

防災拠点等となる建築物に係る機能継続ガイドライン (案)

| | |
|--------------------------------|----|
| はじめに | 1 |
| 1. 本ガイドラインの目的 | 3 |
| 2. 活用が想定される建築物 | 4 |
| 3. 防災拠点等となる建築物の設計等にあたっての関係者の役割 | 5 |
| 4. 機能継続に係る目標 | 7 |
| 5. 立地計画 | 9 |
| 6. 建築計画 | 10 |
| 7. 構造計画(構造躯体及び非構造部材の耐震設計) | 11 |
| 8. 設備計画(耐震設計及びライフライン途絶対策) | 16 |
| 9. 大地震時の円滑な機能継続確保のための平時からの準備 | 20 |

・前回(昨年 11/20 第 2 回検討委員会)からの変更点は、「Word の修正履歴」により記載しています。

はじめに

これまでの大地震においては、大地震後に防災拠点として機能することが期待されている建築物(防災拠点建築物)について、倒壊・崩壊には至らなかったものの、構造躯体の部分的な損傷、非構造部材の落下等により機能継続できなかった事例が存在している。

たとえば、熊本地震においては、熊本県内の5市町で、庁舎が倒壊・損傷したことにより、外部に機能を移転せざるを得なかった。震度7を2回記録した益城町においては、避難所として指定された建築物は新耐震基準又は耐震改修済のものであったが、非構造部材や構造部材の損傷・落下等により、地震後に避難所としての使用を検討した14棟のうち6棟が使用不可能であった。病院については、病棟の損壊等により、12病院で入院診療が制限されている。

建築基準法は、建築物に関する最低限の基準であり、大地震時には建築物の倒壊等の防止を目標とするのに対し、防災拠点建築物には、これに留まらず、大地震後に機能継続できるためのより高い性能が求められると考えられる。

防災拠点建築物が大地震後に機能継続できるかどうかは、災害に対する地域の対応力に大きく影響する。防災拠点建築物については、これまでの災害経験を踏まえ、すでに各種の既存ガイドライン等の知見や、実際の整備事例が相当程度蓄積されている。このため、こうした知見やそれらから導き出される重要な考え方等を取りまとめ、事例とともにガイドラインとして情報共有を図ることは有用であると考えられる。

本ガイドラインは、建築主、設計者、管理者が防災拠点建築物の機能継続を図る際の参考となるよう、企画、設計、運用の各段階における基本的な考え方を示すものである。個々の施設の設計は、法令に従うとともに、本ガイドライン及び本ガイドラインで紹介する既往の指針や事例を参考にすることが考えられる。加えて、防災拠点建築物が機能継続を図るにあたっては、構造体、非構造部材、建築設備が一貫した考え方に基づいて設計されることや、設計意図の適切な実現のため、施工品質が確保されるよう留意することが欠かせない。

本ガイドラインについては、今後、具体的な知見の発展・拡充に伴って改訂されていくことが想定される。また、各種の指針等で、防災拠点建築物の機能継続に資するものについては、本ガイドラインの改訂時に積極的に紹介していく。

本ガイドラインの活用により、防災拠点建築物の機能継続のための対策が進むことが期待される。

<本ガイドラインのポイント>

- 防災拠点建築物について、大地震時に倒壊・崩壊しないという建築基準法が要求する最低水準にとどまらず、機能継続を図るための基本的な考え方を示す。
- 立地・建築計画、構造体、非構造部材、建築設備等、各分野に関する事項を取りまとめる。
- 個々の建築物の設計においては、建築主が設定する機能継続の目標を実現するため、建築主と設計者の協議を通じて、性能の目標水準(構造体、非構造部材、建築設備の状態に関する目標水準や、ライフライン途絶時の機能継続の目標期間)を定める。
- 共同住宅やオフィス等、通常は防災拠点とならない建築物も、本ガイドラインを参考にすることで、大地震後の居住継続、使用継続を図ることが考えられることを示す。
- 本ガイドラインについては、今後、具体的な知見の発展・拡充に伴って改訂されていくことが想定される。

1. 本ガイドラインの目的

<本文>

- (1) 本ガイドラインは、防災拠点等となる建築物(以下、「対象建築物」という。)が大地震に見舞われた場合(これに付随する津波を含む))に、倒壊・崩壊を防止するだけでなく、機能継続を図るにあたり参考となる事項を記載するものとする。
- (2) 対象建築物は、地域防災計画や組織のBCP(業務継続計画)等に基づき大地震時に果たすべき役割に応じて、機能継続が必要となる。このため、本ガイドラインは、対象建築物の企画段階において、建築主が機能継続に係る目標水準を設定する際や、設計・運用段階において、設計者及び管理者が機能継続に係る技術的要件を明確化する際に参考となる基本的な事項を示すものとする。個々の施設の企画・設計・運用については、法令のほか、本ガイドラインで紹介する個別の既往指針や事例を参考にすることが考えられる。

<解説>

- 建築基準法が、国民の生命、健康及び財産の保護を図るための建築物に関する最低の基準であり、大地震時には建築物の倒壊等の防止を求めるものであるのに対し、本ガイドラインはこれに留まらず、大地震時における建築物の機能継続を図るに当たって、建築物の企画段階において、建築主が機能継続に係る目標水準を設定する際や、設計・運用段階において、設計者及び管理者が機能継続に係る技術的要件を明確化する際に参考となる事項を示すものとする。
- 本ガイドラインは、対象建築物の機能継続を図る際に検討すべき、立地、建築計画、構造計画、設備計画、管理面の取組等に関して参考となる基本的な事項を取りまとめるものである。
- 本ガイドラインを活用して対象建築物の大地震時の機能継続を図る場合にあつては、建築主は、対象建築物の企画段階において、地域防災計画や組織のBCPを踏まえ、本ガイドラインを参考にして、対象建築物の機能継続に係る目標を設定するものとする。設計者は、建築主が設定した機能継続の目標を実現するため、本ガイドラインやここで紹介する他の既往の指針等を参考に、構造体の変形量等の水準や、ライフライン途絶時における自立期間等を想定したうえで設計を行うものとする。管理者は、対象建築物の運用段階において、本ガイドラインを参考に、大地震時の対応を円滑化するための普段からの準備(維持管理・訓練等)を行うものとする。
- 個々の施設の整備は、法令のほか、本ガイドラインの付録で紹介する個別の既往指針や事例を参考にすることが考えられる。

2. 活用が想定される建築物

<本文>

- (1) 対象建築物は、大地震時に地域防災計画や組織のBCPに基づき防災拠点として機能継続することが期待される建築物であり、庁舎、避難所、病院等を想定している。ただし、防災拠点建築物の種類によっては、独自の設備の稼働等が施設の機能継続に不可欠となることに留意する必要がある。
- (2) 一般の共同住宅やオフィス等も、本ガイドラインを参考にして大地震後の居住継続、機能継続を図ることが考えられる。

<解説>

- 本ガイドラインは、対象建築物の企画段階において、建築主が機能継続に係る目標設定を行う際や、設計・運用段階において、設計者及び管理者が機能継続に係る技術的要件を明確化する際に参考となる事項を示すためのものである。現段階では、対象建築物を新築する場合を念頭に置いている。

- 防災拠点となる建築物の種類ごとに、機能継続を図ることが必要とされると考えられる機能は、例えば以下のようなものが考えられる。
 - ・大地震時に指揮拠点となる建築物：活動拠点室における災害対応
 - ・大地震時に避難所となる建築物：避難者の安全な受入れ
 - ・大地震時に診療・治療の拠点となる建築物：負傷者や入院患者等に対する診療・治療

- 本ガイドラインは、防災拠点建築物の機能継続に係る共通的な内容としているが、個別の用途の特性を考慮して、本ガイドラインを踏まえて、特定の用途に特化したより具体的な指針等を定め、大地震時の機能継続を図ることも考えられる。

- 本ガイドラインでは、あくまでも、防災拠点となる建築物の構造体、非構造部材、建築設備等の建築的な対応を中心に記載している。しかしながら、病院など、防災拠点となる建築物の種類によっては、独自の設備の稼働等が施設の機能継続に不可欠となることに留意する必要がある。

- また、一般の共同住宅やオフィス等、防災拠点建築物ではない建築物が被災後に継続使用できることは、避難所等の負担を減らし、強靱な地域の形成に大きく貢献すると考えられる。このため、これらの建築物についても、本ガイドラインを参考にして大地震後の居住継続、機能継続を図ることが考えられる。
さらに、事業継続計画に基づき大地震時の機能継続を図ろうとする生産施設等についても、本ガイドラインを参考にして、構造体や非構造部材の対策を検討することも考えられる。

- 既存建築物について、改修により防災拠点等としての機能継続を図る場合や、既存建築物を機能継続の可能性の観点から検証する場合に、改修を対象としたガイドラインがとりまとめられるまでの間、本ガイドラインを参考とすることも有効と考えられる。

3. 防災拠点等となる建築物の設計等にあたっての関係者の役割

<本文>

(1) 大地震時における対象建築物の機能継続を図るため、建築主は、大地震時に対象建築物に求められる役割を明確にし、必要な具体的機能について、設計者や管理者に的確に伝えることが必要である。

対象建築物の設計者は、大地震時における対象建築物の状態と機能継続性との関係を、変形量等を用いつつ建築主にできるだけ分かりやすく説明することで、建築主と機能継続の目標について合意したうえで、本ガイドラインや各種の既往指針、整備事例等を踏まえて設計を行うことが必要である。

対象建築物の管理者は、本ガイドラインや各種の既往指針等を踏まえて、日常の管理、大地震時の点検・復旧を行う必要がある。

(2) 対象建築物の設計にあたっては、大地震時における対象建築物の機能継続を図るため、設計を統括する立場の者は、構造体、非構造部材、建築設備等の設計全体を俯瞰し、共通の設定条件の下で一貫した設計が行われるよう、業務を適切に管理する必要がある。

<解説>

■ 大地震時における対象建築物の機能継続を図るにあたっては、建築主と設計者及び管理者との意思疎通が重要である。

■ 建築主は、大地震時における対象建築物の役割、すなわち対象建築物において遂行すべき業務(例:救助、復旧業務の拠点となる。)を特定し、大地震時に対象建築物が果たすべき具体的な機能(例:途絶したインフラの機能を補完しつつ、想定する人数の職員が復旧業務に従事するためのスペースが確保可能である。)について、設計者に明示する必要がある。

■ 設計者は、まず、大地震時における建築物の状態(構造体、非構造部材、建築設備の変形量、損傷の度合いの程度等をできるだけ定量的に示したもの)に対応した、当該建築物に期待できる機能継続性の程度について、明らかにする必要がある。そのうえで、大地震時に対象建築物が果たすべきものとして建築主から示された具体的な機能の継続が継続できるかを評価したうえで、建築コストも考慮しつつ、対象建築物が目指す機能継続の目標(大地震時にどの程度の機能継続性を目指すか)のあり方について、協議を踏まえて建築主と合意する必要がある。

■ 管理者は、対象建築物が、設計時に設定された機能継続の目標を発揮できるよう、日常の維持管理、物品の備蓄、大地震時の点検、補修等が円滑に行われるよう、関係者の訓練や手順書の作成等を行うことが必要である。

■ 対象建築物の設計にあたっては、統括設計者は、対象建築物の構造体、非構造部材、建築設備について、必要な機能の継続ができるよう、共通の地震力及び変形量を前提として一貫した設計が行われるよう、設計業務全体を管理する必要がある。特に、構造体と非構造部材、建築設備の接合部の設計や、非

構造部材と建築設備の取り合いなど、各部の設計において、どの分野からも考慮されないような領域が生じないように留意する必要がある。

4. 機能継続に係る目標

<本文>

- (1) 対象建築物の整備に当たっては、建築主は、地域防災計画や組織のBCPに基づき、大地震時に求められる役割を踏まえて、機能継続の目標を自ら定めるものとする。
- (2) 設計者は、大地震時の機能継続に係る目標を実現するため、建築主との協議を通じて、構造体、非構造部材、建築設備の状態について目標水準を設定するとともに、ライフラインの復旧に要する想定時間など、災害・復旧シナリオを踏まえ、時間軸に沿った機能継続の目標を設定する。
- (3) これらの目標設定に当たって想定する地震動の大きさについては、建築基準法で想定する極めて稀に発生する地震動を標準としつつ、建築主と設計者の協議の結果として、さらに大きな地震動を想定することも可能である。

<解説>

- 建築主は、対象建築物の企画段階において、地域防災計画や組織のBCPに基づき、大地震時に果たすべき役割に応じて、大地震時における機能継続の目標を明確にし、設計者に伝達することが求められる。建築主が機能継続の目標を設定するに当たっては、必要に応じて、各地方公共団体の防災担当部局等とも連携しながら行うことが望ましい。
- 設計者は、対象建築物の大地震時における機能継続の目標を実現するため、建築主と協議の上で、大地震時における構造体、非構造部材、建築設備の状態に関する目標水準や、ライフライン途絶時の機能継続の目標期間を設定する。
- 大地震時における対象建築物の機能継続性を踏まえた構造体の状態について、目標水準を設定する際の考え方としては、例えば以下のような既存の指針等が参考になる。
(例)
 - ・ 建築基準法で想定する極めて稀に発生する地震動による地震力を割り増したものに対する耐力確認を規定するもの等(『官庁施設の総合耐震・対津波計画基準』(国土交通省)、『文教施設の耐震性の向上の推進について』(文部科学省))
 - ・ 建築基準法で想定する大地震による損傷の状態(変形量等)を規定するもの(総合技術開発プロジェクト「災害拠点建築物の機能継続技術の開発」による『災害拠点の設計ガイドライン(案)』(国土技術政策総合研究所))
 - ・ 建築基準法で想定する極めて稀に発生する地震動による地震力を割り増したものを含めて、地震力の大きさと、それに応じた変形量の目安の数種類の組み合わせをマトリクスとして規定するもの(『JSCA性能設計【耐震性能編】』(一般社団法人日本建築構造技術者協会))
- また、大地震時における非構造部材、建築設備の状態について目標水準を設定するに当たっては、構造体について設定した変形量や床応答加速度等の目標水準に対して、非構造部材や建築設備に重大な被害が発生せず、かつ、必要な機能を発揮できることを目標として設定することが必要である。

■大地震時の対象建築物の機能継続に係る目標設定を行うにあたり、室内の使用継続性の目安として、床応答加速度について目標水準を設定することも考えられる。

■機能継続の目標は、建物用途ごとに予め定められているものではない。建築主(意思決定者)は、大地震時における建物の状態と機能継続性との関係について、設計者から変形量等を用いつつ、できるだけ分かりやすく工夫された説明を受けることを通じて、設計者と機能継続の目標水準について合意したうえで、対象建築物の機能継続の目標水準を設定することが必要である。

■大地震時の機能継続を確保する観点から、機能継続の目標水準の設定に当たっては、特に代替施設の確保が困難な場合にあっては、通常の設計よりも余裕を持たせるため、地震地域係数を適用した場合よりも大きな地震力を前提として、建築物が倒壊・崩壊しないことを確かめることで、耐震性の余力を確保することも考えられる。また、施設が分散配置されている場合は、それぞれが少しでも耐震性の余力を確保することで、大地震時に機能継続できる施設を地域に残す可能性を高めることにつながる。さらに、より頻度の低い大地震を想定することや、周期特性等が異なる複数の地震動を想定することも考えられる。

■大地震時における時間軸に沿った対象建築物の機能継続の目標の設定に当たっては、組織のBCPとも整合させつつ、対象建築物が大地震時に求められる役割、ライフラインの復旧に要する想定時間など、災害・復旧シナリオを想定したうえで、対象建築物が機能継続するために必要な、ライフライン途絶時における自立期間の目標を設定する。設定に当たっては以下の事項も踏まえる必要がある。

- ・(庁舎)消防庁は、庁舎について、災害時の地方公共団体の機能を低下させないよう、72時間は外部からの供給なしで非常用電源が稼働できること、停電の長期化に備えて予め燃料販売事業者と協定を締結すること等により1週間程度は災害対応に支障が出ないよう準備することを推奨している。
- ・(病院)厚生労働省は、災害拠点病院の指定要件として、通知において、通常時の6割程度の発電容量のある自家発電機等を保有し、3日分程度の燃料を確保しておくこととしている。

5. 立地計画

<本文>

- (1) 対象建築物の立地は、大地震及び大地震により引き起こされる災害を想定し、機能継続を図ることができるよう、これらの災害に対するリスクの低い場所を選定することが望ましい。
- (2) 地域防災計画等に基づき、他の施設との連携を必要とする場合には、当該施設との役割分担も考慮して立地を選定する。
- (3) 対象建築物の敷地は、大地震時に対象建築物に求められる機能に応じた広さ、形状とし、その配置は想定する機能が十分発揮できるよう計画する。

<解説>

- 対象建築物の機能継続を図るに当たっては、代替施設の確保が困難な場合にあっては、周辺のライフラインや道路を含め、ハザードマップ等に基づき、災害によるリスクが低い立地とすることが望ましい。

- ただし、実際にはリスクを最小化できる立地を選択できない場合も多いと考えられ、また将来にわたってあらゆるリスクを予見することも不可能であることから、決定された敷地における災害リスクを十分把握したうえで計画することが必要である。

- 存在が判明している活断層から近くの地域や、南海トラフ沿いの地域のように近い将来に大地震の発生が想定される地域では、設計にあたり、地震力の割増しの検討を行うことが考えられる。また、将来的に発生が予測される大地震の波形を、時刻歴応答解析の際に採用することも考えられる。

- 津波の被害が想定される地域においては、ハザードマップ等に基づき、浸水が想定されない立地とすることが望ましいが、浸水が想定される立地とする場合は、基準水位(浸水想定による水位に建築物等への衝突による津波水位の上昇を考慮して定められる水位)以上の高さに、活動場所や避難のための空間を確保すること等、総合技術開発プロジェクト「災害拠点建築物の機能継続技術の開発」による『災害拠点の設計ガイドライン(案)』(国土技術政策総合研究所)における配慮事項が参考となる。加えて、対象建築物に免震構造を採用する場合にあっては、免震層の保護や津波浮力への対策として、予測浸水深に応じ、敷地のかさ上げ、止水版の設置等を検討する必要がある。

- 液状化が想定されている地域では、地盤改良等の液状化対策を実施すべきことや、対策を講じた場合でも、道路や供給処理施設等のインフラが液状化により影響を受けるおそれがあることに留意する必要がある。

- 個々の施設の機能継続性を高めることはもちろん重要であるが、多様な年代に渡る複数のストックを抱える組織においては、平時に業務の中心となる施設と別の施設について大地震時における機能継続を図ることにより、組織全体の対応力を高める方策を取ることも考えられる。

6. 建築計画

<本文>

- (1) 対象建築物の計画に当たっては、大地震時に施設に求められる機能を維持・継続させるために必要な規模の室、設備等を確保し、機能継続のために必要な対策を講じることとする。
- (2) 大地震時の緊急対応を行う活動拠点室等については、エレベーターが停止した際のアクセスを考慮して、浸水可能性も考慮した上で機能継続上の影響ができるだけ小さい階に配置することが望ましい。

<解説>

- 対象建築物における大地震時のシナリオを考慮して、諸室に求められる広さや設備の容量を決定する必要がある。外部からの応援者や避難者が想定される場合は、それらを考慮することも考えられる。

- 大地震時に特に機能を果たすべき室・経路をあらかじめ設定して、機能継続のための対策を講じるにあたっては、将来の様様替えの可能性も考慮し、当該室・経路を幅広く特定することが考えられる。

- 大地震時における対応を円滑化するため、機能上重要な諸室について、近接して配置するとともに、エレベーター等の停止の際のアクセスも考慮して、津波等による浸水可能性も考慮したうえで、対象建築物の機能継続上の影響ができるだけ小さい階に設けることが考えられる。たとえば、庁舎であれば、市長室などの幹部室と危機管理関係部署については特にそうした配慮が必要であるとともに、これらをできるだけ同一階又は近接した階に置くことが考えられる。病院については、手術室等について緊急時の使用が考えられる場合は、関係諸室との連携や垂直移動の容易性を考慮して、同様の配慮が必要であるほか、一般に中・低層階に設けられることが多いと考えられる救急対応室に一定の代替機能を持たせることも考えられる。

- 大地震後の緊急対応段階や、復旧段階において必要とされる一時的な業務を想定し、そのための活動室を予め想定しておくことが必要である。たとえば、庁舎であれば、大地震後の復旧の段階に応じて、消防、自衛隊、国及び他の地方公共団体からの派遣職員等の活動拠点や、罹災証明書の発行や応急的な住まいの確保に係る手続きに係る業務スペース等、一時的に必要となるスペースを確保することが考えられる。

7. 構造計画(構造体及び非構造部材の耐震設計)

7.1 構造体の耐震設計

<本文>

- (1) 対象建築物は、大地震時に機能継続できることが必要となる。このため、大地震時に構造体に目標とする水準の機能継続に支障となる損傷が生じないこととする。
- (2) 対象建築物が大地震時に機能継続に支障となる損傷に至らないことを、構造体の変形量(など)を用いて検証する。この際、大地震時の応答値をできるだけ確からしく評価できる構造方法や構造計算方法を採用する。
- (3) 強度・剛性等のばらつきや解析精度に起因する変動に対して設計の信頼性を高めるとともに、構造計算で直接想定しない事象に対しても一定の安全性を確保するため、余力の確保を考慮した設計とする。
- (4) 基礎については、機能継続上支障となる損傷、沈下、傾斜を生じないものとする。

<解説>

■大地震時における対象建築物の機能継続の目標に応じた構造体の性能を確保するため、例えば以下のような既往の指針等を参考に設計を行うことができる。

(例)

- ・ 官庁施設の総合耐震・対津波計画基準(国土交通省)
- ・ 総合技術開発プロジェクト「災害拠点建築物の機能継続技術の開発」による『災害拠点の設計ガイドライン(案)』(国土技術政策総合研究所)
- ・ 『JSCA 性能設計説明書 2016(案)』(一般社団法人日本建築構造技術者協会) 等

■併せて、大地震時に対象建築物の機能継続に支障となる損傷を生じさせないため、以下のような留意点を踏まえて設計を行うことが望ましい。

<変形量を抑えることの趣旨>

■大地震時に構造体が大きく変形することは、非構造部材や建築設備に、対象建築物の機能継続に支障となる損傷を生じることにつながる。また、構造部材が塑性化する際の挙動については、弾性範囲内の挙動と比較して設計段階での予測がより困難となる。このため、大地震時の構造体の変形をできるだけ抑え、設計の信頼性を高めることとする。

■変形量の算定について信頼性を高めることは、非構造部材や建築設備の設計を行う上でも、弱点を把握し、必要な個所に必要な対策を講じるうえで有効と考えられる。

<構造計算モデルの考え方>

■応答値の適切な推定には、構造計算モデルの妥当性を確保する必要がある。たとえば、材料特性や部材形状に応じた部材の剛性や復元力特性、変形能の異なる部材が混在する場合の取扱い、崩壊形の想定とその保証方法、二方向地震動に対する取扱い等に係る慎重な検討が必要である。

<変形量の算出に当たっての留意事項>

- 変形量については、時刻歴応答解析によると、ある程度精度よく算出することが可能である。
- 限界耐力計算による場合は、応答変形の算定精度が確保されるよう、建築物が整形で、高次モードの影響等ができるだけ少ない建築物に適用することが考えられる。
- 中低層の建築物については、地震力を十分に割り増すとともに、非構造部材等の追従性も踏まえ、十分に余裕を持った保有水平耐力計算により、個別に変形量を算定せずに機能継続性を検証することも考えられる。この場合も、整形な建築物に適用する等、計算結果の確からしさが確保される条件に配慮する必要がある。
- 中低層の壁式 RC 造等、一般的に大地震時の変形が小さく非構造部材や建築設備への影響が小さい建築物については、個別に変形量を算定せずに機能継続性の検証を行うことも考えられる。

<異種の構造方法の接合部への配慮>

- 過去の大地震の被害事例を踏まえ、ホール等の大空間については、大地震時において設計時に意図しない変形が生じることにより機能継続に支障となる損傷が生じないよう、大地震時における架構全体の挙動を慎重に検討することが必要であるとともに、RC造の柱と鉄骨造の屋根架構の接合部等、異種の構造種別の部材が接続する部分について、大地震時の機能継続に影響する損傷を防止するための十分な配慮が必要である。

<免震建築物等における留意事項>

- 建築物の変形・損傷を低減し、大地震後に建築物の機能継続を図るためには、免震構造を採用することも有効である。ただし、免震構造の建築物の応答は作用する地震動の特性によって大きく左右されるものであり、実際の大地震動が設計入力(地震動)と比較して入力レベルや卓越周期が異なる場合、設計上の想定とは異なり、免震支承やダンパーの限界を超えるような変位等が発生するおそれがあることから、そうした事象を避けるよう、免震層の設計にあたっては余裕の確保を検討することが必要である。具体的には、免震支承やダンパーについて可動域や減衰力、配置に余裕のある設計とするほか、免震層周囲のクリアランスの確保、一定の大地震動に対して、免震層の限界変位を超えた場合でも上部構造の構造耐力上主要な部分を弾性範囲内として剛性をできるだけ高めるなどの措置が有効と考えられる。
- 制振構造を有する建築物についても同様に、設計上の想定とは異なる事象(制震ダンパーの限界を超えるような変位等)に対する余裕を確保する配慮が必要である。

<基礎>

- 基礎については、基礎自体の損傷以外に、建築物の機能継続に支障となる傾斜・沈下を生じさせないことを考慮する必要がある。
- 大地震時における基礎の重大な破壊を防止するための設計方法については、日本建築学会によるもの等、いくつかの提案があり、それらを参考とすることができる。
- 特に杭基礎については、大地震時の応答を適切に評価するためには、上部構造から基礎に伝達する力の影響に加えて、地盤の変形によって杭体に作用する力の影響も考慮できる方法によって解析を行う必要がある。
- 杭基礎の設計に当たっては、杭の損傷が発生、進展しても上部構造の支持性能が喪失しにくい部材を

採用し、地震後の一定期間における建築物の機能継続を図ることも考えられる。中低層の建築物のうち、上部構造について高度な構造計算を行わない建築物については、地盤条件や杭部材の選定に十分配慮する。なお、地盤の変形によって杭体に作用する力の影響を考慮した簡便な杭応力評価法など、中低層の建築物を対象とした杭基礎の簡易な設計法については、今後の整備が期待される。

■さらに、損傷を生じた杭の性能や挙動については、今後の知見の蓄積が待たれるところであるが、例えば杭頭部の損傷防止を図る仕様を採用することも考えられる。

7.2 非構造部材の耐震設計

<本文>

- (1) 対象建築物の非構造部材については、大地震時における人命の安全確保及び二次災害の防止に加えて、大きな補修をすることなく、施設の機能継続ができるように設計するとともに、確実に施工されることが必要である。
- (2) 大地震時に対象建築物に求められる役割に応じて、機能継続を図ることが必要な部位(室及び当該室に至る経路)を特定する。
- (3) これらの非構造部材については、大地震時の構造体の変形に対して追従するとともに、大地震時の水平・鉛直方向の地震力に対し、必要な安全性及び機能継続性を確保する。また、局所的な力の集中や共振による応答増幅を考慮して、余裕を確保した設計とすることが望ましい。

<解説>

- 機能継続を図ることが必要な部位(室及び当該室に至る経路)の特定にあたっては、対象建築物が大地震時に期待される役割を想定して行うことが必要である。

- 非構造部材の耐震設計にあたって考慮する変形量は、大地震時の構造体に生じる変形量を用いることとし、非構造部材に入力する地震力(加速度)については、時刻歴応答解析により各層に生じる加速度から与えるか、既往の知見をもとに建物種別・階層ごとの値を用いることが考えられる。

- 個別部材の追従可能な変形量や加速度を踏まえた既往の設計上の知見を参考資料に示す。ただし、こうした変形追従性等は目安であり、またすべての非構造部材についてこうした知見が得られているわけではないことに留意し、過去の大地震による実際の被害事例等も参考にしつつ、耐震性に余裕を持った設計を行うことが重要である。

- 局所的な力の集中が起きやすい例としては、吹抜け周囲やEVや階段等のコア周囲のような平面的な剛性の異なる部分等が想定される。共振による増幅が生じやすい例として、吊り天井のほか、スラブに自立またはスラブ等から懸垂される部材等が想定される。

- 非構造部材については、大地震時に目視等の点検ができるだけ簡単に行えることや、被害を受けても除去等の簡易的な処置により施設の機能継続に支障が生じないように設計することも考えられる。

- 非構造部材の各部設計は、大地震後において、非構造部材が所要の機能を発揮するよう、非構造部材の特性及び接合部の接合方法を考慮して適切に行うとともに、材料の品質、施工精度などの考慮が必要である。
 - ・天井落下による機能停止を避けるための工夫として、特定天井に係る技術基準や、既往の指針のほか、吊り天井を用いず直天井とする設計例、「災害拠点建築物の設計ガイドライン(案)」における吊り天井の設計例等があり、参考とすることができる。

- ・ 大地震時のガラスの被害を軽減するため、ガラスとサッシとのクリアランスを適切に確保するとともに破片が飛散しにくいガラスを使用すること等が既往の指針に示されている。また、万一破損・落下した場合にも重大な被害が生じないよう、通路等から離隔距離を取る、建物周囲に適切に庇を設ける等の対策例があり、参考とすることができる。
- ・ 什器は、床又は壁等の構造体に直接固定することが望ましい。これ以外の非構造部材等に固定する場合は、当該部分について、什器が固定されることを考慮した構造とする等、大地震時に什器等により生じる荷重を想定した設計とする必要がある。
- ・ 出入口について、大地震時の変形による閉じ込めを避けるため、避難経路等の重要な出入口については耐震ドアの採用等が考えられる。また、自動ドアや電気錠等を設けた出入口について、地震時に適切に通行又は閉鎖できるような措置を講じておくことが必要である。

■非構造部材についてより精度のよい耐震設計を可能とするためには、追従可能な変形量や慣性力について既往の知見がない場合に、これを測定・確認するための試験方法が確立されることが必要である。

8. 設備計画(耐震設計及びライフライン途絶対策)

8.1 建築設備の耐震設計

<本文>

- (1) 対象建築物の建築設備については、大地震時における人命の安全確保及び二次災害の防止に加えて、大きな補修をすることなく、必要設備の機能確保が所要の期間継続できるように設計するとともに、確実な施工を行うことが必要である。
- (2) 対象建築物の大地震時の機能継続に必要な建築設備に用いられる配管や設備機器については、設備システム全体を俯瞰して計画・設計上の対策を講ずることを基本とする。
- (3) 大地震時に対象建築物に求められる役割に応じて、機能継続を図ることが必要な部位(当該室等の設備を機能させるため必要な配管等を含む)を特定し、大きな補修をすることなく必要設備の機能確保が所要の期間継続できるよう設計する。
- (4) これらの建築設備については、大地震時の構造体の変形に対して追従するとともに、大地震時の水平方向及び鉛直方向の地震力に対し、必要な安全性及び機能継続性を確保する。また、局所的な力の集中や共振による応答増幅を考慮して、余裕を確保した設計とすることが望ましい。

<解説>

■大地震時における対象建築物の機能継続の目標に応じた建築設備の性能を確保するため、建築設備の耐震設計については、例えば以下のような既往の指針等を参考とすることができる。これらの指針等については、最新の技術的知見や材料・製品の実情を踏まえた内容とすることが期待される。

(例)

- ・ 官庁施設の総合耐震・対津波計画基準(国土交通省)
- ・ 総合技術開発プロジェクト「災害拠点建築物の機能継続技術の開発」による『災害拠点の設計ガイドライン(案)』(国土技術政策総合研究所)
- ・ 建築設備耐震設計・施工指針 2014年版(一般財団法人日本建築センター)
- ・ 「自家発電設備耐震設計のガイドライン」(一般社団法人日本内燃力発電設備協会)
- ・ 昇降機技術基準の解説(一般財団法人日本建築設備・昇降機センター、一般社団法人日本エレベーター協会)

また、建築設備の設計に当たっては以下の事項に留意し、耐震性に余裕を持った設計を行うこと、施工の精度を確保することが重要である。

- ・ 地震による入力や変形が少ない部位に設けること
- ・ 緊結に用いるアンカー等の配置や個数、変形への追従性等について十分な余裕を持たせること
- ・ 非構造部材との干渉を避けること 等

また、スプリンクラー等の消防設備については、総務省消防庁が作成したスプリンクラー設備等の耐震措置に関する指針(仮)を参考として設計することが望ましい。

■建築設備の耐震設計にあたって考慮する変形量は、構造体の変形量を用いることとし、地震力(加速度)については、時刻歴応答解析により与えるか、既往の知見をもとに建物種別・階数ごとの値を用いることが考えられる。

- 設備システム及び什器の耐震安全性・信頼性を向上させるため、適切な免震技術、制振技術等の導入も考えられる。
- 大地震時に、代替設備の活用を計画している建築設備については、地震の際に滞りなく切替えが行われるようにしておくことが必要である。
- エレベーターは、大地震時に機器に損傷は生じても、かごが懸垂支持されていることが必要である。また、対象建築物が機能継続を図るうえでは、エレベーターができるだけ損傷せず、早期に復旧できるよう、「昇降機技術基準の解説」における耐震クラスの高いものとするとともに、昇降路に面した構造体及び非構造部材の損傷を防止することが望ましい。
- エスカレーターは、大地震時に機器に損傷が生じても建築梁等の支持材から外れて脱落しないものとする必要がある。
- なお、対象建築物の種類によっては、建築設備以外の設備の稼働が機能継続に影響するところから、個々の設備機器の機能確保にあたっては、機器メーカー等と協議することが必要である。
- 建築設備について、より精度のよい耐震設計を可能とするためには、追従可能な変形量や慣性力について既往の知見がない場合に、これを測定・確認するための試験方法の確立が期待される。また、建築設備に使用される機器自体の地震時における機能維持性能や補修・交換容易性について試験・評価する方法についても確立が期待される。

8.2 ライフラインの途絶等に対応した建築設備の機能確保

<本文>

- (1) 対象建築物におけるライフライン(電力、ガス、上下水道等)の途絶時における機能継続、円滑な復旧を実現するため、エネルギー源・水源の確保、仮設設備・補給への対応性の向上等の対策を講ずる。
- (2) 想定を超えた災害や、想定外の故障等が発生した際にもある程度の対応性を発揮できるよう、建築設備システムの並列冗長化・分散化を基本とするとともに、一部の不具合が全体的な機能喪失に波及しにくい構成とすることや、代替設備の導入が容易な構成とすること等を考慮する。
- (3) ハザードマップ等により津波等による浸水の可能性のある地域においては、対象建築物の機能継続に必要な建築設備について、浸水対策を講じることが必要である。

<解説>

■ 電力供給の途絶時においても、対象建築物に必要な電力を確保するための方法としては以下のようなものが考えられる。なお、発電設備等の保全点検に専門的な知識が必要な設備については、非常時に適切に稼働するよう、専門技術者による保全点検に万全を期すことが必要である。

(例: ライフライン途絶時における自立期間の目標に応じた時間の運転が可能な保安負荷用電源、十分な防災用燃料の備蓄、間欠運転に耐える回路構成、系統電源供給の多重化、外部電源車の接続・可搬型発電機等の代替品の活用、負荷を任意に切り替えることができる配電系統の設定、耐震化された中圧管ガス供給によるコージェネレーションの常用・非常用共用の発電設備 等)

■ 上下水道の途絶時においても、対象建築物に必要な給排水・衛生機能を確保するための方法としては以下のようなものが考えられる。

(例: 防災用井戸の活用等水源の多様化、機能維持に有効な負荷の低減(節水化)、給排水設備における建築物導入部の並列化、備蓄品・代替品の活用(給水車の接続、携帯トイレの備蓄等)、排水機能の維持(排水の一時貯留、再利用、浄化槽の活用等)等)

■ 空調機能について、ライフライン途絶時においても災害拠点に必要な居住環境を確保するための方法としては以下のようなものが考えられる。

(例: 電力を用いない通風・換気、パッシブデザインの導入、備蓄品・代替品の活用(可搬式送風機・ヒーター等)等)

■ 防災・避難のための機能について、大地震時においても安全上必要な機能を確保する。

■ 監視・制御のための機能について、大地震時においても必要な監視・制御が可能な状態を確保する。

■ 津波により建築物の低層部等が浸水することを想定する場合、以下のような浸水対策を講じる必要がある。

- ・ 建築設備を想定される浸水深より高い位置や、浸水に耐えられる区画に設置する。
- ・ 建築設備自体を浸水に耐えられる構造とする。
- ・ 浸水部分の建築設備の障害が他の部分に波及せず、他の部分は切り離して運用できる構成とする。

- ・ 外部からの仮設的な供給のためのルート、接続方法を確保する(電力、上水等)

■なお、ライフライン途絶時における対象建築物の機能継続を確保するための建築設備の対策として、総合技術開発プロジェクト「災害拠点建築物の機能継続技術の開発」による『災害拠点の設計ガイドライン(案)』(国土技術政策総合研究所)において、冗長化、備蓄・補給、補修性の向上、仮設設備の活用の観点で具体例が掲載されており、参考とすることができる。

9. 大地震時の円滑な機能継続確保のための平時からの準備

<本文>

- (1) 大地震時における建築物各部の点検及び継続使用の可否を判定するための手順を明確化し、使用者等に周知する。
- (2) 大地震時の軽微な補修・調整等に必要な資材、工具等を備蓄する。
- (3) 大地震時の設備の停止やライフラインの途絶に備えて、適切な規模の備蓄を行う。
- (4) 大地震時にライフラインが途絶した場合における、代替設備の運転、仮設電源・水源等の接続等の手順を明確化し、使用者等に周知する。

<解説>

- 大地震時の対象建築物各部の点検・継続使用の可否判定のため、以下の項目について予めマニュアル等を準備しておくことが望ましい。
 - ・ 大地震時における点検体制(参集可能人数も考慮)、点検箇所
 - ・ 損傷状態の判定が困難と思われる箇所
 - ・ 専門家による診断・判断が必要な場合における確認手順 等

- ライフライン途絶時に備え、組織のBCPを参考に、適切な品目・数量の備蓄を行う必要がある。

- 大地震時にライフラインが途絶した場合における代替設備の運転等の手順に関して、事前に以下の項目について定めて、使用者等に周知しておくことが必要である。
 - ・ 電力途絶時における、発電機の起動、出力調整、一時停止、燃料補給
 - ・ 上水道の途絶時における、水利用の制限、代替水源への切り替え
 - ・ 下水道の途絶時における、汚水槽への切り替え 等

- 大地震時の点検、補修等については、必要な場合に専門家の応援を迅速に得られる体制を予め構築しておくことが望ましい。

- 近年、新築の建築物について「構造ヘルスマニタリングシステム」(建物各層に生じた加速度をもとに各層の変形量等を算出し、構造体や一部の非構造部材の損傷度等を推定するプログラム)が開発されており、対象建築物について、大地震後の状態を推測するための一つの手段として採用することも考えられる。