

明日を築く36

REPORTAGE

東京湾岸をひとつにむすぶ

建設すすむ

東京湾岸道路建設計画

鋼管杭セミナー

杭基礎の耐震設計に

おける考え方と問題点



钢管杭協会機関誌



もくじ

- ルポルタージュ(36)……………1
東京湾をひとつに結ぶ——東京湾岸道路建設工事
- 鋼管杭セミナー………6
杭基礎の耐震設計における考え方と問題点
- 鋼管杭レポート………11
鋼管杭の実態調査
- 西から東から………15
- 文献抄録………16
組織図・会員紹介

表紙のことば

東京湾をぐるり一周、8の字型に結ぶのが現在建設のすすむ「東京湾環状道路」である。この道路のうち、一部はすでに供用されているが、建設中の箇所も多く、そのひとつが旧江戸川橋梁である。

鋼管矢板を使用した矢板式基礎のこの橋梁は、旧江戸川河口近くにかかり、いま、川面にボッカリと直径10m近い矢板式基礎の口を開けている。

東京の「大動脈」としてのこの道路の1日も早い完成が待たれる。

編集MEMO

すでに立春は過ぎたというのに、まだまだ厳しい寒さが続きます。明日を築く36号をお届けします。

早いもので本誌も足かけ10年、読みやすく仕事に役立つPR誌として内容を充実させてきましたが、いかがでしょうか。前号でアンケートを実施したところ多数の回答をいただきました。これらのご意見をこれからこの編集に大いに反映させてゆきたいと思っております。

REPORTAGE 36 ルポルタージュ

東京湾をひとつにむすぶ

建設すすむ 東京湾岸道路建設計画

建設省関東地方建設局首都国道工事事務所

世界一のマンモス都市——東京。この大都市もいまや“病める街”と化し、さまざまな問題が顕在化してきている。そのひとつが「交通問題」であり、都内の幹線道路は、パンク状態。これを解消せんものと、都市再開発の一環として、いまいくつかの道路の建設が行なわれているが、その決め手として大きな期待の寄せられているのが「東京湾岸道路」である。

この道路は、すでに昭和30年代後半から基礎調査が行なわれ、計画決定後、各所で工事が進み、一部では供用している区間もある。

そこで、今号では、東京の交通緩和の決め手として工事が進められている「東京湾岸道路」のうち、鋼管矢板式基礎が活躍する「旧江戸川橋梁」にスポットを当てた。

REPORTAGE ■■■■■ 大漁！大漁！

こんな漁をご存じだろうか？大潮前後の頃になると、川端の漁師が夕暮れ時に直径5cm、長さ1mほどの鉄パイプを数10本、川中に投げ込む。夜が明け、潮がいっぱいに引いた頃、胴長（腰まである長グツ）をはいた漁師がカラの網を肩にかついでやってくる。そして、川底に散在する前夜投げ込んだ鉄パイプをタテにして持ち上げ、川底の小石の上にトン、トンと落とすのである。



さて、パイプの中から何が出てくるとお思いだろうか——ウナギである。これがおもしろいようによくとれる。川底のドロと一緒にニヨロと出てくる。30分ほどの間にかつてできた網の中には数10匹のウナギである。

こんな光景に江戸川の河口から200~300mほど「東京湾岸道路」旧江戸川橋梁建設現場の目の前でぶつかった。“江戸川”——荒川、多摩川とともに東京を流れる3つの大きな河川のひとつこの川も、つい最近までは汚染がひどく、棲む魚も極端に減ってしまった。しかし、東京都をはじめとする環境対策が実り、ここ数年は川に多くの魚が戻ってきたという。それだけきれいになってきたのだ。

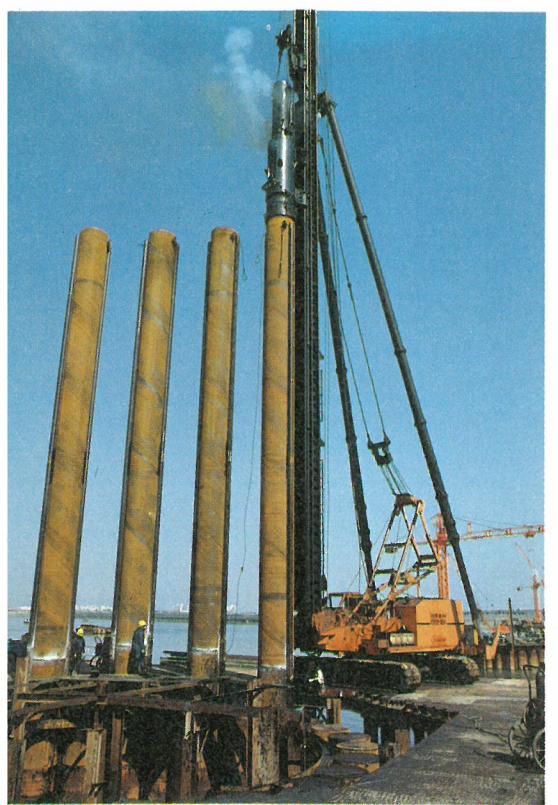
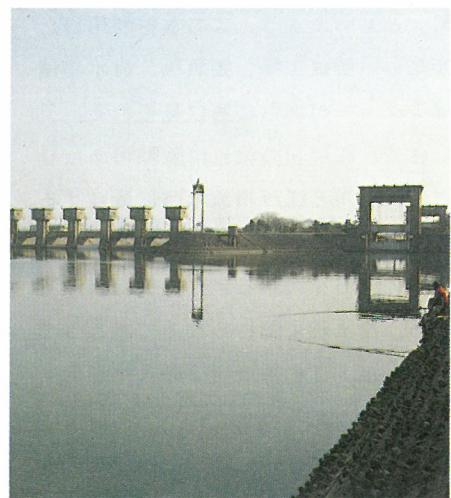
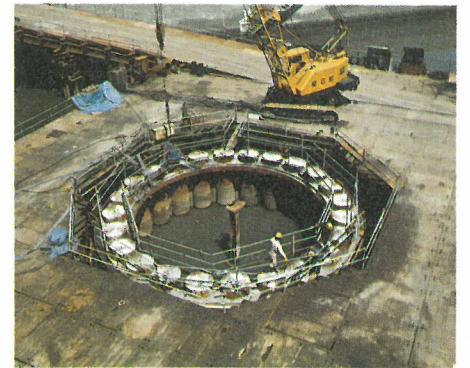
現場近くの川岸では、親子連れだらう。岸辺にたまつた水たまりの中から何かを拾っている。“収穫”をみてみると、あきカンの中にたくさんシジミ——明日の食卓に乗るのだろうか。

REPORTAGE ■■■■■ 東京湾をひとつにむすぶ

江戸川は源流を利根川に発し、東京都と千葉県境を下り、江戸川大橋下流で江戸川と旧江戸川とに分岐している。現在工事のすすむ橋梁は、この旧江戸川の河口近くに建設される。

さて、橋梁に触れる前に、ここで東京湾岸道路を紹介しておかねばなるまい。

東京湾をとりまく、東京都、神奈川県、千葉県に、主に埋立地をつらねながら8の字型に湾岸を一周する道路、



湾口部横断道路および湾央部横断道路については、基本計画を鋭意検討中であり、湾岸道路は、すでに78km（全長の49%）が供用されており、建設中のものについては、いま急ピッチで作業が行なわれている。

REPORTAGE 都市機能をよみがえらせる ために――

これが「東京湾環状道路」である。

千葉県富津市から千葉市、東京都、横浜市を経て横須賀市に至る延長約160kmの東京湾岸道路。そして浦賀水道を横断し、千葉県富津市と横須賀市を結ぶ延長約10kmの湾口部横断道路。さらに東京湾の中央部で川崎市と木更津市を結ぶ延長約15kmの湾央部横断道路の3つを称して東京湾環状道路と呼んでいる。

湾岸道路のうち横浜一千葉間は原則として14車線（高速部6車線、一般部8車線）で道路幅員は大部分100mであるが、80m、50m区間も一部ある。横浜一千葉間以外については大部分が50mだが、横須賀市内では幅員29mで計画中である。

前述したように、東京湾岸道路は東京の交通緩和をはじめ、その役割は、はなはだ大きいものがある。その主なものを上げると

- ①湾岸道路沿線の都市、港湾、埋立地等に立地する各種都市機能を相互に連絡する。
- ②東京外郭環状道路をはじめとする主要幹線道路、高速道路網、東関東自動車道、南横浜バイパスなどと連絡することにより、首都圏道路網の中核となり、臨海部と内陸部交流の集散機能を果たす。
- ③東京湾周辺地域の交通混雑緩和、都市内交通の円滑化に貢献する。
- ④流通業務施設や都市内工業の分散立地など、都市再開発促進の基盤とな



る。

⑤新東京国際空港と都心および羽田空港を結ぶ。
などである。

旧江戸川橋梁のかかる地区は、東京湾岸道路に属しているが、この区間の特徴的役割は、すでに大渋滞を招いている国道14号、京葉道路およびそれに接続する首都高速7号線の渋滞緩和をはかるとともに、成田空港からの交通量を処理することである。

いつ通ってもすいているのを見たことがない京葉道路。都心からこの京葉道路に入り走ること約30分、一之江ランプを出る。

しばらく江戸川に沿って走ってみると、とうとう流れるこの川は、都内を流れる多摩川や隅田川ではない、名状しがたい風情をしのばせている。それはこのあたり一帯がひと昔前までは純農村地帯であり、あちこちにかんがい用の水門や水路がみられるためだろうか。「生活に密着した川」であったことがあちこちにうかがえる。

江戸川区には、この江戸川をはじめ荒川、中川、新中川、新川そして数多くの水路が縦横に走っている。「水の



町」ともいえよう。この水を利用した産業——製紙工場、養魚場、材木集積場等々——があちこちに見られる。

さて、江戸川の流れは篠崎町あたりで旧江戸川と江戸川放水路に分岐する。その分岐点の旧江戸川には5基の水門が川の歴史を物語るように横たわっている。増水時に閉じられるであろうこの水門が、これまで川下の人々を何度も救ったことだろうか。

REPORTAGE ■■■■■

—50mと深い支持層

この旧江戸川の河口に架けられる建設中の旧江戸川橋梁は

○橋種：3径間連続鋼床版桁 2連
単純鋼床版桁 2連

○橋長：577.134m

○幅員：15.00m (3車線)

○道路規格：3種1級

となっている。

なお、計画地の下流真近に首都高速道路の橋梁が建設され、すでに供用されている。現在工事のすすむ橋梁は一般部の下り線となる。

工事に先立ち行なわれた計画地のボーリング調査によると、同地域はN値



5~10前後の粘性土とN値20前後の砂層の互層となっており、支持地盤としたのは-50m付近のN値50以上の砂層である。

このように支持層がきわめて深いこと、さらには施工性、経済性等の問題から、基礎には鋼管矢板を使用した矢板式基礎を採用した(P₂~P₈、7基)。

杭打ちは54年11月、本杭決定のための試験杭打ちからはじめられた。

本杭打ちに当っては、

①航路規制および隣接構造物（首都高速道路橋）があり、杭打ち船の移動可能範囲が限定される。

②下流側に隣接している首都高速道路橋の桁下高が7.6mのため、ここを通過可能な杭打ち船が要求される。

等の問題があったが、船打ち(P₅~P₇)も無事終了、棧橋打ち(P₂~P₄、P₈)も55年5月に終了した。

4月なれば現地を訪れた取材班、隣の首都高速道路橋から現場を見おろすと、矢板式基礎の円形がやけに小さく見える。それではと、下に降りて近くに寄ってみると、それは錯覚。なんと大きいことか。

眼前で杭が吊込まれ、そして建込ま



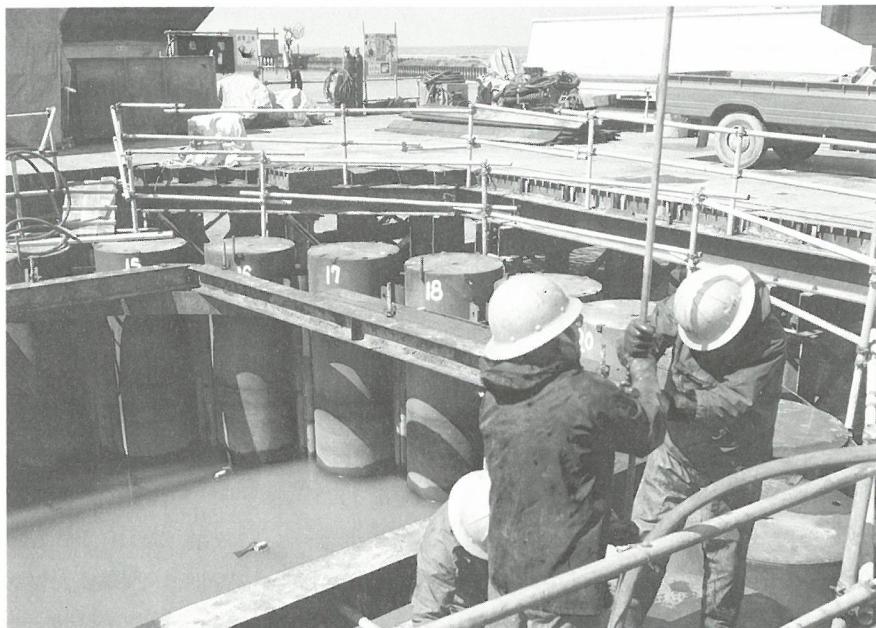
れる。手ぎわよく溶接作業がはじまる。約40分ほどで完了、検査を終えると、杭打ち機で一気に（といつてもこれは上杭なのでなかなか買入していかない）打込んでゆく。

もう間もなく杭打ち作業は終りを告げる。

ここで使用される鋼管矢板はφ1,016×14~16t × ℓ (44.5~58.5m)
総量約4,600トン

となっている。

杭打ち作業に続き、軸体コンクリー

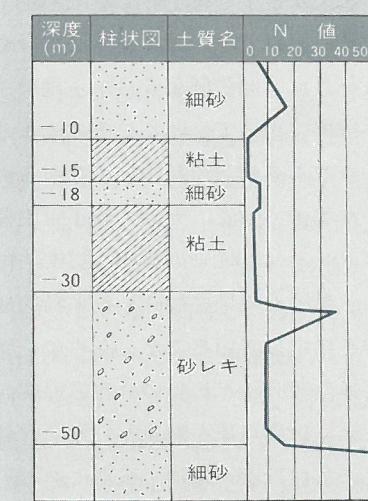


ト打設、上部工建設と工事は続く。そして58年度いっぱい全工事を完了する予定である。

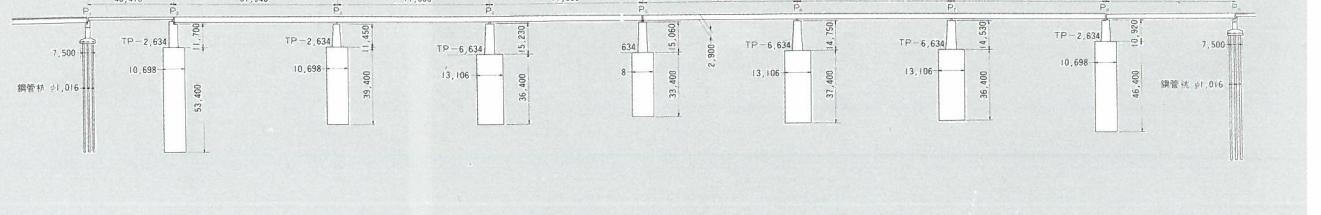
近代都市・東京——巨大都市・東京の名は、いまや世界的に知られるようになった。良い意味でも、悪い意味でも。

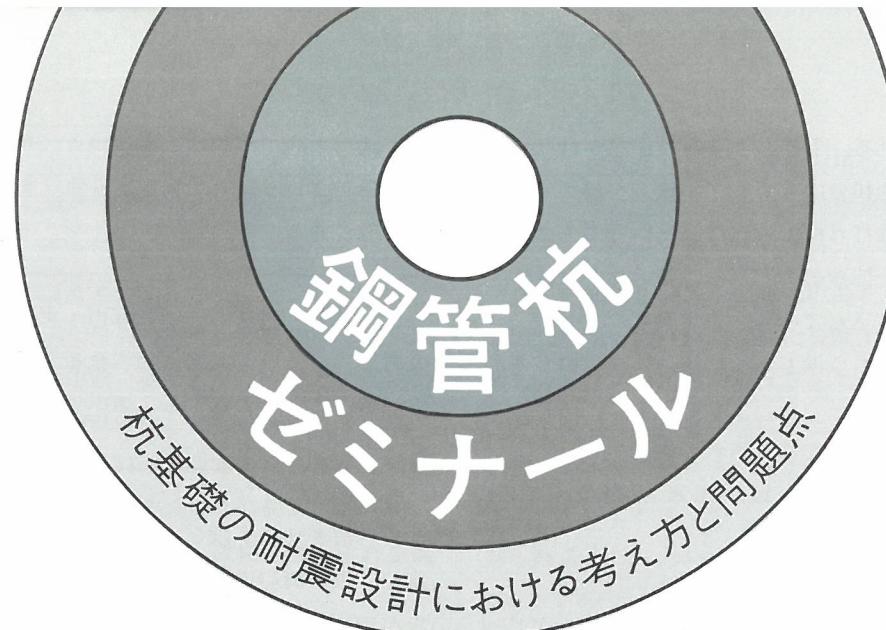
悪名の一因となっている交通機能マヒを解消させる手段として、いま建設急の「東京湾岸道路」。都市機能をよみがえらせるこの道路の一日も早い完成を願ってやまない。

標準土質柱状図



旧江戸川橋一般図(側面図)





建設省建築研究所 第3研究部 基礎研究室長 工学博士 杉村 義広

1. まえがき

建築の分野では、建築基準法施行令が改正され、昭和56年6月から施行される段階に至って、とくにその改正の中心点である耐震設計法に少なからぬ関心が集っている。今回の改正で主要なポイントは、従来の静的な震度法に対し、動的な効果を加味した準動的地震力を設定していること、さらに、従来の弾性設計法としての許容応力度設計法に、破壊現象を対象とした保有耐力による設計法を追加した点にある。上部構造においては、1、2の分野を除いて、歴史的にも弾性設計法によるのが慣例であって、終局強度の考え方に基づく設計体系が完備されていない現状であることから、今回の改正では許容応力度による設計法と保有耐力による設計法が、いわば抱き合せの形で示されている。

一方、基礎構造は、古くから発達した土圧論、支持力理論など塑性平衡理論に基づいた研究成果によって設計体系の大半が形成されており、その意味では本質的に終局強度による設計法といえる。ただし、この場合は塑性平衡状態に至るまでの変形性状が無視された静的理論であることが問題である。とくに、たとえば杭のような可撓性の構造体の動的问题を扱う場合には、破壊に至るまでの変形性状や繰り返し

思われる基本的な考え方を示すに至っている。これに題材を得て、ここでは私見も混じえて、杭基礎の耐震設計における考え方と問題点を述べてみたい。

2. 地震時における杭体内の荷重変動

今、概念的に地震時における杭体内の荷重変動を考えたものを図-1に示す。本来的には、杭内の応力変動を考えるべきであるが、応力の概念までは複雑でありすぎるるので、平均応力的なものとして、ここでは荷重変動という言葉を適用しておく。図-1において、O点は静止状態を示し、杭は長期軸力のみを受けている。地震時には、軸力変動と、主として水平力による曲げモーメント変動を受けることになり、ある瞬間ににおける杭の荷重状態は、たとえばA点で示されたものとなってい

るはずである。O点からA点への移向過程は、地震動と地盤-杭系の応答により、時々刻々と変化し、杭の荷重状態は図-1上をいわば無作為に移動する。また、地震動は方向が逆転するので、別の時刻には、たとえばB点の荷重状態を示していることになる。

一方、図-1の曲線は理論または実験によって求められる杭材の降伏または破壊状態に対する軸力-曲げモーメント曲線を示す。鋼管杭などの場合は全塑性曲げモーメント仮定による降伏状態、既製コンクリート杭などの場合は圧縮側断面のコンクリートが破壊歪に到達した状態すなわち杭材の曲げ破壊状態で考えられるのが一般的である。

したがって、地震動の継続時間中におけるA点、B点で示された杭の荷重状態が、この軸力-曲げモーメント曲線に接した時に、杭の降伏や破壊現象が生じることになる。

また、杭には主として水平力によるせん断力も生じているので、杭材のせん断耐力との比較において、これを上まわる応答値が生じた場合に、やはり破壊することになる。杭材のせん断耐力は、一般には実験に基づいて決定さ

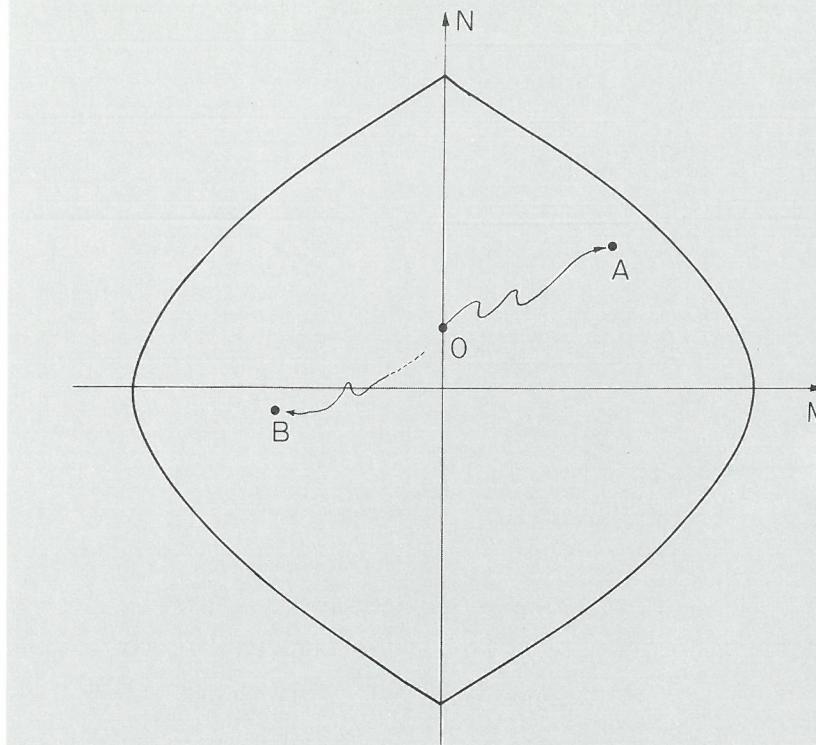


図-1 地震時における杭体内の動的荷重変動概念図

れているようである。

以上が、地震時における杭体内の荷重変動と、杭の破壊モード（杭材により、塑性ヒンジ状態になるものと、完全崩壊状態になるものとが含まれる）とを概念的に説明したものである。杭体の降伏（破壊）のチェックは、軸力変動下における曲げで行なうが、同時にせん断についても行なう必要があることになる。

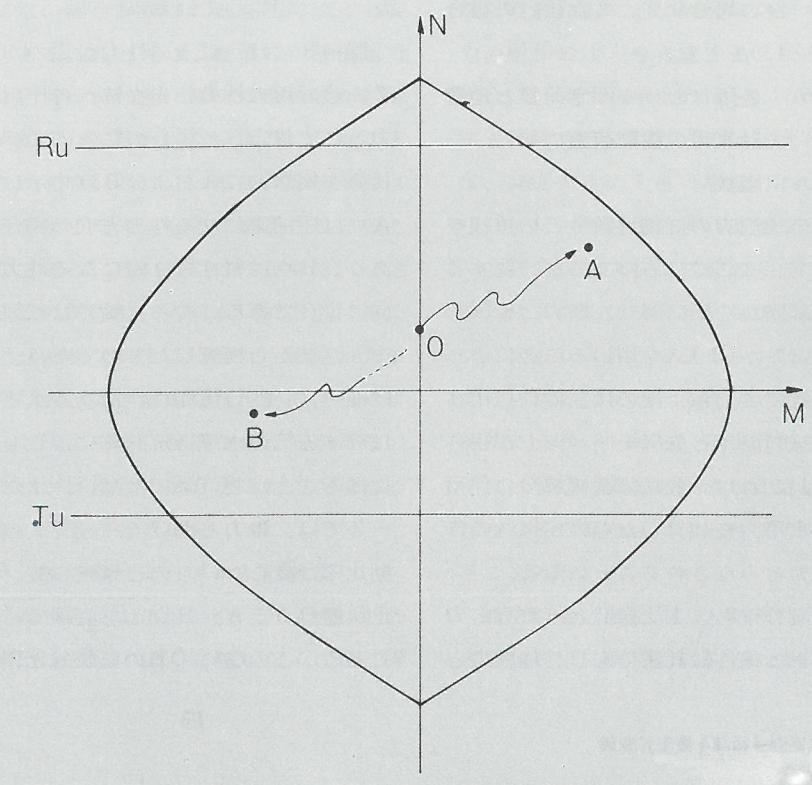
3. 杭の鉛直耐力および引き抜き耐力

前節までには、地震時における杭体の荷重変動と破壊（または降伏）との関係をみたが、杭基礎は本来地盤中に施工される構造体であることから、その鉛直耐力および引き抜き耐力を考えあわせる必要がある。図-2は、地盤の性質から決まる杭の鉛直耐力 R_u および引き抜き耐力 T_u を図-1中に追加したものである。 R_u および T_u は、それぞれ極限支持力および極限引き抜き抵抗力をあてることができる。ただし、打ち込み杭の極限支持力は、載荷試験によって比較的明確に知ることができるのに対し、その他の施工法の杭では極限支持力がなかなか見い出されないという事情や、上部構造に過大な沈下、浮き上りを生じさせ

終局鉛直耐力および終局引き抜き耐力以内であることが必要である。さらに、杭基礎の役割を考えると、現実的には次のように言いかえるべきであろう。

すなわち、上部構造に過大な沈下、浮き上りを生じさせることは、構造的に有害な諸現象を併発しやすいので、鉛直方向を第一に考えて、終局鉛直耐力および終局引き抜き耐力は、いかなる位置の杭もこれを越える荷重状態を生じさせてはならないとする。その上で、曲げ耐力とせん断耐力の検討を行なうのが現状では最良の方法であろう。なぜならば、曲げ変形能力が極端に異なる材種が、それぞれ杭として存在する現状では、比較的統一した考え方を適用しやすい鉛直問題を第一とし、水平曲げ問題で、その差異を考慮するのが現実的であるからである。すなわち、軸力-曲げモーメント曲線に接した時、杭材の曲げ降伏または曲げ破壊が生じるということは前述したが、終局鉛直耐力および終局引き抜き耐力を常に満足するという条件下では、降伏状態になるものと破壊状態になるものと同等に扱う必要はないという考え方方が生じるのは当然考えられることである。完全崩壊してしまう破壊モードのもの

図-2 杭の鉛直耐力および引き抜き耐力と荷重変動



は、厳密には軸力一曲げモーメント曲線に接することは避けなければならないが、降伏状態の破壊モードを示すものは、この曲線に接した状態がある程度許容できる。なぜなら、降伏状態に達しても、その耐力は保持しており、超過した外力分が他の位置の杭へ流れることを期待できるからである。

4. 設計用地震力の設定

図-1、図-2では、A、B点などは動的変動荷重のまま考えていたので非常に複雑である。今、動的な要素を考慮し静的置換した設計用地震力を想定すれば、方向の逆転する1組の荷重で表わせるので問題を簡略化できる。例題として建築物の場合をとり、改正された建築基準法施行令に示されている地震力を考えてみると、地上階の部分について次式に示される層せん断力 Q_i を与えることになっている。

$$Q_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_o \cdot \sum_{i=1}^n W_i \quad (1)$$

ここで、

Z ：地震地域係数（0.7～1.0）

R_t ：振動特性係数で、地盤種別と建物地上部の設計用1次固有周期から決まる値

A_i ：層せん断力係数の地上階における分布係数

C_o ：標準せん断力係数で、1次設計の場合0.2、2次設計の場合1.0をとる。

W_i ：各階における固定荷重と地震力計算用の積載荷重の和

n ：階数

この地震力の詳細は政令との重複を避けて、ここでは省略するが、要するに上部階から順に層せん断力と転倒モーメントが(1)式を用いることによって計算でき、最下階では基礎に作用するベースシヤと転倒モーメントが得られる。これに一般には基礎部分に作用する水平力を加算したものが杭への作用外力とみなされることになる。

上記のうち、1次設計とは許容応力による弾性設計法であり、地震力と

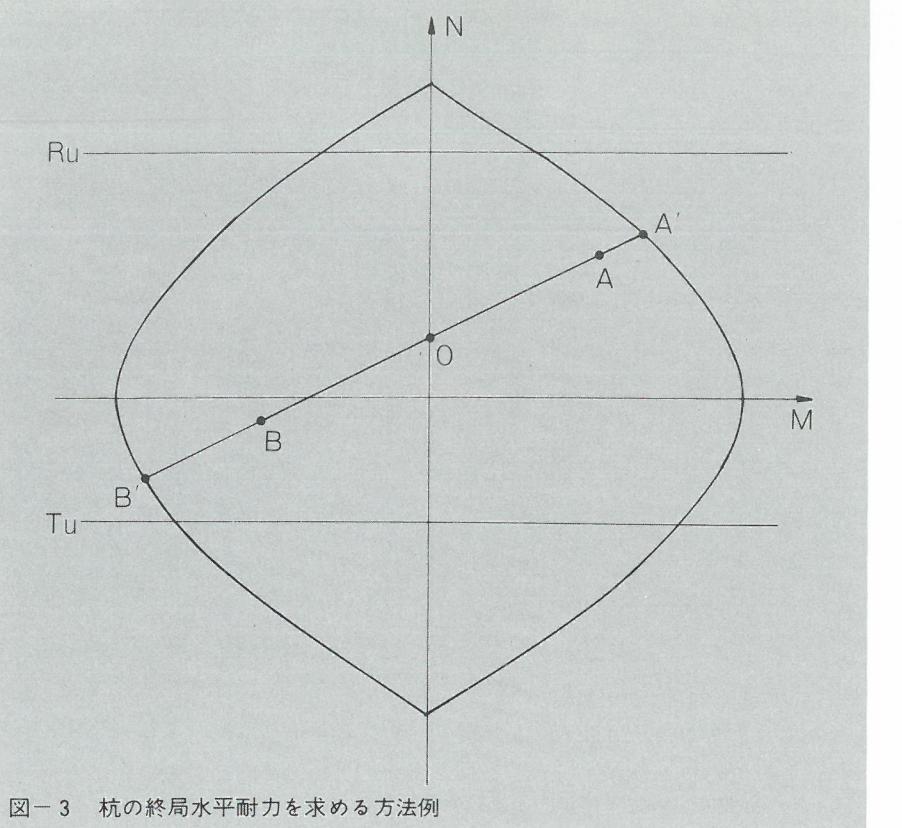


図-3 杭の終局水平耐力を求める方法例

しては従来の震度法による $K=0.2$ とほぼ同等の大きさを考えている。2次設計とは保有耐力による検討法であり、震度法によれば、 $K=1.0$ の地震力を設定したことに対応している。ただし、上部構造の振動減衰性と塑性変形能力に対応した低減係数 D_s （構造特性係数という）、立面的平面的な耐震要素の片寄りによる割り増し係数 F_{es} （形状係数という）を(1)式に掛けて用いることになっているので、最終的な値は通常 $K=0.3\sim0.6$ 程度の外力を想定したことには相当している。

図-3には、以上の外力設定のうち、2次設計用の外力相当を杭への作用外力として想定した場合の杭体内的荷重状態を概念的にAおよびB点で示した。A点は圧縮側になる外力方向の場合であり、B点は引き抜き側になる外力方向の場合である。なお、軸力は転倒モーメントから換算したものであり、曲げモーメントは杭頭に作用する水平力に対する杭の水平抵抗計算によるものであることは言うまでもない。また図-3では、軸力と曲げモーメントの変動比率は変わるものと仮定して、静止状態O点とA、B点とを直線で結んである。このOA、OBの延長線とRu、

Tu線または軸力一曲げモーメント曲線のいずれかの交点A'およびB'に対応するせん断力（水平力）と杭のせん断耐力Suのうち小なる値が、この杭の終局水平耐力ということになる。

5. 杭基礎の保有水平耐力

構造物の基礎として用いられる杭の各々について図-3の検討が行なえる。一般には、平面的位置関係によって軸力変動が異なるので、 n 本の杭があれば n 個の図が作成される。これらの総和を取れば、杭基礎全体としての保有水平耐力となる。各々の杭の耐力を終局水平耐力と呼んだのに対し、杭基礎全体としてのそれは保有水平耐力と、ここでは区別して呼ぶことにする。

さて、杭基礎全体としての保有水平耐力を求めるための各杭の終局水平耐力の総和を取る過程で、各杭が終局鉛直耐力および終局引き抜き耐力以内であることの第一必要条件については前述した。この条件内で、曲げ変形性能に応じて総和の取り方を変えてよい可能性についても触れた。このことについて今少し詳しくみてみよう。図-3において、 $\alpha=OA'/OA$ 、 $\beta=OB'/OB$ とすれば、これらは逆転する外力方向に対応して、杭の終局水平耐力が持つ

保有耐力検討用外力に対する余裕度比を示す。また、平面位置関係に応じて各杭の α 、 β 値は種々の値をとることになる。

(1) 曲げ変形能力が十分期待できない杭の場合は、 $\alpha=1.0$ または $\beta=1.0$ になる杭が1本でもあれば、その杭は完全崩壊的な破壊をすることになる。

この場合は支持能力も、もはや期待できなくなるので、上部構造に有害な不

同沈下を生じさせる原因となる。したがって、この種の杭の場合は、最小の α または β を示す杭の終局水平耐力の杭本数倍として杭基礎の保有水平耐力を求めるべきである。各杭の α 、 β の決定は軸力一曲げモーメント曲線のみならず、終局鉛直耐力Ru線、終局引き抜き耐力Tu線との交点および杭の終局せん断耐力Suのうち小なる値を与えるものによることは前述の通りである。

(2) 中間的な曲げ変形能力を持つ杭の場合は、その変形性能に応じて、(1)の考え方か、(2)の考え方か適宜準じて検討することが望ましい。ただし、(2)の考え方を準じる場合は、 α または β の値が1.0を大幅に下まわる杭があつてはならないし、また全体の杭数に対して1.0以下になる杭数の割合もごくわずかに抑える必要があろう。

以上が、杭基礎全体としての保有水平耐力を求める基本的な考え方であるが、各杭の破壊モードがすべて一様ではない場合があることを注意する必要がある。

たとえば、建築の上部構造では、各部材の曲げ降伏以前にせん断降伏が生じることはないように設計することを原則としているが、杭基礎では、そのような原則を常に満足させることができないという特殊性がある。平面位置の関係で、各杭が杭材の曲げまたはせん断で決まる場合と、鉛直耐力または引き抜き耐力など地盤の性質によって決まる場合が混在せざるを得ない。これが杭基礎の保有水平耐力を求める際の特徴である。

各杭の α および β 値の決定は前述した方法とまったく同様とする。ただし、最小値を与える杭の α または β が、杭の終局鉛直耐力Ru、終局引き抜き耐

性支承上の梁としての弾性解析法と、一種の塑性平衡状態を考えたBromsの方法とを用いることが、現状では現実的な考え方のようである。ここでは、建築学会で示している解析法の用い方をそのまま踏襲して紹介することにする。ただし、長い直立杭が通常であるのでこのような場合を想定している。

(1) 杭基礎の保有水平耐力が、各杭の終局水平耐力の総和として求められ、杭の α 、 β 値が1.0を下まわるものがある程度許容できる曲げ変形能力を有しているような場合はBromsの方法を適用する。

対応する杭の例としては、鋼管杭、鋼管巻既製コンクリート杭、軸応力度の小さい場所打ちコンクリート杭などがあげられる。

(2) 十分な曲げ変形能力が期待できず、杭基礎の保有水平耐力が、杭の終局水平耐力の最小値の杭本数倍で決まるような場合は弾性支承上の梁としての解析法を適用する。対応する杭の例としては、鉄筋量の少ない既製コンクリート杭、プレストレス量の少ないプレストレストコンクリート杭および高強度プレストレストコンクリート杭などがあげられる。

(3) 曲げ変形能力が中間的なもので、杭基礎の保有水平耐力を求める際に、曲げ変形能力に応じて杭の終局水平耐力の総和の仕方を考慮する必要のある場合は、軸応力度の大きい場所打ちコンクリート杭、鉄筋量の多い既製コンクリート杭、プレストレス量の多いプレストレストコンクリート杭および高強度プレストレストコンクリート杭などがあげられる。また、鋼管杭で幅厚比が極端に大きいものや、鋼管巻既製コンクリート杭で鋼管の厚みが小さいものなどもこの範囲に入れて考えるべきであろう。

以上の曲げ変形能力と解析法との組み合わせは、解析時に杭頭の条件は固



写真-3 フーチング部底面と地盤表面のすき間

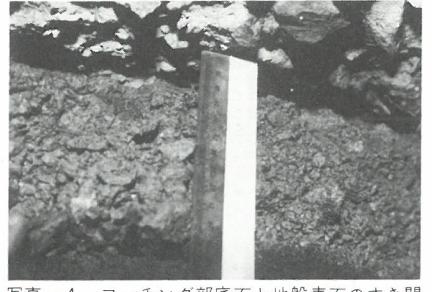


写真-4 フーチング部底面と地盤表面のすき間

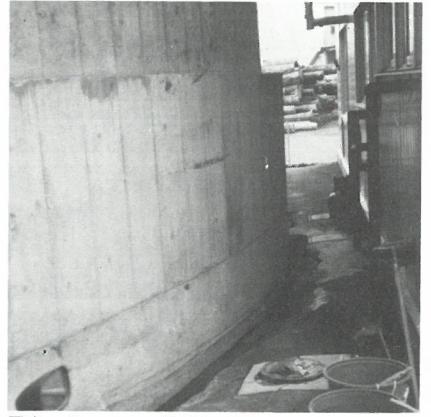


写真-5 サイロ外周付近の地盤沈下

サイロおよび出荷棟から構成されている(図-2)。

5,000ton サイロは直径約16m、7,000ton サイロは約19mで、地表からの高さはともに約22mである。

杭(钢管杭: $\phi 508\text{mm}$, $t = 9.5\text{mm}$, $\ell = 7\text{m} \sim 11\text{m}$)はサイロ中心に1本、その同心円上に5,000ton サイロで4重に53本、7,000ton サイロで5重に69本打設されている。杭の打込は1976年9月にディーゼルハンマ(ラム重量2.3t、3.5t)を用いて行なわれ、支持層への貫入量は2m程度である。

1本当りの長期設計支持力は140tonで、長期許容支持力は建築鋼グアイ基礎設計基準の公式によると8割以上が、200ton以上の支持力を示し、最低の値でも145tonあった。

地盤を掘削して調べた杭は、5,000ton サイロと7,000ton サイロの接続部付近の3本でいずれもサイロ最外周の杭である(図-2)。

観察した結果、フーチング部分の底面と地盤表面との間に3~4cm程度の

すき間が見られ(写真-3、4)、また、地下水位はフーチング部分の底面から約30cm下にあった。

サイロ外周付近の地盤は、宮城県沖地震により最大8cm近く沈下をし(写真-5)、また周辺の地盤では年間2~3cm位沈下しているようである。サイロ外壁の土の付着状態からみると、竣工時から現在までの4年間に最大14cm位沈下していると考えられる。

また、サイロ外壁の鉛直方向との傾きを測定した結果、傾斜度の平均値は約1/1,500であり、最大でも1/839である。

竣工時のデータがないので確定的なことはいえないが、施工誤差の範囲と考えて実用上問題ないと思われる。

4. 杭の実態調査

掘削した3本の杭(図-2)はいずれも観察した限りでは、若干さびている程度で、座屈などの被害は特別見当たなかった。このサイロは1976年に建設されており、過去4年間における鋼管杭の腐食程度を詳しく調べるために、フーチング部分の底面から約10~20cm下の杭頭付近を約60mm×110mm切り取った(写真-6)。

測定にあたり、まず、測定面のさび

をタガネ、ブラシで除去し、その後超音波厚さ計(精度: 1/10mm)を用いて杭の肉厚を測った。測定した位置および測定結果は図-4に示すとおりである。これを見ると、No.1の杭は、9.3mm、9.4mmの部分が多く、当初の肉厚9.5mmより多少腐食が進行しているが、他のNo.2、No.3の杭では当初の肉厚はまったく変化していないことがわかる。

また、切り取った鋼片も、50mm×100mmのテストピースに仕上げ、アルカリ液による除銹後、目視検査を行なった。目視によると、テストピース表面(钢管外面)に凹凸状の腐食の進行が見られるところがあったが、テストピース裏面(钢管内面)はスパイラル钢管製管時の成形ロールのロールマークが明瞭に残っており、ほとんど腐食は見られなかつた(写真-7)。さらに、テストピースに方眼形に45点(5×9)の測点をとり、1点につき3回ずつマイクロメータによる厚さ測定を行なった。この測定結果から平均肉厚減少量を求めると、0.052mmであった(ただし、原

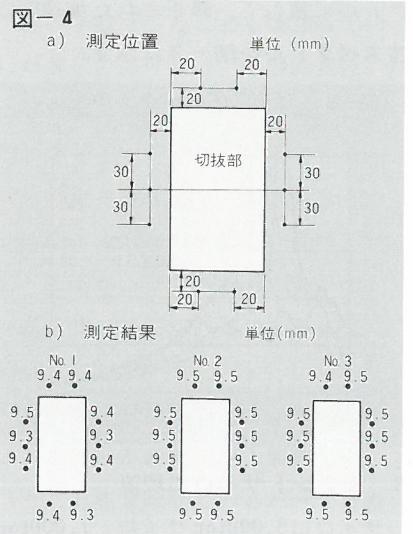


図-4 負の摩擦力が作用するときの軸力および相対変位

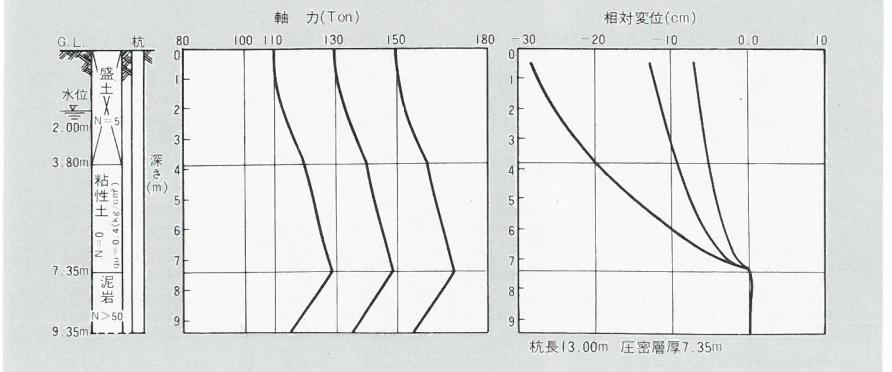


写真-6 杭と切りとり部分の状況

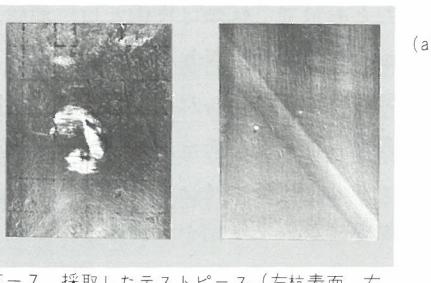


写真-7 採取したテストピース。(左杭表面、右杭内面)表面中央のキズは採取時のもの

杭長(m)	13.0
杭径(cm)	50.8
杭断面積(cm ²)	148.8
杭ヤング係数(kg/cm ²)	2.1×10^6
圧密層厚(m)	7.35
先端平均N値	50

層厚(m)	3.8	3.55	5.65
単位体積重量(t/m ³)	1.65	1.45	1.80
平均N値	5	0	50
土の区分	砂	粘性土	砂

層厚(m)	3.8	3.55	5.65
単位体積重量(t/m ³)	1.65	1.45	1.80
平均N値	5	0	50
土の区分	砂	粘性土	砂

層厚(m)	3.8	3.55	5.65
単位体積重量(t/m ³)	1.65	1.45	1.80
平均N値	5	0	50
土の区分	砂	粘性土	砂

層厚(m)	3.8	3.55	5.65
単位体積重量(t/m ³)	1.65	1.45	1.80
平均N値	5	0	50
土の区分	砂	粘性土	砂

層厚(m)	3.8	3.55	5.65
単位体積重量(t/m ³)	1.65	1.45	1.80
平均N値	5	0	50
土の区分	砂	粘性土	砂

層厚(m)	3.8	3.55	5.65
単位体積重量(t/m ³)	1.65	1.45	1.80
平均N値	5	0	50
土の区分	砂	粘性土	砂

層厚(m)	3.8	3.55	5.65
単位体積重量(t/m ³)	1.65	1.45	1.80
平均N値	5	0	50
土の区分	砂	粘性土	砂

層厚(m)	3.8	3.55	5.65
単位体積重量(t/m ³)	1.65	1.45	1.80
平均N値	5	0	50
土の区分	砂	粘性土	砂

層厚(m)	3.8	3.55	5.65
単位体積重量(t/m ³)	1.65	1.45	1.80
平均N値	5	0	50
土の区分	砂	粘性土	砂

層厚(m)	3.8	3.55	5.65
単位体積重量(t/m ³)	1.65	1.45	1.80
平均N値	5	0	50
土の区分	砂	粘性土	砂

層厚(m)	3.8	3.55	5.65
単位体積重量(t/m ³)	1.65	1.45	1.80
平均N値	5	0	50
土の区分	砂	粘性土	砂

層厚(m)	3.8	3.55	5.65
単位体積重量(t/m ³)	1.65	1.45	1.80
平均N値	5	0	50
土の区分	砂	粘性土	砂

層厚(m)	3.8	3.55	5.65
単位体積重量(t/m ³)	1.65	1.45	1.80
平均N値	5	0	50</td

表-3 杭一本あたりの水平力

	塩釜	修正値	設計値
水平震度	0.279	0.144	0.18
杭一本あたりの水平力(Ton)	33.3	17.2	21.5

(a) 計算値

h(cm)	0	10	30	50
杭一本あたりの極限水平抵抗力(Ton)	28.5	27.5	25.8	24.1

知られており、計算の煩雑さを考えると、2層問題を1層問題として計算できれば便利である。

ここでは、現場の地盤を1層地盤として扱って有意の誤差がないか検討したのち、水平抵抗力の計算を行なった。

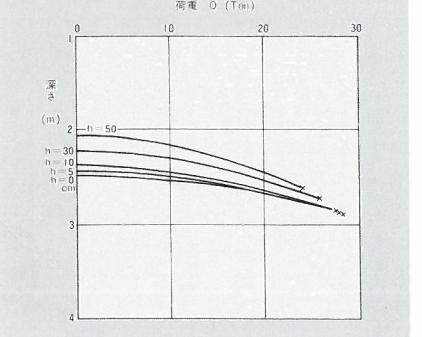
用いた手法は、まず2層地盤に対しエネルギー法に基づく方法による解析を、地盤反力係数比Rkおよび無次元化上層厚Rzをパラメトリックに変化させて行ない、上下層いずれかだけの一様地盤としての解析結果(いわゆるChangの式)と杭頭変位および地中最大曲げモーメントについて比較したものである。

埋立土層のN値を5、粘性土層の一軸圧縮強さを0.4kg/cm²、EI=9.70×10¹⁰kg·cm²として計算した結果を印で図-6に示す。図中の斜線部分が10%以上の誤差領域であり、埋立土層の一様地盤として計算しても10%以内の誤差しかることがわかり、以下埋立土層1層の地盤として計算をする。

計算は、一様地盤の場合を対象とした線型弾性地盤反力法とBromsの方法とを結びつけた方法を用いた。

計算に用いた諸定数は表-2に示し

図-9 荷重-最大曲げモーメント発生深さ



たとおりで、杭頭は自由とし、地盤表面上の杭の突出長hを0.5、10、30、50cmとして計算した。荷重-杭頭変位、荷重-最大曲げモーメントおよび荷重-沈下していくおおかしくないと思われる。

地盤の沈下による負の摩擦力は計算結果をみると、ほとんど杭には影響はないと思われ、また、フーチング底面のすき間が3~4cmでは極限水平抵抗力は0.5ton程度しか減少せず、すき間の影響はほとんどないという結論であった。

サイロを観察した結果ほとんど異常は認められず、宮城県沖地震による外力も、修正値から求めた水平力やサイロ根入部の水平抵抗などを考えると計算した極限水平抵抗力より小さかったと思われる。

以上、現地調査および計算を行ない、杭の腐食状況、負の摩擦力の影響および水平抵抗力について検討を行なったが、検討の結果いずれも杭に問題はなかった。

今回観察されたすき間3~4cmに対する杭の極限水平抵抗力は、図-7および表-3から約28tonである。この値は前述の観測値(図-3)から求めた水平力33tonよりも小さく、修正値から求めた水平力17tonおよび設計値21tonよりも大きい。

以上から、観測された地震力が外力として加わっている場合には杭は降伏している可能性があるが、杭に被害が観察されなかつことを考えると、修正値から求めた水平力に近い外力が加わった可能性が強い。実際には、約1.2mあるサイロ根入部の水平抵抗も発揮されていると思われ、杭に加わった外力は、計算した極限水平抵抗力の範囲内にあったと思われる。

7.まとめ

周辺地盤の経年的地盤沈下量の記録がなく、また基盤層に起伏が多く、埋立土層も含んでいる複雑な地盤のため、地盤の沈下量は現場の状況からの推定

の域を出でていないが、フーチング部分の底面と地盤表面との間のすき間3~50cmとして計算した。荷重-杭頭変位、荷重-最大曲げモーメントおよび荷重-沈下していくおおかしくないと思われる。

地盤の沈下による負の摩擦力は計算結果をみると、ほとんど杭には影響はないと思われ、また、フーチング底面のすき間が3~4cmでは極限水平抵抗力は0.5ton程度しか減少せず、すき間の影響はほとんどないという結論であった。

サイロを観察した結果ほとんどの異常は認められず、宮城県沖地震による外力も、修正値から求めた水平力やサイロ根入部の水平抵抗などを考えると計算した極限水平抵抗力より小さかったと思われる。

以上、現地調査および計算を行ない、杭の腐食状況、負の摩擦力の影響および水平抵抗力について検討を行なったが、検討の結果いずれも杭に問題はなかった。

本報告をまとめると、資料の整理および解析にご協力をいただいた東京工業大学受託研究員(東京都土木技術研究所)佐々木俊平氏に感謝いたします。

- 参考文献
- 岸田英明、大和真一、中井正一(1979)：“基礎の根入れを考慮したいの水平抵抗”建築技術、No.329、pp.1~17
 - 杉村義広(1980)：“杭基礎の震害と設計法”建設省建築研究所昭和55年度秋季講演会梗概集、pp.137~146
 - 港湾技術資料(1979)、No.325、pp.21~39
 - 志賀敏男、柴田明徳、洪谷純一(1980)：“仙台地域の地盤と地震動特性”、自然災害シンポジウム
 - 岸田英明、朝川和憲(1975)：“負の摩擦力を受けるクイの地盤に対する相対変位”、第10回土質工学研究発表会講演集、pp.517~520
 - 岸田英明、中井正一(1979)：“地盤の破壊を考慮した杭の水平抵抗”日本建築学会論文報告集、第281号、pp.41~55
 - Kishida, H. and Nakai, S. (1980) : "Approximate Analysis of Nonlinear Behavior of a Laterally Loaded Pile," Proceedings of the 6th Southeast Asian Conference on Soil Engineering, pp. 209~222



●東京湾横断道路大口径鋼管杭水平載荷試験すすむ

「東京湾横断道路矢板セルを使用する鋼管杭の水平載荷試験」に関する業務を日本道路公团より委託を受けた当協会では、すでに大口径、極厚、長尺の鋼管杭(Φ2,000×20t×ℓ(47.5m))を試験場所の川崎市東扇島沖に打設(写真・下)、実験にむけて諸作業をすすめ



ている。

この水平載荷試験は、東京湾横断道路橋梁基礎構造の一案として多柱式基礎が検討されているが、この多柱式基礎を構成する大径鋼管杭の水平抵抗を原位置で調査するとともに、矢板セルの挙動も測定し、多柱式基礎、人工島側面セル設計のための基礎資料を得るためのものである。

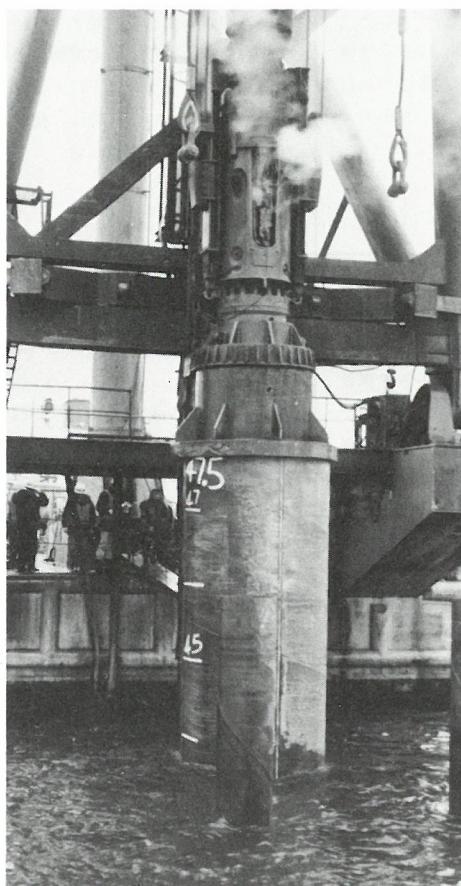
- 鋼管矢板の適用範囲の明確化
- 鋼管矢板の定義の明確化
- 継手の溶接強度の規格化および継手形状の標準化
- 鋼管本体の外径寸法のミリラウンド化
- 鋼管本体の寸法許容差の見直し等である。

●鋼管コンクリート杭の部材性状に関する実験すすむ

鋼管コンクリート部材は、水平力に

対する剛性が大きく、変形能力に富むことがこれまでの研究で明らかになっているが、繰り返して作用する外力のもとにおかれた場合の挙動に関してはいま明らかにされていない。また、純曲げ繰り返し実験や曲げせん断の繰り返し実験の研究もひじょうに少ない現状である。

そこで当協会では、鋼管コンクリート杭の部材性状を調査する目的で、充てんコンクリートの圧縮強度が100kg/cm²以下の低強度コンクリートを使用した鋼管の外径350mmの実大鋼管コンクリート杭で、正負交番繰り返し曲げおよびせん断実験をし、その耐力、変形特性を普通強度210kg/cm²のコンクリートを充てんした場合との比較検討を行なっている。



●10周年記念文献抄録集の作成作業すすむ

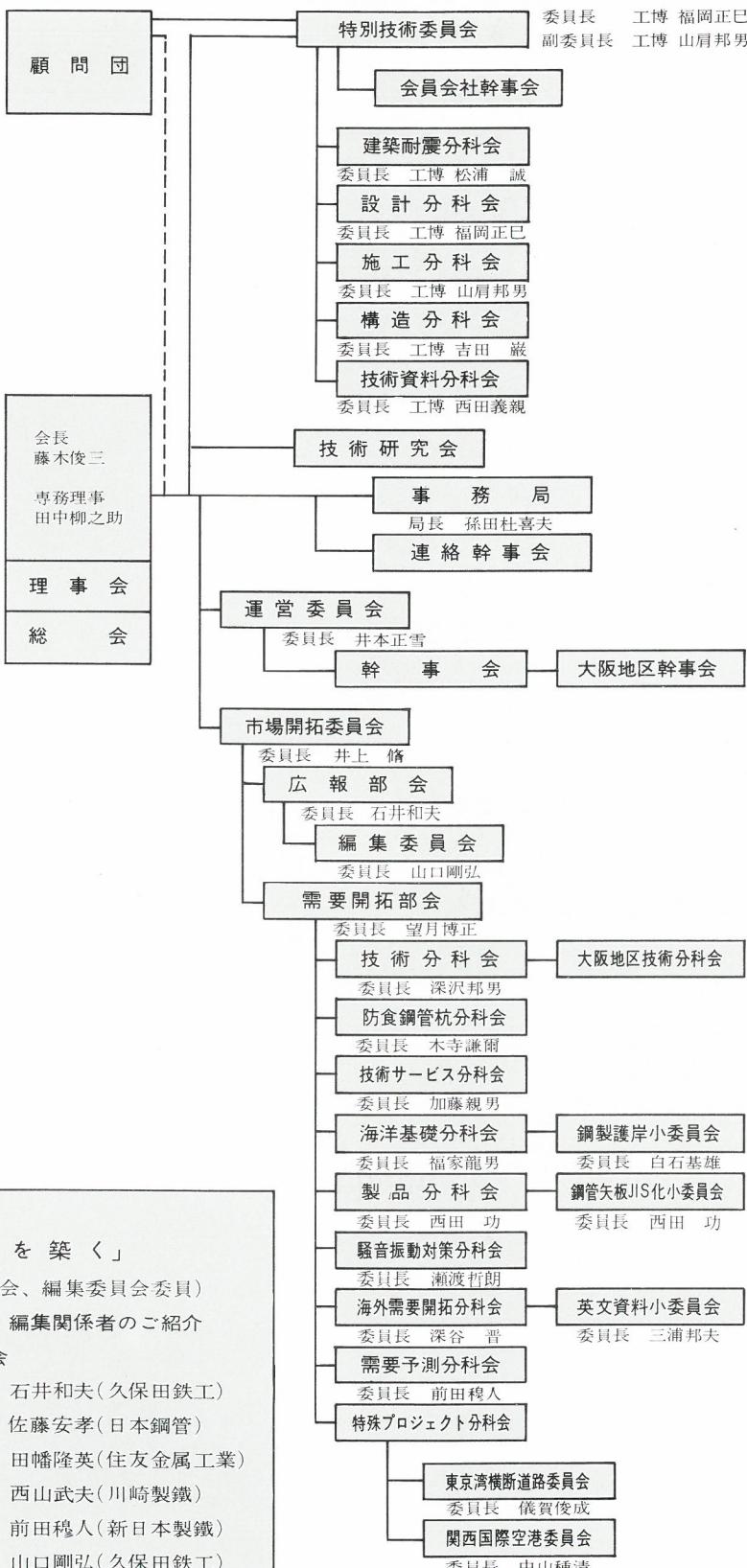
杭基礎に関するすべての分野を網羅する文献抄録を本誌16号(昭和50年12月発行)から逐次紹介してきた。

協会発足10周年を記念し、この文献抄録の集大成をめざして昭和45年1月から昭和54年2月まで過去10年にわたる文献抄録集(約1,000件)を発刊すべく、すでに作成委員会を設置しており、現在作業を急いでいる。

近々発刊の予定となっており、読者諸兄の便に供したい。

钢管杭協会組織図

(昭和55年12月31日現在)



「明日を築く」

(広報部会、編集委員会委員)

編集関係者のご紹介

広報部会

- 委員長 石井和夫(久保田鉄工)
- 委員 佐藤安孝(日本钢管)
- " 田幡隆英(住友金属工業)
- " 西山武夫(川崎製鐵)
- " 前田穆人(新日本製鐵)
- " 山口剛弘(久保田鉄工)

編集委員会

- 委員長 山口剛弘(久保田鉄工)
- 委員 白庭瑞夫(久保田鉄工)
- " 川上圭二(新日本製鐵)
- " 桑野啓始(新日本製鐵)
- " 戸田康雄(住友金属工業)
- " 中俣 強(日本钢管)
- " 菱田忠宏(川崎製鐵)
- " 和田耕治(日本钢管)

钢管杭協会会員一覧 (50音順)

- | | |
|-----------|------------|
| 株式会社吾嬬製鋼所 | 住金大径钢管株式会社 |
| 川崎製鐵株式会社 | 住友金属工業株式会社 |
| 川鉄钢管株式会社 | 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 |
| 株式会社酒井鉄工所 | 日本钢管株式会社 |
| 新日本製鐵株式会社 | |

明日を築く No.36

発行日 昭和56年1月31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) 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)



鋼管杭協会