

【研究ノート】

木造2階建て家屋における筋交いの位置による倒壊方向の制御

白崎琉聖¹，宇山晃平¹，栗蔵七美¹，近藤芽衣¹

¹ 兵庫県立宝塚北高等学校グローバルサイエンス科，2年生

地震の揺れによる建物の倒壊を防止しつつ，想定を上回った揺れに対して，道路側への倒壊を防止するなど，倒壊方向を制御することは被災時，被災後の避難・救済・復興活動を進める上で意義深いと考えられる．そこで本検討では，木造建築への筋交いの設置による倒壊防止対策を行う上で，想定を上回った揺れに対しての倒壊方向の制御について知見を得ることを目的に，ソフトウェア wallstat を使用した倒壊解析を行った．今回は，両筋交いの設置位置により，ある方面への倒壊を抑制できないかについてシミュレーションを行い検討した．使用した1995年兵庫県南部地震での兵庫県神戸市中央区中山手 JMAKOBE の地震波の振幅を2倍とした地震波では，家屋が倒壊するのに十分に大きく，倒壊方向は地震波の進行の向きに大きく依存し，両筋交いの設置位置によって倒壊方向を制御することはできなかった．今後，地震波の倍率を下げ筋交いの効果を確認するとともに，筋交いの種類や向きを変えて筋交いの効果を検証していく．

キーワード：wallstat，倒壊解析，シミュレーション，倒壊方向，筋交い

1. はじめに

地震の揺れによる建物の倒壊を防止しつつ，想定を上回った揺れに対して，道路側への倒壊を防止するなど，倒壊方向を制御することは被災時，被災後の避難・救済・復興活動を進める上で意義深いと考えられる．そこで本検討では，木造建築への筋交いの設置による倒壊防止対策を行う上で，想定を上回った揺れに対しての倒壊方向の制御について知見を得ることを目的に，ソフトウェア wallstat¹⁾ を使用して倒壊解析を行った．建物の倒壊方向は主に地震波の進行方向に依存することが報告されている²⁾．しかし私たちは，筋交いを入れる位置に着目し，そのパターンを変えることで倒壊方向を制御できないか，さらに，両筋交いを片筋交いに変えたり，圧縮筋交い，引っ張り筋交いなど筋交いの向きを変えたりすることで制御できないかと考えた．そこで今回，両筋交いの設置位置により，ある方面への倒壊を抑制できないかについて wallstat を用いたシミュレーションで検討した．

2. 解析手法

2.1 筋交いの設置位置

住宅には基本的に角に筋交いが設置されているため、1階と2階の角には「く」の字になるように筋交いを設置した(図1).そして、1階のみに①~⑧の場所から3箇所選んで両筋交いを設置した(図2).

2.2 その他の設定

wallstat のホームページより「2階建て木造建築3」(付録参照)をダウンロードして使用した.ただし、バルコニーと屋根部分は、本検討ではとくには必要がないと判断したため省略した.また、実験に用いる地震波は、1995年兵庫県南部地震での兵庫県神戸市中央区中山手 JMA KOBE における地震波(震度6)³⁾を使用した.相対的に構造上の揺れに対する弱点を把握することを目的として、振幅を2倍に増大させて建物が倒壊する程度の揺れに設定した.そして、地震波の進行方向が建物の倒壊の向きに大きく影響することを考慮し、図1の向きを0°とした.さらに、地震波の進行方向に対して時計回りに90°ずつ家屋を回転させたモデルを作成し、それぞれにおいてシミュレーションを行った.

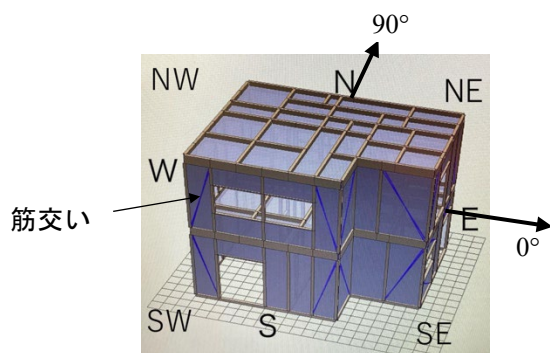


図1 角筋交いの設置方法

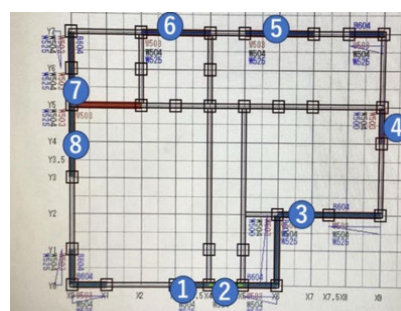


図2 ①~⑧の場所

2. 解析

図2の①~⑧の8箇所から3箇所を選んで筋交いを設置する全パターンは56パターンで、全てのパターンについて、地震波の進行方向に対して0°、90°、180°、270°向きの建物それぞれについてシミュレーションを行い、方向無くその場で倒壊したものを「その場」、そして倒壊した方向を8方角(時計回りにE:0°、NE:45°、N:90°、NW:135°、W:180°、SW:225°、S:270°、SE:315°)に分類して、グラフ化した(図4、図5、図6、図7).また、紙面の左から右方向を地震波の進行方向として最も倒れた方向に矢印を付して図示した(図8、図9、図10、図11).

3. 結果

筋交いを設置しなかった場合は地震波の方向に倒壊した.

筋交いを設置した場合も図4、図5、図6、図7に示したように、それぞれ倒れる方向に偏りがあっ

た. この方向は, 筋交いの設置位置の影響をほとんど受けず, 地震波の進行方向に依存した.

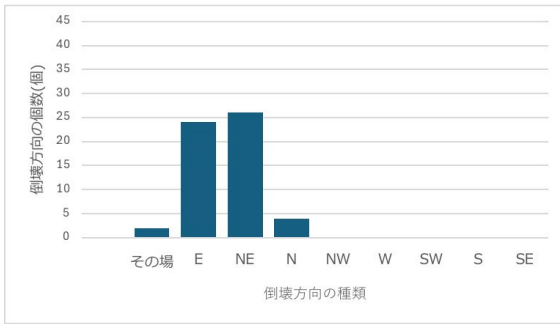


図 4 0° 向き of 建物における倒壊方向

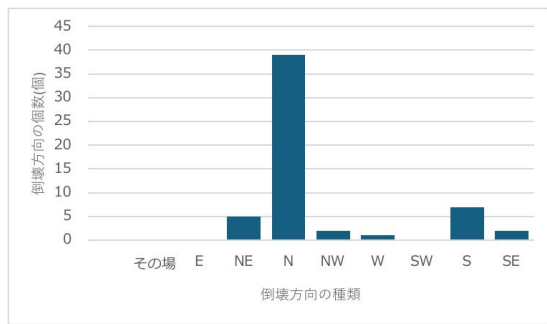


図 5 90° 向き of 建物における倒壊方向

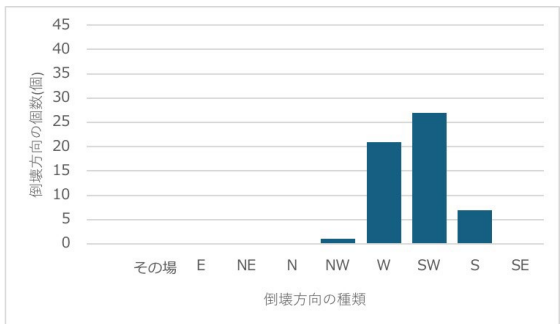


図 6 180° 向き of 建物における倒壊方向

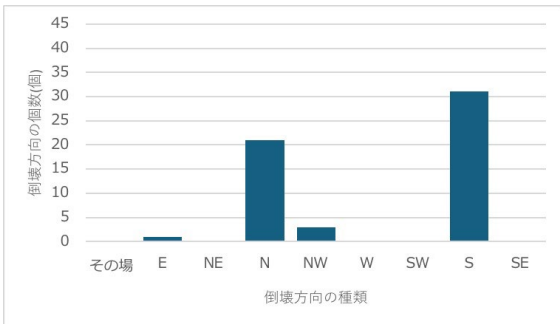


図 7 270° 向き of 建物における倒壊方向

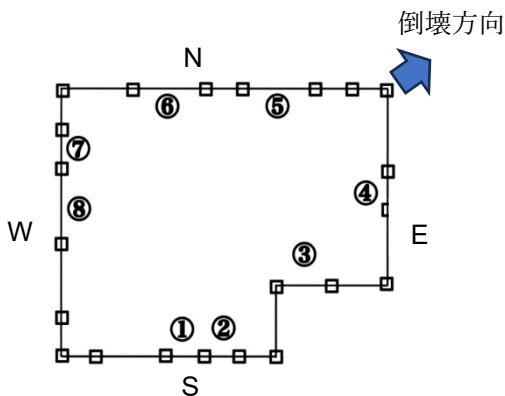


図 8 地震波に対して 0° 向き of 建物において最も倒壊が多かった方向

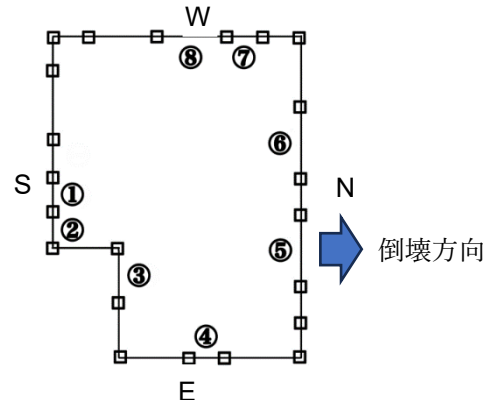


図 9 地震波に対して 90° 向き of 建物において最も倒壊が多かった方向

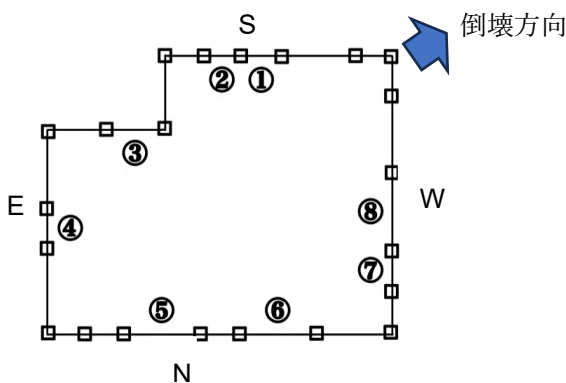


図 10 地震波に対して 180° 向き of 建物において最も倒壊が多かった方向

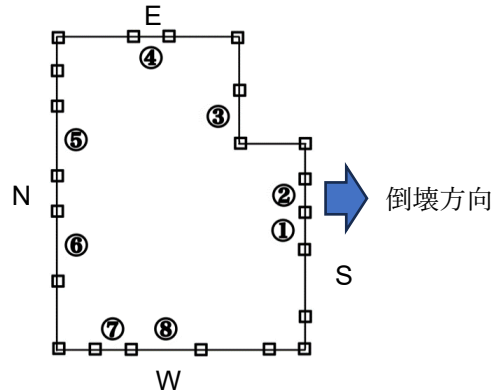


図 11 地震波に対して 270° 向き of 建物において最も倒壊が多かった方向

4. 考察

今回使用した 1995 年兵庫県南部地震での兵庫県神戸市中央区中山手 JMA KOBE における地震波をもとに振幅を 2 倍とした地震波では、家屋が倒壊するのに十分に大きく、倒壊方向は地震波の進行の向きに大きく依存し、両筋交いの設置位置によって倒壊方向を制御することはできなかった。倍率をもう少し下げた場合に筋交いの効果が表れないか検証を進める。

5. 今後の展望

地震波の倍率を下げた場合の筋交い効果の検証に加えて、両筋交いを片筋交い、圧縮筋交い、そして引っ張り筋交いなどに変えたり、筋交いの向きを変えたりすることによって、筋交いの倒壊防止効果における方面依存性の発現の有無を確認する。

謝辞

研究内容について様々なご指導・ご助言を頂いた、兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科教授 永野康行先生に感謝申し上げます。

付録

2 階建て木造住宅 3 : <https://www.rish.kyoto-u.ac.jp/~nakagawa/showcase/2f3.zip>

参考文献

- 1) wallstat 木造住宅倒壊解析ソフトウェア, <https://www.rish.kyoto-u.ac.jp/~nakagawa/> (参照 2024-04-24)
- 2) 松田高明, 竹村厚司: 1995 年兵庫県南部地震における木造家屋の倒壊様式と倒壊方向, 人と自然 Humans and Nature, No. 8, pp. 159-174, 1997. https://www.jstage.jst.go.jp/article/hitotoshizen/8/0/8_159/_pdf/-char/ja
- 3) 気象庁: 強震波形 (平成 7 年(1995 年)兵庫県南部地震), 兵庫県神戸市中央区中山手 JMA KOBE 強震観測データ, https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/jishin/hyogo_nanbu/dat/H1171931.csv

Note:

Control of Collapsing Direction of a Two-storied Wooden House by Means of the Bracing in the Suitable Position

Shirasaki Ryusei¹, Uyama Kouhei¹, Awakura Nanami¹, Kondo Mei¹

¹ Course of Global Science, Takarazuka-kita High School, High School Student

Abstract

Control of collapsing direction such as prevention of collapse toward a road is very significant from the viewpoint of the smooth evacuation, relief and reconstruction activities in case of disaster with unanticipated shock, in addition to preventing a building from collapsing due to earthquakes. Therefore we examined the analysis of collapse by use of software “wallstat” for the purpose of getting knowledge about control of collapsing direction in case of disaster with unanticipated shock. As a result, the direction of collapse was heavily dependent on the direction of the seismic wave, which was doubled the amplitude of the seismic wave of JMAKOBÉ, Nakayamate, Chuo-ku, Kobe-shi, Hyogo in the 1995 Southern Hyogo Prefecture Earthquake, and it was impossible to control the direction of collapse by changing the position of both braces. As future plan, in addition to verifying the effectiveness of the braces as the magnification of seismic waves is slightly reduced from magnification of two, we would like to confirm effect on collapse prevention effect of the braces by changing both braces to single brace, compression braces, or tension braces, or by changing the direction of the braces.

Keywords: wallstat, Collapse analysis, Simulation, Collapse direction, Bracing