

I-480

橋梁の被害に影響を与える因子分析について

○建設省土木研究所 正員 運上茂樹

〃 正員 川島一彦

〃 正員 吾田洋一

1. まえがき

橋梁の耐震性を考える場合、既往の地震による被害等を調査分析し、これをもとに橋梁の被害を予想することは重要な課題である。1923年の関東地震以後現在までに約3000橋の道路橋が地震により何らかの被害(火災による被害も含む)を受けており、このうち15橋が落橋という事態に至っている。被害地震を経験した永久橋の全数に比べれば、落橋もしくは架替の必要の生じた永久橋の橋数はわずかであるが、一般に橋梁の被害は、避難路あるいは緊急物資輸送のための輸送路としての道路の機能を喪失せしめると共に、復旧に多大な労力と日数を要し、地域社会、地域経済に与える影響は大きく、事前の震災対策が強く望まれている。

既往の地震による被害を見てみると、その被害の程度は、地震の規模、震央距離等の地震条件、地盤条件、および橋の構造条件等に支配されと考えられる。本論では、地震に対する橋梁構造物の耐震性を複雑な計算をすることなしに外観等から現場で簡便に把握する耐震性判定法の開発を目的として、既往の地震により被害を受けた橋梁について被害に関連すると考えられる要素を数種類に分類し、それらの要素のうちどの要素がどの程度被害に関連するかを数量化理論第Ⅰ類により検討した結果を報告する。

2. 解析対象橋

数量化解析を実施したのは、1978年の宮城県沖地震(M7.4)で被害を受けた宮城県内の橋梁84橋および関東地震以後、落橋および架替の必要性の生じた橋10橋の計94橋をサンプル橋として要因の分析を行った。橋梁の被害形態を上部構造、下部構造、支承、および付帯施設の被害に大まかに分類し、表-1に示すように主に落橋という事態に対する危険性に着目して被害度を落橋から無被害の6段階に設定した。

3. 数量化解析

数量化理論第Ⅰ類は、目的変数(外的基準)は数量であるが、説明変数(アイテム・カテゴリー)は定性的なデータで与えられる場合の解析に用いることができる。本解析では目的変数を被害度とし、説明変数は表-2に示すように橋の構造条件、適用示方書、地盤条件等の14のアイテムとし、各アイテムでは数個のカテゴリーから構成するものとした。目的変数の予測式は次式で与えられる。

$$y_i = \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^{c_j} \delta_i(jk) \cdot X_{jk} \quad (1)$$

ここで、 y_i : サンプル*i*の被害度の予測値、 r : 全アイテム数、 c_j : j 番目のアイテム中のカテゴリー数、 $\delta_i(jk)$: サンプル*i*が*j*番目のアイテムの*k*番目のカテゴリーに反応している場合に1、その他の場合0、 X_{jk} : j 番目のアイテムの*k*番目のカテゴリーのカテゴリー・スコアを示す。

4. 被害度に影響を与える因子

94橋のサンプル橋に対する数量化理論第Ⅰ類による解析結果は表-3に示す通りである。この結果から、適用示方書および地盤条件の2つの調査項目については、偏相関係数が0.5以上ありレンジ値も大きく、それぞれ適用示方書の古いものほど、地盤条件の軟弱であるものほど被害度は高くなると見なすことができる。また、偏相関係数は必ずしも大きくはないが、落橋防止構造のないもの、液状化の影響のあるもの、洗掘のあるもの、下部構造材料の古いもの、基礎工法の本杭・レンガ積ケーソン等のものも、それぞれ被害度を高くする要因であると考えられる。また、式(1)による被害度の予測値と実被害度の関係を示したのが図-1であり概ねよい一致を示しているが、実被害度の高いものほど予測値は低く、実被害度の高いものほど予測値は高くなる傾向がある。

5. 結 論

橋梁の耐震性に影響を与える因子分析を94橋のサンプル橋に対して行った。この結果から、適用示方書、

地盤条件は、相関係数も大きく地震被害に対する大きな因子であると考えられる。また、今後最も大きな因子と考えられる地震条件を含めた分析を行っていく予定である。

【参考文献】

- 1) 1978年6月宮城県沖地震による橋梁震害調査報告書，昭和53年10月，宮城県土木部道路施設課
- 2) 道路の震災対策に関する調査報告（Ⅱ），昭和54年9月，（社）日本道路協会
- 3) 橋梁の耐震性評価手法に関する研究，昭和60年7月，（財）地震予知総合研究振興会

表－2 説明変数（アイテム・カテゴリー）

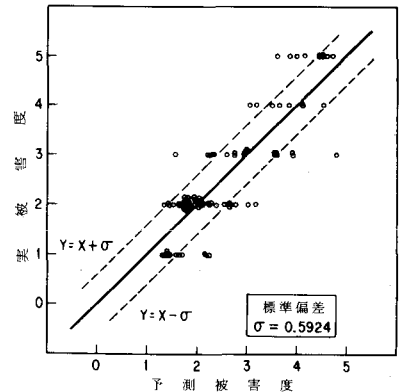
アイテム	被害度	適用示方書	上部構造形式	平面線形	上部構造材料	縦断勾配	落橋防止構造	下部構造形式	橋脚高さ	地盤条件	支持地盤	液状化の影響	洗掘	下部構造材料	基礎工法
カテゴリー1	5・4・3・2・1・0	大正15・昭和14	昭和31・昭和46・昭和55 ・2桁間以上の単純支持 ・12連以上の単純支持 ・1径間単純支持 ・ゲルバール橋	直橋 曲線橋・斜橋	鋼 RC・PC	6%以上 6%未満 なし 1種 2種以上	なし 1種 2種以上	単列バイルベント RCラーメン その他	5m以上10m未満 10m以上	4種・極軟弱 4種・中軟弱 3種 2種 1種	不均一 均一	有 無 有 無	無	大正15・昭和14道示による RC・PC・鋼・コンクリート 以後の無筋コンクリート 木杭・レンガ・石積・石積ケーソン 箱型工法・不明 既設RC杭・ベデルタル杭・2脚ケーソン 昭和46杭・鋼杭・直接基礎・一般所打杭	

表－3 数量化理論第Ⅰ類による解析結果

アイ テ ム	カ テ ゴ リ ー	ノ ン マ イ ズ ド ス コ ア	レ ン ジ	偏 相 関 係 数	重 相 関 係 数
適 用 示 方 書	大正15年細則・昭和14年道示	0.7127	0.9906	0.523	0.8556
	昭和31年道示・昭和39年道示	-0.2779			
	昭和46年道示・昭和55年道示	-0.0816			
上 部 構 造 形 式	ゲルバー桁，2連間以上の単純支持	0.0734	0.4059	0.212	
	1連間単純支持，2連以上の連続桁	-0.2515			
	上陸・中陸・アーチラーメン，連続桁等，斜張橋，吊橋	-0.3324			
平 面 線 形	曲線橋・斜橋	0.0386	0.0403	0.013	
	直 橋	-0.0017			
上 部 構 造 材 料	RC・PC	-0.1248	0.2023	0.143	
	鋼	0.0775			
縦 断 勾 配	6% 以 上	0.2651	0.2738	0.073	
	6% 未 満	-0.0087			
落 橋 防 止 構 造	な し	0.1920	0.7048	0.319	
	1 種	-0.0195			
	2種 以 上	-0.5128			
下 部 構 造 形 式	単列バイレベント	0.2411	0.3191	0.129	
	RCラーメン	-0.0780			
	そ の 他	-0.0072			
橋 脚 高 さ	10m 以 上	-0.0282	0.0705	0.039	
	5m以上10m未満	-0.0059			
	5 m 未 満	0.0423			
地 盤 条 件	4種・極軟弱	1.3201	1.8723	0.548	
	4 種	0.6695			
	3 種	-0.2645			
	2 種	-0.5522			
	1 種	-0.2392			
液 状 化 の 影 響	有	0.5231	0.6146	0.294	
	無	-0.0915			
支 持 地 盤	不 均 一	-0.0051	0.0056	0.002	
	均 一	0.0004			
洗 掘	有	1.2279	1.2411	0.206	
	無	-0.0132			
下 部 構 造 材 料	大正15年細則・昭和14年道示による無筋コンクリート	1.0905	1.1264	0.276	
	RC，PC，鋼，昭和31年道示以後の無筋コンクリート	-0.0359			
	木杭，レンガ積・石積ケーソン，箱杭工法，不明	0.7044			
基 礎 工 法	既設RC杭，ベデルタル杭，2脚ケーソン	-0.5633	1.2677	0.398	
	昭和46年指針以後のもの，場所打杭，P.C杭，鋼杭，直接基礎	0.0575			

表－1 被害度の区分

被害度	被害例
5	ゲルバー桁，単純桁等上部構造の落橋
4	・下部構造の大きな変形（傾斜，沈下，移動等） ・RC構造物の広範囲にわたるコンクリートの剝離，鉄筋の露出 ・宮座コンクリートの剝離，支承の逸脱
3	・鋼構造物の1次部材の座屈 ・RC構造物の1mm程度の亀裂
2	・鋼構造物の2次部材の変形 ・RC構造物のヘビークラック程度の亀裂
1	・取付護岸の沈下及び亀裂
0	軽微な被害
被害なし	永久構造物として問題のない程度 特に変状，異常が認められない



図－1 予測被害度と実被害度の関係