

2003年12月26日イラン Bam 地震による建築物の被害調査報告

前田匡樹

東北大学大学院都市・建築学専攻 助教授

真田靖士

東京大学地震研究所 助手

Ali Niousha

鹿島建設技術研究所 主任研究員

M. R. Ghayamghamian

International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Assistant Professor

1. 地震の概要と調査方法

2003年12月26日にイラン南西部ケルマン(Kerman)州で地震(Mw=6.6)が発生し、バム(Bam)市とその周辺の人口約12万人の約2割である2万6千人余の人命が失われる大災害が発生した。地震の概要を以下に示す。

- ・発生日時 2003年12月26日1時56分(UTC)
- ・震源 29.00°N、58.34°E、深さ10km
- ・規模 Mw=6.6

(以上、USGSより)

日本建築学会では、土木学会、日本地震工学会および文部科学省科学研究費・突発災害調査研究調査団と合同で、現地に調査団を派遣し被害調査を行った。筆者らは、日本建築学会の調査団(団長・源栄正人 東北大学大学院教授)のメンバーとして(一部併任)被害調査に参加し、Bam市の建築物の被害調査を行った。建築学会調査団の構成および調査日程を以下に示す。

■日本建築学会調査団の構成

団長 源栄正人(東北大学)
大野晋、前田匡樹(東北大学)
久田嘉章、柴山明寛(工学院大学)
真田靖士(東京大学)、Ali Niousha(鹿島建設)
カウンターパート M. R. Ghayamghamian (IIEES)

■調査日程

2月23日 成田 → Tehran
24日 IIEESで情報収集
25日 Tehran → Bam、被害調査
26日～ Bamで被害調査
3月1日 帰国(源栄、大野、前田、Niousha)
4日 帰国(久田、芝山、真田)

本報では、イランの建築物の耐震設計基準、強震記録が得られた Governor's Building 周辺の建築物の被害の全数調査結果、及び、個別に詳細調査を行った建物の被害について報告する。

2. イランの建築物の耐震設計基準

イランの設計規準には、1967年に耐震設計が取り入れられ、1988年に耐震設計規準 National Standard Code No. 2800, "Iranian Code of Practice for Seismic Resistant Design of Buildings"¹⁾が制定され、1999年に改訂されている。以下では、1999年版の概要を紹介する。建築物の耐震設計は、ラーメン構造、ブレース構造などを対象とした構造計算の規定(Chapter 2)と、無補強組積造の必要壁量などの構造規定(Chapter 3)からなる。

(1) 設計用地震力

ラーメン構造、ブレース構造などを対象とした耐震構造計算では、等価静的解析または動的解析により設計を行うこととしている。静的解析手法による場合の設計用地震力のベースシア係数Cは、以下で求める。

$$C = \frac{ABI}{R} \quad (1)$$

ただし、 $B/R \geq 0.09$

A: 設計地動加速度で、地域の地震活動度によって0.2、0.25、0.3、0.35G(G: 重力加速度)のいずれかとなる(Bamは0.3G)。

B: 建物の応答倍率を表す指標で以下で与えられる。

$$B = 2.5 \left(\frac{T_0}{T} \right)^{2/3} \leq 2.5 \quad (2)$$

T: 建物の固有周期(sec)、 T_0 : 地盤周期で地盤種別I、II、III、IVに対してそれぞれ、0.4、0.5、0.7、1.0(sec)

I: 重要度係数(0.8、1.0、1.2)

R: Behavior factor(構造種別ごとの靱性により4~11)

今回の調査地域で多く見られた、低層の組積造建物に対して、ベースシア係数Cを略算すると、 $A=0.3$ 、 $B=2.5$ 、 $I=1.0$ 、 $R=4$ より、 $C=0.19$ 程度となる。

(2) 無補強組積造建物の必要壁量

2階建以下の無補強組積造（Un-reinforced Masonry、以下 URM）建物については、必要壁量などの仕様規定を満足すれば、構造計算なしで設計することができる。レンガ造の場合の必要壁量（当該階の床面積に対する検討方向の壁断面積）は、2階建の2階及び1階建では4%、2階建の1階は6%と規定されている。

3 Bam の建築物の構造的特徴と被害の概要

調査地域である Bam は、人口 10 万人程度の地方の都市で、建築物のほとんどは4階建以下の比較的小規模なものであった。建築構造形式は、平屋の住宅に用いられる Adobe と、レンガを用いた組積造が大多数であった。イランを含めアジア地域で多く見られる伝統的な構造である Adobe は、日干しレンガで壁とシリンダー型（写真 1）やドーム型の屋根を形成した構造で、調査地域にも多数存在した。2階建以上の建物では URM や、鉄骨フレームや鉄骨ブレース構造（ただし、壁や床には URM を用いる）が多く見られた。RC系の Confined Masonry や RC フレーム構造は比較的小数であった。これらに共通する床の構造は、図 1 のように 90cm 程度の間隔に渡した小梁の間にアーチ状にレンガを詰める形式が典型的である。鉄骨フレームあるいはブレース構造の場合、小梁が大梁に溶接接合されているが、URM ではレンガ壁の上に小梁を乗せているだけで、床面の面内剛性が確保されておらず、レンガ壁に変形が生じると、床の崩落が容易に生じる構造となっている。

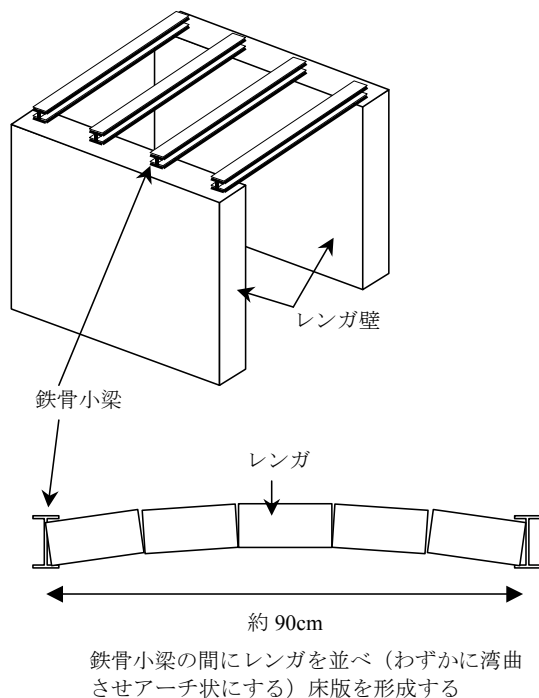


図 1 組積造建物に典型的な床の構造



写真 1 日干しレンガ造（Adobe）

図 2 に Bam およびその周辺の地図を示す。同図は National Geoscience Database of Iran より公開されている被害地図²⁾に震源となった Bam 断層と後述する全数調査地域のおよその位置を加えて示したものである。Bam 断層は、町の東側を南北に走っている。強震観測点である Governor's Building は、Bam のほぼ中心（全数調査地域のほぼ中心）に位置しており、ここを通る南北の通りがメインストリートで、商店が多く最もにぎやかな場所である。IIIES などの調査によると、建築物の倒壊率は震源に近い東側ほど大きく、概ねこのメインストリートの東側では 80%以上、西側では 50~80%程度と報告されている*。

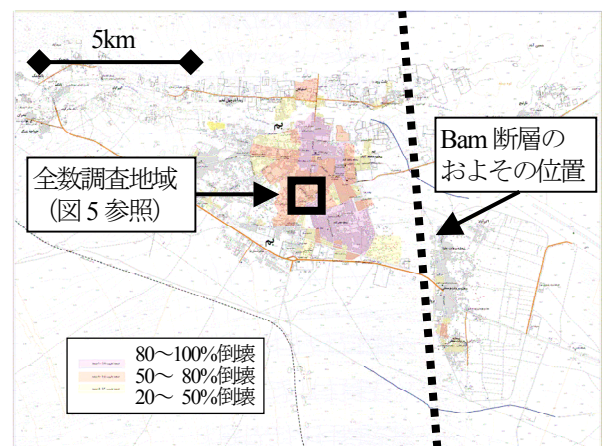


図 2 Bam の地図と倒壊率（文献 2）の地図に加筆修正）

* 「倒壊」の判定基準は不明であるが、被災前後の衛星写真に基づいて判定されているようである。筆者らの現地調査（判定基準は表 1 の EMS98）の結果と比較すると、倒壊率を大きめに評価しているようである。

4 強震観測点付近の建築物の全数調査

(1) 強震記録 (BHRC の Bam 観測点)

イランでは、建築研究所 (Building and Housing Research Center、以下 BHRC) により全国に強震観測網が整備されており、被災地域の Bam では行政庁舎 (Governor's Building) で本震の強震記録が観測されている。観測された地震波の加速度記録の時刻歴を図3に、応答スペクトルを図4に示す。最大加速度は水平方向ではEW成分の778.3galがNS成分の623.4galを上回っており、鉛直方向では最大値である980.0galを記録している。BHRCによ

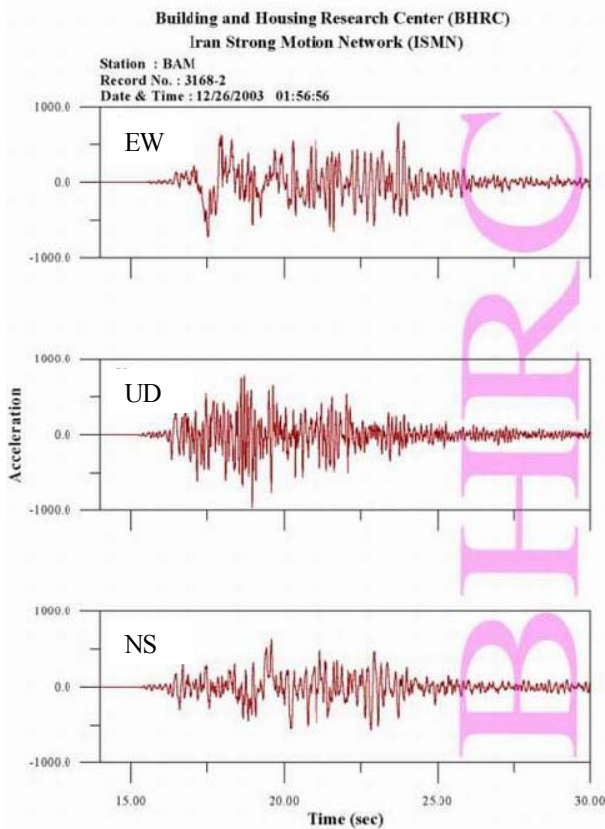


図3 観測された加速度記録の時刻歴³⁾

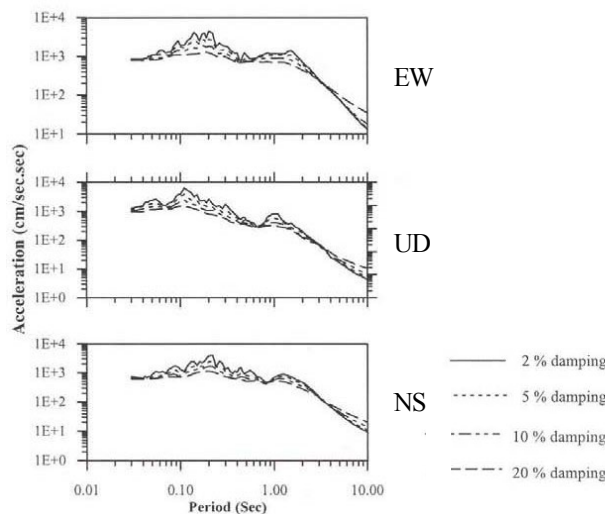


図4 観測記録の応答スペクトル⁴⁾

り公開されている地震波のフーリエスペクトル⁴⁾によると、水平方向の卓越周波数は約5Hzと考えられるが、図4より1Hzから長周期側にかけての帯域にもパワーを有していることがわかる。

(2) 被害調査方法

被災地での地震動強さと建築物の被災度の関係を把握するために、強震観測点付近の建築物の被害調査を行った。調査対象地域は、図5に示す強震観測点であるGovernor's Buildingを中心とする約1km四方の地域とし、Governor's Buildingが位置する交差点から南、北、東、西及び北西の各方向へ伸びる道路沿いの建築物計91棟とした。ただし、複数の構造を有する建物を含むため、厳密なサンプル数は94である。

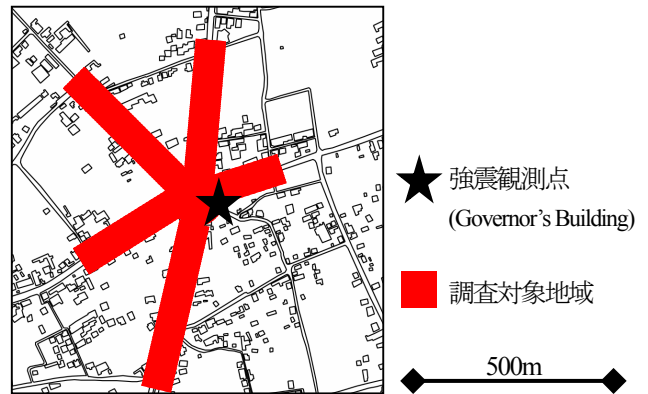


図5 調査対象地域

主な調査項目は、①建物名称、②構造種別、③築年数、④階数、⑤用途、⑥被害程度とした。調査地域内の建物の構造種別は、撤去後のため不明であった一部の建物を除き下記の7種類に分類することができた。

- ・日干レンガ造 (Adobe)
- ・無補強組積造 (URM)
- ・鉄骨フレーム構造+URM (S-frame+URM)
- ・鉄骨ブレース構造+URM (S-brace+URM)
- ・RC 枠組+URM (RC-tie+URM)
- ・RC フレーム構造+URM (RC-frame+URM)
- ・鉄骨構造 (S)

(以下、本文中では上記 () 内の表記を用いる)

調査地域における建物の構造種別の分布を図6に、また、全調査建物の90%以上を占める4つの構造 (Adobe、URM、S-frame+URM、S-brace+URM) の用途の分布を図7に示す。両図より、本調査地域では専用住宅として利用される Adobe、URM に加え、店舗付き住宅として利用される鉄骨架構+URM が占める割合が大きいことがわかるが、これは先述のように調査地域が市の中心部

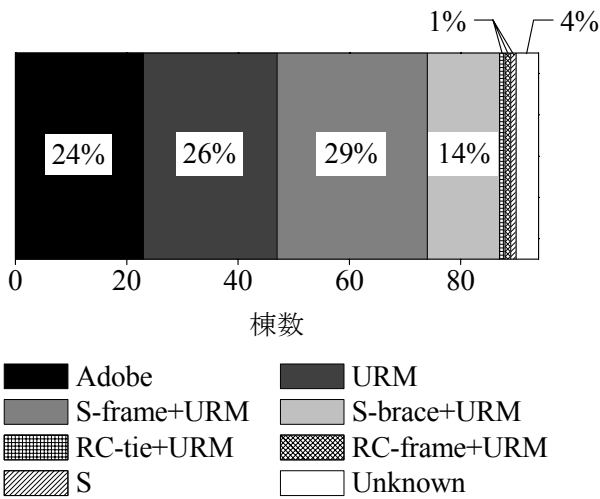


図6 構造種別の分布

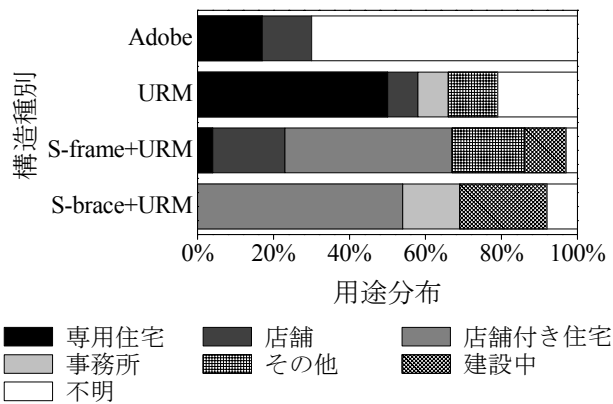


図7 主要な構造別の用途分布

表1 被災度の判定基準 (EMS98⁵⁾)

Classification of damage to masonry buildings	
	Grade 1: Negligible to slight damage (no structural damage, slight non-structural damage) Hair-line cracks in very few walls. Fall of small pieces of plaster only. Fall of loose stones from upper parts of buildings in very few cases.
	Grade 2: Moderate damage (slight structural damage, moderate non-structural damage) Cracks in many walls. Fall of fairly large pieces of plaster. Partial collapse of chimneys.
	Grade 3: Substantial to heavy damage (moderate structural damage, heavy non-structural damage) Large and extensive cracks in most walls. Roof tiles detach. Chimneys fracture at the roof line; failure of individual non-structural elements (partitions, gable walls).
	Grade 4: Very heavy damage (heavy structural damage, very heavy non-structural damage) Serious failure of walls; partial structural failure of roofs and floors.
	Grade 5: Destruction (very heavy structural damage) Total or near total collapse.

の繁華街に位置していることと対応する。

被災度の判定は、表1に示す European Macro seismic Scale (EMS98)⁵⁾の組構造建物の被災度判定基準を参考に、Grade1 (軽微) ~Grade5 (倒壊) に分類した。

(3) 被害調査結果

図8に全91棟の調査建物について構造別の被災度の分布を示す。Adobeはすべての建物が大破 (Grade 4) または倒壊 (Grade 5) と判定された。URMはAdobeと比較すると遥かに被害程度は小さいものの30%以上の建物が大破または倒壊と判定された。S-frame+URM、S-brace+URMはURMよりも被害程度は小さいと予想されたが、結果的には大差ない分布となった。これはS-frame+URM、S-brace+URMの一部に溶接が劣悪な建物が存在したことに起因しており、柱梁の接合部が破断してURM壁が倒壊あるいは床・屋根が崩落した建物を含んでいるためである。RC-tie+URM、RC-frame+URMについては各1棟のみの結果であるが (図6)、鉄骨架構と異なり梁・柱などの部材が一体に接合されており、URMの壁も周囲のRC架構によりある程度拘束されていることなどから、被害程度が抑えられたと考えられる。URMを有さないS造建物1棟は体育館であり、被害レベルは軽微 (Grade 1) であった。

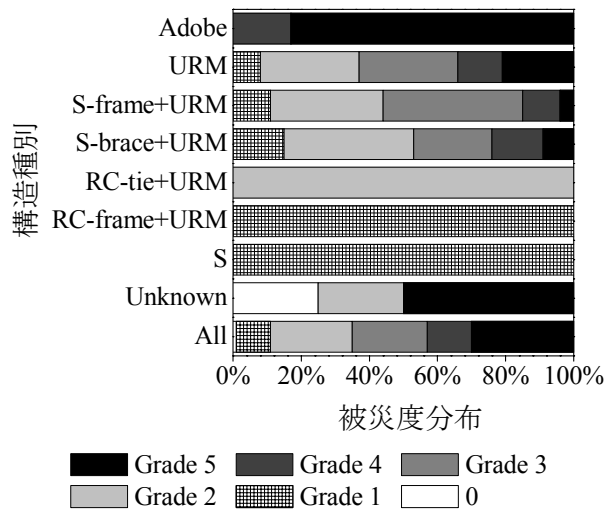


図8 構造別の被災度分布

続いて、建物の層数、建設年代、立地と被害程度の関係について検討するが、Adobeの耐震性能はその他の構造に比べて極端に劣っており (図8)、加えて全調査建物の約1/4を占めることから (図6)、統計結果がAdobeに強く依存することを回避するため、以下ではAdobeを除いて整理することとした。図9~11にはそれぞれ建物の層数別、建設年代別、立地別の各被災度分布を示す。図

9より、建設中の1棟のみの結果である4層の場合を除外すると、倒壊(Grade 5)および大破(Grade 4)の割合は層数が増加するほど大きくなる傾向がある。

図10にはイランで耐震設計規準が制定される以前の1987年まで、制定後から改訂以前の1998年まで、改訂以降の3つの年代別の被害分布を示したが、際立った差異は見られなかった。日本の近年の地震被害では、旧基準による建築物の被害が大きく、耐震規準の改正による耐震性の向上が見られるのとは異なった結果である。これは、3章で示したような、水平力の伝達能力や剛性の乏しい床の構造システムや、後述する被害事例にあるような溶接接合部の品質の問題、また、地方都市では耐震設計が普及するに至っていない社会背景などに起因するものと考えられる。

最後に強震観測記録に見られる最大加速度の違い(EW成分>NS成分)が建物被害に与えた影響について考察するため、図5の南北方向および東西方向の道路に沿う建物の被害程度の違いについて検討した。道路沿いの建物お道路に面して開口を多く有するため、東西の道路に沿う建物の方が強い入力方向(EW成分)に対して不整形でかつ耐震要素となる壁が少ない場合が多いことを考慮すると、図11のEWがより大きな被害程度となることが予測されるが、倒壊(Grade 5)はEW方向の方が多いものの被災度分布に顕著な差は捉えられなかった。

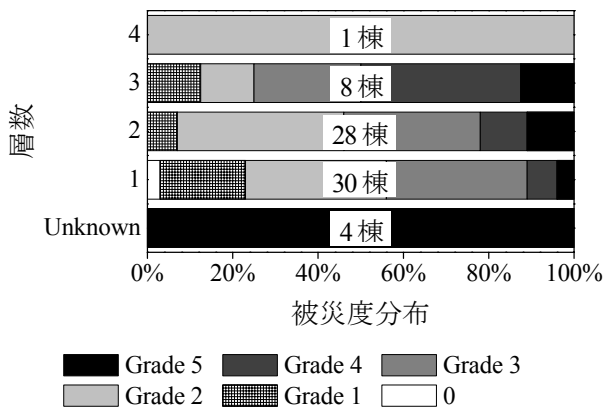


図9 層数別の被災度分布

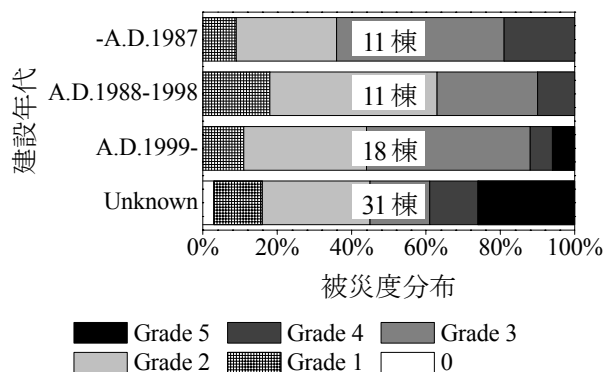


図10 建設年代別の被災度分布

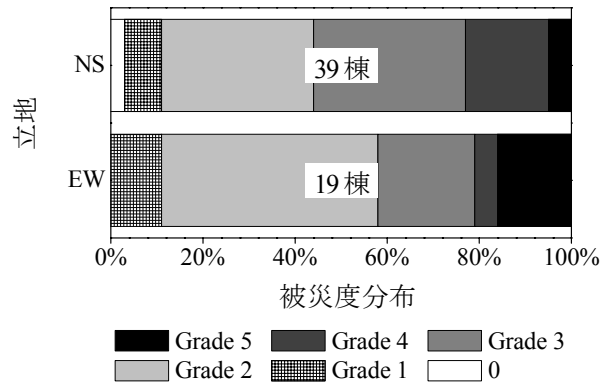


図11 建物方向別の被災度分布

5 個別建物の被害状況

全数調査建物のうち、強震記録が観測された Governor's Building を含む4棟について、壁の配置や被害状況などの詳細調査を行い、壁量に基づく簡略な耐震性能評価を行い被害程度と比較した。

(1) Governor's Building

BHRCの強震観測点である Governor's Building は2階建ての無補強レンガ造建築である(写真2)。図12の平面図からわかるように、平面的に不整形な形状、部材配置となっている。北西角、南西角部分の計2部屋が倒壊しているため(写真2、3)、EMS98による被災度は大破(Grade 4)である。同図には参考としてBHRCの強震計の設置位置を示したが、強震計は倒壊した2部屋からは離れて設置されていたことがわかる。NS、EW方向別に1階の壁率(=1階の当該方向の壁の断面積の合計/1階の床面積)を算定すると、それぞれ6.4~6.8%、5.8~6.7%(壁率に幅があるのは倒壊部分の壁配置の詳細が不明であるため、外壁部分を全て開口および全て壁と仮定し上下限值を求めた)である。

さらに、Governor's Building では1階のすべてのレンガ造壁の損傷度を表2の定義に従って判定するとともに、各壁の最大ひび割れ幅を目視により計測した。損傷度の判定結果は図12に併せて示している。ただし、本論では面内方向の開口または直交壁で仕切られる1区間を1枚の壁と定義し、かつ、壁長さが1m未満のものは考慮していない。図13にはNS、EW方向別の壁損傷度の分布を示す。同図より、壁の損傷度の平均値はNS方向で1.7、EW方向で2.3であり、局所的な倒壊部分を除くと中破(Grade 2)程度の被害と考えられる。また、NS、EW方向の壁率が同程度であるが損傷度はEW方向がより大きいこと、観測された最大加速度はEW方向がNS方向を上回ったことを総合すると、入力の大小が被害程度の大小に影響したと考えることもできる。



写真2 Governor's Building 北面



写真3 Governor's Building 南西角の崩壊

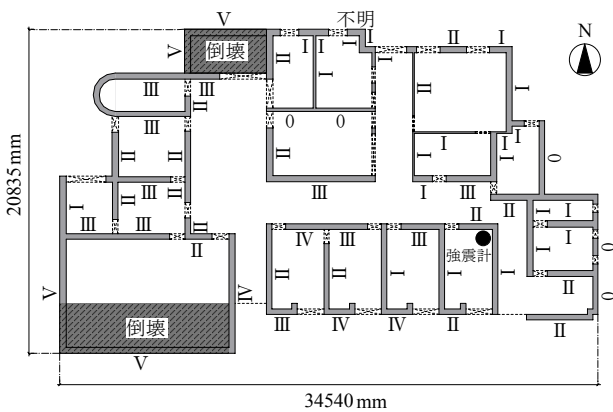


図12 Governor's Building の1階平面図と壁の損傷度

表2 レンガ造壁の損傷度の定義

損傷度	定義
0	損傷なし
I	仕上げ材のみの損傷
II	レンガ造壁に軽微なひび割れ(壁厚方向に貫通しないひび割れ)
III	レンガ造壁に中程度以上のひび割れ(壁厚方向に貫通するひび割れ)
IV	レンガ造壁の部分的な圧壊, 落下など重度の損傷
V	レンガ造壁全体または大部分の倒壊

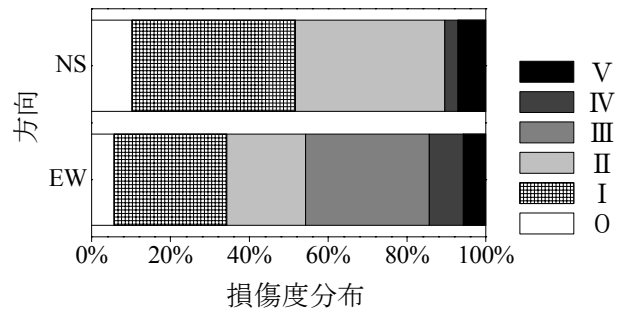


図13 Governor's Building の壁の損傷度分布

(2) Bam Tourist Inn

Governor's Building の南側に隣接するホテル兼レストランとして利用されていた (レストランは被災後も営業を継続) Bam Tourist Inn は Governor's Building と同様2階建のレンガ造建物である (写真4)。建物1階の平面図を図14に示す。Governor's Building とは異なりほぼ整形な建物であることがわかる。写真4からも推測されるように建物の被害レベルは比較的小さく EMS98 より小破 (Grade2) と判定されたが、屋上のペントハウスの屋根のみ落下していた (写真5)。1階の壁率はNS方向が9.4%と大きく、EW方向が Governor's Building とほぼ同程度の5.5%である。表2の定義に基づいて各壁の損傷度を評価した結果を図14に、各方向の壁の損傷度の分布 (ただし、損傷度不明の壁を除く) を図15に示す。壁の損傷度の平均値はNS方向が1.3、EW方向が2.3であり、被災度はEW方向がやや大きく、Governor's Building の倒壊しなかった部分よりやや小さな被害程度であった。



写真4 Bam Tourist Inn 南面および西面

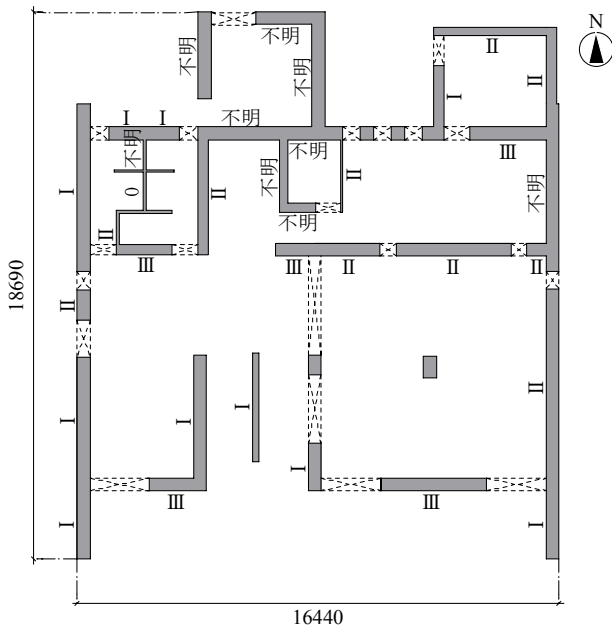


図 14 Bam Tourist Inn の 1 階平面図と壁の損傷度



写真 5 ペントハウスの屋根の落下

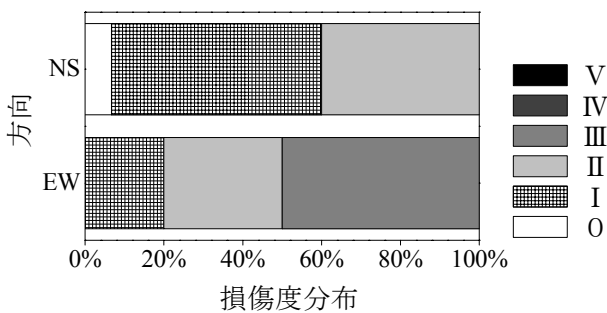


図 15 Bam Tourist Inn の壁の損傷度分布

続いて、図 16 では、Governor's Building、Bam Tourist Inn の NS、EW 各方向について、壁率と損傷度の平均値の関係および壁率と最大ひび割れ幅の関係をそれぞれ比較して示した。図 16(a)より、壁率が大きくなるほど損傷度の平均値が低下する傾向が見られる。図 16(b)の壁率とひび割れ幅の最大値の関係についても Governor's Building の NS 方向、Bam Tourist Inn の両方向の 3 ケースについては

同様の傾向が捉えられるが、Governor's Building の EW 方向のみ他のケースより遥かに大きい 50mm のひび割れ幅が観測された。本報告中では割愛したが、Governor's Building では同じ方向の壁同士でも建物の位置によってひび割れ幅に大きなばらつきが見られ、南側に面する壁でとりわけ大きなひび割れ幅が生じていることから、建物の不整形性が被害を拡大させた可能性がある。この例のように、壁率のみで建物の損傷を詳細に説明するには限界があるものの、被害程度との相関は比較的高く、組積造建築の耐震性能を議論する上で壁率が 1 つの指標となり得ることは確認できる。

1 階の壁率 A_w/A_f 、単位床重量 w およびレンガ壁の平均せん断強度 τ を用いると、これらの建築物の保有水平耐力 (ベースシア係数) を下式で略算することができる。

$$C = \frac{\tau \cdot A_w}{w \cdot N \cdot A_f}$$

N : 階数 (=2)

現地でのヒアリングによると、これらレンガ造建物の単位床重量 $w=800\text{kgf/m}^2$ 程度として設計することが一般的ようである。無補強レンガ壁のせん断強度に関する実験データは必ずしも十分には無いが、RC 造壁よりかなり弱いと考えられるので、平均せん断強度 $\tau=1\text{kgf/cm}^2=10000\text{kgf/m}^2$ と仮定する。以上の数値を用いてこれらの建物のベースシア係数 C を求めると、壁率 A_w/A_f が 10% の場合 $C=0.63$ 、壁率が 5% の場合で $C=0.31$ となる。平均せん断強度 τ の数値の妥当性については、今後の検討の必要があるが、この計算によると Governor's Building の両方向と Bam Tourist Inn の EW 方向は $C=0.4$ 弱、NS 方向は $C=0.6$ 程度の保有水平耐力は有していたのではないかとと思われる。

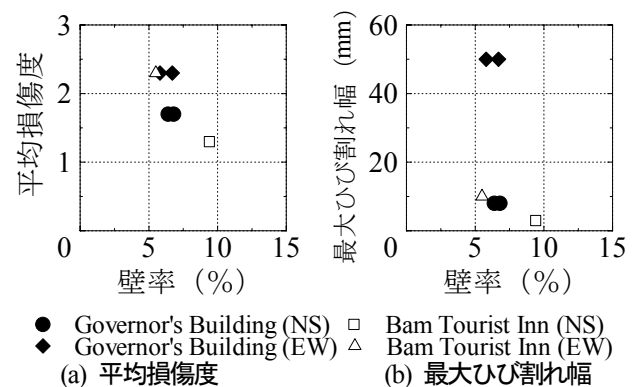


図 16 壁率と平均損傷度および最大ひび割れ幅の関係

(3) 学校校舎

Governor's Building から西へ数百 m に位置する学校で平屋の校舎 2 棟 (写真 6) と 2 階建校舎 (写真 7) が配置されている。平屋の校舎はレンガ造壁にわずかなひび割れがあるが、継続使用が可能な状態で被災度は軽微である。2 階建校舎は、写真 7 に示すように、URM の外壁と鉄骨フレームの中構面から構成されており、東側の構面 (写真の正面の構面) の壁が完全に崩落し、屋上の床が落下した。

写真 7 の 2 階建校舎の平面は図 17 に示す 2 教室を単位とするブロックで、多少形状の異なるブロックが雁行して連続する形状となっている。図 17 に基づいて、1 階の壁率を計算すると NS 方向 4.1%、EW 方向 11.0% と、壁が崩壊した NS 方向の壁率は、前述の 2 棟 (Governor's Building 及び Bam Tourist Inn) よりも低い。ただし、この壁率は崩壊した東面の壁長さを 0 と仮定して求めたものであるが、この部分には、出入口及び窓開口があったため、長い壁は無かったと思われるので概ね妥当な仮定であると思われる。

被害は、建物東側の壁が崩壊して、床の鉄骨小梁が多数落下するきわめて危険な被害状況であった。



写真 6 平屋建の学校校舎 (大きな被害はなし)



写真 7 倒壊した 2 階建の学校校舎

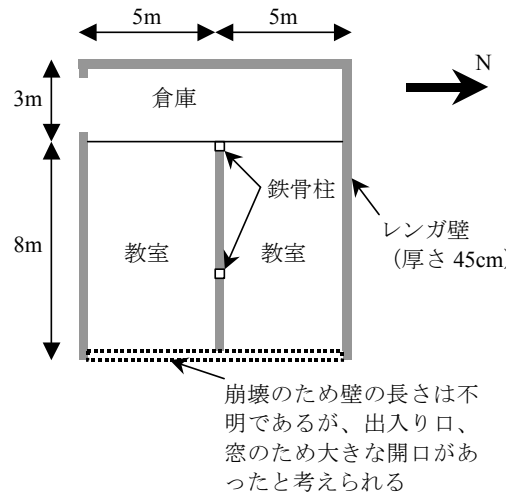


図 17 2 階建学校校舎の倒壊したブロックの平面

(4) 建設中の店舗付き住宅

Governor's Building から南へ数 100m 程度に位置する店舗兼用住宅で、建設工事中の建物である (写真 8)。図 18 に示すように間口 (NS 方向) 3 スパン、奥行き (EW 方向) 1 スパンの鉄骨フレームで奥行き方向には両妻面に X 形の鉄骨ブレース (70×140mm、板厚 7mm の I 型鋼) が配置されている。両妻面および NS 方向の奥にはレンガ造壁が配置されているが、これらのレンガ壁は後積みであり、鉄骨フレームによる拘束が期待できないので、構造耐力にはほとんど寄与しないものと考えられる。柱は I 型鋼 (80×160mm、板厚 7mm) 2 本をリブプレートを用いて並列させて組み立てたもので (図 19)、この地域の鉄骨造建物では典型的な柱の形式である。大梁及び小梁も I 型鋼で、レンガを用いて床版が構成されている。階高は 1 階が 5m、2,3 階が 3m で、1 階は 2.5m の位置に一部中二階床が設けられている。



写真 8 建設中の店舗付き住宅の全景

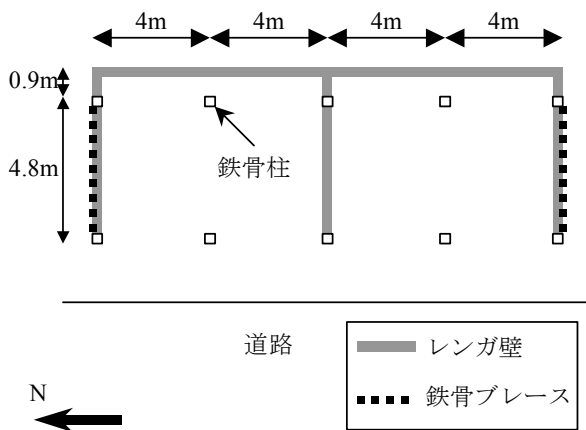


図 18 店舗付き住宅の1階平面図

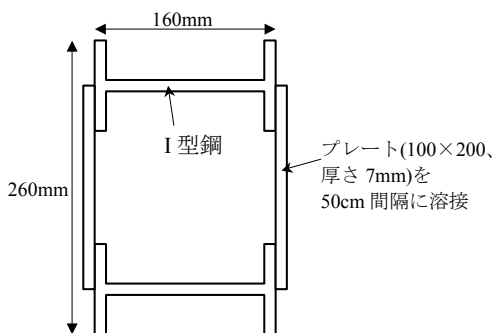


図 19 I型鋼の組み立て柱

被害は、妻面1階のブレースに端部溶接部の破断（写真9,10）や座屈が生じ、レンガ壁が崩落した。また、2階妻壁のブレースもわずかに座屈し、写真11に示すようにレンガ壁からはらみ出していた。鉄骨フレーム構造であるNS方向では、写真7のように2,3階の外壁が崩落したが、構造躯体である鉄骨柱の大きな損傷は見られなかった。

最も大きな被害を受けた1階EW方向の保有水平耐力を鉄骨ブレースの耐力のみを考慮して略算すると72.6tfとなる。ただし、鋼材の降伏強度 $\sigma_y=2.4\text{tf/cm}^2$ 、ブレースの傾斜角 45° と仮定した。各階床面積 $5.7\text{m}\times 16\text{m}=91.2\text{m}^2$ 、単位床重量 800kgf/m^2 と仮定し、1階のベースシア係数を求めると0.33となり、2章に示した必要ベースシア係数0.19は上回っていると思われる。一方、前述のGovernor's Building、Bam Tourist Innのベースシア係数の略算値($C=0.4$)よりは低いこと、写真9,10に示したように接合部の溶接の品質に問題があること、レンガ壁が後積みで鉄骨架構と一体化されていないこと、などから比較的大きな被害が生じたものと考えられる。



写真9 溶接が破断した ブレース端部



写真11 座屈しレンガ壁から孕み出した鉄骨ブレース

6. まとめ

本稿では、2003年12月26日のイランBam地震による建築物の被害調査結果について報告した。地震の規模($M_w=6.6$)は比較的小さかったにもかかわらず、2万6千人を超える死者が生じるなど甚大な被害が発生したのは、耐震性に乏しいAdobe造や無補強組積造(URM)が多数存在すること、レンガを用いた一体性に不安のある床構造が用いられていること、現行耐震規準による建物でも、鉄骨溶接部など施工品質に問題がある場合が見られたことなど、多岐にわたる要因が考えられる。

イランに限らずアジア地域では、今回の調査で見られたAdobeやレンガは建築材料として広く用いられており、これらの建築物の耐震性向上は、アジア地域の地震防災の観点からは重要な課題であると思われる。

謝辞

今回の被害調査にあたり、IIEESおよびBHRCなどの関係機関には、被害状況、地震記録などの資料提供や現地調査の手配など尽力を頂いた。また、本調査の一部は文部科学省科学研究費補助金・突発災害調査研究(研究代表者：鈴木貞臣 九州大学教授)の補助を受けたもの

である。ここに記して謝意を表するとともに、亡くなられた方々のご冥福を祈り、被災地の速やかな復興を祈願する。

参考文献

- 1) BHRC: "Iranian Code of Practice for Seismic Resistant Design of Buildings 2nd Edition," 1999.
- 2) National Geoscience Database of Iran.
(<http://www.ngdir.ir>)
- 3) BHRC: "The Very Urgent Preliminary Report on Bam Earthquake of Dec. 26-2003," 2003.
(<http://www.bhrc.gov.ir/Bhrc/Reports/bam/Bam-Ereport1.pdf>)
- 4) BHRC: "Corrected Accelerograms Data of Bam Earthquake," 2003.
(<http://www.bhrc.gov.ir/Bhrc/d-stgrmo/shabakeh/earthquake/bam/graph.pdf>)
- 5) G. Grünthal: "European Macroseismic Scale 1998," 1998.
(http://www.gfz-potsdam.de/pb5/pb53/projects/en/ems/menue_ems_e.html)