

参考資料: 耐震診断の方法

建物の耐震性能とは、地震のエネルギーを吸収できる能力のことで、

- ・ 建物の強さ（地震力に耐える「頑丈さ」）
- ・ 建物の粘り（地震力を逃がす「しなやかさ」）
- ・ 建物状況（建物の平面形、断面形、バランス）
- ・ 経年状況（建物の老朽化の度合い）

を考慮して決められるものである。

なお、耐震診断については、マンションの建物規模等から、構造設計のできる一級建築士の設計事務所等で、耐震診断のノウハウのあるものに調査委託することが望ましく、耐震改修支援センター（(一財)日本建築防災協会）に相談することも考えられる。

(1) 耐震診断の方法

耐震診断は、図面や現地での調査に基づき、建物の保有する耐震性能を数値で評価するものであり、その結果に基づいて耐震化の必要性を確認することとなる。耐震改修促進法4条1項に基づき、国土交通大臣が定めた「建築物の耐震診断及び耐震改修の促進を図るための基本的な方針」（平成18年国土交通省告示第184号）に耐震診断の指針として、耐震診断の方法が示されている。

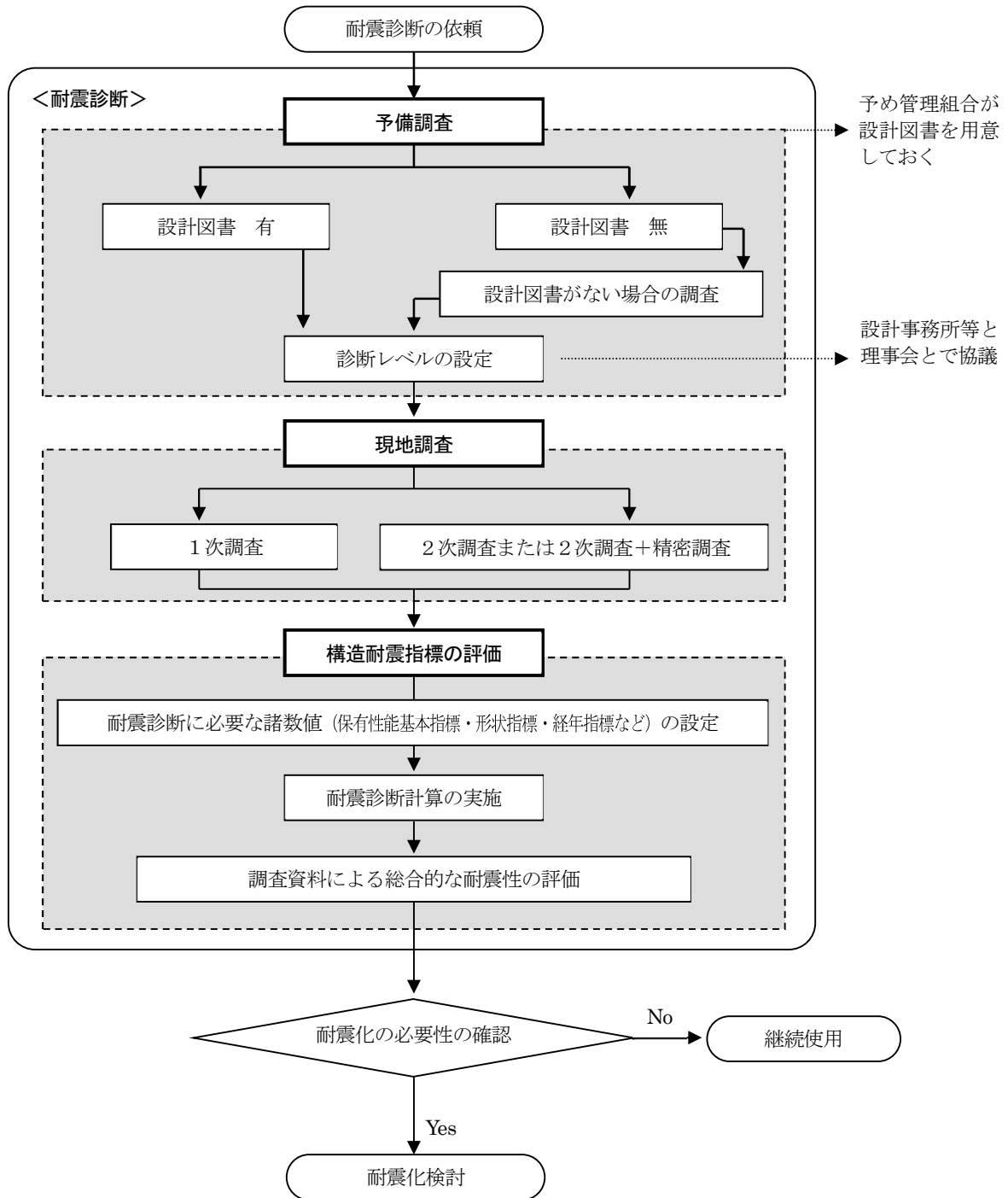
また、その方法と同等以上の効力を有すると認める方法として、国土交通大臣が認めた方法がある。主にマンションで活用可能な方法を下表に示す。

■主な耐震診断基準

建物の構造	耐震診断基準
鉄筋コンクリート造	(一財)日本建築防災協会による「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準」
鉄骨鉄筋コンクリート造	(一財)日本建築防災協会による「既存鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準」
鉄骨造	(一財)日本建築防災協会による「既存鉄骨造建築物の耐震診断指針」
壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造・壁式鉄筋コンクリート造	(一財)日本建築防災協会による「既存壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断指針」「既存壁式鉄筋コンクリート造等の建築物の簡易耐震診断法」

耐震診断は、これらの方法を用いることが必要であり、以下の耐震診断についてはRC造のマンションを想定し、一般的によく使われている(財)日本建築防災協会による「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準」をもとに記述する。

■ 耐震診断フロー



(2) 予備調査

予備調査は、調査の対象となる建築物の概要を把握し、耐震診断基準の適用の可否、現地調査で必要になる情報および資料を収集することを目的として行う。

予備調査は以下の事項について調査を行う。調査は、原則として耐震診断を依頼された設計事務所等が現地にて行うが、設計図書は理事会が予め用意しておく。

① 建築物の概要

マンションの名称、所在地、現状の用途、設計者、施工者、工事監理者および竣工年（建築確認を受けた年）を調べる。さらに、マンションの概略を把握するために、階数、高さ、主体構造の構造種別と構造形式、基礎形式、面積、階高、平面および立面形状の特徴、主な外装・内装、敷地の地盤・地形等を調査する。

② 設計図書の有無

耐震診断を行うには設計図書が必要であるため、マンションの設計に関する記録（一般図、構造図、構造計算書、仕様書、設計変更図、地盤調査報告書等）の有無を調査する。その他、老朽化調査など過去に調査した資料の有無も調査する。

設計図書が無い場合には、実測図の作成や耐震診断を行うための資料の作成をする必要があり、その調査には別途かなりの調査費と時間を要することに留意する。

③ 建築物の履歴（使用履歴・増改築・大規模な模様替えの有無・経年劣化・被災の有無など）

主として聞き取り調査によって、建築物が設計あるいは竣工時からどのような経過を経てきたか、またどのような被災に遭遇して現在に至っているかを調査する。現在の使用状況、増改築の有無とその範囲および時期を確認する。

④ 現地調査の可否

マンションの状況により現地調査が可能か否かを判断するため、現地調査の支障の有無を確認する。

⑤ 診断レベルの設定

耐震診断は計算のレベルの異なる第1次診断法、第2次診断法および第3次診断法がある。それぞれの診断法の適用にあたっては、診断の目的、マンションの構造特性等に応じて、設計事務所等と理事会とで協議し適切な診断法を選定する。

なお、第1次診断法は極めて簡易な診断法であるため、耐震性能があると判定するための構造耐震判定指標 I_{50} の値が、第2次診断法・第3次診断法よりも高く設定されている（2.2.4 (4) 参照）。

したがって、壁式構造を除き、第1次診断法で耐震性能があると評価される例は少なく、第2次診断法または第3次診断法により耐震性能の評価を行うことが一般的である。

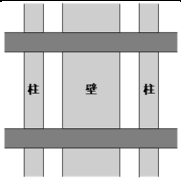
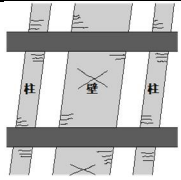
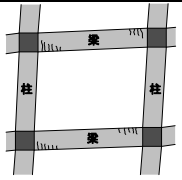
各診断法の特徴を次に示す。

第1次診断法：比較的耐震壁が多く配された建築物の耐震性能を簡略的に評価することを目的とした診断法である。対象建物の柱・壁の断面積から構造耐震指標を評価するものである。

第2次診断法：梁よりも、柱、壁などの鉛直部材の破壊が先行する建築物の耐震性能を簡略的に評価することを目的とした診断法である。対象建物の柱・壁の断面積に加え、鉄筋の影響も考慮し、構造耐震指標を評価するものである。第1次診断法よりも計算精度の改善を図っており、一般的な建物の構造特性に適した、最も適用性の高い診断法である。

第3次診断法：柱、壁よりも、梁の破壊や壁の回転による建物の崩壊が想定される建築物の耐震性能を簡略的に評価することを目的とした診断法である。対象建物の柱・壁（断面積・鉄筋）に加えて、梁の影響を考慮し、構造耐震指標を評価するものである。第3次診断法は、計算量が最も多く、解析においてモデル化の良否の影響を大きく受けるため、高度な知識と慎重な判断を要する診断法である。

■各耐震診断法の比較

診断次数		第1次診断法	第2次診断法	第3次診断法
適した構造特性		 <p>壁の多い建築物に適する</p>	 <p>主に柱・壁の破壊で耐震性が決まる建築物</p>	 <p>主に梁の破壊や壁の回転で耐震性が決まる建築物</p>
計算	必要項目	床面積、階数、階高、柱断面寸法、柱内法長さ、壁断面寸法、腰壁・垂れ壁寸法	(同左) + 壁開口部寸法、柱配筋、壁配筋、コンクリート強度、柱鉄筋強度	(同左) + (同左) + 梁断面寸法、梁スパン、梁配筋、柱・梁鉄筋強度
	難易度	易しい	難しい	非常に難しい

* 『耐震改修による安全・安心な街づくり』パンフレット（BCS 建築業協会）を元に加工作成

(3) 現地調査

現地調査は、マンションの現況を把握し、設計図書との整合性を確認することや、マンションの劣化状況等の診断計算に必要な調査項目を確認することを目的として行う。

主に第1次診断法で必要となる1次調査と、第2次診断法・第3次診断法で必要となる2次調査に分けられる。また、より精度が求められる場合などには精密調査を行う場合がある。

一般的に行われる現地調査項目の例を次に示す。

調査項目	調査目的	調査方法	1次調査	2次調査	精密調査
			◎	◎	—
使用状況や建物環境の調査	・現状建物の使用状況の把握 ・用途変更や改造の有無を確認	目視による	◎	◎	—
基礎・地盤の調査	・建物の傾斜や地形・地盤の把握	目視による	◎	◎	—
劣化状況調査	・仕上げ材の劣化状況を把握 ・補強以外に補修の必要箇所や落下危険物の有無を把握	目視による劣化状況の確認	◎	◎	—
躯体ひび割れ状況調査	・建物の劣化状況を把握	目視によるひび割れ発生状況の確認	◎	◎	—
		ひび割れ幅の測定による	—	◎	—
部材調査	・原設計図書と現状建物の整合性の確認	部材寸法の実測による	◎	◎	—
		鉄筋探査による配筋の確認	—	○	○
		仕上げ材除去・ハツリ	—	○	○
コンクリート強度試験	・診断計算に用いるコンクリート強度の把握	コンクリートコア採取および圧縮強度試験による	○	◎	○
コンクリート中性化深さ試験	・老朽化の程度の把握	コンクリートコアの中性化深さ試験による	—	◎	○

◎：必ず実施する ○：必要に応じて実施 —：実施しない

(4) 構造耐震指標等の評価

建物の保有する耐震性能は、構造耐震指標 I_s という数値を算出し、構造耐震判定指標 I_{so} と比較することにより評価する。

I_s ：構造耐震指標（耐震診断を行った建物の耐震性能を表す指標）

I_{so} ：構造耐震判定指標（現行の建築基準法等により設計される建物とほぼ同程度の耐震性能を表す指標）

建物の耐震性の判定では、構造耐震指標 I_s が構造耐震判定指標 I_{so} 値以上であれば、「安全（想定する地震動に対して所要の耐震性を確保している）」とし、そうでなければ耐震性に「疑問あり」とすることによって、耐震化の必要性を確認する。

$I_s \geq I_{so}$ … 「安全（想定する地震動に対して所要の耐震性を確保している）」

$I_s < I_{so}$ … 「疑問あり」

① 構造耐震指標 I_s の計算

構造耐震指標 I_s は、つぎのように算定される。下式に示す保有性能基本指標 E_0 と形状指標 S_D と経年指標 T により算定されるものである。

$$I_s = \text{建物の強さと粘りの指標 (保有性能基本指標 } E_0 \text{)} \\ \times \text{建物の形状、バランスの良さの指標 (形状指標 } S_D \text{)} \\ \times \text{建物の経年劣化の指標 (経年指標 } T \text{)}$$

算定される形状指標 S_D および経年指標 T の値は 1.0 を最大値とし、建物の形状や経年劣化の度合いが耐震性能に与える影響が大きい場合は、それぞれ 1.0 未満となり構造耐震指標 I_s が低減することとなる。

② 構造耐震判定指標 I_{s0}

現行の建築基準法等により設計される建物とほぼ同程度の耐震性能を表す指標であり、一般的には第 1 次診断法の場合は 0.8、第 2 次診断法及び第 3 次診断法の場合は 0.6 となる。

ただし、地域や地盤の状況により補正される。

このほか、第 2 次診断法・第 3 次診断法では、建物の耐震安全性を確保するために、 I_s 指標による判定に加えて、最低限必要な建物の頑丈さを満たしているか否かの判定を行うこととしている。その指標（累積強度指標）は $C_{TV} \times S_D$ という算式で示され、一般的には、0.3 以上であることが必要である。

ただし、地域や地盤の状況により補正される。

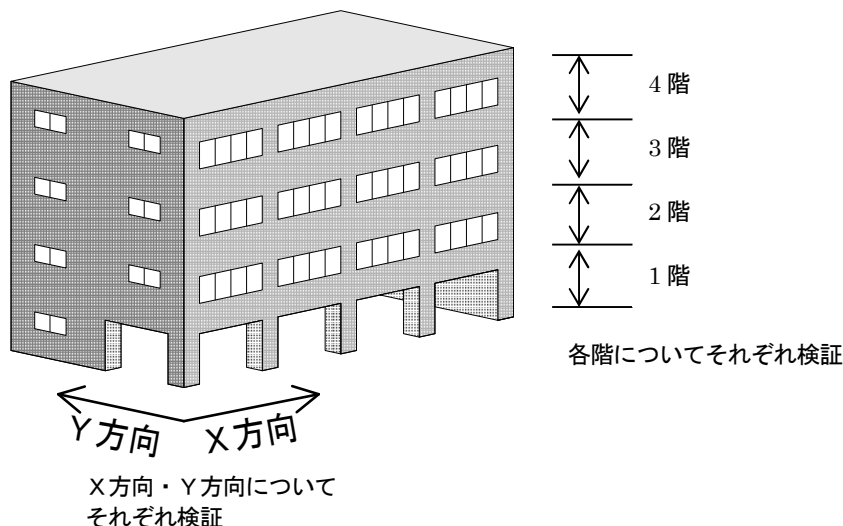
以上にみてきた構造耐震指標等と耐震性能の判定との関係についてまとめると、次のとおりである。

■ 構造耐震指標等と耐震性能の判定との関係

	第 1 次診断	第 2 次・第 3 次診断	判 定
構造耐震指標 I_s	0.8 以上	0.6 以上	「安全」(想定する地震動に対して所要の耐震性を確保している)
	0.8 未満	0.6 未満	「疑問あり」
累積強度指標 $C_{TV} \times S_D$	—	RC 造の場合：0.3 以上 S 造・SRC 造の場合：0.25 または 0.28 以上	「安全」(想定する地震動に対して所要の耐震性を確保している)
	—	RC 造の場合：0.3 未満 S 造・SRC 造の場合：0.25 または 0.28 未満	「疑問あり」

* 上記については、一般的な数値を示しており、地域、地盤の状況等により数値は異なる

これらの構造耐震指標の評価は、方向（水平面の X 方向、Y 方向）・階別に算定される。全方向・全階で判定指標を満足している場合に安全（想定する地震動に対して所要の耐震性を確保している）と判断し、そうでない場合は耐震化が必要とされる。



なお、マンションでは住戸間の壁（戸境壁）は耐震壁付きラーメン構造として設計されている場合が多いので梁間方向（短辺方向、ここではY方向）は I_s 値が I_{s0} 値以上で耐震性能が十分ある場合が多いが、桁行き方向（長辺方向、ここではX方向）は開口が多くラーメン構造として設計されているが昭和 56 年 5 月以前の設計ではねばりが少なく耐震性能が劣るものが多い。したがって、マンションの耐震改修工事は桁行き方向（長辺方向）のみ行う場合が多い。

■ 第 2 次診断の例

1 階及び 2 階の X 方向の I_s 値が 0.6 より小さく、耐震性能を満たしていないことが分かる。

第 2 次診断結果表							
建物名称：〇〇マンション		竣工年度：昭和 45 年		住所：△県△市			
診断者名：□□設計事務所		診断年月日：平成△年△月△日					
構造耐震判定指標 $I_{s0}=0.60$ 、 $C_{TV} \times S_D=0.30$							
方向	階	E_0	S_D	T	$I_s = E_0 \times S_D \times T$	$C_{TV} \times S_D$	判定
X 方向	4	1.00	0.80	0.93	0.74	0.80	○
	3	0.85	0.80	0.93	0.63	0.68	○
	2	0.60	0.80	0.93	0.45	0.48	▲
	1	0.56	0.80	0.93	0.42	0.45	▲
方向	階	E_0	S_D	T	$I_s = E_0 \times S_D \times T$	$C_{TV} \times S_D$	判定
Y 方向	4	2.81	0.80	0.93	2.09	2.25	○
	3	2.42	0.80	0.93	1.80	1.94	○
	2	1.47	0.80	0.93	1.09	1.18	○
	1	1.08	0.80	0.93	0.80	0.86	○

○：安全（想定する地震動に対して所要の耐震性を確保している。） ▲：疑問あり

(5) 構造耐震指標 I_s と地震被害との関係

一般的なマンションで採用される第2次診断で、構造耐震判断指標 $I_{s0}=0.6$ の場合の構造耐震指標 I_s と地震被害との関連は以下のように想定される。

構造耐震指標及び保有水平耐力に係る指標		構造耐力上主要な部分の地震に対する安全性
(一)	I_s が 0.3 未満の場合又は q が 0.5 未満の場合	地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、又は崩壊する危険性が高い。
(二)	(一) および (三) 以外の場合	地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、又は崩壊する危険性がある。
(三)	I_s が 0.6 以上の場合で、かつ、 q が 1.0 以上の場合	地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、又は崩壊する危険性が低い。

注1：上記表は、建築物の耐震診断及び耐震改修の促進を図るための基本的な方針（平成18年1月25日国土交通省告示第184号）別添「建築物の耐震診断及び耐震改修の実施について技術上の指針となるべき事項」の別表6として位置づけられている。

注2：上記表中の q 値は、各階の保有水平耐力に係る指標で、耐震診断基準における累積強度指標 $C_{TV} \times$ 形状指標 S_D との関係は以下の通りである。
 $q = C_{TV} \times S_D /$ （鉄筋コンクリート造：0.3、鉄骨造および鉄骨鉄筋コンクリート造：0.25 または 0.28）

注3：上記表中における地震は、大規模地震を想定している。

(6) 耐震化の必要性の確認

耐震診断の総合評価によって、 I_s が I_{s0} 未満であり、理事会として耐震化が必要と確認した場合には、管理組合広報紙等で耐震診断の結果を報告し、耐震化の必要性について区分所有者の理解を得るための啓発活動を行い、次の耐震化検討段階に進むこととなる。

なお、 I_s が I_{s0} 以上であり、耐震化の必要がないとの結論の場合は、現状のまま継続使用ということになるが、老朽化等に伴う耐震化以外の修繕・改修が必要な場合もあり、必要に応じて長期修繕計画の見直しを行う。

また、耐震診断や耐震改修の結果、 I_s が I_{s0} 以上である場合は、所管行政庁より地震に対する安全性が確保されている旨の認定を受けて「基準適合認定建築物」の表示をすることができるようになった。