

I - B 322

兵庫県南部地震に基づく高速道路構造物に対する地震被害推定式

東京大学生産技術研究所

正会員 山崎 文雄

東海旅客鉄道（元 東京大学大学院生）

正会員 大西 淳一

日本道路公団試験研究所

正会員 田山 聡, 高野辰雄

1. はじめに

日本道路公団(JH)が管轄する高速自動車国道では、これまで、管理事務所等に設置した地震計が記録する最大加速度を指標として高速道路の通行規制を行い、巡回・点検を実施していた。兵庫県南部地震以降、JH では地震情報の収集・提供と通行規制の効率化を目的として地震計の増設を進めており、最近設置した地震計では、最大加速度に加えて、SI 値や計測震度などの指標も測定可能となった。それらの指標値と高速道路構造物の被害との関係を明らかにすることにより、通行規制や安全点検実施のためのより適切な基準の導入が可能になると考えられる。筆者らは、これまで最近のいくつかの地震による高速道路の被害事例を調査し、観測された地震動指標値をもとに推定した被害発生地点の地震動指標値と比較して、高速道路の地震被害と地震動強さの関係を整理した¹⁾。本文では、これまでの研究を定量的に発展させて、被害データと地震動観測データが最も豊富な1995年兵庫県南部地震について、高速道路構造物と地震動強度指標の関係を調べ、橋梁・高架に対する被害推定式を提案する。

2. 地震動強度指標の空間分布推定法

ここでは高速道路網に適した空間分布の推定を考える。地震発生直後に得られる情報は沿線20kmに1箇所程度の地震動強度指標値である。これらの観測値と最少限の震源情報（震源位置とマグニチュード）から面的に地震動分布を推定するものとしては、Kriging法が最も一般的であろう。しかし、地震動は地盤・地形等の条件により大きく影響されるので、国土数値情報を用いて地盤増幅度を推定する方法を別途検討している²⁾。地震動強度指標としては、最大加速度(PGA)、最大速度(PGV)、計測震度(I)を考える。ここで採用した推定手法の流れを図1に示す。

3. 兵庫県南部地震における地震動分布

兵庫県南部地震で得られた165地点の自由地盤表面の記録を基盤面に換算し、基盤面における距離減衰式をトレンド成分とするSimple Kriging法³⁾により地震動分布を推定する。距離減衰式は、地震ごとにばらつきを持つことから、地震ごとに観測値を用いて作成することにした。回帰式の形としては、既往の震源近傍における地震動の頭打ち傾向を考慮した距離減衰式にならない次式の関数型を仮定する：

$$\log_{10} PGV = c1 - \log_{10}(r + c2) + c3 * r$$

ここでは、 $c1$, $c2$, $c3$ は回帰により求める係数、 r は断層面への最短距離である。 r を各データについて計算するには、断層面の位置を確定する必要がある。ここでは断層位置を文献等より仮定した。共分散は距離の1乗に比例する指数関数型を仮定し相関距離を5.0kmと仮定した。Krigingは、基盤面の値から距離減衰で推定される平均値成分を差し引いた残差成分について平均値0の正規確率場と仮定して行った。この出力として任意地点の残差が得られ、これに基盤面における平均値成分を加え、さらに地盤増幅率を乗ずるという手順を踏んで、地表面における地震動分布を推定する。

4. 兵庫県南部地震における橋梁・高架の被害と被害推定式

兵庫県南部地震では、高速道路においても、橋梁・高架、路面、のり面、通信施設、料金所施設などの構造物や施設で甚大な被害が発生した⁴⁾。このうち、日本道路公団の管轄する4路線の216橋の橋梁・高架の被害に関して分析を行う。

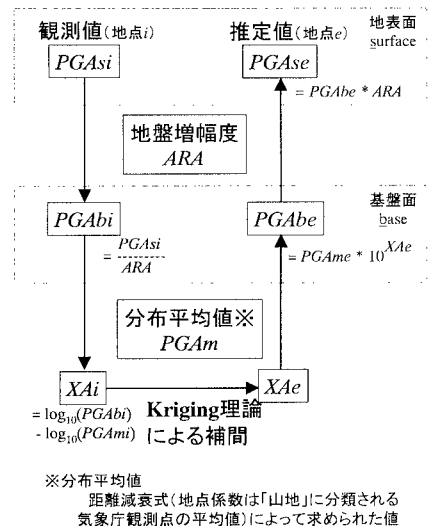


図1 地震動強度分布推定の流れ（最大加速度）

キーワード：高速道路、地震被害、地震動、Kriging、GIS

連絡先：〒106-8558 東京都港区六本木7-22-1, TEL 03-3402-6231, FAX 03-3408-2666

また、被害の生じなかった橋梁・橋脚も検討にあたって重要なデータとなるため、同一路線のなかから抽出した。被災ランク A_s の橋梁・高架は、名神高速道路に集中しており、ここから遠ざかるにしたがって、被災度の低い橋梁・高架が分布している。

次に、橋梁・高架 216 橋の地点における地震動の推定値を地震動分布から読みとった。地震動の推定値は、ここでは橋梁・高架の中心地点における地震動をその地点が入る 1 km メッシュの中心点での推定値とした。中国自動車道について橋梁・高架の被害ランクと最大速度との関係をグラフにしたものが図 2 であり、推定された地震動が大きい区間で大きな被害が発生していることが分かる。このほかの路線・区間についても同様な整理を行い、橋梁・高架の被害ランクと推定地震動指標値との関係を求めた(図 3)。

いずれの指標も、推定地震動が大きくなるほど高いランクの被害が発生している。

以上にまとめた地震動強さと被災ランクの関係から橋梁・高架の被害推定式を求める。ある地震動 x のとき被災ランク R 以上が発生する確率 $P_{\geq R}(x)$ は、標準正規分布の累積確率 $\Phi(x)$ を用いて、対数正規分布 (x が計測震度の場合は正規分布) で表わせると仮定し、回帰係数は、確率紙を用いた最小二乗法により求めた。また、最大速度に対する被害推定式を図 4 に示す。さらに、隣り合う累積被害発生曲線の差をとったものが、その間の被災ランクの発生率曲線となる (図 5)。ここで求めた橋梁・高架の被害推定式は、準拠した設計基準などの条件が考慮されておらず、今後は、このような点に改良を加えて、より汎用性のある被害推定式の構築を目指したいと考えている。

5. まとめ

地震動強度指標と高速道路構造物の地震被害との関係について検討した。距離減衰特性をトレンド成分として考慮した Kriging 法を用いて、観測値の補間により高速道路に沿った地震動強度分布の推定法を提案した。この方法で推定した地震動分布と兵庫県南部地震による高速道路被害を比較することにより、橋梁・高架についての地震被害推定式を構築した。残された課題も多いが、この成果が、高速道路の地震時通行規制値の評価や、早期地震被害予測システムに向けての一步となること期待している。

参考文献

- 1) 大西淳一, 山崎文雄, 田山聡, 高野辰雄, 福田直三(1997): 高速道路の地震被害と地震動強さの関係, 第 2 回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, 423-426.
- 2) 大西淳一, 山崎文雄, 若松加寿江(1998): 気象庁地震記録に基づく土地分類と地盤増幅度, 第 53 回土木学会年次大会.
- 3) 野田茂, 星谷勝 (1997): 条件付確率場の補間法に関する一提案, 鳥取大学工学部研究報告, 28, 175-197.
- 4) 日本道路公団大阪管理局・大阪建設局 (1996): 阪神・淡路大震災災害報告書.

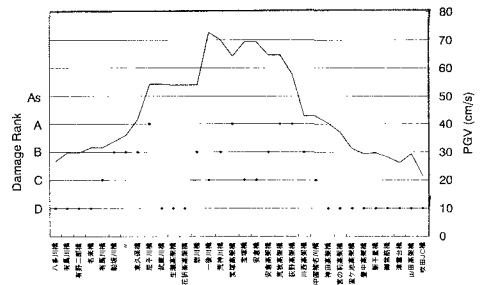


図 2 中国道（神戸 JCT～吹田 JCT 間 32 橋）における被災ランクと最大速度推定値

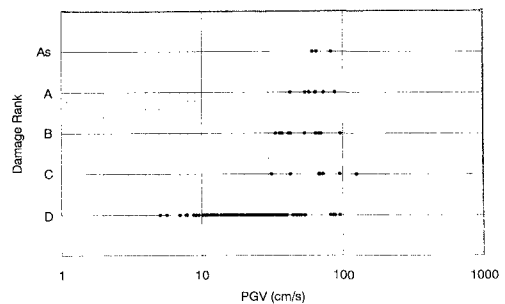


図 3 橋梁・高架の被災ランクと最大速度推定値との関係（兵庫県南部地震，日本道路公団の 216 橋）

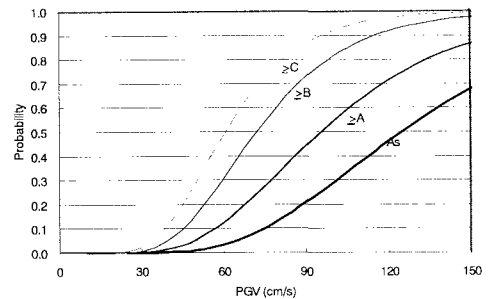


図 4 各被災ランク以上の発生確率分布（最大速度）

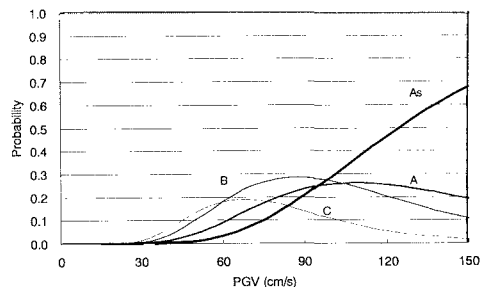


図 5 各被災ランクの発生確率分布（最大速度）