

I-B 360

施設の改築に関する意思決定手法の提案

大成建設 正会員 鶴澤 哲史 篠塚研究所 正会員 水谷 守

大成建設 正会員 大津 宏康 大成建設 正会員 亀村 勝美

1. はじめに

複数の構造物が集合し一つの機能を果たすような施設において、耐震性が劣る構造物の地震被害は施設全体の機能低下に繋がる。従って、このような施設の地震被害を低減させるためには、ウイークリンクである耐震性の劣った構造物の補強および改築が重要となる。しかしながら、大地震の発生は希であり、ウイークリンクとなる構造物の改築に対する意思決定に際しては合理的な対応が必要となる。本研究では、構造物の改築に関して確率論に基づいた意思決定手法を提案する。

2. 手法の概要

改築に関する意思決定情報としては、現状の施設に地震被害が生じた時にどの程度の損失が生じるのか、また、改築した場合、その投資に見合う効果があるのかを明らかにする必要がある。本手法では、まず継続使用する場合と改築する場合に対して、構造物に生じる地震被害の大きさを、地震被害の発生の可能性と施設の機能を回復するための投資（損失）から求められる期待損失（地震リスク）により定量化する¹⁾。次に対象地点の地震危険度を考慮した年間地震リスクを算定し、今後の施設の使用期間におけるトータルコスト、即ち初期費用を含めた年間地震リスクの累積額を比較することにより、改築する場合の投資効果について検討を行う。下式に継続使用する場合と改築する場合のトータルコストの算定式を示す。

継続使用の場合のトータルコスト＝ Σ 年間地震リスク（継続使用）

改築の場合のトータルコスト＝改築費用＋ Σ 年間地震リスク（改築）

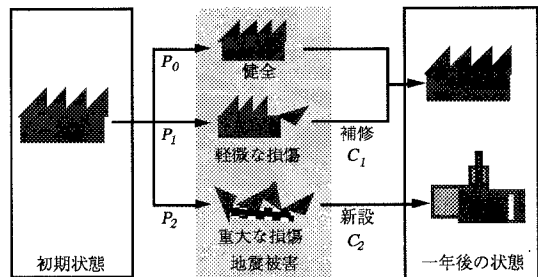
ここで、改築した場合にも地震リスクを考慮するのは、改築によって耐震性が強化されても地震被害の可能性が残るためである。また、本手法では長期間にわたる地震損傷イベントを考慮するため、地震による損傷を単位期間1年のベルヌーイ試行列としてモデル化し、ポアソン過程を仮定する。

3. 簡単なモデルに対する適用例

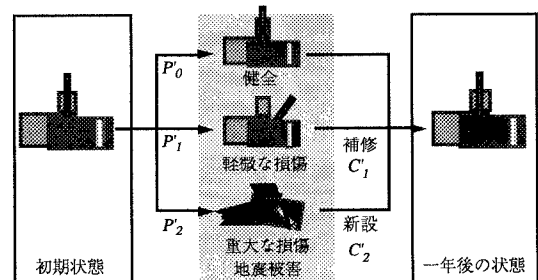
簡単なモデルケースとして或る構造物に本手法を適用した例を示す。

1) 地震損傷のモデル化

期待損失による地震リスクの算定では、損傷モードの定義とその発生確率の評価が必要となる。構造物の地震損傷には様々なレベルが想定できるが、ここでは、簡単のため健全、軽微な損傷および重大な損傷の三つの損傷モードを設定し、地震被害を代表させる。軽微な損傷とは構造物が補修可能な被害を受ける状態とし、重大な損傷とは構造物がもはや再使用不可能な被害状態とする。従って、構造物に重大な損傷被害が生じた



(a) 継続使用の場合



(b) 改築の場合

図一1 地震被害と状態変化

場合は、新たに改築の場合と同等の再建を行うものとする。図一1に既存構造物の継続使用の場合と改築する場合のモデルを示す。図一1に示すように各損傷モードは一定の確率を持って毎年発生する。また、継続使用の場合、毎年一定の確率で重大な損傷を被るため、既存構造物の残存確率は毎年減少する。

2) 地震ロス関数および年間地震リスクの算定

各損傷モードの発生確率は地震動の大きさに依存した地震損傷度曲線を評価し、また各損傷モードに対応した損失額との積を総和することにより構造物の地震ロス関数を算定する。本例題の継続使用の場合と改築の場合の費用設定を表一1に、地震損傷度曲線を図一2に、また地震ロス関数を図一3に示す。ここで、図一3に示すように既存構造物が毎年一定の確率で改築される可能性を有しているため、継続使用した場合の地震ロス関数は年々改築する場合のロス関数に近づく。

継続使用の場合と改築する場合に対する年間地震リスクは、各々の地震ロス関数と対象地点における年間最大地震動の超過確率を示す地震ハザード曲線を合積することにより求まる¹⁾。図一4に各々の年間地震リスクの算定結果を示す。

3) トータルコストの評価結果

既存構造物の継続使用の場合と改築する場合についてトータルコストを算定した結果を図一5に示す。図に示す比較結果を見る限り、今後、同施設が長期にわたって稼働するものと考えれば、改築した方が有利であると読むことができる。

4. まとめ

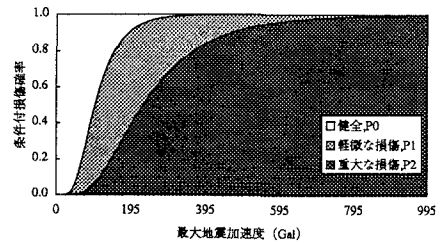
本研究では、構造物の改築に関する意思決定情報として、地震リスクを考慮したトータルコストの比較手法を示した。トータルコストによる比較は見るものにとってわかりやすく説得力の高い評価方法である。但し、地震リスクを定量化する際に用いた確率や費用の推定精度は必ずしも高いとは言えない場合がある。その際、精度が問題となる項目を取りだし感度解析を行うことが重要となる。

参考文献

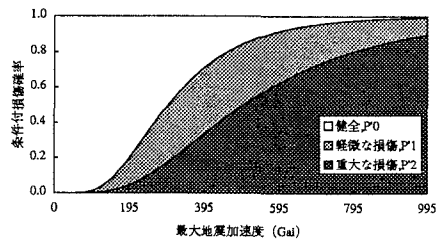
- 1) 水谷守、中村孝明、下野正人、亀村勝美：確率論的アプローチによる地震リスクマネジメント（SRM）手法の提案、土木学会第51回年次学術講演会概要集、1996、投稿中

表一1 費用の設定

	継続使用の場合	改築の場合
C1 補修費用	20U	20U
C2 改築費用	150U	150U
営業損失	250U	250U
初期改築費用	—	100U

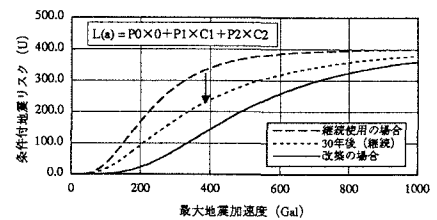


(a) 継続使用の場合

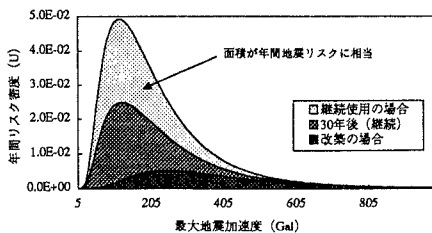


(b) 改築の場合

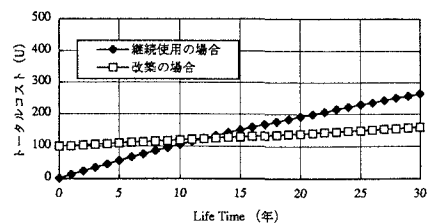
図一2 地震損傷度曲線



図一3 地震ロス関数



図一4 年間地震リスクの算定



図一5 トータルコストの比較