

第4章 項目別の被害想定

1. 建物の被害

建物の被害は、住民生活や社会生活に直接関わる被害であり、地震被害の中で最も影響が大きく、その後の出火や人的被害等の二次災害の発生にも起因するものである。1995年兵庫県南部地震(M=7.3)では、全壊が約10万棟、半壊が約14万棟発生し、住民に多大な影響を与えたことは記憶に新しい。宮城県においても、1978年宮城県沖地震(M=7.5)では全壊約1千3百棟、半壊約6千棟の被害が発生し、最近発生した2003年宮城県北部連続地震(M=6.4)においても全壊約1千棟、半壊約3千棟の被害が発生して、住民に大きな被害を与えた。

さらに、建物の直接的な被害だけではなく、建物に付随するブロック塀や落下物による被害も懸念されている。実際、1978年宮城県沖地震ではブロック塀が倒壊し、多数の犠牲者が発生した。

こうした点から本調査では、建物の被害として、1)木造、非木造建物の被害、2)ブロック塀等の被害、3)落下物の被害を想定することとした。

(1) 木造、非木造建物の被害

a) 想定対象

本調査では、1階床面積が10m²以上の建物を対象に、建物構造を以下の3種類(木造、非木造2種類)に分類して、想定を行った。

木造：裸木造、防火木造

鉄筋コンクリート造(RC造)：鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造

鉄骨造(S造)：鉄骨造、軽量鉄骨造、その他の構造

b) 現況データ

現況データの推定については、年代・階層によって被害の様相が異なることから、こうした点を考慮して、構造別にそれぞれ年代・階層別に区分を行った上で、棟数分布の推定を行っている。その推定にあたっては、以下の資料を用いている。

- ・国勢調査地域メッシュ統計(昭和45年、昭和55年、平成12年)
- ・平成7年国勢調査、平成8年事業所・企業統計調査等のリンクによる地域メッシュ統計
- ・平成8年事業所・企業統計調査メッシュ統計 ・建物ポリゴンデータ(NTT-ME製)
- ・平成10年住宅・土地統計調査 ・仙台市地震被害想定調査データ(2002)

推定した全県の建物棟数を構造別に住家・非住家に分けて表4-1-1に示し、県内の建物棟数の分布状況を図4-1-1に示した。

表4-1-1 宮城県の構造別建物棟数一覧表(単位：棟)

木造			鉄筋コンクリート造		
住家	非住家	合計	住家	非住家	合計
548,872	297,573	846,444	9,200	21,291	30,490
鉄骨造			全建物		
住家	非住家	合計	住家	非住家	合計
33,626	83,166	116,793	591,698	402,030	993,728

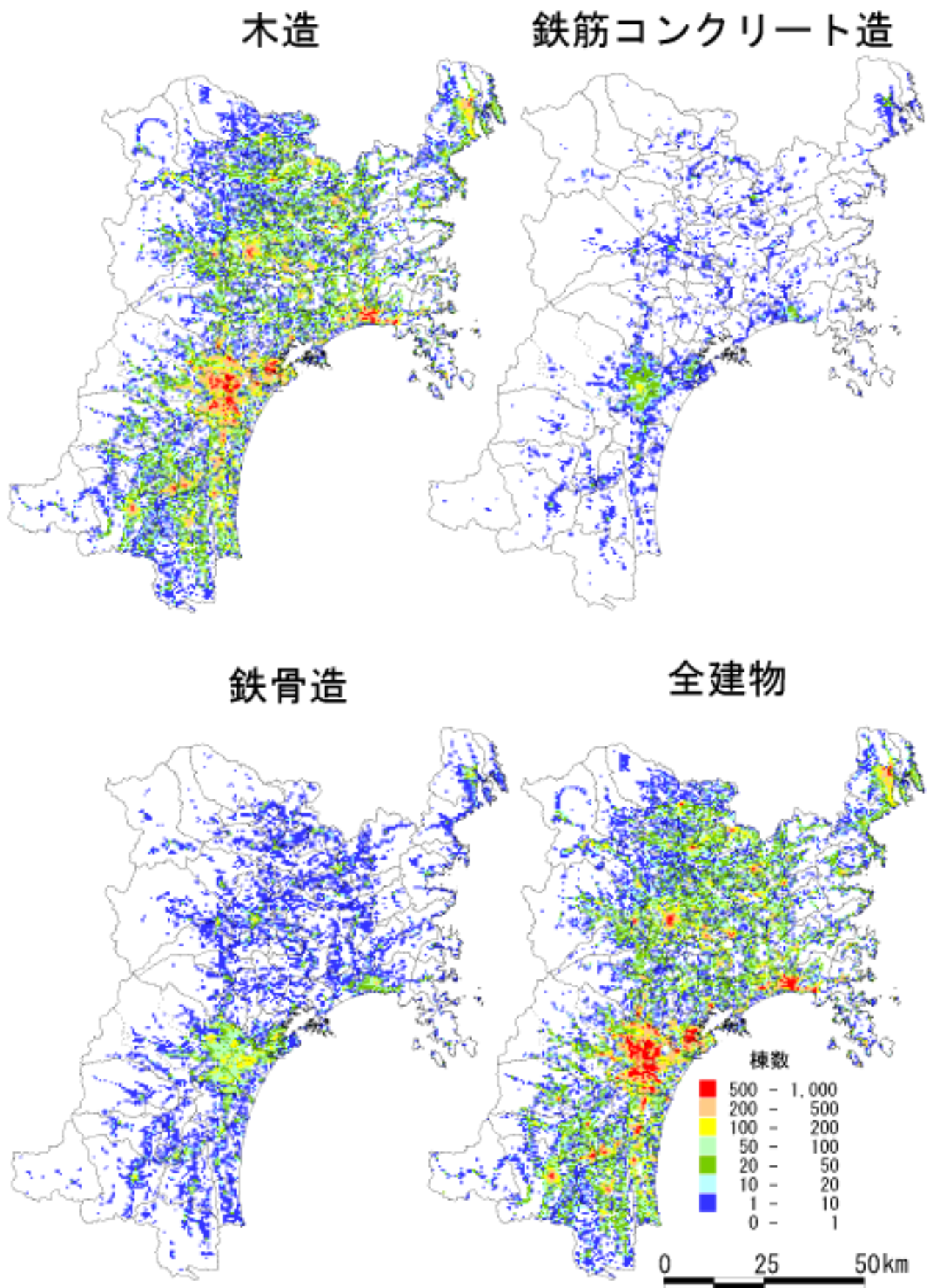


図 4-1-1 宮城県内の構造別建物分布図

さらに、全県における構造ごとの年代・階層（非木造のみ）別棟数を表 4-1-2 に示し、年代別構成率の円グラフを図 4-1-2 に示した。この結果より、宮城県においては、耐震性に問題があるとされている昭和 56 年建築基準法改正（いわゆる、「新耐震」）以前に建てられた建物が木造建物で約 65%、非木造建物で約 50%存在することがわかる。

表 4-1-2 宮城県全体の建物構造別年代別階層別棟数一覧表

建物構造	年代・階層(非木造のみ)		現況数(棟)
木造	～1950		69,277
	1951～1970		247,858
	1971～1981		235,208
	1982～		294,101
鉄筋コンクリート造	～1971	1～3F	5,398
		4～7F	1,680
		8F～	248
	1972～1981	1～3F	6,206
		4～7F	1,951
		8F～	532
	1982～	1～3F	10,271
		4～7F	3,133
		8F～	1,071
鉄骨造	～1971	1～3F	27,220
		4～7F	127
		8F～	0
	1972～1981	1～3F	27,302
		4～7F	335
		8F～	19
	1982～	1～3F	60,603
		4～7F	1,003
		8F～	183

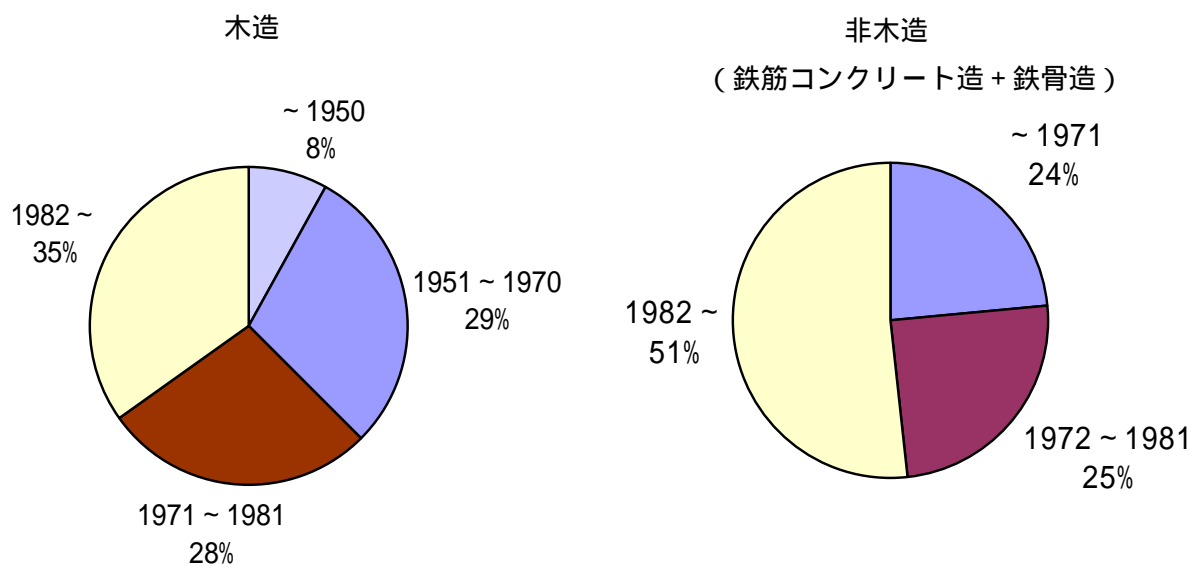


図 4-1-2 宮城県全体における建物構造別の年代別構成比

c)被災度区分

被災度の定義は、建物の被害率曲線の原データの被災度区分に依存し、本調査では以下のよう
に設定した。

木造

震災復興都市づくり特別委員会（1995）が設定した表 4-1-3 の被災度区分にもとづき、

全壊または大破	全壊
中程度の損傷	半壊

と定義する。

表 4-1-3 震災復興都市づくり特別委員会（1995）の被災度区分

被災度 ^{注)}	被災度判定基準	被害状況
全壊 または 大破 (C)	再使用不可能 住める見込は非 常に少ない	既に家屋がない(撤去済み) 全面的倒壊(1階が潰れている、屋根が落ちている、傾斜(5度以上) が著しい) 基礎の破断(上部構造と遊離している。ひび割れが著しく上部を支 えられない) 柱などの破壊(柱が折損している。抜け出している。軸組が分解し ている) 外壁の破壊(外壁の構造体が剥離、剥落している)
中程度の 損傷 (B)	大幅な修理で再 使用可能 大幅な修理で住 める可能性あり	部分的破壊(傾きが認められる(5度以下)) 基礎の破断(基礎のモルタルが剥離している、基礎にひび割れが認 められる) 外壁の破壊(大きな亀裂が認められる、目地が著しくずれている、 ガラス窓が破れ落ちている) * 壁のモルタルが剥離しているだけのものはこのランクに含めない 屋根の破損(屋根瓦のズレが著しい(大半が落ちているなど)) その他(被害が顕著でランクCにはいたらない)
軽微な 損傷 (A)	軽微な損傷で使 用可能 少しの修繕で住 める可能性あり	外壁の破壊(モルタルが部分的に落ちている、壁に僅かなひび割れ がある) 屋根の破損(屋根瓦が部分的に落ちている) その他(被害が軽微でランクBにはいたらない)
外観上 被害なし (無被害)	見た目には被害 がない	見た目に被害がない

注): 被災度は建築研究所による。()内は震災復興都市づくり特別委員会(1995)による被害ランクを示す。

非木造

日本建築学会（1980）が設定した表 4-1-4 の被災度区分にもとづき、

倒壊 + 大破

全壊

中破

半壊

と定義する。

表 4-1-4 日本建築学会（1980）の被災度区分

被害程度	内 容
倒壊	柱・耐力壁などが崩壊し、建物の全体または一部が倒壊した。 少なくとも倒壊した部分は取り壊す必要がある。
大破	柱が曲げまたはせん断により破壊し、建物の一部が鉛直荷重に対する耐力を失っている。 建物の全体または大部分にわたって柱・耐力壁にせん断破壊が生じ、水平耐力の大部分を失っている。 取壊し、または大規模、全面的な補強工事を必要とする。
中破	部分的に柱・耐力壁のせん断破壊または柱の曲げ圧縮破壊を起こしているが、建物全体としては鉛直耐力・水平耐力ともに著しい耐力の低下はない。 渡り廊下・避難階段・煙突・塔屋など、建物の付属部分の構造体に局所的な破壊が生じている。 部分的な構造体の補強または補修工事を必要とする。
小破	構造体、特にはり・柱に肉眼で容易に見える曲げまたはせん断ひびわれを生じている。 ブロック・間仕切・外壁など非構造材に破壊が生じている。 そのままだでも構造耐力上支障はないが、建物使用上は非構造材の補修工事を必要とする。
軽微	構造体、特に壁に微小なひびわれがあるが収縮ひびわれと区別が困難な程度。 非構造材にひび・はく離などがあるが、仕上げの補修のみで外観を復旧できる程度。
無被害	よく見れば若干のひびわれはみつかるとも知れないので、上記の軽微との区別は困難であるが、一応無被害と認定されたもの。

d) 予測手法

本調査では建物の被害として、1)揺れによる被害、2)液状化による被害 の2つのケースを予測した。以下、それぞれのケースについて概略を説明する。

揺れによる被害

地表最大速度 - 建物被害率（全壊率、全半壊率）との関係による被害率曲線を用いて、被害予測を行った。用いた被害率曲線は下記の通り。

・木造

木造建物の被害率曲線は、仙台市(2002)で設定された被害率曲線に対数正規分布累積関数に近似して利用した。この被害率曲線の区分は、以下の区分となる

地震2区分(海洋、内陸)×地盤4区分×年代(～1950、1951～70、1971～81、1982～)
4区分=32区分

なお、地盤区分については、仙台市(2002)では表層の土質区分でタイプ分けを行っていたが、本調査では微地形区分と対応するように設定し直した(表4-1-5参照)。これらの区分ごとの被害率曲線を図4-1-3に示した。

表4-1-5 地盤区分一覧表

被害率曲線地盤区分	微地形区分
A-Type	自然堤防及び砂質沖積層 後背湿地、旧河道 谷底平地 浜提
B-Type	段丘及び扇状地
C-Type	山地、新期火山
D-Type	造成地、埋立地

・鉄筋コンクリート造(RC造)

鉄筋コンクリート造建物の被害率曲線は、仙台市(2002)の地震動および鉄筋コンクリート造建物の被害予測結果を利用して、対数正規分布累積関数による被害率曲線を構築した。この被害率曲線の区分は、以下の区分となる。

地震2区分(海洋、内陸)×年代(～1971、1972～81、1982～)3区分×階層(2～5階、6～7階、8階～)3区分=18区分

区分ごとの被害率曲線を図4-1-4に示した。なお、1階建物の被害率は、本調査では2～5階の被害率曲線を用いて算定を行った。

・鉄骨造(S造)

鉄骨造建物の被害率曲線は、1995年兵庫県南部地震の推定最大速度と実際の建物被害率から構築されている既存の被害率曲線を用いることとし、本調査では石田・水越(2002)の曲線を用いることとした。この鉄骨造建物の被害率曲線の区分は、以下の区分となる。

年代(～1981、1982～)2区分=2区分

区分ごとの被害率曲線を図4-1-5に示した。

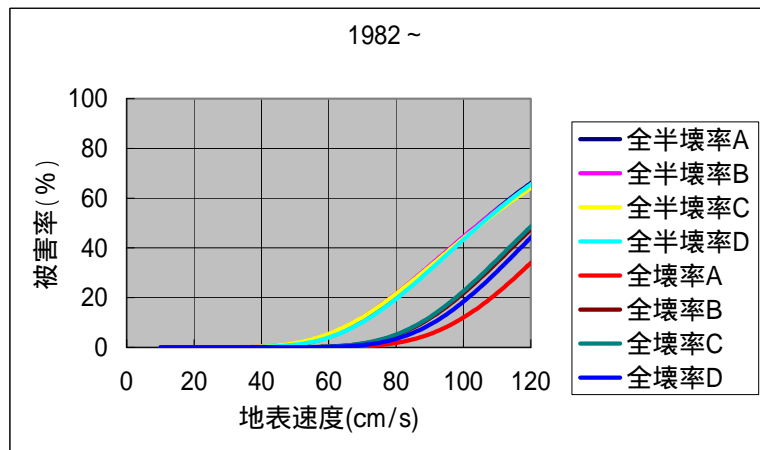
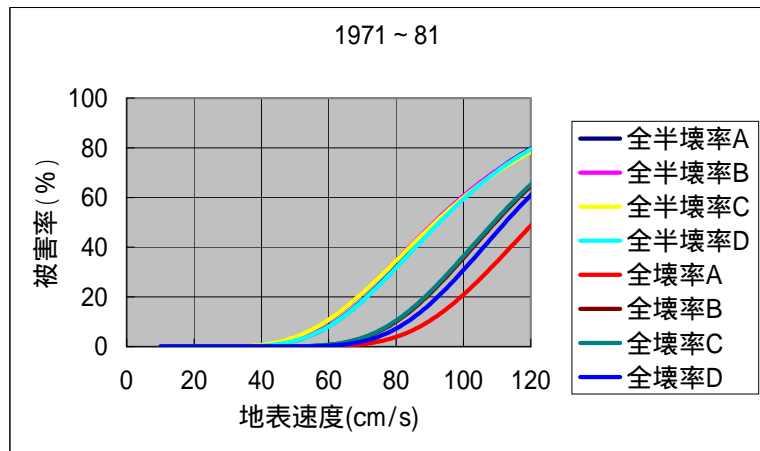
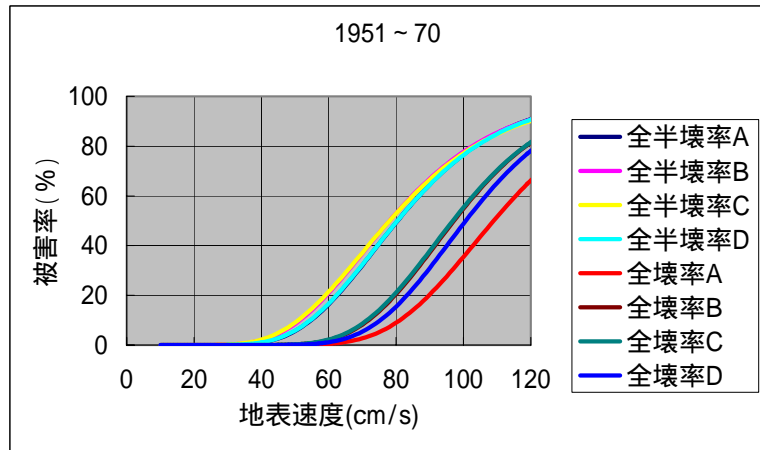
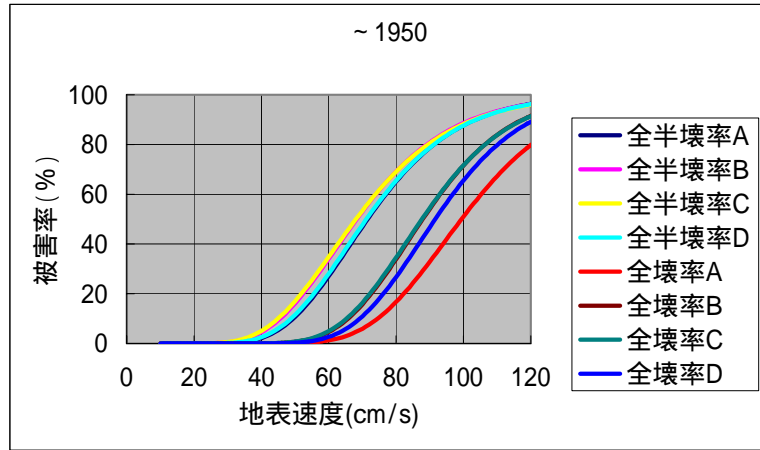


図 4-1-3(1) 木造建物の被害率曲線 (海洋型)
A、B、C、Dは地盤タイプを示す。

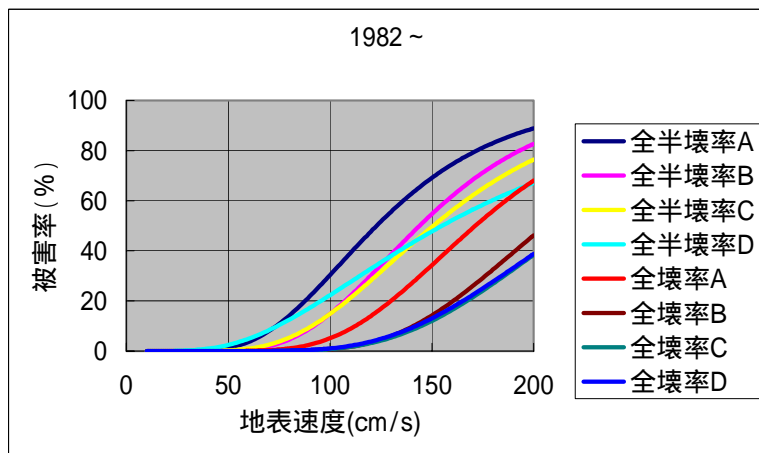
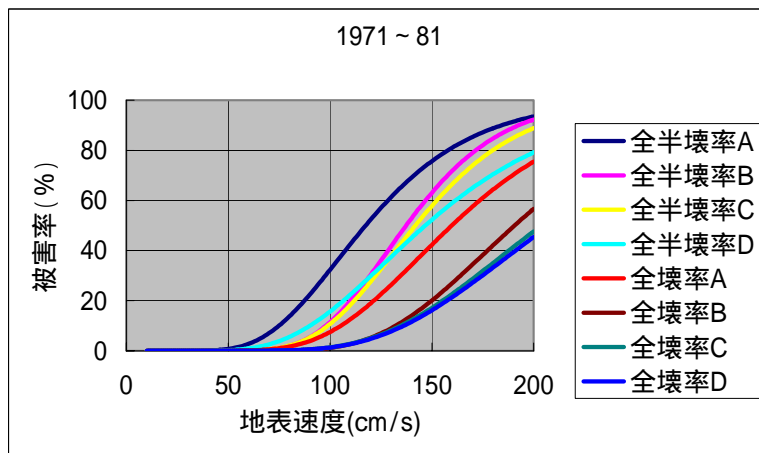
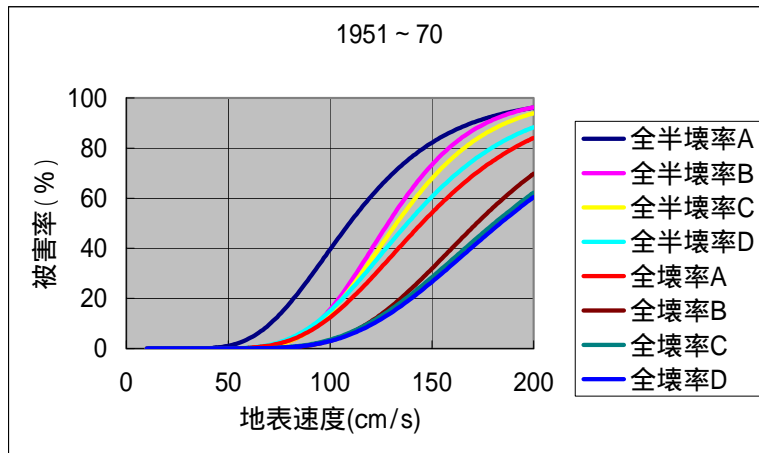
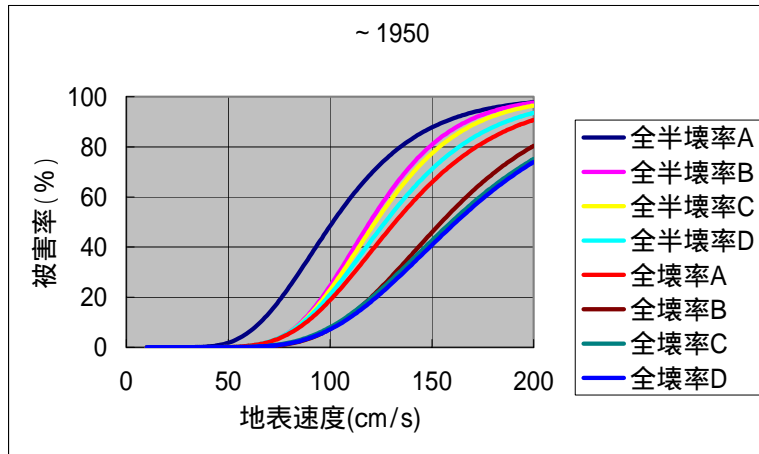


図 4-1-3(2) 木造建物の被害率曲線（内陸型）
A、B、C、Dは地盤タイプを示す。

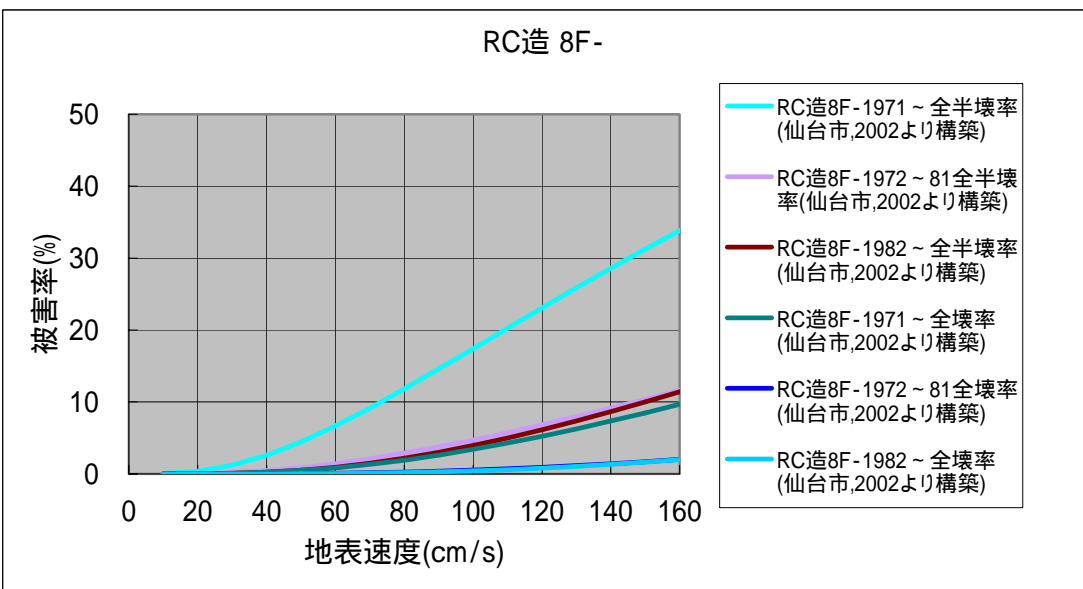
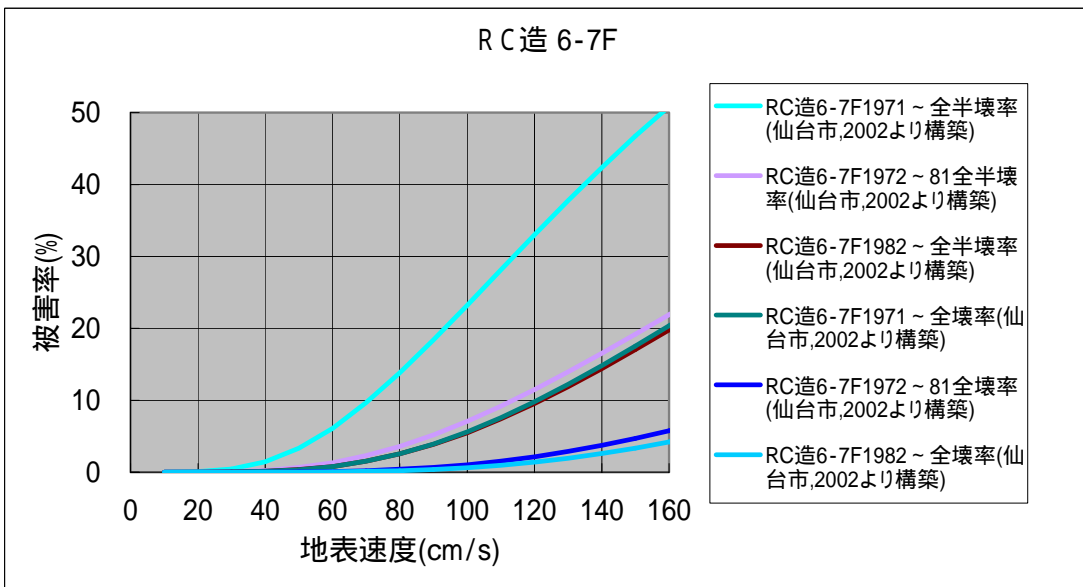
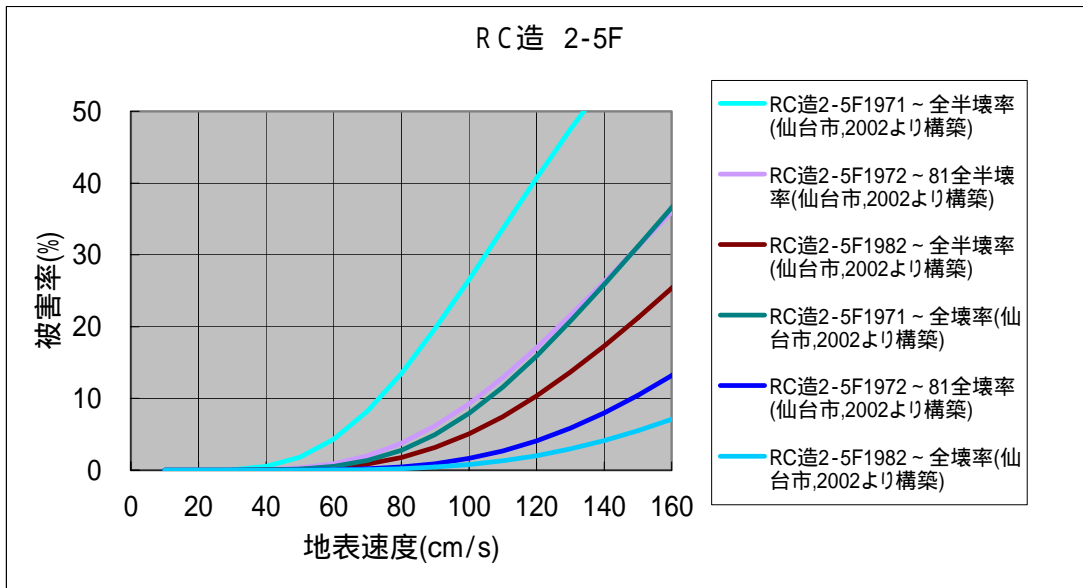


図 4-1-4(1) 鉄筋コンクリート造 (RC造) の被害率曲線 (海洋型)

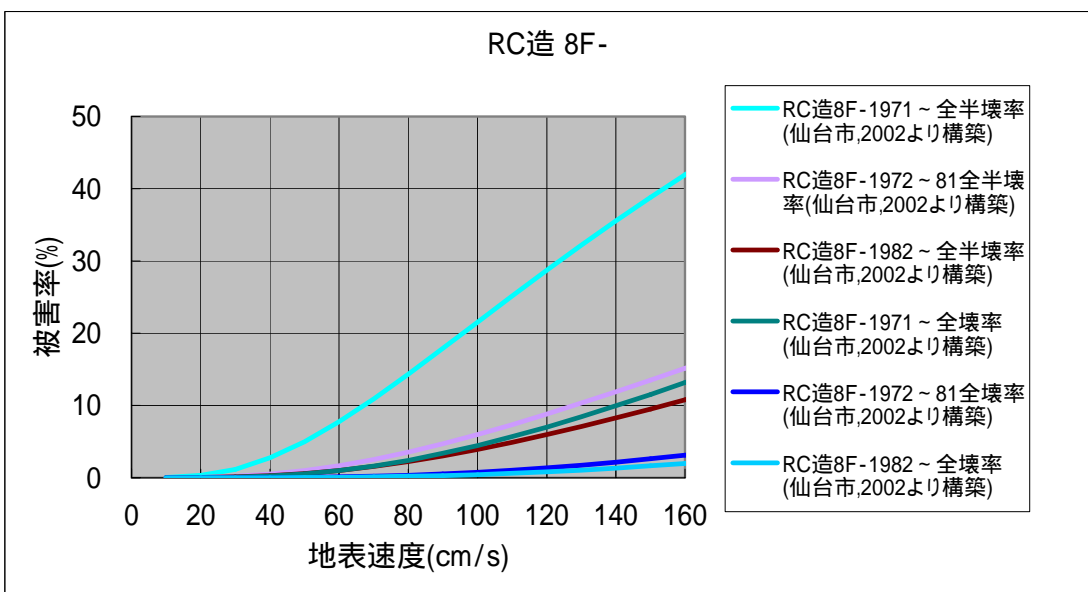
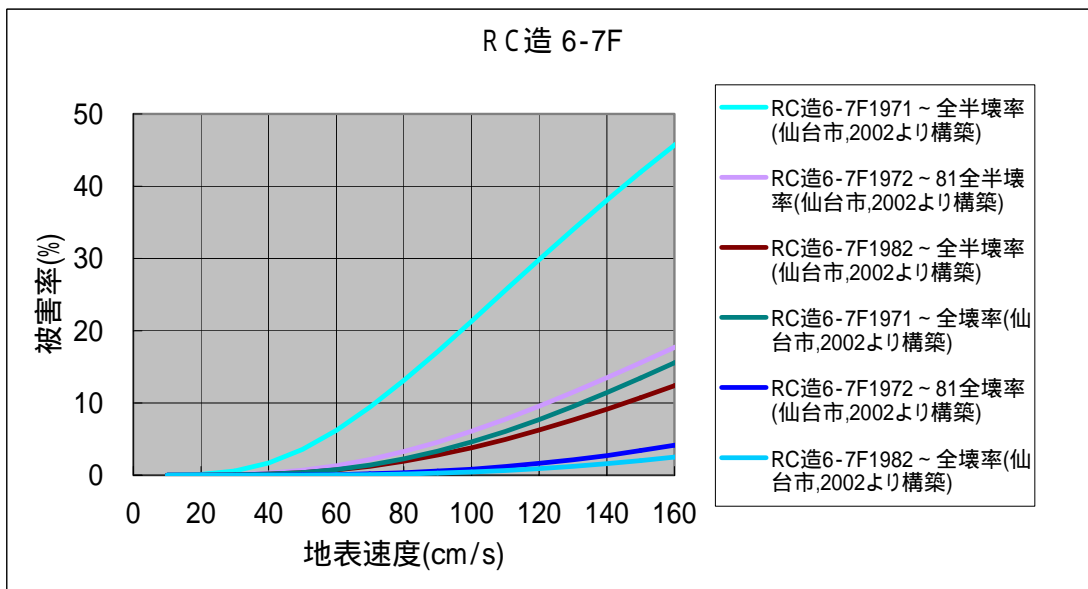
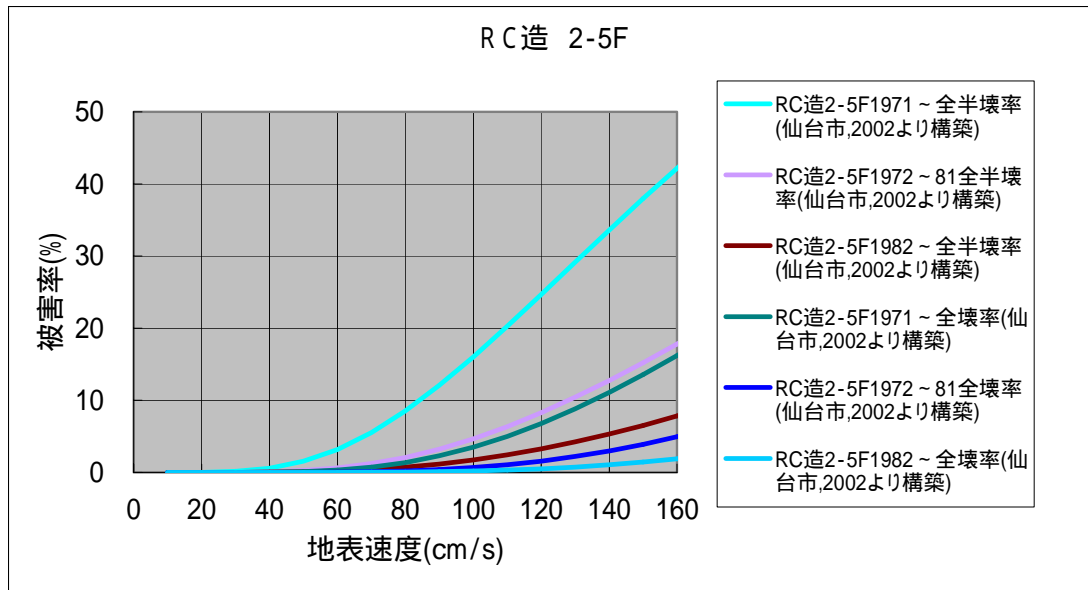
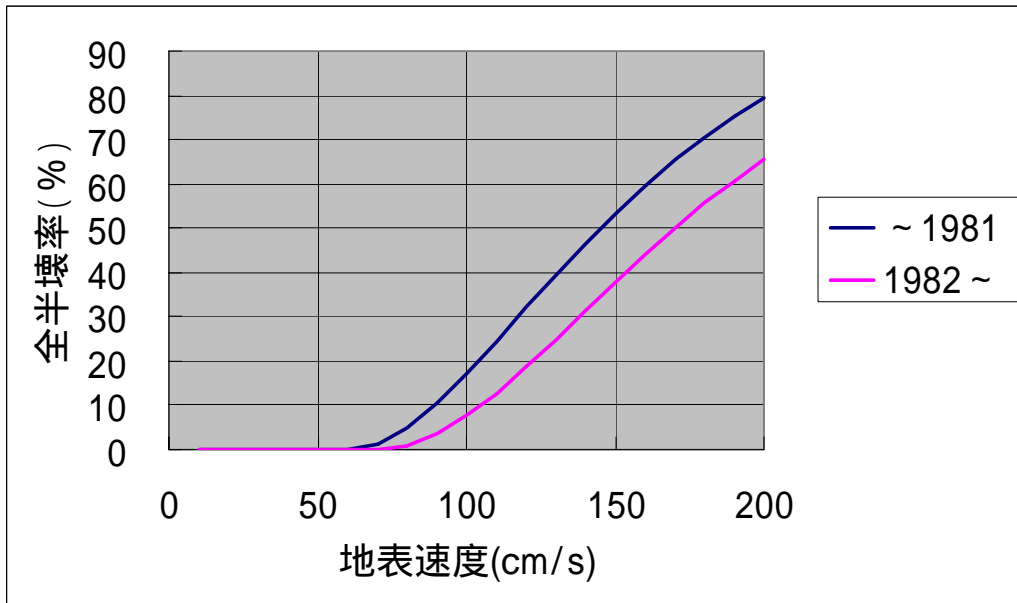


図 4-1-4(2) 鉄筋コンクリート造 (RC造) の被害率曲線 (内陸型)

・全半壊率



・全壊率

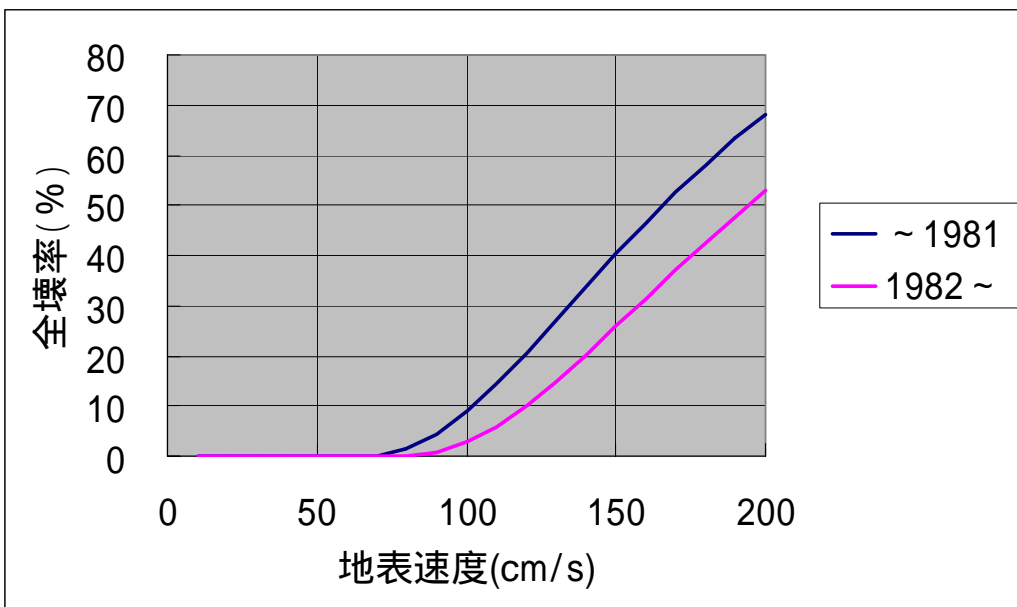


図 4-1-5 鉄骨造 (S 造) 建物の被害率曲線

液状化による被害

本調査では、500m メッシュにおいて液状化の危険性が“極めて高い($P_L > 20$)”と判定したメッシュを液状化メッシュとして、建物が被害を受けると考え、メッシュにおける被害率を設定し、被害を予測した。液状化メッシュ内における液状化が発生する面積率は東京都(1997)を参照して一律 18%と設定し、以下では、構造別に設定した液状化メッシュの被害率を示す。

・木造

新潟地震・日本海中部地震での液状化による建物被害発生状況から、液状化地域の全壊率は 10%、半壊率は 20%と設定する(東京都、1991)。したがって、液状化メッシュにおける液状化面積率を考慮して全壊率、半壊率はそれぞれ 1.8%、3.6%と設定した。

・鉄筋コンクリート造(RC造)

東京都(1991)は、1964年の新潟地震における被害調査結果より、液状化地域では鉄筋コンクリート造の被害率は一律に全壊 20%、半壊 30%と推定した。その後、杭打ちによる液状化対策が実施されたことから、基礎の種類によって、次のように仮定した。

- 直接基礎 - 新潟地震当時の建物と同様な被害を受ける可能性がある。
- 摩擦杭 - 半壊程度の被害まで受ける可能性がある。
- 支持杭 - 比較的軽微でほとんど被害を受けない。

液状化メッシュにおける建物の被害率については、液状化面積率および鉄筋コンクリート造の建物の階数と基礎の関係を基に、階層別に表 4-1-6 に示す値とした。

表 4-1-6 液状化メッシュにおける鉄筋コンクリート造建物の被害率

被害	1~2階	3階	4~7階	8階~
全壊率	2.16%	0.72%	0.036%	0%
半壊率	4.32%	2.16%	0.27%	0%

・鉄骨造(S造)

鉄骨造については、液状化地域では鉄筋コンクリート造と同様の被害率を想定し、鉄骨造の基礎別の割合から、液状化メッシュにおける被害率を表 4-1-7 に示したように設定した。

表 4-1-7 液状化メッシュにおける鉄骨造建物の被害率

被害	1~3階	4~7階	8階~
全壊率	3.132%	0.54%	0%
半壊率	4.968%	2.16%	0%

e) 予測結果

建物被害の予測結果として、想定地震別に全県の集計結果を表 4-1-8、揺れと液状化による全建物の全壊数分布図を図 4-1-6、全半壊数分布図を図 4-1-7 に示した。

被害の分布としては、宮城県沖地震の単独および連動が北部を中心として県内一帯の低地部において被害が発生するのに対し、長町 - 利府線断層帯については断層近傍の仙台市周辺に被害が集中する傾向となる。この結果、全半壊率で 10%を超えると想定される市区町村は、以下の通りである。

宮城県沖地震(単独): 松山町、三本木町、鹿島台町、涌谷町、田尻町、小牛田町、南郷町、
迫町、米山町、南方町、矢本町、河南町、桃生町、鳴瀬町の 14 町

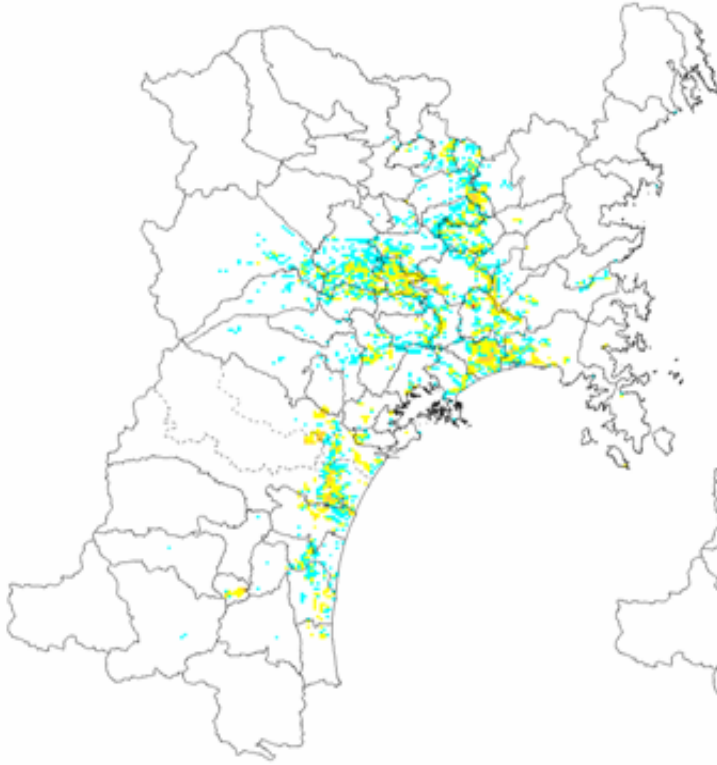
宮城県沖地震(連動): 石巻市、松島町、鹿島台町、涌谷町、田尻町、小牛田町、南郷町、
瀬峰町、米山町、南方町、河北町、矢本町、河南町、桃生町、鳴瀬町の 15 市町

長町 - 利府線断層帯: 青葉区、宮城野区、太白区、泉区の 4 区

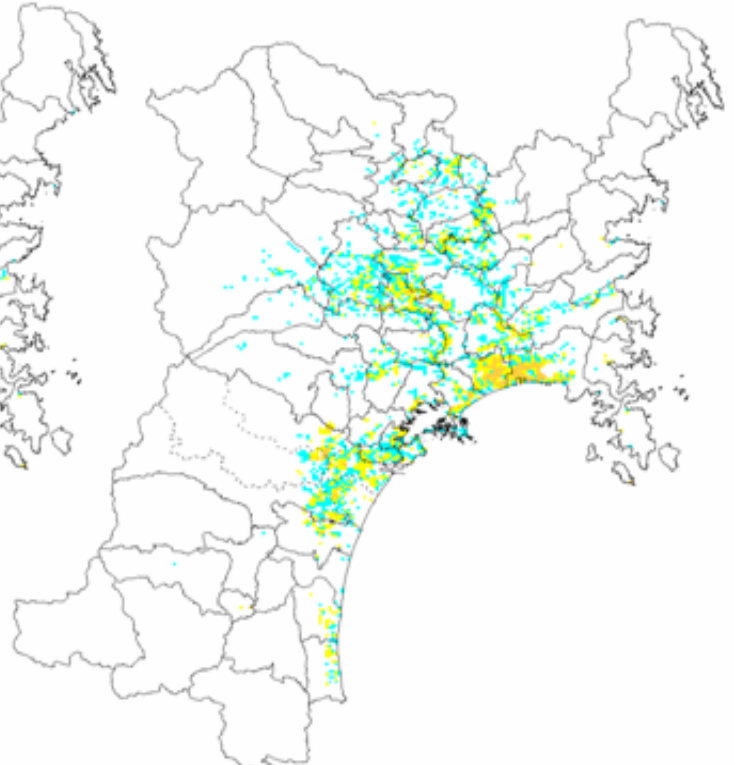
表 4-1-8 全県における建物の被害予測結果一覧表

項目	被害項目	宮城県沖地震(単独)		宮城県沖地震(連動)		長町 - 利府線断層帯	
		棟数	率(%)	棟数	率(%)	棟数	率(%)
木造建物	揺れによる全壊	2,693	0.3	4,517	0.5	11,626	1.4
	揺れによる半壊	33,732	4.0	45,622	5.4	36,047	4.3
	液状化による全壊	2,445	0.3	2,639	0.3	1,010	0.1
	液状化による半壊	4,211	0.5	4,282	0.5	1,642	0.2
	揺れ + 液状化による全壊	5,138	0.6	7,157	0.8	12,637	1.5
	揺れ + 液状化による半壊	37,943	4.5	49,904	5.9	37,689	4.5
鉄筋コンクリート造建物	揺れによる全壊	19	0.1	32	0.1	138	0.5
	揺れによる半壊	144	0.5	233	0.8	603	2.0
	液状化による全壊	61	0.2	68	0.2	32	0.1
	液状化による半壊	126	0.4	138	0.5	64	0.2
	揺れ + 液状化による全壊	80	0.3	100	0.3	170	0.6
	揺れ + 液状化による半壊	269	0.9	371	1.2	667	2.2
鉄骨造建物	揺れによる全壊	26	0.0	56	0.0	2,328	2.0
	揺れによる半壊	89	0.1	177	0.2	2,009	1.7
	液状化による全壊	252	0.2	282	0.2	116	0.1
	液状化による半壊	398	0.3	444	0.4	172	0.1
	揺れ + 液状化による全壊	278	0.2	338	0.3	2,445	2.1
	揺れ + 液状化による半壊	488	0.4	621	0.5	2,181	1.9
全建物	揺れによる全壊	2,737	0.3	4,606	0.5	14,093	1.4
	揺れによる半壊	33,965	3.4	46,032	4.6	38,658	3.9
	液状化による全壊	2,758	0.3	2,989	0.3	1,158	0.1
	液状化による半壊	4,735	0.5	4,864	0.5	1,878	0.2
	揺れ + 液状化による全壊	5,496	0.6	7,595	0.8	15,251	1.5
	揺れ + 液状化による半壊	38,701	3.9	50,896	5.1	40,537	4.1

宮城県沖地震（単独）



宮城県沖地震（連動）



長町ー利府線断層帯

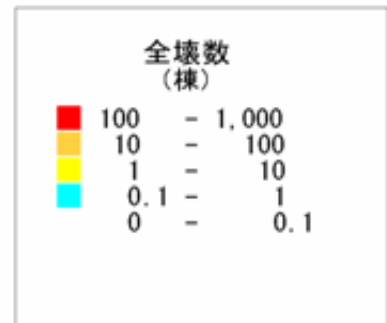
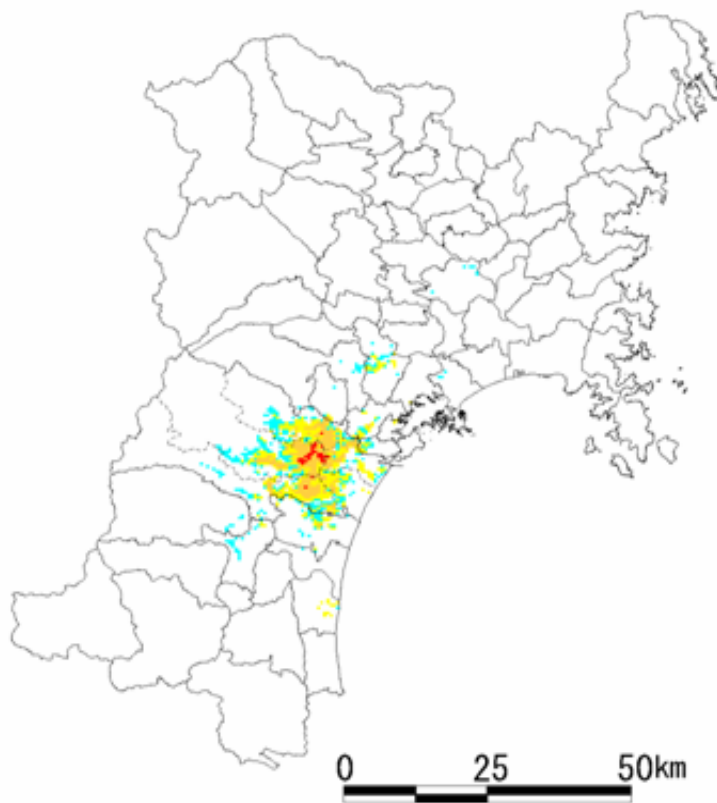
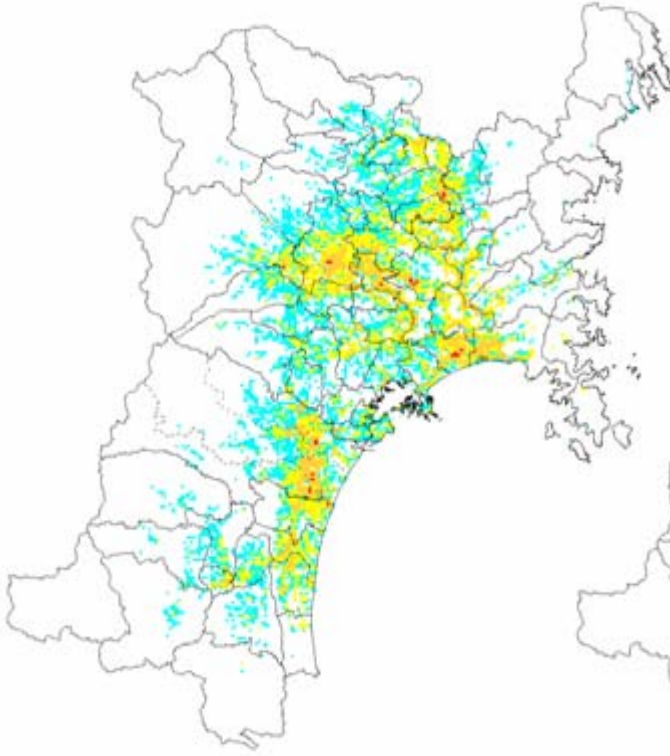


図 4-1-6 揺れと液状化による全建物の全壊数分布図

宮城県沖地震（単独）



宮城県沖地震（連動）



長町—利府線断層帯

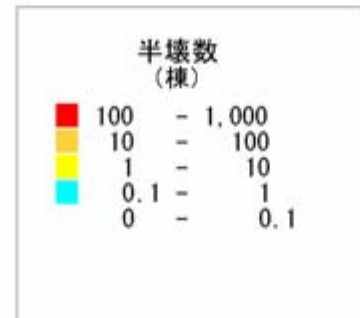
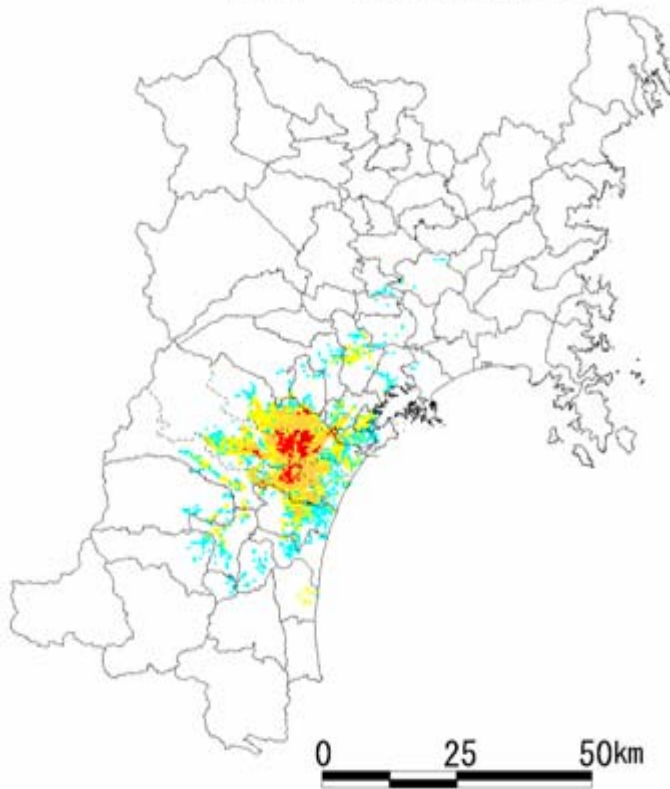


図 4-1-7 揺れと液状化による全建物の半壊数分布図