

明日を築く



鋼管杭協会機関誌No.15



もくじ

●ルポルタージュ (15)

建設する大規模プロジェクト・東京都
廃棄物処理場 その1……背景と概要
東京都港湾局廃棄物処理場建設室…… 1

●西から東から…… 5

●鋼管くいゼミナール (14)

地盤変位によるくいの横方向挙動の推定
法…… 6

運輸省港湾技術研究所

土質部基礎工研究室長 沢口正俊

●研究所を訪ねて (6)

北海道開発局・土木試験所…… 10

●レポート

ケズディ教授のくい基礎に関する講演…… 14

東京工業大学助教授 岸田英明

●謝敏男の華麗なるゴルフ ①

ゴルフと私…… 16

●組織図

●会員紹介・奥付

表紙のこぼ

再び青空と魚の住める水のもどってきた、
東京の海。水面を渡る秋風も心なしか活き活
きと心地よい。

いま、この蘇る東京港に建設を急ぐのが、
東京都の廃棄物を51年度以降一手に引き受け
る中央防波堤外側地区である。

超大型のプロジェクトとして注目を浴びる
この建設現場に大小さまざまな建設機械が所
狭しと林立し、水面にその姿を映し出す。

編集MEMO

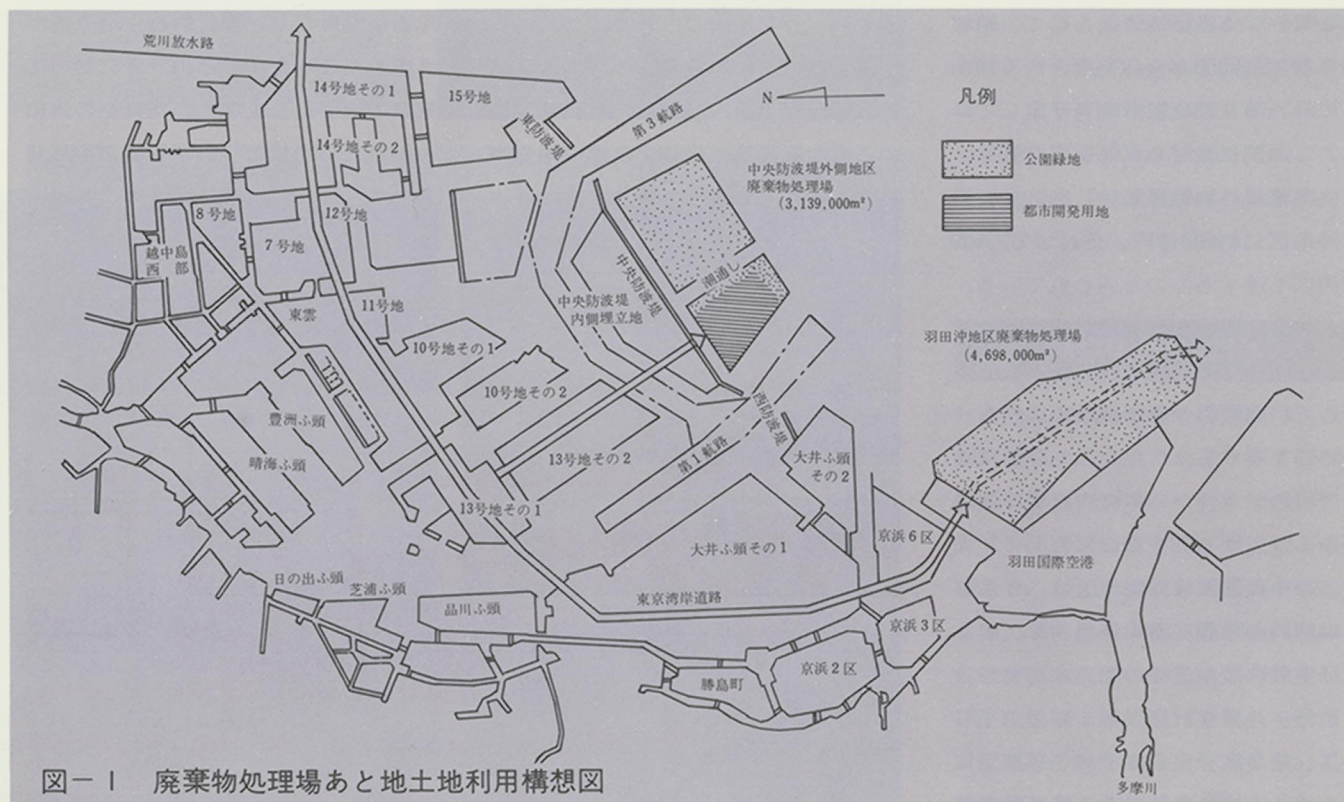
じりじりと身をこがす夏の陽も、いつしか
やわらかい陽光に変わり、日ごとに過ごしや
すくなるようです。

今号では、運輸省港湾技術研究所・沢口正
俊氏の執筆になる「地盤変位によるくいの横
方向挙動の推定法」と題するゼミナールと過
日来日したハンガリーのケズディ教授の講演
をまとめたレポートが読み応えがある内容で
す。また、前号までの石井富志夫プロにかわ
り今号からは、謝敏男プロの「華麗なるゴル
フ」がはじまりました。実戦に結びついた謝
プロのレッスンにご参加下さい。

建設すすむ大規模プロジェクト 東京都廃棄物処理場

その1 概要と背景

東京都港湾局廃棄物処理場建設室



図一 廃棄物処理場あと土地利用構想図

羽田国際空港を飛びたち、離陸後間もなく、飛行機が翼を傾けたその真下に、10数隻のくい打船団と延々と続く鋼管矢板の隊列に気付かれる向きも多いだろう。

これは、東京都が大規模プロジェクトとして、東京都廃棄物処理場建設計画のうち、東京港中央防波堤の外側地区に、現在建設を推し進めている廃棄物処理場の胎動の姿である。

このプロジェクトは、中央防波堤外側地区から羽田沖にまたがるその規模の大きさもさることながら、現代の都市問題のひとつの象徴として注目される一方、これまでには見られなかった

長尺大径の鋼管矢板が大量に使用される例として、各界から注目を浴びている。

そこで、このルポルタージュでは、中央防波堤外側地区にスポットを当て数次にわたり、その初期計画段階から完成までの姿を追ってきたい。

東京港に投ぜられる巨額の建設費

本来、ここではまず、東京都のゴミ処理の現状と、本計画決定までの行きさつについて触れるのが順当であるが、文頭で掲げたその規模の大きさを紹介

し、それでは、なぜこのような規模のものにしなければならなかったのか、東京都の現状をも顧みて考えていきたい。

東京港では、かなり前から廃棄物の埋立処理を行なってきたが、ひとつの処理場の能力には、当然限界があり、それぞれが満杯になるに従って4頁掲載の表一に見られるように新しい処理場を求めて、東京港の中を転々としてきたわけである。

現在は、中央防波堤内側地区の埋立地に処理場を求めているのだが、これとて昭和51年度中には満杯となり、他に新たな用地を確保する必要がある。

このような事情を考慮して、都では今後10年間の廃棄物の発生量を推定し、最終処理場別年度計画を決定した。

ここで中央防波堤外側、羽田沖の両処理場は約9,500万 m^3 霞が関ビルの容量の約180倍の収容量を有し、昭和60年まで10年間使用されることが決定された。

本護岸、橋梁をはじめとする各施設の建設は、廃棄物処分計画に支障をきたさないよう進めることとして、昭和48年着工、同58年全体完成という10年にわたる長期建設計画を予定している。この間に投ぜられる総事業費は、中央防波堤外側地区に約1,800億円、羽田沖地区に約600億円、合わせて2,400億円にも達するものとみられている。

この2地区のうち、羽田沖については、従来、浚渫土砂の処分場として使用していたため、護岸建設にはかなりの時間を要する。したがって、廃棄物処理場の緊急性から中央防波堤外側地区から着工することになった。

この中央防波堤外側地区は、さまざまな制約から難工事が予想され、第1期分完成に3年近くの期間が必要とみられた。換言すれば、第1期分の工事では、第2期分完成までの工事期間に発生する廃棄物量に見合う量を収容できる規模の処理場を建設しなければならないわけである。

このような状況下、工事の施工性、各種資機材、工期等について慎重に検討した結果、第1期工事としては、図-2のように約70万 m^2 の処理場を建設することとなった。

第1期工事では、約3,800mの護岸、および仮橋をはじめとして、ゴミ飛散防止柵が建設されるが、全体の工事費は、約650億円程度とみられている。

また、第1期工事に使用される鋼材量は、合計14万1,000トンにも達し、その内訳は鋼管矢板が10万5,000トンで全体の70パーセントを越えるとともに、

鋼管ぐい7,000トン、鋼矢板1万7,000トン、その他1万2,000トンとなっている。

廃棄物の量的増大と質的变化

さて、それでは、このような大規模な処理場をなぜ建設しなければならないのか。東京都のゴミ処理の現状を考え、これに基づき本計画が決定されるまでの推移を追ってみよう。

東京都における廃棄物の処理は、主として埋立によってきたわけだが、このような廃棄物に対し、自然の浄化力



が勝っていた時代には、とりたてて問題も生じなかった廃棄物処理も、過度の産業と人口の集中によって、ゴミの量もこれに比例して増大し、自然の浄化力の限界を大幅に越え、公害の発生となり、重大な環境問題に発展する結果となった。

とくに、昭和30年代後半からの持続的なわが国経済の成長は、経済活動を急速に発展させ、物質的な生活の豊かさをもたらしたが、その一方において東京の過密化を促進し、廃棄物の排出と処理との間に著しい不均衡が生じた

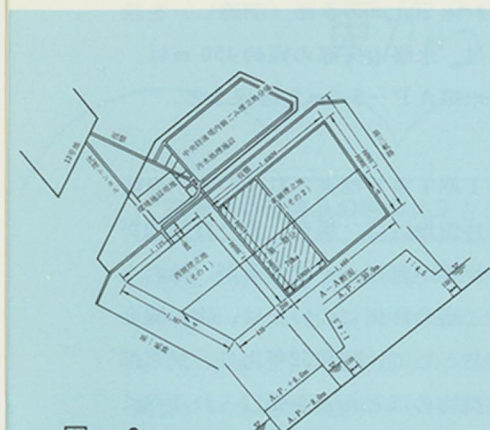
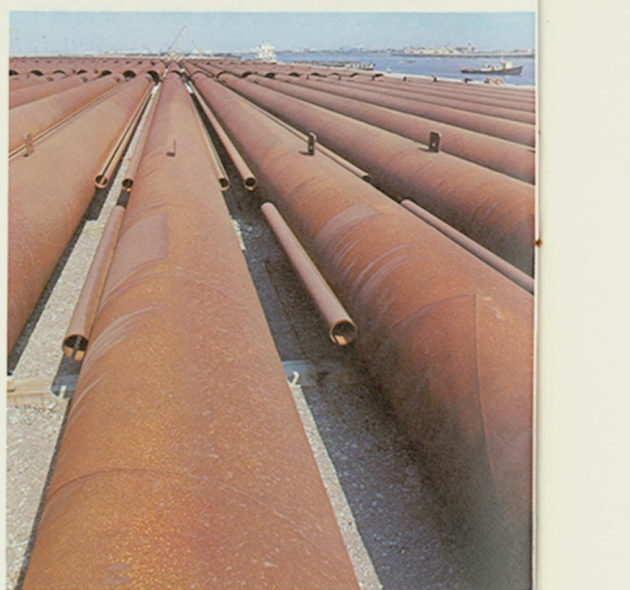


図-2
中央防波堤外側処分場計画平面図



結果、都民の生活環境の悪化を招き、「ゴミ戦争」といわれるほどの深刻な状況となった。

すなわち、東京都における廃棄物量は、この10年間に2倍をはるかに越える数字を示したばかりか、プラスチックに代表されるような質的变化をも見せてきたのである。

以上、廃棄物の量的問題は、このプロジェクトにより当面は解決できるが、その他諸問題の中でも、廃棄物処理の過程における輸送問題は、ゴミの処理技術の開発とともに緊急の解決を要する重要な課題である。たとえば、東京



都の場合、埋立地への搬入を考えると、その処分地の遠隔化、集中化と相まって、輸送車は交通マヒ状態の都心を通らねばならず、作業効率の低下をきたすと同時に、都内唯一の処分場のある江東区内に輸送車が集中することとなり、さまざまな問題が発生したのである。これが「ゴミ戦争」の発端となったものであり、輸送対策がゴミ処理システムの改善問題の中でも大きなウェイトを占めているのである。

また、処理過程の最終段階である処分、処理の基本は、資源の再利用を図りつつ、ゴミ質に対応して適正にゴミ

を処理し、環境問題を生じさせないよう自然に還元させるという見地から、都では処分に関し

- (1)可燃ゴミの全量焼却
- (2)不燃、焼却不適ゴミの前処理
- (3)1、2で生じた残物の埋立処分の3つに目標を置き、その達成に努力しているが、なお現実のものとはなっていない。

本来、ゴミ処理過程における問題は、トータルシステムとして解決すべきであり、さらに一歩進んで生産、消費、廃棄物、資源利用の循環を可能にする都市、ならびに産業構造への転換が必要であろう。

環境保全を第1に

このように廃棄物処理問題は、ただ単に処理、処分能力をアップすれば解決できるのではなく、社会機構に起因する諸問題を根本的に解決する必要がある。かといって、矛盾は多いながらも、急激に増大する廃棄物に対処しなければならず、都では昭和46年11月、「東京都ゴミ対策専門委員」を設置し、ゴミ対策の基本的なあり方について検討を委ねた。1年間にわたる活発な調査、検討が行なわれ、知事に対しいくつかの提言がなされたが、この中で最終処分地に関しても次のような提言がなされた。

- (1)最終処分地は、長期的・広域的視野から選定・確保する
- (2)東京港の埋立は環境保全に十分留意する
- (3)埋立にあたっては、廃棄物の減量、無害化を図る
- (4)当面の最終処分地として、中央防波堤外側と羽田沖に約8 km^2 の埋立地を考えるべきである

その後昭和48年2月、都は、この中央防波堤と羽田沖の埋立造成が水域環

境に与える影響について、各方面から検討するため、東京都港湾審議会に対し「東京港および周辺の水域環境について」諮問を行なった。

約9か月に及ぶ検討の結果、同年10月に答申がなされたが、前述程度の埋立は水域環境面から見て、それほど重大な影響を与えるとは考えられないとしているものの、埋立造成が廃棄物処分地としてやむをえないことであっても、実施に当っては、環境保全に十分留意すべきであるとしている。

これらの提言と答申をもとに、環境保全対策に十分注意を払い、中央防波堤外側地区および羽田沖地区の廃棄物処理場の規模を表-2のように決定したのである。

跡地利用については、本誌No.12、ルポルタージュ「生まれかわる埋立地・夢の島」にも紹介したように、都民のためのリクリエーションの場として、緑のネット・ワークをつくり上げる計画が進められ、表-3のような案が現在検討されている。

なお、規模の決定に際しては、埋立が東京港、および周辺の水域に与える影響について、水理シミュレーション計算により、海岸線（埋立）線が現状の場合と中央防波堤外側および羽田沖に約800万 m^2 の埋立を追加した場合の2つのケースについて比較検討を行なった。

汚濁拡散に関する検討の結果から、埋立により、千葉、川崎、横浜等の汚濁水域に変化は見られず、埋立による影響としては、東京港内にとどまっている傾向にあるという結論を得た。また、東京港についても、汚濁を港内に若干閉じ込める傾向が見られるが、COD濃度とその分布は、それほど顕著な変化はみられなかった。

また、埋立の潮流に与える影響の検討の結果から、羽田地区処理場前面お

よび、中央防波堤外側地区処理場前面の流速は、多少速くなるが、流向の変化は、それほど目立たないことが判明した。

したがって、廃棄物処理場として、約800万 m^2 の埋立は、水域環境上重大な影響を及ぼすとは考えられないとの結論を得たのである。

さらに、中央防波堤外側地区の埋立法線は、港湾機能、建設技術および、環境保全の観点から次の通り決定された。

- (1)西側および、東側法線は、第1航路、第3航路の船舶航行を妨げないよう、航路に平行に約550m離れた位置とする。
- (2)沖側法線は、構造物建設技術上、水深AP-10m付近に設定し、中央防波堤から平行に、約1,500m離れた位置とする。
- (3)生物、海水の移動、潮流等水面の環境保全のために、中央防波堤前面および、処理場中間部にそれぞれ

表-1 ごみ海面埋立処分場概要

名 称		埋 立 面 積	埋 立 開 始	埋 立 終 了	搬 入 ご み 量
8 号 地		364,000m ²	昭和 2 年	昭和37年12月	2,705,885t
14号地(夢の島)		457,860	昭和32年12月	昭和42年 3 月	10,336,246
15号地	1 ～ 3 期	465,260	昭和40年11月	昭和47年 3 月	10,945,415
	4 期	273,000	昭和46年 6 月	昭和48年11月	7,500,000
中央防波堤内側		1,060,000	昭和48年12月	昭和51年予定	約9,000,000

表-2 処分場別規模

地区	中央防波堤外側地区	羽田沖地区
面 積	3,139,000 m^2	4,698,000 m^2
外周護岸延長	10,124m	6,057m
護岸天端高	AP+6.0m (越波は、非越波型上部工で防ぐ)	AP+5.5m (越波は、非越波型上部工で防ぐ)
埋立地盤高	東側：最高AP+30m 最低AP+6m 西側：AP+6m	最高 AP+12m 最低 AP+4m
廃棄物処分量	5,900万 m^3	3,600万 m^3

れ幅200mの水路（潮通し）を設け、水路中央部の幅約150mは、水深AP-5.0mを確保する。

第1期工事が推進されている中央防波堤外側地区は、現在、くい打船団が入り作業が急ピッチであるが、これら建設工事の詳細については、次の機会に譲るとして、昭和52年より、東京都の廃棄物のほとんどを受け入れるべく熱の入った工事が続けられている。

東京都の解決すべき緊急の課題・廃棄物処理問題は、このようにして一歩一歩解決の道へと歩を踏み出している。しかし、この問題の解決は、行政側のみではよい結果を望むことはできない。なおいつその都民のひとりひとりの協力と解決へのコンセンサスが必要である。ともかくも、同処理場の建設が順調に推進されることを願うとともに、同建設工事の進捗状況を次号でも取り上げ、今後の姿を誌面で取り上げていきたい。

表-3 土地利用計画(試案)(単位:千 m^2)

地 区	面 積	土 地 利 用
羽田沖地区	4,698	公園緑地 道路用地
中央防波堤外側地区	その1 (西側)	都市再開発用地等 公園緑地 道路用地
	その2 (東側)	公園緑地 道路用地

西から 東から

鋼管ぐい付属品の標準化まとまる

鋼管ぐいについては現在JIS規格が制定されているが、これはあくまでもくい本体についての規格化である。鋼管ぐいを現場で使用するにあたっては、その用途、工事方法により、補強バンド、丸蓋、十字リブ、丸蓋十字、吊金具のような付属品が必要となるが、これらについては、とくに規格もないため、設計、施工の担当者がケースバイケースで設計したり、過去の実績をもとにその形状、寸法を定めているのが実情である。そこでかねてから、需要家側から利用の便をはかるために、その標準化が望まれていた。

また、日本鋼構造協会、鋼ぐい小委員会においても、この問題の検討を鋼管杭協会で実施するよう要請があった。当協会では、特別技術委員会の構造分科会で本問題を取り上げ素案の検討を需要開拓部会製品分科会が行なうことになり、このたびその成果として、用語の統一、形状、寸法の標準化を主内容とした鋼管ぐい付属品の標準化(そ

の1)をまとめた。

詳細内容については近日中に皆様方のお手もとにお送りするとともに、当協会としては、今後この標準化の主旨にそって需要家筋への周知方に力をつくすことになっている。

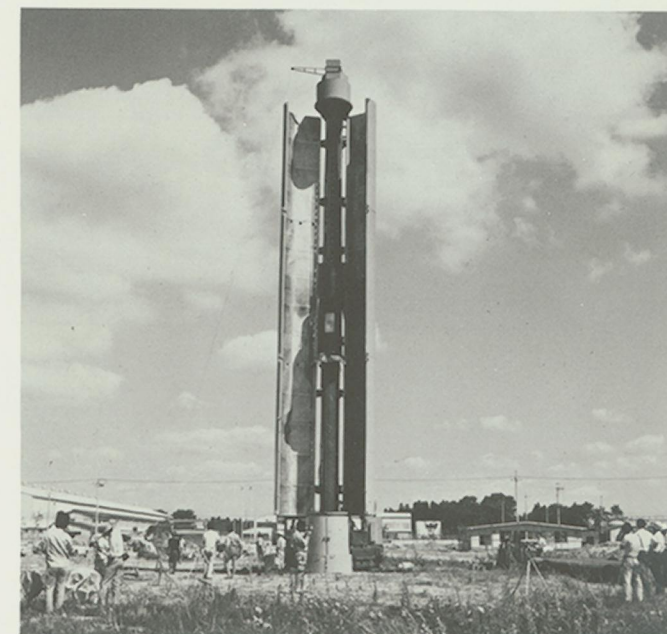
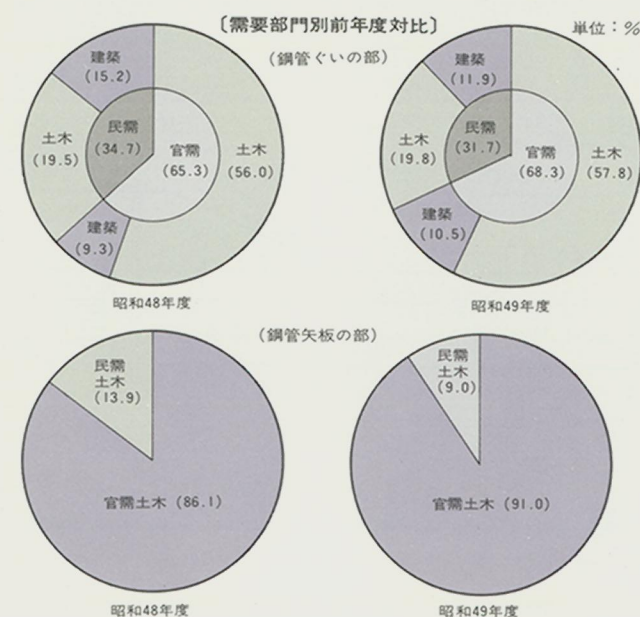
昭和49年度受注実績まとまる

このほど昭和49年度の受注実績がまとまった。協会事務局がとりまとめた受注実績は

鋼管ぐい 651(802)
鋼管矢板 118(168) 合計1068(1172)
自家使用 299(202)

(注)単位千トン。()内数字は48年度受注実績数字。

である。これを48年度と比較してみると48年末からの総需要抑制政策が浸透し、トータル数量において約9%の受注減をみ、内容別には外販部門で約21%減、自家使用部門で約48%増となっている。なお49年度の上半期対下半期の比率は4.8(上半期)対5.2(下半期)となっておりほぼ例年のパターンどおりであ



開扉時の試作機

地盤変位によるくいの横方向挙動の推定法

運輸省港湾技術研究所土質部
基礎工研究室長 沢口正俊

1. まえがき

くいの横方向挙動の特殊な場合として、くいを打設した地盤がくい軸直角方向に変位し、そのためにくいがたわんで折れ曲ったり、くいに支えられている構造物が大きく変位する場合と、逆にこのときの反力を利用して地盤のすべり破壊を防止したり、壁体背後の主働すべり面内に打設されたくいの土圧軽減効果などがある。

前者では地盤のすべりに対する安全率が高い状態であっても、くいの曲げ応力やたわみをチェックする必要があることもあり、たとえば盛土に接した橋台の基礎ぐい、背後近くに埋立てが行なわれた横棧橋、沈下する地盤に打込まれた斜ぐいなどがある。また、く

いの横抵抗におけるくい間隔の影響もこの範ちゅうに入るだろう。

一方、後者では地盤のみのすべりに対する安全率は低く（塑性ないしはそれに近い状態）、くいの曲げ応力やたわみ以外にくいに支えられる土圧の大きさが問題になる。たとえば斜面のすべり防止ぐいや、たな式岸壁の基礎ぐいなどがそれである。

これらはいずれもくいとその周辺地盤との相互作用が複雑に影響しあうもので、従来のくいの横抵抗問題のように地盤は不動で、単なるくいの支持物体と考えるだけでは、これらの問題を解決できない。しかしながら、これらの問題の確たる解決方法はいまだ見あたらず、各方面でいろいろ計測したり、

計算方法を提案している段階である。そこで、ここでは限られた文献ではあるが、比較的最近研究され、提案された計算方法の概略について紹介し、今後の設計法の確立のための参考資料に供したい。

2. 計算方法

De Beer¹⁾は90cm径の鋼管（厚さ1.5cm）と60cm径のRCぐいを高さ16mの盛土に接近して打込み、くい頭自由の状態に約120^{t-m}、25^{t-m}の最大曲げモーメントを測定した。この現地計測の結果から、基礎地盤のすべりに対する安全率が大きいときのくい体応力は

$$p_H = f p$$

の水平圧力がくいに作用するとしてい

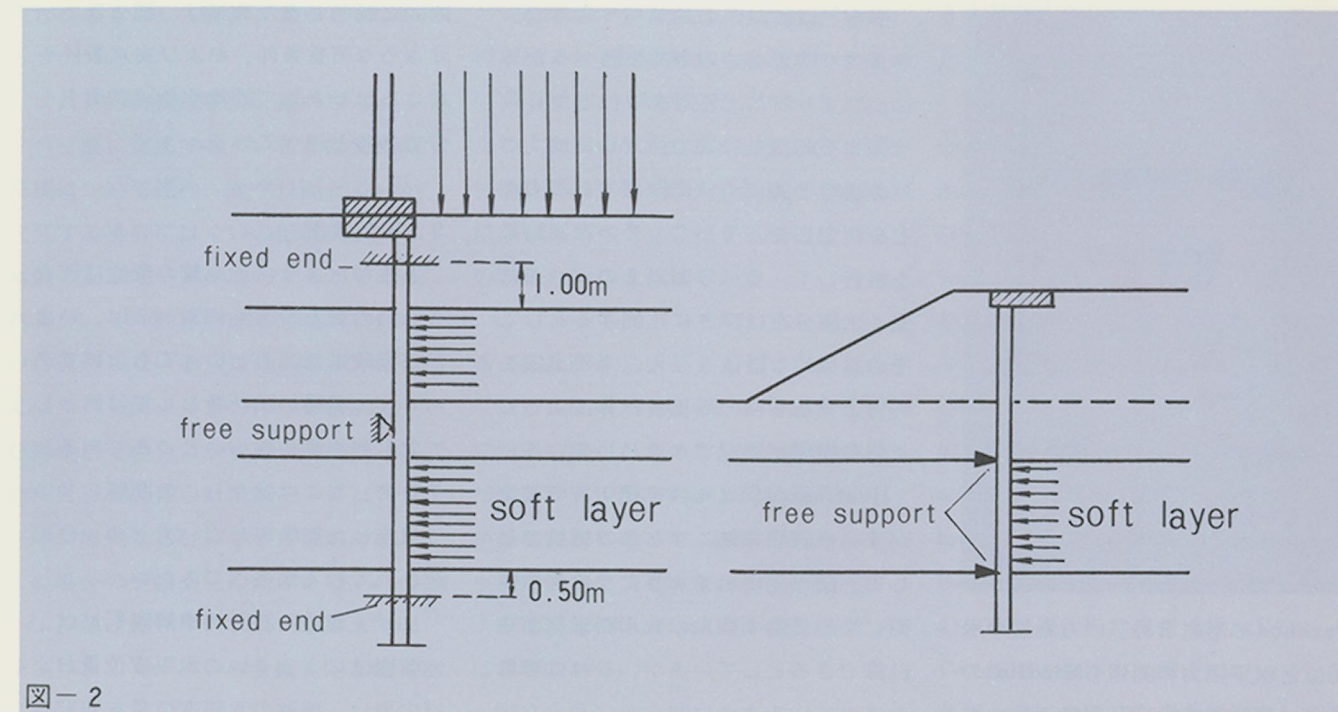


図-2

る。ここに、 p は盛土の荷重強度で、 f は

$$f = \frac{\alpha - \frac{\varphi}{2}}{\frac{\pi}{2} - \frac{\varphi}{2}}$$

で求める。 φ は水平変位を起こす層の見かけの内部摩擦角、 α は図-1に示すように、くいの位置に対する盛土の相対位置によって決まる勾配で、 H_f は $(\gamma_K/1.8) \cdot H$ で求まる仮想盛土高さである。くいの両端支持の仮定は図-2に示す。基礎地盤のすべりに対する安全率が小さいときは図-3に示すような地盤反力を考えてくい応力の計算および盛土の安定解析をする。このときのくいに働く土圧分布はB. Hansenの方法を用い、くい幅の3倍の土圧が働くものとする。

北島、岸²⁾は地盤のすべりに対するくいの抵抗を計算するために、くいを長い、短いおよび中間ぐいに分け、すべり面を境にして上方のくいと下方のくいに対してそれぞれChangの方法を適用している。ただし、粘土地盤中の最大地盤反力は $9CD$ （ C は粘着力、 D はくい径）を限界としている。

Tchebotarioff³⁾は現地観測の結果

から、粘土層の水平変位によって生ずるくい応力を図-4に示すような三角形分布の土圧とし、

$$M_B = -\frac{Pa(L^2 - a^2)}{2L^2}$$

$$M_m = \left(P \frac{a}{2}\right) \left(2 - \frac{3a}{L} + \frac{a^3}{L^3}\right)$$

$$P = 0.9 \frac{p_H t}{2}$$

で計算することを提案している。上式中の p_H は

$$p_H = Kce \sigma_z b$$

で、 Kce は圧密平衡係数で0.4、 σ_z は粘土層中央における付加鉛直圧、 b はくい幅である。

松井、伊藤⁴⁾はくいとくいの間を土がすべて通過するときのくいに働く土圧を求める方法を提案している。つまり、土の動きを塑性変形理論、および塑性流動理論を用いて解明し、くい間隔に対するくいの純間隔の比 (D_2/D_1) に対して、くいに作用する土圧 p は図-5に示すような計算結果になると述べている。

Poulos⁵⁾は土を弾塑性体と仮定し、くいを $n+1$ 個の部分に分け、各部分の節における水平変位と水平圧力との関係をハリの理論に基づいて finite

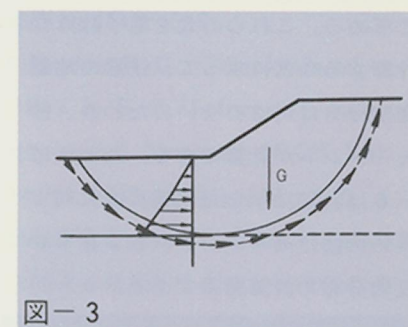


図-3

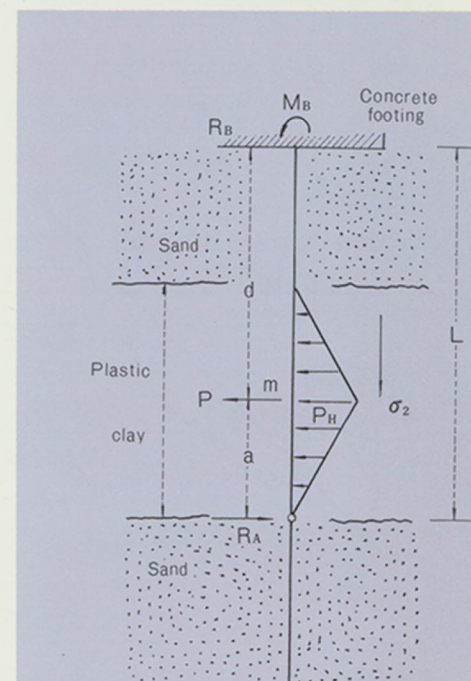


図-4

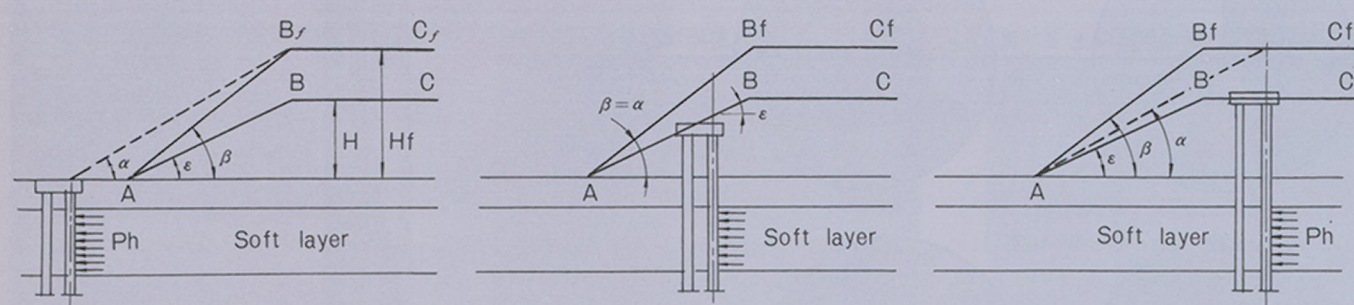


図-1

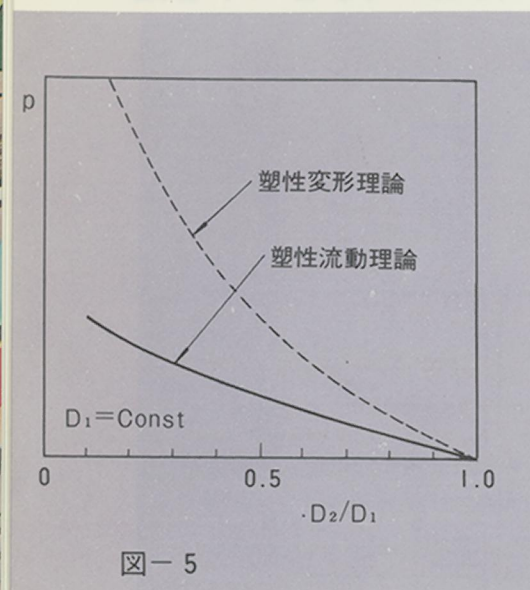


図-5

differenceの形に求め、一方地盤の水平変位と水平圧力の関係もMindlinの理論式に基づいてfinite differenceの形で求める。これらの式を電子計算機で計算することによって、任意の地盤の変位分布に対するくいのたわみ、曲げモーメントが計算できる。たとえば、図-6は右図に示した地盤変位に対するくいの曲げモーメント、およびくい面反力分布の計算結果である。

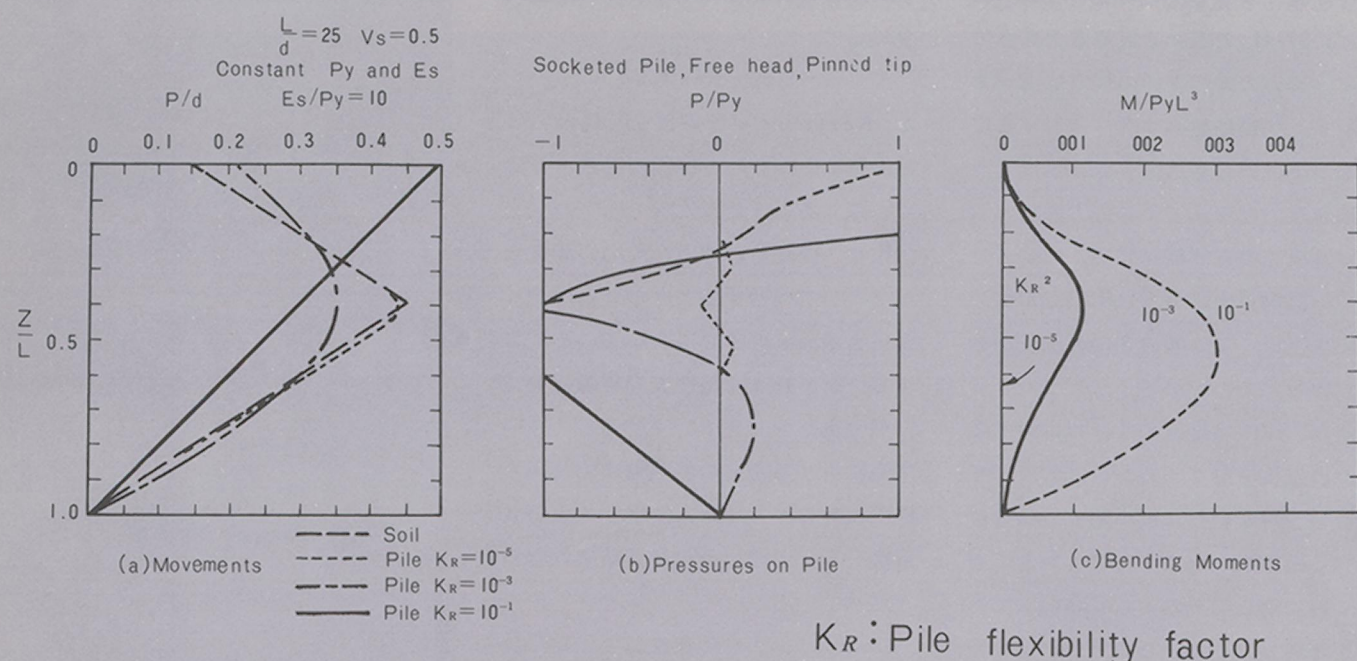


図-6

福本⁶⁾は新潟県の地すべり地方で、地すべり防止ぐいの挙動を調べるために、ひずみ計と土圧計を取付けたRCぐいを不動地盤にまで挿入し、地すべりの進行と共にぐいに作用する応力などを測定した。そして、その実測結果を解析して、すべり面以上のぐい面に働く土圧分布は深さに比例するとしてその具体的な数値を与え、その土圧を外力とするぐいの横抵抗計算によってぐいの断面が決定できるとしている。

Huntington⁷⁾はぐいを横切って粘土がすべり破壊を起こすときの抵抗力として、図-7に示すようにぐい列の側面に沿って働く粘土のせん断抵抗から計算できるとしているが、これは著者も述べているように明らかに過大な評価を与える結果になる。

佐藤、赤井、舟崎⁸⁾は約13mの腐敗土と粘土層、およびその土層にある約4mの砂れき層からなる地盤中にある径609.6mm、長さ24.5mの鋼管の斜ぐいについて、地盤沈下とともにぐいの曲げ応力を測定し、その測定結果を理

論的に説明するためには、図-8に示すような荷重条件、および支点条件を有するはりとして計算すれば実用上十分であると述べている。

3. 設計基準

上述したように、地盤の変位に伴うぐいの横方向挙動については、いまだ研究段階にあるといってもよいであろうが、現場の設計者としては何としてでも解決策が欲しいところである。そこで、ここには今日この問題について規定した基準等についてどのように記されているか述べてみたい。

まず、建造物設計標準解説⁹⁾には、地盤変位によるぐいの水平変位量および応力は、地盤の水平変位量を想定し、ぐいを有限長の弾性体として算定するものと規定している。この場合の地盤の水平変位量は地盤を半無限弾性体と仮定したBoussinesqの解析法や、有限要素法などが利用される。地盤の水平変位量が推定できれば、ぐいに生ずる応力および変位量は文献10)、や11)

などを参考にして計算できるとしている。

また、港湾構造物設計基準¹²⁾では、すべり面に交叉するぐいまたは矢板の抵抗について述べ、すべり面とぐいが交叉する場合にはぐいの抵抗によって地盤の安定性が多少増大すると考えられるが、その計算法は確立されていないと説明している。ただ、考え方としてはすべり面より下の部分に受働土圧が働き、その合力がすべり面に沿って働くとして計算した抵抗モーメント分だけが增大するという考え方がある。この場合の受働土圧の大きさは $\ell_{m1}/3$ (ℓ_{m1} :曲げモーメント第一零点までの長さ)までクーロンの受働土圧が働くと考える。

矢板式けい船岸の場合には、根入れ

の安全率が十分あれば、少なくとも矢板下端より上方の部分を通るすべり面は発生することはないとしている。ただし、矢板の根入れ長が必要以上に長い場合には、必要根入れ長以下の矢板についてのすべりに対する抵抗はぐいの場合と同じように考える。

4. あとがき

ここに述べた概要は、限られた文献について調べたもので、この他にもまだ現地計測、室内実験、理論解析などが行なわれているが、紙面の制約もあって割愛させて頂いた。今後の研究および基準等の作成に何らかの役に立てば幸いである。

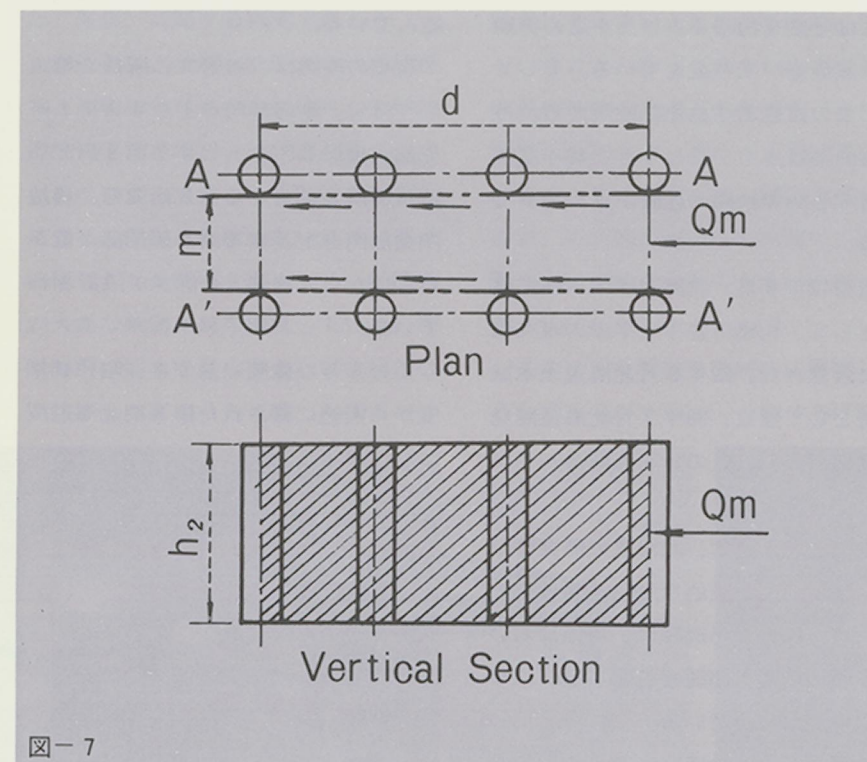


図-7

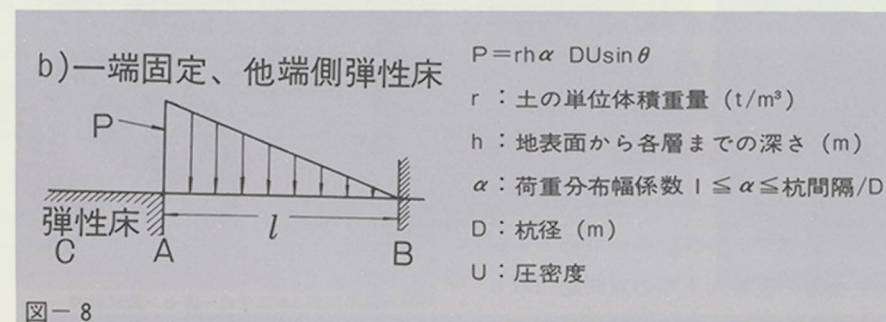


図-8

5. 参考文献

- 1) De Beer, E. E. & Wallays, M., "Force Induced in Piles by Unsymmetrical Surcharges on the Soil Around the Piles", Proc. 5th European Conf. on Soil Mech., Vol. II, 1972, pp325~332
- 2) 北島昭一、岸正平、"円形すべりに対するクイの影響" 港研資料No29, 1967, pp64~94
- 3) Tschebotavioff, G. P., "Foundations, Retaining and Earth Structures," McGraw Hill-Kogakusha, Second edition, 1973, pp401~403
- 4) 伊藤富雄、松井保、"地すべり防止ぐいに作用する外力の算定について" 第8回土質工学研究発表会講演集、昭和48年、pp543~546
- 5) Poulos, H. G., "Analysis of Piles in Soil Undergoing Lateral Movement," Jour. of ASCE Vol. 99, No. SM5, 1973, pp391~406
- 6) 福本安正、"地すべり防止ぐいの挙動に関する研究" 土質工学論文報告集、Vol. 12, No. 2, 1972, pp61~74
- 7) Huntington, W. C., "Earth Pressure and Retaining Walls," John Wiley & Sons, 1957, pp378~379
- 8) 佐藤昭、赤井公昭、舟崎恒義、"負の周面摩擦力と斜ぐいに発生する曲げの計算法に関する研究" 日本道路公団試験所、試験所報告、昭和44年度、pp76~92
- 9) 建造物設計標準解説基礎構造物及び抗土圧構造物、日本国有鉄道、昭和49年、pp119~120
- 10) 速水：水平地盤変位によるぐいの変形及び応力の計算、構造物設計資料No27/1971、
- 11) 構造物設計事務所資料 プログラム42-5、地盤変位による杭の変形及び応力計算/1971、
- 12) 港湾構造物設計基準、日本港湾協会、昭和45年、p5-4-8、

6 研究所を訪ねて 北海道開発局 土木試験所

北海道は、蝦夷と呼ばれていた時代から、わが国における開発の中では、取り残され、一歩たち遅れていたといえる。これは、とりも直さず北海道そのものが、それまでほとんど未踏の土地であり、地形すら明確に把握されていないという、いろいろな意味で悪条件が重なっていたためといえよう。

北海道の本格的な開発は、明治2年の開拓使の設置をもって開始された。しかし、寒冷積雪という厳しい自然条件下に置かれたこの地方では、開発事業の基盤となる建設技術の研究は、現地で解明しなければならない多くの問題を抱えていた。これらの要請に応えるために、現地北海道に設置されたのが、北海道開発局・土木試験所であり、今回は、北海道ならではの山積された課題に取り組んでいる同試験所にスポットを当てた。

北海道ならではの諸研究

札幌市の中心から南へ5キロほど、北海道を象徴するかのよう、とうとうと、そしてあくまでのんびりと流れる豊平川。この豊平川を抱え込むように約35,000m²という広大な敷地を持つ同試験所がある。

敷地を縦断するように豊平川に注ぎ込む精進川が敷地中央を走り、その両



側には歴史を物語る古びた木造の実験棟、試験室が立ち並んでいる。そして、今、この古色あふれた試験所から、外見も内部設備も一新しようと49年度より新しい実験棟の建設が進められている。

昭和12年8月、北海道庁土木部試験室として、札幌市豊平区平岸の現在位置に設立され、22年9月北海道土木試験所として独立、26年7月北海道開発局発足に伴い、その付属機関として現在に至っている。

先述したように、北海道の開発事業は、地域的・気候的な制約を受けており、第一線の現場機関は、現地において各種の困難な問題を打開しながら事業の推進に努めている。

そして、当試験所は、それらの切実な問題の技術的解決を図り、寒冷地土木の対策、泥炭その他軟弱地盤の土質工学的解明、特殊土壌開発の試験研究、災害の防止、環境保全対策の調査研究、実際工事の計画ならびに施工に関する調査・研究、工事設計の合理化および施工技術の改善向上等の諸問題に取り

組んでいる。

現在の組織は、河野文弘所長を筆頭に、河川・港湾部門を主とする第1研究部、橋梁部門を主とする第2研究部、道路部門を主とする第3研究部、農地開発部門を主とする第4研究部が置かれ、ほかに庶務課、企画課が設置されている。

このような体制に基づき、昭和46年度から実施に移された第3期北海道開



▲三笠式一面セン断試験機

発計画のより効果的な展開を図るべく努力が続けられる一方、環境保全に対する国民的要請が著しく高まっている昨今、開発事業を推進する上での各種の技術上の問題は、より高度化、複雑化かつ多様化し、同試験所の果たす役割は重要な度を加えている。

結果が待たれる ネガティブフリクションの観察

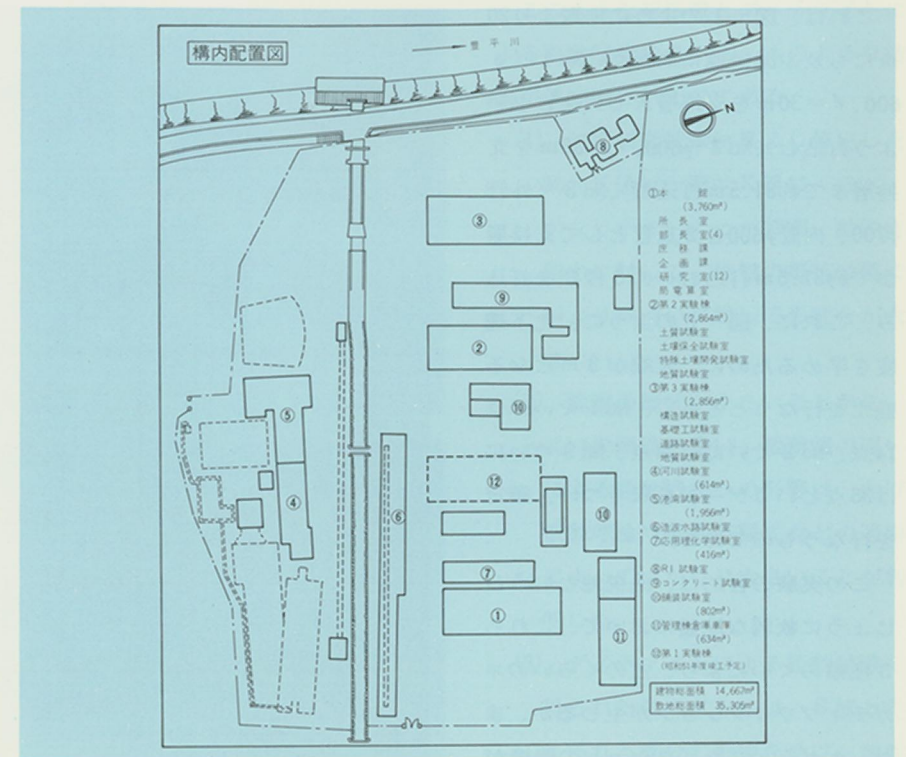
閑静なたたずまいを見せる正面入口を入り、同試験所本館に第2研究部・基礎工研究室室長・野口義教氏、および第3研究部・土質研究室主任研究員能登繁幸氏をお訪ねした。

土質研究室のこれまでのかずかずの研究のうち特筆すべきものは、やはり北海道という地理的な条件から生まれた「泥炭」に関する研究であろう。

泥炭とは、湿潤、低温あるいは乾燥などの環境条件のために枯死した植物の生化学的分解が、じゅうぶんに行なわれないまま生成した有機質土のことである。泥炭は比較的広い地域に厚く堆積し、せん断強さが小さく、圧縮性の大きな軟弱地盤を構成している。泥炭地帯に盛土を行なうと、はなはだし



▲泥炭圧縮試験機



沈下してしまい、もとの平坦地になるということも珍しくない。北海道では泥炭地盤の土木工事現場を「お化け帳場」と呼んで、なるべく避けて通るようにしていたという。開拓当時の鉄道が、平野部の泥炭地帯を避けて、山麓沿いに敷設されたのもその一例である。

このような泥炭を徹底的に解明しようとするのが、「泥炭」と題する研究で

あり、その成因と分布、諸性質、泥炭地盛土の設計・施工法、構造物の変状とその対策等について言及している。

この研究を基盤にして、基礎工研究室を中心に、今計画されているのが、女満別川泥炭地域における鋼管ぐいのネガティブフリクションの研究である。

現在、その計画概要案がまとまり、いよいよこの10月から実験が開始される予定である。



▲冷凍実験室内

これは、図-1のように地表より20mにも及ぶ泥炭地に鋼管ぐいNo.1 ($\phi 600$ 、 $l=30$ m)を支持層まで到達しないよう打込む、No.2 ($\phi 600$ 、 $l=36$ m)を支持層まで約31.5m打込む、No.3 (外管 $\phi 700$ 、内管 $\phi 600$ を2重管として支持層まで約31.5m打込む)の3種類を打込み、これに、図-2のように、沈下速度を早めるために、天端が3mとなる盛土を行なうとともに、No.1ぐいには14点、No.2ぐいには34点、No.3ぐいには36点というゲージを取りつけ、測定を行なうものである。

この実験の目的は、泥炭地というひじょうに軟弱な地盤において、これら3種類のぐいにより、どのくらいのネガティブフリクションが生じるか、また、ネガティブフリクションの機構がどのようなものか等の観測を行なおうというものであり、実験開始後2年ほど観測を続け、ネガティブフリクションの対策工法をも検討しようとするものである。

20万ヘクタールという泥帯地帯をかかえる北海道としては、避けて通ることはできない問題ゆえに、この実験の成果が大いに期待される。

ダイナマイトによる基礎ぐいの振動試験

それでは、ここでやはり泥炭地帯で行なわれたもうひとつの研究結果をご紹介します。

これは、「橋梁基礎ぐいの振動試験結果について」と題され、発表されたもので、基礎ぐいの各種振動試験結果に基づいて、試験の特性と基礎ぐいの動的挙動について検討を加えたものである。

振動試験は、表-1のようなジャンクション付きの単ぐい、および2~4本の連結鋼管ぐいと、補剛板付きの異型鋼管ぐいについて行ない、試験方法とし

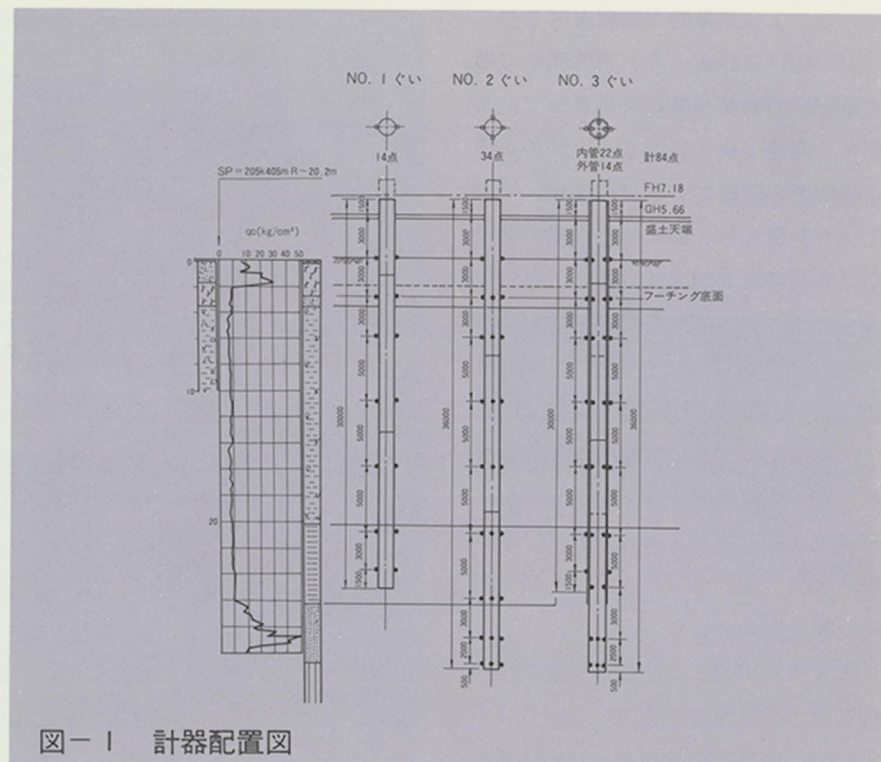


図-1 計器配置図

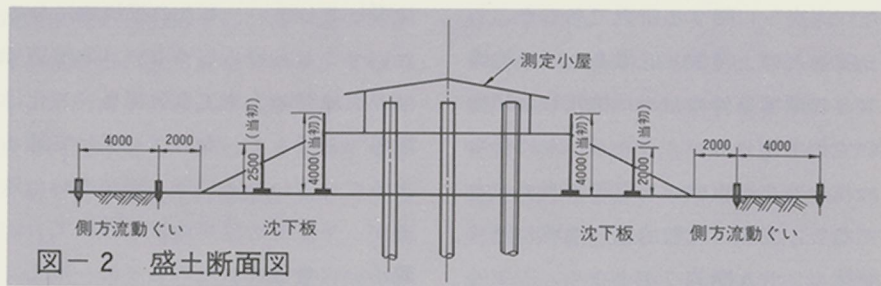


図-2 盛土断面図

て、起振機を用いた強制振動試験、およびダイナマイトを用いた振動試験を行なった。対象ぐい打設現場は、図-3に示すように泥炭性軟弱地盤が深くまで分布しており、軟弱層のS波速度は、ほぼ100~150m/secと考えられ、長い先端は、N値20~30の砂層に達している。

まず起振機による強制振動試験を行なった後、疑似地震動のひとつであるダイナマイトによる振動試験が基礎構造物の応答解析に、どのように適用できるか検討するために同一現場において試験を行ない、地盤と基礎ぐいに生じる波形の記録をとった。自然地震波と人工地震波において、その性格上から、発生源、規模、地動の継続時間などで、かすかすの相違が考えられる。

自然地震波の場合、地層の移動により蓄積されたひずみエネルギーの蓄積、放出によって生じる深度10~数100kmを発生源とする規模が大きな波であり、人工地震の場合は、深度数10mでの火薬の爆発を震源に持つ規模の小さな波である。震源の深さと規模の相違は、波の伝播状態、波の継続時間に大きな影響を与える。波形記録によると自然地震波の場合、数10秒の地動が人工地震では10秒以下の記録にとどまる。

また、加速度の大きさも前者の場合、数100galとなるが、後者では、これが数10gal程度である。以上のことについては、相似の問題である程度解決できるが、波の基盤、さらに地殻での波の反射、屈折作用などの影響によるランダム波の形の違い、さらにさまざまな表面波

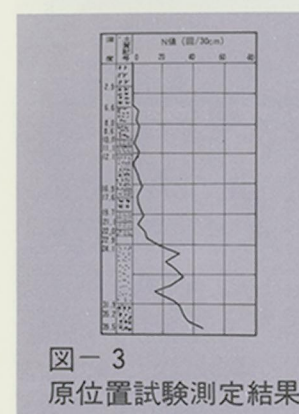


図-3 原位置試験測定結果

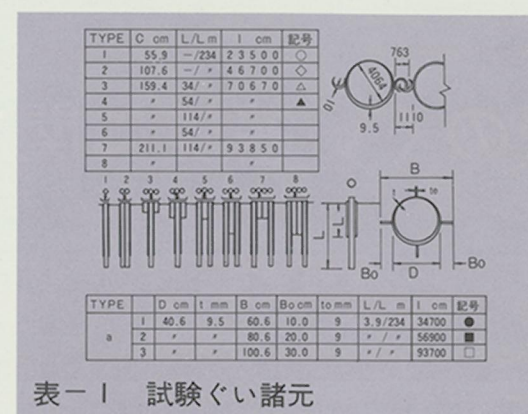


表-1 試験ぐい諸元

諸定数	測定点	地盤上				TYPE 1 S				TYPE 2 S				TYPE 3 S			
		S	S	V	S	S	S	V	S	S	S	V	S	S	S	V	S
影響振動数		2.4	2.6	2.4	2.6	2.6	2.8	2.4	2.4	2.8	2.4	2.4	2.6	3.1			
減衰定数		0.15	0.10	0.08	0.20	0.07	0.07	0.12	0.10	0.09	0.10	0.15	0.09	0.11			

表-2 ダイナマイトによる振動試験結果

の再現性など、いくつか検討しなければならない問題がある。

しかし、その周期性、あるいはP波、S波の再現性が可能である点におけるダイナマイトによる振動試験では、比較的簡易な試験法であり、地震入力波としての適用性があると考えられる。

現場において、爆発深さ、震源距離、火薬量を変え試験を行なったが、振動特性としては、ほぼ同じような結果が得られた。表-2は、深さ12m、火薬量7.5kg、震源距離を250mとして得られた波形のスペクトルにより求めた各定数である。また、図-4は、地盤の3つの振動計による、地盤上における震央直角方向のスペクトルをまとめた

ものである。

この結果、卓越する振動数は、2.4~2.6Hzにあり、2次の振動数は、5.2~5.5Hzにあると考えられる。また、対象ぐいのスペクトルにおいてもほぼ同様の特性が認められたことにより、振動波形で最も大きな影響を与えられられるS波に対する地盤の応答特性が、基礎ぐいにも同様に影響を与えたことが判明した。

図-5は、振動試験による地盤のスペクトルと同一地点における常時微動のスペクトルを前述の現場と他の現場において比較したものである。これにより、2つのスペクトルには、かなり高い相似性が認められた。

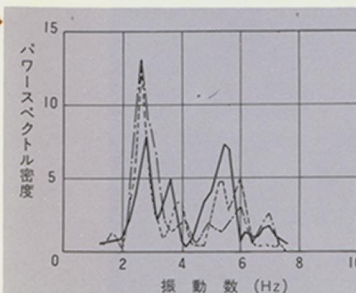


図-4 人工地震波による地盤のスペクトル

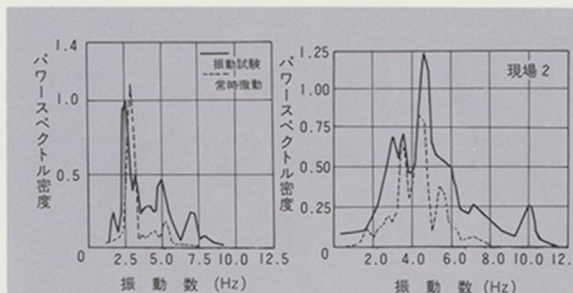


図-5 人工地震波と常時微動のパワースペクトル図

このような起振機とダイナマイトによる振動試験結果から、次のような結論が導き出されたのである。

- (1) 強制振動試験結果より算出した動的K値は、静的K値にくらべ、かなり小さいことが判明、動的作用力に対して、地盤の抵抗は組ぐいより単ぐいに対しての度合いが大きい。
- (2) 地盤の抵抗が小さいことから、ぐいの剛性の違い、載荷幅の違いによる振動特性への影響は、曲げ振動理論や振動方程式などの適用によって、かなり大きいことが判明した。
- (3) ダイナマイトによる振動試験で得られたスペクトルは、S波と考えられる成分の影響を受け、地盤より伝達された周期特性がそのまま基礎ぐいの周期特性において支配的となる。
- (4) 人工地震波と常時微動の周期特性は、かなり高い相似性を示し、今後、耐震設計法への適用が十分に考えられる。

以上紹介してきたいくつかの研究にみられるように、泥炭地、あるいは泥炭地における各種実験等をはじめ、この北海道開発局・土木試験所は、凍土とその対策、雪氷に関する各種の基本的研究、寒冷地におけるコンクリート構造物に関する調査・研究、積雪寒冷地域の道路交通騒音対策の研究等々、他の試験・研究所には見られない、ユニークな問題と日夜取り組んでいる。

人間がそれまで生活するのに困難とされていた地理的・気候的条件を徐々に克服し、自然に対して、これに逆うことなく順応してきている今日、寒冷積雪という悪条件と真向うから取り組んでいる同試験所の今後が期待されるのである。

■レポート

ケズディ教授のくい基礎に関する講演

昭和50年5月27日にハンガリーのブタペスト工業大学教授ケズディ博士の講演会が東京品川のホテル・パシフィックで開催された。

ケズディ教授は国際土質基礎工学会のヨーロッパ地域の副会長であり、*Handbook of soil mechanics*、*Erddrucktheorien* 等の多くの著書を出され、土質力学・基礎構造の分野では世界的な権威であり、またピサの斜塔の修復工事の委員など実務の面でも幅の広い活躍をしている。



今回、ハンガリー政府より日本の工業技術視察のために来日され、約3週間の滞在でひじょうに忙しい日程の中をとくに鋼管杭協会のために時間をさいて、くい基礎に関する講演をしていただいた。計画が急であったので、特別技術委員会の委員で東京在住の方を中心に、その他とくにくい基礎に関心のある方に連絡をして講演会を開催した。講演会は当鋼管杭協会特別技術委員会委員長の東京大学教授福岡正己博士の司会で進められた。ケズディ教授の講演の要旨が以下に示されている。

構造物の基礎は、構造物の規模、用途、敷地の地盤条件、工事の施工条件

等を考慮して工事費が最小になるように設計することが必要である。地盤調査に多くの費用を投ずれば、設計が合理的に行なわれ、工事費が低減できるが、ある程度以上に調査費を増加させてもその割に工事費は低減しない。工事中において最適の調査費を見出すことは簡単ではないが、資料を積み重ねて検討することが重要である。

くい基礎は古くから使われており、打ち込みぐいは深い基礎において最も経済的な基礎工法である。くいの支持力はくいの施工法によって大きく左右される。くい周表面に作用する土圧は、擁壁に作用する土圧とは異なり、三次元問題の土圧として考える必要があり、このためにくい軸に直角方向のアーチング効果を考える必要がある。これが原因となって埋め込みぐいの周面に作用する垂直応力は主動土圧よりも小さく、打ち込みぐいの場合も同じ理由で受動土圧よりも小さな値となる。

くいの支持力理論において、施工による土の性質の変化を考慮しないものは現実とは異なっており、そのような理論によってはくいの支持力を正しく求めることは不可能である。

くいには長いくいから短いくいまで種々のものがあり、それをくい基礎スラブの幅 (d)、くいの直径 (b) およびくいの長さ (l) をパラメーターとして整理すると図-1に見られるような分類が可能である。

先端の沈下が零である完全支持ぐいにおいて、周面摩擦力はくい体の縮みによる周面土との相対変位によって発生する。この関係にもとづいて微分方程式を立て、境界条件を考慮して解く

とくい周面に作用する摩擦力分布が求まる。

この場合、くいの頭では垂直応力が零、くいの先端では変位が零であることより摩擦力は零となり、摩擦力の分布形は深さ方向に対して放射線的な形となる。この種のくいでは摩擦力の値は小さく先端支持力が大きな割合を占める。

実際のくいで先端の沈下が零ということはあり得ないが、直径 1.0m、長さ 15~16m のベノトぐいでくい先端の沈下がほとんどない場合について実測した結果は前述の計算値と比較的に良い一致を示している。

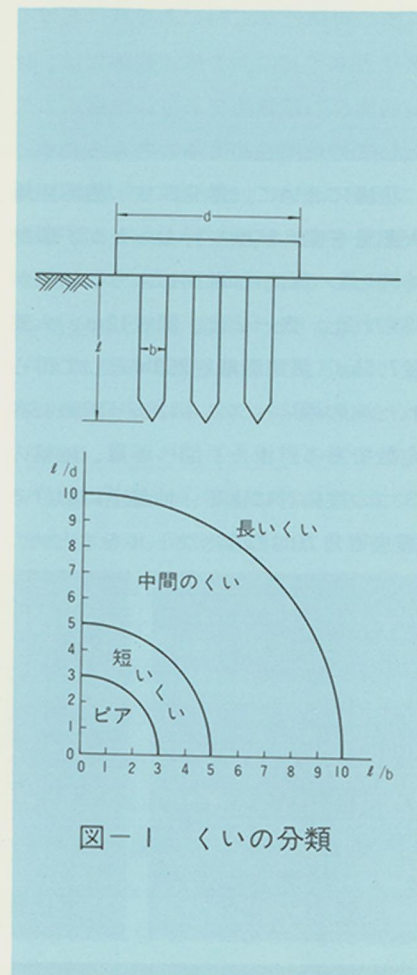


図-1 くいの分類



これと反対に先端抵抗が零の完全摩擦ぐいの場合、前述の微分方程式の境界条件を変えて解けば良く、計算結果は実測値と比較的に良い一致を示している。

実際のくいは前述の条件の中間にあり、くいの寸法や地盤条件を与えて数値計算をした結果によると、くいに荷重を加える場合、荷重の初期には荷重はほとんど周面摩擦力で支えられ、荷重が増加すると周面摩擦力が最大値に達し、それより後は摩擦力が増加しなくなり、先端支持力のみが増加する。

通常のくいの支持力公式は周面摩擦力と先端支持力の最大値を求め、両者の合計をくいの極限支持力として安全率で除して許容支持力を求めているが、設計荷重がくいに作用した時に、周面摩擦力と先端支持力とが持っている安全率の値は異なることに注目されたい。

これらの事は実測によって確認されている。

くい基礎を使用した穀物サイロについての説明があった。この穀物サイロは総重量18,000トン、18個 (3×6) のサイロからできている。この基礎はフランキーパイルで設計されている。くいの長さは12~13mでシルト質地盤で支持されており、このシルトは含水比の変化に鋭敏な土で、含水比が減少すると強度が増加する性質がある。フランキーパイルを使用すると土を締め固めることはできたが、土の含水比を減らすことはできず、くいの支持力に不足が生じた。この場合、土の締め固めによりくいの貫入抵抗が増加したためにくいは十分な支持力を有すると判断したが、実際に載荷試験をすると土の強度が増加してないために予想外の低い支持力となった。



この工事ではくいの本数を増したり、先端支持力を増加させることは不可能であり、対策として摩擦抵抗を増加する方法が採用された。すべてのくいを打ち終った後に、くいに荷重がかからない特殊の装置を作り、くいとくいの間の地盤にサイロの自重を利用して30t/m²の載荷を行ない、地盤を圧密させると同時にくいの周面に作用する垂直応力を増加させ、土の強度とくいの周面摩擦力の両者を増加させることを目的とした。また圧密促進のために地盤に砂ぐいを設置した。このようにして十分なくいの支持力が得られた後にサイロとくいとを結合している。

他の例として、建築物の基礎に使われたフランキーパイルのコンクリートが施工が良好でなく、くいの上部で断面がくびれた実例を示した。このためにくいの上部を補強する必要が生じたが、この場合もくいの本数を増すことは不可能であった。対策としてはくいの上部に基礎スラブを設け、くいの支持力と基礎スラブの支持力とを合計した形で全体の支持力の安全性を検討している。

これらの二つの実例を見ても、くい基礎の施工はひじょうに重要であり、くい基礎を最初の設計どおりに、何の問題もなく最後まで完成することは簡単なことではない。

アメリカの施工業者の言葉に『くい基礎の設計で何か疑問が生じたら、くい基礎の採用を止めて他の方法を考えて方がずっと良い』とあるが、これは適切な表現であり、またドイツの諺の『父親になることは容易であるが、良い父親であることは難しい』と同じように『くいになることは容易であるが、良いくいであることは難しい』をもって結びとする。

記・東京工業大学 助教授

工学博士 岸田 英明

ゴルフと私

今号からは、石井富志夫プロから謝敏男プロへバトンタッチ。石井プロとは、また味の違った「華麗なるスインガー」謝プロの華麗なるレッスンにあなたもご参加下さい。

1940年8月9日、台湾の台北県淡水に生まれた私は、生まれながらにしてクラブを握る運命にあったようです。

私の生家は、台湾一ともいえる名門コース・淡水ゴルフ場に隣接していました。隣接というよりは、子供の私には毎日遊びまわる自分の「庭」といった方がいいかもしれません。ゴルフが自然に目に入り、いつの間にか見様見真似のゴルフができるようになっていました。

そんな私の人生にとって、ゴルフというものを決定的にしたのが3年間の兵役でした。軍隊とゴルフ……なんだか変なとり合わせですが、兵役義務に従い、20才で入隊した私のゴルフに対する情熱を心ある上官が深い理解を示してくれ、思う存分練習する時間に恵まれました。ここで基礎を身につけた私は、除隊後、セメント会社に入社し、会社の深い理解のもとに、アマチュアとしての生活がはじまりました。

2年余にわたるアマチュア生活の中でのビッグタイトルは、なんといっても1964年の世界アマチュア選手権での優勝でした。そして、このタイトルを手にした時、プロへの転向の意志を固めました。

このように、私のゴルフは、理解ある方々のあたたかいご支援のもとにプロへのスタートを切ったわけです。

さて、周知のように、台湾のプロというと戦前の陳清水、戦後の陳清波、陳健忠などの諸先輩が、すでに来日、

輝やかな戦歴のもとに大活躍しています。これに刺激され、できれば私も日本でプレーしたいと日頃から思っていたところ、1967年、この願いがかない、ある方のご尽力で新沼津カントリークラブへ入社が決まったのです。

あこがれの日本へ着いても、さて、



右も左もわからない。まして、まったく日本語のわからない私でした。

しかし、ここでも恵まれていた私は、あたたかい視線の中で、入社と同時に一日中練習に打ち込みました。

それからちょうど10年。厳しいプロの道を歩んできたわけです。

- 1968年 関東オープン優勝
- 1971年 アジアサーキット総合優勝
- 1972年 タイオープン優勝
- " 総武国際オープン優勝
- " ブリヂストンオープン優勝
- " ワールドカップ個人・団体優勝
- 1973年 台湾PGAオープン優勝
- 1974年 沖縄TVカップ優勝
- " 淡水オープン優勝
- 1975年 アジアサーキット総合優勝
- " 関東プロゴルフ選手権優勝

10年にわたる競技生活の中でも、とくにうれしかったのは、1972年メルボルンで行なわれたワールドカップに台湾代表として出場し、個人・団体優勝という幸運に恵まれたことです。

世界アマ、世界プロの2大タイトルを手にしたのは、ジャック・ニクラウスと私の2人だけと居合わせた記者に聞き、責任の大きさと一いつそうのファイトを燃やしたのです。

そして、今、紫塚ゴルフクラブという新生コースに移り、栄光を汚すことのないよう毎日練習に明け暮れている私です。

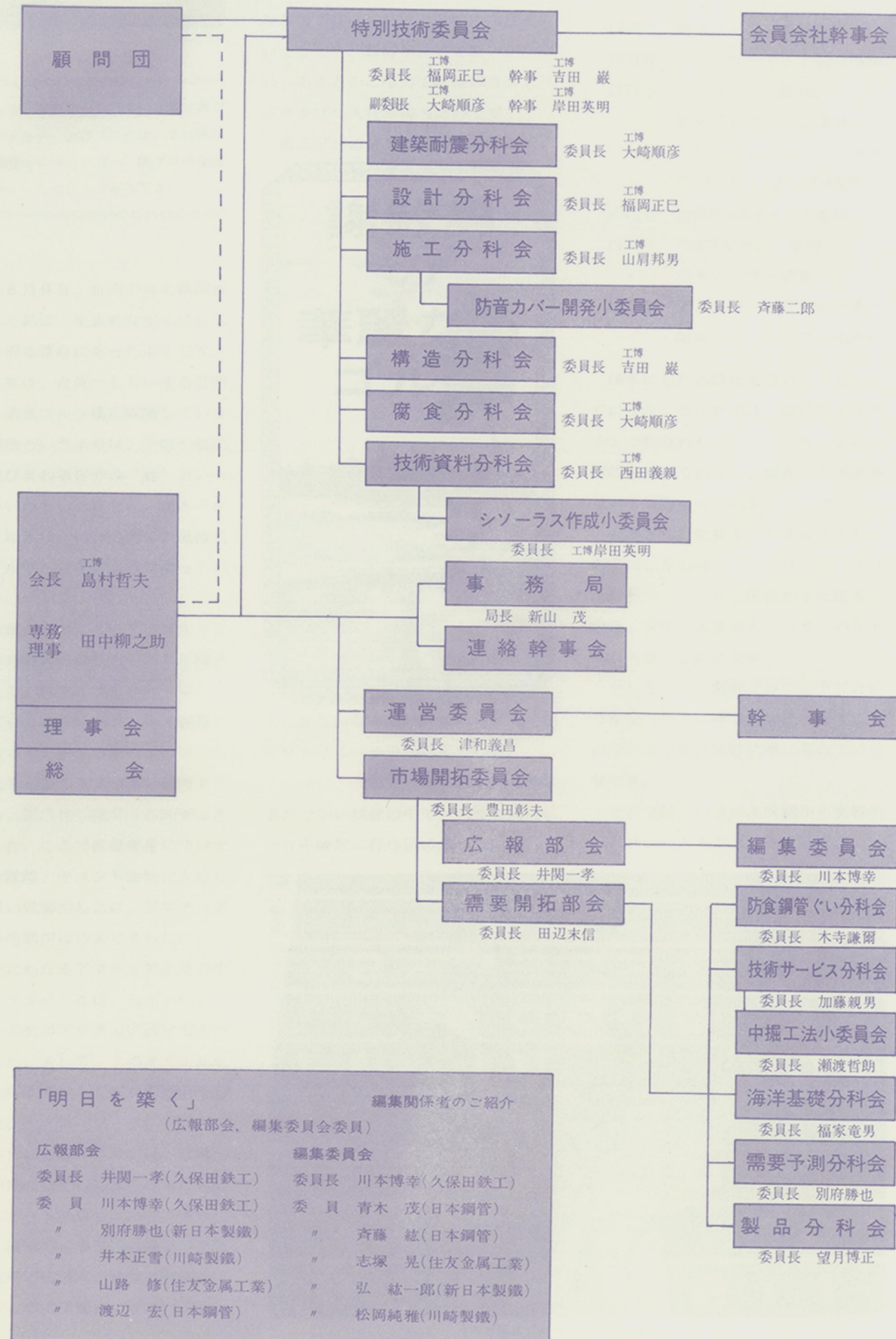
それでは、いよいよ次回から実戦的レッスンに入ることにしましょう。



今年度関東プロゴルフ選手権優勝時の謝プロ

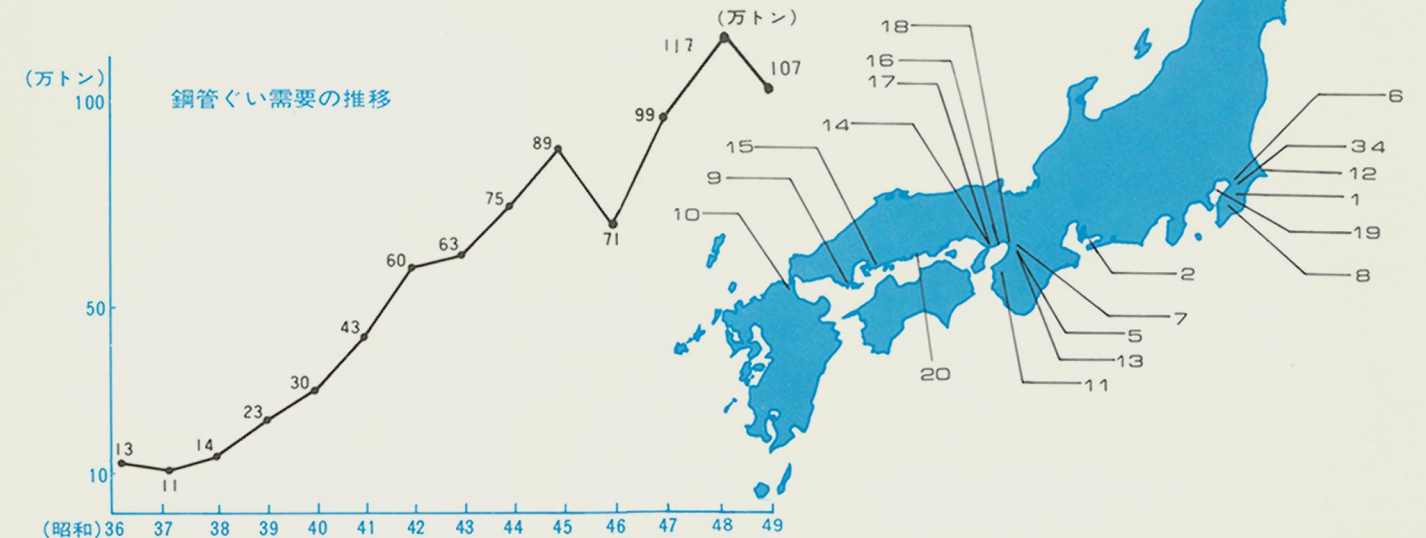
鋼管杭協会組織図

(昭和50年 9月20日現在)



会員会社鋼管ぐい製造工場所在地および設備

社 名	No.	所 在 地	設 備
株式会社吾壠製鋼所	1	千葉製造所：千葉市原市姉ヶ崎海岸7-1	スパイラル
川崎製鐵株式会社	2	知多工場：愛知県半田市川崎町1-1	スパイラル、電縫管
	3	千葉製鉄所：千葉市川崎町1番地	U.O.E.
川鉄鋼管株式会社	4	千葉市新浜町1番地	スパイラル、板巻
久保田鉄工株式会社	5	大浜工場：大阪府堺市築港南町10	スパイラル
	6	市川工場：千葉市市川市高谷新町4	スパイラル
株式会社酒井鉄工所	7	大阪市西成区津守町西6-21	板巻
新日本製鐵株式会社	8	君津製鉄所：千葉県君津郡君津町1054-2	スパイラル、U.O.E.
	9	光製鉄所：山口県光市大字島田3434	電縫管
	10	八幡製鉄所：北九州市八幡区枝光町1-1	スパイラル
住友金属工業株式会社	11	和歌山製鉄所：和歌山市湊1850	電縫管、ケージフォーミング
	12	鹿島製鉄所：茨城県鹿島郡鹿島町大字光750	U.O.E.
住金大径鋼管株式会社	13	本社工場：大阪府堺市出島西町2	板巻、スパイラル
	14	加古川工場：兵庫県加古川市東神吉町680	スパイラル
中国工業株式会社	15	呉第二工場：広島県呉市広町10830-7	板巻
東亜外業株式会社	16	神戸工場：神戸市兵庫区吉田町1-4-10	板巻
	17	東播工場：兵庫県加古郡播磨町新島	板巻
西村工機株式会社	18	兵庫県尼崎市西長州東通1-9	板巻
日本鋼管株式会社	19	京浜製鉄所：横浜市鶴見区末広町2-1	電縫管、U.O.E. 板巻
	20	福山製鉄所：広島県福山市鋼管町1	U.O.E. スパイラル

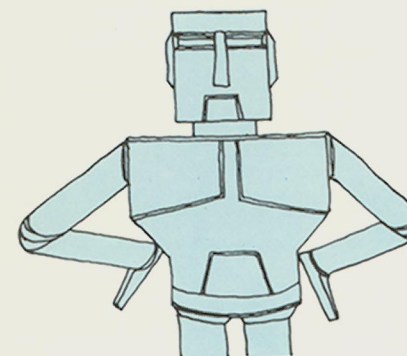


鋼管杭協会会員一覧 (50音順)

株式会社吾壠製鋼所	住金大径鋼管株式会社
川崎製鐵株式会社	住友金属工業株式会社
川鉄鋼管株式会社	中国工業株式会社
久保田鉄工株式会社	東亜外業株式会社
株式会社酒井鉄工所	西村工機株式会社
新日本製鐵株式会社	日本鋼管株式会社

明日を築く No.15

発行日 昭和50年 9月20日
 発行所 鋼管杭協会
 東京都中央区日本橋茅場町
 3-16(鉄鋼会館) 〒103
 TEL03 (669) 2437
 制作 株式会社 ニューマーケット
 東京都新宿区三栄町20-3
 〒160(新光オフィソーム)
 TEL03 (357) 5888
 (無断転載禁)





鋼管杭協会