

名古屋地域における沖積層の土質工学的特性と基礎の設計

橋 本 敏 秀*

The Géotechnical Features of The Alluvial Deposit for Designing Foundations in Nagoya Area

Toshihide HASHIMOTO*

(Received August 31, 1971)

The general features of the ground formation in Nagoya and its neighbourhood were almost made clear in 1969 in the public report published by the Architectural Institute and other organizations.

The author, one of the writers of the public report, now wishes to discuss some important problems from a practical point of view, on which the detailed study was not done in our previous report.

In the former chapters of this paper, the regional variations of the ground formation and soil properties in alluvial deposit are examined from the results of soil tests and boring data.

In the latter chapters, the author suggests an analytical method to evaluate the allowable bearing capacity of a foundation in an alluvial deposit, and denotes its applications to the two types of the ground formations.

The difference between the two is whether or not the ground formations contain any sandy layer available to support the load of the constructions.

1. ま え が き

土木建築関係構造物を安全かつ経済的に設計しうる第1条件は、構造物とこれが設置される地盤との間における応力交換が無理なく処理される事であり、これを満たすには通常無関係な双方の工学的特性をうまく協力させる基礎構造を、それらの接触点に設置することが必要である。

地盤は通常多層構造でありかつ各層は土の種類を異にするから、局所的調査は基礎設計の資料を得るに必要であるが、層序やその中の土の特性は平面的に連続しているものであるから、ある程度広域的な地盤の通性やその変化の地域的方向性についての予備知識は、大局的判断を要する場合に役立つ。このことは立地計画の段階においても、また一構造物の実施設計段階においても言い得る。

都市地盤図は、建設事業に関係ある種々の立場で利用されている。「名古屋地盤図」もその一つで、1969年に刊行された。同地盤図の付属研究論文集「名古屋地盤総論」には、広い専門分野からの地盤に関する研究成果が集約されている。筆者も執筆委員の1人であったが、当時十分解明されなかった問題、および紙面の制約上割愛した問題などについては、各専門分野におけるその後の研究成果に合せて、別の機会に補充すべきであると考えていた。

本稿もその趣旨によるものであるが、諸般の事情で内容をしぼる事とした。すなわち沖積層中に基礎を設計する実務上に必要と思われる事項のみについて、地盤図関係資料にもとづき統計的考察を行ない、市域内でのそれらの地域的特性を見出し、さらに地盤構造に適応した許容耐力の判定方法を提案する。

はかに次の諸点に留意した。

i) 名古屋市域を対象とした。市域外でより多くの間

*建築学科 (Department of Architecture)

題点はあるが、現段階では統計的考察をするにはボーリングデータなど不足であり、個々の問題として扱うならば別の機会にすべきであると考えた。

- ii) 名古屋地盤総論において一応の結論が出た問題については、必要な補足のみに止めた。
- iii) 土質に関する用語は、名古屋地盤図における定義に従うものとした。

2. 名古屋市域における沖積層の概況

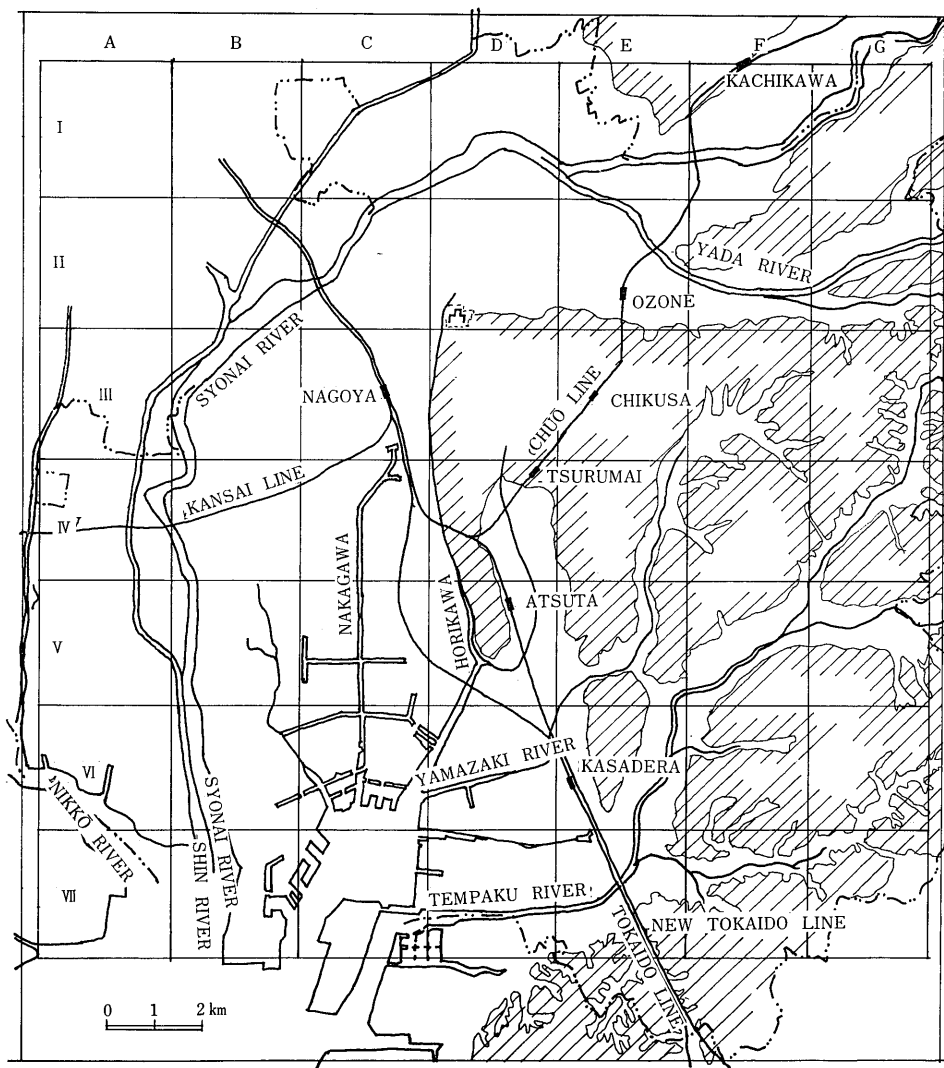
名古屋市およびその周辺地域における沖積層の分布状況、それらの基底面の深度等は、松沢らの研究²⁾をはじめ、名古屋地盤図からも知ることができる。

ところが地盤工学的には、それら基底面の形成過程よ

りも、沖積世における堆積過程がより重要問題とされるであろう。市域内においても、堆積条件の地域的差異が、地盤構造の特性に地域的差をもたらしている。

一般に濃尾平野の沖積層基底面は、洪積世中期以後の濃尾傾動地塊運動といわれる東高西低の傾動を続けつつある一方、最終氷河期の海面低下（海退）期に、各河川によって削られた侵食谷として形成されたものであるが、これらいくつかの侵食谷は、現在の市域内にも埋没谷として存在することが知られている。

一つは名古屋港から天白川ないし荒子川までのいくつかの支谷に分岐して、熱田台地にも深く入り込んでいるもので、旧天白川埋没谷と呼ばれる。また別に飛島村からほぼ現在の庄内川の流路沿いに侵食谷があり、旧庄内



第1図 名古屋市域の地盤区分図

川埋没谷とよばれる。

これら侵食谷と中間平坦部は、沖積世には本曾三川等より土砂の供給をうけ、堆積して来たわけであるが、その過程において、木曾川本流に近いところは大量の砂礫を供給されている。現庄内川以西では上部砂礫層が認められるが、木曾川本流に近づくほど層厚、密度共に増大している。木曾川本流東岸地域では沖積層の全厚は30米ないし50米にも達するが、上部砂礫層は小規模建築物に必要な程度の支持力を有していたので、古来軽工業地帯として小都市群を繁栄させ、数回の大地震にも耐えて来た。しかし今後大規模構造物を建設しようとするときには沖積層全厚の大きいことが難問題となるであろう。

名古屋市域内では上部砂層はあまり明瞭な形ではなく、沖積層中に分散したようになっている。

次に旧天白川埋没谷に属する地域では砂礫の堆積が極めて少なく、地表から基底面まで粘土質となっておりところも多い。したがって沖積層内に支持層を求めることがむづかしく多くの場合深い基礎を用いる必要がある。

以上自然堆積条件による土層構成の地域差について述べたが、市南部臨海地域では17世紀以降の干拓、埋立の条件が土層構成に関係しているので、あまり広域的な定形論はできない。特に市南部の軟弱粘土を対象とした研究³⁾、および港内地盤を対象とした調査報告⁴⁾はこの地域の地盤工学的知識を得るための参考になる。

3. 粘土層の土質

名古屋市域を便宜上第1図のように小地区に分割するものとする。

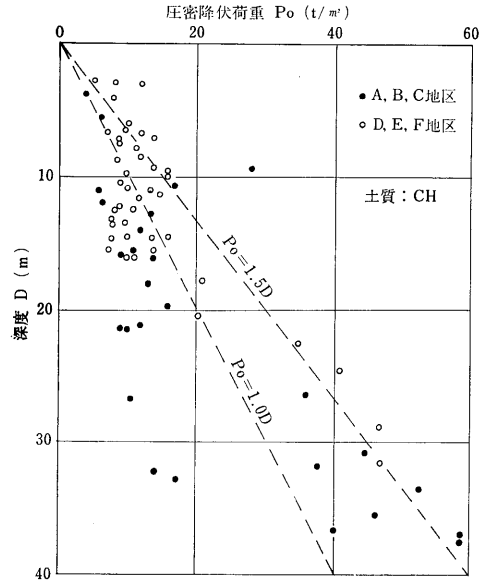
多くの土質試料について圧密試験を行なった結果から、試料採取深度と圧密降伏荷重との関係を調べた結果は名古屋地盤総論にも概説してある。ここではさらに粘土層の先行圧密状態の地域差を明らかにするため、土質分類上CH（塑性度の高い粘土）に属するもののみについて、ABC地区とDEF地区とを比較した。（第2図参照）

前者は比較的深い位置に、後者は浅い位置に圧密未了の層が多いことがわかる。さらに個々のボーリングデータをも参照した結果、沖積層上、中部における土の粒度分布が、両地区ではかなり異っていることと符合することがわかった。

圧密未了データの地域的分布状況を第1表に示す。本表は試料採取深度を $D(m)$ 、圧密降伏荷重を $P_o(t/m^2)$ とすると、

$$P_o < 1.5D$$

を圧密未了と考えて、圧密試験の試料数と圧密未了件数とを地区別に比較したものである。ただし試料の採取は



第2図 圧密降伏荷重と深度

第1表 圧密未了粘土層の地域的分布

地区	A	B	C	D	E	F	G
I			1/1	2/2	1/1		4/4
II			1/1		1/1		
III		4/4	4/4	10/10	2/2		
IV			3/3	1/1	1/1	2/2	
V		1/1	2/2		1/1		
VI	1/1	2/2	7/7	7/7	4/4		
VII	1/2	2/2		11/12	1/13	1/1	

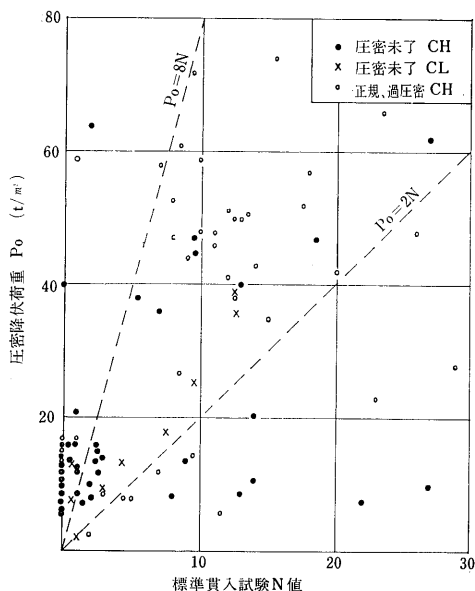
注。分母は圧密試験試料数、分子は圧密未了と思われる試料数

平面的にも深度的にも計画配置されたものでないから、同表各地区毎の数値は統計値としての意味はもたない。

次に標準貫入試験結果(N 値)と圧密降伏荷重との関係について、主として沖積粘土層を対象としたので、土質CL（塑性度の低い粘土）でかつ正規ないし過圧密のものを除いて調べた結果を第3図に示す。この結果から推論すると、

- i) 圧密未了のCHでは、圧密降伏荷重は N 値によってほとんど評価されない。
- ii) 圧密未了のCL、および正規、過圧密のCHの圧密降伏荷重は次式の範囲にある。

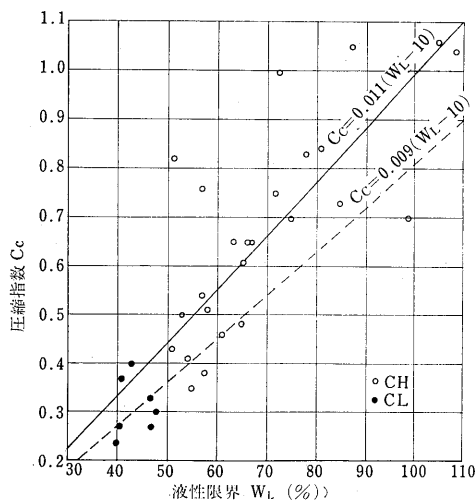
$$8N > P_o(t/m^2) > 2N$$



第3図 標準貫入試験N値と圧密降伏荷重

この関係はすでに洪積粘土に対して推論されているもの⁵⁾と変らない。

さらに液性限界 (W_L) と圧縮指数 (C_c) との関係については、名古屋地盤図編集の際にも全試料を対象として統計的検討が加えられたが、その相関は明らかにされなかった。その後データを採取地区別、粒度別等種々のグループに分割して検討した結果、あるグループ内ではかなり高い相関性を示すものがあった。第4図はAB地区の粘性土 (CH, CL) について $W_L \sim C_c$ の関係を



第4図 液性限界と圧縮指数 (AB地区)

示したもので、この場合の相関係数は $r=0.82$ である。またこれらのデータにつき最小2乗法により関係式を求めた結果

$$C_c = 0.011 (W_L - 10)$$

を得た。同図には参考のためスケンプトンの式

$$C_c = 0.009 (W_L - 10)$$

をも付記した。ところが同図に含まれているCLのみについて見れば上記の関係には従っておらず、 $W_L \sim C_c$ の相関性は低い。AB地区ではCHの試料が多かったので結果として高い相関性を示したものと考えられるが、この関係は少くとも市域内での沖積粘土の場合を代表しているものと見なすことができよう。他方、洪積粘土では両者の相関性が低いことから、 $W_L \sim C_c$ の関係は沖積粘土の場合に限り上式が適用できるものと推論される。

4. 沖積層における基礎の設計

名古屋地盤総論において「基礎計画上の注意点」では主として地盤調査の方針について述べられており、個々の地盤調査の結果は直ちに実際の基礎の設計に应用されるものであるが、どのように应用するかという具体的な記述はない。本稿では特に沖積層中に基礎を設置する場合の設計方法について、基本的な考え方を提示したい。

4.1 沖積地域における基礎形式の選定

高層建築等の大規模構造物、あるいは基礎の変位 (鉛直, 水平共) について、特に制限ある橋梁等の構造物にあっては、その基礎は少くとも洪積層中の砂礫層に達するよう、くい基礎等の深い基礎を採用するのが無難とされている。しかしながら沖積層基底面が非常に深い地盤に中低層建築物 (たとえば小学校々舎) など軽量構造物を建設するような場合、できれば浅い基礎を採用したいという要求がなされることがある。もし必要な支持力が得られ、沈下量が許容値以内であると推定されるならば、沖積層中の浅い基礎も不可能ではない。この場合の可能性は基礎底面の支持力と底面以下の圧密量によって決まる。基礎形式の選定は以下に述べる具体的な許容耐力の判定方法に従ってなされるべきであろう。

4.2 支持層として利用しうる砂層のある場合

(1) 基礎底面を砂層に置くものとし、先ずその支持力公式 (マイヤーホフのN値利用公式など) で算定し、次に底面以下の粘性土層について、圧密試験の結果を用いて圧密沈下量を算定する。後者が許容量以内るとき前者 (支持力) を地耐力と見なし、適当な安全率で割ったものを許容地耐力 (f_e) とみなす。

(2) 直接許容地耐力を求める方法として、マイヤーホフが提案したもの⁶⁾を应用する場合。

ベタ基礎の許容地耐力度 ($t/f t^2$) は,

$$p_a = \frac{N}{12} S_a$$

記号 S_a = 許容沈下量 (in)

上式をメートル法に換算すると,

$$q_s = 0.37 N S'_a$$

記号 q_s = 許容地耐力度 (t/m^2), S'_a = 許容沈下量 (cm)

となる。これを地盤係数の形であらわせば,

$$K_v = 0.37 N$$

記号 K_v = 鉛直方向地盤係数 ($t/m^2/cm$)

この K_v の値は実際よりも過小な値を示すものと考えられるが、設計荷重に対する基礎底面の即時沈下量を概算するときに便利であり、 K_v が過少であることは通常安全側になる。

ここで注意すべきことは上式は基礎底面下に粘土層がある場合の圧密沈下量は、考慮されていないことである。基礎底面以下の土質の変化および N 値の減少傾向により、圧密沈下量を別に計算することが必要となる場合がある。

4.3 支持層として利用しうる砂層のない場合

この場合でも基礎底面は、 N 値の比較的大きい地層に置くことが望ましい。

(1) 支持力は N 値から求めることもできるが、ここではテルツァギの理論式を用いて推定する場合について述べる。

$$q_d = C N_c + \frac{1}{2} \gamma_1 B N_\gamma + \gamma_2 D_f N_q$$

註. 基礎の形状係数 $\alpha=1, \beta=1/2$ の場合

記号 q_d = 極限支持力度 (t/m^2), C = 粘着力 (t/m^2)
 γ_1, γ_2 = 基礎底面下方および上方の土の単位体積重量 (t/m^3), B = 基礎幅 (m), D_f = 基礎の根入れ深さ (m),
 N_c, N_γ, N_q = 支持力係数

上式において内部摩擦角が認定できないような軟弱地盤では $N_\gamma \approx 0, N_c = 5.3$ なる値をとり、さらに D_f を無視する場合は第 1 項のみとなり,

$$q_d = 5.3 C,$$

$$q_a = \frac{1}{3} q_d = 1.8 C \approx q_n$$

記号 q_a = 許容支持力度 (t/m^2), q_n = 1 軸圧縮強度 (t/m^2)

以上のように 1 軸圧縮強度は最悪条件での許容支持力度を示すことになる。

1 軸圧縮強度は粘土の場合、 N 値から評価することはほとんど不可能であるから、1 軸圧縮試験あるいは 3 軸圧縮試験の結果を用いなければならない。

(2) 圧密試験結果の利用

圧密試験は粘土層の圧密量を推定するための諸定数を求める目的で行われるが、諸定数のうち圧密降伏荷重 (P_0) の値は、そのまま一つの許容地耐力を示すものであるとの見方もあるようである。しかしそのような見方ができるのは、 P_0 が基礎底面以下深さに応じて増大して行くような場合に限られるべきであり、このような前提条件は沖積粘土層ではほとんど期待できない。ゆえに当然沖積層全体の圧密沈下量は別に計算し、許容値と比較しなければならない。

5. あとがき

本稿はその前半において名古屋市域の沖積層の分布状況を概説し、特にそれらの堆積条件の差から、土層構成上地域差を生じていること、従って沖積層中に存する粘土の性質にも地域差があるべきことを推論し、名古屋地盤図の土質試験データから、粘性土の圧密特性の地域的傾向を明らかにしたほか、沖積粘土の圧密降伏荷重と N 値との関係、液性限界と圧縮指数との関係について、構造工学的応用を念頭において解明した。

後半において沖積層における基礎の設計方針と、その根拠となる許容耐力を推定する解析方法のいくつかを提案した。この場合特に沖積層中の上部砂層の利用の可否は、上部構造物の荷重条件にもよるが、ここでは地盤条件として、砂層の有無により異なる解析方法を示した。

沖積層中に基礎を置くこと自体は原則として望ましくはないが、頭から不可能として拒否すべきではなく、その許容耐力、設計荷重に対する沈下量を推定し、これらを根拠としてその可否を検討することが、適切な基礎設計への道程であろう。

文 献

- 1) 日本建築学会東海支部ほか 2 団体：名古屋地盤図，コロナ社，1969.
- 2) 松沢勲，桑原徹：濃尾平野の地下構造とその構成，名古屋大学災害科学調査会，1954.
- 3) 桑原徹，堀内孝英：名古屋市南部の軟弱粘性土の性質について，名城大学理工学部研究報告，1966.
- 4) 名古屋港管理組合：名古屋臨海工業地帯の地盤，同組合，1968.
- 5) 大崎順彦，坂口理：洪積粘性土に対する基礎の設計について，第 12 回土質工学会シンポジウム，1967.
- 6) G. Meyerhof：Shallow Foundation, Proc. ASCE. SM2, 1965.