

## 微地形区分を用いた全国の表層地盤固有周期の簡易評価

(公財) 鉄道総合技術研究所 坂井公俊, 田中浩平, 室野剛隆  
JR 九州コンサルタンツ (株) ○加藤尚

### 1. はじめに

既設鉄道路線の地震対策実施箇所の優先順位付けを行う際の一つの考え方として、地震リスクに基づく評価が考えられる。そのためには、広範囲の地震動を予測する必要があるが、この際に表層地盤の違いによる地震増幅を考慮することで、より適切な評価が可能となる。鉄道構造物の耐震設計<sup>1)</sup>では、地盤調査結果に基づいて表層地盤の固有周期  $T_g$  を地点毎に評価している。また、地盤の固有周期  $T_g$  を用いて地震動の増幅度を評価する手法<sup>2)</sup>も提案している。そのため、全国の地盤の固有周期  $T_g$  を簡易に評価出来れば、従来の設計データも十分活用した上での広域地震動評価を簡易に実施可能である。ここで、全国を対象として1kmメッシュ毎あるいはそれ以上の微地形分類の情報等を利用し、地表面から深さ30mまでの平均S波速度(AVS30)を算定する簡易推定式<sup>3)</sup>も提案されている。そこで本研究では、この手法と同様に、微地形分類等と地盤の固有周期  $T_g$  との関係から、地盤の固有周期  $T_g$  を評価する手法を開発し、これを用いて全国の地盤固有周期  $T_g$  の試算を行った。

### 2. 地盤の固有周期 $T_g$ の推定式の提案

既往の研究<sup>3)</sup>では、国土数値情報<sup>4)5)</sup>のデータを基に、AVS30と各地点の①微地形区分ID<sup>6)</sup>、②標高  $E_v$  (m)、③傾斜  $S_p$ 、④山地・丘陵からの距離  $D_m$  (km)、⑤河川からの距離  $D_r$  (km)、⑥海岸線からの距離  $D_c$  (km)との関連付けを行い、各指標の優位性を判断した上で最終的な回帰パラメータの選定を行っている。本検討においても、基本的に同様の手法を採用し、250mのメッシュサイズにおいて推定式の検討を行う。また、近年では、全国の深部地下構造調査結果<sup>7)</sup>が公開されているため、前述の6個のパラメータに加え、⑦地震基盤深度  $D_b$  (m)も併せて、国土地盤情報検索サイトの地盤情報<sup>8)</sup>に公開されている土質調査結果との関連性の検討を行った。

表1 各パラメータの回帰係数

ID	微地形区分	回帰係数				
		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_0$
1	山地	-5.343E-02	-8.793E-02	0	0	-7.863E-01
2	山麓地	-1.054E-01	0	0	0	-8.049E-01
3	丘陵	-1.319E-01	-9.536E-02	0	0	-5.950E-01
4	火山地	-1.672E-02	-1.071E-02	0	0	-8.928E-01
5	火山山麓地	-7.238E-02	-1.037E-01	0	0	-5.387E-01
6	火山性丘陵	-2.470E-02	-4.509E-02	8.471E-02	0	-7.330E-01
7	岩石台地	-9.495E-02	0	7.373E-02	0	-6.989E-01
8	砂礫質台地	-1.664E-01	-7.973E-02	1.973E-01	1.667E-02	-5.072E-01
9	ローム台地	-8.561E-02	-8.395E-02	1.340E-01	0	-4.536E-01
10	谷底低地	-2.639E-01	-2.867E-02	1.727E-01	4.116E-02	-4.893E-01
11	扇状地	-2.242E-01	0	0	0	-5.382E-01
12	自然堤防	-1.239E-01	-4.149E-02	1.520E-01	1.156E-02	-3.942E-01
13	後背湿地	-1.255E-01	-1.092E-01	1.127E-01	4.670E-02	-4.358E-01
14	旧河道	-1.944E-01	-1.258E-01	1.770E-01	0	-3.014E-01
15	三角州・海岸低地	-1.252E-01	-1.930E-01	2.316E-03	0	-2.370E-01
16	砂州・砂礫州	-4.553E-03	-1.491E-01	1.153E-01	0	-5.003E-01
17	砂丘	-8.603E-02	0	2.256E-02	0	-6.212E-01
18	砂州・砂丘間低地	0	0	0	0	-6.727E-01
19	干拓地	-1.582E-01	-6.970E-02	5.034E-02	0	-3.188E-01
20	埋立地	0	0	0	0	-3.473E-01
21	礫・岩礫	0	0	0	0	-1.000E+00
22	河原	-2.616E-01	-1.320E-01	1.641E-01	2.874E-02	-3.679E-01
23	河道	0	0	0	0	-3.650E-01
24	湖沼	-7.113E-02	-1.318E-01	0	0	-4.960E-01

ここで、前述の全パラメータを使用しても回帰式の推定精度が必ずしも良好な結果を与えるとは限らない。例えば、山地・丘陵からの距離  $D_m$  と海岸線からの距離  $D_c$  のように、各データ間にはトレードオフの関係があると考えられるためである。そこで、最終的な回帰式を最適化するためにAIC<sup>8)</sup>を用いてパラメータ選定を行った。その結果、①微地形区分ID、②標高  $E_v$ (m)、③傾斜  $S_p$ 、④山地・丘陵からの距離  $D_m$ (km)、⑦地震基盤深度  $D_b$ (m)の5つをパラメータとした式(1)によって推定式を作成することが適切であると評価された。最終的に得られた各係数の評価結果<sup>9)</sup>を表1に示す。

$$\log T_g = x_1 \log E_v + x_2 \log S_p + x_3 \log D_m + x_4 \log D_b + x_0 \quad (1)$$

キーワード 微地形分類, 表層地盤の固有周期, 増幅率

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 鉄道地震工学研究センター

T E L 042-572-7394

〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 1-1-14 JR 九州コンサルタンツ (株) 技術本部

T E L 092-413-1025

### 3. 提案式を用いた全国固有周期の試算とその活用

前述の提案式を用いて、日本全国の地盤固有周期  $T_g$  を推定した結果を図1に示す。この図より、例えば、関東平野や愛知、新潟付近のような地域的な地盤周期の増大や山間部での良好な地盤を、本手法によって適切に表現できていることが確認できる。つまり、本手法は微地形区分や国土数値情報等の指標から簡易的に地盤構造を推定しているにも関わらず、地盤の硬軟の傾向を一定の信頼性を持って表現できているものと考えられる。

さらに、2005年福岡県西方沖地震の断層を対象に、今回開発した地盤固有周期  $T_g$  の推定式と距離減衰式、地震動の増幅率<sup>2)</sup>を組み合わせ、地震動分布の簡易評価を行った。地表面位置での最大加速度分布を図2に示す。また、図3には、本手法により算定した最大加速度  $PGA_{cal}$  の推定結果と、観測された地表面位置での最大加速度  $PGA_{obs}$  の比較を示しているが、本手法を用いることで、

地盤条件の違いを無視した距離減衰式によって評価される値と比較して、推定精度が向上していることが確認できる。

### 4. まとめ

本検討では、地形区分および国土数値情報等を利用した、表層地盤の固有周期  $T_g$  の簡易推定法の提案を行った。本手法に必要な情報は、国土数値情報等の公開情報を基本としており、地点毎の地盤調査を実施することなく、簡易に評

価可能である。また、本手法を用いて全国の地盤固有周期を推定し、全国地盤の硬軟の傾向を良好に表現出来ている事を確認した。さらに、本手法と距離減衰式、地盤増幅率を組み合わせることで、距離減衰式のみを用いた場合と比較して地震動の推定精度が向上している事を確認した。

**参考文献** 1) (公財) 鉄道総合技術研究所, 鉄道構造物等設計標準・同解説 (耐震設計), 2012. 2) 野上ら, 表層地盤と入力波の周期特性を考慮した表層地盤での地震増幅率の評価, 土木学会論文集A1 (構造・地震工学), Vol.68, 2012. 3) 松岡ら, 日本全国地形・地盤分類メッシュマップを利用した地盤の平均S波速度分布の推定, 土木学会論文集, No.794/I-72, pp.239-251, 2005. 4) (独) 土木研究所, 地盤力学情報データベース, 国土地盤情報検索サイトKunijiban, <http://www.kunijiban.pwri.go.jp/service.html>. 5) 国土交通省, 国土数値情報ダウンロードサービス, <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>. 6) 若松ら, 地形・地盤分類250mメッシュマップ全国版の構築, 日本地震工学会大会-2008梗概集, pp.222-223, 2008. 7) 藤原ら, 強震動評価のための全国深部地盤構造モデル作成手法の検討, 防災科学技術研究所研究資料, 第337号, 2009. 8) Akaike, Information theory and an extension of the maximum likelihood principle, *2nd Inter. Symp. on Information Theory*, Akademiai Kiado, Budapest, pp.267-281, 1973. 9) 加藤ら, 地形区分を用いた表層地盤の固有周期の簡易推定, 第47回地盤工学研究発表会, 2012.

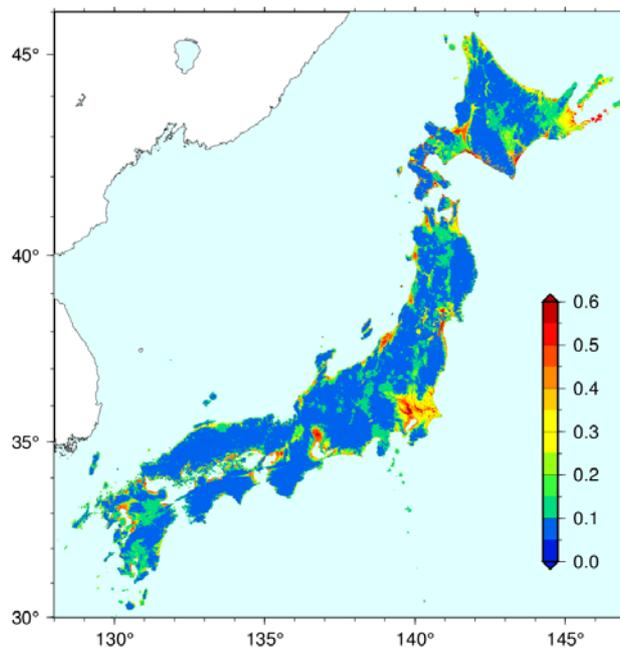


図1 地盤の固有周期  $T_g$ (s)推定結果

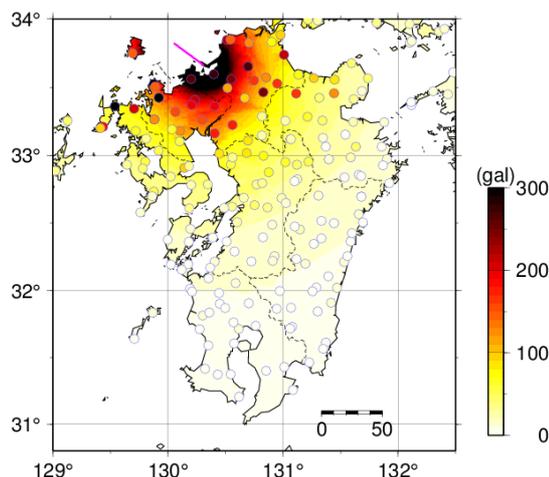


図2 地表面位置での最大加速度分布 (○印: 防災科研による観測記録)

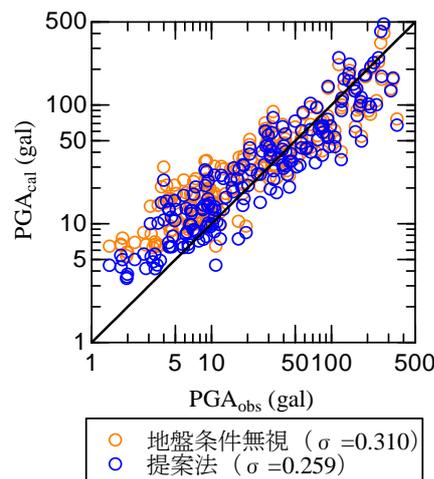


図3 推定した最大加速度  $PGA_{cal}$  と観測記録の最大加速度  $PGA_{obs}$  の比較