

イラン・バム地震におけるライフライン被害と復旧

神戸大学 正会員 鎌田 泰子
神戸大学 フェロー 高田 至郎

1. はじめに

2003年12月26日に発生したイラン南東部の Bam (バム)近郊を震源とする地震で、Bam, Bravat (ブラヴァット)の2地域ではライフライン施設が多く被災した。本稿では、これらの被害と復旧状況について報告する。

2. 水道施設

2.1 Bam 水道局：本水道局では Bam 市内の 22,000 戸の顧客を有し、配水管敷設は 420km に及ぶ。水道施設には 3,000m³ 容量の地下 RC 造の配水池が 2ヶ所と 5,000m³ 容量の給水塔が 2ヶ所ある。深さ 65m の地下水を毎秒 20lit で取水できる取水井戸が 14ヶ所あり、平均して毎秒 250lit 汲み上げている(図1)。管径 $\phi 700 \sim \phi 150$ の管は石綿管で 9Atm で配水され、また管径 $\phi 110 \sim \phi 40$ の管は PE 管で 10Atm で配水されている。 $\phi 600$ の CIP 管が若干あるが、概ね石綿管 40%、PE 管 60%の比で構成されている。

今回の地震によって、貯水施設には甚大な被害は見られなかった。しかし、配水池から供給エリアへの元締めであるバルブに被害があったために、全供給エリアへの水供給が停止した。しかし、地震当日にはそのバルブが修理されたために供給が再開された。現地の地震対策本部を総括している Kerman (ケルマ) 県の副知事との対談の中で、地震後 2 日目には水供給が 30% 復旧したと報告されたが、水道局関係者の話を加味すると Bam 水道ネットワークの上流側では建物被害同様に管路被害が少なかったため、この数値は上流のブロックの復旧分と推察できる。また、その他の管路被害では T 字の分岐管接合部と直管の接合部の被害が主であった(図2, 3, 4)。管路被害は、目視と水圧計を用いて漏水の確認をして上流から徐々に復旧工事を行った。

Bam 水道局の緊急対応では、まず水道局の建物被害のため、地震直後に水道局員が集合し配水池横に水道局のテント本部を設置した。第二段階では、本線($\phi 400 \sim \phi 700$)の被害を確認し、ブロックごとに修復を行った。これらの復旧活動には 1 日約 30 人が従事した。地震 1 ヶ月後(調査時点)には本線の管路は全て復旧していたが、支線では倒壊した住家が多く、地域の復興計画とも合わせて進めていく必要があるため工事は進展していない。水道事業者は、管路の構造的な問題もあったが、バルブの配置などに関連したシステム上の問題のために復旧に時間を要したという見解を示していた。そのため、調査日の週には新しいネットワーク更新に関する会議が設けられる予定であった。



図1 取水ポンプ室の被害*



図2 管路接合部の被害*



図3 接合部被害箇所の復旧



図4 接合部抜け出しによる漏水**

キーワード イラン・バム地震 ライフライン 復旧対策

連絡先 〒657-8501 神戸大学工学部建設学科 TEL 078-803-6047

2.2 Bravat 水道局：本水道局は給水顧客数 4,000 戸で、Bravat の住民に供給している。水道施設には、井戸が 2 ヶ所ポンプ室と併設している。配水管の管種は石綿管、PVC 管と PE 管で、構成比は石綿管 50%、合成管 50%である。しかし、合成管の大部分は PE 管である。管径はφ63～φ300 のものを使用している。断層ごく近傍に RC 造の地下配水池があり、配水池から Bravat 市内への配水管は断層と横断している。横断箇所から配水池側に約 150mの場所で、φ200 の石綿管の管体破損が見られた（図 6）。配水池横の長方形マンホールにはひび割れがみられた。石綿管接合部にはダクタイル管によりネジ止めされている。

復旧について、地震 1 日後には電気が回復し、8 日後には Bam から水を引くことができた。Bravat 水道局の地震後の緊急対応としては、多くの住家が倒壊して管路の掘削工事ができず、一時的に地上に配水管を通した場所もあった。20,000lit 分の水を延べ 50 個水タンクで住民に供給し、病院などの医療施設にも供給した（図 7）。この他、ミネラル水のボトルも供給している。Bravat 水道局ではこれらの対応に 20 人の従業員が働いており、2 人の技術師が交代して他都市から応援に来ている。

2.3 水道施設の被害復旧のまとめ：貯水施設には甚大な被害はなく、脆弱な石綿管の管路に被害が集中した。地震後、本線の復旧工事は進められたが、テント生活をする被災住民には水タンクによる供給が続けられている。一方、地震 2 週間後には被災者を登録する制度が始められ、甚大な被災を受けた一部の人には水ボトル引換えの切符を配布しているシステムが進められた。しかし、多くの被災者は、地震後 20 日間はシャワーに入れず神戸の地震の時と同様の問題が Bam でも生じていた。



図 5 Bravat 配水池



図 6 断層近傍の ACP 管路破損



図 7 水タンク

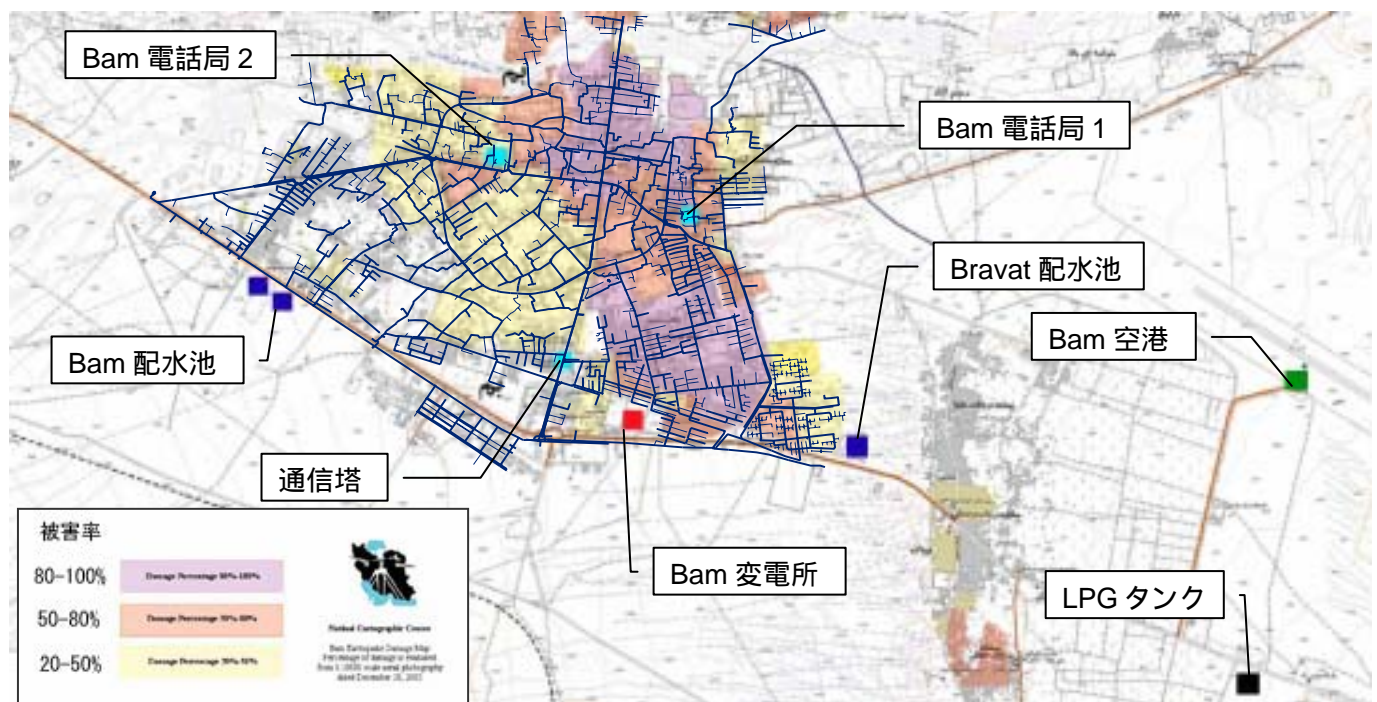


図 8 バムの水道ネットワークとライフライン施設箇所（NCC¹⁾の地図に加筆）

3. 電力施設

Tavanir (タヴァニール) 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 Mondbus (マンドバス) と Kerman の二つの都市から送電されている。本施設では 230kv で受電し、132kv に変圧して Bam 地域へ送電している。事務所の建物が倒壊し、施設内にテントを設営して対策本部を立ち上げた。施設の地震被害では、脆弱なブッシングが損傷したため取り替えられた。また、130t の変圧装置がレール上を 50cm 移動したが、レールから落ちることはなかった。供給エリアでは、RC 造の電柱が折損しているケースが多かった。また、建物やヤシの木の倒壊によってケーブルが切断されるケースも多い。地震から 14 時間後には施設内の被害を修復し、送電を再開することができた。副知事の報告によると、地震当日内に 20% まで復旧し、地震 48 時間後には 65% が回復している。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。復旧工事には他の都市域から業者が来て一日約 200 人が修復工事に従事した。調査時点では、多くの人が路上・建物敷地内でテントを張って避難生活を送っているが、電柱から直接テント内の電球に配線して無料で使用している。

4. 通信施設

Bam 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(図 8 の Bam 電話局 1)では、顧客 5,000 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は外壁のタイルが剥落した。電話交換機の棚が倒壊した。半壊状態の建物の中に地震 2 週間後に新しい電話交換機を入れ替え、床や天井に固定して設置している。一方、市の西側の Bam 電話局 2 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施設があったが、全て横倒しになった(図 11)。地震から 1 日で 240 回線を回復し、6 日目までに計 2,000 回線を回復した。また、1 階に設置していた電源設備は 30cm 水平にスライドした。建物 1 階では携帯電話用のシステムを地震前に新しい装置を設置しており、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 日には回復した。

Bravat には 3 階建鉄骨造レンガ壁の建物の電話局があり、3 階部分の壁のレンガは外へ剥落している。建物内も多くの壁がせん断亀裂を生じている他、壁モルタルも剥落している。電話交換機が倒れたため、調査時には新しい交換機を設置していた。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い。

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、地震以前には住民の 5,000 人以上が携帯電話を使用しており、地震発生時の利用者の数はそれより増えているといわれている。地震発生当日中にも、携帯用の回線を 99 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、Bam 市内の各所に無料電話を 300 台設置している(図 12)。



図 9 変電装置のレール滑り*



図 10 電柱の倒壊



図 11 通信板の棚の倒壊(電話局 2)*



図 12 無料電話

5. ガス施設

Kerman 県では国営の Kerman ガス会社が Kerman 市内へ埋設管による供給しているが、Bam へは供給しておらず、Bravat 近郊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。LPB 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。この地域では LPG は 11kg (4galon, 60psi) のタンクで各家庭に供給されている。

6. 輸送施設の緊急時の機能

輸送施設の緊急時の状況については、道路施設は断層を横断している場所以外、被害は見られなかった。しかし、緊急時に有効に機能したかという点では疑問が残る。Bam は都市部の Kerman から 160km も離れた郊外に位置する。そのため、Bam 市内の多くの施設が機能しない状況下では、外部応援は必須であるが、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到着には約 2 時間を要しているが、それ以降は到着までに 10 時間から数十時間かかる大渋滞であった。

一方、緊急時に渋滞による道路の代替機能として効果的であったのは、地元の自動車会社の民間空港であった。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。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、1,100 人の負傷者が搬送された。郊外でその地域内で十分に災害対応できない地域の輸送施設の機能維持手段として、ネットワークのリンクを増設だけではなく、今回の Bam 空港の輸送拠点ようにノードの信頼性向上が重要である。

7. 被災者アンケート

Bam, Bravat 内の 5 地区 31 世帯に被災状況についてアンケート調査を行った。この内、ライフラインなどの生活に関わるサービスの有無について、図 15 に示す結果を得た。水・電気は水タンクやテントへの直接配線で応急的に供給されているが、概ねサービスを受けている人が多い。炊事等にはガスを利用せず、石油ストーブの上で煮炊きをしている姿が多く見られた。一方、回答した全ての人がテント生活を送っているが、数家族十数人が一つのテントで生活しており、現在の生活状況への満足度を示していると考えられる。

8. まとめ

- 地震に脆弱なライフライン施設が多く、ライフラインの耐震基準の整備が今後の課題である。
- 電話は携帯システムがその日の夕方に、水道・電気は 1 日後応急的に使用できるようになった。
- 気温が上昇する季節に向かっているため今後シャワー・トイレなどの衛生面の問題も懸念される。
- 地震直後に Kerman から Bam に至る唯一の道路は、患者輸送や緊急対応車で大混雑し、十分な機能を果たさなかった。道路が救命ライフラインとして機能を果たしたかは疑問である。

謝辞: 著者は土木学会イラン・バム地震被害調査団員と派遣され、神戸大学・イランアッバスプール大学 (PWIT, Power and Water Institute 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多大な協力を頂いた。また、図 1,2,9,11 (上付き添え文字*) の地震直後に撮られた写真は PWIT の A. Mahadavian 教授から提供して頂いた。図 4 (上付き添え文字**) の写真はイラン住宅基金 (Housing Foundation of I.R. Iran) の S. M. Fatemi Aghda 教授から提供して頂いた。ここに記して感謝の意を示す。

参考文献

1) National Cartographic Center: バム地震被害分布図 (http://www.ncc.org.ir/bam/BAMfinal_H_e.jpg)



図 13 LPG ステーション



図 14 被災した航空管制塔

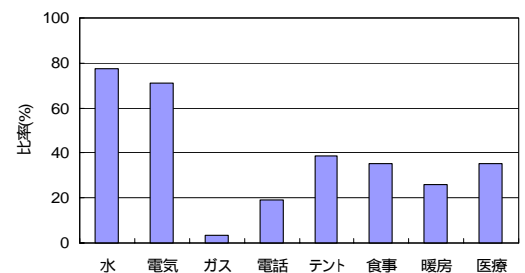


図 15 被災後の生活物資のサービス