

道路事業におけるリスクの連鎖性を考慮した定量分析

関西大学 ○森本 将吉^{*1}関西大学 北詰 恵一^{*2}

By Masayoshi MORIMOTO and Keiichi KITAZUME

現在の我が国の道路事業においては、リスクマネジメントが体系的に実施されているとは言い難い。しかし、道路整備事業を効率的かつ効果的に実施するためには、体系的なリスクマネジメントが必要であり、そのためには、リスクによる影響を定量化することが求められる。その際、あるリスクが発生することによって、その他のリスクの発生を誘発するような連鎖関係に十分注意する必要があるが、実データを基にしたこのような連鎖関係の影響を調査した研究はこれまで見当たらない。

そこで本研究では、全国の国道事務所から得た実データを用いて、リスクの連鎖性を考慮した上での定量分析を行った。その結果、連鎖性を考慮することの効果と、単独でマネジメントを実施するよりも複数のリスクに対して同時に行うほうが効果的であるリスクが存在することを確認した。さらに、重点的にマネジメントすべきであるリスクを提案した。

【キーワード】リスク定量化分析、連鎖性、リスクマネジメント

1. はじめに

道路は、一般に建設事業期間が長期にわたり、供用後も半永久的に利用され、維持管理・更新され続ける。また道路事業は、ライフサイクルを通じて、さまざまな社会環境変化や自然環境による影響を受け、多くのリスクに直面する。このため、リスクの明確な認識、影響の軽減、回避策等の実行など、適切なリスクマネジメントを実施することが求められる。より精緻なリスクマネジメントを行うためにはリスクを定量化することが不可欠であるが、日本の道路事業において詳細なリスクデータの収集や体系的なリスクマネジメントは行われているとは言い難い。

既存研究においては、アンケートによって収集した実データをもとに、因果関係を考慮した道路事業リスク定量化分析を試みたものがあるが¹⁾、連鎖性を捉えた定量分析を行うには至っていない。そこで本研究では、より現実的な道路事業フローの設定に基づくリスク間の連鎖性に注目し、より信頼性の高い定量分析を試みた。

2. 日本の道路事業におけるリスクの実態

(1) アンケート調査概要

アンケート調査は土木学会建設マネジメント委員会PFI研究小委員会により平成15、16年度に実施されたものである^{1),2)}。この調査は、道路事業における種々のリスク関連評価について、その種類や影響を調べるため、事業実施前後における事業期間、事業費の変動、あるいはその変動の原因となったイベント等に関する調査であり、一般国道事業に起こり得るリスクの実態を調査することを目的としている。道路事業を、Ⅰ-「測量・設計」、Ⅱ-「設計協議」、Ⅲ-「用地買収」、Ⅳ-「工事」の4段階とⅤ-「管理中」に分け、各事務所が実施している最近の事業の中から、対応に苦慮した工区、つまり何らかのリスクが発生した工区を複数選定して、回答してもらった。

(2) リスクの発生メカニズム

リスクが発生するメカニズムには様々なものが考えられる。リスク発生の潜在的要因が複数である場合、あるリスクの発生が他のリスクの発生要因と

*1 工学研究科ソーシャルデザイン専攻 06-6368-1111 (内線 5906)

*2 工学部都市環境工学科 06-6380-0892

なる場合、リスクの組み合わせによって影響が大きくなる、または小さくなるなど複雑に関連している。

リスクは要因・イベント・影響の3要素で構成されるとした²⁾。道路事業に起こりうるリスクの「要因」としては、多数の地権者の存在、事業への反対、地下埋設物の発見等が考えられる。これらの「要因」は、「イベント」をある確率で引き起こし、顕在化する。その「イベント」としては用地取得難航、工事中止、設計変更等が考えられる。そして「イベント」発生により「影響」が顕在化する。「影響」として、供用遅延や費用超過を想定している。要因・イベント・影響の関連性を図-1に示す。

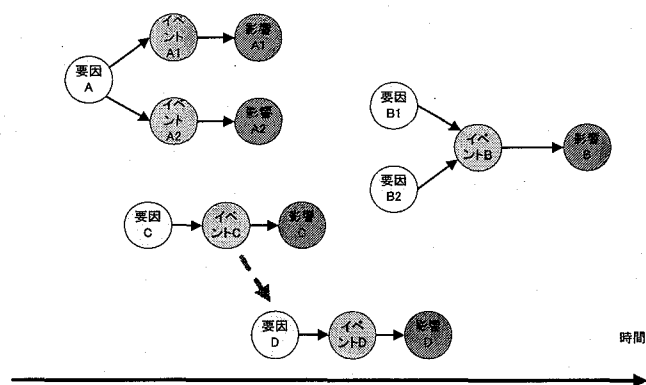


図-1 リスクの発生メカニズム

3. リスクの連鎖性の定義

道路事業においては、「あるリスクが発生することにより事業を取り巻く状況が変化し、その他のリスクが発生しやすくなる」という相互影響が存在する。そこで、本研究ではこのようなリスク間の相互影響を同一段階に発生するリスクが相互に影響を及ぼす場合はリスクの同時性、前段階で発生したリスクがその後の段階で発生するリスクに影響を及ぼす場合は連鎖性と定義し、このリスク要因について分析する。

アンケート調査では、ある事業段階の要因が、その他の要因に影響を及ぼしたかを聞いており、そこからリスクの連鎖性の一部を以下の図-2に流れ図として整理した。流れ図内の数字は影響を及ぼしていると回答した要因数を表す。しかしながら、全要因に比べて、影響を及ぼしているとされた要因数は非常に少なくなっている。この理由の1つとして、事業担当者が要因間の影響に関して、事業段階を超えて認識することが困難であるということが考えら

れる。その少ない回答数の中で特に記入件数が多いのは、測量・設計段階の「ルート変更による作業のやり直しリスク」が設計協議段階の「関係機関との調整リスク」に影響を及ぼすパターンや、測量・設計段階の「構造変更による作業のやり直しリスク」が設計協議段階の「ルート・構造に関する地元協議リスク」に影響を及ぼすパターン等である。

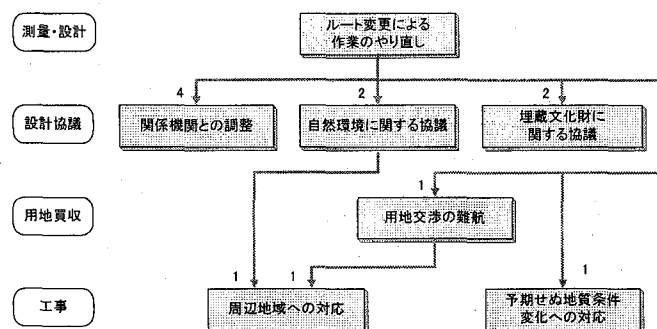


図-2 リスクの連鎖性モデル

4. リスク定量化分析

(1) 定量化分析の概要

ここでは、一般国道事業のリスクデータを用いてリスクの影響を定量化することを目的とする。各イベントを工程計画に沿って設定し、モンテカルロシミュレーションによりリスクの影響を分析する。本研究ではcrystal ballというスプレッドシートモデル上で作成するコンピュータソフトを用いてモンテカルロシミュレーションを行う³⁾。

プロジェクトリスク分析はコスト・リスク分析とスケジュール・リスク分析から構成される。前者はリスクがプロジェクトの費用に及ぼす影響を分析するもので、後者はリスクがプロジェクトの期間、つまり予定完了時刻に及ぼす影響を分析するものである。本研究においても事業期間への影響と事業費への影響を分けて分析する。

社会資本整備の供用遅延は国民への便益提供の遅れとなるため、期間への影響を分析する際には遅延の影響を費用へ換算することが重要となる。

(2) 事業期間への影響

計画事業期間を15年と設定し、各段階に実データから推計したリスクの影響分布を当てはめてシミュレーションを行い、連鎖性が存在するとした場合と存在しないとした場合で、それらの影響を比較した。さらに、各リスクに対して、仮にその発生確率を半

分に下げるようなマネジメントを実施したとしてその削減効果を比較した。ここではⅠ-1「ルート変更による作業のやり直しリスク」、Ⅲ-1「用地交渉の難航リスク」についてその結果を表-1に示す。

表-1 マネジメント効果（事業期間）

Ⅰ-1 ルート変更による作業のやり直しリスク(発生確率10.4%)				
マネジメント		実施せず	実施する	短縮期間
平均事業期間	連鎖あり	20.37年	20.26年	1.32ヶ月
	連鎖なし	20.28年	20.18年	1.20ヶ月
Ⅲ-1 用地交渉の難航リスク(発生確率59.3%)				
マネジメント		実施せず	実施する	短縮期間
平均事業期間	連鎖あり	20.37年	19.00年	16.44ヶ月
	連鎖なし	20.28年	19.10年	14.16ヶ月

結果からⅠ-1のリスクについて見ると、連鎖性を考慮してマネジメントを実施すれば、全体が20年あまりの事業期間に対して平均1.32ヶ月の事業短縮となり、連鎖性を考慮しない場合の1.20ヶ月よりもその効果が大きくなることがわかる。Ⅲ-1のリスクについては、連鎖性を考慮することで16.44ヶ月の短縮となり、連鎖性を考慮しない場合と比較して、さらにマネジメント効果が大きくなった。

また、連鎖の上位にあるリスクに対してマネジメントをすることで、下位にあるリスクの発生確率や影響を抑制することが可能となる。ただし、「用地交渉の難航リスク」は「ルート変更による作業のやり直しリスク」に比べて下位にあるが、その発生確率や規模が非常に大きいため、その連鎖関係に因らずマネジメントの効果は大きいという結果になった。

(3) 事業費への影響

事業費については計画からの超過率としてその影響に関してシミュレーションを行う。そこで、事業期間の場合と同様、連鎖性が存在するとした場合と存在しないとした場合で、リスクの影響を比較し、さらに各リスクに対して、仮にその発生確率を半分に下げるようなマネジメントを実施したとしてその削減効果を比較した。ここでもⅠ-1、Ⅲ-1のリスクについて実施した結果を表-2に示す。

表-2 マネジメント効果（事業費）

Ⅰ-1 ルート変更による作業のやり直しリスク(発生確率10.4%)				
マネジメント		実施せず	実施する	削減効果
平均事業費超過率	連鎖あり	9.86%	9.01%	0.85ポイント
	連鎖なし	9.65%	8.84%	0.81ポイント
Ⅲ-1 用地交渉の難航リスク(発生確率59.3%)				
マネジメント		実施せず	実施する	削減効果
平均事業費超過率	連鎖あり	9.86%	8.46%	1.30ポイント
	連鎖なし	9.65%	8.21%	1.44ポイント

結果からⅠ-1のリスクについて見ると、事業期間と同様に連鎖性を考慮してマネジメントを実施すれば、平均的に事業費超過率が0.85ポイントの削減となり、連鎖性を考慮しない場合よりもその効果が大きくなることがわかる。またⅢ-1のリスクについては、連鎖性を考慮しなければ超過率は1.44ポイントの削減であるが、考慮することで1.30ポイントの削減となってしまう。これは、「用地交渉の難航リスク」は、マネジメントの影響が事業費に関しては減少側より超過側に働きやすいという種類のリスクであるからと考えられる。このように連鎖性を考慮することが、削減効果を下げるとしても、正確なマネジメント効果を把握するためには必要である。

次に、マネジメントの組み合わせ方による効果の違いを表-3に示す。

表-3 マネジメントの組み合わせ（事業費）

	マネジメント実施			
	単独実施		複数実施	
発生確率	Ⅰ-1 5.2%	Ⅰ-2 16.25%	Ⅰ-1 5.2%	Ⅰ-1 10.4%
			Ⅰ-2 16.25%	Ⅰ-2 32.5%
事業費超過率(%)	9.01	10.07	8.90	9.86

Ⅰ-1のリスクに対してのみマネジメントを行った場合、全体事業費の超過率はマネジメントをしなかった場合の9.86%と比較して、0.85ポイントの減少が期待でき、マネジメント効果も大きい。一方、Ⅰ-2「構造変更による作業のやり直しリスク」にのみ行った場合は逆に0.21ポイントの上昇となった。これは、Ⅰ-2のリスクは本来、発生することにより事業費を削減させる影響が強い種類のリスクだからである。「構造変更による作業のやり直しリスク」にはコスト削減目的によるものが多数含まれており、コストを削減するために構造を変更するのであるから、リスクの影響としては当然事業費が削減される方向に働く。しかし、この種のリスクは期間を超過させる影響もあるため、総合的な判断が必要である。

また、両方同時期にマネジメントを行えば平均的に8.90%の超過となる結果が得られたが、これは単純に2つの効果を足し合わせただけではない。つまり、Ⅰ-2のリスクは、マネジメント次第では更なる事業費の超過を招いてしまう可能性を秘めているが、Ⅰ-1と同時にマネジメントすれば、Ⅰ-1の効果だけではない更に大きな全体事業費を減少させる効果がある種類のリスクであるということがいえる。

5. 分析から得られるリスクマネジメントのあり方

本稿においては、実データを用いてリスクの連鎖性を考慮した場合の事業期間への影響と事業費への影響を定量的に分析した。

連鎖性があることで、「ルート変更による作業のやり直しリスク」や「構造変更による作業のやり直しリスク」といった、連鎖の上位のリスクに対して早期にマネジメントしておくことで、後続のリスクの発生確率、もしくは影響を抑えることが可能となる。マネジメントを実施した場合に、「ルート変更による作業のやり直しリスク」のように連鎖性を考慮することで期間や費用への削減効果が大きくなるものや、「用地交渉の難航リスク」のように期間への影響では大きくなるのに、費用に関しては小さくなるリスクが存在するが、リスクの影響をより正確に把握するためには、リスクの連鎖性を考慮する必要があることがわかる。

また、「ルート変更による作業のやり直しリスク」と「構造変更による作業のやり直しリスク」はそれぞれ単独でマネジメントを実施するより、同時に実施するほうが得られる効果は大きくなる。このことで、より効率的なマネジメントが可能となる。

さらに、「用地交渉難航リスク」等の連鎖の下位にあるリスクであっても、発生確率や影響が大きければ優先的にマネジメントすべきである。つまり、リスクの発生確率やその影響が大ききリスクを重点的にマネジメントすべきである。

これらのことは、現在においても各道路事務所の現場において、少なからず認識されていることではあるが、定量的に計測されて体系的に行われているわけではない。また、事業期間の超過と事業費の削減が起こる場合などの総合的な判断が求められるときに対して必要な判断材料が提供されているわけではない。本研究は、実データの蓄積とそれに基づく分析によって、より客観的な材料を提供することが可能となることを確認したという意味で、重要な意義を持っていると考えている。

なお、本研究は、国土交通省道路局から受託し、土木学会建設マネジメント委員会PFI研究小委員会において実施した「道路関係事業におけるPFI導入に向けたリスクマネジメント検討調査」の成果の一部である。ここに、記して厚く謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 土木学会建設マネジメント委員会 PFI 研究小委員会：道路事業におけるリスクマネジメント検討調査，2005.
- 2) 土木学会建設マネジメント委員会 PFI 研究小委員会：道路関係事業における PFI 導入に向けたリスクマネジメント検討調査，2006.
- 3) David Vose : Risk Analysis A Quantitative Guide, John Wiley & sons, Ltd, 2000. [長谷川専・堤盛人訳：入門リスク分析－基礎から実践，勁草書房，2003.]

A Quantitative Analysis of Co-related Risks in Road Projects

By Masayoshi MORIMOTO, Keiichi KITAZUME

Many risks are expected in a road project throughout its life cycle. However, they are not systematically managed in Japan. Quantification of impacts of risks is required for efficient and effective risk management. The present paper conducts questionnaire surveys to nationwide offices of the Japan Ministry of Land, Infrastructure and Transport which are developing and maintaining most of all national roads and analyses impacts of risks with data collected. The analyses quantitatively conclude; (1) co-relations among risks should be considered to estimate impacts of risks more accurately, (2) simultaneous risk managements which have relations each others are effective and (3) risks which occur with high probability or affect large impact should be selectively managed.