

1. はじめに

日本は 4 枚のプレートがぶつかる場所に位置し、世界的にも頻繁に地震が起こる地域である。地震が発生すると多くの構造物に被害をもたらす、特に木造住宅では今でも多くの人々が暮らしているため、地震動との関係性を調べる必要がある。また木造住宅の地震時の挙動を知ることは、近い将来発生すると思われる連続地震に対する被害を予想するために非常に重要なものになる。近年東海地震、東南海地震、南海地震及びそれらの連動型地震の発生が危惧されているため、本研究ではこのような連続した地震動が木造住宅にどのような影響を及ぼすのか検証を行った。

2. 解析対象およびモデル

解析対象構造物として 1 階建て、2 階建ての木造軸組構法住宅<sup>1)</sup>を使用する。表 1 にその概要を示す。また、図 1 により解析対象をモデル化した。バネは非線形とし、梁と柱をバネとして床は剛体部となっている。復元力モデルにはバイリニア・スリップモデルを用いた。その理由として、木造部材は変形を生じた際に初期変形時にはせん断力が発生してもそれ以降の繰り返し時にはスリップ挙動のみ起こり、経験最大荷重の直前で急激に荷重が上昇する現象（ピンチング現象）が発生し、それを再現できるからである。

3. 入力地震動

解析で用いた入力地震動の概要を表 2 に示す。T<sub>90</sub>とは地震動のパワーの累積値が 5~95%となる値である。計測震度は、本震は 6.0、余震は 5.7 と振幅調整した。ただし、比較のためと実際の地震動で木造住宅がどのような挙動を示すのか知るために、熊本地震では振幅調整を行わない地震波を使用し解析を行う。熊本地震の計測震度は、本震で 5.9、余震で 6.0 である。

4. 解析方法

本研究では、解析対象をモデル化したものに地震波を入力した。連続した地震による解析を行う場合は、本震による履歴状態と生じた残留変位を保持し、その値を初期値として余震の解析を行う。また、塑性率は最大変位を第 2 折点で除して表すことにする。

5. 解析結果

解析結果の例として、解析対象に振幅調整を行った熊本地震を余震のみ、本震+余震で入力したときの履歴曲線図を図 2 に示す。図 2 をみても、余震と比べ本震+余震ではピンチング現象によりせん断力が上昇せずスリップ挙動が起きていることが確認できる。塑性率は、余震のみに比べ本震+余震では 1 階建てで 1.36 倍、2 階建て-1 階で 1.12 倍、2 階建て-2 階で 1.18 倍にそれぞれ増加し、履歴エネルギーは 1 階建てで 0.82 倍、2 階建てで 0.67 倍に減少した。また、解析対象に振幅調整を行った熊本地震を入力したときの塑性率と履歴エネルギーをそれぞれ図 3、図 4 に示す。図 3 を見てみると、塑性率はすべての解析対象で余震のみと比べ本震+余震のほうが大きくなる傾向があった。本震によってスリップする領域が広がり、続く余震による変位が大きくなったこと

表 1 解析対象構造物の概要

解析対象	質量(kg)	階高(mm)	固有周期(s)
1 階建て	9300	2885	0.262
2 階建て	1 次	9300	0.368
	2 次	9000	0.142

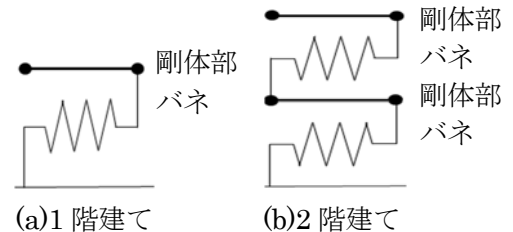


図 1 解析対象のモデル

表 2 入力地震動の概要

番号	地震動	観測地点	T <sub>90</sub> (s)	卓越周期(s)	
1	熊本地震	本震	熊本	8.37	0.322
		余震	熊本	7.34	0.422
3	東北地方太平洋沖地震	本震	築館	80.77	0.167
		余震	鉾田	92.44	0.225
5	新潟県中越地震	本震	長岡	9.71	0.319
		余震	長岡	9.69	0.402
7	十勝沖地震	本震	広尾	39.85	0.273
		余震	広尾	33.30	0.227
9	岩手・宮城内陸地震	本震	鳴子	41.09	2.342
		余震	鳴子	12.44	0.113
11	鳥取県中部地震	本震	倉吉	4.90	0.320
		余震	上齊原	7.00	0.074
13	長野県北部地震	本震	白馬	15.52	0.450
		余震	白馬	2.22	0.410

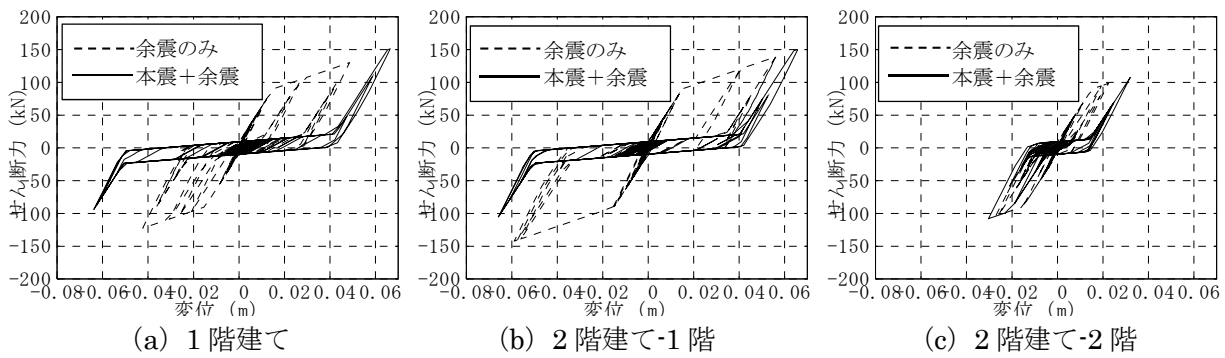


図2 履歴曲線図

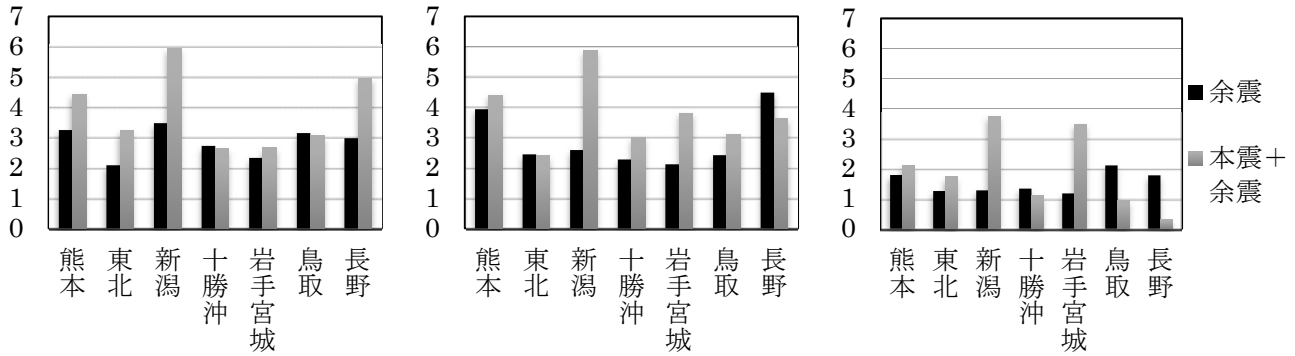


図3 塑性率

がわかる。解析対象の違いで比較してみると、1階建てと2階建て-1階部分では大きな違いはみられなかったが、2階建て-2階では他の解析対象と比べ塑性率は小さくなった。2階建て木造住宅では、1次モードに対しての2次モードの揺れが小さくなり、それだけ塑性率も小さくなったためである。図4をみてみると、履歴エネルギーは新潟、東北の2階建てと岩手宮城の地震で余震のみより本震+余震の方が増加しているが、その他は減少した。減少しているのは、解析対象がピンチング現象によりスリップ挙動が発生しせん断力が上昇されず、その分履歴曲線が小さくなったことが原因だと考えられる。1階建てに比べて2階建ての方が履歴エネルギーは大きくなり、余震のみと本震+余震の両方で平均1.36倍に増加した。これは2階建ての方が構造的に大きいため、多くのエネルギーを吸収することができたからである。

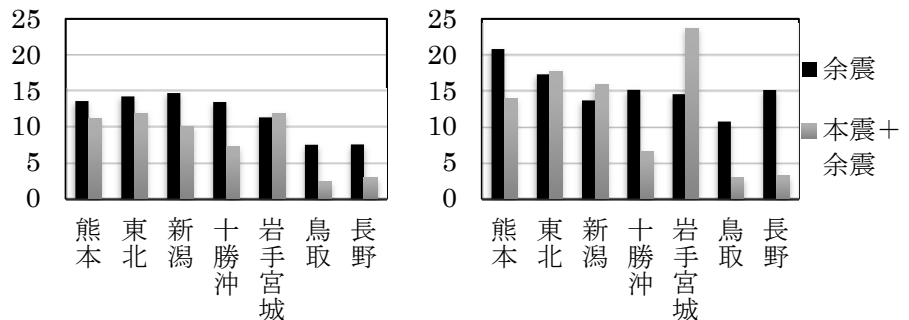


図4 履歴エネルギー

## 6. まとめ

本研究では、本震が起こった後に余震が起こった場合を想定して、本震で受けた履歴状態を保持し、余震の地震応答解析を行った。木造住宅では、連続した地震が起こるとピンチング現象により履歴曲線においてスリップ挙動がみられ、履歴エネルギーが小さくなり塑性率が大きくなるという結果が得られた。地震時の被害想定をする場合このことを念頭においておくべきである。

## 参考文献

- 1) 荒川浩弘, 腰原幹雄, 大橋好光, 坂本功: 木造住宅の地震応答解析のための復元力モデルに関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第579号, pp.79-85, 2004.5