

I-25 厚岸大橋地盤における地震記録の解析について

北 大 正 員 芳 村 仁
 北海学園大 正 員 O早 川 寛 志
 苫 高 専 正 員 中 辻 隆

1. まえがき 北海道東部の厚岸大橋地盤の地表と地中(-25M, -47M, -68M)において、昭和47年以来強震観測が続けられているが、これまで昭和48年6月17日の根室半島沖地震を含めいくつかの地震波が記録されている。前回、そして前回それぞれ地表および地中記録について報告したが、今回はその後に行われた記録をも含めて地表および基盤(-68M)の振動数特性と地盤の増幅度特性について報告したい。

2. これまでに得られた強震記録

表-1に強震計設置以来記録され、既に数字化された地震記録の一覧を示す。最大加速度の欄が空白とは、ているのは地震時の停電等の事故により波が記録されなかった事を示す。これまでに記録された最大加速度は根室半島沖地震時に橋軸直方向で得られた136 galである。Mag.が7を超えた規模地震は根室半島沖地震(6月17日、余震6月24日)とエトロフ沖地震であり、その他は中規模地震である。図-1は各地震の震央分布である。なお、設置されている地震計は、地表がSMAC-E($f_0=20\text{ Hz}$, $\eta=0.6$)、地中が動電型($f_0=7.5\text{ Hz}$, $\eta=15$)である。



図-1 震央分布

No	年月日	Mag.	震源地	北緯	東経	深度 km	震央距離 km	最大加速度(gal)			
								地表	-25M	-47M	-68M
1	S47. 5.11	5.8	釧路沖	42°36'	144°56'	60	46		42, 19	36, 21	23, 17
2	S48. 6.17	7.4	根室半島沖	42°58'	145°57'	40	88	136, 100			
3	S48. 6.24	7.1	"	42°57'	146°45'	30	152	74, 77			
4	S49. 9.20	5.5	釧路沖	42°41'	145°06'	50	42	41, 25	15, 7	19, 8	12, 7
5	S49. 11.09	6.5	苫小牧沖	42°29'	141°47'	130	254	19, 24			
6	S53. 5.24	5.5	釧路沖	42°30'	144°52'	70	56	38, 16	9, 7	, 12	, 8
7	S53. 6.14	5.0	根室半島南東沖	42°58'	145°23'	40	46	12, 13	6, 4	5,	4, 4
8	S53. 12.07	7.7	エトロフ沖	44°44'	146°58'	100	250	57, 57	18, 17	21, 13	8, 14

表-1 これまでに観測された強震記録

(* 最大加速度 橋軸直方向の値と、橋軸方向の値を示す。

3 地表記録の振動数特性

図-3は、Mag.あるいは震央距離と応答スペクトルとの関係を検討するために求めた、地表で観測された地震記録の加速度応答スペクトルである。

(1)と(2)の図は震央距離との関係を調べるためにMag. が7を超える3つの地震2, 3, 8(No.7)について橋軸直方向と橋軸方向の記録のスペクトルである。それぞれ地震の震央距離は表-1に示す通りである。No2とNo3の応答曲線が比較的に似ているが、これは、ともに同じ地震の本震と余震であるためと思われる。一般的には、震央距離の差異は、短周期領域にて顕著であると言われているが、(1)と(2)の図からはこの傾向を読み取る事は出

来ない。図3-(3)とはMag.の影響を調べ
るために、震央距離のほぼ等しいNo5と
No8について計算したものである。長周
期領域において、震央距離の差異がそれ
程大きな応答値の変化をもたらさないの
に比し、Mag.の差異は比較的大きな変化
をもたらす傾向にある。

図3-(5)と(6)は加速度応答スペクトル
の予測式(文献(1))との比較である。そ
れぞれ、No2とNo3の地震についての比
較であるが、ともに予測式より大きな応
答値となっている。フーリエスペクトル
において、No2では約1秒の、No3では
0.2~0.3秒と約1秒の卓越周期をもつが、
応答スペクトルにおいても、これらの卓
越周期付近で予測式より大きな応答値と
なっている。しかしながら、予測値との
比の値を計算してみると、No2では、橋
軸および直角方向において平均2.25と
2.12であり、No3でもそれぞれ2.11と
1.75であり、必ずしも過大であるとは言
えない。(文献(1)によると超過確率10%
および20%に対する比の値は2.44と1.79
である。)

図3において、橋軸方向と直角方向の
応答スペクトルがMag.あるいは震央距離
の大きさに拘わらずほぼ同様の周波数特
性を示している事もわかる。

4 基盤記録の振動数特性

図4は、支持基盤層内の-68M地点で
観測された記録から求めたフーリエペ
クトル図である。但し、スペクトルの最
大値で正規化している。図4-(1)は、中規
模地震であるNo1、No4とNo7について
(1)は大規模地震であるNo8について求め
たものである。この図において、約2.5
Hz(0.3sec)あるいは、約2Hz(0.5sec)
付近での卓越性が共通している。この値
は、地表で観測された記録に最もあらわ
れている約1Hzに比し、大きい(短周期)

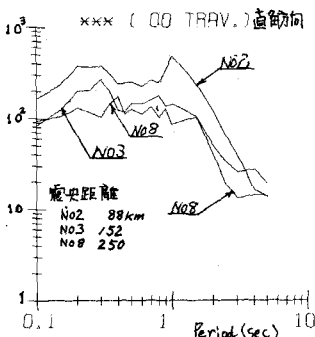


図3-(1)

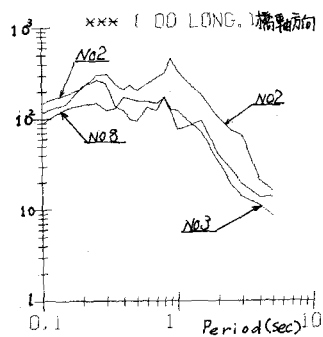


図3-(2)

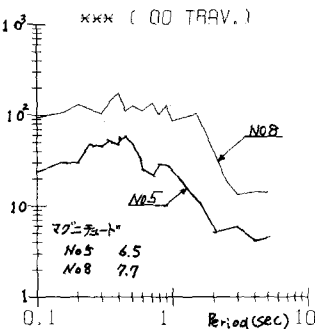


図3-(3)

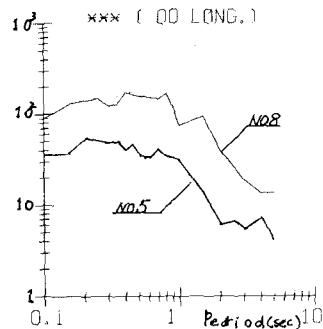


図3-(4)

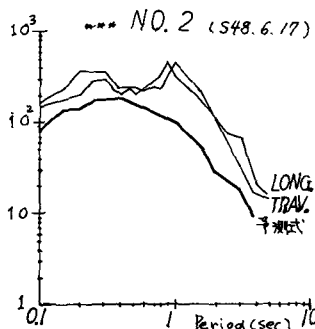


図3-(5)

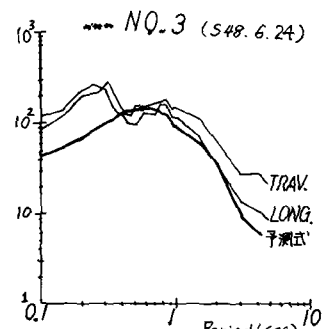


図3-(6)

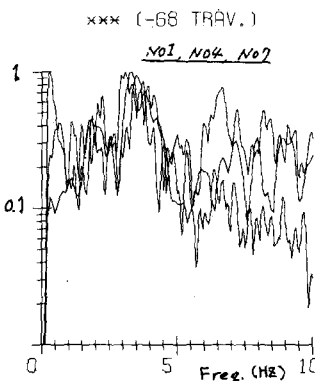


図4-(1)

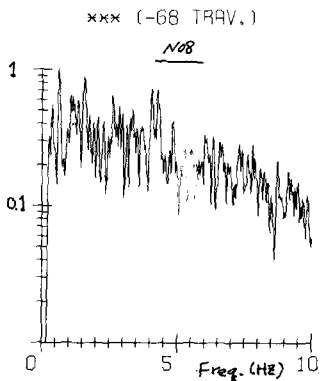


図4-(2)

が、これは基盤(泥岩)と地表との地盤特性の違いを表わしている。(1)において高周波数成分がそれほど減衰する事なく残留してのが見られるのに対し、(2)においては、顕著な卓越成分は見られず、高周波数にはなにつれ減衰している。これは、No.8の地震のMag.が大きくしかも震央距離が大きいために高周波数成分が減衰したものと思われる。これらの傾向は、橋軸方向の記録においても同様である。

5 地盤の伝達特性

(1). 増幅度スペクトル 地震計の設置されている地盤は軟弱地盤(道路橋耐震設計指針による分類では第IV種地盤)であり、-60M以深にその支持層(泥岩)を有している。地盤の伝達特性を検討するために 図-5に基盤に対する増幅度スペクトルを示した。即ち、No.1 No.4, No.8の地震記録について、地表、-25M, そして-47M地点のフーリエスペクトルと-68M地点のフーリエスペクトルの比を圖示したものである。

図5-(1)を見ると、0.9Hz, 1.5Hz, あるいは2.5Hz付近での増幅が共通して見られるが、地中でのスペクトルに比し、各地震による差異があらわれている。即ち No.8の地震は、No.4に比べ、Mag.が大きくしかも震央距離も大きいために比較的低下波数(長周期)領域での増幅が認められる。地中深くはるにつれ、各地震波の差異による変化は小さくなり、しかも増幅される振動数成分が高周波数領域と化している。しかし、増幅の大きさは地表のそれに比し小さい。

図5-(2)において、0.8Hz付近での増幅が認められるが、これはこの地点での地盤(軟弱粘土)の特性を表わしているものと思われる。

図-5では、直交方向のみのスペクトルを示したが、橋軸方向においても同様の傾向が示されている。

(2). 重複反射理論による解析との比較

地盤の伝達特性の理論的解析の有用性を評価するために、5波の重複反射理論との比較を行なった。図-4では No.1の地震について -68M地点での記録波を入射波として、-47Mと-25M地点での加速度、速度および変位のフーリエスペクトルを求めそれらを実測値と比較したものである。図-6は地盤の柱状図であり、表-2は用いた地盤の常数である。ここで α および β の値はボーリング調査結果から得られたN値を参考に推定された値を初期値として、解析段階において、地震時に生じるひずみの大きさにより修正さ

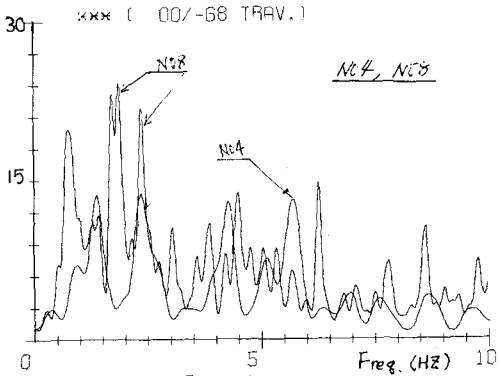


図 5-(1)

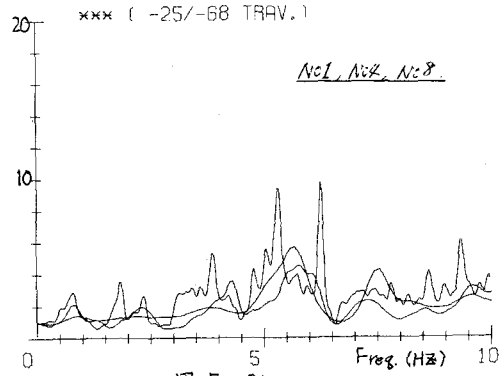


図 5-(2)

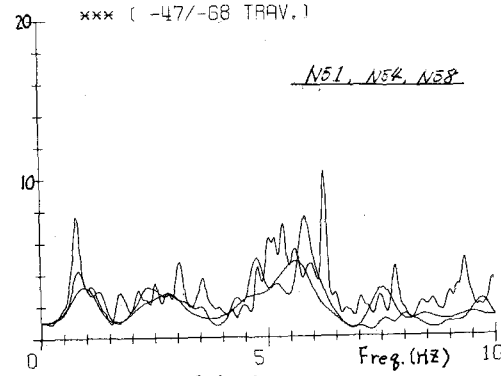


図 5-(3)

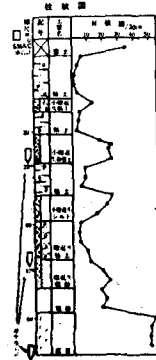


図-6

層No	層厚	G _{max} (kg/cm ²)	γ_0
1	3m	350	0.03
2	10	80	0.06
3	3	450	0.03
4	5	200	0.04
5	4	400	0.02
6	2	1550	0.01
7	7	850	0.03
8	5	2100	0.02
9	8	1200	0.03
10	12	2400	0.02
11	9	1500	0.0
12	∞	"	0.0

表-2

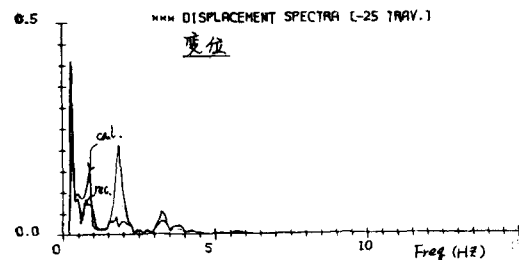
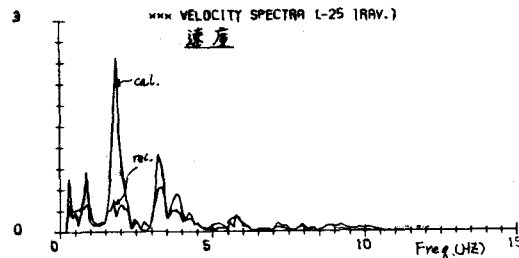
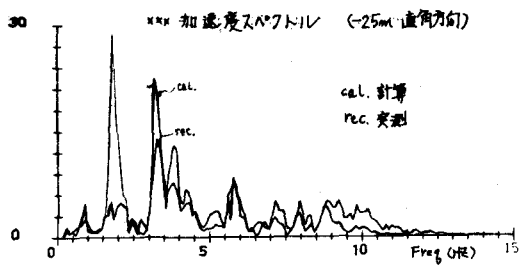


図-7 (1) (-25M)

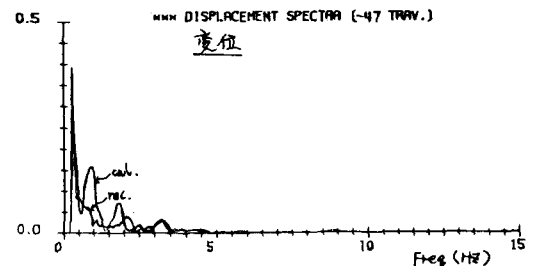
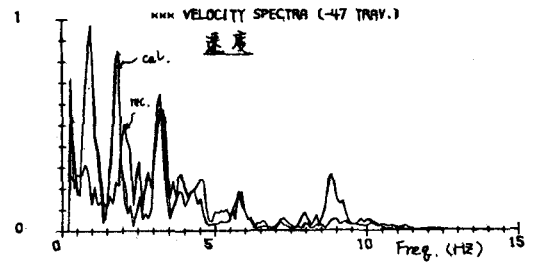
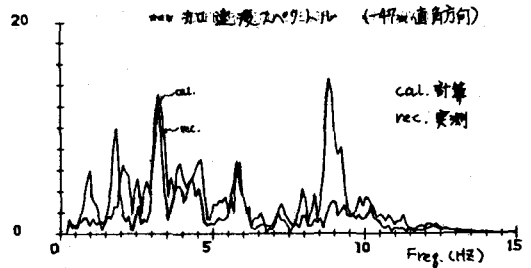


図-7 (2) (-47M)

れている。図-7において、-25Mでは2Hz付近で、-47M地点では1Hzと9Hz付近でスペクトルの大きさに違いが見られるが、計算値と実測とが比較よく近似したスペクトルを示している。スペクトルの差異は主に、実際の地層が仮定とは違って水平ではない事、N値から G_{max} の値を決定するには大きな誤差を含む事、あるいは実際の地震波はSH波のみではない事に原因があると思われる。

6. おとがき

統計的な議論をするには、必ずしもデータ数が十分ではないが、これまでに厚岸大橋地盤で観測された地震記録をもとに分析を行ない、地表、基盤あるいは地盤の周波数特性について、いくつかの興味深い結果を求める事が出来た。今後、記録データの集積を重ねてこれらの特性をより明確にするとともに、表面波成分の抽出、評価あるいは地盤の伝達特性の基礎的な分析等々の問題を検討してゆきたい。最後に重複反射理論による解析に関しその計算機プログラムを提供して下さいました土木工学科土岐祥介教授に感謝いたします。

参考文献

- (1) 片山・岩崎・佐伯；地震動加速度応答スペクトルの統計解析，土木学会論文報告集，第275号，1978年7月
- (2) 岩崎・川島・高木；地震応答スペクトルの統計解析，土木技術資料 21-8，1979年
- (3) KANAI；Relation between the Nature of Surface layer and the Amplitudes of Earthquake Motions, I, II, BERI vol.30, vol.31, vol.34
- (4) KANAI；Comparative Studies of Earthquake Motions on the Ground and Underground, I, II, BERI, Vol.37, Vol.44
- (5) Schnabel, et al；SHAKE: A computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites, Univ. of Cali, EERC 72-12
- (6) 芳村・早川, et al；厚岸大橋地盤における地震記録の解析について，筑港会北海道支部論文報告集，第34号，第35号
- (7) 石原；土質動力学の基礎，鹿島出版会，1976年
- (8) 大崎；地震動のスペクトル解析入門，鹿島出版会，1976年