

基礎工 (II)

2. 基礎地盤

最上 武雄*

土質工学の進歩にともなつて基礎工の問題に若干の寄与ができるようになった。しかし、そうだからと言つて基礎に関するあらゆる問題が理論的に解かれるというのではもちろんない。ここでは基礎の諸問題に土質工学を応用するには、どうするかという一般的なことがらを説明する。

地盤は誰も知るとおり複雑なものであるから、計画されている構造物を建造する敷地内の地盤がどんな構成を持つているかを知ることがまづ最初になすべき仕事である。そしてまづその地点の地質学的性質、地形等が調べられる。これは場合によれば地質専門家に依頼して行われる。その結果つきに行うべき地盤調査の精粗や将来地盤調査が行われたとき、その資料を批判すべき材料が得られる。第二には第一次地盤調査を行うのである。これは概括的に地盤の状況を調べるのが目的である。この場合普通行われる方法は sounding といわれるものであり、いくつかのやり方がある。日本で現在広く行われているものは、米国で発達した標準貫入試験といわれるものであり、一種の試料採集器を一定重量 (140 lbs) の重錘を一定高さ (30 in) から落下させることによりたたき込み、一定深さ (1 ft) にたたき込むに要する打撃数 (N) の値を記録する。 N の値が大きいほどその地層が堅硬なことを示す。一応の標準を下に記す。

砂		粘 土	
N		N	
0—4	非常にゆるい	0—1	非常に軟かい
5—10	ゆるい	1—4	軟かい
11—30	しつかりしている	5—8	しつかりしている
31—50	密である	9—15	かたい
50 以上	非常に密である	16—30	非常にかたい
		30 以上	堅硬である

この標準貫入試験は村山、赤井、森田、龍城の諸氏¹⁾、三木助教、福岡氏²⁾等により日本の地層についても検討研究され、大体使用に耐えることが明らかになっている。sonuding の方法にはこのほか種々のものがある³⁾。

* 正員 工博 東京大学教授 工学部土工学教室

1) 土と基礎 第5号
2) 土と基礎 第9巻2号 1956
3) 土と基礎に近く記事ができる予定

例えば円錐を静的な力で押し込みそのときの力を測定するものも数種ある。打込みを用いるものについては理論的な公式が出しにくい、静的なものでは Prandtl の公式またはそれと類似の公式を利用して理論的検討が加えられ、この理論から内部摩擦角等を求めるようになって⁴⁾。しかし、それも厳密にあてはまる式ではないから、いづれも半経験式といわざるを得ず、従つて各種の sounding の方法はいづれを上、いづれを下ともいいがたい。結局、なれて数多くのデータを持つているものが良結果をうるるのであろう。地盤に打ち込む場合は適当な方法で必要なところまで孔をあけ、よく底をさらつてから打ち込む。孔壁がくずれのおそれがあるときは、上方にはケーシングパイプを入れ、下方は粘土水でおさえる。孔の中と土中の水圧がつり合っていないと孔をくずすから、もし地層に圧力水のある場合にはそれを考えに入れて行わねばならない。底を十分にさらつていない場合には、底にたまつた土の貫入を行つているようになり不正確な結果をうる。非常に孔が深くなるとロッドの重量も増し、打撃によりロッドが曲る等のあることがある。

円錐を静的な力で押し込む方式で管を二重にし、土の摩擦を避け、外管と一緒に押し込むとき、円錐だけを押し込むときとの二力の差から粘着力の算出を便にしたものもある。

さて、いづれの方法にせよ sounding によつて、地下の状況のあらましを知ることができるから、これを図示する。数カ所 sounding を実行すればその敷地内地層構成の概観が得られる。話が前後したが sounding の深さは少くとも構造物の最大幅の 1.5 倍くらい欲しいが、これは一律にいふべきではなく、例えば、二、三本の sounding で問題の深さ以下が硬い層よりなることが明らかになれば、後はそれほど深く sounding する必要はない。もつともこれは建設すべき構造物の重量、持つべき性格によつて異なるのである。

まづ目安にすべきは構造物に対する地盤の支持力および沈下なのだから、この二点を頭において決定を行うべきである。なお基礎工施行中に生ずべき諸問題をも考える必要がある。sounding の結果は大分して二つの場合がある。地層が大体水平で比較的入り込んでいない場合と非常に複雑な場合とである。前者はまづ楽なのだが後者は厄介である。地層の構成が複雑な場合にはさらに十分な調査をしなければならぬからである。sounding を行う場合、例えば砂層が出たというようなとき、それが水平にずっと続いているものなのか、部分的なものか等に注意する必要がある。

また電気地下探査、弾性波地下探査等で地下の模様を

4) 例えば J. Verdeyen: Méchanique du sol et Foundations, p. 168

調べることもあるが、これらだけでは危険のようである。

このようにして概略的に地層の状況を知つたとすると、つぎにこれに基づいて、大略の基礎型式を研究する。この場合に用いられる土質力学の基本法則をあげれば、まず地表面に加えられた圧力は地下深くゆくに従つて広く分布し拡がって小さくなる。拡がってゆく仕方には、Boussinesq や Westergaaid の理論も用いるが、簡単には圧力は直線的に拡がり、深さ一定の所では一様とする。また鉛直圧力一定の所を結べば、ちょうど球根のような形になるので、これを圧力球根という。地表面載荷による沈下量が主として鉛直圧力によるものとする、圧力球根は沈下のもとになるものの存在範囲を示していることとなる。

粘土層に圧力が加われば圧力によつて粘土中の水がしほり出され、それがいわゆる圧密沈下の原因となる。圧密沈下 S_c の量は粘土層の厚さ H に比例し次式であらわされる。

$$S_c = \frac{HC_c}{1-e_0} \log \frac{p_0 + \Delta p}{p_0} \dots\dots\dots(1)$$

この式の中で e_0 は粘土層の最初の間隙比、 p_0 はそれに対する圧力、 Δp は載荷による圧力増加、 C_c は圧縮係数であり正しくは圧密試験で決定されるべき粘土の特性を示す常数であるが、近似的には

$$C_c = 0.009(w_L - 10) \dots\dots\dots(2)$$

なる式で算出され、 w_L はその粘土の液性限界である。場合によると上の式で求めた C_c を用いて沈下を計算すると大きくすぎることがある（くわしくは土質力学の書参照）。

粘土地盤上に載せた荷重に対する地盤の支持力は帯状荷重に対して

$$f_b = 5.5 C \dots\dots\dots(3)$$

である。ただし粘土の粘着力を C としている。円形載荷に対しては水野教授の公式⁵⁾等がある。

正方形に対しては、

$$f_c = 7.95 C \dots\dots\dots(4)$$

であり、矩形載荷の場合は (3) と正方形の場合 (4) との間である。 h なる根入れがある場合には

$$f_c = 5.52 C \left(1 + 0.38 \frac{h}{b} + 0.44 \frac{b}{L} \right) \dots\dots\dots(5)$$

となる。 b, L は矩形載荷面の辺長で $L > b$ である。

根入れ深さ D が十分大きい場合は、 F を安全率、 s を根切の底及び周辺の土の急速セン断におけるセン断強さとする

$$F = N_c \frac{s}{r D - p} \dots\dots\dots(6)^{6)}$$

とあらわされる⁷⁾。 p は地表載荷で N_c は D/B (B は

幅) に対し表示されている。

砂地盤についての Terzaghi 公式は帯状荷重に対し、

$$\left. \begin{aligned} f_c &= r b \left(\frac{1}{2} N_r \right) + r d (N_q) \quad (\text{全般セン断}) \\ &= r b \left(\frac{1}{2} N_r' \right) + r d (N_q') \quad (\text{局所的セン断}) \end{aligned} \right\} (7)$$

である。円形荷重に対しては

$$f_c = 0.6 r b \left(\frac{1}{2} N_r \right) + r d (N_q) \dots\dots\dots(8)$$

とし、 N_r, N_q 等は内部摩擦に対して表示されている。

ここで局所的セン断と全般セン断とに区別しているが、局所的セン断というのは大体において地盤がゆるい場合に当り、載荷の際、局所的な破壊が生ずるものであるが、全般セン断とは地盤が全般的に一体となつて破壊する場合である。粘土の場合にも、砂地盤の場合と同様に二種の地盤に分けることはできる。鋭敏な粘土地盤、不鋭敏な粘土地盤がこれである。不鋭敏な粘土地盤が局所破壊を起す砂地盤に対応し、鋭敏な粘土地盤が全般破壊を生ずる砂地盤に対応する。しかし、粘土の鋭敏度というものは、もともと圧縮強度に対し定義されたものである。すなわち粘土地盤から組織を壊さずにとり出した試料（後節参照）について圧縮試験を行つたときの圧縮強度を q_u 、この試料をこねかえし再び供試体を作つて行つた圧縮試験を行つたときの圧縮強さを q_{ur} としたとき、その粘土の鋭敏度 S は

$$S = \frac{q_u}{q_{ur}} \dots\dots\dots(9)$$

で定義される。鋭敏度の大体の目安はつぎのとおりである。

	鋭敏度
$S > 4$	高し
$4 > S > 2$	中位
$2 > S > 1$	低し
$1 > S$	不鋭敏

日本で従来測定された粘土の鋭敏比の一例をあげれば
 採集場所 四日市 八幡浜 尼ヶ崎 清水 横浜 川崎
 鋭敏比 7~12 2~5 2~12 2~5 5~15 5~11
 のごとくである⁷⁾。従つて粘土の鋭敏比なるものは粘土をこねかえしたとき、どれくらい粘土が軟かくなるかということを数字的に示す数字であり、基礎工にとつてはかなり重要な役をする。

土の中を水が流れると水によつて土に力が加えられる。その大きさは土の単位重量当り $i r$ に等しい。 r は水の単位容積当りの重量で i は水頭勾配である。この力により土、特に砂はゆるめられて quick sand になることがある。また boiling を起すともいう。このことは砂質

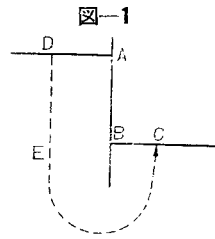
5) 水野高明: On the bearing power of soil under an uniformly distributed circular load. Proc. 3rd Conf. on S.M. & F.E. Vol.1 p.446

6) L. Bjerrum, および O. Eide: Stability of strutted excavations in clay, Géotechnique Vol. VI, No.1 March 1956.

7) 石井増丸・倉田 進・藤下利男: 沖積粘土の工学的性質に関する研究 土木学会論文集 第 30 号, 1955.

地盤の根切りにおいては重要で、ときには矢板工の崩壊をきたすことがある。

粘土地盤において ABDE の重量が大きく DEC のような面に沿ったせん断抵抗が不足する場合には根切り底が持ち上り (heaving) を起すことがある (図-1)。



以上の諸原則および土圧の公式等は基礎の型式を定めたりその他基礎に関する種々のことを決定するのに役立つ。

さて sounding がすむと、それで明らかになつた資料にもとづいて基礎に関する大略のことを考える。

地盤が砂礫であつて十分締つており、構造物の荷重もそれほど大きくなく、支持力公式に照して(この場合安全率3くらいをとる)支持力も十分あるときは一番簡単であり、地盤上ににただ載せるということも可能である。ただ表土の部分は多くの場合圧縮性のある有機質土のことが多いからにはぎとらねばならない。表土をとらなかつたため不等沈下を生じた例はときどきある。支持力が十分だということと沈下をしないということとは別問題であるから、支持力は十分であつても沈下の検討をおこたるわけにはゆかない。砂礫層の場合にはちよつと厄介だが、載荷試験を行つてみるのも一法と思われる。砂質土ないし粘土質のときの接触沈下の検討もむづかしいが、乱されない試料をとり外圧を加えた圧縮試験の結果からも近似的に検討される。粘土の場合には圧密沈下について調べねばならぬが、乱されない試料について圧密試験を行えば圧密沈下に対する検討に当然なるが、接触沈下についての検討にもなることがある。圧密試験を行つて先行荷重をだしたとき、これが現在の地圧に比しよほど大きいときには接触沈下も非常に小さいはずである。上野にできる美術館の基礎の場合がそうであつた⁸⁾(もつとも土はロームであつたが)。先行荷重というのは圧密試験の結果得られる log 荷重 : 間隙比曲線が急に曲るところに対応する荷重である(図-2)。

さて現在の例で地盤が砂礫層で、これがあまり締つていない場合にはこれを適当な方法で締めてやることも一法である。締める方法としては compaction piles を打つこと、または vibroflotation による方法もある。vib-

8) 藤 博 : 土質基礎調査所に於ける調査報告
 9) 一部の報告は渡辺 隆 : パイロフローテーション工法の実験, 土と基礎 Vol.4 No.4 1956 または建設機械化研究論文集(昭和30年度日本建設機械化協会)中の最上の報告参照。
 10) 粘土地盤改良法の一つである electro-osmosis または electro-

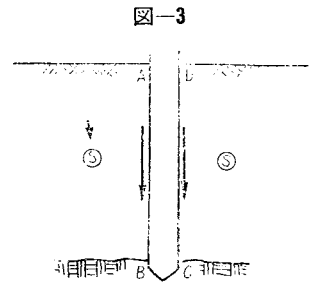
roflotation⁹⁾とは振動水締めの方法で筆者等も、二、三年来研究し、使用に耐えると思つている。締める深さは、締めた深さだけ基礎根入りができたとした場合に支持力が十分であり、締めたカ所以下のゆるい層での沈下が制限を越えなければよい。深くなれば前述のごとく圧力は構造物直下の圧力よりは減ることを考慮の上検討する。

また前二者ほどの効果は望めないと思うが、well-point 等で地下水を下げ、その部分の土の浮力を減ぜしめただけの荷重増加および下方へ向う水流の圧力を利用する方法も一応考えられはする。地盤上方が silt 地層で下方に砂層が水平にあるような場合、砂層に well-point を入れて水を引くことが考えられる。水を含む砂基礎上に捨てコンクリートを打ち、その下から水を well-point で引き支持力を猛烈に上げた例がある(池袋三越)。

ABCD が粘土質で CD なる硬層が比較的浅い場合を考えるに、まづ粘土質とはいつても相当硬く支持力が十分ある場合には圧密沈下が一番問題であろう。これに対しては乱されない試料をとつて圧密試験を行つてみる必要がある。この場合の圧密には構造物を造ることによるもののほか、将来地下水位が下がることが予想される場合には、それも考慮する。支持力が不足の場合には、根入れを利用して支持力の増加をはかるか、地盤そのものを sand drain 等によつて強化するか¹⁰⁾、築堤のような場合には押え盛土をするか、築堤材料に軽量のものを用いるか等の方法も考えられる。

また CD 層が比較的浅いのであるから杭打ちによつて構造物の重量を直接硬層に伝えるのも結構である(支持杭)。

この場合に、もし将来この地盤の圧密が考えられる場合には negative friction も考えに入れるべきである。negative friction というのは杭 ABCD を支持杭とする(図-3)。土 ⑤ が圧密され矢の方向に動くとき杭の周辺に下方に向うせん断応力が働く。これが意外に大きいことが認識され negative friction といわれるのである。



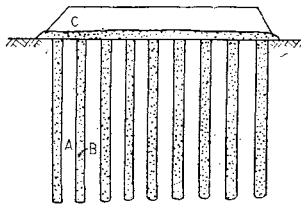
sand drain¹¹⁾とは粘土地盤に砂で図のような柱を作り、粘土中の水を柱を通して抜くのである。粘土層は水平に層をなすことが多いので、鉛直方向よりも水平方向の方が透水性の大きいこと、同じ土の中を一定の長さを

chemical method については京都大学の村山教授等が研究している。

11) sand drain はすでに各所で利用され、土と基礎⁹⁾にもいくつかの例が報告されている。国鉄でも東海道線電化工事にともなつて実施され成功、東京ガス豊洲工場でも成功した。その他例はたくさんある。

水が滲透するに要する時間は、距離の2乗に比例するから、短い距離 AB を滲透する方が長い距離 AC を滲透するよりもはるかに短い時間で行われることを利用したものであり、Aにおける水を移動せしめるのは地表面の載荷による。

図-4



well-point というのは特殊な先を持つた管を土中にジネットを用いて挿入し、同じ管を用いて排水するものである¹²⁾。

なお地盤の固化というよりは、固化と一樣化に役立つ工法に pre-loading 工法がある。これは地表面に設計荷重とほぼ同じ大きさの載荷を行い、地盤がおちつくの待って荷重をとり去り、構造物を作るものである。

これら諸工法を行うについて過去の経験が大切なものというまでもないが、後に述べるような土質試験にもとづいた“設計”を行い、それによつて施工するのである。

さて、硬盤との間の軟層の厚さが大きいとときには状況によつていろいろ異なるから簡単ではないが、例えば継杭を行つて長い杭を打つとか、ウェルを下げるとか、ときに応じて考える。

逆に、上方に比較的硬い層が若干あり、下に軟かい粘土層をかんでいるようなことがある。このとき上の層だけを考えると、支持力の方は大丈夫と思われるが、粘土層が長期にわたつて圧密沈下を起して構造物に障害をおよぼすことがある¹³⁾。

地盤は複雑で個々別々に研究しなければならないから、一般論としていうのは困難である。上にはほんの一例を述べたのであるが、まず大体このようにして基礎の型式についてあらましの決定をしたならば、つきには必要な資料を適当な場所から採集しなければならない。これはさらに突込んだ設計を行い、またそれを施工する場合に必要なデータを求めるためである。

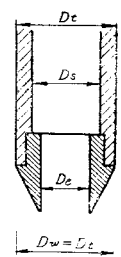
ところで土の試料をとつて試験をするのであるが、基礎設計に必要な資料をうるには、地盤のそのままの状態をできるだけこわさないで採集する必要がある。このような目的で研究されてきたものが薄肉 sampler である。土の中に筒を押し込んだときに、土に与えるかく乱にはいろいろあるが、孔の中の圧力が減り下の土の中の圧力が減らないため、土の強度が弱いと筒の中が入り込む傾向があること、筒に土が押し込められるとき、筒の内壁の摩擦が土の入ることを妨げること、土の入つた筒を抜くとき、下に真空ができるときはこれが障害になること、土を押し下げるとき、土を切るエッジが厚いと、

一つにはその下の土が下に押され土が乱されるほか、チューブと同体積の土がどこかにゆかねばならないために、土にかく乱が与えられる等のことがらのために、筒の肉厚を可能なかぎり薄くし、先端を少ししぼつたものが用いられ、また場合によっては筒の中にピストンを仕込んだものも使われる。この種の sampler を設計する場合の目安として用いられるものは、筒の内壁の摩擦をコントロールする inside clearance C_i 、外壁の摩擦をコントロールする outside clearance C_o 、および押し除けられる土の容積をコントロールする area kerf ratio であり次のごとく定義される。

$$C_i = \frac{D_s - D_e}{D_e}, C_o = \frac{D_w - D_t}{D_t}, C_a = \frac{D_w^2 - D_c^2}{D_e^2}$$

これらの中に出てくる D_s 、等は 図-5 に示されている。

図-5



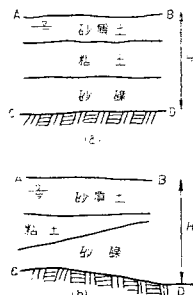
またこの薄肉 sampler を使う場合には十分な注意が肝要である。切角薄肉 sampler を用いても、使い方が適当でなければよい sample は得られず、従つてその sampler を用いて行つた試験の結果もあてにはならない。sampler が以上のようなものであるから、砂礫層や粘土質の土層でも礫をかんでいるときは sample をとることは不可能である。従つていかなる場合でもかく乱試料が求められる等いうことはない。またかりに多少の小さな礫や貝ガラが入つている場合試料がとれたとしても、場合によつてはセン断試験や圧密試験が行えないこともある。また sampler を運ぶ際にも注意を要する。砂質土で含水率が多いとき、運搬のときの振動で土と水がわかれてしまうこともある。

また sampler のシーリングが悪いと水が抜けてしまう等のあるから、sampling から試験までは十分の監督の下に行われなければならない。

現在土質工学に対する常識の普及が不完全なために、試料のとり方に不適当な方法が行われていることもあるようなので、この点強調しておきたい。

ところで、前にかりにきめた基礎の型式並びに基礎地盤の状態によつて sampling の本数、位置等も定まつて

図-6



くる。例えば 図-6 の (a) 硬い岩盤の上の地層が図のごとくであり、粘土層をかんでいるときには当然粘土層の圧密がピンとくるのであるから粘土の乱されない試料をとつて圧密試験を行う必要がある。この場合もし圧密沈下の大きさそのものが問題であつて、その時間経過そのものはそれほど問題でないなら

12) これも現在は常識的な工法になつてしまつた。例は非常に多い。

13) 大阪にその例が多い。

ば C_c だけが大切である。従つて試験をすれば他の値も
でるが、 C_c に重点をおかねばならない。(b) のように
粘土層の厚さが變つていけば、粘土層の厚さが厚いところ
では圧密沈下が大きいこととなり不平等沈下という、
いやなものが出るから、もし可能ならば下の岩盤まで杭
を打つてしまう方が賢明だろう。その代りいわゆる *negative friction*
を生ずるおそれがあるから、これをチェックする必要がある。
従つてこの場合の重要な試験は圧密試験ではなくて、セン断試験に
重点をおくべきだろう。

杭打ちは地表面の荷重を地下の硬層に伝える方法として
大いに役に立つ方法であるが、これには周知のように杭
周辺の摩擦によつて支持しようとする摩擦杭と硬層に
先端をつけて硬層の支持力に頼ろうとする支持杭とある。
昔からいわゆる杭打ち公式というものがあるが、現在でも
利用されているが、いままでに研究されたことから考えると、
あまりよい結果は与えないようである。現在はむしろ静力学的
の支持力公式を用いようとする方向に向つていようである。

粘土層に打つた摩擦杭の支持力は杭の周辺面積にその土の
粘着力（この粘着力は単軸圧縮強度の $1/2$ とつたもの）
をかけたものでよいといわれている（運研の研究）。

支持杭はその杭を支持する層およびそれ以下の層の性質
によるが、一応次のような計算法もある。すなわち前
にあげた正方形載荷板の耐荷力公式を用い、その一辺長
として杭の先端の直径の 9 割を用いるのである。支持杭
の場合硬層にただ乗っているのでは具合よくない。少く
とも 1m くらい硬層に打ち込むべきである。

しかし、いづれにしても杭の支持力についてより明確な
値をうるには、現在のところ杭の載荷試験を行つてみる
のがよいといわれている。杭が多く打たれる場合につ
いては、群杭作用と称する効果が現われる。つまり一本
の杭が例えば 15t の荷重を支えたとして 100 本の杭を
まとめて用いたとき 1500t の荷重に耐えるとはいえない
のである。また粘土地盤の粘土がはなはだ鋭敏なとき
に杭打ちをするときには、よほど考える必要がある。杭
を打てばその杭の容積だけの土はどこかにゆかぬばなら
ないのであるから、本数が多くなれば膨大な容積の土を
動かすことになり、粘土をこねかえしてしまう¹⁴⁾。

こねかえせば鋭敏な粘土のセン断強度はうんと減るから
危険となることがある。横浜のある場所で、多分この
原因と思われることで隣接した土地が一度隆起し、つい
で沈下し、家屋が傾いたことがある。またこれは常識的
にすぎるが、木杭を地下水面上に出すことは厳に禁ず
べきである。あるところの基礎板下の杭が、このような
原因で腐り、基礎板が割れた例もある¹⁵⁾。またあるところ
でコンプレッサの基礎が振動して困つていたところ、
地下水を下げると振動が小さくなることを知つて下げよ
うとしていたが、これは木杭を腐らせ、基礎のより大き

な破壊を起すであろうことを注意したことがある。

well, caisson 等も基礎としてしばしば用いられる。
これらは荷重が大きく、沈下を許さないような場合に用
いられてきているが、これらでも沈下を全くなくすとい
うことはできない。

well は橋梁の基礎にしばしば用いられるが、これは
日本の河川は急流型で洪水時の洗掘に対する危険、地震
時の水平抵抗の点から考えても有利と思われる。

日本では従来あまり斜杭を打つことが行われなかつた
が、水平力に対する抵抗を考えると、斜杭はもつと使
われてよいと思う。振動する器械、ことに横型のコン
プレッサの基礎の振動を斜杭で止めた例は、日本ではな
いが相当にある。*well, caisson* に対する土圧にはまだ
わからぬところが多いが、普通の土圧公式によつて計算
している。東京電力、白石基礎で測つた例では普通の土
圧公式で計算した値よりも、おちついたときには、低い
土圧を示しているが、沈める期間には計算値くらいの値
が出ていたと記憶する。

さて、基礎の設計を行う場合に、各部の沈下をできる
だけ平等にすることは、いうまでもなく大切である。不
等沈下のためにきれつが入っている建物は数多い。古く
建てた建物と新しく建てるものとを結ぶようなときには、
特に注意を要するし、構造物の各部で荷重強度のひ
どく違うようなことは避けたい。やむを得ないときには
えんを切つておくことが望ましいがこれが困難なことも
あるようである。

基礎の施工の場合にも土質工学的考察、ときには管理
が大切である。根切りをする場合に矢板に働く土圧とそ
れを受ける *strut*、地下水が高い場合には排水の問題、
砂質の土では、地下水の圧力で根切り底がボイルする問
題、周囲の土から水が縮られたために周囲の地盤が沈下
する問題、粘土質の土では *heaving* の問題があり、矢
板の下を通る円形スベリ面に沿つて土が崩壊する問題、
矢板の移動により外の地盤にきれつができたとき、これ
をふさがないと雨水が入り込み、矢板を崩壊せしめる問
題、砂質土の場合なんらかの原因で土を逃すと、それが
もとで周囲の地盤の沈下を起すことがあること等々、思
いつく問題は数多くある。これらもある程度土の試験が
してあればあらかじめ打つ手は考えられる場合が多いの
である。紙数の関係からこれらについてのくわしいこと
は省略するが、土質工学が進んだとはいふものの、まだ
まだ経験にたよる分野が多いのであるから、将来の研究
によりできるだけ合理的な面をふやしてゆきたい念願
であることをつけ加えたい。

14) 杭打ちの振動のため強度を減ずるといわれることがあるが、これは
それほど大きくないようである。古藤田氏が貿易会館で振動を測つ
た例によつても最大 15gal くらいであり、これくらいの加速度で
セン断強度がさがるとは思われない。

15) 大阪駅にもこの例がある。