

地震時の道路橋被害を想定した道路ネットワークの信頼性評価

中央大学 学生会員 ○大澤 寧子

中央大学 正会員 佐藤 尚次

1. 研究の背景と目的

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の際、大きな被害が想定された太平洋沿岸地域への進出のために「くしの歯作戦」と称した道路啓開が行われた。道路啓開とは、1車線で緊急車両のみでも通行できるように（迂回路を含め）、道路上の障害物等を除去し、簡易な段差修正などを行い、救援ルートをあけることである。このケースでは、内陸を走る東北道、国道4号に着目し、緊急輸送道路をくしの歯型に設定した。震災翌日には全16ルート中11ルートを確保するなど、早期に目的を達した。この理由として、道路橋の耐震補強により落橋などの致命的な被害を防げたことがあげられる。

本研究では、この「くしの歯」をネットワークととらえ、要素としての道路橋の耐震信頼度の違いがシステム信頼度に及ぼす影響を評価することから、道路橋の耐震補強の重要度を定量的に把握することを目的としている。

2. 分析対象

対象とする道路ネットワークを表-1に示す。この道路ネットワーク内にある橋長15m以上の道路橋を分析対象とする。

表-1 対象ネットワーク

路線	出発都市	目的都市
国道45号	八戸	久慈
国道395号	軽米	久慈
国道281号	岩手	久慈
国道455号	盛岡	岩泉（小本）
国道106号	盛岡	宮古
国道283号	花巻	釜石
国道107号	北上	大船渡
県道19号	一関	陸前高田
国道284号	一関	気仙沼
国道398号	栗原（築館）	南三陸
国道108号	大崎	石巻
国道115号	福島	相馬
国道459号	二本松	浪江
国道288号	郡山	双葉
国道49号	郡山	いわき
国道289号	白河	いわき（勿来）

3. 地震力の想定

東北地方太平洋沖地震（2011年3月11日14時46分発生、震源深さ24km、マグニチュードM9.0）を想定する。地震力の指標はSI値を用いることとし、式(1)で定義される。

$$SI = \frac{1}{2.4} \int_{0.1}^{2.5} S_v^{h=0.2}(T) dT \quad (1)$$

$S_v^{h=0.2}$ ：減衰定数20%の速度応答スペクトル

K-NET/KiK-net¹⁾で記録された強震記録（福島県28地点、宮城県22地点、岩手県38地点）を用いてSI値を算出した。SMDA2(Strong Motion Data Analysis Ver.2)では、減衰定数1%,2%,5%,10%の速度応答スペクトルしか算出出来ないため、減衰定数5%の速度応答スペクトルに式(2)の補正係数を乗じて、減衰定数20%の速度応答スペクトルを算出した²⁾。

$$C_D = \frac{1.5}{40h + 1} + 0.5 \quad (2)$$

最大50km以内かつ最大5点の観測点におけるSI値を用いて距離の重み付けを行い、道路橋の地点におけるSI値を算出した。

4. 道路橋の被災度推定方法

道路橋の被災度の推定は、小林ら³⁾が提案した被災度推定手法を参考に行う。小林らの被災度推定手法は、構造特性に応じてより詳細な被災度の推定を行うものである。しかし、本研究では構造特性毎の詳細な被災度を推定することが目的ではないため、橋脚に焦点をあて、橋脚の被災度推定基準を設けた。

4.1 被災度の定義

被災度の定義は道路震災対策便覧⁴⁾に従い表-2のとおりである。道路啓開を想定し、被災度Aで通行不可と判断する。

表-2 被災度の定義

被災度 A	耐荷力の低下に著しい影響のある損傷を生じており、落橋等致命的な被害の可能性がある場合
被災度 B	耐荷力の低下に影響のある損傷であり、余震や活荷重等による被害の進行がなければ、当面の利用が可能な場合
被災度 C	短期間には耐荷力の低下に影響のない場合

キーワード 道路橋 地震被害 耐震補強 道路ネットワーク

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部都市環境学科設計工学研究室 TEL03-3817-1816

4.2 適用道路橋示方書による分類

適用道路橋示方書（以下道示）により耐震性能が異なるため、

- 1. S55 道示より古い基準を適用した橋脚
- 2. S55, H2 道示を適用した橋脚
- 3. H8 道示以降の基準を適用した橋脚

の3つに分類する。

H8 道示以降の橋脚については、兵庫県南部地震相当の地震力を想定して設計されているので、震度 6 強以下の地震では被災度 C と推定する。

S55 道示より古い橋脚については、兵庫県南部地震など過去の地震における橋脚の被災度と SI 値の関係を整理したものを参考に、SI 値 60 以上で被災度 A、SI 値 45 以上で被災度 B と推定する。

S55, H2 道示の橋脚については被災事例がないことから、図-1⁵⁾と小林らの判定基準を参考に SI 値 80 以上で被災度 A、SI 値 55 以上で被災度 B と推定する。また兵庫県南部地震以降、道路橋の耐震補強が行われてきたが、本研究での耐震補強とは緊急輸送道路の橋梁耐震補強 3 箇年プログラム⁶⁾を表し、S55 道示を満たす道路橋を耐震補強済としている。そのため S55 道示より古い橋脚で耐震補強されたものについては、S55 道示の橋脚と同様の基準を用いる。

5. 分析結果

国道 398 号（栗原～南三陸）の被災度推定結果を表-3 に示す。栗原市に所在する御駒堂橋は、SI 値が 79.9、昭和 47 年の設計基準を適用しているため、耐震補強前であれば被災度 A となる。耐震補強後は SI 値 80 以上で被災度 A と推定するため、結果は被災度 B になるが、SI 値の算出方法によっては被災度 A と推定する可能性も有り得る。御駒堂橋から南三陸までの直線距離は約 36km であり、隣接する国道 108 号との距離の平均は約 23km、国道 284 号との距離の平均は約 25km とする。道路間の地域を半分ずつ担うとすると、御駒堂橋が被災度 A となった場合約 864km²の地域に影響がでる。

また図-1 を用いて、栗原から南三陸までのいずれかの道路橋で落橋などの被害が発生する確率を算出した。耐震補強前であれば 77.74% の確率で、耐震補強後の現在では 59.61% の確率で、落橋などの被害が発生し、南三陸まで到達不可能となる。耐震補強を

表-3 国道 398 号の被災度推定結果

国道398号	SI値	設計基準	被災度	
			現在	補強前
栗原	93.7(築館)			
御駒堂橋	79.9	昭和47年	B	A
落掘橋	51.3	平成8年	C	C
天狗橋	51.7	平成6年	C	C
壇ノ浦橋	51.7	平成6年	C	C
飯土井橋	51.0	平成6年	C	C
錦橋	46.9	昭和31年	C	B
米谷大橋	31.0	昭和47年	C	C
南の沢橋	30.3	昭和55年	C	C
杉の沢橋	30.4	昭和55年	C	C
朝田貫橋	30.4	昭和55年	C	C
板林橋	30.4	平成2年	C	C
館下橋	30.4	平成2年	C	C
八幡橋	30.8	昭和31年	C	C
南三陸	29.7(志津川)			

行ったことにより、到達不可能な確率が約 18%減少したことになる。

SI 値が低い岩手県内の路線においては、到達不可能な確率は小さい。しかし首都圏から国道 4 号を利用して岩手県まで行こうとした場合、道路橋の数が多く、到達不可能な確率が大きくなってしまう。このような場合は首都圏以外の拠点を設けるなど、到達不可能な確率が最小となる対策をとっていく必要があったが、現実的にも日本海側などからの支援により対応がなされている。

6. 今後の課題

対象としている道路ネットワークが直列システムになっているが、迂回路なども考慮し、並列システムにした場合の道路ネットワークについても評価していく必要がある。

また、橋脚以外の損傷についても考慮する必要がある。他の要素を含めた場合の評価方法を検討していく。

参考文献

- 1) 防災科学技術研究所：強震観測網
- 2) 丸山喜久，山崎文雄：応答スペクトルの距離減衰式に及ぼす減衰定数の影響，土木学会論文集 A，Vol.62，No.2，pp.384-392（2006）
- 3) 小林寛，運上茂樹：大地震時における道路橋の被災度推定手法，土木技術資料 47-12，2005.12
- 4) 日本道路協会：道路震災対策便覧（震災復旧編），2002.4
- 5) 国土技術政策総合研究所：国総研アニュアルレポート 2003，地震に強い国土をつくる技術と技術政策
- 6) 国土交通省：緊急輸送道路の橋梁耐震補強 3 箇年プログラム

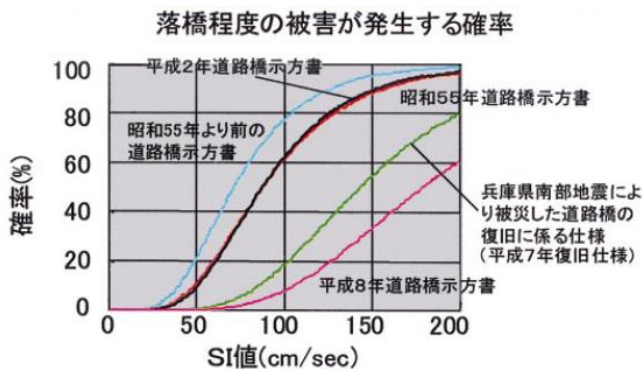


図-1 被害関数