

超深度場所打ぐい(ベント工法)について

北海道開発局 室蘭開発建設部 正会員 野口 義教
 “ “ “ “ 〇本多 満
 北海道開発コンサルタント(株) “ 渡辺 一男
 ニッコ-重機(株) “ 萩野 良

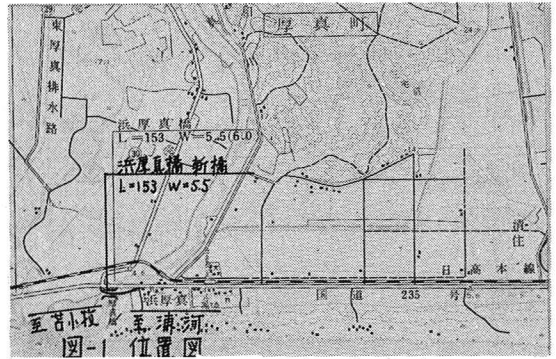
1 はじめに

道央ベルト地帯と日高及び道東を結ぶ唯一の道路は、国道235号である。この国道に架橋する浜厚真橋は、有効巾員が5.5m(6.0m)と狭隘なため、次第に増加する交通量と車両の大型化、その混入率の増大によって踏線のネックとなっている。また計画進行中の苫東開発の区域にあたる当地点は、近い将来大きく変貌しようとしているが、開発途上において現235号は、その開発の動脈として大いに活用されるであろう。

現在の交通のネック、また将来の機能マヒに対処する抜本的対策として現橋の下流側に巾員5.25m、橋長153mの新橋を一車線増設した。

浜厚真橋新橋は、単年度完成を期して計画を75年6月に着工し、同年12月に供用開始している。

本橋の特徴は、基礎工としてダブルケーシング工法(筆者等の命名)により、大型ベント機を使用せずに本道では、オールケーシング工法として最大の深さである54mの場所打ぐいを容易に施工したことである。本論は、この場所打ぐいの施工計画、実施工程及びぐいの水平載荷試験等の施工管理について述べるものである。



2 工事概要

工事の全体像を理解するために下に一般図を示す。また工事概要としては次のとおりである。

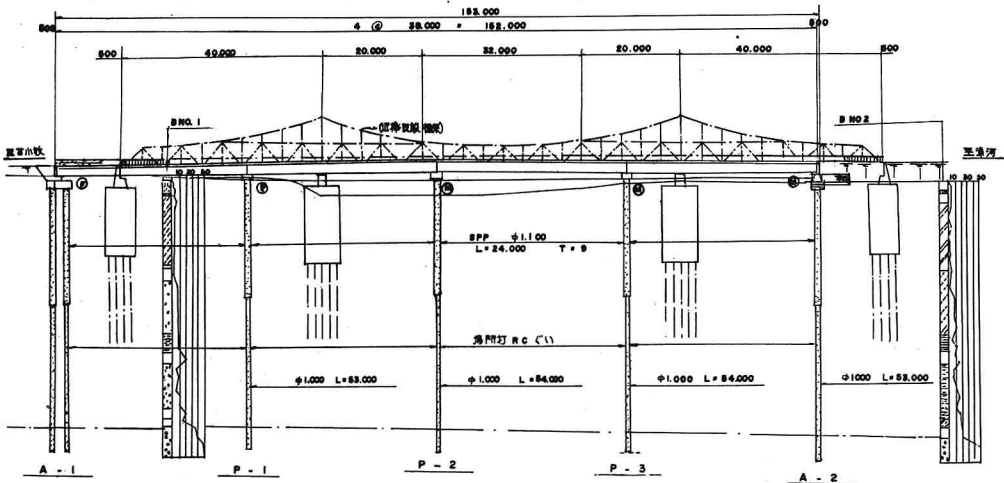


図-2 一般図

工事名 一般国道235号 厚真町地内 浜厚真橋下部外一連工事

上部工 4径間連続鋼板桁

下部工 パイルベント方式の橋台および橋脚

くい種 ベントくい

くい径 $\phi 1,100$

くい長×本数 52m×6本, 53m×6本, 54m×6本 (計18本, $\Sigma L=954m$)

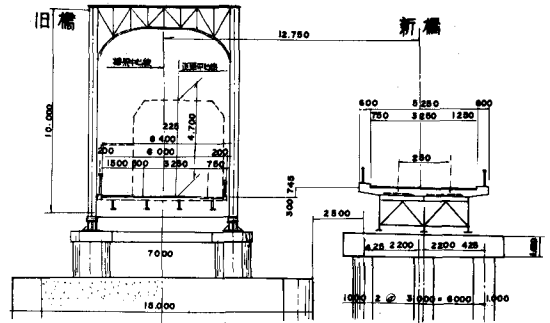


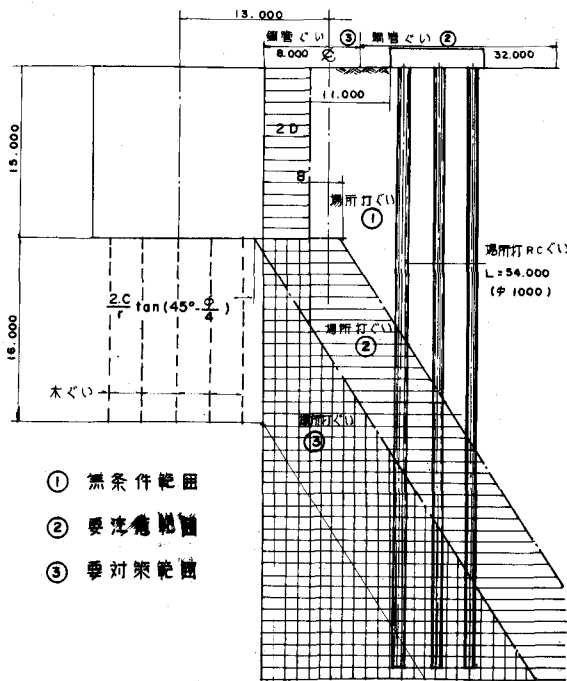
図-2 断面図

3 計画および設計

今回の報文の主目的は、超深度ベントくいの施工法で

あるが調査、計画、設計についても概略を述べる。設計前に行なった調査は、一般図に見るように2本のボーリングとそれに伴う現位置試験(N値測定、オランダ式貫入試験、LLT試験)および室内物理試験を行なった。B.N.61の柱状図を右に示すが、GL-20m程度までは粘土、シルトが主体のN値3以下の軟弱層である。深度20m~30m、30m~50mと移行するに従い砂分が多くなり、N値も序々に上昇している。完全な支持層は、GL-50mの砂レキ層である。ボーリング時には被圧水、伏流水は見られない。

この地点に簡梁を計画するに当たり、基礎工はくい基礎にするのが最も信頼性もあり経済的であるが、くい種の選定には、現橋梁の既設基礎とあまりに近接施工であること、また既設基礎については確たる資料もなく、井筒と木くいの合成基礎となっていることにより、無公害工法(無振動)とされている場所打くいを採用した。工法については、施工条件(図-4)よりベント工法を採用した。



- ① 無条件範囲
- ② 要注意範囲
- ③ 要対策範囲

図-4 近接基礎工法の施工計画における制限区分

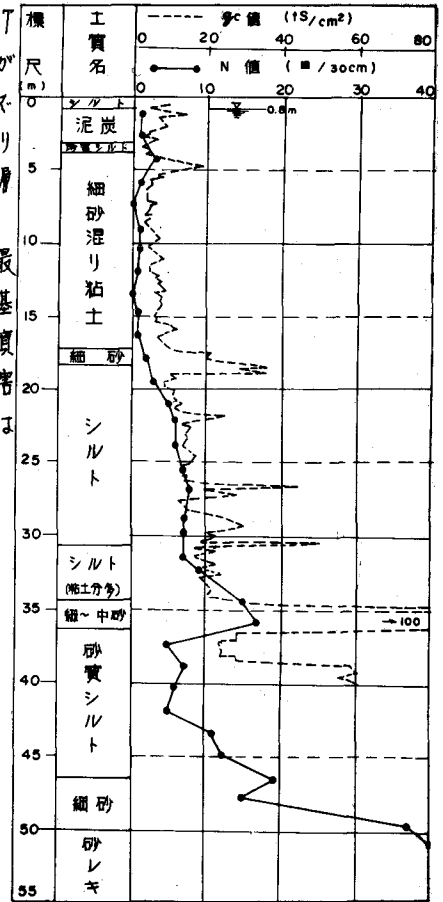


図-3 土質状況 (B.N.01)

ベント工法でくい径1.00mの場合、くい長については一般に35mが限界と言われている。これらことから、施工中のフリクションカットのため、また軟弱地盤におけるくいの形状保持のためGL-20m程度までの軟弱層についてダブルケーシングを採用することにした。

4 施工計画

設計の段階で考えた超深度ベト工法を実現するため、施工に当り、まず施工計画をち密に行ない計画書を作成した。施工計画のポイントは、1)超深度ベトぐいの施工は、いかにしたら速延なく行えるか、2)近接既設橋梁に向うの影響を絶対的に与えないこと、3)掘削機種が特別なものでなく掘削可能かどうか、4)孔底のスライム処理を完全に行なうこと、5)上部軟弱層中でのくい形保持などである。1)2)3)5)の問題解決策として、タブレケーシングによる2段階施工とした。4)の解決には、水中サンドポンプによる濁水交換工法を採用した。以下、施工計画のうちの一部である施工要領、および機械装置を示す。

4-1 施工要領

A オ1段階(外管建設工程)

a) 測量によって求めたぐい心に下部カイドの中心が一致するよう掘削クレーンで外管(鋼管 $\phi 1,100\text{mm}$, $t=9\text{mm}$, $L=12\text{m}$)を掘削機BT-2SDのチャックバンドにセットする。

b) クレーンで垂直に注意しながら掘削機で外管を圧入する。

c) 外管上端がチャックバンドまで来た時点で圧入を一程中止して外管をもう一本溶接する。(ZL=24m)

d) 外管を圧入しながら管内の土砂をハンマークラブで掘削排土。外管はGLから所定の長さを残して圧入を終え、掘削は外管下端までとする。掘削排土の後半に入った時点で、ホイリング、土圧による外管の変形防止のために注水する。

e) 掘削排土が完了したならば外管をGLで切断する。以上で外管建設工程を終了。

B オ2段階(ベトぐい造成工程)

a) 予め建設した外管に掘削機20THDの下部カイドが合致するよう掘削、内管(以下ケーシングと呼ぶ)を掘削底面まで吊下げる。

b) 掘削機の揺動圧入装置でケーシングを押し込みながら本体のウインチによりハンマークラブで掘削を進める。

ケーシング上端が本体チャックバンドにありた時点で掘削を中止し、ケーシングをロックピンでジョイントし、再び掘削を始める。これを繰り返す。

尚、掘削中は常に管内水位に注意する。

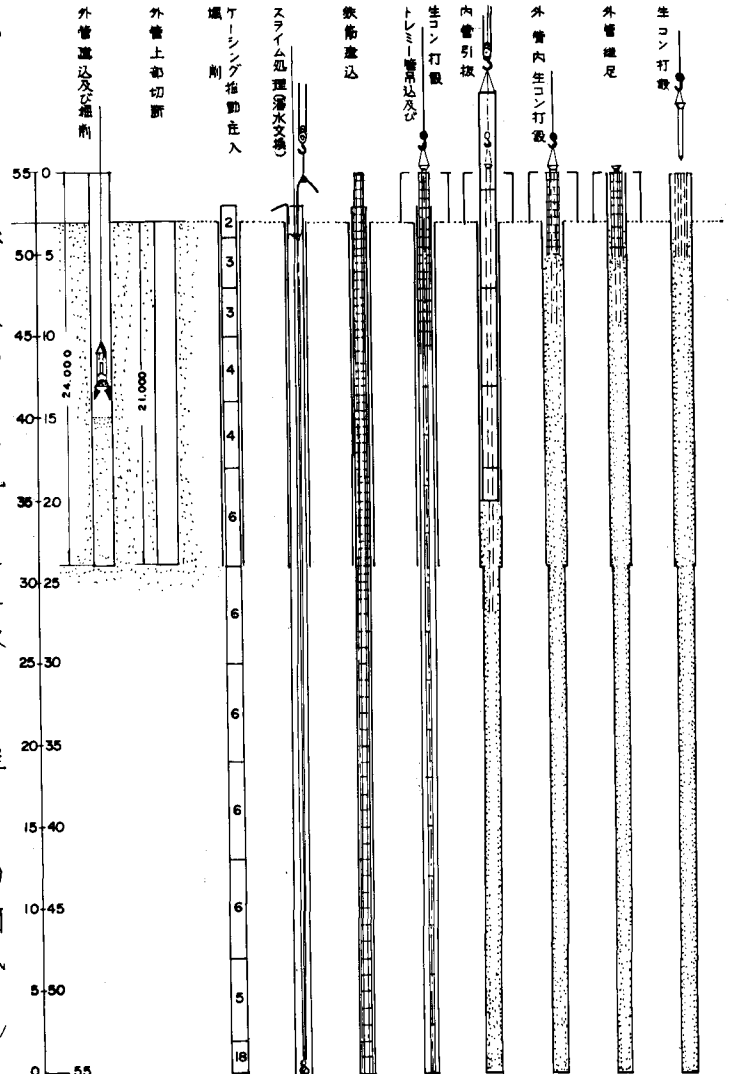


図-5 施工要領

C)スライム処理(濁水交換)

支持地盤まで掘削が完了と同時に水中サンドポンプを孔底へ下し、濁水を揚げると同時にケーシング上端より清水を補充して十分に濁水交換を行なう。

d)鉄筋かごをクレーンで吊下り、鉄筋のラップに際しては、所定のラップ長をとり10[#]ナマツ鉄線で充分に結束したうえ不足分のフープ筋を入れ、更に継手部を充分に固める。

e)トレミー管の吊込み、ジョイント部は漏水のないように注意する。

f)生コン打設

ケーシングおよびトレミー引抜きに際しては、検繩をコンクリート打設高を計り、縁切れのないようにする。

g)生コン打設が進んで、ケーシングをすべて引抜いてもコンクリート打設面が外管下端より上位になる時点でケーシングを全々引抜く。

h)ケーシングを引抜いた後は、トレミーにより外管内にコンクリートを打設する。

i)外管継足し

コンクリート打設が進んで、打設面がG_L近くに來た時に外管を電気溶接で継足す。

o)管上端までのコンクリート打設

k)くい頭処理

外管は、予め1m長いものを使用し、コンクリート硬化後、鋼管をガスで切断し、くい頭1mのコンクリートをはつき取ってくいの造成工程がすべて完了する。

4-2 使用機械装置

右表に示すようにベント機は2台使用し、外管建込み用とベントくいの造成用の使い分けを行なった。

掘削機には、一台づつ補助クレーンを用意した。

4-3 試験計画

場所打鉄筋コンクリートくいの施行にあたって、一般に周辺地盤をゆるめる恐れがないとは言えないため、また近接既設橋梁の基礎に対する配慮もありベントくいのすぐ近くにパイプ傾斜計および木くいの設置を計画した。また、凹げが主体的なくいなので水平載荷試験を計画した。

名 称	能力・型式	台数	使用目的
加藤製作20THD	1.0m ~ 1.3m	1	掘削及び生コン打設
三菱重工BT-2SD	1.0m ~ 1.2m	1	外管建込み及び内管掘削
日立製作KH-150	40 ton	1	掘削・風削・鉄筋建込み等
日立製作FU-106AW	205 ton	1	BT-2SDの補助・等
ケーシングチューブ	1.0m F 1.8m	1本	掘削及び生コン打設
〃	〃 2m	2本	〃
〃	〃 3m	2本	〃
〃	〃 4m	2本	〃
〃	〃 5m	1本	〃
〃	〃 6m	5本	〃
トレミーチューブ	25cm 1m	1本	生コン打設
〃	〃 2m	1本	〃
〃	〃 3m	17本	〃
ハンマークラブ	GR-10	3台	掘削
鉄板	6,000x1,500 t=25	20枚	掘削機据付 其の他
発電機	200 KVA	1台	鉄筋加工・水中ポンプ等
〃	150 KVA	1台	鉄筋加工・照明等
シヨベルドーザー	D 21 S	1台	墾定・其の他
電気溶接器	300 A	7台	鉄筋加工及び補修
水中ポンプ	6 インチ	3台	濁水交換・其の他
〃	3 インチ	2台	洗浄 其の他
排土用バケツ	3 m ³	2台	掘削

表-1 主要機械一覧表

5 実施工程

施工時間を支配する作業項目を大きくノ項目に分け、その工程を示したのが図-6で、本工事における代表的な標準作業実績図である。

内訳は、才1段階として、外管の1)機械段取り、2)鋼管建込、3)鋼管溶接、4)鋼管内掘削、才2段階として、内管の5)機械段取り、6)ケーシング建込、7)掘削 8)スライム処理、9)鉄筋建込 10)トレミー建込、11)コンクリート打設(ケーシングの引き抜きを含む)の各時間などである。

掘削所用時間は、地盤条件、掘削深度等によって困難の度合が大きくなると、直線の勾配が序々にゆるやかになる。このことは図-6をもその傾向がはっきりしている。特に砂レキに入り、最後の3mに2時間程度を要し

ている。これは、くい長が長いために、掘削土砂が排土中にハンマーグラブからもれてしまうことが主な原因である。

本工事における平均作業時間は、才1段階で7.5時間、才2段階で21.5時間の計29時間であった。これは当初計画した作業工程計画にほぼ合致するものであった。

6 施工管理

6-1 傾斜計による地盤変形の測定

施工中にボーリング等の原因による地盤の変形を十分留意するために、ローラー型傾斜計(INA-300R)および木ぐいをを用いて地盤の変形状態を観察しながら施工にあつた。

ガイドパイプ(角形鋼管75×75×3.2)を旧橋の木ぐいの先端程度(約30m)まで埋設し、深度1m毎に測定を行なった。測定時期および測定箇所は表-2によつた。

傾斜計の測定概要および結果を図-7に示すが、これは(6)掘削完了時におけるもので(1)施工前との比較を示している。この表より、深度の深い所では地盤の変形がなくボーリング等はな

いと判断される。浅いところでは3%程度の変位が観測されたが、これは測定誤差か、または表層が軟弱地盤のため施工中の重機等による上載荷重によるものと判断される。

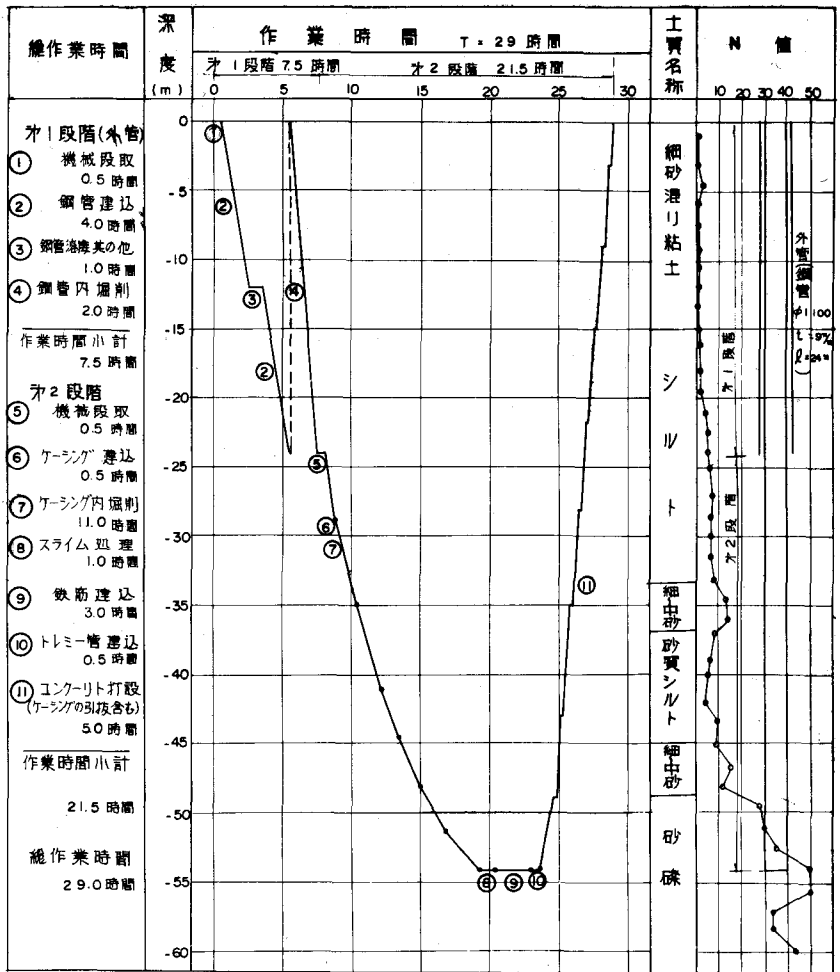


図-6 作業時間実績図

測定時期	測定箇所		
	Mm	Mr	木 杭
(1) 施工前 (基準値の測定)	○	○	○
(2) 掘削深度 12 m	○	○	○
(3) " 24 m	○	○	○
(4) " 34 m	○	○	○
(5) " 44 m	○	○	○
(6) 掘削完了時	○	○	○
(7) コンクリート打設完了後	○	○	○
(8) " 3 日後	○	○	○
(9) " 10 日後	○	○	○

表-2 測定時期及び測定箇所

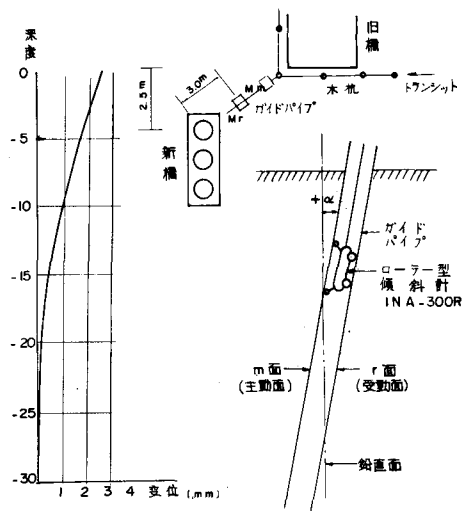


図-7 地盤変形の測定

6-2 水平載荷試験

横方向地盤反力係数 (K値) を求めるために水平載荷試験を行なった。右図のような載荷試験結果が得られたので、着目変位量を 2.0cm として K 値を逆算する。

$$\beta = \sqrt{\frac{KD}{4EI}} \quad \text{-----(1)}$$

$$\delta = \frac{2\beta H}{KD} \quad \text{-----(2)}$$

ここに

K; 横方向地盤反力係数 (kg/cm²)

D; くい径 (φ 1,100^{mm})

H; 水平荷重 (t_m)

E; コンクリートの弾性係数 (2.7 × 10⁵ kg/cm²)

I; くい材の断面二次モーメント (ここでは鋼管とコンクリートの合成効果を 100% 期待して I = 10.8 × 10⁶ cm⁴)

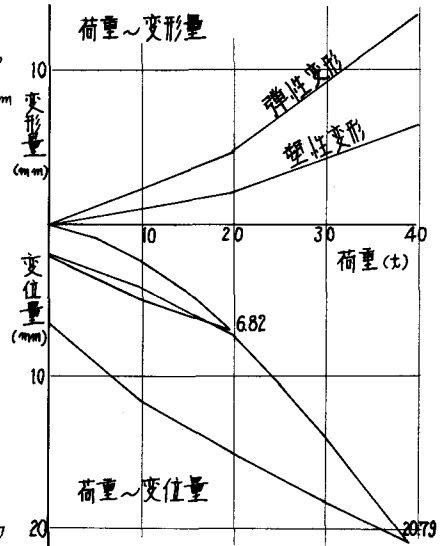


図-8 水平載荷試験結果

(1), (2) 式と図-8 のグラフの関係より着目変位量 2.0cm の時の K 値は 0.53 kg/cm² と逆算された。この値は、福岡宇都氏による K 値と N 値 (N=1) との関係式 $K = 0.691 N^{0.406}$ にほぼ合致するものである。

一方、設計での K 値は道路協会「くいの基礎の設計編」(昭和 51 年) の N 値より $E_0 = 28N$ で推定した変形係数から求める方法、およびボーリング孔内での L/L 試験からの変形係数 ($E_0 = 5 \text{ kg/cm}^2$) より求める方法の両者を平均した値 0.1% を採用した。設計に採用した推定 K 値よりも載荷試験より求めた逆算 K 値の方が大きいので基礎としては、より安全側であることが判明した。

7 あとがき

以上、赤厚真橋の基礎について施工計画を中心に実施工程および施工管理について述べてきた。このダブルケーシング工法については、これから種々検討を要するものであるが、今回は外管の鋼管を施工中のケーシングに対するフリクションカット、また軟弱地盤におけるくいの形状保持、および突出くいの型枠がわりとしてのみ扱い、くいの断面としては考慮に入れなか。た。これは鋼管とコンクリートの合成効果がどのくらい期待できるか確たる判断が出来なかつたためである。この合成効果がわかれば鋼管をくいの断面内に組み入れ、くいの鉄筋量を減らすことができる。この合成効果の問題については、今後室内実験等によって検討して行く予定である。

この工法は、昨今のように騒音や振動に対する規制がきびしい都市内における、また近接構造物がある場合の施工として、超深度のオールケーシングによる場所打くいを採用する場合に適した工法と考えられる。

尚、計画とくいの載荷試験について御協力がたまたた閉発局土木試験所基礎工研研究室の森、石原両氏、またくいの施工にあたり資料収集に御尽力いただいた盛興建設(株)に感謝の意を表するものである。

参考文献

- 1) 道路橋下部構造設計指針 道路協会
- 2) 道路橋示方書同解説
- 3) 場所打くいの施工ハンドブック 日本建設機械化協会
- 4) 最近の大口径くい 鹿島出版会
- 5) 施工技術(第 9 巻第 6 号) 日刊工業新聞社
- 6) 鋼くい 工質工学会