

解説 施工と管材のコラボ

従来にない高強度を成し遂げ、 新たな適用分野を開拓した合成鋼管

みおか ぜんべい
三岡 善平

日本ヒューム(株)
市場開発部長



1 はじめに

管路は、人々の生活や事業活動に使われた汚水を再びをきれいにして自然へ還したり、処理した水を工業用水などに利用するなど、水の循環の中で重要な役割を果たしている。

下水道に使用されている管の材料にはいろいろなものがあるが、歴史的に見れば、古くは天然の材料を使用した材木や石積みから始まっているのではないかとされる。世界で最も古い下水道は、今から4000年もむかしの古代インドのレンガ造りのものと言われている¹⁾。

コンクリート製の管は日本では明治時代に発明された¹⁾。遠心力製法による鉄筋コンクリート管は、大正時代の後期に製法が日本に導入され「ヒューム管」として今に至っている²⁾。

高外圧や高内圧の作用するところでは通常のヒューム管では耐荷力が不足するために、プレストレスを導入して耐荷力を高めた管が使用される。管体にプレストレスを導入した管には、既成管の外周に引張強度の大きなPC鋼線を強い力で巻き付けてコンクリートにプレストレスを与えたPC管がある。いわ

ば機械的手法によるプレストレスの導入である。これに対して、コンクリート自体に膨脹性を与え、その膨脹力を拘束することによってプレストレスに置き換えたCPC（ケミカルプレストレストコンクリート）パイプがある。この方法は化学的手法であるため「ケミカルプレストレッシング」と呼ばれる。

CPCパイプは、昭和43年に実用化され、管の外圧強度をそれ以前のコンクリート管の2～3倍に向上することに成功している²⁾。これは現在でもヒューム管に応用されており、下水道整備事業の急速な拡張に伴って需要量が伸び、下水道用管路材としてインフラを担ってきた。

ここでは、CPCパイプと同時期に開発され、ケミカルプレストレスをさらに積極的に応用し、従来にない高強度化を成し遂げ、新たな適用分野を開拓した合成鋼管について、その歴史、構造、製造、規格などについて紹介するものである。

2 合成鋼管の歴史

合成鋼管は歴史的には古く、ヒューム管にケミカルプレストレスが導入され

る以前の昭和41年に鋼管メーカーと共同で研究開発を行い完成されたものである²⁾。

開発当時は、高外圧、高内圧に耐えられる管はPC管しかなかった。しかし、構造的に曲線敷設が難しいこと、製造設備としてPC鋼線の巻き付け設備などが必要とされたことなどの問題があった。そこで、膨脹性コンクリートを用いて、ヒューム管と同じ遠心力製法で製造でき、なおかつ曲線敷設などに対応しやすい管として合成鋼管の開発が行われた³⁾。その当時の施工方法は、まだ開削工法が主流であったために継手の構造は、溶接継手ないしはA形管のような後付タイプのカラーで、図-1に示すような離脱防止継手の備えもあった。

現在の合成鋼管は、これらの歴史を



写真-1 合成鋼管

踏まえた上で、時代のニーズに合わせた仕様に变化してきている。特に、最近では、開削工法から推進工法に変わり、また急曲線施工が求められている。そこで、形状もこれに対応し、図-2、および図-3に示すように本体とカラーが一体となった形状として、拔出し長も耐震設計で求められる性能となっている。また、大都市では大深度での推進工事も行われるようになってきており、これに対応する水密性能を確保するため、最大試験内水圧2.1MPaの継手の開発なども行ってきた。

合成鋼管は、既に施工延長50kmに及ぶ豊富な実績を有しており、農業用水パイプライン、工業用水パイプライン、および急曲線推進や大深度地下における下水道管路等で、現在に至るまでに様々な技術的改良が施されている。

3 合成鋼管の構造および製法の特長

鋼材は引張強度の大きな優れた材料であるが、鋼管のみでは変形しやすいという弱点がある。とくに径が大きくなるほど管厚と径の比が小さくなるのでこの傾向は著しい。このように変形の大きな鋼管の管厚は、一般的な水圧管路では、水圧から算出したものよりも、鉛直荷重によるものの方が厚くなることは周知のことである。そのため規格鋼管の管厚は一定の条件のもとに外圧荷重によって管厚が定められているものである⁴⁾。

ここで、鋼管の内面に鋼管厚に比してかなり厚いコンクリートをライニングすることによって断面剛性を増し、外圧荷重による変形をきわめて小さくすることができる。この場合、鋼管は変形による応力度が非常に小さくなるので、鋼管厚は水圧に対して安全な程度の厚さとするれば充分で、かなりの鋼材量を減ずることが可能となる。

一方、コンクリートは引張力に弱く、

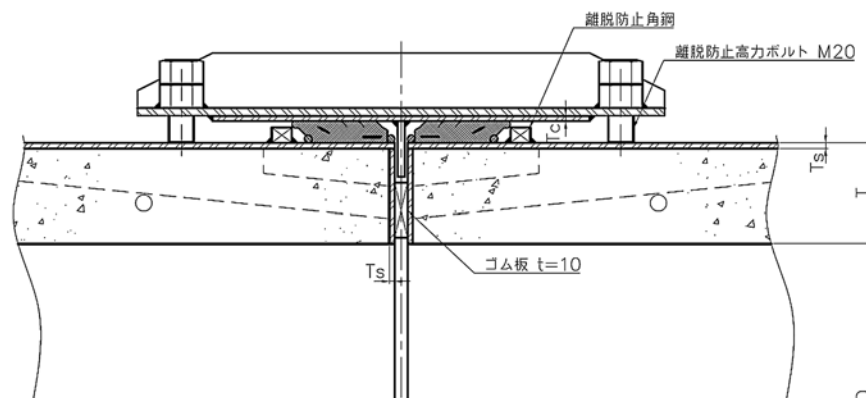


図-1 合成鋼管に使用された離脱防止継手構造図

これを材料にしたコンクリート管は、外圧荷重による曲げ引張応力度のほか、水圧による軸引張応力度を受けるので、荷重条件によってはその厚さをかなり厚くしなければならない。

そこで鋼管の内面にライニングするコンクリートに膨張性コンクリートを用いるとケミカルプレストレスが導入できるので、当然コンクリートを薄くすることが可能となる。また、コンクリートの膨張力によって鋼管とコンクリートの付着力が向上し一体性が増すという利点がある。内圧には強いが外圧には変形しやすい鋼管と、外圧には強いが内圧には弱いコンクリート管の両者の長所を生かし、互いの欠点を補うことにより、真の意味の合成管となって荷重に対抗することができる経済的な管となる。

しかも、合成鋼管にとって特に有利なことは、以下に述べるようにその構造と製法がケミカルプレストレスの導入にとって大変都合がよく、理想的であるということである。

3.1 構造およびその利点

合成鋼管の構造は、図-2、3に示すように膨張性コンクリートの膨張力を拘束するように比較的薄肉の外殻鋼管によって覆われ、両端面はエンドプレートによって拘束したものである。

(1) 膨張性コンクリートの拘束

膨張性コンクリートを無拘束状態で膨

張させると、コンクリートの組織がルーズとなり、むしろ強度が低下する。更に、膨張量の大きい場合には自壊作用さえ起こす結果となる。したがって効率良くプレストレスを導入するためには、何らかの方法で十分な拘束を与える必要がある。

(2) 形状・構造による影響

ケミカルプレストレスの導入効率、導入しようとする部材の形状に大きく左右され、管のような環状断面に対して円周方向に導入するものが最も合理的とされている。その理由は、円周方向に対するコンクリートの膨張が、円周長を増すように挙動し、管壁は外周方向にのみ拡張しようとするのに対し、外周に配置された拘束部材（ヒューム管では鉄筋かご、合成鋼管では外殻鋼管）によって均等に拘束されるので、膨張力はほとんどロスを生じないでプレストレスに置き換えられるからである⁴⁾。ただし、ヒューム管と合成鋼管とは導入効果に差異がある。前者の場合、プレストレスの導入される部分は管体外径部の鉄筋筋で、それより外部は拘束性が弱いのにに対して、後者では、拘束状態は理想に近く、最外側の外殻鋼管まで導入され拘束性が強い。このことにより、膨張力を極端に大きくすることができるわけで、導入されるプレストレス量はヒューム管の場合に比べて2倍に達するような大きなものが得られる。