

2021年 5月11日

独立行政法人日本芸術文化振興会 御中

日本芸術文化振興会隼町地区
接地抵抗等測定業務
調査結果報告書

株式会社サンコーシヤ

目次

| | |
|------------------------|---|
| 1. 目的 | 1 |
| 2. 調査概要 | 1 |
| 3. 大地抵抗率測定 | 2 |
| 3. 1 大地抵抗率測定について | 2 |
| 3. 2 大地抵抗率測定結果..... | 4 |
| 4. $\rho - a$ 曲線 | 4 |
| 5. 結論 | 4 |

別紙

別紙：隼町地区大地比抵抗率測定記録表

別紙：隼町地区 $\rho - a$ 曲線

別紙：接地抵抗の設計

別紙：参考データ 大地比抵抗より接地抵抗の計算例（銅板 1枚の計算）

1. 目的

隼町地区（国立劇場：東京都千代田区隼町4番1号）における大地抵抗率調査を実施し、その調査データの分析をしました。

設計手順：（1）対象箇所付近での大地抵抗率測定
（2）土壤解析図（ $\rho - a$ 曲線）の作成

2. 調査概要

現地調査を下記のとおり実施しました。

調査日：2021年4月28日 火曜日 晴 気温18℃ 湿度35%


調査場所：隼町地区

調査員：株式会社サンコーシヤ 外部避雷・接地営業部 香月、内田

調査内容：大地抵抗率測定（ウェンナーの4電極法による）

測定器：大地比抵抗測定器（横河
電機製作所TYPE-3244）

表 2.1 大地比抵抗測定器

| 項目 | 仕様 | 写真 |
|---------|---------------------------------------|--|
| 型式 | 大地比抵抗測定器 TYPE-3244 |  |
| 測定方式 | 交流電位差計（ウェンナーの4電極法による） | |
| 測定範囲 | 0~0.3/3/30/300Ω | |
| 許容差 | 目盛の30~10で指示値の±3% 目盛の10未満で最大目盛値の±1% | |
| 測定電圧レンジ | 150/300/600V | |
| 測定周波数 | 方形波 10~40Hz（負荷の大小及び電源によって異なる） | |
| 使用電源 | DC12V 外付電池による | |
| 製造 | 横河電機株式会社 | |

3. 大地抵抗率測定

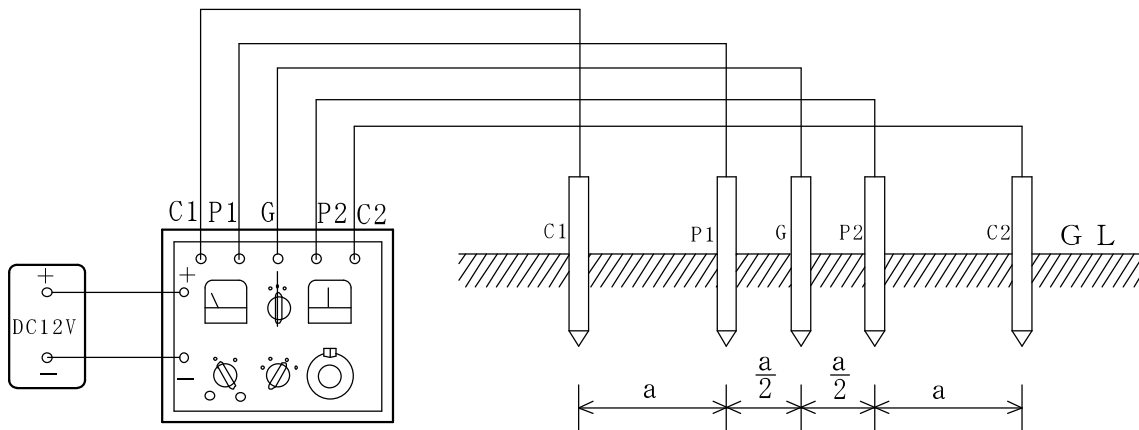
3. 1 大地抵抗率測定について

大地抵抗率とは、土壌のもつ固有の比抵抗率であり接地設計にて必要不可欠なデータです。

大地抵抗率を測定する方法は、フランクウェンナー (Frank Wenner, 1916) によって考案されました。図 3.1 に示すように 4 本の電極を等間隔に一直線上に打ち込み、電流補助極 C1、C2 に交流電流 I (A) を流し、電位補助極 P1、P2 に生じた電位差 V (V) を測定することで土壌の見かけの大地抵抗率 ρ ($\Omega \cdot m$) を計算することができます。

$$\rho = 2 \pi a \times V / I \quad (\Omega \cdot m)$$

a : 電極相互の間隔 (m)



※上図のGは測定器のアース (雨天時などで使用)

図 3.1 大地抵抗率の測定概要

電極間隔 a は地層の深さを示し、電極の間隔を広げることにより深い地層の大地抵抗率を測定出来ます。

通常、帯状施工や接地棒等の表層で接地極を形成する場合は電極間隔 a は 0.5, 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20 (m) の 9 ポイントほどです。

敷地が広い場合や帯状の施工長が長くなる場合は、20mまでのデータを複数箇所測定して検討する場合があります。また、接地極を深層部まで形成するボーリング工法 (埋設長 20m以上) を採用する場合は、深い地層までの大地抵抗率を知る必要があるため電極間隔 a を 100m程度、延ばすことがあります。

参考として地質と大地抵抗率の関係を表 3.1 に示し、大地抵抗率による大地の分類を表 3.2 に示します。

表 3.1 地質と大地抵抗率の関係

| 地質 | 大地抵抗率 ($\Omega \cdot m$) | |
|------|----------------------------|------------|
| | 乾燥状態 | 湿潤状態 |
| 礫 | 1,000~15,000 | 200~10,000 |
| 砂礫 | 1,000~7,000 | 200~5,000 |
| 砂 | 300~7,000 | 200~5,000 |
| 礫岩 | 300~1,800 | 100~500 |
| 砂岩 | 200~2,500 | 100~500 |
| ローム | 500~5,000 | 100~1,000 |
| 凝灰岩 | 100~1,000 | |
| シルト | — | 100 以下 |
| 粘土 | — | 100 以下 |
| 泥灰岩 | — | 100 以下 |
| 頁岩 | — | 約 100 以下 |
| 花崗岩 | 1,000~10,000 | |
| 安山岩 | 200~10,000 | |
| 玄武岩 | 20,000 | |
| 結晶片岩 | 200~20,000 | |
| 片麻岩 | 200~20,000 | |
| 溶岩 | 1,000~20,000 | |
| 石灰岩 | 60~500,000 | |

(志村馨：電気探査法、近代的地下水調査の技術：1965)

表 3.2 大地抵抗率の分類

| 分類 | 抵抗率 ρ [$\Omega \cdot m$] の範囲 | 特徴 |
|--------|--|-----------------------------|
| 低抵抗率地帯 | $\rho < 100$ | 常に土壌の中に十分の水が含まれている河口や海ぞいの低地 |
| 中抵抗率地帯 | $100 \leq \rho < 1,000$ | 地下水を得るのにさほど困難を感じないような内陸の平野部 |
| 高抵抗率地帯 | $1,000 \leq \rho$ | 水はけのよい丘陵地帯、山ろく、高原 |

3. 2 大地抵抗率測定結果

隼町地区では、1か所の大地抵抗率測定を実施しました。

測定の記録表は別紙：隼町地区大地比抵抗率測定記録表をご参照ください。

また、接地棒を打設し、その接地抵抗より大地比抵抗を逆算する測定も1カ所実施致しました。解析精度はウェンナーの4電極法には劣りますが、大地比抵抗の目安として実施致しました。

備考：棒状電極の接地抵抗による大地比抵抗逆算の式

$$\rho = R \times 2.73 L / \log(4 L / d)$$

(R：接地抵抗，L：棒状電極の長さ，d：棒状電極の径)

4. $\rho - a$ 曲線

ウェンナーの4電極法による測定で得られたデータをもとに、土壌解析を行ないます。この土壌解析では、接地設計を行う上で重要な、地層ごとの大地抵抗率を求めます。

土壌解析では、まず $\rho - a$ 曲線を作成します。 $\rho - a$ 曲線は、縦軸に大地抵抗率 ρ [$\Omega \cdot m$]、横軸に電極間隔（地表面からの深さ） a [m]を記したグラフ上に測定データをプロットします。このグラフより、地層毎の大地抵抗率を把握します。

5. 結論

隼町地区の $\rho - a$ 曲線は、別紙：隼町地区 $\rho - a$ 曲線をご参照ください。隼町地区（国立劇場）付近は、参考データではありますが産業技術総合研究所 地質図より表土を除いた地質は堆積物（汽水成層又は海成）で構成されていると表記してあります。また、調査場所においては首都高速道路の工事の関係上掘削、埋戻しを多くされている場所であるとヒアリングさせていただいておりますが、火成岩のような電気抵抗が高い土壌ではないと考えられ、測定解析データとしても大地比抵抗率 ρ （5m平均）は $151.3 \Omega \cdot m$ と中抵抗区域となっていることから高抵抗区域ではなく比較的電気が流れやすい土壌であると判断できます。

本調査におきまして、測定場所は既設建物の前庭でございます。実際の接地極施工場所から今回の調査場所が離れている場合は、土壌の性質が異なる可能性もございます。つきましては、接地極施工場所が決まり、調査測定できる状態になりましたら、接地棒での接地抵抗値を測定・解析を行い、本調査結果との差異を確認されることをご推奨致します。

その時に季節変動や土壌水分の影響により全く同じ値にはなりません。差異が大きな場合は、より詳細データを取得できるウェンナーの4電極法での調査をお勧め致します。

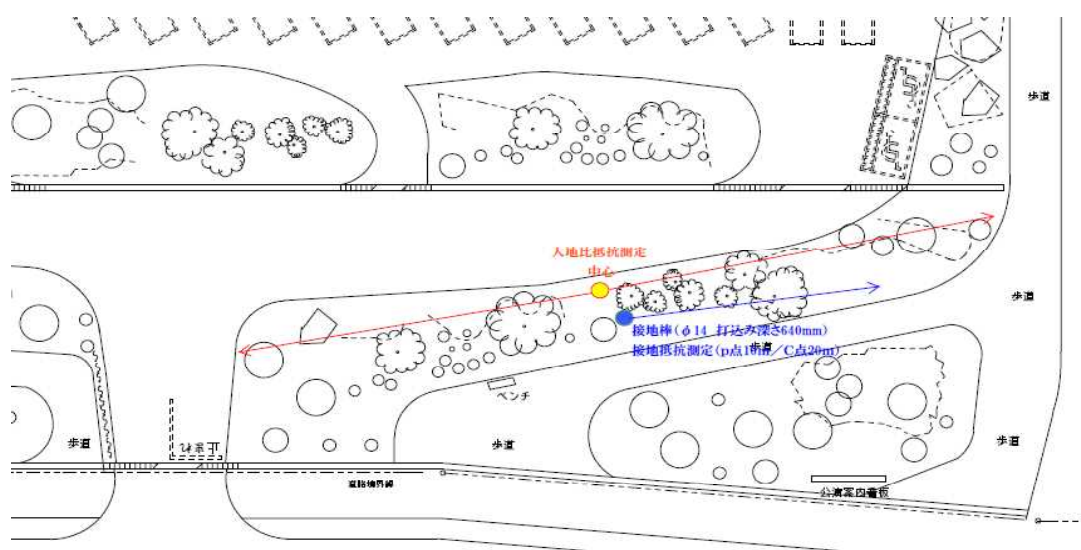
以上

大地抵抗率測定記録表

| 件名 | 日本芸術文化振興会 隼町地区接地抵抗等測定業務 | | 測定日 | 2021年4月27日 | |
|---------------|----------------------------|------|--------------|---|-------------------|
| 測定場所 | 東京都千代田区隼人町4番1号 | | 測定者氏名 | 内田・香月 | |
| | | | 天候 | 晴 気温18℃ 湿度35% | |
| 測定方法 | ウェンナーの4電極法 | | 測定器 | 横河電機TYPE-3244 | |
| 電極間隔 a (m) | 中心からの距離 | | 抵抗値 R (Ω) | 大地抵抗率 $\rho (\Omega \cdot m) = 2\pi a R$ | 備考 |
| | P 極 | C 極 | | | |
| 0.5 | 0.25 | 0.75 | 133 | 418 | 電流60 mA/レンジ H600V |
| 1 | 0.5 | 1.5 | 35 | 220 | 電流80 mA/レンジ H600V |
| 2 | 1 | 3 | 6.2 | 78 | 電流60 mA/レンジ H600V |
| 3 | 1.5 | 4.5 | 2.85 | 54 | 電流80 mA/レンジ H600V |
| 5 | 2.5 | 7.5 | 0.74 | 23 | 電流40 mA/レンジ H600V |
| 7 | 3.5 | 10.5 | 0.7 | 31 | 電流100mA/レンジ H600V |
| 10 | 5 | 15 | 0.63 | 40 | 電流110mA/レンジ H600V |
| 15 | 7.5 | 22.5 | 0.088 | 8 | 電流110mA/レンジ H600V |
| 20 | 10 | 30 | 0.03 | 4 | 電流120mA/レンジ H600V |
| 30 | 15 | 45 | | | |
| 40 | 20 | 60 | | | |
| 50 | 25 | 75 | | | |
| 60 | 30 | 90 | | | |
| 70 | 35 | 105 | | | |
| 80 | 40 | 120 | | | |
| 90 | 45 | 135 | | | |
| 100 | 50 | 150 | | | |

略図等を記入

備考

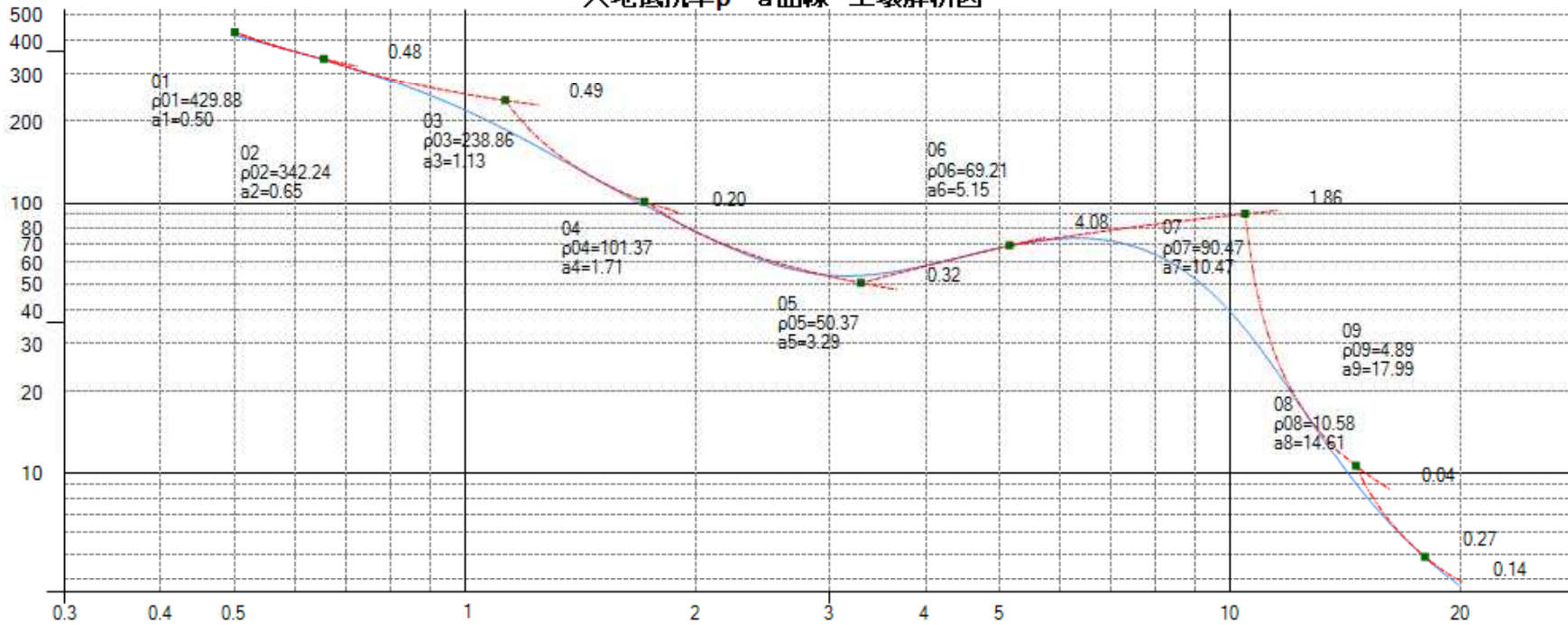


大地抵抗率 $\rho(\Omega \cdot m)$

測定日 2021年04月27日

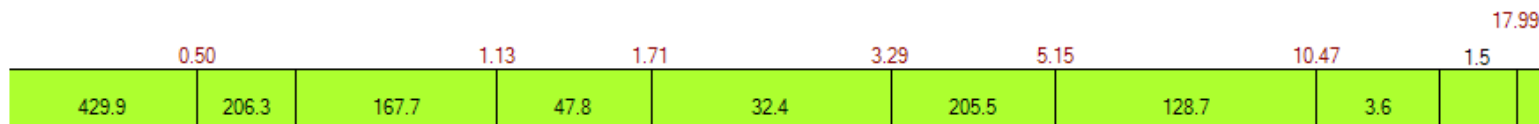
東京都千代田区隼町4番1号

大地抵抗率 ρ - a 曲線 土壤解析図

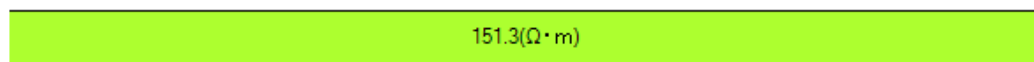


各地層の $\rho(\Omega \cdot m)$

20.00 電極間隔 a (m)



深さ5.0mまでの平均値(ρ)



1.3

日本芸術文化振興会隼町地区
件名： 接地抵抗等測定業務
測定場所： 東京都千代田区隼町 4 番 1 号

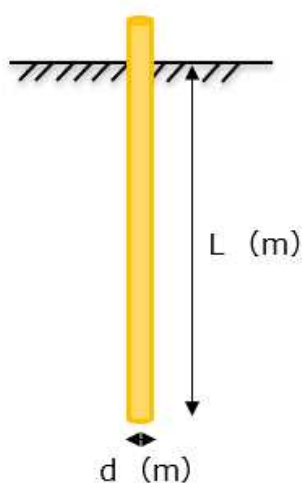
接地棒打設による大地抵抗率の逆算

1. 計算条件

| 項目 | 条件値 | |
|---------------|-------|----------|
| 接地抵抗値 (R) | 219 | Ω |
| 接地棒の直径 (d) | 0.014 | m |
| 接地棒の打ち込み長さ(L) | 0.64 | m |

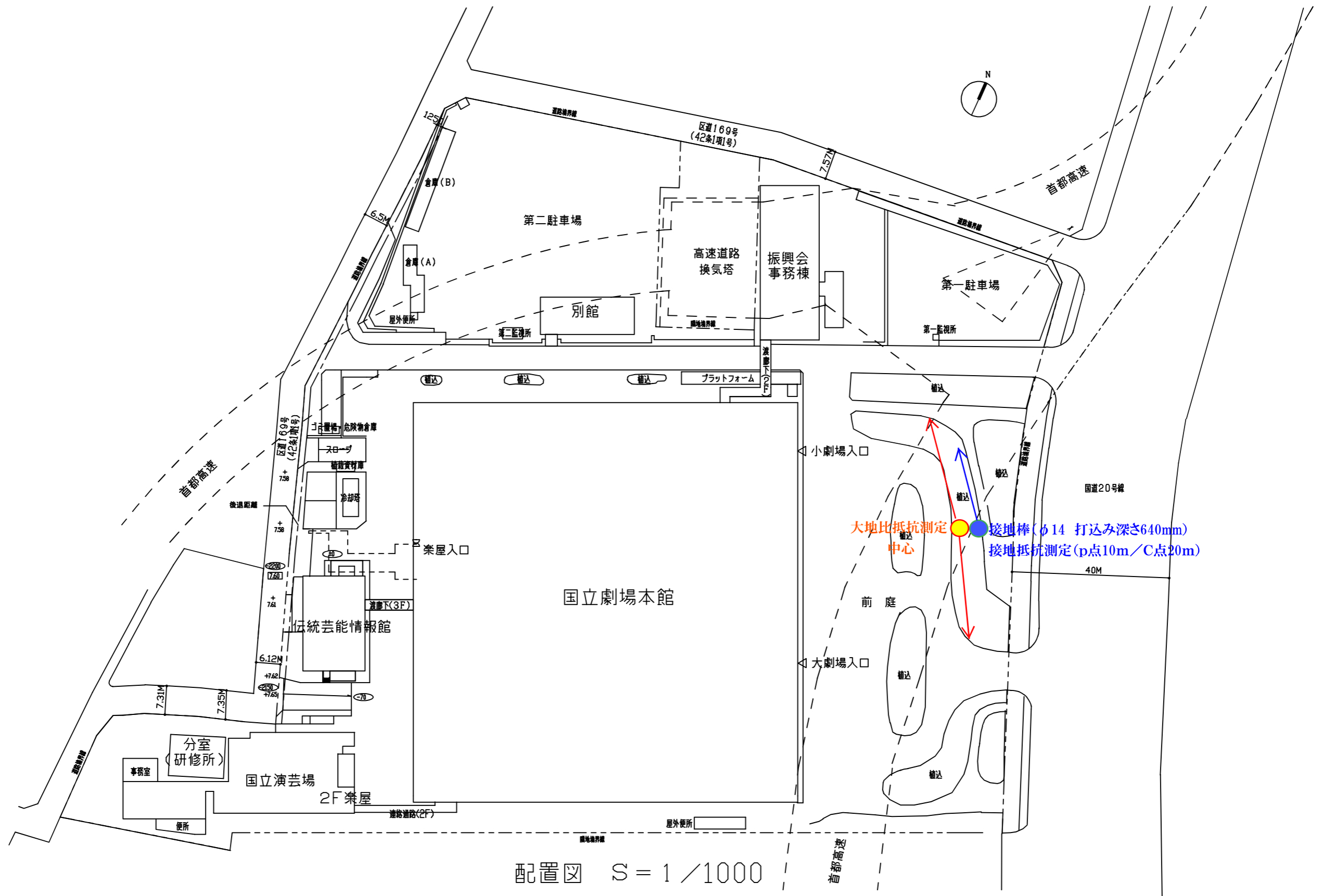
2. 計算結果

| 項目 | 計算値 | |
|------------------|-------|------------------|
| 大地抵抗率 (ρ) | 169.1 | $\Omega \cdot m$ |



備考

- ・測定後に、切土、盛土、土壌改良などが行われた場合、得られた大地抵抗率と大幅に変わる可能性があります。
- ・この測定方法では、表層の大地抵抗率しか測定できません。地層ごとの大地抵抗率を詳細に把握するには、ウェンナーの四電極法による測定が必要です。





隼町地区接地抵抗等測定業務

場所：前庭付近

日時：2021年4月27日

**大地比抵抗測定
測定器設置状況**



隼町地区接地抵抗等測定業務

場所：前庭付近

日時：2021年4月27日

使用測定器

横河電機製作所TYPE-3244



隼町地区接地抵抗等測定業務

場所：前庭付近

日時：2021年4月27日

測定補助極方向 1



隼町地区接地抵抗等測定業務

場所：前庭付近

日時：2021年4月27日

測定補助極方向 2



隼町地区接地抵抗等測定業務

場所：前庭付近

日時：2021年4月27日

大地比抵抗測定作業中



隼町地区接地抵抗等測定業務

場所：前庭付近

日時：2021年4月27日

接地棒接地抵抗測定



隼町地区接地抵抗等測定業務

場所：前庭付近

日時：2021年4月27日

接地棒接地抵抗測定

測定補助極P：：10m

測定補助極C：：20m



隼町地区接地抵抗等測定業務

場所：前庭付近

日時：2021年4月27日

接地棒接地抵抗測定



隼町地区接地抵抗等測定業務

場所：前庭付近

日時：2021年4月27日

接地棒接地抵抗測定

測定値：219Ω



隼町地区接地抵抗等測定業務

場所：前庭付近

日時：2021年4月27日

接地棒打設深さ

L:640mm



隼町地区接地抵抗等測定業務

場所：前庭付近

日時：2021年4月27日

接地棒打設深さ

L:640mm

スケール先端1mに合わせて測定

接地抵抗の設計

接地工事に当って、希望する接地抵抗値を確保するにはどのような接地電極を埋設したらよいかを考えねばなりません。当然、用地の形状、面積および建造物等による制約があり、さらに将来の工事計画に対する配慮等も必要となってきます。しかも最近では発電所設備、送電線鉄塔、無線中継所等の諸設備が、環境問題や用地不足等の理由から、大地抵抗率の異常に高い山岳地等にも建設されるため、狭い敷地で経済的な接地を得るための接地抵抗低減工事を必要とするようになってきました。

現在行われている代表的な接地工法とその特徴を表5・1に示します。

表中の、棒電極（打込み法）および板電極（接地板）は最も一般的に使用される工法で、大地抵抗率の低い（ $\rho = 100 \Omega \cdot m$ 以下）場所では有効であり、特別低い抵抗値（例えば 10Ω 未満）を要求する場合を除いて、ほとんど問題なく施工が可能です。

大地抵抗率が $200 \Omega \cdot m$ 以上の抵抗率地域では、接地施工の可能な敷地面積、土質、地層構造等を十分調査のうえ、接地極の種類、工法、経済性等を慎重に検討する必要があります。

このような場合には、異種工法の併用や各種の接地抵抗低減法（接地低減材の活用など）を採用する必要が生じます。

表5・1 代表的接地工法とその特徴

| 電極種別、分類 | 施工法および摘要 | 特 徴 | | | | |
|--------------------|--------------|--|-------|-----|-----|---|
| | | 適合する大地抵抗率 | 施工面積 | 経年性 | 経済性 | |
| 棒電極 | 打込み法 | 連結式接地棒等を地表から打込む簡易的な施工法。地中の砂利等障害物のない箇所では深さ1~6m程度まで。 | 低い場所 | 狭い | 良 | 優 |
| | ボーリング法 | ボーリングによりφ40~120の穴を掘削してこの穴に電極と導電性物質（ベントナイト、サンアースなど）を充填する。 | 高い場所 | 狭い | 優 | 可 |
| 板電極 | 接地板 | 金属板（例えば90×90cm）を水平または垂直に埋設。避雷設備等一般的に多く使用される。 | 低い場所 | 中 | 優 | 良 |
| | 導電コンクリート帯状電極 | 導線の周囲にサンアース導電コンクリートを敷設。山岳地、砂れき地等広範囲の接地に適する。 | 高い場所 | 中 | 優 | 優 |
| 埋設地線 | | 導線を水平に埋設する。形状は直線、方形、星形、環状等自由な形で施工可能である。カウンターポイズ。 | 中位の場所 | 中 | 良 | 良 |
| 網状接地（メッシュ接地） | | 埋設地線を網目状にして水平に埋設したもの。変電所構内等の接地電位傾度を小さくする目的に適す。 | 中位の場所 | 広い | 良 | 可 |
| 接地抵抗低減法 〔低減剤併用〕 | 導電質系 | 埋設地線等の接地極の周囲に導電物質を敷設する。山岳地等大地抵抗率の高い所などに最適。 | 高い場所 | 中 | 優 | 良 |
| | 電解質系 | 打込み接地等の接地極の周囲に電解質系溶液を注入する。土壌改良剤。人畜、植物等への影響に要注意。 | 中位の場所 | 狭い | 要注意 | 良 |

日本芸術文化振興会 隼町地区
 件名： 接地抵抗等測定業務
 測定場所： 東京都千代田区隼町 4 番 1 号

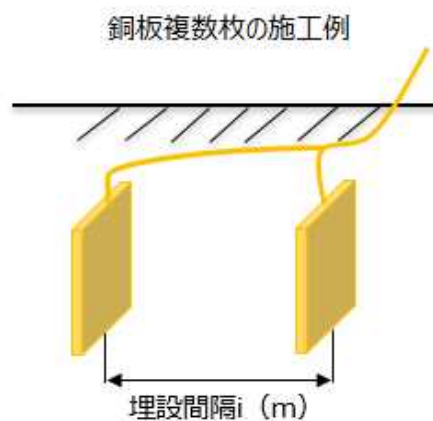
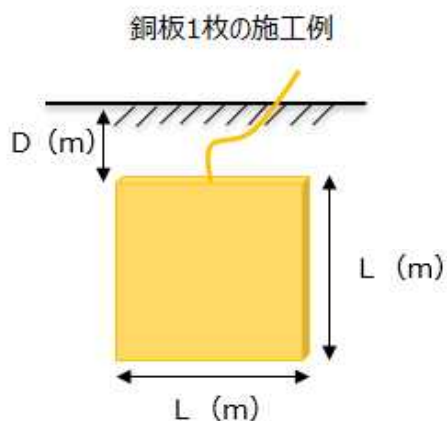
銅板工法 接地抵抗計算（銅板1枚の計算）

1. 設計条件

| 項目 | 条件値 | | 備考 |
|----------|-------|------------------|----|
| 大地抵抗率 | 151.3 | $\Omega \cdot m$ | |
| 銅板の寸法(L) | 900 | m | |
| 埋設深さ(D) | 0.75 | m | |

2. 計算結果

| 項目 | | |
|------------|------|----------|
| 銅板1枚の接地抵抗値 | 47.7 | Ω |



備考

- ・本データは、ウェンナー4電極法にて測定した大地比抵抗率より、測定場所周辺にて、銅板1枚の施工時に得られる接地抵抗値を計算したご参考資料になります。
- ・施工場所は、出来る限り測定場所に近い場所を選定してください。（施工場所が離れる場合には、別途調査が必要です）
- ・測定後に、切土、盛土、土壌改良などが行われた場合、得られる抵抗値が設計と大幅に変わる可能性があります。