

明日を築く49

REPORTAGE

東西で建設が進む都市
高速道路

鋼管杭ゼミナール

鋼管杭の新しい杭頭結合方法

鋼管杭レポート

確立された鋼管杭の周辺技術



钢管杭協会機関誌

東西で建設が進む都市高速道路

都道首都高速 葛飾江戸川線
首都高速道路公団第一建設部



大阪府道高速湾岸線 新淀川橋梁
阪神高速道路公団大阪第三建設部

もくじ

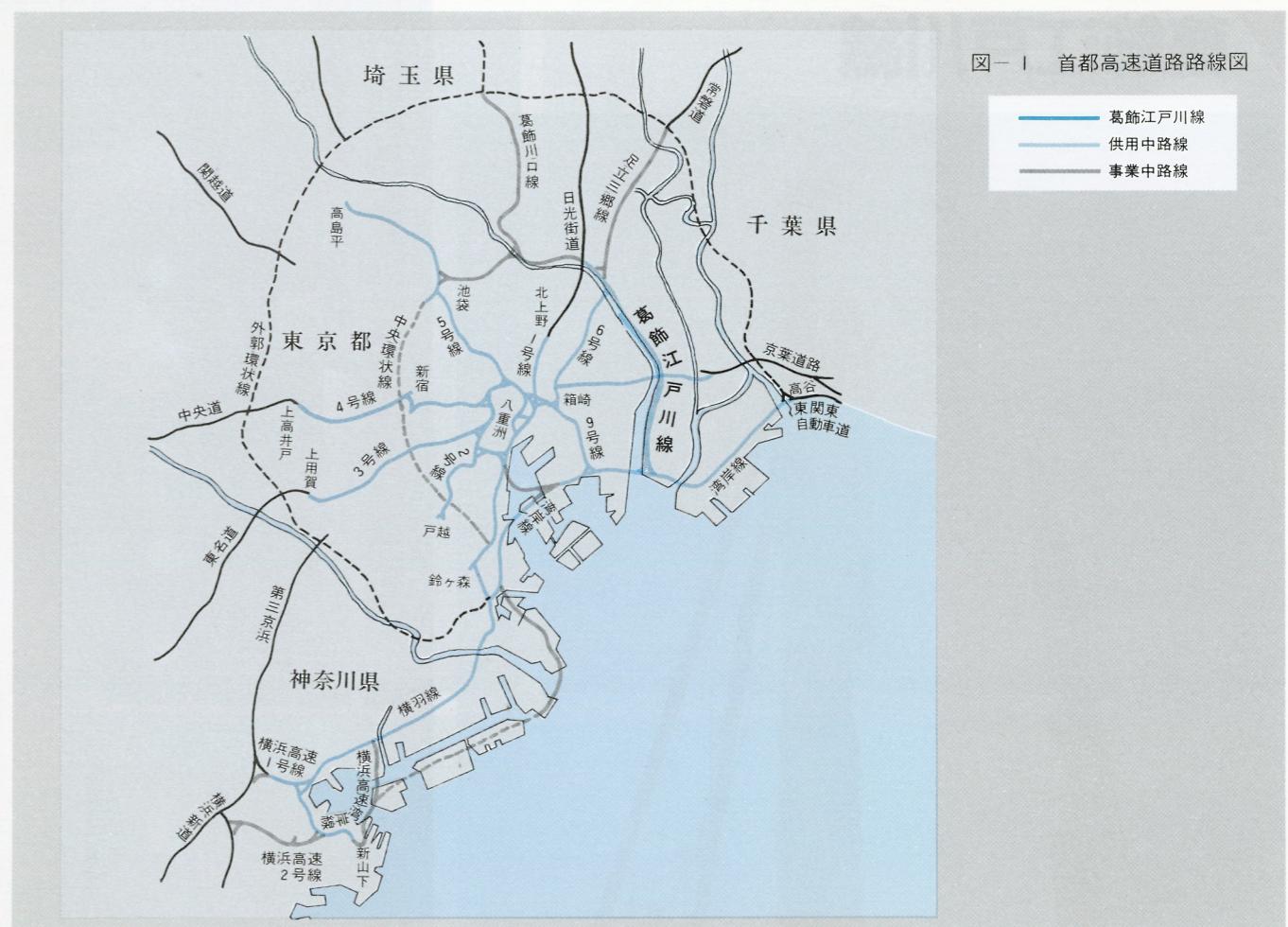
| | |
|----------------|----|
| ●ルポルタージュ④ | 1 |
| 東西で建設が進む都市高速道路 | |
| ●鋼管杭セミナール | 8 |
| 鋼管杭の新しい杭頭結合方法 | |
| ●鋼管杭レポート | 12 |
| 確立された鋼管杭の周辺技術 | |
| ●西から東から | 16 |
| ●文献抄録 | 17 |
| 組織図・会員紹介 | |

表紙のことば

都市は肥大する胃袋である。とすれば、交通渋滞は都市の消化不良と表現してもいいだろう。都市という胃袋が正常に機能するためには、交通機関の充実は不可欠の条件なのである。荒川と中川の境にある背割堤では、いま、首都高速道路葛飾江戸川線の開発が着々とすんでいる。この路線が完成することによって、千葉、埼玉、そして神奈川などの沿線地域を含む交通路線網は、東京という都市の機能をさらに向上させるにちがいない。

編集MEMO

日航機墜落事件、メキシコ大地震と国内外に暗いニュースが続く中、プロ野球の阪神タイガース21年ぶり優勝は、ほほえましいトピックスに思われます。明日を築く49号をお届けします。今号では、東京と大阪でそれぞれ建設がすむ都市高速道路のルポルタージュと、「鋼管杭の杭頭結合方法(鋼管杭セミナール)」をご紹介します。なお、本誌に対するきたんないご意見をお待ちしています。



黒猫、ペリカン、カンガルー、ダックスフント、ツバメ、クマなどなど…。実にさまざまな動物たちが、日本全国を走り回っている。いったい何の話かといえば、ここ数年間に急成長を遂げた少量貨物の自動車運送事業、いわゆる「宅配便」のことである。動物たちは、宅配便を扱う各社それぞれのキャラクターというわけだ。

このトラック宅配便成長の要因は、例えば家庭から家庭への小口貨物の輸送がこれまでになかった、つまり潜在的なニーズにタイミングよく対応できることや、簡単な包装あるいは親切な応対というサービス面での充実など、いろいろな理由が考えられる。しかし、その最も根本的な原因を探ってみれば、それは、全国的な高速自動車道および主要幹線道路などの整備が進んだためだといえるのではないだろうか。

ひとつの参考として、次のようなデータがある。現在、一般国道を利用し

て鹿児島から稚内へ自動車で行こうとすると、単純計算で81時間要する。それが、現時点で約3,600km供用中の高速道路を利用すれば、48時間に縮まる。さらに、7,600kmを予定されている高速道路がすべて完成すれば、34時間にまで短縮されるのである。

かくのごとく、いまや高速道路の整備と共に伴う交通機関の発達は、宅配便の一例でもわかるように実に多くの効用を、われわれの生活に与えてくれている。

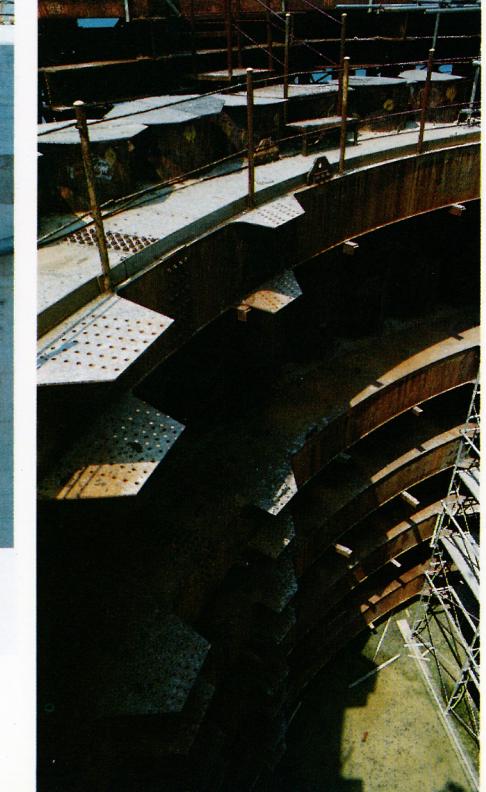
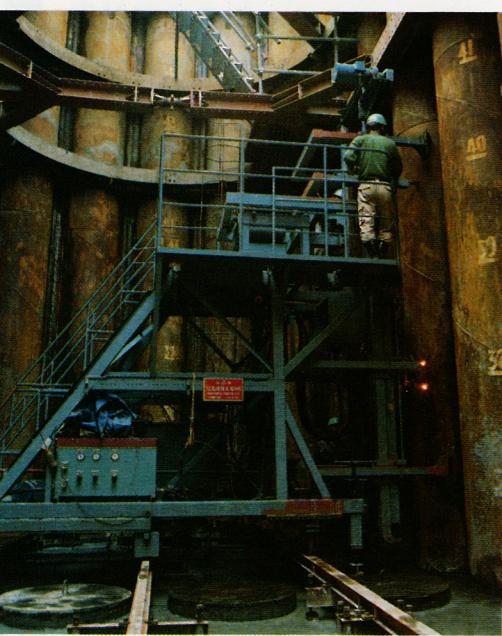
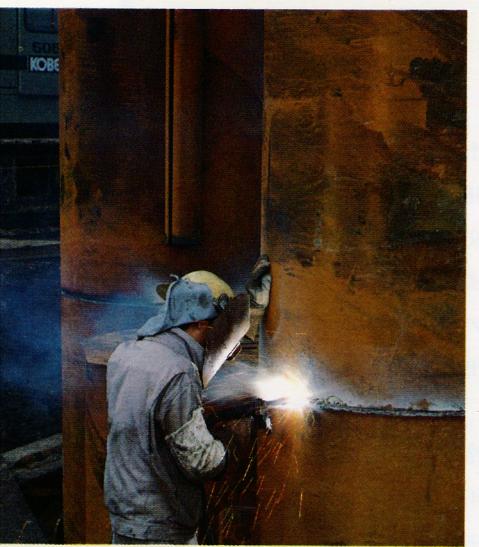
次第に日本全国を覆いつつある高速交通網のなかで、各主要都市は大切なポイントになってくる。そこでは、一般国道などとの合流を考慮しなければならない。ここで、交通混雑あるいは渋滞の緩和に重要な役割を果たすのが、都市高速道路である。高速自動車国道とは別に、国の道路整備計画に基づいて都市内にハイウェイ網を形成する都市高速道路、その代表が、首都高速

道路であり、阪神高速道路なのだ。今号では、東西の主要都市、東京、大阪で着々と建設の進む、都道首都高速・葛飾江戸川線、大阪府道高速湾岸線にそれぞれスポットを当ててみた。

全国各地で進む 都市高速道路の建設

都市高速道路—Urban Express Way。開発の進む大都市市街地において、混合交通による平面街路の交通混雑および渋滞の緩和、さらに高速化と交通容量の増加に対応するために造られる完全出入制限の自動車専用道路のこと。東京、大阪で、首都高速道路、阪神高速道路がそれぞれ供用中で、名古屋、北九州、福岡でも建設が進んでいる。利用距離が長距離にわたる産業や、観光交通が多い「都市間高速道路」に対し、都市高速道路は、都市内の業

葛飾江戸川線



新淀川橋梁

務活動や通勤のための交通が主である。したがって、利用距離は比較的短いが交通は大量になる。そのため、主要幹線道路などと対応した、高効率の道路ネットワークの構成が必要になり、同時に、景観と環境に対する配慮も求められる。

都市高速道路には、以下のような基本条件がある。

- 大量交通への対応
 - 適度な高速性の保持 (60km/h前後)
 - 走行時の安全性・快適性の保持
 - 便利な使用形態
- 以上の条件を踏まえた計画の一部として建設が進められているのが、首都高速・葛飾江戸川線であり、大阪府道高速湾岸線なのである。



首都高速道路網の機能をより高めるKE線

首都高速道路は、東京都および周辺地域の交通の円滑化を図り、都市機能の維持、増進を目的とした自動車専用道路である。昭和37年12月20日に約4.5kmを開通して以来、現在総延長173.2kmを供用中で、都区内はもとより、川崎、横浜市内、さらに埼玉県、千葉県にまで路線を伸ばしている。開通当初1日11,000台だった利用台数も、平均80万台を越え、幹線道路としての重要な役割を果たしている。

今回訪れた首都高速葛飾江戸川線(KE線)は、首都高速6号線の終点葛

図-2 鋼管矢板基礎の標準断面

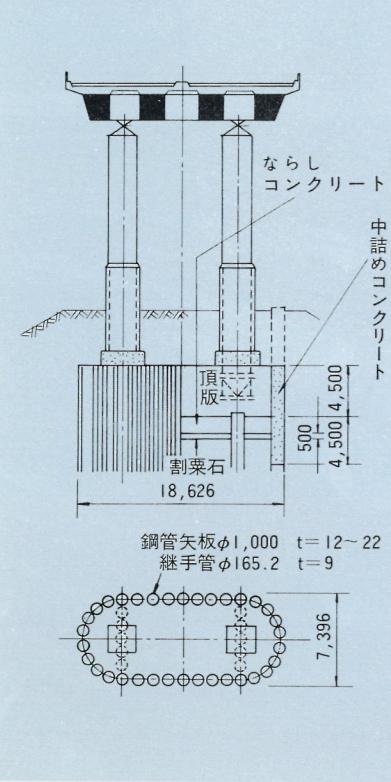
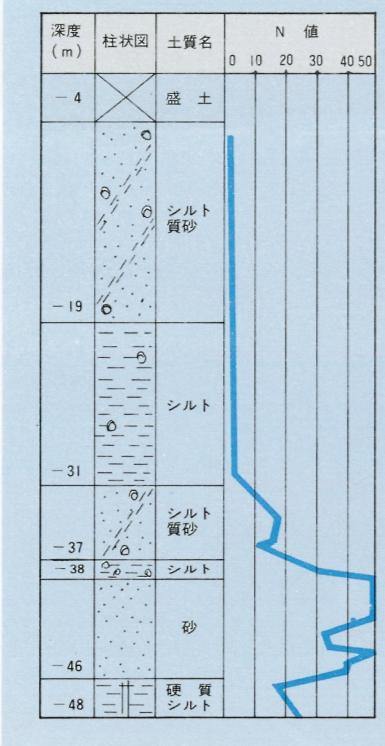


図-3 標準土質柱状図



140号線(船堀街道)等の幹線道路の交通緩和が見込まれ、沿線地域における交通機能、環境整備の面でもその効果が期待されている。

自然環境保全施設として3kmにわたり湿地帯が…

KE線のうち、綾瀬川左岸端部(東四ツ木1丁目)から、葛西沖埋立地までの区間延長9.2kmを、首都高速道路公団第一建設部が担当している。この工事区間を施工条件等で大別すると、

- 綾瀬川渡河部—0.5km
- 荒川・中川背割堤区間—7.2km
- 中川渡河部—0.5km
- 葛西沖埋立区間—1.0km

に大別できる。

綾瀬川渡河部には「S字形曲線斜張橋」が採用されている。これは、高さの異なる親子2本の塔から多数のケーブルで主桁を吊り上げる構造の橋梁で、完成すればその優雅な曲線美が、この区間の名所として話題になることだろう。

KE線の大半を占める荒川・中川背割堤区間は、新小松川橋と船堀橋間に、全国唯一の河川使用コースとしてファンも多い、通称“流れるプール”とよばれる江戸川競艇場がある。といつても車を停めて見物というわけにはいかないのだが……。

またこの区間には、荒川側に3kmにわたる自然環境保全施設として、湿地帯が設けられている。ここにゲストに予定されているのは、野鳥たちである。いずれ、都内のバードウォッチャーた



施工には、ガス方式の孔あけ機が用いられる。この機械は井筒内にセットするので、コンパクトになっており、光センサー、磁気センサー、マイコン等により、孔径、孔あけ位置を自動的に選定できる構造である。

少々の雨でも施工が可能で、コネクター取付けのための足場も不要なので、施工時間が短く工費も安いというメリットを持つ頂版結合新工法は、まだまだ検討すべき問題があるとはいえ、その今後に期待が寄せられている。

57年に開始された杭打ち作業は、60

年9月上旬に完了した。また、使用された鋼管矢板は、
φ1000×12~22t×l(36~47m)
総重量は約9万トンにおよぶ。

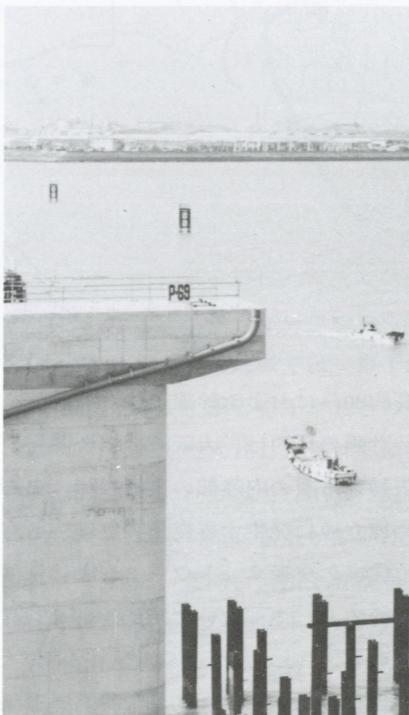
また、钢管杭は、
φ1000、1200、1500×12~19t×
(47~55m)

約12,000トン使用された。
取材を終えて京葉道路を車で都内に向かうわれわれは、それが日課のような夕刻の渋滞に巻き込まれながら、KE線の一日も早い完成を祈らずにはいられなかつたのである。

北に南に、開発すすむ大阪

昭和64年、大阪は市制100周年を迎える。それに合わせるかのように、大阪を中心に、大阪湾を取り囲む地域が変貌しつつある。

大阪湾沿岸都市地域は、大阪湾と背後の山地に囲まれた狭小な平地を有効に利用して発展を続けてきた。人口の集中という観点からみれば、まさに日本有数の高密度地域を形成しているのである。そのため最近では、特に南と北の地域での開発が著しい。その先鞭をつけたのは、竹ヤブの荒地を造成し



瀬戸内海を囲む 大阪府道高速湾岸線

また大阪湾沿岸都市地域では、臨海部における港湾機能の役割も大きい。瀬戸内海を通じて、西日本経済とのつながりを持つからである。そのため、臨海部では、大量かつ重複する交通を円滑に処理し、都市内への交通の流入を防ぎ、さらに既成市街地関連の大量交通に対して効果的な集散機能を果たす骨格的幹線道路が必要になってきた。そして、そのような状況に対応して計

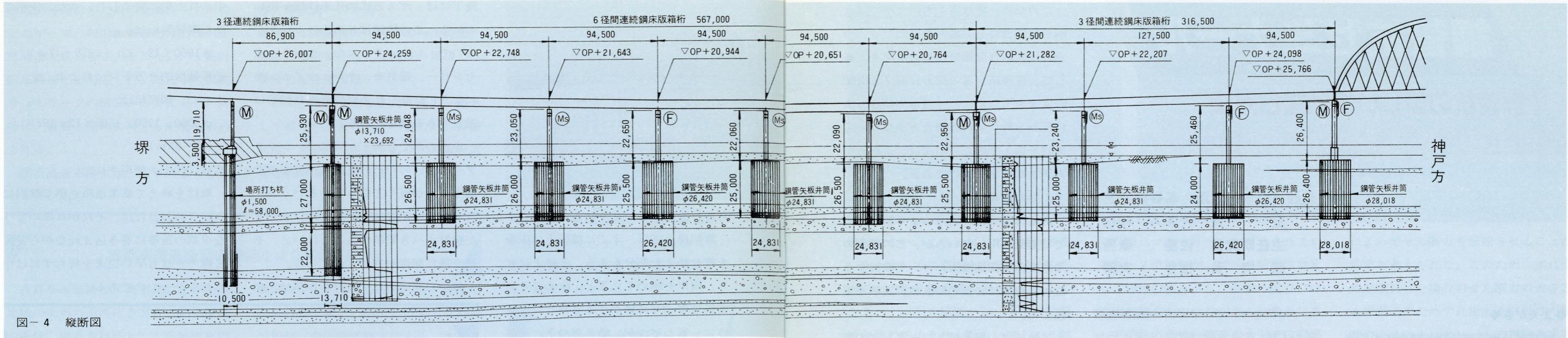


図-4 縦断図

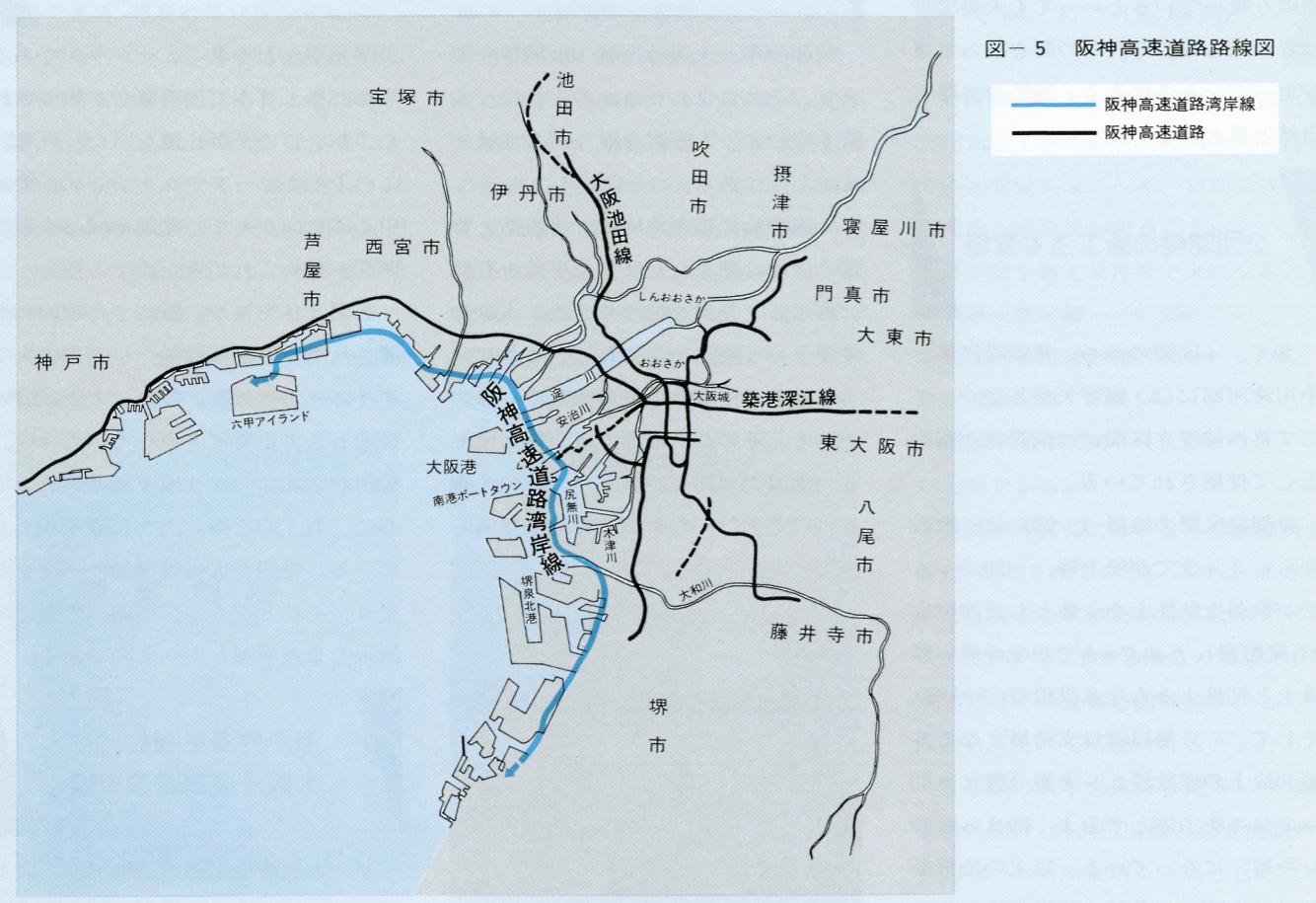


図-5 阪神高速道路路線図

画されたのが、大阪湾岸道路なのである。

路線名は、大阪府道高速湾岸線。大阪湾の埋立地の水際線を結ぶ広域幹線道路である。その名のとおり大阪湾沿いにはしり、関西新国際空港の対岸となる大阪府泉佐野市と、本州四国連絡道路に接続する神戸市垂水区間の総延長約80kmにおよぶ幹線道路だ。

計画の目的は、大阪湾の総合開発、阪神都市圏の内陸部の交通緩和、港湾や埋立地に発生する交通の処理、さらに広域の交通ネットワーク形成に重要な幹線として、大いに期待が寄せられている。公団が事業を進めているのは、神戸市東灘区魚崎浜町～泉大津市臨海町間の約38km。大阪市港区港晴～堺市築港八幡町間7.9kmは、すでに供用中である。また、残りの区間についても、その早期完成を目指し努力が続けられている。

総延長約80kmのうち、阪神高速道路

橋梁工事は水とのたたかい

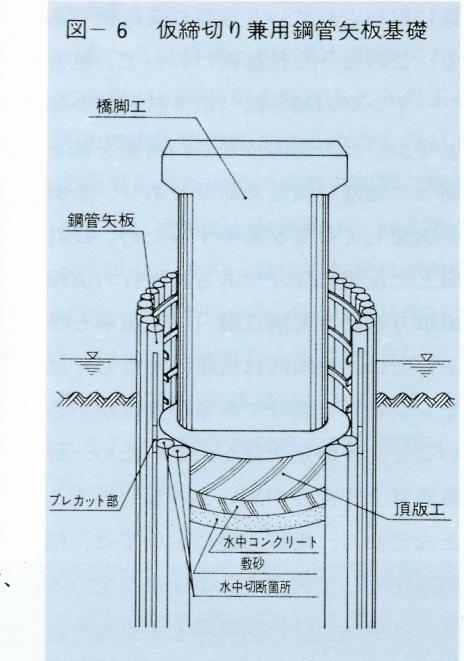
取材班が訪れたのは、大阪湾岸線4期—大阪市西淀川区中島～大阪市此花区北港までの3.2kmのうち、新淀川河口を渡る新淀川橋梁、延長883.5mの鋼床版箱桁橋の現場である。

大阪市築港の事務所から、淀川の大坂側の建設現場までは、直線距離で約3km。が、実際に行くには、国道172号線を梅田方面に向かい、国道43号線につきあたるとそれを神戸方面にたどる。そして、安治川大橋、正蓮寺橋を渡り、淀川ぞいに海側に向かうというルートになる。その間、信号に止められ、渋滞に巻き込まれ、現場へ着くには1時間近くを要した。地図上でざつと計算してみれば12km前後の道のりである。これが、湾岸線が完成すれば、同じ場所へ行くのに少なくとも半分以下の時間で到着できるはずである。港湾地帯を拠点とする交通ネットワークは、よりスピーディになるにちがいない。

現場は、ほとんど淀川も終りに近い河口部にある。工場地帯のエアポケットのような場所である。対岸は、尼崎市にかけて広がる工場地帯になってい



図-6 仮締切り兼用鋼管矢板基礎



新淀川橋梁工事は、2期に分けて行なわれる。1期は、60年9月に終了予定、10月からは2期工事が開始される予定である。

ここに使用された鋼管矢板は、 $\phi 1000 \times 16t \times \ell$ (22~27m) であり、約2万トンにおよぶ。

人口の都市集中にともなう交通量の増加は、東京、大阪で特に著しい。日本の東西を代表するこの2都市で、それぞれの都市高速道路が完成したとき、われわれは新たな都市の誕生を、そこを見ることができるかもしれない。

钢管杭ゼミナー

“钢管杭の新しい杭頭結合方法”

建設省土木研究所 基礎研究室
室長 大志万 和也
主任研究員 佐藤 幸男
研究員 福井 次郎

◆まえがき◆

杭基礎は橋梁構造物基礎全体の約半数に用いられている重要な構造物である。このような杭基礎において、杭とフーチングの結合部（以下杭頭結合部と呼ぶ）は上部構造からの荷重を杭を通じて地盤に伝える部分であり、断面が急変して荷重が集中するため、設計施工上重要な部分である。現行の道路橋示方書IV下部構造編¹⁾（以下道示と呼ぶ）では、杭頭部は杭頭固定もしくはヒンジとして設計できるが変位が小さいこと、不静定次数が大きいため、耐震設計上安全性が高いとみなしえることなどから、橋梁基礎においては、杭頭固定として設計するようにしている。また、道示には杭頭固定とするため、2つの方法が例示されている。

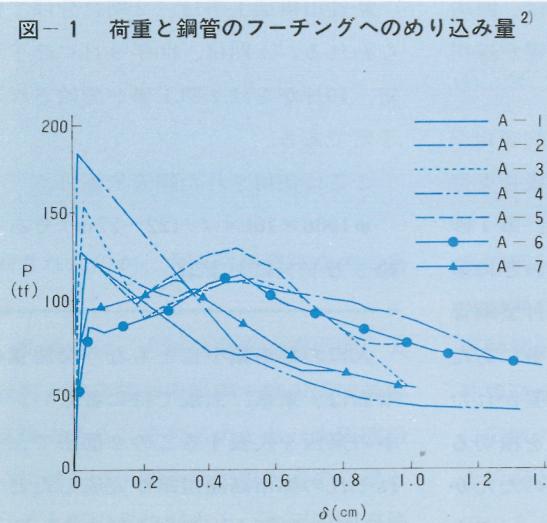


表-1 試験体の種類

| | 結合方法 | 天蓋 | t_c (mm) | t_p (mm) | 摩擦 |
|-----|------|----|------------|------------|----|
| A-1 | A | 有 | 22 | 9.5 | 有 |
| A-2 | A | 無 | — | 9.5 | 有 |
| A-3 | A | 無 | — | 6.4 | 有 |
| A-4 | A | 無 | — | 12.7 | 有 |
| A-5 | A | 無 | — | 14.3 | 有 |
| A-6 | A | 有 | 22 | 9.5 | 無 |
| A-7 | A | 無 | — | 9.5 | 無 |
| B-1 | B | 有 | 9 | 9.5 | 有 |
| B-2 | B | 有 | 22 | 9.5 | 有 |
| B-3 | B | 有 | 32 | 9.5 | 有 |
| B-4 | B | 無 | — | 9.5 | 有 |
| B-5 | B | 無 | — | 6.4 | 有 |
| B-6 | B | 無 | — | 12.7 | 有 |
| B-7 | B | 無 | — | 14.3 | 有 |

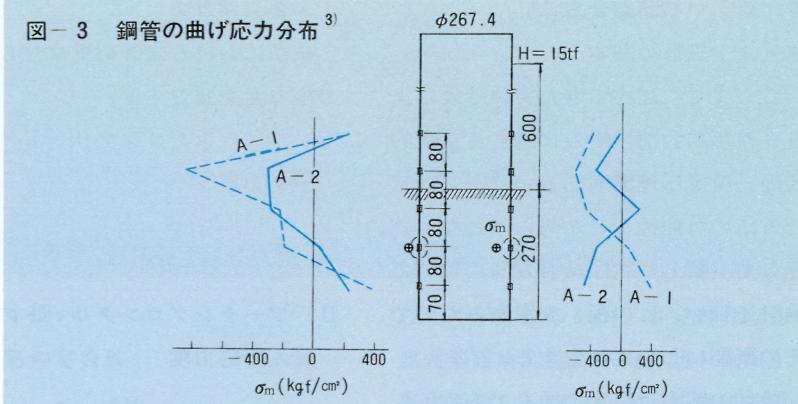
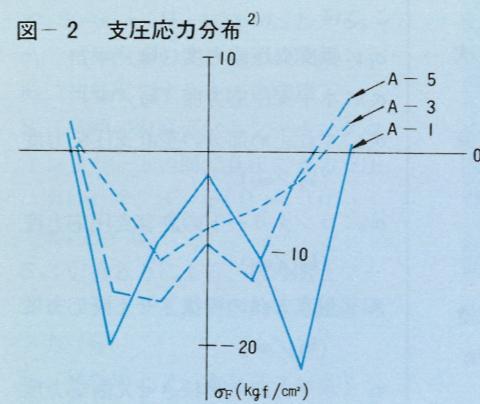
このため、建設省土木研究所では、钢管杭協会にもご協力をいただき、一連の杭頭結合部模型の載荷実験を実施して、杭頭結合部の耐力に関する支配的要因を明らかにし、道示の結合方法に変わる新しい杭頭結合方法について検討を加えてきた。本文は、これらの方法を紹介するものである。

1. 鉛直載荷実験

前述のように、道示による結合方法では蓋板を用いているが、この蓋板の効果や荷重伝達機構について検討するため、杭頭結合部の鉛直載荷実験を実施した。

試験体は、钢管杭とフーチングの結合部を取り出したものであり、表-1に示す試験体を製作した。Aシリーズは方法Aに準じた試験体、Bシリーズは方法Bに準じたものである。

図-1はAシリーズにおいて、荷重と钢管のフーチングへのめり込み量の関係を示したものである。荷重-めり込み量の関係は、蓋板や肉厚の大小といったパラメータより杭の周面摩擦の有無による差異が大きいことを示しているといえる。図-2はAシリーズにおいて100tf載荷時の杭頭直上10cmにおけるフーチング支圧分布を示したものである。蓋板のあるA-1では支圧応力のピークは钢管肉厚部にあり蓋板中心部での支圧応力が小さく蓋板の効



果は少ない。これに対して、蓋板のないA-3, 5では支圧応力分布は比較的滑らかであり最大値もA-1に比して小さい。以上の結果から、蓋板は杭頭結合部の押抜きせん断力にはほとんど影響せず、钢管とコンクリートの付着によるせん断力を利用した結合法が有利であることが明らかとなった。

2. 水平載荷試験

杭頭部に軸直角方向力およびモーメント荷重が作用した場合、道示の方法Aでは埋込み部周囲のコンクリートの支圧で抵抗し、方法Bでは補強鉄筋による仮想鉄筋コンクリート断面で抵抗するものとして設計している。

方法Aで水平載荷試験を行うとフーチングコンクリートの圧潰により変位が急激に増加することを示し（図は省略）しかしもこの圧潰する強度は、道示で示す照査式の値よりかなり大きく、現在の道示の結合法においても、蓋板が無い結合法においても、十分に安全であるといえる。しかし、この際の钢管杭の応力は図-3のように蓋板がな

く内部にコンクリートが埋込まれているA-2供試体が、道示の結合法に比して約1/2の値を示し、両者の耐力には、座屈の観点からは差があると思われる。

方法Bの荷重-載荷点水平変位関係を示したのが図-4である。B-1は従来の道示の方法、B-2は同じ本数の鉄筋を钢管のコンクリート中に埋込んだ方法（後述の図-8参照）である

が、ほぼ同じ性状を示しており、耐力にも差はみられない。

3. 中詰めコンクリート押抜き実験

1で述べたように、钢管とコンクリートの付着によるせん断力を利用した方法が有利であるが、付着は、コンクリートの乾燥収縮、振動等により容易に切れ、一度切れるとその後の荷重の伝達は期待できないため、ずれ止め等

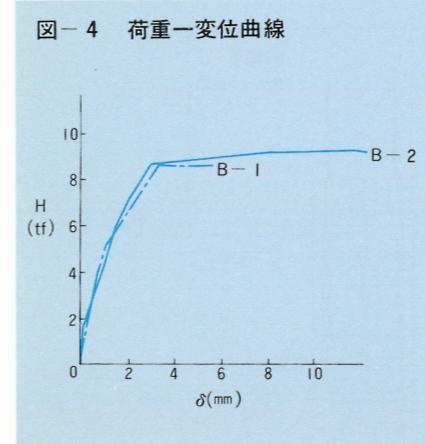
表-2 ずれ止め支圧応力度

| No. | 杭寸法 | リブ寸法(mm) | 支圧応力度($\gamma g f/cm^2$) |
|-----|-------------------------|-----------|----------------------------|
| 1 | $\phi 406.4 \times t9$ | FB9×25 | 1,119 951 |
| 2 | " | FB12×25 | 1,085 1,022 |
| 3 | " | " | 1,064 1,099 |
| 4 | " | " | 1,057 987 |
| 5 | " | FB19×38 | 1,088 987 |
| 6 | $\phi 600 \times t9$ | FB 9 × 25 | 901 864 |
| 7 | $\phi 812.7 \times t12$ | FB 9 × 25 | 907 1,043 |
| 8 | " | " | 884 907 |
| 9 | " | " | 839 884 |
| 10 | " | 2FB7×25 | 737* |
| 11 | $\phi 800 \times t14$ | FB 9 × 25 | 648 |
| 12 | " | 2FB9×25 | 556* |
| 13 | " | 3FB9×25 | 494** |
| 14 | " | 4FB9×25 | 556** |

* 鋼管内に2段のF・Bを溶接し、荷重を2段の面積で除したもの

** " 3段 " " 3段 " "

** " 4段 " " 4段 " "



4. 新しい杭頭結合方法

4.1 設計の基本

ここまで述べてきた実験結果により、杭頭結合部の耐力に関する支配的要因、荷重伝達機構あるいは新しい結合方法の可能性などが明らかとなった。そこで、新しい杭頭結合方法について検討を行い、この程、成案をみたので、その概要について報告する。

設計の基本は以下の通りである。

① 杭とフーチングの結合条件は固定として杭頭反力を計算し、杭頭部に作用する押込み力ないしは引抜き力、水平力およびモーメントのすべてに対して抵抗できるように設計する。

(図5, 6)

② 押込み力ないしは引抜き力に対しては、杭周面とフーチングコンクリートのせん断抵抗あるいは杭頭部におけるフーチングコンクリートの支圧抵抗により支持させる。

③ 水平力に対しては、埋め込まれた杭の前面におけるフーチングコンクリートの支圧抵抗により支持させる。

④ 曲げモーメントに対しては、A方法の場合埋め込まれた杭の前後面におけるフーチングコンクリートの支圧抵抗により、B方法の場合は結合用の鉄筋を含む仮想鉄筋コンクリート柱の曲げ抵抗により支持させる。なお、フーチングは、杭頭に作用する軸方向力に対して十分な強度が必要である。

図-5 A方法による結合

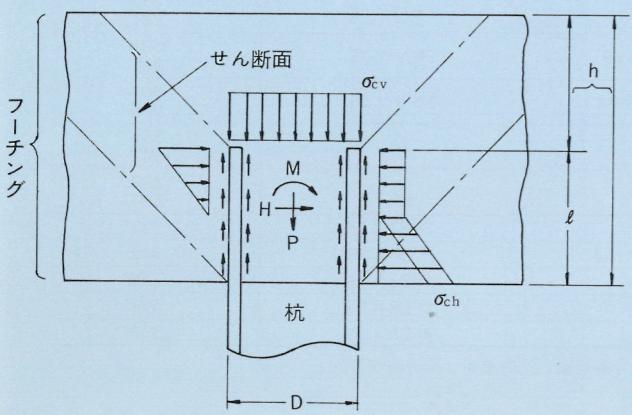
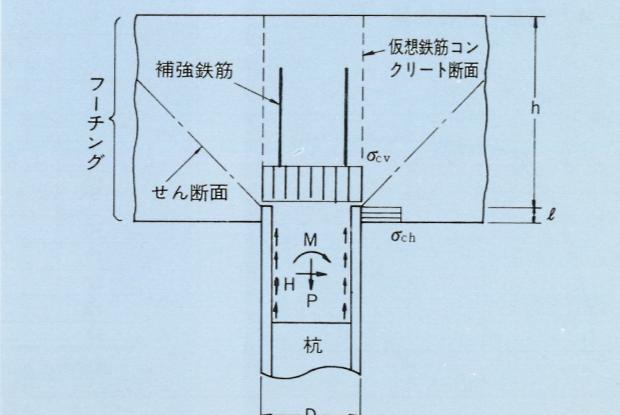


図-6 B方法による結合



4.2 A方法

杭頭における設計荷重に対して、次の応力度を照査する。

I) フーチングコンクリートの垂直支圧応力度

$$\sigma_{cv} = \frac{4(P - S)}{\pi D^2} \leq \sigma_{ca}$$

II) フーチングコンクリートの押抜きせん断応力度

$$\tau_v = \frac{P}{\pi(D + h)h} \leq \tau_{a3}$$

III) フーチングコンクリートの水平支圧応力度

$$\sigma_{ch} = \frac{H}{D \cdot l} + \frac{6M}{D \cdot l^2} \leq \sigma_{ca}$$

IV) 杭体内面ずれ止めと中詰めコンクリートの支圧応力度

$$\sigma_{cs} = \frac{P - S - S'}{\alpha \cdot n_1 \cdot \pi \cdot (D' - t) \cdot t} \leq \sigma_{ca}$$

V) 引抜き力による、杭外周とフーチングコンクリートのせん断抵抗力

$$S_t = P_t - S \leq S_{ta} = S_{tu}/f_s$$

$$S_{tu} = 0.6f \cdot H$$

(2.3M ≤ l · H の場合)

$$= f(0.69 \frac{M}{l} + 0.13 \frac{l \cdot H^2}{M})$$

(2.3M > l · H の場合)

ただし、 $S_{tu} \leq 0.2D \cdot l \cdot \sigma_{ck}$ とする。

VI) フーチング端部の杭については、水平方向の押抜きせん断応力度について照査する。

$$\tau_h = \frac{H}{h'(2l + D + 2h')} \leq \tau_{a3}$$

ここに、

σ_{cv} : 垂直支圧応力度 (kg/cm^2)

σ_{ch} : 水平支圧応力度 (kg/cm^2)

σ_{cs} : ずれ止め部分の垂直支圧応力度 (kg/cm^2)

σ_{ca} : コンクリートの許容支圧応力度 (kg/cm^2)

τ_v : 垂直方向の押抜きせん断応力度 (kg/cm^2)

τ_h : 水平方向の押抜きせん断応力度 (kg/cm^2)

τ_{a3} : 許容押抜きせん断応力度 (kg/cm^2)

α : 中詰めコンクリートの支圧応力の補正係数で、 $\alpha = 6$ とする。

P: 軸方向押込み力 (kg)

P_t: 軸方向引抜き力 (kg)

H: 軸直角方向力 (kg)

M: モーメント ($\text{kg} \cdot \text{cm}$)

D: 杭の外径 (cm)

D': 杭の内径 (cm)

h: 垂直方向の押抜きせん断に抵抗するフーチングの有効厚さ (cm) (図-7 参照)

h': 水平方向の押抜きせん断に抵抗するフーチングの有効厚さ (cm) (図-7 参照)

l: 杭の埋込み長 (cm)

l_f: 鋼管中詰めコンクリートの厚さ (cm)

t: ずれ止めの厚さ (cm)

t': 杭頭部の肉厚 (cm)

S: 杭の外周とフーチングコンクリートの間で負担できるせん断力 (kg)

で、 $S = n_2 \pi \cdot (D + t) \cdot t \cdot \sigma_{ca}$ とする。

n₁: 杭体内面のずれ止めの段数

n₂: 杭外周のずれ止めの段数

S': 杭頭の肉厚部分とフーチングコンクリートの間で負担できる支圧力 (kg) で、 $S' = \pi \cdot (D - t') \cdot t' \cdot \sigma_{ca}$ とする。

S_t: 引抜き力による、杭外周とフーチングコンクリートのせん断抵抗力 (kg)

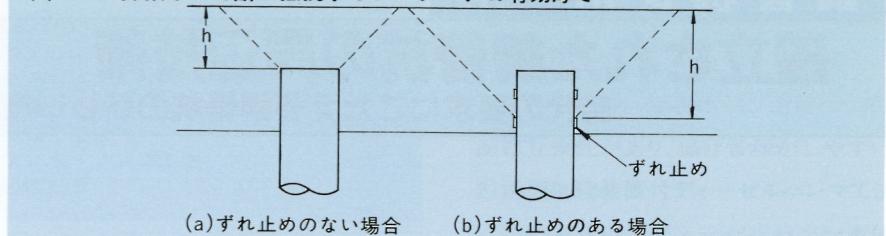
S_{ta}: 杭外周とフーチングコンクリートの許容せん断抵抗力 (kg)

S_{tu}: 杭外周とフーチングコンクリートの極限せん断抵抗力 (kg)

f_s: 安全率で、當時には f_s = 3

f: 杭外周とフーチングコンクリートの摩擦係数で、鋼管杭の場合は、f = 0.7、PC杭およびRC杭の場合は f = 0.6

図-7 押抜きせん断に抵抗するフーチングの有効厚さ



定しても良い。

IV) 鉄筋の定着長

$$L_0 = \frac{\sigma_{sa} \cdot A_{st}}{\tau_{oa} \cdot u}$$

一般には、 $L_0 = 35d$ として良い。

ここに

L₀: 鉄筋の定着長 (cm)

σ_{sa} : 鉄筋の許容応力度 (kg/cm^2)

A_{st}: 1本鉄筋の断面積 (cm^2)

τ_{oa} : 鉄筋の許容付着応力度 (kg/cm^2)

u: 1本鉄筋の周長 (cm)

d: 鉄筋径 (cm)

5. 構造細目⁽⁵⁾

钢管杭の杭頭結合部の構造細目を図-8に示す。フーチングコンクリートへの杭の埋込み長 l は、一般に、A方法の場合は杭径以上 B方法の場合 10cm

とすればよい。A方法の場合、杭頭から杭径の長さ 1.5倍の長さ以上フーチングと同じコンクリートをフーチングと一体として打設する。B方法は、その範囲は杭径だけの長さあるいは杭頭補強鉄筋の定着に必要な長さの大きい方以上とする。

◆あとがき◆

このとき、鉄筋のかぶりは 10cm と仮

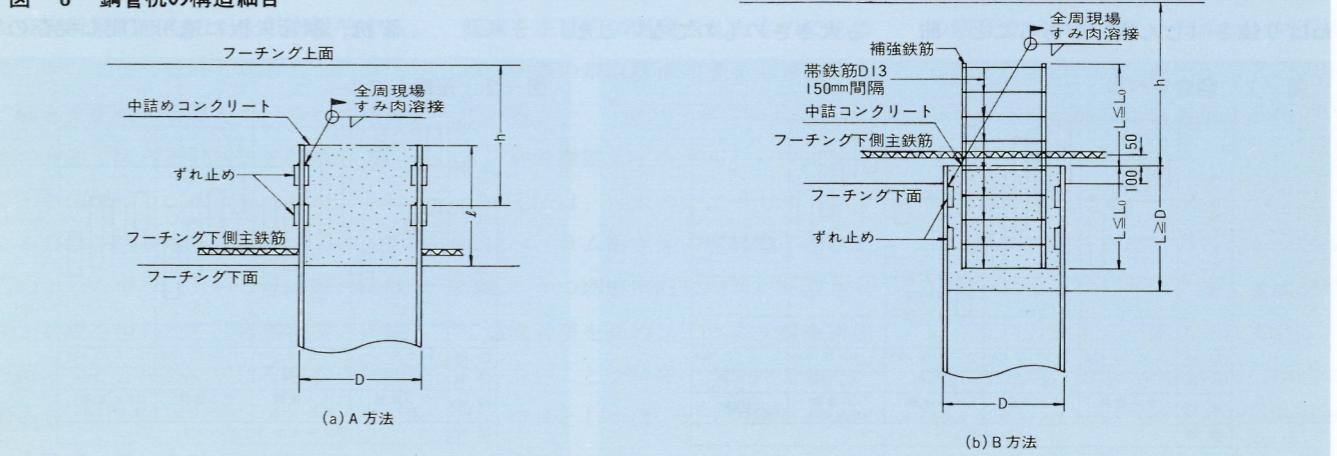
模型実験の概要と新しい結合方法に

ついて紹介をしたが、本実験は塩井幸武元基礎研究室長（現・建・秋田工事事務所長）、浅沼秀弥前基礎研究室長（現・建・松江工事事務所長）によつて企画、実験が進められ、我々が引き継いだものである。また、実験の解析・設計法については（社）日本道路協会下部構造小委員会（委員長 駒田敬一、建・有料道路課長）および同便覧分科会（委員長 矢作枢、首都高速道路管理技術センター部長）の委員の皆様にご指導、ご助言をいただいた。実験に当っては钢管杭協会のご協力のもとに実施した。ここに、これら関係各位に深謝の意を表する。

■参考文献

- 1) 道路橋示方書IV下部構造編：日本道路協会、昭和55年5月
- 2) 福井、塩井、清水：くい頭部の耐力に関する模型実験、第36回土木学会年次学術講演会、昭和56年10月
- 3) 福井、浅沼、山本：水平力に対するくい頭部の耐力に関する模型実験、第38回土木学会年次学術講演会、昭和58年9月
- 4) 大志万、福井：新しい钢管杭の杭頭結合方法、土木技術資料 第27巻 No.1 昭和60年1月
- 5) 杭基礎設計便覧（案）：日本道路協会委員会資料

図-8 鋼管杭の構造細目



確立された钢管杭の周辺技術

時代の要求にこたえる钢管杭の新しい施工法

钢管杭協会技術開発分科会
低騒音低振動開発チーム

1. まえがき

基礎工事における杭打ち工事は、19世紀末より長らくの間、スチームハンマ、ドロップハンマにより施工されてきたが、1938年ドイツの DELMAG社によってディーゼルハンマが開発された。

このディーゼルハンマがわが国に入ってきたのは、1951年日本国有鉄道が災害復旧用としてSZ500型を輸入したのが最初である。

わが国の建設業各社が、このディーゼルハンマを使用するようになったのは、建設投資が急増した1956年以降で、1959年に国産のディーゼルハンマが製造されるようになってからはスチームハンマや他の杭打ち機械を圧倒して杭打ち工事の主力となった。

一方、このディーゼルハンマの普及および大型化に伴い、工事現場における騒音、振動および油煙の飛散などの建設公害も一段とひどくなってしまった。反面、打込み時に大きな騒音、振動を発生する欠点を持っていることから、現在の都市工事では、埋込み杭工法が主役の座を占めつつある。

げ抵抗が大きいことなどの特性をもつてることもある、主として長尺杭として用いられる関係からディーゼルハンマを用いた打撃工法に依存せざるを得なかった。

また、打撃工法は基礎工法として最も望ましいとされ、その分野に最大の努力が傾注されていた。

しかし、基礎構造としての钢管杭の長所は十分認められるものの、時代の趨勢に対して例外とはならず、钢管杭を使った公害対策工法の開発を求める声は、次第に大きくなってきた。

2. ディーゼルハンマの騒音、振動の実態

このような時代の趨勢に対して、住民の生活環境を各種の公害から保護するための施策が是非とも必要であるとの認識が次第に高まってゆき、昭和42年に「公害対策基本法」が制定され、これに基いて昭和43年に「騒音規制法」が、昭和51年に「振動規制法」がそれ施行されるに至り、杭打ち工事を含む特定建設作業に以下に示す規制値が設けられた。

(騒音)

特定建設作業の場所の敷地の境界線から30mの地点において85dBをこえる大きさのものでないことを。

(振動)

特定建設作業の場所の敷地の境界線において、75dBをこえる大きさのものでないこと。

ディーゼルハンマによる打撃工法で発生する騒音、振動は、図-1、図-2に示すようにかなりの部分で規制値を上回ることから、全国の建設現場では

著しい制約が生じ、ディーゼルハンマを用いた打撃工法で多く施工されていた钢管杭の施工が限定されるようになり、この工法に代る公害対策工法の開発が行なわれ実用化されるに至った。

3. 钢管杭の公害対策工法

钢管杭に関する公害対策工法は、施工方法により大略表-1のように分類できる。

このうち、钢管杭には従来から、打込み杭工法が広く採用されてきた。これは施工管理が容易で支持力特性に優れ、施工しやすく、経済的な工法だからである。

反面、打込み時に大きな騒音、振動を発生する欠点を持っていることから、

現在の都市工事では、埋込み杭工法が主役の座を占めつつある。

そこで、これらの工法の中から、钢管杭、钢管矢板に適用可能な現存の各

図-1 騒音レベル

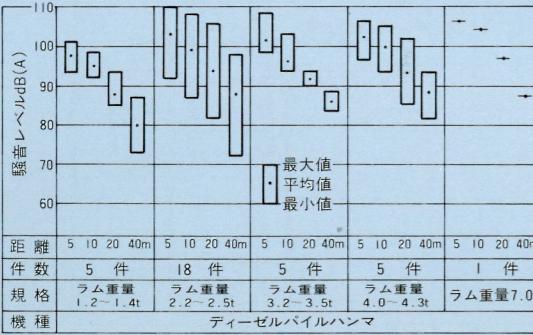


図-2 振動レベル

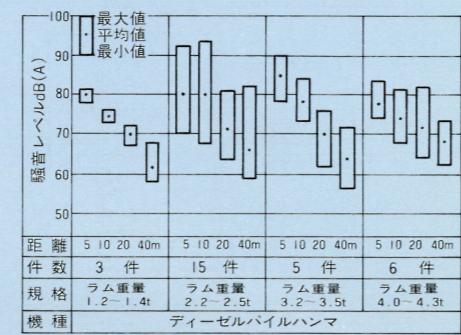
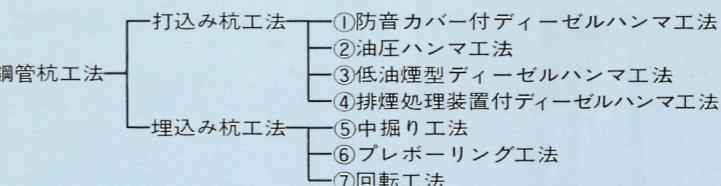


表-1 公害対策工法の分類



- ① 油煙の飛散が防止できる。
 - ② 確実な支持力が得られる。
 - ③ 標準型のハンマをベースに開発されているので、燃料ポンプを除く全部品に互換性があり、保守管理がしやすい。
- 2) 排煙処理装置付ディーゼルハンマ工法

この方式は、ディーゼルハンマ本体に油煙防止装置を取り付けるか、またはJASPP型防音カバーを利用してハンマより排気されるガスをダクトにより強制的に吸引して排煙処理装置（クリーナ）に導き、油煙処理を行なうものである。

本工法の特長としては、以下の項目があげられる。

- ① 油煙の飛散が防止できる。
- ② 騒音の低減効果が期待できる。
- ③ 従来の打込み杭工法と同様に施工能率が高く、確実な支持力が得られる。

3-2 騒音の低減を対象とした工法

打撃エネルギーを利用する打込み杭工法では、騒音の発生を完全に防止することは不可能にちかいが、騒音をある程度低減させることは可能である。

この打撃騒音の低減方法としては、次の三つの方法が行なわれている。

- 打撃機械を遮音材料で遮へいする防音カバー方式。
- 杭打込み工事区域の周囲を低減効果が期待できる高さの防音壁でかこむ方式。
- 打撃騒音の低減を目的として開発された杭打ち機械の利用。

以上の方法で、i) では、表-1の①の防音カバー付ディーゼルハンマ工法が、また、iii) では、表-1の②の油圧ハンマ工法が開発され実用化されている。

- 防音カバー付ディーゼルハンマ工法 従来から行なわれているディーゼルハンマによる杭打ちは、施工速度が早い、支持力算定式が確立されている、施工管理が容易等、確実性、信頼性に富んでいる。また、ディーゼルハンマは全国に2000台以上保有されていると

表-2 钢管杭の公害対策工法一覧表

| 分類 | 工 法 | 支持力発現方式 | 工 法 名 | 会 社 名 |
|-------|-----------------------|---------|----------------------------------|---------------------------|
| 打込み | 排煙処理装置付 ディーゼルハンマ | 打 撃 | 排煙処理装置 | 川鐵工業㈱、久保田鐵工㈱、日本鋼管㈱、新日本製鐵㈱ |
| | 防音カバー付 ディーゼルハンマ | | タカラクリーナ | 宝鋼建(株) |
| | ジャバラ型防音カバー工法 | | NKSクリーン工法 | 日本鋼管㈱ |
| | JASPP型防音カバー工法 | | 川崎製鉄㈱、日本鋼管㈱、久保田鐵工㈱ | |
| 油圧ハンマ | 低油煙型 ディーゼルハンマ | | 钢管杭メーク(5社) 三和機械㈱ | |
| | 油圧ハンマ工法 | | 三義重機業㈱、株神戸製錬所、株武工建設㈱、前田製管㈱、三和機械㈱ | |
| 中 挖 り | 島田式中掘工法 | 根 回 め | 島田基礎工業㈱ | |
| | J J パイル工法 | | (株)熊谷組 | |
| | K - L S V 工法 | | 久保田鐵工㈱ | |
| | K S パイリング工法 | | 川鐵工事㈱ | |
| | M A P 工法 | | 川鐵商事㈱ | |
| | N A K S 工法 | | 日本コンクリート工業㈱ | |
| | T A I P 工法 | | (株)武智工務所 | |
| | T A I P 鋼管矢板工法 | | (株)武智工務所 | |
| | T N 工法 | | 新日本製鐵㈱、株テノックス | |
| | T O S 工法 | | 都南基礎工業㈱ | |
| 埋込み | T Y M 工法 | 根 固 め | 東洋パイルヒューム | |
| | ドーナッオーガ工法 | | 日東工業㈱ | |
| | ニードリング工法 (拡大根固め工法) | | 三谷セキケン(株) | |
| | ホールインセット工法 | | 鹿島建設㈱ | |
| | A S P 工法 | | 住友建設㈱ | |
| | H I T 工法 | | (株)広島組 | |
| | N H P 工法 | | (株)間組 | |
| | N T 拡大シュー工法 | | 日東工業㈱ | |
| | O N S 工法 | | 日東工業㈱ | |
| | T S P 工法 | | 株竹中工務店 | |
| 打撃 | ねじ込み | 回 転 | T U B E X | 新日本製鐵㈱、株ジョックエスエス |

種工法を選び出しが表-2である。し、工事公害のうち、油煙の飛散防止を主目的に開発されたのが表-1の③、④の工法である。なお、②は、騒音の低減を主目的に開発されたものであるが、油煙の飛散防止効果をも兼ね備えている。

- 低油煙型ディーゼルハンマ工法 本工法は、従来のディーゼルハンマによる打撃工法が用いられる。しかし、このような場所においても油煙の飛散は、景観を損ねたり、自然環境の汚染を招くなど、見逃してはならない問題である。主な特長としては、以下の項目があげられる。
 - i) 打撃機械を遮音材料で遮へいする防音カバー方式。
 - ii) 杭打込み工事区域の周囲を低減効果が期待できる高さの防音壁でかこむ方式。
 - iii) 打撃騒音の低減を目的として開発された杭打ち機械の利用。
 以上の場合で、i) では、表-1の①の防音カバー付ディーゼルハンマ工法が、また、iii) では、表-1の②の油圧ハンマ工法が開発され実用化されている。
- 防音カバー付ディーゼルハンマ工法 従来から行なわれているディーゼルハンマによる杭打ちは、施工速度が早い、支持力算定式が確立されている、施工管理が容易等、確実性、信頼性に富んでいる。また、ディーゼルハンマは全国に2000台以上保有されていると

称せられていることから、これを有効に利用する方法として防音カバーが考えられた。

昭和46年8月に創立された鋼管杭協会では、昭和47年よりこの防音カバーの研究に着手した。まずディーゼルハンマの騒音に対して有効な遮音が可能なカバーの構造および材料等の研究を行ない、次に、ディーゼルハンマから発する騒音がハンマのどの部分から、

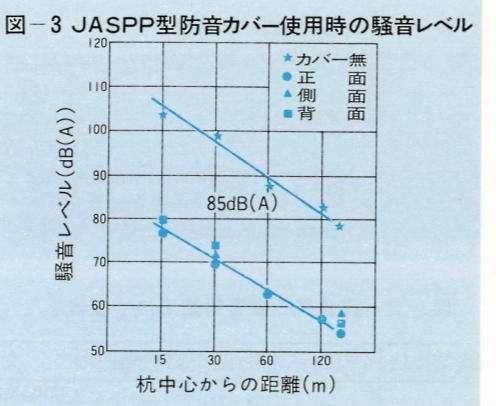
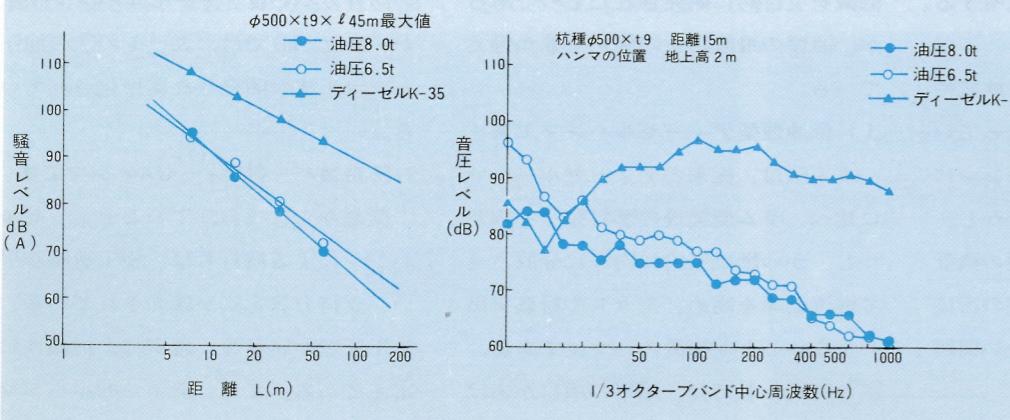
どのような周波数特性を持つどの程度の騒音レベルの音が発生しているかなどと研究を重ねた。昭和50年、遂にリーダーなど騒音発生源となる部分全体を囲い、20dB(A)以上の減音効果を発揮する全体カバー方式の「JAS PP」防音カバーの開発に成功した。

この成果を基に、協会の会員各社を中心となって実用材としての防音カバーの開発に着手し、各社それぞれの創意を織り込んだ防音カバーが実用化された。

この中で代表的なJASPP型防音カバーの全体構造を写真1に、またこれの騒音測定結果を図3に示す。この図が示すようにJASPP型防音カバーの遮音効果は20dB(A)以上発揮されており、良好な性能を示していることがわかる。

このように騒音に対し良好な低減効果を発揮することから、現在までに施工実績は200件にのぼり、工事関係者の信頼に応えている。

図-4



本工法の特長としては、以下の項目があげられる。

- ①打撃工法であるため、支持力の信頼性が高い
- ②JASPP型では20dB(A)以上の騒音低減効果が期待できる
- ③現場周辺への油の飛散が少ない

2) 油圧ハンマ工法

従来のディーゼルハンマはラム(重錘)を持ちあげる力に軽油の爆発力を利用しているが、油圧ハンマはラムを油圧シリングによって持ちあげ、自由落下させる(強制落下させるものもある)構造のものである。

油圧ハンマの外観は写真2のように円筒形であり、ディーゼルハンマと同様に杭打ち機のリーダーに取付けることができる。

この埋込み杭工法には、施工された杭の許容支持力などについて、財團法人日本建築センターの評定を受け、建築基準法第38条の規定に基く建設大臣認定を取得しているものがある。

動、停止と自由に落下高の調整をおこなうことができる。

図4はディーゼルハンマと油圧ハンマの騒音レベルを比較したものをしてある。この図から油圧ハンマの方が15~25dB(A)低いことがわかる。

油圧ハンマは、現在、全国で約170台が使用されており機種、製造メーカーもさらに増加している。

3-3 騒音および振動の低減を対象とした工法

騒音と振動の両者について低減した代表的な工法としては、表-1の⑤の中掘り工法、⑥のプレボーリング工法、⑦の回転工法があり、これらを総称して埋込み杭工法と呼んでいる。

この埋込み杭工法には、施工された杭の許容支持力などについて、財團法人日本建築センターの評定を受け、建築基準法第38条の規定に基く建設大臣認定を取得しているものがある。

1) 中掘り工法

(1) 工法概要

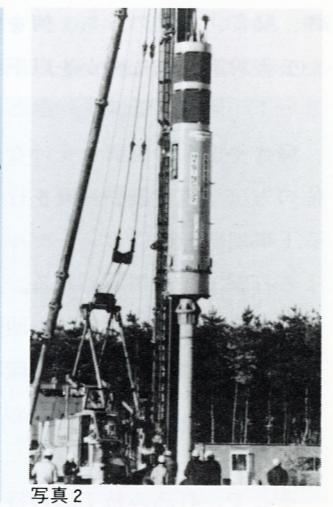
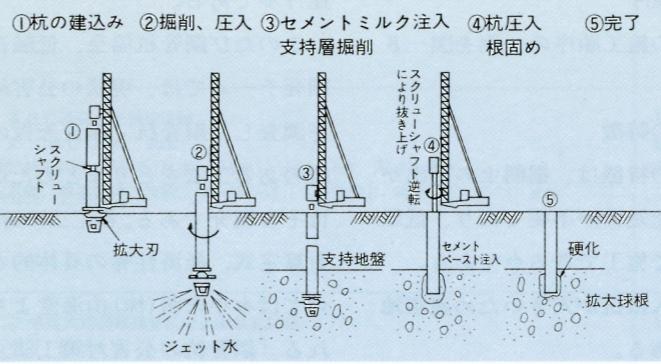


図-5 中掘り根固め工法



中掘り工法は、鋼管杭の中空部を利用して杭先端部の土砂を掘削するか、ゆるめるかしながら杭を貫入させる工法である。貫入抵抗軽減法としては、アースオーガによるもの、ピットとウォータージェットによるもの、バケットによるものなどがあり、貫入法には、油圧による圧入、杭の回転押込みなどが用いられる。さらに、支持力発現法としては、杭先端にセメントミルクを注入して根固めする方法や、モンケンまたはディーゼルハンマなどを用いて打撃する方法の二通りがある。前者を「中掘り根固め工法」、後者を「中掘り打撃工法」と呼んでいる。

中掘り根固め工法のうち、先端部を拡大刃、ジェット等により強制的に拡大球根を形成させる方法を、特に「中掘り拡大根固め工法」という。

(2) 施工順序

中掘り工法の施工順序の一例を図5に示す。

(3) 工法の特徴

中掘り工法には、支持力の発現法によって「打撃工法」と「根固め工法」があり、次のような特徴がある。

打撃工法は確実な支持力が得られ、しかも、打止め時の支持力も容易に確認できるなどの長所がある。しかし、打撃による騒音振動を避けることができない。また、通常の打撃工法に比べて周面摩擦抵抗が小さく、打撃力が杭先端に伝わりやすいので、ハンマは小型でよい。

根固め工法は、低騒音、低振動で施

る方法と、緩める方法があり、前者は「排土方式」、後者は「無排土方式」とも呼ばれている。

「排土方式」は比較的小径の杭の施工に適するが、施工に際しては、杭の曲り、孔壁の保護に注意する必要があり、ペントナイト液を使用して孔壁の緩みや崩壊を防ぐことも行なわれている。

プレボーリング工法の中で、支持力発現法として、アースオーガなどによる掘削過程で、水、ペントナイト液、貪配合セメントミルクなどを注入し、掘削土のスラリーを形成させ、そこには杭を埋込み、先端を根固め液で固結させ地盤と一体化させる工法、いわゆるセメントミルク注入工法と、支持層にある程度杭先端を貫入させ、球根を形成するか、打撃によって支持力を得る方法とがある。

(2) 施工順序

プレボーリング工法のうち、排土方式の施工順序の一例を図6に、無排土方式を図7に示す。

(3) 工法の特徴

図-6 プレボーリング工法(排土方式)の施工順序

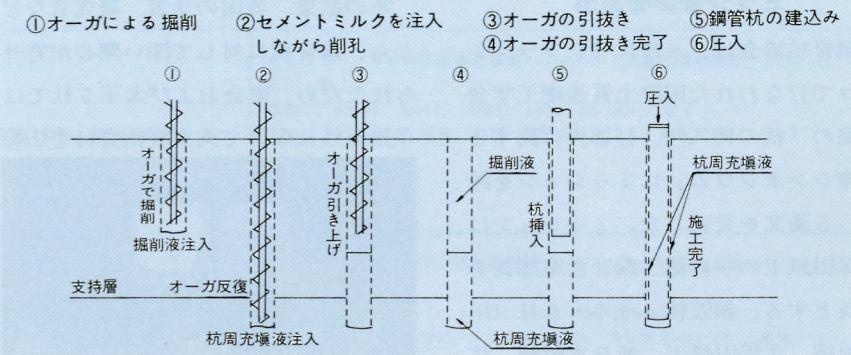
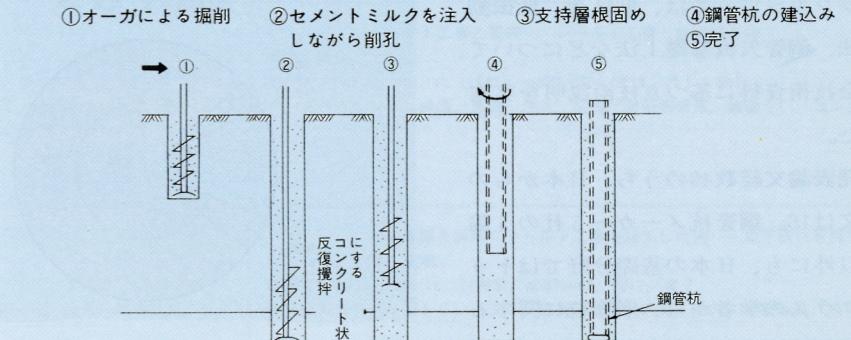


図-7 プレボーリング工法(無排土方式)の施工順序



プレボーリング工法のうち、打撃によって杭を打止めさせる方法は、作業が単純であり従来の打撃工法に近い支持力が得られ、打止め時の支持力確認もできるなどの利点がある。反面、打撃による騒音、振動を避けることができず、低騒音、低振動の完全な対策工法とはいえない面もある。また、セメントミルク注入工法は、作業が複雑で工費が割高となるが、騒音、振動を防止することができ、杭体を損傷することも少ない。

3)回転工法

(1) 工法概要

回転工法は、杭の先端に特殊シューを取りつけ、杭を回転させるか、杭先端の特殊シューのみ回転させるかして支持地盤中に杭を貫入させる工法で、支持力発現法としては、杭先端部をセメントミルクで根固めする方法、モンケンなどで最終打撃する方法、ねじ込

み式による方法などがある。

(2) 施工順序

回転工法の施工順序の一例を図-8に示す。

(3) 工法の特徴

回転工法の特徴は、掘削土の排出が少なく、残土処分が不要であり、低騒音、低振動で施工できる点である。

反面、貫入抵抗が大きいため適用地盤に制約がある。

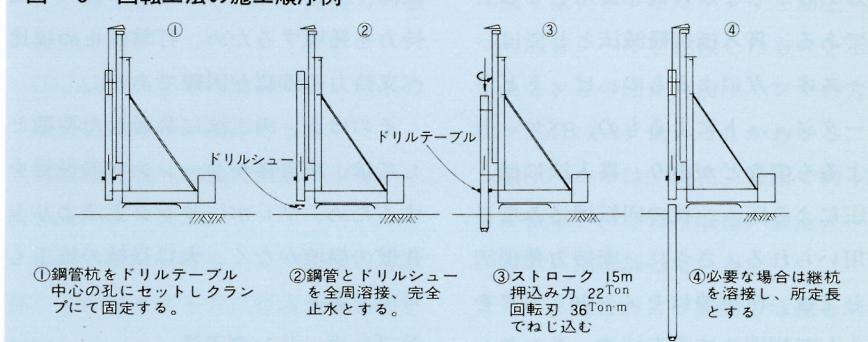
4. あとがき

近年の技術の進歩は著しく、鋼管杭

を対象とした公害対策工法の開発も日進月歩である。

このたび鋼管杭協会、低騒音低振動開発チームでは、現状の公害対策工法を調査し、鋼管杭、鋼管矢板の施工実績のある工法をとりまとめたが、本報はその紹介である。各工法の詳細、支持力算定式、経済性等の具体的な点については本年末頃(株)山海堂より出版される「鋼管杭の公害対策工法」を参照されたい。

図-8 回転工法の施工順序例



西から東から

杭の国際シンポジウムに ミッションを派遣

鋼管杭協会は、8月にサンフランシスコで行なわれた国際土質基礎工学会主催の「杭の貫入性、打撃性に関する国際シンポジウム」にミッションを派遣、5論文を発表した。ミッションは、久保田鉄工の小林健二鋼管営業部長を団長とする、鋼管杭メーカー5社（川崎製鐵、久保田鉄工、新日本製鐵、住友金属工業、日本鋼管）からなるもの。同シンポジウムでは、低騒音、低振動工法、鋼管矢板基礎工法などについて、協会技術資料に基づき技術説明を実施した。

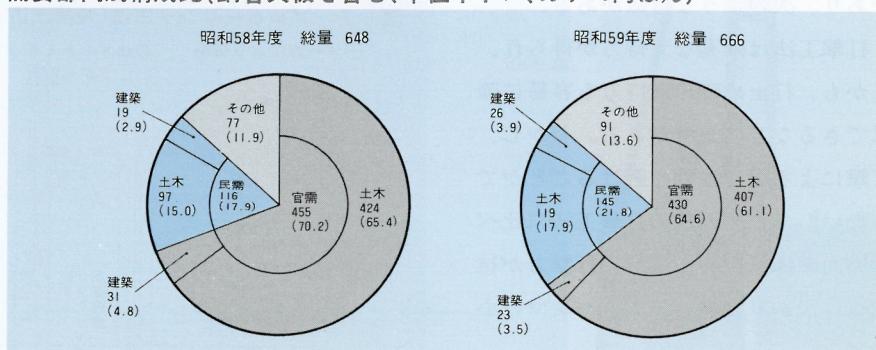
発表論文総数49のうち、日本からの論文は16。鋼管杭メーカー5社の5論文以外にも、日本の基礎分野ではトップクラスの学者から、鋼管杭に関する

5論文が発表された。

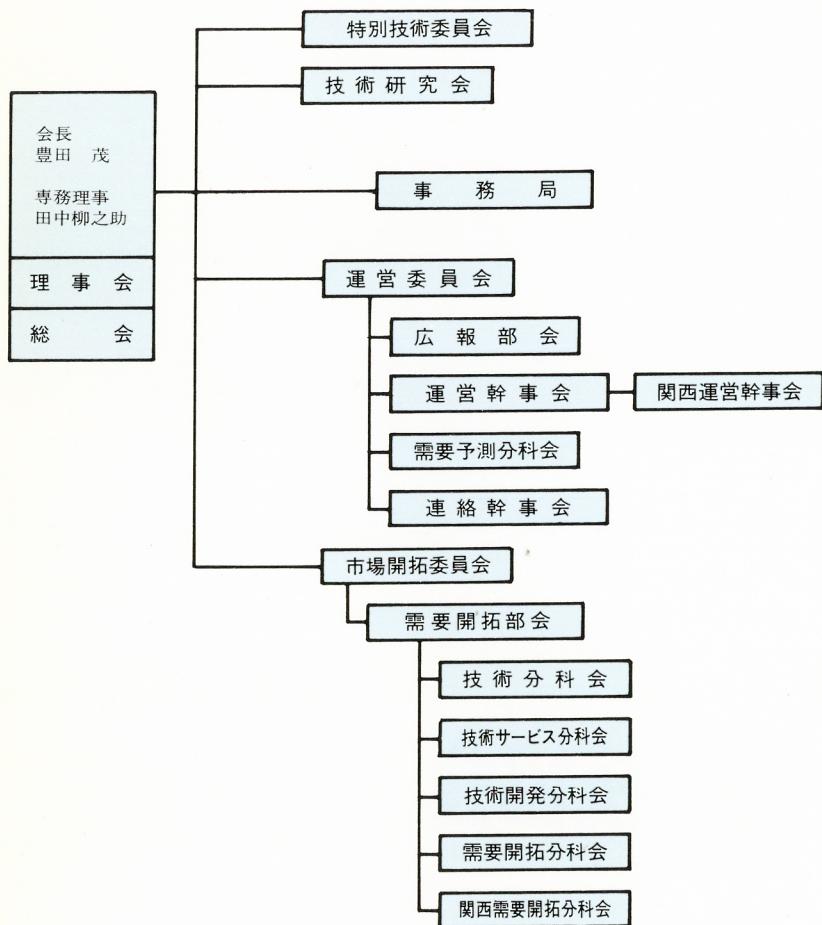
その結果、各国の学者、研究者などから、鋼管杭に対して深い関心が寄せられたため、協会および大手5社では、今後海外に向けて英文技術資料を広範



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%）



鋼管杭協会組織図 (昭和60年9月30日現在)



「明日を築く」

(広報部会、編集チーム委員)

編集関係者のご紹介

広報部会

委員長 小林健二(久保田鉄工)
委員 小泉 熟(日本钢管)
" 大東和美(住友金属工業)
" 伴 哲男(川崎製鐵)
" 橋山元信(新日本製鐵)
" 白庭瑞夫(久保田鉄工)

編集委員会

委員長 白庭瑞夫(久保田鉄工)
委員 黒沢利彦(久保田鉄工)
" 大谷吉夫(新日本製鐵)
" 永瀬久夫(川崎製鐵)
" 菅谷典夫(住友金属工業)
" 福原洋一(新日本製鐵)
" 藤 丈詩(日本钢管)
" 増田欽一(日本钢管)

鋼管杭協会会員一覧 (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 | 東亜外業株式会社 |
| 久保田鉄工株式会社 | 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. 49

発行日 昭和60年10月30日発行

発行所 鋼管杭協会

東京都中央区日本橋茅場町
3-2-10(鉄鋼会館) TEL 03 (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
TEL 03 (357) 5888
(無断転載禁)



钢管杭協會