

第1章 地震等の概要

1.1 地震概要

2017年9月19日18時14分(UTC)、13時14分(現地時間)にメキシコ中部のプエブラ州で発生した2017年メキシコ中部地震は、プエブラ州及びメキシコシティを含むその近隣の地域にて甚大な被害をもたらした。表1.1に本地震の諸元¹⁾を、1985年メキシコ地震及び2017年チアパス地震のものと比較して示す。また、図1.1に、各地震の震源位置及び震源メカニズムを示す。

表 1.1 地震諸元

	1985年メキシコ地震	2017年チアパス地震	2017年メキシコ中部地震
発生日	1985年9月19日	2017年9月8日	2017年9月19日
地震の種類	逆断層型	正断層型	正断層型
マグニチュード(M _w)	8.0	8.2	7.1
震源の深さ	27.9 km	47.4 km	48 km

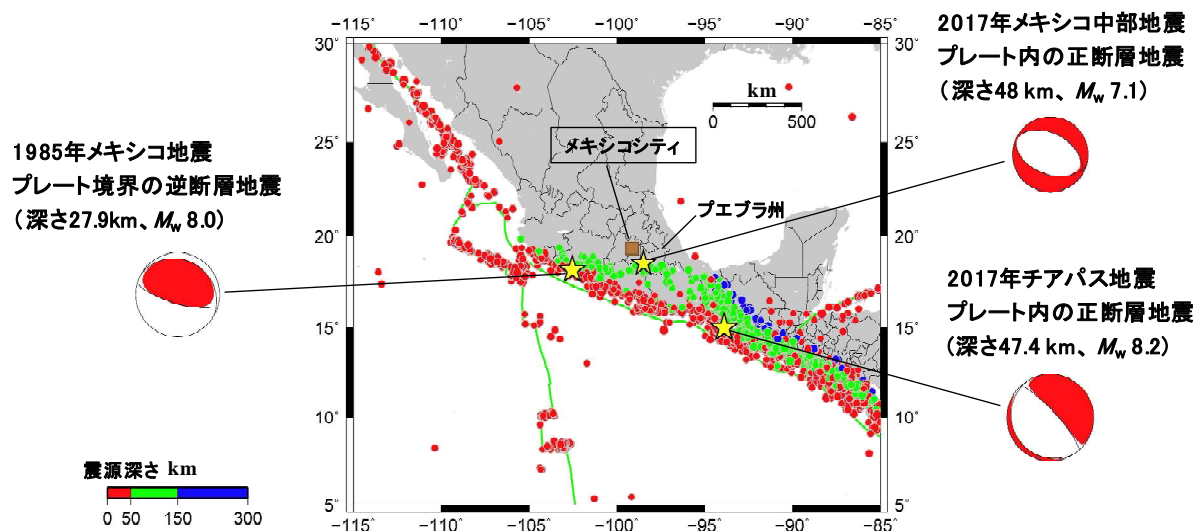


図 1.1 震源位置と震源メカニズム^{注1)}

2017年チアパス地震は2017年メキシコ中部地震の11日前に発生し、メキシコシティにおいても強い揺れが感じられたとされるが、建築物の被害はメキシコ南部に集中した。1985年メキシコ地震と2017年メキシコ中部地震を比較した場合、震源深さは前者の方がより浅くマグニチュードも大きい。

注1) 図中において、色分けされた各点は1985年1月1日から2018年1月24日に発生したM5以上の地震の震央(米国地質調査所による¹⁾)を表示している。震源メカニズムはグローバルCMTカタログ²⁾³⁾⁴⁾による。また、緑線は、Bird⁵⁾⁶⁾のモデルによるプレート境界を示す。

一方、前者の震源はメキシコシティから約 400km 離れた位置にあるのに対し、後者の震源は、メキシコシティにより近く、より内陸側の約 120km の位置にある。2017 年メキシコ中部地震は、マグニチュードは相対的に小さいが、震源が近い分、メキシコシティにおいて少なからぬ建築物被害を発生させたと見なせる。1985 年メキシコ地震と 2017 年メキシコ中部地震の震源特性の違いは、メキシコシティにおける地震動特性の違いとなって現れると予想され、実際、両地震の観測記録から求めた加速度応答スペクトルには明瞭な違いが見られるが、これについては次章にて論じる。

1.2 地震被害概要

メキシコ国立防災センター(CENAPRED)の 2018 年 11 月までの集計^{注2)}によると、地震による死者数は表 1.2 に示す通りである。同表には、建築物の被害状況を知るための参考として、CENAPRED による被害を受けた学校建築物棟数の集計結果(倒壊、大破以外の被害を含む)を併記している。

表 1.2 地震による死者数と学校建築物被害数(2018 年 11 月現在)

	死者数	被害学校建築物棟数
メキシコシティ	228	762
モレラス州	74	1194
プエブラ州	45	1152
メキシコ州	15	217
トラスカラ州	0	441
ゲレロ州	6	217

また、CENAPRED の集計によれば、メキシコシティ内にて倒壊した建築物は 26 棟であり、大破した建築物は 573 棟である^{注3)}。

1.3 地震被害調査概要

1.3.1 調査日程

調査日程を、表 1.3 に示す。調査派遣者は、小豆畑達哉(国際地震工学センター)及び中村聡宏(構造研究グループ)の 2 名である。調査に当たっては、CENAPRED の支援、協力を頂いている。本調査においては、表 1.3 に示される通り、まず、CENAPRED を訪問し、被害状況等についてのヒアリングを行い全体の概要を把握した後、各被害建築物の現地調査を行っている。調査対象の選定に当たっては、今回の被害の特徴を押さえつつ特定の構造形式に偏ることがないように超高層や免震についても調査を行いたい意向を、事前に CENAPRED に伝え、11 月 29 日～12 月 1 日までの 3 日間の調査計画の立案

注 2) 集計結果は暫定値であり、集計結果を取りまとめた報告書(仮題: IMPACTO SOCIECONÓMICO DE LOS SISMOS OCURRIDOS EN MÉXICO DURANTE 2017 RESUMEN EJECTIVO)は、現時点で公表されていないが、CENAPRED の許可を得て表 1.2 の数値を示している。

注 3) メキシコシティ政府によるホームページ(<https://www.plataforma.cdmx.gob.mx/>)で公表されている被災不動産調査結果等からの CENAPRED による集計値。

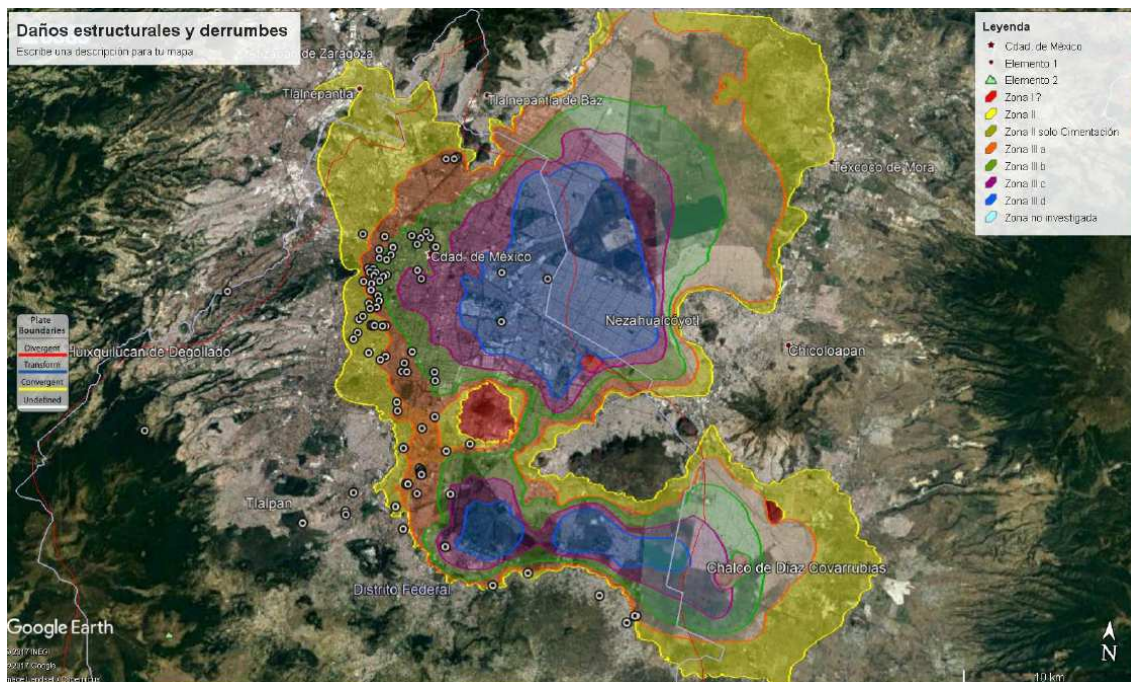
を CENAPRED に依頼した。この 3 日間の調査は CENAPRED と共同で行っている。11 月 28 日と 12 月 3 日は建築研究所による単独調査である。また、12 月 4 日には、メキシコ自治大学を訪問して、Sanchez Sesma 教授と Alcosar 教授に面会し、今回の地震被害に関する所見を求め、被害調査分析のための参考とした。

表 1.3 調査日程

日程	概要
2017.11.28 (火)	メキシコ国立防災センター(CENAPRED)訪問とヒアリング、現地調査(建研単独)
2017.11.29 (水)	現地調査(CENAPRED と共同)
2017.11.30 (木)	現地調査(CENAPRED と共同)
2017.12.1 (金)	現地調査(CENAPRED と共同)
2017.12.2 (土)	-
2017.12.3 (日)	現地調査(建研単独)
2017.12.4 (月)	メキシコ自治大学訪問とヒアリング
2017.12.5 (火)	JICA セミナーへの参加と応急危険度判定に関する講演

1.3.2 調査地域と調査建築物

図 1.2 は、CENAPRED により作成された被害建築物分布図である。同図においては、メキシコシティ耐震基準(2004 年改訂版)に規定された地域区分も色分けして示されている。



●: 被害建築物

図 1.2 被害建築物の分布 (CENAPRED 作成、提供)

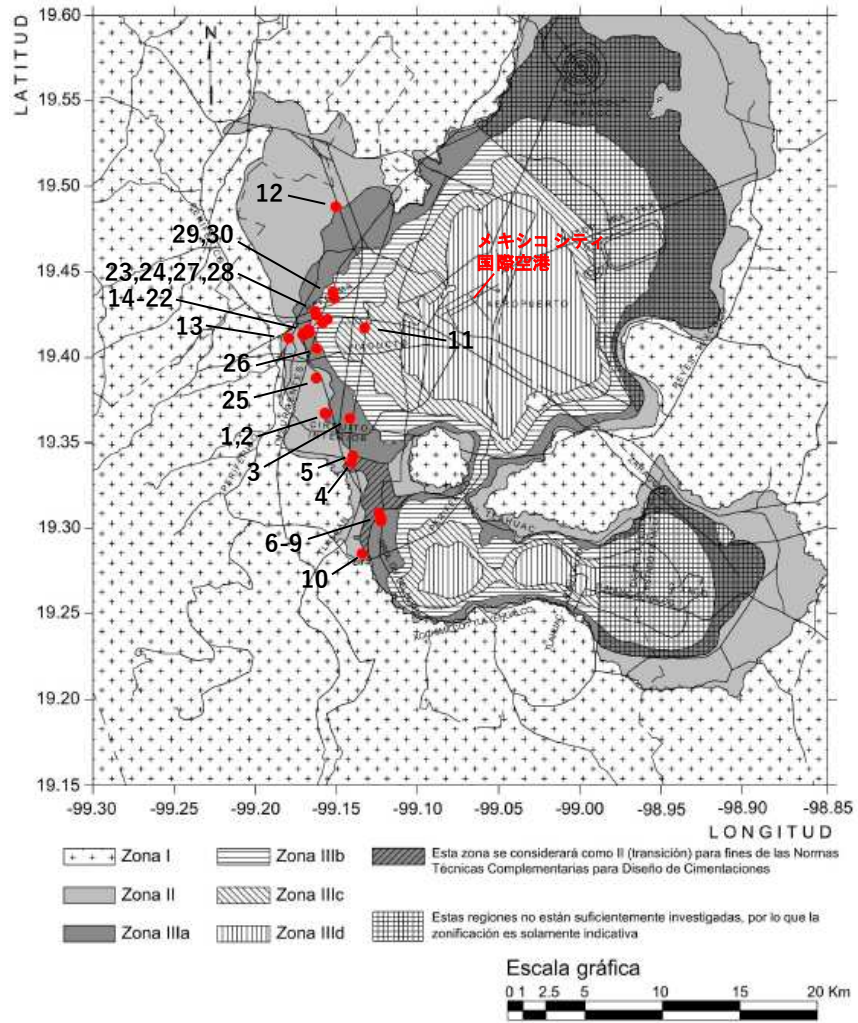


図 1.3 2004 年改正基準による地域区分図と調査建築物の分布

地震被害は、丘陵地(Hill Zone)から盆地の中心部(Lake Zone)に至る間の中間地域(Transition zone)に発生している。耐震基準上の地域区分で言えば、II 及び IIIa に該当する。地震被害調査はこれらの被害が集中した地域を中心に行っている。図 1.3 は、2004 年改正基準による地域区分図に調査建築物の位置を記入したものである。図中の番号は調査した順に振っている。また、調査建築物の一覧を表 1.4 に示す。

表 1.4 調査建築物一覧

番号	調査日	構造	階数	地域区分	被害状況等
1	11.28	RC	8	Ⅱ	小破、周辺で地盤変状
2		RC	4	Ⅱ	小破、周辺で地盤変状
3		RC	5	Ⅲa	一部崩壊、取り壊し中
4	11.29	CM	5	Ⅲa	アパート群のうち、1棟が崩壊
5		S	3	Ⅱ	崩壊
6		RC	5	Ⅲa	ピロティ階柱と非構造壁の損傷
7		RC	7	Ⅲa	非構造壁の被害、隣棟との衝突
8		CM	6	Ⅲa	組積造壁の損傷、隣棟との衝突
9		RC	2	Ⅲa	角地に立地、倒壊
10		RC	5	Ⅱ	組積造ファサードの損傷
11	11.30	RC	9	Ⅲc	耐震補強された建築物、未補強部分で崩壊
12		PC+S	11	Ⅱ	中間層免震建築物(3F+8F)、無被害
13		RC	22	Ⅱ	制振補強中の超高層建築物、無被害
14	12.01	RC	13	Ⅲa	小破
15		RC	8	Ⅲa	6階層崩壊
16		RC	10	Ⅲa	小破
17		RC	10	Ⅲa	小破
18		RC	9	Ⅲa	無被害、周辺で地盤変状
19		RC	7	Ⅲa	倒壊、除去済み
20		RC	10	Ⅲa	最下階の脚部損傷、隣棟との衝突
21		RC	10	Ⅲa	2階より上で崩壊、除去済み
22		RC+S	12	Ⅲa	最上階カンチレバー部分で一部崩壊
23		RC	12	Ⅲb	ペントハウス傾斜、非構造壁の損傷、隣棟との衝突
24		RC	17	Ⅲb	耐震補強された建築物、無被害
25	RC	7	Ⅱ	倒壊、除去済み	
26	12.03	RC	9	Ⅲa	文献7)に示された耐震補強建築物E、無被害
27		RC	7	Ⅲb	同上の耐震補強建築物H
28		RC	13	Ⅲb	同上の耐震補強建築物C
29		RC	6	Ⅲb	同上の耐震補強建築物J
30		RC	16	Ⅲb	同上の耐震補強建築物K

備考) RC: 鉄筋コンクリート造 (組積造壁を有するものを含む)

CM: 枠組組積造(Confined Masonry)、PC: プレキャストコンクリート造、S: 鉄骨造

1.3.3 メキシコ国立防災センター(GENAPRED)でのヒアリング結果

調査の初日において、CENAPREDにて、建築物被害とCENAPREDによる被害調査の概要についてヒアリングを実施した。今回の地震による建築物被害の全容を把握する上で有益な情報であることか

ら、以下、ヒアリング結果の概要を示す。

- 1) CENAPRED では約 300 棟の建築物の調査を実施した。うち倒壊・大破した建築物は 40 数棟である。
- 2) 倒壊した建築物の 80-90%は 1985 年以前に建設された建築物である。また、被害建築物の約 40%は 1 階に剛性の低い層を有するピロティ構造である。
- 3) 耐震基準が強化された 1985 年以降の建築物で倒壊したものは基準を順守していないか特殊な構法を適用した建築物である。
- 4) 被害は周辺の丘陵地から盆地の中心部に至る間の中間地域(Transition zone)に集中している。2004 年改正基準の地域区分では地域区分 II 又は地域区分 IIIa である。
- 5) 主に階数 5-7 の規模の建築物に被害が発生した。
- 6) 耐震補強された建築物には大きな被害は生じなかったが、例外として耐震補強箇所が不適切と思われる 1 棟の補強建築物(表 1.4 における調査建築物 11)に被害が発生した。
- 7) 高層建築物では大きな被害は確認されていない。30 階建建築物において、S 造建築物と隣接する RC 造建築物の間のエキスパンションジョイントでの被害は報告されている。
- 8) 2004 年に建設された建築物で、オフィスから工場に用途変更された建築物が倒壊した事例がある。この建築物は地震発生後の 20～40 分後に突然崩壊した。設計詳細は確認できていない。
- 9) その他、4 棟ほどで、地震後ある程度の時間が経過したのちに突然崩壊した事例が確認されている。いずれも 1985 年以前の設計であると考えられるが、なぜそのような事象が起きたかはわかっていない。
- 10) CENAPRED では、応急危険度判定を実施した。大学の学生を主体として、チェックシートを用いて建築物の応急危険度を判定し、それらを電子マップ上に落とし込んだ。学生は必ずしも構造力学的な知識を持っているわけではないため、誤った判定を行っている可能性はある。それらについては、今後精査する予定である。(応急危険度判定の基準、判定シートはあるが、実施体制は確立されていないようである。)