

北海道の地盤特性を考慮した地震時の損傷予測に関する一提案

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 小林 将
 専修大学北海道短期大学 正員 金子 孝吉

1. はじめに

地震動による道路構造物などの損傷予測を推定することは、耐震設計や地震防災の対応策を計画する上で非常に重要なことである。地震の被害予測は、地盤特性を加味して生じた既往地震動を適切に評価して、地震被害の原因となる様々な影響を定量的に調査し、損傷要因の複雑な組み合わせを解明することである。また、表層地震動は、地域性を勘案した地盤特性を考慮しつつ地震波動の伝搬により、構造物への表層地盤の影響度を表わすものである。

そこで地震動と地震被害の相関を分析する目的から、過去発生した北海道地方と鹿児島地方の震害情報をもとに、各地盤特性を考慮した地震動による影響を統計的に分析することで被害相関を考察し、さらには地震被害の軽減に結びつく方策として、ここに損傷予測に係わる提案を行うものである。

2. 解析手法

本解析においては、北海道地方へ大きな地震被害を及ぼした3大地震と、近年発生した鹿児島県の地震を調査対象とした。表-1に今回解析に用いた各地震の発生年月日、規模、深さ、および地震動を観測した観測地点数を示す。強震計の水平動の観測方向は同一ではないが、橋軸方向の最大値を解析に用いることとした。

表-1 解析に用いた強震記録

地震名	年月日時分	規模	深さ	観測地点数
釧路沖地震	1993年1月15日 20時06分	7.8M	101km	14件
北海道南西沖地震	1993年7月12日 10時17分	7.8M	35km	10件
北海道東方沖地震	1994年10月4日 22時23分	8.1M	30km	11件
鹿児島県北西部地震	1997年3月26日 17時39分	5.3M	10km	46件
第2鹿児島県北西部地震	1997年5月13日 14時38分	6.1M	20km	109件

表-1に示す各地震記録を用いて、地震特性を考慮した推定地震動の距離減衰式を旧道路橋示方書耐震設計編に示されている加速度距離減衰式の形態に帰着した推定式 $a = a \times 10^{MM} \times (\Delta + 30)^{-\gamma}$ を最小2乗法による重回帰分析から導いている。この変数は、地震の規模を表わすマグニチュード(M)、その位置を示す震央距離(Δ)としている。

被害情報は、盛土、斜面、および構造物などに分類され、地図上にて機械的に調査したものである。(表-2)本解析では、各地震の被害の箇所や被害程度に片寄らず、被害箇所全体の件数に着目して検討した。

A Proposition on Prediction for Earthquake Damage in Hokkaido

by Makoto SATO, Takeshi SHIMADA, Masaru KOBAYASHI, Takakichi KANEKO

本解析は、地震被害の要因を表層地盤の地形や地質、表層が形成された時代の種別から分析を行うため、国土地理院の数値地図情報（メッシュ毎）を活用した。この情報は、我が国において質・量・精度的に高度化、標準化された情報であると考えた。

相関分析の手法は、地震毎の推定加速度の距離減衰式を用いて、震央規模や被害地点との距離から全被害地点における推定加速度を算出する。また被害地点の3次メッシュコードより国土数値情報の地形主分類、表層岩石区分、および表層時代を抽出します。これらの情報から被害地点メッシュの地質分類が同一なものを合計し、全被害地点の合計推定加速度から割合、すなわち推定加速度による被害率を算出する。

このことにより地震毎の地形・地質分類の被害相関が導くことができる。さらには北海道地方と鹿児島県地方の比較検討を行うことで、地域性を加味した被害相関の関連性が考察され、各地方の被害関係を統計学的に分析することができる。

3. 被害相関

被害相関の分析は、前節で記述した推定地震動による加速度距離減衰式、被害地点メッシュの地質情報を用いて、地震毎の土地分類に着目した被害地点における地震動を考慮した推定加速度による被害率（相関）を比較検討した。（図-1～図-4）分類コード表を表-3に示す。

表-2 被害件数

地震名	被害件数		合計
	件数	割合	
釧路沖地震	154件	32.5%	474件
	103件	21.7%	
北海道南西沖地震	217件	45.8%	
鹿児島県北西部地震	220件	65.3%	337件
	117件	34.7%	
	第2鹿児島県北西部地震		

表-3 分類コード表

地形主分類の大分類			表層岩石区分（時代を含む）の新大分類					
大分類	コード	地形主分類	新大分類	コード	表層岩石区分	コード	表層時代	
0.1	01	大起状山地	0.1	未固結堆積物	2.3	礫、砂、粘土	1	古生代
	02	中起状山地			1.2	砂		
	03	小起状山地			2.4	粘土		
	04	山麓地			2.5	泥炭		
0.2	05	大起状火山地	0.2	未固結堆積物	1.1	礫	3	古第三紀
	06	中起状火山地			2.1	砕屑物		
	07	小起状火山地			1.4	礫、砂		
	08	火山山麓地			1.7	砂、礫、粘土		
0.3	09	大起状丘陵地	0.3	未固結堆積物	2.3	礫、砂、粘土	5	洪積
	10	小起状丘陵地			1.2	砂		
	11	火山性丘陵地			2.4	粘土		
	34	砂礫台地（上位）			2.5	泥炭		
0.4	35	砂礫台地（中位）	0.4	未固結堆積物	1.1	礫	3	古第三紀
	36	砂礫台地（下位）			2.1	砕屑物		
	31	ローム台地（上位）			1.4	礫、砂		
	32	ローム台地（中位）			1.7	砂、礫、粘土		
0.5	33	ローム台地（下位）	0.5	火山性岩石	4.6	火山灰	なし	なし
	37	岩石台地（上位）			4.5	ローム		
	38	岩石台地（中位）			3.1	礫岩		
	39	岩石台地（下位）			3.2	砂岩		
0.7	21	扇状地性低地	0.7	半固結—固結堆積物	9.1	泥炭	9	第三紀
	22	三角形性低地			9.2	砂岩、泥岩互層(al)		
	21	自然堤、砂州			9.3	砂岩、礫岩		
	9.4	泥岩						
0.8	24	湖沼	0.8	半固結—固結堆積物	9.5	粘板岩	3	古第三紀
	25	河川			9.6	砂岩、泥岩互層(al)		
	9.9	海			9.7	粘板岩		
	9.9	海			9.8	砂岩、泥岩互層(al)		
9.9	00	海	9.9	未成岩類	3.8	石灰岩	4	新第三紀
	01	礫岩			3.1	礫岩		
	02	砂岩			3.2	砂岩		
	03	砂岩			3.3	砂岩		
0.4	04	礫岩	0.4	半固結—固結堆積物	3.1	礫岩	1	古生代
	05	砂岩			3.2	砂岩		
	06	砂岩			3.3	砂岩		
	07	砂岩			3.4	砂岩		
0.8	08	粘板岩	0.8	深成岩類	8.1	花崗岩質岩石	なし	なし
	09	粘板岩			8.2	花崗岩質岩石		
	10	粘板岩			8.3	はんれい岩質岩石		
	11	粘板岩			8.4	蛇紋岩質岩石		
0.9	09	海	0.9	深成岩類	7.1	ホルンフェルス	なし	なし
	10	海			7.2	結晶岩質岩石		
	11	海			7.3	片麻岩質岩石		
	12	海			7.4	表示のないもの		

(1) 北海道3大地震の被害相関 (図-1)

北海道の地形主分類の被害相関では、釧路沖地震が扇伏地・三角州性低地(コード07)が約45%、北海道南西沖地震が起伏山地(コード01)が約47%、北海道東方沖地震がローム台地(コード05)が約52%、と高い相関結果が得られた。

表層岩石区分(表層時代も含む)の被害相関では、釧路沖地震が未固結堆積物-洪積世以外(コード01)が約57%、北海道南西沖地震が火山性岩石(岩質岩石)-深成岩類(コード08)が約22%、北海道東方沖地震が未固結堆積物-洪積世(コード02)が約56%、の相関結果が最も高い結果である。

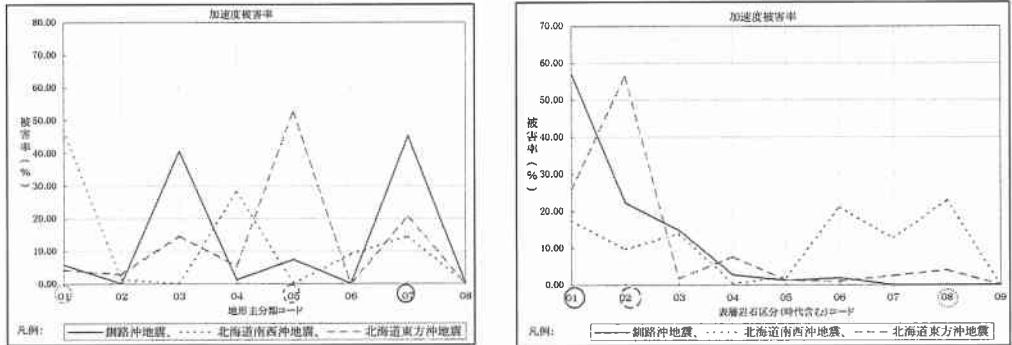


図-1 北海道の被害相関

(2) 鹿児島県北西部地震の被害相関 (図-2)

鹿児島県の地形主分類の被害相関は、第1・第2鹿児島県北西部地震が起伏山地(コード01)約65%と最も高い相関結果である。また、表層岩石区分(表層時代も含む)の被害相関では、両地震共に固結堆積物・半固結-固結堆積物の古生代・中生代(コード04)が約48%と高い結果が得られた。

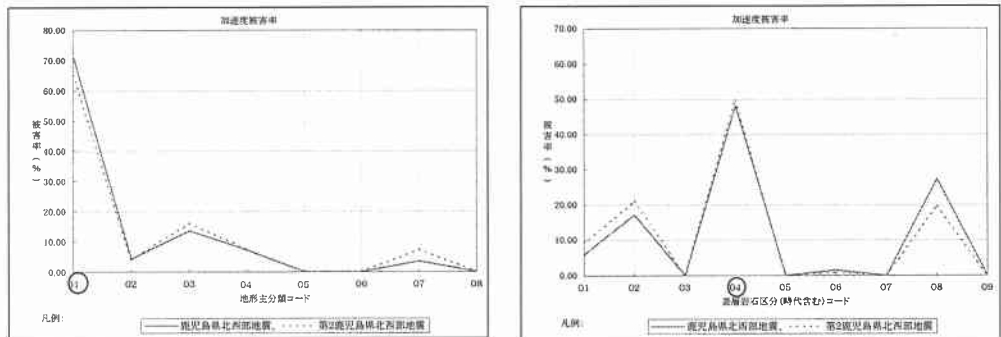


図-2 鹿児島県の被害相関

(3) 北海道の被害相関 (図-3)

北海道の3大地震を合成した地形主分類の被害相関は、扇伏地・三角州性低地(コード07)が約31%、表層岩石区分(表層時代も含む)の被害相関では、未固結堆積物-洪積世以外(コード01)が約39%、の相関結果が得られた。

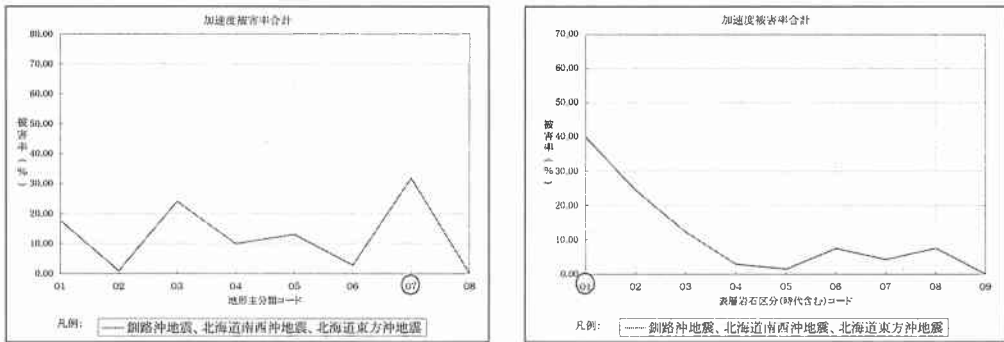


図-3 北海道3大地震を合成した被害相関

(4) 鹿児島県の被害相関 (図-4)

第1・第2鹿児島県北西部地震を合成した地形主分類の被害相関は、起伏山地(コード01)が約67%、表層岩石区分(表層時代も含む)の被害相関は、固結堆積物・半固結-固結堆積物の古生代・中生代(コード04)が約49%と高い相関結果である。

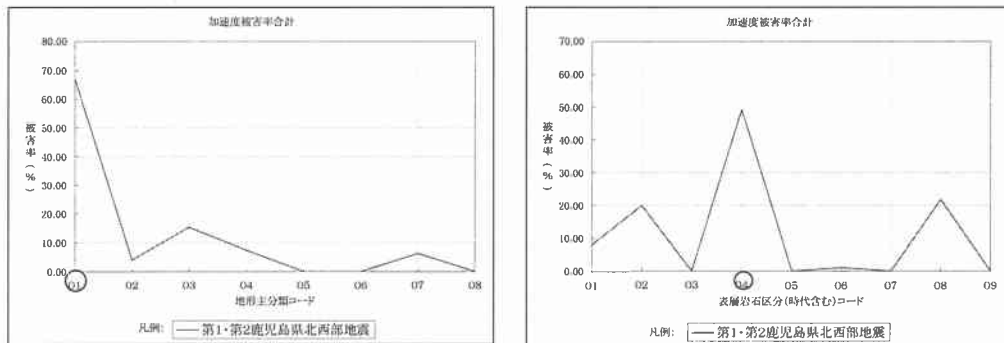


図-4 鹿児島県北西部地震を合成した被害相関

4. 北海道の損傷予測

北海道3大地震の被害相関において地形主分類の分析結果から推察できたことは、扇伏地・三角州性低地(コード07)、起伏丘陵地(コード03)、および起伏山地(コード01)が推定加速度による被害が多く発生していることに比べ、起伏火山地(コード02)や岩石台地(コード06)はあまり被害が発生していないことがわかる。

また、表層岩石区分(表層時代も含む)の相関結果から考察すると、未固結堆積物(コード01・02)は、推定加速度による被害が多く見られるが、半固結-固結堆積物の古生代・中生代・ジュラ紀・白亜紀(コード04)、火山性岩石の軽石流堆積物・火山碎屑物(コード05)が比較的被害が少ないことがわかる。

5. 北海道と鹿児島県の比較

北海道と鹿児島県の地震被害を考察すると、推定加速度による地形主分類の相関結果では、被害箇所に関連性が見いだせなかったが、被害が比較的少ない箇所は共通して起伏火山地(コード02)や岩石台地(コード06)である。表層岩石区分(表層時代を含む)の相関では、被害箇所の多少に係わらず共通点は考察できなかった。

6. まとめ

本研究は、北海道の3大地震記録と道路構造物被害から、地震動の推定加速度を算定し、被害地点の地質条件との相関について検討したものである。

この結果、北海道における地盤特性を加味した地震動による被害相関と損傷予測がほぼ考察することができた。地形主分類は、扇伏地性低地・三角州低地、起伏丘陵地、および起伏山地が、表層岩石区分(表層時代を含む)は未固結堆積物が、被害発生率が多いことが推察された。一方、北海道と鹿児島県の共通相関が見受けられなかったことから、北海道が固有な地域特性を加味していることが推察された。

今後は、損傷予測の結果をより高度化するため、多要素の条件を組み込みより精度を高めて行きたいと考えております。

【参考文献】

- 1) 畑一洋、島田武、小林将、佐藤昌志：北海道の3大地震記録データと道路構造物被害の相関について、土木学会北海道支部論文報告集、第53号(A)、1997年2月

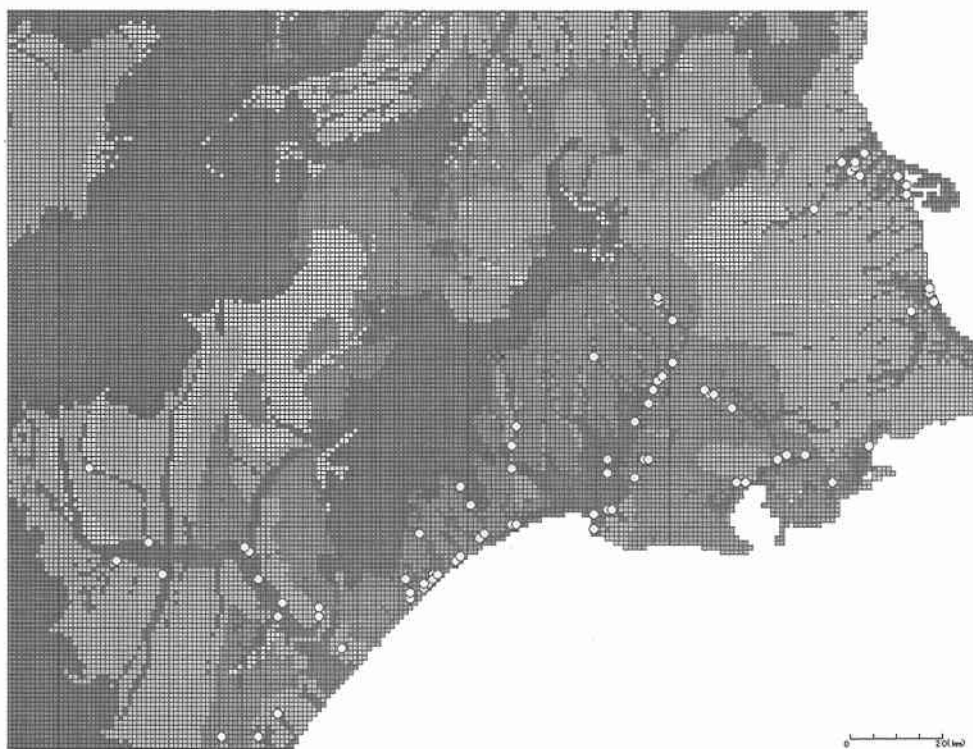


図-5 北海道の被害メッシュ図(参考値)

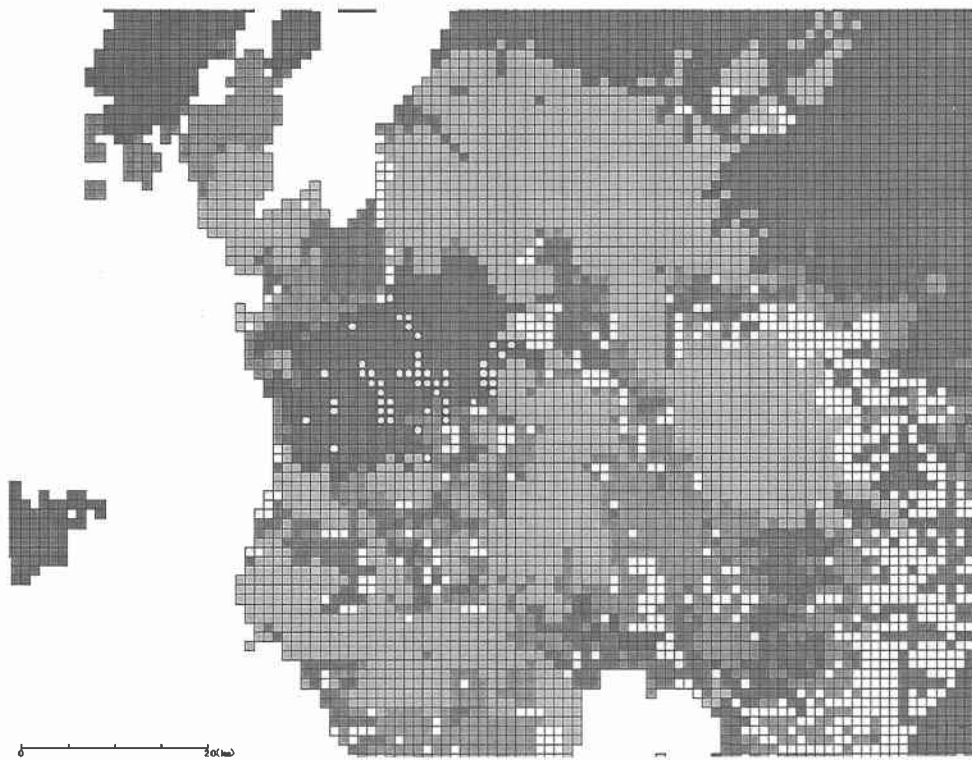


図-6 鹿児島県の被害メッシュ図 (参考値)