

7. 東南海地震及び三河地震による

地盤危険率の比較

地震研究所 表 俊 一 郎

(昭和20年6月19日發表—昭和21年3月31日受理)

§ 1. 緒 言

昭和19年12月7日、熊野灘遙か沖合^{1,2)} 尾鷲南東50kmの邊りに震央を有する大地震が発生した。此の地震の規模は極めて大きく、昭和8年3月3日の三陸沖大地震に比肩し得る程であつたが幸ひにも震央が海岸を遠く距つた沖合にあつて震央から陸地迄の距離が遠く、且又地震動の性質も振動週期長く³⁾ 緩慢であつたため加速度として加へられた地震動の強さは多少弱められたと考へ得られるので、震害の程度は關東大震災の場合に較べはるかに輕微であつて震害の最も甚だしかつた地域でも震度VIを超える所の存在しなかつたことは幸としなくてはならない。併し、愛知、静岡縣下では死者千名、全潰家屋2萬戸に及ぶ震害を生じてをり、又三重、和歌山兩縣の熊野灘沿岸地帯に於ては300名に上る人命と2500戸の流失倒潰家屋を生じる津浪による災害がもたらされたのであつた。

其の後引き續いて廣範圍にわたり之の地震の餘震が発生するのが見られたが、多くは海底に震央をもつ地震であつたため陸地での震度はII程度であつて注意を引くに至らなかつたが、約1ヶ月の後、1月13日に及び1時36分頃偶々渥美灣に發生した地震は極めて急激な地震動を伴ひ、震央も陸地に極めて接近してゐたため、規模としては前回の地震に較べはるかに小さいものであつたにも拘はらず死者は2000名を數へ反つて前回の場合を凌加する數字を示し、全潰家屋も5000戸に及んで、局部的には激甚なる震害が與へられたのであつた。此の第2回目の地震により倒潰家屋を生じた地域は渥美灣北方の小地域を主とし、知多半島、渥美半島の一部に限られてゐるのが認められた。

之等の震害を被つた地域は前回の地震の場合にも幾多の倒潰家屋の見られた地域であるので、之等2回の地震による震害分布の比較を行ひ、地盤と震害との間に如何なる關係があるかを調べんとしたものである。

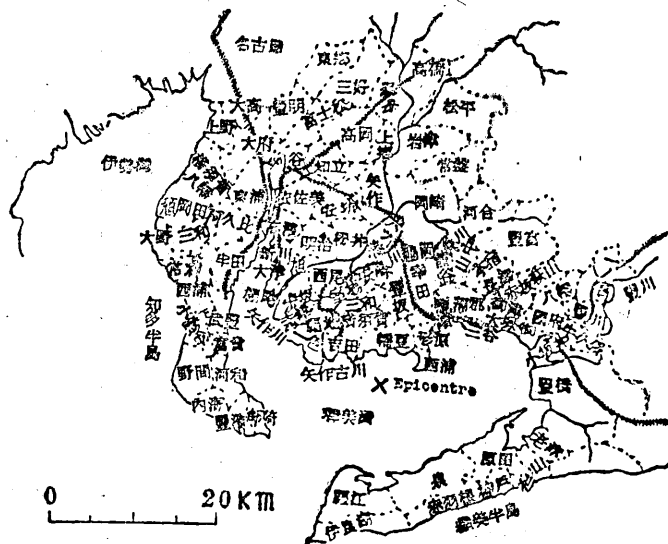
1) 中央氣象臺 昭和19年12月7日東南海大地震調査概報(1945)。

2) 水上 武 地震研究所彙報 24(1946), 19。

3) 本間 寧 昭和19年12月7日東南海大地震調査概報(中央氣象臺)(1945), 6。

§ 2. 住家震害率の比較

一つの地域の震度はその場所での地震動の強さを與へるべき數であり、従つてその地域の震害の大きさの程度を示す一つの目安となりうべき數でもある筈である。併し一つの地域の震度を決める場合には家屋其の他の構造物の被害の程度、人體感覺、其の他凡そ地震動の強さを求めるに役立つべき全てのものが利用せられるので、各場所での震度が如何程であつたかを簡單に知ることは必ずしも容易ではない。従つて震害の程度を知るための目安として震度を求める代りに、ここではもつと直接に、全潰及び半潰家屋の生じ方に注意を拂つて、一つの限られた地域の中に於ける家屋の總戸數とそれらとの間の比を考へることにする。即ち、一つの地域での震害率 Y を $Y = (D + 0.5H) / M$ 、(茲に M はその地域内の總戸數、 D 及び H は同じ地域内での全潰及び半潰戸數) で定義する。ここで問題となるのは地域の廣がりの單位として何をとるかといふ事である。今吾々は地盤と震害との間の關係を明らかにしようとしてゐるのであるから、單位地域内では地盤の状態が一樣であることが望ましい。従つて單位地域として町村程度の大ききを取つたのでは少しく大きすぎて同一町村内でも場所々々によつて地盤の状態には著しい不同があり複雑な分布をしてゐるのが普通であるので、單位地域としては之よりは小さいものを採用しなくてはならない。併し、單位地域をあまりに小さくとつたのでは徒らに煩雜を加へるにすぎなくなる。元々吾々は統計の材料として町村當局より報告せられ

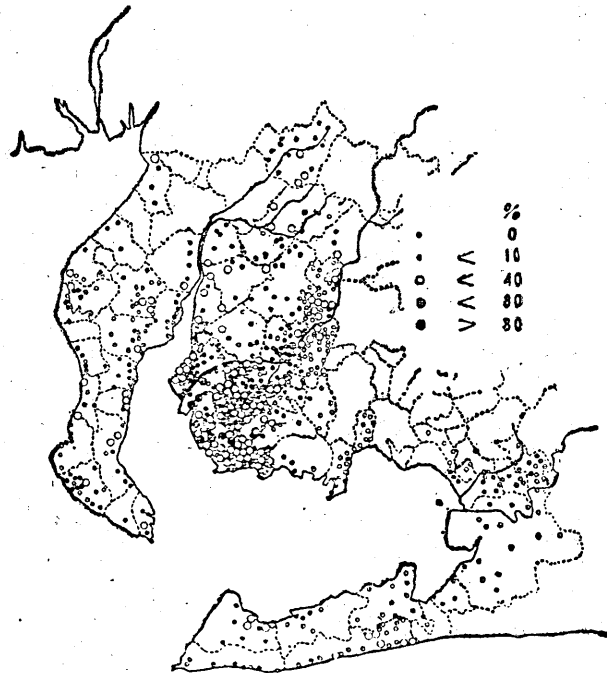


第 I 圖

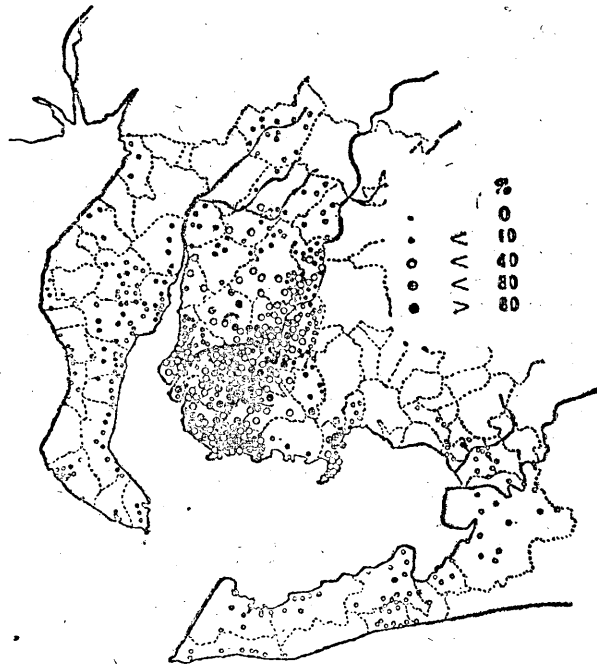
た被害家屋数を一應信頼出来る數字と考へねばならないわけであるから、地域の區分が小にすぎるとこの報告に含まれてゐる誤差が直ちに大きな影響を與へる恐れがある。之等の理由から單位地域としては町村内の「字」を採用することとし、字毎の家屋震害の狀態を調べることにした。字を單位とすることは地方當局者に依頼して震害家屋數の集計をなすに當つても甚だ好都合であつた。

字別に全潰半潰戸數を調べた町村は碧海、幡豆、寶飯、渥美、知多、額田、豊橋、岡崎の6郡2市の全部又は1部の町村であり、それら町村の位置は第1圖に示されてゐる通りである。

第1回目の地震と第2回目の地震とについての震害率の値を夫々 Y_1 , Y_2 と記號し、 Y_1 , Y_2 の地理的分布を示せば第2及び第3圖の如くなる。之等第2, 3圖を比較する前に統計の材料についての注意を書き加へることとする。この中最も問題となるのは Y_2 を求めるために用ひられた總戸數である。即ち、各町村からの報告によれば Y_2 のときの總戸數は Y_1 のときの總戸數と全く同一であつたものが大多數を占めてゐた。筆者が實際に訪問して震害の狀況を聴取し、詳しく調べた町村のあるものでは夫々の地震につ



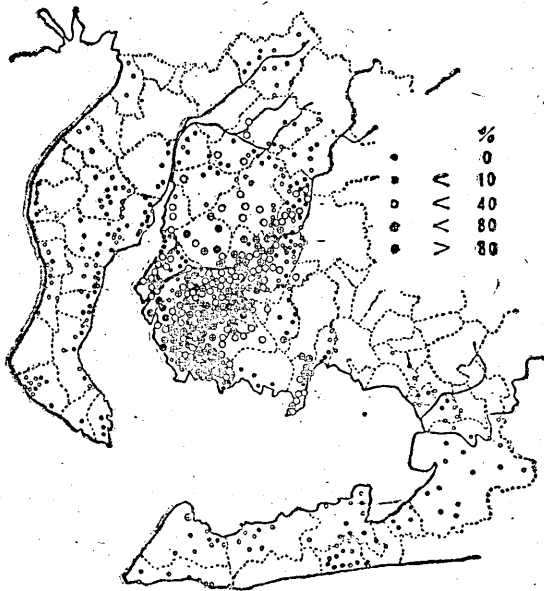
第2圖 Y_1 の分布

第 3 圖 Y_2 の 分 布

いて地震當時の戸数になるべく近い値を調べ直して知らせていただけた所もあつたが、一般に町村内の總戸数とは某月某日現在で調べられた数が次回の調査のとき迄の總戸数と看做されるのが慣習であるので、報告を郵送せられた大部分の町村では第1、第2回目の地震のときの總戸数が同一と報告せられたのは怪しむに當らない。併し第1回目の地震のとき倒壊した家屋が僅か1ヶ月後の次回の地震のとき迄に必ずしも全部復興してゐたとは考へられないので、第1回目の地震で多數の全壊家屋を生じた町村では、第2回目の地震のときの總戸数は前回のときより相當に減少してゐたであろうと考へられる。當時は戦時中極度に物資不足の折であつたので町村當局者の言によれば半潰家屋には一應急場の補強修理がほどこされてゐたが、全潰家屋を取壊して新築せられたものは殆ど全くないといつてもよいとのことであつた。従つて第2回目の地震當時の總戸数は

$$(12月7日の總戸数) - (12月7日の地震による全潰戸数)$$

と考へる方が正常な値に近いかも知れない。第2回目の地震のときの總戸数をこのやうな補正の加へられた数にとつて Y_2 を求めた結果が比較のため第4圖に示されてゐる。之を補正を加へない總戸数で統計した Y_2 の値(第3圖)と較べれば、 Y_2 の値の大きい地域の分布は第4圖の方が多少鮮鋭であるやうにも見える。併し更に細かく調べれば當時の状況では、當然取壊すべき全壊家屋に無理に支柱を加へて1家屋をなしてゐたも



第 4 圖

1月13日現在の
 總戸數 = (12月7日現在の
 總戸數) - (12月の地震による
 全潰戸數)
 として三河地震の震害率を求めた圖

のも可なりあつたりして前にのべたやうに簡単に總戸數の補正を加へることが必ずしも正常であるとは限らず、又第 3, 4 圖いづれにしても震害分布の大勢に影響を與へるやうな大きな差異は認め難いので、以下の議論に於ては簡単のため修整を加へない總戸數を用ひて論を進めることとした。このやうにしても誤つた結論を引出す恐れはないと考へられたからである。

第 1 回及び第 2 回目の地震による震害率の比較をすれば次のやうなことが云へる。

(1) 調べられた地域については第 1 回目の地震の方が第 2

回目のもより震害は輕微であつた。

(2) 併し、第 2 回目の地震については調べられた地域の周邊部に行けば、Y の値は急激に小さくなりほとんど 0 になつてゐるが、第 1 回目の地震の Y の値は必ずしもさうなつてゐるとは限らない。

(3) Y_1 , Y_2 の値の分布について、併しながら、共通に見られる現象は、夫々の圖について矢作川及び矢作古川に沿ふ地域の Y の値は他の地域の Y の値にくらべ確然と大きくなつてゐる。

(4) 更に、幡豆町を通る南北の線を引けば、それより東の地域では Y の値はいづれの場合にも急激に小さくなつてゐるのが見られる。丁度この邊りが矢作川によつて作られた沖積平野と丘陵地域とが境ひを接してゐるあたりであつてこの丘陵地域へ入ると震害率も急激に小さくなるのが見られる。併し Y_2 の分布を見ると幸田村、形原、西浦町の値は同じく丘陵地帯にある他町村の Y_2 の値に較べて著しく大きな値となつてゐるのが目立つが、之は三河地震に伴つて生じた深溝斷層が丁度これらの町村を貫いて走つたため斷層の兩側に於ては地表面に生じた凹凸伏起により多數の倒潰家屋を生ぜしめられたことに原因するものであり、特殊な事情に基く事柄であることを附言しなければなら

ない。

(5) 三河地震の震害分布圖では Y_2 の値は碧海郡で極めて大であるに反して知多郡渥美郡では 10 以上のものが殆んど見られなくなつてゐる。このやうに Y_2 の値が局部的に極めて大であつて、その地域を遠ざかるに従つて急激に小さくなるといふことに對しては、震央距離の相違がそのやうな事柄を生じさせる第 1 の因子となるであらうと考へることが出来るであらう。先に定義した震害率は夫々の場所について確かに、地震動が加へられた場合にその場所が示すべき特性をあらはすべき指數と密接な關係を持つものであることは明らかであるが、震央距離により影響を受ける因子を含んでゐることも亦明らかである。従つて求められた震害率の中から震央距離の影響をあらはす因子を追出し、その場所の震害を受け易さの特徴を示す指數を導びき出さねばならない。

§ 3. 地盤危険率

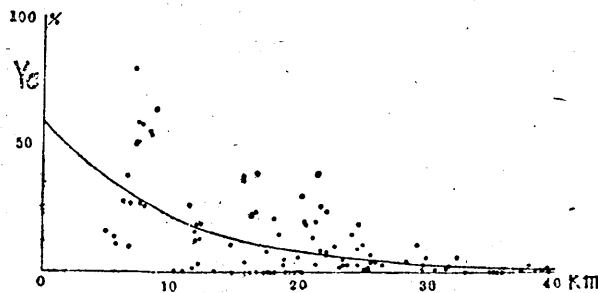
地形的に見て比較的良好的な地盤の所に位置してゐると思はれる數ヶの町村を選び、それらの町村の字別の Y の値を震央距離に應じて圖の上に記入すれば、 Y と震央距離 Δ との間の、いはば、標準的關係とも云ふべきものを示す圖が得られる筈である。第 5 圖はそのやうな目的を以て畫かれた圖であつて、形原、西浦、室場、矢作、豊坂、六ツ美、上野、高岡、東郷及び三好の 10 の山際の町村を選びそれらの字別の Y の値と震央距離との間の關係を示した曲線である。これより Y の標準の値を求めて之を Y_c と記號すれば Y_c は Δ に對して

$$Y_c = 59.8e^{-0.0986\Delta}$$

と置くことが出来る。夫々の場所の震害率 Y とその震央距離に對する Y_c との比を求め之を S と置けば

$$S = Y/Y_c$$

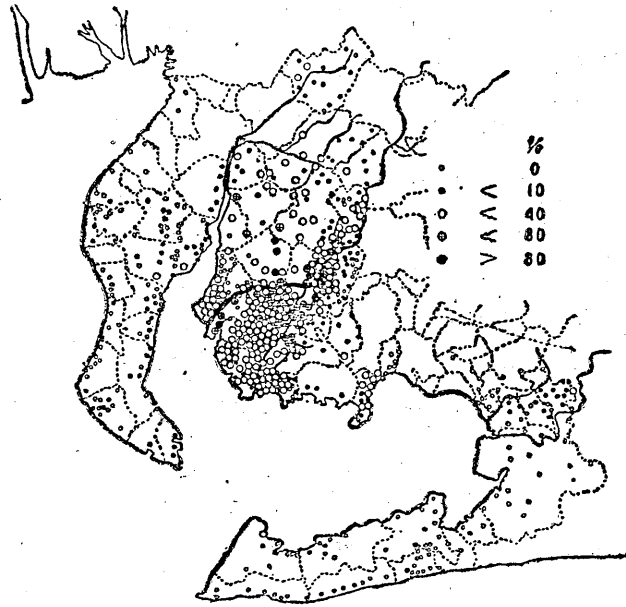
で定義せられる S は、良好な地盤の場所が示すべき震害率に比してその場所の震害率は



第 5 圖 地盤の良好な場所の Y と震央距離との間の關係

$$Y_c = 59.8e^{-0.0986\Delta}$$

何倍にあたつてゐるかを示す数となる。これはその場所の震央距離には無關係にその土地の震害の受け易さに關する1つの指數を與へるものといふことが出来る。而して震央距離の相違に影響されない形で各場所の震害の程度を現はすことが出来た場合、その震害の程度が場所々々によつて異なることの大部分の原因はその地盤の性質の相異に基くものと考へることが出来よう。このやうに考へることは勿論あまりに簡單粗雑にすぎるかも知れないが、この點については後に附言することにしよう。今そのやうに考へることを一應認めることとすれば、得られたSの値は一つの場所について其場所の地盤の良否に應じ其處にある建物が地震動により震害を蒙むる危険に暴される程度の大小を示す値であるといふことが出来る。従つてこのSをその場所の地盤危険率となづけることとする。



第6圖 1月13日の地震について求められたSの値

第2回目の地震について地盤危険率の分布を示したものが第6圖である。

第1回目の地震については Y_0 の曲線が求められてゐない。第1回目の地震の震央は熊野灘の沖合に當つてゐるので比較的震央に近い吉田町と遠い安城町とをくらべても震央距離の差は僅々 15~6km に過ぎず概略の震央距離 100km に比較すれば甚だ僅かであつて、震央距離の差による影響は殆んど考慮に入れる必要はないと考へ得られる。従つて第1回目の地震については Y_1 の分布を求めた第2圖が同時に又 S_1 の分布圖であると考へても差支へを生じない。このやうに考へることが許されるとするならば、東

南海地震の場合と三河地震の場合との地盤危険率を比較するために、吾々は前者については第2圖、後者については第6圖について検討を行へばよいこととなる。之等の比較に於ても次の如き數ヶの事柄が氣付かれる。

1) 三河地震のSの分布(第6圖)を見るとYの分布(第3圖)の場合と異り、震央に近い渥美灣沿岸の地域にSの大きな値が特に密集するといふ傾向は見られなくなつてゐる。

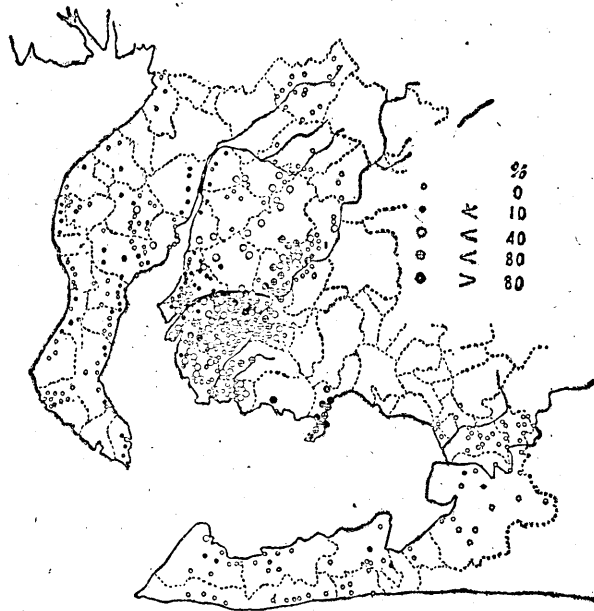
2) 第1回、第2回いづれの地震の場合についても、地盤危険率の値の大きい地域は矢作川及び矢作古川に沿ふ地域、殊に矢作古川の流域に集つてゐることが認められる。河川の流域に震害が著しいことは以前から氣付かれてゐることであるが、ここで河川の流域は地盤危険率が高いといふ言葉で明確に表現することが出来たこととなる。更に、矢作古川は現在の矢作川が三和村より下流で改修せられ知多灣へそぐやうにせられる以前の矢作川の本流であつて、河川の沖積平野としての性質は古川に沿ふ地域に寧ろ顯著であり、地盤危険率も従つてこの地域で大きいのであらうと思はれる。

3) 幸田、形原及び西浦等斷層の生成のために異常な震害を蒙つた地域を除けば、丘陵地域にはいはば地盤危険率は全く小さくなることが極めて顯著に認められる。

4) 三河地震によつては知多半島、渥美半島ではほとんど震害を生じなかつたので東南海地震の場合の地盤危険率との比較をすることが出来ない。たゞ福江町宇小中山は震害率10%、危険率20となり、この場所の危険率は矢作古川に沿ふ地域の危険率に比敵する程である。然るに第1回目の地震から求められた危険率ではここは福江町の他の所と大差なく特別に高い危険率を示してはゐない。

5) 以上大體の傾向として見れば、2回の地震について別々に求められた地盤危険率の分布は互に相似た傾向を示すことを明瞭に認めることが出来る。元來ここに定義された地盤危険率は夫々の場所々々について(相對的意味に於て)特定の數であつて、地盤の特性を代表すべきものである。従つて各字毎に2回の地震による危険率を比較するならば、理想的な場合に於ては、全ての場所について S_1 と S_2 との比は一定値となるべき筈である。

然るに今 $R = S_2/S_1$ (但 $LS_1 = Y_1$)と置いてRを求めRの値の分布を求めれば第7圖の通りになる。圖を一見して明らかなやうにRの値は決して常數にならないばかりか場所により甚だしい差異を生じてゐるのが見られる。勿論Rの値は S_1 の値が小さい時、即ち、東南海地震により震害を蒙ることが小さかつた場所では全、半潰戸數調査の場合の誤差が大きな影響を及ぼすのでRの數値に對する信用度は著るしく低下する。更に、東南海地震の場合には震害皆無で三河地震の場合に多少でも震害の生じた場合に

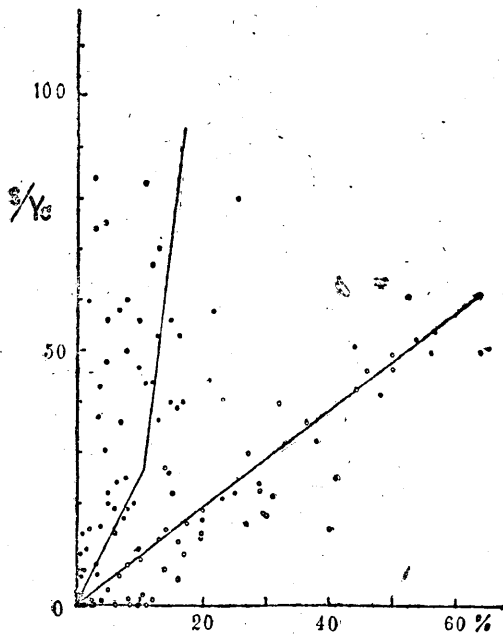


第7圖 R の分布 ($R=S_2/S_1$)

は R の値は無限大となるのでそのやうなものは圖に記入するのを省くことにした。そ

れでも尙第7圖にはRの値が特に大きい地域があるのが見られ、且つそれらの地域はやはり河川の流域の地帯に相當してゐるのが見られるのである。

三河地震のSを縦軸に、東南海地震のSを横軸にとつて S_1-S_2 の圖をつくれれば、第8圖の如きものが得られる。若しこの圖に記入せられた點が1つの直線の上に乗るならば S_2 と S_1 との間には比例關係がある譯であるが圖全體としそのやうな性質があるといふことは出來ない。併し細部迄詳しく觀察を行へば圖に白丸で記入せられた點は大



第8圖 S_1 (横軸) と S_2 (縦軸) との間の關係

體に於て1つの直線の上に乗るといふことが出来るであらう。之等の白丸は幡豆、豊坂、室場及び六ツ美の東半及びそれより東の地域にある3町村より求められた値を現はす點であつて、震害もあまり激甚ではなかつた地域の値を代表するものである。その様な所については1つの地震の場合に得られた地盤危険率の値を基礎として次の地震の場合のその場所での危険率は地震の大きさに比例すると豫測することは必ずしも理由がないといふことは出来ない。之に反して黒丸で記入した點の郡の示す傾向は、白丸の場合と性質が異つてゐることが氣付かれる。これらの點は主として碧海郡の平野地帯即ち矢作川に沿ふ地域及びそれによつてつくられた沖積平野に存在してゐる町村について求められた値を代表する點である。之についてSの値が小さい間は S_2 , S_1 の間に比例關係があるが S_2 の値がある大きさに達してからは S_2 の値は飛躍的に大きくなつてしまひ、も早比例關係が保たれなくなるといふことが云へさうである。之等沖積平野の地盤について求められたSの値の内、Sの値が小さい間は保たれてゐる關係も、丘陵性の地盤の所で求められた場合に比べれば比例の常數は大きく、地盤危険率といふ一般的性質をもつべき値を定義した點から考へればRの値が沖積平野の所と丘陵性の所とで異なることは不都合な様である。併しながら詳らかに調べれば、この沖積平野について得られてゐるSの中比例關係の見られる部分も S_2 の値は小さいけれども實はそれらの地域の震央距離は小さくY₀の値が大きいため實際の震害率Yの値は随分大きく數十パーセントにも及んでゐるものが大部分である。

§ 4. 結 語

東南海地震と三河地震とについて字別に震害率及び地盤危険率を求め2つの地震でそれらの値が如何に異なるかを比較することにより地震動によつて起される災害が地盤の性質と如何なる關聯性を示すかを調べようとしたものである。

震害率及び地盤危険率が沖積層よりなる地盤の所で大きい値を持つことが見られたが之は今迄の大地震の場合に付いて軟弱地盤の所では震害が大きいと云はれてゐたことに一致する。併し、詳しく調べてみると地盤危険率は同一の場所についても2回の地震で同一でないことが氣付かれたのでこれについて稍々詳しい比較を行つた。

これらの比較を行つた結果に基いて考察を加へれば、地盤の状態がある特別な性質を持つてゐる場所では地震動の強さがある値を超えると震害は急激に増大して、見掛上地盤危険率も亦大きくなるやうに見えるといふことが判明したのであり、而もこのやうに地震動の強さにより地盤危険率が異つた値をとるのは地盤の状態がある特別な性質を持つてゐる所に限られてゐるやうである。而してこの特別な性質といふものが正に所謂軟弱地盤の特徴となるべきものであつて、そのやうな軟弱地盤の所ではある程度以上の

強さの地震動に襲はれると震害は極めて著るしく増大して壊滅的打撃を蒙るべきことが見出された次第である。このやうに、所謂軟弱地盤と呼ばれる地域に於ては、比較的弱い地震動を與へた地震についてその場所の地盤危険率が求められても、大地震に見舞はれた場合には前に求められた地盤危険率に比例した程度の震害ではすまなくなりその5倍も10倍もの災害を蒙るものであるといふ事が判明したといふことは震害対策を論ずる立場からは特に考慮を拂ふことを怠つてはならないであらう。

終りに之等の調査をなすにあたり、筆者の求めに應じて字別の報告を寄せられた各市町村の當局者各位に對し茲に深甚の謝意をあらはす次第である。

7. Comparison of the Vulnerability Rates of the Ground revealed in Tōnankai and Mikawa Earthquakes.

By Syun'itirō OMOTE,

Earthquake Research Institute.

The Mikawa district, the southern part of Aiti Prefecture, suffered serious damages in the earthquakes that shook the locality twice successively on December 7, 1944, and on January 13, 1945. We made detailed studies on the distribution of damaged houses and the difference of the manner of their distribution in the two respective shocks. The aim of the present paper is to find out, through such studies, what extent of close relation there exists between seismic destruction and the condition of the ground.

Now we will represent the seismic destruction rate (Y), by $Y = (D + 0.5H)/M$, where M is the total number of the dwelling houses in a certain area, D and H the numbers of totally destroyed and partially destroyed houses in that area. As a unit of the area within which Y was to be determined, the minor division (Aza) of each town or village was taken. The geographical distributions of Y with respect to the first and second earthquakes are shown in Figs. 2 and 3. As shown in these figures the value of Y differs greatly with the locality; in the hilly north and east Y is very small, while in the coastal regions in the south-west and in the zone along the River Yanagi and Old Yahagi Y has a large value. Although this general feature is common to the two occasions, closer comparison of the two figures will reveal many points of difference in them. Especially, in Fig. 3, the epicenter of the second earthquake was seated so near the affected areas that the value of Y varied considerably with the epicentral distances of the respective sections. It was de-

sirable to eliminate the factor, contained in Y , that was due to the difference of the epicentral distances. We picked up several sections that were located on a firm hilly ground, and tried to show, so to speak, by a standard curve, the relation between the Y of such sections and the epicentral distance Δ . The curve is represented by $Y_c = 59.8 e^{-0.0986\Delta}$, Y_c being understood to represent the standard value of Y . By computing the value of Y/Y_c we can arrive at a sort of measure of seismic destruction in any locality separated from the effect of the epicentral distance. Assuming that the difference of the value of Y/Y_c with the respective locality results exclusively from the uneven quality of the ground, we suggest for this value of $S = Y/Y_c$ the name of the vulnerability rate of the ground of the locality.

The epicenter of the first shock was situated so far from the Mikawa district that the difference of the distance of the various sections of the district from the epicentre was of little significance. Therefore the figure representing the distribution of Y of the first shock may well be considered to represent that of S also. If the values of S represents the true vulnerability rate of the ground accurately enough, the manner of distribution of S in the first shock (namely, Fig. 2) must be identical with that of the second shock (namely, Fig. 6) in every detail. Comparing the two figures closely, we find that such is not the case. The distribution of the ratio of $R = s_2/s_1$, in Fig. 7, where s_1 and s_2 are values of the first and second shocks, shows that R is by no means a constant value throughout the whole region. This must largely be due to the inaccuracy of the data reported by the town or village authorities, but, admitting that there are errors in the data, still they do not fully account for the large values of R noticeably concentrated in the zone along the River Yahagi and Old Yahagi. In the present writer's view, this indicates that seismic damages grow abruptly when seismic strength exceeds a certain degree. Fig. 8 that shows the relation between s_1 and s_2 may give some support to this point of view. This fact may well be worth bearing in mind in discussing the problem of earthquake proof structures.
