

木造建物の諸性状と地震被害の関係について

——1968年十勝沖地震・1978年宮城県沖地震の調査から——

望月 利男* 宮野 道雄**

要 約

昭和25年の建築基準法の制定により、その後建てられた木造建物の耐震性は、従前のものに比べて著しく向上したといわれている。その理由としては、建物の架構形式が、いわゆる大黒柱式（地震力に対して有効な壁がない、あるいはあっても少ない）から耐力壁式（地震力は耐力壁が負担する。主要な壁は筋かいなどで補強されており、土台によりコンクリート布基礎にアンカーボルトで一体化されている）に改善されたことがあげられる。しかし、各地の木造建物の耐震性の実態、その向上の度合を量的に示す資料は見出されない。

ところで、地震時地域危険度測定（被害想定）などにおいては、いかなる方法を用いるにしろ、その方法の当否は、過去の震災体験に適合するかどうかによりチェックされることが多い。また、想定地震と類似の過去の地震による災害の分析結果を直接、被害想定などに適用することも十分考えられる方法である。

しかし、大地震の発生間隔が大きいため、検討の対象としている地震当時から、現在に至る間の建物の質の変化をいかに考慮するかが大きな問題であり、上記の資料は必要不可欠になる。ここに示す報告は、振動による木造建物の被害が少なからず生じた数少ない比較的最近の大地震の調査結果であり、そこにみられる被害実態と建物諸性状の関係は、既存木造建物群の耐震性を評価するに際し、現状では最も確かな情報として参考に供せられると考えている。

1 1968年十勝沖地震（M7.9）における木造建物の被害と建物諸性状の関係

1-1 調査概要

この地震については、金森（1971）が断層モデルを発表している。それによれば、断層の長辺が、青森県東部海岸におおよそ平行で、傾斜20°、断層のディメンションは、150×100km²である。これに対し、筆者ら（望月ほか、1978）が関東大震災で用いたと同様な震央距離の考え方で計れば、被害の大きかった八戸市、三沢市、むつ市が185km内外、十和田市、野辺地町が190～200km内外となる。被害の最も大きかった青森県の木造建物（住家）の全壊棟数は、911であるが、そのうち642棟は上記の4市1町に生じている（八戸市：148棟、三沢市：64棟、むつ市：185棟、十和田市：252棟、五戸町：93棟）。それゆえ、以降に示す木造建物の被害に関する追跡調査

は、上記の5地区を中心として実施したが、その方法、手順は次のとおりである。調査は1977年～1978年の、2年間に実施した。

- (i) 市町村役所（場）からの全壊住家名簿の入手。
- (ii) 上記名簿にもとづく郵送によるアンケート調査、アンケートの内容：建物用途、建築年代、階数、屋根材、主な外壁、被害状況、被害の主な原因、修理（費）ならびに近所の2～3棟についての被害程度、それぞれの建物の用途、建築年代、階数などの設問。
- (iii) アンケート調査の補足ならびに現地の地形の確認、建物の構造その他実態把握のための現地調査。
- (iv) (i)の名簿以外の住家（全壊以外の被害または無被害住家ということになる）に対する(ii)と同様のアンケート調査。この調査は、(ii)、(iii)が当時全壊と査定された住家（全壊住家名簿による）を対象として実施したのに対し、住宅地図により、それら

*東京都立大学都市研究センター・工学部

**東京都立大学大学院工学研究科博士課程

全壊住家の周辺の住家を対象に実施したものである。その目的は、全壊と査定された建物群がもつ諸要因（建築年代、用途、階数分布など）と、ここで対象建物群（全壊以外の建物で、上記全壊建物群のそれぞれの地区の地形とほぼ同一地形上で調査している）がもつ諸要因の間の量的差異を統計的に求めることにある。

1-2 被害概要と被害の原因別内訳

以下に調査の結果を示すが、項目により棟数が異なるのは、アンケート調査においては、全ての設問に対する回答が完全に満されているとはかぎらず、また、回答されていても信頼度が低いと思われる場合があり、項目によりそれらを除いているからである。

表一は、地震当時全壊と査定された青森県の主要被災地の住家（全壊名簿にもとづき、アンケートおよび現地での聞き込みにより調査）の主な被害原因の内訳である。地震当時からすでに報告されてきたように、地域によっては、建物被害が斜面崩壊など地盤災害に起因して生じた場合が少なくない。表は、これらを含む被害型の地域差を量的に表わしている。ところで、表の総棟数は403（郵送による回答161、現地調査242）であるが、これは青森県全体の総全壊棟数911の約44%に相当する。また、この調査棟数403のうち、完全に倒壊したとの回答は、45棟であり、これは、不明（回答なし）の8棟を差し引いた395棟の11.4%に相当する。すなわち、当時全壊と査定された住家のうち、文字どおり倒壊した住家は、11.4%に過ぎない。この倒壊住家を含め、地震直後被害が大きく居住に耐えないとして取り壊された住家

は、130棟、すなわち当時全壊と査定された住家のうち32.9%（130/395）がまさに居住不能の被害をうけたことになる。残りの67.1%の住家は、査定は全壊ではあったが、修理して使用した、あるいは現在も使用していると回答している（この項不明8棟）。

ところで、表一の被害型のうち、主として地盤災害に直接起因する建物被害は、木造の場合、建物それ自身の耐震性などの差異にかかわる度合は小さいと考えられる。それゆえ、ここでは主な被害原因が振動にあるとする住家に限定し、建物性状と被害の関係を検討する。そのために、上記全壊住家名簿に記載され、かつ今回調査しえた住家と同一地区、各地区のほぼ同一地形上の住家（全壊住家名簿に記載がない、すなわち当時半壊以下の被害と査定された住家）の諸性状を全壊住家のそれと対応させて調査し、両者を比較検討することにした。なお、調査地域は、被害が大きく、かつ前記までの資料が比較的よく収集しえた次の5市町であり、郵送によるアンケートで実施した：八戸市84棟、三沢市14棟、むつ市111棟、十和田市149棟、五戸町65棟の合計423棟（アンケート発送総数2000、回収率21.2%）。以下に、比較のために作成した幾つかの図を示し、建物諸性状の被害におよぼした寄与度を統計的に検討する。ただし、いずれも全壊査定建物は特別に説明しない限り、主として振動によって被害をうけた建物とする。

1-3 建築年代と被害の関係

図一は、全壊査定建物とそれ以外の建物の建築年代構成・階数を比較するために示したものである。建築年代による建築構造の質の差異、あるいは老朽化の程度が

表一 地震当時全壊と査定された住家（全壊住家名簿による）の原因別内訳

主な被害原因	地区名						計
	八戸市	三沢市	むつ市	十和田市	五戸町	その他	
振動	59 (66.3)%	19 (65.5)	65 (77.4)	122 (87.1)	19 (41.3)	9 (60.0)	293 (72.7)%
建物の背後斜面の崩壊	6 (6.7)	1 (3.4)	1 (1.2)	0 (0)	9 (19.6)	1 (6.7)	18 (4.5)
支持地盤の崩壊（斜面、擁壁の崩壊）	12 (13.5)	2 (6.9)	7 (8.3)	5 (3.6)	10 (21.7)	4 (26.6)	40 (9.9)
平坦地の沈下、かんぼつ	10 (11.2)	6 (20.8)	9 (10.7)	2 (1.4)	4 (8.7)	0 (0)	31 (7.7)
不明	2 (2.3)	1 (3.4)	2 (2.4)	11 (7.9)	4 (8.7)	1 (6.7)	21 (5.2)
計	89 (100)%	29 (100)	84 (100)	140 (100)	46 (100)	15 (100)	403 (100)%

* その他は、三戸町4棟、野辺地町4棟、東北町5棟、上北町2棟。

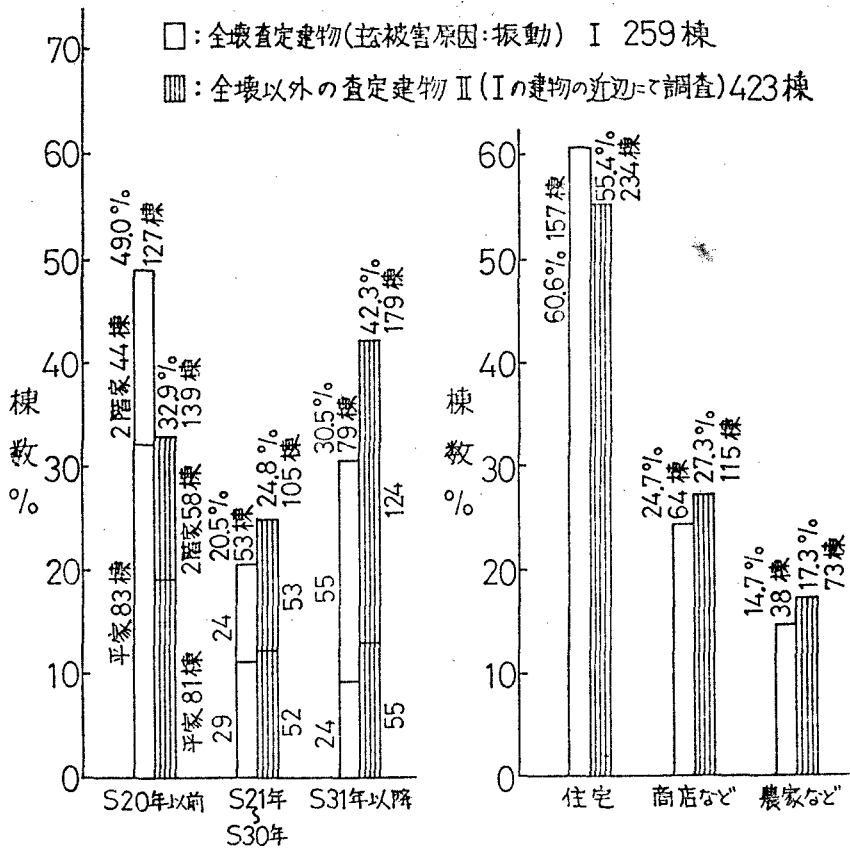


図-1 全壊査定建物とそれ以外の建物の建築年代・階数の比較

図-2 全壊査定建物とそれ以外の建物の用途の比較

被害に寄与したであろうことは十分考えられる。図によれば、昭和20年以前に建てられた建物の比率は、全壊査定建物においては49.0%（振動による全壊建物調査総数259棟のうち127棟）、それ以外の建物では32.9%（調査総数423棟のうち139棟）となっており、明らかに前者の占める比率が高くなっている。いまここでの調査建物群が、それぞれ主として振動によって大きな被害をうけ、全壊と査定された建物ならびに、全壊が比較的集中した地区にあって全壊に至らなかった建物を代表する集団であるとみなしうるならば、両者の集団の諸性状の間の量的な比較が可能である。全壊査定建物に関する資料は、すでに述べたように青森県における全壊総数の約44%、被害の特に集中した前記5市町でいえば、総数742棟のうちの388棟、約53%に対して得られており、ほぼ、母集団を代表するサンプルと考えられる。一方、全壊以外の建物については、上記5市町的全壊集中地域における全壊以外の建物に対して調査したものであり、アンケートの郵送密度は高い（住宅地図1～2頁分の大部分の全壊以外の住家に発送している場合が多い）。ただ、回収

率が低く、調査棟数423棟にとどまったが、サンプリングにおけるランダム性は保持しているものと思われる。それゆえ、この集団もおおまかには、母集団を代表しているとみなすことにする。

このような仮定条件を設けて図-1をみれば、両集団の建築年代構成間の関係は、まず、昭和20年以前の建物については、全壊査定建物が全調査建物中の49.0%を占め、また、それ以外の建物が全調査建物中の32.9%を占めることから、その比は、後者を1.0とすれば前者（全壊査定建物）は1.48となる。すなわち、建築年代が昭和20年以前といった古い建物が、全壊査定建物集団においては、それ以外の集団に比べて1.48倍多く含まれていることを示す。一方、昭和21年以降に建てられた建物に関する同様な比率は、昭和21年～30年で0.82：1.0（20.5%：24.9%）、昭和31年以降では、0.72：1.0（30.5%：42.3%）と、全壊査定建物群に占める比較的新しい建物の比率は、それ以外の建物群のそれに比べて小さくなっている。この操作は、全壊以外の建物集団の各建築年代の棟数比に対し、全壊査定建物集団のそれぞれの年代の棟数

比が何倍になっているかをみたものであり、結果は、それぞれ古い方から、1.48, 0.82, 0.72となっており（全て1.0なら、両集団の建築年代分布の間に差異はないことになる）。建築年代が建物被害に大きく寄与したことを示している。

すなわち、この結果は建物の建築年代間の全壊棟数比率の差異を量的に推測させるものであり、昭和31年以降の建物の全壊棟数比（倍率）を1.0とすれば、昭和21年～30年の建物では、その1.14倍、昭和20年以前の建物では、2.06倍を示す。結論として、この地震においては、昭和20年以前に建てられた建物は、昭和31年以降の建物の2.06倍の比率で全壊したことになる。一方、昭和21年～30年と31年以降では、1.14:1.0であるから大きな差異はない。したがって、この建築年代区分を昭和20年以前と昭和21年以降に大別すれば、図一1から、1.48 (49.0%/32.9%) : 0.76 (51.0%/67.1%) となり、全壊棟数比（倍率）は1.95:1.0が得られる。

1-4 建物の階数と被害の関係

図一1にはまたそれぞれの建築年代ごとに階数を、平家、2階家として棟数で示してある。I、IIとも年代が新しくなるに従い、2階建の占める割合が増加しているが、建築年代を考慮しつつ、階数が被害におよぼした寄与について考えてみる。まず、昭和20年以前の建物では

	平家	2階建
I. 全壊査定建物	: 65.4%	: 34.6%
II. 上記以外の建物	: 58.3%	: 41.7%
I/II (棟数比)	: 1.12	: 0.83
平家の全壊棟数比	: 1.35	: 1.0

となり、存在棟数比を考慮すれば、平家は2階建の1.35倍高い比率で、全壊と査定されている。

同様に、昭和21年～30年では、1.23倍、昭和31年以降では0.99倍が平家の2階建に対する全壊棟数比（倍率）となる。すなわち、古い建物では、平家の方が2階建より大きな比率で全壊と査定されており、昭和31年度以降の建物といった地震当時としては、比較的新しい建物においてのみ、その比率は、ほぼ同率となっている。このことは、軟弱地層厚の大きい地盤地帯の震害について、かつて云われてきた状況とはかなり異っている。それゆえ、ここでは調査地域（大きな被害をうけた地域）の地形・地盤を概説する。

一般的にいわれる長周期地盤はみられない。八戸市の馬淵川沿いの三角洲の一部に層厚30mと、厚い沖積低地がみられるが（八戸市におけるIの55棟中2棟のみがこの地盤上にある）。この地区でも広がりとしてみられるのは、沖積層厚約20m（同様に、55棟中13棟が立地）ないし10m以下の地帯である。三沢市の調査地域の大部分は谷底低地であるが、ここでの沖積層厚は3m内外であ

る。むつ市も主要調査地域は、三角洲であるが、沖積層厚は、10m以下である。十和田市における調査対象建物は、全て台地上にある。また、五戸町の調査対象は、その多くが谷底低地にあるが、ここでも沖積層厚は、約3mと薄い。

このような被災地の地盤条件が、2階建建物の被害を平家に比べて大きくしていない理由の一つであろう。ところで、古いあるいは比較的古い建物の平家の全壊の比率が高い理由は、今回の調査のみからでは十分説明はできない。ただ、現地調査などを通しての実感であるが、被災地全般にわたり比較的古い建物の質は、かなり低いように思われた。後述するように、それらの主要外壁は押縁下見板張りが多く基礎もコンクリート布基礎でないものが多かった（切石を連続して並べたものが多い）。これは、特に比較的軽微な平家建物において目立った傾向である。

1-5 建物用途と被害の関係

ここで、建物用途の全壊に対する寄与を検討する。図一2は、全壊査定建物Iとそれ以外の建物IIの用途の比較である。住宅は、専用住宅を示し、商店などには、ごく少数の旅館、料亭などが含まれているが、大部分は店舗併用住宅である。また、農家などは、職業としての農家ではなく、居住スペースのほかに広い作業室、土間などがある建物をいう。したがって、そのようなスペースをもつ農家以外の建物も幾らか含まれている。

図によれば、全壊査定建物の用途分布とそれ以外の建物の用途分布の間に目立つような差異はみられない。一般に、広いスペースあるいは開口をもつ商店や農家などが、専用住宅（ほぼ居住のみに用いられている農家も含まれる）に比べ耐震性は低いと考えられているが、この地震の調査結果は、図一2が示すように、わずかではあるが、住宅のI（全壊査定建物）が60.6%、そのII（全壊以外の建物）が55.4%と、I>IIの棟数比率を示しており（商店、農家などではII>I）、住宅が他の用途の建物より全壊棟数比率が高くなっている。この点については、後により詳細な被害内容分析を行うことにより、若干考察する。

図一3(a), (b), (c)は、全壊査定建物Iとそれ以外の建物IIを用途別にみた建築年代分布の比較である。いずれの用途においても昭和20年以前といった古い建物の全壊棟数比が、I>IIとなっているが、特に農家などにおいて著しい。ただ、この場合は、用途区分などのため、それぞれの年代の棟数が減ることから、昭和20年以前と昭和21年以降に大別して、前記、図一1に対すると同様な操作を行えば、

昭和20年以前	
住宅	: 2.03 (45.9/29.5=1.56)
商店など	: 1.69 (40.6/34.8=1.54)

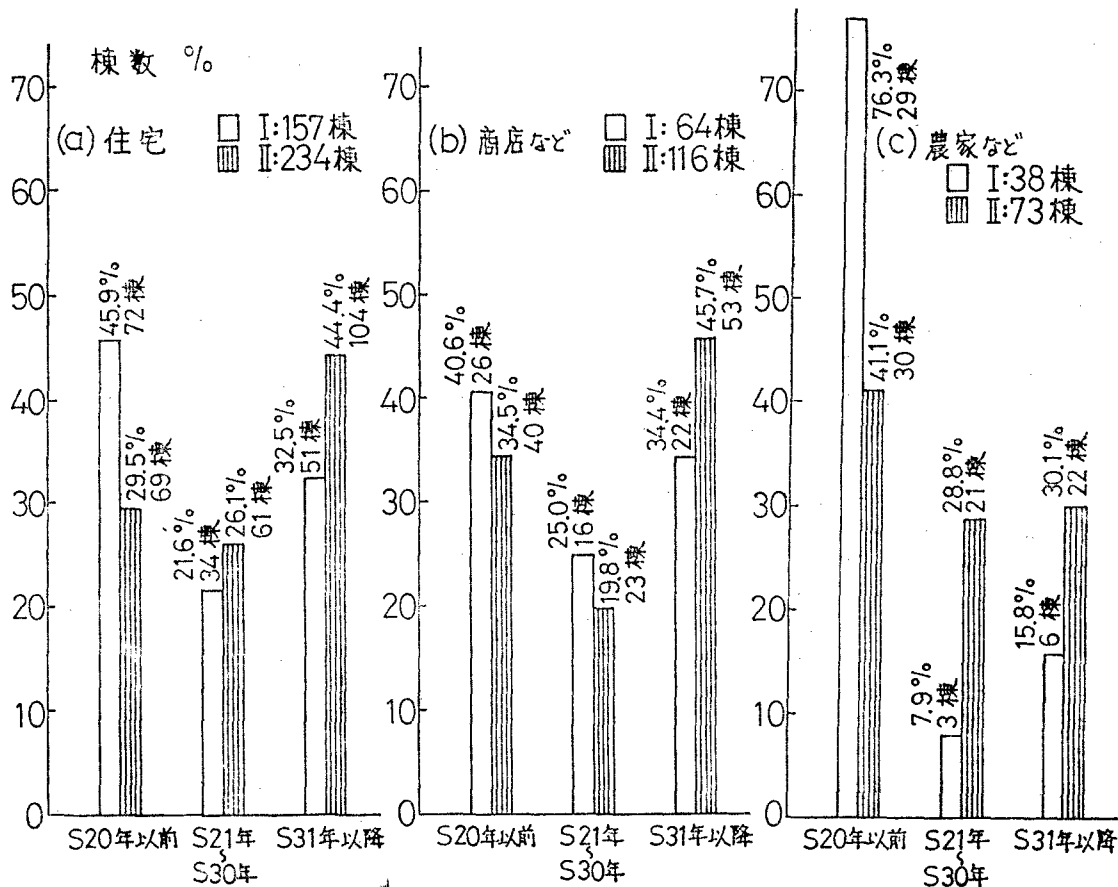


図-3 全壊査定建物とそれ以外の建物の用途別建築年代構成の比較

農家など：4.65 (76.3/41.1=1.86)

昭和21年以降

住宅：1.0 (54.1/70.5=0.77)

商店など：1.0 (59.4/65.2=0.91)

農家など：1.0 (23.7/58.9=0.40)

となり、全体では、すでに求めたように1.95:1.0であるから、用途別でみた場合、古い農家の全壊棟数比(倍率)が目立つ。

1-6 壁・屋根について

図-4は、全壊査定建物Iとそれ以外の建物IIの主な外壁構成(分布)の比較であり、建築年代区分も併わせて示してある。この地域の特性は、比較的新しい建物(地震当時)でも前述した押縁下見板張りが極めて多く用いられていることにある。これらの基礎は、古い土壁構造のものと同様に、コンクリート布基礎でない場合が多い。昭和25年に建築基準法が制定されたとはいえ、一般の木造建物の建築確認申請の義務が、都市計画区域に限られることと関連すると思われるが、基礎から推察し

てすじかいなどが一般に用いられているとは思えない。なお、地震後に建てられた建物は、モルタル、各種ボード、パネルなどを用いた通常の都市型建物が大部分のようである。

図から土壁の全壊棟数比率が高いのは明白であるが、モルタル壁との比較で、前述と同様にして量的に表現してみれば、

	土壁	板壁	モルタル
I. 全壊査定建物	17.4%	61.0%	21.6%
II. 上記以外の建物	5.7%	64.5%	29.8%
I/II (棟数比)	3.05	0.95	0.72
全壊棟数比(倍率)	4.24	1.32	1.0

となり、実に土壁の建物は、モルタル壁の建物の4.24倍の全壊棟数比率を示している。板壁は1.32倍である。

なお、被害原因、被害の大小にかかわらず屋根葺材が判明している建物は、895棟あるが、その内訳は、金属板葺：793棟、わらあるいはかや葺：53棟、瓦葺：28棟、板葺：21棟であり、金属板葺が88.6%と他を圧している。すなわち、屋根の軽量という条件のみからみれば、

調査対象地域の建物の大部分は耐震的に有利な側にあつたといえる。

1-7 全壊査定建物の被害区分

すでに述べてきたように、この報告で全壊査定建物Iというのは、青森県下の市町村が保管していた全壊住家名簿（地震当時支払われた見舞金額なども記載されている）にもとづいている。しかし、今回実施した調査によれば、それぞれの実質的な被害程度には大きな幅があり、その全てを建築構造の面からみて全壊とみなすことには問題があるように思われた。それで主として振動により被害をうけ全壊と査定された建物について、被害状況、修理（復旧）金額などをランク分けし、被害階級の再区分を行った。

図-5は、その結果として全壊、半壊、一部損壊の棟数%を用途、建築年代別に示したものである。なお、被害判定の基準は、図中に概説してあるが、金額は当時の値である。完全に倒壊した、被害が大きく居住に耐えないためと壊した、当時の金額で復旧に300万円以上要したなど、全壊とみなしうるほどの大被害をうけた住家は、図-5の各項目が判明している264棟中、145棟、55%である。半壊の判定は、ややあいまいであるが、復旧費100万円以上300万円未満、あるいは柱が折れた、傾斜大など壊すほどではなかったにしろ大きな被害をうけた住家とすれば、64棟、24.2%となる。一方、一部損壊は、復旧費100万円未満、あるいは全般にわたる被害状況が比較的軽微な場合としたが、これは55棟、20.8%である。

このように再区分すれば、前述してきた各図の見方もまた変わってくる。いま、被害を再区分した結果で、比較的あいまいさの少ない全壊（大被害）建物について、全壊棟数比%（倍率）を求めてみれば、建築年代では、

- 建築年代 昭和20年以前
 - I'. 図-5の全壊建物 ; 62.8% (91/145)
 - II. 全壊査定以外の建物 ; 32.9%
 - I'/II (棟数%の比) ; 1.91
- 建築年代 昭和21年~30年
 - I'. 図-5の全壊建物 ; 15.9% (23/145)
 - II. 全壊査定以外の建物 ; 24.8%
 - I'/II (棟数%の比) ; 0.64
- 建築年代 昭和31年以降
 - I'. 図-5の全壊建物 ; 21.4% (31/145)
 - II. 全壊査定以外の建物 ; 42.3%
 - I'/II (棟数%の比) ; 0.51

となり、昭和31年以降の全壊棟数%を1.0とすれば、昭和20年以前の建物は、その3.75倍、昭和21年~30年では、1.25倍となる。すでに求めた全壊査定建物の値は、それぞれ2.06倍、1.14倍であるから、全壊査定建物にお

□ I:218 棟 ▨ II:403 棟

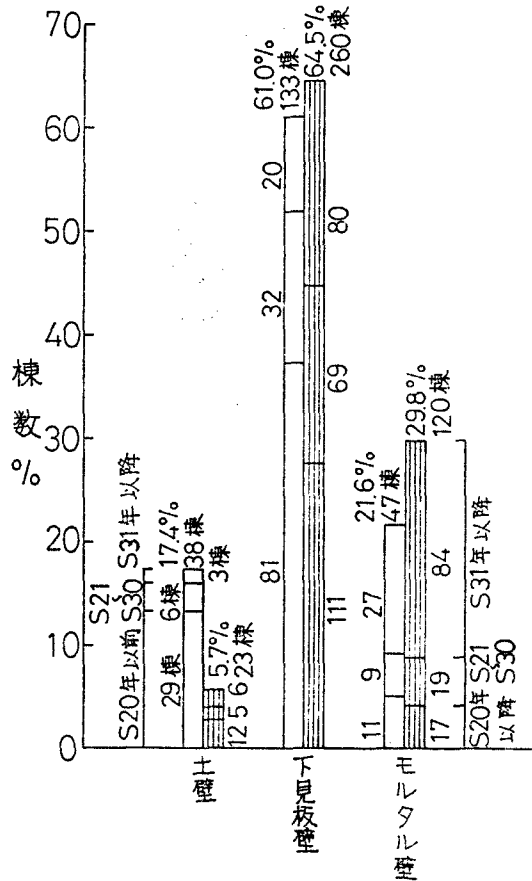


図-4 全壊査定建物とそれ以外の建物の主な外壁（建築年代）の比較

ける構造的にみて確からしい全壊建物に着目すれば、建築年代による全壊棟数比率の差異は、さらに顕著なものになることを示す。

用途についていえば、図-2では、住宅の全壊棟数比倍率が、商店、農家などに比べて高かったわけであるが、図-5によれば、再区分された全壊棟数%は、住宅が最も低くなっている。いま、上記と同様にして、全壊棟数比%（倍率）を求めてみれば、住宅を1.0として、商店など1.18、農家など1.26となり、図-2とは逆に、住宅が最も大被害をうけた比率が低くなっている。

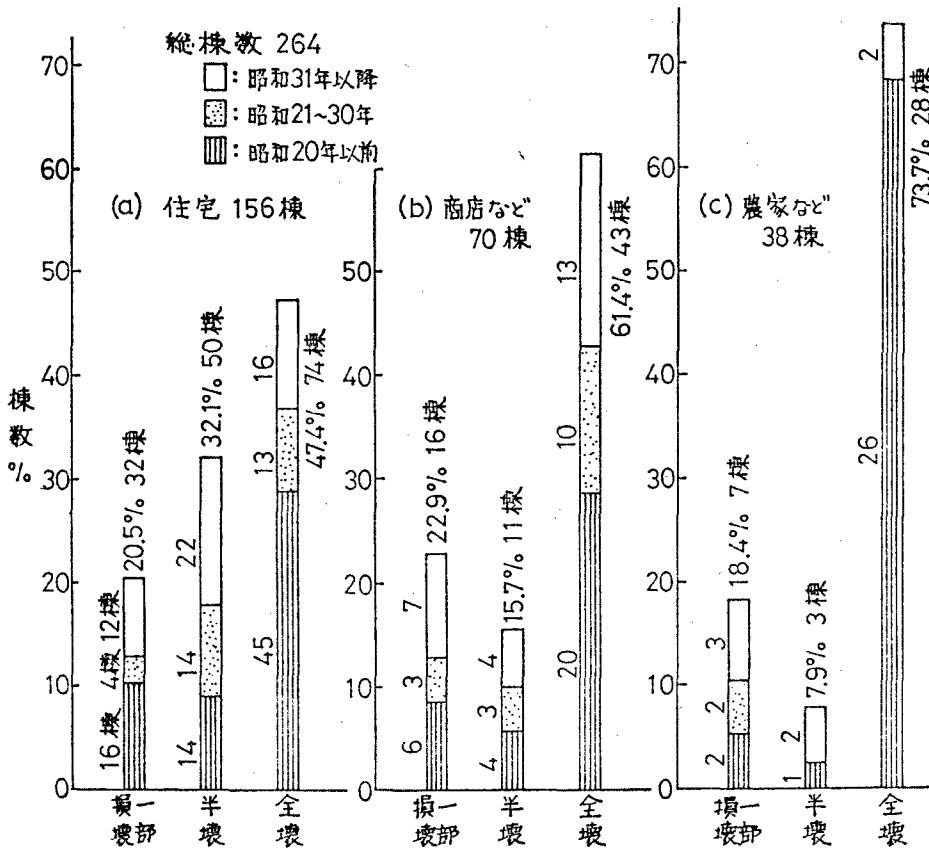


図5 全壊査定建物の被害再区分 (用途別建築年代と被害の関係)

被害再区分とその説明

- 全壊：倒壊，地震後とりこわしたものを，あるいは修理費300万円以上を要したもの
- 半壊：修理費100万円以上300万円未満，あるいは修理費不明の場合柱が折れた，傾斜大など被害の大なるもの
- 一部損壊：修理費100万円未満，あるいは修理費不明な場合，被害が比較的軽微と推測されるもの（被害状況：傾斜，壁のはく離，きれつ程度，柱，土台の基礎からの落下，移動のありなしなどから判定）

2 1978年宮城県沖地震 (M 7.4) における木造建物の被害と建物諸性状の関係—
仙台市東部低地における調査から—

2-1 被害・調査概要

中級の内陸直下地震は，前記，十勝沖地震後も少なからず発生しているが，それらの地震による大被害の多くは，がけ崩れなど地盤災害に起因しており，振動による大被害（全壊など）と建物の諸性状の関係などを調べるほどの資料は得られない。この地震は，そのような意味でも，前記，十勝沖地震以来の大地震といえる。この調査は，その目的から墓石などの調査により，仙台市で最も大きな加速度が推定され，かつ木造建物の振動被害が多発した仙台市東部低地で行った。調査地域の地形

は，自然堤防，後背湿地，比較的内陸よりの浜堤などで，仙台市としては，ほぼ最も地盤の悪いところといえるが，全般的に軟弱層は薄く，長周期地盤ではない。

調査は，現地での聞き込みと観察，写真撮影によっており，6月29日～7月3日（地震発生6月12日）の間に実施した。なお，各調査対象地区（街区）の木造建物は，住宅地図と対応させながら，ほぼしつ皆的に調べた。調査した建物は，被害程度により，大被害，中被害，小被害の3つのグレードに分けた。それぞれの定義は，大体次のようである。

○大被害：被害が大きく，調査時点ですでにとり壊わさ

れているもの並びに、建物全体が応急の支柱によって支えられているが、復旧は困難とみなせるもの。すなわち、構造的にみてほぼ全壊に相当する。

- 中被害：壁にかなりのきれつがある。傾いていることが十分認められる。屋根瓦が少なからず移動、落下している。など、外部からみてかなり被害をうけていることが認められる建物である。これらの建物の内部は、一般に外見から想像される以上の被害をうけており、このグレードは大体半壊程度に相当すると考えている。
- 小被害：調査対象地域では、ほとんどの建物が被害をうけている。したがって、壁のきれつなどが顕著であっても、それが局部的である場合は、このグレードに含ませる。一般に、一部破損、一部損壊といっている被害程度に相当する。

なお、市の査定との対応を一部で行ったが、筆者らの被害区分の方が、市の査定より被害が小さ目に評価している側にあった。

図-6は、調査建物2,491棟の用途、建築年代構成を

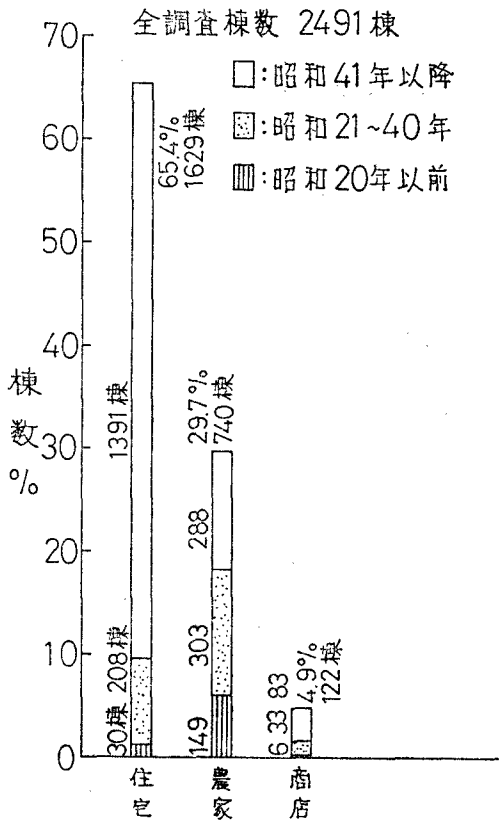


図-6 調査家屋の用途・建築年代内訳

示したものであり、調査対象地域の特性がわかる。すなわち、この地域は、従来、農家などの小集落が点在するほかは、ほとんど田畑であったところである。しかし、最近、十数年来の仙台市の市街地の拡大は、この地域にも及び仙台旧市街地並びに新設商工業団地への通勤者の住宅(専用住宅)が急増している。したがって、マクロにみれば、調査地域は、典型的な新興住宅地といえる。

図-7、図-8は、調査建物の用途、建築年代と被害の関係を示したものである。明らかに建築年代の古い建物が、また、農家、商店が専用住宅(図では、単に住宅としている)より被害棟数%が大きい。両図から構造的にみてほぼ全壊ないしそれに準ずると思われる大被害建物は、調査総数2,491棟中、110棟、44%である。また、ここにいる中被害(半壊程度に相当)は、251棟、10.1%である。なお、いずれも、ほぼ振動被害とみなせる。

2-2 建築年代と被害の関係

図-9は、建築年代と被害の関係である。(a), (b), (c)は、それぞれ昭和20年以前(185棟)、昭和21年~40年(544棟)、昭和41年以降(1,762棟)に建てられた建物の被害内訳であるが、建築年代による被害比率の差異は

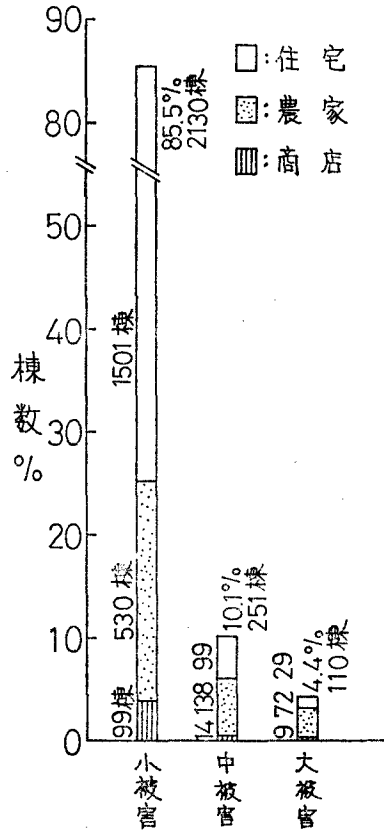


図-7 調査家屋(用途別)被害区分

著しい。すなわち、大被害についていえば、それぞれ、19.5%、10.5%、1.0%であり、特に昭和41年以降の年代の建物で大被害をうけたものは、1.0%に過ぎず、昭和20年以前の19.5%は、いうに及ばず、昭和21年~40年の10.5%をも大きく引き離している。中被害は、大被害におけるほどの大きな違いはないが、それでも23.8% : 21.5% : 5.1%と昭和41年以降に建てられた建物が、それ以前の建物に比べ、その比率は著しく低い。因みに、中程度の被害（おおまかには半壊）以上の被害棟数の比率でみれば、3種の年代区分順に43.2%（185棟中、80棟）、32.0%（544棟中、174棟）、6.1%（1,762棟中、107棟）となる。

2-3 建物用途と被害の関係

図-10は、建物用途と被害の関係である。(a), (b), (c)は、それぞれ住宅、農家、商店の被害内訳であるが、農家、商店の被害棟数に比べ、住宅のそれは目立って低い。すなわち、大被害でみれば、住宅1.8%、農家9.8%、商店7.5%であるから、住宅を1.0とすれば、農家5.4倍、商店4.2倍、中被害以上としても、7.9%（1,629

棟中、128棟、28.4%（740棟中、210棟）、18.9%（122棟中、23棟）、したがって、1 : 3.6 : 2.4ということになる。このことは、最近の建物（昭和41年以降）に限ってみれば、さらに大きな差異となり、大被害の住宅、農家、商店の棟数比率は、0.2%（1,391棟中、3棟） : 3.4%（295棟中、10棟） : 4.8%（83棟中、4棟） = 1.0 : 15.9 : 22.3となっている。

一方、昭和40年以前について、同様の比較を行えば、住宅、農家、商店の大被害の比率は、10.9%（238棟中、26棟） : 13.7%（452棟中、62棟）、12.8%（39棟中、5棟）であり、住宅が最も低いとはいえ、3者の間に大きな差異はない。

昭和41年以降の新しい建物の被害棟数比が、それ以前の建物の被害棟数比に比べて著しく低い値となっていることは、すでに述べたが、とりわけ、住宅の低下率が低いことが目立つ。すなわち、昭和40年以前と昭和41年以降の建物の大被害棟数比を、住宅、農家、商店についてみれば、それぞれ10.9%→0.2%、13.7%→3.4%、12.8

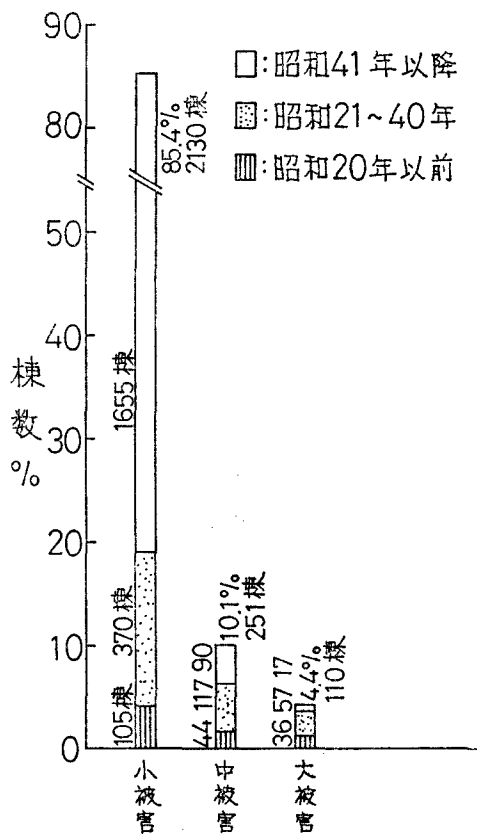


図-8 調査家屋（建築年代別）被害区分

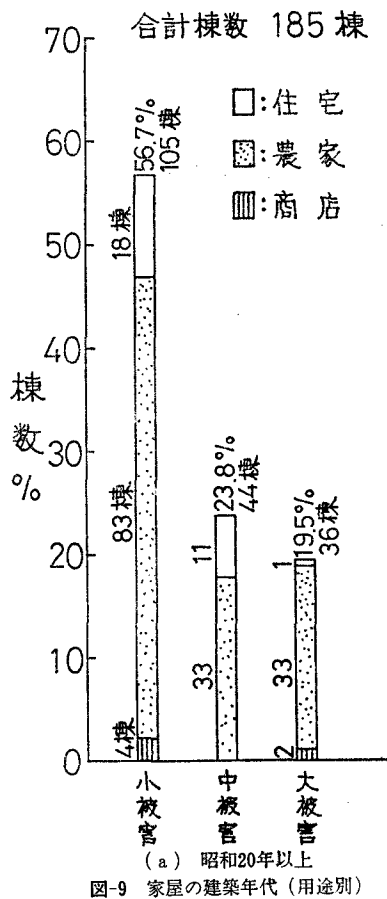


図-9 (a) 家屋の建築年代（用途別）と被害の関係

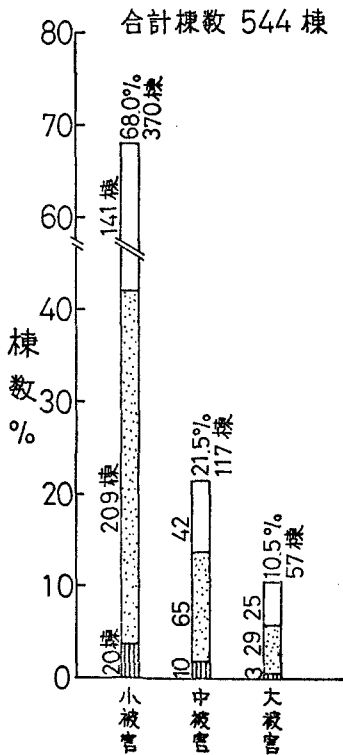


図-9 (b) 昭和21年~40年

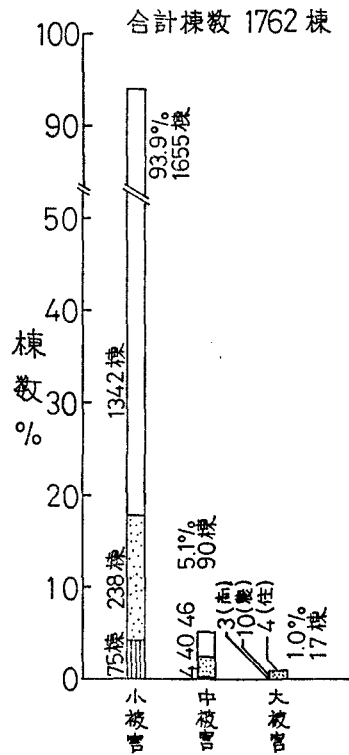


図-9 (c) 昭和41年以降

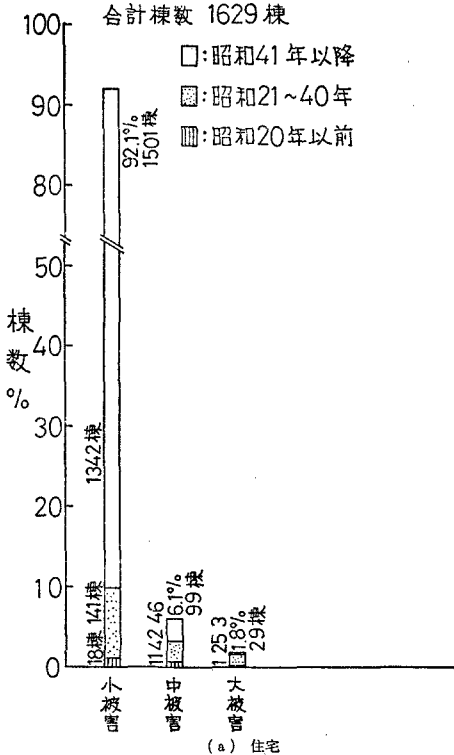


図-10 (a) 住宅

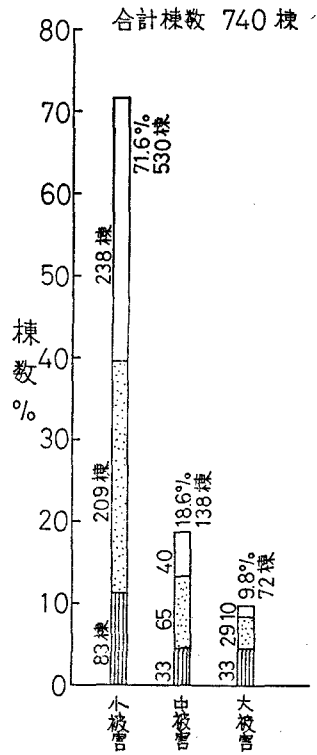
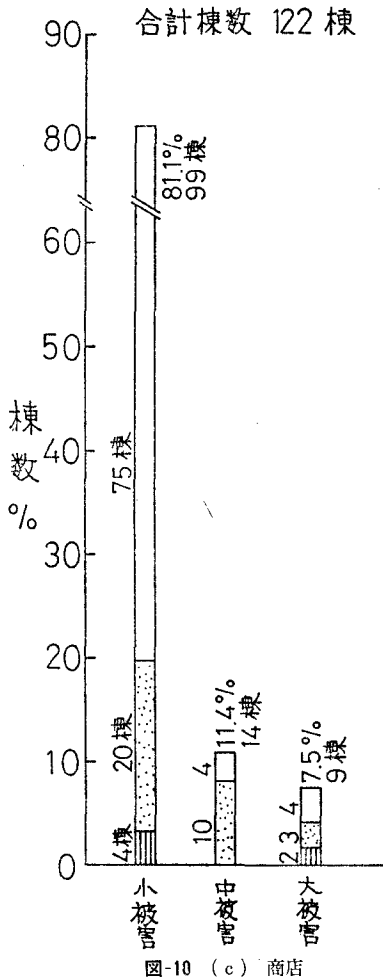


図-10 (b) 農家



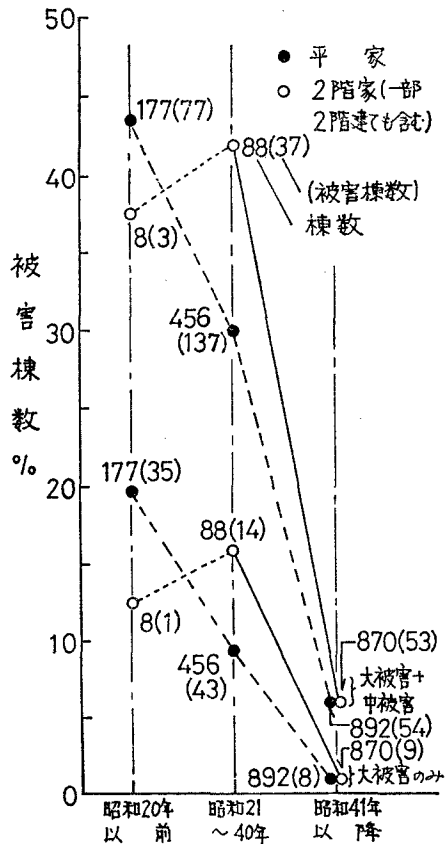
%→4.8%となる。

このことは、少なくともこの地区の一般（専用）住宅の耐震性が最近に至り、さらに一段と向上していることを推測させる。このような建築年代、あるいは用途別の整理では、被害におよぼした構法の違いと老朽度の、それぞれの効果は分離されないが、昭和40年以前の建物の被害棟数比に、用途による差異があまり見られないということは、老朽化はあまり用途に関係なく進行するとみられるから、耐震性（構造的にみた）そのものに用途による差異が、ほとんどなかったことを意味しよう。

それは、この地区の地域性に大きく関係する。図-6に示すように、この地区に一般的な都市型住宅が多数建設されるようになったのは、昭和41年以降であり、それ以前からあった住宅は、これらの新興住宅群とは、構造的もかなり異ったものである。そのうち、壁材、基礎については後に検討するが、一般に、現地で見られる最近の住宅に比べ、規模が大きく、間仕切壁などが少ない

従来の農家建物に近い特性をもっているようである。また、屋根も一般に重い。住宅に限ってみれば、昭和21年～40年に建てられた建物の屋根葺材で、瓦葺が占める割合は、約91%（208棟中、189棟）である。一方、昭和41年以降の住宅の同様な比率は、約64%（1,391棟中、890棟）に低下している。かくして、都市型の一般住宅は、新しかったというよりも、建物構造の秀れた耐震性のために、この地震では極めて低い被害率に止まったといえよう。一方、農家、商店は、昭和41年以降の建物に限っても、それぞれ3.4%、4.8%の大被害棟数比を示している。少なくとも都市計画区域においては、木造建物の構造が法規的にも大黒柱式に代わって耐力壁式が採用されるようになって久しいが、農家建物には、いまなお土間（作業場）、連続した和室の従来の使い方の名残があるように思われ、壁率は低いようである。さらに屋根は入母屋で、棟瓦が高いなど重い建物も目立った。

1階に広いスペースが要求され、かつ解放的な店舗併用住宅（商店）が、耐震的に問題を抱えていることはよく知られている。この調査に基づく限り、一般住宅に比べ、相対的にはあるが農家、商店建物の耐震性の問題



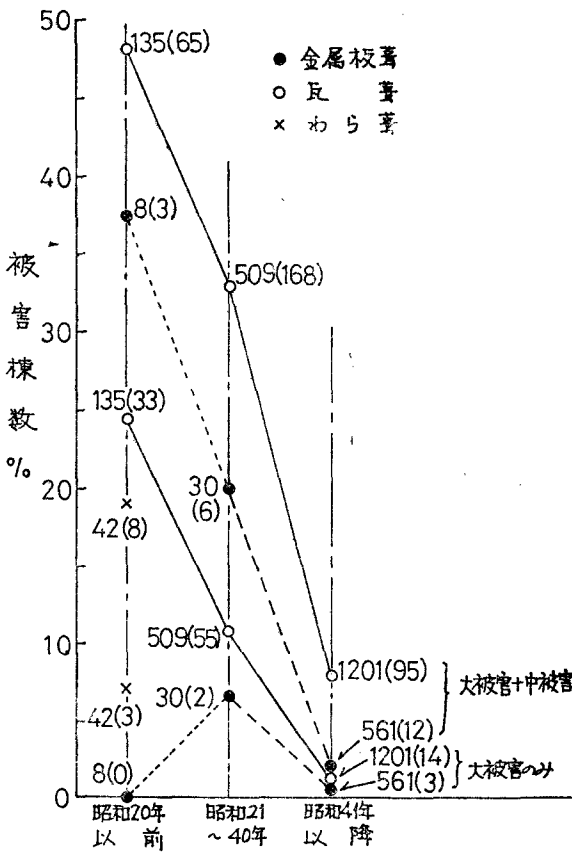


図-12 屋根葺材と被害棟数比 (%) の関係。

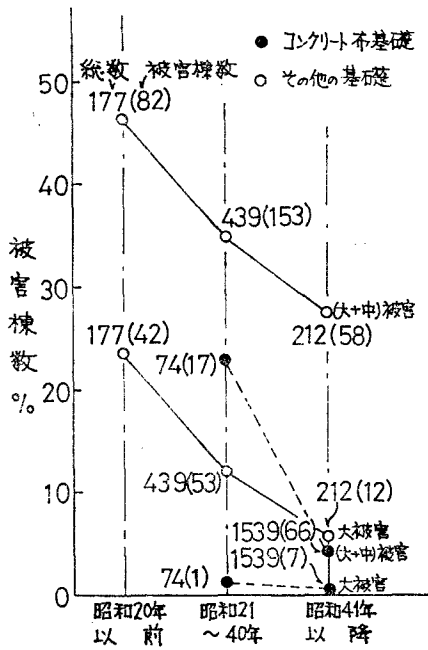


図-13 基礎と被害棟数比 (%) の関係

点がより明瞭になってきている。

2-4 階数、屋根葺材と被害の関係

図-11は、階数と被害棟数比の関係である。昭和20年以前の建物の場合は、2階建が極度に少なく、むしろ平家の被害棟数の方が高い。一方、昭和41年以降の建物では、同程度の値となっており、昭和21年~40年の建物においてのみ2階建の被害棟数比が平家のそれを上まわっている。以上、必ずしも2階建が平家比べて大被害をうけた棟数比が高くなっているが、この理由としては、地盤条件（軟弱層が薄い）があげられよう。

図-12は、屋根葺材と被害棟数比の関係である。明らかに、瓦葺建物の被害棟数比は、いずれの建築年代とも金属板葺建物のそれを上まわる。わら（かや）葺建物は、建築年代が昭和20年以前に限られるが、被害棟数比は意外に低く、大被害+中被害の棟数比では、約9%（42棟中、8棟）と、37.5%（8棟中、3棟）の金属板葺建物より低い比率を示している。ただし、大被害に限れば、この比率は逆転する。

以上、建築年代による屋根葺材の偏りなどのため、部分的には説明しきれないところもあるが、全体的にみれば、屋根材の重さと被害の間には、相関性が認められる。ただ、中被害も含めて考えた場合には、屋根材自体の被害（瓦の移動・落下）も被害程度の判定に組みこまれていることを留意する必要がある。

2-5 基礎・主な外周壁と被害の関係

基礎と主要な壁がどのような構法によっているかは、建物の耐震性を判断する場合、大きな目安になる。図-13は、調査した建物の基礎と被害棟数比の関係である。昭和20年以前の建物の基礎が、全てコンクリート布基礎以外であるのは、理解できるが、昭和21年~40年の建物の85.6%（513棟中、439棟）が、切石を連続的に並べた基礎あるいは独立基礎（この基礎は、全建築年代合計で9棟のみ）である点は、予想外であった。これは、前述したように、一般の木造建物の建築確認申請義務が、都市計画区域に限定されていたことと関連するのであろうが、昭和41年以降においてもなお、12.1%（1,751棟中、212棟）の建物の基礎に切石の連続基礎がみられた（この年代の建物に独立基礎はない）。

図が示すように、基礎と被害の関係は明瞭である。大被害に限れば、コンクリート布基礎の建物の総数1,613棟中、8棟（0.5%）、一方、それ以外の基礎の建物では、828棟中、107棟（12.9%）が被害をうけたことになる。

図-14は、主要な外周壁材と被害棟数比の関係である。壁体の内部構造は不明であるが、基礎と関連付ければ、耐震性の配慮の有無は、推察できよう。すなわち、

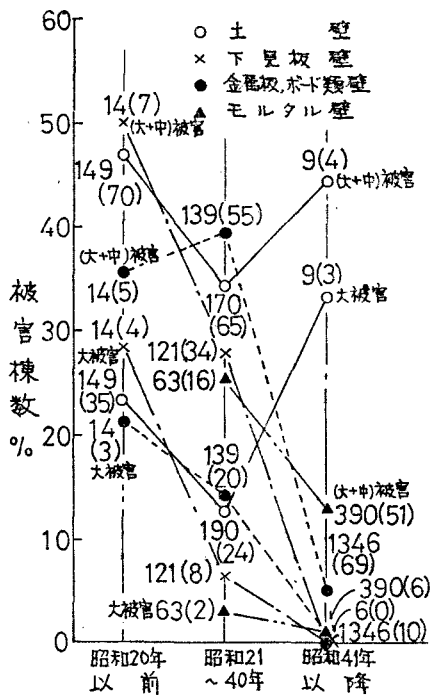


図-14 主な外周壁材と被害棟数比の関係

主要な外周壁がどのような材料であれ、昭和20年以前の建物は全てコンクリート布基礎以外の基礎（すなわち、耐力壁式ではなく大黒柱式と考えられる）であり、マクロにみれば、建物全体としての耐震性に大きな差異はなかったようであり、いずれの壁材の場合も20%台の大被害棟数比を示している。

昭和21~40年の建物も、その大多数は前述したようにコンクリート布基礎ではない(85.6%)。それらの建物が有効な耐力壁をもっていることは考えにくい、被害棟数比は昭和21年以前の建物に比べ、かなり減じているとともに、被害棟数比にかなりの幅を生じている。これを大被害についてみれば、この年代に登場してきたモルタル壁が最も低く、約3.2%(63棟中、2棟)、金属板、ボード類の壁が最も高く14.4%(139棟中、20棟)となっている。ただし、この年代までの金属板、ボード類は、比較的最近の壁材として開発されたものではなく、単に土壁、下見板壁などを被覆した構造であろう(ほとんどが薄鉄板)。一方、図-13によれば、比率としては小さいが、この年代で使われるようになってきたコンクリート布基礎の建物は、74棟中、1棟のみが大被害をうけたに過ぎない。これは、外見上はどうあれ、不備な基礎上に有効な耐力壁は存在しえない(あるいは、そのような配慮はなされていない)ことを意味する。なお、コンクリート布基礎で大被害をうけた上記1棟は、外壁を薄鉄板

で被覆したものである。

昭和41年以降の建物では、土壁、下見板(押縁下見板張)壁は激減し、総調査棟数1,751棟中、前者は9棟、後者は6棟に過ぎない。土壁の9棟の基礎は、7棟が切石であり、そのうち3棟が大被害をうけている。下見板壁の6棟のうち、5棟はコンクリート布基礎であるが、残りの1棟(切石基礎)を含め、いずれも小被害にとどまっている。コンクリート布基礎の建物で大被害をうけた7棟の壁の内訳は、モルタルが5棟、金属板、ボード類が2棟である。コンクリート布基礎の総調査棟数は、前者が347棟、後者は1,185棟であるから、大被害をうけた棟数比は、前者が1.44%、後者は0.17%である。この年代で、コンクリート布基礎をもつ建物の金属板、ボード類の壁は、ほとんど壁用につくられた建材から成るものであり、その耐震性はモルタル壁などに比べ、かなり高いといえそうである。

3 まとめ

以上の2つの地震の調査結果をまとめ、振動による木造建物の被害と建物諸性状の関係を一般性をもって定量化するために若干の考察を試みる。

この2つの地震の発生には約10年の隔りはあるが、いずれも木造建物の構造として耐力壁式が一般に定着したと考えられる比較的最近の地震である。しかし、十勝沖地震の調査地域(被害の多発した地域)においては、当時としては比較的新しい木造建物も含めて、また宮城県沖地震の調査地域では、昭和30年代の建物(上記十勝沖地震における比較的新しい建物と同年代の建物)も含めて、耐力壁式が必ずしも一般化されていないことがわかった。

しかし、一般に建物構造がコンクリート布基礎、それに固定された耐力壁で一体化されていないとはいえ、戦前の建物に比べ、戦後の建物の耐震性が向上していることは確かなようであり、しかも、この2つの地震の調査資料がほぼ一致する量的な結果が得られた。すなわち、十勝沖地震における昭和20年以前の建物の全壊(当時の査定)棟数比を1.0とすれば、それ以降の建物では0.51であった(昭和21年~30年:0.55, 昭和31年以降:0.49)一方、宮城県沖地震では、同様に昭和20年以前の建物の全壊(筆者らが判定)棟数比を1.0とすれば、昭和21年~40年の建物では0.54であり、2つの地震の間に実質的な差異はほとんどみられない。

ところで、宮城県沖地震における調査地域、仙台市東部低地では、昭和41年以降に至って耐力壁式が一般化する。そして、これらの建物の全壊率は、著しく低いものになっており、昭和20年以前の全壊棟数比の約1/20に過ぎない。

以上から、被害想定などに際して、建物の建築年代を考慮する場合、建築基準法制定の前か、それ以降かの区分にとどまらず、都市計画区域の線引きと関連するとと思われるが、耐力壁式がどの程度対象とする地域に普及しているかを調べる必要がある。

建物用途については、主として住宅、農家、商店に建物を区分し、それぞれと被害(率)の関係を調べたが、昭和20年以前あるいはそれ以降に建てられたものでも大黒柱式が主体をなす場合、用途による全壊棟数比の差異は大きなものではない。それでも、住宅の全壊棟数比が、農家や商店に比べ、10数%~20数%程度低いものとなっている。

この差異は、宮城県沖地震の昭和41年以降の建物、すなわち、耐力壁式の建物では著しいものとなっている。その程度は、住宅の全壊棟数比(0.2%)を1.0とすれば、農家(3.4%)で、17.0倍、商店(4.8%)では、24倍に達しており、一般住宅に比べ、農家、商店の耐震性の問題点が、相対的にはより明瞭なものとなっている。

この2つの調査結果では、建物の階数と被害の関係は、明らかなものとなっていない。建築年代によっても異なるが、全体的にみれば、平家も2階建も同程度の比率で被害をうけている。これは、調査地域の地盤が、その周辺に比べて悪いとはいっても、全般的に軟弱層が薄く、いわゆる長周期地盤ではないことによると思われる。なお、屋根の軽重と被害の関係には相関性がみられ、瓦葺の建物が金属板葺などの屋根の軽い建物に比べ、被害率は高い。

壁材(主に外壁)と被害の関係は、耐力壁式でない場合は明瞭ではない。耐力壁式の建物では、比較的最近、壁用につくられた金属板(パネル)、ボード類あるいは下見板張の被害率がモルタル壁などに比べて低い結果になっている。仙台市東部低地の調査によれば、金属板(パネル)、ボード類の壁の建物の全壊(筆者らの判定による)棟数比は、0.17%であるの対し、モルタル壁建物では、1.44%となっている。

文献一覽

青森県

1970 『青森県大震災の記録——昭和43年の十勝沖地震——』

金森博雄

1971 “Forcal mechanism of the Tokachi-Oki earthquake of May, 1968 —Contribution of the Lithosphere at a junction of two trench—”. *Tectonophysics* : Vol. 12. pp. 1~13

日本建築学会

1968 『1968年十勝沖地震災害調査報告』

望月利男・宮野道雄・松田馨余

1978 「1923年関東大地震における木造家屋の被害の検討—震災距離・地形と全壊率の関係—」
『日本建築学会論文報告集』 第270号
pp. 81~90

RELATION BETWEEN CHARACTERISTICS OF WOODEN STRUCTURES AND DAMAGE DONE

From Investigations on the 1968 Tokachi Oki and Miyagi-ken Oki Earthquakes

Toshio Mochizuki * and Michio Miyano **

Comprehensive Urban Studies, No. 8, 1979, pp. 131~140

This paper investigates the damage done to wooden structures that was caused mainly by vibration during earthquakes. The purposes of this investigation are discussing statistically the effects which may give the damage ratio (potential) of various properties of wooden structures such as old and new constructions, their uses (residence, shop or farmhouse), number of floors, weight of the roof and so on. As the result, it is made clear that the newly constructed houses with earthquake-resistant walls have considerably high antiseismic properties.

* Center for Urban Studies, Tokyo Metropolitan University

** Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University