

# 2023年トルコ・カフラマンマラシュ地震における 強震観測地点での地震動と構造物被害状況

森 伸一郎\*・Gulten Polat\*\*・大里 重人\*\*\*・千葉 達朗\*\*\*\*・  
Nurcan Meral Özel\*\*\*\*\*

\* 愛媛大学

\*\* Yeditepe大学

\*\*\* 株式会社土質リサーチ

\*\*\*\* アジア航測株式会社

\*\*\*\*\* Boğaziçi大学

## 要 旨

2023年2月6日トルコ南東部のKahramanmaraş（カフラマンマラシュ）県に震源を持つ2つの地震が起きた。東アナトリア断層に沿うMw=7.7のPazarcık（パザルジク）本震とその後北方でMw=7.6のElbistan地震が起きて、広範囲にわたり甚大な被害が生じた。これらの地震では多地点で強震観測記録が得られ、近年の設計基準地震動に匹敵するか上回るような大振幅の強震動となった。また、断層近傍の地点で明瞭なパルス波が見られた。地震動と構造物被害の關係に焦点を当てて、3月と4月に現地調査を実施し、強震観測地点周辺での構造物被害の状況を観察し、それに基づいてMM震度を判定した。被害判定に基づく震度は計算震度より下回る場合が多い。

## 1. はじめに

2023年2月6日トルコ南東部のKahramanmaraş（カフラマンマラシュ）県に震源を持つ2つの地震が起きた。現地時間の4時17分に、東アナトリア断層に沿うMw=7.7のPazarcık（パザルジク）本震が起き、その約9時間後13時24分に北方でMw=7.6のElbistan地震が起きて、広範囲にわたり甚大な被害が生じた。これら2地震はKahramanmaraş地震と呼ばれている（トルコ政府）。トルコでの観測史上最大級の2つの地震により、強い地震動が発生して東アナトリア断層に沿う地域とシリア北部に甚大な被害がもたらされた。3月6日時点でのトルコ政府発表のデータによれば、犠牲者の数は47,000人を超え、建物被害は約52万棟とトルコ史上最大のものとなった。

これらの地震ではトルコ政府内務省AFADにより整備運用されていた地震観測ネットワークの多数の地点で強震観測記録が得られ、近年の設計基準地震動に匹敵するか上回るような大振幅の強震動となった（METU）。断層近傍の観測地点では震源断層か

ら射出されたと解釈できるような明瞭なパルス波が見られた。そこで、地震動と構造物被害の關係に焦点を当てて、第1著者は3月、4月、8月の3度にわたり第2著者または第4著者とともに現地調査を実施し、強震観測地点周辺での構造物被害の状況を観察するとともに微動観測を実施した。3月は全域の各種構造物被害の全貌把握に焦点を当てた被害調査と地震計と被害集中域での微動観測を実施した。4月は橋梁の被害に重きを置き、同様の調査を行った。8月は同様の微動観測を中心として現地調査を実施した。本報告では、3月・4月の調査結果を扱い、微動観測については述べない。

## 2. 地震動と構造物被害

### 2.1 概要

#### (1) 地震動

地震直後の地震動の逆解析からはKahramanmaraş地震の震源から東アナトリア断層帯を北西に延びる方向での断層運動が注目されたが、震源からHatay県



表-1 各地の観測点における地震計周辺の地震動の大きさ (JMA 計測震度, 推定 MM 震度, PGA, PGV)

地震計 No.	地震計地名	JMA 計測震度	MMI 震度	PGA cm/s <sup>2</sup>	PGV cm/s	現地調査	微動測定	震度判定
Seismometer	Location	JMA intensity	MM intensity			Field damage survey	Micro-tremor	3月, 4月の現地調査による暫定的判定
2703	Gaziantep	4.6	VIII	165.1	15.8	○		VII-VIII
201	Adiyaman	5.5	XI	879.9	41.9	○	○	VIII-X
213	Tut	5.5	IX	291.3	82.7			
4615	Narli, West	6.2	XI	664.2	134.3	○	○	VIII-X
NAR	Narli, East	5.8	X	784.6	97.1	○	○	VIII-IX
4620	Kahramanmaras	5.0	IX	320.9	34.2	○	○	VIII-X
4624	Kahramanmaras AP west	5.7	X	357.6	57.9	○	○	VIII
4616	Turkoglu	5.9	X	652.8	93.3	○	○	IX-XI
2712	Nurdagi	6.1	X	602.7	108.6	○	○	IX-XI
2708	Fevtipasa	6.3	XII	1787.9	145.7	○	○	VIII-X
2718	Islahiye	6.0	XI	702.4	108.2	○	○	IX-XI
3138	Hassa	6.7	XII	1296.3	197.3	○	○	IX-X
3137	Hassa village	5.8	XI	848.0	76.3			
3145	Balarmudu	6.2	XI	696.4	142.2	○	○	VIII-X
3139	Guzelce	6.2	X	577.1	152.5			
3142	Kirkhan	5.9	XI	749.5	79.5	○	○	X-XI
3141	Serinyol	6.2	XI	961.1	125.5	○	○	IX-X
3123	Antakya west	6.3	XI	867.6	186.2	○	○	X-XI
3124	Antakya west	6.3	X	658.3	110.2	○	○	IX-X
3125	Antakya west	5.9	XI	1121.9	94.0	○	○	VIII-IX
3126	Antakya west	6.2	XI	1211.0	78.7	○	○	VIII-IX
3129	Antakya west	6.5	XII	1353.0	170.8			
3131	Antakya east	5.8	X	366.1	49.2			
3132	Antakya east	6.1	X	515.3	67.5			
3134	Dortyol	5.3	IX	246.1	35.7			
3135	Arsuz	6.3	XII	1372.1	71.4			
3136	Altinozu	5.7	X	402.0	52.8			

現地調査に際しては、AFADとの連絡を取り、JICAの協力を得て、森とPolatは3月3日から3月7日まで現地調査を実施した。現地調査は、Gaziantep, Kahramanmaraş, Hatay, Adiyamanの各県におけるAFAD地震計設置点とその市町の被害集中域で微動測定と建物被害観察を実施した。また、移動する道路と地表地震断層（事前にUSGSにより読み取られていたものと現地で判断できたもの）との交差点では、道路被害と構造物被害の有無と状況を確認した。地表地震断層の観察、地震計周辺の建物被害分布の把握、倒壊を免れた被害建物の詳細観察に、構造物点検用の衝突自動回避する性能を有する500g未満の軽量小型ドローンを使用した。使用については事前に申請して、トルコの法律に基づいて、一定の条件下では操作規制のないトルコ人が操作し、操作補助を

第1著者が行った。

### (3) 構造物被害状況に基づく震度推定

構造物や地盤の被害状況からJMA震度で4以上、MM震度でVI以上では、震度階が推定できる。一方、地震動記録があれば、JMA計測震度は3成分加速度波形よりフィルター操作などの決められた手順を経て計算できる。また、MM震度は、最大加速度（PGA）や最大速度（PGV）などとの単純な変換式がさまざまに提案されている。ここでは、M. Bilal and A. Askan (BSSA, 2014)のPGAを用いる式(1)によるものとした。

$$MMI=0.287+3.625 \log(PGA) \quad (1)$$

表-1に各地の観測点における地震計周辺の地震動の大きさ (JMA 計測震度, 推定MM震度, PGA, PGV)

を示す。また、建物被害や構造物・地盤被害状況から判定した地震計設置都市集落の判定MM震度を示す。この表は、4月調査終了時点での中間結果であり、今後修正される可能性がある。JMA計測震度や推定MM震度の値から想定される被害状況に比べて、どちらかと言えば被害率は低いところが多いと判断している。すなわち、現地被害調査に基づく震度判定は、PGAから算出されるMM震度よりも小さい。しかし、前述したようにG2やG3に対応する被害認識が異なる可能性もあり、被害率にG2やG3を含めるのか否かに関して詳しく述べたものが少ない。EMS-98のような構造種別ごとに行った定量評価に基づいた震度判定を基礎にする必要がある。

## 2.2 各地の被害

### (1) Adiyaman

Adiyaman(アドゥヤマン)では、4月に調査した際、倒壊した建物はほとんど解体・除去されており、解体・除去されてがれきが残る更地と致命的な被害を免れた建物が混在する状況がいたるところに見られた。写真-1に崩壊建物解体と耐えた建物の事例を示す。東西に走る幹線道路沿いにある写真の10階建て住宅は、全ての階で壁が被害を生じており、下層ほど被害程度が大きくなり、1・2階の壁の多くが崩れ落ち、RCの柱・梁が露出している。EMS98の被害レベルはGrade-3である。しかしながら、写真-2に1階を拡大したものを示すが、柱・梁にはひび割れなどの



写真-1 崩壊建物解体と地震に耐えた建物の事例



写真-2 地震に耐えた建物の1・2階の壁

構造的損傷は見られず、中空レンガ積造充填内壁がせん断破壊して、面外方向の揺れにより破壊片が落下するという被害形態である。一方、この建物の右側敷地には、倒壊した同程度の高さの住宅のがれきと杭の鉄筋(丸鋼φ12mm)が残っており、コンクリート片は脆く粗悪なものであった。したがって、弱い弱な建物が選択的に倒壊したと推察される。

### (2) Gaziantep

Gaziantep(ガジアンテップ)市では、地元の人によれば、Şehitkamil(シェヒットカミル)地区の2つの街区で高層住宅がパンケーキ倒壊したという。1つは、Ataturk(アタチュルク)街区の6棟セットの9階建てアパート(15年前建設と近所の人の話)が全て崩壊した現場。解体されて、何も残っていなかった。基礎も全て除去されていた。周辺の7階、12階の建物に顕著な被害は認められなかった。

もう一つはBatikent(バトゥケント)街区の少し離れた2棟である。写真-3に崩壊した9階建てRC造アパートを示す。1階を拡大したものを示す9階建てのツインタワーだが、一方のみがパンケーキ状倒壊した。残った方は、内側から観察できた柱・壁については被害がなかった。パンケーキ状に倒壊して残っていた柱・梁・壁のコンクリートは砂状の塊のところもあり一部で脆いものがあった。写真-4に1階柱の破壊断面を示す。鉄筋は丸鋼で、隅柱は主鉄筋(φ18mm, 15mm混在)の量が十分であったが、せん断補強筋が細くて本数が少なく、端部は90度フックであった。



写真-3 崩壊した9階建てRC造アパート



写真-4 1階柱の破壊断面



写真-5 Nurdağı 市中心部 3月4日状況



写真-6 Nurdağı 市中心部 4月19日の状況



写真-7 地震計 NAR



写真-8 NAR 丘陵から望む Narlı 西地区

鉄筋・コンクリートともに不適切なものと判断した。なお、トルコでは、業者を違えて発注することが普通のようなので、建設業者が異なっていた可能性がある。その他の建物は、外観からの損傷は認識できず無被害もしくは軽微な被害であると思われる。したがって、ぜい弱な建物が選択的に倒壊したと推察される。

### (3) Nurdağı

Nurdağı（ヌルダグ）市では、市の中心部が壊滅的な被害を受けた。写真-5は3月4日の市中心部の道路沿いの被害状況である。左の2階建物は中空ブロック積みの壁で支持されているのに対して右の建物は中空レンガ積みの壁で充填された、極めて細い柱・梁によるRC造である。いずれも2階建てであるが、1階が倒壊していた。写真-6は4月19日における中心部の状況である。パンケーキ状倒壊を多く含む倒壊建物や倒壊寸前の建物が多かった領域であったが、解体・撤去されていて、元の建物などは分からない状態であった。残留している建物は、壁などの部材は被害を受けているが、柱・梁の主要構造にはひびが入っておらず、被害レベルはGrade-3である。

### (4) Narlı

Narlı（ナルル）では、平地を挟み西の地区（4615）と東の丘陵地区（NAR）の両方にAFAD地震計がある。それぞれ、JMA計測震度で6.2と5.8であり、震度6強と6弱であり、日本でも被害が発生するレベルである。写真-7は地震計NARであり、丘陵の頂上にある。観測小屋の前に微動計（QS）が見える。観測小



写真-9 地震計 4615 周辺の住宅地の様子

屋の左側の近くに通信鉄塔があり、この鉄塔の振動の影響の有無が気になる。ここからは、西の地区が遠望できる。写真-8にNAR丘陵から望むNarlı西地区を示す。間にあるNarlı平野を横断する無舗装道路（白っぽく見える）が直交する地表地震断層により約4mの左横ずれが確認できる。西の地区には1～2階建ての住家が密集しているが、視認できる損傷は見つけられない。

AFAD地震計4615とその前で微動観測を行った際にこの敷地にあるRC造の倉庫の壁には、大きな亀裂が入り水平ずれが生じていた。写真-9はこの地震計の周辺の様子を示す。1～2階建て（多くは2階建て）の比較的新しい住家が円環状に配置された住宅地である。調査の日（3月6日）にはまだ、多くの人が歩道などにテントを張って自主的に避難生活をしていった。外観観察からでは、住家には軽微な被害が認められるものもあったが、多くは無被害に見えた。

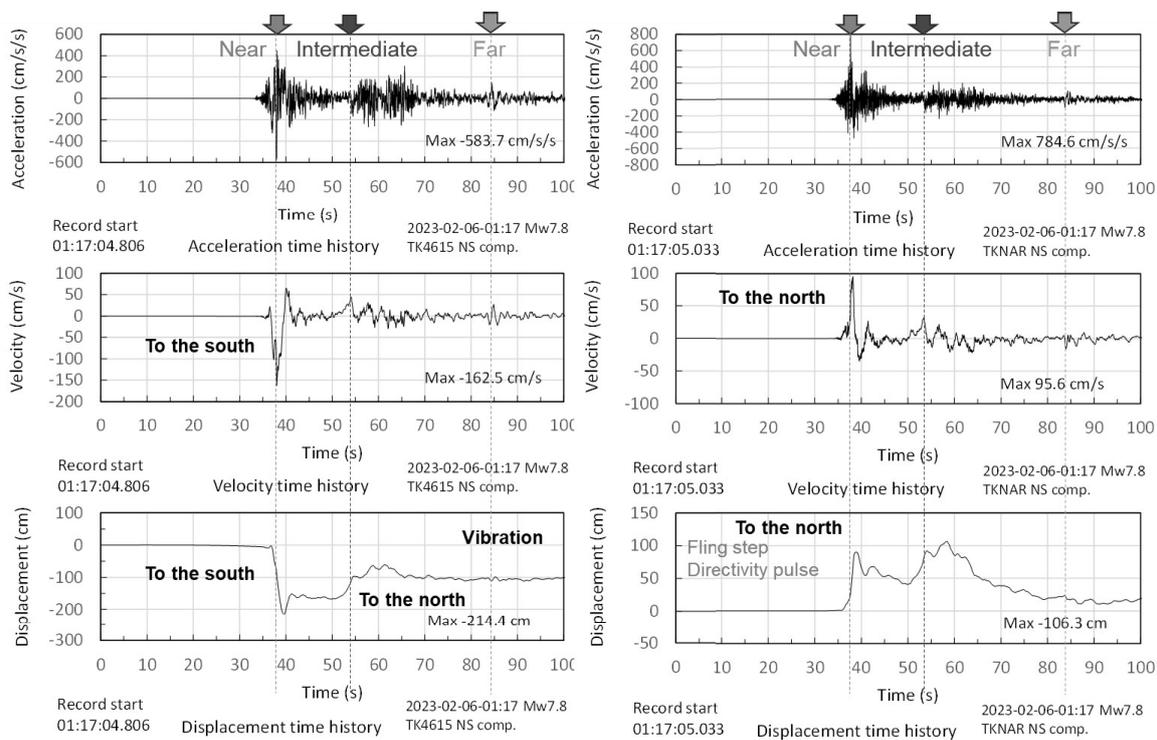


図-4 Narlı における 4615 地点と NAR 地点の地震動 (NS 成分) の加速度・速度・変位の時刻歴

図-4に、Mw7.7本震の際のNarlıにおける4615地点とNAR地点の地震動 (NS成分) の加速度・速度・変位の時刻歴を示す。最大加速度はそれぞれスパイク状のピーク値であり、 $-584\text{cm/s}^2$ 、 $785\text{cm/s}^2$ と言う大振幅であり、その後も $200\text{--}300\text{cm/s}^2$ は何度も超えており、構造物への影響が大きく、被害発生レベルである。しかし、前述のように被害は軽微であった。

さて、2回積分は、階段状の1段階のステップ関数で基線がずれるとのモデル (大原ら, 2008) を用いて、基線ずれ時刻とずれ量の2つを求めて、時刻歴直接積分によって計算した。速度波形と変位波形で、西側の4615が南に、東側のNARが北に動いたことがよくわかる。38秒付近の速度波形は明瞭な片方向に振幅の大きなパルス波形を呈し、PGVは $-163\text{cm/s}$ 、 $96\text{cm/s}$ と大きな値となっている。それに対応して、変位波形には明瞭なFling step波形が現れ、最大で $-214\text{cm}$ と $106\text{cm}$ であり、差し引き $320\text{cm}$ の動的食い違い変位が現れている。地表断層で見られた $3\text{m}$ 余のずれ変位はFling step変位の残留したものと理解することができそうである。また、加速度波形には明瞭に54秒あたりから始まる2回目の大振幅群が認められ、対応して速度・変位の波形にも振幅は小さいが別のFling step波が認められる。これらは最初の方が観測点近傍の断層運動、2番目が観測点からやや離れた断層運動によるパルス波であると考えられる。すなわち、どこかの地点では、これらの2つの破壊によるFling step波のdirectivity効果が重なったパルス波が生成される可能性があることを示唆している。

#### (5) Islahiye

Islahiye (イスラヒエ) では住宅などが密集する地域から南に離れたところに、ある小学校の敷地にAFAD地震計TK2718がある。JMA計測震度で6.0 (6強)、MM震度でXIと最大級である。写真-10にRC造5階建ての小学校舎を示す。軽微な被害であった。組石造充填内壁 (MIW) やRC骨組みとの間にクラックが入る程度の被害であり、構造部材となる柱はほぼ



写真-10 Islahiye RC5階建て小学校舎 (AFAD2718)



写真-11 校舎北西隅柱周辺の鉄筋の座屈



写真-12 Antakya 市西側で倒壊率が高い領域



写真-13 倒壊寸前の5階建てRC造建物



写真-14 パンケーキ状倒壊した7階建てRC造住宅



写真-15 倒壊建物の柱・梁の接合部

全て無被害である。ほとんどの柱は下端の打ち継ぎ目も開いていない。写真-11に校舎北西隅柱周辺の鉄筋の座屈を示す。柱の最下端と基礎梁上端の継ぎ目で鉄筋が伸びて座屈してはらみ出しているのが確認できた。コンクリートにもクラックが生じている。TK2718の波形分析によれば、南北方向では、北側に大振幅で周期の長いFling Step波が認められており、

## (6) Antakya

Antakya (アンタキヤ) 市は、今回の地震で最も被害の大きな市である。市の中心を流れるOrontes川(オロンテス, Asi川とも言う)を境に、東の左岸側が旧市街で低層建物が多く、被害率は低いのに対して、西の右岸側が新市街で高層建物が多く、また被害率も高い。個々の建物の耐震性の違いもあろうが、高さの違いで被害率が異なることから、それぞれの固有振動数に影響の大きい成分の強さの違いが現れたものとの仮説を立てるのが有効である。写真-12は、川に近い西側でも最も倒壊率が高い領域で、倒壊や倒壊寸前と言った致命的な被害を受けた建物が解体され、がれきが残っている様子である。AFAD地震計TK3123に近い。JMA計測震度6.3, MM震度XI, PGA868cm/s<sup>2</sup>, PGV186cm/sを記録している。また、後ろに見える3棟の建物のように倒壊しなくても壁だけが大きく被害を受けたものも多い。

写真-13は倒壊寸前の5階建てRC造建物である。緊急解体が必要なレベルの被害であることは間違いない。しかし、基礎が被害を受けて上部構造が不等沈下しているのに、各層の梁が大きく変形しながらも

柱と組んで、自重を支えている。柱梁の接合部の配筋が良いのとコンクリート品質が良いためにRC部材の持つ粘り強さを発揮しているとみることができる。このように倒壊しないと、生存空間を維持できるため、死傷者を大幅に減らすことができる。

写真-14はパンケーキ状倒壊した7階建てRC造住宅である。ベランダの片持ち床版と飾り垂れ壁が重なって見える。折れて開きが出るように壊れている部分のほとんどは鉄筋が繋がっていない。この建物で柱・梁の部分を探して観察した。写真-15は倒壊建物の柱・梁の接合部である。接合部で破壊しており、破壊面に見えるコンクリートが極めて脆く、セメント分が不足しているように思われる。また、鉄筋は丸鋼で細く少ない。

## 2.3 Antakya市の被害集中

Antakya (アンタキヤ) 市では被害集中的に発生しているとのメディア報道があった。現地調査前の衛星画像分析 (HOTOSM) による被害状況に基づき、以下の見解を有していた。アンタキヤ市全体で被害が発生しているわけではなく、建物倒壊被害はオロンテス川の西岸で帯状に集中しており、西岸に多い6~10階建てのRC造に被害が多く、東岸に多い低層家屋には被害は少ない。

地震動については、最大加速度 (PGA) は地表地震断層の延長線上の西岸の西側丘陵部で大きく、波形にはパルス波が見られ、ディレクティブティー効果



図-5 Antakya 市における Grade-5 と Grade-4 の被害に絞り込んだ建物被害マッピングの結果

だと思われる波形も見られると解釈していた。

しかし、建物被害は西側の丘陵地で発生しており、被害集中域は河岸段丘崖に位置すると解釈し、地盤のVs30モデル (H. B. Okay, A. A. Özacar, 2023) との比較から、Vs30の高低などでは被害集中は説明しにくいと思われた。Vs30モデルは地下構造の推測の参照になる。

そのほか、大局的には深い地盤構造として、ハタイ地溝帯による陥没構造の可能性もある。もしも、そのような構造があれば、地溝帯陥没構造の内部に位置している可能性があり、その盆地構造に影響さ

れ、西側の盆地端部に起因するエッジ効果 (川瀬, 1996) が現れた可能性がある。

以上の仮説は、まず建物倒壊被害が帯状に集中しているのかどうかである。そこで、Google Earthで公開されている衛星写真では、Antakya市周辺は頻繁に更新されていた。遅い時期のものでは、解体・除去・整地が一目瞭然であるが、前述したように、Grade-3でも解体しているのが現地の実態なので、Grade-4とGrade-5に絞って分布を知る必要がある。そこで、震災直後の衛星画像を用いて、被害判別を行った (第1著者)。図-5にGrade-5とGrade-4の被害に絞り込んだ

建物被害マッピングの結果を示す。3月時点での衛星画像分析 (HOTOSM) の結果では細長い帯状に現れたが、この被害判別では、市の北側では細い帯状であるが、中心部については、楕円状になった。この被害集中域の外側にも塊となって解体・除去エリアがあるが、それは、現地での一部の確認から、Grade-3程度の被害である可能性が高い。したがって、Antakya市における被害集中原因を解明する意義は高いと思われる。

### 3. まとめ

地震動と構造物被害の関係に焦点を当てて、3月と4月に現地調査を実施し、強震観測地点周辺での構造物被害の状況を観察し、それに基づいてMM震度を判定した。被害判定に基づく震度は計算震度より下回る場合が多い。

今後は、地震計周辺の被害率を求め震度判定を行い、地震記録から得られるJMA計測震度との関係を明らかにすること、地震計と被害集中域での微動観測によって被害集中域でのJMA計測震度と被害率と周りの関係を明らかにすること、これらを併せて被害率からJMA計測震度を求められるようにすること、MM震度への換算方法を考案することが残された課題である。

### 謝 辞

本稿は、本研究における現地調査に当たり、多くの方々にご支援・ご協力をいただきました。3月の現地調査では、京都大学防災研究所自然災害研究協議会には調査旅費助成を戴きました。また、トルコ国災害緊急事態管理庁 (AFAD) には貴重なデータ提供で、同地震リスク低減部門のGeneral ManagerのOrhan Tatar博士からは現地調査許可を戴くのにお世話になりました。東北大学災害科学国際研究所の特任教授の竹谷公男先生およびJICA地球環境部防災グループの皆様には地震直後での現地調査に対して様々なご支援を戴きました。山口大学非常勤講師の村上ひとみ先生には、様々なご支援ご協力を戴き、4月の調査に同行して戴きました。芙蓉コンサルタントの故・大野二郎様、須賀幸一様、SkydioのTom Moss様、JIWの柴田巧様には、調査に当たり調査機材などでご支援戴きました。CODE海外災害援助市民センター事務局長の吉椿雅道様には、地震直後2月以降のアドゥヤマン (Adiyaman) の被災実況を教えてくださいました。4月の現地調査は、科学研究費助成事業 (特別研究促進費) 「2023年トルコ南部の地震と災害に関する総合調査」として実施しました。兵庫県立大

学教授の阪本真由美先生とBoğaziçi大学Technical ExpertのDilek Kepekçi様にはこの4月現地調査に同行していただきました。ここに記して深く謝意を表します。

### 参考文献

- 大原 光世, 森 伸一郎, 門田 慶史: 2008年岩手・宮城内陸地震における地震記録から求めた永久変位, 地盤工学会四国支部技術研究発表会講演概要集, pp.73-74, 2008.9.
- 川島 一彦, 渡邊 学歩: 斜橋における落橋防止構造の有効性に関する研究, 土木学会論文集, No.675/I-55, 141-159, 2001. [https://doi.org/10.2208/jscej.2001.675\\_141](https://doi.org/10.2208/jscej.2001.675_141)
- 森 伸一郎, 大里 重人, 千葉 達朗: 2023年2月6日トルコ・シリア地震の地震動と被害状況 インターネットから得られる情報に基づく地震動と構造物被害状況の予備的な工学的分析, 2023年2月6日トルコ・シリア地震緊急報告会 (オンライン公開), 松山, 2023.3.1.
- 森 伸一郎, 大里 重人, 千葉 達朗, Nurcan M. Özel, Gülten Polat: 2023年トルコ・シリア地震の現地調査速報, 2023年トルコ・シリア地震現地調査速報会 (オンライン公開), 松山, 2023.3.15.
- 森 伸一郎, 大里 重人, 千葉 達朗, Nurcan M. Özel, Gülten Polat: 2023年2月トルコ・カフラマンマラシユ地震における各地の地震動と構造物被害, 日本地球惑星科学連合2023年大会 (JpGU-2023), U-1309, 2023.5.
- AFAD: TADAS (Turkish Accelerometric Database and Analysis System), 2023.2.7-2023.2.21(Downloaded). <https://tadas.afad.gov.tr/event-detail/15499>
- European Seismological Commission: European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98), 1998. [https://media.gfz-potsdam.de/gfz/sec26/resources/documents/PDF/EMS-98\\_Original\\_englisch.pdf](https://media.gfz-potsdam.de/gfz/sec26/resources/documents/PDF/EMS-98_Original_englisch.pdf)
- Government of Türkiye: Türkiye earthquakes recovery and reconstruction assessment, 27 Mar 2023, <https://reliefweb.int/report/turkiye/turkiye-earthquakes-recovery-and-reconstruction-assessment>
- Middle East Technical University: Preliminary Reconnaissance Report on February 6, 2023, Pazarcık Mw=7.7 and Elbistan Mw=7.6, Kahramanmaraş - Türkiye Earthquakes, [https://eerc.metu.edu.tr/en/system/files/documents/DMAM\\_Report\\_2023\\_Kahramanmaraş-Pazarcık\\_and\\_Elbi stan\\_Earthquakes\\_Report\\_final\\_ENG.pdf](https://eerc.metu.edu.tr/en/system/files/documents/DMAM_Report_2023_Kahramanmaraş-Pazarcık_and_Elbi stan_Earthquakes_Report_final_ENG.pdf)
- Mustafa Biral (METU修士論文,2013)

USGS: Turkey Earthquake Emergency Response,  
Surface rupture lines, 2023.2.19, revised 2023.3.15.  
(Down-load-ed)<https://usgs.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=5229bb842bd64b688d769abbe43b46>  
人道支援 OpenStreetMap チーム: HOTOSM Turkey  
Destroyed Buildings (OpenStreetMap Export),  
[https://data.humdata.org/dataset/hotosm\\_tur\\_destroyed\\_buildings?fbclid=IwAR1Iu8ceLbEDAQhp95vMevj5UGINufknpmmVL6rdLzZkkRb8mhp0\\_wLqP0I](https://data.humdata.org/dataset/hotosm_tur_destroyed_buildings?fbclid=IwAR1Iu8ceLbEDAQhp95vMevj5UGINufknpmmVL6rdLzZkkRb8mhp0_wLqP0I)

Middle East Technical University: Preliminary  
Recon-naissance Report on February 6, 2023, Pazarcık  
Mw=7.7 and Elbistan Mw=7.6,  
Kahramanmaraş-Türkiye Earth-quakes, REPORT NO:  
METU/EERC 2023-01, 2023.  
2023 Turkey Earthquakes - Building Damage Assessment  
Map