

敷地の 地質條件과 地震危險度와의 關係

梁承珍*, 全明純*

Influence of Ground Conditions on Seismic Risk

Sung Jin Yang, Myung Soon Jun

Abstract: Seismic risk maps in Korea are made using Korean historical and modern earthquake data. The risk maps made by several methods are presented in contour line of vibratory ground motion (acceleration, velocity, and displacement). The methods used are Kawasumi (1951), Kanai (1968), and Hsich et al (1975) methods.

The maps made by Kawasumi (1951) method represent the acceleration distribution on alluvial ground and those by Kanai (1968) method show the acceleration, velocity, and displacement at bed rocks. The risk analysis by the method of Hsich et al (1975) shows the probability of acceleration at each of soft, medium, and hard grounds in each of tectonic provinces in Korea.

1. 序 言

韓國 各 地域의 地震危險度 分布와 危險值의 發生確率에 關한 問題는 主要 施設物의 耐震安全性 確保를 爲해 斜明해야 할 必要가 있다.

특히 地震에 依한 地震動(加速度, 速度 및 變位)을 統計的으로 期待되는 再來期別로 等高線 型式으로 表示한 地震危險度 分布圖는 地域別 地震危險度を 概略的으로 把握하는데 基礎資料가 됨으로 分布圖 作成이 必要하다.

地震危險度 分布圖 作成은 그 方法이 여러가 지가 있고, 方法에 따라 危險도에 多少 差異가 있는 바, 本文에서는 日本의 Kawasumi (1951) 法에 依해 地表(ground)에서의 各 再來期別 地震加速度 分布圖를 作成했고, Kanai(1968) 法에 依해 基盤岩(base rock)에서의 加速度, 速度 및 變位の 分布圖를 位成했고, Hsich et al (1975) 法에 依해 各 tectonic province 別 地震加速度別 發生確率을 算出했다.

여기서 作成된 地震危險度 分布圖는 國土 全域에 對한 廣域의 危險度を 把握하는 것이며 어느 特定 地點의 耐震基準值를 決定하기 爲해서는 그 地點의 細部の 地質狀況을 考慮하여 決定

해야 한다.

本 地震危險度 分布圖 作成에는 現代計器地震은 물론 歷史地震을 綜合 使用하였는 바, 歷史地震의 震度值 및 여러 評價者의 震度評價值를 對比, 檢討하여 適當한 값을 選擇 使用하였다.

2. 地震資料 및 震度值

地震危險度는 그 發生確率 즉, 再來期의 分析은 過去에 發生했던 地震資料의 統計的 處理에 依해 施行되는 것인 바, 여기에 地震記錄의 많은 部分을 차지하는 歷史地震의 合理的 評價가 要求된다. 따라서 歷史地震의 評價에 問題가 되는 地盤의 岩種 및 物理的 性質에 따른 地震波의 增幅 程度를 考察해 봄으로써 立地狀況과 構造物의 種類 및 材質이 震度評價에 어느 程度 影響을 미치는가를 檢討해 보고자 한다.

Table 1 은 Niigata 地震에 依한 影響을 Akita 市에서 調査한 것(Okamoto, 1973)인 바, 敷地 岩質에 따라 震도가 상당히 變함을 보인다. 卽, Tertiary ground(hard ground)에서는 JMA III, Reclaimed land(soft ground)에서는 JMA V로 地質에 따라 JMA 2 (MM 4)의 差異를 보인다.

Coulter et. al. (1973)은 敷地岩質과 震度 및 加速度의 關係를 調査하여 Fig. 1과 같은 結果를

*韓國動力資源研究所 探查基礎研究室

Table 1 Seismic intensity due to soil condition (Okamoto, 1973)

Soil condition	Seismic intensity, JMA
Tertiary ground	III
Diluvial ground and sand dunes	III+
Alluvial sand and gravel	III or III+
Alluvial silty ground (60m in thickness)	IV or V
Reclaimed land	V

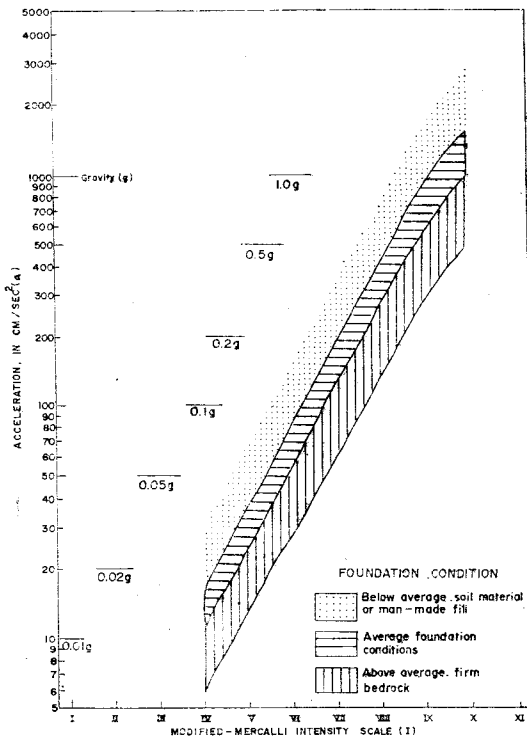


Fig. 1 Acceleration VS. Intensity (Coulter et. al., 1973)

發表하였는 바, 本圖에서 보듯이 堅固한 基盤岩 (above average, firm bedrock)에서 30gal의 加速度는 연약한 土壤層 (below average, soil material or man-made fill)에서는 150gal로 增加한다.

이런 事實을 震度評價에 考慮할때, 연약한 土壤層에서는 堅固한 基盤岩에서 보다 MM震度로 3程度 높게 評價된다는 것을 알수 있다.

Rustanovich et al (1961)도 震度決定에 敷地 地質條件에 따라 very compact rock에서 uncon-

solidated zone으로 變함에 따라 平均震度에서 +2 또는 -2(MM震度)를 加減하도록 規定하였 다.

이와 같은 地盤物性에 따른 震度變化는 地下의 新鮮한 岩石을 통해 傳播되어 온 波가 地表의 連약한 地層에서 增幅되기 때문인 바, 地下 및 地表物質의 物理的 性質 差異에 따른 增幅의 程度를 理論的으로 考察해 보자.

基盤岩上에 $n-1$ 개의 水平한 土壤層이 덮혀있는 境遇, 任意의 두 地層 즉, 第 n 層과 第 m 層에서의 變位 U_n 및 U_m 의 比 즉, 增幅比 $A_{n,m}$ 은 (Schnabel et al, 1972)

$$A_{n,m}(\omega) = \frac{U_m}{U_n} = \frac{e_m(\omega) + f_m(\omega)}{e_n(\omega) + f_n(\omega)} \dots\dots (1)$$

여기서 e_m 및 f_m 은 E_m/E_1 및 F_m/F_1 이며 E_1 과 E_m 은 第1層 및 第 m 層의 入射波이고 F_1 과 F_m 은 第1層 및 第 m 層의 反射波이다. ω 는 angular frequency이다.

또 基盤岩(第 n 層)과 地表層(第1層)간의 增幅比 $A_{n,1}$ 은

$$A_{n,1} = \frac{U_1}{U_n} = \frac{2}{e_n(\omega) + f_n(\omega)} \dots\dots\dots (2)$$

이고

基盤岩露頭와 地表層 間的 增幅比 $A'_{n,1}$ 은

$$A'_{n,1}(\omega) = \frac{U_1}{U_n} = \frac{1}{e_n(\omega)} \dots\dots\dots (3)$$

이다.

以上の 理論에 依해 Fig. 2와 같은 基盤과 1개의 土壤層으로 되어있는 二層構造 模型에 對한 土壤層의 減衰率, 橫彈性係數, 密度 및 두께를 變化시키면서 各 境遇에 對한 最大增幅比와 이 最大增幅이 나타나는 固有周波數를 產出해 보았다.

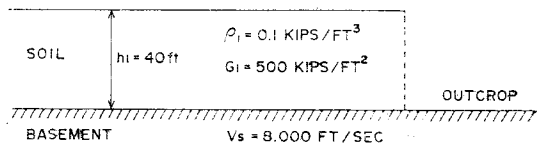


Fig. 2 Two-layer model consisted of a soil formation and basement

위 模型에서 表土層의 減衰常數(β)가 0.02,

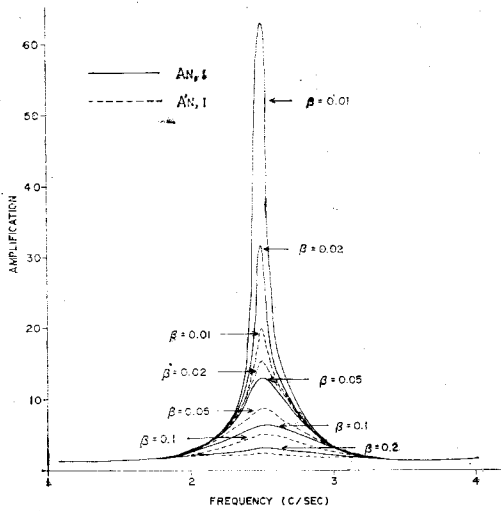


Fig. 3 Amplification function of soil layer with varying damping factor.

0.05, 0.1 및 0.2일 때, 基盤岩과 그 上部가 表土層일 境遇의 增幅比 $A_{N,1}$ 및 地表가 基盤岩일 境遇와 表土層일 境遇의 增幅比 $A'_{N,1}$ 을 周波數에 따라 產出한 結果는 Fig. 3 과 같다.

위에서 보는 바와 같이 $A'_{N,1}$ 은 $A_{N,1}$ 에 비해 적고 減衰常數에 따라 相當한 變化를 보인다.

模型地層 (Fig. 2)에서 土壤層의 橫彈性係數 (shear modulus)를 變化시켰을 때의 增幅比 $A'_{N,1}$ (露頭와 地表에서의 比)를 周波數에 따라 求해 본 結果 Fig. 4 와 같다.

여기서 보듯이 土壤層의 橫彈性係數가 減少함에 따라 增幅比는 增加하고 固有周波數는 작아진다.

또 地下岩石을 통해 傳播된 地震波가 어떤 構

造物에 도달할 때 그 構造物의 固有振動周波數에 따른 共鳴이 일어날 境遇 建物の 振動은 相當히 增幅되는 바, 이는 構造物振動의 damping 및 frequency에 따르고 damping이 작아 질수록 增幅比는 커진다. 따라서 重要 施設物의 耐震設計에 있어서 基盤岩의 物性과 施設物의 固有振動周波數에 따른 共鳴에 의한 增幅現象도 慎重히 檢討해야 할 事項이다.

그러므로 歷史地震에 對한 震度評價는 歷史文獻 記錄에 對한 信憑性도 慎重히 檢討해야 할 要素이지만 特히 被害地域의 地質條件과 被害物의 種類와 材質이 重要한 要因이다. 즉, 被害地의 地質을 土壤層 또는 堅固한 岩石으로 假定함에 따라 MM震度 2 程度의 差異가 있고 被害物의 種類와 材質(即, 木造, 石造, 흙집, 벽돌집, 콘크리트)을 다르게 假定함에 따라 震度값이 달라진다.

歷史地震의 震度評價를 正確히 施行하기 위해서는 過去 被害地의 地質과 被害物의 種類를 明確히 알아야 하는바, 높게 評價된 震度值가 土壤層에 設立된 연약한 建築物의 被害程度에 根據하였다고 假定할 때에는, 이 地震이 岩盤上에 設立된 堅固한 建物에 미치는 震度は MM震度로 1~2 낮게 評價해도 無理가 없다고 본다.

本地震危險分布圖 作成에 使用한 資料 中現代計器地震은 Kim(1978, 1979, 1980), Lee and Jung (1980), Park (1969), 中央氣象臺, JMA, ISC 및 NOAA에서 提供된 資料들을 綜合해서 使用했다. 歷史地震은 그 資料의 信憑性和 正確性을 기하기 위하여서는 여러 分野의 專門家에 依해 여러 觀點에서 再檢討 되어야 할 問題인바, 本 研究에서는 Wada (1912) 및 Musha (1952)에

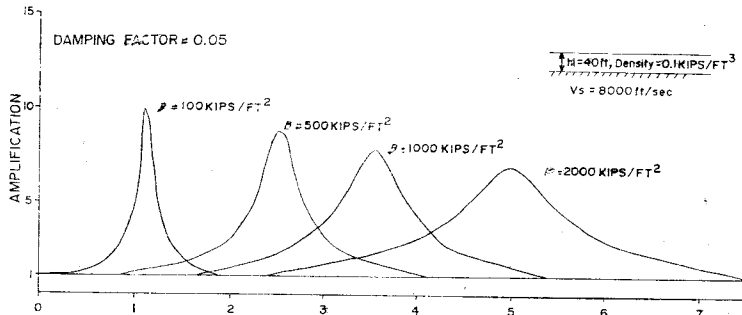


Fig. 4 Amplification funtions of layer with varying shear modulus.

依해 整理된 地震被害記錄과 Rustanovich et al (1961), Park(1969), Chase and Murray(1977), Kim (1978, 1979, 1980) 및 Chung et al(1980)에 依해 評價된 震度值를 綜合對比하여 適切한 震度值를 選定 使用했다.

使用된 資料는 危險度 分析에 重要한 JMA 震度 III (MM 震度 V) 以上の 事件 321個를 使用했고 其中 몇개의 큰 地震 卽, Chung et. al. (1980)이 MM震度 IX로 評價했던 地震의 震度를 MM VIII(JMAV)로 看做했는바, 그 理由는 過去 地震被害地의 地質 및 被害物이 연약한 것으로 假定하고 多少 堅固한 地質 및 建物を 基準으로 할 때, 위에 言及한 事項에 따라 다소 낮게 評價해도 無放하다는 見解에 依한 것이고 또 Chung et. al. (1980)의 震度 評價值가 他 評價者들의 震度值 보다 약 1程度 높게 評價되었다는 統計的 結果(Yang and Jun, 1980)를 考慮한 것이다.

3. 地震危險分布圖 作成

地震危險分布圖 作成은 分析 방법에 따라 다른 結果가 나올 수 있는 바, 本 報文에서는 地震 再發可能地가 過去 震央附近이라는 假定下에 地震危險分布圖를 作成해 보았다.

Kawasumi(1951)는 過去 T年 동안 震度 I의 地震이 n번 發生할 境遇

$$n(I) = C \times 10^{-0.5I}, C = \text{constant} \dots\dots(4)$$

의 關係式이 成立한다고 보고, t年 동안 I=I₀의 地震이 發生하는 個數 n(I₀)는

$$\frac{n(I_0)}{T} = \frac{1}{t} \dots\dots(5)$$

에 依해 求했다.

實際 計算에서는 安全性을 높이기 위해 n(I₀) 代身 震度 I₀ 以上の 地震數 S(I₀)를 使用했다. 즉,

$$\frac{S(I_0)}{T} = \frac{1}{t}, S(I_0) = \sum_{I=I_0}^{\infty} n(I) \dots\dots(6)$$

또, 震度(I)에 依한 最大加速度 α는

$$\alpha = 0.45 \times 10^{0.5I} \dots\dots(7)$$

에 依해 計算했다.

震央에서 ΔKm 떨어진 地點에서의 震度 I는

$$e^I = \left(\frac{100}{\Delta}\right)^2 e^{Mk-0.00183(\Delta-100)} \dots\dots(8)$$

for Δ ≥ 100Km

$$I = Mk + 2 \log(r_0/r) - 2k(\log e)(r - r_0) \quad (9)$$

for Δ < 100Km

여기서,

$$k = 0.0192$$

$$r = \sqrt{\Delta^2 + h^2}$$

$$r_0 = \sqrt{100^2 + h^2}$$

Δ = 震央距離(epicentral distance), Km

h = 震源距離(hypocentral distance), Km

Mk = 震央에서 100Km 떨어진 곳에서의 Kawasumi 震度이다.

本 報文에서는 JMA 震度 III, IV 및 V인 地震에 對한 n(I₀) 및 S(I₀)를 求했고, 歷史地震의 震央位置가 多少 誤差가 있을 것을 考慮하여 經

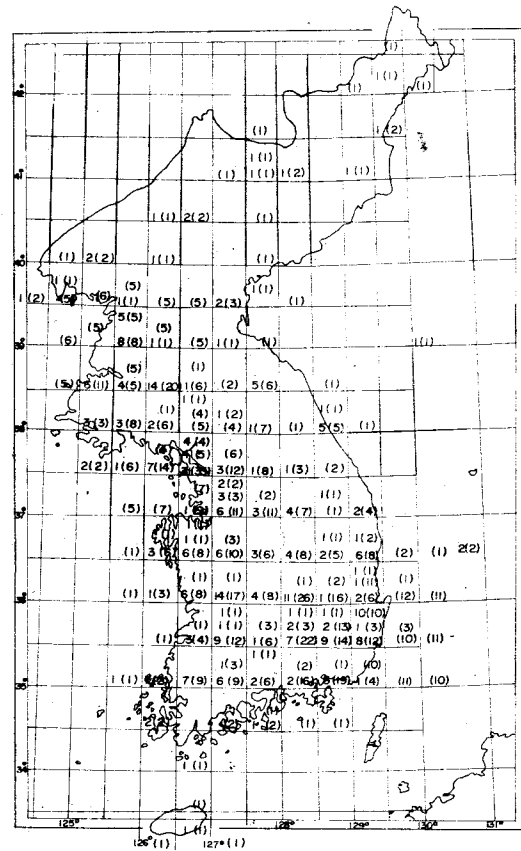


Fig. 5 Number N(I) and S(I) of earthquakes with intensity over III, IV and V.

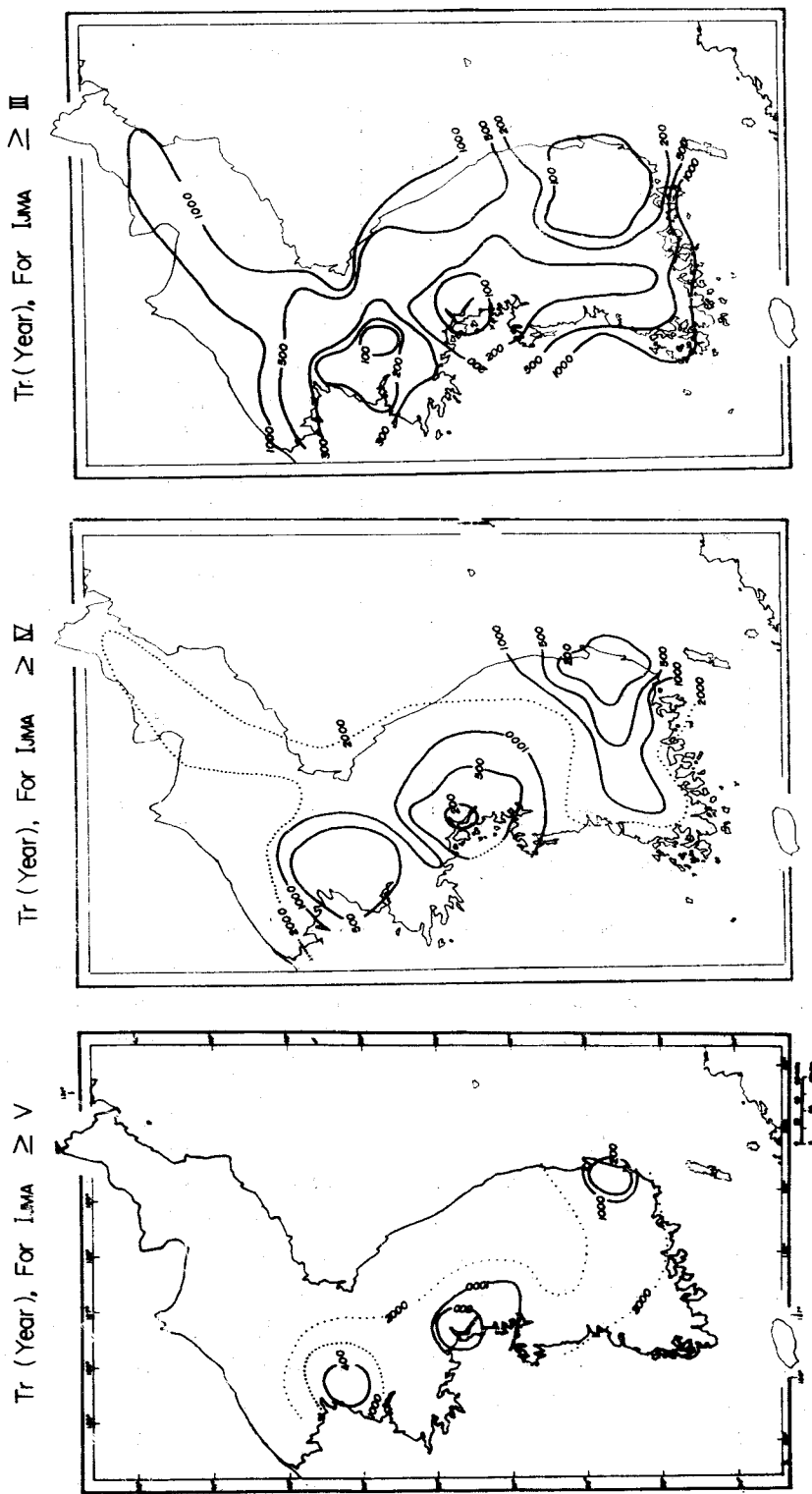


Fig. 6 Earthquake frequency with intensity over III, IV and V.

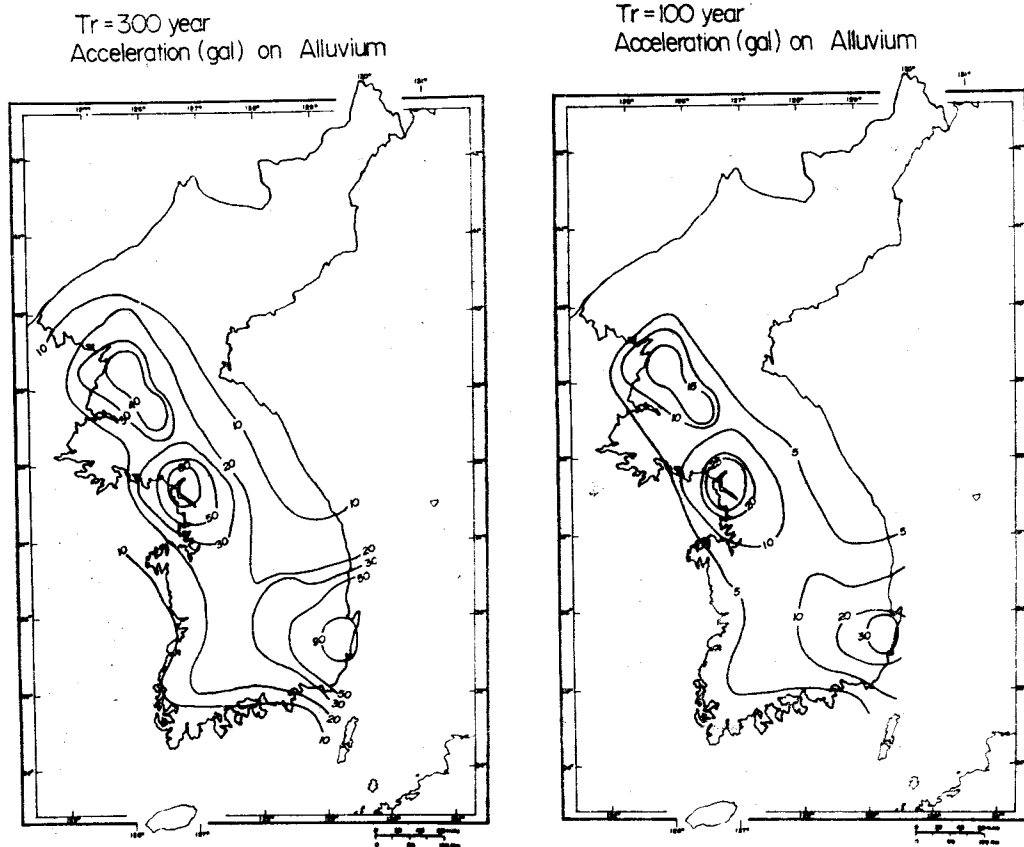


Fig. 7 Expectancy of maximum acceleration of earthquakes in 100 and 300 years.

度 및 緯度 $1/2^\circ \times 1/2^\circ$ 格子 內에 包含된 地震의 震央을 그 格子 全域으로 假定해 危險度를 높혔다. 그리고 어떤 한 地震이 隣接地域에 미치는 影響은 格子 中心點 間의 距離에 對해 (8), (9) 式에 依해 算出했다.

Fig. 5는 各 格子區域의 $S(I_0)$ 를 表示한 것으로 格子內의 數字中 제일 上級의 數字는 JMA 震度 V 以上, 中級은 IV 以上, 下級은 III 以上의 個數이며, 괄호 밖의 數字는 그 格子內에서 發生한 地震의 $S(I_0)$ 이고 괄호 안의 數字는 이웃 格子에서 發生한 地震의 影響을 加算한 數字이다.

Fig. 6은 各 各 JMA 震度 III, IV, V가 發生할 수 있는 再來期의 全域의 分布를 算出하여 等高線 型式으로 表示한 것이다.

Fig. 7은 再來期가 各 各 100年, 300年인 境遇 Kawasumi (1951)法에 依한 ground에서의 地震

加速度 分布圖이다.

本圖에서 보듯이 높은 加速度值를 보이는 地域이 慶州, 서울, 平壤等 過去 首都였던 地域에 分布된다는 事實은 直接的인 地震發生 狀況을 나타내기 보다는 人口分布와 文明發達 程度와의 關係를 示唆하는 것 처럼 보인다. 이 點은 歷史 地震 資料의 信憑性이 낮음을 意味하기도 하지만, 過去資料가 妥當하다고 假定할 境遇에는 廣域의 地震危險性 分布를 보여 준다고 看做해야 할 것이다.

Kanai (1968)는 表土層이 아닌 堅固한 基盤岩에서 測定된 資料로 부터 다음과 같은 經驗式을 誘導하여 使用하였고 Hattori (1976) 등도 같은 公式를 使用하고 있다.

즉, 基盤岩에서의 地震動은

$$\log V = 0.61M - (1.66 + \frac{3.6}{X}) \log X -$$

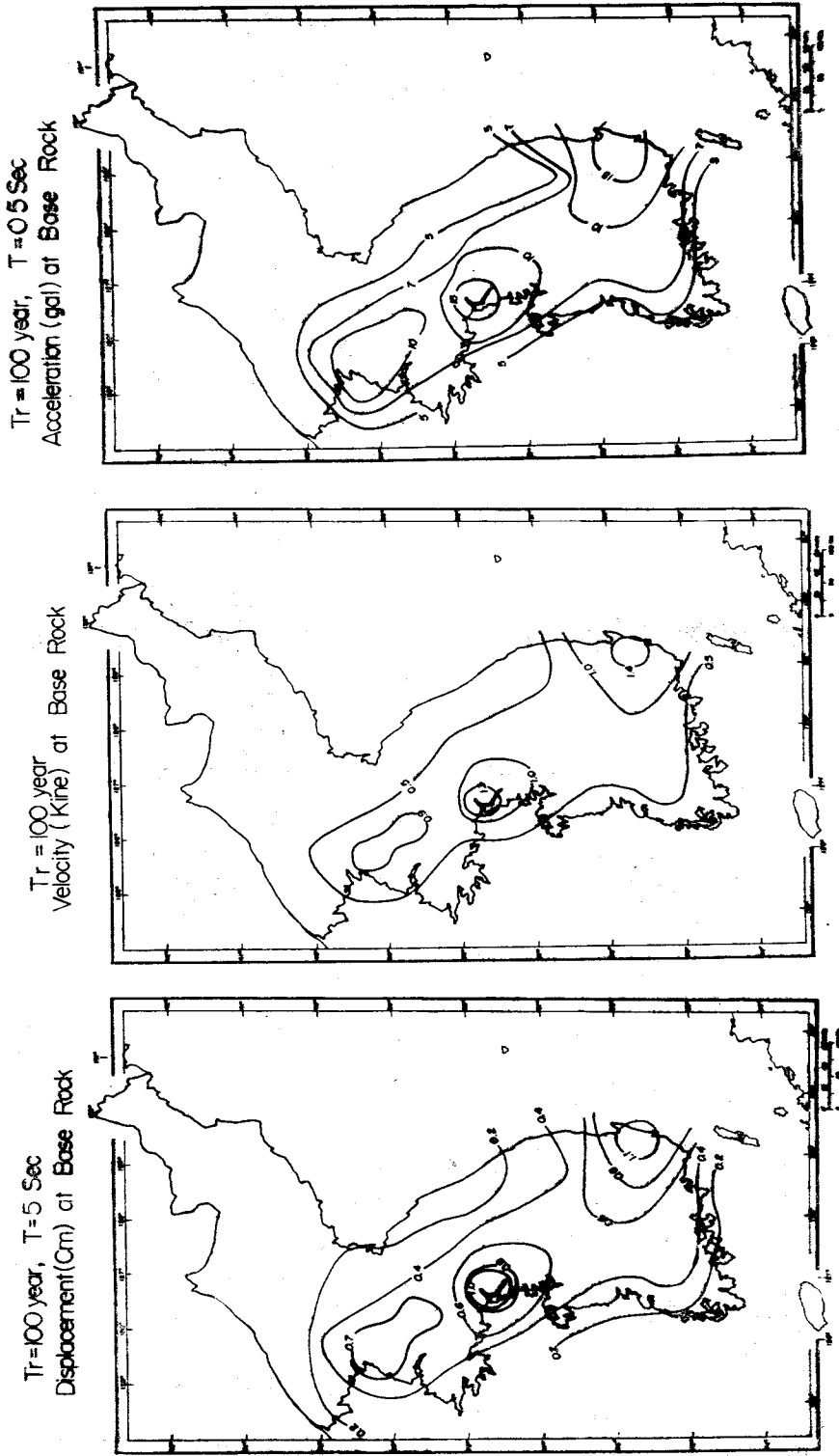


Fig. 8 Regional distributions of the expected maximum acceleration, velocity and displacement in 100 years.

$$(0.631 + \frac{1.83}{X}) \dots\dots\dots(10)$$

$$\alpha = \frac{2\pi}{T} V \dots\dots\dots(11)$$

$$D = \frac{T}{2\pi} V \dots\dots\dots(12)$$

$$T = 10^{0.39M - 1.7} \dots\dots\dots(13)$$

여기서 V, α, D 는地震動의速度(Kine; cm/sec), 加速度(g_a ; cm/sec²), 變位(cm)이며 M 은規模(magnitude), T 는地振動의周期(sec), X 는震源距離(km)이다.

韓國의地震資料는主로震度로規定되어있기 때문에, 위式의 magnitude는震度로부터算出해야 하는바, 震度—規模關係式中 magnitude 값이 커져서 危險度가 높아지는 Kawasumi의關係式

$$M = 4.85 + 0.5Mk \dots\dots\dots(14)$$

를利用해 安全性을 높였다.

Fig. 8은 再來期 100年에對한 基盤岩에서의 加速度, 速度 및 變位の 分布圖이다.

그런데 式(11), (12)에서 α 와 D 는 T 의 函數이고, T 는 M 의 函數인바, 큰地震(即, M 이 큰地震)에對해서는 α 값이 작아져서 危險度가 낮아지기 때문에 本報文에서는 T 를 常數로 看做하였는바, 加速度算出時에는 $T=0.5$ sec, 變位算出에는 $T=5$ sec로 하여 危險度를 높혔다. Fig. 8에서 보듯이 基盤岩에서의 加速度値는 表土層에서의 加速度値의 約 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{4}$ 이다. 이런事實은 Okamoto (1973)가 觀測結果에 依해 沖積層에서의 加速度값이 基盤岩에서의 값의 2~4倍라고 發表한 것과 같은 結果이다.

USNRC 規定에서는 地震再發이 어느 tectonic province 內의 아무 곳에서나 發生할 수 있다고 假定하는데(即, random distribution), 이런 假定에 依하면 危險性은 더 높아지며, 各 tectonic province 마다 하나의 再來期가 정해지기 때문에 이 方法으로는 等高線型式의 危險度作成은 困難하다. Hsich et al (1976)이 一般統計의 方法에 依해 美國에서 地震加速度의 發生確率을 產出한 方法은 다음과 같다.

全體面積이 A 인 區域에서 規模 M_j 또는 震度 I_j 인 地震에 依해 地震加速度 $g_j (=g_{i \pm \Delta i})$ 를 感

知하는 面積 $a_{ij} (=a_{i-\Delta i, j} - a_{i+\Delta i, j})$ 를 求하고, 이 區域에서 I_j (또는 M_j)인 地震이 1年동안 發生할 수 있는 數를 μ_j 라 할 때, 이 區域에서 地震加速度 g_i 가 發生할 수 있는 確率(probability) $P(g_i)$ 는

$$P(g_i) = 1 - e^{-\frac{1}{A} \sum a_{ij} \mu_j} \dots\dots\dots(15)$$

에 依해 求했다. 面積 a_{ij} 를 算出하기 위해서는 Cornell (1974)의 式을 使用했다. 即,

$$I = I_0 + 2.6 - 1.3 \ln R \dots\dots\dots(16)$$

여기서, I 는 MM 震度, I_0 는 震央에서의 MM 震度, R 은 距離이다. 震度 I 와 加速度 g 의 關係는 Coulter et al (1973)에 依한 震度—加速度關係式

$$\text{Log } g = -2.821 + 0.333I, \text{ on soft ground} \dots\dots\dots(17-a)$$

$$\text{Log } g = -3.233 + 0.342I, \text{ on average ground} \dots\dots\dots(17-b)$$

$$\text{Log } g = -3.341 + 0.303I, \text{ on firm ground} \dots\dots\dots(17-c)$$

를 使用하였고, 그 結果를 Trifunac and Brady (1975)의 關係式

$$\text{Log } g = 0.014 + 0.3I \dots\dots\dots(18)$$

에 依한 값과 對比하였다.

a_{ij} 를 求하기 위해 Δi 를 0.025g로 하여 $g_{i-\Delta i}$

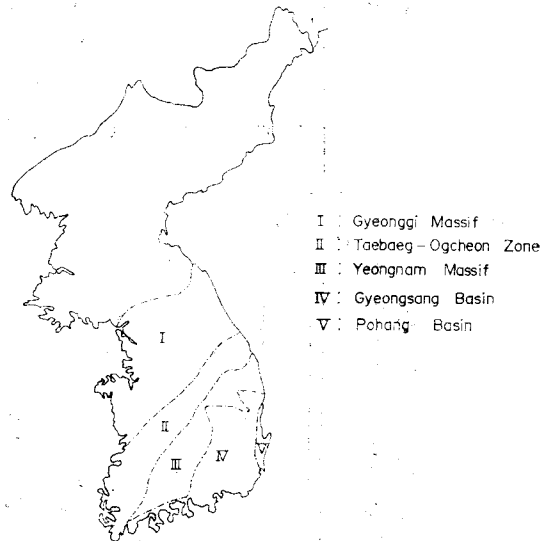


Fig. 9 Tectonic division of Korea (modified by Jun M.S. after O. J. Kim, 1980)

Table. 2 The annual probability of acceleration using Trifunac and Brady's relationship

지체구별 \ 가속도별	0.05g	0.1g	0.15g	0.2g	0.25g	0.3g
한국전체	0.002163496	0.000115742	0.000021261	0.000004517		
경기육괴	0.002406175	0.00012266	0.000019978	0.000004244		
태백—옥천 zone	0.00715414	0.00002549				
영남육괴	0.000586394	0.000025716				
경상분지	0.010861386	0.000618817	0.000127649	0.00002712		
포항분지	0.000386804					

Table. 3 The probability of acceleration per year in Korea for different tectonic province using Coulter's relationship

지체구별	지표조건별 \ 가속도별	0.05g	0.1g	0.15g	0.2g	0.25g
		한국전체	Hard Average Soft	0.00033467 0.00162432 0.0099169	0.000008714 0.000121531 0.000735	0.000023587 0.0001815
경기육괴	Hard Average Soft	0.000360878 0.001806622 0.011460209	0.000008188 0.000130247 0.000815496	0.000022164 0.000199827	0.000009217 0.000083623	0.000000986 0.000031981
태백—옥천 Zone	Hard Average Soft	0.000086092 0.000535637 0.004322261	0.000029427 0.0002382	0.000053605	0.000022305	0.000004217
영남육괴	Hard Average Soft	0.000085845 0.000445404 0.004069707	0.000029687 0.000231328	0.000054079	0.000022501	0.000004255
경상분지	Hard Average Soft	0.001754623 0.008165152 0.046302451	0.000006375 0.000641838 0.00371701	0.000141618 0.000929873	0.000058896 0.000390066	0.000006301 0.000177075
포항분지	Hard Average Soft	0.000271386 0.002905503	0.000128277			
지체구별	지표조건별 \ 가속도별	0.3g	0.35g	0.4g	0.45g	0.5g
		한국전체	Hard Average Soft	0.000014645	0.000009125	0.000005931
경기육괴	Hard Average Soft	0.000013762	0.000008574	0.000005573	0.000003987	0.000002615
태백—옥천 Zone	Hard Average Soft					

영 남 육괴	Hard Average Soft					
경 상 분 지	Hard Average Soft	0.000087931	0.000054787	0.000035612	0.000025476	0.000016711
포 함 분 지	Hard Average Soft					

와 $g_{i+\Delta i}$ 에 대한 $I_{i-\Delta i}$ 와 $I_{i+\Delta i}$ 를 求하고, I 값에 대한 $R_{i-\Delta i}$ 와 $R_{i+\Delta i}$ 를 決定하여

$$a_{ij} (= a_{i-\Delta i} - a_{i+\Delta i}) = \pi (R_{i-\Delta i}^2 - R_{i+\Delta i}^2) \dots (19)$$

에 의해 求했다.

韓半島의 地體區를 Fig. 9와 같이 設定하여, 위 方法에 依한 各 加速度別 發生確率을 tectonic province 別로 算出한 結果는 Table 2와 Table 3와 같다. 여기서 發生確率의 逆數는 return period가 된다.

위 表에서 보듯이 使用公式에 따라 危險值確率에 差異가 있고, soft ground에서는 hard ground에 비해 危險率에 높다. 全國적으로 0.1g 및 0.2g에 대한 return period(發生確率의 逆數)는 Trifunac and Brady의 式에 依한 境遇, 8000年 및 20萬年 以上이고, tectonic province 別로 慶尙盆地와 京畿陸塊가 가장 높다.

4. 結 論

歷史地震의 震度評價를 正確히 施行하기 爲해 是는 過去 被害地의 地質과 被害物의 種類를 明確히 알아야 하지만 높게 評價된 震度值가 土壤層에 設立된 연약한 建築物의 被害程度에 根據

하였다고 假定할 때에는 이 地震이 岩盤上에 設立된 堅固한 建物에 미치는 震度는 多少(MM震度 1~2) 낮게 評價해도 무리가 없다고 본다.

韓國의 地震危險度 分布는 慶州, 서울, 平壤等 古代首都와 關聯되는 分布를 보여서, 이 分布圖가 地震發生과 關係되는 地質構造의 分布를 提示한다고 보기는 어렵지만, 이 資料가 正確하다고 假定할 境遇, 危險度가 가장 높은 곳은 慶州部近으로 再來期 100년에 대한 ground에서 地震加速度는 30gal이며 기타 地域은 이 보다 낮다.

Tectonic province 別 危險發生 確率은 慶尙 Basin에서 가장 높고 이 province에서 加速度값 0.2g가 發生할 수 있는 再來期는 soft ground에서 269年, hard ground에서 157,000年이며, 기타 地域은 이보다 再來期가 커서 安全性이 높다.

이 分布圖의 危險值는 地震資料에만 根據한 概略的인 危險值이며 어느 特定地點의 正確한 危險值 즉, 耐震設計 基準值는 그 地點의 細部 地質 및 岩石物性等을 參照하여 補正되어야 한다.

References

김소구 (1978) 한반도의 지진활동, 자원개발연구소
 ——, (1979) 홍성지진의 현황 조사연구 과학기술처.
 김옥준, (1980) 한반도의 지진지체구조 분석에 관한연구, 과학기술처.
 정봉일, 이기화, 한영우(1980) 한반도의 지진활동에 관한연구.
 양승진, 정승환, 전명순(1980) 역사지진 진도 평가치 차이 원인 고찰을 위한 지진동 증폭현상연구, 한국동력자원연구소, 조사연구보고, 제10호, p.163
 ~178.
 Chubu Electric Power Company, (1970) Estimation of the maximum acceleration, 300gal, for the design of Hamaoka nuclear power plant, Civ. Arch. Engineer. sect., atomic power department.
 Coulter, H.W., H.H. Waldron and J.F. Devine (1973), Seismic and geologic siting consideration for Nuclear Facilities; Proceeding fifty world conference on Earthquake engineering, Rome,

- Italy, paper No. 302.
- D' Appolonia consulting engineering, Inc. (D' Appolonia), (1978) Geology and seismology, Section 2.5, Preliminary safety analysis report, Gyeama site, Gyeama, Korea, D' Appolonia, Pittsburgh, Pennsylvania.
- Hattori, S. (1976) Regional distribution of presumable maximum earthquake motions at the base rock in the whole vicinity of Japan, Bull. Earthquake Res. Inst. v.14, p.47~86.
- Hattori, S. (1978) Seismic risk maps in the World (I) China and its vicinity, Bull. Earthquake Res. Inst., v.16, p.119~150.
- Hsich, T., D. Okrent and G. E. Apostolakis (1975) On the average probability distribution of peak ground acceleration in the U.S. Continent due to Strong Earthquakes, UCLA, Calif.
- Kanai, K. (1951) Relation between the nature of surface layer and the amplitude of earthquake motions, Bulletin Tokyo Earthquake Res. Inst.
- Kanai, K. and T. Suzuki (1968) Expectancy of the maximum velocity amplitude of earthquake motions at bed Rock, Bulletin Earthquake Res. Inst. v. 46, p.663~666.
- Kawasumi, B. H. (1951), Measures of earthquake danger and expectancy of maximum intensity throughout Japan as inferred from seismic activity in historical time, Bull. Earthquake Research Inst. v. 29, p.469~482.
- Lysmer, J. et. al. (1970) Influence of base rock characteristics On ground. response, report No. EERC 70-7, Univ. of Calif. Berkeley, Calif.
- Okamoto, K., (1973) Introduction to earthquake engineering, Univ. Tokyo Press.
- Schnabel, P. B. et. al. (1972) Shake-A Computer Program for earthsuake response analysis of horizontal layered sites, Report NO. EERC 72-12 Univ. Calif. Berkeley, Calif.
- Schnabel, P.B.et. al. (1971) Modification of seismographrecords for effects of local soil condition, Report NO. EERC 71-8, Chriv. Calif. Berkeley, Calif.
- Trifunac, M. D. and A. G. Brady (1975) On the correlation of seismic intensity scales with the peaks of recorded strong motion, Seismo. soc. Am. Bull. v. 65, p.139~162.