

# III-51 新素材コンクリートを用いたシールドの発進・到達工法 - NOMSTの開発(その1) -

（株）間組 園田 徹 士  
清水建設（株） 久原 高 志  
三井建設（株） 古 田 敏 夫

## 1. はじめに

密閉型シールドは、地下水位の高い地盤中でも補助工法を用いることなくトンネルの掘進ができることから、都市トンネルの主要工法となっている。しかし、一般に立坑土留め壁は高強度コンクリートや鋼性部材で構築されており、シールドの発進・到達は地盤改良を行い地山を自立させた後、人力により開口作業を行いシールドを発進・到達させている。しかし、大深度・高水圧下での地盤改良や開口作業は、施工性、安全性などに課題を残している。NOMST研究会（新日本製鐵、日本プレスコンクリート、熊谷組、佐藤工業、清水建設、鉄建建設、西松建設、間組、前田建設工業、三井建設）では、これらの課題を解決するためシールドで直接切削可能な壁体を用いたシールドの発進・到達工法（NOMST工法：Novel Material Shield-cutttable Tunnel-wall system）の開発を進めている。本報では、本工法の開発経過について報告する。

## 2. シールド直接発進・到達の課題と対策

一般のシールド発進は、地盤改良等により開口部の地山圧力低減や地下水流入を防止している。地盤改良を行わずシールドを直接発進する場合の課題としては、エントランスの止水性不備による地盤崩壊や、土留め破損、土留材切削に伴うカッタビット摩耗などがあげられる（図-1）。これらの課題と対策について検討した結果を表-1に示す。

- ①切羽安定については、中部電力（株）の施工例<sup>1)</sup>より、発進時から切羽圧力を地山圧力と同じに保持し掘進することで地盤改良が不要ことが確認されている。
  - ②発進・到達部にコンクリート部材を採用する場合は、一般部の土留壁厚と同じことが望ましく、高強度のコンクリートと高張力の補強材を採用する。
  - ③通常のカッタビットで切削可能かつ摩耗が少ないコンクリートが必要である。コンクリートの切削性は骨材によって支配されると考えられるので、切削性の良好な骨材の選定を行なう。
  - ④補強材の切削性は、素材の物性によって大きく異なり、各種素材の性質を把握し選定する。
  - ⑤坑口の止水性は、エントラスパッキンの多重化などの高水圧対策が行なわれ、すでに実績が有る。
  - ⑥施工管理については、既に実用的に用いられている。
- 以上より、高強度で切削性に優れた土留部材の開発が重要と考えられる。

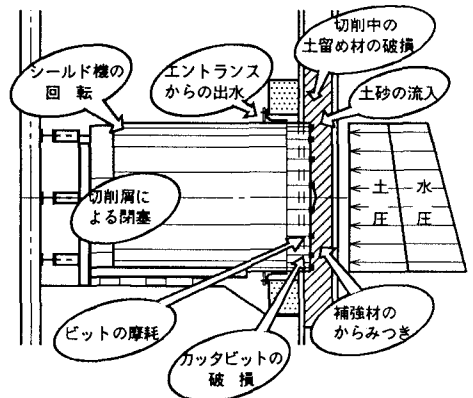


図-1 シールド直接発進の課題

表-1 シールド直接発進・到達の課題と対策

| 課 題              |               | 対 策                                    |
|------------------|---------------|----------------------------------------|
| シールド直接発進・到達を行うには | ①切羽安定性の向上     | 泥水・泥土圧による切羽保持<br>ファン・圧力変動の防止装置         |
|                  | ②土留部材性能の向上    | 高強度コンクリートの採用<br>高張力補強材の採用              |
|                  | ③コンクリートの切削性向上 | 切削性に優れた骨材の選定<br>ビット摩耗の少ない骨材の選定         |
|                  | ④補強材の切削性向上    | 切削性の良い補強材の選定<br>切削屑が排土機構の支障とならない補強材の選定 |
|                  | ⑤坑口止水性の向上     | エントラスパッキンの工夫<br>坑口ガラスへの止水材充填<br>裏込め注入  |
|                  | ⑥高度な施工管理      | 計測のフィードバック                             |

### 3. 発進・到達部土留材の素材の選定

#### 1) コンクリートの選定

コンクリートの切削性は粗骨材の物理的性質により決まる。一般に、普通コンクリートには天然骨材が使用され、その圧縮度は1,000～1,500kgf/cm<sup>2</sup>に及び特殊なカットビットが必要とされる。通常のカットビットで効率的に切削を行うには、切削性に優れた骨材の選定が必要である。また、コンクリート強度も骨材強度と関連するため、各種骨材の組合せによるコンクリート強度と、切削性を総合的に判断して骨材を選定する

#### 2) 補強材の選定

一般のコンクリート構造物の補強材としては鉄筋が用いられているが、カットビットによる切削は困難であるため、カットビットで容易に切断可能で、剛性・引張強度・付着強度などの物性も確保される素材の選定を行った。ここでは、カーボン、ガラス、アラミド、ビニロンなどの繊維の物性を調査し、適用可能と考えられたカーボンとガラス繊維について切削試験を行った。図-2に各種繊維の代表的物性を示す。

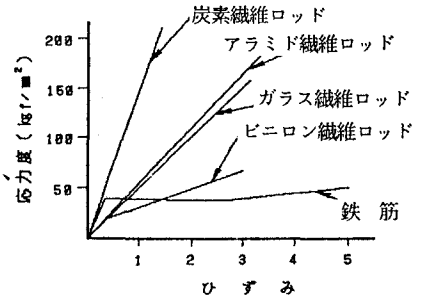


図-2 各種繊維の応力～ひずみ曲線

#### 4. 強度試験・切削試験

各材料でのコンクリート強度および切削性確認のため、強度試験および切削試験を行った。切削試験は、無筋コンクリートと補強材を埋込んだ供試体について行った。試験結果を以下に記す（表-2、図-3、4）

①メサライトを用いた場合の強度は $\sigma_{28}=500\text{kgf/cm}^2$ 以下であっ

表-2 コンクリート強度試験結果

| 細骨材 | 粗骨材   | W/C | セメント量<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | 圧縮強度<br>$\sigma_{28}$ (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|-------|-----|-------------------------------|---------------------------------------------|
| 川砂  | メサライト | 3.0 | 583                           | 469                                         |
| 川砂  | スラグ碎石 | 2.5 | 600                           | 830                                         |
| 川砂  | 石灰石   | 2.5 | 600                           | 884                                         |

たが、石灰石、スラグ碎石を用いた場合は、 $\sigma_{28}=800\text{kgf/cm}^2$ の高強度を確認できた。

②細骨材は川砂が強度的に優れていた。

③メサライト、石灰石、スラグ碎石を用いた切込みは普通コンクリートの10倍であり、スムーズであった。

④スラグ碎石、普通コンクリートでは、短時間の切削試験でビットの摩耗がみられた。

⑤切削断面は、ガラス繊維はひきちぎられるのに対し、カーボン繊維は切断される状況であった。

以上より、下記のことが判明した。

①コンクリートの粗骨材は切削性およびビットの摩耗状況より石灰石が適当と判断される。

②コンクリート強度は、石灰石を粗骨材とすることにより高強度が確保できる。

③補強材はカーボン繊維が強度、切削性とも優れる。

#### 5. 新素材コンクリート土留壁の構造例

土留め壁への適用に関しての検討結果は、以下である。

①材料は粗骨材に石灰石、補強材にカーボン繊維を用いる。

②カーボン繊維は、張力材としての能力は高いが、圧縮材としての評価は困難であり断面設計は単鉄筋構造として行う。

③土留壁は正負の曲げを受けるため、カーボン繊維は掘削側・地山側の両方に配する。

④鋼製部材との継手部も同一の断面性能を有するカーボン繊維ストランド定着金具を設けた構造とする。

#### 6. 参考文献

1) 渡辺純 他：シールド発進・到達工法の改良による地盤改良省略，電力土木，No. 221, PP. 68～74, 1989. 7

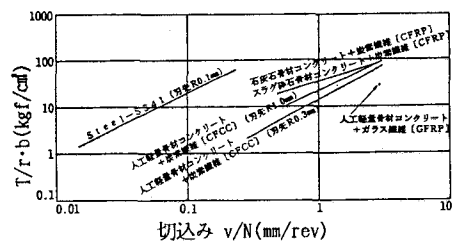


図-3 無筋コンクリート切削試験結果

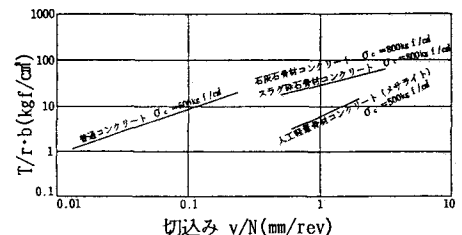


図-4 補強筋コンクリート切削試験結果