

2016年熊本地震による被災宅地擁壁の被害分析

橋本隆雄*

Damage Analysis of the Residential Retaining Wall by the 2016 Kumamoto Earthquake

Takao Hashimoto*

2016年熊本地震では、震度7が2回、震度6弱以上が7回発生し、熊本都市圏及び阿蘇地方を中心に18万棟を超える家屋被害や大規模な土砂災害をはじめ広範囲に甚大な被害をもたらした。宅地においても、熊本市、益城町、西原村、南阿蘇村、大津町等において大規模盛土造成地における滑動崩落、宅地擁壁の倒壊やはらみ・折損等の宅地被害が広範囲に数多く発生した。そこで、熊本県内の被災した市町村では国土交通省及び被災宅地危険度判定協議会に対し他の都道府県の被災宅地危険度判定士の派遣要請を依頼し、被災宅地危険度判定士による判定を実施した。

本論文では、2016年熊本地震による被災宅地危険度判定調査結果から宅地擁壁の被害状況について各地区及び被害項目ごとに分析を行ったものである。

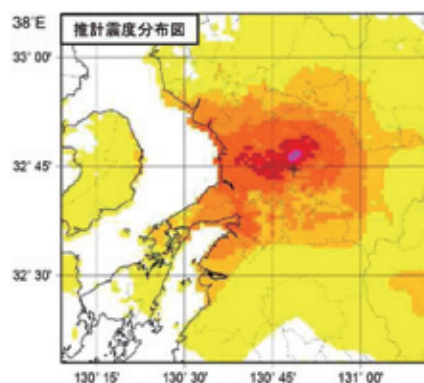
Key words: Kumamoto earthquake, retaining wall, residential land damage, judgment workers

1. はじめに

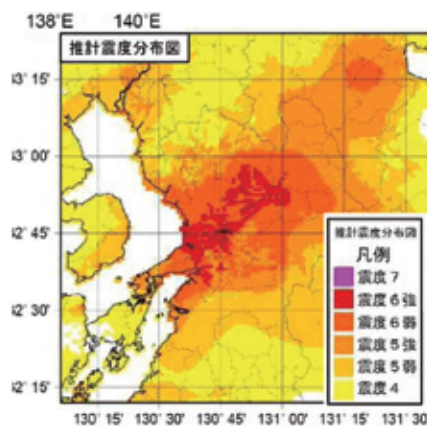
2016年熊本地震では、図-1に示すように4月14日21時26分に発生したマグニチュード6.5の前震と約28時間後の4月16日1時25分に発生したマグニチュード7.3の本震の震度7が2回、震度6弱以上が7回発生した。この熊本地震は、熊本都市圏及び阿蘇地方を中心に18万棟を超える家屋被害や大規模な土砂災害をはじめ広範囲に甚大な被害をもたらした。宅地においても、熊本市、益城町、西原村、南阿蘇村、大津町等において大規模盛土造成地における滑動崩落、宅地擁壁の倒壊やはらみ・折損等の広範囲に数多くの宅地被害を生じた。

そこで、熊本県内の被災した市町村では国土交通省及び被災宅地危険度判定協議会に対し他の都道府県の被災宅地危険度判定士^{2), 3)}の派遣要請を依頼し、判定を実施した。被災宅地危険度判定は、地方公共団体職員が擁壁・宅地地盤・のり面・自然斜面の被害について現地計測等を行い、変状項目ごとの配点から赤（危険）、黄（要注意）、青（調査済）の3段階で危険度判定を行った。

本論文では、2016年熊本地震による被災宅地危険度判定士による宅地擁壁の被害状況判定結果を分析⁴⁾⁻⁶⁾、今回の地震被害状況とその特徴を明らかにし、今後の宅地防災対策のあり方について検証する。



(a) 前震（4月14日21時26分，M6.5）



(b) 本震（4月16日1時25分，M7.3）

図1 熊本地震による震度分布図¹⁾

* 正会員 国士舘大学教授 理工学部理工学科 まちづくり学系

2. 被災宅地危険度判定士による宅地擁壁の調査

石積擁壁には、宅地、道路、河川、鉄道等があるが、写真-1に示すように益城町や熊本市で宅地擁壁の被害が甚大なために、ここでは被災宅地危険度判定士が調査した宅地擁壁の被害分析結果について取りまとめた。

平成28年4月20日に被災宅地危険度判定実施要領の規定に基づき、国土交通省及び被災宅地危険度判定協議会に対し他の都道府県の被災宅地危険度判定士の派遣調整を依頼し、先遣隊を含めて図-2に示す4月17日から5月29日までの間に図-3に示す12市町村に対して965人延べ2,870人の判定士が同日までに19,645件の被災宅地危険度判定等の調査を実施した。その後は、県内の判定士による危険度判定を実施し、平成28年6月16日までに、市町村から要請のあった区域における被災宅地危険度判定を行った。平成29年1月11日における調査件数は、延べ判定士数2,977人が表-1に示す危険2,760件、要注意4,377件を含む合計20,022件を実施した。



(a) 石積擁壁のクラック (b) 石積擁壁の崩壊調査

写真-1 被災宅地危険度判定の調査活動



図-3 宅地擁壁被害の位置図

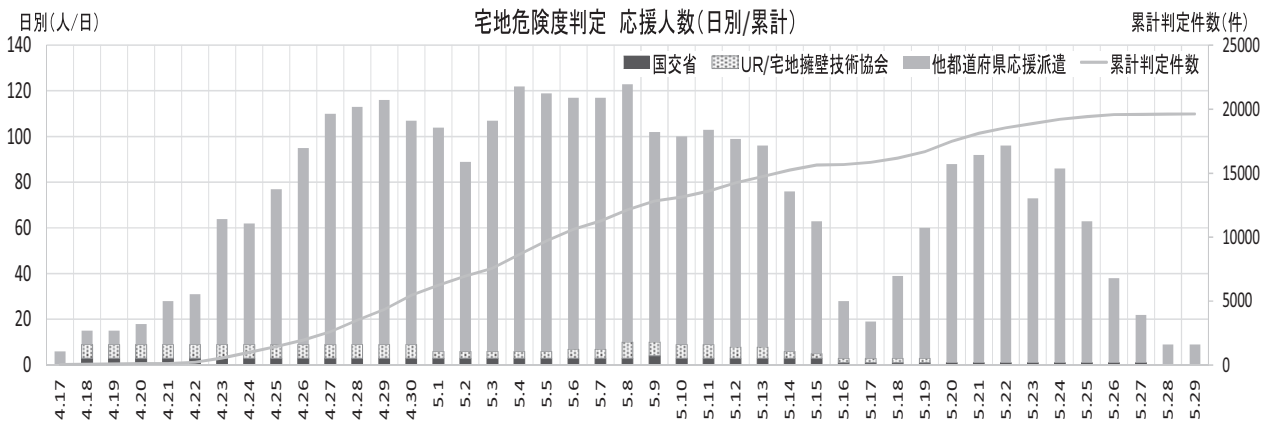


図-2 熊本県に派遣された被災宅地危険度判定士数及び判定件数⁷⁾

表-1 判定士数及び調査件数 (平成29年1月11日公表値)

調査対象 (市町村)	判定士数	調査件数			累計	その他 (判定不能)
		危険(大)	要注意(中)	調査済(小)		
熊本市	958	500	1,096	3,859	5,478	23
その他市町村	2,019	2,260	3,281	8,791	14,544	212
合計	2,977	2,760	4,377	12,650	20,022	235

注1): 其他市町村: 益城町, 西原村, 南阿蘇村, 大津町, 菊陽町, 御船町, 合志市, 甲佐町, 美里町, 宇城市, 山都町

注2): 調査件数には簡易調査(中・大のみ)も含む。

表-2 調査票集計による大・中の調査件数（平成29年3月国土交通省提供）

調査対象 (市町村)	擁壁		宅地地盤		のり面		合計		総合計
	詳細	簡易	詳細	簡易	詳細	簡易	詳細	簡易	
熊本市	1,062	—	236	—	65	—	1,363	349	1,712
益城町	1,722	973	266	396	84	21	2,072	1,390	3,462
西原村	410	72	55	0	74	0	539	72	611
南阿蘇村	299	49	64	21	72	6	435	76	511
大津町	142	123	7	14	12	5	161	142	303
宇城市	24	0	3	0	0	0	27	0	27
菊陽町	7	0	5	0	0	0	12	0	12
山都町	5	0	3	0	2	0	10	0	10
御船町	33	3	77	2	35	1	145	6	151
甲佐町	44	2	30	0	10	0	84	2	86
合志市	38	0	65	0	8	0	111	0	111
美里町	40	0	5	0	0	0	45	0	42
市町村合計	3,826	1,222	816	433	362	33	5,004	2,037	7,038

3. 宅地擁壁被害の状況

表-2は、被災宅地危険度判定帳票を各市町村から国土交通省の協力により入手したものの内、軽微な被害を除いた被害程度の大・中の被害を集計したものである。調査は通常の判定（詳細調査）の他に簡易判定が行われた。ただし、熊本市では簡易判定において擁壁・宅地地盤・のり面の種別がなかった。また、簡易判定では危険（大）、要注意（中）の結果しかないために宅地擁壁被害の分析を行うことができない。

そこで、宅地擁壁被害の分析は、表-3に示すように詳細調査の調査票を用いて被害判定が危険（大）・要注意（中）のみを抽出して行った。被害箇所は、熊本市1,062件、益城町1,722件、西原町410件、南阿蘇村299件、大津町142件、宇城市24件、菊陽町7件、山都町5件、御船町33件、甲佐町44件、合志市38件、美里町40件の総数3,826件について集計を行った。図-4は調査票による被災宅地件数で、図-5は各市町村での宅地被害件数を円グラフで示したものである。宅地被害には、擁壁、宅地地盤、のり面・自然斜面を区分したものであるが、擁壁の被害が大半（約3/4）を占めている。

写真-2は宅地擁壁被害の状況で、空石積造擁壁（コンクリートで固めず石を積んだだけの擁壁）や、増し積み擁壁（既存擁壁の上部に空洞ブロックなどを増し積みした擁壁）など、技術基準を満たしていない擁壁の被害が多く発生した。

4. 宅地擁壁被害の分析

(1) 被災宅地擁壁の種類

被災宅地擁壁の種類は、図-6示すように空石積造擁

表-3 調査票による被災宅地擁壁件数

市町村名	被災件数	被害判定	
		大	中
熊本市	1,062	462	600
益城町	1,722	1,078	644
西原村	410	329	81
南阿蘇村	299	242	57
大津町	142	108	34
宇城市	24	7	17
菊陽町	7	2	5
山都町	5	2	3
御船町	33	11	22
甲佐町	44	29	15
合志市	38	10	28
美里町	40	31	9
合計	3,826	2,311	1,515

注：簡易判定（1,150件）では擁壁の区別ができないため除外した値である

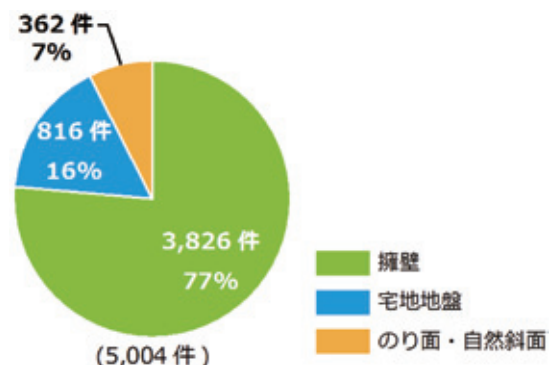


図-4 調査票による被災宅地件数（総件数5,004件）

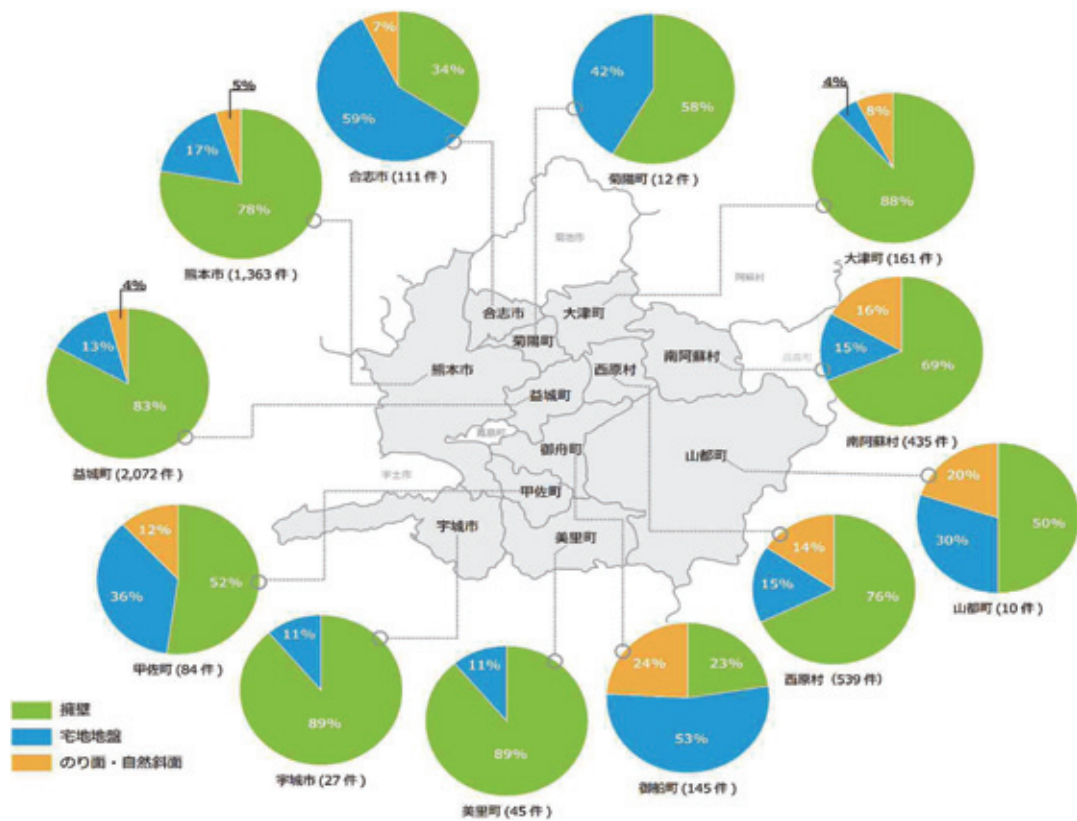


図-5 市町村毎の宅地被害状況 (総件数5,004件)

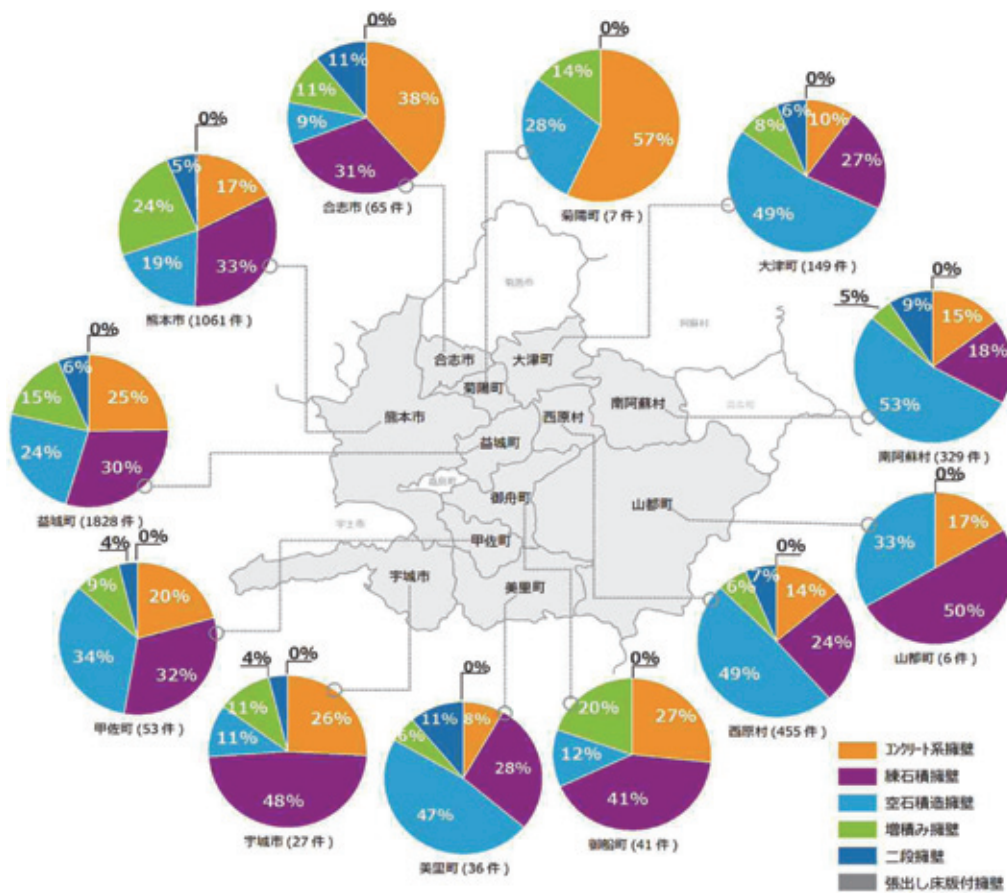


図-7 市町村毎の宅地擁壁被害状況 (総件数4,043件)



(a) 練石積擁壁の縦クラック (益城町)



(b) (a) 宅地地盤の状況 (益城町)



(c) 練石積擁壁の横クラック (益城町)



(d) 練石積擁壁のコーナー部の崩壊 (益城町)



(e) 練石積擁壁の倒壊 (西原町)



(f) 練石積擁壁の倒壊 (南阿蘇村)



(g) 練石積擁壁の倒壊 (益城町)



(h) 空石積擁壁の崩壊 (西原町)



(i) L型擁壁の倒壊 (南阿蘇村)

写真-2 宅地擁壁の被害状況

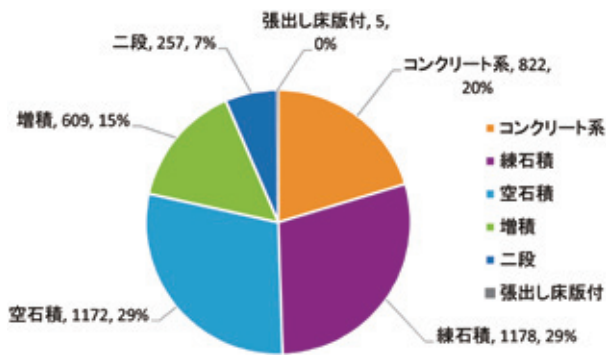


図-6 被災擁壁の種類 (総件数4,043件)

壁29%、練石積造擁壁29%、コンクリート系擁壁が20%、増積擁壁15%、二段擁壁7%で、空石積造及び練石積造が約1/3、コンクリートが約1/5を占めている。ただし、表-3では詳細調査3,826件となっているが、被害の種類は複数の記載があるため重複した4,043件で分析を行っている。図-7は、各市町村での宅地擁壁の被害件数を円グラフで示し、それぞれの擁壁の種類を区分したものである。この図から被害のほとんどが練石積造擁

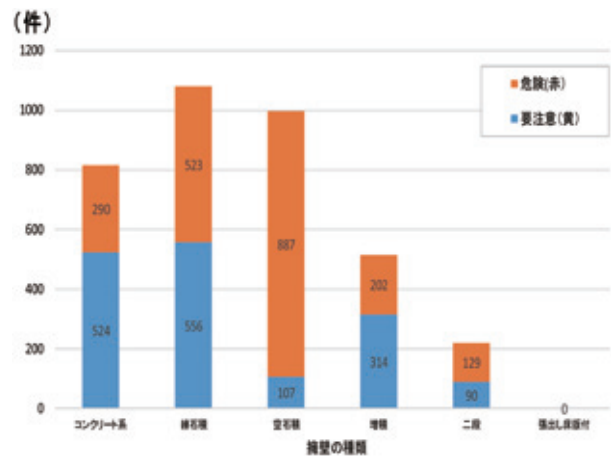


図-8 被災宅地擁壁の種類と被害程度 (総件数4,043件)

壁、空石積造擁壁、コンクリート系擁壁となっていることがわかる。特に西原町、大津町、南阿蘇村等の山間部では、空石積造擁壁の被害が多い。図-8は宅地擁壁被害の種類と被害程度で、コンクリート系擁壁に比べ、空石積造擁壁のほとんどが危険となっている。

(2) 被災宅地擁壁の分類

図-9は被災宅地擁壁の分類で被害程度が軽微なクラックから順に大きくなるようにまとめた結果、傾斜・倒壊30%が多く、崩壊22%，クラック15%となっている。ただし、表-3では詳細調査3,823件となっているが、被害の項目は複数の記載があるため重複した5,367件で分析を行っている。また、図-10は被災宅地擁壁の分類と被害程度を示し、はらみ以上の被害になると危険度大の方が多くなっていることが明らかとなった。

(3) 被災宅地擁壁の高さ別分類

被災宅地擁壁の高さは、図-11に示すように全体的に3m以下の擁壁79%が被害を受けており、図-12に示すように高さ1mを超えると危険度大のものも多くなっている。ただし、表-3では詳細調査3,823件となっているが、調査票に高さの記載がないものがあるため正確性を増すために高さの記載がある3,042件で分析を行っている。3m以下の擁壁の被害は、図-13に示すようにコンクリート系擁壁で89%，空石積造擁壁で77%を占めて

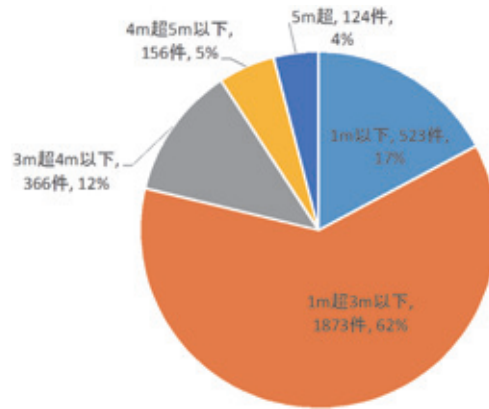


図-11 被災宅地擁壁の高さ（総件数3,042件）

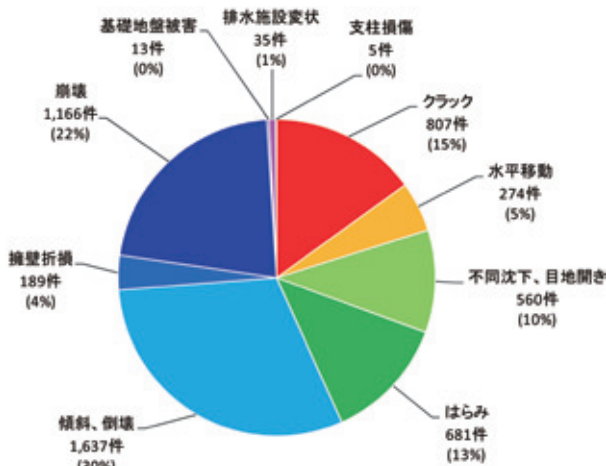


図-9 被災宅地擁壁の分類（総件数5,367件）

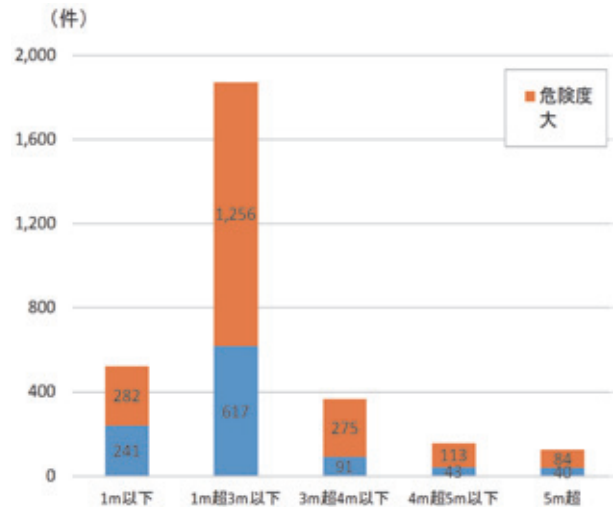


図-12 被災宅地擁壁の高さと危険度

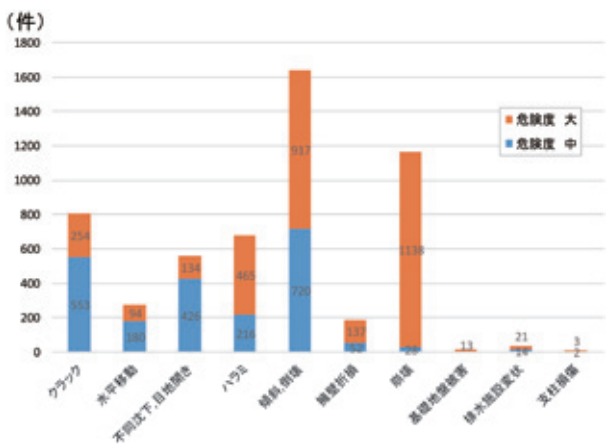


図-10 被災宅地擁壁分類と被害程度（総件数5,367件）

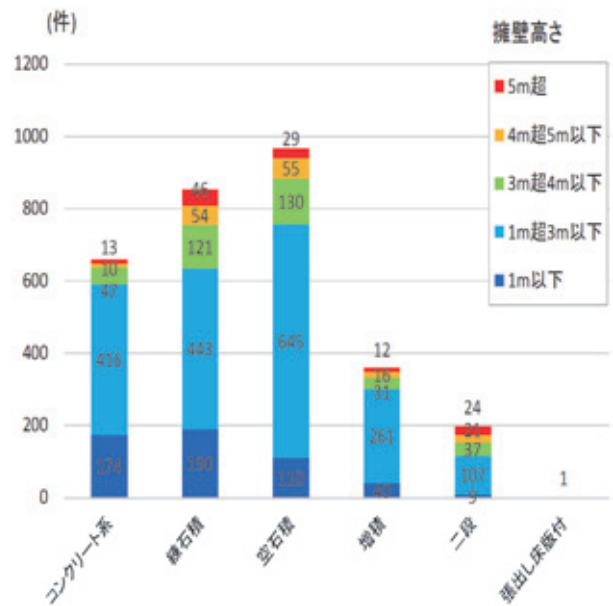


図-13 宅地擁壁の種類毎の高さ別分類

いる。図-14は宅地擁壁の高さと建物や道路への影響範囲の有無を示すが、高さに関わらず擁壁の被害が隣接する建物や道路に影響があることが分かる。

5. 熊本地震と他の大地震との比較

熊本地震による被災宅地擁壁の種類は、図-6の総件数4,043件の比率を詳細調査3,826件と簡易調査1,222件

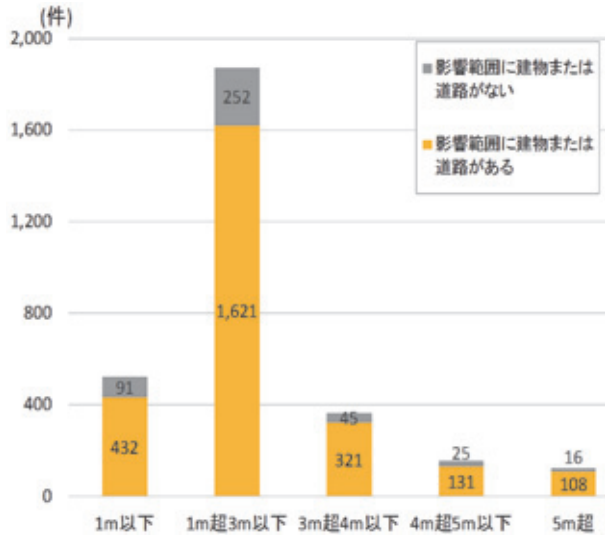


図-14 宅地擁壁の高さと影響範囲

を合わせた5,048件に適用した。図-15は熊本地震の宅地擁壁とこれまでの兵庫県南部地震1,085件、新潟県中越地震561件、東北地方太平洋沖地震6,699件の大地震による被災宅地擁壁種類の比較したものである。熊本地震による被災宅地擁壁は、空石積擁壁が29% (約1/3) を占め、非常に弱い構造であることが分かる。表-4及び図-16は中地震を含めた比較で、被災宅地擁壁種類で空石積擁壁が一番多いのは熊本地震しかない。この理由としては、熊本城をはじめとした石文化が根付いていることやこれまで大きな地震を経験してこなかったことが考えられる。

一方、熊本地震による被災宅地擁壁の分類は、詳細調査3,826件の時に被害が重複して図-9の総件数5,367件となったことから、(5,367/3,826) × 5,048件に図-9の比率を適用した。表-5及び図-17は中地震を含めた比較で、熊本地震について傾斜・倒壊及び崩壊の被害が非常に多くなっている。この理由としては、地震動が大きかったことと空石積擁壁が非常に多いことが考えられる。

5. ま と め

益城町や熊本市で宅地擁壁の被害が甚大なために、ここでは被災宅地危険度判定士が調査した宅地擁壁の被害分析結果について取りまとめた。ただし、調査は通常の判定(詳細調査)の他に簡易判定が行われた。詳細調査

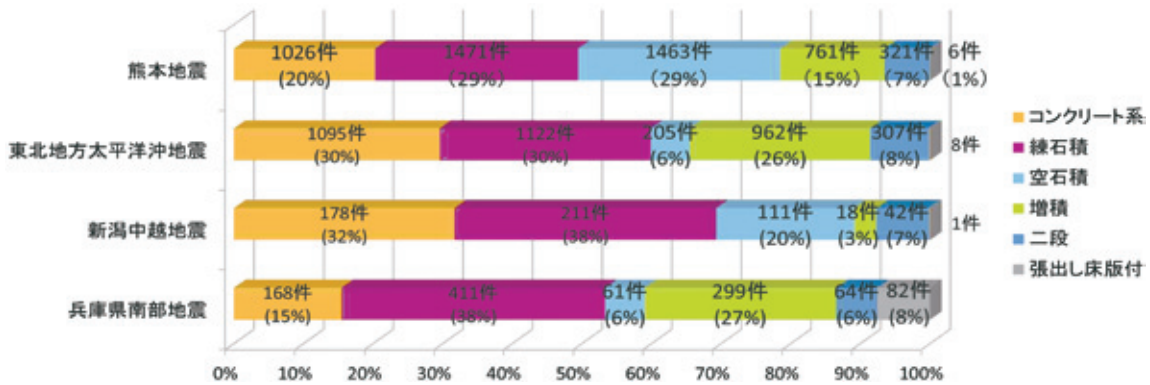


図-15 大地震による被災宅地擁壁種類の比較

表-4 被害宅地擁壁の種類別件数

擁壁地震	コンクリート系	練石積造	空石積造	増積み	二段	張り出し床版付	合計
新潟中越沖	279 (49%)	122 (21%)	48 (8%)	80 (14%)	47 (8%)	0 (0%)	576
新潟中越	178 (32%)	211 (38%)	111 (20%)	18 (3%)	42 (7%)	1 (0%)	561
兵庫県南部	168 (15%)	411 (37%)	61 (6%)	299 (28%)	64 (6%)	82 (8%)	1,085
長野県北部	32 (19%)	70 (42%)	51 (30%)	12 (7%)	3 (2%)	0 (0%)	168
東北地方太平洋沖	1,095 (30%)	1,122 (30%)	205 (6%)	962 (26%)	307 (8%)	8 (0%)	3,699
熊本	1026 (20%)	1471 (29%)	1463 (29%)	761 (15%)	321 (7%)	6 (1%)	5,048

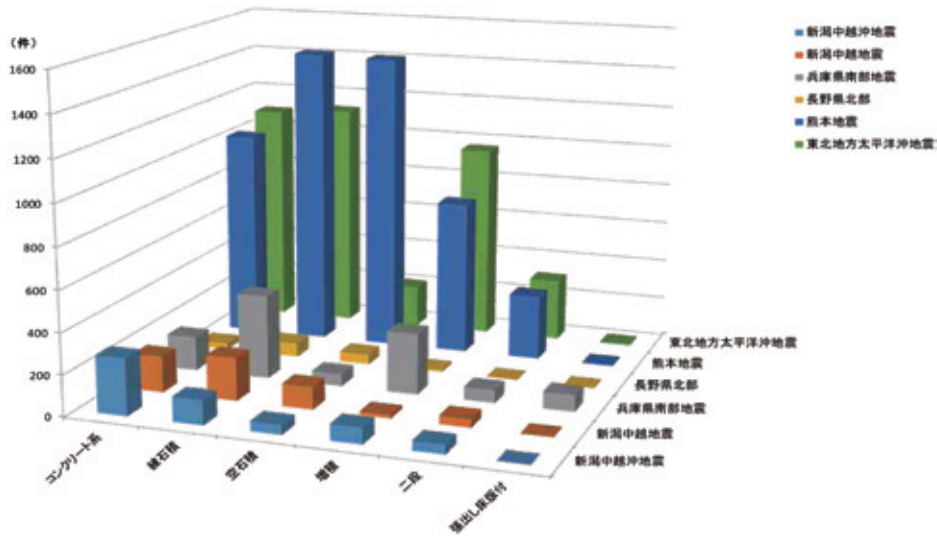


図-16 被害宅地擁壁の種類

表-5 被害宅地擁壁の変状項目の分類別件数

地震変状	クラック	水平移動	不同沈下・目地の開き	はらみ・変形	傾斜・倒壊	擁壁の折損	崩壊	基礎及び基礎地盤の被害	円弧すべり	排水施設の変状	床版支柱座屈	合計
新潟県中越沖	190 (24%)	59 (8%)	108 (14%)	71 (9%)	282 (36%)	34 (4%)	23 (3%)	4 (1%)	0 (0%)	8 (1%)	0 (0%)	779
新潟県中越	128 (22%)	54 (9%)	96 (16%)	77 (13%)	152 (27%)	31 (5%)	33 (6%)	8 (1%)	0 (0%)	7 (1%)	0 (0%)	586
兵庫県南部	785 (64%)	0 (0%)	46 (4%)	85 (7%)	59 (5%)	2 (0%)	96 (8%)	0 (0%)	133 (11%)	0 (0%)	12 (1%)	1,218
長野県北部	50 (32%)	13 (8%)	1 (1%)	21 (14%)	23 (15%)	5 (3%)	4 (2%)	34 (22%)	1 (1%)	1 (1%)	1 (1%)	154
東北地方太平洋沖	1576 (35%)	468 (10%)	761 (17%)	521 (12%)	681 (15%)	182 (4%)	208 (5%)	42 (1%)	0 (0%)	30 (1%)	0 (0%)	4,539
熊本	1065 (15%)	362 (5%)	739 (10%)	899 (13%)	2,160 (30%)	249 (4%)	1,539 (22%)	17 (0%)	0 (0%)	46 (1%)	7 (0%)	7,083

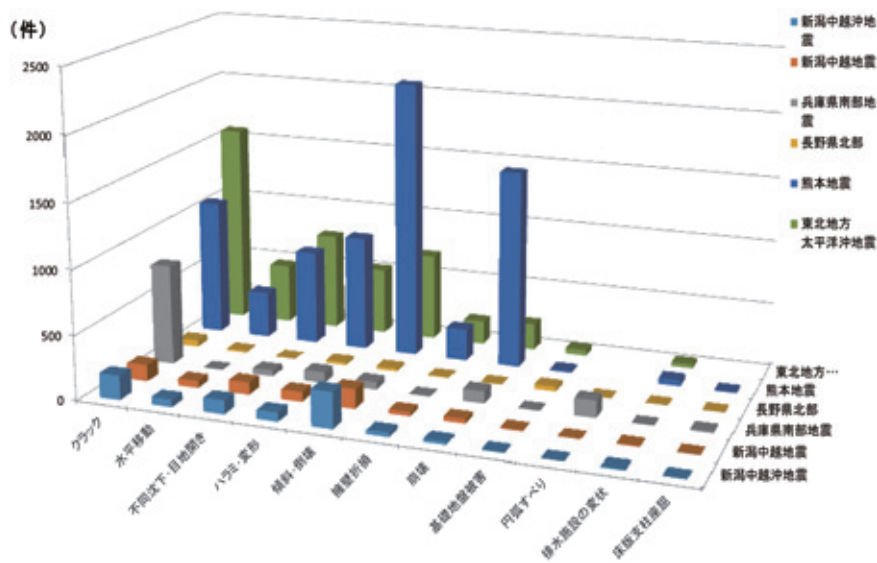


図-17 被害宅地擁壁の変状項目の分類

等から被害の傾向を分析した結果は、以下の通りである。

- 1) 被災宅地擁壁の種類は、空石積造擁壁29%、練石積造擁壁29%、コンクリート系擁壁が20%、増積擁壁15%、二段擁壁7%で、空石積造・練石積造が約1/3、コンクリートが約1/5を占めている。
- 2) 被災宅地擁壁の高さは、全体的に3m以下の擁壁79%が被害を受けており、高さ1mを超えると危険度大のものも多くなっている。コンクリート系が擁壁は89%を占め、耐震基準の地域別補正係数の見直しをする必要があると考えられる。
- 3) 熊本地震による被災宅地擁壁の分類は、傾斜・倒壊及び崩壊の被害が非常に多くなっている。この理由としては、地震動が大きかったことと空石積擁壁が非常に多いことが考えられる。

謝辞：被災宅地危険度判定士が行った判定帳票は、国土交通省都市局都市安全課松下一樹企画専門官から資料を提供して頂きました。図の作成に際して(株)千代田コンサルタント小関 由紀子様のご協力をいただきました。末筆ながら記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 気象庁地震調査研究推進本部地震調査委員会：平成28年(2016年)熊本地震の評価, http://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2016/2016_kumamoto_3.pdf, 2016.5.
- 2) 被災宅地危険度判定連絡協議会：被災宅地危険度判定士危険度判定ファイル「被災宅地の調査・危険度判定マニュアル」, 2014. 3.
- 3) 被災宅地危険度判定連絡協議会：擁壁・のり面等被害状況調査・危険度判定票作成の手引き, 2014.3.
- 4) 橋本隆雄, 宮島昌克：2004年新潟県中越地震における宅地被害分析と今後の宅地対策, 土木学会地震工学論文集, Vol.28, No.133, CD-ROM, 2005.8.
- 5) 橋本隆雄, 宮島昌克：2007年新潟県中越沖地震における宅地被害分析と今後の宅地対策土木学会論文集A1(構造・地震工学), Vol.65(2009) No.1P837-849, 2009.4.
- 6) 橋本隆雄：2014年長野県北部地震による宅地被害分析, 土木学会論文集A1(構造・地震工学), 2016.5