

重要構造物直下における角形鋼管推進工法に関する検討

日本鉄道建設公団 正会員 下田勝彦
日本鉄道建設公団 正会員 内田雅洋

1. はじめに

つくばエクスプレス（常磐新線）六町駅において、N値 1～2、高被圧水下にある土被り 12.6mの下水シールド直下（ $\phi 6600$ 、離隔 1.4m）にボックストンネル（幅 18m、高さ 10m、長さ 15m）を構築するにあたって、角形鋼管推進工法を考案し非開削で掘削することとした。

この工法は、横断する箇所の両端をあらかじめ開削工法により掘削し、ここから軸直角方向に力の伝達が可能な継手を有する角形鋼管を連結しながら順次地中に推進し、軸直角方向に曲げ剛性を有する三連ボックス形状の仮設土留め構造物を構築し、その中を掘削するものである。

本稿は、仮設土留め構造物の検討方法について報告するものである。

2. 施工条件

六町駅は、施工延長 373m、幅最大 24m、掘削深さ約 30mとなる大規模開削工事である。地盤条件は、床付け以浅に沖積粘性土層（A c 1 層）が層厚 20m 程度分布し、この内約 17mはN値 1 程度で軟弱な粘性土層であり、また床付け以深は、洪積砂質土層（D s 4 層）と洪積粘性土層（D s 4 c 層）が互層状に分布する。砂質土層の地下水位は、T.P.-6.5m程度と被圧された状態である。

今回の角形鋼管推進工の施工区間は、下水シールド直下の延長 14.3mである（図-1）。

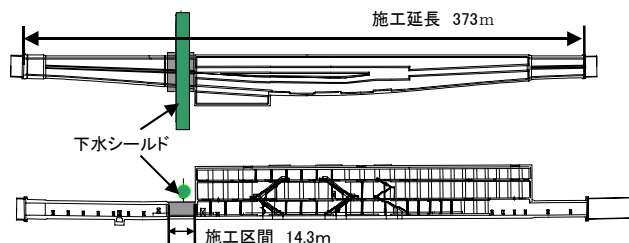


図-1 六町 St 平面図及び縦断面図

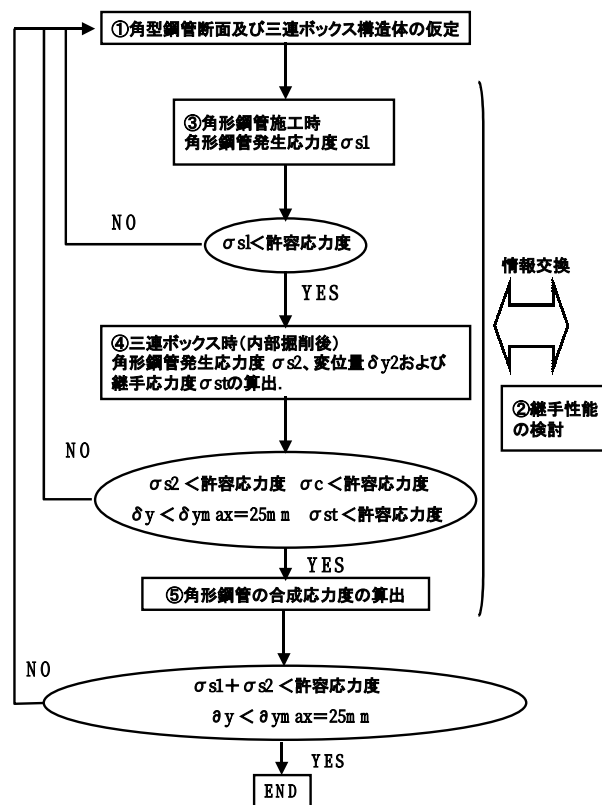


図-2 検討フロー

①角形鋼管断面及びボックス構造体の仮定

〔角型鋼管断面の仮定〕

- ・継手は、角形鋼管の鋼殻と同等な強度を有する。
- ・作業員が坑内（角形鋼管内）に入って作業が出来る口径 800mm 以上を確保するものとし、矩形推進機の口径との関係から 850mm×850mm（870mm）とした（図-3）。

3. 仮設土留め構造物の検討方法

3-1 検討フロー

構築する仮設土留め構造物は、角形鋼管を順次推進させて構築するボックス構造体である。仮設土留め構造物は、角形鋼管の鋼殻と同等な強度を有する継手によって相互に連結されることにより軸直角方向で曲げ剛性を有する構造体と見なすことが出来る。

以下に検討フローを示す（図-2）。

キーワード：角形鋼管推進工、継手の性能、三連ボックス構造体

〒121-0813 東京都足立区竹ノ塚7丁目19番14号 TEL 03(3860)5701 FAX 03(3860)5715

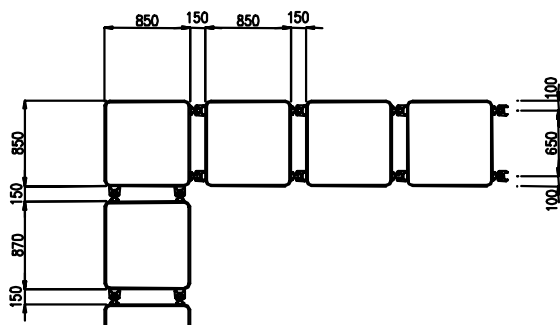


図-3 角形鋼管断面図

〔ボックス構造体の仮定〕

- ・ボックス構造体は、構築する本体トンネル寸法及び近接構造物との離隔等から上床版・下床版 36本、中壁・側壁 32本の計 68本の角形鋼管からなる三連ボックス構造とする（図-4）。

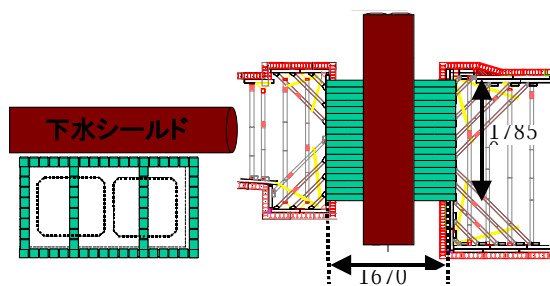


図-4 三連ボックス構造体

②継手の性能

角形鋼管の鋼殻と同等の強度が求められる継手の形状は、施工性を考慮して、FEM解析により強度を照査の上決定する（図-5）。これについては、実物大の継手引張試験を行い強度を確認している。

また、実物大の角形鋼管を使用した曲げ載荷試験を行うことにより継手に鋼殻と同等の強度があることを確認している。

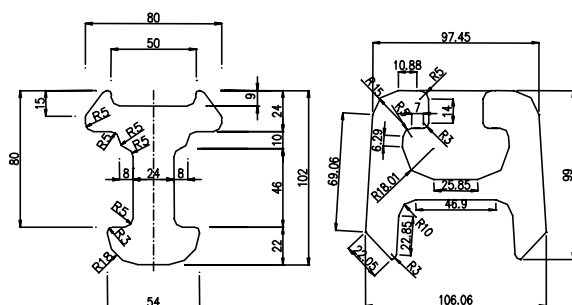


図-5 継手断面図

角形鋼管発生応力 σ_s 及び変位量 δy_{max} については、角形鋼管施工時の σ_{s1} と三連ボックス完成時（内部掘削後）の σ_{s2} 、 δy_2 を合成した値が、曲げに対する許容応力度 206N/mm^2 未満及び変位管理値 25mm 以下であるかを判定基準とする。

③角形鋼管施工時

σ_{s1} の算出をフレーム解析より行う。解析モデルは、3つの角形鋼管が連結したモデルで行う。設計荷重については、緩み土圧を採用した。

④三連ボックス完成時（内部掘削後）

σ_{s2} と δy_2 及び継手応力度 σ_{st} をフレーム解析により算出する。設計荷重は、トンネル標準示方書より全土被り土圧を採用する。

3-2 検討結果

検討の結果を以下に示す。

- ・角形鋼管の寸法は、仮定通り $850\text{mm} \times 850\text{mm}$ （ 870mm ）とし、鋼殻の板厚は 16mm （規格品の中で最小）とする
- ・継手は、鋼殻厚さ 16mm と同等な強度を有する事を確認した
- ・上床版、下床版、側壁の角形鋼管内にコンクリートを充填する
- ・中壁の角形鋼管内は、本体構築時の施工性も考慮して鋼材で補強する

検討結果を図-6に示す。（三連ボックスは左右対象であるため片側半分の角型鋼管エレメント分のみ表示）。また変形量については、上床エレメント中央部で $\delta y_{max}=12\text{mm}$ となり管理値未満であった。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
σ_{s1}	181.6	181.6	181.6	181.6	181.6	181.6	181.6	158.8	158.8
σ_{s2}	23.3	20.0	10.2	-2.2	17.4	22.8	14.5	28.1	39.7
$\Sigma \sigma_s$	204.9	201.6	191.8	179.4	199.0	204.4	196.1	186.9	198.5
σ_{s1}	98.7				σ_{s1}	98.7			
σ_{s2}	48.9				σ_{s2}	-10.5			
$\Sigma \sigma_s$	143.6				$\Sigma \sigma_s$	88.2			
σ_{s1}	98.7				σ_{s1}	98.7			
σ_{s2}	18.1				σ_{s2}	-10.8			
$\Sigma \sigma_s$	114.8				$\Sigma \sigma_s$	85.9			
σ_{s1}	98.7				σ_{s1}	98.7			
σ_{s2}	48.9				σ_{s2}	-11.0			
$\Sigma \sigma_s$	144.9				$\Sigma \sigma_s$	85.7			
σ_{s1}	83.0				σ_{s1}	83.0			
σ_{s2}	80.9				σ_{s2}	-11.3			
$\Sigma \sigma_s$	123.9				$\Sigma \sigma_s$	51.7			
σ_{s1}	131.8				σ_{s1}	131.8			
σ_{s2}	81.0				σ_{s2}	-11.6			
$\Sigma \sigma_s$	192.8				$\Sigma \sigma_s$	120.2			
σ_{s1}	131.8				σ_{s1}	131.8			
σ_{s2}	49.5				σ_{s2}	-11.9			
$\Sigma \sigma_s$	181.3				$\Sigma \sigma_s$	118.9			
σ_{s1}	131.8				σ_{s1}	131.8			
σ_{s2}	17.8				σ_{s2}	-12.2			
$\Sigma \sigma_s$	149.4				$\Sigma \sigma_s$	118.6			
σ_{s1}	131.8				σ_{s1}	131.8			
σ_{s2}	51.8				σ_{s2}	-12.5			
$\Sigma \sigma_s$	183.8				$\Sigma \sigma_s$	118.3			
σ_{s1}	25.0	25.0	25.0	25.0	σ_{s1}	39.0	39.0	57.3	57.3
σ_{s2}	86.2	55.6	5.3	-8.1	σ_{s2}	22.8	12.5	23.1	36.4
$\Sigma \sigma_s$	91.2	80.6	30.3	16.9	$\Sigma \sigma_s$	61.8	51.5	80.4	93.7

σ_{s1} : 角形鋼管施工時の鋼殻発生応力度

σ_{s2} : 三連ボックス完成時（内部掘削後）の鋼殻発生応力度

図-6 角形鋼管応力度集計表

4. おわりに

今回採用した角形鋼管推進工法は現在施工中であり、角形鋼管内に歪み計を設置して発生応力度を計測中である。今後は、これらの実測値と設計値との比較検討を行う必要がある。