

## 18. 木造家屋の震害について

地震研究所 金井清

(昭和22年9月16日発表～昭和25年12月20日受理)

日本における過去の多くの地震の記録は、家屋の被害が沖積平野で大きく台地や山地で小さい事實を示している。その原因としては、沖積平野と台地山地とでは地震動の周期が異り沖積平野における地震動の周期が木造家屋の周期に近い事、沖積平野における地震動の振幅が台地山地上のそれよりも大きい事、沖積平野では地震動の継続時間が長い事などの考え方があつたが、今日までのところ、まだ満足な解釋はついていない。

明治以來の震害調査記事を調べたところ、地震による木造家屋の破壊状態は地盤の性質によつて相當に異なることが明かに見られた。次に、これらの調査記事の中から、地盤の性質と家屋破壊の状態がよくわかるものを抜き出して列べてみる。(括弧内は筆者の解釋)

(1) 庄内地震(1894 X 22)。震豫調報, 3(1895), 79~134; 7(1895), 4~30。

最上川上流の細砂に富む低濕地で西海岸は砂地であるため基礎の不同沈下多し。幹部構造の弱點よりも、むしろ地形の粗悪のための損害多く、地形の不完全は底にまで影響を及ぼす。坑打した土藏は被害なし。全潰/半潰=2581/5891=0.44, 全潰/死者=2581/591=4.4。

(2) 陸羽地震(1896 VIII 31)。震豫調報, 11(1897), 50~104; 77(1913), 78~87。

被害地は半分位岩層上にあり。巡回地では土藏の無害なるもの殆んどなく、尋常建物被害少く、方向性あり。激震地7ヶ村については全潰/半潰=4.5, 全体としては全潰/半潰=4277/2051=2.1, 全潰/死者=4277/205=21。

(3) 姉川地震(1909 VIII 14)。震豫調報, 69(1910), 1~27; 70(1910), 1~84。

泥砂層, 砂層, 水田埋立地。薄土台による被害多し。(孤立柱とえらぶところなし)倒潰の原因は不良なる地形。激震地の民家構造は優良なるも、強弱をとわず損傷、沓石が斜に地中に沈下せるものあり、柱が沓石から落ちたための被害多し。下部結束不良のため不平均墜落衝動等の第二の出来事で損傷す。

全潰/半潰=893/2164=0.41, 全潰/戸數=0.13, 全潰/死者=4277/205=21。(死者の少いことは特に調査者の注意をひいたらしく、發震時の關係等で説明が試みられている)

(4) 櫻島地震(1914 I 12)。震豫調報, 80(1915), 1~33。

鹿兒島の山の手で屋根瓦の破損多し。

(5) 秋田仙北地震(1914 III 15)。震豫調報, 82(1915), 1~42。

被害激震地は疎そうな砂よりなる。40%以上の潰家を生じた區域の全潰/半潰=

2.4, 全体としては全潰/半潰=640/575=1.1, 全潰/死者=640/94=6.8。(1896年陸羽地震と比較すると全潰の割合が少く死者の割合が多いところに、兩地震の激震地の地盤の相違による影響があらわれている)。

(6) 東京地震(1922 IV 26)。震豫調報, 99 (1925), 22~44。

東京では木造建物傾斜 3, 一部破損 2, 梁墜落 1, 屋根瓦破損 46, 土造塗家土藏の屋根瓦崩落多し。横濱山下町では木造 1 階建 21 棟, 2 階建 33 棟に被害なし、煉瓦造石造等 2 階建;  $23/187=12\%$ , 1 階建;  $13/82=16\%$  の被害。東京横濱共に被害は軟弱地盤上に多し(山下町の例でもわかるように剛構造程被害多く、又、屋根瓦の被害の多いことは、この時の地震動の周期が短かかつたことを示す)。

(7) 島原地震(1922 XII 8)。震豫調報, 99 (1925), 1~11。

傾斜多きため建物敷地の地盤軟硬不同。脚部堅固ならざるため傾斜又は倒潰。屋根瓦の損傷極めて少し、全潰/死者= $131/27=4.9$ 。

(8) 關東地震(1923 IX 1)。震豫調報, 100 丙(上)(1926), 1~54。

軟弱地盤區域に於ては基礎の不同沈下又は移動を起し、局部的の損害を與えること多し。(軟地では全潰に比べて半潰が多く、硬地では逆に全潰が比較的が多いことが第 I 表からよくわかる)。

(9) 但馬地震(1925 V 23)。震豫調報, 101 (1927), 1~62。

豐岡町等の地盤特に軟弱なところでは半潰多く、不同沈下多し、(被害原因を家屋の新舊等で説明し苦心が拂はれている)城崎町港村等の第三紀層上等では家屋の方向によつて損傷の差違極めて多く、津居山瀬戸では 90% は倒潰方向一致する。半潰極めて少く、全潰が安全。

(10) 丹後地震(1927 III 7)。震研彙報, 3 (1927), 133~162。

激震地は洪積層、第三紀層、残存家屋と全潰家屋の被害の程度に甚だしい相違あり。通常は屋根はそのまゝの形を維持するが今度の激震地では屋根自身も甚だしく破壊。(一般に被害甚大な地域は沖積層上であるため、この地震の被害状態が特に調査者の注意をひいた)府中村では不同沈下があり、全潰/半潰の比は小。

(11) 北伊豆地震(1930 XI 26)。早稲田大學建築學報, 9 (1932)。

狩野川流域半潰多し。地盤のよい江間村菰山村では特に屋根瓦の落下多し。

(12) 北關東地震(1931 IX 21)。早稲田大學建築學報, 9 (1932)。

利根川荒川中間の沖積層被害大。建築物被害は局部的多し。被害の状況より上下動が相當に大きかつた。不同沈下あり。地盤に龜裂が入ると上部構造の良否に拘らず大なる損害を受ける。全潰/半潰= $60/119=0.50$ , 全潰/死者= $60/11=5.5$ 。

(13) 静岡地震(1935 VII 11)。震研彙報, 13 (1935), 951~998。

高松、大谷は全潰/半潰= $0.64, 0.56$ , 曲金、國吉田等厚い軟弱地盤では全潰/半潰= $0.04, 0.02$ ……で、その割合少し。静岡驛北部、毎度山丘陵の北縁部落では瓦の墜落多し。

(14) 男鹿地震(1939 V 1)。震研彙報, 17 (1939), 627~637。

1) 金井 清, 地震研究所彙報, 25 (1947), 64。

(第3圖でわかるように全潰の割合は沖積層上では小さく、山地では大きい)

(15) 長野地震 (1941 VII 15)。震研彙報, 19 (1941), 647~660。

震央から遠い山地で、震央附近の沖積地上よりも全潰の割合多し。(第4圖参照)

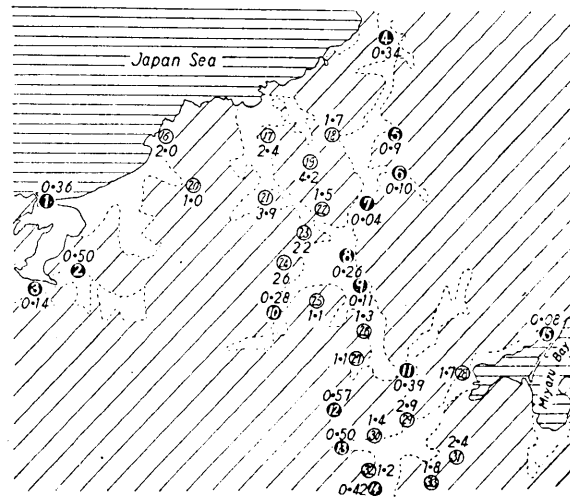
(16) 鳥取地震 (1943 III 4)。震研彙報, 21 (1944), 435~457。

被害地は砂層。家の柱のどれかが沈下しないものなし。全潰極めて少し。

(1943 IX 10 の鳥取地震以後のものは、特に詳しい調査記録があるから、記事を抜き出して列べることを省く)。

以上の調査記事の抜書からして、良い地盤、浅い軟弱地盤、山地等と書いてある地盤上における家屋の破壊状態としては、全潰多し、瓦破壊多し、土蔵石造棟瓦造の破壊多し、倒潰の方向性顯著、破壊までに相當の時間がかかった等の説明が多く見られる。これに對して、砂地、低濕地、複雑な地盤、盛土、埋立地(特に水田埋立地)、氾濫の多い河川流域等と記してある地盤上における家屋の破壊状態としては、半潰多し、不同沈下、上下動強し、良構造に被害あり、地形悪し、その他無理に被害の説明をした記事が目立つている。

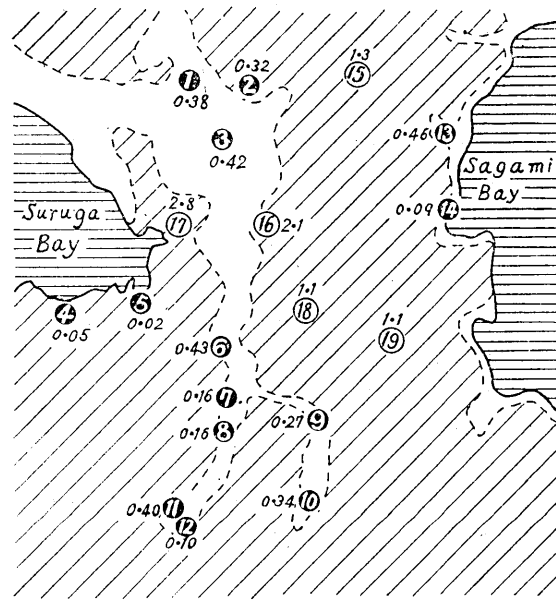
前者の家屋破壊原因は大體振動學的に説明がつくが、後者の原因を振動學的に説明するのはかなり困難である。尙、軟弱地盤で上下動強しとあるのは地震動の上下動と言うよりも、むしろ家がドンと動いたという意味で、恐らく不同沈下等の影響に



第1圖 丹後地震 (1927 III 7)。丸印の傍の數字は全潰/半潰、

●印は全潰/半潰<1, ○印は全潰/半潰>1。(40万分の1地圖)。

- |         |          |          |         |         |         |
|---------|----------|----------|---------|---------|---------|
| 1. 湊村   | 2. 神野村   | 3. 久美濱町  | 4. 間人村  | 5. 深田村  | 6. 溝谷村  |
| 7. 吉野村  | 8. 新山村   | 9. 河邊村   | 10. 五箇村 | 11. 三重村 | 12. 常吉村 |
| 14. 岩屋村 | 14. 加悦町  | 15. 府中村  | 16. 濱詰村 | 17. 網野村 | 18. 鳥取村 |
| 19. 島津村 | 20. 木津村  | 21. 郷中村  | 22. 丹波村 | 23. 峰山町 | 24. 吉原村 |
| 25. 長善村 | 26. 口大野村 | 27. 奥大野村 | 28. 岩瀧町 | 29. 山田村 | 30. 市場村 |
| 31. 石川村 | 32. 三河内村 | 33. 桑岡村  |         |         |         |



第2圖 北伊豆地震 (1930 XI 26)。丸印の傍の數字は全潰/半潰，  
●印は全潰/半潰<1，○は全潰/半潰>1。(40万分の1地圖)。

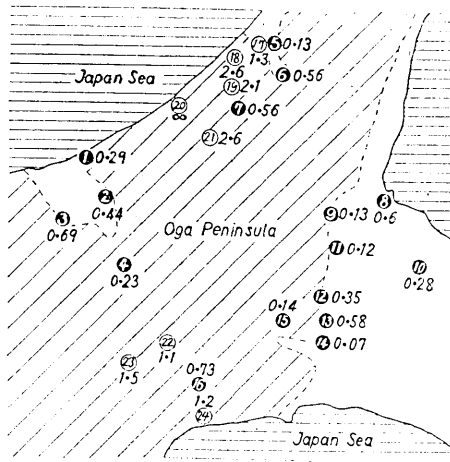
1. 三島町 2. 錦田村 3. 中郷村 4. 西浦村 5. 内浦村 6. 田中村  
7. 修善寺町 8. 下狩野村 9. 中大見村 10. 上大見村 11. 中狩野村 12. 上狩野村  
13. 熱海町 14. 上多賀村 15. 函南村 16. 菲山村 17. 江間村 18. 北狩野村  
19. 下大見村。

よるものと考えられる。(南海地震の際に高知市下知において、この有様をよく見きわめた人があつた)

丹後地震 (1927 III 7), 北伊豆地震 (1930 XI 26), 男鹿地震 (1939 V 1), 長野地震 (1941 VII 15), 東海地震 (1944 XII 7) の被害地について家屋の全潰と半潰の比をとり、その数を地圖に書き入れたものを第1~5圖に示す。これらの圖中で、無地のところは沖積層、斜線を入れたところは沖積層以外の地盤である。又、丸の傍の數字は全潰/半潰の比を示し、黒丸は全潰/半潰<1、白丸は全潰/半潰>1を示す。關東地震 (1923 IX I) の舊東京市の非焼失區域の木造家屋の全潰/半潰の比を沖積層上と洪積層、第三紀層上とに分けて第I表に示す。

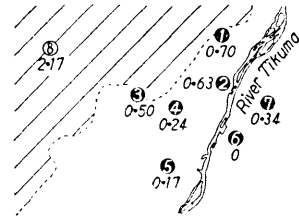
第1~5圖を見て直ちにわかることは、沖積層上では全潰/半潰の比が1より小さいところが多く、その他の地盤上では逆に全潰/半潰>1のところが多いことである。1891から1947までの間の家屋の震害について各町村毎に全潰と半潰の比をとつて集計したもの、この性質を明かに示した<sup>2)</sup>。

2) 金井 清, 地震研究所彙報, 25 (1947), 63.



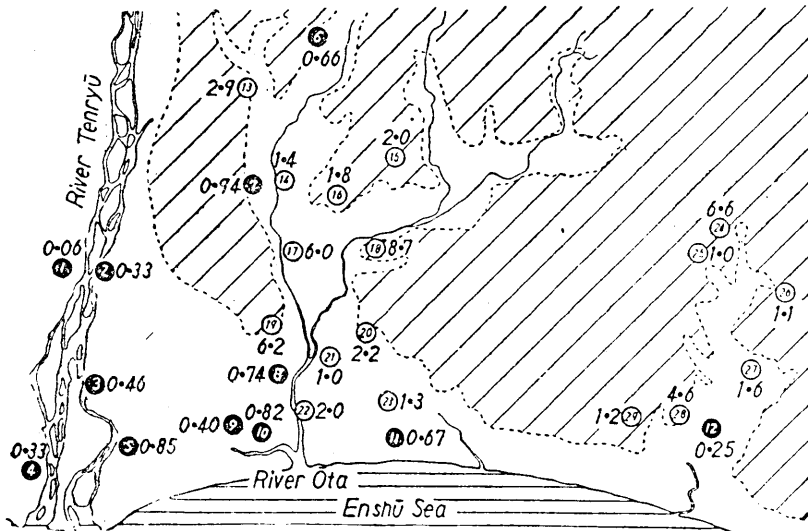
第3圖 男鹿地震 (1939 V 1)。丸印の傍の数字は全潰/半潰、●印は全潰/半潰<1、○印は全潰/半潰>1。(20万分の1地圖)。

- |        |        |        |         |
|--------|--------|--------|---------|
| 1. 濱間口 | 2. 中間口 | 3. 山田  | 4. 瀧川   |
| 5. 橋木川 | 6. 中間石 | 7. 箱井  | 8. 瀧川   |
| 9. 百川  | 10. 渡部 | 11. 樽井 | 12. 浦田  |
| 13. 飯森 | 14. 大地 | 15. 岩倉 | 16. 比詰  |
| 17. 高屋 | 18. 地谷 | 19. 石神 | 20. 安田  |
| 21. 琴川 | 22. 田中 | 23. 馬生 | 24. 羽立。 |



第4圖 長野地震 (1941 VII 15)。丸印の傍の数字は全潰/半潰、●印は全潰/半潰<1、○印は全潰/半潰>1。(40万分の1地圖)。

- |        |         |        |
|--------|---------|--------|
| 1. 神郷村 | 2. 長沼村  | 3. 若槻村 |
| 4. 古里村 | 5. 朝陽村  | 6. 日野村 |
| 7. 豊洲村 | 8. 淺川村。 |        |



第5圖 東海地震 1944 XII 7)。丸印の傍の数字は全潰/半潰、●印は全潰/半潰<1、○印は全潰/半潰>1。(30万分の1地圖)。

- |          |          |          |          |          |         |
|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| 1. 中ノ町村  | 2. 池田村   | 3. 十東村   | 4. 河輪村   | 5. 袖浦村   | 6. 園田村  |
| 7. 向笠村   | 8. 南御厨村  | 9. 於保村   | 10. 福田町  | 11. 幸浦村  | 12. 千濱村 |
| 13. 三川村  | 14. 今井村  | 15. 久努村  | 16. 久努西村 | 17. 田原村  | 18. 袋井町 |
| 19. 御厨村  | 20. 上淺羽村 | 21. 西淺羽村 | 22. 豊濱村  | 23. 東淺羽村 | 24. 加茂村 |
| 25. 中内田村 | 26. 横地村  | 27. 平田村  | 28. 中村   | 29. 大坂村。 |         |

第 I 表 關東地震 (1923 IX 1) の際の舊東京市の非焼失區域  
における木造家屋の被害

舊 區 名	沖 積 層			洪積層, 第三紀層		
	全潰	半潰	全潰 半潰	全潰	半潰	全潰 半潰
麴 町	61	46	1.3	259	43	6.0
神 田	1204	561	2.1	—	—	—
日本橋	28	175	0.2	—	—	—
京 橋	47	38	1.2	34	15	2.3
赤 坂	172	122	1.4	—	—	—
下 谷	480	463	1.0	102	26	3.9
淺 草	1967	1821	1.1	22	9	2.4
本 所	4426	4712	0.9	—	—	—
深 川	2064	1689	1.2	—	—	—
牛 込	66	132	0.5	—	—	—
本 郷	36	50	0.7	14	3	4.7
計	10551	9809	1.1	431	96	4.5

舊來の日本家屋の構造は、接合は柄仕口に頼り、基礎が不十分で土台のないものさへある等の條件を考慮に入れると、以上の事實は次のように説明することができる。即ち、硬い地盤上では家屋は主として地震動による振動的原因で破壊するから中途半端な破壊状態に止る可能性が比較的少ないのに反して、軟い地盤上では基礎の不同沈下等の地震動の二次的作用で家屋の破壊が起る場合が割合に多いから局部的破壊に終る可能性が多いと考えられる。

尙、全潰家屋數に對する死者數の割合が、主として不同沈下等の原因による家屋の倒潰の場合の方が、主として振動的原因による場合よりも大きいという統計的結果は、家屋は相當回數の振動の繰返がなければ倒潰しない<sup>3)</sup>ということで一應説明がつく。

しかし、木造建物でも、いわゆる、舊來の日本式家屋以外のものの震害状態は以上の状態とは大分違うようである。例えば東海地震 (1944 XII 7) の際の名古屋市における木造小學校建物の被害状態は第 II 表のようになる。

この種の木造建物では、2 階建の柱や壁の損傷は山手と下町とが殆ど等しく、1 階建では山手の損傷の方が下町のそれの 2 倍位大きいことが第 II 表から統計的に言え、前述の木造家屋の被害とは全く逆の傾向をとり、むしろ非木造建物の震害状態<sup>4)</sup>に近い。

3) 金井 清, 昭和24年 9月20日, 地震研究所談話會發表

4) 金井 清, 地震研究所彙報, 27 (1949), 97; 29 (1951), 219.

第 II 表 東海地震 (1944 XII 7) の際の名古屋市  
における木造小學校建物の被害

階数	地盤	調査 総数	瓦の 損害率 (%)	柱, 壁の損害率 (%)		
				1 階 最大	2 階 最大	計
2	山手	99	42	19	28	48
	下町	63	49	3	46	49
1	山手	44	35	—	55	—
	下町	41	32	—	27	—

又、2階建において柱壁の最大の損害を受けた場所が山手では2階と1階で大した差がないが、下町では2階で最大の損害を受けた建物数が断然多い状態も非木造建物の震害状態<sup>5)</sup>に似ている。

次に、第 II 表から瓦の損傷は2階建の方が1階建よりも幾分大きい、山手と下町ではほとんど差がないことがわかる。建物の瓦は加速度で損傷すると考えてよさそうだから、<sup>6)</sup> この場合には建物に影響を與えるような地震動の加速度は山手と下町で大差がなかつたものと推察される。

名古屋市における調査は愛知県建築部の御援助と名古屋市内各小學校の御助力によつて行はれたもので、こゝに關係者の方々に厚く御禮を申し述べる。

5) 金井 清, 前田 4).

6) 金井 清, 前田 1).

## 18. *On the Damage to Japanese-style Buildings due to Earthquakes.*

By Kiyoshi KANAI,

Earthquake Research Institute.

In order to clear up the dynamical actions of the earthquakes causing damage to the Japanese-style wooden buildings we studied the relation among the totally-destroyed, semi-destroyed buildings and the ground conditions using the data of the past great earthquakes of 1891-1947.

In Figs. 1-5, marks ○ and ● indicate that the ratio of the number of the totally-destroyed buildings to that of the semi-destroyed buildings is larger and smaller than unity respectively. The blank area and the hatched area in these figures indicate alluvium and other geological formations respectively.

These figures show that Japanese-style wooden buildings are liable to be semi-destroyed by earthquake on the alluvium, while they are liable to be totally-destroyed on other geological formations.

From the above investigations, we found that there are two kinds of reasons for the damage done to Japanese-style wooden buildings by earthquakes from the dynamical point of view, one being the condition subjected to pure vibrational forces and the other the secondary condition caused by seismic vibrations, namely, the inequality in the settling of the foundation of buildings. The former conditions occur mainly on firm or rigid ground in the case of safe or else totally-destroyed buildings, whereas the latter conditions take place mostly on soft ground with regard to large number of semi-destroyed buildings.