

広島市地震情報ネットワークシステムによる橋梁被害予測法について

中電技術コンサルタント(株) 正会員 ○渡辺 修士
広島大学工学部 F 会員 佐々木 康
広島市消防局 正会員 小西 宏之
中電技術コンサルタント(株) 正会員 久保田博章

1. はじめに

広島市では、地震発生時における初動体制の確立を目的とした地震情報ネットワークシステム¹⁾を構築している。このシステムでは、市内8ヶ所の地震観測情報を基に市内全域の地震動分布と低地部の液状化危険度分布を予測するとともに、広島市管理の橋梁について被害予測を行う。

本報告では、この被害予測法について検討した結果を報告する。

2. システム概要と橋梁被害の位置付け

地震が発生すると、各観測機器から計測震度、最大加速度、SI値、速度応答スペクトル、加速度及び過剰間隙水圧波形のデータが送信される。観測情報と約6,500本のボーリングデータに基づく地盤モデルを用いて、液状化の発生や建物等の各種被害予測が実施され、結果はリアルタイムで消防署他の関係機関に配信・画面表示される。橋梁の被害予測は、被害2次予測項目の一つとして20分以内に実施されるもので、緊急車両の通行可否に主眼が置かれている。よって、被害予測では、地震外力と橋梁の保有耐力が因子となる橋梁部材被災度と、液状化被害に伴う橋台背後地盤の沈下(段差危険度)を総合的に判断することにした。なお、予測対象は広島市の管理する橋梁の内、昭和55年及びそれ以前の適用示方書により設計された147橋である。

3. 橋梁部材被災度の予測法

橋梁部材の被災度予測には、建設省土木研究所と建設省関東地方建設局で構築されている公共土木施設における即時震害予測システム²⁾による方法を採用した。この方法に用いる判定マトリックスを表-1及び表-2に示す。各部材の被災度を4段階に分類し、最も被災度の高いものがその橋梁の被災度としている。

被災度判定には、作用地震動のSI値と橋梁の構造、型式などの関係が使用されており、既往の研究と被災事例に裏付けられている。

本マトリックスを使用するには橋梁の構造データを洗い出すとともに、各部材がどの欄で判定されるかを予めデータベース化しておく必要がある。しかし、設計年代が古いと必要な諸元が不明な場合が多く、特に、RC橋脚の曲げ破壊型($h/D \geq 3$)における降伏震度の算出には、仮定に頼らざるを得ない諸元を含むのが実状である。本予測法で設定した条件を列記すると次のとおりである。

表-1 部材被災度～橋脚被災度マトリックス²⁾

部材	被災度大	被災度中	被災度小	なし
RC橋脚 (曲げ破壊)	終局	終局～降伏		降伏未満
RC橋脚 (せん断破壊)	破壊	破壊～軽微な損傷		軽微な損傷
鋼製橋脚	座屈	座屈～軽微な変形		軽微な変形
支承	破壊	損傷(高さの高い支承)	損傷(高さの低い支承)	軽微な損傷
基礎 (流動化)	—	大規模移動	大規模～軽微な移動	軽微な移動

表-2 SI 値～部材被災度マトリックス²⁾

	適用示方書	段落ち	降伏震度	被災度大	被災度中	被災度小	被災度なし
RC橋脚 (曲げ破壊)	S55年以前	有り	$0.2 > khy$	$SI > 30$	$30 \geq SI > 10$	$10 \geq SI > 5$	$5 \geq SI$
			$0.4 > khy \geq 0.2$	$SI > 50$	$50 \geq SI > 30$	$30 \geq SI > 10$	$10 \geq SI$
		無し	$khy \geq 0.4$	$SI > 50$	—	$50 \geq SI > 30$	$30 \geq SI$
			$0.5 > khy$	$SI > 100$	$100 \geq SI > 50$	$50 \geq SI > 30$	$30 \geq SI$
	S55年	—	$khy \geq 0.5$	$SI > 50$	$50 \geq SI > 30$	$30 \geq SI > 10$	$10 \geq SI$
	H2年	—	$khy \geq 0.5$	$SI > 50$	$50 \geq SI > 30$	$30 \geq SI > 10$	$10 \geq SI$
	復旧仕様以降	—	$0.6 > khy$	$SI > 50$	—	—	$50 \geq SI$
		—	$khy \geq 0.6$	$SI > 100$	$100 \geq SI > 50$	—	$50 \geq SI$
	適用示方書	せん断支間比					
	S55年以前	$h/d < 3$		$SI > 50$	$50 \geq SI > 30$	$30 \geq SI$	$10 \geq SI$
鋼製橋脚	適用示方書						
	S55年以前			$SI > 50$	$50 \geq SI > 30$	—	$30 \geq SI$
	S55年			$SI > 50$	$50 \geq SI > 30$	—	$30 \geq SI$
	H2年			$SI > 50$	$50 \geq SI > 40$	$40 \geq SI > 30$	$30 \geq SI$
	復旧仕様以降			$SI > 100$	—	$100 \geq SI > 50$	$50 \geq SI$
支承	型式						
		免震支承		—	—	$140 \geq SI > 50$	$50 \geq SI$
		金属支承		$SI > 140$	$140 \geq SI > 50$	$50 \geq SI > 20$	$20 \geq SI$
		相かり長不足		$SI > 50$	—	$50 \geq SI > 20$	$20 \geq SI$
基礎	設置条件						
	水際線から100m以内			—	$PL > 20$ かつ $SI > 50$	—	$20 \geq SI$

①設計振動単位は最大支間長とする。②上部工反力は橋梁型式と支間長に着目して土木構造物標準設計

及びデザインデータブックから設定する。③橋脚基部の配筋は橋脚高と基部寸法が類似する配筋モデルを土木構造物標準設計から選択する。④設計基準強度:21(KN/mm²), 鉄筋材料:SD295, 鉄筋かぶり:120mm。

このような条件下で、降伏震度の算定は次の流れにより決定した。

- ① 作用荷重、断面寸法、橋脚基部の配筋を与条件とした橋脚基部の降伏曲げモーメント(M)の算出
- ② 等価重量 W (等価重量算出係数 $C_p=0.5$)、橋脚高 h の算出
- ③ 降伏震度の算定($=M/W \cdot h$)

なお、橋脚が1本柱形状ではないもの(ラーメン橋脚やパイロメント等)は、本マトリックスの適用範囲外であるため、安全側の評価としてRC橋脚(曲げ破壊)の $0.2 > K_{hy}$ の項で判定することにした。また、落橋防止対策が実施されている橋梁は、被災度大と判定された場合に限り1ランク低減させ、被災度中とした。

4. 橋台取付部の段差危険度の予測法

デルタ域に発達した広島市中心部は河川が多く、地震時の液状化被害が懸念されている。液状化被害が生じた場合、橋脚が健全であっても橋台取付部の背後地盤が沈下して段差が生じれば車両の通行は困難となる。

液状化に伴う沈下量は、別途算出される地表面最大加速度と各橋梁のジャストボーリングデータによる地盤モデルを用いて液状化の計算を行い、図-1に示すFL値と体積ひずみの関係³⁾から算出する。図中 Dr は下式による。

$$Dr = 21 \cdot (N_1 / 1.7)^{1/2}, \quad N_1 = \frac{1.7}{\sigma'_v + 0.7} \cdot N$$

ここで、 Dr : 相対密度(%), N_1 : 正規化 N 値, N : 実測 N 値, σ'_v : 有効上載圧(kgf/cm²)

段差危険度は、道路震災対策便覧(震災復旧編)の盛土の被災パターンと被害ランクを参考に車両の通行可否を想定し、20cmと50cmをしきい値として表-3のように設定した。

5. 総合判定

最終的な橋梁の被害予測には、橋梁部材被災度に段差危険度を組み込んだものとするため、総合判定として表-4を設定した。さらに、総合判定には車両通行の可否についての具体的な意味付けを行い、表-5のとおりとした。

6. まとめ

広島市のリアルタイム地震被害予測システムに用いる橋梁被害予測法について報告した。橋脚被災度の判定対象外となった橋梁に関する判定手法の確立、並びに、液状化計算時における深さ方向の低減係数のデータベース化(液状化計算の精度向上)⁴⁾が今後の課題として挙げられる。なお、本報告は広島市地震情報ネットワークシステム検討委員会において検討されたものであり、関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献 1) Y.Sasaki, K.Fujiwara, F.Miura, H.Konishi, S.Furukawa: Development of the seismic disaster information system for HIROSHIMA CITY, 12WCEE 2000. 2) 濱田禎, 杉田秀樹, 金子正洋: 公共土木施設における即時震害予測システム, 第10回日本地震工学シンポジウム, 1998. 3) 石原研而, 吉嶺充俊: 地震時の液状化に伴う砂地盤の沈下量予測, 第26回土質工学研究発表会, 1991. 4) 古川智, 佐々木康, 小西宏之, 渡辺修士: 広島市域における液状化被害予測法について, 第51回中国支部研究発表概要集, 1999

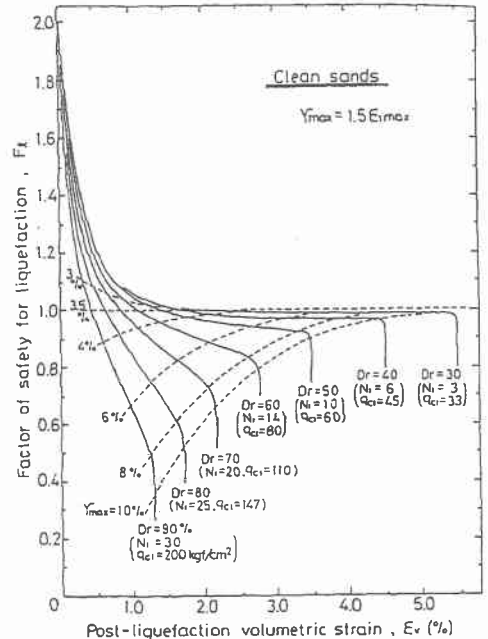


図-1 液状化危険度と体積ひずみの関係³⁾

表-3 段差危険度

危険度大	50cm < δ
危険度中	20cm < $\delta \leq 50$ cm
危険度小	0cm < $\delta \leq 20$ cm
危険度無	0cm

表-4 総合判定

		橋梁部材被災度			
		大	中	小	無
段 差 危 険 度	大	大	大	大	大
	中	中	大	中	中
	小	小	大	中	小
	無	無	大	中	小

表-5 判定結果と車両通行可否

総合判定	車両通行の可否
大	通行不能 (撤去・新設を要する, 全面通行規制)
中	通行困難 (支保工など応急復旧を要する, 車線制限)
小	通行可能 (鉄板敷など簡易な対応のみ, 注意走行)
無	通行可能