

道路橋の耐震設計におけるリスクマネジメント及びリスク対応に関する考察

土木研究所 正会員 ○河原井 耕介, 大住 道生, 星隈 順一

1. はじめに

道路橋は、不確実性を考慮して所要の信頼性で要求性能を満足するように設計される。現在の道路橋示方書¹⁾（以下、「H29 道示」と呼ぶ）において部分係数により不確実性が考慮されているのが一つの例である。耐震設計の観点では、不測の事態への対応も、不確実性への対応の代表的な例と言える。これら不確実性への対応は、ISO31000によるリスクの定義；目的に対する不確かさ（uncertainty, 不確実性）の影響²⁾を踏まえると、リスク対応であると捉えられる。

H29 道示では、多様な不確実性を考慮した設計手法や設計上の配慮が規定されているが、不測の事態への対応等は、橋梁毎に試行錯誤的に実施されている。設計におけるリスク対応の在り方を体系的に整理することは、リスク対応をより確実・効果的なものとするうえで有用な視座を与えるものと考えられる。

そこで、本研究では、リスク対応を確実・効果的に検討するための体系的な枠組みの提案に向け、道路橋の設計とリスクマネジメントの関係、及び設計におけるリスク対応の枠組みを整理し、具体例として、活断層の影響等を考慮して計画・設計された新阿蘇大橋³⁾を対象にリスク対応の体系について考察した。

2. 道路橋の耐震設計とリスクマネジメント

前章で述べたように、道路橋の設計は不確実性を

考慮して要求性能を満足するという目的を達成しようとする行為であり、リスクマネジメントのプロセスに対応する。更に、架橋位置や構造形式等の計画段階から多様なリスクを考慮し対応が図られる。これらを耐震設計の観点で整理したものを図-1に示す。計画から設計に至る各フェーズがリスクマネジメントのプロセスであり、全体として橋の性能を満足するという目的が達成されていると理解できる。

3. 道路橋の設計におけるリスク対応の選択肢

設計においてリスク対応を体系的に考えるためにはリスク対応の選択肢と、それらの選定方法を整理する必要がある。ISO 31000²⁾及び構造物を含むシステムのリスクアセスメントについての国際規格であるISO 13824⁴⁾に示されるリスク対応の選択肢を表-1に示す。これを参考に、道路橋の設計におけるリスク対応の選択肢は図-2のように整理できる。まず、リスクそのものを回避出来る可能性を考えたり、リスク源→事象→結果というリスクシナリオに照らして、リスク源の除去が可能か、起こりやすさを低減できるか、結果に至るシナリオを変更できるか、という観点で対応を検討する。以上の対応の結果残るリスク（残留リスク²⁾）に対し、これが許容可能であれば残留リスクを保有する最後の対応が採られ、許容できなければ追加のリスク対応を検討する。この

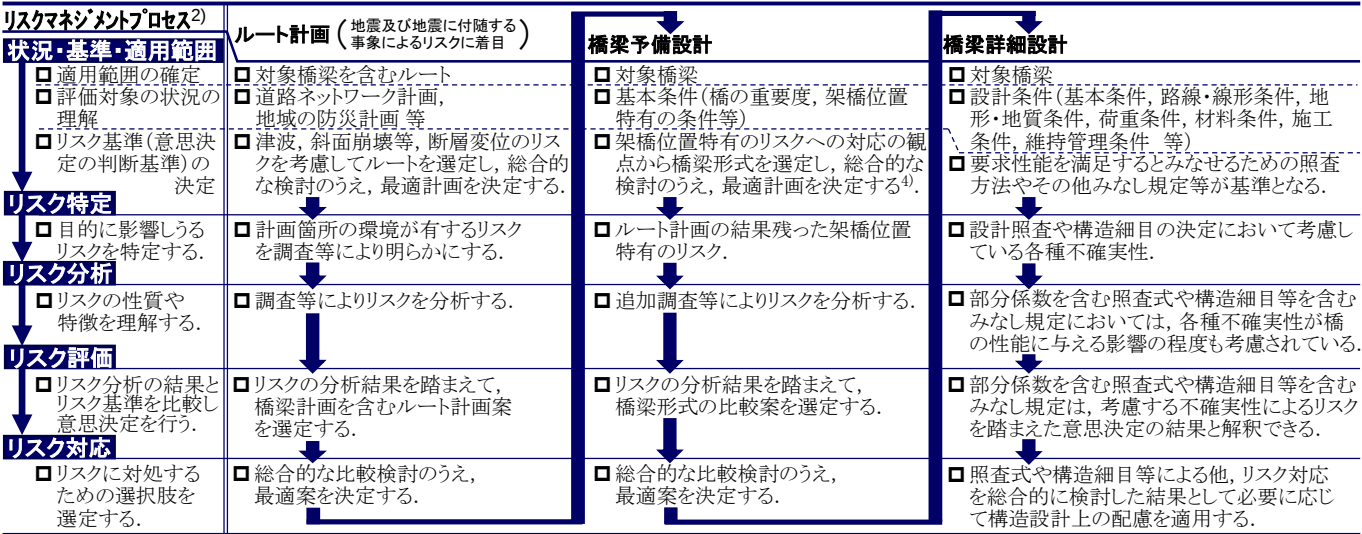


図-1 リスクマネジメントプロセスと道路橋の耐震設計の比較

キーワード 耐震設計, リスク, リスクマネジメント, リスク対応, 断層変位
連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研)土木研究所構造物メンテナンス研究センター TEL029-879-6773

ように、リスク対応は繰返しのプロセスであり、よってリスク対応は多重の階層構造となり最終的には全ての残留リスクが保有されることとなる。

4. 耐震設計におけるリスク対応の枠組みの適用例

図-2 に示したリスク対応の枠組みの適用例として、2016 年熊本地震で被災した阿蘇大橋の復旧橋として建設された新阿蘇大橋³⁾を対象に、耐震設計で考慮された断層変位に関するリスクへの対応を図-3 に整理する。新阿蘇大橋では、制約条件等を踏まえた総合的な検討の結果、架橋位置を断層から離すリスク回避の選択ではなく、断層と交差する架橋位置を踏まえてリスクを低減する対策が採られた。図-3 に示すように、各リスク対応は、リスクシナリオに対応して選定されると共に、各リスク対応の結果残るリスクに追加対応を採る階層構造で整理できる。

5. まとめ

本稿では、断層変位を例に耐震設計におけるリスク対応を選定するプロセスを示した。道路橋の耐震設計におけるリスク対応の体系的整理に向け、各種不確実性を考慮した検討を更に進める予定である。

表-1 リスク対応の選択肢		
ISO31000:2018	ISO13824:2020	備考(構造物の設計との対比)
リスクの回避	リスクの回避	設置位置を変更するなどリスクそのものを回避する。
リスクの取得・増加	——	投機等の観点であり構造物の設計には該当しない。
リスク源の除去	リスクの低減	ISO31000では、リスクの低減に関連してさらに細分化された選択肢が示されている。設計においてリスク対応の選択肢を具体化する上では細分化した視点がより参考になる。
起こりやすさの変更		
結果の変更		
リスクの共有	リスクの共有	保険などによるリスクの共有では社会全体のリスクの緩和にはならない。
リスクの保有	リスクの保有	リスク対応により許容可能な水準まで緩和されたリスクは保有される。

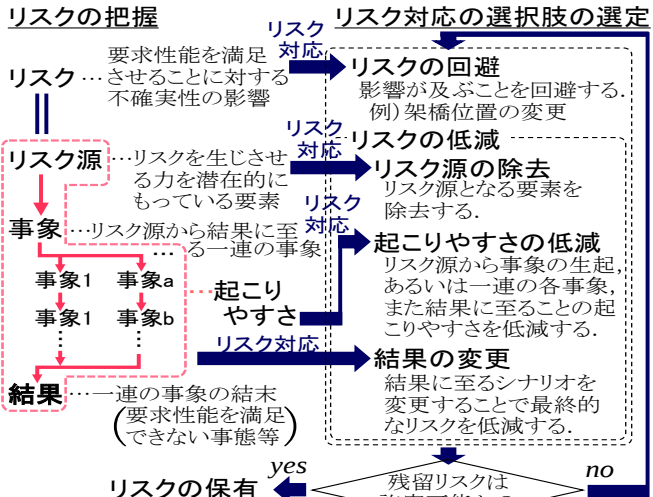


図-2 道路橋の設計で考慮するリスクとリスク対応の選択肢の関係

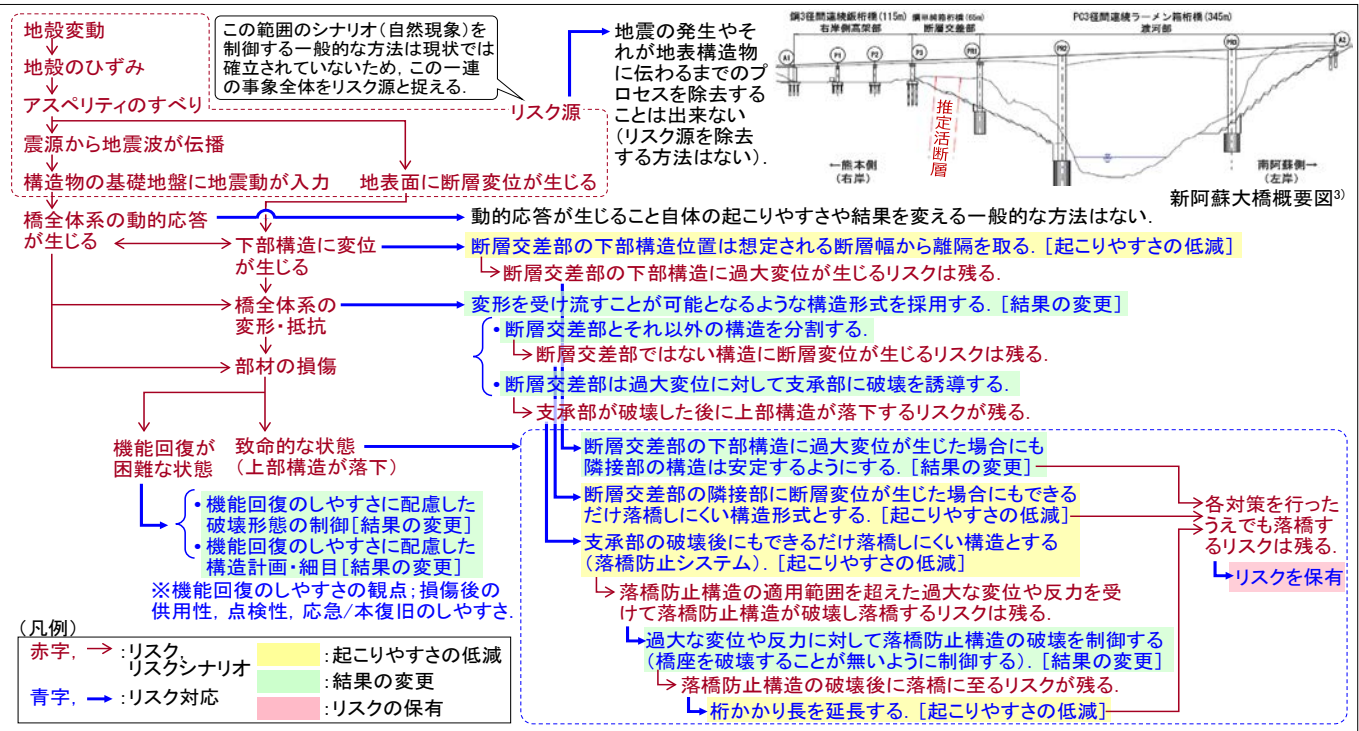


図-3 新阿蘇大橋における断層変位に関連するリスクシナリオとリスク対応の体系

参考文献

1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編，同 V 耐震設計編，2017. 2) ISO: ISO 31000:2018(E) Risk management—Guidelines, 2018. 3) 星隈順一，今村隆浩，宮原史，西田秀明：新阿蘇大橋の性能に及ぼす地盤変状の影響を小さくするための構造的な配慮と工夫，土木学会論文集 A1 (構造・地震工学)，Vol. 77, No. 2, pp. 339–355, 2021. 4) 国土交通省国土技術政策総合研究所：道路橋の設計における諸課題に関わる調査 (2018–2019)，国総研資料第 1162 号，2021. 5) ISO: ISO 13824:2020(E) Bases for design of structures—General principles on risk assessment of systems involving structures, 2020.