

土木構造物のリスクマネジメントにおける保険の活用についての調査と一考察

鉄道総合技術研究所 正会員 ○大屋戸理明

鉄道総合技術研究所 正会員 渡辺 健

鉄道総合技術研究所 正会員 西岡 英俊

1. 目的 土木構造物を長期にわたって供用するにあたり、設計・施工・維持管理の各段階において、経年劣化や自然災害などによるリスクに適切に対応することが求められる。保険の活用も選択肢の一つであり、事態を悪化させずにリスクに迅速に対応することが可能となると考えられる。そこで、構造物のリスクマネジメントにおける保険の活用について、関連情報の収集、整理ならびに考察を行う。

2. リスクマネジメントにおける保険の位置づけ リスクマネジメントとは、組織を取り巻くリスクを網羅的に把握し、重要と思われるリスクを抽出したうえで対策を講じる事前策と、リスクが顕在化したときの緊急対応である事後策（危機管理）を併せたものをいう¹⁾。ここで、リスクは、目的に対する不確かさの影響を指し、事態の発生確率とその結果の組み合わせで表現される。

リスクマネジメントに対し、国内では兵庫県南部地震を契機として、危機にどう対応するかに焦点を当てた危機管理システム（危機管理を組織に定着させるためのプロセスやマネジメントなど）に関する調査研究が行われた。その後、危機管理はリスクマネジメントに含まれるという議論の中から、リスクを顕在化させず事前に運営管理し、いかに組織の目標の達成を容易にするかに重点を移した、リスクマネジメントの国際規格 ISO31000 が作られている。リスクの特定→分析→評価→対策などからなるリスクマネジメントサイクルが定義され、対策の選択肢の1つに保険を含む「リスクの共有」が示されている。保険は当事者のリスクの一部を取り除いているのではなく、リスクを他者に移転し、当事者を拡大して共有していると考えられている。

3. 関連分野における保険の事例 土木分野における保険の例として、土木工事保険が挙げられる。水道・道路・鉄道等の土木工事において、火災、豪雨、土砂崩壊、作業の過失、資機材の盗難、車両の衝突等、工事中に生じた不測の事態による損害を補償するもので、復旧費に免責金額を差し引いた金額に相当する保険金が支払われる。保険料は保険金額（請負金額を想定）、工事種類、支払限度額等によって決定される。

橋梁や建築を中心とした構造物の設計業務における瑕疵に対して、建設コンサルタント賠償責任保険が存在する。また、交通事業者では、台風、洪水等に対する保険の加入状況が5割を超えるという調査結果もある²⁾。特に第三セクター鉄道等に対しては、風水害などに対する団体保険である土木構造物保険が創設されている。

経年に伴う建造物の劣化については、これを対象とした保険が少ない状況である。例えば多くの住宅火災保険では、地震被害等の補償が含まれていても、経年劣化による雨漏り等の損害は補償されない。一方では、老朽化を含む施設の管理に起因する事故に対しては、日本下水道協会が提供する下水道賠償責任保険の事例がある。また、全国市長会では、加入市を被保険者とする団体保険契約を損害保険会社数社と締結し、市の施設の瑕疵等に起因する損害に対する保険を含む賠償責任を担保している事例がある。

設備の維持管理と損害保険を組み合わせたサービスとして、太陽光発電所の保守サービスの事例³⁾がある。保守と保険をセットにした商品で、事業者が保守・工事施工・保険の3者と個別に契約する従来の体系と比べ、事故を被った場合に個別の見積もりや発注などの煩雑な事務作業をすることなく、より迅速な復旧を可能とする。この保険契約は、適切に資金を投じて保守を行っていれば事故が発生する確率が下がり、保険料が安価になるという仕組みが含まれているとすれば、保険がよりよい保守のインセンティブになりえる。

4. 維持管理段階における保険の試算 構造物の維持管理における保険を対象とし、保険数理の観点から試算を行う。ここでは単純な仮定として、一時払い生命保険を取り上げる。保険の引き受け条件である構造物の

キーワード 設計, 施工, 維持管理, リスクマネジメント, 保険, 保険数理

連絡先 〒151-8578 東京都渋谷区代々木 2-2-2 JR 東日本本社ビル 7F TEL 03-5334-0420

状態を変化させ、保険料の変動を観察する。

生命保険における死亡に相当する事象として、性能が低下し維持管理限界⁴⁾に到達する事象を考え、これを構造物の破壊とする。収支相等の原則により、保険者の収入（純保険料）の期待値と、責任準備金と呼ばれる保険者の支出（保険金）の期待値とが相殺するように、純保険料と責任準備金を決定する⁵⁾。問題の単純化のため、保険者の事業コストは考えない。完成後の経年 x (x は 0 以上の実数) の構造物に対し、破壊までの残り時間（人の余命に相当する）を $T(x)$ とおく。被保険者の数を l_x 、保険料を A 、 x からの 1 年間に破壊する数を d_x とする。 n 年契約の定期保険では、加入後 n 年以内の破壊に対して、その年度末に金額 1 を支払う。一時払い保険料 A は以下の式(1)により算出される。ここに v は原価率で、 $v = 1/(1+i)$ である (i は 1 期間の利子)。

$$A \cdot l_x = v d_x + v^2 d_{x+1} + \cdots + v^n d_{x+n-1} \quad (1)$$

構造物が t 年以内に破壊する確率 $P(T(x) < t)$ が与えられたとき、 x からの 1 年間に破壊する数 d_x が得られる。確率 $P(T(x) < t)$ には、生命保険の場合、 t 年後の生死の確率をまとめた生命表と呼ばれる統計が適用される。生命表は、同時に生まれた仮想の集団が時間の経過につれて徐々に死亡し、人数が減少する様子を表現する。

構造物の破壊に対しては同様な統計が存在しないと思われるため、既往の研究⁶⁾に示された、コンクリート構造物の腐食ひび割れ発生時期の確率密度分布を適用する。本稿ではやや安全側に、構造物の破壊に要する平均の時間は腐食ひび割れが発生するまでに要する平均の時間の 2 倍と仮定し、破壊率の推移を算出した。ここに破壊率は、生命保険での死亡率に相当し、ある経年の構造物の集団のうちその年に破壊する割合 (d_x/l_x) を言う。破壊時期の確率密度分布を図 1 に、破壊率の推移を図 2 に示す。 $l_x=100,000$ 、 $v=1$ 、 $x=40$ 、 $n=10$ とし、保険金を 1 億円と設定して試算する。これは即ち、経年 40 年の構造物を被保険者とし、その数が 10 万であり、10 年以内に破壊した場合に保険金 1 億円を支払う保険を仮定している（原価率は考慮しない）。試算の結果、一時払い保険料 A は、水セメント比 W/C や表面塩分量 C_o といった、劣化因子を多く含む case1 で約 257 万円、劣化因子の少ない case2 で約 7 万円と算定された。構造物の劣化因子の多寡によって、保険料に大きな差異が生じることが推測され、保険料が安くなることをインセンティブとして、設計や施工で高品質な構造物が構築され、適切に維持管理がなされることも期待できることが伺われた。

5. まとめ 土木構造物のリスクマネジメントにおける保険の活用について、関連情報の収集、整理と考察を行った。土木分野以外を含めれば、設備の保守と保険を組み合わせたサービスが存在することが確認されたほか、高品質な設計や施工、適切な維持管理を実施すれば保険料が安くなり、保険がよりよい設計・施工・維持管理のインセンティブとなりえることが推測された。

参考文献 1) リスクマネジメント入門, MS&AD インシュアランスグループ, 2011.3 2) 交通施設の災害復旧に対するリスクマネジメントと公的負担制度に関する研究 (第 102 回運輸政策コロキウム), 運輸政策研究, 13-3, pp.85-92, 2010 3) 損害保険付き発電所保守サービス, NTT ファシリティーズ 4) コンクリート標準示方書維持管理編 (1.3 用語の定義), 土木学会, 2018 5) 藤田岳彦: 保険数理の基礎 - 金融工学との比較 -, オペレーションズ・リサーチ, pp.378-383, 2016.6 6) 加藤佳孝: コンクリート構造物のメンテナンスマネジメント手法の確立(1), 生産研究, 56-1, pp.125-128, 2004

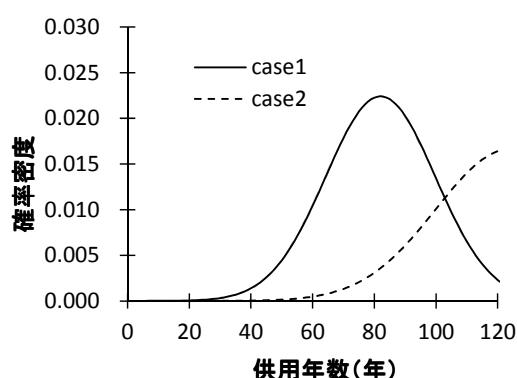


図 1 破壊時期の確率密度分布

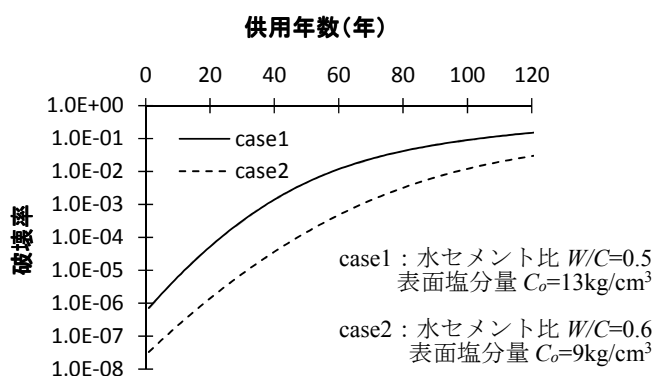


図 2 破壊率の推移