東京における安政江戸地震と関東大地震 の被害についての一考察

正 会 員 望 月 利 男*

正 会 員 宮 野 道 雄**

1. はじめに

近地内陸型地震（直下型地震）と海洋性巨大地震によって大被害をうけ、かつ、その記録がよく残されている地域の被害を再検討すれば、被害分布、その発生状況の記述などから両者の地震動の差異についてあるいは被害予測にとって少なからぬ情報が得られると考えられる。ただ、そのような例は極めて少なく、東京（江戸）における1855年安政江戸地震と1923年関東大地震の震災記録は、そのような観点からみて、実に貴重な資料である。

安政江戸地震（ $M=6.9$ ）は、その震源が亀戸—亀有の線と考えられている、いわゆる直下型地震であるが、東京に及ぼした被害という点からみれば、一見、関東大地震の場合と極めてよく似ているとみなされてきた。すなわち、上記二つの地震のいずれにおいても、各地区の地盤条件によってほぼ全般的な被害の程度が定まり、安政江戸地震における大被害地域は、最近の直下型地震、例えば1974年伊豆半島沖地震、1975年大分県中部地震のように断層に沿って狭い幅の帯状に分布しているようにはみえず、被害範囲は低地を中心にかなり広域にわたっているとの見方である。これは厚い沖積層下に震源をもつ、あるいは震源が深い直下型地震の特徴であろうか。もしそうだとすれば、直下型地震であってもこのようなタイプの地震では、東京都区内程度の地域にその広がりを限定した場合、マクロにみて海洋性巨大地震による被害特性との間に大きな差異は生じないということになる。

本報告では大被害を与えた直下型地震と海洋性巨大地震の記録がかなり詳しく残されている唯一の大都市東京を対象とし、上記のような概念の妥当性と限界を明らかにするために、両地震の被害状況をより詳細に洗い直し、かつそれを比較することにより、両者の被害特性およびその類似性と差異などについて地盤特性と関連付けながら考えてみる。

2. 安政江戸地震当時の江戸と震災の概要

（1）当時の江戸の市街地と町家建物について

都市的土地利用のみられる範囲を市街地と規定すると、江戸の市街地は当時としては非常に広範囲にわたっていた。江戸市街地の面積については、1869年に行われた市街地面積調査があり、これによると武家地3865.3ha、寺社地879.9ha、町人地891.3ha、合計5636.5haとなっている（内藤、1975）¹⁾。しかし、この範囲は狭義の御府内の範囲（この範囲は必ずしも明確ではない）に相当し、周辺部のかなりの部分や、街道筋に線状に突出した市街地連続部などは、大体において除外されていたらしい。正井（1975）²⁾は上記の御府内以外の地域を含めた1860年頃の大江戸の土地利用別面積を測定した。それによれば、市街地総面積は7792haであり、広義の武家地は4979ha、すなわち、市街地の約64.0%を占めていたという。一方、町人地（町家）は1626ha、20.9%、残りの約15%が寺社である。

これに対する人口および戸数は、武家が概算で50～70万人、寺社地で5～6万人、町人573619人、町家戸数（釜数） $\div 142350$ （以上、安政元年、1854年）と記載されている³⁾。したがって、町人地は極めて過密であり、その人口密度は現在23区で最も高い台東区の2倍を越える。ところで、安政江戸地震の被害集計は町方火消番組毎にまとめられており、町家の被害はほぼ把握できる。しかし、武家方の被害は、それを公にすることを憚る風潮があったとのことで、全体的には推定の域をでていない。それ故、主として町方の被害を検討することにし、当時の町家建物の造りなどを概略する。

表通りの町家は土蔵造り、塗屋造り、焼屋の三種があり、前二者は耐火建築であるが、その違いは土壁の厚さによる。土蔵造りは主として大商人の店蔵として使用され、壁、軒裏、骨組は全て厚い土塗り漆喰仕上である。これに対し塗屋は、外まわり、特に2階部分土壁漆喰仕上にしたもので、一般に1階正面と側面、背面は木造のままであり、表通りに借地して家のみを有する地借家持層の住宅に多い。全く耐火的な配慮をしていない町家は焼屋で、外壁は下見板を張っただけのものであり、店子

* 東京都立大学工学部・助手・工博

** 東京都立大学工学部・大学院生・工修

（昭和51年11月2日本稿受理・討論期限昭和52年9月末日）

層（表通りに面しない裏長屋の住人）住宅に多い。そして、表通りのほとんどは瓦葺き建物である（詳しくは、例えば、内藤¹⁾など）。

図-1 は、町家と街道のみを示した当時の江戸市街地であるが、これらの町家は日本橋を核として、北は神田または上野辺から南は新橋に至る集中地区と、中心から放射状に伸びる列として分布している。面的な広がりを見事に伴った町家は中心部の他にも何ヶ所かみられ、最も顕著なものは浅草方面である。その他では大川沿い、護国寺の音羽門前町、永代寺、伝通院、増上寺などの各門前町等である。また、町家は主要街道沿いにもよく発達していることがわかる。そして、小規模な町家まで含めれば、1 km² 以上にわたって町家が全く存在しない所は、江戸城から丸の内、日比谷にかけての中心部のみである。以下、東京都(1973)³⁾などを引用し、地震と被害およびその検討を進める。

(2) 地震動および被害の発生状況について

文献 3) には、ゆれ方、地震動の時間的推移、継続時間、建物及び人的被害の発生状況に関する体験談が少なからず記載されている。それらによれば、(i) 最初にかなりの上下動があった。(ii) 最近の直下型地震である

1974 年伊豆半島沖地震、1975 年大分県中部地震の震央域近辺での住民の話のように極く短時間のゆれではなく、主要動がかなりの時間継続した。(iii) 大被害をうけた地区の建物の多くは、地震のかなり初期の段階で倒壊したようである。ために、圧死または倒れた家の下敷きになって逃げ出せないでいるところに火災が発生、あるいは延焼が及んで焼死したとの記述がほとんどである。すなわち、吉原(死者 1074 名)を除けば、火災によって逃げ場を失い路上、広場等で生じたと推定される死者の記録はほとんど見出せない。

(3) 被害集計

この地震による死者は、町人約 4700、武家方で 2000、大約してその総数は 7000 名位、また、町家および土蔵の全壊は大体家 1 万 4~5 千、土蔵約 1500 ケ所、それに大名家やその長屋を加えて、全壊住家は 1 万 5~6 千位と推定されている。そして、この地震により住家全壊の生じた範囲は東西約 25 km、南北約 80 km といわれている。なお、上記の被害集計の江戸府内における各地区の内訳は、当時の町方火消番組毎にまとめられている³⁾。

前述したように、武家方の被害は十分には把握されて

いない。それ故、以下に町方の被害にのみ限定してまとめ直してみる。戸数と家数(釜数)あるいは棟数など、住家の数え方には常にあいまいさがあり、当時の記録もまた明瞭でない地区もあるが、一応母数を前記の 142350 とすれば、江戸全体の町家における住家全壊率は 10% 強程度になる。その内訳を示せば、表-1 のようであり、次のようにして作成した。

i) 従往古地震御届書記誌之一および時風録の江戸町火消番組の所轄範囲³⁾を、そこに記されている代表的な町名あるいは地域範囲と、正井(1975)²⁾の地図および古地図との対応から推測する。

ii) 各火消番組の所轄範囲の町家面積を地図²⁾から計算する。このとき、i) で所轄範囲が推定不能な地区については、幾つかの火消番組をまとめて扱う。表-1 の最左欄がここで区分した各地区の代表的な地名であり、④が上記のようにして算定した各地区の面積である。

iii) 当時の江戸府内の町家の著しい過密性(ほとんど極限状態にあった)からみて、地域によりその家屋密度に大きな違いは存在しないと推測される。それ故、前記約 142350 と推定されている総

図-1 1860 年頃の町家分布と安政江戸地震および関東大地震における社寺の全壊位置(文献 1), 2) より作成)

表-1 安政江戸地震地区別被害集計

地 名 (町 名)	① 死 者 (人)	② 潰 家 (軒 or 棟)	③ 土蔵全壊 (所)	④ 面 積 (ha)	⑤ 戸 数 (戸)	②/⑤ 全 壊 率 (%)	③/④ 土 蔵 (所/ha)	①/② 死者/潰家 (人/軒 or 棟)
1. 芝金杉他 (金杉橋南方麻布一円)	18	115	10	85.5	10 047	1.1	0.12	0.16
2. 麻布谷町 (麻布全福寺門前町)	10	34	0	46.4	5 445	0.6	0	0.29
3. 麴町, 牛込, 四谷一円	63	337	39	113.4	13 322	2.5	0.34	0.19
4. 駒込, 小石川, 小日向辺一円	30	743	19	98.5	11 571	6.4	0.19	0.04
5. 外神田 (佐久間町), 湯島本郷辺	24	66	6	27.6	3 236	2.0	0.22	0.36
6. 今川橋より北方内神田一円	75	154	32	61.0	7 168	2.1	0.52	0.49
7. 京橋より南方新橋まで左右御堀端限 り	5	(6)	5	47.1	5 537	(0.2)	0.11	
8. 中橋より南方左右御堀端まで京橋限 り	29	66	18	27.5	3 225	2.0	0.65	0.44
9. 日本橋南方より左右御堀端まで通り 4丁目限り	17	42	7	35.5	4 168	1.0	0.20	0.40
10. 日本橋より今川橋まで	96	133	23	32.4	3 808	3.5	0.71	0.72
11. 本 八 丁 堀 町	69	156	26	62.1	7 925	2.1	0.42	0.44
12. 葺屋町より両国, 横山町, お玉ヶ池辺	86	185	57	89.7	10 537	1.8	0.64	0.46
13. 上野辺, 山下, 下谷, 谷中	366	1 525	138	49.6	5 826	26.2	2.78	0.24
14. 浅草阿倍川町, 浅草御門外から花川 戸辺	643	1 301	42	86.1	10 109	12.9	0.49	0.49
15. 浅 草 兼 房 町	81	494	63	35.7	4 198	11.8	1.76	0.16
16. 本 所	384	2 307	116	82.6	9 699	23.8	1.41	0.17
17. 南本所元町他, 深川熊井町他	1 660	8 318	807	143.7	16 875	49.3	5.62	0.20

表-2 関東大地震と安政江戸地震による東京市内の被害

旧 区 名	木造建物全壊率 (%)		土 蔵 全 壊 数 土 蔵 総 数		寺社の倒壊数		圧死および倒壊家屋 の下敷で焼死		町家面積 (1860年頃) (ha)	備 考
	関 東	安 政	関 東	安 政	関 東	安 政	関 東	安 政		
麴 町	0.92	2.1	³ 338	6	2	0	49*	13**	18.5	* 内外ビル倒壊圧死 49 ** 大名屋敷での死者約 1370
日 本 橋	0.45	1.9	⁰ 6 072	94	0	0	6	192	145.2	
神 田	6.73	(2.1)	⁰ 3 553	35	0 (1)	0	154*	128**	101.5	* 女子職業学校寄宿舎倒壊死者 71 ** 武家方の死者約 250
京 橋	0.41	1.3	⁰ 2 621	42	0	1	13	73	136.8	
芝	1.36	1.1	¹ 1 256	10	18 (1)	0	105*	94	121.3	* 工場の 2, 3 階全壊で死者 93
麻 布	2.25	0.9	⁵ 511		18 (1)	0	9	14	46.4	
赤 坂	2.99		³ 413		6	0	5	9	22.1	
四 谷	0.58	2.1	¹⁶ 550	20	0 (3)	0	0	17	58.8	
牛 込	1.02	2.1	⁴ 707	13	10	0	11	9	36.2	
小 石 川	0.62	6.4	⁶ 589	22	0 (3)	0	74*	22	56.4	* 作業場, 工場の倒壊で圧死 74
本 郷	0.72	2.1	⁰ 933		19 (2)	2	0	23	42.2	
下 谷	3.67	26.1	¹ 995	138	14(10)	11	0	314	49.6	
浅 草	7.40	12.5	⁰ 1 780	105	0 (1)	6	53	⁵⁷² (1 074)*	140.1	* 新吉原の死者
本 所	13.41	23.8	⁰ 1 016	923	1	9	27	940	92.3	
深 川	7.81	49.3	³ 1 199		0	6	108	1 236	134.0	
合 計	4.00	10.0	³⁹ 22 533	1 408	88(22)	35	614	3 656*	1 201.4	* この他に新吉原の死者 1 074

注: 1) 木造建物全壊率・神田 (2.1) は外神田のみ

2) 寺社の倒壊数・関東の () 内は文献 4), () 外は文献 6) による

戸数が、いずれの町家地区とも等密度で分布していたと仮定する。表の⑤がそのようにして推定した各地区の総戸数である。

iv) 以上より各地区の住家全壊率は ②/⑤ (%) で推定する。

v) 土蔵の被害については母数(当時の土蔵総数)が不明なため、ここでは各地区の町家の単位面積当りの全壊数で表わす。

vi) 表-1 の最終欄は全壊住家1戸(棟)当りの死者数であり、①/② で算出している。

次に、表-1 および表-1 の作成における ii) と同様にして算出した旧東京市各区の町家面積に基づき、安政江戸地震当時の町家の幾つかの被害を上記各区毎に集計することを試みた。これは、関東大地震時の各区の被害と比較するためである。

表-2 は旧東京市 15 区における関東大地震時の被害とそれに相当する安政江戸地震の町家地区などの被害を幾つか示したものである。安政江戸地震の被害の集計方法について若干説明すれば、まず前記火消番組の分担地域を旧東京市内 15 区の各区との地図上における対応性から、区内に含まれる面積比に応じて各火消番組の全壊住家数、同土蔵数を配分した。ここで、前記 iii) の仮定

図-3 安政江戸地震における死者数と住家全壊数の関係

に基づけば、住家全壊率は算定できる。以上のような諸仮定があるため、表の全壊率は概数である。

社寺(神社、仏閣)の倒壊数については、文献 3) の種々の記述において、本堂など主要な部分まで倒壊した

ものに限定している。なお、関東大地震については、震災予防調査会(1925)⁴⁾に示されている。なお、その位置については図-1 に記号を区分して示した。後述するように関東大地震時の社寺の全壊数は文献によって異っており、図-1 では、町名までわかっている 4) についてのみ示した。

安政江戸地震における死者数については、火消番組の集計のみならず、文献 3) に各町別の記述があり、これを古地図を参照しながらプロットしてゆけば、かなり詳細な分布を知ることができる。表-2 の値は、そのような作業図と火消番組の集計の両者から推定したものである。

図-2 は江戸府内を 500×500 m でメッシュ化し、その中に含まれる町家面積を算出して、1 ha 当りの死者数を4段階に区分して示したものである。図-3 は各地区の火消番組毎の住家全壊数と死者数の関係である。かなりばらつきはあるが、死者数と住家倒壊数はおおよそ一定の関係をもっており、図中の直線は、 S を死者数、 T を全壊住家数として、次式で表わせる。また、図中

$$S = (T/2.1)^{0.893} \dots\dots\dots (1)$$

図-2 安政江戸地震における町方の 1 ha 当りの死者数の分布

の数字は表—1 の地名番号である。

3. 東京における関東大地震の被害の幾つかについて

ここでは、安政江戸地震の東京（江戸）における被害との比較および後の地盤構成と被害の関係の検討を行う際に対象とする被害に限定して、その概要と若干の集計を行う。

（1）木造建物の被害の地域分布

一般に関東大地震における木造建物の被害分布などは旧区毎に、あるいは警察署の管轄区毎に集計されているが、地盤構成と被害の関係などを詳細に検討するためには、より細分化された地域の被害の諸量が必要である。すなわち、山の手台地と下町低地、山の手台地と台地を刻む谷、あるいはその三者が入り交ったような地区では、特にそのことが強く要求される。それ故、当時の町単位の戸数に関する資料（東京市、1920）⁵⁾ を東京都公文書館で見出し、各町毎の全壊率、被害率を 4) から算定した。図—4 は、このようにして得られた各町の被害率を符号別にプロットしたものである。

（2）神社・寺院および土蔵の被害

安政江戸地震当時と関東大地震当時でその構造がほとんど変化していない構造物で、かつ比較的広く分布しているものは、神社、寺院および土蔵であろう。既に述べてきたように、安政江戸地震当時の住家は度重なる江戸の大火のために、その骨組を塗り込めたものが少なからずあったと推定され、必らずしも 1923 年頃の住家群と同一に考えることができない点がある。4) によれば、神社・寺院の全壊は 22 ケ所、半壊 20 ケ所とある（神社の全壊 4、半壊 2）。一方、東京府（1925）⁶⁾ によれば、東京市内の社寺倒壊数は 88 ケ所（神社 4）とあり、その差異は極めて大きい。この違いの理由はわからないが、いずれによっても山の手あるいは沖積層の薄い地区の方が、いわゆる下町低地より被害は著しい（図—1、表—

2)。次に土蔵の被害については、旧東京市内で全壊 39 とあり、その区毎の内訳が示されている⁷⁾。安政江戸地震に比べれば、その絶対値はわずかであり、その分布は四谷区の 16 を最高に、小石川 6、麻布 5、牛込 4 とつづき、社寺の場合と同様、明らかに山の手地区の被害が多く、下町低地では極くわずかである（表—2）。そして、関東大地震時の土蔵の総数は 23 056 と記録されているから、その全壊率は 0.17% と極めて低いことがわかる。

（3）建物倒壊に伴う人的被害

関東大地震における東京市内の死者の合計は 52 029 とあるが、そのうち、地震時の倒壊時の建物の倒壊などが直接の原因で生じた死者数は 470 に過ぎない⁸⁾。ただし、これに建物の倒壊の下敷きとなり、その後火災のために失われた人命を加えると 614 となる。また、このうち一般家屋などにおける死者は 216 と推定される。ところで、上記の死者数 614 から、明らかに木造建物以外のレンガ、あるいはコンクリート造構造物などの倒壊が原因とみられる死者数 215 を差引けば、399 名（建物構造不明も含まれる）、対する木造建物の全壊数は 13 055、したがって、約 100 棟（戸）の木造建物の倒壊で 3 人の死者がでたことになる。なお、以上の死者の内訳についての計算はいずれも文献 6) の記述に基づいている。また、関東大地震における各区の死者数を表—2 に示した。

4. 東京における安政江戸地震と関東大地震の被害の比較

これまで述べてきた被害集計およびその地域分布から、この両地震における東京（江戸）の被害について、幾つかの類似点、相異点が見出せる。以下、それらの点について若干まとめてみる。

（1）住家被害数とその分布

旧東京市全域についていえば、安政江戸地震による全壊率はおおよそ 10% 強、関東大地震約 4% であり、明らかに前者の被害率の方が著しい。両者ともその被害は地盤と高い相関性をもっており、下町低地、谷底低地などで著しいが、安政江戸地震における深川、本所、下谷、浅草（特に北部）など東部地区の被害は南北に連って特に顕著である（図—2、表—1, 2）。これは単に地盤の差異というだけでなく、対象地域を旧東京市程度に限定した場合でも、震源（断層線）からの距離の影響が無視できないことを推測させる。

（2）土蔵・社寺の被害とその分布

神社・寺院建築は部材の太さなどからみて剛な建物であると推測するが、これらの被害には共通した明瞭な地域（地盤）特性がみら

図—4 関東大地震による木造建物被害率分布（各町毎に算出）

れる。すなわち、安政江戸地震における土蔵の全壊は町家のみで約 1500、社寺（ほとんど寺院）の全壊は 35、その他亀戸辺で 4 と読みとれるが、表—2、図—1 が示すようにいずれも前記東部地区で著しく、社寺についてはその対比が特に顕著である。

一方、関東大地震における土蔵の全壊は、明らかに山の手で多く（表—2）、社寺についても全く同様にいえる。また、関東大地震の被害でみる限り、土蔵はこわれにくい構造物である（全壊率 0.17%）。これらの建物は両地震時においてその構造（振動特性）が大きく異なるものであったとは考えられないにもかかわらず、被害と地盤の関係は全く逆になっている。そして、この事実は二つの地震の特性の差異を示す重要なポイントであると考ええる。寺院などもまた短周期構造物であるとすれば、従来いわれてきた表層地盤との共振説は関東大地震の被害を説明する限りにおいては矛盾しない。しかし、安政江戸地震におけるこの事実は如何ように説明できるのだろうか。被害程度とその分布を振動的に解釈する限り、安政江戸地震時には軟弱層厚の大きい下町低地においても短周期地震動が卓越し、かつ、関東大地震に比べて加速度が大きく、その震源距離および地盤構成による地域差が著しかったということになる。

（3）建物の倒壊に伴う人的被害

前述したように、関東大地震においては、おおよそ 100 棟の木造建物の倒壊で 3 人の死者が生じたことになるが、安政江戸地震では 100 棟で 25～26 人とその比率は著しく高い。そして、安政江戸地震の死者数の地域的な内訳をみると深川、本所、浅草北方で顕著であるが、倒壊住家数に対する死者数の比率としては、日本橋、京橋、神田、浅草など江戸町家の中核的な地区が高い。これらは図—3 の直線の右下側に集中する地区であり、その内訳は表—1 から知ることができる。すなわち、日本橋 (10) が 72 人/100 戸（分母は倒壊住家数）、同 (12) が 46 人/100 戸、神田 (6) が 49 人/100 戸などであり、本所、深川 (16)、(17) は 17～20 人/100 戸となっている。この理由としては町家の建物構造を考えることができよう。前述したように町家は土蔵造、塗屋、焼屋の 3 種の構造の建物で構成されており、大商人の店は土蔵造りであった。これより、江戸町家の中核であった上記の日本橋をはじめとする地区では土蔵造が他の周辺地区に比べて一段と集中していたことは容易に推測できる。結局、日本橋、京橋、神田など江戸町家の中核をなしていた地区では、建物の全壊などの被害は小さかったが、その建物構造のために、高い死者比率（＝死者数/倒壊建物数）を示したといえよう。このような地区を除いてもなお安政江戸地震における死者比率は 16～20 人/100 戸程度であり、これは関東大地震における値のおおよそ 6 倍に達する。また、特に剛構造物の被害が著しいこと、

図—5 安政江戸地震における死者数と震源（線）までの距離の関係

あるいは前記大被害地域における倒壊に関する記述などからみて、建物の被害はほとんど逃げ出すゆとりがないほど急激に生じたと推定される。

図—5 は安政江戸地震の震源とみなされている亀戸、亀有を結んだ線から、前記死者数（人/ha）を求めた各地点までの最短距離を横軸として、その地点での死者数をプロットしたものである。図では下町低地、谷底低地、台地の値を記号別に示してあるが、江戸府内に限っているため、下町低地が全般的に震源に近く、谷底低地、台地が比較的離れているといった片寄りがある。したがって、全体的な点の分布から距離のみの効果をみることはできないが、明らかに距離の増加とともに死者数の減少する傾向は認められる。

（4）地震火災について

図—6 は安政江戸地震時と関東大地震時の出火箇所の分布である。ただし、安政江戸地震時には出火箇所が不明な場合でも消失した地区については、その地区のほぼ中央付近に黒丸をプロットした。また、関東大地震時には、東京消防庁 (1974)⁷⁾に基づいてプロットしたものであるが、それによれば区部で 129 ケ所、郡部で 34 ケ所、そのうち薬品によるものが約 1/4 といわれている。図によれば両地震時とも下町低地で著しいが、関東大地震の方がより西方にまで広がっている。安政江戸地震時の火元は大体 50 ケ所、そのうち延焼したものは 45 ケ所といわれている。西部の牛込、四谷、赤坂、麻布、芝区では町家、武家のいずれから出火は生じていないようである。出火は家屋の倒壊、人心の混乱、すなわち地震動の強さと密接に関連するはずであり、安政江戸地震時には、たとえ谷底低地であっても震源から遠ざかるにしたがい、急激にその強さは低減したと推測さ

図一6 安政江戸地震と関東大地震における旧東京市内での出火箇所

れる。

ところで、安政江戸地震においては後の関東大地震時のように各地の火災が合流し、大広域の火災に至ることはなかった。この理由としては次の点があげられよう。

(i) 安政江戸地震は夜の 10 時頃であり、炊事時間からはずれており、かつ重大な出火源になるとと思われる行燈も就寝時間に入っていたためか、木造建物の全壊数に対する出火点数の比率が関東大地震時に比べて、概略 1/3 程度であった。

(ii) 安政江戸地震が発生した 1855 年 11 月 11 日夜はほとんど風が吹いていなかった。

(iii) 過密な町家の占める割合が江戸府内全面積の 20.9% に止っており、しかも日本橋など中心部を除けば、帯状の市街地を構成しており、延焼しにくいと同時に当時の破壊消防を中心とした消防活動からみて防止策が立てやすい。

(iv) 全面積の約 79% を占める大名、武家、社寺敷地には広大な空地を有するものが少なからずあり、それらは延焼防止に有効に作用した。

(v) 面的な町家市街地を構成する日本橋、京橋、外神田などの住家全壊率が比較的低かった。

(vi) 主要道路に沿う町家の家屋構造は土蔵造、塗屋であり、壁落ちが生じたとしても、裸木造に比べれば燃えにくい。

5. 重回帰分析による地盤構成と震害の関係の定量化の試み

木造建物の震害と地盤の関係については、例えば沖積層厚、表土層などがよく尺度として用いられているが、一概に沖積層といっても土質および力学的に様々な堆積物から成っており、一般性をもたせるためにはより共通性をもった尺度が必要といえる。それ故、ここでは土質、 N 値、層厚の関数として震害の程度を表わすことを試みた。

対象地域は主に旧東京市内とし、安政江戸地震については、前記 500×500 m でメッシュ化された各地区の死者数 (人/ha) を、また関東大地震については、各町における木造建物被害率を考え、それぞれの地区 (町) の地盤を最もよく表わしているとみなせるボーリング柱状図を選定し、重回帰分析法によって被害率 (死者数) を地盤の関数で表わそうとする。地盤構成については土質と N 値および形成年代でグループ化し、被害率 (死者数) P を次式の各地層の層厚 X_i

の関数で表わす。

$$P = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_n X_n \dots \dots \dots (2)$$

ここで、偏回帰係数を最適な条件で決定するわけであるが、 a_0 についてはゼロとおいた場合も求めた。なお、当該地区で適切なボーリング柱状図が得られない場合および関東大地震時の被害率で、その町の全戸数が 200 未満の場合は除外した。また、(2) 式の添え字 (No.) はそれぞれ次の土質に対応する。

- 1: 腐食土または泥炭
- 2: 沖積粘性土層 ($N \leq 5$)
- 3: " " ($N \geq 6$)
- 4: 沖積砂質土層
- 5: 洪積粘性土層
- 6: 洪積砂質土層 ($N \leq 49$)
- 7: " " ($N \geq 50$)
- 8: 洪積レキ層

また、各土層の層厚 X_i は m で計った値であり、 N は N 値を表わす。

図一7 (a) は安政江戸地震における各地区の死者数 (人/ha) の実測値と (3) 式で表わした地層構成と死者数の計算値の間の関係である。

図一7 (a) 安政江戸地震・死者数の実測値と計算値 (3) 式

図一7 (b) 安政江戸地震・死者数の実測値と計算値 (4) 式

$$P = 1.21 + 0.32 X_1 + 0.13 X_2 + 0.05 X_3 - 0.02 X_4 + 0.07 X_5 - 0.23 X_6 + 0.05 X_7 + 0.20 X_8 \dots\dots\dots (3)$$

(3) 式中で偏回帰係数が正で大きく、かつ層厚の大きい地層ほど被害に高く寄与していることになるが、部分的には逆転している項もあり、説明の付かない攪乱項 (a_0) が 1.21 とかなり高い値を示している。なお、図一5 (a) および (3) 式は下町低地と谷底低地の死者数 1 人/ha 以上の 86 地区を対象とした場合であり。死者数 1 人/ha 未満の資料は地盤構成などとの相関性が低く、それらを採用すると結果を大きく乱すため除外した。この点については、関東大地震に対する計算でも同様に被害率 1.0% 未満は除外して扱っており (90 地区)、この解析で行った幾つかの試みに関する限り、上記程度以下の小さな被害は現在では判別の困難なローカルな原因で生じているように推測される。したがって、ほとんどの地区が上記の被害程度以下の台地の検討結果は、地層分

類、 N 値による区分をどのように変えてみてもばらつきが大きく、妥当な説明の付けられるような回帰式は得られなかった。

図一7 (b) は、図一7 (a) における検討対象地層を沖積層 $X_1 \sim X_4$ (X_4 は N 値が 30 以下の沖積砂層) に限定し、かつ a_0 をゼロとおいた場合であり、回帰式は (4) 式で表わされる。

$$P = 0.64 X_1 + 0.30 X_2 + 0.07 X_3 + 0.20 X_4 \dots\dots\dots (4)$$

明らかに腐植土 (泥炭) 層の係数が最も大きく、沖積粘土層 ($N \leq 5$) がこれに続く。ただし、死者数 P (人/ha) の絶対値は $\sum (a_i \times X_i)$ で定まるから、 $N \leq 5$ の沖積粘性土層の著しく厚い地区が最も高い P の値を与える。なお、ここで対象としている地区の腐植土層の厚さ X_1 はたかだか数 m である。

ところで、図一3 より、住家全壊数と死者数の間には

図一8 (a) 関東大地震・木造建物被害率の実測値と計算値 (5) 式

図一8 (b) 関東大地震・木造建物被害率の実測値と計算値 (6) 式

おおよそ(1)式の関係がある。また、1.0 ha 当りの平均的な住家数は前述した江戸府内の推定家数および全町家面積から、 $142\,350\text{戸}/1\,626\text{ha} \div 88\text{戸/ha}$ となるから、ここで求めた死者数(人/ha)を住家全壊率に換算することは可能である。

(5)、(6)式および図—8(a)、(b)は同様にして関東大地震時の旧東京市内における木造建物被害率と地盤構成の関係式および実測値と計算値の間のばらつきの程度を示したものである。

$$\begin{aligned} P = & 5.29 + 0.62 X_1 + 0.25 X_2 - 0.10 X_3 \\ & - 0.16 X_4 - 0.04 X_5 - 0.28 X_6 - 0.02 X_7 \\ & - 0.03 X_8 \dots\dots\dots(5) \\ P = & 1.15 X_1 + 0.41 X_2 - 0.02 X_3 + 0.01 X_4 \\ & \dots\dots\dots(6) \end{aligned}$$

(5)式によれば、攪乱項が著しく大きな値を示しており、 X_3 以降の項は負になっている。ただし、式の解釈からすれば、これら負の項が実質的にも負の効果を示すというわけではなく、寄与度が小さいことを意味する。いいかえれば、東京都区内の下町および谷底低地の実際の地盤で P が負になる地区は計算上も存在しない。

(6)式によれば、被害率は安政江戸地震の(4)式におけると同様に、表層の腐食土(泥炭)層および $N \leq 5$ の軟弱な沖積粘土層によって定まっているが、この二つの地層の効き方は関東大地震に対する(6)式の方が顕著である。すなわち、 X_1 および X_2 の回帰係数は(6)式が(4)式よりかなり大きい。なお、図—7、8の各図からわかるとおり、死者数(人/ha)と被害率(%)はいずれも大体 1.0~30.0 弱の間にあり、その多くは 10.0 以下に分布しており、回帰式による値もほぼ同程度の値を示す。このような点からも関東大地震時の被害の方が安政江戸地震時よりも、軟弱地層の影響、いいかえれば地層構成の影響を強く反映しているといえよう。

ただ、両地震時ともばらつきは大きい。これは、建物群の構造、老朽度などの地域差、特に関東大地震時の延焼地域における地震動のみによる被害棟数算定精度の問題などが大きな理由と思われる。実際に、隣合った同様な地盤上の町々の間でもその被害率あるいは死者数に大

きな違いがみられるため、ローカルな人為的条件差を除去しない限り実測値と計算値の対応性が大きくばらつくことは避けられないところである。

すなわち、このような地盤構成のみからの被害率に関する回帰式もまた既に幾つか行われてきた沖積層厚と被害率の関係などと同様に、ならされた平均的な相関関係を与えるということになるが、例えば沖積層のなかでもどのような地層が被害に関与したかを、ある程度量的に知ることはできる。

6. おわりに

安政江戸地震と関東大地震が東京(江戸)に与えた被害の幾つかについて再整理し、その特性と相異点、類似点を検討した。その結果、直下型地震である安政江戸地震においては、住家、土蔵、社寺のいずれも東京東部に被害が集中しており、被害の地域差については地盤条件のみならず、震源からの距離の効果を無視できないことがわかった。また、振動的に解釈する限り、安政江戸地震時には軟弱層厚の大きい下町低地においても短周期地震動が卓越し、かつ関東大地震時に比べて加速度が大きく、その震源距離および地盤構成による地域差が顕著であったと推測される。さらに、地盤構成と被害の関係を重回帰分析法によってある程度量的に示した。

本研究は東京都防災会議の東京直下地震に関する調査研究の一部をなすものであり、末尾ながら関係各位の御協力と御指導に深く感謝する次第です。また、特に終始御指導いただいた東京都立大学工学部田治米辰雄教授、地盤関係で御助言、御協力いただいた同理学部松田磐余助教授に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 内藤 昌(1975): 江戸と江戸城, SD 選書, 鹿島出版会
- 2) 正井泰夫(1975): 2万分の1「江戸の都市的土地利用」, 地図, 日本国際地図学会, Vol. 13, No. 1
- 3) 東京都(1973): 安政江戸地震災害誌, 上巻, 下巻
- 4) 震災予防調査会(1925): 震災予防調査会報告, 第100号, 甲
- 5) 東京市(1920): 東京市勢統計原表, 大正9年
- 6) 東京府編(1925): 東京府大正震災誌, 大正14年5月5日, 昭和46年5月縮刷復刻版, 中外書房
- 7) 東京消防庁(1974): 東京の震災(安政・明治・関東大震災)

SYNOPSIS

U.D.C. 550.34(521.27) : 624.042.7

ON THE DAMAGE IN TOKYO CAUSED BY THE EARTHQUAKE ANSEI EDO, 1855 AND THE GREAT KANTO, 1923

by Dr. TOSHIO MOCHIZUKI and MICHIO MIYANO, Members
of A.I.J.

This paper investigates the difference and similarity of the damages in Tokyo caused by the Earthquake Ansei Edo, 1855 and the Great Kanto, 1923.

The results obtained may be summarised as follows.

On the Earthquake Ansei Edo, the large damages of houses, storehouses and temples are all caused at the east part of Tokyo. From this point of view, it is found that on the regional differences of damages, we must take account of not only the ground constitution but also the effect of the epicentral distance.