

地震 PML 評価における不確定性に関する考察 —震源設定が地震 PML に及ぼす影響—

正会員 ○大峯 秀人*
同 上 林 孝幸*
同 上 福島 誠一郎**
同 上 矢代 晴実*

地震 PML 不確定性 確率論的地震リスク評価

1. はじめに

近年、不動産投資信託のためのデューデリジェンスにおいて、建物不動産の地震 PML が一般的に評価されている。地震 PML の評価手法は BELCA ガイドライン¹⁾により基本的な考え方が示されているものの、評価過程における詳細な考え方やパラメータの設定については規定されていないため、評価の実施者がそれぞれ独自に確率論的地震リスク評価手法を構築し地震 PML を算出している。そのため、同一建物に対して各者が評価した結果に大きな相違が生じ、投資者が混乱するような場面も見られる。今後、地震 PML の評価者は、評価手法の詳細や、他者との結果の相違について、説明責任がより強く求められると考えられる。確率論的地震リスク評価の過程は、一般的に、震源設定、地震動予測、地盤による地震動増幅評価、建物被害評価に大きく分けられる。このような各評価過程で採用する手法や不確定性の取扱いによって、各者の評価結果に大きな差異が発生する。よって、各過程での差異が最終結果に及ぼす感度を確認することが、上記の説明性を向上させる上での重要な課題となる。

本報では、まず地震 PML 評価における結果の差異の要因を整理する。また、このうち、震源設定に関する差異が地震 PML 評価結果に及ぼす影響について検討する。

2. 地震 PML 評価結果の差異について

表 1 に地震 PML に差異を生じさせる可能性のある項目を評価過程ごとに示す。なお、同表は単一建物を対象とし、建物ポートフォリオ評価は対象外とした。

まず、評価各者で地震 PML の定義が異なる。昨今では、「今後 50 年間に 10%の確率で発生する地震に対する建物の損失率の 90%非超過値」が一般的に使われている¹⁾が、評価者によっては、「今後 50 年間に 10%の超過確率で発生する損失率」や「特定された地震による損失率」を扱う場合もある。次に、地震動強度指標の選択は、地震動予測から建物被害まで評価全般に影響するものであり大きな差異の原因となる。震源設定においては、考慮する地震活動域の設定について、設定者の判断が入る余地が大きい。各パラメータの設定について、大きく幅のある中から一意に設定する場合があります、大きな不確定性を有していると考えられる。地震動予測については、一般的に距離減衰式による手法が採用されるが、様々な式が提

案されており、採用する式ごとに評価結果は異なるものとなる。地盤による増幅評価は、単一の地震動指標（例えば PGV）の増幅率として採用する場合や応答スペクトル増幅倍率などとして考慮されるが、その手法は地震動強度指標に大きく左右される。また、地質調査図書等から地盤モデルを作成する際のモデル化誤差も差異の原因として挙げられる。建物被害評価については、考慮する被害モードの違いや各被害モードの生起確率（フラジリティ）などの手法の違いがある。また、構造被害から経済被害を評価する際の、各被害モード時の被害率の設定も各者で異なる。以上の各評価過程において発生する不確定性の取扱いについても、各者の評価手法で異なり、特に 90%非超過値に大きな影響を与えると考えられる。

以上では、地震 PML の差異を与える項目について整理したが、この中でも地震ハザード評価に関わる部分は、建物の被害評価に関わる部分に比較して、大きな不確定性を持つと考えられる。

3. 震源設定の差異が結果に及ぼす影響

震源設定のみが異なる評価手法により、全国 6 都市に位置する同一建物に対して地震 PML を算出し、その差異を確認する。確率論的地震リスク評価に用いることが可能な震源設定のデータとして、荷重指針²⁾および推本予測地図³⁾を震源データとして用いる。地震動強度指標は PGA を採用し、地震動評価は安中ら⁴⁾に従った。また地盤増幅率は、地形区分から AVS30 を算出し⁵⁾、藤本ら⁶⁾により工学的基盤 ($V_s=400\text{m/s}$) から地表までの増幅率を算出した。建物被害評価は、福島ら⁷⁾と同様に小破、中破、大破、倒壊の被害モードに対しそれぞれフラジリティと被害率を与えた。評価結果として、図 1 に各都市のリスクカーブを、表 2 に地震 PML の比較を示す。地震 PML は都市により差異の大きさが異なる。これは、発生確率の設定において、荷重指針は全活動域をポアソン過程とし、推本予測地図は一部地震に切迫度を考慮しているためと考えられる。そのため、背景領域の地震が支配的な都市は差異が小さく、切迫度を考慮する固有地震の活動域に近い都市は差異が大きい。また、考慮する地震が増えた福岡では大幅に地震 PML が上昇している。リスクカーブの比較では都市によって差異が大きく、震源データが地震 PML に大きな影響を与えていることがわかる。

表1 地震 PML に用いられる評価・設定項目

評価過程の大分類	小分類	評価・設定項目
地震 PML の定義		今後 50 年において超過確率 10% で発生する地震に対する 90% 非超過損失率 今後 50 年における超過確率 10% の損失率 シナリオ地震による損失率 など
地震動強度指標		最大加速度 (PGA), 最大速度 (PGV), 応答スペクトル など
震源設定	固有地震 背景領域地震 不確定性	活動域, 地震諸元 (地震規模, 断層パラメータ), 発生確率 (ポアソン過程, 切迫度考慮) など 活動域区分, 活動度 (GR 式に基づく) など 上記パラメータの不確定性
地震動予測	地震動評価式 基盤の定義 不確定性	各種経験的手法 (距離減衰式) 工学的基盤面, せん断波速度値 など 距離減衰式による推定誤差
地盤による地震動 増幅評価	地盤増幅率評価 不確定性	地形区分, 地質調査図書, 回帰分析, 振動分析 など 地盤増幅率の推定誤差
建物被害評価	構造, 設備 不確定性	各被害モード (倒壊, 大破, 中破, 小破など) 生起確率, 各被害状態の被害率 など 損失額評価に関する不確定性
その他	特殊被害評価	液状化被害の考慮 長周期地震動による被害の考慮 など

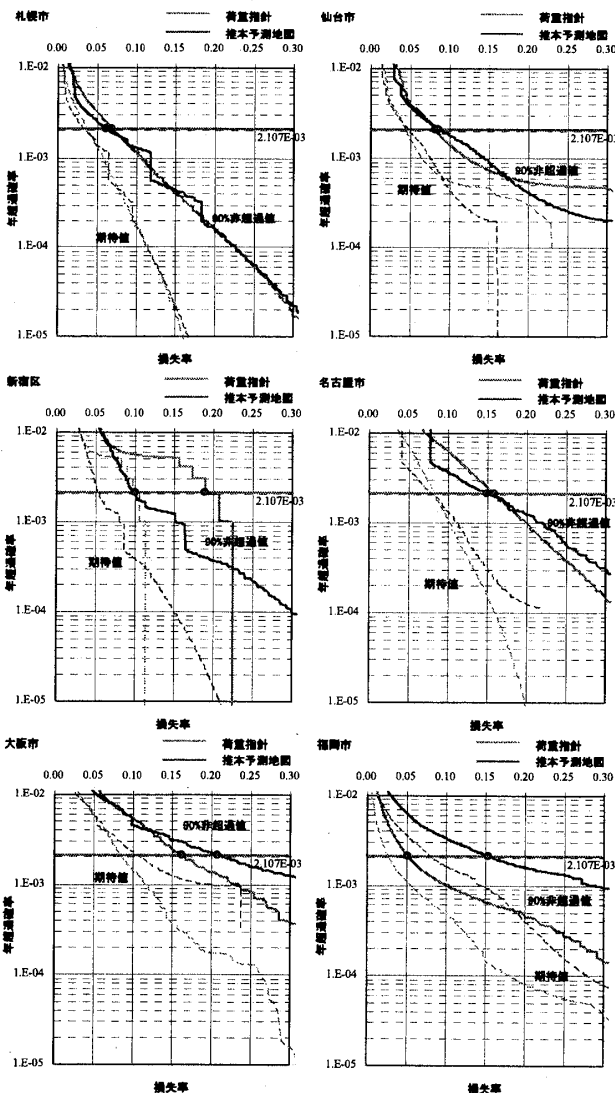


図1 震源データの違いによるリスクカーブの比較

表2 震源データの違いによる地震 PML 結果

都市名	地盤増幅率	地震 PML	
		荷重指針	推本予測地図
札幌市	1.27	6.9%	6.1%
仙台市	1.07	8.1%	8.6%
新宿区	1.39	19.0%	10.0%
名古屋市	1.29	15.9%	14.9%
大阪市	1.37	16.3%	20.7%
福岡市	1.75	5.2%	15.4%

4. まとめ

本報では、地震 PML 評価手法の結果の差異の要因について整理した。また、そのうち、震源設定に関する差異が地震 PML 評価結果に及ぼす影響について検討した。今後、他の評価過程についても、同様の検討を実施し、各過程の差異が地震 PML 評価結果に与える影響について検討する。また、地震 PML 評価において、評価手法に関わる不確定性をロジックツリーなどの手法を用いて明確にしたい。

参考文献

- 1) 建築・設備維持保全推進協会：不動産投資・取引におけるエンジニアリング・レポート作成に係るガイドライン(2007年版), 2007.
- 2) 日本建築学会：建築物荷重指針・同解説 2004, 2004.
- 3) 地震調査研究推進本部：全国を概観した地震動予測地図, 2005.
- 4) 安中正, 山崎文雄, 片平冬樹：気象庁 87 型強震形記録を用いた最大地動及び応答スペクトル推定式の提案, 地震工学研究発表会講演論文集, 24 巻, pp. 161-164, 1997.
- 5) 松岡昌志, 若松加寿江, 藤本一雄, 翠川三郎：日本全国地形・地盤分類メッシュマップを利用した地盤の平均 S 波速度分布の推定, 土木学会論文集, No.794/I-72, pp.239-251, 2005.7.
- 6) 藤本一雄, 翠川三郎：近接観測点ペアの強震記録に基づく地盤増幅率と地盤の平均 S 波速度の関係, 日本地震工学会論文集, Vol.6, No.1, 2006.2
- 7) 福島誠一郎, 矢代晴実：地震ポートフォリオ解析による多地点に配置された建物群のリスク評価, 日本建築学会計画系論文集, 第 552 号, pp.169-176, 2002.

*東京海上日動リスクコンサルティング㈱
**東電設計㈱

*Tokio Marine & Nichido Risk Consulting, Co., Ltd.
**Tokyo Electric Power Services, Co., Ltd.