assessment. Natural Environment Research Council, Institute of Geological Sciences. Seismological Bulletin No 6. London, HMSO, 1978.
- 5 **The Institution of Civil Engineers.** Instrumentation for ground vibration and earthquakes. Proceedings of the conference of the Society for Earthquake and Civil Engineering Dynamics held in Keele on 4 and 5 July, 1977. London, The Institution of Civil Engineers, 1978.
- 6 **Richter C F.** Elementary seismology. San Francisco and London, W H Freeman and Company, 1958.
- 7 **Kawasumi H.** Measures of earthquake danger and expectancy of maximum intensity throughout Japan as inferred from the seismic activity in historical times. Bulletin of the Earthquake Research Institute, Tokyo University, 1951, 29 469-482.
- 8 **de Rossi M S.** Programma dell' osservatorio ed archivio centrale geodinamico. Boll. del vulcanismo italiano, 1883, 10 3-124.
- 9 **Forel F A.** Les tremblements de terre etudie parla commission sismologique suisse pendant l'anne 1881; 2me rapport. Arch. sciences phys. et nat. 1884, 11 147-182.
- 10 **Medvedyev S V, Sponheuer W and Karnik V.** Neue seismiche skala. (New seismic scale.) In European Seismological Commission. 7th Symposium, held at Jena, Sept 24 to Sept 30, 1962. (Ed: W Sponheuer) Veroff. Inst. f. bodendyn. U. Erdbebenforsche. Jena d. Deutschen Akad. d. Wiss., No 77, 1964, pp 69-76.
- 11 **International Conference of Building Officials.** Uniform Building Code. 1979 Edition. Whittier, California, International Conference of Building Officials, 1979.
- 12 **Munich Re.** World map of natural hazards. (Map and explanatory booklet). Munich, Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, 1978.
- 13 **Mallick D V and Barony S Y.** Earthquake resistant design practice in Libyan Jamahiriya. Proceedings of the seventh world conference on earthquake engineering. September 8-13, 1980, Istanbul, Turkey, Volume 9. Ankara, Turkish National Committee on Earthquake Engineering, 1981. pp 185-196.
- 14 **The Standards Institution of Israel.** Characteristic loads in buildings: earthquakes. SI 413, November 1975. Tel Aviv, The Standards Institution of Israel, 1975.
- 15 **International Association for Earthquake Engineering.** Earthquake resistant regulations. A world list. 1980. Tokyo, Gakujutsu Bunken Fukyu-Kai, 1980.
10. **Further Reading**
- Beaumont P, Blake G H and Wagstaff J M.** The Middle East. A geographical study. London, John Wiley, 1976.
- Bolt B A.** Earthquakes. A primer. San Fransisco, W H Freeman and Company, 1978.
- Dowrick D J.** Earthquake resistant design. A manual for engineers and architects. London, John Wiley, 1977.
- Kasahara K.** Earth mechanics. London, Cambridge University Press, 1981.
- Lomnitz C.** Global tectonics and earthquake risk. Amsterdam, Elsevier, 1974.
- Newmark N M and Rosenblueth E.** Fundamentals of earthquake engineering. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1971.
- Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator.** Disaster prevention and mitigation A compendium of current knowledge. Volume 3. Seismological aspects. New York, United Nations, 1978.
- Willmore P L,** editor. Manual of seismological observatory practice. Boulder, Colorado, US Department of Commerce, World Data Centre A for Solid Earth Geophysics, 1979.
- Proceedings, Fifth world conference on earthquake engineering, Rome 25-29 June 1973. (Two volumes.) Rome, Ministry of Public Works in cooperation with the Italian Association for Earthquake Engineering, 1974.
- Proceedings of the sixth world conference on earthquake engineering, New Delhi, India, January 10-14, 1977. (Three volumes.) Meerut, India, Indian Society of Earthquake Technology, Sarita Prakashan, 1977.
- Proceedings of the seventh world conference on earthquake engineering, September 8-13, 1980, Istanbul, Turkey. (Ten volumes.) Ankara, Turkish National Committee on Earthquake Engineering, 1981.