

8. 軟岩用拡張式大口徑立坑掘削機の開発

首都高速道路公団 内 藤 誠 一

建設機械化研究所 * 相 沢 林 作

1. まえがき

横浜港入口の海上部に位置する横浜港横断橋は、上床下床夫々6車線のダブルデッキをもつ道路橋で、図-1のように中央径間460mの斜長橋で計画されている。下部工は外径10m、内径7mの鉄筋コンクリート製オープンケーソンを主塔基礎9本、端部基礎6本組合せた多柱式基礎で、その上部は鉄筋コンクリート製大型バージュで固定される。

基礎の施工法を図-2で説明すると、将来フーチングにする予定の浮バージュから建込まれた $\phi 10$ mオープンケーソンは、水深15mの海底下にある沖積粘土層(層厚約50m)をグラフで中掘りしながら圧入した後、水深約65m下に分布する土丹層え更に12~15m根入れさせる計画になっている。

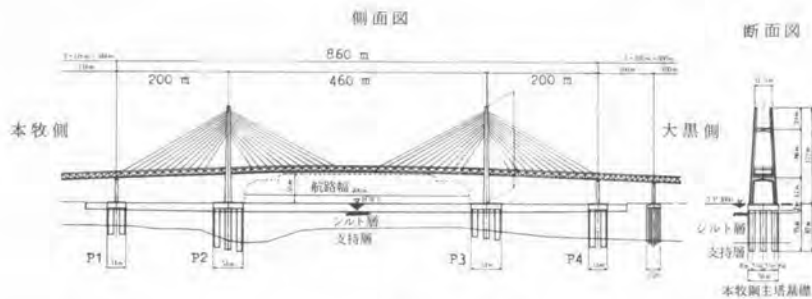


図-1 横浜港横断橋一般図

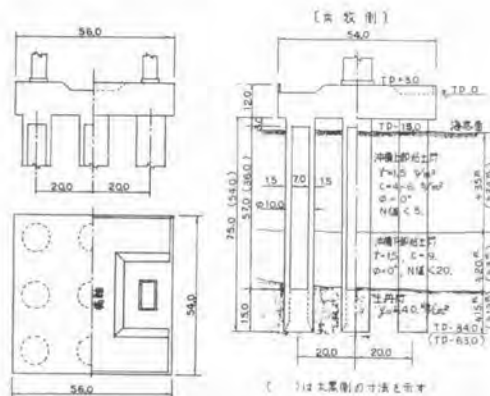


図-2 主塔部基礎構造

この報告は、上記のような深い位置で一軸圧縮強度約40MPaの土丹層に対し、外径10mものケーソンを根入れさせるための先行掘削機の開発状況を述べたものである。なお、事業は首都高速道路公団神奈川建設局が担当するが、掘削機の開発は社団法人日本建設機械化協会建設機械化研究所が委託されて実施している、またこの機械は1982年春から隣接する陸上部において、外径6m、内径4mのオープンケーソン沈設の実験工事に供される。

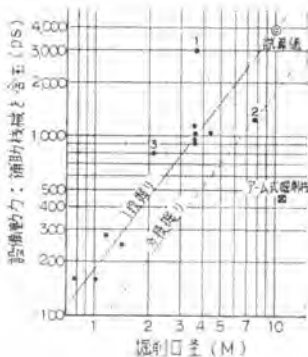
2. 現有立坑掘削機の傾向

日本の大口徑掘削機は、表-1のように各種のものが製作され工事に使われている。しかし、これらの工事記録は一段掘りで口径4.4mまでなので、この方式で直径10mの掘削機を考えると、重量や動力が膨大になり、また掘削面からのズリ排出にからむ諸問題も発生してくると予想される。

表-1 日本の大口徑掘削機主要仕様一覧表

掘削方式	製作会社	形 式	塔へ自走式等	掘削装置			重 量 mmφ t	掘削口径		掘削深さ		駆動装置		原 動 機		
				ボサ ン シ ン プ	モ ー タ リ ン グ	ド リ ブ シ ス テム		一土	一土	形 式	回 速 rpm	トル ク kgm	形 式	定出 電力 ps,kw		
								岩	石						岩	石
回	石川島播磨	L-18 (旧L-10)	スキッド	○	○	315	R+PU 20.0	7.0	4.0	650	500	R	0~9	18	UD6又は 電動機	170(145)
		L-36 (旧L-10S)	●	○	○	326	R+PU 26.0	10.0	6.0	650	300	R	0~18	36	UD6又は 電動機	340(280)
		L-48	●	○	○	326	R+PU 30.0	-	6.0	-	300	R	0~9	48	UD6又は 電動機	600(405)
転	川崎重工	KSD-4	クレーン又は ヤ	○	○	300	65.0	4.1	3.6	-	-	O	0~10	35	水中電動機	(180)
		RRC-350N (RRC-30改造)	(ロッドレス)	○	○	200	18.0	2~3.5	2~3.5	80	80	O	1.7	3.2	*	(60)
		S500R	スキッド	○	○	230	17.0	-	2	300	300	R	0~22	12	エンジン	18T
式	日立建機	S600	●	○	○	300	30.9	6.0	-	300	-	R	0~12	17	*	150
		MD360	●	○	○	400	(本体) 130	-	3.6	-	300	P	0~10	35	UD10C 又は電動機	(300)
		MD440	●	○	○	457	(本体) 150	-	4.4	-	300	P	0~9	40	電動機	(360)
垂 直 式	神戸製鋼	KPC-4500	●	○	○	250 ×2	110	3.16 ~5.0	3.16 ~5.0	40	40	-	-	-	*	180

注) 1. PU: パワーユニット R: ローラーテーブル P: パワースイベル O: 水中駆動を示す。
2. 掘削口径、掘削深さの岩石は軟岩の場合を示す。



(注) 図中の記号は: ○ --- 実用機(旧機)
● --- 同一機(新機)
◎ --- 動力装置値

図-4 岩石用立坑掘削機の掘削口径と設備動力

更に、大口徑立坑掘削機は単体で使用されることはなく、揚泥装置やサービスクレーンを含むトータルシステムで稼働するので、掘削機の構造によっては補助機械が大型になり、海上作業足場上の作業には適さなくなることもある。図-3は以上の傾向をみる目的で工事記録を調査し、補助機械を含むトータルの設備動力を示した。口径10m級の立坑掘削機は一段掘りで計画すると4,000P.S.、多段掘りでも2,000P.S.近い値になり、狭小な作業スペースの場合、総合的作業性が悪くなることが予想される。なお、同図中には今回開発中のアーム式掘削機も示しておいた。

3. 新型掘削機の必要条件

図-2に示す多柱式橋脚を施工するには直径10mのオープンケーソン刃口を全断面掘削した後、総推力4,000tonに及ぶ複数台の油圧ジャッキでケーソン頭部を押込む。

このような工事に使われる新型掘削機の必要条件を整理すると次の5項目になる。

- 1) 掘削機の最小格納寸法は、内径7mのケーソン内を自由に通過できるものとする。
- 2) 最大掘削径は外径10mのケーソンに対して1.1mを確保できるものとする。従って拡張掘削量は半径で $(11-7) \div 2 = 2m$ が可能でなければならない。
- 3) 掘削対象岩盤は一軸圧縮強度40MPa程度の土丹とする。
- 4) 掘削面の最大深度は水面下100mとする。
- 5) 作業場所は主塔基礎で5.4m×5.6m、端部基礎で3.4m×5.4mの平面形状をもつバージュ上とする。〔・印は橋軸方向寸法〕

4. 開発の構想と予備検討

前節にあげた5つの必要条件を満たす掘削機の構想とその予備検討の成果を現状の案 図-4で説明する。

a) 岩盤掘削方式とカッタ

ローラカッタで土丹を掘進する場合は目詰りを起し易く、掘進速度を低下させるので、バイトを取付けた形式のものが望ましい。

b) 全断面用ビットと部分掘削用ビット

一段掘りて全断面掘削を考えると、機械重量や設備動力が大きくなりバージュ上の作業に適さなくなるので、軽くて動力が少なくて済む部分掘削用ビットを採用する。

c) 拡張掘削方式

ケーソン刃口直下で半径で2mもの拡張掘削機械は実例もなく、拡張部機械製作上の問題も多いので拡張に有利なアーム型を採用した。

d) ずり揚げと掘削面におけるずりの掻き寄せ

口径1.1mもの大断面掘削のため、ずり揚げは当然逆順環方式になる。また、ずりを吸込口まで掻き寄せる機構は、大口径になるほど困難となり、これが原因となって ① ずりのリカッティング ② カッタの目詰りや急速磨耗 ③ 掘削速度の大巾な低下などを招く。この計画ではブーム先端の掘削部に近接して吸込口を設け問題を解決した。

e) 掘削部の固定法とその位置

ケーソン刃口部付近内側にグリッパを張って掘削部を固定し、アームの移動、伸縮および回転機構は総てグリッパ部に集中させ、ケーソン上部から油圧操作でリモコンする。水中の掘削部から上方に伸びるドリルパイプは本体の昇降と揚泥だけを受持つ単純なものになる。

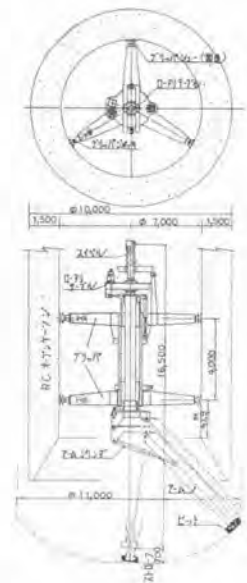


図-4 アーム式水中掘削機本体

f) ビットの運動機構

ブーム式部分掘削では、掘削面に対し半径と円周方向の運動をビットに与えてやらねばならない。開発機では2本の油圧シリンダーで半径方向の動作をさせ、円周方向には油圧モーター駆動のロータリテーブルで図-5のように約360°の交互旋回をさせる。

なお、アーム型の場合、ビットの平面位置は、ブームの俯仰とロータリテーブルの旋回角度を検出し、ミニコンピュータを経て操作盤上のモニタテレビに表示する。また、この回路を使って設定プログラムによる自動運転も可能である。

以上のような予備検討の結果を折込んだものが前掲図-4のφ11mアーム式水中掘削機である。本体だけの原動機出力85kW、重量45tonであるが、ケーソンの圧入装置を跨ぐ作業状態になるため、それらの付属設備は大規模になる。

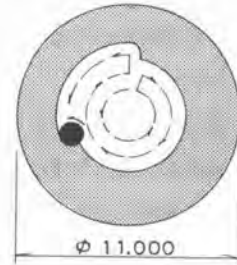


図-5 ビットの旋回軌跡

5. 実験機による土丹の掘削性能

φ11mアーム式水中掘削機本体からグリッパを除いた形の実験機を製作し、水槽内でφ6mの掘削性能試験を行なった。被掘削物は横浜市内産の土丹大塊を累似強度のモルタルで固めたものである。実験機は今後グリッパを製作し、現地陸上部でφ6mのケーソン沈設試験工事に、更に将来の本工事にも使用する予定である。

図-6は縦軸に設備モータ容量に対する掘削中のモータ出力の比をとっている。これで見るとアームの旋回用ロータリテーブル能力には充分余裕があるので、全体の掘削性能は掘削ビット（外径856mm、厚さ315mm）を回す55kWの水中モーターの能力で決り、純最大能力は約50%、つまり口径11mの立坑掘削で0.5%程度の値に近づくことが可能とみられる。今後の陸上部試験工事で作業性、掘削性を確かめて行くが、本工事のφ11m掘削でも上記データの1/2、約2.5%程度の掘削速度は確保したい。

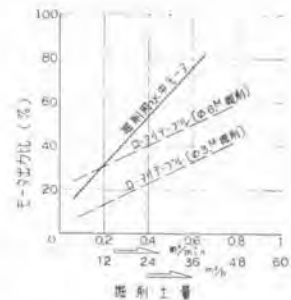


図-6 掘削性能試験成績

6. あとがき

直径11mにも及ぶ大口径で水深80mもの大深度掘削は例がない。我々は、これまで述べた径過を辿って掘削機を開発しているが、今後は試験は試験や研究を重ねながら、このアーム式水中掘削機の実用化に進みたいと考えている。

最後に開発の過程で助言、指導を載いた各位に謝意を表して報告を終る。