

関西大学大学院理工学研究科 学生員○大久保一樹 豊能町役場 正会員 坂田朗夫
(株)荒谷建設コンサルタント 正会員 川本 篤志 香川大学工学部 正会員 白木 渡
関西大学環境都市工学部 正会員 堂垣 正博

1. まえがき

災害が多発するわが国では、社会基盤施設の戦略的な維持管理や減災対策などが極めて重要である。防災・減災に社会基盤施設の維持管理が深く関わっているにも拘らず、災害への予防対策と維持管理との関係が密接に関連づけられているようには思えない。このような状況の解決のために、①平常時からの戦略的な維持管理、②災害の発生直後から復旧・復興の期間における国民への公共サービスの確保、などを十分に検討しておくことが重要である。

本研究では、道路の機能を災害時に確保するという視点から、①災害の発生直後に欠かせない緊急時から応急・復旧時までの迅速かつ的確な時系列の対処法と②それが可能となる維持管理の優先順位付けの方法について検討する。

2. 災害時に道路の機能を確保するために必要な事項

災害時に道路に求められる機能は時々刻々と変化し、その交通需要に沿って事後の対応が求められる。それには、個々の構造物が保有する性能を構造の種別に関わらず把握する必要がある。ここでは、構造要素の現有性能を国土交通省・国土技術政策総合研究所(国総研)が提案する方法¹⁾に準拠して評価する。すなわち、構造要素の現有性能を「劣化度や損傷度などを指標にした健全度」で算出する。

文献 1)を参照し、構造要素の現有性能を評価するが、それに必要な性能指標 PI は

$$PI = 100 - DP \tag{1}$$

である。ここに、 DP は損傷度の評価点である。ただし、構造系の場合には、その系を構成する構造要素の性能指標のうち、最小評価の値を代表値とする。最終的には、算出された PI から表 1 の基準に則ってその現有性能を定める。

つぎに、災害時に備えた維持管理戦略を現有性能に基づいて立てるため、個々の構造要素に対し、その要素の重要度を表すマトリクスを導入する。これは、上述の「現有性能」に加えて「修復容易度」「ネットワークへの影響の余裕度」からなり、表 2 のように A～C のランクが付けられる。ちなみに、「修復容易度」は構造物の現有性能をも

とに、過去の災害事例から定められた復旧所要時間を参考に、ランク付けされる。なお、橋脚と床版の損傷では、それらの損傷が同程度でも部位が違うことから地震時の損傷形式や復旧所要時間は異なる。このような事項が評価に取り入れられれば、想定した損傷状態が反映できる。

3. 災害時を意識した構造物群の維持管理の優先順位付け

2. の内容のもとに、構造物群を適切に維持管理するための優先順位付けの方法について考える。

図 1 に示す道路網を対象に、平常時の戦略的な維持管理のための順位付けを検討する。図中、個々の構造要素に付けられた性能を表す 3 個のアルファベットは、左から順にそれぞれ「現有性能」「修復容易度」「ネットワークへの影響の余裕度」のランクを示している。なお、道路網はさまざまな構造要素で構成されているが、ここでは説明の簡単化のため、橋梁と土工のみを取り上げた。以下、国総研の成果¹⁾を参考に、本法について述べる。

まず、災害時特有の交通需要をあらゆる視点から検討

表 1 損傷区分¹⁾

点 数	定 義
60～100(A)	補修等の必要性のない程度の健全状態
30～59(B)	早期に補修する必要性が高いと考えられる状態
0～29(C)	所要の性能を満足していない可能性が高い状態

表 2 マトリクスの区分

区 分	定 義
修復容易度	A 崩壊しても、3日目ごろまで（フェーズ0～フェーズ1：警戒宣言発令時～初動対応・状況把握時）の間に修復可能である
	B 崩壊すると、修復するまで1～2週間程度（フェーズ2：緊急・応急対応時）の期間を要する
	C 一度崩壊すると、修復するのに長期間（フェーズ3：復旧・復興時）を要する
ネットワークの余裕度への影響	A 通行不能になっても、ネットワークが寸断される可能性が低い
	B 通行不能になると、近隣市町村とのネットワークが寸断される危険性が高く、復旧活動に支障をきたす
	C 通行不能になると、広域ネットワークが寸断される危険性が高く、復旧活動に大きな支障をきたす

する。その需要を満たすために必要な経路の出発地から到着地までの最短ルートをシミュレーションによって求める。その結果、交通需要から抽出した経路の中に重複するリンクがいくつか現れる。それらの中で最多重複リンクに存在する構造物から補修・補強を優先的に実行するとする。

上述の考えを図1の地域に適用し、その地域の災害時の状況を想定して、つぎの条件下で最短経路をシミュレーション²⁾によって探索する。すなわち、

- ① “被災地”を市役所（Node 9）周辺の道路網，“非被災地”を他の地方自治体W～Zとする。
- ② 人口密度が高いNode 21-17-12-8-7-3とNode 18-19-20-23-27のルート沿いで負傷者が続出することを想定する。それらのルートに沿って負傷者が搬送される。
- ③ 木造住宅が密集しているNode 10-6間とNode 10-11間のルート沿いで火災が多発することを想定する。そのルートに沿って消火活動が行われる。

以上の条件下で災害時に重要なルートを抽出したところ、表3を得た。これを分析すれば、災害に備えた日頃の維持管理の優先順位付けがなされる。例として、つぎのようなことを考える。Node 10-11間のルートにはNo.14とNo.15の2橋が架かっている。そのうち、No.15の橋梁は現有性能のランクがB、すなわち、“要補修”と評価されている。他のルートにもランクBの橋梁が存在するが、災害時の交通需要を重要視すれば、No.15の橋梁を優先的に補修・補強しておく必要がある。ちなみに、No.8の橋梁を含むNode 21-25間のルートは片側一車線の道路で、Node 10-11間のルートに比べて小規模である。したがって、災害時の緊急・応急対応の重要性を考えれば、No.8の橋梁よりも、No.15の橋梁の優先的な補修・補強が望まれる。

上述では、優先して補修・補強する構造物について検討した。つぎに、先に選択されたNo.15の橋梁を対象に、「何時までに」「どの程度」修復させる必要があるかを検討する。Node 10-11間のルートは「消防活動」や「防災拠点間の連絡」のために利用される。これらの活動は地震発生当日から発生する。そのため、No.15の橋梁は、損傷しても当日中に仮復旧が終えられ、機能が確保できるように日頃から維持管理しておく必要がある。避難所へ救援物資が輸送されるルートの道路であれば、その活動は地震発生後2日目以降から集中する。それゆえ、それまでは人員を他の重要なルートの復旧に従事させることが可能になる。

以上のような事項をすでに計画済みの事業に組入れることによって、非常時の機能的な行動計画が作成できる。

4. あとがき

得られた成果をまとめれば、つぎのようである。

- (1) さまざまな社会基盤施設の現有性能をそれらの種類に関わらず同一の水準で評価することを基本に、構造要素の重要度マトリクスを作成した。
- (2) 災害時を想定した構造物群の維持管理を念頭に、その優先順位付けの方法を検討した。その結果、災害時の交通需要を満たす経路をシミュレーションによって抽出し、それらの経路に属する構造要素の維持管理の優先度が高いことに言及した。

参考文献

1) 国土技術政策総合研究所：大規模災害時の交通ネットワーク機能の維持と産業界の事業継続計画との連携に関する研究，国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告，2012.2.

2) 五十嵐健夫：新・情報/通信システム工学=TKC-3，データ構造とアルゴリズム，pp.67-68，サイエンス社，2007.10.

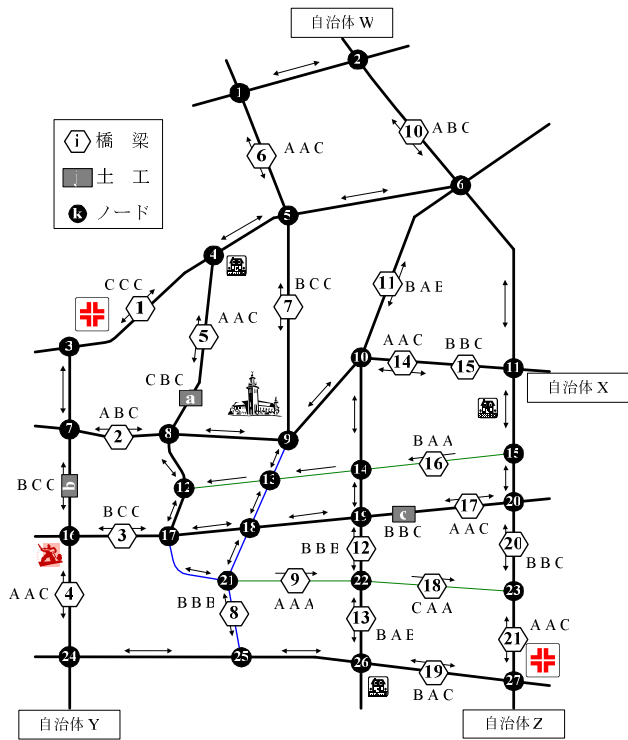


図1 道路ネットワーク

表3 災害時に重要な経路と構造物

経路	重複数	構造物	各ランク	復旧所要時間(日)	優先度
16-17	3	橋梁 3	B C C	12	1
10-11		橋梁 14	A A C	6	2
		橋梁 15	B A C		
21-25		橋梁 8	B B B	6	3