

第7章 災害拠点建築物の非構造部材の設計…適用技術②⑤

＊非構造部材を対象にした、災害拠点建築物として必要となる設計の内容

7.1 非構造部材の設計の方針

- (1) 法令等に定めるところにより、非構造部材の検討を行う。
- (2) 非構造部材の検討にあたっては、構造躯体の設計（変形量、加速度等）と整合することを確認する。

7.2 地震に対する設計

- (1) 拠点部分の天井について、5.1(1)に規定する地震力に対して、拠点機能の継続に支障となる損傷を生じないことを確かめる。

7.3 暴風及び竜巻に対する設計

- (1) 拠点部分の屋外に面する非構造部材（外装材）について、5.2(2)に規定する風圧力に対して、拠点機能の継続に支障となる損傷を生じないこと及び暴風時の風圧力が繰り返し作用しても損傷が進展しないことを確かめる。
- (2) 拠点部分の屋外に面する非構造部材（外装材）について、5.2(3)に規定する風圧力に対して、飛来物の衝撃力による当該部材の損傷が拠点部分の機能継続に影響を及ぼさないことを確かめる。

7.4 津波に対する設計

- (1) 拠点部分の機能上必要となる非構造部材で、津波や津波漂流物が作用する高さに設けたものについては、5.3に規定する津波の作用に対して著しい損傷を生じないことを確かめる。
- (2) 津波波力の作用する内外装材のうち耐圧部材としたものについては、津波の作用に対して脱落等の支障を生じないことを確かめる。津波波力の低減のために脱落を前提とした部分については、津波波力の作用時に確実に脱落するものであることを確かめる。

7.5 その他の荷重及び外力に対する設計

その他の荷重及び外力に対しては、性能の水準を適切に設定し、それに関連する技術的事項を満足することを確認する。

○総プロ関連成果・・・②拠点室における天井設計法

大地震における天井材の脱落防止のために必要となる強度及び剛性の高い吊り部材で、かつ、天井に配置する設備の配置に対しても自由度の高いシステムを開発した。

○総プロ関連成果・・・⑤外装材の対飛来物衝撃設計法

竜巻に対する外装材の破壊を検討するために必要となる加撃体や衝突速度等の設定について検討した。

【解説】

7.1 非構造部材の設計の方針

非構造部材については、法令等に基づき行われる通常の検討にあたって、第6章で確認した各

種の荷重及び外力における躯体の状況を考慮する。機能継続を可能とするためには、地震・暴風（特に前者）時に非構造部材に生ずる応力のほか、構造躯体の変形への追従性を確認することが重要である。また逆に、通常一般に用いられる非構造部材の変形追従性を考慮して、躯体の変形をできるだけ抑えておくことも有効である。この躯体の変形量の目安の数値としては、たとえば官庁営繕「官庁施設の総合耐震・対津波計画基準」における構造躯体の変形制限値である 1/100 以下とすること等が考えられるが、これは一般の（特に機能継続を要求されない）建築物に対しても適用される数値であることから、災害拠点建築物の設計にあたっては、これを下回る数値とすることが望ましい。なお、日本建築学会「鉄筋コンクリート造建物の性能評価型設計指針」では、ドアの開閉ができないことを許容しない（開閉不能な状態にならない）場合には 1/100、ドアの開閉が可能で容易に補修できるためには（安全側を見て）1/150 という条件が示されており、個々の非構造部材についてそれぞれ追従性を確認する代わりにこうした数値を参考に設計することもできる。ただし、6.1(1)構造躯体の解説にも示した通り、特に建築物の各部分の変形の算出に当たっては様々な不確定要素があるため、計算上の数値のみを根拠とすることなく、余裕のある性能を持たせることが重要である。また、天井や屋外に面する非構造部材（外装材）など、災害拠点としての追加的検討を行う部分の設計を参考に、拠点部分以外の部分についてもそれと同等の性能を有する仕様を選択する等の対策も有効と考えられる。

7.2 地震に対する設計

災害拠点建築物の非構造部材に対する追加的確認事項として、地震については、拠点部分の天井について脱落防止の検討を行う。災害拠点総プロでは、拠点室等の重要な機器類が設置される部屋については、天井裏の配管スペース等も考慮し、脱落防止とともに設計の自由度も考慮した「国総研式耐震吊り天井」を開発しており、その設計法については技術資料②拠点室における天井設計法が参照できる。技術資料②では、拠点となる室の天井の耐震設計においては、特に吊り天井において構造躯体との共振を避ける考慮をした場合には、設計用標準水平震度を 2.2 として設計することができるとしている。（なお、この技術資料②における水平震度 2.2 の設定にあたっては、第 2 章 2.4(1)における拠点部分の配置に関する推奨事項として「できるだけ下層階に配置」としたことを考慮して、天井の吊り元となる床の地震時の応答加速度が 1 G 程度以下に収まることが前提とされている。したがって、それを超える床応答となる場合は、当該応答に基づき設計することが必要となる。）

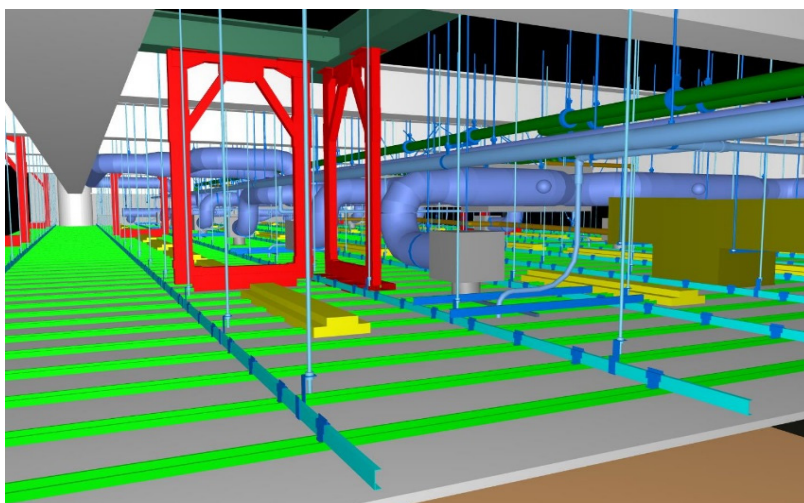


図 7-1 （参考）国総研式耐震吊り天井イメージ

設計例では、拠点部分となるフロアー（内陸型では2階、沿岸型では4階）等において国総研式吊り天井を採用して水平力抵抗部材をバランスよく配置することで、天井裏に斜め部材が多数配置されることがなくなり、天井内設備機器系統の設計の自由度を向上させている。

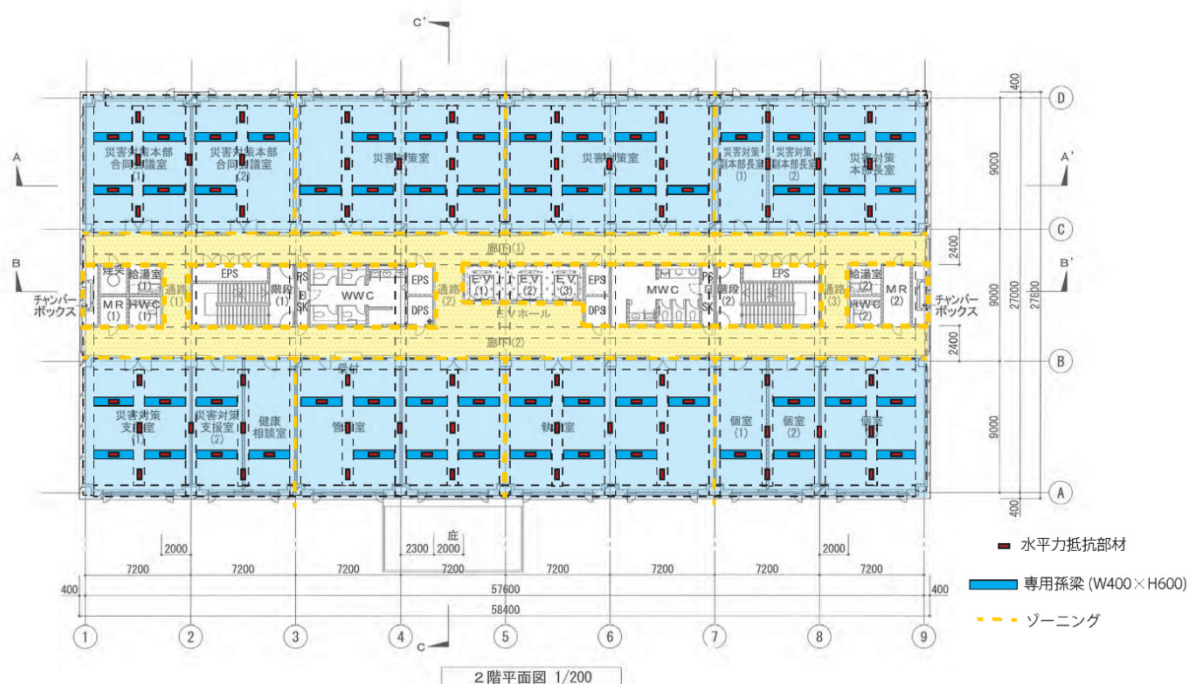


図 7-2 内陸型建築物の設計例における拠点階吊り天井の水平力抵抗部材設置状況

7.3 暴風及び竜巻に対する設計

屋外に面する非構造部材（外装材）は建築物の内部空間の強風による損壊を防止する重要な役割を担っているものであるから、その耐風設計は構造躯体の設計と同様に入念に行われるべきで

ある（日本建築学会「建築物荷重指針・同解説」）。したがって、災害拠点建築物の非構造部材に対する追加的確認事項として、拠点部分の屋外に面する非構造部材（外装材）について、暴風及び竜巻を想定した検討を行う。これらの検討は、原則として構造躯体で目標とする性能の水準と整合するよう風圧力のレベルを設定したうえで、著しい損傷や脱落等を生じないことを確かめることとなる。

なお、下記以外に、屋外に面する非構造部材（外装材）の状況は風力係数の設定に直接関係することから、6.3に規定する構造躯体の暴風に対する検討の前提が担保されるよう、拠点部分以外も含めた外装材について、設計で想定した暴風に対して損傷しないか、又は損傷した場合に想定される内圧の変化によって構造躯体に安全上支障のある有害な耐力の低下がないことを確かめることを原則とする。ただし、7.4に示す津波に対して脱落を許容する外装材についてはこの限りではない。

(1) 暴風に対する設計

暴風については、5.2(2)に規定する風圧力に対し、拠点部分の機能の継続に支障となる損傷を生じないこと及び風圧力の繰返しの作用による損傷の進展がないことを確かめる。上記の通り風圧力（基準風速や再現期間）の設定に関しては 6.3 節で構造躯体の設計にあたって用いたものと整合させることが望ましい。

損傷の程度に関しては、具体的には、3.1(2)の解説で示した通り、官庁営繕「官庁施設の基本的性能基準」を参考に、再現期間等を考慮して定めた風圧力の作用に対し、部材及び緊結部分に生ずる応力が許容応力度以内であることを確認することができる。

損傷の進展に関しては、特に台風時の飛来物の作用を想定した検討を行う。具体的には竜巻に対する設計と合わせて次項(2)の解説を参照のこと。

(2) 竜巻に対する設計

竜巻に関しても暴風と同様に、構造躯体においてその作用を考慮する場合には、拠点部分の屋外に面する非構造部材（外装材）にも性能の水準と関連する技術的事項を設定し、それらを満足することを確認する。

竜巻を想定した検討として、本ガイドラインでは対飛来物設計を行うこととしている。具体的には、拠点部分の屋外に面する非構造部材（外装材）は、日本版改良藤田スケール JEF3 相当の竜巻によって生ずる飛来物の衝突に対して、室内が防御され、災害拠点機能が継続されなければならない。一般に飛来物は竜巻等の突風時だけでなく、台風時などでも発生するため、災害拠点総プロでは海外の試験規格も参考にして、竜巻等突風用飛来物耐衝撃性能試験と台風用飛来物耐衝撃性能試験によって性能を確認する方法を提案している。竜巻等突風用飛来物耐衝撃性能試験では、図 7-3 のような装置を用いて、質量と衝突速度が定められた加撃体を外装材に衝突させ、室内側までの損傷の有無から可否を判定する。一方、台風用飛来物耐衝撃性能試験は竜巻等突風用飛来物耐衝撃性能試験に加えて、台風を想定した繰返し圧力载荷を実施し、外装材の損傷の進展の有無を確認することで可否を判定するものである。詳細については、技術資料⑤ 外装材の対飛来物衝撃設計法を参照されたい。

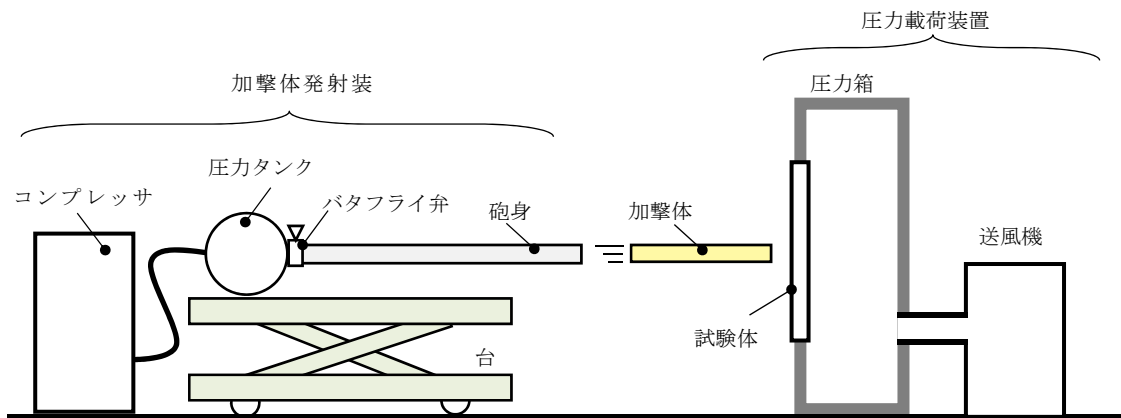


図 7-3 外装材の飛来物耐衝撃試験装置の例

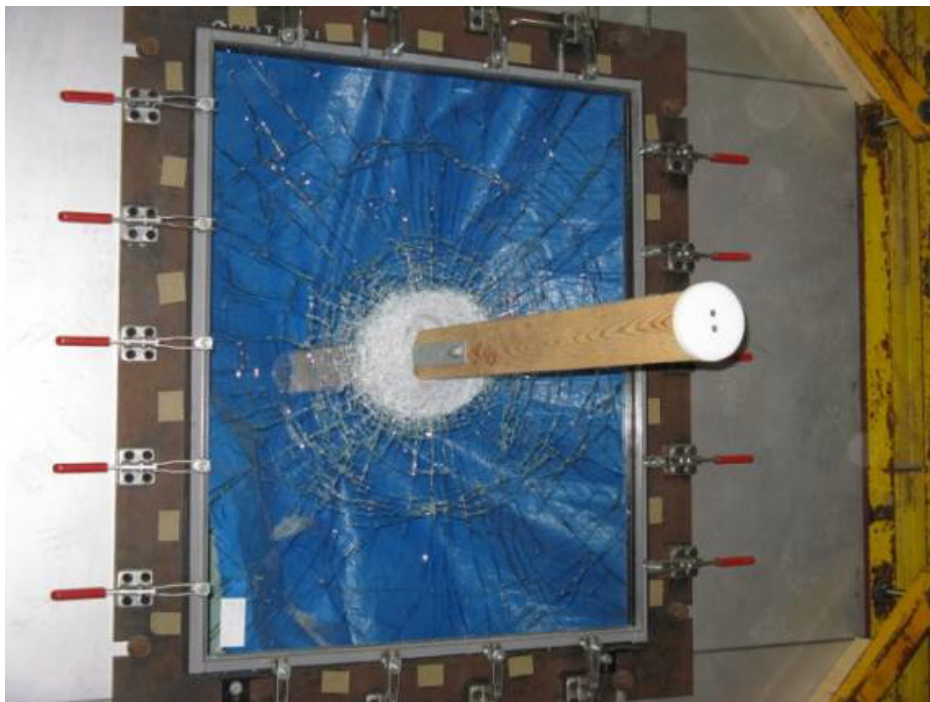


写真 7-1 (参考) 飛来物衝撃試験の試験体

内陸型設計例では、災害対策本部室のある拠点部分やその機能維持のために必要な動線を確認するための階段や昇降機、トイレ、給排水管、備蓄倉庫などの部分で **F2** 又は **F3** クラスの竜巻による飛来物を想定し、対衝撃性能の確認された **RC** 壁、鋼製ドア、特殊合わせガラス (**5mm** + 中間膜 (アイオノマー樹脂) **180mil** + **5mm**) 等により防御を図ることとしている。

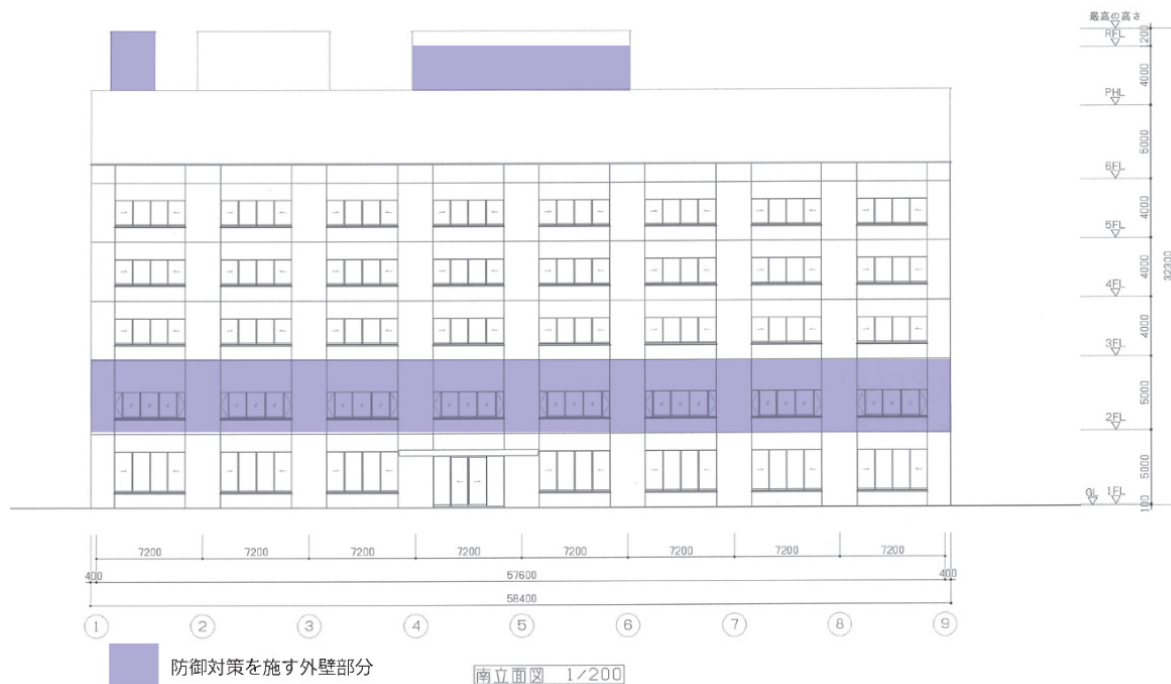


図 7-4 内陸型建築物の設計例において、飛来物防御対策を施す部分
(拠点部分となる 2 階外壁、EV 機械室等の外壁、自家発電機煙突開口部の外壁に防御対策)

7.4 津波に対する設計

津波に対しては、津波波力が作用する内外装材について、一般に安全性（損傷しない・脱落しない）や機能継続性（建築物内部に浸水しない）などは求めないが、浸水層に耐水部分（例えば、地上から拠点部分（階）に通じる通路や階段室など）を設けたり、津波波力を遮ることを期待する部分については、当該津波波力に対して耐圧部材として設計することが必要であり、そのことを規定した。

津波に対しては、拠点機能上必要な室を津波の影響のない高い位置に配置するなど、計画上の配慮を行うことが原則であるが、やむを得ず津波や津波漂流物の影響のある部位に拠点部分を配置する場合には、当該部分に係る非構造部について特別な検討を行って機能継続に支障の無いものであることを確かめる必要がある。それ以外の非構造部材は、津波や津波漂流物が作用した場合に損傷・脱落することを許容しているため、外壁材の脱落を考慮した津波波力の低減を行う場合を除き、具体的な検討を行う必要はない。

また、拠点機能上必要な室がない階に設ける外装材については、津波の作用に対して脱落することを前提にして、津波波力の低減を考慮した設計を行うことができる。具体的には、技術資料③外装材脱落を考慮した耐津波設計法を参照されたい。なお、この場合であっても、通常の風圧力に対する安全性を確保することは当然であるが、拠点部分以外であることから飛来物の衝撃力に対する検証は省略することができる。

沿岸型設計例においても、拠点部分となる 4 階フロー等については、飛来物の衝撃から、対 RC 壁、鋼製ドア、特殊合わせガラス（5mm＋中間膜 180mil＋5mm）等により防御を図る設計としているが、津波により損傷、脱落することとしている 1、2 階の外装材については、通常レベルの設計にとどめている。