

I-23 北海道の強震記録による地震動の方向性に関する研究

専修大学道短大 正員 金子 孝吉
 専修大学道短大 正員 井藤 昭夫
 開発局土木試験所 正員 吉田 紘一

1. まえがき

北海道開発局（道路部門）では道内各地に既に25箇所の強震観測地点を設けて強震動の測定を続けている。その目的は各種構造物の耐震設計を合理化するのに構造物に作用する地震力を知るためであり、具体的には地域・地盤別、構造物の種類・重要度別の設計震度を定めることと、構造物の動的応答解析に必要な設計入力地震波を決める資料を得ることにある。

設計に資するため強震記録の波形特性、最大加速度などの選定が重要であるが、ここでは特に波形特性において、地震動の方向性に主眼をおいて整理した。

地震動の主軸に関する過去の研究から、地震動の全エネルギーが最大となる軸は水平に近く、その方向は観測地点と震央を結ぶ方向（震央方向）、あるいは震央方向と直交する方向に近いと言われている。また、地震の発震機構を考慮して断層のズレ方向に地震動の主軸方向が依存していると言われている。

このような識別は別にして、本報告では得られた強震記録の主軸方向をそのまま求め、また3成分振幅比分布を三角座標に示して観測地点の地震動の方向性を検討した^{1),2)}。

2. 強震計設置地点と解析対象地震

表-1は強震計設置地点の橋梁名、設置箇所、機種、設置方向など強震計の記録仕様を示したものである³⁾。

また、図-1には北海道内強震計設置地点を示した。

ここでは前述の目的を遂行するために必要な地盤上（GL）の記録で波形処理に必要なデジタル化しやすい記録を選んで解析することにした。そのため、番号に○を付けた箇所が対象地点となった。

なお、強震計の設置方向が水平には橋軸方向と橋軸直角方向であることから必要に応じ

表-1 各設置強震計の記録仕様

	路線名	橋梁名	開建名	設置箇所*	設置機種	設置方向	地盤種別***
①	242	千代田大橋	帯広	GL, A, P	SMAC-B2, B2, B2	N53°45' E	3
②	236	幌満橋	室蘭	GL, P	SMAC-B2, B2	N52°30' E	1
③	38	大楽毛橋	釧路	GL, P	"	N42°47' E	2
④	275	新石狩大橋	札幌	GL, P	"	N45°15' E	4
⑤	228	七峰橋	函館	GL, P	"	N65°30' E	1
6	230	無意根橋	札幌	GL, P (BOX)	SMAC-D, D	N08°48' W	1
7	12	旭川大橋	旭川	GL, P	SMAC-B2, B2	N23°15' E	3
⑧	231	石狩河口橋	札幌	GL, P, BOX	SMAC-B2, B2, B2	N42°42' E **	4
⑨	244	斜里大橋	網走	GL, A	SMAC-D, E2	N78°53' E	3
10	229	磯谷橋	小樽	GL, A	SMAC-D, D	N58°40' W	3
11	235	静内橋	室蘭	地中-2, -40m P	AJE301A, AJE306 AJE306	N02°00' W **	3
12	244	別海橋	釧路	地中-2, -40m	AJE301	N33°47' W	4
13	231	涛景橋	留萌	GL, P	SMAC-E2, E2	N84°13' E	1
14	238	声問橋	稚内	GL, A	SMAC-B2, B2	N73°53' E	1
15	238	志撫子橋	網走	GL, A	"	N15°08' E	4
16	44	釧網跨線橋	釧路	地中0, -53m P	PK-130, PTK-130 PTK-130K	N44°30' E	4
17	36	錦岡橋	室蘭	GL, A	SMA-2, SMA-2	N28°20' E	2
⑱	41	温根沼橋	釧路	GL, A, P	SMAC-Q, Q, Q	N87°10' E	4
19	稚内天塩線	天塩河口橋	留萌	GL, P	SMAC-Q, Q, Q	N88°10' E	1
⑳	336	広尾橋	帯広	GL, A	"	N23°00' E **	1
㉑	5	上鳥崎橋	函館	GL, P	"	N48°06' E	1
22	12	空知大橋	札幌	GL, A	"	N72°01' W	2
㉓	36	島松沢橋	札幌	地中0, -40m P	SMAC-Q, AJE305 ()	N38°25' W **	2
24	274	札幌I.C高架橋	札幌	GL, P	SMAC-Q, Q	N09°43' W	4
25	37	白鳥大橋	室蘭	地中-2, -13 -25, -35m	AJE306	N15°00' E	4

* GL: 地表, A: 橋台, P: 橋脚

** 5万分1, 国土地理院発行地図より推定

*** 強震計設置点におけるもので、道路橋示方書、耐震設計編に準じ算定

表-2 解析に使用した
強震記録の一覧表

	記録年月日	時刻	地震名	M/D
1	42. 7. 5	06:42	Middle part of Hokkaido	-/170
2	9. 19	19:56	E of Hokkaido	-/90
3	43. 5. 16	09:49	E off N Honshu	7.9/0
4	5. 16	19:39	E off Aomori pref	
5	8. 7	17:00	SE off Hokkaido	-/80
6	9. 21	22:06	off Urakawa	-/80
7	10. 8	05:49	"	6.2/60
8	44. 1. 19	16:02	NE off Hokkaido	-/260
9	8. 12	06:28	E off Hokkaido	7.8/30
10	45. 1. 21	02:33	S part of Hokkaido	6.7/50
11	48. 6. 17	12:55	off Nemuro pen	7.4/40
12	6. 24	11:43	"	7.1/30
13	6. 29	12:27	"	5.8/50
14	49. 1. 25	04:13	off Tokachi	6.0/40
15	9. 27	14:47	off Nemuro pen	6.6/30
16	11. 9	06:23	off Tomakomai	6.5/130
17	50. 5. 27	03:23	off Nemuro pen	5.0/40
18	9. 20	02:54	off Urakawa	5.9/50
19	12. 3	16:14	off Nemuro pen	5.2/50
20	52. 2. 24	20:40	Southern Hokkaido	5.8/70
21	3. 7	18:12	off Nemuro pen	5.3/60
22	53. 1. 12	05:27	off Kushiro	5.1/40
23	10. 29	07:46	off Kushiro	5.4/70
24	12. 6	23:02	Near Kunashiri Is	7.7/100
25	54. 5. 17	18:56	off Kushiro	5.0/60
26	56. 1. 23	13:58	S coast of Hokkaido	7.1/130
27	11. 23	19:17	SE off Hokkaido	6.0/40
28	57. 3. 21	11:32	S off Hokkaido	7.1/40
29	58. 5. 26	11:59	W off N Tohoku	7.1/14
30	5. 30	05:53	S coast of Hokkaido	5.7/84
31	6. 21	15:25	W off N Tohoku	7.1/6

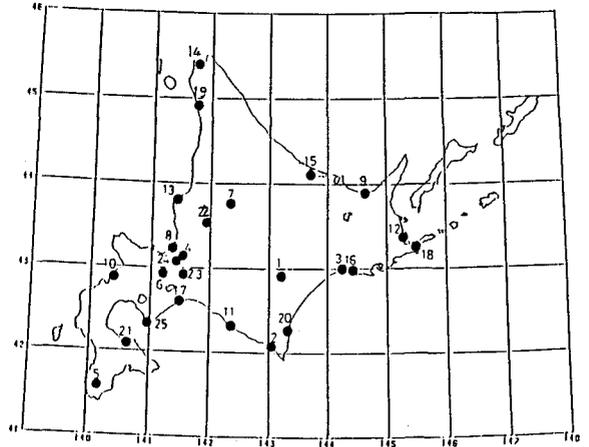


図-1 強震計設置地点

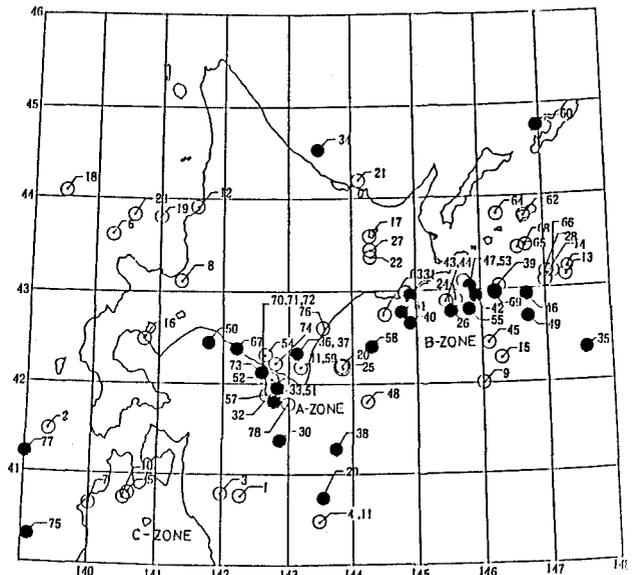


図-2 過去における特に顕著な
地震の震央図

て NS,EW 成分に座標変換した波形を使用した。

表-2 および図-2 は対象とした強震記録および過去 [1739年以降] における特に顕著な地震の震央図である。

採用した地震は●で示し、A-ZONE [北海道南部、苫小牧沖、浦河沖など]、B-ZONE [北海道東部、根室沖、釧路沖など] および C-ZONE [A, B 以外の領域] に分けて扱うことにした。

3. 主要動の3成分振幅と最大主軸

ここではまず、各強震記録の水平2成分と上下1成分の時々刻々の振幅比を百分率三角座標に表すことによって主要動の卓越成分を調べることにする。その結果を各観測地点別に、また地震の震央ゾーン別に整理する。

一方、地震動の主軸に関しては過去幾つかの論文があるが、主要動全時間領域から求める共分散行列を対角化する方向で定義され、その固有値の主軸方向の振幅から最大の

主軸の水平成分について各観測地点で地震の震央ゾーン別に求めて整理する。

図-3は観測地点 NO.1 (千代田橋地点) で地震 NO.2(42.07.05 E of Hokkaido) の3成分(LG,TR,UD)主要動20秒の波形から1秒ずつ平均振幅を計算し、百分率振幅比を求めて三角座標に示したものである。●から始まり次の1秒へ線で結んで刻々の振幅比をプロットしたものである。■の点は3成分の振幅の最大となる1秒間の場合である。

一方、図-4は(LG,TR,UD)成分から、(NS,EW,UD)成分へ座標変換した波形による同一の地震の振幅比の分布である。

$$X = x \cos \theta + y \sin \theta$$

$$Y = y \cos \theta - x \sin \theta$$

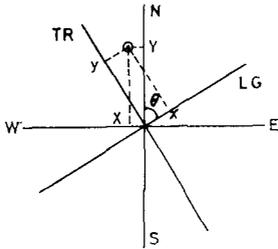


図-5 座標変換

図-3と図-4を比較してみると、かなりNS成分がEW成分に比べて振幅が大きいことがわかる。これはLG,TR成分の図だけでは分からなかった傾向である。

ただし、これは特別な例で普通は座標変換によって振幅比分布が極端に変化することは少ない。

たとえば、平均振幅間隔を0.5秒ずつにつめた場合でも主要動の振幅比分布は囲まれた領域内に入る。

しかし、方向性を決めるのは最大振幅を示す主要動部であるから、この千代田橋地点で記録された地震13個のそれぞれの最大振幅比分布を地震の震央ゾーン別に分けて図-5に示してみた。

そして、図-6が同様の方法で求めた観測地点 NO.2 (幌満橋地点) における最大振幅比分布図である。A-ZONE が道南沖、

CHIVODA BR.
EQ. NO.2

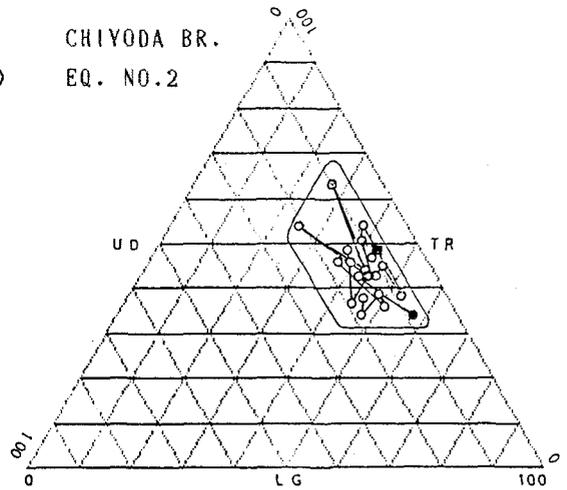


図-3 3成分振幅比分布

CHIVODA BR.
EQ. NO.2

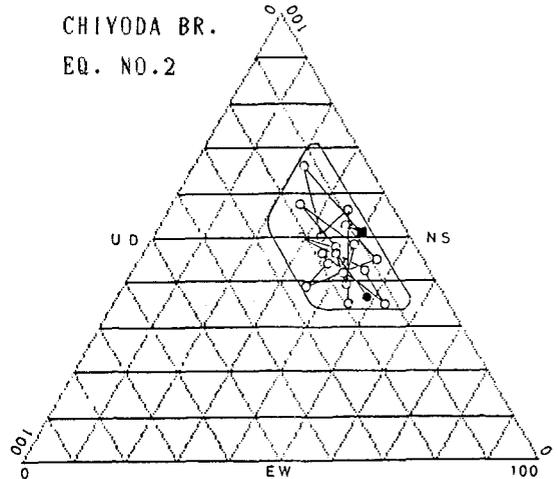


図-4 3成分振幅比分布

CHIVODA BR.
MAX. AMP.

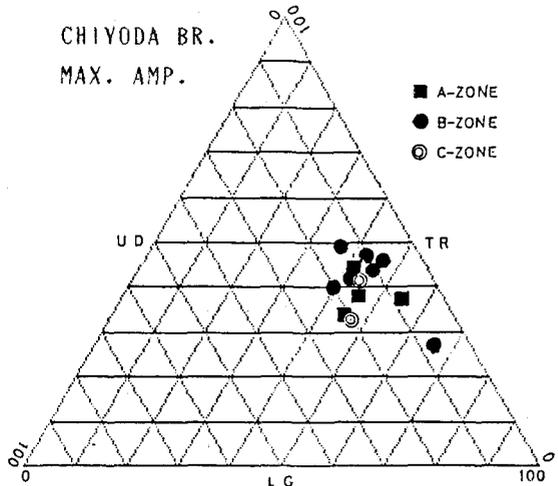


図-5 3成分振幅比分布

B-ZONE が道東沖でその他が C-ZONE であるが、幌満橋地点の場合幾分ゾーン別によって異なる傾向がみられる。すなわち A-ZONE に震源のある比較的震央距離が短い地震の場合橋軸直角方向 (TR) の成分が卓越し、上下動成分も遠地地震 B, C-ZONE に比べて大きくなっている。その理由は発震機構、地震波の伝播経路、地下構造とその震動特性を調べれば説明がつくと思われるが、ここではデータ数がまだまだ少ないので後に譲ることとする。

次に、デジタル量のある強震記録から地震動の主軸を計算した。図-7 にはその中から水平成分で見た最大主軸の加速度振幅と方向を各観測地点に示した。

ただし、観測地点からの方向を示したもので向きは示されていない。図から総合的に判断すると、① A-ZONE に震源をもつ地震の場合地震動の方向が比較的同一方向にある。② B-ZONE に震源を有する地震の場合方向にばらつきがある。

4. あとがき

北海道開発局道路部で得られた強震記録の加速度波 3 成分を使用して主要動部 (5~20 秒間) の 3 成分振幅比分布および最大主軸の振幅と方向を求めた。

しかし、C-ZONE に入る道北、道西の領域に地震が少ないことや地震の規模の違いによって方向性を論ずることができるとデータ数がないため、十分な検討を加えることはできないが、今後観測地点によっては震源位置と地震動の卓越成分との関係を求める方法を検討して行く予定である。

最後に本報告の作成に必要な強震記録の資料を整理してくれた北海道開発局土木試験所構造研究室 浅野 基樹 氏に深謝の意を表します。

参考文献

- 1) 中辻・芳村・早川：北海道東部厚岸において観測された強震記録について (その 4)、土木学会年次学術講演会概要集、1983。
- 2) 渡辺・金子・高波：1982 年浦河沖地震の波形解析、土木学会北海道支部論文報告集、1984。
- 3) 北海道開発局土木試験所構造研究室：強震観測記録報告書 [(1966 年 11 月 ~ 1984 年 3 月, (資料編))]、1985。

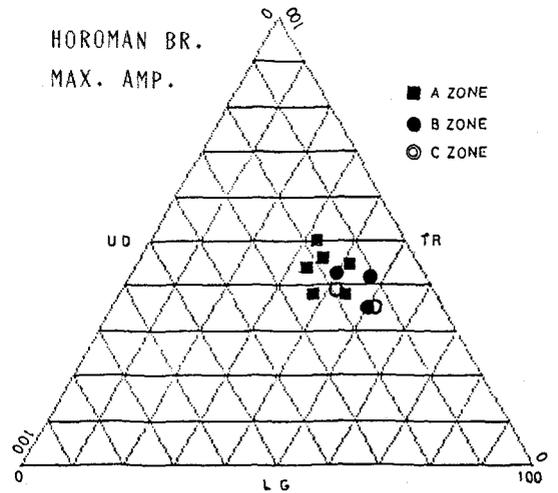


図-6 3成分振幅比分布

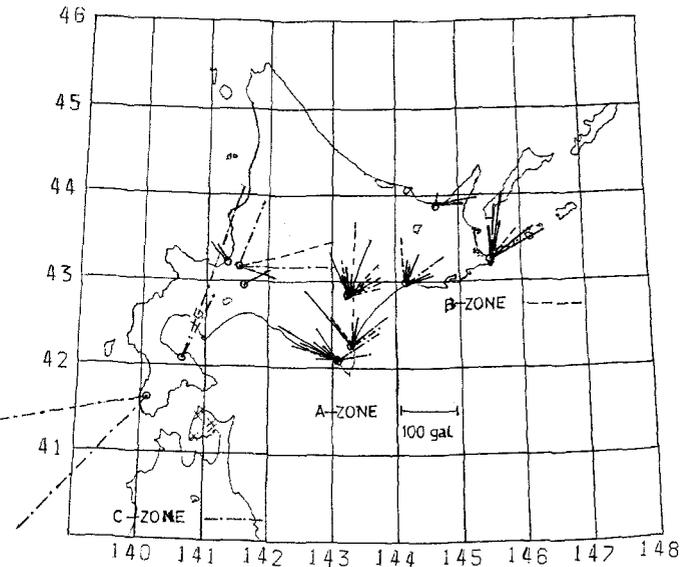


図-7 各観測地点での最大主軸震幅と方向