

第1章 カリフォルニア州の地震危険

カリフォルニア州は、北米プレートと太平洋プレートの境界域に位置し、日本と同様に、世界の主たる地震多発地帯の一つである。アメリカ西海岸に位置し、全米 50 州の中でも巨大な州の一つである。その面積は 424,000km²（日本のおよそ 1.1 倍）で全米 50 州のうち 3 番目に大きく、人口は約 3,700 万人（日本のおよそ 4 分の 1）で 50 州のうち最大で全米人口の約 12% を占める。カリフォルニア州の州都はサクラメントであるが、経済の中心は主にサンフランシスコ、ロサンゼルスである。

1. 地震のメカニズム

プレートテクトニクスとは、後に述べるプレート運動によって、地震や火山活動などの地学的諸現象を統一的に解釈しようとする考え方である。それによると、地球表面付近は、水と水に浮かぶ氷に例えることができる。氷（プレート）は水（アセノスフェア）に浮かんでおり、移動している（プレート運動）。浮かんでいる氷同士がぶつかり合うと、そこに何らかの現象が生じ、それが地震や火山活動の原因となる。この考え方は 1960 年代中頃に登場し、現在では地球科学の研究結果や GPS（グローバル・ポジショニング・システム）観測^(注1)などによって裏付けされ、多くの人々が支持している。図 1.1 に地殻の構造を示す。

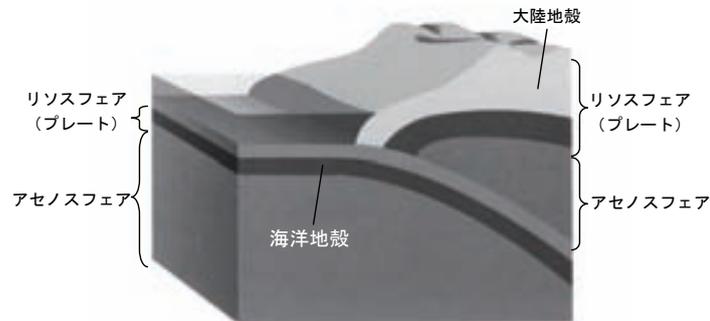


図 1.1 地殻の構造

出典：地震調査研究推進本部ホームページ（加筆）

プレートテクトニクスの考え方によると、地球の表面は図 1.2 に示すように、十数枚のプレートによって隙間なく覆われている。それらは、地殻とマントル最上部のリソスフェアと呼ばれる厚さ数十 km～百数十 km の岩石の層からなっており、冷えて固まって剛体的な性質を持っている。その下にはアセノスフェアと呼ばれる高温で流動性を持っている比較的軟らかい岩石の層がある。各プレートはアセノスフェアの上面を小さな抵抗で滑動することができ、それぞれの方向に相対的に年間数 cm～十数 cm の速度で移動している。この運動をプレート運動とよんでいる。このため、各

注1：複数の人工衛星から発せられる電波の到達時間差を利用して、ある地点の位置を精密に測る技術で、カーナビゲーションなどにも応用されている。

プレートの縁の部分(プレート境界)では、他のプレートとの力学的な関係から様々な現象が発生し、地震や火山活動はそれらの現象の一部と考えられている。図 1.2 と図 1.3 を比較するとプレート境界に沿ってたくさんの地震が発生していることがわかる。



図 1.2 世界のプレート境界
 出典：地震調査研究推進本部ホームページ（加筆）

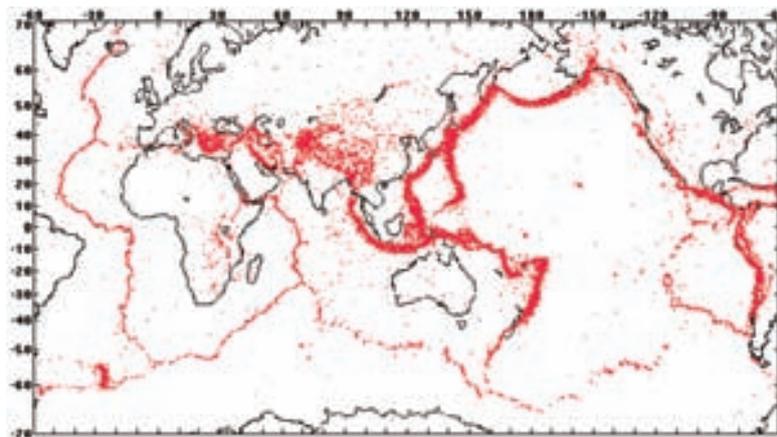


図 1.3 世界地震分布図
 ($M \geq 4.0$ 、深さ 100km 以下、1975-1994)
 出典：理科年表 CD-ROM

プレート境界は、その相対的な運動の方向によって①収束型、②発散型、③横ずれ型の 3 種類に分けることができる。それらの模式図を図 1.4 に示す。

① 収束型境界は、2 つのプレートが相対的に近づく方向に運動している境界であり、さらに(a)サブダクション帯と(b)衝突帯とに分けられる。

(a) サブダクション帯は、一方のプレートが他方のプレートの下方に潜り込み、マントル内に沈んでいく境界で、地球上で最も地震活動が盛んな場所であると考えられている。現在活動している火山の約 90%はサブダクション帯に存在し、また、全世界の地震エネルギー開放のほとんどはサブダクション帯の

地震によるといわれている。

- (b) **衝突帯**は2つのプレートが押し合い、褶曲(しゅうきよく)など、変形することにより、相対運動を解決している地帯である。圧縮による変形は著しい造山運動となり、大規模な山脈や高原を出現させる。また、それにもなって断層を生み出し、地震を発生させる。ヒマラヤ・チベットはその代表的なもので、インド大陸をのせたインド・オーストラリアプレートの海洋部がユーラシアプレートの下に潜り込み、インド大陸が直接ユーラシア大陸と衝突している。日本では伊豆半島の北の地域で小規模な衝突帯を見ることができる。ここではフィリピン海プレートが北上し本州と衝突して伊豆衝突帯を形成している。

- ② **発散型境界**は、収束型境界とは逆に、2つのプレートが相対的に離れていく方向に運動している境界である。リフトと呼ばれるプレート間の裂け目から新しいプレートが生み出され、古いプレートに付加されている。大西洋中央海嶺などがその典型である。地震活動は収束型境界に比べて穏やかで、大規模のものは少なく、震源のごく浅いものが多い。

- ③ **横ずれ型**はトランスフォーム断層と呼ばれる横ずれの大断層を生じさせる。トランスフォーム断層は境界と境界をつなぐ役目をする断層で、これを介してプレート境界が移り変わる。トランスフォーム断層には、収束型境界同士を結ぶもの、発散型境界同士を結ぶもの、あるいは収束型境界と発散型境界を結ぶものがある。大西洋中央海嶺や東太平洋海膨、インド洋中央海嶺などの大洋中央海嶺は発散型境界であるが、それらをステップ状につなぐ断層がトランスフォーム断層の代表例である。カリフォルニア州西岸を南北に縦断する、サンアンドレアス断層は、北アメリカプレートと太平洋プレートの間の特ランスフォーム断層である。

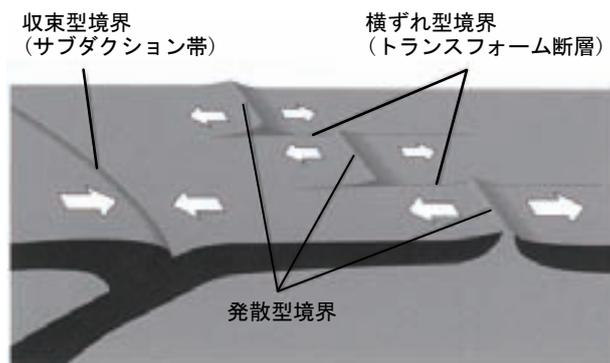


図 1.4 プレート境界の模式図

出典：地震調査研究推進本部ホームページ（加筆）

2. カリフォルニア州の地震危険

図 1.5 に示すように、カリフォルニア州はアラスカ州と並び、米国において突出して地震危険が高い。また、図 1.6 に示すように過去にも多くの地震が発生している。州を南北に縦断するサンアンドレアス断層と、それから分岐する多数の断層の活動度は極めて高く、過去何度も大地震による甚大な被害を被ってきた。表 1.1 に推定損害額から見たカリフォルニア州の主な地震を示す。1906 年のサンフランシスコ地震(マグニチュード 7.8)を筆頭に、1994 年のノースリッジ地震 (マグニチュード 6.7) までの著名な多くの地震が発生している。

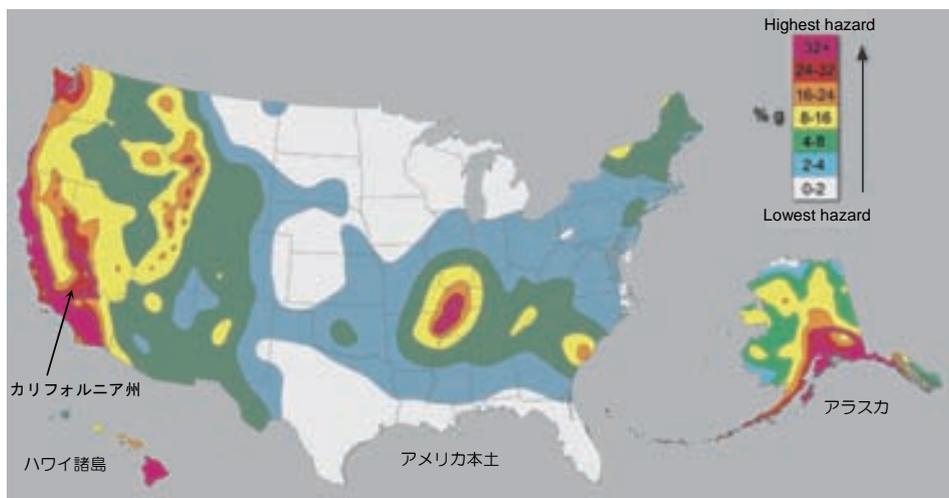


図 1.5 米国の地震危険度マップ
出典：米国地質調査所ホームページ（加筆）

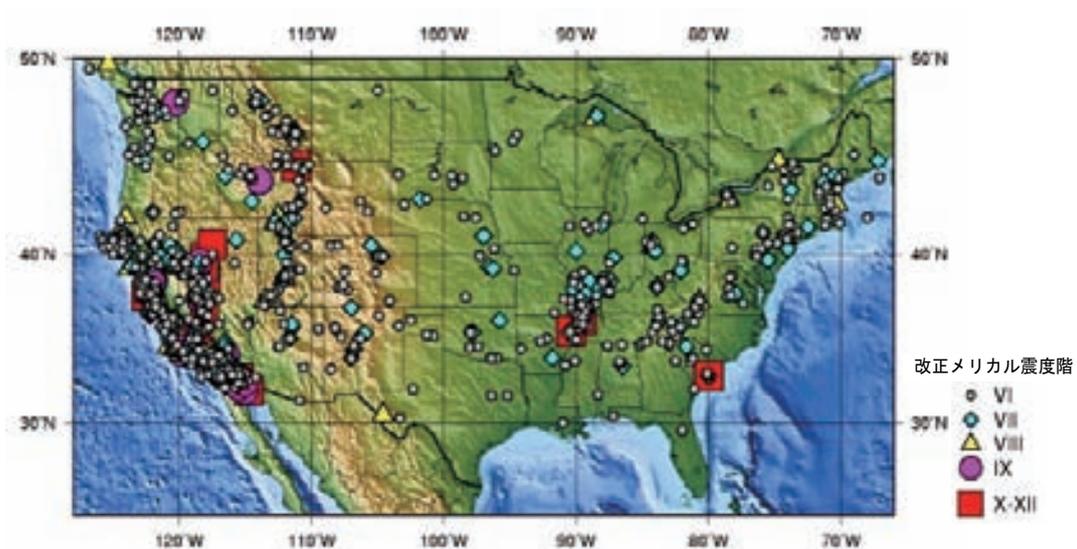


図 1.6 過去に米国で発生した地震分布図（1975～1996 年）
出典：米国地質調査所ホームページ（加筆）

表 1.1 推定損害額からみたカリフォルニア州における主な地震
出典：米国地質調査所ホームページ

年	地震名	マグニチュード	推定損害額 (単位:百万ドル)
1906	サンフランシスコ 地震	7.8	524
1933	ロングビーチ 地震	6.4	40
1952	カーン郡 地震	7.3	60
1971	サンフェルナンド 地震	6.6	505
1979	インペリアルバレー 地震	6.5	30
1983	コーリング 地震	6.5	10
1987	ウィッチャー 地震	5.9	358
1989	ロマ・プリエータ 地震	6.9	6,000
1992	ケープ・メンドチノ 地震	7.2	66
1992	ユカバレー/ランダース 地震	7.3	92
1994	ノースリッジ 地震	6.7	13,000~22,000

カリフォルニア州は、地震の発生頻度が地域により異なることに加え、東部(内陸部)に広大な山地、砂漠地を抱え、一方で、西部にはロサンゼルスやサンフランシスコに代表される人口の密集する太平洋沿岸都市部を抱えており、地震危険は一様でない。図 1.7 にみられるように、カリフォルニア州の中でも、サンフランシスコを有する北カリフォルニアとロサンゼルスを抱える南カリフォルニアの沿岸地域の地震危険は特に高い。

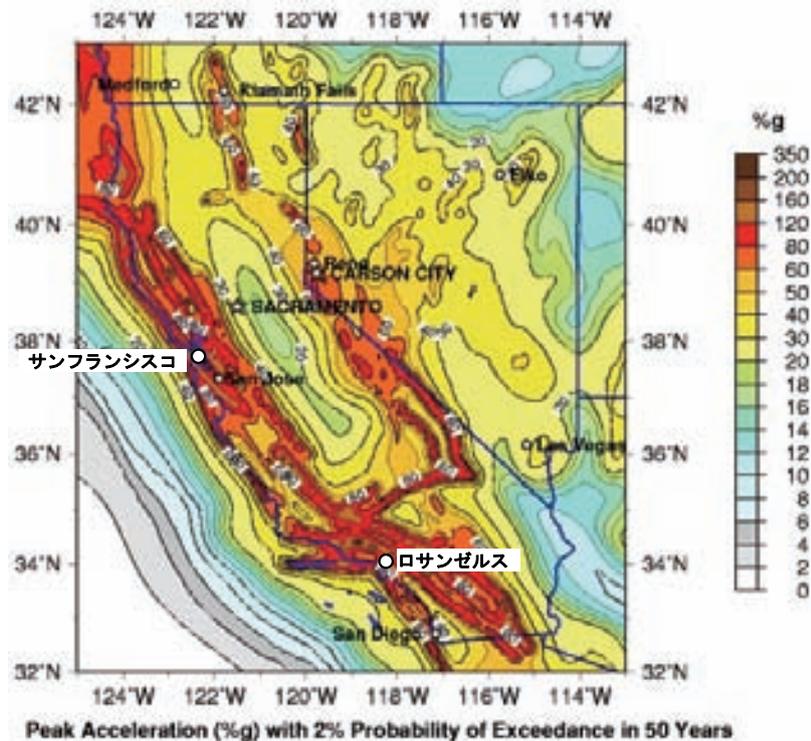


図 1.7 カリフォルニア州の地震危険度マップ
出典：米国地質調査所ホームページ

3. 主要都市の地震危険度

(1) サンフランシスコ湾岸地域

1906年のサンフランシスコ地震以来、サンフランシスコ湾岸地域の中心部近郊には大規模地震は発生していない。1989年に発生したロマ・プリエータ地震（マグニチュード 6.9）では、湾岸地域の中心部で液状化による建物被害と40人以上の死者を出したが、この地震はサンフランシスコの南部50km離れた山岳地域で発生したものであった。サンフランシスコの湾岸地域については、1989年のロマ・プリエータ地震以来、米国地質調査所を中心に地震危険に関する調査および研究が継続的に行われている。

米国地質調査所、カリフォルニア緊急サービス（California Office of Emergency Services）、カリフォルニア地質調査所（California Geological Survey）、ベイエリア組織委員会（Association of Bay Area Governments）はワーキンググループを形成し、継続的に湾岸地域の地震危険について検討を行っている。2003年には、湾岸地域で最も発生すると考えられる10のシナリオ地震について、被害予測を行った結果を発表している。これらの地震は、湾岸地域にある7つの主要断層のうち6つの断層で発生するものであり、マグニチュード6.7からマグニチュード7.9までの規模である。

30年確率の幅は、ロジャース断層が破壊した場合（マグニチュード7.0）の15.2%から、サンアンドレアス断層のサンタクルーズ山脈とペニンシュラ山脈のセグメントが結合破壊した場合（マグニチュード7.4）の3.5%の幅である。各シナリオ地震が2003年から2032年の30年間に発生する確率は表1.2に示すとおりである。ワーキンググループでは、この一連の研究により、2003年から2032年までの30年間に、この地域で広域な被害を生じさせるマグニチュード6.7以上の地震が1回以上発生する確率は、62%と非常に高いものであると発表している（図1.8参照）。

表1.2 サンフランシスコ湾岸地域における10シナリオ地震の規模と30年確率
出典：米国地質調査所ホームページより

シナリオ地震	30年確率 (%)	マグニチュード
Rodgers Creek	15.2	7.0
Northern Calaveras	12.4	6.8
Southern Hayward	11.3	6.7
Northern + Southern Hayward	8.5	6.9
Mt. Diablo	7.5	6.7
Green Valley-Concord	6.0	6.7
San Andreas: Entire N. CA segment	4.7	7.9
San Andreas: Peninsula segment	4.4	7.2
Northern San Gregorio segment	3.9	7.2
San Andreas: Peninsula + Santa Cruz segment	3.5	7.4



図 1.8 サンフランシスコの湾岸地域における地震発生確率

出典：Fact sheet 039-03

図中の緑色で示された部分は都市部を示しており、主要都市であるサンフランシスコおよびオークランドを2つの主要な断層が走っている。オークランドを縦断しているのは Hayward 断層、サンフランシスコを縦断しているのは San Andreas 断層であり、これらの断層はともに 2032 年までにマグニチュード 6.7 以上の地震が発生する確率が 27%、21% と非常に高く、2つの主要都市の地震危険が非常に高いことがわかる。

(2) 南カリフォルニア

大都市ロサンゼルス有する南カリフォルニアでは、年間 1,000 回近くの地震が発生している。その多くはほとんど感じない程度の地震であるが、中には被害をもたらすものもある。前述のとおり、カリフォルニア州は州の南北を縦断する San Andreas 断層を有している。1857 年にこの断層による大規模な地震が南カリフォルニアを襲っており、この断層では現在もなお地震エネルギーを蓄えつづけている。

南カリフォルニア地震ネットワーク (The Southern California Seismic Network) では、1981 年から 2003 年までに発生したマグニチュード 1 以上の地震を記録しており、それを地震規模別に図示したものが図 1.9 である。図中の数字はマグニチュー

ド 5.5 以上の地震であり、その一覧表を表 1.3 に示す。また、図 1.10 に南カリフォルニアの断層の分布図を示す。図 1.9 と図 1.10 を比較してみると、主な断層に沿って地震が発生していることがわかる。

表 1.3 南サンフランシスコの主な地震

出典 : Putting down roots in earthquake country Southern California, 2006

	発生年	場所	マグニチュード
1	1933	Long Beach	6.4
2	1937	San Jacinto	6.0
3	1940	Imperial Valley	6.9
4	1942	Fish Creek Mountains	6.6
5	1946	Walker Pass	6.0
6	1947	Manix	6.5
7	1948	Desert Hot Springs	6.0
8	1952	Kern County	7.5
9	1952	Bryson	6.2
10	1954	Arroyo Salada	6.4
11	1968	Borrego Mountain	6.5
12	1971	San Fernando	6.6
13	1979	Imperial Valley	6.4
14	1986	North Palm Springs	5.9
15	1987	Whittier Narrows	5.9
16	1987	Elmore Ranch	6.2
17	1987	Superstition Hills	6.6
18	1992	Joshua Tree	6.1
19	1992	Landers	7.3
20	1992	Big Bear	6.3
21	1994	Northridge	6.7
22	1999	Hector Mine	7.1
23	2003	San Simeon	6.5

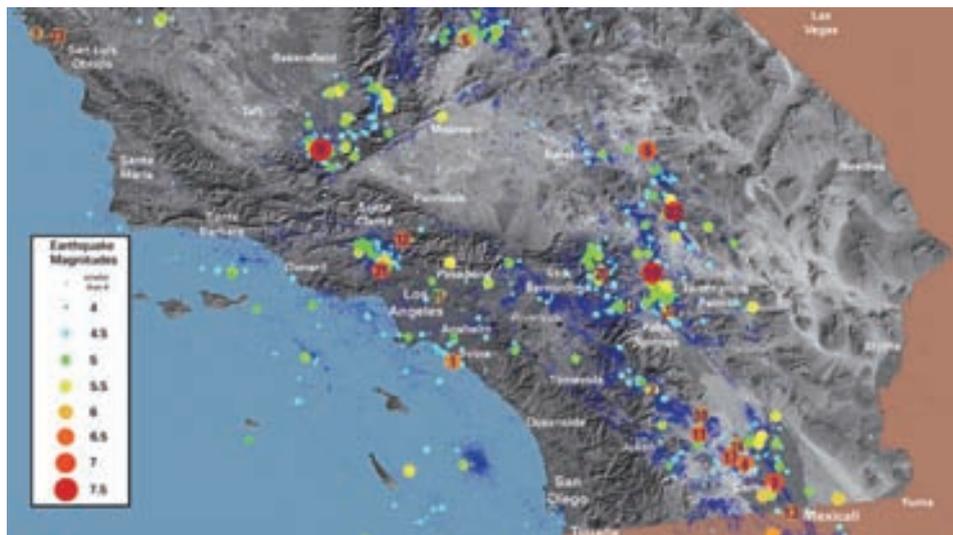


図 1.9 南カリフォルニアの地震分布図 (1932~2003 年)

出典 : Putting down roots in earthquake country Southern California, 2006

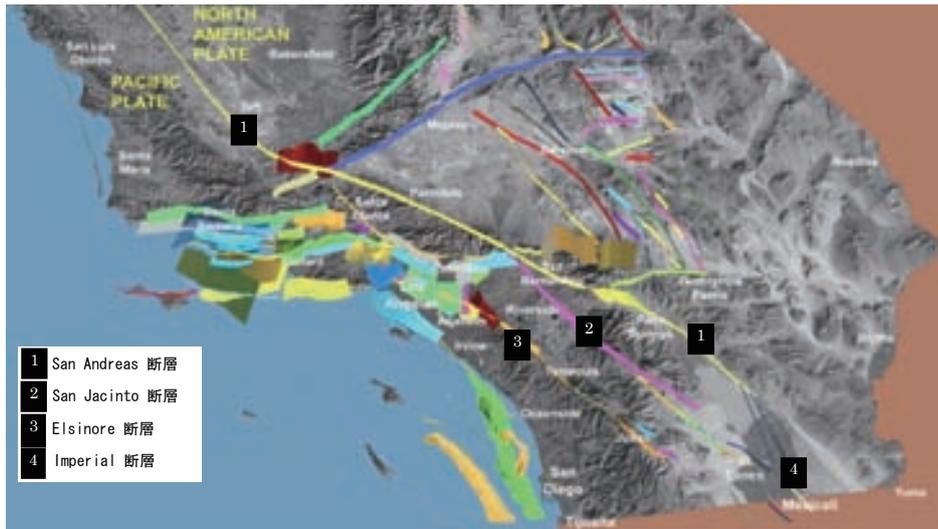


図 1.10 南カリフォルニアの断層布図

出典：Putting down roots in earthquake country Southern California, 2006

4. カリフォルニア州の地震政策

米国憲法では州が大きな権限を有しており、住民の健康、安全、福祉は州の管轄である。よって建築規則について全米規模の規定はない。州はこの権限に基づき、将来の地震被害を軽減するのに必要な建築基準、建築免許制度、土地利用計画等の措置を実施している。

地震危険の高いカリフォルニア州では、州政府と地方自治体に広範な地震政策がある。それは、地震を含む様々な災害により土地が被害を受ける可能性が高い地域のハザードマップの作成、公立学校と全ての救急病院に対する建築基準強化の義務付け、州レベルでの査察などの管理計画の義務付けなどである。建築基準については、公立学校や病院を除く全ての新設建物にカリフォルニア建築基準を適用することが義務付けられている。また、建築免許制度も実施しており、民間技術者や建築家に対し、州が発行する建築事業に対する免許証を取得することが義務付けられている。この免許証を取得するためには地震に関する試験に合格する必要がある、地震に関する十分な知識を有することが求められる。土地利用計画については、全ての都市および郡に対し、土地利用や住宅政策などを骨子とする地震被害に対処するための土地利用計画の策定・実施が要請されている。そこには、地域社会で地震被害などの災害に対処できるような対応策を盛り込んだ安全基準を策定することが義務付けられている。

カリフォルニア州では、情報開示を重要な政策手段の一つとして利用しており、古い建物を売却する際、所有者は購入者に対し、その建物が地震被害を受けやすいことを通知する必要がある。