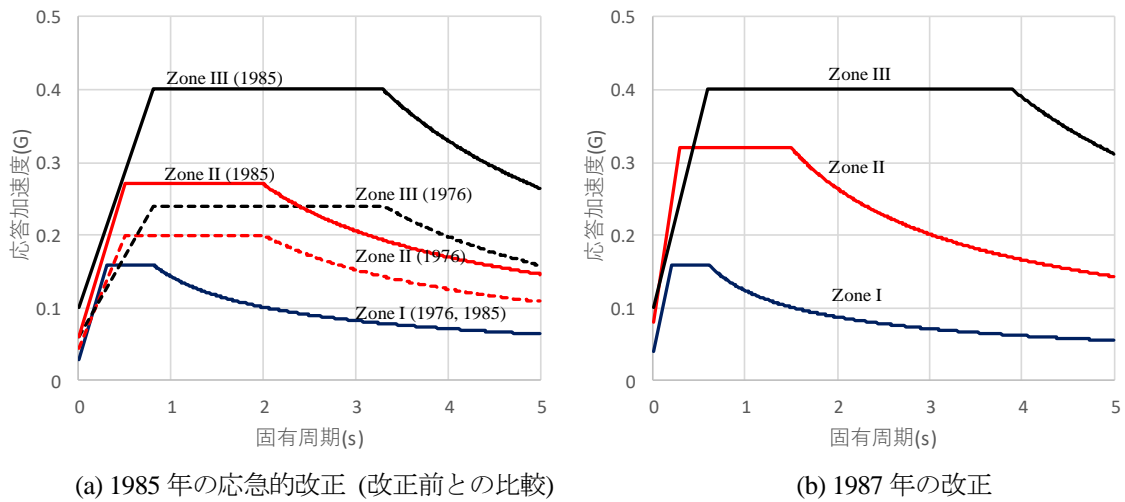


## 第2章 1985年以降のメキシコシティ耐震基準における地震力規定の変遷と地震観測記録

### 2.1 1985年以降のメキシコシティ耐震基準における地震力規定の変遷

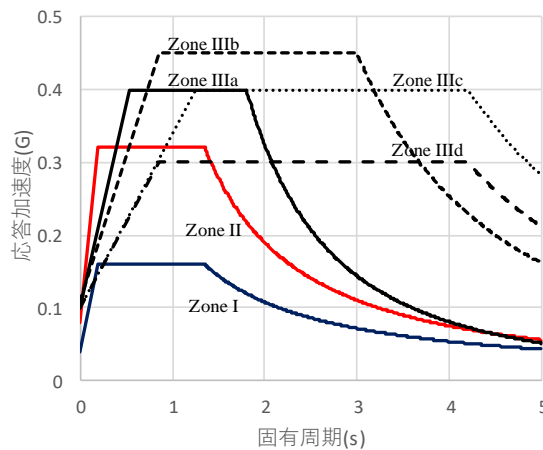
ここでは、メキシコシティ耐震基準における地震力に係る規定に着目し、1985年以降の同規定の変遷について概観する。

1985年メキシコ地震においては、甚大な建築物被害状況を鑑み、地震直後に応急的に地震力規定が改正されている。これにより、設計用の加速度応答スペクトルは図2.1(a)に示すように割増しされた。メキシコシティは、地形的特徴から Hill Zone (Zone I)、Transition Zone (Zone II)、及び、Lake Zone (Zone III) の3地域に区分されるが、それぞれで表層地盤の増幅効果が特徴的に現れる。したがって、それぞれの地域ごとに、設計用加速度応答スペクトルが定められている。1985年メキシコ地震では、地盤が軟弱な地域である地域区分Ⅲでの地震被害が大きく、この応急的改正により当地域での設計用加速度のピーク値が0.24 Gから0.40 Gにまで引き上げられている。応答加速度一定の固有周期の幅は0.8 sから3.3 sに及んでおり、当地域において比較的長周期の地震動が発生したことに対応している。また、地域区分Ⅱにおいても、応答加速度のピーク値は0.2 Gから0.27 Gに引き上げられている。



(a) 1985年の応急的改正 (改正前との比較)

(b) 1987年の改正



(c) 2004年の改正

図 2.1 設計用加速度応答スペクトル

このような応急的対応の後、その後の地震被害の分析結果等も踏まえ、1988年に、改めて建築基準が改正された。この改正により、図 2.1(b)に示す通り、地域区分Ⅱでは、加速度応答のピーク値が 0.27 G から、さらに 0.36 G まで割増しされることとなった。

2004年の改正では、地域区分ⅢがⅢa～Ⅲdの4地域に細分化され、それぞれの地域区分において、図 2.1(c)に示す設計用加速度応答スペクトルが設定されることとなった。このような細分化は、1985年の地震以後に増設されたメキシコシティでの地震観測点から得られた地震記録の分析結果に基づいている。2004年改正後の地震力規定に関する技術的な背景を説明した例として、文献 8)が挙げられる。以下、これを参考に、地震力規定の技術的背景を概観する。

メキシコシティ耐震基準の地震力規定においては、Hill Zone 上の観測点(Ciudad Universitaria [CU])が、工学的基盤相当の地震力の基準となるべき参照点と見なされ、他地域での表層地盤の増幅特性は、この参照点での観測記録に対する当該地域での観測記録の伝達関数により表されるとする。メキシコシティ内では約 100 点の観測点があるが、さらに内挿処理を施すことで、メキシコ市街全域をほぼカバーする 40×40 グリッド上の 1600 点で、観測記録から統計的に増幅特性を評価することが可能である。メキシコシティの構造物に影響を及ぼす地震は、沈み込み帯(Subduction)での地震、中間深さ(Intermediate)での地震、及び、局地的又は地殻内(Local + Crustal)の地震の 3 つにタイプ分けされ、参照点 CU において、それぞれについて一様ハザードスペクトル(Uniform Hazard Spectra[UHS])が評価され、さらに、これらを包絡して参照点 CU での設計用加速度応答スペクトルが設定される。UHS は、固有周期 0～5 s の範囲で、各固有周期におけるスペクトル値が同じ超過確率となるように評価されるもので、2004年改正基準においては、地震の再現期間は 125 年として求められている。参照点 CU での UHS と観測記録から評価された CU に対する各地点での増幅特性を組み合わせることで、任意地点での加速度応答スペクトルが設定される。2004年改正基準では、このようにして得られた各地点での加速度応答スペクトルを、予測値のばらつきや実務性を考慮しつつ平滑化して表すものとして、下式が示されている。

$$\frac{Sa(T)}{g} = \begin{cases} a_0 + (\beta c - a_0) \frac{T}{T_a}; & \text{if } T < T_a \\ \beta c; & \text{if } T_a \leq T < T_b \\ \beta c \left[ k + (1-k) \left( \frac{T_b}{T} \right)^2 \right] \left( \frac{T_b}{T} \right)^2; & \text{if } T \geq T_b \end{cases} \quad (2.1)$$

ここに、

$a_0$ : 地表面最大加速度

$c$ : スペクトルピーク値 (最大応答加速度)

$T$ : 建築物の 1 次固有周期

$T_a, T_b$ : スペクトル平坦部を規定する最小及び最大固有周期

$k$ : スペクトルの長周期側での下降部分の形状を規定するパラメーター

$\beta$ : 地盤-構造物の相互作用による減衰効果を表す係数

なお、(2.1)式は、2004年改正基準の付録に示されており、そこで、(2.1)式中の係数 $a_0, T_a, T_b, k$ のそれぞれを求める式が表層地盤の卓越周期 $T_s$ の関数として与えられている。さらに、表層地盤の卓越周期 $T_s$ の分布を示す地図が同付録中に掲載されている。

2004年改正基準の本文では、係数 $a_0, T_a, T_b$ は、地域区分毎に一律に設定されており、スペクトルの長周期側の下降部分の形状も単純化され、次式により定められている。

$$\frac{Sa(T)}{g} = c \left( \frac{T_b}{T} \right)^r ; \quad \text{if } T_b \leq T \quad (2.2)$$

ここに、 $r$ : 地域区分毎に設定される数値 ( $1.0 \leq r \leq 2.0$ )

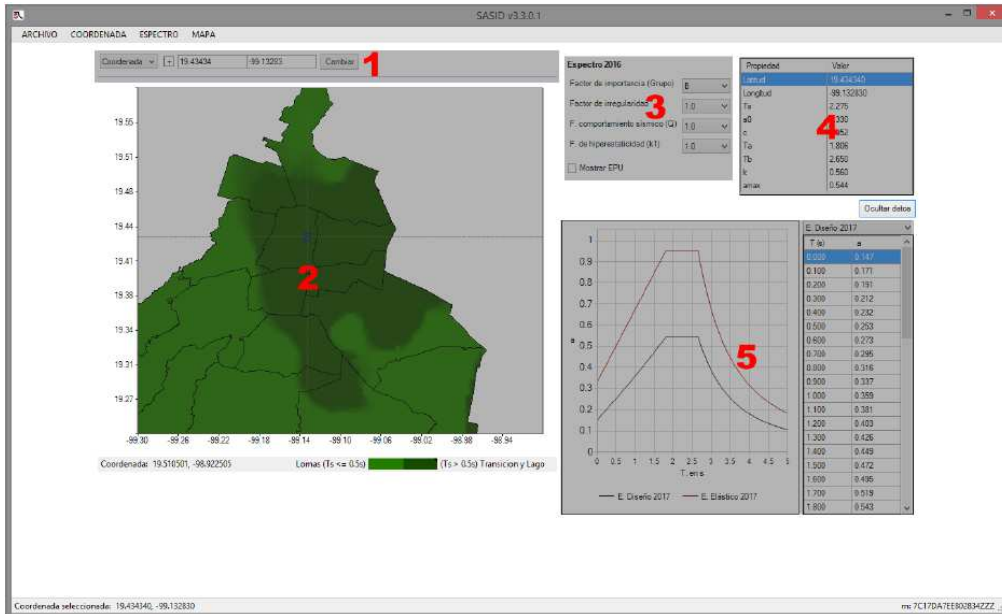
図 2.1(c)のグラフは、2004年改正基準の本文中に示された各係数を用いて求めた設計用加速度応答スペクトルである。

図 2.1(c)によれば、最大応答加速度の最大値は、地域区分Ⅲbで、0.45 G である。一方、詳細な説明は省略するが、改正基準付録による(2.1)式中の係数 $c$ の取り得る最大値は 1.2 G であり、図 2.1(b)に示すものの 2 倍強となっている。非線形構造の設計用応答加速度を求める際には、(2.1)式による弾性応答加速度に、靱性に応じた応答低減係数 $Q'$ と余剰強度係数(オーバーストレングスファクター) $R$ の逆数を乗じることになるが、付録中には余剰強度係数の規定があるのに対し、本文中にはこの規定がない。余剰強度係数は、概ね 2.0 と考えると、2004年改正基準の本文に基づく図 2.1(c)の設計用加速度応答スペクトルには、あらかじめ余剰強度の効果が見込まれているものと考えられる。なお、余剰強度係数は、2017年の改正で本文中に規定されることとなり、これについて第 4 章で説明している。同章の表 4.4 によれば、余剰強度係数は、靱性係数 $Q$ が 3.0 以上、スパン数が 3 以上等の条件を満たす場合に 2.0 となる。

メキシコシティ耐震基準の最新の改正は、2017年メキシコ中部地震の3カ月後、2017年12月に行われている。現地関係者によると、本改正は、地震前から予定されていたものであり地震被害を受けたものではないとのことである。2017年改正基準においては、(2.1)式が基準の本文中に記載され、同式中の係数 $a_0, T_a, T_b, k$ のそれぞれが、インターネット上で公開される SASID([www.SASID.df.gob.mx](http://www.SASID.df.gob.mx)) と呼ばれる GIS(Geographic Information System)上で与えられることとなった。建設地の緯度と経度、又は、住所を入力することによって当該地域での設計用加速度応答スペクトルが得られる。改正前の地域区分毎の各係数の設定値は削除されている。図 2.2 は、SASID の説明書に示された入力、出力画面の例である。図 2.2 に示される地図画面(2)では、加速度応答スペクトルを規定する各種係数の地理的な分布の様相を示す機能が備わっている。

また、2017年改正基準では、付録において、特定の建設地での設計用加速度応答スペクトルを、SASID によらずに設定することも可能とするため、設計で考慮されるべき地震特性に関する情報が明示されている。図 2.3 は、同付録に示された Hill Zone 上の加速度応答スペクトル(一様ハザードスペクトル)である。地震は、沈み込み帯(Subducción)での地震と中間深さ(Profundidad intermedia)の地震にタイプ分けされている。前述の通り、文献 8)では、他に、局地又は地殻内の地震の加速度応答スペクトルが示されているが、中間深さの地震のものと同様類似していることから、2017年改正基準では、地震は、大きく、沈み込み帯での地震と中間深さの地震の2タイプに分類されたと考えられる。

Hill Zone 以外の他地域では、図 2.3 の加速度応答スペクトルは、基盤上の加速度応答スペクトルとなる。また、想定されるべき2タイプの地震の特性に関する同付録中の記述を表 2.1 にまとめる。基準において、かなり具体的に地震のモデルを設定していると言える。



- 1: 緯度、経度等位置情報の入力, 2: 各種係数の分布状況の表示, 3: 靱性係数、重要度係数等の設定,  
4: 位置に応じた各種係数の出力, 5: 弾性及び非線形構造用の設計用加速度応答スペクトルの出力

図 2.2 SASID における入力・出力画面 (SASID 説明書より)

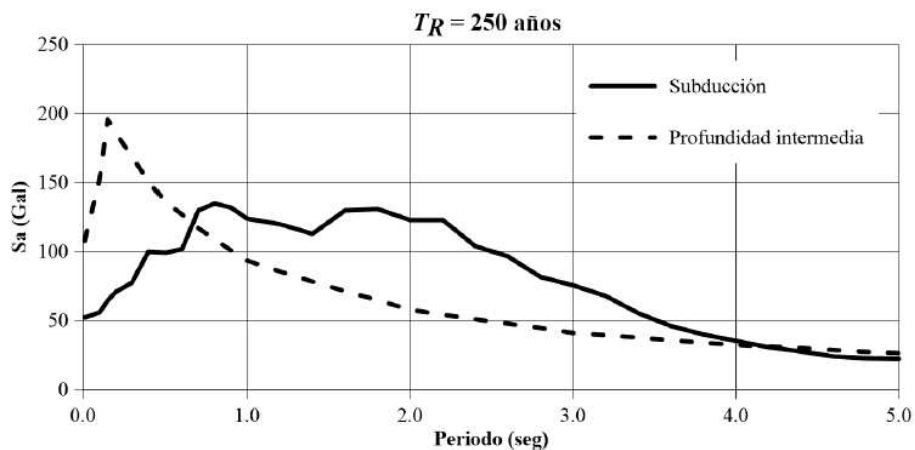


図 2.3 Hill Zone 上の設計用加速度応答スペクトル (2017 年改正基準付録 A.1 より)

表 2.1 基準で想定される地震特性 (2017 年改正基準付録 A.1 中の記述より)

地震の発生位置	再現期間	継続時間	マグニチュード	震源からの距離
沈み込み帯	250 年	80 s	7.8	265 km
中間深さ		40 s	7.5	110 km

## 2.2 地震観測記録の分析

図 2.4 は、今回の被害調査建築物を○印で、CIRE<sup>注1)</sup>による地震観測点を□印で、1985年メキシコ地震での観測点 CU1 及び SCT1 を☆印で示している。また、図 2.4 においては、調査地を区域 A～D に点線で示すように分割しており、各調査区域について拡大したものを図 2.6, 2.9, 2.12, 2.15 に示している。

図 2.5 は、1985年メキシコ地震での CU1 及び SCTQ での記録による加速度応答スペクトルと、2017年メキシコ中部地震でのこれらの観測点近傍での記録による加速度応答スペクトルを比較している。応答加速度は、Hill Zone では、短周期の領域で、2017年メキシコ中部地震の方が大きく、Lake Zone では、固有周期 2s 前後で、1985年の地震の方が大きくなっている。また、Hill Zone において、図 2.5 に示される 1985年の地震記録による加速度応答スペクトルと 2017年の地震記録による加速度応答スペクトルとの関係は、図 2.3 に示される沈み込み帯で発生する地震による加速度応答スペクトルと、中間深さで発生する地震による加速度応答スペクトルとの関係と良く対応している。

メキシコシティでの設計用加速度応答スペクトルは、図 2.3 に示される 2つのタイプの地震による加速度応答スペクトルを包絡するものとして設定されること、また、2017年の地震は 2つのタイプの地震のうち比較的短周期の成分が卓越する中間深さで発生する地震として分類されることを考えると、2017年の地震においては、地盤が軟弱な地域よりは、短周期の成分の影響を受けやすい地域の方が、建築物被害が発生し易いと予想される。

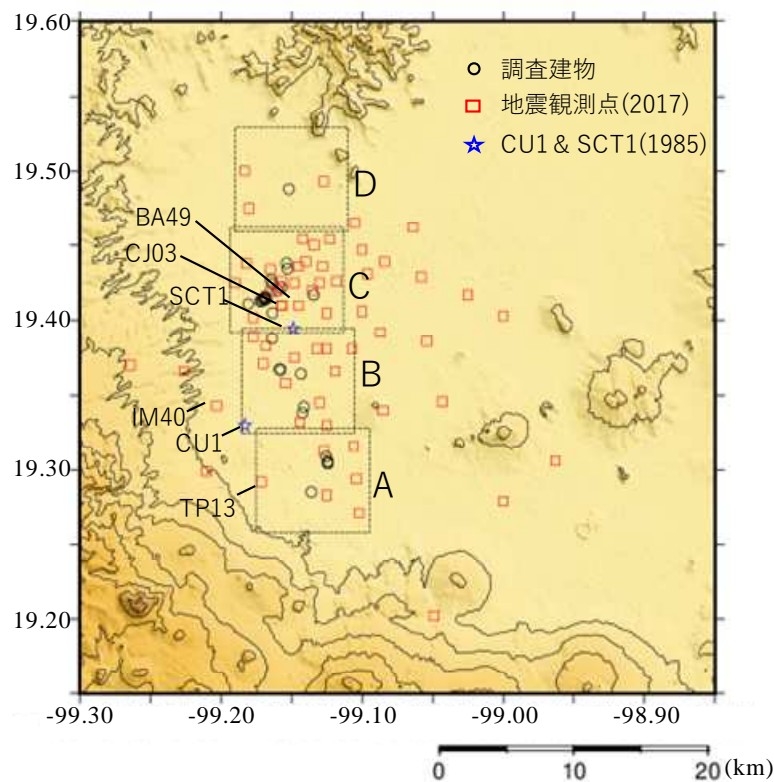


図 2.4 調査建築物と地震観測点

注 1) Centro de Instrumentacion y registro sisimico a.c. (地震計測記録センター), <http://www.cires.org.mx>

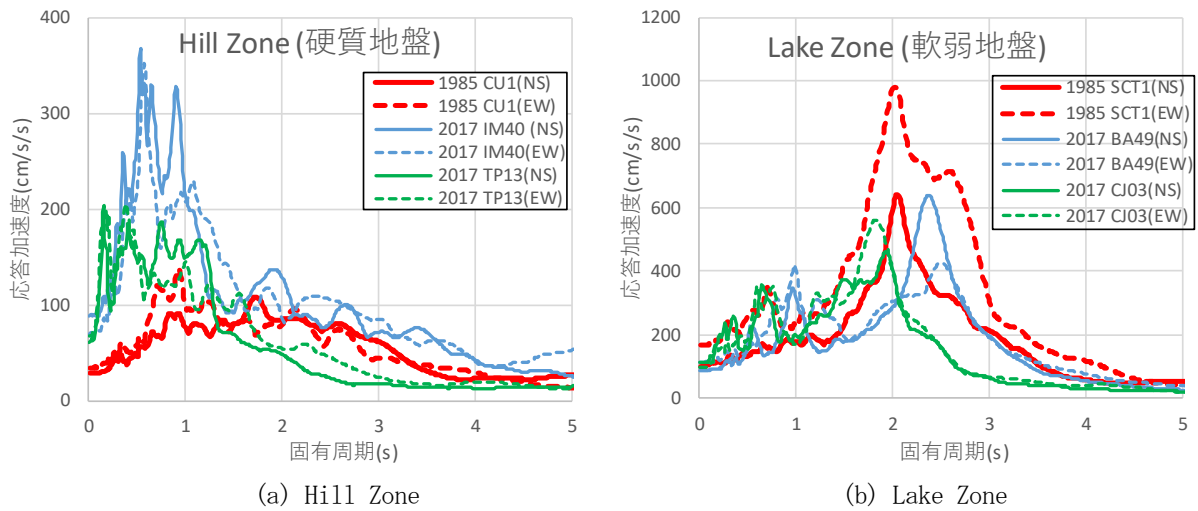


図 2.5 加速度応答スペクトル ( $f=5\%$ ) の比較 (1985 年メキシコ地震及び 2017 年メキシコ中部地震)

(1) 調査区域 A について

図 2.6 は、調査区域 A での被害調査建築物、及び、地震観測点を示している。図中に示した番号は、第 1 章の調査建築物一覧(表 1.4)に示した建築物番号に対応させている。

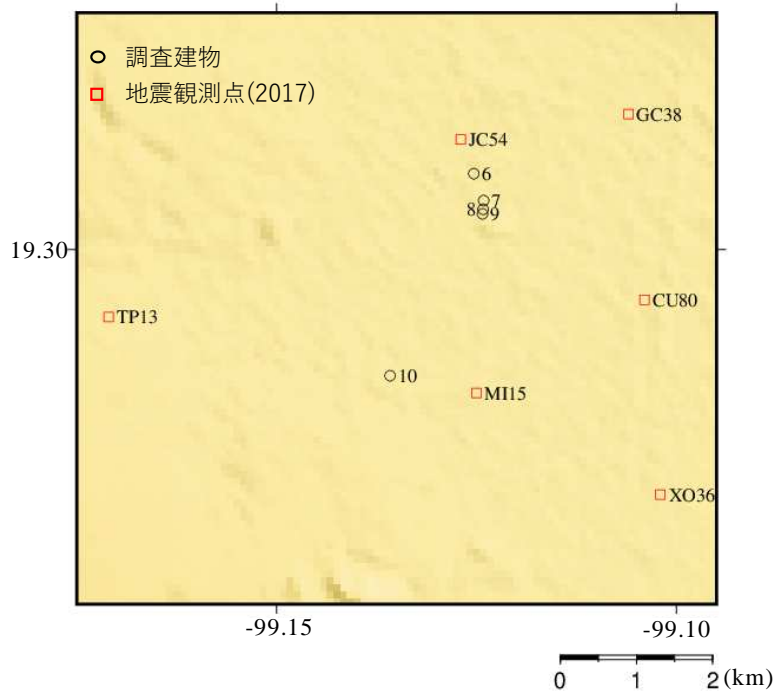


図 2.6 調査建築物と地震観測点 (調査区域 A)

表 2.2 に調査区域 A に含まれる地震観測点での最大加速度を示す。また参考として日本の気象庁計測震度  $I_{JMA}$  を示す。表中の地域区分は、2004 年改正基準によるものである。

表 2.2 調査区域 A での強震記録

記号	地域区分	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )			$I_{JMA}$
		NS	EW	UD	
CU80	IIIc	144.1	168.3	41.74	5.3
GC38	IIIb	125.6	124.2	43.19	5.3
JC54	IIIa	220.3	204.1	59.85	5.5
MI15	IIIa	207.2	133.4	55.29	5.6
TP13	I	60.34	66.58	51.56	4.3
XO36	III d	124.1	173.6	50.53	5.4

調査建築物 6,7,8 に近い観測点 JC54 と調査建築物 10 に近い MI15 において、200 gal 超の最大加速度が記録されている。これらはいずれも地域区分 IIIa に属する。また、両地点での気象庁計測震度  $I_{JMA}$  は 5.5 及び 5.6 である。一方、地域区分 I に属する TP13 では、最大加速度は 100 gal に留まる。また、より地盤が軟弱な地域区分 IIIb, IIIc, III d に属する他の観測点においても最大加速度は 200 gal を超えていない。いずれの観測点でも、気象庁計測震度  $I_{JMA}$  は、JC54 及び MI15 より小さい。

2017 年改正基準による SASID を用いれば、調査建築物及び地震観測点の各点で、それぞれ異なる設計用加速度応答スペクトルが得られる。まず、調査建築物とその近傍の地震観測点で SASID により求めた設計用加速度応答スペクトルと、2004 年改正基準による地域区分毎の設計用加速度応答スペクトルを比較する。2004 年改正基準本文における設計用加速度応答スペクトルは、前節で述べた通り余剰強度の効果を見込み、線形加速度応答スペクトルを 1/2 程度に低減したものと考えられるので、これを 2 倍して示すこととする。次に、各地震観測点にて、SASID により求めた設計用加速度応答スペクトルと地震記録から求めた加速度応答スペクトル( $h=5\%$ )とを比較する。

調査建築物と地震観測点における設計用加速度応答スペクトルを、図 2.7 に示す。同図中において青線で示す 2004 年改正基準による設計用加速度応答スペクトルは、地域区分単位で平均化されて評価されたものと考えられる一方、黒線で示す SASID による調査建築物位置での設計用加速度応答スペクトルは、緯度経度単位で設定されるため、建設地によっては、2004 年改正基準による設計用加速度応答スペクトルより大きい、逆に、小さく評価される場合が当然生じるものと予想される。図 2.7(a) における建築物 6,7,8,9 の場合は前者の場合に相当し、(b) の場合は後者の場合に相当する。

さらに、図 2.7 において、SASID による調査建築物位置での設計用加速度応答スペクトルと赤線で示した建築物近傍の観測点での設計用加速度応答スペクトルとを比較する。(a) の建築物 6,7,8,9 の場合、建築物位置での設計用加速度応答スペクトルは、近傍の地震観測点 JC54 での設計用加速度応答スペクトルよりピーク値が大きく評価されている。SASID によれば、調査建築物位置では、観測点 JC54 より、より大きな地震力が生じる可能性があると言える。逆に、(b) の建築物 10 の位置では、設計用加速度応答スペクトルは、近傍の地震観測点 MI15 よりピーク値が小さなものとなっている。

図 2.8 では、地震観測点にて、SASID による設計用加速度応答スペクトルと、地震記録から求めた加速度応答スペクトル( $h=5\%$ )とを比較している。(a) の JC54 及び (b) の MI15 の場合とも、SASID による設計用加速度応答スペクトルは、地震記録による加速度応答スペクトルのピーク位置が存在する固有周期の範囲を比較的精度良く予測していると言える。ピーク値は、(a)(b) いずれの場合とも、2017 年改正基準(SASID)及び 2004 年改正基準による設計用応答加速度スペクトルを固有周期 1.5s 程度の範



围で、やや上回っている。これらの結果と、図 2.7 に示される調査建築物位置と地震観測点での設計用加速度応答スペクトルを比較した結果と合わせて考えると、建築物 6,7,8,9 では、2004 年改正基準及び 2017 年改正基準で想定する地震力と同程度か、やや上回る地震力が作用した可能性も考えられる。

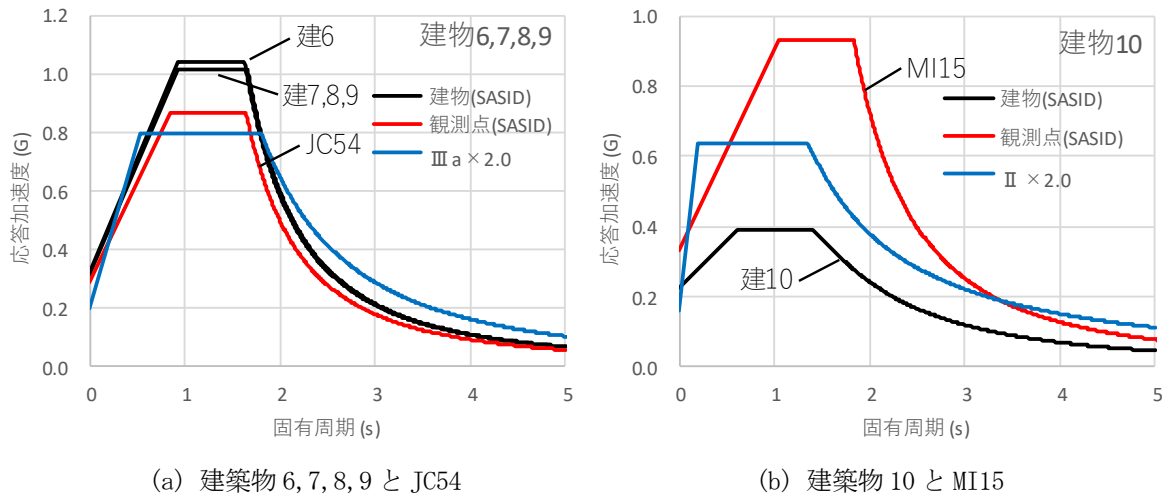


図 2.7 調査建築物と地震観測点での設計用加速度応答スペクトルの比較 (調査区域 A)

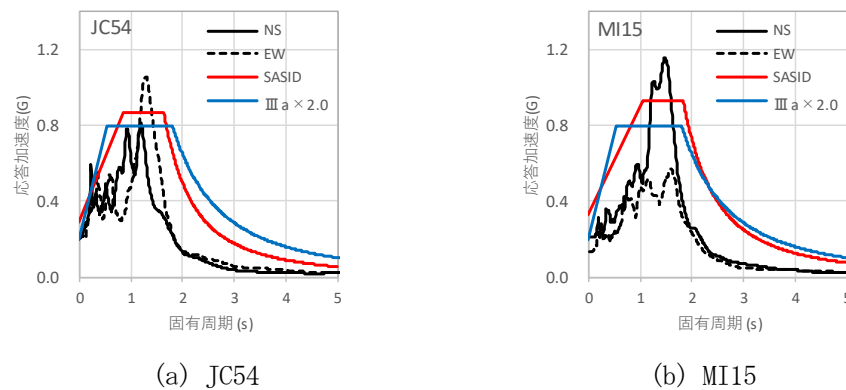


図 2.8 地震観測点での設計用加速度応答スペクトルと地震記録による加速度応答スペクトル(調査区域 A)

## (2) 調査区域 B について

調査区域 B での調査建築物と地震観測点の分布を、図 2.9 に示す。また、調査区域 B に含まれる地震観測点の 2004 年改正基準による地域区分、最大加速度、気象庁計測震度  $I_{JMA}$  を表 2.3 に示す。

調査建築物 1,2,3 に近い観測点としては、AO24、CO47 及び SI53 が挙げられるが、AO24 及び SI53 の場合はいずれも地域区分 IIIa に属し、最大加速度は 100 gal を超えている。また、気象庁計測震度  $I_{JMA}$  も 5.0 を超えている。CO47 は、地域区分 II に属し、最大加速度は最も小さく 100 gal 未満である。

調査建築物 4,5 に近い観測点 DX37 及び IB22 において、最大加速度は 200 gal 未満であるが、これらの観測点での気象庁計測震度  $I_{JMA}$  は 5.0 を超えている。また調査建築物 4,5 とは、やや離れるが観測点 CH84 において、200 gal 超の最大加速度が記録されている。CH84 での気象庁計測震度  $I_{JMA}$  は 5.7 である。

調査建築物 25 に近い観測点としては、AU46 及び EO30 が挙げられる。いずれも地域区分 II に属する。最大加速度は 100 gal 未満となっており、気象庁計測震度  $I_{JMA}$  も 5.0 未満である。



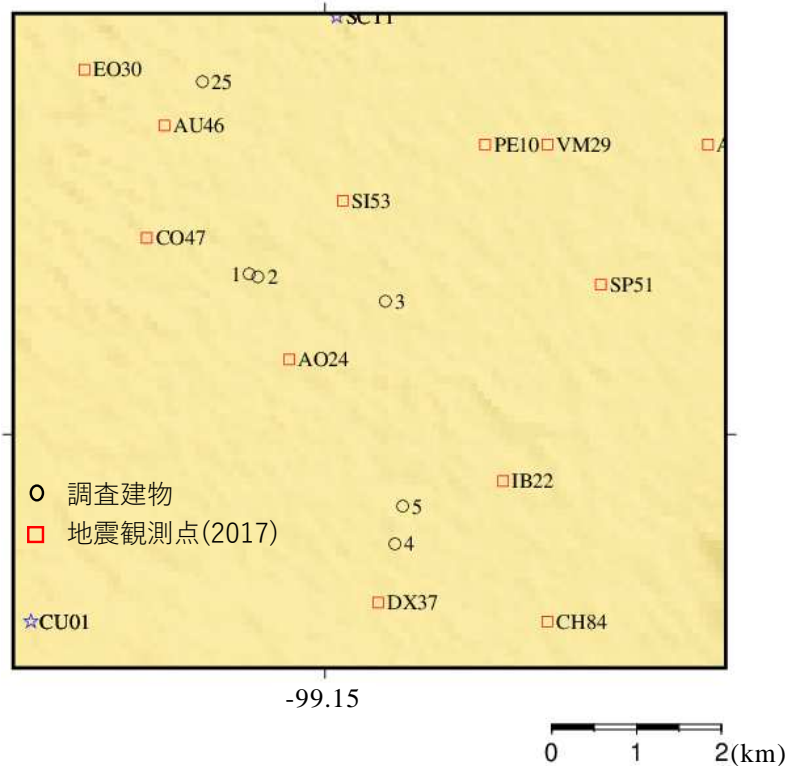


図 2.9 調査建築物と地震観測点 (調査区域 B)

表 2.3 調査区域 B での強震記録

記号	地域区分	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )			$I_{JMA}$
		NS	EW	UD	
AO24	IIIa	106.4	119.6	-47.92	5.0
AU46	II	-77.29	-94.89	-33.45	4.6
CH84	II	149	225.6	83.81	5.7
CO47	II	-71.99	93.96	-30.57	4.4
DX37	II	-187.8	123.9	52.39	5.4
EO30	II	67.49	82.14	34.55	4.4
IB22	IIIa	119	-160.9	46.23	5.2
PE10	IIIb	-101.4	124.6	31.15	4.9
SI53	IIIa	-129	-177.6	-56.78	5.2
SP51	IIIb	77.36	100.4	38.5	4.9
VM29	IIIc	-85.24	94.83	35.9	4.8

区域 A における場合と同様、図 2.10 に示す通り、まず、調査建築物位置と近傍の地震観測点での設計用加速度応答スペクトルを比較する。次に、図 2.11 に示す通り、地震観測点での設計用加速度応答スペクトルと地震記録による加速度応答スペクトル( $h=5\%$ )を比較する。これらの比較を通し、調査建築物位置での地震力の大きさについて推定、考察することとする。

図 2.10 において、建築物位置での SASID による設計用加速度応答スペクトルを比較した場合、(a)

の建築物 1, 2 よりは(b)の建築物 3 の方が、大きな地震力が作用すると予想される。(c)の建築物 4,5 においても建築物 1,2 よりは大きな地震力が作用すると予想され、逆に、(d)の建築物 25 では建築物 1,2 よりは作用する地震力は小さくなると予想される。2004 年改正基準によれば、(a)(d)の建築物 1,2,25 は地域区分Ⅱに属し、(b)の建築物 3 は地域区分Ⅲa に属する。(c)の場合、建築物 4 は地域区分Ⅲa に、5 はⅡに属する。

建築物 1,2,3 について近傍の観測点として AO24 及び SI53 に着目した場合、図 2.11(a)(j)によると、これらの観測点での加速度応答スペクトルは、2004 年改正基準及び当該地点での 2017 年の改正基準 (SASID)による設計用加速度応答スペクトルを下回っている。ただし、図 2.10(b)によると、建築物 3 では、観測点 AO24 及び SI53 より、SASID による設計用加速度応答スペクトルのピーク値が大きくなっていることから、建築物位置では、これらの観測点より、より大きな地震力が作用したことも考えられる。建築物 4,5 の場合は、近傍の地震観測点として DX37 及び IB22 が挙げられる。図 2.11(d)(f)によれば、DX37 での方が加速度応答スペクトルのピーク値が大きくなっており、固有周期約 1.0 s で、約 1.0 G (NS 成分)にまで達している。

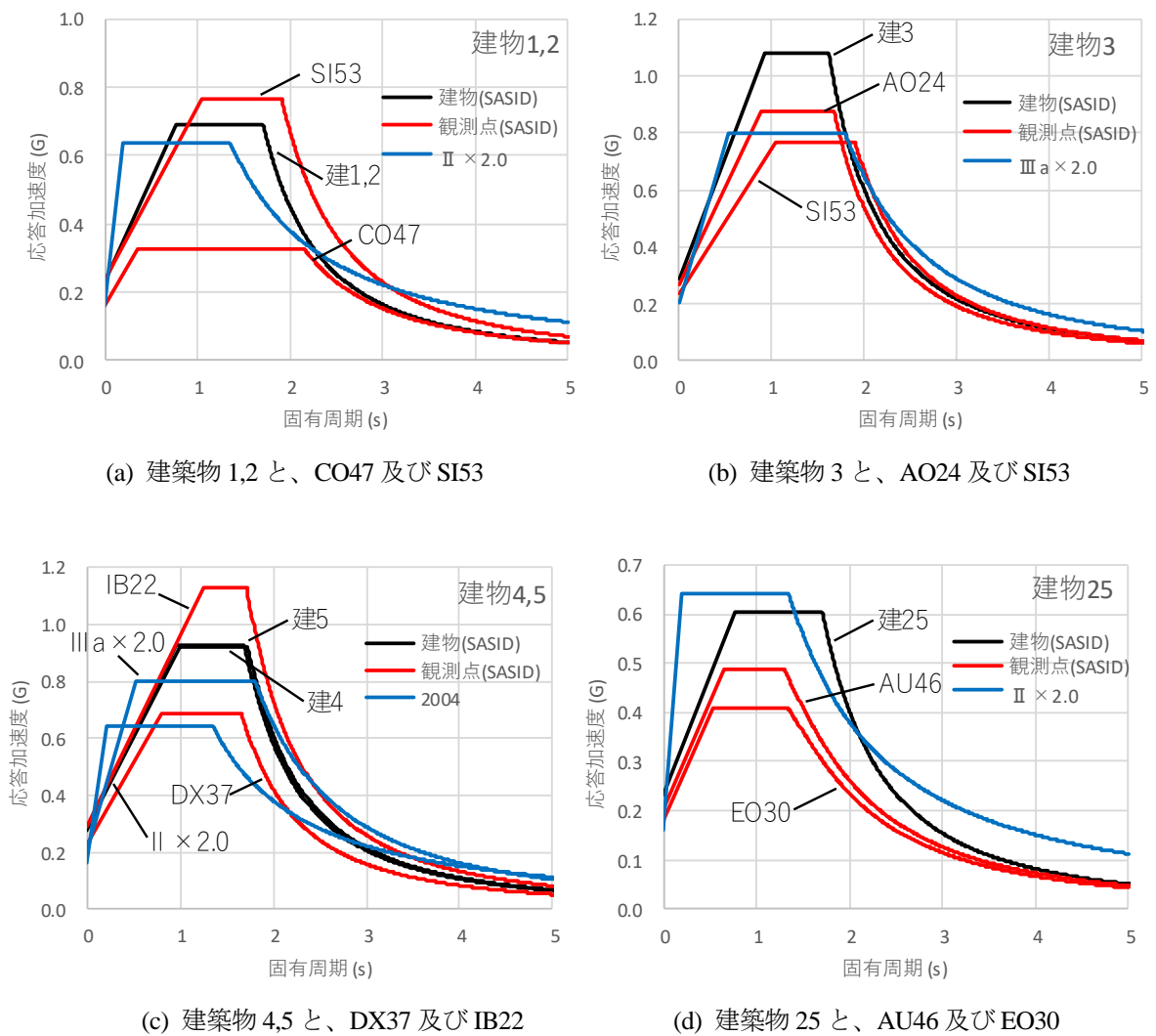


図 2.10 調査建築物と地震観測点での設計用加速度応答スペクトルの比較 (調査区域 B)

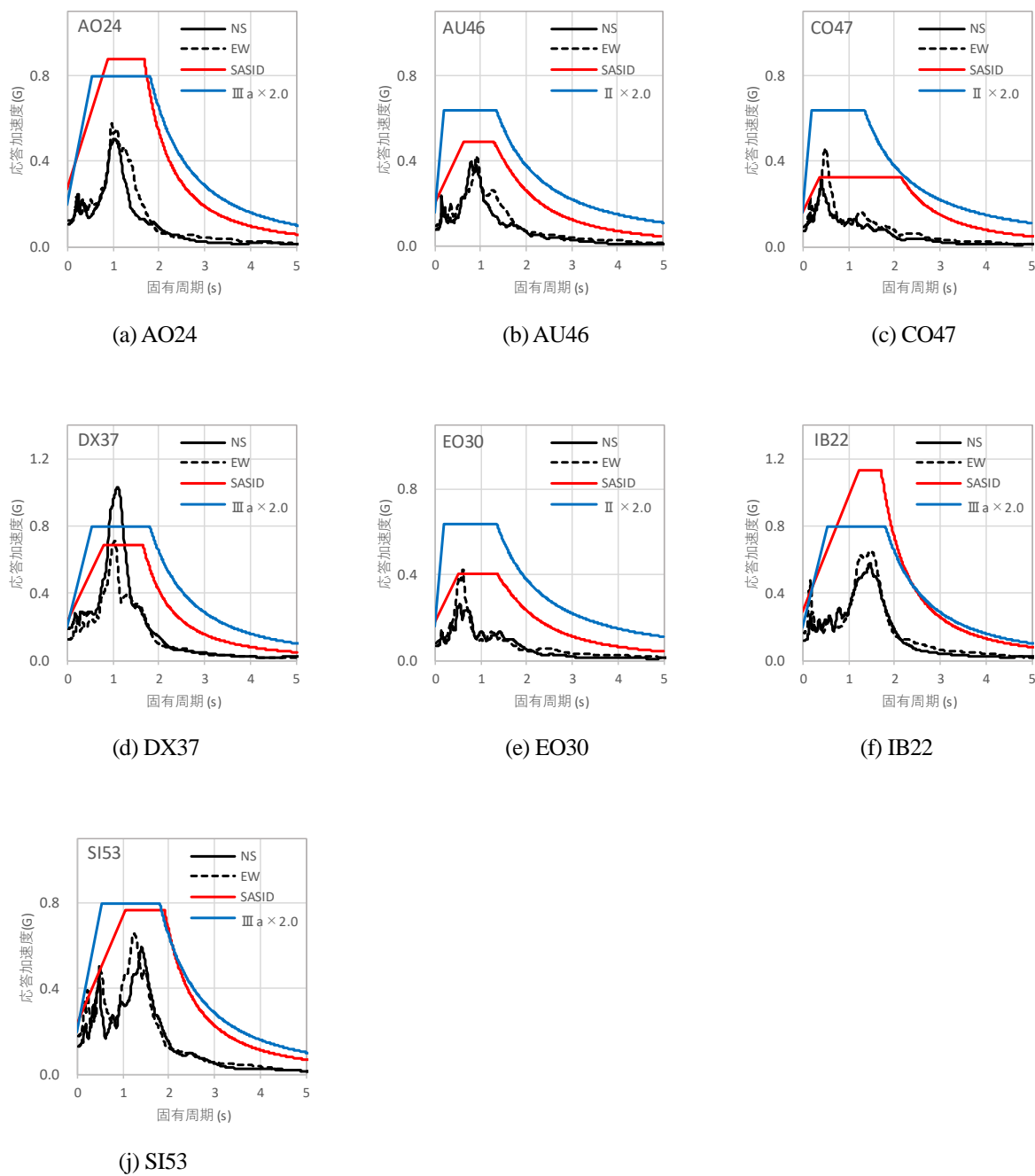


図 2.11 地震観測点での設計用加速度応答スペクトルと地震記録による加速度応答スペクトル(調査区域B)

図 2.10 (d)によれば、建築物 4,5 での設計用応答加速度スペクトルは観測点 DX37 での設計用応答加速度スペクトルより大きく評価されており、この大小関係より類推すれば、建築物 4,5 位置での応答加速度スペクトルのピーク値は 1.0G 程度に達し、地域区分Ⅲa で想定されていた設計用加速度応答スペクトルのピーク値を超えていた可能性も考えられる。

### (3) 調査区域Cについて

調査区域 C での調査建築物と地震観測点の分布を、図 2.12 に示す。また、調査区域 C に含まれる地震観測点の 2004 年改正基準による地域区分、最大加速度、気象庁計測震度  $I_{JMA}$  を表 2.4 に示す。

本調査区域において、調査建築物 29,33 に近く地域区分Ⅲa に属する観測点 UC44 の最大加速度が最

も大きく 125.3 gal である。その他、調査建築物に近い観測点として、AL01, CI05, CJ03, CO56, ES57, LI58, XP06 が挙げられる。地域区分Ⅲa に属する ES57 及び地域区分Ⅲc に属する XP06 を除く残りの観測点は地域区分Ⅲb に属する。ES57 では最大加速度は 83.9 gal と 100 gal を下回り、残りの調査建築物に近い観測点では 100 gal 前後の最大加速度を記録している。気象庁計測震度  $I_{JMA}$  は表 2.4 に示す全ての観測点で、5.0 以下となっている。

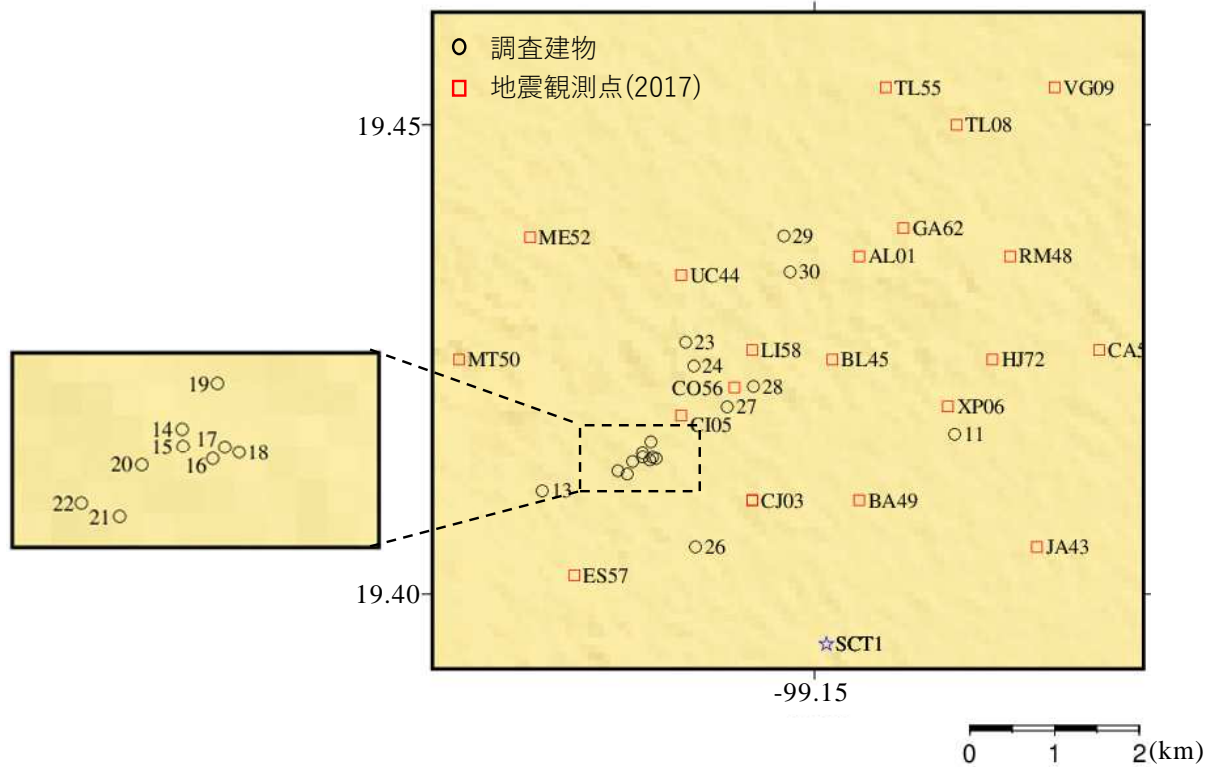


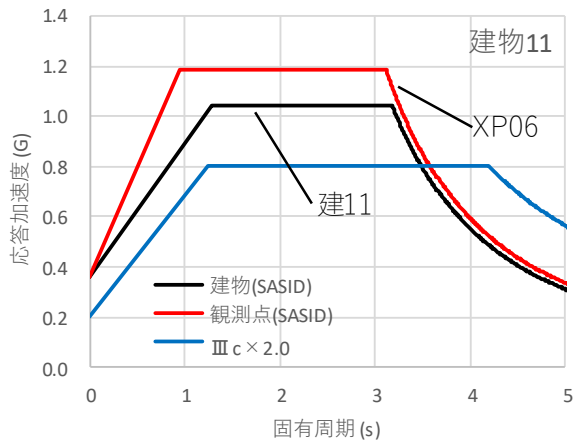
図 2.12 調査建築物と地震観測点 (区域 C)

表 2.4 調査区域 C での強震記録

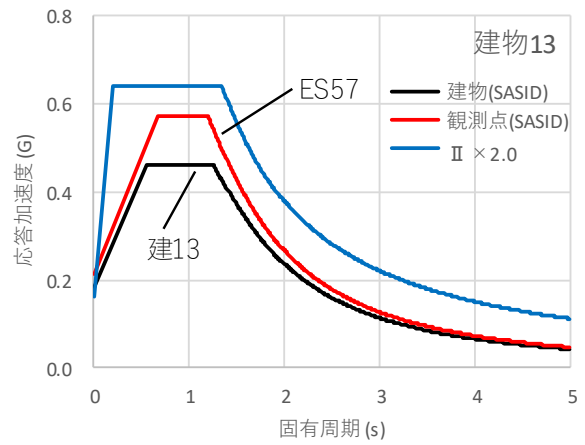
記号	地域区分	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )			<i>I<sub>JMA</sub></i>
		NS	EW	UD	
AL01	Ⅲb	117.1	108.6	40.19	5.0
BA49	Ⅲc	-88.94	-113.2	-30.64	4.9
BL45	Ⅲb	-102.3	114.5	-39.7	4.9
CA59	Ⅲc	-83.5	89.83	35.62	4.7
CI05	Ⅲb	-113.3	-114.2	51.2	5.0
CJ03	Ⅲb	112	-98.03	-36.39	5.0
CO56	Ⅲb	-109.8	-114	53.84	5.0
ES57	Ⅲa	70.48	-83.9	-28.17	4.6
GA62	Ⅲb	97.05	84.04	33.68	4.9
HJ72	Ⅲc	-90.36	-96.4	-40.58	4.8
JA43	Ⅲc	82.88	106.3	47.83	4.7
LI58	Ⅲb	-95.81	89.91	-51.12	4.8
ME52	Ⅱ	-62.8	72.16	31.71	4.4
MT50	Ⅰ	-47.05	58.27	-29.8	4.1
RM48	Ⅲb	-61.07	78.02	-37.85	4.6
TL08	Ⅲb	82.85	-81.21	30.18	4.8
TL55	Ⅲb	-82.46	69.2	33.57	4.7
UC44	Ⅲa	125.3	-124.9	-41.73	5.0
VG09	Ⅲb	-119.5	-101.9	36.45	4.9
XP06	Ⅲc	-81.74	108.2	30.98	5.0

これまで同様、まず、調査建築物位置と近傍の地震観測点での設計用加速度応答スペクトルを比較し、次に、地震観測点での設計用加速度応答スペクトルと地震記録による加速度応答スペクトル ( $h=5\%$ ) を比較する。このような比較結果を、図 2.13 及び図 2.14 に示す。図 2.13 によれば、(f) の建築物 27,28 の場合に、SASID による建築物位置での設計用加速度応答スペクトルが近傍の地震観測点位置でのそれを上回っているが、それ以外の場合は、ほぼ同等か、近傍の地震観測点位置での設計用応答加速度スペクトルを下回る結果となっている。(f) の建築物 27, 28 の場合でも、建築物位置での設計用加速度応答スペクトルが観測点位置でのそれを極端に上回っている訳ではない。よって、調査建築物に作用した地震力は、近傍の観測点における地震記録の加速度応答スペクトルから評価される地震力と同等、ないし、これよりやや小さめなものとして推定されたと考えられる。

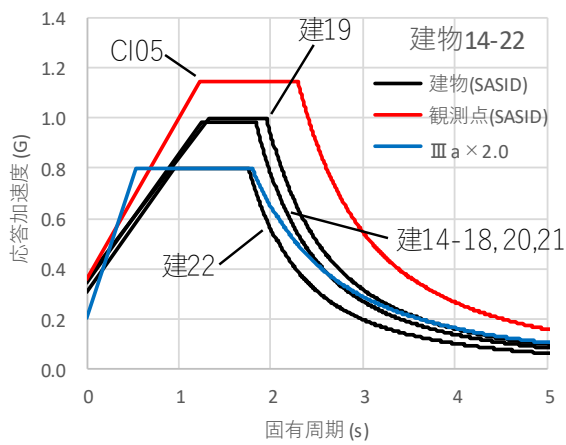
図 2.14 によれば、建築物近傍に位置する各観測点での地震記録による加速度応答スペクトルは、いずれの場合も、2004 年改正基準及び 2017 年の改正基準(SASID)による設計用加速度応答スペクトルを下回っている。調査区域 A 及び B の場合と異なり、加速度応答スペクトルが設計用加速度応答スペクトルをやや上回るような例は見られない。建築物位置においても設計用加速度応答スペクトルを大きく上回るような地震力は作用しなかったと考えられる。



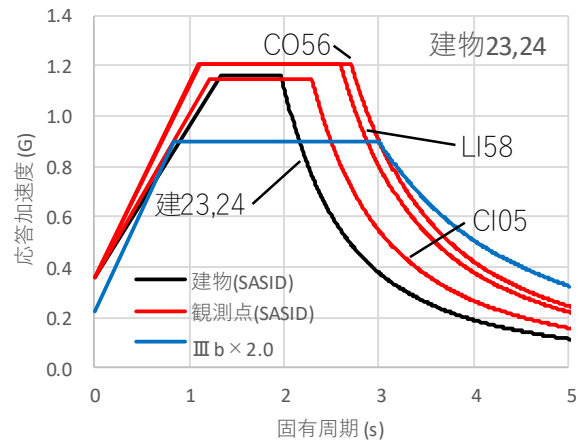
(a) 建築物 11 と XP06



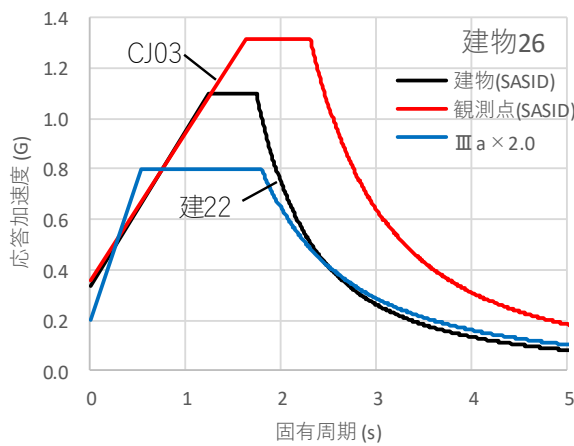
(b) 建築物 13 と ES57



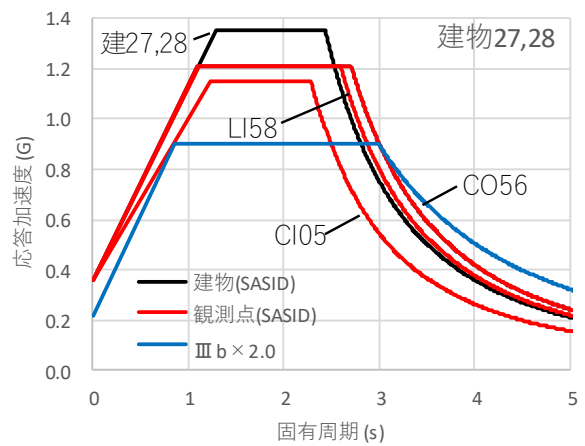
(c) 建築物 14-22 と CI05



(d) 建築物 23,24 と、AU46 及び EO30

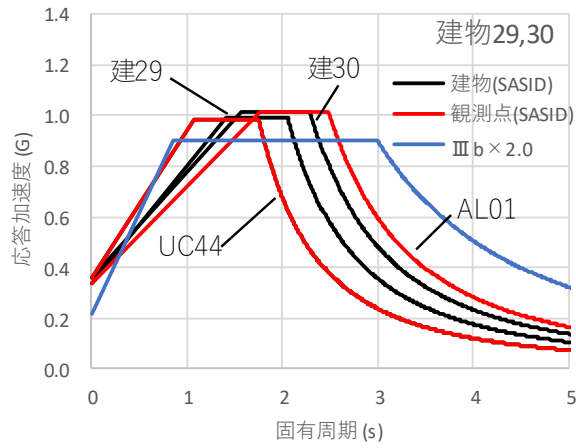


(e) 建築物 26 と CJ03



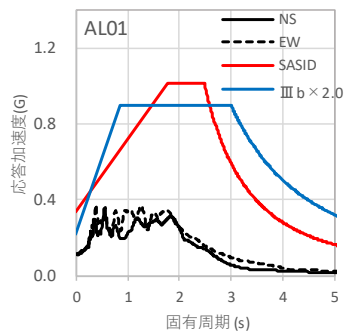
(f) 建築物 27,28 と、CI05, CO56 及び LI58

図 2.13(1) 調査建築物と地震観測点での設計用加速度応答スペクトルの比較 (調査区域 C)

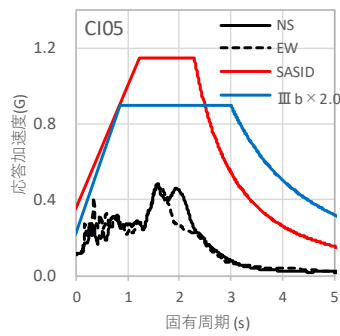


(g) 建築物 29,30 と、AL01 及び UC44

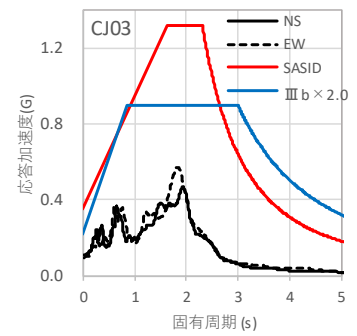
図 2.13(2) 調査建築物と地震観測点での設計用加速度応答スペクトルの比較 (調査区域 C)



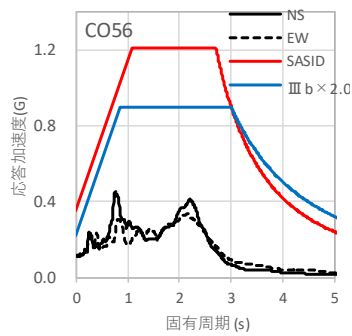
(a) AL01



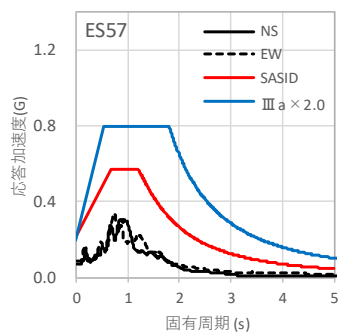
(b) CI05



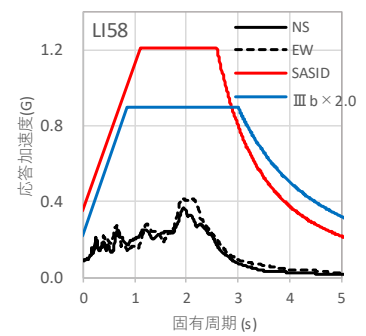
(c) CJ03



(d) CO56



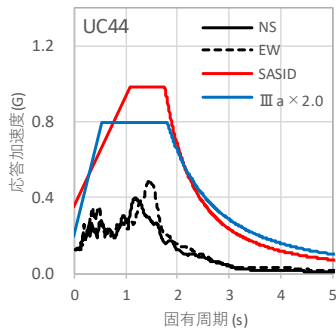
(e) ES57



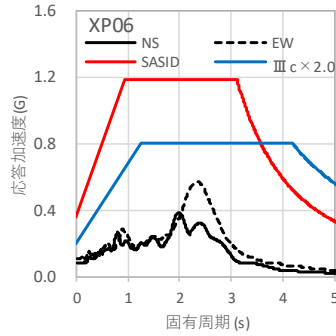
(f) LI58

図 2.14(1) 地震観測点での設計用加速度応答スペクトルと地震記録による  
加速度応答スペクトル(調査区域 C)





(g) UC44



(h) XP06

図 2.14 (2) 地震観測点での設計用加速度応答スペクトルと地震記録による  
加速度応答スペクトル(調査区域 C)

#### (4) 調査区域 D について

調査区域 D での調査建築物と地震観測点の分布を、図 2.15 に示す。また、調査区域 D に含まれる地震観測点の 2004 年改正基準による地域区分、最大加速度、気象庁計測震度  $I_{JMA}$  を表 2.5 に示す。

地域区分 II の GR27 及び III a の LV17 で、最大加速度が 100 gal を超えている。両者の場合とも気象庁計測震度  $I_{JMA}$  は 5 以下に留まる。

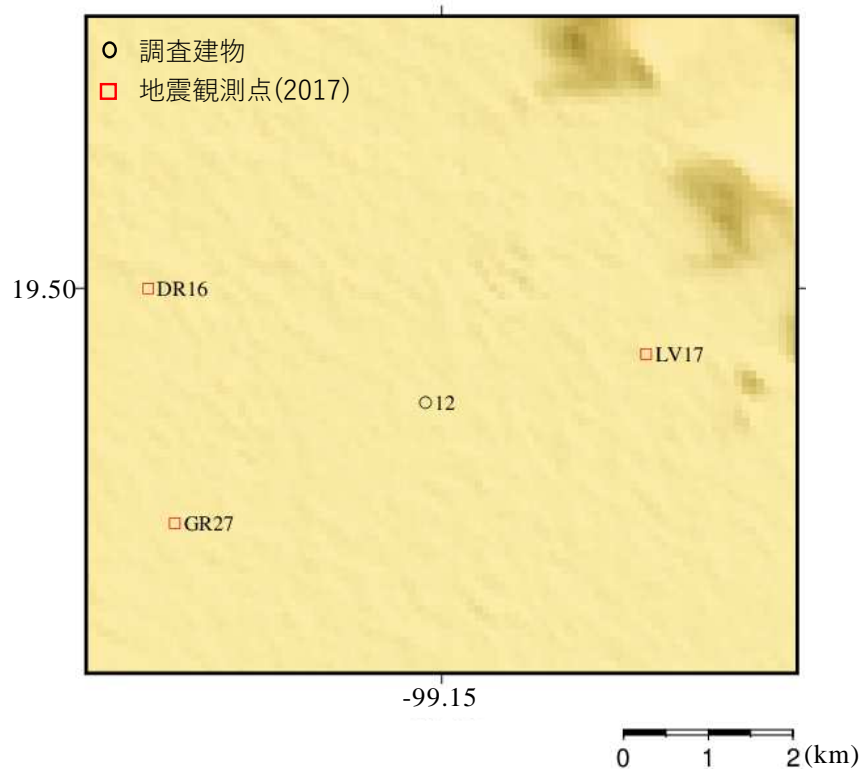
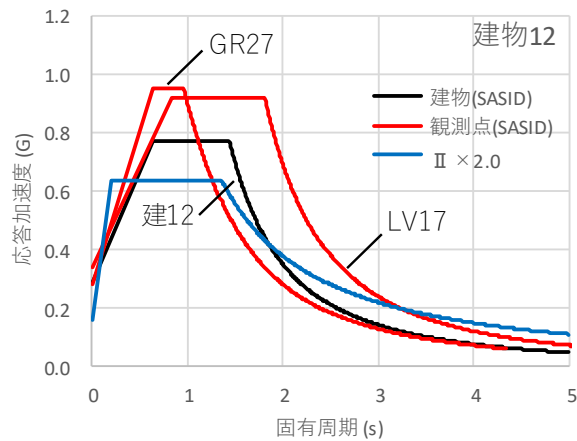


図 2.15 調査建築物と地震観測点 (区域 D)

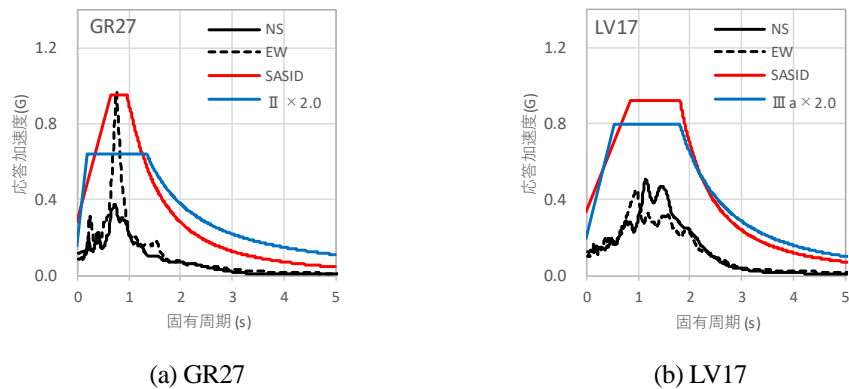
表 2.5 調査区域 D での強震記録

記号	地域区分	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )			$I_{JMA}$
		NS	EW	UD	
DR16	II	70.99	77.18	25.11	4.4
GR27	II	-84.7	-119.6	44.79	4.9
LV17	IIIa	-123	104.1	-25.93	5



(a) 建築物 12

図 2.16 調査建築物と地震観測点での設計用加速度応答スペクトルの比較 (調査区域 D)



(a) GR27

(b) LV17

図 2.17 地震観測点での設計用加速度応答スペクトルと地震記録による加速度応答スペクトル(調査区域 D)

図 2.16 では、調査建築物位置と近傍の地震観測点での設計用加速度応答スペクトルを比較し、図 2.17 では、地震観測点での設計用加速度応答スペクトルと地震記録による加速度応答スペクトル( $h=5\%$ )を比較している。

図 2.16 によれば、SASID による建築物位置での設計用加速度応答スペクトルは、近傍の地震観測点 GR27 及び LV17 におけるそれらを下回っており、調査建築物に作用した地震力は、近傍の観測点にお

ける地震記録の加速度応答スペクトルから評価される地震力よりやや小さめなものとして推定されることが考えられる。図 2.17(a)によれば、GR27 の EW 方向の加速度応答スペクトルにおいて、固有周期約 0.8 s 付近で際立ったピークが見られる。このピーク値は 2004 年改正基準による地域区分Ⅱの設計用加速度応答スペクトルを上回っているが、SASID は、赤線で示される通り、このピーク値とこれが存在する固有周期帯を良く予測している。