

I-B 249

活動履歴に関する情報量に応じた活断層での地震発生確率の評価法

清水建設 和泉研究室 正会員 ○ 奥村 俊彦
同 技術研究所 正会員 石川 裕
京都大学 防災研究所 フェロー 亀田 弘行

1. はじめに

兵庫県南部地震以後、低頻度巨大災害の発生源としての活断層が広く注目されており、活断層による地震危険度をより詳細に評価していく必要性が高まると考えられる。最近では、個々の断層では地震がほぼ一定間隔で発生するのではないかと考えられており、活動履歴を考慮した地震発生モデルを導入することは、地震危険度の評価精度を向上させる上で重要である。このような時間依存性を考慮した地震発生モデルは、これまでも海洋性のプレート境界地震などに適用されているが、陸上活断層については活動履歴に関する情報が十分に得られていないことから、適用例は多くない。しかしながら、兵庫県南部地震を契機として全国の主要断層のトレンチ調査が予定されており、今後、活断層の活動履歴に関する情報が格段に増えるものと期待される。本報告では、これらの情報を積極的に活用していくことを念頭に、活断層の活動履歴に関する情報に応じた地震発生確率の算定方法を提案する。

2. 活動履歴の情報量に応じた活断層の分類

松田¹⁾は活断層のトレンチ調査結果などをもとに主な断層の活動履歴をまとめている。これによれば、活動履歴に関して得られている情報は活断層ごとにさまざまであるが、前回の活動時期に関する情報によって活断層を以下の3つに分類することが可能であろう。

- ① 地震断層の出現などにより歴史地震との明確な対応がとられており、前回の活動時期が明らかなもの
- ② 「現在よりX年前以降に活動した」といった程度の情報が得られていて前回の活動時期が漠然と明らかなもの
- ③ 前回の活動時期が明らかなでないもの

なお、複数の活動の痕跡が認められる場合には、前回の活動時期のみならず地震の平均発生間隔とそのばらつきの情報が得られる。これらの情報は、以下に述べる算定モデルにおいて、地震の平均発生間隔の分布関数 $F_T(t)$ の設定に反映されることになる。

3. 地震発生確率の算定モデル

一般に、前回の活動からの経過時間が t_0 である条件下で、現在から τ の期間に地震が発生する確率 $P(E; \tau, t_0)$ は次式で表される。ただし、 $F_T(t)$ は地震の発生間隔 T_r の分布関数である。

$$P(E; \tau, t_0) = P(t_0 + \tau \geq T_r > t_0 | T_r > t_0) = \frac{F_T(t_0 + \tau) - F_T(t_0)}{1 - F_T(t_0)} \quad \text{----- (1)}$$

上式を算定する場合、断層の活動履歴に関する情報に応じて、前回の活動からの経過時間 t_0 の設定が異なる。タイプ①の断層の場合は t_0 が確定値となるが、タイプ②では上限値 t_g と歴史期間 t_h の範囲で変動する。さらにタイプ③では t_0 の範囲が t_h でしか押さえられず、これはタイプ②で t_g が無限大の場合に相当する。これらをまとめたものが図-1であり、現在から τ の期間での地震の発生確率 $P(E; \tau)$ は断層のタイプごとにそれぞれ以下の式で表される。

$$\text{タイプ①: } P(E; \tau) = P(E; \tau, t_0) \quad \text{----- (2)} \quad \text{タイプ②, ③: } P(E; \tau) = \int_{t_h}^{t_g} P(E; \tau, t_0) f_{T_0}(t_0) dt_0 \quad \text{----- (3)}$$

なお、式(3)における T_0 の確率密度関数 $f_{T_0}(t_0)$ は、地震の発生間隔 T_r の分布関数 $F_T(t)$ を用いて次式で表される。

$$f_{T_0}(t_0) = \left(1 - F_T(t_0)\right) / \int_{t_h}^{t_g} \left(1 - F_T(t)\right) dt \quad \text{----- (4)}$$

本研究の提案手法の特徴は、タイプ①のように従来からモデル化の対象となってきた場合のみならず、②や③のような曖昧な活動履歴情報を有する場合についても考慮していることにある。そして、断層タイプ①と③は、ともに②の特殊なケースとして扱われており、活動履歴の情報に応じた連続的なモデル化がされている。

4. 適用例

平均発生間隔が1,000年と推定される断層を対象に、活動履歴の情報に応じて地震の発生確率が推移する様子を示したものが図-2である。地震の平均発生間隔の分布関数 $F_T(t)$ については、正規分布、対数正規分布、ワイブ

ル分布などの適用²⁾が考えられるが、ここでは対数正規分布を仮定し、タイプ①と②については変動係数0.3、タイプ③では0.5とした。また、タイプ③の場合には、 t_g を T_r の中央値+標準偏差の7倍として与えた。

まず、図-2(a)を見ると、情報がほとんど得られていないタイプ③の場合、工学で対象とする50～100年程度の期間の地震発生確率がポアソン過程と同程度となり、このような場合にポアソン過程でモデル化することがある程度妥当であることを示している。ところが、前回の活動が1,000～2,500年前であるとの情報が得られてタイプ②になることにより、100年間の地震発生確率は約3倍となり、危険度の高い断層となる。そして、前回の活動が1,000年前であることが特定されてタイプ①になると確率は若干低減する。一方、図-2(b)では、比較的最近地震が発生しているとの情報が得られることで、工学で対象とする期間内の地震発生確率が急激に低減する様子が示されている。以上の例から、活動履歴の情報が、活断層の危険度の評価に大きく影響することがわかる。

5. おわりに

本研究では、活断層のトレンチ調査などから得られる活動履歴情報に応じた地震発生確率の評価方法を提案し、曖昧な情報であってもそれらを取り込むことの重要性を示した。今後予定されているトレンチ調査からは、前回の活動時期のみならず地震の発生間隔（平均値、ばらつき、分布形状）や断層のグルーピング/セグメンテーションに関する情報も得られる可能性があり、現状では不確定性の多い活断層の危険度評価の精度向上が期待される。

参考文献 1) 松田時彦：陸上活断層の最新活動期の表，活断層研究，13，pp.1-13，1995． 2) 島崎邦彦：大地震の発生確率：統計的手法，地震災害予測の研究昭和62年度報告書，損害保険料率算定会，pp.93-107．

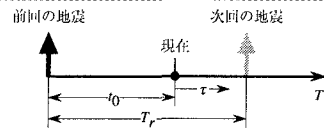
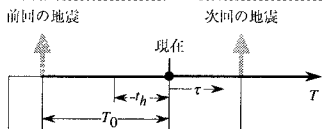
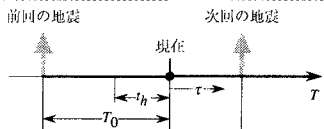
①：前回の活動時期が明らかな断層	②：前回の活動時期が漠然と明らかな断層	③：前回の活動時期が不明の断層
		
①の断層では、前回の地震からの経過時間が確定値 t_0 となる。したがって、期間 τ に地震が発生する確率は次式で算定される。 $P(E; \tau) = P(E; \tau, t_0)$	②の断層では、前回の地震からの経過時間 T_0 が確率変数となり、$t_g \sim (t_g - t_h)$ の範囲をとり、T_0 の確率密度関数は T_r の分布に依存して算定される。期間 τ に地震が発生する確率は次式となる。 $P(E; \tau) = \int_{t_h}^{t_g} P(E; \tau, t_0) f_{T_0}(t_0) dt_0$	③の断層では、前回の地震からの経過時間 T_0 が確率変数となり、その上限値 t_g も不明 (∞) である。ただし、前回の地震から現在までの経過時間がある値（例えば T_r の平均値+7σ）を超えていないと仮定して t_g を設定すれば②の考え方が適用できる。
T_r: 地震の発生間隔 (確率変数) t_0: 前回の地震からの経過時間 (確定値) τ: 現在からの期間	T_0: 前回の地震からの経過時間 (確率変数) t_g: 前回の地震からの経過時間の上限値 t_h: 歴史上地震が発生していないことが確かな期間 (他は①と同じ)	t_g: 前回の地震からの経過時間の上限値 (不明) (他は②と同じ)

図-1 活動履歴の情報に応じた地震発生確率の算定方法

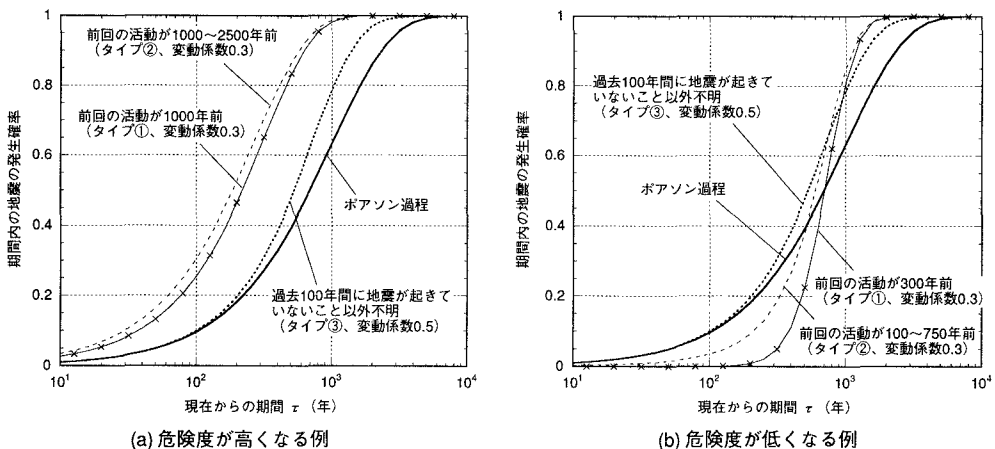


図-2 活動履歴の情報を考慮した地震発生確率の算定結果