

3. 小口径泥水推進による玉石混り 滞水砂礫層の掘進

—玉石破碎小口径泥水推進“国土BS350”—

日本国土開発(株) 和田航一

1. まえがき

玉石混り滞水砂礫層における小口径推進工事の施工では、切羽の掘削、土砂の搬送に困難な真が多い。シールドの回転するカッタは、地山をゆるめずに玉石を含む土砂を取り込み、シールドを前進させる必要がある。小口径の泥水推進工法では内径100mmの排泥管内を泥水搬送するために、礫は、30mm以下に破碎する必要がある。

ここで紹介する国土小口径BS350では、カッタ前面のローラビットで玉石を破碎し、次にカッタドラムに内蔵されたロータリビットクラツシャで礫を30mm以下に二次破碎し搬送する。

現在、最大礫径500mmの玉石混り礫層で、ヒューム管内径1100mm以上の推進工事が施工可能である。

2. 工法概要

泥水推進機のカッタの正面に配置された直径300mmのローラビットは地山をゆるめずに切羽の玉石を1次破碎する。ここで重要なことは、切羽崩れへの始点となりやすいカッタ外周部でローラビットの機能を有効に活用することである。従来のテイスカッタはローラビットに比べて破碎力が低く、地山をゆるめやすい。刃先の欠け、磨耗が早く、破碎力はますます低下する。

シールドの運転不能の中で致命的なカッタ回転不能は、多くの場合、切羽のゆるみ範囲が広がって、過大な土圧でカッタ面にマサツブレキがかかることによるもので、地山の玉石をかみ込んで起ることは少ない。

ローラビットは切羽全面に60mmピッチの同心円軌跡で運動し、玉石を1次破碎する。カッタスリット中は150~200mmで、破碎された大割の礫を速かにカッタ内に取込む。スリットの配置は運動量の少ないカッタ中心部分にも配置し、切羽正面での無駄な抵抗をかき乱れを少なくする。

ローラビットはギヤー形より円盤形の方が、又直径は大きい方が破碎力、耐久性とも優れている。2次破碎のクラツシャは、カッタドラム内に内蔵されていることが必要である。2次クラツシャの破碎礫は、小口径の排泥管内で閉塞を起さないためにも30mm以下で、偏平度の少ないことが必要で



カッタフェイス



国土小口径BS-350ロータリビット

ある。BSシリーズのクラツシャは、ロータリビットの回転で破碎するため、礫は偏平度の少ない立方体に近い粒形であり、粘性土が少量に混入

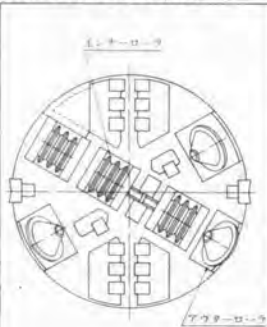
しても、クラッシュヤ内で閉塞することは無い。

排泥回路での閉塞は、切羽水圧の急変動を発生させ、又閉塞解除のための循環水の停止も切羽の水圧バランスに変化を与え、切羽崩れやカッタ回転不能を誘起する。カッタ回転不能を経験するたびに、カッタトルクの増大を要求することが続き、最近ではトルク係数が2.0を超える振動機が多い。至石を含む地山でも、切羽の切削(テス、ローラビット等の)に必要なトルクは意外に小さいものであり、必要トルクの大部分は地山との反撥力であり、ゆよみはんいが大きくなると莫大な大きめのブレーキ力となり、カッタの回転を止めてしまう。このことから、いたずらにカッタトルクの増大を計ることなく、地山をゆよめにくいかッタの形状を選ぶべきである。カッタトルクの計算書で必要トルクと装備トルク差(余裕)が大きく示されていることで安心してはならない。カッタの無負荷時、機内で消費される支持部、各シール部、動力伝達部で消費されるトルクは意外に大きく、これを見落している計算書が多い。工場試運転時の無負荷時の油圧圧力、電流値と計算書と照合して見ればこの誤りがわかる。又、カッタの反撥を抑えられるあまり、いたずらに抵抗の大きい仕様



き補助ピットや、ゲージカッタ、表面硬化肉盛をしてトルクの無駄使いと切羽の崩れを防止を行うことは良くない。

機構図(推進管内径φ1,200mm)



3. BS350の持長
至石混り滞水砂碇河において必要な性能を具現化したのが右に示す国土小口径BS350及びその他のBSシリーズの掘削機である。

昭和54年にBS500を完成し、仕上内径1650mmのシールドを施工し、次に小口径用として-

シールド(推進用)

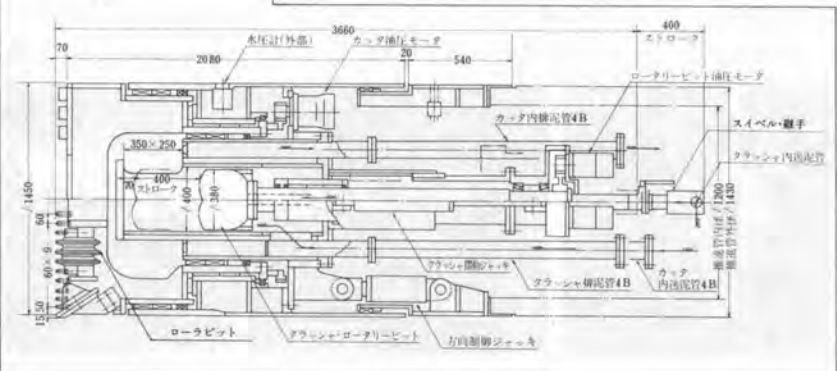
名称	数量	単位	元
シールド本体	φ1,450mm×2,080mm 全長4,060mm		
適用推進管	内径1,200mm外径1,430mm		
方向制御ジャッキ	45t×100mm ² st×4本		
パワーユニット	2.2kW・400V×1台		

カッタ

名称	数量	単位	元
カッタヘッド	トルク 7.5t-m(最大) トルク係数 α=2.46 回転数 0~2.1rpm		
ローラビット	インナーローラ 3コ アウターローラ 3コ		
パワーユニット	15.0kW・400V×1台		

クラッシュヤ(機内)

名称	数量	単位	元
クラッシュヤ本体	形 式 国土小口径BS-350ロータリービットクラッシュヤ 破 砕 室 内径400mm×470mm, 0.059m ³		
ロータリービット	形 式 3カッタビット 1434° トルク 1.5t-m 回転数 0~50rpm 推進力×ストローク 23t×400mm 推進速度 178min/min(max)		
パワーユニット	ビット回転系 22kW・400V×3台 ビット推進系 3.7kW・400V×1台		



開発した。

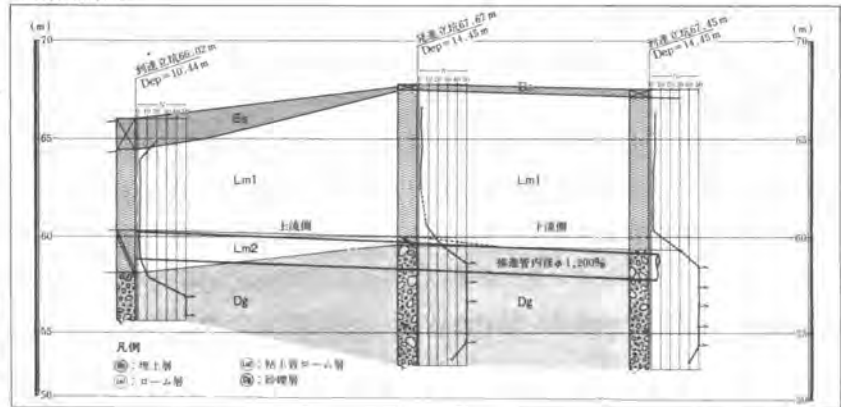
シールドカフ正面には最外周から中央部まで、60mmピッチで2列の外径300mmロービットが配置され、スリットは最大中200mmとし中央部にも可能な限り設けた。掘削、破碎の主役は、ロービットであり、テーヌは、すりの取込を助けるために、ロービットより30mm後退させた位置にある。

2次破碎の機内クラッシュヤは、口径の小さなカフ支持部内を最大に利用するために、円筒形のクラッシュヤシリンダを持つ。クラッシュヤシリンダの前部に350×250mmの開口部があり、カフ内羽根でかき上げられた大割された玉石(カフスリット200mmを通過)が投入される。

シリンダ内では大型のトリコンビットが回転しながら往復運動を行い、シリンダボトムとの間の隙を破碎する。このロータリービットの歯のすま間は30mmに作られているため、30mm以下に破碎された砾はバシリンダ後部から排泥回路に排出される。

過剰な細粒に破碎されるのを防ぐためと処理能力を向上させるため、排泥水回路から特殊分流弁で除塵された泥水がスィベルジョイントを通過してシリンダ内に噴出する。カフドラム内に入って来た30mm以下のすりは丸れのスクリーンを通過して排泥回路に合流する。

地質断面図



4. 施工実績

BS350を組み込んだBS350-1200(ヒューム管径200mm用)は右の図の条件の工事に使用された。

砂砾層には、1^m中に30cm級の大きな玉石が平均2ヶほど存在し、粘着崩壊しやすい粘性土部分があった。

工事概要

工事名/小平市花小金井西幹線管渠築造工事
場所/東京都小平市花小金井
発注者/東京都新都市建設公社
工期/昭和58年5月～昭和59年1月
工事内容/推進管径φ1,200mm
推進延長 267.3m
上流側 136.9m
下流側 130.4m
土盛り 6～8m
発達立坑 1基(両発達)
到達立坑 1基

地質/武蔵野礫層

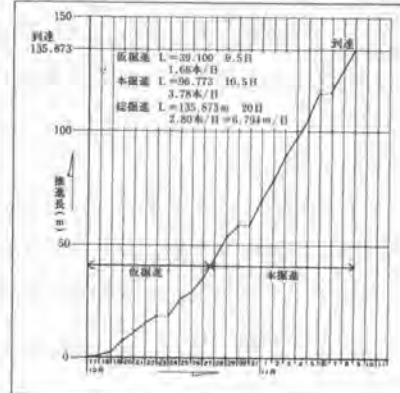
最大礫径 300mm
N値 30～50
透水係数 $K = 1 \times 10^{-2}$ cm/sec
礫分 56.5% 砂分 22.5%
シルト分 11% 粘土分 10%
因東ローム層
N値 2～3
一軸圧縮強度 $q_u = 1.4$ kg/cm²
粘着力 $C = 0.7$ kg/cm²
含水比 $W = 110\%$
砂分 6% シルト分 28.5%
粘土分 65.5%

施工進捗実績は右の図に示す通り、安定した推進能力を示し、本推進平均3.78本/日の実績を示した。この間、問題となるカット回転不能、排泥管路閉塞は無かった。管の敷設精度は上下、左右の蛇行とも30mm以内で、方向制御も容易であった。シールドの推進速度は20~30mm/分と安定していた。

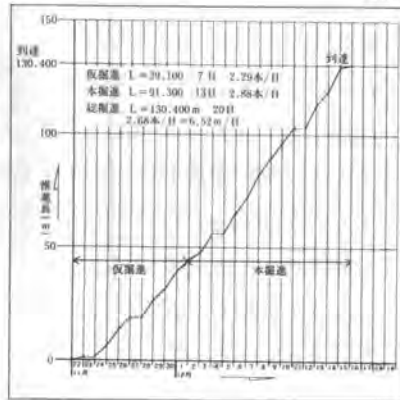
泥水推進工法では、他工法に比べて泥水処理装置のための広い用地が必要とされてきたが、今回BS350掘削と同時に汎用機器を使用しながら、振動脱水ふるい、サイロン7イルタープレスまで含む装置を立体的に配置して10m×30m、300m²にす技術を開発した。

施工実績

上流側



下流側



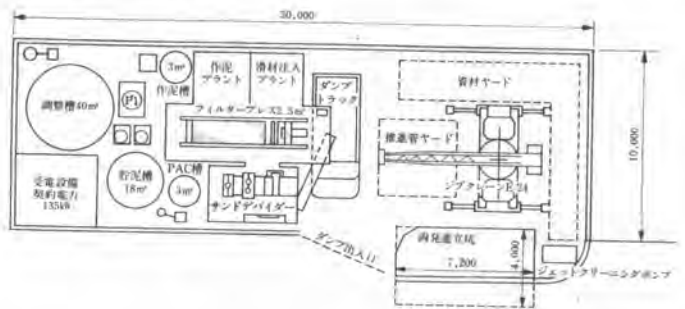
5. 今後の課題

小口径ながら、大きな玉石礫層を計画通り、安定した推進ができたことで、十分な実用性が実証されたが、今後、より使いやすく、施工コストを下げるために、後継ユニットのコンパクト化、レーザー自動測量、自動方向制御システム、坑内無人化運搬等の改良を続けたい。

6. あとがき

最近の土木技術の中で、シールド(含推進)工法ほど、実施工の中で失敗と改良、試行錯誤を繰り返して来た工法は少ないのではあるまいか。特に玉石混り砂礫層では発注側、施工側で払った努力は大きい。本工法の成功に協力、評価下さった各方面の方々に厚く感謝する次第である。

両発進立坑基地平面図



国土BSシリーズ・ロータリークラッシャ

仕様	形式	BS-500	BS-250
破砕室		0.19m ² ・φ630mm×620mm	0.06m ² ・φ400mm×470mm
破砕込ロ		500mm×500mm	350mm×250mm
ロータリービット		φ610mm (24)	φ380mm (14 $\frac{3}{4}$)
トルク・回転数		2.0t・m・0~36rpm	1.5t・m・0~50rpm
押付力・ストローク		53.2t・600mms	23t・400mms
パワーユニット		55kW×2・5.5kW・11kW	22kW×3・3.7kW
仕上内径	シールド	φ1500・標準下水道	φ1350・標準下水道
(最小)	推進	φ1650・下水道規格	φ1100・下水道規格