

建築物等の避雷設備(避雷針) 解説

この解説は、本体及び附属書に規定した事柄、並びにこれらに関連した事柄を説明するもので、規格の一部ではない。

I. 今回の改正について 今回の改正は、SI化第3段階への移行及び項目配列順序、用語、字句などをJIS Z 8301(親絡票の様式)や最近の建築関係の規格に合わせるための形式的な改正である。

SI化については、日本工業規格における国際単位系(SI)の導入の方針について[第399回日本工業標準調査会標準会議議決(平成2年6月1日)]及び第288回日本工業標準調査会建築部会で承認された方式に従って、第3段階への移行を行った。

この改正案は、平成3年11月12日開催の第233回日本工業標準調査会建築部会(部会長 岸谷孝一 日本大学教授)において審議、議決された。

II. 前回(1981年)の改正について 今回(1992年)の改正は、I. に述べたように形式的改正であり、この規格の運用の参考として、前回改正の経緯及び改正の要点、並びに前回の原案を作成した避雷針専門委員会の構成表を次に再録しておく。

従来市街地建築物法(大正8年法律第37号)では、高さ65尺以上の建築物に適当な避雷設備を設けることが規定されているにすぎず、避雷針の具体的施工方法は都道府県の内規によって個々に指導されていたが、統一を欠くところがあった。

日本学術振興会雷災防止特別委員会は、昭和22年9月避雷針施工に関する標準仕様書(文献1)及び簡略案を制定し、一般に普及することを推奨した。昭和25年11月、市街地建築物法に代わり建築基準法(昭和25年5月24日法律第201号)が施行されるに当たり、避雷針の構造に関する技術基準を日本工業規格として制定することが要望され、昭和25年8月、日本工業標準調査会建築部会内に避雷針専門委員会が設置された。

その後審議を重ねること約2年、昭和27年8月にこの規格の制定を見たが、規格制定後も3年ごとに避雷針施工の実績と効果を再検討して内容を一層充実し、有効に適用できるように改正を加えてきた。

この規格制定の主旨は、建築基準法施行に当たり避雷針の基準を原則的に確立することにあったが、一般建築物のほかに危険物“危険物の規制に関する政令昭和34年9月26日政令第306号”及び火薬類“火薬類取締法施行規則第30条及び通商産業省告示第228号昭和31年6月28日”などを、取り扱う被保護物にも適用することが当然と考えられたので、これに関する避雷針の構造をも規定した。

従来の審議に当たっては、アメリカにおける避雷規定(文献2)などを参考とし、従来特定の都道府県において実施されていた避雷針に関する内規(文献3)及び前記日本学術振興会制定の標準仕様書などを再検討して一部の修正を行い、更に必要と思われる他の項目を追加した。

1972年の改正に当たっては、特に建築物の避雷設備に関する研究報告(文献12)及びイギリスにおける現行の避雷規定(文献10)を参考とした。

1981年の改正に当たっては、避雷設備材料の進歩、被保護物の建築様式、材料等の時代的変遷に即応した効果的な避雷工法を規定するように努めた。今回改正を行った主な点を要約すると、次のとおりである。

- (1) 規格の名称を“避雷針”から“建築物等の避雷設備(避雷針)”に改めた。
- (2) 雷撃を直接受けるための金属体を受雷部と総称することとした。

- (3) 可燃物と受雷部との最小離隔距離を30cmとし、不燃物とのそれは規定しないこととした。
- (4) 避雷導線として銅覆アルミニウム線を追加した。
- (5) 従来、避雷設備の総合接地抵抗は10Ω以下、各引下げ導線の単独接地抵抗値は20Ω以下と規定されていたが、今回、単独接地抵抗は50Ω以下と改めた。
- (6) 従来、鉄骨造・鉄筋コンクリート造・鉄骨鉄筋コンクリート造の被保護物における簡略法として規定されていた部分を正規の方法として取り扱うこととした。
- (7) 鉄骨造・鉄筋コンクリート造・鉄骨鉄筋コンクリート造の被保護物の基礎の接地抵抗の実測が極めて困難な場合の便法として、土壌の抵抗率と、大地と接触する基礎の面積とから接地極省略の可否を判定する方法を規定した。
- (8) 木造被保護物に対する避雷方法について新たに規定した。
- (9) 接地極の埋設深さについての規定を変更した。

この規格は、建造物等の避雷設備を設計又は施工する場合の原則的事項を規定したものである。以下、この規格の審議に当たって問題となった点、及び規格の運用に当たって注意すべき点について説明を加えることにする。

1. 適用範囲 この規格は、すべての建築物・工作物に適用するものであるが、特に工作物の意味を明確にするため、具体的に煙突・塔・油槽などを例示した。

なお、重要文化財などに避雷設備を取り付けるような場合も、この規格を準用することが望ましい。

最近テレビの普及が目覚ましく、既設の避雷設備をもった建築物で、その保護角より逸脱したと思われる高さにテレビアンテナが後から取り付けられたり、又は一般家屋でもアンテナが相当高く設置されている場合がある。したがって雷雨時にこれらに落雷し、火災、テレビ破壊、その他の危険を生ずる。

このようにテレビアンテナが避雷設備のような作用をする場合があるので、アンテナフィーダは引込口で接地しておくことが望ましい(直接に接地しなくともギャップを経て接地すればよい。)。この場合、接地抵抗は十分低くすることが望ましく、例えば避雷設備の接地があればこれに接続する。

昭和25年に施行された建築基準法では第33条に、高さ20mを超える建築物には有効な避雷設備を設けなければならないことになっているが、避雷設備の必要性は必ずしも高さだけによるものでなく、被保護物の種類や環境条件*による場合が多いので、20m以下のものも必要に応じ考慮することが望ましい。したがってこの規格では高さのいかにかわらず、広く一般に適用し得るためをとっている。

一方、法令による20m以上の建築物となると、大部分が鉄筋コンクリート造又は鉄骨造建物となる。このような建築物は雷に対してある程度の安全度をもつことは当然考えられるが、避雷設備がなかったために落雷による被害を受けた例もあり、また、はしごや雨どいを利用して不完全な避雷設備をしたために、かえって災害を起こす場合も予想されるので、この規格による避雷設備を設置することにした。

注* 雷の多い地方で付近に突出物のない野中の一軒家とか、雷雲との距離の近い山頂・山腹の建築物などがこれである。前者は雷撃の対象となる可能性があり、後者は保護範囲が狭くなるおそれがある。また雷撃を受けた家屋を屋根の種類別に検討した結果によると、草ぶき屋根の出火率は73.5%であるのに対し、鉄筋コンクリート造では0である。

2. 用語の意味 本項では、避雷設備の構造及び施工上特に必要と思われる用語を約束してその定義を示し、適用を明確にした。

ケージとは金網などによって被保護物を包む避雷設備と定義されているが、これは建築物の上面を覆うだけではなく、地面側も含めて、周囲を完全に包み込み、いわゆるファラデーケージを形成することを意味する。

むね上げ導体とは、むね・パラペット又は屋根の上などに沿って設置した避雷を目的とする導体と定義されており、建築物と密着して設置するか又は離して設置する場合もある。

3. 構造 構造においては、一般的構造物と危険物の貯蔵又は取扱いの用途に供する被保護物に設備する構造とに大別して規定したが、基準となるのは一般構造物の方で、危険物の方はこの一般構造物のほか本文に規定されているような項目及びその場合における特殊要求に基づく考慮が必要である。

また、受雷部・避雷導線を設けなくてもよい場合、その他特殊な方法を講ずる場合の施工方法及びその範囲を明確にした。

3.1.1 突針部

(1) **保護角** 避雷設備の保護角については、これまで理論的実験的に種々検討されており、従来の規格でも、それらを一応の根拠として60度という値が決められた。しかしながら、これまでの避雷の実績からみて、この値では必ずしも完全な保護を期待できないと考えられるようになった。一方、近年送電線の雷遮へいに関して、雷放電特性を考慮した雷遮へい理論が種々検討され、受雷部の保護角は建造物の高さ、雷撃電流の波高値によって広範囲に変わることが分かってきた(文献11)。すなわち、雷撃電流の波高値が小さいほど保護角は小さくなり、例えば60kA(発生頻度約10%)では約80度、20kA(発生頻度約50%)では約63度である。これより小さい電流値の雷撃に対して必ずしも100%の保護を期待できないおそれもあるが、電流値の小さいものは危険度が少ないこと、発生頻度が少ないこと、経済性などを考慮して一応この値を定めた。

(2) **突針部** 1972年以前の規格では、銅棒だけを規定し、その他のものは耐食性その他で不適当としていたが、最近の諸外国の規定(米、英、独)では銅のほか、アルミニウム使用を認めていること、我が国でも耐食アルミニウムが豊富に生産され、銅に比して経済的であることなどを考慮して、1972年の規格においてアルミニウムの使用を認めることとした。ただし、銅とアルミニウムの溶融点がそれぞれ、約1000℃及び600℃であることから分かるように、アルミニウム突針の先端は、銅のそれに比して、雷撃を受けた場合に溶けやすい。しかし、アルミニウムを使用する場合、溶融による突針部の短縮を見込んで多少長目しておくなどの考慮を払えば問題はない。一方、鉄の溶融点は約1300℃であるから、雷撃点のアークによる溶融に対しては最も安全であるが、腐食しやすいのが欠点である。したがって、使用に当たっては、亜鉛めっきを施すことを規定したが、長期間の寿命は期待できないので、適当な時期に補修を行う場合を考慮し、工事が比較的容易な場所に使用することが望ましい。

従来突針は銅棒の先端を金めっきしたものが多く使用されていたが、耐食性が大であるという以外は特別な効果が認められないので、その必要はない。普通の銅棒でもアルミニウム棒でも相当耐劣化性をもっているもので、これで十分である(ただし、鉄は亜鉛めっきを施す。)。形状も3本程度の枝針を取り付けたものがあるが、主針だけでも受雷部としては差し支えなく、突針の先端を特に鋭くする必要はない(解説付図1)。

従来、突針の高さの最低は0.25mと規定されていた。しかし、突針の設置されている部分が不燃物の場合、雷放電路の接近によって火災を生ずる危険がないので、外観上短い突針を多数設置して必要な保護角をとる場合もあることを考慮して、不燃物のときは規定しないことにした。ただし、設置場所が可燃物の場合には、火災の発生を避けるため、高さ0.3m以上とすることを規定した。できるだけ安全度を高めるためには1~1.5m程度の高さにすることが望ましい。

(3) **突針支持金物** 支持金物及び取付台は、暴風時にも十分これに耐えなければならない。風圧力に関しては、棒の直径によって風力係数を変えるべきであるが、建築基準法を参考にして太さのいかにかわらず風力係数を0.7として計算する。

なお、支持金物は落雷電流による圧壊作用(文献1)にも耐え、損傷をきたさないことが必要である。

一般に、支持金物及び取付台の機械的強さは、建築設計の構造計算によって求められ、電気的にも十分安全な値となるので、寸法に関しては明記しなかった。支持金物としては銅管、黄銅管又は鉄管を使用するのが普通であったが、1972年、アルミニウムの突針を認めたと同じ理由で、アルミニウム支持物の使用が認められた。

在来建築上の体裁からほとんど支持管に導線を通して突針に接続している(解説付図2)。ただし、鉄管使用の場合は導線を外に出し、点検を容易にするとともに鉄の磁性による悪影響を避けるような構造を採用した。

3.1.2 むね上げ導体 1972年の改正で、陸屋根に施設された手すり、フェンスなどの金属体をもってむね上げ導体に代えてよい(ただし、金属体相互間は電氣的に完全に接続する。)こととした。手すり、フェンスなどの金属体とは、水槽、ルーバ、サイン鉄構(保安用レールを含む。)、受電用キュービクルの外箱、旗ざお、クーリングタワー、ベンチレータ、装飾材、煙突、はしご、アンテナ鉄塔などを含んでいる。

むね上げ導体として使用できるためには、雷撃電流のために溶断しないよう十分な電流容量をもっていなければならないし、避雷導線その他の適当な金属体、例えば鉄筋、鉄骨などで接地極に適正に接続されていなければならない。

なお、それらの保護範囲は避雷設備と同じであると考えてよい。パラペットなどへむね上げ導体を密着して設置する場合、むね上げ導体から水平距離0.2m以下の部分に限り、作図上保護範囲に入らなくても実用上保護されているものとする。避雷設備の簡略化が認められたのは、近年の鉄筋コンクリートビルなどの屋上には大抵の場合、周囲にフェンスが設備されているし、また、冷却塔など金属性付帯設備が設置されているが、それらはいずれも雷撃を受けても異常がないだけの電流容量を有するものであり、接地さえ完全であれば、わざわざそれらをむね上げ導体で保護する必要はなく、むしろ積極的に避雷設備として使用することが経済的に有利であると考えられるからである。ただし、雷撃を受ける可能性のある金属物体は互いに金属導体で確実に結んで、接地極に接続し、それらの間で火花放電を起こさないようにしなければならない。

3.1.3 避雷導線 避雷導線は落雷電流を安全に流し得る電氣的性能をもっていれば、電流容量の点から見れば1条でもよいのであるが、落雷時被保護物の内部の電位傾度をなるべく小さくし、遮へい効果を考慮するとともに接地電位傾度を一様にする意味で引下げ導線の数は2条以上を原則とし、かつ、被保護物の対角的の位置に配置することにした。

1条と2条の境界の水平投影面積を50m²と規定したが、これは単に水平投影面積が小さい場合というだけでは、施工の際判断に困難な場合もあることを考慮したものである。本項(b)の規定によれば、引下げ導線の間隔は、50m以下となっている。したがって、実際の施工では間隔25m以上(外周長が50mをわずかに超えた場合)50m以下になるものと思われる。これを円形のものについて考えると1条の引下げ導線がカバーする面積は、50m²以上200m²以下となる。そこで安全側をとって50m²と規定した。ただし、木造被保護物に対しては、避雷導線の対地電位をできるだけ低くすることが特に重要であるので、投影面積の大きさに関係なく2条以上設けることとした。

引下げ導線の間隔50mという値は原則的な値であり、むしろ被保護物の外周にはほぼ均等に引き下げる必要があるため、被保護物の大きさによっては10%程度大きくなってよい。

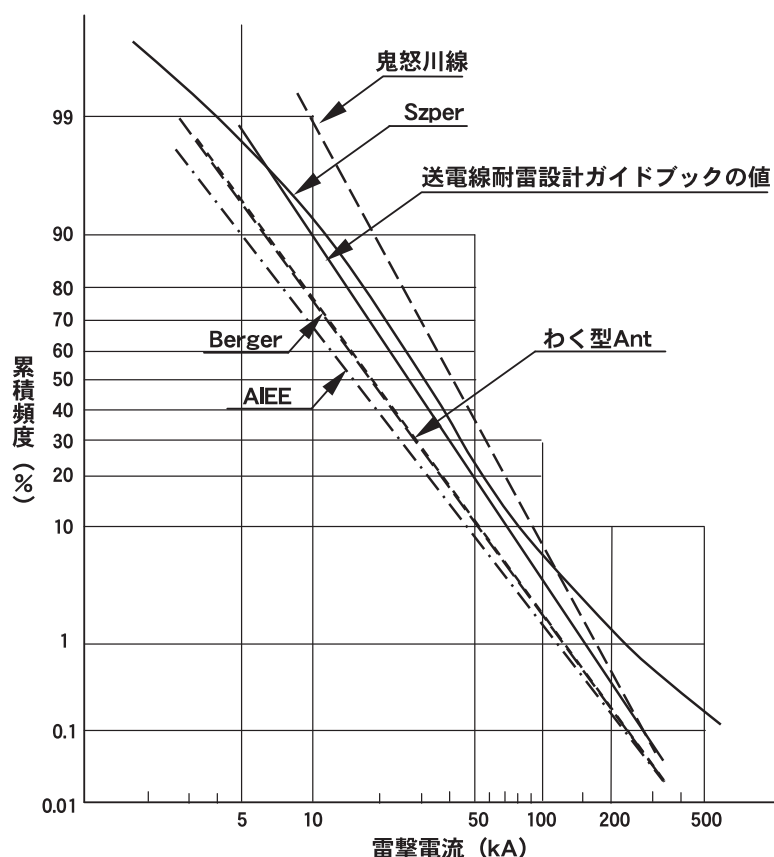
1972年の改正で、避雷導線の材質として銅のほかにアルミニウムを認めたが、1981年改正の際に銅覆アルミニウムを追加した。ただし、安全のための断面積についてはアルミニウムと同じに取り扱うこととした。

アルミニウム導線の断面積を50mm²以上としたのは、同一雷撃電流に対して銅線より温度上昇が高いからである。R・Foitzikの実験式(文献5)によって、同一温度上昇を与える断面積を銅とアルミニウムについて比較すると、アルミニウムは銅の1.5~2.2倍(アルミニウム合金の抵抗率によって異なり、例えば耐食アルミニウム合金6063では1.7倍、5083では2.2倍)となる。したがって、平均的な値をとって1.7倍とし50mm²とした。

銅線及びアルミニウム線の所定断面積それぞれ30mm²及び50mm²以上は、最も頻繁に起こり得る最大雷撃電流が一定断続時間流れても溶断・損傷などを起こさず、温度上昇を100℃以下に止めるように野外実測結果及び実験結果を基にした計算式から計算し、更に安全係数を見込んだ数値である。

いま雷撃電流波高値の分布曲線(文献4)を見ると解説図1のように記録の大部分(約80%)は波高値50kA以下であるが、最高電流として100kAを仮定し、これが30mm²の銅線又は50mm²のアルミ線に流れて温度上昇を100℃前後に止める衝撃電流の波尾長を実験式(文献5)などから求めると約2700μsとなる。すなわち30mm²の銅線又は50mm²のアルミ線では波尾長2.7ms、100kAの単一電流が流れても、温度上昇は100℃程度であることになる。したがって、多重雷撃に対しても十分安全である。しかし、国宝など重要なものには、更に安全係数を見込んで銅線では50mm²、アルミ線では80mm²を使用することもある。

解 説 図 1 累積頻度分布曲線の比較



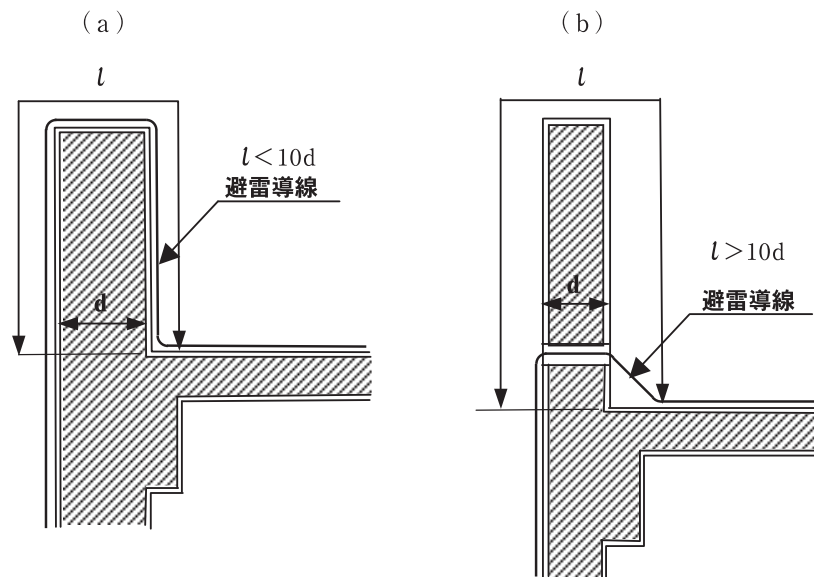
より線を使用するときは局部放電腐食などによって素線切れを起こすこともあるので、素線の最低直径が1.8mm以上のものを使用し、また、管の場合は導体に働く電磁力により圧壊作用(文献1)を受けるので、管の厚さが銅では0.8mm以上、アルミニウムでは2mm以上のものを使用しなければならない。

1972年、避雷導線にアルミニウムの使用を認めたので、アルミニウムの止め金具も認めることとした。それ以前の規格では、止め金具の他にがいしの使用についても述べていたが、避雷効果上絶縁する必要が認められないので削除することとした(解説付図3)。

1972年以前の規格では、湾曲させる場合の曲げ半径を0.2m以上と規定していた。しかし、実際にはほとんど直角に近く曲げたい場合もあり、たとえ直角に曲げてもそれによるインダクタンスの増加はほとんど問題とならず、むしろ直角な導線相互間の電磁力による損傷の方が問題となるが、本規格に示した寸法の引下げ導線を堅固に取り付けた場合は十分これに耐えると考えられるので、直角に曲げてもよいこととした(解説図2(a))。しかし、コの字形に曲げる場合開口端の離隔距離に比して、コの字形を形成する部分の導線長があまり長いと、この部分のインダクタンス降下のために開口端の電位差が大きくなってこの部分で放電する。コの字形がコンクリートや木材を挟んで形成されているときは、それらが破壊、飛散して事故となるおそれがある。そこで開口端の間隔と導線長との間に本項に示したような制限を設けた。

コの字形を形成する部分の導線長が本項の制限より長くなるような場合、例えば、高いパラベットの内側と外側に沿わせて引き下げるような場合には、パラベットの根元に穴をあけて、その部分を通すなどの考慮が必要である(解説図2(b))。

解説図 2



引下げ導線にアルミニウム及び銅覆アルミニウムが認められているが、これを地中に入れると腐食しやすいので、地中埋設を禁止した。

電灯線とは、引込線、屋内配線及び弱電流電線などを便宜的に総称したものである。

避雷導線に雷撃電流が流れるとき、その電流上昇率を $20\text{kA}/\mu\text{s}$ 、導線長を 30m 、サージインピーダンスを2条の引下げ導体が並列になっているとして 200Ω と仮定すれば、波頭先端が接地点における反射によって避雷導線の上端にもどってくるまでに上端の電位は、 800kV となる。

また、接地電位上昇のみを考慮しても波高値 50kA の雷撃電流が接地抵抗 10Ω の所に流れた場合の電位上昇は 500kV となる。したがって、導線と他金属体との距離が 1.5m 以内であるとせん(閃)絡するおそれがある。

また、放電しないまでも、導線に平行した金属体は静電誘導作用により、相当の誘導電圧を発生し、もしもこれが孤立していると、局部放電を起こすことになる。したがって、 1.5m 以内に近接した金属体は、避雷導線に接続又は主接地に接続して同電位とすべきである。しかし、この接地は完全に孤立した金属体だけに行い、鉄骨、鉄筋などに接続された雨どい、鉄はしごなどでは、それ自身で接地されていると考えてよい。

また、これらの金属体と避雷導線との中間に、鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造又は鉄筋で補強された組積造の壁、接地された鉄板の壁その他電氣的遮へい物があれば、ほとんど完全に遮へいされるので、 1.5m 以内に接近してもよい。

なお、接地の方法には、単独接地、連接接地などの方法があるが、実際の施工に当たっては周囲の状況その他によって適切な方法を選ぶ必要がある。

避雷導線にもアルミニウム線を認めることとし、断面積 14mm^2 の銅線と等価導電率のものとして 22mm^2 と規定した。

3.1.4 接地極 接地極の接地抵抗を極力低下させることは、落雷時の接地電位上昇を抑さえるために必要であるが、それ以上に重要なことは接地電位の分布である。すなわち、被保護物全体の接地電位を一様にし、接地電位傾度を小にしなければならない。アメリカの避雷規定(文献2)では接地抵抗値を指示せず各引下げ導線ごとに接地極を接続し、これを被保護物の周囲に等間隔に配置するようにしている。しかし日本では、従来から許容接地抵抗の限度を 10Ω にとっているのがこの値をそのまま採用した。ただし、引下げ導線に接続する個々の接地極の接地抵抗は、従来 20Ω 以下と定められていたが、これは、引下げ導線の数2条以上を原則としていることから決められたものであり、引下げ導線の数多くて、それらの総合接地抵抗が 10Ω 以下であれば、必ずしも単独接地抵抗が 20Ω 以下である必要のない場合も考えられる。したがって、総合接地抵抗だけを規定しておけば良いとも考えられるが、落雷時に全接地極が総合的な効果を現すには若干の時間を必要とし、その間は個々の接地極の特性が影響するので、単独接地抵抗の低いことも必要である。そこで実際上の保護効果と施工上の問題などを考慮して、単独接地抵抗を 50Ω 以下と規定した。

従来、接地極の埋設深さは常水面下又は常水面が地下3m以上深い場合は3mと規定されていた。しかし、季節的変動はあっても、年間を通じて総合接地抵抗が所定の値にあるならば、必ずしも3mの深さにする必要もないので、今回、機械的損傷を受けるおそれのない深さも考慮して0.5mと改めた。

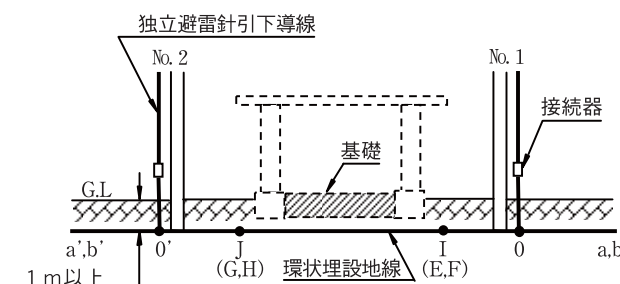
接地極の材料、形状について、従来の規格では銅板を例示していたが、近年棒状電極を用いる場合が多くなっているので、今回棒状電極を例示することとした。しかし、これは一例であって、施工場所に応じて規定に示されたいずれを使用してもよい。

一般に砂地や岩石を含み湿気の少ない場所では抵抗率が $5000\Omega\text{m}$ 以上にも達し、 10Ω 以下に保つことが極めて困難となるため、この場合は 10Ω 以上になってもやむを得ないとし、埋設地線を施工し、電位傾度はできるだけ少なくするようにした。このような施工は、大地の抵抗率が $1000\Omega\text{m}$ 以上の場合に適用する。実際は雷電流のような衝撃電流が流れた場合は土中の放電により接地抵抗が50%以下に低減(文献6)し、保護効果を発揮する。いま、具件的施工例を示すと**解説図3**のようである。埋設地線の材質は銅が最も適している。

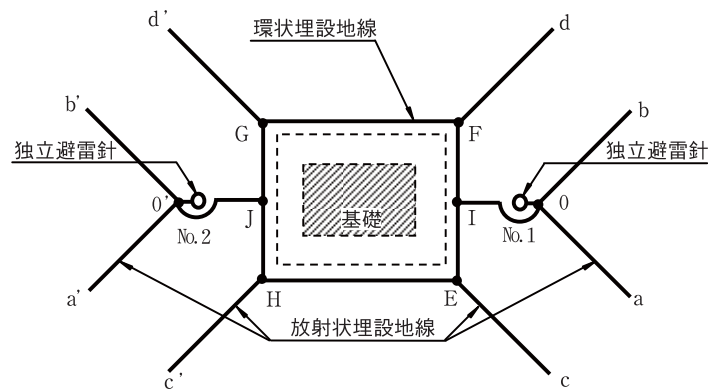
なお、大地の抵抗率が高い場合には、放射状埋設地線だけでは、被保護物内部の大地の電位傾度は零にならないこともある。そこで、できるだけ大地の電位傾度を小さくするよう、被保護物の周囲に環状埋設地線を設けることとした。

解説図 3 埋設地線施工例

(a) 立面図



(b) 平面図



例：引下げ導線 30mm^2 以上

環状埋設地線 } 30mm^2 以上
放射状埋設地線 }

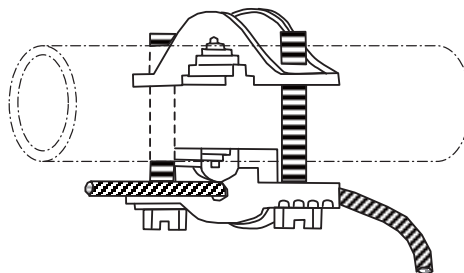
放射状埋設地線1条の長さ(a○, b○, cE, ……)5m以上

水道管を接地に使用することは、我が国においても通信用保安器の接地に使用することの可否が検討され、使用してもよいことになっているが、避雷設備の補助接地として使用した場合は、特に水道使用者に対する危害の有無が重要な問題になる。したがって、この問題を究明するため東京淀橋浄水場において水道管の衝撃電流に対する特性と感電について現場試験(文献7)を行った。その結果、 50kA 程度の雷撃時においても直接生命に危険を及ぼすようなことはないとの結論に達したので、鉄筋コンクリート造、鉄骨造のような建築物では、実際には鉄筋、鉄骨と水道管が自然に接触状態となっていることをも考慮して、むしろ積極的に避雷設備主接地と水道管を接続して大地及び建築物内電位傾度の軽減を図ることにした。

なお、実測によると水道管は約90%が接地抵抗 3Ω 未満であるので、これを補助接地として利用すると、接地工事が極めて簡易化するという利点がある。

また、水道管接地はアメリカにおいては命令的に使用を規定(文献8)しており各地で実施されているが、その場合に使用する接続器の一例を示すと解説図4のようになる。

解説図 4 接地用クランプ



接地極又は埋設地線とガス管との離隔距離は1972年以前の規格では1m以上となっていた。いま、接地抵抗 5Ω の接地極に 50kA の雷撃電流が流入すれば、接地電位は 250kV となる。ところが土の絶縁破壊強度は $200\sim 500\text{ kV/m}$ であるから、離隔距離1mでは、この条件に対しては十分であるとはいえない。必要な離隔距離は、接地抵抗、想定する雷撃電流の波高値によって異なるので一律には定めにくいだが、一応、安全性、施工上の問題も考慮して1.5mとした。

3.1.5 接 続 接続に関する原則的事項を規定している。いまその具体的方法の一つとして比較的良好な接続方法を示すと次のようである。

- (1) 避雷導線はなるべく途中接続を避けるべきであるが、やむを得ない場合は次の方法による。
 - (a) 導線外径の10倍以上の長さのある銅製スリーブの中を両線抜き合わせ、完全にろう付けする。
 - (b) ジョイント線で導線外径の10倍以上の長さにわたり巻付けを完全にする(解説付図4)。
 - (c) 体裁を問題としないものは各素線ごとに接続ろう付けし、これを一括して縛り付ける。
- (2) 導線と接地極との接続は、次の方法による。
 - (a) 接地銅板に十分な大きさに導線取付管を有する別の銅板をリベット付けして、管に導線を挿入してねじ止めのうえ完全にろう付けする。
 - (b) 導線のよりを戻し、これを銅板の中央部付近に差し通し、裏面で導線を折り返し、数箇所板の表裏に導線を縛る。あらかじめ導線と銅板を下地処理しておき、縛った後にろう付けを完全に行う(解説付図5)。
なお、地中において接続する場合ははんだろう付けは劣化しやすいので、黄銅ろう付けとし、特に耐食性にするほうがよい。
- (3) 接地極個々の抵抗値を測定するための、容易に取り外し得る接続器の構造は、次の方法による。
 - (a) 締付ねじの断面積が導線断面積以上、接触面の接触面積が導線断面積の5倍以上で、かつ、機械的強さが十分な2個の銅板を導線に接続し、これをボルト締め又はねじ接続とする。接触面にはクロム又はこれと同等以上のさび止めめっきを施す(解説付図4)。
 - (b) 腐食しやすい場所に設置するものは、接触面が直接外気に触れないような構造の端子とする。
- (4) 一般に、異種金属の接続は電解腐食が発生しやすいのでこれを避け、なるべく同一材質の接続とすべきである。
やむを得ず銅と鉄を接続する場合は、湿気を防止する防食塗料を接続部に塗布し、腐食が進行しないように考慮を要する必要がある。特に接続部の環境状況、例えば地中において電解腐食が進行することもあるので注意を要する(解説付図6, 7)。

3.2 鉄骨造・鉄筋コンクリート造・鉄骨鉄筋コンクリート造の被保護物に対する避雷設備 従来の規格では、この項の規定は簡略法として認められていたもので、それに従って施工した避雷設備は必ずしも十分なものではないという印象を与えていた。しかし、例えば、鉄筋コンクリート造建築物で、引下げ導線の代わりに鉄骨又は鉄筋を利用した場合、それらの多数が電氣的に接続されていれば、合成インピーダンスは非常に小さいので、その間の電位降下も小さくなり、必要最小限の引下げ導線を設置する場合よりむしろ有効である。

また、接地極についても、建物の基礎の面積が大きく、かつ深く埋設されていれば、その接地抵抗は非常に低く普通 1Ω 以下になることが多い。したがって、このような場合は新たに接地極を設ける必要はなく、建物の基礎を接地極として利用すれば十分である。このように、この項で規定していることは簡略法というより正規の方法であると見るのが妥当である。そこで、この趣旨を明確にするために、従来、“～して差し支えない”と記していた部分を“～してもよい”と改めた。

- (1) 建築物の基礎を接地極として利用する場合、問題は、建築物の基礎の接地抵抗が 5Ω 以下であることの確認法である。建築物の基礎のような大規模な接地体の接地抵抗を正確に測定することはなかなか難しい。簡易な接地抵抗計では精度の良い値は得られない。

また、大がかりな電位降下法がいつでも可能とは限らない。

建築物の基礎の接地抵抗は、建築物と大地の触面積及び建築物の建っている地点の大地抵抗率によってほぼ定まる。そこで、建築物の基礎の接地抵抗を測定する代わりに、建築物の地下部分の延べ表面積と大地抵抗率によって接地極の省略の可否を判定するのが**附属書**の方法である。

まず、**附属書付図1**の接地極省略判定曲線について説明する。

建築物地下部分の延べ表面積 A (m^2) と同じ表面積を有する半球状電極の半径を r (m) とすると、

$$2\pi r^2 = A \text{ から } r = \sqrt{\frac{A}{2\pi}}$$

大地抵抗率が ρ の大地に埋設された半球状接地電極の接地抵抗に関する公式から、
基礎の接地抵抗 (Ω) :

$$R = \frac{\rho}{2\pi r} = \frac{\rho}{\sqrt{2\pi A}} \doteq \frac{0.4\rho}{\sqrt{A}}$$

接地抵抗が 5Ω 以下ならば接地極の省略は許されるので、

$$\frac{0.4\rho}{\sqrt{A}} \leq 5$$

が判定の条件となる。

なお、建築物の地下部分の形状は必ずしも半球状ではない。そのために、大地抵抗が若干高まる可能性がある。なので、**附属書**では安全係数を3として次式を判定の境界としている。

$$\frac{0.4\rho}{\sqrt{A}} = \frac{5}{3}$$

次に、**附属書付図2**の大地抵抗率推定曲線について説明する。

棒状電極の接地抵抗に関する公式：

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$$

において、 $l = 1.5(\text{m})$ 、 $d = 0.014(\text{m})$ とすると、

$$R = 0.643\rho$$

の関係が得られる。ただし、 R ：接地抵抗(Ω)、 ρ ：大地抵抗率($\Omega \cdot \text{m}$)。したがって、次式により大地抵抗率を推定できる。

$$\rho = \frac{R}{0.643}$$

上式を曲線化したのが**附属書付図2**である。

- (2) 鉄筋コンクリート造の場合は2条以上の主鉄筋を引下げ導線に代えてよいとあるが、この場合鉄筋と避雷導線との接続については、次のように施工することが必要である。

鉄筋は大体において、強度が高くなるに従い、また、直径が大となるに従って溶接性が悪くなると考えてよいので、材質及び太さに応じてその溶接性を十分調べ、それに適応した条件によって、溶接を行うことが必要である。もし、この溶接性を無視して溶接を行うと表面から見て何ら欠陥がないように見えても、内部にひび割れ又はひずみなどを生じて事故の原因となる場合がある。

また、鉄筋は炭素の含有量が増加するに従ってもろ(脆)くなり、そして、急熱急冷すると硬くなる。溶接はこの加熱急冷を行うのであるから、炭素量が増加すれば溶接が困難になると考えてよい。

したがって、高張力鉄筋は炭素量が多くなっているため、溶接方法を一定とすれば、熱容量の大きいもの(鉄筋の径が太いもの)ほど溶接性が悪くなり、予熱などの特別な処置が必要である。

そこで、避雷導線と鉄筋(現在ではほとんど高張力鉄筋である異形鉄筋が採用されている。)との接続は、鉄筋に鉄板を溶接し、その鉄板に避雷導線を溶接するのが望ましい。この鉄板と鉄筋との溶接法は次の方法により施工する(解説付図8)。

- (i) 溶接箇所は、なるべく鉄筋に曲げのつかない箇所を選定する。
 - (ii) 溶接箇所は溶接する鉄板の幅の約2倍の長さにならして鉄筋を300℃程度に予熱した後、鉄板を溶接する。
- (3) 1972年以前の規定では、鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄筋コンクリート造の被保護物において、突針部、むね上げ導体等の受雷部を省略できる場合もあったが、1972年これを削除した。

これは鉄筋コンクリートの建築物に直撃雷を受けた場合、コンクリートが破壊飛散して、事故を起こすおそれがあることを特に考慮したからである。

1972年以前の規格では、単に接地抵抗を5Ω以下にすることが規定されていたため、被保護物の基礎の接地抵抗を除外した接地極の接地抵抗を5Ω以下にすることと解されるおそれがあったので、両接地抵抗の合成値(両接地を接続したときの値)であることを明記した。

1972年以前の規格では、鉄骨鉄筋コンクリート造の場合鉄骨の最小断面積を300mm²以上と規定されていたが、鉄骨である以上300mm²以上ある場合が多く、またそれ以下でも他の鉄骨と並列になるので十分に雷電流を流せるためここでは寸法の規制を外した。鉄筋コンクリート造の場合、従来は鉄筋部分の電気抵抗が十分低いときと規定されていたが、およそ鉄筋コンクリート造の場合は、電気抵抗は十分低いと考えられるし、また、そのような実測結果も得られているので、本文のように改めた。

- 3.3 木造の被保護物に対する避雷設備** 今回、木造の被保護物に対する規定を新たに設けたが、木造の場合は避雷に失敗した場合に受ける被害が鉄骨鉄筋コンクリート造に比して非常に大きいので、鉄骨鉄筋コンクリート造より厳重に避雷設備を設置することが望ましい。特に火災の発生を防止するため、雷放電路を形成する高温のアークが被保護物に触れないようにすることが重要である。

- 3.4 独立避雷針、独立架空地線又はケージによる方法** 陸屋根の周囲に避雷導線を架設した場合はその導線のループを閉じた配置とし、銅帯の場合は所々に伸縮自在の可とう接続を設けることが必要である。

また、被保護物が危険物でなくても、山頂のような落雷の多い場所ではケージ又は独立避雷針を設けることが望ましい。

被保護物全体を覆ったケージは遮へい効果が十分であるので、これら金属体を必ずしも接地しなくてもよい。

ケージの内部にいる場合は落雷によってケージの接地電位がいかに上昇しても絶対安全であるので、内部の安全だけを考えればケージを接地する必要はない。しかし、外部の地上電位傾度を下げ、ケージ内に引き込まれている電灯線・電話線に異常高電圧を侵入させないためには抵抗値の低い接地極に接地するとともに、電灯線・電話線と接地極との間に適当な避雷器を挿入することが望ましい。

3.5 火薬・可燃性液体・可燃性ガスなどの危険物の貯蔵又は取扱いの用途に供する被保護に設備する避雷設備の構造

この項は爆発又は火災を発生する確率の大なる被保護物に避雷設備を取り付ける場合に考慮すべき点をあげている。理想的にはケージなどによって完全に遮へいすることであるが、その他独立避雷針・独立架空地線などを組み合わせた場合も十分に保護効果を発揮する。接地された全金属製の油槽などは完全遮へいの場合に相当するので突針部は不必要となり、もし万一落雷を受けても所定の3.2mm以上の厚さをもっていると金属板はほとんど損傷を受けず、これが避雷導線の役目を果たして安全に大地に電流を流すことになる。しかし、万全な方法として被保護物の周辺に規定の独立避雷針又は独立架空地線を設置して、直接油槽などに雷撃電流を流さない方法を推奨する。この際2基以上の独立避雷針の内側に対する保護角は、平面的に見て避雷針を結ぶ中心線の両側30度の範囲に対してだけ60度以下としてもよいが、他の範囲に対する保護角は45度以下としなければならない。

本文（1）項に、可燃性ガスが発散するおそれがある場所の避雷設備について規定しているが、これは、通常の状態では爆発限界濃度に達したガスが発散していない場合のことである。爆発限界濃度に達したガスが常時発散している場合には、本規定によって爆発を防止することは不可能であるので注意を要する。このような特殊な場所の避雷については別途考慮しなければならない。

接地に関しては、できるだけ接地抵抗を低下させるとともに接地電位傾度を低減する方策を講じるべきである。この意味で被保護物の接地と避雷設備の接地は接続し、落雷時の異常な電位差が加わらないようにすることが望ましい。

また、今回金属性油槽の場合、引下げ導線の地中に入る部分を絶縁被覆することを規定したが、これは電食作用によって油槽が腐食するのを極力避けるためである。

接地極には、従来から銅接地極が最も広く使用されているが、銅のように鉄より電位の高い接地極を油槽などの金属構造物の近くに埋設すると、接地極と構造物相互間に腐食電流が発生し、金属構造物の腐食の原因となることがあるので、接地極の選定及び施工に当たっては十分な注意を要する。

独立架空地線によって保護する場合は夏季し(弛)度の増加により保護範囲が変動することを考慮に入れて、適当な高さ及びし(弛)度を設計しなければならない。

なお、被保護物との離隔距離は一般の建物で2m以上、危険物では水平距離2.5m、垂直距離3m以上に定めたが、径間長が長くなると被保護物へ放電する場合も生ずるので、更に離隔する必要がある。例えば、径間長が100m程度のときは、一般の建物で3m以上、危険物では7.5m以上離隔するのがよい。

4. 検査及び保守 避雷設備が設置されていても接地極の損傷、接地抵抗値の上昇、避雷導線の断線、受雷部と避雷導線との接続不良を生じている場合は、かえって被害を受けることがあるので、雷雨季前に所定の規格に適合しているか否かを厳密に検査しなければならない。

なお、4.2で被保護物の基礎を接地極に代えた場合、その接地抵抗の測定を行わなくてもよいこととしたが、大地抵抗率 ρ を測定し追跡調査することが望ましい。

個々の接地極の接地抵抗を単独に測定する場合は、JIS C 1304の接地抵抗計を使用して行う。

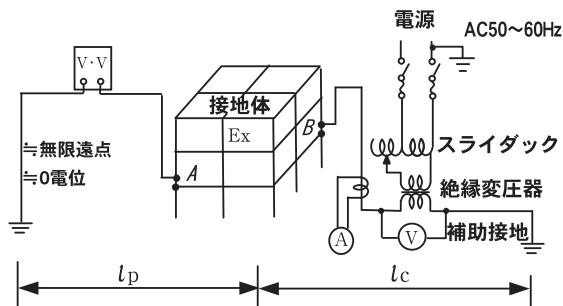
建築物の基礎など大きな接地体の接地抵抗を測定するには、上記の接地抵抗計では誤差が大きいので、正確な値を得るために電位降下法によって行う。

なお、附属書に示すような、建築物地下部分の延表面積と大地抵抗率から接地抵抗を推定する方法もある。

電位降下法は、解説図5(文献13)に示す方法で行うが、電流は10~20A程度、絶縁変圧器、スライダック等はそれぞれ電流に応じた容量(VA)のものを使用する。 l_c は、接地施設が正方形ならばその1辺の長さ a (その他の形では正方形に換算して)とすると、 $3a$ 以上、 l_p は $5a$ 以上とする。

いま、 I なる電流を流しての V の読みが V_v であったとすると、求める接地抵抗は $R = V_v / I$ となる。

解 説 図 5 電位降下法による接地抵抗測定



A.B点は鉄筋，鉄骨などの低抵抗で接続していることを先に確かめる。

V.V：真空管電圧計(高インピーダンス計， $100\text{k}\Omega \sim 1\text{M}\Omega$ 程度)

E_x ：測定対象接地施設

l_c ： E_x から補助電極までの距離

l_p ： E_x から(≒)無限遠点までの距離

Ⓐ：電流計25～50A

Ⓥ：電圧計

参 考 文 献

1. 日本学術振興会“避雷心得と避雷針”(昭和22年9月)
2. Lightning Protection Code：NFPA No. 78-1968, ANSI C. 5. 1-1966
3. 避雷針委員会資料-1：東京都内規
4. 送電線耐雷設計ガイドブック：電力中央研究所報告175031(昭和51年3月)
5. R. Foitzik：衝撃大電流の実験E. T. Z (1939)
6. 法貴，鶴見：電気学会論文集第2巻第2号，P. 121～127
7. 避雷針専門委員会資料No. 24，水道管衝撃電流試験報告書(昭和26年7月19日)
8. National Electrical Code：NFPA No. 70-1975
9. Protection économique de constructions en béton armé contre les méfaits de la foudre：K. Berger, Bull ASE No. 23, 1960
10. The Protection of Structures against Lightning：British Standard Code of Practice, CP326：1965
11. R. H. Golde：Protection of Structures against Lightning, Proc. IEE, Vol. 115, No. 10, Oct. 1968
12. 建築物の避雷設備に関する研究報告：日本電設工業協会，JECA 1010，昭和48年8月
13. 建築電気設備の保安用接地に関する研究：日本電設工業協会，JECA 1003，昭和46年2月