

Preliminary Report on The 2023 Turkey–Syria Earthquake from Geotechnical Aspects

2023年 トルコ・シリア地震 簡易調査報告（地盤）

2023年2月に発生したトルコ南部の地震（M7.7, M7.6）に関する被害調査報告会（速報）

2023年5月29日 オンライン

志賀 正崇・森口 周仁・石川 敬祐・加藤 一紀・井上和真

清田 隆・飛田 哲男・鳥巢セダ

建築学会・土木学会・地盤工学会・地震工学会 合同調査団 (3/29~4/2)

日本側

清田 隆 東京大学 生産技術研究所

飛田 哲男 関西大学

鳥巢 セダ 大林組

トルコ側

Özer Çinicioğlu Boğaziçi University

Gökçe Tönük MEF University

土木学会地震工学委員会・地震工学会 合同調査 (5/6~5/9)

日本側

森口 周仁 東北大学災害科学国際研究所

石川 敬祐 東京電機大学

加藤 一紀 大林組技術研究所

井上 和真 群馬工業高等専門学校

志賀 正崇 長岡技術科学大学

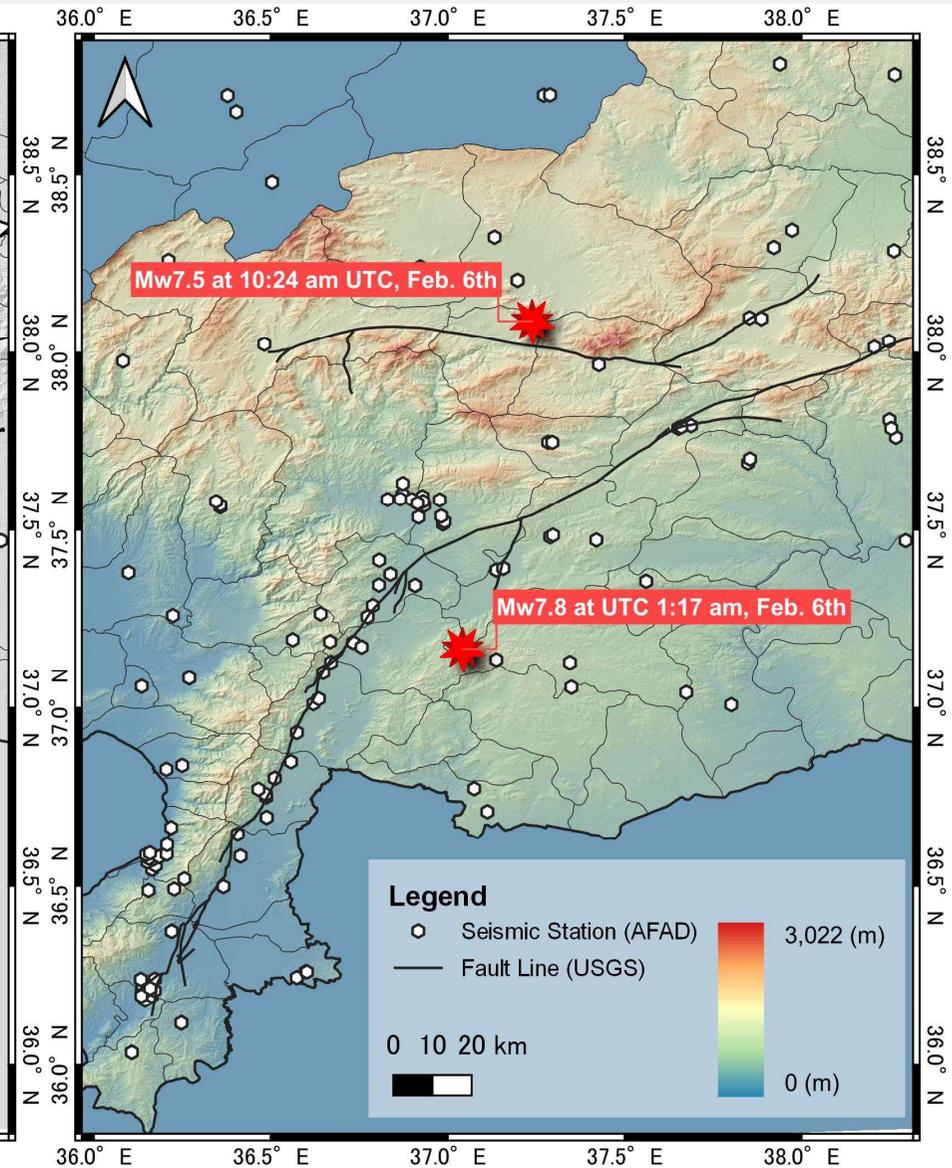
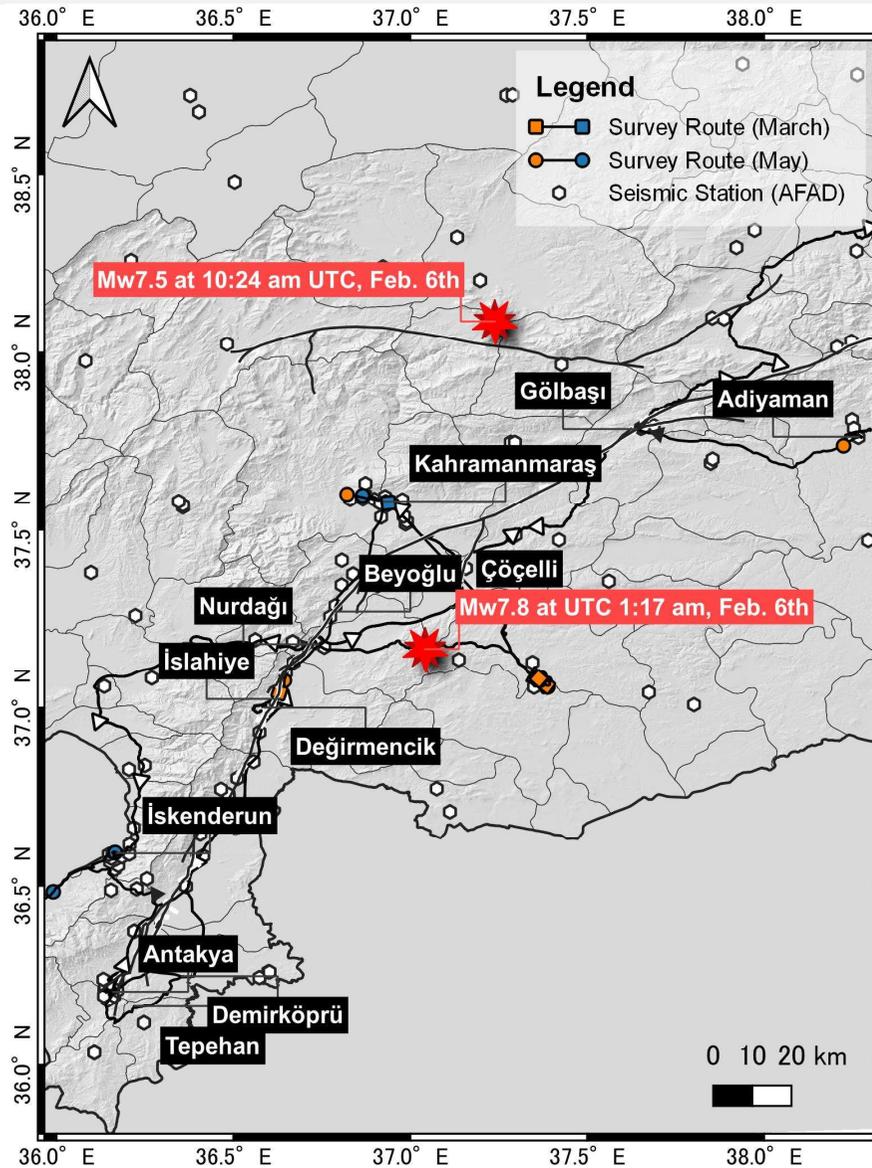
トルコ側

Beyza Taskin
Istanbul Technical

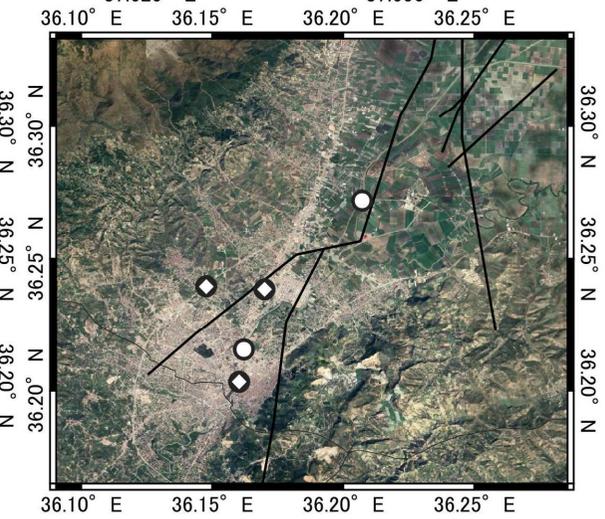
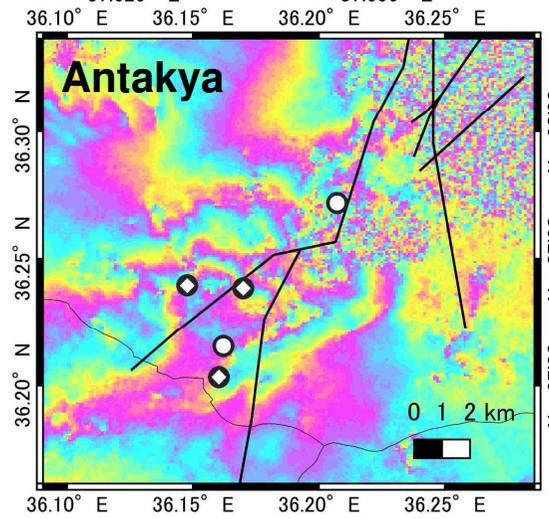
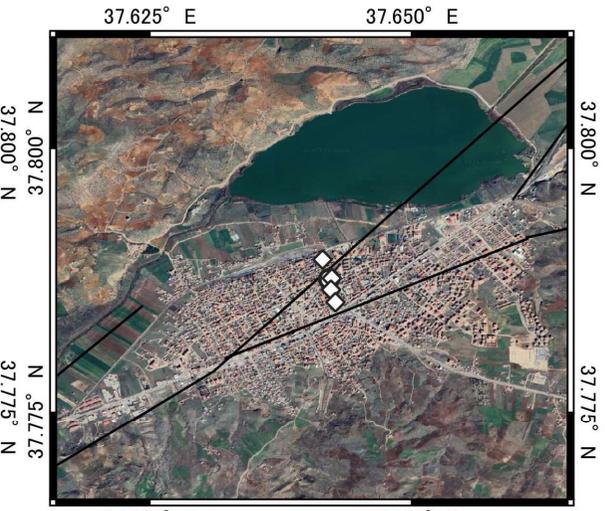
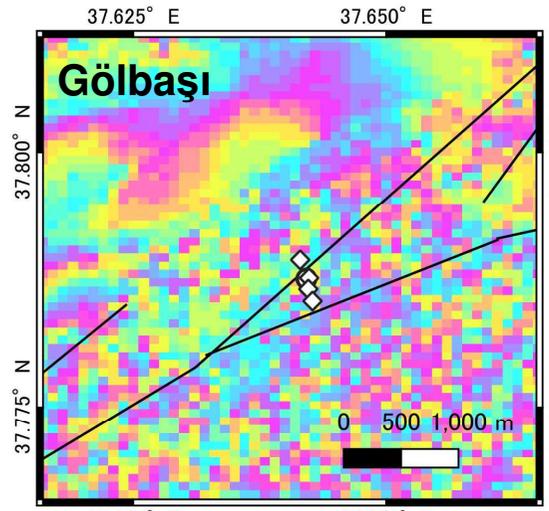
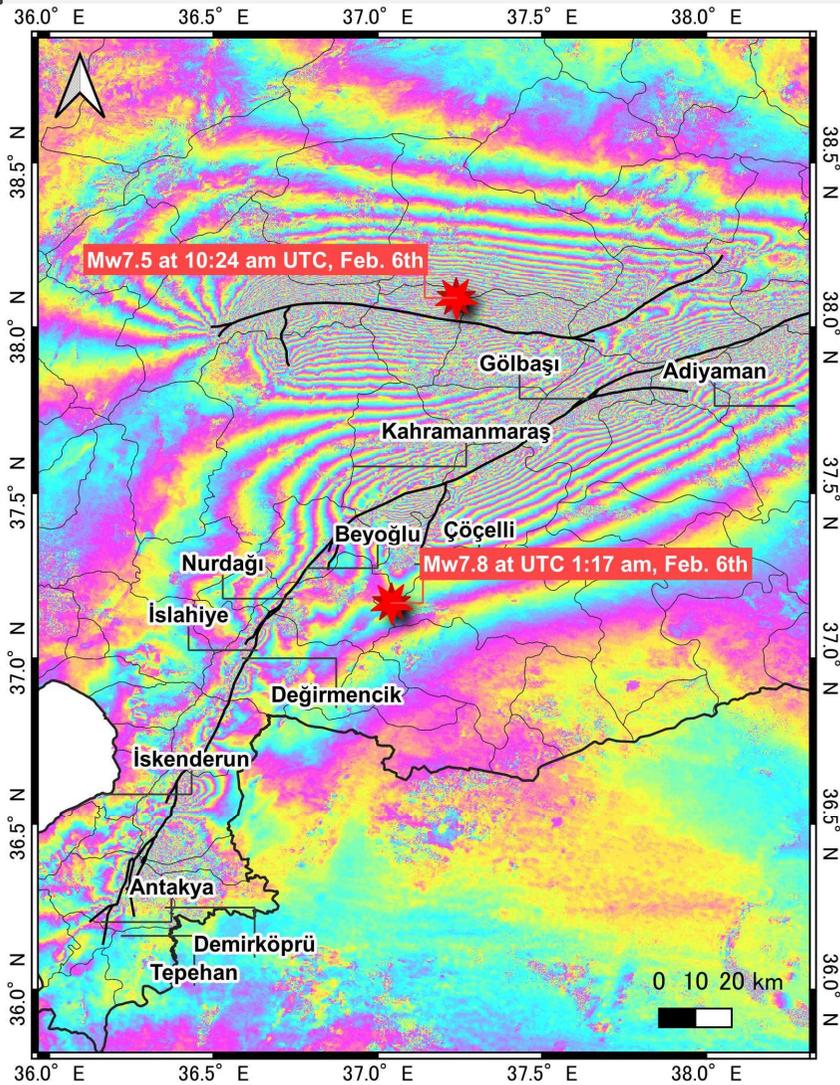
Fatih Sutcu
University

Muzaffer Yazar

調査ポイント



InSARによる地表面変位 (解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA)



衛星写真による地盤変状把握 (Taftsoqlou et al., 2023)

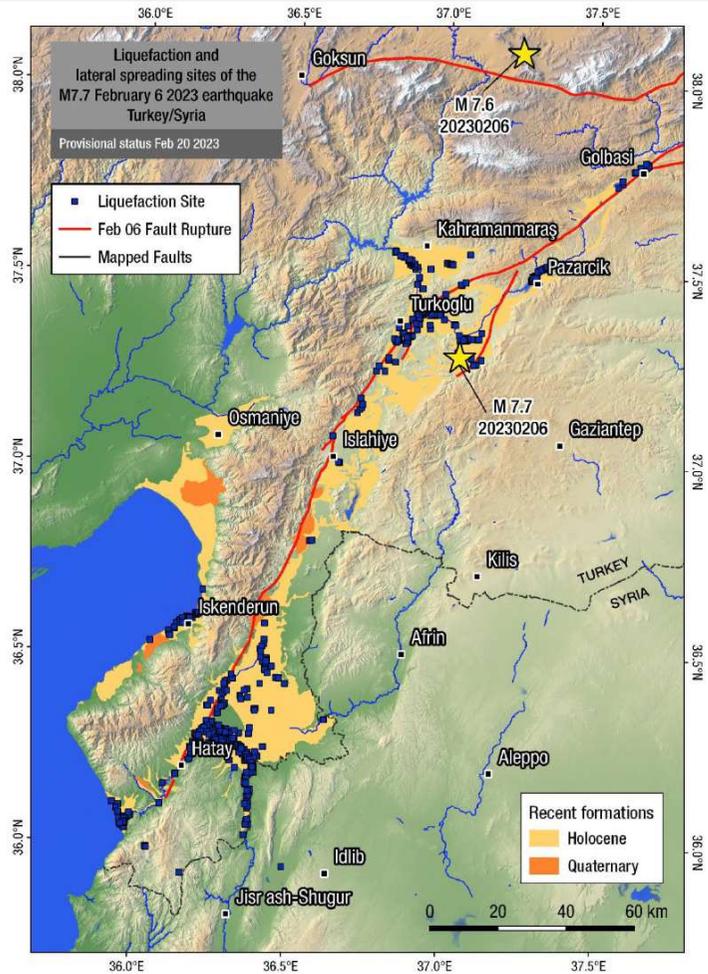


Figure 6. Overview map of liquefaction and lateral spreading sites identified and mapped using satellite imagery. Areas with major concentrations of liquefaction manifestations are Amik plain north of Hatay/Antakya, the extensive fluvial basins near to the M7.7 epicenter and the coastal plains of Hatay/Antakya and Iskenderun. Simplified geology from MTA (2002).



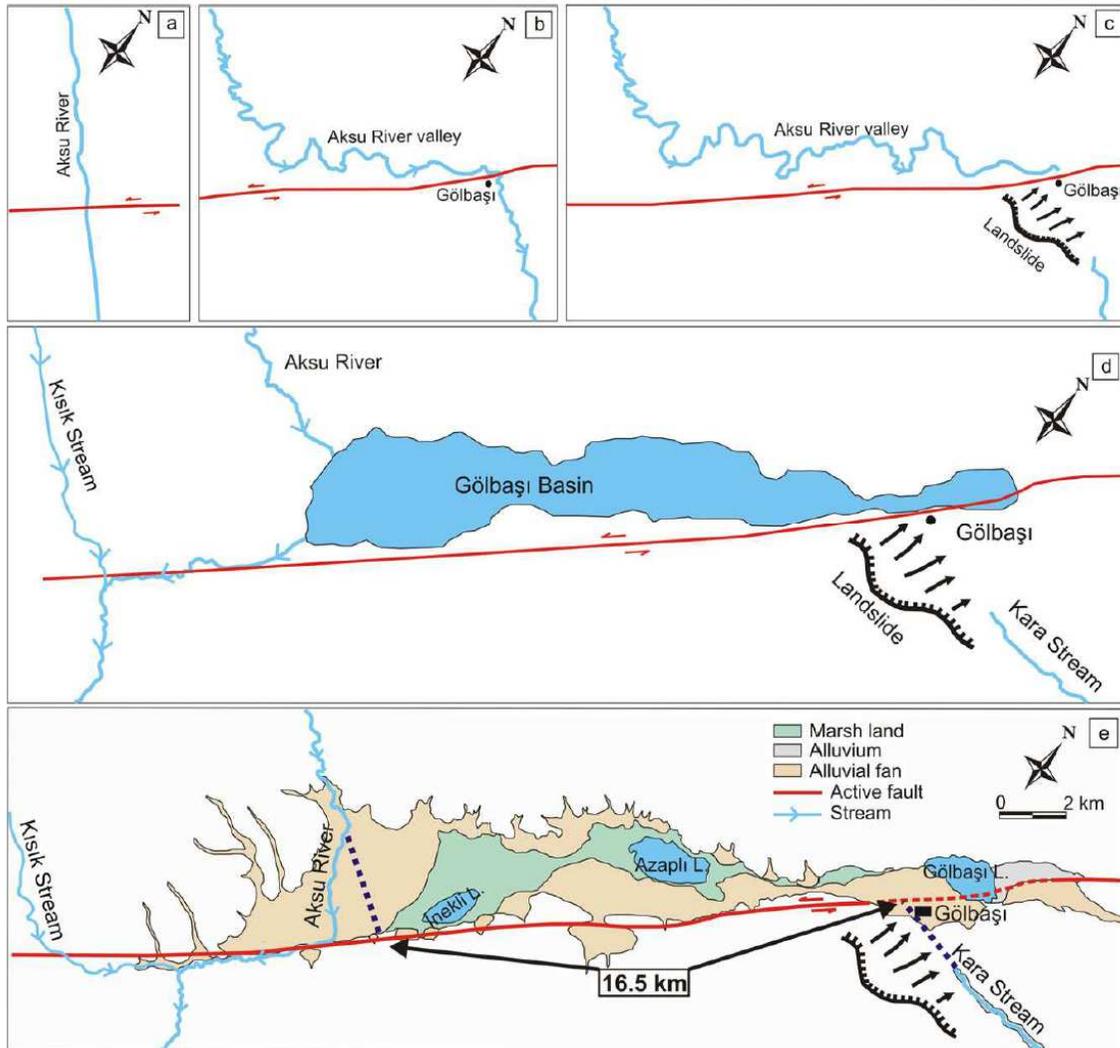
Figure 11. Liquefaction and lateral spreading sites at the coastal plain south of Antakya. Most of the sites are found along the course of Asi (Orontes) river and over abandoned fluvial features.



Figure 12. Liquefaction and lateral spreading sites at the port city of Iskenderun. Most of the sites were found along the coastal front and within the reclaimed port facilities and piers of the old port. Insets show liquefaction ejecta and submerged sections of piers. Widespread lateral spreading and subsidence was manifested along a > 6km section of the coastal front.

- 衛星写真から地盤変状が発生している地点を特定したものの、
- 断層沿いに沖積平野が分布しており、その分布に沿って地盤変状が確認されている。
- 特に**Kahramanmaras**, **Turkoglu**, **Antakya**, **Iskenderun**などで多くの地盤変状が発生している。
- この文献では、液状化とそれによる側方流動の被害としているが、必ずしも液状化が要因でないものも含まれていると思われる。

各都市の被害



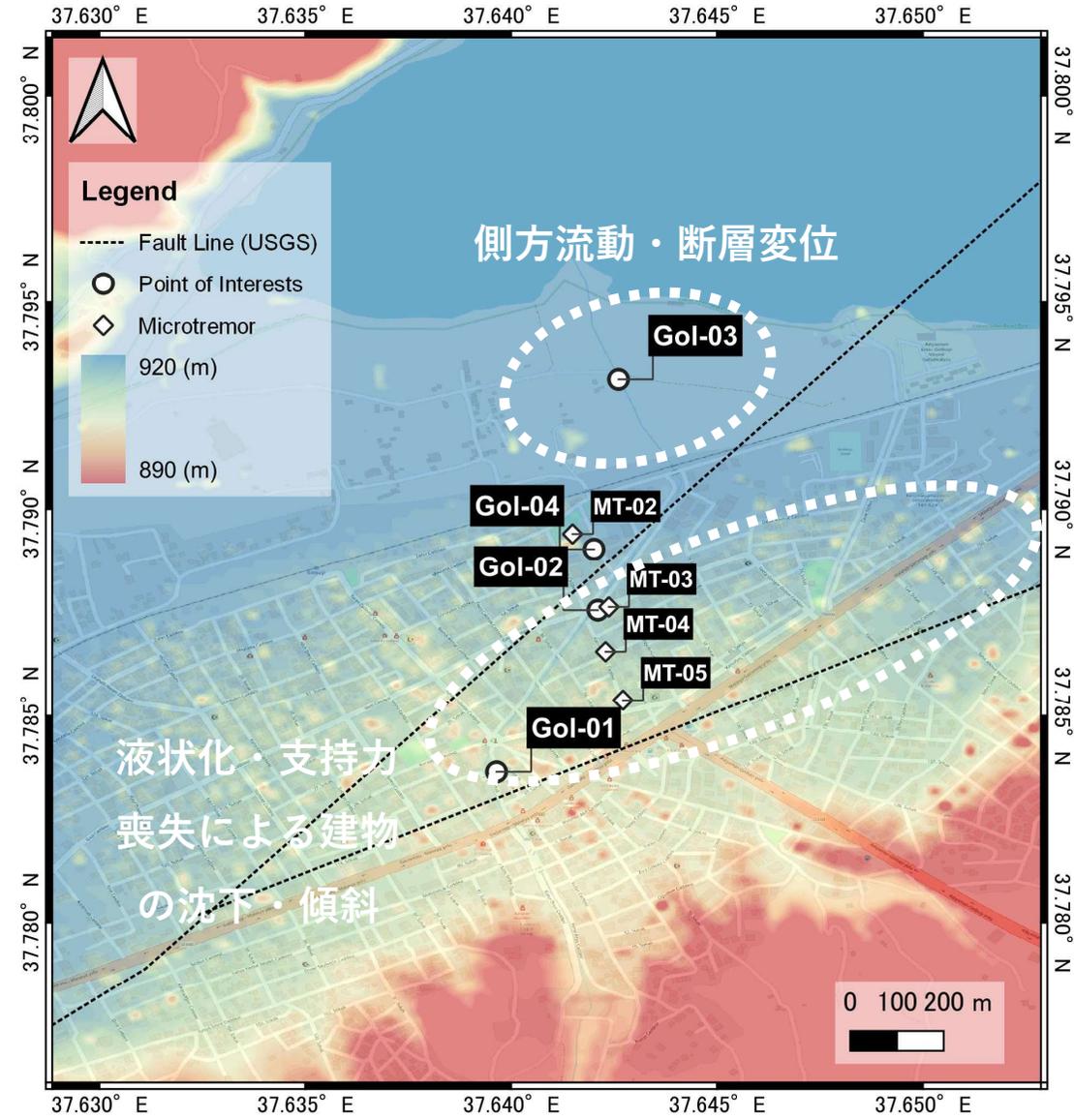
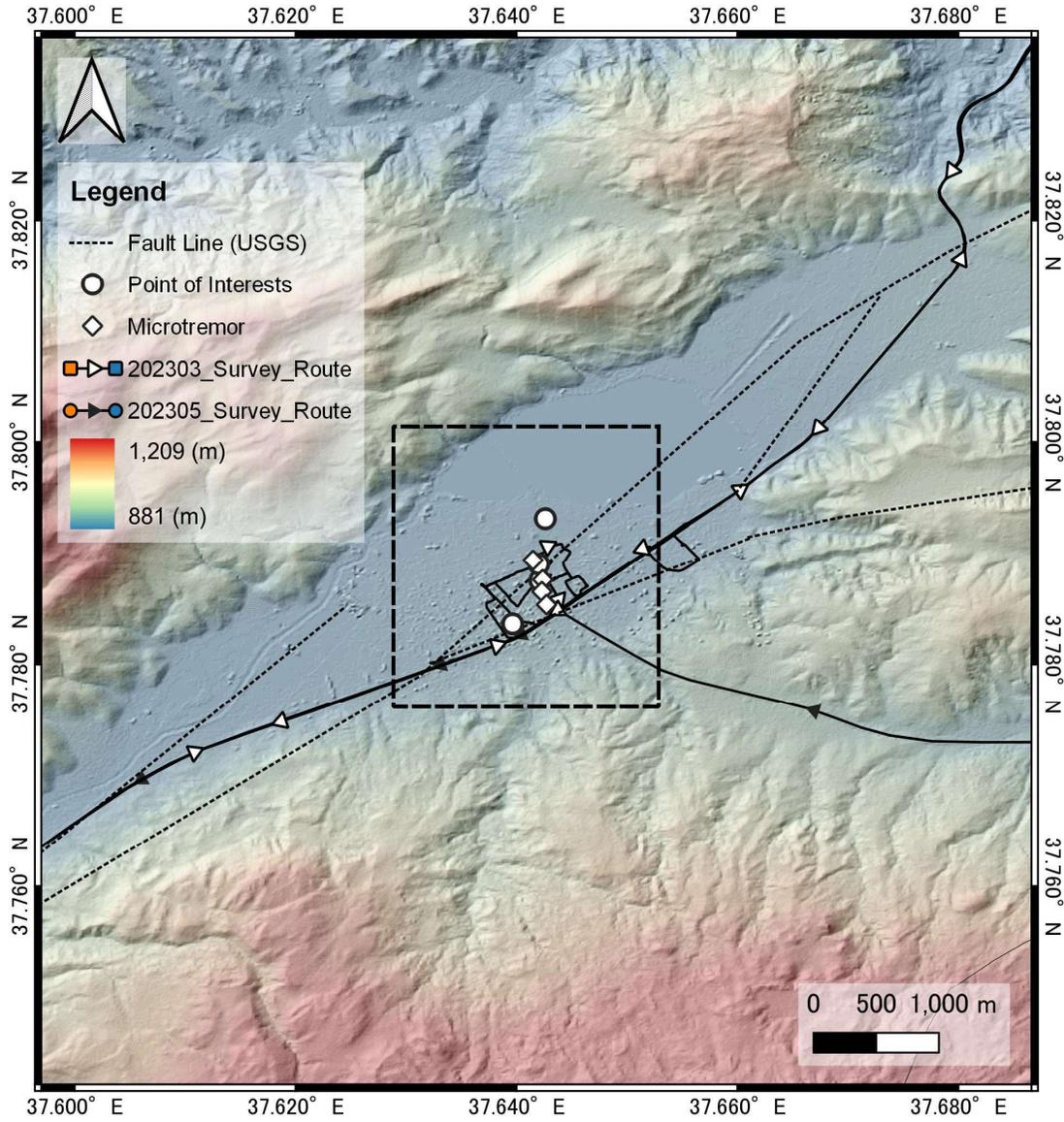
(Yönlü et al., 2013)

周辺地形・地質

- 東アナトリア断層ではGölbaşı 盆地等の断層盆地が複数存在
 - Gölbaşı 盆地は典型的なプルアパート堆積盆で 31,600 ± 500年前の巨大な地滑りで閉塞された断層谷(Yönlü et al., 2013)
- 盆地内では、河川、湖沼堆積物が基盤岩を不整合に覆う構造 (Duman et al., 2013)

被害の特徴

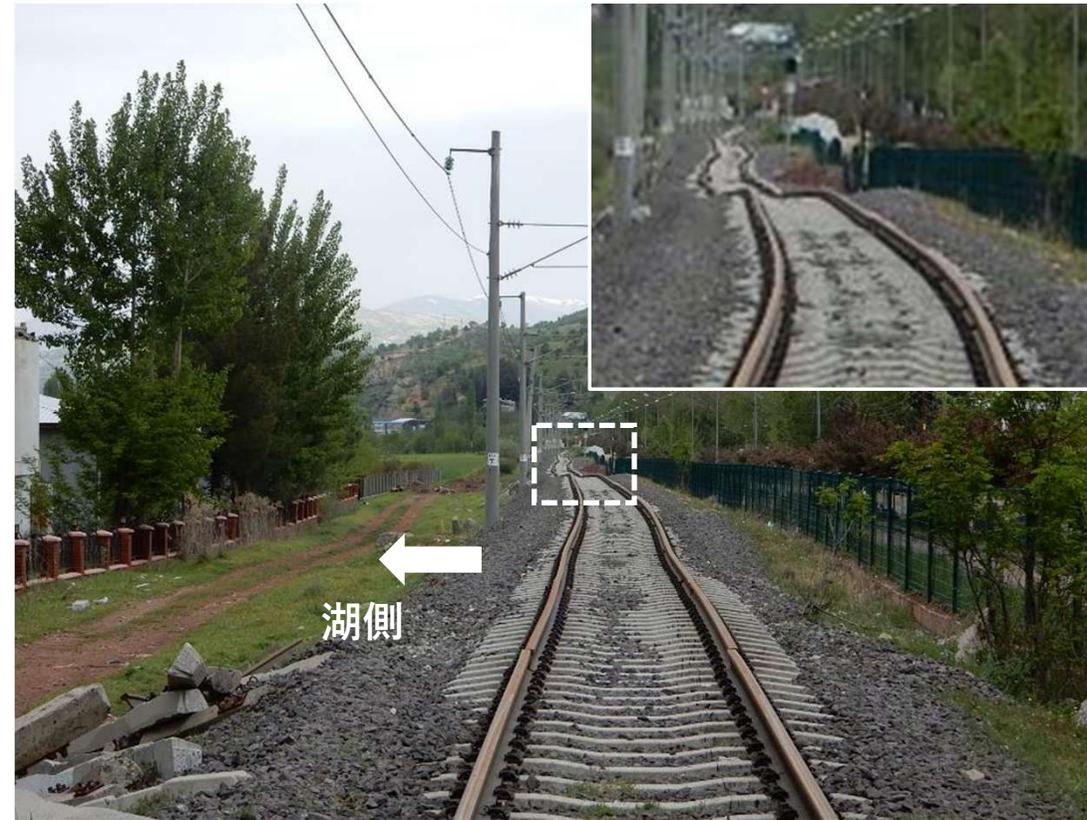
- 地盤の側方流動
- 地震動・断層変位による構造物被害
- 液状化あるいは支持力喪失による構造物の沈下、傾斜





Gol-3 付近

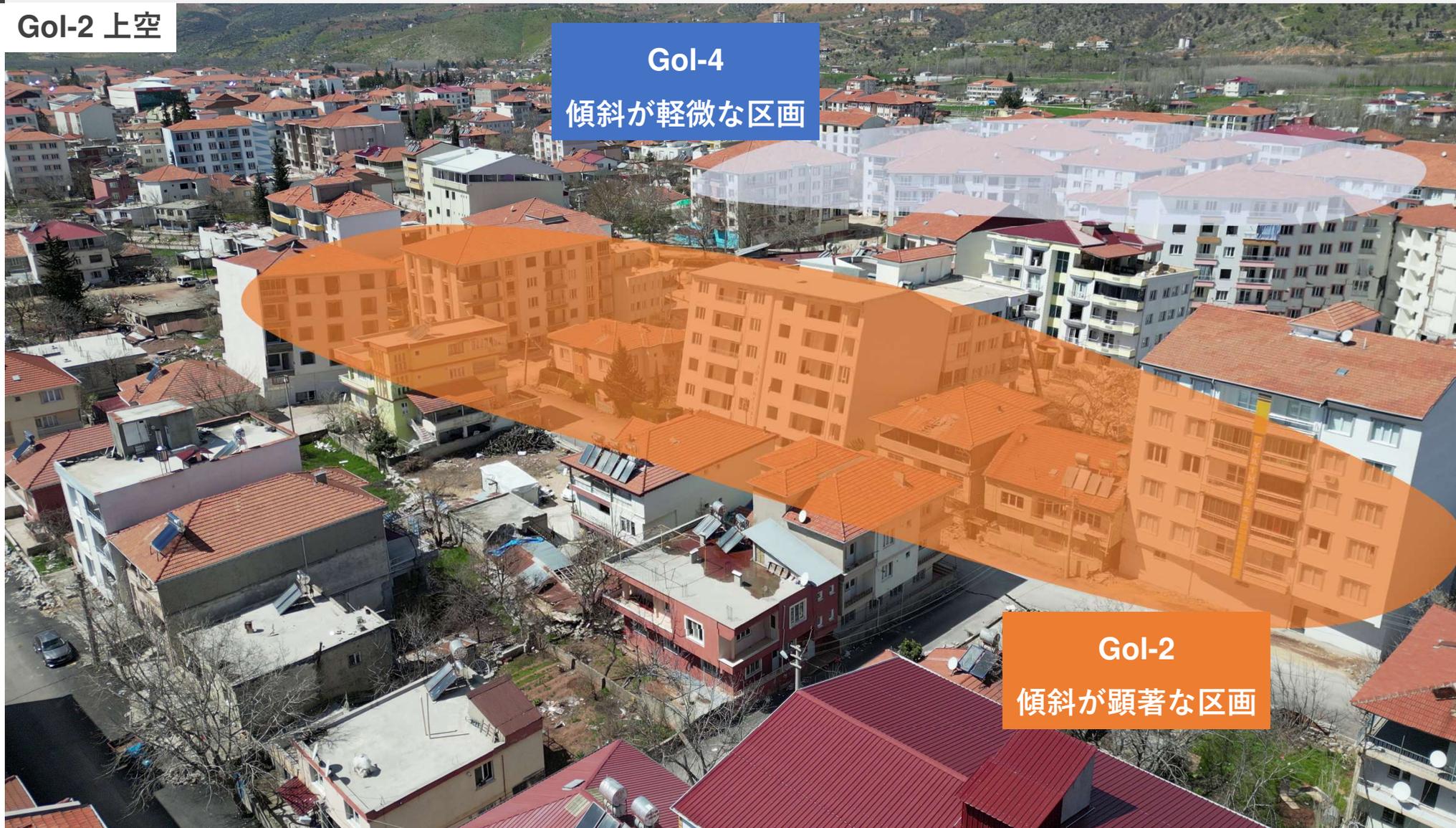
- 1m程度の長さの亀裂が雁行状に分布
- 衛星画像によると湖畔の一部が水没、先端部は滑落崖のような形状



Gol-3 付近

- 断層変位とギョルバシ湖への地盤の側方流動によって軌道と盛土が変形
- 地元住民の話では1~2m付近に地下水位が存在する

Gol-2 上空



Gol-4
傾斜が軽微な区画

Gol-2
傾斜が顕著な区画



14度程度の傾斜



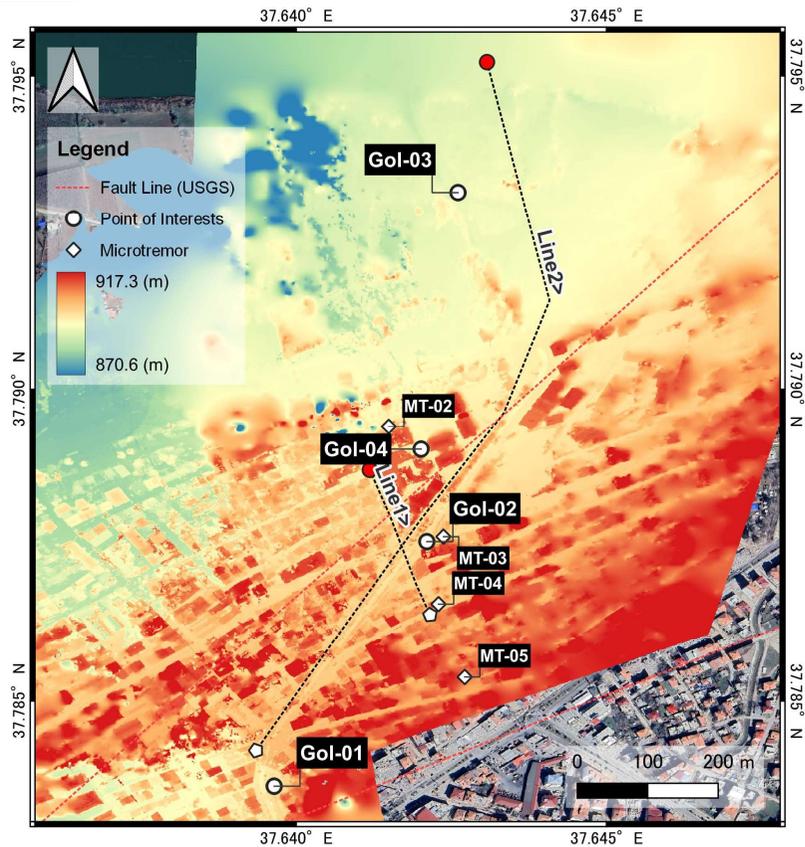
傾斜無し

Gol-2 付近

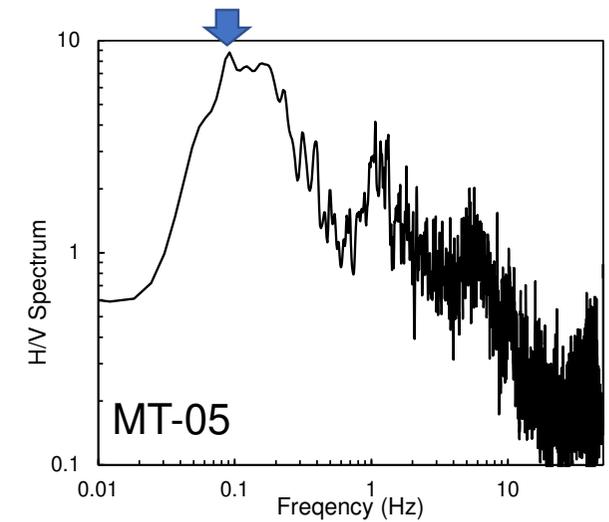
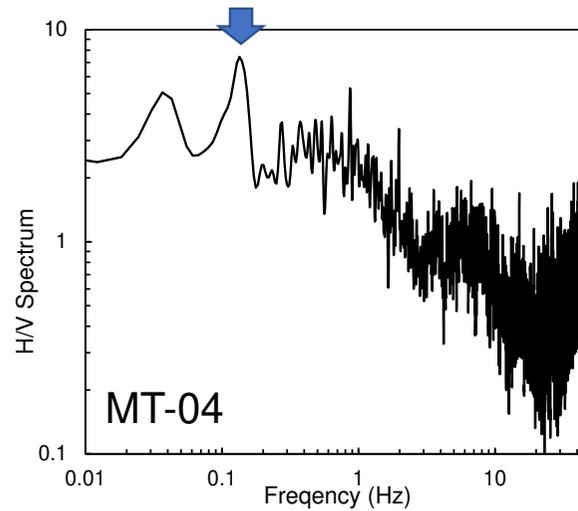
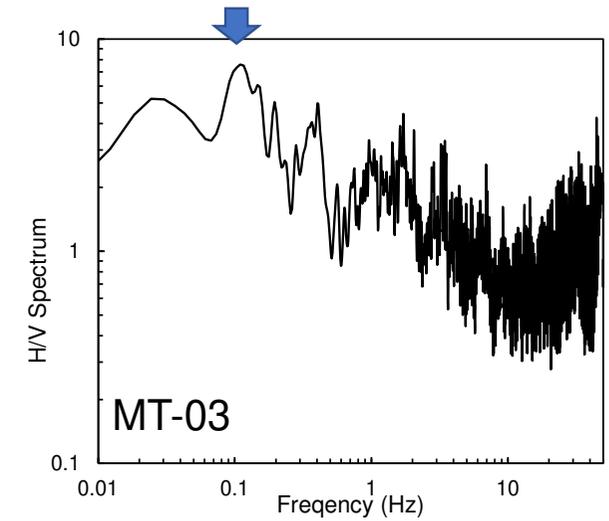
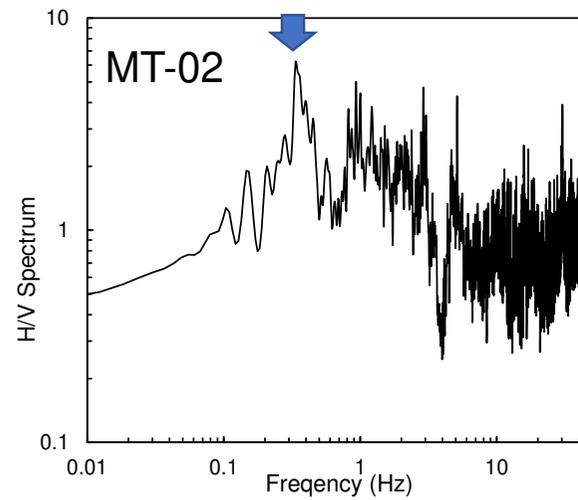
- 液状化による(?)中層構造物の激しい傾斜
- 周辺の低層住宅の沈下や傾斜は軽微
- 周辺道路の舗装にも変形が見られない
- 建物内部の砂(噴砂?)は塑性指数が高いが分級あり
- [ASCEの報告](#)では杭基礎の建物も同じように沈下

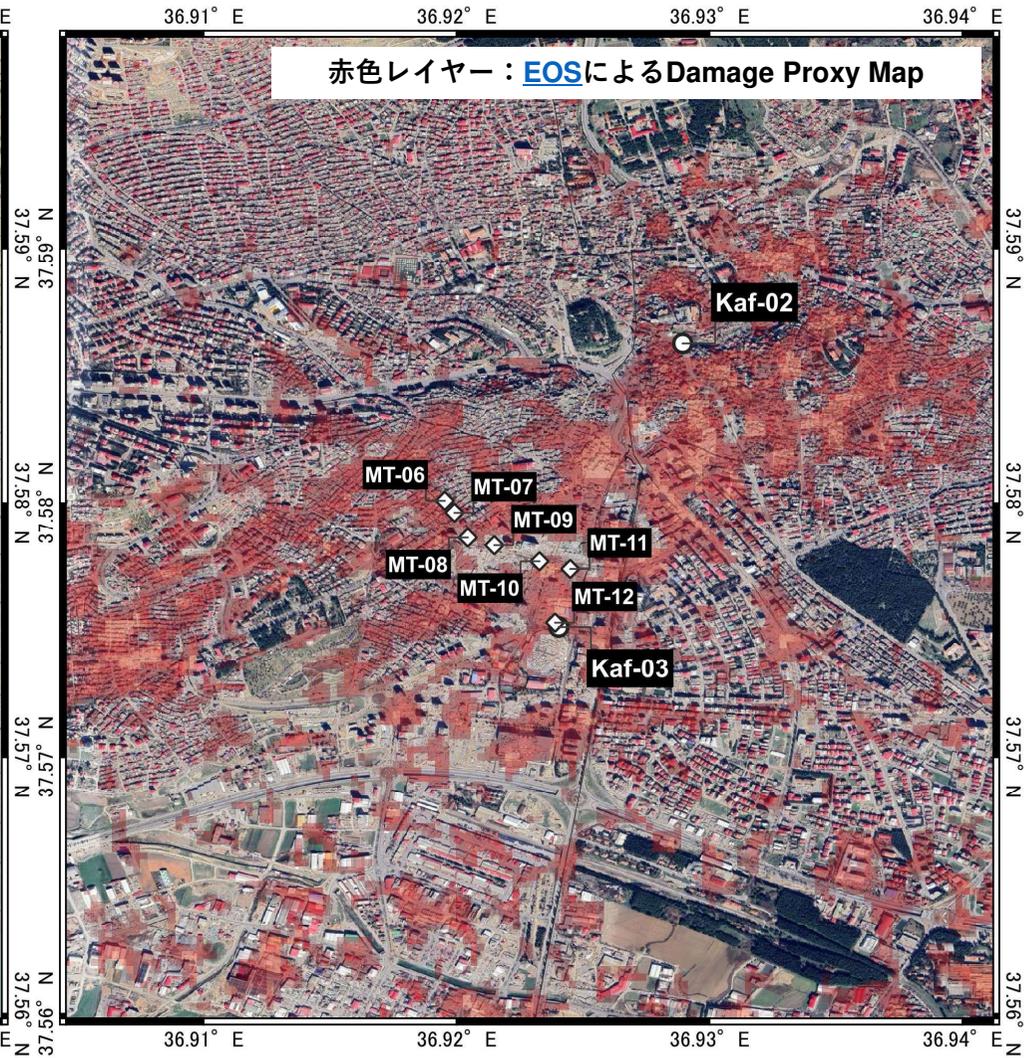
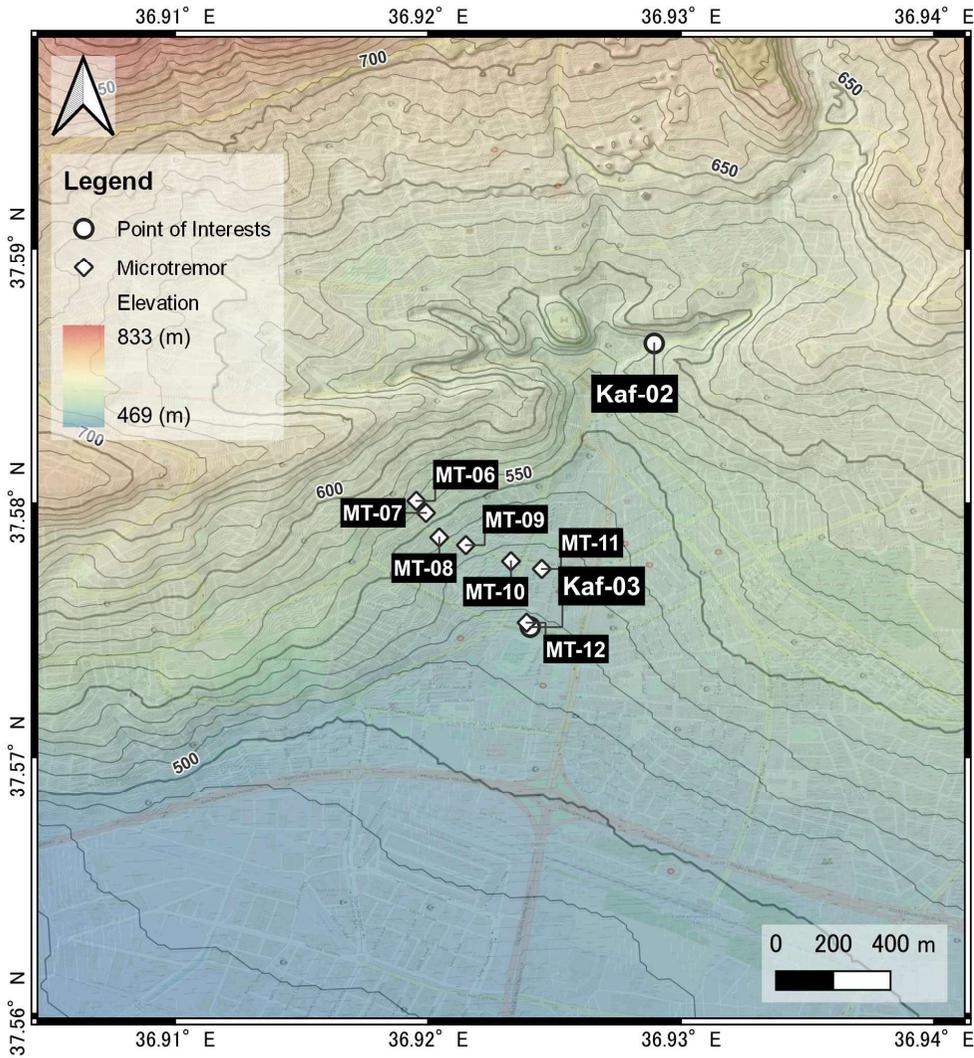
Gol-4 付近

- **Gol-2** と同じ規模の中層構造物
- **Gol-2** のような沈下や傾斜は見られない
- 構造物同士の距離や表層地盤の違いの影響か?



- Hanning Window: 0.005Hz
- MT-02が若干卓越振動数が高い(0.3Hz)
- Gol-04は傾斜が少ないアパートが立ち並ぶ区域であり、表層地盤の特性が被害の大小を分けた可能性がある
- データのさらなる検証が必要





南側を開いた谷地に新市街地が形成→今回の地震では壊滅的な被害を受けた



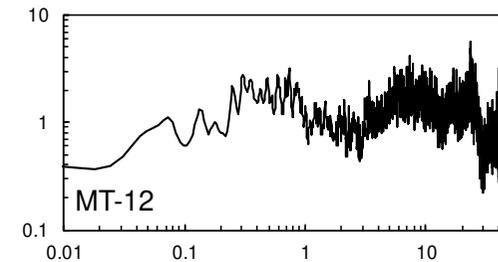
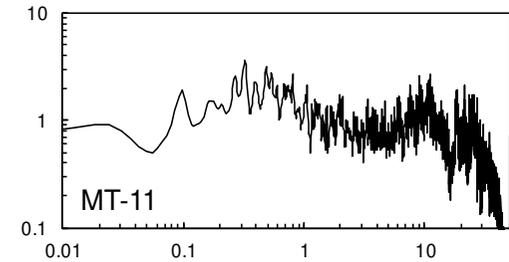
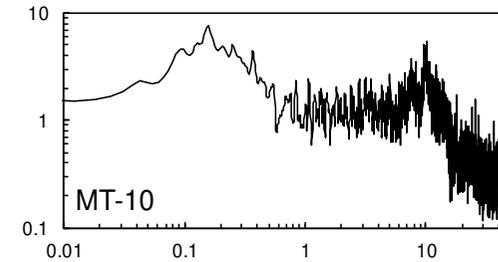
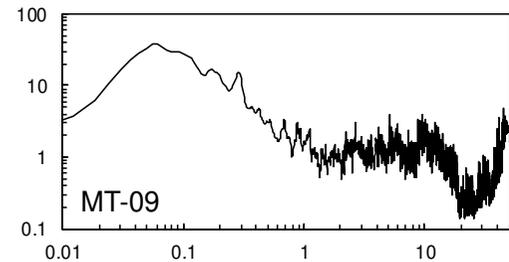
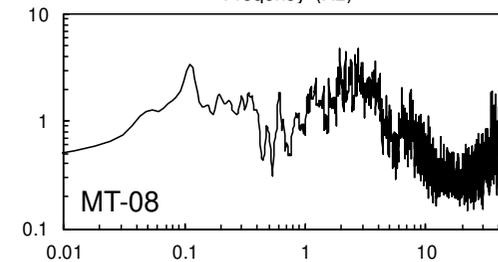
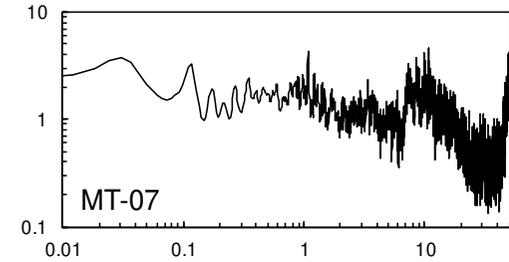
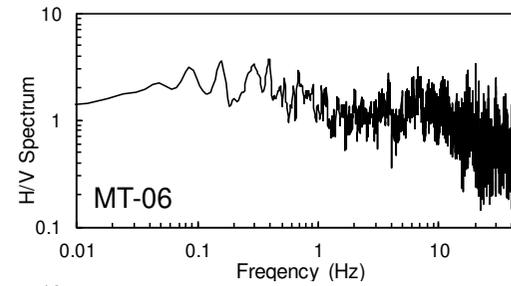
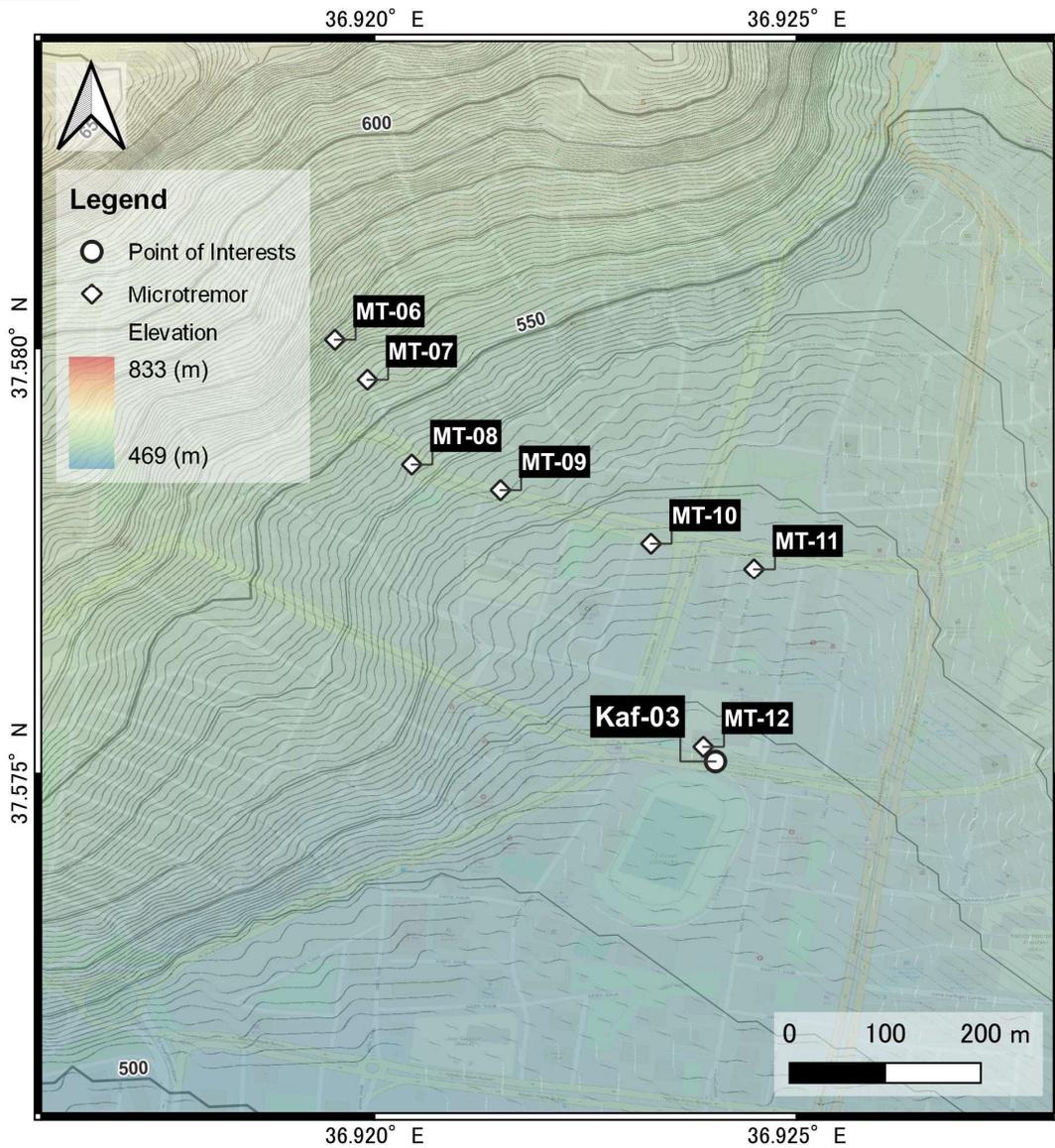
(Kaf-03)谷底平野(新市街地)ではすでに建物の取り壊しが終了

- 事前報道では壊滅的な被害を受けた地区
- (現地行政スタッフ)2000年頃から造成が進んだ地域

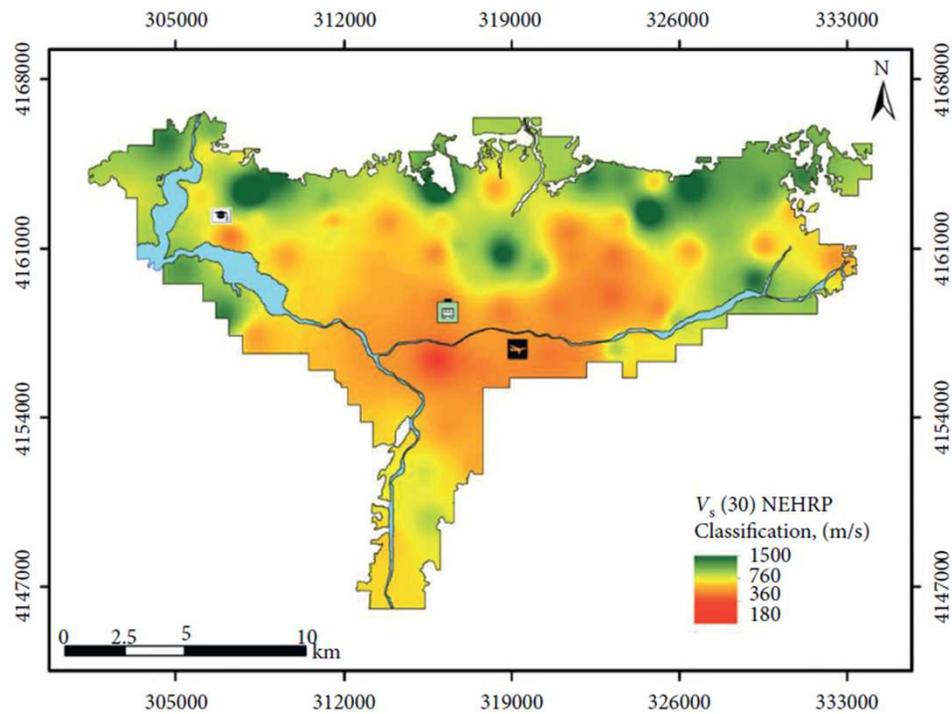


(MT-07)高台の低層住宅街(旧市街地)では構造的な被害なし

- 民家が立ち並ぶ古い町並みは構造的な被害を受けていない



単点微動観測の簡易解析結果からは卓越周波数に明瞭な違いはないが要追加検討



- 南側の低地で V_s30 は低い
- 表層5mのS波速度は最低でも160m/s程度は存在する既往研究

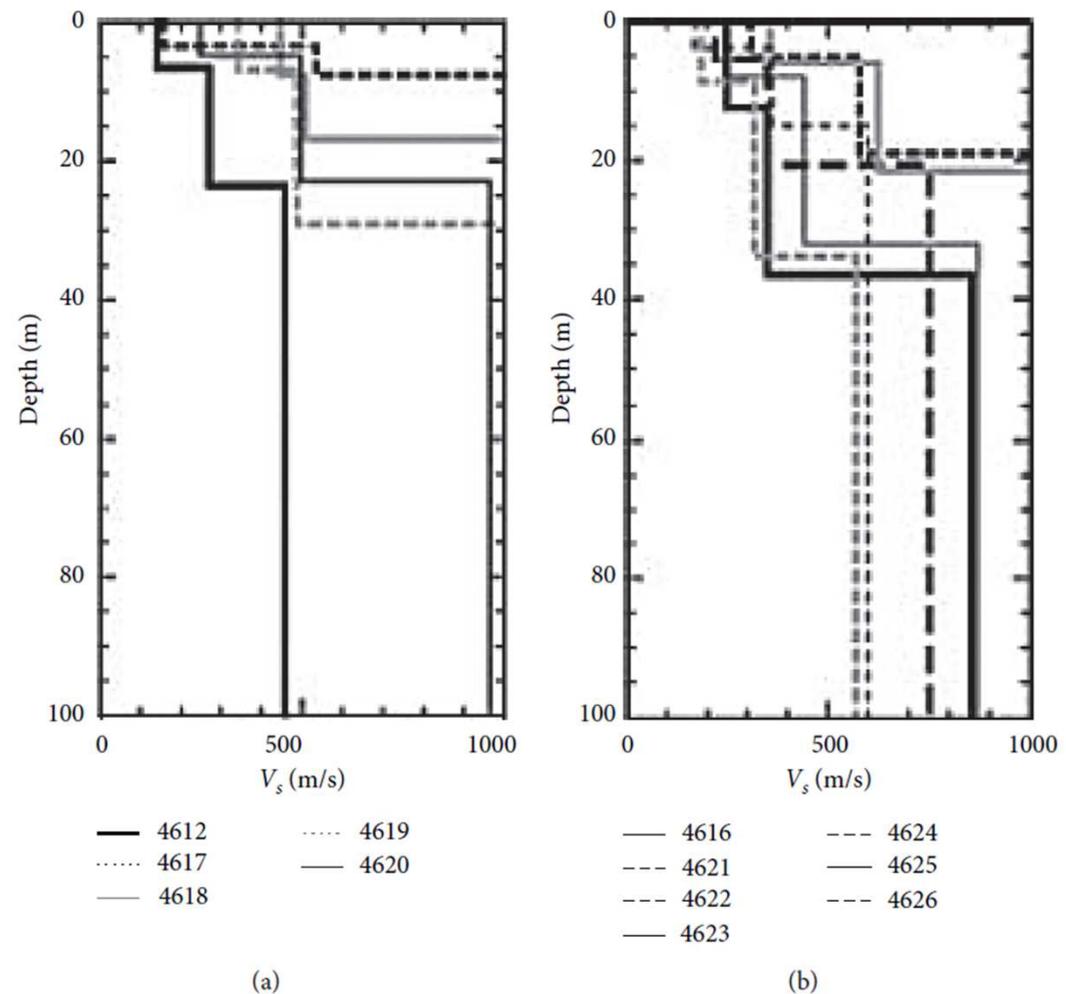


FIGURE 4: The V_s profiles implemented by MAM test in the study area [8].



- Landslide Area: 0.103 km²
- Length: 480 m
- Height: 220 m
- Landslide Volume: 996,000 m³
- Height of Landslide Mass clogging the river: 40 m
- DBI (Dimensionless Blockage Index) = 3.01 (= $\log_{10}(23 \times 40/0.9)$)

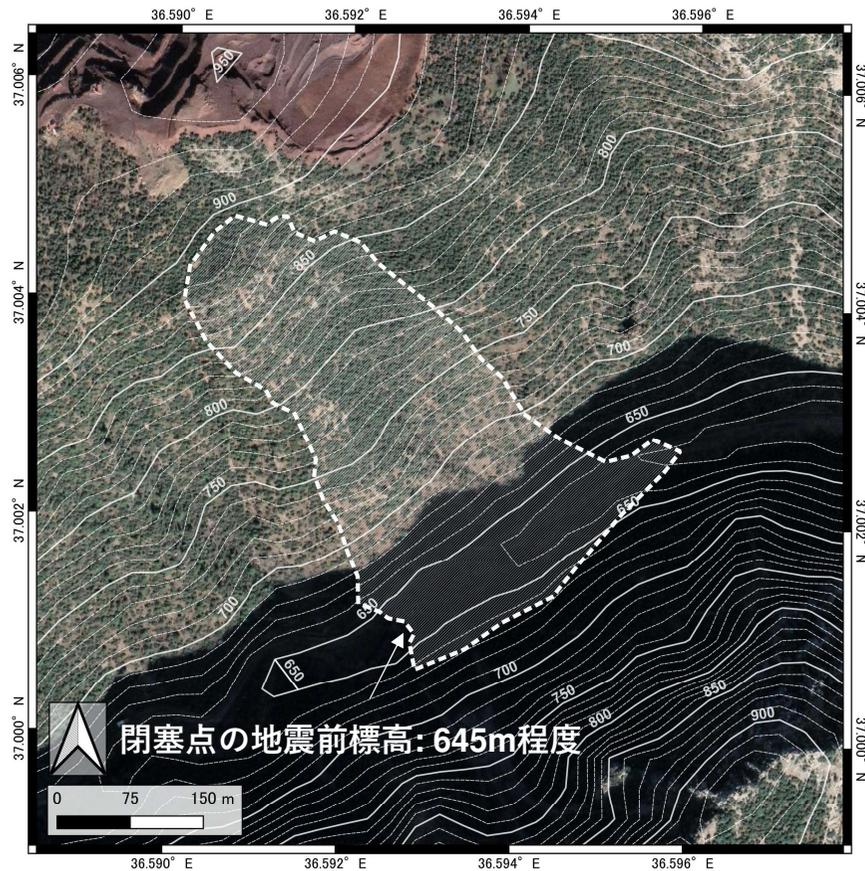
- 天然ダム堤体部分は整地され、水路（パイプ埋設）が作られている（水路に水は無し）
- ダムの安定性（DBI）は中程度であり、今後もモニタリングが必要



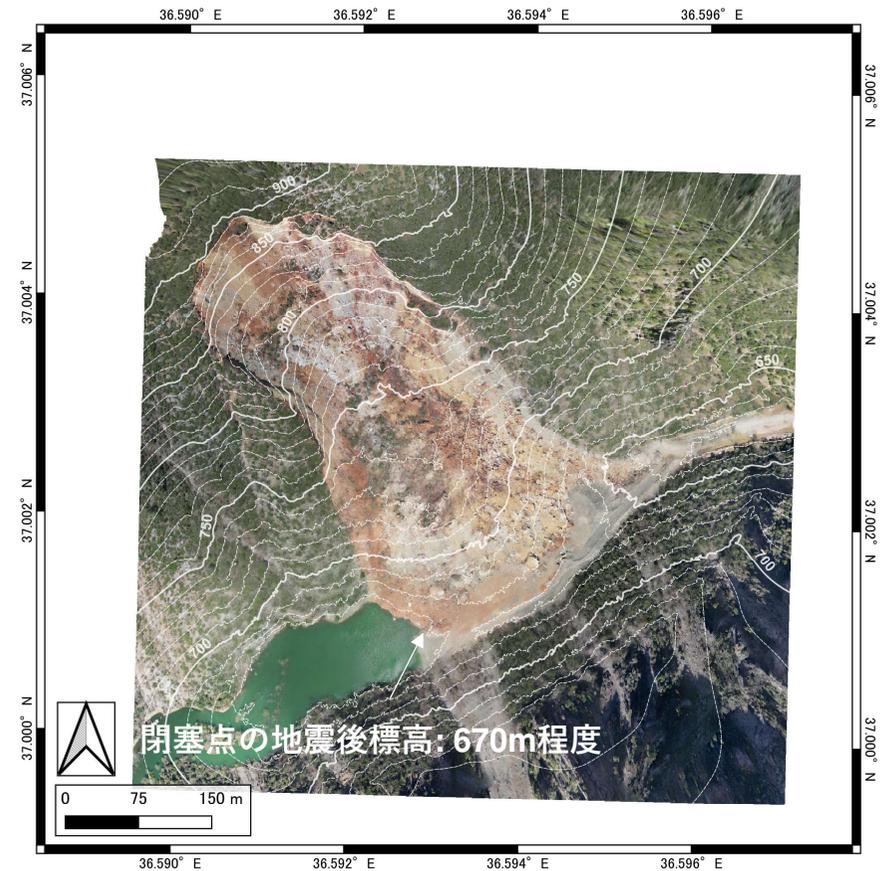
<https://skfb.ly/oGozl>

Before EQ

点線部の面積: 0.103平方キロ

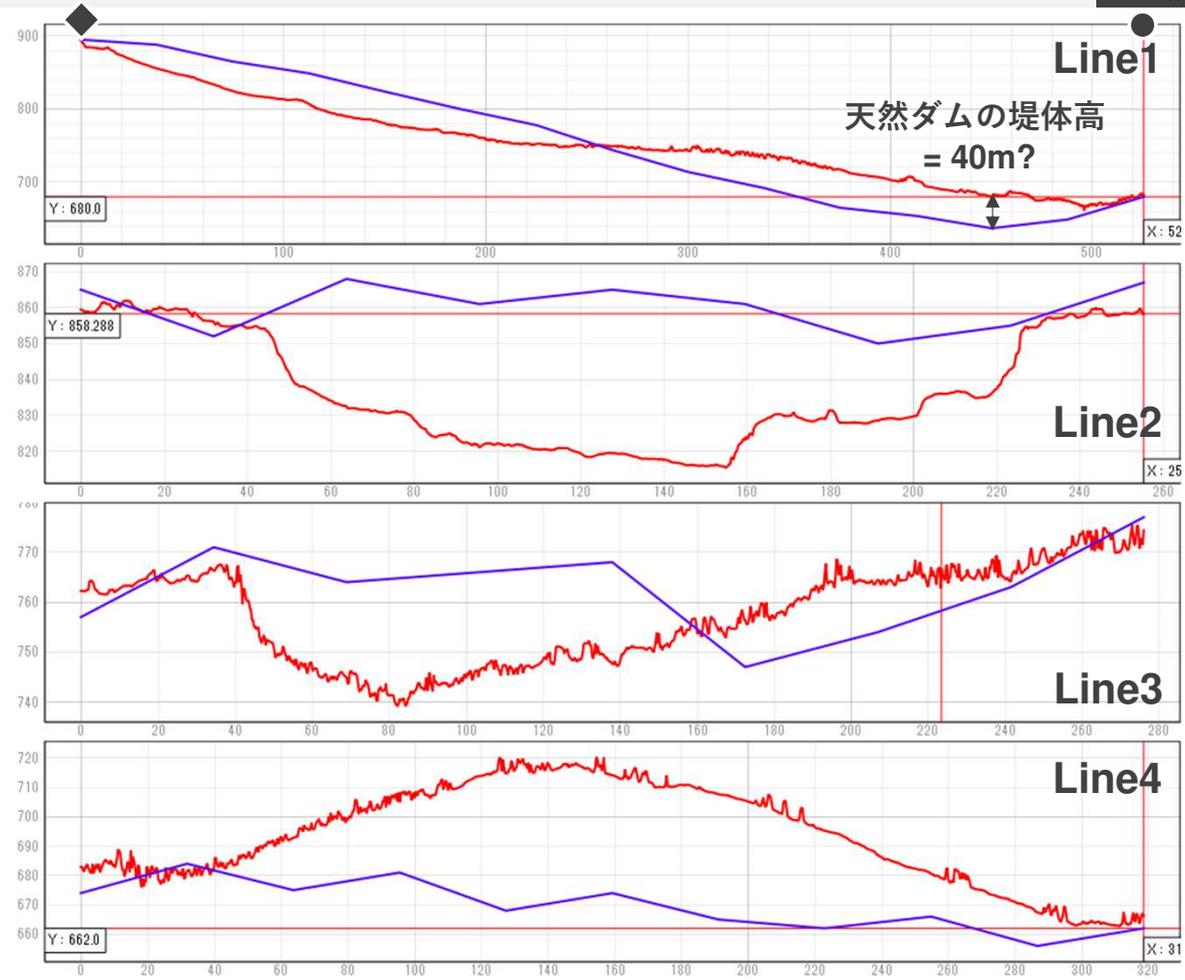


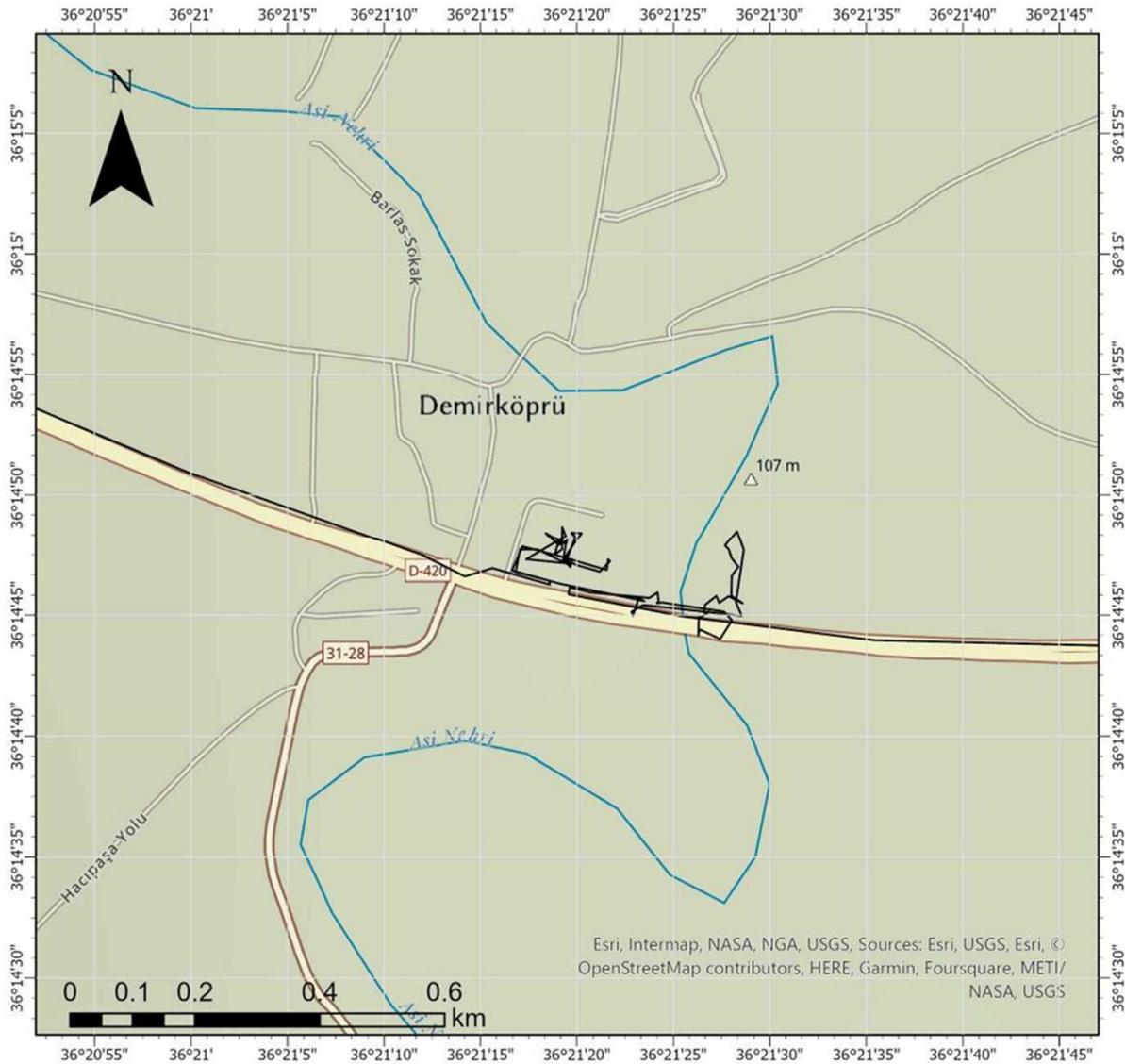
After EQ

天然ダムの水深:
25m程度

- Base Map: Google Satellite
- Contour: ALOS World 3D -30m (AW3d30)

- Base Map and Contours based on the result of UAV survey





周辺地形

- 南北に流れる蛇行した小河川(Asi-Nehri川)の後背湿地に位置する小さな村
- 堤防は法面被覆工はなし

被害の特徴

- D-420が川を横断する橋の橋台部分が大きく変形
- D-420の周辺盛土が大きく変形
- Asi-Nehri川沿いの堤防が液状化に伴う堤防の沈下



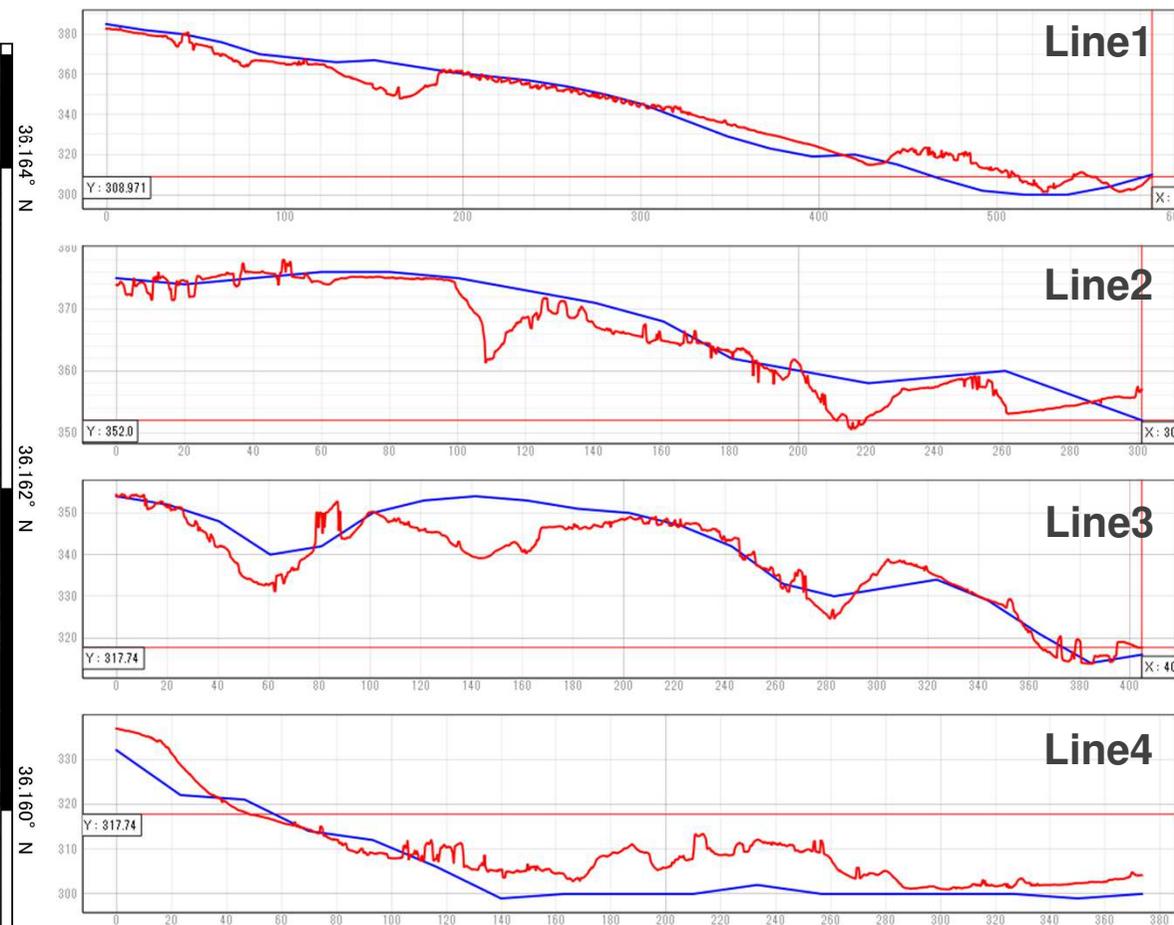


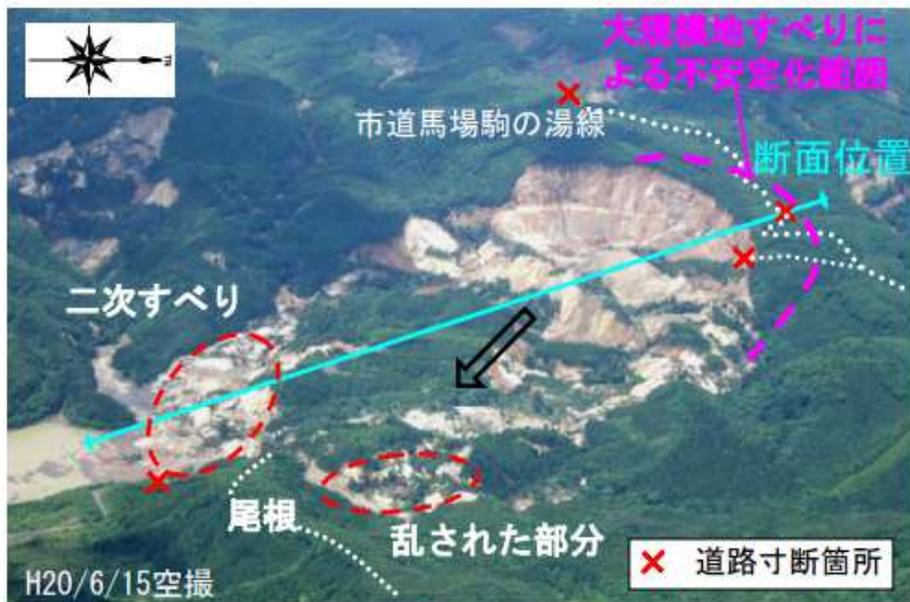
- 橋本体の被害に関する説明は割愛
- **東側のアプローチ盛土部は大きく変形、舗装部にクラックが入る**
 - 橋台を含んだ地盤が円弧滑りを発生させたことに起因するもの
- Asi-Nehri川の右岸側に位置する農業施設は、液状化に伴う流動によって5-10m程度川側に移動し破壊
- Asi-Nehri川後背湿地では複数の亀裂が確認 (側方流動によるもの?)
 - Asi-Nehri川の旧河道上に被害が集中？



- 舌端部に小さな天然ダムが形成
- 緩勾配の丘陵地で発生。基盤は石灰岩

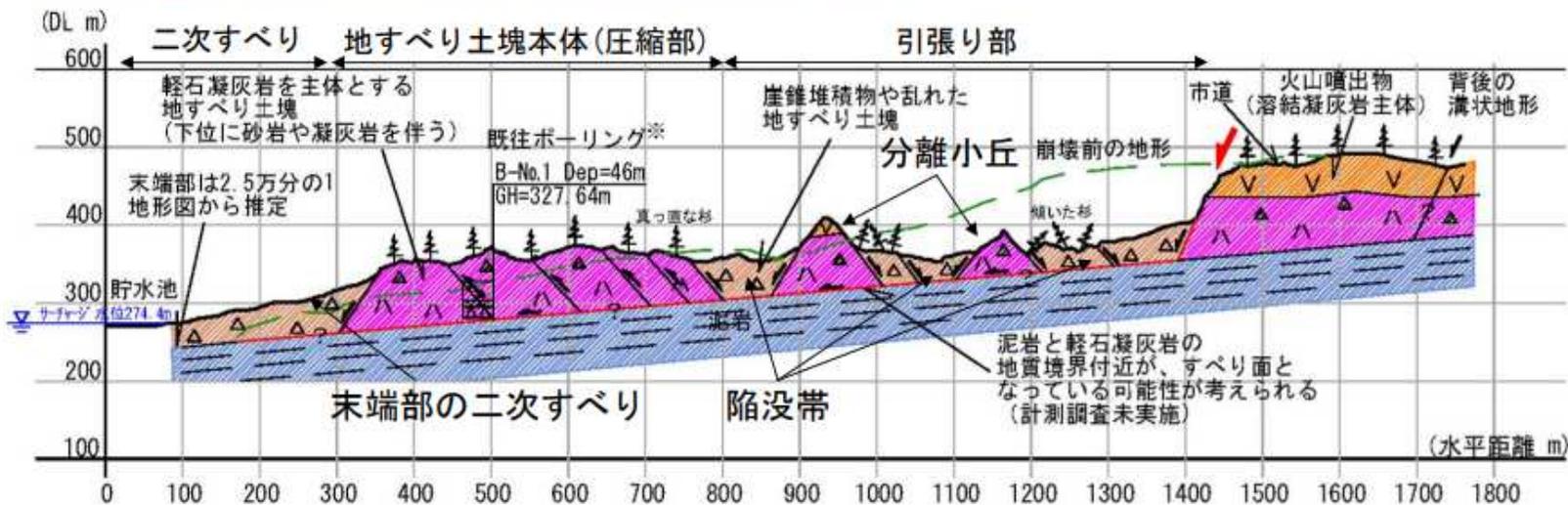
Link to 3D Model : <https://skfb.ly/oGpp8>





H20岩手・宮城内陸地震による深層崩壊
緩傾斜なすべり面のピーク・残留強度特性は？

- ・本図は地形図と既往ボーリング資料から作成（現在ボーリング調査中）。
- ・地すべり発生前の地形勾配は平均 $\angle 10^\circ$ 、すべり面の推定勾配は $\angle 5^\circ$ 程度と考えられる。



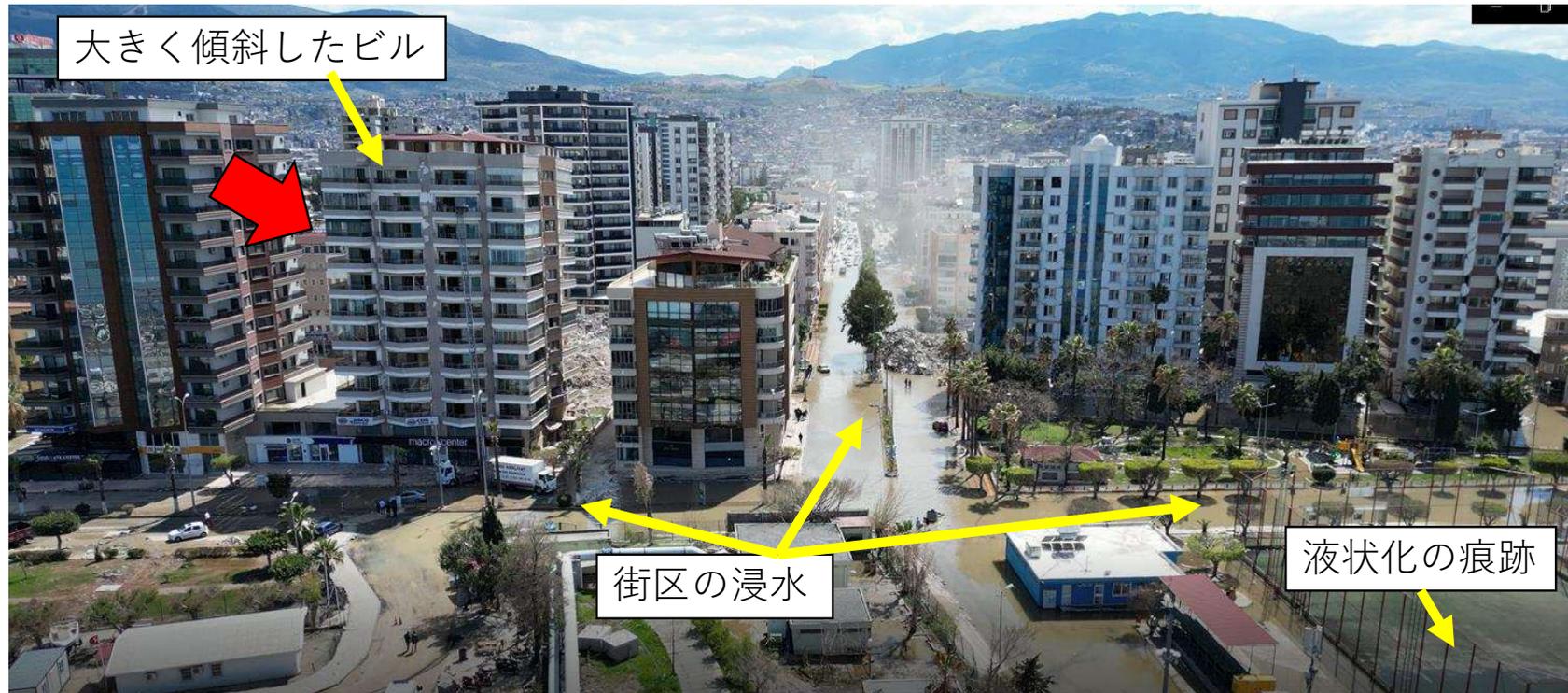


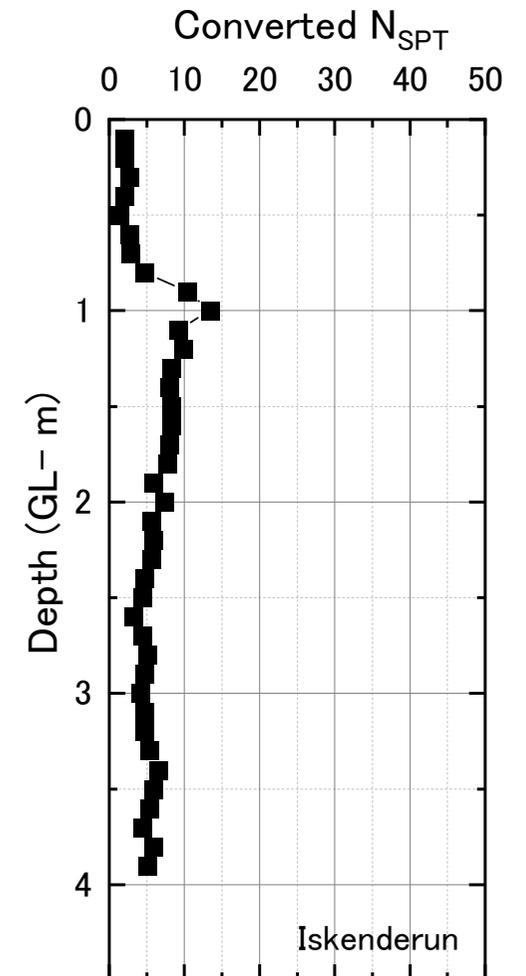
周辺地形・地質

- 60年ほど前に埋め立てられた埋立地
- 既往文献では東側の港湾施設から内陸に入る古い水路があり、その埋め立てが行われたことが記されている

被害の特徴

- 海岸通りよりも海側には液状化に伴う噴砂痕が多数あり、舗装の不陸も大きい
- 海岸通り沿いの建造物に若干の沈下が見られるが傾いてはいない
 - 海岸沿いにある新しいモスクは杭基礎であり、ほとんど被害を受けていない
- 内陸に行くほど建物被害は見られなくなる







1. 海岸沿い：舗装と建物1Fの床にわずかな段差、舗装のめり込みや亀裂
→ 構造物側が若干沈下したが、支持力を失うような挙動ではなかった
2. 舗装の亀裂と浮き上がらないマンホール
3. 一筋内陸側に入ると舗装と建物にはほとんど被害が見られない

全体として「特異な」地盤災害は少ない印象

• Gölbaşı

- 湖畔での側方流動とその影響範囲のマッピング
- 建造物の不等沈下が生じたメカニズム解明 (液状化？繰返し軟化に伴う支持力低下？)
 - 不等沈下が生じた地点とその周辺地域の局所的な地盤の物理・力学特性の把握
 - ごく表層の地盤特性が地震時に支持力が低下するような特性であったのか？
- 1999年コジャエリ地震のアダパザーリで同様の被害



[Manav et al., 2019](#)

• Kahramanmaraş, İskenderun

- 局所的な地盤構造(谷底平野や埋立地)が建造物被害に及ぼした影響評価
- イスタンブールでのマイクロゾーニング(JICA, 2002)をパイロット事例として全国的に進める流れ？

• Tepehan

- 緩斜面での大規模斜面崩壊のリスク評価

ご清聴ありがとうございました

謝辞

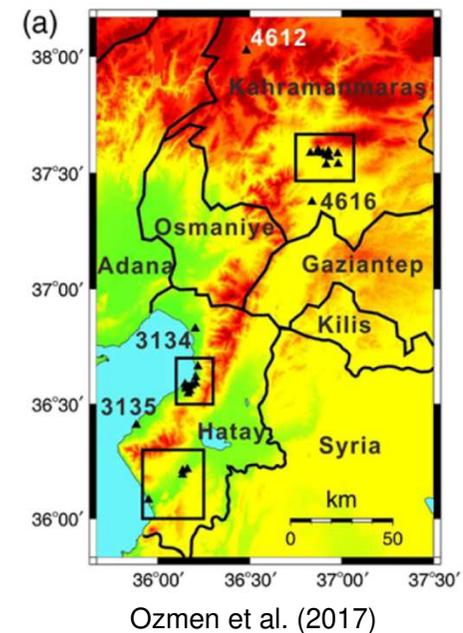
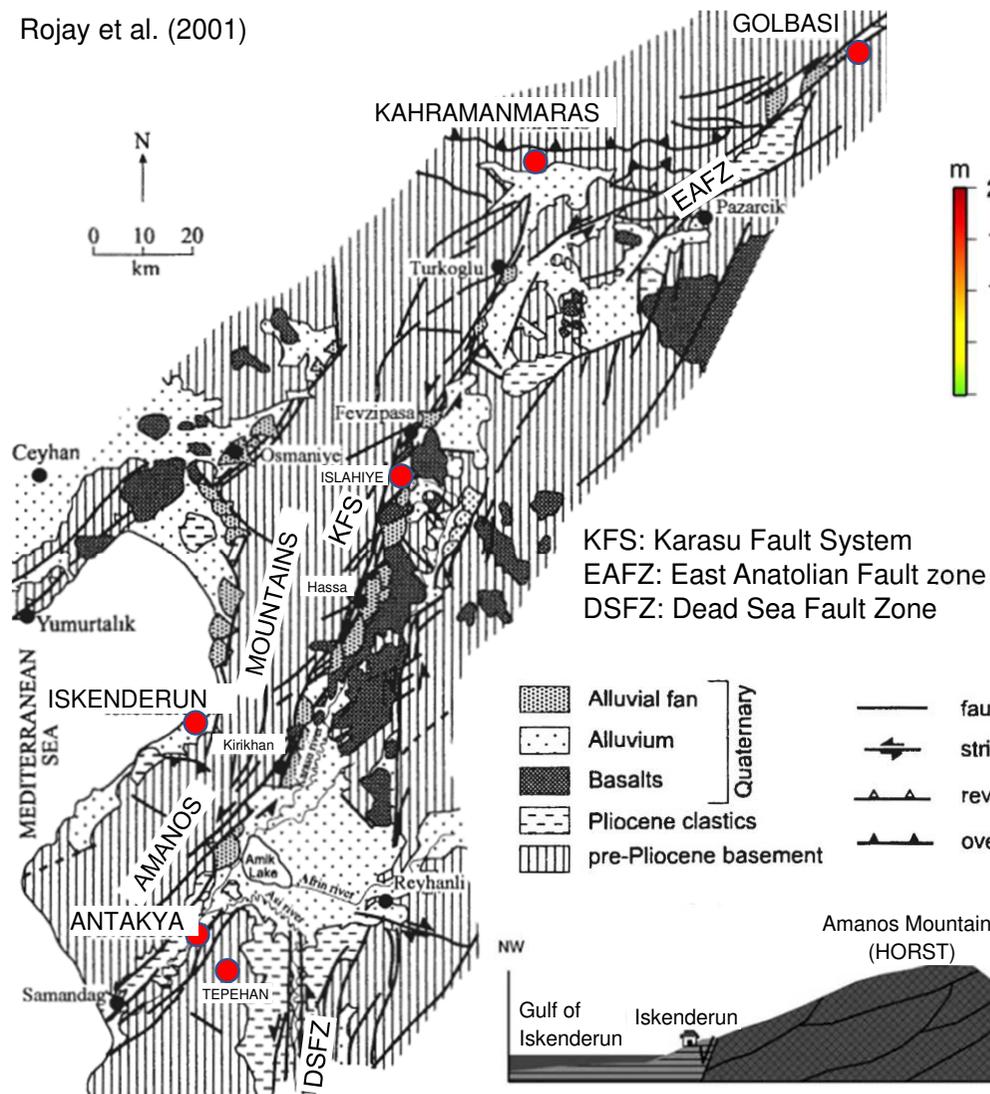
本調査において、日本並びにトルコの複数の政府機関、研究機関、民間企業から事前情報の提供を頂きました。謹んで感謝申し上げます。

- JICA地球環境部には調査団派遣に際しての協力依頼を受諾していただきました。
- 震源ならびに地震計位置データについてはトルコ首相府防災危機管理庁 AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı)から取得いたしました。また微動観測に関してもAFADより事前許可を頂きました。
- この発表資料内での衛星写真についてはGoogle Satelliteより取得しました。
- 地震前の広域地形モデルについてはイスタンブール工科大のBeyza Taşkın先生とJAXAのAW3D30より取得いたしました。
- InSAR画像についてはJAXAが所有し、国土地理院が解析を行ったものを使用いたしました。
- 調査費用については科学技術研究費22K21372「2023年トルコ南部の地震と災害に関する総合調査」を使用いたしました

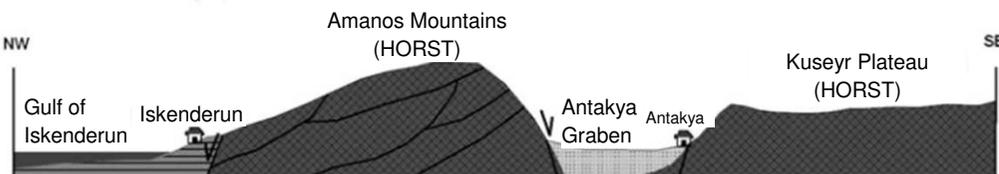
最後に亡くなられた、あるいは被災された現地の皆様に哀悼の意を表します。

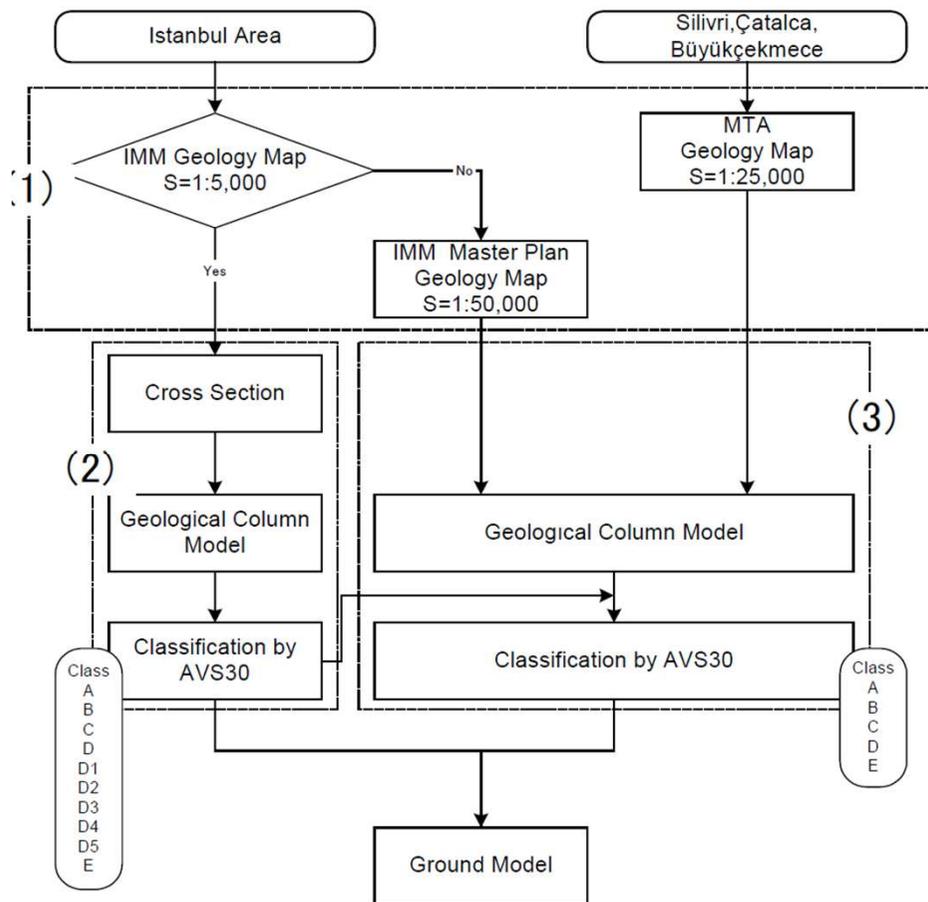
補足資料

Rojay et al. (2001)



Ozsahin (2010)





- “The Study on A Disaster Prevention / Mitigation Basic Plan in Istanbul including Seismic Microzonation in the Republic of Turkey”の一環
- 基盤地震動：1999年コジャエリ地震によるイスタンブールでの観測記録から得られた経験的距離減衰式を利用
- 表層地盤の増幅特性：IMMによる地質図、1800本の既存ボーリングと48の新規ボーリング・PS検層を利用
 - 1kmピッチの地質横断面図を作成
 - 工学的基盤($V_s=850\text{m/s}$)に相当する地盤面を決定
 - [NEHRP, 1997](#)とAVs30によって地盤分類を行う

現地調査を経た疑問

1. トルコあるいはEU諸国での設計用基準地震動はどのように求められているのか？
2. その地震動はどの程度の建物までどれくらい適用されているのか？

参考：日本の場合 ([地震本部HP](#))

- 高さ60m未満の建築物：許容応力度計算や限界耐力計算といった**地震動を静的荷重と見なして地震時の建築物の安全性を検討**
- 60mを超える建築物：**時刻歴計算を実施し、指定性能評価機関で性能評価、大臣認定を行う**
 - 時刻歴応答解析建築物性能評価業務方法書において、**3種類以上の模擬地震波と3波の観測地震波**を採用する必要がある
 - 模擬地震波としては**平成12年建設省告示第1461号**に示されている**加速度応答スペクトルに位相を加えた適合波**か、建設地の特性を考慮して作成した**サイト波**のいずれかが利用される

• 観測地震波としては以下の3つの観測波の採用が慣例

- 1940年インペリアルバレー地震・エルセントロでのNS 方向
- 1952年カーンカウンティ地震・タフトでのEW 方向
- 1968年十勝沖地震・八戸港湾でのNS 方向

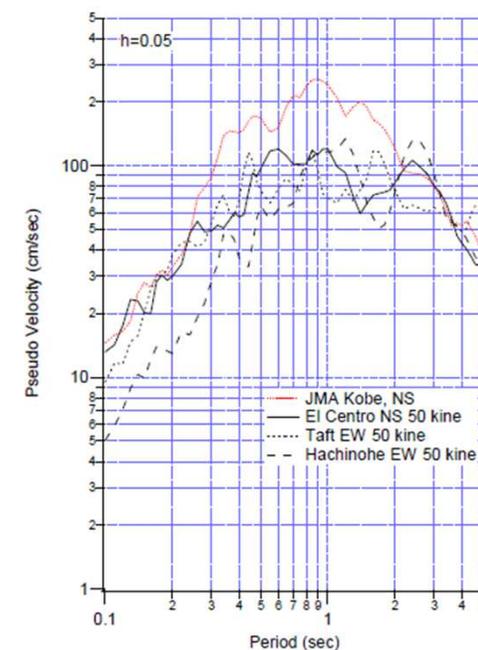
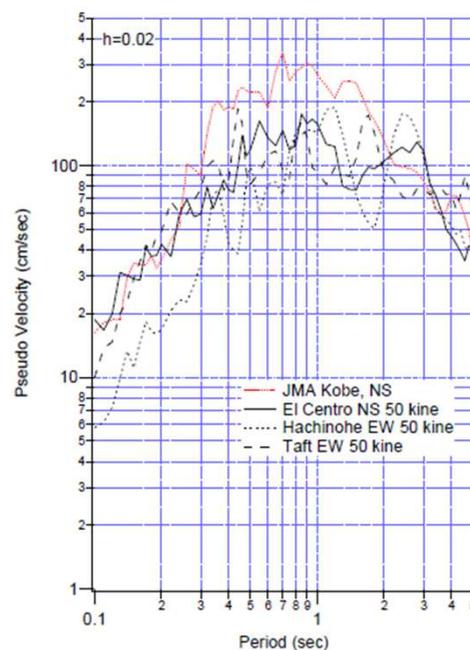
- 観測地震波の慣例的に使用される3波には共通して固有周期2秒前後にスペクトルの谷が存在→サイ

ト波を使用する意義

- サイト波には、既存の機関・自治体が作成した地震動を用いる場合と、建物ごとに予測する場
合が作成した地震動を利用する場合がある

- 中央防災会議、大阪府
- 愛知県設計用入力地震動研究協議会

- 近年では地震調査研究推進本部が「応答スペクトルに関する地震動ハザード評価」を2022年に公開する動きもある



- 地震動階級(DD)

- 50年以内の超過発生確率によって想定地震動の大きさを4段階に分類

- 加速度スペクトル係数

- $V_{s30}=760\text{m/s}$ 相当の地盤を基準として、以下の2係数がDD-1からDD-4までWebGIS上で用意 (トルコ国外からのアクセスはできない?)

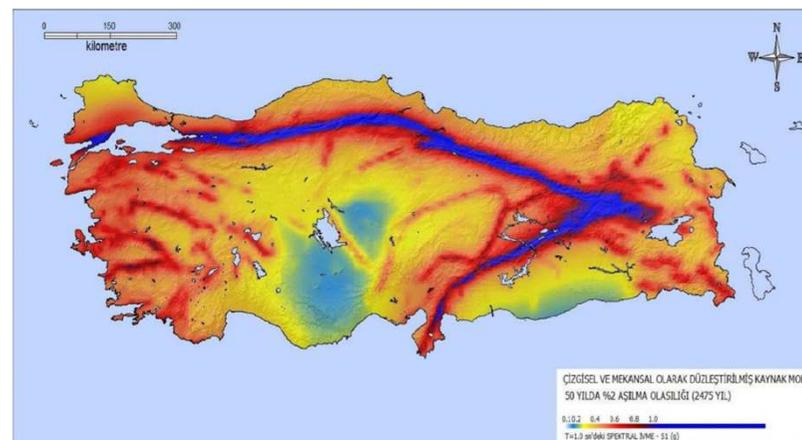
- 短周期加速度スペクトル係数(S_S)
- 1秒周期加速度スペクトル係数(S_1)

- 地盤影響係数(F_S, F_1)

- S_S と S_1 の値と地盤区分から地盤影響係数を計算して設計用短周期加速度スペクトル係数(S_{DS})と設計用1秒周期加速度スペクトル係数(S_{D1})を求める

Earthquake Level	Recurrence Period	Probability of Exceedance	Description
DD-1	2475	2%	Largest earthquake
DD-2	475	10%	Standard earthquake
DD-3	72	50%	Frequent earthquake
DD-4	43	68%	Service earthquake

[IŞIK and DEMIRKIRAN, 2021](#)



↑ DD-1, S_1 のトルコ国内での分布

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe /30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaştırılabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

- 地盤区分は V_s30 , $(N60)30$, $Cu30$ で大まかに決定される

Tablo 2.1 – Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

Tablo 2.2 – 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

- S_{DS} , S_{D1} から周期に依存した設計用水平弾性加速度スペクトル $S_{ae}(T)$ と設計用水平弾性変位スペクトル $S_{de}(T)$ を以下の式で定義する

$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

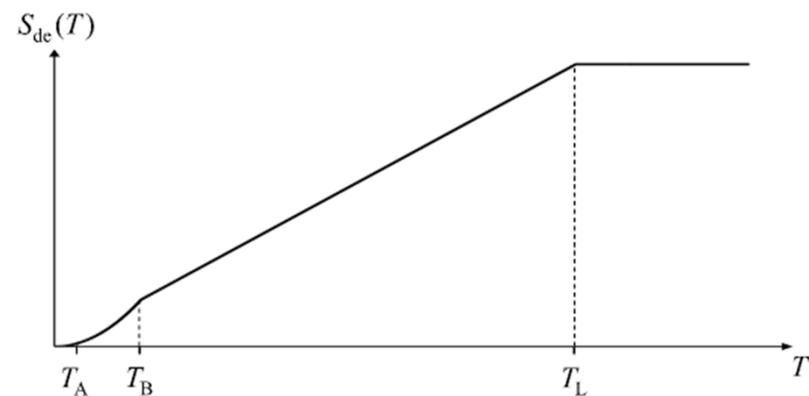
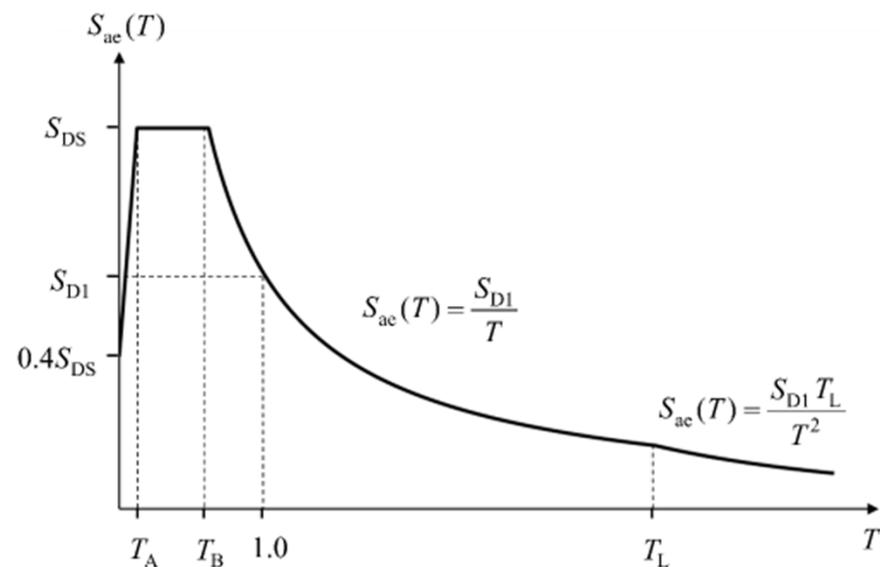
$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T)$$

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad T_L = 6$$

$$S_{de}(T) = \frac{T^2}{4\pi^2} g S_{ae}(T)$$



- 建物用途(BKS)によって建物重要度係数(I)が決定
- BKSとDD-2レベルの短周期設計用加速度スペクトル係数(S_{DS})から耐震設計クラス(DTS)が決定
- DTSと建物高さから建物高クラス(BYS)が決定
- BYSから要求性能と設計アプローチを決定
 - KK(損傷無し) < SH(限定損傷) < KH (損傷管理) < GÖ (倒壊防止)
 - DGT(強度設計), ŞGDT(変形評価設計)
 - より高層の建物には高い要求性能が求められる

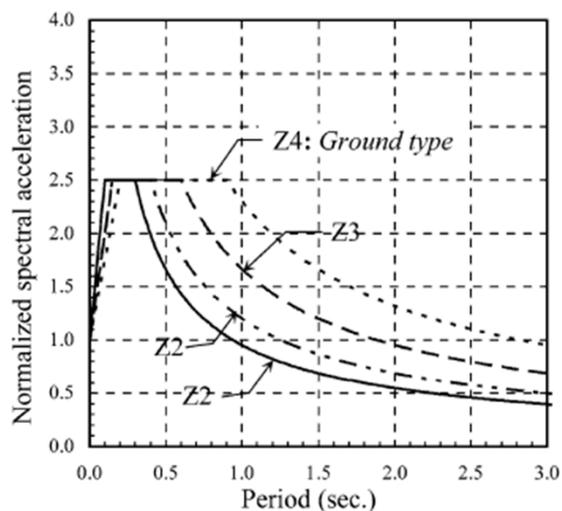
鉄筋コンクリート造・鉄骨造建築物の要求性能と評価設計アプローチ (BYS \geq 2)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 1a ⁽¹⁾ , 2, 2a ⁽¹⁾ , 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a ⁽²⁾ , 2a ⁽²⁾	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽⁵⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

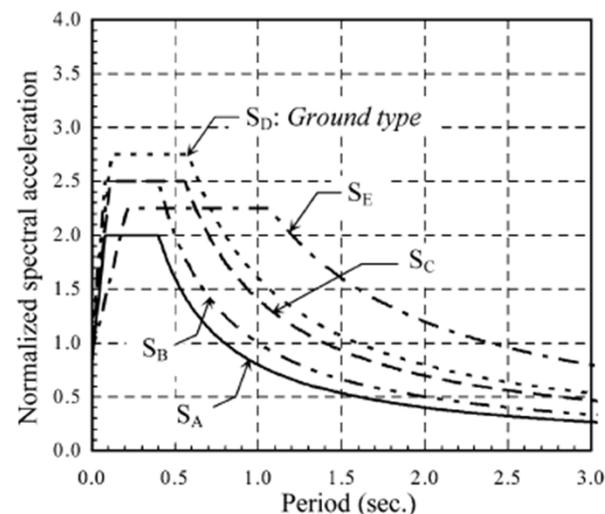
Soil Group	Description of Soil Group	Stand. Penetr. (N/30)	Relative Density (%)	Unconf. Compress. Strength (kPa)	Shear Wave Velocity (m/s)
(A)	1. Massive volcanic rocks, unweathered sound metamorphic rocks, stiff cemented sedimentary rocks	—	—	> 1000	> 1000
	2. Very dense sand, gravel...	> 50	85-100	—	> 700
	3. Hard clay, silty lay.....	> 32	—	> 400	> 700
(B)	1. Soft volcanic rocks such as tuff and agglomerate, weathered cemented sedimentary rocks with planes of discontinuity.....	—	—	500-1000	700-1000
	2. Dense sand, gravel.....	30-50	65-85	—	400-700
	3. Very stiff clay, silty clay..	16-32	—	200-400	300-700
(C)	1. Highly weathered soft metamorphic rocks and cemented sedimentary rocks with planes of discontinuity	—	—	< 500	400-700
	2. Medium dense sand and gravel.....	10-30	35-65	—	200-400
	3. Stiff clay, silty clay.....	8-16	—	100-200	200-300
(D)	1. Soft, deep alluvial layers with high water table.....	—	—	—	< 200
	2. Loose sand.....	< 10	< 35	—	< 200
	3. Soft clay, silty clay.....	< 8	—	< 100	< 200

TABLE 6.2 – LOCAL SITE CLASSES

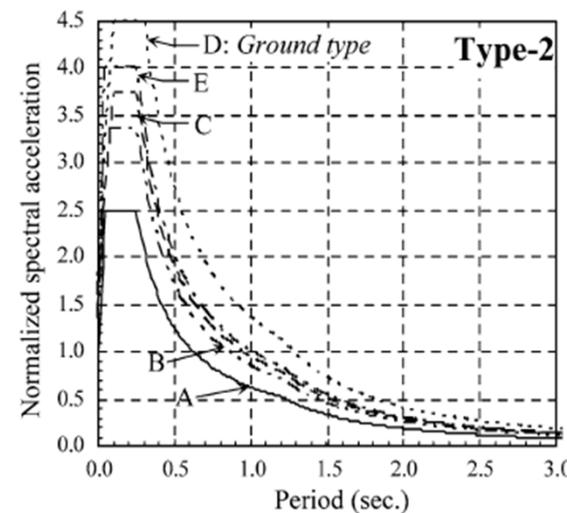
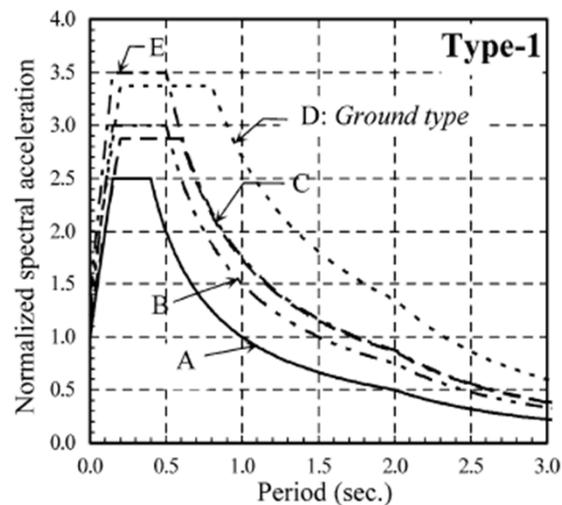
Local Site Class	Soil Group according to Table 6.1 and Topmost Layer Thickness (h_1)
Z1	Group (A) soils Group (B) soils with $h_1 \leq 15$ m
Z2	Group (B) soils with $h_1 > 15$ m Group (C) soils with $h_1 \leq 15$ m
Z3	Group (C) soils with $15 \text{ m} < h_1 \leq 50$ m Group (D) soils with $h_1 \leq 10$ m
Z4	Group (C) soils with $h_1 > 50$ m Group (D) soils with $h_1 > 10$ m

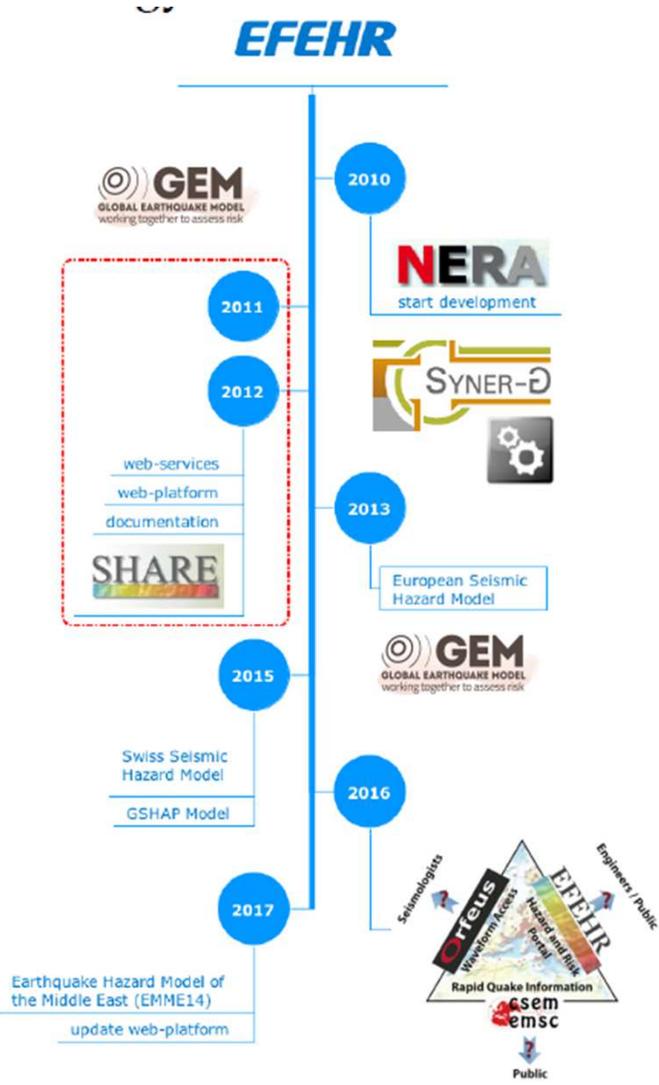


(a) Elastic design spectra for TEC



(b) Elastic design spectra for UBC





Site selection

Add site Remove all sites

site Coordinates
Longitude: 36.372 Latitude: 36.506
Input coordinates or click on the map Use

Hazard Model Selection

European Seismic hazard Model 2020 (ESHM2) SA
0.2103% in 1 years (476 years)
rock_vs30_800ms-1
(arithmetic) mean

Found longitude: 36.382 Found latitude: 36.500
Link (NRML format) to European Seismic hazard Model 2020 (ESHM2) curve (Aggregation type: (arithmetic) mean)

Click on tab "Hazard spectra" to display the spectra

Design Spectrum

Ground motion type: SA
Ground motion value (g, m, m/s): 0.2
Spectra type: M < 5.5 (Type II) M > 5.5 (Type I)

Link to Design Spectrum (IMT = SA)

Add Design Spectrum

Hazard map Hazard spectra

Map Controls Print

How to cite the map

Whenever making use of scientific products such as input files or when distributing visualisations of the European Seismic hazard Model 2020 (ESHM20), you must refer to:

Danciu L., Nandan S., Reyes C., Basili R., Weatherill G., Beauval C., Rovida A., Vilanova S., Sesetyan K., Bard P.-Y., Cotton F., Wiemer S., Giardini D. (2021) - The 2020 update of the European Seismic Hazard Model Model Overview. EFER Technical Report 001, v1.0.0. <https://doi.org/10.12688/at5>

Legend Layers Selected

Background layers

Boundaries country borders

Hazard Map

ESHM20, SA(5 Hz) - Mean Return Period 475yrs (POE 10%/50years)

- 0.0001 < accl. [g] < 0.05005
- 0.1 < accl. [g] < 0.15
- 0.2 < accl. [g] < 0.25
- 0.3 < accl. [g] < 0.35
- 0.4 < accl. [g] < 0.45
- 0.5 < accl. [g] < 0.55
- 0.6 < accl. [g] < 0.65
- 0.7 < accl. [g] < 0.75
- accl. [g] > 0.8

Site selection

Add site Remove all sites

site Coordinates
Longitude: 36.372 Latitude: 36.506
Input coordinates or click on the map Use

Hazard Model Selection

European Seismic hazard Model 2020 (ESHM2) SA
0.2103% in 1 years (476 years)
rock_vs30_800ms-1
(arithmetic) mean

Found longitude: 36.382 Found latitude: 36.500
Link (NRML format) to European Seismic hazard Model 2020 (ESHM20) curve (Aggregation type: (arithmetic) mean)

Click on tab "Hazard spectra" to display the spectra

Design Spectrum

Ground motion type: SA
Ground motion value (g, m, m/s): 0.2
Spectra type: M < 5.5 (Type II) M > 5.5 (Type I)

Link to Design Spectrum (IMT = SA)

Add Design Spectrum

Hazard map Hazard spectra

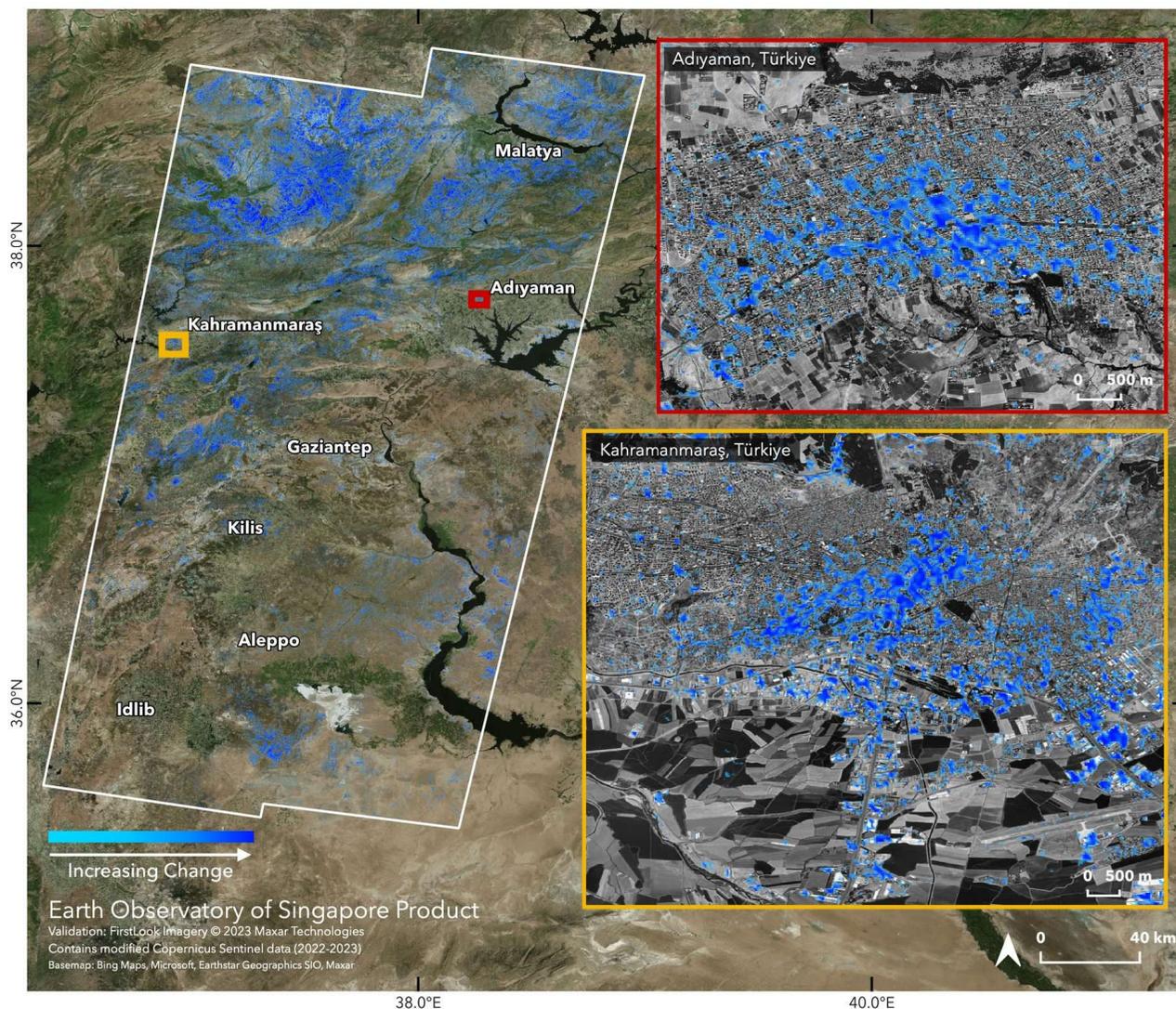
Print hazard spectra Resize hazard spectra

EFEHR Hazard Spectra

Spectral acceleration [g] (SA)

Spectral Period [sec]

Legend: 36.500, 36.382, European Seismic hazard Model 2020 (ESHM20), SA, 0.2103% in 1 years (476 years), rock_vs30_800ms-1, 0.5 arithmetic; Design Spectrum - g: 0.2, spectraType: M < 5.5 (Type II)



EOS-RS Damage Proxy Map: Türkiye (Turkey) and Syria, Earthquake, 10 Feb 2023, v0.9

The Earth Observatory of Singapore - Remote Sensing Lab (EOS-RS) created this preliminary Damage Proxy Map (DPM) depicting areas that are likely damaged in Türkiye (Turkey) and Syria due to the M7.8 and M7.5 earthquakes that occurred on 6 Feb 2023. This map was derived from synthetic aperture radar (SAR) images acquired by the Copernicus Sentinel-1 satellite operated by the European Space Agency (ESA) before (13 Oct 2022 to 29 Jan 2023) and after (10 Feb 2023) the event.

The image covers an area indicated by the large white polygon. Each pixel measures about 30 meters across. The colour variation from light blue to dark blue indicates increasingly more significant surface change. Preliminary validation was done by comparing with high-resolution optical imagery and media reports. This map could be used as a guidance to identify damaged areas, and may be less reliable over vegetated areas. Scattered pixels over vegetated areas may be false positives, and a lack of colored pixels over vegetated areas may not mean no damage. Some pixels in the north may be due to presence of snow cover.

The product contains modified Copernicus Sentinel data (2022-2023), processed by ESA and analyzed by the Earth Observatory of Singapore - Remote Sensing Lab (EOS-RS) in collaboration with NASA-JPL and Caltech, using the Advanced Rapid Imaging and Analysis (ARIA) system originally developed at NASA's Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, and modified at EOS-RS.

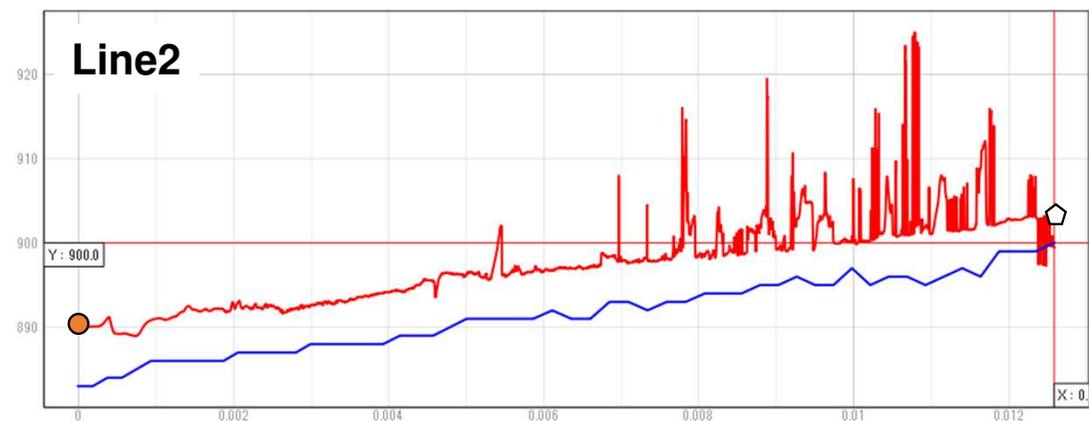
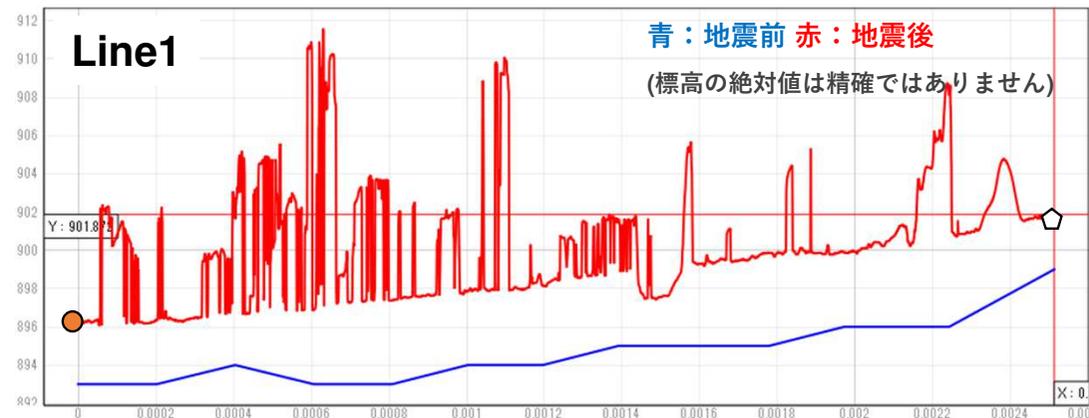
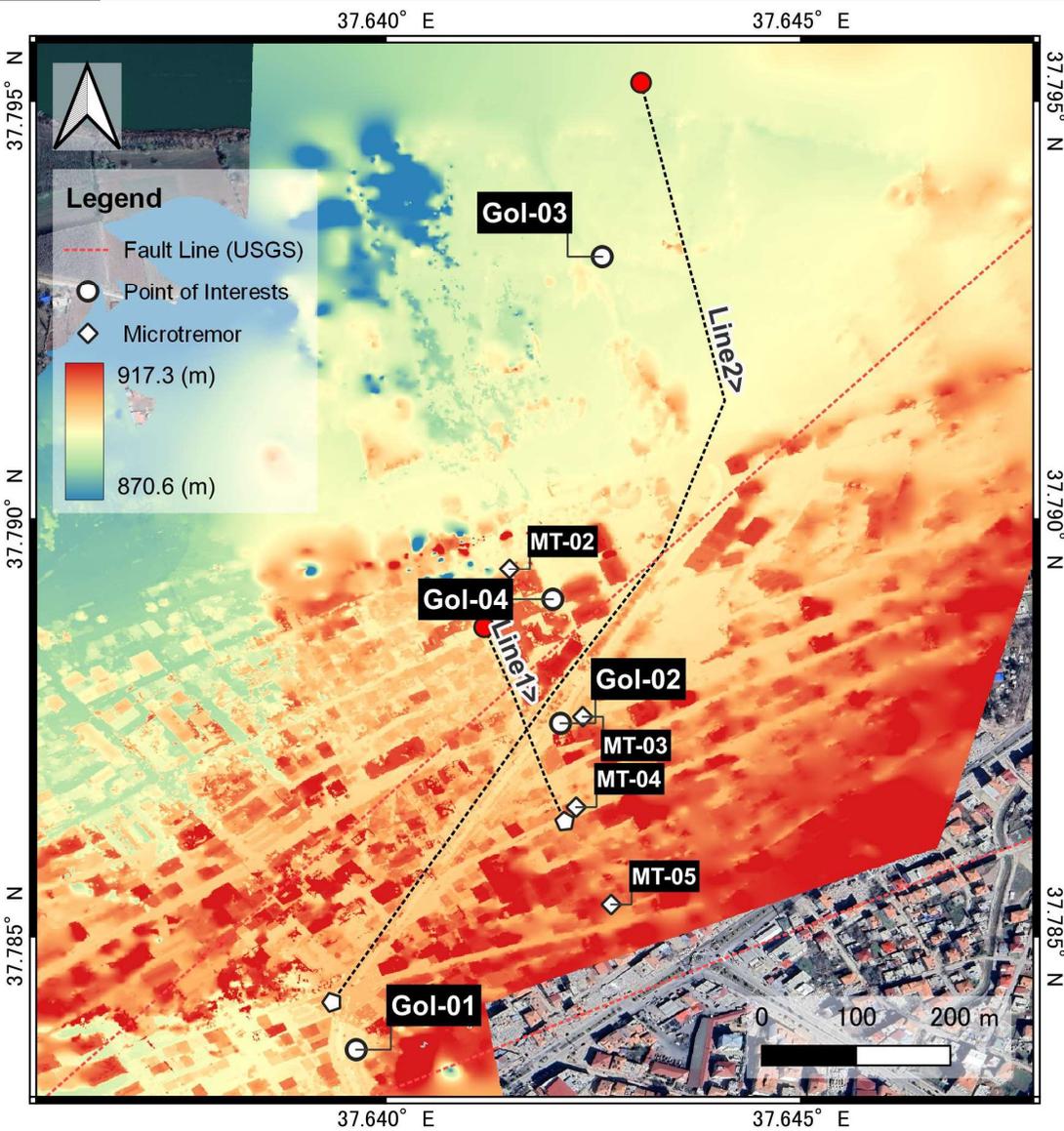
More map details and files at: http://eos-rs-products.earthobservatory.sg/EOS-RS_202302_Turkiye_Syria_Earthquake/

Credits: Earth Observatory of Singapore - Remote Sensing Lab (EOS-RS), Advanced Rapid Imaging and Analysis (ARIA), NASA-JPL/Caltech, Contains modified Copernicus Sentinel data (2022-2023), Validated with FirstLook Imagery © 2023 Maxar

EOS-RS Twitter: 
@eos_rs

- Damage Proxy Map
- EOS (The Earth Observatory of Singapore)がCopernicus Sentinel-1によるSAR画像から作成
- 30m四方の空間解像度
- メディアや光学衛星画像との比較しての簡易検証は実施済み
- 濃い青になるほど被害が顕著
- 農地上で反射波が錯乱する場合にはFalse-Positiveとなっている場合がある

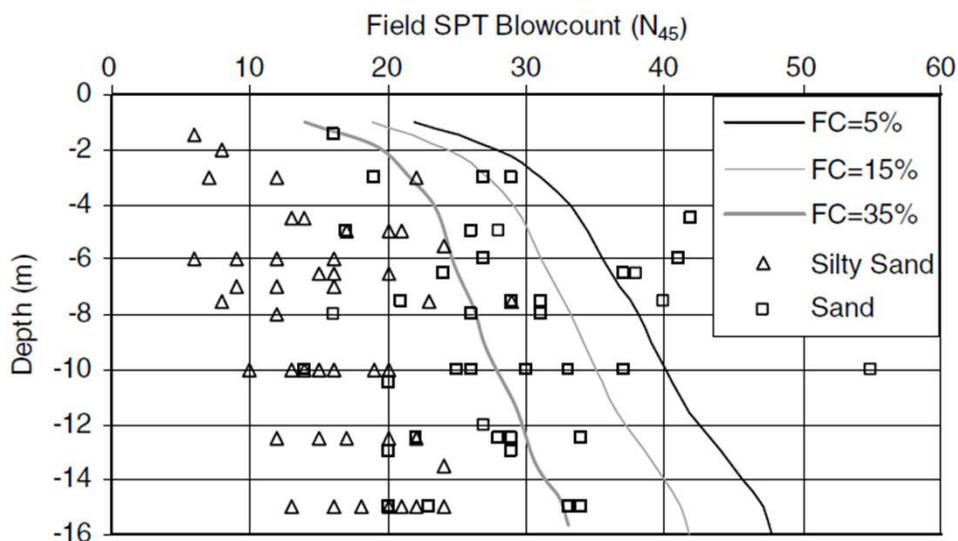
https://sentinel-asia.org/EO/2023/article20230206TR/EOS-RS_20230210_DPM_S1/EOS-RS_20230210_DPM_S1_Turkey_Syria_Earthquake_v0.9_cvd_MAIN_sml.jpg

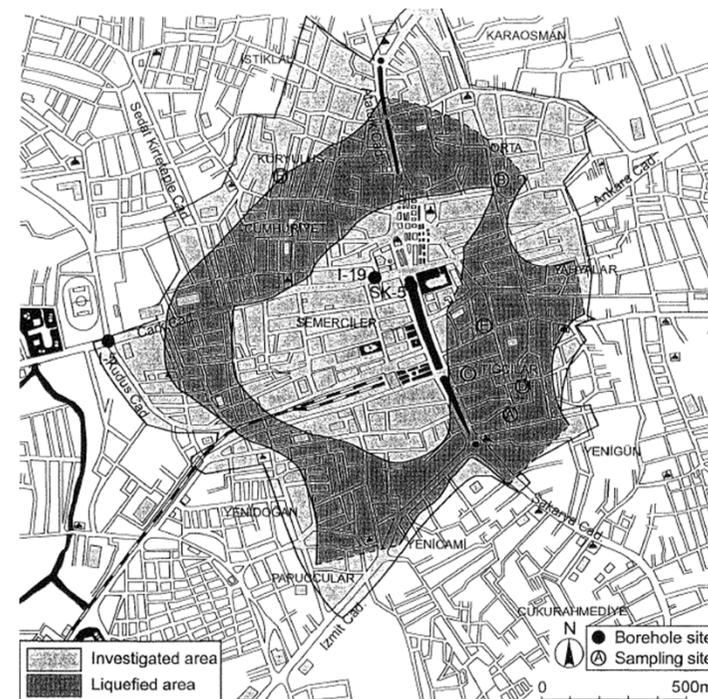
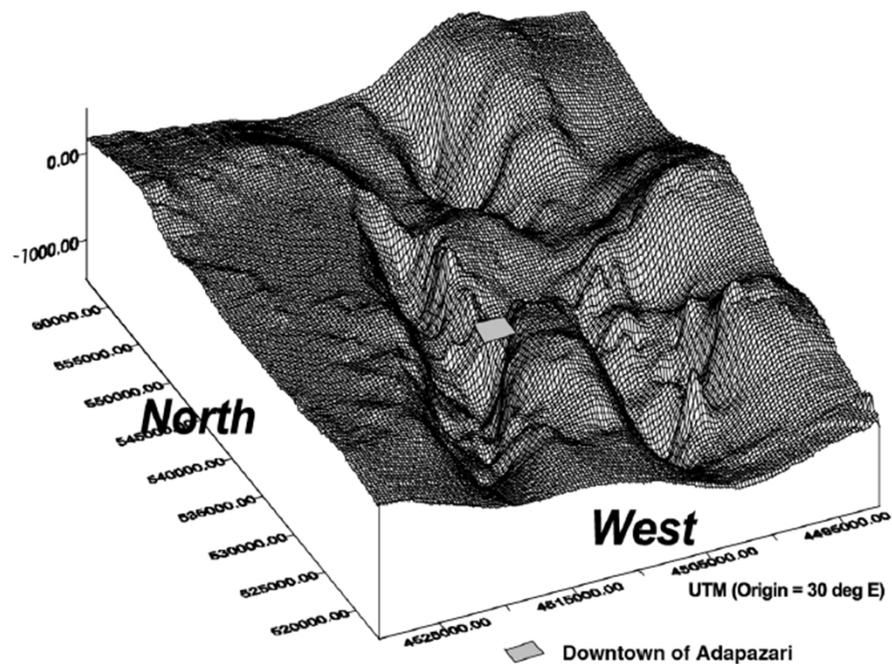


- 地震前後の横断面で地形の大域的な変状は発生していない
- 地表面の局所変状や亀裂を捉えられていない
 - 別の撮影映像から追加検証をする予定



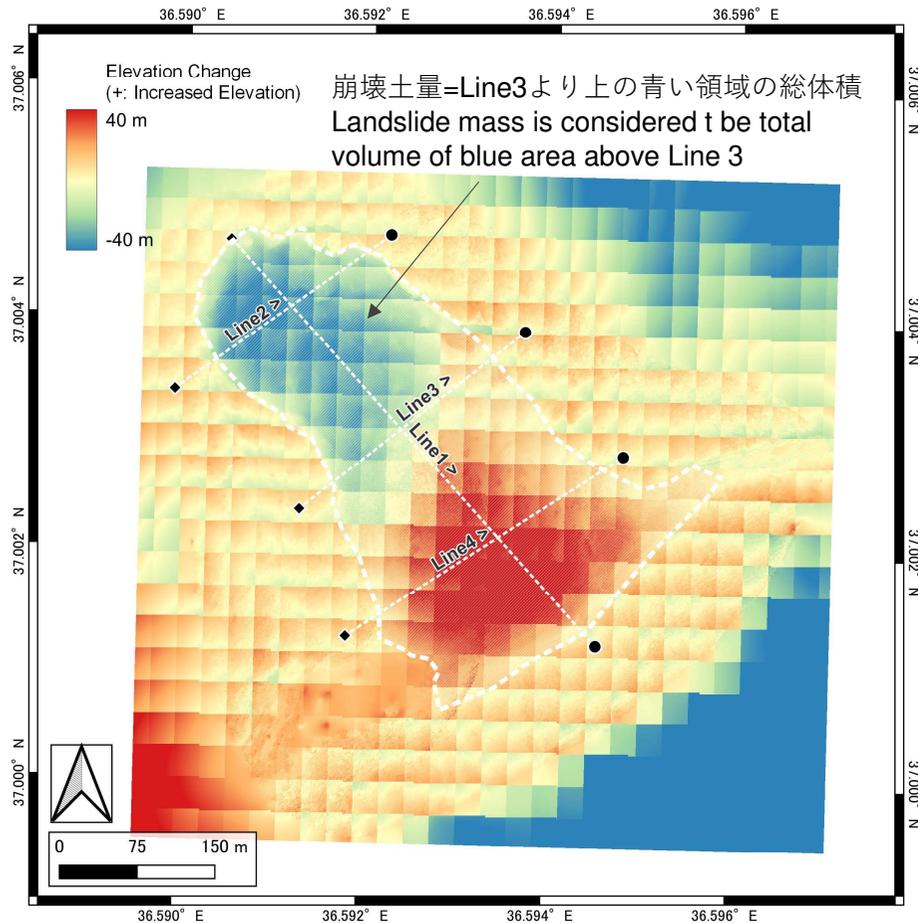
- 沖積地盤上の4~6階建ての建物に深刻な被害 (全体の11.9%)
 - ボーリングと室内試験による1次元地震応答解析用の地盤モデル構築 + 余震観測によるモデルの検証
- 基礎部の破壊は周辺に地盤の亀裂を伴っている場合もあれば、噴砂や亀裂が全くない場合もある
- 噴砂の細粒分含有率は35%程度でボーリングコア試料
- 標準貫入試験からはN45換算で液状化に対する抵抗力がない結果に





- ブーゲー重力異常、SPAC法、微動H/Vによる基盤構造推定
- 北側陥没の端から1~2m南にずれた場所にアダパザーリ市街地がある
- 市街地への強震動は盆地効果による影響
- 現地踏査による建物と地盤被害のマッピングを実施
 - 大きな沈下が発生した建物は損傷等級が小さい
- 液状化は中心部を取り囲むように発生
 - 中心部はAda-pazari(島+市場)の由来となった丘地形
 - 液状化地域は旧沼地や旧河道に相当

Elevation Change



- Landslide Area: 0.103 km²
- Length: 480 m
- Height: 220 m
- Slope: 24.6° ($\tan^{-1}(220/480)$)
- Depth: 45 m (Maximum)
- Landslide Volume: 996,000 m³
- Height of Landslide Mass clogging the river: 40 m
- Depth of Barrier Lake: 25 m
- Area of Barrier Lake: 28,800 m²
- Volume of Barrier Lake: 240,000 m³ ($25 \times 28,800 / 3$)
- Catchment Area: 23 km²
- DBI (Dimensionless Blockage Index) = 3.01 (= $\log_{10}(23 \times 40/0.9)$)

Reference: <https://www.youtube.com/watch?v=Ro-RRzMMw-c> or
<https://note.com/ninece300/n/ndd5ba56c0148> (日本語)

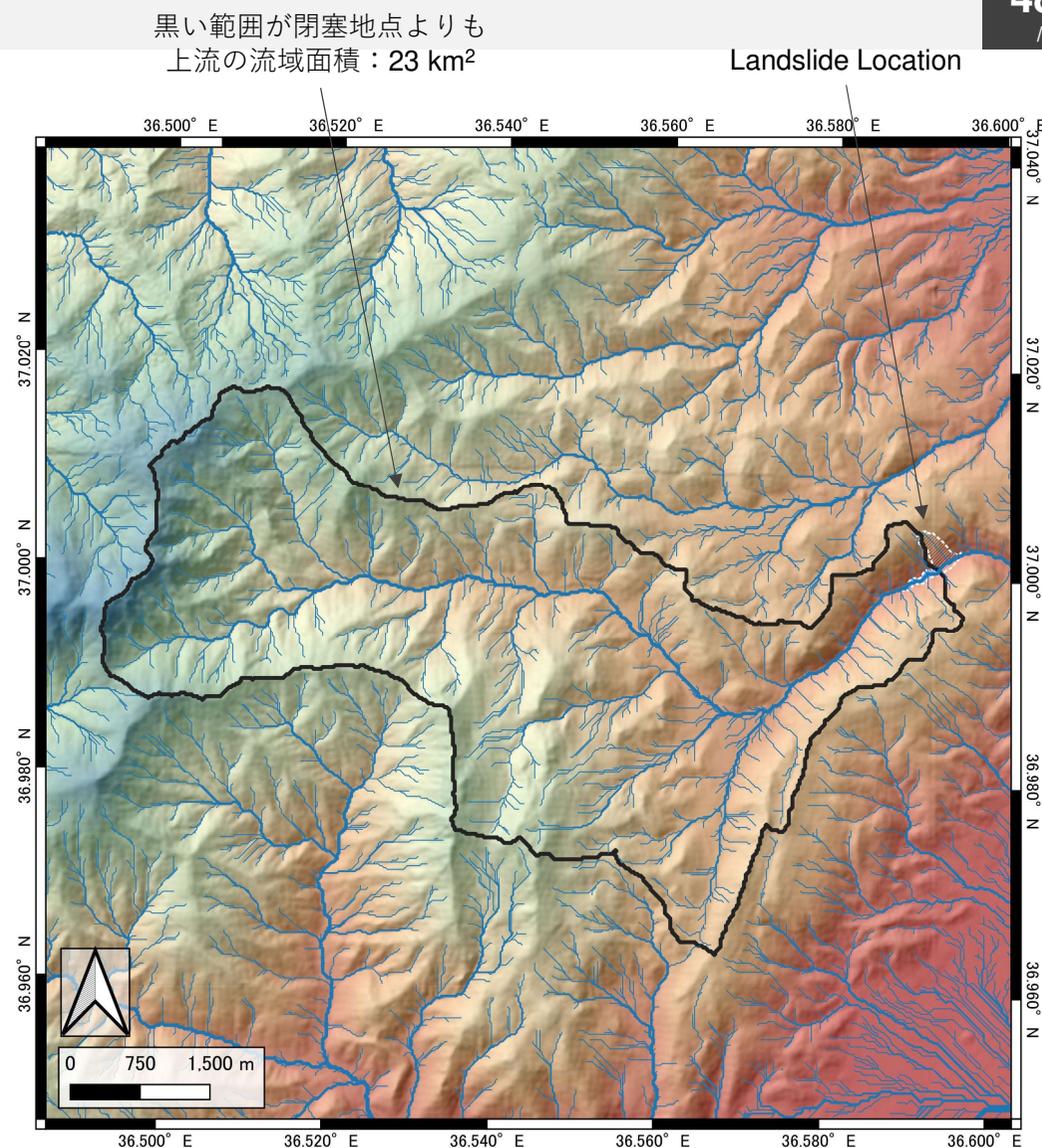
- Module Channel Network and Drainage Basins: Threshold
 - Strahler order to begin a channel. Minimum: 1 Default: 5

Troubleshoot:

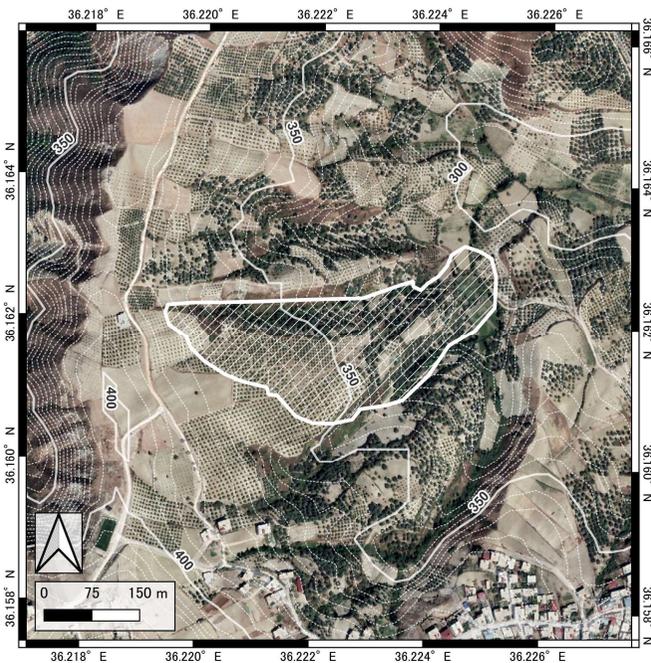
- The message of “Error: tool needs graphical user interface [Upslope Area]” are shown
 - <https://www.youtube.com/watch?v=t-2ExoyhlfA&t=101s>

Procedure

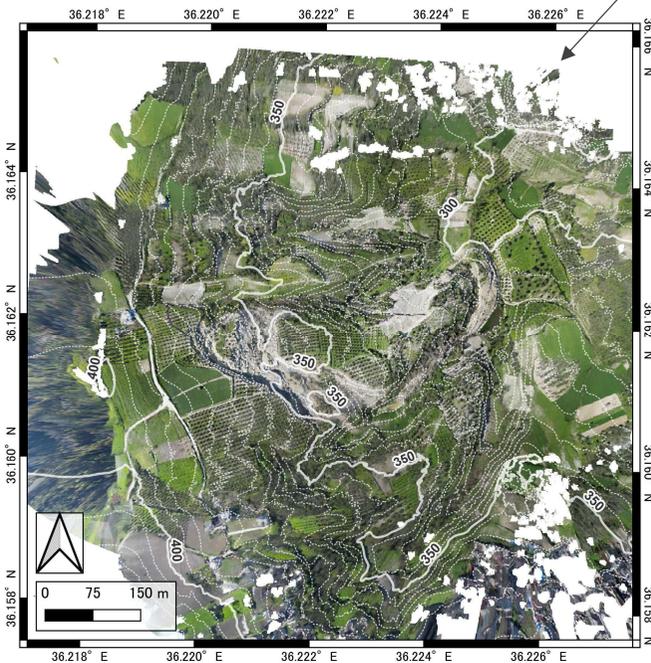
- Method: SAGA Upslope Area, Deterministic 8
- Base DEM: deprem_20m provided by Prof. Taskin
- Target coordinate: 285808.993, 4097695.628 (WGS 84 / UTM zone 37N)
- Convergence: 1.1 (Default)



Before EQ

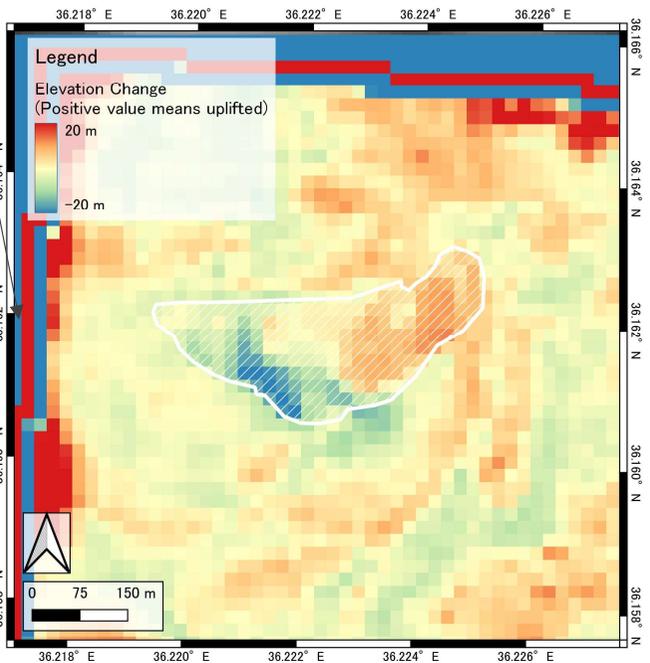


After EQ



DSM (Digital Surface Model) was not generated

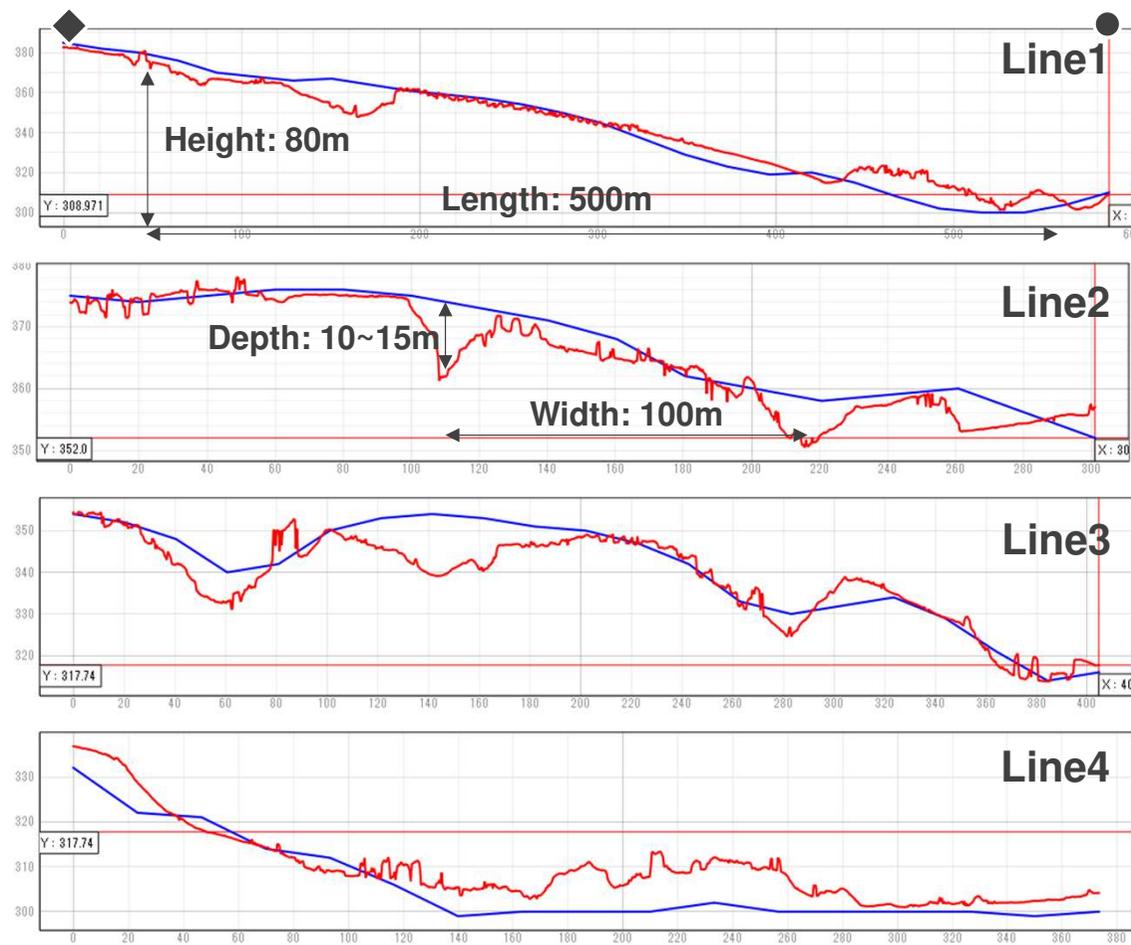
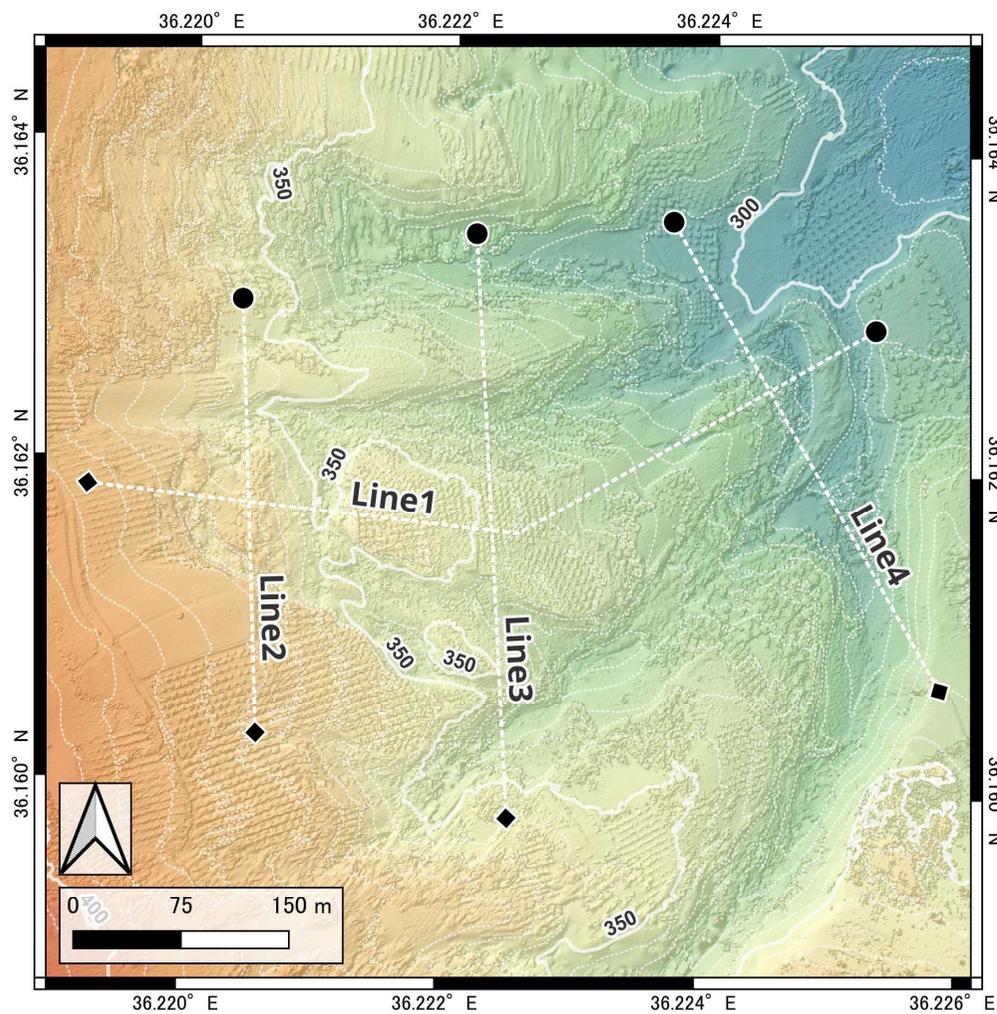
Elevation Change

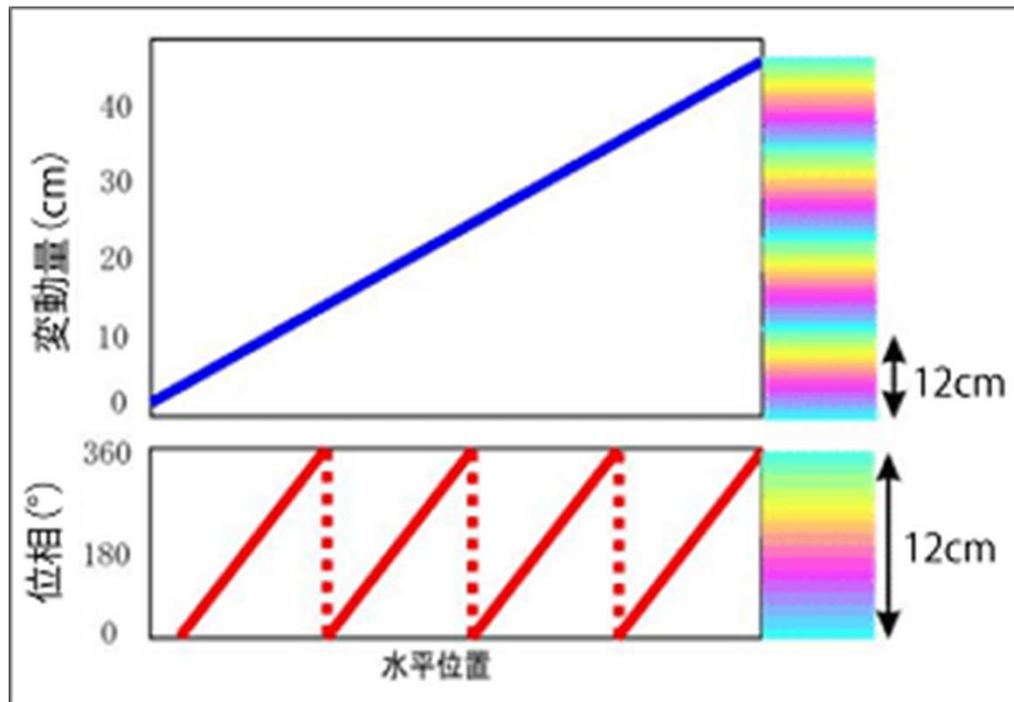


- 長さ: 500m 滑落崖の高さ: 15m 幅: 100m



Link to 3D Model : <https://skfb.ly/oGpp8>





- SAR干渉画像の色は、ある地点を2回観測したときの距離の差から生じた位相差を表している
 - 0度なら水色、60度なら青色、180度なら赤色といったように、ある位相差に対応した色付けをすることで、2地点の変動量の相対的な差が出せる

