

## 4.5 接地工事

接地工事の目的は、地絡等のサージ電圧等から機器を保護し、また、漏電、高低圧混しょくに対する人的安全確保のために施設する。

接地工事の種類は、使用目的により A 種、B 種、C 種及び D 種接地工事の 4 種類に区別され、おのおの規定の抵抗値が定められている。

したがって、接地工事の計画及び工事施工に際しては、使用目的により決められた抵抗値以下にしなければならない。

### 4.5.1 接地工事の種類と接地抵抗値

接地工事の種類と各種接地工事における接地抵抗値は特別な場合を除き表 4.5-1 による

表 4.5-1 接地工事の種類と設置抵抗値

| 接地工事の種類 | 接 地 抵 抗 値                                                                                                                                                                |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A 種接地工事 | 10 $\Omega$                                                                                                                                                              |
| B 種接地工事 | 変圧器の高圧側の電路の 1 線地絡電流のアンペア数で 150 (変圧器の高圧側の電路と低圧側の電路との混触により低圧電路の対地電圧が 150V を超えた場合に、1 秒を超え 2 秒以内に自動的に高圧電路を遮断する装置を設けるときは 300, 1 秒以内に自動的に高圧電路を遮断する装置を設けるときは 600) を除した値に等しいオーム数 |
| C 種接地工事 | 10 $\Omega$ (低圧電路において、当該電路に地絡を生じた場合に 0.5 秒以内に自動的に電路を遮断する装置を施設するときは、500 $\Omega$ )                                                                                        |
| D 種接地工事 | 100 $\Omega$ (低圧電路において、当該電路に地絡を生じた場合に 0.5 秒以内に自動的に電路を遮断する装置を施設するときは、500 $\Omega$ )                                                                                       |

## 4.5.2 接地工事種類の選定

## (1) 接地種類の選定

接地種類の選定を表 4.5-2 に示す。なお信号系統については、参考例として示す。

表 4.5-2 接地種類の選定

| 接地区別 | 接地系統             | 接地対象機器                                                                                                                                     | 備考    |
|------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| A 種  | 避雷系統             | ・避雷器 ・避雷装置                                                                                                                                 | 単独 接地 |
|      | 高圧               | ・高圧機器の外箱<br>・高圧電路の防護装置                                                                                                                     |       |
| B 種  | 高低圧<br>混触防止      | ・高圧電路と低圧電路を結合する変圧器の低圧側の<br>中性点・変圧器、巻線間の混触防止板                                                                                               | 単独 接地 |
| C 種  | 低圧 300V<br>超えたもの | ・低圧 300V 超えた機器の外箱（同上機器）<br>・低圧 300V 超える配線ダクト、配線等                                                                                           |       |
|      | 信号系統             | ・シーケンスコントローラー<br>・計装ロジック、フレーム<br>・マイクロコンピュータ ・テレコン・テレメータ                                                                                   |       |
| D 種  | 低圧 300V 以下       | ・低圧 300V 以下の機器の外箱（ロードセンタ、コン<br>ロールセンタ、分電盤、中継端子盤、補助リレー盤、<br>CVCF 等）<br>・高圧計器用変成器の 2 次電路<br>・低圧 300V 以下の配線ダクト、配管等<br>・計装アレスタ<br>・信号ケーブルのシールド |       |

## (2) 接地工事の種類と内容

表 4.5-3 接地工事の種類と内容

| 接地工事<br>の種類 | 内 容                                                                       | 電気設備<br>技術基準<br>の解釈 |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| A 種<br>接地工事 | ① 変圧器によって特別高圧電路に結合される高圧電路の放電装置                                            | 25                  |
|             | ② 高圧用の機械器具の鉄台及び金属製外箱                                                      | 29                  |
|             | ③ 高圧電路及び特別高圧の電路に施設する避雷器                                                   | 37                  |
|             | ④ 高圧屋側電線路の施設で、管その他のケーブルを収める防護装置の金属製部分、<br>金属製電線接続箱及びケーブルの被覆に使用する金属体       | 111                 |
|             | ⑤ トンネル内電線路の施設で、高圧の場合にケーブルを使用するときの防護装置の<br>金属製部分、金属製電線接続箱及びケーブルの被覆に使用する金属体 | 126                 |
|             | ⑥ 特別高圧架空電線と架空弱電流電線などとの接近又は交さの保護網                                          | 106                 |
|             | ⑦ 高圧屋内配線に使用する管その他のケーブルを収める防護装置の金属製部分、金<br>属製電線接続箱及びケーブルの被覆に使用する金属体        | 168                 |

表 4.5-3 接地工事の種類と内容(続き)

| 接地工事<br>の種類 | 内<br>容                                                                                                          | 電気設備<br>技術基準<br>の解釈 |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| B 種<br>接地工事 | ① 高圧電路と低圧電路とを結合する変圧器の低圧側の中性点又は一端子（使用電圧が300V 以下の場合であって、当該接地工事を変圧器の中性点に施し難いとき）                                    | 24                  |
|             | ② 高圧電路と低圧電路を結合する変圧器であって、高圧巻線と低圧巻線との間に設ける金属製の混触防止板                                                               | 24                  |
|             | ③ 多心型電線を使用する場合の中性線又は接地側電線用として使用する絶縁物で被覆していない導体                                                                  | 65                  |
| C 種<br>接地工事 | ① 300V を超える低圧用の機械器具の鉄台及び金属製外箱                                                                                   | 29                  |
|             | ② 300V を超える合成樹脂管配線に使用するプルボックス又は粉じん防爆型フレキシブルフィッティング*                                                             | 158                 |
|             | ③ 300V を超える金属管配線に使用する管*                                                                                         | 159                 |
|             | ④ 300V を超える可とう管配線に使用する管*                                                                                        | 160                 |
|             | ⑤ 300V を超える金属ダクト配線に使用するダクト*                                                                                     | 162                 |
|             | ⑥ 300V を超えるバスダクト配線に使用するダクト*                                                                                     | 163                 |
|             | ⑦ 300V を超えるケーブル配線に使用する管その他の電線を収める防護装置の金属製部分、金属製電線接続箱、ラックなどの支持物の金属製部分、ケーブルをちょう架する場合のメッセンジャーワイヤ及びケーブルの被覆に使用する金属体* | 164                 |

〔備考〕 1. \*付きのものは、人が触れるおそれがないように施設する場合は、D 種接地工事とすることができる。

表 4.5-3 接地工事の種類と内容(続き)

| 接地工事<br>の種類 | 内<br>容                                                                                                       | 電 気 設<br>備 技 術<br>基 準 の<br>解 釈 |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| D 種<br>接地工事 | ① 高圧計器用変圧器の二次側電路                                                                                             | 28                             |
|             | ② 300V 以下の低圧用の機械器具の鉄台及び金属製外箱                                                                                 | 29                             |
|             | ③ 低圧架空電線又は高圧架空電線にケーブルを使用しこれらをちょう架する場合のメッセンジャーワイヤ（絶縁電線及びこれと同等以上の絶縁効力を有するものを除く。）及びケーブルの被覆に使用する金属体              | 67                             |
|             | ④ 多心型電線を使用する場合のメッセンジャーワイヤ用として使用する絶縁物で被覆していない導体                                                               | 65                             |
|             | ⑤ 高圧架空電線が交流電車線などと交さする場合で架空電線が交流電車線などの上に施設されるときの高圧架空電線路の腕金類                                                   | 75                             |
|             | ⑥ 管、暗きょその他の地中電線を収める防護装置の金属製部分、金属製の電線接続及び地中電線の被覆に使用する金属体                                                      | 123                            |
|             | ⑦ トンネル内電線路の施設で、300V 以下の低圧の場合にケーブルを使用するときの防護装置の金属製部分、金属製電線接続箱及びケーブルの被覆に使用する金属体                                | 126                            |
|             | ⑧ 高周波電流による障害防止のためのコンデンサ及びネオン点滅器の高周波発生防止装置の接地側端子                                                              | 155                            |
|             | ⑨ 300V 以下の合成樹脂管工事に使用するプルボックス又は粉じん防爆型フレキシブルフィッチング                                                             | 158                            |
|             | ⑩ 300V 以下の金属管配線に使用する管                                                                                        | 159                            |
|             | ⑪ 金属線び配線に使用する線び                                                                                              | 161                            |
|             | ⑫ 300V 以下の可とう管配線に使用する可とう管                                                                                    | 160                            |
|             | ⑬ 300V 以下の金属ダクト配線に使用するダクト                                                                                    | 162                            |
|             | ⑭ 300V 以下のバスダクト配線に使用するダクト                                                                                    | 163                            |
|             | ⑮ フロアダクトに配線するダクト                                                                                             | 165                            |
|             | ⑯ セルラダクト配線に使用するダクト                                                                                           | 165                            |
|             | ⑰ ライティングダクト配線に使用するダクト                                                                                        | 165                            |
|             | ⑱ 上部保護層及び上部接地用保護層並びにジョイントボックス及び差込み接続器の金属製外箱                                                                  | 165                            |
|             | ⑲ 300V 以下のケーブル配線に使用する管その他の電線を収める防護装置の金属製部分、金属製電線接続箱、ラックなど支持物の金属製部分、ケーブルをちょう架する場合のメッセンジャーワイヤ及びケーブルの被覆に使用する金属体 | 164                            |

### (3) 避雷設備（避雷針）の接地

避雷設備の接地工事は建屋の付帯工事として施工されるのが一般的であるが、電気設備の接地工事に関係があるので次に概要を述べる。

#### ①接地抵抗の規定

避雷設備の接地抵抗値は表 4.5-4 に示すとおり、JIS A 4201(2003)「建築物等の雷保護」に規定されている。

#### ②接地極の省略又は代用

鉄骨、鉄筋コンクリート造りの場合、接地極の省略又は代用ができる。ただし、危険物の貯蔵又は取り扱いの用途に供する被保護物には適用できない。

被保護物の基礎の接地抵抗が5〔Ω〕以下であれば接地極が省略できる。

金属製水道給水管または配水管を接地極の一つに代えることができる。ただし、水道事業管理者の承認が必要である。

(イ)配管の接地抵抗は2〔Ω〕以下とする。

(ロ)他の引き下げ導線の単独接地抵抗は30〔Ω〕以下とする。

(ハ)上水道を含まない接地抵抗は20〔Ω〕以下とする。

(ニ)引き下げ導線は容易に人に触れない地中において水道配水管から5〔m〕以内で、なるべく接近した水道給水管の部分に接続する。

#### ③その他

回り込電流、ノイズ対策等を考え、一般接地極から極力離隔するのが望ましい。

表 4.5-4 避雷設備の接地抵抗値

| 避雷設備                      | 接地抵抗値〔Ω〕 |      |       | 備考                                      |
|---------------------------|----------|------|-------|-----------------------------------------|
|                           | 単 独      | 合 成  | 総 合   |                                         |
| 各引き下げ導線                   | 50 以下    |      | 10 以下 |                                         |
| 鉄骨又は主鉄筋2条以上を引き下げ導線に代用する場合 |          | 5 以下 |       | 鉄骨、鉄筋コンクリート造りで被保護物の基礎の接地抵抗と接地極の接地抵抗の合成値 |
| 独立架空地線                    | 10 以下    |      |       |                                         |

## 4.5.3 接地極の種類と施工方法

接地極は、接地板埋設、接地棒打込、メッシュ布設工法などに大別される。  
接地工法の種類とそれぞれの特徴を表4.5-5に示す。

表 4.5-5 接地工法の種類と特徴

| 接地工法の種類 | 特 徴                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 接地板埋設   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 接地抵抗値は深く埋設するほど小さくなるが、土工量が多くなる</li> <li>・ 接地棒打込と同様に狭い面積で接地抵抗値を得ることができる</li> <li>・ 接地棒より許容電流、接地抵抗値などが優れている</li> <li>・ 1枚でなく数枚に分け並列接続して接地抵抗値を得るほうがよい</li> </ul>                                                      |
| 接地棒打込   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 接地抵抗値は深く埋設するほど、接地棒の直径が太いほど低減する</li> <li>・ 接地棒の先端が水分を多く含んだ砂利層に達すると、急に接地抵抗値が低下することがある</li> <li>・ 良好な接地が得られないとき多数並列使用することも容易にできる</li> <li>・ 打込であるため土工量が少なく経済的である</li> </ul>                                          |
| メッシュ布設  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 同一の接地抵抗値を得るためには最も有利である</li> <li>・ 土壌の掘削が困難な場合、深さにあまり影響されない工法である</li> <li>・ 狭い用地ではあまり低い接地抵抗値は求めにくい</li> <li>・ 変電所などの広い敷地で、低接地抵抗値を得るのに採用される</li> <li>・ 接地電流を分流するので電位傾度を小さくできる、したがって、電撃、高電圧の放電に適し、危険度が少ない</li> </ul> |

また、地層面から見た施工方法を表4.5-6に示す。

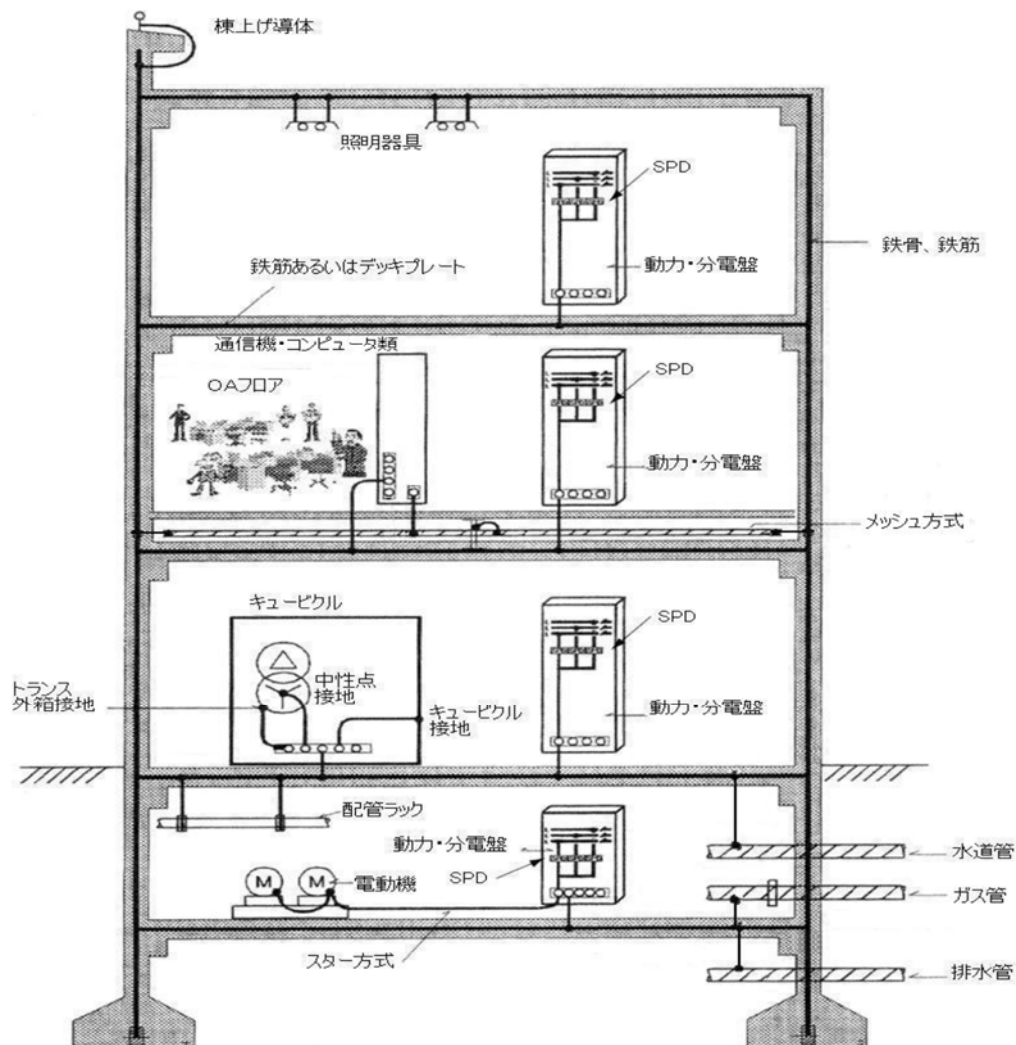
表 4.5-6 地層別による施工法

| 地 層                     | 工 法                                        | 接 地 材 料           | 備 考      |
|-------------------------|--------------------------------------------|-------------------|----------|
| 軟 弱 地 質                 | 素掘り工法                                      | 接地板・接地棒           |          |
|                         | 矢板掘り工法                                     | 接地板               |          |
|                         | 打ち込み工法                                     | 接地棒<br>〔単独・連結打込式〕 |          |
| 岩盤・砂礫・砂床                | ボーリング工法                                    | 鋼管パイル<br>鋼管・鋼棒    | 低減剤を注入する |
| 岩盤〈火山灰、溶岩〉<br>土地〈砂利、岩石〉 | 埋設地線工法〔ループ、放射状〕<br>並列連接接地                  | 裸銅線               | 低減剤を注入する |
| 山 地・砂 質土                | メッシュ工法                                     | 裸銅線〔網目〕           |          |
| 砂 床 凍結地帯<br>乾燥地帯        | 接地棒の深打工法（5m以上）<br>〔並列接続〕<br>接地板の深掘埋設（3m以上） | 接地棒〔連結打込式〕<br>接地板 |          |
| 火山灰 乾燥地帯<br>砂質土         | 並列連接接地                                     | 接地板と接地棒の<br>組み合わせ |          |

### 等電位ボンディングについて

近年では、雷害対策として、電気設備や通信設備等の接地と、建屋の避雷針の接地を共通に接続することにより、各接地間の電位差が生じないように等電位化を図る等電位ボンディングという方法がある。

雷害対策の施工例を下図に示す。



### 雷サージ対策について

落雷時に発生する雷サージが建物内の電気設備へ侵入しないように可能な限り、数段に及ぶ等電位化対策を講じて、雷被害を防止する。対策については、国土交通省の雷害対策設計施工要領(案)や日本雷保護システム工業会(JLPA)の対策基準を参考にすること。

- ・ 建築基準法 第33条
- ・ 消防法 第10条
- ・ JIS Z 9290-1 「雷保護一第一部：一般原則」
- ・ JIS Z 9290-3 「雷保護一第3部：建築物等への物的損傷及び人命の危険」
- ・ JIS Z 9290-4 「雷保護一第4部：建築物等内の電気および電子システム」
- ・ JIS C 5381 「低圧サージ防護デバイス」

(1) 接地板埋設工法

(a) 形状寸法

内線規程 1350 節－7 に接地極に使用する銅板は厚さ、0.7〔mm〕以上、大きさ 900〔cm<sup>2</sup>〕（片面）以上と定められている。

一般に使用されている銅板を表 4.5-7 に示す。

表 4.5-7 接地極に使用される銅板

| 銅板寸法        | 厚さ t                                                                                                                                                        | 主たる使用区分          | 適用                   |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------|
| 450×450mm   | 1.5、2.0mm                                                                                                                                                   | D 種 接地           |                      |
| 900×900mm   | 1.5、2.0mm                                                                                                                                                   | A, B 種、C 種、避雷針接地 | 厚さ 1.5mm は一般的な標準品である |
| 1000×1000mm | 1.5、2.0mm                                                                                                                                                   | A, B 種、C 種、避雷針接地 |                      |
| 銅板の特性       | (a) 耐食性及び通電性がすぐれている。<br>(b) 接地効果をよくするため大地との接触面積を大きくする場合、銅板の大きさがある限度まで、自由に選ぶことができる。<br>〈たとえば 2m×1m 〈銅板の大板寸法〉など〉                                              |                  |                      |
| 接地線との接続     | 銅板自体は素材料である。接地極として使用するためには下記の方法にて接地線と接続しなければならない。<br>(a) 硬ろう付〈黄銅ろう付又は銀ろう付〉<br>(b) 銅テルミット溶接<br>(c) 通常 (a) (b) の方法によるが、やむを得ずはんだ付けにて接続する場合は防食処置としてピッチタールを塗布する。 |                  |                      |

(b) 施工方法接地板と電線との接続例を図 4.5-1 に示し、埋設方法を図 4.5-2 に示す。

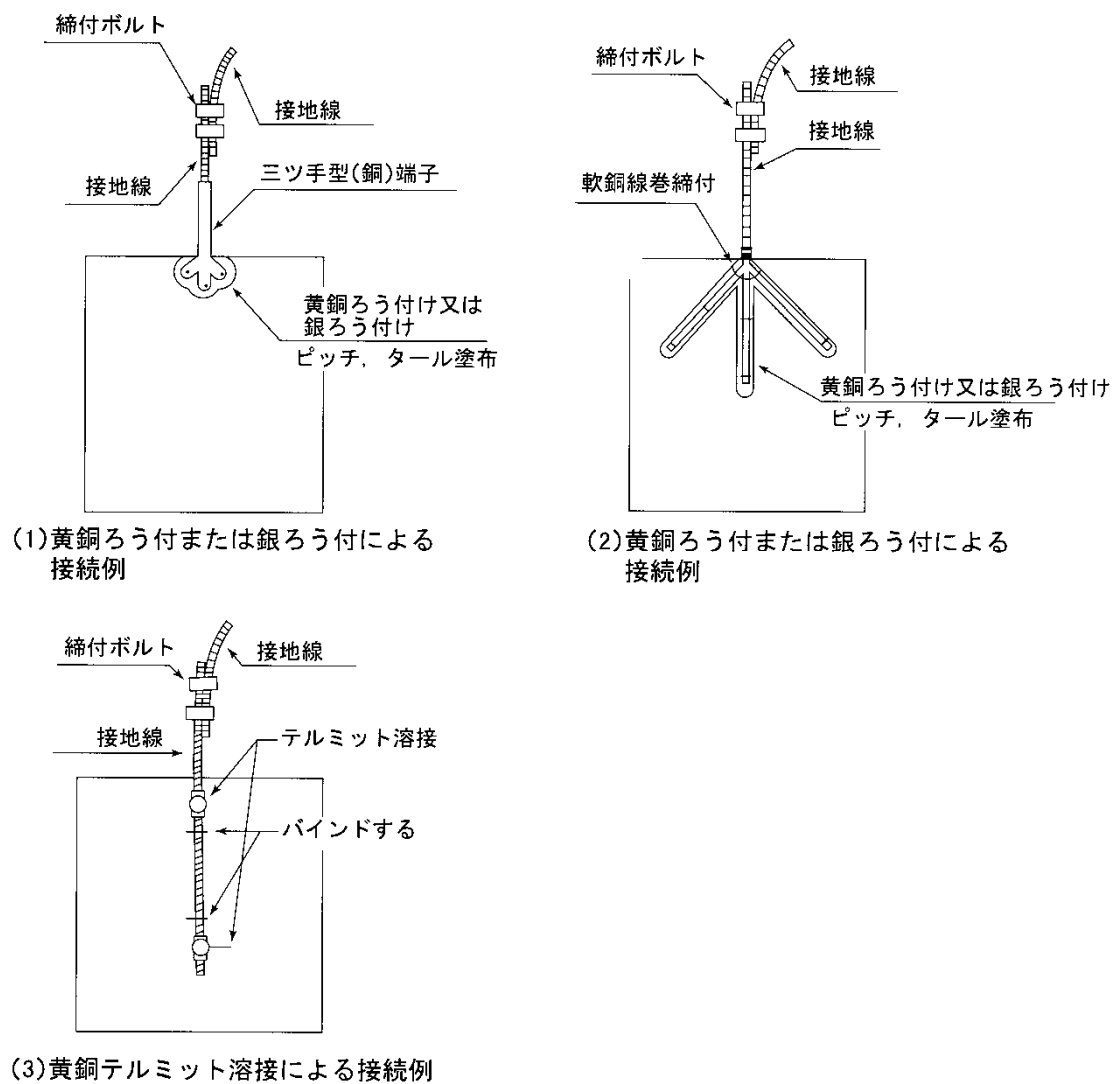
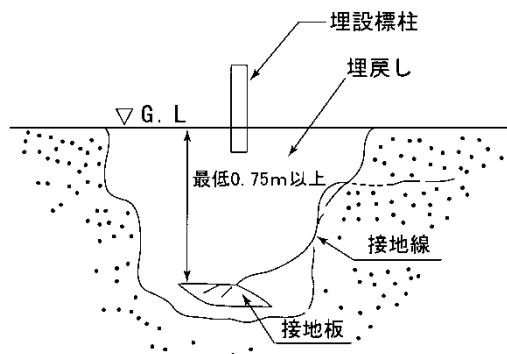
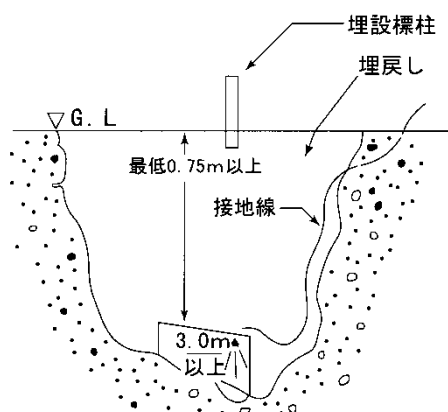


図 4.5-1 接地板の接続例



(1) 接地板水平埋設の例

(注1) 2つ以上の極を作る場合は、極板どうしを3m以上離す。



(1) 接地板垂直埋設の例

(注2) 接地極板が2枚以上埋設の場合は垂直埋設方式とする。

(注3) 2枚以上埋設の場合は間隔を3m以上とすること。

(注4) 埋もどす時、石、ガラなどは取り除くこと。

図 4.5-2 接地板の埋設例

## (2) 接地棒（銅被覆鋼棒）工法

### (a) 形状寸法

内線規程 1350 節－7 に銅被覆鋼棒は直径 8mm 以上長さ 0.9m 以上と定められている。  
一般に使用されている接地棒を表 4.5-8 に示す。

表 4.5-8 接地棒（銅被覆鋼棒）

| 形 式    | 接 地 棒 仕 様 |                                                                                                                                                                                                                                            |       |      | 接地リード線                             | 適 要     | 主たる使用区分  |
|--------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|------------------------------------|---------|----------|
|        | 外径        | 鋼棒径                                                                                                                                                                                                                                        | 銅被覆厚  | 長さ   |                                    |         |          |
| 単独打込式  | 10 mm     | 9 mm                                                                                                                                                                                                                                       | 0.5mm | 0.5m | $8.0\text{m}^2 \times 0.3\text{m}$ |         | D 種接地    |
| 単独打込式  | 10 mm     | 9 mm                                                                                                                                                                                                                                       | 0.5mm | 1.0m | $8.0\text{m}^2 \times 0.3\text{m}$ |         | 〃        |
| 単独打込式  | 14 mm     | 13 mm                                                                                                                                                                                                                                      | 0.5mm | 1.5m | $22\text{m}^2 \times 0.3\text{m}$  | 一般使用標準品 | A, B 種接地 |
| 単独打込式  | 14 mm     | 13 mm                                                                                                                                                                                                                                      | 0.5mm | 1.5m | $22\text{m}^2 \times 0.3\text{m}$  | 一般使用標準品 | 〃        |
| 単独打込式  | 14 mm     | 12 mm                                                                                                                                                                                                                                      | 1.0mm | 1.5m | $22\text{m}^2 \times 0.3\text{m}$  |         | 〃        |
| 単独打込式  | 16 mm     | 15 mm                                                                                                                                                                                                                                      | 0.5mm | 1.5m | $38\text{m}^2 \times 0.3\text{m}$  |         | 〃        |
| 接地棒の特性 |           | (a) 打込みが容易で作業時間が短縮される〈一般的な土質の場合〉<br>(b) 連結打込式の場合、深打が可能で接地効果がよく、工事費が低減できる。<br>(c) 接地抵抗値を測定しながら打込みができる。<br>(d) 地表面の電位傾度の低減効果がある。<br>(e) 補助接地材として効果的な利用ができる。                                                                                  |       |      |                                    |         |          |
| 避雷針接地  |           | 接地棒を避雷針の接地極として使用する場合は、接触表面積 $0.35\text{m}^2$ 〈片面〉の設定により接地棒 $14\phi \times 1.5\text{m}$ を使用すれば、12 本以上必要である。<br>[接地棒 $14\phi \times 1.5\text{m} \times 1$ 本の接触表面積 〈銅被覆部分〉<br>$0.065973\text{m}^2 \times 12 \text{ 本} = 0.791676\text{m}^2$ ] |       |      |                                    |         |          |

## (b) 施工方法

接地棒を地面に打ち込む場合は、あらかじめ地面を少し掘り下げ、硬い地質以外の所では大ハンマ等で打込む。

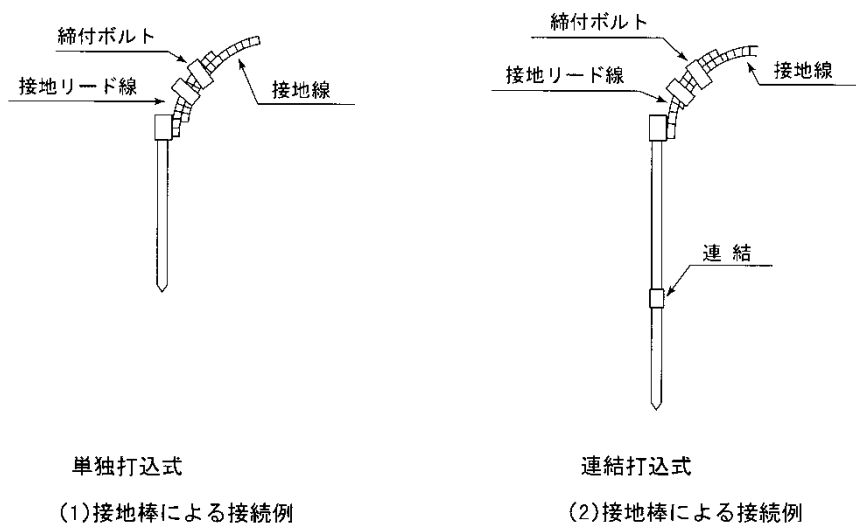


図 4.5-3 接地棒の接続例

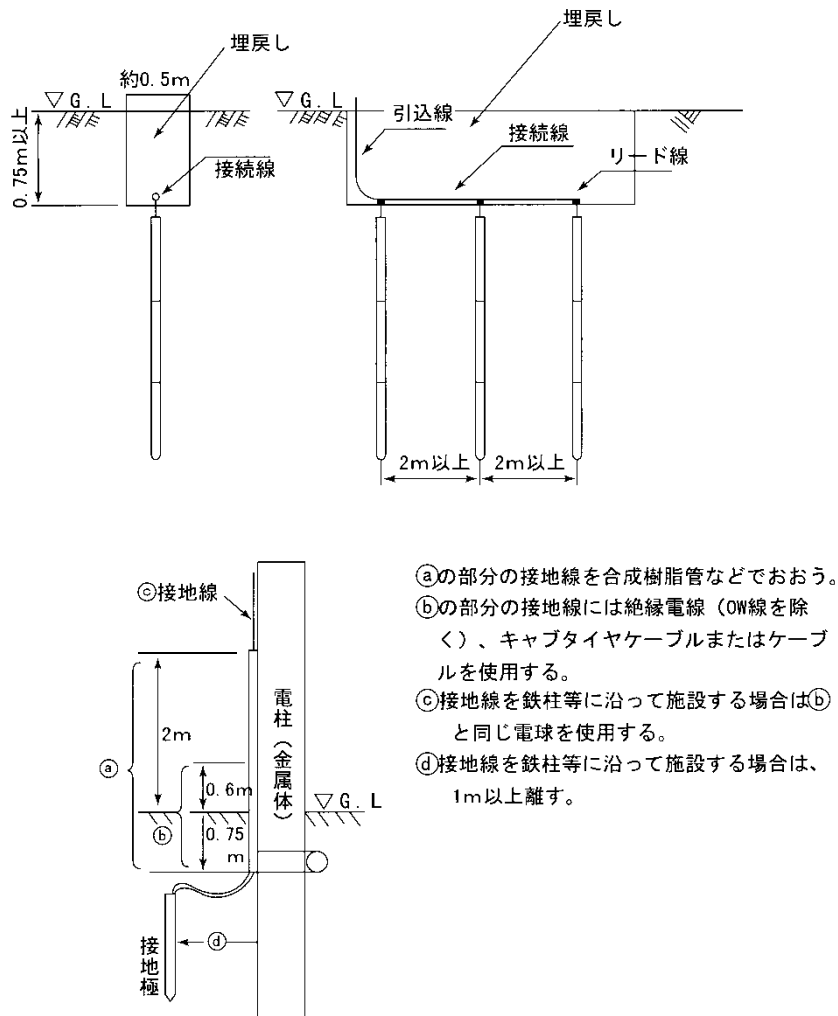


図 4.5-4 接地棒の打込例

### (3) その他の工法

#### (a) メッシュ工法

接地線を格子状に埋設接続して布設する工法である。接地線として、裸銅線の  $100 \text{ mm}^2$  程度を使用する。

#### (b) 深打工法

接地棒打込みの変形ともいうべき工法で、一般の接地棒は長さ  $1500 \text{ mm}$  程度を標準としているのに対し、直径  $30 \text{ mm}$  程度の垂鉛めつき鋼管を打込んでいく工法で、深い所で  $10 \text{ m}$  以上にも達する。

(c) ボーリング工法

鋼管パイル等を深さ 20～100m 程度に埋設する工法である。

(d) 客土工法

メッシュ工法に伴い、より効果を上げるためにメッシュ範囲の土を入替える方法である。

(e) 化学処理材による接地低減剤工法

接地極を十分に埋設しても土質が悪く、通常の工法では所定の接地抵抗値を得にくい場合に、接地極材の補助として低減剤を使用する。

低減剤は、土壤に化学的処理を施して、大地抵抗率を小さくして接地抵抗を減少させるものである。低減剤に求められる条件としては次のものがある。

- イ 安全で薬害及び障害のないこと
- ロ 電氣的良導体であること
- ハ 低抵抗の持続性があること
- ニ 接地極材を腐蝕させないこと
- ホ 作業性、経済性に富んでいること

低減剤の施工方法として、流し込み法と滞留槽法があるがその施工方法を図 4.5-5 に示す。



図 4.5-5 低減剤の施工方法

**(4) ダムサイト等で所定の接地抵抗が得られない場合の処理方法**

ダムサイトにおける接地は、一般に岩盤地質が多いため所定の接地抵抗が得られにくい。このため各種工法を組合せる必要がある。更に特殊な工法として下記の方式が採用される場合もある。

①堤体を利用する。

コンクリートを打ち上げていくごとに、コンクリート内に2重3重にメッシュを入れる。

②ダムサイトのロックアンカーを利用する。

ダムサイトにおける岩盤の落下防止のためにロックアンカーを打ち込む(5m程度のアンカー)場合にはこれを接続し、接地極として利用する。

#### 4.5.4 接地方法と接地場所の選定

##### (1) 接地の方法

接地の方法としては、接地の種別毎に接地極を設ける単独接地と、接地極を共用する共用接地に分けられている。

###### ① 単独接地

単独接地は、保安上から一番良い接地方法であるが、接地極を分けても、建物の鉄筋、鉄骨等や金属製配管等で電氣的に接続される場合が多く、フレーム接地等で完全な単独接地としようとする場合は、十分に注意する。

###### ② 共用接地

共用接地が単独接地よりも、技術的、経済的に有利な点が多いが、共用接地には次のような問題点があるので、共用接地は極力避けるようにする。特に避雷器（避雷針は 4.5.2（3）にて説明）、高低圧混触防止の B 種接地、計装、計算機等は単独接地が好ましい。

- (a) 金属製フレーム等の接地の共用により、健全機器フレームに危険な電位の発生の可能性がある。
- (b) B 種接地と機器フレーム共用において、異常電圧が健全な機械器具に電源ラインを通り進入し、絶縁を劣化させる可能性がある。
- (c) 単独接地に比べ地絡電流が大きくなり、接地線の断面積が大きくなる場合がある。

##### (2) 接地工事における他設備との取合

接地極を埋設する場所の敷地がなく、構造物の地下部分に接地極を埋設する場合は構造物との施工時期の取合を行い、事前に接地極を埋設することが必要である。

##### (3) 接地場所の選定

埋設又は打込み用接地極としては、銅板、銅棒、鋼管、鋼棒などを用い、これになるべく水気のある所で、かつ、ガス、酸などのため腐しよくするおそれがない場所を選び、地中に埋設又は打ち込まなければならない。

また、接地極間は 3m 以上を基本として考えると大きなスペースが必要となる。

##### (4) 接地極位置などの表示

###### ① 接地極埋設位置

接地極の埋設位置の近くには接地種別、接地極の埋設位置、埋設深さ、埋設年月を明示する標柱又は表示板を適当な箇所に設ける。

###### ② 接地線の埋設経路

接地線の埋設の地中部分には、接地線であることを明示した埋設テープを埋設する。

##### (5) その他

###### ① 接地抵抗の測定を便利にするために、接地端子盤を設ける。

端子数としては、 $E_A$ 、 $E_A$ （避雷器）、 $E_B$ 、 $E_D$ 、 $E_C$  など 5 端子程度を考える。また、接地抵抗測定用補助極（P 極、C 極）を設けると作業性がよくなる。

引込柱における接地（ $E_A$ ）を単独に行う場合にも、保守性を考慮して接地端子箱を設けるのが望ましい。

#### 4.5.5 接地極の選定

接地極の選定には接地抵抗を計算する。以下計算式を示す。

##### (1) 接地棒1本の場合

$$R = \frac{\rho}{2\pi \times \ell} \left( \log_e \frac{4 \times \ell}{a} - 1 \right) \quad [\Omega]$$

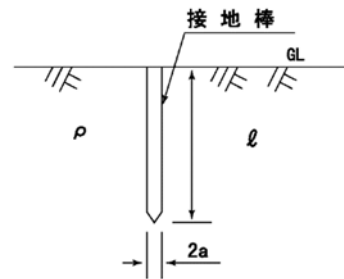
(Dwight の式)

ただし、R：接地棒1本の接地抵抗〔Ω〕

ℓ：接地棒埋込長さ〔cm〕

a：接地棒半径〔cm〕

ρ：大地固有抵抗〔Ω・cm〕



接地棒1本の場合

##### (2) 接地板の場合

$$R = \frac{\rho}{2\pi \times t} \log_e \frac{r + t}{r} \quad [\Omega]$$

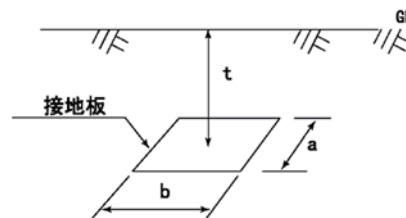
(田中氏の式)

ただし、R：接地板の接地抵抗〔Ω〕

t：埋設深さ〔cm〕

r： $\sqrt{\frac{a \times b}{2\pi}}$ 〔cm〕

ρ：大地固有抵抗〔Ω・cm〕



接地板の場合

##### (3) メッシュの接地抵抗

$$R = \frac{\rho}{4 \times r} \left( 1 - \frac{4 \times t}{\pi \times r} \right) \quad [\Omega]$$

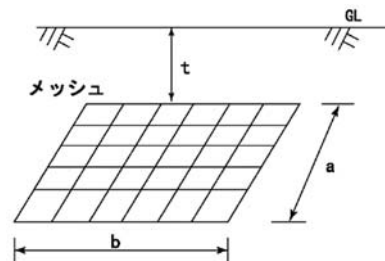
(SundeG の式)

$r = \sqrt{a \times b / \pi}$

a × b：敷地〔cm×cm〕

t：地線深さ〔cm〕

ρ：大地抵抗率〔Ω・cm〕



これは、網目数を考慮に入れず等価円板と見なした方法で、計算方法が比較的簡単で、計算結果もメッシュ数が10以上の場合は実測値とほぼ一致する。

なお上式中の大地抵抗率は以下のとおりとする。

表 4.5-9 大地抵抗率

大地抵抗率概数値その1

| 土壌の種類    | 抵抗率〔Ωm〕        |
|----------|----------------|
| 沼沢地及び泥地  | 80～200         |
| 粘土質砂地    | 150～300        |
| 砂地       | 250～500        |
| 砂岩及び岩盤地帯 | 10,000～100,000 |

(電気工学ハンドブック 24 編 2 章)

大地抵抗率概数値その2

| 地 質            | 抵抗率〔Ωm〕     |
|----------------|-------------|
| 水田湿地（粘土質）      | 0～150       |
| 畑地（粘土質）        | 10～200      |
| 水田・畑（表土下・砂利層）  | 100～1,000   |
| 山地             | 200～2,000   |
| 山地（岩盤地帯）       | 2,000～5,000 |
| 河岸・河床跡（砂利・三石質） | 1,000～5,000 |

(川瀬：地絡保護と接地被覆)

大地抵抗率概数値その3

| 地 質    | 抵抗率〔Ωm〕     |
|--------|-------------|
| 粘度     | 5～51        |
| 砂      | 0.5～1,000   |
| 頁（ゲツ）岩 | 0.5～12      |
| 泥（デイ）岩 | 8～16        |
| 砂岩     | 0.9～1,000   |
| 礫（レキ）岩 | 10～1,300    |
| 石灰岩    | 5～1,500     |
| 玄武岩    | 800～100,000 |
| 輝緑岩    | 800～100,000 |
| 花崗岩    | 800～100,000 |
| 片麻岩    | 800～100,000 |
| スレート   | 60～1,000    |

(地質調査所月報（陶山氏の調査データ）日本の大地抵抗率)

以上のデータより

接地抵抗が得やすい地層の主なもの

(イ) 弱地層……一般的に軟弱な地帯

接地抵抗が得にくい地層の主なもの

(イ) 超硬質地層……岩盤地帯

(ロ) 硬質地層……砂礫地帯、火山灰地帯、溶岩地帯

(ハ) 中位地層……砂床地帯、火山灰地帯

#### 4.5.6 接地線の選定

接地線の選定は、機械的強度、耐しよく性及び電流容量の3点から検討する必要がある、特に接地線に故障電流が流れた場合に、電源側の過電流遮断器が動作する前に接地線が溶断すると、絶縁破壊をした機器に送電が継続され機器外箱が充電した状態となり、接地工事の目的をみたまないので、太さの選定は電流容量を重視する必要がある。内線規程ではこの点を検討した上で、各種接地工事の接地線の太さを決めている。

##### (1) 接地線の太さ

表 4.5-9 は内線規程に規定されている最小接地線サイズである。

表 4.5-9 接地線の太さ

| 接 地<br>目的物                 | 接 地<br>部 分       | 接 地 線 の 太 さ                                                            |           |                     |                      |                                                             |                                           | 接 地<br>種 別                                                         |                                        |
|----------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 機械器具<br>の金属製<br>外箱配管<br>など | 外 箱              | 接地する機械器具の金属製外箱、配管などの低圧電路電源側に施設される過電流遮断器のうち最小の定格電流の容量                   | 一 般 の 場 合 |                     |                      | 移動して使用する機械器具に接地を施す場合において可とう性を必要とする部分にコード又はキャブタイヤケーブルを使用する場合 |                                           | D 種接地<br>工事及<br>びC 種<br><br>接地工<br>事<br>(内線<br>規程<br>1350 節<br>-3) |                                        |
|                            |                  |                                                                        | 銅         | アルミ                 | 単心のもの<br>の太さ         | 2心を接地線として使用する<br>場合の1心の太さ                                   |                                           |                                                                    |                                        |
|                            |                  | 20A 以下                                                                 | 1.6mm 以上  | 2mm <sup>2</sup> 以上 | 2.6mm 以上             | 1.25mm <sup>2</sup> 以上                                      | 0.75mm <sup>2</sup> 以上                    |                                                                    | 接地工<br>事<br>(内線<br>規程<br>1350 節<br>-3) |
|                            |                  | 30    "                                                                | 1.6    "  | 2    "              | 2.6    "             | 2    "                                                      | 1.25    "                                 |                                                                    |                                        |
|                            |                  | 50    "                                                                | 2.0    "  | 3.5    "            | 2.6    "             | 3.5    "                                                    | 2    "                                    |                                                                    |                                        |
|                            |                  | 100    "                                                               | 2.6    "  | 5.5    "            | 3.2    "             | 5.5    "                                                    | 3.5    "                                  |                                                                    |                                        |
|                            |                  | 150    "                                                               |           | 8    "              | 14mm <sup>2</sup> 以上 | 8    "                                                      | 5.5    "                                  |                                                                    |                                        |
|                            |                  | 200    "                                                               |           | 14    "             | 22    "              | 14    "                                                     | 5.5    "                                  |                                                                    |                                        |
|                            |                  | 400    "                                                               |           | 22    "             | 38    "              | 22    "                                                     | 14    "                                   |                                                                    |                                        |
|                            |                  | 600    "                                                               |           | 38    "             | 60    "              | 38    "                                                     | 22    "                                   |                                                                    |                                        |
|                            |                  | 800    "                                                               |           | 60    "             | 80    "              | 50    "                                                     | 30    "                                   |                                                                    |                                        |
| 1,000    "                 |                  | 60    "                                                                | 100    "  | 60    "             | 30    "              |                                                             |                                           |                                                                    |                                        |
| 1,200    "                 |                  | 100    "                                                               | 125    "  | 80    "             | 38    "              |                                                             |                                           |                                                                    |                                        |
| 変圧器                        | 中性点              | 変圧器一相文の容量                                                              |           |                     | 接地線の太さ               |                                                             | B 種接地<br>工事<br>(内線<br>規程<br>1350 節<br>-5) |                                                                    |                                        |
|                            |                  | 100V 級                                                                 | 200V 級    | 400V 級<br>500V 級    | 銅                    | アルミ                                                         |                                           |                                                                    |                                        |
|                            |                  | 5kVA まで                                                                | 10kVA まで  | 20kVA まで            | 2.6mm 以上             | 3.2mm 以上                                                    |                                           |                                                                    |                                        |
|                            |                  | 10    "                                                                | 20    "   | 40    "             | 3.2    "             | 14mm <sup>2</sup> 以上                                        |                                           |                                                                    |                                        |
|                            |                  | 20    "                                                                | 40    "   | 75    "             | 14mm <sup>2</sup> 以上 | 22    "                                                     |                                           |                                                                    |                                        |
|                            |                  | 40    "                                                                | 75    "   | 150    "            | 22    "              | 38    "                                                     |                                           |                                                                    |                                        |
|                            |                  | 60    "                                                                | 125    "  | 250    "            | 38    "              | 60    "                                                     |                                           |                                                                    |                                        |
|                            |                  | 75    "                                                                | 150    "  | 300    "            | 60    "              | 80    "                                                     |                                           |                                                                    |                                        |
|                            |                  | 100    "                                                               | 200    "  | 400    "            | 60    "              | 100    "                                                    |                                           |                                                                    |                                        |
|                            |                  | 175    "                                                               | 350    "  | 700    "            | 100    "             | 125    "                                                    |                                           |                                                                    |                                        |
| 避雷針                        | 受雷部<br>(突針<br>他) | 30mm <sup>2</sup> 以上で素線 2.0mm 以上<br>〈50mm <sup>2</sup> 以上で素線 2.0mm 以上〉 |           |                     |                      |                                                             | A 種接地工事<br>(JIS A4201<br>(2003) )         |                                                                    |                                        |

〔備考1〕 この表にいう過電流遮断器は、引込口装置、幹線用又は分岐用に施設するもの（開閉器が過電流遮断器を兼ねる場合を含む。）であって、電磁開閉器のような電動器の過負荷保護器は含まない。

〔備考2〕 コード又はキャブタイヤケーブルを使用する場合の2心のものは、2心の太さが同等であって、2心を並列に使用する場合の1心の断面積を示す。

〔備考3〕 銅線 14mm<sup>2</sup>、アルミ線 22mm<sup>2</sup>を超える部分については銅線 14mm<sup>2</sup>、アルミ線 22mm<sup>2</sup>のものをを使用することができる。

〔備考4〕 導体サイズの〔 〕を付してあるものは、JIS C 3307 (2000) の標準サイズから削除されたものを示す。

## 第4章 機器の据付及び配線

〔備考5〕「変圧器－相分の容量」とは、次の値をいう。

- (1) 三層変圧器の場合は、定格容量の $1/3$ の容量をいう。
- (2) 単相変圧器同容量の△結線又は  結線の場合は、単相変圧器の一台分の定格容量をいう。
- (3) 単相変圧器V結線の場合
  - イ．同容量のV結線の場合は、単相変圧器の一台分の定格容量をいう。
  - ロ．異容量のV結線の場合は、大きい容量の単相変圧器の定格容量をいう。

〔備考6〕低圧側が一つの遮断器で保護される変圧器が2バンク以上の場合の「変圧器－相分の容量」は、各変圧器に対する〔備考5〕の容量の合計値とする。

〔備考7〕低圧側が多線式の場合は、その最大使用電圧で適用すること。例えば、単相3線式 100V／200Vの場合は、200V級を適用する。

## 4.6 耐震設計

### 4.6.1 耐震設計の考え方

耐震設計の基本は電気設備等の配電盤、発電装置等と据付けられる構造物事自体が十分な耐震性を有しなければ、設備の耐震性は意味をもたない。

したがって、設備の耐震性は、当該施設における土木・建築構造の耐震性と同程度となるよう整合を図ることが必要である。なお、配電盤、発電装置等を据え付ける場合は、アンカーボルトにおいても耐震設計を考慮する必要がある。

### 4.6.2 耐震設計・施工に関する指針

電気設備の耐震設計施工に関する指針等を以下に示す。

- ① 日本建築センター  
「建築設備耐震設計・施工指針」（2014年9月）
- ② 日本電機工業会（JEMA）技術資料 JEM-TR144号  
「配電盤・制御盤の耐震設計指針」（2017年3月）
- ③ 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」（2005年8月）
- ④ 日本電設工業協会 JECA-1037号  
「建築電機設備の耐震設計・施工マニュアル」（2016年1月）

表 4.6-1 に指針等の比較を示す。④日本電設工業協会のマニュアルは、①日本建築センターの指針に基づくものであり、その基準値は①日本建築センターの指針と同じであるため、上の3基準で比較した。設計基準加速度（地表面にて水平 0.3G）は気象庁震度階の震度VI（烈震）に相当するものである。

なお、配電盤、制御盤を据付ける際は、②日本電機工業会（JEMA）技術資料を使用し、発電設備を据付ける際は、③日本内燃力発電設備協会のガイドラインを使用する。

# 第4章 機器の据付及び配線

[表 4.6-1]

|                       | 日本建築センター<br>「建築設備耐震設計・施工指針」(2014 年)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 日本電機工業会技術資料 JEM-TR144 号<br>「配電盤・制御盤の耐震設計指針」(2017 年)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 日本内燃力発電設備協会<br>「自家用発電設備耐震設計のガイドライン」<br>(2005 年)                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 設計手法                  | 静的設計手法 (局部震度法)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 静的設計手法 (局部震度法)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 静的設計手法 (局部震度法)                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 設計基準加速度<br>(1 階及び地下階) | 特定の建物で重要な盤<br>(水平) 1.0 [G] (鉛直) 0.5 [G]<br>特定の建物で一般の盤<br>(水平) 0.6 [G] (鉛直) 0.3 [G]<br>一般の建物で特定な盤<br>(水平) 0.6 [G] (鉛直) 0.3 [G]<br>一般の建物で一般の盤<br>(水平) 0.4 [G] (鉛直) 0.2 [G]                                                                                                                                                                                                | 特定の建物で重要な盤<br>(水平) 1.0 [G] (鉛直) 0.5 [G]<br>特定の建物で一般の盤<br>(水平) 0.6 [G] (鉛直) 0.3 [G]<br>一般の建物で特定な盤<br>(水平) 0.6 [G] (鉛直) 0.3 [G]<br>一般の建物で一般の盤<br>(水平) 0.4 [G] (鉛直) 0.2 [G]                                                                                                                                                                                                                               | 特定の建物<br>(水平) 1.0 [G] (鉛直) 0.5 [G]<br>一般の建物<br>(水平) 0.6 [G] (鉛直) 0.3 [G]                                                                                                                                                                                                                                       |
| 設計用地震入力<br>とその作用点     | (1) 作用点 下記の地震入力が機器の重心点<br>に作用するものとする。<br>(2) 設計地震力<br>① 水平方向 $F_H = K_H \cdot W$ [最大: 重要性の<br>高い機器 2.0]<br>$K_H = Z \cdot K_S$<br>KH: 設計用水平震度<br>Z: 地域係数 (1.0)<br>$K_S$ : 設計用基準震度<br>・ 重要性の高い機器 0.6~2.0<br>・ 一般の機器 0.4~1.5<br>② 鉛直方向 $F_V = K_V \cdot W$ [最大: 重要性<br>の高い機器 1.0]<br>$K_V = (1/2) \cdot K_H$<br>$K_V$ : 設計用鉛直震度<br>・ 重要性の高い機器 0.3~1.0<br>・ 一般の機器 0.2~0.75 | (1) 作用点 下記の地震入力が機器の重心点<br>に作用するものとする。<br>(2) 設計地震力<br>② 水平方向 $F_H = K_H \cdot W$ [最大: 耐震クラ<br>ス I 重要性の高い機器 2.0]<br>$K_H = Z \cdot K_S$<br>KH: 設計用水平震度<br>Z: 地域係数 (1.0)<br>$K_S$ : 設計用基準震度<br>・ 重要性の高い機器 0.6~2.0<br>・ 一般の機器 0.4~1.5<br>② 鉛直方向 $F_V = K_V \cdot W$ [最大: 耐震ク<br>ラス I 重要性の高い機器 1.0]<br>$K_V = (1/2) \cdot K_H$<br>$K_V$ : 設計用鉛直震度<br>KH: 設計用水平震度<br>・ 重要性の高い機器 0.3~1.0<br>・ 一般の機器 0.2~0.75 | (1) 作用点 下記の地震入力が機器の重心点<br>に作用するものとする。<br>(2) 設計地震力<br>③ 水平方向 $F_H = K_H \cdot W$ [最大: 重要性の<br>高い機器 2.0]<br>$K_H = Z \cdot K_S$<br>KH: 設計用水平震度<br>Z: 地域係数 (1.0)<br>$K_S$ : 設計用基準震度<br>・ 0.6~2.0<br>② 鉛直方向 $F_V = K_V \cdot W$ [最大: 重要性<br>の高い機器 1.0]<br>$K_V = (1/2) \cdot K_H$<br>$K_V$ : 設計用鉛直震度<br>・ 0.3~1.0 |

#### 4.6.3 地震力の算定

設備のうち屋内設置設備及び屋外設置一般設備に対する地震力の算定は、原則として局部震度法によるものとし、基礎が土木工事となる屋外設置特殊設備については、設備の種別と重要度並びに地盤条件により、適切な算定方法を選定するものとする。また、法的規制対象設備については、その規定に準拠するものとする。

##### (1) 配電盤・制御盤の地震力の算定（配電盤・制御盤の耐震設計指針より）

###### (a) 設計用地震力

設備機器に対する設計用水平地震力  $F_H$ 、設計用鉛直地震力  $F_V$  は下記によるものとし、作用点は原則として重心とする。

###### ① 設計用水平地震力

$$F_H = K_H \times W$$

ここに、 $K_H$ ：設計用水平震度（(b) 設計用震度参照のこと）

$W$ ：盤の総質量

###### ② 設計用鉛直地震力

$$F_V = K_V \times W$$

ここに、 $K_V$ ：設計用鉛直震度（(b) 設計用震度参照のこと）

$W$ ：盤の総質量

###### (b) 設計用震度

土木建築構造物について動的解析が行われる場合は、その動的解析結果より、それぞれの機器の設置レベルにおける設計震度を決定する、動的解析が行われない場合の設計用震度は下記により算出を行う。

###### ① 設計用水平震度

$$K_H = Z \times K_S$$

ここに、 $K_H$ ：設計用水平震度

$Z$ ：地域係数（通常は 1.0 として設計する）

$K_S$ ：設計用基準震度

###### ② 設計用鉛直震度

$$K_V = 1/2 \times K_H$$

ここに、 $K_V$ ：設計用鉛直震度

$K_H$ ：設計用水平震度

表 4.6-2 に局部振動法による盤の設計用水平震度（ $K_H$ ）及び設計鉛直震度（ $K_V$ ）を示す。

表 4.6-2 局部震度法による盤の設計用水平震度 ( $K_H$ ) 及び設計用鉛直震度 ( $K_V$ )

| 設置場所       | 耐震クラス分類 |       |       |       |       |       |       |       |
|------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | 特定の施設   |       |       |       | 一般の施設 |       |       |       |
|            | 重要な盤    |       | 一般の盤  |       | 重要な盤  |       | 一般の盤  |       |
|            | Sクラス    |       | Aクラス  |       | Aクラス  |       | Bクラス  |       |
|            | $K_H$   | $K_V$ | $K_H$ | $K_V$ | $K_H$ | $K_V$ | $K_H$ | $K_V$ |
| 上層階、屋上及び塔屋 | 2.0     | 1.0   | 1.5   | 0.75  | 1.5   | 0.75  | 1.0   | 0.5   |
| 中間階        | 1.5     | 0.75  | 1.0   | 0.5   | 1.0   | 0.5   | 0.6   | 0.3   |
| 1階及び地階     | 1.0     | 0.5   | 0.6   | 0.3   | 0.6   | 0.3   | 0.4   | 0.2   |

機器が天井からつり下げられる場合、すなわち直上階スラブから支持される場合は、その直上階を機器の据付階とする。例えば、平屋建ての天井からつり下げられる機器の据付階は、屋上の扱いとなる。

屋外盤は、この表の1階及び地階の値を用いる。

防振支持の場合は、表1の区分に従う。

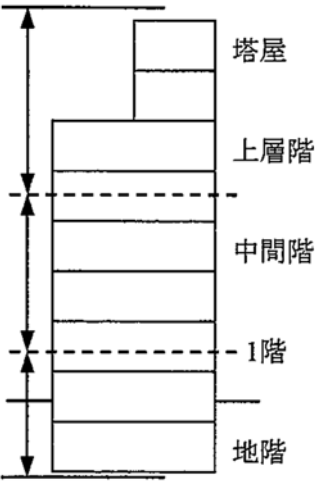
a) 上層階の定義

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

b) 中間階の定義

- ・地階、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。

c) 上記の数値は、全て盤の重心に加わる震度である。



(2) 自家発電設備の地震力の算定（自家発電設備耐震設計のガイドラインより）

(a) 設計用地震力

地震の影響としては、機器の自重に起因する慣性を考慮し、次の水平方向地震荷重が機器の重心に水平方向に作用する場合を標準とする。また、鉛直方向地震荷重を考慮する場合は下記のとおりとする。

① 設計用水平地震力

$$F_H = K_H \times W$$

ここに、 $K_H$ ：設計用水平震度（(b)設計用震度参照のこと）

$W$ ：機器の自重

② 設計用鉛直地震力

$$F_V = K_V \times W$$

ここに、 $K_V$ ：設計用鉛直震度（(b)設計用震度参照のこと）

$W$ ：機器の自重

(b) 設計用震度

土木建築構造物について動的解析が行われる場合は、その動的解析結果より、それぞれの機器の設置レベルにおける設計震度を決定する、動的解析が行われない場合の設計用震度は下記により算出を行う。

① 設計用水平震度

$$K_H = Z \times K_S$$

ここに、 $K_H$ ：設計用水平震度

$Z$ ：地域係数（通常は1.0として設計する）

$K_S$ ：設計用震度  $= I \times K_0 \times K_1 \times K_2$

$I$ ：重要度低減係数（1.0）

$K_0$ ：設計用基準震度（0.3）

$K_1$ ：建物の応答倍率を表す係数（1～3.3）

$K_2$ ：機器の応答倍率を表す係数（1～2）

② 設計用鉛直震度

$$K_V = 1/2 \times Z \times K_S$$

ここに、 $K_V$ ：設計用鉛直震度

$Z$ ：地域係数（通常は1.0として設計する）

$K_S$ ：設計用震度  $= I \times K_0 \times K_1 \times K_2$

$I$ ：重要度低減係数（1.0）

$K_0$ ：設計用基準震度（0.3）

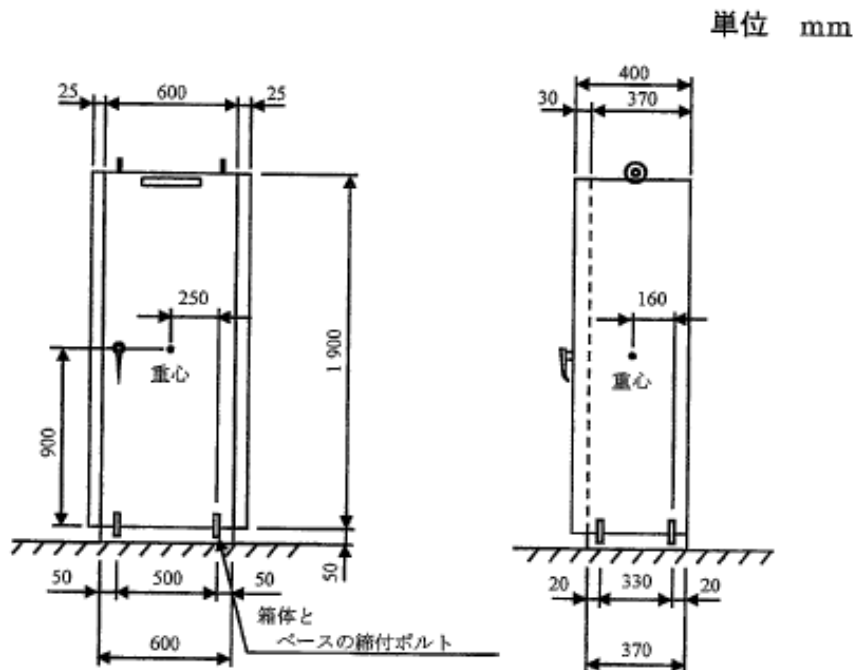
$K_1$ ：建物の応答倍率を表す係数（1～3.3）

$K_2$ ：機器の応答倍率を表す係数（1～2）

#### 4.6.4 耐震設計の例

(1) 自立形制御盤の例(屋内盤) (JEM-TR144 配電盤・制御盤の耐震設計指針より)

(a) 箱体とベースとの締付ボルトの強度計算 ( $K_H=2.0$  の場合)



|                   |                                                        |
|-------------------|--------------------------------------------------------|
| 耐震クラス             | : S                                                    |
| 設置階               | : 上層階設置とする。                                            |
| 設計用水平震度           | : $K_H = 2.0$                                          |
| 設計用垂直震度           | : $K_V = 1.0$                                          |
| 盤の総重量             | : $W = 1.90 (kN)$                                      |
| 盤の重量              | : $W_0 = 1.70 (kN)$                                    |
| 設計用水平地震力          | : $F_H = K_H \times W_0 = 2.0 \times 1.70 = 3.40 (kN)$ |
| 設計用鉛直地震力          | : $F_V = K_V \times W_0 = 1.0 \times 1.70 = 1.70 (kN)$ |
| ベース上から重心高さ        | : $h_G = 90(\text{cm})$                                |
| (前後方向)            |                                                        |
| 締付ボルトスパン          | : $l_1 = 33(\text{cm})$                                |
| 締付ボルト中心から盤重心までの距離 | : $l_{1G} = 16(\text{cm})$                             |
| (左右方向)            |                                                        |
| 締付ボルトスパン          | : $l_2 = 50(\text{cm})$                                |
| 締付ボルト中心から盤重心までの距離 | : $l_{2G} = 25(\text{cm})$                             |

図 4.6-1 自立形制御盤(屋内)の例 (締付ボルト)

締付ボルトの本数及びねじの呼びを、次のように仮定する。

- ① 総本数  $n = 4$  本  
片側本数  $n_1 = 2$  本

- ② ねじの呼び及び材質 M10(SS400)

列盤の前後方向の引抜力は、

$$\begin{aligned} R_b &= \frac{F_H \times h_G - (W_0 - F_V) \times l_{1G}}{l_1 \times n_1} \\ &= \frac{3.40 \times 90 - (1.70 - 1.70) \times 16}{33 \times 2} \\ &= 4.64 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

同様に、左右方向の引抜力は、

$$\begin{aligned} R_b &= \frac{F_H \times h_G - (W_0 - F_V) \times l_{2G}}{l_2 \times n_1} \\ &= \frac{3.40 \times 90 - (1.70 - 1.70) \times 25}{50 \times 2} \\ &= 3.06 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

よって、両者とも  $R_b > 0$  となり転倒力が発生するが、ここでは引抜力の大きい前後方向について検討する。

ボルト部には、せん断応力と引張り応力が同時に作用する。せん断応力  $\tau$  は、ボルトのねじ部にせん断応力が作用するとして、

$$\tau = \frac{F_H}{A \times n} = \frac{3.40}{0.785 \times 4} = 1.08 < f_s = 10.1 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$$

ここで、 $f_s$  : ボルトの短期許容応力度 (表 4.6-3 より  $10.1 \text{ (kN/cm}^2\text{)})$

$A$  : ボルトの軸断面積 (M10=0.785 (cm<sup>2</sup>))

引張り応力の  $\sigma_t$  は

$$\sigma_t = \frac{R_b}{A} = \frac{4.64}{0.785} = 5.91 < f_t = 17.6 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$$

したがって、M10 を採用する。また、せん断力を

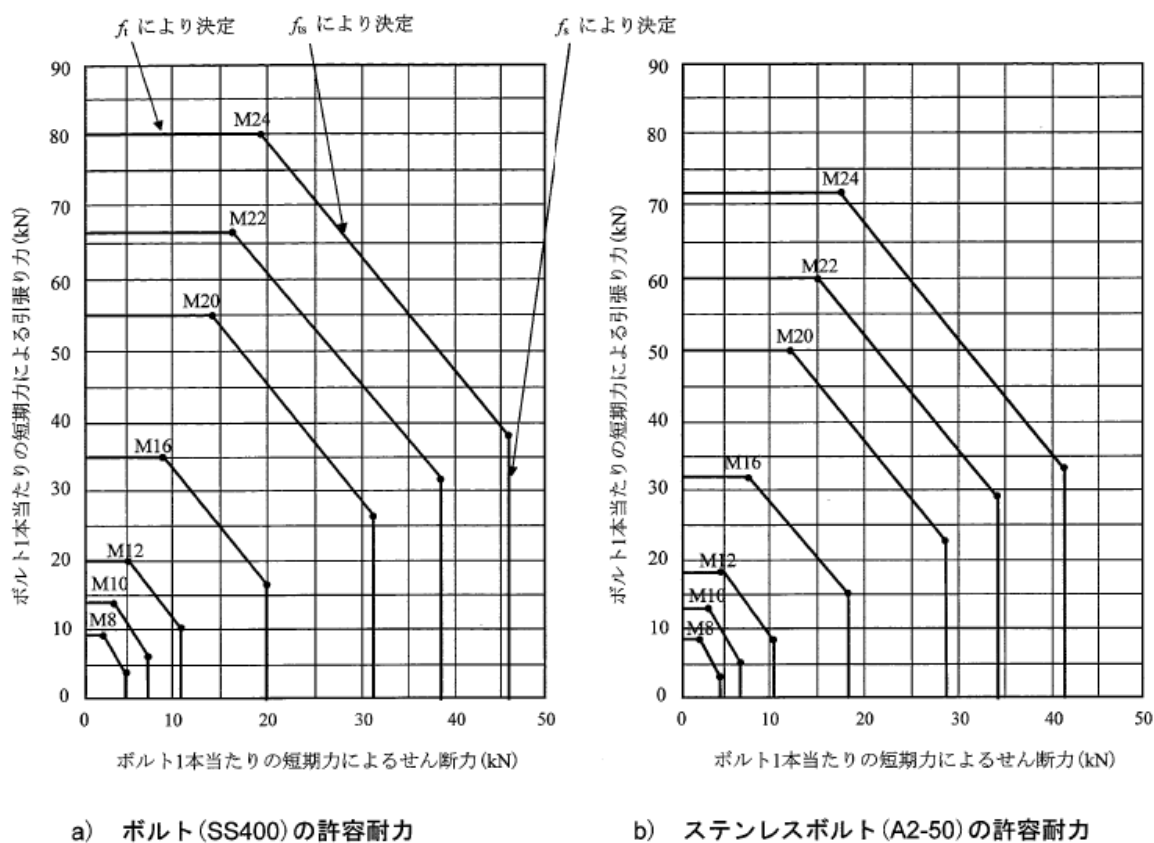
$$F_\tau = \frac{F_H}{n} = \frac{3.40}{4} = 0.85 \text{ (kN)}$$

とし、引張り力  $R_b$  と組み合わせて 図 4.6-2 によっても M10 で問題ないことが確認できる。

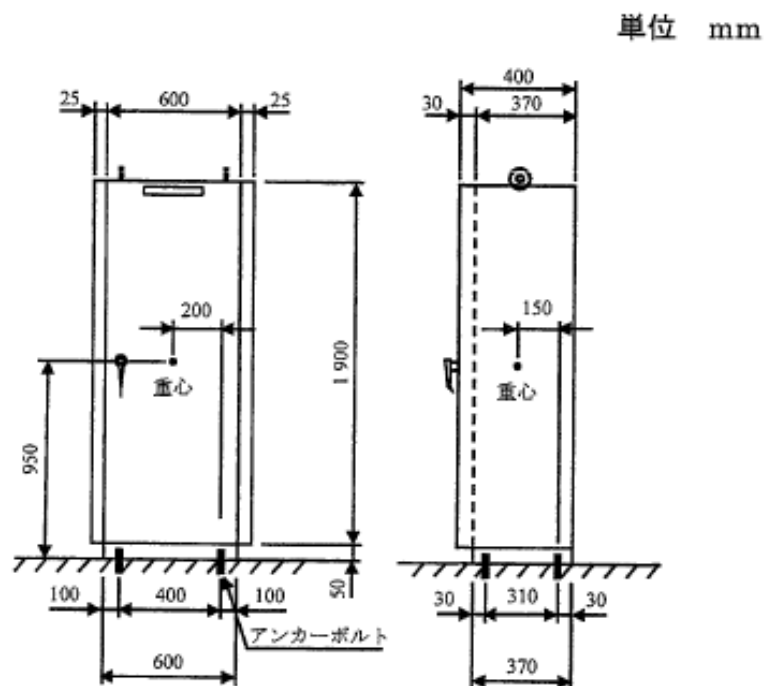
| 名称           | 材質    | 単位 $\text{kN/cm}^2$ |              |
|--------------|-------|---------------------|--------------|
|              |       | 短期許容応力度             |              |
|              |       | 引張<br>$f_t$         | せん断<br>$f_s$ |
| ボルト          | SS400 | 17.6                | 10.1         |
| ステンレス<br>ボルト | A2-50 | 15.8                | 9.12         |

注記 地震時は短期応力とみなし、長期応力に対して規定した許容応力の1.5倍を許容する。

表 4. 6-3 ボルトの短期許容応力度



(b) アンカーボルトの強度計算 ( $K_H = 2.0$  の場合)



|                     |                                                                |
|---------------------|----------------------------------------------------------------|
| 耐震クラス               | : S                                                            |
| 設置階                 | : 上層階設置とする。                                                    |
| 設計用水平震度             | : $K_H = 2.0$                                                  |
| 設計用垂直震度             | : $K_V = 1.0$                                                  |
| 盤の総重量               | : $W = 1.90 \text{ (kN)}$                                      |
| 盤の重量                | : $W_0 = 1.70 \text{ (kN)}$                                    |
| 設計用水平地震力            | : $F_H = K_H \times W_0 = 2.0 \times 1.90 = 3.80 \text{ (kN)}$ |
| 設計用鉛直地震力            | : $F_V = K_V \times W_0 = 1.0 \times 1.90 = 1.90 \text{ (kN)}$ |
| 据付面からの重心高さ          | : $h_G = 95 \text{ (cm)}$                                      |
| (前後方向)              |                                                                |
| アンカーボルトスパン          | : $l_1 = 31 \text{ (cm)}$                                      |
| アンカーボルト中心から盤重心までの距離 | : $l_{1G} = 15 \text{ (cm)}$                                   |
| (左右方向)              |                                                                |
| アンカーボルトスパン          | : $l_2 = 40 \text{ (cm)}$                                      |
| アンカーボルト中心から盤重心までの距離 | : $l_{2G} = 20 \text{ (cm)}$                                   |

図 4.6-3 屋内用キュービクル（アンカーボルト）例

アンカーボルトの種別、本数及びねじの呼びを、次のように仮定する。

①あと施工金属拡張アンカーボルト（おねじ形）

② 総本数  $n = 4$  本

片側本数  $n_1 = 2$  本

③ねじの呼び及び材質 M12 (SS400)

前後方向についてのボルトの引抜力  $R_b$  は

$$\begin{aligned}
 R_b &= \frac{F_H \times h_G - (W - F_V) \times l_{1G}}{l_1 \times n_1} \\
 &= \frac{3.80 \times 95 - (1.90 - 1.90) \times 15}{31 \times 2} \\
 &= 5.82 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

よって、 $R_b > 0$  となり、引抜力が発生する。コンクリート厚さ 180 mm、アンカーボルトの埋込長さ 60 mm とすると、短期許容引抜力は表 4.6-4 から、

$$6.70 \text{ (kN)} > R_b = 5.82 \text{ (kN)}$$

となり、M12 でよい。せん断力は、

$$\tau = \frac{F_H}{A \times n} = \frac{3.80}{1.13 \times 4} = 0.841 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$$

ここで、A: ボルトの軸断面積 (M12=1.130 (cm<sup>2</sup>))

$$\tau = 0.841 < 4.38 \text{ (kN/cm}^2\text{)} \text{ となり、いずれも満足する。}$$

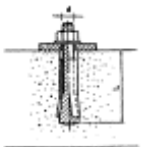
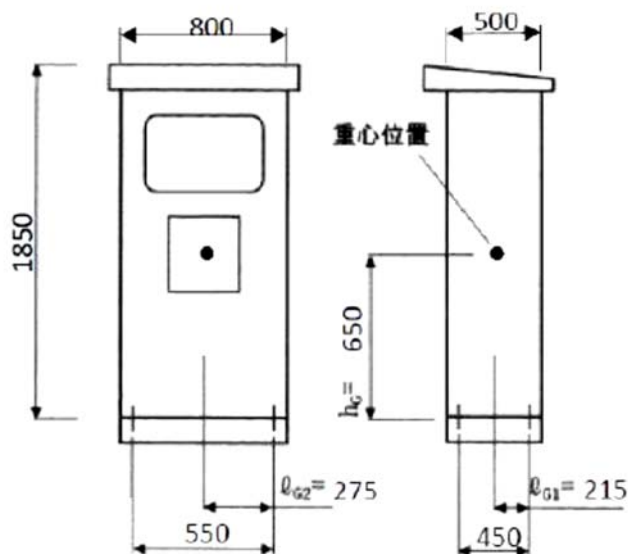
| (一般的な床スラブ上面)                                                                                                                                                                                                                          |                  |       |       |       |               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------|-------|-------|---------------|
|                                                                                                                                                    |                  |       |       |       |               |
| 短期許容引抜力                                                                                                                                                                                                                               |                  |       |       |       | 単位 kN         |
| ねじの呼び<br>(呼称径)                                                                                                                                                                                                                        | コンクリート厚さ<br>(mm) |       |       |       | 埋込長さL<br>(mm) |
|                                                                                                                                                                                                                                       | 120              | 150   | 180   | 200   |               |
| M8                                                                                                                                                                                                                                    | 3.00             | 3.00  | 3.00  | 3.00  | 40            |
| M10                                                                                                                                                                                                                                   | 3.80             | 3.80  | 3.80  | 3.80  | 45            |
| M12                                                                                                                                                                                                                                   | 6.70             | 6.70  | 6.70  | 6.70  | 60            |
| M16                                                                                                                                                                                                                                   | 9.20             | 9.20  | 9.20  | 9.20  | 70            |
| M20                                                                                                                                                                                                                                   | 12.0             | 12.0  | 12.0  | 12.0  | 90            |
| M24                                                                                                                                                                                                                                   | 12.0             | 12.0  | 12.0  | 12.0  | 100           |
| ボルトの埋込長さ<br>Lの限度 (mm)                                                                                                                                                                                                                 | 100以下            | 120以下 | 160以下 | 180以下 |               |
| <p>注記1 上図において、上表の埋込長さの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。</p> <p>注記2 コンクリートの設計基準強度<math>F_c</math>は、1.8 kN/cm<sup>2</sup>(18 N/mm<sup>2</sup>)としている。</p> <p>注記3 各寸法が上図と異なるときは、上記値を基準にし、裕度がある値を設定する。</p> <p>注記4 埋込長さが右欄以下のものは、使用しないことが望ましい。</p> |                  |       |       |       |               |

表 4.6-4 あと施工金属拡張アンカーボルト（おねじ形）の許容引抜力

(2) 自立形制御盤の例(屋外盤)

(a) 箱体とベースとの締付ボルトの強度計算 ( $K_H=0.6$  の場合)

単位 mm



|                   |                                                  |
|-------------------|--------------------------------------------------|
| 耐震クラス             | : A                                              |
| 設置階               | : 1 階および地階とする。                                   |
| 設計用水平震度           | : $K_H=0.6$                                      |
| 設計用鉛直震度           | : $K_V=0.3$                                      |
| 盤の総重量(基礎ベース含む)    | : $W=4.41$ (kN)                                  |
| 盤の重量              | : $W_0=4.10$ (kN)                                |
| 設計用水平地震力          | : $F_H=K_H \times W_0=0.6 \times 4.10=2.46$ (kN) |
| 設計用鉛直地震力          | : $F_V=K_V \times W_0=0.3 \times 4.10=1.23$ (kN) |
| ベース上から重心高さ        | : $h_G=65$ (cm)                                  |
| (前後方向)            |                                                  |
| 締付ボルトスパン          | : $\ell_1=45$ (cm)                               |
| 締付ボルト中心から盤重心までの距離 | : $\ell_{1G}=21.5$ (cm)                          |
| (左右方向)            |                                                  |
| 締付ボルトスパン          | : $\ell_2=55$ (cm)                               |
| 締付ボルト中心から盤重心までの距離 | : $\ell_{2G}=27.5$ (cm)                          |

図 4.6-4 自立形制御盤(屋外)の例 (締付ボルト)

締付ボルトの本数及びねじの呼びを、次のように仮定する。

- ①総本数  $n=4$  本  
 片側本数  $n_1=2$  本  
 ②ねじの呼び及び材質 M8 (S2-50)

盤の前後方向の引抜力は、

$$R_b = \frac{F_H \times h_G - (W_0 - F_V) \times \ell_{1G}}{\ell_1 \times n_1}$$

$$= \frac{2.46 \times 65 - (4.10 - 1.23) \times 21.5}{45 \times 2} = 1.09 \text{ (kN)}$$

同様に、左右方向の引抜力は、

$$R_b = \frac{F_H \times h_G - (W_0 - F_V) \times \ell_{2G}}{\ell_2 \times n_1}$$

$$= \frac{2.46 \times 65 - (4.10 - 1.23) \times 27.5}{55 \times 2} = 0.74 \text{ (kN)}$$

よって、両者とも  $R_b > 0$  となり転倒力が発生するが、ここでは引抜力の大きい前後方向について検討する。

ボルト部には、せん断応力と引張り応力が同時に作用する。せん断応力  $\tau$  はボルトのねじ部にせん断力が作用するとして、

$$\tau = \frac{F_H}{A \times n} = \frac{2.46}{0.503 \times 4} = 1.22 < f_s = 9.12 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$$

ここで、 $f_s$ ：ボルトの短期許容応力度（表 4.6-3 より 9.12 (kN/cm<sup>2</sup>)）

A：ボルトの軸断面積（M8=0.503 (cm<sup>2</sup>)）

引張り応力の  $\sigma_t$  は

$$\sigma_t = \frac{R_b}{A} = \frac{1.09}{0.503} = 2.17 < f_t = 15.8 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$$

ここで、 $f_t$ ：ボルトの短期許容応力度（表 4.6-3 より 15.8 (kN/cm<sup>2</sup>)）

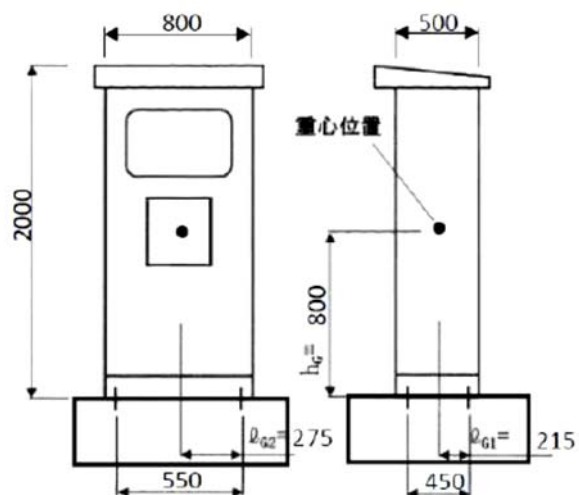
したがって、M8 を採用する。また、せん断力を

$$F_\tau = \frac{F_H}{n} = \frac{2.46}{4} = 0.62 \text{ (kN)}$$

とし、引張り力  $R_b$  と組み合わせて図 4.6-2 によっても M8 で問題ないことが確認できる。

(b) アンカーボルトの強度計算 ( $K_H=0.6$  の場合)

単位 mm



|                               |                                                |
|-------------------------------|------------------------------------------------|
| 耐震クラス                         | : A                                            |
| 設置階                           | : 1 階および地階とする。                                 |
| 設計用水平震度                       | : $K_H=0.6$                                    |
| 設計用鉛直震度                       | : $K_V=0.3$                                    |
| 盤の総重量(基礎ベース含む)                | : $W=4.41$ (kN)                                |
| 盤の重量                          | : $W_0=4.10$ (kN)                              |
| 設計用水平地震力                      | : $F_H=K_H \times W=0.6 \times 4.41=2.65$ (kN) |
| 設計用鉛直地震力                      | : $F_V=K_V \times W=0.3 \times 4.41=1.32$ (kN) |
| 据付面からの重心高さ<br>(前後方向)          | : $h_g=80$ (cm)                                |
| アンカーボルトスパン                    | : $l_1=45$ (cm)                                |
| アンカーボルト中心から盤重心までの距離<br>(左右方向) | : $l_{1g}=21.5$ (cm)                           |
| アンカーボルトスパン                    | : $l_2=55$ (cm)                                |
| アンカーボルト中心から盤重心までの距離           | : $l_{2g}=27.5$ (cm)                           |

図 4.6-5 自立形制御盤(屋外)の例 (アンカーボルト)

アンカーボルトの種別、本数及びねじの呼びを、次のように仮定する。

①あと施工金属拡張アンカーボルト（おねじ形）

②総本数  $n=4$  本

片側本数  $n_1=2$  本

③ねじの呼び及び材質 M8(S2-50)

盤の前後方向の引抜力は、

$$R_b = \frac{F_H \times h_G - (W - F_V) \times \ell_{1G}}{\ell_1 \times n_1}$$

$$= \frac{2.65 \times 80 - (4.41 - 1.32) \times 21.5}{45 \times 2} = 1.60 \text{ (kN)}$$

よって、 $R_b > 0$  となり、引抜力が発生する。コンクリートの厚さ 200mm 以上、アンカーボルトの埋込長さ 40mm とすると、短期許容引抜力は表 4.6-4 から

$$3.00 \text{ (kN)} > R_b = 1.60 \text{ (kN)}$$

となり、M8 でよい。せん断力は

$$\tau = \frac{F_H}{A \times n} = \frac{2.65}{0.503 \times 4} = 1.317 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$$

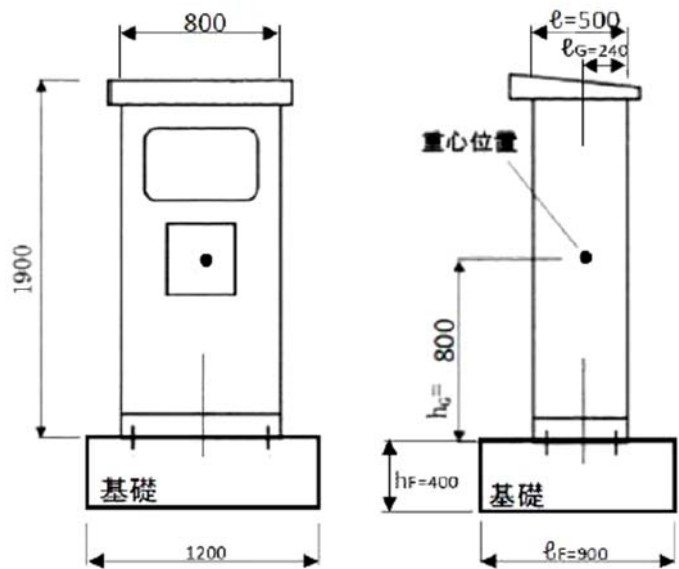
ここで、A: ボルトの軸断面積 (M8=0.503 (cm<sup>2</sup>))

$$\tau = 1.317 < 3.94 \text{ (kN/cm}^2\text{)} \text{ となり、いずれも満足する。}$$

(c) 単独基礎の計算 ( $K_H=0.6$  基礎高 40 c m の場合)

単独基礎とする場合は、設備機器に生じる地震力がアンカーボルトから基礎に伝達されることから構造体として扱える鉄筋コンクリート基礎とする。

単位 mm



|                                                                                                       |                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 耐震クラス                                                                                                 | : A                                        |
| 設置階                                                                                                   | : 1 階および地階とする。                             |
| 設計用水平震度                                                                                               | : $K_H=0.6$                                |
| 設計用鉛直震度                                                                                               | : $K_V=0.3$                                |
| 盤の総重量(基礎ベース含む)                                                                                        | : $W=4.41$ (kN)                            |
| 盤の幅 (短辺)                                                                                              | : $l=50$ (cm)                              |
| 盤の重心位置                                                                                                | : $l_G=24$ (cm) ( $l_G \leq \frac{l}{2}$ ) |
| 据付面からの重心高さ                                                                                            | : $h_G=80$ (cm)                            |
| 基礎長さ (短辺)                                                                                             | : $l_F=90$ (cm)                            |
| 基礎幅                                                                                                   | : $b_F=120$ (cm)                           |
| 基礎高さ                                                                                                  | : $h_F=40$ (cm)                            |
| 基礎重量                                                                                                  | : $W_F=9.94$ (kN)                          |
| ( $h_F \times l_F \times$ 基礎幅 $\times$ 比重量 ) ( 比重量は普通コンクリートで $23 \times 10^{-6}$ kN/cm <sup>3</sup> ) |                                            |

図 4. 6-6 自立形制御盤(屋外)の例 (基礎コンクリート)

単独基礎とする場合の検討すべき条件は、次の3項目である。

- ①基礎の浮き上がりに対する検討
- ②水平力に対する検討
- ③地盤の支持力に対する検討

①については、「建築設備耐震設計・施工指針」を準拠し以下の式を満足することを確認する。

$$(1 - K_V) \left\{ \left( \ell_G + \frac{\ell_F - \ell}{2} \right) W + \frac{\ell_F}{2} W_F \right\} \geq K_H \left\{ (h_F + h_G) W + \frac{1}{2} h_F \times W_F \right\}$$

$$\ell_G = \frac{1}{2} \ell \quad \text{の場合には}$$

$$(1 - K_V) (W + W_F) \frac{\ell_F}{2} \geq K_H \left\{ (h_F + h_G) W + \frac{1}{2} h_F \times W_F \right\}$$

【①の計算例】設備機器重心位置  $\ell_G$  が機器中心にない場合

左辺の計算：地震時の鉛直荷重

$$\begin{aligned} & (1 - K_V) \left\{ \left( \ell_G + \frac{\ell_F - \ell}{2} \right) W + \frac{\ell_F}{2} W_F \right\} \\ &= (1 - 0.3) \left\{ \left( 24 + \frac{90 - 50}{2} \right) \times 4.41 + \frac{90}{2} \times 9.94 \right\} = 448.9 \text{ (kN} \cdot \text{cm)} \end{aligned}$$

右辺の計算：地震時の水平荷重

$$\begin{aligned} & K_H \left\{ (h_F + h_G) W + \frac{1}{2} h_F \times W_F \right\} \\ &= 0.6 \left\{ (40 + 80) \times 4.41 + \frac{1}{2} \times 40 \times 9.94 \right\} = 436.8 \text{ (kN} \cdot \text{cm)} \end{aligned}$$

よって、転倒に対する検討は、左辺 448.9 (kN・cm)  $\geq$  右辺 436.8 (kN・cm) を満足する。

②については、基礎部分の埋設深等を考慮し適宜検討する。

③については、設置箇所の地盤を十分に確認し必要な地耐力が確保できるか検討する。

#### 4.6.5 耐震設計の留意事項

耐震設計の基準は過去の地震の観測結果に基づき設定されているため、予想以上の地震力が加わった場合は、設備の破損は避けられないが、より被害を少なくするための処置は施す必要があると考えられる。以下に盤製作上、据付上の留意事項を以下に示す。

##### (1) 盤製作上の留意事項

盤の耐震設計における一般的な手法を以下に示す。

- (a) アンカーボルトに曲げ応力がかからないように、ボルトの下部を押さえ、床面に密着させる構造などを考慮する。また、アンカーボルト取付穴はボルトに見合った径とし、緩みが生じないように配慮する。（図 4.6-7 参照）

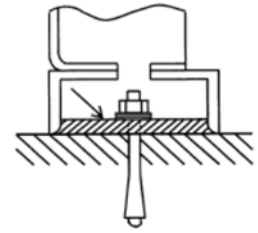
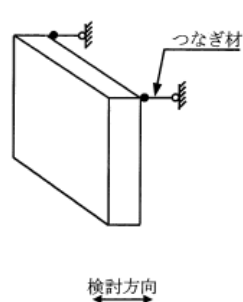
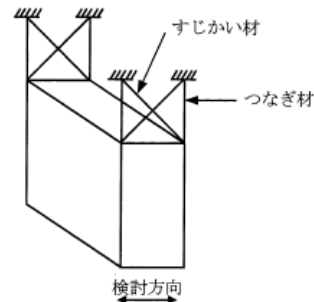


図 4.6-7 ベース下部のアンカーボルト押さえ例

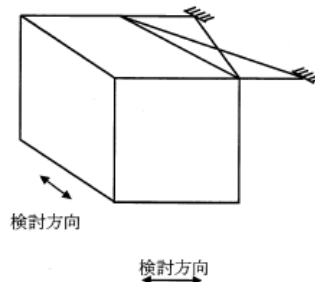
- (b) 縦横比が大きい盤は、頂部支持材で駆体などと緊結するか、背面支持材で基礎に緊結することによって転倒を防止する。壁つなぎ材、天井つなぎ材及び2方向用壁つなぎ材による頂部支持及び背面支持方法の例を示す。（図 4.6-8 参照）



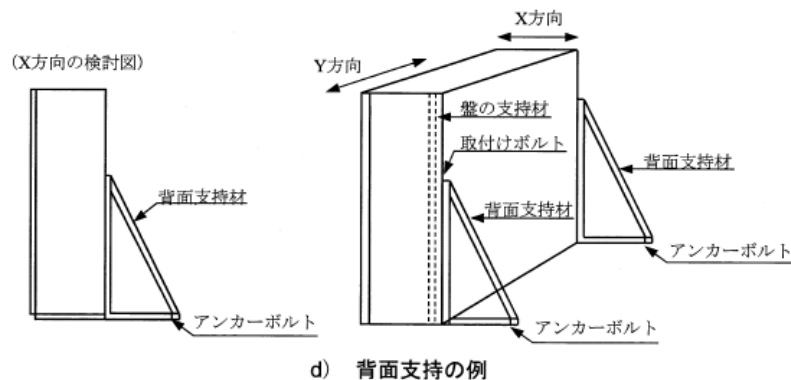
a) 壁つなぎ材頂部支持の例



b) 天井つなぎ材頂部支持の例



c) 2方向用壁つなぎ材頂部支持の例



d) 背面支持の例

図 4.6-8 頂部・背面支持による盤の転倒防止措置例

- (c) 列盤構成となる盤間の締付けは、確実に行う。  
(図 4.6-9 参照)

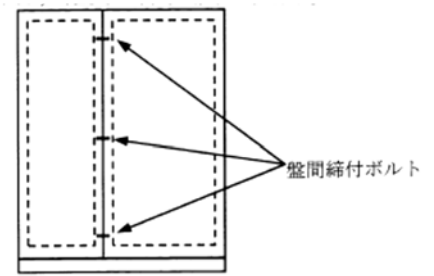


図 4.6-9 盤間締付け措置の例

- (d) 盤の据付部防振ゴムなどの防振支持材を使用すると共振点が低くなり、地震力が作用したときに過大な振動が生じるおそれがあるため、防振支持材の使用は極力避ける。やむを得ず使用する場合は、移動、転倒などを防止するための措置を施す。

- (e) 機器本体の振動を防止するために防振支持材を用いた機器については、機器の重量、変位を十分に考慮した耐震ストッパを採用することとする。変圧器など上部変位量の大きい重量機器については、十分耐力がある移動・転倒防止形ストッパを設ける。移動防止形ストッパ及び移動・転倒防止形ストッパの例を図 4.6-10 から図 4.6-12 に示す。

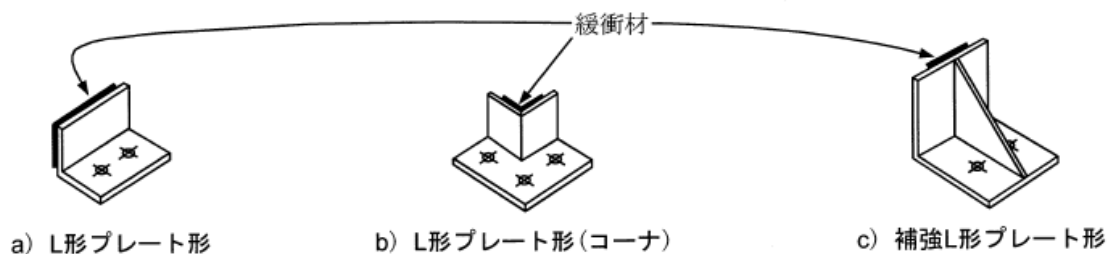


図 4.6-10 L形プレート形耐震ストッパ（移動防止形）

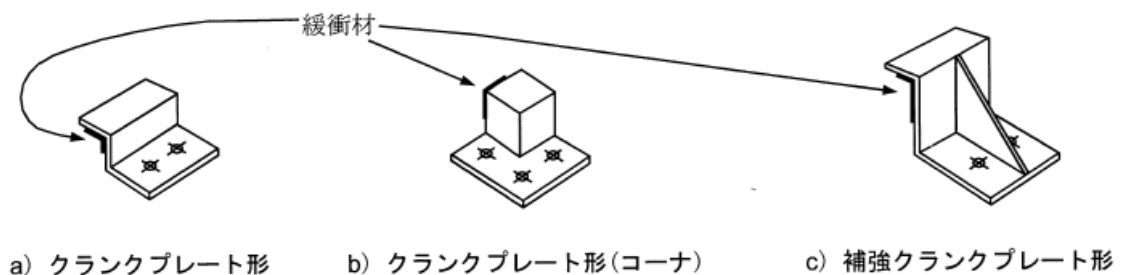


図 4.6-11 クランクプレート形耐震ストッパ（移動・転倒防止形）

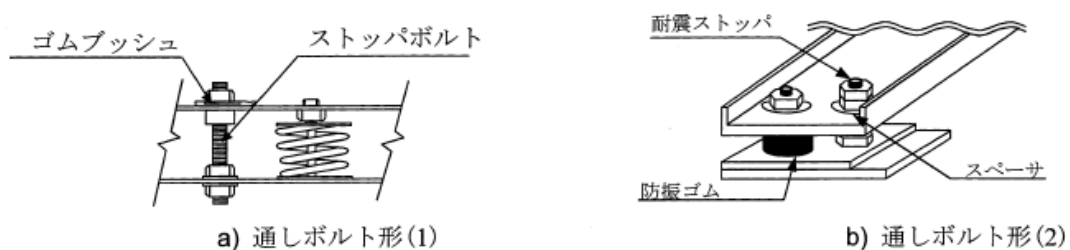


図 4.6-12 その他の耐震ストッパ例（移動・転倒防止形）

- (f) 耐震ストッパのクリアランスは、共振、過大な振動が生じないように極力小さくなるように調整に注意する（図 4.6-13 参照）。

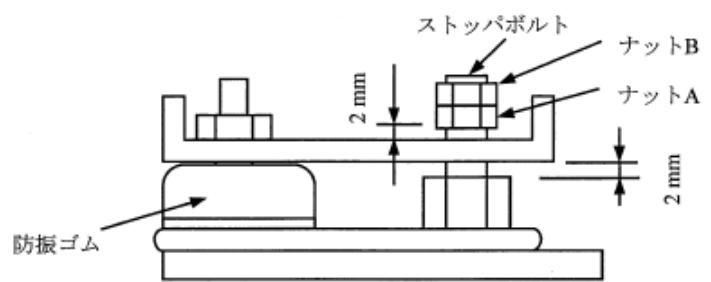


図 4.6-13 防振ゴム・耐震ストッパの構造例

- (g) 変圧器の二次導体には可とう導体などを用い、余長をもたせる。また、相互短絡を防止するため絶縁筒、絶縁チューブ、絶縁セパレータなどで絶縁措置を施す（図 4.6-14 参照）。

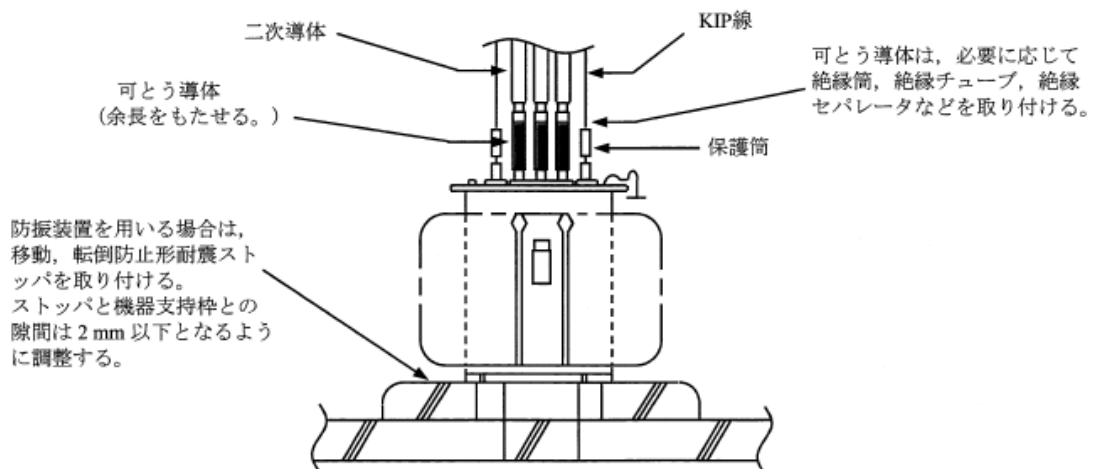


図 4.6-14 変圧器への電気配線接続例

- (h) バスダクト導体とブスバーは確実に接続し、ボルトによって盤に確実に固定する（図 4.6-15 参照）。

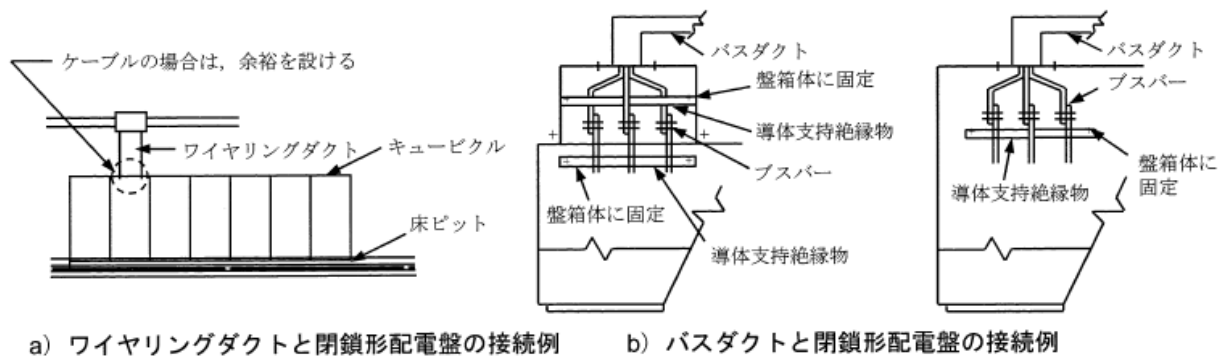


図 4.6-15 ダクトと閉鎖形配電盤の接続例

- (i) ブスバーなどと可とう性がある配線との接続箇所は、地震振動時の相対変位によって大きな揺れが生じないように、配線側を固定支持するように配慮する。また、盤内配線は、地震の変位によって接続部に損傷を生じないように余裕をもたせて支持する（図 4.6-16 参照）。

- (j) 盤内の重量物の機具類は、盤の下側に取り付けるようにし、取付金具及びフレームの強度は十分耐力をもたせるように配慮する。

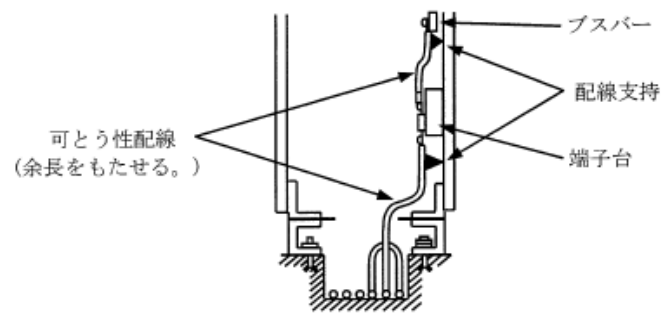


図 4.6-16 ブスバーと配線の接続例

(k) 盤に収納する電気機器に対しては、盤の応答倍率はできるだけ低くするとともに、地震動によって共振しないように配慮することが望ましい。耐震性能の脆弱な電気機器の場合は取付位置、取付構造などを配慮する必要がある。一般的な盤で応答倍率が高くなる部分の例を次に示す。

- (イ) 盤の上部
- (ロ) 扉などの片持ち構造の先端部
- (ハ) 器具取付板などで断面 2 次モーメントの小さい構造材
- (ニ) ねじなどで組み合わせた部材が多い部位

(1) 重量物が盤の上部に位置するものは、盤の共振周波数に影響を与えるため、片持ち支持をせず両持ち支持にするなど、堅固な取付方法に配慮する。（図 4.6-17 参照）

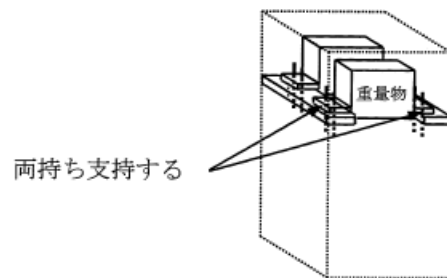


図 4.6-17 重量物の両持ち支持構造例

(m) 遮断器など引出し機構付きの機器は、地震力によって引出し機構が移動し、衝突して盤に損傷を与えたり、機器が損傷を受けたりしないように配慮する。（図 4.6-18 参照）

(n) 盤表面の取付器具などで、奥行寸法が長く、取付けが不安定な器具は、後部などを支持する。（図 4.6-19 参照）

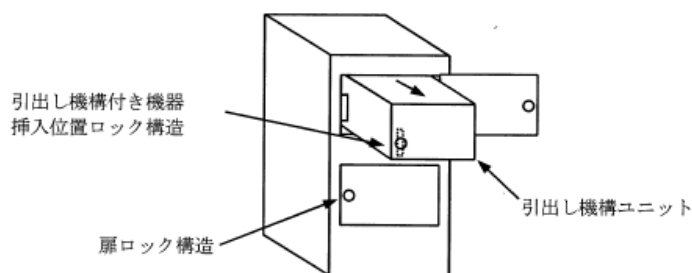


図 4.6-18 引出し機構付き機器の固定構造例

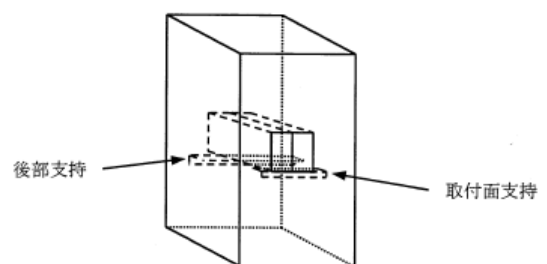


図 4.6-19 奥行寸法が長い取付器具の固定構造例

(o) 盤に内扉を設ける場合、内扉の可動側のロック構造は地震時のせん断力などに耐える強度となるように配慮する。

（図 4.6-20 参照）

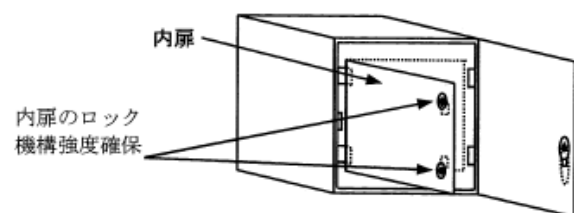


図 4.6-20 内扉ロック機構部の構造例

- (p) 薄鋼板構造の盤の場合は、箱体とベースとの締付ボルト部周辺部は、地震の振動によってすり鉢状に局部的な変形などが生じないように、ボルト引抜応力に見合った強度をもたせるように配慮し、必要に応じて堅固なワッシャなどの補強を施す。（図 4.6-21 参照）
- (q) 箱体は十分な強度をもたせるように配慮し、必要に応じて四隅のコナ部に補強を施す。（図 4.6-22 参照）

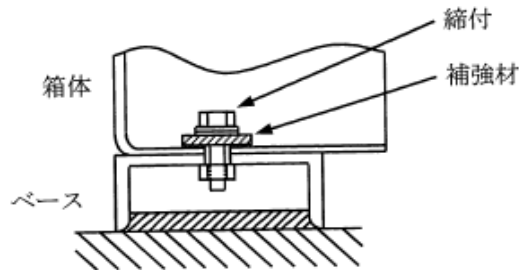


図 4.6-21 薄鋼板構造の箱体とベースとの締付ボルト部の補強例

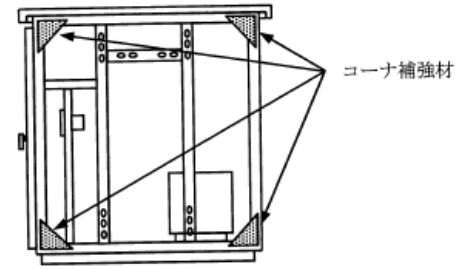


図 4.6-22 盤コーナ部の補強例

- (r) 地震発生時、運転員の判断によって設備を安全に停止させる必要がある場合、重要な計器、操作スイッチなどを識別するなどの設計的な配慮については、使用者と製造業者との間で協議して決定することが望ましい。

## (2) 据付上の留意事項

- (a) 耐震性を要求される盤は、建屋の中で振動応答の小さい1階又は地階に設置することが望ましい。ただし、浸水対策が必要な場合は、「4.7 浸水対策」も考慮して検討する必要がある。
- (b) 盤の据付場所は、地震によって他の物体が移動、衝突又は落下して盤を損傷したり、配管漏えいによる冠水が生じないように、周辺の状況に配慮して選定する。
- (c) 盤据付アンカーボルトは、建築物コンクリート面に設け、構造用として強度を期待しないラフコンクリート面に設けることを避ける。
- (d) 特に強度を要する場合の埋込アンカーボルトは、建築物の配筋に溶接することが望ましい。
- (e) 盤を設置する鉄骨架台は、十分耐力のある鉄骨を使用する。
- (f) 盤据付アンカーボルトを設ける場合は、埋込アンカー又は、あと施工アンカー方式とし、箱抜アンカー方式は採用しない。
- (g) 盤据付アンカーボルトは、スラブ厚さを考慮し、ボルト長さを決定する。
- (h) 盤据付アンカーボルトの基礎辺部までの距離は十分に確保する（めねじ形は強度が低いので使用しない。）。
- (i) 建物側に、盤に破損を与えるような要因がないことを確認し、必要に応じて耐震上適切な対応を協議する。

## (3) 電気配管類の耐震支持

電気配管類（金属管、金属ダクト、バスダクト、ケーブルラック）については、耐震を考慮する。

## 4.7 浸水対策

異常洪水、高潮、津波等の災害により、屋内や屋外設置の電気設備が浸水することが想定される場合は、浸水対策を実施する。

浸水対策は、構造物（土木施設、建屋）の止水化と機器の高所化・耐水化に分けられる。浸水対策の内容については、構造物と機器における浸水対策を組み合わせ、経済性、維持管理性、操作性等を考慮して総合的に検討を行い、適切かつ効果的な対策を選択するものとする。

なお、ポンプ場の構造物と機器における浸水対策については、「土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「ポンプ場」の技術書 第16章 建屋の設計 16.1.2 異常洪水や津波等の災害を想定した浸水対策」において記載されており、これを参考にして、電気設備関係の浸水対策を次のように示す。

### (1) 浸水対策の内容

表-4.7.1 に対象施設ごとの浸水対策の内容を示す。

また、表-4.7.2 に高所化・防水化の対象となる機器等を示す。

表-4.7.1 災害を想定した浸水対策の事例

| 対策項目    | 対 策        | 対策の内容                                                    | 効 果                    |
|---------|------------|----------------------------------------------------------|------------------------|
| ①建屋構造   | 電気室等の高所化   | 電気室、操作室、自家用発電機室等の床面を想定される浸水位以上とする。維持管理のため、テラス形式の搬入口を設ける。 | 水に弱い設備を浸水被害から防止する。     |
| ②窓、換気施設 | 高所化        | 窓や換気施設の開口部の高さは想定浸水位以上とする。                                | 電気室内への水の侵入を抑制する。       |
| ③搬入口    | 角落し、止水板の設置 | 搬入口に角落しや止水板を常時設置する。                                      | 搬入口から電気室内への水の侵入を抑制する。  |
| ④出入口扉   | 高所化        | 出入口の構造を昇降階段式とする。                                         | 出入口扉の破壊による水の侵入を抑制する。   |
|         | 鉄扉化        | 出入口扉の構造を衝撃や浸水に比較的強い外開き鉄扉とする。                             | 同上                     |
|         | 搬入口との兼用化   | 管理者用出入口を搬入口内の小扉にする。                                      | 開口部分を減らすことにより、浸水を抑制する。 |

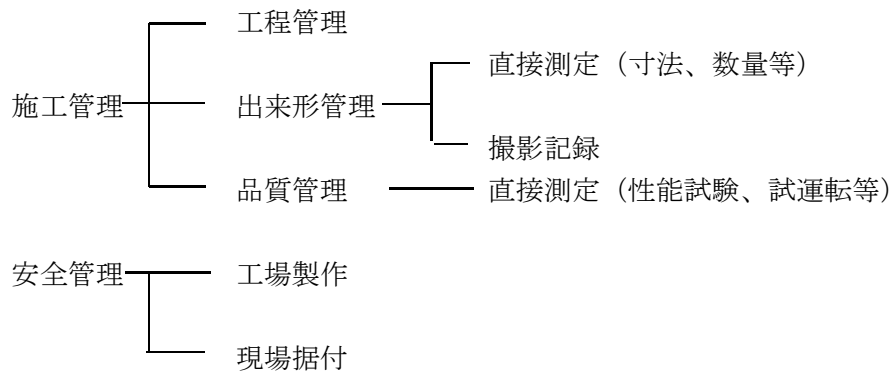
表-4.7.2 高所化・防水化の対象となる機器等

| 対 策            | 対 象 部 | 対 象 機 器                     |
|----------------|-------|-----------------------------|
| 機器の浸水を防ぐための高所化 | 機器本体  | 受変電設備、運転操作設備、非常用発電設備、直流電源設備 |
|                | 配線    | 配線・ケーブル接続部、プルボックス           |
| 機器の浸水を防ぐための防水化 | 機器端子箱 | 端子箱                         |

## 4.8 施工管理

電気設備工事の施工管理に当たっては、施設機械工事等施工管理基準(農林水産省農村振興局長)を適用して行うものとする。

施工管理の基本構成を次に示す。



### 4.8.1 工程管理

電気設備工事の施工に当たっては、決められた工期内に所定の仕様書の図面などに基づいて、工事を安全に仕上げる必要があります。そのためには単に工期の順守だけでなく、品質、精度なども完全であるとともに、契約条件を満たし、かつ能率的、経済的に施工計画を立て管理しなければなりません。これを工程管理という。

工事は着工から完成までの各工程を時期的に遅滞なく確保することにより達成でき、その品質は工程毎の完了時に中間検査を行って確保することにより維持、保証が行われ、工事の原価は、各工程において使用材料や労力が消費された時点で発生するものであるから、施工過程における工程の計画と管理を目的とする工程管理は施工管理上重要な総合的管理の手段である。

工程管理の手順と内容について、管理の通常の手順では、計画-実施-検討-是正処置の各段階に分けると次のとおりとなる。

#### (1) 計画の段階

- a. 施工計画（現場組織、仮設計画、品質計画、安全管理計画、施工の順序、施工法などの基本方針の決定）
- b. 工程計画（手順と日程の計画、各種工程表の作成など）
- c. 仕様計画（労務、仮設設備、資材、資金などの所要時期、品目、数量及び輸送などの計画）

#### (2) 実施の段階

- a. 工事の指示、監督
- b. 工事の状況把握

(3) 検討の段階

- a. 作業量管理（作業量、資材使用量などの実績資料の整理と内容検討）
- b. 進捗度管理（工程進捗の計画と実施の比較）
- c. 手配管理（仮設、労力、資材などの手配と入手状況）

(4) 是正処置の段階

- a. 作業改善（作業方法、作業順序などの改善）
- b. 工程促進
- c. 再計画（検討結果により計画改善）

4.8.2 出来形管理

(1) 直接測定

工事の出来形（寸法、数量、据付高等）について把握するため、設計値又は規格値と実測値を対比するために施工の順序に従い直接測定し、その都度逐次その結果を記録し、規格等に対してどの程度の精度で施工されたか、また、その施工技術の度合いを管理することをいう。

(2) 撮影記録

着工前及び完成を含み施工の進行工程を後日確認するため施工状況、又は不可視部等の施工完了後確認困難な箇所及び直接測定等を確認するための補足資料等の撮影記録を行う。

(3) その他

工事施工の全般について仕様書に定める要求事項に合致していることの確認を行う。

4.8.3 品質管理

- (1) 設計図書で要求された品質を実現するため、施工計画に基づき、品質管理を行なう。

施工計画には、施工の目標とする品質、品質管理、管理の体制等が具体的に記載されている。

施工管理における確認、試験等は品質計画に基づき、適切な時期に行うよう指導する。

- (2) 確認が必要な項目は施工計画に基づき、試験又は検査を行う。

- (3) 試験又は検査の結果が規格値を外れるなど疑義が生じた場合には、施工計画にしたがって適切な処理を施す。また、その原因を検討し、再発防止のための必要な処置をとる。

#### 4.8.4 安全管理

労働災害は、公害とともに社会問題化し、一度災害を発生すると、直接の人的、物的損失のみならず、工程その他にも大きな影響を与えることとなる。

安全管理は、労働安全衛生法に基づき、管理体制を整え、そのもとに夫々の作業に応じた十分な措置を講じて工事遂行に当たらなければならない。

#### 4.8.5 法令、条例等の適用

電気を使用する設備を人命の安全、財産の安全、公共の福祉という面から規制している代表的なものには、電気事業法、電気用品取締法、電気工事士法、電気工事業の業務の適正化に関する法律、高圧ガス取締法、消防法、建築基準法、建設業法、労働基準法、労働安全衛生法などがあり、道路法、航空法、都市公園法、屋外広告物法などは、それぞれの法律の目的とする事柄から電気工作物を規制する立場をとっている。

環境保全に関しては、公害対策基準法を基とし大気汚染防止法、騒音規制法、振動規制法などがあり、受変電設備・発電設備などが規制の適用を受けることとなる。

##### (1) 主な法律の内容

電気設備工事の施工に関する、主な法律の内容は表 4.8-1 による。

表 4.8-1 主な法律

| 法 律 名   | 目 的                                                                                                                              | 内 容                                                                                                                                                            |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 電気事業法   | 電気事業法の運営を適正かつ合理的ならしめることによって、電気の利用者の利益を保護し、及び電気事業の健全な発達を図るとともに、電気工作物の工事、維持及び運用を規制することによって、公共の安全を確保し、及び環境の保全を図ること。                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・電気事業に関する規制</li> <li>・電気工作物についての工事、維持運用についての規制</li> <li>・主任技術者の規制</li> <li>・保安規程の規制</li> </ul>                          |
| 電気工事士法  | 電気工事の作業に従事する者の資格及び義務を定め、もって電気工事の欠陥による災害の発生の防止に寄与すること。                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>・電気工事士が行うべき作業範囲</li> <li>・電気工事士以外の者が出来る作業範囲</li> <li>・電気工事士の遵守事項</li> </ul>                                             |
| 電気用品安全法 | 電気用品の製造、販売等を規制するとともに、電気用品の安全性の確保につき民間事業者の自主的な活動を促進することにより、電気用品による危険及び障害の発生を防止すること。                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>・特定電気用品製造業者及び輸入事業者の規制（◇+PS E）</li> <li>・それ以外の電気用品製造業者及び輸入事業者の規制（○+PS E）</li> <li>・製造業者等の義務</li> <li>・販売使用の制限</li> </ul> |
| 有線電気通信法 | 有線電気通信設備の設置及び使用を規律し、有線電気通信に関する秩序を確立することによって、公共の福祉の増進に寄与すること。                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・第一種電気通信事業者の規定と利用者に対する業務の義務付け</li> <li>・第二種電気通信事業者の認可</li> </ul>                                                        |
| 建築基準法   | 建築物の敷地、構造、設備及び用途に関する最低の基準を定めて、国民の生命、健康及び財産の保護を図り、もって公共の福祉の増進に資すること。                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・単体規定と集団規定</li> <li>・建築設備、電気設備の規制（電気、ガス、給排水、換気、冷暖房、消火、排煙、汚水処理、煙突、昇降機、避雷針、貫通部の防火工事など）</li> </ul>                         |
| 消防法     | 火災を予防し、警戒し及び鎮圧し、国民の生命、身体及び財産を火災から保護するとともに、火災又は地震等の災害による被害を軽減するほか、災害等による傷病者の搬送を適切に行い、もって安寧秩序を保持し、社会公共の福祉の増進に資すること。                | <ul style="list-style-type: none"> <li>・消防用設備、防火対象物の指定</li> <li>・防火管理者の義務付けと責任範囲</li> <li>・消防用設備などの設置</li> <li>・維持基準・消防設備士が行なうべき、工事・整備範囲・危険物の規制</li> </ul>     |
| 労働安全衛生法 | 労働基本法と相まって、労働災害の防止のための危害防止基準の確立、責任体制の明確化及び自主的活動の促進の措置を講ずる等その防止に関する総合的計画的な対策を推進することにより職場における労働者の安全と健康を確保するとともに、快適な作業環境の形式を促進すること。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・通則(管理体制・教育・諸規制など)</li> <li>・電気による危険の防止(防爆も含まれる)</li> <li>・衛生基準(換気・採光・照明・温湿度)</li> <li>・特別規制(特定元方事業者)</li> </ul>        |

| 法 律 名 | 目 的                                                                                                 | 内 容                                                                                                                                           |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 建設業法  | 建設業を営む者の資質の向上、建設工事の請負契約の適性化等を図ることによって、建設工事の適正な施工を確保し、発注者を保護するとともに、建設業の健全な発達を促進し、もって公共の福祉の増進に寄与すること。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・許可基準(一般建設業・特定建設業)</li> <li>・請負契約の原則</li> <li>・下請負人の保護策</li> </ul> 施工技術の確保策<br>資格 一級施工管理技士<br>二級施工管理技士 |

(2) 政令・省令

- ①電気設備に関する技術基準を定める省令
- ②消防法施行規則
- ③危険物の規制に関する政令

(3) 各種規格

(a) 機器、電気材料

- (J I S) 日本工業規格
- (J E C) 電気学会電気規格調査会標準規格
- (J E M) 日本電機工業会標準規格
- (J C S) 日本電線工業会電線技術委員会標準規格
- (S B A) 日本蓄電池工業会規格
- (J I L) 日本照明器具工業会規格

(b) その他

- (一社) 日本電気協会・高圧受電設備規程(JEAC8011-2014)
- (一社) 日本電気協会・電気技術基準調査委員会  
内線規程(J E A C-8 0 0 1)、架空送電規程(J E A C-6 0 0 1)  
配電規程(J E A C-7 0 0 1)、発電電規程(J E A C-5 0 0 1)  
発電所等における騒音振動防止対策指針(J E A G 5 0 0 1)

(4) 仕様書、指針など

- ①電気設備計画設計技術指針(高低圧編)(農林水産省)
- ②同 上 (特別高圧編)(農林水産省)
- ③土木工事共通仕様書・施設機械共通仕様書(農林水産省)
- ④各工事毎に作成する特別仕様書

4.8.6 試験(自主検査)

試験は各部品、製品あるいは設備の構造・寸法・性能などが、所定の仕様・規格・基準などに合格し、実用上支障のないものであることを最終的に確かめるために行われるものである。

ここでは、次の試験項目について述べる。

- (1) 接地抵抗測定
- (2) 絶縁抵抗測定
- (3) 絶縁耐力試験
- (4) 保護継電器試験
- (5) 騒音測定
- (6) 振動測定
- (7) 配管圧力試験

(1)接地抵抗測定

電気回路は大地より絶縁して使用しなければならないが、感電災害の防止等のため電路の一部を接地することが認められている。

電技などで定められている接地工事の種類及び接地抵抗値は4.5接地工事の表4.5-1のとおりである。接地抵抗の測定方法は接地方式により表4.8-2の測定方法を適用することが望ましい。

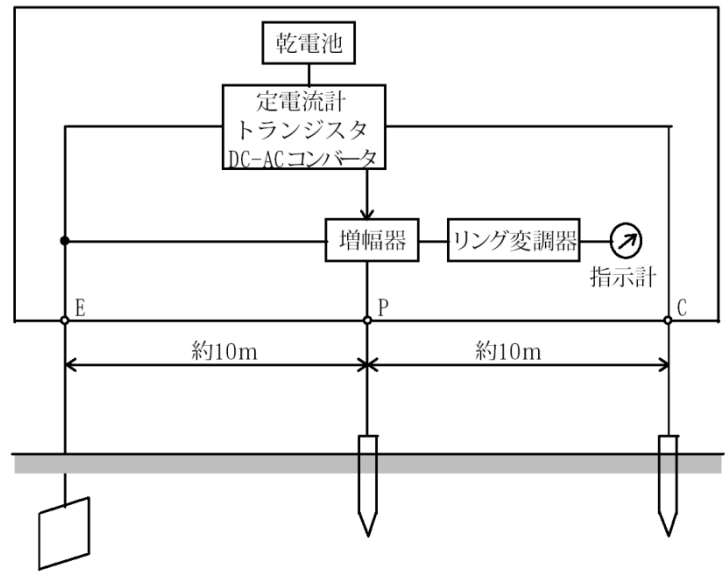
表 4. 8-2 接地抵抗測定方法の適用

| 接 地 方 式                    |                                     | 接地方法      |
|----------------------------|-------------------------------------|-----------|
| 単 独 接 地                    | 機器ごとに接地するもの                         | 直接式接地抵抗計に |
| 連 続 接 地                    | いくつかの接地箇所を接続して接地するもの                | よる。       |
| 広い面積にわたる<br>網状（メッシュ）接<br>地 | 特に低い接地抵抗が要求され、接地線を網状に埋設し、各交点で接続するもの | 電圧降下法による。 |

a. 接地抵抗計による測定方法

接地抵抗の測定に採用されている最も一般的な方法である。接地抵抗計は電池式が多く使用され、端子E、P、Cが設けられている。端子Eは被測定接地極に、端子P、Cは補助接地極に適切な距離を設けて接続する。

測定回路例を図4.8-1に示す。



- E：被測定接地端子
- P：補助接地端子（電圧検出用）
- C：補助接地端子（電流供給用）

図 4. 8-1 接地抵抗計の測定回路例

接地抵抗計には次のような器具が設けられている。

- 目盛ダイヤル …………… 抵抗値を読み取る
- 指示計 …………… 検流計、電圧計、電池チェック
- 押釦スイッチ …………… 接地抵抗測定時に使用する。
- 切換スイッチ ……………  $\Omega$  …………… 接地抵抗測定  
V …………… 接地電圧測定  
B …………… 電池電圧測定

接地抵抗計を使用した、接地抵抗測定手順の一例を表 4.8-3 に示す。

表 4.8-3 接地抵抗計による測定作業手順例

| 主 な 手 順                                | 留 意 点                                                             | 備 考                                 |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. 補助接地棒2本を施設し、P、C端子にそれぞれ接続する。         | a. 補助接地棒を被接地極と直線状に10m程度間隔に差し込む。<br>b. 接地棒を打ち込めない場所では補助接地網などを使用する。 | (a) 図 4.8-1 接地抵抗計の測定回路例参照           |
| 2. 被接地極をE端子を接続する。                      |                                                                   |                                     |
| 3. 切換スイッチをBにして内蔵電池の良否を確認する。            |                                                                   |                                     |
| 4. 切換スイッチをBからVの電圧レンジに切換ながらEP間の電圧を測定する。 | 漏洩地絡電流のないことを確認する。                                                 | EP間の接地電圧Vが10V以上あるときは調査のうえ原因箇所を除去する。 |
| 5. 切換スイッチをVから $\Omega$ の抵抗測定に切り換える。    | 抵抗値の大きいものから順次小さい方へ。                                               |                                     |
| 6. 検流計の指示が中央の零を指示するまでダイヤルを調整する。        | 押しボタンを片手で押し、片手でダイヤルを調整する。                                         |                                     |
| 7. 測定値を記録する。                           |                                                                   |                                     |

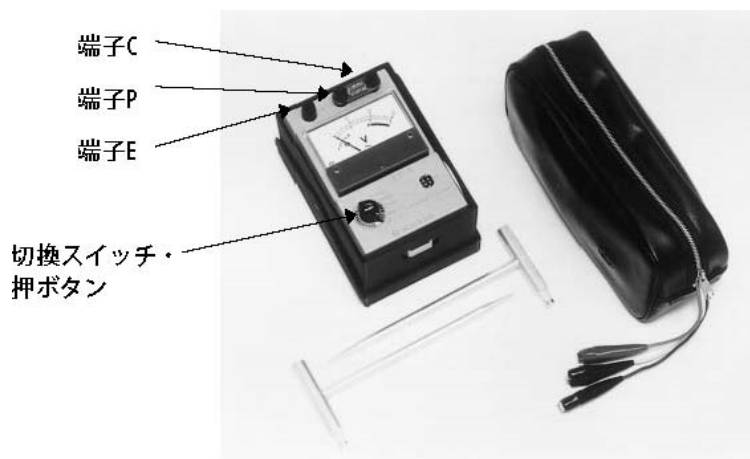


図 4.8-2 接地抵抗計の外観例

b. 電圧降下法による測定方法

電圧降下法による測定方法は測定誤差が小さく発電所などに施設される格子状接地のように低抵抗値の測定に採用される。

電圧降下法は図 4. 8-3 に示すような接地網と補助接地間に電流回路を設け、真空管電圧計を接地網と零電位大地間に接続して電流回路に約 20 [A] 以上の電流を正負極性を交換して流し、そのときのそれぞれの真空管電圧計の読みから求める。

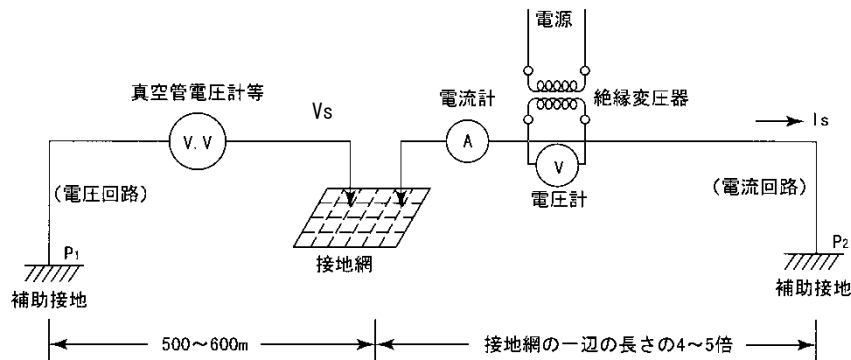


図 4. 8-3 電圧降下法による接地抵抗測定回路図

この測定値のベクトル図は図 4. 8-4 のようになり、測定結果から次式により校正値  $V_{s0}$  を求める。

$$V_{s0} = \sqrt{\frac{V_{s1}^2 + V_{s2}^2 - 2 V_0^2}{2}}$$

ここで、 $V_{s1}$  : 測定時の真空管電圧計等の読み [V]

$V_{s2}$  : 電流の極性を逆転したときの真空管電圧計等の読み [V]

$V_0$  : 電流回路の接地電流  $I_{s=0}$  における真空管電圧計等の読み [V]

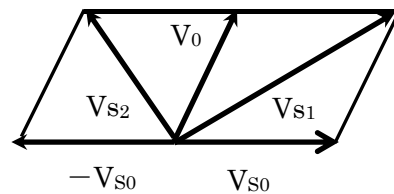


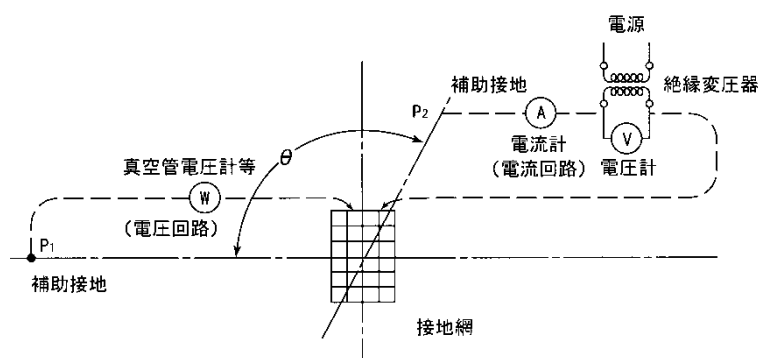
図 4. 8-4 ベクトル図

これから更に真の接地抵抗値  $R_0$  を次式から求める。

$$R_0 = V_{s0} / I_s \text{ [}\Omega\text{]}$$

測定時の注意事項

- ・ 電圧回路に対する誘起電圧を低減するため、電流回路は電圧回路と 90 度以上の交差角をとることが望ましい。図 4.8-5 に電流回路と電圧回路の交差角の関係を示す。また、同様の理由により、電圧回路は他の送配電線路とも、できる限り平行にならないよう考慮する。
- ・ 電流回路の電源が、1 線又は中性点を接地している場合は、必ず絶縁変圧器によって電流回路を電源回路から絶縁する。
- ・ 電圧測定には、真空管電圧計等内部抵抗の十分高い電圧計を使用する。
- ・ 電流回路の接地電源は、20 [A ] 以上とすることが望ましい。
- ・ 接地抵抗値は、電圧回路及び電流回路と接地網との接地点をいくつか変えて測定し、それらの平均値を求めることが特に望ましい。



$\theta$  : 電流回路と電圧回路の交差角

図 4.8-5 電流回路と電圧回路の交差角

(2) 絶縁抵抗測定

絶縁抵抗の測定は絶縁の良否あるいは劣化程度を判定するために行われ、絶縁抵抗計（メガー）によって測定される。

電路の絶縁抵抗の規定値を表 4.8-4 に示す。

表 4.8-4 電路の絶縁抵抗規定値

| 使用場所       | 電路の使用電圧区分 |              | 測定箇所                      | 最小絶縁抵抗値<br>〔MΩ〕                         | 電気設備技術基準 |
|------------|-----------|--------------|---------------------------|-----------------------------------------|----------|
| 低圧電路       | 300V 以下   | 対地電圧 150V 以下 | 電線相互間及<br>び電路と大地<br>間     | 0. 1                                    | 58 条     |
|            |           | その他の場合       |                           | 0. 2                                    |          |
|            | 300V 超過   |              |                           | 0. 4                                    |          |
| 低圧電線路の絶縁性能 |           |              | 低圧電線路中<br>絶線部分の電<br>線と大地間 | 低圧電圧に対する漏<br>えい電流が最大供給<br>電流の 1/2000 以下 | 22 条     |

高圧電路の場合は、絶縁抵抗値の規定はなく、絶縁耐力で規定されている。これは使用電圧が高くなると絶縁抵抗は気象条件等により大きく変動するため基準値を定めることが困難であることによる。

しかし、高圧電路における絶縁抵抗の測定は一つの目安として測定し、測定値の異常な変化を監視するには有効である。

機器に対しては JIS C 4034(1999)回転電気機械通則に示されている式が一応の目安となる。

- ・ 静止機器に対する絶縁抵抗の目安値算出式

$$\frac{\text{定格電圧 [V]}}{\text{定格出力 [kVA 又は kW] + 1000}} \quad [\text{M}\Omega]$$

- ・ 回転機器に対する絶縁抵抗の目安値算出式

$$\frac{\text{定格電圧 [V] + 1/3 \times (毎分回転数)}}{\text{定格出力 [kVA 又は kW] + 2000}} + 0.5 \quad [\text{M}\Omega]$$

電路の絶縁抵抗を測定する時は使用電圧に近い絶縁抵抗計を使用するのが普通である。表 4.8-5 に定格電圧別の使用例を示す。絶縁抵抗計の外観例を図 4.8-6 に示す。

表 4. 8-5 絶縁抵抗計の定格電圧別使用例

| 定格電圧〔V〕 | 主な使用例                                |
|---------|--------------------------------------|
| 1 2 5   | 低圧配電線及び低圧避雷器を有する通信回路並びに通信機器などの絶縁抵抗測定 |
| 2 5 0   | 通信回路及び通信機器の絶縁抵抗測定                    |
| 5 0 0   | 一般の絶縁測定                              |
| 1 0 0 0 | 高電圧用電気機器及び高電圧を使用する通信機器               |
| 2 0 0 0 |                                      |

(JIS C 1302(2018))



図 4. 8-6 絶縁抵抗計の外観例

絶縁抵抗計を使用する場合の手順の一例を表 4.8-6 に示す。

表 4.8-6 絶縁抵抗計の使用手順例

| 主 な 手 順                                 | 留 意 点                                                                                                | 備 考                                                              |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1. 絶縁抵抗計の（E）、（L）端子にそれぞれリード線を接続する。       | 内蔵電池電圧、リード線の導通試験、零点調整を行う。                                                                            | リード線把手のスイッチ・ボタン又はSW、TESTボタンを押して測定する。                             |
| 2. 測定対象物は停電させる。                         | (1) コンデンサー、ケーブル等、残留電荷を放電させる。<br>(2) 停電を検電器で確認する。                                                     |                                                                  |
| 3. （E）端子からのリード線を接地側に接続する。               | (1) （E）と（L）との接続を間違えぬこと。<br>(2) 保護端子（G）のある測定器で、表面漏洩抵抗の影響を除いて体積抵抗だけを測定したいときは、漏洩のある部分に電線を巻いて（G）端子に接続する。 | （E）と（L）の接続を間違えると測定値が多めに出るため使用上の安全を考え、線路端子は電源の一極側に、接地端子は＋極側に接続する。 |
| 4. 測定対象物に（L）端子からのリード線を接続する。             | 測定中にリード線がはずれないようにする。                                                                                 |                                                                  |
| 5. リード線把手のスイッチボタン又は絶縁抵抗計のSW、TESTボタンを押す。 |                                                                                                      |                                                                  |
| 6. 測定値を確認し記録する。                         | 測定値は、針の真上から正確に読む。                                                                                    |                                                                  |
| 7. 残留電荷の放電、検電器での確認                      | 接地線の接触はジスコン棒又は高圧ゴム手袋を使用して各線を接地放電させる。                                                                 |                                                                  |

### (3) 絶縁耐力試験

#### (a) 絶縁耐力試験の必要性和規定値

電気設備の新設又は増設工事が竣工した場合、あるいは故障した高圧機器を修理して再使用する場合、その他ケーブル機器等を長期間使用せずに放置してふたたび使用する場合などにおいて、これらの電気設備が長期間の運転に耐えるだけの絶縁耐力があるかどうか確認するために行う試験が絶縁耐力試験である。

絶縁耐力試験は電気設備技術基準に電路、回転機及び変圧器等に対し使用電圧に応じた試験電圧を10分間連続して回路一括と大地間に加えて異常があってはならないと定められている。

表 4.8-7 に試験電圧の規定値を示す。

また、高圧でケーブル亘長が比較的長い場合、静電容量が大きくなり、絶縁耐力試験を交流で行うと試験設備が大容量となるので、直流で絶縁耐力試験を行う。

この場合の試験電圧は交流試験電圧の2倍を印加する。

表 4.8-7 絶縁耐力試験値の規定値

| 試 験 物                               | 種 類                                                                                                                                                                                               | 試 験 電 圧                                                                                                      | 電気設備<br>技術基準                |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 電 路                                 | 1. 最大使用電圧が 7,000V 以下<br>2. 最大使用電圧が 7,000V を超え、<br>15,000V 以下の中性点接地式<br>3. 最大使用電圧が 7,000V を超え、<br>60,000V 以下(2 を除く)(以下略)                                                                           | 1. 最大使用電圧の 1.5 倍<br>2. 最大使用電圧の 0.92 倍<br>3. 最大使用電圧の 1.25 倍(10,500V 未<br>満の場合は 10,500V)                       | 解釈(2018)<br>第 15 条          |
| 回転機<br>(発電機、電動<br>機、調相機その<br>他の回転機) | 1. 最大使用電圧が 7,000V 以下<br>2. 最大使用電圧が 7,000V を超える<br>もの<br>試験方法:巻線と大地との間に印<br>可する。(回転変流機、整流器は略)                                                                                                      | 1. 最大使用電圧の 1.5 倍の電圧(500V<br>未満の場合は 500V)<br>2. 最大使用電圧の 1.25 倍の電圧<br>(10,500V 未満の場合は 10,500V)                 | 解釈(2018)<br>第 16 条<br>第 2 項 |
| 変 圧 器                               | 1. 最大使用電圧が 7,000V 以下の巻<br>線<br>2. 最大使用電圧が 7,000V を超え、<br>15,000V 以下の巻線であって中<br>性点接地式電路に接続するもの<br>3. 最大使用電圧が 7,000V を超え、<br>60,000V 以下の巻線(2 を除く)試<br>験方法:試験される巻線と他の巻<br>線、鉄心及び外箱との間に印可す<br>る。(以下略) | 1. 最大使用電圧の 1.5 倍(500V 未満の<br>場合は 500V)<br>2. 最大使用電圧の 0.92 倍<br>3. 最大使用電圧の 1.25 倍(10,500V 未<br>満の場合は 10,500V) | 解釈(2018)<br>第 16 条<br>第 1 項 |
| 器 具 等<br>(開閉器遮断器、<br>電力用コンデ<br>ンサ等) | 1. 最大使用電圧が 7,000V 以下<br>2. 最大使用電圧が 7,000V を超え、<br>15,000V 以下の器具等であって<br>中性点接地式電路に接続するも<br>の<br>3. 最大使用電圧が 7,000V を超え、<br>60,000V 以下(2 を除く)(以下略)                                                   | 1. 最大使用電圧の 1.5 倍(500V 未満の<br>場合は 500V)<br>2. 最大使用電圧の 0.92 倍<br>3. 最大使用電圧の 1.25 倍(10,500V 未<br>満の場合は 10,500V) | 解釈(2018)<br>第 16 条<br>第 6 項 |

(b) 絶縁耐力試験方法

現場で行う絶縁耐力試験には、一般的には絶縁耐力試験器を使用するか、5～30 [kVA] の柱上変圧器を組合せて行う。

また、亘長の長いケーブル等の場合は、直流耐電圧装置を用いる。

①絶縁耐力試験器による方法

絶縁耐力試験器には通常電圧計、電流計がセットされている。図4.8-7に絶縁耐力試験の例を示す。

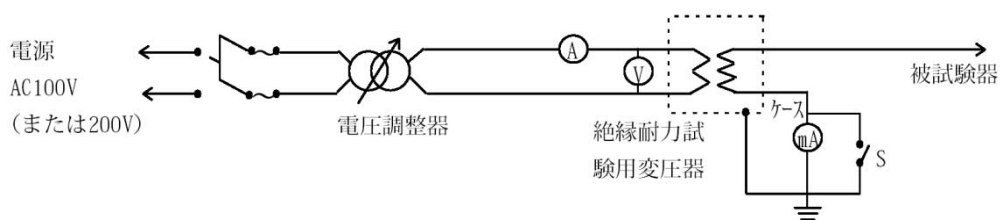


図4.8-7 絶縁耐力試験の例（電圧調整器使用）

電圧6.6kV 電路の場合、試験電圧は表4.8-7（電気設備技術基準の解釈14条）より、 $6,900 \times 1.5 = 10,350$  [V] となり、絶縁耐力試験器の1次、2次の電圧比を  $n$  とすれば、電圧計の指示値  $V_1$  が、 $V_1 = 10,350/n$  [V] となるように電圧調整をすることが必要である。なお、絶縁耐力試験器に組込れている専用電圧計は、試験電圧を直読できるよう換算されている。

(c) 試験手順例

現場における絶縁耐力試験を実施する場合の、高圧受電設備、高圧ケーブルの一般的な手順例を表4.8-8及び表4.8-9に示す。

表 4.8-8 高圧受電設備の絶縁耐力試験手順例

| 主 な 手 順             | 留 意 点                                                                                             | 備 考                                                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1. 受電室内外の点検         | a. 配線及び高圧機器等の点検を実施し、他物との接近接触の有無を確認する。<br>b. 各種高圧機器外箱の接地線取付を確認する。<br>c. 停電していることを検電器等で確認する。        | 必要に応じ引込用区分開閉器及び引込口 D S を開放する。                                            |
| 2. メガーによる絶縁抵抗の測定    | a. 各高圧機器の開閉器を全部入れて測定する。<br>b. 測定値は 6kV 機器では 6 MΩ 以上あることが望ましい。<br>c. 測定後回路の残留電荷を放電させる。             | 1,000V メガーを用いる。                                                          |
| 3. アレスター等の放電機器の取外し  | アレスター、接地変圧器、接地コンデンサ等の中性点接地線も取外す。                                                                  |                                                                          |
| 4. 変圧器の 2 次側開閉器の開放  | 変圧器 2 次側端子を短絡し、箱の接地とあわせて接地する。                                                                     |                                                                          |
| 5. 測定器及び被試験設備の接続    | a. 試験用変圧器の電圧側端子は 3 線を一括して接続し、接地側端子に接地線を接続する。<br>b. 接続用電線は他物と接触放電しないよう十分な隔離を保つ。<br>c. 電源部は最後に接続する。 | a. 図 4.8-7 参照<br>b. 試験電圧が高くなるので絶縁を十分考え、他物に接近しないように安全に切断接続が容易にできる場所に接続する。 |
| 6. 試験確認             | a. 屋外にも電圧が加わる場合には、監視者を配置する。<br>b. 結線図各部の開閉器が切りになっていることを確認する。                                      | 関係者全員に印加することを周知する。                                                       |
| 7. 電源開閉器の投入         |                                                                                                   |                                                                          |
| 8. 電圧調整             | a. 電圧調整器により電圧を序々に昇圧させる。<br>b. 7,000V まで上昇したら一時ストップし異常ないことを確認し、規定値まで昇圧させる。                         | 漏洩電流計の読みも同時に行ない、これを記録する。                                                 |
| 9. 時間の測定            | 規定印加電圧になった時点より 10 分間連続して印加する。                                                                     | 印加中は静かにして発煙、異常音等に注意する。                                                   |
| 10. 電圧の 0 V 降圧      | 試験終了後、電圧を徐々に降圧させ 0 V にする。                                                                         |                                                                          |
| 11. 電源開閉器の開閉        |                                                                                                   |                                                                          |
| 12. 残留電荷の放電、検電器での確認 | 接地線の接触はジスコン棒又は高圧ゴム手袋を使用して各線を接地放電させる。                                                              |                                                                          |
| 13. 試験終了            | a. 各測定器の接続を取外す。<br>b. 変圧器 2 次側短絡接地を取外す。<br>c. 記録の整理をする。                                           | a. 電源側から<br>b. 試験終了を関係者に周知する。                                            |

表 4.8-9 高圧ケーブルの絶縁耐力試験手順例

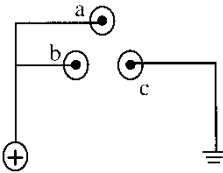
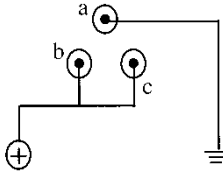
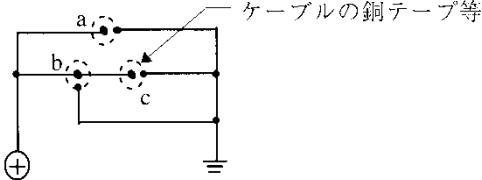
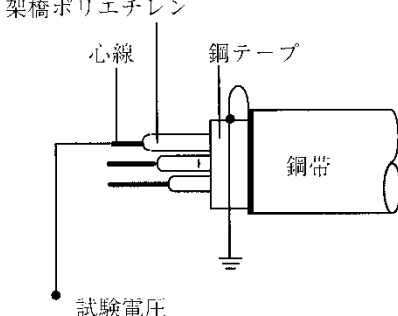
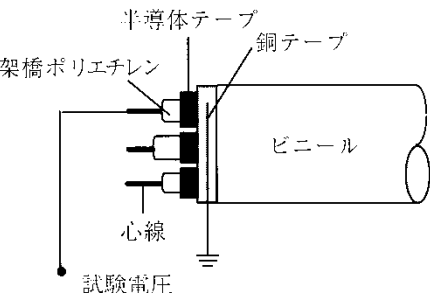
| 主 な 手 順          | 留 意 点                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 備 考                                                                                                          |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 試験装置の容量選定     | a. ケーブルの種類、太さ、亘長の確認<br>b. ケーブルの対地静電容量を調べ耐圧試験電圧が加わったときの充電電流に対してもゆとりのある容量を選定する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 試験容量<br>$P \text{ [kVA]} = \omega C E^2 \times 10^{-9}$<br>ただし、<br>C: ケーブルの対地静電容量 [ $\mu F$ ]<br>E: 試験電圧 [V] |
| 2. メガーによる絶縁抵抗の測定 | a. ケーブルの端末は他物から完全にきりはなしておく。<br>b. 対地間、線間の絶縁抵抗を測定する。<br>c. 測定後回路の残留電荷を放電させる。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1000V メガーを用いる。                                                                                               |
| 3. 測定器及びケーブルの接続  | a. 接続用電線は他物と接触放電しないよう十分な離隔を保つ。<br>b. 電源部は最後に接続する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | a. 図 4.8-7 参照<br>b. 試験電圧が高くなるので絶縁を十分考え、他物に接近しないように安全に切断接続が容易にできる場所に接続する。                                     |
| 4. 試験方法及びケーブルの接続 | <p>a. 試験方法</p> <p>①シールドの無い場合</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>第 1 回目</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>第 2 回目</p>  </div> </div> <p>②シールドのある場合</p>  <p>b. ケーブルヘッド等端末処理をしてない場合の接続は下図による。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>①鋼帯がい装ケーブル</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>②C Vケーブル</p>  </div> </div> |                                                                                                              |

表 4. 8-9 高圧ケーブルの絶縁耐力試験手順例(続き)

| 主 な 手 順           | 留 意 点                                                       | 備 考                |
|-------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------|
| 5. 試験確認           | a. ケーブルが長い場合は端末側にも監視者を配置する。<br>b. 結線図各部の開閉器が切になっていることを確認する。 | 関係者全員に印加することを周知する。 |
| 6. 電源開閉器の投入～試験の終了 | これ以降の手順については表 4. 8-8、主な手順の 9 以下に同じである。                      |                    |



図 4. 8-8 絶縁耐力試験装置外観例

(4) 保護継電器試験

(a) 地絡継電器試験

① 地絡継電器の性能

高圧地絡継電器と、これに組合せて使用する零相変流器の定格事項や主な性能については、JIS C 4601 (1993) (高圧受電用地絡継電装置) に規定されている。表 4.8-10 に JIS C 4601 から抜粋した主な性能について示す。

表 4.8-10 地絡継電器の性能

| 試 験 種 別    | 試 験 方 法                                                      | 合 否 判 定 基 準                                                                                                                                  |           |      |           |           |           |           |
|------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1．不動作試験    | 零相変流器の1次側の任意の1線に整定電流の80％に相当する電流を急激に流す。                       | 継電器は動作してはならない。                                                                                                                               |           |      |           |           |           |           |
| 2．最小動作電流試験 | 零相変流器の任意の1線に電流を除々に流し、継電器が動作するときの電流値を求める。この試験は各整定タップについて5回行う。 | 整定電流値に対して、いずれもその差が±10％の範囲でなければならない。                                                                                                          |           |      |           |           |           |           |
| 3．動作時間特性試験 | 零相変流器の1次側の任意の1線に整定電流値の130％及び400％の電流を急激に流す。この試験は各整定タップについて行う。 | 動作時間は次の範囲内に収まらなければならない。                                                                                                                      |           |      |           |           |           |           |
|            |                                                              | <table><tr><th>試験電流</th><th>動作時間</th></tr><tr><td>タップ値の130％</td><td>0.1～0.3 秒</td></tr><tr><td>タップ値の400％</td><td>0.1～0.2 秒</td></tr></table> | 試験電流      | 動作時間 | タップ値の130％ | 0.1～0.3 秒 | タップ値の400％ | 0.1～0.2 秒 |
|            |                                                              | 試験電流                                                                                                                                         | 動作時間      |      |           |           |           |           |
|            |                                                              | タップ値の130％                                                                                                                                    | 0.1～0.3 秒 |      |           |           |           |           |
| タップ値の400％  | 0.1～0.2 秒                                                    |                                                                                                                                              |           |      |           |           |           |           |
|            |                                                              |                                                                                                                                              |           |      |           |           |           |           |
|            |                                                              |                                                                                                                                              |           |      |           |           |           |           |

地絡継電器の外観例を図 4.8-9 に示す。

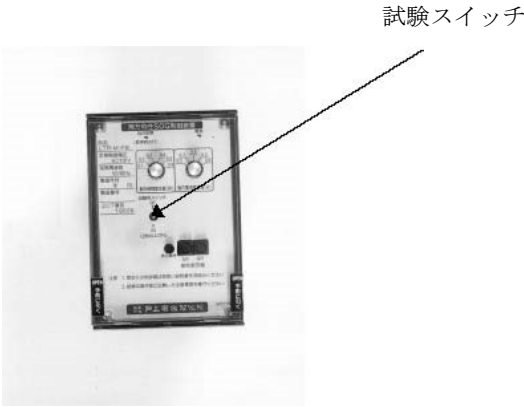


図 4.8-9 地絡継電器の外観例

② 地絡継電器試験方法

ここでは受電を停止させて実施する点検の際における地絡継電器の一般的な試験方法について説明する。

試験に入る前に表 4.8-11 に示すような測定器、工具、安全装備器具を用意する。

図 4.8-10 に地絡継電器の動作試験結線図例示す。図 4.8-10 に基づく試験手順例を表 4.8-12 に示す。

表 4.8-11 測定器、工具及び安全装備器具一般表

| No. | 測定器及び附属品  | 単位 | 数量 | No. | 工具及び安全装備  | 単位 | 数量 |
|-----|-----------|----|----|-----|-----------|----|----|
| 1   | 保護継電器試験器  | 式  | 1  | 1   | 高圧活線用ゴム手袋 | 双  | 1  |
| 2   | 附属電線（コード） | 式  | 1  | 2   | 〃 皮 〃     | 〃  | 1  |
| 3   | ビニールテープ   | 巻  | 1  | 3   | 〃 ゴム長靴    | 足  | 1  |
| 4   | メガー（250V） | 個  | 2  | 4   | 高圧検電器     | 本  | 1  |
|     |           |    |    | 5   | 低圧検電器     | 〃  | 1  |
|     |           |    |    | 6   | 低圧ゴム手袋    | 双  | 1  |
|     |           |    |    | 7   | ペンチ       | 丁  | 1  |
|     |           |    |    | 8   | ドライバー     | 本  | 1  |
|     |           |    |    | 9   | ナイフ       | 丁  | 1  |

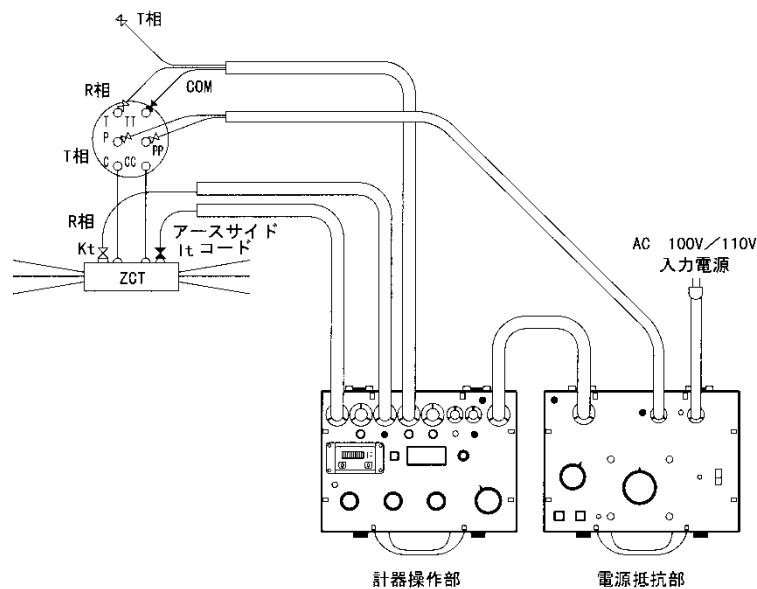


図 4.8-10 地絡継電器の動作試験結線図例

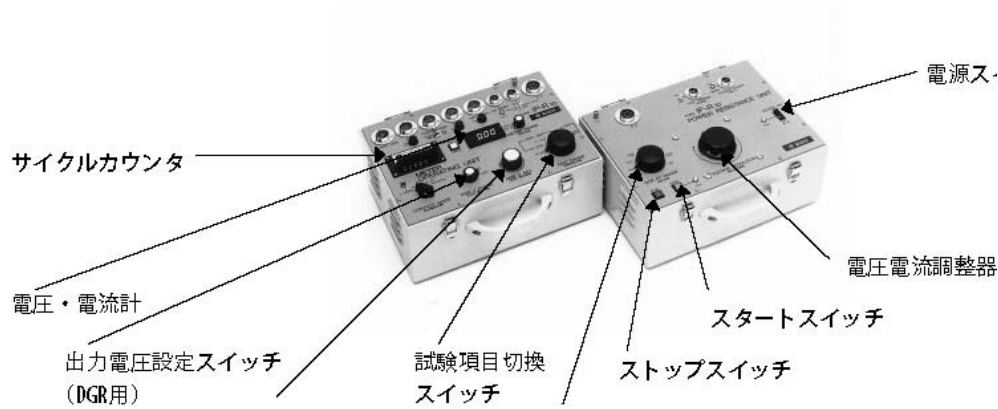


図 4.8-11 保護継電器試験器の外観例

表 4.8-12 地絡継電器の試験手順例

| 主 な 手 順        | 留 意 点                                                                                                                                                            | 備 考                                                                                           |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 設備の点検       | a. 停電確認をし、DS を開放する。<br>b. 検電器で充電の有無を確認する。                                                                                                                        | CB 及び引込口 DS 開放後アースフックの取付をする。                                                                  |
| 2. 試験用配線の接続と点検 | a. 零相回路の試験用配線は ZCT の試験用端子 ( $k_t$ , $L_t$ ) に接続する。<br>b. 試験用電源 (AC100V) を接続する。<br>c. 制御配線及び試験用配線の絶縁抵抗を確認する。<br>d. GR 端子部分で PT からの電源 (P, PP) を外し結線図のように試験電源を接続する。 | J I S では ZCT 1 次側任意の 1 線の両端子に接続するようになっているがどちらでも良い。<br>制御配線は ZCT 2 次側接地及び GR の入力端子の接続を一時外して測る。 |
| 3. 結線の確認       | 試験配線を確認し、GR の整定タップが適正值にあることを確認する。<br>試験装置の切換スイッチが GR 試験位置レンジにあるかまた、計器が電流測定可能であるか確認する。                                                                            |                                                                                               |
| 4. 試験電源の投入     | 電圧電流調整器を最低の位置にあるか確認し、電源スイッチを「ON」にする。                                                                                                                             |                                                                                               |
| 5. 電流の通電       | スタートスイッチを押し、電圧電流調整器を徐々に回し、電流を流す。電流計の指示が整定電流値に達すると継電器は動作する。電圧電流調整器を「0」に戻して、ストップスイッチを押す。継電器の復帰ボタンを押す。                                                              | スタートスイッチを押す前に試験ボタンにより継電器の動作を確認する。                                                             |
| 6. 動作電流測定      | 5項の操作を各整定タップで行いCBが動作したときの電流値を読む。                                                                                                                                 |                                                                                               |
| 7. 限時特性測定      | スタートスイッチを押し電圧電流調整器を回して、整定タップの 130%及び 400%に合わせる。ストップスイッチを押す。サイクルカウンタが零を確認する。再び、スタートスイッチを押す、継電器が動作し、サイクルカウンタが停止する時間を測定する。<br>二回試験を行い、平均値を取る。                       |                                                                                               |
| 8. 試験用電源の開放    | 電圧電流調整器を「0」に戻し、電源スイッチを「OFF」する。                                                                                                                                   |                                                                                               |
| 9. 特性の検討       | 継電器の整定電流値に対して動作電流及び時間の定められた誤差範囲内にあるかを検討する。                                                                                                                       | JIS C 4601 参照                                                                                 |
| 10. 復帰確認       | a. 停電確認。<br>b. 試験用配線を撤去し、GR の制御配線を試験前の状態に復帰する。<br>c. 復旧の再確認をし試験終了とする。<br>※CB の開放を確認し DS を投入する。その CB を投入して受電状態の異常の有無を確認後継電器試験ボタンにより再確認をする。                        | 設備が引続いて停電状態かを確認。                                                                              |

### ③試験結果の検討

試験によって得られたデータをもとに、地絡継電器の機能や、配電用変電所に取り付けられている継電器との協調がとれているか検討することが重要である。

需要家用地絡継電器は、零相変流器と組合せて使用するものであるから、試験もそれぞれ単独に行なわず、総合的な特性を検討する方が良い。

また、事故その他で片方だけを取り替えるような場合は、試験のやりなおしが必要である。

J I Sに規定されている動作電流時間特性例を図 4. 8-12 に示す。

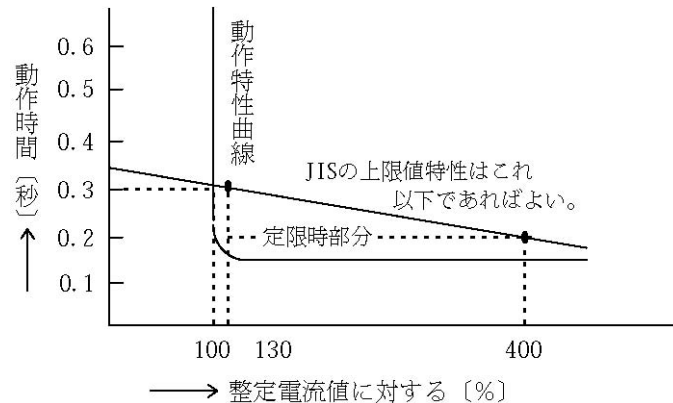


図 4. 8-12 高圧需要家用地絡継電器の電流時間特性例

試験結果が良と判定された場合でも日常の保守点検が重要である。そこで地絡継電器には簡単に試験が出来るよう、試験ボタンが内蔵されているので、月 1 度程度チェック試験をすることが望ましい。

この試験は零相変流器に試験電流を流さないで、地絡継電器に模擬入力を入れることにより、遮断器の動作を確認するものである。

### (b) 過電流継電器試験

過電流継電器においては、静止形継電器が採用され始めているが、ここでは現在多く採用されている誘導形過電流継電器について述べる。

①過電流継電器の性能

高圧需要家用誘導形過電流継電器の定格事項や性能については JIS C 4602(2017)（高圧受電用過電流継電器）に規定されている。

表 4.8-13 に JIS C 4602 から抜粋した主な性能について示す。また、その外観例を図 4.8-13 に示す。

表 4.8-13 過電流継電器の性能

| 試 験 種 別                    | 試 験 方 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 合 否 判 定 基 準                                                                                                                                                                      |                            |  |     |     |      |       |      |       |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--|-----|-----|------|-------|------|-------|
| 1．不動作試験                    | 瞬時要素を最小動作電流値とし、動作電流値の 80 %に相当する電流を急激に加える。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 継電器は動作してはならない。                                                                                                                                                                   |                            |  |     |     |      |       |      |       |
| 2．フローテング試験                 | 限時要素を最小電流整定値として動作時間整定レバーの 10, 7, 4 及び 1 の目盛位置における始動電流値を測定する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 始動電流値が整定値に対し、± 10% の範囲内でなければならない。                                                                                                                                                |                            |  |     |     |      |       |      |       |
| 3．動作電流特性試験                 | 動作時間整定レバーを 1 の目盛位置としたときの各整定値における動作電流値を測定する（限時要素、瞬時要素両要素について測定）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <table><tr><td colspan="2">整定値に対して誤差が下表の範囲内でなければならない。</td></tr><tr><td>項 目</td><td>性 能</td></tr><tr><td>限時要素</td><td>± 10%</td></tr><tr><td>瞬時要素</td><td>± 15%</td></tr></table> | 整定値に対して誤差が下表の範囲内でなければならない。 |  | 項 目 | 性 能 | 限時要素 | ± 10% | 瞬時要素 | ± 15% |
| 整定値に対して誤差が下表の範囲内でなければならない。 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                  |                            |  |     |     |      |       |      |       |
| 項 目                        | 性 能                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                  |                            |  |     |     |      |       |      |       |
| 限時要素                       | ± 10%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                  |                            |  |     |     |      |       |      |       |
| 瞬時要素                       | ± 15%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                  |                            |  |     |     |      |       |      |       |
| 4．動作時間特性試験                 | 限時要素を最小動作電流整定値とし、動作時間整定をnとして 300% 700%の電流を急激に加え、動作時間を測定する。<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br> |                                                                                                                                                                                  |                            |  |     |     |      |       |      |       |



図 4.8-13 過電流継電器の外観例

②過電流継電器試験方法

過電流継電器の試験に必要な機材は、表 4.8-14 に示すとおりである。

過電流継電器の試験を行う試験装置には電流調整器、サイクルカウンタ、電流計など必要器具一式が組み込まれた装置が一般に使用されている。この場合の試験方法について述べる。試験装置は地絡継電器の試験器と同一の試験器を使うことが多い。

過電流継電器の試験回路例を図 4.8-14 に、試験作業手順例を表 4.8-15 に示す。

表 4.8-14 測定器、工具および安全装備器具一覧表

| No | 測定器及び付属品  | 単位 | 数量 | No | 工具及び安全装置  | 単位 | 数量 |
|----|-----------|----|----|----|-----------|----|----|
| 1  | 保護継電器試験器  | 式  | 1  | 1  | 高圧活線用ゴム手袋 | 双  | 1  |
| 2  | 付属電線      | 式  | 1  | 2  | 〃 皮手袋     | 〃  | 1  |
| 3  | ビニールテープ   | 巻  | 1  | 3  | 〃 ゴム長靴    | 足  | 1  |
| 4  | メガー(250V) | 台  | 1  | 4  | 高圧検電器     | 本  | 1  |
|    |           |    |    | 5  | 低圧検電器     | 〃  | 1  |
|    |           |    |    | 6  | 低圧ゴム手袋    | 双  | 1  |
|    |           |    |    | 7  | ペンチ       | 丁  | 1  |
|    |           |    |    | 8  | ドライバー     | 本  | 1  |
|    |           |    |    | 9  | ナイフ       | 丁  | 1  |

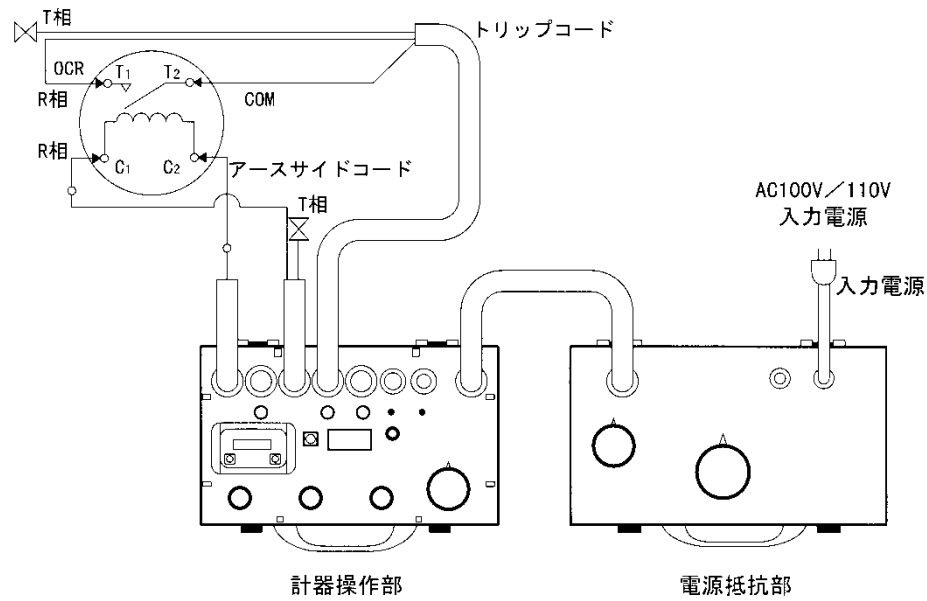


図 4.8-14 過電流継電器の試験結線図例

表 4.8-15 過電流継電器の試験手順例

| 主な手順           | 留 意 点                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 備 考                                       |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1. 設備の点検       | 停電を確認し、DS を解放する。<br>検電器で充電の有無を確認する。                                                                                                                                                                                                                                                              | 遮断器及び引込口 DS 解放後アースフックの取付をする               |
| 2. 試験用配線の接続と点検 | a. 受電盤の CT2 次配線を継電器の CT の端子若しくは盤面の試験用端子で取外し、CT の 2 次側端子を短絡する。<br>b. 試験用電源の極性を確認して、継電器試験器の電源コンセントを正確に接続する。<br>c. 制御配線及び試験配線の絶縁抵抗を確認する。<br>d. 試験用配線の確認を行い、OCR の整定タップ及びレバーが適正值にあることを確認する。<br>e. 試験装置の切換スイッチが OCR 試験位置にあるかまた、計器が電流測定可能であるか確認する。                                                      | CT の 2 次側接地線で試験回路に接地部分を作らないようにする。         |
| 3. 試験用電源の投入    | 電圧電流調整器が最低位置にあることを確認し、電源スイッチを投入する。                                                                                                                                                                                                                                                               | サイクルカウンタ動作を確認する。                          |
| 4. 最小動作電流測定    | 継電器の時限整定レバーを「10」にするスタートスイッチを押し、電圧電流調整器を徐々に増加し、OCR の C1～ C2 間に電流を徐々に流す、電流整定タップ近くになると円板が始動し、円板が完全に回転し、接点を閉じて止まる。そのときの電流値を読む。<br>電圧電流調整器を最低にし、電流を零としストップスイッチを押す二回試験を行い、平均値をとる。                                                                                                                      | 最小動作電流値を記録する。                             |
| 5. 動作時限測定      | 使用の整定電流タップの 300%、700% の各電流値について、時限レバーは「10」で試験を行う。<br>①スタートスイッチを押す。<br>②指先で円板を軽く押さえる（電流調整時のみ）<br>③電圧電流調整器を操作し、試験電流を素早く調整する。<br>④ストップスイッチを押す。<br>⑤サイクルカウンタは零にもどし、スイッチを入れる<br>⑥スタートスイッチを押すと、試験電流が流れ、同時にサイクルカウンタが回る。<br>⑦サイクルカウンタが停止したらストップスイッチを素早く押す。<br>⑧それぞれの試験電流でセットして動作時間を 2 回以上測定して、その平均値を求める。 | 試験電流の調整及び動作時間の測定では過大電流を長く流さないように素早く操作を行う。 |
| 6. 他の OCR 特性試験 | 前記試験に準じて、他の OCR について試験を行う。                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                           |
| 7. 特性の検討       | 各試験点の動作特性と銘板の特性曲線との関係が適当であるかを検討する。                                                                                                                                                                                                                                                               |                                           |
| 8. 復元確認        | 停電確認<br>試験用配線を撤去して、CT と OCR の制御配線を試験前の状態に復元する。<br>継電器の設定を試験前の状態に戻す。<br>設備が試験前の状態に復帰し、使用に支障のないことを確認して試験を終了する。                                                                                                                                                                                     | 設備が引き続いて停電状態であることを確認する。                   |

### ③試験結果の検討

継電器によって、各種の特性があり、すべての場合に共通する良否判定の基準を定めることはできない。したがって、一般的には、継電器メーカー側の保証値、標準特性、購入受入時の試験記録などを考慮して判断することが必要である。

この場合の判断基準の一例を示す。

ア) 前回の試験記録と比較し、その差が前回測定値の± 10 [%] 以上あるもの。

イ) 表 4.7-13 の特性値の誤差範囲以外のもの。（動作時間には、遮断器の動作時間（3～8Hz）が含まれていないので注意が必要である。）

ウ) 動作表示器が動作しないもの。

エ) 絶縁抵抗値が2 [MΩ] 以下であるもの。

過電流継電器は、その性質上常に動作待機状態におかれているので、運転中に継電器の機能を点検することは困難で、定期試験による検討が必要となる。

また、日常の外見上の点検によっても、不良の要因を発見することが可能で、運転中でも異常のないことを確認するよう心掛けることが必要である。

### (5) 騒音測定

騒音規制法により指定された地域内に設置される発電所などにおいて発生する騒音は、発電所などの敷地境界線における騒音値として都道府県知事が定めた規制基準又は市町村条例による規制基準に適合されなければならない。

規制区域及び規制基準は、参考資料 7.1.6 騒音規制法令に基づく手続の「騒音規制区域区分の規制基準」に記載されているように4種類の区域区分と昼間、朝・夕、夜間の時間区分に区別された規制基準が定められている。

規制基準は環境庁長官が定める基準の範囲内において、都道府県知事が具体的な規制基準値を定めている。また、都道府県知事により定められた規制基準値は、地域全体について広域な観点から定められているため、各市町村においては地域の事情から十分でないと認められる場合には、市町村がより厳しい基準値を定めている。

#### a. 騒音の測定方法

騒音の測定方法は JEAG 5001 (2015) 「発電所等における騒音振動防止対策指針」に記載されている。次に「発電所における騒音防止対策指針」に基づく測定方法を示す。

### ①騒音の測定個所

測定個所は、原則として表 4.8-16 により発電電所などの境界線に沿ってほぼ等間隔に選定する。ただし、敷地境界が山岳、河川、海など明らかに住居として不適合と認められるところに接している箇所又は高速道路、飛行場など暗騒音が著しく大きい所に接している箇所は除外することができる。

表 4.8-16 標準測定個所数

| 敷地境界の周辺長さ | 300m未満 | 300m以上<br>500m未満 | 500m以上<br>1,000m未満 | 1,000m以上<br>2,000m未満 | 2,000m以上<br>3,000m未満 | 3,000m以上 |
|-----------|--------|------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------|
| 標準測定箇所数   | 12     | 16               | 20                 | 24                   | 32                   | 40       |

### ②測定位置

測定位置は、原則として地表上 1.2 m とする。

ただし、敷地境界に一般公衆の立入りを禁止する目的のために設置した塀などがある場合は、塀などの上端より 0.3 m 上部とする。

### ③測定用計器

測定用の計器は、JIS C 1509-1 (2017) (電気音響—サウンドレベルメーター (騒音計) —) に規定された騒音計又は国際電気標準会議の Pub. 179 に定める精密騒音計を使用する。

### ④測定方法

測定方法は、「発電電所などの騒音レベル測定法」で定める事項以外については JIS Z 8731 (1999) (環境騒音の表示・測定方法) によって行う。

#### ア. 騒音計の動特性の使い方

騒音計の動特性は、騒音がほぼ一定な連続音の場合は、緩 (Slow) を使って測定する。

また、比較的急激に大幅な変動が起こる場合は、速 (Fast) を使って測定する。

#### イ. 聴感補正回路の使い方 測定スケールは、聴感補正回路の A 特性を使用する。

### ⑤騒音レベルの決め方

騒音レベルの決め方は、騒音計の指示の時間変化の仕方により、それぞれ次の区分に応じて決定する。

ただし、測定の対象とする音以外の一時的な外来音は除外する。

ア. 騒音計の指示値が変動しない又は変動が少ない場合は、その指示値をもって騒音レベルとする。

イ. 騒音計の指示値が周期的又は間欠的に変動し、その指示値の最大値がおおむね一定の場合は、その変動ごとの指示値の最大値を読みとり、数回の平均値をもって騒音レベルとする。

ウ. 騒音計の指示値が不規則かつ大幅に変動する場合は、測定値の 90 % レンジの上端の数値をもって騒音レベルとする。

⑥騒音の決め方

発電所などの騒音を決めるには、暗騒音の影響を除くため次の①及び②の区分に応じてそれぞれ合成音と暗騒音を求め、その差から表 4.8-17 により合成音の補正を行い、発電所などの騒音とする。

表 4.8-17 補 正 値

| 単位 dB(A)               |    |    |   |   |   |   |   |
|------------------------|----|----|---|---|---|---|---|
| 敷地境界において測定された合成音と暗騒音の差 | 3  | 4  | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 補 正 値                  | -3 | -2 |   |   |   |   |   |

[備考] 1. 差が 10dB 以上あるときは、暗騒音の影響がないことを示し、補正の必要はない。

2. 差が 3 dB 未満のときは、暗騒音の方が大きいことを示す。

ア. 音源が停止できる場合

前記の測定方法によって、発電所などの機器が平常運転されている場合の敷地境界線上の騒音レベルを測定し、合成音とする。

次に、音源を停止した状態における敷地境界線上の騒音レベルを測定し、暗騒音とする。

イ. 音源が停止できない場合

発電所などの音源から、敷地境界線上の測定箇所を結ぶ線上及びその延長線上の各点で合成音の測定を行い、音源からの距離による減衰曲線をえがき、次の方法によって暗騒音を決める。

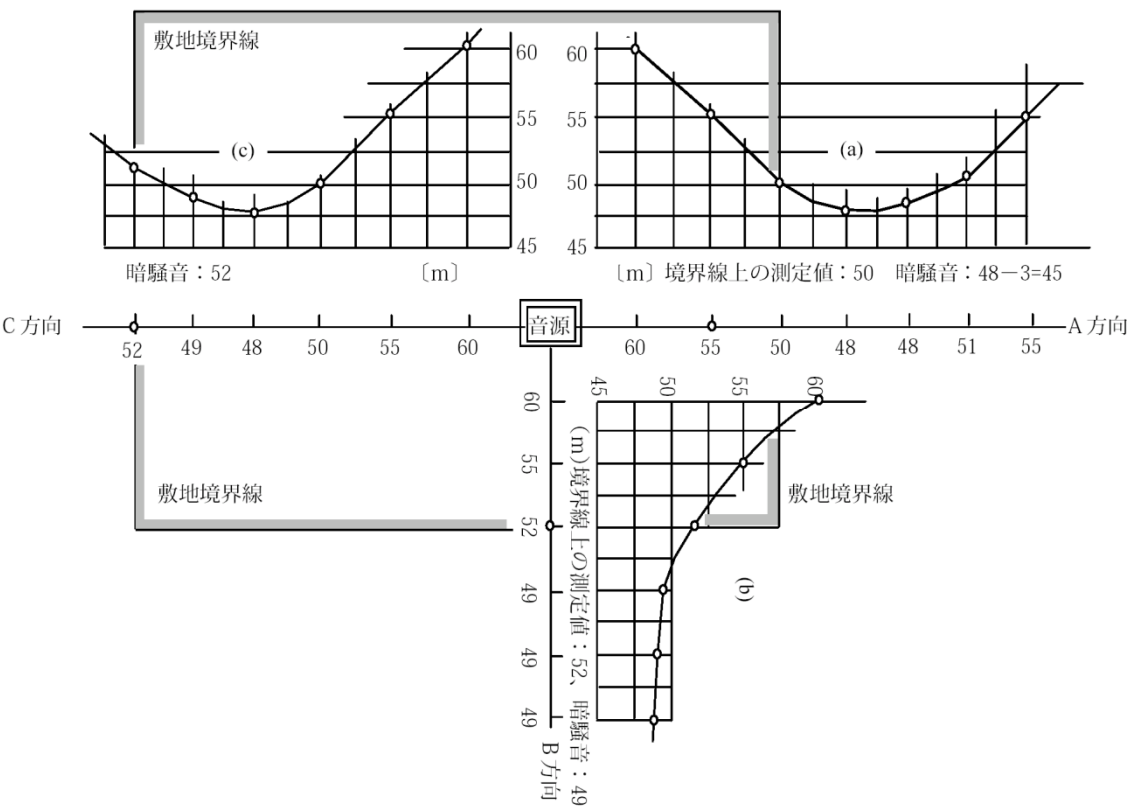


図 4.8-15 音源からの距離減衰例

- i 合成音の距離減衰曲線の最低値が発変電所などの敷地の境界外にある場合は、その最低値から3〔dB〕を減じた値を発変電所などの騒音とみなす。（図4.8-15(a)）
- ii 合成音の距離減衰曲線が外部方向に向かって漸減する場合は、その収れん値を発変電所などの暗騒音とみなす。（図4.8-15(b)）
- iii 合成音の距離減衰曲線の最低値が発変電所などの敷地境界内にある場合は、境界線上の測定値を発変電所などの暗騒音とみなす。（図4.8-15(c)）

⑦測定上の注意

騒音レベルの測定に当っては、次に示すような反射音、気象条件、騒音計の特性及び暗騒音の影響などに注すること。

ア．測定音の温湿度範囲は、温度5～35〔℃〕、湿度45～85〔%〕とすること。

イ．マイクロホンの指向性に注意すること。

ウ．マイクロホンに風が当たると測定が著しく変化するので、マイクロホンに風防スクリーンを取り付け、風に向かっての測定を避けるなど注意すること。また、風速が連続して3〔m/s〕を越すような場合は、樹木の音が入るなど暗騒音の変動が大きくなるので、屋外での騒音測定は注意すること。

エ．強い電界内あるいは電磁場内で測定する場合は、マイクロホン及びコードへの誘導により誤差を生ずることがあるので注意すること。

オ．マイクロホンに振動が伝わると測定値に誤差を生ずることがあるので注意すること。

カ．暗騒音あるいは自動車の警笛など不規則に発生する周囲騒音により誤差を生じないように注意すること。

キ．マイクロホン又は音源の近くには大きい反射体があると、音源からの音だけでなく、反射体からの反射音も加わるため測定誤差を生ずるので注意すること。

ク．測定結果の記録には、測定用計器の仕様（型名、製造番号）、測定者名、測定日時（曜日）、気象状況、測定場所の立地状況など測定条件として必要な事項を付記しておくこと。



図4.8 -16 騒音計の外観例

## (6) 振動測定

振動規制法により指定された地域内に設置される発電所などにおいて発生する振動は、発電所などの敷地境界において都道府県知事が定めた規制基準又は市町村条例による規制基準に適合されなければならない。

規制基準は環境庁長官が定める基準の範囲内において、都道府県知事が具体的な規制基準を定めている。また、都道府県知事により定められた規制基準は、地域全体について広域な観点から定められているため、各市町村においては地域の事情から十分でないと認められる場合には、市町村がより厳しい基準を定めている。

### a. 振動の測定方法

振動の測定方法は JEAC 5001 (2017) 「発電電規程」に記載されている。

次に「発電電規程」に基づく振動の測定方法を示す。

- ① 振動の測定箇所測定箇所は、原則として表 4.8-18 より発電所の境界に沿ってほぼ等間隔に選定する。

表 4.8-18 標準測定箇所数

| 敷地境界の<br>周辺長さ | 300m未満 | 300m以上<br>500m未満 | 500m以上<br>1,000m未満 | 1,000m以上<br>2,000m未満 | 2,000m以上<br>3,000m未満 | 3,000m以上 |
|---------------|--------|------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------|
| 標準測定<br>箇所数   | 12     | 16               | 20                 | 24                   | 32                   | 40       |

### ②振動の測定

#### ア. 測定用計器

振動の測定は、JIS C 1510(1995)「振動レベル計」に定める振動レベル計又はこれと同程度以上の性能を有する測定器を用いて行うものとする。この場合において、振動感覚補正回路は鉛直振動特性を、動特性は JIS C 1510 に定めるものを用いることとする。

#### イ. 測定方法

振動の測定方法は、次のとおりとする。

##### i. 振動ピックアップの設置場所は、次のとおりとする。

- a) 緩衝物がなく、かつ、十分な踏み固めなどの行われている堅い場所
- b) 傾斜及びおうとつがない水平面を確保できる場所
- c) 温度、電気、磁気などの外部条件の影響を受けない場所

##### ii. 暗振動の影響の補正は、次のとおりとする。

測定の対象とする振動に係る指示値と暗振動(当該測定場所において発生する振動で当該測定の対象とする振動以外のものをいう。)の指示値の差が 10dB 未満の場合は、測定の対象とする振動に係る指示値から次の上欄に掲げる指示値の差ごとに同表の下欄に掲げる補正値を減ずるものとする。

表 4. 8-19 に補正值を示す。

表 4. 8-19 補 正 値

単位：〔dB〕

| 指示値の差 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|
| 補 正 値 | 3 | 2 |   | 1 |   |   |   |

(備考) 1. 差が 10dB 以上あるときは暗振動の影響がないことを示し補正の必要はない。  
2. 差が 3 dB 未満のときは暗振動の方が大きいことを示す。

ウ. 振動測定値の決定

振動測定値の決定は、次のとおりとする。

- i. 測定器の指示値が変動しない又は変動が少ない場合は、その指示値とする。
- ii. 測定器の指示値が周期的又は間欠的に変動する場合は、その変動ごとの指示値の最大値の平均とする。
- iii. 測定器の指示値が不規則、かつ、大幅に変動する場合は、5 秒間隔で、100 個又はこれに準ずる間隔、個数の測定値の 80 パーセントの上端の数値とする。



図 4. 8-17 振動計の外観例

(7)配管圧力試験

非常用発電装置の施工において、原動機本体と付属機器間を連結する燃料油、冷却水、始動空気などの各系統の配管は、水漏れ、油漏れ、空気漏れなどのないように施工しなければならない。

そのため、各配管を機器に接続するまえに配管接続部の良否を確認する必要がある。

確認の方法は、各配管の圧力試験を表 4.8-20 に基づき行う。

表 4.8-20 配管圧力試験

| 配管種別 | 圧 力                            | 最小保持時間〔分〕 |
|------|--------------------------------|-----------|
| 燃料系統 | 最大使用圧力の 1.5 倍                  | 3 0       |
| 水系統  | 最大使用圧力の 1.5 倍<br>(最小は 0.75Mpa) | 3 0       |
| 蒸気系統 | 最大使用圧力の 2 倍<br>(最小は 0.2Mpa)    | 3 0       |
| 空気系統 | 最大使用圧力の 1.25 倍                 | 3 0       |

(始動空気系配管は、油圧試験としてもよい)

(大臣官房官庁営繕部 公共建築工事標準仕様書(機械設備工事編)(H28.2))