

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

橋本隆雄¹・宮島昌克²

¹千代田コンサルタント東京支店地域整備部長 (〒114-0024 東京都北区西ヶ原3-57-5)

E-mail:t-hashi@chiyoda-ec.co.jp

²金沢大学理工研究域環境デザイン学系教授 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: miyajima@t.kanazawa-u.ac.jp

2007年新潟県中越沖地震では柏崎市, 刈羽村, 出雲崎市, 上越市の4市町村の宅地が大規模な被害を受けた。そこで, 宅地所有者に被災宅地の危険度を把握・周知して二次災害を軽減するために, 248人の被災宅地危険度判定士によって2,082件の大規模な調査が2007年7月17日~25日に渡って行われた。

この論文では, 被災宅地危険度判定士による宅地擁壁, 宅地地盤, のり面・自然斜面等の被害状況の判定の際に用いた調査票を同一の指標になるように精査した後にその結果を分析し, さらにこれまでの1995年兵庫県南部地震および2004年新潟県中越地震との比較を行い, 被害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。

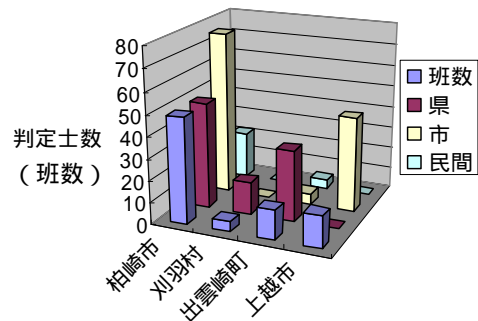
Key Words : the 2007 Nigata-ken Chuetsu-oki earthquake, residential land, slope failure, retaining wall, earthquake damage

1. はじめに

2007年7月16日に新潟県上中越沖の深さ10kmでマグニチュード(M_{JMA})6.8の新潟県中越沖地震が発生し, 新潟県柏崎市西山町, 柏崎市中央町, 刈羽村, 長岡市小国町と長野県飯綱町芋川で最大震度6強を観測し, 多くの建物・宅地被害が生じた。この被害の発生状況を把握し, 二次災害を軽減, 防止し住民の安全の確保を図ることを目的に, 翌7月17日~25日の9日間をかけて図-1に示すように新潟県職員97名, 新潟県内市町村職員125名, 民間26名を含めた83班248名の被災宅地危険度判定士により, 柏崎市1,398件, 刈羽村93件, 出雲崎町489件, 上越市102件の合計2,082件の被災宅地危険度判定が行われた。

被災宅地の調査は, 宅地擁壁, 宅地地盤, のり面・自然斜面毎に, 「被災宅地危険度判定士 危険度判定ファイル」¹⁾の擁壁・のり面等被害状況調査・危険度判定票を用いて行われ, 写真-1のように, 各宅地毎に判定結果を表示している。

この論文では, 被災宅地危険度判定士による宅地擁壁, 宅地地盤, のり面・自然斜面等の被害状況の判定の際に用いた調査票の結果を分析し, さらにこれまでの1995年兵庫県南部地震および2004年新潟県中越地震との比較を行い, 被害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。



市町村名
図-1 市町村毎の判定士数



写真-1 宅地擁壁の被災度判定状況
(判定結果ステッカー表示)

2. 被災宅地の被害概要

(1) 被災宅地危険度判定士の調査活動

図-2は、新潟県中越沖地震における被災宅地危険度判定士の調査活動人数の推移を示したものである。また、図-3は、調査活動事務処理の流れを示している。この図から、新潟県の都市政策課が中心となって、県災害対策本部と被災建築物と被災宅地との調整を図り、建築住宅課が中心となっている被災建築物応急危険度判定士との情報交換をしながら被災した管内市町村からの要請を受けて判定士を派遣し、判定調査結果データの提供や相談・助言に至るまで被災宅地所有者に適切な避難指示・勧告を行っていることがわかる。

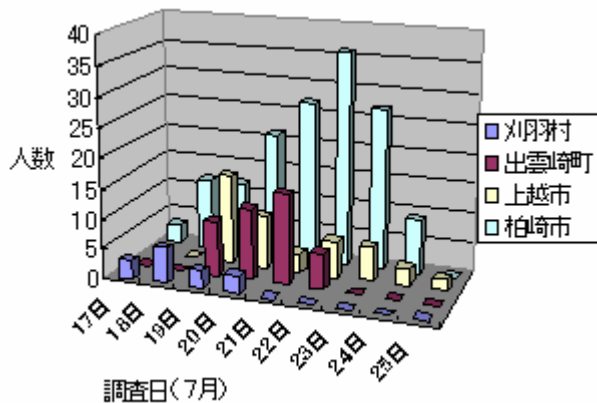


図-2 判定士の調査活動の推移

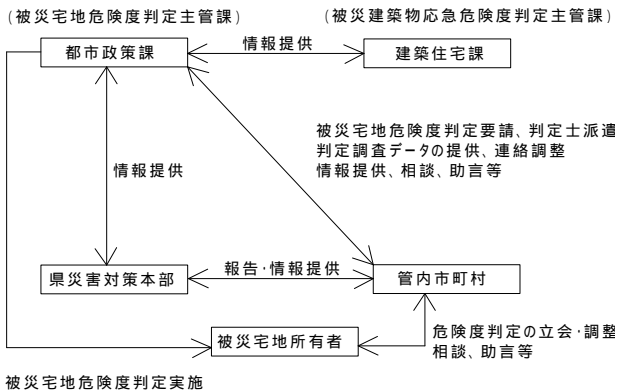


図-3 調査事務処理の流れ

(2) 宅地被害調査件数

被害調査件数は、新潟県都市政策課の最終報告において表-1に示すように危険（ステッカーの色：赤）419件，要注意（黄）307件，調査済（青）1,356件の合計2,082件である。調査方法としては、宅地の宅地擁壁，宅地地盤，のり面・自然斜面等の被害状況判定を「被災宅地危険度判定士 危険度判定ファイル」¹⁾の「擁壁・のり面等被害状況調査・危険度判定票」を用いて被害が大きい場所から順番に行った。

調査結果は、1件分の調査票に複数回答している

調査票を複数件数として集計しているため、調査結果を整理するにあたっては、調査票1部を1件として扱った。調査票の作成は、講習会を受けた各判定士が行っている。しかし、既存不適格な建築ブロックを擁壁として用いているものをL（逆T）型擁壁として計上しているために、被災した擁壁のうちコンクリート系が約半数を占める結果となっていることがわかった。そこで、調査票に添付している写真から著者が精査し直したものをを用いた。

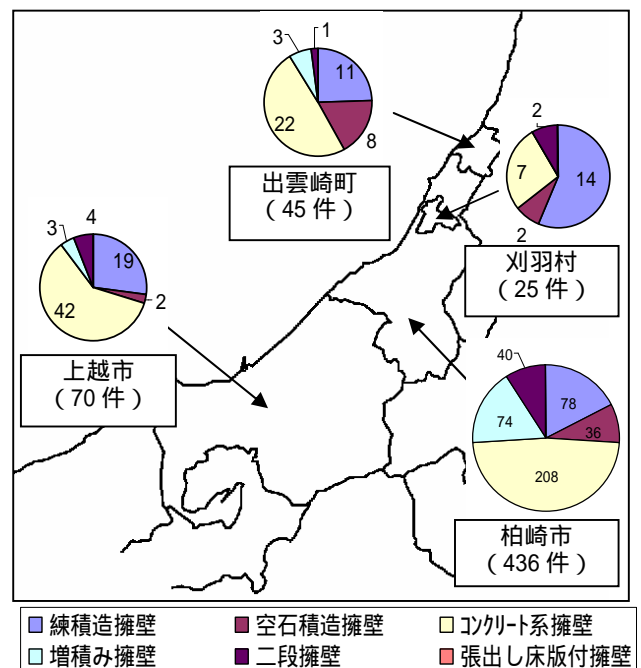
表-1 被害調査件数

市町村名	危険 (赤)	要注意 (黄)	調査済 (青)	調査件総数
柏崎市	344	198	856	1,398
刈羽村	27	21	45	93
出雲崎町	22	51	416	489
上越市	26	37	39	102
合計	419	307	1,356	2,082

3. 宅地擁壁の被害分析

宅地擁壁の被害は、図-4に示すように刈羽村25件，出雲崎町45件，柏崎市436件，上越市70件の総数576件について集計を行った。

図-4は、各被災市町村での被害件数を円グラフで示し、それぞれの宅地擁壁の種類を区分したもので、被害のほとんどがコンクリート系擁壁，練石積造擁壁，増積擁壁となることがわかる。



注) グラフ中の数値は、宅地擁壁の被災件数を示す。

図-4 宅地擁壁の被害状況

空石積造擁壁や建築ブロックを擁壁として用いている既存不適格擁壁のものは、全数（絶対数）が少なくても被害程度が傾斜・倒壊に至るなど被害発生率が高い。一方、L型擁壁や練石積造擁壁の場合は、全数が多いのに対し、他の形式の擁壁と比較すると被害発生率が少ない傾向にある。また、柏崎市では、増積擁壁や二段擁壁の既存不適格擁壁がある場所の場合は、L型擁壁・練石積造擁壁の一般の形式に比べると全数が少なくても被害発生率が高くなっている。

(1) 宅地擁壁の種類

被災した宅地擁壁の種類は、図-5 に示すようにコンクリート系擁壁が 49%と約半数を占め、練石積造擁壁 21%、増積擁壁 14%、空石積造擁壁 8%、二段擁壁 8%である。コンクリート系擁壁の被害は、図-6 のように細分類すると、建築ブロックが 47%を占め、L(逆T)型 31%、重力式 11%となっている。さらに、その内、L(逆T)型の内訳は現場打ち 64%、プレキャスト 13%と、現場打ちが非常に多い結果となった。本来、建築ブロックを用いた擁壁は背後に土砂を盛ったもので土圧や地震動に耐えられない既存不適格のものであるが、新潟県内では非常に多く用いられている。練石積造擁壁の被害は、コンクリートブロックが 73%と非常に多く、間知石が 25%と少なくなっている。空石積造擁壁の被害は、玉石積が 37%と多く、くずれ石積 15%、間知石 13%、その他 37%となっている。その他は、大谷石積をただ積み上げたものを建築ブロックと同様に擁壁として用いているものが多く、既存不適格のものである。増積擁壁の被害は、増積部と擁壁部の両方が 70%と非常に多く、増積部 16%、擁壁部 14%となった。二段擁壁の被害は、上部・下部の両方が 79%と非常に多く、上部の擁壁 15%、下部の擁壁 6%となった。

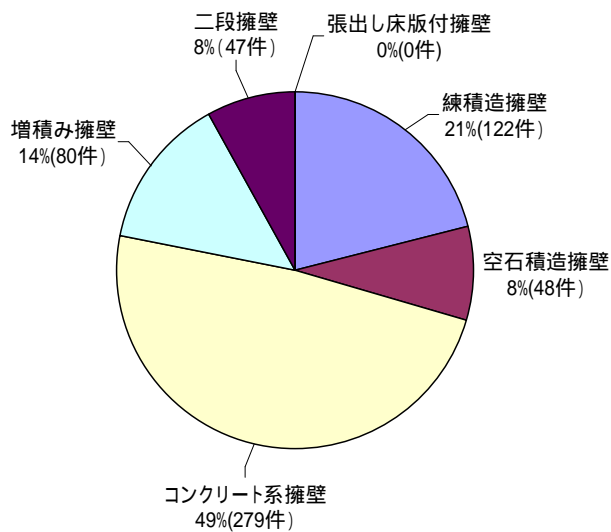


図-5 被災擁壁の種類別分類（総件数 576 件）

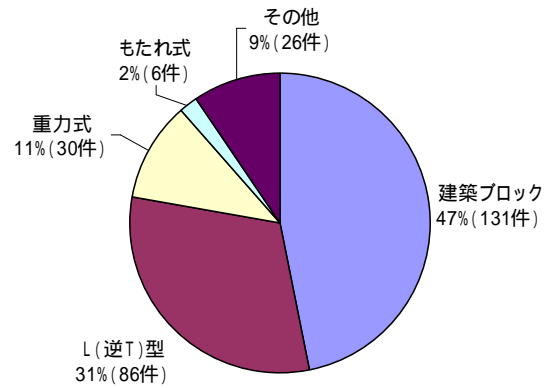


図-6 コンクリート系擁壁（279 件）の種類別細分類

(2) 宅地擁壁裏込め地盤の種類

宅地擁壁裏込め地盤の種類は、308 件の内、不明箇所 16%（49 件）を除いて切土地盤が 9%（27 件）しかなく、残り 75%（232 件）が盛土地盤となり地盤の影響を強く受けていることがわかる。図-7 は、宅地擁壁裏込め地盤の種類と被災した宅地擁壁の種類の関係を示したものである。この図から、盛土地盤上のコンクリート系擁壁、練石積造擁壁、増積擁壁の順に被害を受けていることがわかる。コンクリート系擁壁の被害が大きい理由としては、建築ブロックが多いこと他に L 型擁壁の場合でも裏込め地盤が盛土のために土圧を受け易い構造であることが考えられる。

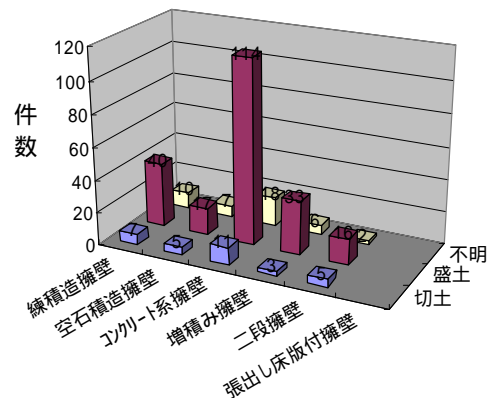


図-7 宅地擁壁の種類と裏込め地盤の関係

(3) 宅地擁壁の水抜き孔の状況

宅地擁壁の水抜き孔の集計は、全数 576 件の内、水抜き孔の状況の記載があったもの 204 件を対象として分類した。宅地擁壁は、図-8 に示すように水抜き孔を設置しているものが 35%しかなく、残り 65%が設置していないため、宅地擁壁背面の地下水位が高く崩壊に影響を及ぼしたことが考えられる。また、水抜き孔を設置しているものが少ないのは、コンクリート系擁壁の建築ブロックが 23%以上、空石積造擁壁が 8%であり、全体の 3 割を越えているために多くなったと考えられる。しかし、水抜き孔を設置しているものでも本来 1ヶ所/3m²にあるものが、調査の添付写真から分析すると、径が小さいものや本数が少ないものが見られる。図-9 は、

宅地擁壁の水抜き孔の状況と被災した宅地擁壁の種類の間接関係を示したものである。この図から、空石積造擁壁には目地間から水が抜けるために水抜き孔がなく、コンクリート系擁壁、増積擁壁、練石積造擁壁の順に被害を受けていることがわかる。コンクリート系擁壁の被害が大きい理由としては建築ブロックが多い他にL型擁壁の場合でも裏込め地盤の盛土が多く、さらに水圧を受け易い構造であることが考えられる。

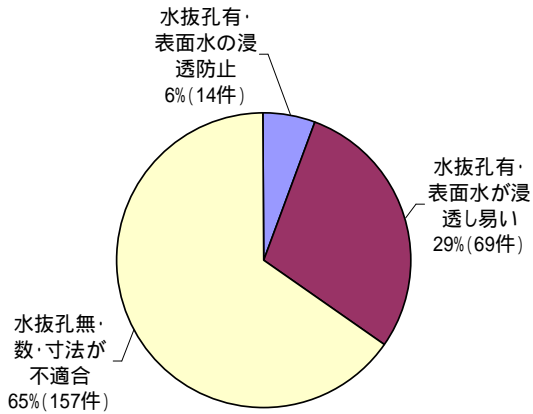


図-8 宅地擁壁の水抜き孔の状況 (240件)

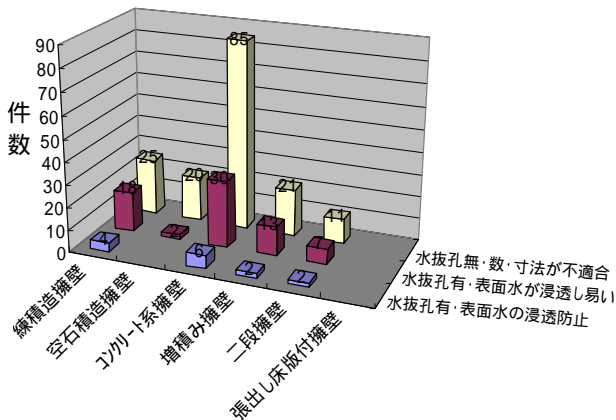


図-9 宅地擁壁の種類と水抜き孔の状況の関係

(4) 擁壁被害の分類

宅地擁壁の被害の集計は、全数 576 件に 203 件の重複項目を加えた 779 件を母数として分類した。その結果は、図-10 に示すように傾斜・倒壊 36%が多く、クラック 24%、はらみ・変形 9%となっている。図-11 では、クラック、水平移動でも中被害、大被害となっていることから非常にもろい構造となっていることがわかる。傾斜・倒壊の被害が多い理由としては、図-12 に示すように水抜き孔の無いコンクリート系擁壁の建築ブロックが 23%、空石積造擁壁 8%と全体の 3 割を越え、さらに増積擁壁 14%、二段擁壁 8%を加えると、既存不適格な擁壁が計 53%となり、宅地開発基準に基づいた擁壁に比べて土圧や、地震力に耐えられない変形しやすい構造であるためと考えられる。図-12 は、宅地擁壁の水抜き孔と被害程度の関係を示したものである。この図から、水抜き孔が無い場合は傾斜・倒壊など大きな

被害が生じていることがわかる。

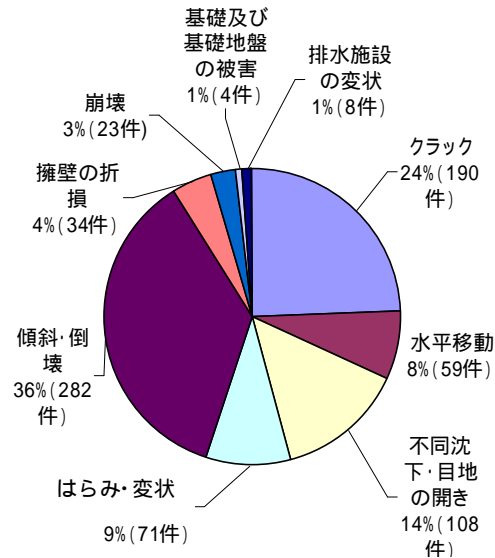


図-10 宅地擁壁被害の分類 (779件)

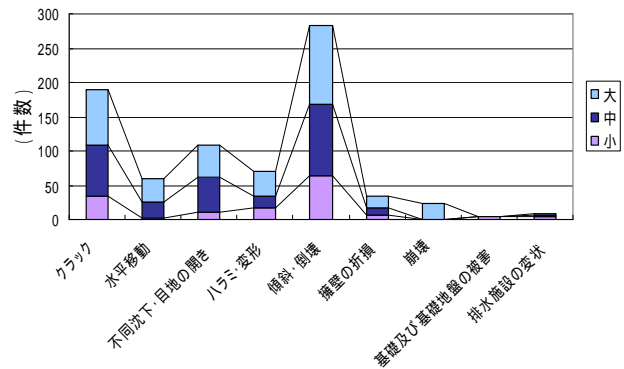


図-11 宅地擁壁被害の種類と被害程度(779件)

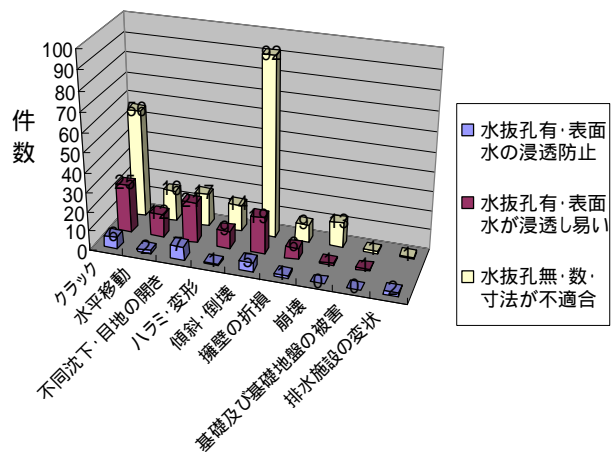
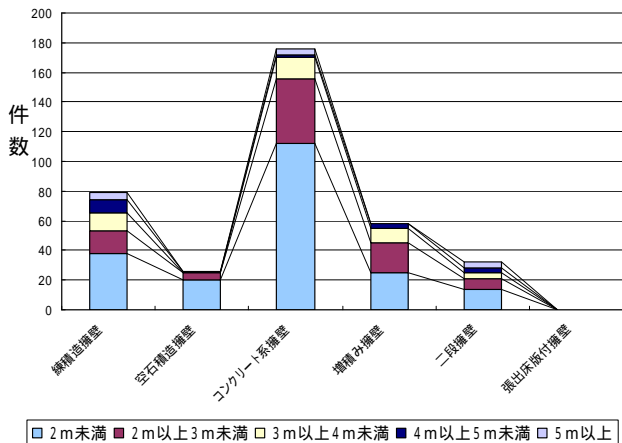


図-12 宅地擁壁の被害程度と水抜き孔の状況の関係

(5) 宅地擁壁種類毎の高さ別分類

宅地擁壁の高さは、図-13 に示すように全体的に 2m 未満の低い擁壁において被害を受けているものが多く、コンクリート系擁壁で 61%、空石積造擁壁で 67%を占めている。この 2m 未満のコンクリート系擁壁の被害が多い

理由としては、建築ブロックを擁壁しているものが被害全体の 23%を占めていること、宅地造成等規制法で構造計算が義務づけられていないために強度的に弱い断面構造のものが多かったことが考えられる。また、空石積造擁壁では地震力に耐えられない構造であるために、擁壁の高さ 2m 未満の被害率が他の種類と比べて多いことがわかる。



注) この集計は、調査票に被害擁壁の高さを記入している件数を集計した結果を示すため、被害件数と異なる。

図-13 宅地擁壁の種類毎の高さ別分類

(6) 他の大地震との比較

表-2 および図-14 に、新潟県中越沖地震 576 件の宅地擁壁の被害と兵庫県南部地震 1,085 件中・大被害のみを対象とした新潟県中越地震 561 件の宅地擁壁被害の分析した結果を対比した。その結果、以下のような違いがあることが明らかとなった。ただし、他地震被害との比較に関しては、地震被害地域全体の母集団（被災+被災無し）が明確でないために、ここではあくまでも被災宅地判定士が判定したものの被害全体を母集団としており、実際の母集団と異なる。

新潟県中越沖地震では、表-2 に示すようにコンクリート系擁壁の被害が 49%と、兵庫県南部地震の 15%，新潟県中越地震の 32%に比べて非常に多くなった。この理由は、図-6 に示したようにコンクリート系擁壁のうち、建築ブロックの背後に土を盛った既存不適格な擁壁が 47%を占めているためである。練積造擁壁の被害は、兵庫県南部地震 37%と新潟県中越地震 38%がほぼ同様であるのに対し、21%と少なくなっている。

空石積造擁壁の被害は、新潟県中越地震が 20%と多いのに対し、兵庫県南部地震 6%と新潟県中越沖地震 8%とほぼ同様である。増積み擁壁の被害は、兵庫県南部地震が 28%と非常に多く、新潟県中越地震が 3%と極端に少なく、新潟県中越沖地震では 14%とその中間である。二段擁壁の被害は、兵庫県南部地震 6%，新潟県中越地震 7%，新潟県中越沖地震 8%とほぼ同様である。張り出し床版付擁壁の被害は、兵庫県南部地震 8%，新潟県中越地震では 1 件のみである。

また、被災宅地擁壁の変状項目の分類は図-15 に示すように、クラックの被害は新潟県中越沖地震 24%，新潟県中越地震 22%と同様であるが、兵庫県南部地震 64%と非常に多くなっている。傾斜・倒壊の被害は、兵庫県南部地震 5%，新潟県中越地震 27%に比べて新潟県中越沖地震 36%と非常に多くなっている。兵庫県南部地震ではコンクリート系擁壁の被害は液状化等による滑動現象が主体で傾斜・倒壊に至るものは少なかった。しかし、新潟県中越沖地震では、コンクリート系擁壁が 49%を占めているにもかかわらず、建築ブロックを擁壁として用いている土圧や地震動に耐えられない構造のものがその内 47%を占めているために、傾斜・倒壊に至ったものが多くなったことがわかる。

表-2 被災宅地擁壁の種類別件数

	新潟中越沖地震	新潟中越地震	兵庫県南部地震
練石積造擁壁	122(21%)	211(38%)	411(37%)
空石積造擁壁	48(8%)	111(20%)	61(6%)
コンクリート系擁壁	279(49%)	178(32%)	168(15%)
増積み擁壁	80(14%)	18(3%)	299(28%)
二段擁壁	47(8%)	42(7%)	64(6%)
張り出し床版付擁壁	0(0%)	1(0%)	82(8%)
合計	576	561	1,085

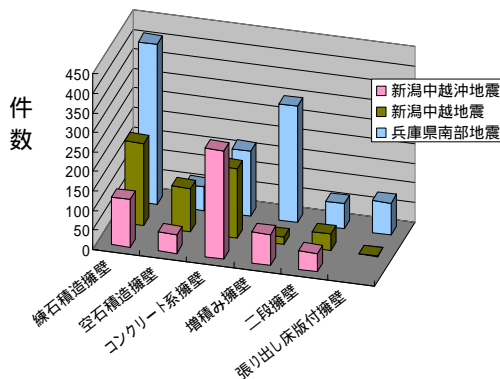


図-14 被災宅地擁壁の種類

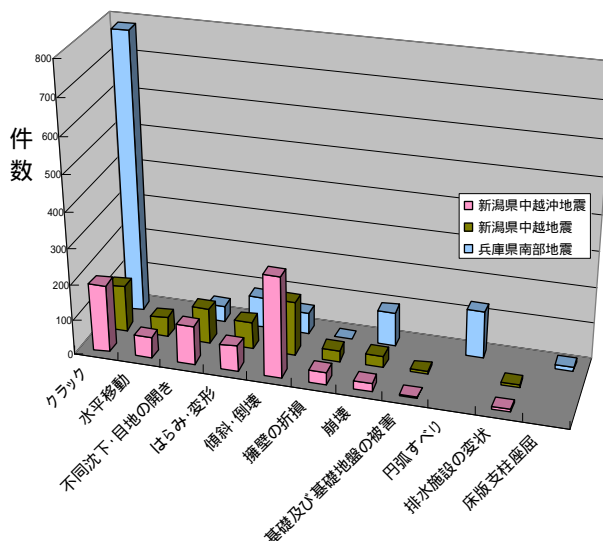


図-15 被災宅地擁壁の変状項目の分類

(7) 宅地擁壁被害の特徴

a) 既存不適格の擁壁の被害

被災した宅地擁壁の種類は、コンクリート系擁壁が 49% を占め、さらに細分類すると建築ブロックが 47% を占め、全体被害件数の 23% と非常に多くなっている。本来、建築ブロックを用いた擁壁は背後に土砂を設けたもので土圧や地震動に耐えない既存不適格のもので、基礎コンクリートと建築ブロックが鉄筋で一体化されていないために倒壊しているものが多かった。また、増積擁壁 14%、空石積造擁壁 8%、二段擁壁 8% の既存不適格の擁壁は 30% を占め、この建築ブロック 23% を加えると合計 53% と非常に多い結果となった。今後、空石積擁壁、増積擁壁、二段擁壁等の既存不適格な擁壁の補修・補強または再構築が必要である。

b) 宅地擁壁の水抜き孔の不備

宅地擁壁は、水抜き孔を設置しているものが 35% しかなく、残り 65% が設置していないため、宅地擁壁背面の地下水位が高く崩壊に影響を及ぼしたことが考えられる。また、コンクリート系擁壁の建築ブロックが 23% 以上、空石積造擁壁が 8% であり全体の 3 割を越えているため、水抜き孔を設置していないものが多くなったと考えられる。地震発生前の台風による降雨で地下水位が上昇し、擁壁背面土が飽和状態の場合は、この状態に大きな地震動を受け土圧の増大や地震発生に伴う過剰間隙水圧の上昇が原因と考えられる液状化の恐れがある。今後、十分な水抜き孔の削孔や設置および裏込め砕石等の排水施設が必要である。

c) 擁壁基礎地盤の支持力不足

水田を盛り立てて宅地を造成した場合は、ほとんどの擁壁が盛土の基礎地盤の支持力不足のため被災している。また、河川、水路、水田等の軟弱な地盤に接近している擁壁も沈下・傾斜・滑動しているものが多い。今後、擁壁の荷重に応じた盛土の基礎地盤の支持力の確保を確認し、確保できない場合は置き換え、地盤改良・杭等の対策が必要である。

d) 擁壁高 2m 以下の擁壁の耐震性能の不足

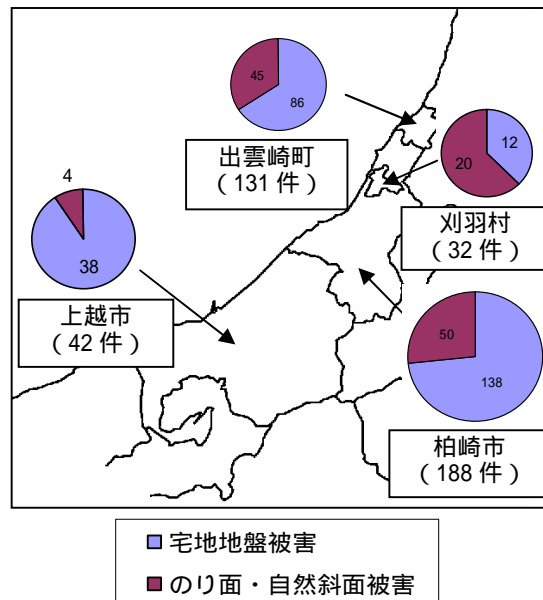
現場打ちやプレキャストコンクリート擁壁等の 2m 以下の擁壁では、建築ブロックを擁壁に使用している場合も多く、特に傾斜、滑動の被害が多く、擁壁基礎面からせん断破壊しているものも見られた。この原因としては、建築基準法 142 条（擁壁）は 2m を超えるものが対象で 2m 以下の構造方法などの規制がないためと推測される。今後、2m 以下の構造方法などの規制が、2m を超えるものと同様に必要である。

4. 宅地地盤の被害分析

宅地地盤の被害は、調査票に基づいて刈羽村 12 件、出雲崎町 86 件、柏崎市 138 件、上越市 38 件の総数 274 件について集計を行った。ただし、液状化被害が顕著であった松波 2 丁目と橋場町の被害につ

いては、「被災宅地危険度判定士 危険度ファイル」の危険度判定票の点数評価点が、人命に及ぼす危険と判定されない中被害程度となっているため、他の危険な地域が優先されてここではこれらの被害を除いた分析となっている。

図-16 は、各市町村での被害件数を円グラフで示し、それぞれの住宅被害が生じた件数を集計したものである。



注) グラフ中の数値は、住宅/のり面・自然斜面の被災件数を示す。

図-16 宅地地盤/のり面・自然斜面地震被害位置

(1) 宅地地盤の種類

被災した宅地地盤の地盤種類は、岩盤系では 7 件の内、不明箇所 57% (4 件) を除いて軟岩が 43% (3 件) を占め、土砂系では 104 件の内、不明箇所 6% (6 件) を除いて砂質土が 59% (62 件)、粘性土 33% (34 件)、礫質土 2% (2 件)、であり、土砂系による被害件数が多く、地盤の影響を強く受けていることがわかる。ただし、宅地地盤の判定票では擁壁構造物の場合と異なり、現地で盛土か切土かの判断がつかないので、この区別を行っていない。

(2) 宅地地盤被害の分類

宅地地盤被害の集計は、全数 274 件に 127 件の重複項目を加えた 401 件を母数として分類した。その結果は、図-17 および図-18 に示すようにクラック(幅)による被害が 52% と非常に多く、沈下(沈下量・規模)が 18%、段差(段差量)が 17%、陥没(深さ)が 9% となっている。宅地地盤被害は、宅地擁壁の被害で明らかなように盛土地盤での被害が多いことがわかっているが、ここではその判定を行っていないため定量的な把握ができない。

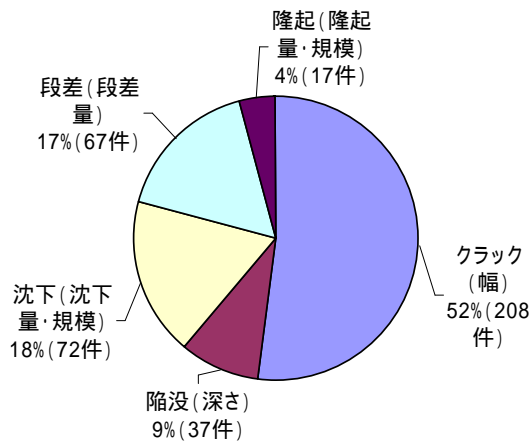
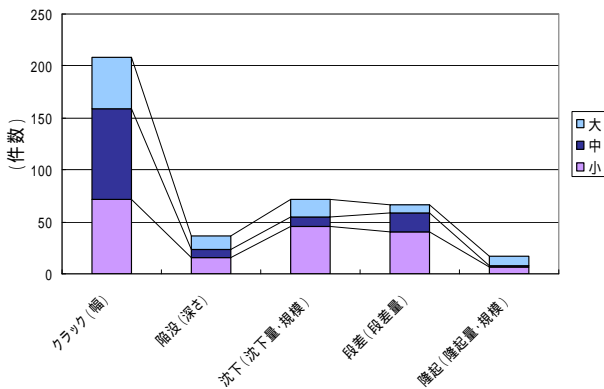


図-17 宅地地盤被害の分類 (401件)

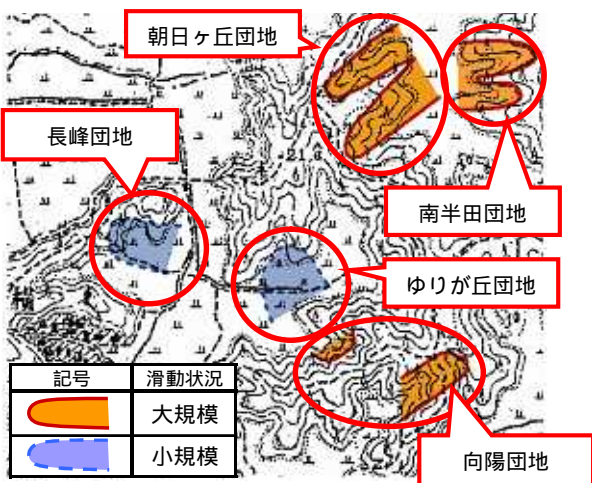


注) 大, 中, 小は, 被害の程度を示す.

図-18 宅地地盤被害の種類と被害程度

(3) 大規模谷埋め盛土地盤被害の分類

柏崎市の内陸部では, 図-19 に示すように安田層が分布している地域の長峰団地, 朝日ヶ丘団地, ゆりが丘団地, 向陽団地, 南半田団地において旧傾斜地形を盛土して作られた谷埋め盛土が滑動現象を起こし, 宅地地盤に大きなクラック, 沈下等を生じている.



(a) 1909年 (国土地理院地形図 (縮尺: 1:25,000) 「柏崎」に加筆)



(b) 2006年 (国土地理院地形図 (縮尺: 1:25,000) 「柏崎」に加筆)

図-19 大規模谷埋め盛土地盤の滑動

新潟県中越沖地震では図-20 に示すように, 地盤が液状化等により大規模谷埋め盛土地盤など大きな滑動現象を起こしている地区では, 他地区に比べ陥没・段差被害も多いことがわかる.

また, 図-21 は, 大規模谷埋め盛土滑動地区における宅地擁壁被害の関係であるが, 図-15 の全体の被害に比べ, 傾斜, 倒壊, 擁壁の折損等, 被害程度が大きいことがわかる.

図-22 は, 大規模谷埋め盛土滑動地区におけるのり面被害の関係であるが, クラックと滑落・崩壊の被害となっている.

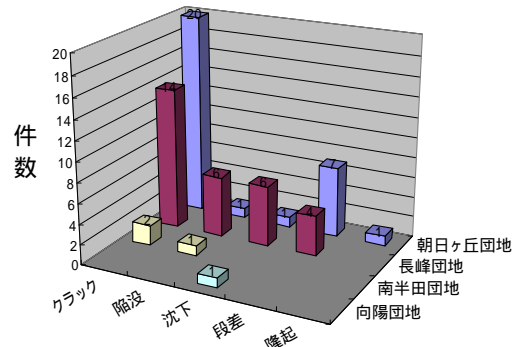


図-20 大規模谷埋め盛土滑動地区における宅地被害の関係

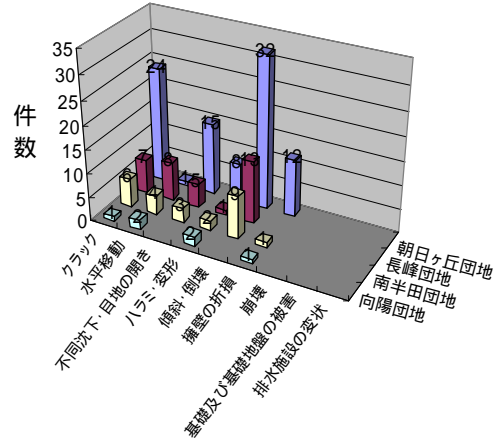


図-21 大規模谷埋め盛土滑動地区における宅地擁壁被害の関係

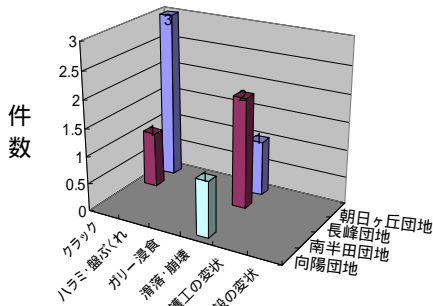


図-22 大規模谷埋め盛土滑動地区におけるのり面被害の関係

(4) 他の大地震との比較

新潟県中越沖地震の被害は、図-23 に示すように新潟県中越地震と比較して、陥没・沈下が少なくなっているがほぼ同様の変状割合となっている。しかし、実際の陥没・沈下の被害は新潟県中越沖地震では、液状化が顕著であった松波2丁目・橋場町について人命の被害はないと判定され判定化が行われなかったために、新潟県中越地震と同様に多いと考えられる。兵庫県南部地震では、クラック・沈下の変状は多いが、陥没・段差・隆起の変状は少なくなっている。

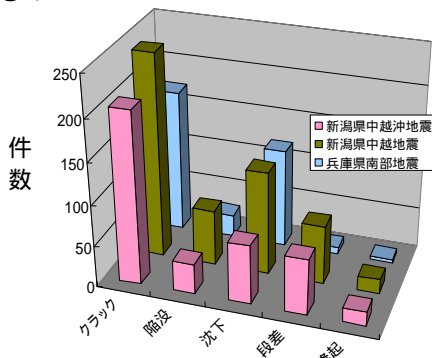


図-23 被災宅地地盤の変状項目の分類

(5) 宅地地盤被害の特徴

- a) 旧河川および旧河川敷上の液状化被害
松波2丁目・橋場町等では、旧河川や旧河川敷の直上にある宅地地盤が液状化により大きな沈下・傾斜・隆起による建物被害を生じている⁶⁾。
- b) 大規模盛土造成地の滑動被害
柏崎市街地の南側の安田層が分布している地層では、段丘頂部の尾根を切土して周囲に盛土して造成された地区では、谷埋盛土が沈下、滑動した。
- c) 砂丘間の斜面部利用による宅地地盤の変状
柏崎市の西港町、西本町地区、閻魔通り商店街南等では、傾斜地を利用した広範囲の斜面部利用による宅地地盤で顕著な被害があった。この造成は、砂丘列が列状に伸び、列間凹地と砂丘列の間の斜面を挟んで上下に建物が建ち並び、盛土により平坦化する形状の土地利用がなされていた。元来がルーズな新砂丘砂から構成されていたため地震動に弱く、崩れやすかった上に、こうした土地利用が重なって被害を大きくしたものと考えられる。

5. 宅地のり面・自然斜面の被害分析

宅地のり面・自然斜面の被害は、調査票に基づいて刈羽村 20 件、出雲崎町 45 件、柏崎市 50 件、上越市 4 件の総数 119 件について集計を行った。図-16 は、各市町村での被害件数を円グラフで示し、それぞれのり面・自然斜面の被害件数を集計したものである。

(1) 被害を生じたのり面・自然斜面の地盤種類

のり面・自然斜面で被害を生じた地盤種類は、岩盤系では、15 件の内、不明箇所 40% (6 件) を除いて軟岩が 47% (7 件)、硬岩 13% (2 件) を占め、土砂系では、図-24 に示すように、68 件の内、不明箇所 15% (10 件) を除いて砂質土が 50% (34 件)、粘性土 26% (18 件)、礫質土 9% (6 件) であり、土砂系による被害件数が多く、地盤の影響を強く受けていることがわかる。

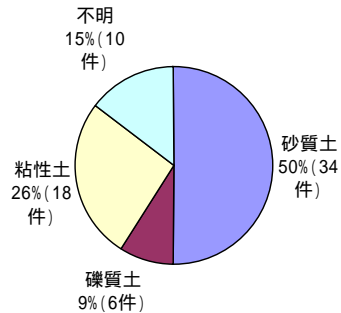


図-24 のり面・自然斜面の地盤種類

(2) 被害を生じたのり面高の分類

のり面・自然斜面の被害は、図-25 に示すように、のり面高状況では、10m 未満が 72% を占め、のり面長でも同様に 10m 未満が 55% を占めており、10m 未満ののり面による災害が半数以上を占めている。この原因としては、高さ 10m 未満ののり面では、のり面安定計算を行っていないため十分な対策が取られていないことや、のり面勾配が急であることも原因の 1 つと考えられる。また、図-26 はのり面被害とのり面高さの関係を示している。この図から、のり面高さ 25m 以上で滑動・崩落の多いことがわかる。

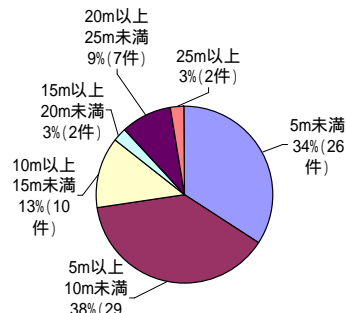


図-25 被害を生じたのり面高の分類 (25 件)

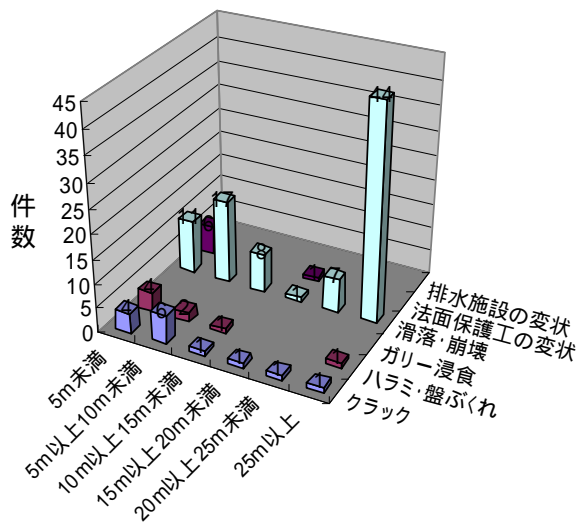


図-26 のり面被害とのり面高の関係

(3) のり面の被害箇所の分類

被害を生じたのり面は、のり面上部が44%、のり面の下部が40%、のり面全体が16%となっている。図-27は、のり面被害と被害箇所の関係を示したものである。この図から、のり面上部と下部の局部的な滑動・崩壊が多く、次にのり面保護工の変状が多くなっている。この原因としては、土質状況から粘性土の地盤や盛土地盤であることが考えられる。

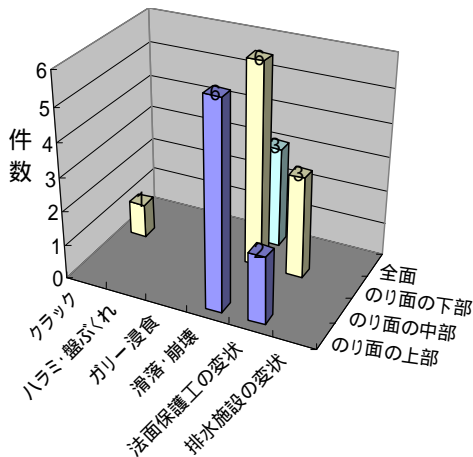


図-27 のり面被害と被害箇所の関係

(4) 排水施設とのり面への影響

排水施設とのり面の被害への影響は、図-28に示すように83件の内、排水施設を有さないのり面による被害が81%（67件）を占めている。図-29は、のり面被害と排水施設の関係を示したものである。この図から、排水施設の無いものの被害が非常に多く、特に滑動・崩壊の大被害を生じているものが多い。以上のことから、砂質土地盤が多く排水施設が無いものがのり面内の地下水上昇により、特にのり面が高くなるほど地震動の影響を受ける滑動・崩壊に至ったと考えられる。

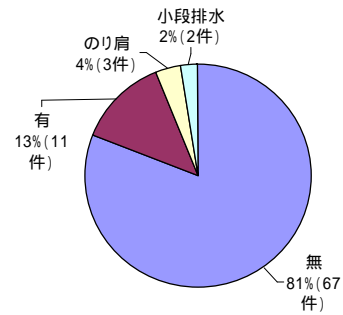


図-28 排水施設によるのり面への影響（83件）

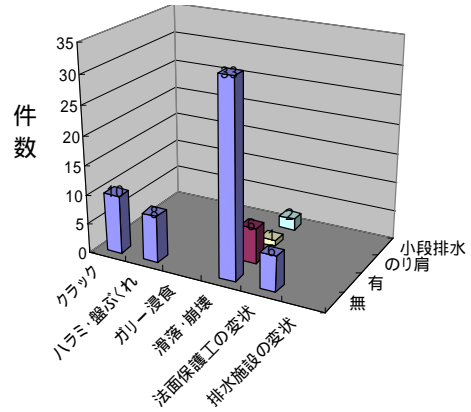


図-29 のり面被害と排水施設の関係

(5) のり面保護工によるのり面への影響

のり面保護工による宅地の被害は、図-30に示すように保護工を有さないのり面による被害が69%を占めている。図-31は、のり面被害とのり面保護工の関係を示したものである。この図から、構造物や植生工があるものはのり面被害が少なく、排水施設と同様に地下水の上昇により滑動・崩壊が多くなったと考えられる。

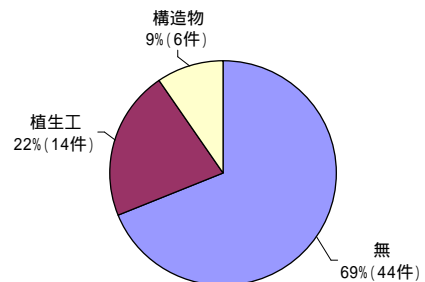


図-30 のり面保護工によるのり面への影響（64件）

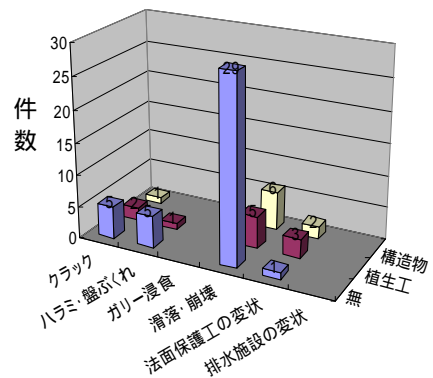


図-31 のり面被害とのり面保護工の関係

(6) 湧水によるのり面への影響

湧水のあるのり面の被害は 20%を占めており、排水施設やのり面保護工の有無が大きく影響していると考えられる。図-32 は、のり面被害と湧水の関係を示したものである。この図から、のり面内の地下水が湧水となっている箇所は、ハラミ・盤ぶくれ、滑動・崩壊の大被害となっていることがわかる。

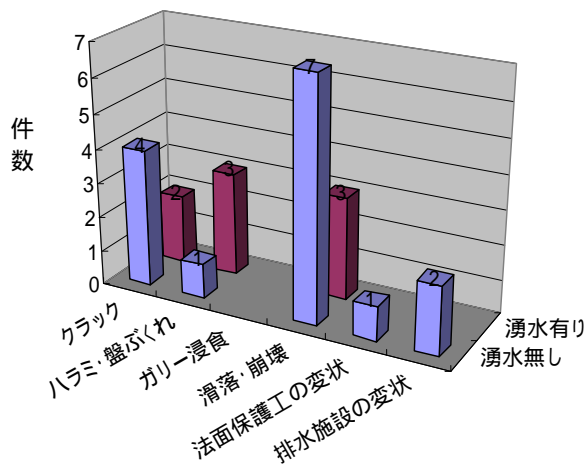


図-32 のり面被害と湧水の関係

(7) のり面・自然斜面被害の分類

のり面・自然斜面の被害の集計は、全数 119 件に 115 件の重複項目を加えた 234 件を母数として分類した。その結果は、図-33 および図-34 に示すように滑落・崩壊 55%が非常に多く、クラック（幅）による被害が 26%を占め、ハラミ・盤ぶくれ（隆起量・規模）が 12%、法面保護工の変状（植生工は除く）6%となっている。滑落・崩壊の被害が多い原因としては、砂質土が多いことから液状化の影響や 10m 未満ののり面で安定計算を行っていないため十分な対策が取られないことやのり面勾配が急なことが考えられる。

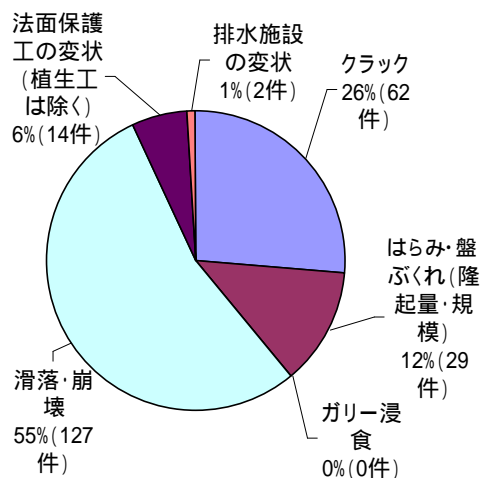
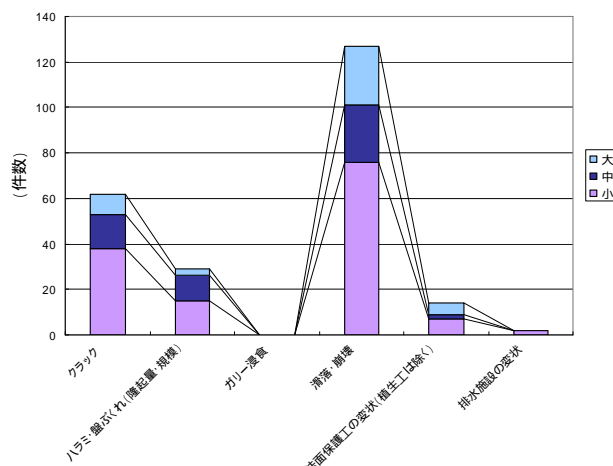


図-33 のり面・自然斜面被害の分類 (234 件)



注)大, 中, 小は, 被害の程度を示す。

図-34 のり面・自然斜面被害の種類と被害程度

(8) 他の大地震との比較

新潟県中越沖地震の被害は、図-35 に示すように新潟県中越地震と比較して滑落・崩壊がわずかに少なくなっているが、ほぼ同様の変状割合となっている。滑落・崩壊が顕著なものは、砂質土地盤が多く地下水位が高いために液状化の影響を受けたことや、10m 未満ののり面で安定計算を行っていないことや、のり面勾配が急なことが考えられる。兵庫県南部地震では、新潟県中越地震と新潟県中越沖地震と比較して被害件数が非常に少なく、はらみ・盤ぶくれ、法面保護工の変状、排水施設の変状がなく、落石、地すべり被害がある。

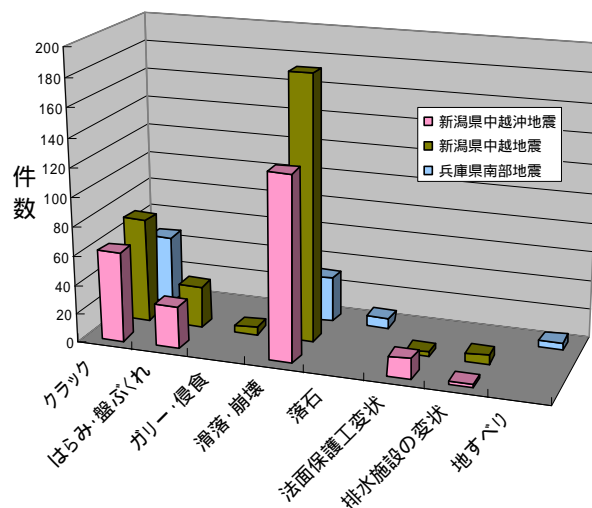


図-35 被災宅地ののり面の変状項目の分類

(9) のり面・自然斜面被害の特徴

a) 砂丘背後の傾斜地における液状化被害

柏崎市山本団地や刈羽町稲葉地区等では、砂丘末端部で液状化や液状化による裏山の崩壊が発生し、大きな被害を生じている。この原因としては、地下水位が高いことと相まって、この地域に分布する砂層が古砂丘起源ではなく、もともとルーズな新砂丘

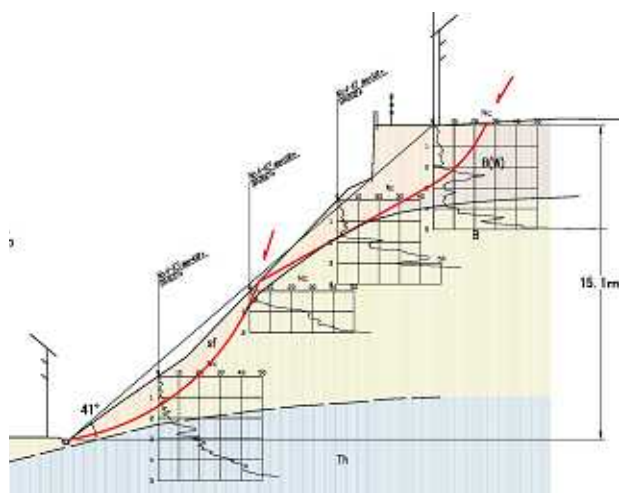
に由来したものであったことや、人工的に砂を敷きならした地盤が存在したことなどが影響したものと考えられる。砂丘背後の傾斜地盤に対して抜本的な対策が必要である。

b) 段丘斜面の被害

柏崎市番神，東の輪町等では，写真-2 に示す中位段丘の分布面積が広く，段丘面を利用して多くの住宅が建てられているが，海岸沿いの段丘縁で斜面の肩に当たり，図-36 に示す均一で緩い砂層が厚く堆積している部分で崩壊や変状が生じている。この原因としては，地震による激しい地震動で，急斜面のひな段盛土造成部分の沈下，段差，崩壊の被害が発生したと考えられる。



写真-2 東の輪地区の斜面全体



凡例

地質年代	記号	地層名	土質	Nc値	平均N値 (N値の範囲)
現世	Sf	表土・残積土	砂質土(崩壊対象層)	≤2	—
更新世	B(N)	番神砂層(風化帯)	砂質土	≤5	5 (3~7)
第四紀	B	番神砂層	固結砂	10<	11 (6~18)
更新世	Th	青海川層	砂質土・粘性土互層	20~30<	22 (8~46)

K- : 新潟県入試験場所

図-36 東の輪地区の斜面崩壊法肩部分

6. 宅地被害の教訓と宅地防災対策のあり方

被災宅地危険度判定土による宅地被害状況の判定

結果から，新潟県中越沖地震の宅地被害の教訓を得るとともに，今後の宅地防災対策のあり方について提言する。

(1) 宅地擁壁の教訓および今後の対策

a) 既存宅地擁壁の補修・補強対策

建築ブロックを用いた擁壁は背後に土砂を設けたもので土圧や地震動に耐えない既存不適格のもので，基礎コンクリートとブロックが鉄筋で一体化されていないために倒壊しているものが多かった。

将来的に発生する地震などの災害対応としては，全ての宅地や宅地擁壁に対し，宅地造成等規制法に基づく規格のものに再構築することは，財政的にも時間的にも困難である。そこで，現在使用している宅地擁壁等の補強を行うことが現実的である。また，国土交通省では，新潟県中越地震に対応した「被災宅地災害復旧技術マニュアル(暫定版) - 新潟県中越地震対応 - 」⁵⁾を発売している。今後は，これらの技術マニュアルが適正に運用され，既存の宅地擁壁が補強し，地震災害など備える施策を実施することが必要である。

b) 宅地造成許可技術基準の徹底および宅地造成等規制法区域の拡大について

宅地擁壁は，水抜き孔を設置しているものが 35% しかなく，残り 65% が設置していないため，宅地擁壁背面の地下水位が高く崩壊に影響を及ぼしたことが考えられる。

新潟県は，宅地造成等規制法²⁾に基づく「宅地造成規制区域」外の地域であるため，同法に基づかず造成された宅地が多く，水抜き孔が設置されていない不適格な宅地擁壁が被災を受けていることが明らかとなった。今後は，宅地造成許可技術基準の徹底および宅地造成等規制法による宅地造成規制区域に指定し，各地の宅地開発指導要綱を徹底し，法の目的である「国民の生命および財産の保護を図り，もって公共の福祉に寄与すること」の理念に基づき，規制区域拡大へ向け，諸問題を解決し展開していくことが必要である。

c) 擁壁基礎地盤の支持力の確保

水田を盛り立てて宅地を造成した場合には，ほとんどの擁壁が基礎地盤の支持力不足のため被災している。

擁壁の設計段階では，十分な地盤調査が行われていないために，擁壁支持力不足が生じることが多い。

今後，施工段階でも設計前に地盤調査を十分に行い設計に反映させるとともに，設計時に設定した地盤について，土質の目視，許容支持力度と土質定数をスウェーデン式サウンディング，ポータブルペネトロメーターなど簡易的な試験によって確認する。設計条件と異なる場合は，当初の設計に戻って設計に反映させるシステムの構築が必要である。

なお，直接基礎における許容支持力は『平成 13 年 7 月 2 日国土交通省告示第 1113 号』による支持力公式(式 8-1)により算定し，支持力が不足している場合は，「建築物のための改良地盤の設計および

び品質管理指針」等の算定式を参照とするが、各自治体で定める基準との整合が必要である。

d) 擁壁高 2m 以下の擁壁の耐震性能の確保

現場打ちやプレキャストコンクリート擁壁等の 2m 以下の擁壁では、建築ブロックを擁壁に使用している場合も多く、特に傾斜、滑動の被害が多く、擁壁基礎面からせん断破壊しているものも見られた。

今後、擁壁高 2m 以下の擁壁については、法的規制はかからないため、各州市の宅地開発指導要綱に標準図を示したり、安定計算表の提出を求める対策により耐震性能を確保する必要がある。

(2) 宅地地盤の教訓および今後の対策

a) 宅地地盤の液状化検証の強化

松波 2 丁目・橋場町等では、旧河川や旧河川敷の直上にある宅地地盤が液状化により大きな沈下・傾斜・隆起による建物被害を生じている⁶⁾。宅地地盤の性能は、いわゆる品確法⁷⁾が液状化層の検証も行われることになっているが、現実的にはスウェーデン式サウンディングの地耐力評価が主体で地下水の推定に基づく液状化検討が行われていない。今後、液状化マップに加えて簡易的な検討を行う必要がある。

b) 宅地耐震化推進事業⁷⁾の推進

柏崎市街地の南側の安田層が分布している地層では、段丘頂部の尾根を切土して周囲に盛土して造成された地区では、谷埋盛土が沈下、滑動した。今後、このような大規模盛土の被害を軽減するためには、国土交通省のガイドライン⁸⁾に基づいた変動予測調査(宅地ハザードマップ作成)を行い住民への情報提供等を図るとともに、滑動崩落防止対策工事の実施により耐震化を向上させる必要がある。この対策工事に要する費用については以下のような補助を積極的に活用すべきである。

事業主体：地方公共団体がその費用の一部を助成する場合、又は自ら実施する地方公共団体に補助

補助率：国 1/4

補助対象：大規模盛土造成地の滑動崩落防止工事に要する設計費及び工事費

c) 宅地地盤の耐震性の確保

柏崎市の西港町、西本町地区、閻魔通り商店街南等では、傾斜地を利用した広範囲の斜面部利用による宅地地盤で顕著な被害があった。今後、宅地地盤の耐震性確保は、盛土造成地に軟弱地盤を広域的に捉え対策を施し、以下のような面的な耐震性能を確保する必要がある。

排水性の確保：水平排水層および地下暗渠管などの脱水施設による浸透水および湧水の処理を徹底する。

締固め管理の徹底：密実で安定した盛土構築するために盛土材料の品質管理を行うとともに、現場密度試験などにより締固め管理を徹底する。

置換：軟弱層を取り除き良質土で埋め戻す。

化学的固結：地盤にセメント改良等を行い、強度増加や不透水化を図る。

(3) 宅地のり面・自然斜面の教訓および今後の対策
a) 地下水低下工法の導入

柏崎市山本団地や刈羽町稲葉地区等では、砂丘末端部で液状化や液状化による裏山の崩壊が発生し、大きな被害を生じている。今後、砂丘背後の傾斜地では、液状化による過剰間隙水圧の上昇を防止するために、これまで以上に地下水を低下させる暗渠工法や水平ボーリング等による水平排水層を設ける必要がある。

b) 急傾斜地崩壊対策工の安全率の見直し

柏崎市番神、東の輪町等では、ひな段盛土造成部分の沈下、段差、崩壊の被害が生じている。この急傾斜地対策工は、一般に「がけ地」と称される箇所での安定対策であり、のり面保護が重要な対策工として挙げられる。

しかし、これらの安全率は常時で必要安全率 F_s 1.2 を確保する対策となっている。指定された区域内の場合には、急傾斜地法など、関連する法律による規制を受けるので、それらに準拠することになるが、実際には宅地であるので必要安全率は常時で F_s 1.5、地震の設計水平震度 $K_h=0.20$ または $K_h=0.25$ で F_s 1.0 を確保しなければならない。したがって対策は、以下のように抑制工、抑止工が主体となる。

抑制工：地表・地下水の排除、土塊の排除、押え盛土

抑止工：擁壁、杭、シャフト工、土留めアンカー、補強土工

法面保護工：雨水による法面の風化・浸食、ならびに雨水の浸透防止を目的とした工法

謝辞：最後に、被災宅地危険度判定士の活動調査票の資料は、出雲崎市および上越市について新潟県都市土木部都市局都市政策課山岸課長、柏崎市について柏崎市伊藤課長、刈羽村について刈羽村安達参事から提供していただきました。多くの方々にご尽力を頂き、誠にありがとうございました。これらの機関・関係者にこの誌面を借りまして深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 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」、1998。
- 2) 建設省民間宅地指導室監修：宅地造成等規制法の解説、1994。
- 3) 静岡県都市住宅部建築住宅総室建築安全推進室：人工造成地における擁壁等の応急危険度判定マニュアル、1995。
- 4) 静岡県都市住宅部建築住宅総室建築安全推進室：人工造成地における擁壁等の応急補強マニュアル、1998。

- 5) 国土交通省：被災宅地復旧技術マニュアル，http://www.mlit.go.jp/kisha04/04/041227_3_.html
- 6) 橋本隆雄：新潟県中越地震における液状化による宅地被害の分析，Geo-Kanto2007 第4回地質工学会関東支部研究発表会発表講演集，pp.198～203，2007.
- 7) 国土交通省都市・整備局：宅地耐震事業，<http://www.mlit.go.jp/crd/web/jigyo/jigyo.htm>
- 8) 国土交通省都市・整備局：大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドラインの解説，http://www.mlit.go.jp/crd/web/topic/pdf/guideline_ver.3.pdf，2008.

(原稿受理2009年6月28日)

DAMAGE ANALYSIS OF RESIDENTIAL LAND IN THE 2007 NIIGATA-KEN CHUETSU-OKI EARTHQUAKE AND PROPOSAL OF ITS IMPROVEMENT

Takao HASHIMOTO and Masakatsu MIYAJIMA

The present paper deals with damage analysis of residential lands in the 2007 Niigata-ken Chuetsu-oki Earthquake. Since severe damage to residential land was caused in Kashiwazaki, City, Kariwa Village, Izumozaki City and Jouetsu City by this earthquake, an official earthquake damage judgment for residential land was conducted after the earthquake. Damage analysis was done by using the results of the official damage judgment and the characteristics of damage was compared with those in the 1995 Hyogo-ken Nambu and 2004 Niigata-ken Chuetsu Earthquakes. Finally, countermeasures for improvement of residential land were proposed based on the result of the damage analysis.