

えびの地震および1968年十勝沖地震の 余震観測結果について

後藤 尚男・土岐 憲三・亀田 弘行
秋 吉 卓・小西 純一・吉原 進

ON THE OBSERVATION RESULTS OF AFTERSHOCKS OF THE EBINO EARTHQUAKES AND THE 1968 TOKACHIOKI EARTHQUAKE

By Hisao GOTO, Kenzo TOKI, Hiroyuki KAMEDA, Takashi
AKIYOSHI, Junichi KONISHI and Susumu YOSHIHARA

Synopsis

The observations of the aftershocks of the Ebino earthquakes and the 1968 Tokachioki earthquake were carried out about the middle of March and late in May 1968, respectively, with a magnetic data-recorder system. In both cases seismographs were set on the ground surface and at the top of reinforced concrete buildings of three stories. Some of the seismograms thus recorded have been analyzed, and their Fourier spectra, autocorrelation functions and response spectra were computed. The results of these analyses were discussed from the point of view of earthquake engineering and aseismic engineering.

1. 緒 言

昭和43年2月21日にえびの地震, 同4月1日に1968年日向灘地震, 同5月16日に1968年十勝沖地震と, 昨年前半にわが国で相次いで被害地震が発生した。これらの地震とそれらによる被害については, すでに関係各方面で詳しく報告されているとおりである。われわれはこれらのうちえびの地震と1968年十勝沖地震のそれぞれの余震*の一部を現地の近くで観測し, えられた記録を解析して若干の考察を加えたので^{1), 2), 3)}, それらの結果をとりまとめて報告する。

観測はいずれの場合もそれぞれ1地点に限定されたが, これら両地震の特性の一部を明らかにすることができた。その結果はすでにわれわれが報告した松代地震の結果^{4), 5)}とともに, 地震工学ならびに耐震工学の研究に有益な一資料を提供できるものと期待される。

2. 観測と解析の方法

2.1 観 測 方 法

余震観測の方法としては, なるべく本震直後より多くの地点において最新の計測装置を用いて実施するのが望ましいことはいうまでもない。しかしわれわれの目的は, あくまでも地震工学ならびに耐震工学的な

* えびの地震は群発性の様相を呈したが, われわれの観測した3月7日—15日頃における活動はあまり活発でなく, 群発地震としての呼称も明らかにされていないようであるので, 本文では観測した対象を一応余震と仮称しておくことにする。

面からたとえ範囲は狭くても精度の高い情報をうることにあった。そのためえられる地震記録の周波数分析、波形分析などのデータ処理に便利な磁気テープ記録方式を採った。かくして計測装置、労力、日数、経費などかなりの制約があったため、えびの、十勝沖両地震ともいずれも余震観測地点は1地点に限定せざるをえなかった。

両地震の余震観測に当ってはいずれの場合も、地盤表面と鉄筋コンクリート造3階建物にピックアップを配し、直流増幅器を通して3チャンネルデータレコーダーに収録する方法をとった。観測に用いたピックアップは速度型換振器(上下動および水平動)と電磁式強震計である。前者の速度型換振器は電磁式小型で、固有振動数 1 c/s, 感度 1.12 volt/kine であり、また後者の電磁式強震計は速度型換振器に過減衰を与えたもので、その固有振動数は約 2 c/s, 感度 0.14×10^{-3} volt/gal で、その感度曲線はすでに示したとおりである⁶⁾。

2.2 解析方法

現地において磁気テープに収録した記録をあとから再生するとともに、それらのうちの主要なものについてはそれぞれの磁気テープよりの出力を A-D 変換装置にかけてデジタル化した後、電子計算機によって周波数特性と波形の分析を行ない、さらに応答スペクトルを計算するという方法をとった。ここに周波数特性としてはフーリエスペクトルを求め、また波形の分析としては自己相関関数を算出し、さらに応答スペクトルは線形1自由度系の入力地震波に対する応答を計算して、それぞれに簡単な考察を加えた。

3. えびの地震

3.1 観測の概要

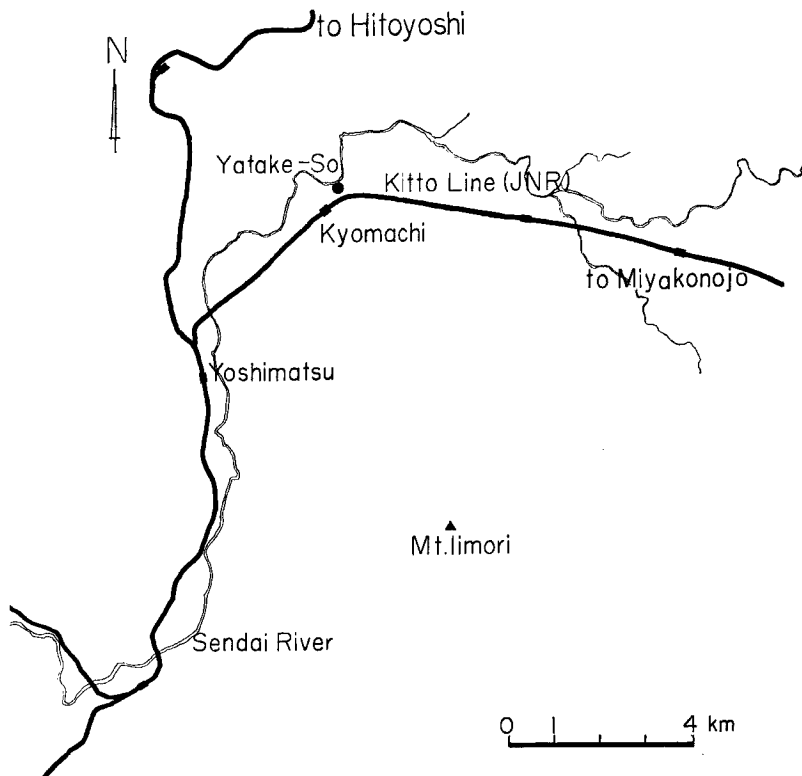


Fig. 1 Location of the Ebino Earthquakes Observation Site (Yatake-So).

えびの地震は昭和43年2月21日午前8時51分のマグニチュード5.6の前震の後、同日午前10時45分にマグニチュード6.1の本震が起こった。本震の震源位置は 32.0°N , 130.8°E のごく浅い地点で、震度階は人吉でV、宮崎・延岡などでIVであった⁷⁾。この本震以後余震が続発していわゆる群発性の様相を呈し、一時は1日の有感地震回数は100回を超えることもあったが、その後は活動が徐々に後退したようである。

われわれは3月7日より同15日までの間、Fig. 1に示した宮崎県西諸県郡えびの町真幸地区にある国民宿舎「やたけ荘」(鉄筋コンクリート造3階建)に測点を選んで余震観測を実施した。同地点の土質柱状図はFig. 2に示されているように、南九州地方に特有なシラス成分が多く含まれており、N値は深さ5mより下で20以上となっている。この測点は当時の余震群の震源にかなり近いものと推定される。すでに2.で述べたように地盤表面または地盤表面とRC3階建屋上にピックアップを配置して、3チャンネルデータレコーダーによって余震を観測した。観測期間中にわれわれが収録した有感地震の数は約30であった。

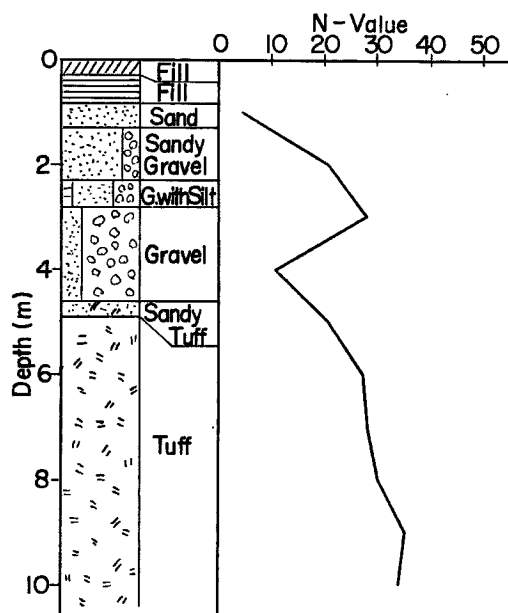


Fig. 2 Soil Profile at Yatake-So.

3.2 観 測 結 果

えられた余震記録のうち比較的振れの大きな記録を再生した例をFig. 3, Fig. 4に掲げた。Fig. 3は地盤表面の水平2方向の加速度および上下方向の速度記録の例であり、Fig. 4は地盤表面と建物屋上の水平方向加速度と地盤表面の速度記録の例である。これらの記録をみるとかなり高い振動数成分が多く含まれており、しかも初期微動継続時間がきわめて短いあるいはそれらしいものを判別できないような傾向がでている。

初期微動継続時間に相当する部分がかなり小であることから、震源がきわめて近いことが容易に推定される。また相当に高い振動数(30~40 c/s程度)の波がよみとられ、特に上下動の立ち上りは急激であり、全般的に高い振動数の波は記録の後の方では衰退しているような傾向が見受けられる。これらの特徴はわれわれが経験した松代地震や近地発破による場合の記録と比較的よく類似しているようである。いずれにしてもFig. 3, Fig. 4の例は規模の大きくない局地性でかつ浅発性の近地地震の特徴がよく現われているとみてよからう。

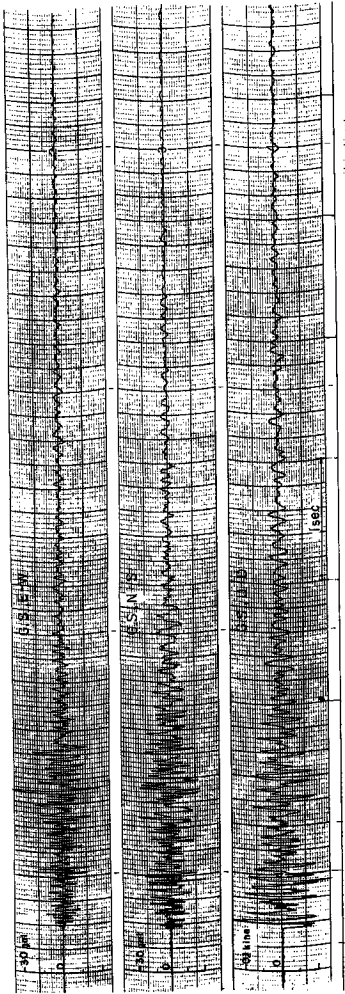


Fig. 3 Seismogram in Aftershocks of the Ebino Earthquakes (Ground Surface).

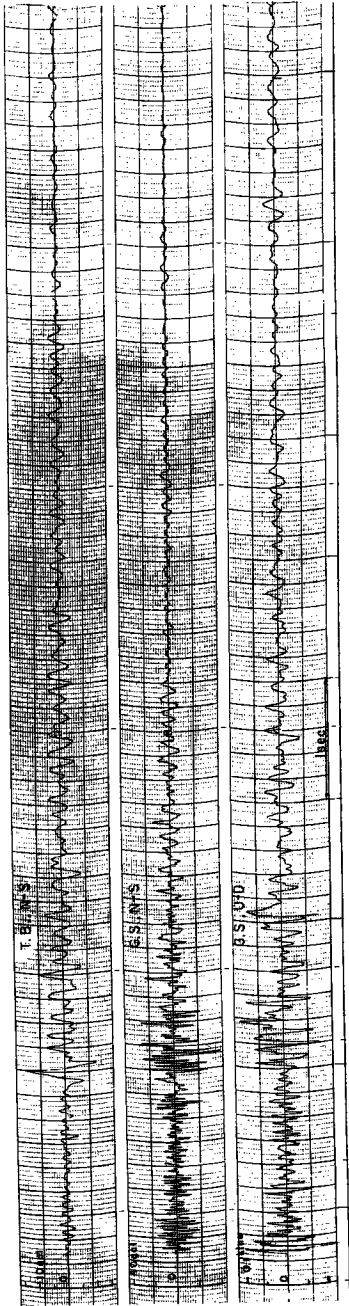


Fig. 4 Seismogram in Aftershocks of the Ebino Earthquakes (Ground Surface and Top of Building).

Fig. 4 において建物屋上の記録が地盤上のそれに比べて、高い振動数の波が少なくそれより低い振動数の波が多く現われているのは、よくいわれている建物のフィルター作用にはかならないと考えてよからう。

3.3 観測結果の解析

磁気テープに収録した記録の代表的なものについて、地震動の周波数特性および波形特性を調べるために、地震記録の初めから 8 sec 間を対象として 200 c/s (0.005 sec) のサンプリングで、A-D 変換装置にかけてデジタル化した後、フーリエスペクトルと自己相関関数を求め、さらに応答スペクトルもわずかの例であるが算出した。

(1) フーリエスペクトル

フーリエスペクトルの計算結果の例を示したのが Fig. 5 ~ Fig. 8 であって、これらの図における縦軸 $F(f)$ で示されている速度スペクトルおよび加速度スペクトルの単位はそれぞれ $(\text{cm/sec})/(\text{c/s})$ および $(\text{cm/sec}^2)/(\text{c/s})$ である。Fig. 5 の地盤上下方向では 10~15 c/s にピークがあり、30 c/s 以上では速度スペクトルのレベルが小さくなっているが、Fig. 8 と Fig. 7 の地盤水平方向では 10 c/s 程度以上で加速度スペクトルのレベルが全般的に高く、しかも約 10 c/s と 40 c/s 付近のレベルが特に高いような傾向が出ている。そして Fig. 8 の建物屋上では 20~30 c/s より高い振動数のレベルはかなり低くなっていることがわかる。これらは記録波形を単に観察することによって述べた 3.2 の傾向をさらに明確に裏付けるものである。また実線と破線の形がかなりよく対応していることから、各余震の周波数特性はかなりよく類似しているとみてよさそうである。なお全般的に 10 c/s 程度以下におけるスペクトルレベルが相当に小さいことも注目される。

(2) 自己相関関数

Fig. 5 ~ Fig. 8 の場合にそれぞれ対応する自己相関関数の計算結果を順次 Fig. 9 ~ Fig. 12 に示した。Fig. 9 の地盤上下方向に対して、Fig. 10 と Fig. 11 の地盤水平方向ではランダム成分の傾向の中に高振動数の周期成分が共存していることがよくわかる。また建物屋上の結果を示した Fig. 12 は全体的にラ

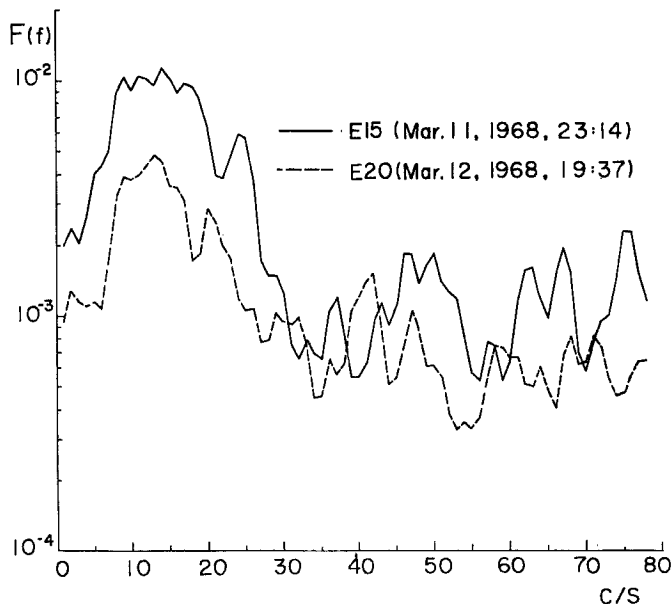


Fig. 5 Velocity Spectra (Ground Surface, U-D).

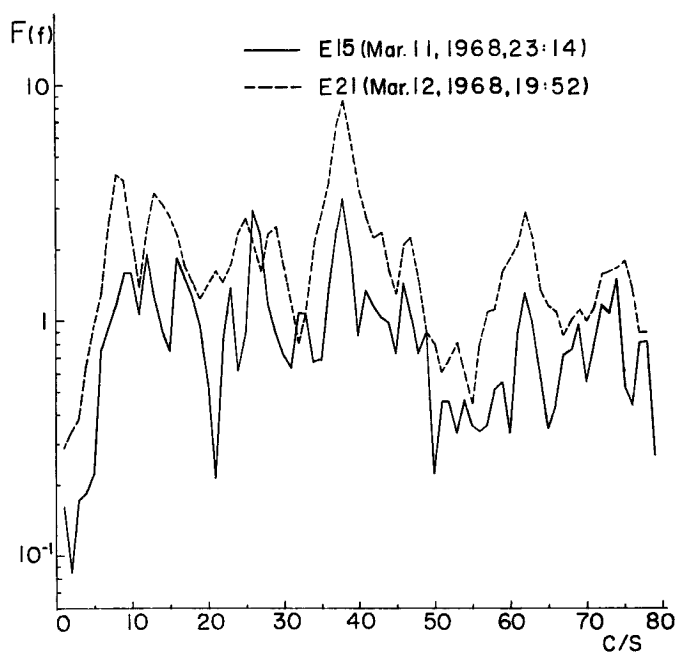


Fig. 6 Acceleration Spectra (Ground Surface, E-W).

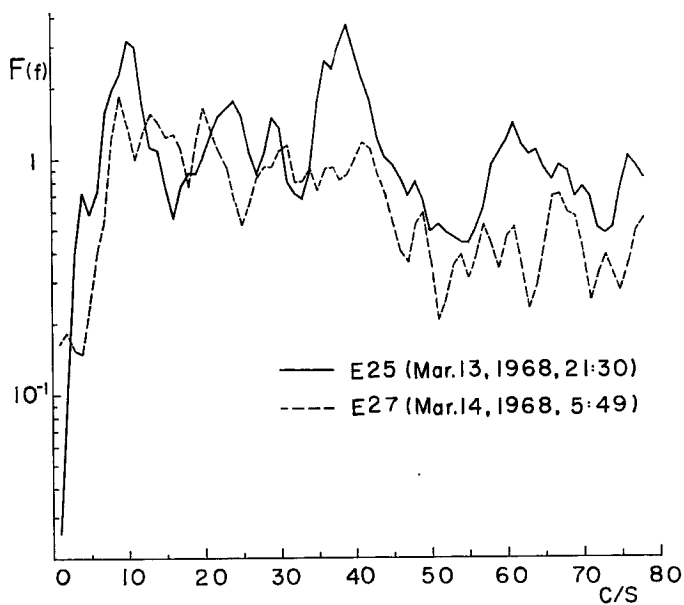


Fig. 7 Acceleration Spectra (Ground Surface, N-S).

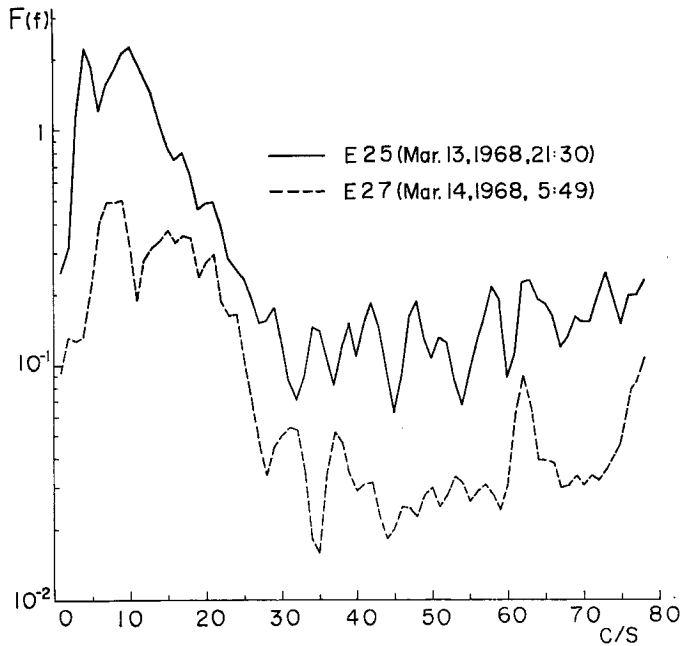


Fig. 8 Acceleration Spectra (Top of Building, N-S).

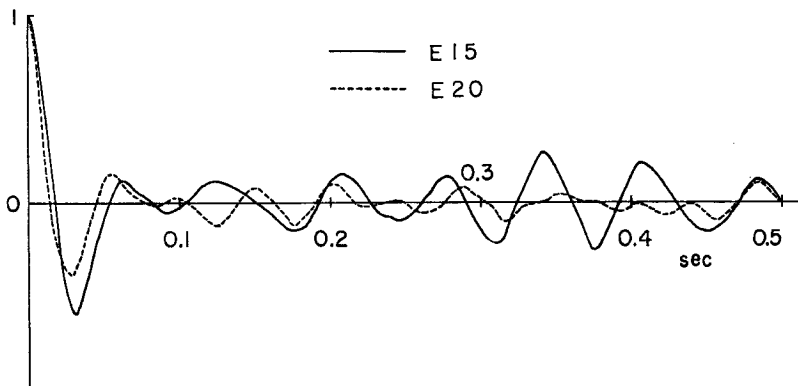


Fig. 9 Autocorrelation Functions (Ground Surface, U-D).

ランダム的な傾向が示されているが、Fig. 11 にみた高振動数の周期成分は見受けられない。これは高振動数成分に対する建物のフィルター作用の結果であるといえる。すなわち建物によって高振動数成分はフィルターされ比較的低い振動数成分が残るが、この例ではその低振動数成分が依然としてランダム性を有している結果となっている。なお Fig. 5 と Fig. 9, Fig. 6 と Fig. 10, Fig. 7 と Fig. 11, Fig. 8 と Fig. 12 とをそれぞれ対応して考察すれば、周波数特性と波形特性の両面からこれらの余震波の特徴をかなり詳しくうかがい知ることができる。

(3) 応答スペクトル

ここでえびの地震の余震記録を地震入力波にとって、これが線形 1 自由度系のモデルに作用した場合

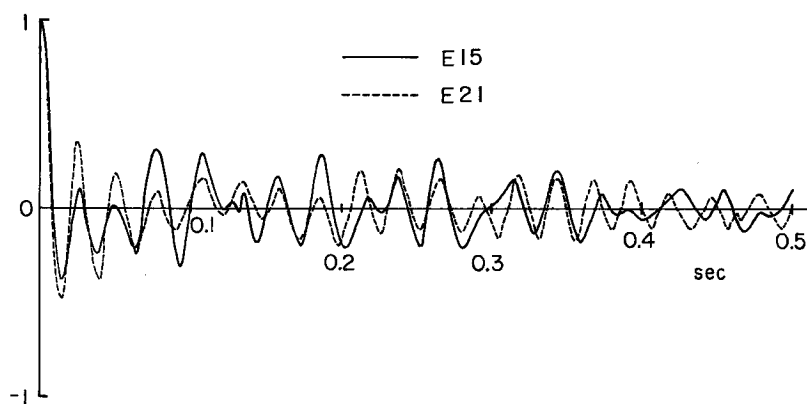


Fig. 10 Autocorrelation Functions (Ground Surface, E-W).

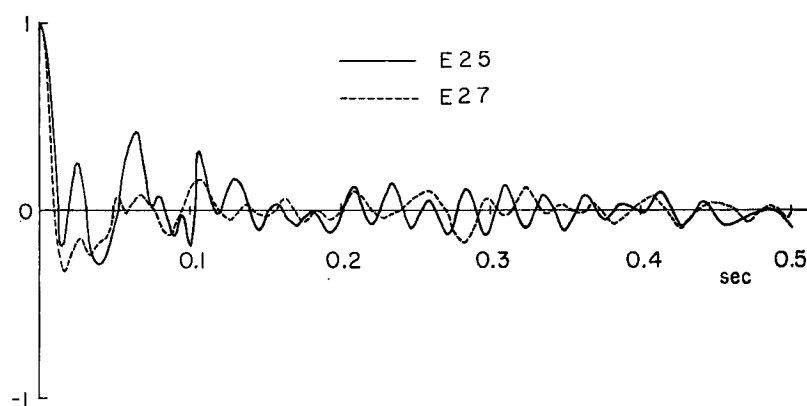


Fig. 11 Autocorrelation Functions (Ground Surface, N-S).

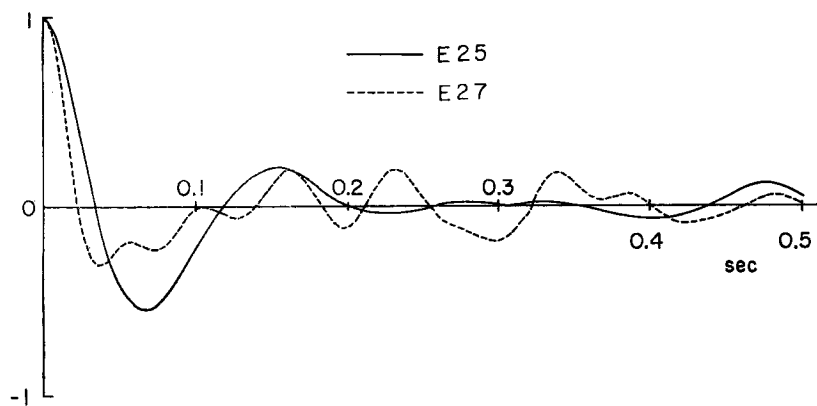


Fig. 12 Autocorrelation Functions (Top of Building, N-S).

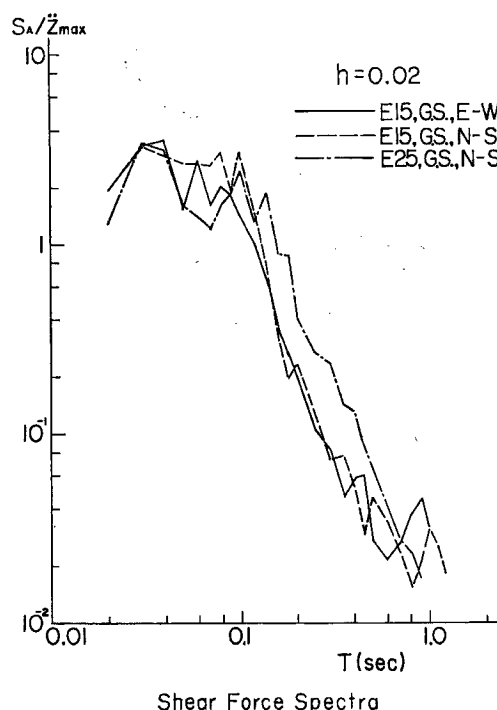


Fig. 13 Acceleration Response Spectra.

の応答，すなわち応答スペクトル（加速度）を計算した結果の例を **Fig. 13** に示した（減衰定数 $h=0.02$ ）。これによると固有周期 0.1 sec 程度より小さい構造物に対する $S_A/\ddot{z}_{max}$ （最大絶対加速度応答/最大地震加速度）は 1 より大，すなわち動的応答値は静的な計算値（ $S_A/\ddot{z}_{max}=1$ ）より大きい，固有周期 0.15 sec 程度（約 6 c/s）より大なる構造物に対しては，えびの地震余震に対する加速度応答値は静的な値よりかなり小さいという傾向が **Fig. 13** より明かである。すなわちえびの地震の余震は固有周期 0.15 sec 程度より小さい構造物の加速度応答を大ならしめるが，固有周期 0.15 sec 程度より大なる構造物に対してはあまり大きな影響はなからうとみてよいことになる。

4. 1968年十勝沖地震

4.1 観測の概要

1968年十勝沖地震は昭和43年5月16日午前9時49分に発生して，東北地方の北部ならびに北海道の南部にかなりの被害を与えた。この本震の震源位置は 40.7°N , 143.7°E ，深さ 20 km，マグニチュード 7.8 で，震度階は苫小牧でVI，八戸・青森などでV，秋田・釧路などでIVであった⁸⁾。この本震以後相次いで余震がかなりの期間にわたって続発した。

われわれは5月19日より同25日の間，青森市浅虫にある警察共済組合浅虫保養所「銀杏荘」（**Fig. 14**，鉄筋コンクリート造3階建）に測点を選んで余震観測を実施した。同地点は青森市中心部より北東へ約 13 km の位置にあり，同地点の地質は **Fig. 15** にみるとおり，N 値 10 以下程度の粘土・シルト質の表土層が約 8 m あって，その下はかたい角れき凝灰岩層で，この建物を支える杭基礎の支持層となっている。**Fig. 14** のように地表面および建物の3階と屋上にピックアップを配置して，えびの地震の余震の場合と同様に余震観測を行なった。なお観測は原則として連続的に行なったが，必要な場合にはスターターによる自動測定をも

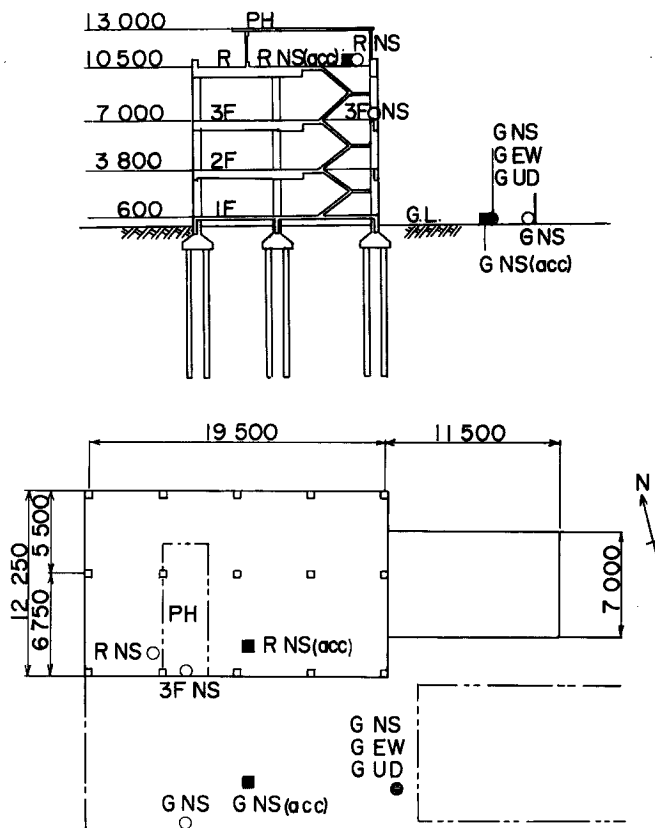


Fig. 14 General View of Building and Arrangement of Seismographs.

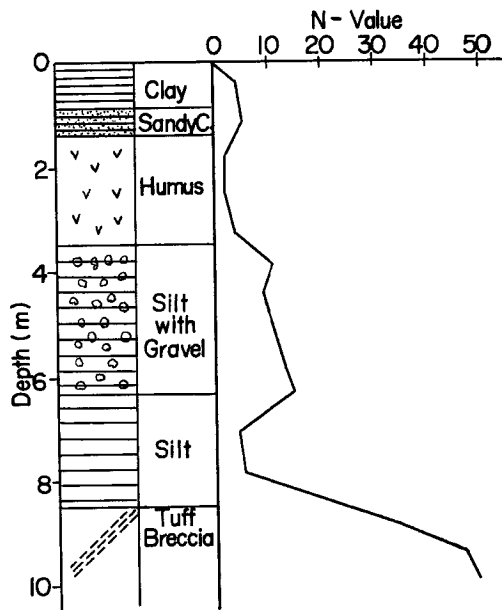


Fig. 15 Soil Profile at Ginnan-So.

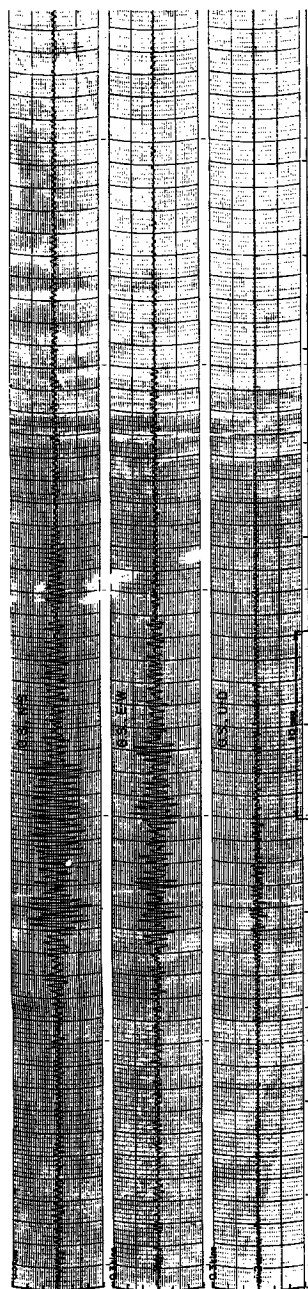


Fig. 16 Seismogram of an Aftershock of the Tokachioki Earthquake (Ground Surface).
A03 (MAY 20, 1968, 11:31)

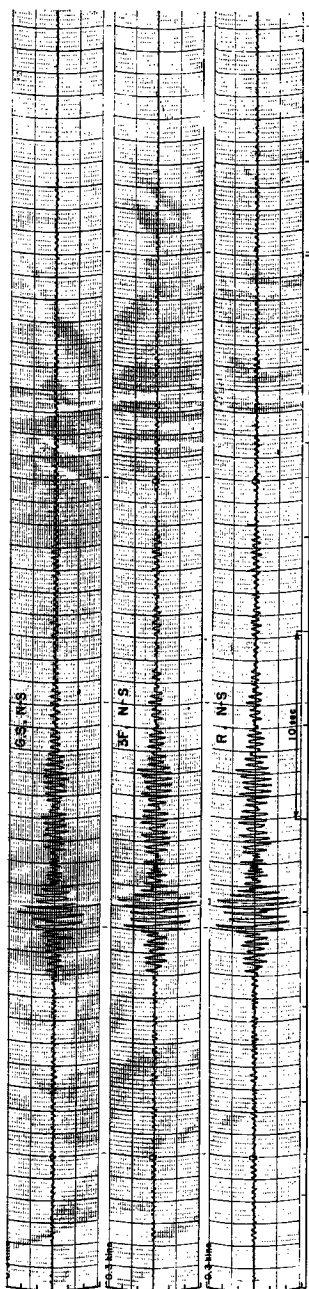


Fig. 17 Seismogram of an Aftershock of the Tokachioki Earthquake (Ground Surface and Building).
JA08 (MAY 20, 1968, 23:32)

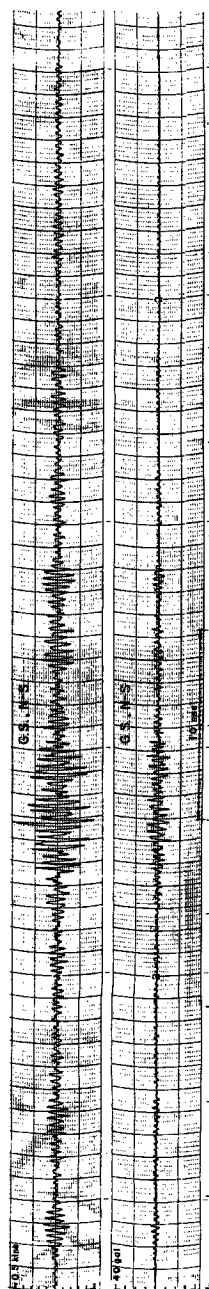


Fig. 18 Seismogram of an Aftershock of the Tokachioki Earthquake (Ground Surface).
JA11 (MAY 22, 1968, 19:52)

行なった。

4.2 観測結果

えられた余震記録のうちの2, 3の例を再生した結果を **Fig. 16**, **Fig. 17**, **Fig. 18** に示したが, これらは青森市での震度階がそれぞれⅡ, Ⅰ, Ⅱと発表されたものである。**Fig. 16** は地盤表面の3方向の速度記録であり, **Fig. 17** は地盤表面・建物3階・同屋上におけるNS方向の速度記録であり, **Fig. 18** は地盤表面におけるNS方向の速度記録と加速度記録である。

これらの地震記録を刻時目盛に注意してみると, 全般的に **Fig. 3**, **Fig. 4** でみたえびの余震記録の場合よりもかなり記録が長く, 波形もそれよりゆやかであることが観察される。えられた記録の範囲では初期微動継続時間は16~23 sec ぐらいであるので, 震源距離は120~180 km 程度であろうと推定される。また波形が全体的に周期成分の傾向が強いように見受けられる。

Fig. 16 からは地表面の上下動は水平動の $\frac{1}{6}$ 程度であろうことがわかる。また **Fig. 17** より地表面・建

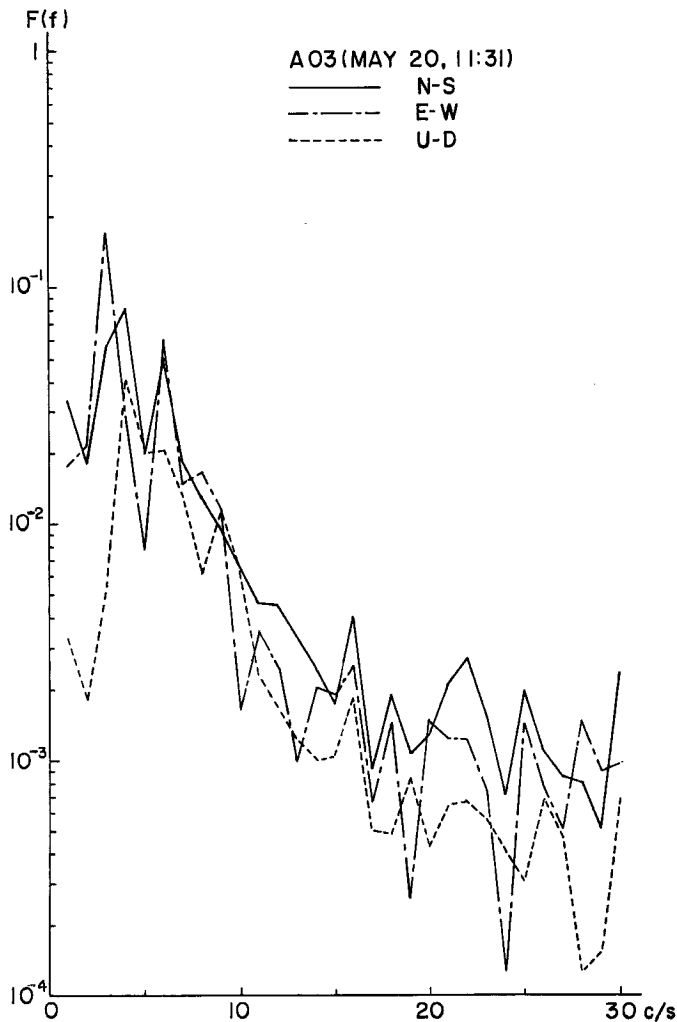


Fig. 19 Velocity Spectra (Ground Surface).

物3階・同屋上のNS水平動がかなりよく類似していることが着目される。**Fig. 18**の地表面における速度記録と加速度記録は波形がおおむね対応する傾向にあるようである。いずれにしてもこれらの地震記録は松代やえびのでわれわれが経験した近地震記録に対して、それよりは遠地震である特徴が比較的良好に現われているように見受けられる。

4.3 観測結果の解析

代表的な地震記録の主要動付近の19.2sec間を対象として、0.012sec(83.3c/s)のサンプリングでデジタル化し、フーリエスペクトル、自己相関関数さらに応答スペクトルを算出した。

(1) フーリエスペクトル

地震波形をフーリエ変換して速度スペクトルとして示したのが**Fig. 19**, **Fig. 20**, **Fig. 21**で、縦軸の単位はいずれも $(\text{cm/sec})/(\text{c/s})$ である。**Fig. 19**は同一地震(震度階Ⅱ)による地盤表面上の水平2方向と上下方向の速度スペクトルであって、これら3成分は全般的には同様な傾向を有するが、上下方向が水

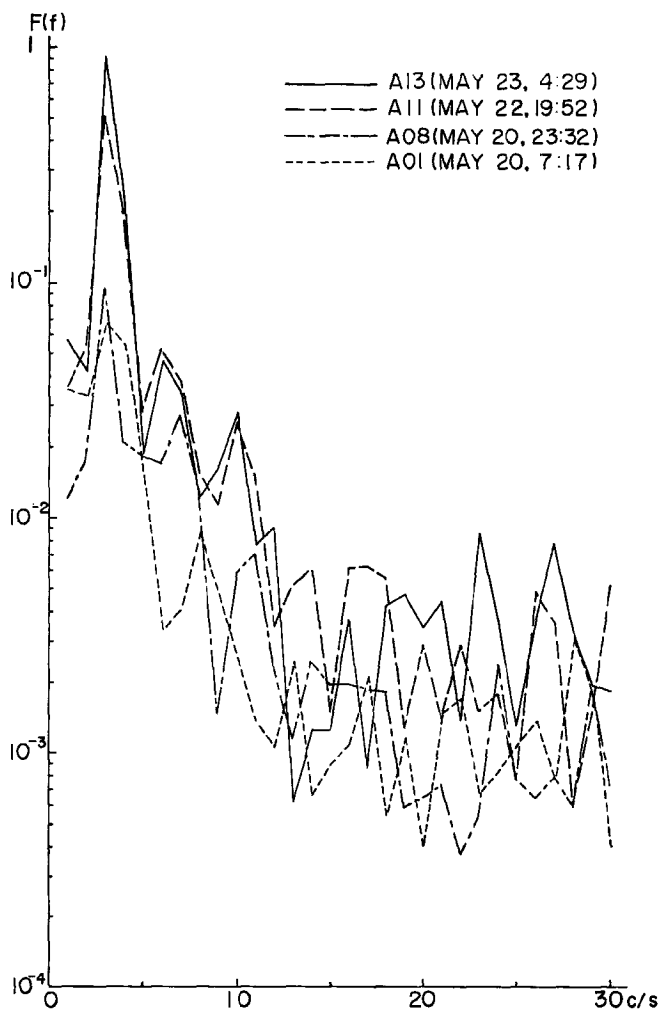


Fig. 20 Velocity Spectra (Ground Surface, N-S).

平方向より小さく、5 c/s 以下において両者の差は大となっている。この記録では水平方向のピークは 3 c/s 付近にあり、上下方向はそれよりやや高く 4 c/s 付近にあるようである。**Fig. 20** は相異なる地震 (A13 は震度階Ⅲ, A 11 は震度階Ⅱ, A 08, A 01 は震度階Ⅰ) による同一地表面同一方向の速度スペクトルを図示したものである。いずれの地震も約 3 c/s 付近にかなり卓越した周波数成分がみられ、10 c/s 以下程度ではスペクトルの形がきわめてよく類似していることが注目される。8~10 c/s 以上の高振動数ではスペクトルの形がそれほど対応していないように見られるが、これらは 8~10 c/s 以下に比べてレベルがはるかに低いので、工学的にはほとんど問題にしなくてもよいであろう。同一地震による地表面・建物 3 階・同屋上の NS 方向のスペクトルを示した **Fig. 21** では、10 c/s 以下では 3 者のスペクトルがほとんど合致していることが注目され、10 c/s 以上でもかなり対応しているようである。これは地盤と建物が同様に震動している、すなわち建物がほとんどたわみずに地動に追随していることを裏付けている。

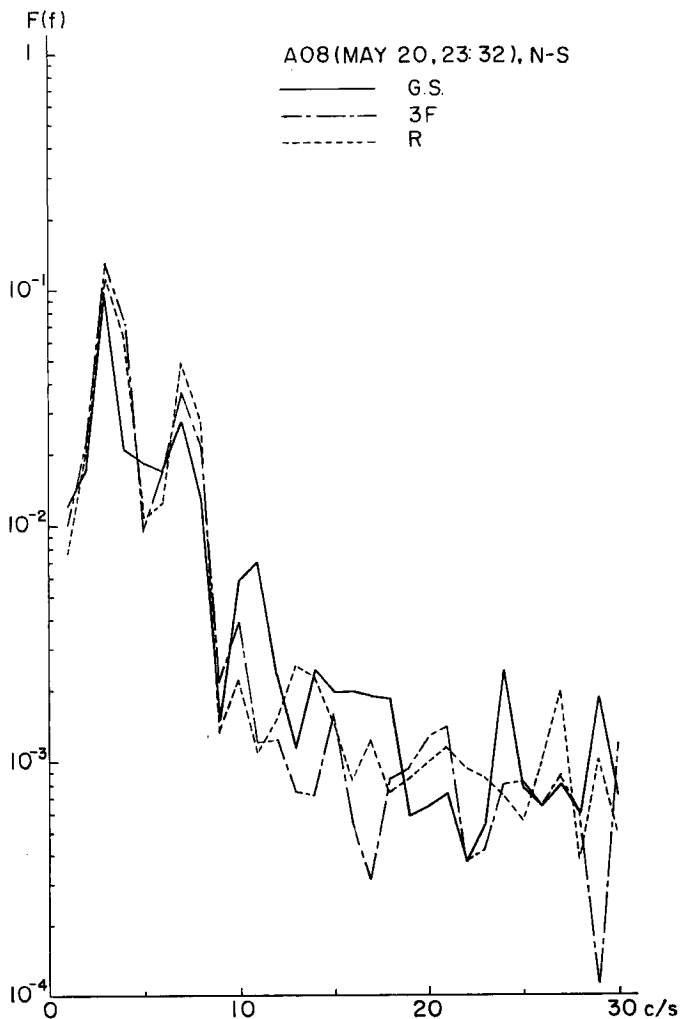


Fig. 21 Velocity Spectra (Ground Surface and Building).

(2) 自己相関関数

波形特性を調べるために自己相関関数を計算した結果の例を Fig. 22 と Fig. 23 に掲げた。Fig. 22 は 3 個の地震による地盤表面 3 方向の結果を示したもので、3 方向とも地震による差異は大きくなく、ほぼ同様な傾向にあるということができよう。また方向別ではこの場合、NS 方向ではかなり定常的な周期成分が支配的であり、EW 方向よりはランダム成分が多く含まれ、上下方向は EW 方向よりさらにランダム成分の傾向が強いことが示されている。また上下方向では水平方向よりも周期が小、すなわち高振動数の傾向にあることが確認できる。地表面・建物 3 階・同屋上を同時に示した Fig. 23 では、これら 3 者の自己相関関数がほとんど完全に合致していることが目立つ。したがってこの場合は、地盤と建物の震動がほとんど一体的であって、結果的には建物のフィルター作用がほとんどないことになる。このことは Fig. 17 の地

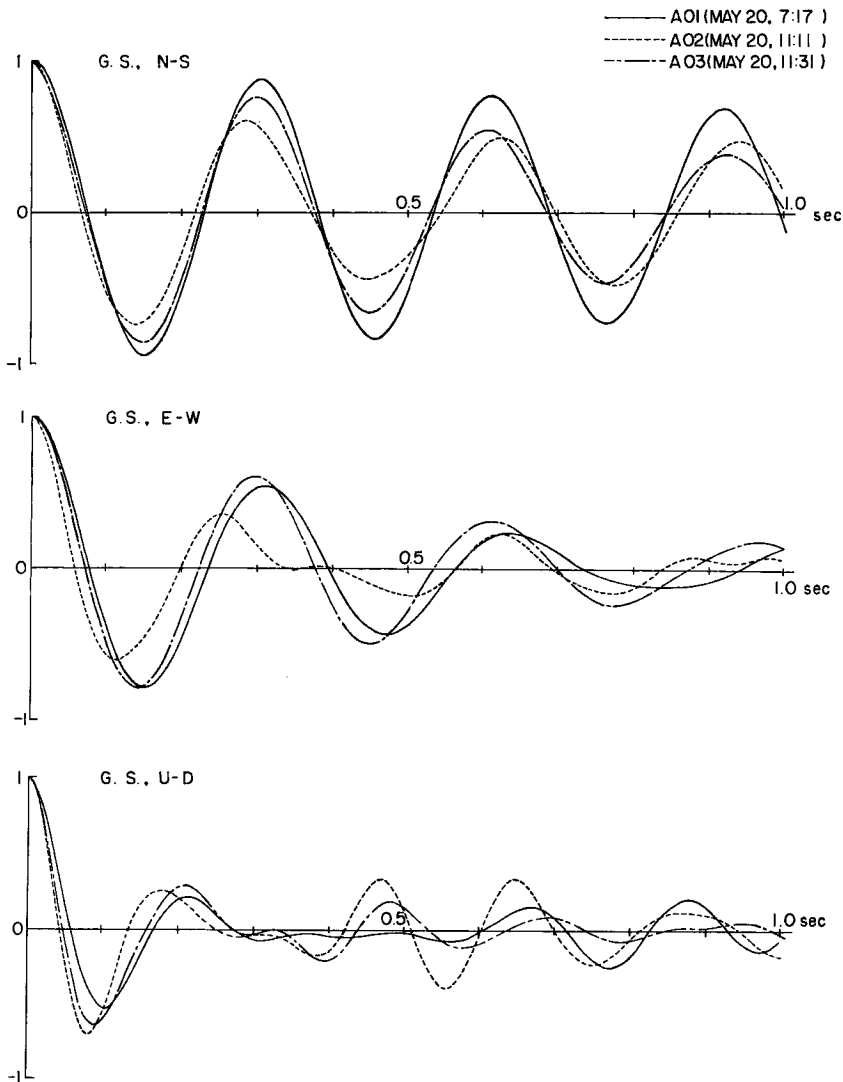


Fig. 22 Autocorrelation Functions (Ground Surface).

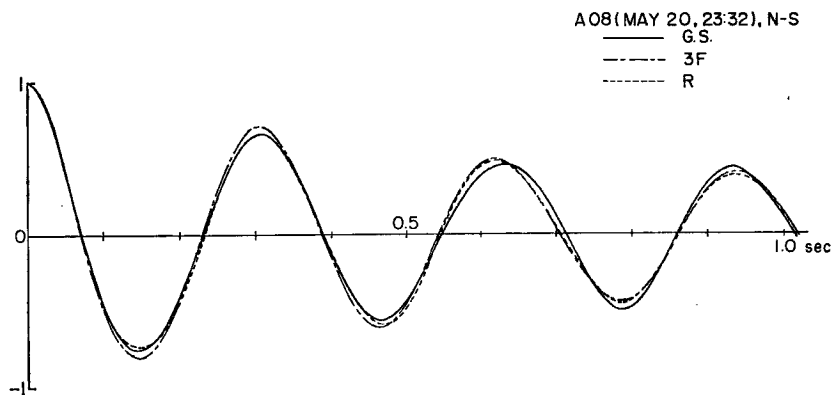


Fig. 23 Autocorrelation Functions (Ground Surface and Building).

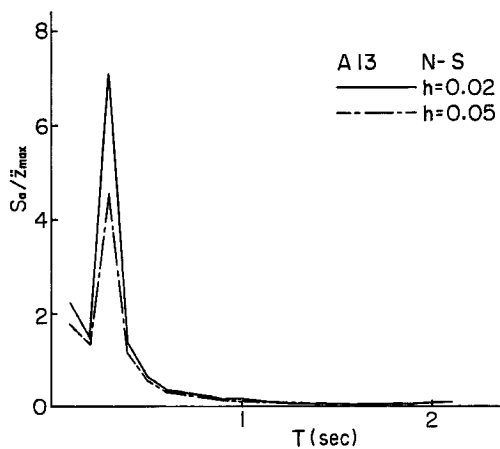
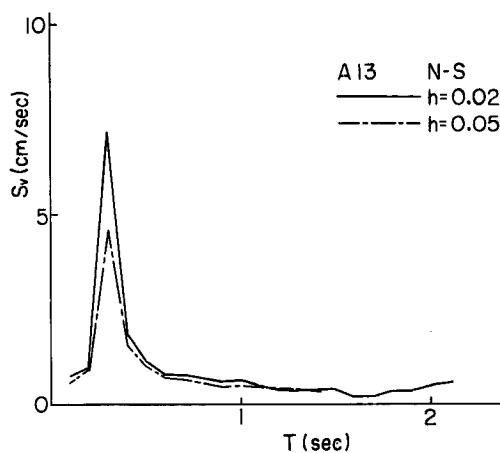


Fig. 24 Response Spectra.

震波形，Fig. 21 の速度スペクトルより推定されたところを，さらに再確認するものであることにほかならない。

(3) 応答スペクトル

えられた余震記録の1例（最大加速度 20 gal）を入力にとって，これに対する線形1自由度系の最大速度応答 S_r と最大加速度応答 S_d とを計算した結果が Fig. 24 である。 h はいうまでもなく減衰定数であるが， S_r ， S_d とともに固有周期 $T \approx 0.3$ sec（約 3 c/s）付近に鋭いピークを有し， $T = 0.5 \sim 0.6$ sec 以上では S_r ， S_d とともにかなり小さくなっている。これは観測された地震波において約 3 c/s の成分が非常に卓越していて，しかもその周期性がきわめて強いために，共振的な影響が大きく現われたためと考えられる。これらの結果は Fig. 19～Fig. 21 で約 3 c/s の周波数成分が他を圧して卓越していたことから，それを受ける $T \approx 0.3$ sec（約 3 c/s）の線形1自由度系が共振に近い状態におかれようことから容易に推察されるところである。

5. 考 察

以上えびの地震および十勝沖地震の余震観測結果について述べたが，もともとこれら両地震は全く関係なくそれらの余震も相互に全く別個のものである。ただ時期的に偶然に両地震が昨年前半に発生し，われわれはそれらの余震を同様な方法で観測しまた解析したのであわせてここに報告した。すでに知られているように，えびの地震は震源の浅い，局地性，火山性の規模の大きくない群発的な地震であり，十勝沖地震は環太平洋地震帯に震源を有した規模の大きい地震であった。しかしわれわれが観測できた余震は最大加速度 20～30 gal 程度以下，震度階ⅢまたはⅡ以下であり強大なものではなかった。

参考のためにえびのの余震の Fig. 3 と十勝沖の余震の Fig. 16 とを刻時目盛をあわせて再掲したのが Fig. 25 である。これより両記録間に大きな差異がみられ，震源間近で計測したえびの余震と百数十 km の震源距離のあった十勝沖余震の両特性を明らかに看取することができる。

また応答加速度スペクトルを示した Fig. 13 と Fig. 24 とを同一の紙上に対比したのが Fig. 26 である。これらは減衰定数 $h = 0.02$ の場合であって，この場合に $S_d/\ddot{z}_{\max} \approx 1$ となるのはえびの余震で 0.15 sec

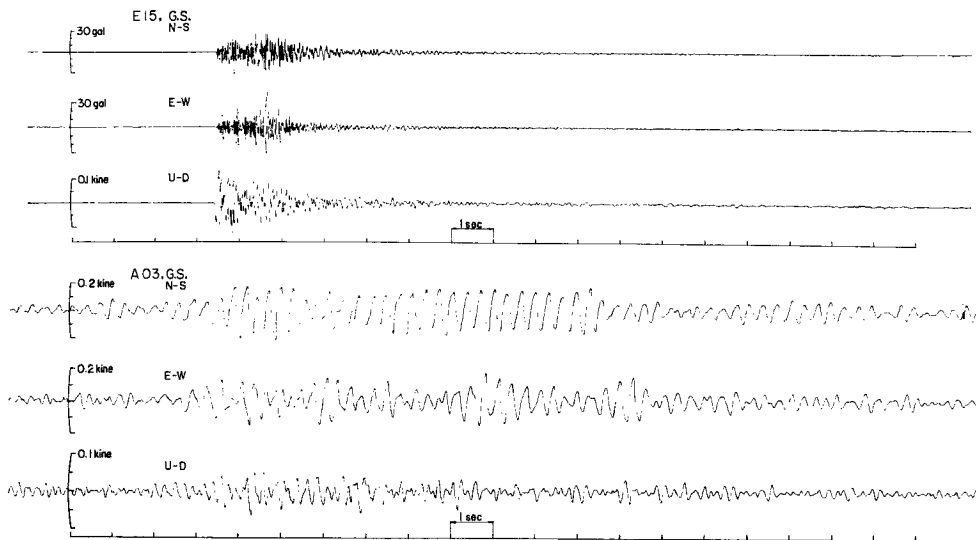


Fig. 25 Seismograms of Aftershocks of the Ebino Earthquakes and the Tokachioki Earthquake (Ground Surface).

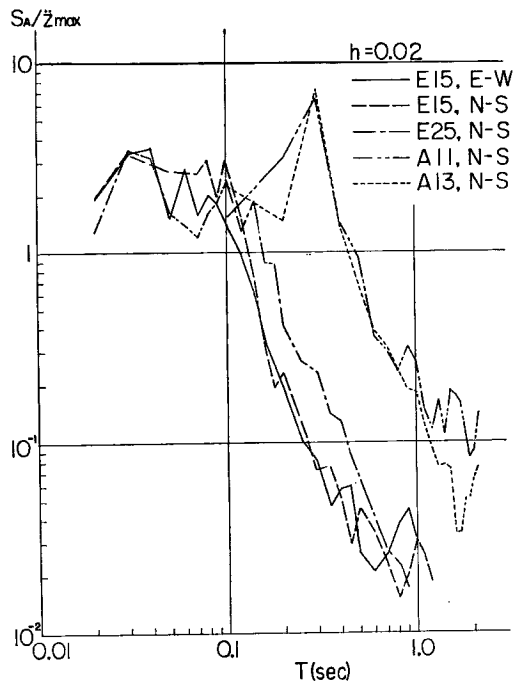


Fig. 26 Acceleration Response Spectra for Aftershocks of the Ebino Earthquakes and the Tokachioki Earthquake.

程度、十勝沖余震で 0.5 sec 程度となっている。これと同じ $h=0.02$ の場合、G.W. Housner 教授による平均スペクトル図で $S_A/\ddot{z}_{max} \cong 1$ となるのは約 1.2 sec, また同様にわが国建設省土木研究所の平均スペクトル図では約 2.0 sec となっている⁹⁾。したがって今回われわれが観測した余震記録には比較的短周期の成分が多いということになる。またこの Fig. 28 から十勝沖余震の場合は 0.3 sec 程度の周期性がかなり強いことを確認できよう。ただしわれわれが観測したのはそれぞれ 1 地点ずつに限定されたので、その地点の地盤・その他の局所的な条件が相当に影響していることはいうまでもなからう。

かくしてえびの地震の余震観測地点でえられた地震記録の解析結果からは、振動数の比較的高い震源に近くて地盤のフィルター作用の比較的小さい地震波の特性をある程度明らかにすることができ、また建物によるフィルター作用を明らかに確認することができた。またえびの余震では数十 c/s 程度の比較的高い振動数の成分を多く含んでおり、かつ個々の余震による周波数と波形の特性はあまり大きく変わらず、むしろその地点の地盤に大きく支配されようことがわかった。

一方十勝沖地震の余震観測地点でえられた地震記録の解析結果からは、約 3 c/s の振動数の卓越した周期性の強い特性が明らかにされ、そして余震別による差異はかなり小さいことが確かめられた。また建物によるフィルター作用は本観測例の場合はほとんど認められなかったが、これはその地盤と建物についての結果論であって、他の地点での観測を行っていないのでそれ以上のことはいえない。いずれにしても約 3 c/s の卓越した地動に対して、建物がその地盤とほとんど一体となって震動したことより、Fig. 14 の建物の固有振動数は少なくとも 3 c/s より大きいことは事実であろう。

これらの余震観測の結果から次のようなことがいえよう。1 地点で観測される余震は同じような特性を有する傾向にあるので、あまり多く同一地点で余震観測をする必要はなからう。余震観測では測点を増すこと

が望ましいが、それは地盤性状を重視して選定すべきである。地盤自身または地盤と構造物の動的挙動を調べ、地震応答についての基礎的資料をうるためには余震観測の意義は大きい。しかし余震でえられた地震波形をそのまま耐震設計の入力波にとることは早計であろう。それは Fig. 26 でも知ったように余震はあまり強大であるとはいえず、それらの周波数・波形特性が今後の耐震性の目安をえようとする耐震設計のための入力波たる資格を有するかどうかは疑問であるからである。しかし一般に本震を近地観測できる期待は小さいので、なるべく本震直後の余震を観測解析することは耐震工学上からも今後とも意義あることであろう。

最後に本文における数値計算は京都大学電子計算機 KDC-II によったことを付記する。なおえびの地震の余震観測は京都大学防災研究所（所長矢野勝正）の特別の御配慮により、また十勝沖地震の余震観測は文部省科学研究費特定研究「1968年十勝沖地震調査研究（代表者水上 武）」に負うところが大きく、また青森県土木部より種々御便宜を頂いた。これら関係各方面に深謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) 後藤尚男・土岐憲三・亀田弘行・横山康夫・吉原 進：えびの地震の震動観測結果について，土木学会第23回年次学術講演会，講演概要，第I部門，pp. 375～378，昭. 43.10.11～13.
- 2) 後藤尚男・土岐憲三・亀田弘行・秋吉 卓・小西純一：1968年十勝沖地震の余震観測結果について，土木学会第23回年次学術講演会，講演概要，第I部門，pp. 369～372，昭. 43.10.11～13.
- 3) 後藤尚男・土岐憲三・亀田弘行・秋吉 卓・吉原 進・小西純一：1968年十勝沖地震の余震観測結果について，—RC 建物およびその近傍地盤の震動特性—，第5回災害科学総合シンポジウム講演論文集，1968，pp. 147～150.
- 4) 後藤尚男・土岐憲三・横山康夫・亀田弘行・秋吉 卓・石田昌弘：松代群発地震地域における震動観測結果について，土木学会論文集，第145号，昭. 42.9，pp. 1～11.
- 5) 後藤尚男・土岐憲三・横山康夫・亀田弘行・秋吉 卓：強震観測装置による松代群発地震記録の解析，京都大学防災研究所年報，第11号 A，昭. 43.3，pp. 275～290.
- 6) 前出 4)，図—10および前出 5)，Fig. 2.
- 7) 気象庁観測部地震課速報，No. 47，昭. 43.3.1.
- 8) 気象庁観測部地震課速報，No. 50，昭. 43.6.1.
- 9) 金多 潔・後藤尚男・竹村吉高・畑中元弘・山田善一・渡辺清治：土木建築耐震設計施工，昭. 43.10，朝倉書店，p. 52，図1.61 および図1.62 に引用.