

明日を築く42

REPORTAGE

みちのくに立ちならぶ

巨大タンク群—むつ

小川原石油備蓄基地

建設工事

鋼管杭セミナー

钢管杭の打撃応力と

適正ハンマの紹介 その2



みちのくに立ちならぶ巨大タンク群

—むつ小川原石油備蓄(株)基地建設工事—

むつ小川原石油備蓄株式会社

ゾウのオリ／基地の街三沢

機は大きく左へ旋回した。小川原湖の青い水面が窓いっぱいに広がって、湖に吸込まれるように降下していく。昭和57年6月、旅行者の混雑する羽田から、最新型のエアバスで快適な空の旅を1時間、本州北の果ては意外に近かった。

機が高度を下げるにつれ、眼下の景色が鮮やかさを加える。まず眼を引いたのは、広い湖のほとりにある巨大な円形の鉄柵である。俗に“ゾウのオリ”と呼ばれる米軍の通信施設だという。ここ三沢は、旧日本軍の海軍航空隊があつた昔から、空の守りをあずかる基地の街である。空港は現在、米軍と自衛隊、それに民間航空会社の3者共用ではあるが、民間機は1日5便しかなく、3,300mの大滑走路を有する割には利用度が少ない。エーターミナルもその滑走路の東端、鉄条網の外側にこじんまりと建っていた。

空港に降り立つと突然耳をつんざくジェットの爆音がした。見上げると迷彩色の戦闘機が2機、エアバスの到着を待ちかねていたように急上昇していくのが見えた。米兵が2人、われわれにも爆音にも無関心な表情で眼の前を通り過ぎる。空港はまさに基地の街三沢の象徴である。写真撮影が禁止されているので、その様子を紹介できないことが残念だ。

わが国の石油備蓄は、過去、石油精製会社による“民間備蓄”に頼ってきた。しかし、石油の安定供給を確保することは極めて重要な国家的課題であり、そのための備蓄増強が必要であることは論をまたない。

このため、昭和53年の石油公団法の改正をきっかけとして、“国家備蓄”すなわち国による備蓄基地建設設計画の促進、また基地完成までの措置としてタンカーによる原油備蓄などが行われるようになった。

表紙のことば

みちのくの原野に突如出現した50基を超す巨大タンク群。

わが国の石油備蓄政策の一環として建設のすすむ「むつ小川原石油備蓄基地」。眼前に太平洋を望む青森県・六ヶ所村に、いま、一大基地が建設されようとしている。

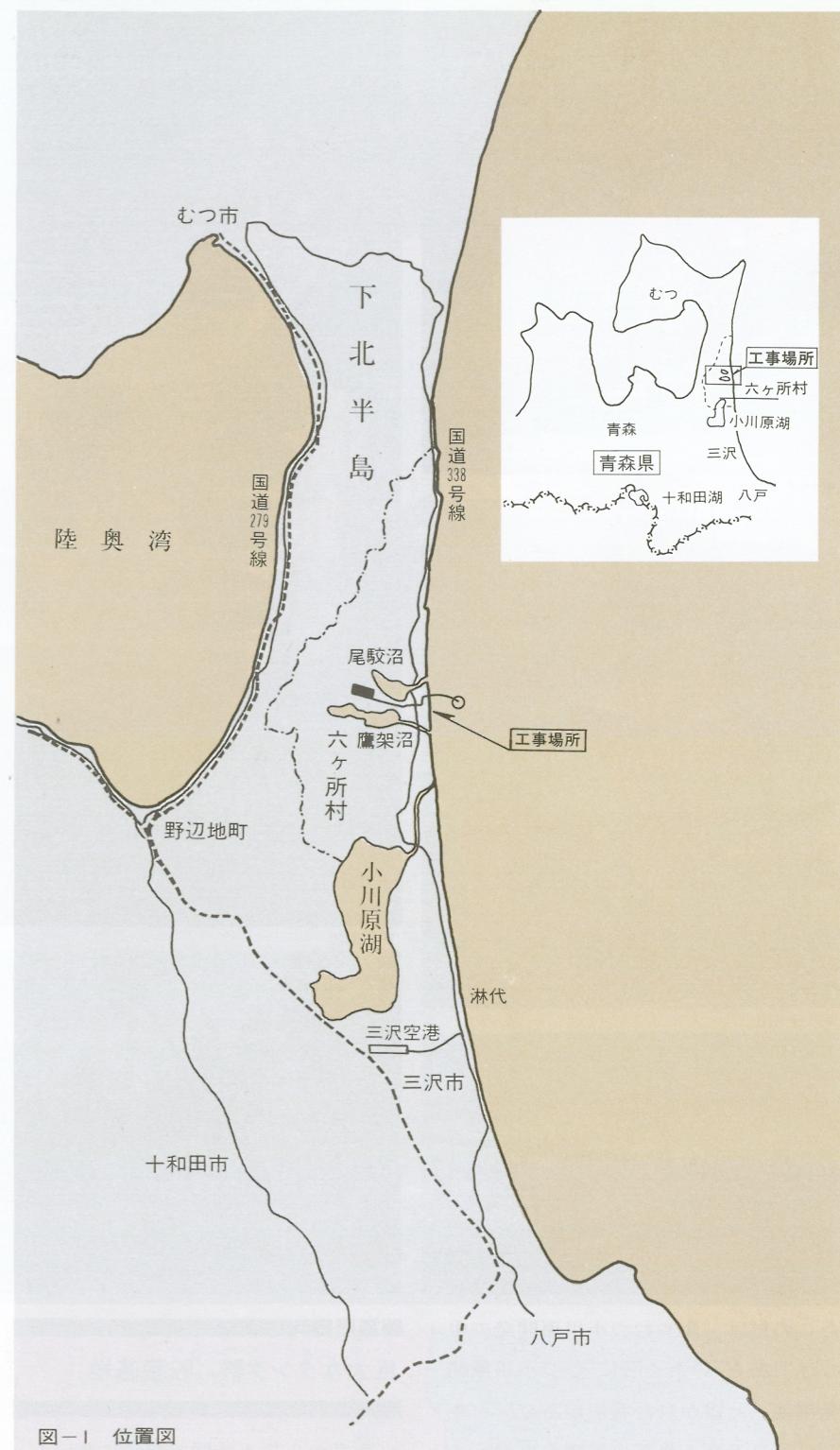
海上で受け入れた原油を陸上にまで運ぶ海底配管敷設の前段階として、仮設棧橋の建設を急いでいるが、この棧橋に打寄せる太平洋の荒波は、ことのほか厳しい。波に洗われる鋼管杭がその厳しさを如実に物語っている。

編集MEMO

樹々の緑も少しずつ色づきはじめ、いちばんしのぎやすい季節となりました。

今号では、前号から引き続いて掲載する鋼管杭セミナー「鋼管杭の打撃応力と適正ハンマ」の第2回目、そして鋼管杭レポートでは今年3月に起こった浦河沖地震による鋼管杭の状況をつぶさに報告した「浦河沖地震による鋼管杭基礎構造物の状況調査」を掲載しています。

秋の夜長じっくりとお読みください。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。



図一 位置図

むつ小川原開発の中心／六ヶ所村

昭和の初め、太平洋横断無着陸飛行の舞台となった淋代海岸の松林をぬけて、車は国道338号を北へと走っている。遠くに八甲田の連山を眺めていると、突然小川原湖の水面が顔を出した。湖畔にはバンガローもありボートも繋

がれている。運転手さんの話では湖水浴場もあるらしい。冬には天然記念物のオオハクチョウも多数飛来し、凍った湖面ではたくさんの人がワカサギの穴釣りを楽しむのだという。

小川原湖を過ぎると六ヶ所村である。東西10キロ、南北30キロ、人口12,000、南北に連なる海岸線となだらかな丘陵に恵まれ、酪農と漁業を産業としている。

わが国の石油備蓄は、過去、石油精製会社による“民間備蓄”に頼ってきた。しかし、石油の安定供給を確保することは極めて重要な国家的課題であり、そのための備蓄増強が必要であることは論をまたない。

このため、昭和53年の石油公団法の改

もくじ

●ルポルタージュ⑫……………1

みちのくに立ちならぶ巨大タンク群

むつ小川原石油備蓄(株)基地建設工事

●钢管杭セミナー……………6

钢管杭の打撃応力と適正ハンマ その2
瀬渡哲郎

●钢管杭レポート……………12

浦河沖地震による钢管杭構造物の状況
調査 川上圭二

●文献抄録……………17

組織団・会員紹介

▼仮設桟橋工事



▼パイプロハンマー



▼八甲田山



たこの村は、今やむつ小川原開発の中心地である。いたる所に「むつ小川原開発用地」と書かれた看板があり、ときおり通り過ぎる集落の民家も真新しく建てかえられたものが多い。開発計画のため移転することになった人たちのニュータウンも建設されている。

むつ小川原開発計画は、オイルショック以後その進行が遅れてはいるものの、村のほぼ中央にある尾駒、鷹架の二つの湖沼を掘込んで港湾を作り、5,000haにのぼる用地を確保して基幹産業を誘致しようという壮大なものである。



▼仮設桟橋



▼工事用台車



▼完成近い仮設桟橋



▲田園風景



巨大なタンク群／貯蔵基地

空港から約1時間で現地に着いた。まず貯蔵基地から見せていただくことにする。貯蔵基地は国道から内陸部へ約8km、海拔60mの丘陵地にあった。切り広げられた250haの敷地の中、林立する大小のクレーンの間から巨大なタンク群がムクムクと頭を出している。

タンクの大きさは直径81m、高さ24mで、1基に11万kℓの原油が入れられる。基地全体は3つの工区に分けられ、こ

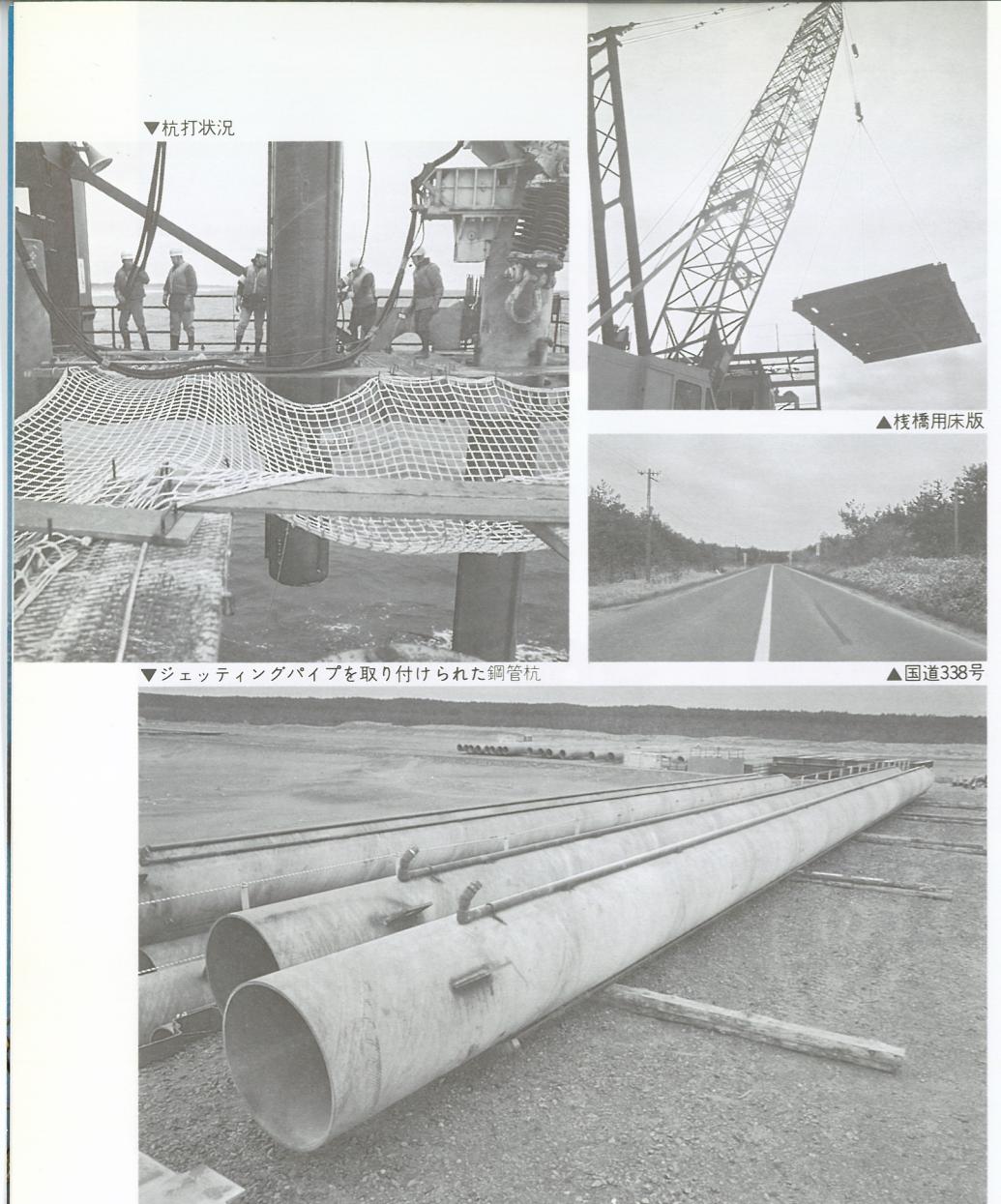
のようなタンクが51基建ち、総量で570万kℓの原油が蓄えられることになる。

570万kℓと言わってもすぐにはピンとこないが、現在わが国の石油消費量からみて約7日間に相当することである。もしこれがすべてビールだったら……とつい酒飲みのくせで調べてみたら、なんと日本国民が1年間で消費するビール、日本酒、ウイスキーの総量に匹敵する。

これらの設備が完成し、タンカーから原油の送り込みを始めるのは来年の秋になる。現在ここで建設工事に携わ



図-2 備蓄基地全体配置計画図



っている人は約4,500人、うち約2,000人が現場宿舎での生活を送っている。

東京のビル街のような、タンクの谷間に走りながら、ふと杭打ちの音がしないのに気がついた。地盤がよいので基礎工事に杭は使われていない。もしすべてのタンクの基礎に鋼管杭が使われていたら、ゆうに数万トンにはなるだろうと、無理な想像をしながら建設工事でごった返す基地をあとにした。

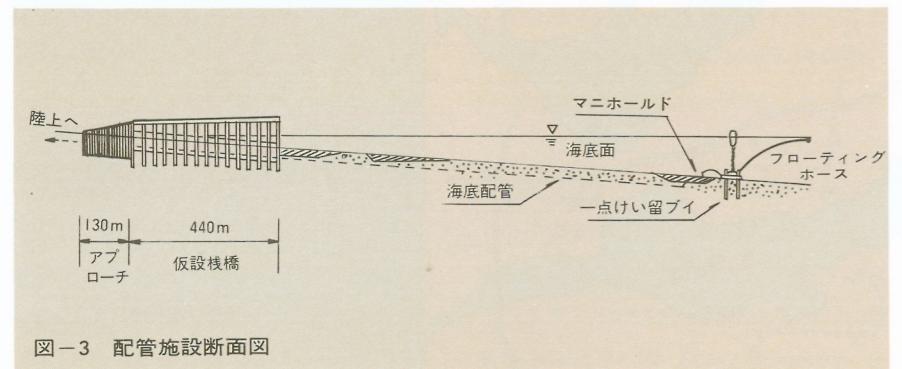


図-3 配管施設断面図

施設である。

多数の工事用車両と行き交いながら中継ポンプ場を過ぎると、眼の前に太平洋の白波がパノラマのように広がった。水平線が180度の視野いっぱいに延びている。実に雄大な眺めだ。このあたり、将来はむつ小川原港の中心となるところだが今は何もない。

車を止め外に出ると、6月というのに海からの冷たい風が肌を刺した。初夏に吹くこの冷たい風は、“ヤマセ”と呼ばれて嫌われる。田の稻をはじめ、農作物に冷害をもたらす季節風だからである。

太平洋に面した海岸でありながら、冬の寒さはことのほか厳しく、吹雪の日など舞い上る雪のため何も見えなくなるそうだ。そう言えば、NHK大河ドラマ「獅子の時代」の舞台となった斗南藩もこのあたりである。風と波の音に混じるように、菅原文太のよごれた顔が思い出されてきた。

海の長廊／仮設桟橋

原油の受入施設となる一点けい留ブイバースは、海岸から3km沖合の水深45m地点に建設される。

中継ポンプ場とこのブイバースを結ぶ原油移送配管は、直径1.3m、延長4,200mであり、全線埋設となる。大型敷設船による海底部3,200mの敷設工事はまだ行われておらず、現在はそのために必要な仮設桟橋の築造が進められている。

桟橋は、水深が浅く敷設船が近寄れない碎波帯域に、配管を敷設する溝を掘削するために必要なもので、桟橋完成後はその上から、鋼矢板打設と鋼矢板内の掘削が行われる。

救命着をつけて桟橋上へと案内された。桟橋は幅10m、延長440m、わずかに上り勾配でまっすぐ太平洋へ向って突き出している。まさに海上の長廊である。



ミサイル発射台／杭打工事

桟橋上では、3台のクローラクレーンと、資機材を満載した大型の台車が2台動いていた。先端のクレーンと台車は桟橋本体の工事用であり、後方のクレーンと台車は鋼矢板打設用である。

4本の钢管杭を頭上に乗せた台車の姿は、まるでミサイルを搭載した戦車のように見える。钢管杭は径900mm、長さは25mである。打込みには150kWのバイプロハンマが使用され、地盤が硬質なために高圧のウォータージェットも併用されている。

工事は繰り延べ方式が採用されている。杭打ち、杭頭切断、床版架設、杭頭と床版の溶接といった作業を、1スパンずつくり返しながら前進していく方法である。桟橋はすでに完成近く、ほぼその全容を見せていたが、着工は昨年の10月とのことであるから、すでに9か月を費やしたことになる。作業の状況を見ながら、実に根気のいる仕事だと感心せざるを得なかった。

波高10メートル／厳しい気象環境

桟橋の先端に立ち海を眺めていると、まるで桟橋全体が海に向って突き進んでいるような錯覚にとらわれる。次々と押寄せる波がつい感覚を狂わせる。海が荒れた時はいったいどんな状況になるのだろう。積雪のため、陸上の全工事が休止した1~3月にも、桟橋工事は続けられたという。冬期の作業はことのほか厳しかったに違いない。

本州北の果て、太平洋に直接面した下北の東海岸は、海象条件も湾内とは比べものにならない。天気がよくてもうねりが大きいこともあり、一度波が高くなると5日から1週間も続くことが多い。今年4月に記録した最大波高は10mを越えたという。また波のため碎波帯部の砂の移動もはげしく、2~



ヒバは“あすなろ”とも呼ばれる。ヒノキによく似た針葉樹であるがヒノキほどもてはやされない。明日はヒノキになろうという意からそう呼ばれるようになったという。しかし、青森ヒバは、木曽ヒノキ、秋田スギと並んで日本三大美林に数えられるもので県内には美しいヒバ林が多い。

昭和52年、青森県で開かれた国体は“あすなろ国体”と呼ばれた。国体開催を機に、後進県から脱却しようという県民の願いがこめられていたからである。

今、備蓄基地建設に湧くむつ小川原に別れを告げながら、開発され尽くされた感のある都会にはない、希望と熱気にあふれている青森県の姿が改めて印象づけられた気がした。

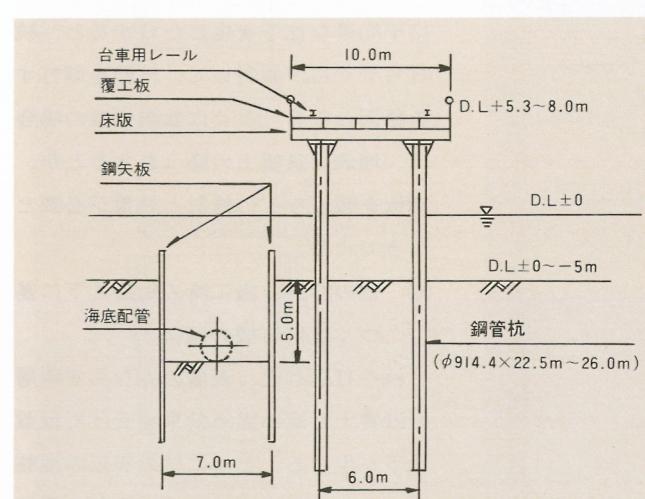


図-4 仮設桟橋および土留鋼矢板概要

使用鋼材
钢管杭: 2100トン
鋼矢板: 3900トン
H形鋼: 900トン
覆工板: 800トン
合計 7700トン

る。このため、リーダの垂直性が軽視されることが多い。

(b) 打込み時に表層傾斜を生じた場合
目立って杭が傾斜した場合は、引抜いて再建込みを行わねばならない。

(c) 打込み開始から数m貫入するまでの杭の垂直性の計測

とくに打込み初期において杭が傾斜している場合、そのまま打込むと杭の傾斜は次第に増加し、座屈や曲げ破壊を生ずるおそれがある。最初の数mの間の杭の垂直性の管理がとくに大切なことがある。

4・6 打撃応力の実測例

(a) 地盤の状況

杭打ちを行なった場所は、河川の中

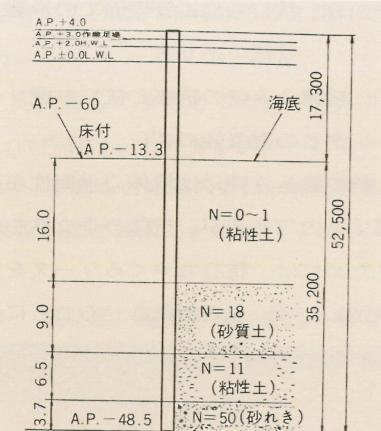


図37 実測例3 地盤の状況

であり、地盤の構成は図37に示すように、河床から16m下まではN値が0~1の粘性土層、その下にN値18の砂層とN値11の粘性土層が続き、31.5mからN値50の砂礫層である。

(b) 杭の仕様

上杭 $\phi 1500 \times 22t \times l(26.5m)$

下杭 $\phi 1500 \times 19t \times l(26m)$

工場溶接し、全長52.5m、1本物。杭頭補強バンドあり、先端開放、フリクションカッタなし。

(c) ハンマ：ディーゼルハンマMB-70

(d) 打撃応力測定結果

図39、図40は、河床から18.7m、35.2mの時の杭体の打撃応力分布を示したものである。

打設深さ18.7mの時の打撃応力は、N値18の中間砂層の打抜きのときのものであり、35.2mは最終打止めの時ものである。

図41は、打設深さと杭頭打撃力との関係を示したものである。B側の打撃応力は19.7mのときから0となっているが、これは打込み中にひずみ計が破損したものである。

(e) 結果の考察

杭の打設深さが大きくなるにしたがい、杭頭打撃応力は減少する傾向が認められるが、中間砂層の打抜きのときは、打止め時よりも100kg/cm²程度大きくなっている。A側とD側の杭頭打撃応力の差は、打込み初期から最終打込み時まで最大60kg/cm²の差しか生じていないが、地盤が硬いと差が大きく、軟いと差が小さい傾向がみられる。

められるが、中間砂層の打抜きのときは、打止め時よりも100kg/cm²程度大きくなっている。A側とD側の杭頭打撃応力の差は、打込み初期から最終打込み時まで最大60kg/cm²の差しか生じていないが、地盤が硬いと差が大きく、軟いと差が小さい傾向がみられる。

4・7 杭の打込み時に生じうる偏心量

杭頭における打撃応力の実測値からハンマと鋼管杭の偏心量が次式によつて算定される。

$$\sigma_m = \frac{M}{I} r = \frac{Ne}{I} r = \frac{A_s \cdot \sigma_n \cdot e_r}{I} \quad \dots \dots \dots (58)$$

$$\therefore e = \frac{\sigma_m \cdot I}{\sigma_n \cdot A_s \cdot r} = \frac{\sigma_m \cdot Z}{\sigma_n \cdot A_s} \quad \dots \dots \dots (59)$$

記号 M : 曲げモーメント

N : 中心軸力

e : ハンマと鋼管杭の偏心量

$\sigma_n = (\sigma_1 - \sigma_2) / 2$: 平均応力度

$\sigma_m = |\sigma_1 + \sigma_2| / 2$: 曲げ応力度

I : 杭の断面二次モーメント

Z : 杭の断面係数

r : 杭の半径

A_s : 杭の断面積

σ_1, σ_2 : 杭頭に近い位置の外周

面左右対称位置における応力実測値

打撃応力実測値から、偏心量を算定

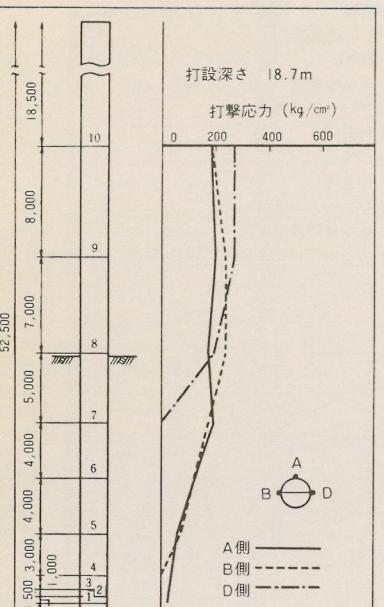


図39 実測例3 杭体の打撃応力分布(1)

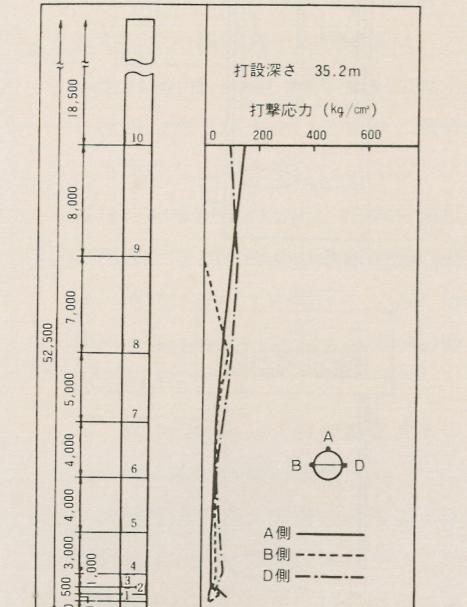


図40 実測例3 杭体の打撃応力分布(2)

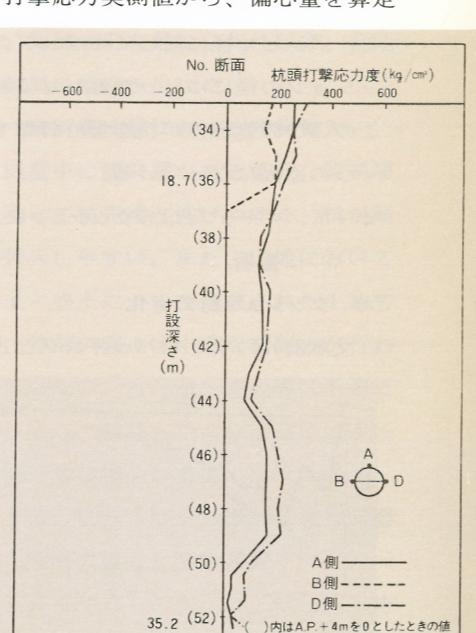


図41 実測例3 杭の打設深さと杭頭打撃応力

すると、過大ぎみに現われており、その差がハンマの軸心と杭の軸心が相対的に傾斜した場合の端当たりや、キャップ、クッションの不備による偏心量の増分であろうと考える。

4・8 偏心を考慮した座屈応力の検討法

A, Z : 鋼管杭の断面積および

断面係数

e : 偏心量

(iv) (48)式の σ_2 が (60)式の σ_c に達したときに、偏心打撃時の座屈が生じる。

以上の方によって、実際の座屈をおこした鋼管杭の σ_2 計算値を求め、 $\sigma_2 = \sigma_c$ とおいて

$$e = \left(\frac{\sigma_{max}}{\sigma_c} - 1 \right) \frac{Z}{A}$$

によって偏心量 e を求めた。その結果は表8のとおりであった。

表8から以下のことがわかる。 σ_{max}/σ_c は1.10から1.41の間に分布し、平均値は1.25を示した。平均応力度の計算値

は1.25を示した。平均応力度の計算値に対して、偏心打撃による縁応力度は最大41%の増加、平均で25%の増加であることを意味している。

偏心量 e の分布は1.17cmから7.94cm、平均3.8cmであった。 e/r の値は0.046

から0.197、平均0.120で、 e/r は杭径に無関係の傾向が現われており、偏心打撃問題を考えるには e よりも e/r の方が都合がよい。

以上から、上に述べた検討法による

場合、偏心打撃による影響は、縁応力度としては最大の場合 σ_c の1.4倍まで、偏心量として最大杭半径の20%まで考慮しておく必要があることがわかる。

5・第V章 適正ハンマの選定方法の概要

5・2 適正なハンマの選定に関する既往の方法

(b) 各種の規準による方法

建設省をはじめとする官公庁や学会協会などの各機関では、過去の施工実績などを参考にして杭寸法に対して適正と考えられるハンマの選定法について、それぞれの規準や指針を定めている。その概要を表9に一覧表として示した。規準などによってかなりの開きがあることがわかる。

(d) 藤田の方法

図50は、重錘を異なる高さから落下させた場合、鋼杭頭部に発生した圧縮力(打撃力)を記録したものである。

図51は、ディーゼルハンマによる打込み時に実施した杭頭部の動ひずみ測定結果から、打撃力を計算して整理したものである。

図50に示す考え方、すなわち打撃力はハンマの落下高の1/2乗に比例するものとし、図51のデータをハンマ落下高 h = 2 m に換算してとりまとめたものが図52である。このようにすると、図51よりもデータのバラツキが小さくなり、ハンマの容量によって杭に発生する打撃力が、表11に示す範囲にあることがわかる。

図53は藤田の方法を示すものであつて、図52を出発点として杭の打撃応力の関係を推定している。これによってディーゼルハンマの選定を行なうことができる。ただしこれは、それまでの少ない実測データをとりまとめて大胆に作ったものであるから、データを追加することによって修正されるべきものである。

5・4 ハンマの選定方法の新提案

表9 示方書などに明記されている杭径-使用ハンマの関係

杭径(mm)	φ250	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,100	1,200
道 路 橋 示 方 書	45 35 20 0	1.2-1.3	2.2-2.5	3.2-3.5	4.0-4.5	5.0-5.5	6.0-7.0				
道 路 公 団	(22)	32	40	40	40	(32)	40	(40)	(40)	(40)	
日本建設機械要覧	23-25 13-16	23-25 13-15	23-25 13-15	23-25 13-15	23-25 13-15	23-25 13-15	23-25 13-15	23-25 13-15	23-25 13-15	23-25 13-15	23-25 13-15
鋼 管 杭 協 会	32 22	32 22	32 22	32 22	32 22	32 22	32 22	32 22	32 22	32 22	32 22
建 設 省 住 宅 局	1.25	2.2	3.2	4.2							
東 京 都 住 宅 局	1.2 → 2.2 → 3.2 → 4.0 →										
(参考) 39) 板厚 mm	16 14 12 9	(40) (32) 32 12	40 40 32 22	60 60 40 32	70 70 60 50						

今回提案するディーゼルハンマの選定方法の考え方は前述の藤田の方法と同一で、同一容量のハンマによって杭に生じる打撃力は、ある範囲にあるといふ認識を出発点としている。今回は藤

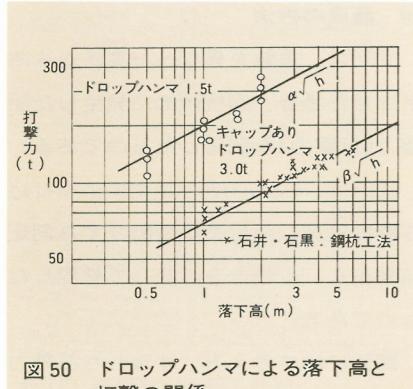


図50 ドロップハンマによる落下高と打撃の関係

田の方法をさらにきめ細かくして、つぎのような条件の組合せにしたがってハンマを選定することにした。

A. 打撃力

A-1 大きいケース

A-2 小さいケース

B. 許容応力度

B-1 $2,400 \text{ kg/cm}^2$

B-2 $2,000 \text{ kg/cm}^2$

B-3 $1,600 \text{ kg/cm}^2$

C. ラム落下高

C-1 2.8m

C-2 2.4m

C-3 2.0m

C-4 1.6m

以下これらの分類について説明し、ハンマの選定図を提示する。

(a) 打撃力について

鋼材の降伏応力度は、一般に $2,400 \text{ kg/cm}^2$ であるが、製管された鋼管杭か

ら切出した試験片の降伏応力度は、およそ $2,800 \text{ kg/cm}^2$ から $3,000 \text{ kg/cm}^2$ になることが多い。

したがって、偏打が小さい場合の対象として $2,400 \text{ kg/cm}^2$ を許容応力度とすれば 1.2 度程の安全率が期待できるので、施工優秀な場合に適用できる。

標準的な施工管理が行なわれる場合として、 $2,000 \text{ kg/cm}^2$ を許容応力度にすれば、偏打による応力度の増加が 40% から 60% まで許されるので、ほとんどの場合をカバーすることができる。

施工管理が行き届かないで、明らかな偏打が認められる場合には、許容応力度を $1,600 \text{ kg/cm}^2$ とする必要がある。

(c) ラムの落下高さについて

ラムの落下高さが 2.8m になる場合は、杭の打込みが困難になったときに現われる。このようなことは一般に好ましいことではない。またラムの落下高さが 1.8m で打止めになることも望ましいことではなく、2.4m から 2.0m、なるべく 2.0m になるように燃料の量を調整してやるとよい。

(d) ハンマの選定図表について

選定図表を図 58 にかけた。この図表は、ハンマの容量を杭の断面積、許容応力度、打撃力の程度、ラムの落下高さの組合せで選定できるようになっている。

一般には施工管理を入念に行えるという条件のもとで、つぎのいずれかによつてハンマの容量を選定するのがよいであろう。

(i) 打撃力が大きいケース

$$\begin{cases} \sigma = 2,400 \text{ kg/cm}^2 \\ h = 2.4 \text{ m} \end{cases}$$

(ii) 打撃力が小さいケース

$$\begin{cases} \sigma = 2,000 \text{ kg/cm}^2 \\ h = 2.0 \text{ m} \end{cases}$$

では第 II 章、第 IV 章は主として理論面に重点を置いた考察であり、第 V 章、第 VI 章は主として從來の経験に重点をおいた考察によるものである。現在のところ、この両者がどの程度うまく対応するかについては検討が不十分の段階である。今後、数多くの実例に則して両面から検討を重ねてゆく以外ないと考える。

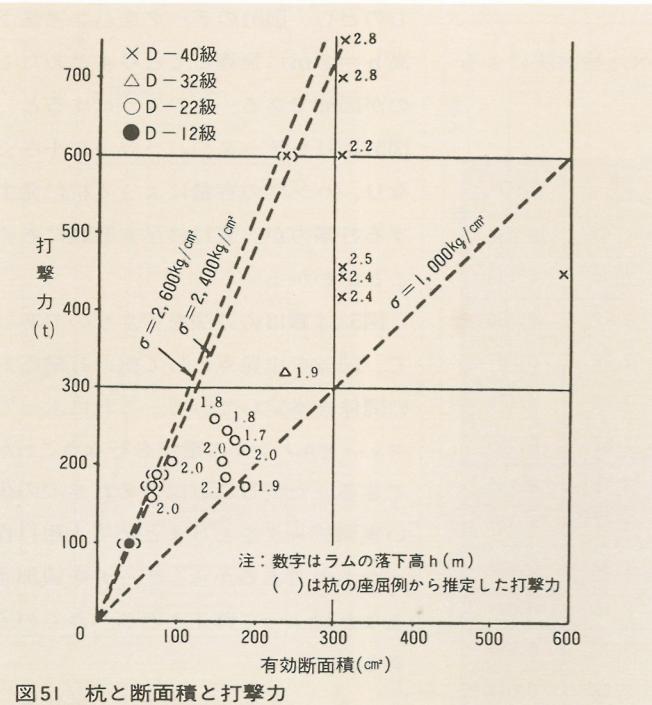


図51 杭と断面積と打撃力

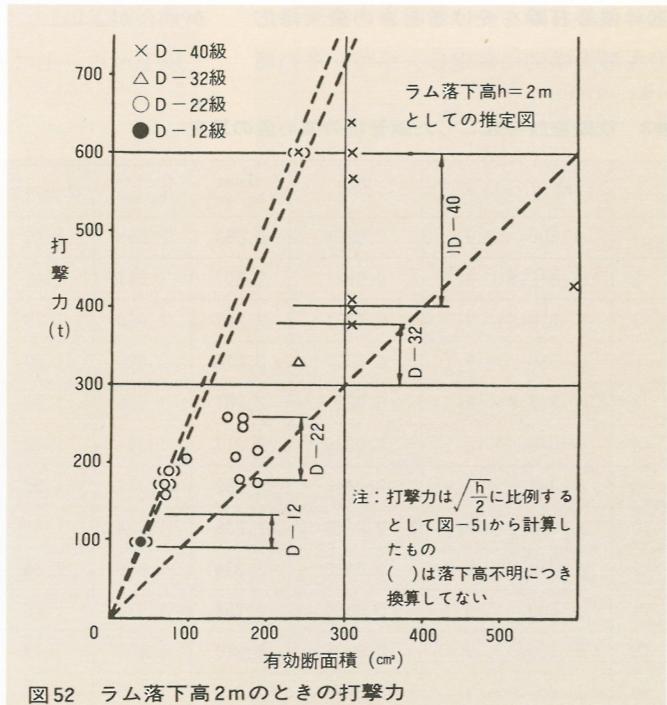


図52 ラム落下高2mのときの打撃力

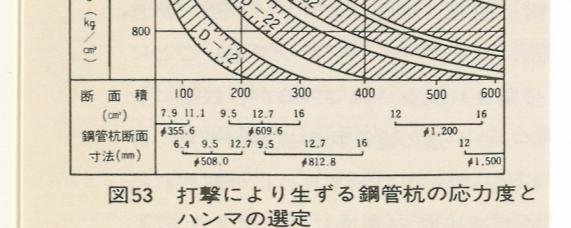


図53 打撃により生ずる钢管杭の応力度とハンマの選定

参考文献

- 31) L.Hellman, B.Larsson : Pile Driving Equipment Research Work Concerning a More Effective Cap, European Conference Soil Mechanic and Foundation Engineering, 1976
- 33) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説、IV 下部構造編、昭和55.5
- 34) 日本道路公団：基礎構造に関する調査・試験および設計の手法
- 35) 日本建設機械化協会：日本建設機械要覧
- 36) 鋼管杭協会：鋼管杭－その設計と施工一、昭和56.10
- 37) 建設省住宅局：建設省住宅局建築指導課長通達
- 38) 東京都住宅局：都営住宅特記仕様書

「浦河沖地震による 鋼管杭基礎構造物の状況調査」

鋼管杭協会 技術委員 川上圭二

钢管杭レポート

1 まえがき

1982年3月21日午前11時32分に発生した「昭和57年浦河沖地震」は、浦河町、三石町、静内町を中心とした北海道日高地方に被害をもたらした。

今回発生した地震により、建築物をはじめ各種の構造物が被害を受けていたので、とくに、钢管杭を使用した構造物が、その機能を十分發揮していたかどうかを確認するため、钢管杭協会では技術サービス分科会が中心となり、調査班を編成して杭基礎構造物の調査を行った。調査にあたり、当協会の主な調査対象構造物が浦河高校であったことから、日本建築学会の「学校建築第九小委員会（主査：青山博之東大教授、幹事：岸田英明東工大教授、小谷俊介東大助教授、ほか専門委員9名で構成）」の協力を得て、昭和57年6月18日、19日の2日間、合同で調査を行った。「学校建築第九小委員会」は、浦河高校（钢管杭基礎）のほかに、とくに被害の大きかった浦河小学校（既製鉄筋コンクリート杭基礎）を中心とする調査をし、これらの構造物の安全性について、耐震診断や地震応答解析等により検討を行い、さらに学校建築の基礎構造について合理的な耐震設計法を確立することを目的として、日本建築学会の「学校建築に関する委員会」の中に設置された小委員会である。浦河小学校の杭基礎の被害に関しては、岸田（1982）¹⁾の報告を参照されたい。

本報告は、フーチング等の一部に被害がみられた浦河高校について、関係各方面のご理解とご協力を得て、杭基礎部の掘削・露出調査を行うことができ、被害発生の原因について調査した

ので報告する次第である。

2 地震の概要

気象庁発表による地震の諸元は次のようである。

地震名：昭和57年（1982年）浦河沖

地震

震央：北緯42°6'、東経142°36'

震源深さ：約10km

マグニチュード：7.3

震源は浦河町の西方、約20kmの地点である。浦河町および静内町の住民は、昭和43年十勝沖地震（浦河町では震度5）よりも揺れがはげしかったが、揺れている時間は短かったと言う。（今回、浦河町では震度6と判定されている。）

浦河測候所の調査によると、昭和43年から56年までの浦河町の有感地震は



図-1 昭和57年（1982年）浦河沖地震による各地の震度分布
(3月22日朝日新聞)

年平均53回、震度3（弱震）以上の地震が年平均7回にもなり、「地震の巣」とよばれている。とくに、過去14年間に震度5（強震）以上の地震が、今回のも含めて8回も起つたことは注目に値する。

3 被害の概要²⁾

浦河町では震度6の裂震と判定されたにもかかわらず、地震発生時刻が日曜日の午前11時32分であったため、幸いにも死者は皆無であった。

北海道防災課のまとめた被害状況（3月26日現在）は以下の通りである。

人的被害；重傷18人、軽傷150人

住戸被害；全壊12棟、半壊19棟、一部破損209棟

非住宅被害；全壊10棟、半壊8棟

土木被害；河川49ヶ所、道路26ヶ所、橋梁4ヶ所

文教被害；小学校74校、中学校26校、高等学校7校

被害額の総額は53億2千万円程度であった。

人的被害は比較的軽かったが、浦河町日本赤十字病院における治療者の内訳は、女性が62%を占め、負傷の原因では、落下物によるものが1番多く、その他には家具の転倒によるもの、やかんなどの熱湯やストーブの転倒による火傷、ガラスの破片による負傷などが大半を占めている。

大地震の割りには人的被害が比較的少なかったのは、浦河町住民が昭和27年十勝沖地震の災害以来、自衛対策として自発的に地震対策が検討され、井戸端会議や床屋の雑談による方式で「生活の知恵」が伝播されていたことによると推察される。

浦河町における建築構造物の被害は、構造種別（鉄筋コンクリート造、鉄骨造、コンクリートブロック造）ごとに分類され調査されているが、鉄筋コンクリート造の建築物の被害例を見てみると、表-1に示すように分類される。被害等級判定基準には、東北大学工

表-1 浦河町 鉄筋コンクリート造建物の被害等級²⁾

地 区	大 破	中 破	小 破	軽 微	無 被 害
西 峴 別			・東部小	・浦河二中	
東 町	・日赤看護婦宿舎	・日赤病院第一本館 ・日赤病院第二本館 ・浦河高校	・浦河保健所 ・浦河航路宿舎 ・日赤病院第三本館		
常 盤 町	・浦河小			・乘賀寺納骨堂 ・乘賀寺庫裡 ・浦河裁判所	
浦 河 町			・高杉デパート ・浦河産業会館 ・日高軽種馬農協 ・浦河電報電話局 ・浦河町福祉センター	・浦河消防宿舎 ・浦河ファミリー ・スポーツセンター ・浦河消防組合 ・浦河測候所 ・浦河警察署 ・拓殖銀行 ・法務合同庁舎	・浦河消防宿舎 ・浦河青少年ホーム ・浦河漁業 ・浦河海上保安署 ・北海道電力 ・浦河郵便局 ・高杉ビル ・日高支庁舎 ・北海道相互銀行
荻 伏 町					荻伏小学校
計 (35棟)	0	2	9	12	12
比 率	0	0.06	0.26	0.34	0.34

表-2 鉄筋コンクリート造建物の被害等級判定表²⁾

ランク	被 害 情 況	スケッチ
I	柱・耐力壁・二次壁の損傷が、軽微もしくは、ほとんど損傷がないもの。	
II	柱・耐力壁の損傷は軽微であるが、RC二次壁・階段室のまわりに、せん断ひびわれが見られる。	
III	柱に典型的なせん断ひびわれ・曲げひびわれ、耐力壁にせん断ひび割れが見られ、RC二次壁・非構造体に大きな損傷が見られるもの。	
IV	柱のせん断ひびわれ、曲げひびわれによって鉄筋が露出・座屈し、耐力壁に大きなせん断ひびわれが生じて耐力に著しい低下が認められるもの。	
V	柱・耐力壁が大破壊し、建物全体または建物の一部が崩壊に至ったもの。	

学部建築学科志賀研究室が、1978年宮城県沖地震被害調査に使用した基準

（表-2）によっている。中破と判定したものに、日赤看護婦宿舎と浦河小学校がある。前者は溶接金網と気泡軽量コンクリートを用いた壁式構造（2階建て）で、1階の外壁柱がせん断破壊していた。浦河小学校では、南北の事務棟と東西の校舎棟のエキスパンションジョイント部で破損し、事務棟が沈下（4～7cm）していた。

浦河高校や日赤病院本館は小破と判定されたが、これは浦河高校では渡り廊下の基礎梁、日赤病院ではエキスパン

ションジョイント部基礎梁部などのきわめて局部的な被害であったことによる。

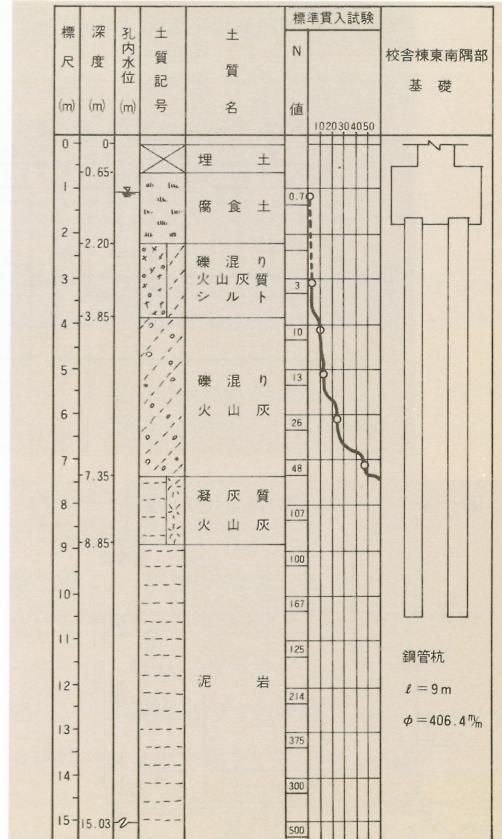
4 浦河高校の被害調査結果

钢管杭を基礎杭として用いた構造物の一部に被害を受けた浦河高校について、その被害発生の理由を調査、確認することを目的として、昭和57年6月8日～6月20日に、地盤調査や施工調査、フーチング部掘起り観察調査等を行った。³⁾

4-1 地盤の概要

今回実施した土質調査の結果を図-2に示すが、当調査地盤状況は、地表面の埋土層に続き、深度2.2mまでには腐食土層からなり、木材、繊維分を多量に混入した、いわゆるピート（泥炭）層であり、N値0.7と非常に軟らかい。続いて、深度3.85mまでは礫混り火山灰質シルト層からなり、N値3と軟らかい。さらに深度7.35mまでは礫混り火山灰層からなり、N値10～48と変化

図-2 今回調査した地盤概要図



している。これ以深は凝灰質泥岩および泥炭層からなり、N値50以上ときわめて強固となっている。

4-2 建物の概要

校舎は鉄筋コンクリート造4階建てであるが、昭和54年度と55年度の2回に分割されて建設されており、実習棟および職業訓練棟、さらにこれらを連絡する渡り廊下の建設は昭和56年度に行われている。（写真-1）（図-3）

地震は渡り廊下までほぼ完成し、3月29日に竣工検査を控えた直前の一週間前に発生している。

校舎の基礎には径406.4mm、板厚9mm、

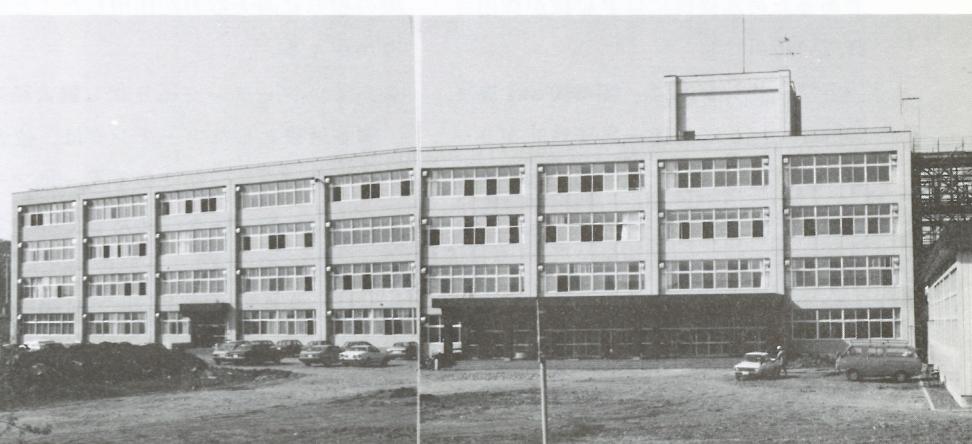


写真-1

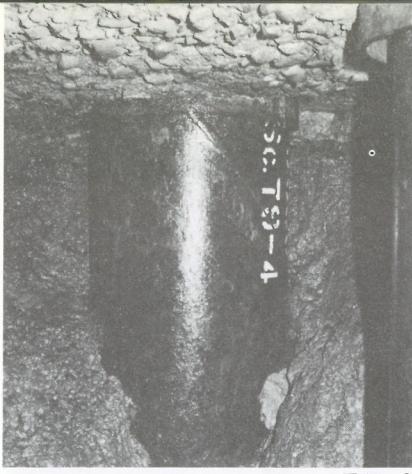


写真-3

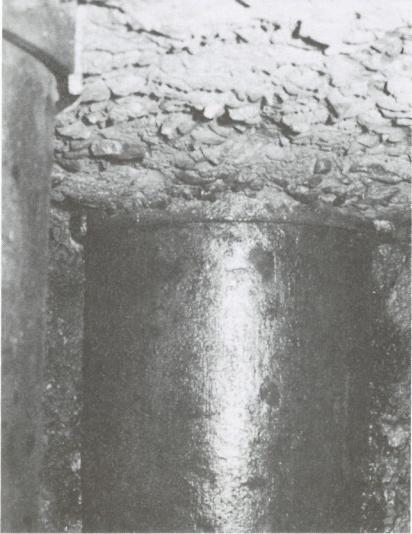


写真-4



写真-5

そのものの強度にまったく変化のないことが判明した。杭頭部のコンクリートが一部破壊したにもかかわらず、鋼管杭は健全であり、鋼管杭のもつ強さと十分な変形能力が再評価されよう。

4-5 フーチングの補修対策

フーチング部およびフーチング周辺の露出部分に発生した亀裂に対しては、エポキシ樹脂注入による補強を行い、地中部分に発生した亀裂はフーチングの埋め戻し時にコンクリートを流し込み、充填させることとした。

今回、鋼管杭はまったく健全であったことから、4本の鋼管杭の外周をワイヤで締めつけたまま、フーチング下面にコンクリートを打設し、杭と一体

化させる方法を採用した。

5.あとがき

浦河高校を中心とした被害状況について要約したが、今回の調査を通じて基礎工事の安全性、信頼性の重要さが痛感させられた。

今回の調査実施後、前述の「学校建築第九小委員会」では、浦河高校についてはフーチング1ヶ所の補強により十分に強度が復元され、今後の地震に対しても十分安全であると判断されたが、浦河小学校の方は建物全体に無数の亀裂が走っており、基礎杭に使用した既製コンクリート杭にも相当数圧壊したものが確認されており、現在、耐震診断などによる安全性の検討を行い、今後の建て替えの必要性等について審議中の状況にある。

浦河地区では過去に数多くの地震に見舞われてきたため、劣悪な建築物は淘汰されており、さらには住民の自発的な地震対策により被害を最小限にいく止めることができたようである。しかし、これだけ地震対策について配慮しているにもかかわらず、建築物によつては、基礎杭の破壊により大きな被害を受けたものもある。初期建設費にのみ目を奪われて、信頼性の低い安価な基礎を選定することが結局、トータルコストで高くつく結果になるよい例であろう。

これまでの一般の建築物基礎の設計においては、地震時水平力を考慮したもののが少なく、そのほとんどが鉛直力のみの設計となっている。現在、建設省住宅局では、昭和56年に施行された上部構造に関する新耐震設計指針に次いで、「地震力に対する建築物の基礎の設計指針」を取りまとめ中であり、今後は一般の建築物の基礎の設計にあっても水平力を考慮することが重要な課題となろう。本指針の早期完成と課長通達等による全国自治体への周知徹底が望まれる。

また、今回の調査で感じられたこと

として、建築構造物のフーチング部の杭頭部結合方法が標準化されていないことがあげられる。土木構造物の場合では、道路橋示方書などで杭頭部の杭の埋め込み長さやフーチング下段鉄筋位置が規定され、水平力に対する設計法も明示されているが、建築構造物の場合には具体的な設計法を規定したものがなく、参考として昭和44年に発刊された「建築鋼ぐい基礎設計施工基準・同解説」（日本建築学会）の中に鉛直力に対する検討式がある程度であり、杭頭部の構造は各設計者のまちまちな判断によって設計されている現状にある。宮城県沖地震以来、建築技術関係者の間では、新耐震設計法に関する研究がよくなされているが、上部構造物と下部構造物の肝心かなめの接点となる杭頭結合部の合理的な設計法の確立に遅れがみられるため、これらの早急な改善が望まれる。

今回の調査を終了して、浦河高校の基礎杭に使用した鋼管杭は健全であり、強度上まったく問題のないことが確認され、改めて鋼管杭の強さと十分な変形能力を認識した次第である。

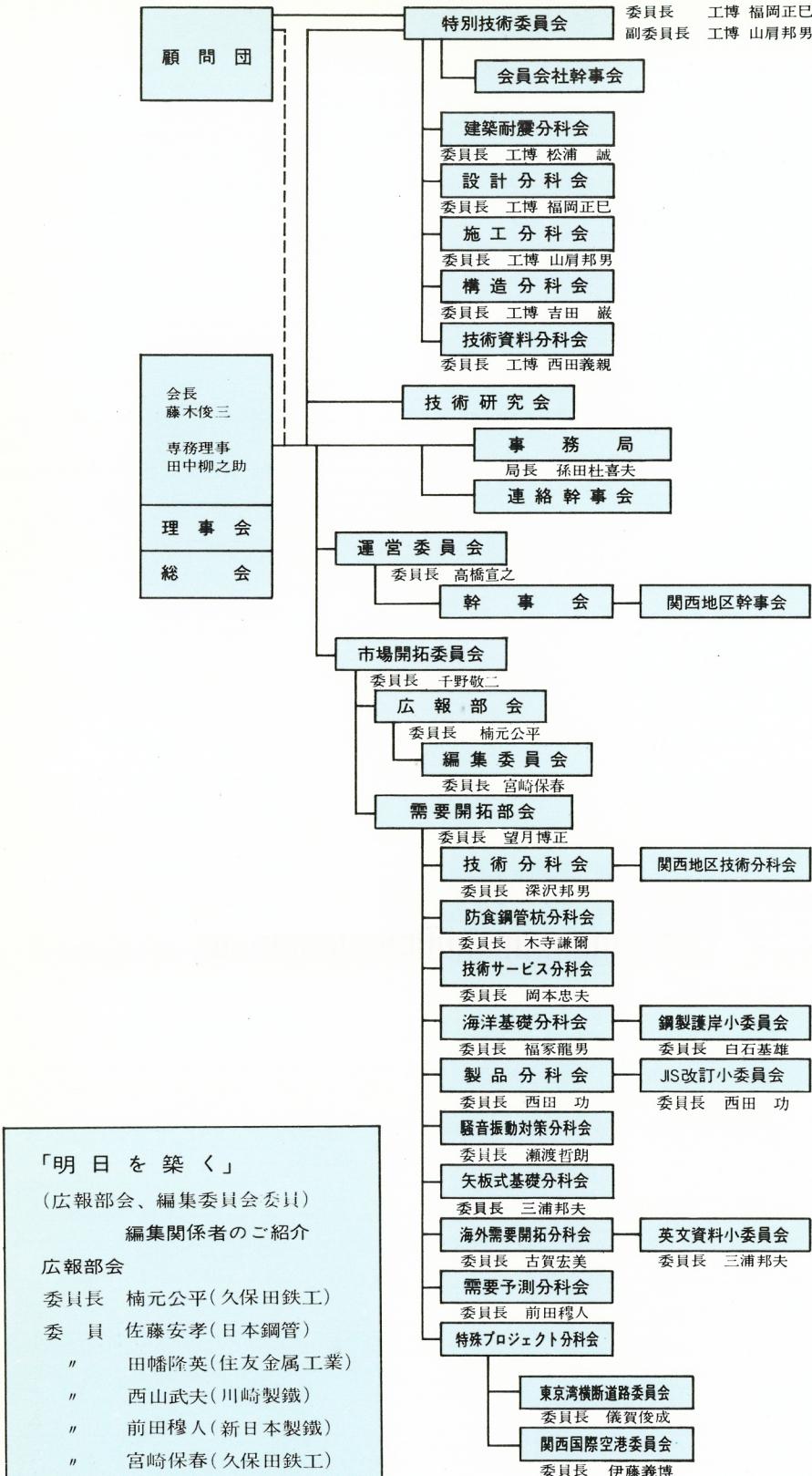
今後は新耐震設計に応えられる優れた基礎材としての鋼管杭の性能に対する評価が高まっていくものと思われる。

最後に、本調査にあたって、掘削・露出調査、土質試験などは、株式会社東京ソイルリサーチに依頼して行ったが、その間ご指導、ご協力をいただいた関係各位に対して深く感謝を申し上げる次第である。

（参考文献）

- 1) 「1982年浦河沖地震による被害調査報告－その2-2；建築基礎構造の被害速報」，岸田英明，日本地震工学協会
- 2) 「昭和57年浦河沖地震による被害調査（速報）」建築防災，1982年6月，（財）日本建築防災協会
- 3) 「浦河沖地震による鋼管杭基礎の被害状況調査報告」，昭和57年7月鋼管杭協会
- 4) 「北海道浦河高等学校改築工事仕様書」

鋼管杭協会組織図 (昭和57年9月30日現在)



鋼管杭協會會員一覽 (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 №42

発行日 昭和57年9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) 〒103
TEL 03 (669) 2437
株式会社 ニューマーケット
東京都新宿区三栄町20-3
〒160(新光オフィソーム)
TEL 03 (357) 5888
(無断転載禁)



鋼管杭協会