

通信装置等の耐震試験規格

(2009年11月版)

株式会社NTTドコモ

本資料の無断転載・無断複製を禁じます。

< 目次 >

1. はじめに	- 1 -
2. 試験対象装置	- 2 -
3. 試験計画	- 2 -
3.1 試験体	- 2 -
3.2 設置方法	- 2 -
4. 測定方法	- 3 -
5. 加振方法	- 4 -
5.1 振動特性試験	- 4 -
5.2 地震波加振試験	- 4 -
6. データ整理および解析	- 7 -
7. 耐震強度ランクの判定	- 7 -
8. 測定結果の報告	- 8 -
9. その他	- 8 -
10. 問い合わせ先	- 8 -

1. はじめに

本資料は、NTTドコモにおけるノードビル系通信用建物等に收容される通信装置類の耐震強度（物理的損傷および機能障害）を評価・格付けするための標準的な耐震試験方法と耐震強度ランクの判定方法についてとりまとめたものである。

2. 試験対象装置

本資料の耐震強度試験対象装置はNTTドコモのノードビルに收容される通信機器類（弊社仕様化装置、キャビネット・ラック等）とする。

3. 試験計画

装置等の耐震強度は、実際の装置を振動台上に設置し、建物床レベルで想定される地震動で加振を行って評価を行う。このため、試験体は装置等を構成するすべての部品類をキャビネット等に搭載し、サービス時と同様の設置方法で振動台上に設置する必要がある。

3.1 試験体

試験体の計画には以下の点に留意する。

- （１）システムの機能上、複数のキャビネットを連結して設置することが明らかな場合を除いて、装置等を搭載したキャビネット単体で耐震試験を行う。
- （２）キャビネットに搭載する装置構成は、最も質量が大きく、最も剛性の小さい条件（すなわち最も固有振動数が小さい条件）とする。
- （３）やむをえず実際の装置（以下、実機）を搭載できない場合は、質量と重心高さが実物と等価なダミー装置（またはダミーウェイト）を使用することができる。キャビネットの上部や内部に配線されるケーブルについても同様である。なお、ダミー装置の剛性は、実機の剛性を上回ってはならない。
- （４）試験体の質量は耐震試験を実施する前に計量を行い、最大質量条件を満足していることを確認する。また、できる限り試験体全体の重心高さを計測し、装置搭載条件を満足していることを確認する。
- （５）機能試験を行う装置（実機）は、振動環境上最も厳しい条件で試験を行う必要がある。すなわち、自立型のキャビネットに搭載する場合は、実際にサービスに供される最も高い位置に搭載する。

3.2 設置方法

振動台上への試験体の設置に際しては、以下の点に留意する。

- （１）装置等が建物に收容される状況と同じ方法により振動台上に設置する。すなわち、装置が二重床架台上に設置される場合は、実際と同じ構造の架台を介して振動台に設置する。
- （２）架台上に設置する場合は、装置を含めた全体の剛性や強度が最も不利な条件で試験体を設置する。
- （３）装置や架台を建物床上に固定するためのボルト配置が多様に想定される場合は、ボルトに最も大きな応力が生じるような配置で試験体を設置する。

4. 測定方法

耐震試験における振動データの測定方法は以下による。

- (1) 測定データは、振動台および試験体各部の加速度と試験体頂部の変形とする。
- (2) 加速度測定位置は、振動台（コンクリート板や鋼板等の剛性の高いアダプタを介して試験体を設置する場合はアダプタ上）と試験体の頂部、中央部、底部とする。また、試験体を架台上に設置する場合は架台上面での加速度を測定する。
- (3) 加速度の測定方向は、水平2方向と上下方向の3方向とする。
- (4) 加速度計および増幅器（アンプ）の周波数測定範囲は0.5～100Hz、測定精度は1cm/s²程度とする。
- (5) 試験体頂部の変形は、振動台に対する試験体頂部の水平相対変位とし、差動トランス形変位計（LVDT）や非接触変位計（光学式またはレーザ式）等を使用して水平2方向について測定する。
- (6) 変位測定機器の周波数測定範囲は0.5～20Hzとし、測定精度は1mm程度とする。
- (7) 振動台上に変位測定の不動点となるフレーム等を使用する場合は、測定フレームの固有振動数を20Hz以上とし、変位センサーが振動しないように堅固に測定フレームに固定する。
- (8) データ収録のサンプリング周波数は200Hz以上とする。

5. 加振方法

5.1 振動特性試験

地震波加振試験に伴う試験体の固有振動数の変化を調査するため、試験開始前と加振後において振動特性試験を実施する。振動特性試験の実施方法は以下のとおりとする。

- (1) 振動特性試験は以下のいずれかの加振方法により実施し、試験体の固有振動数を調査する。
 - a) ランダム波加振（ホワイトノイズ加振）
 - b) 正弦波（サイン波）スイープ加振
- (2) 振動特性試験の最大加速度は 1 m/s^2 程度とし、周波数範囲は $0.5 \sim 50 \text{ Hz}$ とする。振動台の性能等の制約により 50 Hz までの加振ができない場合でも、最大周波数範囲は 35 Hz を下回らないものとする。
- (3) ランダム波加振試験の加振時間は、FFTによる周波数応答解析において5回以上のアベレージング処理が可能な時間とする。サンプリング周波数 200 Hz 、FFTポイント 4096 、アベレージング5回で解析を行う場合の加振時間は約 100 秒である。
- (4) 正弦波スイープ加振におけるスイープ速度は 1 オクターブ/分以下とする。 1 オクターブ/分の速度で 0.5 Hz から 50 Hz までのスイープ加振を行った場合の加振時間は約 400 秒である。
- (5) 固有振動数の測定精度は 0.1 Hz 程度とする。

5.2 地震波加振試験

地震波加振試験の試験方法は、以下のとおりとする。

- (1) 3次元振動台を使用し、試験体の直交する水平2方向（幅方向、奥行方向）と上下方向の3方向同時に加振を行う（図1）。

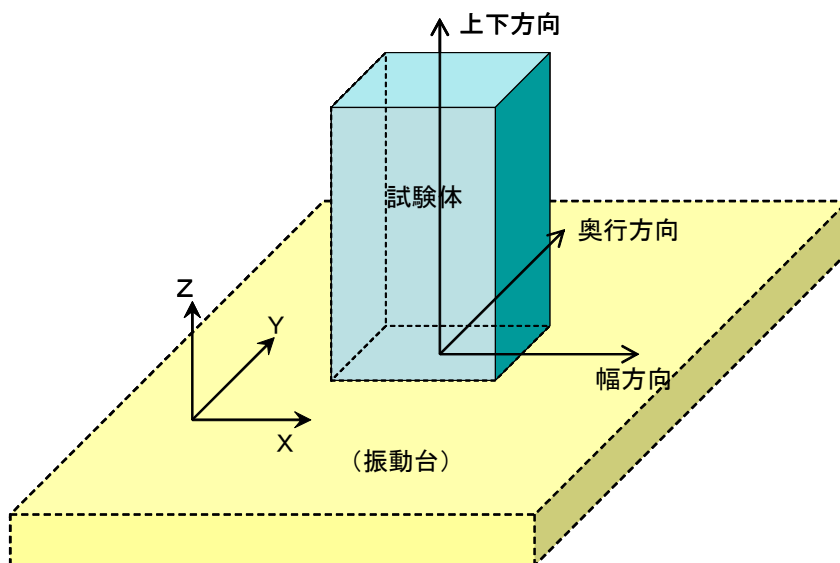
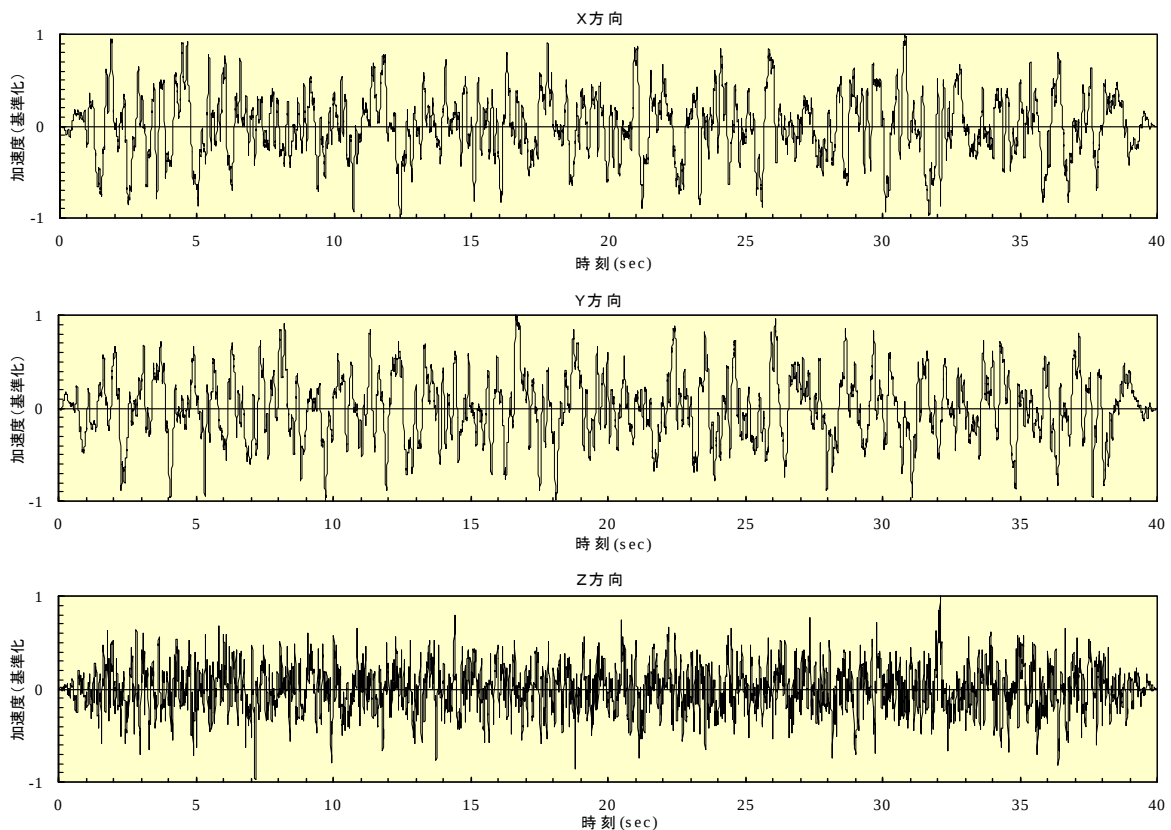
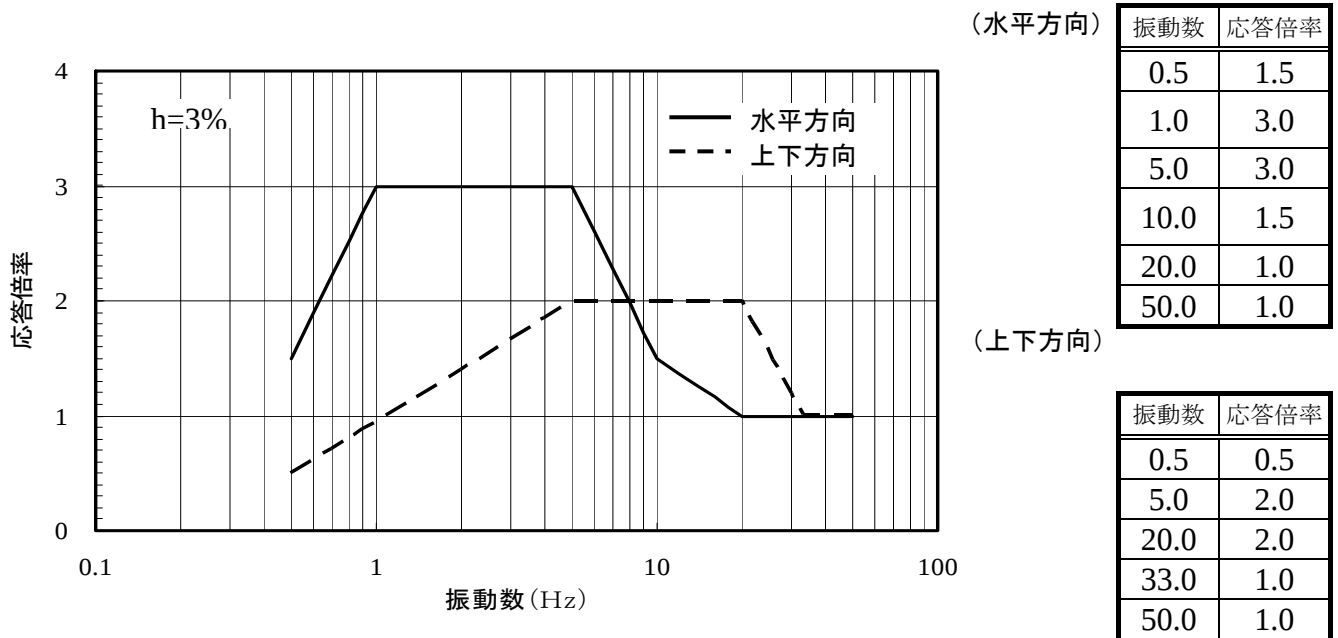


図1 3方向同時加振（3次元振動台）

(2) 水平2方向（X方向、Y方向）と上下方向（Z方向）の加振波は、図2に示す加速度応答倍率を有し、主要動の継続時間が30秒以上として作成した人工地震波とする。ここに、加速度応答倍率は減衰定数 $h = 3\%$ に対する値であり、 0.5 Hz 以下および 50 Hz 以上は規定しない。また、主要動の継続時間とは最大加速度の25%を最初に越える時刻から最後に25%を下回る時刻までの時間をいう。



- (3) 地震波による加振は、表 1 に示す R 0 4 から R 1 2 まで最大加速度を段階的に大きくして実施する。表中の最大加速度は各加振レベルの目標値であり、最大速度は参考として目安を示したものである。また、特別な指定がない限り、各加振レベルでの加振回数は 1 回とする。

表 1 加振波の最大加速度の目標値

加振レベル	R 0 4	R 0 6	R 0 8	R 1 0	R 1 2
最大加速度 (m/s^2)	4	6	8	1 0	1 2
最大速度 (目安) (m/s)	0.5	0.7 5	1.0	1.2 5	1.5

注 1) 最大加速度は水平方向および上下方向。

注 2) 最大速度の目安は水平方向。上下方向の最大速度は水平方向の約 1 / 2。

注 3) 必要に応じて、R 0 2 (最大加速度 2 m/s^2) についても実施すること。

- (4) 各加振レベルにおける加速度応答スペクトル (減衰定数 3 %) の目標値 (R R S) は、表 1 に示す最大加速度に図 2 に示す加速度応答倍率を乗じたものとなる。
- (5) 加振波の最大加速度の実験値は、表 1 に示す目標値を下回ってはならない。ここで、加振波の実験値とは、実際に振動台上に再現された加速度データ (振動台上に、建物床を模擬したコンクリート板等を設置している場合は、そのコンクリート板上の加速度データ) をいう。
- (6) 加振波の加速度応答スペクトル (減衰定数 3 %) の実験値 (T R S) は、(6) で規定する目標値 (R R S) を下回ってはならない。ここで、加振波の T R S は、0.5 ~ 5 0 H z までの周波数範囲を最低 1 / 6 オクターブ間隔 (対数等分割で約 4 0 以上) で分割した周波数に対して算定したものとする。
- (7) 低振動数領域での振動台の加振性能が不足する場合には、試験体の 1 次固有振動数の 1 / 2 以下でかつ 1.5 H z 以下の領域に限定して、加振波の T R S が R R S を下回ってもよい。ただし、カバーや搭載装置等がキャビネットに堅固に固定されていない場合や可動部を有する装置を搭載している場合等、低振動数領域での応答が大きくなるおそれがある場合は除くものとする。
- (8) 装置の機能障害発生の有無を検証する場合は、試験中に機能診断プログラムを継続して実行し、機能の瞬断や停止、誤動作、データ破壊等の発生の有無、加振終了後の自動復帰の有無等について調査を行う。
- (9) 試験体設置状況、測定機器・センサー設置状況、加振後における試験体各部の損傷の有無について写真に記録するとともに、加振中の振動状況をビデオに撮影する。

6. データ整理および解析

データ整理・解析項目は以下のとおりとする。

(1) 振動特性試験

- ・ 振動台を基準とした試験体各部の周波数応答（加速度振幅比および位相差）
- ・ 各加振レベルでの加振前と加振後における固有振動数の変化

(2) 耐震試験

- ・ 加振前後及び加振中における装置の機能障害や機能低下の発生の有無
- ・ 主要構造部の永久変形、溶接部の亀裂、ボルトの緩み等の発生の有無
- ・ 搭載物のとびだし、カバー類のはずれ・脱落、ドア開放等の有無
- ・ 振動台および試験体各部の加速度時刻歴波形
- ・ 加振波（振動台の加速度記録）の加速度応答スペクトル（T R S）
- ・ 振動台および試験体各部の最大加速度（絶対値最大）
- ・ 振動台に対する試験体各部の加速度応答倍率（絶対値最大）
- ・ 試験体頂部の最大水平変位（水平2方向）

7. 耐震強度ランクの判定

装置等の耐震強度ランクは以下の手順により判定する。

- (1) 装置等の耐震強度ランクは、表2に示す5つの判定項目の中からユーザが選定した項目について判定をする。

表2 装置等の耐震強度ランク判定項目と判定条件

判定条件			
機能障害	F 1	加振中、加振後ともに、正常機能を維持	
	F 2	加振中に機能が停止しても、加振後に正常復帰※ ¹	
物理的 損 傷	P 1	主要構造に損傷を生じない	搭載物のとび出し、 主要ドアの開放を生 じない
	P 2	主要構造に亀裂や顕著な塑性変形を生じない（頂部の最大応答変位：50mm以下）※ ²	
	P 3	倒壊・崩壊や、主要構造に破断等を生じない	

※¹) 自動復帰、手動復帰（修理不要）の別はユーザの指定による。

※²) 異種の装置を隣接して設置する場合等、装置の剛性を規定する必要がある場合の条件

- (2) 耐震強度ランクは表1に示す加振レベルを尺度として、表2の判定条件を満足する最も大きい加振レベルによって評価する。たとえば、R06の加振に対して所定の判定条件を満足し、R08の加振に対して満足しなかった場合は、当該試験体の耐震強度ランクをR06と判定する。

8. 測定結果の報告

耐震試験結果より判定した耐震ランクレベルについて以下の項目について取り纏め、報告書を作成する。

(報告項目)

- ・ 試験実施概要（試験実施年月日、試験機関・場所、試験担当者）
- ・ 試験体概要（装置構成図、寸法、質量、設置方法、設置概要図）
- ・ 振動特性試験方法
- ・ 地震波加振方法
- ・ 耐震ランク判定項目（F__、P__）
- ・ 耐震強度ランク（R____）

9. その他

本資料に記載されている内容は、法令、その他関連規格等の改定、新技術の開発や研究成果の導入に伴って予告なく変更することがあります。

10. 問い合わせ先

本資料に関する問い合わせ先は以下の通りとなります。

株式会社NTTドコモ ネットワーク部 技術企画部門 技術計画担当
E-mail: earthquake_resistance-ml@nttdocomo.com