

地上発進が可能なシールド工法（ノン・シャフト・シールド工法）の開発（その１）

清水建設(株)	正会員	入田健一郎
清水建設(株)	正会員	阿曾 利光
清水建設(株)	正会員	浜口 幸一
清水建設(株)	正会員	井上 啓明

１．はじめに

従来、シールドトンネルは下水・電力・ガス・鉄道などで用いられ、地上とアプローチする立坑から当該トンネルの深度でシールドを発進させていた。一方、近年増加している道路用シールドトンネルでは地上とのアプローチ部に一定の勾配が必要なため、シールドを地上から発進させトンネルを構築することが考えられる。この工法が可能となれば、発進立坑の構築が不要になり工期に対するメリットが大きい。シールドの地上発進で重要な課題は、浅深度の掘進による地表面への影響である。この課題に対しシールドのカッタを傾斜させることで地表面への影響（沈下）を抑制し、地上発進が可能なシールド工法（ノン・シャフト・シールド工法）を開発した。本稿では当該工法の概要について報告する。

２．工法の概要

「ノン・シャフト・シールド工法」では、シールドは傾斜可能なカッタを装備し、発進から浅深度掘進の区間はカッタを傾斜して掘進する。これにより、課題である浅深度掘進時の地表面沈下を抑制する。カッタは深度に応じて傾斜角の変更が可能で、通常のシールドで掘進可能な深度に達すると、カッタを垂直に戻し掘進を続ける。シールドは、発進部でセグメント内部の道路床版の高さが地表面と同じ高さになるように据え付ける。アプローチ部の掘進では、セグメント組立てと同時にプレキャスト製の床版を組み立てる。床版は坑内搬送架台の役割を持ち、シールドと後方の後続設備とは発進時から連結させ、シールドはそのまま後続設備を牽引し、後続設備は床版上を移動する。この床版は、アプローチ部の土留材（切梁）としても機能する。

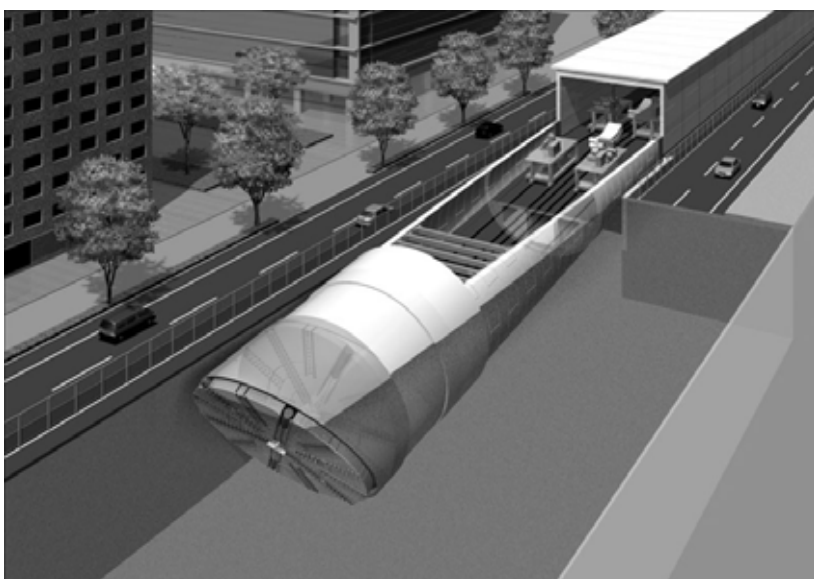


図 - 1 ノン・シャフト・シールド工法の概要図

３．工法の特徴

シールドに地表面沈下を抑制する傾斜可能（最大 30 度）なカッタを装備している

シールドの地上発進により、発進立坑の築造、発進防護の地盤改良や後続設備投入作業などが不要となり、延長 5 km の道路トンネルで約 2 割の工期短縮となる。

アプローチ部を開削工法で築造した場合、土留壁で地下水を遮断する恐れがあるが、本工法で設置するセグメントの占有高さは土留壁に比べ小さく、開削工法に比べ地下水遮断の影響を低減できる。

アプローチ部の長い範囲の土留壁の設置や掘削などが無いため、開削工法に比べ施工中の騒音・振動が低減する。

キーワード：地上発進、浅深度掘削、シールド、道路トンネル、傾斜カッタ、ノンシャフトシールド工法

連絡先：〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 シーバンス S 館 清水建設（株）土木技術本部技術開発部 TEL 03-5441-0518

4. 施工手順

施工手順を以下と図-2 に示す。

発進位置を掘り下げ（シールド径の約1/3）後、シールドを据付け、カッタを傾斜して発進する
アプローチ部を掘進、セグメントと道路床版を同時に組立てる
通常のシールドで掘進可能な深度に到達したら、カッタを垂直に戻し掘進を続ける。

シールド据付け・カッタ傾斜・発進

傾斜したカッタを垂直に戻す

アプローチ部掘進

道路床版
セグメント

図 - 2 施工手順

5. シールドの検討

カッタ傾斜時に本体とカッタ上部との間に発生する隙間への地山の流入を、円筒を斜めに切断した形状のスライドフードで防止する。スライドフードはスキムプレート外側に設置する。これによりカッタ傾斜時の地表への影響を抑制する。スライドフード部の強度計算では、後端部を前後方向拘束、スライドフードとシールドとの接触部を半径方向拘束の円筒殻として評価し、3次元有限要素法を行った。シールド径 12.23m、スライドフード厚 90mm、土質は沖積層砂質、カッタ傾斜角 30 度（最大）、土被り 0.3D 時のスライドフードの変位図を図-3 に示す。

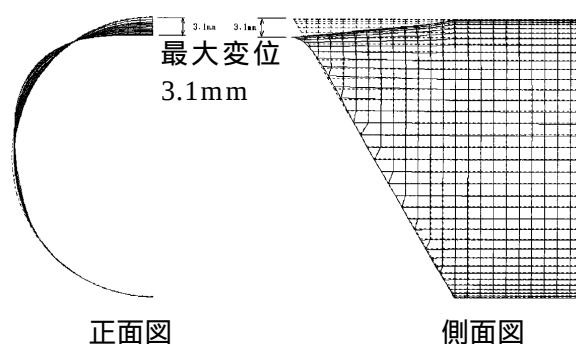


図 - 3 スライドフードの変位

6. アプローチ部のセグメントの検討

アプローチ部では、セグメントが土留壁、道路床版が切梁として機能する。シールドの掘進に伴いアプローチ部が深くなり、車両限界を確保できる深さ以上（確保する高さは道路床版より 5.2m とする。）となる区間では上部にも切梁を設置する。これを設置するセグメントの坑口側のセグメントは、その側部が床版から片持ち梁の状態で地山の側方荷重に耐える構造となる。この構造の基本検討を前項の地山を想定して行った。断面力図の抜粋を図 - 4 に示す。セグメントには道路床版付近で負曲げモーメントが卓越し、セグメント幅(1.5m)、覆工厚(0.45m)の R C セグメントではこの断面力に抵抗しがたく、内部の設備設置、床版の固定処理などを考慮して、鋼製セグメントが適用可能であることが分かった。鋼製セグメントの主断面の形状を図 - 5 に示す。

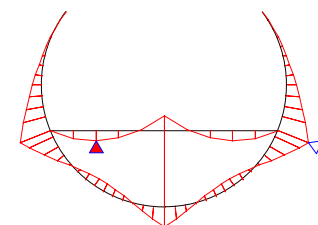


図 - 4 曲げモーメント図

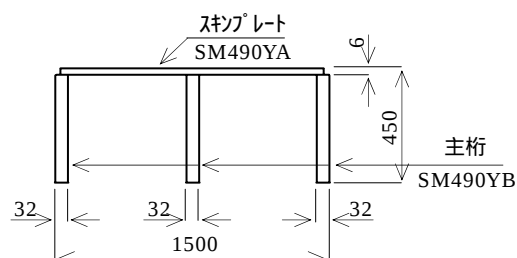


図 - 5 主断面形状

7. おわりに

道路用シールドトンネルの発進立坑は、大規模立坑のため構造的な理由から円形の連続地中壁やケーソン工法などによるものが多く、立坑築造からシールドの発進まで多くの工期を要する。工期短縮の特長をもつ本工法の現場への適用を目指し、信頼性をさらに向上させたいと考えている。

参考文献：地上発進が可能なシールド工法（ノン・シャフト・シールド工法）の開発（その2），第61回土木学会年次学術講演会講演概要集（投稿中）