

1391 年 5 月 21 日 (西暦 2012 年 8 月 11 日)

ヴァルゼガン双子地震初期調査報告書

(東アーザルバーイジャー州アハル郡)

報告書完成日 : 1391 年 5 月 31 日 (西暦 2012 年 8 月 21 日)

Mahdi ZARE, Afshin KALANTARI, Anooshiravan ANSARI, Ebrahim HAGSHENAS,

Mohammad DAVOODI and Mehrdad MOSTAFAZADEH

IIEES 調査団

調査期間 : 1391 年 5 月 24 日~27 日 (西暦 2012 年 8 月 14 日~17 日)

地震の概要

1391 年 5 月 21 日¹ (西暦 2012 年 8 月 11 日) 二回の地震が、一回目は現地時間午後 4 時 53 分 (日本時間同日午後 9 時 23 分)、マグニチュード Mw6.4、アハル²の西 23km を震源とし (図 1 および図 2)、二回目は現地時間午後 5 時 4 分 (日本時間同日午後 9 時 34 分)、マグニチュード Mw6.3、アハルから 30km の距離、タブリーズのおよそ 50km 北東を震源として相次いで発生し、震源域にある東アーザルバーイジャー州で人的被害、経済的損失および住民の恐怖感をもたらした。震源の深さは約 10km であり、発震機構は横ずれ断層型³であった。本震発生後最初の 24 時間に 35 回の余震が IIEES 広域地震観測網により記録された (図 3)。この余震は震源域、すなわちアハルとヴァルゼガンとの間で発生した (図 4)。地震による死者は 306 人、負傷者は 3037 人 (イラン保健省と東アーザルバーイジャー Oloom Pezeshki 大学の発表による) で、被災者は 12 万人と見られ、アハル、ヴァルゼガンおよびヘリースの 3 州の震源域に位置する村々で被害が報告されている。この 3 州およびタブリーズ州で、住民は住宅が倒壊するのではないかとこの恐怖感のあまり、屋外に避難して生活している。Bajebaj、Gurdareh、Dabnu 村およびヴァルゼガン市で最大の人的被害があったと報告されている。

またこの地震により、Tabriz、Marand、Bostanabad、Sumesara、Ardabil、Bukan、Astara、Khvoy、Salmas、Parsabad、Moghan、Shabestar、Meshkinshahr、Rasht、Mahbad、Banab、Urmia、Mamaghan、Hadishahr、Maraghe、Mianeh および Mianduab で揺れが感じられた。

過去の地震活動

ヴァルゼガン双子地震の被災地で過去に発生した地震活動 (表 1) によると、この地域における過去の地震活動は主にタブリーズで発生した地震によるものであり、最も重要な地震は西暦 1780 年のタブリーズ地震である。資料のある過去 1300 年間、ヴァルゼガン双子地震の震源域で大地震は発生していない。

本震と余震の特徴

ヴァルゼガン地震は、国内および国外の地震観測所で観測および報告されている。図 4 に IIEES を含む複数の地震観測所により報告された二回の地震の震央位置を示す。表 2 および図 5 に、震央から 100km 離れた Garmi の地震観測所で記録された余震の推移を示す。マグニチュード 2.0 以上の余震のみ、イラン広域地震観測網により震央が特定された。

IIEES ShakeMap : Ahar
 AUG 11 2012 12:23:17 AM GMT M 6.2 N38.40 E46.84 Depth: 10.0km ID:IR201208111223

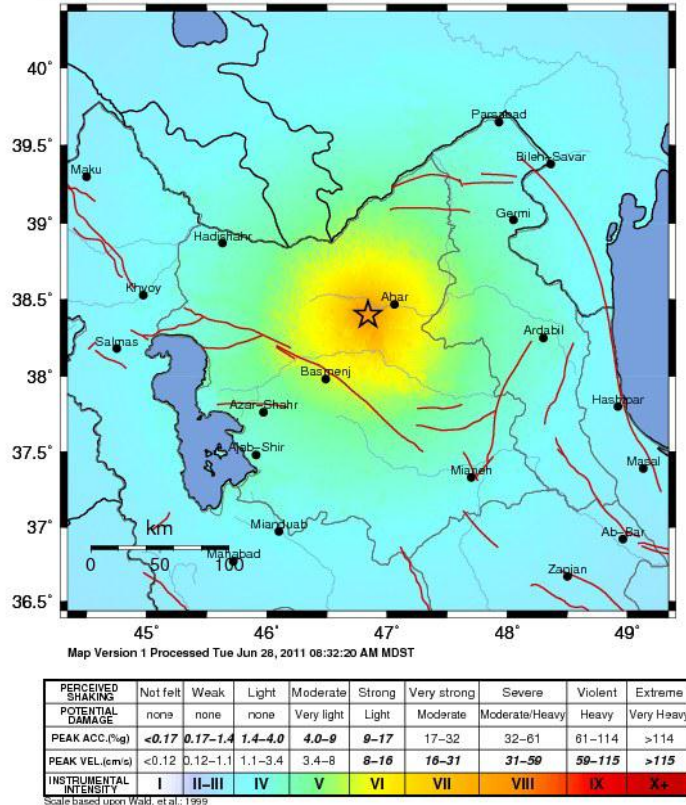


図1 一回目の地震の震度分布 (IIEES による)

表1 震源から半径 100km 以内で過去に発生したマグニチュード 5 以上の地震

Date	Time	Coordinates														
Y	M	D	HH	MM	SSS	Lat.N	Lon.E	FD	mb	Ms	Mw	ML	Efa	Ref	Region	
858						38.100	46.300	0	.0	6.0	.0	.0		Amb	Tabriz	
1042	11	04	18			38.100	46.300	0	.0	7.6	.0	.0		Amb	Tabriz	
1593						37.800	47.500	0	.0	6.1	.0	.0		Amb	Sarab	
1641	02	05	18			37.900	46.100	0	.0	6.8	.0	.0		Amb	Dehkharghan	
1717	03	12	06			38.100	46.300	0	.0	5.9	.0	.0		Amb	Tabriz	
1721	04	26	07			37.900	46.700	0	.0	7.7	.0	.0	*	Amb	Tabriz	
1780	01	08	24			38.200	46.000	0	.0	7.7	.0	.0	*	Amb	Tabriz	
1861	05	24	16			39.400	47.500	0	.0	6.0	.0	.0		Amb		
1883	05	03	12			37.900	47.200	0	.0	6.2	.0	.0		Amb		
1905	01	09	06	17		38.000	46.000	0	.0	6.2	.0	.0		Amb		
1960	12	25	11	24	42	39.500	47.500	33	5.0	.0	.0	.0		BAN		
1965	02	10	16	09	53	37.660	47.090	45	5.0	.0	.0	.0		ISC	Alikhalaj	
1968	06	09	00	56	32	39.071	46.090	35	5.0	.0	.0	.0		N.IS	Zangezur	
1968	09	01	05	39	40	39.142	46.180	17	5.1	.0	.0	.0		N.US		
1996	04	22	14	42	32	39.165	47.369	29	5.0	.0	.0	.0		NEIC		

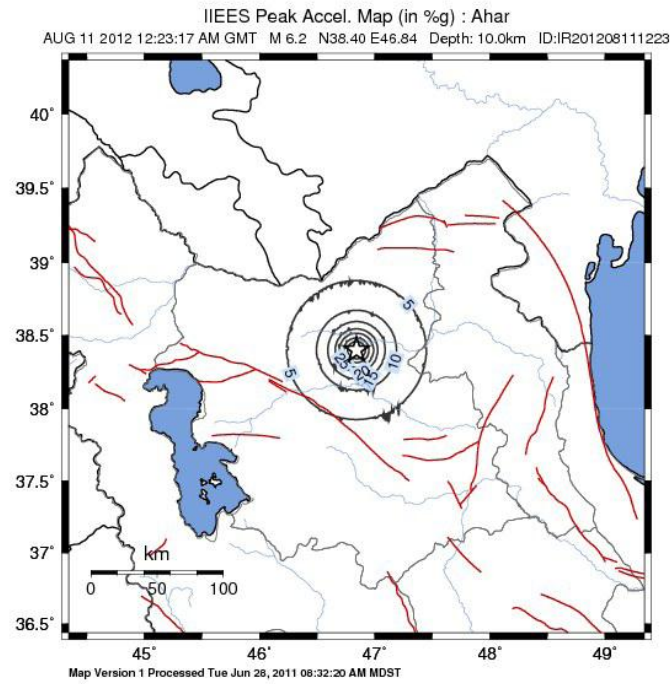


図2 最大加速度の推測値 (IIEES による) 震源地は一回目の地震による。地震発生直後の震源域における最大加速度は $0.5g$ 以上と推定される。

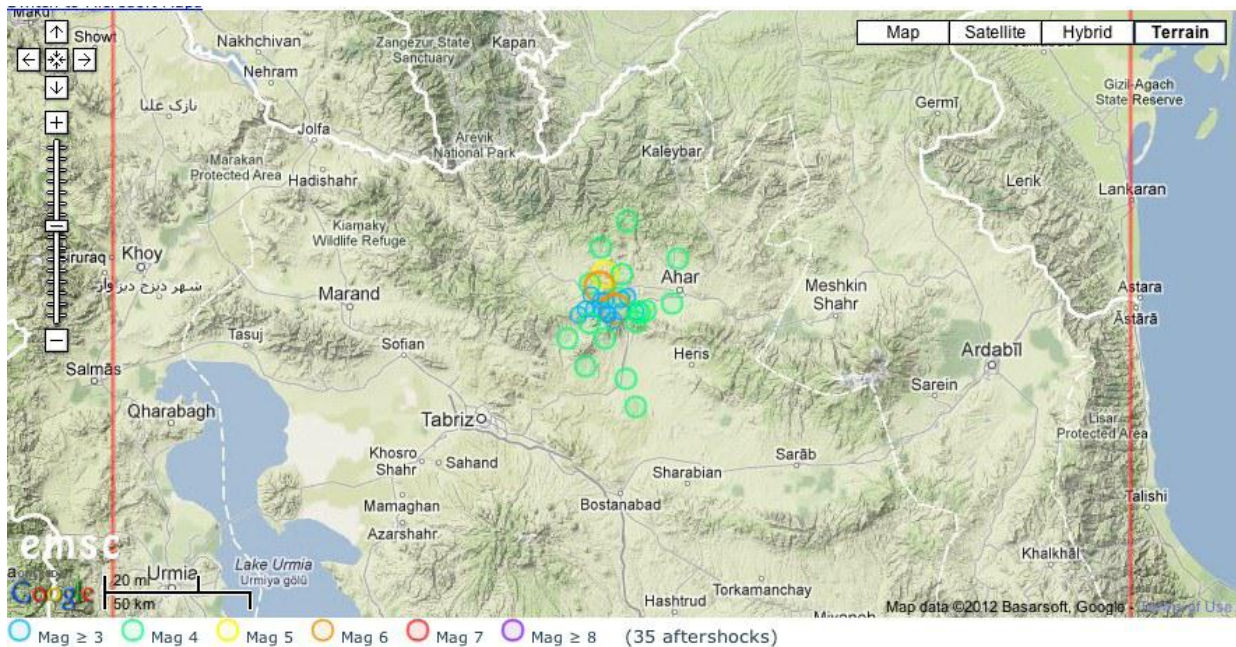


図3 本震発生後 24 時間の余震の震央分布 (IIEES 広域地震観測網による)

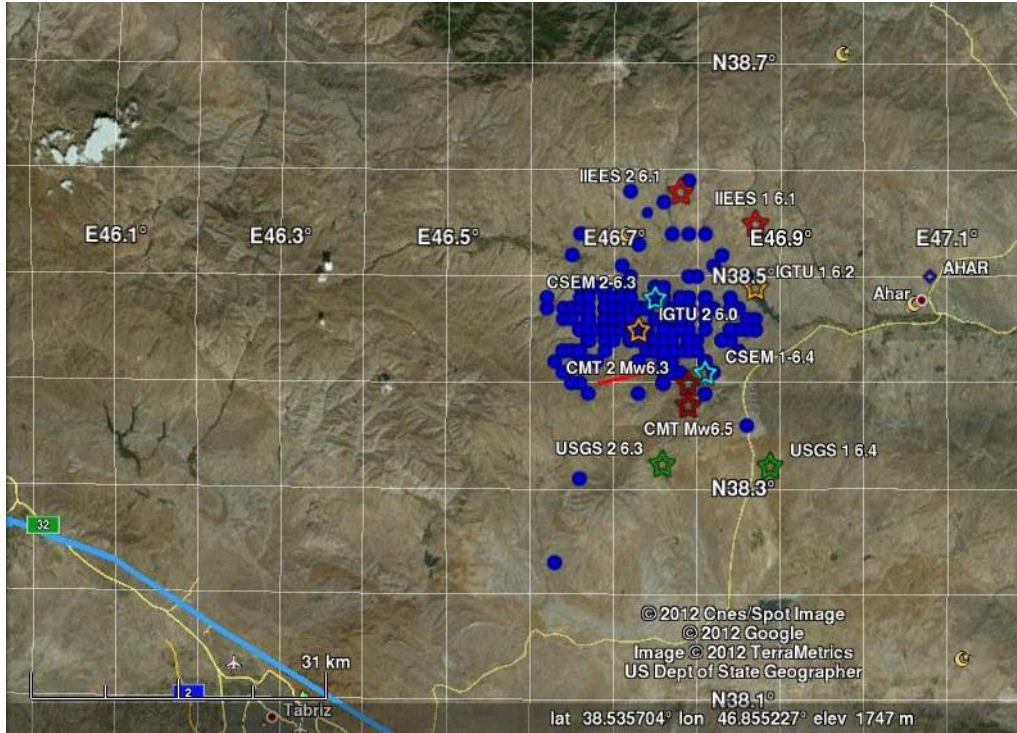


図4 余震の震央分布 (イラン広域地震観測網による)

表2 Garmi 地震観測所で記録された余震一覧 (IIEES による)

西暦 تاریخ میلادی	ヒジュラ暦 تاریخ شمسی	観測所 ایستگاه	回数 تعداد ثبت تک ایستگاهی
8/11/2012	۹۱/۵/۲۱	GRMI	۵۴۵ 545
8/12/2012	۹۱/۵/۲۲	GRMI	۵۴۸ 548
8/13/2012	۹۱/۵/۲۳	GRMI	۵۴۹ 549
8/14/2012	۹۱/۵/۲۴	GRMI	۳۵۱ 351
8/15/2012	۹۱/۵/۲۵	GRMI	۲۵۷ 257
8/16/2012	۹۱/۵/۲۶	GRMI	۲۸۹ 289
8/17/2012	۹۱/۵/۲۷	GRMI	۲۰۹ 209
8/18/2012	۹۱/۵/۲۸	GRMI	۱۷۵ 175
8/19/2012	۹۱/۵/۲۹	GRMI	۱۴۶ 146
8/20/2012	۹۱/۵/۳۰	GRMI	۱۲۵ 125
مجموع 合計			۳۱۹۴ 3194

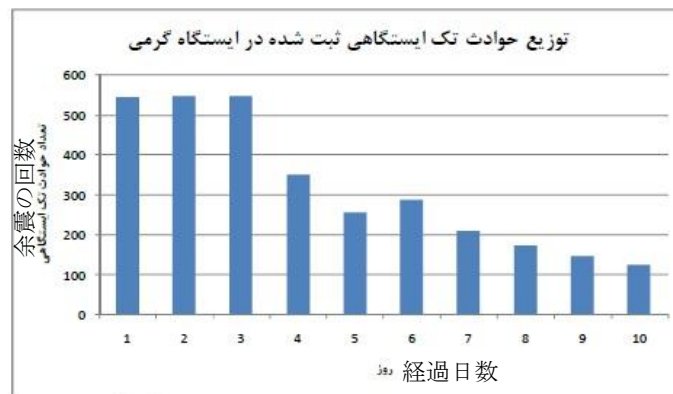


図5 Garmi 地震観測所で記録された余震の回数と推移

地震断層

ヴァルゼガン地震による全長約 4km の地震断層が、ヴァルゼガンの南 13km で調査団により観測された。この地震断層を図 6 中に赤線で示す。図 7 にタブリーズ - ヴァルゼガン間の道路付近に出現していた地震断層を示す。



図 6 ヴァルゼガン地震による地表地震断層。南アハル断層に沿っている。





図7 地表地震断層

地質学的観点

ヴァルゼガン双子地震の地質学的観点として、調査団が実施した調査、また存在する地図と情報による初期研究によると、3つの現象、すなわちローカルサイトエフェクト、斜面崩壊、および道路面の局所的な沈下が挙げられる。地盤の液状化現象は見られなかった。

1) ローカルサイトエフェクト

アハル - ヴァルゼガン間の被災地では、特にアハル、ヴァルゼガンおよびヘリースの3市では、地表面の状況が地震被害における地盤の影響をよく示している。この3市に共通する特徴は、第四紀および鮮新世の粒径が細かく締りが緩い地層の上に築かれたという点である。この地層には地震動増幅効果がある。この3市では複数の場所で、この軟弱な地盤の断面を観察することができた。図8、図9にその例を示す。アハルとヘリースでは、締りの緩い地層に加え、地震動増幅効果をもち得る別の要因も見られた。すなわち両市に見られる丘陵地であり、現地調査により丘陵地で被害が集中していることが分かっている。ローカルサイトエフェクトに関して正確な判断を発表するためには専門的な研究と関連する調査が必要であるが、以下の調査結果はヴァルゼガン地震の被災地においてこの現象が発生していることを示している。

ヴァルゼガン市は緩傾斜の川の周辺に発展し、川に近い地域では、粒径の細かい堆積物が見られ、地下水位が地表面に近い。建物被害を見ると、川から距離のある場所では建物の被害は少なかったのに対し、地下水で飽和した厚い沖積層上に建てられた建物では、構造計算された建物に大きな被害が見られ、想定に反して主に低層階に被害が集中していた。

アハル市では、歴史地区でマスジェデ・ジャーメのあるゴドゥス通りに隣接する丘陵地で甚大な被害が多く見られた。さらに、ローカルサイトエフェクトの際立った特徴を、市の文化・高等イスラム事務所の建物がある丘に見ることができる。この建物は、粒径の細かい粘土・シルトの厚い層から構成される丘の上に建てられている。興味深いことに、この丘の麓の住宅では大した被害が観察されなかった一方で、丘の上に建つこの事務所の建物は構造上甚大な被害を受けた。下図に丘の上のこの建物の被害の様子を示す。

ハリース市では湖成層から成る丘の斜面上に建っている病院が、甚大な被害を受け、被災者向けの医療業務が全く出来なくなったが、現在病院の中庭にテントが設営され業務活動している。一方で、この市は震央から距離があるため広域の被害は見られなかった。病院の施工不良、特に二階の柱におけるコンクリート打設不良が建物被害につながったが、建設地の軟弱な堆積物から成る地盤が、また丘という地形が地震動を増幅し、被害をもたらしたとも言える。また、ローカルサイトエフェクトは村々の被害の中でも同様に見られた。丘陵地に建設された村々では斜面地で被害が集中し、地形が影響していると言える。Ourang 村のこの現象の例を図 10 に示す。



図 8 丘の上に建つアハル文化・高等イスラム事務所の遠景（左）と丘の麓の建物（右）



図 9 アハル文化・高等イスラム事務所における構造上の甚大な被害
(写真右上の隅部では柱と梁が分離している)



図 10 Ourang 村の被害分布におけるローカルサイトエフェクトの例

2) 斜面崩壊

調査によると、斜面崩壊は特に震源地付近でさまざまな規模で多数発生していることが分かった。この斜面崩壊には、表層崩壊、落石等が含まれる。これらの多くは道路の脇で発生しており、救援活動を妨げた例もあった。しかし、幸いにもこれらの斜面崩壊の規模は小さかったため、被害に対し迅速な対応がなされた。図 11 と図 12 に斜面崩壊の例を示す。



図 11 道路で見られた落石の例



図 12 Bajebaj - Choopanlar 間の道路脇で発生した斜面崩壊

3) 道路面の局所的な沈下

この地震の結果見られたもう一つの土質現象に、幹線道路とその他道路における局所的な沈下がある。道路面の沈下は、イラン国内で起こった他の地震と同じく水路が道路を横切っている場所に集中しており、橋の前後の地盤の施工時締め固め不良による地震時の橋と地盤との挙動の違いが原因であると考えられる。沈下部は即座にアスファルトで修復されるが、肝心な地震発生直後の時間帯かなりの混乱を引き起こすことがある。特に、道路面の沈下は水路の周辺で広範囲にわたり発生することがあり、道路とその周辺に地割れやしばしば大規模な地盤崩壊を引き起こす。図 13 は ISNA（イラン学生通信）による道路面沈下の例、図 14 は現地調査で確認された道路面がアスファルトで補修された例を示す。



図 13 水路橋の道路面の沈下（ISNA による）



図 14 水路橋の道路面の沈下による地割れ。Khvajeh-Varzeghan 間の補修された道路にて。

建物とライフラインの被害

現地調査では、建物（住宅、行政関連、病院）と橋を対象に地震被害の簡易調査を実施した。以下に、調査結果の概要を示す。

1) 住宅

調査によると、上述した地域の住宅の相当数が、技術基準に適合しない日干し煉瓦造あるいはレンガ組石造であった。基準が遵守されていないことと使用材料が重いことが原因で、本稿執筆時点における地方当局の発表によると、この 3 州所在の 500 以上の村のうち 200 以上の村が大きな被害あるいは壊滅的被害を受けた。また、最も激しい揺れを受けた地域において、期待通り技術基準に適合している建物はほとんどが地震に対する安全水準を満足していた。これにもかかわらず、構造部材と非構造部材の接合部施工指針といった基準を遵守していないことや住宅の大きな変形により多大な被害が発生し、住民は特に大規模な余震が相次いだ時期には住み続けることが危険である判断し、テント生活を余儀なくされている。

上述の地域の一部では、イスラム革命時の住宅財団の支援を受けて建設されたか未だ建設中である住宅が見られる（図 15）。柱梁が RC 造で壁がレンガあるいはセラミックブロックの建物の多くは、地震に対して望ましい性能を有している。しかし、残念ながら使用材料が重いことあるいは柱梁の施工が適切でないことにより、この種の建物の多くも被害（修復可能）を受けた（図 16、図 17）。



図 15 Mehtarloo 村の構造ディテールを遵守している建設中の住宅



図 17 アハル郡の住宅



図 16 技術基準を守っていない住宅

2) 病院

アハルとヘリース両市では複数の病院が被害を受け倒壊し、医療業務ができる水準ではなくなった。調査団はアハル市の Bagheroluloom 病院を調査する機会を得た。鉄筋コンクリート造二階建てのこの病院は、現在の病院の役員の意見を反映して NICU（新生児集中治療室）を除く全ての医療部門を有しているが、地震により非構造部材および手術室や産婦人科室の設備に被害を受けた。間仕切り壁の柱梁からの分離、壁の垂直と斜め方向の大きなひび割れ、化粧天井の被害、酸素カプセル等設備の落下、また主要構造間の被害⁴が確認され、二階よりも三階が激しい被害を受けた。被害の結果、建物は機能可能な水準ではなくなった。特に災害時にあって医療施設が十分な耐震性能を有していないことは注目に値する（図 18）。



図 18 アハル郡の Bagherolulum 病院が受けた被害

3) 行政関連の建物

ヴァルゼガンとアハルの両市で行政関連の建物が必要な耐震性能を有していなかったことは想定外であった。例として写真に示す建物は激しく揺れ、変形を生じ、多大な被害を非構造部分と諸設備に受け、その結果特に重要であるこの種の建物の継続的利用が不可能になった。これらの例では、設計時に多様な機能水準を満足させ、かつ施工時の品質や精度に留意する必要性が深刻に見られた（図 19、図 20）。



図 19 アハルの国営ガス会社



図 20 ヴァルゼガン・アーザード大学

4) 橋梁

被災地では全体として橋梁の大きな被害や崩壊が見られた。橋梁の主な被害として、橋台裏盛土沈下、橋台の亀裂、支承位置における橋桁の移動を挙げることが出来る。橋梁の例と確認された被害を図 21、図 22 に示す。



図 21 タブリーズ - ヴァルゼガン間の 3 スパンの橋



図 22 ヴァルゼガン市の橋

災害マネジメント

地震発生後直後から数日後まで被害の大きな地域から救援が行われた。地震発生直後の情報伝達を見ると、広範囲にわたる被害、特に死者数について、特に最初の 5 時間報道されず、おそらくこの理由によりヴァルゼガン双子地震の発生に対して人々の注意が遅れた。電気は完全に停電したが、地震発生後 2 日目には復旧した。携帯電話は、被災地の村々で地震発生後 6 日まで利用不可能であった。地域のガスは上手く制御され深刻な被害の発生が回避された。病院が被災したことにより、地震直後の地域の衛生治療という課題に取り組む必要性が認められた。ヘリースとアハルで新築の病院が被害を受け閉鎖となり、中庭で被災者に対する医療業務を提供したことは特筆に値する。また、支援の方法等を国民に（国全体に）説明する必要があるとみられた。

震度分布

ヴァルゼガン双子地震の震源域とその周辺の現地調査によると、震源域の震度はヨーロッパ震度階 EMS98 でVIII（特にヴァルゼガン市および周辺の村々）であり、アハル市ではVII、ヘリース市ではVI、タブリーズではVと推定された。震度分布を図 23 に示す。

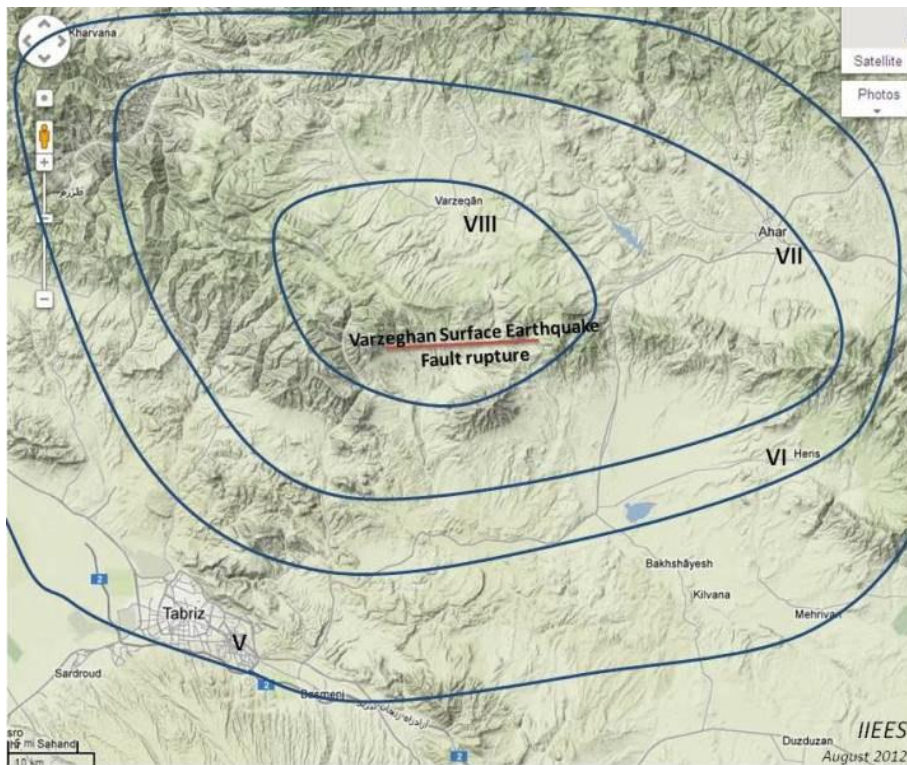


図 23 震度分布

訳者注

- 1 イランで使用されているヒジュラ暦による。以下、特に西暦と記さない限りヒジュラ暦を示す。
- 2 原則として、頻出する地名のみ日本語で表記し、ペルシャ語の発音に近づくように記す。地名の英語表記は、報告書中の図にあるものはそれに従い、ないものは訳者の知見の及ぶ限りを記す。
- 3 2 回目の地震は横ずれ断層型でない可能性があり、公式な発震機構は未だ IIEES より発表されていない。
- 4 主要構造間のクリアランスが埋められていたことによる。

日本語訳：奥山岳典（テヘラン大学建築学部修士課程） 2012 年 8 月 28 日