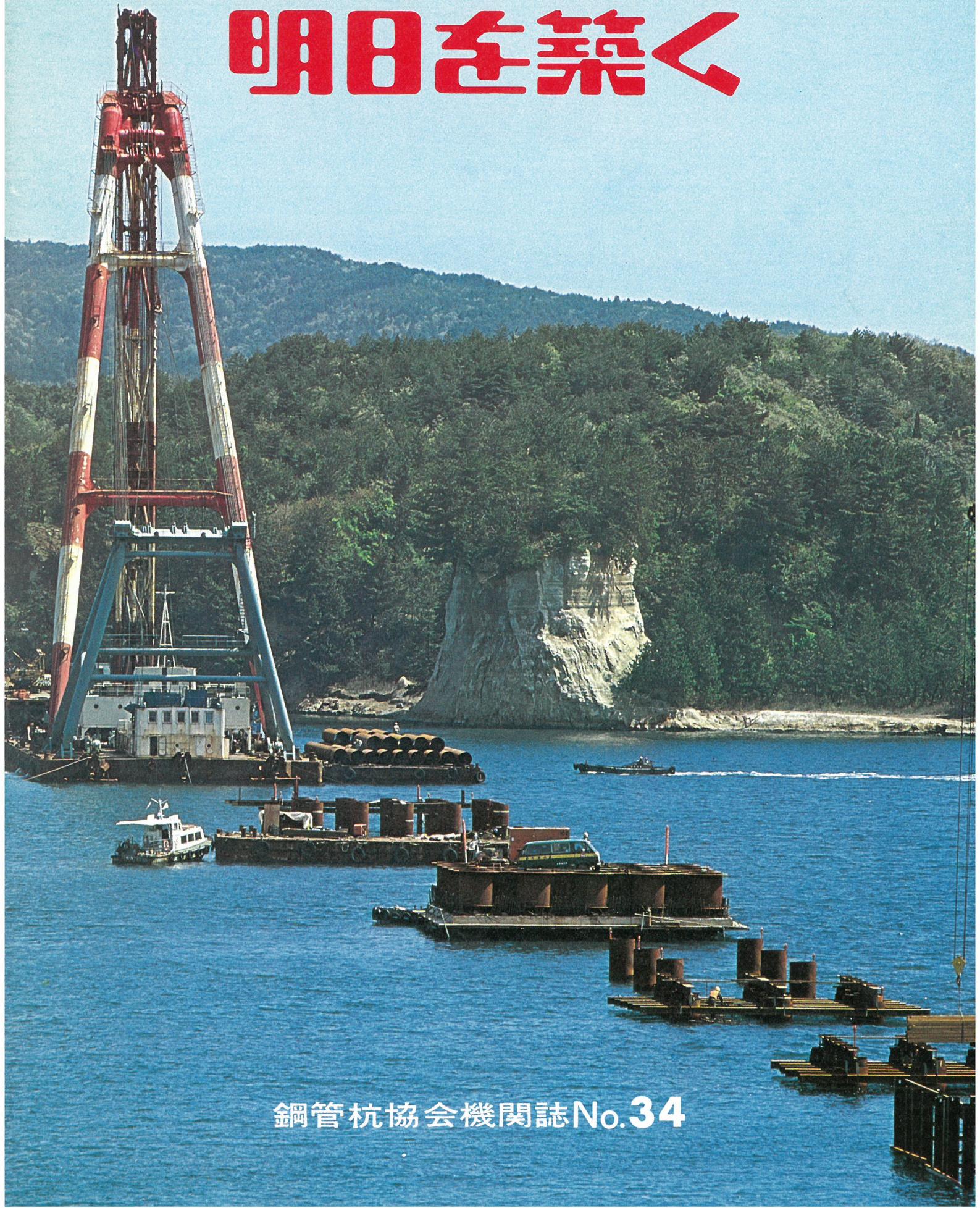


# 明日を築く



鋼管杭協会機関誌No.34

# 離島に結ぶ かけ橋

REPORTAGE 34

## 完成の待たれる 能登島大橋建設工事

石川県有料道路建設事務所



「離島」——この言葉の響きは、都会の喧騒のなかで育った人間にとてはロマンティックであり、憧れに似た気持ちを起こさずにはおかしい。

しかし、島で生活する人々にとって本土との間に海が存在するという事実は、くらしそのものに“桟”をはめられ、産業とておこるべくもなく、農・漁業がほとんどというのが現状である。

近年、観光ブームが訪れたとはいつて

も、それはごく一時期のものであり、島民の生活を変えるほどのものではない。

いま、このような離島に橋をかけ、本土と一体の文化圏として、くらしの“桟”をとり除こうという計画がすすめられている。

今号では、こういった計画のひとつ、「能登島大橋」にスポットを当てた。

近年、観光ブームが訪れたとはいつて

### もくじ

- ルポルタージュ④.....1  
離島に結ぶかけ橋——完成の待たれる能登島大橋建設工事
- 構造と基礎の話.....5  
いくつかの経験  
竹中工務店 遠藤正明
- 鋼管杭ゼミナー.....10  
道路橋下部構造設計指針による鋼管杭設計法の主な変更点
- 西から東から.....14
- 文献抄録.....15

### 表紙のことば

- 石川県・七尾市——中能登への流通の基地として栄えるこの街は、古くから港町でもあった。七尾の沖に浮かぶ「能登島」は、離島振興法の対象ともなり、過疎化が著しく、周囲72kmの大きさの島にしては人口はわずか4千人。
- この能登島と七尾を結ぶ架橋計画がいま着々とすすんでいる。離島に架ける「夢の橋」の実現もう目の前である。

### 編集MEMO

うっとおしかった梅雨も終り、いよいよ夏本番。「明日を築く」34号をお届けします。今号の呼びものは、竹中工務店・遠藤正明氏執筆の「いくつかの経験」と題した“鋼管杭ゼミナー”です。基礎に関する氏の豊富な体験に接するとき、思わずなるほどとうなづき、ときには笑みさえこぼれます。涼をとりながらじっくりとお読みください。読者の皆様の本誌に対するきたんないご意見を編集部宛お寄せください。

### ナマコの行列にギョ!

能登島——あまり耳なれない島名だが、能登半島の懷に抱かれるように、七尾湾に浮かぶ周囲72km、面積47km<sup>2</sup>の日本海側では、佐渡に次ぐ大きさの島である。

この能登島への便は、現在対岸の七尾市からのフェリーボートだけ。いま(55年5月)能登島大橋建設とともに島内の道路整備のため、このフェリーボートの中はダンプカーがあふれんばかり、乗り場は乗りきれない車でごったがえしている。

七尾は、古くから天然の良港として栄えていた。現在は北洋材を中心とした木材輸入がほとんどを占め、港の周辺には木材が山積みされ、木材加工産業も定着しつつある。

また、町の郊外には窯業工場のエンツツが並び、モクモクと茶色い煙をはいている。能登特産の「硅藻土」を



利用した耐火レンガ、コンロの製造工場である。この土が、能登島大橋の建設に大きな障害となったのは、後になって知ることとなる。

七尾港の周辺を歩いてみると、異様な光景にぶつかった。海岸一帯に真黒なフランクフルター?が干してある。箱詰めにされたこの不気味なヤツが延々と並べられている。さわってみるとこれが気味悪くやわらかい。なんと「ナマコ」であった。この地方ではナマコの卵巣を「クチコ」といって美食家が必ず食指を動かすという。



### 恵まれた自然——能登島

能登の海はのどかだ。とくにこの七尾湾は、四方を半島、能登島に囲まれているため、風の強いこの日さえ、波頭が白く目に入る程度で、うねりはほとんどない。

フェリーに乗ること約20分。能登島へ着く。島内はどこもかしこも道路整備。ひっきりなしに建設のためのダンプカーが行き交っている。

離島振興法の対象となっているこの島は、人口約4,000人、そのほとんどが農業と漁業で生活を営んでいる。島内のあちこちの入江には養殖用のイケスが浮かび、キラキラと陽光を反射する海面は夏近しの感を与える。

耕したばかりの畑のうねには、葉たばこの苗が植えられ、山の中腹までこのたばこ畑が続く。

車を駆ること約4時間で島を一周できるが、能登島大橋の建設に合わせて町役場をはじめ島内諸施設が新設され、いま、島全体が大きく変わっている。

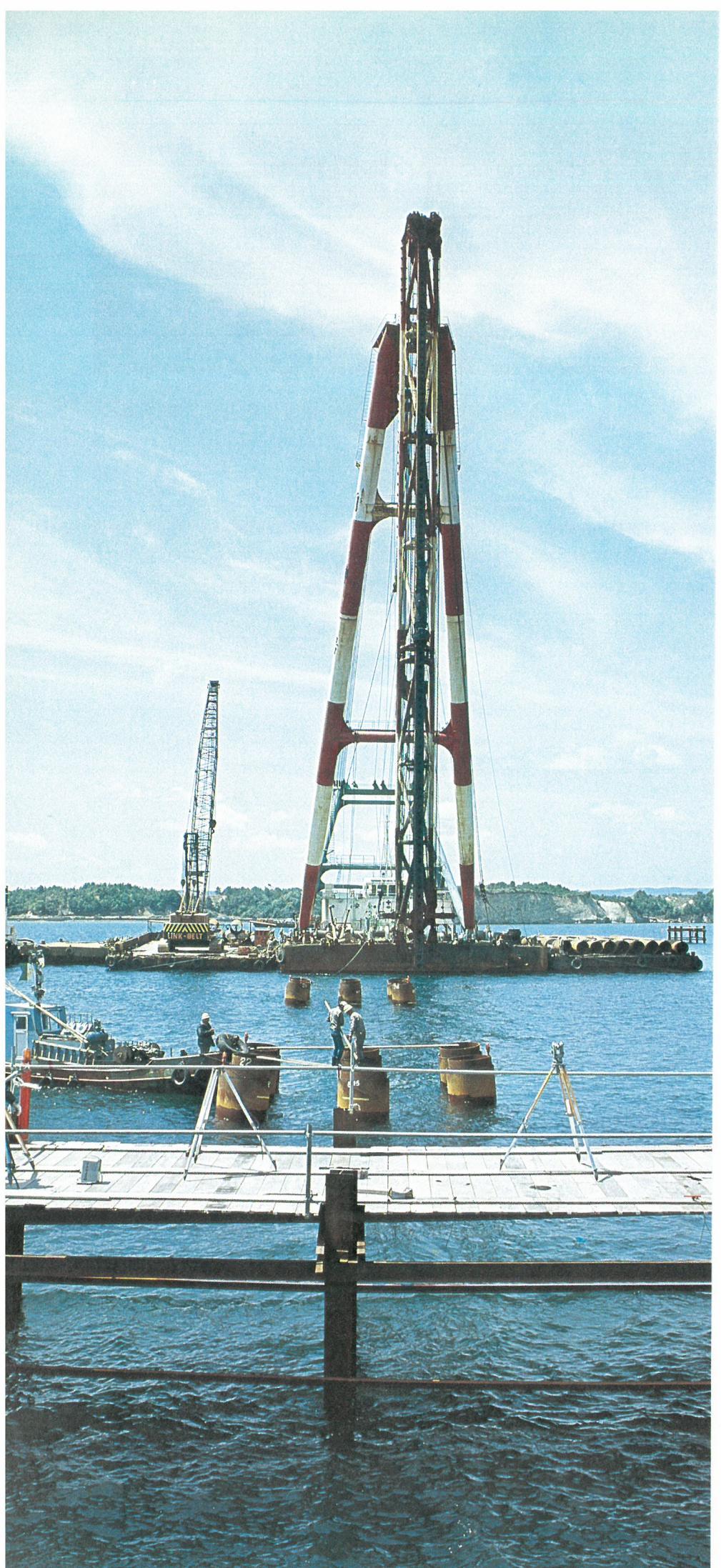
図-1 能登島大橋計画略図



### 離島にかける“夢の橋”

ここで能登島大橋の概要をご紹介しよう。

能登島は昭和40年までは、本土との定期的な輸送機関がなく、七尾—能登島間に本格的なフェリーボートが就航したのは41年になってからであった。これがモータリゼーションの発達とともに島内の道路整備に拍車をかけ、産業振興のひとつのきっかけとはなったものの、島の後進性脱却、住民の福祉



向上をはかるためには、どうしても架橋による本土との一体化が必要となつた。このような状況から能登島大橋を建設することにより、

①従来フェリー・ボートに依存してきた能登島と本土との一体化が実現され天候・時間に左右されない輸送の確立、およびその時間の短縮と輸送費の節減ができる。

②能登島全域と本土との輸送の合理化によって、生産計画の合理化を促し、産業資源の開発と生産量の拡充、増加がすすむ。

③本土と結ばれることにより、能登島は、七尾市を中心とする生活圏の一員となり、福祉・生活環境は向上する。さらに、文化・経済等の広域的交流が促進され、新しい産業立地も期待される。

④能登島は能登半島国定公園区域内にあり、架橋および島内道路の整備は和倉温泉一能登島ルートの観光開発のほか、この地域の観光資源の新たな効率的開発にきわめて有効である。等、多くのメリットを能登島に生むことが期待されたのである。

能登島大橋の概要は、

- 区間 起点 石川県鹿島郡能登島町字半浦  
終点 七尾市石崎町
- 延長 2,100m  
(橋梁部1,050m、道路部1,050m)

- 車線数 2車線
- 道路幅員 片側 3m
- 歩道幅員 1.5m
- 工期 着工 53年3月



完成 57年3月（予定）

#### ○橋梁形式

中央径間：PC3径間連続有鉄ラーメン箱桁橋(76.45m・109.5m・76.45m)

側径間：PC18径間単純T桁橋等となっている。

#### 施工性、経済性から鋼管杭に

位置決定に当っては、能登島が七尾市を中心とする七尾鹿島生活圏に属し、医療・教育・生活物資の購入のほとんどを七尾市に依存している現状をふまえて、架橋地点を検討した。

架橋地点としては数か所考えられたが、地域開発、観光開発、経済性等を考慮し、七尾市街地に最も近く、能登観光の中心基地である和倉温泉に接し、さらに重要港湾である七尾港への大型船舶航行にも影響のない現位置に決定した。

工事に先立ち行なわれたボーリング調査によると、計画地域は、表層から深度-50~-70mまで珪藻泥岩であり、-40mまではN値20前後と比較的やわらかく、それ以深になつてN値40前後の硬い層となっている。

このような状況から、基礎工の選定に当っては、①水深が比較的浅く、平均15m程度である。

②工事中に海水汚濁と航路阻害のないこと。③確実に、早く施工する必要がある。等の理由から、施工実績も多く、施工性、経済性にすぐれた多柱式基礎を採用することとした。

杭基礎の打込みは海底面から17~30mとした。このため、杭長は20~38mとなり、フーチング基礎の形状を小さく抑え、さらに施工性、経済性を上げ

るため、φ1,000以上の口径の大きなものを使用することとした。

杭基礎については、施工性、経済性に加え、安全性の面からも十分に検討した結果、鋼管杭とし、腐食に対しては腐食代を考慮し、海中部においては2重鋼管で対応することとした。杭径については、上部反力の応力検討、施工性、経済性等からφ1,200(12t~23t)

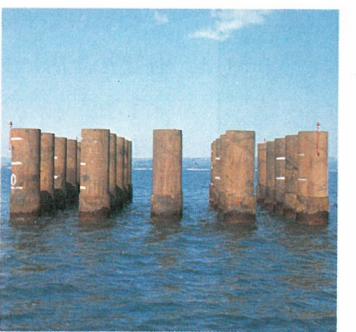
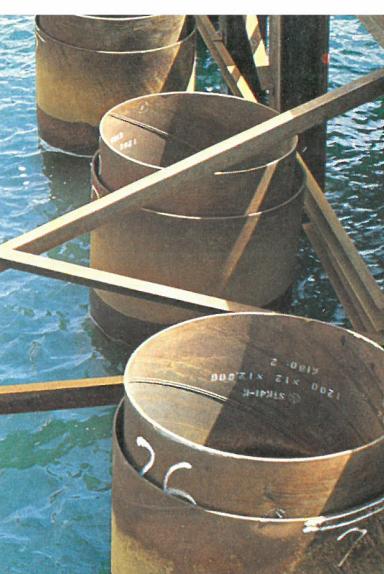
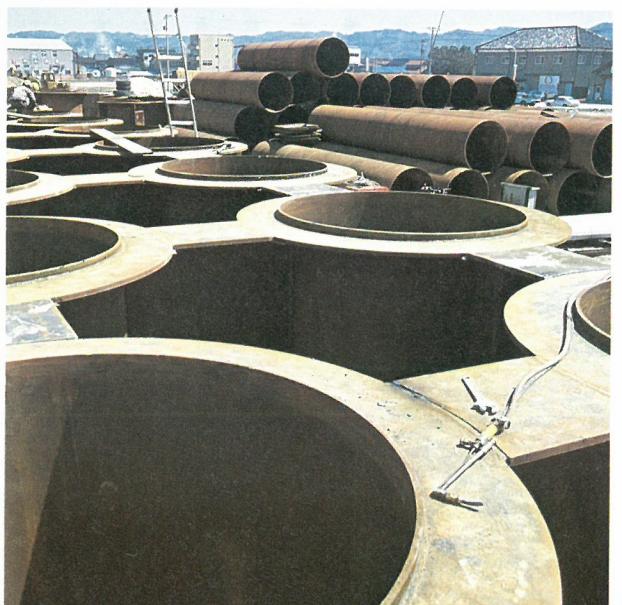
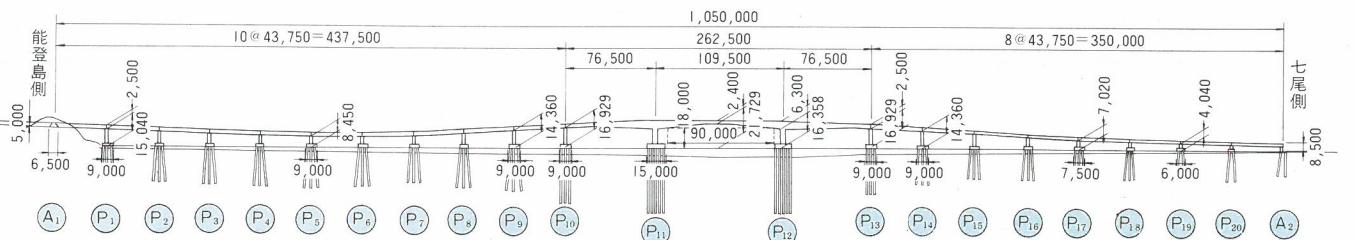


図-2 能登島大橋側面図



を採用した。

図-3 計画地標準土質柱状図

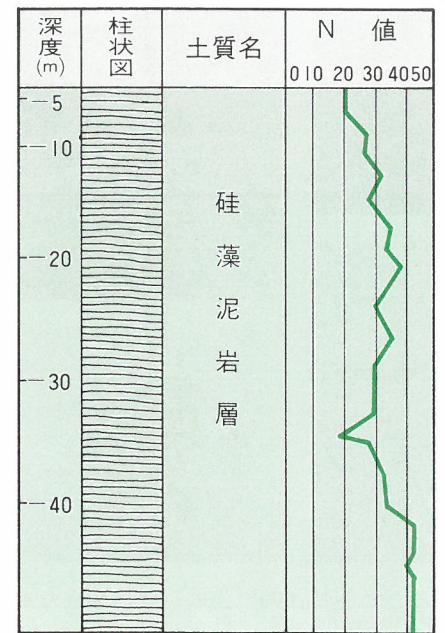
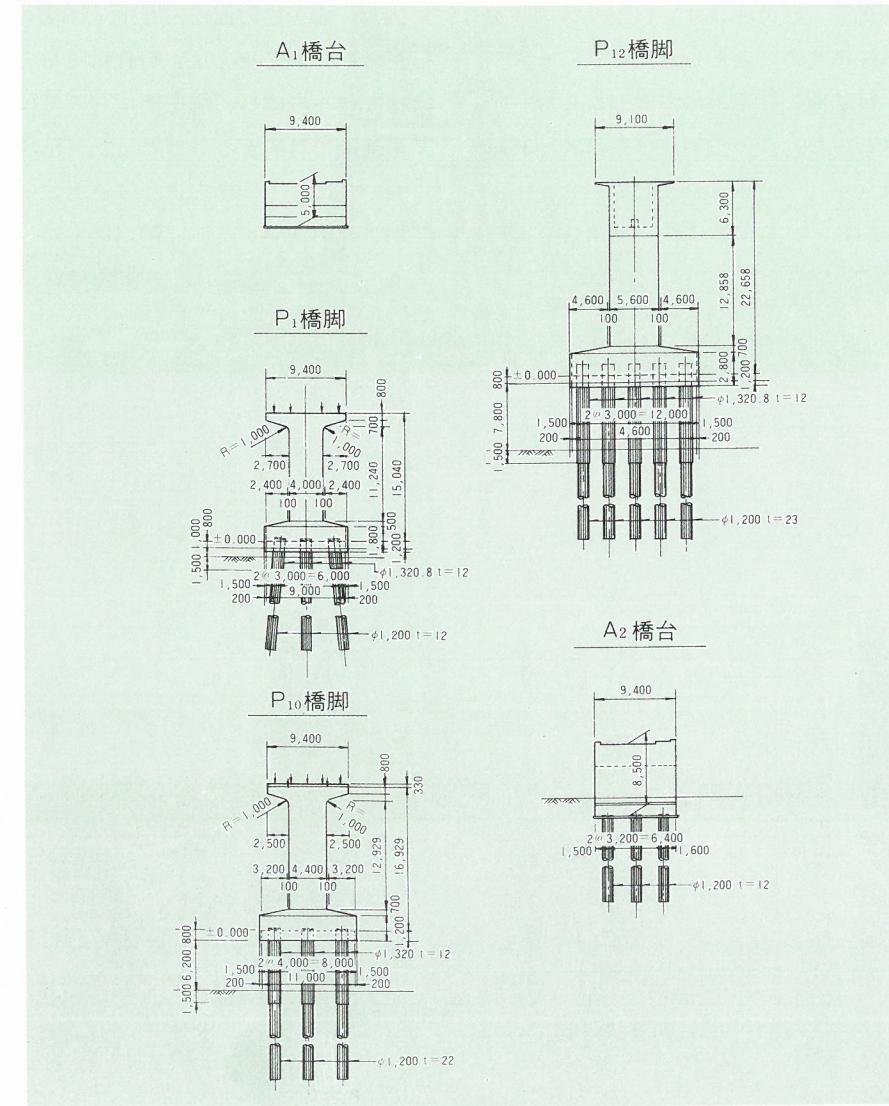


図-4 基礎工断面図



### 順調にすすめられた 斜杭打ち

能登島を中心とする七尾湾周辺は、魚貝類をはじめ海の幸の宝庫であり、漁業で生計を立てている人たちは多い。そこで、工事中に生まれる杭打ち音が周囲の魚に影響を与えるかどうかをはじめとしてさまざまな環境アセスメントについて十分な検討を行ない、周辺住民の生活に支障のないよう万全を尽くした。

杭打ちは中央の橋脚P<sub>11</sub>、P<sub>12</sub>からはじめられた。この2つの橋脚とP<sub>10</sub>、P<sub>13</sub>は直杭で、船打ちにより行なわれた。杭は、七尾市側の現場近くで、20m前後のものを溶接で2本継ぎとし、現場では1本ものとして打設した。

その他、P<sub>1</sub>～P<sub>9</sub>、P<sub>14</sub>～P<sub>20</sub>は杭長が

短かく、施工性と肉厚の減量を考慮してθ=5°の斜杭とした。

また、P<sub>1</sub>～P<sub>4</sub>、P<sub>15</sub>～P<sub>20</sub>は棧橋打ちとし、P<sub>5</sub>～P<sub>14</sub>は船打ちとした。

くい打ちは順調にすすめられていった。直杭については、平均2本/日のピッチですすめられ、斜杭は1本/日で行なわれた。

杭を打込んだ硅藻土層は、2時間程度打設を止めると締固まり貫入しなくなってしまう。溶接を陸上で行なったのも、このようなところに一因がある。

杭打ちで最もむずかしかったのは、視準と斜杭打ちであったが、視準については、陸上および海上に設けた8基の視準台から行なったが波による視準台の揺れからかなり手間どることとなつた。

また、杭打ち船のリーダーが60mもあり、杭長が最大で38m、重量約15トンと大きいため、斜杭打ちの際、杭を抱き込むと船首が70cm程度下がり、杭が着底すると元に戻る。さらにラムが上がると船首が再び少し下がる。これのくり返しがあったが、これも慣れによって杭の角度を正確に保ち打設することができた。

杭打ち作業は5月いっぱい続けられ無事終了した。

ここに使用された鋼管杭は、φ1,200×(12t～23t)×ℓ(20～38m)合計約2,800トンとなっている。

離島・能登島にいま“あけばの”が訪れるようとしている。

島内に約6,500年程も前の古墳をもち、長い歴史を持つこの島が、はじめて“離島”的歴史を捨て、本土と一体になった町として生まれ変わるのである。開発により一部の自然が失なわれるが、架橋による島民の多大な利益を考えるとき、能登島大橋の1日も早い完成を願ってやまない。



考えてみると随分と多くの先達から教えてもらってきてると思う。“構造と基礎のはなし”という非常に自由な執筆の機会を頂いたので、いくつかを述べさせていただくことにする。

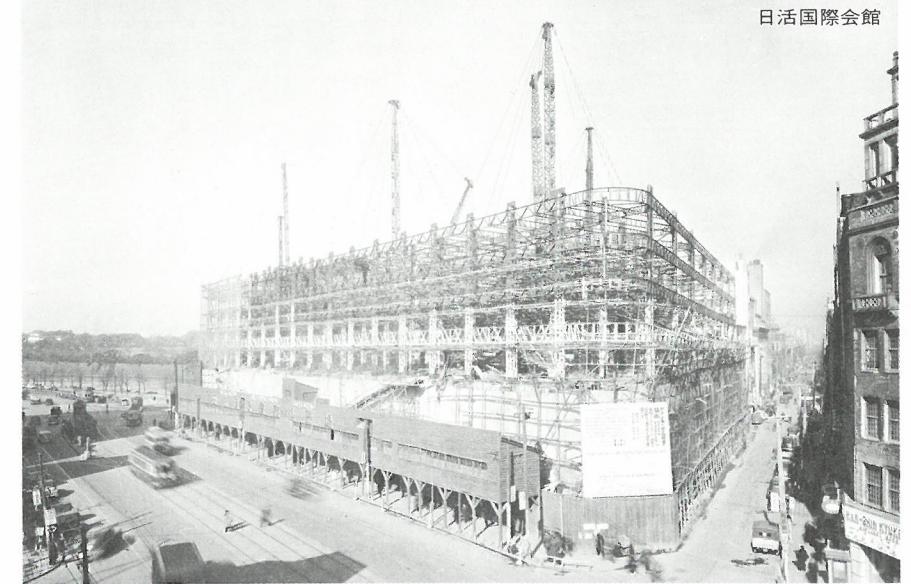
#### ●井戸屋に教わったこと

“監督さん、土が泣いている”新宿伊勢丹近くの現場の井戸の中で井戸屋がいった。“泣いているって？ 聞こえないよ”“しょうがないなあ、静かにして耳をすましてみなよ”地表から10m程の所で、周りには渋谷粘土層の白い土層が表れている。耳を土に近づけて息をこらすと、なるほど“しんしん、しんしん”と小さいが高い音が聞えてきた。“土が泣くとき、ほうっておくとうるんで山が来るのだ”井戸屋は教えてくれた。透水係数は10<sup>-7</sup>～10<sup>-8</sup> cm/secであろう。開放された圧力で周囲から

間隙水圧差によって水が滲み出していく音であろうか。

井戸屋からはこの他、生きている石、死んでいる石などいろいろと教わった。昭和20年代から30年代には、地盤調査のためよく井戸を掘った。直径3尺から4尺の井戸の底は静かで、井戸屋からマンツーマンで教わる道場であった。後年BCP委員会<sup>1)</sup>（委員長小泉安則博士）で砂層に支持される杭の支持力に関する実験的研究を行なったとき、杭の先端にマイクを挿入して荷重を加えると、降伏荷重と見られる荷重以上になると、ピシッ、ピシッと砂の粒子が破壊する音が聞こえた。圧力を加えても、解放しても地盤は着実に対応していることを身に沁みて感じさせられてきた。しごく当り前のことではある。しかばばどうして技術者は、何もしないと思う<sup>2)</sup>。

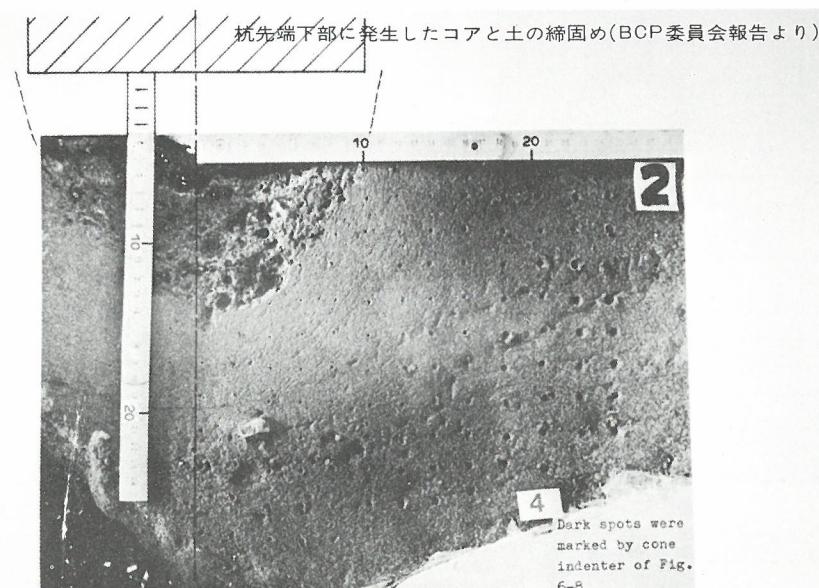
日活国際会館



#### ●データに基づいて判断する

私は昭和26年10月、耐震工学の研究を志す構造技術者から、会社の命令で土質基礎工学の専攻者への道を歩ませられることになった。この時最初に与えられたのが、日活国際会館の潜函工事のデータのとりまとめであった。

この潜函工事というのは、地上に建設した地下室部分（潜函体といふ）をその下部の土を掘り取って荷重を潜函周辺部に伝達させ、周辺部の荷重と地盤の極限支持力とのバランスを一様に



崩して、水平に静かに25,000トンの潜函を17.350m沈めて支持地盤に定着させるというものである<sup>3)</sup>。このときこの潜函工事の工事長をつとめたのが当時の取締役の大内二男博士であった。大内さんは半年をかけて地盤調査を徹底して行ない、一方テルツァーギの公式により各深度ごとの支持力を計算させ、綿密に工事計画に反映させたが、何よりも多くの測定器を設置させ、その測

定器のデータから荷重一支持力のバランスの分布を把握し、何時間後にどれ位の沈下をどの方向にどれ位傾けて発生させるかをコントロールし得たのであった。最初 3/100 の傾斜を発生させたが図-3 に示すようにその後の沈下で着実に修正し 1/200 以内の傾斜で 25,000 トンの潜函体を見事に沈下させている。私はこの工事における膨大なデータをもとに種々の理論的検討を行

なったが、測定データに基づいた技術者判断がいかに的確かをトレースしたたにすぎないよう舌を巻いたものである。技術者が正しいデータに基づいて、捉われない技術的判断をするとき、たいへんな能力のあることをしみじみと感じさせられたのである。

古来の寺院や神社のそばの土地は間違いないといわれる。東京地盤図を見ても西本願寺のある所は地下台地が盛

上っているよい地盤の所である。ボーリングなどの技術の発達していなかつた昔にどうして的確に敷地の選定が行なわれたのであろうか、不思議に思うのはこの例だけではない。

京都知恩院の鐘楼に行ったとき、日本一の鐘としてその重さが示されていた。鐘は一本の梁の中央に集中荷重として釣られている。大内さんから大きな鐘を上げるとき、ジャッキのない昔は、鐘を少し傾けそこにかいものを施し、次にその反対側を傾けてかいものを施し、同様な操作を施して少しづつ持ち上げるのだと聞いていた。持ち上がった鐘を梁にとりつけ、かいものを外したとき、もしも梁が折れて鐘が落ちたら、工匠は一命をもって責任をとるしかないのであろう。実験はできないであろう。

そのような梁はどれ位の安全がみてあるのであろうか、木構造計算規準と力学を習っている私ならもっと経済的な寸法が設計できるであろう。そう思しながら目測で寸法を割出して計算し

てみた。ところが曲げ応力として 150~160kg/cm<sup>2</sup> 位で設計されている計算になつた。木構造計算規準では堅木の場合、長期で 110kg/cm<sup>2</sup>、短期でその 2 倍であるから、長期許容応力度と短期許容応力度の中間で設計されていることになる。多少のむくりのついた材が使われてはいるものの、私の方が太い断面の設計しかできぬことになる。どのようにしてこんな適切な断面を創り出したのであろうか、あ然としたことであつた。技術者が真に雲りのない技術者魂で臨み、データを正しく判断したならたいていのことはできるのではないかと、私は思っている。

#### ●予測こそが技術者の使命

1976年6月カリフォルニア大学バークレー校でライフロングラーニングという夏期セミナーが開かれた。軟弱地盤の改良についてのセミナーであったが、ここで MIT のラムベ教授が、技術者は事実を正しく予測することが使命であるという話をされた。“もちろん将来を、すなわちこれから起こるであろうことを予測するのである。しかし技術者の中には起こりつつあることを予測しているものがある、さらには起こってしまったことを予測している人もあり、はなはだしきは、起こっている現象が間違っているといってのける御仁がいる。”と笑わせていた。しかし待てよ、私達の周囲にも、否自分自身にも、“私の出した理論または予測の方が正しいのであって、でてきた事実の方がおかしい”、というようなことをいたりすることはないであろうか。ラムベ教授はこのあと、“予測の仕方に 3 通りある。C は自分の経験だから予測する人である。B はデータを求めて、いろいろな角度から理論的にも、文献的にも検討を施した上で予測する人であり、現在の大部分の技術者はこれに当てはまる。しかし A クラスは、これだけでは不十分であってシミュレーションモデルをプログラムし、各種の条

件を入れてどのようになるかをコンピュータを用いて検討した上で予測する人である。もちろん B は C + B であり、A の人は C も B も A も全部やることになる”と話しておられた。在来からの実績、または何となく学界、業界でまかり通っている通説だけで判断し予測をしてはいいのか、ラムベ教授の話を聞きながら反省させられたものである。

#### ●三つの視点からの検討

東工大の吉見教授から聞いた話で、たいへん印象に残っている言葉がある。“工学においては三つの連続性の視点からの検討が必要である。一つは力学的連続性、つぎに幾何学的連続性、そして材料学的連続性である。アメリカの大学の工学部でまずイロハのイの字として習うのはこのことである”といふものである。

これに関連した経験としては、昭和 30~33 年頃の話がある。当時は杭の支持力を決定するのに載荷試験は最善のものであるという考え方があった。杭の載荷試験は実大実験であり、その現場で実際の杭と同じ条件で試験されるのであるから、試験の結果はそのまま信用しうる。すなわち支持杭の杭頭に 100 トン加えれば杭の支持力は 100 トンまで立証されたことになる、というものがであった。

私は載荷試験をやっていて、次の疑問に逢着した。もし応力が杭の先端にまで到達しているとすれば、杭体の材質のヤング係数による収縮量は少なくとも杭の頭部の沈下量として発生していなければならない。しかしそれより少ない試験結果が、決して少なくはない。これはどうしても、杭頭の載荷重が杭周囲の摩擦によって地盤に伝達されているとしか考えられない。杭体の応力の測定結果がまだ発表されていなかった当時の学界のこの意見に対する反響は、“杭体のヤング係数はコンクリート杭で  $2 \sim 5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$  であり、

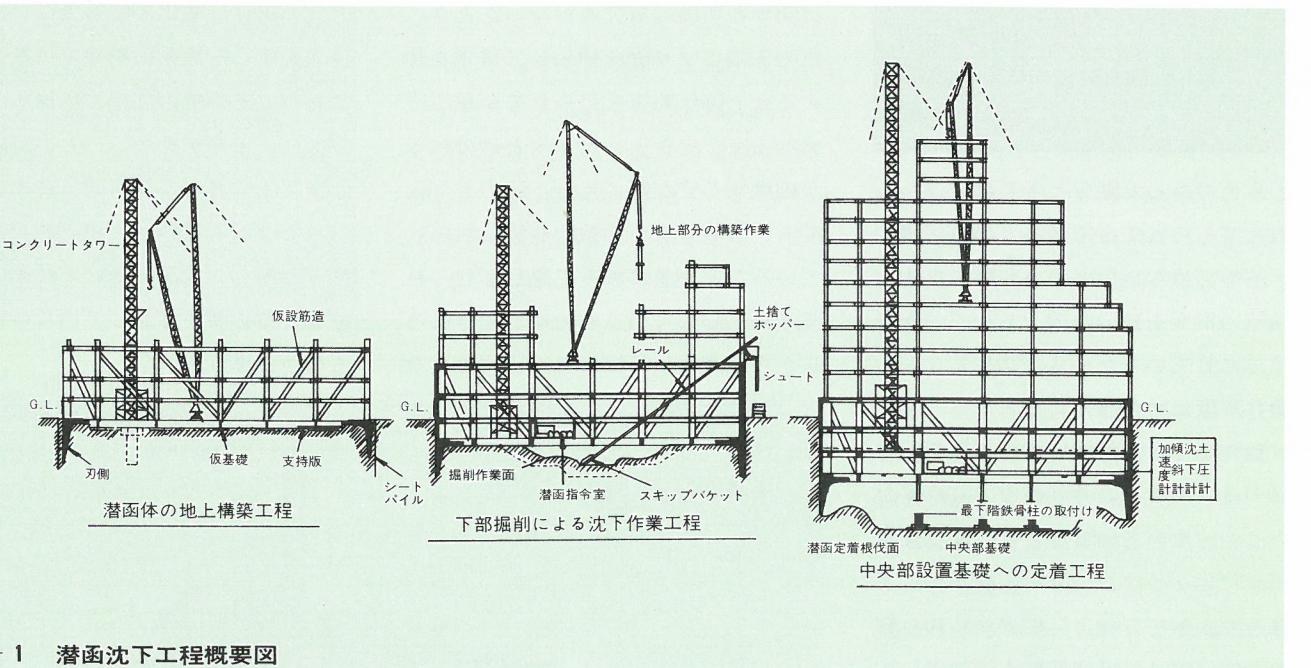


図-1 潜函沈下工程概要図

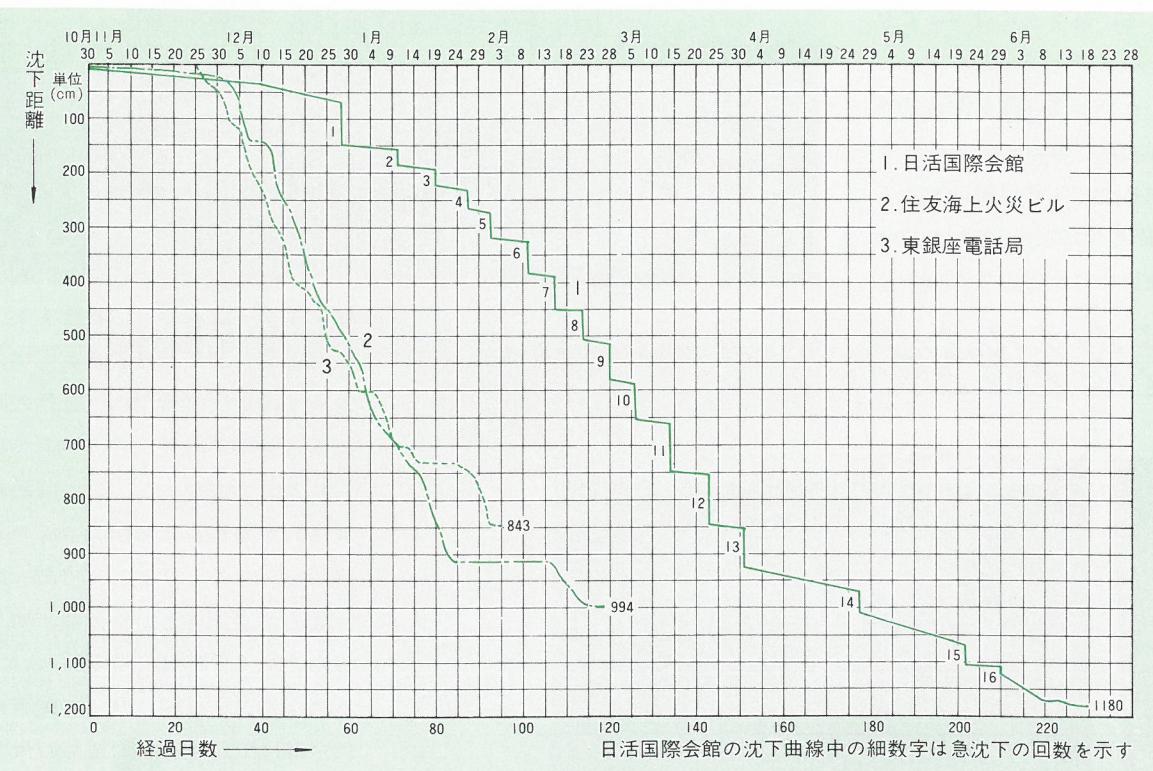


図-2 各潜函工事沈下過程

急沈下回数	傾斜角	急沈下回数	傾斜角
第1回	0.0306 rad	第9回	0.0038 rad
2	0.0155	10	0.0024
3	0.0084	11	0.0068
4	0.0139	12	0.0039
5	0.0075	13	0.0016
6	0.0060	14	0.0045
7	0.0056	15	0.0050
8	0.0033	16	0.0020

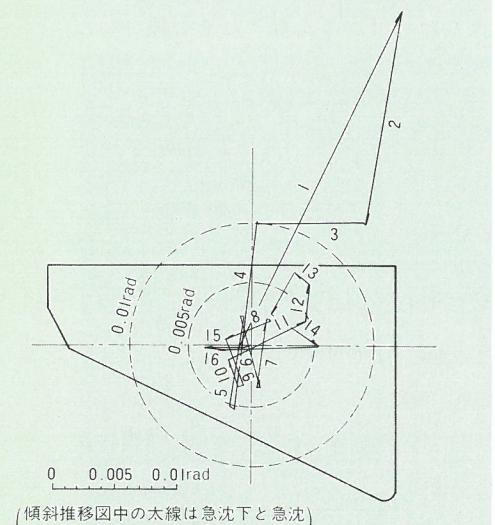


図-3 潜函の傾斜の推移図

土のヤング係数的な値は固い場合で $10^3$  kg/cm<sup>2</sup>程度である。少なくとも2桁は剛性が異なる。杭頭の応力は誤差的な値を別にすればほとんど杭先端に伝達しているはずであり、変形が合わないのは地盤中の挙動にいまだ不可解な部分として残されている現象に属するものであろう”、というものであった。これは杭先端部での地盤のバネを考えれば、おかしな議論ということになろうが、当時としてはいくら変形の連続性を述べても相手にされなかった経験がある。

ある。<sup>4)</sup>その後、海外の文献でもまた載荷試験時の応力の測定結果でも杭頭荷重の周面摩擦による地盤への伝播は報告され、今では当り前の常識となってしまっているが、こんなこともあつたのである。日本の学界、業界などでは、権威の誰かが述べたことが鉄則のように、批判なしに受けがれることは昔はあったようである。三つの視点からの連続性がつかないことは、いずれにしても、納得の行くまで検討をする必要があると思っている。

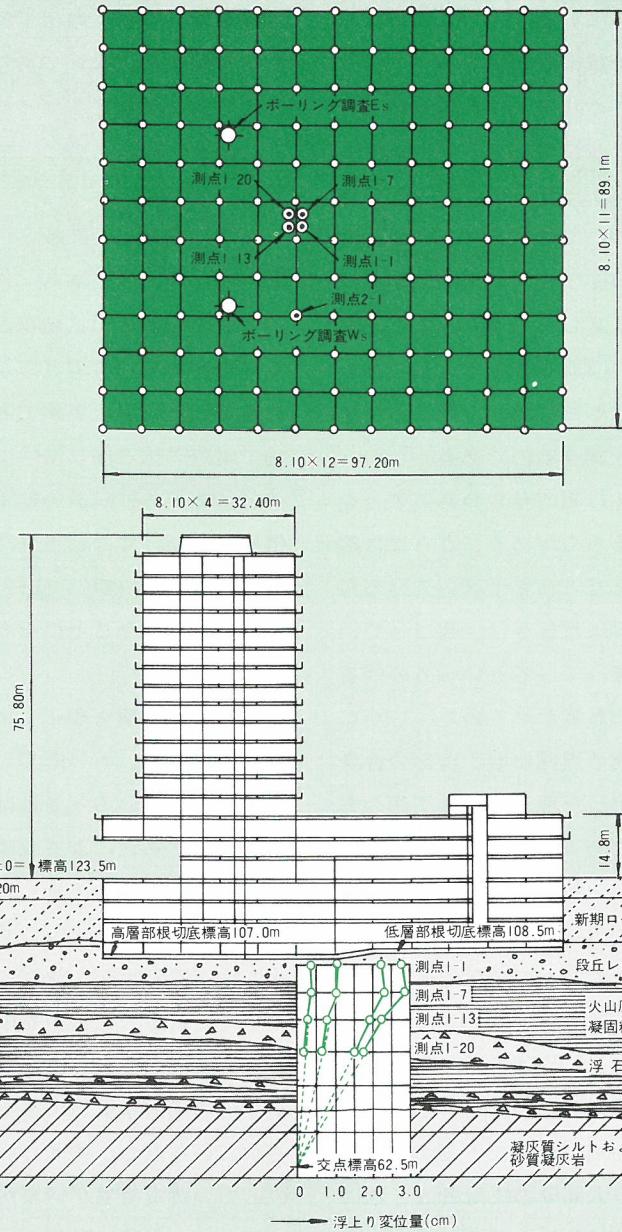


図-4 土層断面と建物平面

### ●データによって弱ったこと

大井町第一生命社屋は神奈川県の大井町の丘陵の上に建設された。図-4に示すように地下3階の総地階の上に、地上17階の高層部と地上3階の低層部とをもつ、建築面積約9000m<sup>2</sup>の大建築物であった。地盤は図に見る新規ローム層の下に段丘レキ層があり、建物はこの段丘レキ層に床付けさせるのであるが、その下部に火山灰質凝固粘土とシルト質または砂質の凝灰岩が堆積している。いずれも洪積層とされている良質な地盤であった。しかし基礎版の下部に堆積する凝灰質粘土に対する土質試験結果を見て弱ってしまった。この土が荷重の除去と載荷によって弾性的な変形をおこす土であることを示していたからである。この土の上部のローム層を16m分取り去り、その後に低層部では除荷した土よりも軽く、高層部ではそれより重い荷重を加える工事を行なうのである。施工に伴う地盤の変形によって建物に有害な亀裂が発生しないか、憂慮されたのである。一般の常識からすると、あんな地盤のよい所で土を掘ってその上に建物を建てるのに、そんな心配をするなど論外と考えられた。ともかく走りまわって掘削時に根切下部の土の挙動を調べてもらうことにした。その結果が図-6である。(図-5に示した)データさえなければ、こんなことをお願いした

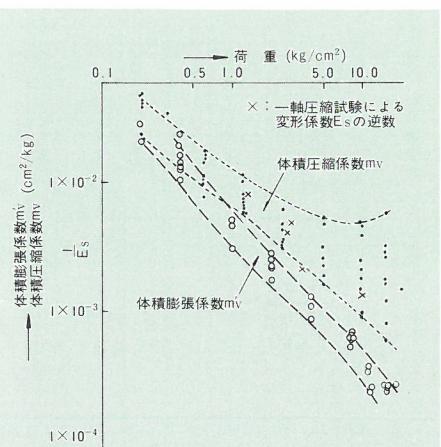


図-5 室内試験による $m_v \cdot m_v \frac{1}{E_s}$  の関係

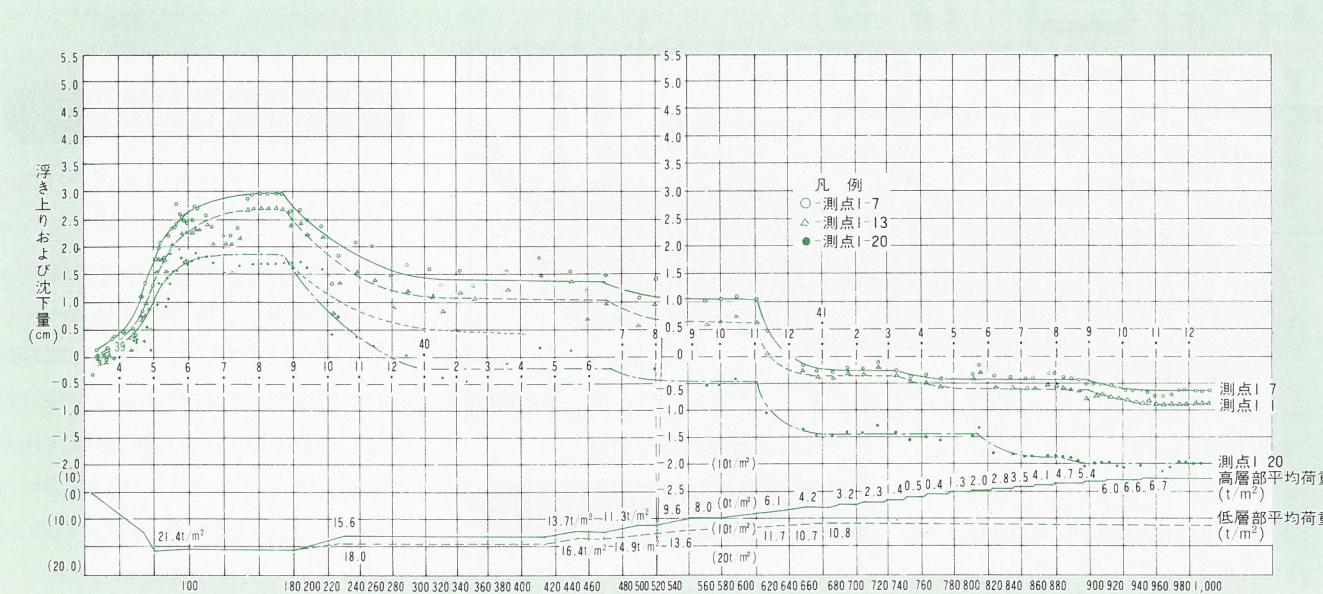


図-6 第一生命ビル建築に伴うリバウンドおよびセット量の測定結果

りはしないのですが”、と汗をかきかき頼みまわって予算を出してもらったのであるが、結果は図-4、図-6に示すようにやはり動いていたのである。高層部と低層部の間に縁を切って建物のコンクリートの打設を行ない後でこれをつなぐという方法で無事施工は終ったが、データがたいへんな情報を示唆するとき、科学的にまたは技術者として良心的にこれに対処することは、随分とつらく、弱る場合があるのである。

### ●“担当している技術者が一番よく知っているのでしょうか。”

これは最上武雄先生のお言葉である。私は昭和32年から、竹中工務店が導入したベノトピアの支持力設定のためのプロジェクトに奔走させられた。当時はこのような場所打ち杭に対する支持力の認可の基準がなかったのである。当時あったのは、木田式深礎工法に対する先端面積に対して100t/m<sup>2</sup>まで認めるというもののみであった。外径約1mの当時のベノトにこの規準を適用すると、1本当たり78t程度しか認められないことになり、実際に使えないくなってしまう。

都庁に各種の資料を提出しご検討をお願いしたが、載荷試験で確認するこ

ととなり、大手町の三井生命本社で700トンまで、同じく大手町の日本長期信用銀行本店で1,000トンまで、パレスホテルで1,000トンまで、南千住の東京スタジアムで1,000トンと載荷試験を行なってきた。アースドリルも出現てきて、数多くの載荷試験データがもたらされた頃、これら場所打ち杭に対する支持力についての見解をまとめた会議が30年代の後半に日本住宅公団で開かれたことがあった。住宅公団の方々、大学の先生方など多くの方々が集まつた会議であったが、討議の末、総合的な意見が最上先生に求められた。先生は、“私は学者であって、この問題にとくに造詣が深いわけではない、したがって私としての見解を述べるわけにはいかないが、先刻から聞いていると、この問題を実際に担当してきて随分苦労されて、それなりの見解をもたれている人々がいる。現時点としては、これらの担当している技術者が一番よく知っているのでしょうか。”

この人達の意見をよく聞いて取りまとめられたらどうでしゅうか”と述べられたのである。最終まとめを求められたとき、誰だって格好のよいことをいいたいものであり、とくに大会議であればなおさらであろう。大先生でな

ければ、心から敬服させられたものである。それとともに“担当している技術者が一番よく知っているのでしょうか”この言葉は、真剣に問題に立ち向っている技術者に対する何よりの励ましの言葉であり、技術者は甘え心なく主体的に専門家として立ち向わねばならないことに対する厳しい教訓であるように思っている。

技術者は、この世の中に価値を創造する使徒であり、事実に対して謙虚に、データに基づいて真剣に、技術者魂でのぞむならば、必ず自然はすばらしい予測を許してくれ、技術の確立を認めてくれるものと考えている。

専門職から引き離され、管理職として堕落してしまった現在の私からは、現役の専門職の方々に心からのエールを送りたい。

### 参考文献

- BCP委員会：砂層に支持されるくいの支持力に関する実験的研究、1969年7月
- M. ENDO: Relation between Design and Construction in Soil Engineering—Deep Foundation: Caisson and Pile Systems, Proc. Specialty Session No. 3, IX th ICSMFE, 1977
- 大内二男：日活国際会館工事より見た潜函沈下時のシルト質地盤の破壊現象、土と基礎、Vol. 9, No. 1, No. 6, 1961
- 遠藤正明：支持ぐい(ビヤ)載荷試験の検討法について、日本建築学会論文報告集第69号, p797~800, 1961

銅管杭  
ゼミナール

# 道路橋下部構造設計指針の改訂による 钢管杭設計法の主な変更点

## I. まえがき

このたび(社)日本道路協会では従来の「道路橋下部構造設計指針」(以下旧指針と呼ぶ)にかわり、新たに「道路橋示方書(IV下部構造編)・同解説」(以下新示方書と呼ぶ)を作成した。

## II. 新示方書の主な改訂点

このたび(社)日本道路協会では從来の「道路橋下部構造設計指針」(以下旧指針と呼ぶ)にかわり、新たに「道路橋示方書(IV下部構造編)・同解説」(以下新示方書と呼ぶ)を作成した。新示方書は建設省道路局長および都巿局長の通達により、昭和55年度以降

### 3章 設計一般

本章は、コンクリートの許容せん断応力度を土木学会のコンクリート標準示方書の一部修正(土木学会誌54年11月号)に対応して修正した点が大きな変更点である。

3章 設計一般

旧指針と呼ぶ)にかわり、新たに「道路橋示方書(IV下部構造編)・同解説」(以下新示方書と呼ぶ)を作成した。新示方書は建設省道路局長および都市局長の通達により、昭和55年度以降の事業に適用されることになっていて、本章は、コンクリートの許容せん断応力度を土木学会のコンクリート標準示方書の一部修正(土木学会誌54年11月号)に対応して修正した点が大きな変更点である。

表-2 コンクリートの許容圧縮応力度およびせん断応力度 (kg/cm<sup>2</sup>)

コンクリートの設計基準強度( $\sigma_{ck}$ )		210	240	270	300
応力度の種類	曲げ圧縮応力度	70	80	90	100
	軸圧縮応力度	55	65	75	80
せん断応力度	コンクリートのみでせん断力を負担する場合 ( $\tau_{a1}$ )	3.6	3.9	4.2	4.5
	斜引張鉄筋と協同して負担する場合 ( $\tau_{a2}$ )	16	17	18	19

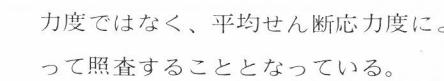
表-2に新示方書におけるコンクリートの許容応力度を示すが、コンクリートのみでせん断力を負担する場合の値  $\tau_{a1}$  および斜引張鉄筋と共同して負

そこで今回は、鋼管杭の設計、施工に関連すると思われる主な変更点について紹介する。

担する場合の値  $\tau_{a2}$  が旧指針の値に比べてかなり小さな値となっている。

表-1 新示方書と旧指針の対応

道路橋示方書・同解説、IV下部構造編	道路橋下部構造設計指針の各篇
1章 総則	調査および設計一般篇
2章 調査	"
3章 設計一般	"
4章 橋脚、橋台の設計	橋台・橋脚の設計篇
5章 基礎一般	直接基礎の設計篇
6章 直接基礎の設計	ケーソン基礎の設計篇
7章 ケーソン基礎の設計	くい基礎の設計篇
8章 くい基礎の設計	ケーソン基礎の施工篇
9章 施工一般	くい基礎の施工篇
10章 ケーソン基礎の施工	場所打ちぐいの設計施工篇
11章 既製ぐい基礎の施工	
12章 場所打ちぐい基礎の施工	



8章 くい基礎の設計

本章では、最近の杭打ちに伴う騒音や振動などの環境問題に対処するため低振動低騒音杭工法が採用されるケースが増えており、低振動低騒音工法による杭の支持力算定法が新たに規定された。既製杭の低振動低騒音工法としては、中掘り杭工法、埋込み杭工法があるが、このうち埋込み杭については建築基礎としては多用されているものの、水平力の大きな道路橋の基礎としては信頼性が十分でないため適用から除外し、新示方書としては中掘り杭を取り上げ、施工法とのかねあいからその支持力算定法について規定している。

図-2 杭先端地盤の極限支持力  
度 $q_d$ の算定図（新示方書）

表 4 滑面摩擦力係数 (1口指針)			(単位: t/cm)
地盤の種類	杭の種類	既 製 杭	場 所 打 ち 杭
砂 質 土		$\frac{N}{5}$ ( $\leq 10$ )	$\frac{N}{2}$ ( $\leq 12$ )
粘 性 土		C または N ( $\leq 12$ )	$\frac{C}{2}$ または $\frac{N}{2}$ ( $\leq 12$ )

表-5 周面摩擦力度（新示方書）

地盤の種類	施工法	打込み杭工法	場所打ち杭工法	中掘り杭工法
砂 質 土		0.2N(≤10)	0.5N(≤20)	0.1N(≤5)
粘 性 土	CまたはN(≤15)	CまたはN(≤15)	0.5Cまたは0.5N(≤10)	

る  
端  
がかなり報告されている。そこで、新  
示方書ではこのようなことを防止する  
ため解説中に、“支持層が明確とみなせ

十分に考慮して適切な根入れ長さを決定するように注意喚起してある。

### (2) 中掘り杭

る地層においては、無理に  $N \geq 40$  の層へ、根入れ比  $\geq 5$  となるように根入れさせることを奨めているわけではなく、また、設計者は現場施工を配慮して設計を行なうとともに、現場施工に当っては、十分な支持力が得られているにもかかわらず、無理に杭を貫入させ、杭体を破損させないように注意しなければならない。”という趣旨の文章を

旧指針の改訂時点では、載荷試験データが少なく、その支持力性状も不明確であったため支持力算定法は明示されていなかった。しかし、その後、環境問題により中掘り工法が多用されるようになってきており、その支持力算定法の基準化に対する要望に応えるため、載荷試験データを収集して検討し新たに規定が設けられた。

入れて、設計段階においても施工性を

表-3 中掘り杭の先端極限支持力

先端処理方法	先端支持力度の算定法
打込み工法（最終打止め管理）	打込み杭の算定法を適用する。
<b>セメントミルク</b> 噴出攪拌方式	先端支持力度 ( $t/m^2$ ) $q_a =$ $10N (\leq 400) \text{ 砂層}$ $15N (\leq 600) \text{ 砂れき層}$ ここに、 N : 杭先端位置のN値
<b>コンクリート</b> 打設方式	場所打ち杭の先端支持力度を 適用する。

指針と同じくN値あるいは粘着力Cをもとにする。ただし、N値の小さい範囲では信頼性が乏しいので、N≤2の軟弱な地盤では周面摩擦抵抗を考慮してはならないこととなった。

打込み杭の場合は、砂質土、粘性土とも旧指針と数値は変わらないが、粘性土においてはその上限値が従来の12t/m<sup>2</sup>から15t/m<sup>2</sup>と大きくなっている。

場所打ち杭の場合、従来より先端支持力を下げて周面摩擦力度を上げることとしたため、砂質度の上限値を12t/m<sup>2</sup>から20t/m<sup>2</sup>、粘性土の数値をC/2またはN/2からCまたはNと2倍にし、その上限値についても12t/m<sup>2</sup>から15t/m<sup>2</sup>と大きくしている。

中掘り杭の周面摩擦応力度に関しては、旧指針では規定がなく、周面の摩擦抵抗を無視するか、適切な低減を行なうよう注意喚起するに留まっていた。しかし、新示方書では、設計者からの要請に応えるため、載荷試験から求めた極限支持力に対して、先端支持力度と周面摩擦力度の両者を含めて検討した結果、表-5のように規定されたものである。なお、この規定は第11章既製ぐい基礎の施工のところで、掘削途中において杭径以上の拡大掘りおよび先掘りをしない中掘り杭についてのみ適用すると規定してあるので、この点注意を要する。

**3. 地盤から決まる杭の極限支持力R<sub>u</sub>**  
杭の極限支持力は先端支持力と周面摩擦力の和として求められるが、新示方書では杭の極限支持力の推定精度を上げるために、前述のように先端極限支持力度q<sub>a</sub>と最大周面摩擦力度f<sub>i</sub>の両者について載荷試験データを検討し改訂（中掘り杭については新設）したが、この方法による極限支持力の計算値と、載荷試験から求めた極限支持力の実測値とを打込み杭について比較したものを見図-3に示す。

## 9章 施工一般

この章は、第10章から第12章までのケーソン基礎、既製杭基礎、場所打ち杭基礎の施工に関して重複した記述を避けるため、各基礎で共通の項目を取りまとめて設けられたものである。

調査については、「第2章調査」において記述してあるが、施工前あるいは施工中には第2章で規定する調査に加えて、さらに施工のための独自の調査が必要となる場合が多い。このため、「9.2施工のための調査」という項を設け、安全で確実な施工を実施するよう規定されている。

さらに、施工計画書の作成について規定するとともに、基礎の施工に伴う技術上の管理を行なうため、知識経験のある管理技術者を設置するようにも義務づけられた。

## 11章 既製ぐい基礎の施工

既製杭基礎の施工は、打込み杭工法および中掘り杭工法の2工法から成る。

打込み杭工法については、最終打止めの項において、打撃回数や最終貫入量などの解説によってトラブルを生じた。

しかし、中掘り杭工法でも、地盤をあらかじめ所定の深さまでオーガーな

防ぐため、次のように解説を書き直している。

“打止め時貫入量、および杭1本を打込むのに適当な打撃回数は、杭の種類、長さ、形状、地盤の状況などにより、一義的に定めることは不可能である。打止め時一打当たり貫入量については、2~10mmを目安とする。とくに、打止め時の1打当たり貫入量を2mm以下で続けると杭材のみならず、ハンマにも悪影響をおよぼし、損傷の原因となる。

なお、支持力が十分得られると判断される場合や摩擦杭とする場合は貫入量にこだわらなくてもよい。”

また、いろいろなトラブルを生じいた原因の一つにハンマの選定ミスが挙げられる。そこで、杭種ごとに杭径と杭根入れ長さをもとにしたハンマ選定図を作成し、適切なハンマを選定するよう便宜をはかっている（図-4参照）。

中掘り杭工法は、最近の振動騒音などの環境問題に対処するために今回新たに設けられたものである。

しかし、中掘り杭工法でも、地盤をあらかじめ所定の深さまでオーガーな

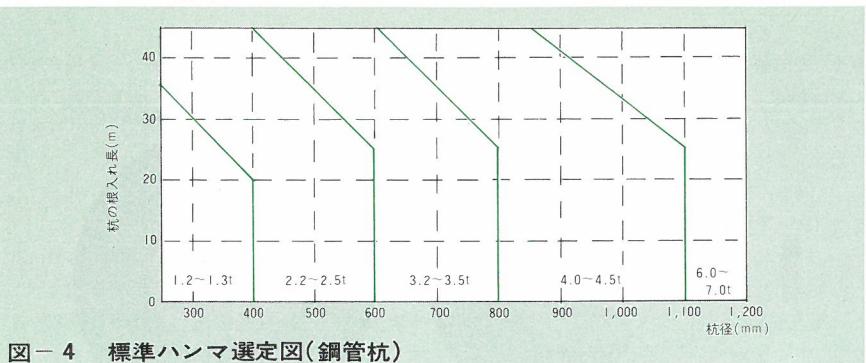


図-4 標準ハンマ選定図(鋼管杭)

どによって掘削しておき、その孔の中に既製杭を設置するという埋込み杭工法（プレボーリング工法）は、支持力性状が不明確で道路橋の基礎としては信頼性が十分でないと判断され、今回の示方書の適用から除外された。

したがって、新示方書では次のように定義されるものを中掘り杭工法としている。

“先端開放の既製杭の内部を通して掘削しながら、杭を所定の深さまで圧入や軽打により貫入させたのち、所定の支持力が得られるようハンマで打込むか、杭先端部をセメントミルクあるいはコンクリートで処理する工法”

また、杭の掘削および沈設に関しては、“掘削作業中は、原則として杭先端より先掘りを行なってはならない。ただし中間層が、比較的硬くて貫通が困難な場合は、杭径程度の先掘りを行なうことはやむを得ないが、杭径以上の拡大掘りは行なってはならない。”という解説を記述し、拡大掘りおよび先掘りは原則として禁止された。

杭の先端処理工法としては、①打込みによる方法、②セメントミルク噴出かくはん方式、③コンクリート打設方式の3方法を取り上げているが、①と③はそれぞれ打込み杭工法、場所打ち杭工法の規定に準拠して施工し、②のセメントミルク噴出かくはん方式については、杭が所定の深さまで達した後、セメントミルクを所定の圧力で噴出しながら杭先端部周辺の砂質土と十分かくはんして根固めるものとされている。

杭の重量比であり、ヤットコを使用する場合には、W<sub>P</sub>は杭とヤットコの重量を加えた値とする。

表-6 準正係数

杭種	e <sub>o</sub>	e <sub>f</sub>
鋼杭 (中掘り最終打撃杭を含む)	1.5W <sub>H</sub> /W <sub>P</sub>	2.5
コンクリート杭 (PC杭、RC杭)	2 W <sub>H</sub> /W <sub>P</sub>	2.5
中掘り最終打撃杭 (PC杭)	4 W <sub>H</sub> /W <sub>P</sub>	10

上式は、第1項が波動理論による動的先端支持力の近似値であるが、e<sub>o</sub>およびe<sub>f</sub>は載荷試験から得られる静的支持力との関係より求めたものである。

Hileyの式と比べると、ハンマの落下高(H)、杭の貫入量(S)などを測定する必要がなく、そのかわり、杭材の長さ(ℓ)、周長(U)、断面積(A)、および杭周面の平均N値(̄N)などの項目により支持力を算定するようになっている。

また、上式は試験杭の打止め管理式として使用するだけでなく、本杭の支持力を確認する方法としても用いてよいことになっている。

## III. あとがき

鋼管杭協会では、「鋼管ぐいーその設計と施工ー」を作成し、鋼管杭の設計・施工に携わる技術者の参考書となるよう広く配布しているが、今回の新示方書の完成により、新しい基準による設計計算例が必要となってきた。

そこで、当協会では新示方書の下部構造編の概要と実際の計算例を示した「道路橋示方書(IV下部構造編)・同解説の概要および橋台・橋脚基礎の設計計算例」(昭和55年6月)を作成したので、参考にされるとよい。

なお、ここで紹介した旧指針と新示方書の変更点の内容については、(社)日本道路協会が作成した「道路橋に関する地区講習会講義要旨」(昭和54年度)より引用させていただいた。

文責:新日本製鐵株  
建材販売部道路橋梁技術サービス課  
川上圭二

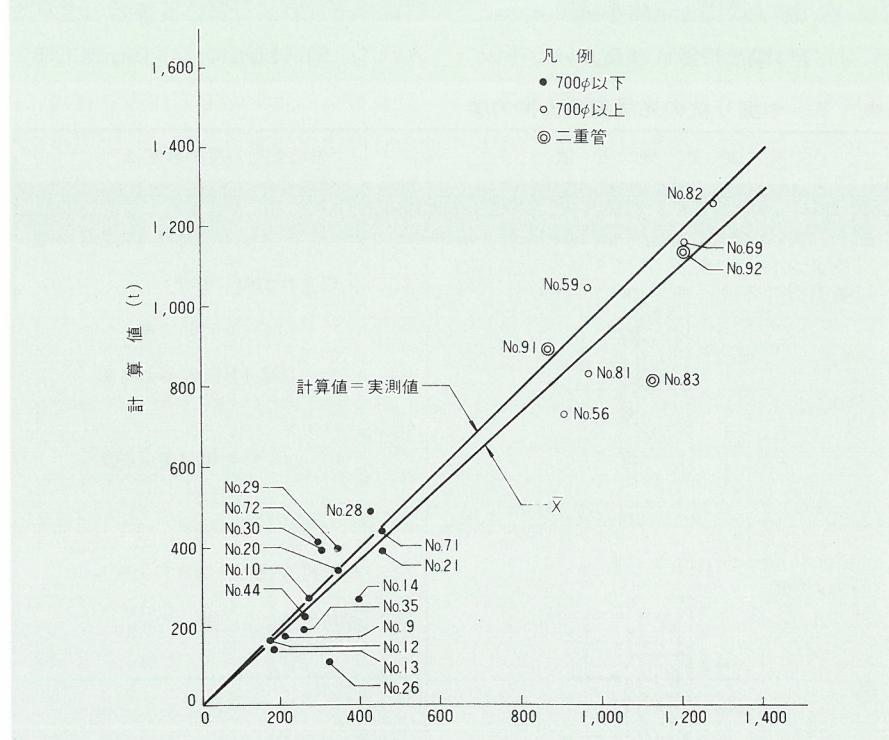


図-3 打込み杭の極限支持力の比較

# 西から東から

## ●昭和55年度定時総会開催さる

当協会では、去る5月28日、昭和55年度定時総会を開催した。

同総会では藤木俊三会長の再任を決定するとともに、田中柳之助専務理事をはじめ常任理事、理事、監事等を再選した。

本年度の事業活動としては、運営委員会、市場開拓委員会、特別技術委員会、技術研究会の4委員会をフルに活用し、鋼管杭の需要開拓に積極的に取組むとともに、なかでも東京湾横断道路、関西新空港の2大プロジェクトに照準を合わせ、基礎調査等に積極的に取組んでゆく方針である。

## ●孫田新局長就任

当協会事務局長・新山茂は、かねてより病気療養のため協会業務から離れていたが、療養が長期間にわたるため、このほど辞任、5月1日付けをもって会員会社より出向の孫田杜喜夫が新事務局長として就任した（写真）。

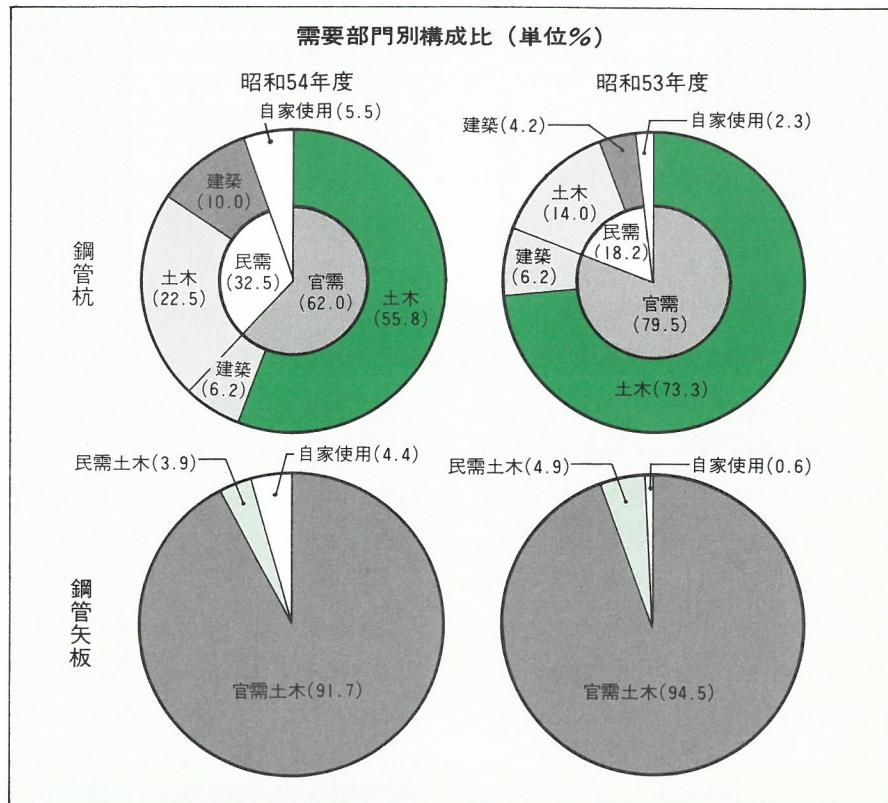


## ●昭和54年度受注実績まとまる

このほど昭和54年度の受注実績がまとまった。

これによると右記の通り。

前年度との比較では、54年度は外販部門で約17%増（鋼管杭約17%増、鋼管矢板19%増）となっており、自家使



用分も増え、全体で21%増（約20万トン）となった。

需要部門別構成は上記の通りである。

	合計		合 計
	鋼管杭	鋼管矢板	
土木	521	186	707
	58	—	59
官需計	579	187	766
	210	8	218
建築	94	—	94
	304	8	312
外販合計	883 (754)	195 (164)	1078 (918)
自家使用	52 (18)	9 (1)	61 (19)
総合計	935 (772)	204 (165)	1139 (937)

単位：千トン、カッコ内は53年度実績

## ●技術研究会を新設

このほど、特別技術委員会に並列して「技術研究会」を設置した。

この技術研究会は、特定課題に的を絞って調査研究するものであり、そのメンバーは、特別技術委員会委員、分科会委員および鋼管杭メーカー委員で

## ●鋼杭基礎の設計・施工講習会を当協会が共催

日本鋼構造協会では毎年鋼構造物に関する講習会を開催しているが、55年度についても8月以降テーマごとの講習会を予定している。

このなかで、9月に行なわれる「鋼杭基礎とその設計・施工」については当協会が共催することになった。この講習会は、最近の資料、実例に基づく土木・建築における鋼杭基礎工法の設計から施工までを、学識者により講演するもので、基礎技術、最新・最近の技術テーマの解説など内容は広範囲に及んでいる。

なお、同講演会の日程は下記の予定である。

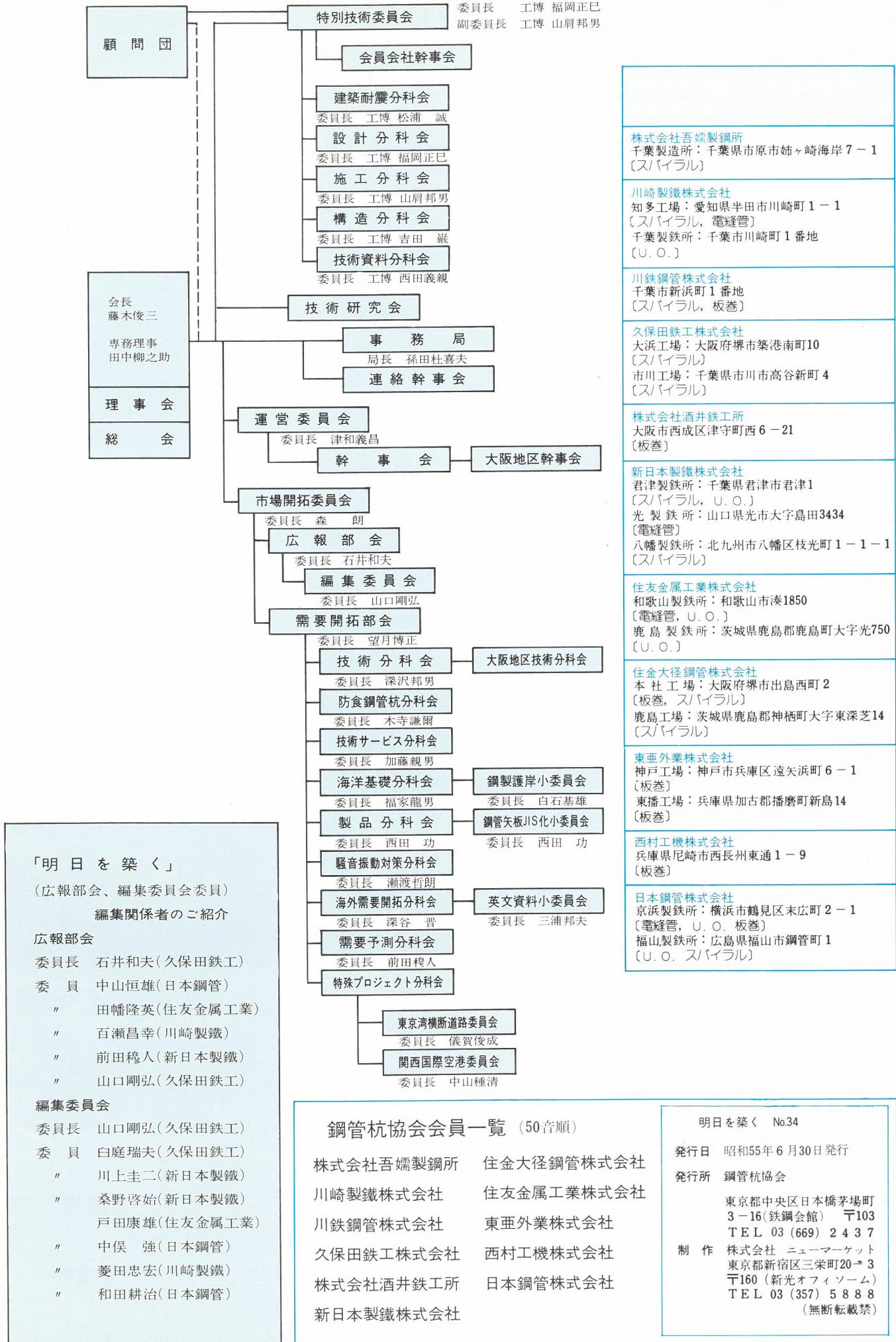
○ 9月25日・26日 東京(場所未定)

9月30日 仙台(場所未定)

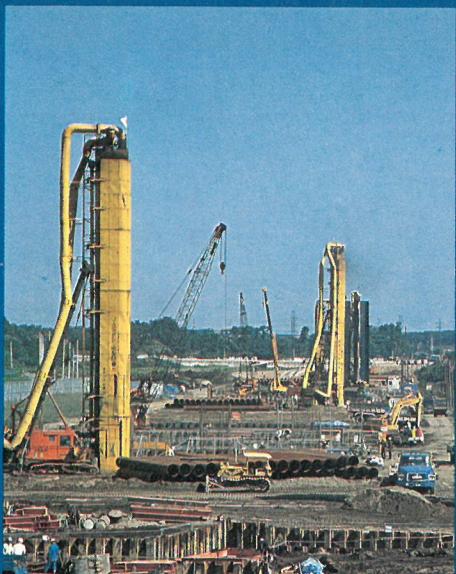
同講習会についての詳細は、日本鋼構造協会または当協会宛お問い合わせ願いたい。

# 鋼管杭協会組織図

(昭和55年6月30日現在)



# 活躍するJASPP型防音カバー



安全・確実なディーゼルパイルハンマ<sup>ク</sup>い打工法の打  
撃音を全体カバー方式で遮断、規制値をパーフェクトに  
クリア。

## 特長

- 従来工法に比べ、20dB(A)以上減音可能。
  - 自動開閉機能により作業性は抜群。
  - 全体カバー方式により油の飛散はほとんどなし。
  - 斜ぐい打ちも可能
- なお、詳細については、当協会へお問合せください。



## 鋼管杭協会