

# 伝統的木造建築の耐震性に関する調査研究

## — 関東地震による鎌倉市内の被害調査 —

坂本 功

### 1. はじめに

#### 1. 1 研究の目的

木造建物の再評価と共に、体育館をはじめとして、様々な用途の建物に木構造が採用されてきている。伝統的な構法で建てられてきた建築物についても同様の傾向が見られる。例えば、昭和40年代には、東京近郊の新築・改築の社寺建築の80%までが鉄筋コンクリート造であったが、平成元年には逆に70%は木造で建てられている<sup>文1)</sup>。ヒアリングによれば、改築の際には木造で造りたいという要望はかなり根強い。和風住宅や民家風住宅についても同様である。

ところで、これらの建物の軸組は、壁が少なく、主に柱で構成されているものが多い。したがって、耐力壁を主要な水平抵抗要素とする現在の考え方によれば、そのまま建設することは難しい。壁量の確保のために、付属屋などに壁を入れるか、図面上は壁を記入しても実際には作らない等の例が見られる。

こうした状態は、次の2つの理由によって引き起こされていると考えられる。第1は、工学的な構造安全性の研究が、これらの伝統的な木造建物には十分に及んでいなかったことである。壁だけを耐震要素と捉えた場合には、これらの建物をそのまま実現することは困難であるが、振動解析などの耐震性研究が進んだ現在では、地震時の靱性を含めた総合的な評価が重んじられつつあり、伝統的木造建築もそうした面からの再検討が可能であろう。

第2には、一方で、「従来の構法でも地震に対して十分に強い」と主張する人々（大工など）が沢山いるということである。しかし、こうした主張は、現在まで残ってきた建物事例を引き合いに出す以外に有力な資料はなく、定性的な推測の域を出ていない。伝統的な建物は、その様式的な束縛とこれらの人々の存在によって構法的な改良が停滞していたと言っておくべきであろう。

以上のいずれの状況も、工学的なデータ、研究の不足がもたらしたものと言える。すなわち、これらの建物は、現実的にかかなり建設されているにもかかわらず、現在の工学的・法規的な対象の外に置かれてきたのである。

本研究は、これらの問題に<sup>こた</sup>える端緒となるもので、まず、民家や社寺などの伝統的な建築物が、実際にどの

程度の耐震性を有していたかを定量的に把握することを目的としている。特に、建物の様式・構造形式・立地条件・壁（構法と量）などの要因とどのようにかかわっているかを明らかにしようとするものである。

この研究の成果は、多賀城などの城郭建築や平城京朱雀門などの史跡等、各地で計画・実施されようとしている伝統的建築物の復元にも有用な資料となることが期待できる。

#### 1. 2 研究方法の概要

以上の目的を達成する1つの方法は、相当数の伝統的木造建築が地震被害を生じた事例を詳細に調査することである。そこで、本研究では、関東地震と鎌倉という組み合わせを設定した。関東地震は、地震の規模的にも十分である上に、アンケートやヒアリング調査を行うのに際して、記録の充実度や対象者の記憶の確かさなどで都合が良い。また、鎌倉は、墓石の転倒などから関東地震の際にどの程度の揺れが加わったかを推定することがある程度可能で、かつ、伝統的木造建築が量的にも年代的にも幅広く存在していたことから、この調査にふさわしい。

具体的には、鎌倉市内の伝統的木造建築を可能な限り拾い出し、それらについてアンケート、文献調査及び補足ヒアリングを実施して、関東地震の際にどの部位にどのような被害を受けたかを調査する。並行して、関東地震による市内の震度の推定を行い、これらの建物がどの程度の耐震性を有していたかを探る。

### 2. 地盤調査

#### 2. 1 関東地震

関東地震は、1923年（大正12年）9月1日午前11時58分、関東地方南部を襲った。

震源地は、東経139.5°、北緯35.1°の地点で、規模はM7.9であった<sup>文2)</sup>。被害は東京を中心に神奈川、千葉、埼玉、茨城、静岡、山梨の1都6県に及んだ。神奈川県下の被害は全壊46,719戸、破損68,555戸をはじめ被害世帯数の総計は237,338戸となり、県下の全世帯数の86%にのぼった<sup>文3)</sup>。

鎌倉付近の推定最大加速度は310cm / s<sup>2</sup>、地震動方向は北北西であった<sup>文4)</sup>。

## 2. 2 鎌倉の地質と地形

現鎌倉市は、当時の鎌倉町、小坂村、腰越津村、玉縄村、深沢村より成り立っている。旧鎌倉町地区は、市街地である、鶴岡八幡宮を頂点とし相模湾に面した由比ヶ浜、材木座海岸を底辺とする3角形状の海拔約20mまでの平坦な低地と、この低地を取り囲む海拔80~100m前後の山より成る。これらの山は鎌倉石と呼ばれる水成岩、凝灰質粘土岩、砂岩でできている。この山を越えると旧玉縄村の大船駅周辺の水田地帯になっている。また、稲村ヶ崎から小動岬に至る七里ヶ浜は、海岸まで山麓が迫っており平坦地がほとんど発達せず、わずかに極楽寺川や行合川沿いに低地が見られるだけである。

## 2. 3 鎌倉の沖積層

木造建物の被害が一般に地盤の軟弱な沖積層地帯に大きいことは、過去の研究からも経験的にも知られている。

鎌倉市内の沖積層の厚さについては「神奈川県地質1」<sup>文5)</sup>「神奈川県地震被害想定調査報告書」<sup>文6)</sup>「土地分類基本調査 横須賀・三崎、藤沢・平塚、横浜」<sup>文7)</sup>「神奈川県地盤地質図」<sup>文8)</sup>に、鎌倉貝層の基底等深線図、沖積層等厚線図がある。その中から、本研究では鎌倉市内全域の

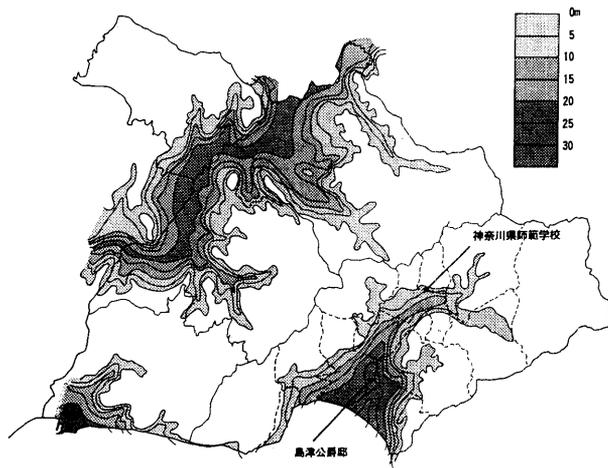


図2-1 鎌倉の沖積層等厚線図

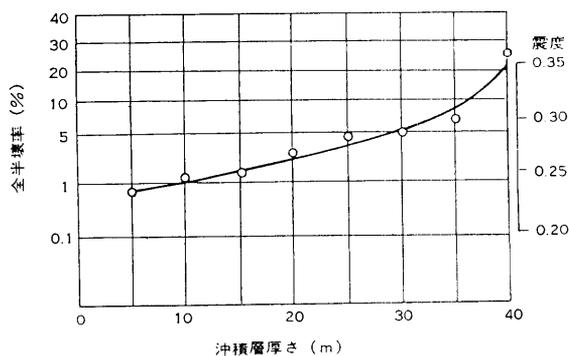


図2-2 沖積層厚さと震度

情報が充実していること及び縮尺が大きいという点で「神奈川県地盤地質図 付図II-7 三浦半島の沖積層等厚線図」を採用した。これを図2-1に示す。

これによると、鎌倉市内には大きく分けて3つの沖積層の厚い地域がみられる。1つは旧鎌倉町の市街地にあたる滑川沿岸の地域で沖積層が最も厚く発達しており、材木座海岸の河口付近では30m以上にもなっている。2つ目は稲村ヶ崎から小動岬にかかる七里ヶ浜沿岸で、旧腰越津村市街地である神戸川流域で厚くなっている。3つ目は現在の大船駅を中心として、旧玉縄村と旧小坂村、旧深沢村の村境一帯に広がる柏尾川流域である。

## 2. 4 沖積層厚さと地震の揺れ

地盤による地震動の増幅作用は、一般に地盤が軟らかいほど、また、軟らかい地盤が厚く堆積しているほど大きい。実際、関東地震後の余震の調査において、第三紀層の地盤である神奈川県師範学校校内の地盤とそこから2.3km離れた由比ヶ浜一ノ鳥居側島津公爵邸遺跡(推定沖積層厚さ25m)とでは、振動方向が北西、南東の地震で前者に対して後者は約5倍の震度を示している<sup>文4)</sup>。

また、関東地震の際の東京市内の建物の全半壊率と震度を沖積層厚さに対して描いてみると、図2-2のようになり、沖積層の厚さが増すにつれて震度が大きくなり、被害が大きくなっていくのが分かる<sup>文9)</sup>。

この図は、被害率から震度を推定したものであるが、沖積層の厚さにほぼ比例して震度は大きくなっている。

そこで、本研究では、以下沖積層の厚さを、震度、すなわち地震の揺れの大きさの指標として用いる。

## 3. 木造家屋被害調査

### 3. 1 家屋構造の種類と分布

当時の集落は、鶴岡八幡宮から由比ヶ浜へのびる若宮大路、乱橋材木座から腰越津村へのびる海岸通り、鶴岡八幡宮から建長寺、円覚寺、そして大船へと伸びる県道沿いに発達し、特に鶴岡八幡宮前、乱橋材木座の光明寺付近、長谷付近で密集していた。

地域別に見ると、雪ノ下から小町にかけての段葛には、旅館が建ち並び、郵便局、銀行をはじめ警察署など町の中心地となっていた。この辺りには、瓦屋根に交じって茅葺きの建物も見られ、2階建の建物に交じって、3階建の建物も見られた。由比ヶ浜、大町、乱橋材木座の海岸沿いは、当時最も開発されつつあった住宅地で、瓦屋根の新築貸家や洋館風別荘などが建ち並んでいた。反対に、山の方の十二所、二階堂といった地域は茅葺きの農家が点在しており、極楽寺付近も茅葺きの農家が通りに沿って点在していた。これらの農家は原則的に全て平屋である。長谷付近は道幅も狭く2階建の瓦屋根の家並みに交じって平屋の茅葺きの家が比較的にこじんまりとした町並

みを形成していた。

### 3.2 統計データ

鎌倉市の関東地震による住戸被害については「震災予防調査会報告」<sup>文4)</sup>「震災庶務書類」<sup>文10)</sup>「鎌倉震災誌」<sup>文11)</sup>に記載があるが、資料により当時の住戸数や被害戸数には差異が見られる。例えば、鎌倉町の記述を見ると、それぞれ2498戸中全壊2102戸<sup>文4)</sup>、4310戸中倒壊3954戸<sup>文10)</sup>、4183戸中全壊1455戸<sup>文11)</sup>となっている。

被害の分布と地盤条件の関係を考察する場合、一般に地盤条件の変化は激しいので、その地域全体の被害率とその構成集落の被害率とは大きな相違を示してくる。そのため被害の分布はなるべく小さな単位の統計資料を用いることが望ましい。そこで今回は、全体を見るときは旧町村単位の「震災予防調査会報告」を、細かく見るときは字単位の集計を行っている「鎌倉震災誌」のデータを採用することとした。

旧町村単位のデータによる被害分布を図3-1に、旧鎌倉町内の字単位のデータによる被害分布を図3-2に示す。

被害の最も大きかったのは鎌倉町で、中心地である大町、小町、雪ノ下、長谷、扇ヶ谷、乱橋材木座は、建物のほとんど全部が全壊又は半壊した上、一部は地震後の火災により焦土と化した。その他の西御門、二階堂、浄

明寺、十二所方面は、比較的被害は小さかった。

鎌倉町に次いで被害の大きかったのは、小坂村の山ノ内で鎌倉街道に面している両側の家屋は将棋倒しとなって県道をふさいだ。玉縄村は被害が少なく、腰越津村は地震後の火災で家屋150戸が焼失した。また、地震後間もなく海嘯が鎌倉海岸を襲い、由比ヶ浜の家屋10数戸が流失した<sup>文12)</sup>。

### 3.3 被害の様相と修理

北沢五郎<sup>文4)</sup>によると、関東地震による木造家屋の被害状態は、被害程度の軽いものからその状態を連記すると、以下のようなものである。

- 1) 屋根瓦の脱落したもの。
- 2) 軸部に変動又は損傷はなく塗壁又は漆喰天井に亀裂を生じたり、剝落したもの。土蔵造の塗壁の剝落したもの。木骨煉瓦造の煉瓦積の亀裂又は崩壊したもの。
- 3) 軸部に変動を生じ、梁、胴差、土台、鴨居又は長押等の横架材と柱との接合に緩み又は歪みを生じて傾斜したもの、2階家では階下は傾いたが階上の傾かなかったものが多く、階上のみ傾いたもの、階上階下共に傾いたもの、この際に筋違いの折れたもの。
- 4) 軸部（特に柱）に損傷を受け前記の各横架材（特に梁）と柱との接合点（梁と柱との仕口）において柱

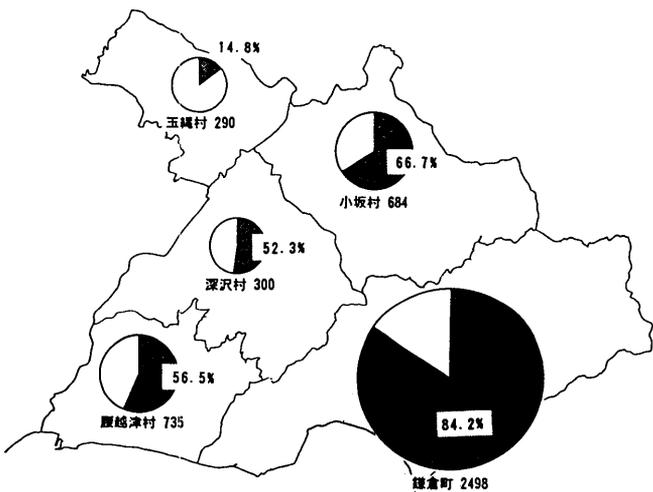


図3-1 町村別木造家屋被害  
データ出典：震災予防調査会報告第百号<sup>文4)</sup>

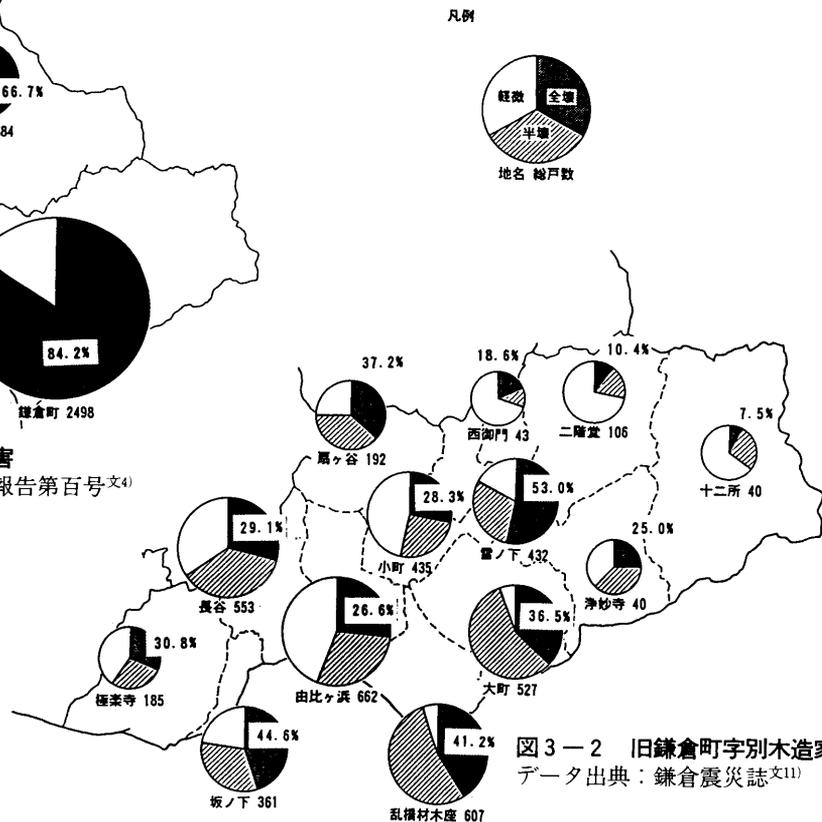


図3-2 旧鎌倉町字別木造家屋被害  
データ出典：鎌倉震災誌<sup>文11)</sup>

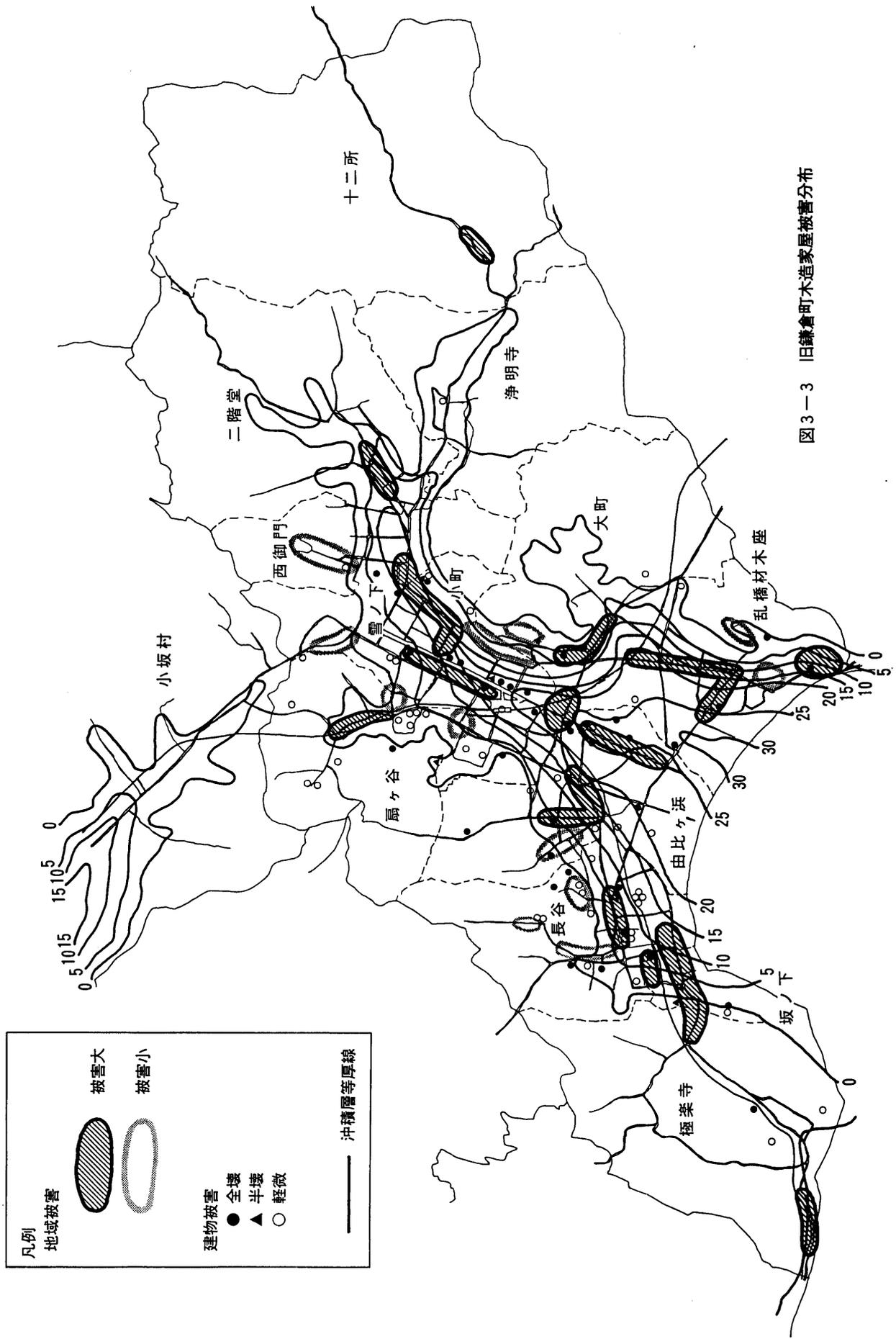


図3-3 旧鎌倉町木造家屋被害分布

が挫折したり、ほぞが抜け出したために大きく傾斜したものの。

5) 大傾斜しながら建物全体の移動したものの、又はその上基礎が土台の地中にめり込んだもの。

6) 軸部に大損傷を受け、各横架材との接合点において柱挫折し、倒壊したものの。

2階家においては階下は潰れたが階上は被害が少なかったもの、又は階下を残して階上のみ倒壊するもの、階上階下共に潰れたもの。

これらは東京も含めた木造家屋の被害一般を述べているが、鎌倉における被害も同様であった。そして、被害の大きい地域はがれきの山と化していた。

また、地元の大工によると、「同じ瓦葺きの屋根でも引掛椽瓦でなく上ぶせの瓦は地震で瓦を振り落とされ被害を免れたものもあり、震災後の建物は、この反省として瓦葺きからトタン葺きにするなど屋根を軽くする傾向が見られた」<sup>文13)</sup>という。

### 3. 4 被害の分布

旧鎌倉町について、被害の分布を図示すると図3-3のようになる。この図は、「鎌倉震災誌」<sup>文11)</sup>「大正大震災誌」<sup>文12)</sup>に被害の様相の記述のある字、小路、個人住宅及び公共建物の被害をプロットしたものである。

また、各字の被害の大きかった所をまとめたのが表3-1である。被害の大きかった地域は、ほとんどが中央部の低地であるが、山中でも十二所の字佐小路、扇ヶ谷の亀ヶ谷等の谷沿いの地域で被害が大きくなっている。一方、被害の小さかった地域は、扇ヶ谷、大町の山裾、長谷の見越岳、長楽寺山、大谷などで、山間部に見られる。

### 3. 5 沖積層厚さと被害

沖積層の厚さと被害を見ると、3. 2及び3. 4で述べた被害の大きい鎌倉町の中心部は沖積層の厚い地盤の地域にある。一方、被害の少なかった、十二所、二階堂、西御門、極楽寺は主に洪積世以前の地盤の地域である。

更に細かく見ると、雪ノ下では沖積層の厚さの厚い置石通、筋違橋、横町一大倉に比べ沖積層の厚さの薄い小袋坂で被害は軽くなっている。同様なことは、小町の並木敷沿いの東側と小町通、扇ヶ谷の千葉地一亀ヶ谷と山沿い、長谷の県道沿い、新宿と見越岳、長楽寺山裾、乱橋材木座の海岸通、乱橋通と能蔵寺通、紅ヶ谷、極楽寺の山の上と姥ヶ谷、極楽寺坂でも顕著に見られる。このように、字単位の集計データだけでなく、細かな地域で見ても沖積層の厚さが大きくなるにしたがって被害が大きくなるのが分かる。

表3-1 旧鎌倉町内の被害

字名	地域	被害	地盤
十二所	字佐小路	被害大	洪積世以前
浄明寺		被害小	
二階堂	川沿い	被害大	
西御門		被害軽少	洪積世以前
雪ノ下	置石通東側 横町一大倉 宝戒寺前 筋違橋付近 小袋坂 岩谷堂 置石通西側及び千度小路	被害大 被害甚大 被害大 被害大 被害軽微 被害軽微 火災により焦土と化す	沖積層 5-10m 沖積層 10-15m 沖積層 5-10m 沖積層 10-20m 洪積世以前 洪積世以前
扇ヶ谷	千葉地一亀ヶ谷 山寄り	被害激甚 被害軽微	沖積層 0-10m 洪積世以前
小町	並木敷沿いの東側 妙隆寺、宝戒寺付近 小町通り東側 千葉地 停車場一瀬戸耕地一帯	被害激甚 被害激甚 被害軽微 被害軽微 火災	沖積層 10-20m 沖積層 5-10m 沖積層 0-10m 沖積層 0-5m
大町	八雲神社前通以南一県道 県道(大阪屋前四ツ角-安養院前) 延命寺付近 名越横町通り 山寄り	被害激甚 被害激甚 被害激甚 被害激甚 被害軽少	沖積層 0-5m 沖積層 0-10m 沖積層 20-25m 沖積層 0-5m 洪積世以前
由比ヶ浜	下馬 佐助通 和田塚通り以東 一ノ鳥居、海岸通り付近 県道(六地藏-長谷塚) 笹目通り	被害大 被害大 被害大 被害小 被害小	沖積層 20-25m 沖積層 5-15m 沖積層 15-25m 沖積層 20-25m 沖積層 5-15m 沖積層 0-15m
乱橋材木座	海岸通り 光明寺通り 乱橋通り 芝原(滑川尻一材木座通り) 禰陀庵寺付近 能蔵寺通り 紅ヶ谷 光明寺門前	被害激甚 被害激甚 被害激甚 被害大 被害軽微 被害軽微 被害軽微 海嘯により全滅	沖積層 15-25m 沖積層 15-20m 沖積層 15-20m 沖積層 20-30m 沖積層 10-15m 沖積層 5-10m 沖積層 0-5m
長谷	県道(原の台-神明前) 新宿(長谷停留所以南) 見越岳山裾 長楽寺山裾 大谷	被害大 被害大 被害小 被害小 被害小	沖積層 5-10m 沖積層 5-10m 洪積世以前 洪積世以前 洪積世以前
坂ノ下	極楽寺坂 電車線路と県道との間 電車路以北	被害大 被害甚大 半壊程度	沖積層 0-5m 沖積層 0-10m 沖積層 0-5m
極楽寺	姥ヶ谷 極楽寺坂	被害激甚 被害激甚	沖積層 0-5m 沖積層 0-5m

## 4. 社寺建築被害調査

### 4. 1 鎌倉の社寺建築

鎌倉の社寺建築は源頼朝の鎌倉入りと共に始まるが、その特色は次のようになる。

神社建築においては、大社の鶴岡八幡宮と、一般の神社本殿に分けられる。鶴岡八幡宮は鎌倉幕府草創と共に勧請された大社として特別に扱われてきており、一般の神社本殿は覆屋内の一間社流造が主流になっている。

寺院建築は、臨済・浄土・日蓮三宗の大寺院、臨済宗は鎌倉五山、浄土宗は光明寺、日蓮宗は妙本寺の大寺院に大規模な建築が見られる。これに対し、天台・真言宗の密教本堂は杉本寺に見られるだけである。しかし、いずれも、円覚寺舍利殿をはじめ禅宗様の伝統が強く、宗派を問わず禅宗様の影響が大きい。

### 4. 2 第1次アンケート調査

関東地震当時の社寺の状況を把握するため、予備調査として「神奈川県宗教法人名簿」<sup>文14)</sup>に掲載されている全ての社寺に対して、その社寺に属する全ての建物を対象として第1次アンケート調査を行った。

調査は葉書によるものとし、それぞれの社寺に対して関東地震前後の資料の有無及び境内の概要を、また、各々の建物に対しては関東地震時の存在の有無、被害及び修理状況を尋ねた。

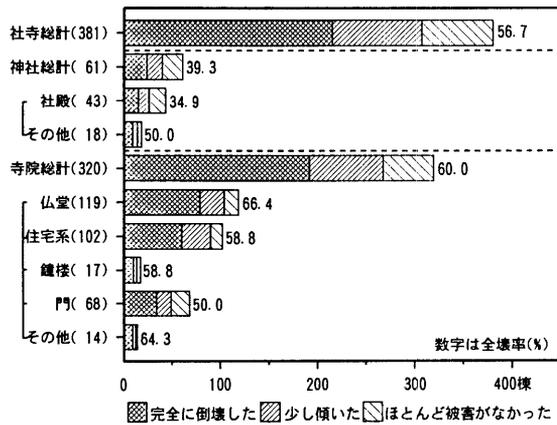


図4-1 第1次アンケート調査結果

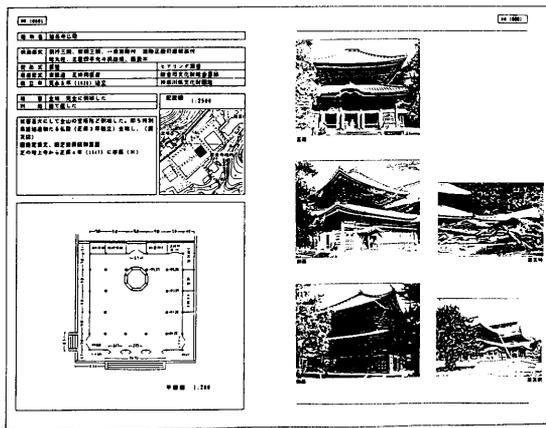


図4-2 データシート例

また、並行して文献<sup>文11), 文15)~22)</sup>から関東地震の被害状況の記述を拾い出し、被害写真の収集を行った。

調査を行ったのは164社寺650棟で、そのうち121社寺468棟(回答率73.8%)より回答を得た。

これによると、1坪以下の小さな建物を除き地震当時存在したと思われる建物は147社寺573棟となった。このうち、被害の判明したものを集計したものが図4-1である。なお、この図における寺院仏堂とは本堂、開山堂等であり、寺院住宅系とは庫裏、方丈等を示す。

これによると、神社社殿より寺院仏堂の方が圧倒的に全壊率が高いことが分かる。また、寺院の中では門の被害が比較的少なく、後のヒアリング調査では、「山門は地震でもよく残っていた」という証言も得られている。

なお、建物の存在の有無を尋ねる質問「地震当時この建物は現在地にありましたか?」は、地震当時同じ境内にあったが現在とは違う場所にあった場合等、主旨と異なった解釈があり得ることが分かったため、後の現地調査及びアンケート調査で再度確認することとした。

### 4.3 現地調査

第1次アンケート調査の回答を基に、関東地震当時の資料の収集、及び当時の建物の形式を把握するため、現

地調査を行った。

調査は、ヒアリング班と写真班に分かれ、43社寺に対して資料収集及びヒアリング調査を、その他全ての社寺に対しては建物の写真撮影、簡単な実測を行った。

調査は、2~3名で1チームとし、住職、大工、震災体験者等に面会し、それぞれの社寺に属する各建物ごとに建物の建っていた位置、構造形式、規模、壁形式、屋根形式、建立年、関東地震の被害及び修理状況を詳細に聴取し、建物の写真撮影、実測、平面図の作成を行った。併せて、社寺の周辺の住宅の被害状況、山崩れなど地盤の被害状況を聴取した。

これらの資料を基に図4-2の様なデータシートを作成し、これを基に後の検討を行った。

### 4.4 第2次アンケート調査

第1次アンケート調査とヒアリング調査の結果を踏まえ、以下の点を確定するために第2次アンケート調査を行った。

- 1) 現在の建物が地震当時の建物か否か。また、建物形式を踏襲しているかどうか。
- 2) 当時の建物がどこに建っていたか。
- 3) 当時の建物の屋根葺材は何か。
- 4) 当時の建物の建設年代はいつか。
- 5) 関東地震の被害状況は、4つの分類(全壊、半壊、軽微、無被害)のどれに相当するか。

これらは、第1次アンケート調査に回答のあった社寺のうちヒアリング調査を行わなかった社寺に対して葉書で行った。

しかし、第1次、第2次のアンケート調査の回答と、文献調査における被害状況には、異なるものも見られた。そこで、記憶の曖昧さを考慮し、文献調査、第2次アンケート調査、第1次アンケート調査の順で優先して被害状況の分類を確定した。これにより、被害状況の確定できた建物は、小規模なものを除くと428棟となった。この結果を図示すると図4-3のようになる。

この図によれば、被害の大きかったのは鎌倉町の中心部及び腰越津村といった海側の地域で、逆に被害の小さかったのは、鎌倉町では二階堂、浄明寺、十二所、及び玉縄村といった山側の地域であった。

### 4.5 被害の様相と修理

調査によると、関東地震における社寺の被害状況は大きく分けて次の5種類に分けられる。

- 1) 茅葺きの屋根が崩れ落ちたもの。屋根瓦の落ちたもの。
- 2) 軸部に変動を生じ傾斜したもの。
- 3) 軸部に損傷を受け屋根に押し潰されたもの。
- 4) 建物が基礎から外れ、移動したもの。

5) 柱が根本から折れたり、土台から外れ転倒したものの。このうち、1)の場合は、屋根を葺き替えることによって原形をとどめることができている。2)は3)の過渡の状態と考えられる。2)の被害の場合、完全に倒壊しなければ、突っかい棒をして建物の傾斜を防ぎ、後に引き起こしたり、建て替えたりしている。3)の場合には、屋根はそのままの形で残っているものが多く、建て直す際にも小屋組等屋根の部分の部材は再利用できたものがほとんどであった。4)の場合は、建物自体の被害が小さいものはそのまま元の位置に戻している。5)は、門、小堂、小社殿に見られ、そのまま引き起こして現在まで残っていることが多い。

また、地震後の建物に、補強として筋違いを入れたもの、ボルト等金物で補強したものが見られる。

#### 4.6 建物形式と被害

##### 4.6.1 屋根葺材と被害

関東地震における鎌倉町内の被害は、石造、土蔵、煉瓦造、木造の順に大きくなっており、木造の中では、瓦葺き、石板葺き、茅葺き、亜鉛葺き、板葺きの順で被害が大きかった<sup>文11)</sup>。

地震時に、建物には地盤の急激な上下、水平移動による相対変位やねじれ変形を生じる。地震時の建物に加わる力は慣性力であるから建物上部、つまり屋根荷重の大きい建物ほど大きい相対変位を起こす。すなわち、被害が大きくなると考えられる。

被害の原因は建物の地盤との関係、構造の良否なども考慮に入れなければならないが、茅葺き、瓦葺きなど重いものは地震に対して不利な屋根葺材であると考えられる。

社寺建築を見ると、当時の屋根葺材が判明した226棟のうち142棟が茅葺き、55棟が瓦葺き、23棟が金属板葺き、6棟が板葺きとなっている。これらの被害状況を社寺別屋根葺材別に描くと、図4-4の様になる。

これによると、寺院建築においては、全壊率は茅葺き、瓦葺き、金属板葺きの順で大きくなっている。これらは、構造的に同じ様な建物のため屋根の重さが直接影響を及ぼし、屋根の重い茅葺き、瓦葺きで被害が大きく、屋根の軽い金属板葺き、板葺きで被害が小さかったと考えられる。

一方、神社建築においては茅葺きの被害が小さくなっているが、これは母数が少ない上に、17棟のうち6棟が揺れの少なかったとされる深沢村、玉縄村に立地しているためと考えられる。

また、当時の建物が現在も残っているものについて、関東地震前と地震後の屋根葺材の変化をみると図4-5の様になり、地震前には一番割合の大きかった茅葺きが金属板葺きに逆転している。これは茅葺き材料の不足、

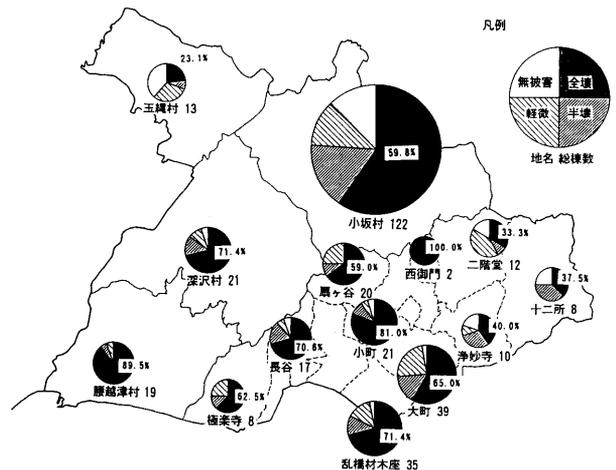


図4-3 寺院建築の被害

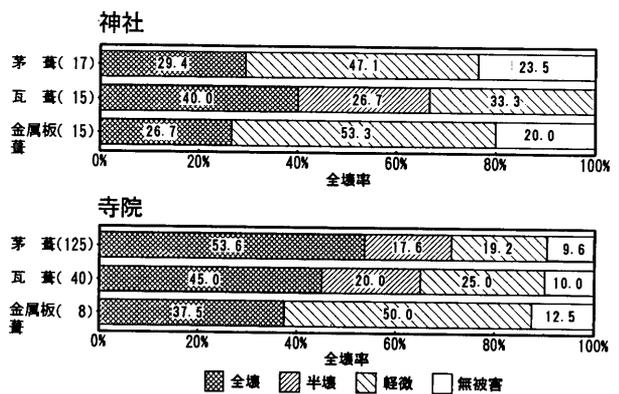


図4-4 屋根葺材別被害

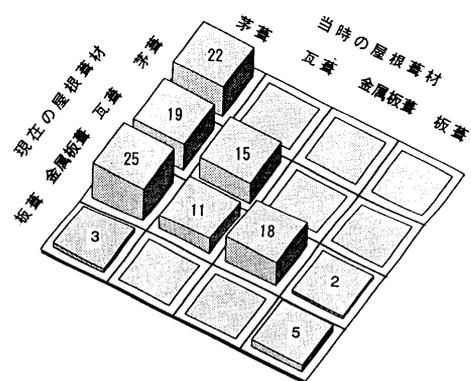


図4-5 屋根葺材の変化

職人の不足もあろうが、当時の被害の反省として軽い屋根材への変化が起こったと考えられる。実際、金属板葺きであった建物の他の葺材への変化、及び金属板葺き等の軽い屋根葺材から瓦葺きなど重い屋根葺材への変化は見られない。

##### 4.6.2 建設年代と被害

調査によると、当時の鎌倉市内の社寺建築の建設年代は室町時代から大正時代まで広く分布している。江戸時代中期以前の建物はほとんどの建物が茅葺きで、それ以

後瓦葺き、金属板葺きの建物が増えてくる。

地震被害を社寺別建設年代別に描くと図4-6のようになる。なお、時代区分は「国宝・重要文化財指定建造物目録」<sup>文23)</sup>による。また、移建されたものは移建時を建設年代とした。

社寺などの伝統的木造建築は、時代が下るにつれて、意匠的には装飾が派手になるなどの影響を受けるが、構造的にはあまり変わっていないと考えられる。とすると、一般に、建物は古いものほど腐朽などのために地震被害が大きくなると考えられる。しかし、この図を見ると、寺院建築、神社建築とも建設年代とはあまり関係なく被害は同程度である。今回は建設年代のみを扱っており、その後の修理や地盤条件など、その他の被害の原因は考慮していない。したがって、断定することは早計であるが、今回の調査に関する限り、明治以降の建物でも特別に強くはなっていないことが分かる。

#### 4. 6. 3 壁率と被害

耐震要素の1つとして耐力壁が挙げられるが、ここでは壁率と被害の関係について考察する。

壁率の算定においては、付属屋や裳階の壁を除いた全ての無開口壁（見掛けの有効壁で全ての外壁、間仕切り壁）の総壁長を用いた。

なお、筋違いの有無については判定が困難なので、全て有効壁倍率を1.0と見なし、壁率の単位としては $\text{cm}/\text{m}^2$ を用いた。また、伝統的木造建築の場合、筋違いが入っていないなかったり、板壁である場合が多く、算出した壁率は、実際より大きい値を取り勝ちである。したがって、今回は、あくまで伝統的木造建築の相対的評価の指標として壁率を算出した。

梁間方向、桁行方向のうち、小さい方の壁率と被害状況を社寺別に図示すると図4-7のようになる。この図によると、寺院建築においては、確かに壁率の大きいものの被害は小さくなっているが、小さいからといって必ずしも被害が大きいと言うわけではない。これは、概して神社建築についても同様であるが、例外も見られる。特に神社では、御霊神社(梶原)、小動神社は壁率が大きいにもかかわらず全壊している。

壁率と被害にあまり有意な差が認められなかったのは、前述のように、壁の内容が特定できなかったこと、及び貫や胴差、差鴨居といった軸組要素の影響が考えられる。

#### 4. 7 沖積層厚さと被害

関東地震の際の鎌倉市内の社寺建築の被害を沖積層等厚線図上にプロットすると、図4-8のようになる。この図によれば、神社や寺院は山間や山の上など比較的地盤の硬い所や山を背にした地域に建てられていることが分かる。すなわち、多くは、洪積層以前の地盤あるいはは

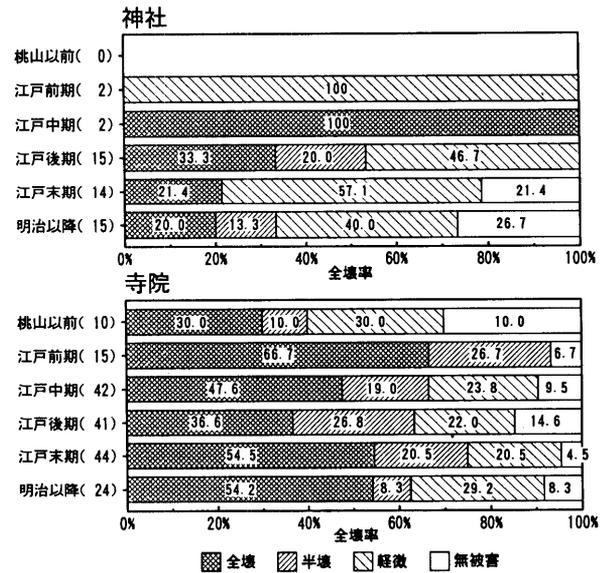


図4-6 建設年代別被害

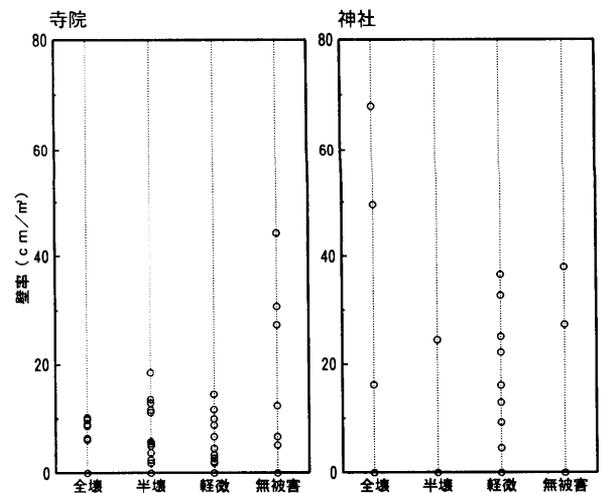


図4-7 壁率と被害

比較的沖積層の厚さの薄い地域に分布している。

これらのうち、沖積平野の縁に当たる部分や、円覚寺、妙法寺、浄光明寺といった沖積地が山間に入り込んだ沖積谷で被害が大きい。一方、称名寺、十二所神社といった山中の洪積層以前の地盤の地域では被害が小さい。また、腰越方面の社寺は、沖積平野上に立地しており被害が大きい。

同じ沖積層上にあっても、沖積層の厚さが異なれば、地震動による被害の性状が異なることが予想される。社寺建築の被害状況を沖積層厚さ別に描いてみると、図4-9のようになる。なお、この図には、河角<sup>文24)</sup>による東京、及び表、宮村<sup>文25)</sup>による横浜北部、南部の沖積層厚さと木造家屋被害の関係を併せて示した。

この図によれば、鎌倉の寺院建築の全壊率は沖積層厚0mで約50%から、沖積層厚10mで80%以上まで増えて

いるのが分かる。関東地震の木造家屋の被害は、「東京では沖積層が20m ぐらいよりも厚くなると全壊率が急に増しており、横浜では沖積層の厚さが30m ぐらいから、被害率の増す割合が小さくなっている」<sup>x26)</sup>とあるが、鎌倉市内の寺院建築の総体的な傾向は横浜市内の木造家屋と同様であった。

また、全壊率の増加は、約80%で頭打ち傾向を示している。これは、鎌倉の寺院や横浜の家屋の全壊率に上限があることを示している。更に、鎌倉の寺院の方が横浜に比べて、沖積層が薄いうちに全壊率80%に達するが、これは建物の構造的な違いだけでなく、震源からの距離による影響が考えられる。

一方、神社建築は沖積平野上にあまり立地していないためデータ数が少ないが、洪積世以前の地盤の建物被害と沖積層上の建物の被害に大きな差が見られる。

このように、社寺についても、洪積世以前の地盤よりは沖積層の方が被害が大きく、また同じ沖積層であっても、厚さが厚いほど震害が大きくなることが分かった。

#### 4. 8 木造家屋と社寺建築

3. 2で求めた木造家屋の全壊率、及び4. 4で求めた社寺建築の全壊率の関係を図4-10に示した。なお、この図において、神社建築は地域ごとの棟数が少ないため、鎌倉市全体で対比している。

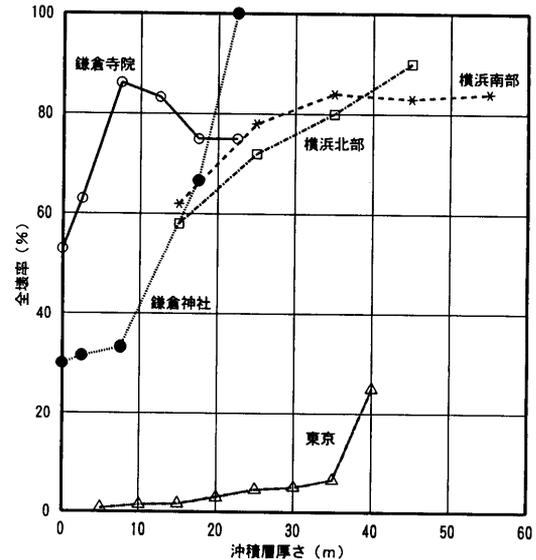


図4-9 沖積層厚さと被害

この図を見ると、まず、家屋の全壊率と社寺の全壊率は、概ね相関関係があることが分かる。特に、町村単位で見た寺院の被害は家屋の被害と同様な傾向を示した。神社の被害率は家屋の被害率よりもやや小さくなっている。

これは、神社建築のデータ数が少ないためもあるだろうが、寺院は町中にあり、家屋と地盤条件に近いのに比べて、

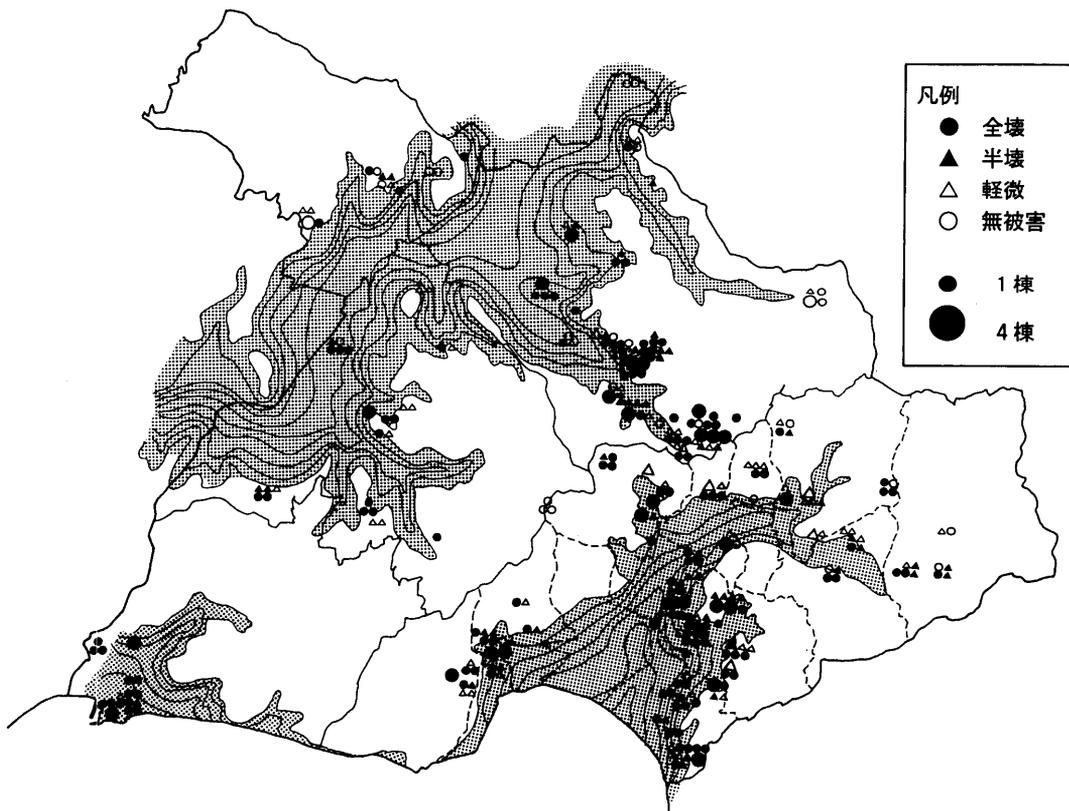


図4-8 社寺建築被害分布

神社は山の上など比較的地盤の良い所に立地しているためであろう。実際、図3-3と図4-8を比較すると、家屋の被害の大きかった町中では社寺の被害も大きく、被害の小さかった山間部や山裾では社寺も被害が小さくなっている。

なお、鎌倉町内の寺院の地区別の被害率は、家屋の被害率よりもかなり大きくなっているが、これは採用した家屋被害率の出典の違いも影響している。3.2で述べたように、鎌倉町の木造家屋の全壊率は「震災予防調査会」では「鎌倉震災誌」より大きくなっており、仮にそこから鎌倉町全体で1つの点をプロットすると、今回の各点よりも右寄りに位置することになる。

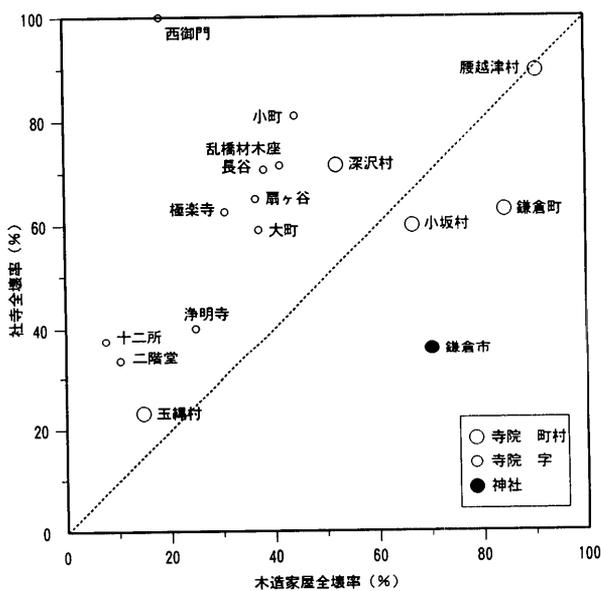


図4-10 木造家屋全壊率と社寺建築全壊率

## 5. まとめ

関東地震における鎌倉市内の地震被害を通して、伝統的木造建築の耐震性を調べた。その結果、「社寺などの伝統的木造建築は、当時の木造家屋とほぼ同様の被害率を示しており、したがって、同程度の耐震性を有していたと推定される。」と、まとめられよう。また、具体的には、構造種別による被害の様相や、沖積層と被害率の関係などが明らかになった。

ところで、一般の木造家屋は、その後著しく耐震性を高めたのに対して、戦後続いた現場関係者（大工など）と構造研究者の乖離の結果、伝統的建物の耐震性の向上は、比較的小さかったと考えられる。しかし、伝統的木造建築に対する要請は強く、これらを『建築史』の中にとどめるべきではない。現代的な観点から耐震性を向上させ、今後も建て続けていくことが期待される。そのためには、振動解析などの手法を用いた構造の解明が必要である。

## <参考文献>

- 1) 紫雲照栄：社寺建築の現在，東京大学卒業論文，1988.3
- 2) 国立天文台：理科年表，丸善，1988
- 3) 神奈川県史 資料編11，神奈川県，1971
- 4) 震災予防調査会：震災予防調査会報告第百号（甲，丙），1925
- 5) 松島義章：鎌倉の沖積層，神奈川県立博物館調査研究報告 自然科学 第5号 神奈川県地質1，神奈川県立博物館，1974.3
- 6) 神奈川県：神奈川県地震被害想定調査報告書（地質地盤），1985.3
- 7) 神奈川県企画部企画調整室：土地分類基本調査 横須賀・三崎，藤沢・平塚，横浜，1986
- 8) 神奈川県：神奈川県地盤地質図，1985.3
- 9) 大崎順彦：地盤と震害，建築技術，No.368~372，1982.4~8
- 10) 震災庶務書類，鎌倉郡役所，1923
- 11) 清川来吉：鎌倉震災誌，鎌倉町役場，1930
- 12) 神奈川県警察署：大正大震災災誌
- 13) 伊藤ていじ：日本建築の手わざ 堂宮の職人，平凡社，1985
- 14) 神奈川県宗教学法人名簿，神奈川県，1991
- 15) 鎌倉市教育委員会：鎌倉市文化財総合目録 建造物編，同朋舎出版，1987
- 16) 神奈川県神社庁：神奈川県神社誌，1981
- 17) 神奈川県教育庁指導部文化財保護課：神奈川県文化財図鑑 建造物篇，1971
- 18) 鎌倉市史編纂委員会：鎌倉市史，吉川弘文館，1956
- 19) 鎌倉郷土史料研究会：鎌倉災害年表稿，鎌倉市郷土史料研究会，1990
- 20) 図説鎌倉回顧，鎌倉市，1969
- 21) 木村彦三郎：鎌倉・逗子100年のあゆみ，郷土出版社，1992
- 22) 澤 寿郎：写真集明治大正昭和鎌倉，国書刊行会，1979
- 23) 国宝・重要文化財指定建造物目録，文化財建造物保存技術協会，1979
- 24) 河角 広：東京の震害分布と地盤に就いて，建築雑誌，Vol.66，No.773，pp.8~14，1951.8
- 25) 表俊一郎，宮村攝三：横浜市並びに名古屋市の震害分布と地盤との関係，建築雑誌，Vol.66，No.773，pp.17~22，1951.8
- 26) 河角 広：地震災害，共立出版，1973

## <研究組織>

主査	坂本 功	東京大学工学部建築学科教授
委員	大橋 好光	東京大学工学部建築学科助手
	河合 直人	建設省建築研究所研究員
	後藤 治	文化庁文化財保護部建造物課
	渡辺 一正	建設省建築研究所防火調整官
協力	腰原 幹雄	東京大学大学院修士課程
	高橋 清泰	明治大学大学院博士課程
	鈴木 基裕	明治大学大学院修士課程
	黒岩 久人	東京大学工学部建築学科
	山北 孝治	東京大学工学部建築学科