

個別要素法を用いた木造住宅の倒壊シミュレーションによる道路閉塞率の算出方法

(株) ニュージェック 正会員 ○中村友紀恵 山田雅行 非会員 羽田浩二
高知大学 正会員 原忠 非会員 西村大輝
中土佐町役場 非会員 山崎正明

1. はじめに

筆者らは、近い将来の発生が予測されている南海トラフ巨大地震に備えて、大きな揺れと津波被害が懸念される地域の木造住宅を対象に個別要素法を用いた倒壊シミュレーションを行い(図-1)、モデル化した住宅を構成する要素の移動量や方向から、道路閉塞箇所の事前予測に取り組んでいる^{1),2)}。対象地域内には地形の変化による高低差(図-2 参照)があり、道路閉塞率の算出時に影響する可能性がある。本研究では、道路と敷地に高低差がある場合の効率的な道路閉塞率の算出方法を提案し、その有効性について考察を行った。

2. 木造住宅の倒壊シミュレーション

(1) 対象地域の概要

対象地域は高知県高岡郡中土佐町の住宅密集地である。倒壊シミュレーションの対象住宅を図-1 に示し、住宅と近接する道路を青線で示した。また、図中の A~E は図-2 に示すように道路と敷地に高低差が確認された箇所の道路番号である。

(2) 個別要素法による住宅モデル作成と倒壊シミュレーション^{1),2)}

住宅モデルは、直径 3m の球要素の集合体を実在する住宅形状に合わせるように作成し、球要素の接触バネを梁・柱とみなした。柱の強度は新耐震・旧耐震住宅に異なる値を設定し、その強度のばらつきを考慮して 10 ケースの倒壊シミュレーションを実施した。入力地震動は高知県が算定した南海トラフの巨大地震の陸側ケースに対する地表面地震動(メッシュコード: 4933719841)⁴⁾である。

3. 高低差を考慮した道路閉塞率の検討

(1) 通常の道路閉塞率の算出方法

著者らは、倒壊した要素の移動量が道路幅の 50%以上を占める場合を道路閉塞と判断した。各道路について、閉塞回数を解析ケース数(10 ケース)で除した値を道路閉塞率とした。

(2) 高低差を考慮した道路閉塞率の算出方法の検討

図-2 に示すような高低差を考慮する場合、個別要素法で地盤をモデル化し倒壊シミュレーションを行うことが最も理想的と考えられるが、時間的にも、労力的にも効率的とはいえない。そこで、本研究では現行の倒壊シミュレーション結果から、高低差を考慮して道路閉塞率を算出する方法を 3 タイプ提案し、その合理性について検討を行った。

道路閉塞率の算出方法を表-1 にまとめ、図-3 に道路 A, B に隣接する住宅モデルの配置を示す。Type1 は前述の通常の道路閉塞の算出方法であるが、Type2~Type4 の高低差を考慮した場合と比較するために、表-1 には「高低差を考慮しない場合」と表記した(図-4)。

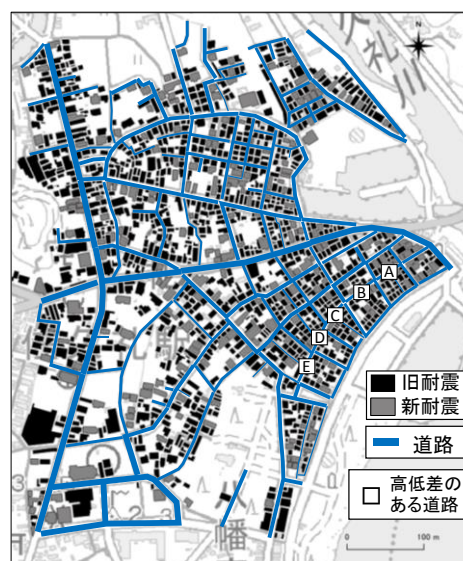


図-1 倒壊シミュレーションの

対象住宅と近接する道路

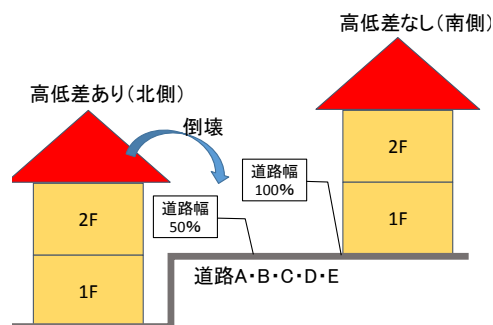
(地理院地図数値地図 2500³⁾に加筆)

図-2 高低差がある箇所のイメージ

キーワード 個別要素法, 倒壊シミュレーション, 道路閉塞

連絡先 〒513-0074 大阪市北区本庄東 2-3-20 (株) ニュージェック TEL 06-6374-4901

図-2を見ると、北側の住宅が南側（図の左から右）に倒壊する可能性が高低差が無い場合に比べて低いことは容易に想像できる。そこで、簡便かつ第一近似的に高低差を考慮する方法として、Type2は、北側（図の左）の住宅について通常道路閉塞と判断される住宅を、閉塞と判断しないこととした。Type3は、倒壊した住宅の要素の移動量を確認し、要素が道路幅を100%（通常は50%）塞いだ場合に閉塞と判断した。

Type4は、階数別に柱の破壊状況を確認し、1階の柱のみが破壊している場合は実際には高い地盤によって支持されるため、その道路閉塞への影響を無視し、2階の柱が破壊している住宅について要素の移動量を計測し道路幅の50%以上を占める場合に道路閉塞に寄与する倒壊と判断した（図-5）。

(3) 道路閉塞率の算出結果の考察

対象地域内で高低差が確認された道路A～Eに対して、タイプごとに算出した道路閉塞率の結果を表-2に示す。

図-2のような高低差がある場合、上述のとおり道路側への倒壊の可能性は高低差が無い場合と比べて低くなることは容易に想像できる。しかしながら、高い地盤によって拘束されるのは1階部分のみで、2階部分は拘束されないことを勘案すると、高低差がある場合に2階建住宅の倒壊による道路閉塞への寄与は約1/2に軽減されるものと類推される。Type2、Type3の道路閉塞率は全体的に低下傾向を示し、特に道路A、Bでは1/2を大きく下回っており、過小評価となっていることが危惧される。一方、Type4の道路閉塞率は、道路A、DではType1より20%低下したが、道路B、C、EではType1と同じ値となり、基本的に安全側の評価と考えられる。Type4が1階の柱の破壊による道路閉塞の影響を無視するという論理性を有する手法であることから、提案法の中で最も合理的であると考えられる。

4. まとめ

対象地域の道路と敷地に高低差がある箇所に対して、簡便かつ近似的に適用できる道路閉塞率を算出する方法を提案した。その結果、算出方法の論理性と道路閉塞率の低下の度合いから2階の柱が破壊した場合のみ道路閉塞に寄与する倒壊と判断するType4が最も合理的であると考えられる。今後は、地盤の高低差をモデル化した倒壊シミュレーションを行うなど、さらなる検証を進める予定である。

謝辞 本研究にあたり、中土佐町役場危機管理室の岩瀬和廣氏、市川大介氏にご協力を頂きました。記して謝意を表します。

参考文献 1) 原忠, 西村大輝, 中村友紀恵, 山田雅行, 羽田浩二, 山崎正明: 道路閉塞率の算出を目的とした木造住宅の倒壊シミュレーション(その1)―実測とモデルの固有周期の比較―, 平成30年度地盤工学会四国支部技術研究発表会, 2018. 2) 原忠, 中村友紀恵, 西村大輝, 山田雅行, 羽田浩二, 山崎正明: 道路閉塞率の算出を目的とした木造住宅の倒壊シミュレーション(その2)―道路閉塞率の算出―, 平成30年度地盤工学会四国支部技術研究発表会, 2018. 3) 国土地理院: 電子地形図(中土佐), 2016. 4) 高知県: [高知県版第二弾]南海トラフ地震による地震による震度分布・津波浸水予測, 想定条件について(http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/010201/files/2012121000171/2012121000171_www_pref_kochi_lg_jp_uploaded_attachment_83435.pdf), 2012.

表-1 タイプごとの道路閉塞率の算出方法

タイプ	道路閉塞率の算出方法
Type1	高低差を考慮しない場合
Type2	北側の住宅の倒壊を無視した場合
Type3	道路幅を100%塞いだ場合
Type4	2階の柱が破壊した住宅を倒壊とする場合

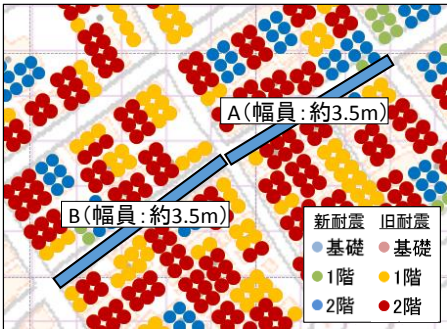


図-3 道路A、Bと住宅モデルの配置例

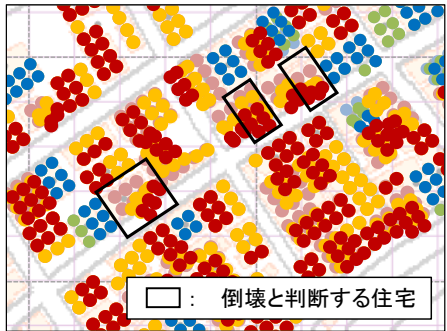


図-4 Type1の道路閉塞箇所の例

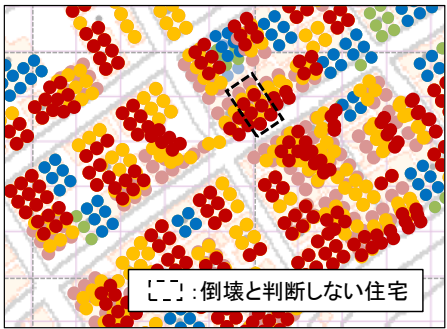


図-5 Type4の道路閉塞箇所の例

表-2 タイプごとの道路閉塞率の算出結果

タイプ	道路				
	A	B	C	D	E
Type1	80	30	50	60	80
Type2	20	0	50	40	60
Type3	20	20	50	50	70
Type4	60	30	50	40	80