

平成 21 年 6 月 1 日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2006－2008

課題番号：18310129

研究課題名（和文）都心の住宅地における斜面災害危険度予測図「崖っぷちマップ」の作成

研究課題名（英文）To make risk map of landslide of the edge of artificial slope in city center

研究代表者

釜井 俊孝 (KAMAI TOSHITAKA)

京都大学・防災研究所・教授

研究者番号：10277379

研究成果の概要：都心の宅地斜面の地震災害は、自然の斜面とも人工斜面とも確かには判定し兼ねる斜面で発生することが多い。こうした斜面を“崖っぷち”と呼び、その実態の解明と災害リスクを表現した地図“崖っぷち”マップのプロトタイプを東京の目黒川下流域を対象地域として作成した。調査の過程で、地域の開発史を反映した災害・環境汚染リスク（大谷石の不良擁壁、重金属汚染盛土）の存在も明らかになり、“崖っぷち”が内包する問題の広がりや深さを具体的に明らかにする事ができた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	8,200,000	0	8,200,000
2007年度	5,600,000	1,680,000	7,280,000
2008年度	1,700,000	510,000	2,210,000
総計	15,500,000	2,190,000	17,690,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学

キーワード：都市，斜面災害，リスク評価，ハザードマップ，東京

1. 研究開始当初の背景

高度成長期以降の都市への人口集中により、わが国の大都市では傾斜地居住が一般的に見られるようになった。それに伴い、都市の斜面災害も急増したが、斜面住宅地の拡大速度に行政的対応が追いつかない状態が続いている。また、法律上の一定の基準に満たない場合は、行政による点検さえ行われなため、多くの危険な斜面住宅地がそのまま取り残されている場合が多い。ここ数年に限っても、芸予地震による呉市中心部の災害、新潟県中越地震による長岡市郊外（高町団地）の災害、及び福岡県西

方沖地震による玄海島の災害は、こうした潜在的危険性が顕在化したものである。

首都圏にも無数の造成宅地があるが、その大半が民間主体で古い時代に造成され、耐震設計がされていない。内閣府中央防災会議によれば、首都直下地震による都心部での震度は6強に達するため、斜面上の密集した住宅地では人的被害も含めて甚大な被害が発生すると予想される。このようなことから、想定される首都圏直下地震において、地盤の特性や地盤関連技術を駆使した被害想定や復旧方法、防災対策などを進める必要がある。

都心の宅地斜面の災害は、自然の斜面とも人工斜面とも確かには判定しかねる斜面で発生することが多い。こうした斜面を“崖っぷち”と呼ぶことにすると、都市の内部には崩壊予備斜面として多くの“崖っぷち”が存在し、最近の頻発する地震災害は、その潜在的危険性が顕在化したものであると考えられる。

2. 研究の目的

“崖っぷち”は、開発の記録も曖昧な比較的古い住宅地に多く、大都市の都心部に広く分布している。大部分は斜面にへばり付いた古い盛土を主体とする小規模宅地の集合体であるが、過去数十年にわたる開発の結果、様々な年代、様々な様式の人工構造物（盛土、擁壁等）と斜面の自然地盤（地形、地質、地下水等）が渾然と雑じり合っ

て存在している。そこで本研究の目的は、実態が曖昧な“崖っぷち”の実態を明らかにし、「崖っぷちマップ」を実際に作ってみる事である。その結果“崖っぷち”の危険度評価手法が検証され、都市防災の隙間であった“崖っぷち”が防災学的に再評価されると同時に、減災が可能になる。また、これらは近い将来、個々の宅地の崖や擁壁の耐震性を評価し、現実的な補修方法の開発のためのより根本的な対策（崖っぷち住宅の性能評価設計法の開発、診断・補強マニュアルの策定）に直結するはずである。「崖っぷちマップ」はそのための基礎データとして重要な役割を果たすと考えられる。

3. 研究の方法

図1に、対象としたリスクの具体例、図2に研究の範囲を示す。「崖っぷちマップ」作成に必要なデータは、主に地震動の大きさ（地形効果を含む）、間隙水圧応答、移動体（ほとんどが腹付け盛土）の分布と形状（厚さ、傾斜、幅、長さ）及び強度、擁壁の形式、斜面の開発年代である。それらを地震・間隙



図1 “崖っぷち”に潜在したリスクが、地震後に顕在化した例（地震により盛土が変動して危険になったため、不動産広告に「危険宅地シール」が貼られた）

水圧観測、物理探査（高精度表面波探査、地中レーダー探査）、ボーリング、地表踏査等の手法を組み合わせることで取得する。

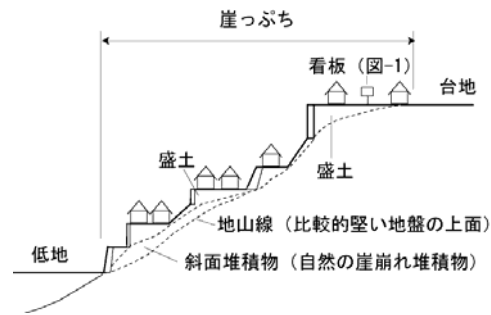


図2 “崖っぷち”の定義と研究対象

4. 研究成果

(1) “崖っぷち”に関する実態の把握

①DEMの作成

目黒川下流地域について、航空レーザー測量による崖っぷち盛土の同定手法について検討した。高さ精度15cm、水平精度50cmのレーザーデータについて、自動地物判別、手動地物判別を行い、ステレオペア判読による地盤高さを求めて詳細DEMを作成した。しかし、この結果について現地調査を行ったところ、盛土の抽出精度は満足できる水準に達しておらず、実際の精度は航空写真測量と同様であることが判明した。これは、対象とする都市域（住宅密集地）では、地物が狭い範囲で急激に変化し、障害物が非常に多いため、レーザーの輝点が必ずしも地山に打たれていない事が原因である。そこで、米軍撮影空中写真（1947年撮影）と現在の空中写真を基に航空写真測量によるDEMを作成し、差分による盛土の抽出を試みた。その結果、精度は良好であるが、対象地域の開発が、ほぼ戦前に終了していたため、大規模な盛土の抽出は測量的手法では難しい事が判明した。

②擁壁の全数調査

全域の地表踏査を行った結果、対象地域の斜面には大谷石の空石積擁壁が広く分布している事が判明した。大谷石は、耐火性に優れているため、1923年関東地震以後に東京で一般に用いられるようになった。しかし、この種の擁壁は、過去の地震によってしばしば倒壊しており、耐震性が期待できない。また、古いコンクリート擁壁には、しばしば変形が認められる等、「崖っぷち」の構成要素が広く分布する事が判明した。全数調査の結果では、変形や石材の劣化といった問題の認められた擁壁は、52地点に及んだ。このうち、大谷石の擁壁は32地点であり、全体の6割以上を占めている。また、二段擁壁を施工し

ている例が 16 地点で認められたが、このうち 13 地点でクラックや緩み等の変状が認められた。このことは、改めて二段擁壁の問題点を示唆する結果である。

③谷埋め盛り土の土壤汚染

東京都心部において重金属に汚染された谷埋め盛り土の存在が明らかになった。地表面下 1.5m 以深～旧谷底まで、約 3.5m の厚さのゴミ埋め層があり、最大で 4900mg/kg の鉛が含有されていた。これは、土壤汚染対策法の汚染基準の約 30 倍に相当する。また、同位体炭素年代が実年代よりも数百年古い年代を示しており、油汚染 (Dead Carbon 汚染) も疑われる。この盛り土の地中レーダー探査結果では、建築廃材と思われるエコーの存在も明らかになった。

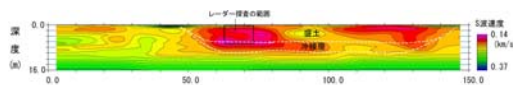


図 3 S 波速度断面図 (高精度表面波探査結果)

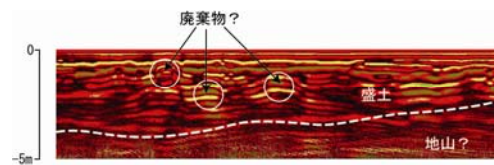


図 4 地中レーダー探査結果

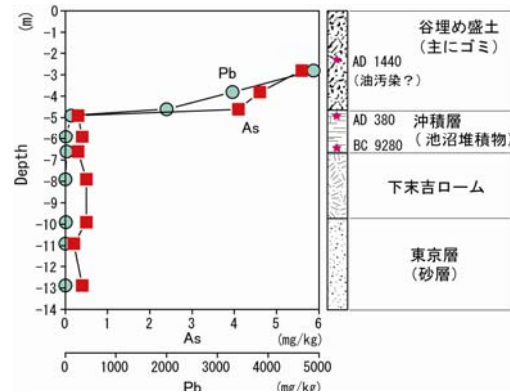


図 5 柱状図, 重金属含有量, 年代測定結果

(2)広域の地震応答解析

「崖っぷち」のリスク評価を行うため、目黒川下流域において、広域のFEM解析モデルを作成した。このモデルの地表部は、本研究で作成した詳細地形モデル (DEM) を用いた。解析に用いるハードウェアの物理的制約から、地質構造は、基盤、ローム、盛り土 (沖積層

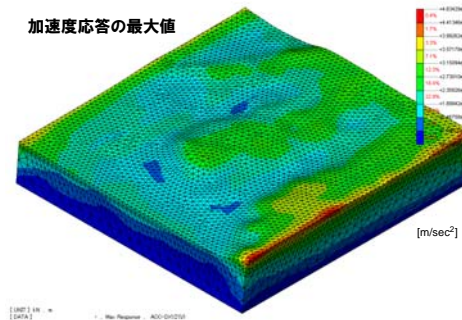
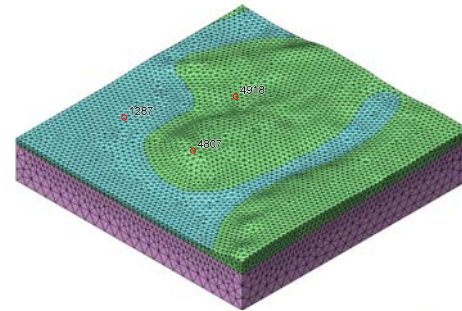


図 6 三次元地震応答解析の一例 (島津山地区)

)に単純化した。入力地震動として、兵庫県南部地震の波形 (神戸海洋気象台EW波) を加えたところ、崖っぷちの地震動は、台地の内部に比べて 2 倍以上増幅し、地形効果が確認された。

(3)被害調査

研究期間中に発生した顕著な地震災害を調査し、対象とする「崖っぷち」の被害実態を詳しく調査した。

①2007 年新潟県中越沖地震

この地震では様々な種類、規模の災害が発生した。刈羽原発の被害が注目を集めたが、斜面災害も、柏崎市とその郊外の比較的狭い地域にまとまって発生し、重要な事例が多く得られた。同様の都市型の斜面災害は、過去の震災においても発生しているが、この地震では、斜面災害の形態と空間分布が、都市「柏崎」の発展の過程に深く関連している点が特徴である。すなわち、高リスクな都市構成要素 (盛り土や古い擁壁) の中心市街での蓄積、及びそれらの郊外への拡散を、災害発生要因として指摘することができる。これらは、人口と経済活動のドーナツ化現象の結果であり、わが国の多くの都市に共通した問題である。図 7 は、柏崎市西本町周辺の 3.5m 深比抵抗平面図である。砂丘であるので、比抵抗の変化は、ほとんど含水比の違いを表すと考えられる。したがって、砂丘の頂上付近に高比抵抗帯が認められる。しかし、詳しく見

ると新砂丘の内部には、複雑な比抵抗構造（古砂丘上面の起伏を反映？）が存在し、谷構造（地下水位の高い部分）と顕著な変動ユニットの分布はほぼ対応する。これらの変動ユニットの内部では噴砂が認められている。

さらに、このうちの一箇所（丸印の地点）で簡易地震計（加速度計）による余震を観測した（図8）。7月25日の余震（震度IV）では、東西方向に加速度（力）の強軸を持つ地震が観測されたが、速度と変位の強軸は、これとは直交する南北方向であり、斜面の最大傾斜方向と調和的であった。すなわち、地震によってゆすられた緩い砂（一部は谷埋め？）の斜面が、液状化をともなつて、最大傾斜方向にずり落ちていくというメカニズムが考えられる。

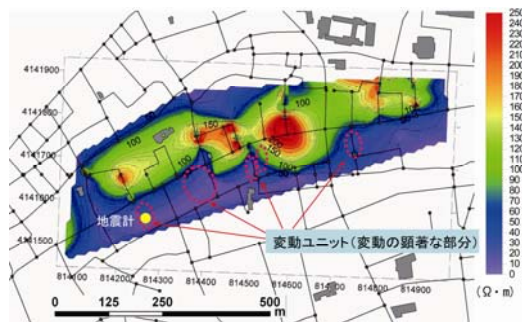


図7 柏崎中心地区の3.5m深比抵抗平面図

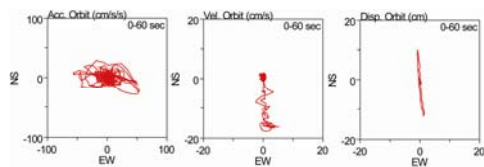


図8 余震の粒子軌跡

②岩手・宮城内陸地震における谷埋め盛り土の変動

この地震により旧築館町の館下地区で谷埋め盛り土の崩壊が発生した。この崩壊は、2003年三陸南地震の際に発生した谷埋め盛り土崩壊箇所の西に隣接しており、その当時は滑らなかった谷埋め盛り土が、今回より強い地震動（K-net 築館で3ch合成約800Gal）によって、崩壊した。今回崩壊した谷埋め盛り土は前回の事例よりも深く、並列する主な谷埋め盛り土のうち、厚さの薄い谷埋め盛り土の方が不安定であったといえる。崩壊の発生を左右するのは、側部抵抗の大きさであると考えられるが、2003年と今回の地震によるこの地区での谷埋め盛り土の崩壊事例は、そのメカニズム（roller slider model）を実証した事例として貴重である

④崖っぶちマップの試作

東京都心部において「崖っぶちマップ」を試作した。盛土、切土の分布、リスクの大きい要素（大谷石擁壁等）の分布を実測したレーザー測量地形図上に示した。目黒川流域では、左岸側斜面に脆弱度の高い斜面が多く分布する傾向が表現されており、簡単なハザードマップの作成法としての有用性を示すことができた。

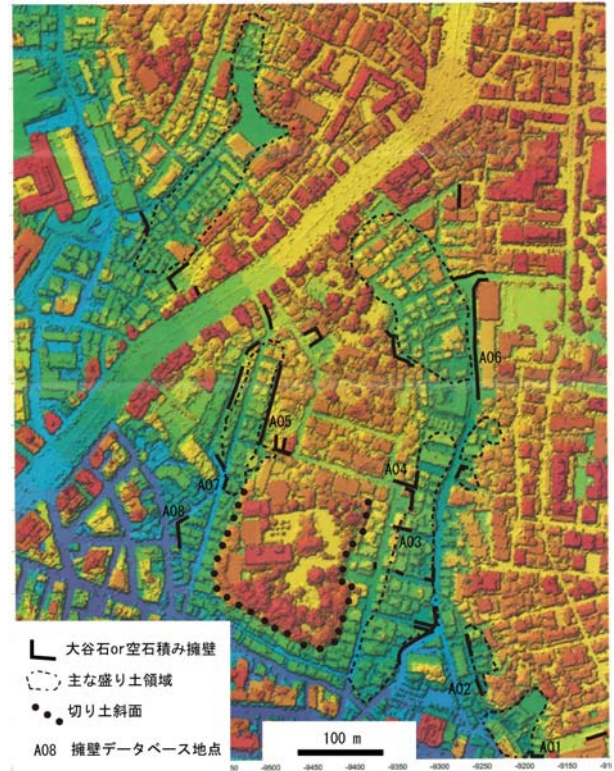


図9 “崖っぶち”のリスクマップの例（島津山地区）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計7件）

- ①釜井俊孝・村尾 英彦：岩手・宮城内陸地震による斜面災害，自然災害科学，27，pp. 189-198，2008.（査読無）
- ②釜井俊孝・寒川 旭・守隨治雄：1596年慶長伏見地震による古墳の地すべり，応用地質，48，pp. 285-298，2008.（査読有）
- ③T. KAMAI：Earthquake risk assessment of artificial fill slope in urban residential region，Proc. 2nd Malaysia-Japan Symp. on Geohazards and Geoenvironmental Engineering，1，pp. 171-180，2007.（査読有）

- ④ 釜井俊孝：盛土の被害事例，地質と調査，114, pp. 11-15, 2007. (査読無)
- ⑤ 釜井俊孝：戸建住宅の敷地選びー斜面災害の視点からー，建築技術，687, pp.88-90, 2007. (査読無)
- ⑥ 釜井俊孝，総説 宅地盛土の被害と対策，基礎工，34-10, pp. 2-5, 2006. (査読無)
- ⑦ 釜井俊孝，宅地造成地の斜面ー形成史，災害，メンテナンスー，地質と調査，109, pp. 30-35, 2006. (査読無)

〔学会発表〕(計2件)

- ① T. Kamai, Landslides in urban region induced by recent earthquake in Japan, 2008 Inter. Conf. Disaster Prevention Technology and Mitigation Education, Keynote Speech, 2008.10.15, Yunlin, Taiwan. (招待講演)
- ② 釜井俊孝・村尾英彦：2007年新潟県中越沖地震による柏崎市及び周辺地域の斜面災害，日本地すべり学会，2008.8.27，小田原市.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

釜井 俊孝 (KAMAI TOSHITAKA)
京都大学・防災研究所・教授
研究者番号：10277379

(2) 研究分担者

田村 昌仁 (TAMURA MASAHIRO)
独立行政法人 建築研究所・国際地震工学センター・上席研究員
研究者番号：50179909 (平成20年1月逝去)

(3) 連携研究者

なし