

関東ローム台地の地盤構造と地耐力

宇野沢 昭*

Structure and Ground Bearing Power of the Upland Overlaid by "Kwantō Loam Beds"

By

Akira UNOZAWA

Abstract

"Kwantō loam beds" composed of aeolian volcanic ashes, have some more different characteristics from non-volcanic soils, so far as the soil mechanic nature is concerned. Especially it has been noticed as to a dynamic nature in case of a humic condition that N-value increases as *moisture content* and *void ratio* rise, thereupon water in soil plays a greater part in the bearing power of a ground consisting of the loam beds. The writer points out that the above-mentioned fact is due to the character of adherent water in the loam beds, where higher water content remains than in a non-volcanic soil. It is one of the distinct features of the loam beds that N-value keeps fairly constant figures, i. e. $N = 4$, ranging from 2 to 9, in a considerably extensive area.

The diluvial upland in Kwantō region, for instance Ōmiya upland and Shimōsa upland, consists of marine sediments which are overlaid by "Kwantō loam beds"; hereabout the grounds of marine sediments show such a tendency that N-value increases vertically toward a depth. In the Shimōsa upland district, the latent altitude of a ground (stratum) which is stable enough to bear a heavier construction has been identified as 22 ~ 28 m (above sea level) in the neighbourhood of Shisui and about 34 m (a.s.l.) near Sawara City. While in the Ōmiya upland district the latent altitude of a stable ground (stratum) has been identified as 0 ~ 4 m (a.s.l.) on Iwatsuki heights along the right bank of the (river) Moto-Arakawa and as 4 ~ 6 m (a.s.l.) on Jionji heights along the left bank of the river.

1. 研究地域の範囲

この報告で対象とした地域は、千葉県下では酒々井・佐原の2地域(第1図)で、埼玉県下では岩槻市周辺地域(第2図)である。前者は下総台地に、後者は大宮台地に属し、立川・武蔵野ローム層(以下新期ローム層と呼ぶ)、および下末吉ローム層相当といわれる凝灰質粘土層に覆われる。

酒々井・佐原の両地域は初年度のモデル地域として研究を行なったので、対象範囲はきわめて小さいが、岩槻市周辺地域は、岩槻市街をほぼ中心とし、蓮田町の一部を含む面積約 60 km² の地域である。

2. 研究の方法と計測値の処理

対象地域の地盤地耐力構造を明らかにするため、地表面下15m程度を限度として、スウェーデン式サウンディング

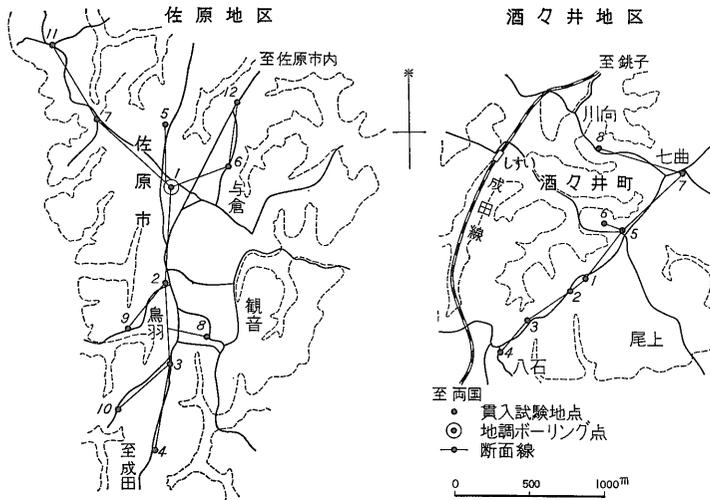
法による地盤強度の測定を行なった。計測地点はそれぞれ、第1図・第2図に示してある。

スウェーデン式サウンディング計測値のN値への換算には、建設省の上田嘉男氏の実験式($N = 115.5 P \cdot N^{-0.755}$, N=標準貫入試験のN値, P=N=半回転25回の貫入量cm)を適用し、地盤地質区分については露頭調査、既存の地質・地盤調査資料およびサウ、ディング計測時の判断によった。なお後述のように多摩・土橋・新期各ローム層について、スウェーデン式サウンディング計測と標準貫入試験を同一箇所で行った結果、両計測値の間には相関を認めることができなかった。したがって本研究においてのローム層のサウンディング計測は単にその層厚を判定するにとどめた。

3. 関東ローム層の土質工学的な2, 3の性質について

本調査地域の地盤はローム層地盤と砂質層地盤との2

* 応用地質部



第1図 佐原・酒々井地区計測点位置図



第2図 岩槻地区計測点位置図

つに大別されるが、ここではローム層地盤^{注1)}に限って記載する。

地盤としての関東ローム層の厚さは、酒々井・佐原で5.0~5.5m、岩槻市周辺で約6.0mである。

3.1 関東ローム層のN値

関東ローム層の土質工学的な特殊性は、近年強く認識されつつあるが、本稿では主として地耐力調査資料(第3図)および土質試験結果(第1表・第2表)のほか、2, 3の事例を引用して紹介することにする。

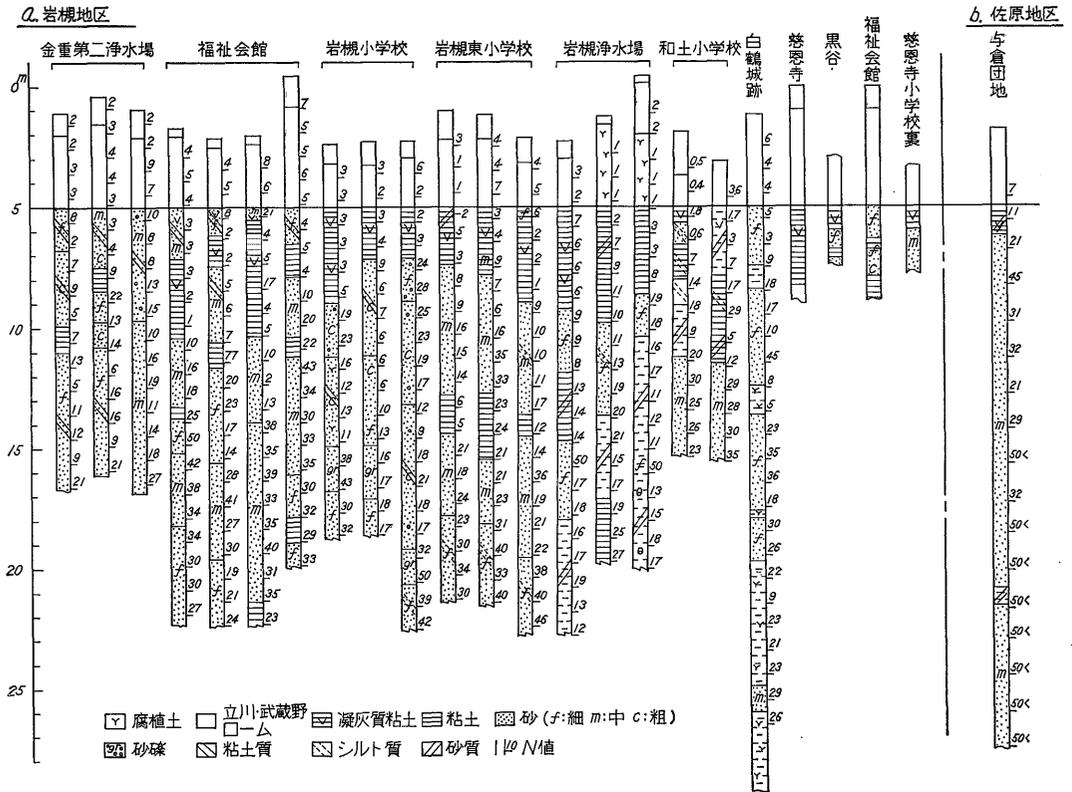
新期ローム層における標準貫入試験のN値は、佐原では、N=7を示した(第3図)。岩槻市周辺では既存の17本のボーリング資料によると、N=2~9、平均N=4の範囲にある。藤沢市西部の事例によれば、特別な状態(ロームの固結現象など)でない場合のN値は、ほとんどこの範囲にあり、川崎市生田(多摩II面)の事例^{注2)}(第4図)では、多摩・土橋・新期各ローム層でしかも15m~20mに達する層厚中の各部でも、ほぼこの範囲内にある^{注3)}。このように関東ローム層のN値は現在の資料でみる限り新期・古期に関係なく、しかも広範囲にわたってほぼ定常的な値を示しているように思える。この現象は関東ローム地盤のN値に関する力学的特性の一面を示すものであろう。ただ関東ローム層中にみられるN値

注1) 当研究地域では、凝灰質粘土層(下末吉ローム相当)・新期ローム層に限られる。

注2) 川崎市生田で科学技術庁研究調整費によって行なった未発表資料から引用。

注3) 多摩I面ローム層中でも同様の結果がでている。

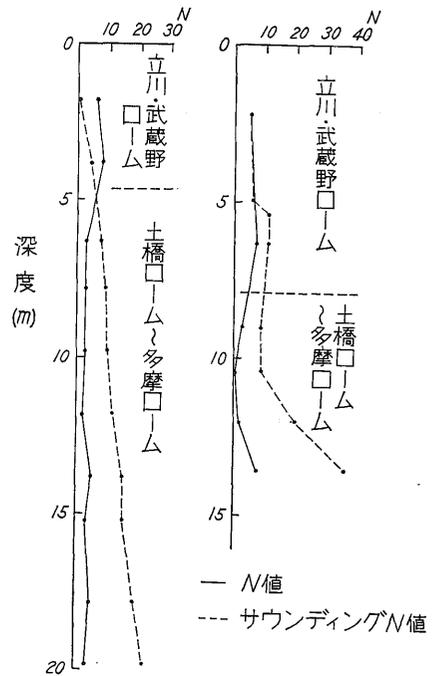
関東ローム台地の地盤構造と地耐力 (宇野 昭)



第3図 岩槻・佐原地区地質，地耐力柱状図

の相対的な差異は，多くの場合，埋没土壌といわれている部位や風化の進んだ軽石層などの部位では低く，スコリア質などの部位で高くなるのが普通である。

次にスウェーデン式サウンディングのような静的貫入試験では，どのような反応を示すかについて試験的計測を行なってみたところ，標準貫入試験の $N=2\sim 9$ ，平均 $N=4$ に対し，サウンディングによる換算 N 値は $1\sim 6$ ，平均 ≈ 3 でわずかに低値を示した。しかし多摩Ⅱ面の例にみられるように，新期ローム中で対応するもので土橋・多摩ロームに達するにつれて N 値とかけ離れた値となっている（第4図）。これは N 値が打込みという動的な貫入方式による計測であるのに対し，スウェーデン式サウンディング計測値は静的な計測方式，すなわち，回転貫入方式による連続計測であるため，貫入孔壁に当たるローム層の構造組織が破壊されることによる繰返し現象が生じ，粘着力の増加を起こしロッドに対する摩擦力となって作用すること，あるいは新期・古期ローム（とくに土橋・多摩ローム）の粘土化の程度，ローム層中の地下水（宙水など）の有無による地盤状態の相違などが反映した結果ではなかろうか。したがって現時点



第4図 多摩Ⅱ面における N 値とサウンディング N 値の比較図

第1表 土質試験結果 (千葉地区)

地 点		佐 原	酒 々 井	千葉技能 (1)	千葉技能 (2)
採 取 深 度		1.4~1.95	3.0~3.5	1.5~2.0	3.2~3.5
地 質		火 山 灰	火 山 灰	火 山 灰	火 山 灰
稠 度 試 験	液 性 限 界 (%)	163.7	152.3	169.6	91.3
	塑 性 限 界 (%)	82.6	72.8	77.2	38.9
	塑 性 指 数	81.1	79.5	92.4	52.4
	流 動 指 数	25.2	25.7	22.8	21.5
自 然 状 態	比 重	2.84	2.85	2.79	2.76
	含 水 比 (%)	109.7	102.6	90.6	56.4
	湿 潤 密 度 (g/cm ³)	1.42	1.44	1.48	1.65
	乾 燥 密 度 (g/cm ³)	0.68	0.71	0.78	1.05
	間 隙 比	3.18	3.01	2.58	1.63
	飽 和 度	98.0	97.1	98.0	95.5
	土粒子部分の容積率 (%)	23.9	24.9	28.0	38.0
	水部分の密積率 (%)	74.6	72.8	70.7	59.2
	ガス部分の容積率 (%)	1.5	2.3	1.3	2.8
	水+ガス部分の容積率 (%)	76.1	75.1	72.0	62.0
透 水 試 験 (cm/sec)					
一 軸 圧 縮	破 壊 強 度 (kg/cm ²)	1.43	0.83	0.51	1.08
	破 壊 歪 (%)	4.6	3.8	3.8	5.0
	鋭 敏 比	5.3	6.9	6.1	5.7
三 縮 軸 圧	粘 着 力 (kg/cm ²)	0.51		0.21	0.41
	内 部 摩 擦 角 (°)	16°42'		13°30'	14°34'
剪 断	粘 着 力 (kg/cm ²)		0.32		
	内 部 摩 擦 角 (°)		17°13'		
圧 密	先 行 荷 重 (kg/cm ²)	2.00	2.65	1.50	2.00
	圧 縮 指 数	1.08	0.88	1.20	0.375
収 縮 限 界 (%)		66.7	57.1	58.9	42.3

武蔵工業大学土質研究室測定

では、スエーデン式サウンディングを関東ローム層の地耐力計測に適用するには、余りにも未解決の要素が多いといえる。しかし計測値 (貫入回転数・第5図) を利用したローム層の厚さの計測や層中の相対的強度を知るのには、本研究での例からかなりの効果が期待できよう。

3.2 土質試験結果からみた性質

対象地域の関東ローム層の物理的・力学的性質を解明するため、11点の試料 (第1表・第2表) について土質試験を行なった。

関東ローム層は土質工学的に“火山灰質の高含水比粘性土”とも呼ばれるように、本地域でのボーリング試料の

試験結果においても、自然状態におけるローム層構成容積率のうち59.2~75.7%が含有水分によって占められ、含水比は56.4~130.6%に達している。また液性限界・塑性限界についてみれば、試料の乾燥状態によっていちじるしく異なり、一度乾燥すると含有水分は非可逆的に失われ、再び水を与えても元の性質にもどらない。したがって関東ロームの含有水は単なる自由水とは考えられないといわれるように、非火山灰土と比較してきわめて異なった性質をもっている。工事現場などでよく見かける繰返しによるいちじるしい軟化現象は、火山灰層の自然構造の破壊にともなって解放される高率の間隙水が軟

関東ローム台地の地盤構造と地耐力 (宇野沢 昭)

第2表 土質試験結果 (岩槻地区)

地 点		城跡公園	柏 崎	和 土 (1)	和 土 (2)	新 和 (1)	新 和 (2)	新 和 (3)
探 取 深 度		2.7~3.2	1.0~1.5	0.5~1.0	2.0~2.5	1.5~2.0	2.0~2.5	2.5~3.0
地 質		火山灰						
稠度試験	液 性 限 界(%)	163.2	184.5	193.6	183.5	176.3	179.1	169.5
	塑 性 限 界(%)	76.3	84.2	81.7	78.5	75.1	77.3	70.9
	塑 性 指 数	86.9	100.3	111.9	105.0	101.2	101.8	98.6
	流 動 指 数	23.2	24.8	26.2	26.2	24.9	21.7	20.9
自 然 状 態	比 重	2.88	2.87	2.86	2.88	2.87	2.85	2.87
	含 水 比(%)	117.2	118.3	114.5	126.4	120.8	114.0	130.6
	湿 潤 密 度 (g/cm ³)	1.39	1.35	1.35	1.34	1.36	1.37	1.34
	乾 燥 密 度 (g/cm ³)	0.64	0.62	0.63	0.59	0.62	0.64	0.58
	間 隙 比	3.50	3.63	3.54	3.88	3.63	3.45	3.95
	飽 和 度(%)	96.4	93.5	92.5	93.8	95.5	94.2	94.9
	土粒子部分の容積率(%)	22.2	21.6	22.0	20.5	21.6	22.5	20.2
	水部分の密積率(%)	75.0	73.3	72.1	74.6	74.9	73.0	75.7
	ガス部分の容積率(%)	2.8	5.1	5.9	4.9	3.5	4.5	4.1
水+ガス部分の容積率(%)		77.8	78.4	78.0	79.5	78.4	77.5	79.8
透 水 試 験 (cm/sec)								
一 軸 圧 縮	破 壊 強 度 (kg/cm ²)	0.77	0.72	0.87	0.80	0.76	1.09	0.84
	破 壊 歪(%)	3.8	4.6	3.6	3.4	3.7	4.0	3.4
	鋭 敏 比	4.5	4.0	4.1	5.9	5.1	4.8	4.3
三 軸 圧 縮	粘 着 力 (kg/cm ²)							
	内 部 摩 擦 角 (°)							
剪 断	粘 着 力 (kg/cm ²)	0.33	0.29	0.34	0.32	0.30	0.46	0.35
	内 部 摩 擦 角 (°)	17°30'	21°48'	19°17'	17°45'	16°10'	15°39'	18°47'
圧 密	先 行 荷 重 (kg/cm ²)	2.00	2.40	2.60	2.70	2.10	2.50	1.80
	圧 縮 指 数	1.48	1.52	1.33	1.87	1.65	1.56	1.66
収 縮 限 界(%)		63.7	68.1	65.0	65.2	59.8	63.8	61.3

武蔵工業大学土質研究室測定

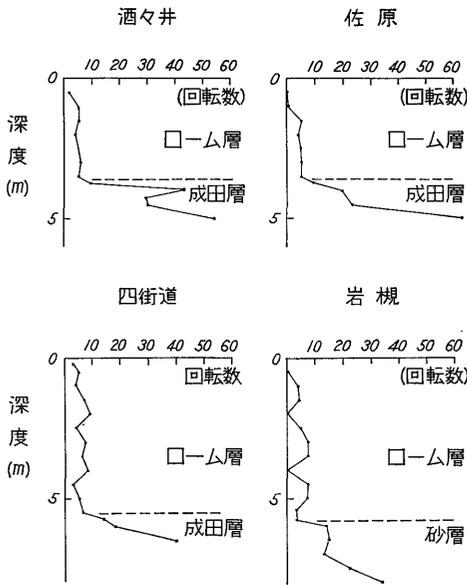
化を促進するものと考えられ、このことは火山灰粒子の物性と相まって、吸着水的な性格をもつ高率の含有水分と、その容器である間隙との関係 (第7図) からも理解することができよう。

含水比は、土の基本的性質として力学的性質に関連するといわれている。N値と含水比およびN値と間隙比との関係を藤沢市西部の例注⁴⁾ (第8・9図) でみると、相関の程度は低いが明らかに関連性を認めることができる (厳密には、土質試験に供した部位のN値ではなく、

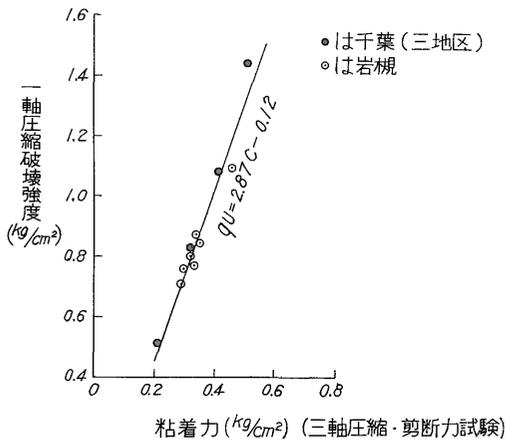
注4) 藤沢市西部開発事務局によって行なわれた土質試験結果から引用。

その直上・下のN値をとっているのが当然誤差が含まれていると思われるが)。

関東ローム層の構造組織における含有水分の容積率が、きわめて高率なことはすでに述べた。これに関連して、関東ローム層地盤の自然状態における支持力は、土粒子の骨格組織よりはるかに含有水分に負うところが大きいのではないだろうか。これは、前述のN値と含水比および間隙比の関係、含有水分の吸着水的な性質などから考えられることであるがこれを解明する方法として、現位置載荷試験を各ローム層について行なうことも必要と思われる。もちろんこの場合には該当箇所のロームに



第5図 サウンディング貫入回転数によるローム層の識別例

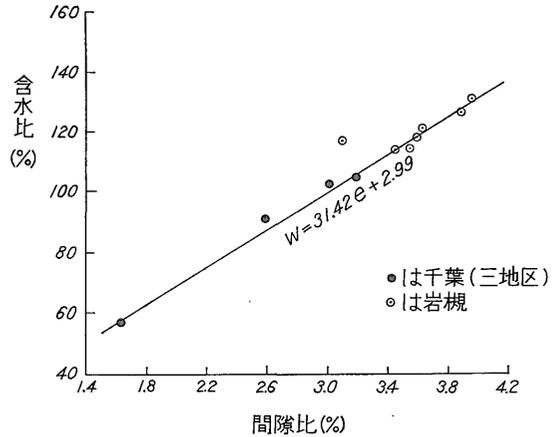


第6図 関東ローム層 (立川・武蔵野ローム) の一軸圧縮強度 (qu) と粘着力 (c)

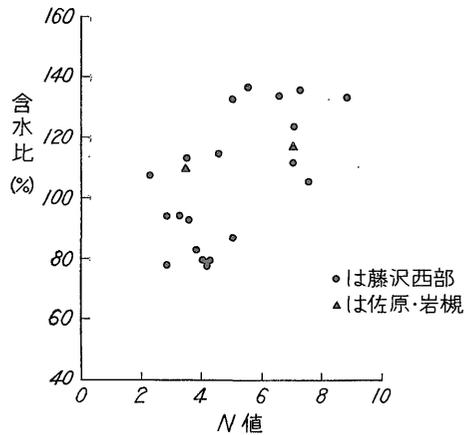
ついて土質試験を行なうことはいままでもない。しかし現時点ではまったく推論の域を出ないものであり、今後の問題として指摘しておきたい。

凝灰質粘土層 (下末吉ローム相当) のN値は、 $N = 1 \sim 7$ 、平均 $N \approx 3.5$ で新期ローム層とほぼ同値を示す、しかし水中堆積相を示しきわめて粘土化が進んでおり、乾燥状態では多くのクラックが発達する。地盤としては、N値の示すとおり、軟弱なものと考えられる。

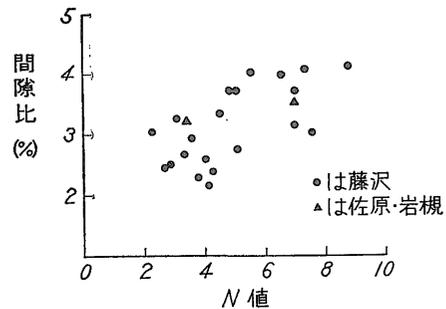
要するに、関東ローム層を地盤として利用するには、その特性を十分理解して対処することが必要なのであ



第7図 関東ローム層 (立川・武蔵野ローム) の含水比 (W) と間隙比 (e)



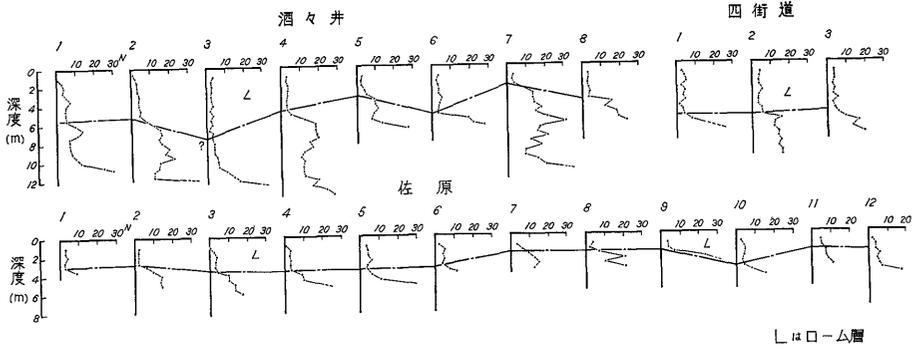
第8図 関東ローム層 (立川・武蔵野ローム) のN値と含水比



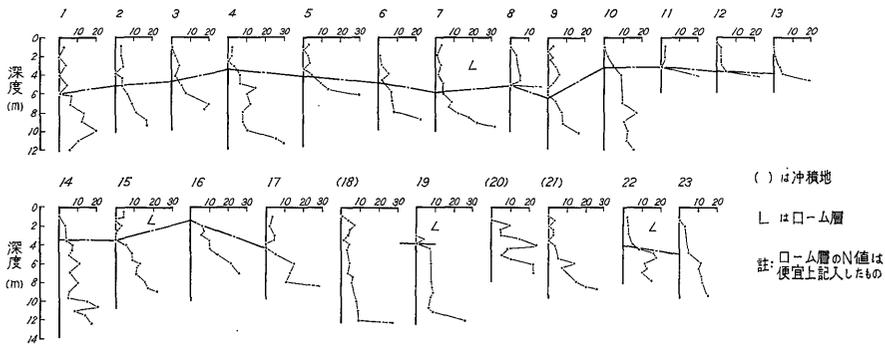
第9図 関東ローム層 (立川・武蔵野ローム) のN値と間隙比

4. 酒々井・佐原地区の地盤地質とN値

関東ローム層地盤を除いた両地区の地盤は、砂質層か



第10図a N値グラフ (スウェーデン式サウンディングによる)
注: ローム層のN値は便宜上記入した。



第10図b N値グラフ (岩槻地区・スウェーデン式サウンディングによる)

らなる。酒々井地区は第11図に示すように、計測点(1)~(5)・(7)を結ぶ範囲では、地表下5~10m(標高約22~28m)を境として、上部は粘性土を挟在する砂質層で、下部は砂層からなる。上部層の地盤としての地耐力をN値で示すと、N=10以下、10~15~20の部分が互層状態になっていて、地耐力的に定常性に欠ける面がある。下部地盤はN=20~30以上を示し、強度が大きい。計測点(6)・(8)の地区はやや台地面の開析が進み、前者の標高約35~38mよりやや高い40m台である(地形面についての調査は行っていないので、断定はできないが、40m台では層厚約2mの軽石層および軽石まじりローム層からなる下末吉ロームがあり、また面の開析の状態からも前者とは地形面を異にするとと思われる)。

中~粗粒の砂層からなり、N値は20~30以上を示し、強度が大である。計測点(1)~(5)・(7)に賦存する上部の砂質層は、これにアバットした形で堆積するようにみられる。

佐原地区は第12図に示すように砂層地盤からなる。N値分布から地表下4.5m±(標高+34m±)を境として

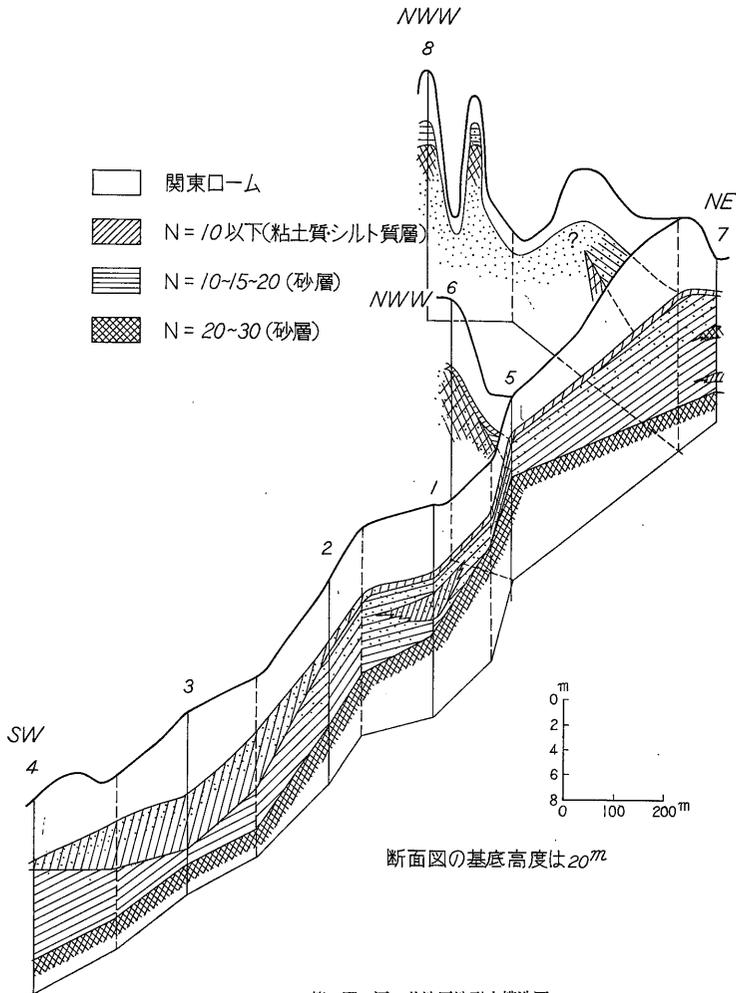
上・下の2地盤に区分される。上部地盤のN値は10~20以上、平均15程度である。下部地盤は、計測点(1)の標準貫入試験から深度17m以浅でN=20~40以上、それ以上ではN=50以上を示し、強度はきわめて大きい。両地域とも凝灰質粘土層(下末吉ローム相当)と接する部位では、凝灰質砂層となっていることが多く、一般にN値が低い、薄層なのでさして問題にはならない。

5. 岩槻地区の地盤地質とN値

5.1 地盤の地質構成(第2図・第13図参照)

対象地域は南西部を綾瀬川で限られ、ほぼ中部を元荒川が貫流し、地域を2分する。台地面の高度は10~16mで、16mに達する高所は綾瀬川・元荒川の左岸に細長く断続的に分布し、ともに北西部一帯に高度を減じる高度非対称を示している。種々の地形形態^{注5)}は多くの場合、地形発達の見点から浅層地盤の地質構成や相対的な地盤強度を概察するのに役立つが、当地域の場合でも、かな

注5) 例えば台地・段丘・沖積低地など地形面の異なる場合。とくに沖積低地の場合は、河川流路の変遷、自然堤防、後背湿地など。



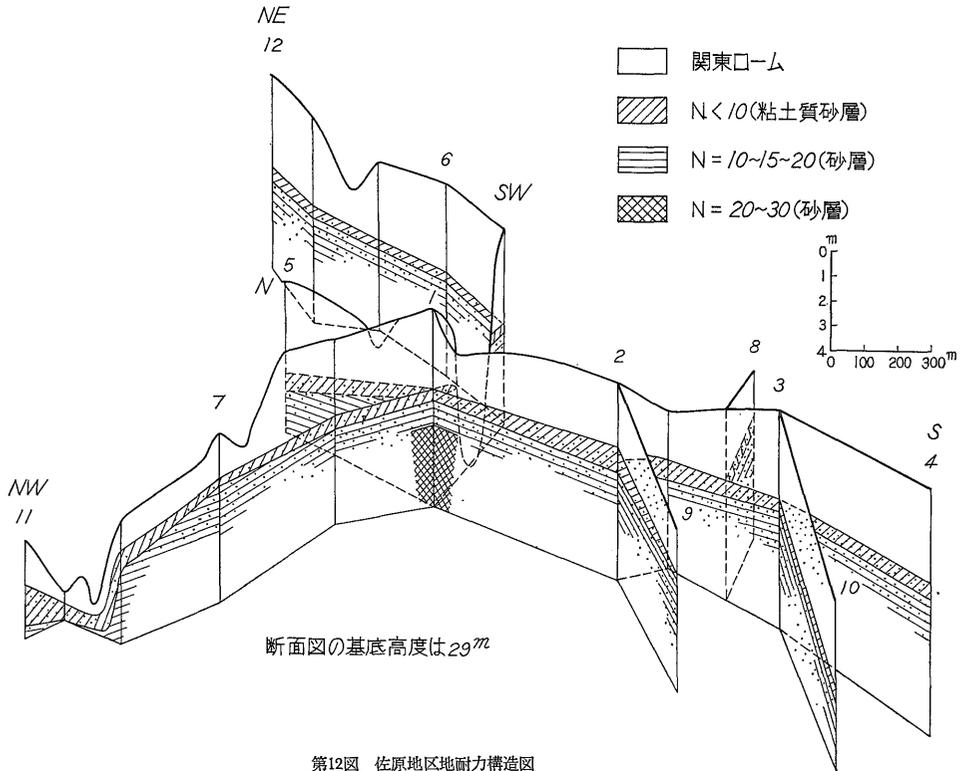
第11図 酒々井地区地耐力構造図

り重要な要素となっている。

第13図は既存の地質・地耐力調査資料、露頭調査およびスウェーデン式サウンディング計測による判断を基に描いた地域全般の地質構成である。この図からわかるように、本地域の浅層地盤はその地質構成から5種に区分できる(右表)。

Iのタイプは下末吉面(広義の)といわれる当台地の代表的地質層序をもつ台地主部であり、II・IIIのタイプは河成作用によるより新期の地形面と考えられ、IV・Vのタイプはさらに新しい沖積期の河成作用によるものである。以上5種の地盤地質はほぼ地表下10m以浅に該当する。これより以深では岩槻小学校付近に粗粒砂や砂礫が堆積するほかは、大部分細～中粒砂、あるいは粘性土をまじえる細～粗粒の砂からなっている。

タイプ	土質層序	主たる分布地域
I	ローム→粘土→砂	綾瀬川・元荒川左岸の台地高度の高い地域から中部にかけて分布することが多い(台地主面)
II	ローム→砂→粘土→砂	元荒川右岸沿いの台地面高度の低い地域に多く分布する
III	ローム→砂	元荒川右岸沿いの台地高度の低い地域および綾瀬川と元荒川が接近する地域に分布する
IV	腐植土→粘土→砂 またはシルト・粘土	台地の開析谷域に分布する
V	砂・砂礫(後背湿地などでは、腐植土・粘性土)	河川沖積低地



第12図 佐原地区地耐力構造図

5.2 N値垂直分布から判定した地盤の累積状態

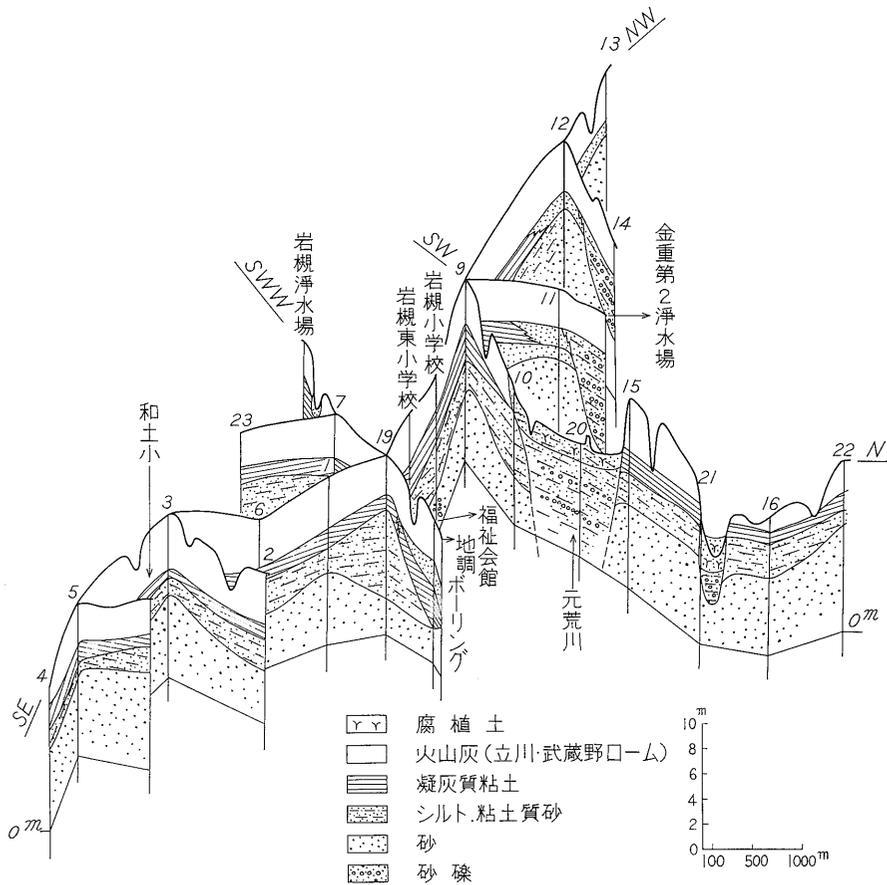
地耐力構造図(第14図)は地盤地耐力をN値で表現して分類し、断面に投影したものである。

第14図〔a〕に示すように、綾瀬川・元荒川にはさまれた箕輪・平林寺方面の地盤構造は、(11)地点付近を境として、まったく特異のもので、計測点(11)・(12)・(13)を結ぶルートでは、関東ローム層直下に、固結ぎみの中粒砂が分布し、これを境としてN値は50以上を示す。ただ固結ぎみ中粒砂の下位の地盤は、今のところ資料が得られていない。岩槻市街地を横断して、南東方の笹久保に達する地帯は、計測点(9)・岩槻小学校・(2)和土小学校・(4)などを結ぶ断面に見られるように、Iのタイプに該当する。ルート(9)~(2)に当る市街地から南郊にかけては、N=10以上の地盤がかなり厚く、一方計測点(3)~(4)を結ぶ台地南尖端の地区では、対照的に薄くなっているが、やや強度の劣るN=14±3の地盤は、逆にかなりの厚さを示している。したがって浅層部地盤の強度をN値でみると、後者の方が概して良好といえる。N=20~30以上の地盤は一般的に北西から南東方向に低下する傾向があり、地表下深度は-9~-14m(標高0~+4m)

に伏在する。

図の〔b〕は元荒川沖積低地をはさむNE→SW方向の代表的な断面で、沖積低地両側のN値垂直分布状態が対照的である。概して良好な地盤とみられるN=20~30以上の地盤は、元荒川左岸地区慈恩寺一帯で地表下-7~-9m(標高+6m±)に伏在し、今回の調査区域内ではやや伏在標高が高い方である。元荒川右岸(市街地の北郊)では計測点(9)から(10)にかけて、この地盤は伏没する。計測点(10)および第14図〔C〕の測点(14)および金重第二浄水場付近では、この地盤はさらに地表下14m以深(標高-4m以深)に低下する。そして上部にN=5~10, 11~13~17の地盤が厚く発達する。なお(10)・(14)・金重第二浄水場はIIIのタイプに、(21)・(20)は、それぞれIV・VのタイプにみられるN値分布の特徴である。

図の〔d〕は、岩槻市街南郊で台地をほぼW-E方向に切る代表的な断面である。(7)・(19)の台地中心部付近のN=20~30以上の地盤は地表下9~11m(標高+4m±)に伏在し、(8)付近とともに“たかまり”を形成する。NE方向では伏没し、地表下13m(標高0m±)に



第13図 岩槻地区地盤地質断面図 (貫入試験およびボーリング資料による)

低下する。N=11~13~17の地盤は下位地盤の凹所を埋めた状態で分布し、岩槻浄水場付近の開析谷域地下では、厚さ12mにも達している。

一応支持地盤と目される地盤の伏在深度はその都度述べてあるが、全般的な傾向として次のように要約できる。すなわち台地中部では一般にNWからSEに向かって低下し、標高+6~0mの深部に発達するのを見るが、かなり波長の細かい起伏が認められ、その比高は4~6mである。元荒川右岸沿いでは標高-4m以深に伏没する。開析谷域下では標高-9mにも達している。

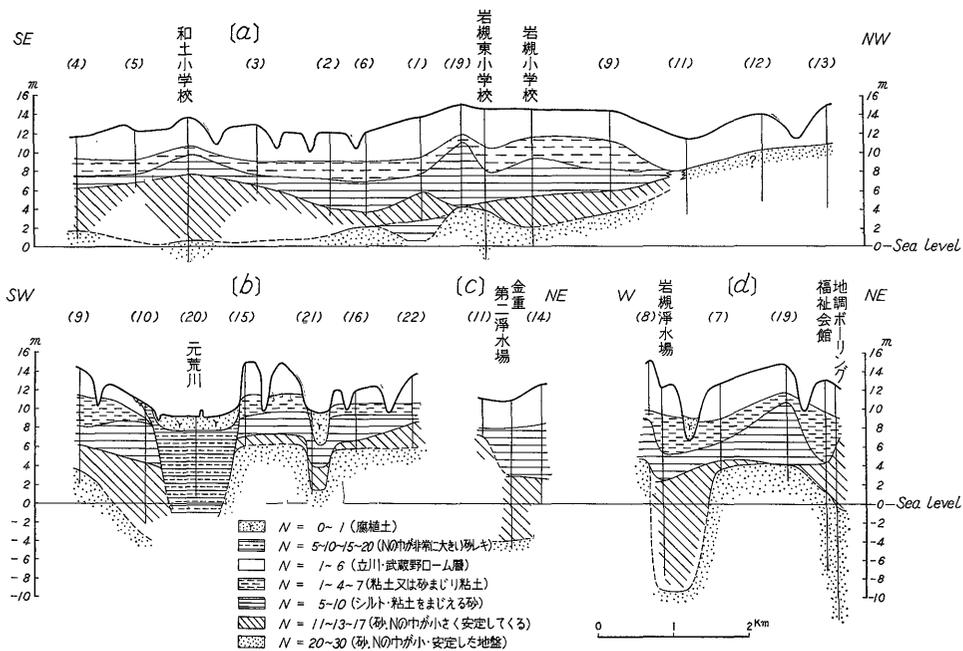
なお地盤のN値垂直分布図として、スエーデン式サウンディングについては、N値グラフとして第10図a・bに、標準貫入試験については第3図にそれぞれ示してある。

6. 結 言

関東ローム層は土質工学的性質において、非火山灰土と比較して著しく異なった性質をもっている。とくに含有水分に関連した力学的性質では、含水比・間隙比の増加ともなつてN値が増加することが認められ(第8図・第9図参照)、含有水分がローム層地盤の支持力に占める要素としてかなり大きいことを示している。この要因としては高い含有率を表わす間隙水が非火山灰土と異なつて、ほとんど吸着水的な性質をもっていることがあげられる。また広範囲におけるN値が、N=2~9という変動域にあって平均N≒4という定常的な値を保つのは、風成の火山灰土である関東ローム層の特性の一端を示すものであろう。

またこれら関東ローム層の下位の浅層地盤は、一般に

関東ローム台地の地盤構造と地耐力 (宇野沢 昭)



第14図 岩槻地区地耐力構造図

浅層部から深層部に向かって N 値が増加する傾向にある。

本研究地域で一応中～重量構造物の支持地盤と目されるものは、酒々井・佐原地区でそれぞれ、標高約+22～28mならびに約+34mのレベルに伏在し、岩槻地区では元荒川右岸の台地主部で標高約0～+4mに、左岸台地主部では約+4～+6mのレベルに伏在することが判明した。

台地主部以外では、開析谷域および河川沖積低地など地耐力的に不安定な地域があり、これらの地域で支持地盤と目されるものの伏在深度は標高-4～-9mに達している。

参考文献および資料

池田俊雄・室町忠彦 (1961) : 地耐力調査法, 鉄道現業社, p. 1～64

関東ローム研究グループ (1956) : 関東ローム, その起源と性状

岩槻市役所: 岩槻市周辺, 浄水場・学校・会館等の

地質, 地盤調査資料

鶴見英策・大村 纂 (1966) : 多摩丘陵東部の地形およびロームに関する若干の知見, 第四紀研究 vol. 5, no. 2, p. 59～64

藤沢市西部開発事務局 (1967) : 藤沢市西部開発区域第一次地質調査工事報告書 (資料)

藤沢市西部開発事務局 (1967) : 西部開発事業第二次地質および水文調査土質試験報告書

藤沢市西部開発事務局 (1968) : 藤沢市「西部開発区域」宅地造成のための基礎地質調査報告書

堀口万吉 (1968) : 日曜の地学「埼玉の地質をめぐって」, 築地書館 p. 15～20

宇野沢昭・岡 重文・黒田和男 (1971) : 藤沢市大庭地区の表層地質——ローム層の区分とN値および固結化との関係——, 応用地質, vol. 11, no. 4, p. 143～148

竹中 肇 (1968) : 関東ロームの物理的性質について, 第四紀研究, vol. 7, no. 3, p. 109～115