

想定地震によるブロック塀倒壊と人的被害リスク評価の試み —福岡市南区のケーススタディ—

Preliminary Estimation of Human Risk by Collapse of Concrete Block Fence in an Earthquake — A Case Study of Minami Ward, Fukuoka City —

○上谷 淳司¹, 村上 ひとみ¹
Junji UETANI¹ and Hitomi MURAKAMI¹

¹山口大学大学院 理工学研究科 環境共生系専攻

Division of Environmental Systems Eng, Graduate School of Science and Eng, Yamaguchi University

When a large-scale earthquake occurs street, facilities such as block wall, the stone fence, and the gatepost, etc. might fall down or drop out, and cause human casualties. In this study, an earthquake was assumed in the southern part of Kego fault in Fukuoka Prefecture, and damage rate of concrete block fence was assumed based on past earthquake studies. Casualty risk for the South Ward, Fukuoka City was evaluated using the narrow road distribution data, block wall survey plot maps, and Fukuoka City seismic intensity map.

Key Words : Fukuoka Earthquake, Human Casualty Risk, Concrete Block Fence, Street Damage

1. はじめに

近年日本各地で地震災害が発生している。規模の大きな地震の発生の際には、ブロック塀などの外構施設が転倒し、人的な被害を引き起こす場合がある。

1978年6月の宮城県沖地震(M7.4)では、被災による死者28名のうち、16名が外構施設の倒壊によるものであった(ブロック塀9名、石塀5名、門柱2名)ことから、地震時の外構施設の倒壊について、その危険性が広く知られるようになった。最近では2005年3月の福岡県西方沖地震(M7.0)において、死者(1名:転倒ブロック塀による)が出ている¹⁾。

このようなことから、きちんと設置されていない、又は、老朽化したブロック塀などの外構施設は大地震が発生した際、転倒し、人々に危害を与える。さらに、道路上に転倒することで、道をふさぎ、人々が逃げづらくなったり、救助しづらくなるなど、間接的な被害をも引き起こす原因となる²⁾。

政府の地震調査研究推進本部により警固断層帯南部で30年以内に地震が発生する可能性は0.3~6%と推定されており、この地震が発生した場合、福岡市において震度6強の揺れが予測されている³⁾。補強されていないブロック塀の多くが震度5強で崩れる恐れがあることから⁴⁾、この地震が発生した際、きちんと設置されていない、又は老朽化した外構施設が福岡市に多く存在した場合、外構施設の倒壊などにより、多大な人的被害が予測される。

本研究では、福岡市南区を対象に福岡県警固断層帯南部で地震が起きた場合を想定し、ブロック塀倒壊と人的被害リスク評価を試み、各町丁目単位で死傷危険度を算出する。評価には福岡市から提供された道路狭あい分布図とブロック塀調査プロット地図、福岡市揺れやすさ震度マップを用いて算出する。

これにより、各町丁目の特徴がわかるとともに、各町丁目の危険性が示され、当該地域に居住する住民全体に対する注意喚起につながると考えている。

2. 死傷危険度予測手法

(1) 死傷危険度の考え方

ブロック塀倒壊による人的死傷危険度を算出する前に、いくつかの条件を仮定しておく。

①南区各町丁目の街路状態は、住宅が面する街路が全てと仮定する(街路の延長 \propto 住宅数)

②①で定義した南区各町丁目の街路を幅員4m未満の道路と幅員4m以上の道路の2種類に分け、それぞれの道路を一本の長い直線として考える。

③住宅には、ブロック塀設置率により、ランダムにブロック塀を設置する。例えば、ある校区のブロック塀設置率が50%であるならば、二軒に一軒の住宅にブロック塀がランダムに設置されると仮定する。

④ブロック塀が倒壊した時、そのブロック塀が面する道路の幅員が4m未満か4m以上かで、人が被害にあう確率は変わっていく。

(a) 道路の幅員が4m未満(狭あい道路)の場合

人が道路上のどこにいてもブロック塀が付近で倒れたら死傷すると仮定する。つまり、図1でブロック塀が倒壊し、道路を占有する範囲に人がいた場合死傷する。

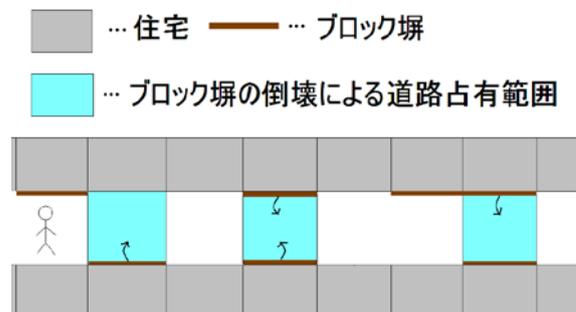


図1 ブロック塀倒壊による道路占有範囲のイメージ
(道路幅員4m未満の場合)

(b) 道路の幅員が4m 以上の場合

4m 以上の道路の場合、右側もしくは左側に寄って歩くと仮定する。図2で、ブロック塀が倒壊し、道路を占有する範囲に人がいた場合死傷する。

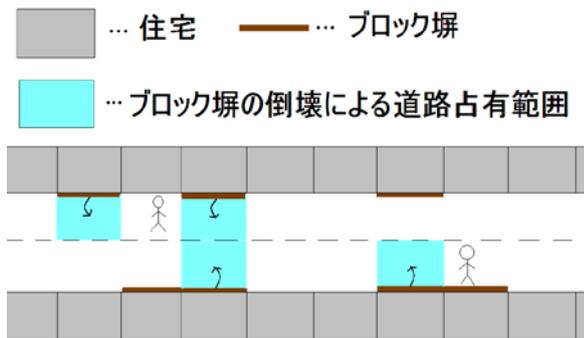


図2 ブロック塀倒壊による道路占有範囲のイメージ (道路幅員 4m 以上の場合)

⑤ 死傷危険度の考え方のまとめ

①～④の条件を加味すると、狭あい(幅員4m 未満)道路にいる人の方が、幅員4m 以上の道路にいる人より、ブロック塀倒壊による死傷危険度(ブロック塀倒壊による街路セグメントの割合)は2倍になる。

(2) 死傷危険度予測式

ブロック塀倒壊による死傷危険度(B.S.D)は、ブロック塀倒壊による街路セグメントの割合である。ブロック塀倒壊による街路セグメントの割合は、その街路に面している住宅のブロック塀設置率(B.R)と、それらのブロック塀の倒壊率によって求まる。

(c)道路の幅員が4m 以上の時

$$B.S.D = B.R \cdot \text{ブロック塀倒壊率} \quad (1)$$

(d)道路の幅員が4m 未満の時

$$B.S.D = B.R \cdot \text{ブロック塀倒壊率} \cdot 2 \quad (2)$$

ここで、B.S.D: ブロック塀倒壊による街路セグメント占有の割合 ($0 \leq B.S.D \leq 1$)

B.R: 住宅のブロック塀設置率 ($0 \leq B.R \leq 1$)

各町丁目について道路は狭あい道路(幅員4m 未満)と幅員4m 以上の道路の割合をあらかじめ算出しておく。それらの結果を用いて、各町丁目のブロック塀倒壊による死傷危険度は、(3)式で表される。

$$B.S.D = B.R \cdot \text{ブロック塀倒壊率} \cdot \text{道路幅員 4m 以上の割合} + B.R \cdot \text{ブロック塀倒壊率} \cdot \text{道路幅員 4m 未満の割合} \cdot 2 \quad (3)$$

ここで、南区各町丁目ごとの道路幅員(幅員4m 未満または幅員4m 以上)の割合は福岡市住宅都市局都市計画課から提供してもらった南区の町丁目ごとの、道路データ(道路幅員4m 未満、4～8m、8m 以上の総距離データ)をもとに算出した。また、ブロック塀倒壊率とブロック塀設置率(B.R)については3章にて説明する。

3. ブロック塀設置率とブロック塀倒壊率の算出

(1) 南区各町丁目のブロック塀設置率の算出

福岡市は2005年の福岡県西方沖地震発生後に避難場所となる福岡市の小学校正門を中心に半径250m 範囲の道路に面して設置してある高さ1m 以上のブロック塀の設置数とそれらのブロック塀の状態を調査し、ブロック塀プロット地図を作成した²⁾。この地図上から、住宅とブロック塀の位置情報、住宅棟数とブロック塀の設置数、ブロック塀の危険ランクが見て取れるようになっている。この危険ランクとは調査したブロック塀を良好なものから順にA～D ランクに分けたものである。

福岡市南区では小学校が25校存在し、25の校区に分かれている。よって、福岡市から南区25校区分のブロック塀プロット地図を提供してもらい、そのプロット地図から南区の校区ごとにブロック塀設置数と住宅棟数を数え、住宅一軒あたりのブロック塀設置率を算出した。校区ごとのブロック塀設置率を図3に示す。ブロック塀設置率が20% 未満の校区や80% 以上の校区などがあり、校区によっては差が大きい。

しかし、本研究で算出するのは、南区の全町丁目159町丁目のブロック塀設置率なので、各町丁目のブロック塀設置率は、その町丁目が属している小学校区のブロック塀設置率と同じと仮定する。

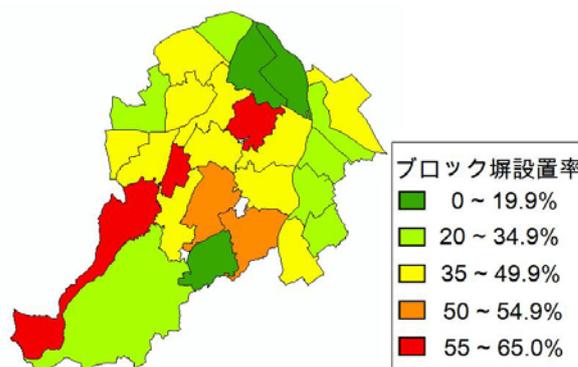


図3 南区各校区のブロック塀設置率

(2) ブロック塀倒壊率の算出

福岡県警固断層帯南部で発生する地震によって、福岡市南区全体では震度6 弱以上の揺れが起こると予想されている。南区の一部では震度6 強の揺れが起こると予想されている場所もある。

そこで、過去の地震でブロック塀の倒壊について取り扱っている報告書や概要集、論文の内容を比較、検討し、ブロック塀倒壊率を算出する^{5) 6) 7) 8) 9) 10)}。

表1、表2、表3に過去の主な地震と、それらの震度、また、それらの地震によって転倒や崩壊などしたブロック塀を被害の程度ごとに示す。

表1は、ブロック塀の大部分が転倒や崩壊などした件数と、ブロック塀倒壊率を表している。1978年宮城県沖地震、1994年三陸はるか地震で震度がそれぞれ5、6となっているが、これは、その当時震度に5弱、5強、6弱、6強といった概念がなかったためである。さらに、2003年宮城県北部地震、2005年福岡県西方沖地震、1995年兵庫県南部地震にデータが無いのは、この三つの調査では、ブロック塀転倒と甚だしい傾斜を、一番程度の大きいものとしてカウントしていて、転倒や崩壊のみを扱ったデータが存在しないためである。ちなみに「大部分」とは観測者が

目測でみて、ブロック塀全体の3割以上のことをいう。

表2では、表1でのブロック塀の転倒、撤去、大部分の大破、崩壊に、ブロック塀の大部分が傾斜している件数を加えたものである。1978年宮城県沖地震にデータがないのは、この地震でのブロック塀の被害項目にブロック塀の倒壊しなく、傾斜したブロック塀は調査項目に存在しなかったためである。表3でも同様である。

表3は、表1、表2にブロック塀の一部分の転倒、撤去、大破、崩壊、傾きを加味したものである。つまり、この値はブロック塀に大なり、小なり何らかの被害がある場合である。ただし、ブロック塀の亀裂・ひび割れは各地震の調査項目に存在したが、これを加味していない。なぜなら、地震後にブロック塀に亀裂やひび割れを起こしたのものもあるが、地震前に既に、亀裂やひび割れを起こしているブロック塀も含まれている可能性があるため、地震によって全て引き起こされたとは言えないためである。ちなみに、ここでいう“一部分”とは観測者が目測でみて、ブロック塀全体の3割未満のことをいう。

これらの結果をふまえ、ブロック塀の倒壊率を求めるのだが、福岡市南区では想定地震(ここでは警固断層帯南部で発生する地震)によって揺れる震度が震度6弱から6強の間なので、表1から表3でいう2003年宮城県北部地震、2005年福岡県西方沖地震、2007年能登半島地震、1994年三陸はるか地震のブロック塀倒壊率が、予想される倒壊率といえる。さらに、1978年宮城県沖地震では気象庁は仙台市の震度を5と発表しているが、それは、仙台市全般の被害状況によるものであり、仙台市東南部低地での木造建物被害調査では、昭和20年以前に建てられたものは、19.5%の全壊率を生じており、昭和20年～30年代の建物も10.5%の全壊率となっている(望月・宮野,1979)ことから、建築物全般の質の向上(特に木造建物)並びに上記の諸事実から推察すれば、作用した地震動の強さは震度6といえる可能性がある¹¹⁾。つまり、1978年宮城県沖地震を震度6とみて、ブロック塀の倒壊率をみても、1995年兵庫県南部地震以外は震度は違えど、どれも似たような倒壊率となっている。そもそも、ブロック塀は施工基準通り建てられたものであるなら、地震によって転倒や倒壊する可能性は極めて少なく、逆に施工基準を満たしていないブロック塀は少しの揺れでも転倒する可能性はあることから、地域によってはブロック塀をきちんと設置している地域とそうでない地域が存在する場合、地域差によって、ブロック塀の倒壊率が高くなる地域と、そうでない地域が存在する可能性も考慮に入れる必要がある。震度7である1995年兵庫県南部地震ではブロック塀の倒壊率が非常に高くなっていることから、震度が高くなると、それに伴いブロック塀の倒壊率は高くなるといえる。

しかし、本研究では、震度に関係せず、ブロック塀の倒壊率を一定と仮定する。これは本研究で扱う想定地震で、南区全体は震度6弱～6強の揺れが予想され、表1～表3の結果から震度6弱と6強でのブロック塀倒壊率に、それほど大きな差異が見られなかったためである。また、本研究の死傷危険度予測式ではブロック塀の倒壊を全長にわたって、倒れることを想定して算出しているため、ブロック塀の傾斜は考慮にいれず、表1の結果を採用する。そして、ブロック塀倒壊率を1978年宮城県沖地震、2005年福岡県西方沖地震、2007年能登半島地震、1994年三陸はるか地震の4つのブロック塀倒壊率の平均値5.05%を、想定地震での南区全体のブロック塀倒壊率とする。

表1 ブロック塀倒壊率(転倒、撤去、大部分の大破、崩壊)

文献の調査地震	震度	ブロック塀倒壊率(転倒、撤去、大部分の大破、崩壊)
1978年宮城県沖地震	5	6.35%(184件/2,897件)
2003年宮城県北部地震	6弱	—
2005年福岡県西方沖地震	6弱	—
2007年能登半島地震	6強	3%(2件/60件)
1994年三陸はるか地震	6	5.8%(30件/514件)
1995年兵庫県南部地震	7	—

表2 ブロック塀倒壊率(表1に大部分の傾きを加味)

文献の調査地震	震度	ブロック塀倒壊率(表1に大部分の傾きを加味)
1978年宮城県沖地震	5	—
2003年宮城県北部地震	6弱	12.3%(91件/738件)
2005年福岡県西方沖地震	6弱	5%(7件/148件)
2007年能登半島地震	6強	11.7%(7件/60件)
1994年三陸はるか地震	6	11.5%(59件/514件)
1995年兵庫県南部地震	7	35%(44件/123件)

表3 ブロック塀倒壊率(表2に一部分の転倒、撤去、大破、崩壊、傾きを加味したもの)

文献の調査地震	震度	ブロック塀倒壊率(表2に一部分の転倒、撤去、大破、崩壊、傾きを加味)
1978年宮城県沖地震	5	—
2003年宮城県北部地震	6弱	25.9%(191件/738件)
2005年福岡県西方沖地震	6弱	—
2007年能登半島地震	6強	26.7%(16件/60件)
1994年三陸はるか地震	6	28.2%(145件/514件)
1995年兵庫県南部地震	7	56%(71件/123件)

4. 死傷危険度の算出とGISへ算出結果を表示

南区全159町丁目ごとの狭隘道路(幅員4m未満)の割合と、想定地震でのブロック塀倒壊による死傷危険度をArcGIS9.2により、南区の地図上に表示したものを図4、図5に示す。

同じ南区でも町丁目ごとに死傷危険度の差が大きい。死傷危険度が高い地域は南区の中央部分(丘陵地)に集中しており、南区の北部及び東部の外周部分に位置している地域は比較的死傷危険度が低くなっている。

また、T校区に属する町丁目は狭あい(道路幅員4m未満)道路の割合が高く、ブロック塀設置率も高い校区なので死傷危険度が南区の中でも高くなっている。T校区以外にも街路の狭い地域はあり、各町丁目でも狭隘道路の割合に20%未満から80%以上と大きな差がある。狭隘道路が少ない地域は、新たに大規模な宅地開発された地域や、都市計画などにより、きちんと区画整備された地域などが多い。しかし、逆に狭隘道路の割合が高い地域は、昔から住宅などが建ち並び、道路をきちんと整備しようにも、住宅の立ち退きなどが難しく、区画整備が思うように進んでいない地域であることが多い。

死傷危険度は狭あい道路の割合や、ブロック塀設置率、ブロック塀の倒壊確率に依存するので、死傷危険度の高い校区は道路を整備して道路の幅員を広げるか、ブロック塀の数を減らすか、ブロック塀を補強して地震時に倒れないようにする等の対策が必要になってくる。道路の幅員はすぐには広げられないことから、ブロック塀の設置数を減ら

したり、ブロック塀を補強することが重要であると考える。

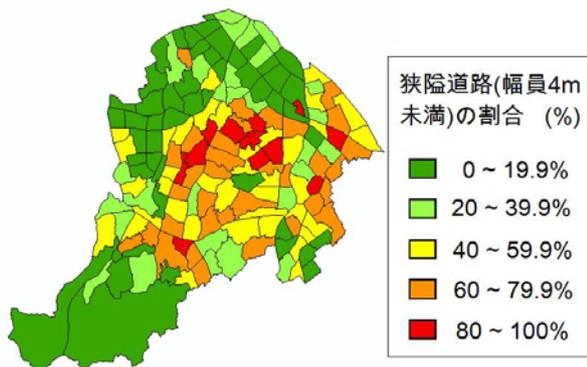


図4 南区町丁目ごとの狭隘道路の割合

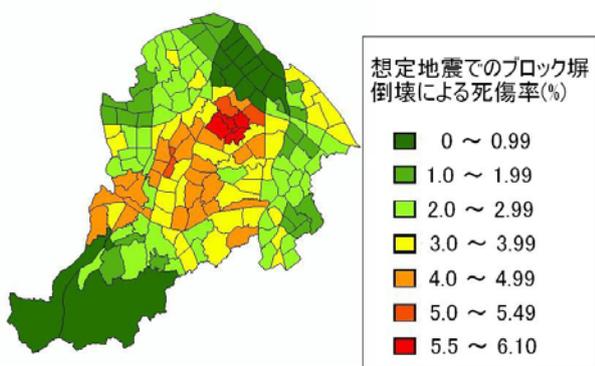


図5 南区町丁目ごとのブロック塀倒壊による死傷危険度

5. まとめ

本研究では、福岡市南区をモデル地区として、警固断層帯南部で起こる地震を想定して、ブロック塀が転倒や破損することにより人が死傷する危険度を各町丁目単位で算出し、GIS上に表示した。これらの算出結果より、南区のどの地域が危険であるかを把握することができたとともに、この結果を危険地域の住民に知らせることにより、住民全体に対する注意喚起につながると考えている。

今後の課題を以下に述べる、本研究では死傷危険度を算出するに当たり用いた町丁目ごとのブロック塀設置率が、その町丁目該当する小学校区のブロック塀設置率と同じと仮定したが、実際その町丁目のブロック塀設置率が属する小学校区のブロック塀設置率と同じ値というのは少し無理があるため、別の方法で町丁目ごとのブロック塀設置率の算出をアプローチしていきたい。また、南区のブロック塀倒壊率を算出するにあたり、過去の地震による震度別のブロック塀倒壊率を参考にしたが、調査数が少ないので、算出した結果の値が確からしい値とはいえない問題がある。さらに、南区全体でのブロック塀倒壊率を震度によらず一定としたが、表2~表3での1995年兵庫県南部地震でのブロック塀倒壊率からもわかるとおり、震度が高くなるにつれて、ブロック塀の倒壊率も高くなるため、もっと多くのブロック塀に関する論文などから、震度ごとのブロック塀倒壊率を調べて、震度とブロック塀倒壊率の関係を明らかにしていきたい。そして、本研究の結果を住民に伝えるための方法や、自治会でのワークショップなどに利用してもらうための方法について、実際に福岡市の住民や

自治会などにアンケートをとり、それらの意見をもとに、検討していきたい。

謝辞

本研究を行うにあたり、福岡市役所の耐震・安全推進課長の上瀧今佐美氏、防災・危機管理課の林貴之氏、福岡市南区役所の地域振興課主査の加茂篤氏、地域支援係長の中西正剛氏、白井徹男氏、ならびに福岡市役所、南区役所の方々のご協力に心より感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 最知正芳：コンクリートブロック塀等の調査に基づく仙台市内指定避難所周辺道路の状態評価，日本建築学会技術報告集，vol.13, No.25, pp.33~38, 2007.
- 2) 村上ひとみ：ブロック塀の地震対策インセンティブ再考—環境配慮の視点から—，日本自然災害学会年次学術講演会講演概集，No.27, pp173~174, 2008
- 3) 地震調査研究推進本部：警固（けご）断層帯の長期評価について
http://www.jishin.go.jp/main/chousa/07mar_kego/index.htm
- 4) 福岡市住宅都市局住宅政策部耐震・安全推進課，福岡市揺れやすさマップ
- 5) 寺西優子，菊池健児，黒木正幸，吉田和彦，大塚貴裕，伊藤麻衣子：2005年福岡県西方沖地震によるブロック塀被害の調査研究（その1）福岡市中心市街地における悉皆調査の結果，日本建築学会大学学術講演概要集，pp799~800, 2006
- 6) 吉村浩二，菊池健児，梶村知幸：コンクリートブロック塀の耐震安全性に関する研究—地震被害調査および既存塀の構造実態・補強方法に関する調査—，図6 神戸被害調査と鹿児島被害調査でのブロック塀の被害率より，日本建築学会構造系論文集，No.525, pp134~135, 1999
- 7) 佐藤健一，中村有紀子：2007年能登半島地震による道路に面する塀の被害の調査研究，石川県輪島市鳳至地区における悉皆調査の結果，日本建築学会大会学術講演概集，pp897~898, 2007
- 8) 最知正芳：概観検査による既存コンクリートブロック塀の状態判定の有効性について，宮城県北部連続地震によるブロック塀被害の調査研究，宮城県スクールゾーン内コンクリートブロック塀等実態調査の結果，日本建築学会技術報告集 第21号 pp21~25, 2005
- 9) 渡辺正朋：三陸はるか沖地震によるブロック塀の被害，八戸市是川団地周辺における道路側ブロック塀の被害調査の結果，日本建築学会東北支部研究発表会，pp323~326, 1995
- 10) 望月利男，宮野道雄，四戸英雄，田代侃：仙台市におけるブロック塀の調査報告—1978年宮城県沖地震によるその被害と地形の関係並びに残存塀との比較—，仙台市におけるブロック塀の被害と地形・各種被害との関係より，総合都市研究第11号，pp39~41, 1980
- 11) 望月利男，宮野道雄，四戸英雄，田代侃：仙台市におけるブロック塀の調査報告—1978年宮城県沖地震によるその被害と地形の関係並びに残存塀との比較—，仙台市東南部低地での木造建物被害調査の結果，総合都市研究第11号，pp39~40, 1980