

レベル2地震動の設定法に関する計画論的一考察

正会員 ○木本 歩

鳥取大学工学部 正会員 喜多 秀行

鳥取大学工学部 正会員 横松 宗太

1. はじめに

阪神大震災以降、巨大地震に対する設計地震動設定法の確立が緊急の課題となっている。現在2つのレベルの地震動が提案されており、レベル1地震動は比較的頻繁に起こる弱い地震動を想定した設計地震動であり、レベル2地震動は構造物に深刻な影響を与える可能性が強い強震動を想定した場合の設計地震動である。地域社会の維持可能性に着目して提案された既存の設定法¹⁾では、構造物の耐震性強化のみが考慮されているが、極小頻度巨大地震に対しては防災投資に加え、保険を導入して対象地域外にもリスクを分散することでより効率的な対策が可能と考えられる。

本研究では、過去の研究をもとにリスク分散の手法を導入することで、地域社会が対応可能な地震規模の上限値を設定する方法論を再構築し、保険導入がレベル2地震動を向上する上で寄与しうるか否かを検討する。

2. 計画学観点からみた設計地震動の設定法

(1) 地域社会が耐えうる地震規模の上限

地域社会は、それ自身を維持する為の自己修復機能を保有している。事故や災害などが生じた場合、これらの機能が発揮される。しかしこれは修復機能が健全に機能していることが前提となる。巨大地震のように被害が甚大かつ広範囲に及ぶと自己修復機能まで被災してしまう。このように地域社会が大きく被災し、それ自身を維持することができない場合に地域社会は崩壊する。したがって、まず回避すべきことは地域社会の崩壊であり、可能であればどのような強震動に対しても地域社会が崩壊しない程度の損傷に留まるような耐震性を付与したいが、それは費用制約上不可能である。また、過去の研究²⁾では耐震性能を上げるために防災投資のみしか考慮していないが、耐震防災とそれ以外の目的にどのように費用配分を行うかということについての社会的合意によっても地域社会が耐えうる地震規模の上限は変わる。

(2) 既存モデル¹⁾の概要

簡単のために住民1人からなる地域を考える。地域は富 W を持ち、防災投資水準 G を満たす最小の防災投

資費用 $c(G)$ と合成財 I とに分割して消費する。地域社会を維持するために必要な最低限度の合成財の消費水準 I_0 があり、 $I < I_0$ のとき地域社会は崩壊する。想定期間内に規模 g の地震が確率密度 $p_E(g)$ で1回起こるとし、地域社会が崩壊する確率 p_C を求める。 p_C を δp_C 下げることに対する支払い意思額 δW と、それに要する限界費用 $\partial c(G)$ 等しくなるところが防災投資目標とすべき巨大地震の上限規模 G_S である。

(3) 提案するリスク分散モデル

研究対象地域にて地震保険を購入可能であるとの想定の下に、既存モデルを拡張するため地震保険を加える。地域は富 W を持ち、防災投資水準 G を満たす最小の防災投資費用 $c(G)$ と合成財 I 、保険料 $h(G_I, G)$ とに分割して消費する。

$$W = c(G) + I + h(G_I, G) \quad (1)$$

G_I は保険で担保しうる損害額の上限 $D(G_I, G)$ に対応する地震規模を表す。また、保険金 H は G, G_I, g に依存し、次式で与えられるものとする。

$$H(g, G_I, G) = \begin{cases} 0 & (0 \leq g < G) \\ D(g, G) & (G \leq g < G_I) \\ D(G_I, G) & (G_I \leq g < \infty) \end{cases} \quad (2)$$

ここに、 $D(g, G)$ は防災投資水準 G の下で規模 g の地震が生じた場合の損害額である。

保険料 h は、期待保険金支払い額で決まるとし、(3)式のように定められるものとする。

$$h(G_I, G) = \int_0^{\infty} H(g, G_I, G) p_E(g) dg \quad (3)$$

地域社会の崩壊が起こる確率 p_C は、

$$p_C(G_I) = \int_{G_I}^{\infty} p_E(g) dg \quad (4)$$

となり、この生起確率 p_C を δp_C 下げることに対する支払い意思額 δI は次式より与えられる²⁾。

$$\begin{aligned} \delta I &= m(p_c(G_I)) \times \frac{dp_c(G_I)}{dG_I} \\ m(p_c(G_I)) &= \frac{U(I)}{(1-p_c(G_I)) \frac{dU(I)}{d(G_I)}} \end{aligned} \quad (5)$$

一方、生起確率が

$$p_c(G_I') = p_c(G_I) - \frac{dp_c(G_I)}{dG_I} \quad (6)$$

であるような災害規模

$$G_I' = G_I + \delta g \quad (7)$$

に耐えるようにするために必要な防災投資と保険料の限界費用は

$$\delta I'(G_I) = I'(G_I') - I'(G_I) = \frac{dI'(G_I)}{dG_I} \quad (8)$$

ここで、 I' は防災投資と保険料の和である。

$$I' = c(G) + h(G_I, G) = W - I \quad (9)$$

地域社会の崩壊を防ぐために住民が支払ってもよいと考える支払い意思額 δI が防災投資と保険料に対する限界費用 $\delta I'(G_I)$ と等しくなることが、最適防災投資の条件であり、

$$\delta I = \delta I'(G_I) \quad (10)$$

このときの G_s^* が保険を加えた場合における地域社会が耐える地震規模の上限となる。

3. モデル分析

(1)式を G_I について解き、 G_I が最大となる防災投資水準 G を決定する。

$$\begin{cases} \max_G G_I(I', G) \\ s.t. \quad c(G) + h(G) = I' \end{cases} \quad (11)$$

地震の規模別生起確率 $p_E(g)$ 、防災投資の費用関数 $c(G)$ 、被害費用関数 $D(g, G)$ を特定化し、今回提案したモデルを用いて、担保上限地震動 G_I と防災投資水準 G の関係を分析した結果を図1に示す。

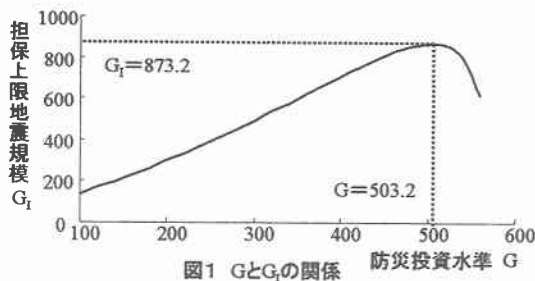


図1 G と G_I の関係

図1より G_I は $G=503.2$ を境に減少している。これが最適な防災投資水準 G であり、そのときの地域が耐える地震の上限規模は(10)式より $G_s^*=800.3$ となる。同様の設定で地震保険を考慮しない既存モデルでは $G_s^*=416.0$ となり、地震保険を導入することでより大きな地震規模まで耐えることが確認される。

また、防災投資の費用関数、損害額関数を変化させたときに各値の変化の様子を調べた一例を図2、図3に示す。横軸は防災投資の費用関数 $c(G)=K(G/G_0)a$ のパラメータ a を表し、 a が大きくなれば同じ防災力を持つためにより多くの費用を投入する必要がある。

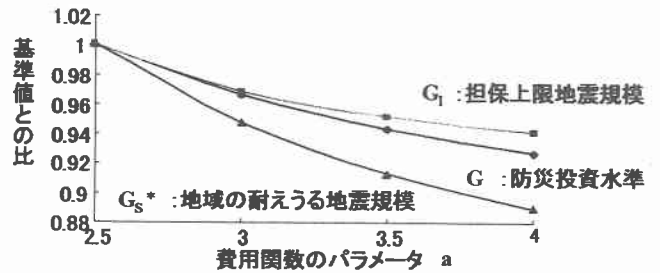


図2 「 $c(G)$:費用関数」の変化が各値に及ぼす影響

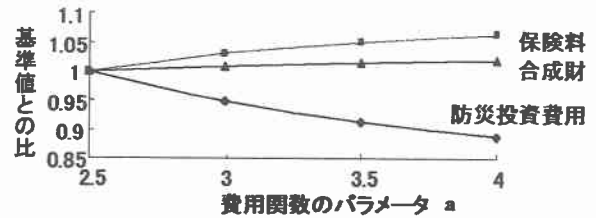


図3 「 $c(G)$:費用関数」の変化が各値に及ぼす影響

これらの図より、同じ防災投資水準を達成するためにより多額の費用がかかる場合には、防災投資水準は低下し、地域の耐える地震規模も著しく低下するが、保険による担保上限地震規模は大きくは低下しない。すなわち、住民は限界効用の低い防災投資よりも保険に富を消費するが、合成財を減らしてまで防災対策を行おうとはしないといえる。

4. おわりに

本研究では、保険と防災投資への富の最適な配分を行うことにより、地域社会が耐える地震規模の上限値を求める方法論を提案した。今後は地震リスクの回避に関わる地域の選好構造を考慮に入れた検討へと拡張したい。

- 1) H.Kita K.Tanimoto and M.Yokomatsu.; On the Maximum Design Earthquake in Disaster Prevention Planning, Proc.of 2001 IEEE SMC Conference, Tucson, AZ, pp.1258-1263, 2001.
- 2) 小林潔司：安全性の評価；中村 英夫（編）：道路投資の社会経済評価，東洋経済新報社，pp.211-235,1997