

外ボルト締結型コンクリート中詰め鋼製セグメントの 気中組立てによる管路の構築

中 田 慎 一

都市部のシールド工事では、立坑用地の確保が困難な事が多く、既設構造物や地下埋設物、道路条件等の制約より、立坑部分で複雑な形状の構造物を計画せざるを得ないことがある。本工法は、シールド工用セグメントを応用したプレキャスト部材の気中組立てにより急曲線・急勾配の管渠構築を行うもので、一般的な場所打ちコンクリート構造と比較して、品質・安全上のリスクが小さく、省力化・工期短縮が可能である。

キーワード：プレキャスト、省力化、空伏せ管渠、コンクリート中詰め鋼製セグメント、急曲線・急勾配

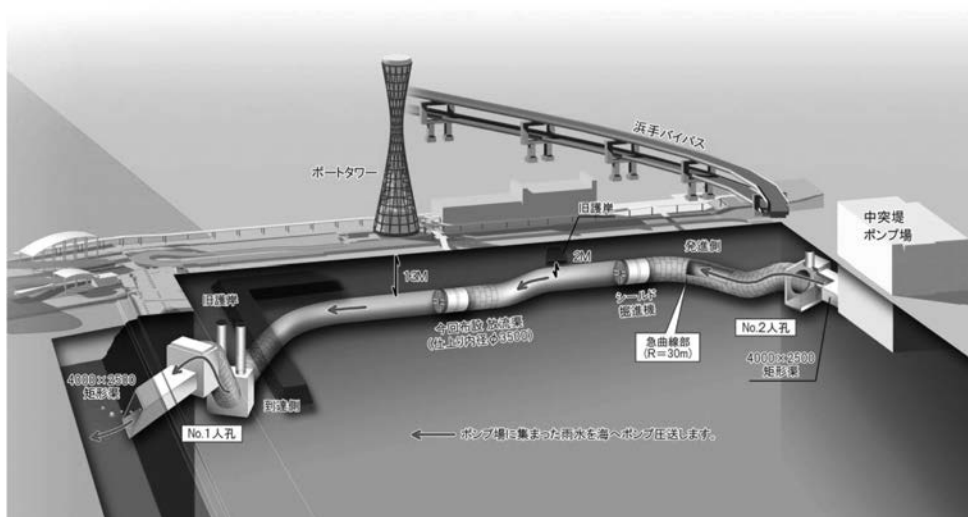
1. はじめに

本工法を初適用した工事は、ポンプ場に集めた水を海に吐き出すための大口径雨水管渠をシールド工法を主体として建設するものである。シールドトンネルは、埋立地内に残存する旧護岸等の地中障害物を避けるため、旧海底面の下、土被り約13mの深さに計画された。そのため、立坑用地の制約と流入・流出部の高低差から、立坑部において平面・縦断線形が複合する急曲線・急勾配の管路構築が必要となった（写真—1、図—1）。

本稿では、「外ボルト締結型コンクリート中詰め鋼製セグメントを用いた空伏せ管渠工法」による立坑部における管路構築について紹介する。



写真—1 現場状況



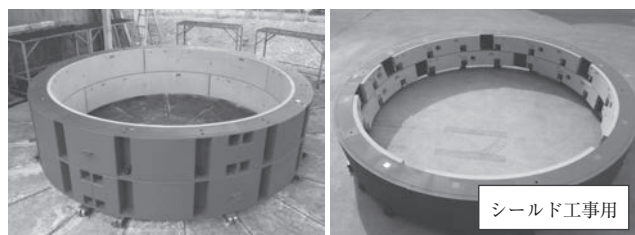
図—1 工事概要図

2. 管路線形

立坑部の管路は、 $R = 4.5\text{ m}$ の超急曲線と平面 $R = 15\text{ m}$ 、縦断 $R = 18\text{ m}$ の複合カーブを含む、縦断勾配約 600 ‰ （ $\approx 30^\circ$ ）の急勾配線形である（表—1、図—2）。

3. セグメント

立坑管路には、内面平滑性と急勾配施工での安全性を考慮し、「外ボルト締結型コンクリート中詰め鋼製セグメント」を採用した。なお、セグメントの構造計算は、横シールドセグメントの設計条件・設計手法に



写真—2 外ボルト締結型コンクリート中詰め鋼製セグメント（左写真）

準じて行っている（写真—2）。

（1）形状・寸法

本工事では9種類の形状のセグメントを使用し、リング分割数は4分割、リング間継手は16箇所とした（表—2）。

表—2 セグメント形状・寸法

外径 (mm)	内径 (mm)	幅 (mm)	種別	テーパ量 (mm)	備考
4,070	3,500	500	ストレート	—	
		506		—	
		927		—	
		940		—	
		1,000		—	
		330	両テーパ	301	$R = 4.5\text{ m}$ 用
		506		231	$R = 9.0\text{ m}$ 用
		500		259	$R = 15.0\text{ m}$ 用
		500		228	$R = 18.0\text{ m}$ 用
		500			

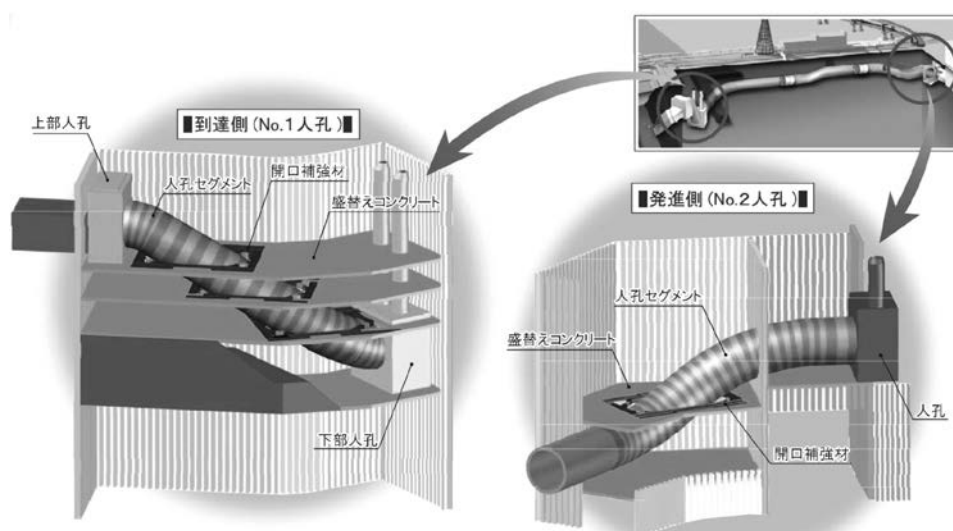
表—1 管路線形

	縦断線形	平面線形	区間長
No.1 到達 立坑	∞	∞	0.50
	上 $R = 4.5$	∞	2.32
	∞	∞	0.51
	∞	右 $R = 9.0$	7.58
	∞	∞	12.23
	下 $R = 4.5$	∞	2.32
	∞	∞	0.50
		合計	25.96
No.2 発進 立坑	∞	右 $R = 18.0$	1.00
	上 $R = 15.0$	右 $R = 18.0$	8.43
	∞	右 $R = 18.0$	4.56
	下 $R = 15.0$	右 $R = 18.0$	2.99
	下 $R = 15.0$	∞	5.44
	∞	∞	3.77
		合計	26.19

単位：m

（2）止水対策

セグメントの各継手面にはシール溝加工を施し（外周1条）、水膨張性シール材を施工した。また、セグメント組立完了後、内面継手部には高弾性エポキシ樹脂によるコーキング工を施工した。



図—2 立坑管路構造概要図

(3) 防食対策

内外水の塩分濃度の高さを考慮し、継手ボルトには亜鉛メッキに比して優れた耐食性を有する亜鉛末クロム酸化成皮膜処理（ダクロタイズド処理）を施した。加えて、外面ボルトボックス部には軽量無収縮モルタル充填工を行った。

(4) その他の特徴

通常のシールド工事とは異なりエレクター等の油圧組立機械を使用しない気中組立においては、施工時荷重（自重：約 100 kN/m）による変形をいかに小さくできるかが課題となる。本工事では、梁バネモデルによる各施工段階でのシミュレーションと実機試験を行い、継手ボルトの仕様を決定した。

また、単ピース、半リング等、組立方法の自由度を高めるため、内面にはセラミックインサート、外面には仮設の吊ピースを多数配置した。

4. セグメント組立計画

2次元曲線を基本とする通常シールド工事での計画手法は、平面・縦断が複合する3次元急曲線には適用困難である。

本工事では、3D-CAD 上で継手を含めたセグメント形状を忠実に再現し、テーパ量の検討、割付け計画、開口補強鋼材とのクリアランス確認を行った(図—3)。

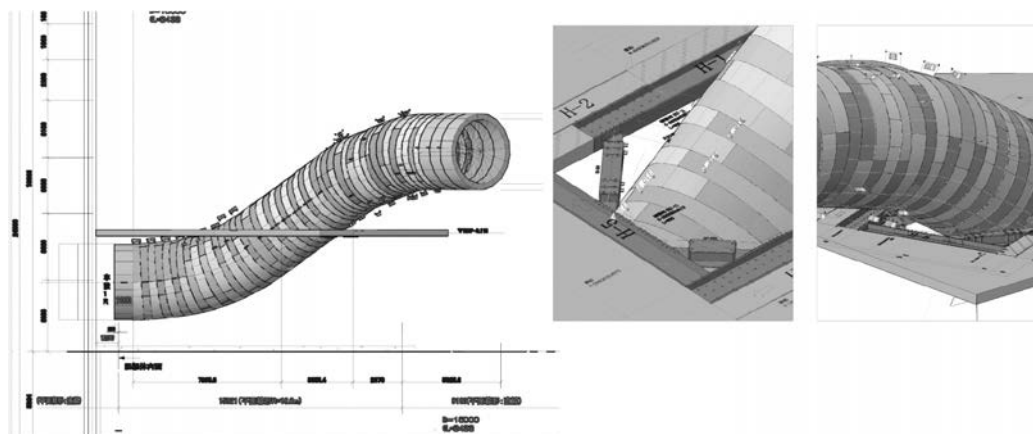
これにより、リング毎の3D計画座標を用いた出来形管理が可能となり、蛇行修正を行った後の修正計画も容易となった。

5. セグメント管路工

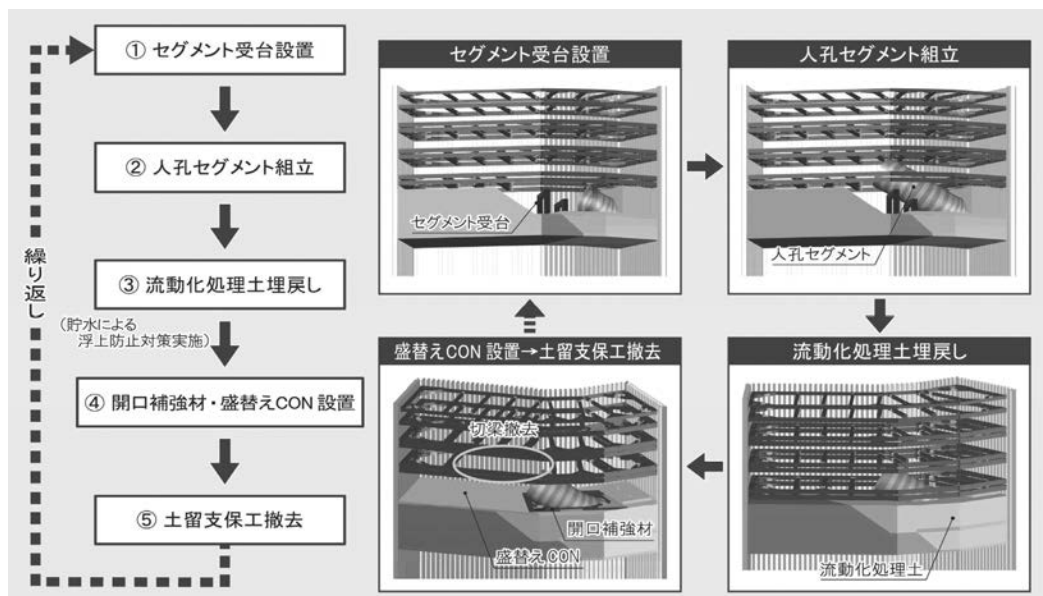
(1) 標準施工フロー

標準施工フローを図—4に示す。

立坑部の管路は急勾配であるが故、施工が進めば上



図—3 3D-CADによる組立計画



図—4 標準施工フロー

部支保工（切梁）に干渉する。そこで、部分的に盛替えコンクリートを打設し、干渉する最下段切梁を先行撤去した。

セグメント下半は埋戻し土の転圧が困難であるため、埋戻し材には流動化処理土を使用した。流動化処理土打設時の浮き上がり対策として、最下部に隔壁を設置し、打設・養生中は管路内に清水を貯水した。

盛替えコンクリート断面内には開口補強鋼材を設置し、盛替えコンクリートに作用する力が管路セグメントに伝達しない構造とした（写真—3）。



写真—3 開口補強鋼材（SRC 構造）

(2) セグメント受台

セグメント組立に先立ち、鋼製受台を管路の線形に合わせ、約1m間隔で設置した。受台高さは計画高より2～3cm低めとし、ライナープレートで調整した。

(3) セグメント組立

セグメントは、幅広タイプは単リング、幅狭タイプは2リング甲乙組を基本とし、地上でリング組立を行い、真円度を確認した後、立坑下へ投入した（写真—4）。



写真—4 セグメントの地上組立

(4) 立坑投入

立坑下への投入は、セグメントタイプと作業半径に応じ、120t～50t吊の移動式クレーンを使用した。吊り治具には電動チェーンブロックと滑車を多用し、地組みしたセグメントの立て起こし、位置合わせ時の傾斜・回転調整を自在に行えるものとした（写真—5）。



写真—5 セグメント投入

(5) セグメント接続

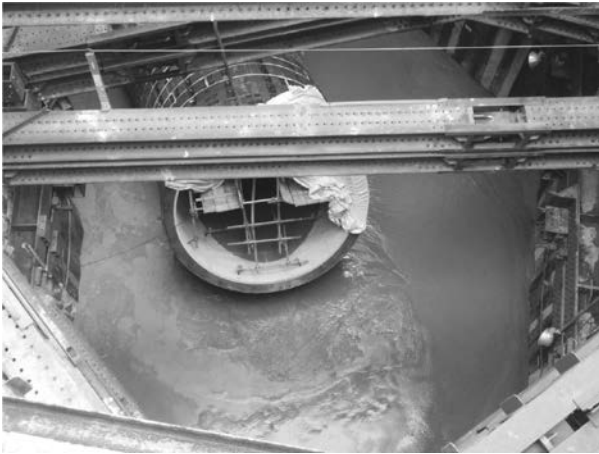
立坑下では狭所作業に適した屈折ブーム式の小型高所作業車を使用し、玉外しとリング間ボルトの締結作業を行った（写真—6）。

(6) 流動化処理土打設

流動化処理土による埋戻しは、コンクリートポンプ車を使用し、打設高さ約2～3mを打設量150～300m³/日にて分割施工した。なお、表層部分は高強



写真—6 セグメント組立



写真一七 流動化処理土打設

度タイプを使用して養生期間の短縮を図った（写真一七）。

（7）特殊部の施工

組立てエリアの最下段切梁は撤去済みでも、より上方の切梁や火打ちが干渉して垂直にセグメントが下ろせない箇所は、偏芯吊りや簡易門型クレーンによる横引き組立てを行った。また、現場打ち人孔接続部では、上方に支障物がない場所で組立後、可動式架台を用いて人孔開口部へ挿入した（写真一八）。

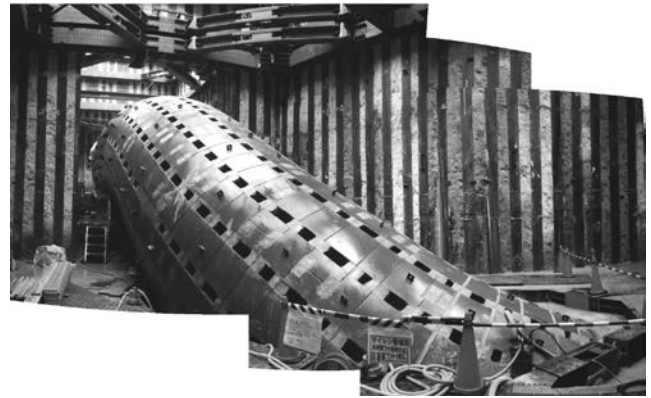
（8）出来形管理

管底高は、一般的なレベル測量により管理した。面方位（上下左右の向き）は、組立終端面の継手ボルト孔3～4点をトータルステーションで計測し、3D-CAD上での計画座標と対比して管理した。

途中何度か蛇行修正を行ったが、その都度最終までの組立計画を3D-CADで見直し、最終的には両立坑とも、誤差±3cm以内で組立完了した。

（9）急曲線部施工状況

急曲線部の施工状況を写真一九、二〇に示す。



写真一九 発進立坑部組立状況



写真二〇 セグメント管路内部

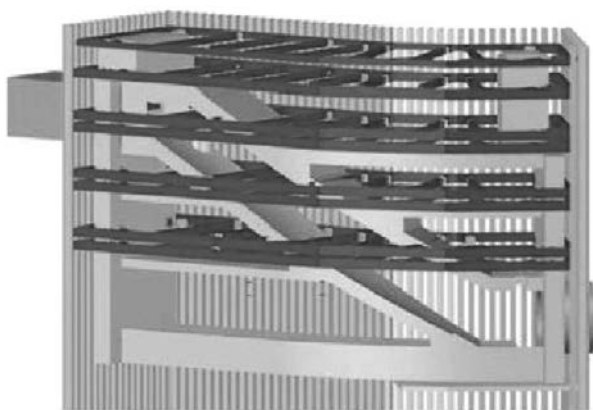
6. 従来工法との比較

今回の線形を現場打ちコンクリート構造で施工した場合、急勾配斜めスラブの施工、切梁の盛替えや躯体貫通部の処理、多数の施工開口等が必要となるため施工難度が高く、品質・安全面でのリスクが高い（図一五）。また、複雑な形状の躯体構築作業には、熟練の鉄筋工や型枠工が多数必要となる。

本工法は、プレキャスト化による高い躯体品質と作業の省力化、外ボルト締結型セグメントの採用による



写真一八 特殊部の施工状況



図一5 現場打ちコンクリート構造での施工イメージ

施工性・安全性の向上を実現しており、現場打ちコンクリート構造に比べ、30～40%の工期短縮が可能である。

7. おわりに

昨今、建設工事における人手不足を解消する方策の一つとして、プレキャスト化の推進が強く求められている。本工法は、ボックスカルバート等のプレキャスト製品と比べても、大断面・急曲線への適用範囲が広く、今後、様々なライフライン建設に適用できる可能性があると考えている。

J C M A

〔筆者紹介〕

中田 慎一（なката しんいち）
大成建設㈱
東京支店土木部
作業所長

