

医用放射線機器等の対地震設置に関する動向調査研究

報告書

平成10年3月

社団法人 日本画像医療システム工業会



この事業は日本自転車振興会から競輪収益の一部である
機械工業振興資金の補助を受けて実施したものである。

医用放射線機器等の対地震設置に関する動向調査研究

平成 9 年度 報告書

目 次

| | | |
|-----------------------------|-----------------------------|---|
| 1. はじめに | 委員長 平松 慶博 | 1 |
| 2. 事業の概要及び事業推進の方法 | | 2 |
| 2-1 事業の概要 | | 2 |
| 2-2 事業推進の方法 | | 2 |
| 3. 委員会名簿 | | 3 |
| 4. 平成 9 年度の研究報告 | | 5 |
| 4-1 研究の目的 | | 5 |
| 4-2 機器の耐震設置の問題点 | | 5 |
| 4-3 機器設置段階での対応 | | 5 |
| 4-4 カリフォルニア州の耐震法規 | | 6 |
| 4-5 阪神淡路大震災以降の機器固定の動向 | | 7 |
| 4-6 まとめ | | 8 |
| 資料 | 医用画像診断機器等の対地震設置に関する指針 | 9 |

Handwritten text at the top of the page, possibly a header or title, which is mostly illegible due to fading.

Handwritten text in the upper middle section of the page.

Handwritten text in the middle section of the page.

Handwritten text in the lower middle section of the page.

Handwritten text in the lower section of the page.

Handwritten text at the bottom of the page, possibly a footer or concluding remarks.

C

C

1. はじめに

神戸淡路大震災から既に3年が経過したが、テレビなどで伝えられた当時の生々しい被害状況は、いまだに鮮明に記憶に残っている。地震国日本では、絶えずどこかで小さな地震が観測されている。関東大震災へのカウントダウンが始まっているという恐ろしい予告記事もある。日頃からの心構えが大切である。

日本画像医療システム工業会（日本放射線機器工業会改め）では、昨年度から委員会を発足させ、昨年度は「医用画像診断装置の耐震設計指針」をまとめたが、今年度はそれをふまえて「医用放射線機器等の対地震設置に関する調査研究」をまとめた。いわば、設置のためのガイドラインであるが、日本画像医療システム工業会で作成したものであり、当然法的規制力はない。各装置あるいは機器がこのガイドラインに則って製作されることが望まれるが、いずれ法的な規制力を持ったガイドラインが国の機関から出されることが予想される。

平成10年3月

委員長 平松 慶博

2. 事業の概要及び事業推進の方法

2. 1 事業の概要

地震多発国であるわが国においては、建築、土木をはじめ各界で地震に対する統一的な指針が設けられて対応が取られているが、医用放射線機器をはじめとする医用画像診断装置の分野においては、関係者が地震対策を考える上で参照すべきその種の指針が存在していない。医療活動において画像診断装置はは不可欠な存在になっており、災害時の医療活動においても診断装置として最低限の機能を発揮するという社会的使命を果たすためには、一定のレベルの地震に耐えられるだけの耐性をもたなければならない。更に画像診断装置はより大型化しており、被検者や医療関係者への安全や周囲の機器への影響を考えると、単に地震発生時に最低限の機能を確保することに止まらず、地震の揺れを受けた時の装置の挙動が对人的にも対物的にも安全なものであることが要求される。

本研究は、医用放射線機器等の対地震設置に関する動向調査研究を行い、上記のような使命を果たすために、関係者が参照すべき統一的な指針を提言することで、画像診断装置の耐震性を向上させることを目的とする。

2. 2 事業推進の方法

本研究を進めるに当たり、当工業会に放射線科医師および放射線科技師、病院建築・設備関係技術者、装置設計・設備設計関係者などの有識者からなり、基本的な問題についての調査研究と分科会の調査研究についての総括的審議を行う本委員会を組織し、同時に専門的な研究の実作業を行う二つの分科会を組織して研究を進める。

平成9年度は、医用放射線機器等の対地震設置に関する問題点を調査し、装置の設置に際して参照すべき統一的な耐震固定指針を提言する。

3. 委員会名簿

(1) 本委員会の委員構成

| | | |
|-----|-------|----------------------------------|
| 委員長 | 平松 慶博 | 東邦大学医学部放射線医学第二講座教授 |
| | 稲本 一夫 | 大阪大学医学部保健学科教授 |
| | 宗近 宏次 | 昭和大学医学部放射線医学教室教授 |
| | 伊藤 敏夫 | 駿河台日本大学病院放射線部 ((社)日本放射線技術学会) |
| | 鹿沼 成美 | 日本大学医学部付属板橋病院放射線部 ((社)日本放射線技術学会) |
| | 川戸 隆夫 | 兵庫県放射線技師会会長 |
| | 宮本 唯男 | 前静岡県放射線技師会会長 |
| | 伊藤 一章 | (株)伊藤喜三郎建築研究所 (日本病院設備協会) |
| | 小室 克夫 | (財)聖路加国際病院建設本部 ((社)日本医療福祉建築協会) |
| | 久島 康義 | GE横河メディカルシステム(株)施設技術部 |
| | 園木 一誠 | 技研興業(株)放射線事業本部 |
| | 水谷 望 | 東芝メディカル(株)技術管理部サイトプランニングセンタ |
| | 浅野 淳 | (株)東芝那須工場医用機器第一技術部 |
| | 西村 俊平 | (株)日立メディコ放射線機器事業部X線設計部 |
| 事務局 | 椎名 光男 | (社)日本画像医療システム工業会 |

(2) 分科会(1)の委員構成

| | | |
|-----|-------|-----------------------------|
| 主査 | 水谷 望 | 東芝メディカル(株)技術管理部サイトプランニングセンタ |
| | 伊藤 篤 | フィリップスメディカルシステムズ(株)営業技術部 |
| | 大泉 志郎 | (株)日立メディコテクノロジー設備計画グループ |
| | 木村 純一 | 医建エンジニアリング(株) |
| | 久島 康義 | GE横河メディカルシステム(株)施設技術部 |
| | 小島 茂之 | コニカ(株)医用営技グループ |
| | 坂本 五朗 | (株)島津製作所医用機器事業部品質保証部 |
| | 園木 一誠 | 技研興業(株)放射線事業本部 |
| 事務局 | 椎名 光男 | (社)日本画像医療システム工業会 |

(3) 分科会(2)の委員構成

| | | |
|-----|-------|-------------------------------------|
| 主査 | 浅野 淳 | (株)東芝那須工場医用機器第一技術部 |
| 副主査 | 西村 俊平 | (株)日立メディコ放射線機器事業部 X線設計部 |
| | 石川 光雄 | 北里大学医療衛生学部 ((社)日本放射線技術学会) |
| | 上遠野 昭 | 国家公務員共済組合連合会立川病院放射線科 ((社)日本放射線技術学会) |
| | 高橋 勝 | 東京女子医科大学附属第二病院放射線科(社)日本放射線技術学会) |
| | 伊倉 喬 | (株)大林製作所川口工場設計部 |
| | 川上 充郎 | GE横河メディカルシステム(株)CT事業部 |
| | 桑原 勇幸 | 東芝メディカル製造(株)技術部 |
| | 祐安 克典 | (株)島津製作所医用技術部 |
| | 藤井 滋雄 | (株)日立メディコ大阪工場設計部 |
| | 宮崎 博二 | メディテック(有) |
| 事務局 | 椎名 光男 | (社)日本画像医療システム工業会 |

4. 平成9年度の研究報告

4-1 研究の目的

平成9年度は、医用放射線機器等をはじめとした医用画像診断機器（以下、単に機器と呼ぶ）の耐地震設置に関連する項目の中から、平成8年度にまとめられた機器設計上の指針である「医用画像診断装置の耐震設計指針」をふまえて、機器の設置に関係するものを取り上げ、現状の問題点を分析し、今後の機器設置の際に参照すべき設置指針を提言する。これにより、機器の耐震性の向上を図ることを目的とする。

4-2 機器の耐震設置の問題点

阪神淡路大震災における被害状況の分析では、機器等の移動・転倒とこれに起因する被害が大部分を占めた。このことは、機器固定の重要性を示すものであるが、固定設置することについて問題となる事項をあげてみると次のようなものがある。

(1) 機器設計の段階

- ①固定設置仕様になっていない機器では、現地での十分な固定対応が困難である。
- ②固定設置するために必要な建物の構造条件など指示が明確でない。
- ③地震力に対してアンカーボルトの強度が適切でなかったものがある。

(2) 病院設計の段階

最近、地震対策を意識し免振構造の病院設計が増えて来てはいるが、コスト高から十分とはいえない。むしろ病院建築の中にはあと施工アンカーボルトに適した構造形式でないものが多い。即ち床については、配線スペースを確保するためのフリーアクセスフロアやシンダーコンクリート等の後打ちコンクリート、壁については、乾式工法による軽量鉄骨間仕切壁やスチールパーティション等が多用されており、こうした構造形式については、新築で機器の採用決定が建築工事の進展に対して大幅に遅れた場合、あるいは既に出来上がっている建築に設置しなければならない場合において、固定のための補強工事負担の問題が大きく浮かび上がってくる。

(3) 機器設置の段階

- ①固定を義務付けられた機器でも固定されていないものがある。
- ②固定されていたが、建物側の強度・構造が十分に理解されず、アンカーボルトの効果が不十分なものがある。
- ③キャビネット（電子回路を入れた箱状の機器）や制御器は、メンテナンス時の移動のために固定されていないものが多い
- ④スペース確保のために、小型の付属品などがキャビネットの上に置かれている。

(4) 機器使用の段階

- ①診療終了後の機器の静止状態が、最も重心位置の安定した状態になっていない。
- ②固定具については、意匠的な面でのクレームがある。

4-3 機器設置段階での対応

機器を固定設置するには、各段階での耐震の取り組みが不可欠であるが、設置の段階においては、機器の据付指導書の指示だけでなく、現場の状況に応じた対処が特に重要である。例えば、建物の最上階に機器が設置されれば、「医用画像診断装置の耐震設計指針」で示された想定地

震力として機器重量の1.2倍の水平力を上回る地震力に対しても固定強度が確保されなければならないし、またあと施工アンカーボルトの打込みに適さない壁や床の構造もあるので、固定金具の追加や、アンカーボルトの打増しも必要になってくる。

十分な耐震性を確保するには、設置場所の事前調査をして、使用者と協議の上で最適な固定方法の選択と、耐震性の確認を行ってから作業が行われなければならない。

4-4 カリフォルニア州の耐震法規

1. 固定の対象となる機器の規格

カリフォルニア州健康計画開発局 (Office of State Health Planning and Development: OSHPD) は、病院をはじめ重要な公的機関を対象に建築物と設備機器の地震対策についての法律 (1973, 3-7 Hospital Seismic Safety ACT) に基づいて厳しく地震対策を進めている。

病院設備として恒久的に設置されるもの、例えば手術室の器具、医療ガス容器、給食用の器具などと共に医用機器についても、カリフォルニアビルディングコードに定められた一定規格以上のものを対象に固定させている。

| | | |
|---------|---|-----------------------|
| 高さ | : | 5フィート (約1.5m) 以上のもの |
| 重量 | : | 400ポンド (約180kg) 以上のもの |
| 壁・天井の機器 | : | 20ポンド (約9kg) 以上のもの |

OSHPDは、規制対象外の機器であっても可能なかぎり固定するように指導しているし、キャスター付の機器 (モニターや人工呼吸器など) も使用していないときは、壁に固定するように指導している。

一方、診療所には、病院コードとは別に診療所コードがあり、強制力がないため、機器が固定されていないところが多い。

2. OSHPDへの申請許可の制度

機器の固定を監督するため次のような制度がある。

① 機器設置の申請

機器メーカーから提出された機器データ (外形、重心位置、アンカーボルト位置など) に基づいて、州の認可を受けた構造設計者が耐震計算書を作成して、その設置計画書としてOSHPDに提出して、チェックを受ける。

② OSHPDの承認

設置計画書をチェックしたのち、州政府の承認印と承認番号を入れて承認する。

③ 監査

病院と契約した監査人 (建築の十分な知識を持った人) が、機器の設置工事中に設置計画書の内容が実施されていることを確認する。また、規格以外の機器についても現場でチェックする。

さらに、年4回病院の耐震状況をOSHPDに報告する義務がある。

3. 設計用水平地震力及び鉛直地震力

カリフォルニアビルディングコードでは、次のように定めている。

$$F_p = Z \cdot I \cdot C_p \cdot W_p$$

F_p = 水平地震力

Z = 地域係数 (0.075~0.40)

カリフォルニア西海岸地域では、0.40

I = アンカーボルトで固定する機器で病院などの安全に直接影響のある緊急システムでは 1.5、一般の建物では 1.0

C_p = 水平力係数

病院設備であって、建物のユーティリティサービスに恒久的に固定されるもの（放射線科の機器、医療ガス容器など）は 0.75

W_p = 機器の重量

鉛直地震力は、水平地震力の 1/3 としているが、ノースリッジ地震後、水平地震力と同じ値に引き上げるとの情報もある。

上記によれば、設計用水平震度は、最大 0.45 となり、日本の「建築設備耐震設計・施工指針」での建物 1 階での値 0.6、2 階以上での値 1.0 などよりも、低く見積もられている。

4-5 阪神淡路大震災以降の機器固定の動向

阪神淡路大震災により機器固定の重要性が見直されて、兵庫県立の病院では使用されている機器の固定化の為に予算が組まれ、各病院で調査が行われて実施された。又、機器購入の入札仕様に機器固定を盛り込み、物品査取時に確認している病院としては、静岡県立病院、神戸市立病院、東京都立病院などがある。

東海地震が想定される静岡県では、平成 3 年度より県技師会に地震対策委員会を発足させ、機器固定の必要性について啓蒙と実践を進め、機器が固定された施設には「地震対策放射線機器固定認定証」を発行している。

東京都衛生局は、平成 8 年「病院の施設・設備自己チェックリスト」を都下の病院に配布し、災害医療に必要な一般撮影や X 線 CT の機器及び自動現像器が固定されているかをチェックさせている。また、都立病院では、100kg 以上の機器については、耐震計算書を物品査取時にメーカーに提出させている。なお、その計算書の設計用水平地震力や計算方法は、「建築設備耐震計算・施工指針」によっている。

4-6 ま と め

機器設置の段階における機器固定について研究を進める中で、耐震固定といえはまず重量のある大型の機器を対象に考えがちだったが、阪神淡路大震災の災害状況から見て、もし震災が昼間だったらむしろ背の高いキャビネット形の機器などの転倒や壁付モニタの落下が人的な被害を大きくしていたであろうと想定される。これらの機器は、従来から固定する仕様になっていないものがほとんどであるので、早急に設計変更されなければならないし、また、それまではベルト固定などの簡易的な方法でもまず固定することが重要であることを実感している。

一方、建築設計段階において、アンカーボルトの耐力が十分得られる床や壁の構造形式が採用されるように、建築設計者に対して機器の設置計画の段階の図面や打合せを通して要望していくことも大切である。

本年度の研究では、建物の壁などの具体的な補強方法の例とその強度を研究するにはいたらなかったので平成10年度の研究テーマのひとつとして継続したい。

最後に、本文でも述べたが機器の設置段階においては、耐震の知識と現場での創意工夫による対応が求められている。その為に、来年度も続く本研究が役に立ち機器の耐震性を向上させて地震の被害を最少限に食いとどめられることを期待する。

資料 医用画像診断機器等の対地震設置に関する指針

目次

| | | | |
|---------------------|----|-----------------------|----|
| 1. 目的 | 10 | 6. 耐震計算 | 30 |
| 2. 適用範囲 | 10 | 1 用語の意味 | |
| 3. 装置の固定設置の手順 | 10 | 2 耐震計算の基本条件 | |
| 4. 施設の構造 | 10 | (1) 設計用地震力 | |
| 1 床の構造 | | (2) 設計用水平震度 | |
| 2 壁の構造 | | ① 局部地震法による設計用水平震度 | |
| 3 天井の構造 | | ② 修正地震法による設計用水平震度 | |
| 5. 機器設置の方法 | 13 | 3. アンカーボルトに掛る力の計算 | |
| 1. X線テレビ装置 | | 7. アンカーボルトの種類と選択 | 39 |
| 2. X線CT装置 | | 1 アンカーボルトの種類 | |
| 3. 撮影用寝台 | | 2 あと施工アンカーボルトの許容力 | |
| 4. MRI装置 | | (1) メカニカルアンカーボルトの | |
| 5. 高電圧発生装置 | | 許容引張力の計算 | |
| 6. 自動現像機 | | (2) メカニカルアンカーボルトの | |
| 7. コントローラ | | 許容せん断力の計算 | |
| 8. キャビネット | | (3) その他の条件 | |
| 9. 壁付機器 | | 3 アンカーボルトの耐力検査 | |
| 10. パソコン | | 8. 設置計算書への記載事項 | 45 |
| 11. 床一天井(壁)式 | | 9. 建築施工上の対応 | 45 |
| X線管保持装置 | | 10. 参考文献 | 46 |
| 12. 天井走行式X線管 | | 11. 資料：被害写真 | 47 |
| 保持装置 | | | |
| 13. 移動して使用する | | | |
| キャスター付機器 | | | |

1. 目的

本指針は医用放射線機器をはじめとした医用画像診断機器等（以下「機器」と呼ぶ）を設置する際に、参照すべき耐震設置の基本条件を定め、地震による機器の移動・転倒・落下により直接あるいは間接的に被験者や医療関係者に被害を与えたり、機器自身の機能喪失を招いたりすることを防ぐことを目的としている。

2. 適用範囲

本指針は、すべての医用画像診断機器について適用する。

ただし、耐震設置が診療に著しい支障を及ぼす恐れのある場合については診療従事者もしくは管理者と協議し、別途対策を講ずる必要がある。

3. 機器の固定設置の手順

- (1) 機器の設置場所の想定される地震力の計算を行なうためのパラメータ（地域、設置する階数など）を調査して、地震力を決める。
- (2) 機器配置計画を確認する。
- (3) 検査室の床・壁・天井の構造・強度を調査する。
- (4) アンカーボルトにかかる力を計算する。
- (5) 機器付属のアンカーボルトで良いかを検討して不可だと判断したらアンカーボルトを変更する。
- (6) 固定仕様になっていない機器の固定方法を検討して固定用具を選択する。
- (7) 床・壁の補強工事が必要な場合には、使用者、建築担当者と打合せて、工事仕様を決める。
- (8) 使用者に固定方法とその耐震性について確認を受ける。
- (9) 設置作業を行う。
- (10) 耐震計算書や写真の記録を保管する。

4. 施設の構造

機器等が設置される部屋を構成する主要構造部として、天井、梁、壁、柱、床がある。特に放射線を遮蔽するために鉄筋コンクリートの壁が多かったが、最近では建物のフレキシビリティと高層化に対応して鉛板を利用した乾式工法の間仕切りが増えてきている。

即ち、剛体の壁で四方が囲われていたものが、柔軟性のあるパーティション壁に変わって来ているため、壁への固定方法という考え方はこれまでとは違った対応が必要とされる。

ここでは、機器等が設置される建築物の各構造についての事例を出来るだけ記載する。

1 床の構造

放射線施設の床には、通常次の4種類がある。

①コンクリートの床1 (図4.1)

一般的なコンクリートの床であるが、あと施工アンカーボルトを使用するときは、モルタル部の厚さが25~30mmあり、その部分は強度に寄与しないので注意が必要となる。

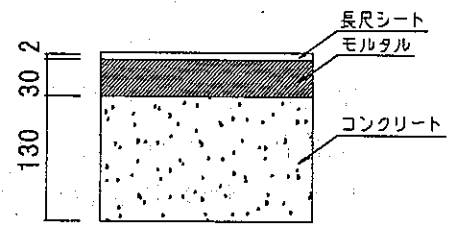


図4.1

②コンクリートの床2 (図4.2)

ケーブルピットが設けられるX線室に多い構造でコンクリートスラブ打設後にケーブルピットの枠を設置してあと打ちコンクリートでかさあげする構造である。機器固定に使用されるあと打ちメカニカルアンカーボルトはこのあと打ちコンクリートに打設されるが、このコンクリートには軽量コンクリートが使われていることもあり、さらに軽量コンクリートの中でも特に雑コンクリート(ラフコンクリートやシンダーコンクリートと呼ばれる)はJISでコンクリート強度が定められていないので、耐震性を持たせて機器をあと施工アンカーボルトで固定する材料としては適当でない。雑コンクリートで施工されていると考えられる場合は、アンカーボルト耐力検査器で試験することが望ましい。

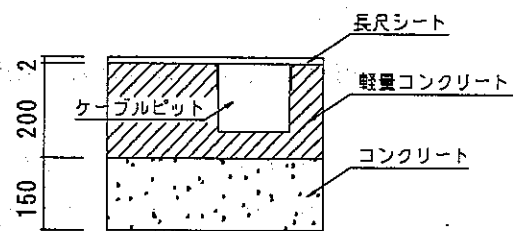


図4.2

③デッキプレートの床 (図4.3)

厚さ1.2mmの波形鉄板の上にコンクリートを打設する工法で、鉄骨構造のテナントビルに多く見られ、ビル診療所のX線室はこの工法が多い。

この場合も、使用されるコンクリートには軽量コンクリートが使用されるのでコンクリート圧縮強度が問題となる。

アンカーボルトの耐力が得られない場合はボルトを床貫通させ、床の下端に設けた金物と機器で床を挟み込んで固定する工法となる。

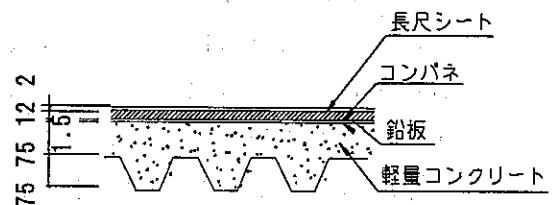


図4.3

④フリーアクセスフロア（図4.4）

OAフロアとも呼ばれ床下で自由な配線ができるので、操作やコンピュータ機械室に近年採用されるようになってきた。

この床パネルは取り外しができる構造であるので、機器の固定はコンクリート面と床仕上げ面（床パネル上端）の間に固定用の鉄骨の箱を設置し、その箱を介してコンクリートと機器をボルトで固定する。

なお、機器設置場所の床面だけコンクリートを打設する方法もある。

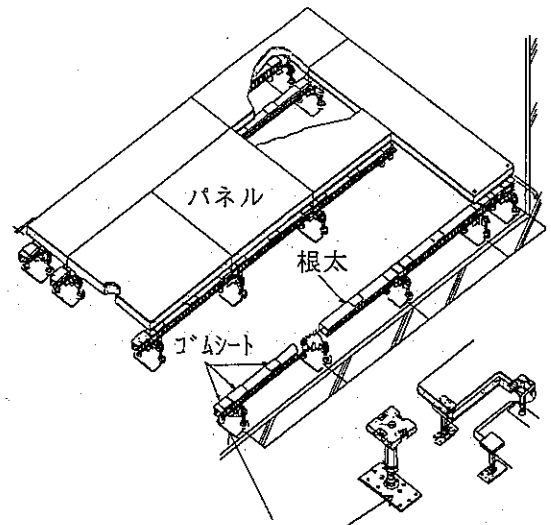


図4.4 支持脚

2 壁の構造

放射線施設の壁には次の種類がある。

①コンクリート壁（図4.5）

一般的なコンクリートの壁でX線室では厚さがおよそ150mmで施工されているところが多い。

あと打ちアンカーボルトを使用するときは、ボルトの耐力に寄与しないモルタル部の厚さが約20mm程度あることを考慮しなければならない。

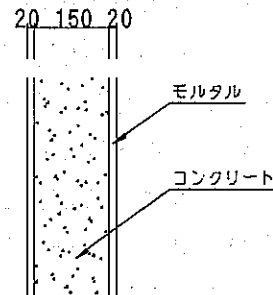


図4.5

②軽量鉄骨間仕切壁（図4.6）

床スラブから天井スラブの間に軽量鉄骨の間柱（スタット）を立て、その両側に石膏ボードを貼りつけたものである。

X線室にも石膏ボードに鉛板を貼りつけて施工され、最近の施設ではコンクリートの壁より多くなってきた。

この間仕切壁に機器を固定するにはあらかじめ壁内側に入れた補強鉄骨材からボルトを出しておく方法、または複数のスタットにビス止めをした補強材（横架材）を壁の表面に取り付けて、それに機器固定ボルトを止める方法がある。

これらは建築サイドと十分な打合わせが必要になる。

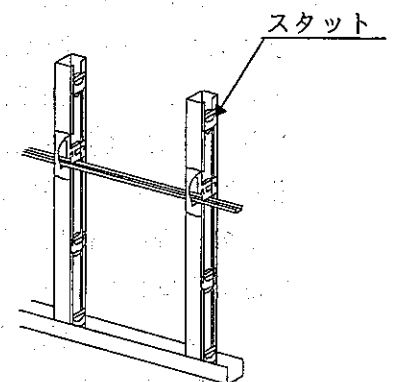
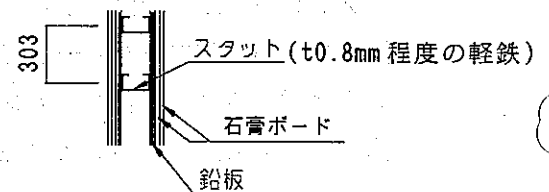


図4.6

③ジューエル工法 (GL:Gypsum Ling) (図 4.7)

これは直貼 (じかばり) 工法ともいわれ、コンクリートの壁に石膏ボードを貼りつけたものであり、コンクリート面とボードの間に 25 mm 程度の隙間がある。この場合は、石膏ボードを切り欠いてアンカーボルトを打ち込む必要がある。

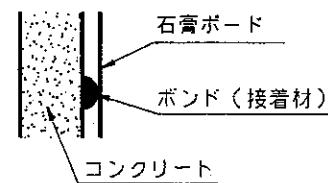


図 4.7

④スチール (アルミ) パーティション (図 4.8)

X線室には、一般に使用されるパーティション鉛板をサンドイッチした構造が用いられる。パーティションは装置設置時点では補強がほとんどできないので、建築工事のときに補強材を設ける必要がある。

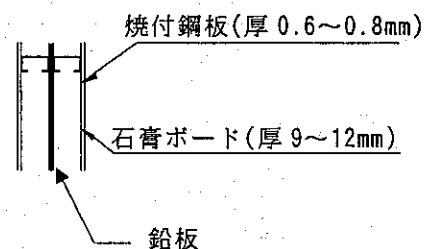


図 4.8

3 天井の構造 (図 4.9)

天井内に軽量鉄骨を組み、その下に仕上げのボードを貼り付けた構造がほとんどである。

この軽量鉄骨は、ボードを支持する強度しかもっておらず、機器の固定用には利用できない。

天井吊の機器は、天井スラブにアンカーボルトで固定された十分な強度をもった鉄骨補強材から吊り下げて設置しなければならない。また、この鉄筋補強材のボルトのゆるみなどを点検できるように天井点検口が必要である。

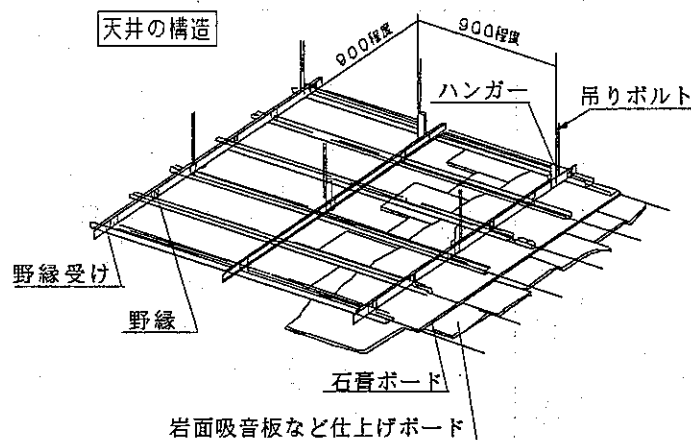


図 4.9

5. 機器設置の方法

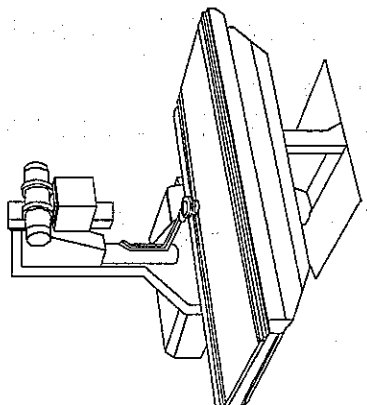
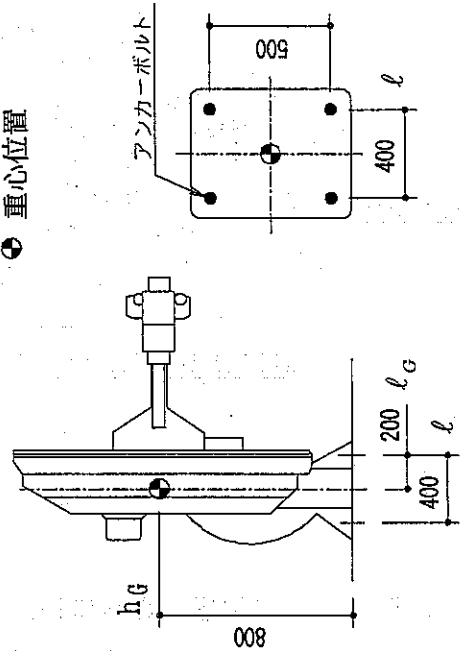
医用画像診断機器には、床据置形、天井吊り下げ形や、壁取付形、さらに移動して使用するキャスター付などのさまざまな形態がある。ここでは、その種類ごとに固定方法、計算方法、阪神大震災被害状況、使用上の留意事項についてまとめた。

尚、耐震計算例の設計水平震度 (KH) の値は、医用画像診断機器が 1 階や地階に設置されることが多いので、仮定として 0.6 として計算した。

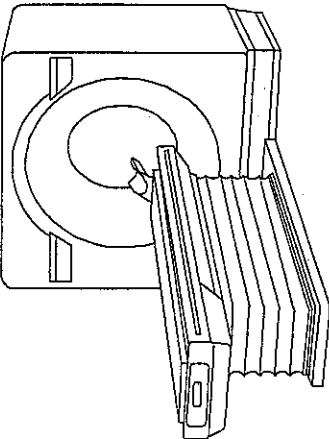
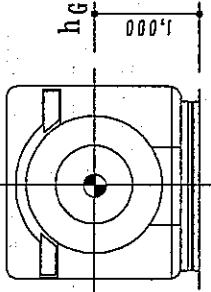
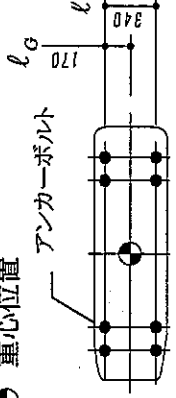
また、天井吊り下げ形は、1 階の室に設置されていても 2 階の床下に取付られているので、設計用水平震度 (KH) の値を 1.0 として計算した。

また、被験者の寝台の質量は、被験者の体重を 135 kg として加算している。

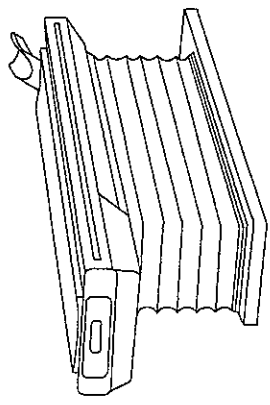
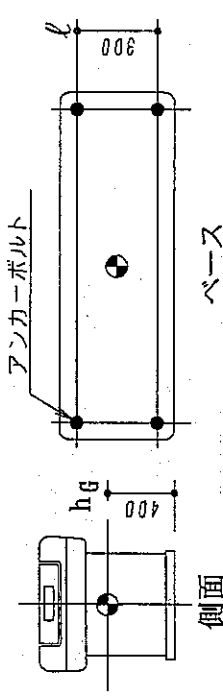
1. X線テレビ装置一床固定

| 姿 図 | 固定方法と計算例 | 阪神大震災被害状況 | 施工の注意事項 |
|---|--|--|--|
|  | <p style="text-align: center;">● 重心位置</p>  <p>設計用水平震度 (K_H) = 0.6 質量 (M) = $800 + 135 = 935 \text{ kg}$ (患者を 135kg とする。) 水平地震力 (F_H) = $K_H \cdot M \cdot g = 0.6 \times 935 \times 9.8 = 5497.8 \text{ N}$ 鉛直地震力 (F_V) = $(1/2)F_H = 2748.9 \text{ N}$ アンカーボルトの種類: M12 オネジ式メカニカル アンカーボルト 床コンクリートの圧縮強度: $17.6 \times 10^3 \text{ N/cm}^2$ アンカーボルト 1 本当りの引抜力 $R_b = \frac{F_H \cdot h_G - (M \cdot g - F_V) l_G}{l \cdot n}$ $= \frac{5497.8 \times 800 - (935 \times 9.8 - 2748.9) \times 200}{400 \times 2}$ $= 3894.3 \text{ N} < 5071 \text{ N} (M12)$ <p>アンカーボルト 1 本当りのせん断力 $Q = \frac{F_H}{n} = \frac{5497.8}{4}$ $= 1374.5 \text{ N} < 9417 \text{ N} (M12)$</p> </p> | <ul style="list-style-type: none"> 機器は、固定仕様になっているにも関わらず、アンカーボルトで固定されていないものがあった。 アンカーボルトに、プラグアンカー (注) を使用していたものは、ボルトの引抜きが多々みられた。 <p>(注) プラグアンカーボルトを締めると下穴内のくさびが鉛の外筒の中に引込まれて、ふくらみ圧着するタイプ。 最近では、大型機器固定としては用いられなくなっている。</p> | <ul style="list-style-type: none"> アンカーボルトの打設位置をゲージピット端より 15cm 程度は離すこと。 床のモルタル厚さ (3cm 程度) を、考慮した埋込み長さのアンカーボルトを使用すること。 <p style="text-align: center;">使用上の留意事項</p> <ul style="list-style-type: none"> 診療終了後には、寝台を水平位にして重心位置を下げておく。 |

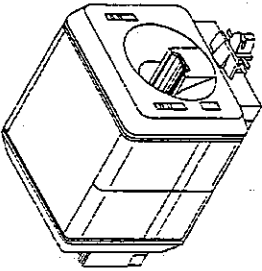
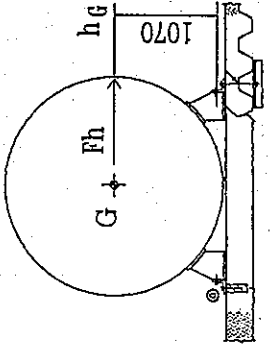
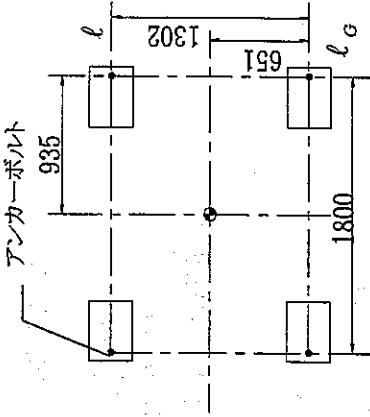
2. X線CT装置－床固定

| 姿 図 | 固定方法と計算例 | 阪神大震災被害状況 | 施工の注意事項 |
|---|---|---------------------------------------|--|
|  | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>正面</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ベース</p> </div> </div> <p>● 重心位置 ○ アンカーボルト</p> <p>設計用水平震度(K_H)=0.6 質量(M)=900kg 水平地震力(F_H)=$K_H \cdot M \cdot g = 0.6 \times 900 \times 9.8 = 5292N$ 鉛直地震力(F_V)=$(1/2)F_H = 2646N$ アンカーボルトの種類：M12 オネジ式メカニカル 床コンクリートの圧縮強度：$17.6 \times 10^3 \text{ N/cm}^2$ アンカーボルト1本当りの引抜力 $R_b = \frac{F_H \cdot h_G - (M \cdot g - F_V) l_G}{l \cdot n}$ $= \frac{5292 \times 1000 - (900 \times 9.8 - 2646) \times 170}{340 \times 4}$ $= 3119.4N < 5071N (M12)$ <p>アンカーボルト1本当りのせん断力 $Q = \frac{F_H}{n} = \frac{5292}{8}$ $= 661.5N < 9417N (M12)$</p> </p> | <p>位置ずれをおこした所もあるが、いずれも点検後は使用している。</p> | <p>施工の注意事項</p> <ul style="list-style-type: none"> アンカーボルトの打設位置をケープルビット端より15cm程度は離すこと。 床のモルタル厚さ(3cm程度)を、考慮した埋込み長さのアンカーボルトを使うこと。 <p>使用上の留意事項</p> <p>特になし</p> |

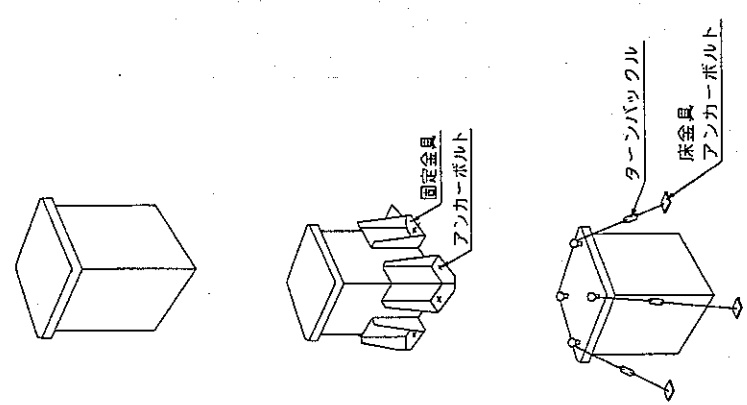
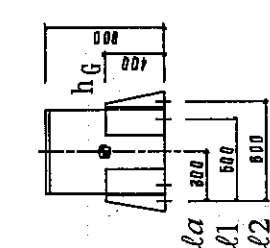
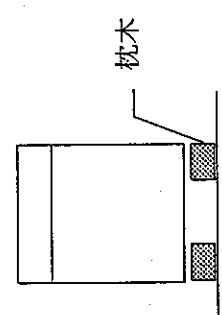
3. 撮影用寝台一床固定

| 姿 図 | 固定方法と計算例 | 阪神大震災被害状況 | 施工の注意事項 |
|---|--|--|--|
|  | <p>● 重心位置</p>  <p>設計用水平震度(K_H)=0.6 質量(M)=400+135=530kg (患者を135kgとする。) 水平地震力(F_H)=$K_H \cdot M \cdot g = 0.6 \times 530 \times 9.8 = 3116.4\text{N}$ 鉛直地震力(F_V)=$(1/2)F_H = 1558.2\text{N}$ アンカーボルトの種類：M12 オネジ式メカニカル アンカーボルト 床コンクリートの圧縮強度：$17.6 \times 10^3 \text{ N/cm}^2$</p> <p>アンカーボルト1本当りの引抜力</p> $R_b = \frac{F_H \cdot h_o - (M \cdot g - F_V) \cdot l_o}{l \cdot n}$ $= \frac{3116.4 \times 400 - (530 \times 9.8 - 1558.2) \times 150}{300 \times 2}$ $= 1168.7\text{N} (507\text{N} (M12))$ <p>アンカーボルト1本当りのせん断力</p> $Q = \frac{F_H}{n} = \frac{3116.4}{4}$ $= 779.1\text{N} (941\text{N} (M12))$ | <p>阪神大震災被害状況</p> <p>位置ずれをおこした所もあるが、いずれも点検後は使用している。</p> | <p>施工の注意事項</p> <p>使用上の留意事項</p> <p>特になし</p> |

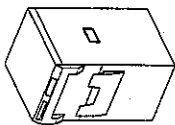
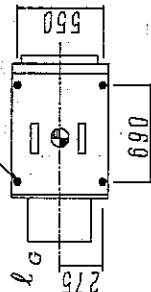
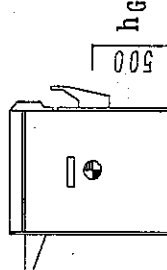
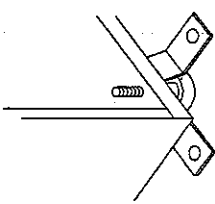
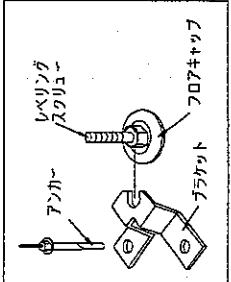
4. MR I 装置 マグネット-床固定

| 姿 図 | 固定方法と計算例 | 阪神大震災被害状況 | 施工の注意事項 |
|---|--|--|--|
|  | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="300 1350 643 1720">  <p>重心位置</p> </div> <div data-bbox="272 902 643 1317">  <p>アンカーボルト</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">ベース</p> <p>側面</p> <p>設計用水平震度 (K_H): 0.6 質量 (M): 9000kg 水平地震力 (F_H): $K_H \cdot M \cdot g = 0.6 \times 9000 \times 9.8 = 52920N$ 鉛直地震力 (F_V): $(1/2)F_H = 52920/2 = 26460N$ アンカーボルトの種類: M16 オネジ式メカニカルアンカーボルト</p> <p>床コンクリートの圧縮強度: $17.6 \times 10^3 \text{ N/cm}^2$ アンカーボルトの1本当たりの引抜力</p> $R_b = \frac{F_H \cdot h_G - (M \cdot g - F_V) l_G}{l \cdot n}$ $= \frac{52920 \times 1070 - (9000 \times 9.8 - 26460) \times 651}{1302 \times 2}$ $= 6310.2N < 7460N (M16)$ <p>アンカーボルトの1本当たりのせん断力</p> $Q = \frac{F_H}{n} = \frac{52920}{4} = 13230N < 14734N (M16)$ | <p>ほとんどの機器が固定する仕様でなく数十 cm の移動が見られた。</p> <p>クエンチング現象は見られなかった。</p> | <p>施工の注意事項</p> <p>床の電波シールド材(鋼などをアンカーボルトが貫通する場合は、十分にシールド処理をして電波が入らないように仕上げなくてはならない。</p> |
| | | <p>使用上の留意事項</p> <p>強い振動によりクエンチング現象をおこす可能性がある。</p> <p>クエンチングによるヘリウムガスは、専用排気管により屋外へ放出される設備になっているが、排気管の被害により室内にガスが充満して、酸欠状態になる可能性がある。震災後の入室には注意が必要。</p> | |

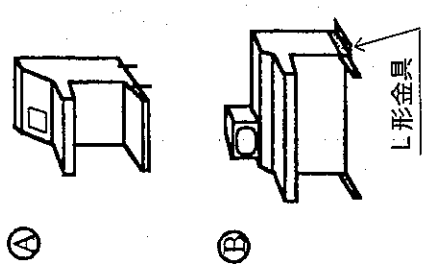
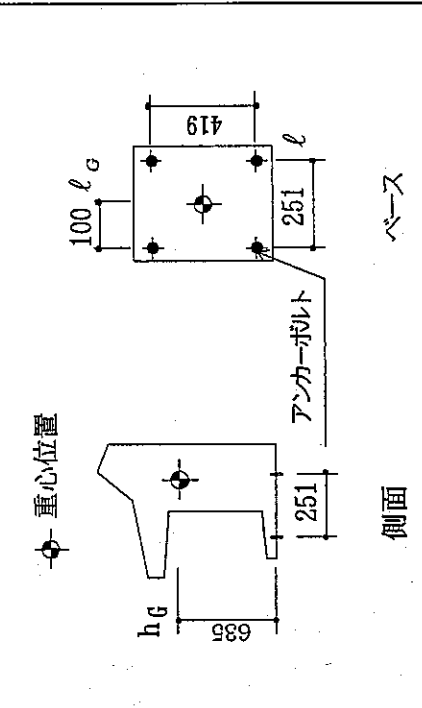
5. 高電圧発生装置一床固定

| 姿 図 | 固定方法と計算例 | 阪神大震災状況 | 施工の注意事項 |
|--|--|---|--|
|  | <p>重心位置</p>  <p>設計用水平震度 (KH)=0.6 質量 (M) =300kg 水平地震力 (FH)=KH・M・g=0.6×300×9.8 =1764N 鉛直地震力 (FV)=(1/2)FH =882N アンカーボルトの種類：M12 オネジ式メカニカル アンカーボルト 床コンクリートの圧縮強度：17.6×10³ N/cm²</p> <p>アンカーボルト1本当りの引抜力</p> $Rb = \frac{F_H \cdot h_G - (M \cdot g - F_V) \cdot l_a}{l_1 \cdot n_1 + l_2 \cdot n_2}$ $= \frac{1764 \times 400 - (300 \times 9.8 - 882) \times 300}{(500 \times 2) + (600 \times 2)}$ $= 36.8N < 5071N \quad (M12)$ <p>アンカーボルト1本当りのせん断力</p> $Q = \frac{F_H}{n} = \frac{1764}{4}$ $= 441N < 9417N \quad (M12)$ | <p>固定できない仕様になっ ているものが少なく、移動し たものも多く見られた。</p> <p>枕木の上に機器を設置し ていたものは、少しの移動 で転倒した。</p>  | <p>アンカーボルトの打設位 置をケーブルピット端よ り15cm程度は離すこと。</p> <p>床のモルタル厚さ(3cm程 度)を、考慮した埋込み長 さのアンカーボルトを使 うこと。</p> <p>機器の外装鉄板の内容 には油が入っているた め、外装鉄板にボルト用 の穴をあけることはで きない。</p> <p>使用上の留意事項</p> <p>特になし</p> |

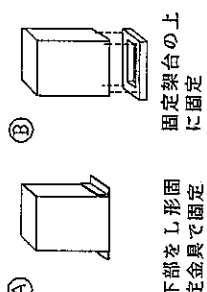
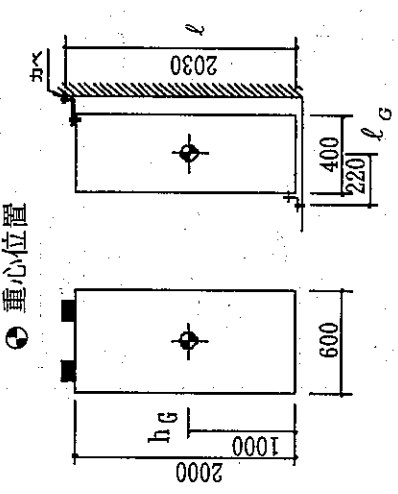
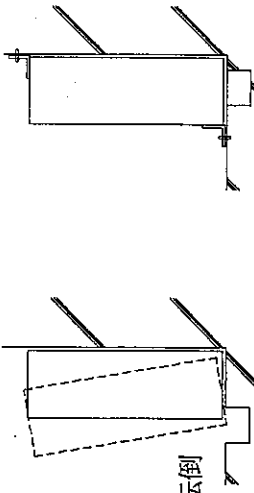
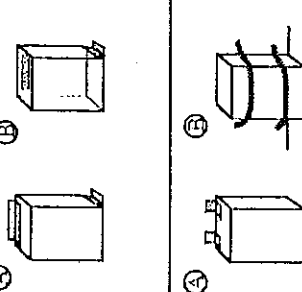
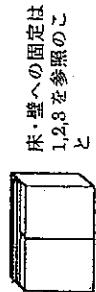
6. 自動現像機一床固定

| 姿 図 | 固定方法と計算例 | 阪神大震災状況 | 施工の注意事項 |
|---|--|--|---|
|  | <p>2本のアンカーボルトで固定</p>  <p>平面</p>  <p>側面</p> <p>● 重心位置</p> <p>設計用水平震度 (KH)=0.6 質量 (M) =170kg 水平地震力 (FH)=KH・M・g=0.6×170×9.8 =999.6N 鉛直地震力 (FV)=(1/2)FH =499.8N アンカーボルトの種類 = M12 オネジ式メカニカル アンカーボルト 床コンクリートの圧縮強度: 17.6×10³ N/cm²</p> <p>アンカーボルト1本当りの引抜力</p> $Rb = \frac{F_H \cdot h_g - (M \cdot g - F_V) l_g}{l \cdot nt}$ $= \frac{999.6 \times 500 - (170 \times 9.8 - 499.8) \times 275}{550 \times 4}$ $= 814N < 5071N \quad (M12)$ <p>アンカーボルト1本当りのせん断力</p> $Q = \frac{F_H}{n} = \frac{999.6}{4}$ $= 249.9 < 9417N \quad (M12)$ <p>ボルトの本数を nt としたのは、ブラケットが差し込み式のため。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ほとんど固定されていないなかっただけで、1割程度の台数が転倒・移動したり液の混入が見られた。 架台の上に置かれる小型タイプは、重心が高く転倒しやすかった。 水道管の接続は、ホース類を使用しているため、配管被害は少なかった。 水道の復旧に長期間かかり移動できなかつた。 | <p>使用上の留意事項</p> <ul style="list-style-type: none"> バット現像法を習得しておくことが必要。 |
| <p>固定金具</p>   | | | |

7. コントローラ

| 1. 床固定 |  | <p>固定方法と計算例</p>  | <p>阪神大震災被害状況</p> <p>ほとんどの機器が未対策のため移動が多数見られ、ケーブルが引張られケーブルコネクタの破損が見られた。</p> | <p>施工の注意事項</p> <p>モニターは、ベルトなどで本体に固定する。</p> |
|--------|---|---|---|--|
| | | <p>設計用水平震度 (K_H)=0.6 質量 (M)=157kg 水平地震力 (F_H)=$K_H \cdot M \cdot g = 0.6 \times 157 \times 9.8 = 923.2\text{N}$ 鉛直地震力 (F_V)=$(1/2)F_H = 461.6\text{N}$ アンカーボルトの種類 = M12 オネジ式メカニカルアンカーボルト 床コンクリートの圧縮強度: $17.6 \times 10^3 \text{ N/cm}^2$ アンカーボルト 1 本当りの引抜力</p> $R_b = \frac{F_H \cdot h_g - (M \cdot g - F_V) l_g}{l \cdot n}$ $= \frac{923.2 \times 635 - (157 \times 9.8 - 461.6) \times 100}{251 \times 2}$ $= 953.3\text{N} (5071\text{N} (M12))$ <p>アンカーボルト 1 本当りのせん断力</p> $Q = \frac{F_H}{n} = \frac{923.2}{4}$ $= 230.8\text{N} (9417\text{N} (M12))$ | <p>使用上の留意事項</p> <p>特になし</p> | |

8. キャビネット

| | 姿 | 固定方法と計算例 | 阪神大震災被害状況 | 施工の注意事項 |
|-------------------------|---|---|--|---|
| 1. 床固定 |  <p>下部をL形固定器具で固定</p> <p>固定梁の上に固定</p> | <p>● 重心位置</p>  <p>設計用水平震度(KH)=0.6 質量(M)=250kg 水平地震力(FH)=KH・M・g=0.6×250×9.8=1470N 鉛直地震力(FV)=(1/2)FH=735N アンカーボルトの種類 = M12 オネジ式 メカニカルアンカーボルト 床コンクリートの圧縮強度: 17.6×10³ N/cm²</p> <p>壁のアンカーボルト1本当りの引抜力</p> $Rb = \frac{F_v \cdot h_0 - (M \cdot g - F_v) \cdot l_0}{l \cdot Mt}$ $= \frac{1470 \times 1000 - (250 \times 9.8 - 735) \times 220}{2030 \times 2}$ $= 269.2N(5071N(M12))$ <p>床のアンカーボルト1本当りのせん断力</p> $Q = \frac{F_v}{n} = \frac{1470}{2}$ $= 735N(9417N(M12))$ | <p>ほとんどの機器が未対策。よって、転倒が多数見られ被害が大きいく、転倒により他の機器を破損しているものであった。</p> <p>キャビネット上部に乗せた機器は、震度5で、ほとんど落下している。</p> |  <p>床のアンカーボルトはケーブルピットの端部より15cm程度離さなければならぬ。</p> |
| 3. 壁固定 |  | <p>壁のアンカーボルト1本当りの引抜力</p> $Rb = \frac{F_v \cdot h_0 - (M \cdot g - F_v) \cdot l_0}{l \cdot Mt}$ $= \frac{1470 \times 1000 - (250 \times 9.8 - 735) \times 220}{2030 \times 2}$ $= 269.2N(5071N(M12))$ | <p>使用上の留意事項</p> <ul style="list-style-type: none"> キャビネットの上部に小さな機器を乗せるときは、互いをベルト等で固定する。 | <p>1-④ キャビネットのキャスター式を採用する理由はメンテナンス時間短縮により、固定すべきである。やむを得ない場合は、4つのキャスターのうち対角の2つをロックして(他の2つはフリーにして)おくと、転倒・移動しにくくなる。</p> <p>3-④ は、キャビネット底面が手前にすべり出すので好ましくない。ベルトで下部を固定すべき。</p> <p>3-⑧ 壁方向へのキャビネットの移動を防ぐために、そのすき間に部材をはさんでおくことが必要。</p> |
| 4. 同じ形状のもの/連続設置されるものの固定 |  <p>床・壁への固定は1,2,8を参照のこと</p> | <p>床のアンカーボルト1本当りのせん断力</p> $Q = \frac{F_v}{n} = \frac{1470}{2}$ $= 735N(9417N(M12))$ | <p>ほとんどの機器が未対策。よって、転倒が多数見られ被害が大きいく、転倒により他の機器を破損しているものであった。</p> <p>キャビネット上部に乗せた機器は、震度5で、ほとんど落下している。</p> | <p>キャビネットにボルト穴を現地であけるときは、切粉が内側に入らないよう注意して作業しなければならぬ。</p> |

9. 壁付機器 A

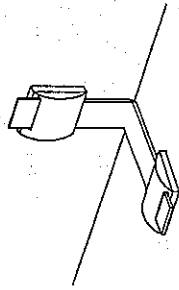
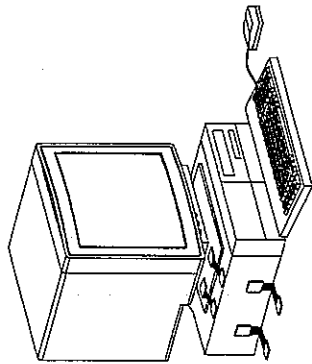
| A. 機器を直接壁に固定 | 姿 図 | 固定方法と計算例 | 阪神大震災被害状況 | 施工の注意事項 |
|--------------|-----|--|-------------|---|
| | | <p>設計用水平震度 (K_H)=0.6 質量 (M)=30kg 水平地震力 (F_H)=$K_H \cdot M \cdot g = 0.6 \times 30 \times 9.8 = 176.4N$ 鉛直地震力 (F_V)=$(1/2)F_H = 88.2N$ アンカーボルトの種類: M10 オネジ式メカニカルアンカーボルト 床コンクリートの圧縮強度: $17.6 \times 10^3 N/cm^2$</p> <p>壁のアンカーボルト 1 本当りの引抜力 2 式のうち大きい値をとる。</p> <p>n_1: 上下面のアンカーボルトの片側の本数 n_2: 側面のアンカーボルトの片側の本数</p> $Rb_1 = \frac{F_H \cdot l_1}{L_1 \cdot n_1} + \frac{(M \cdot g + F_V) \cdot l_3}{L_2 \cdot n_2}$ $= \frac{176.4 \times 200}{400 \times 3} + \frac{(30 \times 9.8 + 88.2) \times 250}{500 \times 2}$ $= 125.0N$ $Rb_2 = \frac{F_H \cdot (L_2 - l_2)}{L_2 \cdot n_1} + \frac{(M \cdot g + F_V) \cdot l_3}{L_2 \cdot n_2}$ $= \frac{176.4 \times (500 - 280)}{500 \times 3} + \frac{(30 \times 9.8 + 88.2) \times 250}{500 \times 2}$ $= 121.5N$ <p>$Rb_2 < Rb_1 = 125.0N < 4049N (M10)$</p> <p>壁のアンカーボルト 1 本当りのせん断力</p> $Q = \frac{\sqrt{F_H^2 + (M \cdot g + F_V)^2}}{n}$ $= \frac{\sqrt{176.4^2 + (30 \times 9.8 + 88.2)^2}}{6}$ $= 70.2N (5699N (M10))$ | <p>特になし</p> | <p>施工の注意事項</p> <ul style="list-style-type: none"> ・軽量鉄骨間仕切の石膏ボード用のボルトアンカーもあるが許容引張力はボルトの種類によるが、約 50N 以下であり、又ボードの厚さに合ったものを選択する。 ・機器の質量としては、5 Kg 程度が限界。 ・木板の補強材を複数 (スタット) に渡して、取付けると強度は増すが、機器質量は 10 Kg 程度が限界。 <p>使用上の留意事項</p> <p>モーターの向きを変えられる機構のものは、十分に、ロックしておく。</p> |

壁付機器 B

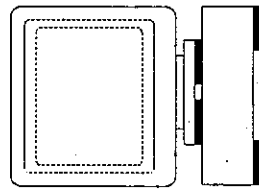
| 壁付機器 B | 姿 図 | 固定方法と計算例 | 阪神大震災被害状況 | 施工の注意事項 |
|----------------------------|-----|---|--|---|
| <p>B.壁の取付架台の上に機器を配置する。</p> | | <p>設計用水平震度 (K_H)=0.6 質量 (M) =30kg 水平地震力 (F_H)=$K_H \cdot M \cdot g = 0.6 \times 30 \times 9.8 = 176.4N$ 鉛直地震力 (F_V)=$(1/2)F_H = 88.2N$ 機器取付ボルト = M8 架台取付アンカーボルトの種類 = M10 オネジ式メカニカルアンカーボルト 床コンクリートの圧縮強度: $17.6 \times 10^3 N/cm^2$</p> <p>(1) 機器固定用ボルト N1=機器固定ボルトの片側の本数 ①ボルト1本当りの引抜力 $R_b = \frac{F_H \cdot h_1 - (M \cdot g - F_V) \cdot \ell_1}{\ell_2 \cdot N_1}$ $= \frac{176.4 \times 250 - (30 \times 9.8 - 88.2) \times 200}{400 \times 2}$ $= 3.7N <$ ②ボルト1本当りのせん断力 $Q = \frac{F_H}{n} = \frac{176.4}{4}$ $= 44.1N <$ (2) 架台取付用ボルト ①アンカーボルト1本当りの引抜力 $R_b = \frac{(M \cdot g + F_V) \ell_3 + F_H \cdot h_2}{L \cdot n_1}$ $= \frac{(30 \times 9.8 + 88.2) \times 280 + 88.2 \times 500}{450 \times 3}$ $= 136.1N < 4049N \quad (M10)$ ②アンカーボルト1本当りのせん断力 $R_b = \frac{\sqrt{F_H^2 + (M \cdot g + F_V)^2}}{n}$ $= \frac{\sqrt{176.4^2 + (30.0 \times 9.8 + 88.2)^2}}{6}$ $= 70.2N < 5699N \quad (M10)$ </p> | <p>取付架台と機器が固定されていないものは、落下した。非常に危険。</p> | <p>・軽量鉄骨間仕切の石膏ボード用のアンカーボルトもあるが許容引張力はボルトの種類によるが、約50 N以下であり、又ボードの厚さに合ったものを選択する。機器の質量としては、5 Kg程度が限界。</p> <p>・木板の補強材を複数(軽量鉄骨(スタット)に渡して、取付けると強度は増すが、機器質量は10 Kg程度が限界。</p> |
| | | | | <p>使用上の留意事項</p> <p>特になし</p> |

10. パソコン〔市販品の耐震用品〕

姿 図

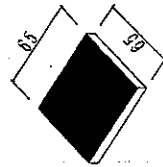


強力両面テープで固定した部品どうしをベルトで締める。



ゲルニック

この粘着材は、急激にはがそうとしても外れな
いが、ゆっくりはがすと外れて位置換えや再使
用ができる。



厚さ5mm

阪神大震災状況

・パソコンラックや机におかれていただけなので移動して落下した。

施工の注意事項

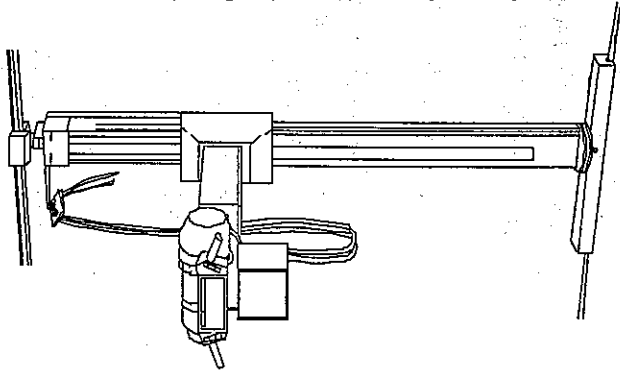
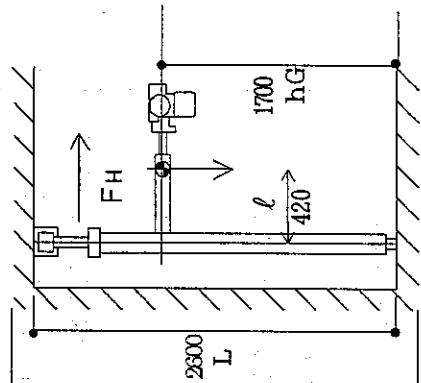
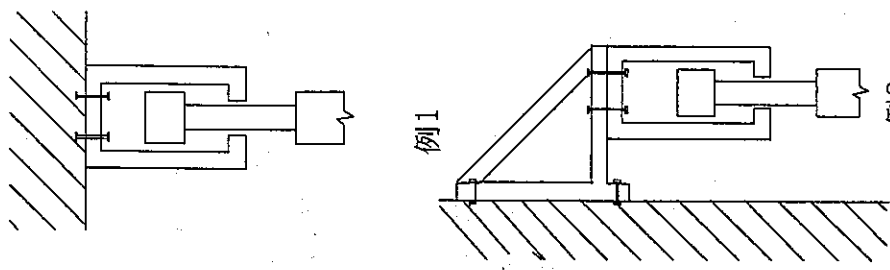
・さまざまなタイプのものが市販されているが、用品メーカーの仕様を確認の上で、機器の質量・形状により適切なタイプを選択する。接着剤を使用する場合は、よごれ等を拭き取る。

・パソコンラックは、重心が高く転倒しやすいので、ラック上部を壁に固定する。

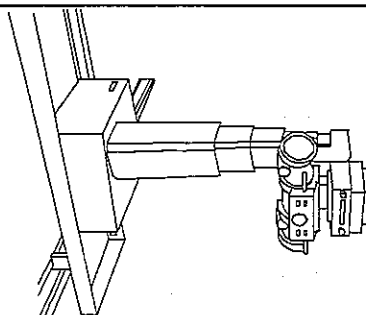
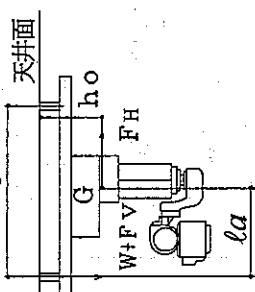
使用上の留意事項

・データのバックアップをとっておく。

1.1. 床一天井(壁)式X線管保持装置

| 姿 図 | 固定方法と計算例 | 阪神大震災被害状況 | 施工の注意事項 |
|---|---|---|---|
| <p>1. 天井固定</p> <p>2. 壁面固定</p>  |  <p>設計用水平震度 (K_H) = 0.6 質量 (M) = 170kg 水平地震力 (F_H) = $K_H \cdot M \cdot g = 0.6 \times 170 \times 9.8 = 99.6N$ 鉛直地震力 (F_V) = $(1/2)F_H = 49.8N$</p> <p>アンカーボルトの種類 = オネジ式メカニカルアンカーボルト M12</p> <p>天井アンカーボルト1本当りのせん断力</p> $Q = \frac{F_H \cdot h_G + (M \cdot g + F_V) \cdot l}{L \cdot n}$ $= \frac{99.6 \times 1700 + (170 \times 9.8 + 49.8) \times 420}{2600 \times 1}$ $= 1003.4N < 9417N \quad (M12)$ <p>・天井レールには、下方への引張力は生じない。 ・天井レールは、数本のアンカーボルトで固定されているが安全を見て1本にせん断力がかかるとして計算した。</p> | <p>天井レールから、コロがはずれて、転倒している例が見られた。</p> <p>使用上の留意事項</p> <ul style="list-style-type: none"> ・撮影後は、装置の重心を下げるために、管球を下げる。 ・レール取付ボルトのゆるみを定期的、地震後チェックする。 <p>天井軽量鉄骨に木板を付けて、それに天井レールを木ネジで固定する工法もあるが、地震時の天井面の振れや鉛直地震力による天井をおし上げる力などを考えると、壁がコンクリートであれば例2工法が望ましい。</p> | <p>例1. 天井固定 例2. 壁面固定 共に、上下/左右の揺れに対し容易にレールより外れる事のない構造とする。</p>  |

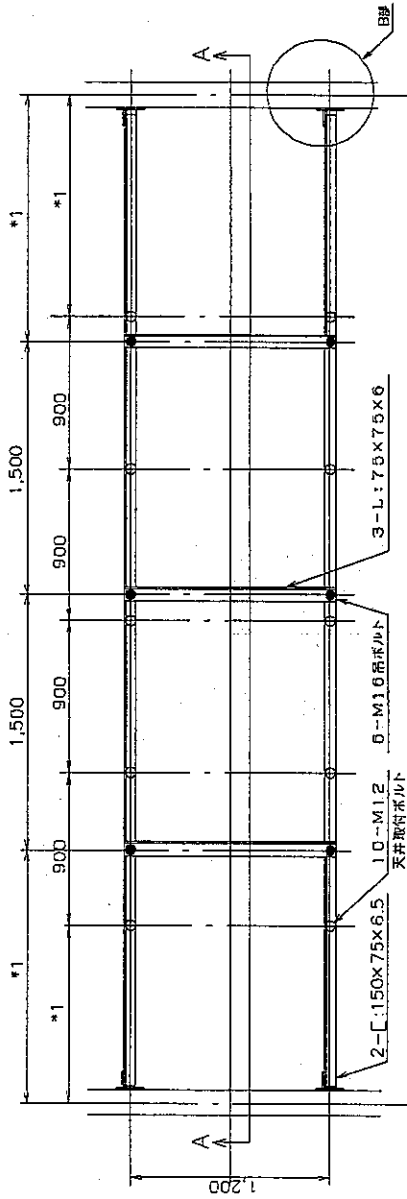
12. 天井走行式X線管保持装置

| 姿 図 | 固定方法と計算例 | 阪神大震災被害状況 | 施工の注意事項 |
|---|--|--|---|
|  |  <p>設計用水平震度 (KH)=1.0 質量 (M) =300kg 水平地震力 (FH)=KH・M・g=1.0×300×9.8 =2940N 鉛直地震力 (FV)=(1/2)FH =1470N 天井レール取付ボルトの種類 = M12</p> <p>天井レール取付ボルト1本当りの引抜力</p> $Rb = \frac{F_H \cdot h_G + (M \cdot g \cdot F_V) \cdot (\ell - la)}{\ell \cdot n}$ $= \frac{2940 \times 450 + (300 \times 9.8 + 1470) \times (1300 - 600)}{1300 \times 2}$ $= 1696.2N < 19600N \quad (M12)$ <p>天井レール取付ボルト1本当りのせん断力</p> $Q = \frac{F_V}{n} = \frac{2940}{4}$ $= 735N < 11760N \quad (M12)$ <p>天井レール取付ボルトは、天井内で組まれた鉄骨から下げられているので、鉄骨及びアンカーボルトが十分な強度を有していることを建設会社と打合わせ、確認しなければならぬ。</p> | <p>ボルト抜けによる被害は一件もなかった。</p> <p>使用上の留意事項</p> <ul style="list-style-type: none"> 撮影後はX線管装置を一番バランスのよい姿勢にし、最上部に退避すること。 レールボルトのゆるみや天井内の鉄骨、センサーボルトを、定期的、地震後にチェックする。 | <ol style="list-style-type: none"> ① 天井裏の安全を確認するため、一ヶ所以上の点検口を設けること。 ② 新築の場合、アンカーボルトは鉄筋に引掛けるか、または溶接し、コンクリートに埋込みボルト抜けがないようにすること。 ③ あと施工アンカーの場合、メネジアンカーは使用せず、オネジアンカーを使用すること。より一層強度を必要とするときは、樹脂アンカーボルトにした方がよい。 ④ アンカーの位置は梁等の端面より強度に十分な距離を確保すること。 ⑤ 天井のボルト出し工事はスラブからのアンカーボルトだけでなく、壁や梁等の側面を利用して振れ止めを設け、ボルトが抜けにくい構造とすること。 ⑥ アンカーボルトの選択は現場条件に適したものが第一であり、必要強度、ねじの選択コンクリート強度によるアンカー効果、施工面への適応性等十分な検討を行い決定すること。 |

1.3. 移動して使用するキャスター付機器

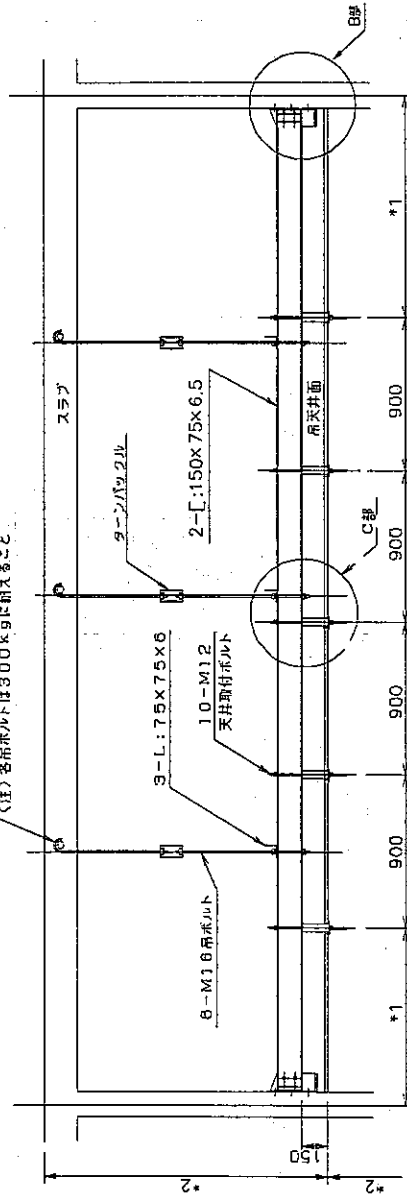
| 姿 図 | 固定方法と計算例 | 阪神大震災被害状況 | 施工の注意事項 |
|---|---|--|--|
| <p>1. モニター台車</p> <p>2. 回診用 X線装置</p> <p>3. 外科用 X線テレビ装置</p> | <p>計算できない</p> <p>モニター台車</p> <p>キャスター滑り止め金具</p> <p>回診用X線装置</p> <p>外科用X線テレビ装置</p> <p>A. キャスターホルダー</p> | <p>キャスターの免震作用によるものか被害は少なかったが、ケーブルコネクタの損壊が見られた。地震時の移動により人に衝突する危険がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・非常用のコンセンソントの位置が不明だった。(色分けされていなかった。) ・エレベーターが停止して機器を1階におろせなかった。 | <p>耐震計算はできないが、移動を制動するベルトなどの処置は有効である。ベルトの耐力は、機器重量の2倍以上のものを使用する。</p> <p>A. キャスター付重心位置が高い機器はキャスターホルダー等で移動を止めると、転倒しやすくなるので、ベルト等で、壁に固定することが必要となる。</p> <p>使用上の留意点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 常時固定はできないので、非常時には移動しても被害の少ない場所に収める事が肝要である。 ・ 回診車のアーム部は、所定格納の位置に戻しておくことが必要である。 |

天井ボルト出し工事参考例



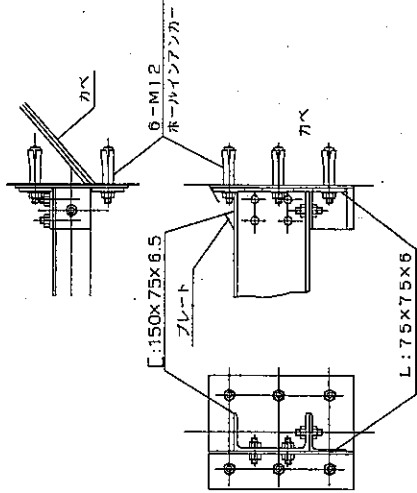
*1: 設置寸法によって異なります。
*2: 階高、天井高さによって決まります。

採光に引掛けるか、又は覆板する。
(注) 各吊ボルトは300kg以内に入れること

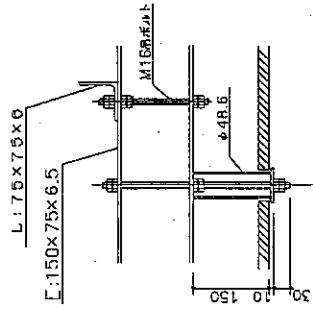


A-A 断面

(注1) 設置寸法によって吊ボルトの数、ピッチ等の詳細は異なります。
(注2) 型、スラブが鉄筋コンクリートの場合のみ示されています。

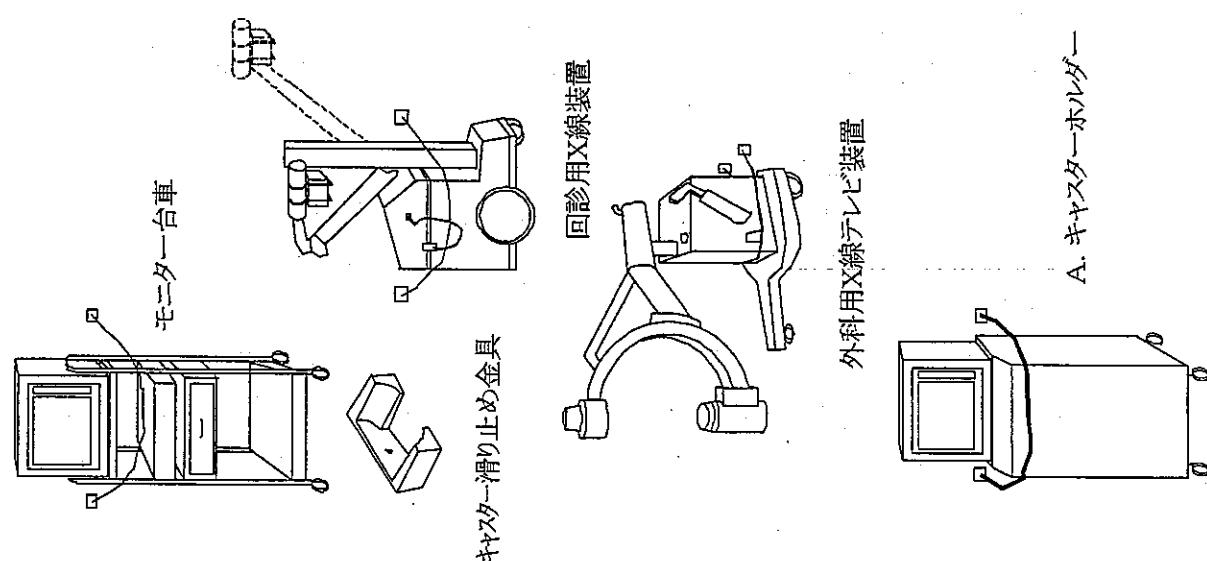


B部 詳細図



C部 詳細図

13. 移動して使用するキャスター付機器

| 姿 図 | 固定方法と計算例 | 阪神大震災被害状況 | 施工の注意事項 |
|--|---------------|---|--|
| <p>1. モニター台車</p> <p>2. 回診用X線装置</p> <p>3. 外科用X線テレビ装置</p>  | <p>計算できない</p> | <p>キャスターの免震作用によるものか被害は少なかったが、ケーブルコネクタ一の破損が見られた。地震時の移動により人に衝突する危険がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・非常用のコンセントの位置が不明だった。(色分されていないかった。) ・エレベーターが停止して機器を1階におろせなかった。 | <p>耐震計算はできないが、移動を制動するベルトなどの処置は有効である。ベルトの耐力は、機器重量の2倍以上のものを使用する。</p> <p>A. キャスター付 重心位置が高い機器はキャスターホルダー等で移動を止めると、転倒しやすくなるので、ベルト等で、壁に固定されることが必要となる。</p> <p>使用上の留意点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 常時固定はできないので、非常時には移動しても被害の少ない場所に収める事が肝要である。 ・ 回診車のアーム部は、所定格納の位置に戻しておくことが必要である。 |

6. 耐震計算

1 用語の意味

- (1) 地震の加速度 地震の振動加速度の最大値をいう。
- (2) 設計用地震力 地震によって装置の重心に働くと想定する慣性力。
- (3) 設計用震度 質量 M の物体に地震の加速度 α が加わると想定した場合に、物体の重心に働く地震力 F は、重力加速度を g として次式で示される。

$$F = M \cdot \alpha = k \cdot M \cdot g$$

このときの $k (= \alpha/g)$ を震度とよぶ。

地震の報道などで使用される震度は、気象庁が定めた加速度の大きさによる等級（震度階）であり、ここでの震度とは異なる。

- (4) 固有周期 ある弾性系に衝撃を加えたり、加えた外力を急に取り去って振動を起こさせると、あとに弾性系によって持続する自由振動が生じる。この振動の周期を固有周期と呼ぶ。
- (5) コンクリートの設計基準強度
コンクリートを打込んで 4 週間後の圧縮強度のことであり、コンクリートの許容強度はこの圧縮強度を基準に、せん断強度、引張強度などを表す。

2 耐震計算の基本条件

(1) 設計用地震力 (F_v)

地震の際に装置の重心に加わると想定する設計用地震力としては、水平地震力 F_H と鉛直地震力 F_v を考える。設計用水平地震力 F_H は、次式に示すように設計用水平震度 k_H に機器の質量 M と重力加速度 g を乗じた力とする。

$$F_H = k_H \cdot M \cdot g \quad (6.1)$$

設計用鉛直地震力 F_v は、次式による。

$$F_v = (1/2) F_H \quad (6.2)$$

(2) 設計用水平震度 (k_H)

設計用水平震度 k_H の値は、局部震度法による方法と修正震度法による方法があるが、何れの数値を採用してもよい。

【補足】

「医用画像診断装置の耐震設計指針」では、機器の設計時点においては建物の構造や設置される階等を特定できないため、設計用水平震度 (k_H) の数値を一律 1.2 と定めた。一方、機器設置には、設置される建物や階数などは特定されているので、設計用水平震度を 2 つの震度法により決めることとした。

① 局部震度法による設計用水平震度 (KH)

$$\text{設計用水平震度 } (K_H) = Z \cdot K_s$$

Z : 地域係数 (表 6.1 による)

K_s : 設計用標準震度のうち重要性の高い建築設備機器の標準震度の値を用いる。(表 6.2)

表 6.2 設計用標準震度 (K_s)

| | 重要性の高い建築設備機器の標準震度 | 適用階の区分 |
|------------|-------------------|--------|
| 最上階、屋上及び塔屋 | 1.5 | |
| 2階床以上 | 1.0 | |
| 地階及び1階 | 0.6 | |

② 修正震度法による設計用水平震度 (KH)

設計用水平震度 K_Hは、地域係数 Z、装置の重要度係数 I、建物の応答倍率を表す係数 k₁、機器の応答倍率を表す係数 k₂、設計用基準震度 k₀により、次式で求める。

$$K_H = Z \cdot I \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_0 \quad (6.3)$$

ただし、K_Hの値は 0.6 を下回らないものとする。

- ① 地域係数 Z は表 6.1 による。
- ② 重要度係数 I は、設備の機能と用途上の重要度を考慮した係数で、人命に直接影響がある場合や防災設備関係などは I = 1.0 すなわち最重要と位置づけ、他の設備に関しては、用途に応じて 2/3 あるいは 1/2 を設定している。本指針においては、すべて I = 1.0 とする。
- ③ 建物の応答倍率を表す係数 k₁ は、建物の上層ほど揺れが大きくなることを設計用地震力に反映させるための係数であり、この影響を設計用地震力に反映させるために、建物の応答倍率を表す係数 k₁ は、装置設置場所の地面からの高さをパラメータとして一般に次式で表される。

$$k_1 = 1 + (AB - 1) (h/H) \quad \text{: 地上階} \quad (6.4 a)$$

$$k_1 = 1 \quad \text{: 地表および地下階} \quad (6.4 b)$$

ここで、

H : 建物の地上高 [m]

h : 機器の設置される階の地上高 [m]

AB : 建物の頂部における応答倍率を表す係数で、建物の固有周期 T_B [Sec] の範囲によって次式で与えられる。

$$AB = 10/3 \quad \text{: } T_B < 0.6$$

$$AB = 10/3 - (2/3)(T_B/0.6 - 1)^2 \quad \text{: } 0.6 \leq T_B < 1.2$$

$$AB = 3.2/T_B \quad \text{: } T_B \geq 1.2$$

建築物の固有周期 T_B [Sec] は次式による。

$$T_B = (0.02 + 0.01\alpha) H$$

$\alpha = 1$: 地上階がすべて鉄骨造の場合

$\alpha = 0$: 地上階がすべて鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリートの
場合

- ④ 機器の応答倍率を表す係数 k_2 は、建物の揺れに対する装置に生じる応答加速度の倍率であり、機器の固有振動数 f_m により次のように定める。

$$f_m \text{ が不明な場合} \quad : k_2 = 1.5 \quad (6.5 \text{ a})$$

$$f_m > 15 \text{ [Hz] の場合} \quad : k_2 = 1.0 \quad (6.5 \text{ b})$$

- ⑤ 設計用基準震度 k_0 は、設計上の基準として想定する地動の震度に相当するものであり、地動加速度を 400 cm/S^2 (Gal) と想定し、次の値とする。

$$k_0 = 0.4 \quad (6.6)$$

【補足】

参考とした耐震設計の各種文献は、全て設計用基準震度を 0.3 (300 cm/S^2) としているが、これらはみな阪神淡路大震災の前に発行されたものであり、今後この値の見直しは行われるものと思われる。本指針においても従来の基準のままでは不十分と考え、従来の基準よりも強い震度を想定した値とした。ちなみに、気象庁が定めた震度階では、地動加速度 $250 \sim 400 \text{ cm/S}^2$ を震度 VI (烈震) 400 cm/S^2 以上を震度 VII (激震) としている。

表 6.1 地域係数 Z の数値

| 地 方 | | Z の数値 |
|--------------------|---|-------|
| ① | ②～④に掲げる地方以外の地方 | 1.0 |
| | 北海道のうち、札幌市・函館市・小樽市・室蘭市・北見市・夕張市・岩見沢市・網走市・苫小牧市・美咲市・芦別市・江別市・赤平市・三笠市・千歳市・滝川市・砂川市・歌志内市・深川市・富良野市・登別市・恵庭市・伊達市・札幌郡・石狩郡・厚田郡・浜益郡・松前郡・上磯郡・亀田郡・茅部郡・山越郡・檜山郡・爾志郡・久遠郡・奥尻郡・瀬棚郡・島牧郡・寿都郡・磯谷郡・虻田郡・岩内郡・古宇郡・積丹郡・古平郡・余市郡・空知郡・夕張郡・樺戸郡・雨竜郡・上川郡（上川支庁）のうち東神楽町・上川町・東川町および美瑛町・勇払郡・網走郡・斜里郡・常呂郡・有珠郡・白老郡 | 0.9 |
| | 青森県のうち、青森市・弘前市・黒石市・五所川原市・むつ市・東津軽郡・西津軽郡・中津軽郡・南津軽郡・北津軽郡・下北郡 | |
| | 秋田県 | |
| | 山形県 | |
| | 福島県のうち、会津若松市・郡山市・白河市・須賀川市・喜多方市・岩瀬郡・南会津郡・北会津郡・耶麻郡・河沼郡・大沼郡・西白河郡 | |
| | 新潟県 | |
| | 富山県のうち、魚津市・滑川市・黒部市、下新川郡 | |
| | 石川県のうち、輪島市・珠洲市、鳳至郡・珠洲郡 | |
| | 鳥取県のうち、米子市・倉吉市・境港市、東伯郡・白伯郡・日野郡 | |
| | 島根県 | |
| | 岡山県 | |
| | 広島県 | |
| | 徳島県のうち、美馬郡・三好郡 | |
| | 香川県のうち、高松市・丸亀市・坂出市・善通寺市・観音寺市・小豆郡・香川郡・綾歌郡・仲多度郡・三豊郡 | |
| | 愛媛県 | |
| | 高知県 | |
| | 熊本県（③に掲げる市および郡を除く） | |
| | 大分県（③に掲げる市および郡を除く） | |
| | 宮崎県 | |
| ③ | 北海道のうち、旭川市・留萌市・稚内市・紋別市・士別市・名寄市・上川郡（上川支庁）のうち鷹栖町・当麻町・比布町・愛別町・和寒町・剣淵町・朝日町・風連町および下川町・中川郡（上川支庁）、増毛郡・留萌郡・苫前郡・天塩郡・宗谷郡・枝幸郡・礼文郡・利尻郡・紋別郡 | |
| | 山口県 | |
| | 福岡県 | |
| | 佐賀県 | |
| | 長崎県 | |
| | 熊本県のうち、八代市・荒尾市・水俣市・玉名市・本渡市・山鹿市・牛深市・宇土市、飽託郡・宇土郡・玉名郡・鹿本郡・葦北郡・天草郡 | |
| | 大分県のうち、中津市・日田市・豊後高田市・杵築市・宇佐市、西国東郡・東国東郡・速見郡・下毛郡・宇佐郡 | |
| 鹿児島県（名瀬市および大島郡を除く） | | |
| ④ | 沖縄県 | 0.7 |

3 アンカーボルトに掛る力の計算

据置機器の固定にアンカーボルトを用いる場合には、表 6.3 を参照してアンカーボルトに掛ける力の計算をしてアンカーボルトの耐力が十分かの検討を行なう。

(1) アンカーボルトの引抜力

機器を転倒させようと作用する地震力は、機器の重心位置に水平方向及び鉛直方向の力が条件の悪い方向に同時に作用するとして計算する。

(2) アンカーボルトのせん断力

水平地震力は、機器を水平に移動させるように作用する。この水平地震力をアンカーボルト全数で受けるものとして計算する。

また、機器自重及びボルト締付力による床等との摩擦抵抗は、原則として考慮しない。

表6.3 (その1)

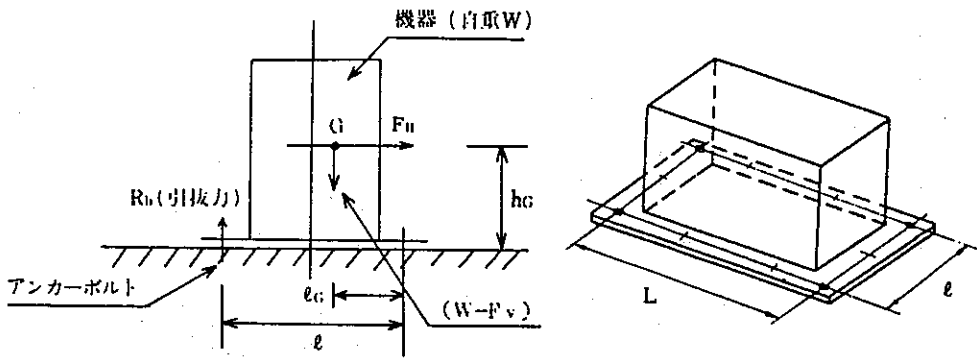
| 床、基礎据付けの場合 | |
|---------------------|--|
| アンカーボルトに加わる引抜力とせん断力 | <p style="text-align: center;">矩形断面の場合</p>  <p style="text-align: center;">図 6.1</p> <p>図 6.1 において</p> <p>G : 機器重心位置</p> <p>W : 機器の自重 = 機器の質量 × 9.8</p> <p>R_b : アンカーボルト 1 本当りの引抜力 (N)</p> <p>n : アンカーボルトの総本数</p> <p>m : 機器転倒を考えた場合の引張りを受ける片側のアンカーボルト総本数(図 6.1 において、検討方向の片側に設けられたアンカーボルト本数)</p> <p>hc : 据付面より機器重心までの高さ</p> <p>l : 検討する方向からみたボルトスパン</p> <p>lg : 検討する方向からみたボルト中心から機器重心までの距離 (ただし lg ≤ l/2)</p> <p>F_H : 設計用水平地震力 (F_H = K_H · W)</p> <p>F_V : 設計用鉛直地震力 (F_V = 1/2 F_H)</p> |
| アンカーボルトの引抜力 | $R_b = \frac{F_H \cdot hc - (W - F_V) \cdot l_g}{l \cdot m} \quad (6.7)$ |
| アンカーボルトのせん断力 | $\tau = \frac{F_H}{n \cdot A} \text{ 又は } Q = \frac{F_H}{n} \quad (6.8)$ <p>ここに、</p> <p>τ : ボルトに作用するせん断応力度</p> <p>Q : ボルトに作用するせん断力</p> <p>F_H : 設計用水平地震力</p> <p>A : アンカーボルト 1 本当りの軸断面積(呼径による断面積)</p> <p>n : アンカーボルトの総本数</p> |

表 6.3 (その2)

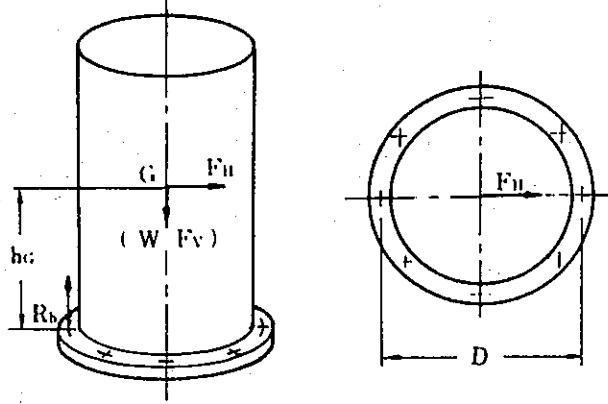
| 床、基礎据付けの場合 | |
|---------------------|---|
| アンカーボルトに加わる引抜力とせん断力 | <p>円形断面の場合</p>  <p>図 6.2</p> <p>図 6.2 において G, W, Fv, Fu, Rb, hc は図 6.1 と同じ D : 円形断面のボルトスパン</p> |
| | <p>アンカーボルトの引抜力</p> $R_b = \frac{4}{n \cdot D} F_H \cdot hc - \frac{W - F_v}{n} \quad (6.9)$ |
| アンカーボルトのせん断力 | $\tau = \frac{F_H}{n \cdot A} \text{ 又は } Q = \frac{F_H}{n} \quad (6.8)$ <p>ここに、 τ : ボルトに作用するせん断応力度 Q : ボルトに作用するせん断力 F_H : 設計用水平地震力 A : アンカーボルト 1 本当りの軸断面積 (呼径による断面積) n : アンカーボルトの総本数</p> |

表 6.3 (その3)

| 天井面取付けの場合 | |
|---|---|
| アンカーボルトに加わる引抜力とせん断力 | <p style="text-align: center;">図 6.3</p> <p>図 6.3 において G, W, R_b, n, m, h_c, l, l_G, F_H 及び F_v は、図 6.1 と同じ</p> |
| アの ン カ ー 引 抜 ボ ル ト 力 | <p>ボルト 1 本当りの引抜力 R_b は、</p> $R_b = \frac{F_H \cdot h_c + (W + F_v) \cdot (l - l_G)}{l \cdot n} \quad (6.10)$ |
| アの せ ん カ ー ボ ル ト 断 力 | <p>(6.8) 式と同じ</p> |

表 6.3 (その4)

| 壁面取付けの場合 | |
|---------------------|---|
| アンカーボルトに加わる引抜きとせん断力 | <div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">(6.11) 式及び (6.13) 式で想定する水平方向地震力</p> <p style="text-align: center;">(6.12) 式で想定する水平方向地震力</p> <p style="text-align: center;">図 6.4</p> <p>図 6.4 において、</p> <p>G, W, R_b, n, F_H 及び F_v は、 図 6.1 と同じ</p> <p>l_1 : 水平方向のボルトスパン l_2 : 鉛直方向のボルトスパン l_{1G} : ボルト中心から機器重心までの水平方向の距離 (ただし、$l_{1G} \leq l_1/2$) l_{2G} : 上部側ボルト中心から機器重心までの鉛直方向の距離</p> <p>l_{3G} : 壁面から機器重心までの距離 n_1 : 上下面に設けたアンカーボルトの片側本数(図 2.1-3 において辺長 l_1 側のアンカーボルト本数) n_2 : 側面に設けたアンカーボルトの片側本数(図 2.1-3 において辺長 l_2 側のアンカーボルト本数)</p> |
| アのアンカーボルト力 | <p>上部側アンカーボルト 1 本当りの引抜き力 R_b は、下記二つの計算式((2.1-4)式、及び(2.1-5)式)のうち大きい方の値で与えられる。</p> $R_b = \frac{F_H \cdot l_{3G}}{l_1 \cdot n_2} + \frac{(W + F_v) \cdot l_{3G}}{l_2 \cdot n_1} \quad (6.11)$ $R_b = \frac{F_H \cdot (l_2 - l_{2G})}{l_2 \cdot n_1} + \frac{(W + F_v) \cdot l_{3G}}{l_2 \cdot n_1} \quad (6.12)$ |
| アのアンカーボルト断力 | $\tau = \frac{\sqrt{F_H^2 + (W + F_v)^2}}{n \cdot A} \quad \text{又は} \quad Q = \frac{\sqrt{F_H^2 + (W + F_v)^2}}{n} \quad (6.13)$ <p>ここに、τ, Q, F_H, A 及び n は、(2.1 3) 式と同じ</p> |

7. アンカーボルトの種類と選定

1 アンカーボルトの種類

機器の固定に使用される代表的なアンカーボルトの種類と用途及び施工上の注意点を表 7.1 にまとめた。

2 あと施工アンカーボルトの許容力

地震力により、機器を転倒させる力が、アンカーボルトに引張力として、水平方向に移動させる力がアンカーボルトにせん断力として作用する。それらの力は使用するアンカーボルトの許容力以下でなければならない。

メカニカルアンカーボルトの許容力は、後述の計算式（「各種合成構造設計指針・同解」による）により求める。機器固定に通常使用されるものについては、表 7.2 に計算値を示したが、アンカーボルトの埋込長さやコンクリート強度が異なるときは計算により求める。また、樹脂アンカーボルトの許容引張力は、表 7.3 と表 7.4（「建築設備耐震設計・施工指針」による）に示す。短期許容せん断力は、ボルトの軸断面積（ cm^2 ）と 9922.5（ N/cm^2 ）の積の値として求める。（長期の値は、短期の 1/1.5）通常の許容引張力は上記により求められるが、 $4410\text{N}/\text{cm}^2$ （SS400 の場合）を超えるせん断応力度（アンカーボルト 1 本に作用するせん断力/ボルトの軸断面積）を同時に受ける場合においては、許容引張力の値が次式の f_{ts} となる。せん断力と引張力を同時に受ける場合には、せん断応力度を確認してから許容引張力を決めなければならない。

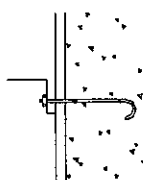
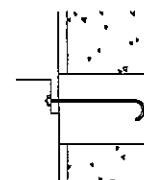
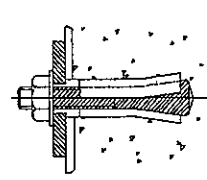
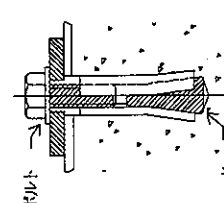
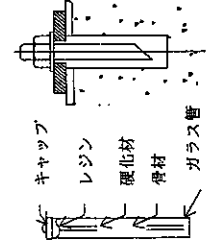
$$f_{ts} = 1.4 f_t - 1.6 \tau \quad \text{かつ} \quad f_{ts} \leq f_t \quad (7.1)$$

f_{ts} : せん断と引張力を同時に受けるアンカーボルトの許容引張力 (N)

f_t : アンカーボルトの許容引張力 (N)

τ : アンカーボルトに作用するせん断力 (N)

表 7.1 アンカーボルトの種類

| 種類 | 形状 | 施工法 | 施工上の注意 | 用途 |
|----------------------------------|---|---|--|---|
| 埋込み アンカーボルト |  | 床や天井のコンクリート打設前に設定しておきコンクリートに埋込む | <ul style="list-style-type: none"> コンクリート打設の建築工程の調整が必要 寸法精度が必要な場合には、鋼材にアンカーボルトを固定して埋め込む | <ul style="list-style-type: none"> 天井吊装置の天井強化の吊ボルトや大きな引張り力が必要とする 固定用アンカーボルト |
| 箱抜き アンカーボルト |  | 機器取得時にアンカーボルトを箱抜き穴に設定し、モルタルを充填する | <ul style="list-style-type: none"> L型よりもJ型アンカーボルトの方が付着力を期待できるので望ましい 充填用モルタルは、水の量を多くしないこと。収縮を防止するための湿和剤を入れるなどの管理が必要 箱抜き穴の壁面は、十分に目荒し・水洗いを行い充填用モルタルが十分に付着するようにする。 | <ul style="list-style-type: none"> リニアックなどの大型機器の固定 |
| あと施工 オネジ型 メカニカル アンカーボルト |  | コンクリートにドリルで穴をあけて、アンカーボルトの下部を機械的に拡張させて、コンクリートと固定させる。 | <ul style="list-style-type: none"> 装置のベース厚、モルタル仕上げ部の厚さを考慮しコンクリートに十分な埋め込み深さを得る長さのもの採用する。 施工の安定性から、大きな引抜き力が作用する場合には、オネジ型が望ましい。 施工時の注意点 | <ul style="list-style-type: none"> X線TV装置、CT装置の固定 |
| あと施工 メネジ型 メカニカル アンカーボルト |  | アンカーボルトの下部にたる栓をたき込むか、本体をたき込むたる栓をたき込んで、スカート部を拡張させる | <ol style="list-style-type: none"> ①アンカーボルトの軸径に対して指定の径のドリルを用いること。 ②メネジ式については、特にせん孔深さの指定を守ること。 ③孔の周辺のコンクリートに傷を付けないこと ④孔内の清掃を十分行うこと。アンカーボルトの、たき込みは十分に行うこと。 | <ul style="list-style-type: none"> 比較的軽量機器の固定 |
| あと施工 樹脂 アンカーボルト |  | コンクリートにドリルで穴をあけ、その中に樹脂などの入ったガラス状カップブルを挿入した後アンカーボルトを打ち込み樹脂などを硬化させて、コンクリートに接着させる。 | | <ul style="list-style-type: none"> 天井吊装置の天井補強材の吊ボルト (既存スラブで埋込みアンカーボルトを使用できないとき) |

(1) メカニカルアンカーボルトの許容引張力の計算

メカニカルアンカー1本当たりの許容引張力は、式(7.2)あるいは(7.3)で求めた値のいずれか小さい方とするが、機器固定用に使われるアンカーボルトでは $Pa1$ に比べて $Pa2$ は大きくなるので、 $Pa1$ の計算により求めればよい。

$$Pa1 = 2.3\phi_1 \cdot Fc^{1/2} \cdot Ac \quad \dots \dots (7.2)$$

$$Pa2 = \phi_2 \cdot \sigma_y \cdot sca \quad \dots \dots (7.3)$$

ここで、

$Pa1$: 定着したコンクリート躯体のコーン状破壊 (図 7.1) により決まる場合のアンカー1本当りの許容引張力 (N)

$Pa2$: メカニカルアンカーボルト鋼材の降伏により決まる場合のアンカーボルト1本当りの許容引張力 (N)

$\phi_1 \cdot \phi_2$: 低減係数で、軽量コンクリートの場合の地震力に対応する値として、 $\phi_1 = 0.54$ 及び $\phi_2 = 1.0$ とする。

Fc : 既存コンクリートの設計基準強度 (N/cm^2)

Ac : コンクリートのコーン状破壊面の有効水平投影面積 (cm^2)

σ_y : メカニカルアンカーボルト鋼材の降伏応力 (N/cm^2)

sca : メカニカルアンカーボルトの定着部または、これに接合されるボルト鋼材の危険断面における断面積 (cm^2)。ねじ切りが危険断面による場合には、ねじ部有効断面積をとる。

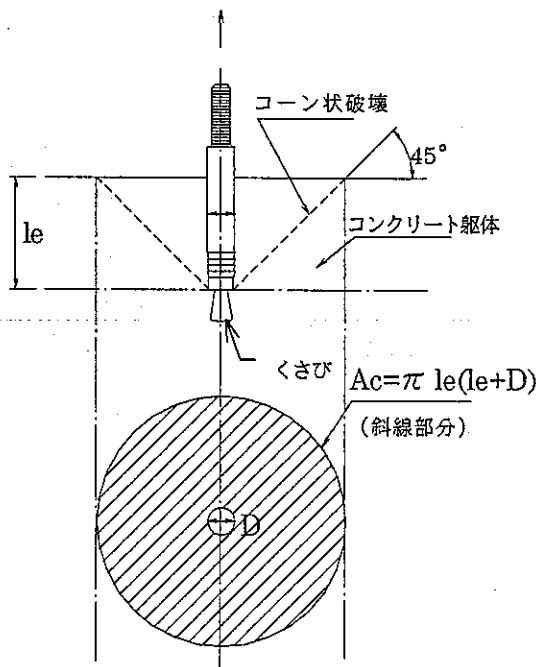


図 7.1 メカニカルアンカーボルトの有効水平投影面積 Ac

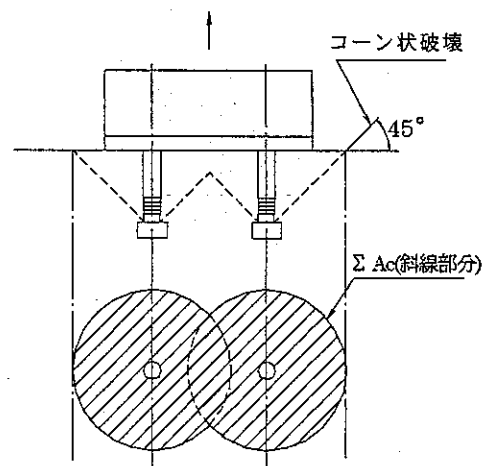


図 7.2 アンカーボルトが複数の場合の有効水平投影面積 ΣAc

(2) メカニカルアンカーボルトの許容せん断力の計算

コンクリート中に定着されたメカニカルアンカーボルト 1 本当りの許容せん断力は、(7.4) 式により求める。

$$qa = 0.75\phi_{s3} \cdot \left\{ 0.5_{sc} a \cdot (Fc \cdot Ec)^{1/2} \right\} \quad (7.4)$$

ここで、

ϕ_{s3} : 低減係数で、地震力に対応する値として、0.6 とする。

$sc a$: メカニカルアンカーボルトの定着部または、これに接合されるボルトの既存コンクリート表面における断面積 (cm^2)

Fc : 既存コンクリートの設計基準強度 (N/cm^2)

Ec : コンクリートのヤング率 (N/cm^2)

(3) その他の条件

a) 既存コンクリートへの埋め込み長さ le は、メカニカルアンカーの定着部径 D の 4 倍以上とする。

b) 複数のアンカーが接近して設けられた場合には、図 7.2 のような有効水平投影面積により求める。

c) ケーブル埋設ピットなどコンクリートのへりからの距離は、アンカーボルトの埋設深さ以上にとるが、とれない場合は 4 cm 以上とし、許容引張力の計算は、図 7.3 のような有効水平投影面積により求める。また、ピットの両側にモルタルをつめる工法もあるので、そのモルタルの中を避けて考慮しなければならない。

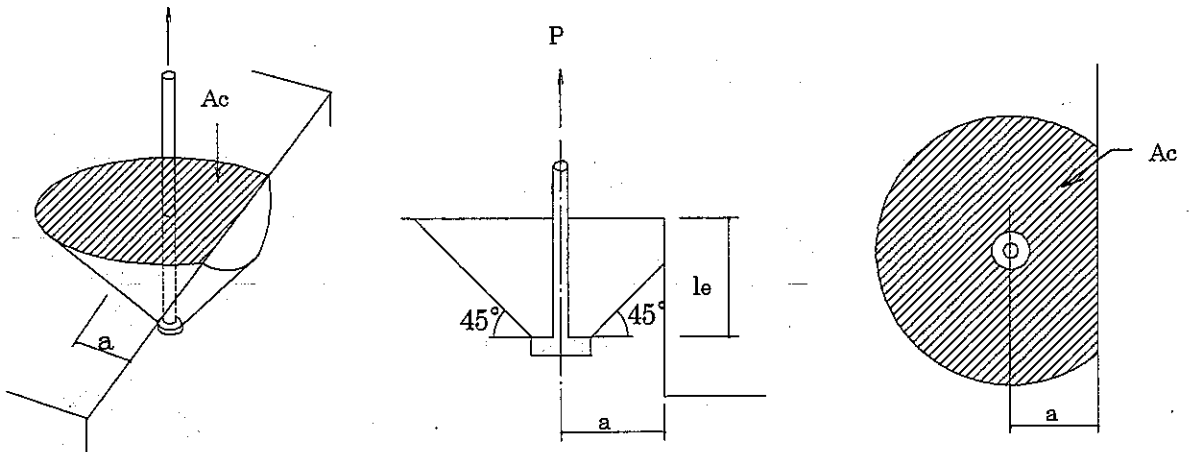


図 7.3

表 7.2 あと施工メカニカルアンカーボルトの許容力計算例

| アンカーボルトのサイズ | オネジ式メカニカルアンカーボルト | | | | メネジ式メカニカルアンカーボルト | | | | メカニカルアンカーボルト | |
|-------------|------------------|-----------|-------------|-------------|------------------|-----------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| | 本体径 (cm) | 埋込長さ (cm) | 許容引張力 ① (N) | 許容引張力 ② (N) | 本体直径 (cm) | 埋込長さ (cm) | 許容引張力 ① (N) | 許容引張力 ② (N) | 許容せん断力 ① (N) | 許容せん断力 ② (N) |
| M8 | 0.8 | 3.5 | 2462 | 2959 | 1.2 | 3.5 | 2691 | 3235 | 3403 | 4806 |
| M10 | 1.0 | 4.5 | 4049 | 4867 | 1.4 | 4.0 | 3533 | 4248 | 5699 | 8048 |
| M12 | 1.2 | 5.0 | 5071 | 6096 | 1.75 | 5.0 | 5521 | 6637 | 9417 | 13298 |
| M16 | 1.6 | 6.0 | 7460 | 8968 | 2.14 | 6.0 | 7990 | 9605 | 14734 | 20806 |
| M20 | 2.0 | 9.0 | 16058 | 19470 | 2.54 | 8.0 | 13794 | 16583 | 23032 | 32525 |

- (注) 1. 計算式は「各種合成構造設計指針・同解説」1985年(社)日本建築学会
 2. 許容値の①は、軽量コンクリートに打設したとき(第一種、第二種の軽量コンクリートのことでラフコンクリートやシンダーコンクリートと呼ばれる雑コンクリートは除く)②は、普通コンクリートに打設したときの値。
 3. ①と②のコンクリート特性は、次のように想定した。

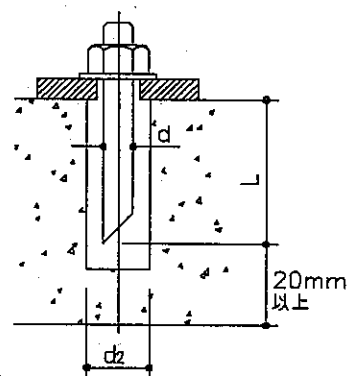
| | 設計基準強度 | ヤング率 |
|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| ① 軽量コンクリート | $1.73 \times 10^3 \text{ N/cm}^2$ | $1.08 \times 10^6 \text{ N/cm}^2$ |
| ② 普通コンクリート | $2.06 \times 10^3 \text{ N/cm}^2$ | $1.84 \times 10^6 \text{ N/cm}^2$ |

あと施工樹脂アンカーボルトの許容引抜力 (出典：建築設備耐震設計・施工指針)

表 7.3 短期許容引抜力 (N)

| ボルト径 d (呼称) | コンクリート厚さ(mm) | | | | 埋込長さ L(mm) | 穿孔径 d ₂ (mm) |
|-------------------|--------------|--------|--------|--------|------------|-------------------------|
| | 120 | 150 | 180 | 200 | | |
| M10 | 7,448 | 7,448 | 7,448 | 7,448 | 80 | 13.5 |
| M12 | 9,016 | 9,016 | 9,016 | 9,016 | 90 | 14.5 |
| M16 | - | 11,760 | 11,760 | 11,760 | 110 | 20 |
| M20 | - | - | 11,760 | 11,760 | 120 | 24 |
| ボルトの埋込長さ Lの限度(mm) | 100 | 130 | 160 | 180 | | |

一般的な床スラブ上面

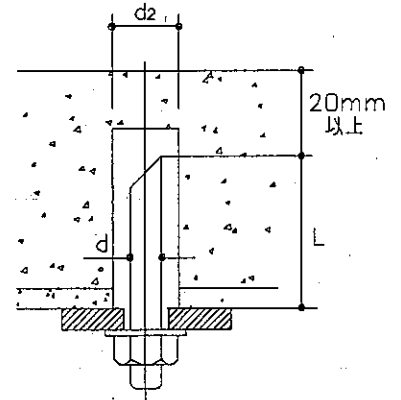


- (注) 1. 上図において、上表の埋込長さ及び穿孔径の樹脂アンカーボルトが埋込まれた時の短期許容引抜力である。
 2. コンクリートの設計基準強度 F_c は、 $1.78 \times 10^3 \text{ N/cm}^2$ (180 kgf/cm^2) としている。
 3. $L \geq 6d$ とすることが望ましく、上表の一印部分は使用しないことが望ましい。
 4. 第一種、第二種軽量コンクリートが使用される場合は、一割程度裕度ある選定を行うこと。

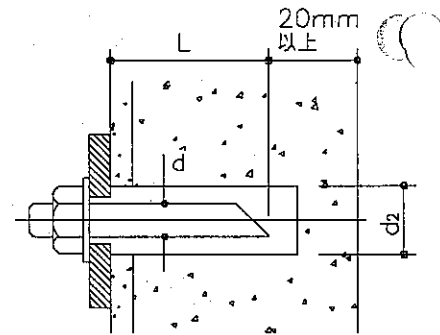
表 7.4 長期許容引抜力 (N)

| ボルト径 d (呼称) | コンクリート厚さ(mm) | | | | 埋込長さ L (mm) | 穿孔径 d ₂ (mm) |
|----------------------|--------------|-------|-------|-------|----------------|----------------------------|
| | 120 | 150 | 180 | 200 | | |
| M10 | 4,900 | 4,900 | 4,900 | 4,900 | 80 | 13.5 |
| M12 | 5,978 | 5,978 | 5,978 | 5,978 | 90 | 14.5 |
| M16 | - | 7,840 | 7,840 | 7,840 | 110 | 20 |
| M20 | - | - | 7,840 | 7,840 | 120 | 24 |
| ボルトの埋込長さ Lの限度(mm) | 100 | 130 | 160 | 180 | | |

一般的な天井スラブ下面



コンクリート壁面



- (注) 1. 右図において、上表の埋込長さ及び穿孔径の樹脂アンカーボルトが埋込まれた時の長期許容引抜力である。
2. コンクリートの設計基準強度 F_c は、 $1.76 \times 10^3 \text{ N/cm}^2$ (180 kgf/cm^2)としている。
3. $L \geq 6d$ とすることが望ましく、上表の一印部分は使用しないことが望ましい。
4. 一般的な、天井スラブ下面、コンクリート壁面に支点をとった重量物は、地震による短期引抜荷重も検討する必要がある。この短期引抜荷重に対しては、短期許容引抜力についても検討すること。
5. 第一種、第二種軽量コンクリートが使用される場合は、一割程度余裕ある選定を行うこと。

3. アンカーボルトの耐力検査

機器固定用のあと施工アンカーボルトを施工するとき、アンカーボルトを打込む床や壁のコンクリート強度やコンクリート表面に塗られたモルタル(アンカーボルトの耐力に寄与しない)の厚さが不明で、耐震設計により必要とされるアンカーボルトの引張耐力が得られているのか確認できないことがある。

このような場合で特にアンカーボルトの耐震設計荷重が許容荷重に対して余裕のないときには、施工したアンカーボルトの耐力を検査することが望まれる。

このような検査には、施工したアンカーボルトを現場で非破壊により耐力検査できるハンディーの検査器が市販されている。この検査器は、機器固定に使用されているアンカーボルトの種類や径にも対応している。もし、検査荷重に達する以前にアンカーボルトが弛み始めた時(取付不良など)は、締付レンチを通してはっきり感じ取ることが出来る。また、検査荷重は設計耐力の1.5倍を推奨している。

8. 設置計画書への記載事項

機器の耐震計画に際して必要となる次の情報を設置計画書などに記載する。

- (1) 機器の質量、および重心の位置と高さ（寝台については患者〈135kg〉を考慮する。）
- (2) 機器のベース形状・アンカーボルト位置を示す図面
- (3) 大型機器については、水平地震力 1.2 としたときのアンカーボルト 1 本当りの引抜力とせん断力
- (4) 機器に付属するアンカーボルトのデータ
- (5) 必要なコンクリートの圧縮強度
- (6) アンカーボルトの埋込み深さと、許容される仕上げモルタル層の厚さ

9. 建築施工上の対応

1. 床のコンクリートには設計基準強度 (F_c) $1.76 \times 10^3 \text{ N/cm}^2$ 以上を使用する。

【補足】

X線室等の床にはケーブルピット（溝）を作るために、床スラブコンクリートの上にさらにコンクリートを打ち増しする工法が従来行われている。床に後打ちアンカーボルトを打つ場合、このコンクリート強度により引抜力等が影響を受ける。特にラフコンクリートと呼ばれるものは、アンカーボルトの耐力が期待できないので使用しない。

2. フリーアクセスフロアの構造は、機器設置の床面にコンクリートを打ち増しできるものとする。

【補足】

大型の医療機器は、回転や移動する機能を有するものが多く、固定のためのアンカーボルト打設だけではなく床設置面が不安定だと騒音・振動の原因になる。

3. 軽量鉄骨間仕切の場合、壁取付ユニットやキャビネットの壁固定の為に、補強鉄骨や補強板（横架台）を設置する。

4. 床耐荷重の十分な検討を行う

【補足】

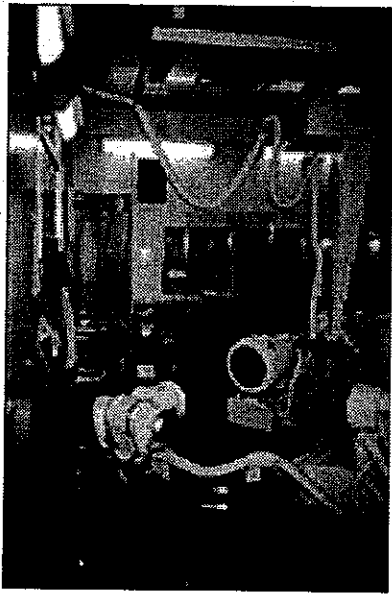
放射線機器は、X線TV装置の 1,500kg からMRI装置の 20,000kg などの重量物である。

これらを積載する床スラブについては、建物の構造計算の際にあらかじめその重量・ベースの形状・位置などを建築設計者や構造設計者と協議し、できるだけ直接梁に載荷されるよう小梁を設けたりする配慮がされるべきである。しかし多くの場合、建物の設計時にはメーカーや機器の形式が未定で構造形式が決定される。既存建屋の装置の入れ替え・増設についても同様である。このような場合は、建築設計者・構造設計者と充分打合せをし、安全の確認をすることが重要である。

10. 参考文献

- (1) 建築設備耐震設計・施工指針 日本建築センター
- (2) 各種合成構造設計指針・同解説
1985年 (社) 日本建築学会
- (3) 建築設備耐震設計指針・同解説
1985年 (社) 空気調和・衛生工学会
- (4) あと施工アンカー設計と施工
1990年 岡田恒夫他著
- (5) 「あと施工アンカー」の施工手引き
1994年 (社) 日本建築あと施工アンカー協会
- (6) 兵庫県南部地震記録誌「1995年1月17日午前5時46分M7.2」
1996年 (社) 兵庫県放射線技師会
- (7) 「放射線部門の地震対策ハンドブック」
1995年 (社) 静岡県放射線技師会長 宮本唯男
- (8) California Building Code 1992 edition CHAPTER 23.Part III
- (9) 病院の施設・設備自己点検チェックリスト
1997年 東京都衛生局

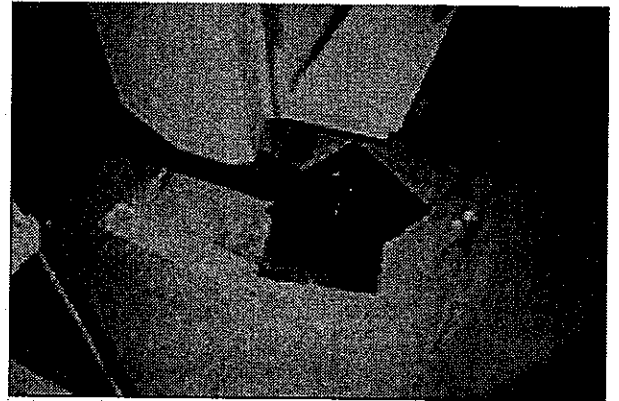
11. 被害写真



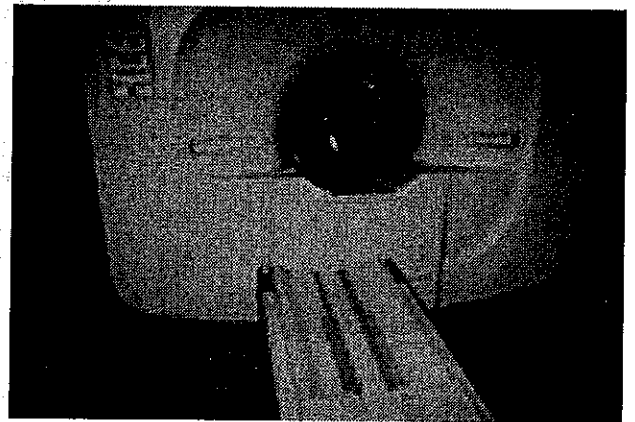
① 天井走行式Cアーム支持器の落下
(レール端部からぬけ落ちた。)



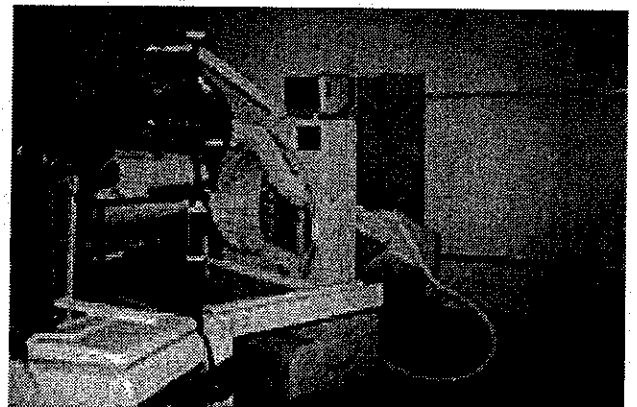
② X線テレビ装置の転倒
(アンカーボルトが引抜けた。)



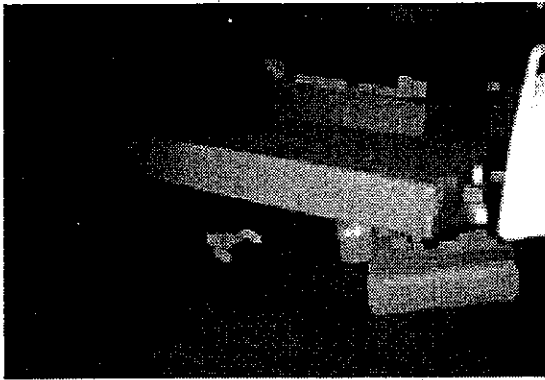
③ 近接式X線テレビ装置の移動
転倒はまぬがれたが散乱したX線フィルムがベースの下にはさまれている。このタイプは固定されていなかったものが多い。



④ MRI装置の移動
固定仕様になっていないので、数cm
～数+cm移動した。



⑤ シンチレーションカメラの移動
(床走行レールの端部まで移動して脱線)



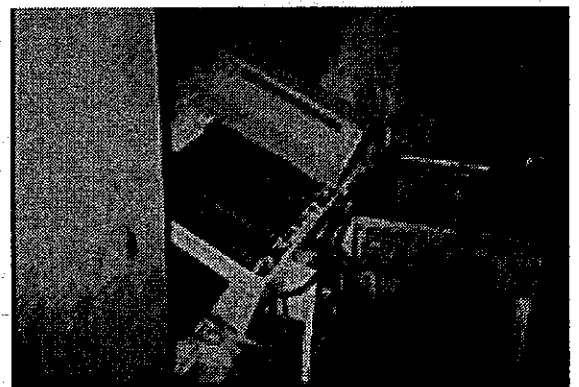
⑥ 乳房撮影台の転倒
床と壁にアンカーボルト固定されていたがボルトが引抜けて転倒した。



⑨ キャビネットの転倒
固定仕様になっていないので多くのキャビネットが転倒した。



⑦ 高電圧発生装置の移動



⑩ 自動現像器の転倒
小型のものは架台の上に設置されているので転倒・落下が見られた。



⑧ 壁付モニターの落下
モニターと架台が固定されていなかった。