

明日を築く38

REPORTAGE

厳しい自然のなかで—

建設すすむ

知内火力発電所

鋼管杭セミナー

钢管矢板施工標準

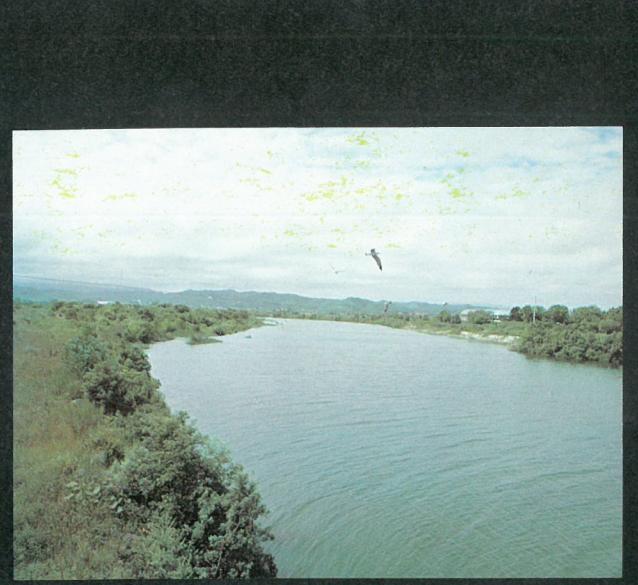
同解説



钢管杭協会機関誌



津軽海峡に消えてゆく青函連絡船



もくじ

- ルポルタージュ(38)……………1
厳しい自然のなかで建設すすむ知内火力発電所
- 鋼管杭セミナー……………6
鋼管矢板施工標準・同解説
- 鋼管杭レポート……………10
東京湾横断道路大口径鋼管杭水平載荷試験について
- くいみてある記……………15
シドニー大学を訪ねて 岸田 英明
- 西から東から……………16
- 文献抄録……………17

表紙のことば

夏——津軽海峡は、おだやかに晴れわたり、つかの間の夏をいとおしむように、紺碧の海面を白い波頭が走る。見事に色づいた稻穂もゆるやかにわたる海風に心地よさそうに頭をかしげている。きびしい冬の気候など想像だにできない。

いま、この地——知内町に渡島半島の電力安定供給をはかって、火力発電所の建設が急ピッチですすめられている。

編集MEMO

日影を求めて歩くこの頃、毎日厳しい暑さが続きます。暑中お見舞申し上げます。

「明日を築く」38号をお届けします。今号の「鋼管杭セミナー」では複雑になっていた鋼管矢板の施工法を標準化した「鋼管矢板施工標準・同解説」と、注目を集める東京湾横断道路に関する研究をまとめた鋼管杭レポート「東京湾横断道路大口径鋼管杭水平載荷試験について」が目玉です。

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。

REPORTAGE 38
ルポルタージュ

厳しい自然のなかで建設すすむ知内火力発電所

北海道電力(株)知内火力発電所建設所

近年、電力をめぐる話題はつきない。オイルショックによる火力発電燃料・石油の高騰、これにともなう石炭の見直し、そして原子力発電の将来性等々……。水力発電に限界がある以上、これに替るエネルギーとして、さまざまな燃料が使用されてきているが、それぞれ一長一短があり、長期的な見通しに立てば決め手となるようなものではない。また、地熱発電などにも大きな期待が寄せられているが、これとて大需要をまかなうほど本格的に実用化されていない。さしあたっては、原子力発電に負うところが大きいわけだが、過日の敦賀原子力発電所やアメリカにおける事故、そして国際的になっていているともいわれる原発反対運動等、まだまだ解決しなければならない問題も多々ある。

しかし、そもそも言つてはいられない。現実の問題として、電力需要は日に日に増し、どうしても電源開発を推しすすめていかなければならぬのだから。

そこで、今号では、増大する電力需要に対応すべく、現在建設すすむ北海道電力(株)知内火力発電所建設計画にスポットを当てた。



函館——この町が発展したのは、江戸時代末期、1854年に神奈川条約が結ばれ、箱館（現在の函館）と下田の2



図1 計画地位置図

港の開港がきまってからのことである。

以後、1859年には、神奈川（横浜）、長崎、新潟、兵庫（神戸）の各港とともに開港し、外国船の入港も多くなり、北洋漁業の根拠地として飛躍的な発展を遂げたのである。

いまは、青函連絡船が通い、北海道の表玄関としてのイメージが強い。目の前にその連絡船が着岸している。3月ということもあり、雪が降りしきり、「連絡船」という言葉が持つ“うらさびしさ”をいやが上にも盛り上げている。

送迎デッキに立つてみると船上デッキに17~18才だろう、女性がひとり。降りしきる雪、そしてこの寒さのなか、船上デッキにはほかにだれひとりいない。送迎デッキには、同年代の女性が

歴史の街

函館

さて、函館駅から車を駆り、湯川温泉を抜けてしばらくゆくと、あの五稜郭がある。江戸時代最後の築城であるこの城は、現在では桜の名所となって



いるが、建物はない。星濠が星形をしているので、この名があるが、この城を有名にしたのは、明治維新、江戸開城後も政府軍にくだることを好まなかつた榎本武揚らが、この城にたてこもつた五稜郭の戦であろう。

1868年、軍艦8隻をひきいて品川沖を脱走、仙台藩領に寄港して、仙台・会津両藩兵を収容し北海道に上陸、函館・五稜郭を攻撃して、時の函館府知事を追い、さらに松前・江差を陥れ、蝦夷地を平定した。しかし、その後、政府軍によって鎮圧されることになる。

この戦跡五稜郭も、いまは濠割だけ。すぐ近くに五稜を見おろせるタワーができ、市民の憩の場と化している。

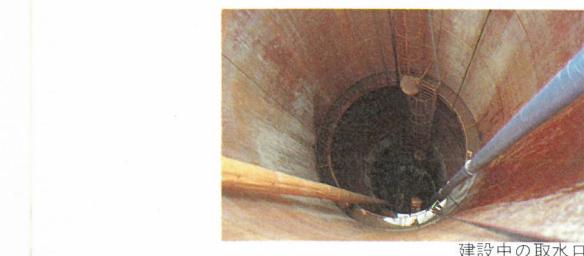
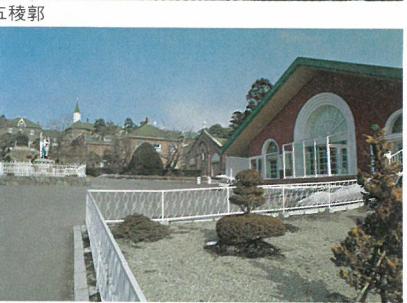
さらに東へ15分ほど走ると、カトリック信者にはなじみの深いトラピスチヌ女子修道院がある。レンガづくりの修道院は、夏ならばうっそうと繁るであろうたくさんの樹々に囲まれ、その静けさがいっそう莊厳さをたかめている。このトラピスチヌ修道院とともに、

市の西にあるトラピスト男子修道院も有名だが、取材班、これには目もくれずトラピスチヌへまっしぐら。しかし、尼僧の姿は僧衣さえ見ることはできなかった。中庭に立つキリストを抱く聖母マリアの像がやけにまぶしく、きびしかった。

ゆっくり走ろう 北海道

次第に雪が小降りになってきた。再び函館駅前を通り、一路知内へ向かう。市内を一望できる函館山を背に市内を抜ける。海岸ぞいに国道228号を西へ、七重浜、久根別、茂辺地、当別、三ツ石と過ぎる。この間、すぐわきを松前線が走る。この松前線も国鉄の赤字線廃止方針により、57年度以降に姿を消すことになる。

さて、時間に追われている取材班、急ぎたいのだが、「制限時速40km」、これをまわりの車がすべて守っているので、スピードを上げるわけにゆかない。北



海道で日頃の都会のストレス解消をもくろんだが、あえなくフラストレーションを重ねることとなった。このあたりは、北海道独特の雄大な景色というにはほど遠く、杉の木立や松並木そして農家のようなすなど、北海道らしくない東北地方の延長のような風情である。木古内を過ぎれば知内はもう目の前だ。知内川を渡る。この川には、数年前アキアジ（鮭）の稚魚が放流され、一昨年には相当数が川をのぼったといふ。遠く杭打ち機の頭が見えてきた。いよいよ知内火力発電所建設現場である。

伸びつづける 電力需要

北海道では年々電力需要が伸びており、昭和54年度に約160億KWhの需要量が年々6%前後ふえつづけ、60年度には約220億KWhにものぼるものとみられている。このような需要量の伸びに対し、北海道電力では、電力の安定供給をはかってゆくために、すでに55年度には瀬戸瀬水力発電所(2.5万KW)、苦東厚真石炭火力発電所1号機(35万KW)の運転を開始しており、さらに建設中のものも含めて、10か所の発電所建設を計画している。

これらの計画は、長期的展望のもとに、需要動向、エネルギー情勢を考慮し、脱石油を基調に、原子力を将来の基幹供給源としている。さらに貴重な

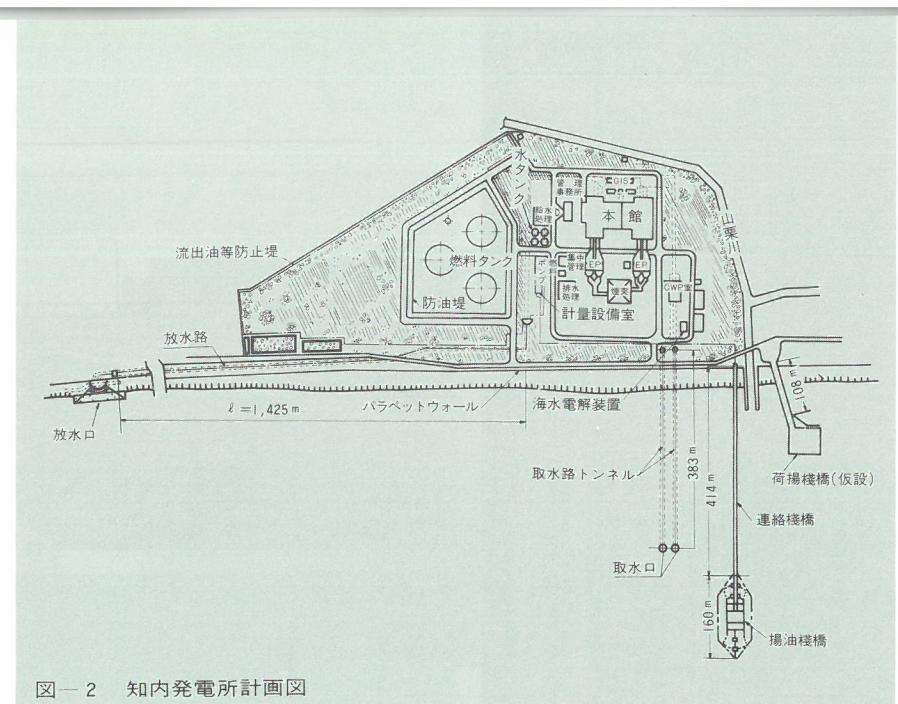


図-2 知内発電所計画図

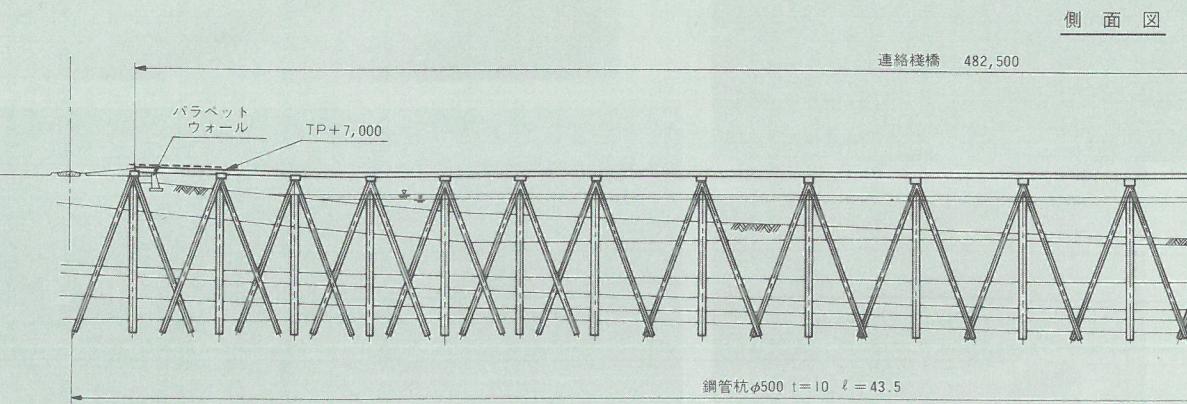
国内エネルギー資源である水力・地熱などの開発についても積極的に推進してゆく方針である。

この中のひとつが知内火力発電所であり、中期的な電力供給の基盤として期待されており、計画中のものの中ではただひとつの石油専焼の発電所である。

同発電所は、北海道全体の需給バランスをはかるばかりでなく、とくに現在、道央、室蘭方面から送電線により供給されている道南地方の電力安定供給を目指している。

大きな荷重を支える 鋼管杭

計画にあたって数か所の候補地を選定、さまざまな角度から検討を加えた結果、最終的に知内町および隣接する福島町、木古内町の合意を得て、知内に決定された。



分な鉛直支持力および水平支持力を得るために、φ600mmの鋼管杭が採用されることになった。そのほか揚油棧橋についても、波力、接岸力などの大きな水平力に十分耐えるものとして鋼管杭に決定された。

順調にすすんだ 杭打ち工事

杭打ちは本館が55年2月～3月、揚油棧橋は55年5月～10月の工期で行なわれた。なお、揚油棧橋については防食対策として、海中部は電気防食、またスラッシュゾーンはFRPカバー、海上部はタールエポキシ塗装で対処している。

杭打ちは本館にあたっては、付近住民への影響を考慮して打設時間を制限して作業をつづけた。本館については、たいした問題もなく順調にすすめられたが、揚油棧橋は、8月の風が強く、浪の高い時期にはひと月で5日しか稼動できる日がなく、作業がとどこおったが、それ以外では無事作業を終えた。

本館および揚油棧橋で使用された鋼管杭は、

本館	$\phi 609.6 \times (12 \sim 14)^t \times$
	$l (20 \sim 31.7 \text{ m})$
棧橋	$\phi 500 \sim 800 \times (10 \sim 13)^t \times$
	$l (43.5 \sim 56.5 \text{ m})$

となっている。
杭打ち作業のピーク、55年3月。雲が低くたれこめ、うす日のもれることもあるが、サツと粉雪も舞う。陽がかくれ、風が少しでも吹くと、たちま

ちつま先がジーンとしごれてくる。きびしい寒さだ。いくらか暖かくなつてきたこの時期に、この寒さ。作業のきびしさがうかがわれる。

これが、6月ともなると、うっとおしい梅雨になやまされる本州各地とは違つて、さわやかな晴天がつづく。近くの小漁港では、漁船が腹をこすり合わせるようにギッシリとけい留され、やわらかな陽ざしをあびている。

知内火力発電所は、1号機が58年8月、2号機が61年2月運転開始の予定である。いま、作業は急ピッチですめられている。

一路函館へ

知内は、目の前が津軽海峡。ほとんど波もなく、どこかの国の潜水艦がゆききしていることさえ目をつぶれば、いまはのどかなものだ。しかし、ひとたび荒れ狂うと、まさに“飢餓海峡”にさまがわりするという。

このあたりは、北海道で最も早く開けた地として、いまもその名残りをとどめている。国道228号をもう少し足をのばしてみる。

隣の福島町へ入ると、やおら大きなたれ幕が眼にとび込んできた。「千代の富士のふるさと福島町へようこそ」なるほどそういうえば聞いた町の名だった。これを見たからいけない。ゆきかう人たちが皆、千代の富士の親せきに見えてきた。福島町は、また青函トンネル

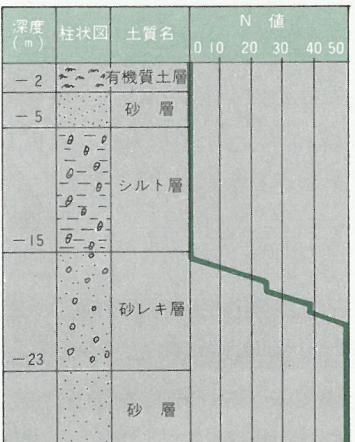
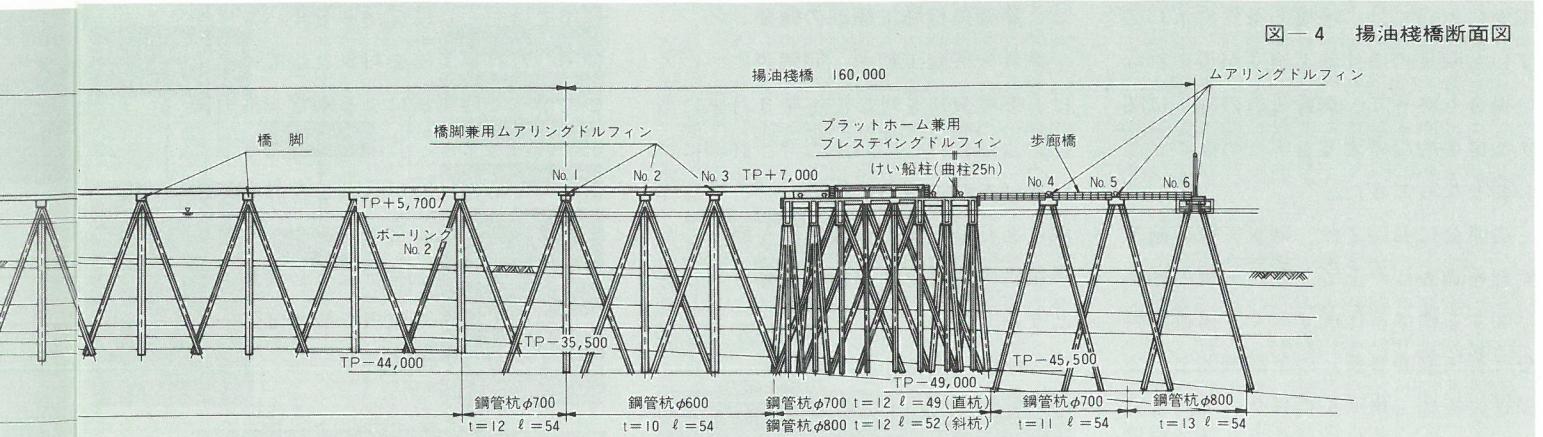


図-3 標準土質柱状図
の北海道側入口がある。すぐ近くには「青函トンネル記念館」ができ、建設にまつわるさまざまな展示が行なわれている。

松前町に入る。ここは、北海道唯一の旧城下町として経済の中心地であった。海を見おろす丘の上にひっそりと城郭が残っている。

車を走らせている間におもしろいことに気がついた。知内から松前を経て江差に至る間に、古ぼけた「○○小学校創立100周年記念」という看板・たれ幕を10指に余るほど見つけたのだ。このあたりの小学校は明治5年に制定された「学制」によりほとんど同時に創設されたものなのだろう。

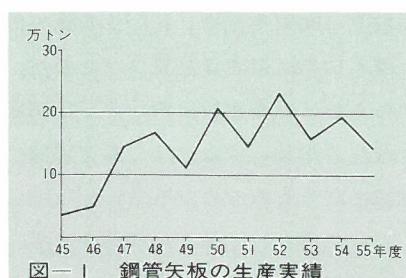
ニシン場として栄えた江差をすぎ、再び山越えで函館へと向かう。これまでほとんどゆきかう車もなかつたが、次第に車の数がふえてきた。もう函館は目の前である。





1. まえがき

钢管矢板は、昭和39年頃に土留の壁としての岸壁に钢管矢板の拡大品として使用されたのが始まりで、土留め、締切り等の仮設構造物のほか、永久構造物として、護岸、防波堤等の港湾岸壁構造物に使用されてきている。また、近年では橋梁基礎における矢板式基礎工法としての用途が付加され、海に陸にと用途が拡大されてきている。钢管矢板の生産量も図-1に示すよう年間約20万トンとなってきている。



钢管矢板の設計および施工は、钢管矢板あるいは、钢管杭の技術を踏まえて着実に推移してきているが、とくに施工面においては、現場の条件により必ずしも満足のゆく施工精度が得られない場合もあって、钢管矢板の施工に関する標準的な考え方をまとめることが必要となってきた。

当協会においては、钢管矢板の施工実態を調査した上で、钢管矢板の施工に関する標準を作成すべく、構造分科会（吉田巖委員長）の下部機関として、钢管矢板施工規準小委員会（寺内常晃委員長）を設けて取組むこととなった。

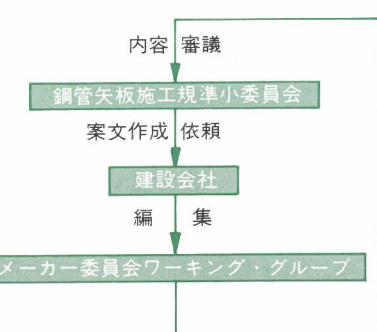
2. 作成手順について

1)構成メンバー

寺内委員長をはじめ、東京都港湾局、首都高速道路公团、日本住宅公团および大手建設会社の钢管矢板施工経験者。これに钢管杭協会加盟の5社である。

2)作成方法

構成メンバー全員で、十分時間をかけて目次作りを行ない、これに沿って建設会社の方に原文を作成して頂き、それをメーカー委員がまとめて原案を作成する。本委員会でそれを審議推敲してゆく方法を探った。



3. 鋼管矢板施工標準の概要

钢管矢板施工標準・同解説については、参考資料を付して本年3月末に当協会より刊行しているので、詳細についてはそれに譲るとして、ここでは作成にあたりとくに審議時間を費やしたこと項を中心に、その抜粋を挙げることとする。

1. 目的

本施工標準は、钢管矢板の施工計画および施工管理の合理化を図り、安全

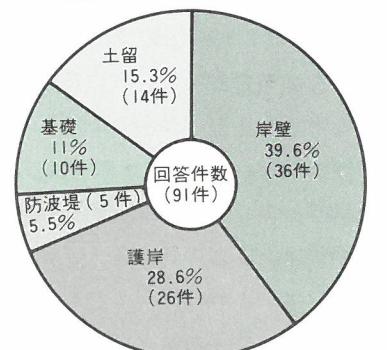
かつ確実な钢管矢板施工を行なうこととする。

この施工標準は钢管矢板の利点を施工にあたり十分に發揮するためにその特徴を把握し正確な施工を行なうこととする目的として作成した。

2. 適用範囲

本施工標準は、钢管矢板を用いた護岸（岸壁、防波堤を含む）、土留め、締切りおよび基礎の钢管矢板施工に適用する。

钢管矢板の用途は昭和51年末のアンケート調査によれば図-3のようになっている。



これらは本体構造物として、半永久的に構築されるものと、施工中あるいは仮の構造物として仮設的に構築されるものがある。この施工標準では、これらのいずれに対しても安全かつ精度よく施工が行なえるよう、その計画、施工および管理に関する標準を規定したものである。

钢管矢板の施工方法には、打撃工法、振動工法、中掘り圧入工法および掘削建込み工法など種々あるが、この施工標準では主としてディーゼルハンマを使用した打撃工法を対象としている。したがって他工法による钢管矢板の施工にあたっては、この施工標準をもとに現場に応じた施工計画を検討し、施工方法に特有なことがらを十分考慮して安全確実な施工を行なう必要がある。

この施工標準で取扱う範囲は図-4に示すとおりである。

3. 施工計画

钢管矢板の施工計画にあたって施工

備、導材などの計画にあたっては、あらかじめ調査された現場諸条件にもとづき決定する。これらの計画にあたっては、钢管矢板施工のみでなく、他の作業との関連も考慮して検討する必要がある。

3.3 施工機器の選定

現場の諸条件、施工規模、施工方法、施工順序、工期などを考慮して、適切な能力を有する施工機器を選定し、その所要数量を決定する。

(1)施工足場の選定

施工方法によって杭打ち機の種類、規模、作業半径（スペース）、能率および打込み精度などが異なるため、最も合理的な施工足場を選定する。

施工足場としては以下のものがある。

- ①陸打ち——整地、地盤改良
- ②棧橋打ち——鋼製架台
　　└ 軟弱地盤、障害物上
　　└ 海上、河川、湖沼
- ③海打ち——杭打ち船
　　└ 築島、盛り土
　　└ 自立足場

(2)打込み工法の選定

钢管矢板の打込み工法としては、打撃工法が一般的であるが、最近では、社会的な規制条件が厳しくなり騒音振動低減工法など新しい工法が開発されており、現場条件に合った工法を採用する。以下に代表的な打込み工法を示す。

- ①打撃工法（ディーゼルハンマ、ドロップハンマ、気動ハンマ）
- ②振動工法（バイブロハンマ）
- ③掘削工法（アースオーガ、アースドリル、ハンマグラブ、リバースサイキュレーションドリル）
- ④圧入工法（油圧、ワイヤ引込み）
- ⑤ジェット工法（エアー、ウォーター、ジェット）
- ⑥打込み機器の選定

钢管矢板の打込み機器の選定にあたって、打込み時に継手が貫入抵抗として加わるので、钢管杭より能力の高い機器を選定する必要がある。

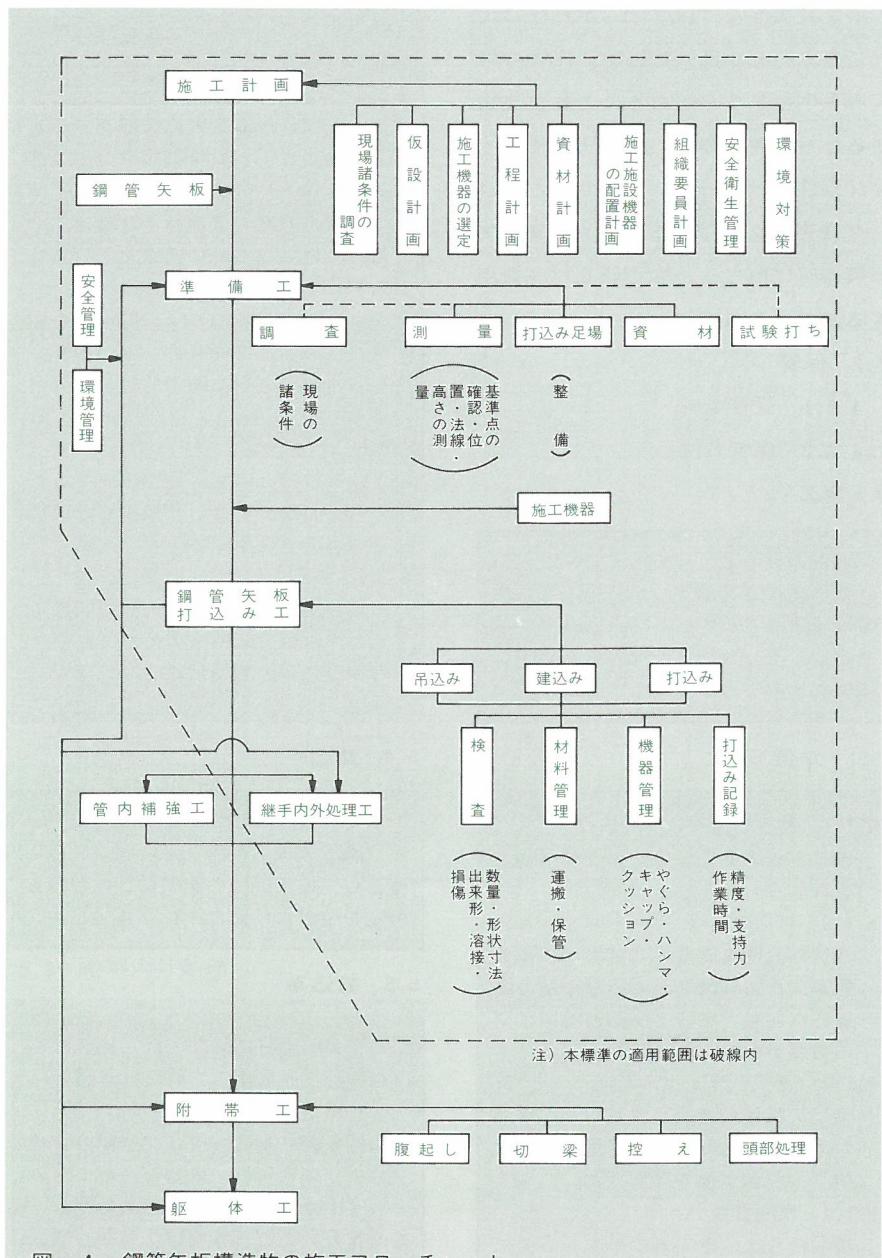


図-4 鋼管矢板構造物の施工フローチャート

構造物の種類、施工場所などにより施工方法および施工順序が異なり、施工計画が工事の成否を決める重要なポイントとなる。小委員会においてもこの点を十分に審議し、当初は考えていなかった「仮設計画」を取り入れて拡充をはかった。

施工計画を検討立案する際の一般的な手順を図-5に示す。

3.1 現場諸条件の調査

钢管矢板の施工が円滑かつ安全に行なわれるようあらかじめ現場条件を調査する。

3.2 仮設計画

機材運搬路、障害物撤去、足場の整

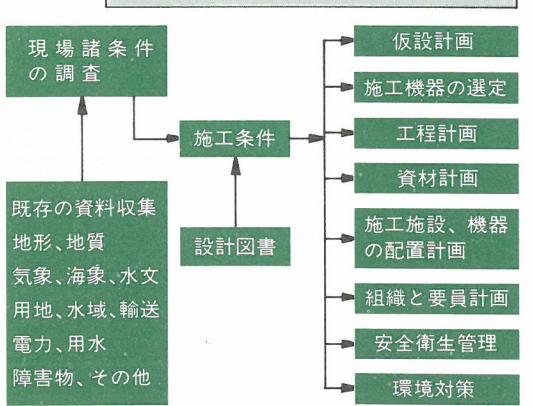


図-5 施工計画の手順

3.4 工程計画

施工方法および施工順序にもとづき工事を円滑、かつ、能率的に施工するために適切な工程計画を立てる。

施工順序から工事を大別し、それを各種の工程に細分し、自然条件、交通事情その他を考慮して工程計画を立てる。

3.5 資材計画

施工に必要な資材は、設計図書にもとづいて材質、形状寸法、数量などを把握し、工程計画に合わせて納期および納入場所を決める。

鋼管矢板の製造は、受注生産方式であるので発注後一定の期間を要する。また大径長尺で重量物となるため、運搬計画についても十分検討しておく必要がある。

3.6 施工施設、施工機器の配置計画

施工規模、工程計画および環境対策にもとづいて施工施設、施工機器を適切に配置する。

3.7 組織と要員計画

3.8 安全衛生計画

3.9 環境対策

4. 鋼管矢板の取扱い

4.1 運搬と取扱い

4.1.1 運搬

4.1.2 荷役方法

4.1.3 変形防止材

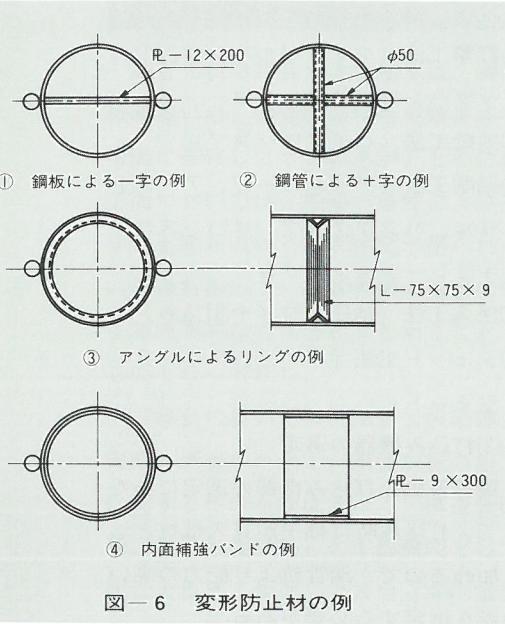


図-6 変形防止材の例

鋼管矢板本管の板厚(t)が外径に比べて小さいときは、輸送時、保管時に変形を生じることがある。これを防止するため必要に応じて変形防止材($D/t \geq 80$ 程度のとき一字、十字状またはリング状等)を取付ける。なお、鋼管矢板製作時に取付けた変形防止材を兼用することがある。

4.2 保管

4.2.1 保管場所

4.2.2 保管方法

5. 施工

鋼管矢板の施工にあたっては、施工計画に従って実施するが、施工中に異常な現象などが生じた場合は速やかに対処し、十分な施工管理のもとに安全、確実な作業を行なう。

5.1 準備工

5.1.1 測量

測量の仮基準点は、堅固な構造物上に設置するものとする。

5.1.2 打込み足場

打込み設備を支持する足場は、作業能率、打込み精度あるいは作業の安全性などを考慮して堅固なものにする必要がある。

5.1.3 導材

鋼管矢板を精度よく容易に施工するためには、必要に応じて堅固な導杭、導枠などの定規を設置する。

5.1.4 試験打ち

試験打ちは、本工事に先立ち必要に応じて実施するものとし、打止め位置と貫入量を確認するとともに、選定した施工方法、施工機器が適切であるかどうかを検討する。

5.2 鋼管矢板打込み工法の種類

鋼管矢板の打込み工法には、打撃工法、振動工法、中掘り圧入工法、掘削打込み工法などの工法とこれらを必要に応じて併用する工法がある。

5.3 打込み機械および装置

5.3.1 やぐら

やぐらは、ハンマの形式、鋼管矢板の形状寸法、打込み精度、作業条件、安全性などを考慮して選定する。

5.3.2 ハンマ

ハンマの容量は、鋼管矢板の形状寸

法、重量、根入れ長、土質などを考慮して選定する。

5.3.3 キャップ

キャップは、鋼管矢板頭部を保護するとともに、ハンマの打撃力を鋼管矢板本体へ均等に伝達する機構を持つもので、鋼管矢板およびハンマに適した構造のものを使用する。

5.3.4 クッション

クッションは、ハンマの打撃力を均等に伝達すると同時に、強い衝撃力からハンマを守る適切な材料を使用する。

5.3.5 ヤットコ

ヤットコは、鋼管矢板を損傷することなく打撃力を著しく減少しない構造のものを使用する。

5.3.6 打込み用治具

打込み用治具は、鋼管矢板の回転防止および継手間隔保持のために適切な構造のものを使用する。

5.4 建込み

鋼管矢板の建込みは、作業の安全および鋼管矢板に損傷を与えないように留意し、施工計画の順序にしたがって所定の位置に鉛直に正しく建込む。

5.5 打込み

- ①鋼管矢板の打込みは、はじめ軽打し鉛直などを確認したのち、本打ちに移り所定の深度まで打込む。
- ②鋼管矢板の打込み中は、機器の管理および鋼管矢板に損傷をあたえないよう十分な配慮が必要である。
- ③鋼管矢板の打込み中は、傾斜、回転、打伸び、打縮みなどを常時観測し、施工精度の確保をはかる。
- ④鋼管矢板の打込み中は、打撃回数、貫入量などを計測する必要がある。

5.6 打止め

鋼管矢板は、設計図書あるいは試験打ちの結果などによって定められた条件を確認して打止める。

5.7 現場継手

- ①溶接は原則としてアーケ溶接とする。その他の溶接を用いるときは監督員の承認を受けることとする。
- ②本管の溶接は、鋼管矢板として有害な欠陥を生じないよう適切な準備と条件のもとに確実に施工する。
- ③連結継手の溶接は、上・下矢板のかん合に留意し確実に施工する。

ハンマの種類と特徴

項目	ハンマの型式	ドロップハンマ	スチームハンマ(エアーハンマ)	ディーゼルハンマ	バイプロハンマ
運転費	一	一	一	一	一
施工段取	やぐらとウインチを使用。	杭打ちやぐら、吊り込みの動力さらにスチームまたはエアーの供給設備を必要とする。	杭打ちやぐらと吊り込みの動力を必要とする。	大容量の電力を必要とする。 杭打ちやぐらは必ずしも必要ない。	大容量の電力を必要とする。 杭打ちやぐらは必ずしも必要ない。
適用地盤	軟弱地盤で支持層が浅い。	土質の影響をあまり受けない。	硬質地盤	軟弱地盤でとくに有利である。	
施工能力	一	一	一	一	一
メンテナンス	簡易	スチームまたはエアーの供給設備の点検が必要である。	噴射ポンプの手入れが大切である。	原動装置が故障しやすい。	
利点	①装置が簡単である。 ②ドロップハンマの重量と落下高さを調節して打込み能力を簡単に変えることができる。	①どのような土質にも適し能率的である。 ②精度がよい。 ③杭頭を痛めない。 ④斜杭打ち、水中杭打ち可能。 ⑤引抜きにも転用可能。 ⑥打撃力の調整ができる。	①打撃力大きい。 ②単位時間当たりの打撃回数が多い。 ③起動、停止が容易。 ④軟弱地盤では施工速度が大。	①騒音が少ない。 ②引抜きにも適用。 ③起動、停止が容易。 ④軟弱地盤では施工速度が大。	
欠点	①杭頭部を痛める。 ②打める杭の大きさには限度がある。 ③落下高さの確実な管理がむずかしい。 ④精度が悪い。	①大型のやぐらとボイラが必要。 ②機能的でない。	①軟弱地盤では非能率。 ②爆発音が大きい。 ③潤滑油が飛散する。	①大容量の電力が必要。 ②硬質地盤では貫入不能となることがある。 ③チャック部に補強が必要。	

(注) 運転費、施工能力は施工条件に左右される。

5.8 継手内外処理

鋼管矢板の継手内または継手外は、止水性、吸い出し防止、合成効率などを確保するため、目的に応じてモルタルなどを充填して処理する。

5.9 施工中の処理

鋼管矢板の施工中に生じた異常に対しては、速やかに対策を講じ、所定の施工精度または品質が得られるようとする。

- ①頭部座屈、高止り、根入れ不足など異常な現象が生じた場合は、作業を中止し監督員と協議して適切な措置を講じる。
- ②施工中異常な傾斜、回転、蛇行、打伸び、打縮み、共下りなどが生じた場合は、作業を中止し適切な措置を講じる。
- ③現場溶接継手の溶接中に有害な欠陥が生じた場合は、適切な方法で修復する。

6. 検査

鋼管矢板施工にあたっては、適宜監督員の検査を受け、指示があれば作業の改善または補正など行ないながら進

6.3 施工精度

鋼管矢板の打込完了後は、設計図書に従って隨時監督員の検査を受けなければならない。

7. 安全衛生管理

鋼管矢板の施工中は、各種法規に従い十分な安全衛生管理を行なわなければならない。

8. 環境対策

鋼管矢板の施工にあたっては、必要に応じて環境調査を行ない、適切な対策を講じる。

9. 記録

鋼管矢板の施工記録は、施工管理の一環として施工の各段階における状況を適宜記録する。

10. あとがき

審議過程でとくに力を入れた所としては「施工計画」の中で、これが工事の成否を左右する最も重要な項目となるとして、「仮設計画」と「安全衛生管理計画」を追加し、「施工」においては騒音振動低減工法や管内掘削工法の特徴をどのように整理記載していくかなどに予定をはかるに超える時間をかけたことが際立ったものとして残っている。

勤務時間外に長い間積極的にご尽力いただいた関係官公庁および建設会社の方々に心から謝意を捧げたい。

(1) 肉眼検査

(2) 放射線透過検査(JIS Z 3104)

(3) 超音波探傷検査(JIS Z 3060)

6.1 現場受入れ検査

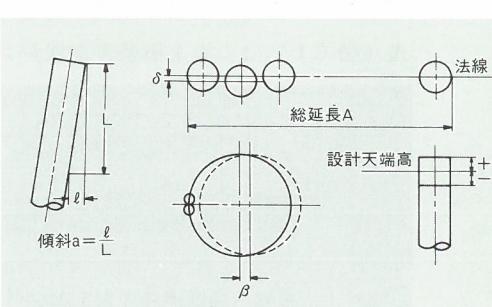
鋼管矢板の受入れに際し、数量、形状寸法および損傷や変形の有無について確認しなければならない。

6.2 現場溶接部検査

現場溶接部は、設計図書に従って隨時監督員の検査を受けなければならない。

(4) 浸透探傷検査(JIS Z 2343)

(5) 機械的試験による検査



東京湾横断道路 大口径鋼管杭 水平載荷試験結果について

日本道路公団東京第一建設局東京湾横断道路調査課
鋼管杭協会

钢管杭レポート

1. まえがき

東京湾横断道路は、東京湾の湾央部を横断して、川崎市浮島と木更津市盤州を結ぶ延長15kmの路線であり、東京湾環状道路および他の幹線道路網と一体となって、東京湾岸に立地する諸機能施設の能率的な相互連絡、都市部の交通混雑の緩和、首都圏の臨海部と内陸部の物流等の円滑化などの諸機能を果たすとともに、京浜地域と房総地域を直結することによって、都市再開発と房総地域の振興の基礎となるプロジェクトとして計画されている。

この海上橋梁は、多点固定の鋼連続鋼床版箱桁形式の上部工と多柱式基礎による下部構造が検討されている。この多柱式基礎（図-2）は、長尺大口径钢管杭($\phi 1.6 \sim 2.5m$, $l = 46 \sim 80m$)を使用し、直杭と斜杭を併用して海上にフーチングを設ける構造となっている。

橋梁の架設予定地域は、水深が最大30mと深く、また海底軟弱層($N=0$)が最大で25mに達するという自然条件の厳しいものである。そのため、地震時における钢管杭の海底面変位が大きくなり設計上さらに詳細な検討を必要とする。

そこで、このような大変形を生ずる場合の地盤の挙動を調査し、多柱式基礎の設計検討精度を高めるため、大口径钢管杭の水平載荷試験を実施したので、ここにその試験結果の概要を報告するものである。

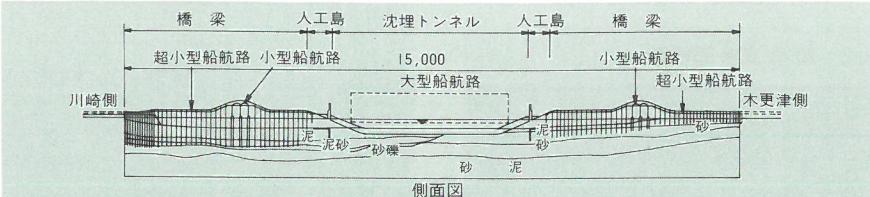


図-1 東京湾横断道路の概念図(単位m)

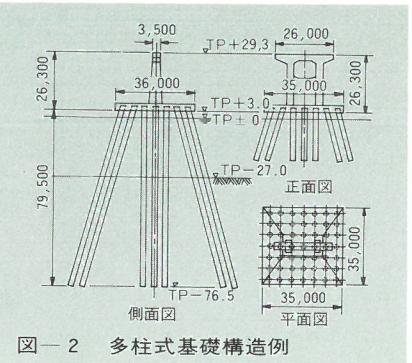


図-2 多柱式基礎構造例

2. 試験概要

試験場所は、川崎市東扇島沖約300mの地点で、建設省が築造した直径15m、長さ22.5mの鋼矢板セルを反力とし、水深約5mの地点に試験杭および反力杭支持杭等を打設し、図-3に示すような装置で一方向の静的水平載荷試験を行った。当地の土質条件は図-4に示すとおりである。

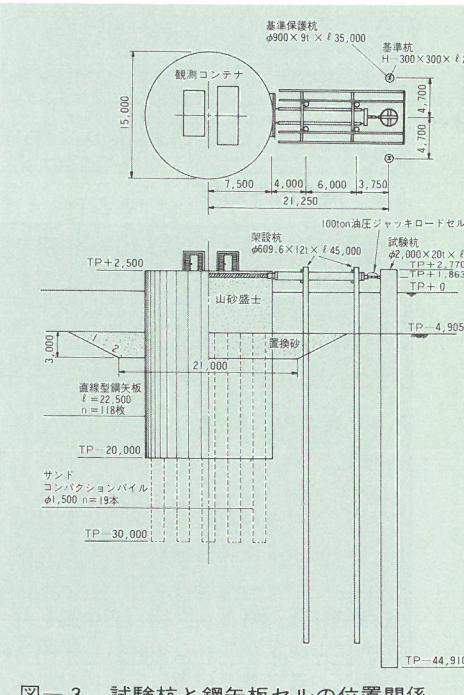


図-3 試験杭と鋼矢板セルの位置関係

钢管杭の諸元は、直径2.0m、板厚20mm、長さ47.5mの長尺1本杭で、長さはあらかじめ実施されている付近のボーリング結果に基づいて、荷重-変位曲線を想定し、海底面変位が15cm程度になるような荷重を設定するとともに、半無限長と見なせる根入長を決定した。

試験に当っては、載荷重、載荷点変位および載荷点傾斜角を測定するとともに、杭の曲げ変形、断面変形を調査

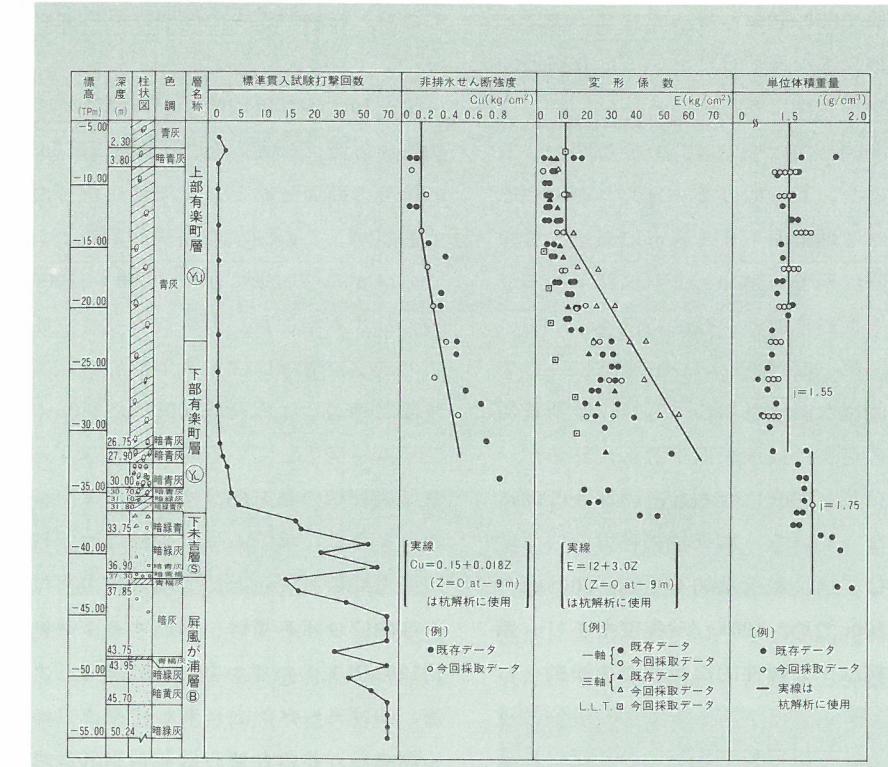
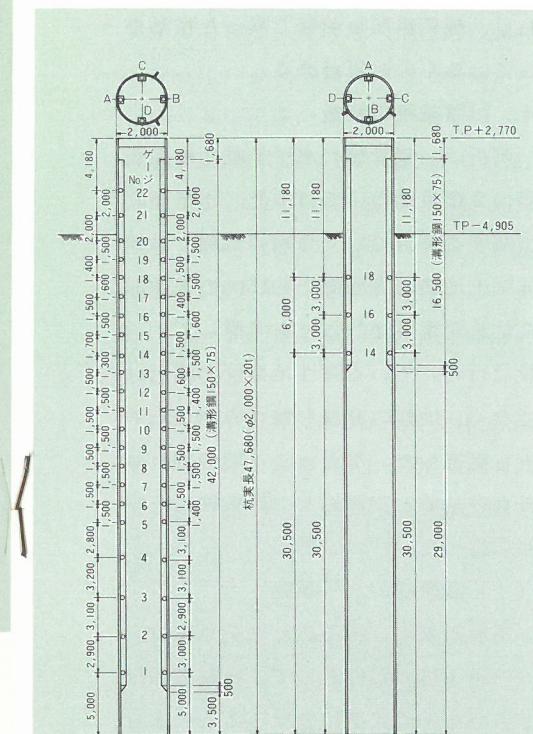


図-4 土質条件



弾塑性的性質を反映して変位量の増加に従って減少する形となり、変位量5cmでは $k=0.2\text{kg}/\text{cm}^3$ であるが、同15cmで $k=0.1\text{kg}/\text{cm}^3$ 、同25cmで $k=0.07\text{kg}/\text{cm}^3$ と小さくなっている。

(2)ひずみ

各荷重段階ごとの試験杭の軸方向ひずみ分布を図-9に示す。載荷重60tまでは、引張側、圧縮側がほぼ対称となっているが、載荷重80t、100tでは引張側の方が圧縮側より多少大きなひずみとなり、非対称の動きを示している。また、載荷重60tまでの荷重増加20t当りのひずみ増加量は、最大値で150~200 μ 程度であるのに対し、載荷重80~100tの間のひずみ増加は、最

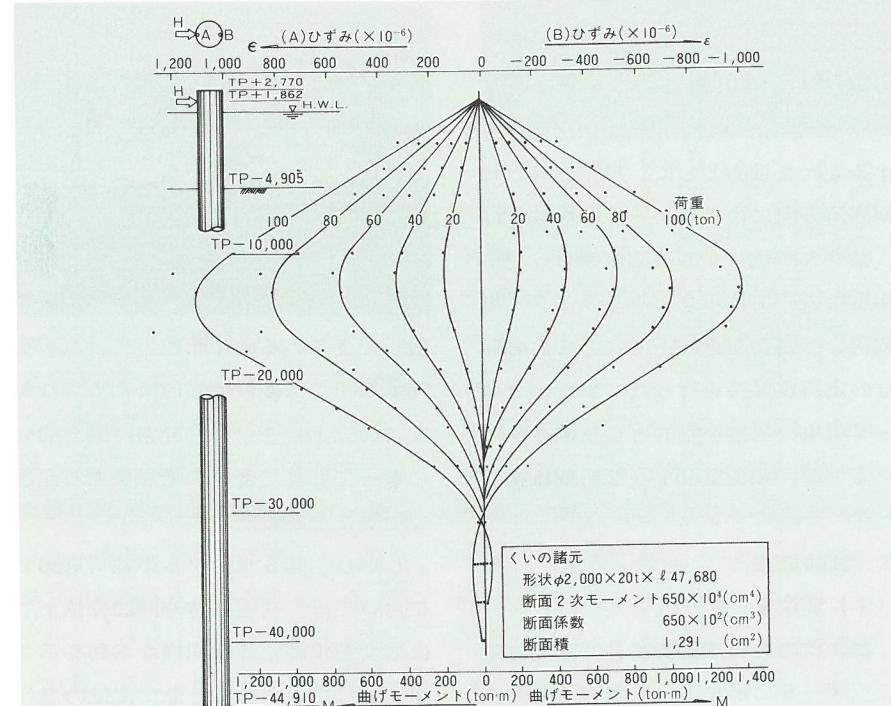


図-9 ひずみ分布図(実測値)(各荷重60t分測定値)

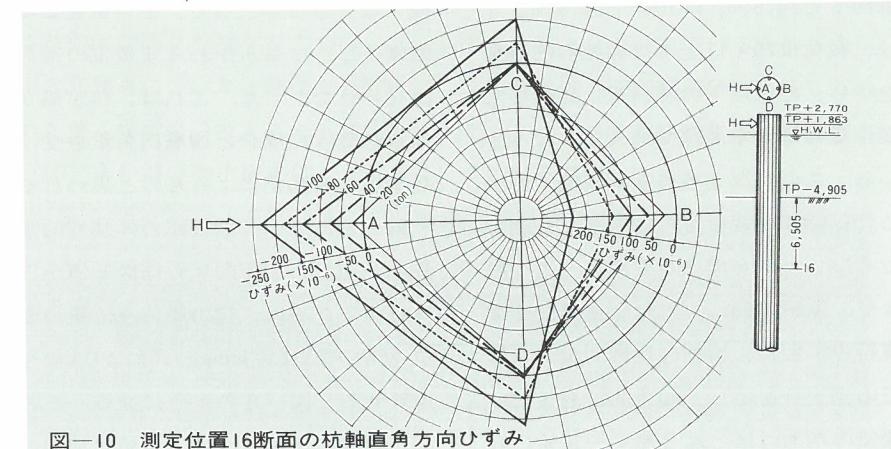


図-10 測定位置16断面の杭軸直角方向ひずみ

大値で250 μ 強にもなっており、変位と同様大きな載荷重においては非線形的挙動を明確に示している。

同図を曲げモーメント分布図として見ると、最大曲げモーメントを生じる深さは地表面下6~8mにあり、その位置は荷重の増加とともに深くなるという軟弱地盤の一般的特徴を示している。第一曲げモーメント0点についても同様な動きを示しており、載荷重20tの場合には地表面下21mにあるが、載荷重が100tになるとその深さは26mとなっている。钢管杭の軸方向応力度としては、載荷重60tで約1,000kg/cm²、同100tで約2,100kg/cm²程度であり、钢管杭は十分弾性的な範囲での挙動をし

ており、材料強度上の問題は見られない。

図-10は各荷重段階ごとの钢管杭の軸直角方向のひずみを、地表面下6.5mの位置の断面分布として整理したものであるが、この図からも載荷重60tまでのひずみ増加量に比べ、同80t、100t時のひずみ増加量が大きくなっている。この測定位置はほぼ最大地盤反力発生位置に相当し、載荷重100t時に230 μ のひずみを発生しているが、このひずみ量は钢管杭の軸方向ひずみのポアソン比を含んだ値であり、純粋な钢管杭円周方向荷重(主として地盤反力)による曲げひずみ量は、後述するように約120 μ 程度のわずかなものである。また、曲げモーメントに対し中立点である測点C、Dのひずみは載荷重60tまではほぼ0であるが、載荷重80t、100t時には、50 μ 前後のひずみが発生しており、載荷重70t前後で異った挙動をしているものと思われる。

4. 試験結果の解析

解析は、钢管杭の水平挙動と断面変形の2項目について行った。水平挙動に関する解析では、今回の試験では軟弱粘土地盤の海底面で約15cmの大きな変位を発生させたことを考慮して、一般に行われている弹性地盤反力法だけでなく、地盤の非線形性を考慮した解析も実施した。なお、ここでの解析は既存理論値と実測値との比較検討を中心に行った。

(1) 钢管杭の水平挙動

実験結果より得られた載荷点変位、傾斜角を境界条件として、杭軸方向ひずみ分布を図式微積分することにより、钢管杭の曲げモーメント、変位、傾斜角、せん断力、地盤反力を算出し、钢管杭の水平挙動を調査した。この結果を図-11に示す。この図より、地表面における変位は載荷重60tで5.5cm、同100tで15cmとなっていることがわかる。また、地盤反力分布図からは地表面における地盤反力は0であり、載荷

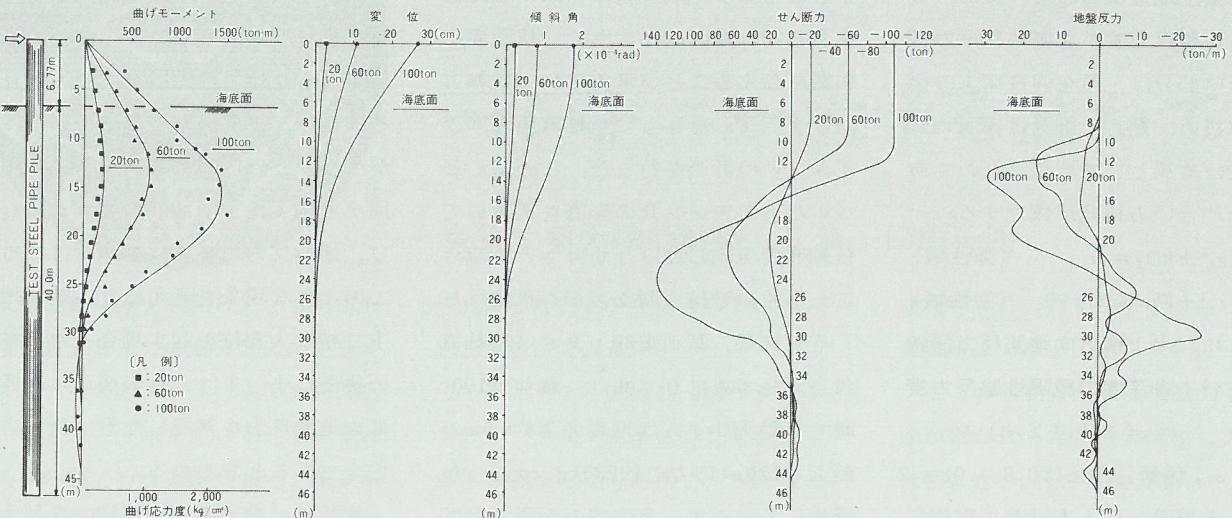


図-11 ひずみ分布から推定した杭の水平挙動

重が大きくなるに従い地盤反力を発生しない範囲が拡大されるとともに、地盤反力の集中化の傾向が見られる。載荷重100t時には、地盤反力0の範囲は地表面より約3mにも及び、大きな地盤反力は地表面より5~8mの区間に発生しており、その最大値は29t/mにもなっている。地盤反力は地表面から杭径の3倍程度の深さまで増加し、その極限地盤反力(P_u)は8~12CuD(ここに、Cu=粘性土の非排水せん断強度、D=杭径)と言われており、現地盤のCu値=1.5t/m²を考慮すると、 $P_u=24\sim36t/m$ となり実験値とほぼ一致している。

道路橋示方書に示されている杭の水平方向支持力の算定式は、地盤反力は

変形に比例するとしたY.L.Changの方程式従つてはいるが、地盤反力係数kの推定に当つて基準変位量を導入し、その(-1/2)乗に比例するとしている。ただし、本方式によってk値を推定する場合、地盤が一層系の場合には何ら問題は無いが、深さ方向に地盤強度が異つたり多層系の場合には、k値を算出する対象地盤範囲をどこまでにするかという基本的な問題がある。一般にはこの範囲は1/ β とされ、この区間の平均N値あるいは平均地盤变形係数からk値の算出が行われているが、一試算として、第一不動点より上の各地盤のk値に変位の重みを持たした方法によりk値を算出すると、実験値からの逆算k値に比較的良い一致を示すこと

がわかった。

図-12に一層系弹性地盤反力法の計算結果として、実験値からの逆算k値を用いた場合と1/ β の深さまでの平均k値を用いた場合を示すが、両者の差はほとんど無い。実験値と計算値との比較では、地盤反力分布は一致しないが、曲げモーメント分布、変位については載荷重が少く、地表面での変位が3~5cm程度であれば、実験値とほぼ一致する。しかし、載荷重が大きくなり、地表面位置での変位が約5cmを超えると曲げモーメント分布は収束が実験値より遅く、その最大値は実験値より小さくなる。また変位については、1/ β の深さまでの平均k値を使用した場合、実験値より大きい値を与える。

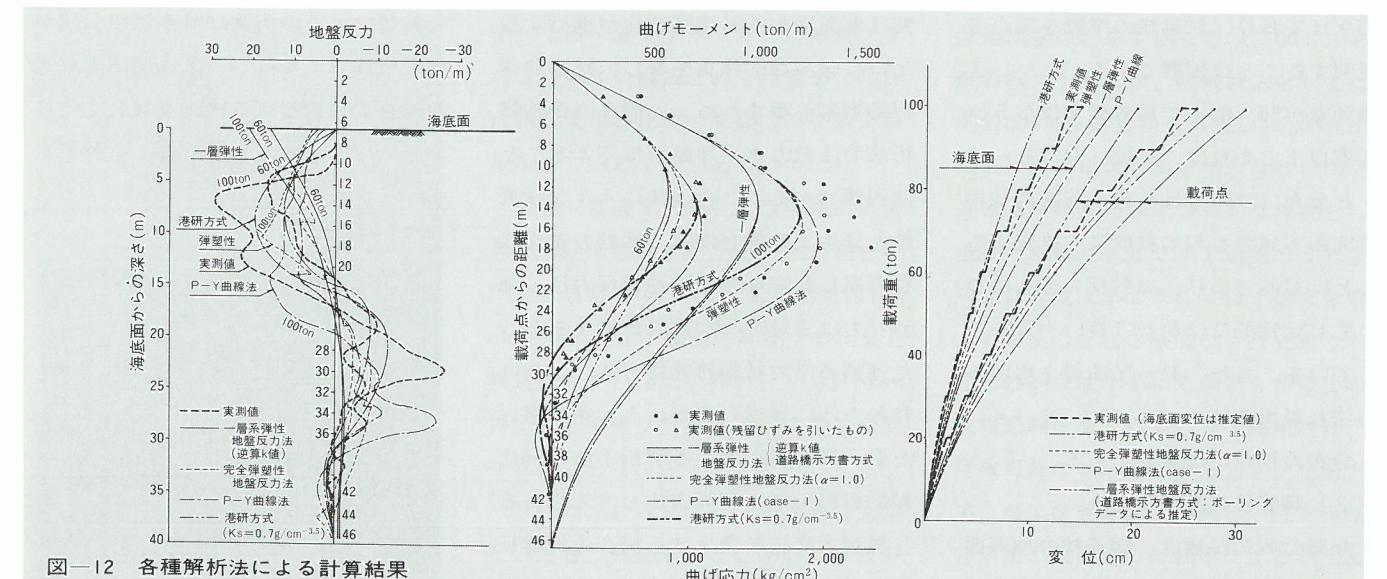


図-12 各種解析法による計算結果

完全弾塑性地盤反力法は、線形バネとしての地盤反力度が極限地盤反力度を超えない部分は、杭を弾性床上の梁として取扱い、超えた部分は極限地盤反力を受ける梁として取扱うものであり、次の均合い方程式が成立する。

$$EI d^4 y / dx^4 + kDy = 0 \quad (\text{弾性域})$$

$$EI d^4 y / dx^4 + Pu(X)D = 0 \quad (\text{塑性域})$$

ここに、 k : 横方向地盤反力係数

$$Pu(X) : \text{各深度の極限地盤反力度} \\ = \alpha(2Cu + \Sigma \gamma h)$$

α : 係数、例えば 0.8, 1.0, 1.2

地盤を 5 層系とし、本計算を実施した結果、 α を 1.0 ～ 1.2 とすれば変位、傾斜角は良い一致を示すが、曲げモーメント分布およびその最大値は、載荷重、50 ～ 60 t 程度までは大略の一致を示すが、それ以上になると最大曲げモーメント発生位置は実験値とほぼ一致するものの、その絶対値は小さく、曲げモーメント分布形状も多少異っている。

地盤反力分布は、載荷重 20 t では完全に線形バネの範囲にあり実験値と異った分布形状を示しているが、載荷重が 60 t, 100 t と大きくなるにつれ、定性的に類似の分布形状を示している。これらの計算結果の一部を運輸省港湾技術研究所方式¹⁾、P-Y 曲線を用いる方式²⁾の計算結果と合わせて図-12 に示す。いずれの解析方法の場合でも、今回の試験は杭を地表面で 15 cm も大変形させており、試験杭の挙動を完全に説明することは困難である。しかし、載荷重が 50 ～ 60 t で地表面変位が 5 cm 程度以下であれば、変位、曲げモーメント分布については、運輸省港湾技術研究所方式でも相当精度良く推定することは可能であり、地盤反力分布についても定性的にはかなり良い一致を示している。また、P-Y 曲線を用いる方法も最大曲げモーメント、モーメント分布の推定には有効である。

(2) 鋼管杭の断面変形

今回の載荷試験は、鋼管杭の地表面変位が 10 cm を超える大変位を発生させ

るものであり、鋼管杭に作用する地盤反力も 20 ～ 30 t/m と大きく、杭断面に影響を与えることが考えられ、杭軸方向ひずみ ϵ_x とともに杭軸直角方向ひずみ ϵ_y の計測を行った。この ϵ_x と ϵ_y からポアソン比の影響を考慮して杭軸直角方向の曲げひずみ ϵ_y を求め、地盤反力の集中化が顕著になる。

これから鋼管杭の断面変形を推定した。

その結果、載荷重 60 t までは杭軸直角方向ひずみは 0 であり、載荷重 100 t 時でも最大ひずみは地表面下約 6.5 m の断面で 120 μ (応力で約 230 kg/cm²) しか

発生しておらず、その時の断面変形は杭直径の 0.5% 程度であり、それによる曲げ剛性の低下もたかだか 1.5% で、実用上地盤反力による断面変形、曲げ剛性の低下を心配する必要はない。

5. 解析結果のまとめ

杭の水平挙動に関する解析は、解析手法の便利さから Y.L.Chang に代表される一層系の弾性解析が多用されてきた。これは、これまで取扱われてきた杭の変形量が小さく、地盤もほぼ弾性的挙動をする範囲にとどまっていたからに他ならず、今回の実験においても杭の地表面変位が 3 ～ 5 cm 以下であれば、地盤は比較的弾性的挙動を示し、変位、曲げモーメントの推定には十分適用が可能であることがわかった。

しかし、杭の地表面変位が 5 cm を超えるような大変位をする場合には、地盤は地表面から逐次塑性化が進行する

という弾塑性的性質を有し、杭は非線形的挙動を示すため、一層系の弾性解析法では杭の水平挙動を推定することは困難である。このように大きな杭変位を発生する場合には、地盤の塑性化を考慮した完全弾塑性地盤反力法、地盤反力は変位の $\frac{1}{2}$ 乗に比例するとした運輸省港湾技術研究所方式、または、杭軸方向に地盤の変形レベルを考慮した P-Y 曲線を用いる解析手法等が比較的近似可能な解析方法と考えられる。

杭が大変位を発生する場合の地盤反力分布を精度良く推定することは、彈

性解析、弾塑性解析のいずれによって行う場合でも困難である。今回の試験結果からも杭の地表面変位が大きくなるに従い、地盤反力を発生しない区間が生じ、その区間は載荷重 60 t で地表面から約 1 m、同 100 t で約 3 m にもなり、地盤反力の集中化が顕著になる。

このような現象を考えると、軟弱地盤上で杭が大変位を起す場合の水平挙動の推定に当っては、地表面からある区間の地盤反力を無視した形で行う方が安全であると思われる。

钢管杭は地表面変位が 10 cm を超えるような大変位をした場合でも、材料的には十分弾性的挙動を示し、直径 2.0 m という大径钢管杭といえども地盤反力による断面変形の心配は実用上ないと思われる。

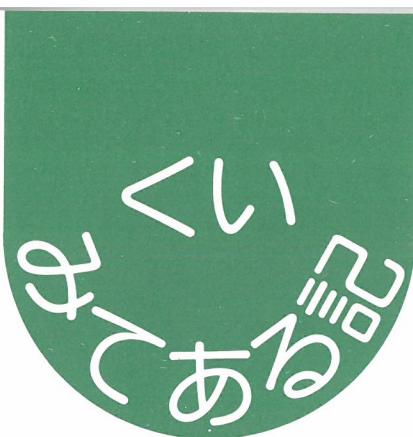
6. あとがき

杭の水平抵抗に関する実験研究は、古くより数多く実施されてきてはいるが、それは地盤条件、杭頭条件、荷重条件等によって異なるものであり、今回のような大径钢管杭を用いて大変位をさせた例は無く、まだ完成されたものとは言えない。また、とくに軟弱粘土層における大径钢管杭の水平挙動を精度良く推定することは非常に困難なことではあるが、本成果は今後の東京湾横断道路の橋梁基礎の設計検討に役立つ貴重な資料となると思われる。

最後に、この実験は日本道路公団が钢管杭協会に委託し、久保慶三郎東大教授を委員長とする検討委員会でとりまとめられたものであることを付記する。

参考文献

- 1) 久保浩一：杭の横抵抗の新しい計算法、運輸省港湾技術研究所報告、第 2 卷第 3 号、1977
- 2) API Recommended Practice For Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms, API-RP2A, Nov. 1977



～シドニー大学を訪ねて～

東京工業大学助教授 工博 岸田英明

が見聞いたことを中心として個人的な感想を述べてみる。

オーストラリアは約 200 年前にキャプテン・クックによって発見されイギリスの領土となった所で、その後イギリス本土からの移民が中心となって建設した国である。シドニーはオーストラリアの産業・文化の中心であり、人口は約 300 万で、大学は 3 つある。この中でシドニー大学は 1850 年に創立された一番古い大学であり（写真-2）、イギリスのケンブリッジ大学をお手本として作られたものである。

土木工学科は 1882 年に作られ、学生は一学年 60 ～ 70 名である。学部のカリキュラムは、(1) 数学・計算機、(2) 工学基礎科目(物理と化学)、(3) 設計、(4) 材料・構造、(5) 土質・水理、および(6) 測量・土木工学一般(道路・鉄道・下水道)の 6 グループで構成されており、前半の 2 年は(1) と(2)を中心とした工学一般に必要な知識、後半の 2 年は土木工学の専門知識を勉強するようになっている。学科は構造工学、土質・基礎工学、および水理工学の 3 コースで構成されているが、現在は構造工学と土質・基礎工学に重点が置かれているようである。

土質・基礎工学コースは国際的に著名な Davis 教授を中心に、杭基礎を専門とする Doulos 教授、数値解析の Booker 教授、沈下問題に関連する地盤と構造物の相互作用を専門とする Brown 教授とそうした人達が活発に研究を進めており、オーストラリア・ニュージーランド地域における最高の大学といえる。残念なことに Davis 教授が今年の 2 月に急逝されたので、現在は

上記の 3 人の博士が中心となって研究を進めている。

この研究は一般に理論的な面に重点が置かれており、大規模な実験施設は特ない。杭の実験装置も小型で（写真-3）杭直径 25 mm、長さ 30 cm 程度の寸法である。しかし装置の応力条件や境界条件については細かな配慮がなされており、計測関係にはマイコンを使用するなど実験精度を高める努力を熱心に行なっている。杭の直径と砂の粒径との関係のように、杭の寸法の絶対値が影響する問題に関しては、一定以上の寸法の模型杭を使うかまたは相似則を明らかにしておくことが必要であり、この点に関しては Doulos 教授も筆者と同意であった。

シドニー大学の制度で非常に興味を引いたものにパートタイムの大学院修士課程がある。オーストラリアでは学部卒の初任給が年俸 12,000 ～ 15,000 ドル（オーストラリアドルは 1 ドルが約 250 円）であり、大学院の修士課程では奨学生が年間で約 4,500 ドルでそれに学部の学生実験などを手伝って 1,500 ドル程度の収入があるが、年間収入としては約 6,000 ドルにしかならない。このために大学院に進学する学生が少ないので、通常は 2 年間の修士課程を 3 年間とし、会社に在籍のままで、1 週間のうち 2 ～ 3 日程度大学に来れば修士論文を書いて修士になれる制度がこれである。

この制度は卒業して最低 1 年以上の実務経験を有する者のみに適用され、専攻可能なコースは構造力学、土質力学、および基礎構造がある。修士課程の学生の過半はこの制度による学生のことである。前述の 3 コースのうち



写真-1

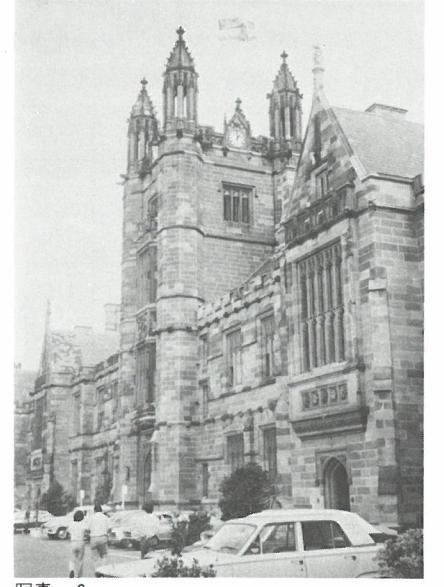


写真-2

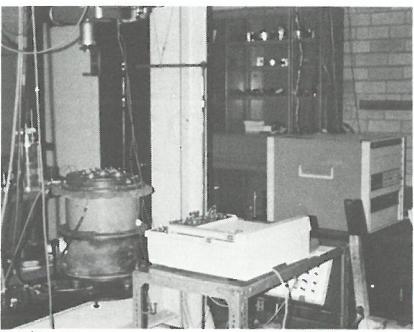


写真-3
で、一番人気があるのは基礎構造で、学生の約40%が基礎構造を専攻しているとのことであった。

博士の学位を取得するには修士課程を修了してからさらに3~5年の研究期間が必要であり、土木工学科では、12名の学生が博士課程で研究中である。これらの学生は主としてコンサルタントに就職するとのことで、日本と同様に大学関係に就職することは困難のようであった。

Poulos 博士はスポーツマンで、特にクリケットとゴルフが好きとのこと



写真-4
であり、筆者と2人で彼が属するゴルフクラブで一日ゴルフを楽しんだ。腕前は2人ともほぼ同じで、スコアは2人とも100を割る程度（それ以上に詳しいことは④）であった。うらやましかったことは、写真-4に見られるような素敵なコースが彼の自宅から車で数分のところにあり、何時でも気軽にプレーが可能なことであった。フェアウェイやグリーンの状態は日本に比べてそれほど良いとも思えないが、ラフには20cm程度の雑草が一面にはえているのにはまいってしまった。



写真-5
プレーをしてからクラブハウス（写真-5）で食事をした。クラブハウスは質素ではあるが落ちついた雰囲気であり、昼食に約600円で大きな羊の肉が二枚出てきた時には値段の安さと量の多さに驚かされた。フルセットのクラブをセルフカートで引張って歩くゴルフであるが、本当に運動をしたという感じである。ゴルフの後でPoulos博士の自宅に招待され、夕食をご馳走になったのが、緑の中でゆったりした住居は東京とは比較にならず、うらやましい限りであった。

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25日、昭和55年度の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、田中専務理事はじめ、常任理事、理事、監事等を再選した。さらに、56年度の各種活動方針が決定され、さらなる鋼管杭の需要開拓に向け積極的な活動の展開がくりひろげられることとなった。

●第10回国際土質基礎工学会（ストックホルム）に参加

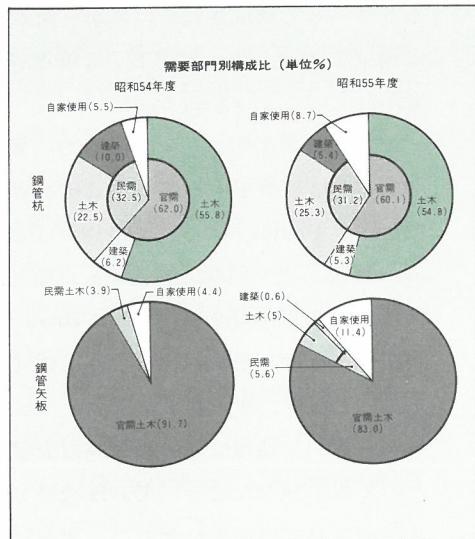
当協会では、4年に1回開催されている国際土質基礎工学会（今回はストックホルム）に、調査団を派遣、会議に出席するとともに、同時に開なわれた展示会にも積極的に参加した。

同会は、参加総勢約3,000名という大がかりなもので、調査団は展示会において、新刊行英文資料(STEEL PIPE

PILE)の配布、参加者へのPRを行なった。工学会終了後、欧州主要国のコンサル等を訪問し、積極的なPR活動を行なった。

●昭和55年度受注実績まとまる

このほど昭和55年度の受注実績がまとめた。



これによると下記の通り。

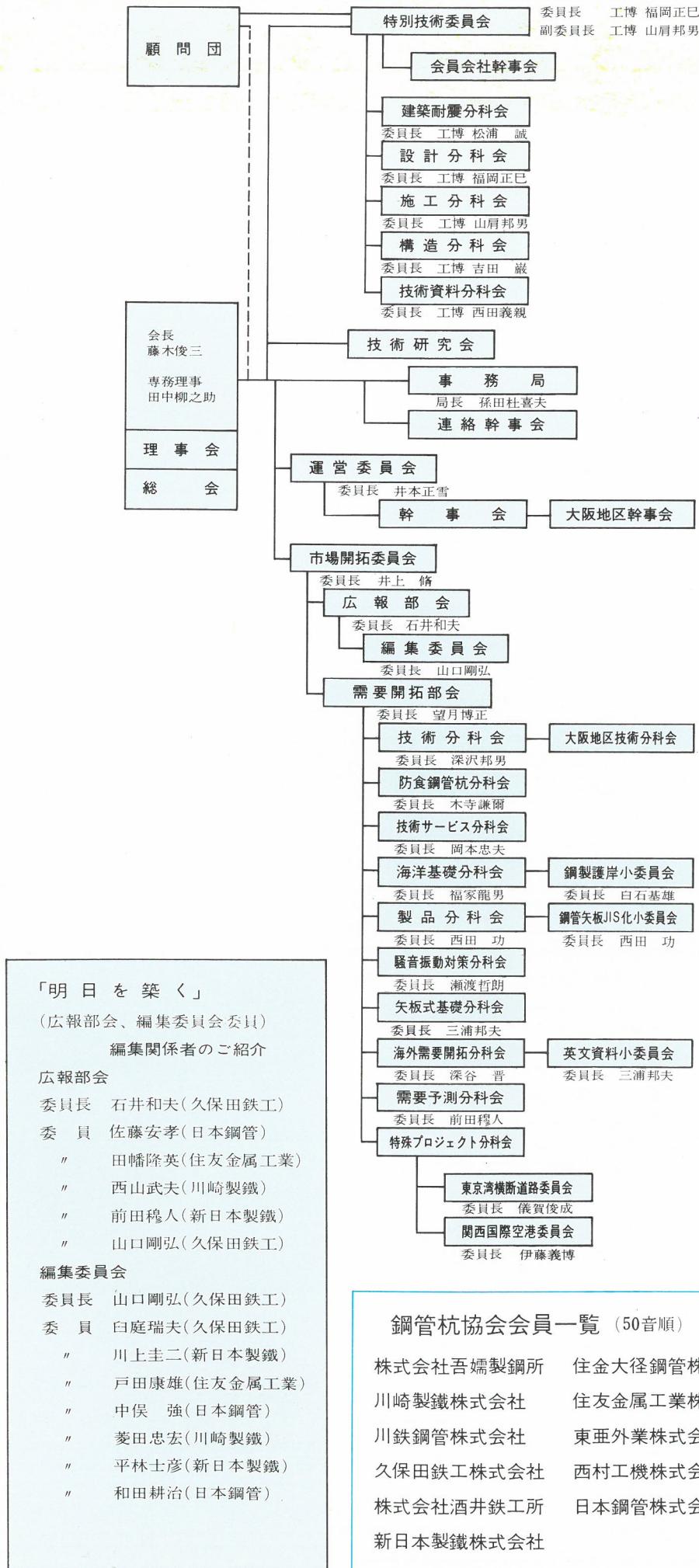
前年度との比較では、55年度は外販部門で約9.7%減(鋼管杭約12%減、鋼管矢板約7%減)となっており、自家使用分は増えたものの、全体で約7%減(約7.7万トン)となった。

項目			
	鋼管杭	鋼管矢板	合計
土木	495	132	627
	48	—	48
官需計	543	132	675
	229	8	237
建築	53	—	54
	282	9	291
外販合計	825 (883)	141 (195)	966 (1078)
自家使用	78 (52)	18 (9)	96 (61)
総合計	903 (935)	159 (165)	1062 (1139)

注 単位千トン、カッコ内は54年度実績

钢管杭協会組織図

(昭和56年7月1日現在)



会員会社钢管ぐい製造工場所在地 および設備

株式会社吾嬬製鋼所
千葉県市原市原市姉ヶ崎海岸7-1
〔スパイラル〕

川崎製鐵株式会社
知多工場：愛知県半田市川崎町1-1
〔スパイラル、電縫管〕
千葉製鉄所：千葉市川崎町1番地
〔U.O.〕

川鉄钢管株式会社
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
大浜工場：大阪府堺市築港南町10
〔スパイラル〕
市川工場：千葉県市川市高谷新町4
〔スパイラル〕

株式会社酒井鉄工所
大阪市西成区津守町西6-21
〔板巻〕

新日本製鐵株式会社
君津製鉄所：千葉県君津市君津1
〔スパイラル、U.O.〕
光製鉄所：山口県光市大字島田3434
〔電縫管〕
八幡製鉄所：北九州市八幡区枝光町1-1-1
〔スパイラル〕

住友金属工業株式会社
和歌山製鉄所：和歌山市湊1850
〔電縫管、U.O.〕
鹿島製鉄所：茨城県鹿島郡鹿島町大字光750
〔U.O.〕

住金大径钢管株式会社
本社工場：大阪府堺市出島西町2
〔板巻、スパイラル〕
鹿島工場：茨城県鹿島郡神栖町大字東深芝14
〔スパイラル〕

東亜外業株式会社
神戸工場：神戸市兵庫区遠矢浜町6-1
〔板巻〕
東播工場：兵庫県加古郡播磨町新島14
〔板巻〕

西村工機株式会社
兵庫県尼崎市西長州東通1-9
〔板巻〕

日本钢管株式会社
京浜製鉄所：横浜市鶴見区末広町2-1
〔電縫管、U.O.、板巻〕
福山製鉄所：広島県福山市钢管町1
〔U.O.、スパイラル〕

明日を築く No.38

発行日 昭和56年7月30日発行

発行所 钢管杭協会

東京都中央区日本橋茅場町
3-16(鉄鋼会館) 〒103
TEL 03 (669) 24337

制作 株式会社 ニューマーケット
東京都新宿区三栄町1-3
〒160 (新光オフィソーム)
TEL 03 (357) 5888
(無断転載禁)



鋼管杭協会