

既設道路橋の耐震補強優先度評価手法と 優先度評価支援システムの構築に関する検討

*Study on the establishment of prioritizing logics and development of a supporting system
for prioritization of the existing highway bridges in terms of urgency of improving their seismic safety*

北海道開発土木研究所 正会員 池田憲二 (Kenji Ikeda)
北海道学園大学教授 正会員 杉本博之 (Hiroyuki Sugimoto)
北海道開発土木研究所 正会員 國松博一 (Hirokazu Kunimatsu)
○大日本コンサルタント (株) 正会員 川神雅秀 (Masahide Kawakami)
大日本コンサルタント (株) 正会員 吉澤 努 (Tsutomu Yosizawa)

1. はじめに

我が国の既設道路橋の耐震補強工事は、平成7年兵庫県南部地震以降に開始された平成7年から3ヵ年の震災対策緊急橋梁補強事業及び平成10年からの新道路整備5ヵ年計画において、昭和55年版道路橋示方書より古い耐震設計基準を適用したRC単柱橋脚や、緊急輸送道路に架かる橋梁の耐震補強を優先するものとされた。

しかし、平成15年9月26日に発生したM8級の十勝沖地震等、大規模地震の切迫性が指摘される中で、今なお、特に地方部の橋梁等については未着手の状況にあり、今後これらの橋梁に対する耐震補強工事を限られた予算枠の中で如何にして優先順位を設定し、効果的で効率的に事業推進するか大きな課題といえる。

また、大規模地震に対する防災上の安全性能水準をどの程度とするか、地震の発生確率や地震強度を念頭に置いたうえで、費用対効果について納税者である地域住民に説明し合意を求めることも重要であり、このためにも合理的・客観的な補強優先度評価についての手法整備に迫られている。

耐震補強優先度評価手法に関わる研究については、例えば、大谷等¹⁾、永松等²⁾、相馬等³⁾ 他の論文が参考となる。大谷等は、耐震補強優先度に関する指標を抽出し、階層的に整理された指標に対して階層分析法を用いてそれぞれの指標に対して重み付けを行い、補強優先度に対する各指数の影響度を求めている。

本報告では、北海道開発局が管理する約3200橋の既設道路橋を対象に実施した、耐震補強の優先度評価手法の検討と、耐震補強優先度を判定するための支援システムの構築概要について報告する。

2. 耐震補強優先度評価手法の検討

耐震補強の優先度評価は、評価すべき基本項目として、路線別重要度評価、地震の切迫性(地震発生危険度)、橋梁の耐震性能評価、橋梁別重要度評価を考えた。また、優先度の順位付けは評価項目別に評価指標を設定し、指

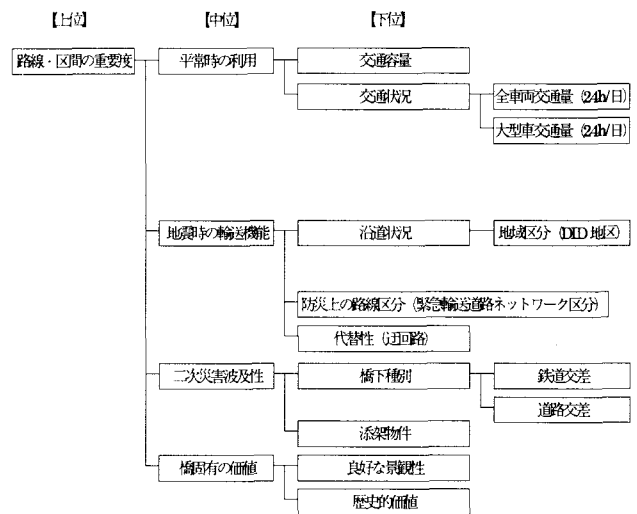


図-1 路線別重要度評価項目

標別の評点と評価項目別の重み係数を組合せた総合評価点により優先順位を設定する手法を採用した。なお、指標別の評点と評価項目別の重み係数は、新たに構築した評価支援システムを利用し数通り変化させて試算を行い、評価結果の傾向を把握することでキャリブレーションを行った。

(1) 路線別重要度評価

路線別重要度評価については、震後の地域生活に支障を与える機能低下をできるだけ抑制する観点での平常時の路線利用状況の評価(交通容量、交通状況)、地震後の避難路や救助・救急・医療・消火活動、被災地への緊急物資の輸送路の重要度を評価するための震後輸送機能評価(防災上の路線区分、沿道状況、道路の代替性)、二次災害の可能性評価(複断面、跨線橋や跨道橋など、橋梁が被害を受けたときそれが他の構造物・施設に影響を及ぼす度合い)等に注目して検討した(図-1参照)。

(2) 地震の切迫性(地震発生危険度)

道路橋示方書・同解説V耐震設計編⁴⁾(以下、道示と呼ぶ)による地域区分は、建設省の新耐震設計法(案)における地震動強度の地域区分に行政区分を勘案して多少の修正を施した地域区分を採用しており、本研究においても地震の切迫性を評価する判定として、この地域区分(地域区分A,地域区分B,地域区分C)を採用した。

(3) 橋の耐震性能評価

既設道路橋の耐震性能評価は、年代別耐震設計基準の適用状況(適用基準により、例えば、橋脚の段落し部や脚柱基部の曲げ耐力、せん断耐力の定性的な推定、落橋防止対策の有無等を判定)、下部構造の構造形式や橋脚形状(構造形式や橋脚形状から耐震性を定性的に推定)、地盤特性、適用材料等を評価項目として選定し、道路震災対策便覧(震前対策編)⁵⁾に記載された指標別の評点と評価項目別の重み係数を参考に評価を実施した。

(4) 橋梁別重要度評価

橋梁の重要度を評価する指標としては橋梁のユーザークスト(以下、UCと呼ぶ)を用いた。

UCは対象の社会基盤施設が、災害、事故、あるいは補強工事等により使用できなくなった場合に利用者が蒙る被害と定義される⁶⁾。橋梁のUCには、該当する橋梁が通行不能になり迂回路を通ることによる時間的損失のほか、迂回路通行が原因となる積荷の損傷、車両の痛み、交通事故、周辺地域の環境劣化等の社会的損失が含まれるが、本検討では時間的損失を求めてUCとした。

UCを算定する橋梁は、地域区分Aに位置する未補強の70橋を対象とした。また、地域区分Bに位置する橋梁についても順次計算を行っている。

(5) その他の評価

以上の評価項目に加え、事業効率性評価の観点から耐震補強工事や復旧工事の難易度についても、桁下の制約条件(河川橋、跨線橋等)に着目し評価することとした。また、橋梁別耐震補強工費の推定については、橋面積や橋脚本数別に既往の補強工事実績単価を参考に推定するものとした。

3. 優先度評価への情報活用手法の検討

耐震補強優先度評価に必要な北海道開発局が管理する橋梁の主な情報は、約3200橋の橋梁諸元や補修補強履歴等様々な情報を持つ道路管理データベース「MICHI」(以下、MICHIと呼ぶ)と、約2000橋の耐震補強実施状況等の情報を持つ「道路防災総点検[地震・橋梁]後の対策工等の実施状況一覧表(総点検実施箇所)」(以下、道路防災データと呼ぶ)がある。

MICHIは、道路管理全般に渡る汎用性の高い情報データベースであるが、データ量が膨大でありデータ構造が複雑なため、MICHIの扱いに熟練していなければ容易に必要な情報を抽出できないのが現状である。また、たと

え道路管理者がMICHIから必要な情報を抽出できたとしても、膨大な情報を手作業により加工して利用することになるため、多くの時間を費やすことになるなどの問題点を有している。

さらに、優先度評価を行うためには、MICHIと道路防災データ、及びその他必要な種々のデータ類(UC、評価要因別の評点・重み、工事単価など)を同時に扱う必要があるため、手作業によるデータ抽出・加工は煩雑かつ困難を極めることとなる。

また、耐震補強の優先度評価の精度を向上させるためには、評価要因ごとの評点や重みを様々に変化させてキャリブレーションする必要があるため、手軽に、スピーディーに、必要な情報を抽出して優先度評価を支援するシステムが必要不可欠であると考えた。

以下に、今回構築した耐震補強優先度評価支援システムの主な機能について概要を述べる。

(1) データベースを統合する機能

耐震補強優先度評価のキャリブレーション結果によっては、不足する評価要因が生じることも考えられ、将来的にも対象とするデータベースが変更される可能性もある。また、対象としているデータベースはそれ自体で単独に運用されており、不定期に更新されることとなるため、本システムを将来に渡って利用価値のあるものにするためには、使用する情報を当該業務の目的のみに作り込むのではなく、新しく更新された情報や、新たに必要となった情報をその都度取り込んで利用できる自由度の高い仕組みが必要不可欠であると考えた。

そこで、耐震補強優先度評価だけに必要となるデータ群(評価要因別の評点・重み、工事単価・工事の難易度など)はシステム内に保有し、本システムとは別に運用されているデータ群(MICHIや道路防災データ等)を外からシステム内に取り込んで作業用のデータベースとして統合する機能を設けることとした(図-2参照)。

(2) 必要な情報を抽出する機能

耐震補強優先度評価結果の利用方法(形態)についても、現時点で確定しているものではないため、本システムから提供されるものは最終的な成果というよりも、ユーザーが自由に加工できる半製品という形態が望ましい。

このため、本システムから提供されるものは、多くのユーザーが自由に加工できるCSV形式ファイルとし、必要な情報のみ橋梁単位、または径間単位で抽出・出力できる機能を設けた。これは、出力後の加工に自由度を持たせ、汎用の表計算ソフト等によって集計、加工を行うものと割り切ることにより、本システムの役割を必要最小限にとどめ、システム自体がより軽くに動作するものとした。

さらに、個々のデータ群に共通するデータ内容の不一致やデータの未入力箇所等のチェック機能を備え、手作業でのデータチェックをなくし、作業効率の向上を図っている。

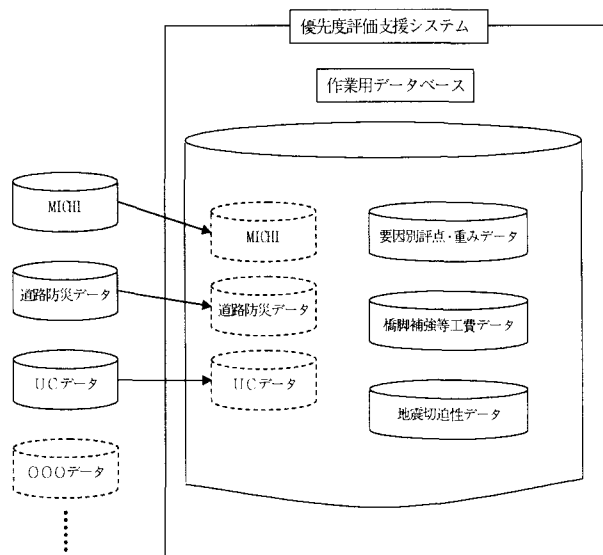


図-2 データ取り込みイメージ

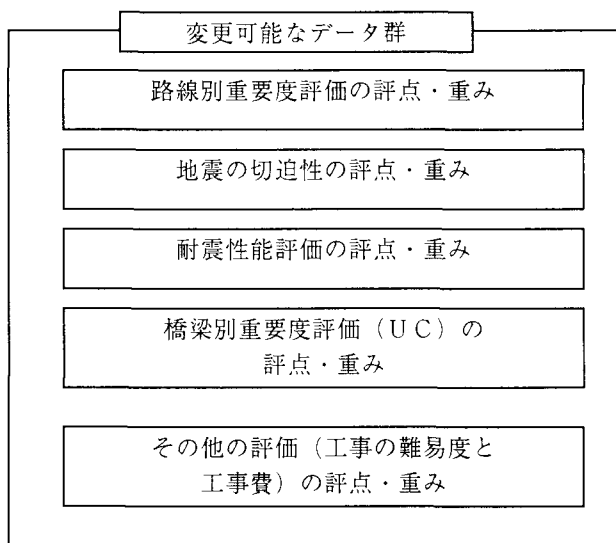


図-3 変更可能なデータ群

(3) 評価要因別の評点・重みの変更機能

個々の評価項目に対して評点・重み付けを仮定し、得られた優先度評価結果についてその内容を吟味し、個々の評点・重み付けを見直す作業を繰り返すことによってキャリブレーションしていくこととなる。

このため、本システムでは、システム内部に保有するデータ群の内、評価要因別の評点・重み、工事単価・工費の難易度等のデータをユーザーが自由に変更できる機能を設けることとした(図-3, 4参照)。

詳細区分	評点	重み
第1次緊急輸送道路ネットワーク	3.0	10
第2次緊急輸送道路ネットワーク	2.0	10
第3次緊急輸送道路ネットワーク	1.0	10

(a) 橋梁の路線別重要度採点表

詳細区分	評点	重み
単柱式	3.0	10
柱式	2.0	10
ラーメン橋脚	1.5	10
その他	1.0	10

(b) 橋梁の耐震性能採点表

架橋状況	単価 (万円/鋼橋)
水城(河川・開水路・湖沼)	
海城	
鉄道の上にある	
鉄道の下にある	
道路の上にある	

(c) 工事単価

図-4 優先度評価支援システム入出力イメージ

4. 今後の課題

道路橋の地震に対するリスク診断や費用対効果の評価手法については、現在も色々な試みが行われている。地震リスク評価の一例としては、架橋地点で発生する地震の大きさと頻度を予測する地震ハザード評価、地震動に対する橋脚や基礎等のフレンジー評価、イベントツリー解析による橋の被害の組合せ評価、地震による橋の損失評価と予想損失額の算定等であり、この手法を採用することで耐震補強の必要性や優先順位付けに大きな効果が期待できると考えられるため、この方面での研究についても精力的に取り組むたいと考えている(図-5 参照)。

データの高度利用の観点からは、本来、橋梁の耐震補強に限らず、橋梁の維持管理に関する情報は常に最新の情報であることが必要不可欠である。例えば、耐震補強が実施されたのにも関わらず、その記録が更新されない場合、その橋梁は毎年耐震補強が必要な橋梁としてリストアップされることになり、今回構築した支援システムは陳腐化して利活用されなくなるのは明白である。したがって、今回構築した「橋梁耐震補強支援システム」は、主に橋脚の耐震補強の優先順位を計算するだけの機能であるが、このようなしくみを継続的に運用していくためには、情報の更新から利用までのしくみ全体を俯瞰して考えることが重要である。

現在、橋梁に関する主要な情報を有するMACHIは、大量の情報が入る入れ物が整備されており、その中身についても毎年整備が続けられているが、このようなデータを整備するためには多大な労力が必要であり、必ずしも最新の情報に更新されていない。そこで、これを解消するひとつの手段として、補強工事台帳を作成するシステムを作成し、補強などが終了したものについて簡単に台帳を作成できるしくみを構築し、データを一括してMACHI等のデータベースに登録・更新するなどの方法も考えられる。

今後は、データ蓄積のしくみ作りから耐震補強の優先順位を策定する機能だけに止まらず、MACHIに保有する点検結果などから橋梁本体の健全性を評価するなど情報を有効活用し「橋梁の総合的なマネジメントシステム」への展開を考えたい。

参考文献

- 1) 大谷康史, 日下部毅明, 村越潤: 既設道路橋の耐震補強優先度評価に対するAHPの適用性の検討, 既設構造物の耐震補強に関するシンポジウム論文集, pp1-8, 2002.11
- 2) 永松義敬, 大塚久哲, 松田泰治, 豊永臣悟: 緊急輸送道路網における耐震安全性評価手法の開発, 第10回日本地震工学シンポジウム, pp. 3407-3412, 1998.11
- 3) 相馬英敏, 小泉健治, 木村和之, 岩倉敦雄, 阿部昌平: 札幌市における既設橋梁の耐震補強計画, 既設構造物

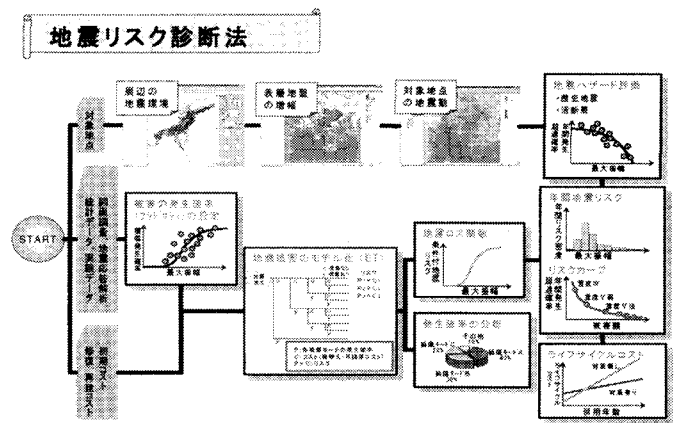


図-5 地震リスク診断

の耐震補強に関するシンポジウム論文集 pp. 15-22, 2002.11

- 4) 道路橋示方書・同解説V耐震設計編, 日本道路協会, 2002.3
- 5) 道路震災対策便覧(震前対策編), 日本道路協会, 2002.4
- 6) 杉本博之, 首藤諭, 後藤晃, 渡邊忠朋, 田村亨: 北海道の橋梁のユーザーコストの定量化の試みとその利用について, 土木学会論文集, No.682/ I -56, pp. 347-357, 2001