

道路トンネルにおけるリスク評価に関する基礎的検討

阪神高速技研(株) 正会員 ○渡辺 尚夫
阪神高速道路(株) 重本 仁

1. はじめに

道路トンネルにおいては、危険物積載車両の火災等による人的被害等、種々のリスクが考えられる。特に水底トンネルについては、リスクが増大することから道路法上通行規制等が可能となっている。一方、通行規制等に伴う社会便益の損失も発生すると考えられるため、リスク評価を適正に行い判断することが求められる。そこで、リスク評価の基礎的な検討として、水底トンネルである阪神高速 31 号神戸山手線の神戸長田トンネルにおいて、リスクマネジメントの標準プロセスを適用した定量的なリスク評価を試みた。本稿では、定量的なリスク評価の試算例を紹介し、課題等について考察する。

2. 対象トンネルの概要

今回対象とした阪神高速 31 号神戸山手線の神戸長田トンネルは、図-1 に示すとおり全長 4.0km のうち 1.3km が新湊川と隣接・並行する水底トンネル区間となる。本区間は開削トンネル構造であり、平面曲線半径が小さい箇所があるとともに、交差物件との関係から縦断勾配も上り下りが繰り返される複雑な線形となっている。



図-1 神戸長田トンネルの新湊川並行区間概要図

3. リスク評価方法

道路トンネルのリスクとしては、車両火災や有害物質漏えい等が挙げられるが、評価方法としてトンネルそのもののリスクを評価し社会的便益との総合判断により通行規制可否を決定するアプローチと、代替ルートとのリスク比較を行い通行規制可否検討の一指標とするアプローチが挙げられる。本稿では、前者のリスク評価について、図-2 に示すリスクマネジメントの標準プロセスを適用した定量的なリスク評価を試みることにした。

4. リスク要因の設定

道路トンネルにおけるリスク要因を設定し、その発生順にリスク評価プロセスとして整理する。想定されるリスク要因（ペリル）は、「爆発すること」、「発火、火災が起きること」、「毒物・劇物が漏洩し人体等へ影響を及ぼすこと」であり、その要因（ハザード）は、「危険物積載車両衝突事故」、「危険物積載車両危険物質漏洩」が考えられる。神戸長田トンネル（水底トンネル）の危険物積載車両通行に関するリスク事象を発生順に整理したのが図-3 である。

5. リスク評価

前項において整理したリスクについて、その発生確率と影響の大きさを推定する。なお、定量的評価が可能な項目はリスク算定することとし、リスク算定のために必要なデータが得られないものについては、便宜

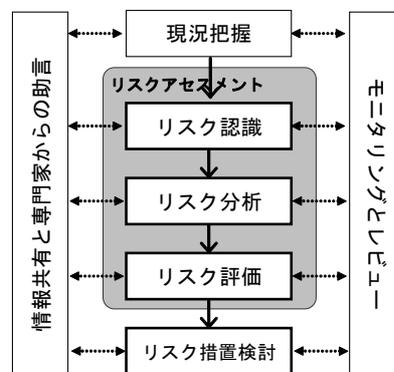


図-2 リスクマネジメントプロセス

キーワード リスクマネジメント, 道路トンネル, 危険物積載車両, 定量的評価

連絡先 〒550-0011 大阪市西区阿波座1-3-15 阪神高速技研(株) 事業部 TEL06-6105-3135

的に確率値を高(1×10^{-1}), 中(1×10^{-3}), 低(1×10^{-5})と仮定した. 推定したリスクを示したのが表-1である. これを基にイベントツリーを作成し, 各想定パターンの生起確率と被害(損失)の期待値を算定した. 一方, リスク影響の大きさは, 無次元の値として「甚大」を100, 「大」を10と設定した. リスク評価の一例として, 「通常トンネル」

神戸長田トンネル(水際トンネル)における危険物積載車両通行に伴うハザード・ペリルとリスク事象を発生順に整理した例(人的被害を対象)

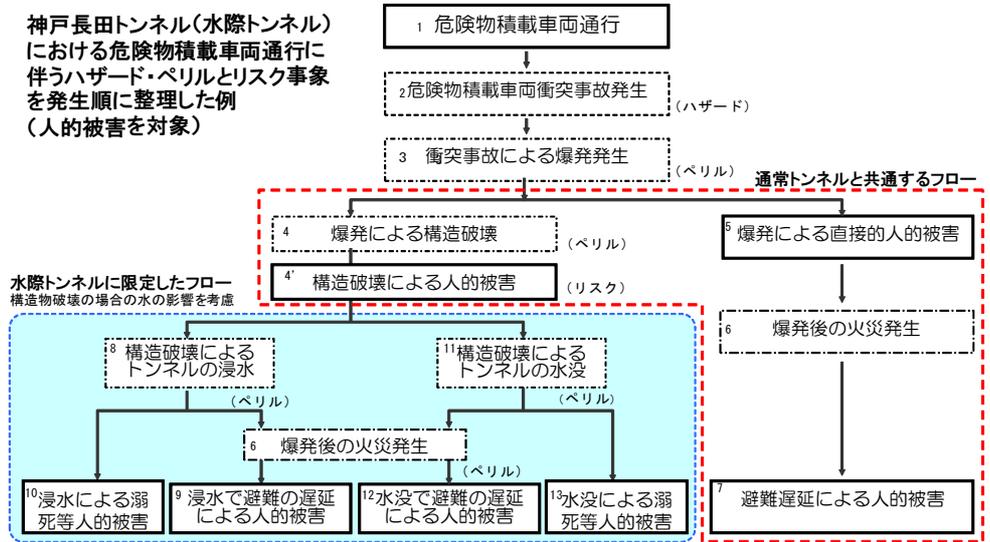


図-3 リスク発生プロセス例

表-1 リスク推定(算定)

リスク事象	発生確率の推定	推定理由(根拠)
1 危険物積載車両通行	火薬積載車の通行確率: 1.9×10^{-2} 台/年 低	計画交通量と火薬積載車通行台数調査結果より算定
2 トンネル内走行車両衝突事故	事故発生確率(例): 4.45件/年 高	阪神高速における実績からの推定値
3 衝突事故による爆発発生	爆発確率: 中 (仮に 1×10^{-3} と設定)	爆発しにくい状態で運搬することが義務付けられ国内で爆発事例がないため中程度と想定
4 爆発による構造破壊	爆発による構造破壊確率: 高(仮に 1×10^{-1} と設定)	火薬300kgの爆風内圧1000kN/m ² で構造物に影響. さらに低い確率(仮に 1×10^{-5} と設定)でトンネル構造の崩落等の影響を想定
4' 構造破壊による人的被害	人的被害確率: トンネル構造の崩落等影響時は高 (仮に 1×10^{-1} と設定)	トンネル構造の崩落等の影響が発生した時は人への影響は高いと想定
5 爆発による直接的人的被害	人的被害確率: 高 (仮に 1×10^{-1} と設定)	火薬300kgの爆風内圧1000kN/m ² を想定すると周辺車両及び車両内の人への影響が高いと想定
6 爆発後の火災発生	火災発生確率: 高 (仮に 1×10^{-1} と設定)	火薬爆発後, 周辺車両火災が発生する可能性は高いと想定
7 避難遅延による人的被害	人的被害確率: 高 (仮に 1×10^{-1} と設定)	避難遅延の場合, 事故周辺車両内の人への影響も高いと想定
8 構造破壊によるトンネル内浸水	トンネル内浸水確率: 9.1×10^{-3} 高	新湊川近接部(離隔4m)で構造破壊が発生する位置確率から算定
9 浸水で避難遅延による人的被害	人的被害確率: 低 (仮に 1×10^{-5} と設定)	浸透程度の浸水を想定し, 避難可能な時間を約27時間と予測. 十分な避難時間確保可能と想定
10 浸水による溺死等人的被害	人的被害確率: 低 (仮に 1×10^{-5} と設定)	
11 構造破壊によるトンネルの水没	トンネル内水没確率: 低 (仮に 1×10^{-5} と設定)	トンネル全体崩壊等のとき新湊川近接断面で水没の可能性有り. ただし護岸構造があり直後に水没の可能性は低い
12 水没で避難遅延による人的被害	人的被害確率: 高 (仮に 1×10^{-1} と設定)	新湊川計画水量410m ³ /sが流込み水没する場合, その区間に存在する人の避難は困難
13 水没による溺死等人的被害	人的被害確率: 高 (仮に 1×10^{-1} と設定)	

表-2 被害期待値(リスクの大きさ)の試算例

	通常トンネル ①	水際トンネル ②	リスク比 ②/①
被害期待値 計	5.1476×10^{-4}	5.1503×10^{-4}	1.0005
爆発による直接被害 (避難遅延含む)	5.1470×10^{-4}	5.1470×10^{-4}	1
構造破壊に起因する被害	5.3199×10^{-8}	3.3459×10^{-7}	6.2894

と「水際トンネル」の危険物積載車両通行に関する人的被害リスクをイベントツリーで比較分析した試算結果を表-2に示す, これをみると, 通常トンネルと比較して水際トンネルのリスク増はずかとみられるが, 要因別にみると, リスクの中で爆発による直接被害(避難遅れ含む)と構造破壊に起因する被害リスクは約3~4オーダー異なり, 殆ど直接被害が寄与していることがわかる. 逆に構造破壊に起因する被害に着目すると, 通常トンネルに対し水際トンネルのリスクは約6倍高い結果となり, 一試算ではあるが水際トンネルの方が被害リスクが高いことが定量的に証明できるものと推測される.

6. おわりに

リスクマネジメントのプロセスとしては, リスク評価を踏まえて想定したリスク事象に対し, 通行規制, 安全対策, 避難誘導策等のリスク措置検討を行っていくことになる.

本稿では, 道路トンネルのリスク評価にリスクマネジメントプロセスを適用し, リスクを定量的に評価する手法を試行した. 種々のリスクの発生確率を仮定し, イベントツリー解析による試算を行った結果, 本手法により水際トンネルのリスクをある程度定量的に説明できるものと考えられる. 今後はリスク発生確率やリスク影響の大きさについて検討を進め, 推定(算定)精度を向上させることが必要と考える.

参考文献

- ・ Australian/New Zealand Standard RISK MANAGEMENT AS/NZS 4360:2004