

京 都 の 地 盤 と 震 害

横 尾 義 貫・宮 川 久 三

EARTHQUAKE DAMAGES AND EARTHGROUND IN KYOTO

By *Yoshitsura Yokoo* and *Kyuzo Miyagawa*

Synopsis

The authors describe the following items about the ancient city of Kyoto:

- (a) short survey of 27 intense earthquakes since the foundation of the city, 794, and the classification.
- (b) distribution of damages caused by some intense earthquakes.
- (c) investigation of damage-rate distribution in Kyoto suffered in the case of Yoshino Earthquake in 1952.
- (d) earthground investigation by an artificial seismic method performed by a group of the Disaster Prevention Research Institute in 1949.
- (e) earthground composition based on gathered boring-test results in the area, and discuss on the relation between damage distribution and earthground properties.

1. は し が き

ある一つの都市について、大地震史をまとめ、地震の生起の傾向とか、震害の様相、ことに地盤との関連などについて考察を加えた記述をもつことは、その都市計画あるいはそこにおける建築計画の上から有意義なことだと考える。例えば、昭和39年6月16日の新潟地震以前に、新潟について構造技術者のために、このような記述があったならば、過去の震災において水及び砂を吹出した事実と、新潟の砂地盤の半ば人為的な急速堆積の史実とは、大きな警告となりえたと思われる。このような見地から筆者らの一人は、名古屋地盤図の作成に関連して、名古屋地域の地盤と震害について調査研究を行ない、一応のまとめができてきた。⁶⁾ 本論は京都について同様の目的をもった記述をなそうとするものである。この内容は昭和23年にとりまとめた「京都大地震略史」¹⁾、昭和27年の吉野地震の際に行なった調査²⁾及び最近蒐集した資料などを集成したものであるが、なお今後の調査研究にまつべきものが多く、現段階では序説的なものである。

2. 京都大地震概観

京都は古来政治文化の中心であり、大地震についてもわが国でもっとも多くの歴史的資料をもっているところである。わが国の地震に関する古い資料は文部省震災予防調査会編「大日本地震史料二巻(増訂版四巻)」に集大成されている。以下にのべるところもおおむねこれにもとづいたものである。

強震の最初の記録は、平安奠都後33年目に当たる天長4年7月12日に初まり、最も新しいものは、いまからおよそ130年前の天保元年7月2日のものであり、その間大小およそ30回の強震に見舞われている。以下にそれらを概観しておく。括弧内の数字は西暦による年月日を示す。また併記したM値及び震央位置(経度及び緯度)は理科年表に示された推定値である。

- [1] 天長4年7月12日 (827. 8. 11)

- M=6.7. 135.6°, 34.9°
 舎屋多くくずれ、余震は翌年に及んだ。
- 〔2〕 齋衡 3年 3月 (856)
 M=6.4.
 この月に地しばしば震い、都師及び城南の舎屋は破壊し、仏塔は傾いた。
- 〔3〕 元慶 4年 12月 6日 (881. 1. 13) 子刻
 M=6.4.
 大極殿の壇石が一部破壊し、宮城の垣や、市中の家屋が多くくずれた。
- 〔4〕 仁和 3年 7月 30日 (887. 8. 26) 申刻
 M=8.6. 135.3°, 33°
 諸司の舎屋や、市中の家屋が多く倒れ、圧死者多数をだした。この日五畿内七道諸国も大いにゆれ、官舎多く損じ、津浪のため溺死者は算えるにたえず、中でも摂津は甚しかった。余震は連日やまなかった。
- 〔5〕 承平 4年 5月 27日 (934. 7. 16) 午刻
 M=6.2.
 午刻に大地震が二度あり、市中の築垣が所々転倒した。
- 〔6〕 天慶元年 4月 15日 (938. 5. 22) 戌刻
 M=6.9. 135.8°, 34.8°
 宮中の内膳司がくずれ、その他垣などの破壊は数を知らず、余震は連日やまず、8月6日には再び強震があり被害があった。
- 〔7〕 貞元元年 6月 18日 (976. 7. 22) 申刻
 M=6.7. 135.8°, 34.9°
 山城・近江の二国、地大いに震い、京都では八省院・豊楽院・東寺・西寺その他の諸寺が倒れ、近江では国分寺その他に被害があり、余震は連日やまなかった。
- 〔8〕 長久 2年 7月 20日 (1011. 8. 25) 丑刻
 M=6.4.
 法成寺の舎竜楼倒る。他には何等の記載がなく大した地震ではなかったように思われる。
- 〔9〕 延久 2年 10月 20日 (1070. 12. 1) 半夜
 M=6.4. 135.8°, 34.8°
 山城・大和の二国大いに震い、京都の家々の築垣を損じ、奈良東大寺の釣鐘が落ちた。
- 〔10〕 寛治 5年 8月 7日 (1091. 9. 28) 申刻
 M=6.2. 135.8°, 34.3°
 山城・大和の二国、地震強く、法成寺の仏像、金峯山の金剛蔵、玉宝殿など多く損じた。
- 〔11〕 永長元年 11月 24日 (1096. 12. 17) 辰刻
 M=8.4. 137.3°, 34.2°
 畿内地大いに震い、東大寺の釣鐘再び落ち、伊勢・駿河に津波があり、余震は月を経た。御所の殿門は壊れなかった。
- 〔12〕 保延 3年 12月 15日 (1137. 8. 10) 申刻
 M=6.2.
 強震あり、余震は断続して12月に及んだ。
- 〔13〕 文治元年 7月 8日 (1185. 8. 13) 午刻
 M=7.4. 136.1°, 35.3°

後に詳記。

- [14] 文治元年8月12日〔1185. 9. 14〕申刻。

強震あり，多少の被家があった。

- [15] 寛元3年7月27日（1245. 8. 27）丑刻

M=6.2.

強震あり，破損箇所少なくなき，翌日もまた強震があった。

- [16] 正平5年5月23日（1350. 7. 6）申刻

M=6.2.

強震あり，祇園社の石塔の九輪落ち，余震は月をこえた。

- [17] 応永7年10月24日（1400. 11. 19）夜。

この夜，伊勢に強震があり，京都もゆれたが小動であった。

- [18] 応永15年10月29日（1408. 11. 26）卯刻。

強震があり，続震14回に及んだ。

- [19] 応永32年11月5日（1425. 12. 23）己刻。

強震あり，築垣が多く損じた。

- [20] 文安元年11月22日（1445. 1. 9）夜半。

この夜半，強震あり，余震は翌月に及んだ。

- [21] 宝徳元年4月12日（1449. 5. 13）辰刻

M=6.4. 135.6°, 35°

連日おこった。京都はおおむね築垣がたおれた程度であった。

- [22] 永正9年2月8日（1512. 3. 6）夜。

この夜強震あり，余震をともなった。

- [23] 慶長元年閏7月13日（1596. 9. 5）丑刻

M=7.0. 135.7°, 34.8°

後に詳記。

- [24] 寛文2年5月1日（1662. 6. 16）午刻

M=7.6. 136°, 35.3°

後に詳記。

- [25] 寛文3年12月6日（1664. 1. 4）戌刻

M=5.9.

山城国地強く震い，京都二条城，伏見の諸邸は破損し，市中の築垣が所々崩れた。

- [26] 寛文5年5月12日（1665. 6. 25）酉刻

M=6.1.

強震あり，二条城石垣・殿舎を損じたが，前々年にくらべて軽微。

- [27] 天保元年7月2日（1830. 8. 19）申刻

M=6.4. 135.7°, 35°

後に詳記。

天保以後今日におよぶまで大地震にみまわれていない。なお上記で震害地がとくに記していないのは震域が京都付近のみに限られると思われるものである。以下しばらく上記のデータを観察してみよう。

まずこれらを通観すると，多くの家屋が倒壊したものもあれば，単に築垣がくずれた程度のももあり，また強震であっても被害のなかったものもある。そこで次の震度級，すなわち

A級：家屋が相当倒壊したもの。

B級：家屋の倒壊ほとんどなく，築垣が崩れたもの。

C級：ほとんど被害のなかったもの。

とわけてみると次のごとくである。ただし上記地震番号で示し，理科年表による値をM併記しておく。

A級：	[1]	[2]	[3]	[4]	[6]	[7]	[13]	[23]	[24]	[27]	計10回
M=	6.7	6.4	6.4	8.6	6.7	6.7	7.4	7.0	7.6	6.4	
B級：	[5]	[9]	[10]	[15]	[16]	[19]	[21]	[25]	[26]		計9回
M=	6.2	6.4	6.2	6.2	6.2	—	6.4	5.9	6.1		
C級：	[8]	[11]	[12]	[14]	[17]	[18]	[20]	[22]			計8回
M=	—	8.4	—	—	—	—	—	—			

平安奠都以来約1200年間におよそ30回の強震が発生し，そのうち3分の1，10回が家屋を倒すほどのA級大地震があったことになる。

平均すれば40年に1回のA～C級強震，120年に1回のA級地震が起こっているが，実際には間隔はきわめて不規則で，A～C級の強震は近くて連年，遠くて65年の間隔があり（天保一現在はさらに長いのがこれはさておいて），A級地震は近くて6年，25年，遠くて411年の長きに及んでいる。

なお連発的に発生した例も少なくない。すなわち

- a. 元慶・仁和〔3〕，881.〔4〕，887.
- b. 貞平・天慶〔5〕，934.〔6〕，938.
- c. 寛治・永長〔10〕，1091.〔11〕，1096.
- d. 応永・文安・宝徳〔17〕，1400.〔18〕，1408.〔19〕，1425.〔20〕，1445.〔21〕，1449.
- e. 寛文年間〔24〕，1682.〔25〕，1664.〔27〕，1665.

ここに〔 〕は地震番号，後の数字は西暦を示し，両者とも太字はA級，カッコだけ太字はB級である。とくにeの場合すなわち寛文2年5月のA級大地震の前後4年間に3回の強震は，恐ろしいものであったにちがいない。

次に理科年表の判定による，A級のものの震央についてみると（Fig. 1 参照），

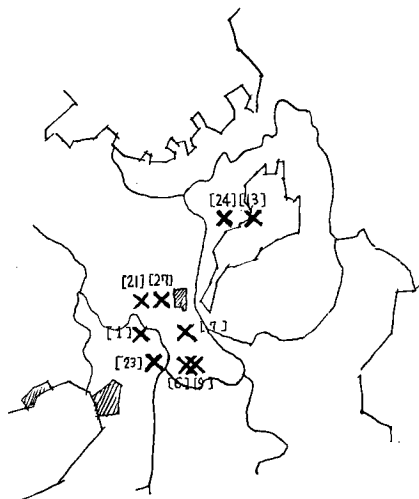


Fig. 1 Epicenters of Major Earthquakes near Kyoto

- i) 近江琵琶湖西岸付近
[13] M=7.4, [24] M=7.6
- ii) 淀一亀岡方面
[1] M=6.7, [21]* M=6.4, [23] M=7.0, [27] M=6.4
- iii) ダイゴ-南山城方面
[6] M=6.9, [7] M=6.7, [9]* M=6.4

なお *印はB級のものであるが、同じ方面に震源をもつものと推定されているものであるので併記した。

〔4〕仁和3年7月のA級地震は M=8.6 と推定されているが、その震央は南海道沖及び北海道沖にあったと考えられている。また同月に信濃北部に M=7.4 の大地震が起っている。京都において庁舎が転倒したとあるが、このような外側地震帯の活動では、〔11〕永長元年の地震 (M=8.4) のように京都に家屋を倒すような震動を生じそうもない。この震害が事実とすれば、あるいは同時に京都近傍に強震を併発したのかもしれない。

B級C級のほとんどすべては京都付近に震央をもつものと考えられる。

3. A 級 大 地 震

A級大地震は約10回あり、これらの震害がどんなものであったかを知るために、ここにもうすこし詳しく述べることにする。早い時代の〔1〕天長・〔2〕齋衡・〔3〕元慶・〔4〕仁和・〔6〕天慶・〔7〕貞元などの地震については記録が乏しいので除き、記録が豊富な〔13〕文治以後の4つの地震について述べることにする。

(a) [13] 文治元年7月9日の地震

時あたかも寿永4年7月9日午刻、平家一門が壇ノ浦に相果ててから4ヶ月ほど後のことであった。山城と近江が甚しく震い、遠くは大和唐招提寺にも被害があり、美濃・伯耆でもかなりゆれたと伝えられている。京都では東西方向にゆれ、東西面の築垣がとくにたおれ、南北面は残ったものが多かった。本震・余震ともに地鳴をともない余震は頻々とつづき9月に至るもやまなかった。琵琶湖底に地変があったらしく、湖水は一時北流して減水し、また湖岸の田3町ばかりが陥没し淵となったところがあった。震央はおそらく琵琶湖付近にあったと思われる。

京都では二条西洞院にあった閑院皇居をはじめ、岡崎の法勝寺・尊勝寺・円勝寺・荒神口北の法成寺、現三十三間堂に近い得長寿院などが甚しい損傷をこうむり、かなり倒壊しにくいと思われるような仏堂・殿宇が相当に倒れており、強裂な地震であったと推定される。とくに東山沿いの地域が甚しかったようである。M=7.4 と推察されている。

打ちつづく余震に人心は不安におののき、宮中はじめ処々の社寺では地震祭・読経が行なわれ、8月には文治と改元された。

(b) [23] 慶長元年閏7月13日の地震

文録5年閏7月12の夜半丑刻一昔は日の変わり目が夜明時であったから今のいい方では翌13日の午前2時となる一山城・摂津・和泉の諸国に大地震があった。これは地震加藤で有名な伏見の大地震である。余震はしばしば鳴動をともない、8月まではほとんど毎日ゆすり、その後次第に減じていったが、翌年までつづいた。地変については格別の記事はみえない。各地の震害から判断して激震域をえがいてみると Fig. 2 のようになり、震央は京都・大阪の中間あたりにあったものようである。なお×印の位置は筆者が推定した震央で、理科年表の推定位置とは多少ことなる。後出の図についても同様である。図中 A, B, C とあるのはおおむね次の規準によって判定した震度級である。

- A 大家屋の倒壊せるもの。
- B 大家屋は倒壊せず、小家屋が倒壊したもの。

C 家屋は倒壊せず損傷にとどまり、築垣が崩れたもの。

この地震は被害地の一つである伏見の名を冠してよばれているが、堺で死者 600 人、大阪・兵庫でも死者その数を知らずといひ、震害は広域にわたった。M=7.0 と推定されている。

伏見では当時、桃山の西南の丘陵地指月に伏見城が築造されていたが、石垣がくずれ、殿宇・門・櫓などが多く破壊し、数百の女房・士卒が圧死し、また宇治川をはさんだ対岸にあった向島の出城は、地盤が軟弱で石垣・建物が土中にゆりこまれたという。伏見桃山城は、この震災のながい経験により、秀吉が地質堅固な桃山の頂きに直ちに土地をかえ再建したものである。伏見の下町でも家々が倒れ死者多数を出した。

京都では上京は比較的軽微な被害にとどまったが、下京三条以南から伏見の方へかけて家損じ、人死を出した。多くの社寺が倒壊したが、なかでも南部にある東寺では多くの堂・門・築垣が潰れ甚しい損害をうけた。北部にある御所は廊下の一部、築垣の瓦が損じた程度でことなきをえた。同年11月改元して慶長元年となった。

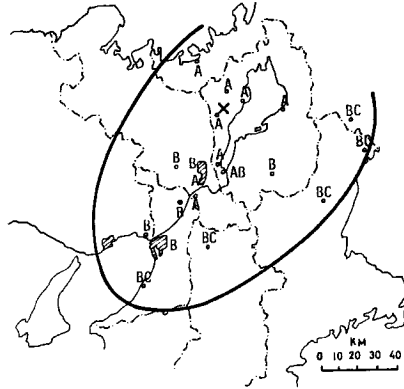


Fig. 2 Damaged Area, due to Keicho Earthquake in 1596

(c) [24] 寛文2年5月1日の地震

徳川四代将軍家綱の治下、寛文2年5月1日午刻、詳しくはそれよりすこし前の己ノ下刻、山城・大和・河内・和泉・摂津・丹波・若狭・近江・美濃・伊勢にまたがる、Fig. 3 に示すような大規模な地震が起った。M=7.6 と推定されている。震央は近江比良岳付近にあった模様で、志賀・辛崎(カラサキ)の両所で

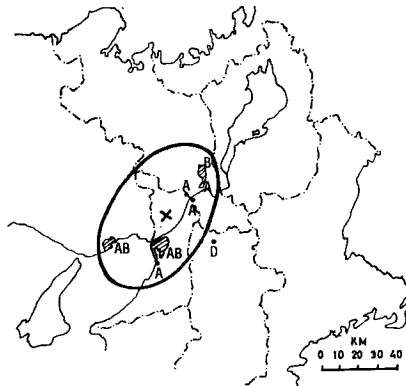


Fig. 3 Damaged Area, due to Kanbun Earthquake in 1662

田畑85町余がゆりこみ、1570軒が潰れ、大溝では982軒が潰れ、朽木谷の南の葛川谷にあった町村及び榎村という二ヶ村はそれぞれ50軒ほどの部落であったが、大山崩れで埋没してしまった。余震は1ヶ月ばかり毎日あり、その後漸減していった。

この地震による京都の被害の状況は、禁裡は無事で築垣がところどころ崩れた程度、二条城は外廓が少々破壊し、五条石橋・祇園の石の鳥居が崩れ三条の橋も崩れかかった。京中町屋の被害は潰家1090軒、死者200というのもあるが、これは過大のようで、中程度の報告は洛中の潰家200軒、土蔵190軒潰るとしている。もっと少ないものもある。東寺・八坂の両塔の真木が折れたという報告もある。

伏見では町屋が320軒ばかり潰れかなりの被害があったが、御香宮は灯笼が倒れた程度で無事であった。向島の堤が崩れ、地へ四、五尺ほどゆりこみ、六地藏の舟入の周辺が崩れ、また大阪では豊後橋の石台が崩れかかり、肥後橋・京橋も杭をゆりこみ沈下した。八幡では黒い土水をはき出したと報じている。

これらはすべて軟弱地盤にみられる現象である。この地震では諸国の石垣・門・櫓などが多く破損しているのが目立っているが、城はおおむね良好な地盤の地に築かれているとはいうものの、石垣・盛土が崩れ、したがって門・櫓などが破損するのであろう。

(d) [27] 天保元年7月2日の地震

後に改元して天保元年となった文政13年の7月2日夕方、申刻に「風と鉄砲のような音」を立てて、激しい上下動が京都をおそった。時間がら、風呂に入っているものもあり、食事中のものもあり、丸裸で飛び出すやら、飯わんをにぎって飛び出すやら珍景がみられた。この地震はかなり局地的なもので激震地は Fig. 4 に示すように京都・大津・亀山（現在の亀岡）をかこむ地域に限られた。M=6.4 と推定されている。震央は、地鳴が、西北から聞えたことや、西北がゆれが強かったことなどから亀山現在の亀岡よりの地点ではないかと思われる。

京都における震害は、社寺・殿堂などの大建築は損じはしたが、倒壊した例のはなく、小家屋・町家が所々倒壊した程度であった。ある大阪人の見聞記に次のようにいっている。「人口風説の十分の一にもあらず……裏屋・小路などは潰れたるも傾きたるも多くあれど、表通・大道は見る所の如く格別の損家もなし。」

伏見は京よりもかくろく、京の東北、上賀茂・修学院は洛中よりもかくろく、概して西北の方へ強かったようである。

震央に近い亀山では城は所々破損し、町家は柏原町では87軒中18軒、三宅町では80軒中12軒の倒壊、すなわち20%位の全壊率を示した。

余談であるが、地震の二、三回前には四条に相当の火事があり、地震後にも失火があり、また大雨、音羽川の出水で人家が潰れたり、幕末の人心を大いに動揺させた。

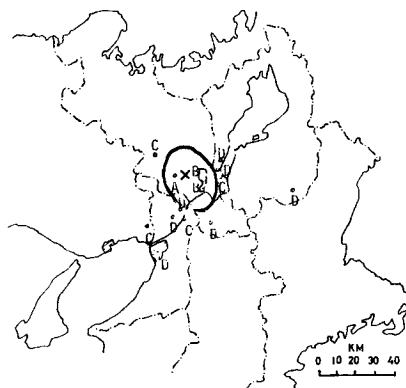


Fig. 4 Damaged Area, due to Tempo Earthquake in 1830

以上「史的資料」からA級地震について京都付近の震害の様相をえがき出してみた。このような研究に着手した目的の第1は震害から京都における軟弱な地盤が見出されるかという期待であったが、これは見事にはずれた。のちののべるように京都は大部分が砂礫層でおおわれており、良好な地盤であるから当然の帰結であった。しかしながら次のような点が問題として考えられた。

- i) 文治の地震で岡崎の法勝寺などの大きな被害は、ここの地盤構成からきているのか。あるいはこの地震は震央の位置からみて花折断層が活動したとも考えられるが、岡崎付近はその延長上にあるため異常な震動を生じたのではあるまいか。
- ii) 寛文の地震はあきらかに花折断層が動いたものであるが、京中のその延長上に被害がとくに多かったことはなからうか。しかし震害の報告からは肯定も否定もできぬ。
- iii) 慶長の地震で三条以南が一例えば東寺の被害など一北にくらべて被害が大きかったのは果して震央に近いせいだろうか。京都の地盤構成に由来するものではなからうか。

4. 吉野地震における調査

(a) 概 要

昭和27年8月18日払曉、吉野川上流を震央としたいわゆる吉野地震が起った。この地震は比較的広域にわたり強い震動を感じしめ、 $M=7.0$ と推算されているが、大きな震害としてはみるべきものはなく、あまり一般の人々の注目をひかなかつた。しかし軽微な被害は京都あたりでもみられた。京都からみるとこの地震はかなり遠いところに震央があるので、距離による強弱の影響はあまりなく、地盤の影響がよく表われているとみてよいであろう。さらに激震時におけるように混乱は伴う調査精度の低下のおそれもないなどの利点もあり、地震後まもなく京都市域に対してアンケートにより、吉野地震による被害調査を実施することを思いついた⁹⁾。

(b) 調査方法

京都市内の小学校6年生の家庭を対象として、各学校当り100校づつ調査用紙を学校宛発送し、調査をお願いした。発送校129校(12,900校)に対して回答校105校(8,910校)で回答率81.4%でかなり良好な結果をえた。

調査項目は次の5項目をえらんだ。

1. 柱 時 計

(イ) 有無 (ロ) たおれたか (ハ) 大体どちらむきにかかっているか

2. 石どうろ

(イ) 有無 (ロ) たおれたか (ハ) 大体どの方角へたおれたか

3. 1階台所においてあったびんについて

(イ) 1升びんがたおれたか (ロ) サイダ・ビールびんの大きさのびんがたおれたか

4. 壁のきれつ

(イ) はいったか (ロ) きれつの程度 (ハ) ひどくいたんだ壁はだいたいどの方向へとおっているか

5. へ い

(イ) 被害の程度 (ロ) 被害のひどかったへいはだいたいどの方向へとおっているか。

(c) 調査結果

調査用紙を回集し、整理し種々の角度から検討を試みしたが、良好な結果をもたらしたのは、結局石灯笼のてん倒率(%)及び壁被害率(%)の2項目であり、その結果えられたものが Fig. 5 及び Fig. 6 である。

他の項目については、概して南より北へ向かって被害率が低下する傾向があるように思えたが、等率曲線

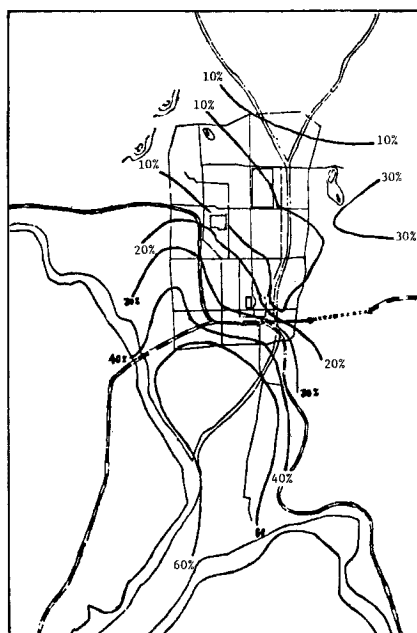


Fig. 5 Collapse Rate of Stone Lanterns, due to Yoshino Earthquake in 1952

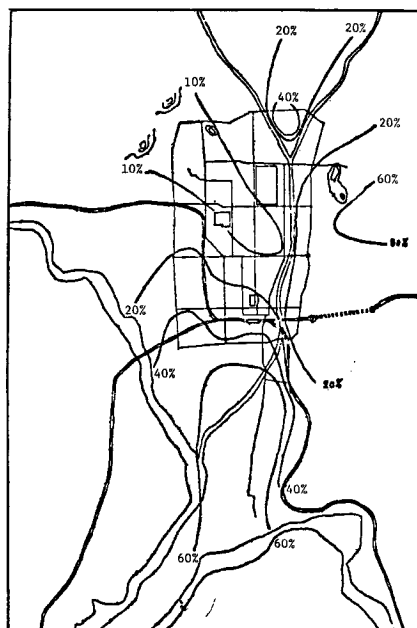


Fig. 6 Rate of Houses with Cracked Walls, due to Yoshino Earthquake in 1952

をひきうる資料とはなりえなかった。なおてん倒・亀裂などの方向性については、質問の理解に混乱があり、地域差をひきだすには不十分であった。

Fig. 5 及び Fig. 6 の両図を比較してみるとまず共通的傾向として次のごときことがいえる。

1. 衣笠山及び清水山を結ぶ地帯で被害がかなり低率である。
2. 天神川流域に高率の地帯が発達している。
3. 下京・伏見地区でははなはだ高率である。
4. 岡崎鹿ヶ谷方面で高率である。

しかし次のような点では相違している。

1. 下鴨の三角地帯では石灯ろうでは低率であるが、壁亀裂では高率である。
2. 五条大橋の東岸付近は、石灯ろうでは低率を示しているが、壁亀裂ではそうではない。

京都の家は奥庭に石灯ろうをもつものが多いが、しかしすべての家にあるわけではない。また家屋の構造の強弱も様ではなく、老朽化したものもすくなくない。したがって上の結果をうのみにするわけにはいかぬが、共通的傾向としてみられた事からは、採りあげてもよいことであろう。

いまここに調査結果について当時地質学者などの意見もきいて、推論したことがらをあげてみると次の如くである。

1. 衣笠山-清水山を結ぶ線には、洪積層が衣笠山下から南東へ向けて沖積層の下へもぐりこんでいる可能性はないか、もしそうとすれば被害率がこの地帯で低率であったことと符合する。

2. 岡崎・鹿ヶ谷付近で被害が高率であったことは、文治の地震で岡崎の法勝寺などにひどい被害があったことなどを併せかんがえて、やはりこの地域の地盤構成の特性かあるいはまた花折断層の延長上にあることに帰すべきではなからうか。

3. 概して北から南へむけて低率となっていることは、京都盆地の成因から、沖積層の北部は加茂川・高野川の流しこんだ礫が多く、南は砂、粘土が多いと推定されるが、そのように考えれば説明がつく。これまた慶長地震で三条以南がかかるかったというのに符合する。

5. 地震探査法による地盤調査と吉野地震による被害

戦時中、昭和18年9月鳥取地震、昭和19年12月東南海地震及び昭和20年1月三河地震の三つの大きな地震が関西周辺におこった。筆者らの一人は、棚橋諒教授の指導のもとにこれら地震による木造家屋の被害分布のできるだけ詳細な調査に当たった。これは地盤と震害の関係を研究するためであった。戦後まもなく、昭和21年3月、棚橋教授は地球物理学教室の佐々教授及び土木工学教室の石原藤次郎教授の協力をえて、あらかじめ東南海地震及び三河地震の二つの地震による被害分布が調査されていた三河地方において、弾性波法による地下構造の調査を行ない、重要な成果をえた。

その後3教授の協力のもとに弾性波法による地盤調査が、昭和21年秋鳥取、昭和23年夏高知、昭和24年には福井などの震害地で行なわれた。

これらの調査の結果えられた主要な知見は次のごときものであった。^{3),4)}

1. 三河地方の調査から、東南海地震のような規模の大きい遠地地震による被害は軟弱な土層が存在するところに生じ、ほぼその層厚に比例的であること。

2. また三河地方の調査から、三河地震のような局地的な地震では通常良好な地盤と思われるところでも甚しい震害を被むりうること。

3. 鳥取地震の調査から、弾性的による V_P から調べた地層構成が同一の場所でも、震害が著るしくことなる地点があり、震害が大きい方では表面波が他にくらべて卓越していることがみられ、震害には V_P/V_L (V_L : 表面波速度) が関係することが認められた。

これらの知見をもとにして、京大防災研究所では、弾性的によって諸都市の地盤調査を行なった。京都

市においても調査が行なわれた²⁾。その結果を Fig. 7 に示す。図中の I, II は V_P/V_L から判断された耐震的等級を示している。この図と石灯ろう及び壁亀裂等の被害率曲線とくらべるとある程度関係があることがみとめられる。Fig. 8 及び Fig. 9 は V_P/V_L と被害率との関係をえがいたものである。

6. ボーリング資料からみた京都地盤

歴史的地震の震害の様相や、吉野地震による被害の傾向などは、地質学的にみた京都盆地の成因からの推論や、地震探査法による地盤級別とは多少とも傾向を同じくするものがあった。しかしもっと明確に地盤と震害との関係をとらえるにはやはり、近代的なボーリング資料にもとづいた、地盤の構造の知識がなければならぬ。わが国の主要都市、東京・大阪・名古屋（現在出版準備中）・福岡・広島などでは、多数のボーリング資料にもとづいた地盤図が作成されているが、比較的地盤が良好な京都ではまだ作られていない。そこで筆者らは京都市域のボーリング資料を若干あつめて、できるだけ震害との関連を調べようところみた。

現在のところ集めたボーリング資料としては

- (i) 京都市域のさく井柱状図約60本。
- (ii) 伏見地区建物基準工事用ボーリング柱状図（標準貫入試験）約40本。
- (iii) 東海道新幹線地質図（大阪保線所管内）昭和42年3月。

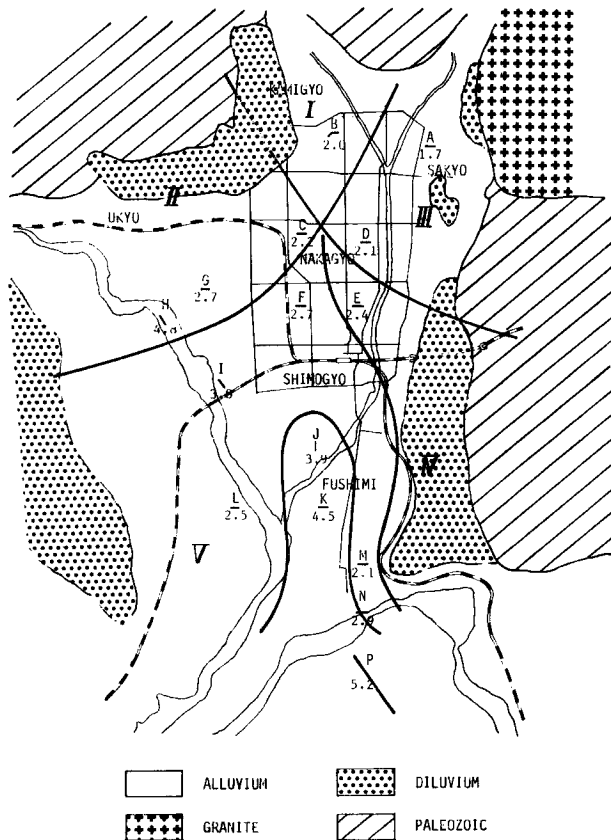
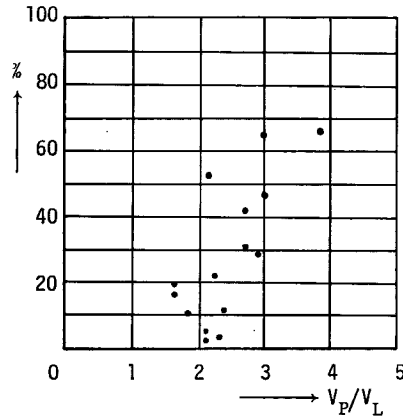
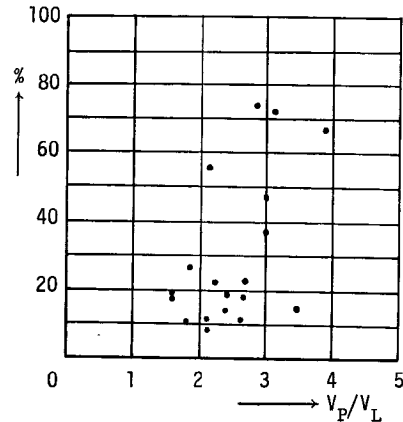


Fig. 7 Seismic Classification of Earthquakes Based on V_P/V_L Values

Fig. 8 Collapse Rate of Stone Lanterns vs. V_p/V_L ValueFig. 9 Rate of Houses with Cracked Walls vs. V_p/V_L Value

(iv) 名神高速道路土質縦断面図 (京都南—京都東) であつた。

(i) の資料はさく井用のもので震害と関係のふかい表面近くの記載が粗略で、よい資料とはなりえなかつたが、一応この資料から全体的な傾向をとらえる努力をしてみた。東海道線以北について全域がほとんど砂礫でおおわれているが、大まかにいって三条以南及び天神川流域では粘性土の介入が多いようにみられた。しかしこの地域にも全く砂礫のもの多くあり単純ではない。またこの資料からは、北部は砂礫質、南部には砂質が多いという傾向はつかめなかつた。もっと詳しいボーリング資料がぜひとも必要である。

(iii) の資料から東海道新幹線の鴨川から桂川の間は全く沖積砂礫でおおわれていることがわかる。これも地質横断面図のみでボーリング毎の柱状図が示されていないので細かい議論はできない。大体の傾向とみてよからう。

(ii) (iv) は伏見地区について、多少面白い知識を与えてくれた。伏見には従来軟弱地盤があることが知られていたが、そのおおよその傾向がわかつた。Fig. 10 は表層に軟弱層が発達しているところをプロットしたものである。軟弱層として $N < 10$ の部分をとることとし、その表層からの深さを記入してある。国道

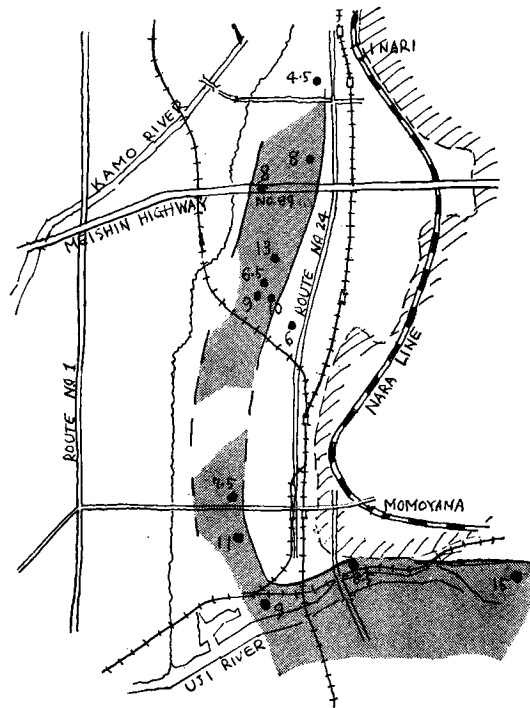


Fig. 10 Soft Grounds in Fushimi District

24号にはほぼ平行に数100mはなれた位置に軟弱層がよく発達した場所が南北に帯状にあるようである。(iv)の資料から名神高速道路にそった横断を調べてみると、測点 No. 89 の位置で $N < 10$ の粘性土層は、GL-8m 深位までと、さらに4m位の砂層を介して深さ12m~18mの間に発達している。第2層に相当するものの存在は、この南及び北方のボーリング点でもやはりみとめられる。東西方向の分布は、名神高速道路の資料によると、西へ行けばすぐ発達した砂層にかわり、東へ行けば砂層が混入してくる。この南北帯の粘土は平均して MEDIUM 程度で案外かたく、大阪湾岸・伊勢湾岸などの極軟弱地盤とくらべるとかたい地盤といえるだろう。軟弱地帯という表現は当たっていないかもしれぬが、伏見区では旧巨椋池地域内の向島・六地藏あたりのボーリング資料は VERY SOFT-SOFT な粘土が10数m発達し、極軟弱地盤であることをしめしている。慶長の地震で向島の出城の石畳がゆりこんだということも裏付けている。

以上現在手元に集めたボーリング資料から京都地盤について考察を試みたが、今後機会をえて、詳細にボーリング資料を集めて京都地盤の構成を調べてみたいと思っている。

7. む す び

主要な都市において、都市計画者・建設技術者のために、その土地に焦点をおいた地盤と震害の記述を、見易いところと与えておくことはきわめて大切である。したがってそのための調査研究が必要であるとの観点に立って、筆者らが現在にいたるまでに調べたことがらを集成して、「京都の地盤」と震害の序説的ところをなしたものである。近い将来、できれば京都地盤図の作成に努力してみて、そのうえで改めて考察することとしたい。ここでは、上記の段階の考察から示唆される点をまとめておく。

(i) 京都に大きな震害をもたらした地震は、近江の琵琶湖西北底付近に震源をもつMが7以上の地震、南山城・淀・亀岡などに震源をもつM6台の地震であった。M=8級の外側地震帯の活動は大した震害を

もたらさないとされる。

(ii) 歴史的地震及び吉野地震の調査からえられた震害の傾向から推論された下記のような諸点を、今後地盤の研究によって吟味する必要がある。

- a. 三条以北と以南の地質構成の相違。
- b. 岡崎付近の地質特性。
- c. 衣笠山から南東にむかう洪積の潜丘の存在。

(iii) 京都東山西裾は、花折断層の延長上にあり、また近年北白川に、古墳時代後期乃至平安初期に形成されたと思われる活断層の存在が報告されている⁸⁾。濃尾地震その他いくつかの地震の調査から内陸地震の震害と断層とは関連が深いことがわかっている。このような見地から京都付近の活断層の研究は重要である。

(iv) 伏見には軟弱地盤がある。一つは南北軟弱地帯であり、他は旧巨椋池軟弱地盤である。これらの土地は今後ますます開発され、市街化していくと思われるので、それらの性質及び分布を調べておく必要がある。

謝辞 本稿をまとめるために、御教示を頂いた、松尾新一郎教授・吉川完治教授・石田志朗助教授また資料の蒐集のために御助力を頂いた川勝得夫氏・真門直二氏・島野邦男氏に深甚の謝意を表するとともに、資料の整理・作図などを助けてくれた吉田亘利君の労を多とするものである。

参 考 文 献

- 1) 横尾義貫：京都大地震略史，建築学研究，第20巻，4号，昭和23年4月。
- 2) 山田務名・河波秀次：「京都市地盤調査」防災研究所報告第2号，昭和24年11月。
- 3) 棚橋諒：弾性波法による地盤の性質と震害の関係，建築雑誌，昭和26年4月。
- 4) 棚橋諒：震害からみた京阪神の地盤，建築雑誌，昭和26年4月。
- 5) 横尾義貫・渡辺清治：京都市における吉野地震調査，日本建築学会研究報告第22号，昭和28年5月。
- 6) 横尾義貫・桑原徹・堀内孝英：名古屋地盤と震害に関する研究その1～その5（1965～1966）日本建築学会論文報告集・同東海支部研究報告及び日本地震工学シンポジウム。
- 8) 石田志朗：京都市北白川上終町の衡上断層でずれている腐植の絶対年代。