

玄界島の斜面地形における住宅被害に及ぼす 地形・地盤と擁壁の影響*

— 福岡県西方沖地震における被害調査 —

多 賀 直 恒 **
川 崎 隆 宏 ***
阿 南 克 俊 ***
城 野 博 ****

Geological influence of Slope layer and Retaining walls on House Seismic Damages in Genkai Island

— Diaster Inspection of Off Fukuoka Prefecture Earthquake —

Naotsune TAGA, Takahiro KAWASAKI, Katsutoshi ANAN and Hiroshi SHIRONO

On 20. March in 2005, there happened in Fukuoka Prefecture a great earthquake M7 in very rare seismic activity of Japan. The maximum earthquake intensity is lower level of 6 in most destructive damage area near the vicinity of epicenter. The Genkai island is the nearest place of epicenter of main shock, subjected to about 80% of people's dwellings and houses and most of island people took refuge in Fukuoka city, because of the destruction of their houses. The house damage grade inspection method showed four-fifth of overall houses in rank top grade danger and second grade vulnerability. The most important reason of damaged houses is the geological aspect and aging effect, i.e. people in island mostly lived in the steep slope in southeast part of island. Many houses are constructed in retaining wall in southern part of slope of reclamation ground on soft weak soil layer of forward face of house structure and by the fall-down of retaining wall on backward of house. Many houses are fallen to destruction by roof, exterior cover, wooden skeleton, foundation and block fence, and so on. The main reason of house destruction is pointed out the weak slope stability of surface soil layer from geological aspect.

Key Words: Earthquake Damage, Retaining Wall, Seismic Damage Inspection, Slope Stability, Reconstruction of Ruined House, Damage Investigation, Wooden House Destruction

* 平成17年11月30日受付

** 工学部建築学科

*** 工学部建築学科学生

**** 大学院工学研究科博士後期課程

1. 福岡県西方沖地震の被害概要

1) 地震状況

平成17年3月20日午前10時53分、九州北部で強い地震があり、福岡市中央区及び東区、福岡県前原市、佐賀県

みやき町で震度6弱、福岡市西区及び早良区、福岡県久留米市等で震度5強を記録した。震源地は福岡県西方沖(北緯33.7度, 東経130.2度)、震源の深さは9kmとなっており、地震の規模はマグニチュード7.0である。(図1震源余震分布, 図2震度分布)

福岡県の発表(表1)によると、福岡県およびその隣接県を含めた人的被害は、死者が1名(福岡県)、負傷者

のうち重傷が76名(福岡県:75名)、軽傷1011名(福岡県:994名)である。この地震における建物の被害は玄界島に集中し、それ以外の地域の被害は散在的であった。今回の地震による玄界島の被害は、まず、急斜面に建つ民家が壊滅的な被害を受けたことが特筆される。その他、道路、学校グラウンドの地割れ、自然斜面・擁壁の崩壊などが見受けられた。

この地震は、兵庫県南部地震後初めて大都市近傍で発生したM7クラスの地震である。玄界島は震源地から近く、急斜面地に盛土地盤が作られているため、被害が多数生じており、同様な被害を受ける可能性がある地域も他に多数存在すると思われる。そこで玄界島の被害調査を行い、その結果を考察し、この地震が玄界島の建物に及ぼした影響を考察する。

福岡市の北西約10kmに位置する玄界島(福岡市西区)は、福岡県西方沖地震の震源から8km南東の近い位置にあったため、105棟が全壊し、49棟が半壊、61棟が一部損壊する被害を受けた。玄界島には地震計等が設置されていないため、計測震度は不明であったが、気象庁により当初発表された震度4に対する家屋の被害が大きいことから、東京大学地震研究所強震動グループは「玄界島の本震時の揺れは震度6強相当であったとする」のが、現時点では妥当であると再評価している。玄界島において全壊した105棟の家屋は、今回の地震で全壊とされている宅地128棟の80%を占める件数となっている。このような深刻な被害のために、住民のほぼ全員にあたる約700人が島外へ避難を余儀なくされた。特に、写真1のように斜面へ密集して建てられた家屋が多い玄界島では、宅地地盤擁壁の被害が甚大であった。

2) 学術調査の状況 地盤工学会・土木学会・建築学会の被害調査

建築学会の調査 斜面地建物における地震対策の検討: 応急危険度判定, 建築年, 建築用途, 構造種別, 建物層数, 屋根形式, 屋根被害, 破損した屋根の形式, 基礎形式, 基礎被害, 破損した基礎の形式, 地盤変状, 建物の

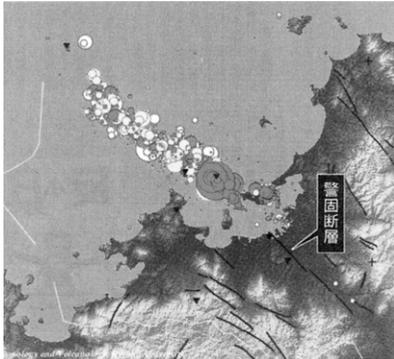


図1 震源余震分布

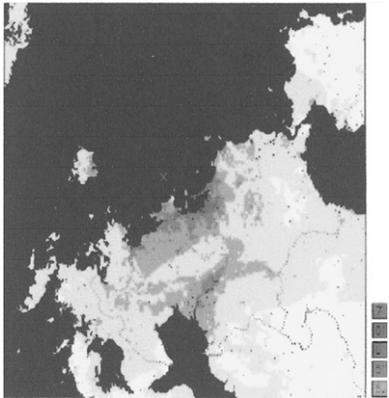


図2 震度分布

表1 被害統計

福岡県西方沖地震による被害状況(余震分含む)

平成 17年 5月 31日現在

市町村名	人的被害				住家(住居)			最大避難者数 (カッコ内の日付に発生)
	死者	負傷	重傷		全壊 棟	半壊 棟	一部損壊 棟	
			重傷	軽傷				
北九州市		3		3			4	2,759 (3月20日)
福岡市	1	926	50	876	136	294	4,624	
東区		96	3	93	5	39	1280	
博多区	1	159	9	150	6	38	318	
中央区		339	24	315	9	56	478	
南区		71	3	68	1		63	
城南区		45		45		5	176	
早良区		91	5	86	1	33	464	
西区(除く玄界島)		115	5	110	7	77	1784	
※玄界島		10	1	9	107	46	61	

破壊パターン、半壊以上の建築年数、半壊以上の建物被害状況、建物の構造（木質構造）玄界島に被害が集中していたことより、対象を玄界島に絞り被害状況の調査、それに基づいた被害状況のデータベースの作成を行い、その結果を考察しこの地震が玄界島の建物に及ぼした影響を調査し今後の地震対策に活用するための提案をする。（図3に福岡市建築局による応急危険度判定）

地盤工学会・土木学会の調査結果 **地盤工学会九州支部では宅地地盤の被害状況を把握するため以下の4項目について調査をおこなった。** 調査手順は宅盤前面擁壁から背後側の擁壁尻までの範囲を一連の宅盤として取り扱い、記載と写真撮影を行った。基本的に宅盤前面（主として南向き）の擁壁を中心に記載し、通路に面した小規模な側面擁壁については、被害が大きいものを除いて記載省略した。

本論では、三学会の調査報告のうち、関係分を総括的に抽出して整理し、斜面地形の建築物と擁壁構造の災害状況を地震防災的な見地から課題と復旧対策を調査考察し、特に建築構造物に与える斜面構造特有の擁壁の崩壊との関係を追求総括する。

3) 主な被害の概要と特徴（福岡県の統計）（表1）

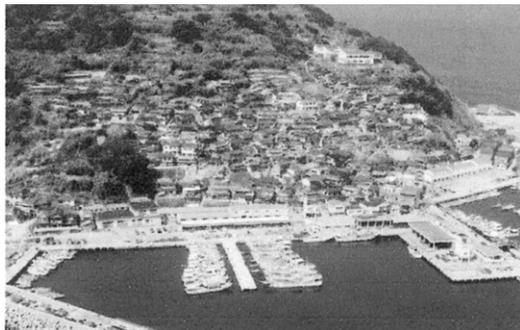


写真1 玄界島南東部住宅

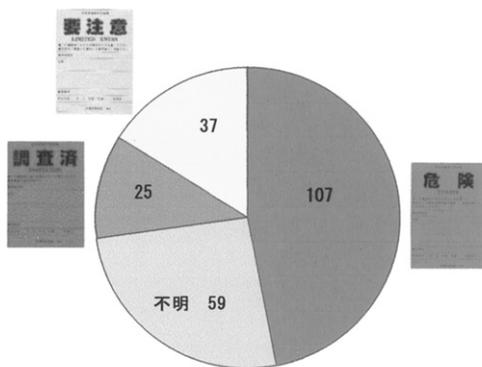


図3 被災度判定（福岡市）

ここでは主要な被害項目のみを挙げて詳細な事象と統計に関しては、関係の報告書に譲る。

(1) 地震動特性

1. 想定外の地震断層の地震
2. 左横ずれ断層
3. 低頻度地域の地震
4. 地震記録の特性は
5. 強震観測記録 12地点の記録から
6. 表層地盤の影響 液状化 地変

(2) 建築構造物

1. 地域別特徴 震源に近い玄界島、西区西浦地区と東区志賀島に顕著 特に木造の被害
2. 福岡市中心部では 中央区大名、今泉、警固地区に主要な被害が集中した
3. 悉皆調査
4. 構造種別では RC構造のせん断破壊

(3) 非構造材の被害

1. 窓ガラスの破損落下、外装材の被害
2. 天井材の落下
3. ブロック塀の倒壊
4. 家具の転倒

(4) ライフラインの被害 道路・鉄道・上下水道・電力・ガス通信などの被害状況

(5) 地形地盤の被害 傾斜地盤 傾斜崩落地と住宅地における擁壁の崩壊 基盤構造の不規則性

(6) 人的被害 福岡市の死傷者873名 死傷率0.06%

(7) 経済被害 福岡地震の被害 451億円 福岡県の県予算一般会計 1997年鹿児島県北西部地震の被害 232億円 1995年阪神大震災 約10兆円

2. 急斜面地形・宅地擁壁の斜面防災の問題点と課題

1) 傾斜地形の造成（図4）：

木造住宅の地盤として問題が多いのは丘陵地などの傾斜地を造成したところである。一般の住宅地の場合段階的に造成していわゆる雛段状に宅地を構成している。こ

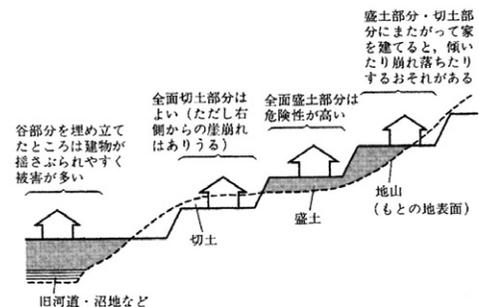


図4 傾斜地の造成

の造成にあつては傾斜している地山部分を削ったり土で埋めたりして、斜面を宅地化しているが、これを盛土・切土と呼ぶ。一つの造成地では、切土の土の総量と盛土の土の総量を等しくするようにするのが通常である。しかし土の量に過不足があると土を捨てたり他所から運んだりしなければならない。その結果宅地としては、必然的に切土だけの部分と盛土だけの部分や切土・盛土が半々のところが出来る。切土部分はもともと地山の下に在ったところでほどほどに固まっていると考えられるので安定しているが、盛土部分は、削った土を盛っただけではふわふわの軟弱な地盤でそのままでは沈下の可能性があり住宅を建てるとその重量で沈下する恐れがある。もちろんまともな造成工事では、十分に転圧を行うことによって支持力が出るように設計施工されている。一つの地盤で切土部分と盛土部分がある地盤は問題である。この地盤に住宅を建てた場合に、後ろの方はしっかりした地盤に載っているが前方のほうは軟らかい盛土の上にあり手前側が下がってくることは常識的に理解でき、不同沈下が生じる可能性がある。地震や豪雨のときに盛土部分が崩壊することはよく経験することである。造成地に行って現地を見ても平坦化されると一見して盛土部分か切土部分か判断が付き難いところである。

2) 傾斜地造成の対策：

地被条件：斜面を人工的に造成する場合には、植生で覆うことが第一に行われている。耐食性に富む植物は芝、笹、草類、くずなどのように地面を密に覆っているものである。どうしても植生で覆うことが無理な場合には、枠工を施工してその内部に石、レキを詰める方法、コンクリートで覆う方法、鉄筋コンクリートで覆う方法などが採用されている。

盛土斜面や切り取り斜面で土壌浸食を受けやすい状態に仕上げられたものの安定対策として考慮すべきもの。

- 1) 植生の活力が十分な状態になるまでの数年間は土壌を流出から保護するために、土壌粒子間の結合力を増加する働きのある高分子剤の溶液、その他を散布するか、敷わらや繊維積層体で覆うなどの工夫が肝心である。
- 2) 厚さのうすい客土を行うときには、客土(かくど)の下の難透水性の基岩上に浸透水が達して、そこに貯留が行われ始め、これが浸出して客土が崩落するのを防止するため、基岩面の傾斜方向に直角、すなわち等高線にほぼ沿って適当な間隔に碎石層を帯状に20~30cmの厚さ、約40~50cmの幅に敷き、さらにこれらを斜面の長手方向に連絡する管路を適当数布設して、これらを浸透性の排除に効果あるようにさせる工夫をし、然るのちに客土作用を行う。さらに表面保護の植生には、1) で述べたような十分な

配慮をする。

- 3) ノリ面排水系統の一部が土砂でいったん閉塞するとそこから集中的に大量の水の越流がないようにするため、粗な間隔に水路を配置するよりも、むしろパイパスを多数造るという考え方にもとづき、ノリ面全体を密な小断面の水路網で覆うものが好ましい。ここで、小水路で囲まれた小面積のノリ面が多数生ずるが、それらの一つ一つの上に降る雨のみがそれらの上を流れるにすぎず、上手のかなり広い集水区域から集まってくる雨水流を負担することは全然ないのが特徴である。このような水路で留意すべき点は、斜流状態で流下する水流が跳水現象を起こして上述の小面積の上にとびあがることのないようにすることと、排水能力に不足なく十分余裕のある断面のものとする点である。客土(かくど)とは、土壌を改良するために、性質の違う土を他の場所から大量に運び入れ、在来の土壌に混入することである。

3) 傾斜地の宅地と擁壁：

傾斜地(斜面)には、重力、浸透水力および地震力が、傾斜をゆるくする、つまり、斜面を崩そうとする方向に作用する一方で、土の持つ強度が崩れることに抵抗する。例えば、乾いた砂を漏斗から落とすと円錐形ができるが、その傾斜角は、重力と摩擦抵抗がつり合うような値になる。ふつう、安全率は⇒「安全率=抵抗力÷作用力」という形で定義され、斜面の場合は、これが1を切ると、崩れることになる。強い雨が降ると、土の抵抗力(強度)が低下する一方で、作用力(重量と浸透水力)が増加するので、安全率が小さくなる。傾斜地を建築敷地として利用する場合は、水平な敷地をつくり出すために、“ひな壇”のように造成するが、その結果、鉛直に近い崖ができる。ごく低い崖は、芝張りやモルタル吹付けで保護すれば十分であるが、ある高さ(切土では2 $\frac{1}{2}$ 、盛土では1 $\frac{1}{2}$)を超えると“擁壁(ようへき)”を設けて崖崩れを防ぐ。擁壁には土圧・水圧・地震力が作用するので、それらに耐えるように、形と構造を決める。作用力のうち、水圧がかなりの部分を占めるので、経済性を高めるために、水抜き孔などの排水施設が有効に機能することを期待して、水圧が作用しないものとして設計する。図5は、排水施設の模式図で、擁壁の背面に水圧がかからないように工夫されている。したがって、水抜き孔、排水溝などが有効に機能するように、維持管理を怠らないようにすべきである。宅地造成等規制法・同施行令には、擁壁の構造設計や排水施設についての技術的基準が示されている。例えば、擁壁面積3平方 $\frac{1}{2}$ 以内ごとに内径7.5cm以上の耐水材料の水抜き孔を設けることになっている。

造成地から搬出する残土や、外から搬入する盛土の量

をできるだけ少なくするために、図6のように、盛土と切土（きりど）がバランスするように努める。盛土は、薄く巻きだして、締固めながら置くべきであるが、土質や天候によっては、十分な強度が得られず、切土より軟弱になりやすいので、図7のように建物の一部が盛土の上にかかると、盛土側に傾きやすくなる。

4) 宅地造成等規制法における擁壁関係条例の問題点
第3条では、切土部で2m以上のガケ、盛土部で1m以上のガケ、あるいは切盛部で盛土ガケ1m以上、または全体で2m以上のガケの生じる範囲以外は法適用範囲を500㎡以上の造成に限るとあるが、現実には500㎡以下のわずかな造成が引き金となって災害を起こしている例もある。

第7条2項二・三号では擁壁の安定を考える場合、転倒モーメントは抵抗モーメントの3/2以下また基礎の滑り出す力は最大摩擦抵抗の3/2以下となるように規定しているが、特に地震時には触れていないので、地震時についても別途に検討した方が良いように思われる。

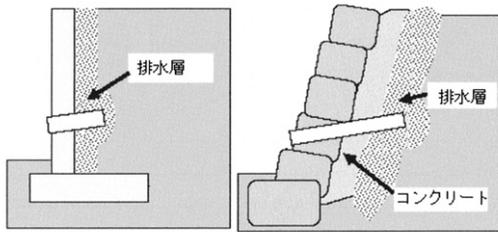


図5 擁壁の基本系

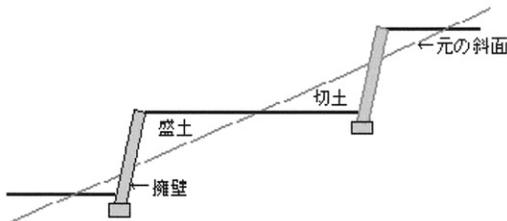


図6 切土盛土のバランス

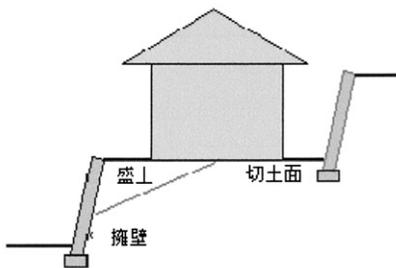


図7 擁壁上の建物立地

第8条2項一号には擁壁の規模について別表第四として示している。その中で、土質の分類として第一種、第二種、第三種の三種類に分けているが、もう少し細分類してはどうだろうか。一号の規定にしたがえば1m以下の低い石積み擁壁でさえその上端が40cm以上（第一種、第二種の土質）あるいは、70cm以上（前記外の土質）必要で、これはかなり不経済な断面となるように思われる。したがって一応の規定は法制上仕方ないとしても緩和策についても規定しておくとの良いのではないか。一つの方法として、現在では試験法も普及しているので、より定量的な土質特性の把握によって分類を行ってはどうか。

第8条四号には擁壁の根入れについて規定しているが、これにも柔軟性をもたせてはどうか。

第10条では水抜き孔の数について規定しているが、配置の方法や設置位置についてはそれほど詳しくふれていないので現実には規準通り設置した場合でも、地域の地質の特性などの条件から不十分なことも多いようである。判断の基準となる例を作成して参考に供してはどうだろうか。

以上の疑問点に触れてみたが、これらの大部分はやはり土の力学的特性などの把握の難しさからきているものと思われる。しかし最近の土質力学の進歩は著しいので、土質試験などをもっと利用してより現地の特性を生かせるように柔軟性のある規定にしたらどうかと思う。さらに、法ではふれていない事項、例えば擁壁の基礎地盤の土質や地質に関する基準、裏込土の基準、透水層の設置のための基準（粒度、規模など）、あるいは耐震設計の考え方なども、非常に重要な事項であるので、追加されるべきだと思われる。

5) 造成関係の法規 住宅基礎の技術基準

1) 建築基準法 擁壁の構造方法と構造計算 建築基準法施行令第142条、告示第1449号

施行令第142条では従前から擁壁の基本的な構造方法を示していたが、今回の基準法改正により新たな告示第1449号第3を設けられ、構造方法と構造計算の方法が明確になった。そして、この規定により建築基準法に基づく擁壁は、宅地造成等規制法に基づく擁壁とほぼ同一水準のものとなり、これまでよりかなり具体的になった。住宅周辺に擁壁を設置する場合はもちろん、既存擁壁が存在する場合でも、その構造方法が令第142条や告示第1449号に合致するか十分検討した上で擁壁の安定性や擁壁背面の地盤の許容応力度を評価することも重要である。

鉄筋または無筋のコンクリート造の擁壁の場合、構造計算の方法が宅地造成等規制法 施行令第7条に基づく方法に限定されている。構造計算が難しい石積み等の擁壁に関しては、計算以外の方法も可能だが、現時点では使用できる擁壁が宅地造成等規制法施行令第8条に基づ

く練積み造擁壁もしくは地造成等規制法第15条に基づく大臣認定擁壁（プレキャスト製のL型擁壁やブロック擁壁などがある）に限定されている。ただし、宅造法と建築基準法では適用する擁壁の高さが異なり、宅造法では高さ1m以上の盛土の場合は義務設置擁壁の使用を必要とするが、建築基準法は盛土や切土の区別はなく壁高2m以上のみが対象になっている。宅造法の方がより厳しいことになるが、壁高が2m以下でも十分な注意が必要である。壁高2m以下の場合でも、障害が発生することがある。

・構造方法の原則

- 1) 腐らない材料を使用すること。
- 2) 石積みの背面をコンクリートで一体化すること。
- 3) 擁壁背面の排水層等を設けること。

鉄筋コンクリート造及び無筋コンクリート造の構造計算は以下の3点に注意する。

- 1) 仮想背面の位置
- 2) 背面勾配の実況
- 3) 上載荷重の実況

・土圧、安定計算、壁体の基本的な検討方法を下記に示す。

- 1) 実況に基づく土圧 クーロン土圧が一般的。上載荷重も考慮する。仮想背面のとり方に注意が必要。
- 2) 安定計算（長期は義務規定）安全率 滑動：1.5、転倒：1.5、支持力：3.0支持力（令第93条、国土交通省告示第1113号）
- 3) 壁体 鋼材 許容応力度 令94条など コンクリート 許容応力度 令97条など

・宅造法に基づく擁壁を使用する場合は、宅造法における規定（3㎡につき内径75mm以上の耐久性上支障ない水抜孔を設置して周辺に砂利等の排水層を設けること）に十分注意する。透水マットも用いた方が適切であれば、砂利層と同様の効果が期待できる。透水マットの使用方法などは、通達経民発第22号、通達住指発第138号に示す。

・練積み造擁壁等の構造方法 建設省告示第1449号第3により、擁壁が必要な箇所に設置する練積み擁壁は、地盤や勾配などに応じた多くの仕様規定を満足する必要がある。擁壁の厚さ、根入れについては下表に示した寸法を確保しなければならない。義務規定となっている。

表 根入れ及び擁壁の上部厚さの規定値

第1種	根入れ	35cm以上で地上高さの15%以上
	上端厚さ	40cm以上
第2種	同上	
第3種	根入れ	45cm以上で地上高さの20%以上
	上端厚さ	70cm以上

練積み造擁壁の根入れの求め方は、L型擁壁と異なり、基礎の上面からの値である。裏込めの排水材の厚さについては、義務規定は特にはないが、30cm程度以上とするのが標準的である。（図8）

2) 日本住宅性能表示基準 瑕疵担保責任期間10年の特例

住宅基礎と密接に関わる規定とは、日本住宅性能表示基準及び建設省告示第1652号、第1653号、国土交通省告示第1346号

住宅の構造耐力、遮音性、防火性、省エネルギー性等の様々な性能に対する情報を、共通のルールのもとで表示する制度である。これは、任意の制度で強制しているわけではない。しかし、表示事項や表示方法は、『日本住宅性能表示基準』（建設省告示第1652号）に基づいて定めているので、相互比較も可能である。表示内容は、ランク表示するものや数値、さらには情報だけを表示するものまで様々である。

住宅の性能評価を客観的に行う第三者機関（指定住宅性能評価機関）を整備して、表示される住宅の性能についての信頼性を確保する仕組みになっており、指定住宅性能評価機関により交付された住宅性能評価書を添付して住宅の契約を交わした場合などは、その記載内容（住宅性能）が契約内容として保証される。

基礎地盤に関しては、ユーザーニーズを反映して、地盤の許容応力度の設定根拠や基礎形式を情報として正しく表示することになっている。どんな地盤調査を実施したのか、種類や数量さらには、それらの結果から許容応力度を設定した根拠を示すことが重要である。予定している基礎の周辺に擁壁やがけが存在している場合、それらの影響を考慮することが、地盤の許容応力度を設定するために必要である。基礎形式や地盤調査の方法などについては、建築基準法で定められている規定を満足しているかどうかを確認することが重要である。新規の造成地では地盤調査の有無を確認することや、擁壁がある

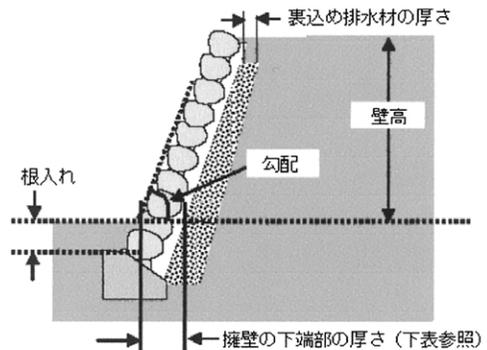


図8 擁壁の概要次元

場合には構造方法等の確認も必要である。最近では、軟弱地盤対策として地盤改良を採用するケースが増えているが、地盤改良を採用した場合は、改良の種類に応じた調査・設計・施工・品質確認なども重要である。これらの情報がなく改良後の地盤の許容応力度を設定することが難しいので、これらの情報を明確に表示することや表示されていることを確認することも大事である。建替などの場合には、既存宅地における改良の情報が明確でないと、地盤の許容応力度を適切に設定することは難しいと考えられる。

新築住宅10年保証（瑕疵担保責任期間10年の特例）

対象となる部分は、『基本構造部分』であり、【構造耐力上主要な部分】と【雨水の浸入を防止する部分】に限定されている。木造の基礎は、構造耐力上主要な部分に含まれる。雨水の浸入は、屋根と外壁（開口部などを含む）が対象である。地盤や擁壁は、基本構造部分でないため、上記の瑕疵担保保証の対象にはならない。しかし、住宅の基礎を設計する上では、地盤や擁壁の状況を十分把握した上で地盤の許容応力度を設定することが重要である。軟弱地盤であるにもかかわらず、地盤の状況に配慮しない設計施工をしたために不同沈下が生じた場合は、基礎の瑕疵として上記の法の対象になるようである。

新築住宅の瑕疵担保責任に関する特例：新築住宅の取得契約（請負／売買）において、基本構造部分（柱や梁など住宅の構造耐力上主要な部分、雨水の浸入を防止する部分）について10年間の瑕疵担保責任（補修責任等）が義務づけられている。

6) 擁壁の障害類型と被害例

擁壁には、鉄筋コンクリート造のほか、石積み造など様々な形式がある。住宅が擁壁の背面にあって近接していると、擁壁の構造安全性を把握することが重要である。既存擁壁の安全性に関しては、目視によるひびわれや孕みだしの状況などを確認することが有用であり、水抜き孔の点検に関しては、降雨後に実施すれば排水状況がわかりやすいと思われる。

これまでの地震被害事例などから判断すると、石積み造などの場合は一般にコーナー部が弱点となっている。鉄筋コンクリート造の場合でも、滑り出すや転倒というより、コーナー部での構造的な破壊が生じやすいように思われる。コーナー部の補強方法については、『宅地防災マニュアルの解説』などに詳しく示されているが、コーナー（出隅）の内側をハンチ状にコンクリートで補強する方法が一般的である。

また、破壊形態としては、上記のコーナー部だけでなく、擁壁の高さと長さの関係や背面の状況によっては、縦割れ、横割れ、滑落など多種多様な破壊が認められる。増し積擁壁：擁壁は構造的な一体となるように設計施工

を行わなければならない。既存擁壁の上にさらに擁壁を構築する場合には、今一度擁壁を見直す必要がある。場合によっては既存擁壁部分の壁厚を増やしたり基礎部分を施工のやり直しを行う必要が生じる。コストや手間の問題からこれらを省略すると重大な事故や災害を招くことになる。止むを得ず擁壁の増し積みをする場合、既存の下段擁壁と上段擁壁が一体となったものとして適切な構造方法を採用すると共に一体性が確保できる措置を施し構造計算で安全性を確認することが肝要である。

擁壁隅角部の補強：擁壁は一般に隅角部が壊れやすいのでこの部分の一体性を高めるための補強が有効である。石積み造（練積み造）の擁壁の場合隅角部のはらみ出しや亀裂、RC擁壁の場合には、隅角部の亀裂やズレが生じる。この障害を回避するには、石積み擁壁の場合には、城石のように隅角部の石を一般部よりも大きくすると有効である。

7) 急傾斜地擁壁の被害状況

(1) 宅地の擁壁 玄界島の宅地擁壁の特徴は、ほとんどが海岸から上げた雑石（玄武岩玉石φ500mm前後）を積み上げた擁壁であるということである。この石の積み方には2通りあり、雑石を積み上げて間詰めコンクリートが施されていない空石積み方式とコンクリートで間詰めした練り積み方式とがある。（写真2、写真3）宅地擁壁のほとんどが練り積み方式であるが、空積み方式も数箇所あり、崩壊している。また、同じ練り積み方式でも、背面の地盤や基礎地盤によって崩壊や変状の度合いが異なっている。

(2) 公共施設の擁壁 公共施設では重力式コンクリート擁壁（写真4）やコンクリートブロック積み擁壁（写真-3.10）が主として施工されている。これらは、比較的損傷が少ない傾向にあった。一定の基準をもって設計・施工された公共構造物は被害が少ないと言える。また、少ない例ではあるが、ジオテキスタイル（テンスー）を用いた補強盛土壁（写真5）が2例あった。この補強盛土壁の被害は、補強材の露出部が部分的に破断しているが、崩壊までには至っていない。

(3) 急傾斜対策事業 のり面について、現地に2箇所存在した。1箇所は吹付のり砕工（写真6）での施工、もう1箇所は上部が吹付のり砕工で下部がアンカー付き擁壁工である。何れも吹付のり砕工の鉄筋コンクリートはり自体に損傷はないが、のり面全体が地震動により前方に押し出されている。このため擁壁等の隣接構造物に開口亀裂が発生したり、付帯するモルタル吹付工にクラックが発生したりしている。しかし、のり面の崩壊までには至っていない。

アンカー工は、のり砕工下部のコンクリート擁壁に設置されているが、地震動により過剰な張力が発生し、頭



写真2 空石積み擁壁

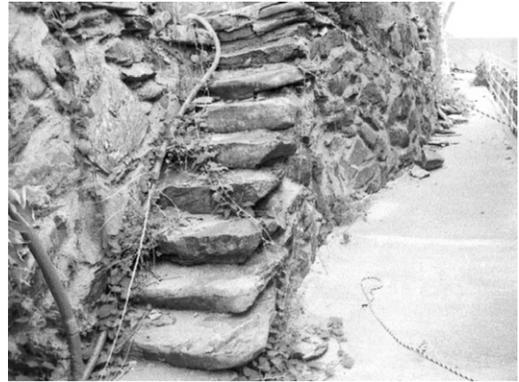


写真3 練石積み擁壁



写真4 コンクリートブロック擁壁



写真5 重力式コンクリート擁壁



写真6 補強土擁壁



写真7 斜面の保護工

タイプ	雑石空積み擁壁	雑石練り積み擁壁	コンクリートブロック積み擁壁	重力式コンクリート擁壁	補強土 (テンスー巻き込み式)	切土の吹付り棒工
概略図						

部定着くさびがスリップしている。アンカーテンドンの破断は生じていないが、補修・補強については詳細な調査が必要である。

(4) 地形と地質 玄界島の急傾斜地は南向きである。地震動は北西-南東の断層面に沿った横ずれ地震で発生したため、南面の擁壁やのり面の被害が顕著である。宅地擁壁の角部では、写真7に示すように側面部に開口亀裂が発生している。

宅地の地盤はマサ土が主体であり、崩壊部には未風化の花崗岩は見受けられない。また、盛土・切土境界が明確ではないが、一般に擁壁背面は盛土であることが多いと想定される。のり面部については、切土と推察される。擁壁の崩壊面での地盤の状態を観察するとかなりルーズである。

今回の地震による急斜面上の構造物である擁壁等の被災状況や特色をまとめるに当たり、被災状況に影響を与えた素因には、①擁壁構造の違い、②擁壁やのり面の向き、③擁壁基礎地盤や背面地盤が切土であるか盛土であるか、また、その量の違いなどが考えられる。

3. 急斜面宅地・宅地地盤擁壁の被害概要と地形地質

1) 玄界島での被害概況

建築学会調査団による3月28日に調査した玄界島の228棟の建物の破壊パターンを図9図の中の数字は建物の数を表す)に示す。島全体の建物のほとんどが被害を受けていることがわかる。次にD3(半壊)以上の建物の破壊要因を図10に示す。半数近い建物が崖崩れによるもので、傾斜地に建つ建物の被害の特色を示している。また、古い建物で屋根が崩壊したものが20%程度あり、老朽化により被害が拡大しているものと思われる。図11(中央に敷地形状のグラフ、その左右に平面地・傾斜地に建つ建物の被害分類のグラフを表す)では敷地形状の分布状況の結果を示す。島の急傾斜地を利用して建物が建設されているので、図11の中央の図からわかるように、

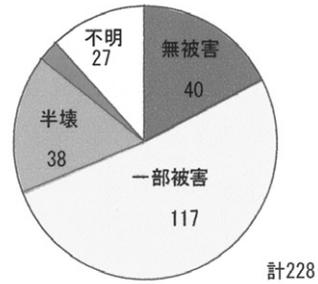


図9 玄界島の受託被害 (建築学会)

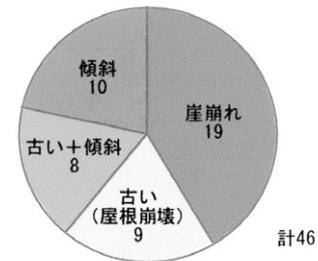


図10 D3(半壊)以上の被害要因 (建築学会)

敷地の2/3以上が傾斜地を整地して建設されていることがわかる。また、傾斜地の被害の多くは盛土・切土により造成した宅地の被害で、被害を主なものに分類すると土留め擁壁の崩壊と盛土部の滑り崩壊、土留め擁壁のせり出しと背後地盤の沈下、盛土・切土境界および盛土部内部の亀裂などがあつた。無被害の建物は極めて少なく、殆どの建物が何らかの被害を受けている。被害の程度も大きく、図11の右の図より、D4以上(全壊)の建物が1/4程度あり、かなり大きな被害を受けていることがわかった。平面地における建物の被害は図11の左の図からわかるように被害の程度は小さかったと判断できる。

上記の通り玄界島では斜面地における被害の大きさが

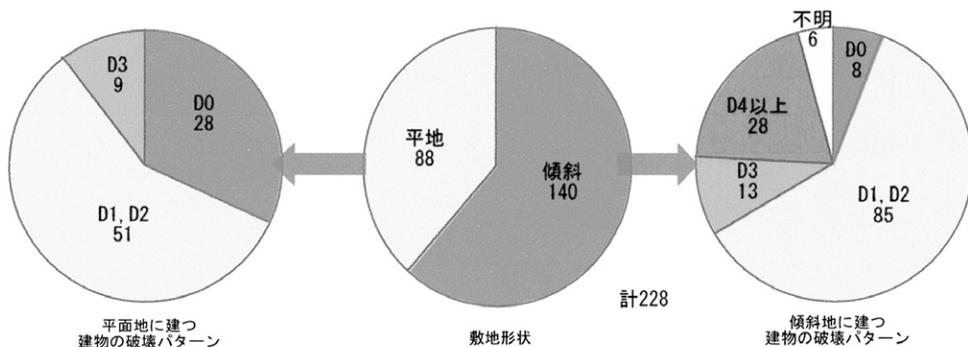


図11 平地と傾斜地での被害比較 (建築学会)

特徴としてあげられる。斜面地被害が多かった問題点として、玄界島は地震に対して抵抗力の小さい石積みの擁壁が多数あったことが原因の1つと考えられる。なお、抵抗力の大きい擁壁でも、裏込め土の施工不良や締り不足、水抜き穴など排水施設の不良、不備が認められるときには、被災危険度が高まるので要注意である。そこで現在、玄界島の斜面地被害の問題点をあげ、対策を考察する。

2) 玄界島の地形地質概要

玄界島は全周約4.4km、直径約15kmの北西方向にやや伸びた楕円形の島で、海岸から凸型に立ち上がる小起伏山地を形成している。玄界島の最高点は標高218.3mの遠見山にあって平坦な頂上台地をなしており、標高120m~160mにかけて緩斜面を形成し、海岸付近において急斜面をなす地形構造を示している。

玄界島の基盤部は志賀島花崗閃緑岩からなり、対岸の糸島半島から連続する分布を示している。表層部は著しく風化して軟質なマサ土となっている。また、標高100m付近まで玄武岩溶岩によって覆われ、やや南に傾斜したキャップロックを形成している。溶岩の下底部には局部的に凝灰角礫岩を挟む場合もある。

集落周辺の地形と地盤地質：島の集落は北西の季節風を避けるため南側の急斜面沿いに形成されている。集落は島の周回道路沿いの緩斜面と、標高10~15m付近にある海成段丘面から上の斜面に形成されたものに大きく分けられ、その多くは石積み擁壁などの上に家屋が建てられている。

集落の宅地地盤や集落の背後斜面には、山頂付近から供給された風化玄武岩土壌とマサ土が混合した崩積土が分布しており、新鮮な花崗閃緑岩はみられず、ほとんど土砂からD級の軟質なマサ土地山とその二次堆積物からなる。また、宅地の多くは、これらの地山を切土して造成した盛土からなり、いわゆる「切り盛り境界」の上に家屋が建てられている。後述のように集落内の宅地の7割以上は斜面のマサ土地山を手作業で切盛りしながら石積み擁壁等で造成されており、集落の家屋の多くは地山よりも地耐力が低い盛土地盤上に建てられている。

3) 擁壁崩壊の問題点

構造種別のグラフの通り、玄界島の擁壁の多くが石積みによる擁壁であることがわかる。石積み擁壁は段差維持の構造物で地震時の安定性が問題であり表面保護程度の機能しかないので、地震力に対する抵抗はあまり期待できない。石積みなどの擁壁形態は、宅地利用の場合、いずれも現行法律に対し不適格となることが多く、被災時に現状復帰ができない又は認められなければ、現行法規に適合する擁壁構造での再構築が必要となる。なお、現行法に適合している擁壁でも、裏込め土の施工不良や

締り不足、水抜き穴など排水施設の不良、不備が認められるときには、被災危険度が高まるので要注意である。その他に被災しやすい危険な擁壁として、空石積み擁壁、二段(多段)擁壁、増し積み擁壁などがある。

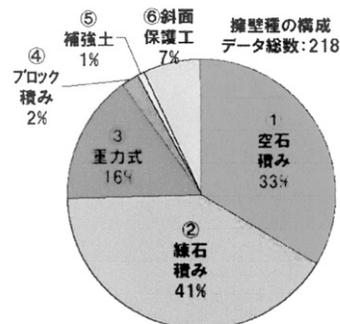
4. 斜面地形・宅盤擁壁被害の被害状況と特色

1) 擁壁の種類に着目した被害評価

擁壁の種類と構成の分布 (1. 空石積み、2. 練石積み、3. ブロック積、4. 重力式、5. 補強土、6. 斜面保護工) 地盤工学会の報告によると、玄界島集落の218カ所で確認した6種類の擁壁の構成比率を図12に示す。空石積みと練石積みの石積み擁壁が全体の74%を占めており、重力式コンクリート擁壁の16%をあわせると、3種類で擁壁全体の90%を占めている。集落宅盤ごとの擁壁種区分の分布は斜面の民家宅盤は大部分が石積み擁壁からなり、周回道路沿いの平地や公共施設の多くは重力式コンクリート擁壁やコンクリートブロック積み擁壁からなっている。補強土壁は山側の玄界島公園や玄界小学校の南側擁壁でのみ確認している。なお、練石積み擁壁の中には、空石

タイプ	雑石空積み擁壁	雑石練り積み擁壁	コンクリートブロック積み擁壁
概略図			
	重力式 コンクリート擁壁	補強土(テーパー巻 き込み式)	切土の 吹付のり枠工

図12 擁壁の被害類型(1) (地盤工学会)



法壁の種類(2) (地盤工学会)

積み擁壁を後からモルタル等で間詰め補強したものも多くみられた。

2) 擁壁の被害状況に着目した被害評価

擁壁の被害変状の構成と分布 地盤擁壁の変状区分ごとに擁壁種の構成を整理したものを図13に示す。(1.崩壊, 2.はらみ出し+亀裂, 3.亀裂, 4.変状なし)「崩壊」の割合が高い擁壁種は空石積み擁壁で、崩壊した擁壁の3分の2にあたる62%を占めており、練石積み擁壁を含めその97%が石積み擁壁からなるという特徴を示す。不定型な自然石を構造材とする石積み擁壁は地震動に対して抵抗性が低いことを示唆している。「はらみ・亀裂」は61%が石積み擁壁からなり、補強土と斜面保護工を含むことで特徴づけられる。特に補強土は、確認された2件

全てではらみと宅盤上面の亀裂・陥没を伴う変状が確認されている。一方「亀裂」はその構成率の68%を占める練石積みによって特徴づけられ、崩壊の空石積み擁壁と対照的な構成を示している。「変状なし」は、その半分近くをコンクリート擁壁(重力式・ブロック積み)が占めることにより特徴づけられ、重力式コンクリート擁壁の耐震性と、その多くが斜面よりも安定した周回道路沿いに位置している影響を受けていると考えられる。

玄界島集落において確認した擁壁種および変状区分ごとの変状確認箇所数を整理した。また、確認した擁壁の変状区分ごとの構成をみると、集落における宅盤擁壁は、その83%で何らかの変状が生じており、うち61%は擁壁機能を損なう変状を伴っている。

擁壁種ごとに変状区分の構成を整理したものを図14～図15に示す。図からわかるように、擁壁種ごとに変状区分の特徴が現れており、擁壁種ごとにその特徴を如何に解説する。

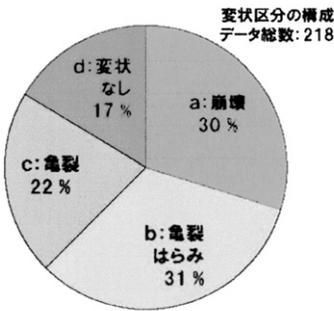


図13 擁壁の被害パターン (地盤工学会)

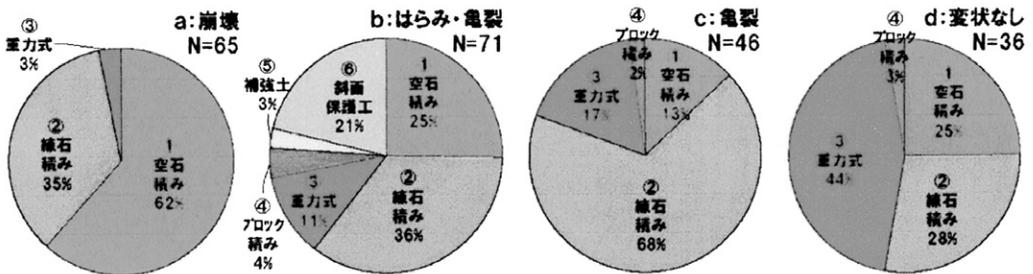


図14 擁壁の被害類型と擁壁構造 (地盤工学会)

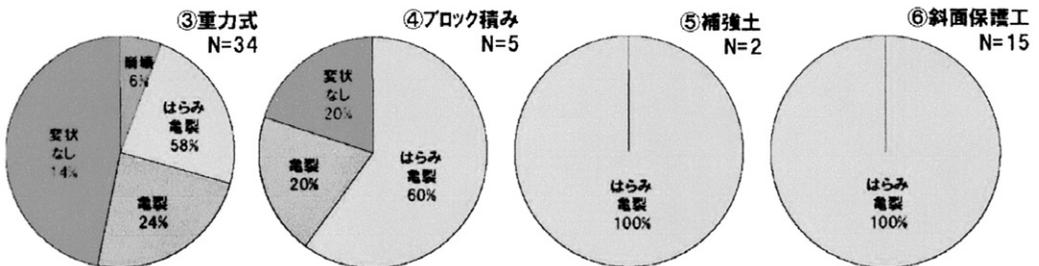


図15 擁壁の種類と被害パターン (地盤工学会)

①空石積み擁壁 空石積み擁壁は崩壊変状の割合が他の擁壁種と比べて55%と突出している。また、擁壁機能を損なう変状である崩壊とはらみ亀裂が構成比の1位と2位、全体の80%を占めており、被害がきわめて大きい擁壁種と評価できる。

②練石積み擁壁 練石積み擁壁は、空石積み擁壁と大きく異なり、亀裂変状の割合が全体の37%を占め、構成比2位がはらみ亀裂からなる亀裂主体の被災様式とる。

これは、モルタル間詰めによって積み石が一体化したことにより、擁壁の部分的な崩壊を抑制し、亀裂中心の変状となったためと考えられる。このことを裏付けるように、擁壁機能を損なう崩壊・はらみが、空石積み擁壁と比較して全体の54%と3割程度少ない結果となっており、防災上石積み擁壁に対するモルタル間詰めの有効性を評価することができる。

③重力的コンクリート擁壁 重力的コンクリート擁壁は、変状なしや亀裂等の擁壁機能に影響のない変状が70%を占めており、今回の地震では被害が少ない擁壁種であったと評価できる。これは重力的コンクリート擁壁が斜面よりも、周回道路沿いなどの安定な地盤に設置されていた地形的要素も大きいため、一概に地震動の影響が少ないと評価することは出来ない。

④コンクリートブロック積み擁壁 コンクリートブロック積み擁壁は、はらみ亀裂が全体の58%と突出しており、全体の72%が亀裂を伴う変状を受けている。コンクリートブロック擁壁は練石積み擁壁と比較して材料が規格化された均質なものであるため、擁壁全体が傾いたり、ブロックの一部分がまとまってずれたりする変状が多く、結果としてははらみ出しが多くなったと評価できる。

⑤補強土壁 補強土壁は玄界島公園と玄界小学校の2カ所で造成されており、いずれもはらみ出しを伴う変状を受けていた。補強材の露出部が地震動等により部分的に破断しているものの、崩壊するまでには至っていない。部分的な補強材の破断は、地震動による衝撃力が要因と推察される。

⑥斜面保護工 斜面保護工は、設置箇所地山が崩壊しなかったため、吹き付け材のズレや亀裂といった変状が主体であり、構造物の性質からみかけ上変状区分における「変位をとまなう亀裂」と区分しているが、機能を損なうような変状は少ないと評価される。

3) 擁壁の構造次元に着目した被害評価

宅地の地盤擁壁の諸元 擁壁の諸元 (1.高さ, 2.延長, 3.奥行, 4.勾配) 調査において記載した宅地擁壁の諸元値と変状特性を擁壁種ごとに整理した。擁壁種の代表的な3種 (空石積み・練石積み・重力的) を対象として、擁壁の高さ区分ごとに変状区分の構成をヒストグラム解析した結果を図16に示す。図のように石積み擁壁は高さ1~3mに分布の集中があり、練石積みのほうがやや高めの分布を示す。重力的コンクリート擁壁は高さ1~4mの各階級で均等な分布を示す。擁壁高さの一般的

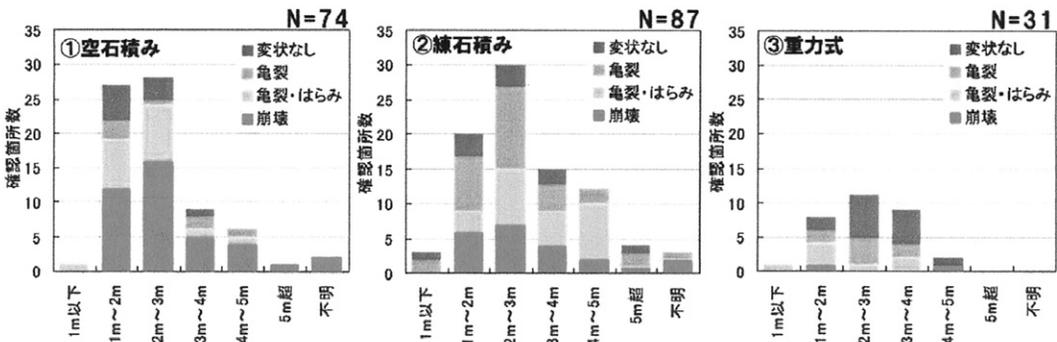


図16 擁壁高さと被害パターンの関係 (地盤工学会)

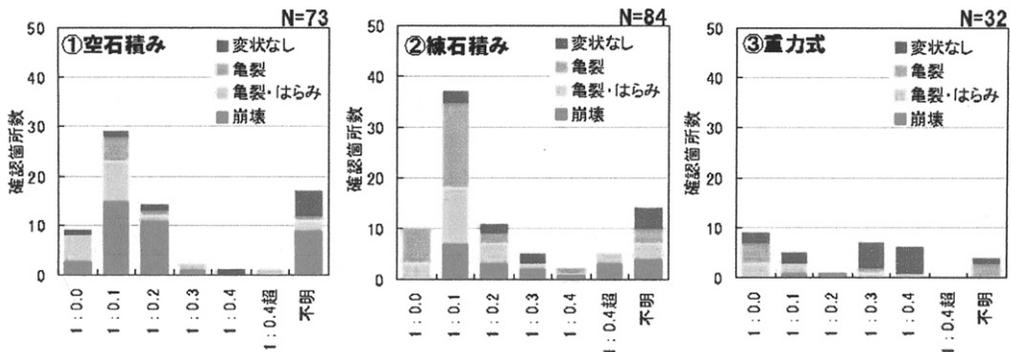


図17 擁壁勾配と被害パターンの関係 (地盤工学会)

な上限階級は、石積み擁壁で5m未満、重力式は4m未満にあると考えられる。

宅盤擁壁の高さと変状区分の関係については転倒モーメント等の関係から、高い擁壁ほど変状を受けやすいと想定していたが、図16からもわかるように、擁壁の高い階級では擁壁機能を損なう変状亀裂・はらみ、崩壊がやや多い傾向にある以外に明確な関係は見いだせない。特に、重力式コンクリート擁壁では、高さが低い階級に擁壁機能を損なう変状亀裂・はらみ、崩壊が多い特徴を示す。

擁壁種の代表的な3種（空石積み・練石積み・重力式）を対象として、擁壁の勾配区分ごとに変状区分の構成をヒストグラム解析した結果を図17に示す。ここで取り扱う勾配は、地震による変状を受けた後の現状勾配であることに注意が必要である。図のように擁壁の勾配は全体にばらつきが大きく、石積み擁壁では1:0.1勾配の階級に分布の集中がみられる。空石積み擁壁はヒストグラムと調和的な被害構成を示し、練石積み擁壁は現状勾配を反映して勾配が大きい階級で被害が大きくなっている。

4) 擁壁構造と宅盤地質に着目した被害評価

ほとんどの宅盤が急傾斜地にあるため、宅盤の構造は切土ないし盛土からなり、その多くが斜面表層の崩積土やマサ土を切土したものを前面に盛土して造成している。宅盤構造ごとの宅盤地質構成と変状区分の確認箇所数を示す。調査では擁壁の背面側が観察できない箇所が多く、地質が確認できた箇所は必然的に擁壁の崩壊・はらみ等の変状を伴っている。なお、宅盤地質の54%が確認不能〔不明〕であった。集落では15箇所切土と盛土の境界を確認している。なお、調査において新鮮な花崗閃緑岩が路頭するような宅盤は確認していない。このように、調査では崩壊地盤の観察が可能であった場所が限定されており、宅盤土質と宅地地盤と擁壁の崩壊の関係を一義的に考察することは難しい。

5) 宅盤擁壁の造成地形・方位と被害

宅地地盤の造成方法と地質（盛土・地山・崩積土・マサ土・花崗閃緑岩）玄界島の急傾斜地は南向きであるため、調査した宅盤擁壁のほとんどが南～南東向きに面していた。地震動のほとんどが北西～南東方向の横ずれ断層によるため、南側に面した多くの擁壁や斜面保護工が被害を受けている。西側や東側に面した宅盤側面の擁壁の被害が少ないことから、地震動の卓越方向が被害に与える影響の大きいことを示唆している。周回道路から15～20m上がった位置にある海岸段丘面上には、ほぼ東から南へ連続する宅盤擁壁群があり、そのほとんどの宅盤擁壁がすべり落ちるように崩壊している。このように緩斜面から急崖を経て緩斜面へ地形変換する位置での崩壊が著しいことを示している。また、集落中央部にみ

られるように、谷筋に面する宅盤擁壁でも崩壊が集中する傾向がみられる。

6) 斜面保護工の被害の特徴

急傾斜対策事業が実施されている集落東側斜面の斜面保護工では、上部が吹付のり枠工で下部がアンカー付き擁壁工からなっている。吹付のり枠工では鉄筋コンクリートはり自体に損傷はないが、のり面工全体が地震動により前方に押し出される特徴を示している。このため擁壁の隣接構造物に開口亀裂が発生しているほか、モルタル吹付工に亀裂が発生しているが、のり面の崩壊までには至っていない。アンカー工は、アンカー tendon の破断は生じていないが、地震動による過剰な張力に起因する頭部定着くさびのスリップが生じており、補修・補強のための詳細な調査が必要である。

5. 住宅被害と擁壁崩壊の関係

1) 玄界島の地盤と建物の被害

玄界島の住宅被災の分布：2005年3月20日に発生した福岡沖地震は、玄界島（福岡市西区）の北西沖約8km、深さ約9kmを震源としている。この地震の震源地に近い玄界島では百七十三棟が全半壊、住民のほぼ全員である約七百人が島外へ避難した。福岡市建築局の応急危険度判定の調査結果によると、判定件数225件のうち、危険が127件、要注意が55件、それ以外が43件で約80.9%が要注意以上の危険判定となっている。宅地の中には、急傾斜地崩壊危険区域の指定された区域がある。住宅の被災度を地形地盤条件から比較すると、平坦地と傾斜地形の立地条件の違いが被害程度に顕著に現れている。被災していないか軽微な被害を受けた建物は、漁港近くの平坦地にあったものが殆どで傾斜地にあったもので被災していないものは数えるほどしかないか、宅地崩壊のない建築年の新しい家屋である。

被害原因の主なもの、宅地造成のための石積み擁壁が脆弱であったため、擁壁の崩壊と共に背後の盛土地盤が崩落し、盛土地盤上の家屋が被災したものである。従って、宅地崩壊のない家屋で、建築年の新しいものについては被災程度が小さい。

擁壁については、扁平な自然石の空積み、及びそれにモルタル詰めしたものが多く、これらの被害が大きい。城壁のようにコーナー部を大きな石で強固に積み上げたものは崩壊していない。斜面に密集して建てられた家屋が多い玄界島では、宅地擁壁と宅地の被害が甚大であった。傾斜地の盛土・切土により造成した宅地のほとんどは多かれ少なかれ被災していた。被災を分類すると土留め擁壁の崩壊と盛土部の滑り崩壊、土留め擁壁のせり出しと背後地盤の沈下、盛土・切土境界および盛土部内部の亀裂、盛土部のゆすり込み沈下などがある。主となる

被害が上記に上げられたものであった。

2) 住宅の関係する被害統計 (日本建築学会)

①被災建築物の属性 (被害ランク, 築年, 被害要因)

住宅の建築年は, 10年以上が3分の2で30年以上が4分の1近くを占める。10年以下の新しいものは10%程度である。被害状況は90%以上が何らかの被害を受けている。D4以上の全壊したものは15%程度でD3(半壊)以上を含めると20%以上になる。建物の被害原因は, 擁壁等の崖崩れが40%を占める。屋根の崩壊が20%で老朽化と傾斜がそれぞれ2割程度を占めている。(図18)

②敷地地形と基礎形式 (平地, 傾斜地, 独立基礎, 布基礎)

玄界島の調査した家屋の平地と傾斜地の比率は, 73:27であった。基礎構造は4分の3が布基礎であり, 急傾斜地を造成した敷地で独立基礎も10%程度あった。(図19)

③地形と被害パターン (地形条件とD被害ランクの比率)

傾斜地盤の建てられた住宅の殆どが被害を受けており, 被害程度はD4(全壊)が4分の1程度あり, D3(半壊)を含めると3分の1を占める。平坦地に建つ住宅の被害はD2(一部破損)以下で無被害のものも多く存在

した。(図20)

④屋根の被害と屋根形式 (屋根葺材と被害程度)

屋根の被害は半数以上が瓦葺で瓦のズレや破損落下にあっていて, 被害を受けた屋根のうち6割は土葺き瓦であった。(図21)

⑤基礎の被害と基礎形式 (被害程度と基礎形式)

基礎構造の被害は無被害が45%, 部分的被害が32.2%著しい被害が12.8%で何らかの被害を受けたものが45%を占める。(図22)

3) 住宅被害に影響した宅地地盤と擁壁の崩壊の関係 (土木学会)

①住宅被災度と被害形態の概要 (被災度と擁壁の変状)

宅地に最も影響を及ぼした被害形態は, 空石積み擁壁の崩壊・崩落が圧倒的に多く, 次いでハラミ, 傾斜・倒壊が多い。(図23)

②危険・要注意の判定度と擁壁形態: 被災度判定で危険・要注意の判定をした家屋の被災宅地擁壁の擁壁被害形態は, 危険判定を受けたものは空石積造擁壁が多く, 要注意判定では, 練積み造擁壁及び増し積擁壁が多い。(図24)

③斜面地形の被害形態: 宅盤及び法面・自然斜面の被

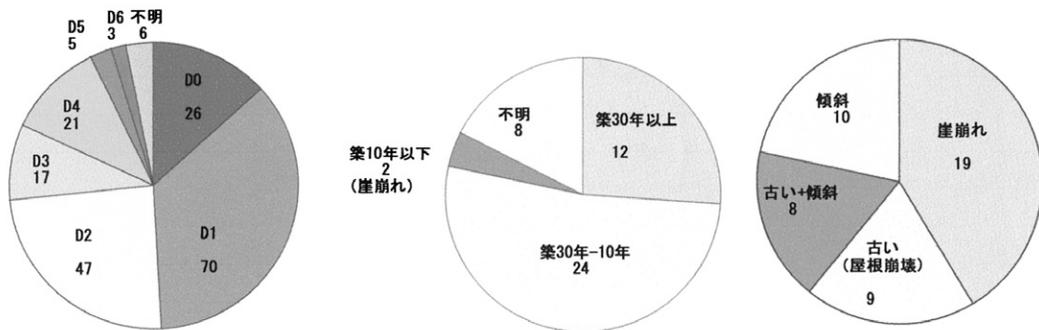


図18 玄界島被災建築物の被害程度・築年数・被害要因

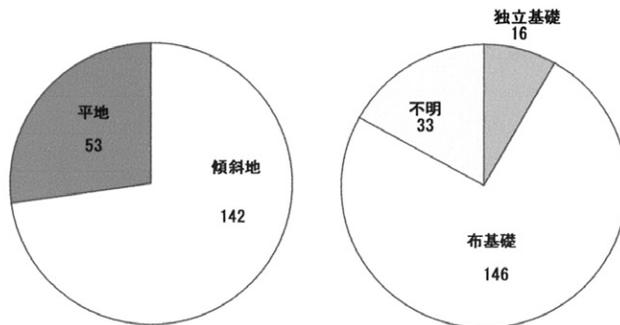


図19 敷地地形と基礎形式

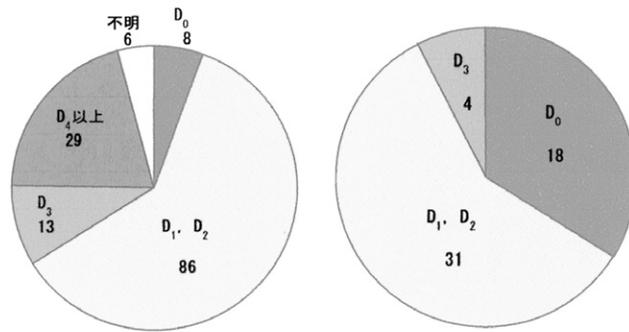


図20 被害パターンと地形条件（傾斜地Lと平地R）

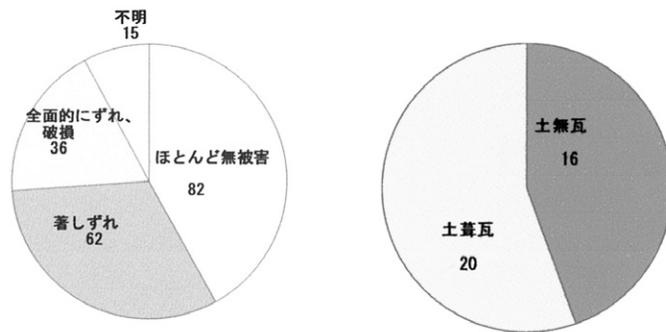


図21 屋根被害形式

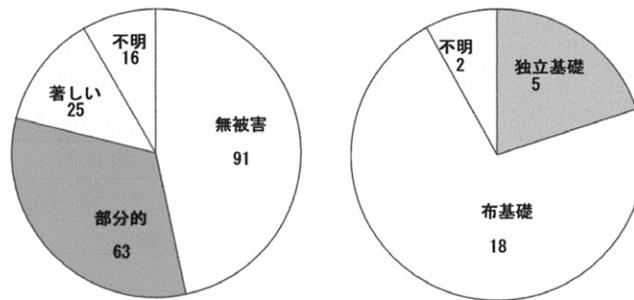


図22 基礎の被害と基礎形式

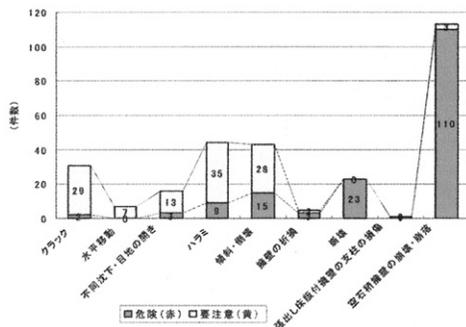
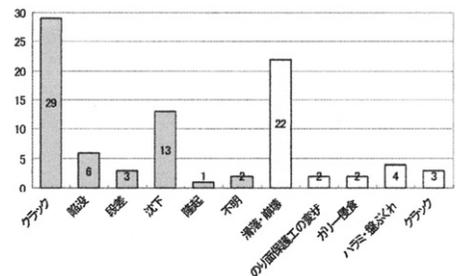


図23 住宅被災度と擁壁被害形態



□ 宅盤被害 (54件) □ のり面・自然斜面被害 (33件)

図24 住宅宅地被害の形態

災形態では、宅盤ではクラックの被害が多く、法面・自然斜面の被災形態では滑落・崩壊が多いことが分かる。(図25)

④擁壁種類の構成：宅地擁壁の種類は、空石積造擁壁が64%を占め、練り石積造擁壁が18%、コンクリート系擁壁が16%である。(図26)

⑤宅地擁壁盤上の建物被害と擁壁との相対位置：宅地擁壁の上部の地盤に建物があるものが下部の地盤に住宅があるものより多く、建物荷重の影響を直接受けていると考えられる。また、宅地擁壁の僅かな変状でも建物被害を生じると考えられる。(図27)

⑥擁壁被害パターンの分類168件：宅地擁壁の被害は、空石積造擁壁の崩壊・崩落が非常に多く、クラックが21%、傾斜・倒壊が21%、水平移動が16%、崩壊が16%となっている。(図28)

⑦擁壁崩壊の擁壁高さとの関係 擁壁種類別高さ：宅地擁壁の高さは、全体的に空石積造擁壁が大きな被害を受けている。高さの分類では、4m未満が大半で、被害を受けているものが多く、コンクリート系擁壁、及び練り

石積擁壁でそれぞれ約8割、空石積擁壁で約9割を占めている。比較の見附高さの大きい擁壁に被害が視られるのは、急傾斜地が多いからと考えられる。また、5m程度以上の擁壁の被害が散見されるのは、土圧と共に擁壁本体の慣性力も働いたことが原因であると推定される。数値から見て、空石積擁壁では高さが3mを越えるものが半数以上を占めており被害率も高い。(図29)

4) 住宅の宅地の被害例

斜面地形崩壊のメカニズム(斜面崩壊の模式図)(図30) 擁壁上の住宅の被災類型(背面と前面の擁壁による住宅の被害)(図31)

過去の地震被害類型(長野県西部地震被災例)(図32)

玄界島の住宅と擁壁の被害事例：建物や住宅主体に大別すると、①建物南面の前面擁壁の崩壊に伴う石積み石の転落と宅地の流出の住宅への影響、②建物背面の擁壁の崩壊による石積み石の落下し突入することによる住宅の損壊(図31)、次に付带的に生じる関連事象としては、①擁壁の崩壊脱落により裏込め土が流出して建物の布基礎土台が露出し住宅の上部構造が柱に浮く、②結果とし

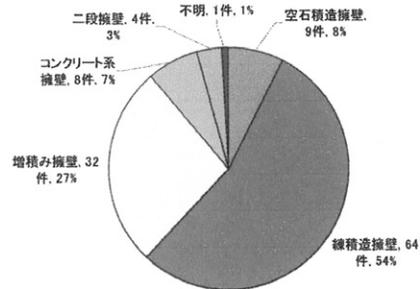
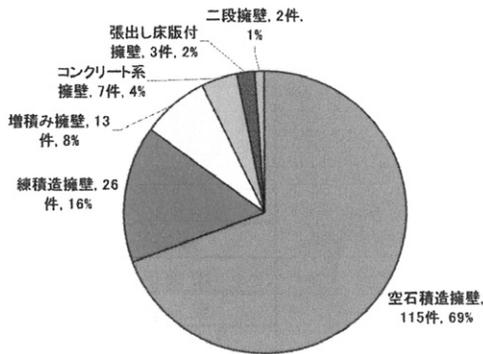


図25 擁壁の種類構成

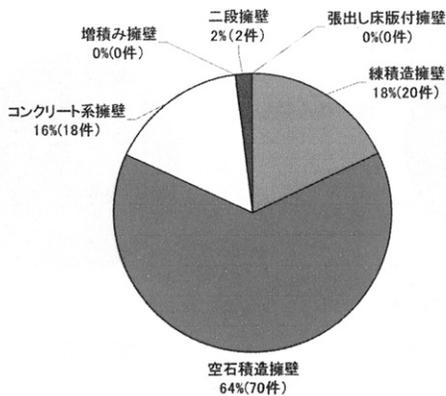


図26 擁壁種類の構成

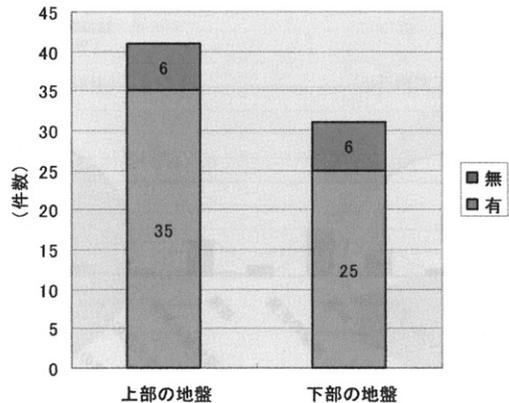


図27 擁壁宅地上の建物被害

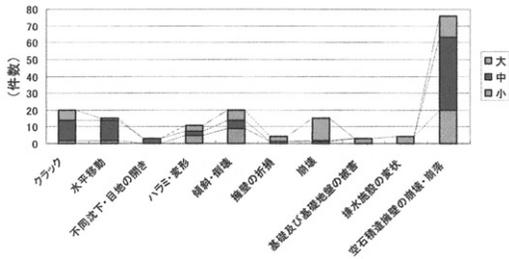
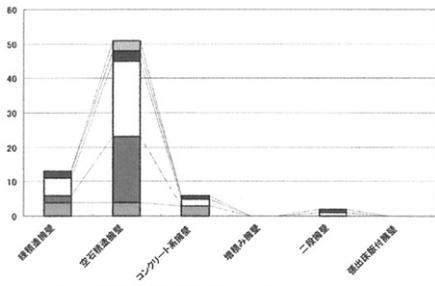


図28 擁壁被害類型



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29 擁壁被害と擁壁高さ

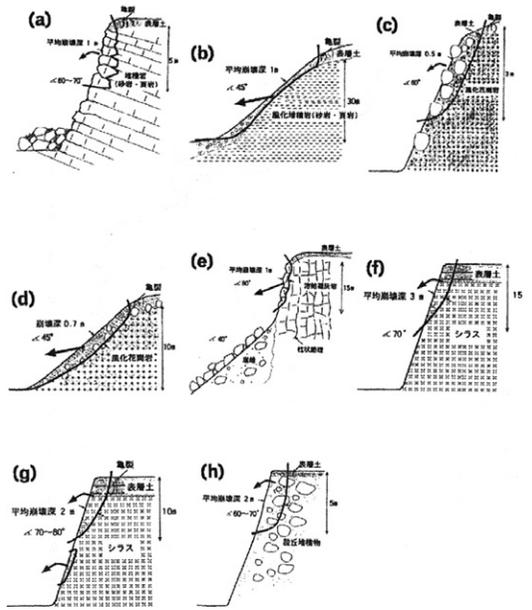


図30 斜面崩壊のメカニズム例

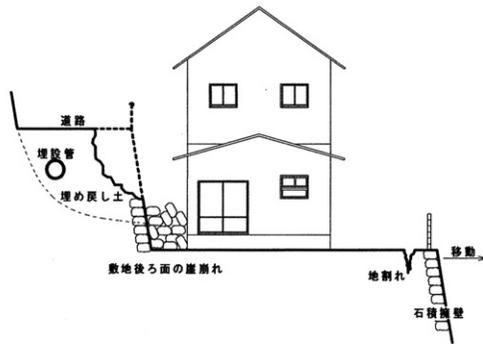
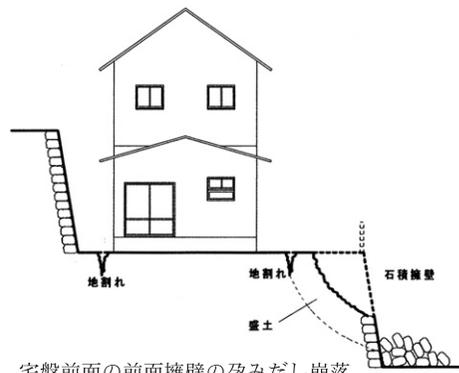


図31 造成地盤の宅地崩壊による家屋被害



宅盤前面の前面擁壁の孕みだし崩落

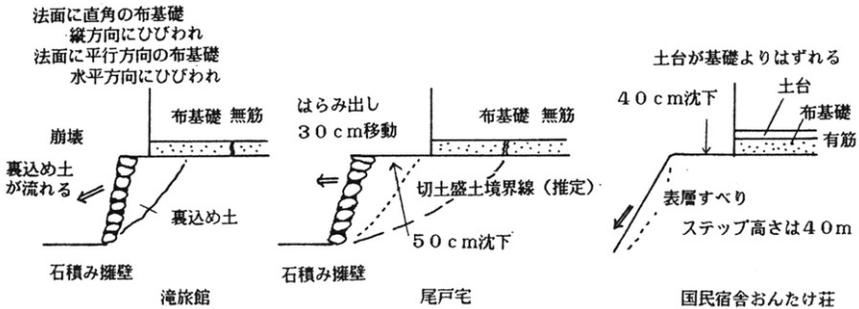


図32 既往の地震による擁壁被害例

て住宅の構造体が傾斜し倒壊する。③構造体自身の慣性力による崩壊に擁壁の崩壊が連成した形で倒壊が連動するもの、④住宅後部背面の擁壁が崩れ積み石が落下して建物を直撃する場合、⑤擁壁が崩壊して通路や道路を閉塞し交通を遮断する、⑥住宅前方宅地の陥没⑦健全な擁壁上の建物の被害など、以下具体的な事例を写真で示す。

- (1) 擁壁崩壊による盛土の流出・家屋基礎の露出 (K邸の被災状況) (写真8)
- (2) 擁壁崩壊による積石落下による道路の閉鎖 (写真9)
- (3) 盛土部宅地の崩壊 (写真10)
- (4) 擁壁の崩壊による宅地流出 (写真11)
- (5) 健全な擁壁に載る家屋の被害 (写真12)
- (6) 宅地擁壁の被害
- (7) 擁壁ブロック塀崩壊連段による宅地

6. 傾斜面宅地の復旧に当たっての検討項目と対策

1) 学術的視点からの課題提示

今後の宅地の復旧工事を計画するに当たり、南面の急斜面に現状の宅地復旧を行うには、倒壊家屋の撤去や崩壊がれきの撤去などが必要となる。また、現状の急斜面に擁壁を再構築するには段数が多くなり、造成面積との費用対効果も懸念されるところである。

- 1) 南面の斜面を利用した現位置での宅地復旧を行うとすると、玄界島全体のインフラ整備を考えた体系的な復旧計画が必要となる。この場合、逆丁式擁壁や補強盛土などの高盛土に適応した造成面積を広くできる工法は、急峻な斜面域を想定すると有効な方法として挙げられよう。また、阪神・淡路大震災で経験したように、重力式の擁壁は自重による抵抗力を越える大きな地震力を受けた場合には、擁壁そのものがその慣性力により抵抗力を失い、結果として甚大な被害をもたらす可能性が懸念される。このため、地震によい構造形式の選択が望まれるが、その一に背面の地盤と一体となって地震力に対してねばり強く抵抗できる補強土壁などの構造形式も考えられる。加えて、今回の地震によって盛土地盤の変状が目立ったことから盛土材の性状には十分留意する必要がある。
- 2) 地震動による慣性力を低減し構造物規模を小さくするためには、盛土高を低くし、かつ土量バランスを計るための切土のり面と盛土擁壁類との組み合わせも有効である。ただし、補強土壁を用いる場合は、補強材直上範囲に建築物を構築できないので、注意が必要である。
- 3) 今回の地震で平地に建った建物の被害が比較的少なかった事を考えると、埋立地を利用して宅地を造成する方法もひとつの案として考えられる。ただし、この



写真8 擁壁崩壊による宅地の流出



写真9 擁壁の崩壊による道路閉塞



写真10 盛土部用壁崩壊による宅地の崩壊

場合には液状化判定、液状化防止策、沈下防止等の地盤改良等の処置、あるいは津波への対策等に関係した十分な調査が求められよう。

2) 復旧に当たっての減免措置

福岡市西方沖地震で被災した福岡市西区玄界島の被災



写真11 擁壁崩壊による宅地



写真14 擁壁ブロック塀崩壊連段による宅地



写真12 健全な擁壁の上の建物



写真13 宅地擁壁の被害

者支援のために、福岡市は警戒地域を設定した傾斜地の住宅全てを「全壊」と見なし、今年度分の市県民税と固定資産税を減免する。市の税制課によると、税金などには被災程度に応じた減免措置があるが、申請には被災の程度を証明する罹災証明が必要である。しかし、島の住宅の8割近くが集中する傾斜地は被害が大きく、警戒区

域で自由に立ち入ることができないために、罹災証明なしで一律に全壊とする。これにより対象者の今年度分の市県民税は、前年の所得が500万円以下の場合、全額免除、1000万円以下は所得に応じ減額する。傾斜地に土地建物を所有する約100人の固定資産税も全額免除する。

島全体の市県民税納入義務者は225人で課税総額は1760万円、固定資産税は約160人で約700万円、平地については個別に判断する。

3) 被災した斜面地形上の復旧対策と復旧事業

福岡沖地震で大きな被害を受けた福岡市西区の玄界島で05年11月26日、全島総会が開かれ、地震で閉鎖したままの玄界小学校、中学校を07年春に再開する方針を市教委が明らかにした。また市が住民の民家や土地を買い取る復興事業で、買い取り価格の目安がはじめて示された。住民はこの価格を参考に12月中には集合住宅と戸建住宅のどちらに住むかを決める。

市が住民の民家や土地を買い取り、集合住宅を建てる「小規模住宅地区改良事業」では、築年数や被災程度に応じた建物の評価額の目安が示された。評価額は外部には公表してない。買取後は、市は公営集合住宅130戸、分譲集合住宅15戸を建てるほか、戸建住宅70戸分を造成することになっている。住民は市からの補償金をもとに、造成された宅地に住宅を建てるか集合住宅に入居するかを選択することになる。

参 考 文 献

- (1) 土木工学会西部支部：2005年福岡西方沖地震被害調査報告書、2005年8月
- (2) (社)地盤工学会福岡西方沖地震地盤工学会調査団：福岡西方沖地震における被害調査報告、2005年6月
- (3) 多賀直恒：地形地盤起訴構造と耐震設計（震害から学ぶ耐震設計上の問題点）、日本建築学会東海支部構造委員会、S60.9

- (4) 日本建築学会：2005福岡県西方沖地震災害調査報告，CD-ROM 付，2005年9月
- (5) 建築学会東海支部報告：1984年長野県西部地震被害報告，1985年3月
- (6) 鹿児島大学自然災害研究会：1997年鹿児島県北西部地震の総合的調査研究，平成9年3月
- (7) 福岡県：福岡県西方沖地震 災害対応調査点検委員会報告書，平成17年7月
- (8) 土質工学会関西支部 階段状造成地の防災に関する研究委員会：傾斜地造成の防災，1975年3月24日発行
- (10) 高井伸雄，岡田成幸：地震被害調査のための建物分類と破壊パターン，日本建築学会構造系論文集 第524号1999年10月
- (11) http://www.jiban.co.jp/GeotechLibrary/pdf/mininavi/mininavi_021.pdf：ジオテック株式会社，2005年8月20日閲覧
- (12) 朝日新聞社 asahi.com：図1各地の主な震度 http://www.asahi.com/special/050320/map/050320_03.html
- (13) 総務省消防庁HP：平成17年05月12日3月20日発生の福岡県西方沖を震源とする地震（第34報）表1人的被害 <http://www.fdma.go.jp/data/010504121338327974.pdf>
- (14) 徳田文佳他：1995年兵庫県南部地震による木造住宅の被害に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集1996年9月
- (15) 高井伸雄，岡田成幸：地震被害調査のための鉄筋コンクリート造建物の破壊パターン，日本建築学会構造系論文集 第549号2001年11月
- (16) 高井伸雄，岡田成幸：地震被害調査のための建物分類と破壊パターン，日本建築学会構造系論文集 第524号1999年10月
- (17) 片岡秦子，松留慎一郎：新版 木造住宅構法，市々谷出版社，2004年3月22日
- (18) 杉山英男：地震と木造住宅，丸善株式会社，1996年7月10日
- (19) 建設省建設経済局民間宅地指導室：宅地擁壁復旧技術マニュアルの解説，(株)ぎょうせい，平成7年10月13日発行
- (20) 土質工学会関西支部：傾斜地造成の防災，土質工学会，1975年3月24日
- (21) 田村昌仁，ホームページ8住宅基礎ネットワーク，独立行政法人「建築研究所地震工学センター」
- (22) 坂本功，“木造建築を見直す”，岩波新書，2000.5
- (23) 朝日新聞：「限界島の復旧事業」，2005年11月26日版