

I-B 199 北海道における気象庁震度階と実加速度記録に関する考察

北海道開発コンサルタント(株) 正員 佐藤 誠
 北海道開発局開発土木研究所 正員 島田 武
 北海道開発局開発土木研究所 正員 佐藤 昌志
 北海道開発局留萌開発建設部 正員 吉田 紘一

1. はじめに

現在、地震による揺れの大きさを表わす指標は、一般的に気象庁で出されている震度階である。その震度階は、過去においては人体の体感等により判定されたが、現在ではその経験を加え、初期微動の加速度記録の最大値および初期微動の波形を周波数分析することにより得られる2つの値を用いて数値化し定義している。

しかし、地震動の特性は、その地震の発生機構や伝播経路、揺れの観測地域の地形・地盤条件等が互いに複雑に影響していると考えられる。この震度階を含む地震動の予測は、これまで蓄積したデータを用いて統計解析を行っているため平均的な指標でしかないことから、その値を用いて地域を限定し、地域特性を考慮した地震動を求める基礎資料とするため、北海道で記録される予測加速度を求めることとした。

本論文では、確立されている気象庁震度階とこれまで北海道で得られた最大加速度記録の関係を統計的に分析しとりまとめたので報告する。

2. 解析手法

統計解析するデータは、既設橋に設置されている強震計の最大加速度と、気象庁震度階である。しかし、この震度階は一部の都市に対して求めているため、強震記録と比較することが困難と思われる。そこで、強震計設置箇所に対して気象庁震度階を修正し、それを「有感振動レベル」と定義した。「有感振動レベル」はおおむね気象庁の震度階に準拠し、実数化したものである。

加速度記録は、道内29既設橋に配置された強震計に記録された実測加速度の中でも比較的情報の多い15既設橋のデータを取り上げている。本研究ではこの既設橋の実測加速度と有感振動レベルの情報から既設橋別に相関図を作成し、5種類の回帰式について回帰分析をおこない、既設橋・回帰式別の相関係数を解析した。

3. 解析結果と考察

解析手法を用いて既設橋の有感振動レベルと実測加速度の記録から分析をおこない回帰式を求めた。その回帰式を基に算出された相関係数の結果を示す。（表－1）

図中の太枠で囲まれた部分は、既設橋別の各回帰式の中でも相関係数が最も高い値を表わす回帰式である。その高い値を示す回帰式の形態にはバラツキがあり、「 $Y = aX^2 + b$ 」の形態を示す回帰式の相関係数が高いものは15橋中11橋と最も多く、続いて「 $Y = b \times 10^{**}$ 」の形態の回帰式が15橋中5橋であった。

既設橋名	地盤種別	各回帰式の相関係数				
		$Y=aX+b$	$Y=aX+0.8$	$Y=aX^2+b$	$Y=aX^2+0.8$	$Y=b \times 10^{**}$
千代田大橋	Ⅲ種地盤	0.683	0.550	0.825	0.776	0.689
幌満橋	Ⅰ種地盤	0.611	0.463	0.680	0.623	0.611
大楽毛橋	Ⅱ種地盤	0.544	0.427	0.714	0.648	0.528
新石狩大橋	Ⅲ種地盤	0.447	0.446	0.408	0.381	0.470
七峰橋	Ⅰ種地盤	0.943	0.651	0.972	0.908	0.945
石狩河口橋	Ⅲ種地盤	0.907	0.741	0.909	0.636	0.960
斜里大橋	Ⅲ種地盤	0.561	0.476	0.673	0.121	0.405
静内橋	Ⅲ種地盤	0.873	0.587	0.919	0.838	0.930
別海橋	Ⅲ種地盤	0.365	0.302	0.507	0.507	0.493
温根沼大橋	Ⅲ種地盤	0.340	0.339	0.356	0.306	0.263
広尾橋	Ⅰ種地盤	0.929	0.705	0.967	0.912	0.921
島松沢橋	Ⅱ種地盤	0.699	0.698	0.782	0.781	0.899
札幌IC高架橋	Ⅲ種地盤	1.000	0.559	1.000	0.782	0.997
白鳥大橋	Ⅲ種地盤	0.933	0.758	0.968	0.954	0.931
新浜厚真橋	Ⅲ種地盤	1.000	0.757	1.000	0.950	1.000

表－1 既設橋・回帰式別の相関係数一覧

なお相関係数の結果の中に「1.000」の解析値が存在するが、これは強震記録が2つの既往地震しか得られておらず回帰分析上、表現されてしまったものである。これらについては、これから得られるデータを含めて分析し、相関係数を見直す必要がある。

各既設橋毎に分析された各回帰式の相関係数を更に統計学を用いて分析する方法として、全既設橋（15橋）及び地盤種別（Ⅰ種～Ⅲ種地盤）別の四種類に分類し、それぞれ平均相関係数、分散、及び標準偏差を算出し比較した。（表－2）

図中の太枠で囲まれた部分は、各回帰式の中でも平均相関係数が最も高い値を、分散と標準偏差が最も小さな値を示すものであることから、両部分は相関の高い回帰式であることがわかる。

項 目	回 帰 式				
	$Y=aX+b$	$Y=aX+0.8$	$Y=aX^2+b$	$Y=aX^2+0.8$	$Y=b \times 10^{ax}$
既 設 橋 全 体					
平均相関係数	0.722	0.564	0.779	0.675	0.736
分散	0.051	0.022	0.044	0.059	0.060
標準偏差	0.226	0.147	0.210	0.243	0.244
Ⅰ 種 地 盤					
平均相関係数	0.828	0.606	0.873	0.814	0.826
分散	0.023	0.011	0.019	0.018	0.023
標準偏差	0.153	0.104	0.137	0.135	0.152
Ⅱ 種 地 盤					
平均相関係数	0.622	0.562	0.748	0.715	0.714
分散	0.006	0.018	0.001	0.004	0.034
標準偏差	0.078	0.135	0.034	0.067	0.186
Ⅲ 種 地 盤					
平均相関係数	0.711	0.652	0.757	0.625	0.714
分散	0.063	0.025	0.057	0.074	0.072
標準偏差	0.251	0.157	0.238	0.271	0.269

表－2 回帰式別の平均相関係数等一覧

4. 結 論

本論文は、有感振動レベルと実測加速度の記録値から5つの式の形態に帰着するように回帰分析を行い、回帰式を統計手法を用いて、既設橋全体及び地盤種別（Ⅰ種～Ⅲ種地盤）ごとに相関係数、平均相関係数、分散、及び標準偏差の多方面から気象庁の震度階と実測加速度の相関について比較検討をおこなった。この結果、北海道における気象庁震度階と実測加速度記録についてある程度、相関のとれる回帰式を得ることができた。そのなかで実測を高く評価できる平均の相関係数の最大値を最も多く得ることができた式は『 $Y=aX^2+b$ 』の形態であり、15橋中11橋がこの回帰式の形態となった。その11橋のうち代表的な値を用いた回帰式は、 $Y=\{6.603, 2.835, 6.961, \dots, 8.263\} (=a)X^2 + \{-23.963, -19.602, -39.964, \dots, -33.757\}$ である。また回帰式で実測を高く評価できる平均の相関係数の最大値が次に多く得ることができた式は『 $Y=b \times 10^{ax}$ 』の形態であり、15橋中5橋がこの回帰式となった。その5橋のうち代表的な値を用いた回帰式は、 $Y=\{5.559, 13.461, 2.477, \dots, 1.581\} (=b) \times 10^{\{0.273, 0.114, 0.418, \dots, 0.441\} (=a)X}$ である。ただし、地盤種別により式の形態が異なる結果となった。このことは実測加速度の記録件数が少ないこと、実測加速度に片寄りがあること、更には、地盤種別の適切な評価等に要因があるものと考えられる。

しかし、北海道の地域特性を加味した気象庁震度階から、地盤震動を考慮した実測加速度の相関を評価することは耐震設計の指標とすることも可能と考えられる。今後も北海道における気象庁震度階と実測加速度記録の関連性について検討を加えて行く必要があると考えられる。

5. あとがき

北海道における有感地震の有感振動レベルと実測加速度の回帰式の検討と、相関係数、平均相関係数、分散、及び標準偏差を用いて行った比較検討の研究結果を報告した。今後は有感振動レベルと実測加速度の回帰式形態と、統計解析による回帰式の相関分析手法について、更に研究を重ねたいと考えている。

<参考文献>

- 1) 翠川三郎・福岡知久：気象庁震度階と地震動強さの物理量との関係、地震第41巻、(1988)、223-233 頁
- 2) 建設省土木研究所・川島一彦ら：最大地震動及び地震応答スペクトルの距離減衰式、報告第166号