

京都大学 吉住永三郎 吉川宗治

鹿島建設 佐藤忠五郎 ○渋谷長美

I はしがき

軟質地盤の性状をあらわすために、従来から標準貫入試験によるN値が広く用いられている。しかし、岩盤の評価の場合に使われていると同様の物理定数（ポアソン比・剛性率・動弾性ヤング率・電気比抵抗値など）が簡単に求めることができるならば、地盤の評価をさらに正確に行なうことができ、設計施工上の有力な資料とすることができる。この観点から土質試験にこれまで活用されているサウンディングカーの貫入機構を利用し、先端ロードセルと電極・受震器を一括組みこんだ計測器を新製してこれを地中に貫入し、貫入抵抗値・電気比抵抗値・弾性波伝播速度を同時に原位置において測定する方法を考案し、新鹿児島空港建設現場において測定実験を実施した。

II 物理定数測定実験

新空港の滑走路は、鹿児島県に広く分布するシラス層を用いて建設することとなり、シラスの地耐力を、CBR試験によって、ある距離をおいてテストすることになっている。しかし、滑走路にあたる部分の下に軟弱な灰土（ヌレシラス）が存在し、かつ灰土（ヌレシラス）の厚さが部分的にことなるため、点で求めたCBRテストの結果では十分でなく、滑走路全体にわたって灰土の性質を把握する必要がある。このため、弾性波探査・電探検査を滑走路線の地山部および盛土部において実施し、CBR試験結果とあわせて検討すれば、ある距離をおいてCBR試験を行なっても、弾性定数・電気定数によって、滑走路線に沿った灰土（ヌレシラス）の性質を把握することができるものと考えられる。

(1) 地質概要

鹿児島県および宮崎県にわたって、広大な面積を占めるシラスは、更新世の終りに始良火山の活動に伴う大量の軽石流の流出によって生成されたものであり、そのため鹿児島湾の桜島火山以北

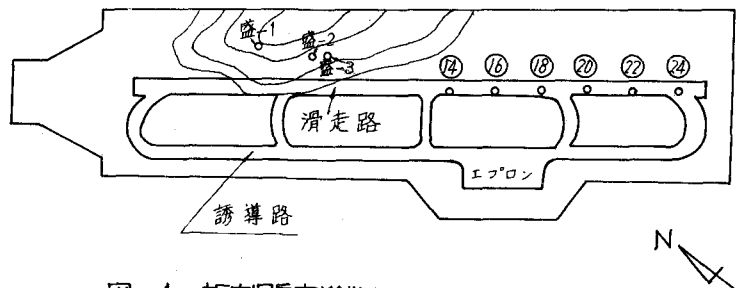


図-1 新鹿児島空港物理定数実験位置図

の巨大な陥没カルデラを形成した。シラスは白色・灰白色・灰色などを呈し、全体として無層理で、大小さまざまな軽石が、軽石質微細片のなかに散点し、一般に分級が悪く基盤の岩片を含む軽石流堆積層であり、いわゆる軽石凝灰角礫岩と称されるものである。新空港の位置する十三塚原の広大な平野は軽石流堆積層の表面が削剥されて、当時の低地に再堆積されて形成された2次堆積層で岩質は、はるかに軟弱で崩れやすい。本層は拳大以下の淘汰の悪い円味をおびた軽石塊が軽石質微細片とともに堆積したものである。さらにこの上部には三層のローム層がのり、上から黄橙色ガラス質の火山灰

と軽石層を伴う1 m以下のローム層、黄色軽石層をはさみ厚さ1 m以下の黒色ないし黒褐色のローム層、および黄橙色軽石層のローム層の三層がのっている。さらに最上部に黒色火山灰層がのり、この層は暗黒色、暗褐色の火山灰・スコリアおよび黄灰色の軽石からなっている。新空港計画における調査において分類した土層区分と地層区分との関係はつぎのように考えらる。

シラスは火山灰・軽石および基盤岩片の堆積したものであり	黒ボク	黒色火山灰
堆積したさいの各粒子や岩片間に結合組織を構成し、この結合	赤ボク	ローム層
組織の強弱・構成粒子の性状によってシラスの性質が支配され	灰土(ヌレシラス)	軽石流2次堆積層
る。空港滑走路において問題となっている灰土(ヌレシラス)	シラス	軽石流堆積層

は軽石流堆積層の表面が削剝され2次的に堆積したものであり、火山灰や軽石などの間の結合が弱く含水比も大きく、軟弱な地層を形成しているものと考えられる。

(2) 実験概要

写真-1の(先端ロードセル)+(電極)+(受震器)を外管の先にとりつけ、これをサウンディングカーの貫入機構によって地中に貫入して行く、この貫入抵抗値は連続して記録計によりグラフにかかれる。適当な深度でこれを一時停止し、地表面から小さな発破と板たたきによりP波・S波を発生させ、地中受震器で受震する。この測定が終ると再び貫入して行き、適当な深度でまた停止し、同様の測定を行なう。これをくりかえして行き、貫入できるところまで測定する。一方、貫入時に連続的に電氣的測定を行なう。地中へ貫入するとき、3 m長の外管を使用すると、抵抗が大きい場合に撓曲して危険であることが予備試験で判明していたので、今回はすべて、1.5 m長の外管を使用することにした。すなわち、1.5 mおきに管の接

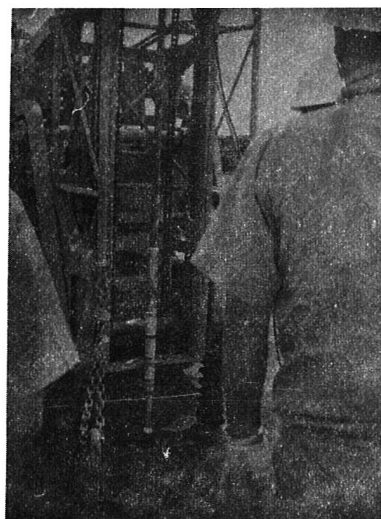


写真-1 地震計、電極 貫入試験器

続のため、若干の時間、貫入を停止することになるので、この時に測定を実施するのが能率的である。そのため、1.5 mおきに、P、S両波の測定を行なった。

測定は、平坦部と盛土部について行なうこととし、平坦部は滑走路NO. 24から200 mおきにNO. 14まで6点をとった。盛土部は、最初シラスと黒ボクとを交互に盛った地域を数箇所行なってみたが、いずれも深さ0.6 m~1.2 mで抵抗力大となり、貫入できなくなった。これは、ここに盛った砂のフィルター層で貫入不能となったものと考えられる。そのため、試験盛土部の黒ボクと赤ボクを盛った地域で2箇所実施するにとどまった。

(3) 貫入抵抗測定

先端ロードセルのコーン貫入抵抗力の深さによる変化は、記録計によりグラフに画かれる。コーンの貫入抵抗力をその断面積で割った値すなわちコーン支持力 q_0 についてグラフを検討すると、

(a) 平坦部においては、3~4 mをすぎてから q_0 は徐々に上り、大体 40 kg/cm^2 程度になると、貫入できなくなる。

(b) 盛土部のうち、シラス・黒ボク交互盛土の部分は、シラスで 30 kg/cm^2 以上、黒ボクで5~

15 kg/cm²と交互になっていて、40 kg/cm²程度で貫入できなくなる。

(c) 黒ボク・赤ボク交互盛土の部分は、6 m 付近に1ヶ所30 kg/cm²程度のところがあるほかは、2~5 kg/cm²の低い値が続き、12~13 m で30 kg/cm²程度の値となって貫入できなくなる。などの特徴点があげられる。

(4) 電気探査

探査地点は、滑走路方向に設置した測点14、測点16、測点18、測点20、測点22、測点24の合計6地点である。測定の方法はコーンの貫入に伴ない、地盤の立体的な状況を電氣的に測定し連続記録する方式を採用した。

図-4は空港地盤探査結果で、深さ方向の比抵抗の分布状態を示し、コーン貫入試験の結果も表示されている。全般的な傾向として、この空港地盤の比抵抗は100Ω・mから400Ω・mの間にあり、その平均的な比抵抗は200Ω・mである。比抵抗分布としては地表近くに低比抵抗領域があり、深くなるにつれ比抵抗が高くなっている。各測定地点の地盤の特性は、まず測点14では、地表近くの比抵抗が深さ3 mまで続き、深さ3 m以上においては200Ω・mの比抵抗で余り変化しない。測点16では、地表から1 mの深さの地点で低比抵抗になり、深さ3 mにおいて高比抵抗をしめすが深くなるにつれて余り変化のない比抵抗曲線となり、深部では高くなる傾向をしめしている。測点18および測点20ではほぼ同一の特性をしめし、地表面下2 mのところで比抵抗は高くなり、さらに深くなるにつれて余り変化のない比抵抗曲線となり、深部ではやはり高くなる傾向をしめしている。測点22および測点24ではいずれの場合も単調な比抵抗の増加をしめす特徴を有する地盤であることを示し、コーン貫入試験の結果と対応していることがわかる。

(5) 弾性波探査

弾性波の伝播速度は場所によって相当の幅で変化し、また測定する方向によっても速度値は

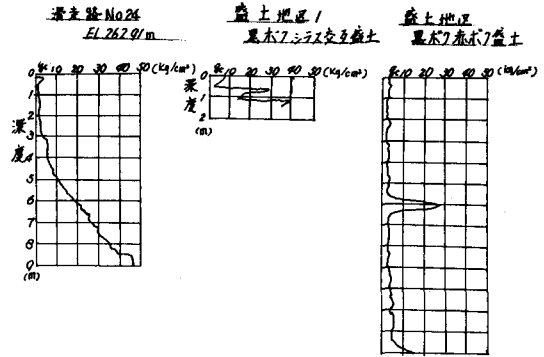


図-2 深度と貫入抵抗値の変化

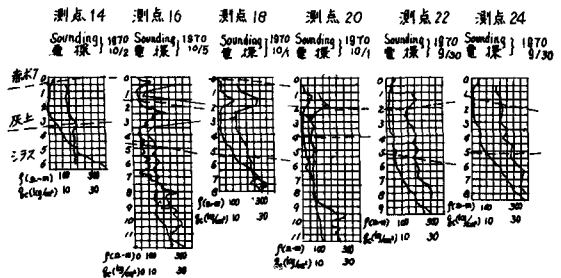


図-3 電気探査結果一覧図

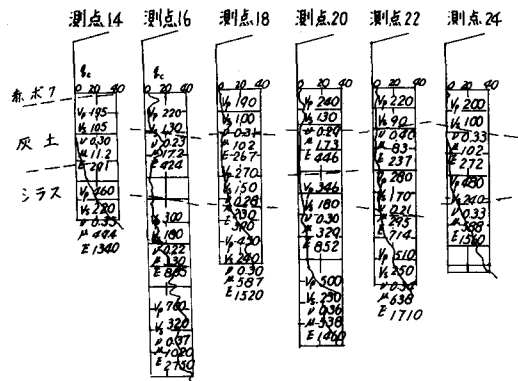


図-4 弾性波探査結果一覧図

変わるが大体の傾向としてつぎのようにいえる。

1) 平地部(滑走路)

V_P が 200 m/sec , E が 300 kg/cm 程度の上層と, V_P が 500 m/sec , E が 1500 kg/cm 程度の下層とに分けられ, 場所によってこの中間に, V_P が 300 m/sec , E が 700 kg/cm 程度の層が検出されている。上層は q_0 が 5 kg/cm 内外で黒ボク・赤ボク層に相当するものと思われる。下層は q_0 が 5 kg/cm から 40 kg/cm に漸増しており, これまでの土質柱状図からみればシラス層に相当するものと思われるが明らかではない。中間層は, q_0 の値からみれば上層とほとんど変りはないが, 弾性波伝播速度は若干上っており, これは灰土層に相当するものとみられる。P波伝播速度はいずれの場合も 700 m/sec をこえていない。これは滞水の影響がほとんどないことを示しており, 地下水位は今回の測定深度よりさらに下にあるものと判断される。以上のことから, 貫入できる範囲の数値は, q_0 が 40 kg/cm 以下, V_P が 500 m/sec 以下, E が 1500 kg/cm 以下というように対応させることができる。

2) 盛土部

q_0 の値は 6 m 付近に1ヶ所 30 kg/cm 程度のところがあるほかは, $2\sim5\text{ kg/cm}$ の低い値が連続し, 滑走路におけるように漸増することがないが, 弾性波伝播速度も $300\sim400\text{ m/sec}$ (P波) 程度で増加の仕方は滑走路部より緩慢である。 6 m 付近の q_0 の一時的増加は, ここにごくうすい硬い物質があるものとみられるが, 厚さがほとんどないために, 弾性波伝播速度には影響していない。以上のことから, この盛土部で貫入できる範囲の数値は, q_0 が 30 kg/cm 以下, V_P が 400 m/sec 以下, E が 1000 kg/cm 以下というように対応させうる。

(Ⅱ) むすび

新空港工事が一段落したので, 盛土工事について考察する。

新空港の原地盤について土質試験を行ない

①盛土基盤の圧縮性, ②盛土自体の圧縮性について, 種々検討し, 計画を行なった。

新空港の用地造成区域の中には, 盛土高が 30 m の高盛土地区があり, 盛土量 160 万 M^3 を必要とする。しかし実際に工事施工を行なった結果, 図-6に示すように, 盛土基盤の沈下, 盛土自体の沈下によって, 最終的には 160 万 M^3 の設計盛立量が 250 万 M^3 の盛立量となり, 約 60% の増加を必要とする結果となった。以上の点からみて, 盛土基盤および盛土部に対する調査が, 点の調査でなく全体を把握するための調査が必要であり, その一方法として, 物理探査法の利用をとりあげた次第である。

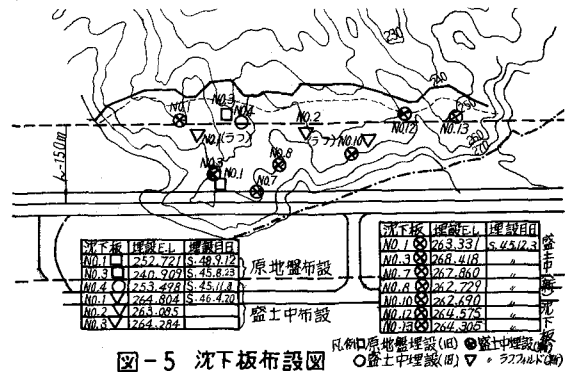


図-5 沈下板布設図

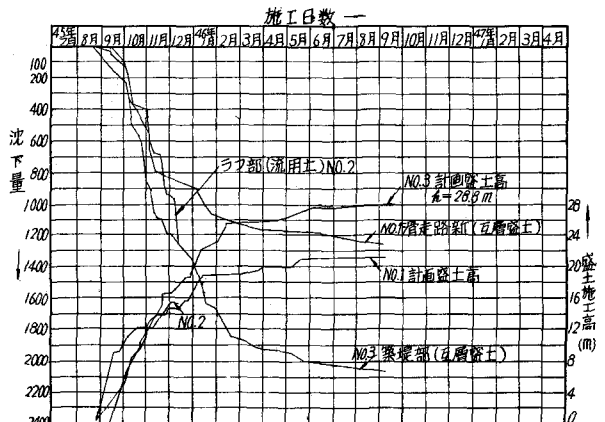


図-6 盛土高-施工日数-沈下量関係図(原地盤)

Measurement of Physical Constants of Shirasu (Whitish Grey Welded Tuff) Ground

Kyoto University

Eizaburo Yoshizumi

Soji Yoshikawa

Kajima Corporation

Chugoro Satoh

° Takemi Shibuya

For the purpose of expressing the properties of soft ground, the N-value derived from the standard penetration test is in wide use. However, if the same physical constants which are being used for the evaluation of rock (Poisson's ratio, rigidity, dynamic Young's Modulus, electric resistivity, etc.) could be simply determined for this type of ground also, a more exact evaluation of the ground could be made and this data could be used effectively in design and construction execution.

With this in mind, a method was devised for the simultaneous in-situ measurement of penetration resistance, electric resistivity and the velocity of propagation of seismic wave by utilizing the sounding car penetration mechanism which has been used heretofore in soil testing to push into the ground a newly built measuring device which incorporates a load cell, electrode and pickup.

The present paper describes the results of test measurements performed at the New Kagoshima Airport.