

解説

進化した推進技術

安全性を追求した内圧管をめざす

あそ のぶよし
阿曾 伸悦

日本ゼニスパイプ(株)
取締役技術本部長
(本誌編集委員)



1 ガラス繊維鉄筋コンクリート管が優れている理由

現在、我が国で使われている主な推進工法用管材は、(社)日本下水道協会の規格に基づく鉄筋コンクリート管、ダクタイル鋳鉄管、硬質塩化ビニル管、レジンコンクリート管等がある。また、施工条件によっては(1)急曲線に適したもの(2)長距離推進に適したもの(3)特殊な性能を重視したものと、大きく3つに分類することも可能であり、管材メーカーには、まさにこれらの施工条件に適した、より安全・安心な推進管材をめざして開発や品質の向上を繰り返してきた歴史がある。

弊社の設計業務においても最近大きく変わったのが、“内圧”という言葉が社内でのトレンドとなっていることである。20年以上も昔の農業用水華やかなりし頃に、開削工法の内圧管製造を経験された管材メーカーの方達は、“内圧管”の言葉を聞くと製造管理に苦労した思いが甦ったのではないだろうか。その当時、内圧管の製造で最も苦慮した点は、コンクリート管本体に弱点を持たず、規定の水圧に耐える管を製造しなければならなかったことである。その製造管理面の難しさを経験

しているとお分りと思うが、推進工法用の管で内圧性能を求める管材となれば、開削工法と違って推進工事の施工では避けられない、繰返し荷重や損傷リスクに対して実績があり、開削工法用の内圧管以上に安心な管材を選定することが推進工事の成功のカギとなる。

この推進完了後の管路に内圧が作用する場合、言い換えれば推進施工用の内圧管のニーズに応じて標準化と品質向上を図ったものが“下水道推進工法用ガラス繊維鉄筋コンクリート管”である。この管材は、呼び径3000まで0.6MPaの内圧を規定している。

ガラス繊維をコンクリートの補強材として使用する最大の目的と効果は、**被りを必要とせず内外面近傍に補強材を配置できることにより、コンクリート表面の引張強度を安定的に発揮させることができることにある**。一般にヒューム管鉄筋の最小被りは25mm必要とされており、鉄筋の腐食を勘案すると、もちろん被りは大きいほど良い。一方、鉄筋コンクリートの基本構造は圧縮をコンクリートで負担し、引張は鉄筋で負担するものであり、RC構造ではひび割れを一定の基準で許容するのが普通である。しかしヒューム

管の場合は管厚が薄いことから、ひび割れから破壊に至る靱性が多く期待できないこともあり、ヒューム管の歴史の最初から、ひび割れを許容せずコンクリートの引張強度も期待する設計となっている。特に内圧が加わる構造においては後述するように(写真-3、4)、ひび割れ時点でほぼ水が吹き出す限界状態となる。したがって内圧管の場合は管の表面の引張強度を高いレベルで均一に保つことが非常に重要な要求性能となる。ガラス繊維の補強ではこれが可能である。この観点においては、ヒューム管のコンクリート強度をいくら高めても、その追従を許さない。また、ガラス繊維の補強と鉄筋のハイブリッド化によって、逆転の発想で鉄筋の被りを大きく取ることも可能となり、耐食セメントなどの使用も加味すれば、最近の防食ニーズにも合致した管材も作ることができよう。

本稿では、その管体構造が他の推進工法用管材と異なることや、安全性に対する検証の取り組み等について記述するとともに、推進管材としても、より“安全・安心”な管材であることを述べてみたいと思う。

2 内圧管の始まりと設計について

内圧が作用する管路として、農業用水管・上水道管・下水圧送管・工業用水管等が挙げられる。遠心力鉄筋コンクリート管における内圧管の始まりは、内圧のかからない場合に使用する普通管（外圧管）に対して、内圧のかかる場合に使用する圧力管（内圧管）として1950年にJIS規格に規定されたことによる。その後、1972年に農業用水路を主体として使用する圧力管として2k、4k、6kの3種類が使用されたが、あくまで開削工法用の管材規格であった。一方、推進工法用管材としては、1973年に下水道推進工法用鉄筋コンクリート管（JSWAS A-2）が規定されたが、その用途は推進工法用の管であり、内圧が加わることは考慮していなかった。その後、大深度管路および雨水貯留管への採用が増加してくるに伴い、内圧性能の明確化を要望する声が強くなったので、2009年に“下水道推進工法用ガラス繊維鉄筋コンクリート管（JSWAS A-8）”において推進管で最初の内圧性能が追加規定された。

この管材は、開発当初、長距離推進や曲線推進はもちろんのこと、耐震設計にも耐え得る管材として高軸方向耐力、高外圧強さを目指したものであり、これまでその方面の実績は多い。すなわち、ガラス繊維を内外面に配置することによるひび割れ強さと、高強度コンクリートによる圧縮に対する強さが卓越しているわけであり、当然内圧に対しても有利であることが予想できたことから、内圧性能の検証に取り組んだものである。

一般に内圧が作用する管材の設計は、農林水産省構造改善局から平成10年3月に発刊された「土地改良事業計画設計基準設計『パイプライン』

基準書・技術書」に基づいて行うので、これに準拠した。“下水道推進工法用ガラス繊維鉄筋コンクリート管”（複合管）はヒューム管と同様不とう性管であるので、埋設された管には内圧と同時に土圧や活荷重などの外圧荷重も作用するため、両方の荷重を考慮した複合荷重として検討する必要がある。

管体に内圧が作用すれば管内壁全体に引張り応力が生じ、外圧が作用すれば外圧による曲げモーメントによって、曲げ引張り応力が発生する。従って、内圧と外圧が同時に作用すれば、複合作用として管体上下の内壁と管体左右の外壁には引張り応力が累積されて作用するため、より大きな引張り応力が発生することになる（図-1）。

このように、内圧管路においては内外圧の複合荷重について十分安全である管種を選定する必要がある。

3 内圧性能の適応について

3.1 下水道推進工法用ガラス繊維鉄筋コンクリート管（内圧管）標準化の経緯

- ① 1980年イギリスから技術導入して開発されて30年以上経過
- ② 1992年日本下水道協会（JSWAS A-8）規格として制定
- ③ 2009年日本下水道協会（JSWAS

A-8）規格の内圧性能を追加規定

- ④ 2010年「下水道推進工法の指針と解説」に内圧管（JSWAS A-8規格）が明記されて下水道資器材の標準化が進んできた。

3.2 管体構造の優位性

既に述べてきたように、ガラス繊維鉄筋コンクリート管はひび割れに強く、推進力にも強い管であるが、以下にその特性について説明する。

- ① 管体は“0スランプ”のドライコンクリートを使用

コンクリートは、混練水が少ない程、圧縮強度が高くなる。水セメント比（W/C）は土木学会では55%以下と規定されているが、一般の生コンでは、施工性を考慮して通常40～50%くらいである。対して、ガラス繊維鉄筋コンクリート管は水セメント比（W/C）25%程度の超固練りドライコンクリートを使用している。水量は水和反応に必要な極限の量であるため、ヒューム管のように単なる遠心成形法ではドライコンクリートの締固めはできない。この管を作る場合は、遠心力で回転させながら、型枠に振動を加える装置が必要となる。このドライコンクリートと特殊製管装置が相まって、はじめて緻密・密実で高強度のコンクリートを得ることができる。

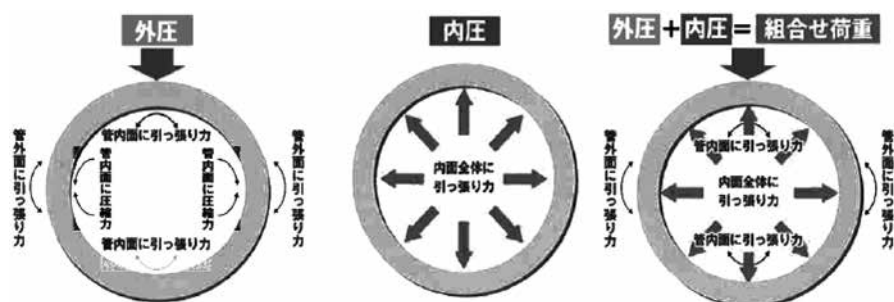


図-1 内外圧組合せ荷重のメカニズム