

(一社) 日本画像医療システム工業会規格

Japanese Engineering Standards of Radiological Apparatus

JESRA X-0086*A⁻²⁰¹⁷

制 定	2000年04月01日
改 定	2017年07月13日

医用画像診断装置の耐震設計指針

Guide for Earthquake-resistant Design of Medical Diagnostic Imaging Equipment

(一社) 日本画像医療システム工業会

医用画像診断装置の耐震設計指針

目次

序文	1
1. 目的	1
2. 適用範囲	1
3. 用語の意味	1
4. 耐震設計上の基本条件	2
5. 装置の耐震性	3
6. 装置の固定設置の手順	5
7. 施設の構造・材料による固定方法	5
8. アンカーボルト	13
9. 装置設置の方法	27
10. 設置資料への記載事項	45
11. 建築施工上の対応	45
12. 参考文献	47
13. 資料:あと施工アンカーボルトの種類と許容力	48
医用画像診断装置の耐震設計指針解説	58

(一社) 日本画像医療システム工業会規格

医用画像診断装置の耐震設計指針

Guide for Earthquake-resistant Design of Medical Diagnostic Imaging Equipment

序文

1995年1月の阪神淡路大震災の被災を契機に、医用画像診断装置(以下、画像診断装置あるいは単に装置と呼ぶ。)が地震によって転倒・移動して直接的あるいは間接的に患者や医療関係者に危害を与えたり、装置自身の機能喪失を招いたりすることを防ぐことを目的に、2000年に JESRA X-0086⁻²⁰⁰⁰ が制定された。

2011年3月には東日本大震災を経験し、これを契機に「医用画像診断装置の耐震設計指針」の見直しを行い、JESRA X-0086*A⁻²⁰¹⁷ に改正した。

1. 目的

本指針は医用放射線装置をはじめとした医用画像診断装置等(以下「装置」と呼ぶ)を設置する際に、参照すべき耐震設計の基本条件を定め、地震による装置の移動・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、装置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、医用画像診断装置を構成するユニットで質量 100kg 以上のものの設置に際して参照すべき耐震設計の基本条件について定め、臨床用途を妨げない範囲で適用する。

ここで使用している数値はあくまで基準値であり、各自の責任のもとで実施すること。

3. 用語の意味

この規格で用いる主な用語の定義は、次による。

(1) 地震の加速度(α)

地震の振動加速度の最大値という。

(2) 設計用地震力(F)

地震によって装置の重心に働く想定する慣性力。

(3) 設計用震度(K)

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 $K (= \alpha / g)$ を設計用震度と呼ぶ。

地震の報道などで使用される震度は、気象庁が定めて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) コンクリートの設計基準強度(F_c)

構造計算において、基準とするコンクリートの圧縮強度のことであり、材齢は 28 日を標準としている。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。

4. 耐震計算上の基本条件

4.1 設計用地震力(F)

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。

$$F_H = K_H \cdot M \cdot g \quad (4.1式)$$

設計用鉛直地震力 F_V は、次式による。

$$F_V = K_V \cdot M \cdot g = (1/2) F_H \quad (4.2式)$$

本指針では設計用鉛直地震力 F_V は設計用水平地震力 F_H の 1/2 と規定している

設計用水平震度 K_H は、装置が設置される建物が非免震建築物か免震建築物かにより、4. 2項又は4. 3項により求める。

設計用鉛直地震力 F_V は、装置が免震建築物に設置される場合でも非免震建築物として求める。ただし、設計用鉛直地震力 F_V が免震建築物の構造設計者から得られる場合には、その値を用いる。

4.2 設計用水平震度(K_H)

動的解析が行われない通常の構造の建築物については、次式で求める。

設計用水平震度 K_H の値は、地域係数 Z 、設計用標準水平震度 K_s により、次式で求める。

$$K_H = Z \cdot K_s \quad (4.3式)$$

(1) 地域係数 Z は、地域による地震活動の差異を考慮する係数で、建築基準法施行令第 88条の規定に基づく昭和55年建設省告示第1793号(表4. 3)による。

(2) 設計用標準水平震度 K_s は施設の重要度に応じて(表4. 1)の値とする。

一般に、災害応急活動の拠点となる病院に関しては耐震クラスSを適用し、それ以外に関しては耐震クラスAを適用する。

ただし、指定されたクラスの震度に耐えるためには、機器側の対応だけでは十分でなく、床のコンクリート強度や厚さなど建物の構造にも大きく左右されることに留意する必要がある。

表4. 1 設計用標準水平震度 (K_s)

	耐震クラスS	耐震クラスA	適用階の区分
上層階、 屋上及び塔屋	2. 0	1. 5	
中間階	1. 5	1. 0	
地階及び1階	1. 0	0. 6	

上層階の定義

- ・2～6階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- ・7～9階建ての建築物では、上層の2層を上層階とする。
- ・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- ・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

中間階の定義

- ・地下、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

4.3 免震構造の建築物における設計用水平震度 (K_H)

免震構造の建築物の場合、構造体の設計において動的解析が行われ、各階の振動応答加速度 G_f (m/s^2) が与えられる。この場合の設計用水平震度 K_H は次により求める。各建物毎に応答加速度が異なるため、応答加速度を確認の上計算をすること。

(1) 設計用水平震度 (K_H)

K_H の値を(4.4式)で求め、(表4.2)を用いて K_H を定めることができる。

なお、個別の詳細設計を行う場合においては、 K_H の値そのものを採用しても良い。

$$K_H = (G_f/g) \cdot K_2 \cdot D_{ss} \cdot I_s \quad (4.4式)$$

K_H : 建築物の動的解析が行われている際の設計用水平震度

G_f : 各階床の振動応答加速度 (m/s^2)

g : 重力加速度 $9.8(m/s^2)$

K_2 : 機器の応答倍率で堅固に据付けられた機器として $K_2=1.5$ とする。

D_{ss} : 機器据付用構造特性係数

振動応答解析が行われていない機器の据付・取付の場合は

$D_{ss}=2/3$ とする。

I_s : 機器の用途係数

災害応急活動の拠点となる病院 = 1.5

上記以外 = 1.0

表4.2 建築物の動的解析が行われている際の設計用水平震度 K_H

設計用水平震度 K_H		K_H の値
耐震クラス S	耐震クラス A	
1.0	0.6	0.63以下
1.0	1.0	0.63を超え1.10以下の場合
1.5	1.5	1.10を超え1.65以下の場合
2.0	2.0	1.65を超える場合

(例): 免震構造の建物で、一般的に振動応答加速度 G_f を $0.3m/(s^2)$ とした場合、 $K_H=0.6$ 相当になる。

(2) 設計用鉛直震度 (K_V)

$$K_V = (1/2)K_H \quad (4.5式)$$

ただし、免震構造の建築物の設計用鉛直震度は特に解析されていない場合には(表4.2)の K_H 値の $1/2$ とする。

表4.3 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
②	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	
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

5. 装置の耐震性

画像診断装置は、以下のような耐震性を有すること。

- (1) 据付装置は、(2)項に該当するものを除き、設計用地震力が作用しても転倒したり動いたりしないように固定できる構造とすること。
装置には、水平地震力 F_H と鉛直地震力 F_V が同時に重心に作用するものとする。
- (2) 壁際に設置する制御装置収納キャビネット(以下、制御キャビネットと呼ぶ。)に関しては、床及び壁に固定できる構造にすること。
- (3) 地震時における装置各部の破損が患者や操作者に危害を及ぼす可能性があるならば、その部分の強度は IEC60601-1 による。
- (4) キャスタ付の装置は、移動時及び非使用時には 10° 、使用時には 5° 傾斜で転倒しない安全性を有すること。
キャスタのタイヤ回転は、対角位置の2箇所をロックできることが望ましい。全面4箇所ロックよりも対角2箇所のロックの方が、転倒に対して有利となるので、対角2箇所のロックを推奨することを取扱説明書に記載することが望ましい。
- (5) 床上式保持装置の床上走行と天井式保持装置の天井走行に関しては、通電時には少なくとも自重の6%に相当する力で動かないようなブレーキまたはロックを持つこと。
また、非通電時には、少なくとも自重の3%に相当する力で動かないように、ブレーキまたはロックを持つかあるいは所定の場所に置いて保持装置の移動を防ぐための手段を講じること。
- (6) 床上式保持装置の床上走行と天井式保持装置の天井走行に関しては、保持装置に働く設計用水平地震力 F_H を受けても脱落しないストッパを走行部の端に設けること。また必要に応じて適切な緩衝手段を設けること。

6. 装置の固定設置の手順

- (1) 装置を設置する建物の地域、階数より、機器が受ける地震力を決める。
- (2) 装置配置計画を確認する。
- (3) 装置の固定方法について据付マニュアルを確認する。
- (4) 固定する床や壁及び天井の構造、材質を確認する。
- (5) アンカーボルトにかかる力を計算する。
- (6) 装置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。
- (7) 直接アンカーボルト固定ができない装置の固定方法を検討して固定用具を選択する。
- (8) 床・壁の補強工事が必要な場合には、使用者、建築担当者と打合わせて、工事仕様を決める。
- (9) 使用者に固定方法とその耐震性について確認を受ける。
- (10) 設置作業を行う。
- (11) 必要に応じて、耐震計算書や写真の記録を保管する。

7. 施設の構造・材料による固定方法

装置の耐震固定とは、地震の加速度によって受ける外力に対して、装置が建築物の主要構造部(柱、梁、スラブ)と一体になることによって転倒や移動を防ぐことである。

装置と主要構造部を結合する接点となるアンカーボルトは、母材(アンカーボルトを埋め込む建築材)に固着され、さらに母材自身が主要構造部でない場合には母材が主要構造部と確実に固定されて、初めてその耐力が得られる。すなわち、装置を固定するには、予想されるアンカーボルトにかかる力に適した母材の存在が必須条件である。

建築計画・施工においては、部屋の構造を装置固定できる強度をもった構造・材料とすること。また、強度が不足する場合には補強材などを設けなければならない。

装置の設置時点においては、床・壁・天井の構造と材料が母材として特性をそなえていか判断断した上で適切に固定を行わなければならない。

7.1 床

放射線施設の床には、通常次の4種類がある。

1. 鉄筋コンクリートの床(スラブ)1(図7.1)

一般的なコンクリートの床で、あと施工アンカーボルトの耐力も十分期待できるが、穴あけ深さは、仕上げモルタル厚さとアンカーボルト埋込み深さを加算したものでなければならない。

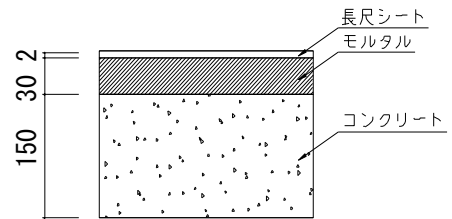


図 7.1

2. コンクリートの床2(図7.2)

ケーブルピットが設けられるX線室の床構造。

コンクリートスラブの上にケーブルピットの枠を設置して増打ちコンクリートで嵩上げる構造である。装置固定に使用されるあと施工アンカーボルトはこの増打ちコンクリートに埋込むことになるが、このコンクリートはJISでコンクリート強度が定められていない種類が用いられていたこともあった。

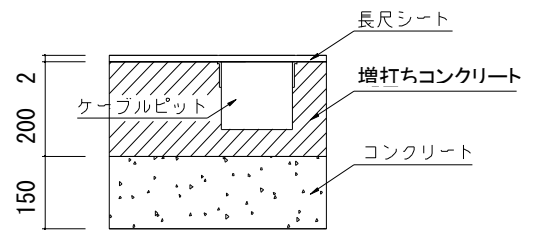


図 7.2

そのような、コンクリートで施工されていると考えられる場合は、質量が大きい装置の固定には接着系アンカーボルトを使用し、さらに耐力検査器で試験することが望ましい。

3. デッキプレートの床(図7.3)

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。

使用されるコンクリートは軽量コンクリートもあり、また厚さが75mmしかないのであと施工アンカーボルトの埋込み深さの制限を受けてM12が限界となる。

近年はフラットデッキが多くなっている。

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装置で床を挟み込んで固定する工法もある。

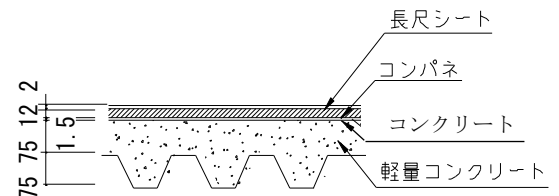
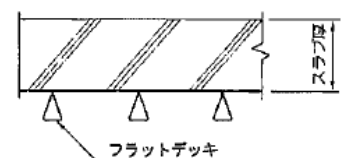


図 7.3



4. フリーアクセスフロア(図7.4)

OAフロアとも呼ばれ床下で自由な配線ができるので、操作廊下やコンピュータ機械室に採用されるようになってきたが、床パネルは取り外しができる構造なので、装置固定を困難にしているだけでなく床パネルが震災でずれ落ちた例が多く報告されている。

また装置固定には、床コンクリート面とパネルの間に鉄骨の箱を設置し、その箱を介して床コンクリートと装置をボルトで固定するなどの、非常に手間がかかる固定法になってしまう。

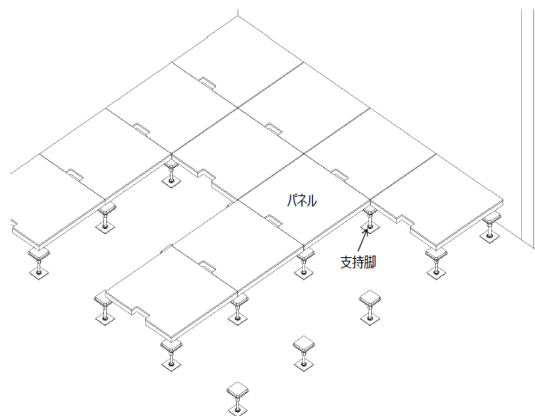


図 7. 4

フリーアクセスフロアは装置固定(X線CT装置・撮影寝台を除く)のために、次のような仕様でなければならない。

- a. 耐震性・耐荷重性能があること。
- b. 床コンクリートからの床高さを100mm程度として、アンカーボルトで直接コンクリートに固定ができること。(図7.5)
- c. 床高さが100mm以上の場合、鉄骨架台を組んだ方が好ましい。
- d. X線CT装置などの重量があり、また振動する装置の設置床面部分は、必ずコンクリートまたは鉄骨架台にすること。

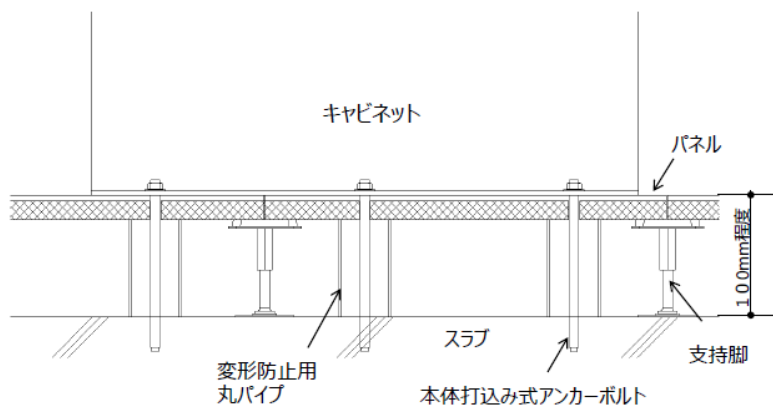


図 7. 5

図7.5のアンカーボルトの施工方法

- ①パネルと床コンクリートに、パネルの上から穴をあける。
 - パネルの材質に適したドリルを選択する。
 - 支持脚などを避ける。
- ②金属拡張アンカーボルトの本体打ち込み式の本体を穴に挿入して、専用の打ち込み棒で打ち込む。
- ③適切な長さのボルトを本体にしっかりねじ込む。
- ④ナットの締付力はパネルの強度を考慮する。

7.2 壁

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7.6)

一般的なコンクリートの壁でX線室では厚さがおよそ 200mmで施工されているところが多い。

あと施工アンカーボルトの耐力も十分期待できるが、穴あけ深さは、仕上げモルタル厚さとアンカーボルト埋込み深さを加算したものでなければならない。

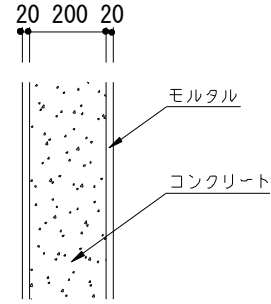


図 7. 6

2. 軽量鉄骨間仕切壁(図7.7)

床スラブから天井スラブの間に軽量鉄骨の間柱(スタッド)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い。

ボードにはボード用アンカーボルト、スタッドには中空用アンカーボルト又はタッピングねじなどを利用して装置を固定するが、コンクリートに比べて壁自体の強度が小さく、どの程度の強度が確保できているのかの確認は困難である。

軽量鉄骨間仕切壁への固定はあくまで補助的な固定方法と考え、建築設計時に補助材の追加などを考慮する必要がある。

やむなく既存の壁に装置を固定しなければならないときは、適度の荷重によって壁が大きな変形や破壊が起きないように、目安として次の限度を設定した。ただし、建築設計・施工者の指示がある場合には、その数値による。

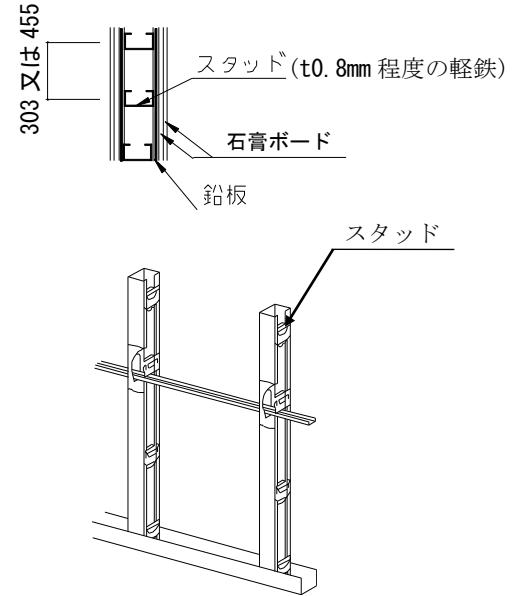


図 7. 7

- 壁取付装置をボード用アンカーボルトで、直接ボードに取付けるとき、装置の質量は5kg程度を限度とする。
- 壁取付機器を2本以上のスタッドに固定した合板(20mm程度)に装置を取付けるとき、装置の材料は10kg程度を限度とする。(図7.8)
- キャビネットなどを床と壁に固定するとき(地震の時のみ壁に荷重がかかる)、スタンド1本当りの短期許容引張力は300N(約30kgf)とする。

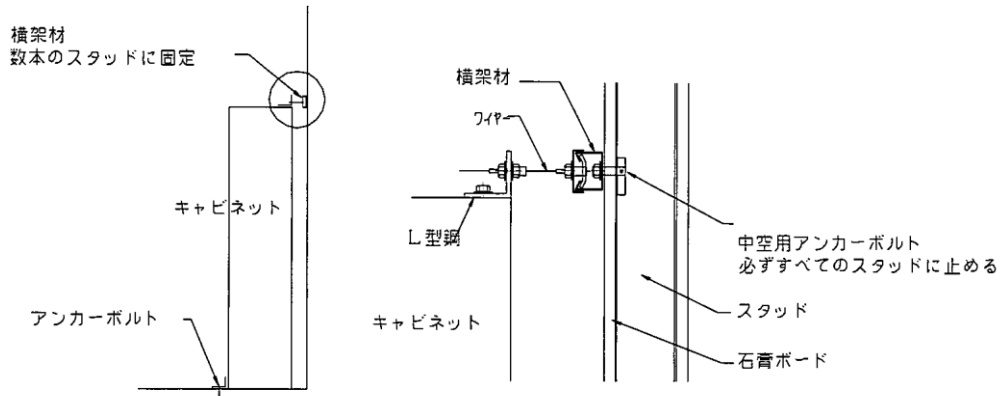


図 7. 8 横架材の例

3. ジーエル工法 (GL:Gypsum Ling) (図7.9)

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 25mm 程度の間隙がある。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。

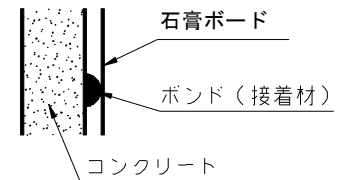


図 7. 9

4. スチール(アルミ)パーティション(図7.10)

X線室には、一般に使用されるパーティションで鉛板をサンドイッチした構造が用いられる。耐震固定には不適。軽量装置を壁にとりつけるものもあらかじめ建築工事で補強板を壁表面に取り付けておかなければならない。

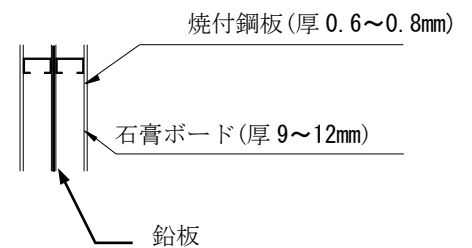


図 7. 1 0

7.3 天井(図7.11)

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、装置の固定用には利用できない。

天井吊の装置を取り付けるには、天井内に鉄骨材を組んで、装置取付ボルトを下げしておく工が必要である。この鉄骨材は、の地震力によって大きな力を受けるので、耐震強度計算により十分な強度であることを確認して、慎重に施工しなければならない。(図 7.12)

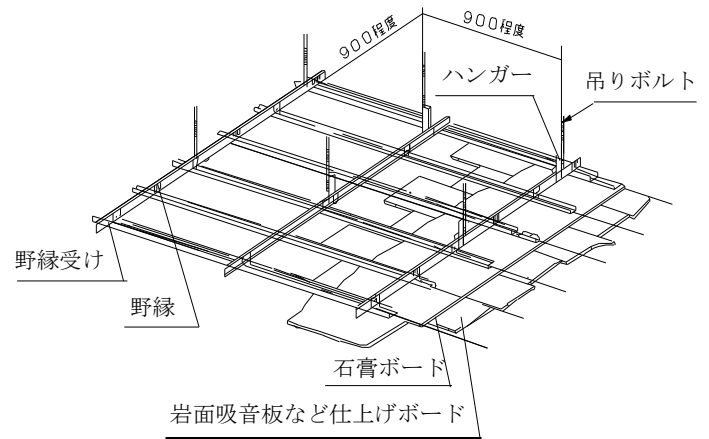


図 7.11

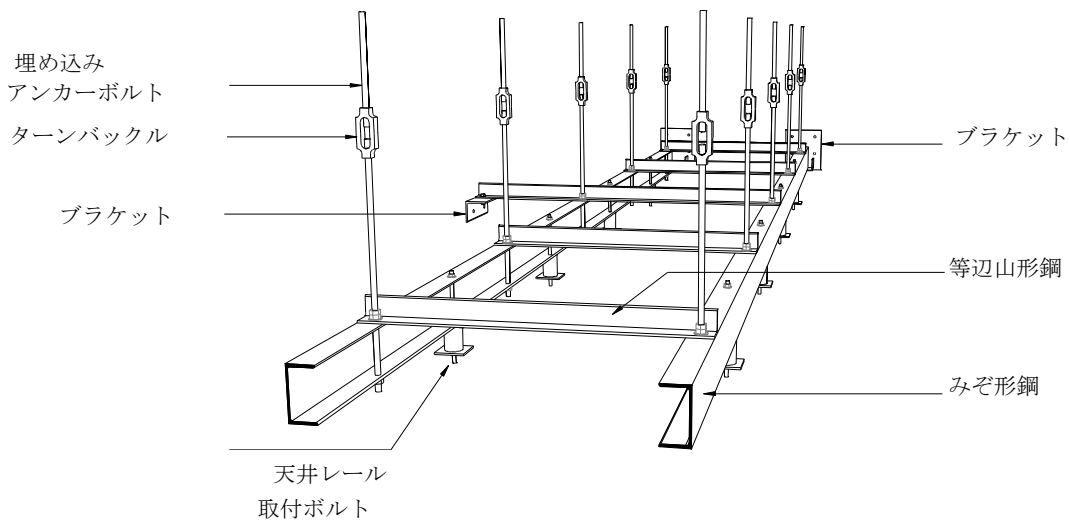


図 7.12 天井鉄骨補強工事の例

7.4 母材

1. 鉄筋コンクリート

構造用コンクリートとして用いられコンクリート圧縮強度、比重などが管理されている。軽量コンクリートは、増打ち用に使われることがある。
あと施工アンカーボルトは、このコンクリートを母材として埋込まれることにより許容力が計算される。

2. 増打ちコンクリート

装置室の床上に打設されるピット築造のために増打ちされるコンクリートで、構造用としての強度を期待しないコンクリートが用いられることもある。これらは、シンダーコンクリート、雑コンクリートとも呼ばれ、原則として装置用アンカーボルトを設けることは避ける。

やむを得ず、設ける場合にはコンクリートの圧縮強度を 10N/mm^2 として、あと施工アンカーボルトの許容引張力を計算する。(資料13の1.~6.の許容引張力の70%程度)

あと施工アンカーボルトの許容引張力が不足するので、埋込み深さの大きいアンカーボルト(接着系など)を使用する。

3. モルタル

セメントに水と砂を加えて混練したもので、セメントモルタルともいう。コンクリートの床(スラブ)や壁の表面仕上げに用いられ20~30mmの厚さに塗られる。

モルタルは強度がないので、あと施工アンカーボルトの穴あけは、必要な埋込み深さにモルタルの厚さを加算した深さをあけなければならない。

表7.1

コンクリートの種類	使用する骨材		設計用基準強度 F_c の範囲	ヤング係数 ($\times 10^6\text{N/cm}^2$)
	粗骨材	細骨材		
普通コンクリート	砂利または碎石	砂または碎石	1764N ~ 2940N	1.6
軽量 コンクリート	1種	人工軽量骨材 同上		1.08
	2種	同上 人工軽量骨材またはこれに砂または砂利を加えたもの		

- コンクリートの設計基準強度は、構造計算において基準とするコンクリートの圧縮強度のことであり、材齢は28日を標準としている。
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。
- ヤング係数は、コンクリートの気乾単位容積重量と圧縮強度により求められるが、コンクリートの各種類の最小値を採用した。

4. 石膏ボード

軽量鉄骨間仕切や天井材に広く使用される。

サイズが910×1820mm厚さ9mm, 12.5mmのものが一般に用いられ1枚又は重ね合わせて軽量鉄骨のスタッド(間柱)にビス止めされる。

数kg程度の軽量機器を直接石膏ボードに固定するには中空ボード用アンカーが用いられるが石膏ボードはアンカーの引張力、せん断力で破壊されやすい。耐震固定用アンカーボルトとしては中空ボード用アンカーは使用できない。(図7.13)

5. 合板(通称ベニア板ともいう)

薄板(単板)を3枚以上の奇数枚を、1枚ごと繊維方向を直角に重ね貼り合わせたものを合板といい、この単板をベニアと呼ぶ。

軽量鉄骨間仕切のX線防護のための鉛板を合板に圧着したものが使用されることもある。サイズは910×1820mm厚さ5.5mmや12mmが使われる。

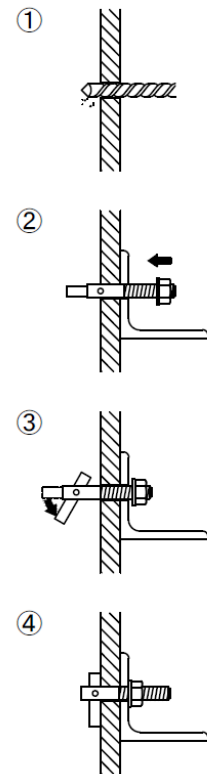


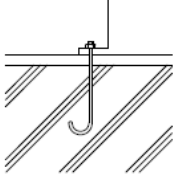
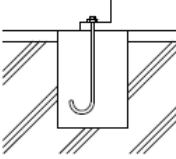
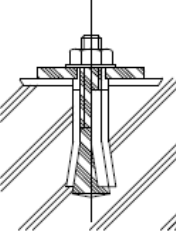
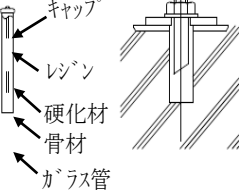
図7.13

8. アンカーボルト

8.1 アンカーボルトの種類

装置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8. 1)にまとめた。

表8. 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 	・天井吊装置の天井強化の吊ボルトや大きな引張り力を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		装置取得時にアンカーボルトを箱抜き穴に設定し、コンクリートを充填する	<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 ・充填用コンクリートは、水の量を多くしないこと。収縮を防止するための混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コンクリートが十分に付着するようにする。 		
あと施工アンカーボルト	金属拡張アンカーボルト		おねじ型	<p>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、コンクリートに固着させる。</p> <p>アンカーボルト金具とボルトが一体もので、ナットを回してボルトが上昇することにより下部のコーンがスカート部を拡張させる</p>	<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を採用する。 ・施工時の注意点 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、たたき込みは十分に行うこと。
	めねじ型		<p>アンカーボルトの下部にたる栓を内蔵し、本体をたたき込むか、たる栓をたたき込んで、スカート部を拡張させる</p>		
接着系 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プセ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。		床や壁への固定で使用。天井吊装置の天井補強材の吊ボルトには使用しない。	

8.2 あと施行アンカーボルトの標準施工手順

1. コンクリートの圧縮強度、厚さを確認する。

コンクリートの圧縮強度は確認できない場合が多いが、そのときは不明としてコンクリート規格の最小値でアンカーボルトの許容引張力や許容せん断力をもとめる。コンクリートの必要厚さは、ボルトの埋め込み長さに2cmを加えた寸法とする。

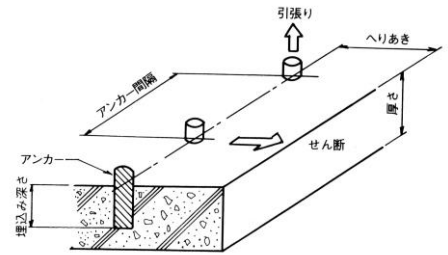


図 8. 1

2. 墨出でアンカー間隔、へりあき寸法を確認する。

アンカー間隔は、アンカーボルト埋め込み深さの2倍以上、へりあき寸法はアンカーボルトの埋め込み深さ以上を原則とする。(図8. 1)

3. コンクリートドリルの選定

所定の径のドリルを選定する。

4. 穴あけ作業

(1) 母材面に対して直角になるよう電動工具をしっかりと保持する。

(2) 穴あけ深さは電動工具のディプスゲージまたはドリル軸部にマーキングするなどの工夫をして管理する。

(図8. 2)

(3) 穴あけの途中で鉄筋などに当り必要深さに達しないときは、場所を変更する。

(4) 仕上モルタルがある場合の穴あけ深さは所定の深さに仕上モルタルの厚さを加えたものとする。

仕上モルタルは、コンクリートに比べ穴あけ作業抵抗が小さく、コンクリート部分に達すると抵抗は大きくなる。

抵抗力が変わったところで、ドリルを抜き出してきり粉が付着したドリル部の長さを測ると仕上モルタルの厚さが分かる。

(5) 上記によりボルトの長さが不足すれば長いアンカーボルトに変更する。

(6) 芯棒打込みアンカーボルトはナットがボルトの上端になるよう、できるだけ深い穴をあける。



図 8. 2

5. 穴の掃除

集塵機、ブロアーなどにより、母材の切粉を穴底から除去する。(図8. 3)

接着系アンカーを施工する場合には、集塵機、ブロアーなどでの穴底の切粉の除去後、専用のブラシで孔壁の切粉を落とした後に、再度穴底の切粉を除去する。

掃除不良は施工不良の原因になるためしっかり掃除を行う必要がある。



図8. 3

6. 固着

各種アンカーに合った施工法により、確実に固着する。

コーンナット式などの締付け式のものには所定のトルク値まで締付ける。(図8. 4)

芯棒打込み敷きは、できるだけ埋込む。

カプセル型接着系アンカーボルトは、挿入したカプセルの上にアンカーボルトを押し付け、アンカーボルトの埋込み速度を一定に保ち、回転・打撃を与えながら、定位置まで埋込む。(図8. 5)

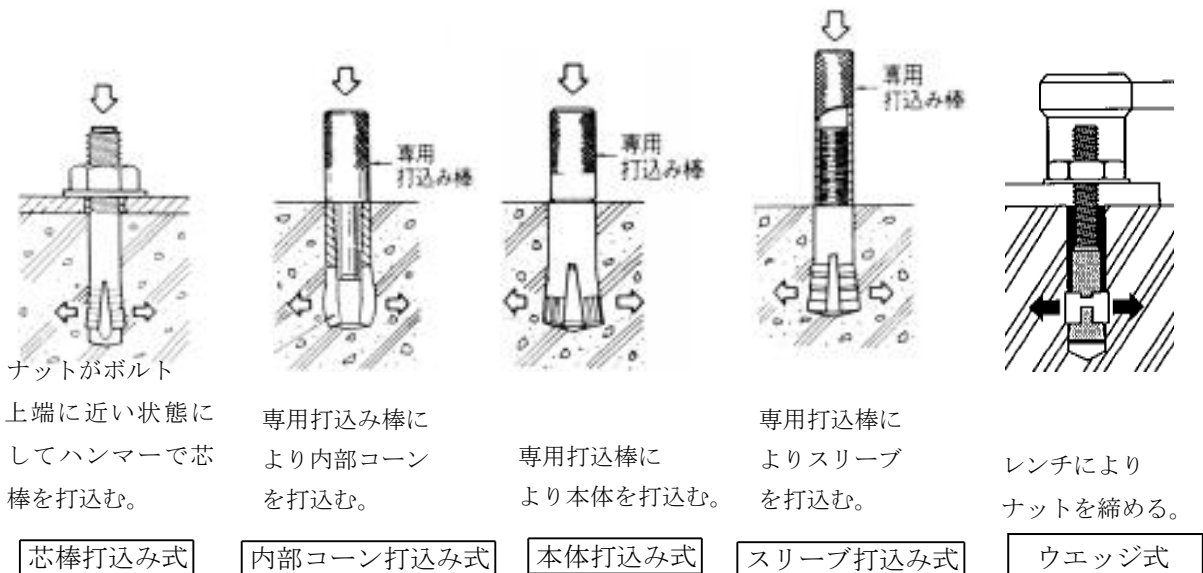


図8. 4 金属拡張アンカーボルトの固着

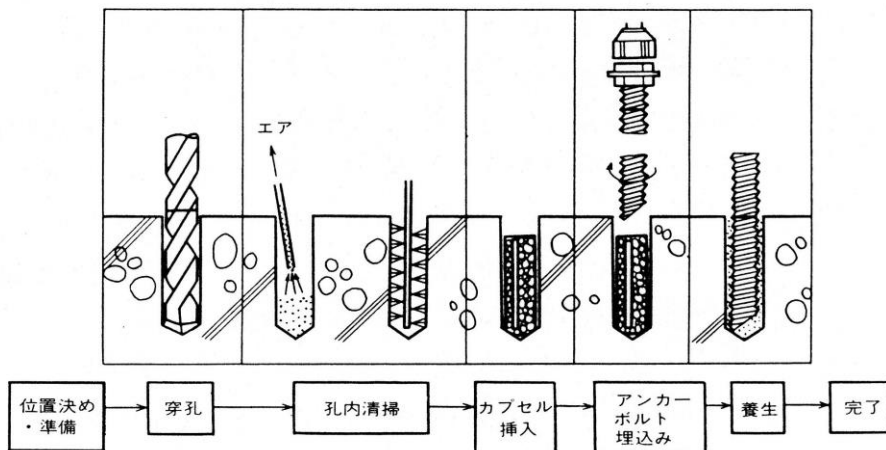


図8. 5 カプセル型接着系アンカーボルトの施工手順

8.3 アンカーボルトの耐力検査

装置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、装置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。

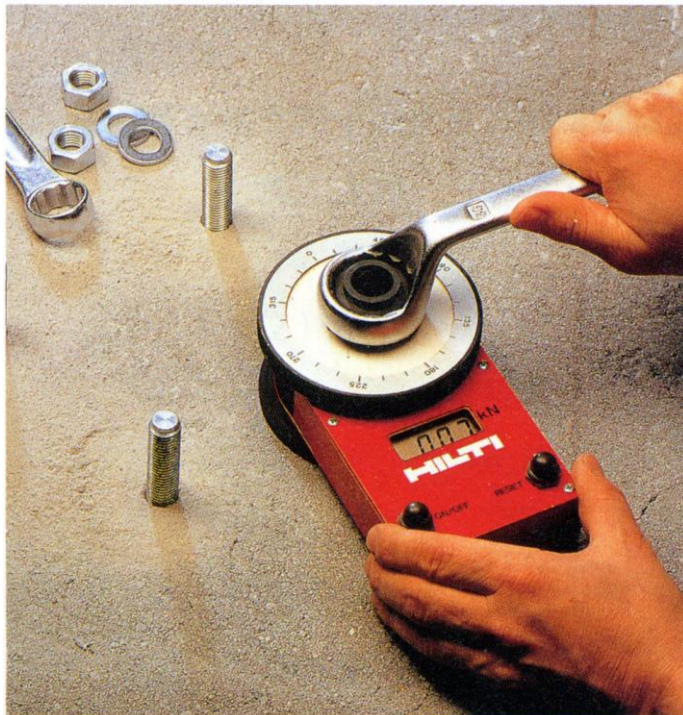


図8. 6 耐力検査器の例

出典: 日本ヒルティ(株)

8.4 あと施工アンカーボルトの許容力

1. アンカーボルトに作用する力

引張り（圧縮）力：母材面に対して鉛直方向に作用する力

せん断力：母材面に対して水平方向に作用する力。

組み合わせ力：引張力とせん断力を組み合わせて作用する力

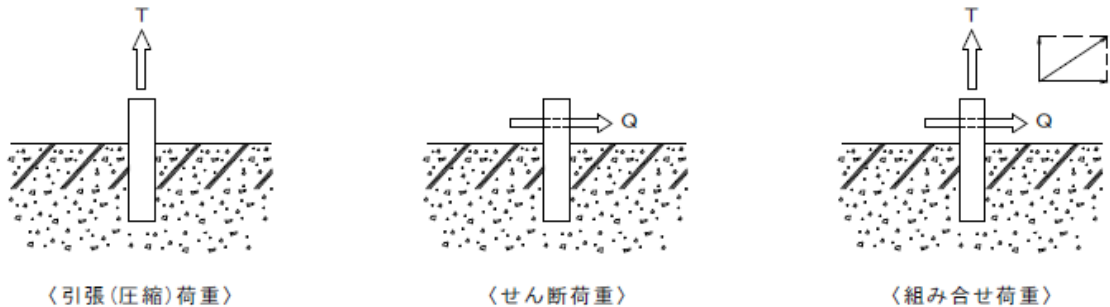


図8.7

地震力により、装置を転倒させる力が、アンカーボルトに引張力として、装置を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。

引張力とせん断力を同時に受けるのでアンカーボルトには組合せ力がかかる事になる。

2. アンカーボルトの破壊モード

コンクリートに打ち込まれたアンカーボルトに力が働き、その力が許容値や降伏点を超えるとコンクリートまたはアンカーボルトが破壊される。その破壊モードは3種類考えられる。

(1) アンカーの破断

通常の場合、コンクリートの圧縮強度およびアンカーボルトの固着強度が大きく、アンカーボルトの断面積またはボルトの材料強度が小さいときに生ずる。

(2) コンクリートの割り裂け

一般に使用されているアンカーボルトは引張力が作用すると、コンクリートが円錐状に割り裂けることが多いこの現象をコンクリートのコーン状破壊といい、この強度はアンカーボルトの埋め込み深さとコンクリートの圧縮強度による。

(3) アンカーボルトの引抜け

アンカーボルトの固着力不足の場合に生じ、原因は穴の径が所定のものより大きかったり、穴の中に残った切粉による摩擦力の低下による。

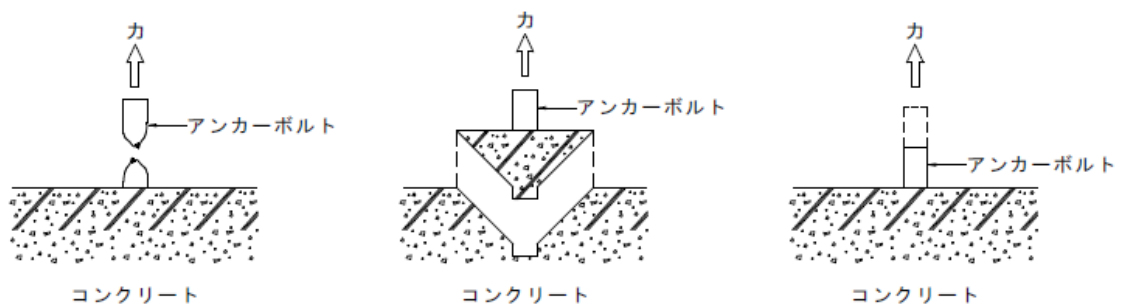


図8.8

3. あと施工アンカーボルトの許容力の計算

あと施工の金属拡張及び接着系アンカーボルトの引張力とせん断力の許容値は下記の計算式(8. 1式)、(8. 2式)、(8. 3式)、(8. 4式)により、コンクリートの種類は、普通コンクリート及び1種・2種の軽量コンクリートに限定して適用する。耐震固定では組み合せ力を受けるので、許容組み合せ力の確認も行なわなければならない。

補 足

金属拡張アンカーボルトは、(社)日本建築学会「各種合成構造設計指針・同解説(2010年度版)」の計算式による。許容引張力に関しては、①アンカーボルト鋼材の降伏により決まる許容引張力②定着したコンクリート部躯体の破壊モードにより決まる許容引張力(8. 1式)により決まる、許容引張力のうち最も小さくなる値としている。せん断力に関しては、①アンカーボルト鋼材のせん断強度により決まる許容せん断力②定着したコンクリート躯体の支圧破壊モードにより決まる、許容せん断力(8. 3式)のうち小さくなる値としている。

接着系アンカーボルトの許容値は、(財)日本建築防災協会編「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針・同解説(2001年改修版)」が規定した計算式による。許容引張力に関しては、①アンカーボルト鋼材の降伏により決まる許容引張力②定着したコンクリート躯体の破壊モードにより決まる許容引張力③接着系アンカーボルトの付着性能により決まる許容引張力(8. 2式)により決まる、許容引張力のうち最も小さくなる値としている。せん断力に関しては、①アンカーボルト鋼材のせん断強度により決まる許容せん断力②定着したコンクリート躯体の支圧破壊モードにより決まる、許容せん断力(8. 4式)のうち小さくなる値としている。

しかし、本指針においては、耐震固定に利用するアンカーボルトに期待する許容力の程度からボルトの径、コンクリートの圧縮強度及びヤング係数の上限を定めることにより、コンクリートの破壊モードにより決まるようにし許容力を求めた。

(1) 許容引張力 T_a の計算

装置固定に用いられるM20までのアンカーボルト1本当たりの許容引張力は、次式により求められる。

- ・金属拡張アンカーボルト

$$P_a = \min(T_{a1}, T_{a2})$$

$$P_{a1} = \min(\sigma_y \cdot a_0, \phi_1 \cdot s \sigma_y \cdot s c a)$$

$$P_{a2} = 0.23 \phi_2 \cdot F_c^{1/2} \cdot A_{c1} \quad (8. 1式)$$

- ・接着系アンカーボルト

$$T_a = \min(T_{a1}, T_{a2}, T_{a3})$$

$$T_{a1} = \sigma_y \cdot a_0$$

$$T_{a2} = 0.23 \cdot F_c^{1/2} \cdot A_{c2}$$

$$T_{a3} = 10(F_c / 21)^{1/2} \cdot \pi \cdot d_a \cdot L_e \quad (8. 2式)$$

記号

- P_a : 金属拡張アンカーボルトを用いた接合部(1本当り)の引張耐力(N)
 P_{a1} : 金属拡張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)
 P_{a2} : 定着したコンクリート躯体のコーン状破壊により決まる場合の金属拡張アンカーボルト1本の許容引張力(N)
 T_a : 接着系アンカーボルトを用いた接合部(1本当り)の引張耐力(N)
 T_{a1} : 接着系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)
 T_{a2} : 定着したコンクリート躯体のコーン状破壊により決まる場合の接着系アンカーボルト1本当りの許容引張力(N)

 T_{a3} : 接着系アンカーボルトの付着性能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)
 Φ_1 : 低減係数 長期荷重 2/3、短期荷重 1.0
 軽量コンクリートを用いる場合は、これらの値の90%とする。
 Φ_2 : 低減係数 長期荷重 1/3、短期荷重 2/3
 軽量コンクリートを用いる場合は、これらの値の90%とする。
 F_c : 既存コンクリートの圧縮強度もしくは設計基準強度(N/mm²)
 数値が不明の場合には、18N/mm²(180kg/cm²)とし、35N/mm²(360kg/cm²)を限度とする。
 A_{c1} : 金属拡張アンカーボルトのコンクリートのコーン状破壊面の有効水平投影面積(mm²)(図8. 10)
 A_{c2} : 接着系アンカーボルトのコンクリートのコーン状破壊面の有効水平投影面積(mm²)(図8. 10)
 σ_y : 鉄筋の規格降伏点強度(N/mm²)
 a_0 : アンカー筋のねじ加工を考慮した有効断面積、またはアンカー筋の公称断面積(mm²)
 $s\sigma_y$: 金属系アンカーボルトの鋼材の降伏点の短期許容引張応力度と同じ(N/mm²)
 scA : 金属拡張アンカーボルトの定着部分またはこれに接合される鋼材の断面積で危険断面における値(mm²)。
 ねじ切り部が危険断面となる場合は、ねじ部有効断面積を(表8. 2)とする。

表8. 2

ボルト	M8	M10	M12	M16	M20	M24
有効断面積(mm ²)	36.6	58.0	84.3	157.0	245.0	353.0

- D : 金属拡張アンカーボルト外径 (mm)
 d_a : 接着系アンカーボルト外径 (mm)
 L : 穿孔長さ(mm)
 L_e : アンカーボルトの有効埋込み長さ (mm)

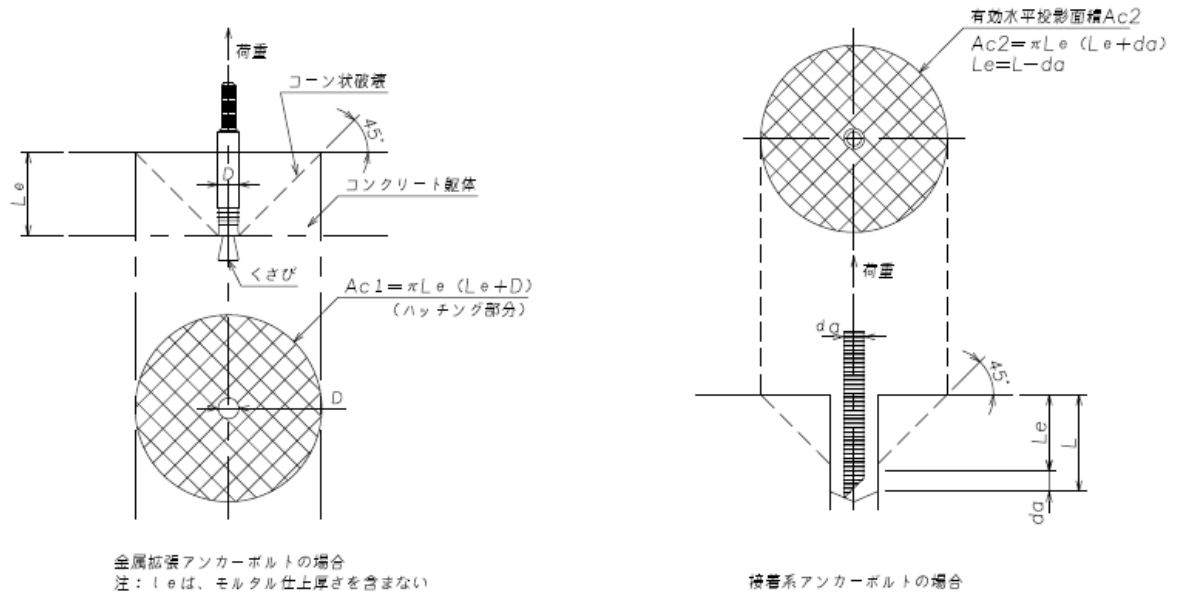


図8.9 有効水平投影面積 Ac_1, Ac_2

(2) 許容せん断力 Q_a の計算

コンクリート中に定着された金属拡張アンカーボルト1本当りの許容せん断力は、次式により求められる。

- ・金属拡張アンカーボルト

$$Q_a = \min(Q_{a1}, Q_{a2})$$

$$Q_{a1} = 0.7_s \sigma_y \cdot sca$$

$$Q_{a2} = 0.4(F_C \cdot E_C)^{1/2} \cdot sca \quad (8.3式)$$

- ・接着系アンカーボルト

$$Q_a = \min(Q_{a1}, Q_{a2})$$

$$Q_{a1} = 0.7_s \sigma_y \cdot sca$$

$$Q_{a2} = 0.4(F_C \cdot E_C)^{1/2} \cdot sca \quad (8.4式)$$

記号

Q_a : あと施工アンカーボルトを用いた接合部 (1本当り) の引張耐力 (N)

Q_{a1} : アンカーボルト鋼材のせん断強度により決まる場合のアンカーボルト1本当りの許容せん断力。

Q_{a2} : 定着したコンクリート躯体の支圧強度により決まる場合のアンカーボルト1本当りの許容せん断力。

$s\sigma_y$: 金属拡張アンカーボルトの鋼材の降伏点の短期許容引張応力度と同じ (N/mm²)

sca : 金属拡張アンカーボルトの定着部または、これに接合される鋼材の既存コンクリート表面における断面積 (mm²)
せん断力をねじ部で受けるので、ねじ部有効断面積 (P21 表8.2) とする。

F_C : 既存コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

数値が不明な場合には 18N/mm² (180kg/cm²) を用いる。

E_c : 既存コンクリートのヤング係数(N/mm²)

数値が不明な場合には、普通コンクリートでは $1.6 \times 10^4 \text{N/mm}^2$
 ($1.7 \times 10^5 \text{kg/cm}^2$)、軽量コンクリートでは $1.08 \times 10^4 \text{N/mm}^2$
 ($1.1 \times 10^5 \text{kg/cm}^2$)とする。

コンクリートの種類も不明なときは、軽量コンクリートの値を用いる。
 ただし、

$$4.9 \times 10^2 \text{N/mm}^2 < (F_c \cdot E_c)^{1/2} \leq 8.82 \times 10^2 \text{N/mm}^2$$

既存コンクリートの F_c と E_c が共に不明な場合、 $\sqrt{F_c \cdot E_c}$ の値を

$4.9 \times 10^2 \text{N/mm}^2$ とする。1種・2種コンクリートの中には、

$4.9 \times 10^2 \text{N/mm}^2$ を1割程度下まわるものもあるが、耐震固定に用いるアンカーボルトは引張力から選択され、せん断力は十分な余裕があることから、本式の適用範囲の最小値を採用し許容せん断力の目安とした。

(3) その他の条件

a) 既存コンクリートへの埋め込み長さ l_e は、アンカーボルトの定着部径 D の4倍以上とする。

b) 複数のアンカーボルトが接近して設けられた場合には、図8. 10のような有効水平投影面積により求める。

c) ケーブル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4cm以上とし、許容引張力の計算は、図8. 11の有効水平投影面積により求める。また、ケーブル、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考慮しなければならない。

また、増打ちコンクリートの圧縮強度に注意すること。コンクリートの圧縮強度は 18N/mm^2 (180kg/cm^2)以上とする。

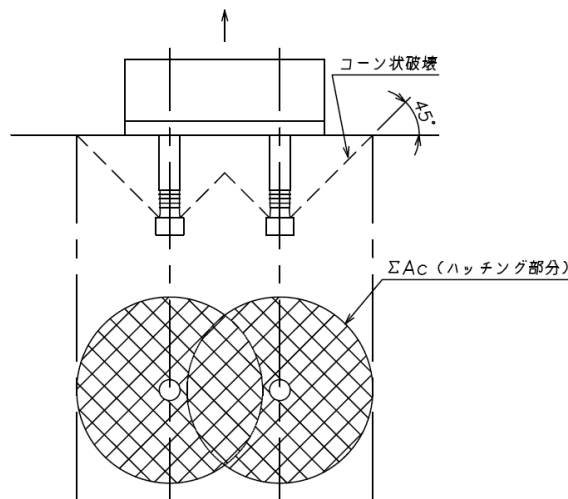


図8. 10 アンカーボルトが複数の場合の
 有効水平投影面積 ΣA_c

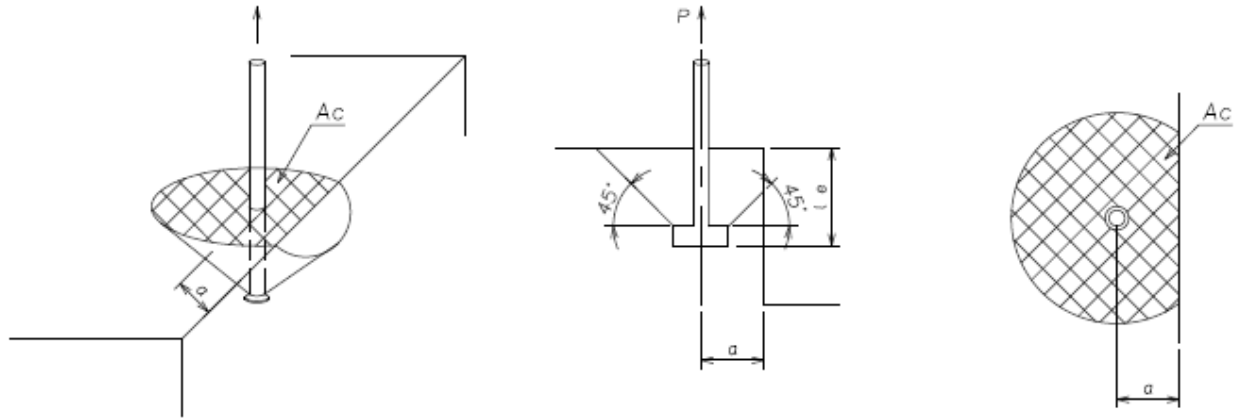


図8.11

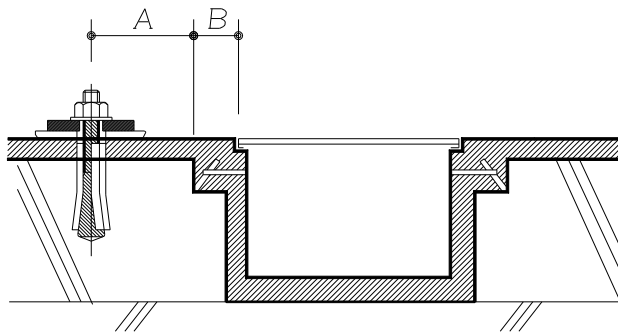


図8.12

ケーブルピット端部からのアンカーボルト距離

- A : アンカーボルトの埋設深さ以上をとる。
- B : モルタル部の巾
目安寸法は、10 cm 程度だが施工により広い場合もあるので注意

(4) 許容組み合わせ力の確認式

アンカーボルトが引張力とせん断力との組み合わせ力を受ける場合の終局耐力は、次式により確認する。

$$\left(\frac{Rb}{Ta}\right)^2 + \left(\frac{Q}{qa}\right)^2 \leq 1 \quad (8.5式)$$

ここで、

Rb : 引張応力 (N)

Q : せん断応力 (N)

Ta : 引張力のみが、作用したときの許容引張力 (N)

qa : せん断力のみが作用したときの許容せん断力 (N)

表 8. 3 (その 1)

床、基礎据付の場合	
アンカーボルトに加わる引抜き力とせん断力	<p style="text-align: center;">矩形断面の場合</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>平面</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">図1-1</p> <p>図1-1において</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>G : 装置重心位置</p> <p>W : 装置の自重 = 装置の質量 × 9.8</p> <p>R_b : アンカーボルト 1 本当りの引抜き力</p> <p>n : アンカーボルトの総本数</p> <p>n_t : 装置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1-1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>h_G : 据付面より装置重心までの高さ</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>ℓ : 検討する方向からみたボルトスパン</p> <p>ℓ_G : 検討する方向からみたボルト中心から装置重心までの距離 (ただし ℓ_G ≤ 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> </div> </div>
アンカーボルトの引抜き力	$R_b = \frac{F_H \cdot h_G - (W - F_V) \cdot \ell_G}{\ell \cdot n_t}$ <p>(8. 6式)</p>
アンカーボルトのせん断力	$\tau = \frac{F_H}{n \cdot A} \quad \text{又は} \quad Q = \frac{F_H}{n}$ <p>(8. 7式)</p> <p>ここに、τ : ボルトに作用するせん断応力</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 8. 3 (その 2)

床、基礎据付の場合	
アンカーボルトに加わる引抜き力とせん断力	<p style="text-align: center;">円形断面の場合</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>平面</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">図1-2</p> <p>図1-2において</p> <ul style="list-style-type: none"> D : 円形断面のボルトスパン G : 装置重心位置 W : 装置の自重 = 装置の質量 × 9. 8 Rb : アンカーボルト 1 本当たりの引抜き力 n : アンカーボルトの総本数 hc : 据付面より装置重心までの高さ FH : 設計用水平地震力 (FH = KH · W) Fv : 設計用鉛直地震力 {Fv = (1/2) × FH}
アンカーボルトの引抜き力	<p>ボルト 1 本あたりの引抜き力 Rb は、</p> $R_b = \frac{4}{n \cdot D} F_H \cdot h_c - \frac{W - F_v}{n} \quad (8. 8式)$
アンカーボルトのせん断力	$\tau = \frac{F_H}{n \cdot A} \quad \text{又は} \quad Q = \frac{F_H}{n} \quad (8. 7式)$ <p>ここに、τ : ボルトに作用するせん断応力 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 本当たりの軸断面積 (呼径による断面積) n : アンカーボルトの総本数</p>

表 8. 3 (その 3)

天井取付の場合			
アンカーボルトに加わる引抜き力とせん断力	<div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">図1-3</p> <p>図1-3において</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>G : 装置重心位置</p> <p>W : 装置の自重 = 装置の質量 × 9. 8</p> <p>R_b : アンカーボルト 1 本当たりの引抜き力</p> <p>n : アンカーボルトの総本数</p> <p>n_t : 装置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1-1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>h_c : 据付面より装置重心までの高さ</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>ℓ : 検討する方向からみたボルトスパン</p> <p>ℓ_G : 検討する方向からみたボルト中心から装置重心までの距離 (ただし ℓ_G ≤ 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> </td> </tr> </table>	<p>G : 装置重心位置</p> <p>W : 装置の自重 = 装置の質量 × 9. 8</p> <p>R_b : アンカーボルト 1 本当たりの引抜き力</p> <p>n : アンカーボルトの総本数</p> <p>n_t : 装置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1-1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>h_c : 据付面より装置重心までの高さ</p>	<p>ℓ : 検討する方向からみたボルトスパン</p> <p>ℓ_G : 検討する方向からみたボルト中心から装置重心までの距離 (ただし ℓ_G ≤ 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>
<p>G : 装置重心位置</p> <p>W : 装置の自重 = 装置の質量 × 9. 8</p> <p>R_b : アンカーボルト 1 本当たりの引抜き力</p> <p>n : アンカーボルトの総本数</p> <p>n_t : 装置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1-1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>h_c : 据付面より装置重心までの高さ</p>	<p>ℓ : 検討する方向からみたボルトスパン</p> <p>ℓ_G : 検討する方向からみたボルト中心から装置重心までの距離 (ただし ℓ_G ≤ 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き力	<p>ボルト 1 本あたりの引抜き力 R_b は、</p> $R_b = \frac{4}{n \cdot D} F_H \cdot h_c - \frac{W - F_V}{n} \quad (8. 8式)$		
アンカーボルトのせん断力	$\tau = \frac{F_H}{n \cdot A} \quad \text{又は} \quad Q = \frac{F_H}{n} \quad (8. 7式)$ <p>ここに、τ : ボルトに作用するせん断応力</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 本当たりの軸断面積 (呼径による断面積)</p> <p>n : アンカーボルトの総本数</p>		

表 8. 3 (その 4)

壁面取付の場合			
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;">図1-4</p> <p>図1-4において</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>G : 装置重心位置</p> <p>W : 装置の自重 = 装置の質量 × 9. 8</p> <p>R_b : アンカーボルト 1 本当りの引抜き力</p> <p>n : アンカーボルトの総本数</p> <p>ℓ₁ : 水平方向のボルトスパン</p> <p>ℓ₂ : 鉛直方向のボルトスパン</p> <p>ℓ_{1G} : ボルトの中心から装置重心までの水平距離 (ただし、ℓ_{1G} = ℓ₁ / 2)</p> <p>ℓ_{2G} : 上部側ボルト中心からの機器重心までの鉛直方向の距離</p> <p>ℓ_{3G} : 壁面から装置重心までの距離</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <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> <p>n_{t1} : 上下面に設けたアンカーボルトの片側本数 (図1-4において辺長ℓ₁側のアンカーボルト本数)</p> <p>n_{t2} : 片側に設けたアンカーボルトの片側本数 (図1-4において辺長ℓ₂側のアンカーボルト本数)</p> </td> </tr> </table>	<p>G : 装置重心位置</p> <p>W : 装置の自重 = 装置の質量 × 9. 8</p> <p>R_b : アンカーボルト 1 本当りの引抜き力</p> <p>n : アンカーボルトの総本数</p> <p>ℓ₁ : 水平方向のボルトスパン</p> <p>ℓ₂ : 鉛直方向のボルトスパン</p> <p>ℓ_{1G} : ボルトの中心から装置重心までの水平距離 (ただし、ℓ_{1G} = ℓ₁ / 2)</p> <p>ℓ_{2G} : 上部側ボルト中心からの機器重心までの鉛直方向の距離</p> <p>ℓ_{3G} : 壁面から装置重心までの距離</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> <p>n_{t1} : 上下面に設けたアンカーボルトの片側本数 (図1-4において辺長ℓ₁側のアンカーボルト本数)</p> <p>n_{t2} : 片側に設けたアンカーボルトの片側本数 (図1-4において辺長ℓ₂側のアンカーボルト本数)</p>
<p>G : 装置重心位置</p> <p>W : 装置の自重 = 装置の質量 × 9. 8</p> <p>R_b : アンカーボルト 1 本当りの引抜き力</p> <p>n : アンカーボルトの総本数</p> <p>ℓ₁ : 水平方向のボルトスパン</p> <p>ℓ₂ : 鉛直方向のボルトスパン</p> <p>ℓ_{1G} : ボルトの中心から装置重心までの水平距離 (ただし、ℓ_{1G} = ℓ₁ / 2)</p> <p>ℓ_{2G} : 上部側ボルト中心からの機器重心までの鉛直方向の距離</p> <p>ℓ_{3G} : 壁面から装置重心までの距離</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> <p>n_{t1} : 上下面に設けたアンカーボルトの片側本数 (図1-4において辺長ℓ₁側のアンカーボルト本数)</p> <p>n_{t2} : 片側に設けたアンカーボルトの片側本数 (図1-4において辺長ℓ₂側のアンカーボルト本数)</p>		
アンカーボルトの引抜き力	<p>上部アンカーボルト1本当りの引抜き力 R_b は、下記二つの計算式の大きい方の値で与えられる。</p> $R_b = \frac{F_H \cdot \ell_{3G}}{\ell_1 \cdot n_{t2}} + \frac{(W + F_v) \cdot \ell_{3G}}{\ell_2 \cdot n_{t1}} \quad (8. 9 \text{ 式})$ $R_b = \frac{F_H \cdot (\ell_2 - \ell_{2G})}{\ell_2 \cdot n_{t1}} + \frac{(W + F_v) \cdot \ell_{3G}}{\ell_2 \cdot n_{t1}} \quad (8. 10 \text{ 式})$		
アンカーボルトのせん断力	$\tau = \frac{\sqrt{F_H^2 + (W + F_v)^2}}{n \cdot A} \quad \text{又は} \quad Q = \frac{\sqrt{F_H^2 + (W + F_v)^2}}{n} \quad (8. 11 \text{ 式})$ <p>ここに、</p> <p>W : 装置の自重</p> <p>F_V : 設計用鉛直地震力 {F_V = (1/2) × F_H}</p> <p>τ : ボルトに作用するせん断応力</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>		

9. 装置設置の方法

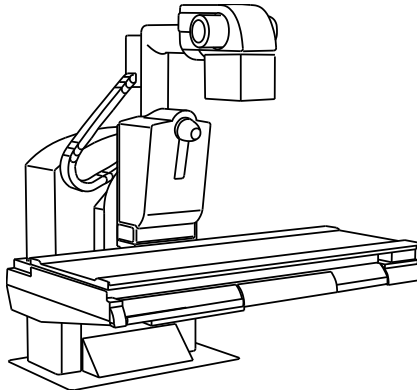
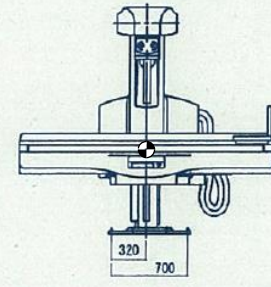
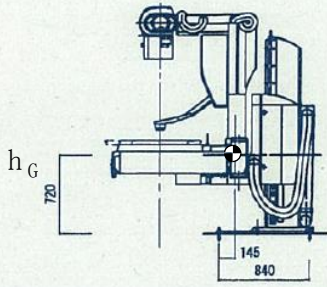
医用画像診断装置には、床据置形、天井吊り下げ形や、壁取付形、さらに移動して使用するキャスター付などのさまざまな形態がある。ここでは、その種類ごとに固定方法、計算方法、施工の注意事項、使用上の留意事項についてまとめた。

尚、耐震計算例の設計水平震度(KH)の値は、医用画像診断装置が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。

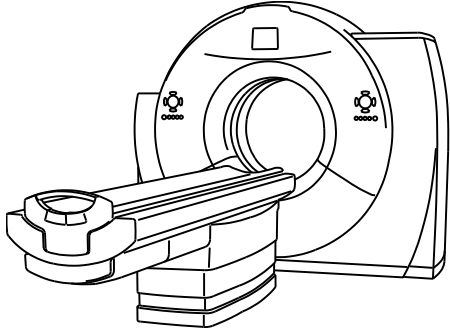
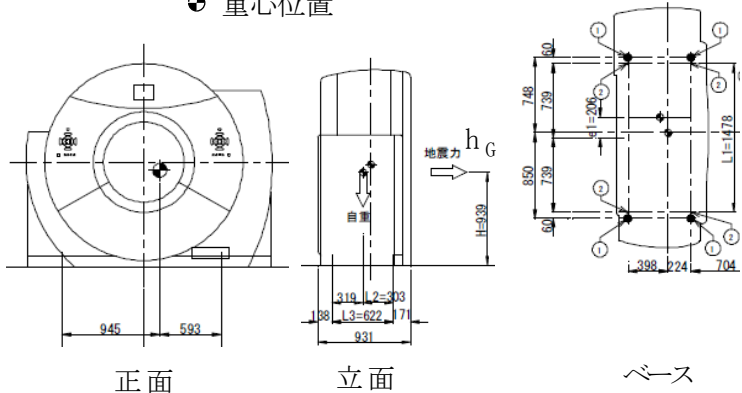
また、天井から吊り下げる装置は、1階の室に設置されていても2階の床下に取り付けられているので、設計用水平震度(KH)の値を1.0として計算した。

また、被験者の寝台の質量は、被験者の体重を135kgとして加算している。

9-1. X線テレビ装置—床固定

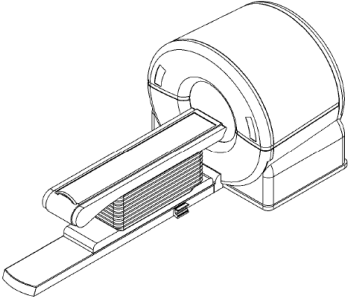
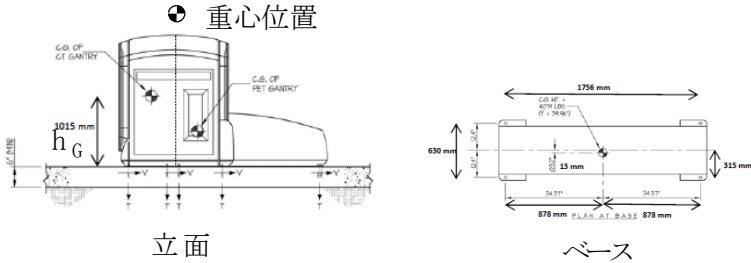
姿 図	固定方法と計算例	施工の注意事項	使用上の留意事項
	<p style="text-align: center;">● 重心位置</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="display: flex; justify-content: space-around;"> 正面 立面 </p> <p>設計用水平震度 (KH)=0.6 質量 (M)=1100+135=1235kg (患者を 135kg とする。) 水平地震力 (FH)=KH・M・g=0.6×1235×9.8=7262N 鉛直地震力 (FV)=(1/2)FH=3631N アンカーボルトの種類：M12 ウェッジ式アンカーボルト 床コンクリートの圧縮強度：18 N/mm² アンカーボルト 1 本当りの引張力</p> $Rb = \frac{F_H \cdot h_G - (M \cdot g - F_V) \ell_G}{\ell \cdot nt}$ $= \frac{7262 \times 720 - (1235 \times 9.8 - 3631) \times 145}{700 \times 2}$ $= 2857N < 12160N (M12)$ <p>アンカーボルト 1 本当りのせん断力</p> $Q = \frac{F_H}{n} = \frac{7262}{4}$ $= 1816N < 8350N (M12)$ <p>組み合わせ力</p> $\left(\frac{Rb}{Pa}\right)^2 + \left(\frac{Q}{qa}\right)^2 = \left(\frac{2857}{12160}\right)^2 + \left(\frac{1816}{8350}\right)^2 = 0.11 \leq 1$	<ul style="list-style-type: none"> アンカーボルトをケーブルピット端に打設する場合は、打設位置を、P 2 2 図 8. 1 2 程度離すこと。 	<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しておく。

9-2. CT装置-床固定

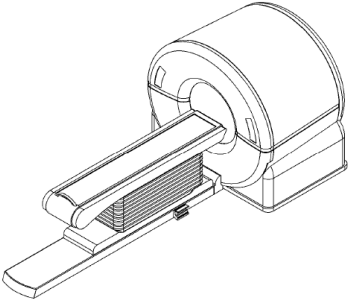
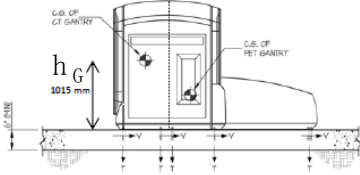
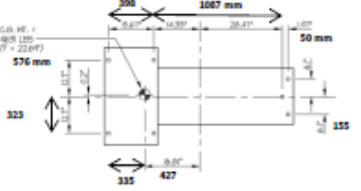
姿 図	固定方法と計算例	施工の注意事項	使用上の留意事項
	<p style="text-align: center;">● 重心位置</p>  <p style="text-align: center;">正面 立面 ベース</p> <p>設計用水平震度 (KH)=0.6 質量 (M)=2200kg 水平地震力 (FH)=KH・M・g=0.6×2200×9.8=12936N 鉛直地震力 (FV)=(1/2)FH=6468N アンカーボルトの種類：M12 ウエッジ式アンカーボルト 床コンクリートの圧縮強度：18N/mm² アンカーボルト 1 本当りの引張力</p> $Rb = \frac{F_H \cdot h_G - (M \cdot g - F_V) \ell_G}{\ell \cdot nt}$ $= \frac{12936 \times 939 - (2200 \times 9.8 - 6468) \times 303}{622 \times 2}$ $= 6088.4N < 12160N (M12)$ <p>アンカーボルト 1 本当りのせん断力</p> $Q = \frac{F_H}{n} = \frac{12936}{4} = 3234N < 8350N (M12)$ <p>組み合わせ力</p> $\left(\frac{Rb}{Pa}\right)^2 + \left(\frac{Q}{qa}\right)^2 = \left(\frac{6088.4}{12160}\right)^2 + \left(\frac{3434}{8350}\right)^2 = 0.42 \leq 1$	<p>・アンカーボルトをケーブルピット端に打設する場合は、打設位置を、P22 図8.12 程度離すこと。</p>	<p>特になし</p>

9-3. PET/CT装置

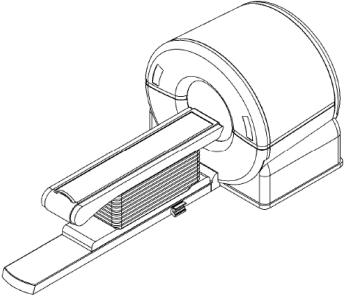
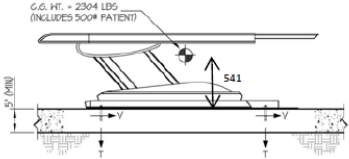
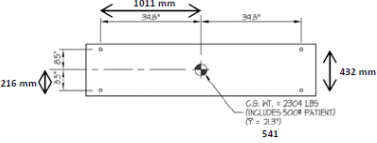
①CTガントリー ー床固定

姿 図	固定方法と計算例	施工の注意事項	使用上の留意事項
	<p style="text-align: center;">● 重心位置</p>  <p style="text-align: center;">立面</p> <p style="text-align: center;">ベース</p> <p>設計用水平震度 (KH)=0.6 質量 (M)=1,770kg 水平地震力 (FH)=KH・M・g=0.6×1770×9.8=10408N 鉛直地震力 (FV)=(1/2)FH=5204N アンカーボルトの種類：M12 ウエッジ式アンカーボルト 床コンクリートの圧縮強度：18N/mm² アンカーボルト1本当りの引張力</p> $Rb = \frac{F_H \cdot h_G - (M \cdot g - F_V) \ell_G}{\ell \cdot nt}$ $= \frac{10408 \times 1015 - (1770 \times 9.8 - 5204) \times 302}{630 \times 2}$ $= 5474N < 12160N (M12)$ <p>アンカーボルト1本当りのせん断力</p> $Q = \frac{F_H}{n} = \frac{10408}{4} = 2602N < 8350N (M12)$ <p>組み合わせ力</p> $\left(\frac{Rb}{Pa}\right)^2 + \left(\frac{Q}{qa}\right)^2 = \left(\frac{5474}{12160}\right)^2 + \left(\frac{2602}{8350}\right)^2 = 0.30 \leq 1$	<ul style="list-style-type: none"> アンカーボルトをケーブルピット端に打設する場合は、打設位置を、P22 図8.12程度離すこと。 	<p>特になし</p>

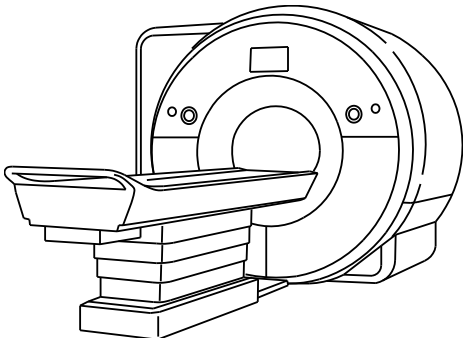
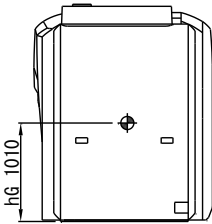
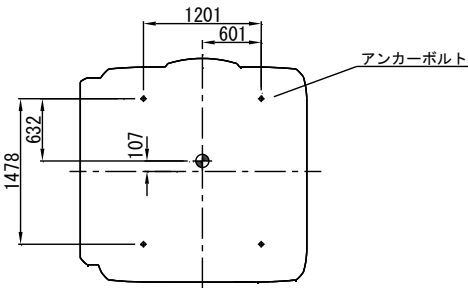
②PETガントリー ー床固定

姿 図	固定方法と計算例	施工の注意事項	使用上の留意事項
	<p style="text-align: center;">● 重心位置</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>立面</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ベース</p> </div> </div> <p>設計用水平震度 (KH)=0.6 質量 (M)=2,100kg 水平地震力 (FH)=KH・M・g=0.6×2100×9.8=12348N 鉛直地震力 (FV)=(1/2)FH=6174N アンカーボルトの種類：M12 ウエッジ式アンカーボルト 床コンクリートの圧縮強度：18N/mm² アンカーボルト1本当りの引張力</p> $Rb = \frac{F_H \cdot h_G - (M \cdot g - F_V) \ell_G}{\ell \cdot nt}$ $= \frac{12348 \times 576 - (2100 \times 9.8 - 6174) \times 335}{398 \times 2}$ $= 2872N < 12160N (M12)$ <p>アンカーボルト1本当りのせん断力</p> $Q = \frac{F_H}{n} = \frac{12348}{4} = 3087N < 8350N (M12)$ <p>組み合わせ力</p> $\left(\frac{Rb}{Pa}\right)^2 + \left(\frac{Q}{qa}\right)^2 = \left(\frac{6174}{12160}\right)^2 + \left(\frac{3087}{8350}\right)^2 = 0.39 \leq 1$	<ul style="list-style-type: none"> アンカーボルトをケーブルピット端に打設する場合は、打設位置を、P22 図8.12程度離すこと。 	<p>特になし</p>

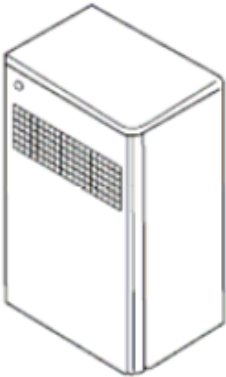
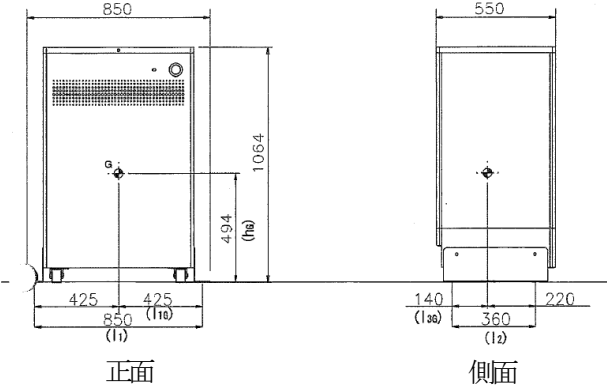
9-4. 撮影寝台一床固定

姿 図	固定方法と計算例	施工の注意事項	使用上の留意事項
	<p style="text-align: center;">● 重心位置</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>側面</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ベース</p> </div> </div> <p>設計用水平震度 (KH)=0.6 質量 (M)=818+135=953kg (患者を 135kg とする。) 水平地震力 (FH)=KH・M・g=0.6×953×9.8=5604N 鉛直地震力 (FV)=(1/2)FH=2802N アンカーボルトの種類：M12 ウエッジ式アンカーボルト 床コンクリートの圧縮強度：18N/mm²</p> <p>アンカーボルト 1 本当りの引張力</p> $Rb = \frac{F_H \cdot h_G - (M \cdot g - F_V) \ell_G}{\ell \cdot nt}$ $= \frac{5604 \times 541 - (953 \times 9.8 - 2802) \times 216}{432 \times 2}$ $= 1875 < 12160N (M12)$ <p>アンカーボルト 1 本当りのせん断力</p> $Q = \frac{F_H}{n} = \frac{5604}{4}$ $= 1401N < 8350N (M12)$ <p>組み合わせ力</p> $\left(\frac{Rb}{Pa}\right)^2 + \left(\frac{Q}{qa}\right)^2 = \left(\frac{1875}{12160}\right)^2 + \left(\frac{1401}{8350}\right)^2 = 0.05 \leq 1$	<ul style="list-style-type: none"> アンカーボルトをケーブルピット端に打設する場合は、打設位置を、P 2 2 図 8. 1 2 程度離すこと。 	<p>特になし</p>


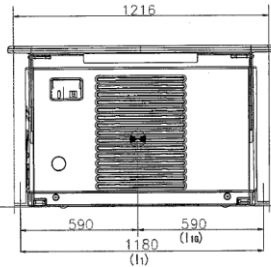
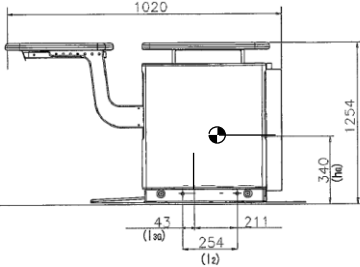
9-5. MRI装置 マグネット-床固定

姿 図	固定方法と計算例	施工の注意事項	使用上の留意事項
	<p style="text-align: center;">● 重心位置</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>側面</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ベース</p> </div> </div> <p>設計用水平震度 (KH) : 0.6 質量 (M) : 8000kg 水平地震力 (FH) : KH・M・g=0.6×8000×9.8=47040N 鉛直地震力 (FV) : (1/2)FH=47040/2=23520N アンカーボルトの種類 : M16 ウエッジ式ステンレス アンカーボルト</p> <p>床コンクリートの圧縮強度 : 18N/mm² アンカーボルトの1本当たりの引張力</p> $Rb = \frac{F_H \cdot h_G - (M \cdot g - F_V) \ell_G}{\ell \cdot nt}$ $= \frac{47040 \times 1010 - (8000 \times 9.8 - 23520) \times 601}{1201 \times 2}$ $= 6048N < 11390N (M16)$ <p>アンカーボルトの1本当たりのせん断力</p> $Q = \frac{F_H}{n} = \frac{47040}{4} = 11760N < 14040N (M16)$ <p>組み合わせ力</p> $\left(\frac{Rb}{Pa}\right)^2 + \left(\frac{Q}{qa}\right)^2 = \left(\frac{6048}{11390}\right)^2 + \left(\frac{11760}{14040}\right)^2 = 0.98 \leq 1$	<p>床の電波シールド材(銅箔など)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>強い振動によりクエンチ現象をおこす可能性がある。 クエンチ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ので、震災後の入室には注意が必要。</p>

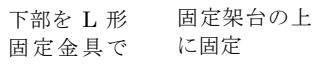
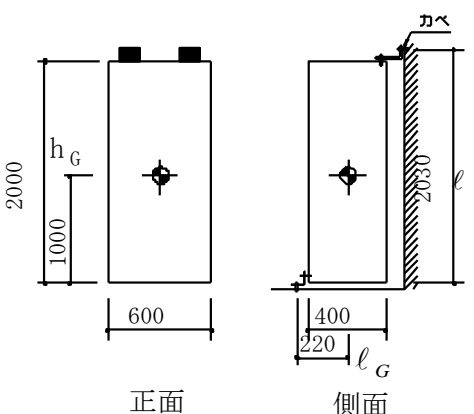
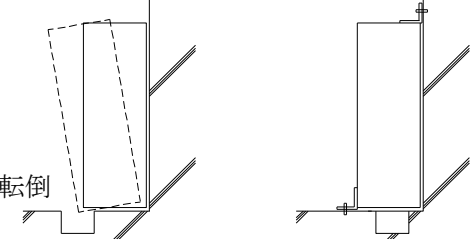
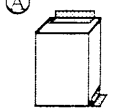
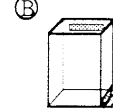
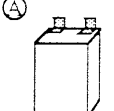
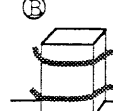

9-6. パワーキャビネット-床固定

姿 図	固定方法と計算例	施工の注意事項	使用上の留意事項
	<p style="text-align: center;">● 重心位置</p>  <p>設計用水平震度 (KH)=0.6 質量 (M) =365kg 水平地震力 (FH)=KH・M・g=0.6×365×9.8 =2146N 鉛直地震力 (FV)=(1/2)FH =1073N アンカーボルトの種類：M8 金属拡張アンカーボルト 床コンクリートの圧縮強度：18N/mm² アンカーボルト1本当りの引張力</p> $Rb = \frac{F_H \cdot h_G - (M \cdot g - F_V) \cdot l_a}{l_1 \cdot nt_1 + l_2 \cdot nt_2}$ $= \frac{2146 \times 494 - (365 \times 9.8 - 1073) \times 140}{360 \times 2 +}$ $= 986N < 1980N (M8)$ <p>アンカーボルト1本当りのせん断力</p> $Q = \frac{F_H}{n} = \frac{2146}{4}$ $= 537N < 3620N (M8)$ <p>組み合わせ力</p> $\left(\frac{Rb}{Pa}\right)^2 + \left(\frac{Q}{qa}\right)^2 = \left(\frac{986}{1980}\right)^2 + \left(\frac{537}{3620}\right)^2 = 0.27 \leq 1$	<ul style="list-style-type: none"> アンカーボルトをケーブルピット端に打設する場合は、打設位置を、P22 図8.12程度離すこと。 	<p>特になし</p>

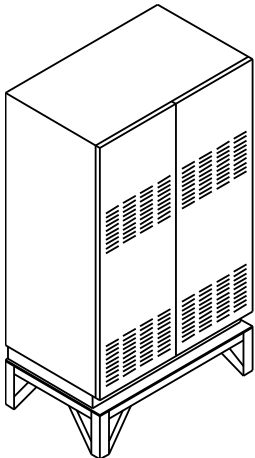
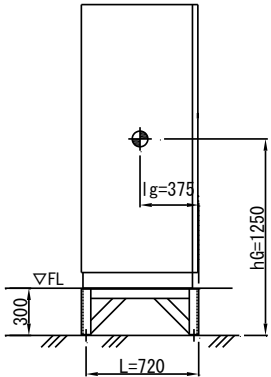
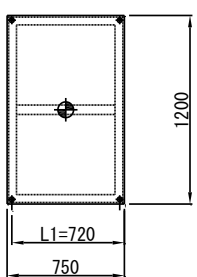
9-7. 操作コンソール

	姿 図	固定方法と計算例	施工の注意事項	使用上の留意事項
1. 床固定		<p style="text-align: center;">● 重心位置</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>正面</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>側面</p> </div> </div> <p>設計用水平震度 (KH)=0.6 質量 (M)=214kg 水平地震力 (FH)=KH・M・g=0.6×214×9.8=1258N 鉛直地震力 (FV)=(1/2)FH=629N アンカーボルトの種類 = M8 金属拡張アンカーボルト 床コンクリートの圧縮強度：18N/mm² アンカーボルト 1 本当りの引張力</p> $Rb = \frac{F_H \cdot h_G - (M \cdot g - F_V) \ell_G}{\ell \cdot nt}$ $= \frac{1258 \times 340 - (214 \times 9.8 - 629) \times 43}{254 \times 2}$ $= 718N < 1980N(M8)$ <p>アンカーボルト 1 本当りのせん断力</p> $Q = \frac{F_H}{n} = \frac{1258}{4}$ $= 315N < 3620N(M8)$ <p>組み合わせ力</p> $\left(\frac{Rb}{Pa}\right)^2 + \left(\frac{Q}{qa}\right)^2 = \left(\frac{718}{1980}\right)^2 + \left(\frac{315}{3620}\right)^2 = 0.14 \leq 1$	<p>モニターは、ベルトなどで本体に固定する。</p>	<p>特になし</p>

9-8-1. キャビネット

	姿 図	固定方法と計算例	施工の注意事項	使用上の留意事項
1. 床固定	 <p>下部を L 形 固定架台の上 固定金具で に固定</p>	<p>● 重心位置</p>  <p>正面 側面</p>	 <p>転倒</p>	<p>キャビネットの上部に小さな装置を乗せるときは、互いをベルト等で固定する。</p>
2. 床・壁固定	 	<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 = M8 金属拡張アンカーボルト</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 離さなければならない。</p>	
3. 壁固定	 	<p>床コンクリートの圧縮強度：18 N/mm² 壁のアンカーボルト 1 本当りの引張力</p> $Rb = \frac{F_n \cdot h_G - (M \cdot g - F_v) \ell_G}{\ell \cdot Mt}$ $= \frac{1470 \times 1000 - (250 \times 9.8 - 735) \times 220}{2030 \times 2}$ $= 269N < 1980N (M8)$ <p>床のアンカーボルト 1 本当りのせん断力</p> $Q = \frac{F_n}{n} = \frac{1470}{2}$ $= 735N < 3620N (M8)$ <p>組み合わせ力</p> $\left(\frac{Rb}{Pa}\right)^2 + \left(\frac{Q}{qa}\right)^2 = \left(\frac{269}{1980}\right)^2 + \left(\frac{735}{3620}\right)^2 = 0.06 \leq 1$	<p>1- ①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であるが、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>	
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, 3 を参照のこと</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- ⑤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> <p>・キャビネットにボルト穴を現地であけるときの、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ない。</p>		

9-8-2. 台座付キャビネット-床固定

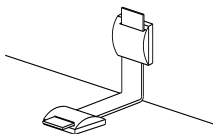
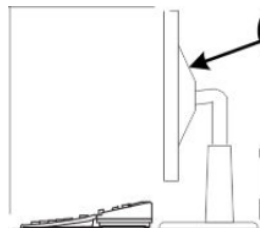
姿 図	固定方法と計算例	施工の注意事項	使用上の留意事項
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>側面</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>ベース</p>  </div> </div> <p style="text-align: center;">+ アンカーボルト ◆ 重心位置</p> <p>設計用水平震度 (KH)=0.6 質量 (M)=1000 kg 水平地震力 (FH)=KH・M・g=0.6×1000×9.8=5880N 鉛直地震力 (FV)=(1/2)FH=2940N アンカーボルトの種類：M12 ウェッジ式アンカーボルト 床コンクリートの圧縮強度：18 N/mm² アンカーボルト 1 本当りの引張力</p> $Rb = \frac{F_h \cdot h_g - (M \cdot g - F_v) \ell_g}{\ell \cdot nt}$ $= \frac{5880 \times 1250 - (1000 \times 9.8 - 2940) \times 375}{720 \times 2}$ $= 3318N < 12160N (M12)$ <p>アンカーボルト 1 本当りのせん断力</p> $Q = \frac{F_h}{n} = \frac{5880}{4}$ $= 1470N < 8350N (M12)$ <p>組み合わせ力</p> $\left(\frac{Rb}{Pa}\right)^2 + \left(\frac{Q}{qa}\right)^2 = \left(\frac{3318}{12160}\right)^2 + \left(\frac{1470}{8350}\right)^2 = 0.11 \leq 1$		<p>床高さが100mm以上の場合は、鉄骨架台を組んだ方が好ましい。</p>

9-9-2. 壁付装置 B

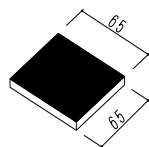
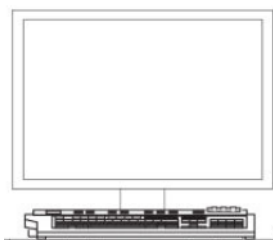
	姿 図	固定方法と計算例	施工の注意事項	使用上の留意事項
<p>B. 壁の取付架台の上に装置を配置する。</p>		<p>設計用水平震度 (KH)=0.6 質量 (M) =30kg 水平地震力 (FH)=KH・M・g=0.6×30×9.8 =176.4N 鉛直地震力 (FV)=(1/2)FH =88.2N 装置取付ボルト = M8 架台取付アンカーボルトの種類 = M8 金属拡張アンカーボルト 壁コンクリートの圧縮強度：18N/mm² N1=機器固定ボルトの片側の本数</p> <p>(1) 装置固定用ボルト ①ボルト1本当りの引張力 $Rb = \frac{F_H \cdot h_1 - (M \cdot g - F_V) \cdot l_1}{l_2 \cdot N_1}$ $= \frac{176.4 \times 250 \times (30 \times 9.8 - 88.2) \times 200}{400 \times 2}$ $= 4N$ ②ボルト1本当りのせん断力 $Q = \frac{F_H}{n} = \frac{176.4}{4}$ $= 44N$ (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 $Rb = \frac{(M \cdot g + F_V) \ell_3 + F_H \cdot h_2}{L \cdot n t_1}$ $= \frac{(30 \times 9.8 + 88.2) \times 280 + 88.2 \times 500}{450 \times 3}$ $= 136N < 1980N(M8)$ ②アンカーボルト1本当りのせん断力 $Q = \frac{\sqrt{F_H^2 + (M \cdot g + F_V)^2}}{n}$ $= \frac{\sqrt{176.4^2 + (30.0 \times 9.8 + 88.2)^2}}{6}$ $= 70N < 3620N(M8)$ </p> <p>③架台取付用ボルトの組み合わせ力 $\left(\frac{Rb}{Pa}\right)^2 + \left(\frac{Q}{qa}\right)^2$ $= \left(\frac{136}{1980}\right)^2 + \left(\frac{70}{3620}\right)^2 = 0.005 \leq 1$ </p>	<ul style="list-style-type: none"> • 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50N以下であり、又ボードの厚さに合ったものを選択する。 装置の質量としては、5kg程度が限界。 • 木板の補強材を複数の軽量鉄骨(スタット)に渡して、取付けると強度は増すが、装置質量は10kg程度が限界。 	<p>特になし</p>

9-10. 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。



厚さ 5 mm

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。

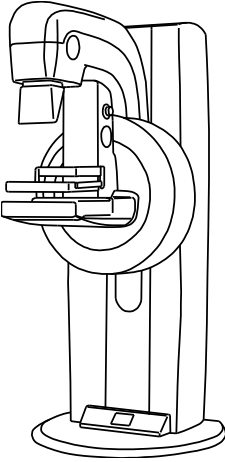
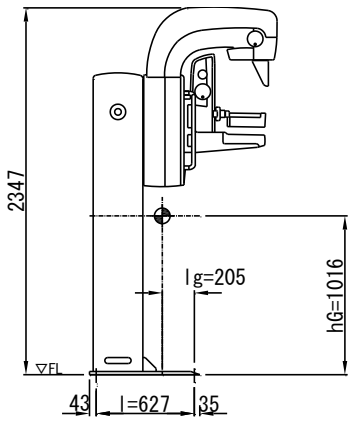
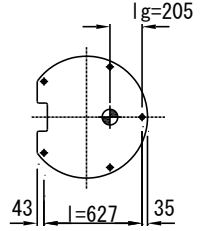
施工の注意事項

- 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、装置の質量・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所は、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。

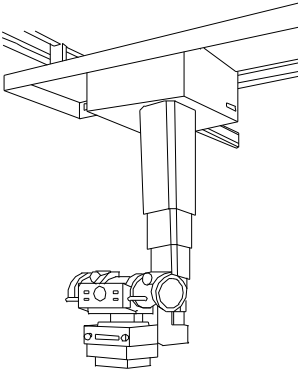
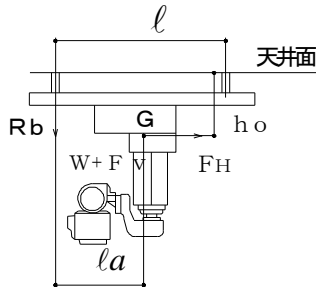
使用上の留意事項

データのバックアップをとっておく。

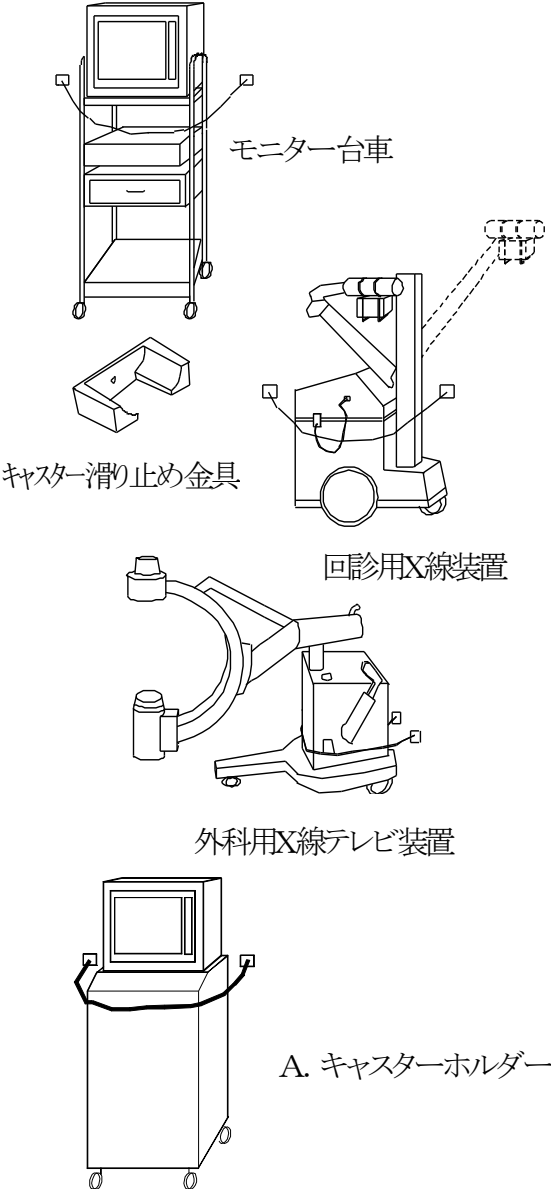
9-11. マンモ装置

	姿 図	固定方法と計算例	施工の注意事項	使用上の留意事項
<p>1. 床固定</p> <p>2. 壁面固定</p>		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>側面</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ベース</p> </div> </div> <p>+ アンカーボルト ⊕ 重心位置</p> <p>設計用水平震度(KH)=0.6 質量(M)=350 kg 水平地震力(FH)=KH・M・g=0.6×350×9.8=2058N 鉛直地震力(FV)=(1/2)FH=1029N アンカーボルトの種類：M12 ウェッジ式アンカーボルト 床コンクリートの圧縮強度：18 N/mm² アンカーボルト1本当りの引張力</p> $Rb = \frac{F_H \cdot h_G - (M \cdot g - F_V) \cdot l_G}{l \cdot nt}$ $= \frac{2058 \times 1016 - (350 \times 9.8 - 1029) \times 205}{672 \times 2}$ $= 1650N < 12160N(M12)$ <p>アンカーボルト1本当りのせん断力</p> $Q = \frac{F_H}{n} = \frac{2058}{5}$ $= 411N < 8350N(M12)$ <p>組み合わせ力</p> $\left(\frac{Rb}{Pa}\right)^2 + \left(\frac{Q}{qa}\right)^2 = \left(\frac{1650}{12160}\right)^2 + \left(\frac{411}{8350}\right)^2 = 0.02 \leq 1$	<p>・アンカーボルトをケーブルピット端に打設する場合は、打設位置を、P22 図8.12程度離すこと。</p>	<p>特になし</p>

9-1 2. 天井走行式X線管保持装置（参考：装置の天井走行レール取付ボルトの検討）

姿 図	固定方法と計算例	施工の注意事項	使用上の留意事項
	 <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 取付ボルトの種類 = M12 ボルト</p> <p>天井レール取付ボルト 1 本当りの引張力</p> $Rb = \frac{F_H \cdot h_G + (M \cdot g + F_V) \cdot (l - la)}{l \cdot nt}$ $= \frac{2940 \times 450 + (300 \times 9.8 + 1470) \times (1300 - 600)}{1300 \times 2}$ $= 1696.2N < 20600N (M12 \text{ボルト})$ <p>天井レール取付ボルト 1 本当りのせん断力</p> $Q = \frac{F_V}{n} = \frac{2940}{4}$ $= 735N < 14400N (M12 \text{ボルト})$ <ul style="list-style-type: none"> 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になるよう建設会社と打合わせ、確認しなければならぬ。 組み合わせ力 $\left(\frac{Rb}{Pa}\right)^2 + \left(\frac{Q}{qa}\right)^2 = \left(\frac{1696.2}{20600}\right)^2 + \left(\frac{735}{14400}\right)^2 = 0.01 \leq 1$	<ol style="list-style-type: none"> 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。 新築の場合、アンカーボルトは鉄筋に引っ掛けるか、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。 鉄骨架台を固定する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、ウエッジ式アンカーボルトにした方がよい。 鉄骨架台を固定する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。 鉄骨架台を固定する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。 鉄骨架台を固定する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。 	<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、アンカーボルトを、定期的、地震後にチェックする。

9-13. 移動して使用するキャスター付装置

	姿 図	固定方法と計算例	施工の注意事項	使用上の留意事項
<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>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>計算できない</p>	<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、装置重量の2倍以上のものを使用する。</p> <p>A. キャスター付 重心位置が高い装置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>	<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納する事が肝要である。 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。

10. 設置資料への記載事項

装置の耐震計画に際して必要となる次の情報を設置資料などに記載する。

1. 装置の質量、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. 装置のベース形状・アンカーボルト位置を示す図面
3. 装置に付属するアンカーボルトのデータ
4. 必要なコンクリートの圧縮強度
5. アンカーボルトの埋め込み深さ

11. 建築施工上の対応

1. コンクリートは設計基準強度(F_c) $18\text{N}/\text{mm}^2$ 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き力などが影響を受ける。

2. フリーアクセスフロアは耐震性・耐荷重性能があり、床コンクリートからの床高さが 100mm 程度で、パネルの上からアンカーボルトが埋込むことのできるものを使用する。

また、重量装置や振動する装置の設定床面部分は必ずコンクリートまたは鉄骨架台とする。

【補足】大型の医療装置は、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. 軽量鉄骨間仕切壁のスタッドは巾 65mm のもので使用されているが、横架材の強度を上げるためには、JIS規格品(鉄板厚が 0.8mm)の巾 90mm や巾 100mm の大きいものでピッチを 303mm とすることが望ましい。また、補助板や補強鉄骨の追加を考慮する。

4. 床耐荷重の十分な検討を行う。

【補足】放射線装置は、X線TV装置の $1,500\text{kg}$ からMRI装置の $10,000\text{kg}$ 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装置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・構造設計者と十分打ち合わせをし、安全の確認をすることが重要である。

5. 壁ぎわのケーブルピットは、キャビネット類の床固定を考慮し図(11. 1)のような位置にする。

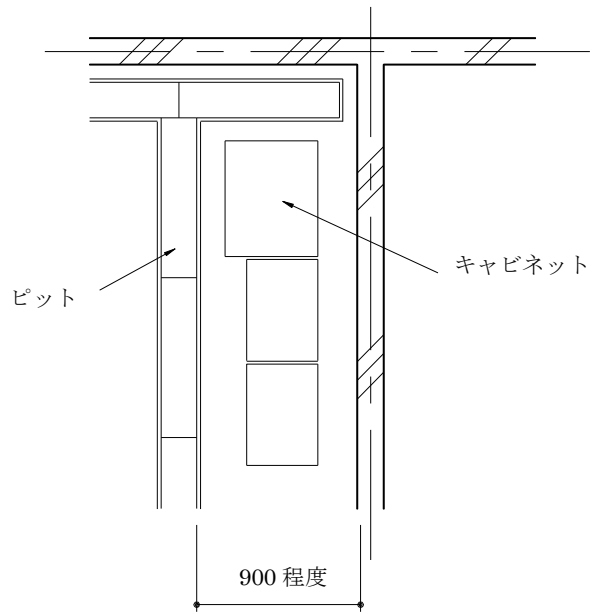


図 (1 1 . 1)

12. 参考文献

- (1) 建築設備の耐震設計 施工法(1997年)
空気調和・衛生工学会
- (2) 建築設備耐震設計・施工指針(2014年)
日本建築センター
- (3) 各種合成構造設計指針・同解説(2010年)
(社)日本建築学会
- (4) 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針・同解説(2001年改定)
(財)日本建築防災協会
- (5) 官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説(1996年)
(社)公共建築協会
- (6) あと施工アンカー設計と施工(1990年)
岡田 恒夫 他著
- (7) 「あと施工アンカー」の施工手引き(2008年)
(社)日本建築あと施工アンカー協会
- (8) 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
- (9) 「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
- (10) California Building Code 1992 edition CHAPTER 23.Part III
- (11) 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
- (12) 官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説(1996年)
(社)公共建築協会

13. 資料：あと施工アンカーボルトの種類と許容力

『(社)日本内燃力発電設備協会「自家用発電設備耐震設計のガイドライン」』では、「アンカーボルト一本当たり 12kN を超える引抜強度は負担出来ない」としている。

しかし、『建築設耐震設計・施工指針 2005 年版』Q&A 集「建築設備耐震設計・施工指針における実務上のポイント」Q.83 アンカーボルトの許容値(6)では、『「引抜強度 12 kN は設備関係の現状を考慮して、安全側に定めている。」が、根拠や実験資料や数値を決めた根拠が不明である。』との回答になっている。

そのため、次頁からの金属拡張アンカーボルトの許容値は、(社)日本建築学会「各種合成構造設計指針・同解説(2010 年度版)」の金属系アンカー(メカニカルアンカー)の設計に準拠し、「(社)日本建築あと施工アンカー協会」が規定した計算式により算出した。

また、ステンレスボルトの許容値は、建築基準法施工令第 90 条の構造用鋼材に基づき定める、SS400 ボルトとステンレスボルトとのねじ部有効断面積についての値を軸断面積に換算したそれぞれの許容応力度の値とし、その値の差を反映させて算出した。

表 ボルト(SS400)およびステンレスボルト(A2-50)の許容応力度表

ボルトの種類	長期許容応力度[kN/cm ²]		短期許容応力度[kN/cm ²]	
	引張(f_t)	せん断(f_s)	引張(f_t)	せん断(f_s)
ボルト(SS400)	11.7	6.78	17.6	10.1
ステンレスボルト(A2-50)	10.5	6.08	15.8	9.12

接着系アンカーボルトの許容値は、(財)日本建築防災協会編「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針・同解説(2001 年改修版)」が規定した計算式に準拠し算出した。

あと施工アンカーボルトの許容力の計算

(1) 許容引張力 T_a の計算

・金属拡張アンカーボルト

$$T_a = \min(T_{a1}, T_{a2})$$

$$T_{a1} = \min(\sigma_y \cdot a_0, \phi_1 \cdot s \sigma_y \cdot sc a)$$

$$T_{a2} = 0.23 \phi_2 \cdot F_c^{1/2} \cdot A_{c1}$$

・接着系アンカーボルト

$$T_a = \min(T_{a1}, T_{a2}, T_{a3})$$

$$T_{a1} = \sigma_y \cdot a_0$$

$$T_{a2} = 0.23 \cdot F_c^{1/2} \cdot A_{c2}$$

$$T_{a3} = 10(F_c / 21)^{1/2} \cdot \pi \cdot d_a \cdot L_e$$

記号

T_a :あと施工アンカーボルトを用いた接合部 (1本当り) の引張耐力 (N)

T_{a1} :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)

T_{a2} :定着したコンクリート躯体のコーン状破壊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)

T_{a3} :接着系アンカーボルトの付着性能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)

ϕ_1 :低減係数 長期荷重 2/3、短期荷重 1.0

ϕ_2 :低減係数 長期荷重 1/3、短期荷重 2/3

F_c :既存コンクリートの圧縮強度もしくは設計基準強度(N/mm²)

数値が不明の場合には、18 N/mm²(180 kg/cm²)とし、35 N/mm²(360 kg/cm²)を限度とする。

A_{c1} :金属拡張アンカーボルトのコンクリートのコーン状破壊面の有効水平投影面積(mm²)

A_{c2} :接着系アンカーボルトのコンクリートのコーン状破壊面の有効水平投影面積(mm²)

σ_y :鉄筋の規格降伏点強度(N/mm²)

a_0 :アンカー筋のねじ加工を考慮した有効断面積、またはアンカー筋の公称断面積(mm²)

$s \sigma_y$:金属系アンカーボルトの鋼材の降伏点の短期許容引張応力度と同じ(N/mm²)

$sc a$:金属拡張アンカーボルトの定着部分またはこれに接合される鋼材の断面積で危険断面における値(mm²)

ねじ切り部が危険断面となる場合は、ねじ部有効断面積(表8. 2)とする。

表8. 2

ボルト	M8	M10	M12	M16	M20	M24
有効断面積(mm ²)	36.6	58.0	84.3	157.0	245.0	353.0

D : 金属拡張アンカーボルト外径 (mm)

d_a : 接着系アンカーボルト外径 (mm)

L : 穿孔長さ(mm)

L_e : アンカーボルトの有効埋込み長さ (mm)

(2) 許容せん断力 Q_a の計算

コンクリート中に定着された金属拡張アンカーボルト 1 本当りの許容せん断力は、
8. 3式により求める。

・金属拡張アンカーボルト

$$Q_a = \min(Q_{a1}, Q_{a2})$$

$$Q_{a1} = 0.7_s \sigma_y \cdot sc_a$$

$$Q_{a2} = 0.4(F_c \cdot E_c)^{1/2} \cdot sc_a$$

・接着系アンカーボルト

$$Q_a = \min(Q_{a1}, Q_{a2})$$

$$Q_{a1} = 0.7_s \sigma_y \cdot sc_a$$

$$Q_{a2} = 0.4(F_c \cdot E_c)^{1/2} \cdot sc_a$$

記号

Q_a : あと施工アンカーボルトを用いた接合部 (1 本当り) の引張耐力 (N)

Q_{a1} : アンカーボルト鋼材のせん断強度により決まる場合のアンカーボルト 1 本
当りの許容せん断力。

Q_{a2} : 定着したコンクリート躯体の支圧強度により決まる場合のアンカーボルト 1 本
当りの許容せん断力。

$s \sigma_y$: 金属拡張アンカーボルトの鋼材の降伏点の短期許容引張応力度と同じ (N/mm²)

sc_a : 金属拡張アンカーボルトの定着部または、これに接合される鋼材の既存コンクリート
表面における断面積(mm²)

せん断力をねじ部で受けるので、ねじ部有効断面積(表8. 2)とする。

F_c : 既存コンクリートの圧縮強度(N/mm²)

数値が不明な場合には 18N/mm²(180k g/cm³)を用いる。

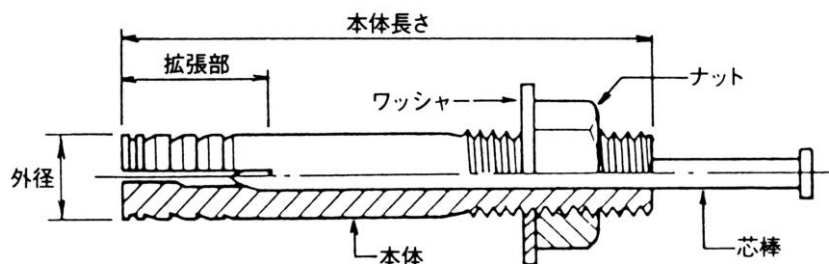
E_c : 既存コンクリートのヤング係数(N/mm²)

数値が不明な場合には、普通コンクリートでは 1.6×10^4 N/mm² (1.7×10^5 k g/cm³)

既存コンクリートの F_c と E_c が共に不明な場合、 $\sqrt{F_c \cdot E_c}$ の値を
 4.9×10^2 N/mm² とする。

1. 芯棒打込み式(おねじ式)

芯棒をハンマーで打ち込むと拡張部が開き固着する。



< 芯棒打込み式標準品 > 図13.1

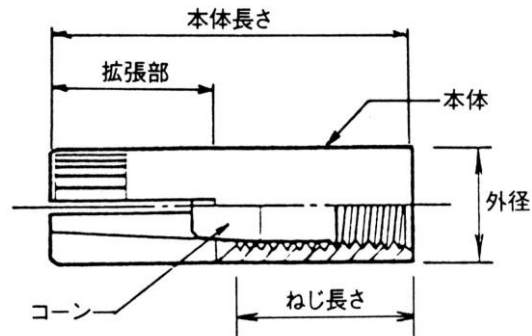
表13.1

呼び径	アンカー本体(mm)			穴あけ(mm)		Ac (cm ²)	短期許容 引張力 (kN)	短期許容 せん断力 (kN)
	外形	長さ	埋込	穴径	深さ			
M8	8	70	35	8.5	43	47	2.48	3.62
M10	10	60	40	10.5	50	63	3.30	5.74
M12	12	90	50	12.7	62	97	5.12	8.35
M16	16	120	60	17.0	65	143	7.45	17.30
	16	150	60	17.0	76	143	7.53	15.55
M20	20	150	80	21.5	100	251	13.22	24.27

- Ac: 有効水平投影面積
- 長期の許容引張力と許容せん断力の値は、それぞれの短期の値の2/3。
- コンクリートのFcを 18.0 N/mm²、(Fc・Ec)^{1/2}を 490N/mm²として算出した。
- アンカー本体の埋込み深さは、コンクリート表面の仕上モルタル厚さ
- (一般的には2~3 cm 程度)を含んでいない。

2. 内部コーン打込み式(めねじ式)

本体に内蔵されているコーンを打ち込むと拡張部が開き固着する。



<内部コーン打込み式標準品> 図13.2

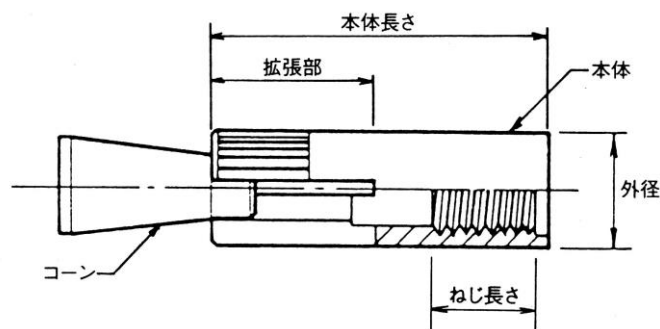
表13.2

呼び径	アンカー本体(mm)			穴あけ(mm)		Ac (cm ²)	短期許容 引張力 (kN)	短期許容 せん断力 (kN)
	外形	長さ	埋込	穴径	深さ			
M8	10	30	30	10.5	32	38	1.98	3.62
M10	12	40	40	12.5	42	65	3.43	5.74
M12	16	50	50	16.5	52	104	5.45	8.35
M16	20	65	65	20.5	67	174	9.13	15.19
M20	25	80	80	25.5	85	264	13.87	24.27

- ・ Ac: 有効水平投影面積
- ・ 長期の許容引張力と許容せん断力の値は、それぞれの短期の値の2/3。
- ・ コンクリートのFcを 18.0 N/mm²、(Fc・Ec)^{1/2}を 490N/mm²として算出した。
- ・ アンカー本体の埋込み深さは、コンクリート表面の仕上モルタル厚さ(一般的には2~3 cm 程度)を含んでいない。

3. 本体打込み式(めねじ式)

本体拡張部先端にコーンがついており、本体を打ち込むことにより拡張部が開き固着される。



<本体打込み式打ちねじタイプの標準品> 図13.3

表13.3

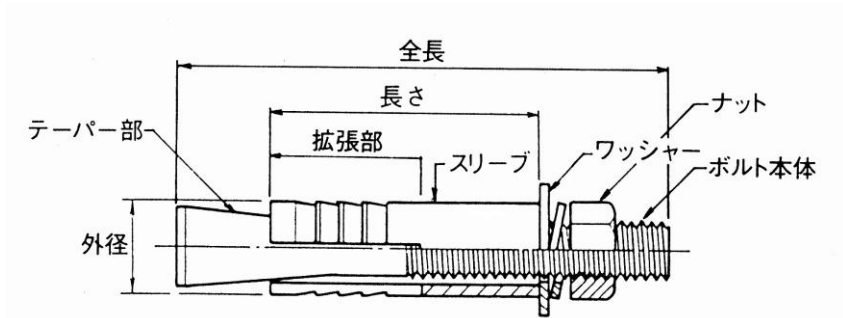
呼び径	アンカー本体(mm)			穴あけ(mm)		Ac (cm ²)	短期許容 引張力 (kN)	短期許容 せん断力 (kN)
	外形	長さ	埋込	穴径	深さ			
M8	12.0	35	35	12.5	39	52	2.71	3.62
M10	14.0	40	40	14.5	45	68	3.56	5.74
M12	17.3	50	50	18.0	56	106	5.56	8.35
M16	21.5	60	60	22.0	68	154	8.10	15.55
M20	25.4	80	80	26.5	90	265	13.93	24.27
M24	31.8	110	110	33.0	120	490	25.80	35.07

- ・ Ac: 有効水平投影面積
- ・ 長期の許容引張力と許容せん断力の値は、それぞれの短期の値の2/3。
- ・ コンクリートのFcを 18.0 N/mm²、(Fc・Ec)^{1/2}を 490N/mm²として算出した。
- ・ アンカー本体の埋込み深さは、コンクリート表面の仕上モルタル厚さ(一般的には2~3 cm 程度)を含んでいない。

4. スリーブ打込み(おねじ式)

スリーブを打込むことによりボルトのテーパ部によって拡張部が開き固着される。

ボルトにスリーブ・ワッシャーおよびナットがセットされたボルトタイプのアンカー。



<スリーブ打込み式ボルトタイプの標準品> 図13.4

表13.4

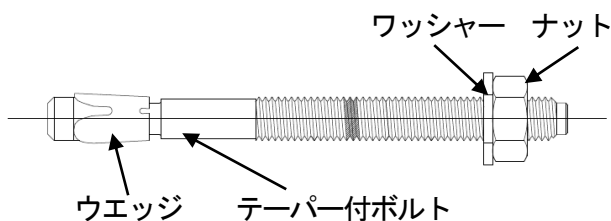
呼び径	アンカー本体(mm)				穴あけ(mm)		Ac (cm ²)	短期許容 引張力 (kN)	短期許容 せん断力 (kN)
	外形	全長	長さ	埋込	穴径	深さ			
M8	12	65	35	35	12.5	39	52	2.71	3.62
M10	14	80	40	40	14.5	45	68	3.57	5.74
M12	17.3	120	50	50	18.0	56	106	5.64	8.35
M16	21.7	150	60	60	22.0	67	154	8.10	15.55
M20	25.4	160	80	80	26.0	90	265	13.93	24.27
M24	34.0	200	100	100	35.0	115	501	26.36	34.98

- ・ Ac:有効水平投影面積
- ・ 長期の許容引張力と許容せん断力の値は、それぞれの短期の値の2/3。
- ・ コンクリートのFcを 18.0 N/mm²、(Fc・Ec)^{1/2}を 490N/mm²として算出した。
- ・ アンカー本体の埋込み深さは、コンクリートの表面の仕上モルタル厚さ(一般的には2~3 cm 程度)を含んでいない。

5. ウエッジ式(おねじ式)

ナットを締付けるとウエッジが開き固着される。

締付け方式のアンカーでトルク管理ができる。厚物取付用アンカーとして使用される。



《ウエッジ式アンカー》

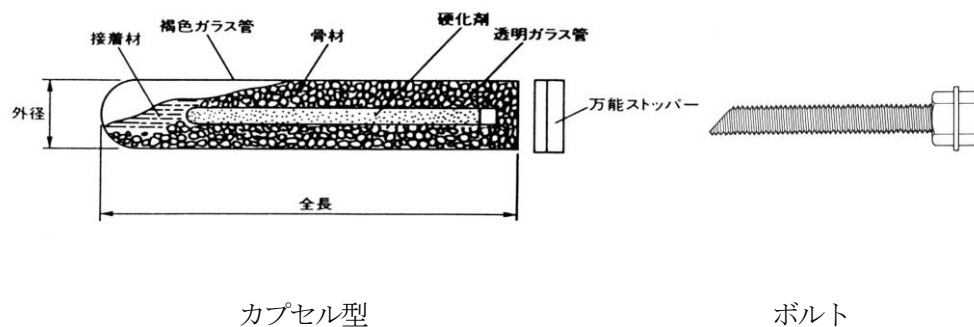
図13. 5

表13. 5

呼び径	アンカー本体 (mm)				穴あけ (mm)		締付 トルク (kN・cm)	Ac (cm ²)	短期許容 引張力 (kN)		短期許容 せん断力 (kN)	
	外形	最大 取付物 厚さ	ネジ長	全長	穴径	深さ			材質		材質	
									SS400	SUS304	SS400	SUS304
M10	10	40	64	113	10	60	2.5	132	6.93	6.22	5.74	5.18
M12	12	80	112	175	12	92	5.0	301	12.16	10.92	8.35	7.54
M16	16	85	106	182	16	92	8.0	312	12.69	11.39	15.55	14.04
M20	20	55	81	170	20	90	20.0	311	13.22	11.87	24.27	21.92

- ・ 穴あけ深さは取付物厚さを加えた数値
- ・ Ac: 有効水平投影面積
- ・ 長期の許容引張力と許容せん断力の値は、それぞれの短期の値の2/3。
- ・ コンクリートのFcを 18.0 N/mm²、(Fc・Ec)^{1/2}を 490N/mm²として算出した。
- ・ アンカー本体の埋込み深さは、コンクリート表面の仕上モルタル厚さ (一般的には2~3 cm 程度)を含んでいない。
- ・ 締付けトルクから許容引張力を求める式。

6. 接着系アンカー



カプセル型

ボルト

《接着系アンカー》 図13.6

表13.6

呼び径	外形 (mm)	有効埋込み 深さ(mm)	穴あけ(mm)		Ac (cm ²)	短期許容 引張力 (kN)	短期許容 せん断力 (kN)
			穴径	深さ			
M10	10.0	80	12	90	226	13.24	8.33
M12	12.0	88	14.5	100	276	16.18	12.11
M16	16.0	114	19	130	465	27.25	22.66
M20	20.0	180	24	200	1130	57.57	35.21
M24	24.0	196	28	220	1354	79.31	50.73
M30	30.0	250	35	280	2199	128.75	80.62

- ・ Ac: 有効水平投影面積
- ・ 長期の許容引張力と許容せん断力の値は、それぞれの短期の値の2/3。
- ・ コンクリートのFcを 18 N/mm²、(Fc・Ec)^{1/2}を 490N/mm²として算出した。
- ・ アンカー本体の埋込み深さは、コンクリートの表面の仕上モルタル厚さ (一般的には2~3 cm 程度)を含んでいない。

(参考文献)許容引張力をトルクから求める式(参考文献)

ナットを締付けるために回す力(トルク)の大きさは発生する軸力とボルトの呼び径の積に比例し、その比例定数をトルク係数という。この理論を応用して、下記の式でトルク管理で施工ができる。参考文献(5)の式に安全係数を考慮した。

$$Pa = \frac{T}{k \cdot d} \times A$$

Pa : 許容引張力 (N)

T : トルク (N・cm)

d : ねじの呼び径 (cm)

k : トルク係数 (通常 0.2 として計算する。)

A : 安全係数 短期荷重 1/2

長期荷重 1/3

注記

今後機器固定で使用するアンカーボルトの許容力は表13. 1～表13. 6の数値を使用すること。

また、メーカーの数値を使用する場合は、各自の責任のもと評価して使用すること

医用画像診断装置の耐震設計指針解説

1. 目的

1995年1月17日に起きた阪神淡路大震災の被災を契機に、地震時における画像診断装置の移動・転倒・落下による、直接的あるいは間接的に患者や患者の状態観察を行う医療関係者に危害を与えたり、画像診断装置としての基本機能の喪失を招くことを防ぐことを目的に、2000年に指針JESRA X-0086⁻²⁰⁰⁰が制定された。

阪神淡路大震災の被害状況、画像診断装置の転倒と移動を防ぐことができれば、目的の相当部分をカバーできるとの考えから、指針では画像診断装置の転倒・移動防止に力点を置いている。

2011年3月には東日本大震災を経験し、これを契機に、「医用画像診断装置の耐震設計指針」の見直しを行い、今回 JESRA X-0086*A⁻²⁰¹⁷に改正した。

2. 適用範囲

比較的軽量の装置については、市販のバンドで固定したり耐震シートを敷いたりすることで十分に耐震効果が期待できるため、それらの簡易的な対策では被害を防ぐことのできない大型装置を対象とし、対象装置の質量を100kg以上とした。100kg未満の装置についても、その機能の重要度や設置される場所などにより、適切な対策を行う場合もある。

3. 用語の意味

- (1) 地震の加速度(α)
地震の振動加速度の最大値。
- (2) 設計用地震力(F)
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(K)
地震の加速度 α を重力加速度を g で割った数値。
- (4) コンクリート設計基準強度(F_c)
コンクリートを打込んで4週間後の圧縮強度。

4. 耐震計算上の基本条件

4.1 設計用地震力(F)

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、水平地震力(F_H)と鉛直地震力(F_V)を考慮する。

4.2 設計用水平震度(K_H)

(1) 地域係数Z

地域係数Zは、建築基準法施行令第88条の規定に基づく昭和55年建設省告示第1793号で最大1.0として規定されているが、装置の設置される地域を設計の段階で特定することができないため本指針では最大値を採って1.0とした。

(2) 設計用標準水平震度 K_s

設計用標準水平震度は、施設と装置の重要度に応じた耐震クラスと装置が据付けられる階によって決まる。

耐震クラスに関しては、災害応急対策活動の拠点となる病院とそれ以外の病院とで分けた適用としたがユーザの指定があればそれが優先する。ただし、指定されたクラスの震度に耐えるためには、装

置側の対応だけではなく、床のコンクリート強度や厚さなど建物の構造にも大きく左右されることに留意する必要がある。

装置が据付けられる階に関しては「1階や地階」に据付けられることが多いためそれを前提した値とした。

P.4の(4.3)式は局部震度法による計算式であり、地震による地面の揺れの加速度(地動加速度)は設定されていないが、P.4の表4.1の設計用標準水平震度は地動加速度400cm/S₂(Gal)を前提とした値である。ちなみに、気象庁が定めた震度階では、地動加速度250～400cm/S₂を震度6、400cm/S₂以上を震度7としている。

4.3 免震構造の建築物における設計用水平震度

最近の建築物では、免震構造を採用するケースが増えている。このような建築物に装置を設置する場合には、非免震建築物に設置する場合の厳しい固定条件を適用する必要はないため、文献を参考に免震建築物における設計用地震力を新たに規定した。

ただし免震構造の建築物の地震時の挙動については、採用している免震構造や建物の構造によって一件一件異なるため、設置する建築物の動的な地震応答解析等から応答加速度を算出し、設計用水平震度を求めることが必要である。

また一般的に、免震構造では水平方向の振動は吸収できるが鉛直方向の揺れは吸収できないものが多いため、鉛直方向の設計用地震力については、原則として非免震建築物に関するものと同じ規定とした。

5. 装置の耐震性

- (1) 据置装置はコンクリートの床にアンカで固定するのが一般的であるため、その計算方法については、第9項で詳述した。
- (2) 壁際に設置する制御キャビネットは、スペース効率の観点から水平投影面積を小さくして背を高くした形状が一般的である。したがってコンクリート床への固定だけでは、地震力に耐えられる構造にすることが困難である。一方、壁面に固定することで制御キャビネットの耐震性が飛躍的に増すのは確実であるが、壁面固定部がどれだけの強度を持つかは壁の構造によって大きく左右され、かつその値を計算で求めることは至難である。

このような現状から、壁面固定に関しては「固定できる構造にすること」だけを規定し、その強度については規定しない。ただし、石膏ボードに固定するといった方法では全く強度が無いのは自明であり、軽量鉄骨間仕切り構造に渡した横架材にボルト固定する方法など、適切な施行を前提とする。

また、壁面への固定だけでは十分な耐震性を得られるとは言い難いため、確実な固定強度が得られる床固定も合わせて行うことにした。
- (3) 装置を構成する個々の部材の強度に関しては、IEC60601-1(2012)で規定されている安全率を有する部材であれば、設計地震力として想定した力が加わったとしてもその安全性は十分に保たれると考える。
- (4) キャスタ付きの装置に関する耐震性に関しては公的に規定されたものはないが、参考文献(8)を参考にして、IEC60601-1に規定されている安定性を満たすことで一定レベルの耐震性が得られると判断した。
- (5) 天井式保持装置と床上式保持装置に関しては、走行可能な形態になっていることから、設計用地震力が働いても動かないだけのブレーキまたはロックを持たせることは至難である。たとえば800kgの質量を持つ保持装置に1.5Gの設計用水平地震力が働くと想定すると、12,000N(約1,200 kgf)からの抵抗力がなければ動いてしまうが、これは非現実的な要求である。このため、現実的に可能な水準を考慮し、基準を自重の6%に置くものと定めた。

また、通電時のブレーキは電磁石の吸着力によることが多いのに対して、非通電時のブレーキ力は永久磁石の吸着力によることが多く、通電時よりもブレーキ力が落ちるのが一般的である。このような事情と、非通電時には機器の近くに患者がいる可能性は低いため、通電時と非通電時とで異なる内容とした。

- (6) 上述のように、保持装置の走行を強固にロックすることは難しいが、最悪でも保持装置が走行部から脱落して落下や転倒することだけは防がなければならないため、走行部のストッパの強度に関する項目を加えた。

ただし、地震の際の保持装置の挙動には種々の要因が関係するために、ストッパに加わる力を予め予測することは難しい。従って、装置の設計に際しては、ストッパの強度だけに依存するのではなく、保持装置の動きを押さえる適切なロック手段と、保持装置がストッパに当たった時の衝撃を緩和する適切な緩衝手段を合わせて考慮することが必要である。

6. 装置の固定設置の手順

装置の固定設置のための手順を記載した。

7. 施設の構造・材料による固定方法

装置の耐震固定とは、地震の加速度によって受ける外力に対して、装置が建築物の主要構造部(柱、梁、スラブ)と一体になることによって転倒や移動を防ぐことである。

装置と主要構造部を結合する接点となるアンカーボルトは、母材(アンカーボルトを埋め込む建築材)に固着され、さらに母材自身が主要構造部でない場合には母材が主要構造部と確実に固定されて、初めてその耐力が得られる。すなわち、装置を固定する、床・壁・天井の構造と材料が母材としてどのような特性をそなえているか判断し、予想されるアンカーボルトにかかる力に適した母材であるか判断が必要となる。

8. アンカーボルト

アンカーボルトの種類とあと施工アンカーボルト標準施工手順、アンカーボルト耐力検査方法を記載した。

また、あと施工アンカーボルトの許容力の計算式を、記載した。

8. 4. 3項の計算式と図は、参考文献(2)より引用した。また図8. 1と表8. 1～8. 4は、参考資料(3)、(4)からの引用した。

9. 装置設置の方法

医用画像診断装置には、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、施工の注意事項、使用上の留意事項についてまとめた。

10. 設置資料への記載事項

設置資料に記載すべき、装置の耐震計画に際し必要となる項目を記載した。

11. 建築施工上の対応

建築施工上の注意点として、コンクリート設計基準強度やフリーアクセスフロアの構造や軽量鉄骨間仕切の仕様、床耐荷重について記載した。

12. 参考文献

本指針作成にあたり、参考にさせて戴いた文献を記載した。

13. 資料:あと施工アンカーボルトの種類と許容力

使用頻度の高い、芯棒打込み式(おねじ式)、内部コーン式(めねじ式)、本体打込み(めねじ式)、スリーブ打込み式(おねじ式)、ウェッジ式(おねじ式)の5種類の金属拡張アンカーボルトと接着系アンカーボルト1種類の計6書類について検討した。

原案作成：標準化部会 サイト設備設計G(WG-7118)

委員長	石井須美男	シーメンスヘルスケア(株)
主査	森 智	GE ヘルスケア・ジャパン(株)
委員	秋山 喜幸	(株)イーメディカル東京
	河裾 行人	蛍光産業(株)
	笹嶋 一大	(株)フィリップスエレクトロニクスジャパン
	坂本実佐子	東芝メディカルシステムズ(株)
	嶋田 伸明	東京計器アビエーション(株)
	小路口 寛	(株)日立製作所
	出町 伸幸	シーメンスヘルスケア (株)
	中田 勲	(株)島津製作所
	西澤 祐司	サンレイズ工業(株)
	橋本喜一郎	(株)イーメディカル東京
	平野 良司	GE ヘルスケア・ジャパン(株)
	水谷 望	医建エンジニアリング(株)
	横山 修	東芝メディカルシステムズ(株)
	藁粥 一徳	(株)日立製作所
事務局	神谷 正巳	(一社)日本画像医療システム工業会

審査：企画・審査委員会

委員長	藤田 直也	東芝メディカルシステムズ(株)
副委員長	板谷 英彦	(株)日立製作所
	早乙女 滋	富士フイルム(株)
	杉田 浩久	富士フイルム(株)
	飯島 直人	(株)島津製作所
	宮谷 宏	コニカミノルタ(株)
	小田 和幸	(一社)日本画像医療システム工業会

(一社)日本画像医療システム工業会が発行している規格類は、工業所有権(特許、実用新案など)に関する抵触の有無に関係なく制定されています。
(一社)日本画像医療システム工業会は、この規格の内容に関する工業所有権に対して、一切の責任を負いません。

JESRA X-0086⁻²⁰¹⁷
2017年7月発行

発行者 一般社団法人 日本画像医療システム工業会

〒112-0004

東京都文京区後楽 2-2-23 住友不動産飯田橋ビル 2号館 6階

TEL 03-3816-3450 FAX 03-3818-8920

URL <http://www.jira-net.or.jp>

禁無断転載

この規格の全部又は一部を転載しようとする場合には、発行者の許可を得て下さい。