

地盤の固有周期を考慮した高知市中心部の木造建物の倒壊危険地域の抽出

1100388 北口大貴

高知工科大学工学部社会システム工学科

高知市内の118ヶ所・A～Fの6側線において常時微動一点観測を行い、各点におけるH/Vのピーク周期を観測し、それらをその地域における地盤の固有周期と想定した。地盤の固有周期を考慮せずに、これまでに行われてきた町丁目単位の木造建物の倒壊危険地域の抽出を行うと、地盤による木造建物の増幅特性が含まれていないために倒壊危険度の精度が悪くなる。また比較的に安全であるという結果がでた地域でも、地盤の周期を考慮してみると、危険地域にかわる結果もみられた。

Key Words : 地域特性指標, 固有周期, 常時微動一点観測, H/Vピーク周期

1. はじめに

2000年6月に建築基準法が約50年ぶりに改正されて、表層地盤を考慮した地震動に関する世の中の動きが活発になってきている。この表層地盤を考慮するようになった背景には、限界耐力計算法が選択肢に加わった事が要因とされている。これには、過去の地震による建物の被害が地盤特性により大きく依存しているという背景があったからということが要因の1つとしてあげられる。このことから今後30, 40, 50年以内に発生する確率は各々40, 60, 80%程度あるとされている南海地震を想定して、本研究では、高知市中心部の各町丁目の木造建物群における倒壊危険度に、地盤の固有周期を考慮した新たな木造建物の倒壊危険地域の抽出を行うことが目的である。



写真 2-1 常時微動観測機器

2. 研究方法

2.1 常時微動一点観測方法

常時微動一点観測では、Note-type PC・GPSアンテナ・3成分微動計を用いてH/V比を観測する。H/V比は、水平直交方向2成分（X方向及びY方向）と鉛直方向（Z方向）の3成分をとり、1点で観測される微動の水平動スペクトルを鉛直スペクトルで除した振幅比（以下H/Vスペクトル比）のことである。この微動のH/Vスペクトル比は地盤の周期によって変化し、その傾向は表面波の一種であるレイリー波の特性を示すことが知られている。観測地点は、ボーリングデータのある点を考慮し、ボーリングデータ上の点を通るように117ヶ所・A～Fの6つの側線をとり、観測を行った。次に観測に使用した機器と観測状況および、観測地点の写真を2-1, 2-2, 観測側線を図2-1に示す。



写真 2-2 観測状況

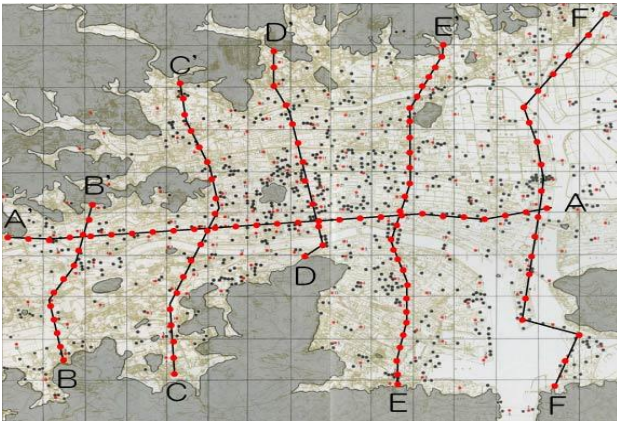


図2-1 観測地点

2.2 木造倒壊危険度の提案方法

高知市の各町丁目の地域面積は広大な地域もあれば非常に狭小な地域もあり、また地域人口についても数十人から数万人までばらつくため、倒壊による危険度を算定するためには、木造建物の倒壊棟数や想定死者数など、想定される被害の絶対量で比較することは不適切であり、絶対量ではなく比率によって比較することが適切であると判断した。そこで、各町丁目の地域特性を反映するために統計データ、人口データ、地域面積データおよび GIS 化された建物データを用い、これらのデータを活用し、地域特性として以下の4つの指標を設定した。

1. 木造建物倒壊率 : A
2. 木造建物率 : B
3. 建物密度指数 : C
4. 人口密度指数 : D

2.2.1 木造建物倒壊率:A

兵庫県南部地震では震度7という強烈な揺れが観測され、木造建物にも甚大な被害が発生した。一方で近い将来起こる南海地震の被害想定は、1707年の宝永南海地震の規模を想定すべきとの見解が中央防災会議から出されており、それによると高知市に入力される地震動の予測規模が震度6強である地域が多いため、本研究では高知市での被害割合は神戸市の被害割合と同等であると想定し、この倒壊率の値を高知市の木造建物の倒壊率にも適用する。

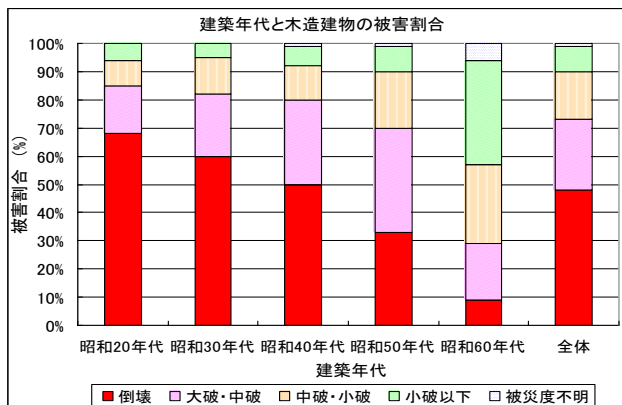


図2-2 建築年代と木造建物の被害割合

図2-2は、建築年代と木造建物の被害割合を示している。図2-1から昭和50年代の倒壊率に比べ、昭和60年代の倒壊率が低くなっていることが分かる。下に建築年から倒壊率を求める回帰式を作成した。この回帰式は建築年が1982年以前の場合と以後の2パターンに分け、その回帰式を用いて地域に存在する木造建物一棟ごとに建築年から倒壊率を算出し、それを全木造建物棟数で除した値を地域における木造建物倒壊率:Aとする。

$$1982年以前 \quad A = -0.01074x^2 + 40.966x - 38973.789$$

$$1982年以後 \quad A = 0.0107x^2 - 67.0162x + 67235.8983$$

なお、xは建築年(西暦)である。

2.2.2 木造建物率:B

木造建物率:B は、地域に存在する木造建物棟数を全建物棟数で除した、木造建物の存在比率である。地域における木造建物倒壊率が比較的大きな値であっても、全建物棟数に対して木造建物棟数が少ない、すなわち木造建物率が小さい場合はその地域の危険度は相対的に低下し、逆に木造建物率が大きくなれば危険度は相対的に上昇すると考えられる。

2.2.3 建物密度指数:C

救助や避難を考慮した場合、倒壊の恐れがある木造建物の密集度が高い地域では倒壊建物により道路閉塞が発生する可能性が高く、その場合救助活動や避難行動に支障をきたすことが考えられ、このような地域では相対的な危険度が急激に上昇すると考えられ、密集度についても考慮した。

本研究では、1ha あたり 50 棟以上の建物が存在する地域を密集市街地と定義し、建物密度指数:C は、全建物棟数を可住地面積で除した値(棟/ha)を更に 50 (棟/ha) で除した値とする。可住地面積は、地域面積から山地、河川のおおよその面積を除いた面積である。

2.2.4 人口密度指数:D

倒壊による危険度を評価するためには、倒壊による人的被害ポテンシャルについても考慮する必要があると考えた。

本研究では、1ha あたり 100 人以上の住民が存在する地域を人口密集地域と定義し、人口密度指数:D は、地域人口を可住地面積で除した値(人/ha)を更に 100 (人/ha) 除した値とする。人口密度が高いほど倒壊被害を受ける可能性が高くなると考えられ、この値が大きいほど死亡率が高くなり、相対的な危険度は上昇すると考えられる。

これら4つの指標をすべて乗じることで、倒壊被害に対する危険度を表せると考え、4つの指標を乗じた値を各町丁目ごとの倒壊危険度とした。次項に高知市中心部を通る側線Aの地域の倒壊危険度を示す。

表2-1 側線Aを通る各町丁目の地域特性指標

町丁目名	木造建物倒壊率 (A)	木造建物率 (B)	建物密度 (C)	人口密度 (D)	人的被害危険度指数 (A*B*C*D)
小倉町	0.3332996	0.632	11	48	107.51
東雲町	0.324264143	0.489	33	87	452.31
知寄町1丁目	0.470612235	0.420	31	113	694.89
知寄町2丁目	0.540284176	0.450	16	189	756.38
知寄町3丁目	0.322096333	0.192	5	18	6.07
稲荷町	0.431437873	0.426	14	55	144.33
二葉町	0.534447475	0.536	50	134	1937.98
中宝永町	0.530971611	0.424	36	147	1178.77
南宝永町	0.531668696	0.650	50	106	1831.41
城見町	0.51262974	0.442	36	117	949.20
農人町	0.559040624	0.590	34	98	1088.12
菜園場町	0.651947684	0.583	44	90	1494.84
九反田	0.479111105	0.594	18	86	434.11
南はりまや町1丁目	0.600953812	0.460	38	82	863.68
南はりまや町2丁目	0.584173969	0.495	47	127	1715.35
唐人町	0.531729185	0.618	21	77	537.77
塚町	0.617868969	0.446	38	74	787.26
与力町	0.539438108	0.578	46	106	1531.05
鷹匠1丁目	0.544669643	0.575	18	55	315.98
鷹匠2丁目	0.578521009	0.593	12	20	82.54
本町1丁目	0.639244042	0.190	29	43	152.65
本町2丁目	0.586743576	0.112	58	48	180.21
本町3丁目	0.635490422	0.466	34	56	561.36
本町4丁目	0.65311255	0.373	14	15	51.42
本町5丁目	0.565610191	0.232	15	25	50.98
升形	0.601417247	0.554	29	88	858.53
上町1丁目	0.580971136	0.608	33	73	859.63
上町2丁目	0.55953729	0.515	26	61	449.97
上町3丁目	0.522245061	0.563	33	80	769.86
上町4丁目	0.554873651	0.579	39	97	1198.85
上町5丁目	0.579021228	0.622	37	68	900.14
玉水町	0.576318968	0.783	41	164	3020.95
旭町1丁目	0.715022377	0.858	63	110	4238.39
旭町2丁目	0.722975264	0.532	26	138	1358.27
旭町3丁目	0.646137341	0.687	28	59	718.11
縄手町	0.512266106	0.731	32	80	954.36
下島町	0.556034819	0.890	53	130	3424.25
鏡川町	0.471654985	0.733	42	137	1990.10
本宮町	0.497002361	0.734	13	40	188.66

次に、算定された地域の危険度の値をランク付けし補助優先度とした。すなわち、全地域の人的被害危険指数の値から平均値 μ と標準偏差 σ を求め、ランク 1 としては人的被害危険指数が $\mu + \sigma$ を超える地域とし、ランク 2 は人的被害危険指数が $\mu + \sigma$ 以下でかつ μ 以上の地域とし、ランク 3 としては人的被害危険指数が μ 未満の地域とした。ランク 1 に属する地域は、より危険度が高い地域であり補助優先度第一位である。それに、ランク 2, 3 と続く。図 2-3 は、町丁目ごとに算定した人的被害危険指数のヒストグラムであり、横軸に人的被害危険指数、縦軸に町丁目数をとり、補助優先度ランクを示した図である。

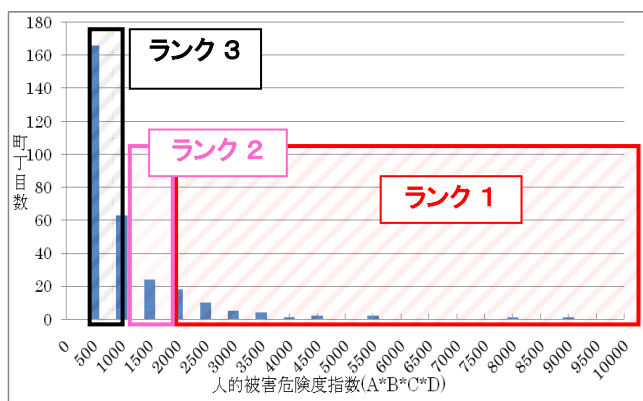


図 2-3 人的被害危険指数のヒストグラム
この結果から、ランク1を2000棟・人/ha以上、ラ

ンク2を1000~2000棟・人/ha、ランク3を500~1000棟・人/ha、ランク4を500棟・人/ha以下と設定した。

2.3 地盤の固有周期の算出方法

上の常時微動一点観測方法で述べた様に、3成分微動計を用いて、H/Vスペクトル比を観測する。次に、各地点で観測されたH/Vスペクトル比のピーク周期を求める。ここで求められたH/Vスペクトル比のピーク周期は、地盤の固有周期と概ね一致することが過去の文献から分かっているので、本研究ではこのH/Vスペクトル比のピーク周期を各地点の地盤の固有周期とみなして取り扱っていくことにする。

本研究で観測地点として117カ所、6側線の観測を行ったが、地盤の固有周期を考慮する前とした後で木造建物の倒壊危険度の差が顕著にでた高知市中心部を通る側線Aに着目して研究を進めていくことにする。下の図2-4は側線AのH/Vスペクトル比のピーク周期を表したものである。

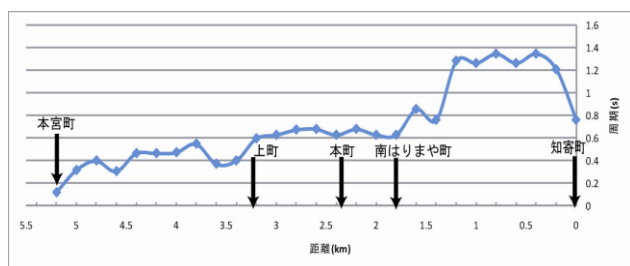


図2-4 側線AのH/Vピーク周期

2.4 新たな地域特性指標の提案方法

次に、先に示した各町丁目の地域特性指標の人的被害危険指数(A*B*C*D)に地盤の固有周期を考慮した新たな木造建物倒壊危険度を作成していくのだが、本研究では地震時における木造建物の剛性低下によって周期が延びることを考慮し、地盤の固有周期が長い場所が危険側になるように設定する。木造建物のモデルは標準的な2階建て木造住宅を想定し2質点系モデルを基礎固定とし、またより安全側に地域特性指標を算出するために、耐力の低い木造建物を想定して1階の降伏せん断力係数、すなわちベースシア係数 C_{y0} を0.2と設定して固有値解析を行った結果、弾性時の木造建物の一次固有周期は $T=0.5382(s)$ となった。この値を用いて、本研究では観測した各町丁目のH/Vピーク周期(地盤の固有周期)を先ほど求めた木造建物の一次固有周期の数値で除し、その値を人的被害危険指数(A*B*C*D)に乗じた値を新たな木造建物倒壊危険度と提案する。以下に、本研究で木造建物倒壊危険度を求めるにあたって提案した式を示す。

$$\text{木造建物倒壊危険度} = \text{人的危険度指数} \times \frac{\text{地盤の固有周期}}{\text{木造建物の一次固有周期}}$$

3. 結果

今までの結果から得られた側線Aを通る高知市中心部の各町丁目の新たな木造建物倒壊危険度指数をランク付けし、地盤の固有周期を考慮する前と考慮後の木造建物倒壊危険度指数の変化をランクごとに色付けした図と表を下に示す。赤く塗られた場所がランク1、黄色く塗られたところがランク2、青く塗られたところがランク3、白く塗られたところがランク4を示している。



図3-1 地盤の固有周期考慮前

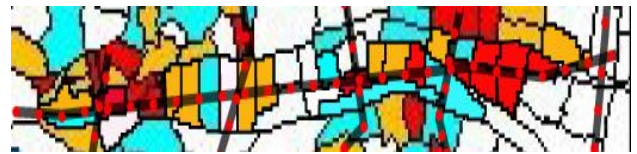


図3-2 地盤の固有周期考慮後

表3-1 地盤考慮後の木造建物倒壊危険度指数

町丁目名	人的被害危険度指数 (A*B*C*D)	木造建物倒壊危険度指数
小倉町	107.51	181.82
東雲町	452.31	1215.24
知寄町1丁目	694.89	2080.80
知寄町2丁目	756.38	2124.95
知寄町3丁目	6.07	18.17
稲荷町	144.33	405.47
二葉町	1937.98	5803.14
中宝永町	1178.77	3311.60
南宝永町	1831.41	5145.10
城見町	949.20	2708.98
農人町	1088.12	1840.22
菜園場町	1494.84	2528.06
九反田	434.11	825.92
南はりまや町1丁目	863.68	1204.15
南はりまや町2丁目	1715.35	2391.55
唐人町	537.77	749.76
堺町	787.26	1097.60
与力町	1531.05	2311.08
鷹匠1丁目	315.98	440.54
鷹匠2丁目	82.54	123.58
本町1丁目	152.65	457.98
本町2丁目	180.21	540.63
本町3丁目	561.36	782.65
本町4丁目	51.42	77.62
本町5丁目	50.98	76.33
升形	858.53	1196.97
上町1丁目	859.63	1137.74
上町2丁目	449.97	339.00
上町3丁目	769.86	633.40
上町4丁目	1198.85	1459.74
上町5丁目	900.14	1096.02
玉水町	3020.95	3171.16
旭町1丁目	4238.39	4373.53
旭町2丁目	1358.27	1401.58
旭町3丁目	718.11	502.59
縄手町	954.36	984.79
下島町	3424.25	2316.43
鏡川町	1990.10	1392.85
本宮町	188.66	48.80

4. まとめ

上の2つの図と表の変化を見てわかるように、地盤の固有周期考慮前では人的危険度指数がランク2や3の場所でも、地盤の固有周期を考慮した結果、木造建物倒壊危険度指数がランク1の値を示していることがわかる。また、逆の結果を示した場所もみられる。このことから、地震被害を未然に防ぐ、あるいは地震による被害を少しでも低減させるためには、地盤の特性をしっかりと把握しておく必要があると考えられる。

本研究では、地震時の木造建物の剛性低下による周期の伸びを考慮した結果、このような値となったが、実際には長周期地震によって地盤が塑性化し地盤の固有周期が伸びることや、また木造建物の塑性域での応答挙動などを考慮しなければならない。また、本研究では地盤の周期による建物の応答挙動の変化として、地盤の固有周期を木造建物の一次固有周期で除した値を使用した。この様な比例関係が必ずしも成立するわけではないと思われる。よって、今後はこれらの方を考慮したより正確な木造建物倒壊危険度を作成する必要がある。なお本研究では液状化は考慮していない。

参考文献

- 1) 時松孝次等 (1994) 短周期微動の水平鉛直振幅比と地盤特性の関係
- 2) 高知県 第2次高知県地震対策基礎調査 (平成14年度分) 報告書
- 3) 高知地盤図編集委員会. (1992). 高知地盤図. (社)高知県建築設計監理協会
- 4) 高知県 社団法人 高知県建築士事務所協会 木造住宅耐震安全性調査委託業務報告書
- 5) 中央防災会議. (2002). 「東南海・南海地震等に関する専門調査会」.
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/>. 2002. 12. 24 取得.
- 6) 住宅の地盤
<http://www.niceliving.net/jiban/jiban/jiban22.html>
- 7) 地震動応答解析のおはなし
<http://www.kozosoft.co.jp/gijyutu/jisindou.html>