

# 明日を築く41

## REPORTAGE

北海道の大動脈として—  
厳しい自然の中、急ピッ  
チですすむ北海道縦貫自  
動車道建設計画

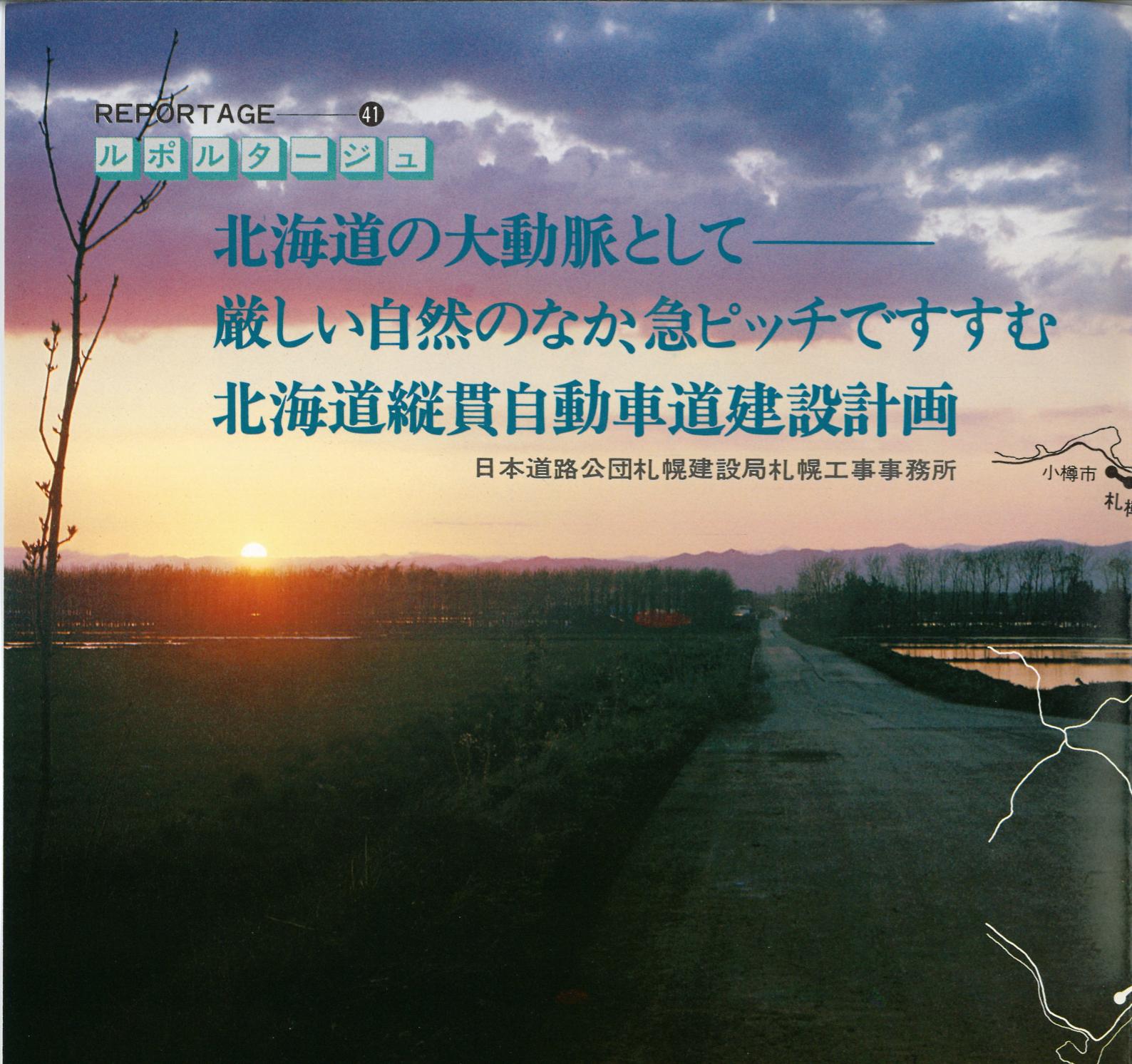
## 鋼管杭セミナー

鋼管杭の打撃応力と  
適正ハンマ その1



# 北海道の大動脈として 厳しい自然のなか急ピッチですすむ 北海道縦貫自動車道建設計画

日本道路公団札幌建設局札幌工事事務所



## もくじ

●ルポルタージュ 41	1
北海道の大動脈として——厳しい自然の中、急ピッチですすむ北海道縦貫自動車道建設計画	
●鋼管杭セミナー	6
鋼管杭協会報告第3号「鋼管杭の打撃応力と適正ハンマ」の紹介 その1	
●鋼杭の生いたち	10
1. 鋼杭を育てられた恩人たち	
●西から東から	15
●三題呪し	16
●文献抄録	17

## 表紙のことば

北国の夏の空は抜けるように青い。気温は25°をはるかに超えているが、肌をくすぐる風は心地よい。樹陰は涼しいほどである。

この夏空の下、急ピッチで建設されているのが北海道縦貫自動車道である。完成するとこの道路は総延長630kmにも及ぶ北海道の交通の大動脈となる。

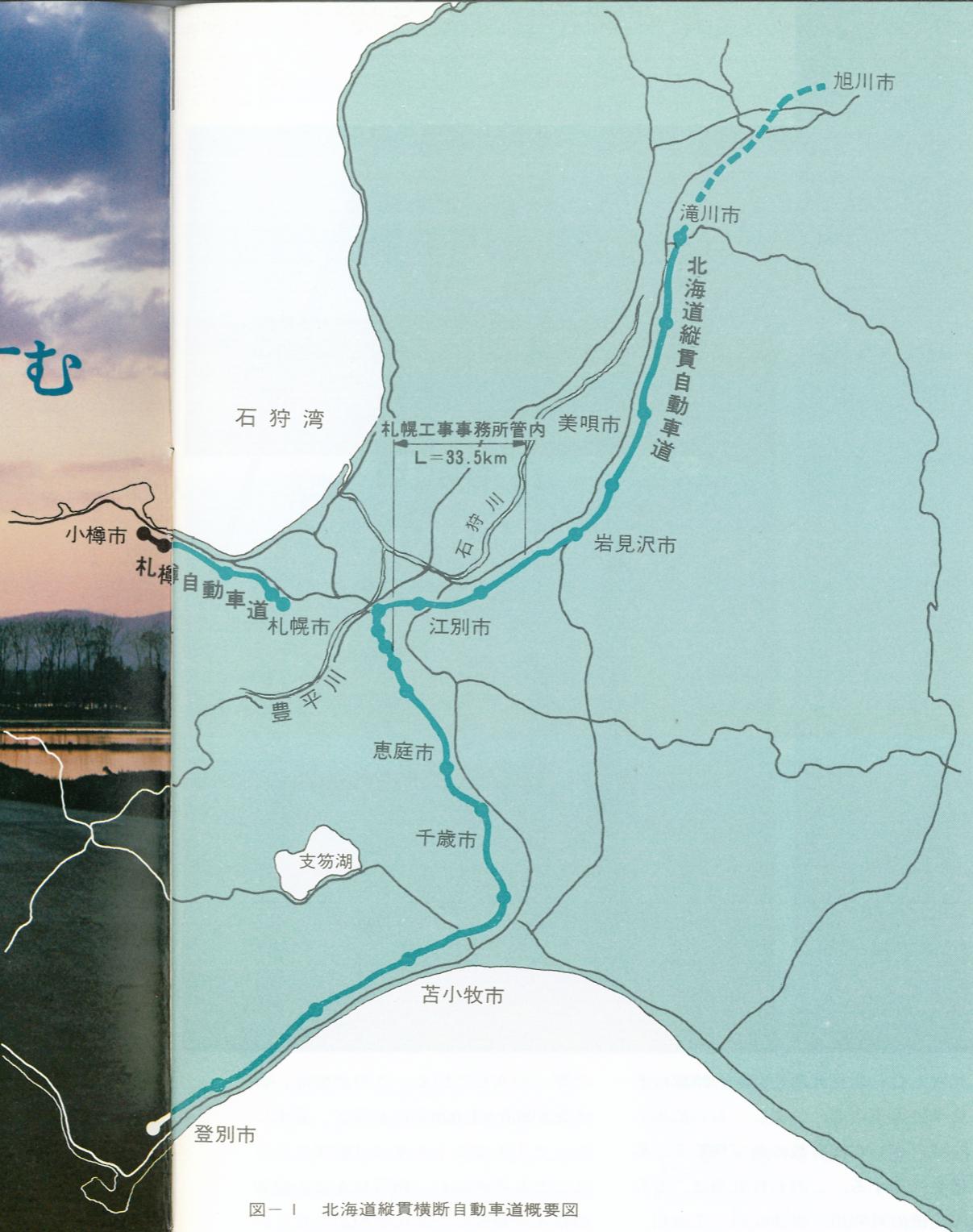
札幌インターチェンジも建設を急ぎ、日に日に様がわりを見せている。うたかたの夏を惜しむかのように……。

## 編集MEMO

日陰の恋しい季節となりました。暑中お見舞申し上げます。

さて、本号では、新しい企画として「鋼杭の生いたち」を掲載しています。意外に知られていない鋼杭の草創期の話を楽しくお読みいただけれることと思います。また、鋼管杭セミナーでは「鋼管杭の打撃応力と適正ハンマ」を紹介しています。涼をとりながらじっくりとお読みください。

本誌に対するみなさまのきたないご意見をお待ちしています。



図一 北海道縦貫横断自動車道概要図

数あるさまざまな国土開発の中でも、道路網の整備とりわけ高速道路網の整備については、ドイツのアウトバーンに見られるように、近代国家のひとつ象徴ともいえる重要な要素となっている。

アウトバーンは、17年にわたり、17,000kmの高速道路として計画され、1933年に着工された。しかし、敗戦および戦時中の損壊などにより、一時その建設は中断されたが、道路網整備に意欲をみせる政府の手で、いまも修復、延長工事がつづけられている。敗戦による

打撃からいち早く脱し、わが国と同様飛躍的な復興を遂げたのも、産業振興に果たしたアウトバーンの役割がまず第一にあげられるほどである。

さて、このように重要な意味を持つ高速道路網の整備は、わが国でも戦後間もなくはじまり、モータリゼーションの異常とも思える普及から、さらにその整備が声高に言われている。

そこで今号では、いま、北海道の大動脈として建設を急いでいる「北海道縦貫自動車道」にスポットを当てた。

延長600kmの大動脈として

高速道路の果たす役割は、実際道路を利用する人々に与える直接的効果と沿線およびその関連地域に及ぼす間接的効果が知られている。

すでに北海道では、道央自動車道（苫小牧西I.C～札幌南I.C間57.5km）および札樽自動車道（小樽I.C～札幌西I.C間24.3km）が供用され、この直接的、間接的効果をあげているが、この区間を含め函館～稚内間の縦貫自動車道630km、小樽～釧路～北見間の横断自動車道390km、合計1,020kmの計画がある。

さて、北海道縦貫自動車道630kmのうち、現在具体的に計画がすすめられているのは、供用中の57.5kmを含め、洞爺～旭川南間268kmである。計画では洞爺湖畔を起点に、原子力発電所が計画されている伊達市を経て、室蘭市へ入る。ここから北東へ登別市、白老町、苫小牧市へと至る。ここで供用中の道央自動車道と結び、千歳市、恵庭市を経て札幌市に入る。そしてここからずっと国道12号線沿いに江別市、岩見沢市、美唄市、滝川市と北上し、旭川市に至る道路である。

この道路は、北海道の交通の大動脈として、また、地域住民の広域生活関連道路として、さらに農畜産物・水産資源の流通、産業用・観光用道路として、大きな期待がかけられている。

現在、工事がすすめられている区間のうち、札幌工事事務所が担当するの



札樽自動車道入口



札幌インターチェンジ



は札幌南I.C～幌向川橋で、この区間は大別して札幌南I.C～札幌I.Cと札幌I.C～幌向川橋の2つに分けられる。

札幌南I.C～札幌I.C間約7kmは札幌市東部を北上し、国鉄函館本線・千歳線と並行して走り、白石区米里に至る。両側を札幌新道にはさまれ、すべて高架構造で計画されている。また、



豊平川

札幌I.C～岩見沢間約32kmの路線は石狩平野の東南部に位置し、石狩低地と呼ばれるわが国有数の泥炭性軟弱地盤帯を通過する。この石狩低地は、石狩川支流の月寒川、野津幌川、千歳川、夕張川、幌向川など大小河川の広大な後背湿地帯である。表層にはヨシ、アシ、スゲなどの湿地植物が堆積して

支持層は15～40mと多岐にわたっており、主に盛土およびサンドパイプなどで地盤改良を施した5～7mの盛土構

と厚く分布している。この地盤は、含水比が800～1,000%にも及び、盛土によって大きな沈下とすべり破壊を生じることも考えられ、鋼管杭を含め最新の技術を駆使した工法が検討されている。

支持層は15～40mと多岐にわたっており、主に盛土およびサンドパイプなどで地盤改良を施した5～7mの盛土構



雪化粧した札幌大通り



ゴーストタウンとなった美唄炭鉱



造で計画されている。

また、計画地沿線は冬季の気候がたいへんに厳しいため、雪に対して本線切土部は0.5～1.5mの除雪・堆雪スペースの確保、盛土部は法面および抑え盛土上に除雪スペースを兼ね、高架部は投雪用として10mの用地幅を確保するよう計画している。施工についても11月中旬から4月中旬まで作業休止期



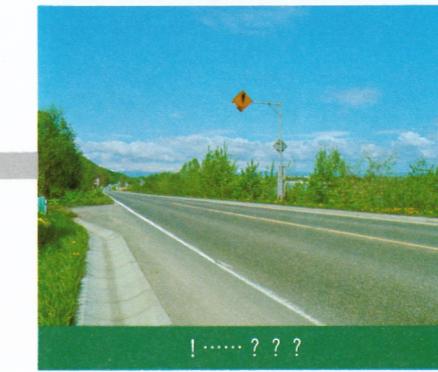
混雑する12号線

間を設けている。

### 北へ、北へ……

北海道縦貫計画路線を札幌から旭川までこの目で見ようと、5月中旬の昼下り、建設中の札幌I.Cをあとにした。

札幌I.C建設現場のすぐ北側を雪ど



!……???

けの水をたっぷりとたえた豊平川が流れている。真夏の豊平川は、真青な北国の空を映し、水面をキラキラと輝やかせるが、いま頃の川水は土砂をたっぷりと呑み込み、小型の黄河といったところだ。札幌市を東西に分断するこの川は、その昔アイヌ語で“サツ・ポロベツ”(乾いた大きな川)と呼ばれ、札幌の地名の起りをここに見ること



高台から望む旭川

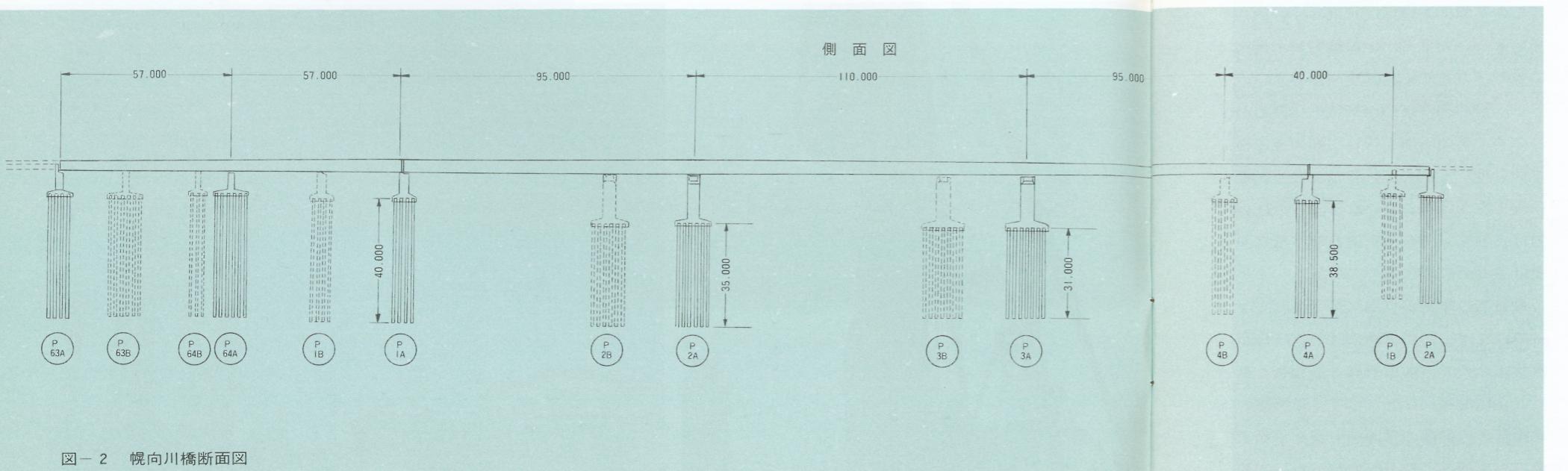


図-2 幌向川橋断面図

ができる。

国道12号線を北上する。混雑する市内を抜け、30分ほどで江別市に入る。明治11年岩手県から屯田兵10戸56人が配置された、これが江別のはじまりである。その後も約10年間にわたり、全

国から次々に屯田兵が派遣され、北方の警備に当るとともに、民間の移民も数多く移住し、江別はパイオニア精神で満ちあふれることになる。

このあたりは、ずっと道路脇を函館本線が走り、ときどき5両編成の列車

と行きちがう。江別を過ぎ、豊幌、幌向と“幌”のつく地名がつづく。幌向には、後でご紹介する「幌向川橋」の建設がいま急ピッチですすめられている。札幌市内から1時間ほどで岩見沢市に入る。12号線に沿って岩見沢から美唄、砂川、歌志内など、その昔炭鉱の町として時代を画した町々がつづく、しかし、一部を残しほとんどが閉山し、開発前のわびたたずまいだけが残っている。

### 往時を偲ぶ

美唄市に入る。ここも炭鉱では北海道有数の規模を誇った。市郊外を東へ折れ、山道の方へ車を乗り入れる。間もなく沿道の左右に蕭然と立ち並ぶ廃屋一集合住宅あり、一戸建てがあり——が目に飛び込んでくる。往時の人々の活況の様がその遺骸から伝わってくるだけで、生活の臭いはまったく残っていない。さらに山道に分け入る。道路の右になり、左になり流れる美唄川の流れが急に速くなったかと思うと、目の前がパッと開け、今度は住宅ではない巨大なコンクリートの塊が出現する。輸郭だけをとどめるこれらの建物のまわりには、ビッシリと緑が生え、繊細な色の花々の息吹きとすでに生命をな

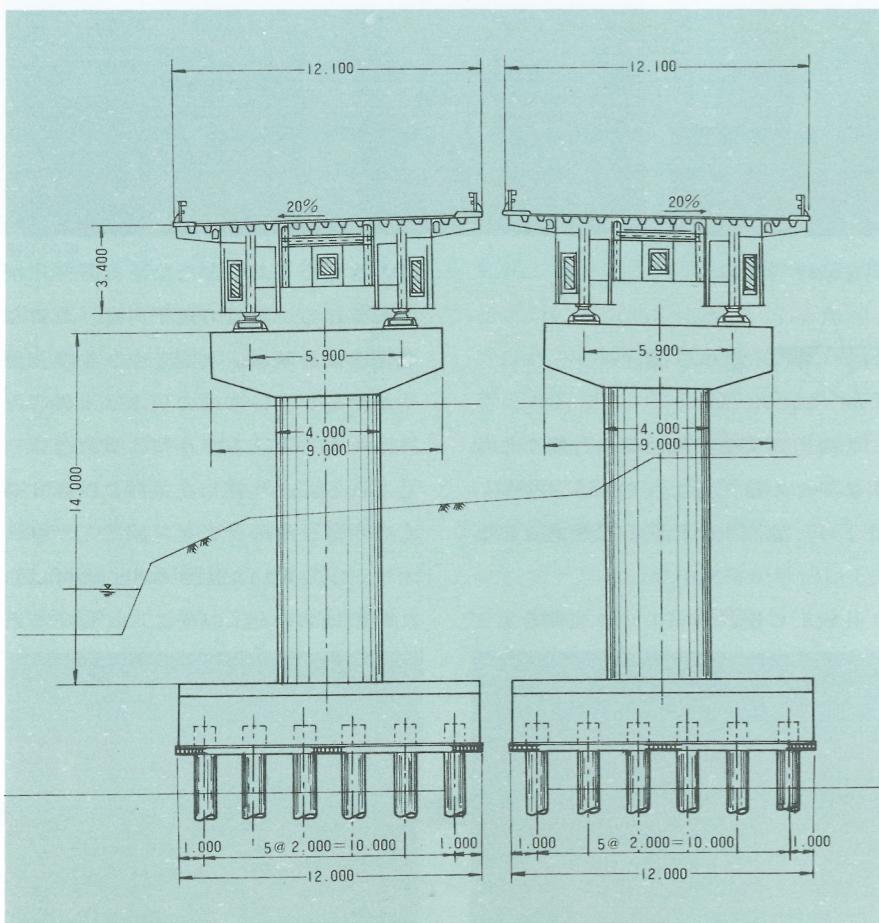


図-3 幌向川橋断面図

が茜色に染まる。かなたの地平線に陽は落ちた。落日をさえぎる山も障害物も汚れた大気もない。まさに目の高さ一地平線に陽が落ちたのである。

翌朝、さらに旭川を目指す。滝川市を出、山あいにさしかかる頃、ドライバーが「ありや？」とスットンキョウな声。みると路肩の標識に描かれたマークが「！」。一同「?……」。これがいくつも現われるのだ。

車の内に「?」が満ち満ちて、さらに北へ。神居古潭（カムイコタン）を過ぎ、深い谷間を川ぞいに1時間ほど下ると、一気に視界が開け、街並が現われる。旭川市である。札幌一旭川約150kmの行程が終った。実質4時間ほどの道のりであった。これが真夏の観光シーズンになると、倍近くもかかるという。これが縦貫道が完成すると2時間足らずとなる。

### 順調に終った 杭打ち作業

さて、現在すすめられている縦貫道建設には、鋼管杭が約88,000トン使用されているが、ここでは、幌向川橋に的を絞りご紹介しよう。

幌向川橋は、札幌工事事務所管内の最北に位置する全長301mの鋼単純合成鋼桁橋で、4つの橋脚をもっている。

幌向川付近の地盤は、地質調査によると、地表から-25mあたりまではN値0~10の粘性土が中心で、-25~-30mにN値40~50のレキ層、さらに-40mまでがN値20前後の砂層、そして-40m以深にN値50以上のレキ層が存在する。このレキ層を支持層とした。

杭の選定に当っては、杭長が40m前後と長くなること、また施工性のよさなどから鋼管杭に決定した。

杭打ちは53年6月~54年8月に行なわれた。

杭打ち作業は順調にすすめられ、無事終了、その後56年8月から上部工事がはじまり、58年8月までつづけら

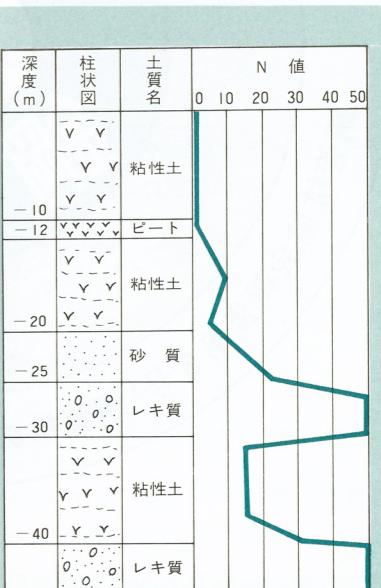


図-4 土質柱状図

れる。

この橋梁に使用された鋼管杭は、Φ812.8×(9,12)t×ℓ(30.5~41m)である。

なお、現在すすめられている工事の杭打設については、環境対策に万全をつくして行なっている。

北海道というと、大自然の中にはてしなくまっすぐに伸びる道路を連想するが、札幌を中心とした道路の混雑は他の大都市のそれと変わらない。交通事故死者の数が最も多いのも、また北海道である。

北海道の交通の大動脈として期待のかけられる縦貫自動車道——この動脈が1日も早く無事活動を開始するのを願って取材班は現場をあとにしたのである。





## 鋼管杭協会施工分科会 濱渡哲郎

### 1. まえがき

この報告書は、鋼管杭協会特別技術委員会施工分科会が行なった調査研究の結果の報告であり、これを2回に分けてご紹介する。

図書としてまとめてあるので、くわしい内容は、それをお読みいただきたい。（本書をご希望の方は、鋼管杭協会事務局にご請求ください。）

鋼管杭の断面寸法は、打撃終了後の杭基礎が受ける外力に対して設計されている。打込施工のときに鋼管杭が受ける打撃応力は、設計外力にくらべて、はるかに過大であるにもかかわらず、設計の段階や、施工計画の段階では、打撃応力に対する杭断面の安全性の検討は、ほとんど行なわれていない。

杭の断面強度が十分余力をもっている場合は、問題なかった。しかしハンマの容量が大型化してくるにつれて、打込施工中に鋼管杭が局部座屈——いわゆる、ちょうどちん座屈——を生ずる事例がみられるようになってきた。打撃応力の検討をおおざりにしてきた結果によるものと考えられる。

このような鋼管杭の座屈破損の問題は、ハンマ容量の選び方、打撃応力度の算定法、鋼材の強度、径板厚比、施工管理など、数多くの因子と関連がある。

この打撃応力の伝ば状況は、停止している長い列車に、他の機関車が衝突したときを連想すれば理解しやすい。

まず最前部の車両が衝突を受けると、そのすぐ後の車両を押し、順次後方の車両を押していくが、その反力として圧縮力を受けることになる。この圧縮力は、静止している車両の慣性抵抗を受けるために生じるのである。

最後部の車両が自由に動く状態になつていれば、この車両には慣性抵抗が働くないので、前の車両よりも速く動くことになる。したがって、最後部の車両はその前部の車両を引張り、順次前方の車両へこの引張力が伝わり、最前部の車両まで引張ることになる。すなわち、まず圧縮力が最後部の車両の方へ伝わり、ついで引張力が最前部の方へ伝わる。このような状況をくりかえして、列車全体が後部の車両の方へ動くことになるのである。

一方、最後部の車両が動かないように固定された状態では、最後部の車両は前の車両を押すことになり、順次最前部の車両の方へ圧縮力が伝わる。この圧縮力は、最初に衝突した機関車をはね返すことになる。

以上のことから、杭のような弾性棒を伝ばす打撃応力について考えても、全く同様である。すなわち、杭頭部に加えられた打撃力は、杭の先端に向って伝ばしてゆき、杭先端が軟弱地層のような自由端であれば、引張力として打撃端へ戻ってくる。このような応力の伝ばを繰り返して、杭全体は自由端の方へ動くことになる。また杭先端が固い地層の固定端であれば、圧縮力として反射され打撃端へ戻ってくる。この圧縮力は、杭頭部でハンマをはねあげる作用をすることになる。

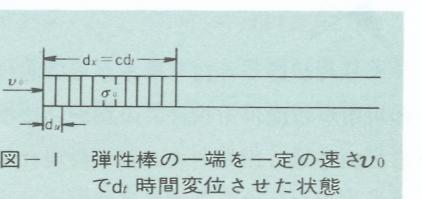
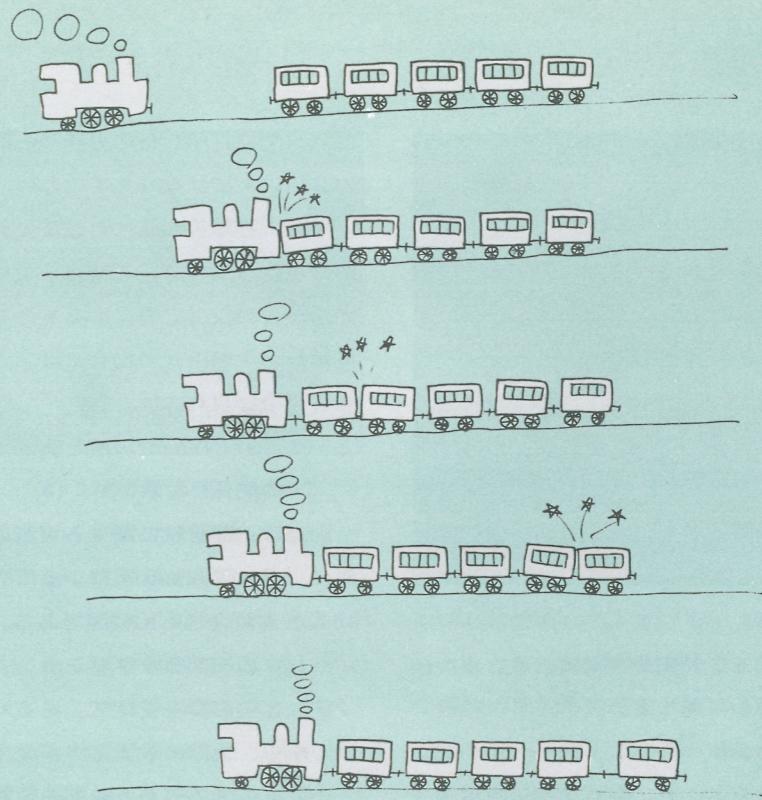


図-1 弾性棒の一端を一定の速さ $v_0$ で $d_x$ 時間変位させた状態



2・2 棒の一端を一定の速さ $v_0$ で変位させた場合の応力とエネルギー

図1に示すような弾性棒の一端を、

一定の速さ $v_0$ で $dt$ 時間変位させた場合応力 $\sigma_0$ の伝ばする距離 $d_x$ とその端面の変位 $du$ は、それぞれ、

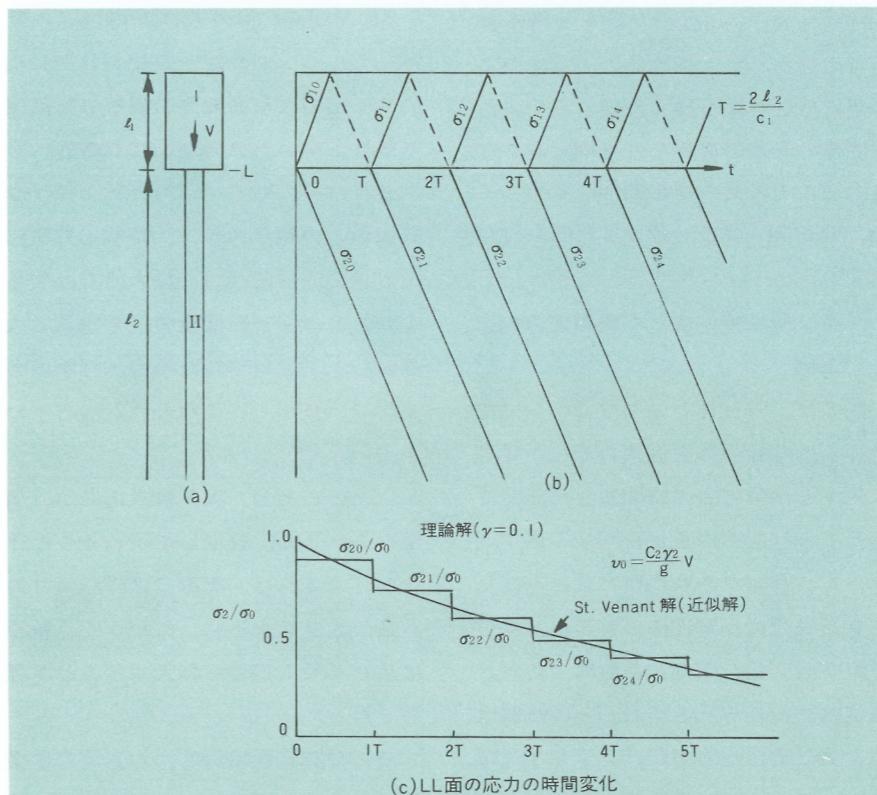


図-6 弾性棒Iで弾性棒IIを打撃した状態

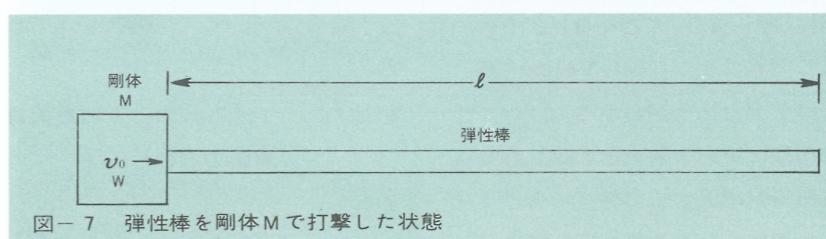


図-7 弾性棒を剛体Mで打撃した状態

$$\left. \begin{aligned} d_x &= cdt \\ du &= v_0 dt \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

となる。ここに $c$ は応力の伝ば速度である。この応力 $\sigma_0$ の生じている範囲 $d_x$ 部のひずみは、(1)式から

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{v_0}{c} \quad (2)$$

となる。したがって応力 $\sigma_0$ は(2)式を用いて、

$$\sigma_0 = E \frac{\partial u}{\partial x} = E \frac{v_0}{c} \quad (3)$$

で与えられる。ここに $E$ は弾性係数である。

(3)式は Thomas Young (ヤング率を提唱した人)によって導かれたものであって、弾性棒の打撃応力を考察する場合の基本式である。また(3)式は(4)式のように多様な表現ができる。

$$\sigma_0 = E \frac{v_0}{c} = \sqrt{\frac{E}{g}} v_0 = \frac{\gamma c}{g} v_0 \quad (4)$$

記号  $\gamma$  : 弾性棒の単位体積重量

$g$  : 重力加速度

$c$  : 打撃応力の伝ば速度

$$c = \sqrt{\frac{g E}{\gamma}}$$

ここで $c$ と $v_0$ の相違を明確にしておこう。伝ば速度 $c$ は材料定数から求められるもので、鋼杭の場合約5120 m/sである。また変位速度 $v_0$ は杭の打撃を対象とする場合、ハンマの落下速度 $\sqrt{2gh}$ にほぼ等しい値であり、一般には3 m/sから8 m/s程度である。

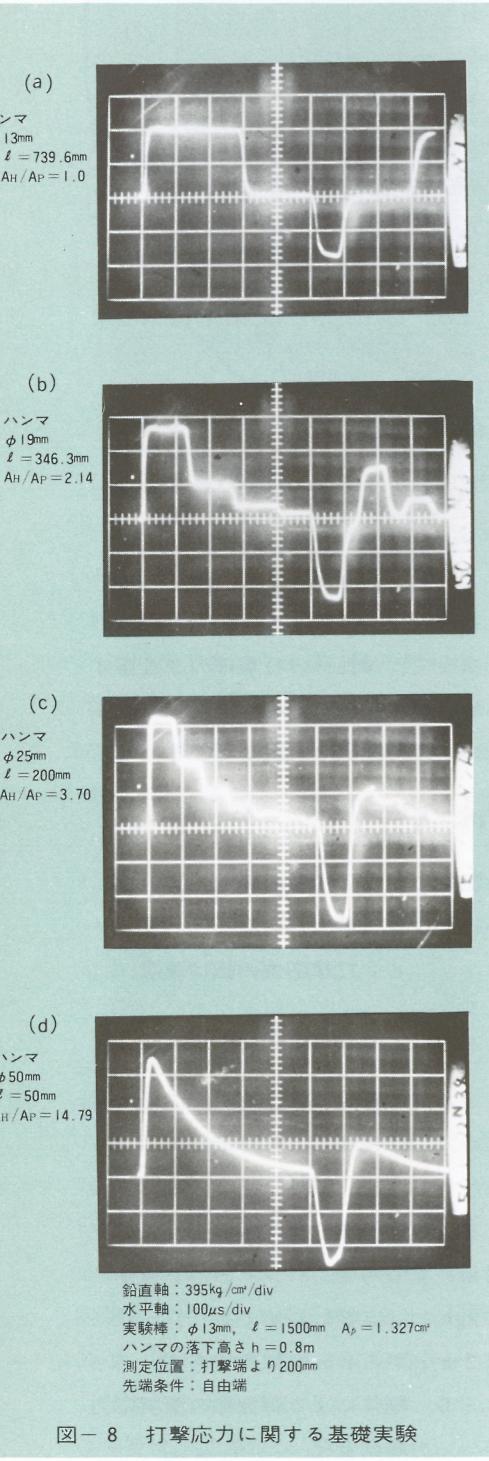
### 2・6 剛体による弾性棒の衝突応力の時間変化

図7に示すような、長い弾性棒に剛体Mが衝突した瞬間の衝突応力 $\sigma_0$ は、剛体Mの衝突速度を $v_0$ とすれば、Thomas Youngの基本式から、

$$\sigma_0 = \frac{\gamma c}{g} v_0 \quad (43)$$

で表わされる。

剛体Mの衝突中の速さ $v$ は、弾性棒の抵抗によって次第に減少するので、弾性棒の衝突面の応力 $\sigma$ も減少することになる。すなわち、衝突中には衝突



面における剛体Mの慣性力と弾性棒の抵抗力は釣合っているので、

$$\frac{W}{g} \frac{d\nu}{dt} + A\sigma = 0 \quad \dots\dots\dots(44)$$

なる関係が成立つ。こゝに、Wは剛体Mの重量、Aは弾性棒の断面積である。

(44)式に Thomas Young の基本式  $\sigma = \frac{\gamma_c}{g} \nu$  の関係を代入して整理すれば、

$$\frac{d\nu}{dt} + \frac{\gamma A}{W} c \nu = 0 \quad \dots\dots\dots(45)$$

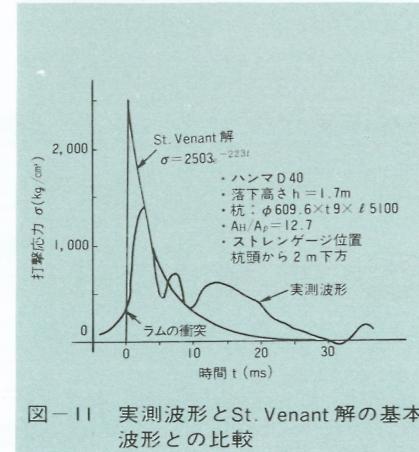


図-11 実測波形とSt. Venant解の基本波形との比較

となる。

(45)式を、初期条件 ( $t = 0, \nu = \nu_0$ ) を考慮して解くと、

$$\nu = \nu_0 e^{-\frac{\gamma A}{W} c t} \quad \dots\dots\dots(46)$$

を得る。この式に(43)式の関係を適用すれば、

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{\gamma A}{W} c t} \quad \dots\dots\dots(47)$$

となる。

(47)式は St. Venant によって導かれたものであって、弾性棒の先端を固定の条件にした解も得られている。また、弾性棒の先端の境界条件を固定端から自由端までのあらゆる条件を考慮して、St. Venant 解を一般化した解も得られている。

## 2・7 弾性棒に生じる衝撃応力の実測例

図 8 は、弾性体とみなせるハンマで、杭のような弾性体を直接打撃した場合に生ずる衝撃応力の時間変化の記録である。

ハンマの重量を同一、落下高さ一定、ハンマの断面積と長さを変化させた場合に、弾性棒に生じる打撃応力の時間変化を実測したものである。測定波形にみられる応力一定の時間は、ハンマに生じた応力がハンマを 1 往復するに要する時間になっている。

(a)から(d)への順序でハンマと弾性棒の断面積比  $A_H/A_P$  が大きくなり、それについて図 6 のような St. Venant 解に近づいてくる様子がわかる。

打撃初期に現れる最大応力は、ハンマの断面積が増大するに従って大きくなる。この値は、弾性棒と同一断面積

のハンマで打撃した応力——図 8(a)の 2 倍以上にはなりえていない。

なお、打撃後 500μs の位置に引張り応力が生じている。これは、実験棒の先端からの反射応力によるものである。実験棒が半無限長の場合には、このような現象は現れない。

## 2・8 St. Venant の解と実測波形との関係

図 11 は、鋼管杭に関する実測応力波形に、St. Venant 解による応力波形(47)式を重ね合せた比較図である。

ハンマの衝突後、クッション、キャップなどの影響を受けて、ある時間遅れてから、実際の最大応力が発生する。この最大応力の遅れた時間の位置で、St. Venant 解の理論波形と実測波形が一致している。実測によると、遅れは 2~3 ms のようである。

St. Venant 解の(47)式を用いて、ディーゼルハンマ D22、D42、D70 に相当する応力波形を種々の鋼杭の断面積に関して画いたものが図 12 である。

これから、あるハンマと杭の種々な断面積との組合せは、打撃応力波形の形状のみに関与し、最大応力は変わること、同一断面積の杭を重量の大きいハンマで打撃した場合、打撃応力波形は減衰が小さくなることなどがわかる。

以上のこと、実測最大応力が、衝突後 2~3 ms 経過して現れることを合わせ考えれば、実際には、ハンマの重量が大きくなるにしたがって、杭頭に生じる最大応力も増大することが理解できる。

そこで(47)式を用いて、ハンマの衝突後 2 ms の打撃応力  $\sigma_2$  を求めると次式のようになる。

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_0} = e^{-8.0 \frac{A_P}{W_H}} \quad \dots\dots\dots(48)$$

記号  $\sigma_2$ :  $t = 2\text{ms}$  のときの最大打撃応力 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$$\sigma_0 = \frac{E_P}{C_P} \sqrt{2gh} \quad (\text{kg}/\text{cm}^2)$$

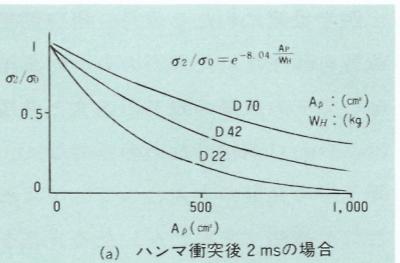


図-13 打撃して 2 ms 後に生じる杭頭の応力

$A_P$ : 杭の断面積 ( $\text{cm}^2$ )

$W_H$ : ハンマの重量 ( $\text{kg}$ )

$E_P$ : 杭の弾性係数

$$(2.1 \times 10^6 \text{ kg}/\text{cm}^2)$$

$C_P$ : 杭の弾性波速度 ( $5.120\text{ms}$ )

$h$ : ハンマの落下高さ ( $\text{cm}$ )

これらと杭の断面積  $A_P$  との関係を、ハンマ重量をパラメータにして画いたのが図 13 である。また落下高さをパラ

メータにして、 $\sigma_2$  と  $A_P$  の関係を画いたものが図 16 である。

施工分科会で調査した局部座屈破損例をしらべて、 $A_P$ 、 $W_H$ 、 $h$  から、座屈破損時の  $\sigma_0$  と  $\sigma_2$  を求め、 $\sigma_2$  を図 16 の中にプロットしてある。同図から  $\sigma_2$  はほぼ  $1,600 \text{ kg}/\text{cm}^2$  から  $2,100 \text{ kg}/\text{cm}^2$  の間に比較的集中した分布を示していることがわかる。

現実には、鋼管杭の座屈強度に幅があること、また打撃の偏心は避けられないものであって、曲げモーメントをもともなった緑応力度が大きくなつて座屈時の平均応力度が低下すること、などを合わせ考える必要がある。これらの原因が重なり合つて、座屈破損時の  $\sigma_2$  がこのように低下し、かつ分散し

ているものと思われる。

## 3. 第III章 鋼管杭の座屈応力の算定式の概要

鋼管杭に衝撃載荷を行なつた場合の局部座屈については、まとまつた文献がほとんどみられない。したがつて、鋼管杭が静的中心荷重を受けた場合について述べ、衝撲荷重時はこれに準ずるものと考えた。

文献<sup>19)</sup>の結果では、 $r/t \leq 40$  の範囲の鋼管に対する塑性域における局部座屈の実験式として次式が示される。

応力上昇率

$$x = \sigma_{\max}/\sigma_y = 1.3 - 0.0075(r/t) \dots\dots\dots(51)$$

記号  $\sigma_{\max}$ : 最大圧縮応力度  
(座屈応力度)

$\sigma_y$ : 鋼管圧縮時の降伏応力度  
 $r$ : 半径  
 $t$ : 板厚

文献<sup>21)</sup>は、鋼管から切り出した引張試験片の降伏応力度  $\sigma_{ty}$  と、上記の  $\sigma_y$  との関係を、 $\sigma_y = 0.89\sigma_{ty}$  であるとして(51)式から導いた。

$$\sigma_{\max}/\sigma_{ty} = 1.16 - 0.0067(r/t) \quad (10 \leq r/t \leq 100) \dots\dots\dots(53)$$

さらに、(53)式を  $r/t$  に関して直線近似させた次式を提案している。

$$\sigma_{\max}/\sigma_{ty} = 0.86 + 2.7(t/r) \quad (0.01 \leq t/r \leq 0.10) \dots\dots\dots(54)$$

$\sigma_{ty}$  の値として JIS 規格の下限値  $2400 \text{ kg}/\text{cm}^2$  を採用して、(53)式または(54)式で座屈応力度を求めることとした。したがつて、ある程度の安全が見込まれれている。

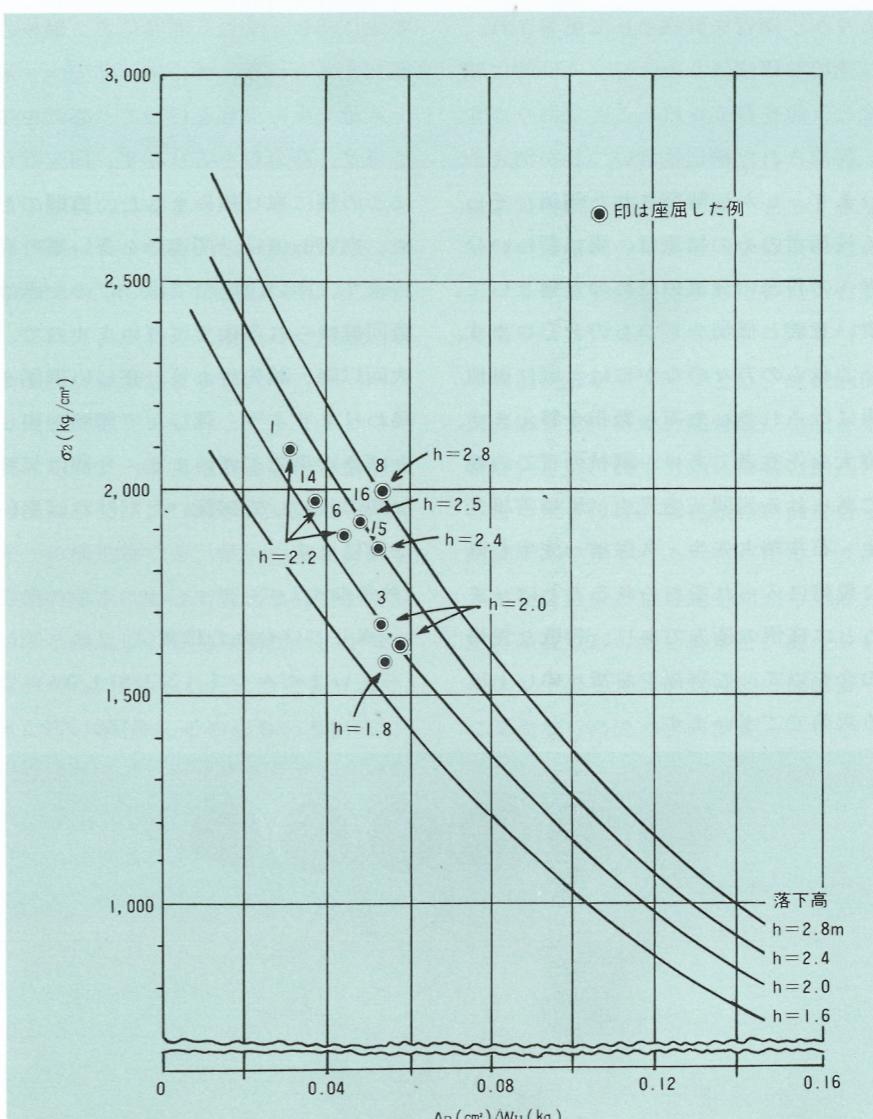


図-16  $\sigma_2$  と  $A_P/W_H$  の関係図表

### 参考文献

- (19) 加藤・秋山・鈴木: 軸圧縮力を受ける鋼管の塑性局部座屈耐力  
日本建築学会論文報告集, 第 204 号昭和 46 · 11
- (21) 岸田・高野: 鋼管の座屈と端部補強  
昭和 48 · 11

# 鋼杭の生い立ち

## 1

### 鋼杭を育てられた恩人たち

株式会社東光コンサルタンツ  
理事・技術第一部長  
吉村 元宏

「その功の成るは  
成る日に 成るにあらず,  
蓋(けだ)し 必ず  
由(よ)って起る所あり。」

蘇洵

### はじめに

鋼杭が、今日、有力な基礎工法の一つとしてその地歩を確立し、世の福祉に貢献できることは、斯界各分野の多数の碩学(せきがく)・泰斗の諸先生をはじめとして、実務の第一線を担当され、あるいは、その陰にあって名も知れずとも、地道(ぢみち)な努力を重ねられた幾多の方々の、御研鑽と情熱の賜(たまもの)でございます。

一方、鋼杭の建設の分野における貢献としてつぎの三点が挙げられます。

1. 基礎工法の合理化。
  2. 基礎杭理論進展の触媒。
  3. 多方面・多分野の方々の技術的・人間的結集の場(ば)の提供。
- 1は、条件に応じて、それぞの他の新工法についてもいえることあります。

2は、鋼杭のもつ、解析の容易さ(等方質・形状寸法の自由度と明確さ・加工性その他)が杭基礎理論解明の実験の手段となり、また、鋼杭の使用上の特色が新たな研究のテーマを提供したことでしょう。

3は、土木・建築・土質の各分野にわたり、学界・官界・業界の多岐の立場の方々が、鋼管を動機として結集され、技術的な研鑽はもとより、人間的に親交と友誼を確立されたことであります。

建設された構造物はいつしか消え去ります。しかし解明された理論、そして技術者の心の結束は、更に新しい分野への将来の発展のための基盤として、貴い意義と価値をもつものと存じます。

これらの方々のなかには、既に御他界になられました方も數指を算えます。偉大な先覚者であり、鋼杭の育ての親であられる岩間正亮先生・馬場善雄先生・石井靖丸先生・久保浩一先生も既に鬼籍に入られておられることは、まさに痛恨の極みであり、畏敬と愛惜の念を以て、ご冥福をお祈り申し上げる次第でございます。

四半世紀にわたる歳月、研究開発に献身を傾注された幾百の方々の業績、そしてその成果の幾多の論文と各規準は、ひとり鋼杭のためのみならず、基礎工学の発展の支えとして、消えることなく燐然(さんぜん)たる光茫を放つていることに、深い感銘を覚えるものであります。

このたび、钢管杭協会 田中柳之助専務理事より、草創期の想い出を書くよう御指示がございましたが、多くの諸先輩を差しおいて、浅学・若輩の身でその任に耐えずとして固辞いたしました。

たまたま、昭和57年5月10日・鋼杭開発の恩師・大崎順彦先生の東京大学教授停年御退官の祝賀会の末席をけがす榮に浴し、また、同席にて、鋼杭の慈父であられる、竹山謙三郎先生・最上武雄先生の温容を拝して、感動を禁じ得ず、身の程を省りみず、同夜直ちにこの稿に取り組みました。寡聞のため、内容も偏り、間違いも多い事と存じます。幸い、協会では、この企画は数回繰り返される由でございますので、次回以降、諸先生より、正しい御話を賜りますよう、謹んで御願い申し上げる次第でございます。今回は気軽な懐旧談として御覧いただければ幸いに存じます。

「熱意なくして

成しとげられた偉業は

いまだかつて ひとつもない

エマーソン」

」

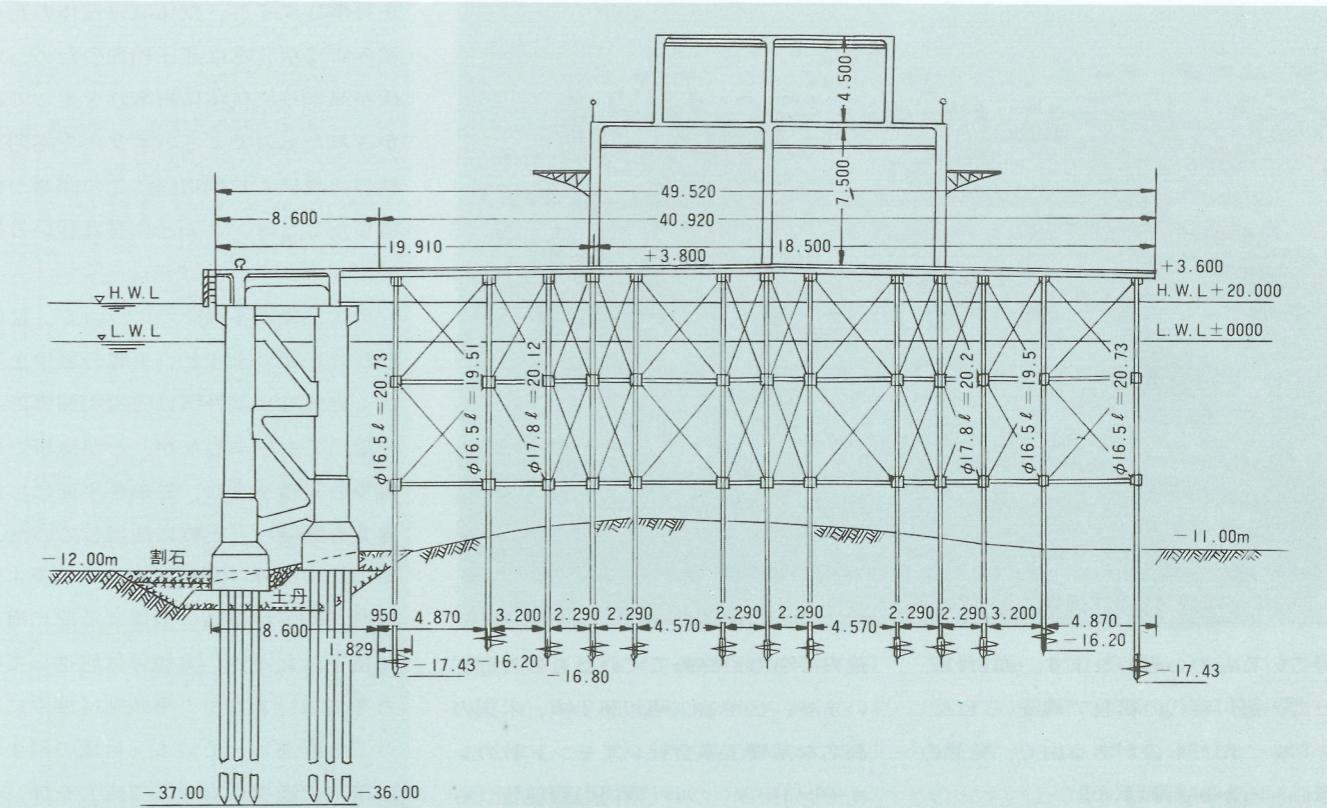
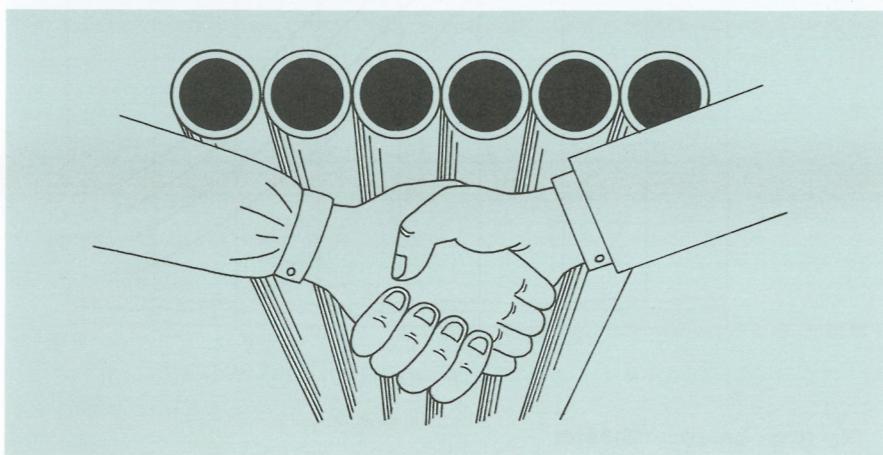


図-1 大桟橋標準横断面図

### 1 鋼杭のはじまり

「鋼杭はいつ頃から使われたのであろうか」という事がよく話題にのぼります。

これは、きわめて難しく、間違いもあるうかと存じますが、

### 外国では――

ノルウェーは、基盤となる岩盤が氷河侵蝕を受け、その表層の起伏が多く、同一の構造物でも、個々の杭の長さを岩盤の深さに応じて変える必要があり、切断と継足しの容易な鋼杭が、かなり以前から、用いられたようあります。

また古い鋼杭は、その形もいろいろで、鋼管はもとより山型鋼を背中合わせに組立てて十字形としたり、鉄道の軌条三本のフランジを三角形に組み合せたものや、鋼矢板二枚で箱形に組み合せたものもあったようですが、いつの時代からという事は不明です。ただ、昭和30年初頭、オストラの市条令で鋼杭の設計規準が既にあることがわかりましたので、それ以前に鋼杭がかなり使用されていたものと思われます。

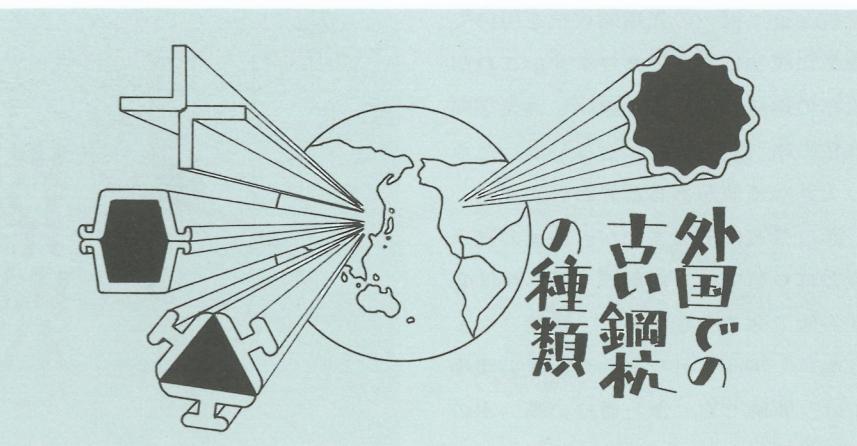
米国については、やはり昭和30年頃

に、H形鋼(昭和24年版)とモノチューブの使用例の写真を入手しましたので、それ以前に使用されていたことがあります。

なお、モノチューブとは、比較的薄肉の鋼管に、打撃の際管壁に座屈を生じないよう、長手方向に縞状の凹凸(おうとう)を付け、菊花状の断面をもつた杭であります。これをパイル・ベンチまたは柱材として地上に立ち上げ、白い塗装でもいたしますと、あたかもギリシャのイオニア式神殿の柱のように優美なものでございます。

### わが国では――

港湾の分野では、構造物に鋼材を使用することは、鋼矢板の例でもおわかりのように、腐食に対する懸念(けねん)も少く心理的な抵抗もないようで、聞き及んでおります限りでは、明治22~29年横浜港大桟橋(図-1)の柱脚兼基礎杭が最古のもののようにあります。これは鉄製の杭で、下端に径1.5mのスクリューの翼をもっており、施工時には、打込んだものでなく、振(ね)ち込んだものと考えられます。また、その翼と土との支圧によって支持力を



古國での  
種類

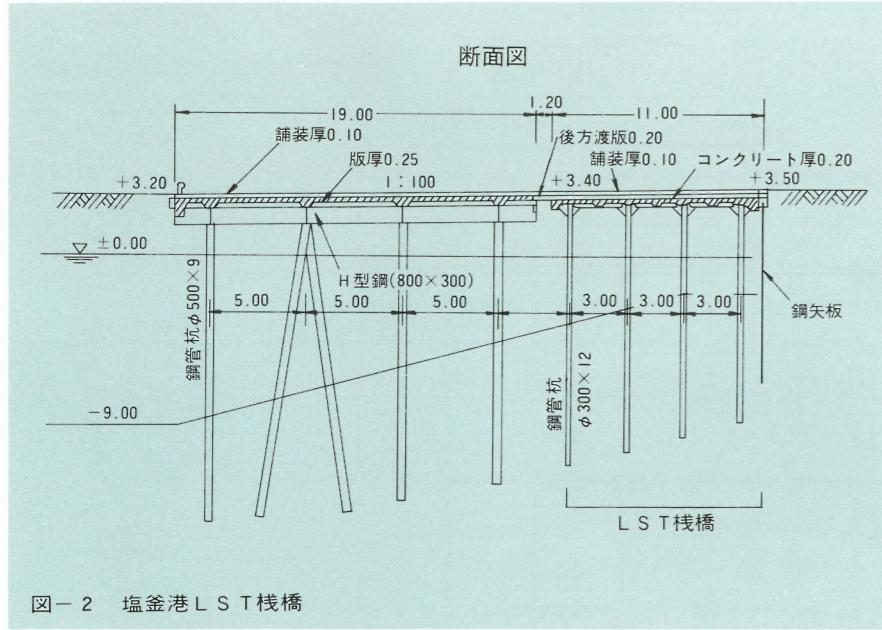
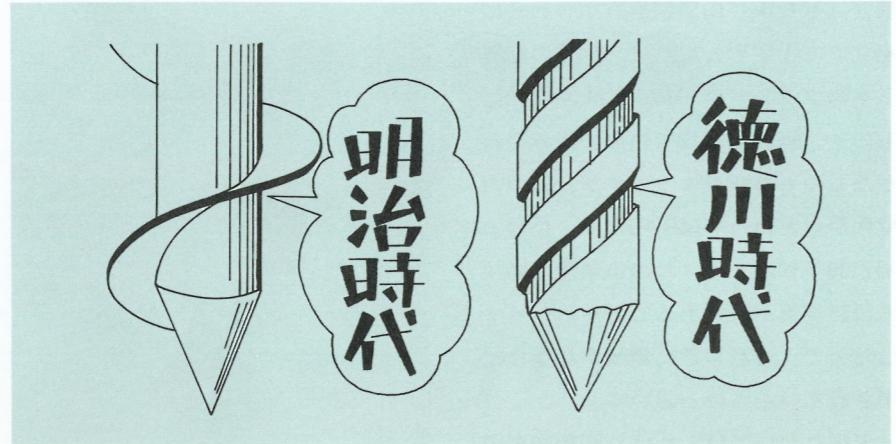


図-2 塩釜港LST桟橋

得ているものと思われます。面白いことに、徳川時代の松杭で螺旋(らせん)を刻みこんだものがある由で、発想の類似がうかがわれます。

現在の鋼管杭と設計思想も同じなら、形状・製造・施工が同一のもので、最も古いものは、昭和28年、立石哲郎先生の御実施による塩釜港LST桟橋とのことであります。(図-2)ここで注目すべきことは、杭先端の形状であります。従来、杭先端は、木杭・RC杭を問わず、円錐形の尖頭(せんとう)形のものが、地盤の貫入能力に優れていると思われておりました。塩釜港の場合、岩盤が傾斜し、尖頭(シュー)では、打込みの際に、杭先が岩盤面に沿って横にすべり、杭が傾斜するため、シューを取り除いて単に鋼管を軸直角方向に切断したままの、今日の鋼管杭と全く同一の先端開放杭を用いて、施工に成功した点であります。これが現在の鋼管杭の先端形状ないしは先端開放杭の緒(いとぐち)となりました点に大きな価値があると思われます。

話は横道にそれますが、地盤の貫入能力については、わが国では木杭は必ず尖頭であるべきとして、手斧(ちような)で削っておりました。杭打現場では、新鮮で白くまた香りの高い木の切片が散り、荒々しい施工現場で、私



を打撃しますと、杭体は弾性体のため縮みますが、水は非圧縮性のため、内圧が高まり、杭体に縦割れを生じて泣かされたものでございます。先端開放杭の出現により副次的にこの問題が解消したことは、まことに喜ばしいことでございます。

更に、先端平面の点について、脱線をお許し願いますと、軍艦の装甲を抜く砲弾も、諸外国は先端尖頭弾のみを用いておりましたが、わが海軍では幾多の実績を重ね、先端を平面にした弾丸を開発し、実戦に使用していたようこの砲弾は貫通能力は尖頭弾より優れ、砲弾が敵艦に到達する前に海面に落下したとき、尖頭弾は届進して効力を失いますが、平頭弾は海中に入ても直進し、そのまま目標の艦の吃水線下の艦腹に命中して威力を揮(ふる)うのであります。鋼杭開発当初、杭の先端形状選定に、海軍の研究を無断借用いたした結果になっております。

なお、鋼管杭の先端開放がよいか閉塞がよいかの問題は、日本建築学会の関東・近畿両支部の大論争を招いたのであります。この結果、両支部の团结が高まり、今日の適切な設計方針が確立したのであります。

現在の鋼管杭と同様のもので、港湾施設に使用された最も古いものは、神奈川県の金沢八景沖に築造された5万トンタンカー繫留用ドルفين(図-3)の鋼管杭であろうかと思います。これ

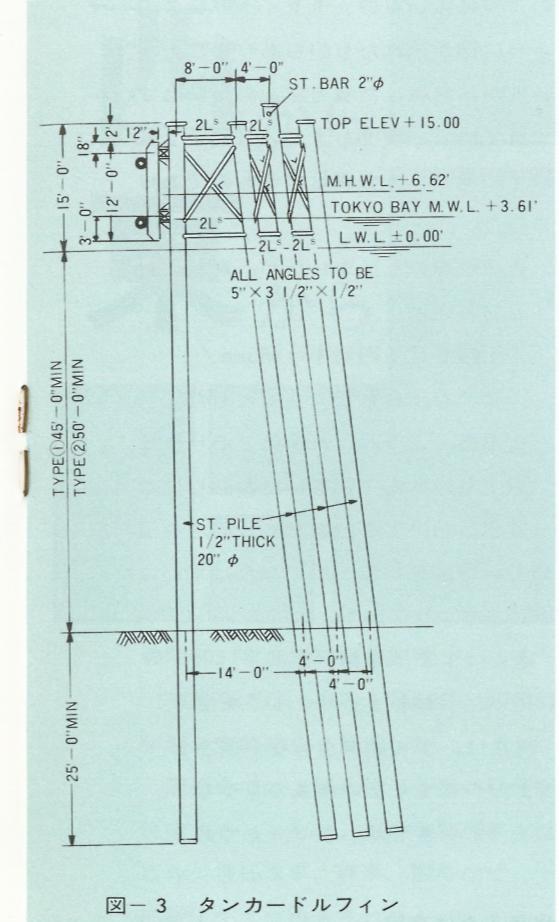


図-3 タンカードルフィン

は径20インチ長さ約27m 1本ものが使用されています。長さが長いため、造船所で一本に継ぎ、両端を蓋板でふさいで水に浮かべ、タグボートで建設地点まで曳航されたうえ、作業船の近くにあたかも丸太のように浮べられて貯蔵されていました。これは鋼杭のもう一つ特長の軽いという点を有効に活用された一例であります。海底上の立上りが約20mもあるため、打設後の単独の杭は波でも動搖し、片手で軽く押しただけで数十cmも動きますが、ブレーシングで結合した後は安定します。打設後の単独の杭を長日月海上に放置すると波浪で疲労を招き損傷を生ずるおそれがあります。

橋梁の分野では、山梨県の笛吹川を横ぎる道路橋の橋脚に鋼板をリベットで縫った円筒のものが用いられていました。これは、後述の鋼杭研究会で発見し、腐食度調査を行ないました。調査時点で既に40年を経過していたように記憶しますが、甲斐の山紫水明の環境に

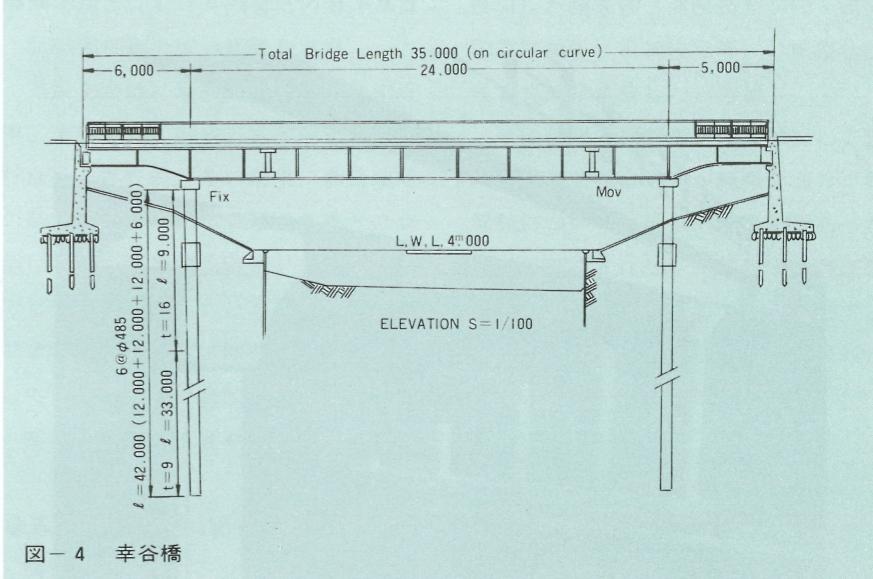


図-4 幸谷橋

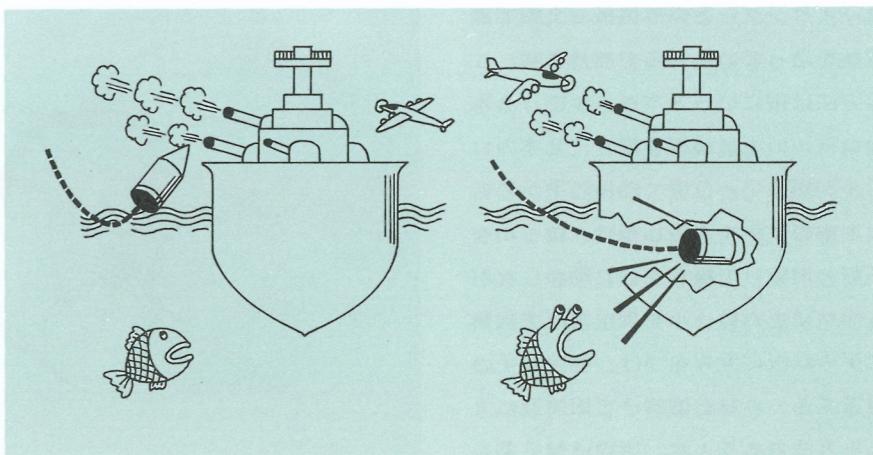
もよりましうが、乾湿の状態にある地際(ぢぎわ)でも、艶やかな平滑な肌をしていました。非破壊の厚み測定をいたしました。なにぶん図面がなく当初の正確な板厚は不明で、確実なデーターとはいませんが、全く健全な板の端部と比較してもほとんど減厚は見られませんでした。なお、これはパイル・ベントと思われますが、もしそうなら、施工機械に恵まれぬ当時どのような方法で砂利層の河川敷に建て込んだものか、施工の面でも興味深いものがあります。協会の委員か会員の方で、この橋の調査報告が写真をお持ちの方は、ぜひ、本誌に御寄稿か、御貸与賜われば幸いに存じます。

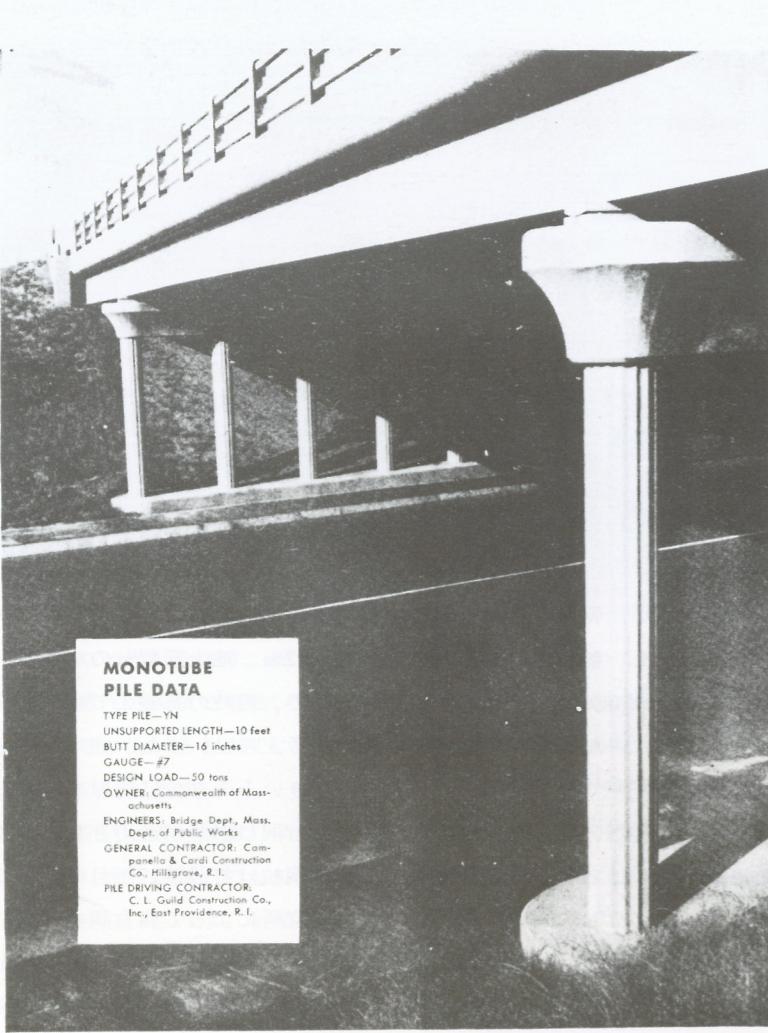
設計、施工とも現在と同様のもので、最も古い橋梁用の鋼杭としては、浅間達雄先生その他の方により、昭和33年に常総国道に建設された旧名：八間堀

川橋、現名幸谷橋(図-4)があります。杭長42m、地上部数mのパイルベント型式で、当時の基礎工では最も深いものと考えられ、また、曲げモーメントの大きい上の部分は肉厚を増すなど、現在と同じ思想が適用されています。この鋼杭は打設後17年目に、建設省土木研究所によって腐食調査が行なわれ、年間腐食率は最大値で、0.024mm/年、平均0.007mm/年と報告されています。

建築物では、鋼杭の最も古いものは寡聞にして不明ですが、昭和34年に東京都内の菊地ビルの基礎に使用されておりました。これは、今日と異なり、繁華街の真中に打撃式で気楽に施工されていて、おおらかな世相であったと、ほほえましい感がいたします。

産業施設用としては、昭和32年に川崎市内の工場用直流発電機の基礎に、実験を兼ねて実用に供されています。





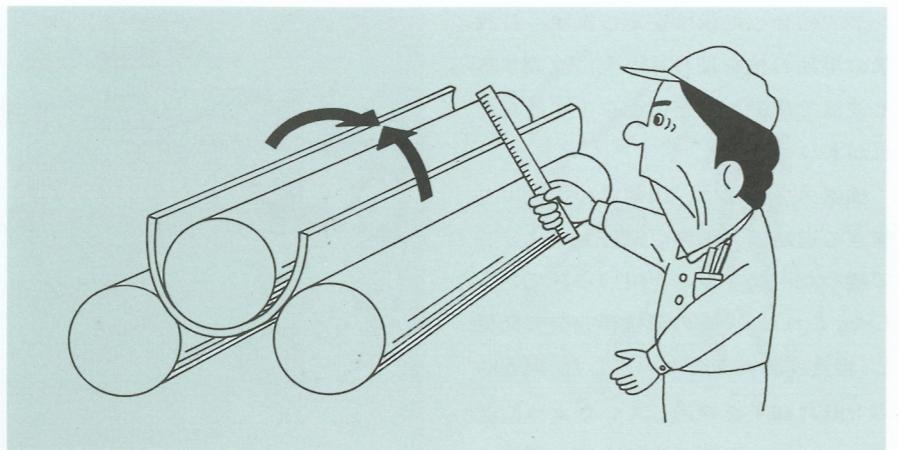
**STRENGTH plus VERSATILITY** with Monotube piles... a perfect combination for this bridge on the Mid-Cape Highway, Dennis, Mass. Acting as columns as well as foundations, Monotube steel piles provide necessary strength, eliminate column form-work and add to architectural beauty.

Tapered, fluted Monotube piles are available in lengths, diameters and gauges to meet every requirement. Write The Union Metal Manufacturing Co., Canton 5, Ohio, for complete information.

**UNION METAL**  
*Monotube Foundation Piles*

以上に出てまいりました杭の径は485mmが多いので、ある方から「妙な寸法ですね」との感想が出ました。これは種明しをいたしますと、当時は現在のように近代化され精度もすぐれた大量生産用の製管設備がなく、定尺の板をロールベンダーという機械で丸めて鋼管杭を造っていたからであります。この方法は俗にいう3本ロールで、2本のロールの上に鋼板を置き、2本のロール間隔の中心位置で鋼板の上からもう1本のロールを押しつけ、ロールを正転・逆転して板を左右に動かしながら徐々に上のロールを押し下げて次第に平らな板に丸みをつけ、物差手の親方さんのカンと度胸？で円筒形に丸める方法であります。原理は軽軌条

曲げるジンクローであり、その有様は、終戦直後に配給になった粉タバコと紙を指を動力として一本一本巻タバコにしたタバコ巻器を御想像下さい。ただし私どものつくる巻タバコは径も不揃いで自ほくのように太いもの、割ばし



のように細いもの、チャイナドレスのように裾が割れたものもありましたが、さすがに熟練した親方さんのカンはすぐれていて、精度もよく、目違い2mm以下の規制を十分満足するものであります。

大分脱線いたしましたが、疑問に対するお答えは、

「板幅5尺÷円周率=485mm！」

「ア、もっともだ もっともだ」

とまあ こういった次第であります。

以上たいへん 苦むしたお話しになつて申しわけございません。旧きを温め新しきを知る一助になれば幸いに存じます。

「過去はすでに存在しない。

未来はまだやって来ない。

現在は、すでに存在しない過去と、

まだやって来ない未来とをつなぐ、

無限に小さい一点である。

トルストイ」

#### 出典または文献

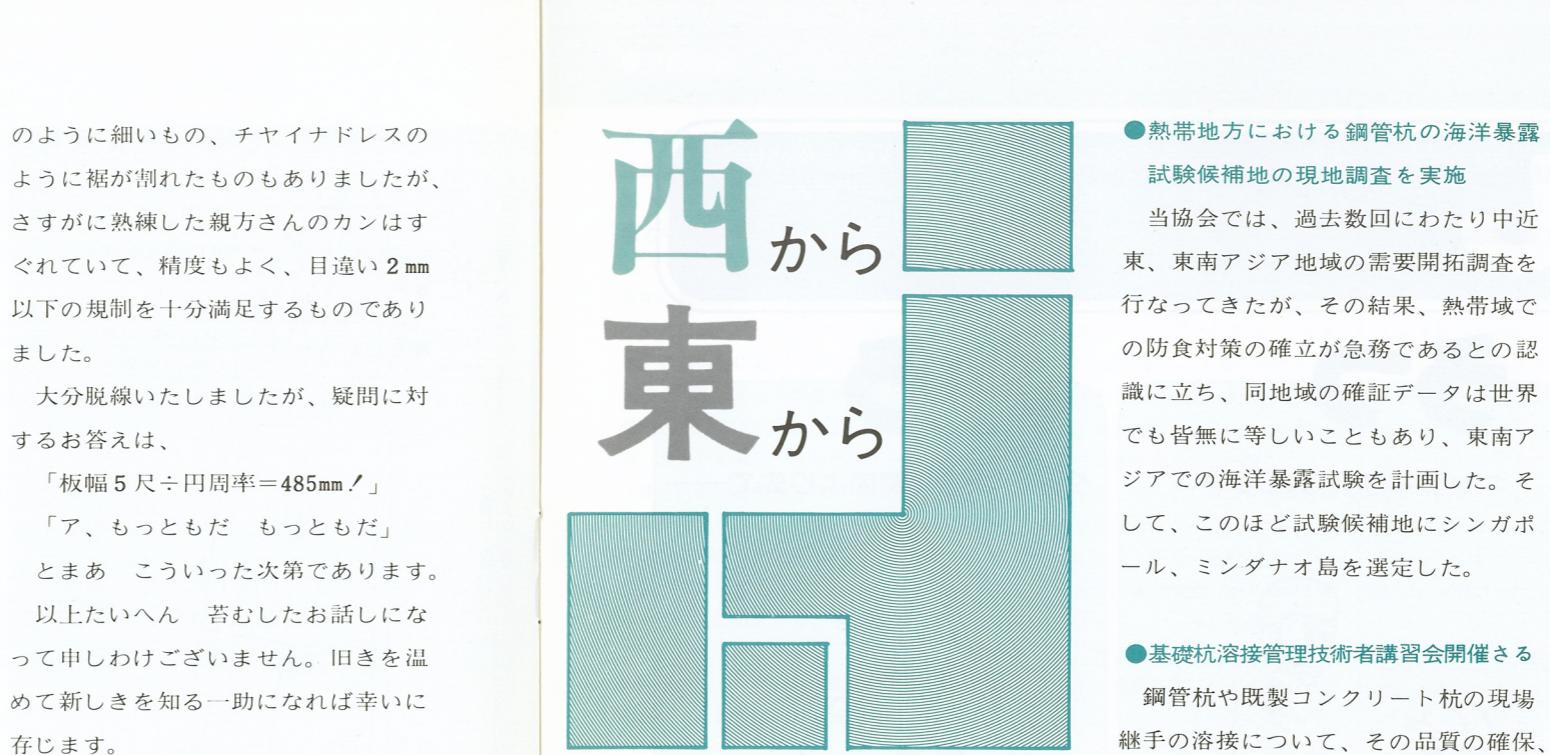
第一図：運輸省・第二港湾建設局・横浜調査設計事務所、管内港湾構造物集覽、昭和51年12月

第二図：日本港湾協会、繫船岸集覽、昭和38年11月

第三図：日本鋼管株式会社、パイプパイル技術資料（絶版）、昭和34年7月

第四図：同上

5) 建設省土木研究所、土木技術資料 Vol.23, No.6, 1981



#### ●昭和57年度定期総会開催

当協会では、去る5月24日、昭和57年度の定期総会を開催した。

同総会では、藤木俊三会長の留任を決定するとともに、田中専務理事をはじめ、常任理事、理事、監事など、一部新任を含め再選された。

さらに、57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、積極的な活動がくりひろげられることとなった。

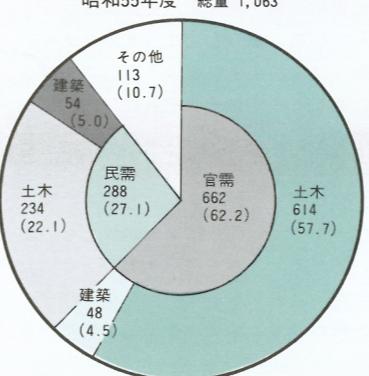
#### ●昭和56年度受注実績まとまる

このほど、昭和56年度の受注実績がまとまった。

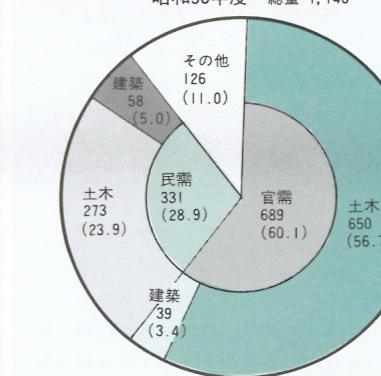
これによると、前年度に比べ総量で8万トン強増加し、114万トンとなつた。（下図参照）

需要部門別構成比（鋼管矢板を含む単位千トン、カッコ内は%）

昭和55年度 総量 1,063



昭和56年度 総量 1,146



使用した建築物（浦河高等学校・浦河職業訓練所・市営住宅等）の被害状況を重点的に調査した。（写真）

その結果、鋼管杭を基礎杭として使用した建築物は被害が軽微であり、鋼管杭については健全（無傷）であったことが確認された。今回の現地調査を通して、基礎杭の重要性を再確認すると共に“地震に強い鋼管杭”的信頼性について、一段と自信を深めた。



#### ●「鋼管杭の打撃応力と適正ハンマ」一施工分科会編一刊行する。

当協会施工分科会では、分科会開催100回を記念して「鋼管杭の打撃応力と適正ハンマ」を刊行した。この研究テーマは、施工分科会が昭和54年から3年間にわたり研究を重ねてきたもので、鋼管杭協会報告第3号としてまとめたものである。

内容は、打撃応力の算定式の再検討、鋼管の座屈応力の定め方、現実に生じている偏心打撃の実情、施工管理のあり方、偏心打撃を考慮した座屈破損の検討法、適正ハンマの選び方などである。

なお、本誌今号鋼管杭ゼミナールで一部ご紹介しているので参照されたい。

# 三題呪し

さて、ここでショットひといき。夜に日に。  
仕事に没頭されるアナタ。アナタもオトコ、  
ショット息を抜いてオトコのコーナーにお立  
寄りを。

## のむ

チャンポンのすすめ



酒に関する迷信は意外に多い。

合成清酒は頭痛のモト。ビールの王冠を抜くとき、栓ヌキで王冠をたたくと、泡が吹きこぼれない。ビールに味の素を入れてのむと酔い方が早い、など枚挙にいとまがない。その代表的なのが「チャンポンは悪酔いのモト」である。とりわけ、美人のホスちゃんなどに「あなた、そんなにチャンポンすると悪酔いするわよ」などといわれると、テレッと鼻の下を伸ばして、そんな気になってくるから不思議。しかし、この根拠はどこにもない。

チャンポンで悪酔いするというのは、単に酒を大量にのんでおかしくなるというのではなく、胃袋あるいは体内に入った異種酒が化学反応を起こすか、あるいは特別な反応を感じるとかいうことを言う。しかし、たとえばスコッチや清酒でも純粋の酒（生一本）に中性アルコールを混ぜたり、ブレンドしたりする。チャンポンが胃袋の中でシェイクし、ブレンドが樽の中で行なうという違いしかない。もっと顕著な例はカクテルである。チャンポン悪酔い説は、このカクテルを考えれば、いかにインチキかがわかる。

それでは、チャンポン悪酔い説の実態は、というと——自分の酒の適量を考えてみるとわかる。チャンポンする日というのは必ずといってよいほどハシゴ酒。ウィスキー水割5杯適量の人が、ビール2本、ウィスキー3杯、日本酒2合……これでは悪酔いもする。チャンポン悪酔い説は、やはりのみすぎなのだ。

ビヤガーデンが恋しい季節、ハシゴはやめて、屋外でビールを一杯、地下でウィスキーを2~3杯と、この程度でやめておけば楽しいチャンポンができるはずである。

## うつ

キャディは兵隊さん？



今回もゴルフのお話。

近頃、キャディさんというと、たいていは人生の曲折を顔に深く刻み込んだオバケキャディがほとんどになってしまった。でも、少なくとも12~13年前までは、それこそ下半身の冗談も言えないほど若く、花もじらう乙女たちばかりだった。それがどうして、ここ10年ほどの間に一気にふけ込んでしまったのか、さだかではない。ここ4~5年では、さらに“高令化社会”に拍車をかけているよう気もする。

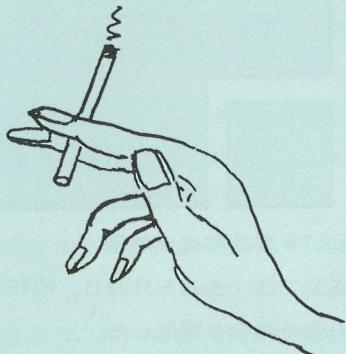
どうせゴルフをやるのなら、天気とキャディさんはいい方がいい。若い娘がいい（気ばかり疲れる接待ゴルフなどの場合はとりわけ）。外国のコースでは、とくに欧米ではキャディは例外なく男性。どうしてかと考えてみたら“キャディ”的語源にそれを見つけた。

周知のように、ゴルフの発祥はイギリス。それもはじめは貴族の遊びで庶民にはほど遠いスポーツだった。かの有名なスコットランドのクイーン・メリーもゴルフ気狂いとして知られている。このクイーン・メリーがゴルフをするときに、必ずクラブを持ってはべっていたのがミリタリー・キャデット（士官候補生）だった。これが“キャディ”的語源である。

そういえば、わが国でも、混雑するウィークエンドになると、手が足りないからか、男性のキャディさんが登場するコースもある。でも、欧米はともかく、わが日本だけは、語源にこだわることなく、キャディさんは女性がいい。しかも、きれいで若いキャディさんがいい……。

## かう

タバコは第一関節より先で――



近頃、タバコを喫う女性がふえたことは、喫茶店に入つてみればよくわかる。昼どきなど、オフィスレディが群をなしてブカブカ。聞き耳をたてていると、どうやらオフィス内では喫えない雰囲気らしい。そのせいか、その喫い方たるやすさまじい。男性顔負け。人指し指と中指の間にドッカとはさみ込み、ダイナミックにブカブカ、どうも近寄りがたい雰囲気だ。もう少し何とかならないものだろうか。こちらにその気があつても、彼女の 大気（頬氣？）圏には入つてゆけない。

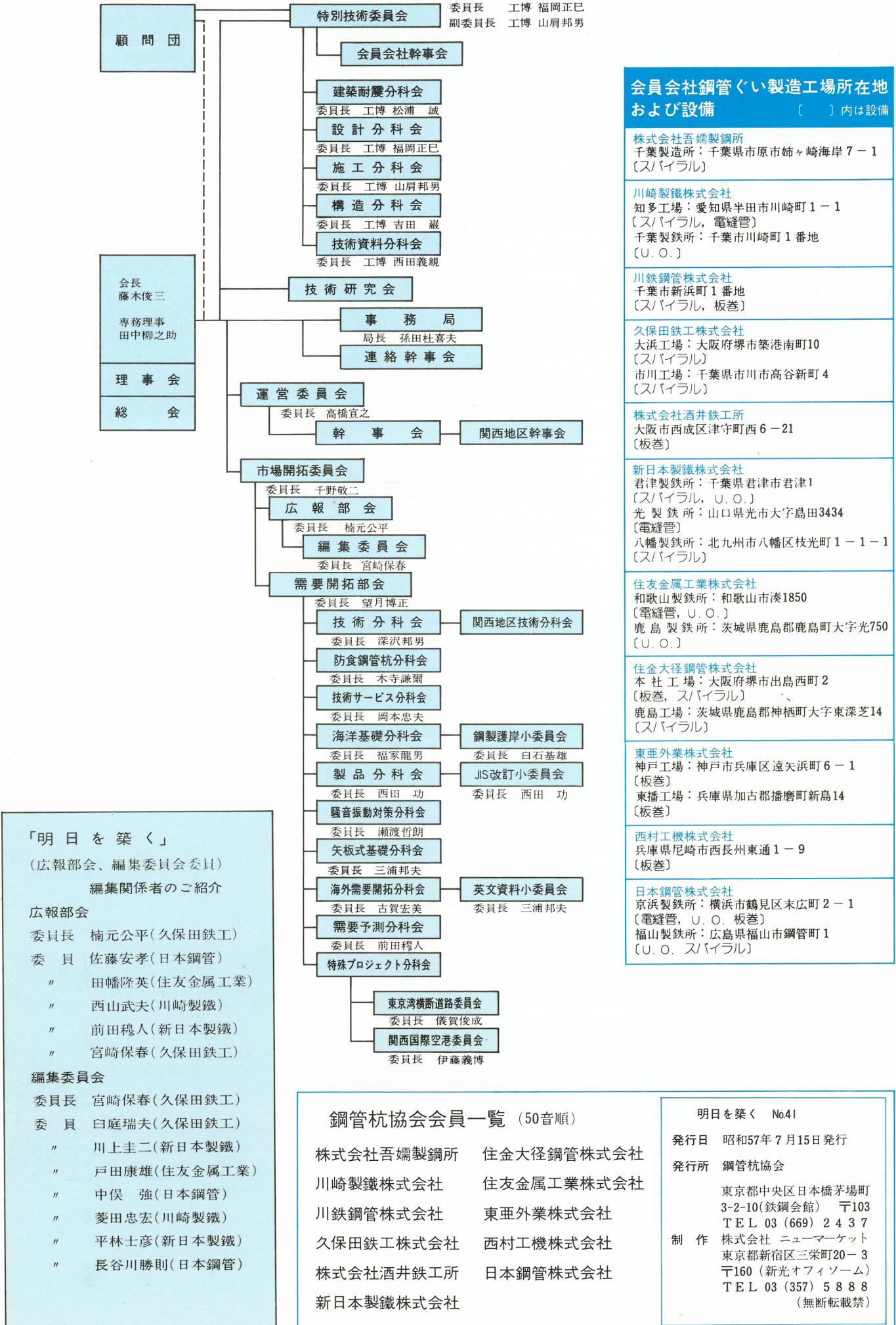
ちょっと古い話になつて恐縮だが、かのマーレー・デトトリッヒが指先にショット、シガレット（この場合、タバコというよりビックタリくるから不思議）をはさみ、スリットの大きなロングドレスで足を組んで喫う様は、世の男性ならだれしもが“トリ肌”が立つほどの色気を感じるものである。

どの映画を見ても、デトトリッヒは必ず人指し指と中指の第一関節より先にシガレットをはさんでいる。どうも、こうするとえもいわれぬ艶っぽさが生まれるようだ。この場合、不思議に薬指と小指がそれぞれ45°、90°に折れる（ためしにやってごらんあれ）。この角度が男のナニカをくすぐるようだ。

さて、わが国で女性がタバコを盛んに喫うようになったのは、江戸は享保時代との本に書いてある。これを引用すると「昔は女のタバコ喫いは遊女しかなかったが、昨今、タバコを喫わぬ女と精進する出家は稀である」とある。

さて、世の女性方よ、どうせタバコを喫うのなら、せめて第一関節より先で!!

# 鋼管杭協会組織図 (昭和57年7月1日現在)





**钢管杭協會**