

2003年イラン・バム地震の特徴と課題

高田至郎¹， 鎌田泰子¹

Shiro TAKADA¹ and Yasuko KUWATA¹

¹ 神戸大学工学部建設学科

本稿は、2003年12月26日に発生したイラン・バム地震における建物とライフライン施設の被害・復旧の特徴と今後の地震防災における課題について述べたものである。地方都市バムの直下で地震が発生したこと、耐震的に脆弱なアドベ組積造の住家が多かったことから、被災地の建物は壊滅的な被害を受け、死者数は2万7千人を超えた。近年、大都市で地震対策が進められる一方で、国内外の地方都市・集落では、経済・社会的な面から建物の耐震化が進んでいない。これらの地方都市では、災害時には孤立する危険性が高く、地域内だけで対応できない可能性がある。本地震は、地方都市・集落における地震防災への警鐘であったといえる。

1. はじめに

2003年12月26日午前5時26分(現地時間)にイラン南東部で発生した地震により、震源地のバム(Bam)は壊滅的な被害を受けた。地震直後の速報では、地震による死者は41,000人と見積られていたが、地震から数ヶ月後にイラン政府によって詳細な地震被害統計が発表され、最終的には死者27,200人、負傷者14,300人に下方修正された¹⁾。この死者数は、バム市内の人口の約3割に相当する。世界の地震国には、経済的な面などから未だに住家の耐震化が進まず、小規模の地震でも数百、数千の建物ならびに人的な被害が発生する地域が多く存在する。このような地域では抜本的な住宅の耐震化を図ることが急務である。本地震もこの問題を顕著に示したものである。また、災害時の緊急対応に不可欠な道路・空港などの輸送施設が被害を受けたために、負傷者搬送や救援物資・人員派遣に支障が出た。さらに、地元のライフライン事業者も被災し、外部からの応援によって緊急対応・復旧活動が進められた。つまり、本地震では、地方都市・集落の地震防災のあり方についても再検討する契機となった。

本稿では、とくに、建物とライフライン施設を中心に地震の被害・復旧についてまとめ、被害の特徴と今後の地震防災における課題について述べたものである。

2. 地震の概要

イランの国土の大部分はイラニアンプレート上にあり、このプレートは北部のユーラシアプレートと南部のアラビアンプレート、インドプレートに挟まれているために、圧縮力場となっている。本地震は、ケルマン県南東部に位置するバム断層が右横すべりの断層運動を起こしたことによって発生したプレート内の内陸地震であるとされていた。しかしながら、余震震源域の調査から、本地震では、バム断層に並走し、バム市内を横断する伏在断層

が活動したと示唆されている²⁾。IIEES(International Institute of Earthquake Engineering and Seismology)によると、震央の位置は29.10N, 58.26E、震源深さは約10kmと推定されている³⁾。また米国国立地質調査所によると、地震マグニチュードはMw6.6と報告されている⁴⁾。

EMS98震度階(EU諸国で用いられている震度階で、ほぼMMIに相当)では、断層近傍付近で最大IXと推定されており³⁾、これは日本の気象庁震度階級で5強から6弱に相当する。さらに、震央近傍のBHRC(Building and Housing Research Center)の地震計には、上下動980gal、水平動・東西方向778gal、南北方向623galの最大加速度をもつ強震動が観測されていた。図-1は、本地震後に改訂されたイランのハザードマップ⁵⁾である。バムの地域は、地震前のマップでは最も高い危険度ではなかったが、地震後に改訂されたマップでは最危険度地域に指定されている。

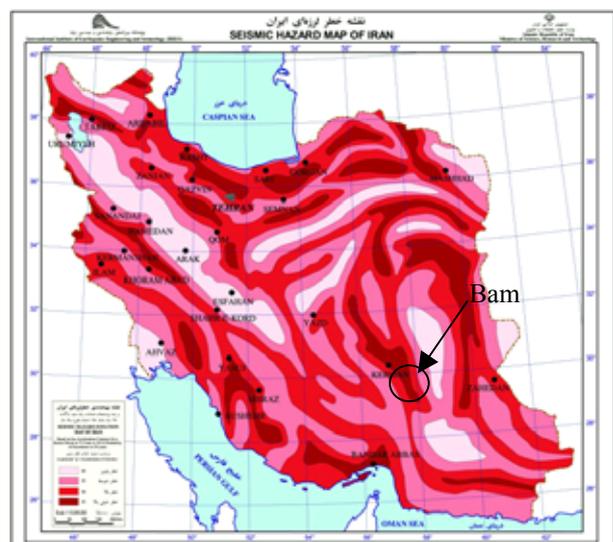


図-1 イランのハザードマップ⁵⁾

3. 建物・人的被害と伏在断層

本地震における主な被災地は、図-2 に示す地域である。図-2 の中央にあるバム断層を境に西側がバム(Bam)市、東側がバラバット(Baravat)市である。それらの付近にいくつかの集落が点在しているが、緑地帯として見える地域以外は全て砂漠である。地震前には当該地区に約 120,000 人(二つの市では 90,000 人)が生活していた。

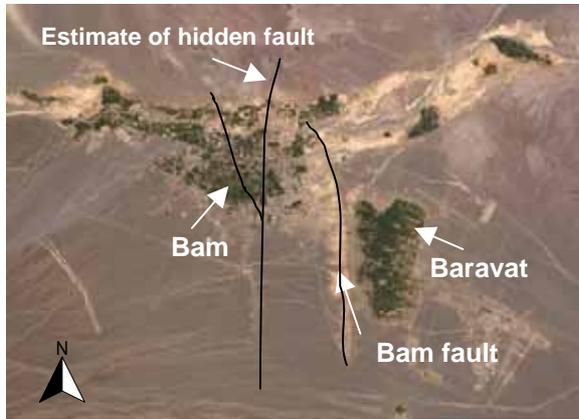


図-2 Bam の衛星写真

地震後イラン政府によって建物・人的被害統計¹⁾が行われ、バムとバラバットを 57 の地区に分類して整理された。表-1 は被害統計をまとめたものである。表中に示している担当県は、57 地区の内の数地区を合わせて一つのブロックとして、そのブロックを地震後の緊急対応から復旧・復興までを支援するイラン国内の該当県を指している。建物は、一階部分に店舗を兼ねている住宅も含めた住居用途の建物とそれ以外のものに分類されている。建物の大部分が全壊であり、被害のない建物は 1%未満となっている。本研究ではバムの 5 地区を除いた 52 地区の被害統計に基づいて分析を行った。バムには建物(住居・商業兼住居用途とそれ以外を含む) 25,700 戸、バラバットには 7,200 戸があったが、バムでは 92%、バラバットでは 61%の建物が倒壊した。一方、死者については、バムでは全人口の 28%が死者、10%が負傷者、バラバットでは 7%が死者、4%が負傷者となっている。両市とも死者数に比べて負傷者数の方が少ない。

図-3、図-4 に建物倒壊率と死者率の分布を示す。バム

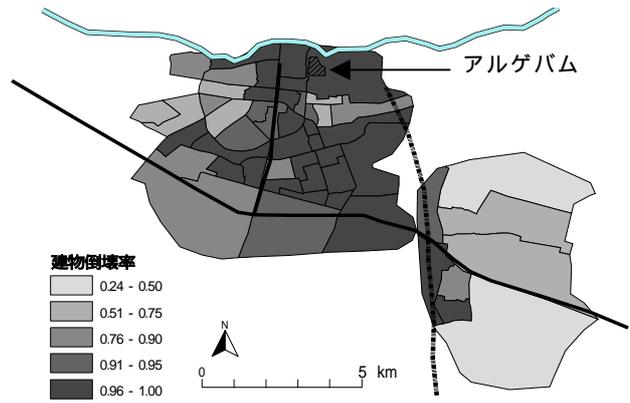


図-3 建物倒壊率分布

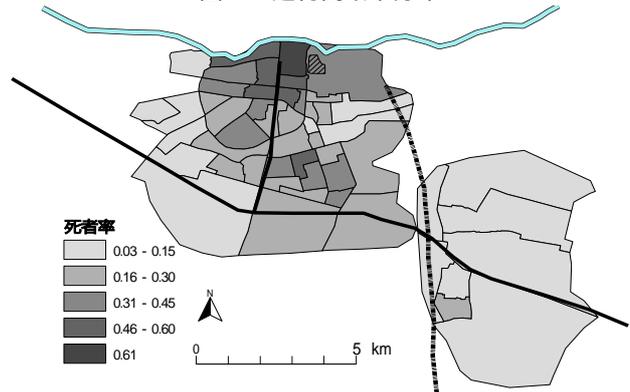


図-4 死者率分布

では建物の半分以上が全壊しているが、バラバットではバムと比較すると全壊建物数は全体的に少ない。バラバットでは、住宅用途以外の建物が多く、それらの被害が住宅被害よりも少なかったために全建物の倒壊率を下げる結果となった。また、いずれの地域でも住宅倒壊率が 9 割以上あるが、死者率は地域によって差が表れた。アルゲバム(バム城)近くのバム北部と南東部の地区では住民の半数程度が亡くなっているのに対し、その他の地域では 1 割程度しか人的被害を受けていない。アルゲバム付近は旧市街で、バムの南側が新市街であることを考慮すれば、北部で被害が集中したのは建物の建設年代が古かったためとも考えられる。また、別途負傷者率分布について検討したものを合わせると、死者率が非常に高いバム北部と南東部は負傷者率でも高く、率としては 2

表-1 Bam, Baravat の建物・人的被害

市	復興直轄担当県	全壊		半壊		被害なし		死者	負傷者	行方不明	生存
		住居用途	その他	住居用途	その他	住居用途	その他				
Bam	Fars	1,633	1,369	44	267	0	9	2,132	433	18	5,692
	Gilan	1,487	643	1	0	0	0	1,127	692	39	6,376
	Hormozgan	1,684	1,289	48	61	1	3	1,566	758	9	7,078
	Isfahan	896	317	16	40	0	0	956	864	5	2,879
	Khorasan	1,324	791	198	73	19	48	2,180	726	25	6,439
	Markazi	1,254	1,536	8	25	3	1	3,403	749	16	2,005
	Mazardaran	1,296	563	49	557	4	14	659	188	14	5,876
	Tehran	2,931	1,164	15	54	1	0	6,059	2,694	211	7,104
	Yazd	1,873	999	78	313	1	8	3,842	684	74	5,236
	全域*	14,378	8,671	457	1,390	29	83	21,924	7,788	411	48,685
Baravat	Sistan & Baluochest	2,804	1,838	33	2,536	1	5	1,112	578	36	13,598

注) *Bam の 10 担当県の内、1 担当県の 5 地区を除いている

割合で、死者率の半分程度に相当する。また、バム北部と南東部との間に人的被害の少ない地域が局部的に現れている。ヘリコプターで上空から視察した中では、この地域の建物の屋根は平坦でアドベ組積造特有のドーム形状を持つものはほとんど無く、倒壊しているように見えるものは少なかった。同じ組積造であっても、材料や工法によって倒壊状態が異なり、死者・負傷者への影響にも違いが現れている。

次に、建物・人的被害の分布と断層との関係について分析する。前述したように既存のバム断層に平行する伏在断層の存在が示唆されている²⁾。そこで、図-3、図-4に示す各地区の中心から断層までの最短距離を断層距離として算出し、被害率と断層距離との関係について図-5、図-6に示した。断層よりも西側にある地区の場合、断層距離は負の値で表されている。建物被害率では、ほとんどの地区で80%以上であるために、断層距離に応じた被害率の減少傾向を把握することは困難である。一方、死者率では、バム断層、伏在断層から各地区の死者率の点を包絡する線をそれぞれ図に併せて示すと、伏在断層の方が断層より対称的に死者率が減少していることが分かる。被害率分布からみれば、伏在断層が動いたとする方がよく説明がつく。伏在断層から5km以内の範囲では建物倒壊率は70%以上を超えており、断層から3km以内の範囲では死者率が50%を超える地区もある。

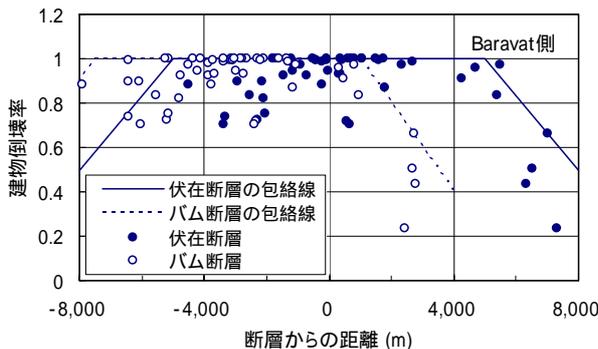


図-5 断層距離と建物倒壊率

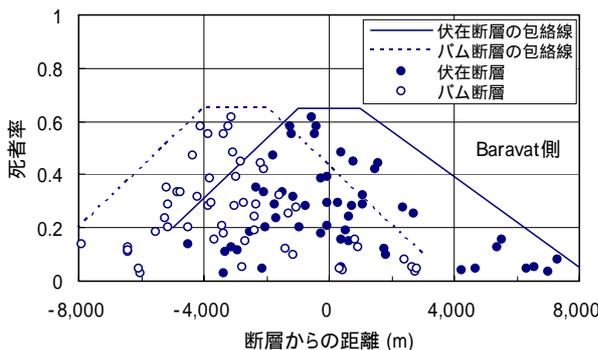


図-6 断層距離と死者率

3. 建物倒壊と人的被害への影響

建物構造形式と死傷者への影響について検討した。イラン政府の統計によると、表-2に示すように死者の内、アドベ組積造の倒壊による死者が50%と非常に多く、つぎにレンガ組積造の倒壊による死者が多い。一方、負傷者ではアドベ組積造よりもレンガ組積造の方が多く負傷者を出している。表-1に示した全体の死者、負傷者数を用いれば、アドベ組積造では死者3.5人に対して負傷者1

人、レンガ組積造では死者2.3人に対して負傷者1人という割合で死傷者が発生しているということになる。

表-2 死傷者の居住建物構造¹⁾

	死者	負傷者
アドベ組積造	50%	39%
レンガ組積造	44%	52%
RC造	1%	1%
S造	5%	8%

さらに、著者らが平成16年1月(地震から1ヶ月後)に被災住民を対象に建物・人的被害についてアンケート調査を実施した結果を合わせて、建物構造形式による影響を検討した。本調査ではバム、パラバット市内の5地区を選定して、各地区あたり6,7世帯、合計31世帯の回答を得た⁶⁾。建物構造別に死傷者率を算出したところ、図-7に示すようにアドベ組積造の住家で50%(123人中61人死亡)、その他の組積造の住家で17%(52人中9人死亡)の比率で死者が発生していることが明らかになった。上述の統計よりも負傷者の比率は高くなった。組積造の中でもアドベ組積造の崩壊は死者発生に大きな影響を与えている。その一方で、負傷者は発生しにくい。その他の組積造では、死者よりも負傷者の方が多く発生するパターンが示された。

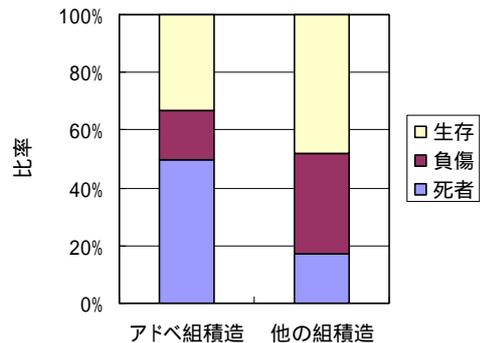


図-7 建物構造別被災率

そこで、アドベ組積造の脆弱性を評価するにあたり、個別要素法(DEM)を用いて崩壊状況のシミュレーションを試み、解析的に検討した。被災地で実測したものをもとに2次元で屋根がアーチ状の組積造をモデル化した。要素は半径5cmの円形要素で、要素間が正三角形(アーチ部は若干異なる)を形成するように要素を配置した。解析に用いた地震動は兵庫県南部地震における海洋気象台の加速度記録の2成分(南北成分と鉛直成分)である。解析条件の詳細は別論文⁶⁾を参考にされたい。

図-8に組積造の崩壊状況の一例を示す。神戸海洋気象台の地震動の振幅が1/4~1倍になるように調整した入力の場合を検討したが、全てのケースで崩壊することを確認した。崩壊状況としては、振幅の小さいものでも50gal程度の地震動が与えられたところで亀裂が生じ始める。崩壊のプロセスとして、まずアーチの付け根から45度以内の箇所を始めにアーチ部のせん断破壊が生じ、それともなって柱頂部まで一気に破壊が進行し、アーチ上部がそのまま崩落する。一旦亀裂が生じ、破壊し始めると、それまでアーチや柱を形成していたブロックが崩れ、粒状の要素となる。崩壊後は床と崩落した瓦礫との間に空間が残らないため、閉じ込められた人の生存空間

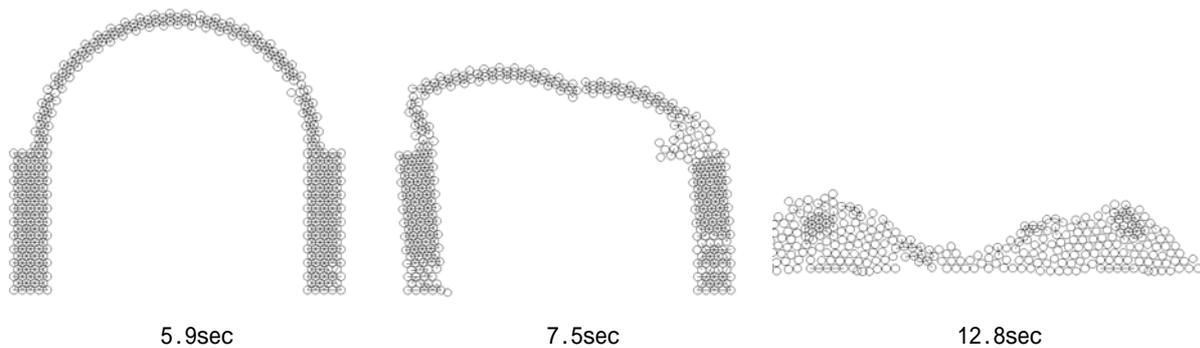


図-8 崩壊状況（兵庫県南部地震波 振幅調整なし）

は確保されない。したがって、統計や調査結果が示したように、アドベ組積造の倒壊では、死者が多く、負傷者が少なくなったといえる。今回の解析は一例を示したもので、入力パラメータやモデル、地震動が変れば崩壊過程も異なると考えられる。

4. ライフラインの被害と復旧⁷⁾

(1) 水道施設の被害と復旧

バムの水道施設は1953年に建設され、1971年に拡張された。バムとバラバット市内には180m深さの井戸が20井あり、大部分の井戸はバムの南東部ある貯水池付近に点在している。約80~90m下の地下水を各井戸から毎秒2lで汲み上げている。地震時には、両市で11井のポンプが停電、機器の移動によって機能せず、4井のポンプ施設は甚大な損傷を受けた。また、バムには中規模のRC地下貯水池が4基（10,000m³3基、5,000m³1基）あり、小規模地下貯水池がバム断層近傍に1基ある。地震後に管路網に漏水が見られたために地震から30分後には、手動でバルブを閉め、20,000m³の水を貯水池に確保した。32年前に建設された500m³容量のRC高架水槽がバム中央にある。この水槽は消火用水の水槽として消防局によって管理されている。本地震において高架水槽を支える8本の角柱の付根で座屈損傷していることが確認された。

延長42.7kmある送水管路には石綿管または鋼管が使用されている。大部分は直径250mm~700mmの石綿管である。地震当日にはバム市内で6箇所、バム断層近傍で1箇所の送水管被害が確認された。それ以外にも、管路被害は多く、バムの東部・南東部では、被害が大きく、80~100%程度被害があった。バラバットでは、合計9箇所被害が発生し、被害率は4.5件/kmとなる。



図-9 断層近傍のACP管路破損

水道局は、バム(22,000戸)とバラバット(4,000戸)の顧客に、延長420kmに及ぶ配水管網で配水している。配水管の主要な管材はポリエチレン管であり、その他に、石綿管、鋳鉄管、ビニル管が使用されている。バム市内でも管路被害は80%以上に及び、バム北部、東部、南東部では、建物被害と同様に管路も甚大な被害を受けた。管路被害には、継手の抜け出しや脆性的な管体が破損した。

また、バム、バラバットの水道局には、3つの事務所建物で59人の局員が働いている。地震の数ヶ月前に建設された建物も地震で被害を受けて使用できなかった。

緊急対応について、地震当日に延べ100台の重機を装備した他都市の水道救援部隊が25隊被災地入りした。まず、事務所建物が使用できないため、貯水池周辺に対策本部用のテントが設置された。そして、ディーゼル発電機を利用して、地震から14時間後には3井の井戸から取水を再開することができた。その後、2週間後には9井が再開し、2ヵ月後には15井が修繕・復旧され、地震前の3倍にあたる36,000m³/日が取水可能となった。完全に崩壊した4井のポンプ施設も修繕された。

地震後、倒壊した建物内にある管路地図や資料を取り出せずに、ケルマン(Kerman)から地図資料が取り寄せられた。また、瓦礫によって道路が覆いかぶされ、管路敷設位置の確認に支障を来たした。送水管網の復旧では、被災地を20地域に分け、口径400~700mmの管路を上流から修繕していった。また、地震当日には被害を目視で確認し、それ以降は水圧計を用いて漏水箇所を検知していった。地震2日後には、20~25%の送水管網が復旧し、1ヶ月後には70%、2ヵ月後には100%復旧した。復旧時の問題としては、地図がないこと、他都市からの応援部隊に被災地の土地勘がなく、管網やバルブの位置の確認に時間を要すること、停電のために夜間には修繕に当たれないこと、地震直後は捜索救助など他の緊急対応が同時並行されているために復旧活動を行うことが難しいこと、多くの応援部隊が着たが、地方都市の水道局が応援部隊を受け入れ、統括することが難しいこと、などが挙げられた。

配水管の復旧においては、送水管と同様に市内を20地区に分けられた。まず、被害区間は管網から切断された飲料水やトイレ・シャワー用に地上配管が仮設された地域もあった。日平均30人が配水管の修繕に当たり、本管については地震から2週間後には20%復旧し、1ヵ月後には75%復旧したが、それ以外の枝管は建物の復旧に応じて復旧される見込みである。バラバットでは、地震後作業員と修繕機器が不足したために、復旧活動は迅速に進まなかった。

また、復旧活動と併せて、地震後4日目には水ボトル

が 345,000 本，7 日目には 700,000 本が配布されている。また，地震 3 日目には 50 個の給水タンクが設置され，最終的には合計 90 個の給水タンクが設置された。地震当日から給水車による給水も行っている。このように水道局の復旧活動は進められたが，多くの被災者は，地震後 20 日間はシャワーに入れないような神戸の地震の時と同様の問題がバムでも生じていた。



図-10 給水タンク

(2) 電力施設の被害と復旧

バムには Tavanir (タバニール) 社が運営・監理する国営の電力システムがあり，バム市内の 25,000 戸に供給している。電力はバンダラバス(Bandarabbas)とケルマン(Kerman)の二つの都市から 230kV で送電されてくる。バム南東部にある変電所で，132kV に変圧して Bam 地域へ送電している。バムには 3 つの 132/20kV 変電所があり，20kV で配電される。本変電所が被害を受けたために，バムからカフノ，ラバル，ポルバフト (Kahnoj, Ravar, Golbaft) の 3 地域への送電も停止した。

バム南東部の断層近傍にある変電所には，230/132kV 変圧器が 2 器，132/20kV 変圧器が 1 器あったが，地震によって碍子の破損，潤滑油の漏れなどの被害を受けた。132/20kV 変圧器よりも 230kV 変圧器の方が，碍子の被害は甚大であった。130t ある 230kV の変圧器はレール上を 50cm 移動したが，レールから落ちることはなかった。他の変電所にある 132/20kV 変圧器は損傷していない。

230kV の送電線には，被害は確認されていない。一方，延長 600km にも及ぶ配電線は平均して 80% 程度被害を受けた。とくに，バム北部，北東部，東部の地域である。支持物が損壊し，電線は切断された。地震動によって支持物の下部で損壊しているもの，また地盤変状に伴い支持物が沈下，傾斜しているものが顕著であった。20/0.22kV に変圧して各戸へ給電する柱上変圧器も，支持物とともに損壊を受けている。事務所建物の被害は，2 次構造部材の被害が主であった。



図-11 変圧器のレールからの脱輪

電力施設の復旧は，精力的に行われた。一日に 200 人もの作業員が他都市から応援に来た。水道と同様で，まずテントによる対策本部が設置された。132kV の変電施設の修繕には 120 万米ドルを要した。一方，230kV のレールずれした変電施設の修繕には 60 時間，費用にして 180 万米ドルを要した。また，配電線の復旧においては，地震から 14 時間後には 20%，48 時間後には 30～40% 復旧した。しかし，家庭内までの復旧とはいえず，応急的な復旧である。地震当日には，小型発電装置が病院や空港，電話局などの重要施設に配布された。地震 3 日目には 8,000 個の電灯が道路に設置された。

(3) 通信施設の被害と復旧

バムには 2 ヶ所の電話局と市街地中心部に通信塔がある。まず市の東側にある電話局では，顧客 10,000 戸分の電話を管理している。2 階建 RC 造ブロック壁の建物では外壁のタイルが剥落した。さらに電話交換機の棚が倒壊した。半壊状態の建物の中では地震 2 週間後に新しい電話交換機が入れ替えられ，床や天井に固定して設置されている。一方，市の西側の電話局では顧客 10,000 戸分の電話を管理している。2 階建 RC 造ブロック壁の建物の 2 階には 100m² の部屋の中に電話交換機の棚があったが，全て横倒しになった(図-12)。地震から 1 日で 240 回線が回復し，6 日目までに計 2,000 回線が回復した。また，1 階に設置されていた電源設備は 30cm 水平に移動した。建物 1 階では携帯電話用のシステムが設置されており，構造的な被害はなかったが，緊急用のバッテリーが倒れたために使用できなかった。しかし，地震から 2，3 日目には復旧された。パラバットには 3 階建鉄骨造の建物の電話局があり，3 階部分のレンガ壁は外へ剥落している。建物内も多くの壁にせん断亀裂が生じている他，壁モルタルも剥落している。建物横の通信塔は，鉄骨が細いが基礎部を含めて損傷は見られなかった。

住家倒壊と同様に固定電話はほとんど使用できなかった。しかし，地震以前から住民の 5,000 人以上が携帯電話を使用していた。地震当日にも，携帯用の回線を 90 回線設置しており，非常に迅速な緊急対応が執られたことと，携帯電話の普及が災害時に有効に機能したことがいえる。地震後，バム市内の各所には無料電話が 300 台設置された。



図-12 交換機棚の倒壊

(4) ガス施設の被害と復旧

バムでは埋設管によるガスシステムはなく，パラバットにあるガスステーションから各家庭へプロパンガスが供給されている。LPG タンクには被害なく，タンクと供給施設をつなぐ 30m ほどの長さの埋設管に被害があった。

(5) 輸送施設の緊急対応

輸送施設の緊急時の状況について、道路施設は断層を横断している場所以外、甚大な被害は見られなかった。しかし、バムは都市部のケルマンから 160km も離れた郊外に位置する。バム市内の多くの都市基盤施設が機能しない状況下では、外部応援は必須となるが、片側 1 車線の道路が 1 本通っているのみである。地震の数時間後には、救助隊の第一陣がケルマンから約 2 時間で到着できたが、それ以降の部隊は大渋滞のため、到着までに 10 時間から数十時間かかった。

一方、緊急時に渋滞による道路の代替機能として効果があったのは、地元の自動車会社の所有する民間空港であった。地震時、空港ターミナルの屋上にある航空管制塔が被害を受けたが、午後には地上に臨時的な管制塔を設置した。当日午後 4:00 から負傷者の搬送が行われた。その後 12 時間の内に、ヘリコプター 500 機の離発着が行われ、合計 1,100 人の負傷者が搬送された。被災地域内で十分に対応できない郊外型地震災害の場合、輸送ネットワークのリンクを増設するのではなく、輸送施設のバックアップとして、今回のバム空港のようにノードの信頼性を向上させることが重要である。

(6) 神戸とバムの復旧率比較

バム地震では、被災地外部から多数の救援隊が来て、対策本部を設置し緊急対応を行った。バム地域は行政上は市に分類されるが地方村落であり、緊急対応計画や地震時の復旧資材など準備されていなかったこと、建物・人的被害が甚大で、地元の行政関係者は職場に戻って対応することができなかったことが指摘される。しかしながら、強力な外部応援のお陰で、幹線の復旧は比較的早かったといえる。

ライフラインの復旧過程に関しては、図-13 に示すように兵庫県南部地震と大きな差異は見られない。ただし、過程は類似しているが、復旧内容は大きく異なる。神戸市の顧客はバムの 50 倍近くあり、神戸は開発された都市域にある。また、神戸市の復旧率は顧客が通常どおりライフラインのサービスを受ける状態までに回復する程度を示している。水道でいえば、水道の蛇口から水が出る状況を指す。一方、バムでは主要幹線や上位システムが修繕された状況を復旧されたとしている。日本では、災害復旧事業は原形復旧することを原則としているが、バム地震のように建物被害が甚大で、住民の 3 分の 1 もの人を地震で失えば、原形復旧するのではなく、新たな地域社会を再構築していくことになる。震災復興計画のもとに建物が復旧されて始めて、ライフラインも再構築されていくことになる。その意味で、バムの復旧はこれまでの地震における復旧とは異なるものといえる。

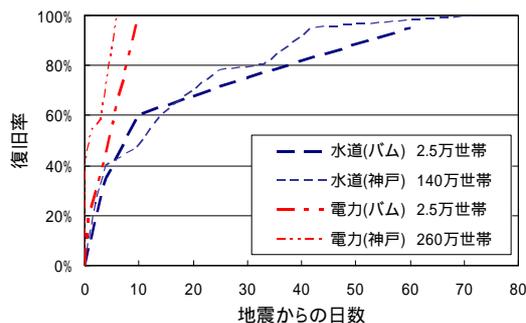


図-13 水道・電力の復旧過程の比較

5. まとめ

バム地震における被害・復旧の特徴と今後の地震防災における課題について以下にまとめる。

- 同じ組積造でも、材料や工法によって倒壊状態が異なることが知られた。
- バム断層よりも伏在断層の方が建物や人的被害分布をよく説明できることが分かった。
- アドベ組積造の建物倒壊による死者発生率は 50%程度と非常に高く、一方、負傷者発生率はそれに比べて低くなることが知られた。
- アドベ組積造は構造的に粘りがなく、一旦亀裂が入り始めると天井壁が崩落し、生存空間が確保されないような崩壊過程になることが解析より確認できた。
- バムでは井戸の地下水を水源とするため、停電下における取水機能を確保させることが重要である。
- レール敷きの 130t の変圧器が地震で移動した。重要機器においては底部を固定させることが望まれる。
- 携帯電話の復旧は早く、緊急時にはよく機能した。
- 地方都市においては災害時に孤立化する可能性が高いため、輸送システムにおいても道路施設のバックアップとして空港施設を強化することが重要である。
- 水道・電力システムとも幹線の復旧は比較的早かった。しかし、ライフラインに比べて住宅被害の方が甚大で、住宅復旧に応じた長期的な枝線の復旧が必要である。
- 小規模のライフライン事業者だけで災害対応することは難しいため、都市部との連携関係の構築や緊急対応計画について整備しておくことが望まれる。

謝辞

著者らは神戸大学・イラン・アッバスプール大学 (PWUT, Power and Water University of Technology) の共同調査団とともに被災地での調査を遂行した。両大学の調査団の方々にも多大な協力を頂いた。また、図-11, 12 の地震直後に撮られた写真は PWUT の A. Mahadavian 教授から提供して頂いた。また、本稿作成において、神戸大学自然科学研究科の M. Bastami 氏の協力を得た。ここに記して感謝の意を示す。

参考文献

- 1) Iran, Managing and Planning Organization, Statistic of earthquake damage, Personal communication, 2004.
- 2) Aghda, M.F: Unreliability of Disaster Risk Reduction in Large Cities, Oral presentation in the Iran and Japan Joint Workshop on Exchange of Experiences for Safe Living and Disaster Mitigation during Earthquakes, Tehran, Iran, September 26-28 2004.
- 3) Eshghi, S. and Zare, M.: Bam Earthquake of 26 December 2003, Mw6.5: A Preliminary Reconnaissance Report, IIEES (International Institute of Earthquake Engineering and Seismology), Website: <http://www.iiees.ac.ir>, 2003.
- 4) United State Geological Survey (USGS): <http://earthquake.usgs.gov/recenteqsww/Quakes/uscvad.htm>, http://neic.usgs.gov/neis/eq_depot/2003/eq_031226/neic_cvad_q.html, 2003.
- 5) IIEES : Seismic Hazard Map of Iran, http://www.iiees.ac.ir/English/bank/eng_seis_hazard.html
- 6) 鎌田泰子, 高田至郎: イラン・バム地震の建物倒壊と死者・負傷者の関係, 建設工学研究所論文報告集, 第46号, pp.223-232, 2004.
- 7) S.Takada, Y.Kuwata and M. Bastami : Damage and restoration of lifelines during the Bam, Iran, earthquake, JSCE/JAEE Reconnaissance Report on the "The December 26, 2003 Bam Earthquake, Iran" pp.81-91(CD), 2005.