

石狩河口橋下部工事の施工について

正員 谷口 綽義*

はじめに

国道札幌一留萌線が石狩川を渡河するためには、現在渡船が使われておりますが、石狩河口橋はこれに代る道路橋として、昭和42年に試験工事に着手し、43年に一部の基礎杭打工事にかかり、44年から46年にかけて一期工

事として施工され現在面舗装を待って、47年7月には一般の交通に開放される予定である。

この橋の上部工（3径間連続斜張橋）や主塔の基礎形式については、すでにこの会で発表されておりますので、ここでは、下部工事の施工のうち、鋼管矢板井筒工と仮締切について述べる。

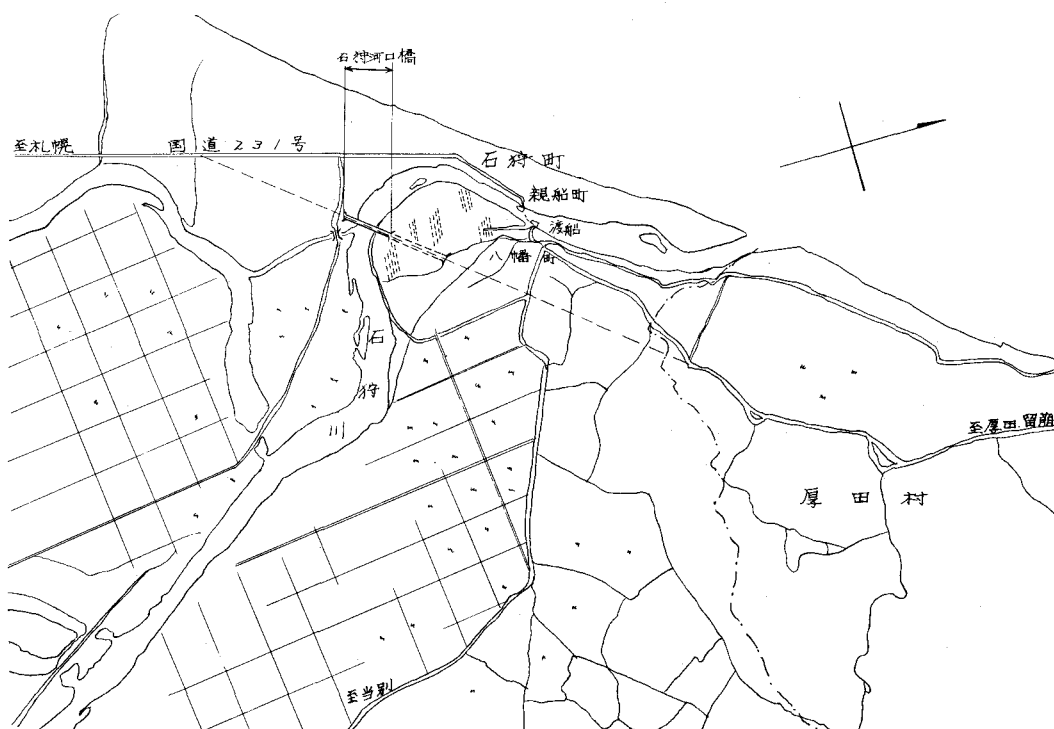


図-1 位置図

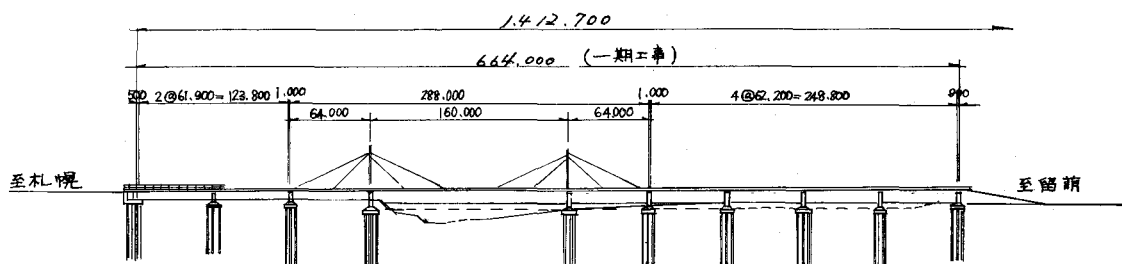


図-2 一般図

* 清水建設（株）北海道支店

は休みなく続けられた。

工事用主要機械と仮設備は表－２の通りである。

表－２ 主要機械一覧表

区 分	機 械 名	規格・仕様	台数	摘 要
掘削・埋戻 仮設道路	ブルドーザー	BB-V	1	除雪兼用
	"	BB-IV	1	
	"	D-20A	1	
	クローラークレーン	U 106	2	左岸右岸各1台
	"	430	1	河中
	水中ポンプ	φ 160, 19K W	4	
	"	φ 100, 7.5K W	6	
	"	φ 65, 3.7K W	1	
仮締切鋼矢板 打 抜	クローラークレーン	U 106AL	1	
	"	320H	1	
	"	V 106	1	船打用
	ジゼルバイロハンマー	K-13	2	
	"	D-12	1	
	"	D-22	1	
鋼管杭打	パイロハンマー	KM2-2000A	1	引 抜 用
	トラッカークレーン	55TC	1	矢板建込用
鋼管杭打	専用 機	D-40用	2	回転リーダー付
	ジゼルバイロハンマー	MB-40	1	
	"	M-40	1	
	"	I DH-40	1	
	パイロハンマー	VM2-5000	1	ウエイト4t 附加, 90K W
	三脚デリック	15t ×30m	1	機組立解体, 杭ハンマー吊込
	半自動溶接機	10t ×24m	1	"
	溶 接 機	OM-50	2	
	"	KR-500	2	
	"	300 A	2	
コンクリート打	クローラークレーン	U106	1	杭取込用
	クローラークレーン	U106	2	左岸, 右岸各1台 (共用)
そ の 他	トランス	75KVA	3	パイロハンマー用
	"	50KVA	5	左岸, 右岸別
	"	7.5KVA	1	事務所, 宿舍
	曳 船	3LDF, 45PS	1	
	通 船	125A, 6PS	2	
	台	40t	3	
	"	10t	1	
	発 電 機	75KVA	2	緊急動力, 船上動力
	マスターヒーター	35,000Kcal	6	冬期養生用
	トラッカークレーン	435-T C	1	三脚デリック, 杭打機組立解体
	"	355-T C	1	"
仮設機橋	日 形 鋼	幅4m, 674m ² , 189t		

Ⅲ. 鋼管矢板工

主塔基礎となる3P, 4Pに採用された基礎杭はφ 812.8で各寸法は下記の通りである。

	長 杭		短 杭	
	厚	長	厚	長
上 杭	16 mm	10 mm	12.7mm	13 m
中1杭	12.7	10		
中2杭	9.5	10		
下 杭	9.5	12		

(イ) ジャンクションパイプ

鋼管を矢板として連結するため, φ 165.2, t=11の鋼管を使用した。パイプの継手部は本管の溶接を容易にするため長さ65cmだけ後付けとして本管溶接完了後に取付けた。鋼管矢板の閉合を直線部の短杭で行ったため, 最

Ⅰ. 工 事 概 要

場 所：一般国道 231 号石狩町地内

橋 長：1,412.7m (一期工事分 664 m)

幅 員：車道 8.0m + 歩道 2.0m

下部形式：主径間部＝鋼管矢板井筒

(φ 812.8×42,000)

：側径間部＝鋼管平行組杭

(φ 1,000～1,200×38～46,000)

主要資材：鋼杭 2,650.9t

鉄 筋 514.5t

根固鋼矢板 101.4t

コンクリート 7,967.0m³

(その他表 1 - 参照)

表－１ 主要資材

	鋼		杭		鉄 筋	コンクリート	根固鋼矢板	仮締切鋼矢板	土留支保工材
	径m/φ	長 m	本数	重量t	t	m ³	t	t	t
LA	1,219.2 1,016 500	43.0	3 19 4	48.8 236.8 27.7	36.5	1,127	—	50.1	—
1P	1,016	38.0	15	162.8	29.8	479	—	57.9	8.0
2P	1,016	46.0	12	157.0	22.4	531	—	57.9	8.0
3P	812.8	42.0 13.0	39 16	563.6	131.1	1,401	—	166.3	61.0
4P	812.8	42.0 13.0	39 16	563.0	131.3	1,506	—	308.0	81.0
5P	1,016	42.0	15	179.2	25.6	608	50.7	125.3	44.0
6P	1,000	42.0	15	180.7	25.4	572	50.7	122.4	38.0
7P	1,000	42.0	21	245.2	71.8	751	—	97.9	42.0
8P	1,000	42.0	12	141.6	22.6	518	—	77.2	31.0
9P	1,000	43.0	12	144.5	18.0	474	—	51.5	13.0
計			238	2,650.9	514.5	7,967	101.4	1,114.5	326.0

Ⅱ. 工事用機械と仮設備

地形からいうと, LA～3Pは左岸側陸上部分, 4P～6Pは河中, 7P～9Pは右岸側低水敷の湿地帯の中にあり, 工事の主要部分の施工がすべて水上運搬を伴う事となった。しかし風波の起り易いこと, 流域のどこかで集中豪雨があるとすぐ増水すること。重量物運搬が多いことで施工能率が低下するため, 湿地帯を迂回する仮道路を設け, さらに4P～6P間には, 幅員4mの棧橋を架けて運搬路を確保することとした。またこの付近は強風多雪地帯であり工事の最盛期が(河中10月着工)冬期間になったため, 道路と現場内の除雪, 川の砕氷作業

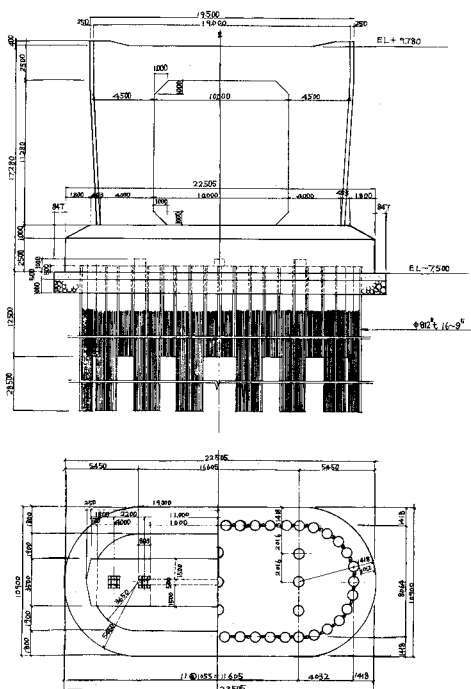


図-3 基礎図

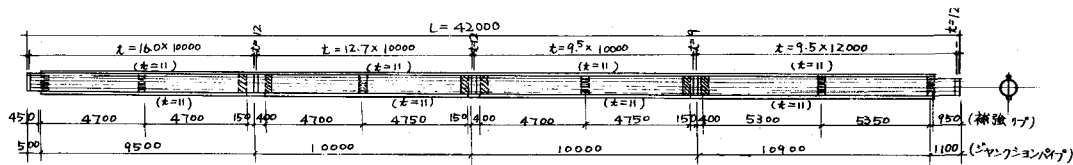


図-4 杭 構 成 図

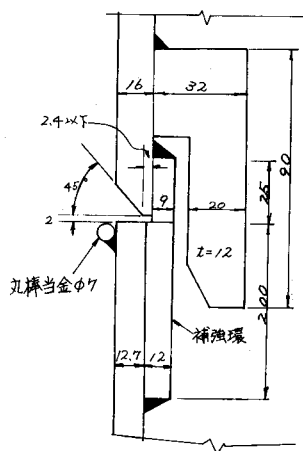


図-5 継手標準図

最終打込短杭のジャンクションパイプのスリットは現場切断としたが、他はすべて工場で切断した。

(ロ) 杭端補強環

下杭の上下端、中1杭、中2杭及び上杭の上端には $t=12\text{mm}$ 、幅 200mmの補強環を取付けた。杭の継手部となるところは、ジャンクションパイプの取付の関係で杭の内面に付けた。

(ハ) 補強リブ

ジャンクションパイプ溶接時の本管のひずみ防止のため各管の上下端と中間に $t=12\text{mm}$ 、幅 300mmの「一字」又は「十字」リブを取付けた。このリブは杭打込時に閉塞効果を出するため、現場切断を考えたが本管の変形をひき起すため取止めた。

(ニ) 継手部

本管の溶接はすべて半自動溶接機を使用するため、継手部に 2mmのルート間隔をとることとし、本管の上下に裏当リングを取付けた。その他挿入ガイド片や溶着金属のたれ落防止のため杭頭外周に $\phi 7\text{mm}$ の丸棒当金を取付けた。

(2) 鋼管矢板の打込み

(イ) 施工基盤

杭天端が $G L - 7.5 \sim 8.0\text{m}$ であるため、仮締切 矢板

を打ち、約 3m 掘削し締切矢板を自立させた状態で $l = 5.0\text{m}$ のヤットコを用いて鋼管矢板を打下げた。ヤットコの使用は①強大な引抜力を必要とする。②引抜後埋戻しを伴う。③地盤が徐々に沈下するので自立している締切矢板を変形させる。等工程と仮設備に影響する諸問題を含んでいる。

(ロ) ガイドリング

鋼管矢板を精度よく打込むために、 $H - 300 \times 300 \times 10 \times 15$ を小判形に配置される鋼管の内側と外側にセットし、さらに横方向のずれ止 H 形鋼を取付けて打込みガイドとした。

(ハ) 杭 打 槽

打込みが $G L - 3.0\text{m}$ の締切内で行われること。洪水時に機械類が水没する事も予想されること。ヤットコ打

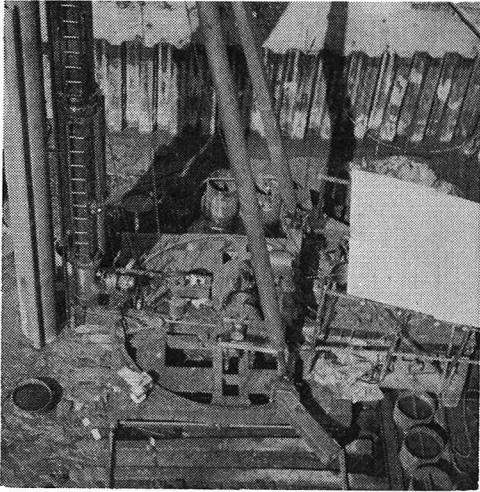


写真1 鋼管矢板井筒



写真2 杭打機及ハンマー

による杭打基盤の乱れが大きいため敢えて組立解体移動に不便なD-40専用機を使用した。パイプロハンマーとジーゼルパイルハンマーを併用するため、回転リーダーを製作使用し能率向上を計った。特に3PではN値=20~30の層が表面近くにあり、下杭をパイプロハンマーのみでは押込みできず、しばしばジーゼルパイルハンマー

に切替えて打込んだ。

(ニ) パイプロハンマー

ヤットコ打を含めると47mの長さになる鋼管矢板を鉛直に打込むためには、下杭の打込精度がその成否を決定すると言っても過言ではない。ジャンクションがパイプであるため、水平方向のわずかなずれは許容されるし、その後の杭の建込みで修正できるが、鉛直度の補正はできないので引抜いて再度打込むことができるVM2-5000型パイプロハンマー（偏心モーメント5,000 kg-cm、起振力68tにセット）を使用した。傾斜測定でもよい結果がでている。なおこの機械を使用するために、3Pと4Pまでそれぞれ高圧ケーブルを引き、75KVAのトランス3台を設置した。パイプロハンマーの使用に当っては、鋼管頭部の補強、チャックプレートの取付、高容量トランスの設置、取付機械の大きさ等十分検討しなければならない。

(ホ) ジーゼルパイルハンマー

MB-40, M40, IDH-40 各1台を使用した。

(ヘ) 三脚デリック

杭打専用機組立解体（最大部材8.2t）、ハンマーの着脱（10t）、鋼杭の取込、諸資材の台船積卸しのため、3Pに15t×30m、4Pに10t×24mの三脚デリックを設置した。

(ト) 半自動溶接

本管継手部の溶接とし、KOA-1A、 ϕ 3.2mmの溶接ワイヤを使用した。溶接機は別表の通りで2台を同時に使用して溶接時間を短縮した。（表3、表4）

溶接作業には細心の注意を払い、溶接工は半自動溶接技能検定合格者に限定指名し、特に作業が冬期に及んだため、時々溶接技術者の立会指導により作業管理の厳正を期した。

① ワイヤブラシ、グラインダにより、錆と汚れを落とす。

② 降雨、降雪、強風時には、作業を中止するか又は杭の全周に完全な覆をする。

③ 湿気は完全になくし、低温時（5℃以下）には予熱を加え、テンピルスティックにより温度を確認した後で溶接を開始する。（120℃）。

④ 電圧28V、電流400~420Aを標準としクランプメーターにより常時チェックする。

夏（20℃）冬（-11℃）2度半自動溶接の確性試験を行ったが、引張試験、曲げ試験、衝撃試験共満足すべき結果がでている。

(チ) 打込結果

① 極限支持力はHilley式を用いたが、試験工事の

表一 3 鋼管矢板打込時間 (P 3-B 2) 単位分

	建込時間	溶接時間	打込時間	段取その他
下 杭 (パイプロ打)	22	—	20	94
〃 (ジーゼルパイルハンマー打)	—	—	17	35
中 2 杭	16	37	50	1
中 1 杭	12	42	78	2
上 杭	11	44	110	27
ヤ ッ ト コ 打	8	—	65	29
合 計	69	123	340	188

合 計 720分

表一 4 鋼管矢板打込時間 (P 4-B 12)

	建込時間	溶接時間	打込時間	段取その他
下 杭 (パイプロ打)	54	—	6	5
〃 (ジーゼルパイルハンマー打)	—	—	3	2
中 2 杭	16	47	48	11
中 1 杭	13	44	38	4
上 杭	7	47	86	9
ヤ ッ ト コ 打	10	—	69	71
合 計	100	138	250	102

結果から、(1)式を(2)式に変形して用いた。

$$Rt = \frac{ef \cdot F}{S + \frac{K}{2}} \cdot \frac{WH + eWp}{WH + Wp} \dots\dots\dots (1)$$

$$Rt = \frac{0.5 \times 2 WH}{S + \frac{K}{2}} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 Rt : くいの極限支持力 (t)

ef : ハンマの効率

F : ハンマの打撃エネルギー (t・cm)

WH : ハンマの重量 (t)

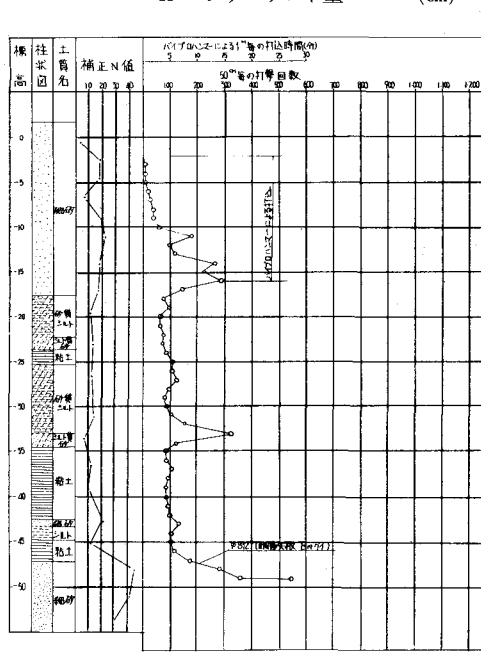
Wp : くいの重量 (t)

e : 反発係数

S : くいの貫入量 (cm)

K :

K : リバウンド量 (cm)



図一 6 折込記録の比較

設計では、 $Rt \geq 800t$ であるが、実績は $Rt = 1,150 \sim 2,380t$ であった、又総打撃数は、7,000~14,000回/本であった。

図 6 は土質と打撃回数を対比したものである。

② 傾斜測定 水平方向のずれはガイドリングで矯正しているので、杭の鉛直度がどの程度になるか問題があったので、鋼管矢板の側面に傾斜測定管 ($\phi 76.3 \times 4.2$ 40m) を 4 本取付け、掘削後に差動トランス型傾斜計で測定したところ、2~12cmの変位でおさまっていた。

③ その他現場では

「打込時の打撃応力の測定」

打ち込んだ杭の内面や躯体の底面と側面に土圧計を埋込んで「土圧の長期観測」

「振動試験」のために躯体と底面と中間に加速度計を埋設、「水平加力試験」のために杭頭部にひずみ計を取付けている。

IV. 仮締切と洗掘

各橋脚共掘削深さが大きく、地下水位も高く、透水性の高い地質であるので、すべて鋼矢板を使用し、土留支保工には $H-300 \times 300 \times 10 \times 15$ を単一又は組合せで用いた。仮締切施工で問題となったものは次の通りである。

① 仮締切掘削後に杭打をしてよいか

ヤットコ打を避けるか、短くすませるために、或る程

度掘削してから杭打をする事が考えられ、3P～5Pで実施されたが、口径の大きい杭の打込の振動は予想以上に大きく仮締切に非常に悪い影響を与えた。切梁には100t以上の軸力がかかるので、もりかえるのは非常に危険な作業であり、掘削深さをごく浅くするか、地表面から打込む工法をとるべきである。

② 水中の仮締切は一重でもよいか

4P～6Pは図7のように着工前は水深がそれぞれ5m、3m、1mであったので、4Pは二重締切に他は一重にした。4Pでの漏水は勿論少なかったが、5Pでは水深2m以下のところからの漏水はいろいろ手を尽してみたが減る事はなかった。特に振動を与える作業は絶対避けるべきで水深2m以上は二重締切を採用したい。

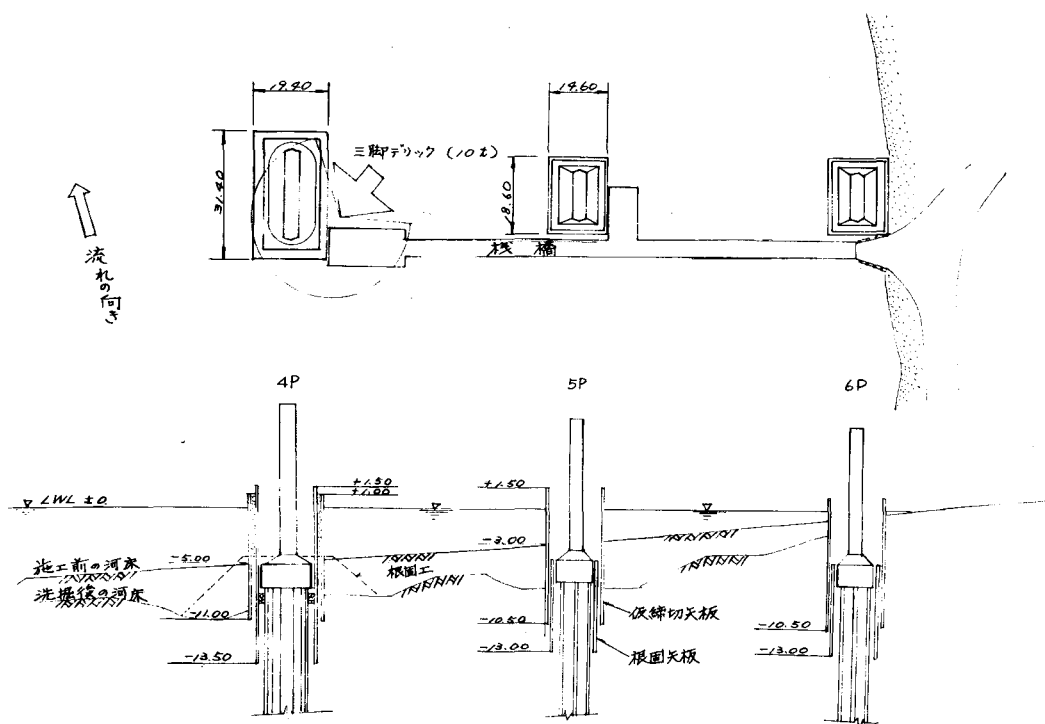


図-7 仮締切

③ 洗掘の対策

石狩川に限らず河口附近は緩流なので、一般には大きな洗掘は起らないと考えられる。しかし河床の粒度が小さいだけに洪水時には予期しない洗掘が起るものである。

ここでは当初の計画にあたり、上流の新石狩大橋施工中の洗掘資料と現場附近の水深図と土質、流速等も加味して洗掘深さを平均2m、上流側の隅角部で4mと予想し、仮締切鋼矢板打込後捨石を投入して洗掘を防ぐ事を考えた。44年の積雪期は大きな異変も見られなかったが、44年暮から45年3月迄に降った豪雪が融け出した4月から6月にかけては、附近一帯の河床が日に日に低下して、以前-5mのところが一12mにもなった。

最大洗掘深の推定は場所によって条件が多様になり難

しいこともあるが、ほとんど室内実験でしかも特定の条件の場合しか研究されていない。そのため一般には、「最大洗掘深さは水深の0.8倍位」という事で処理されてきたようである。現場では、洗掘がどこまで進行するものなのかを測定資料を基にして、土木試験所に検討していただいたところ年一回洪水量である $2,500 \text{ m}^3 / \text{sec}$ に対して、仮締切施工中では-14mまで、その撤去後も-10mにはなるという予測がたてられて、根固工が施工されることとなった。

根固に当たって注意すべき事は、洗掘深さは一般に水深に比例することから、洗掘が始ったと分ったら放置せず、水深を測定しながら捨石等を行うことである。ただし洗掘前や過度の根固工は、流れの障害面積を増すので

危険である。

洗掘の発生過程をみると、障害となる仮締切の前面に当たった流れによって生じた回転渦によって起るものと、流れが仮締切の側面に分かれた後の集中効果による掃流力に起因するものがある。どちらの要因が大きいかという事は流速や流量で異と思うが、この場合は前面からすぐに側面に及び、最後には背面にも相当の深さで現われている。いずれにしても洗掘は始まれば短時間で最大洗掘深となるので、日常の観測と、資材の応急手配体

制はしておかなければならない。

お わ り に

前述した他にも「低温時の溶接部のわれ」「機械類の低温脆性」に対する対応策、仮締切による河積の阻害率、漁業補償等今後共検討すべき問題も残っております。

なお、終始適切な御指導を賜りました札幌開発建設部石狩河口橋建設事業所と川崎製鉄（株）建材開発部の諸兄に謝意を表する次第です。