

地震被害マップを用いた橋梁構造物の地震被害の推定

土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○佐藤 京
土木研究所 寒地土木研究所 正会員 西 弘明

1. 目的

構造物の地震被害を軽減するためには、構造物の耐震性能を高めることの他、地震後に迅速に被害程度を把握し、適切な復旧活動に取り掛かれる準備をしておくことも肝要である。本検討では、対象地域全体の推定被害を網羅できる方法の一つとして、地震被害マップを用いる方法を取り上げ、北海道内の国道に建設された橋梁構造物の地震被害マップを作成するためのアルゴリズムについて論じる。

2. 地震被害マップ

本検討で対象とする地震被害マップは、主として地震発生後にどの優先順位で復旧活動を行うべきかの判断を迅速に行うための基礎情報に用いるものとする。

図-1 に地震被害マップの作成のアルゴリズムを示す。各構造物の耐震性能は様々な条件により、同じ構造形式であっても異なるが、最初に設計根拠に基づく性能により分類を行い、地域特性を考慮した地震動推定手法に基づいて、架橋地点での地震動を算定する。この結果と分類した橋梁の被害履歴との相関分析より、地震被害指標を定義する。次に個々の構造物における被災の受けやすさを区別し、精度の向上を図るため、橋梁の構造形式などの詳細情報も耐震性能に考慮しながら、上記の被害指標を、これら実際の構造物に当てはめて、地震被害データを作成する。このデータを地図上にプロットし、地震被害マップを作成する。

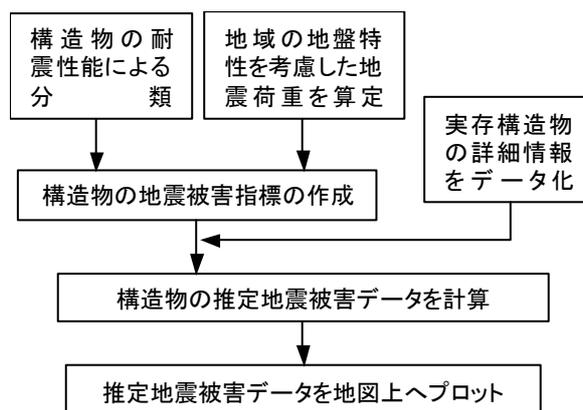


図-1 地震マップ作成のアルゴリズム

3. 地震被害マップの作成手法の詳細

3.1 被害指標の作成

橋梁の地震被害は、各橋梁の構造特性と、地震の規模の組合せにより複雑となり、被害の度合いを正確に予測することは極めて困難である。しかしながら、過去に受けた地震被害の経験から、確率論的に構造物の被害指標を作成することは可能であると考えられ、既往の幾つかの研究や都道府県の被害評価指針などにおいて提案されている。以下に、著者らが提案する被害指標について詳説する。

(1) 架設年代による分類

図-2 に地震被害想定のための橋梁の分類方法を示す。架設年代によって、老朽化の問題や適用される設計基準（道路橋示方書）の違いから耐震性能も相違する。表-1 に示方書の耐震設計に着目した変遷を示す。1971年と1996年の改訂は、大きな変更がなされていることからこれらに焦点を絞る。前者においては、耐震設計荷重の緻密化が進んだり、落橋防止対策が規定されたりするなど、設計体系の発展が伺える。後者は、阪神・淡路大地震の被害経験を踏まえ、設計入力地震動がそれ以前に扱ってきたものから3~4倍に大きく引き上げられた。このような理由から、これら2つの年代を被害指標の一つの区切りにする。なお、示方書改訂の年代から区切り年を設定した場合、構造物の設計適用示方書と架設年と同じ年代とならないため、便宜上、示方書で区切った年代より2年さかのぼった年を区切りとし、橋梁架設年から条件を設定する。また、阪神・淡路大震災以後、各種の構造物を対象にして耐震補強工事が進んでいる。そのため、耐震補強を施してある橋梁については、架設年代が古いものであっても、耐震性能の等級を上位となるように配慮した。

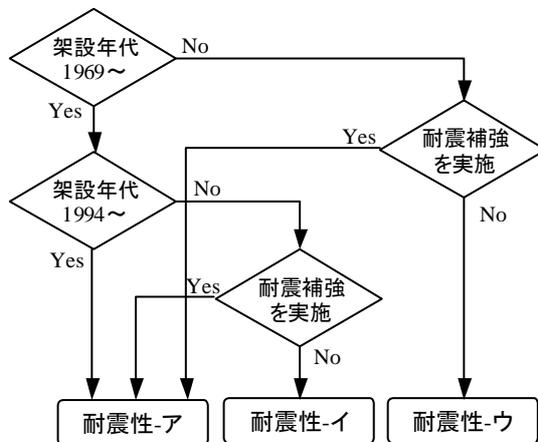


図-2 地震被害想定における橋梁の耐震性能の分類

キーワード 地震防災, 地震被害推定, 地震被害マップ, 橋梁構造物, 地震被害指標
連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号 e-mail: taka4@ceri.go.jp

(2) 地震被害指標

表-2に著者らが提案する橋梁の地震被害指標を掲げる。橋梁構造物の地震被害の程度を区別として、通行するために補修を必要とするかどうかひとつの目安となる。そこで本研究では、無被害の橋梁を指標Ⅰ、補修せずとも使用に耐えられる程の軽微な被害を指標Ⅱ、そして橋脚にせん断破壊が生じるなどの大規模補修が必要な甚大な被害を指標Ⅲと、3つの指標で区分する。この被害指標と地震荷重とが相関関係にあると推察するが、地震動のどのような成分が地震荷重とするか、さらに被害区分の境目と具体的な地震荷重と結び付けることは極めて困難である。

本研究では最大速度によって地震被害を推定できるものと仮定する。また既往の研究¹⁾より、軽微な被害が見られ始める値より安全側に見た 35cm/s、建築学会などでレベル2地震としている 50cm/s、阪神淡路大震災で観測されている 100cm/s の3つの数値を、被害指標分類の基準値として用いることにする。これらの地震荷重の区分と、前項で整理した「構造物の耐震性能」による分類とを総合的に評価し、表-2に示すような地震被害指標を作成する。

3.2 サイト特性を考慮した最大速度の算出

橋梁が建設される各地域の地震荷重は、主に地震の発生源とその規模、そして表層の地盤構造に大きく依存する。本研究では、過去に北海道で経験した地震については文献²⁾や地震調査研究推進本部³⁾のデータ等により、直下型地震については、活断層マップや地震調査研究推進本部³⁾のデータや経験的關係式⁴⁾等から震源パラメータを設定した。次いで、司・翠川の距離減衰式⁵⁾を用いて、各地点における工学基盤の最大速度を求める。続いて、著者らが過去に求めた北海道の表層地盤の増幅倍率⁶⁾を乗じ、各地震による各地域の地表面最大速度を算出する。

3.3 地震被害マップの作成

地震被害推定の目的に応じて各地震を組み合わせ、地震動分布を算定し、これを表-2に示す地震被害指標と照らし合わせ、地震被害マップを作成する。

図-3に、地震荷重の一例として、太平洋側の沈み込み帯の地震発生源を対象とした場合の地表の最大速度分布と、それに基づく被害指標Ⅰの橋梁の被害マップを示す。

4. まとめ

本報告では、橋梁の地震被害マップを作成するためのアルゴリズムについて述べた。今後、このアルゴリズムに従い被害マップを作成し、被害マップの特徴や北海道における橋梁構造物の被害の傾向について検証する予定である

【参考文献】

- 1) 佐藤京・池田隆明・上明戸昇・石川博之: 構造物の被害と相関の高い被害指標の検討, 土木学会北海道支部論文報告集, 63, A40, 2006., 2) 佐藤良輔編著: 日本の地震断層パラメータ・ハンドブック, 鹿島出版会, 1989., 3) 地震調査研究推進本部: <http://www.jishin.go.jp/main>, 4) 松田時彦: 活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震, 28, 269-283, 1975., 4) 司宏俊・翠川三郎: 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, 523, 63-70, 1999., 6) 佐藤京・西弘明・上明戸昇・池田隆明: 北海道の地震動観測記録を用いた表層地盤の増幅推定, 構造工学論文集, Vol.54A, 256-265, 2008.

表-1 道路橋梁の耐震設計法の変遷一覧

大分類記号	番号	設計基準・示方書 名称	外力	照査法
T15	1	道路構造に関する細則案 大正15年	所在地における最強の地震動	許容応力度設計
	2	鋼道路橋設計示方書案・鋼道路橋製作示方書案 昭和14年	水平荷重20% 鉛直荷重10% 但し地点の状況を考慮すること	許容応力度設計
S31	3	鋼道路橋設計示方書 昭和31年	水平震度は地盤と地域によって区別される。 (地域係数の導入) 鉛直震度はS14Iに準ずる	許容応力度設計
	4	鋼道路橋製作示方書 昭和31年		
	5	溶接鋼道路橋示方書・同解説 昭和32年		
	6	鋼道路橋の合成桁設計施工指針 昭和34年		
	7	鋼道路橋設計示方書(改訂) 昭和39年		
	8	鋼道路橋製作示方書(改訂) 昭和39年		
	9	溶接鋼道路橋示方書・同解説(改訂) 昭和39年		
	10	鉄筋コンクリート道路橋設計示方書 昭和39年		
	11	道路橋下部構造設計指針「くい基礎の設計編」 昭和39年		
	12	鋼道路橋の合成桁設計施工指針(改訂) 昭和40年		
S46	13	道路橋下部構造設計指針「調査及び設計一般編」 昭和41年	水平震度の計算方法の変更 $M_h = \mu \times \mu_2 \times \mu_3 \times k_0$ 鉛直震度の削除	許容応力度設計
	14	溶接鋼道路橋示方書・同解説(設計に関する追補) 昭和42年		
	15	道路橋下部構造設計指針「製作に関する追補」 昭和43年		
	16	プレストレストコンクリート道路橋設計示方書 昭和43年		
	17	道路橋下部構造設計指針「橋台・橋脚の設計編」 昭和43年		
	18	道路橋下部構造設計指針「直接基礎の設計編」 昭和43年		
	19	道路橋下部構造設計指針「くい基礎の設計編」 昭和43年		
	20	道路橋耐震設計指針 昭和46年		
	21	矢板式基礎の設計と施工指針 昭和47年		
	22	道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編 昭和47年		
S55	23	道路橋下部構造設計指針「くい基礎の設計編」(改訂) 昭和51年	地域係数の変更 地盤種別と地盤の特性値TGで判定	許容応力度設計
	24	道路橋示方書・同解説 I 共通編・III コンクリート橋編 昭和53年		
	25	道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編(改訂) 昭和55年		
	26	道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編 昭和55年		
	27	道路橋示方書・同解説 I 共通編・V 耐震設計編 昭和55年		
H2	28	道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編 平成2年	地盤種別の変更 4種類→3種類	保有水平耐力法の導入
	29	道路橋示方書・同解説 I 共通編・III コンクリート橋編 平成2年		
	30	道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編 平成2年		
	31	道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編 平成6年		
	32	道路橋示方書・同解説 I 共通編・III コンクリート橋編 平成6年		
	33	道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編 平成6年		
H7	34	兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様および復旧仕様の解説(案) 平成7年	兵庫県南部地震に対応した外力の変更 地震時保有水平耐力の照査	震度法による設計と地震時保有水平耐力の照査
	H8	35		

表-2 研究で提案する地震被害指標

最大速度 (cm/s)	35	50	100
耐震性-ア	I	I	II
耐震性-イ	I	II	III
耐震性-ウ	I	II	III

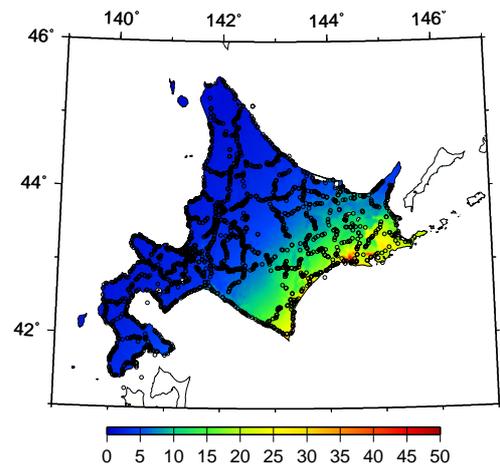


図-3 太平洋側沈み込み帯を想定した表層の最大速度と被害指標Ⅰの橋梁の被害マップ