

社会的信用を指標としたリスクの定量的評価について

Quantitative Risk Assessment using the index for estimating the social credit

畠中 千野**・田口 洋輔**・亀村 勝美*・堀 倫裕**
Chino HATAKENAKA, Yosuke TAGUCHI, Katsumi KAMEMURA, Michihiro HORI

Generally, replacing various risks to monetary value is used as a index for the quantitative risk assessment. However, in this study, the quantitative estimation to lose the social credit is proposed as a new index for risk assessment. Case study on the imaginary construction project is shown as the application to estimate the new index.

Key Word : Risk, Risk Assessment, social credit, quantitative assessment in risk

1. はじめに

近年, 食品業界などの品質管理に対する不祥事や虚偽の報告が明るみになることにより, 企業の経営に支障をきたす状況に追い込まれたケースが発生している。事業者にとって社会的信用の喪失は, たとえ生命の危険, 物理的な資産の損失に及ばなくとも, 風評により大きな損失を被ることになる。つまりリスクマネジメントを行う主体が事業者であれば社会的信用の喪失に関するリスクは, マネジメントすべき重要なファクターのひとつになりうるのである。

しかし, これまで社会的信用の喪失リスクを定量的に評価することは一般的には行われていない。これは社会的信用が定性的なものであり, 定量化するのは難しいことが原因のひとつであると考えられる。本研究では, 社会的信用が低下する程度に応じて5段階のランクを定義し, そこに定量的な指標を付与することを提案した。本提案指標を用いて建設中のトンネル工事の架空プロジェクトをとりあげ, 建設中における社会的信用喪失リスクの定量化と削減対策案について検討を行った例を紹介する。

2. 社会的信用低下の指標設定

リスクマネジメントを行う際, 現状のリスク保有状況を把握し, 対策を立案するためにリスクアセスメント(リスク評価)を行うが, より合理的な意思決定情報を得るためには定量的評価を実施することが望ましい。リスクの定量化に際しては評価を何らかの指標で表現する必要がある。一般的には損失金額(金銭的価値)が指標として用いられることが多い。しかし, 上述したように事業者にとって社会的信用の喪失に関するリスクは避けては通れないものであり, この「社会的信用の喪失」を評価する指標を取り入れたマネジメン

キーワード: リスク, リスク評価 社会的信用 リスク定量化

* フェロー会員 大成建設株式会社 土木設計部 トンネル地下設計室

** 正会員 大成建設株式会社 土木設計部 トンネル地下設計室

トの必要性が高まりつつある。社会的信用の喪失を金銭的価値に置き換えることも可能であるが、ここでは別途評価するものとした。

建設工事プロジェクトを遂行する際に生じるリスクにより生じる社会的信用の喪失をその重大性に応じてランク分けし、汎用的な指標として提案を行ったものを表-1に示す。これらは5段階のランクを対数的に与えて定義したものであり、単位は「unit」である。この「unit」は「円オーダー」をイメージしている。例えばランクⅤは「100億円オーダー」の損失を示しておりプロジェクトの頓挫を意味している。従って、この数値は評価対象により変動させることが必要である。

表-1 プロジェクト遂行時のリスクに伴う社会的信用喪失を評価する指標

社会的信用低下の指標		定 義
ランクⅠ	10 ⁶ unit	一時的に批判を受けるが、数週間程度で忘れられる程度のイベント。
ランクⅡ	10 ⁷ unit	発生したイベントにより、長期にわたりイメージの低下が継続する。ただし、業務の遂行に対して顕著な妨げになるほどではない。
ランクⅢ	10 ⁸ unit	発生したイベントにより社会的信用に対して疑念の目が向けられ、長期にわたりイメージダウン、不信任が継続する。工事の遂行にも影響を受ける。
ランクⅣ	10 ⁹ unit	社会的信用を失い、信頼回復に長時間を要するイベント。工事再開の承認を受けるため、多大な改善・対策を必要とする。
ランクⅤ	10 ¹⁰ unit	社会的信用を完全に失墜してしまうようなイベント。今後の計画の遂行が困難になる状況に追い込まれる。

3. 適用例

架空のある長大トンネル工事プロジェクトに対して、施工時のリスク評価を実施した結果を紹介する。リスクの定量化の指標には、提案する社会的信用の喪失の他に工程遅延日数、金銭的損失も取り上げることとした。概略検討フロー図を図-1に示す。

3.1 リスクを生じる恐れのあるイベントの抽出

建設工事プロジェクトとは建設する構造物の種類、周辺環境、設計施工の制約条件等から異なる多様なリスクが内在しており、プロジェクトによりその発生頻度や損失量が異なってくる。本プロジェクトは、長大トンネル建設工事であり、突発湧水や坑内火災など特殊な要因を含んだ様々なリスクが内在すると考えられる。

リスク評価を実施するにあたって第一段階の作業は、図-1に示すように、考えられる（生じる恐れのある）リスクを抽出することにある。

ここにリスクとは、大地震など、稀にしか起こらないが起きたときの損失が非常に大きいもの、機械のトラブルによる掘削・排土作業の停止など損失はあまり大きくはないが頻繁に起こり得て累積するとかなりの損失になるもの、あるいは、頻繁に起こってその損失も大きいものをいう。

検討対象としたトンネル施工時のリスクとしては、表-2に示す6項目（イベント）を想定した。実際には、さらに他の項目も考えられるが適用例としては6項目に限定した。またイベント間には各々の相関性も考慮する必要があるが、簡単のためイベント間は独立を仮定した。

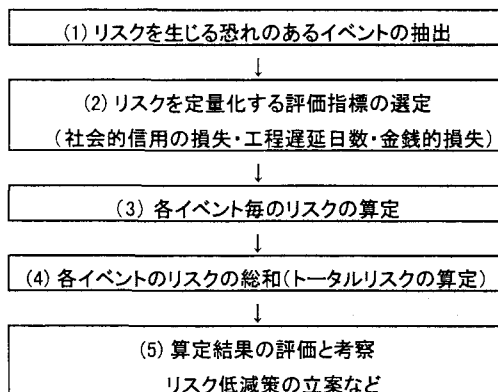


図-1 建設工事プロジェクトのリスク評価検討フロー

3.2 リスクを定量化する評価指標の選定

前述したように、リスクを定量化する指標として一般的なのは損失金額(金銭的価値)である。また、建設工事は定められた期限の中で工事を完了させる必要があるため、工程の遅延日数も重要なファクターである。また、事業者の立場から見た場合には、不祥事の発生による社会的な評価の失墜に関しても重要な指標になると思われる。例えば、大規模な坑内火災は、事故を起こしたことによる社会的批判により、今後のプロジェクトの遂行に影響を与えることになり、事業者にとっては大きな損失となる。

これらの状況から、本検討においてリスクを定量化する際の指標は、以下の三種類を設定し評価するものとする。

- ①工程遅延日数
- ②金銭的損失量
- ③社会的信用の損失量

3.3 リスクの算定

JIS Q 2001 (リスクマネジメントシステム構築のための指針)によると、リスクは、「事態の確からしさとその結果の組み合わせ、又は事態の発生確率とその結果の組み合わせ」と定義されている。リスク R(Risk)の大小を検討する場合、(悪い)事態が生じてしまう発生確率 P(probability)とその結果の大きさあるいは重大さ C(consequence)の2つの局面の積をリスク R(Risk)と定義し、以下のように表すことが採用されている。

$$R = P \times C$$

本検討も、この定義を採用し、イベント毎のリスクの算定を行うものとする。

3.4 イベント毎のリスクの算定

リスクの算定に際し、まずリスクを生じるイベントから発生した被害を、「大規模被害」「中規模被害」「小規模被害」「無被害」等に分岐させ、分岐イベント毎に、発生確率を評価算定する。さらに、分岐イベントが発生したときの損失を3.2で示した指標毎に定量的に評価する。

3.4.1 イベントの分岐確率の評価

各イベントの分岐確率は、被害事象を明確に定義しその定義に基づいた被害発生確率を評価することが重要である。たとえば人的災害の場合、大規模被害は重大災害に相当し、中規模被害は休業4日以上災害、小規模被害は、休業4日未満および不休災害に相当とし、災害統計データとリンクする定義を行う。

実際の各イベントの発生確率の算定および評価に関しては、問題点や課題も多いが以下のようなアプローチにより極力客観性の高い評価を進めている。

- ①統計データ、既往の記録・文献からの推定
- ②FT(フォルトツリー)等被害発生原因のモデル化に基づく推定。
- ③発生メカニズムのモデル化と発生要因の不確実性を考慮した解析的アプローチ。
- ④実務者や専門家へのアンケートおよびヒアリングの実施による推定。

現状では、①あるいは④による経験的な手法による評価が中心となっているが、このような評価を前提と

表-2 トンネル施工時のリスクの抽出

リスクを生じるイベント	内 容
人的災害	人的な損失を含む事故(災害)
地山変状	掘削切羽の変状・崩落による工事の中止、対策
機械トラブル	主として坑内でシステムとして稼働する掘削、支保機械や電気設備、給水設備などのトラブル
突発湧水	突発的な湧水に対する止水工、水没損傷の補修
大地震	地震による構造物、坑内外の損傷
火災	種々の原因による火災の発生で設備を焼失

したデータの蓄積・フィードバックと解析手法の進展（例えば亀裂ネットワークモデルを用いた突発湧水の発生確率評価）により、評価精度の向上が期待される。

3.4.2 被害発生時の損失の評価

各分岐イベントが発生したときの損失の評価は、(Ⅰ)工事は何日止まるか、(Ⅱ)金銭的損失はどれくらいか、(Ⅲ)社会的信用の低下はどれくらいかを評価する。これを全ての分岐したイベントについて損失評価を行う。

損失量の評価についてもある程度経験的な数値とならざるを得ないが、評価の使用目的によっては、十分な精度を確保できるものと考ええる。また、確定値ではなくばらつきをもった数値として評価することも可能である。

3.4.3 リスク試算

各イベントの分岐確率 (P_i) とそれぞれの損失量 (C_i) から、イベント毎のリスク ($R_i = P_i \times C_i$) の算定を行った。試算結果を表-3 および図-2 に示す。

3.5 リスク算定結果の評価と考察

この例によると年間あたりの損失期待値として工程の遅延は 13.3 日、損失金額は 24.3 百万円、社会的信用の損失は 1.3×10^7 unit となる。本結果は架空のプロジェクトを想定した仮定の数値による試算であり、得られた値に具体的な意味を求めることはできないが、これをもとに各指標についてリスク算定結果の評価と考察を試みる。

3.5.1 工程遅延日数

工程を遅延させるリスクが最も大きい要因は、機械・設備のトラブルによるもので、全体の 3 割を占めており、ついで突発湧水、火災、地山変状の順となっている。第一に機械・設備トラブルによる工事停止のリスクを低減させる方策を考え、さらには、火災に対する対策を行い、リスクを低減させる方策をとることで、工程を遅延させるリスクは低減するものと判断できる。

3.5.2 金銭的損失量

ここでの損失金額は、事業者の立場における評価を行っている。リスクが最も大きい要因は火災であり、ついで機械・設備のトラブル、地山変状の順となっている。火災に関して内訳をみると、中規模火災によるものが支配的であることがわかる。中規模火災対策、さらに機械・設備のトラブルによる大規模被害、大規模突発湧水のリスク低減策をとることが、金銭的損失の低減につながると考えられる。

3.5.3 社会的信用の損失量

社会的信用の喪失を評価する指標として、本検討では、対数的に信用低下を表現する手法を採用した。これによる損失期待値は 1.32×10^7 unit であり、表-1 に示すランクⅡにあたる。またその内訳は値の大きい順に示すと以下のとおりである。

・火災	6.3×10^6 unit	47%
・突発湧水	5.0×10^6 unit	38%
・人的災害	1.7×10^6 unit	13%

表-3 長大トンネル工事プロジェクトにおけるリスク試算結果（年間当り）

リスクを生じるイベント	イベントの分岐	分岐イベントの発生確率 P_i	分岐イベントが発生した時の損失 C_i			リスク R_i		
			工程遅延日数	金銭的損失	社会的信用の喪失	工程遅延日数	金銭的損失	社会的信用の喪失
人的災害	被害無し	0.700	0日	0百万円	0 unit	0.0日	0.0百万円	0.0 $\times 10^6$ unit
	小規模被害	0.200	3日	3百万円	10^6 unit(I)	0.6日	0.6百万円	0.2 $\times 10^6$ unit
	中規模被害（4日以上休業災害）	0.095	10日	10百万円	10^7 unit(II)	1.0日	1.0百万円	1.0 $\times 10^6$ unit
	大規模被害（重大災害）	0.005	30日	50百万円	10^8 unit(III)	0.2日	0.3百万円	0.5 $\times 10^6$ unit
	小計	1.000				1.8日	1.9百万円	1.7 $\times 10^6$ unit
地山変状	小規模被害	0.7	0日	0百万円	0 unit	0.0日	0.0百万円	0.0 $\times 10^6$ unit
	中規模被害（工事短期停止、対策）	0.2	3日	5百万円	0 unit	0.6日	1.0百万円	0.0 $\times 10^6$ unit
	大規模被害（工事長期停止、対策）	0.1	15日	30百万円	0 unit	1.5日	3.0百万円	0.0 $\times 10^6$ unit
	小計	1.0				2.1日	4.0百万円	0.0 $\times 10^6$ unit
機械トラブル	小規模被害	0.5	0日	0百万円	0 unit	0.0日	0.0百万円	0.0 $\times 10^6$ unit
	中規模被害（工事短期停止、修理）	0.4	5日	5百万円	0 unit	2.0日	2.0百万円	0.0 $\times 10^6$ unit
	大規模被害（工事長期停止、修理）	0.1	30日	30百万円	0 unit	3.0日	3.0百万円	0.0 $\times 10^6$ unit
	小計	1.0				5.0日	5.0百万円	0.0 $\times 10^6$ unit
突発湧水	小規模被害	0.80	0日	0百万円	0 unit	0.0日	0.0百万円	0.0 $\times 10^6$ unit
	中規模被害（工事短期停止、対策）	0.15	3日	5百万円	0 unit	0.5日	0.8百万円	0.0 $\times 10^6$ unit
	大規模被害（工事長期停止、対策）	0.05	15日	50百万円	10^8 unit(III)	0.8日	2.5百万円	5.0 $\times 10^6$ unit
	小計	1.00				1.3日	3.3百万円	5.0 $\times 10^6$ unit
大地震	小規模被害（震度Ⅴ以下）	0.990	0日	0百万円	0 unit	0.0日	0.0百万円	0.0 $\times 10^6$ unit
	中規模被害（震度Ⅵ）	0.008	30日	100百万円	0 unit	0.2日	0.8百万円	0.0 $\times 10^6$ unit
	大規模被害（震度Ⅶ）	0.002	180日	1000百万円	10^8 unit(III)	0.4日	2.0百万円	0.2 $\times 10^6$ unit
	小計	1.000				0.6日	2.8百万円	0.2 $\times 10^6$ unit
火災	被害無し	0.600	0日	0百万円	0 unit	0.0日	0.0百万円	0.0 $\times 10^6$ unit
	小規模被害（初期消火成功）	0.300	2日	5百万円	10^6 unit(I)	0.6日	1.5百万円	0.3 $\times 10^6$ unit
	中規模被害（火災発生部焼失）	0.095	15日	50百万円	10^7 unit(II)	1.4日	4.8百万円	1.0 $\times 10^6$ unit
	大規模被害（延焼、坑内全焼）	0.005	90日	200百万円	10^9 unit(IV)	0.5日	1.0百万円	5.0 $\times 10^6$ unit
	小計	1.000				2.5日	7.3百万円	6.3 $\times 10^6$ unit
合計						13.3日	24.3百万円	13.2 $\times 10^6$ unit

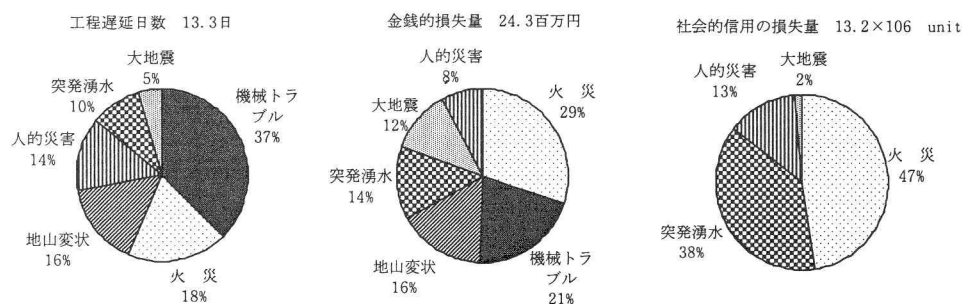


図-2 リスク試算結果内訳

上記のとおり、社会的信用を低下させるイベントとして、リスクが大きいものは火災と突発湧水によるものとなっている。従ってここでは火災被害、特に大規模被害及び突発湧水、特に大規模被害を発生させない方策を実施することが、社会的信用低下のリスクを効果的に低減させる方策と考えられる。万が一火災をおこしても延焼させないための消火システムの導入、突発湧水予防対策、探りボーリング、水抜き等の処置の徹底により、社会的信用低下のリスクは大幅に改善されると判断できる。

本試算結果においては、各々の指標によりリスクの大小の順位が変わりうることを示した。実際のリスクマネジメントおよび意思決定に際しては、これらの指標による評価結果を総合的に判断し対策を立案することとなる。ここでは示していないがリスクを低減させる代替案は以下のプロセスで評価する。

まず、リスクを低減させる代替案を作成する。火災の延焼を防ぐための消火システムの導入や探りボーリングの実施などがそれにあたる。つづいて、この代替案に対してリスク ($R_i = P_i \times C_i$) の再評価を行う。代替案は現在の状況をふまえて何らかの対策を行っているので、その対策をおこなったイベントの発生確率

(P_i) や損失 (C_i) が低減されるはずである。例えば火災の延焼をふせぐための消火システムの導入した場合には、大規模火災での発生確率 (P_i) が低減され、結果として社会的信用の損失量が低減されるのである。現状のリスク評価と代替案でのリスク評価を比較することで有用な情報を得ることができ、対策案を立案することに役立てることができる。リスクを低減させる代替案の採用に際しては、その対策に要する費用すなわち投資効果も考慮して評価する必要があるが、提案する手法を用いてこれらを定量的に算定することも可能である。

6. まとめ

架空のトンネル工事プロジェクトをとりあげリスク評価を実施した。指標には、一般的な指標として用いられる損失金額や工程遅延日数に加えて、提案する社会的信用喪失を用いた。

本検討例は仮定した数値による試算であり得えられた結果に厳密な意味はないが、具体的に数値を導入したケーススタディを示すことにより、方法論とその適用方法を簡潔に示した。今後は具体的なリスク評価に適用してデータを蓄積し、実用に供するレベルへの改良を進める予定である。

7. 参考文献

- 1) 佐藤稔紀, 見掛信一郎, 田口洋輔, 亀村勝美, 下野正人: 超深地層における研究坑道建設プロジェクトのリスクマネジメント, 第5回構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム, 2003. 11
- 2) 田口洋輔, 亀村勝美, リスクを定量化する際の社会的信用喪失を評価する指標について, 土木学会第58回年次学術講演, 2003. 9 IV-386