

I - 33

北海道における地震波の主軸特性に関する一考察

開発土木研究所 正員 島田 武  
 開発土木研究所 正員 佐藤 昌志  
 専修大北海道短大 正員 金子 孝吉

1. はじめに

近年、全国各地で大規模地震が発生している。北海道においては、平成5年1月の釧路沖地震、同年7月の北海道南西沖地震、翌年10月の北海道東方沖地震とマグニチュード8クラスの地震が頻発した。

北海道開発局では、昭和41年に地震時の動的挙動計測を目的とし千代田大橋に強震計を設置して以来、北海道各地の橋梁に対し、強震観測を行なってきており、上記の三つの地震についても地震動の記録を行ってきたところである。地震動観測は主に水平2成分、垂直成分の3成分に分けて観測されているが、構造物等に対する地震動がおよぼす影響を評価するに当たりその主軸方向を明確にすることが重要であると考えられる。

そこで、本研究は、構造物に対する地震動が及ぼす影響を評価するに当たり主軸方向を明確にすることが重要であると考え、過去に記録された地震動記録を用いて北海道の主軸特性を検討するものである。

2. 解析方法

主軸解析については、さまざまな提案がなされているが、今回は、時間領域での非線形ポーラリゼーション・フィルタ解析(Polarization filter techniques)を適用した。

本解析はFlinn<sup>1)</sup>によって提案されたものであり、解析の特徴は、三次元空間での地震動粒子軌跡の楕円形の性質を表わす特性(Rectilinearity)と方位指向性(direction of polarization)の2つのパラメータで表現しようとする考え方にもとづいている。

今回用いたポーラリゼーション解析はMotrialbetliら<sup>2)</sup>の手法を基礎にしており、図-1に解析フローを、図-2に方位座標変換と主軸の関係図を示す。

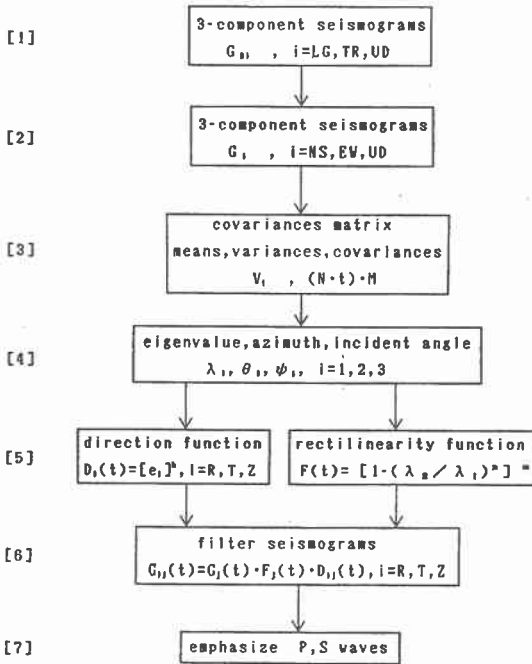


図-1 Polarization Filter 解析の流れ

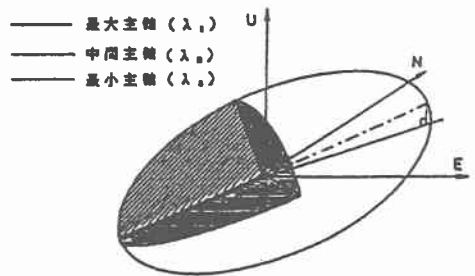


図-2 方位座標変換と主軸

表-1 釧路沖地震の主軸解析結果

橋梁名	震央距離	震央方向	主軸方向	最大主軸	中間主軸	MAX/INT
白鳥大橋	286.31	W	W	36.10	28.49	1.2671
石狩河口橋	249.72	W	W	12.98	9.09	1.4275
札幌大橋	242.85	W	SW	8.53	7.05	1.2103
札幌IC	242.58	W	W	27.43	12.88	2.1297
島松沢橋	231.51	W	W	22.55	10.47	2.1538
空知大橋	214.11	W	W	12.75	6.52	1.9555
静内橋	174.66	W	NW	140.90	123.90	1.1372
幌満橋	140.14	NW	SW	16.01	13.48	1.1877
斜里大橋	116.92	S	E	70.09	38.19	1.8353
広尾橋	108.78	NW	SW	158.70	110.60	1.4349
温根沼大橋	99.86	SE	SW	156.50	122.40	1.2786
千代田大橋	81.32	W	N	88.56	73.64	1.2026
十勝河口橋	64.10	W	SW	82.19	57.18	1.4374
厚岸	31.68	W	NW	129.60	93.51	1.3859
大葉毛橋	20.56	SW	NW	128.60	96.30	1.3354

表-2 北海道南西沖地震の主軸解析結果

橋梁名	震央距離	震央方向	主軸方向	最大主軸	中間主軸	MAX/INT
千代田大橋	341.87	E	E	1.97	1.24	1.5984
真浜厚真橋	216.75	E	NE	8.41	5.53	1.5205
新石狩大橋	192.94	E	NE	31.05	25.67	1.2096
島松沢橋	191.65	E	E	30.66	8.25	3.7173
札幌IC	183.25	E	NE	23.32	13.65	1.7084
石狩河口橋	181.77	E	NE	11.68	7.91	1.4770
無意根橋	164.56	E	E	4.30	3.89	1.1071
七峰橋	154.92	NE	E	81.64	70.30	1.1613
白鳥大橋	151.64	E	SE	55.05	39.37	1.3983
上島崎橋	139.92	NE	NE	60.62	47.46	1.2773
磯谷橋	95.89	E	S	43.19	35.15	1.2287

表-3 北海道東方沖地震の主軸解析結果

橋梁名	震央距離	震央方向	主軸方向	最大主軸	中間主軸	MAX/INT
七峰橋	644.76	W	N	2.89	2.63	1.0989
石狩河口橋	511.29	W	SW	9.26	7.12	1.3006
錦岡橋	509.09	W	SW	18.73	15.79	1.1862
新石狩大橋	498.45	W	SW	15.29	12.08	1.2657
千代田大橋	350.63	W	NW	56.79	54.28	1.0462
大葉毛橋	279.54	W	W	43.09	34.59	1.2457
温根沼大橋	177.19	W	SW	118.10	109.70	1.0766

### 3. 地震を基準にした解析

主軸方向が地震の規模や震源位置に影響を受けやすいと考え地震ごとに主軸方向の解析を行なった。解析データとしては、釧路沖地震、北海道南西沖地震、北海道東方沖地震で記録された地震データを使用した。データはすべて表記の橋梁付近の地表で観測された加速度記録である。

表-1～3にその結果を示す。また、解析結果の例として東方沖地震の千代田大橋の地震記録の解析結果を図-3、4に示す。

#### 1) 地震動特性

各地震の地表面での地震動特性の指針として最大主軸と中間主軸の比を求めた。この比が1に近づくほど地表の地震動は円に近くなり指向性の無いものとなる。釧路沖、南西沖は、共に最大主軸と中間主軸の比の平均が約1.5程度となるが、東方沖は約1.2程度の値を示した。この結果から、地震毎に着目した場合、地表面の方向性の影響はあまり差が無いように読み取れる。

しかし、各観測地点毎に着目した場合、札幌IC、島松沢橋、空知大橋等は、どの地震に対しても高い方向性を示しているし、同様に、千代田大橋、温根沼大橋は、どの地震に対しても円状の地震特性を示している。このことから、地震動特性は各観測地点の地盤条件による影響が大きいと考えられる。

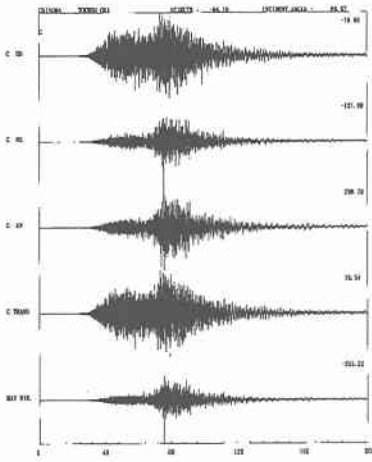


図-4 東方沖地震の大楽毛橋の変換波形

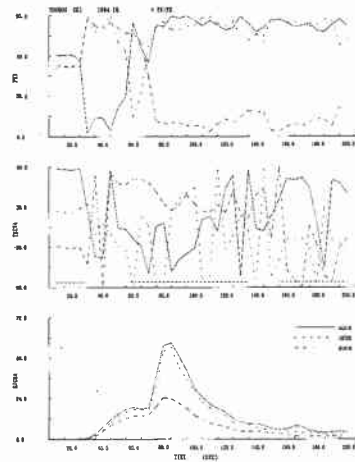


図-3 東方沖地震の千代田橋の主軸解析結果

釧路沖地震 主方向図

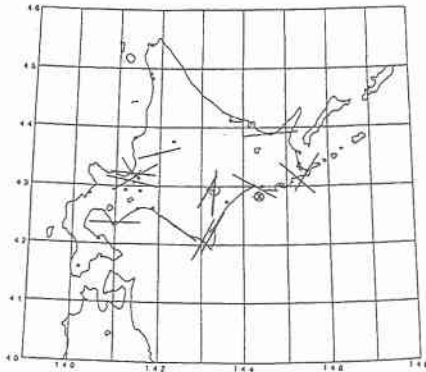


図-5 釧路沖地震の各観測点の主方向図

南西沖地震 主方向図

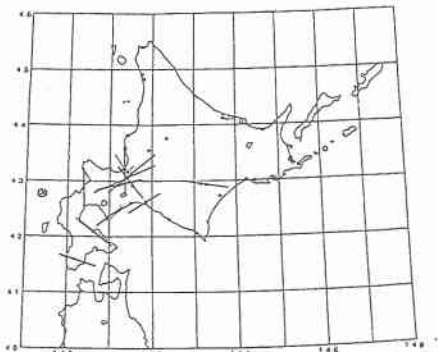


図-6 北海道南西沖地震の各観測点の主方向図

東方沖地震 主方向図

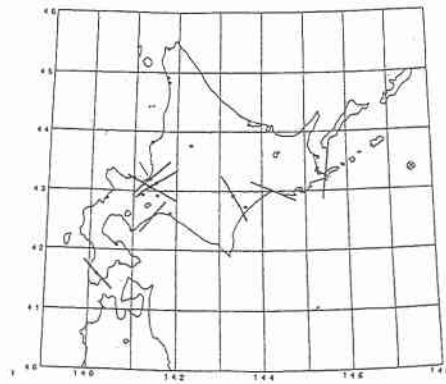


図-7 北海道南西沖地震の各観測点の主方向図

## 2) 主要動の方向

各観測点における、地震動の主方向についてその結果を図-5～7にまとめた。

表-1～3には観測点から見ての方向を8方位で表わしている。

主軸方向は地震動の最大エネルギー時の方向を求めているにとほとんど変わりが無いため、基本的には、震源方向と同じになるはずである。しかしながら、図からは、震源方向によるよりも、観測位置に固有の方向性があるように読み取れる。

## 4. 観測地点を基準とした解析

次に、観測地点に着目して解析を行った。解析に使用した観測地点は、比較的多く中規模地震を記録している温根沼大橋を代表点とし、十勝沖地震から北海道釧路沖地震が発生するまでの間に記録された中規模以

上の地震記録を使用した。解析結果を表-4に示す。

表-4 温根沼大橋の

発生年月日	震央		地震規模	震央距離	震央方向	主軸方向	最大主軸	中間主軸	最小主軸	max/int
	北緯	東経								
1975年10月2日	42.833	145.967	5.4	60.819	SW	N	79.58	24.38	0.36	3.2642
1975年5月27日	42.733	145.283	5.0	59.777	S	E	50.31	4.69	0.53	10.7225
1975年12月6日	43.133	146.567	5.6	88.834	W	E	90.88	9.92	1.64	9.1613
1977年3月7日	42.650	145.867	5.3	73.701	SW	N	11.79	1.86	0.20	6.3251
1978年3月16日	42.967	145.700	5.0	36.057	SW	N	60.13	3.63	0.18	16.5556
1978年12月6日	44.733	146.967	7.7	203.167	NW	N	60.13	5.42	0.14	11.0941
1981年12月2日	40.833	142.600	6.2	354.853	SE	NE	89.63	9.86	2.65	9.0949
1988年10月10日	42.633	144.500	6.0	105.424	SE	S	47.14	35.24	3.06	1.3377
1988年9月14日	42.967	145.383	4.0	32.511	S	E	38.46	16.54	2.00	2.3253
1989年8月7日	42.817	145.133	5.5	55.942	SE	NE	68.21	12.23	2.78	5.5773
1992年12月7日	43.617	147.150	6.5	140.653	W	E	25.81	1.06	0.20	24.3032

#### 1) 主軸の振幅特性

最大主軸と中間主軸の比の最大値は、1992年12月の地震で24.303、最小値は1988年10月の地震で1.338と、大きな差があった。また、この主軸の比は最大値と最小値の間を平均的に分布しており、震源距離や地震規模による相関も無いと考えられる。これに対し、地震ごとの解析結果(表-1~3)は、ほぼ同じ値を示していた。このことから、主軸の振幅特性は、地震規模や震源距離、観測地点の地形条件等よりも発生した地震特性のなかでも地震発生領域のずれの方向に影響されると推察される。

#### 2) 主要動の方向

解析の結果から、主軸方向は震央方向に関わらず、N~Eの間に集中しており、一定の方向性があると考えられる。また、釧路沖、東方沖地震時の温根沼の主軸方向は、SW方向であるが、地震動が振動運動であることから、NE方向であると考えられる。以上のことから、地震時の主要動の方向はその発生位置よりも地震動を受ける場所(観測点状況)にも大きく左右されると推察される。

#### 4. まとめ

以上のことより、北海道における地震特性を考える上で、地震動粒子軌跡の楕円特性は地震ごとに、最大主軸方向はその地震発生位置よりも各観測位置により強い影響を受けるように考えられる。

最大主軸方向は地震動の最大エネルギー方向とほぼ同一であることから、最大主軸の方向性が、観測地点の影響を高く受けるとするならば、各地域毎の地震動に対する影響特性を検討することにより、土木構造物の耐震設計の資料とすることが可能であると考えられる。

今回は、複数の地震動記録を観測している観測点が少なく、温根沼を代表として解析を行なったが、各地域ごとにどのような影響力があるかを検討するには至らなかった。

現在、北海道開発局では強震記録の観測及び、被害予測を行う「地震情報伝達システム」を開発しており、全道に約160カ所の地震動観測を行っている。

今後は本システムで記録されたにデータを用いて、幾つかの観測点をまとめた地域ごとに解析を行い、北海道の地域による地震動の影響について検討していきたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) Flin, E.A.: Signal analysis using rectilinearity and direction of particle motion, Proc.I.E.E.E., 53, 1874, 19865.
- 2) Montalbetti, J.F. & Kanasewich, E.R.: Enhancement of Teleseismic Body Phases with a Polarization Filter, Geophys.J.R.astr.Soc., 21, 119-129, 1970