

74. 八戸市内の各種地盤上における十勝沖地震の 余震および常時微動の観測結果

地震研究所 { 田中貞二
長田甲斐男

(昭和 43 年 5 月 28 日, 9 月 17 日発表—昭和 43 年 9 月 30 日受理)

1. まえがき

1968 年十勝沖地震¹⁾により, 八戸市は十和田市, 三沢市, むつ市などとともにな少なからぬ被害をこうむつた²⁾. 家屋の被害は主として市の西部, 浅水川沿いの諸部落に発生したが, 段丘上の市街地や市の周辺の丘陵地での被害は少なく, 地盤による地震動の相異を示唆するものであつた.

筆者等は, 被害程度の異なる種々の地盤上における地震動の特性と家屋被害との関係を調査する目的で, 地震直後の 9 月 19 日から約 1 週間八戸市内において余震の比較観測を行ない, また被害家屋の集中地域について常時微動の観測を実施した.

この種の余震観測は, 鳥取地震をはじめ東南海地震, 南海地震, 福井地震, あるいは最近の新潟地震に至る過去の大地震に際してしばしば行なわれており³⁾, 地震動の性質と地盤との関係や地盤と家屋被害との関係について多くの事柄が明らかにされてきた. また, これら大地震の震害地域については常時微動の観測も行なわれ, 地盤の動的性質と家屋被害との密接な関係が見出されている⁴⁾.

今回の地震では, 八戸市内において本震の強震計記録が得られたので, 余震記録との比較から 2, 3 の場所について本震時の家屋変形量を推定し, 被害の実情との比較を行なつた.

- 1) 太田 裕・音田 功・前川 博「1968 年十勝沖地震調査概報. 特に北海道中南部地域について」地震研究所彙報 46 (1968), 1397.
- 2) 大沢 胖・村上雅也・北川良和「1968 年十勝沖地震における建築物被害概報」地震研究所彙報 46 (1968), 1451.
- 3) T. MINAKAMI and S. SAKUMA, "The Earthquake-Motions on Various Formations of the Earth's Surface (1). Observation at Kōti City," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 26 (1948), 61.
水上 武・佐久間修三「福井市南方の各種地盤上の地震動の比較」福井地震調査研究速報 (1949), 103.
金井 清・他「新潟市内における余震および常時微動の観測結果 (速報)」地震研究所研究速報 No. 8 (1964), 109.
- 4) K. KANAI *et al.*, "On Microtremors. X. (Earthquake Damage to Wooden Houses)," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 44 (1966), 645.

2. 家屋被害の概要

市庁の調査によれば、住家被害は全壊 153 戸、半壊 412 戸、一部破損 22,700 戸におよび、鉄筋コンクリート造建物も市庁舎をはじめ 6 棟が大被害を受けた。全、半壊家屋 565 戸のうち 50% 強が前記浅水川沿いの諸部落、滝谷、上七崎、下七崎、永福寺、正法寺、張田および馬淵川の変流点に位置する矢沢の各部落に生じており、完全に倒壊した家屋も多数見受けられた。なかでも、滝谷は全壊率 36% に達し、大部分の家屋が半壊以上の被害をこうむっている。一方、低い段丘上にある市街中心部の木造家屋はほとんどが窓ガラスの破損や仕上げモルタル類の亀裂あるいは剝落などの一部被害にとどまっていた。馬淵川以北の海岸砂地ではところにより、地盤の亀裂や不同沈下による家屋被害が見られ、一部に噴砂や流動化の現象も認められたが、南部の湊町から鮫町にかけての港湾地域では沖積層が比較的薄いこともあつて家屋の被害は軽微であつた。また、測候所のある館鼻地区や市の周辺部の比較的高い段丘や丘陵上の家屋にはほとんど被害がなかつた。

このように全般的にみると、被害の規模はそれほど大きくはない。その理由の 1 つとして、この地域の木造家屋は一般に屋根がトタン葺で軽く、開口部も少ないなど振動に強い構造であつたことが指摘されている。したがつて地すべり、がけ崩れ、あるいは盛土地盤での不同沈下など二次的原因による家屋被害が目立ち、特に正法寺から五戸町志戸岸へか

第 1 表 住家被害の概要*

部 落	世 帯 数	被害戸数		全 壊 率 (%)	被害指数** (%)
		全 壊	半 壊		
滝 谷	66	24	53	36.4	77.0
上 七 崎	47	9	31	19.1	52.0
下 七 崎	105	10	26	9.5	22.0
永 福 寺	181	7	48	3.9	17.1
正 法 寺	166	7	27	4.2	12.0
張 田	175	8	5	4.6	6.0
矢 沢	259	17	20	6.6	6.0
鷹 ノ 巣	24	2	1	8.3	10.4
池 田	49	5	21	10.2	33.0
大 仏	52	2	0	3.8	3.8
笹 沢	70	1	4	1.4	4.3
一 日 市	159	2	1	1.3	1.6
むつ市駅前	258	4	2	1.6	1.9
第一内丸	315	4	2	1.3	1.6
第五内丸	168	4	1	2.4	2.7
三 日 町	52	2	0	3.8	3.8
二 ツ 家	84	1	6	1.2	4.8

* 八戸市庁調べ (昭和 43 年 5 月 23 日現在)、全壊率 1% 以下の部落は省略。

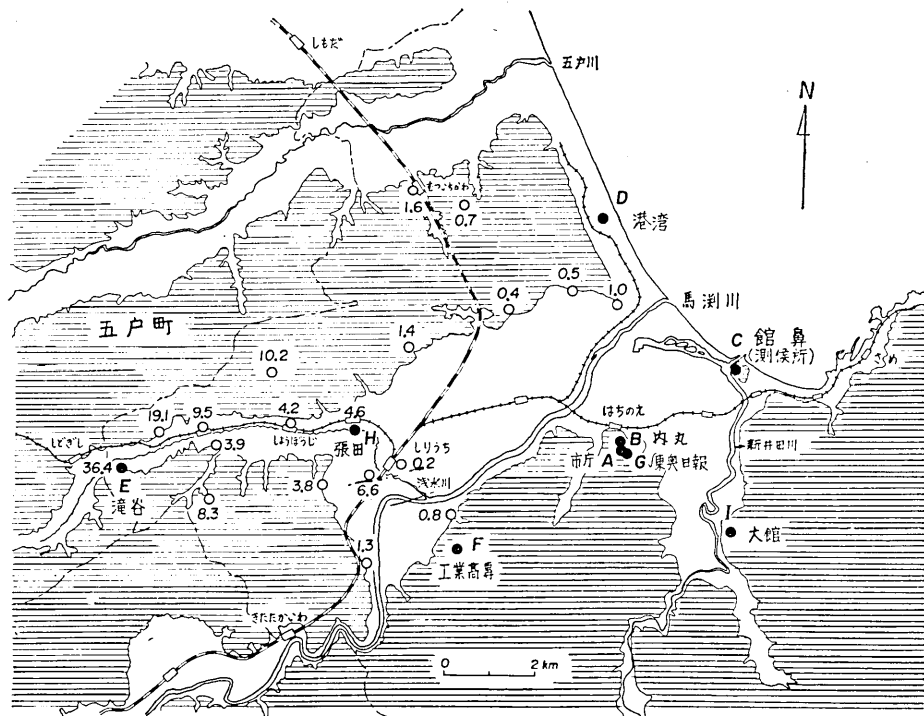
** (全壊戸数+1/2 半壊戸数)/世帯数の百分率。

けての部落では地すべりによる被害が多く、多数の犠牲者が出た。しかし、被害戸数、全壊率ともに最高であつた滝谷の家屋被害は、附近の地形および被害建物の基礎の状況からみて、大部分が振動による被害と考えられる。第1表に全壊率1%以上の部落または市街地内区分についての被害統計を示す。

3. 余震観測

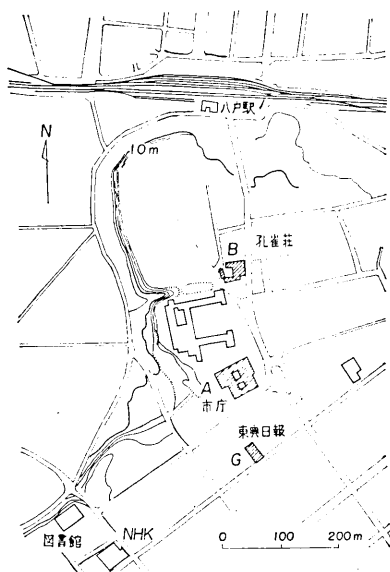
1) 観測場所および観測方法

地震観測は第1図および第2表に示す9ヶ所で行なつた。これらのうち、滝谷と張田および館鼻と大館の観測点はそれぞれ被害地区および無被害地区の代表である。大被害を受けた市庁、工業高専および無被害の東奥日報社は、鉄筋コンクリート造建物被害の原因調査に関連して選んだ。孔雀荘旅館（木造2階建）は全壊率1%台の第1内丸地区を代表すると同時に、約200m離れている市庁舎階における地震動との比較をも考慮して選んだ。第二港湾建設局八戸工場内には港湾技術研究所が設置したSMAC型強震計があり⁵⁾、



第1a図 余震観測点(黒丸)および部落別全壊率(市街地を除く)。

5) 土田 肇・山田通一郎・倉田栄一「港湾地域強震観測点資料(その1)」港湾技研資料 No. 34 (1967), 59.



第1b図 八戸市庁付近の余震観測点。

本震の完全な記録が得られたので、これとの比較のため余震観測点を設けた。

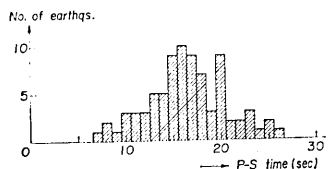
観測には、固有周期 1 sec, 幾何倍率 100 倍の水平動煤書式地震計 3 台を使用した。検定の結果、各地震計の倍率は 110~140 倍、減衰定数は 0.68~0.69 の範囲内にあつた。3 台のうち 1 台は基準地震計として市庁舎地階に設置し、他の 2 台を順次 8ヶ所に移動して比較観測を行なつた。地震計の設置方向は南北方向である。観測期間の平均は、1ヶ所当たり約 1.5 日であつた。

2) 観測結果

観測された地震の総数は約 100 ケで、八戸の震度は 0~Ⅲ のものであつた。それぞれの観測点における地震記録のうち、基準点のそれと対応のつく地震の数は 10~40 ケである。基準観測点について比較的 S 相のはつきりし

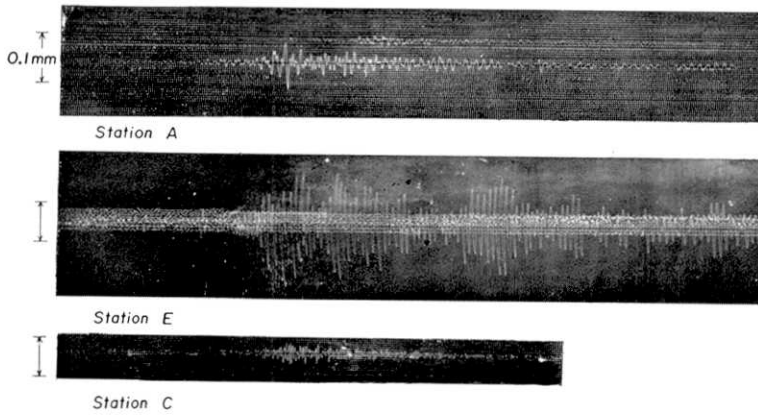
第2表 余震観測点

記号	観測点	地震計設置位置	地形
A	八戸市庁 (RC 3階)	地階床	段丘 (標高 17 m)
B	内丸 (孔雀荘旅館)	浴槽内	" (")
C	館鼻 (八戸測候所)	地震計基礎土	" (27 m)
D	港湾 (第二港湾八戸工場)	強震計小屋内	海岸砂地
E	滝谷 (山内正一郎氏宅)	コンクリート土間	沖積平地 (浅水川)
F	八戸工業高専 (RC 3階)	1階床	段丘 (50 m)
G	東奥日報社 (RC 5階)	地階床	" (17 m)
H	張田 (大島勇太郎氏宅)	コンクリート土間	沖積平地 (浅水川)
I	大館 (消防分団本部)	"	段丘 (20 m)

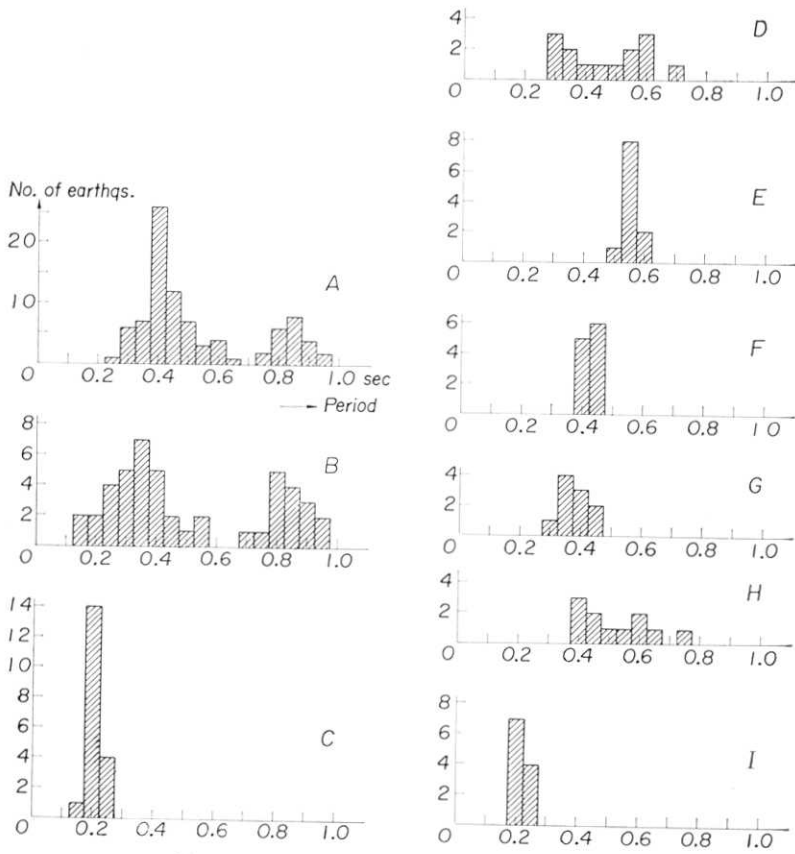


第2図 基準観測点における余震の P-S 頻度分布。

た記録から求めた P-S 頻度分布は第2図のようになる。第2図によると、10~23 sec の P-S 時をもつ地震がほとんどであつて、k の値を 9 km/sec と仮定すると震央距離は 90~200 km となり、主な余震の発生範囲と一致する。このような余震の P-S 分布からみて、各観測点における地震動にたいする震央距離



第3図 地震記録の例.

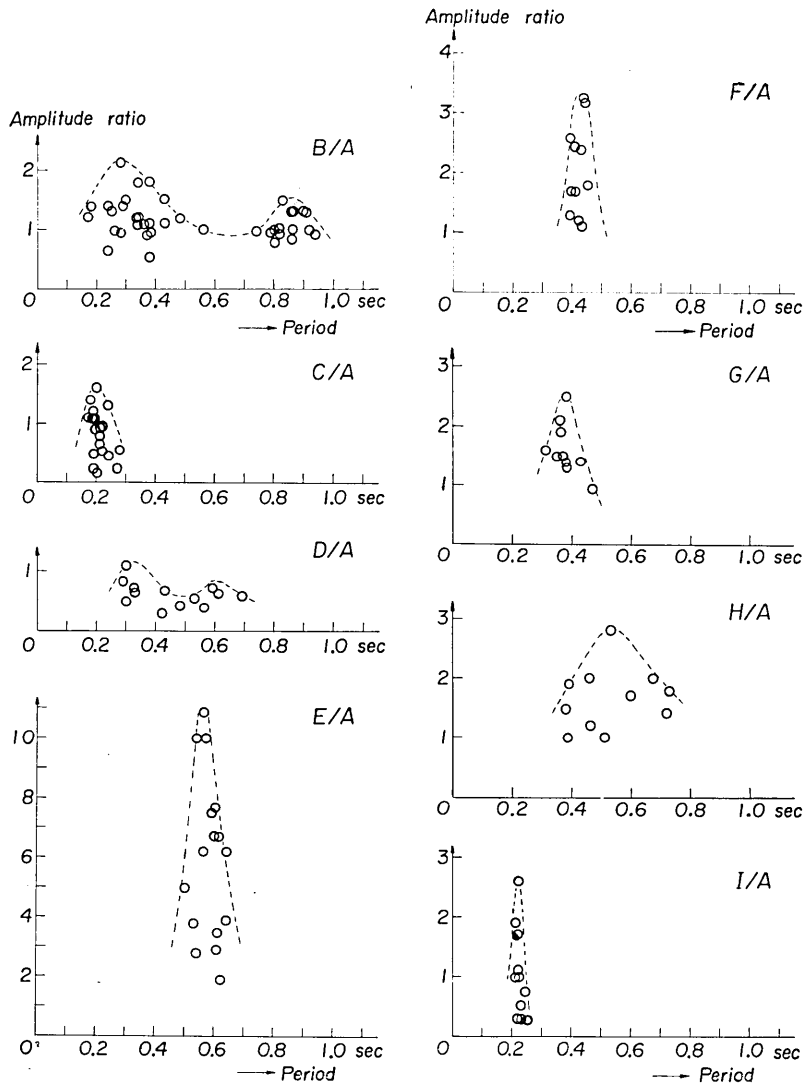


第4図 余震の最大振幅の波の周期の頻度.

の影響は小さいものと考えられる。

市庁、滝谷および館鼻の3ヶ所における余震の同時観測記録の1例を第3図に示す。一見してこれらの観測点における地震動の周期，振幅，継続時間などは著しく相異し，観測点地盤の影響がきわめて大きいことが注目される。

卓越周期 各観測点の個々の地震記録について，最大振幅を与える波の周期を読みとり，



第5図 最大振幅比と最大振幅を与える波の周期との関係。

0.05 sec 毎の頻度図を作ると第4図が得られる。第4図から、館鼻(C)、滝谷(E)、工業高専(F)、東奥日報社(G)および大館(I)では頻度分布が単峰形をなし、1つの卓越周期が決められるのに対して、市庁(A)、内丸(B)では2つの卓越周期が存在する。港湾(D)および張田(H)については地震数が少ないことにもよるが、特に卓越する周期はみられない。

最大振幅比 それぞれの地震について、基準点に対する各観測点の最大振幅の比を求め、比較される観測点における最大振幅の波の周期との関係をしらべたものが第5図である。この場合、振幅比の分布は基準にとつた観測点の地盤の周期特性を含んだものであるからその解釈は簡単ではない。しかし、振幅比が最大となる周期はそれぞれの観測点で卓越する地震動の周期と一致し、また分布の形も周期の頻度分布とほぼ相似であるなど、観測点固有の周期特性はよく現われているといえよう。

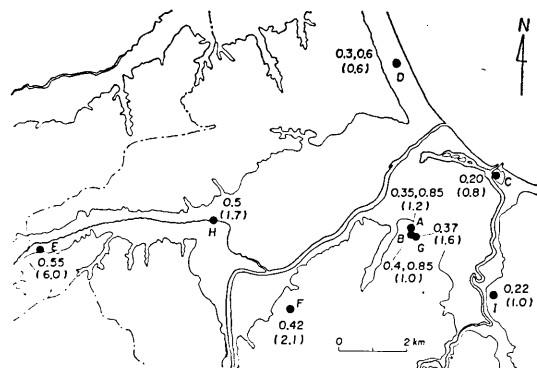
震動継続時間 それぞれの地震記録について、S相のはじめから最大振幅の1/3に振幅

第3表 余震の観測結果

記号	観測点	卓越周期(sec)	最大振幅比	継続時間比	全壊率(%)
A	八戸市庁	0.40, 0.85	1	1	—
B	内丸	0.35, 0.85	1.2±0.3	1.0±0.3	1.3
C	館鼻	0.20	0.8±0.4	0.7±0.2	0
D	港湾	0.3, 0.6	0.6±0.3	1.3±0.3	—
E	滝谷	0.55	6.0±2.8	1.5±0.3	36.4
F	工業高専	0.42	2.1±0.8	0.9±0.3	—
G	東奥日報社	0.37	1.6±0.4	0.9±0.3	0
H	張田	0.5	1.7±0.5	1.8±0.2	4.6
I	大館	0.22	1.0±0.8	0.6±0.2	0

が減少するまでの時間を測り、基準点のそれとの比を求め、さらに平均をとつて比較した。振幅の小さい記録を捨てたため各観測点の地震数は7~29に減つた。個々の地震についての比の値はかなりばらつくが、平均値は館鼻、大館ではそれぞれ0.7および0.6で最も小さく、滝谷、張田では1.5および1.8と大きい値が得られた。

このような方法で地震記録を整理し、各観測点について卓越周期、最



第6図 各観測点における余震の卓越周期と最大振幅比の平均(カッコ内)。

大振幅比および継続時間比の平均値を求めた(第3表)。卓越周期および振幅比の地理的分布を第6図に示す。なお、港湾および張田の卓越周期は、周期—振幅比分布および常時微動の観測結果を参照して決めた概略値である。

地震動に関するこれらの特性値と観測点の地形地質との間には密接な関係が認められる。すなわち、20 m 以上の地盤高をもつ段丘上の館鼻および大館での卓越周期は短かく、いずれも約 0.2 sec であるのに対して、沖積平地の滝谷および張田では 0.5 sec を越える。地震動の変位振幅や継続時間についても両者の差は顕著である。このことは地表近くの堆積層の剛さや厚さが両地点で相当にちがうことを意味する。市庁周辺の低い段丘上の観測点ではほぼこれらの中間の値を示す。港湾における振幅比が特に小さいのは、厚い砂層の影響と思われる。

それぞれの観測点についてみると、これらの周期、振幅比、継続時間比の値の地震によるばらつきはかなり大きい。その原因は、個々の余震の大きさ、震央距離、震源の深さ、伝播経路などのちがいによつて、基盤に到達した地震波そのもののもつスペクトル構造が異なるためと考えられるが、今回の観測資料からはこれら諸量との間にはつきりした関係は見出せなかつた。

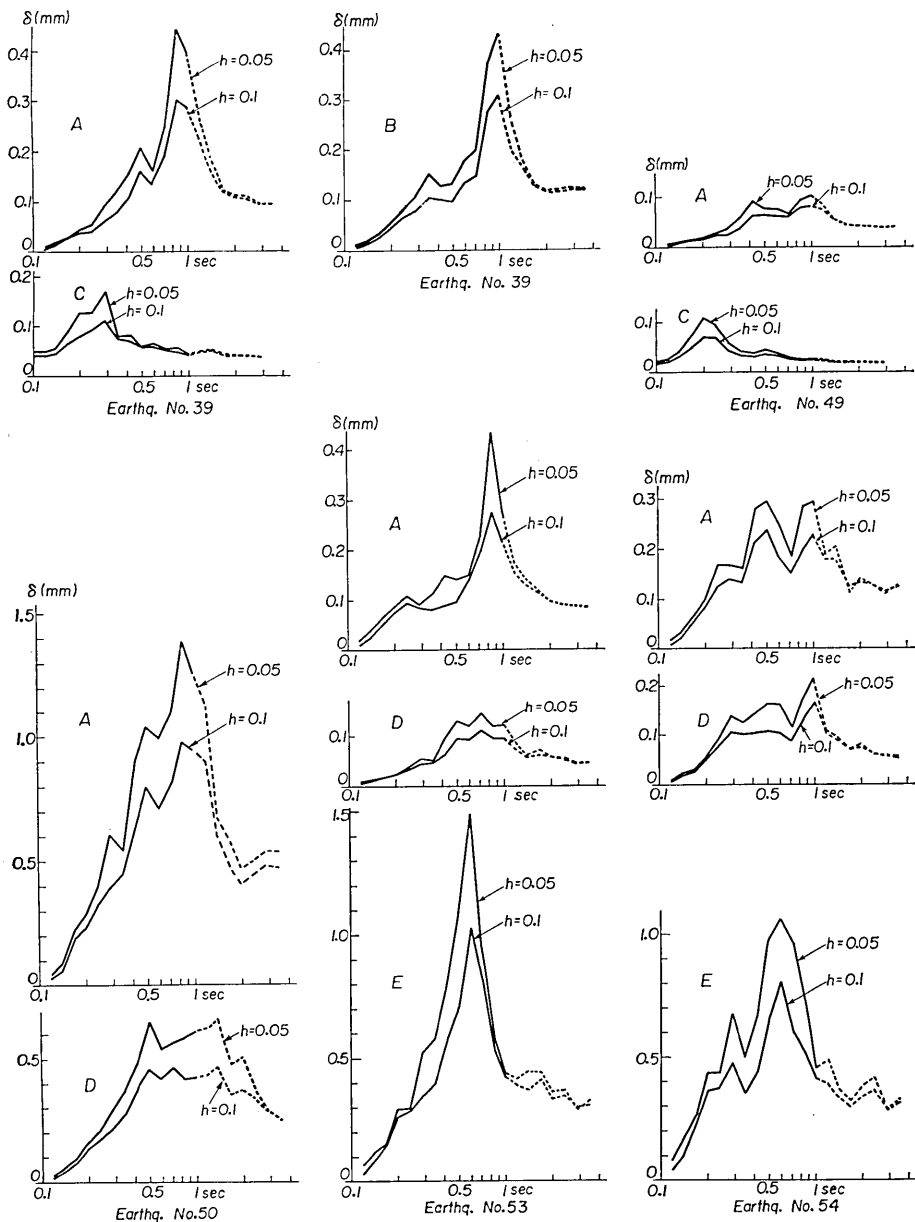
家屋被害との関係 今回の地震で異常に大きな被害をこうむつた滝谷部落での観測値を無被害地区の館鼻や大館のそれと比較すると、卓越周期では約 2.5 倍、振幅では 6~7 倍、震動継続時間では約 2 倍大きい。全壊率 4.6% の張田についてもこれらの値は無被害地区に比べて 2 倍近く、特に継続時間の長いことが注目される。被害地区においては地震動の周期が長く、木造家屋の固有周期に近い値であり、また変位振幅が大きく、継続時間も長いという事実は、これらの諸量が木造家屋の破壊に関する支配的な要素であることから見て、定性的には家屋被害の著しい地域差を説明し得るものである。

さらに、若干定量的に被害状況との比較を行なうため、余震記録および本震の加速度記録について 1 質点系の応答スペクトルを計算し、両者の比較から前記被害地区および無被害地区における本震時の家屋の変形量を推定した。応答解析は、市庁、港湾、滝谷および市庁、測候所、孔雀荘で同時観測をした 5 組、13 ケの記録について行なつた。

記録波形の数値化には原記象を用い、約 1 分間の長さを 0.05 sec (記録上 0.1 mm) 毎に数値化した。ただし、振幅が小さく周期も短かい館鼻については、5 倍に引伸した拡大記録を用い 0.02 sec (記録上 0.2 mm) 間隔で数値化を行なつた。得られた数値記録にたいしては波形の円弧歪を修正したが、地震計特性の補正は行なつていない。第 7 図に減衰定数 $h = 0.05$ および 0.1 に対する応答変位の計算結果を示す。

一方、木造家屋の振動特性および耐震性に関しては古くから多くの実験的研究がなされており、ごく最近には、大沢、梅村等が行なつたものがある⁶⁾。その結果、木造家屋の剛性、耐力、復元力特性あるいは固有周期、減衰定数についての知識はかなり豊富になつて

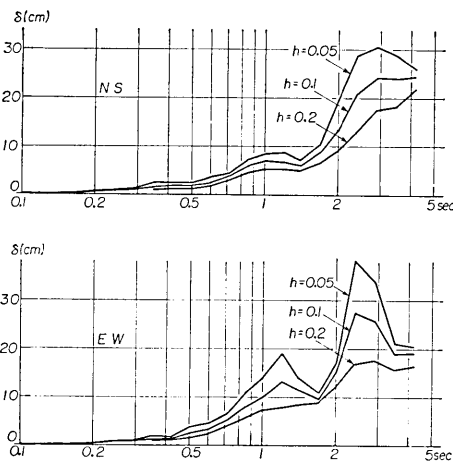
6) Y. OSAWA *et al.*, "Study on the Earthquake Resistivity of Wooden Houses," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 45 (1967), 473.



第7図 余震記録の応答スペクトル (相対変位)。

きている。多数の実測例によれば大部分の木造家屋の固有周期は $0.3 \sim 0.6 \text{ sec}$ であつて、振幅の増大による周期の伸びを考慮すると地震応答で問題となる周期範囲は $0.5 \sim 1.0 \text{ sec}$ 程度と考えられる。減衰定数については $h = 0.05 \sim 0.2$ が実測されているが、大振幅時には 0.2 程度を考えるのが妥当であろう。

第7図から前記周期範囲について、各観測点の間の応答スペクトル振幅比を求めると平均値として、滝谷/港湾 $\div 6$ 、市庁/港湾 $\div 2$ 、また館鼻/市庁 $\div 0.3$ から館鼻/港湾 $\div 0.6$ が得られる。一方、本震の強震計記録（最大加速度 NS; 225 gal, EW; 183 gal, UD; 114 gal）については $h = 0.01$ および 0.05 の場合の線形および非線形応答が詳しく計算されている⁷⁾が、加速度の大きい区間 30 sec について新たに $h = 0.1, 0.2$ の場



第8図 八戸における本震の強震記録の応答スペクトル（相対変位）。

合の線形応答スペクトルを計算した結果を第8図に示す。計算には、港湾技研から提供された複製記録について小林（啓）が作成したデジタル記録を使用した。

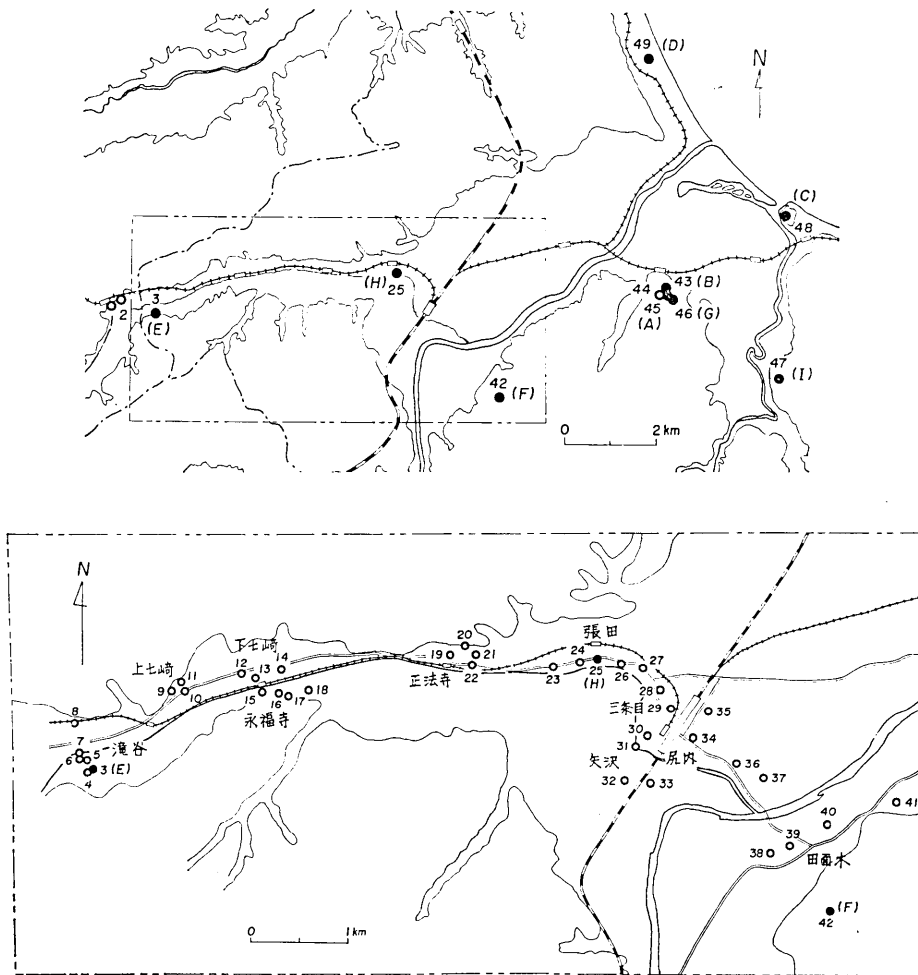
第8図から、 $h = 0.2$ の場合、前記周期範囲における応答変位として NS 方向 $2 \sim 5 \text{ cm}$ 、EW 方向 $2 \sim 7 \text{ cm}$ が得られる。そこで、余震について求めた前記の応答スペクトル振幅比が本震の場合にも適用できるものと仮定すると、本震の際の応答変位として館鼻 $1 \sim 4 \text{ cm}$ 、市庁 $4 \sim 14 \text{ cm}$ 、滝谷 $12 \sim 42 \text{ cm}$ という値が得られる。木造家屋の変形量と破壊程度の関係についてのこれまでの実験結果によれば（例えば文献 6）大雑把にいつて、 $1 \sim 3 \text{ cm}$ では微小破損、 $2 \sim 5 \text{ cm}$ で部分破壊、

$10 \sim 20 \text{ cm}$ 以上に達すると大破壊に至るとされている。前記の推定値は少数の計算例と大胆な仮定に基づいており一応の目安を与えるに過ぎないが、この地域の木造家屋が振動に対して比較的強い構造であつたことを考慮すると、これらの推定変形量と被害の実情とはそれほど矛盾するものではなからう。いずれにしても、館鼻と滝谷とで応答変位に約 10 倍の差異があつたことは注目に値しよう。

4. 常時微動の観測

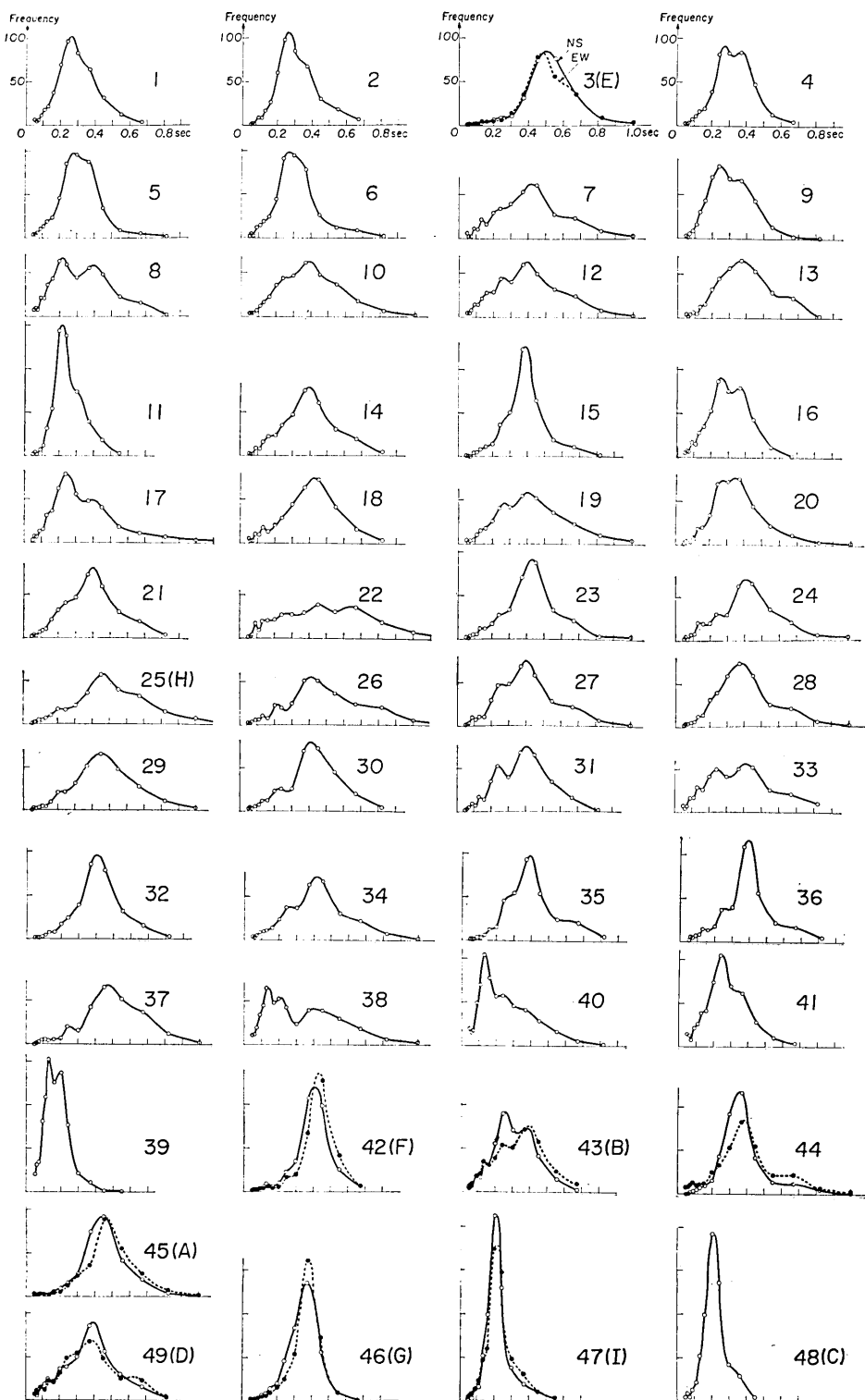
常時微動の観測は、余震観測場所のほか比較的大きな被害を受けた滝谷～尻内～田面木にかけての地域で行なつた。観測点は第9図および第4表に示す 48 ケ所である。観測には磁気録音式常時微動計を使用し、微小余震の混入に注意を払いながら、1 ケ所約 $3 \sim 5$

7) 日本建築学会「1968年十勝沖地震災害調査報告」(1968), 21.



第9図 常時微動の観測点 (数字は観測点番号)。

分間の記録をとった。それぞれの記録から2分間を選び、周期頻度解析器を使って求めた周期の頻度分布を第10図に、卓越周期および最大振幅の値を第4表に示す。観測結果によると、被害地域では一般に0.4 sec 前後の卓越周期をもつ地盤が多いが、上七崎、正法寺、田面木地区の山際では0.2~0.3 sec の周期が観測され、このような地盤での本震の加速度は平地部に比べてかなり大きかったものと推測される。前述のようにこれらの地域における家屋被害はがけ崩れや地盤の不同沈下など、局部的地変に原因するものが少なくない。したがって今回の場合、常時微動から推定される地盤の周期特性と家屋被害との関係は簡単でない。



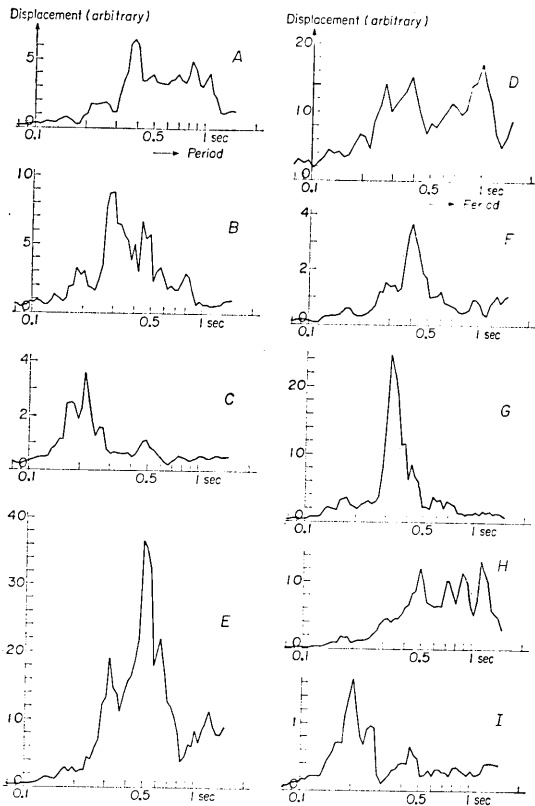
第 10 図 常時微動の周期—頻度曲線。

第4表 常時微動の観測結果

No.	部 落	卓越周期 (sec)	最大振幅 (μ)	No.	部 落	卓越周期 (sec)	最大振幅 (μ)
1	志戸岸	0.26	0.32	28	三 条 目	0.46	0.50
2	"	0.26	0.40	29	"	0.45	0.98
3	滝 谷(NS)	0.50	1.1				
"	" (EW)	0.48	1.2	30	内 矢 沢	0.41	0.54
4	"	0.32	0.45	31	矢 沢	0.40	0.81
5	"	0.32	1.1	32	"	0.41	0.81
6	"	0.30	1.2	33	明 戸	0.42	0.50
7	"	0.42	0.40	34	尻 内	0.42	0.52
8	"	0.30	0.50	35	館 田	0.39	0.81
9	上七崎	0.30	0.27	36	表河原	0.40	0.43
				37	尻 内	0.48	0.37
10	"	0.39	0.45	38	上田面木	0.40	0.16
11	"	0.22	0.81	40	下田面木	0.13	0.04
12	下七崎	0.40	0.72				
13	"	0.37	0.72	41	長 場 頭	0.25	0.19
14	"	0.40	0.58	42	田 面 木(NS)	0.40	0.26
15	上永福寺	0.39	0.54	"	" (EW)	0.44	0.31
16	"	0.30	0.35	43	第1内丸(NS)	0.36	0.35
17	"	0.31	0.20	"	" (EW)	0.38	0.35
18	下永福寺	0.43	0.23	44	堤 町(NS)	0.38	1.1
19	正 法 寺	0.40	0.28	"	" (EW)	0.38	0.72
				45	堀 端 町(NS)	0.42	0.41
20	"	0.32	0.23	"	" (EW)	0.47	0.71
21	"	0.40	0.58	46	番 町(NS)	0.30	0.75
22	"	0.55	0.28				
23	張 田	0.43	0.58	"	" (EW)	0.30	0.53
24	"	0.42	0.37	47	大 館(NS)	0.20	0.26
25	"	0.47	0.50	"	" (EW)	0.21	0.23
26	三 条 目	0.41	0.50	48	館 鼻	0.20	0.30
27	"	0.40	0.43	49	北 沼	0.46	0.43

5. 観測結果に関する 2, 3 の考察

地震動および常時微動の卓越周期 第10図および第4表に見られるように、余震観測点における常時微動の卓越周期は、余震の周期-頻度、あるいは周期-振幅比の分布が単峰形を示す観測点（館鼻、滝谷、工業高専、東奥日报社、大館）については地震動のそれとよく一致する。これに対して地震動に2つ以上の卓越周期が現われる観測点（市庁、内丸、港湾、張田）では、そのうちの短い方の周期と一致する傾向が見られる。このことは、周期-頻度解析法がもつ本質的な性質であると同時に、この場合の卓越周期は加速度型地



第 11 図 常時微動のフーリエ・スペクトル。

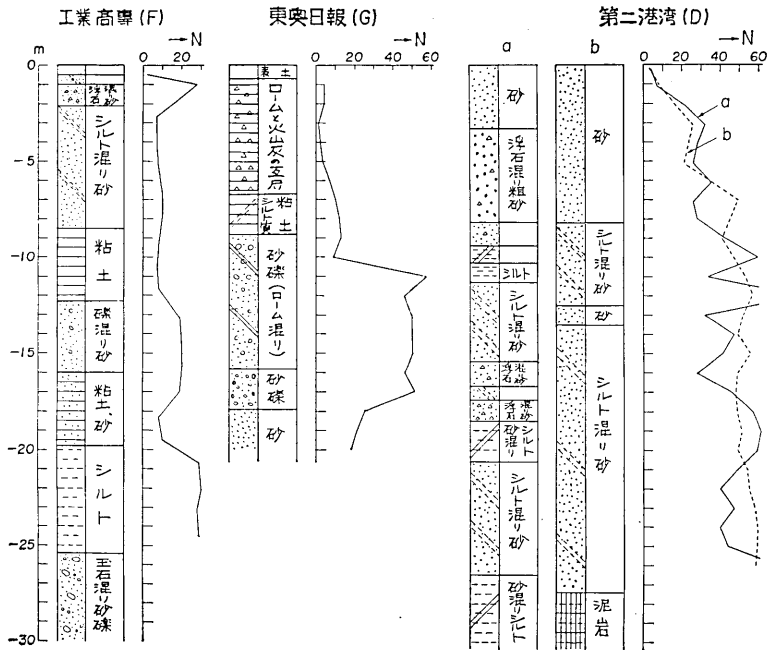
震計で観測した地震動の卓越周期と一致するという従来の研究結果と合うものである。一方、余震観測点における常時微動記録の 30 sec 間についてフーリエ・スペクトルを計算すると第 11 図のようになり、このような解析法を用いれば、周期特性の複雑な地盤においても地震動と常時微動の観測結果の一致性は一層よくなる。第 12 図に工業高専、東奥日報社および港湾の観測点に関する地盤資料⁸⁾を示す。ただし、港湾については観測点付近で行なわれた多数のボーリングのうち至近距離(数 100 m)にある 2 本を選んだ。標準貫入試験結果からみると、工業高専および東奥日報社については、それぞれ -25 m および -10 m に現われている砂礫層より上部の比較的軟弱な土層(おもに風化火山灰層)は一層として挙動することが推定されるのたいて、港湾の砂質地盤ではかなり複雑な

応答特性が予想され、地震動および常時微動の観測結果と対応している。

地盤の卓越周期と地震動振幅との関係 今回の観測結果では、地震動の最大変位振幅は地盤によつて著しく相異し、その比は 10 倍に達するものであつた。金井は南海地震、福井地震の際の余震観測結果および東京、神戸における地震の比較観測結果を整理して地震動の変位振幅が地盤の卓越周期の 1.7 ± 0.2 乗に比例するという結果を見出し、基盤における地震波の性質や地盤係数について議論を行なつている⁹⁾。そこで、卓越周期の値が確定できる 5 つの観測点について両者の関係を調べると第 13 図のようになる(図中の直線は 1.9 の傾斜を示す)。振幅比の値は、ばらつきの大い観測値の平均であるから E, I,

8) 建設省計画局・青森県編「八戸・三沢地区ボーリングリスト」および昭和鑿泉株式会社「東奥日報八戸支社新築敷地土質調査」による。

9) K. KANAI, "A Short Note on the Relation of Amplitude—Period of Earthquake Motions," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 32 (1954), 211.

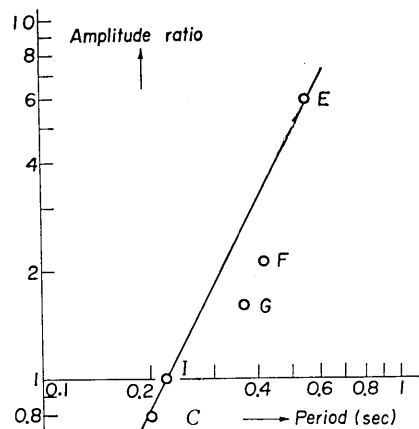


第 12 図 土質柱状図および標準貫入試験結果.

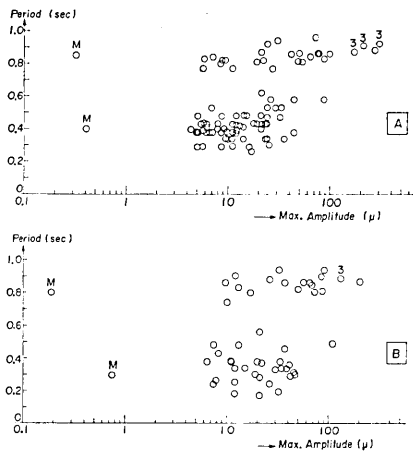
C の 3 点が直線上に乗るのは偶然に近い。しかし、鉄筋コンクリート造建物内に地震計を設置した F および G 観測点の振幅が直線上の値に対していずれも約 30% 小さいのは意味のあることのように思われる。また、200 m の距離にあつて同様な地盤特性をもつ孔雀荘と市庁とを比較すると、市庁の平均変位振幅は孔雀荘のそれに比べて約 20% 小さい。周期特性の複雑な他の観測点における平均振幅比が一般に小さいのは、多層地盤の増幅特性に関する数値的研究結果と合うものである。

地震動の最大振幅と周期との関係 基盤における地震動の周期と地震の Magnitude との関係については多くの研究結果があり

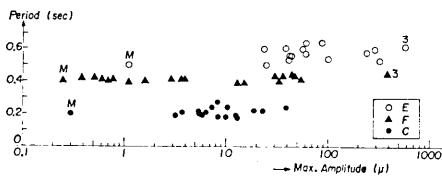
Magnitude が大きいほど地震動の周期は長くなることが知られているが、地表面で観測される地震動については地盤の周期特性の影響が大きく入るので、両者の関係は相当に複



第 13 図 余震の卓越周期と振幅比との関係.



第14図 余震の最大振幅と周期との関係(M は常時微動の観測値, 数字は地震の震度).



第15図 余震の最大振幅と周期との関係(M は常時微動の観測値, 数字は八戸の震度).

雑なものとなる¹⁰⁾. 観測された地震数が比較的多いいくつかの観測点について、地震動の最大変位振幅と、最大振幅を与える周期との関係を調べると第14図および第15図が得られる。第14図および第15図中、 M の記号を付けた点は常時微動の観測値を、数字は八戸における震度を示す。また、 F 観測点における振幅 5μ 以下の地震は、常時微動計を使つて観測したものである。これらの図から、2つの卓越周期をもつ地盤では一般に地震によつて現われる周期は一定しないが、地震動がある程度以上の大きさになると2つの卓越周期のうち長い方の周期が現われる傾向が認められる。他方、1つの卓越周期をもつ単純な地盤では振幅 1μ 以下の常時微動から 1mm 程度の振幅をもつ地震動まで、卓越する周期の値は変わらないといえよう。なお、図に示した震度IIIの地震のMagnitudeは $5.1\sim 6.3$ である。

6. むすび

1968年十勝沖地震により部分的ではあるがかなりの被害を受けた八戸市内の各種地盤上で余震および常時微動の観測を行ない、次の結果を得た。

1) 被害の多い地区での地震動は、無被害あるいは小被害の地区に比べて振幅が大きく、震動の継続時間も長い。また、卓越周期の値は木造家屋に一層不利な周期範囲にある。家屋被害が最も大きかつた滝谷での地震動は無被害地区のそれに比べて振幅比で約6倍、継続時間比では約2倍大きく、卓越周期は 0.55sec であることがわかつた。

2) 余震および本震の記録に対する応答スペクトルの比較から、本震の際の家屋の変形量を推定した結果、館鼻では $1\sim 3\text{cm}$ 、滝谷では $10\sim 40\text{cm}$ となつた。これらの値はそれぞれの地区における家屋被害の実情と矛盾しない。

3) それぞれの観測点について、地震動の卓越周期と常時微動の卓越周期とはよく一致することが確かめられた。

10) K. KANAI, "On the Predominant Period of Earthquake Motions," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 40 (1962), 855.

終りに、現地における調査および観測にあたって種々の御便宜を賜った八戸市庁、八戸測候所の方々をはじめ御協力を頂いた多数の方々に深く感謝申し上げます。また、大沢胖教授をはじめ多くの方々から観測および整理について御援助と御助言を頂いた。

応答解析については千葉大学工学部、村上雅也氏から計算機プログラムについて、また吉沢静代氏から計算および整理について御援助を頂き、余震記録の数値化では目黒一江氏の御協力を得た。現地での観測については本所事務部の諸氏の御世話になった。これらの方々に対して深く感謝申し上げます。なお、スペクトルの計算には東京大学大型計算機センターおよび地震研究所地震予知観測センターの計算機を使用させて頂いた。また、観測費用の一部は文部省科学研究費から支出されたものである。

74. Observations of Earthquake Motion and Microtremors on Various Kinds of Grounds in Hachinohe City.

By Teiji TANAKA and Kaio OSADA,
Earthquake Research Institute.

The 1968 Tokachi-Oki earthquake which occurred on May 16, 1968 caused considerable damage to houses in the eastern part of Aomori Prefecture. Hachinohe was one of the worst affected cities in the region and it was reported that the number of totally- and half-destroyed houses were 153 and 412, respectively. Over half the number of these destroyed houses were located on the alluvial plain along the river Asamizu, west of the city, while houses standing on hills were almost free from damage.

In order to investigate the relation between the damage to houses and the characteristics of earthquake motions, comparative observations of aftershocks were carried out at 9 temporary stations on various kinds of grounds in the city immediately after the earthquake. The location of these observation stations and the damage per cent of totally destroyed wooden houses at each hamlet are shown in Fig. 1.

During one week, 101 aftershocks were observed by 3 horizontal seismographs with 1.0 sec period and 100 times magnification. Fig. 3 shows an example of seismograms recorded simultaneously at the stations A (on a hill, 17 m high), E (on the alluvial plain) and C (on a hill, 27 m high). The observations at station A were taken as standard for comparison of earthquake motions at other stations. Figs. 4 and 5 show respectively the frequency distribution of periods of earthquake motions and the maximum amplitude ratios for the respective earthquake at each station. The values of the predominant period, maximum amplitude ratio and the ratio of duration time of earthquake motions at each of the stations together with the damage per cent of houses are indicated in the 3rd to 6th columns in Table 3. Figs. 7 and 8 are the response spectra for the seismograms of the aftershocks at stations A, B, C, D and E, and of the main shock obtained by the strong-motion seismograph at station D (Hachinohe harbor), respectively.

Observations of microtremors were also made at 48 places as seen in Fig. 9 and the results of the frequency-period and the Fourier analyses are illustrated in Figs. 10 and 11.

The main results obtained from the present observations are as follows:

1) The displacement amplitudes, predominant periods and duration of earthquake motions on the alluvial plain are markedly larger or longer than those on the hills. The amplitude of earthquake motions at Takiya (station E), where the damage was severest in the present earthquake, was about 6 times larger than that at the undamaged area (stations C and I) on the average.

2) The displacement amplitudes of response spectra for the seismograms of aftershocks at Takiya is 5-6 times larger than those at station D (strong-motion seismograph site) in a period range from 0.5 to 1 sec. Responsive amplitudes of 10-40 cm estimated as the deflection of wooden houses at Takiya during the main shock, which were obtained from the comparison with the spectra for the accelerogram of the main shock, is consistent with the actual damage to houses in the area.

3) The predominant period of microtremors at a site of the observation station of aftershocks coincides well with that of the earthquake motions at the same site.