

2007 年 3 月 25 日能登半島地震

盛土・地盤の変形と地震被害

東京大学生産技術研究所

小長井 一男、池田隆明（飛島建設）、高津茂樹（建設技術研究所）、井筒剛司

1. はじめに

2007 年 3 月 25 日 9 : 42 に能登半島北西部で M6.9（速報値）の地震が発生した。被害の詳細な全貌は未だに調査中であるが、能登有料自動車道路の盛土被害や輪島市門前町の各地区での家屋被害など、被害が地域的に限定された場所に集中したことが特徴的である。

著者らは土木学会の調査団の一員として現地で 2 回（3 月 26 日～28 日、4 月 7～9 日、後半は東京大学生産技術研究所中埜教授と同行）の調査を行っている。

メンバー：

小長井一男（東京大学 生産技術研究所 教授）

中埜 良昭（東京大学 生産技術研究所 教授）

池田 隆明（飛島建設 防災 R & D センター、土木学会研究推進機構研究員、東京大学生産技術研究所研究員）

高津 茂樹（(株) 建設技術研究所、土木学会研究推進機構研究員、東京大学生産技術研究所協力研究員）

高橋 典之（東京大学 生産技術研究所 助教）

崔 琥（JSPS 特別研究員）

井筒 剛司（東京大学生産技術研究所振興特任研究員）

ここでは盛土・地盤の変形状況とこれらが道路、家屋などに与えた被害の概要を報告する。なお詳細な調査速報は下記のウェブサイト（<http://shake.iis.u-tokyo.ac.jp/home-new/>）に掲載する。

2. 能登有料道路

1973 年（昭和 48 年）11 月着工、横田 I C～穴水 I C 間が 1978 年（昭和 53 年）11 月開通、徳田大津 I C～横田 I C 間が 1980 年（昭和 55 年）3 月 29 日開通。1982 年（昭和 57 年）11 月に柳田 I C～横田 I C 間が開通し全線開通となる（石川県道路公社）。主に徳田大津から穴水の間の 27.5km に特に被害が集中し 11 箇所の道路決壊（ほとんどが盛土部の崩壊）が報告されている。徳田大津～穴水の区間はその大半が安山岩質凝灰角礫岩、砂岩などを含む標高 100～200m 程度の山地を縫っている。

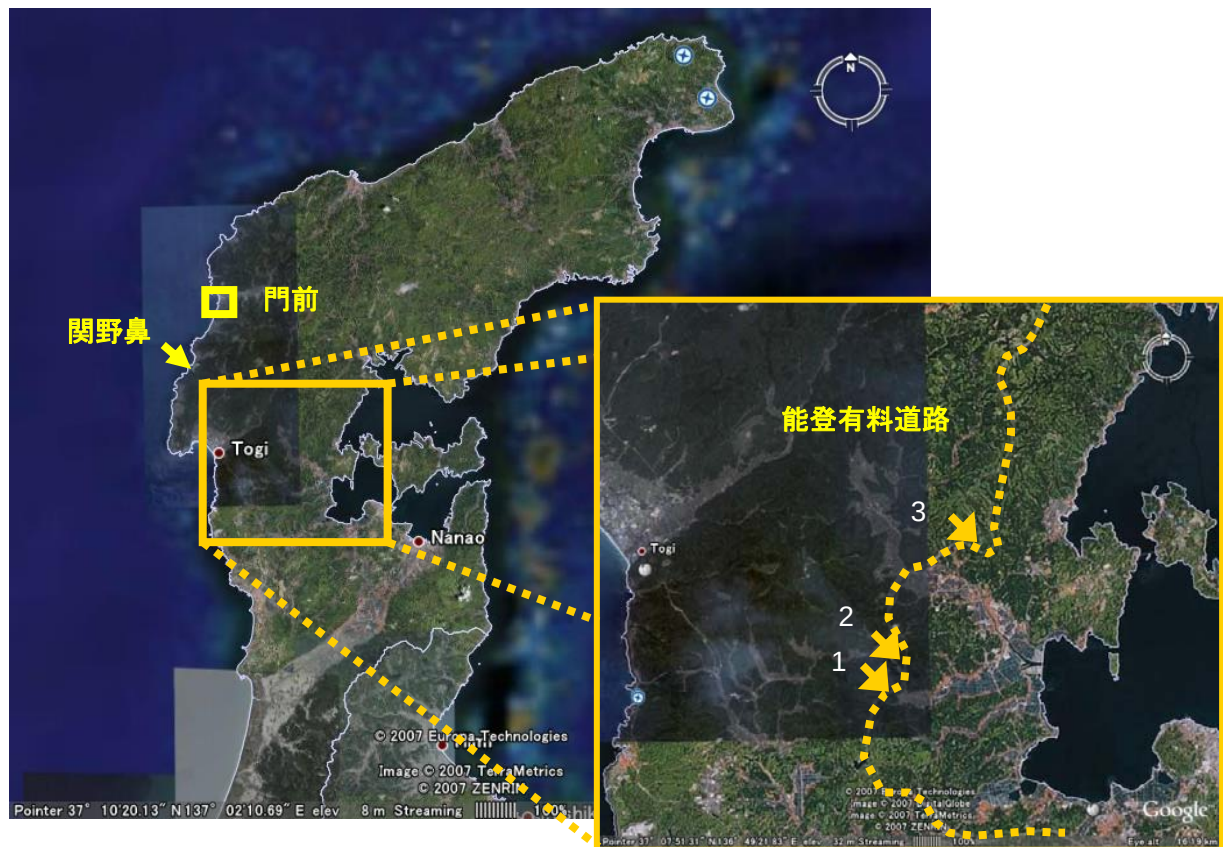


図 1. 能登有料自動車道路では 11 箇所の盛土崩壊が報告されている。メンバーが踏査したのはそのうち図 1 の 3 箇所である。門前は能登半島北西部の日本海に面した町である。余震域の分布はこのあたりが震源直上に位置していることを示している。

崩壊土砂内部には凝灰角礫岩や安山岩礫が含まれている。これらの多くは角張った形状で切土部分からのものと推定されるが、沢筋に堆積したものが巻き込まれた可能性もある。さし渡し数 10cm におよぶ礫もある。凝灰角礫岩は固結度が低く、手でも容易に粉砕できる。11 箇所の被害箇所の多くは片側盛土部分であり、両側盛土部分では沈下が見られる。法面の勾配は 33 度程度。

以下現地踏査を行った 3 地点（図 1 中 1, 2, 3）について概要を記述する。

国土交通省が 1/10000 縮尺のカラー空中写真をウェブ公開しているが、当該地域の撮影は着工後 2 年目に当たる 1975 年に行われていて当時の施工状況が撮影されている。当時の切土、盛土の施工範囲や概況を確認でき、かつ小段が明瞭に施工されているものは、小段のラインが盛土の変形程度を推定する目安になる。

(1) 豊川橋南西 (N37°5'58", E136°48'58" : 図 1 の第 1 地点)

崩壊した南東向（上り）車線から崩壊土砂末端まで 170m 程度におよぶ。盛土部には風化の進んだ凝灰角礫岩が嵌っている。崩壊土砂下端部では安山岩の円礫も確認された。崩壊土砂上横断方向に不規則に並んだ側溝と、その側溝列西側にふとん籠が載っている。本来の位置がわかれば、土塊の移動量の推定に使える。施工時図面では明確にその位置は特定できない（平成になって施工されたとする情報もある）が、末端の位置からしてもおおよそ 40m 程度移動したと推定。

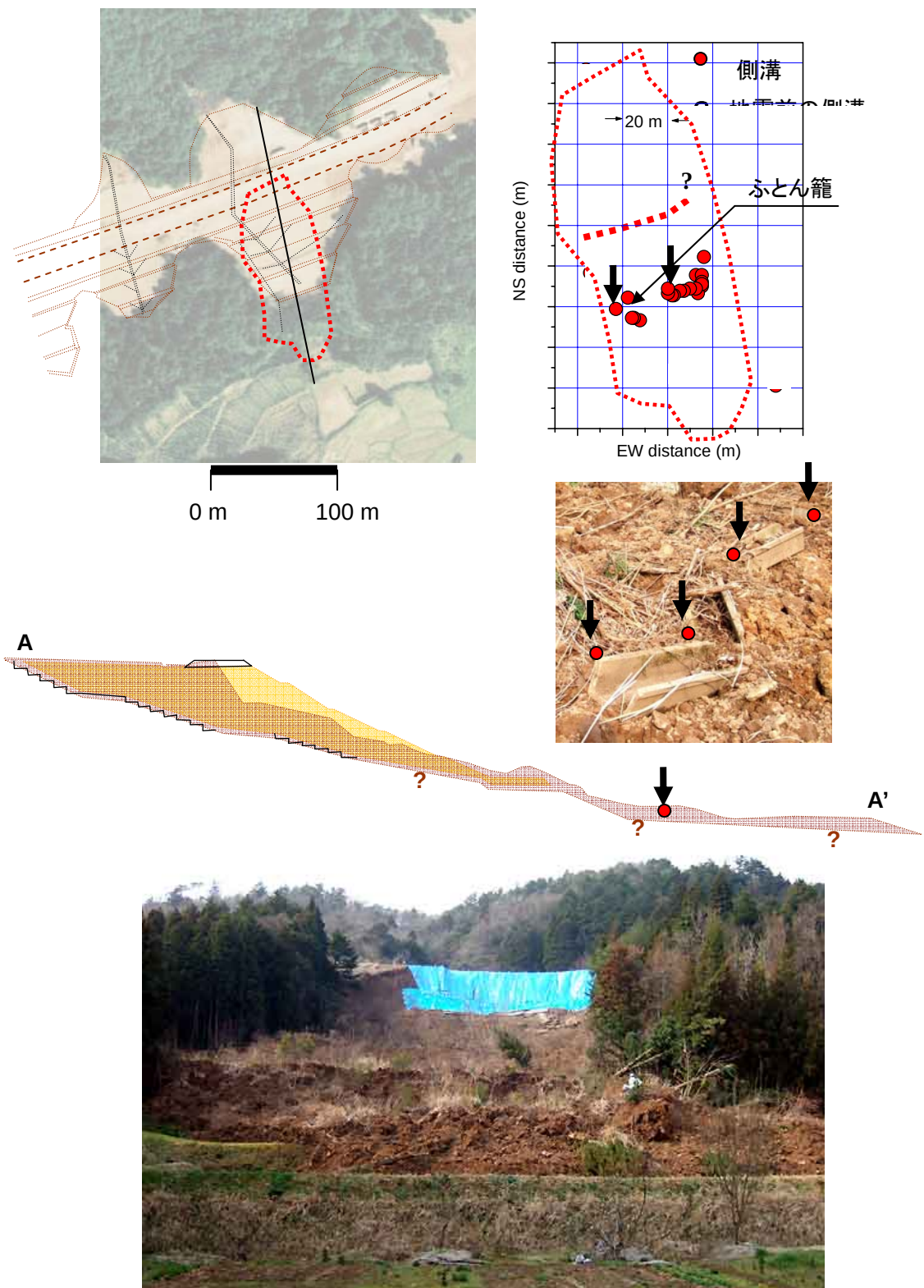


図 2. 豊川橋南西 (N37°5'58", E136°48'58") : 側溝は下から 2 段目の崩壊土砂上横断方向に不規則に並ぶ。側溝の位置および崩壊土砂の縁辺部概形 (図右上) は GPS にて計測。航空写真 (左上) は 1975 年撮影。これに当時の平面図を重ねる。崩壊土砂概形 (図中段) は石川県道路公社調査資料より転載。

(2) 豊川橋北 (N37°6'17", E136°49'15" : 図 1 中第 2 地点)

1975 年撮影の航空写真を地震直後のオルソ画像 (中日本航空撮影) と比べると小段のラインから盛土斜面の移動状況が計測できる。斜面は 2 箇所大きく前方に押し出していて、特に南側 (図 3 左側) 中腹でその移動量が 20~30m 程度と最も大きい。これより上部では引張りが卓越し、下部では圧縮されている。外見から同じような法面が続いているが変形に差異が生じているのは沢筋の水の処置、本来の地山との関係、など様々な要因の寄与が考えられる。

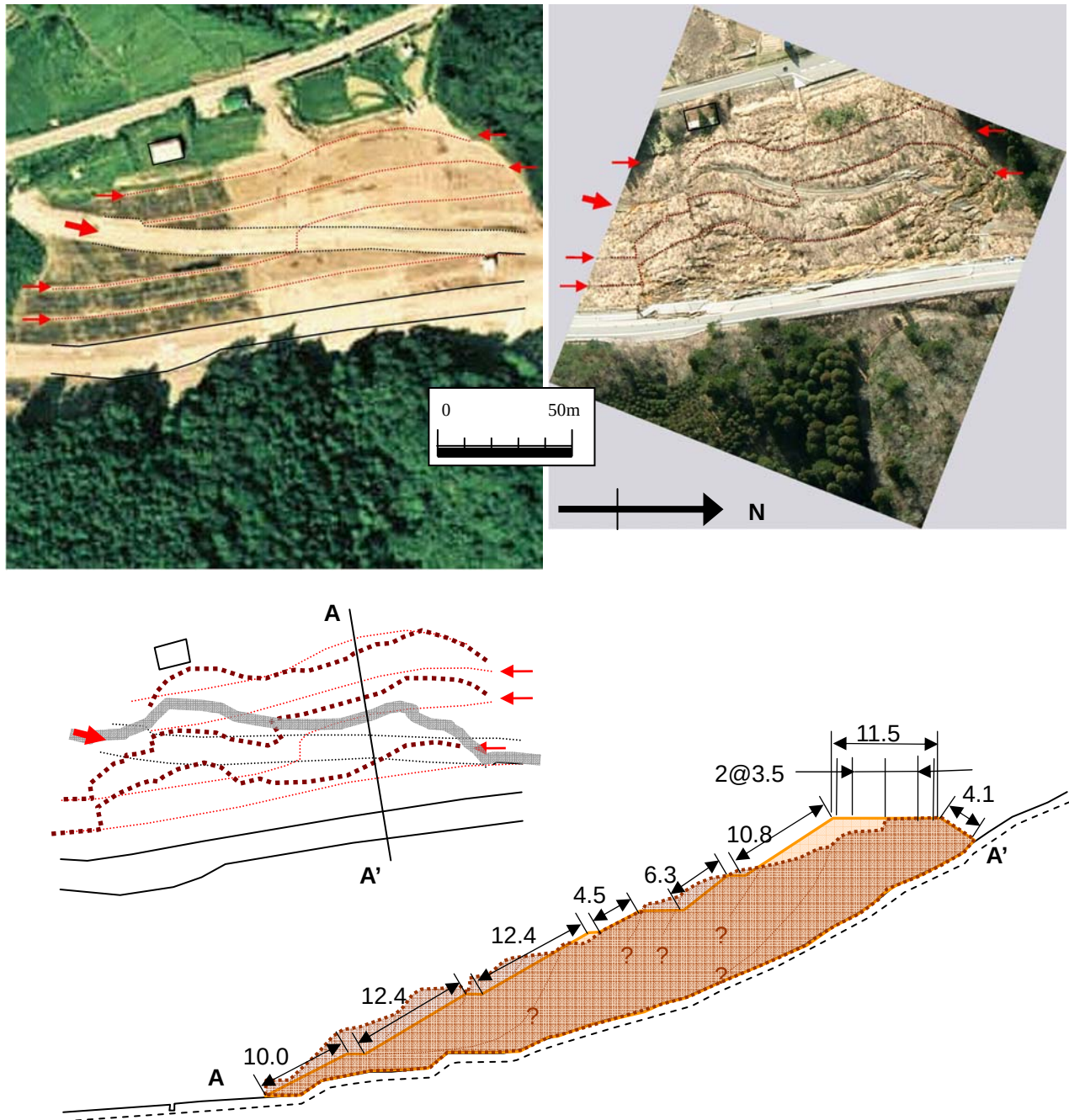


図 3. 豊川橋北 (N37°6'17", E136°49'15") : 1975 年撮影の航空写真 (図左上) と地震直後のオルソ画像 (図右上 : 中日本航空撮影) の双方に小段のラインが明瞭に撮影されている。この地点をカバーする 60% 重複の隣接航空写真から立体的な情報の抽出が可能であろう。

(3) 豊川橋北 (N37°8'19", E136°50'33" : 図 1 中第 3 地点)

沢渡り部の盛土崩壊 (図 1 中の地点 1) : 下端部は沢を覆って堆積する崖錐ごと移動している可能性もある。崩壊土砂は脆い凝灰角礫岩を含み、両脇から湧水、移動した法先部分は西側から来る沢水をせき止めている。



図 4. 豊川橋北 (N37°8'19", E136°50'33" : 図 1 中第 3 地点)

(4) 能登有料道路の課題

仮復旧が急がれているが、本復旧のためには被害原因を特定できる調査が必須である。盛土に限らず土木構造物の機能はその変形に大きく支配されるため、早期の調査では地上計測に加え航空写真などを活用しての土砂の移動の実態を的確に把握し今後これを伝えることが望まれる。また本格調査に当たっては盛土・地山境界部の状況、排水、沢水処理の状況など地盤内部に立ち入った必要な情報の把握が重要である。地山の一部を巻き込んでいるのであれば崖錐の物性や堆積状況にも注意が必要である。

3. 舗装の亀裂分布と家屋被害

門前町道下地区の舗装道路に生じた引張、圧縮亀裂の幅と位置の分布を図 5 に示す。青線が引張、赤線が圧縮（単位は mm）亀裂である。圧縮の多くは舗装面の圧座の形で現れる。左右で亀裂幅が異なったもの、また横ずれ成分の確認できるものもあるが紙面サイズの制約で主要な変形である横断方向の亀裂開口（平均値）のみを記述している。多くの家屋には自家用の井戸があり、確認した 18 箇所の井戸の平均水位は地表面から-2m 程度である。地震によって水枯れを起こしたもののや噴砂や噴泥痕があるものもあり、亀裂の集中する地域で液状化の複数の痕跡が認められる。大半の地域では開口亀裂が卓越するが 1946～1947 年米軍撮影の航空写真（図 7）で旧河道と認められる部分に沿って地盤の圧縮痕跡（図 5 中赤破線、図 8 など）がある。家屋被害をこの亀裂分布図に重ねたものを図 6 に示す。倒壊した家屋（赤丸）の多くが舗装亀裂の卓越する地域に集中する一方、大きくせん断変形し大破した家屋（黄丸）は道下地域全体に認められる。家屋倒壊と地盤変形の関係については継続的に精査している。

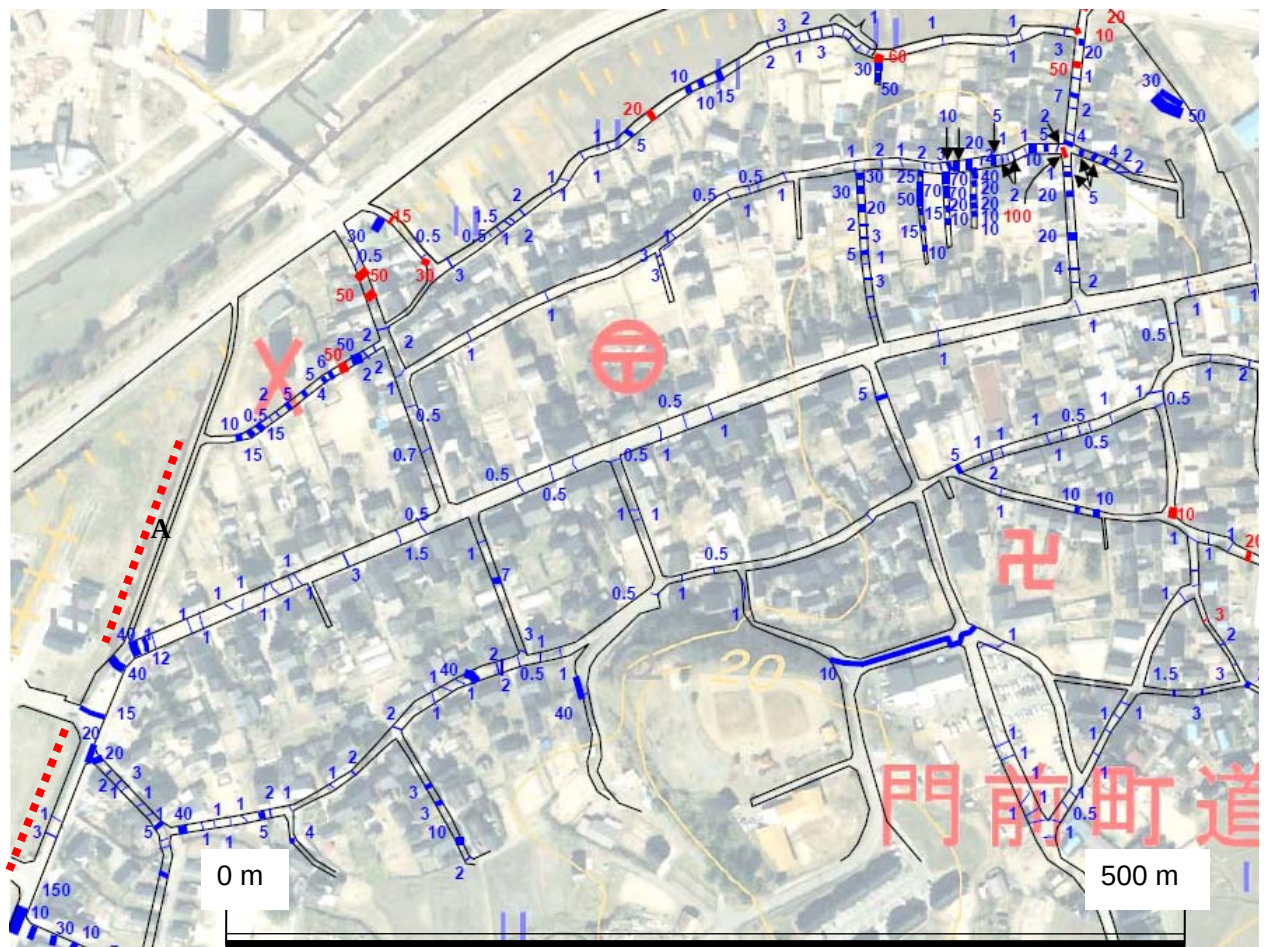


図 5. 門前町道下地区の舗装面に現れた亀裂分布：単位は mm。

背景の航空写真は国土地理院のウェブサイトより。

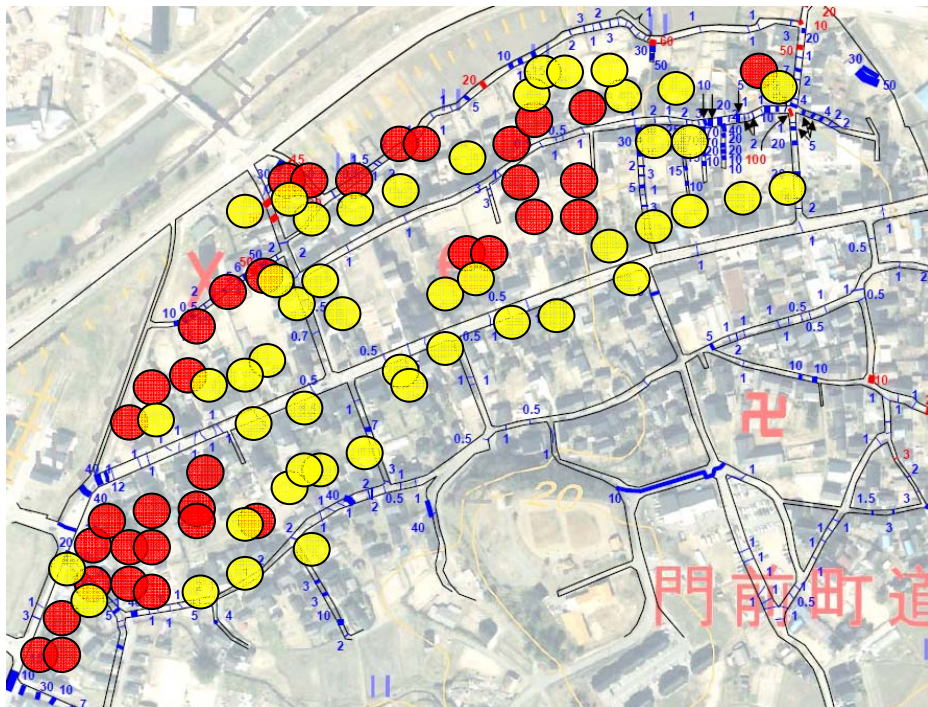


図 6. 被害家屋の分布：黄丸はせん断変形した家屋、赤丸は倒壊に到った家屋。黄丸が広範囲にわたって確認できる一方で、赤丸は亀裂の多く認められた移動域に集中している。



図 7. 1946～47 年頃の門前町道下地区
(米軍撮影)



図 8. 背面盛土の押し出し（図 5 中 A 地点）

参考文献：

小長井研究室：<http://shake.iis.u-tokyo.ac.jp/home-new/>

国土情報ウェブマッピングシステム：<http://w3land.mlit.go.jp/WebGIS/index.html>

国土地理院：“能登半島地震関連情報” <http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/isikawa/index.html>

中日本航空：能登半島地震、<http://www.nnk.co.jp/disaster/d070325.html>（垂直写真）