

## 近年の地震被害データに基づく高速道路盛土被害と地震動強さの関係

千葉大学 学生会員 ○水野 菊

千葉大学 正会員 丸山 喜久, 山崎 文雄

(株) 高速道路総合技術研究所 正会員 土屋 良之, 用害 比呂之

## 1. はじめに

2004 年新潟県中越地震では, 高速道路盛土部に多くの被害が発生した。高速道路は, 災害発生時に被災地の復旧には欠かせない道路であり, 地震後早期に被害状況を把握し復旧することが望まれる。そこで, 本研究では, 旧日本道路公団によって整理された 2003 年宮城県北部地震 2003 年十勝沖地震の詳細な被害データと, 250m メッシュ単位で推定した地震動分布をもとに, 高速道路盛土部の被害程度と地震動強さの関係について統計的な分析を行った。また, 宮城県北部地震に見られるように地震被害は, 現地の地盤・地形条件が影響していると考えられるので, 常時微動の水平/上下 (H/V) スペクトル比から推定される地盤の卓越周期と高速道路盛土被害の関係に関して検討を行った。さらに, これらの分析結果と新潟県中越地震の被害データに基づく高速道路盛土の被害関数 (Maruyama *et al.*, 2007) との比較を行い, 被害関数の精度の向上を図った。

## 2. 常時微動による地盤特性の把握と地震被害

2003 年宮城県北部地震で被害が発生した三陸自動車道沿線で常時微動観測を実施した。H/V スペクトル比の卓越周期と被害箇所との関係を図-1 に示す。若松ら (2004) の微地形分類を確認すると, 矢本 IC 周辺を境に, 鳴瀬奥松島 IC ~ 矢本 IC 間が丘陵に, 矢本 IC ~ 石巻河南 IC 間は三角州・海岸低地に分類されている。これは, ほぼ常時微動の H/V スペクトル比の卓越周期による地盤特性と一致する。しかし, 三陸自動車道の被害は, 比較的固い地盤上とされた 26.1kp ~ 32.0kp の間で多く発生した。宮城県北部を震源とする地震は局地的な直下型の地震で, 29.0kp 周辺を震源としているため, 地盤条件に関係なく被害が発生したものと考えられる。

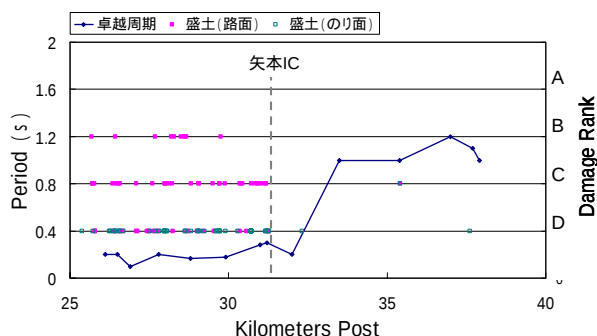


図-1 H/V スペクトル比の卓越周期と被害箇所の関係

## 3. 地震動分布の推定

高速道路における地震被害の程度と地震動の強さの関係を整理するためには, 被害の発生した地点の地震動強さを評価する必要がある。被害発生地点の地震記録はないことから, 任意の地点の地震動強さを面的ないし線的に推定する手法が必要となる。そこで, 本研究では, 既往の研究 (Maruyama *et al.*, 2007) をもとに地震動強さを推定した。本研究の地震動推定法の流れを図-2 に示す。

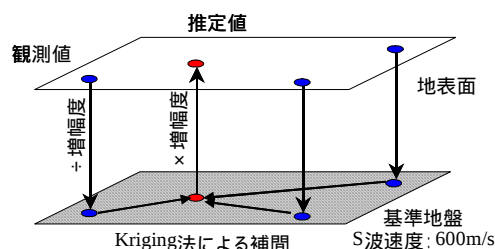


図-2 地震動推定法の流れ

十勝沖地震に関しては, 基準地盤として S 波速度 600m/s の地盤を用いた。観測された地表面最大速度 (PGV) を地盤増幅度で割り戻すことで基準地盤における PGV を求めた。次に, 基準地盤における PGV の距離減衰式を構築する。得られた距離減衰式をトレンド成分として用い, 残差を平均値 0 の正規確率場と仮定して Simple Kriging 法により補間した。最後に, 補間された基準地盤における PGV に 250m メッシュごとの地盤増幅度を乗じて, 地表面における PGV 推定値とする。

宮城県北部を震源とする地震は, 三陸自動車道のごく近傍で発生している。矢本 IC では, PGV で 97.9cm/s を記録している (計測震度 6.5)。そのため三陸自動車道の近傍では, 地盤に関係なく局所的に地震が大きかつ

キーワード 高速道路盛土, 地震動分布, 被害関数, 重みつき最小二乗法

連絡先 〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33 千葉大学大学院工学研究科 建築・都市科学専攻 TEL043-290-3557

たことが考えられる．震源近傍は丘陵に分類されるので，地盤増幅度が小さいため，PGV が小さく推定される可能性がある．そこで，微地形分類及び，地盤増幅度を考慮せずに，地表面における PGV の距離減衰式を構築し，震源近傍の PGV 分布を推定することとした．距離減衰式は，断層最短距離 30km 以内の地震記録を使用し，推定 PGV を求めた(図-3)．この結果から，三陸自動車道沿線の PGV を抽出し，PGV と被害箇所との関係を図-4 に示す．

#### 4. 回帰分析による被害関数の構築

回帰分析により高速道路盛土の被害関数の構築を行う．本研究で算出した各高速道路の被害率と，既往の研究 (Maruyama *et al.*, 2007) で用いている新潟県中越地震の際に算出された高速道路の被害率を併せて使用する．また，使用する被害率は路面とのり面を合わせたものとし，走行に支障のある被災ランク B 以上の被害と全被害 (D 以上) の 2 種類で回帰分析を行った．回帰分析には，式(1)に示す関数形を用いている．標準正規分布の確率分布関数を用いて対数正規分布を仮定し，それに倍率 C を乗じる．

$$P = C\Phi((\ln PGV - \lambda)/\zeta) \quad (1)$$

式(2)のように，重み付きの最小二乗法によって回帰定数を決定した．

$$\varepsilon = \sum (P_R - P)^2 w \quad (2)$$

$P_R$  は実被害データから求められる被害率であり， $w$  は道路延長 (盛土区間) による重みである．これにより推定された盛土被害関数を図-5 に示す．PGV と計測震度の関係式から変換し，計測震度と盛土被害関数を図-6 に示す．新潟県中越地震の被害率を用いて構築した被害関数と比較すると，被災ランク B 以上はほぼ変わらなかった．また，全被害については，被害関数の立ち上がり PGV の値が大きくなるという結果になった．

#### 5. まとめ

本研究では，高速道路盛土部の被害関数の構築を行った．走行に支障のある被災ランク B 以上の被害は計測震度 5.3 程度，また軽微な被害も考慮に入れた全被害では，計測震度 4.8 程度から被害が発生し始めると推定された．この被害関数は，地震被害の早期把握や通行基準値の再検討の一助になるものと期待できる．今後，更なるデータの蓄積と詳細な検討を行い，精度の向上を目指したいと考えている．

#### 参考文献

- 若松加寿江，松岡昌志，久保純子，長谷川浩一，杉浦正美 (2004)：日本全国地形・地盤分類メッシュマップの構築，土木学会論文集，No.759/I-67，pp.213-232.
- Maruyama, Y., Yamazaki, F., Yogai, H., and Tsuchiya, Y.: Relationship between damage ratio of expressway embankment and seismic intensity in the 2004 Mid-Niigata earthquake, Proceedings of the 8th Pacific Conference on Earthquake Engineering, CD-ROM, Paper No. 055, 2007.

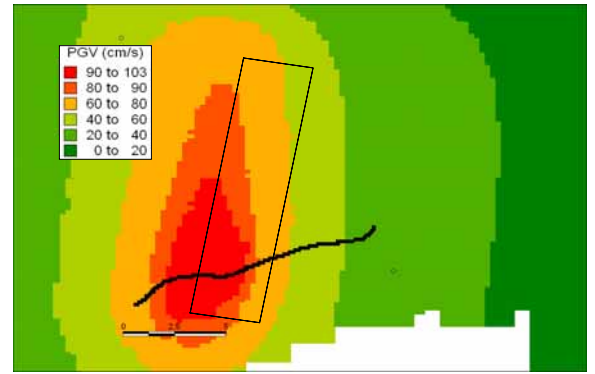


図-3 推定 PGV 分布 (宮城県北部地震)

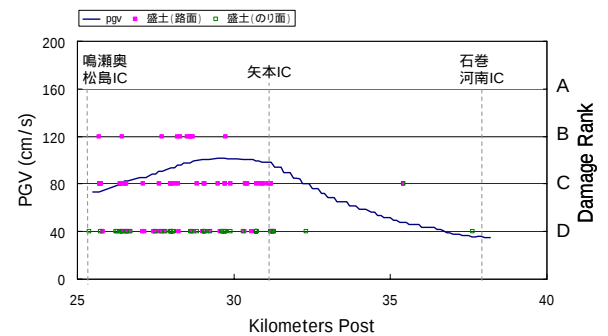


図-4 PGV と被害箇所の関係 (三陸自動車道)

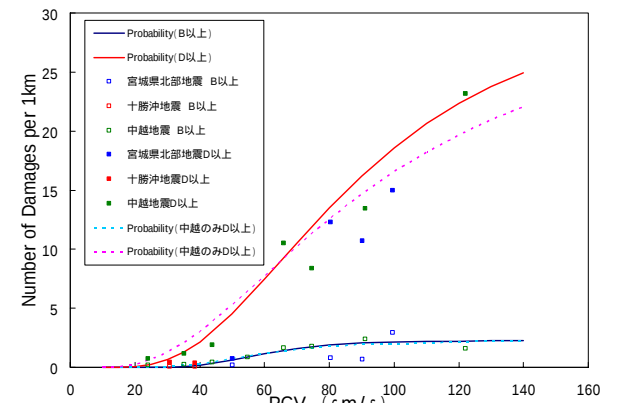


図-5 高速道路盛土の被害関数 (PGV)

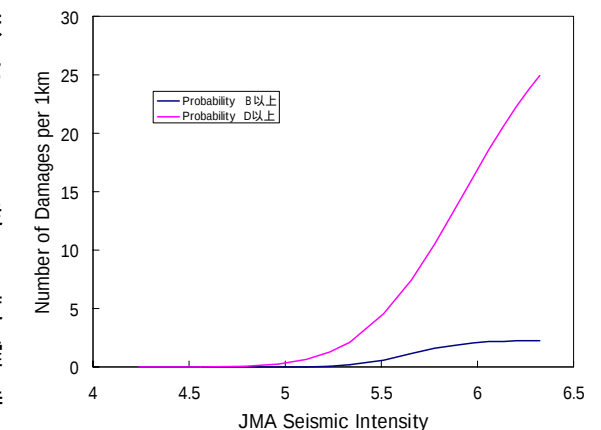


図-6 高速道路盛土の被害関数 (計測震度)