

土質基礎の回顧と点描・補遺

8. 建築基礎の移り変わり

お 大 うち つぎ お 男

1. はじめに

最近における建築の基礎に関する技術あるいは工法の発展は目覚ましいものがあるが、このような発展が始まったのは、日本経済の発展に伴うものであり、昭和30年ころからといってよかろう。この時期における基礎の発展に関して具体的な事例をあげてみると、場所打ちグイに関してみれば昭和29年にはフランスから輸入されたベノトグイがあり、昭和34年にはカルウェルドグイとホッホストラッセル工法（H. W. I 法）が輸入され、昭和37年にはリバースサーキュレーションドリルグイがドイツから輸入されている。その後もクイや地中連続壁用の工法が、ぞくぞくと輸入されたり、あるいは開発されて、その種類は大変な数となっている。既製グイ関係をもみても、後で述べる遠心力鉄筋コンクリートグイは昭和11年に建築で初めて使用されているが、それが大量に使用されたのは昭和30年の木材資源利用合理化方策以降である。昭和36年にはプレストレストコンクリートグイが世に出ているし、昭和45年ころからの高強度を有するオートクレーブのコンクリートグイへと発展している。また鋼グイも昭和33年には実用化が始まり、その後は飛躍的發展を遂げている。

これらについての詳細な話は別の機会、あるいは別の文献に譲るとして、筆者が活躍してきた建築の基礎の分野において大正末から昭和30年ころに見聞したことを中心に述べてみたいと思う。

一口でいえば、この時代の技術は現在に比べれば初歩的であったということである。建物の規模が現在に比べて格段に小さいこと、土木関係ではテルツァーギ(K. Terzaghi)理論に触発され、昭和初めから研究は盛んになったが、建築関係では研究者がほとんどいなかったことも原因となる。それに加えて建築界では上部構造に比べて下部構造は縁の下の力持ちのイメージがあったので、建築家は土や基礎には関心は薄かった。このことは、たとえばつぎの二つのエピソードからも納得されよう。一つはシートパイルが初めて使われたのは昭和初めのことであるが、新橋で建物（地下1階）の工事をしたとき、設計者はシートパイルは互いにかみ合っているのを山留め（土留め用支保工）は必要ないといって施工を命じたのが、掘削途中でシートパイ

ルは動きだし、今でいうヒービングや周辺地盤の沈下が起こり、途中で施工不能になったことがある。良き時代でもあったので、周辺の家の人々は“こんな危険な土地には住めない”とあって、さっさと引っ越ししてしまった。他の一つは浅草での工事のときで、これもかなり著名な設計者であったが、“掘った土の重量より軽い建物が載るのであるからクイなどはいらない”といい、土は一様でないし、建物の重量も一様でないから不同沈下が起こるという意見を採り上げてくれなかった。建物はく体コンクリート打設後に傾きだし、結局アンダーピニングをする破目になった。

設計をする人は技術者として斯界で認められ、非常に権威があったが、施工者は土建屋と呼ばれ一段低い地位のものと思われていた。施工者の中にはひどいのもいて木グイの頭だけを打ち込んでいかにも正しくクイを打ったかのようにごまかすものもいたようである。であるから、設計面では学者や研究者がいたが、施工について研究する人は皆無といってよく、ようするに施工に対して頭を使わない時でもあった。

このような情勢から施工の発展に対しては、施工者が従来からの工法で施工を行ないながら体験を通じて改良、開発したり、新しい工法を輸入するというを行なわねばならない時代であった。

基礎を全般的に見れば、この時代は木グイの時代といっても良いくらいで、クイといえほとんどが木グイであった。時代とともに木グイがすたれ、コンクリートグイ、場所打ちコンクリートグイなどが主として用いられてくるが、古き時代の基礎工法がどのようなものであったかを述べてみよう。

2. 各種の基礎工法

基礎工法を、直接基礎、既製グイ基礎、場所打ちグイ基礎、特殊基礎と分け、古いほうから順に述べてみよう。

2.1 直接基礎

明治初期から始まったレンガ造り、あるいは明治末期から登場した鉄筋コンクリート造りなどは初期には地盤が良い所に造ったので、直接基礎が多かった。丸の内あたりの軟弱な地盤に建てる場合でも、レンガ造りの2階建ぐらいならクイを打たないのもあった。その当時の地耐力は、現

講 座

在の建築基準法にあるものと同じ形式で、土の種類によりたとえば砂混じり砂利なら $2t/ft^2$ 、丸の内あたりのチュウ積粘性土なら $0.2t/ft^2$ というような地耐力を決める表があり、その表により決めていた。前に述べたように、土木のほうが進んでおり、この表も土木学会が出した本か、学校の土木の先生が出した本か定かでないが、土木関係の人が著した本の中にあつた。地層をどのようにして判定したかという、地盤を1mほど掘ってみるとか、ローム台地のような地盤の所では鉄筋棒を突きさして、その感触で適当に支持力は何トンと判断したものである。地下室がない建物がほとんどであったので、掘削は浅くてすみ、掘削のための山留めはせいぜい木製矢板を打ち込んでノリ面を防護する程度であった。地業は砂地業割栗地業などあつたが、セメント（大部分船便の関係上セメントタルー3.5袋入り一で輸入された）は菓のように貴重であったので、セメントが国産化され安価になる昭和初年ころ注1)までは捨てコンを打つという事は行なわれなかつた。割栗地業は現在でも盛んに用いられ図面には気軽に描くが、当時は割栗地業が最高のもので荷重を地盤に伝えるということから、直接基礎ばかりでなく摩擦グイ基礎にも使われた。割栗地業を説明すると、割栗石は安山岩質の硬石を長径18~25cmの大きさに打ち割ったもので、これを根伐底に小端立てにして密に並べ、その上に見つぶし砂利を十分に敷きつめ、蛸または真棒胴付（木グイのところの説明する）で十分に突き固めるものである。突き固めて凹んだ所にはさらに小割栗を並べ見つぶし砂利を散布して突き固め、所定の高さに平たんに仕上げる。捨てコンをやらない時代はこの割栗の上に墨を出し、鉄筋あるいは型わくを組み立てたが捨てコンを打つ場合に比べ墨も付きにくいし鉄筋や型わくの組立てでも仕事は非常にやりやすかつた。

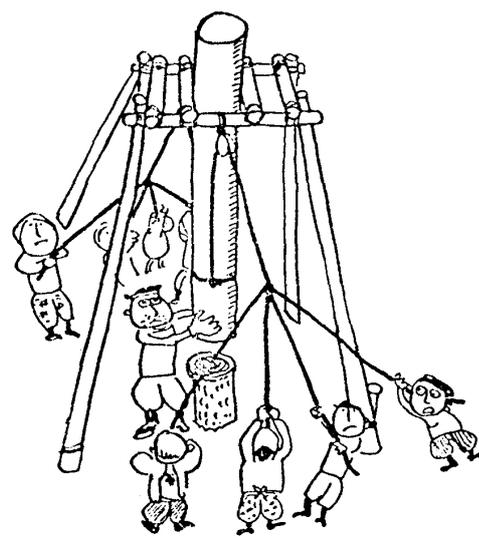


図-1 松グイ打ち

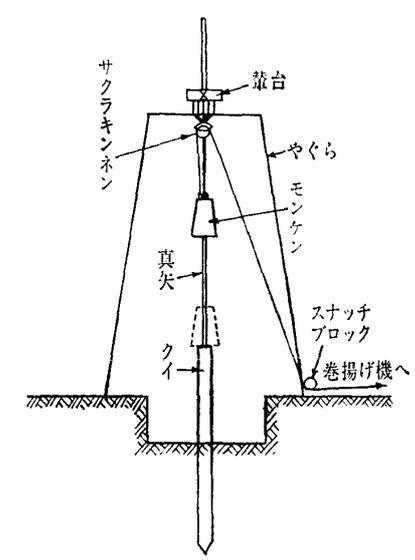


図-2 真矢クイ打ち

2.2 既製グイ基礎

(i)木グイ

(a)摩擦グイ

丸ビル(丸の内ビルディング、後述)以前の木グイはすべて摩擦グイであり、丸ビル以降でも中小の工事では摩擦グイがよく使われた。摩擦グイは、建物の基礎を掘削して深いところに造るのが大変であるからクイを打つことにより、クイ先端まで建物基礎を下げるという考え方に立っている。普通、クイは日本の生松材で末口4~6寸(12~18cm)、長さ2~3間(3~7m)であつた。クイの打設方法は、初めに建物が敷地一杯に建つとすれば、境界線に太鼓落しクイ(丸太の両側を落としたもので、その断面が太鼓型になる)をシートパイルのように、かつ落とした面どうしがつくようにして打つ。その後クイを敷地内側から外に向かって打ち込んでいく。そうするとクイの体積分だけ土は側方

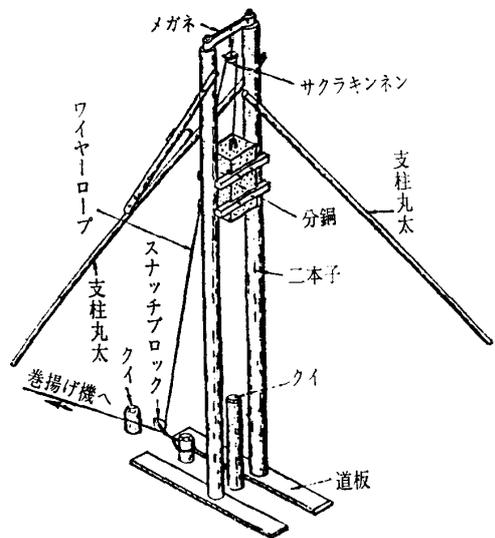


図-3 二本子クイ打ち

注1) 1873年(明治6年)深川に官営セメント工場(民営に移され浅野セメントとなる)
1881年(明治14年)小野田に民営セメント工場(白色セメント)

に押され、周囲が締め切られていることから土が締め固められ摩擦グイの効果が一層大きくなる。クイ打ちは、丸ビル以前は主に真棒胴付(図-1)であり、それ以降は関東では主として真矢(図-2)、関西では二本子(図-3)であった。おのおのについて説明を加えると、真棒胴付というのは、ハンマーが木材で長さ9尺(2.7m)、直径20~30cm、重さ8貫目(32kg)、端部に鉄のタガをはめたもので、これを3~4人(真棒胴付では1人当たり引上げ重量は10kg前後)で引き上げ打ち込む方法である。真棒はガイドがないので、トビがいて、クイの上にハンマーがくるように調節していた。ハンマーの重量は大きなものは約50貫のものもあった。なおこの方法は昭和30年ころまで、クイが必要である銭湯の煙突基礎工事でよく見られたものである。真矢打ちとは図-2に示すように、真矢という直径5cmくらいの鉄棒をガイドとし、丸いモンケン(真矢のはいる穴がある)を落下させる方法である。モンケンは200~600kgであり、クイ打ち試験をするときは標準貫入試験でおなじみのトンビを使用して自由落下させた。二本子は図-3に示すようにワイヤーロープと支柱とによって支えられた2本の角柱をガイド柱として角のドロップハンマーを落下せしめ、ガイド柱間に建て込んだクイを打ち込むもので、長さ6~9mの基礎グイや矢板を打ち込むのに適していた。さらにクイの支持力はクイ打ち公式 $P = WH / (5S + 0.1)$ 、(W=ハンマー重量、H=ハンマー落下高さ、S=クイの沈下量)によって決めていた。

(b)支持グイ

木グイの支持グイを初めて使用したのは大正9年~大正12年に施工した丸の内ビルディング(通称丸ビル)であった。丸ビルは設計(意匠)を三菱地所が行ない、施工をアメリカのフーラー会社が行なった。この施工は当時の建築界に大きな影響を与えたが、基礎の分野での影響も大きかった。従来の木グイは前にも述べたように長さも短い摩擦グイであったが、丸ビルでは支持グイを用いた。クイは米松(オレゴンパインあるいはダグラス・ファー)で、末口30cm、長さ約20mの一本物であり、クイ打ちは蒸気ハンマーであった。ハンマーがクイの上に乗るとクイはハンマー自重だけでシューと地中にはいり、最後に20~30回も打てど打止めであった。これ以降、大きな建物では長大な支持グイが用いられ、7,8階程度の建物では昭和35年ころまで木グイがかなりの量使用されていた。丸ビルの場合はハンマーは蒸気であったが、つぎに述べる既製コンクリートグイの場合でもハンマーは主としてモンケンの落錘が用いられ、蒸気ハンマーは一部で使用されたにすぎない。落錘工法といっても、真矢、二本子はクイが短い場合であり10m以上の長大なクイは木あるいは鉄製の本格的なやぐらを用いたものである(図-4参照)。やぐらは二本のガイド柱を土台に定置し、柱背後の台上にドロップハンマーを操作するポイラーやウインチを乗せたもので、台下に敷き込ん

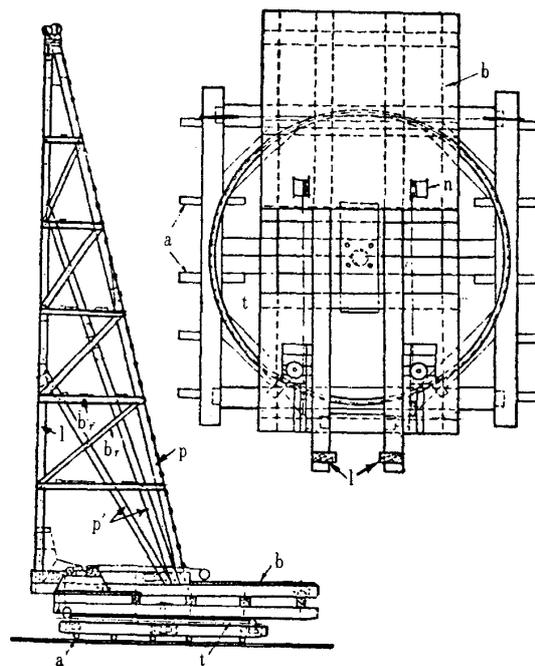


図-4. a 木製やぐら

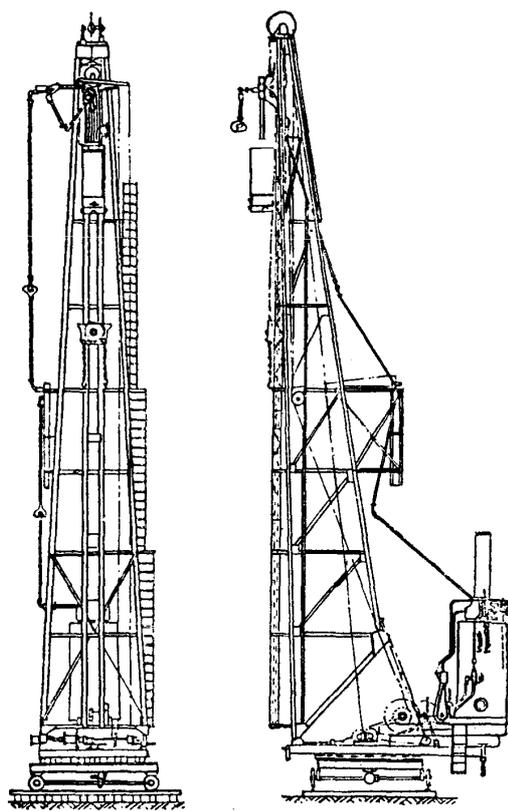


図-4. b 鉄製やぐら

だローラーを用いてやぐら全体を移動することができるものである。ハンマーはガイド柱内側に付けられたガイドレールにそって上下し、その重量は900~1,800kgであった。(ii)既製コンクリートグイ

木グイは水中にあれば腐らないといわれていたし、筆者も有楽町にある東宝劇場(宝塚)の施工(昭和8年)の際、

講座

実例に接することができた。当劇場地下掘削のためにシートパイルを打設したが、どうしてもはいらぬ所があり種々文献を調べてみると、家光時代の石垣が設けられていることがわかった。この石垣は尺二寸角(40 cm 角)の桧材を2本並べた上に乗っているもので、木材を掘り出してみると数百年を経ているのに、たった今伐り出したごとくであった。水中にあれば木は腐らないことを実証したものであったが、この木材も空气中にさらしておくとすぐにボロボロになったことから、木グイは必ず水中に設置しなければならないことになる。腐らないクイということで既製コンクリートグイが考えられ、明治の末には使用されたという例があるが、クイを横にねかして造ること、コンクリートミキサーが不良で良質なクイができないこと、高価であることなどからあまり発展することができなかった。節グイとして大正14年に武智グイが開発され、関西で主に使用されたが、このクイはその後いくつかの改良を経て今でも使用されているが、現在主流をなしている遠心力のかかったパイプグイの登場はもっと遅い。1920年ころオーストラリアのヒュームにより発明され、これがアメリカ経由で昭和初めころわが国に輸入されたようである。最初は遠心力鉄筋コンクリート管のまま製造されていたが、昭和9年静岡県沼津市に大同コンクリートが創立され、遠心力を利用して鉄筋コンクリートパイプの製造を開始した。これをクイに利用することを考え竹中工務店が、昭和11年市ヶ谷にある東京物理学校(現東京理科大)に施工したときが初めてであった。市ヶ谷は前面に堀があり、地下水が低いので木グイは使用できず、なにか良い方法はないかと探したところ、遠心力をかけると密実なコンクリートパイプのクイが製造可能であることがわかったので、これを用いることにしたものである。径は30 cm, 肉厚6 cm, 鉄筋の主筋は5分筋(12~15 mm), スパイラルは2分筋(8 mmくらい)で、クイ頭と先端は補強のためスパイラルを密にした。また先端のクイ先はあとからコンクリートを打って造った。このクイの支持力は当時の建築確認(当時は警視庁が担当していた。現在のようになったのは昭和25年以降である)で20tに押えられた。しかし木グイの2~5tに比べれば、かなり大きな支持力であった。

2.3 場所打ちグイ基礎

(i)コンプレッソルパイル

明治41年に輸入された工法で、明治42年には愛国生命(後の日本生命)に使用され、大正3年には旧東京海上ビルディングで本格的に用いられたが、適した土質以外は用いることができないため、後にはいつてきたペダスタルグイ、シンプレックスグイなどに取ってかわられた。コンプレックスグイは直径1.5m ぐらい、長さ6~7mの摩擦グイである。施工方法は、ウインチで重さ1.3~2tの鉄製円スイ形おもり(図-5. a)を適当な高さから落下させ、土を圧縮しながら孔を所要の深さにあける。割栗と硬練コン

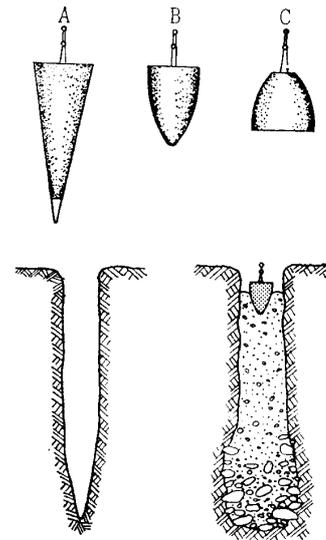


図-5 コンプレッソル式グイ

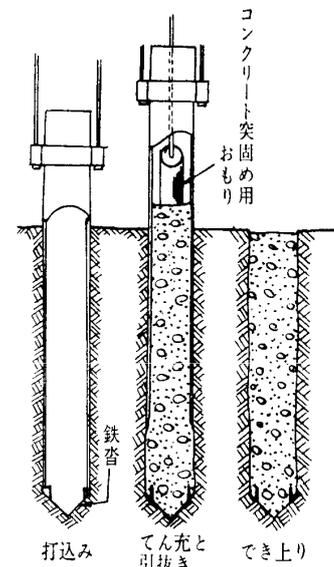


図-6 シンプレックス式グイ

クリートを交互に入れ図-5. bに示すようなおもりで突き固め、最後に図-5. cのような底の平なおもりでならす方法である。

(ii)シンプレックスグイ

大正3年ころに輸入された工法であるが、実績は明らかでない。施工方法は、鋼管の先端に円スイ状鉄ブタをはめ、クイ打ち機で打込み所要の深さに達したのち、管内にコンクリートを少量ずつ投入し、ハンマーで軽く突き固めつつ、管を引き抜きクイを地中に作る方式である(図-6)。

(iii)ペダスタルグイ

大正4年に輸入された工法であり、このクイの特色は、クイの先端に大きな球根を造り支持力の増大を図った点である。図-7に示すように外管内に先端が円スイ状にとがった内管をそう入し、内外管を一所に所定の止まりになるまで打ち込んだ後、内管を引抜き適量の硬練コンクリート

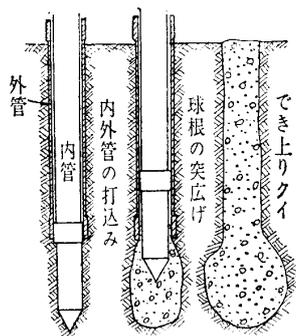


図-7 ペDESTAL式グイ

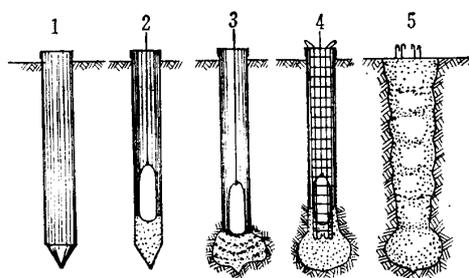


図-8 フランキ式グイ

を投入し、再び内管をつり下げてこれを突き固め、この作業を繰り返してコンクリートの球根を成形する。球根作業が終わった後、鉄筋をつり下ろし軟練コンクリートを少しずつ入れ内管を下ろして軟く突き固めて作るものである。このペDESTALグイは地盤の良い所で発達した工法であるので地盤が悪い所では外管を引き抜いた瞬間、泥土が外管のところに侵入してコンクリートに混じるおそれがあった。外管を引き抜くときには常に打設したコンクリートに10 cm 以上ラップするように留意しないと、泥水が外管とコンクリートの境から浸入し泥水コンクリートになる。この点と、コンクリート打設時には、一々内管を引き抜く手間があるので、それらを改良したものがマルチペDESTALや田中式ペDESTALグイである。昭和9年丸の内明治生命本館基礎に用いられている。これらのクイはペDESTALグイの特許の切れた大正12年以降に出てきて、最近まで使用されていたが、施工に高度の技術が必要であることと小径であるので支持力が小さい割には、設備が大がかりであることなどから消えてしまった。

(iv) フランキーパイル

昭和初めにはいつてきた工法で、ペDESTALグイとコンプレックスソルグイとをあわせた形式のものである。昭和初年朝日生命丸の内館や鈴木商店など一、二実施例は残されているが、昭和一けたの時代に消えている。

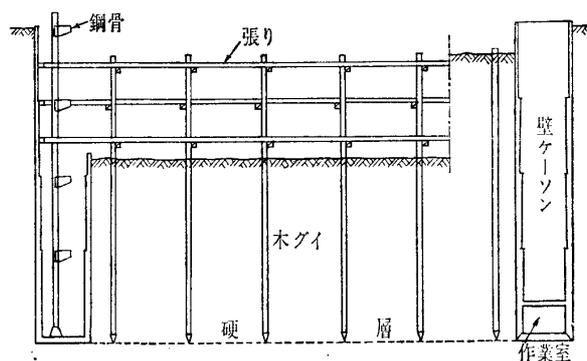


図-9 壁ケーソンによる根伐

2.4 特殊基礎

(i) 深礎

昭和5年に木田が縦穴掘削工法の特許を得て、企業化したのが深礎の基礎である。深礎は逆打ち工法になくならない工法として、現在大いに使われているので説明は省略する。

(ii) ウォールケーソン工法（地下外壁構築の用法）

地盤の悪い所に建物を設置することが多くなり、基礎を深くすることや深い掘削が必要となり、施工上の要求から生じたのがこの工法で昭和10年に日比谷の第一生命本館工事で用いられた。長方形箱型の構造体をニューマチックケーソンで建物の境界線に沿って沈潜させ、境界線側の壁を山留め壁と本体の壁とになる部分を残し、他の部分はきり取る方法である(図-9 参照)。地下室が2階以上に及び市街地の建築の山留めには当時は欠くべからざる方法であった。

(iii) 潜函工法

山留めも何もいらない、建物をそのまま潜めてしまおうとする工法（オープンケーソンの一種）である。昭和9年の松坂屋大阪支店の広さ75坪ほどの浄化そうを潜めたのが最初で、数年間に同じような経験を経たのち、昭和12年には建物全体を潜める工事を行なった。上野および銀座の松坂屋である。建物の規模は両者ほとんど同じで、基礎先端設置深さは、上野店 14.7m、銀座店 16m、潜函面積、上野店 2,033m²、銀座店 1,865m²、潜函重量 18,000t、16,000t であった。

潜函工法の要点は、静かにしかも四方を一樣に沈下させるの二点だけであるが、これはかなりむずかしいことであった。潜函が傾いたときは、下がらないほうを掘削するのではなく、下がったほうを掘削すれば下がらなかったほうがスッと下がり傾きが直るということは、昭和9年からの小規模なものによる潜函の経験でわかっていたが、今までのものに比べて規模が格段に大きいので種々の検討が必要であった。銀座店を例にとりて、どの程度の対策を考えたのか述べてみよう。

講 座

1,865m²の敷地に井戸を5箇所も掘った。この井戸は、実際の施工時における揚水井戸を兼ね、井筒潜函工法を用いて井戸を掘りながら、地層を目で確認し、また井戸側に反力を取り適宜地耐力試験を実施して耐力の確認も実施したものである。銀座はもともと川と海岸の平行した間にできた洲であって、外壁にまともに摩擦力が作用すれば潜函内に水をはった程度では沈下しないと予想された。そこで潜函の先端に向かってテーパをつけ、潜函体の沈下とともに壁と土とのすきまに豆砂利の玉砂利を入れて摩擦力を減少させる工夫を行なった。

さらに大型の工事が日比谷の日活国際会館（昭和26年施工）である。潜函設置深さ 17.3m、潜函重量 25,000t、潜函面積 1,000坪であった。前述の松坂屋の工事は小規模工事の経験の積み重ねたものによったわけだが、日活の場合はこれらの経験技術に近代土質工学を取り入れて各種の実験や解析を行なった。しかし、この時分は物の不足した時代で、沈下測定に使用したダイヤルゲージは種々雑多で種類が4つもあり、すべてストローク 1cm 以下でしかも戦前に製作されたものの残っていたものをかき集めた代物であった。潜函が始まって刃の下に一箇所旧建物地下室部

分の取こわし用栈橋に用いた 30 cm 角、長さ 10m の角材が除去されずに残っていたことから、潜函が傾くというような災難もあったが、内心大きな不安をもちながらも表面は原因がわかっているのが皆を励まして乗り切った思い出もある。潜函の一回の沈下量はべたつくシルト質であったことから機械掘りができず、手掘りの掘削量に比例して定まり、約 20cm であった。粘性土やシルト質土では土塊のスベリを起こしてスーッと沈下したが、砂や砂利ではジワジワ沈下した。

3. おわりに

前にも述べたように、昭和30年以降の技術開発は著しいものがあり、ほとんどの基礎工法が淘汰され、この時代の基礎工法で現在も残っているものは非常に少ない。先人が建築の基礎においてどのような施工、あるいは設計をしていたか、その一端でも知ってもらえば幸いである。なお記憶に頼った部分が多々あり、抜けている所や独断あるいは記憶違いもあるかもしれない。その点はお許し願いたい。

（原稿受理 1976.12. 6）

近 刊 案 内

1. 土質基礎工学ライブラリー 第12巻
「切土ノリ面」 [昭和52年 1 月刊行予定]
2. 土質基礎工学ライブラリー 第13巻
「軟弱地盤における工事实施例(その2)」 [昭和52年 3 月刊行予定]
3. クイ基礎の調査・設計から施工まで [昭和52年 2 月刊行予定]
4. 土質工学入門 [昭和52年 3 月刊行予定]
5. 大阪地盤—特に洪積層の研究とその応用 [昭和52年 3 月刊行予定]

ご注文は、現金書留または郵便振替で下記へお申込みください。
代金後払いの場合は、電話、はがき、封書いずれでも結構です。

〒 105 東京都港区西新橋 1-13-5 東亜別館

社団法人 土質工学会 図書販売係

TEL 03-502-6256

郵便振替（口座番号：東京 4-40786 加入者名：社団法人土質工学会）

銀行（住友銀行日比谷支店 普通預金 No.289172 社団法人土質工学会）