

通信装置等の耐震試験方法

(1998年12月版)

禁無断複製

日本電信電話株式会社

本資料は、NTTの建物内に収容する通信装置類の標準的な耐震試験法と耐震評価基準についてと
りまとめたものです。

本誌量に記載されている内容は、法令、その他関連規格等の改定時や、最新技術の導入時、システ
ムに対する要求条件の変更時には予告なく変更することがあります。

Copyright 1992,1993,1997,1998 NTT

本資料は、無断で転載または複製を禁じます。

NTTの建物内に収容される通信装置類の標準的な試験方法と、耐震性能評価方法について述べる。NTTに導入される通信装置類は、すべて振動台による耐震試験を行って必要な耐震性能を有していることを確認しなければならない。

1. 試験計画

試験計画は、必要な図面を添えて、耐震試験を実施する少なくとも1ヶ月前までに、NTTに提出する。NTTは試験計画を承認し、担当者が耐震試験に立会うことを原則とする。

試験計画書は、少なくとも以下の項目を含む必要がある。

(1) 実施概要

- ・試験実施予定年月日
- ・試験機関及び場所
- ・試験担当者（所属、氏名、責任業務分担）

(2) 試験体概要

- ・装置構成図（キャビネット内への装置の実装状況）
- ・寸法、質量（ダミーを使用する場合は、その質量を別掲）
- ・設置方法及び設置概要図（二重床上設置または直置き設置の別、固定用アンカー仕様等）

(3) 試験施設の概要及び測定方法

- ・振動台の性能・仕様：加振能力（最大加速度、最大速度、最大変位）、周波数特性等
- ・測定機器（加速度計、増幅器、変位計、フィルタ等）の仕様：周波数特性、測定精度等
- ・加速度および変位の測定位置
- ・データ集録時のサンプリング周波数

(4) 振動特性試験方法

装置の固有振動数と減衰定数を調査するための試験方法について、以下のいずれの方法を選択し、加振波の概要を明記する。

1) ランダム波加振（ホワイトノイズ加振）

- ・最大加速度、振動数範囲、伝達関数解析時のフィルタ特性とアベレージング回数

2) 正弦スイープ波加振

- ・最大加速度、振動数範囲、スイープ速度

(5) 地震波加振方法

NTTが提供する地震波、または、後述する条件を満足するように作成した地震波について、実際に振動台上に再現される加振波の概要を記述する。なお、フィルタを使用して加振する場合は、カットオフ周波数を明記する。

- ・加速度時刻歴波形（横軸：線形時間、縦軸：線形振幅）
- ・減衰定数3%に対する加速度応答スペクトル（横軸：対数振動数、縦軸：線形振幅）

2. 設置方法

ここで示す試験方法は、架枠のみならず装置の地震応答をシミュレートするものである。従って試験時には、通信装置を構成するすべての部品類を架枠に搭載し、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。様々な装置構成や設置形態が想定される場合、以下に示すように最も厳しいケースで代表させて試験を行う。

- (1) 試験する装置構成は、質量的にも剛性的にも最悪の条件でなければならない。一般的には、最も質量が大きく、最も剛性の小さい条件（即ち最も固有振動数が小さい条件）で試験を行う。
- (2) 装置構成上、総質量が不足するときはダミー質量を用いる。架上配線、架内配線等のケーブル質量もダミー等を用いて考慮する。ケーブル等を含む装置の総質量は、振動台上に試験体を設置する直前に計量して確認する。また、ダミー質量は、架の剛性に影響を与えないような方法で搭載しなければならない。
- (3) 装置底部を固定するための様々なボルトパターンが想定される場合には、ボルトに最も大きな応力が生じるようなボルトパターンで試験体を振動台上に固定する。
- (4) 通信装置類がNTT通信機室の二重床上に設置される場合は、NTT指定の標準架台（架台間を長さ1.2mの梁で連結した構成）を振動台上に設置し、この標準架台の梁の中央位置に試験体を固定する。

3. 測定方法・解析方法

- (1) 加振波の確認と装置の振動特性把握のため、振動台（振動台上に固定したコンクリート板または鋼板等）と試験対象である装置の頂部、中央部、底部における水平2方向と上下方向の加速度を測定する。使用する加速度計及び増幅器のダイナミックレンジは、0.5～100 Hz以上で、 0.01 m/s^2 程度の測定精度が必要がある。
- (2) 装置の水平2方向の最大変形（振動台に対する装置頂部の水平相対変位）を測定する。変位の測定には、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）等で、ダイナミックレンジが20 Hz以上の周波数応答特性を有し、1 mm程度の精度を有する測定装置を使用する。また、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20 Hz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必要がある。
- (3) データ収録のサンプリング周波数が200 Hz以上必要である。また、加速度応答スペクトルの解析は、3%の減衰定数に対して、0.5～50 Hzまでを最低1/6オクターブ間隔で分析する。
- (4) 地震波加振の前後に、ランダム波（ホワイトノイズ）加振または正弦波スイープ加振等により、0.5～20 Hzまでの範囲にある装置の固有振動数と減衰定数を調査する。
 - ・最大加速度： 1 m/s^2 程度
 - ・振動数範囲：0.5～50 Hz
 - ・ランダム波加振時間：伝達関数解析において5回以上のアベレージング処理を行うために必要な時間とする
 - ・正弦波スイープ加振速度：1オクターブ/分（加振時間：約400秒）

4. 地震波加振方法

実際の地震環境に近いシミュレーションができる人工地震波を用いた試験法を用いる。3次元の地震動を模擬するため、試験体の水平方向と鉛直方向とを同時に加振が必要である。これは、加速度と振動数条件を満足する性能を有する3次元の電気油圧式振動台などによって行うことができる。多くの振動台では、地震波形をデジタルデータにより入力することが可能である。

振動台による加振試験は、以下の各項目に従って実施する。

- (1) 装置の直交する水平2方向（幅方向と奥行方向）と上下方向の3方向同時に加振を行う。やむを得ず、水平1方向と上下方向の2方向加振で実験を行う場合は、水平2方向のそれぞれについて、上下方向と同時に加振を行う。
- (2) 水平2方向と上下方向の地震波は、お互いに異なるものとし、加振波の加速度データは、振動台に入力したデジタルデータではなく、実際に振動台上に再現された加速度記録データ（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）によって評価する。
- (3) 加振波は主要動の継続時間が30秒以上なければならない。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。
- (4) 地震波による加振は、最低限以下の3レベル、4回の加振を行う。
 - 震度5強レベル 1回
 - 震度6強レベル 2回
 - 震度7レベル 1回（阪神・淡路大震災クラスを想定）
- (5) 各加振レベルでの加振波の最大加速度は、装置の設置階、建物の立地条件、建設地域の地震活動度等によるレベル区分は行わず、表1のとおりとする。

表1 各加振レベルでの最大加速度

(単位: m/s^2)

加振レベル	加振方向	
	水平方向	上下方向
震度5強	8	4
震度6強	10	5
震度7	12	6

注) 震度7: 阪神・淡路大震災クラスを想定

- (6) 加振波の加速度応答スペクトル(TRS)は、図1に示す加速度応答スペクトル値(RRS)以上でなければならない。ここで、TRS、RRSの算定における減衰定数は、装置のもつ実際の減衰値に関係なく3%とする。ただし、0.5Hz以下および50Hz以上は規定しない。
- (7) 装置の1次固有振動数の1/2未満、または2倍を越える振動数範囲では、TRSがRRSの値を部分的に下回ることがあってもよいが、20%以上低下してはならない。
- (8) 振動台のストローク(変位)が短いために、図1に示すRRSの低振動数領域での条件を満足できない場合には、1Hz以下の振動数領域に限定してハイパスフィルターを使用してよい。ただし、カットオフ振動数以下の領域で装置の応答が顕著に大きくなる場合、また、装置や実装部品が振動台のストローク以上に滑って移動するような場合等は除くものとする。

- (9) 加振波として、図 2 に示す N T T が提供する波形データを使用しても良い。N T T の提供波を使用する場合においても、振動台上に再現される加振波の加速度応答スペクトル(T R S) が、前述の(6) ~ (8) の条件を満足するよう振動台の特性を調整しなければならない。
- (1 0) 加振時及び加振後における装置の機能障害発生の有無を確認するため、加振前、加振中、加振後のそれぞれにおいて、電気的特性の測定を行う。
- (1 1) 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。

5 . 結果の報告

耐震試験の結果は、各加振毎に以下の項目についてとりまとめ、報告書を作成する。

- ・ 振動台、二重床架台、装置各部(頂部、中間部、脚部) の加速度応答時刻歴と最大加速度
- ・ 振動台に対する二重床架台、装置各部での加速度応答倍率
- ・ 装置頂部の最大水平変形(水平 2 方向)
- ・ 加振前後での装置の固有振動数と減衰定数の変化
- ・ 加振前後及び加振中における装置の機能障害、機能低下の有無
- ・ 主要構造部の永久変形、溶接部のクラック、ボルトの緩み等の発生の有無
- ・ カバー類のはずれ、架枠からの脱落、ドアロックの外れ、ドア開放等の有無

N T T ではこれらの結果より下記の判定条件に基づいて必要な耐震性能が確保されているか否かを判定する。

耐震性能合格判定条件

震度 5 強レベル

- ・ 加振中、加振後とも正常な機能を維持する。
- ・ 主要部に損傷がなく、その他の部位も修理不要の軽微な損傷にとどまる。

震度 6 強レベル

- ・ 加振中は機能障害を生じて、加振後は、部品の交換、人手による再立ち上げ等を行わなくても正常な機能に復帰できる。
- ・ 主要構造の顕著な永久変形や溶接部の亀裂・破断等を生じない。
- ・ 加振時における装置頂部の最大水平変形が 5 0 mm 以下である。
- ・ 装置の飛び出し・脱落・損傷、カバーの脱落、ドアロックの解放を生じない。
- ・ 2 回目の加振において、損傷の程度が大きくなる。

震度 7 レベル

- ・ 主要構造に致命的な損傷を生じない。
- ・ 装置の飛び出し・脱落、カバーの脱落、ドアロックの解放を生じない。

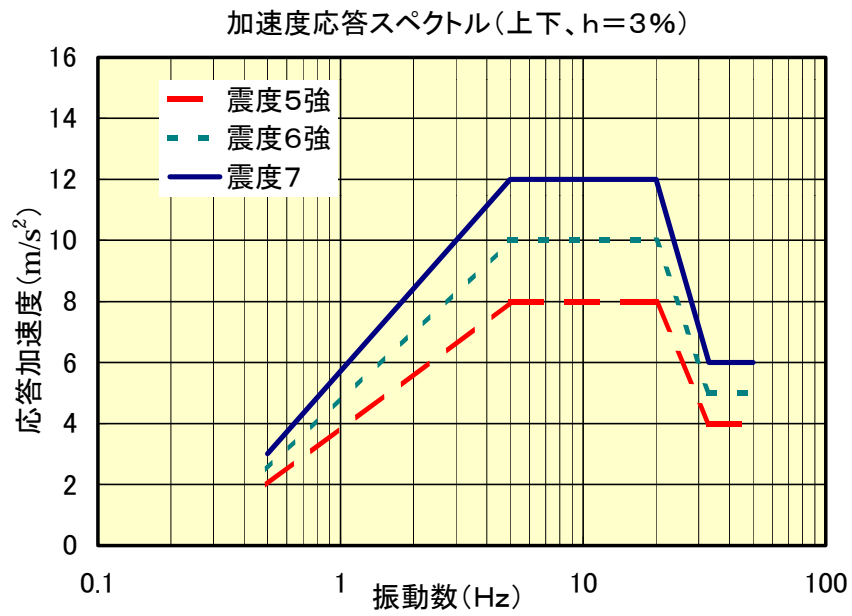
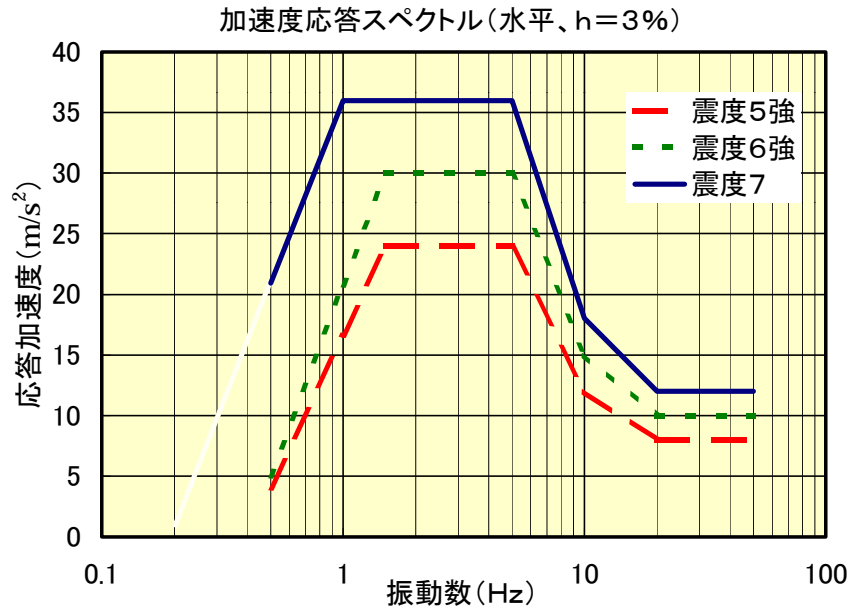


図1 加振波の加速度応答スペクトル (R R S : 減衰定数 3%)

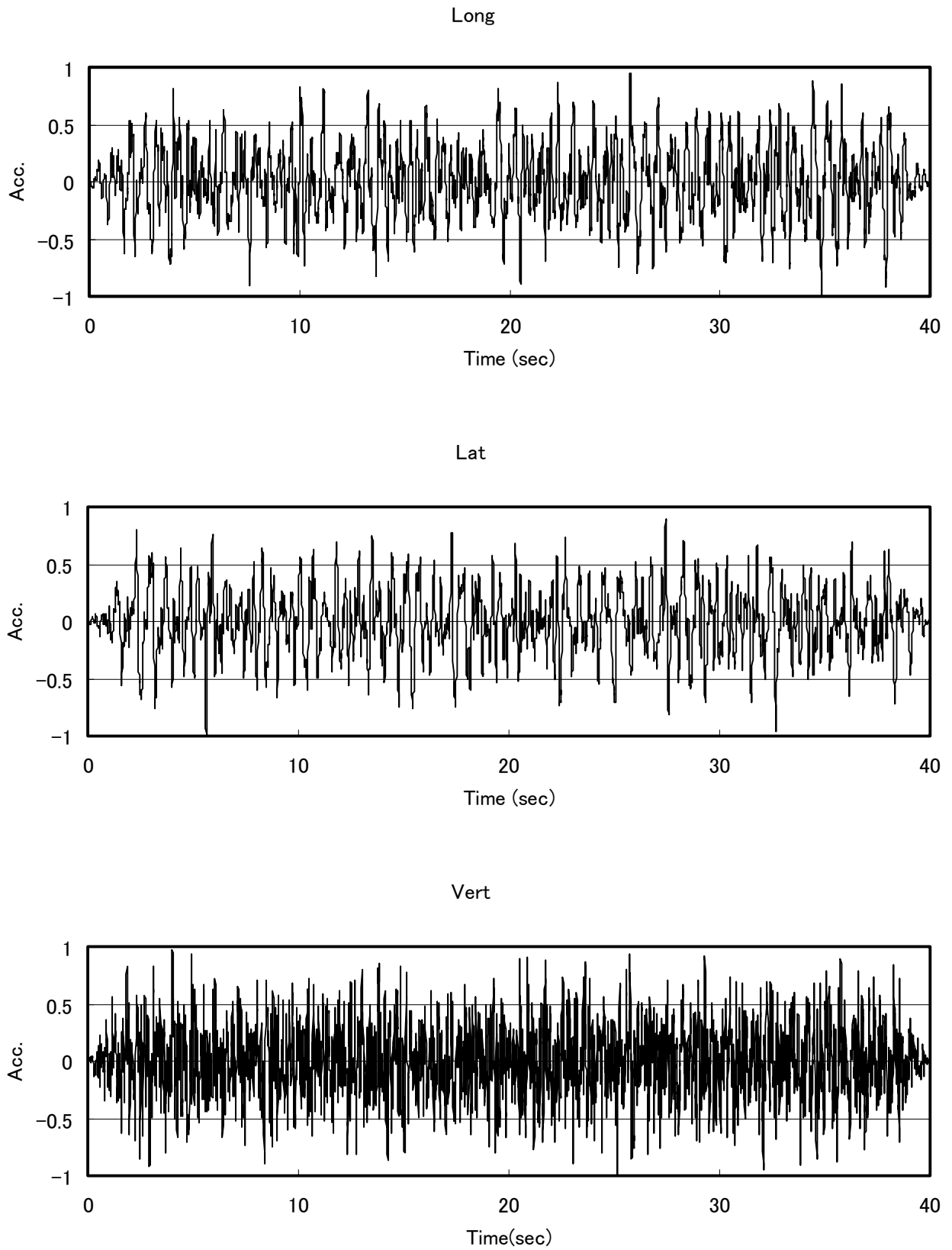


図2 加振波の例（震度5強、震度6強対応）
（最大加速度を1.0に基準化）