

# 広島市地震情報ネットワークシステムによる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 古川 智  
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<sup>1)</sup>を構築している。本システムでは、地震発生と同時に市内8ヶ所の地震観測情報を用いて、市内全域の地震動分布や低地部の液状化危険度分布の他、人的・施設被害等が即時予測され、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。この内、広島市管理の橋梁と上水道の被害予測は、被害2次予測項目として20分以内に実施されるもので、前者は緊急車両の通行可否に、後者は火災時の初期消火活動の可否に主眼が置かれている。本報告では、システムにおける橋梁と上水道の被害予測法について検討した結果を報告する。

## 2. 橋梁被害予測

橋梁被害予測は、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橋を対象に、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(橋脚部材被災度)と、液状化に伴う橋脚背後地盤の沈下(段差危険度)を総合的に判定する手法とした。

橋脚部材被災度の判定には、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<sup>2)</sup>による方法を採用した。当方法では、作用地震動のSI値と橋梁の構造・型式などの関係がまとめられたマトリックスから被災度を4段階(大,中,小,無)に予測する。橋梁構造のデータベース化では、上部工反力や橋脚基部の配筋仕様に土木構造物標準設計を参考に条件設定した。また、判定の重要指標となる降伏震度( $K_{hy}$ )は橋脚基部の降伏曲げモーメント( $M$ )と、等価重量( $W$ )、橋脚高( $h$ )から算定した( $K_{hy} = M / W \cdot h$ )。なお、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。

段差危険度の判定は、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<sup>3)</sup>から算出する。図中 $Dr$ は下式による。

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

$Dr$ : 相対密度(%),  $N_1$ : 正規化 $N$ 値,  $N$ : 実測 $N$ 値

$\sigma_v'$ : 有効上載圧(kgf/cm<sup>2</sup>)

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をしきい値として設定した。

このように求まる橋梁部材被災度と段差危険度を組み合わせて、表-1により総合判定した結果を橋梁被害とする。

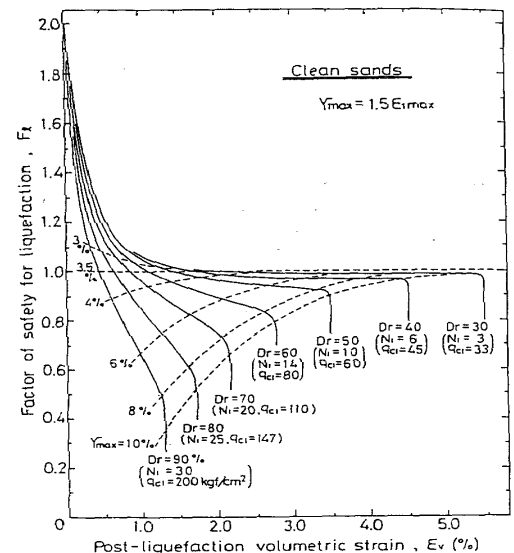


図-1 液状化危険度と体積ひずみの関係<sup>3)</sup>

表-1 総合判定

|              |                     | 橋梁部材被災度 <sup>2)</sup> |   |   |   |
|--------------|---------------------|-----------------------|---|---|---|
|              |                     | 大                     | 中 | 小 | 無 |
| 段 差<br>危 険 度 | 大 (50cm < δ)        | 大                     | 大 | 大 | 大 |
|              | 中 (20cm < δ ≤ 50cm) | 大                     | 中 | 中 | 中 |
|              | 小 (0cm < δ ≤ 20cm)  | 大                     | 中 | 小 | 小 |
|              | 無 (0cm)             | 大                     | 中 | 小 | 無 |

地震観測、被害予測、リアルタイムシステム、橋梁、上水道

〒734-8510 広島市南区出汐2丁目3-30 TEL(082)255-5501 FAX(082)256-1968

### 3. 上水道被害

上水道被害は、物的被害(1km当りの被害箇所数)と機能支障(水圧低下を考慮した管網計算)<sup>4)</sup>を予測するシステムとした。前者は市内全域を町丁目と500mメッシュで細分化した予測点で、後者は市内中心部の4地区について構築した管網で被害予測が行われ、結果は独立した画面で表示される。

物的被害(率)は、各管路の諸元や埋設条件等により異なるため、標準被害率に各種補正係数を乗じて算出される。被害率算定式、及び、補正係数には、磯山らにより報告された日本水道協会の提案式<sup>5)</sup>を用いた。式中 $\alpha$ は、観測された地表面加速度波形から計算される予測点の地表面最大加速度である。

$$R_{fm}(\alpha) = C_1 \times C_2 \times C_3 \times C_4 \times R_f(\alpha)$$

$R_{fm}(\alpha)$  : 管路被害率(箇所/km),  $C_1$  : 管種係数

$C_2$  : 管径係数,  $C_3$  : 地形係数,  $C_4$  : 液状化係数

$R_f(\alpha)$  : 標準被害率(箇所/km)

$$= 2.88 \times 10^{-6} (\alpha - 100)^{1.97} \cdots \text{CIP}$$

$$= 1.32 \times 10^{-6} (\alpha - 100)^{1.93} \cdots \text{DIP}$$

機能支障は、モンテカルロシミュレーションにより水圧低下を考慮して予測する。解析フローを図-2に、対象とした管網モデルの諸元を表-2に示す。被災後の管網モデル作成に必要な各管路の被害確率は次式により算出する。

$$P_{fm} = 1 - \exp(-R_{fm} \cdot L)$$

ここで、 $P_{fm}$  : 管路被害確率,  $L$  : 管路延長(km),

$R_{fm}$  : 管路被害率(箇所/km)

繰返し計算後の各節点での平均水圧は次式で与えられる。

$$(\text{平均水圧}) = \Sigma (\text{各被災管網の水圧}) / (\text{繰返し回数})$$

地震時管網計算では、管路被害有りと判定された管路に漏水が生じるとし、兵庫県南部地震の被災調査事例を参考に

漏水量を設定した。又、上水道利用の多い時間帯に被災することを仮定し、配水池水位はL.W.L., 需要水量は時間最大給水量としている。繰返し計算回数は、試算による平均誤差が3%以下になる30回で設定した。

結果は水圧値と水圧低下確率で示される。地震時の消火活動体制や管路復旧体制の確立にあたり、前者は出火点付近の消火栓が使用可能であるか、或いは、河川等の自然水利に頼るべきかといった判断材料に、後者は、必要な水圧が確保されていたとしても、その被害程度を知る指標として有効である。

送水施設では、必要水圧として常時で1.5(kgf/cm<sup>2</sup>)以上、火災時の消火栓利用時に正圧以上であることと定められている<sup>6)</sup>。本システムのランク表示は、この基準を基本に消火活動の実態を捉え、消火栓からポンプ車までのヘッドロスと摩擦ロスに余裕を見込んで0.5(kgf/cm<sup>2</sup>)及び1.5(kgf/cm<sup>2</sup>)をしきい値に設定した。

### 4. 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と上水道の被害予測法について報告した。今後の課題としては、橋梁被害予測結果を用いて上水道添加管に対する被害確率を与えるなど、両者の施設被害を関連付けすることが挙げられる。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) 山田一臣, 細井由彦, 田村慎吾, 小西昇 : 配水幹線網の地震時信頼性評価について(その2), 土木学会中国支部第51回研究発表概要集, 1999, 5) 磯山龍二, 石田栄介, 湯根清二, 白水暢 : 水道管路の地震被害予測に関する研究, 水道協会雑誌第67巻第2号(No.761), 1998.2, 6) 日本水道協会 : 水道施設設計指針・解説, 1990

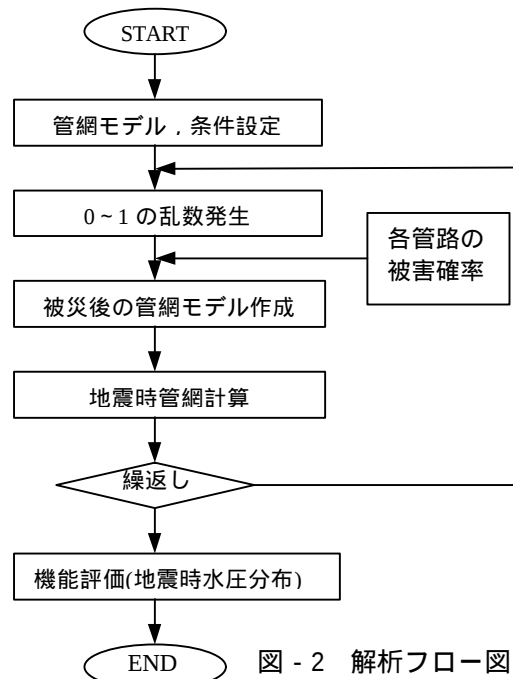


表-2 管網モデル諸元

| 対象区域     | モデル諸元                         | 配水池名         |
|----------|-------------------------------|--------------|
| 旧市街地(中区) | 節点数 314<br>管路数 400(L=154.5km) | 牛田, 己斐       |
| 佐伯低地区部   | 節点数 126<br>管路数 148(L=42.2km)  | 河内, 東迫<br>坪井 |
| 安佐南低地区部  | 節点数 159<br>管路数 183(L=67.8km)  | 緑井<br>(2 系列) |
| 安佐北低地区部  | 節点数 91<br>管路数 98(L=47.6km)    | 高陽           |