

解

説

トラブルゼロ

「理にかなった推進力の伝達」が、 推進工法を成功に導く

あそ のぶよし
阿曾 伸悦

日本ゼニスパイプ(株)
常務取締役技術本部長



1 はじめに

世界の中でも、日本の鉄筋コンクリート管材は最軽量級（管厚が薄い）である。この日本の推進管材を使って、推進工法を成功させる秘訣は何か？管材メーカーに従事する人達は、管材に与える影響の大きい、「推進設備のトラブルをなくすこと」と答えるのではなかろうか。当然のことであるが、推進工事が成功する条件は、掘進機・推進設備・管材の3つにトラブルがないことが必要条件である。ここでは、推進工事でのトラブルを回避するために役立つと思われる2つの事象を紹介したい。

第一の事象は、発進立坑内の元押推進設備から管材へ推進力を伝える過程で、管にひび割れを生じることがある。管材の列が地中を移動していく推進工法にとって、最も基本になる物理現象が「力（推進力）の伝達」である。この推進力の伝達形態を大きく分けると、①発進立坑内の元押推進設備から管材へ推進力を伝達する過程、②管材から管材へ推進力伝達材を通じて推進力を伝達する過程となる。

もし、推進力の伝達が管材の設計思

想通り理想的に均一に推進力を伝えることができたらひび割れも生じないにちがいない。しかし、推進力の伝達過程で管材に設計想定外の力が作用した場合、そこが管体の弱点になり、①の過程で、「理不尽なひび割れ」を生じる。この発進立坑内の管材のひび割れについては、推進設備の推進力伝達過程によるものであるので設備の品質を再考してもよいのではないかと考える。

第二に、長距離推進および曲線推進の計画推進延長を、管材の許容耐荷力内で推進できない場合に、管列の途中に中押装置を備えた中押管を配置して元押推進力を分割できる工法がある。ここでの中押管とは、中押管Sと中押管Tをはめ込んでセットになった管のことである。（以下「中押管」という）

推進業界の中でも中押管の構造を問題視する声は聞くが、中押管の何が問題なのかという記事は見たことがない。その理由のひとつには、中押設備が設計されていても、推進力低減材の活用により推進力の増大が緩和され中押を使わないで推進到達ができる場合もあり、中押設備の使用頻度自体が少ないことにもよる。万一中押のトラブルがあっても、施工が完了しさえすれ

ば、「今回は、たまたまだったのだろう」と思ってしまうことが大きいと思う。もっとも全ての中押管で問題が発生しているわけではないが、中押管にとってかなり無理をしいられている推進条件があることだけは解っていただきたい。そして、中押設備を作動する場合に、中押管の構造を理解して、中押からの「理不尽な漏水」の原因となるような使用を避けるべきだと考える。

最近では、世界一を誇る日本の推進技術の進歩で、厳しい推進の条件下では、特殊な推進工法の採用とともに特殊な中押装置を使用した多くの実績もある。

本稿では、二つの「理不尽な事象」を通じて、推進工法を確実に成功させるための一助になるよう、意見を述べてみたいと思う。

2 推進管の耐力について

まず、管の耐力はどのような検討をするのか改めて説明する。推進管の安全性を検討する内容は以下の2点である。

(1) 外圧荷重の検討について

（管の上部に外圧荷重をかける）

管にかかる鉛直土圧は、土による鉛

直等分布荷重 (kN/m^2) と活荷重 (kN/m^2) を総和したものを等分布荷重 (kN/m^2) として採用している。次に、外圧強さから求まる管のひび割れ保証モーメント ($\text{kN} \cdot \text{m} \cdot \text{m}$) ÷ 埋設管に生じる曲げモーメント ($\text{kN} \cdot \text{m} \cdot \text{m}$) ≥ 1.2 (安全率) でひび割れの安全率を検討している。

(2) 推進力の検討について

(管にかかる推進力)

推進力を算出する過程で、土質データの分析によって管と土の摩擦係数および土の付着力を決める。これは、摩擦力を減少させる検討や推進力を算出する根拠となる。

計画推進延長の総推進力は、各推進抵抗の総和で算出する。そこで、推進方向の管の許容耐荷力から許容推進延長を算出して許容推進延長 > 計画推進延長であることを確認する。管の許容耐荷力の大きい管材を用いても、許容推進延長が計画推進延長 (m) に及ばない場合は、管列の途中に中押管を配置することによって、元押の推進力を分割して軽減させる検討をする。

このように管材を選定する過程で、管の許容耐荷力は、推進延長を算定する根拠になる。管の許容耐荷力の考え方は、管体のコンクリート圧縮強度の1/4を許容平均圧縮応力度 (表-1) と決めて、管の断面積を乗じた値が管の許容耐荷力になる。通常、道路橋示方書やコンクリート標準示方書等では、コンクリートの許容圧縮応力度は設計基準強度の約1/3としているが、管にかかる繰返し荷重および応力分布のばらつきを考慮して1/4を採用し

表-1 コンクリートの許容平均圧縮応力度

管体コンクリート圧縮強度 (N/mm^2)	許容平均圧縮強度 (N/mm^2)
50	13
70	17.5
90	22.5



写真-1 載荷位置に推進力伝達材がない場合の実験

ている。

このように、管のひび割れ荷重 (外圧強さ) と管体のコンクリート圧縮強度が推進管の耐力を算定する基礎となっている。

3 発進立坑内で発生する、 管材のひび割れについて

まず、管材から管材へ推進力が伝達される過程では、完全に全断面に均一な推進力が作用しない場合でも、前後の管材間に推進力伝達材があり、材質・伝達面積・貼り付け位置も同じである。結果的に推進力は、軸力方向の圧縮力として伝達されることになるので、通常では管にひび割れが生じない。しかし、発進立坑内で推進中に管にひび割れを生じることがある。しかも、①管には外圧荷重が加わっていない。②管の許容耐荷力を下回った推進力という条件においてもひび割れが生じることがある。

一般的に、上記の条件でひび割れが発生する要因は、①管材の有効長/呼び径の比が小さい管材である。有効長が短い管材は、推進力が管軸方向の軸力よりもリングや梁としての曲げ荷重として作用する傾向がある。②管断面

からはずれた位置に、推進力が作用した場合。U形ストラットを使用する場合に多く見られる。③管断面に推進力が伝達されても、推進力伝達材のない部分に推進力が作用した場合。すなわちジャッキ位置が、クッション材のない位置である場合。この要因①～③に共通することは、推進力が軸力方向の圧縮力として伝達されていないことである。管材に③の条件で推進力を伝達した場合を想定して載荷実験により、管にどのような力が作用するのか検証した (写真-1)。

実験結果は、荷重が支間距離の短い単純梁に対する集中荷重として作用した破壊形態を示している。

次に、発進立坑内の“理にかなった推進設備”と“理にかなっていない推進設備”の事例を紹介する。

まず、“理にかなった推進設備”である。現在の大中口径管以上の呼び径800～5000の中で、筆者の知る限りにおいて、最も推薦できる発進立坑内の元押推進設備は、(写真-2)に示すものである。これは、超大口径推進管 (呼び径3500および4000) で使用された推進設備である。

写真-2でもわかるが、推進管材の