

解説

「過酷な条件下での施工」と「70mを超える曲線施工」 —「矩形の函体を接触させて掘る」という発想—

高見澤 計夫

大成建設(株)
土木技術部都市土木技術室参与



現在、都市部には「主要幹線道路の交差点」や「開かずの踏み切り」など交通渋滞の発生箇所が数多くあり、このような交通渋滞を解消する方法の一つとして、アンダーパスによる立体交差化事業が都市基盤の再構築の一環として進められている。

通常、市街地におけるアンダーパスの建設は主に開削工法で行われている。しかし、開削工法は供用中の道路などに広範囲に亘って作業帯を設置する必要があるため、既存車線の規制や車線数の減少、さらに、これらの規制により生じる交通渋滞が社会問題となっている。また、開削工法は、工事期間の長期化および夜間作業時の騒音や振動など、周辺環境に与える影響が大きいなどの課題を抱えており、これらを解決する新工法の開発が求められていた。

最近、幹線道路交差点の地下立体交差や横断地下通路などを非開削工法で施工する事例が増えてきている。しかし、従来の外殻先行型の非開削工法では曲線施工は不可能とされ、施工距離も50～60m程度が限界とされている。また、多大な機械設備費用を内包する大口径シールド工法は、土被りに制限を受け、コスト面でも劣ると言われ

ている。

このような背景のもと、従来の非開削工法や大断面シールド工法のもつ課題を解決する新しい工法としてハーモニカ工法が開発され、立体化事業等において実績を積み重ねつつある。本稿では、開発コンセプトや開発の経緯を中心に、「輻輳した地下埋設物下部横断」、「最大土被り約11m」、「最大地下水圧約120kPa」という条件下での施工事例と、「掘進延長73m」、「1.7mの小土被り」、「平面R=320m、縦断R=1000mの3次元曲線」といった条件下におけるハーモニカ工法の特長を立証した施工事例を紹介する。

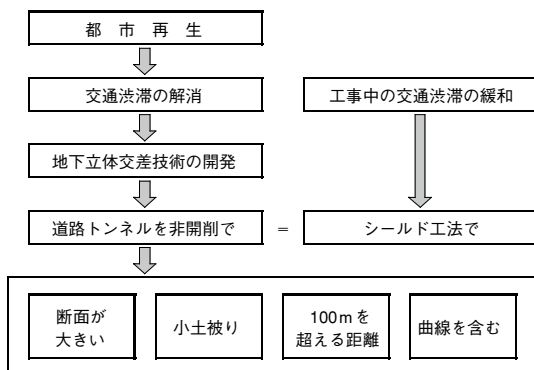
1. ハーモニカ工法とは

ハーモニカ工法とは、矩形の大断面トンネルを複数の小断面に分割し、小型のシールドマシンにより繰り返し掘削した後、小断面トンネルを一体化し、その内部に構造物を作り上げる工法である。掘削を完了した坑口の形状が、ハーモニカの吹き口に似ていることからこの工法を「ハーモニカ工法」と命名した（図-1）。



図ー１ ハーモニカ工法概要図

開発の背景



図ー２ 開発コンセプト

1.1 開発コンセプト

従来の非開削工法やシールド工法のもつ課題を解消し両工法の長所を取り込んだ新工法の開発を、以下のコンセプト（図ー２）に基づいて行ない、新たなアンダーパス構築技術として、大断面分割シールド工法（ハーモニカ工法）を開発した。

開発コンセプトを以下に示す。

- ①交通渋滞を発生させる要因を極力削減する。
- ②大断面を分割して小型の機械を使用し、小土被りに対応可能な掘削機で施工する。
- ③シールド工法では可能だが、従来の非開削工法では対応できない曲線施工を可能とする。
- ④従来の非開削工法が不得意な100mを越える距離の掘削を行う。

1.2 ハーモニカ工法の概要

ハーモニカ工法は、アンダーパスなどの大断面トンネルを小断面に等分割し、小型の矩形掘削機を用いて、隣接する鋼殻同士を接触させた状態で掘削し、内部に躯体を構築することでトンネルを完成させる工法である。

掘削には切羽の安定性に優れている泥土圧式シールド機を用い、土圧管理と排土量管理とを適切に行うことで、地表面や上部埋設物への沈下などの影響を低減可能である。

1.3 ハーモニカ工法施工順序（図ー３）

まず始めにハーモニカマシンで下段端部より基準トンネル①を掘削する。この基準トンネルはア

ンダーパスの基準となるため慎重な施工が要求される。引続き基準トンネル隣接するトンネル②～③を掘削する（STEP1）。次に構台を組み立て、上段トンネル④～⑥を順次掘削する（STEP2）。複数の鋼殻により断面が完成し（STEP3）、トンネル間の隙間に止水処理をした後、鋼殻の一部（スキンプレート・縦リブ：朱塗り部）を部分的に解体しながら鉄筋を組み立て、コンクリートを打設し大断面のトンネルを構築する（STEP4～STEP7）。コンクリートの養生後、内部の鋼殻（主桁・縦リブおよびスキンプレート）を切断・撤去し仕上げを行う（STEP8）。

トンネル同士を接触させながら掘削を行うため、立坑内で鋼殻を供給する推進方式となり、推進力の供給は元押しジャッキ方式と、元押しジャッキ+シールドジャッキ併用方式がある。

1.4 ハーモニカ工法に使用する用語の説明

ハーモニカ工法では、覆工部材として矩体の鋼殻を使用し、掘削機の後方に連結され元押しジャッキからの推進力を伝える。鋼殻は、主桁・縦リブ・スキンプレートおよび継手から構成される。

継手は、隣接する函体同士を接触させ離隔を制御しながら掘削するためと掘削完了後の止水ゾーンとして使用する。継手は、C型の溝形状とY型とT型の凸形状をしており、先行函体にはC型継手を、後行函体にはY型またはT型の継手とC型継手を設置する（写真ー1、2）。