

季刊

マンションを考える

第26号 特集 地震に備える ～熊本地震を受けて～

26

—2— 非構造部材と設備

2016 秋 No.26

NPO マンション再生・建替・支援センター

熊本地震によるマンション被害の実態

平成28年4月に発生した熊本地震では、多数の住宅が被害を受けました。ただ、被災した住宅の多くが木造一戸建てということもあり、マンションの被害状況については報道されることも少なく、マンションには、どのような被害がでているのか、あまり知られていないのではないのでしょうか。

ここでは、熊本地震により発生したマンション被害の実例を、被害の程度別に説明します。

*国交省：国土技術総合政策研究所『熊本地震における建築物被害の原因分析を行なう委員会』の配布資料より抜粋・加工
http://www.nilim.go.jp/lab/hbg/kumamotozisinniinkai/kumamotozisinniinkaikaisaizyoukyou_handouts.htm

I. 層崩壊

所在地：熊本市西区
 建築年：1974年
 階数：9階建て
 構造：RC造
 形状形式：L字・ピロティ
 用途：1F 店舗・駐車場
 2F～住居

- ・1階駐車場部分が崩壊している。ピロティ形式で耐力壁がないことが、層崩壊の原因と考えられる。
 - ・尚、平面形状はL字型の建物であるが、エキスパンションジョイントによる分割はない。
- ※構造上の問題点については、『第25号』5頁で指摘しています。併せてご覧下さい。



I-① 外観



I-② 破断した柱



I-③ ①の裏側



I-④ ①の裏側入り隅部、1階部分の崩壊

特集 地震に備える ～熊本地震を受けて～

—2— 非構造部材と設備

目次

熊本地震によるマンション被害の実態	
I. 層崩壊 1
II. 構造部材の損傷 2
III. 非構造部材の損傷 3
IV. 設備の被害 3
V. 免震建築物の被害 4

「非構造部材」と「設備」の地震対策	
1. 非構造部材 5
①非構造部材と構造部材	
②想定地震被害と耐震上の留意点	
2. 設備 7
①設備の耐震性能／②設備の耐震対策	

Ⅱ. 構造部材の損傷-1 【耐力壁・梁】

所在地： 熊本市西区
 建築年： 1977年
 階 数： 10階建て
 構 造： RC造
 形状形式： L字・ピロティ
 用 途： 1F 店舗・駐車場
 2F～住居

- ・前頁のマンションと隣接する。
 1階の耐力壁が前頁のマンションより比較的多く配置されていることから、層崩壊を免れたと推察される。
- ・2階張間方向妻構面の耐力壁と思われるRC壁にせん断ひび割れ(Ⅱ-1-③)、2階桁行方向の梁端にせん断ひび割れ(Ⅱ-1-④)が生じている。



Ⅱ-1-① 外観(東側)



Ⅱ-1-②(北側)



Ⅱ-1-③ 2階RC壁のせん断ひび割れ



Ⅱ-1-④ 2階梁端のせん断ひび割れ

Ⅱ. 構造部材の損傷-2 【柱】

所在地： 宇土市入地町
 建築年： 1998年
 階 数： 4階建て
 構 造： RC造
 形状形式： 長方形・ピロティ
 用 途： 住居

- ・1階柱の頭部に損傷が集中している。
- ・破壊箇所、梁主筋または2階柱主筋の定着部が確認された(Ⅱ-2-②、Ⅱ-2-③)。
- ・一部の主筋の破断がみられる(Ⅱ-2-④)。



Ⅱ-2-① 外観



Ⅱ-2-②、Ⅱ-2-③ 梁主筋または2階柱主筋の定着部



Ⅱ-2-④ 主筋の破断

Ⅲ. 非構造部材の損傷-1 【非耐力壁】

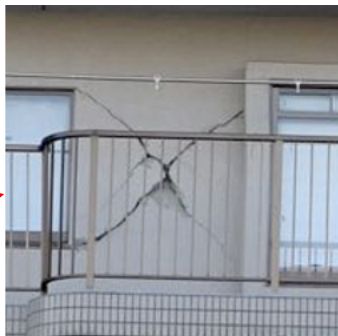
(1)ベランダ側方立て壁(下)↓

所在地：熊本市中央区
建築年：1990年
階数：10階建て
構造：SRC造



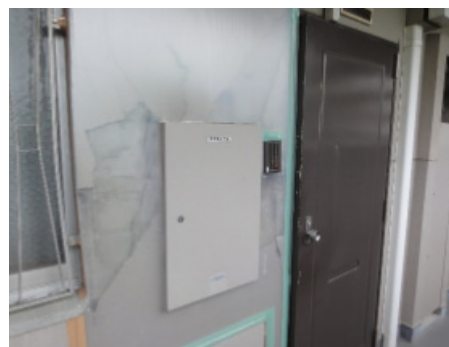
(2)廊下側方立て壁(右)→

所在地：熊本市中央区
建築年：1978年
階数：11階建て
構造：RC造



Ⅲ-1-②

←Ⅲ-1-① せん断破壊(1~7階)



Ⅲ-1-③ せん断破壊と玄関の開閉障害

- ・(1)のマンションでは、桁行方向のバルコニー側の方立て壁に、1~7階までせん断破壊が発生している。
- ・(2)のマンションでは、廊下側の方立て壁にせん断破壊が生じている。また、鋼製玄関扉に開閉障害が発生している例が多くみられた。

Ⅲ. 非構造部材の損傷-2 【エキスパンションジョイント】

所在地：熊本市中央区
建築年：1998年
階数：13階建て
構造：SRC造
形状：L字
用途：住居

- ・エキスパンションジョイント部及びその周辺のコンクリートの破壊がみられる。
- ・エキスパンションジョイントで分割された2棟の建築物が地震時に衝突したものと推察される。



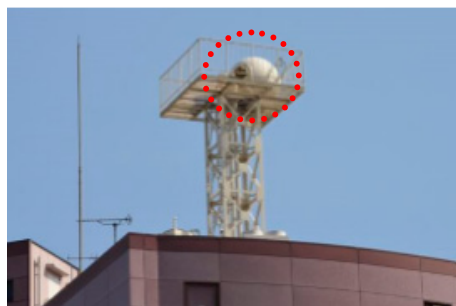
Ⅲ-2-① 外観



Ⅲ-2-② エクスパンションジョイント、周辺コンクリートの破壊

Ⅳ. 設備の被害 【給排水設備、電気設備】

- ・それぞれ熊本市東区の7階建てマンションの被害例。
- ・屋上に設置されていた高置水槽の転倒(Ⅳ-①)、受変電設備の外装パネルの損傷(Ⅳ-②)。



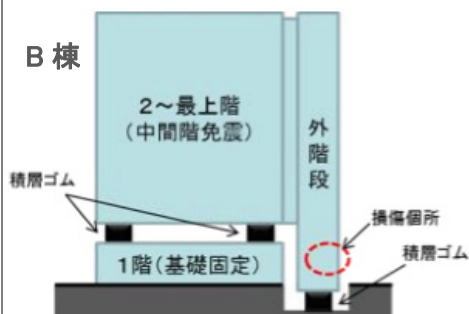
Ⅳ-① 高置水槽の転倒



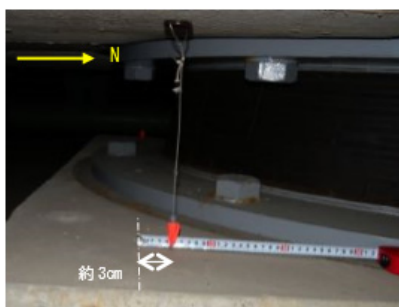
Ⅳ-② 受変電設備の外装パネルの損傷

V. 免震建築物の被害-1

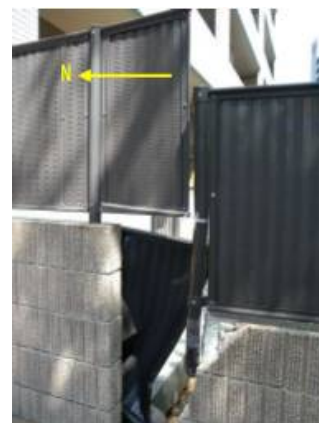
所在地：熊本市中央区
 建築年：1996年
 構造：RC造
【A棟】
 階数：14階建て
 免震層：基礎
 免震材料：高減衰積層ゴム15基
【B棟】
 階数：11階建て
 免震層：中間階(2階床下)
 免震材料：高減衰積層ゴム15基
 (その他、外階段直下に2基)
 ※A・B棟が、渡り廊下兼集会場
 (2階建て・非免震)を挟んで
 配置されている



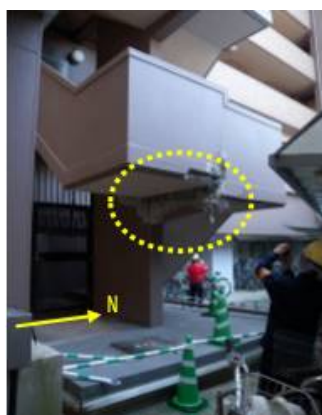
※写真中の → N は「北」を指す



V-1-① 積層ゴムの残留変形



V-1-② エキスパンション損傷



V-1-③ 外階段の損傷



V-1-④ 外階段下積層ゴム支承上側の取付け基部損傷

V. 免震建築物の被害-2

所在地：熊本市中央区
 建築年：2006年
 構造：RC造
 階数：15階建て
 免震層：基礎
 免震材料：天然ゴム系積層ゴム15基
 U型鋼材ダンパー 8基
 鉛ダンパー 8基

免震建築物の被害の特徴

【免震材料の被害(V-1-①)】

必ずしも問題があるとは限らず、通常の維持管理の範囲内で対応可能。

【クリアランス部の被害(V-1-②、V-2-①)】

クリアランス部に配置された金具類(エキスパンションジョイント等)が免震の応答に追従できなかったため発生。構造計算の対象ではないが、設計者への注意喚起が必要。

【ダンパー取付け基部の被害(V-2-②、V-2-③)】

ダンパーの応答変形に伴って取付け基部に作用するせん断力及び曲げモーメント等の作用に対する想定が不十分で、周囲の梁等の部材配置、定着部の配筋等についての設計が不適切だったと考えられる。

【外付け階段の被害(V-1-③、V-1-④)】

自重に対する検討は行なわれているが、地震に対しては本体架構の付加質量としてのみ取り扱われ、階段基部の積層ゴム支承の応答変形に伴う復元力に対する強度が不十分だったためと考えられる。



V-2-① エキスパンション変形



V-2-② 免震層上面の床スラブ損傷



V-2-③ ダンパー取付け基部損傷

「非構造部材」と「設備」の地震対策

本季刊誌・第25号では、マンションの耐震化について取り上げました。これは構造体(躯体)の話ですが、前章で見てきたように、マンションの被害は、構造部材だけでなく、非構造部材や設備にまで及びます。

地震被害から人命や財産を守るためには、構造体の耐震性が最重要であることは言うまでもありませんが、例えばガラスや外壁、天井などの非構造部材の脱落や破損などによって死傷することもありますし、玄関ドアが開かないだけでも避難に支障が出ます。また、給排水設備やエレベーターなどの設備に被害が出れば、マンション内での生活が困難になります。

本号では、非構造部材と設備における地震被害と、その対策について考えてみたいと思います。

1. 非構造部材

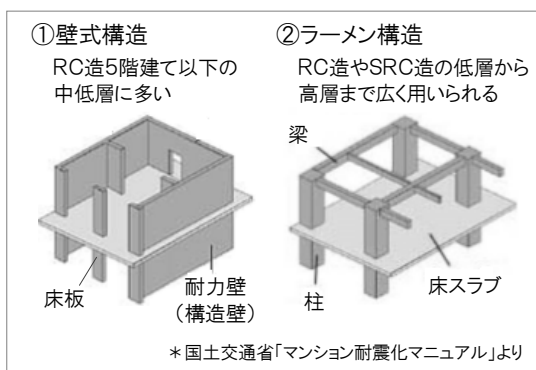
①非構造部材と構造部材

「非構造部材」とは、構造躯体以外の建築部材全てを指す用語であり、外壁、開口部、間仕切り壁、天井、床など建築の各部位を中心に、建物内の家具、什器、機器、設備機器などを含みます。

構造躯体を構成する部材が「構造部材」ですが、それは建築物の構造により異なります。マンションは、主として鉄筋コンクリート造(RC造)あるいは鉄骨鉄筋コンクリート造(SRC造)で、構造は①壁式構造と、②ラーメン構造です。それぞれの構造部材は、基本的には①が壁・床、②では柱・梁・床となります(下図参照)。

部位ごとに、もう少し詳しく説明します。

- ・建物の受ける力を負担しない壁は、非耐力壁あるいは帳壁(ちょうへき)と呼ばれ、これは非構造部材です。
尚、ラーメン構造でも、耐力壁を柱・梁の間に設けることも多く、それは構造部材です。
タイルなどの外装仕上げ材は、全て非構造部材です。
- ・床は、構造躯体と一体になっていれば構造部材、梁に掛け渡す構法による床などは非構造部材です。
- ・天井は、床スラブ下面に塗装やクロスを貼ったものは構造部材ですが、モルタルや漆喰等の仕上材や、吊り天井などによる二重天井部分は、非構造部材となります。



②想定地震被害と耐震上の留意点

非構造部材には様々な材料があり、その被害は広範囲で膨大なものとなりますが、取り付け方は千差万別である上、その耐震性は取り付けられている構造体(躯体)の耐震性と密接に関係しているために、明白な因果関係の把握は困難です。

非構造部材の耐震を考える上での基本は、「構造体と切り離された非構造部材は、構造体ではないため、耐震強度は持っていない」ということです。すなわち、外壁等躯体に加わる地震力により、取り付けられた部位が破断、変形、剥離、外れないよう、部材取り付け構法に細心の注意が必要となります。

非構造部材の耐震設計の考え方は、1978年の宮城沖地震を契機に(社)日本建築学会内で研究され、1985年、各方面で参考資料として使用されるべく『非構造部材の耐震設計指針・同解説および耐震設計・施工要領』として発表、更に10年後(1995年)の兵庫県南部地震を受けて2003年に改訂されています。

ここでは、その指針を参考に、マンションにおける建築非構造部材ごとに、地震によって起こりえる被害と対策(耐震上の留意点)をまとめてみました。

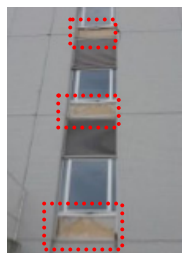
すでに竣工したマンションで、非構造部材の耐震性を見直す機会は少ないと思いますが、マンション(躯体)の耐震化を図る際や大規模修繕などの機会を捉えて、耐震上の留意点をチェックし、必要であれば対策を検討して下さい。ガラスの飛散防止や居室内の仕上げなど、各住戸でもできる対策もありますので、参考にして下さい。(参考写真は次頁)

部 材	考えられる被害	耐震上の留意点
外 壁 <small>(参考写真:①)</small>	・外壁、仕上げ材のひび割れ、落下。 ・外壁に取り付けられた設備機器や看板などの落下、破損。	外壁に加わる地震力は、特に上層階隅部で大きくなるゆえ、この部分でも壊れず剥離しない強度を確保する。
タイル・石張り 仕上げ <small>(参考写真:①)</small>	コンクリート打設後にモルタル等で張られる工法(湿式工法)では、躯体のひび割れに伴う剥落被害が多い。	・タイルや石材を、躯体に直接打込む先付け工法は、耐震性に問題はない。 ・躯体に設置した金物に引っ掛ける乾式工法でも顕著な被害は出ていない。

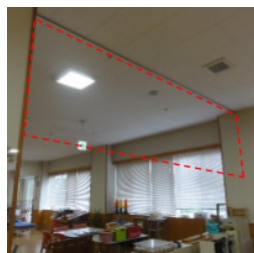
<p>サッシ ガラス</p> <p>(参考写真:②)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・クレセント等金具破損、サッシ枠の変形・脱落、ガラスの破損。 ・引き違いより嵌め殺し窓、コーナー窓の被害が大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・窓の部分で層間変位を受けない設計とする。 ・窓ガラスは十分なクリアランスを確保し、弾性シーリングで取付ける。 ・ガラス表面に飛散防止フィルムを貼ることは、二次被害防止上極めて有効である。
<p>外部階段</p> <p>(写真:P4 V-1-③)</p>	<p>災害時、外れ・破損等で、避難経路とならないケース有り。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄骨階段など、躯体に確実に取付けられていることが重要である。 ・免震建築物の階段については4頁参照。
<p>エキスパンション ジョイント</p> <p>(写真:P3 III-2-②)</p>	<p>建物の平面形が変則(例えばL字型)だと、地震時にL字をなす2棟が別々に揺れ、棟と棟の継目が破損する可能性がある。その被害を減じるために、棟と棟の継目を構造的に切り離すが、その間隔が十分で無いと、建物同士がぶつかり合い、躯体の破壊を招く。</p>	<p>大地震の時には、一般的に各棟高さ方向の1/200程度変形することが予想されるため、両棟が最大限に揺れても互いにぶつからないように高さの1/100以上の間隔をとるよう現行基準で定められている(10階の建物ではエキスパンションジョイントの幅は凡そ30cm程となる)。</p>
<p>防煙垂れ壁</p> <p>(参考写真:③)</p>	<p>建物規模により、火災時の煙拡散を防ぐために設置されている。50cmのガラス板が多いが、熊本地震でもガラスの破損・脱落が多数発生した。</p>	<p>ガラス板を認定品のプラスチックへ交換することが望まれる。</p>
<p>出入口扉</p> <p>(写真:P3 III-1-③)</p>	<p>躯体壁面に取付けられた扉は、地震による建物の変形が直接扉枠に影響し、扉の開閉が困難になる(特に、開放廊下に面した玄関扉など)。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・扉をアルコーブに設置するなど、躯体壁面から外し、面内変形による建具の変形を防ぐ。 ・扉本体と枠のクリアランスを確保する。 ・耐震蝶番を採用する。
<p>天井</p> <p>(参考写真:④)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・スラブコンクリート表面をモルタルや漆喰で仕上げた天井は剥落の心配がある。 ・軽量鉄骨下地の吊り天井では大地震の都度、落下事故が発生しているが、マンションでの使用は小面積のため、落下の可能性は少ない。 	<p>居室天井をモルタルや漆喰で仕上げたマンション(築40年以上)では、仕上げ材撤去、軽量仕上材に変更する。</p>
<p>間仕切り壁</p> <p>(参考写真:⑤)</p>	<p>間仕切り壁は軽量鉄骨下地にボードを張り作られるが、上下スラブの間にあるため、上下階の層間変位の影響を直接受け、ボードにひび割れや扉の開閉困難が発生する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・層間変位の影響を避けるために、壁の上部と両端部の変形を吸収する納まりとする。 ・平面上で直交する壁の取り合い部では、縁を切るなど工夫する。 ・間仕切り壁の出入口部などは、それらが自立できるよう開口補強する。
<p>内装</p> <p>(参考写真:⑤)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・床仕上材は躯体を通して地震の影響を受け、扉の開閉に支障が出たり、壁仕上材の石膏ボード等が下地から剥落し、共に避難の妨げとなる。 ・組下地壁より直張り工法の方が、剥離・剥落の被害が多い。 	<p>居室内扉の開閉確保と、石膏ボード・タイル、塗り仕上げのモルタル・漆喰など、下地材の挙動に注意を払う必要がある。</p>



①外壁タイルの剥落(ビル)



②嵌め殺し窓ガラスの破損(病院)



③防煙垂れ壁の落下あと(病院)



④天井仕上げ材の剥落(学校)



⑤間仕切り壁のひび割れ
防火戸の開閉障害
(空港施設)

*写真は全て1頁記載の資料より抜粋・加工

2. 設備

①設備の耐震性能

(1) 建築設備

建築基準法施行令第129条の二の四に建築設備の構造強度の条項がありますが、これに整合する技術指針として、(財)日本建築センター発行の『**建築設備耐震設計・施工指針(最新2014年版)**』が運用されています。

重量1kN(≒100kgf)を超える機器(マンションでは、水槽、受変電設備、電気温水器など)の耐震固定について基準を示し、重量1kN以下の軽量の機器の据付け・取付けについては、この指針に準拠あるいは同等な設計用地震力に耐える方法で設計・施工されることを推奨しています。

配管や機器と配管の接続部についても、この指針に耐震措置が示されています。

この指針では、建築物あるいは設備機器等の、地震時あるいは地震後の用途を考慮し、耐震クラスを設定することになっています(例:防災拠点建築物、あるいは重要度の高い水槽など)。

一般的な建物や設備は「耐震クラスB」で、建物に入る地震力を0.4Gと想定しています。防災拠点建築物や重要度の高い水槽等は「耐震クラスA(想定地震入力0.6G)」、または「耐震クラスS(想定地震入力1.0G)」の設定で、耐震設計や施工をすることになっています。マンションの場合、特に耐震グレードのアップを謳っていない限り、耐震クラスBの設定で設計、施工されていると思われます。

また、設備機器が受ける水平地震力は、建物が地震入力を増幅するので、右表のように上層階ほど大きくなります。

具体的には、例えば耐震クラスBの建物の屋上に水槽を設置する場合、耐震仕様1.0G以上が必要です。

局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

	建築設備機器の耐震クラス		
	耐震クラスS	耐震クラスA	耐震クラスB
上層階(※)、 屋上及び塔屋	2.0	1.5	1.0
中間階	1.5	1.0	0.6
地階及び1階 (水槽の場合)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)
※上層階の定義	・2～6階建ての建築物では、最上階 ・7～9階建ての建築物では、上層の2層 ・10～12階建ての建築物では、上層の3層 ・13階建て以上の建築物では、上層の4層		

*『建築設備耐震設計・施工指針』より

(2) エレベーター

建築設備と同様に、技術指針として、(財)日本建築設備・昇降機センター発行の『**昇降機耐震設計・施工指針(最新2014年版)**』が運用されています。

また、建築基準法施行令の一部改正(平成21年9月28日施行)により、新築あるいは確認申請が必要なエレベーターのリニューアルで**P波センサ付き地震時管制運転装置(※)**の設置が義務付けられ、同施行令の一部改正(平成21年9月28日及び平成26年4月1日施行)により耐震基準が見直され、レールや駆動部等の耐震対策が強化されました。

※P波センサ付き地震時管制運転装置

大きな揺れが来る前に、最寄りの階に停止する装置。地震発生時、強く揺れる主要動(S波)が来る前の、初期微動(P波)を感知し、最寄り階で自動停止、戸を開き、利用者の避難を誘導する。

主要動を感知しない弱い地震のときは、一定時間が過ぎた後、自動的に運転を再開する。

また、強い地震のときは、専門の技術者による点検が終わるまで、戸を閉じて運転を休止する。

②設備の耐震対策

熊本地震の設備の被害状況の報告がまとめられるにはしばらく時間がかかると思いますが、2011年の東日本大震災後に、(社)建築設備技術者協会「設備被害対策検討委員会」により発行された『**東日本大震災による設備被害と耐震対策報告書**』(平成25年9月5日)が公開されており、専門技術者にとっては、有用な資料です。その資料等を参考に、マンションの管理組合にとって重要と思われる対策を挙げてみます。

*『東日本大震災による設備被害と耐震対策報告書』: http://www.jabmee.or.jp/news/report_taisintaisaku_20130905.pdf

- (1) 大地震発生時に、屋上やバルコニー等に設置された水槽、空調機器が移動、転倒、落下して、機能を失ったり、落下物により死傷者が出るのを防止する。
- (2) 天井や外壁に設置された器具類、配管類等が落下して、死傷者が出ることを防止する。
- (3) 被災後のライフラインの復旧に沿う形で、被災設備の復旧を図ること。
- (4) エレベーター設備の耐震対策、地震時の使用者のかご内閉じ込め対策。

次頁に、各項目についてももう少し具体的な対策を示します。

マンションでは、非構造部材と同様に、設備単独の耐震対策を検討する機会は少ないかもしれませんが、建物の耐震対策を検討・実施する際や、設備の更新・改修等を計画する際に、忘れずに検討項目に加えて下さい。

(1) 屋上や床上に設置された水槽、機器類の耐震対策

- ①100kg以上の機器・・・前頁で紹介した「耐震指針」や「耐震対策報告書」(以下、「指針等」という)を参考に、確認、点検を行い、必要な場合、耐震対策の改修工事を実施する。
- ②100kg未満の機器・・・メーカーなどの技術基準や、施工要領により耐震固定等を行うことになっているが、適切であるか確認し、必要な場合は、固定や補強措置を講じる。



屋上冷却塔の傾斜

(2) 天井や外壁に設置された器具、配管、ケーブルラックなどの耐震対策

- ①10kg以上の器具等の耐震支持・・・「指針等」を参考に、確認、点検を行い、必要な場合、耐震対策の改修工事を実施する。
- ②10kg未満の器具・・・天井部材に固定の上、落下を防止することを可としているが、適切な固定、振れ止め等の措置が取られているか確認し、必要な場合は補強等を実施する。



空調ダクトの脱落

(3) 配管系の耐震対策、復旧を考慮した改修等

- ①配管系の耐震固定は地震時の変位量の吸収を含め、「指針等」を参考に、確認、点検を行い、必要な場合は耐震対策の改修工事を実施する。
- ②給水管、ガス管については、地震被災時の被災個所の確認、切り離し等の復旧工事を容易にするため、分岐系統ごとに仕切弁等が設置されていることを確認する。



冷却塔と配管接合部の破断

(4) エレベーター設備の耐震対策

- ①エレベーターの維持管理会社に地震時管制運転等の耐震対策についての現状を確認する。不十分と判断される場合は、地震時管制運転装置の設置、特に高経年のエレベーター設備では耐震補強等の改修工事を計画実施する。
- ②地震時の閉じ込め防止のため、**停電時自動着床装置(※)**が設けられているか、確認する。ない場合は、万一被災時に停電して閉じ込められたときに、管理会社などによる復旧、救助を待たねばならないが、東日本大地震発生時、閉じ込まれ件数が多すぎ、救助までに長時間かかったとの報告がある。設置は任意なので、救出までの予想時間、周囲の環境や火災発生の危険性などを総合的に検討し、判断することになるが、設置を推奨したい。

※停電時自動着床装置

停電を検知した場合に、動力電源をバッテリーに切り替え、自動的にエレベーターを最寄り階まで運行して待機させる。自家発電設備のない建物において、停電時のかご内での閉じ込めを抑止する。

*写真(3枚共)は熊本市御船町の行政庁舎の設備(1頁記載の資料より抜粋・加工)

会員募集

NPO法人
マンション再生・建替・支援センター

〒112-0014
東京都文京区関口 1-8-6-805
TEL:03-3268-3641
FAX:03-3268-3642
[http:// mansion-saisei.jp](http://mansion-saisei.jp)

会員募集中です
URLを御覧ください

バックナンバーは下記 URL を
ご覧ください
[http:// mansion-saisei.jp](http://mansion-saisei.jp)

- 第1号 アスベストとマンション
- 第2号 マンションと地震-1
- 第3号 マンションと地震-2
- 第4号 マンションと高齢化社会
- 第5号 小規模マンションの維持管理
- 第6号 マンションと安全
- 第7号 マンションとトラブル-1
- 第8号 マンションとトラブル-2
- 第9号 マンションの長寿命化-1
- 第10号 マンションの長寿命化-2
- 第11号 マンションの2戸1戸化・増床・減床
- 第12号 既存マンションの省エネルギー化
- 第13号 マンション駐車施設に起きる問題
- 第14号 既存マンションへのエレベーター設置
- 第15号 NPOの大規模修繕工事への協力-1
- 第16号 NPOの大規模修繕工事への協力-2
- 第17号 マンションの系譜と再生-1
- 第18号 マンションの系譜と再生-2
- 第19号 マンションの系譜と再生-3
- 第20号 マンションの系譜と再生-4
- 第21号 マンションの系譜と再生-5
- 第22号 これからはじめるマンション建替え
- 第23号 マンションのバリューアップ-1
- 第24号 マンションのバリューアップ-2
- 第25号 地震に備える-1 耐震診断と耐震改修

発行者:阿波秀貢
発行所:NPO マンション再生・
建替・支援センター
〒112-0014
東京都文京区関口
1-8-6-805
TEL:03-3268-3641
<http://mansion-saisei.jp>
編集:マンションを考える
編集室

マンションを考える
編集責任者・・・三浦義幸
橋本亜由美