

第 3 編 シールド

第 1 章 形式と構成

3.1.1 シールドの形式と選定

シールドはその施工区間の地山の条件、工期、施工延長、地表の状況、トンネルの線形、およびその使用目的、等の諸条件はもちろんのこと、掘さく方法や、覆工方式、等の施工性も考慮し、安全で、かつ、経済的に施工できる形式のものを選定しなければならない。

【解説】 シールドが遭遇する諸条件、すなわち、地山の条件、地上の状況、線形、等はますます複雑多岐にわたっている。したがって、これに十分適応した形式のシールド、および付属設備を選定、計画することは最も重要なことである。なお、シールドの選択にあたっては、1.3.5 を参照のこと。

1) 断面形状について 1.3.1 参照のこと。

2) 掘さく方式について 大きくわけて手掘りと機械掘りとに分類される、機械掘りとは切羽面に密着したカッターヘッドを回転または揺動して掘さくする方式で、地山を連続的に掘さくし、そのずりを連続的にシールド後方に運搬排出できるような機能をもつものをいい、これ以外のものを手掘りという。手掘りシールドのうち、地山の掘さくに油圧ショベルのような動力機械を用いる場合は、半機械掘り方式、つるはし、ピック、等を用いる場合は、人力方式と区別する。

3) シールド前面の開放、閉そくについて シールド後方へ排出される土量と切羽前面の設計土量との比を排土率という。地盤の状態が悪い場合には、シールド内への流入が多くなり、排土率が100%を越えることがある。このような場合、地山をゆるめ崩壊、陥没等の事故を起こす可能性が増加する。また鋭敏比の高い粘土、シルトでも、シールドが接近通過することによって土の性質が大きく変わり同様な結果となることがある。そこで、この排土率を地盤への影響が現われない限度内に押えるため、切羽面と、シールド作業室との間に隔壁を設け、土砂の流入を制限した形式のシールドを閉そく形 (Closed or Blind Type) と称し、そうでないものを開放形 (Open Type) と称する。一般に、砂地盤に対しては閉そく形シールドは、使用不可能といわれている。

また、特別な形式の前面開放形シールドで、湧水のない箇所を砂質に適するものとして

その土質固有の安息角を考慮に入れて、適切な寸法の数段の水平台をもつ形式の棚式シールドがある（第4編 解説 図19 参照）。

4) 圧気および泥水加圧方式について シールドは元来軟弱地盤や帯水地帯中で施工するため考案されたものであり、その施工例のほとんど（80%以上）が圧気併用方式である。圧気を行なうにはバルクヘッドが必要となるが、この設置位置によって、全体圧気方式と限定圧気方式（または前面圧気方式）に分類される。

また、限定圧気方式に類似の方式として、切羽に泥水を封入して山留を行なう泥水加圧方式も開発され、実用化の段階にある。

圧気の最終目的が地山の安定であるから、限定圧気は効果的である。しかし、この方式にも土質によって適・不適があり、シールド機械の構造にも問題点が多い。逆に、全体圧気方式では、装置は簡単であるが、作業場全体が圧気につつまれているため作業能率が著しく低下することはまぬかれない。ただし、この方式の利点の一つは、覆工セグメントからの漏水が圧気により、押えられるので防水工に対して有利である。

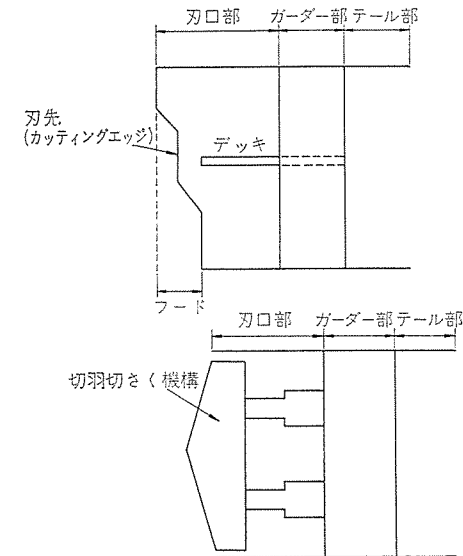
5) 掘さく土砂の搬出方式について シールド前面で掘さくした土砂は、ベルトコンベヤ、シュート、その他の方法によってシールド後方に搬出される。このほか、泥水加圧シールドにおけるように、土砂と水を混合してポンプで地上に流送する方法もある。

3.1.2 シールドの構成

シールドは、その内部を保護する鋼殻部分と、その保護下において各種作業を行なうための作業空間、および内部機器類よりなる。これらのものは、その機能が十分発揮できるよう構成しなければならない。

【解説】 鋼殻部分の構成は、解説 図12 に示すように、切羽側より、刃口部、ガーダー部、テール部の3つの部分に区別される。

刃口部には、掘さく、山留機能を有し、切羽ジャッキ（機械掘りシールドにあっては、切羽切さく機構）を装置する。ガーダー部には、シールドジャッキが格納されており、おもに推進操作を行なう場所として利用される。テール部には、エレクターを備え、おもに覆工作業が行なわれる。



解説 図12

第2章 設計の基本

3.2.1 荷重

シールドの設計にあたっては、次の荷重を考慮する。

- (1) 土圧
- (2) 水圧
- (3) 自重
- (4) 上載荷重の影響
- (5) 変向荷重
- (6) ジャッキ反力
- (7) その他

【解説】 シールド工法において、これに使用するシールドの設計にあたっては、細心の注意を払わなければならない。

(1) 土圧について シールドにかかる荷重のうち、最も大きな要素を占める土圧は、セグメントのように長年にわたって作用する土圧として扱う必要はない。シールドの土かぶりが、その外径に比して小さい場合には、鉛直土圧としては、土かぶり重量が加わるものとすべきであるが、土かぶりが大きい場合には、掘さく初期の地山のフーチング効果を期待しうるから、シールドに加わる土圧は土のゆるみ高さを考えて計算したものでよい。ゆるみ高さを求めるには、一般にテルツァギの式などが用いられている。

双設間距離が小さくて、相前後して掘さくする場合、後発シールドに対しては偏土圧を考慮する必要がある。

側方土圧については 2.4.2 に準ずる。

(2) 水圧について 圧気併用のシールドでは、状況に応じて水圧を考慮する必要がある (2.4.3 参照)。

(3) 自重について 2.4.4 参照のこと。

(4) 上載荷重の影響について 2.4.5 参照のこと。

(5) 変向荷重について シールドが曲進する際には、地盤反力にもとづく変向荷重を受ける。

(6) ジャッキ反力について ジャッキ反力は、土留反力と推進反力よりなり、鋼殻の補強材であるガーダー、柱およびデッキ、等にかかる力である。

3.2.2 構造設計

構造設計にあたっては、シールド各部について、それぞれの荷重に対して安全となるよう設計しなければならない。特に、刃口部先端とテール部後端は、損傷しやすいので、細部構造に十分な配慮をしなければならない。

【解説】 シールドの設計にあたっては、断面力の最大値が全周にわたって作用するものとするのが普通である。シールドの鋼殻はその構造上原則としてシールドにかかる全外圧を、ガーダー部で受けもたせるよう考えるのが通例である。刃口部は、普通、箱形補強材を用いて補強されているので、ガーダー部端を固定としたトンネル軸方向の片持ばりとして設計するのが普通である。閉そく形シールドにあっては、隔壁その他が刃口部の補強材として働くから、このことも考慮に入れてよい。テール部はリング構造として設計するのが普通であるが、テール部一端は極度に剛性の高いガーダー部に固定されているので一端固定の円筒角として扱うのが望ましい。

刃口部およびテール部は、内部の保護という点からは長いほうがよいが、その役割りおよび構成上、補強材の設計がむずかしく、シールドにおける最大の弱点となっている。も

し、屈曲したり損傷を生じた場合、修理が非常に困難であるから、設計にあたっては十分注意を要する。

構造設計に用いる各部材の許容応力度は 2.3.1 による。

ただし、責任技術者の判断により設計に用いる荷重との関連において許容応力度を割り増しすることができる。

細部については、3.3.1~3.3.7 を参照のこと。

3.2.3 シールドの重量

シールドの設計が完了すれば、ただちに、その重量を算出しておかなくてはならない。

【解説】 シールドの重量は、シールド工法の施工上かなりの比重をもつが、大型になるほど分割、輸送、立て坑への吊込み等の計画上、最も必要な条件となるし、軟弱地盤中にシールドを推進する場合には、その運転性能に対してシールド重量の与える影響は少なからぬものがある。シールドの重量を算出するには、次の各部に分類して計算するのが一般的である。

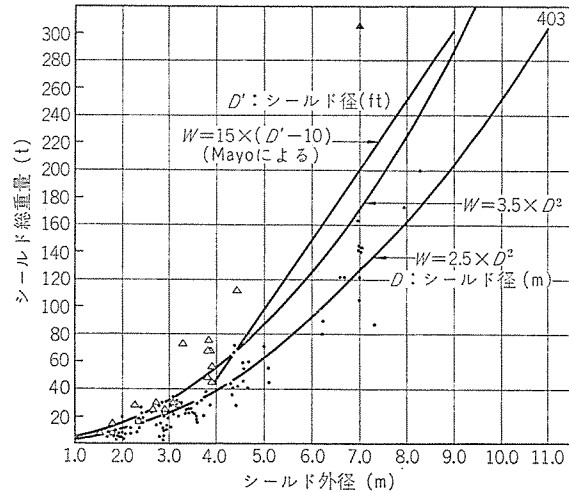
- | | |
|---------------|----------------------|
| a) シールドセル | スキンプレート、ガーダー、補強リブ |
| b) 補強材 | 柱、デッキ |
| c) ジャッキ | 切羽ジャッキ、シールドジャッキ |
| d) エレクター | |
| e) 切羽切さく機構 | 機械掘りシールドの場合 |
| f) パワーユニット・配管 | 油圧ポンプ配管類 油タンク (満タン時) |

上記 a)~e) の重量を合計したシールドの総重量は、「わが国シールド工法の実施例・第1集」によると、ほぼ次の式で表わされる。

$$\text{手掘り式シールドの場合} \quad W \approx 2.5 D^2$$

$$\text{機械掘りシールドの場合} \quad W \approx 3.5 D^2$$

$$\text{ここに、} D: \text{シールドの外径 (m)} \quad W: \text{総重量 (t)}$$



解説 図 13 シールド外径とシールド総重量との関係

第 3 章 シールド本体

3.3.1 シールドの長さ

シールド本体の長さは、刃口部、ガーダー部、テール部の長さの三要素からなり、土質に適合し、かつ運転操作の容易さ、等を考慮して決定しなければならない。

【解説】 シールドの長さは（解説 図 12 参照）、原則的には次のように示される。

$$l = l_c + l_g + l_t$$

ここに、 l : シールドの長さ（テール端からフード先端までの長さをいう）

l_c : 刃口部の長さ（フード部の長さ、作業室の広さにより決まる）

l_g : ガーダー部の長さ（シールド ジャッキの長さにより決まる）

l_t : テール部の長さ（セグメントの幅により決まる）

シールドの長さを決定するにあたり、最も注意しなければならないのはその外径とのバランスで、運転操作面からは、できるだけ短いことが望ましい。

一般に円形シールドの長さは、「わが国シールド工法の実施例・第1集」によれば次の

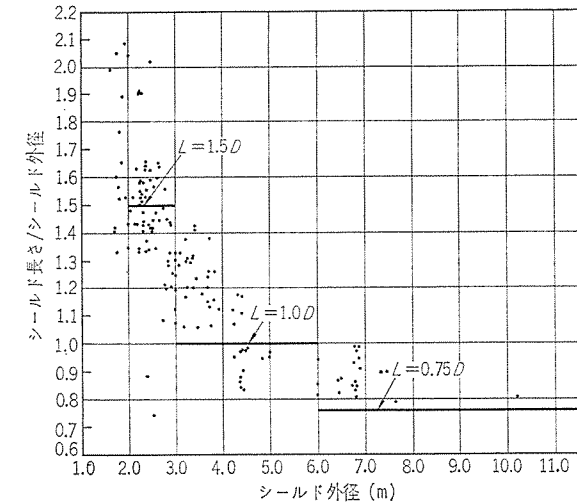
ようになっている。

直径 12 m～6 m $l \approx 0.75 D$

直径 6 m～3 m $l \approx 1.0 D$

直径 3 m～2 m $l \approx 1.5 D$

ここに、 D : シールドの外径 (m)



解説 図 14 シールド外径と長さとの関係

3.3.2 シールドの外径

(1) シールドの外径はトンネルの内空、覆工厚、テール クリヤランスおよびテール厚を考慮して決めなければならない。

(2) テール クリヤランスは、セグメントの形状寸法、トンネルの線形、テール パッキング、等を考慮して決定する。

【解説】 (1) について 覆工厚とは、セグメントと二次覆工両者の合計厚であり、2.1.4 および 2.6.1 を参照のこと。

テール クリヤランスとは、テール内面とセグメント外縁間の間げきをいう。

テール厚については、3.3.6 の (2) 参照のこと。

なお、拡径式のセグメントについては、テール クリアランスとテール厚は、シールドの

外径を決める要素とならないから、特に注意しなければならない。

シールドの外径を式で表わせれば次のようになる。

$$D=d+2(x+t)$$

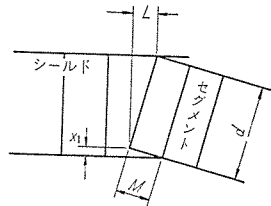
ここに、 d : セグメントリングの外径

x : テール クリヤランス

t : テールのスキンプレート厚

(2) について シールドのテール クリヤランスは、「わが国シールド工法の実施例・第1集」によれば一般的には、セグメント外径の0.8%程度となっている。セグメントの形状寸法により決まる要素とは、組立てのために必要な余裕でその形状により異なる。

トンネルの線形により決まる要素とは、シールドの曲線区間の施工および蛇行修正時に必要な余裕で、一般には、次のように表わされる。



$$x_1 = \frac{ML}{d}$$

ここに、 M : テールとセグメントの重なり長さ

L : 最大リード長

d : セグメントリング外径

解説 図 15

シールドが推進したのちは、テール クリヤランスとスキンプレートの厚みとの和は、そのままテール ボイドとして残る。もしこれが大きすぎるとテール通過後トンネル周辺の地山がゆるむ危険性が増し障害を生ずるおそれがあるので、クリヤランスの寸法については十分検討しなければならない(4.3.6 参照のこと)。

3.3.3 作業用スペース

シールドの作業用スペースは、安全で能率よく作業ができるよう、その広さを決定しなければならない。

【解説】 作業用スペースとは、手掘りシールドの刃口部およびガーダー部においてスキンプレートの保護のもとに安全に掘さく、運転作業を行ないうる空間のことで、フードの長さを決めるうえで重要な要素となり、機械掘りシールドにあっては、切羽切さく機構の格納部および運転操作部となる。作業用スペースの設計にあたっては、土質に応じた掘さく順序および方法と、使用する山留ジャッキの配置とをあわせ考え、これを決定する必

要がある(3.3.5 および 3.3.7 参照)。

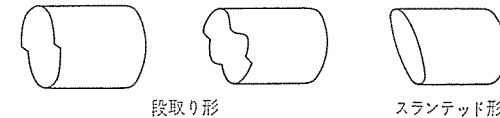
3.3.4 刃口部

(1) 刃口部の形状、寸法は掘進地山の土質によって決めなければならない。

(2) シールドの刃先は、土質、スキンプレートの板厚、等を考慮して、推進時に地山に貫入しやすい構造としなければならない。

【解説】 (1) について 刃口部は、切羽の安定を保ち、作業用スペースの安全をはかるものであり、刃口部には、その頂部に突出したひさし状のフードをもつ場合もあり、その要否形状は、地山の条件により決められる。フードが長すぎると、シールド推進時、地山の抵抗のためバランスを失い蛇行の原因ともなり、さらに、推力を増大させることもあり、また構造上の弱点ともなりやすい。土質によって長いフードを必要とする場合には、固定フードのかわりに、ジャッキにより伸縮できるムーバブルフードをつけ加えたものもある。ムーバブルフードは、普通岩石トンネルにおける縫地に相当するものであるから、シールド推進時には特別な管理が必要である。

固定フードの形状は、解説 図 16 のように、一般に段切り形のものが多く、円筒を斜めに切った、いわゆる、スランテッド タイプのものもある。



解説 図 16

フードの長さは、普通 300~1000 mm とされているが、さらに、ムーバブル フードをもつ場合は、ジャッキ ストロークだけ前方にのぼすことができる。

(2) について シールドの刃先は、先端部をナイフ状に加工し、補強リブには勾配をつける。土質によっては刃先にティースを設ける場合もある。刃先は、その摩耗を防ぐために適切な材質のものを選ばなければならない。

3.3.5 ガーダー部

ガーダーの間隔は、シールド ジャッキの長さを考慮して決定するが、またガーダー部は、十分な剛性をもつ構造としなければならない。

【解説】 ガーダー部は、刃口部とテール部を結び、シールド全体の構造を保持するもので、シールド構造上重要な部分である。ガーダー部は、一般にリング状の2枚またはそれ以上の腹板をもつ構造とする。外縁側フランジは、スキンプレートをもってこれにあてゐる。なお、腹板にはさまれた部分のスキンプレートは、両腹板を連結するスティフナーによって固定されている。ガーダー部は、その内空部分にシールド ジャッキを格納し、その推進力をスキンプレートに伝達する。したがって、腹板の間隔は、最少限ジャッキシリンダーを固定する長さが必要である。ガーダー部は、シールドにかかる全荷重をうけもつ骨格となるものであり、また、刃口部とテール部は、ともにガーダー部が十分な剛性あるものと仮定して設計されているので、ガーダー部の設計にあたっては、十分注意を要する(3.2.2 参照のこと)。

3.3.6 テール部

(1) テールの長さは、おもにセグメントの幅をもとにして決定しなければならない。

(2) テールの板厚の決定に際しては、変形に対して検討することが望ましい。

【解説】 (1) について テールの長さは、最少限セグメントの組立てができるだけあればよいが、セグメント組立て後、これが破損した場合の取換え、シールドジャッキの修理およびトンネル曲線施工、等を考慮し、若干の余裕をもってその長さを決定する。テールの長さは一般に次式により表わされる。

$$l_T = kB + l_S + C$$

ここに、 l_T : テールの長さ

k : 係数 1.0~2.0 (セグメントの材質、構造による)

B : セグメントの幅

l_S : シールド ジャッキのスプレッダーの厚さ

C : 余裕

やむを得ずシールドの全長が外径に比して長くなった場合には、蛇行修正、曲線施工のために、その操向性を高める方法として、ガーダー部とテール部との取り付けを可動ヒンジ構造として、ガーダー部より前部とテール部が別個の軌跡を描いて推進できる形式のものもある。

(2) について テールの板厚は、できるだけ薄いほうが望ましい。

3.3.7 柱、デッキ

柱およびデッキは、作業スペースを保持し、リングガーダーを補強するとともに、山留ジャッキの反力受けとしても安全であるよう考慮する必要がある。

【解説】 柱およびデッキは、普通ガーダー部に取り付けられ、H形、I形、十字形、井桁形、等、各種の形に組まれて間仕切りを形成し、山留ジャッキの包蔵部、配管および機器の保持、ずり棚、等に使用されるとともに、リングガーダーの補強となる。間仕切りの大きさは一般に幅1.2m以上、高さ1.8m内外が望ましいとされている。その決定にあたっては、山留、掘さく土砂の処理、等も十分考慮する必要がある。

柱は、ガーダーの変形を防止するために生ずる軸方向力、山留ジャッキの反力による曲げモーメントの合成応力に耐えるよう計算すべきである。一方、デッキは作業台として掘さく土砂、作業員、排土装置、エレクター、等の荷重をうけるが、柱の補強ばりともなる。

第4章 推進機構

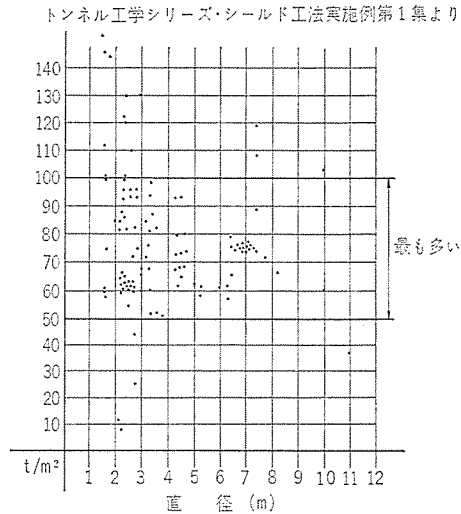
3.4.1 総推進力

シールドの総推進力は、推進諸抵抗の総和に余裕を考慮して決めなければならない。

【解説】 シールドの推進抵抗は次の要素からなる。

- シールド外周と土との摩擦抵抗(あるいは、粘着抵抗)または、せん断抵抗。
- 推進にともなう、刃先先端の貫入抵抗。
- 切羽の山留抵抗(機械掘りシールドでは、カッターヘッドにかかる推進抵抗)。
- 変向抵抗(曲線施工、蛇行修正、変向のためのスタビライザー、フラップの抵抗など)。
- 前面圧気を使用するシールドでは、その圧気抵抗。

以上の各要素を勘案し、必要な余裕を考慮して決めなければならないが、総推進力は普通シールド掘さく断面単位面積あたり、50~100 t/m²の範囲にあることが多い(解説 図17 参照)。



解説 図 17 シールド ジャッキ容量分布図

3.4.2 シールド ジャッキの選定と配置

シールド ジャッキの選定とその配置は、シールドの操向性とセグメントの組立ての施工性、等を考慮して定めるものとする。

【解説】 シールド ジャッキの選定、配置にあたっては、次の事項に注意しなければならない。

- 1) ジャッキには高油圧を使用し、つとめて、コンパクトな構造であることが望ましい。現状では、使用する油圧ポンプ、バルブ配管類、等の関係から 300~400 kg/cm² が使用されている。
- 2) ジャッキ類は、できるだけ軽量で、保守、交換が容易であることが望ましい。
- 3) ジャッキは、シールドスキンプレート内側に近接して等間隔に配置しセグメント全周に均等荷重を与えられるように配慮すること。なお土質その他の条件によっては、不等間隔に配置することもある。
- 4) ジャッキは、推進軸がシールド軸線に並行となるよう装備しなければならない。
- 5) シールド ジャッキをシールド軸方向に沿って、ステップ配置とすることがある。その目的とするところは、掘進能率向上のため連続推進するとか、セグメントの構造上その

組立てを考慮したものである。

- 6) シールド ジャッキは、その転用性を十分考え選択すべきである。

3.4.3 シールド ジャッキのストローク

シールド ジャッキのストロークは、セグメント幅に所要の余裕長を加えたものでなければならない。

【解説】 余裕長は、セグメントをシールドテール内で組み立てる場合に必要のものであり、さらに、シールドの曲線施工に対しても十分な長さでなければならない。一般的にシールド ジャッキのストロークは、セグメントの幅に 100~150 mm を加えた長さとする場合が多い。剛性にとぼしい鋼製のセグメント等のような場合には、さらに、大きい余裕を考慮しなければならない。

3.4.4 スプレッダー

シールド ジャッキのピストンロッド先端には、スプレッダーを設けなければならない。

【解説】 1) シールド ジャッキのスプレッダーは、セグメントの端面に均等に推力を分布する構造でなければならない。

2) セグメントに偏心推力を作用させないため、スプレッダー中心をジャッキ中心線から偏心させることもある。

3) ジャッキ推力をセグメントに均等に伝達するため、プレスリングを使用することがあるが、その構造には十分注意しなければならない。

3.4.5 シールド ジャッキの作動速度

シールド ジャッキの作動速度は、地質およびシールドの形式に応じた設計とするものとする。

【解説】 1) 手掘り式シールドでは、シールド ジャッキの作動速度は、普通全装備ジャッキを使用した場合、60~100 mm/min 程度である。

2) 回転式機械掘きくシールドでは、土質に応じ、その切込み深さを加減できるよう設計することが望ましい。

3) ブラインド式、棚式シールドについても、その作動速度は調節できる構造であることが望ましい。

第5章 山留機構

3.5.1 山留機構の選定

山留機構は、遭遇する地山の条件により、これに適合したものを選定しなければならない。

【解 説】 山留機構は、切羽ジャッキ類を用いる方法と、その他の方法がある。

1) ジャッキ類を用いる方法

① コラム ジャッキとフェース ジャッキは、角材、板または鋼材と併用して、切羽鏡面の山押えをする。

② ハーフムーン ジャッキは、くし形厚板または鋼板など組み合わせ、切羽鏡面上部をおさえる。

③ ムーブブル フードは、鋼材と組み合わせ、切羽アーチ部の地山を支持する(3.3.4 解説(1)参照)。

④ ポアボーリングは、刃先を有する鋼材をジャッキにより圧入するもので、数個のプレートで切羽アーチ部を支持する。

2) その他の方法

① 棚式シールドでは土の安息角によりその高さを決め、数段の棚を作り山留をするもので、主として、湧水のない砂層に多く用いられる。

② 前面閉そくによる山留は地盤が非常に軟弱で閉そく推進が可能な土質の場合に用いられる。

回転式機械掘りシールドでは、カッターヘッドが山留の役目をする。ただし、土質によっては、カッターヘッドに大きい土圧を受けないようシールドの前面に、水または泥水あるいは、圧気を封入して山留の補助とすることがある。

3.5.2 山留機構の機能

山留機構の機能は、掘さく中または、掘さく後に発生する地山の変位を拘束できるものでなければならない。

【解 説】 山留機構は、切羽地山の崩壊および押し出し変位を防止するもので、地山に対

してあくまで受動的なものでなければならない。したがって、切羽の静止または、主動土圧と均衡するように調整され、かつ、シールド推進に追従する機能をもち、いかなる場合でも地山をゆるめないような十分な機能を備えなければならない。もしこの均衡がくずれた場合、切羽鏡面を荒らすこととなるので、その構造には十分注意を要する。山留ジャッキ類の設計総推力は、「わが国シールド工法の実施例・第1集」によると、切羽単位面積あたり10~20 t/m² であることが多い。

3.5.3 切羽ジャッキの配置

切羽ジャッキは、土質に適合した掘さく順序図にもとづき、作業性を考慮して、その配置を決めなければならない。

【解 説】 ジャッキ類の配置は、掘さく順序図に従い、横断面の配置と縦断面方向のCutting エッジとの関連位置により決められる。手掘りシールドにおいては、原則として先掘り掘進は好ましいことではない。しかし、硬い地山で刃先の貫入抵抗が著しく大きい場合やむを得ず先掘り掘進が行なわれる。このような場合、切羽天端に崩壊を起こさないよう十分な配慮が必要であり、普通ハーフムーン ジャッキ、または、ムーバブルフード等の配置が考えられる。土質が非常に軟弱な場合フード先端から奥には先掘りせず、掘さくは、もっぱらフード内で行なわれる。このように土質に応じた掘さく方式によって山留ジャッキのシールド縦断方向の位置が決められる。他の要素として切羽の安定を計るため、安息角を利用した傾斜面をもつ場合、または、ステージ カット方式を採用する場合、ジャッキを斜め配置としたり、階段状配置とすることもある。直径の大きいシールドでは、ほとんどこれらの方式が採用されている。シールド横断方向の配置にあたっては、特に、刃口部周辺部は、地山応力が大きく、崩壊しやすいので、その配置には十分注意を払うべきである。山留ジャッキの1本の推力は、土質と、そのジャッキが負担する山留の面積によって異なるが、一般に 10~50 t が多い。なお、ジャッキの取付けはピストンを固定するのが望ましい。

3.5.4 切羽ジャッキのストローク

切羽ジャッキのストロークは、掘さく方法により変わるが、一般的には、シールド ジャッキ のストロークと等しいか、または、それより大きくすべきである。

【解 説】 切羽ジャッキのストロークは、フードが地山に貫入する場合、切羽断面が圧

縮され、地山が部分的に破壊されたり、切羽に小崩壊を起こす場合も考慮して、一般的には、切羽ジャッキのストロークはシールドジャッキのストロークより、5~20%増しとすることが多い。

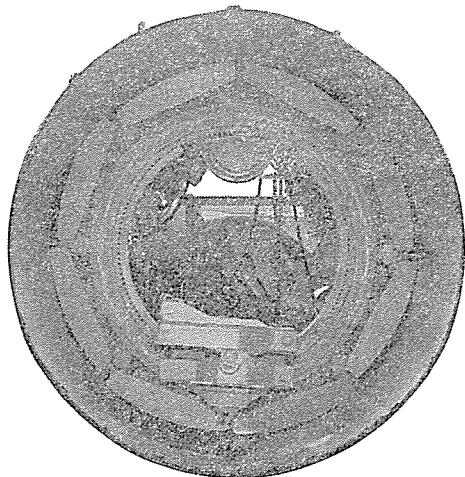
第6章 エレクター

3.6.1 エレクターの選定

エレクターは、セグメントを所定の形状に安全、かつ、迅速に組み立てる機械で、シールドの規模、セグメントの材質、構造、ずり処理の方法および作業サイクル、等を考慮のうえ選定しなければならない。

【解説】エレクターは、セグメント把握装置、アームの伸縮、アーム、またはグリップの前後動、アームの回転の4つの機能を備えていることが望ましい。動力源としては、「油圧式」、「電動式」、「手動式」、あるいは、これらのいずれかの組合せが使用されている。その種類としては、次のような形式のものがある。

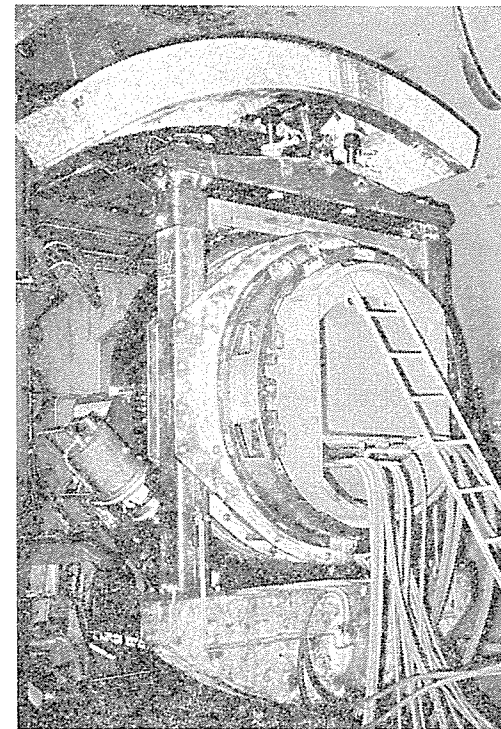
1) リング式 リングガード後部、またはシールドジャッキスプレッダー付近のテール部に設けた支持ローラに装架した中空円形リングに伸縮自在のアームを取りつけたも



解説 写真 1 (a) リング式

ので、リングの回転は、油圧モーター、または減速電動機により行ない、アームの伸縮は、油圧ジャッキによる形式のものである。この形式では作業面積が広くとれるし、ずり出しコンベヤの設置が容易で、セグメントの組立てと、ずり出しが併行してできる。

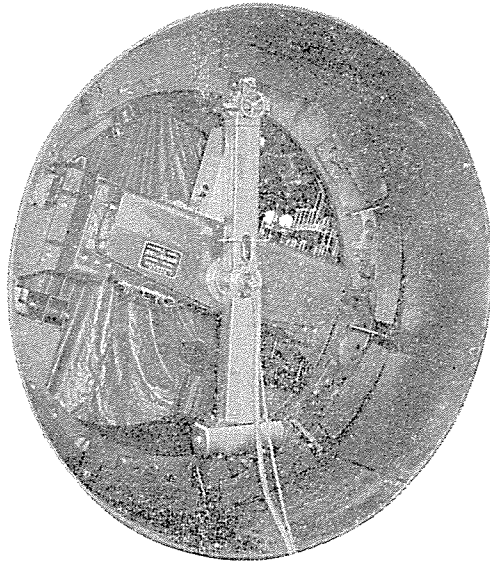
2) 中空軸式 回転軸が中空で、その中にずり出しコンベヤが装架できる構造で、回転は油圧モーター、または減速電動機で行ない、アームの伸縮は、油圧シリンダーによるか、ねじ、歯車、減速電動機の組合せによるような形式のものである。この形式では、上・中段のずり出しをセグメントの組立てと並行して行なうことができる。



解説 写真 1 (b) 中空軸式

3) ラックアンドピニオン式 アームの回転は、油圧シリンダーとラックアンドピニオンにより行ない、アームの伸縮は油圧シリンダーで行なう形式のものである。シールドの形式直径によっては1本アームにする場合と2本アームの場合がある。後者は、大口径のシールドやルーフシールドに多く用いられる。この形式では、構造が簡単で、ことに

2本アーム式では、アームの干渉しない部分にコンベヤの設置が可能である。

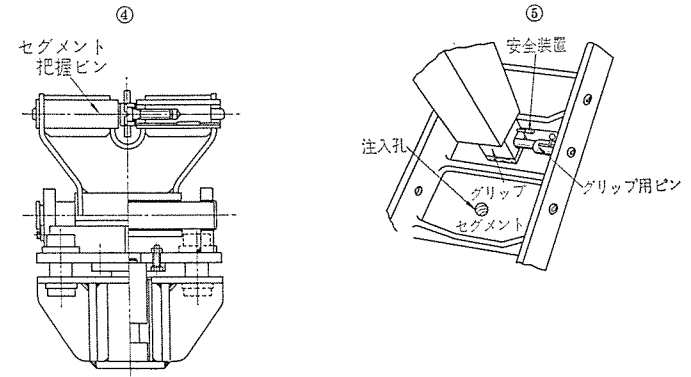
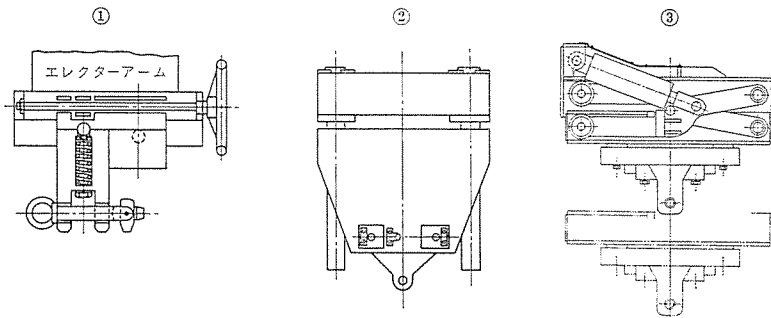


解説 写真 1 (c) ラック アンド ピニオン式

4) エレクターグリップ（セグメント把握装置） その機構は、セグメントの構造によって異なるが、その良否は、セグメントの組立て、能率に影響するので、この選択にあたっては、十分、注意を払わなければならない。

在来使用しているグリップには、解説 図 18 のようなものがあるが、その設計にあたっては、次の事項に注意しなければならない。

a) セグメントを安全、迅速に把握できること。



解説 図 18

b) 穴合せ、溝合せ等に便利で、容易な構造であること。たとえば、前後左右に移動、または傾斜する等の機能をもつ等。

c) つり上げたセグメントが、落下する等の事故に対する安全装置を完備すること。

解説 図 18 ① は手動ねじ式、② はガイドつき油圧シリンダー式、③ は折りたたみ油圧作動式、④ は手動しゅう動式、⑤ はコ型グリップとピン組合せ式、である。

3.6.2 エレクターの能力

エレクターの能力は、セグメントの種類、形状、重量および組立て順序、等を考慮して、その能力を定めなければならない。

【解説】 エレクターの能力は次の事項で表示される。

1) 押出し力 セグメント組立てにあたり、把握したセグメントを外方に押し出し、または、K型セグメントを圧入したり組み立て終ったセグメントを正しい形に直すための押出しに対する能力である。普通セグメントの最大ブロック重量の5倍以上の能力が望ましい。

2) 吊上げ力（または引込み力） 1リングのセグメントの最も重いブロックの重量の1.5～2倍とするのが通例である。

3) 回転力 エレクターアームがセグメントの最大ブロックを把握し、最大ストロークで容易に回転できるようにしなければならない。

4) 回転速度 回転速度は、普通セグメントの外周位置の周速で表示する（毎分の回転数も参考として示す）回転速度は、微速より高速まで連続的、あるいは段階的に制御できることが望ましいが、少なくとも高速、微速の二段階は必要である。この場合、高速では

250~400 mm/sec, 微速では 10~50 mm/sec 程度が望ましい。また、アームは任意の位置で完全にロックできる構造であることが望ましい。

5) アームの伸縮速度 油圧シリンダー,あるいは電動機,油圧モーターとねじの組合せ等の方法で半径方向に伸縮する速度で,普通 50~200 mm/sec 程度がよい。

6) アームの前後しゅう動距離 セグメントをトンネル軸方向に移動できる距離で,油圧ジャッキ,ねじ,等により行なわれる。このしゅう動装置には,二つの目的があり,その一つは,セグメントをつかんだり組立てたりすることを容易にすること,他の目的は,これから組み立てる一つ手前のセグメントが,なんらかの原因で破損してこれを取換える必要の起こる場合である。それぞれの用途に適した設計としなければならない。

3.6.3 セグメント組立て用補助機構

セグメントを正しく組み立てるため,補助機構を設けることが望ましい。

【解説】 セグメントを正しい位置に組み立てないと次に組み立てるセグメントの組立てが困難となる。正しく組み立てるための補助機構には次のような方法がある。

- 1) ジャッキまたはエレクターでセグメント天端を押し上げ中心部左右をターンバックルで結び,組立てボルトを緊結する方法。
- 2) シールドの支柱に油圧ジャッキを装備し,セグメント天端を押し上げ矯正する方法。
- 3) 油圧ジャッキをもった矯正台車を作り,これを使ってセグメントを矯正する方法。
- 4) 手動,または油圧ジャッキでシールドのテールとセグメント スキンとの間にくさびをそう入し,成形のうえボルトを緊結する方法。

第7章 油圧機構

3.7.1 油圧機器の選択

油圧機器の選択にあたっては,その使用条件を十分に考慮しなければならない。

【解説】 シールド用の油圧機器は,一般建設機械の場合と異なり,高圧大容量で,使用環境が極端に悪いので,その選択,設置計画にあたっては次の事項に十分注意をはらわなければならない。

- 1) 坑内は高温,多湿であり,また,圧気内で使用する場合が多く,作動油の中に水分

が混入しやすいので,油タンクの急冷を極力避けること,水分混入の有無を検査し,必要によりこれを排除する。

- 2) 土砂,粉じん,コンクリート,注入用薬液,等に対する防護。
- 3) シールドがローリングした場合を考慮し,ポンプのサクション位置に注意する。

3.7.2 油圧の選定

シールドに使用する機器の油圧は,その使用目的に適合するようこれを選定しなければならない。

【解説】 シールド ジャッキの油圧は,3.4.2 に従い,できるだけ高圧とすることが望ましい。切羽ジャッキでは,その使用条件から曲げを受け易いので,あまり油圧を高くしてシリンダーの直径を小さくすることは好ましくない。現状では,油圧機器部品の技術水準,経済性,保守管理の面から考え,

シールド ジャッキ	300~400 kg/cm ²
切羽ジャッキ (デッキジャッキを含む)	200~300 kg/cm ²
セグメント エレクター	70~200 kg/cm ²

程度のものが用いられている。

3.7.3 油圧ポンプの選択

油圧機器の作動に使用するポンプは,その機器に必要な油圧,速度,等に応じた形式のものを選択しなければならない。

【解説】 ジャッキ用として使用する高圧大容量の油圧ポンプは,効率のよいアキシア ルピストンポンプが多く用いられ,エレクターは使用圧力も低いので,ギヤーポンプ,ベーンポンプ,等が多く使用されている。小径のシールドでは,ジャッキ用の油圧ポンプでエレクター用を兼ねエレクターに対しては減圧して供給する。なお,油圧ポンプ類は,できるだけ複数台数とすることが望ましい。

3.7.4 油圧モーターの選択

油圧モーターは,必要なトルク回転数に応じて適切な形式のものを選択しなければならない。

【解説】 エレクターや機械掘りシールドのカッターヘッドの回転に使用する油圧モーターは、低速、高トルクで効率のよい、ラジアルピストン型、およびアキシアルピストン型が多く用いられているが、小容量のものにはベーン型、ギヤー型、等がある。

3.7.5 油圧ジャッキ

油圧ジャッキは、使用条件に適合するよう構造、強度、耐久性、等に十分考慮を払わなければならない。

【解説】 油圧ジャッキの種類には、シールド ジャッキ、コラム ジャッキ、フェース ジャッキ、ハーフムーン ジャッキ、フォワポーリング ジャッキ、スタビライザーおよびフラップ ジャッキ、エレクター ジャッキなどがある。一般に、これらは悪条件下で使用する場合が多く、使用状態からは偏荷重を受け易いので、設計にあたっては、ピストン、およびグランドパッキング類、シール類やシリンダーおよびピストンの材質、強度、およびそれらの表面処理方法、等に十分注意する必要がある。

3.7.6 油圧回路

油圧回路は、できるだけ簡単に各機器が確実に作動し、誤操作に際しても危険を生じないものでなければならない。

【解説】 シールドの油圧回路は、用途別に、およそシールド ジャッキ、切羽ジャッキ、エレクターに分けて配管するのが便利である。切羽ジャッキ回路やポンプよりの主回路の必要箇所には、必ず圧力計を取りつけることが望ましい。油圧ポンプは、シールドの直径にもよるが直接シールド内に設置する場合と、後方台車に設置する場合がある。したがって、ポンプと油圧回路は、直接接続する場合とホースその他で接続する場合がある。油圧ポンプは、作業の性質上、連続運転することが多いので、油温の上昇を防ぐためアンロード回路を設けるほか、全ジャッキ容量とポンプの毎分の吐出量の3倍以上のタンク容量としなければならない。油タンクには、給油孔、エアブリーザー、油温計、油面計、ドレン抜きコック、ストレーナ、およびマンホールを設けるものとする。油圧回路は、加工後十分清掃のうえ配管し、組立て後、または、長期休転後の稼働前十分なブラッシングを行ない、あわせて油タンク内の清掃を行なわなければならない。管内流速については、油温の上昇、圧力の損失、等を考慮して決めることが望ましい。特に、シールド ジャッキでは、引込み時、一時に多量の油が押し戻されることになるので、その配管には十分な配慮が必要である。

3.7.7 油圧作動油

作動油は、エネルギー伝達の媒体であり、使用油圧機器の防錆、潤滑をかねるため、これに適する良質なものを選定しなければならない。

【解説】 油圧作動油に要求される性質は

- 非圧縮性であること。
- 十分な粘性を有すること。
- 物理的、化学的に安定であること。
- 潤滑性にすぐれていること。
- 錆や腐食の発生を防止できる性質であること。
- シール材との適合性があること。
- 水、ごみ等の不溶性の不純物を急速に分離すること。

以上の各種条件を満たすものとして、油圧機器には、一般に JIS K 2213、タービン油が用いられる。作動油には、異なる性状のものは混合しないこと、また、定期的に検査することが望ましい。

第8章 付属機構

3.8.1 操縦装置

操縦装置は、地質およびシールド機構に適合した種類、形状、組数および位置、等を選定して装備しなければならない。

【解説】 操縦装置の選定にあたっては、次の事項を十分考慮しなければならない。

- 制御の目的に応じて使い分けられること。
- シールドの推進によって生ずる抵抗土圧に対し、十分な機能を有し、また、これを装備する箇所のシールド本体の強度についても十分注意すること。なお、一般的には、シールドの方向制御およびローテーション防止には、シールド ジャッキを主体とし、これに必要に応じてスタビライザー、オーバーカット機構、抵抗板、グリッパー、フラップ、それらを併用して行なわれるが、これらの選定にあたっては、土質の硬軟、機械への位置、手掘り式シールドか、機械掘りシールドかにより、その種類、形状、個数、位置を選び、これを装備しなければならない。手掘り式シールドでは、土質によっては切羽の掘さく方法をかえたり、カッティングエッジに特殊の抵抗板をつけてこれを行なう場合もある。機械掘りシールドでは、

ルドでは、そうしたことはできないので、その推進速度については十分考慮の必要がある。

3.8.2 測量装置

測量装置は、信頼度が高く、圧気、湿度の高い坑内においても十分精度を保つものでなければならない。

【解説】 シールドの位置あるいは姿勢確認のため、測量装置として、下げ振り、Uチューブ、振子式傾斜計、レーザービーム、等がある。

3.8.3 テール パッキング

テール パッキングは、主として裏込め注入材の漏洩防止を目的とするものであるが、泥水加圧式シールドにおける泥水の漏洩、あるいは湧水を防止する目的で用いることもあり、使用条件に適合するもので、なければならない。

【解説】 テール パッキングは、テール クリアランスに装着するもので、注入材料および注入圧、あるいは泥水圧などによって、その形状、寸法を設計しなければならない。テール パッキングには、鋼板シール、鋼板とゴムとの組合せ、ゴム チューブ、ウレタンフォームなどで作ったものが多いが、現状では、まだ、不十分なものが多い。またセグメントは、必ずしもシールド テールと同心円状に組立てられるものではなく、偏心状に組み立てられたり、だ円状になったりすることもあり、特に曲線施工の場合、そのテール クリアランスは、均等になることは少ないので、少なくとも、テール クリアランスが所定の2倍程度になった状態でも所要の注入圧や泥水圧、等に耐えうるものでなければならない。テールパッキングの取付けにボルト、ナットによる方法が採用される場合、セグメントによりこれが破損することが多いので、その構造には十分注意し、場合によっては、取換え可能な構造とすることが望ましい。

3.8.4 ベルトコンベヤ

ベルトコンベヤは、シールドの計画最大および平均掘進速度、コンベヤの傾斜角度、取扱う土質を考慮のうえ、ベルト幅、ベルト速度を決定しなければならない。

【解説】 ベルトコンベヤは、掘さく、推進、セグメント組立て等のサイクルの中で掘さくに要する時間を十分考慮のうえ、その容量を決めなければならない。なお、コンベヤは、セグメント組立て時も取りはずすことなく、掘さく、排土が並行にできることが望ましい。

3.8.5 土砂掘さく、積込み機械

一般の開放形シールドで、その掘さく、積込みにショベル、その他の掘さく積込機を使用する場合には、地質の状況、切羽の山留、運搬機械との関連、動力源の種類、等を十分考慮して選択しなければならない。

【解説】 開放形のシールドで土砂の掘さく、積込みに機械を使用する場合、土質にもよるが、切羽の山押えが簡単にできるかどうかについて十分検討しなければならない。一般に、土砂の積込みのみを機械化する場合は問題は少ないが、掘さくと積込みを兼ねる場合、切羽の山押えを十分行なえない場合が多いので十分検討を要する。またその動力源については、坑内であり、さらに、圧気中の作業が多いので油圧、電気、等が望ましい。騒音についてもできるだけ少ないものを選ぶべきである。

第9章 機械掘りシールド

3.9.1 機械掘りシールドの種類と機構

機械掘りシールドの種類は、おもに、切羽の切さく方式により分けられる。その機構は、切さく、ずりの排出、山留、推進および制御機構、等よりなる。

【解説】 1) 種類 機械掘りシールドの切さく方式としては、カッティング ホイル方式、プラネット回転方式、揺動切さく方式、等がある。

カッティングホイル方式には、その形状構造から、開放形と閉そく形、単板、多板の別がある。

2) 切羽の安定 トンネルの掘さくでは、切羽を安定させる対策は重要なことである。崩壊性の土質では、山留効果を期待して機械掘りシールドを使用することもある。切羽の安定には、カッティング デスクを閉そく形とする方式、開口部の広さを調節できる方式、または、部分圧気とする方式、泥水加圧方式、等の採用を考慮するほか、刃口部の長さ、形

状についても検討を要する。これらのいずれの方法を採用するかは、地山の条件、その他を考慮のうえ決定すべきである。

3) 掘さくとずり出し設備 機械掘り掘さくでは、短時間に多量のずり処理が必要であるから、特に、そのずり出し設備は、それぞれがバランスを取り、しかも、十分な能力をもつものでなければならない。その設計にあたっては、ずりの性質についても十分考慮しなければならない。

4) セグメント組立てに対する配慮 機械掘りシールドでは、セグメント組立て速度が工事速度を支配することもあるので、その計画にあたっては十分配慮を要する。

5) 掘進方向の制御とローテーション防止 機械掘りシールドでは、手掘りシールドのように掘さく方法の変更、その他施工方法によって方向制御することはむずかしいので、方向制御、ローテーション防止が容易にできる構造としなければならない。このためには、フラップ、スタビライザー、抵抗板、オーバーカット機構および制御回転機構、等を選択装備しなければならない。さらに、機械の重心位置についても十分注意が必要である。

6) 掘さく力 機械掘りシールドでは、土質の変化および起動トルクを考慮して、その掘さく力に十分余裕をもたせることが望ましい。

7) 刃口部に対する配慮 機械掘りシールドでは、手掘りシールドに比較して、刃口部の補強が困難であり、場合によっては、カッターヘッドの回転不能、等にもなりかねないので、その設計にあたってはその構造、板厚、等に十分注意を要する。

8) 機械設計における配慮 機械掘りシールドの設計にあたっては、構造を簡素化し、維持管理が容易となるよう配慮すべきである。特に、カッタービット、スラストローラーの交換やオーバーカット装置、ローラーのダストシールの構造、等には十分な配慮が必要である。

3.9.2 切さく機構

カッターフレームおよびカッタービットの形状は、土質条件によって決めなければならない。

【解説】 カッターフレーム、およびカッタービットは、土質の硬軟、湧水の有無、切羽の安定、等を考慮し、その形状に最も適切なものを選択しなければならない。カッターフレームは、単にカッタービットを保持する役目をするだけでなく、土質によっては切羽の山留の役目もするものである。地山が軟弱で山留のためのフェースプレートを取りつける必要がある場合には、切さく土砂の取入口には特別な考慮が必要である。カッターフレームは、カッタートルクを十分伝えるものであることはもちろん、スラスト荷重、土圧

に対しても十分な強度を有するものでなければならない。またカッターフレームの回転機構とその付属装置は、泥土に接して作動するものであるから、泥土、泥水の浸入を極力防止する構造としなければならない。カッタービットの形状は、土質の硬軟に応じ、そのすくい角、逃げ角に注意をするとともに、その配置にあたっては、土の圧壊やこねまわしが起こらないよう配慮することが望ましい。さらに、カッタービットが摩耗、損傷した場合、または土質に応じ他の形状のものと取りかえる場合、容易に交換可能の構造としなければならない。

3.9.3 切さく抵抗

切さく抵抗を支配する要素は、土質、推力、切さく速度、切さく刃の形状、等、複雑であるから、その推定にあたっては、十分な配慮を払わなければならない。

【解説】 切さく抵抗値は施工現場の土質に対する経験も加味して推定することが望ましい。

カッターの駆動力は、推定された、カッターの切さく抵抗、機械の摩擦抵抗、バケットによる土砂の持上げ力の総和に余裕を加えて求められる。

第10章 シールドの製作

3.10.1 製作一般

(1) シールドの製作にあたっては、特に、材料、寸法、精度に留意しなければならない。

(2) シールドの製作に先だち、製作者は、製作仕様書、主要設計図および製作工程表を作製し、あらかじめ責任技術者に提出して承認を得なければならない。

【解説】 (1) について 使用材料は、使用箇所に適合したJIS規格または、これに準じた優良な材料を使用しなければならない。

(2) について 製作仕様書には、シールドの使用材料、構造、寸法、性能、塗装、試験、検査、現地組立て、等に関して必要な事項、主要設計図には、シールド本体付属機器の主要寸法、配置、等、製作工程表には製作より現地組立てに至る全容が、おのおの容

易に把握できるようにつとめる必要がある。

責任技術者は、製作仕様書、主要設計図および製作工程表について十分検討し、疑義のないよう事前に製作者と協議し、承認を与えなければならない。

3.10.2 シールド本体

シールドの製作にあたっては、関連示方書類に準拠し製作しなければならない。

【解説】 関連示方書類とは次のものである。

鋼鉄道橋製作示方書

溶接鋼鉄道橋製作示方書

鋼道路橋製作示方書

溶接鋼道路橋製作示方書

その他

3.10.3 機 器

(1) 油圧機器は、点検保守に便利な位置を選び、できるだけコンパクトにまとめ突起少なく、湧水、土砂から完全に保護される構造とし、各種ジャッキ類は所定の位置に正しく配置しなければならない。

(2) 電気機器は、特に防水性にすぐれ、絶縁度の高い機器を選択しなければならない。

【解説】 (1) について 坑内は湿度が高く、湧水が考えられるので各種電気機器については、次のような注意を払わなければならない。

1) 電動機 電動機は、少なくとも、全閉外扇形(屋外形適用規格 JIS C 4201)程度とし、軸受部、嵌合部、端子箱、等には特別の考慮を払い、さらにドレン抜きプラグは、必ず設けるものとする。

2) 電磁弁 電磁弁は、JIS B 8355 に準じ防水形とし、各ケースカバーには耐油性パッキングを、電線貫通口には水密貫通ピース金物を用い、テストロット貫通口にはOリングで防水する。また、コイルはエポキシ樹脂でモールドする。

3) 配電盤 動力盤、分電盤、操作盤、等にはすべて屋外防滴形を使用する。できるだけ水滴の落ちない場所を選び設置する。やむを得ず水滴のある箇所に設置する場合、屋根

を大きくし、ひさしを設ける等の処置をしなければならない。計器類は、防水形とする。電線貫通口には、電線貫通ピース金物を使用する。

4) 各種スイッチその他 リミットスイッチ、特殊電圧制御機器、電鈴、照明燈、傾斜計、等はすべて防水、または防滴形を使用する。

5) 配線 すべての配線工事は、通産省制定の電気設備に関する技術基準を満足し、かつ工事地区電力会社の内線規定によらなければならない。

3.10.4 工場仮組立て、および現場組立て

(1) 工場仮組立て 工場仮組立ては、あらかじめ定められた順序に従って行ない、検査に合格した後、十分清掃のうえ、定められた塗装を行なうとともに、現場組立てに必要な組立て符号を記入しなければならない。

(2) 輸送準備 輸送に適する姿に解体分割し、輸送途上、ひずみあるいは、損傷を生ずるおそれがある箇所には、補強、その他の保護をするよう留意しなければならない。

(3) 現場組立て 現場における組立てにあたっては、十分な強度を有する仮設台上に、正しい位置に、正確に組み立て、仮締め、または仮づけの後、寸法検査のうえ絞鉋、または溶接を行なうものとする。

【解説】 シールドは、輸送条件および立て坑の状況により、一体で搬入する場合もある。

(1) について a) 分割された各部は、あらかじめ定められた順序に従い入念に組み立て、各種ジャッキの取付けを行なうものとする。

b) 分割されたブロックの溶接開先き部を合わせ、ブラケットを取りつけ仮溶接のうえ一体とする。

c) パワーユニットをシールド自体に内蔵する場合は、これを所定の位置に取りつける。

d) エレクターを装架する。

e) 各種機器の装備が終ると、それぞれ相互間の配管工事を行なう。各種配管は、維持管理が容易なよう特に配慮し、できれば本体の分割箇所では配管も分割できることが望ましい。

f) 無負荷運転に必要な仮配線を行なう。

g) 工場内仮組立て工事完了後、各種機器の作動状況の良否を点検する。点検に先だち

入念に清掃し、配管の十分なブラッシング等に留意すべきである。

(3) について 組立て場所が立て坑内である場合、1.3.9を参照するとともに下記の条件を満足することが望ましい。

a) 組立て受け台は、シールドすえつけ、組立てにより変形することのないよう十分な強度および剛性を有すると同時に、スキンプレートの溶接箇所では幅約1m、高さ約0.7m以上のスペースを取ることが望ましい。

b) 坑内における組立ては、あらかじめ責任技術者の承認をうけた組立て要領書によりこれを行なうものとする。

c) 仮組立て完了後、溶接に先立ち、シールド本体の寸法を精査すると同時に、その位置、方向、勾配を確認しなければならない。さらに、溶接にあたっては、ひずみを防止するため必要な補強板を仮づけするものとし、その間隔はおおむね1mとする。特に、真円度保持については注意を要する。

3.10.5 検 査

シールド製作者は、次の検査を行なうものとする。

- (1) 材料検査
- (2) 現寸検査
- (3) 溶接検査
- (4) 油圧機器検査
- (5) 工場仮組立て、および現場組立て検査
- (6) その他

ただし、責任技術者の要求ある場合は、全部または一部について、その検査を受けるものとする。

【解 説】 (4) 油圧機器検査について

1) 油圧ジャッキ類 油圧ジャッキについては、寸法検査、耐圧試験、作動試験を行なうものとし、寸法検査では、各部品加工後、シリンダー内径、ピストン外径、パッキングケース内径、ピストンロッド直径、等、主要部分の計測検査を行ない、組立て完了後、全体寸法の検査を行なうものとする。油圧シリンダーについては、JIS B 8354に準ずるものとする。作動試験では、無負荷でピストンの往復運動を行ない、その作動が円滑でストロークに狂いがなく、油もれ、その他の欠陥がないものと確認するものとする。

2) 油圧ポンプおよび油圧モーター 油圧ポンプおよび油圧モーターは JIS B 8312 歯

車ポンプおよびネジポンプ試験方法、JOHS 101、油圧ポンプ試験基準、JOHS 103、油圧モーター試験基準に準じて性能試験を行ない、その試験成績表を提出するものとする。したがって、シールド製作工場搬入後は、外観、油漏れ、異音の有無、発熱、リリーフバルブセット圧、等の検査を行ない異状の有無を確認するものとする。

5) 工場仮組立て、および現場組立て検査について 工場仮組立て、または現場組立て完了後、責任技術者立会のうえ次の試験および検査を行なうものとする。

- a) 外観検査
- b) 主要寸法検査
- c) 無負荷作動試験
- d) 配管耐圧試験
- e) 溶接検査
- f) その他

6) 主要寸法検査 組立て時は、軸心を水平におき、各機器を装備した状態で指定された各部の寸法検査を行なう。この場合、真円度および本体軸方向の許容誤差を例示すれば解説表13および14のとおりである。

解説 表 13 真円度の許容誤差

シールドの直径	内外径の誤差(mm)	
	最 小	最 大
2m 以下	- 0	+ 8
2m をこえ 4m	- 0	+10
4m " 6m	- 0	+12
6m " 8m	- 0	+16
8m " 11m	- 0	+20

解説 表 14 本体軸方向の曲がり許容誤差

シールド全長	曲がり誤差(mm)
3m 以下	±5.0
3m をこえ 4m	±6.0
4m " 5m	±7.5
5m 以上	±9.0