

免震建物用ケーブルラックの開発

ニュートラダー[®]

中塚 光一・花村 浩嗣・上野 史弥

免震建物では、地球側と建物側との間にクリアランス（隙間）を設け、通路にはEXP.J（免震エクスパンションジョイント）、設備配管には免震可撓継手が設置されて建物の揺れに追従するようになっている。これに対して電線・通信のケーブル類は、単に余長を取る（ゆとりを持たせる）という手法が主流となっている。今回開発したニュートラダーは、ケーブルラック接続部に回転ヒンジを有し、地震の揺れに追従するケーブルラックで、地震時もケーブルを整然と保持し、切断リスクを回避できる装置となっている。

本稿では、開発した免震建物用ケーブルラック ニュートラダー（以下「本装置」という）の概要及び、振動台による性能検証実験の結果について報告する。

キーワード：免震層、ケーブルラック、配線、部材、通信局舎、データセンター

1. はじめに

2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）から今年で10年が経過し、改めて防災の意識を再認識させられる。建物の耐震構造には、免震構造に加えて、耐震構造・制震構造の3つの構造があるが、免震構造は其中最も地震対策の効果が高い（図-1）。

免震構造は、建築物の土台と地盤の間に揺れが建物に伝搬しないように積層ゴム等を挟み、建築物と地盤を分離させ、地震の揺れを大幅に抑制することが可能である。しかし、費用が高価となることから、放送局舎やデータセンター、病院などの重要施設に適用されるケースが多いことが実情である。

その免震構造における建物へのケーブル配線方法は、免震構造の揺れに追従して、ケーブルが切断されないために余長を持たせて敷設するという手法となる

が、そこには様々な問題点があった。

本稿ではそのような問題点を解消するために開発した免震建物用ケーブルラック本装置について、製品概要及び、振動台による性能検証実験の結果について報告する。

2. 免震建物のケーブル配線における問題点と、解決方法

(1) 問題点

免震構造では一般的に免震層に電気・通信などのインフラケーブルが配線される。免震建物は地震時に大きくゆっくりと動くため、インフラケーブルが免震建物の揺れに追従して切断されないよう動くためには、十分な長を持たせておく必要がある。しかし、放送局舎やデータセンターといった建物では、多量のケーブルが配線されることがあり、地震時に余長部分が大きく動くことで、ケーブルのこすれやよれ、絡みにより損傷するリスクがあった。また、余長を持たせた多量

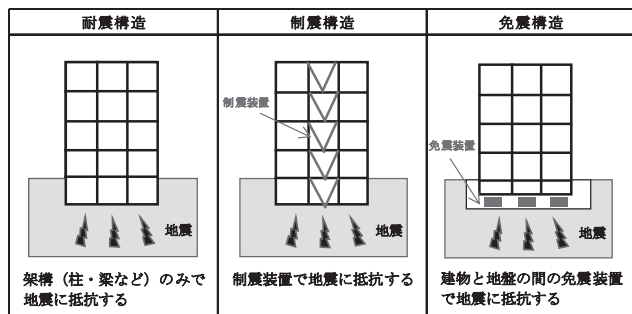


図-1 地震対策の種類

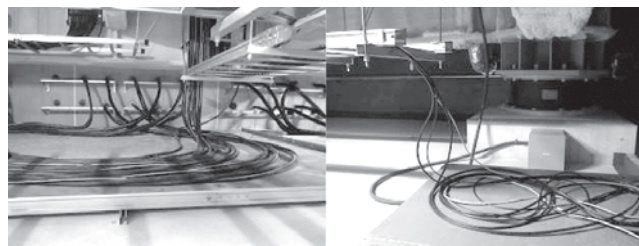


写真-1 免震層のケーブル配線方法

のケーブルを免震層に設置するためには大きなスペースが必要であった（写真—1）。

(2) 解決方法

今回開発した本装置は、ラック同士を回転ヒンジで接続することにより、地震時の揺れに追従して可動するケーブルラックである。ケーブルをラック上に載せることで、地震時に、ケーブルがラック上に敷設された状態で動くため、損傷、切断リスクを軽減させることができ、メンテナンスも容易になる。また、ケーブルの動きも小さくなることから余長を持たせる必要がなくなり、ケーブル長を最適化でき、かつ省スペースの配線が可能となる。

今般、本装置の振動台による性能検証実験を実施し、阪神・淡路大震災、東日本大震災、熊本地震などの大きな地震動を受けた免震建物での性能も確認を行った。

3. 本装置の特徴

今回開発した本装置は、上記の様々な問題をクリアした製品となっており、その特長を以下に述べる。尚、免震建物に対応するケーブルラックは業界初の製品となり、適用建物としては、新築基礎免震、中間層免震、既存改修などに適用可能である。

(1) 製品構成

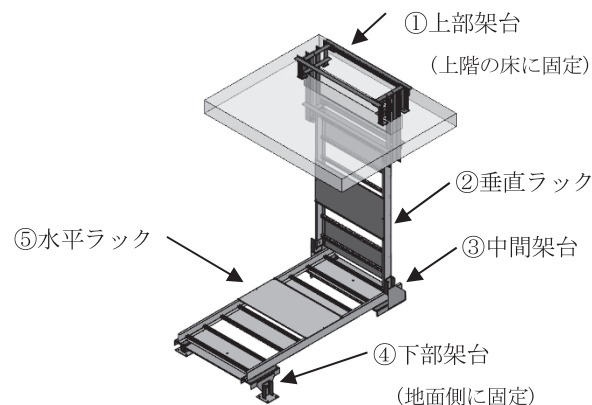
製品構成は2本のケーブルラックと3組の架台の5つのパーツから構成され、それぞれの架台とケーブルラックを回転ヒンジで接続することで、地震時の揺れに追従して可動する仕組みとしている。ラックなどは既製品を用いることで、汎用性と経済性を高めている。上部架台(①)を建物内のEPS内(電気配線シャフト)の床に固定し、下部架台(④)を地面側に固定する。本装置の可動領域は、それぞれの免震建物の性能に合わせて設計するものとなっている。なお、上部架台の形状は、上層階の床開口部からケーブルが垂直に下りてくる場合は、図—2のような形状となり、ケーブルが水平に来る場合は、図—3のような形状となる。

(2) 地震への追従性

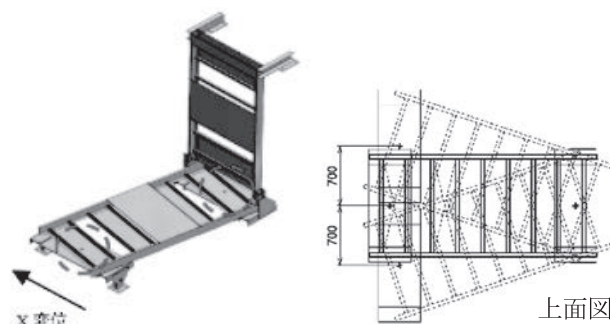
本装置の追従性は、上部架台(①)、中間架台(③)、下部架台(④)に回転ヒンジを設けることにより、地震時の免震建物の揺れに追従する仕組みとなっている(図—3, 4)。

①上部架台

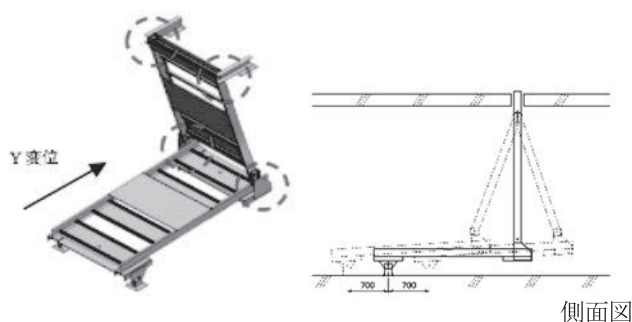
垂直ラックの親桁上端と取り合い、Y方向への変



図—2 製品構造



図—3 X方向可動領域



図—4 Y方向可動領域

位に追従

③中間架台

垂直ラックの親桁下端と取り合い、Y方向への変位に追従

水平ラックの端部と取り合い、中央部の回転軸により、X方向への変位にも追従

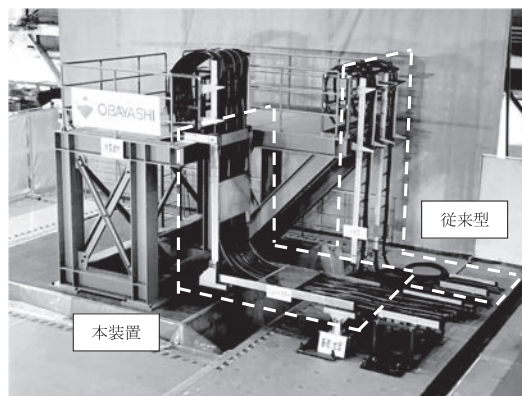
④下部架台

水平ラックの端部中央と取り合い、中央部の回転軸によりX方向への変位に追従

なお、中間架台(③)、下部架台(④)と、水平ラック(⑤)の取り合い部分には滑り材を用いスムーズな追従性を図っている。各部材やヒンジ部の機構は単純な構造となっており、故障などの不具合の発生を抑制している。

(3) 安全性・健全性

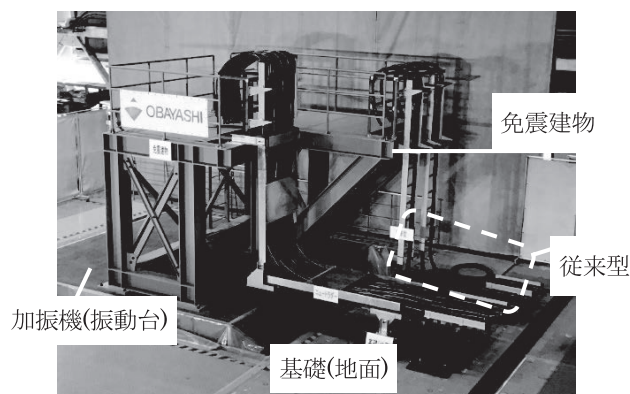
ケーブル配線は、通常のケーブルラックの配線と同様にケーブルラック上に載せて固定することで、地震時にもケーブルラックと一緒に動くため、ケーブルに余計な力がかからず、損傷、切断リスクを軽減することが出来る。最大変位時においても、ケーブルの許容最小曲げ半径である低圧ケーブルで6d、高圧ケーブルで8d以上を確保することができる（d：ケーブル外径）。なお、適用ケーブルサイズは最大でd = 110 mm である。



写真一2 振動台実験概要

(4) メンテナンス性・更新性

本装置はメンテナンスフリーの製品である。常時のメンテナンスは不要だが、地震直後にはケーブルの状態を確認するついでに、本装置は目視点検をする程度でよい。改修工事等のケーブル増設時においても、従来型に比べて、容易に作業が行える。また、予めラック上にスペースを確保しておくことにより、ケーブル増設が容易に行うことができる。



写真一3 実験装置全体写真

(5) 省スペース化

従来型のようにケーブルに余長を持たせる必要がなく、ケーブルがこの本装置上にすべて納まることから、ケーブル長を最適化でき、小さなスペースで多量の配線を行うことが可能となる。また、本装置は隣接して複数台設置することや、上下に設置することも可能であるため、多量の配線になるほど、省スペース化の効果が期待できる。

(6) 製品強度

本装置に用いているケーブルラックの親桁と子桁は、公共建築設備工事標準図の記号Bに適合しており、許容積載荷重は、ケーブルラック幅1000mmタイプで、約300kg/mと高強度設計となっている。



写真一4 本装置

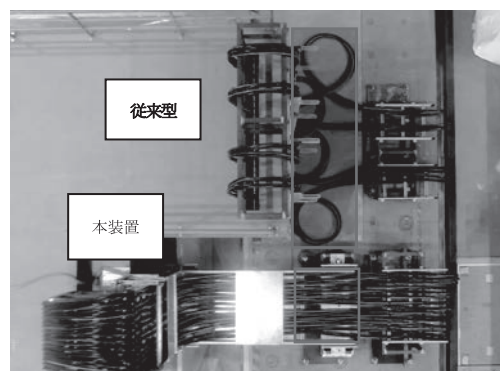


写真一5 従来型

4. 振動台実験

本装置の大変形追従性および、積載するケーブルの健全性を確認するために、振動台を用いた実験を行った。また、本装置と並んで、従来型の施工状況を再現した場合の実験も行い、両者を比較した(写真一2,3)。

本実験装置は、免震建物の免震層内のケーブル状態を模した実験装置となっている。加振機（振動台）により地震時の免震建物の挙動を再現する。本装置の水平ラック端部を基礎（地面）に設置し、垂直ラック上端を、免震建物を模擬した架台に取り付けた。



写真一6 上から見た本装置と、従来型のケーブル納まり比較

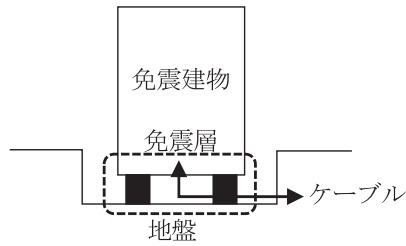


図-5 実験装置のイメージ

実験に用いた本装置は、ラック幅が1000mmで、CVTケーブル150sq(600V架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル、外径φ47)を15本積載した。従来型の施工では幅500mmのラックを2列設置し、それぞれ上記と同じケーブルを4本ずつの計8本を設置した。

本装置は、従来型の2倍程度のケーブルを設置しているにもかかわらず、従来型に比べ小さなスペースで配置することができている(写真-4, 5)。

振動台実験では過去に発生している地震の内、実際に観測された地震波による想定免震建物の挙動を用いて本装置の動きを確認した。以下に想定免震建物の諸元を示す。

【想定免震建物】

- ・地上10階建, SRC造, 耐震壁付きラーメン構造,
- ・各階の床面積2500m², 基準階高3.6m
- ・免震装置 天然ゴム系積層ゴム, 鉛プラグ挿入型積層ゴム, 弾性滑り支承, 増幅機構付き減衰装置「減衰こま」
- ・免震特性 レベル2地震時の固有周期 4.08秒

実験に用いる地震動を下記に示す。この地震動を用いて想定免震建物の応答解析を行い、その解析結果から得られた免震建物の変位をもちいて、振動台を加振した。

- ・1995年兵庫県南部地震
- ・2011年東北地方太平洋沖地震
- ・2016年熊本地震(前震, 本震)

本稿では、最も免震建物の変位の大きい2016年熊本地震(本震)について実験結果を示す。

図-6に実験に用いた熊本地震(本震)の加速度波形を示し、図-7に応答解析結果による想定免震建物の水平変位の軌跡を示す。

実験では地震時に本装置の水平ラック部から垂直ラック部にわたるケーブルの曲げ半径を測定した(図-8)。

実験の結果、曲げ半径は加振前では827mmであったが、地震時には、最小で637mmまで小さくなった。これは、ケーブル径で表記した場合、加振前の曲げ半

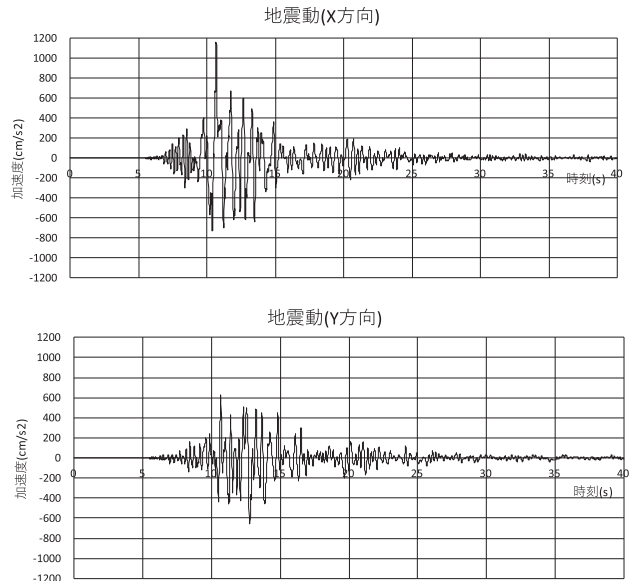


図-6 熊本地震(本震)の地動の加速度

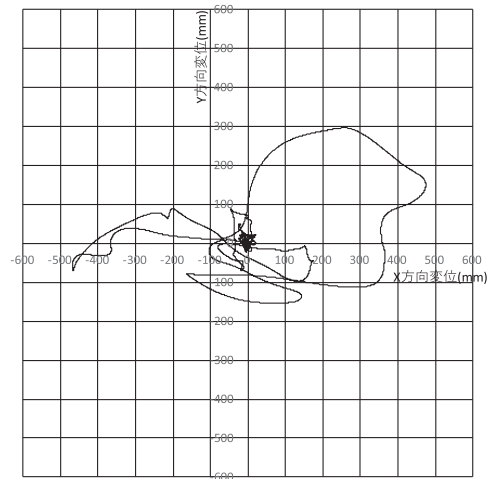


図-7 免震建物の変位

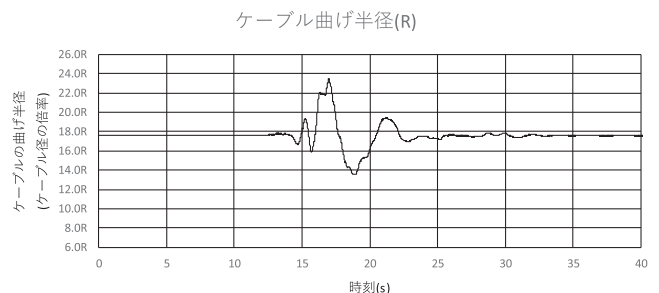
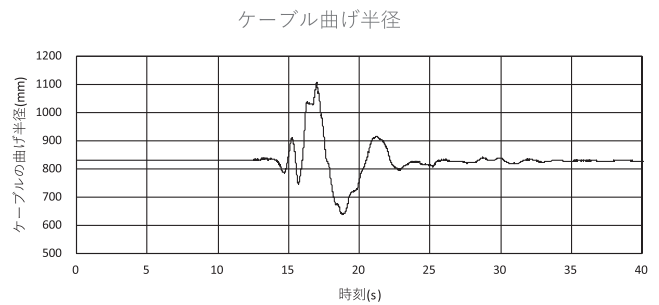


図-8 ケーブルの曲げ半径の時刻歴

径はケーブル直径の17.6倍であったが、最小では、13.6倍まで小さくなった。

ケーブルの最小曲げ半径のクライテリアは、使用しているケーブル径の6倍となっているため、本実験に用いたケーブル設置方法では、クライテリアを満足していることが確認できた。

5. おわりに

振動台実験にて、本装置ニュートラダーの性能検証を行い、ケーブルの最小曲げ半径のクライテリアが確認できたと共に、水平ラック及び、垂直ラックは揺れになめらかに追従できていることも確認できた。あわせて、ケーブルには、損傷や配線の乱れは見られず、本装置にも破損や性能低下は確認されなかった。

それに比べて、従来型のケーブルには、被覆表面に無数の小さな傷が確認され、配線の乱れも確認できたことから、本装置の方がより安全性に優れたものであるということがわかった。

今後、特に免震建物を採用することが多いデータセンターや、放送局などの重要施設において、地震時でも電気・通信などのインフラを安心して継続利用できるよう本装置を積極的に提案していきたい。

J|C|MA

《参考文献》

- 1) 建築設備耐震設計・施工指針 (2014 版)
- 2) 建築電気設備の耐震設計・施工マニュアル (改訂第 2 版)
- 3) 公共建築設備工事標準図

【筆者紹介】



中塚 光一 (なかつか こういち)
株大林組 設計本部 構造設計部
部長



花村 浩嗣 (はなむら ひろし)
株大林組 設計本部 構造設計部
副部長



上野 史弥 (うの ふみや)
株大林組 設計本部 設備設計部
副課長