

第6章 被害想定

6-1 建物被害

欧州を中心に使われている震度階である EMS-98 スケールにおける建物被害程度の定義を採用し、「グレード4（大破）+グレード5（倒壊）」の建物被害を評価した。

6-1-1 建物分類

建物インベントリ調査結果、アルジェリア耐震基準の検討、調査地域内の被害率調査等から、建物分類は下記の8種類とした。表6-1に、各コミューンの建物分類比率を示す。

- a) カスバのレンガ組積造
- b) 一般の石とレンガの組積造
- c) 鉄筋コンクリート（RC）骨組構造でプリコード（ノンエンジニアード）の建物
- d) RC骨組構造で、ローコード（RPA81（83）、88）を適用した建物
- e) RC骨組み構造のうち、モデレートコード（RPA99）を適用した建物
- f) RC骨組み構造のうち、ハイコード（RPA99 ver. 2003）を適用した建物
- g) RC壁式構造、壁式と骨組みとの併用構造
- h) 鉄骨構造

表6-1 各コミューンの建物分類比率

Type of Structure	ID	1601	1602	1603	1604	1605	1606	1607	1608	1609	1610	1611	1612
	COMMUNE	ALGER CENTER	SIDI M HAMED	EL MADANIA	HAMMA EL ANNASSER	BAB EL OUED	BOLOGHINE	CASBAH	OUED KORICHE	BIR MOURAD RAIS	EL BIAR	BOUZAREAH	BIRKHADEM
Old Brick Masonry at Casbah	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stone and Brick Masonry	%	77.4	66.0	72.4	12.5	75.5	37.5	64.3	46.7	25.0	33.3	15.8	31.3
RC Frame Pre-code	%	20.8	30.0	13.8	75.0	18.4	50.0	0.0	53.3	41.7	56.7	68.4	65.6
RC Frame Low-code	%	0.0	4.0	3.4	12.5	4.1	8.3	0.0	0.0	4.2	6.7	2.6	0.0
Steel	%	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RC Wall	%	0.0	0.0	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	3.3	10.5	3.1
RC Frame Medium-code	%	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	2.6	0.0
RC Frame High-code	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Type of Structure	ID	1613	1615	1616	1617	1618	1619	1620	1621	1622	1623	1624	1625
	COMMUNE	EL HARRACH	OUED SMAR	BOUROUBA	HUSSEIN DEY	KOUBA	BACH DJARAH	DAR EL BEIDA	BAB EZZOUAR	BEN AKNOUN	DELY BRAHIM	HAMMAMET	RAIS HAMIDOU
Old Brick Masonry at Casbah	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stone and Brick Masonry	%	55.6	0.0	25.6	46.4	25.0	18.0	0.0	3.9	9.1	0.0	18.2	41.7
RC Frame Pre-code	%	37.0	91.7	62.8	39.3	35.7	48.0	44.0	21.6	54.5	82.4	81.8	41.7
RC Frame Low-code	%	0.0	8.3	4.7	3.6	10.7	12.0	32.0	15.7	0.0	5.9	0.0	0.0
Steel	%	0.0	0.0	0.0	3.6	1.8	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RC Wall	%	3.7	0.0	2.3	3.6	26.8	22.0	16.0	49.0	36.4	0.0	0.0	16.7
RC Frame Medium-code	%	3.7	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0
RC Frame High-code	%	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	11.8	0.0	0.0

Type of Structure	ID	1626	1627	1628	1629	1630	1631	1632	1639	1640	1644	Total
	COMMUNE	DJASR KACENTINA	BELOUIDAD	HYDRA	MOHAMMADIA	BORDJ EL KIFFAN	EL MAGHARIA	BENI MESSOUS	BORDJ EL BAHRI	EL MARSA	AIN BENIAN	
Old Brick Masonry at Casbah	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
Stone and Brick Masonry	%	10.9	84.8	0.0	13.0	15.3	11.8	10.0	13.3	20.0	24.1	33.6
RC Frame Pre-code	%	37.0	6.1	75.0	34.8	18.6	58.8	50.0	66.7	80.0	44.8	40.6
RC Frame Low-code	%	10.9	0.0	0.0	30.4	49.2	5.9	30.0	13.3	0.0	24.1	10.0
Steel	%	2.2	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
RC Wall	%	39.1	9.1	20.0	21.7	3.4	23.5	10.0	6.7	0.0	6.9	11.9
RC Frame Medium-code	%	0.0	0.0	5.0	0.0	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
RC Frame High-code	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4

6-1-2 1980年エルアスナム地震と2003年ブーメルデス地震による建物被害

CTCは1980年エルアスナム地震時におよそ10,000棟の住宅の被害調査を5段階の被害分類で実施した。

CGSとCTCは、2003年ブーメルデス地震時にアルジェ県とブーメルデス県で被害調査を実施した。建物構造分類は、組積造、鉄筋コンクリート（RC）骨組構造、RC壁式構造、鉄骨造の4種類である。被害データについては、第4章1-2を参照。

6-1-3 建物被害関数の検討

(1) 一般

CGSによる2003年ブーメルデス地震の建物被害調査のうち、アルジェの調査地域内の被害データが東部地域の下記の3コミューンについて提供された。

- バブエゾア（コード番号1621）
- ボルディエルキーファン（1630）
- ボルディエルバーリ（1639）

しかし、これらコミューンのEMS震度は、8前後と評価され明確な震度差がなく、被害率だけから被害関数を作成することは困難であった。そこで、構造種別ごとの構造耐震指標 I_s の分布を推定し、被害率と組み合わせることで被害関数を作成する方法を考案した。

(2) 地震震度と調査被害率

PGA（最大地動加速度）と対応したEMS震度を被害関数の横軸に用いた。地動の評価については第5章を参照されたい。表6-2に示される8前後の平均震度に対して、評価された震度の幅が大きいこと、および、建物調査率が14%～26%で調査地が不詳なことから、工学的判断により調査被害率は、低減した数値を採用した。そして、構造耐震指標 I_s の分布形と組み合わせた。

表 6-2 2003年ブーメルデス地震の震度評価と建物調査率

コミューン名	地震震度の評価	建物調査率
(1621) バブエゾア	平均 7.9 (最小 7.4～最大 8.5)	14%
(1630) ボルディエルキーファン	平均 8.2 (最小 7.4～最大 9.0)	22%
(1639) ボルディエルバーリ	平均 8.0 (最小 7.8～最大 8.8)	26%

(3) 構造耐震指標 I_s 分布を取り入れた手法

鉄筋コンクリート（RC）骨組構造のうち、プリコード（ノンエンジニアード）は構造耐震指標 I_s 分布を設定することによって、図6-1に示される被害関数を得た。各構造種別の推定した構造耐震指標分布を、図6-2に示す。

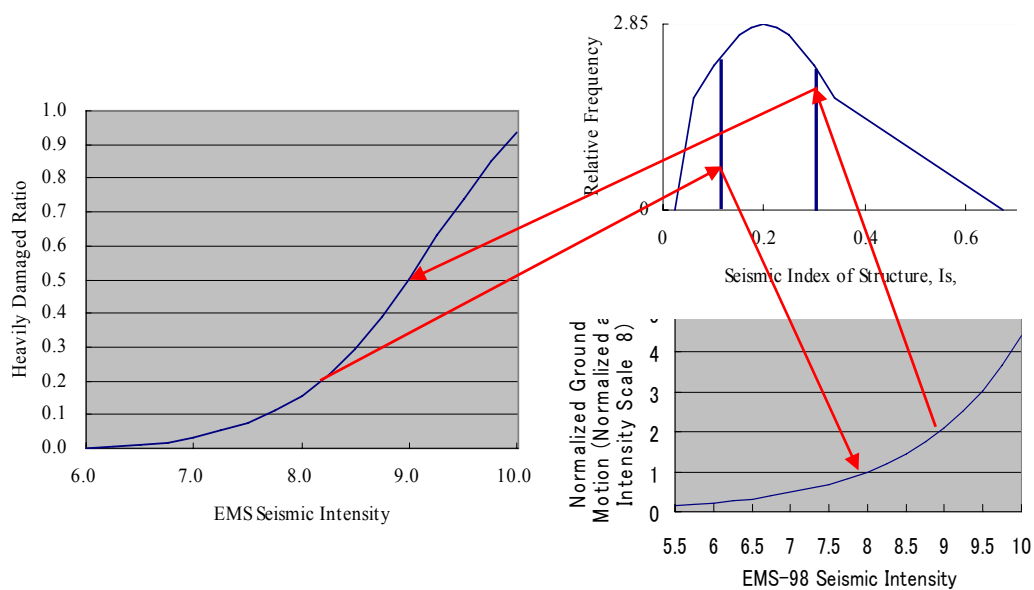


図 6-1 構造耐震指標分布・地震震度と大破倒壊率

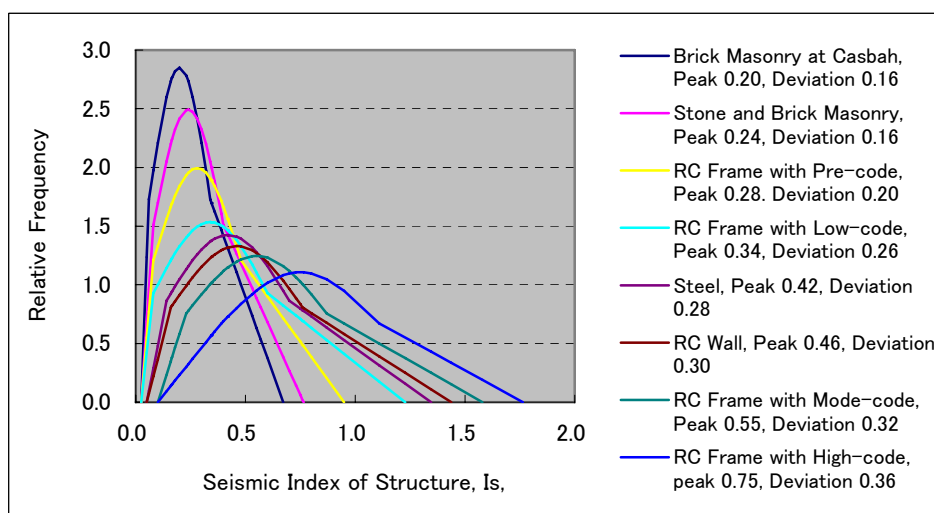


図 6-2 推定した各構造種別の構造耐震指標分布

(4) 被害関数

同様の手順を他の構造種別に適用し、図 6-3 に示される建物被害関数を得た。

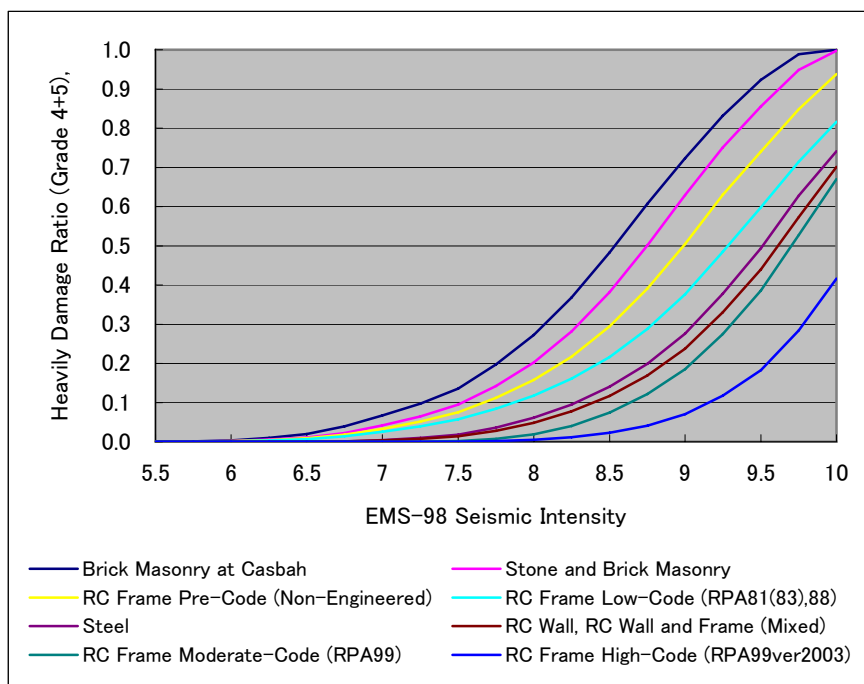


図 6-3 建物被害関数

(5) キャリブレーション

図 6-4 に示されるように、ブーメルデス地震の 3 コミューンの震度の評価幅を考慮し、震度 8 に対する被害関数での大破倒壊率は、工学的判断により調査平均被害率の 80%~60% に低減した値を採用した。

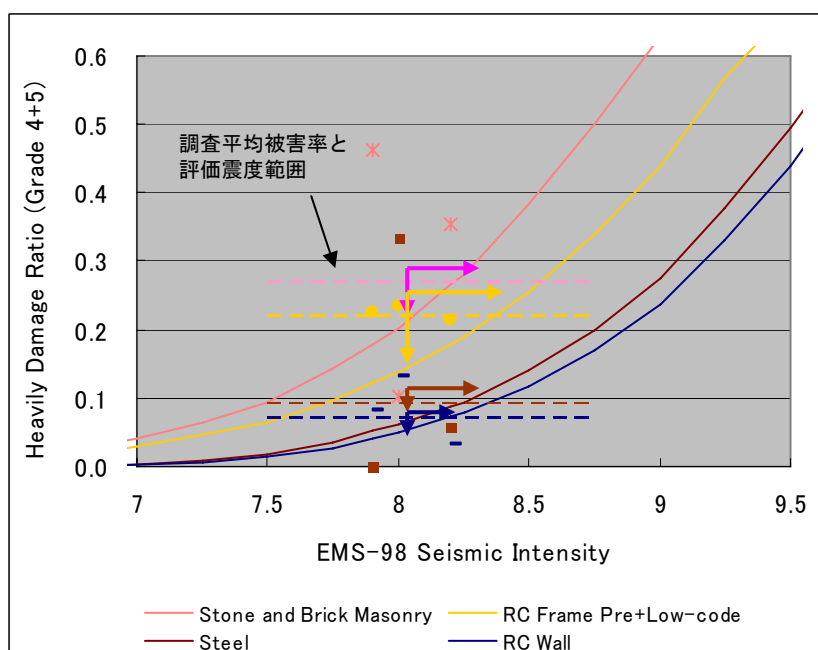


図 6-4 ブーメルデス地震の被害調査による被害率・震度範囲の評価と被害関数

6-1-4 建物被害の推定

(1) 既存建物数の推定

既存建物数は、GIS データと「建物現況調査」結果から推定した。まず、GIS データに含まれる建物の外形ポリゴンの重心がどの 250 m グリッドに含まれるかを判定し、250 m グリッド内の建物数を集計した。次に、各コミューンの建物の構造別棟数を建物現況調査から推定し、この比率を各コミューンにその中心が含まれるグリッドに適用して、グリッド内の構造別の建物棟数を推定した。

(2) 被害の推定

2つのシナリオ地震について建物被害を推定した。大破被害の推定結果を、表 6-3 にまとめた。表 6-3 には 2003 年ブーメルデス地震の再現計算結果も示した。図 6-5 には大破被害棟数の分布を示した。

表 6-3 建物被害集計結果

ID	コミューン名	既存建物		Khair al Dinシナリオ地震		Zemmouriシナリオ地震		2003 Boumerdes地震(再現)							
		建物数	住居数	建物被害	住居被害	建物被害	住居被害	建物被害	住居被害						
1601	ALGER CENTRE	3,396	16,219	1,395	41%	6,662	41%	379	11%	1,808	11%	98	3%	468	3%
1602	SIDI M'HAMED	2,206	13,863	922	42%	5,795	42%	235	11%	1,475	11%	65	3%	411	3%
1603	EL MADANIA	3,124	8,788	1,435	46%	4,037	46%	492	16%	1,384	16%	148	5%	417	5%
1604	HAMMA EL ANNASSER	2,169	8,594	834	38%	3,305	38%	265	12%	1,049	12%	79	4%	312	4%
1605	BAB EL OUED	1,884	13,184	616	33%	4,311	33%	155	8%	1,081	8%	28	1%	198	1%
1606	BOLOGHINE	2,933	6,643	899	31%	2,037	31%	212	7%	479	7%	39	1%	89	1%
1607	CASBAH	2,739	10,175	1,067	39%	3,963	39%	282	10%	1,049	10%	57	2%	211	2%
1608	OUED KORICHE	2,585	8,823	978	38%	3,337	38%	246	10%	838	10%	63	2%	216	2%
1609	BIR MOURAD RAIS	4,696	6,927	1,249	27%	1,842	27%	331	7%	488	7%	92	2%	135	2%
1610	EL BIAR	7,408	8,616	3,393	46%	3,946	46%	820	11%	953	11%	249	3%	290	3%
1611	BOUZAREAH	9,804	11,098	2,633	27%	2,980	27%	454	5%	514	5%	80	1%	91	1%
1612	BIRKHADEM	6,459	8,455	1,852	29%	2,424	29%	617	10%	807	10%	187	3%	244	3%
1613	EL HARRACH	4,560	7,296	2,076	46%	3,321	46%	1,555	34%	2,487	34%	499	11%	799	11%
1615	OUED SMAR	3,455	3,092	1,339	39%	1,199	39%	1,352	39%	1,210	39%	411	12%	368	12%
1616	BOUROUBA	4,808	9,385	1,892	39%	3,692	39%	1,259	26%	2,457	26%	431	9%	841	9%
1617	HUSSEIN DEY	4,630	8,015	2,155	47%	3,730	47%	1,024	22%	1,772	22%	329	7%	569	7%
1618	KOUBA	8,940	15,913	2,884	32%	5,133	32%	1,195	13%	2,127	13%	355	4%	632	4%
1619	BACH DJERAH	6,041	15,048	1,895	31%	4,720	31%	1,119	19%	2,787	19%	378	6%	941	6%
1620	DAR EL BEIDA	8,094	6,095	2,941	36%	2,215	36%	3,848	48%	2,897	48%	1,336	17%	1,006	17%
1621	BAB EZZOUAR	5,138	13,544	1,490	29%	3,928	29%	1,531	30%	4,036	30%	418	8%	1,103	8%
1622	BEN AKNOUN	3,299	3,391	1,009	31%	1,037	31%	166	5%	171	5%	42	1%	43	1%
1623	DELY BRAHIM	3,813	4,526	1,309	34%	1,554	34%	198	5%	235	5%	51	1%	60	1%
1624	HAMMAMET	2,223	3,283	687	31%	1,015	31%	98	4%	145	4%	15	1%	23	1%
1625	RAIS HAMIDOU	3,364	3,169	1,047	31%	987	31%	200	6%	188	6%	35	1%	33	1%
1626	DJASR KACENTINA	3,458	12,639	785	23%	2,870	23%	424	12%	1,549	12%	132	4%	484	4%
1627	EL MOURADIA	3,277	5,017	1,675	51%	2,565	51%	512	16%	783	16%	157	5%	241	5%
1628	HYDRA	6,980	6,080	1,967	28%	1,714	28%	417	6%	363	6%	111	2%	97	2%
1629	MOHAMMADIA	4,321	6,749	1,671	39%	2,610	39%	1,304	30%	2,036	30%	369	9%	576	9%
1630	BORDJ EL KIFFAN	10,915	14,375	4,637	42%	6,107	42%	4,911	45%	6,468	45%	1,822	17%	2,400	17%
1631	EL MAGHARIA	2,643	4,559	974	37%	1,680	37%	493	19%	851	19%	153	6%	264	6%
1632	BENI MESSOUS	2,254	2,630	821	36%	958	36%	125	6%	146	6%	33	1%	38	1%
1639	BORDJ EL BAHRI	4,724	4,030	1,799	38%	1,535	38%	2,022	43%	1,724	43%	738	16%	629	16%
1640	EL MARSA	1,330	1,366	504	38%	518	38%	556	42%	571	42%	217	16%	223	16%
1644	AIN BENIAN	6,362	8,252	2,986	47%	3,873	47%	385	6%	499	6%	108	2%	140	2%
	合計	154,032	279,838	55,817	36%	101,600	36%	29,176	19%	47,430	17%	9,327	6%	14,592	5%

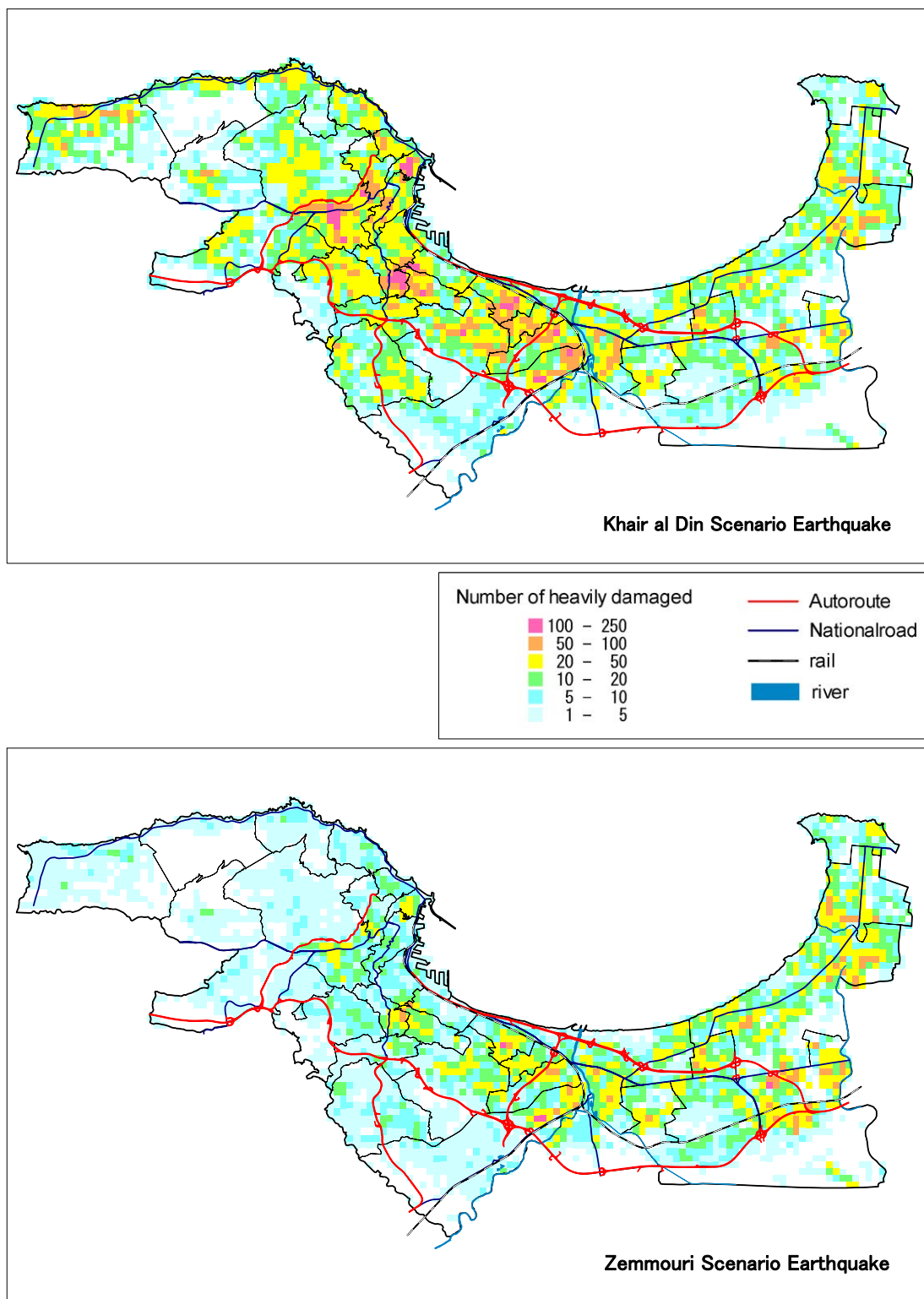


図 6-5 大破建物数の分布

6-2 人的被害

6-2-1 手法

(1) 過去の被害地震による人的被害データ

アルジェリアにおける過去の被害地震で発生した建物被害数、人的被害数を収集した。一般に、人的被害を推定するためには、建物被害棟数より住居被害数のほうがパラメータとして優れている。

(2) 被害推定の単位

本調査では、人的被害はコミューンを単位として推定される。このため、被害関数の設定の際にも、コミューンを単位とした解析が望ましい。また、人的被害に関する関数は、建物構造の違い、レスキュー体制の違いなどの地域特性が大きく影響するので、元にする被害データは、対象とする地域に関する被害データであることが望ましい。

(3) 被害関数の設定

死者数推定のための被害関数としては、大破した住居数を変数とする関数を設定した。大破住居数と死者数の関係を図 6-6 に示す。図 6-6 に示した被害関数によって算定される死者数には不確定要素が大きいため、推定される死者数には半分から倍の幅を考慮しておくべきであろう。

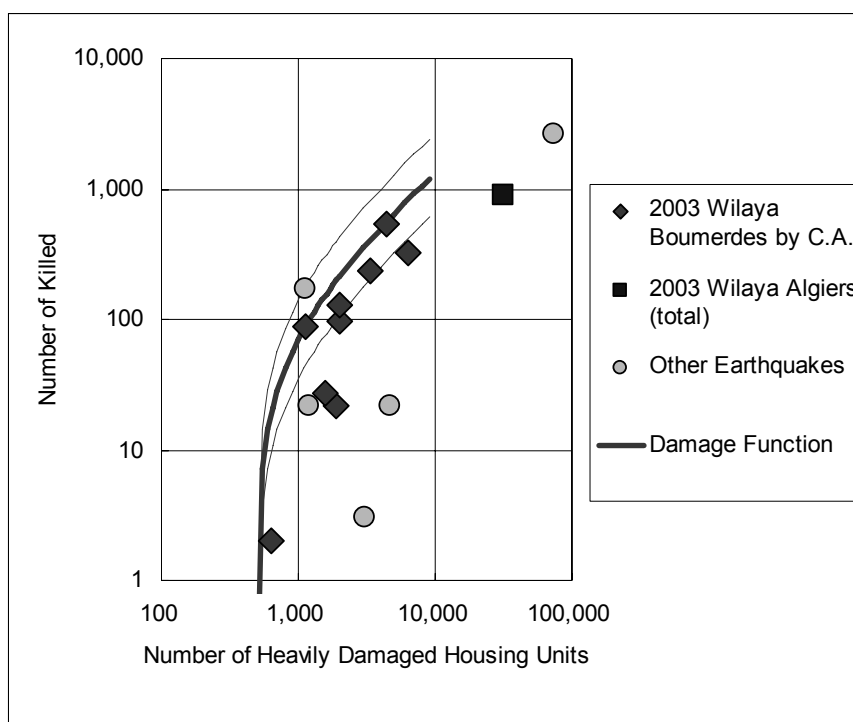


図 6-6 死者数推定のための被害関数

6-2-2 被害推定結果

被害関数設定に際して使用したデータの多くは、2003年ブーメルデス地震による被害であるところから、ここで推定された被害は、地震が夕方に発生した場合であると考えらるべきである。死者数、負傷者数と被災者数を、表6-4にまとめた。ここで被災者とは、大破した建物に居住していた住民を指す。表6-4には2003年ブーメルデス地震の再現計算結果も示した。死者数の分布を図6-7に示す。

表 6-4 人的被害

ID	コミュニティ名	人口 (x1,000)	Khair al Dinシナリオ地震			Zemmouriシナリオ地震			2003 Boumerdes地震(再現)		
			死者 (x1,000)	負傷者 (x1,000)	被災者 (x1,000)	死者 (x1,000)	負傷者 (x1,000)	被災者 (x1,000)	死者 (x1,000)	負傷者 (x1,000)	被災者 (x1,000)
1601	ALGER CENTRE	96.3	0.9	3.1	39	0.2	1.1	11	0.0	0.0	3
1602	SIDI M'HAMED	90.5	0.8	2.8	37	0.1	0.9	9	0.0	0.0	3
1603	EL MADANIA	51.4	0.5	2.1	23	0.1	0.9	8	0.0	0.0	2
1604	HAMMA EL ANNASSER	59.2	0.4	1.8	22	0.1	0.6	7	0.0	0.0	2
1605	BAB EL OUED	87.6	0.5	2.2	28	0.1	0.7	7	0.0	0.0	1
1606	BOLOGHINE	43.3	0.2	1.2	13	0.0	0.0	3	0.0	0.0	1
1607	CASBAH	50.5	0.5	2.1	19	0.1	0.6	5	0.0	0.0	1
1608	OUED KORICHE	53.4	0.4	1.9	20	0.0	0.5	5	0.0	0.0	1
1609	BIR MOURAD RAIS	43.3	0.2	1.1	11	0.0	0.0	3	0.0	0.0	1
1610	EL BIAR	52.6	0.5	2.1	24	0.1	0.6	6	0.0	0.0	2
1611	BOUZAREAH	69.2	0.4	1.7	18	0.0	0.1	3	0.0	0.0	1
1612	BIRKHADEM	55.1	0.3	1.4	16	0.0	0.4	5	0.0	0.0	2
1613	EL HARRACH	48.2	0.4	1.8	22	0.3	1.5	16	0.0	0.4	5
1615	OUED SMAR	21.4	0.1	0.7	8	0.1	0.8	8	0.0	0.0	3
1616	BOUROUBA	77.5	0.5	2.0	30	0.3	1.5	20	0.0	0.5	7
1617	HUSSEIN DEY	49.9	0.5	2.0	23	0.2	1.1	11	0.0	0.2	4
1618	KOUBA	105.3	0.7	2.5	33	0.2	1.3	14	0.0	0.3	4
1619	BACH DJERAH	90.1	0.6	2.4	28	0.3	1.6	16	0.1	0.6	6
1620	DAR EL BEIDA	44.8	0.2	1.3	16	0.3	1.7	21	0.1	0.6	7
1621	BAB EZZOUAR	92.2	0.5	2.1	26	0.5	2.1	27	0.1	0.7	7
1622	BEN AKNOUN	19.4	0.1	0.6	6	0.0	0.0	1	0.0	0.0	0
1623	DELY BRAHIM	30.6	0.1	1.0	10	0.0	0.0	2	0.0	0.0	0
1624	HAMMAMET	19.7	0.1	0.6	6	0.0	0.0	1	0.0	0.0	0
1625	RAIS HAMIDOU	21.5	0.1	0.6	7	0.0	0.0	1	0.0	0.0	0
1626	DJASR KACENTINA	82.7	0.3	1.6	18	0.1	1.0	10	0.0	0.0	3
1627	EL MOURADIA	29.5	0.3	1.5	15	0.0	0.4	5	0.0	0.0	1
1628	HYDRA	35.7	0.2	1.1	10	0.0	0.0	2	0.0	0.0	1
1629	MOHAMMADIA	42.1	0.3	1.5	16	0.2	1.2	12	0.0	0.2	4
1630	BORDJ EL KIFFAN	103.7	0.8	2.9	43	0.8	3.0	46	0.3	1.4	17
1631	EL MAGHARIA	30.5	0.2	1.0	11	0.0	0.5	6	0.0	0.0	2
1632	BENI MESSOUS	17.5	0.1	0.6	6	0.0	0.0	1	0.0	0.0	0
1639	BORDJ EL BAHRI	27.9	0.1	1.0	10	0.2	1.1	12	0.0	0.2	4
1640	EL MARSA	8.8	0.0	0.1	3	0.0	0.2	4	0.0	0.0	1
1644	AIN BENIAN	52.3	0.5	2.1	24	0.0	0.0	3	0.0	0.0	1
	合計	1,803.3	12.0	54.7	642	4.6	25.2	311	0.6	5.0	97

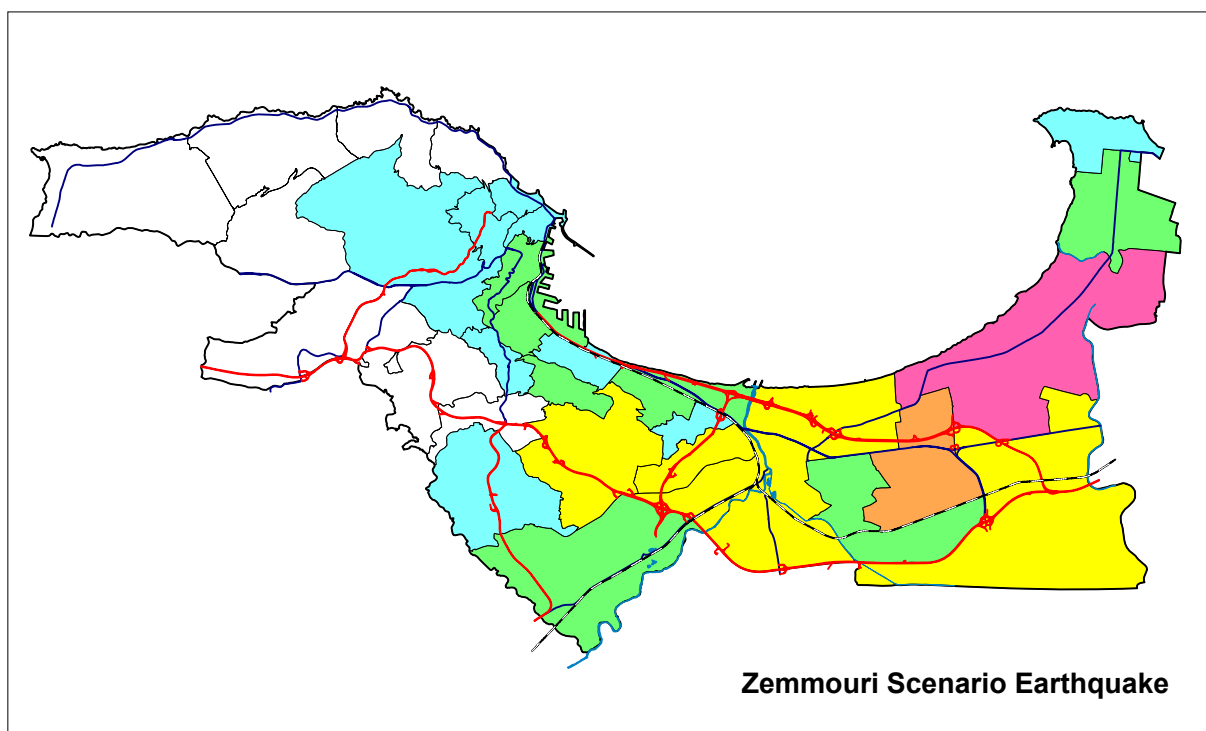
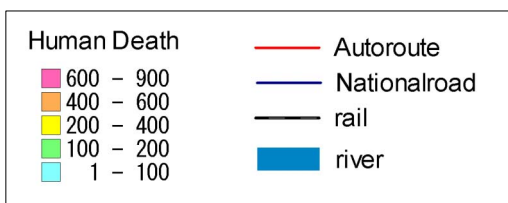
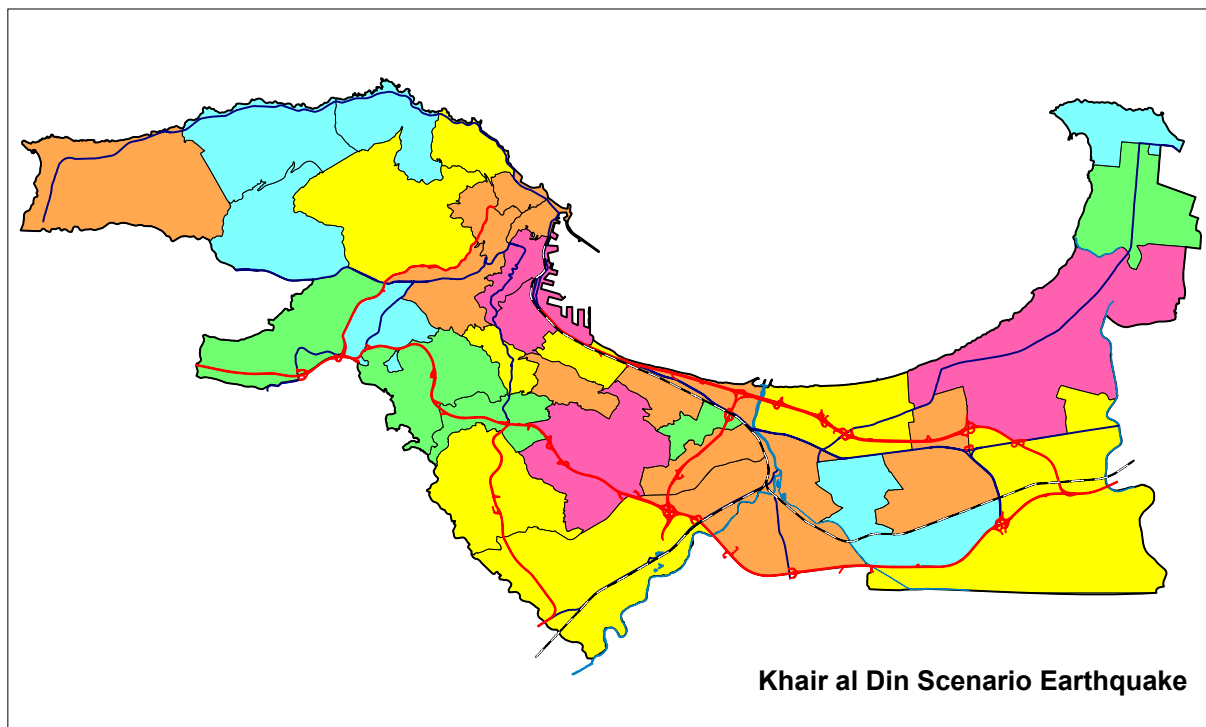


図 6-7 死者数の分布

6-3 インフラ・ライフライン

6-3-1 橋梁

(1) 被害予測手法

本調査では、久保・片山（以下、「片山の方法」と呼称）が提案した手法を採用した。図 6-8 に、予測手法の概要を示す。

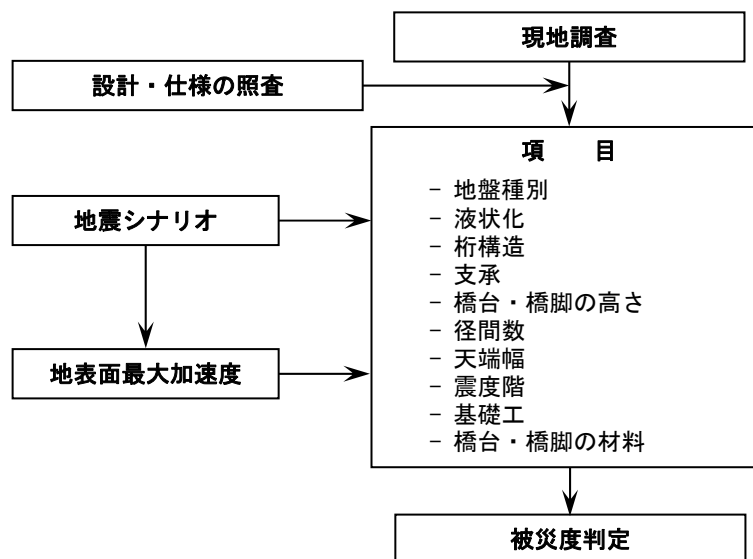


図 6-8 橋梁被害予測のフロー

JICA 調査団とカウンターパートは、ブーメルデス地震における橋梁の被災記録を基に、片山の方法の適用性を検討した。その結果、表 6-5 に示すように、落橋の可能性を判定するための閾値を修正した上で、片山の方法を採用することとした。

表 6-5 橋梁の被災度判定に係る定義

被災度		片山の方法に基づく閾値	修正閾値
A	- 落橋の可能性大 - 大変位の発生 - 長期間使用不能・要改築	30 以上	30 以上
B	- 落橋の可能性中位 - 変位の発生 - 一時使用不能・要修復／修繕	26 以上 30 未満	22 以上 30 未満
C	- 落橋の可能性小 - 小変位の発生 - 基本的に点検後に使用可	26 未満	22 未満

(2) 被害予測手法の検証

表 6-6 に示すように、修正を加えた片山の方法によって、実際の被害を再現できることが確認された。したがって、本手法が、橋梁の被害予測手法として適していると判断した。

表 6-6 片山の方法の検証概要

橋 梁	推定される MSK震度階の ケース	合計 スコア	被災度		検証結果
			片山の 方法	被災記録	
SEBAO	1	25.7	B	B	落橋はしなかったが、変位が生じた。この状況を、片山の方法に依る判定に当てはめると、被災度Aに近い被災度Bであったのではないかとみられる。 そして、片山の方法に依る被災度は、上記と同様の傾向を示している。
	2	29.4	B		
	3	36.7	A		
EL HARRACH	1	19.3	C	B	落橋はしなかったが、若干の変位が生じた。この状況を、片山の方法に依る判定に当てはめると、被災度Cに近い被災度Bであったのではないかとみられる。 そして、片山の方法に依る被災度は、上記と同様の傾向を示している。
	2	22.1	B		
	3	27.6	B		

*注：被災度を判定する閾値は、修正値を用いている。

(3) 被害予測結果

表 6-7 に、被害予測結果をまとめた。また、図 6-9 と図 6-10 に、Khair al Din ケースと Zemmouri ケースにおける被害予測結果を示す。

表 6-7 橋梁の被害予測結果

被災度 (落橋の可能性)	橋梁数 [割合 (%)]	
	地震シナリオ	
	Khair al Din	Zemmouri
A：可能性大	3 [2.0%]	4 [2.7%]
B：可能性中位	19 [12.9%]	7 [4.7%]
C：可能性小	126 [85.1%]	137 [92.6%]
合 計	148	148

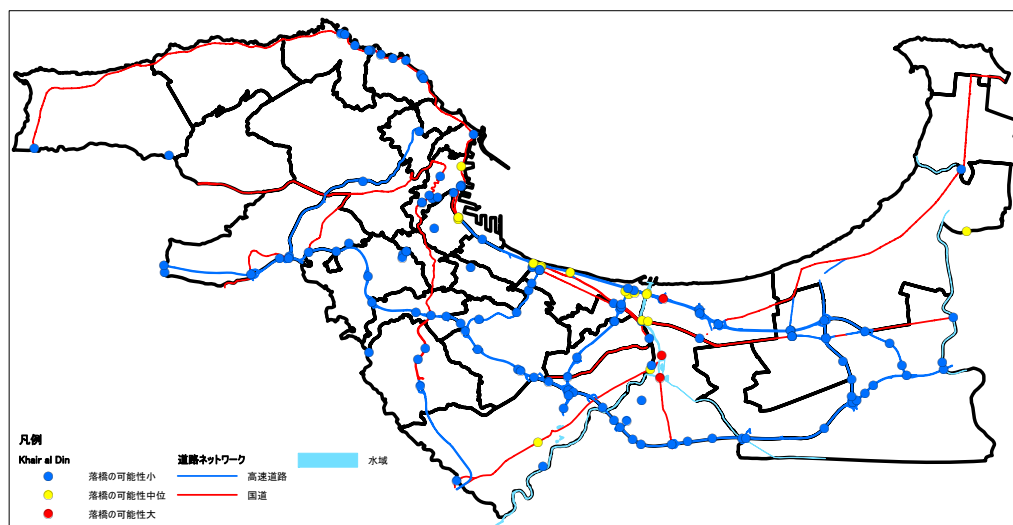


図 6-9 橋梁の被害予測結果：Khair al Din ケース

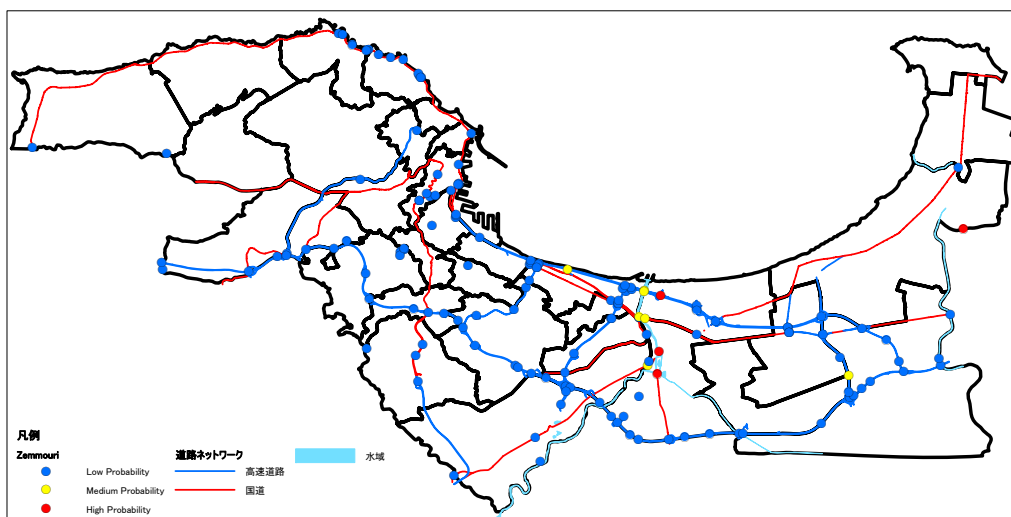


図 6-10 橋梁の被害予測結果：Zemmouri ケース

(4) 考察

今回の被害予測の結果、被災度 A、および、被災度 B と判定された橋梁は、想定地震動が大きな地域、もしくは、液状化危険度が高い地域に位置している。これらの橋梁については、とりわけ液状化対策工の必要性の有無を判定すべく、個別的な調査を実施することが肝要である。

6-3-2 港湾

(1) 被害予測手法

表 6-8 に示すように、日本における地震マイクロゾーニング調査では、被災度と地震動／液状化危険度の関係を取りまとめたものがある。これには、兵庫県南部地震の被災記録も反映されている。

表 6-8 既往地震による港湾施設の被害

	地表加速度 (gal)				
	0 ~ 150	150 ~ 200	200 ~ 300	300 ~ 450	450 ~
液状化地盤	0	1	2	3	3
非液状化地盤	0	0	1	2	3

被災度 0：無被害
 被災度 1：小被害、付帯構造物にクラックや変位が生じる
 被災度 2：中被害、主要構造物に変状が生じる
 被災度 3：大被害、主要構造物に甚大な変状が生じ、その機能を失う

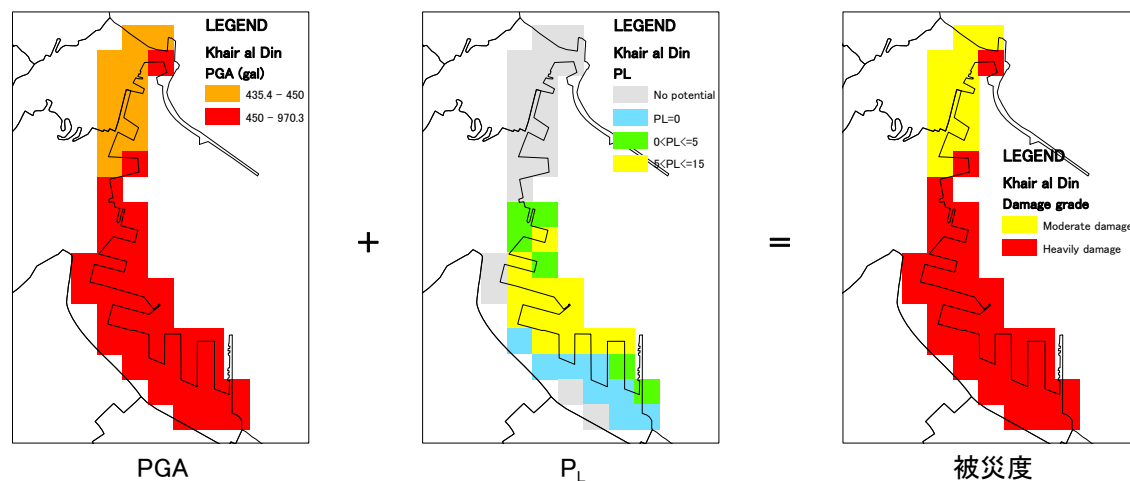
(2) 被害予測結果と考察

図 6-11 に、港湾施設の被害予測結果を示す。

Khair al Din ケースの場合、港湾北部では中位の被害が生じ、それ以外では港湾機能が麻痺するような被害に見まわれる可能性がある。また、Zemmouri ケースの場合、港湾北部

では港湾機能を維持できるが、その他のバースなどでは、大被害により機能が麻痺してしまうことが予想される。

地震シナリオ：Khair al Din



地震シナリオ：Zemmouri

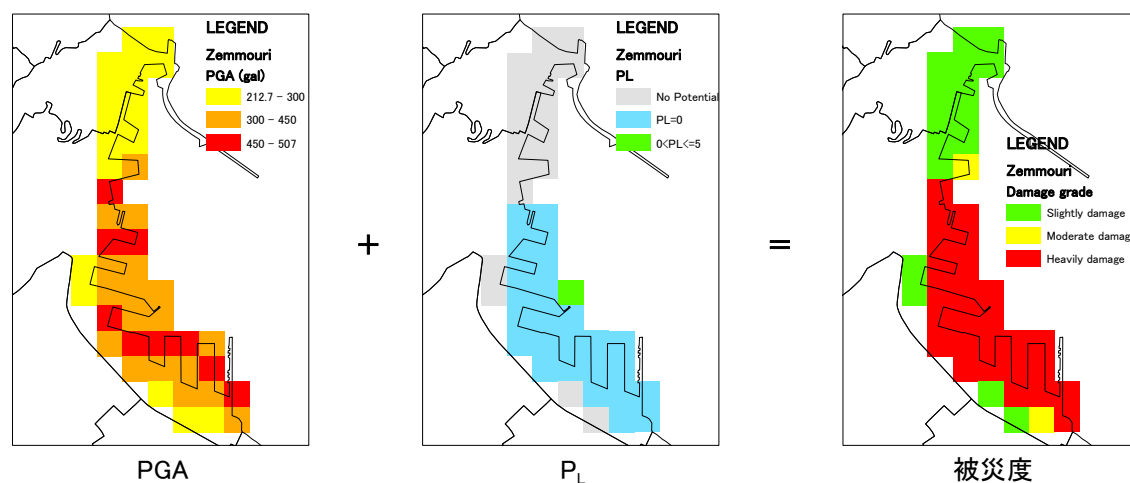


図 6-11 港湾施設の被害想定結果

6-3-3 空港

(1) 被害予測手法

空港施設の地震被害予測は、過去の被災履歴と地震動（地表最大加速度）の関係を用いて実施した。表 6-9 に、被害予測に用いた被災度と地表最大加速度の関係を示す。

表 6-9 被災度と地表最大加速度の関係

地表最大加速度 (gal)	0 ~ 200	200 ~ 300	300 ~
被災度	0	1	2

被災度 0：無比外
 被災度 1：小被害、空港施設が1日以上閉鎖される
 被災度 2：中被害、空港施設が数日間閉鎖される

(2) 被害予測結果と考察

図 6-12 に、空港施設の被害予測結果を示す。

被災度は、いずれのケースにおいても同等（被災度 2）と評価される。ただし、地表最大加速度をみると、Zemmouri ケースの方が Khair al Din ケースと比べて、加速度分布が大きくなることが予想されている。このことから、Zemmouri ケースの方が、より大きな被害を引き起こすことも想定される。

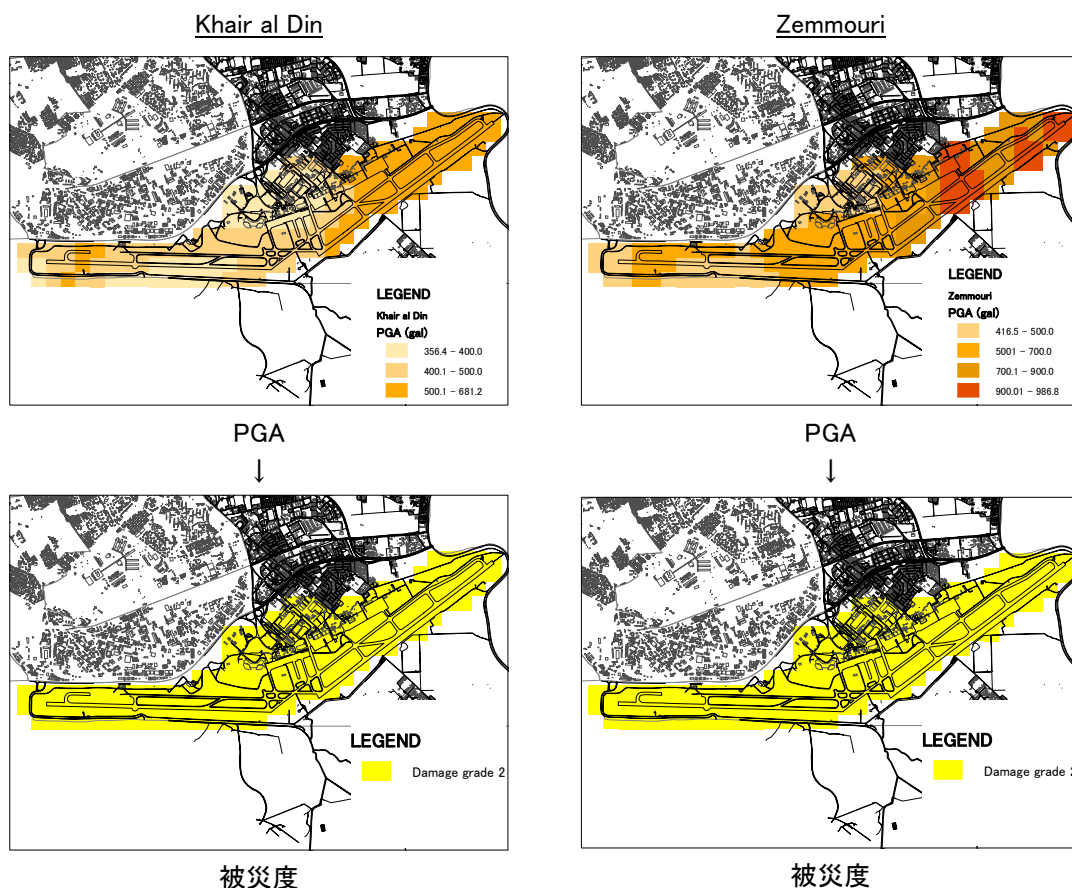


図 6-12 空港施設の被害予測結果

6-3-4 上水道

(1) 上水道管

1) 被害予測式

本調査においては、カウンターパートと共に下記の被害予測式を選定し、種々提案されている式中の係数については、中庸値を採用した。以下に、採用した被害予測式を記す。

$$R_{fm} = R_f * C_g * C_p * C_d$$

ここに、

R_{fm} : 被害率 (箇所数/km)

R_f : 標準被害率 (箇所数/km)

$$R_f = 1.7 * A^{6.1} * 10^{-16} \dots\dots (\text{最大 } R_f = 2.0)$$

A : 地表最大加速度 (gal)

C_g : 地盤・液状化 (P_L) 補正係数

C_p : 管種係数

C_d : 管径係数

2) 被害予測結果と考察

表 6-10 に、各コミュニケーションにおける被害想定結果をとりまとめた。被害箇所数が最大となるのは、両ケース共に BORDJ EL KIFFAN、被害率 (箇所数/km) が最大となるのは、Khair al Din ケースが HUSSEIN DEY、Zemmouri ケースが BORDJ EL BAHRI と想定される。

表 6-10 上水道の被害想定結果

コミュニティ名	延長 (km)	Khair al Din		Zemmouri	
		被災箇所数	被害率 (箇所/km)	被災箇所数	被害率 (箇所/km)
ALGER CENTRE	83.6	92	1.10	2	0.02
SIDI M'HAMED	61.2	91	1.49	0	0.00
EL MADANIA	55.1	50	0.91	1	0.02
HAMMA EL ANNASSER	50.4	82	1.63	3	0.06
BAB EL OUED	37.9	53	1.40	0	0.00
BOLOGHINE IBNOU ZIRI	45.8	71	1.55	0	0.00
CASBAH	36.7	42	1.14	0	0.00
OUED KORICHE	36.7	50	1.36	0	0.00
BIR MOURAD RAIS	69.0	65	0.94	0	0.00
EL BIAR	81.7	202	2.47	13	0.16
BOUZAREAH	126	77	0.61	0	0.00
BIRKHADEM	103.3	84	0.81	2	0.02
EL HARRACH	70.8	136	1.92	120	1.69
OUED SMAR	31.4	57	1.82	59	1.88
BOUROUBA	51.7	113	2.19	76	1.47
HUSSEIN DEY	54.5	241	4.42	91	1.67
KOUBA	147.5	347	2.35	68	0.46
BACHDJARAH	58.1	137	2.36	50	0.86
DAR EL BEIDA	65.1	184	2.83	185	2.84
BEB EZZOUAR	55.5	151	2.72	154	2.77
BEN AKNOUN	41.0	31	0.76	0	0.00
DELY BRAHIM	92.0	64	0.70	0	0.00
EL HAMMAMET	29.1	16	0.55	0	0.00
RAIS HAMIDOU	38.8	48	1.24	1	0.03
DJASR KASANTINA	129.1	191	1.48	24	0.19
EL MOURADIA	55.3	66	1.19	3	0.05
HYDRA	77.8	99	1.27	0	0.00
MOUHAMMADIA	37.8	94	2.49	89	2.35
BORDJ EL KIFFAN	108.5	378	3.48	374	3.45
EL MAGHARIA	23.3	84	3.61	35	1.50
BENI MESSOUS	36.0	29	0.81	0	0.00
BORDJ EL BAHRI	54.7	206	3.77	206	3.77
EL MARSА	24.5	80	3.27	80	3.27
AIN BENIAN	78.3	254	3.24	0	0.00
合計	2,148.2	3,965	1.85	1,636	0.76

図 6-13 と図 6-14 に、250 m グリッドにおける上水道の被害想定結果を示す。

被害箇所は、Khair al Din ケースの場合、調査地中心部や海岸線沿いに、Zemmouri ケースの場合、調査地東部に集中するものと想定される。

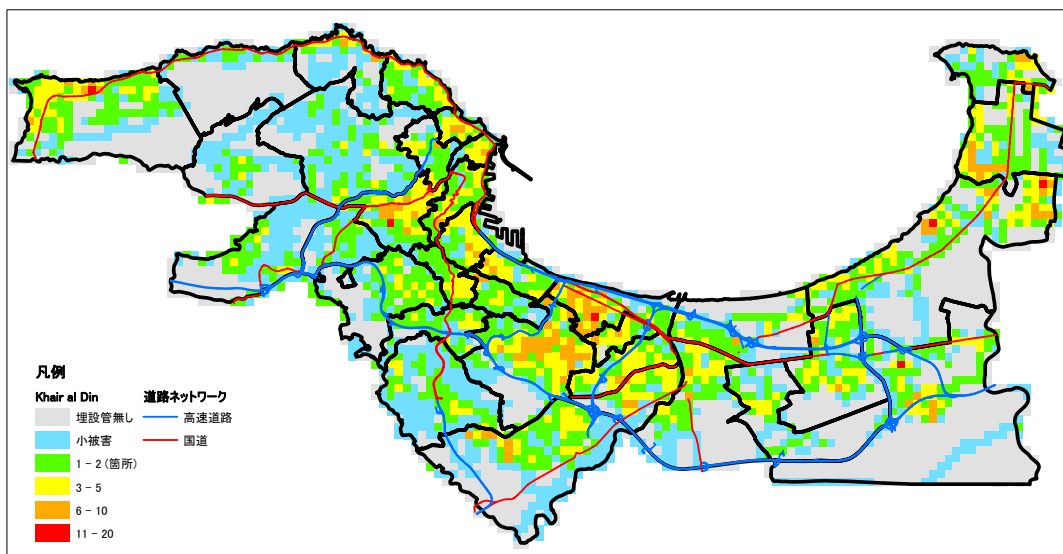


図 6-13 上水道の被害予測結果：Khair al Din ケース

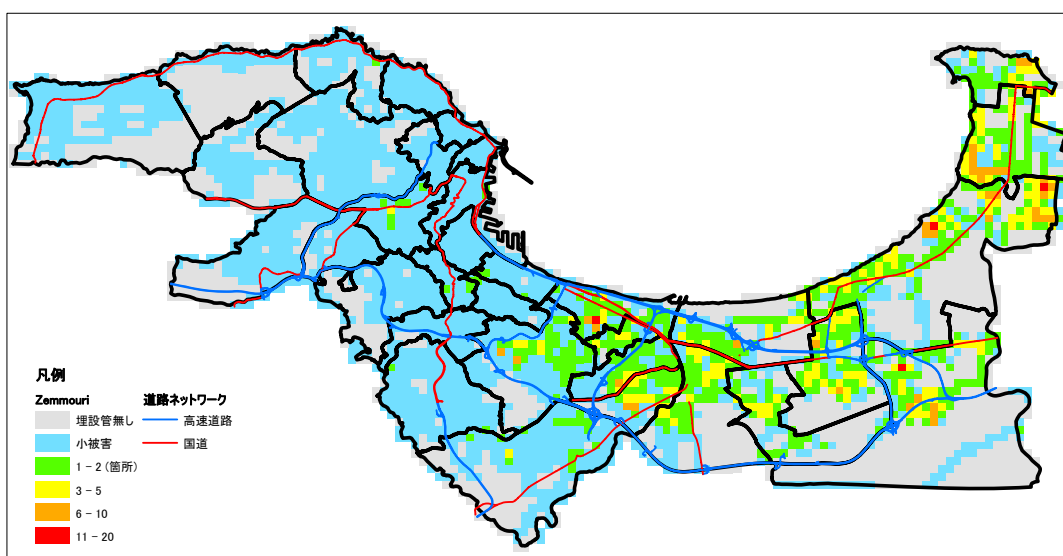


図 6-14 上水道の被害予測結果：Zemmouri ケース

(2) 給水塔

給水塔に対する経験的被害予測については、既往被害の報告などが少ないため、精度の確保に疑問が残る。そこで、給水塔の位置と地盤災害危険度マップを重ねることによって、地震に対する給水塔の脆弱性を定性的に評価することとした。なお、地盤災害危険度マップは、地表最大加速度マップ、液状化危険度マップ、および、斜面崩壊危険度マップを基に作成した。

地表最大加速度が速い、または、斜面崩壊危険度が高い地点に位置する給水塔については、個別の耐震診断（地盤状況や構造の把握など）、および、実際の周辺斜面に対する崩壊危険度の判定（給水塔と斜面との位置関係や斜面安定度の把握など）を実施する必要がある。そして、必要に応じて、耐震補強の検討がなされるべきである。

6-3-5 下水道

下水道については、下水道ネットワークを地盤災害危険度マップに重ね合わせ、地震シナリオに対する脆弱性を定性的に評価することとした。

被災危険度が高い、もしくは、比較的高いと判定された地域に位置する下水道については、下水道の耐震診断を実施する場合、その優先順位が高くなるものと判断される。

6-3-6 電気

高電圧線（220 kV、60 kV）については、過去の被災履歴が少ないことから、高電圧線のネットワークを地盤災害危険度マップに重ね合わせ、地震シナリオに対する脆弱性を定性的に評価することとした。

中電圧線（30 kV：地方、60 kV：都市部）については、地震シナリオに対して被害が生じることが予想され、日本でも、幾つかの被害想定手法が提案されている。

低電圧線については、建物被害に追従するような被害形態・状況が予想されるため、個別の被害予測は実施していない。

(1) 中電圧線

1) 被害予測関数

被害予測式は、架空線と地下埋設線のそれぞれに対して、種々提案されている。本調査では、カウンターパートとの協議の上、図 6-15 に示す被害予測関数を採用した。

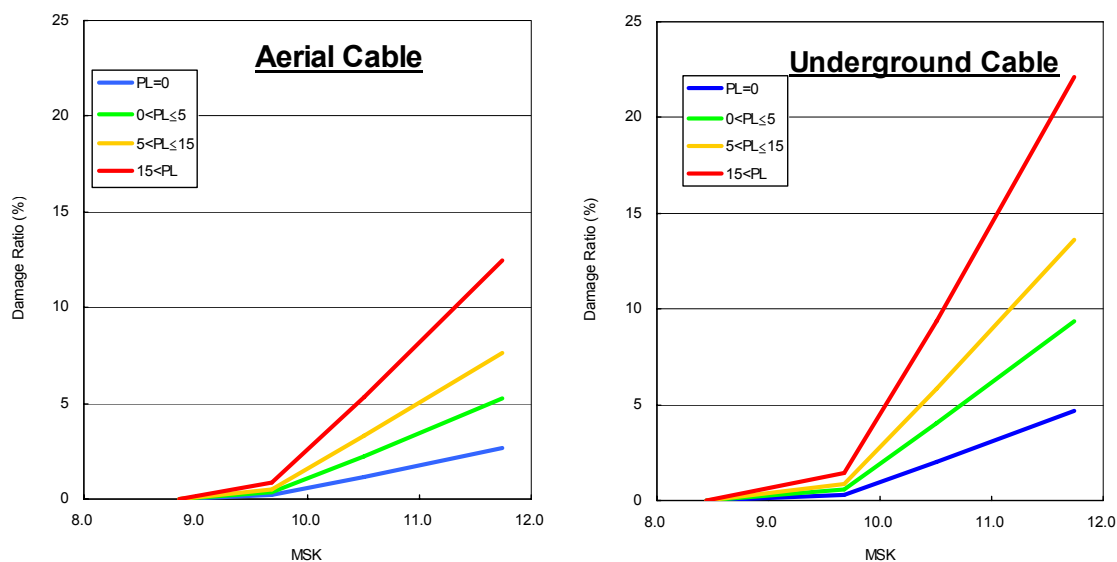


図 6-15 中電圧線の被害予測関数

2) 被害予測結果と考察

表6-11に、各コミューンにおける被害想定結果をとりまとめた。被害延長が最長となるコミューンは、Khair al Din ケースが ALGER CENTER、Zemmouri ケースが BORDJ EL KIFFAN となるものと想定される。

表 6-11 中電圧線の被害想定結果

コミューン名	延 長			被災延長 (m)					
	(m)		(km)	Khair al Din			Zemmouri		
	架空線	地下埋設線	計	架空線	地下埋設線	計	架空線	地下埋設線	計
ALGER CENTRE	—	59,806	59.8	—	208	208	—	15	15
SIDI M'HAMED	—	40,903	40.9	—	80	80	—	0	0
EL MADANIA	—	22,833	22.8	—	52	52	—	7	7
HAMMA EL ANNASSER	—	42,397	42.4	—	81	81	—	3	3
BAB EL OUED	—	10,843	10.8	—	16	16	—	0	0
BOLOGHINE IBNOU ZIRI	728	10,339	11.1	0	15	15	0	0	0
CASBAH	—	12,956	13.0	—	19	19	—	0	0
OUED KORICHE	—	14,017	14.0	—	27	27	—	1	1
BIR MOURAD RAIS	—	22,798	22.8	—	35	35	—	0	0
EL BIAR	—	33,051	33.1	—	106	106	—	4	4
BOUZAREAH	5,994	39,432	45.4	2	60	62	0	0	0
BIRKHADEM	2,057	2,230	4.3	1	2	3	0	0	0
EL HARRACH	13,151	11,516	24.7	11	29	40	6	19	25
OUED SMAR	3,284	8,468	11.8	3	17	20	3	24	27
BOUROUBA	2,230	2,553	4.8	3	7	10	1	5	6
HUSSEIN DEY	—	38,585	38.6	—	93	93	—	31	31
KOUBA	1,914	68,190	70.1	1	118	119	0	18	18
BACHDJARAH	—	30,683	30.7	—	60	60	—	27	27
DAR EL BEIDA	8,652	11,509	20.2	17	32	49	30	57	87
BEB EZZOUAR	4,751	21,997	26.7	5	61	66	5	72	77
BEN AKNOUN	—	35,025	35.0	—	70	70	—	0	0
DELY BRAHIM	3,617	1,789	5.4	3	3	6	0	0	0
EL HAMMAMET	1,908	5,795	7.7	2	9	11	0	0	0
RAIS HAMIDOU	34	6,241	6.3	0	11	11	0	0	0
DJASR KASANTINA	15,646	3,578	19.2	8	6	14	1	2	3
EL MOURADIA	—	17,339	17.3	—	39	39	—	2	2
HYDRA	—	39,170	39.2	—	71	71	—	0	0
MOUHAMDIA	520	15,526	16.0	1	40	41	0	32	32
BORDJ EL KIFFAN	21,617	4,479	26.1	70	15	85	91	17	108
EL MAGHARIA	—	12,780	12.8	—	30	30	—	12	12
BENI MESSOUS	4,298	2,949	7.2	5	4	9	0	0	0
BORDJ EL BAHRI	14,515	8,639	23.2	17	20	37	20	23	43
EL MARSA	3,295	4,976	8.3	5	10	15	6	12	18
AIN BENIAN	15,588	7,936	23.5	45	19	64	0	0	0
合 計	123,797	671,326	795.2	199	1,465	1,664	163	383	546

図 6-16 と図 6-17 に、250 m グリッドにおける中電圧線の被害想定結果を示す。

被害延長は、Khair al Din ケースの場合、調査地中心部、Zemmouri ケースの場合、調査地東部に集中するものと想定される。

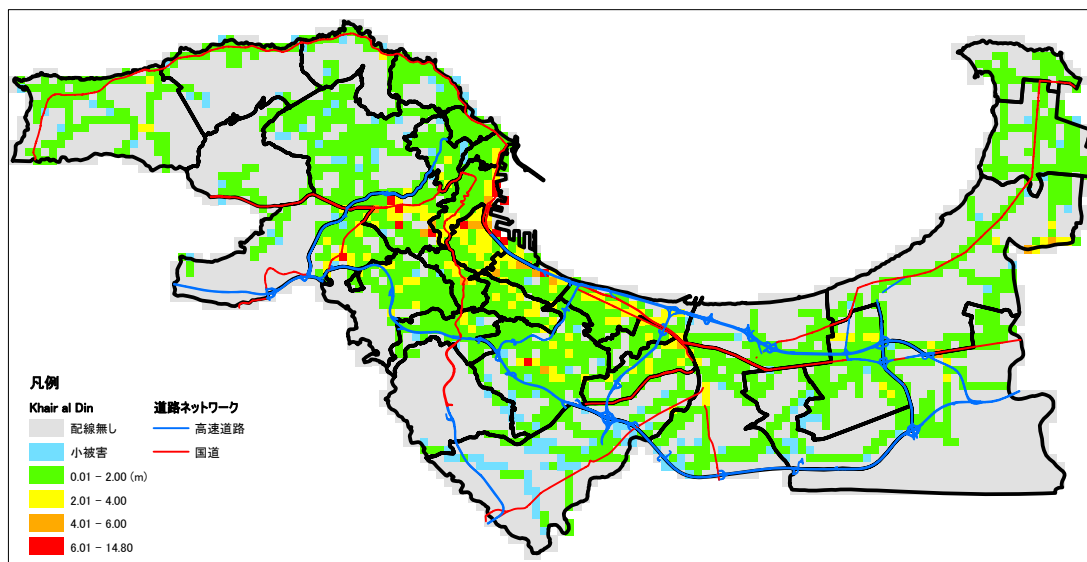


図 6-16 中電圧線の被害想定結果 : Khair al Din ケース

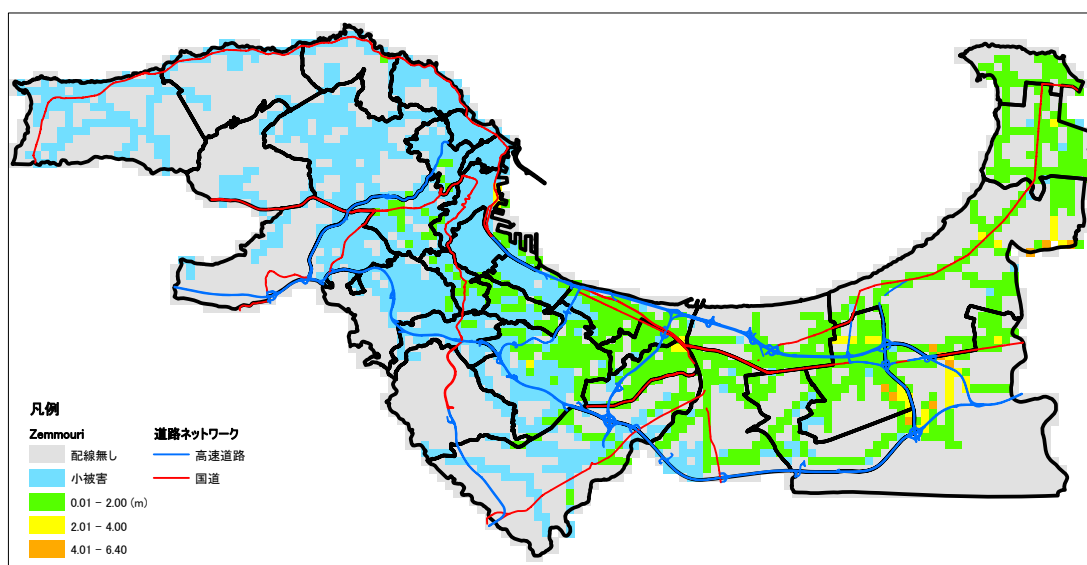


図 6-17 中電圧線の被害想定結果 : Zemmouri ケース

(2) 高電圧線

被災危険度が高い、もしくは、比較的高いと判定された地域の高電圧線、および、変電所については、高電圧電力の供給システムに関する耐震診断を実施する場合、その優先順位が高くなるものと判断される。

6-3-7 ガス

高圧ガス管は、基本的に耐震設計が施され地下に埋設されている。高圧ガス管における過去の被災履歴は、ブーメルデス地震を含めほとんど報告されていない。そこで、高圧ガス管については、高圧ガス管のネットワークを地盤災害危険度マップに重ね合わせ、地震シナリオに対する脆弱性を定性的に評価することとした。

また、アルジェ県内では、SONELGAZ によって、低圧ガス管を中圧ガス管に置換える事業が進められている。このことから、残存する低圧ガス管は中圧ガス管に含まるものとして、被害想定を実施した。

(1) 中圧ガス管

1) 被害予測式

以下に示す被害予測式は、兵庫県南部地震を含む過去の被災履歴を反映している。基本的な式の構成は、上水道の被害予測（第6章3-4参照）と同様に、久保・片山（1975）が提示した標準被害率に基づいている。

本調査では、カウンターパートとの協議の上、式に係る係数については、中庸値を採用した。

$$R_{fm} = R_f * C_g * (C_p * C_d)$$

$$R_f = 1.7 * A^{6.1} * 10^{-16} \dots \dots \text{（最大 } R_f = 2.0 \text{）}$$

ここに、

- R_{fm} : 被害率（箇所数/km）
- R_f : 標準被害率（箇所数/km）
- A : PGA（地表最大加速度）
- C_g : 地盤・液状化（PL）補正係数
- $C_p * C_d$: 管種・管径係数

2) 被害予測結果と考察

表6-12に、各コミューンにおける被害想定結果をとりまとめた。

銅管は、主にBORDJ EL KIFFAN、BACHDJARAH、BOUROUBA、MOUHAMMADIAに分布しているため、これらのコミューンにおける中圧ガス管の被災危険度は、他のコミューンに比べて高いことがうかがえる。

表 6-12 中圧ガス管の被害想定結果

コミュニティ名	延長 (km)	Khair al Din		Zemmouri	
		被害箇所	被害率 (箇所/km)	被害箇所	被害率 (箇所/km)
ALGER CENTRE	12.0	0	0	0	0
SIDI M'HAMED	9.7	0	0	0	0
EL MADANIA	15.2	0	0	0	0
HAMMA EL ANNASSER	15.1	1	0.07	0	0
BAB EL OUED	11.0	0	0	0	0
BOLOGHINE IBNOU ZIRI	23.6	0	0	0	0
CASBAH	7.7	0	0	0	0
OUED KORICHE	13.9	0	0	0	0
BIR MOURAD RAIS	28.6	0	0	0	0
EL BIAR	17.7	0	0	0	0
BOUZAREAH	52.3	4	0.08	0	0
BIRKHADEM	27.9	1	0.04	0	0
EL HARRACH	34.8	0	0	0	0
OUED SMAR	30.1	0	0	0	0
BOUROUBA	17.2	15	0.87	8	0.47
HUSSEIN DEY	27.3	1	0.04	0	0
KOUBA	53.9	2	0.04	1	0.02
BACHDJARAH	22.3	13	0.58	3	0.13
DAR EL BEIDA	28.6	2	0.07	2	0.07
BEB EZZOUAR	23.4	0	0	0	0
BEN AKNOUN	19.5	4	0.21	0	0
DELY BRAHIM	18.3	0	0	0	0
EL HAMMAMET	14.3	4	0.28	0	0
RAIS HAMIDOU	15.7	0	0	0	0
DJASR KASANTINA	21.2	0	0	0	0
EL MOURADIA	13.8	1	0.07	0	0
HYDRA	29.1	0	0	0	0
MOUHAMDIA	30.4	8	0.26	8	0.26
BORDJ EL KIFFAN	46.0	22	0.48	20	0.43
EL MAGHARIA	12.0	0	0	0	0
BENI MESSOUS	16.5	0	0	0	0
BORDJ EL BAHRI	29.9	0	0	0	0
EL MARSA	12.4	0	0	0	0
AIN BENIAN	25.4	0	0	0	0
合計	776.8	78	0.10	42	0.05

図 6-18 と図 6-19 に、250 m グリッドにおける中圧ガス管の被害想定結果を示す。

被害箇所は、Khair al Din ケースと Zemmouri ケース共に、BACHDJARAH と BOUROUBA の境界、および、BORDJ EL KIFFAN 西部に集中するものと想定される。

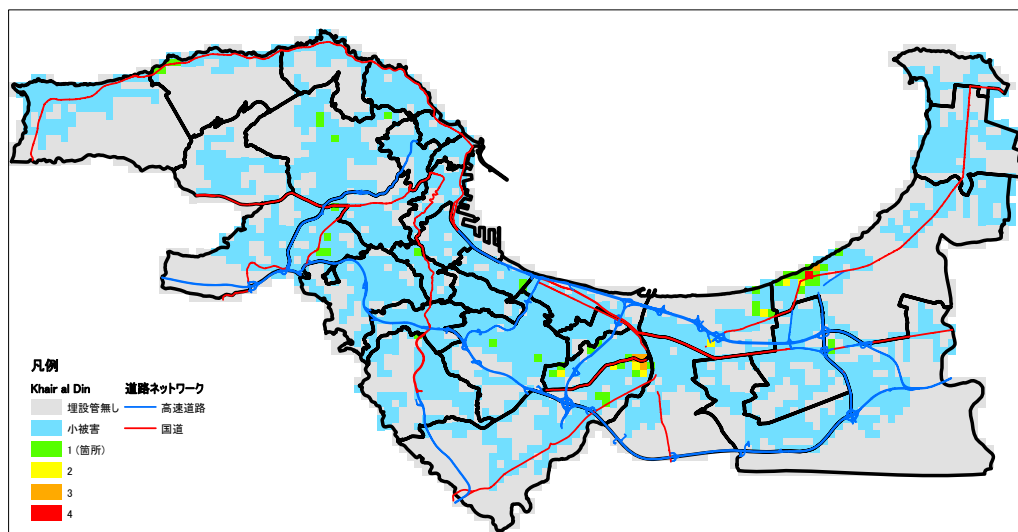


図 6-18 中圧ガス管の被害想定結果：Khair al Din ケース

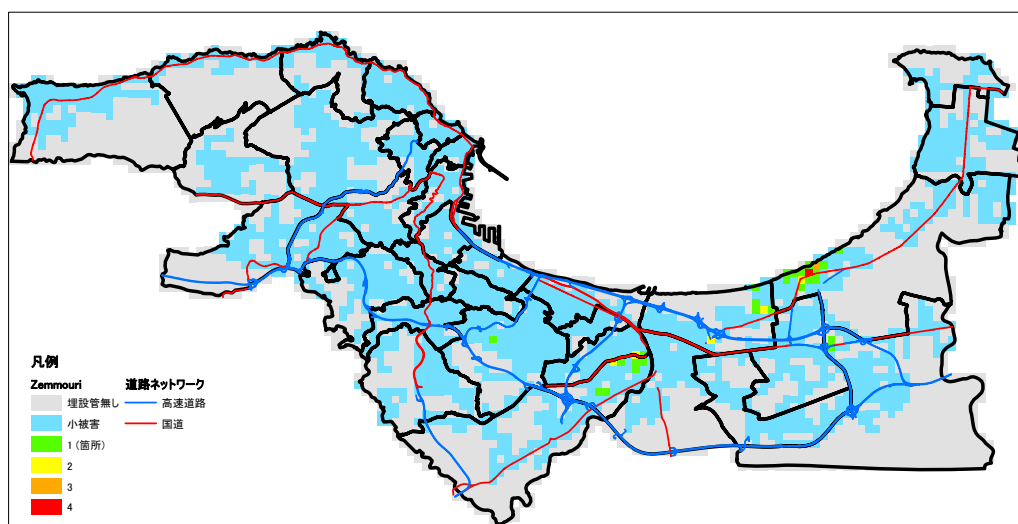


図 6-19 中圧ガス管の被害想定結果：Zemmouri ケース

(2) 高圧ガス管

被災危険度が高い、もしくは、比較的高いと判定された地域の高圧ガス管、および、変圧所については、高圧ガスの供給システムに関する耐震診断を実施する場合、その優先順位が高くなるものと判断される。

6-3-8 電話

電話・通信用光ファイバーケーブルは、大部分が地下に埋設されている。その埋設状況は、中電圧の地下埋設線と類似している。したがって、電話・通信用光ファイバーケーブルの被害予測には、中電圧線（地下埋設線）の被害予測関数を参考にした。

なお、電話・通信施設の被害予測については、建物被害予測の結果が参考となる。