

論文 大分市におけるコンクリートブロック塀の耐震安全性と地域地震防災に関する調査研究

伊藤 麻衣子^{*1}・菊池 健児^{*2}・黒木 正幸^{*3}・野中 嗣子^{*4}

要旨：大分市内の2小学校区において、コンクリートブロック塀の耐震性能に関わる構造実態や劣化の現状調査を行った。また、ブロック塀が面する道路の幅員などの道路状況調査を行った。これらの結果をもとにブロック塀の地震被害および倒壊による道路通行阻害の程度を推定した。また、住民の地震防災に関する意識調査を行った。その結果、既存ブロック塀の構造性能の改善はあまり進展しておらず、経年劣化が進行している塀が増加していることや、筆者らが提案している耐震ランク方法に基づけば、大地震が発生すると非常に多くの塀が倒壊し、道路通行に支障が生じることなどが明らかとなった。

キーワード：コンクリートブロック塀、実態調査、耐震安全性、倒壊率、道路状況、住民意識

1. はじめに

地震によるコンクリートブロック塀（以下、ブロック塀、またはC B塀という）の倒壊などの被害が後を絶たず、最近では2005年3月20日の昼間に発生した福岡県西方沖地震¹⁾で、高齢者1名がブロック塀の倒壊により死亡した。

地震時にブロック塀が倒壊すると、直接的な人的被害ばかりでなく、緊急車輛の通行を妨げ人命救助を阻害するとともに住民の避難経路を遮断して間接的に被害を拡大させることにもなる。本研究では地域地震防災の観点からブロック塀の耐震安全性の向上を図ることを目的として、2006年度に、大分市立中島小学校区を調査地域として校区内の全ての道路沿いのブロック塀の耐震安全性に関する実態調査を行った²⁾。さらに2007年度は、大分市立滝尾小学校区の通学路沿いにある塀の実態調査を行った。また、両校区の調査では道路の状況調査ならびに地域地震防災に関する住民の意識調査も行った。本論では、通学路沿いにおけるこれらの調査結果を分析するとともに、大地震時における両校区のブロック塀の倒壊率および倒壊による道路通行阻害の程度を推定している。

2. 調査地域

図-1に調査した地域を示す。調査対象地域として設定した中島小学校区（以下、中島校区という）と滝尾小学校区（以下、滝尾校区という）は住宅地としての歴史が古く、比較的古い塀が多く存在する。また、狭い道路が多く、塀が転倒した時の道路通行への影響が大きいと予想される。また、中島校区は1984年³⁾に、滝尾校区

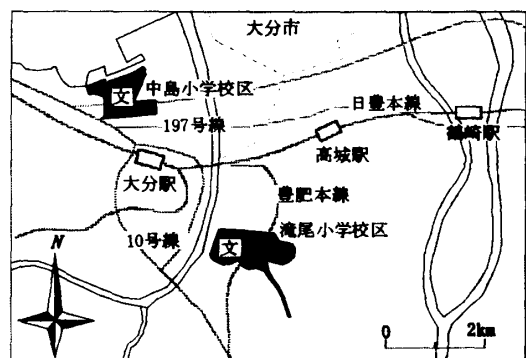


図-1 調査地域

は、1997年に通学路沿いにあるブロック塀の実態調査⁴⁾を行っており、ブロック塀の老朽化や建て替えの状況等を経年的に調べることができることも、この地区を選定した理由のひとつである。なお、大分市では1968年8月に震度5が観測されて以来、最大でも震度4までの地震動しか経験していない。

3. ブロック塀の実態調査

3.1 ブロック塀の調査項目および調査方法

ブロック塀の調査項目は、塀の種類や壁体の長さ、高さ、厚さ、鉄筋有無・間隔、基礎種類などの構造や、傾斜や劣化などである。調査はすべて非破壊調査とし、聞き取り調査、目視観察、巻尺や距離計、鉄筋探知機および下げ振りなどで測定した結果を調査票に記入し、写真撮影を行った。なお、ブロック塀以外の塀についても、長さ、高さ、厚さなどの調査を行った。

3.2 ブロック塀の調査結果

図-2に調査した塀の種類と件数を示す。この図より、通学路沿いにある塀1261件のうち、ブロック塀（小規

*1 大分大学 大学院工学研究科建設工学専攻（正会員）

*2 大分大学 工学部福祉環境工学科建築コース教授 工博（正会員）

*3 大分大学 工学部福祉環境工学科建築コース助教 工修（正会員）

*4 大分大学 工学部福祉環境工学科建築コース助手

模の塀を除く)は1002件(中島校区は493件、滝尾校区は509件)であり、ブロック塀の占める割合が79%と非常に高いことが分かる。ブロック塀のうち、金属製フェンスを有しない通常のブロック塀が806件(中島校区では427件、滝尾校区では379件)、金属製フェンス付きブロック塀が196件(中島校区は66件、滝尾校区は130件)であった。ブロック塀に使用されている代表的なコンクリートブロックのモジュール寸法は、空洞ブロックが長さ40cm・高さ20cm・厚さ10cm、化粧ブロックが長さ50cm・高さ20cm・厚さ10cmであった。

調査を行った通学路の総延長長さは29.5km(うち中島校区は13.0km、滝尾校区は16.5km)であった。一方、ブロック塀の総水平長さは10.3km(うち中島校区は4.5km、滝尾校区は5.8km)であり、通学路の総延長長さの35%を占めることになる。

以下にブロック塀の主な調査結果を竣工年と比較しながら検討を行う。

(1) 高さ: 図-3に塀の高さ(h)と竣工年の関係を示す。全数でみると、高さ1.2m以下の塀が25%、1.2mを超え1.6m以下の塀が45%、1.6mを超え2.2m以下の塀が28%、現行の法令(建築基準法施行令62条の8)に適合しない2.2m以上の塀が1.9%存在していた。高さと竣工年には明確な相関はみられない。

(2) 縦筋: 図-4に縦筋の有無・間隔(L)と竣工年の関係を示す。塀壁体部の縦筋は94%の塀に存在した。縦筋間隔が法令(80cm以下)に適合している塀の割合は61%(縦筋を有する塀の65%)であった。縦筋間隔を竣工年別にみると、縦筋無しの塀や法令に違反する間隔が80cmを超える塀が年々減少しているが、全数の38%の塀は、まだ法令の規定を満たしていない。過去の調査結果^{3),4)}では両校区合計で43%の塀が法令の規定を満たしていなかったことから、やや改善の傾向がみられる。

(3) 基礎の状態: 図-5に基礎種類と竣工年の関係を示す。目視によって観察した結果、RC造の布基礎を使用していると思われる塀は40%であり、ブロックを埋込で基礎の代わりにしていると判断されたものは30%、基礎なしと判断されたものは22%であった。竣工年別に基礎種類をみると、基礎なしやブロック埋込の塀はやや減少傾向にあるが、まだ全数の50%の塀は、基礎なしやブロック埋込の塀である。なお、過去の調査では両校区合計で56%の塀が基礎なしやブロック埋込の塀であった。

(4) 直交壁: 直交壁とはブロック塀の端部に接続する直交方向のブロック塀のことをいう。図-6に直交壁の有無と竣工年の関係を示す。直交壁を有する塀は79%で、うち片側にのみ有する塀は55%、両側に有する塀は24%であった。竣工年別に直交壁の有無を見てみると、2000年までは直交壁を有するブロック塀の割合が増加して

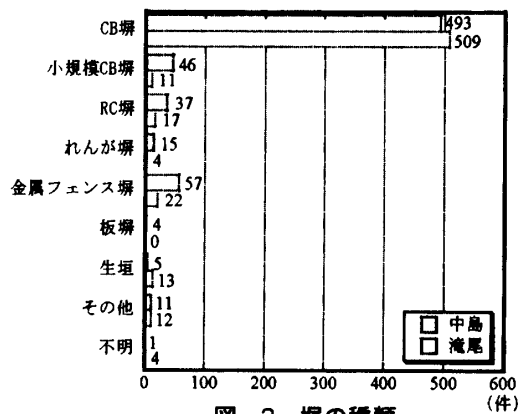


図-2 塀の種類

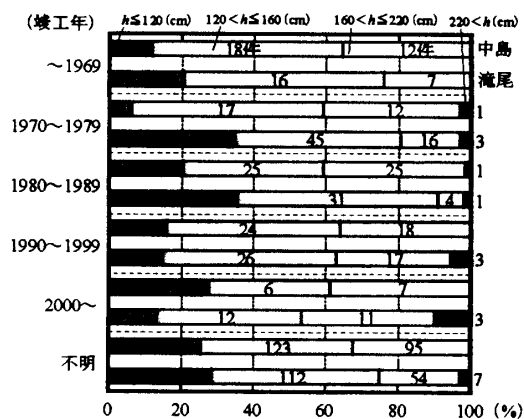


図-3 竣工年別塀の高さの割合

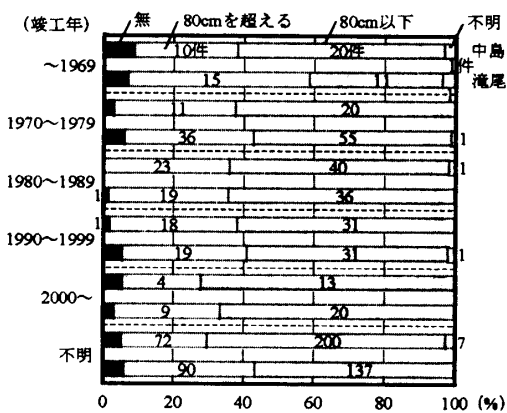


図-4 竣工年別縦筋間隔の割合

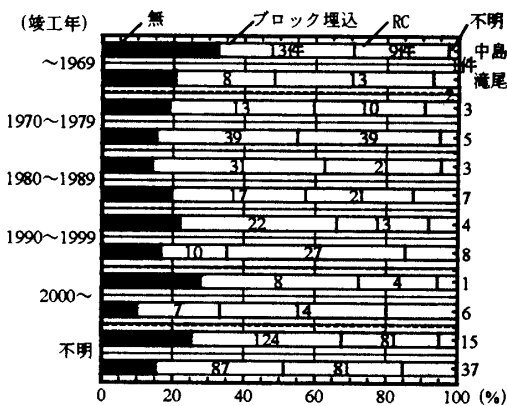


図-5 竣工年別基礎種類の割合

いる。

(5) 劣化：ブロック表面の亀裂や剥落の有無と目地モルタルの亀裂や隙間の有無を合わせて評価したものをブロック塀の劣化とする。また、劣化有り無しの判断は目視で亀裂があれば劣化有りとする。写真-1 は代表的なブロック劣化の例である。亀裂の原因は横筋の錆びによる膨張と考えられる。経年的なブロック塀の劣化状況を図-7 に示す。竣工年が古いほど劣化のある塀が多くなる傾向がある。また、劣化が観察された塀の割合は、中島校区では1984年の調査で34%、滝尾校区では1997年の調査で40%であったものが、今回の調査ではそれぞれ39%、52%と増加しており、経年によりブロック塀の劣化が進んでいることや、古い塀の改築があまり行われていないことが分かる。

(6) 傾斜：経年的なブロック塀の傾斜状況を図-8 に示す。ここでは、1/200 以上傾斜しているものを傾斜ありとしている。道路側に傾斜が確認された塀は36%で、敷地側へは12%であった。竣工年別に傾斜を見てみると、古い塀ほど傾斜している塀が多い。また、全体的に傾斜の方向は道路側への傾斜が敷地側への傾斜よりも多いことが分かる。道路面に対して敷地面が高くなる場合が多く、塀が傾斜する要因のひとつとして、塀の下部が敷地側からの土圧を受けることが考えられる。調査結果からも、道路面に対する敷地面の高さが高い塀の割合が中島校区に比べ高い滝尾校区の塀のほうが道路側に傾斜している割合が高かった。土圧の他にも一般的に傾斜の要因として、地盤の不同沈下や地震外力なども考えられる。実際、いくつかの塀において塀の長手方向の不同沈下によると考えられる縦方向のひび割れが見られ、面外方向にも傾斜しているものがあつた。地震外力については、調査塀の多くは、前述のように最大でも震度4までの地震動しか経験していない。

4. ブロック塀の地震被害率の検討

4.1 耐震ランクの設定と被害率との関係

1995年兵庫県南部地震や1997年鹿児島県北西部の被害調査結果に基づいて塀の構造と被害の関係について検討し、基礎、縦筋および直交壁が塀の耐震性に及ぼす影響が大きいことを明らかにした⁵⁾。ここでは、これらの3調査項目を用いて耐震性能のランク付けを行う。

塀の耐震性能を表す指標値として式(1)に示す I_s 値を用いることとする。

$$I_s = q_b + q_v + q_l \quad (1)$$

ここに、 q_b は基礎の種類(RC造・ブロック埋込・無し)による影響値、 q_v は縦筋の有無・間隔(間隔80cm以下・間隔80cm超・無し)による影響値、 q_l は直交壁の有無

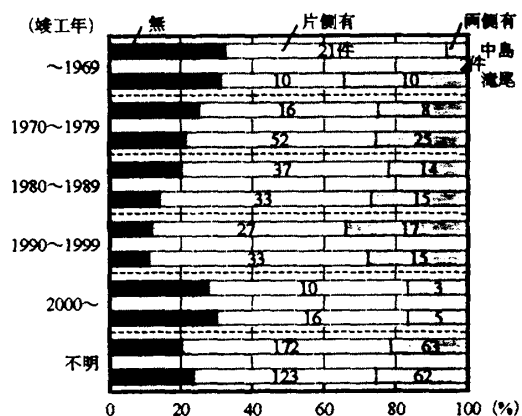


図-6 竣工年別直交壁の有無の割合

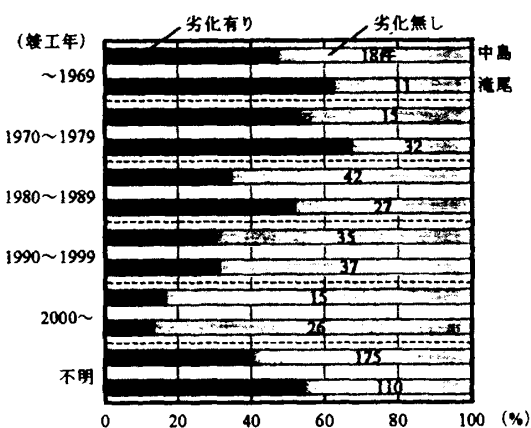


図-7 竣工年別劣化の有無の割合

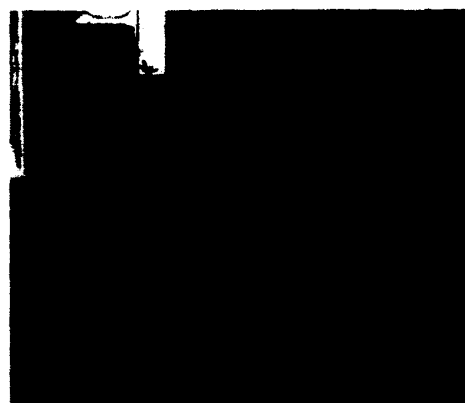


写真-1 ブロック塀の劣化状況

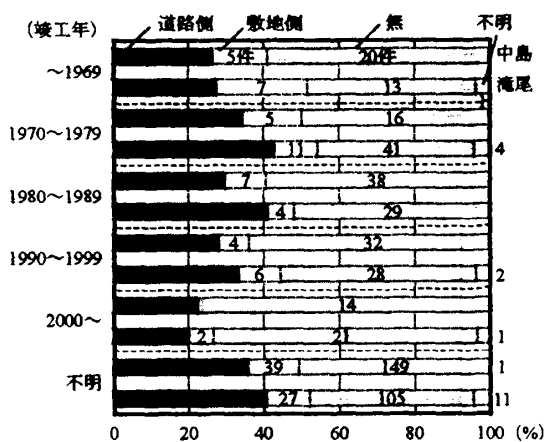


図-8 竣工年別傾斜の有無と割合

による影響値である。

項目ごとに評価点を設定し、その要素の塀の耐震性への影響度を考慮した調整係数を掛け合わせ影響値を算出する。各項目の評価点、調整係数および耐震ランクは、1995年兵庫県南部地震における神戸市東灘区の悉皆調査で調査した塀（236件）のうち、この3項目が全て調査できた148件のデータ⁶⁾を用い、以下の方法で決定した。

(1) 3つの調査項目のうち、耐震性が最も高いRC造基礎を有すると判断された塀の評価点を10点とし、逆に耐震性の最も低い基礎の無い塀、縦筋を有しない塀および直交壁を有しない塀の評価点を0点とした。

(2) 調査項目ごとに、耐震性に優れているものから評価点の大小を決め、ブロック埋込み基礎、縦筋間隔が80cm以下、縦筋間隔が80cm超、および直交壁を有する場合の評価点を2点刻みの変数とした99ケースに対して各項目の評価点を計算し、合計点を算出した。

(3) 各ケースの最高点を100点に換算した場合の評価点の合計点と被害調査結果の無被害率および倒壊率との関係の最小2乗法による回帰直線の傾きと相関係数が高いもの33ケースについて、点数の高いほうから耐震ランクⅠ～Ⅴの5つに区分にした。次に、この33ケースの中から、耐震ランクと無被害率および倒壊率との相関係数が高いケースを選択した。

(4) 採用したこのケースにおいて、各項目ごとに最も耐震性が高い評価点が10点となるよう調整係数を決定した。

各項目の評価点と調整係数を表-1、耐震ランクと I_s 値の関係を表-2に示す。また、以上の検討に用いた塀を対象とした耐震ランクごとの被害レベル別件数の割合を図-9に示す。図-9より、耐震ランクⅠの塀でも、約15%の塀が倒壊している。これは、非破壊調査の制約から、基礎の根入れ深さや縦筋の基礎への定着などの調査ができず、耐震判定ランク判定にこれらの影響が考慮できていないこと、また縦筋の重ね継ぎなどの施工不良や、縦筋の腐食などの経年劣化なども要因として考えられる。これらの影響については、今後の検討課題である。

4.2 2校区の塀の耐震ランクと被害率の推定

今回調査を行った中島・滝尾両小学校区のブロック塀

表-1 各項目の評価点と調整係数

基礎		縦筋		直交壁	
分類	評価点	分類	評価点	分類	評価点
RC造	10	間隔80cm以下	10	有り	10
ブロック埋込み	6	間隔80cm超	8	無し	0
無し	0	無し	0		
調整係数	1.0	調整係数	0.8	調整係数	0.6

表-2 耐震ランクと耐震性能指標 I_s

耐震ランク	耐震性能指標 I_s
I	24
II	$18 \leq I_s < 24$
III	$14 \leq I_s < 18$
IV	$8 \leq I_s < 14$
V	$0 \leq I_s < 8$

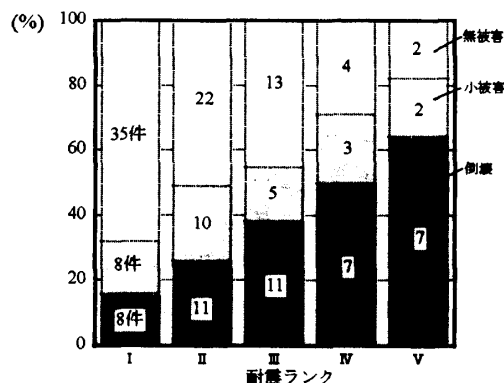


図-9 神戸市東灘区の塀の耐震ランクごとの塀の総数に対する被害ランク別件数の割合

について、上述の方法により耐震ランク付けを行った。耐震ランクごとの塀件数と、図-9に示した耐震ランクごとの倒壊率を適用した場合の倒壊塀の件数を表-3に示す。両校区の耐震ランク別件数の割合の分布は似かよっており、耐震ランクⅡが最も多く、次いでⅢ、Ⅳの順となっている。また、この方法で推定される倒壊率は両校区とも約30%であり、1995年兵庫県南部地震における東灘区の地震動と同じレベルの地震動が作用した場合には、甚大な塀被害が発生することが推定される。

5. 道路状況調査の方法と結果

調査は中島校区では片側2車線の幹線道路を除くすべての通学路に対して行い、滝尾校区では通学路すべてに対して行った。

表-3 耐震ランクごとの塀件数および図-9に示した耐震ランクごとの倒壊率を適用した場合の倒壊塀の件数

耐震ランク	件数			(件数) × (図-9の倒壊の割合)			倒壊塀の耐震ランク別割合 (%)		
	中島	滝尾	2校区計	中島	滝尾	2校区計	中島	滝尾	2校区計
I	81	87	168	13	14	26	9.6	10.4	10.0
II	196	194	390	50	50	100	38.0	37.6	37.8
III	102	84	186	39	32	71	29.3	24.2	26.7
IV	47	53	100	24	27	50	17.8	20.1	18.9
V	11	16	27	7	10	17	5.3	7.7	6.5
合計	437	434	871	132	132	264	100.0	100.0	100.0
			倒壊率	30.2%	30.4%	30.3%			

調査した道路は452本(中島校区の通学路では184本、滝尾校区の通学路では268本)であった。なお、道路は交差点間を1本の道路として数えた。道路の総延長距離は29.5km(中島校区では13kmで、滝尾校区では16.5km)であった。両校区とも幅員の狭い道路が入り組んだところが多く、戸建住宅が密集している地区と道路が比較的整然と配置されており、幅員も比較的広い地区とが混在している。

図-10に車道と歩道の幅員を合わせた道路幅員 W 別の道路長さ(延長距離に対する割合)を示す。中島校区では $8\text{m} < W \leq 9\text{m}$ の道路が最も多く31%(4km)、滝尾校区の道路は $4\text{m} < W \leq 5\text{m}$ のものが多く25%(4.1km)であった。滝尾校区は中島校区に比べると狭い道路が多い。図-11に歩道幅員 L 別の歩道の数を示す。中島校区では98本(53%)の道路に歩道が設置されているのに対し、滝尾校区ではそれが112本(41%)と中島校区より少ない。地震時のブロック塀の倒壊は、道路を通行している人に対して極めて危険である。また、地震後の緊急車両等の通行への影響は道路の幅員が小さいほどより大きくなると考えられる。

6. ブロック塀の倒壊が道路通行に及ぼす影響

耐震ランク判定で得られた倒壊率30%に基づき、中島校区、滝尾校区の道路の両側にあるブロック塀の30%が道路側へ倒壊すると仮定した場合の倒壊塀の見付け面積が道路面積に占める割合 α を道路ごとに算出した。その結果を図-12に示す。両校区とも $0 < \alpha \leq 5\%$ の道路が多いが、 α が10%以上となる道路も10%程度あり、道路の通行に対しては大きな障害となると考えられる。なお、滝尾校区で $\alpha=0$ の道路が多い理由は、中島校区に比べ田畑が多く、塀のない道路が多いためである。

7. 意識調査の方法と結果

住民の地震防災に関する意識調査は、調査した塀の所有者(20歳以上の者)に対しアンケート調査票に基づいて聞き取り調査を行った。今回の中島校区、滝尾校区で実施した意識調査の質問項目を表-4に示す。

訪問数は中島校区では410件、そのうち聞き取ることができたものは162件(40%)、不在166件(40%)、拒否79件(19%)、回答の不足などの理由により無効としたものが3件(1%)であった。滝尾校区では訪問数は494件、そのうち聞き取ることができたものは201件(41%)、不在146件(30%)、拒否138件(28%)、無効が9件(2%)であった。以下に調査結果の概要を示す。

1) 大地震の起こる可能性：「今後10年ぐらいの間に住んでいる地域で大地震が起こると思うか」についての回答は、「起こる可能性は高いと思う」と答えた人が

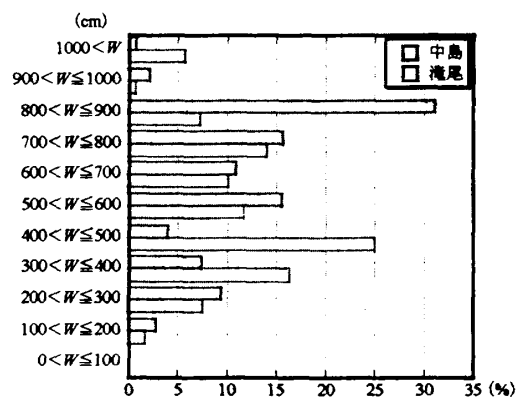


図-10 幅員別道路長さ(延長距離に対する割合)

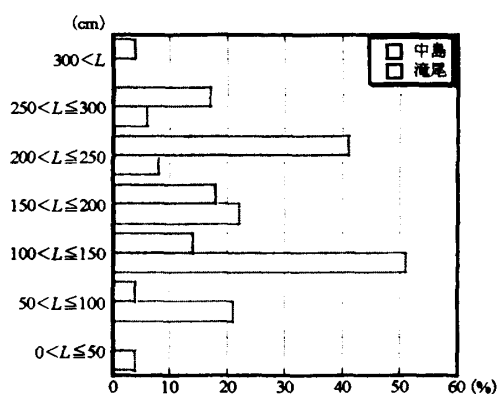


図-11 幅員別歩道数

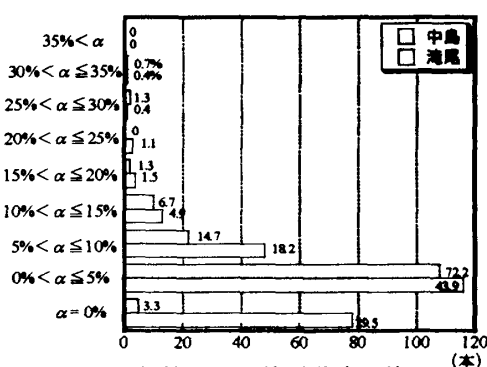


図-12 倒壊塀の面積が道路面積に占める割合別の道路数

表-4 意識調査の質問項目

質問項目
(1) 大地震の起こる可能性
(2) 住宅の耐震診断や耐震補強を実施したことがあるか
(3) 住宅の大地震に対する危険度
(4) 住宅の耐震補強工事ができる条件
(5) ブロック塀や門柱の大地震に対する危険度
(6) ブロック塀や門柱の耐震診断を実施したことがあるか
(7) ブロック塀の耐震補強工事ができる条件
(8) 大地震における避難場所

24%と最も多く、「起こると思う」(18%)を合わせると42%であった。一方、「起こる可能性は低いと思う」(21%)と、「絶対起こらないと思う」(13%)と合わせると34%であった。内閣府が平成17年9月に実施した地震防災対策に関する特別世論調査⁷⁾では、「起こると思う」が64%であり、中島・滝尾校区のほうが地震に関する危機

意識は薄いという結果であった。

2) ブロック塀や門柱の危険度：「あなたのお住まいのブロック塀や門柱は大地震に対しても倒壊や損壊をしないと思うか」についての回答は、「危ないと思う」が32%で最も多く、「少し危ないと思う」(18%)と合わせると50%となり、半数の人がブロック塀や門柱に危険を感じていた。なお、住宅については「危ないと思う」が44%で、「少し危ないと思う」(17%)を合わせると61%であった。

3) ブロック塀や門柱の耐震診断を実施したことがあるか：「耐震診断した結果、安全といわれた」が4%、「危険といわれた」が0%であり、「耐震診断していない」が96%であった。なお、三重県が平成16年9月に実施した防災に関する県民意識調査⁸⁾では「耐震診断した結果、安全といわれた」が1.8%、「危険といわれた」が1.9%である。耐震診断を実施していない理由は、「耐震診断の方法がわからない」(11%)、「診断しなくても安全だと思う」(30%)、「その他(耐震診断していない理由は特にない)」(41%)などであった。

4) ブロック塀の耐震補強工事ができる条件：「どのような条件を整えばブロック塀の耐震補強工事ができると思うか」についての回答(複数回答)は、「公的な支援(助成や税制優遇など)があること」(31%)、「信頼できる専門知識を持った相談者がいること」(20%)、「耐震補強工事をするつもりはない」(28%)などであり、これは住宅の耐震補強工事ができる条件についての回答とほぼ同様であった。

8. まとめ

大分市内の2小学校区の通学路沿いのブロック塀の構造実態および道路状況の調査、住民の意識調査から以下のことが明らかとなった。

1) 配筋や基礎の状況はやや改善の傾向にあるが、まだ半数の塀は基礎なしやブロック埋込みの塀であるなど、既存ブロック塀の耐震性能の改善はあまり進展していない。

2) 劣化が観察された塀の割合は増加傾向にあり、経年によりブロック塀の劣化が進んでいることや、古い塀の改築があまり行われていないことを示している。

3) 筆者らが提案している耐震ランク判定方法に基づけば、兵庫県南部地震における東灘区と同じレベルの地震動が作用した場合、2小学校区のブロック塀の倒壊率は約30%と推定され、特に日中であれば非常に大きな人的被害が生じることが予想される。

4) 約30%のブロック塀が倒壊すると、道路面積が10%以上塞がれる道路も10%程度あり、道路の通行に対しては大きな障害となると考えられる。

5) 約半数の住民が所有するブロック塀の耐震性に疑問を持っているが、耐震診断・耐震補強工事の方法がわからないなどの理由で放置している。

以上より、既存のブロック塀については耐震・耐久性診断の実施とそれに基づく補強や改築と、これから新築される塀については基・規準を遵守した安全な塀づくりが強く望まれるとともに、道路整備も急務であると考えられる。また、住民に対してこれらの対策の重要性と方法について啓発・普及していく必要がある。

参考文献

- 1) 日本建築学会：2005年福岡県西方沖地震災害調査報告，pp.117-127，2005.9
- 2) 長本 誠，菊池健児，黒木正幸，野中嗣子，池田健吾：既存コンクリートブロック塀の耐震安全性と地域地震防災に関する研究（その1）大分市立中島小学校区内のブロック塀の実態調査・（その2）大分市立中島小学校区内のブロック塀の実態調査，日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2，pp.899-900，2007.8
- 3) 吉村浩二，大関善孝：補強コンクリートブロック塀の耐震安全性に関する基礎的研究（その1）大分市立小学校2校区の通学路沿いに存在するブロック塀の耐震安全性に関する実態調査，日本建築学会九州支部研究報告，第29号・1，pp.205-208，1986.3
- 4) 野中嗣子，吉村浩二，菊池健児，梶村知幸，谷田俊宏，于 権：コンクリートブロック塀の耐震安全性向上に関する研究（その1）研究目的および大分市立小学校4校区の通学路沿いにある既存ブロック塀の実態調査の概要（その2）大分市立小学校4校区の通学路沿いにある既存ブロック塀の実態調査結果，日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2，pp.1079-1082，1998.9
- 5) 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 -，日本建築学会構造系論文集，第525号，pp.133-140，1999.11
- 6) 菊池健児，吉村浩二，梶村知幸：1995年兵庫県南部地震によるコンクリートブロック塀の被害 - 神戸市東灘区における調査結果 -，日本建築学会学術講演梗概集，C-2，pp.1009-1010，1995.8
- 7) 内閣府広報室：地震防災対策に関する特別世論調査，2005.9，URL：<http://www8.cao.go.jp/survey/tokubetu/h17/h17-jisin.pdf>
- 8) 三重県：防災に関する県民意識調査，2004.9，URL：http://www.bosaimie.jp/mie/05_moshimo/04_keika/ku/report18.pdf