

知っておくと得する

推進工事の線形計画と制約

たぐち よしあき
田口 由明

(株)イト日本技術開発
保全・耐震・防災事業部
(本誌編集委員)



はじめに

推進工法が日本で初めて施工されたのは、1948年に尼崎市の軌道下のガス管の敷設工事のさや管として施工されました。当時は、刃口式での施工であり、直線で延長6m程度の施工でした。この工法が、現在では、曲線半径10m代の急曲線、施工延長1,400mに達する長距離施工を可能としております。このように、社会が必要としている厳しい条件での施工が要求され、その求めに応じ、新しい技術を開発し、対応してきております。それにより、推進工事でのルート選定の自由度は増してきているのが、現状です。

よって、推進工事での線形を検討するうえで、知っておかなければならない内容を、Q&A形式で説明します。

Q1 道路の線形や他の地下埋設物を避けるため、カーブ区間を設けたいのですが、どの程度まで急曲線推進ができるのですか？それは管径にもよりますか？

A1 管路の平面線形を検討する上で、もっとも基本的なこととして、供用後の点検、清掃、補修等

を容易に短時間で行えるように施設配置を計画しなければなりません。その範囲内で施工技術を活用することが基本となります。

よって、推進工法を採用した場合の線形計画では、施設管理者が参考とする設計基準等を参考に、管理施設（マンホール等）の設置間隔を参考にスパン長を設定し、また、維持管理手法を十分検討して、極力、直線的な配置とすることが望ましいと言えます。一方で、設置時のコスト縮減や道路交通や周辺環境等の施工制約の観点からは、マンホール間隔の長距離化や曲線線形の活用が有効となるため総合的に判断する必要があります。

次に、推進工法で急曲線区間を設定する場合の曲線半径の制約に関する留意点を示します。

①継手の目開きによる止水性の低下

曲線線形では図-1のように曲線外側に継手開口が生じます。継手部には止水性を保持するシール材があり、耐水圧に基づく継手性能が定められていますので、これを参考に設計します。なお、耐震設計では、さらに液状化等による抜け出し量も考慮する必要があります。

図-1でも確認できるように、管径によって開口長が異なります。その照査は、図-1に記載の式のような考え方で行うこととしています。耐震設計による抜け出し量を考慮しない管径別の適用範囲の目安は、「推進工法体系Ⅱ」（公社）日本推進技術協会）に示されていますので、参考として下さい。

②推進抵抗力の偏り

曲線線形を推進工法で施工すると、管軸方向に伝達される推進力が曲線内側に偏ります。このことで管の破損が生じやすくなります。このため、推進力伝達材を使用します。その使い分けの例を図-2に示します。

なお、曲線半径（曲げ角度）や曲線数によって、推進力の伝達面積や圧縮量変化し応力度も変化するので注意が必要です（Q2）を参照）。これによって、許容推進延長も定まります。

③側方地盤反力

曲線線形を推進工法で施工すると、図-3のように曲線外側に張り出そうとする力によって管断面方向にも側方地盤反力が作用します。側方地盤反力は、推進管径、管長、曲線半径（継手折れ角）等のパラメーターにより分布範囲や大きさが異なります。側方地盤反力

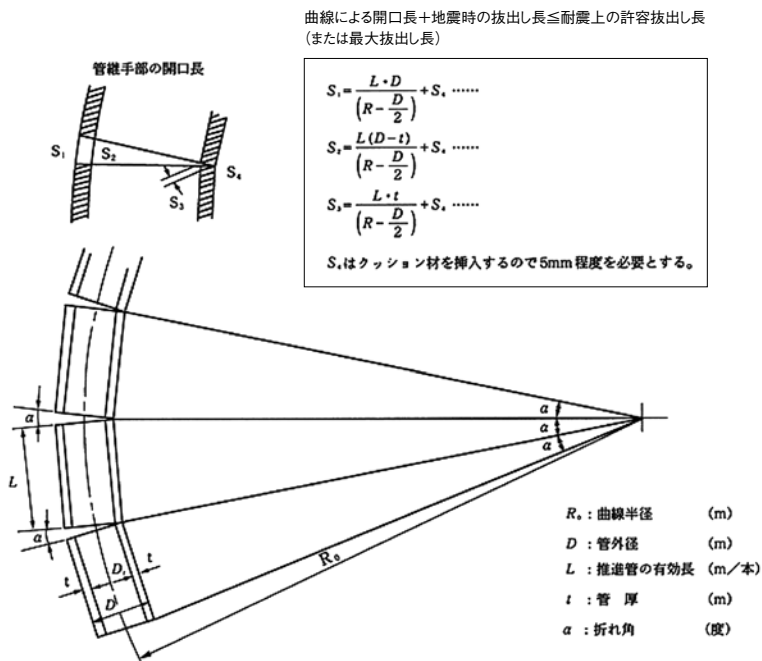


図-1 推進管継手部の開口長

(出典：下水道推進工法の指針と解説 (公社)日本下水道協会・推進工法体系Ⅱ (公社)日本推進技術協会)

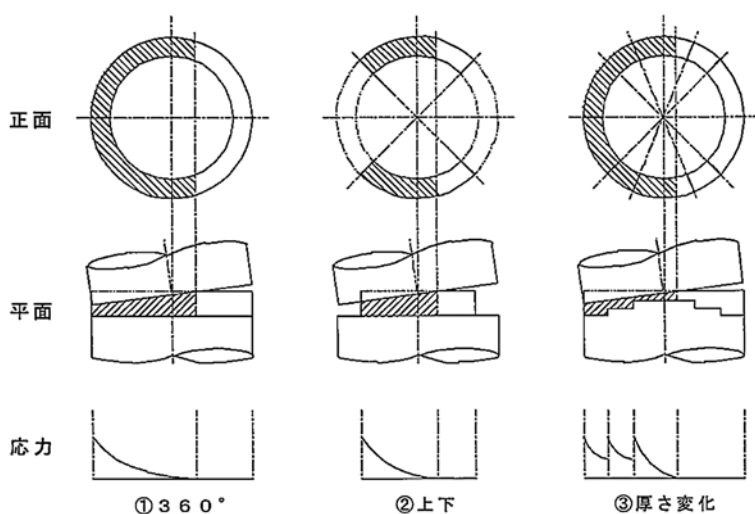


図-2 推進力伝達材形状による応力分布例

(出典：下水道推進工法の指針と解説 (公社)日本下水道協会・推進工法体系Ⅱ (公社)日本推進技術協会に加筆)

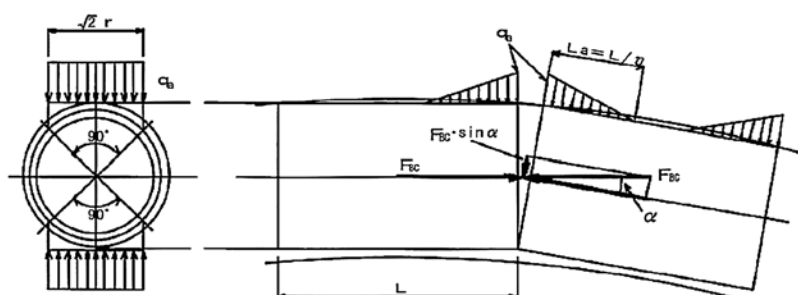


図-3 管にかかる側方荷重の概念 (出典：2010年技術講習会テキスト (公社)日本推進技術協会)

に対しては、管の外圧強さで照査します。これによって、許容推進延長も定まります。また、地盤の耐力が不足する場合は曲線線形を保持するため補助工法も必要となります。

Q2 連続カーブも可能ですか？

A2 推進工法で連続する曲線の施工は可能です。しかし、Q1)の②にも回答したように、推進工法では、曲線線形の施工時に推進力伝達材が果たす役割は非常に大きなものとなります。設計・施工では、推進力伝達材の変形特性を理解しておく必要があります。

曲線線形を推進工法で施工すると、管軸方向に伝達される推進力が曲線内側に偏ります。さらに、図-4に示すように複数の曲線を通過すると推進力伝達材の圧縮量は漸次変化し、このとき先頭に近い管の継手は後続管が通過する曲線の数だけ繰り返し圧縮力を受けます。

ここで注意が必要となるのは、推進力伝達材は、その変形の性能により持続的に一定の圧縮率を保持し推進力の伝達面積を確保するための材料です。しかし、推進による圧縮力が大きく、変形が塑性領域に達する(塑性変形を生じる)と、形状も圧縮性能(許容量)も元の状態には戻りません。曲線施工では、さらに変形に偏りが生じます。加えて、『圧縮-吸収-反発』が繰り返されることにより変形性能が漸次低下することが考えられます。

このことによって、直線部の施工時、他の曲線の施工時に推進力伝達面積が適正に確保できず、応力分散が十分にできない状態となり管本体の破損となる可能性があります(圧縮力が局所に集中するおそれがある)。

したがって、複数の曲線の連続施工