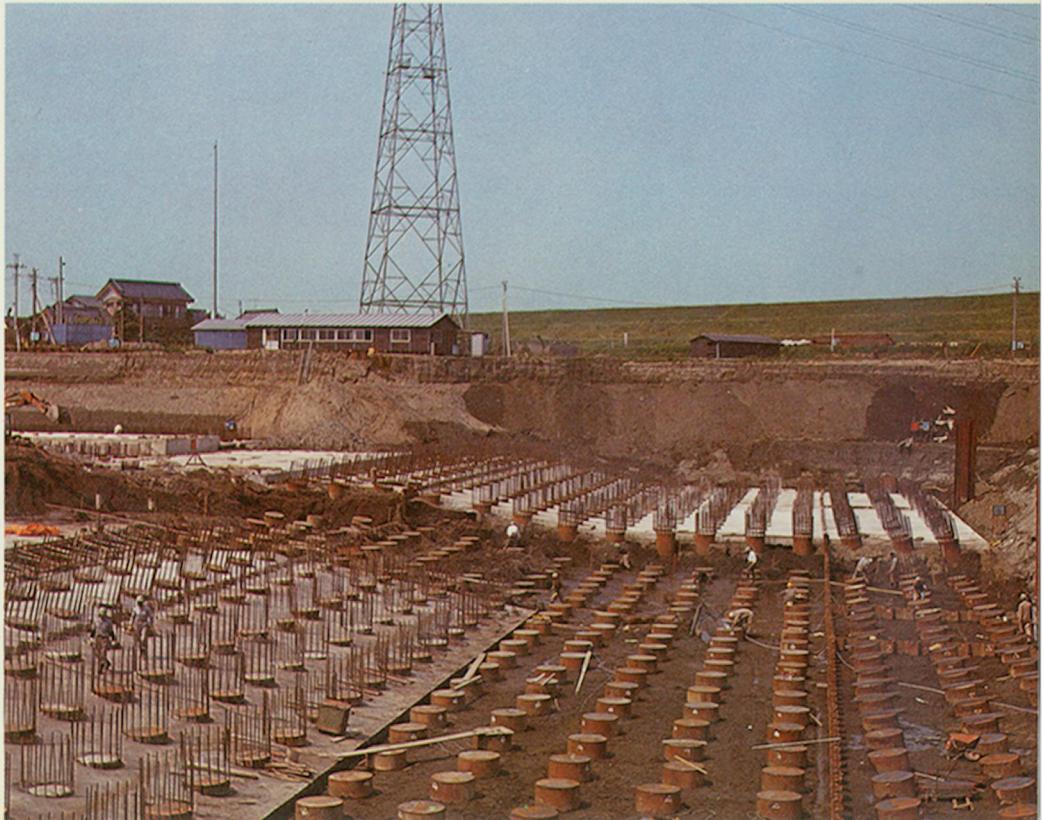
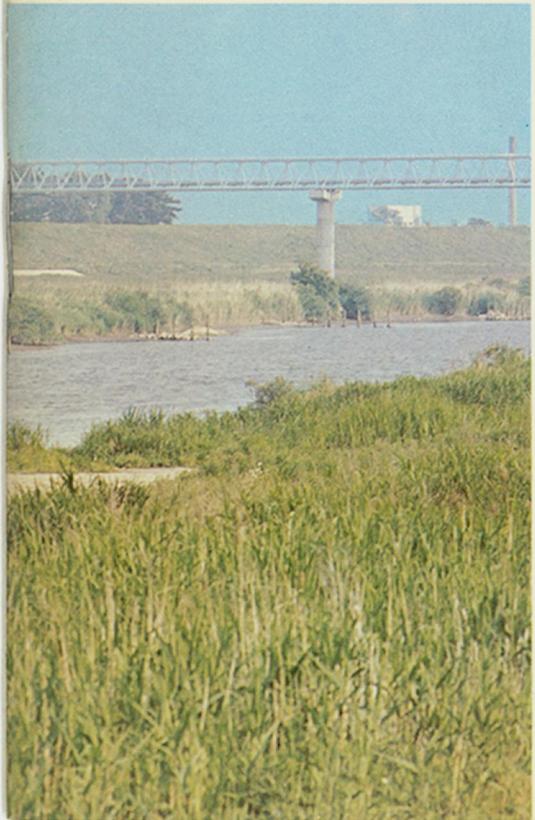


# 明治鉄業

● 鋼管杭協会機関誌 No.6



## 表紙のことば

六月ごろは三郷周辺の中川も江戸川も流れは驚くほどきれいで、水量も豊かである。

この時期だけ見ていれば、水質浄化と治水のために排水機場が建設されるのは場ちがいな感じがしないでもないが、やはりときとして荒れ狂い手がつけられなくなるのだろう。

総重量約9万トンの機場施設のための基礎工事が目下たけなわであるが、主役は600φ～1000φの各種の鋼管ぐいである。

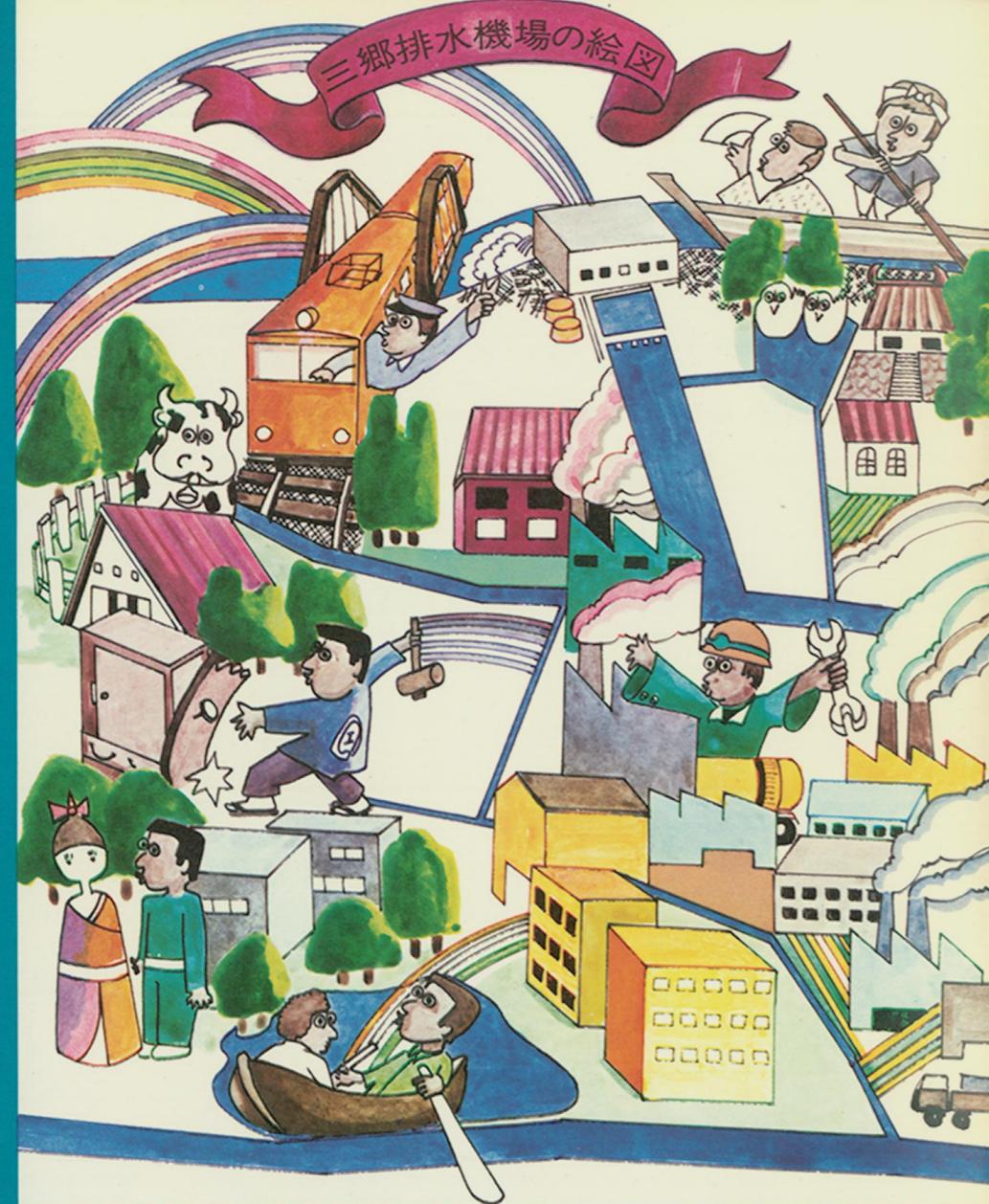
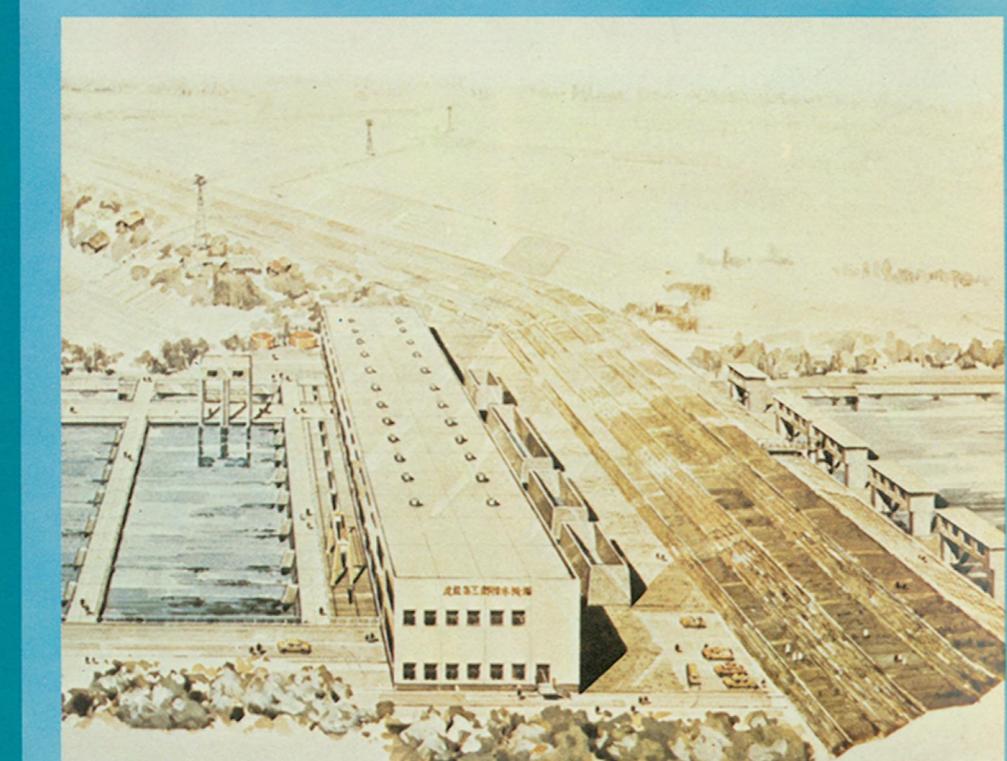
## もくじ

- ルボルタージュ（建設省関東地方建設局江戸川工事事務所）  
中川流域を治水する三郷排水機場 ..... 7
- 北から南から  
47年度事業報告・48年度事業計画 ..... 6
- ケーススタディ Q&A ..... 8
- 鋼管ぐいゼミナール(6)  
くい基礎を有する構造物の地震応答について  
建設省建築研究所研究員  
工学博士 杉村義広 ..... 10
- 需要家を訪ねて 大阪市港湾局  
明日の港湾都市をめざす大阪南港 ..... 18
- 石井富志夫のゴルフのエッセンス  
飛ばないあなたへ（その1） ..... 23
- 組織図 ..... 24
- 会員紹介・奥付

## 編集MEMO

「鋼管ぐいの製法」が好評のうちに前号で一応完了し、今号からケーススタディ「Q&A」をお送りします。現実に即した問題点の解明が元々のねらいですが、製法同様ご愛読ください。今号のハイライトはなんといってもゼミナール。建設省建築研究所の杉村義広氏に執筆をお願いしましたが、ウォリュームオーバーで本誌4ページ増の仕儀となりました。

それだけに読みごたえは十分です。



## REPORTAGE・6

# 中川流域を治水する三郷排水機場

●建設省関東地方建設局・江戸川工事事務所



三郷は水田地帯である。

中川、江戸川、古利根川、荒川にかかるこの一帯は万葉集下総東歌にも「鶴鳥の葛飾早稲をにえすとも、その愛しき外に立てめやも」とうたわれているように、古くから早稲米の産地として知られた。

文字通り新米の収穫の早い地帯であり、それらは「葛飾早稲」として親しまれてきた。

市は埼玉県の南東部に位置し、東は江戸川をへだてて千葉県と南は東京都と接している。他の近郊地帯の例にもれず、ここも近来になって工場・住宅の進出が盛んである。

とはいうものの入り組んだ河川の自然堤防の上をあるくとき、初夏の陽差しの中にムッとむせかえるような草いきれが全身をつつむ。

ひさしく我々がふれなかつた自然そのものとしかいよいのないものが、このあたりには依然として残っている。

自然の破壊はまず水そのものから始まつた。中川水系は草加市を始めとす

る県13市および都内3区を流過する河川である。洪水時のぞけば、上流部は外周の河川から取水したかんがい用水の落水と、点在する市町村からの雑排水を集水し、下流部では都内およびその周辺の都市域からの工場廃水・家庭下水を集水排除する排水幹線として役割を果している。

かんがい

期間中は汚染度のひくい豊富なかんがい用水によって水質は申し分ないが、非

かんがい期は流水のほとんどが工場廃水、家庭下水によって占められ水質汚濁の度合が高まっているのが現況である。

この水質汚濁に加えて、この地帯特有の盆地的低湿地という地形からくる雨期の洪水被害も甚大である。

他にも問題点を含んでいるが、要約

すれば水質浄化と治水の2点が三郷排水機場・放水路に課せられた役目である。

建設には鋼管ぐいが大きく貢献しており、その使われ方を中心に今回は建設省関東地方建設局江戸川工事事務所に取材した。さいわい親身な協力が得られ、多大の収穫のあったことを申し添えておく。



## 世界最大級の容量をもつ排水機場

三郷放水路は中川の洪水を江戸川に排水するため、中川と江戸川を結んで新たに開削される延長1.5kmの人工による多目的水路である。

三郷排水機場は、この放水路に設けられる各種の水門や橋梁など数多くの

土木施設のうち最も大きな構造物で、放水路の吐口部に設けられるポンプ場である。

前述したように中川は利根川、荒川江戸川の三本の川にかこまれた埼玉県東部の農耕地および東京の下町を流下して東京湾にそそぐ緩流河川である。

かつて流域は、葛飾、草加、越が谷春日部など日光街道ぞいの宿場町以外ほとんどが水田地帯なので、雨が降つても低い所に湛水を生じるだけで、利根川や江戸川のような大河が氾濫しないかぎり大きな被害を生じることはなかった。

しかし近年にいたり、首都圏の拡大と各種の交通網の発達などとともにあって都市化現象がいちじるしく、工業都市、住宅都市としての開発がすすみ、その様相を一変してしまった。

このため中川へ流入する水量が増大する一方、湛水することも許されなくなってきた。

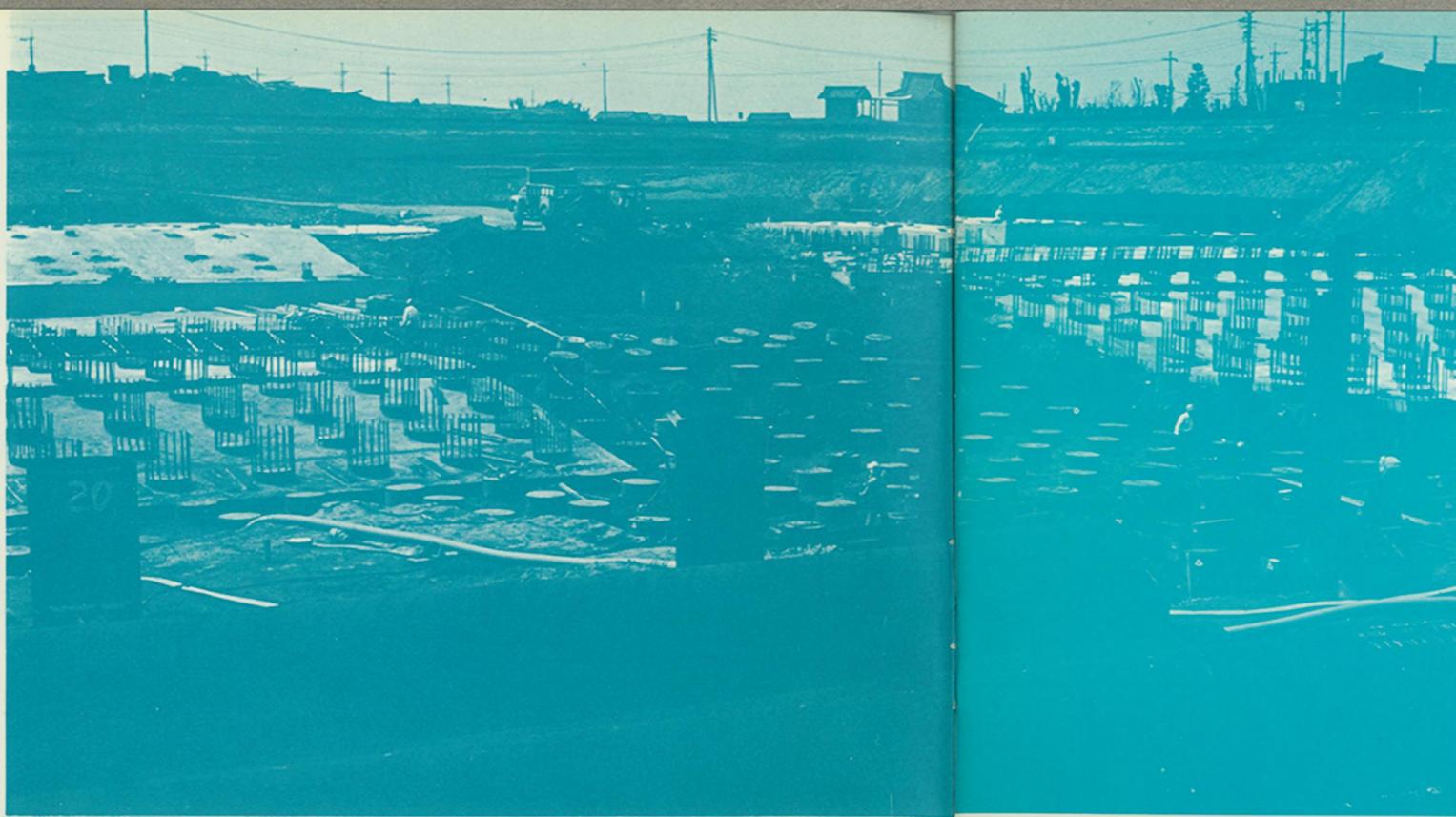
だが、中川の下流部は東京都の人口密集地帯で川巾を広げることは不可能なので、止むをえず中川の途中(埼玉県三郷市地先)に放水路を設けて、中川の洪水を江戸川へ排水することにした。

これによって中川流域に増大しつつある資産の湛水による被害の防止と、中川堤防の安全度の向上を図ることに加えて、東京湾に高潮が来襲した際川口に設けられた水門を閉じるがこの閉塞にもなう中川の水位の上昇を緩和する機能を果すことができる。

中川の水を江戸川へ排水するためには、江戸川の方が水面が高いのでポンプ場が必要となってくる。

当三郷排水機場のポンプの排水能力は毎秒200トンで、ポンプの1台の排水能力は毎秒50トン(6200馬力)と世界最大の容量をもっている。

このポンプは中川からの排水のほか中川の流量が少ないときは、水の汚れがひどい折から江戸川のきれいな水を毎秒20トン逆に中川へ汲み上げる操作



をし、最近とくに深刻な社会問題となっている汚れきった都市河川の水質浄化をはかることができる。

江戸川は関宿水門を経て、利根川から引水しているが、さいわいに水質汚濁は他に比べそれほど進行していない。

#### 延々2500メートルにわたった位置決定の地質調査

三郷排水機場は、排水容量が毎秒200トンという大規模なポンプ施設が設置

してあり、台風や洪水などの非常事態でもつねに安全確実に運転させなければならぬ重要な任務がある。

また設置される場所が、毎年10センチ以上も地盤沈下のあるひどい地域であることや、この付近一帯が昔の中川の河直氾濫の跡で地質が場所によりいちじるしく変化している冲積平地であることから、ポンプ場の位置の決定、

対して安全であると同時に、地震時にも安定していてしかも経済的であることが要求される。

機場の位置は地質調査の結果から、最良の位置がえらばれたが支持層である洪積層が埋没段丘のためその深さが4~6メートルもはげしく変化しているため、くいの長さはそれぞれの支持層に合せて変化させたうえ、くい一本当たりの支持層が均等になるよう配慮した。

地震時の水平荷重に対しては、変位量が所定の範囲内に入るよう基礎ぐいで抵抗させるが、基礎面が軟弱であり

しかも上部の荷重が大きいため水平荷重も大きく、このためのくいの本数が多くなったが鉛直ぐいと水平ぐいとのバランスをとるようにも考えた。

#### 基礎ぐいの設計には閉塞効果を考えた方式を採用

基礎ぐいにどのようなくいを使用するかの決定に当っては、場所打ぐいや既製ぐいについてそれぞれ施工場所の

環境(騒音、振動による公害)を考慮した上で、施工性、経済性等総合的に比較検討した結果、もっとも有利な既製ぐいが採用されることになった。



既製ぐいの使用区分は、水平力が基礎に作用するものはすべて鋼管ぐいとし、くい長が14~21メートルと比較的短い鉛直荷重のみのくいにはP Cくいが使われた。

基礎ぐいの許容支持力の計算については、多くの静力学的公式が提案されているが、それぞれの公式による許容支持力にバラツキが多く、どの公式を採用するか迷ったとのことである。

三郷排水機場の基礎ぐいについてはマイヤーホフの公式を採用することになったが、設計支持力はくい径や支持層への根入深さ等により一概にはいえないが、過大な値を与えては施工時に支持力が不足して増ぐいや継ぐいなどの必要が生じる恐がある。

本機場の鋼管ぐいの設計に当ってはくいの支持力を確実に期待するため、くい先端の閉塞効果を考えた設計をおこなった。



もくいが配置できなくなったので、斜ぐいの採用や基礎面を深さ2.0メートルにわたって砂で置換して基礎地盤のK値(地盤反力係数)を改良した。

使用状況について述べると、前述のごとく機場付近の支持層の深さが複雑に変化しているため、各種基礎ぐいの長さを現地で確認するのに試験ぐい(600φ、700φ、914.4φ)は総数60本近くに

なり、これらの試験ぐいの製作や打ち込み結果にもとづく長い長の変更が多かったことや、くい先端部の加工のためくいの製作が面倒であったこと、また施工時はちょうど鋼材の需要が急騰していた時期であったこともかなり工期的に苦労は多かった。

しかし結果として鋼管ぐいの供給が現地の施工に合せてなんとか確保できたのは上出来であった。

打込試験や載荷試験による支持力など、いずれも設計支持力を満足させるものであった。

基礎ぐいは上部構造物により下表のように3種類のくい径と、9ミリ、12ミリの板厚に区分した。

使用場所	くい種	形 状 尺 法	本 数
機場本体	鋼管ぐい 直ぐい	914.4φ t=12 ℓ=15m	410本
	"	914.4φ t=12 ℓ=16m	16 "
	鋼管ぐい 斜ぐい	914.4φ t=12 ℓ=17m	205 "
調圧水槽	鋼管ぐい 直ぐい	700φ t=9 ℓ=18m	10 "
	"	700φ t=9 ℓ=19m	79 "
	"	700φ t=9 ℓ=20m	84 "
	"	700φ t=9 ℓ=21m	10 "
	"	700φ t=9 ℓ=22m	8 "
	"	700φ t=9 ℓ=19m	63 "
スクリーン部	"	700φ t=9-12 ℓ=16m	12 "
	"	700φ t=9-12 ℓ=20m	12 "
	"	700φ t=9-12 ℓ=19m	30 "
	"	600φ t=9-12 ℓ=17m	60 "
擁壁部	"	600φ t=9-12 ℓ=21m	30 "

## 急務となった騒音・振動対策

钢管ぐいの採用は荷重の作用状態と経済性から決まったが、施工性のメリットについては、施工性が良いので短期間に施工できたこと、他の鋼矢板の打込とも併行作業が容易で施工機械が効率的であること、くい長の変化に比較的すみやかに対応できたこと、さらに地下水の影響をうけなかったこと、等々…である。

くいの配列上から斜めぐいを使用したが、容易に施工できた。また確実にくいの打込による支持層の確認や載荷試験による支持力の確認が容易であった。

しかし、反面において大型施工機械による騒音・振動などの公害問題を引きおこした。

計画当初はくいの施工場所から100メートルほど離れていることや、地表より10メートルも深い所での作業のため、付近民家に及ぼす影響が少ないと判断して钢管ぐいなどの既成ぐいを採用したのであるが、実際の施工に当っては、早朝、深夜、休日などの作業時間の制約が生じたことは別にしても、付近の住民から振動に関して若干苦情

が出た。

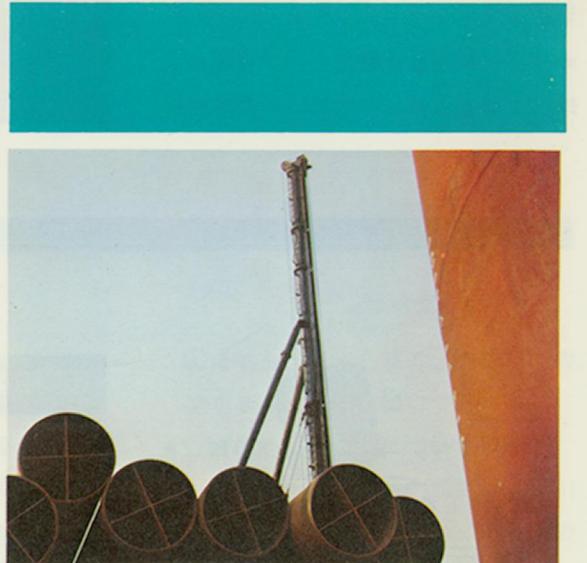
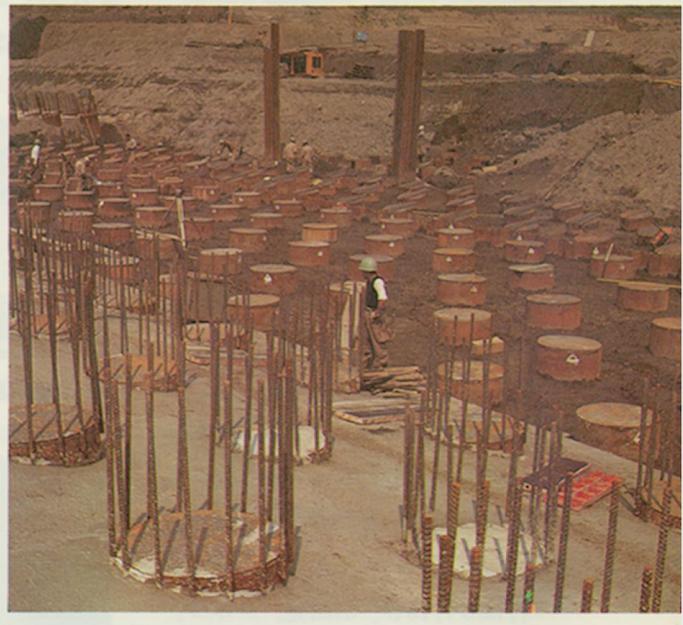
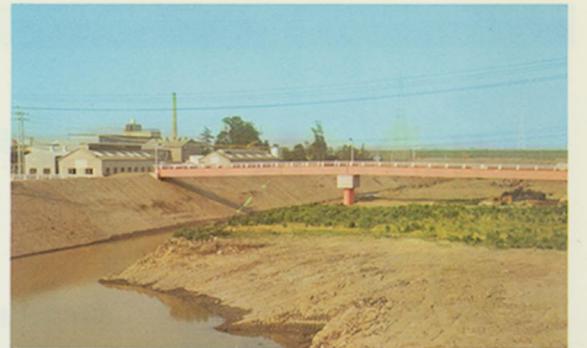
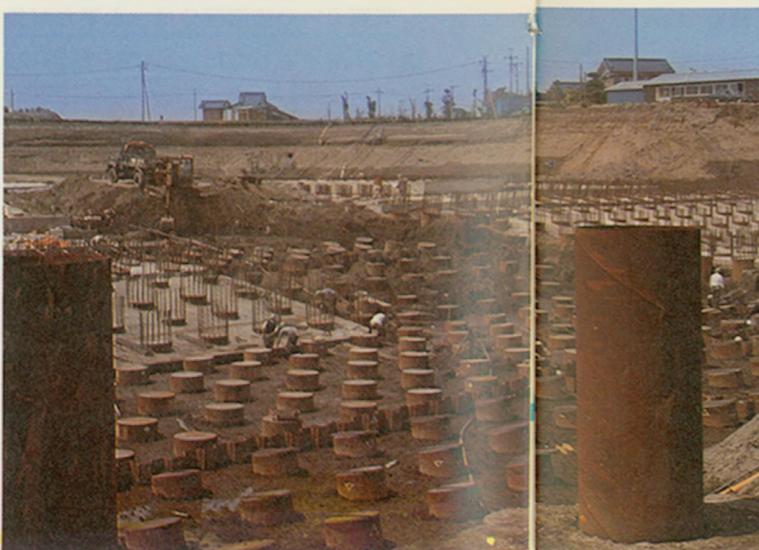
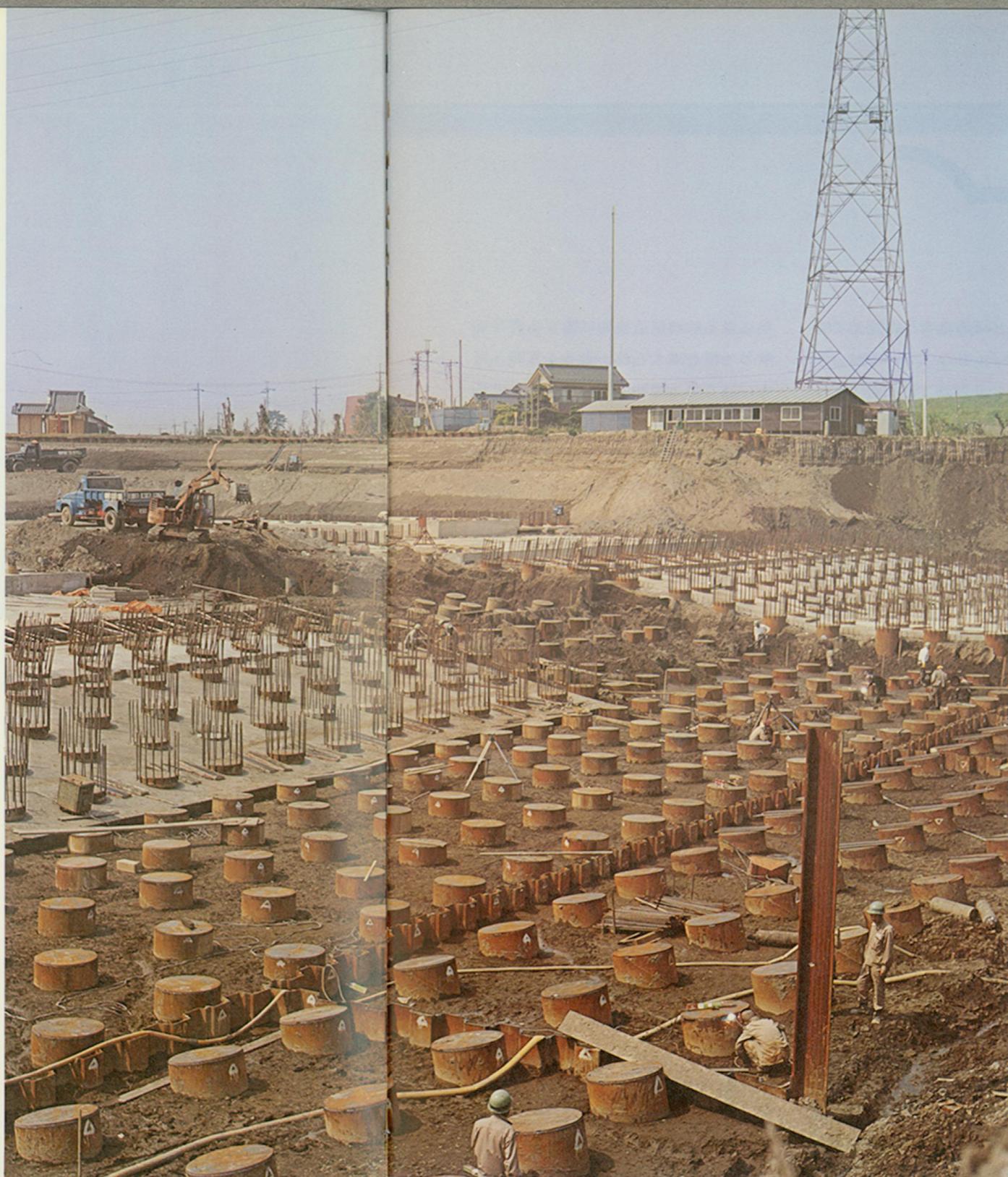
今後に残された問題としては、钢管ぐいの施工について支持力を損わない無振動、無騒音の施工法の開発や、継手溶接、打込貫入量などの施工管理の面における自動化（省力化も含めて、正確な記録が立合わなくとも得られれば最もよい）が急務である。

すぐれた可能性を秘めた钢管ぐいであるだけに、今後ますます表面化するであろう公害問題に対して適切な方法で当る必要がある。

三郷排水機場の現場取材を終えて、我々取材班は深い安堵をおぼえた。

あたりまえのことであるかも知れないが、国によってこれら治水事業が起されることは大変意義のあることである。それは自然と人間の共存を可能ならしめることであり、本当の意味での環境整備であるからだ。

仮に10年後に機場の建物全体が、すっぽりとみどりにおおわれ、壁にツタなどがからんでいたとしたら、この施設にとってこれ以上ふさわしい光景はないのではないか。——これこそ将来における自然と人間との関係を示すひとつの図式である。



# 北から 南から

## ■ヨーロッパに於ける構築工学

### 調査等のため海外出張

ヨーロッパ各地の主要な構築工学を視察調査し、併せて世界地震工学会議へ出席する目的をもって、協会から田中専務理事をはじめ会員会社技術委員の次の五氏が同道出張することと決定した。

川崎製鉄 加藤親男氏

久保田鉄工 錦勝郎氏

新日本製鉄 長谷川幸也氏

住友金属工業 井出隆也氏

日本钢管 吾妻茂男氏

一行は6月18日、羽田発。トルコ、アテネ、イタリー、イス、フランス、オランダ、西独を歴訪し、7月8日、帰京するまでローマに於ける会議期間

5日間を除くと移動見学を繰返す繁忙なスケジュールとなっているが、各人の収穫は少なからぬことと期待される。



### ■会長 島村哲夫氏叙述の巣に浴さる

钢管杭協会会长・島村哲夫氏は、多



年に亘る鉄鋼製造技術に関する寄与貢献の功績を讃えられ、去る4月29日宮中に於て勲二等瑞宝章の授与を受けられた。まことにご同慶の至りであり、会員一同心からお祝い申し上げる次第である。

### ■技術サービス分科会（需要開拓部会に所属）を新設

钢管ぐいについて設計、施工を行なっているユーザー各層から参考文献・技術データなどを要望されることが多い。そのような実際面からの要請に応える有益な技術資料が不足している現状は否むことができない。需要開拓部会としては特別技術委員会の活動状況と密接に連絡を保ちつつ、ユーザーより要求される各種の調査主題のうち適当と判断する案件について機動的に実

験・調査・資料作成などを推進する。これにより技術サービスの徹底をはかり、需要量の増加に寄与することを企図して「技術サービス分科会」を新設することとした。(5月7日) なお委員長としては加藤親男氏(川鉄)を頼わせることと決定した。

会員会社各位のご理解とご協力をお願い致したい。

### ■くい打ち機（ディーゼル、ハンマー）の騒音に関する調査

施工分科会に所属する防音カバー開発小委員会は、ディーゼル・バイル・ハンマーの防音方法の開発を目指して研究を続けてきた。その第一着手として、くい打ちに際し問題となる騒音は爆発、打撃、排気などそれの場合にどの程度の音響を発生しているのか、

その音源はどこにあるかという基本的調査を実地測定によって行なった。

2月21日(木) 川越市近在の株式会社の大林組の機械工場に於て委員等27氏立会のもとに慎重な計画に基づき実施し、各種の記録を採取することができた。

尚、当日はディーゼル・ハンマーに実用される防音装置二種類の性能調査も併せて実施することができた。この日の実地測定によって得られた各種のデーターは逐時解析され、近い中に調査結果がまとめられ、将来に亘っての基礎資料となるものと期待される。



### ■「钢管ぐい」オースライド完成

関東地盤・企画・監修、関東建設弘済会・制作、鋼材クラブ、当協会協力で製作中であった第1編「钢管ぐい」(概論、設計)のオースライドが4/Eにようやく完成した。

たまたま第5回運営委員会兼理事会が5月8日に開催されたので、制作したオースライド・プロダクションにお願いし、会議終了後映写してもらつた。

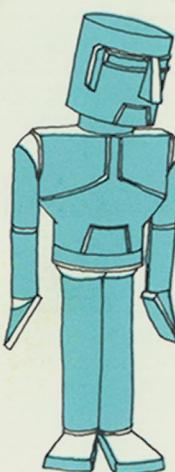
スライドとは思われない迫力があるとの感想も聞かれ好評であった。又、若年技術者向に好適の教材になると思われる。

スライド、テープ込みで30,000~35,000円程度で販売される予定なのでご希望の方は協会にご一報願いたい。

④見学会、展示会等で、各種刊行物記念品を頒布し広報につとめる

### 4. 技術的調査研究について

分科会更に小委員会の設置により引続いて活発な行動を進める。即ち諸般の資料を収集し、当面する具体的テーマにつき調査実験をおこない解明を図る。関係学会、協会と協調しつつ、钢管ぐいに関連する研究を推進する。



## 昭和47年度 事業報告

定期総会で決定した事業計画にもとづき次のように実施した。

### 1. 運営について

- ①関係各団体と連絡を保つ
- ②事業計画の運営
- ③予算を把握

### 2. 需要開拓について

- ①主要ユーザーを対象に懇談会を開催
- ②需要の伸びを阻害する問題の検討
- ③各ユーザー間の設計施工基準の差

### 異の資料作成

- ④本四公団より橋脚基礎の調査受託

### 3. 広報について

- ①機関誌「明日を築く」の創刊
- ②「钢管ぐいカタログ」「協会パンフレット」を作成講習会等に活用
- ③「最近のくい基礎工法」を刊行
- ④定期刊行物、専門誌等に記事掲載

### 4. 技術的調査研究について

年間を通じて各分科会ごとに活発な活動を行ない着実に調査研究の進歩を見た。

## 昭和48年度 事業計画

今年度委員会において次の事業を実施する。

### 1. 運営について

- ①関係学会各団体等と連絡を保持
- ②事業計画の円滑な運営を図る
- ③予算の消化状況の把握と事業活動の調整推進を行う。

### 2. 需要開拓について

- ①主要ユーザーとの懇談会
- ②需要動向の調査資料の収集・統計

### の作成を能率化する

- ③钢管ぐい使用便覧を編集、刊行
- ④説明会、見学会を開催、使用技術の普及を促進

- ⑤海洋基礎に関する新用途の開発
- ⑥適当な対象をあげ、官公外部団体との共同あるいは受託調査等を行う

### 3. 広報について

- ①機関誌の充実を図りPR媒体とする
- ②钢管ぐいに関する視覚広告を行う
- ③抜き刷りによる資料作成

# 鋼管杭 Q&A

**Q**

最近、大径鋼管ぐいが盛んに使用されていますが、大型鋼管ぐいの使用には一般的にいってどんな利点があるのか、また問題点があるとすればどんなことか、お答え下さい。

**A1**

大型鋼管ぐいの利点について

最近大径鋼管ぐいがよく使用されるのは、次のような利点があるからです。

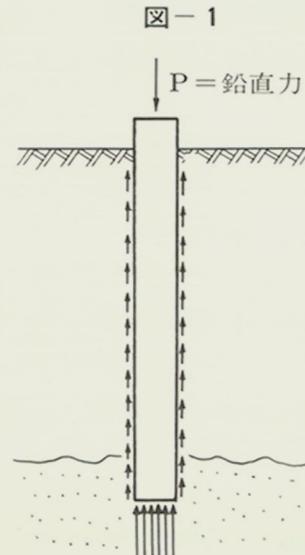
すなわち、構造物に作用する地震力などを安全に処理するためには、小口径の鋼管ぐいを多数使用するよりは、大口径の鋼管ぐいを数少なく使用する方が、経済的にも工期的にもきわめて有利であるからです。しかし、大口径鋼管ぐいの使用にあたって問題点が、ないわけではなく、そのうち一番大きな問題が鉛直方向の支持力をどう評価するかということです。

**A2**

大径鋼管ぐいの鉛直支持力のメカニズムについて

まず鉛直支持力がどのように発揮されるかを考えてみると、図-1に示すように、鋼管ぐいが上から鉛直力を受け沈下しようとすれば、钢管外側表面と土との間の摩擦抵抗力が発揮されていくの沈下を防止しようとします。またくいの一一番先端でも、くいの沈下を止めようとする反力が生じます。

そして、次第に作用する鉛直力が、増加すれば、くい先端付近の地盤が、こわれたり、钢管ぐいそれ自身が、座屈したりし



今号から鋼管ぐいについて、さまざまな観点からのQ&A（質問とその回答）を連載することにいたしました。需要者や施工者各位が日常に遭遇する疑問点を中心にお答えしてまいりたいと思います。本誌編集部にどしどし質問をお寄せ下さい。

て、くい頭部は急沈下を生ずることになります。これがくいの一般的な支持力機構であり破壊です。

ところが、鋼管ぐいの場合には、一般に先端部は開放であり、特殊な底板などは取り付けてないので、くいの一番先端部での反力（先端支持力）が、どの程度期待できるかということが、問題となってきます。この開放鋼管ぐいは、管の内部につまつた土砂が、一般のくいにおける先端の沓とか底板などと同じような働きをしますので、管内につまつた土砂はある程度しっかりとしつけられたものが望ましいことになります。そしてこの管内土の底板的な強さは、钢管径には反比例的であり、管内土の高さには比例的であり、粘性土より、砂質土の方が、より効果的であるというような関係をもっております。この管内土が發揮する強さの効果を閉塞効果と呼び、くい先端に底板のある場合の先端支持力を100%として、その比率で示します。

この現象をもう少しづかしく見てみると、図-2、に示すように鋼管ぐいが沈下しようとすると、管内土は、これを防止しようとし、まず図の中のA土層に管内周摩擦力に相当する荷重が、钢管より管内土に伝えられます（①）。するとB土層の上部には、A土層の土重とA土層で伝えられた力が、荷重とし作用することになり（②）、B土層の側圧③は、自重だけを考えた場合の側圧に比し、いちじるしく大きくなり、結果としてB土層への钢管よりの伝達荷重はA土層に比し相当大きくなります。さらにC層、D層、……と考えてゆくと钢管より管内土層に伝え得る荷重は級数的に増大してゆきます。

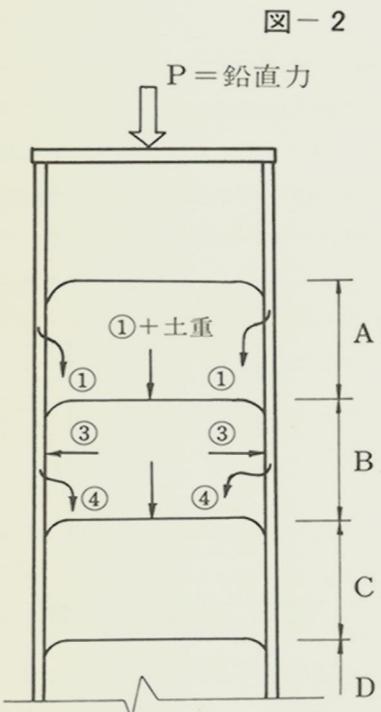
ですから適切な深さの管内土があれば、所定の先端支持力に相当する荷重は、十分钢管内壁より管内土に伝え得ることになります。

## 〈大径鋼管ぐいの鉛直載荷試験の一例〉

大径鋼管ぐいは長尺ぐいの場合は別として、30m程度までの、くい長の場合にはある程度良質土層に打ち込まないと、所定の鉛直支持力を得られない場合があります。

表-1に大径鋼管ぐいの鉛直載荷試験の一例を示します。

なお表中にも見られますように、大径鋼管ぐいの場合に



は、先端部に、十字リブ等を取り付け、管内土が十分に支持力を發揮するように工夫したものもあります。

表-1 大径鋼管ぐい鉛直載荷試験結果一覧表

件名	こう径(mm)	打込長(M)	支持地盤	降伏荷重(t)	極限荷重(t)	最大載荷重(t)	先端形状
多摩川橋梁	φ 1500	36.0	硬質シルト			700	開放
松田大橋	φ 1200	42.6	砂レキ	350~400		550 (600)	先端十字リブ $\ell=1.0m$
"	φ 1500	37.94	風化岩	500~550		850	十字リブ $\ell=1.0m$
"	φ 812.8	37.5	"	350~400		550	十字リブ $\ell=1.0m$
水島冷延工場	φ 1016	19.8 (1.8)	砂レキ	135		260	開放
"	"	27.8 (9.8)	"	360		700	"
"	"	21.2 (3.2)	"	400		750	リバー・アーチ沓 $\ell=1.0m$
石狩河口橋	φ 1219.2	約46.0	砂質シルト	7800		800	開放
新石狩大橋	φ 812.8	36.3	粗砂			550	"
大分シーバース	φ 1500	約50 (10.0)	砂レキ	>1200		1200	"
第二内海橋	φ 1500	50.5	土丹	約650	>980	980	"
飯野川可動堰	φ 800	32.0 29.9	崖錐	>500 >500		500 500	

( ) 数字は支持層への根入長

**A3**

まとめ

# くい基礎を有する構造物の地震応答について

杉村義広

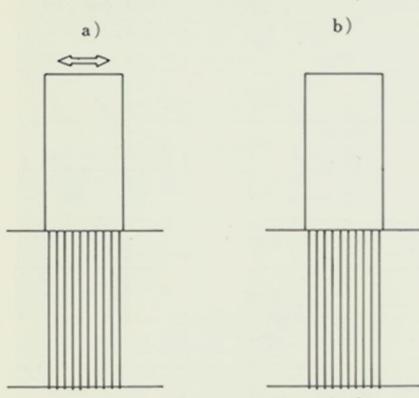
建設省建築研究所研究員 工学博士

## 1. まえがき

軟弱地盤における長尺くいは長期的な鉛直支持力などの他に、地震時における挙動も大きな問題の一つとして注目されているが、これを扱う適切な方法は未だ確立されていない現状である。この理由は地中部分の地盤とくいとの相互のやりとり（これを地盤とくいの相互作用と呼ぶことにする）がよく解っていないためで、かなり複雑な機構になっているのではないかと予想できる。一方動的解析などを行う場合にはある程度の単純化が必要とされる。ここでは、これらの問題をかかえながら、思い切り単純化した簡単なモデルを想定し、くい基礎の地震応答に関する一つの基本的な考え方を示してみたい。

## 2. 地盤とくいの相互作用

地中部分の地盤とくいの相互作用を理解するために図1(a)(b)に示すような上部建物を起震する場合（通常の振動実験）と地震の場合とを比較して考えてみよう。この両者の特徴的な差違は、地盤そのものは静止した状態にあるか、そうでないかという点に見い出

図1 a) 振動実験の場合  
b) 地震時の場合

を示すパラメータで、相互作用 ( $X$ ,  $\dot{X}$ ) に対して生じるものである。今、これらを有効質量、相互減衰係数、相互バネ係数と呼ぶことにする。 $M^S$  はしばしば付加質量と呼ばれることもあるが、その求め方が単に一次周期に合わせるために便法的に行われることが多く、ここではくいの作用を受けて周辺地盤に生じる量というニュアンスを残しておいたために呼び方を区別している。また、 $K^S$  は地盤の反力を表わす係数で単位面積当たりに直されたとき地盤係数と呼ばれているものに対応する。

次に、地震時の場合のある時刻にお

すことができる。例えば、振動実験の場合の地中部分についての振動モードは図2に示すようなものとなる。これは静止している地盤に、振動荷重を受けたくいが作用を及ぼし、地盤の抵抗力などを受けてある変位  $X$  で動的な釣りあい状態を保っているということである。くい頭部に静的水平力を与える実験なども動的と静的の違いがあるだけで原理的には同じである。すなわち、静的な場合には、変位  $X$  で釣りあうのは、くいの復元力と地盤の反力が作用しているからであり、動的現象

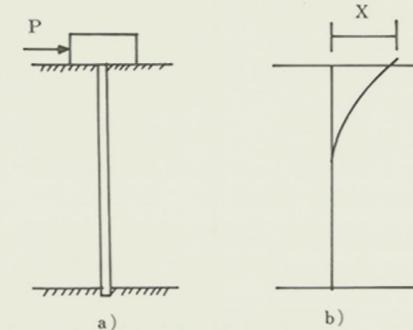


図2 振動実験の場合

ではさらに減衰性や有効質量の効果が生じているということである。今、簡単のためにこれが1質点系に置けるとすれば、運動方程式は次式のようなものとなる。

$$(M^P + M^S)\ddot{X} + (C^P + C^S)\dot{X} + (K^P + K^S)X = F \omega^2 e^{i\omega t} \quad (1)$$

ここで、 $F$  は起震機の偏心モーメント、 $M^P, C^P, K^P$  は各々くいの質量、減衰係数、バネを表し、 $M^S, C^S, K^S$  はくいからの作用を受けて周辺地盤内に生じる諸量

図3 地震時の場合

である。さて、もしくいの変位  $X$  が地盤の変位  $x$  と一致していれば、両者は同一の動きをなしているので相互作用は生じないだろう。これは図2における初期の静止状態にあたかも対応している。両者の変位が異ったとき初めて相互作用が生じることになり、 $X - x$  が相互作用変位を示すわけである。それ故、相互作用の様相は図4 a) b) c) のうちいずれかになる。

速度や加速度についても同様のこと

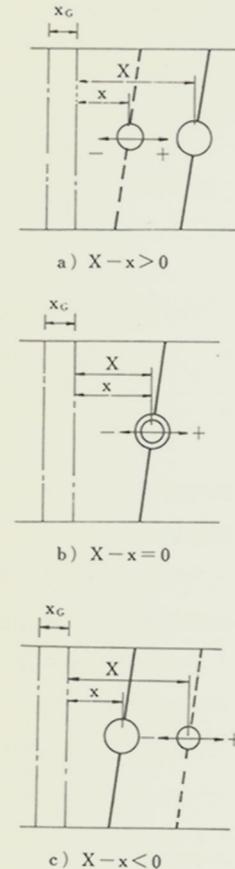


図4 相互作用の諸様相

が言え、 $\dot{X} - \dot{x}$  や  $\ddot{X} - \ddot{x}$  が相互作用の生じる領域として表わされる。したがって地震時の場合は、相互作用に対しての基準軸は地盤の応答値であり、振動実験の場合の静止軸に対して運動している軸がこれにあたる。このように考えれば、実際のくいの応答値は地盤の応答値と相互作用による応答値の代数和で表わされることになり、地盤とくいと相互作用に関する諸係数を各々分離して評価することが可能になるわけである。

以上では簡単に一質点系を想定した場合と考えていたが、深さ方向に対しても各々対応する深さ位置で相互作用を考えてやればよい。

## 3. 地盤—くい—建物系の簡単なモデルと基本運動方程式

上部構造物が連結された場合のモ

ルを図5(a)(b)に示す。ここではくい頭部での回転はないものと簡単化している。また、くいの両端は固定とした場合を考えておく。同図a) b) は全く同じものを示しているが、地盤の各層で応答値が得られていればb) の各層固定端に一種の入力として用いればよく、応答値がない場合にはa) のように地盤

次式となる。

$$[m_i]\{\ddot{x}_i + \ddot{x}_G\} + [c_{ij}]\{\dot{x}_i\} + [k_{ii}]\{x_i\} = \{0\} \quad (i=1, n) \quad (2)$$

ここで  $[m_i], [c_{ij}], [k_{ii}]$  は地盤の質量、減衰係数、剛性の各マトリクスである。

## 2) くい—建物系の振動方程式

図5 a) b) を参照してまず地中部分と地上部分を分離して考え、それを合成してみよう。地中部分の振動方程式は前節で述べたことから次のようになる。

$$[M_i^P]\{\ddot{X}_i + \ddot{x}_G\} + [C_{ij}^P]\{\dot{X}_i\} + [K_{ii}^P]\{X_i\} + [M^S]\{\ddot{X}_i - \ddot{x}\} + [C^S]\{\dot{X}_i - \dot{x}\} + [K^S]\{X_i - x_i\} = \{0\} \quad (i=1, n) \quad (3)$$

ここで  $[M_i^P], [C_{ij}^P], [K_{ii}^P]$  はくいの質量、減衰係数、剛性の各マトリクスで、 $[M^S], [C^S], [K^S]$  は相互作用による有効質量、減衰係数、バネの各マトリクスである。

地上部分の振動方程式は通常の手法にならって建物底部を固定とし、その位置に入力  $\ddot{x}_G$  が加わる場合をまず考えると振動方程式は、

$$[M_i^P]\{\ddot{x}_i + \ddot{x}_G\} + [C_{ij}^P]\{\dot{x}_i\} + [K_{ii}^P]\{x_i\} = \{0\} \quad (i=1, m) \quad (4)$$

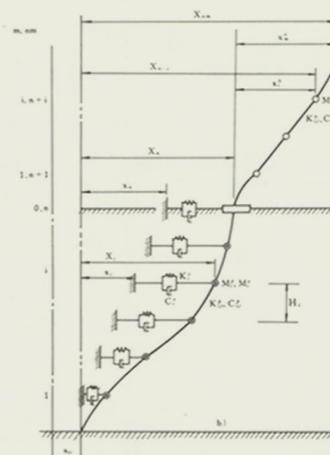


図5 地盤—くい—建物系のモデル

部分もモデル化して応答計算をする必要があることを示している。この場合には地盤の応答と相互作用を考慮したくい—建物系の応答と二段階に分けて計算すると便利である。

## 1) 地盤の振動方程式

地盤の応答を求めるには図5 a) の地盤応答部分のみに注目して、方程式は

ここで  $[M_i^P], [C_{ij}^P], [K_{ii}^P]$  は底部を固定した場合の質量、減衰係数、剛性の各マトリクスで  $\ddot{x}_i^*, \dot{x}_i^*, \ddot{x}_i^*$  は底部を基準とした建物の応答変位、速度、加速度である。

次に建物底部の固定を解除した場合を考えれば、方程式は次のように書き変えられる。

$$[M_i^P]\{\ddot{x}_i^* + \ddot{x}_n + \ddot{x}_G\} + [C_{ij}^P]\{\dot{x}_i^*\} + [K_{ii}^P]\{x_i^*\} + [M^S]\{x_i^* + X_n\} = \{0\} \quad (i=0, m) \quad (5)$$

ここで、 $[M_i^P], [C_{ij}^P], [K_{ii}^P]$  は底部固定

を解除した場合の質量、減衰係数、剛性の各マトリクスを示す。今、 $X_i = x_i^s + X_n$  ( $j = o, m; i = n, nm$ ) とおいて(5)式を書き直せば

$$\begin{aligned} & [M_i^p] \{ \ddot{x}_i \} + [C_i^p] \{ \dot{x}_i \} \\ & + [K_i^p] \{ X_i \} = \{ 0 \} \quad (6) \\ & \quad (i = n, nm) \end{aligned}$$

(6)式と(3)式を合成すればくい一建物系の振動方程式が得られ次式のようになる。

$$\begin{aligned} & \left[ \begin{matrix} [M_i^p] & [M_i^s] \\ [M_i^s] & [M_i^p] \end{matrix} \right] \{ \ddot{x}_i + \dot{x}_o \} + \left[ \begin{matrix} [C_i^p] & [C_i^s] \\ [C_i^s] & [C_i^p] \end{matrix} \right] \\ & \{ \dot{x}_i \} + \left[ \begin{matrix} [K_i^p] & [K_i^s] \\ [K_i^s] & [K_i^p] \end{matrix} \right] \{ X_i \} \\ & + \left[ \begin{matrix} [M_o^s] & [0] \\ [0] & [0] \end{matrix} \right] \{ \ddot{x}_i - \dot{x}_i \} + \left[ \begin{matrix} [C_o^s] & [0] \\ [0] & [0] \end{matrix} \right] \\ & \{ \dot{x}_i - \dot{x}_i \} + \left[ \begin{matrix} [K_o^s] & [0] \\ [0] & [0] \end{matrix} \right] \{ X_i - x_i \} = \{ 0 \} \quad (7) \\ & \quad (i = 1, nm) \end{aligned}$$

したがって(7)式に(2)式の計算結果あるいは観測値の  $x_i, \dot{x}_i, \ddot{x}_i$  を代入すれば  $X_i, \dot{X}_i, \ddot{X}_i$  について解ける。ここでは簡単なモデルを扱っているが、例えば地盤のバネ  $k_{ij}$  や相互バネ  $K_{ij}^s$  などの非線形性を考えるとか、くい頭の回転を考えるとか、くい両端の支持条件や軸力の影響などは現象に応じて必要なものを追加することが望ましい。この種のモデルを最初に扱ったのは恐らく J. Penzien 他で、そこでは詳細な扱いがみられるので参照されたい。<sup>文1)</sup>

#### 4. 固有値解析

直接的な時間領域での応答解析と並んで地盤やくい一建物系の固有値を知っておくことは重要である。通常は非減衰の場合を考えれば十分であるので、ここでは両者の非減衰固有値の求め方を検討しよう。

##### 1) 地盤の固有値

(2)式で入力  $\ddot{x}_o$  と減衰の項を 0 とし、

$$\begin{aligned} & \{ x_i \} = \{ \varphi_i \} e^{i\omega_0 t} \text{ として書き直せば} \\ & [k_{ii}] \{ \varphi_i \} = \omega_0^2 [m_i] \{ \varphi_i \} \quad (8) \end{aligned}$$

となり適当な固有値解析法を用いて解けば固有値  $\omega_0$  と固有ベクトル  $\{ \varphi_i \}$  が求められる。

##### 2) くい一建物系の相互作用固有値

この場合も(7)式で入力  $\ddot{x}_o$  と減衰の項を 0 とする。さらに、地中部分の地盤の応答値  $(x, \dot{x}, \ddot{x})$  は相互作用系に対しても一種の入力として考えられるので、これらも 0 とする。すなわち、2 節で述べた静止した地盤上の建物を起震する振動実験に対応するような固有値を考えてみるわけである。(7)式を整理し直すと次のようになる。

$$[\bar{M}] \{ \ddot{X}_i \} + [\bar{K}] \{ X_i \} = \{ 0 \} \quad (9)$$

ここで

$$[\bar{M}] = \frac{1}{(n+m)} \begin{bmatrix} M_1^p + M_1^s & & & & & & \\ & M_2^p + M_2^s & & & & & \\ & & \ddots & & & & \\ & & & M_n^p + M_n^s + M_o^s & & & \\ & & & & M_1^s & & \\ & & & & & M_2^s & \\ & & & & & & \ddots & M_m^s \\ & & & & & & & M_m^s \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} & \text{地盤の場合と同様に } \{ X_i \} = \{ \Phi_i \} \\ & e^{i\omega_0 t} \text{ として (9) 式を書き直せば} \end{aligned}$$

$$[\bar{K}] \{ \Phi_i \} = \omega_0^2 [\bar{M}] \{ \Phi_i \} \quad (10)$$

が得られ、同様の方法で固有値  $\omega_0$  と固有ベクトル  $\{ \Phi_i \}$  が求められる。(8)式や(10)式で最大あるいは最小の固有値ばかりでなく他のものも欲しい場合は  $\omega^2$  についての連立一次方程式を解く問題に帰着される。

#### 5. 諸係数の評価

##### 1) 地盤の係数

地盤は無限の拡りを持つ水平層から成っていると考えるから、単位断面積の土柱を取り出し、これが単純せん断変形するものと考えて各係数を評価する。各質点の質量  $m_i$  は上部構造物の質量の取り方と同様に次式を用いる。

$$m_i = \frac{\gamma^s H_i + \gamma_{i+1}^s H_{i+1}}{2g} \quad (11)$$

ここで、 $\gamma^s$  は単位体積重量、 $H_i$  は層厚、 $g$  は重力加速度である。また、各質点のせん断バネと減衰係数は、モデル化した質点の力の変化を(12)式、実際の地盤内の応力変化(13)式に等しいと置くことから決められる。すなわち、

$$\Delta p_i = k_i \Delta u_i + c_i \Delta \dot{u}_i \quad (12)$$

$$\Delta \tau_i = G_i \Delta \gamma_i + \eta_i \Delta \dot{\gamma}_i \quad (13)$$

ここで、 $k_i$ 、 $c_i$  はモデル化した各層のせん断バネと減衰係数、 $\Delta u_i$ 、 $\Delta \dot{u}_i$  は応答相対変位と速度の変化、 $G_i$ 、 $\eta_i$  は実際の地盤のせん断剛性と粘性係数、 $\Delta \gamma_i$ 、 $\Delta \dot{\gamma}_i$  はせん断歪と歪速度である。

したがって(12)、(13)式を等式化すれば  $k_i$ 、 $c_i$  が求められるが各々分離して示せば次式のようになる。

$$k_i = G_i / H_i \quad (14)$$

$$c_i = \eta_i / H_i \quad (15)$$

(14)、(15)式の  $G_i$  や  $\eta_i$  は主として室内試

験で求められるものを用いる。また  $G_i$ 、 $\eta_i$  などは現地において弾性波試験からも求められる。一般に室内試験の結果から  $G_i$  は歪振巾が大きくなると著しく減少すること、また間げき比や平均主応力、波のくり返し回数などの関数になることを知られている。したがって考えるべき条件によって  $G_i$  を変化させるか非線型性を考慮することが望ましい。減衰性についても同様に上記の各パラメータによって変化することが知られる。さらに(15)式によって求められる減衰係数は、小さな土の試料による結果を実際の地層に応用する所に多少の問題があることから、地盤全体として何パーセントの減衰があるとして次の Caughey 級数式を用いる方法も考えられる。<sup>文3)</sup>

$$[c] = [m] \sum_{b=0}^{n-1} a_b ([m]^{-1} [k])^b \quad (16)$$

ここで未定係数  $a_b$  は次式を連立方程式として解くことによって求められる。

$$h_j^s = \frac{1}{2} \left[ \frac{a_0}{\omega_j} + a_1 \omega_j + a_2 \omega_j^2 + \dots + a_{n-1} \omega_j^{n-2} \right] \quad (17)$$

ここで  $h_j^s$ 、 $\omega_j$  は各々地盤の  $j$  次振動モードを示すときの減衰定数と固有振動数である。結局、地盤の考えている次数まで  $h_j^s$  を適切に推定し(17)式より  $a_b$  について解き(16)式に代入すれば減衰マトリクスが得られるわけである。

(15)式と(16)式とのどちらのタイプが実際の地盤の現象を説明しやすいかは今の所解らず、設計者の考え方による所が大きい。

##### 2) 上部構造物とくいの係数

質量の取り方は(11)式と同型の扱いでよい。ただし、くい部分については、くい間に存在する土は反力として作用するよりはくいと一体となって挙動するという性質があることから、くい質量に含めて考える場合もある。これは

一種の付加質量とも考えられるが相互作用係数としての有効質量とは性質をやや異にしているので区別して考えておく。

剛性マトリクスについては、理想的には上下一体として構造解析するのが望ましい。この場合、2 節に述べた理由から相互作用バネは分離して考えられるので地中部分は地盤を除去したものとしてよい。しかし通常は、上部構造については底面を固定などとして、くいは両端での境界条件を考えた棒材として別々に解析されることが多い。ここでは主としてこれらの連結法をみることにする。図 6 には模式的な説明図を示したが、まずくい頭で切断し上部構造の底面とくい頭で固定とした場合を考え、各々の剛性マトリクスを求める(b,d)。

次にくい頭と建物底面の固定を各々解除する(c,e)。マトリクス上では一行一列を増加させることに対応し、 $K_{nn}^p$ 、 $K_{oo}^p$  は各々のマトリクスの列要素の和に(-1)を掛けたもので表わされる。同様に  $K_{in}^p$ 、 $K_{on}^p$  は行要素の和の付号を変えたものである。さらに  $K_{nm}^p$ 、 $K_{om}^p$  は  $K_{im}^p$ 、 $K_{io}^p$  などの和を取り(-1)を掛けたもの

で表わされる。したがって原マトリクスが対称であれば新しいマトリクスも対称となる。図 6 の(d,e)を合成したものを(5)式では  $[K_{ff}^p]$  で表わした。新しく出来る一行あるいは一列の物理的な意味は固定端を解除し単位変位を与えた場合の各位置での力と考えればよい。結局、くい一建物系の連結した剛性マトリクスはこれらすべてを合成すればよく(f)のような形で表わされる。

減衰係数マトリクスについても剛性マトリクスと同様の扱いが可能である。個々の減衰係数マトリクスは(16)式の Caughey 級数式を用いて求めるのが一般的で係数だけ対応するものに入れ換えるべき。

#### 3) 相互作用係数

##### a) 相互作用バネ

2 節に述べたようにこの係数は一般に地盤係数と呼ばれているものを求めることに帰着される。くいの場合、この係数は水平方向のものとなるが現在の所次にあげる各方法から求められている。

I) くいの水平載荷試験から求める方法

II) 弹性理論を用いて求める方法

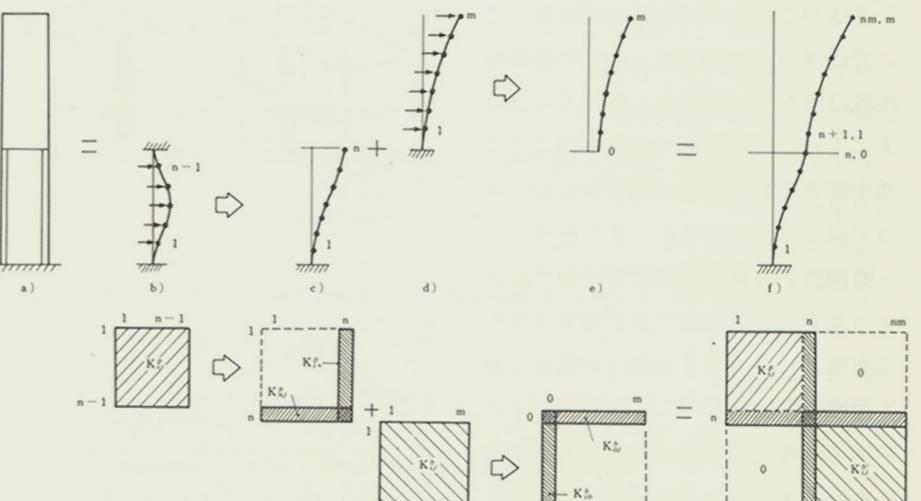


図 6 くい一建物系の剛性マトリクスの合成

### III) ポーリング孔探査から求める方法

### IV) 平板載荷試験から求める方法

### V) 建物振動実験から求める方法

このうちIII) 以下の方法はくいに対する相互作用バネとしては参考的な意味で使用されることが多いので、ここでは主としてI)II)について概要をみることにしたい。くいの水平載荷試験はかなり古くから数多くなされているが、水平地盤係数について問題とされている点をまとめると次のようなものがある。

#### I) 水平地盤係数の深さ方向の変化

#### II) 水平地盤係数の変位に対する変化

#### III) 水平地盤係数とくい巾の関係

#### IV) 水平地盤係数とくい数の関係

相互作用バネを評価する場合、以上の問題点を可能な限りカバーするものでなければならない。基本的な姿勢としては考えている建物敷地で試験くいに対する実験を行ってこの係数を求めるべきであるが、それがなかなか実現できないこと、単に1本の試験ぐいではすべての問題点をカバー出来ないことなどの理由により、何か理論的に扱う方法がないかということになる。ここではその一つの方法として半無限弾性理論解を用いる場合を示してみたい。まずI)とII)の問題点は図5のように地中部分を適当に層分割することによって深さ方向の変化を、また各層のせん断剛性の非線形性を考慮することによって変位との関係をある程度カバーできる。くい巾とくい数への関係はある意味で等価となる。すなわち群ぐいに挟まれる土は、いくつかの実験結果によると反力として作用するよりもくいと共に挙動する傾向が強く、したがって群ぐいを包絡する面に地盤反力が

作用すると考えられるからである。このように考えればくい数と巾の影響を同時に考慮した地盤係数を評価することが可能となる。群ぐいによる低減効果を考慮した地盤係数の理論的評価法はJ. Penzien他の研究などの例がある

<sup>文1)</sup> Mindlinの第2解を拡張したもの

が、前述の群ぐいを包絡して考える方法がこれとよく対応することが認められた。この方法の概略は次のようなものである。通常のくい配置は、その包絡面が長方形となることが多いので、図7に示すような直方体を想定する。

このときb)c)d)のような3つの外力パターンを考えとき、任意位置の変位解を求めておく。今、地盤反力の生じる面として面ABCDを考えれば次の手順で地盤係数が求められる。

1. 同図b)とc)による面ABCDの中

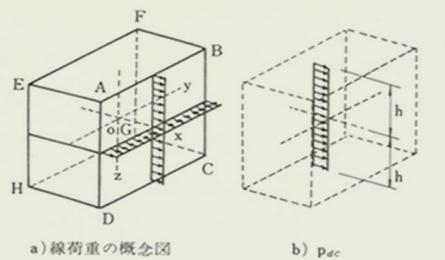
心における変位 $u_c$ 、 $u_B$ を求め、その和 $u_t$ を求める。

2. 作用させた荷重の総和

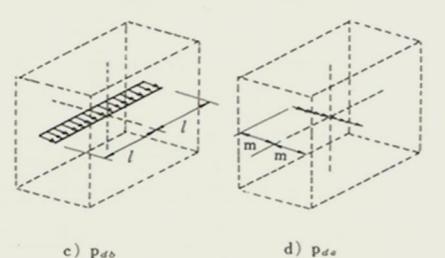
$P_t = 2(h+l)p$ を求める。

3.  $K = P_t/u_t$  によってその面に働くバネを計算する。

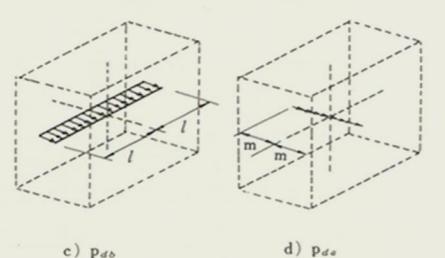
4.  $K$ を面ABCDの面積で割れば地盤係数が求められる。



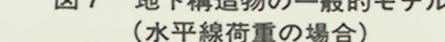
a) 線荷重の概念図



b)  $p_{dc}$



c)  $p_{db}$



d)  $p_{ds}$

図7 地下構造物の一般的モデル  
(水平線荷重の場合)

以上のうち相互作用バネとしては手順3で求められたものを用いればよい。ところで手順1の変位を求める解として何を用いるかが問題であるが、これに半無限弾性体理論のうちR.D.

<sup>文2)</sup> Mindlinの第2解を拡張したもの

が、前述の群ぐいを包絡して考える方法がこれとよく対応することが認められた。この方法の概略は次のようなものである。通常のくい配置は、その包絡面が長方形となることが多いので、図7に示すような直方体を想定する。

$$u_c = \frac{p}{16\pi G(1-\nu)}(u_{c_1} + u_{c_2}) \quad (18)$$

ここで、

$$u_{c_1} = (3-4\nu)\{\operatorname{arcsinh}\frac{h_4}{r} - \operatorname{arcsinh}\frac{h_1}{r}\} + \operatorname{arcsinh}\frac{h_2}{r} - \operatorname{arcsinh}\frac{h_3}{r} + \frac{1}{r^2}$$

$$\{2x^2z\left(\frac{r^2+zh_2}{(r^2+h_2^2)^{3/2}} - \frac{r^2+zh_1}{(r^2+h_1^2)^{3/2}}\right)$$

$$+ \left(\frac{4x^2z^2}{r^2} + (3-4\nu)x^2 - 2z^2\right)\left(\frac{h_2}{\sqrt{r^2+h_2^2}} - \frac{h_1}{\sqrt{r^2+h_1^2}}\right) - 2r^2z\left(\frac{1}{\sqrt{r^2+h_2^2}} - \frac{1}{\sqrt{r^2+h_1^2}}\right)$$

$$+ x^2\left(\frac{h_4}{\sqrt{r^2+h_4^2}} - \frac{h_3}{\sqrt{r^2+h_3^2}}\right)\}$$

$$u_{c_2} = 2(1-\nu)(1-2\nu)\left(\frac{1}{r^2}(1 - \frac{2x^2}{r^2})\right)$$

$$\{h_2\sqrt{r^2+h_2^2} - h_1\sqrt{r^2+h_1^2} - h_2^2 + h_1^2\}$$

$$+ \operatorname{arcsinh}\frac{h_2}{r} - \operatorname{arcsinh}\frac{h_1}{r}$$

$$u_B = \frac{p}{16\pi G(1-\nu)}(u_{B_1} + u_{B_2}) \quad (19)$$

ここで、

$$u_{B_1} = (3-4\nu)\{\operatorname{arcsinh}\frac{b_2}{t_1} - \operatorname{arcsinh}\frac{b_1}{t_1}\} + \operatorname{arcsinh}\frac{b_2}{t_2} - \operatorname{arcsinh}\frac{b_1}{t_2} + \frac{x^2}{t_1^2}$$

$$\left\{\frac{b_2}{\sqrt{t_1^2+b_2^2}} - \frac{b_1}{\sqrt{t_1^2+b_1^2}}\right\} - \frac{2x^2zc}{t_1^2}\left(\frac{b_2}{[t_1^2+b_2^2]^{3/2}}\right)$$

$$- \frac{b_1}{[t_1^2+b_1^2]^{3/2}}\right\} + \left(\frac{2zc + (3-4\nu)x^2}{t_1^2}\right. - \left.\frac{4x^2zc}{t_1^2}\right)\left\{\frac{b_2}{\sqrt{t_1^2+b_2^2}} - \frac{b_1}{\sqrt{t_1^2+b_1^2}}\right\}$$

$$u_{B_2} = 4(1-\nu)(1-2\nu)\int_{b-l}^{b+l} \frac{1}{b-z} \left\{ \frac{x^2}{(R_z+z+c)^2} - \frac{x^2}{(R_z+z-c)^2} \right\} dz \quad (20)$$

ここで、

$$h_1 = c - h + z, h_2 = c + h + z,$$

$$h_3 = c - h - z, h_4 = c + h - z$$

$$b_1 = b - l - y, b_2 = b + l - y,$$

$$h = \text{半層厚}, C = \text{層の中心までの深さ}$$

$$r^2 = x^2 + y^2, t_i^2 = x^2 + (z - c)^2,$$

$$t_i^2 = z^2 + (z + c)^2$$

$$R_z^2 = r^2 + (z + c)^2, G = \text{せん断剛性},$$

$$\nu = \text{ボアソン比}$$

$$(18)(19)式で考えている層の壁面の中心$$

$$(m, o, c_i) の座標を用いて手順1～$$

$$3 によればその層の相互作用バネが求$$

$$められる。$$

$$b) 有効質量$$

$$相互作用に関する有効質量は單に$$

$$\text{固有周期を合わせるために求められ$$

$$べきではなく、モデル化されたくいと$$

$$\text{周辺地盤の運動エネルギー} - E_m を実際の$$

$$\text{くいと地盤の運動エネルギー} - E_r と等しい$$

$$\text{とすることから求めるべきである。すなわち、}$$

$$E_m = E_r \quad (20)$$

$$\text{ここで } E_m \text{ は次式で表わされる。}$$

$$E_m = \frac{1}{2}(M^p + M^s)U^2 \quad (21)$$

$$U \text{ は相互作用速度 } (\dot{X} - \dot{x}) \text{ である。また } E_r \text{ は次式で表わされる。}$$

$$E_r = \frac{1}{2}M^p U^2 + \frac{1}{2}\rho U^2 \int \int \int \quad (22)$$

$$[u_i^2 + v_i^2 + w_i^2] dx dy dz \quad (23)$$

$$(22)式右辺の第1項はくいの運動エネ$$

$$ルギー、第2項は周辺地盤のそれを表$$

$$わす。u_i, v_i, w_i \text{ は相互作用変位が1で$$

$$\text{あるときに周辺地盤内に伝達する基準}$$

$$\text{変位分布を示す。実際には運動エネ$$

$$ルギーを考へる場合には周辺地盤内の速$$

$$度分布を考えるべきであるが、変位分$$

$$布を$$

$$D_u(x, y, z, t) = U(t) \cdot D_i(x, y, z) \quad (24)$$

$$D_i(x, y, z) = [u_i^2 + v_i^2 + w_i^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$と考え、基準変位分布は時間とは無関$$

$$係として単純化したものである。(23)式$$

$$を時間について一回微分して速度分布$$

$$を求める運動エネルギーを表わせば(22)式$$

$$\text{の右辺第2項となる。したがって(22)式と(21)式を等式化すれば } M^s \text{ が求められる$$

$$\text{が、深さ方向について考えている層厚のみを取ることにすれば次式となる。}$$

$$M^s = 2h \rho \int \int [u_i^2 + v_i^2 + w_i^2] dx dy \quad (24)$$

$$\text{これが有効質量を求める基本式となる。実際の計算は次の手順を踏むことによって表わされる。}$$

$$1. \text{ 相互作用単位変位を与える荷重 } p^i \text{ を(18)式(19)式などを用いて逆算する。}$$

$$2. p^i \text{ なる荷重をくい基礎の中心に加えたときの周辺地盤内各位置の変位 } u_i, v_i, w_i \text{ を求める。 } v_i, w_i \text{ についての解}$$

$$\text{は } u_i \text{ の場合と同様に Mindlin 解の直角$$

$$\text{方向水平変位と上下方向の変位式を線荷重の場合に拡張したものを用いる。}$$

$$3. \text{ 適当な積分範囲で(24)式を計算す$$

$$る。この場合積分範囲は層の壁面中心$$

$$(図7参照)の変位の10%程度の変位$$

$$\text{を示す領域を考えるのが妥当である。そ$$

$$\text{の平面形は荷重作用方向には } 4 \sim 5$$

$$D_N, \text{ 直角方向には } 2 \sim 3 D_N (D_N \text{ はくい群の巾}) \text{ のほぼ橿円形を示す。}$$

$$c) \text{ 相互作用減衰係数}$$

$$\text{有効質量の場合と同様の考え方で、モ$$

$$\text{デル化したダッシュポットが消費す$$

$$\text{るエネルギーと実際の周辺地盤が相互$$

$$\text{作用時に消費するエネルギーが等しい$$

と考えることによって相互作用減衰係数が求められる。すなわち単位時間あたりのダッシュポットのエネルギー損失 $D_m$ は次式で示される。

$$D_m = C^s U^2 \quad (25)$$

一方、実際の地盤におけるエネルギー損失は室内試験などによって単位体積あたりのエネルギー損失が解っているれば、有効質量と同様な領域について積分することによって求められる。単位体積あたりのエネルギー損失は次式で表わされる。

$$D_r = \beta^s L^2 \dot{\epsilon}^2 \quad (26)$$

ここで、 $\beta^s$ は単位体積あたりの減衰係数、 $L</$

この係数はくい基礎が周辺地盤に作用を及ぼし、そのことによって消費されるエネルギー量を評価することになるので一般に逸散減衰と呼ばれているものに相通じる性格を持っているといえる。

#### 6. 解析例

以上に示した方法を用いて図8のような簡単なモデルについて解析した結果を、固有値について表1、応答波形について図9、固有モードと応答モードについて図10~12に示す。地盤は比較的軟弱な単一層(Case S)、中間に極軟弱層を含む場合(Case B1)、硬層を含む場合(Case B6)の3種類とし、構造物はくい基礎上に単にフーチング程度のもの( $\alpha=1$ )と上部構造を剛体( $\alpha=13.5$ )として乗せた場合を扱っているが、地盤およびくい基礎の典型的な特徴が2、3現われている。まず地盤の応答については、硬層を含む場合はCase Sとの差違は目立たないが、極軟弱層を含む場合はその層を境界にして上部で変位は急激に増大し、加速度は減少する傾向が明らかである。

(図9adの点線)。また図11c)にみられる1次と2次のモード、表1にみ

られるCase B1の地盤の1次と2次の固有周期とを図9a-d)の波形と比較してみると、変位(長周期成分)では1次、加速度(短周期成分)では2次と、誘発されやすいモードが異なることが明らかである。したがって極軟弱層が中間に存在する場合にはとくに注意する必要があることが読みとれる。

くいの応答に関しては大別して2つ

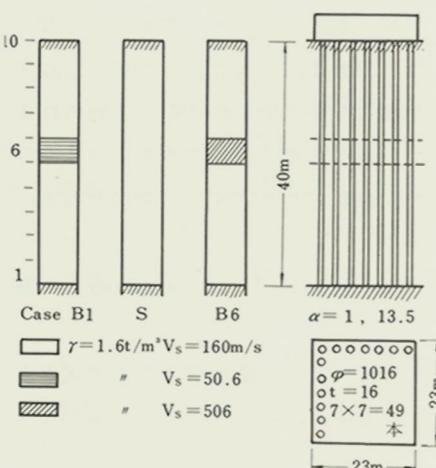


図8 簡単な解析モデル

の特徴が認められる。応答波形について地盤との差違をみると一般に両者の差は少いが硬層ではとくに変位も加速度も完全に一致し(図9cfの6層)、逆

に極軟弱層では両者の差違が著しくなる(図9adの6層)。したがって相互作用は軟弱層ほど生じやすい。第2の特徴は、くい頭部付近で相互作用が生じやすいということで(図9各図の9~10層)建物重量が大きい程この特徴が出やすい。この2つの特徴は図11b)、12b)の相互作用固有モードによっても明らかにできる。すなわち硬層では大部分のモードで節となっているが(図12b)、極軟弱層ではとくに低次モードで大きな成分を示しており(図11b)、いずれの場合も1次モードは“皿まわし現象”ともいべき上部剛体の振動モードが現われている。

また、表1のCase B1では $\alpha=13.5$ の2次と $\alpha=1$ の1次周期の一致がみられるが固有モードでは $\alpha=1$ の1次モードが $\alpha=13.5$ の2次モードにほぼ等しく、剛体の存在でモードの転移現象が明確に現われる。さらに図10~12のa)図には応答モードの時間的変化を示したが、各図とも地盤の固有モード上に相互作用固有モードが重なっていることが明らかである。したがって、一種のモダルアナリシスの手法によってくい建物系の応答を求めることが可能であろう。

くいを有する構造物の応答については、さらに多くの解析例や観測例によって検討する必要があろうが、くいはほぼ地盤の挙動に追従するような形で挙動し、極めて軟弱な層やくい頭付近ではさらに相互作用効果が追加されるという性質は基本的な事項として現時点で指摘されることである。

表1 各ケースの固有周期 Tg : Ground,  $T_1$  :  $\alpha=1$ ,  $T_{13.5}$  :  $\alpha=13.5$  (sec)

	Case B1			Case S			Case B6		
	Tg	$T_1$	$T_{13.5}$	Tg	$T_1$	$T_{13.5}$	Tg	$T_1$	$T_{13.5}$
1	1.383	0.259	0.571	1.009	0.222	0.571	0.970	0.211	0.571
2	0.461	.210	.259	.339	.199	.204	.318	.187	.193
3	.225	.188	.192	.207	.188	.192	.204	.172	.183
4	.184	.171	.181	.152	.170	.177	.140	.156	.157
5	.123	.149	.155	.122	.144	.151	.122	.119	.122
6	.119	.117	.123	.104	.117	.123	.097	.105	.115
7	.093	.095	.101	.093	.094	.099	.093	.086	.086
8	.092	.079	.082	.086	.078	.082	.082	.071	.077
9	.082	.069	.071	.081	.069	.071	.081	.066	.066
10	.081	.065	.065	.079	.064	.065	.034	.055	.055

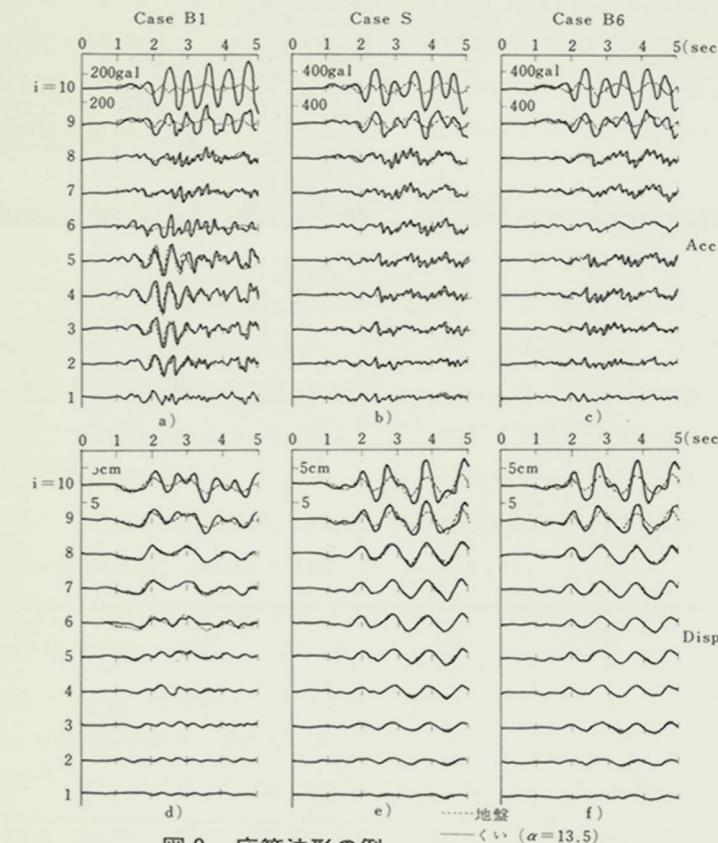


図9 応答波形の例

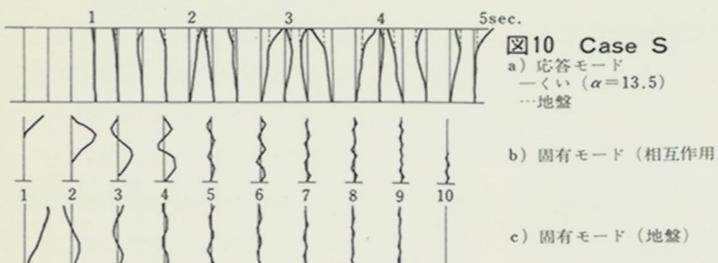


図10 Case S  
a) 応答モード  
—くい ( $\alpha=13.5$ )  
…地盤

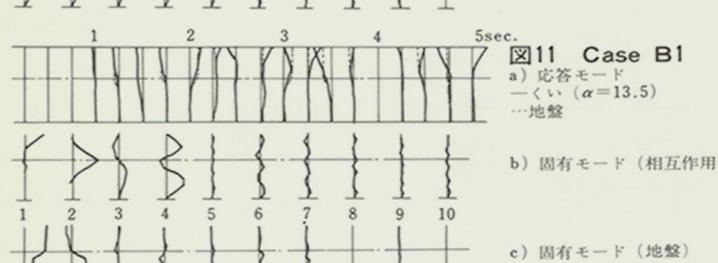


図11 Case B1  
a) 応答モード  
—くい ( $\alpha=13.5$ )  
…地盤

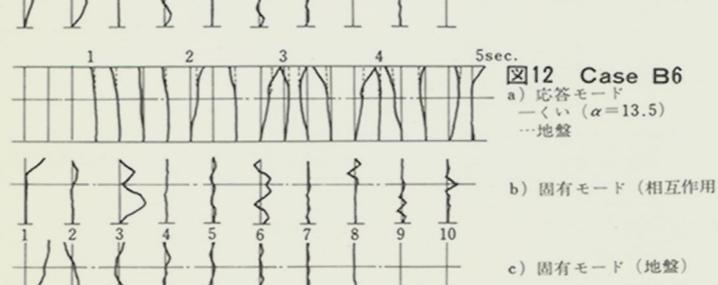


図12 Case B6  
a) 応答モード  
—くい ( $\alpha=13.5$ )  
…地盤

#### 【参考文献】

- J. Penzien, C. F. Scheffey & R. A. Parmelee (1964) : Seismic Analysis of Bridges on Long Piles, ASCE Vol90, EM3, P225-254 あるいは R. A. Parmelee, J. Penzien, C. F. Scheffey, H. B. Seed & G. R. Thiers (1964) : Seismic Effects on Structures Supported on Piles Extending through Deep Sensitive Clays, Report to California State Division of Highways under State of California Standard, Institute Engineering Research, Univ. of California
- B. O. Hardin & V. P. Drnevich (1970) : Shear Modulus and Damping in Soils I. Measurement and Parameter Effects II. Design Equations and Curves, Technical Report UKY26-70 - CE2 & UKY27-70-CE3, Univ. of Kentucky
- T. K. Caughey (1960) : Classical Normal Modes in Damped Linear Dynamic System, Journal of Applied Mechanics, June 1960 P269-271
- 杉村義広(1972) : 群ぐい基礎における水平地盤係数の低減効果 第7回土質工学研究発表会 P475-478
- R. D. Mindlin (1936) : Force at a Point in the Interior of a Semi-Infinite Solid, Physics Vol7, May, 1936, P195-202
- 杉村義広(1973) : モデル解析例によるぐい基礎の地震時挙動の推定 第8回土質工学研究発表会 P601-604



## 明日の港湾都市 をめざす大阪南港

需要家を訪ねてシリーズも6回目を数えることになった。今回はわが国最大の港湾整備プロジェクト大阪市港湾局をご紹介しよう。

ご存知のように大阪港南港は大阪市港湾局の代名詞である。文中の南港とある箇所を大阪市港湾局と読んでいただいて一向にさしつかえない。より取材の意図は明瞭となるであろう。

昭和46年2月5日の閣議において全国第4次港湾整備5か年計画の事業費を総額21,000億円とすることが了解された。

これは国の長期計画である新経済社会発展計画にそった効率のよい港湾施設の建設を図るために昭和50年を目標年度とする5か年計画である。

本計画の大きな特長は、公害が大きな社会問題として取りあつかわれるようになり、これを反映して公害防止対策事業が併せて推進されることになった点である。

もはや国が起こす公共事業にしても公害問題をさけては通れない事態となっているのが本当のところだろう。

大阪港整備のマスター・プランとしての港湾計画は、昭和42年8月運輸省の

諮問機関である港湾審議会により決定され、その後昭和45年6月に一部変更された。しかし、この計画ではまだ大阪都市圏における膨大な輸送需要に対処しきれないために、さらに変更をおこない同審議会第48回計画部会で承認された。最終変更計画の骨子は次のとおりである。

- 1) 外貿貨物の増大ならびに船型の大型化に対応して、南港外港地区の北・中・南埠頭の法線変更をおこなう。
- 2) 増大する危険物を一般貨物と分離して取りあつかうため、南港外港北埠頭危険物取りあつかい施設を追加計画する。
- 3) 北港地区を面積、土捨場として利用できるよう当地区の一部の埋立法線を決定する。

大阪港第4次港湾整備5か年計画は全国のそれと歩調を合わせ46年度を初年度として策定されている。

港湾審議会で昭和46年12月に承認された大阪港港湾計画にそってつくられたものがそれである。

内容は昭和50年を目標年度とし、物的流通施設としての大坂港の整備を推進するとともに、今まで以上に公害、安全対策の配慮を加えてある。

### 修築補助事業の地区別概要

地区名	事業概要
南港内港地区	防波堤、航路泊地しゅんせつ、岸壁及び物揚場(1、2区及び3区) 橋梁(1、2区連絡橋)、道路
南港外港地区	防波堤、航路泊地しゅんせつ、岸壁及び物揚場(北埠頭及び南埠頭) 橋梁(南埠頭)、道路
大正内港地区	航路、泊地しゅんせつ 岸壁及び物揚場(第1突堤北岸及び内港突堤)
常吉町地区	航路、泊地しゅんせつ 岸壁
その他 在来埠頭地区	航路、泊地しゅんせつ 岸壁(安治川口改良、桜島延長及び新設) 物揚場(安治川1号上流、天保山はしけ橋) 道路(柴谷平野線ほか)
港内一般	航路、泊地しゅんせつ 波除堤、ドルフィン



事業項目は、  
 1)修築補助事業  
 2)特定港湾施設工事  
 3)油濁防止施設事業  
 4)阪神外貿埠頭公團事業  
 5)フェリー埠頭整備事業  
 6)港湾機能施設

の6つであるが、当大阪港湾局とともに関係が深く、かつ鋼管ぐいと鋼管矢板が最大に使用されている修築補助事業について詳述してゆこう。

地区別の修築補助事業の概要を下表にまとめたので参照願いたい。

### ●約300万坪におよぶ広大な 南港埋立計画

大阪南港は当初、臨海工業地帯を造成することを目的として昭和33年から本格的な埋立工事に着手した。

しかし、その後の社会、経済情勢の変化が予想以上に急テンポであったため、埋立計画ならびに土地利用計画の再三にわたる変更を余儀なくされてきたのは前述したとおりである。

現在は南港を近代的な商港として整備することを基本方針としている。

埋立地内部には、住宅・公園・緑地・業務商業・公共サービス・都市性工業用などの適切なゾーニングをおこない、都市再開発の面からも大きく寄与する

# 大阪港概要図





こととなつた。

先に述べた港湾計画の変更面を上と関連づけて紹介すると、  
○南港の土地利用は、将来の都市構造の高度化を勘案して大阪都市圏の物流拠点をめざすとともに、モデル的な緑ゆたかな新港湾都市として整備する。  
○物資別集約化による輸送の合理化と輸送革新の動向にマッチさせて、南港外港地区に下記の埠頭の造成をおこなう。  
イ) 北埠頭には、基礎資材や一般雑貨を取りあつかう外貿不定期船バースを整備する（岸壁（-12m）2バース、（-10m）3バース）  
ロ) 中埠頭は主として東南アジア・オーストラリア・欧州・北米などの航

路を対象とした外貿定期船埠頭として整備する（岸壁：コンテナ対象（-12m）2バース、ライナー船対象（-10m）7バース）

ハ) 南埠頭には食品などの消費物資一般雑貨を取りあつかう外貿不定期船バースならびに大型内貿バースを整備する（岸壁（-12m）5バース、（-10m）4バース、（-7.5m）6バース）

これによると、南港の全体面積はおよそ920万m<sup>2</sup>（約300万坪）となり大阪市港区より広く、大正区とほぼ同じ広さを有することとなる。

現在、南埠頭と北埠頭の埋立にさきだつ钢管ぐいの打込み工事がたけなわである。

### ●钢管ぐいの威力を余すところなく発揮した南港事業

すでに南港の1・2・3区およびフェリー埠頭を始めとする内港地区の1部は供用を開始している。

目下のところ、南埠頭岸壁、南防波堤、北埠頭岸壁、ライナー埠頭、北埠頭防波護岸工事などがおこなわれているが、取材班が訪れた時点（昭和48年5月）では南埠頭岸壁と北埠頭岸壁造成のための钢管ぐい打込み工事がピークであった。

昭和47年度事業計画に大阪港全体で使用された钢管ぐい全量のうち、上記二岸壁に投入されるものが約半数を占めている。（詳しい数量は次表を参照）

地号別钢管矢板・钢管ぐい使用一覧表

種別 地区別	钢管矢板		钢管ぐい		計	
	本数	重量t	本数	重量t	本数	重量t
（南港外港） 北埠頭	518	6,560	454	4,356	972	10,916
（南港外港） 南埠頭	478	6,604	436	3,998	914	10,602
（港北花大正） 在来埠頭	57	350	365	2,480	422	2,830
北埠頭分地			629	5,065	629	5,065
高潮事業	357	3,314			357	3,314
計	1,410	16,828	1,884	15,899	3,294	32,727

（昭和47年度実績）

これによると47年度中に使用された钢管矢板は16,828トン、钢管ぐい15,899トン合計32,727トンという膨大なものである。

南・北埠頭岸壁とも前面水深は10～12mである。土質状況は海底に1.5mのヘドロが堆積し、その下に17～20mに

およぶ沖積粘土層があり、さらに4～5mの砂層がつづく。支持層となるのはその下4～5mにわたって存在しているN値50以上の砂礫層である。

钢管ぐい、钢管矢板の打設状況（昭和48年5月）は、南埠頭護岸（-12m）480mのうち、控钢管ぐいの全部と钢管矢板延長371mはすでに昭和47年度に打設を終了している。これは数量にして钢管ぐい（914.4φ×9.5～22t×38,000t）212本、钢管矢板（1,219.2φ×9.5～16t×32,000t）285本であり、残り109mの钢管矢板84本は6月末には打込みを完了する予定である。

また、この護岸に連続する-12m岸壁720m（新設3バース）の控钢管ぐい（914.4φ×9.5～22t×40,000t）318本、

钢管矢板（1,219.2φ×9.5～16t×32,000t）553本は48年度に打設されることになっているが、このうち控钢管ぐい108本が施工済みであった。

同様に、北埠頭-12m岸壁480m（新設2バース）は控钢管ぐい（914.4φ×9.5～22t×43,000t）212本、钢管矢板（1,219.2φ×9.5～19t×32,000t）369本のうち、钢管ぐい191本、-12m岸壁555m（新設3バース）は、控钢管ぐい（812.8φ×9.5～22t×43,000t）244本、钢管矢板（1,219.2φ×9.5～12.7t×28,000t）427本のうち、控钢管ぐい37本が打設を完了していた。

特に、打設工事の進んでいる南埠頭においては、見わたす限りに続く钢管矢板と斜ぐいの林立は、壮大であった。

●スケールを拡大する  
48年度事業

昭和48年度に当大阪市港湾局がおこなう事業には、これまで継続してきた前述事業に加えて今年度から国庫補助が認められる「港湾環境整備事業」がある。

まだ内容については最終決定にいたっていないが、現段階の案をとくに鋼管ぐいおよび鋼管矢板を使用する事業に絞って紹介しよう。

1)修築事業 前年度にひきづき港湾基本施設およびこれに付属する諸施設の建設を中心としておこなってゆく。  
イ)南港外港地区 北埠頭地区は-10mおよび-12m岸壁3バース(555m)、-4m物揚場(465m)のいずれも本体工(岸壁は、鋼管ぐい、鋼管矢板および物揚場はケーソン式)をDL+3mまで施工する。これに要する鋼管ぐいは401トン、鋼管矢板4,619トン、合計5,020トンの予定である。

この地区は直背後築堤をDL+3.5mに整備し、当面しゅんせつ土砂の土捨場として使用する。これらの岸壁は増加する外航物資に対処して、49年度以降順次完成させる。

南埠頭には安定した生鮮食品の供給を目的として食品埠頭が計画されているわけであるが、49年秋までに第1バース供用開始をめざして建設を進める。第2・3バースは50年度末までに完成させる。



南埠頭で使用される鋼管ぐいは95トン、鋼管矢板4,456トン合計4,551トンである。

ロ)在来埠頭地区 桜島1号岸壁延長工事が前年度から着手されているが、今年度事業で完成する。これは95m延長して全長370mとし現状水深-9mが増深され-10m岸壁2バースとして供用される。この背後の道路整備も進められ、桜島地区の歩道も大巾に舗装する予定である。また常吉町岸壁は今年度中に1バースが完成する。

鋼管ぐい使用量は港、此花、大正の三区を合せて約1,090トンの予定である。

2)港湾地帯防災事業 高潮などの災害

から臨港地帯を防禦することを目的とした事業であり、48年度は前年度にひきづき港、此花、大正各区の堤防を新設するとともに住吉区の堤防、水門も併せて実施する。さらに前年度より実施中の港区三十間堀川の水門築造工事をひきづき実施する。

港区については48年度で完成させるが、港区本土、福崎の堤防、水門は、台風期までに完成の予定である。

以上高潮事業対策に要する鋼管矢板は1,331本が予定されている。

3)港湾環境整備事業(北港廃棄物埋立処分地造成事業)48年度は47年度にひきづき、一部廃棄物の48年秋受入れをメドに護岸、中仕切、陸揚施設などの建設工事をおこない、同時にしゅんせつ土砂などの投棄が49年度中に開始しうるよう工事を進める。

なお、48年度から国庫補助制度が創設され、本事業の一部は港湾環境整備事業として補助対象となる予定である。なお、これに要する鋼管ぐいは25,546トンとなっている。

以上が昭和50年を目標年度とする第4次港湾整備5か年計画にもとづく大阪港計画の全貌であるが、5か年間の事業費合計は約900億円という巨額に

のぼっている。

うち修築事業費が約1/2の478億円である。これからも大阪市の意図するところをうかがうことができる。

●野鳥公園のある新しい  
人工港湾

大阪湾の開港は明治元年におこなわれたわけであるが、当時はまだ安治川を中心とする河港にすぎず、市民によって熱心な築港運動が展開されていた。築港義社、築港研究会などという壮士の集団が結成され活躍したのはこの時期のことである。

明治30年にいたってようやく大阪市が、当時の市の予算の20数倍にあたる2,294万円の工事費を計上して工事に着手した。

工事名は大阪港第1次修築工事。以来70余年の間にわたって埋立、修築をくりかえしてきた大阪港は、南港の完成を待てひとつのエポックを画すこととなった。

その間、大阪市は規模からいっても世界第三位といわれる大都市圏を形成するにいたった。飛行機、新幹線などの輸送機関もさることながら、なんといっても大阪港の拡大、整備がこれに大きく貢献していることは事実である。

西から神戸港、西宮港、尼崎港、大阪南港、堺泉北港、阪南港とつづく大阪湾諸港のうちでも、とくに南港はそれらをまとめた扇の要である。

たんに輸送革新に対処した内・外貿商港としてのみでなく、公害を発生せず人間の安心して生活できる港湾都市として誕生したところに南港の大きな意義がある。

南港北埠頭の西端にもうけられた、193,000m<sup>2</sup>におよぶみどりの野鳥公園の存在が、それを雄弁にものがたってくれている。



## 石井富志夫のゴルフのエッセンス

### ●飛ばないあなたへ——その1

ボウリングでも野球のボール投げでも、体重を右足に残したまま動作する人はまずいないでしょう。ところがゴルフだけは、体重を右足に残したまま球をヒットする人がいかに多いことか。なぜでしょう。?

理由は、ボウリングでも野球でも、体重移動の方向が、人間が自然に歩行するときの方向と一致するのに対し、ゴルフでは、カニの横ばいのように横に体重を移動しなければならないことです。

歩くのは、人間が歩けるようになって以来慣れ親しんだ動作で、右から前に踏み出した左足に体重を移すことなど、無意識のうちにだってできます。しかし両足を左右に開いて立って、右から前へではなく左に体重を移すなどは、日常の動作にはありません。早くからゴルフスイングに慣れ親しんで、歩く動作同様に身に浸みついているようなプロ級はともかく、普通の人にとっては自然にはいかないわけです。

そこで、ゴルフの場合は最初から体重移動ということを強く意識しておかなければなりません。

バックスイングをとて、両手がトップオブスイングの位置に達した、さてそのつぎが問題です。最も肝要なことは、トップオブスイングのつぎの瞬間に何よりも早く、まず左足に体重を移すことです。両手はトップオブスイングの位置に置いたままで。

ところが、ここでまず両手を球に向って振り下すことからダウンスイングを始める人が多いのです。ここはよっぽど注意していないと、トップオブスイングのつぎの瞬間に打ち気にはやって、体重移動のことなど忘れてしまいがちです。

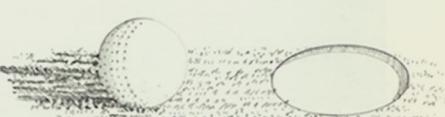
あなたが遠くへ飛ばそうと思うときほど、両手に力をこめて下半身の準備もできていない段階で振り下すというワナにはまりやすいのです。

飛ばしたい、と思ったら、まっ先にすばやく体重を移動することだけを考えて下さい。

両手のタメ——レイヒットがロングドライブを生むといいますが、意識して手をおくらせようとしても決してうまくいかないものだ、ということはすでに経験済みだと思います。手をおくらせるのではないのです。体重移動とそれにともなう身体の動きが手の動きに先行することによって、レイヒットの形ができる、というのが真相なのです。

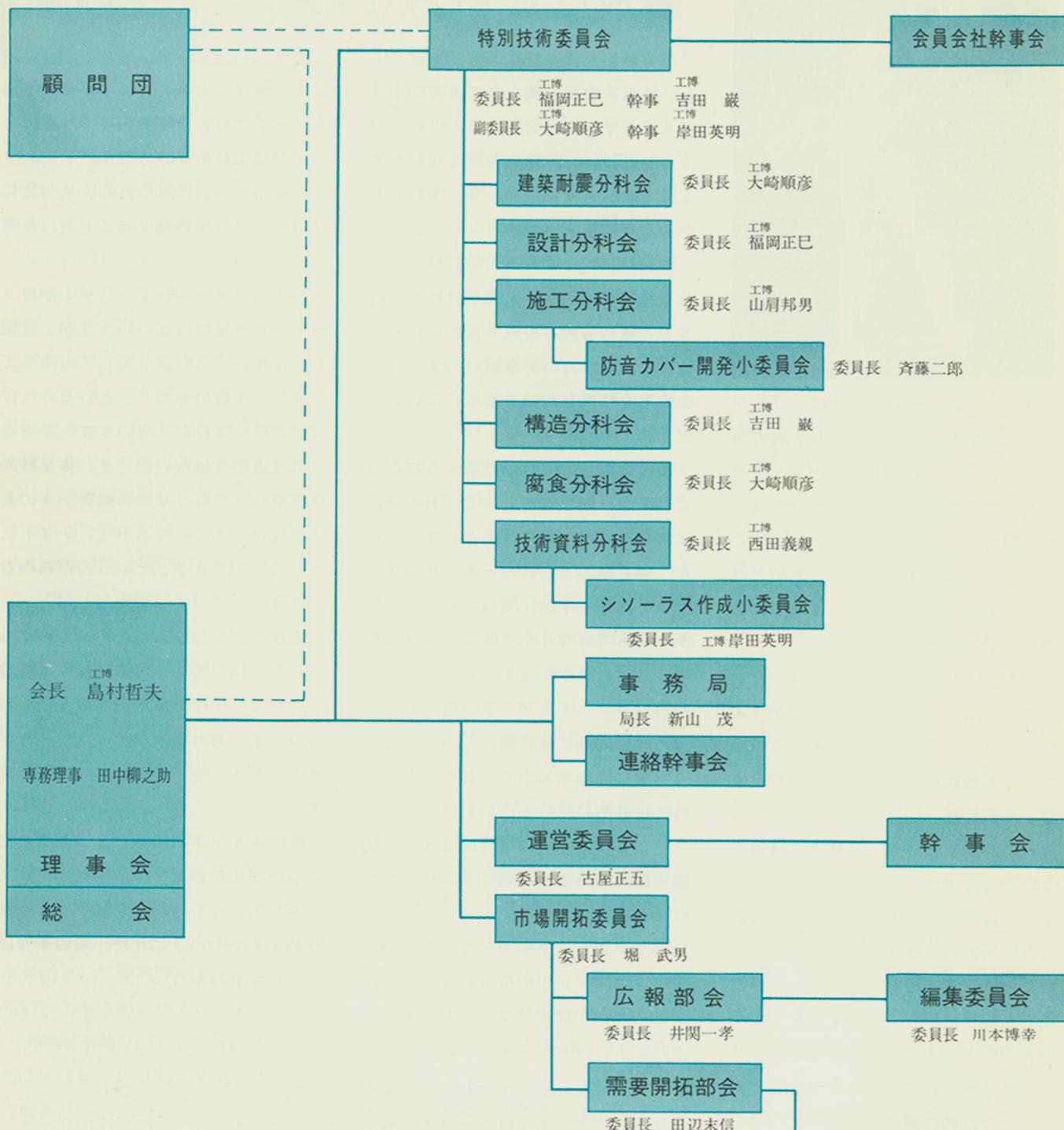
話がくどくなりましたが、このくらいくどいっても、実際には体重移動ということがなかなかできにくいものなのです。あの偉大なゲリー・ブレイヤーさえ、つぎのようにいっています。

「私はスイングの間中、2つのことだけしか考えない。1つは、ダウンスイングに先立っていかにすばやく体重を移動するかということだ。他の1つはその時々でちがう。」



# 鋼管杭協会組織図

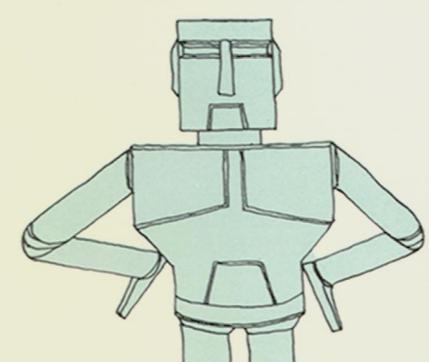
(昭和48年7月1日現在)



「明日を築く」	
編集関係者のご紹介 (広報部会、編集委員会委員)	
広報部会	編集委員会
委員長 井関一孝(久保田鉄工)	委員長 川本博幸(久保田鉄工)
委員 別府勝也(新日本製鐵)	委員 井上 章(住友金属工業)
" 川本博幸(久保田鉄工)	" 小林良昭(新日本製鐵)
" 鈴木基比古(日本钢管)	" 斎藤 純(日本钢管)
" 宮田晃二(川崎製鐵)	" 鷹取 健(日本钢管)
" 山路 修(住友金属工業)	" 松岡純雅(川崎製鐵)

## 会員会社钢管ぐい製造工場所在地および設備

社名	No.	所在地	設備
株式会社吾嬬製鋼所	1	千葉製造所：千葉県市原市姉ヶ崎海岸7-1	スパイアル
川崎製鐵株式会社	2	知多工場：愛知県半田市川崎町1-1	スパイアル、電縫管
川鉄钢管株式会社	3	千葉市塙田町地先	スパイアル、板巻
久保田鉄工株式会社	4	大浜工場：大阪府堺市築港南町10	スパイアル
	5	市川工場：千葉県市川市高谷新町4	スパイアル
株式会社酒井鉄工所	6	大阪市西成区津守町西6-21	板巻
新日本製鐵株式会社	7	君津製鐵所：千葉県君津郡君津町1054-2	スパイアル, U.O.
	8	光製鐵所：山口県光市大字島田3434	電縫管
	9	八幡製鐵所：北九州市八幡区枝光町1-1	スパイアル
住友金属工業株式会社	10	和歌山製鐵所：和歌山市湊1850	電縫管, ケージフォーミング
	11	鹿島製鐵所：茨城県鹿島郡鹿島町大字光750	U.O.E.
住金大径钢管株式会社	12	本社工場：大阪府堺市出島西町2	板巻, スパイアル
	13	加古川工場：兵庫県加古川市東神吉町680	スパイアル
中国工業株式会社	14	吳第二工場：広島県呉市広町10830-7	板巻
東亞外業株式会社	15	第一工場：神戸市兵庫区吉田町1-4	板巻
	16	第二工場：神戸市兵庫区遠矢浜町1-19	板巻
西村工機株式会社	17	兵庫県尼崎市西長州東通1-9	板巻
日本钢管株式会社	18	京浜製鐵所：横浜市鶴見区末広町2-1	電縫管, U.O.E., 板巻
	19	福山製鐵所：広島県福山市钢管町1	U.O.E.



## 钢管杭協会会員一覧 (50音順)

株式会社吾嬬製鋼所	住金大径钢管株式会社
川崎製鐵株式会社	住友金属工業株式会社
川鉄钢管株式会社	中国工業株式会社
久保田鉄工株式会社	東亞外業株式会社
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	日本钢管株式会社

明日を築く No.6  
発行日 昭和48年7月31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) 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 TEL03(357)5888  
(無断転載禁)



鋼管杭協會

