

2003年12月26日イラン・バム地震被害調査報告

土木学会・イラン・バム地震被害調査団

調査の概要

2003 年 12 月 26 日午前 5 時 26 分頃（現地時間）、イラン南東部の人口約 12 万人のバム市近郊でマグニチュード $M_w=6.6$ の地震が発生し、アドベ造の多くの住宅が倒壊した。早朝ということもあり、それにより多くの人的被害が発生し、犠牲者は 4 万人を超えた。また、バム市は 2 000 年以上も前に構築された「バムの要塞」というアドベ造の要塞遺跡で有名などころであったが、この地震によって壊滅的な被害を受けている。土木学会・地震工学委員会（委員長：後藤洋三・（独）防災科学技術研究所地震防災フロンティア研究センター長）、および同・地震被害調査小委員会（委員長：宮島昌克・金沢大学教授）ではただちに被害調査団派遣に関する検討に入り、土木学会災害緊急対応部門と協議のうえ、イラン・バム地震被害に関する調査団派遣を決定し、2 月 15 日から 26 日にかけて、日本地震工学会調査団（団長：小長井一男・東京大学教授）と一部合同で調査が行われた。表 1 に土木学会調査団員を示す。ここでは、この地震における地震動の特徴および被害の概要を速報として報告する。

地震および地震動

本震は 2003 年 12 月 26 日午前 5 時 26 分頃に発生した。震央は図 1 に示すように、イランの南東部に位置するバム市の南であり、震源深さは約 10 km である。イランでは BHRC（Building and Housing Research Center）が全国にわたる強震動観測網を整備しており、この観測網で多くの強震波形が記録された。しかし、震央付近ではバム市内（震央距離 14 km）で貴重な記録が得られたものの、町が散在している地域であったので、震央から 50 km 以内での強震記録はこの 1 点のみであった。各地の最大加速度を表 2 に示す。バム市では 1 G 以上の上下動が観測されており、水平動も

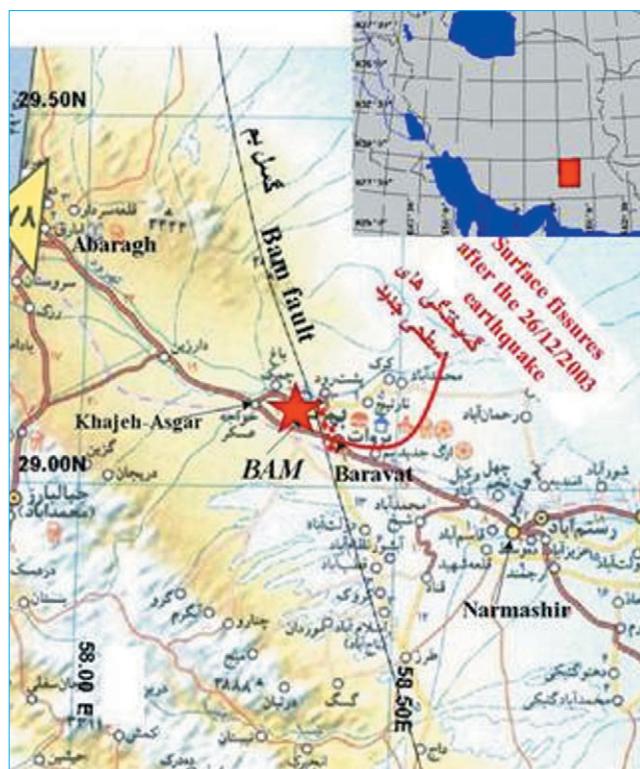


図-1 震央の位置図¹⁾

表-1 調査団員名簿（は別日程）

区 分	主調査分野	氏 名	所属先名称
団 長	サイト特性、 ライフライン	宮島昌克	金沢大学
副団長	構造物破壊、 緊急対応	目黒公郎	東京大学
団 員	被害分布	伯野元彦	攻玉社工科短期大学
団 員	構造物被害	幸左賢二	九州工業大学
団 員	地盤破壊	飛田哲男	京都大学
団 員	リモート センシング	高嶋正典	東京大学
団 員	復興政策	吉村美保	東京大学
団 員	アドベ造	MAYORCA Paola	東京大学
団 員	サイト特性	FALLAHI Abdolhossein	金沢大学
団 員*	緊急対応、 復興計画	林亜紀夫	パンフィック コンサルタント
団 員*	ライフライン	鎌田泰子	神戸大学

800 gal 近くと非常に大きな値となっている。BHRC によれば、最大速度は水平方向で 123.51 kine にも上り、この非常

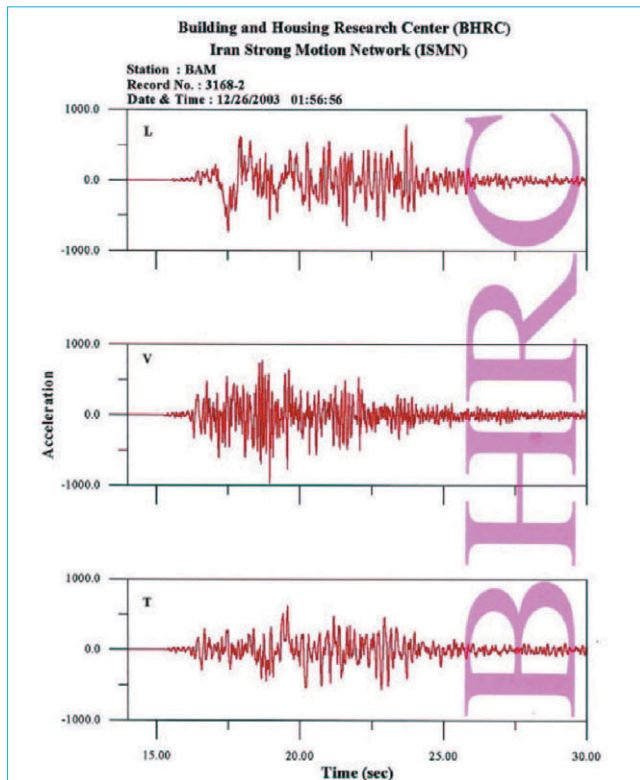


図-2 バム市で記録された強震記録²⁾
(上から水平、鉛直、水平直交成分、最大値は表-2参照)

に大きな水平速度が構造物の破壊に影響しているものと推察される。BHRC から公開されている強震波形を図-2²⁾に示す。断層直近での特徴が水平成分(L成分)に現われているものと考えられる。強震計は2階建て補強レンガ造建物1階の机の下に設置されており落下物の影響はなかったが、隣のロッカーが転倒していたとのことであるので、その影響や建物の振動の影響が含まれている可能性がある。ちなみに、建物は一部破損していた(写真-3)。

バム市街の東約2 km にバム断層が位置しており、過去の断層運動によって形成された比高約20 mの西上がりの崖がほぼ南北方向に連続して見られる。写真-1はバム市(西側の緑地)とバラバット市(東側の緑地)の航空写真¹⁾であるが、両者の間に見られる南北方向の白い部分が撓曲崖である。バム断層は右横ずれの逆断層であるが、地表に断層が到達せずに、撓曲崖の成長に留まったものと考えられる。写真-2は撓曲崖を横切る道路に現われた亀裂を示している。震源断層の滑り面そのものではなく、撓曲崖の成長に伴う開口亀裂であると考えられる。

地形・地質

バム市は、ルート沙漠の南西に位置し、市街は扇状地末端の断層崖の周辺にあるオアシスを中心に発達している。市街の北東部にある「バムの要塞」では露頭岩が見られるが、調

表-2 得られた最大加速値と震央距離

観測点名	震央距離 (km)	最大加速度 (gal)			標高 (m)
		水平 (L)	水平 (T)	上下	
Bam	14	799.06	636.37	988.50	1 094
Mohamad	60	123.52	71.40	70.74	1 961
Jiroft	88	40.33	28.30	31.81	725
Golbaf	99	30.78	29.46	13.70	1 698
Rein	102	21.94	18.08	22.95	2 195
Jushan	127	24.99	36.64	17.52	1 650



写真-1 バム市とバラバット市の航空写真¹⁾



写真-2 撓曲崖を横切る道路の亀裂



写真-3 強震観測点の建物

査団が行った常時微動観測の速報値によれば、堆積層の厚さは南に下るほど厚くなるといった単純なものではないようで

ある。詳細については常時微動観測結果や収集資料の整理を行った後に速報会などで報告したい。

公共構造物の被害

表3 にバム市およびパラバッド市における、調査した代表的公共構造物の損傷度一覧表を示す。構造物の特徴として、重要度が高いために比較的 RC 構造が多く用いられており、被害も相対的に小さいものが多い。以下に代表的構造種別ごとの被害の特徴を示す。

橋 梁

バム市周辺の 3 か所の RC 橋梁について調査した。「バムの要塞」近くの橋梁にのみ被害が認められた。桁は橋軸直角方向西側（断層直角方向）に 2 cm 移動し、片側橋台にはひび割れ損傷が認められた。橋梁は、いずれも RC 桁、壁式 RC 橋脚であり、わが国の中小河川の横架にもよく用いられている形式である。わずかではあるが RC 桁が移動していることから、静止摩擦係数 0.4 以上の等価水平震度が作用したと考えられる。

給水塔

被災中心地に位置する RC 構造の給水塔では図-3 に示すように、柱下端部においてかぶりコンクリートが剥落し、軸方向鉄筋が露出、座屈する被害が生じていた。給水塔の柱配置は正八角形であり、中層梁を有する立体ラーメン構造である。そこで、給水塔の保有耐力を把握する目的で、フレームモデルを用いた静的な水平震度漸増解析を実施した。図-4 に給水タンク重心位置における水平震度 - 水平変位関係を示す。解析の結果、柱下端部が降伏に達した後、曲線勾配は大きく軟化する。したがって、給水塔全体としての降伏水平震度は 0.37 程度であり、等価水平加速度に換算して 370 gal 程度以上の地震力が作用したものと考えられる。また、損傷としては、西側柱に引張力によるかぶりコンクリートの剥離、東側柱に圧縮による鉄筋座屈が発生しており、断層直角方向西方向の作用力が卓越していたと考えられる。

モスク

モスクについても、RC 造では被害が小さく、レンガ造やアドベ造では被害が大きい。しかしながら、RC 造でもレンガ壁の倒壊が発生している。写真-4 に示すモスクでも、壁の倒壊により 7 名が死亡している。また、同じレンガ造でも、住宅と比較すると B ランク程度と被害が小さい。これは、一般住宅では住民が自らレンガなどを施工するのに対して、モスクは大規模であることから、専門建設業者により、例えば目地材も良質な品質モルタルを用いて施工されており、品質の差異による影響も考えられる。

表-3 代表的構造物の損傷度

構造物種別	番号	主部材材料	損傷度	備考
橋 梁	No.1	RC	C	14径間単純桁
	No.2	RC	D	3径間単純桁
	No.3	RC	D	7径間単純桁
給水塔	No.1	RC	C	鉄筋座屈発生
市役所	No.1	アドベ	A	完全倒壊
	No.1	レンガ	A	鉄製中柱
	No.2	アドベ	A	鉄製中柱
	No.3	RC	B	鉄筋座屈発生
	No.4	RC	C	柱ひび割れ発生のみ
	No.5	レンガ	B	鉄製中柱、壁が倒壊
	No.6	アドベ	A	完全倒壊
	No.7	レンガ	B	鉄製中柱
	No.8	レンガ	B	鉄製中柱
	No.9	RC	C	柱ひび割れ発生のみ

損傷度 A：破壊 B：中程度 C：軽微 D：無損傷

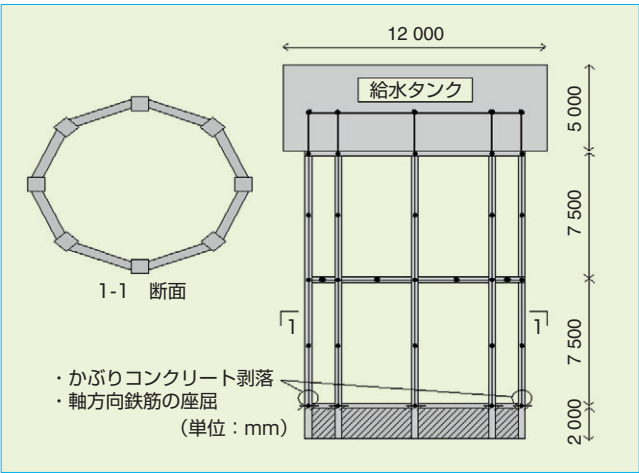


図-3 給水塔構造図

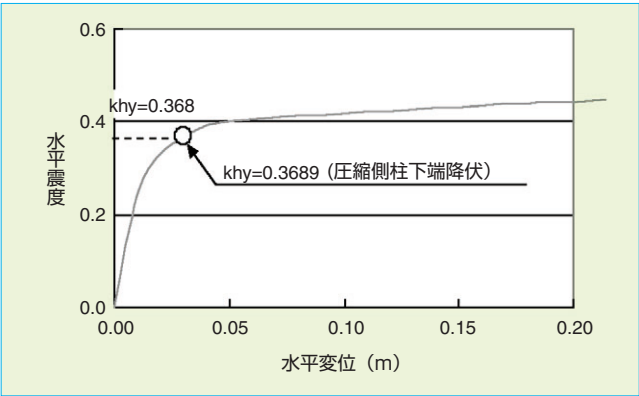


図-4 給水塔の水平震度 - 水平変位関係

ライフライン被害

今回の地震被害で最も大きな機能被害を生じたのは道路であった。バム市と州都ケルマン市は片側 1 車線の道路で結ばれているが、地震直後から救援、救出活動による渋滞が生じ、平常時には約 2 時間あまりで走れるところが、地震当日夕方には渋滞のため 6 時間以上かかったとのことであった。代替施設として空路が活用された。バム市にはプライベートの空港があり、管制塔が被災したが、急速、代替りの管制施設を地上に搬入し、地震当日の夕方から臨時便の発着を開始



写真-4 モスクの被害状況



写真-5 住民に供給された水タンク

した。12 時間に約 500 機の発着があり、重傷患者をケルマン市や首都のテヘラン市に搬送するとともに、救援、救出スタッフおよび資材が被災地に届けられた。

上水道システムは、バム市、バラバット市ともに埋設管の被害のみで貯水施設などには被害が生じなかった。埋設管には石綿セメント管、塩化ビニル管、ポリエチレン管が使われており、T 字や直管の接合部の抜け出しや管体の損傷が生じた。倒壊家屋が非常に多く、掘削作業のできない地域が多いので、地上仮配管を行った場合も多く見られた。テント生活をしている住民には写真-5 に示す水タンクが供給された。

ガスネットワークは整備されておらず、ガスボンベを利用している。また、下水は地下深くに直接放流されているとのことである。

建築物の被害

バム市の中心にはアドベ造の住宅が多く、そのほとんどが倒壊した。また、無補強レンガ造の住宅も多く、それらも倒壊した(写真-6)。倒壊率は 80~90%に上るといわれている。写真-5 に示すように、瓦礫の山が一面に積み上げられている



写真-6 無補強レンガ造の被害状況



写真-7 アドベ住宅の倒壊状況

地域も多く、瓦礫の撤去と復興計画が今後の重要な課題である。現地調査においてアンケート震度に関する対面ヒアリングや常時微動観測などを行ったので、今後、地盤特性と地震動、建物被害の関係について検討を進める予定である。

謝 辞

調査団派遣にあたり、土木学会災害緊急部門、地震工学委員会、地震被害調査小委員会の関係の皆様にご尽力いただきました。ここに記して感謝申し上げます。また、カウンターパートとの窓口となっていただくとともに、現地調査では合同チームのリーダーシップを執っていただいた東京大学教授 小長井一男先生、現地調査に同行していただき、各種の手配や便宜を図っていただくとともに、有益な情報をいただいたイランの IIEES (International Institute of Earthquake Engineering and Seismology)、テヘラン大学、BHRC の関係各位に厚く感謝申し上げます。

参考文献

- 1 - Sassan Eshghi and Medhi Zare: Bam (SE Iran) Earthquake of 26 December 2003, Mw 6.5: A Preliminary Reconnaissance Report, 2004
- 2 - Building and Housing Research Center: The Very Urgent Preliminary Report on Bam Earthquake of Dec. 26-2003, 2004