

管路の長寿命化計画における優先度判定と活用方法

日本水工設計㈱ 名古屋支社 古川 富章

1. 長寿命化計画優先度判定におけるリスク評価「金額単位」の活用

管路の長寿命化計画においては、膨大なストックの中から、道路陥没発生による経済的、社会的、管路の機能的な被害等に応じた計画的な優先度判定が重要である。この優先度判定が適切でない場合は、効果的に管路施設の延命化を図ることが出来ない。

具体的には、**現場の実態に応じたリスク評価手法を導入**することで、意思決定過程を明確にした合理的な優先度判定が可能となる。リスク評価は、**不具合リスク評価値(式 1)**で判断する。

$$\text{不具合リスク評価値} = \text{不具合の発生確率} \times \text{不具合による被害規模} \cdots \text{式 1}$$

この不具合リスク評価値には、「**点数単位**」と「**金額単位**」の 2 種類がある。現在の長寿命化マニュアルや既往の長寿命化計画のほとんどが「**点数単位**」である。これは、式 1 の「**不具合による被害規模**」を金額で算出することが難しいためである。

今回、平成 22 年度に取りまとめた南足柄市の長寿命化計画優先度判定を例に「**金額単位**」の有効性と改築修繕及び維持管理計画への活用方法を述べる。

ここで、リスク評価「**金額単位**」による優先度判定フローを図 1 に示す。

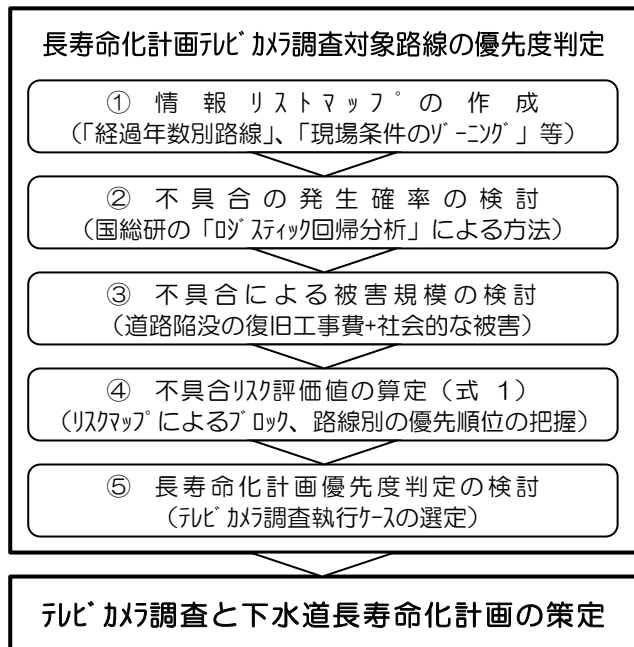


図 1. リスク評価「金額単位」による優先度判定フロー

2. ① 情報リストマップの作成

情報リストマップには、「経過年数 20 年以上の路線」の抽出や「**現場条件のゾーニング**」

による区分等を示した。特に、「**現場条件のゾーニング**」は、**地下埋設物、車両交通、生活環境等の社会的な被害**(図 1 の③参照)を算出するために重要となる。

例えば、「**既成住宅地や民間開発団地等**」、「**丘陵地や平野部等**」から、現場条件のゾーニングを行う。これは、下水性状や施工不良箇所等の可能性、地形及び地質、地下水位等による埋設及び沿道条件等により、**道路陥没発生による被害が異なる**ためである。

本業務では、現場踏査及び資料収集等から、「**a 県道 74 号(線的ブロック)**」、「**b 既成住居区域(面的ブロック)**」、「**c グリーンヒル開発区域(面的ブロック)**」の 3 ブロックに分類した。

3. ② 不具合の発生確率の検討

国総研では、12 自治体から収集した合計約 29,000 スパンの調査診断データから、「ロジスティック回帰分析による不具合の発生確率」を求めている¹⁾。これは、多くの実績データに基づくものであるため、推定式を構築していない自治体でのデフォルト値として利用可能としている。

本業務では、路線ごとに不具合の発生確率を求めた。その結果、不具合の発生確率「約 80~90%」の路線が約 2 割、「約 60~70%」の路線が約 7 割、「約 10%」の路線が約 1 割であった。やはり、埋設経過年数 30 年以上の路線の発生確率が高く、経過年数が短くなるにしたがって、発生確率が小さくなっていった。留意すべきは、埋設経過年数の違いよりも、経過年数が新しくなると塩ビ管の整備が多くなり、発生確率が下がっている点である。

また、国総研の発生確率はスパン単位となっているが、下記の理由から路線単位が適当と判断した。

- ① 元ビ かけ調査の実施は、スパン単位の虫食い調査では効率性が悪いこと。
- ② 既往工事の発注区間は、路線単位が多く、概ね管路埋設条件が同一であること。

4. ③ 不具合による被害規模の検討

4-1. 不具合による被害規模と検討手順

不具合による被害規模は、下記に示す道路陥没発生による「不具合による被害 5 項目」を金額単位で推定する。

- | | |
|----------------------|----------------------|
| A) 復旧工事 | D) 生活環境への被害 |
| B) 近接構造物及び地下埋設物等への被害 | E) 災害時における緊急避難路等への被害 |
| C) 車両交通への被害 | |

上記の内、A) は「金額単位」で算出することが出来る。しかし、B) の場合、その被害程度や二次災害への波及等、その範囲が広いこと、C) ~E) の場合、社会的な被害であることから「金額単位」にすることが難しい。

そこで、A) ~E) の重要度比を AHP 法で求め、これに復旧工事費を乗じることにより、不具合による金額を算出する。ただし、これは対象となる路線の現場条件や AHP 評価者によって、評価基準が異なる問題がある。そのため、評価基準の統一化と AHP 評価者の総合評価を得るため、下記の手順で不具合による被害規模を検討した。

- 手順1. 現場条件に対する不具合による被害項目の設定
- 手順2. 不具合による被害の重要度評価 (AHP 法)
- 手順3. 不具合による被害の重要度評価傾向の把握
- 手順4. 不具合による被害の被害金額の推定

次に、各手順の検討内容を詳述する。

4-2. (手順 1) 現場条件に対する不具合による被害項目の設定

「a 県道 74 号」、「b 既成住居区域」、「c グリーンヒル開発区域」に対し、**現場条件（車両交通量、生活環境、地下埋設物、緊急避難路）の特徴を整理**した。

その結果、3 ブロックとも地下埋設物が少ないこと等から、被害は小さいと判断した。したがって、重要度評価は地下埋設物等を除いた不具合による被害 4 項目（復旧工事費、車両交通、生活環境、緊急避難路）で行った。

4-3. (手順 2) 不具合による被害の重要度評価 (AHP 法)

不具合による被害 4 項目（復旧工事、車両交通、生活環境、緊急避難路）に対する重要度評価 (AHP 法) を行う。評価者は、道路陥没発生により影響を受ける関係者 4 グループ「発注者」、「設計業者」、「道路管理者」、「復旧工事業者」とした。

不具合による被害の重要度評価は、当該 AHP 作成者 (当社) が関係者 4 グループの重要度評価 (グループ間評価) を行ったものと、関係者 4 グループがそれぞれ行う不具合による被害 4 項目の重要度評価 (グループ内評価) を行ったものとを合わせた総合評価とした。

評価値 1. AHP 作成者によるグループ間評価 (AHP 作成者⇒関係者 4 グループの一对比較)
評価値 2. 各関係者のグループ内評価 (関係者 4 グループ⇒不具合による被害 4 項目の一对比較)

こうして得た評価値 1 及び 2 の一对比較を統合して、不具合による被害 4 項目の重要度総合評価を求めた。表 1 に、「a 県道 74 号」の総合評価算出例を示す。

表 1. 不具合による被害 4 項目に対する重要度総合評価一覧 (例: 県道 74 号)

重要度		発注者	設計業者	道路管理者	復旧工事業者	総合評価	順位
評価基準 (評価値 1)		0.500	0.166	0.167	0.167	1.000	
評価対象 (評価値 2)	復旧工事	0.066	0.659	0.722	0.592	0.362	1
	車両交通	0.500	0.206	0.053	0.053	0.302	2
	生活環境	0.288	0.079	0.113	0.053	0.185	3
	緊急避難路	0.147	0.056	0.113	0.301	0.152	4

※. 総合評価 = Σ (評価基準の重要度 × 評価対象の重要度)

4-4. (手順 3) 不具合による被害の重要度評価傾向の把握

各関係者の不具合による被害 4 項目の重要度評価傾向を掴むため、関係者全員の重要度評価から、重要度評価グラフを作成した。表 1 を基に、「a 県道 74 号」の評価グラフを図 2 に示す。図より、下記のことが分かった。

- ① 発注者は、車両交通、生活環境に対する重要度が高いと判断していること。
- ② 発注者を除く関係者は、復旧作業の重要度が特に高いと判断していること。
- ③ 緊急避難路の重要度は相対的に低いこと。

以上から、不具合による被害は、発注者を重要と考えた場合は、車両交通、生活環境の 2 項目を考慮し、関係者全員を考えた場合は、復旧工事費を考慮すれば良いことになる。

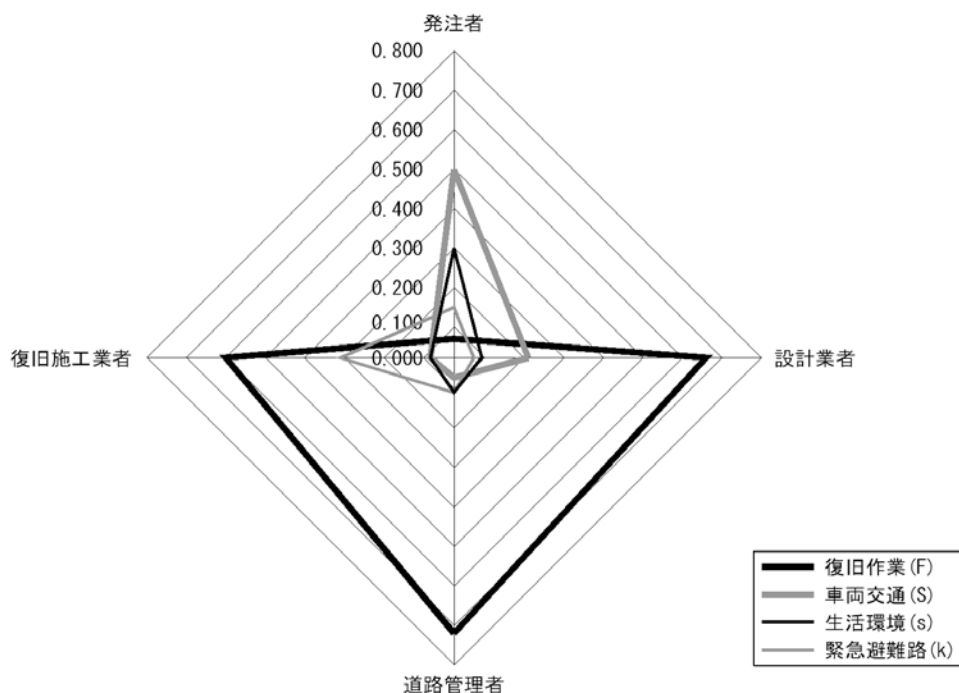


図 2. 関係者全員の重要度評価グラフ

4-5. (手順 4) 不具合による被害の被害金額の推定

不具合による被害 4 項目に対する重要度総合評価 (表 1 参照) より、復旧工事に対する重要度比 (「復旧工事 F」、「車両交通 S」、「生活環境 s」、「緊急避難路 K」) を設定する (表 2 参照)。この重要度比から、不具合による被害 4 項目の被害金額 (式 2) を算出する。

$$\text{復旧工事費} \times (F + S + s + K) = \text{不具合による被害 4 項目の被害金額 (円)} \cdots \text{式 2}$$

その結果、「a 県道 74 号線」の被害金額は、「約 200 万円以下」、「約 300~700 万円」、「約 800 万円以上」の 3 つにまとめることが出来た。これは、今回、復旧工事費の重要度が車両交通や生活環境等と比べて高いため、狭い範囲で収束したと推定される。このように、被害金額をまとめることでブロック別及び路線別の優先度判定が容易になる。

表 2. 復旧工事に対する重要度比 (例: 県道 74 号)

ブロック名	復旧工事 (F)	車両交通 (S)	生活環境 (s)	緊急避難路 (K)
a 県道 74 号	100% (0.362/0.362)	80% (0.302/0.362)	50% (0.185/0.362)	40% (0.152/0.362)

5. ④ 不具合リスク評価値の算定

不具合リスク評価値の算定例を表 3 に示す。この不具合リスク評価値は、被害金額と同様に「約 20 万以下」、「約 50～100 万円以下」、「約 300 万円以上」の 3 つにまとめることが出来た。

表 3. 「金額」単位の「不具合リスク評価値」算定例

路線 番号	10 年単位 埋設経過年数 (年)	管種	管 径 (mm)	平均 土被り (m)	不具合の 発生確率 (%)	不具合による 被害規模 (万円)	不具合 リスク評価値 (万円)
502	20	HP	800 以上	5.5	60	1,130	680
511	〃	〃	350 以下	2.0	60	270	160
519	〃	〃	350 以下	2.0	60	270	160

これを基にリスクマップを作成し、下記のことが分かった。

- ① 「a 県道 74 号線」は、大半がリスク金額「約 300 万円以上」であること。
- ② 「b 既成住居区域」は、約 60%がリスク金額「約 50～100 万円以下」であること。
- ③ 「c グリーンヒル開発区域」は、約 80%がリスク金額「約 50～100 万円以下」であること。

以上から、まず、次のブロック別優先順位を設定した。

優先順位 1. 「a 県道 74 号」⇒優先順位 2. 「c グリーンヒル開発区域」⇒優先順位 3. 「b 既成住居区域」

6. ⑤ 長寿命化計画優先度判定の検討

長寿命化計画優先度判定は、リスク傾向より下記の 4 つのテレビカメラ調査執行ケースを設定した。

Case1. 全路線 (約 40 km)

Case3. 不具合リスク評価値 300 万円以上の路線 (約 10 km)

Case2. 全路線-既往のテレビカメラ調査実施路線 (約 30 km)

Case4. 300 万以上-既往のテレビカメラ調査実施路線 (約 7 km)

本業務においては、他都市の長寿命化計画のテレビカメラ調査延長が約 5～7 km の実績が多いこと、健全度判定に基づく改築修繕等の事業量予測の妥当性が検証されていないこと等から、発注者と協議の上、Case4 を採用した。

今後は、この調査結果を鑑み、改築修繕等の事業量予測を行った上、改築シフト等から、テレビカメラ調査路線を選定する。しかし、実際には道路陥没や維持管理上の問題が顕在化しているブロックがある場合は、そのブロックを優先出来る。この場合、実態に合わせて、不具合の発生確率を補正すれば良い。

例えば、「c グリーンヒル開発区域」がそれに該当する。この区域は、民間開発区域で数年前に市に移管となった。やはり、民間開発のため、施工不良箇所もあり、木根の侵入や継手離脱による道路陥没も発生していた。ただ、その都度、補修しており、最近では顕著な問題は発生していない。そのため、不具合の発生確率の補正は不要と判断した。

7. 優先度判定結果の「下水道長寿命化計画の策定」への活用

本業務における優先度判定は、「下水道長寿命化計画の策定 (図 1 参照)」に活用出来る。

南足柄市の既往のテレビカメラ調査結果では、管径φ250～300mm (HP 管、塩ビ管、陶管等)、約 4 km の中で、支障箇所数 239 箇所、その内、緊急対応必要箇所数 102 箇所であった。そのため、テレビカメラ調査結果からは、膨大な修繕箇所数となることが予想される。

長寿命化対策は、1 区単位での更生工法が位置付けられるが、**1 区未満の修繕及び維持管理計画の立案も重要**となる。本業務の優先度判定は、ブロック別と路線別に設定しているが、今後の改築修繕及び維持管理計画は、**現場の実情に合った (例えば、道路占用位置や地下埋設物等との関係を考慮する等) 計画の立案が重要**になる。これをより合理的に行うため、不具合による被害 4 項目の重要度評価傾向を活用する。

「a 県道 74 号」を例に考えてみる。図 2 の重要度評価グラフ等から、発注者は、復旧工事と比べて、社会的な被害 (車両交通や生活環境等) が重要と考えている。その他の関係者は、社会的な被害よりも復旧工事が重要と考えている。こうした傾向に対し、発注者及び関係者と数回、協議調整を行い、重要度ランクを設定する。

復旧工事を重要と考えた場合は、土被りのみに着目すれば良い。逆に、車両交通や生活環境を重要と考えた場合は、車道内や住宅に近接した管渠のみに着目すれば良い。すなわち、歩道内で、かつ近接した住宅がない管渠は優先度が低い。したがって、**改築修繕及び維持管理計画は、区単位で現場の管渠条件を十分に整理した上で、重要度評価等から、より合理的に計画を立案することが重要**となる。

8. リスク評価「金額単位」の導入効果と今後の課題

リスク評価「金額単位」の導入効果を確認するため、の不具合リスク評価値を「点数単位」で算出した。国総研では、「点数単位」の不具合リスク評価値の算定例を示している²⁾。これは、「A. 不具合が生じる可能性の点数計算表」と「B. 不具合による事故等の甚大性の点数計算表」から不具合リスク評価値を求める方法である。

今回の不具合リスク評価値 50 万円の路線に対して、「点数単位」で算出したところ、約 10 点となった。この 10 点の路線は、第一期長寿命化範囲のテレビカメラ調査対象路線とすべきか、それとも第二期以降とすべきか価値判断が曖昧である。これに比べて、「金額単位」の場合、**複数の自治体の優先度判定実績が増えるに従って、評価基準が統一化される上、各自治体の実情を反映出来、さらに関係者との合理的なリスクコミュニケーションを図ることが出来る。**

また、今回、管路の長寿命化計画における優先度判定は、管路の污水輸送システムとしての重要度や避難所に直結する管路等、耐震対策上の重要度も考慮する必要があった。こうした管路の重要度を考慮するため、今後は、**ボトルネック指数 (復旧時間と重要度) 等を用いて、管路の機能的な重要度を不具合リスク評価値に反映させていきたい**と考える。 以上

1) 下水道管路施設に起因する道路陥没の被害予測調査 国土技術政策総合研究所 下水道研究室 榊原ら

2) 管きよのストックマネジメント方法に関する提案 国土技術政策総合研究所 松宮ら