

wallstat を利用した熊本地震における木造建物被害シミュレーション

千葉大学大学院 融合理工学府 学生会員 ○須藤巧哉

千葉大学大学院 工学研究院 正会員 山崎文雄, 劉ウエン

1. 研究目的

熊本県熊本地方で2016年4月14日にマグニチュード6.5の地震が、4月16日にマグニチュード7.3の地震が発生し、熊本県を中心に数多くの建物に被害をもたらした。とくに木造建物の被害は甚大であり、1981年6月の建築基準法改正以降に建てられた新耐震基準を満たした建物にも及んだ。本研究では建築研究所開発の数値解析プログラム(wallstat ver3.2.0)を用いて、熊本地震における建築年代・重量別に見た木造建物の応答や2回の大きな地震動が建物被害に及ぼす影響の分析を試みる。

2. 加速度波形及び加速度応答スペクトル

4月14日、4月16日に益城町役場、西原村役場、KiK-net 益城(地表)、K-NET 熊本で観測された加速度記録^{1,2)}をもとに加速度波形及び加速度応答スペクトルを図1のように作成した。各地点で振幅及び卓越周期には違いが見られ、地震動の差が当該地域の木造建物の被害に影響を及ぼしたと考えられる。

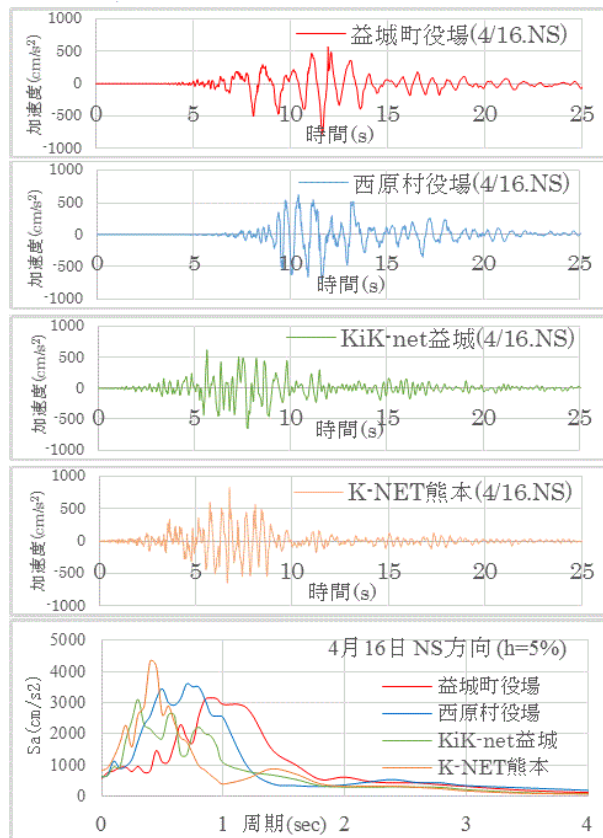


図1 加速度波形及び加速度応答スペクトル

3. 木造倒壊解析プログラム wallstat

wallstat^{3,4)}とは個別要素法を基本理論とした木造住宅を対象とする倒壊解析用の個別要素法によるソフトウェアであり、振動台実験における倒壊に至るまでの挙動に対して精度の高い解析を行なうことが出来る。パソコンで建物モデルを作成し、振動台実験のように地震動を与えた場合の挙動をシミュレートすることにより、変形の大きさや倒壊の有無を視覚的に確認することが出来る。

本研究は一般的な規模の住宅を想定し解析を行った。建物モデルは建築年代別(1981年の建築基準法改正以前の「旧耐震」を想定したもの、1981年以降の「新耐震」を想定したもの、2000年の建築基準法改正以降の「2000年以降」を想定したもの)と建物重量別(軽または重)で分類し計6種を作成した。

各建物モデルの軸組みと柱脚・柱頭部以外の仕口部および継手部の接合金物の仕様は統一した。軸組みは1階面積:55.9m², 2階面積:51.4m², 1階階高:2.75m, 2階階高:2.75mの在来軸組構法とした(図2)。柱頭部以外の仕口部および継手部の接合金物は羽子板ボルトを使用した。柱脚・柱頭部の金物は建築年代別で仕様を変えた(旧耐震:短ほぞ, 新耐震:CP-T, 2000年以降:HD25kN)。

壁量は年代別・重量別で異なる必要壁量(必要壁率に床面積を乗じた値)を満たすように配置し、耐力壁の仕様は必要壁率の仮定条件(値を設定するにあたり仮定された屋根及び壁の仕様)を反映し、軽い建物モデルにはモルタルと筋交い(30mm×90mm)、重い建物モデルには土壁(65mm)を用いた。また2000年以降のモデルにおける壁の配置では壁のバランスを考慮し偏心を防ぐために導入された四分割法を適用し設計した。なお、本研究では建築基準法で定める条件を最低限満たした一般的な木造住宅における地震応答を分析するため、各建物モデルの壁量充足率(存在壁量÷必要壁量)が約1になるように耐力壁を配置した。

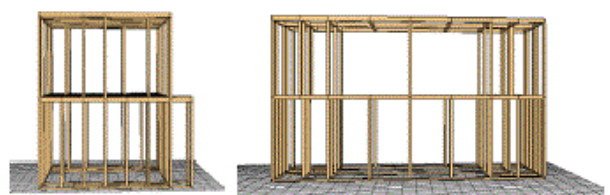


図2 建物モデル(軸組み)

Key Words : 2016年熊本地震, 建物被害, 数値シミュレーション, 木造建物, wallstat
 千葉県千葉市弥生町 1-33, 043-290-3557

建物重量は必要壁率の仮定条件を反映させるため表1に示す単位面積重量⁵⁾を用いて、各階床を中心として1階の下半、1階上半+2階下半、2階上半+屋根の重量を串団子モデルに置換し算出した。

表1 重量計算に用いた単位面積重量

種類	仕様	単位重量(kN/m ²)	計(kN/m ²)
軽い屋根	カラーベスト葺き	0.25	0.69
	野地板等	0.10	
	垂木等	0.04	
	小屋組等	0.15	
	天井	0.15	
重い屋根	瓦葺	0.48	1.52
	葺き土(厚さ45mm)	0.60	
	野地板等	0.10	
	垂木等	0.04	
	小屋組等	0.15	
軽い外壁	モルタル塗り	0.60	0.75
	木軸組等	0.15	
重い外壁	土壁(厚さ65mm程度)	0.85	1.25
	木軸組等	0.15	
	断熱材等	0.25	
軽い内壁	モルタル塗り	0.60	0.75
	木軸組等	0.15	
重い内壁	土壁(厚さ65mm程度)	0.85	1.00
	仕上げ材	0.15	

4. 応答解析結果

本研究では倒壊の有無及び時期を分析するため外力条件として「4/14 の地震動」、「4/16 の地震動」、「4/14 の地震動の直後に 4/16 の地震動」の3パターンを入力した。解析例として図3に旧耐震と新耐震の建物モデルに4月16日に益城町役場で観測された地震動(3成分合成)を作用させたときの結果を示す(①:0(s), ②:20(s), ③:30(s), ④:50(s))。

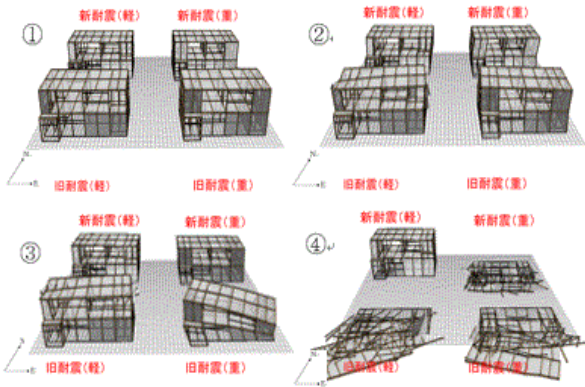
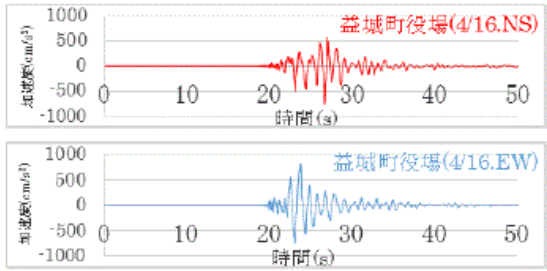


図3 地震動(4/16 益城町役場)に対する応答

応答解析結果を表2、表3に示す。○は非倒壊、×は倒壊を表す。赤字は2回の地震動が原因となり倒壊したケースである。倒壊に至った建物モデルの約7割が年代を問わず重い建物モデルであった。また倒壊した建物モデルの大半は4月16日のみの地震動でも倒壊に至り、2回の地震動が原因で倒壊したのは約2割であった。四分割法を施した2000年以降の建物モデルは新耐震と比較し倒壊数が軽減されることを期待したがあまり差が出なかった。

表2 解析結果(4月14日及び4月16日)

	益城町役場		西原村役場		KiK-net益城		K-NET熊本	
	4/14	4/16	4/14	4/16	4/14	4/16	4/14	4/16
旧耐震(軽)	×	×	○	×	○	×	○	○
旧耐震(重)	×	×	○	×	×	×	○	○
新耐震(軽)	○	○	○	×	○	○	○	○
新耐震(重)	×	×	○	×	×	×	○	○
2000年以降(軽)	○	○	○	×	○	○	○	○
2000年以降(重)	○	×	○	×	○	×	○	○

表3 解析結果(4月14日→4月16日)

	益城町役場		西原村役場		KiK-net益城		K-NET熊本	
	4/14→4/16	4/14→4/16	4/14→4/16	4/14→4/16	4/14→4/16	4/14→4/16	4/14→4/16	4/14→4/16
旧耐震(軽)	×	×	○	×	○	×	○	○
旧耐震(重)	×	×	○	×	×	×	○	×
新耐震(軽)	○	○	○	×	○	○	○	○
新耐震(重)	×	×	○	×	×	×	○	×
2000年以降(軽)	○	○	○	×	○	○	○	○
2000年以降(重)	○	×	○	×	○	×	○	○

5. まとめ

本研究では熊本地震における建築年代・重量別に見た木造建物の応答や2回の大きな地震動が建物被害に及ぼす影響の分析を試みた。その結果、一般的な規模の木造建物の倒壊有無・倒壊の時期の傾向を年代別・重量別にまとめることができた。しかし2000年以降の建物モデルでは四分割法を施した影響が再現されないなど正当な応答性情を再現することが出来ないケースもあった。今後より具体的な木造解析モデルを構築し精度を高める必要がある。

謝辞: 本研究では、建築研究所開発の wallstat ver. 3.2.0 を使用させて頂きました。記して謝意を表します。

参考文献

1) 気象庁: 強震観測結果
<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/jishin>
2) 国立研究開発法人防災科学研究所: 強震観測網(KiK-net, K-NET), <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin>
3) 木造住宅 倒壊解析用ソフトウェア wallstat(ver3.2.0), <http://www.nilim.go.jp/lab/idg/nakagawa/wallstat.html>
4) 中川貴文: 大地震時における木造軸組構法住宅の倒壊解析手法の開発, 建築研究所資料, 第128号, 2010.
5) 国土交通省住宅局建築指導課監修: 木造住宅の耐震診断と補強方法: 木造住宅の耐震精密診断と補強方法(改訂版), 建築防災協会, 2004.