

大断面分割シールド工法における曲線用鋼殻の開発

大成建設	正会員	○新宅	建夫
大成建設	正会員	足立	英明
大成建設	正会員	森田	泰司
石川島建材工業	正会員	阿部	義

1. はじめに

都市部において非開削でアンダーパス等を構築する大断面分割シールド工法（ハーモニカ工法）は現在4件の実績を有する。ここで、曲線線形に対する本工法の実績は表-1のとおりである。トンネル線形が単曲線の事例は2件あり、事例-1では縦断曲線であり、事例-2は単曲線ではあるが平面・縦断線形が各々曲線であった。ハーモニカ工法での函体推進は基本的に推進工法であるため発進立坑からの元押し作業によって推進を行うが、それぞれの事例では対策としてすべての鋼殻にテーパーをつけた台形状とすることにより曲線施工を可能としている。

表-1 曲線施工の事例

項目	平面線形（曲線半径）	縦断線形（曲線半径）
事例-1	∞	190m
事例-2	320m	1000m

ここで、大断面分割シールド工法の適用範囲をさらに拡大する為に、単曲線以外の曲線、いわゆる直線と曲線の複合した線形や単曲線以外（曲率の変化する曲線）も施工できる鋼殻を開発した結果を報告する。

2. 従来の鋼殻の基本構造

これまでの鋼殻の代表的な構造を図-1に示す。鋼殻は矩形の箱型構造で土圧に対して抵抗する2本以上の主桁構造としている。主に推力に対する部材として主桁間に縦リブを配置し外周にスキンプレートを配置する。鋼殻長さは通常1.0m～2.5m程度としており推進時に随時立坑下に投入し、継手間をボルトによって締結する構造としている。単曲線施工時には、掘進機による方向制御及び鋼殻につけたテーパー量により所定の精度を確保している。推進時の止水としては、鋼殻接続時にシールドセグメントと同様なセグメントシーリングを継手面に設置する。

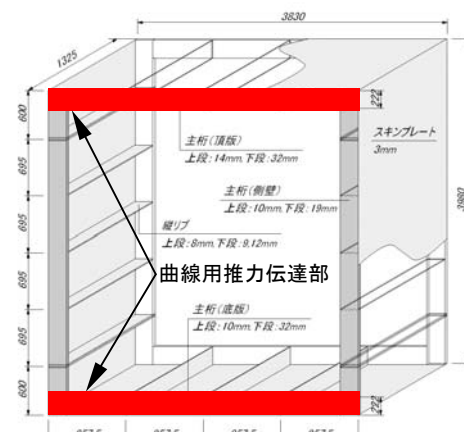


図-2 従来の鋼殻の基本構造（例）

3. 推力伝達部の構造

今回対象とする複合的な曲線において、従来の鋼殻の構造では継手部がボルトで締結されることにより拘束されるため、複合する曲線を推進することは不可能である。しかしながら、一般的な可とう性を有する継手では推力を偏向して伝達することになり、一部に集中した推力に対し鋼殻構造を保持する為に必要以上に剛性の高いものとなり不経済である。ここで、可とう性と推力伝達を平均的に分布させる性能を併せ持つ構造を考案しその有効性を確認した。曲線用の推力伝達部は図-1に示す上下の継手位置とし、その構造を図-2に示す。推力伝達部は曲面を有する継手板と推力伝達材で構成しボルトによる締結を行わない。推力伝達材は基本的に硬質発泡スチロール製のものを曲面形状に合わせ薄板状のものを段違いに重ねて設置する。この構造により前後の鋼殻が曲線線形により角度がついた場合、推力伝達材が曲面形状の継手板に適応して圧縮されることにより推力が偏向することなく伝達される。

キーワード 大断面分割シールド工法，ハーモニカ工法，曲線

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設株式会社 TEL03-3348-1111

4. 推力伝達分布の解析

曲線部の推進時に推力が偏ることにより局部的に鋼殻に荷重がかかり鋼殻が変形する、または一部を補強する不経済な設計となるため、推力が均等に分布することが好ましい。推力伝達の分布状況は上記構造の寸法・形状によって変わる為、それら施工条件に応じて前方の函体に推力分布状況を把握することが必要である。ここで、推力伝達材の圧縮変形特性と継手板の形状・寸法から弾性計算により推力分布を解析した。以下に解析条件と条件毎の推力分布状況を示す。推力伝達材は円形管での曲線推進工で実績のある FJ リング（積水化成成品工業製：FJ4.5，発泡倍率 4.5 倍）とした。表-2 に解析条件を示す。対象構造物によって鋼殻寸法は異なるがここでは一般的なものとした。図-4 に継手部の模式図を示す。曲面継手の半径にあわせ推力伝達材を設置するため、半径が小さくなるに従い推力伝達材の設置する段数も増加する。ここでは、比較のため継手半径 ∞ m（直面）も示す。図-5 に表-2 の条件による解析結果を示す。

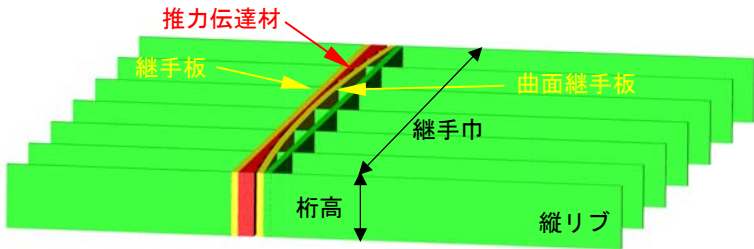


図-3 曲線用推力伝達部の構造

表-2 解析条件

項目	継手巾 (mm)	桁高 (mm)	鋼殻長 (m)	曲面継手 半径 (m)	推力 (kN)	曲線半径 (m)
設定数値	3,000	200	1.5	15 $\sim\infty$	7,500	30

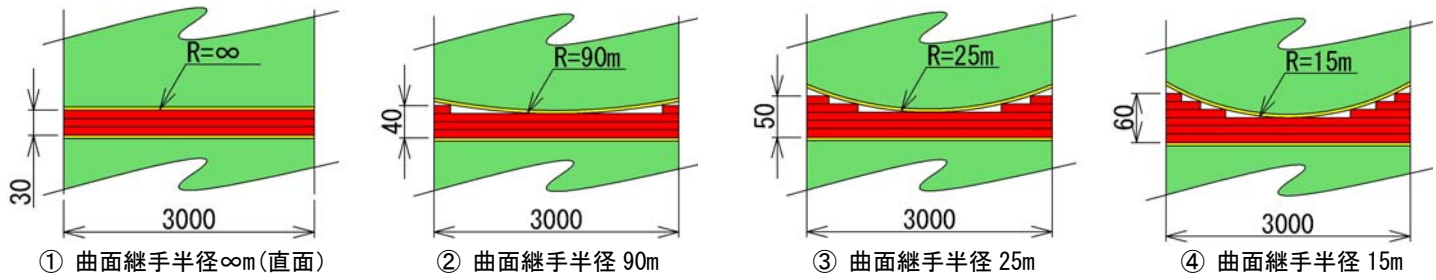


図-4 継手部模式図（縮尺無し）

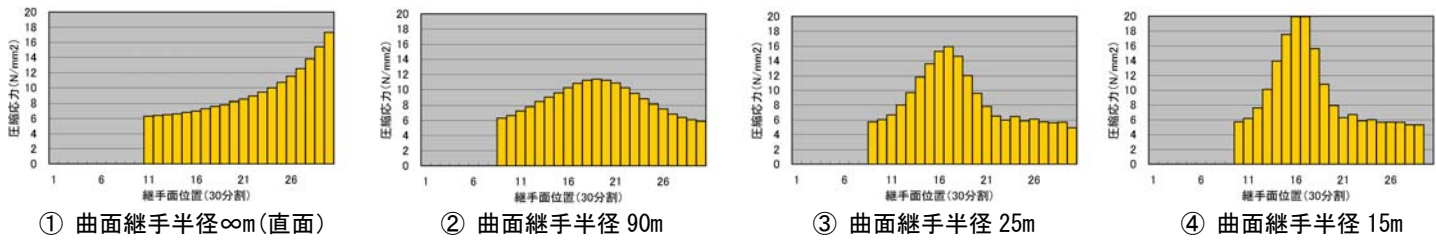


図-5 継手に伝達される推力分布

直面の場合には、推力が大きく偏り大きな軸力が発生している。曲面継手半径 90m の場合には一様に分布し、曲面継手半径がさらに小さくなる場合 (25m, 15m) には逆に曲面先端の軸力がかえって大きくなる。ここでは 1 例を紹介するにとどまるが、様々な条件下での推力分布の算定を行うことにより最適な推力伝達構造の選定を行うことができる。

5. おわりに

本工法は構造物が輻輳する都市部などの厳しい条件下でアンダーパスなどを構築する場合に最適な工法であり、この度の開発によりさらに工事適用範囲を拡大し、益々社会に貢献できるよう努力していきたい。

参考文献

・金子他：大断面分割シールドの開発（その 1）	第 59 回年次学術講演会	VI-062
・足立他：大断面分割シールド工法（ハーモニカ工法）の施工実績	第 61 回年次学術講演会	VI-239
・大久保他：輻輳する地下埋設物下での大断面分割シールド工法	第 62 回年次学術講演会	VI-120