

### 3. 地震被害の想定

#### 3.1 地震

##### 1) シナリオ地震

###### (1) 断層のパラメータ

シナリオ地震の選定は以下のとおり。

- 調査地域が 1,949 km<sup>2</sup>と広大なので、基盤面加速度分布は一律にならない点を考慮し、断層の位置を特定し、基盤加速度の距離減衰を考慮する。
- 将来地震発生の可能性が高く、活動度が高く、震度が大きい断層を考慮する。
- 基盤加速度は、耐震基準からボゴタ市の中心で 0.2g とした。
- 近距離地震は、前回のマイクロゾーニング調査 (MZSB97) で特定したボゴタ中心から断層までの距離 (20 km) を満足する断層を想定した。

その結果、サブダクションによる地震と 2 断層による地震をシナリオ地震に選定した。

シナリオ地震の断層パラメータは断層タイプにより推定した MZSB97 の値を採用し、以下の表に示す。

表 - 26 シナリオ地震

ケース	断層名	種類	マグニチュード	断層総延長(km)	断層決裂延長(km)	距離(km)*
1	ラ カヒータ	近距離	6.4	35	10	20
2	グアユリバ	地域的	7.0	60	29	60
3	サブダクション	サブダクション	8.3	--	--	400

\* インヘオミナスからの最も近い距離

出典：Microzonification sismica de Santa Fe de Bogota, INGEOMINAS 1997

ケース 1：近距離の範囲では、断層全体の活動度が高い断層 6 および断層 7 があり、マグニチュード、断層の長さ、活動度等全体として類似している。しかし、セグメントの活動度についてみると、断層 6 はより高い活動度のセグメントを含むため、シナリオ地震の断層に選定した。なお、断層破壊部分の長さは 10 km と仮定した。

ケース 2：シナリオ地震の断層 27 よりもマグニチュードが大きい断層があるが、より遠距離なので、結果的に基盤加速度は断層 27 より低い値になる。

###### (2) 基盤上の加速度分布

各断層の震度および距離を用いて、各マイクロゾーンの中心部での加速度を計算した。

###### A. ケース 1：ラカヒータ断層

ラカヒータ断層はソアチャの南に位置している。調査地域の南部は断層に近接しているため、基盤上の加速度が 0.5 g となっている。ボゴタ首都圏の南部地域の加速度は 0.2-0.3 g と変化している。

## B. ケース 2 : グアユリバ断層

調査地域大半の基盤上加速度は 0.1-0.2 g の範囲にある。調査地域の北東部では加速度は減衰し、0.1 g 以下である。

## C. ケース 3 : サブダクション

震央から 400 km と遠方のため、調査地域全体、基盤上加速度は同じである。

### (3) 表層地質

空中写真の判読および現地調査により、既存の地質図を確かめ、調査地域の地質ゾーニング地図 (1 : 50,000) を構造地質ゾーニング地図のベースとして作成した。

構造地質ゾーニング地図 (1:50,000) は収集したボーリングデータ、地形図および地質ゾーニング図を基に作成した。調査に使用した地盤区分は下記の表に示す。

表 - 27 地盤区分の定義

本調査でのゾーン	前回調査でのゾーン	名前	特徴
1	1	砂質堆積岩	グアダルーペ群の砂岩、レガデラ、カチ層群の砂岩層
2	1	粘土質堆積岩	チバケ層、グアドゥア層、ボゴタ層
3	2	残積成土壌	母岩の風化物
4	2	山麓土壌	斜面堆積物、崩積成土、融氷流水堆積物 (主に扇状地、崖錘の形で丘の麓に分布)
5	5, 5A	段丘、崖錘	砂質土を挟む未固結粘土。30m 以深で 4m 以内の厚さのピート層を含む
6	3	湖成堆積物 A	厚さ 50m 以上の高圧縮性の軟弱粘土
7	4	湖成堆積物 B	厚さ 200m から 400m 以上のより高圧縮性の軟弱粘土
8	--	河床、湿地	湖成または洪積世の洪水による粘土性堆積物
--	--	廃棄物埋め立て地	廃棄物による埋め立て地
--	--	掘削地	埋め立てられた掘削地

出典: JICA Study Team

地表面加速度の計算は、ボゴタ市の 57 点のボーリングデータおよび各点の基盤入力加速度 (0.05g, 0.1g, 0.2g) から計算した。地盤の増幅度曲線を参考に、地盤区分毎の増幅度を計算し、地盤区分をベースに調査地域に適用した。地盤区分毎の平均的増幅度の値は以下の表にしめす。

表 - 28 地盤区分別平均増幅度

地盤区	地盤名	シナリオ地震および基盤加速度レベル								
		ケース-1			ケース-2			ケース-3		
		0.05g	0.10g	0.20g	0.05g	0.10g	0.20g	0.05g	0.10g	0.20g
1	砂質堆積岩	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	山麓土壌	2.60	2.38	2.12	2.49	2.40	2.25	2.42	2.37	2.29
3	湖成堆積物 A	1.69	1.27	0.81	3.17	2.69	2.05	3.28	2.84	2.26
4	湖成堆積物 B	1.32	0.99	0.66	2.54	2.18	1.67	2.84	2.46	2.00
5	段丘・崖錘	2.05	1.73	1.34	2.71	2.58	2.27	2.85	2.58	2.32
6	川床・湿地	1.33	1.01	0.62	1.81	1.67	1.44	2.26	1.89	1.45

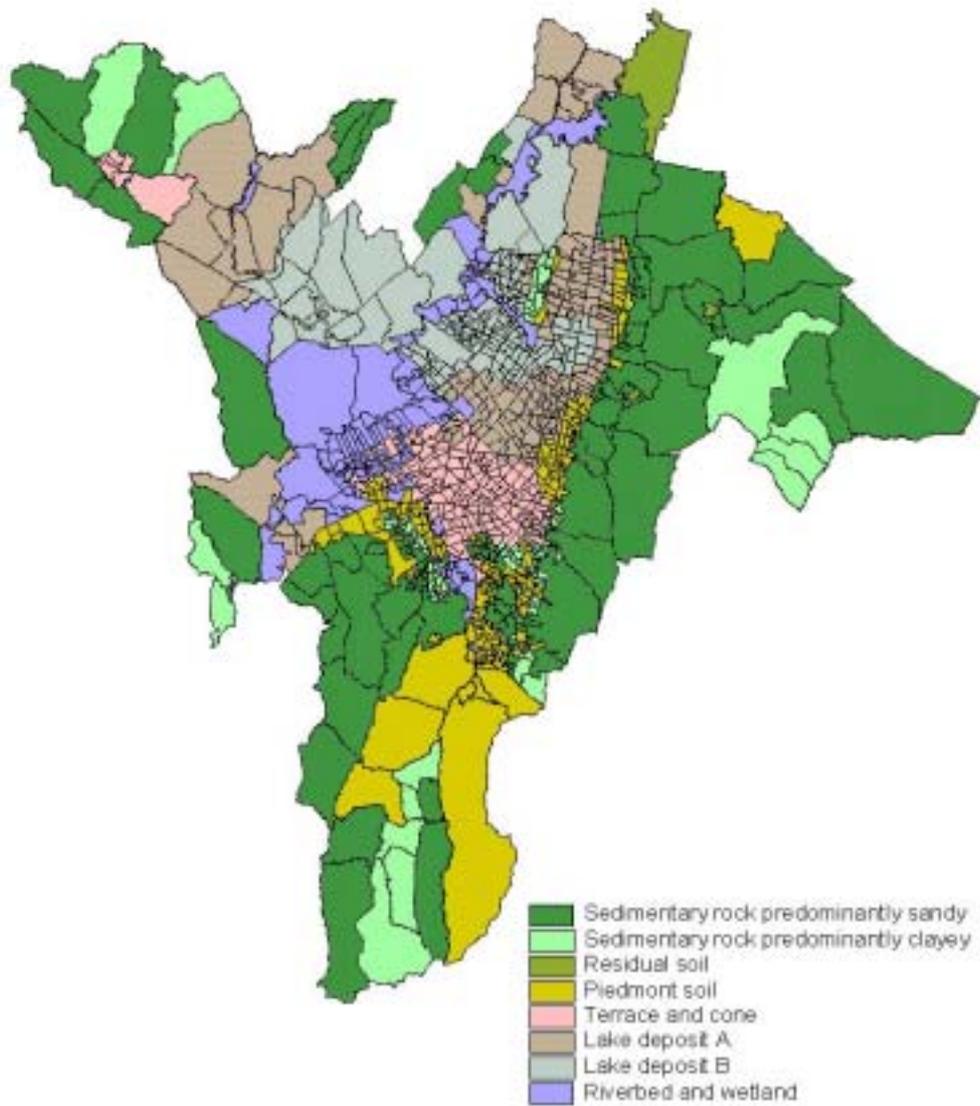


図 - 5 構造地質のマイクロゾーン

出典: JICA Study Team

(4) 地表面加速度と震度

	地表面加速度 (g)	震度(MMI)
ケース1: ラカヒータ断層	0.1- 1.0	-
ケース2: グアユリバ断層	0.1- 0.5	-
ケース3: サブダクシオン	0.1- 0.2	-

注:  $MMI=(\text{Log}(PGA)-0.014)/0.3$

地震震度は以下のとおり。震度分布を図 - 6 に示す。

#### ケース 1：ラカヒータ断層

断層に近接している調査地域の南部で、MMI がIXからXの範囲であり、調査地域の大半では MMI が VII となる。また、地質条件により増幅され、断層から離れた一部地域で MMI：VIII を示している。

#### ケース 2：グアユリバ断層

調査地域の大半、ボゴタの大半および調査地域の北西部で MMI がVIII，北西部の縁辺部の MMI：V を除くと、他の地域は MMI：VII である。

#### ケース 3：サブダクション

厚い湖沼堆積物による増幅により、ボゴタ中央および調査地域の北西部のマイクロゾーンで MMI：VII、調査地域の郊外の山地では MMI: V のままである。

### (5) 液状化地域

一般に液状化は、軟弱な細砂と高い地下水位の地域で、強い地震動により起き、同じ地域で繰り返し起こることが報告されている。液状化の可能性がある地域については、以前の調査で過去の記録をもとに指摘している。ツンフェロ川の堆積土砂は細砂を含んでいるが、ボゴタ川は、液状化の可能性が少ない粘土質の堆積土砂が大部分である。

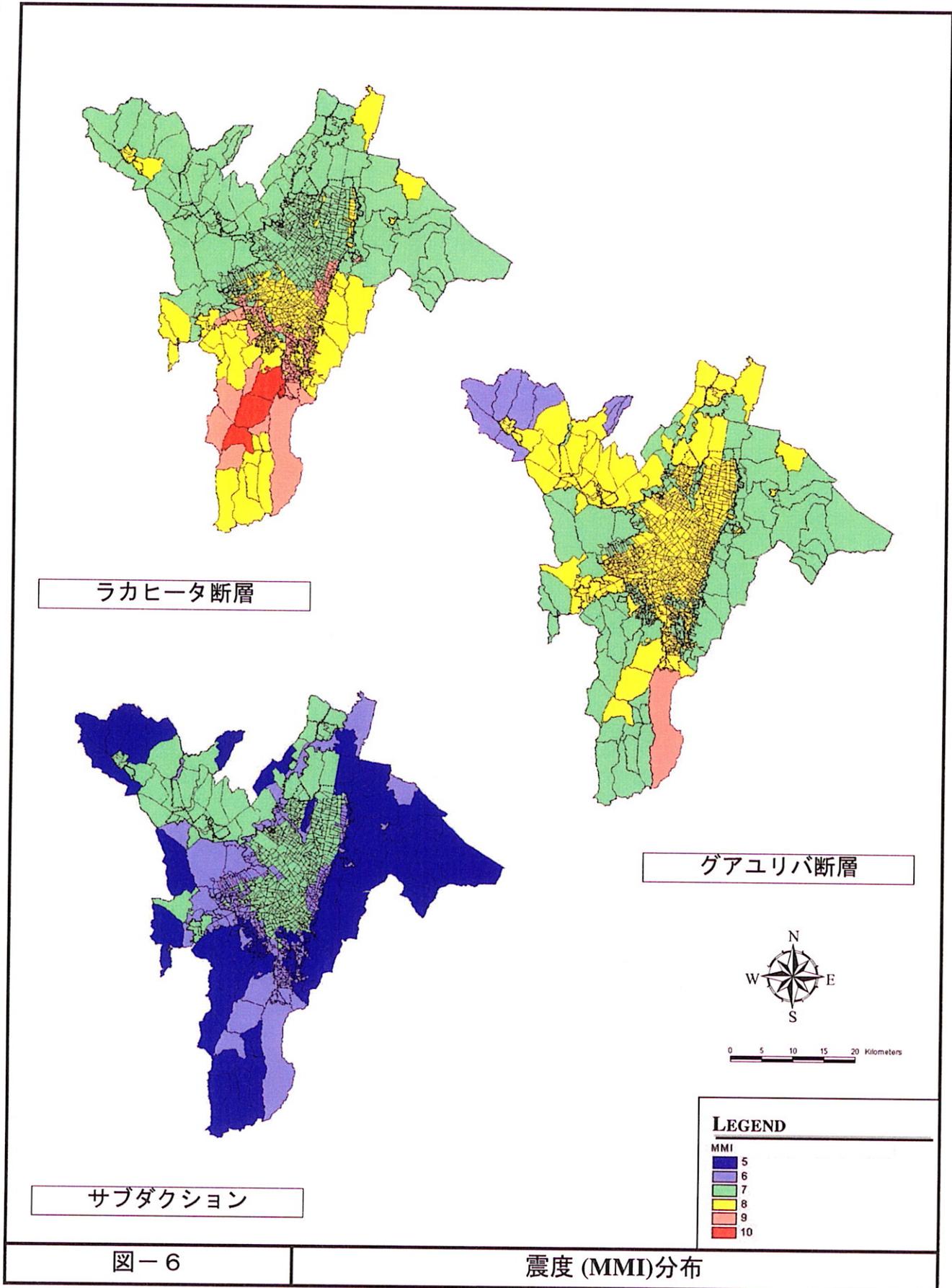
本調査では、ボゴタのボーリングデータを収集し、構造地質の観点から液状化地域を見直した。液状化の可能性を、下表の基準により評価した。

表 - 29 調査における液状化評価の基準

地震強度(MMI)	地域		
	ボーリングデータより判明した液状化地域	ゾーン5	その他
VII以下	無	無	無
VII	可能性有	可能性有	無
VIII以上	可能性大	可能性有	無

出典: JICA Study Team

しかし、液状化地域の詳細な評価は、粒度、標準貫入試験値（N値）および地下水位等十分なデータがないので、詳細な評価は出来ない。従って、既存の情報を基に、概略の検討を実施した。判別した液状化地域は次の図に示す。



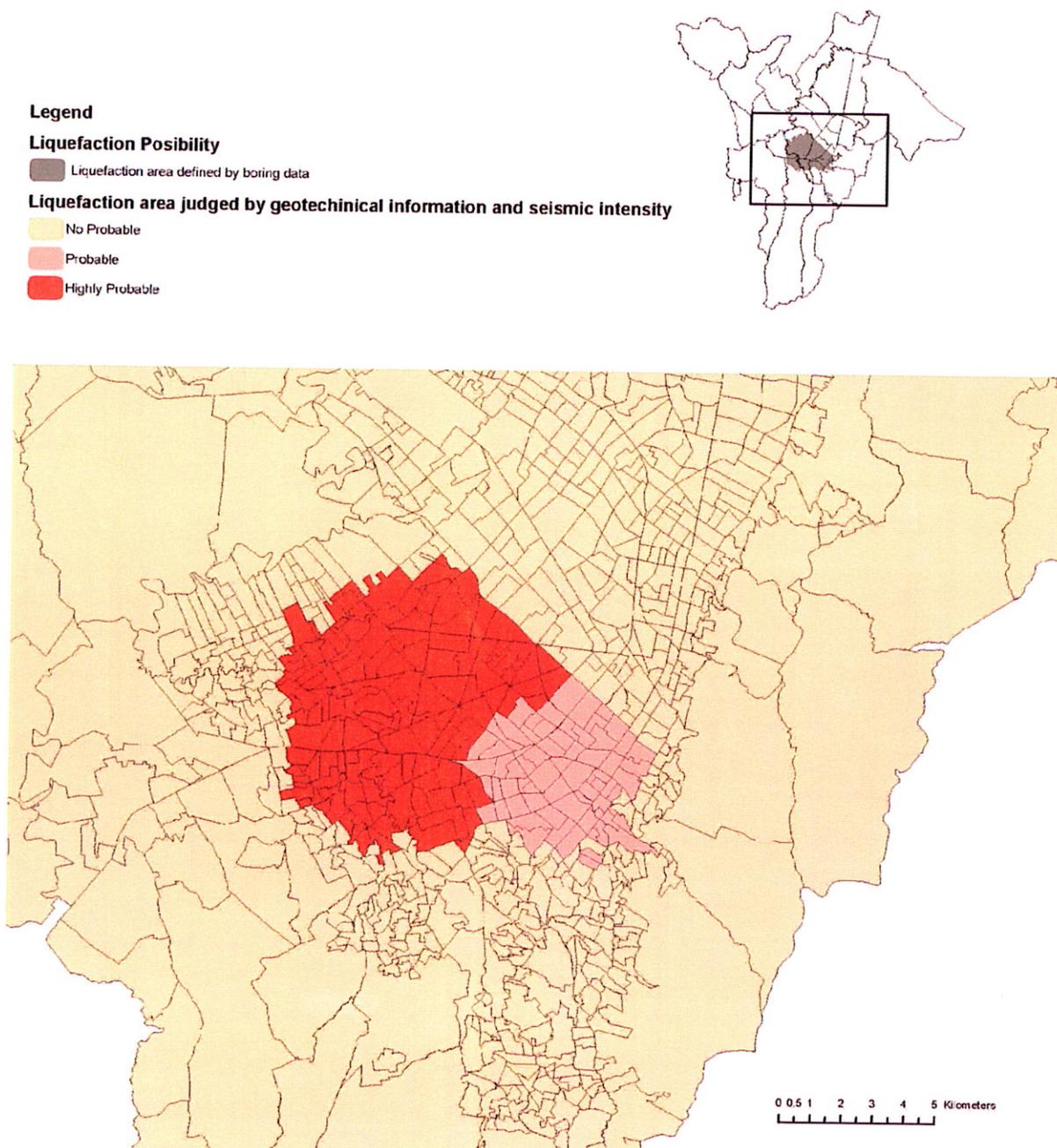


図-7 液状化可能性地域

## 3.2 地震被害

### 1) 建物

#### (1) 建物タイプ

地震被害の想定のために、建物は下記の条件を基に分類した。

- 建物のタイプ
- 建物の階数
- エストラートの階層

土地台帳データと現状の整合性を確認するために、サンプル調査を実施し、既存建物は下表のように分類した。

表 - 30 調査における建物分類

タイプ	構造タイプ	社会階層
1	木造、プレハブ	1,2,3,4,5,6
2	煉瓦造	1,2
3	煉瓦造	3,4
4	煉瓦造	5,6
5	コンクリート骨組み補強（3階建以下）	1,2,3,4,5,6
6	コンクリート骨組み補強（3階建以上）	1,2,3,4,5,6

出典: JICA Study Team

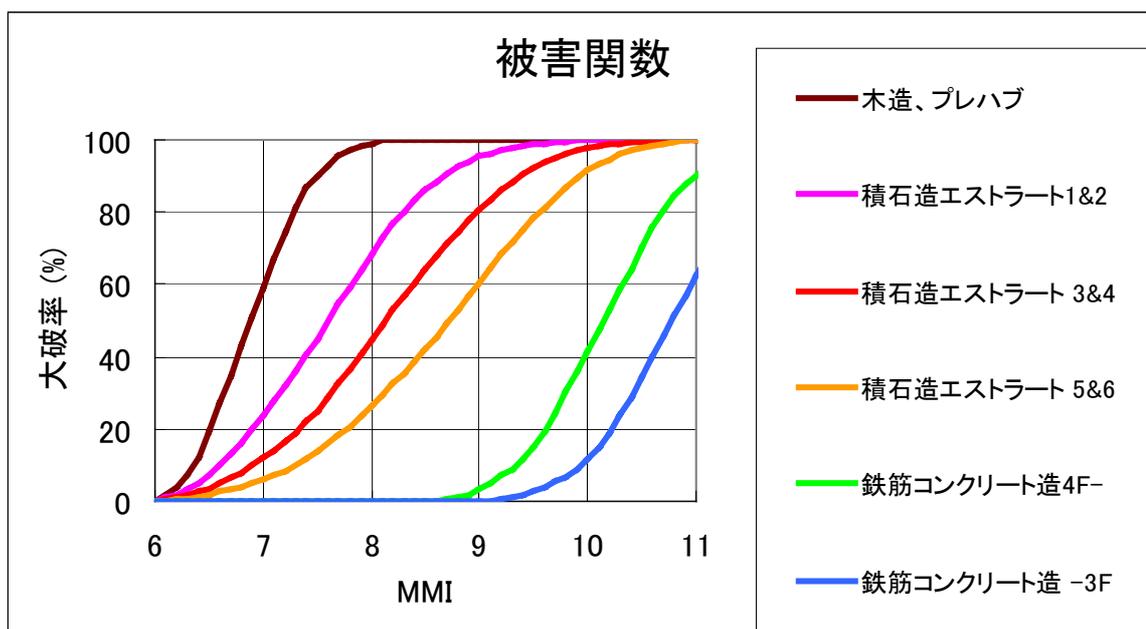
表 - 31 レンガ積建物タイプ別分布の設定

	B	C	D
タイプ 2	80%	20%	0%
タイプ 3	40%	50%	10%
タイプ 4	20%	40%	40%

出典: JICA Study Team

#### (2) 建物の被害関数

シナリオ地震による被害想定のために、1999年のキンディオ地震における建物被害に関する調査を参照し、被害関数を設定し下図に示す。



出典: JICA Study Team

図 - 8 提案の建物倒壊率

## (3) 被害想定の結果

表 - 32 建物倒壊 (数、率)

場所	建物数	ケース1 ラカヒータ		ケース2 グアユリバ		ケース3 サブダクション	
		棟数	比率 (%)	棟数	比率 (%)	棟数	比率 (%)
ポゴタ市	752,063	362,072	48.1	377,585	50.2	51,908	6.9
8都市	127,561	37,312	29.2	44,404	34.8	9,921	7.8
合計	879,624	399,384	45.4	421,989	48.0	61,829	7.0

以下に建物被害数と建物被害率を示す。

