

クリモトROAD

— 変わり続けるための挑戦 —

EPISODE 1

「S50形ダクタイトイル鉄管」のその後 ～パイプシステム事業部～

S50形ダクタイトイル鉄管（以下、S50形）の販売開始後10年を記念して、全国で初めてS50形をご採用いただきました横浜市水道局様にお話をお伺いしました。また、当社技術者によるS50形開発当時の秘話も併せてご紹介します。

S50形ダクタイトイル鉄管とは

S50形ダクタイトイル鉄管（以下、S50形）は、クリモト技報（以下、技報）No.62が発行された2012年10月に当社独自規格として販売を開始した最小口径耐震形ダクタイトイル鉄管です。現在は日本ダクタイトイル鉄管協会の規格品となり、販売開始10年で累計出荷実績は300 kmを超え、全国で200を超える事業者様にご採用いただいております。

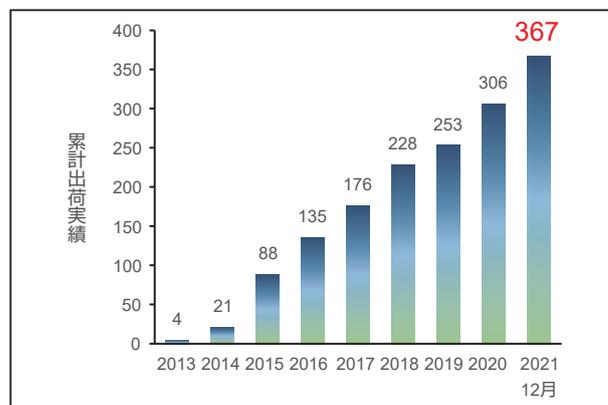


S50形直管継手外観

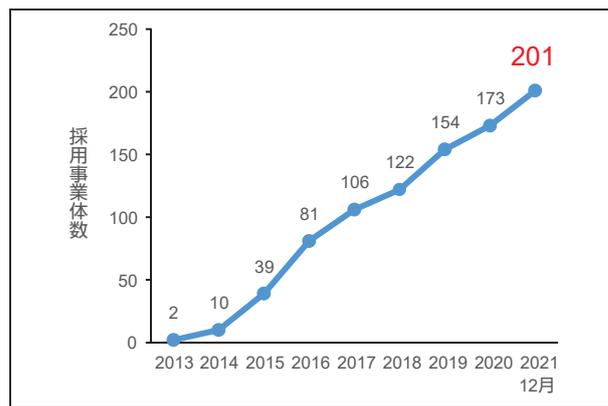


S50形接合部品

S50形は耐震管として数多くの自然災害に耐えた実績のあるNS形ダクタイトイル鉄管（以下、NS形）と同等の継手性能を持ち、外面はGX形ダクタイトイル鉄管（以下、GX形）と同じ高耐食塗装が施されることから、水道管路を水量適正化のためにダウンサイジングした場合においても強靱で長寿命な管路を構築することができます。



S50形出荷実績 (km)



S50形採用事業者数

クリモトを支える技術や製品は、時代の流れやお客様のご要望に合わせて日々進化を続けています。「クリモト ROAD」では過去のクリモト技報に掲載した技術や製品にスポットライトを当ててみました。それらがどのように進化を遂げてきたのか、「クリモトが過去から現在まで歩んできた道のり」を感じていただけるよう、実際に製品をご使用いただいたお客様の声や、開発秘話や技術者の意気込みなどをご紹介します。



横浜市水道局様へのインタビュー

全国で初めてS50形をご採用いただきました横浜市水道局の江夏配水部長と足利配水課長に、採用に至った経緯や現在の布設状況についてお話を伺いました。

Q まず初めにS50形の採用に至った背景、経緯についてお聞かせください。

江夏部長 横浜市水道局では、老朽管更新・耐震化事業において、昭和56年度に災害時に給水の拠点となる施設への管路で耐震管の採用を開始しました。平成8年度から大口径管、平成18年度からは、口径75 mm以上の管路に耐震管を採用し、より一層管路の耐震化に取り組んできました。



横浜市水道局 配水部長
江夏 輝行 様

S50形採用前の平成25年度末における管路の内訳ですが、市内に布設されている送・配水管約9,100 kmのうち口径50 mmの配水管は約2,000 kmと約22%を占めていました。また、口径50 mmの管路は、老朽管が増加傾向にあり更新の必要性が高まっていました。

従来口径50 mmに使用してきた管は、耐震性能を有しておらず、比較的漏水の多い管種でしたので、口径50 mmの配水管の更新の優先度を高く位置づけることとしました。しかし、S50形を採用するまでの間は、口径50 mmで耐震性能を有した管種が存在しなかったため、口径75 mmのNS形で布設する必要がありました。増径を伴う管路更新となりますので、水道の使用状況によって停滞水になる可能性が高まることや、コスト増にもつながります。そのため、将来の給水

表2 事業費（1 kmあたり）のコスト削減試算表

	S50形	GX形φ75	差額
材料費	約1,021万円	約1,129万円	約108万円
管布設費	約420万円	約462万円	約42万円
合計	約1,441万円	約1,591万円	約150万円

量減少を想定した、より適正な口径を選択し、コスト縮減や流速の適正化を図る必要があることから、口径50 mmの耐震管の採用は急務となっていました。そこで、本市から管材メーカーへの口径50 mm耐震管の開発を要望したところ、株式会社栗本鐵工所様によりNS形と同等の耐震性能を有するS50形が開発され、本市でも採用に向けた検証を行いました。

Q 採用に向けてはどのような点に留意されて検証されたのでしょうか。

江夏部長 採用に向けては、全国初となるS50形の試験施工を本市で行い、経済性と施工性に関する検証を行いました。試験施工は、平成24年度の1現場から始め、平成25年度には34現場、平成26年度には140現場と、段階的に拡大しました。平成25年度の試行では、NS形・GX形と同等以上の施工性であることが確認でき、現場からの評価も非常に良かったと聞いています。さらに、平成26年度には口径50 mm用ソフトシール弁および他口径からS50形路線への不連続水連絡工の施工を実施し、どれも他口径の施工と同様に問題なく施工ができたことを確認しました。このように本格採用にあたって、施工条件などを整理しながら合計175現場、総延長約8.7 kmの試験施工により、経済性や施工性が有効と確認されたことや、異形管などの付属設備のラインナップが揃ったことから、平成27年度の本格導入に至りました。

表1 S50形ダクタイル鉄管本格導入までの経緯

年度	水道局の取組み	メーカーの取組み
H20	φ50 mm耐震管製造の要望	製造検討開始
H21・22	施工性の助言	製造技術の向上
H23	耐震性や強度確認 曲管ラインナップの充実などの要望	製造技術の向上
H24	試験施工開始 高耐食塗装の提案	S50形ダクタイル鉄管の製品化
H25	試験施工（合計約1.5 km） 施工性、コストの確認 付属設備の検討	ダクタイル鉄管協会規格化
H26	サドル付分水栓で耐圧試験の検証 S50形ソフトシール弁の採用 不連続水割T字管の施工検証	



水道局職員向け講習会

Q 全国初の試験施工から10年が経過しましたが、現在に至るまでの布設状況をお聞かせください。

足利課長 平成24年度の試験施工から令和3年度末に至る10年間で約230 kmがS50形で更新され、口径50 mmの耐震管率が約12%向上しました。また、本市では、受贈する道路内の私有管については非耐震管が多く、耐震管率の向上を阻害する要因となっていたことから、令和2年度からS50形を受贈条件とし、一層の耐震化の推進と日常の漏水事故防止に取り組んでいます。

なお、S50形の本格採用に至るまでには、接合技術など、確実な技術力の確保が必要となることから、この試験施工期間中に施工業者向けの接合技術や局職員向けの設計・施工管理に関して、株式会社栗本鐵工所の皆様に10回を超える講習会を開催していただきました。多大なるご協力をいただいたことで、これまで特にトラブルを抱えることもなく、円滑な設計と施工が実施されており、改めてお礼を申し上げます。



横浜市水道局 配水課長
足利 洋明 様

Q 本格採用いただいた上でS50形に期待されていること、ご評価などについて教えてください。

足利課長 S50形は技報No.62の各種性能試験の結果からわかるように、過去の大規模地震や豪雨などの自然災害に対して多くの実績を有するNS形の流れをくむ耐震管であると考えております。また、口径50 mmの配水管では漏水事故が他の口径と比較して高い比率で発生していましたが、S50形は長期耐久性を有する水道管として、大規模地震への対策とともに漏水防止という点でも非常に高い効果を期待しており、有収率向上にも寄与するものと考えられます。



S50形ダクタイル鋳鉄管配管状況

Q 最後に横浜市の管路更新に関する今後の展望についてお聞かせください。

江夏部長 全国的に人口減少時代を迎えており、横浜市においても水需要と水道料金収入の減少は避けられない状況にあります。そのため、これからの水道事業は、ダウンサイジングによる施設規模の適正化が求められます。また、厳しい財政状況のなかで、今後の水需要の動向をしっかりと見極めて、次世代の受益者に対しても過度な負担とならないよう、アセットマネジメントを実行していかねばなりません。

管路更新においても、適正な管路口径を選択することが求められ、将来の水需要を見据えると、口径50 mmを含む小口径管路の需要が一層増加してくると考えられます。また、地震列島といわれるわが国で、着実に老朽管の更新と耐震化を進めていかなければならない状況の中で、S50形耐震管という選択肢が増えたことは、強靱なパイプラインの構築と水道事業の持続性の観点からも全国的に非常に大きな意味があるのではないかと考えています。

クリモト技術者によるS50形開発当時の秘話

開発担当技術者より

S50形の販売を開始した10年前は、大規模震災に備えるための管路末端部までの耐震化や、人口減少などによる水需要減少に対応するための管口径適正化が、すでに課題となっていました。それからの10年を振り返りますと、頻発する地震災害に加えて、異常気象の影響による水害や漏水被害などがそれまで以上に増えました。より一層の管路



パイプシステム事業部
パイプ/リニューション統括部
山本 雅之



ø75GX形(左)とS50形(右)
ロックリング



接合デモンストレーションを行う山本氏
(2012年旭川水道展)

の強靱化や水資源の有効利用などが求められるようになり、小口径の耐震管の重要性は、販売開始当時よりも高まっているのではないかと考えます。このような状況の中、S50形は年々採用していただける事業体の数が増え、出荷延長も順調に伸びています。これは前述のような様々な課題に応えることのできる小口径の耐震管として、S50形を広く認めていただけたということであると考えており、強靱かつ持続性を有する水道管路の構築に少なからず貢献できたことを、大変嬉しく思います。

さて、S50形の特長の一つに施工性の良さがありますが、従来耐震管継手構造のスケールダウンではロックリングの剛性が高くなり過ぎて、施工性が著しく低下することから、開発に際しては継手構造の考案に苦労しました。なかでもロックリングの仕様決定は大変難しく、耐震性と施工性に加え、耐食性や経済性、生産性などの各種要件をバランスよく満たせるものが思うように実現できずに、多種多様な仕様を考案しては試作と性能評価を繰り返し、毎日一喜一憂していたことが思い出されます。

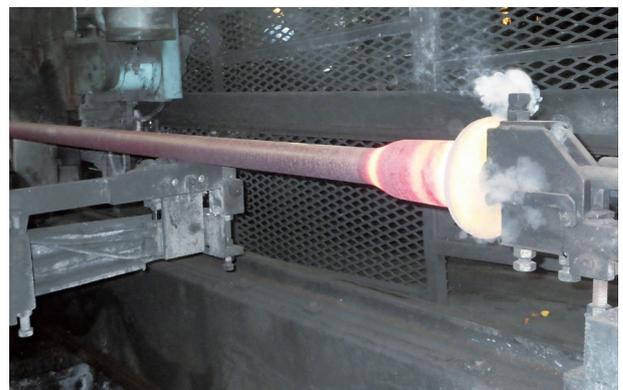
商品化を実現するまでは、ロックリング以外の開発においても多くの試行錯誤や苦労がありましたが、継手開発を一から行うために必要な様々な知識やノウハウを体得すると共に、固定概念に囚われず俯瞰的視点で物事を考えることや、失敗を恐れずチャレンジをすることの大切さなど、多くの貴重な経験を得ることができました。それらは今なお、自身の開発業務において活かされています。

S50形はその施工性の良さに加え、3DkN以上の継手離脱防止力や地盤のひずみを吸収することができる十分な継手伸縮量と屈曲性能を有し、GX形やNS形などと並ぶ強靱な耐震管として、自信を持ってご提供しています。管路末端部までの耐震化やダウンサイジングによる管口径の適正化などに、今後も安心してお使いいただきたいと思います。

また、社会環境は日々目まぐるしく変化しており、それに伴って水道管路に求められる技術や、抱える課題なども多岐に渡って増えつつあります。このような状況の変化やニ-



φ75GX形(左)とS50形(右)の外観



S50形製造状況

ズを的確に捉え、耐震管の提供のみならず、管路の課題解決につながる様々な技術を提供させていただくことで、今後も水道業界のお役に立てる存在となるよう努めてまいります。

製造担当技術者より

S50形を製造する以前の堺工場では、口径75～250mmの小口径管の製造を行っていましたが、S50形は口径50mmであり、口径75mmと比較すると一口径しか変わりませんが、製造する上での難易度は格段に上がりました。中でも管の形を形成するための casting 工程、管内面を行う内面粉体塗装工程では、多くの課題と直面しました。



パイプシステム事業部
堺製造部
高松 義雄

casting 工程では金型遠心 casting 法を採用しています。高速で回転する金型にトラフと呼ばれる長尺の樋を挿入して溶湯を注ぎ込むことで casting を行いますが、径が小さくなると金型の内径寸法も小さくなります。内径寸法の小さな金型の中に適切に溶湯を注ぎ込み、規格管厚を満足し、外観品質の安定した casting を行うことは非常に難易度の高い課題となりました。

また、内面塗装工程では、高速で回転する管の中に、塗料を吐出するための長尺の塗装ランスを挿入します。鑄造工程同様、小さな径の管の中に塗装ランスを挿入し、安定して管内面に均一な粉体塗装塗膜を形成することも非常に難易度の高い課題となりました。

過去に経験したことのないそれらの課題に対して、生産活動を行いながら、製造技術確立を行うため、試行錯誤を重ね改善策を立案し、その実績を積み上げ、S50形の製造技術を作り上げていきました。

S50形の製造技術確立を達成することで、多くの知見と製造ノウハウを得ることができました。特に鑄造工程で使用するトラフ、内面粉体塗装を行うための塗装ランスなど、製造に関わるそれぞれの器具が品質に及ぼす影響を深く理解し、試行錯誤を重ねることでS50形を製造するために必要な条件を見つけ出すことができました。これらの知見やノウハウは、小口径管全般の製造にも活かすことができ、工場全体の技術力アップとなり、小口径ダクタイル鉄管の更なる品質向上にも繋がったと自負しています。

生産状況については、初動後量産が確立した時点と比較すると、採用事業体様の増加もあり、直近3ヵ年の生産量はほぼ2倍になっています。鑄造工程においては、日々の継続的な改善活動により、初動量産時と比べ良品率を大幅に向上することができました。また、内面粉体塗装工程では、昨年度抜本的に塗装方法を改善し、大幅に生産性を向上させることができました。これらの活動成果もあり、安定した供給体制を確立することができています。

2011年度の初動時から様々な難題と直面してきましたが、製造部門はもちろんのこと、技術部門、設備部門も含めた工場全体で改善を繰り返し、今日の安定生産に辿り着くことができました。しかしながら、他口径管の製造と比較すると、まだまだトラブルの頻度などの課題は多く、今後も更に改善を積み重ねていく所存です。

人口減少により、水需要が減っていく傾向にある中、ダクタイル鉄管の中で最小口径の耐震管であるS50形は、今後益々必要とされる製品と確信しています。引き続き生産性向上、品質向上に取組み、また、高品質のダクタイル鉄管を安定してお届けできるよう、日々の生産活動に努めてまいります。

おわりに

本企画を通じてS50形が横浜市水道局様の開発要望により誕生したこと再確認することができ、モノづくりにおけるユーザーニーズの重要性を改めて認識しました。また、当社の技術者の開発秘話を通じ、「クリモト技術者」の人柄、意気込みを感じていただけたら幸いです。

S50形ダクタイル鉄管や高耐食塗装に関する詳細は、これまでのクリモト技報で紹介しています。当社のHPにて公開していますので、ぜひご覧ください。

○S50形の継手の特長や性能などについて

・技報No.62「S50形ダクタイル鉄管の開発」

URL : http://www.kurimoto.co.jp/technology/data/62/tr62_report_1.pdf

○高耐食塗装の特長や性能などについて

・技報No.65「Zn-AISI擬合金溶射管の開発」

URL : <http://www.kurimoto.co.jp/technology/data/65/tr65-report01.pdf>

・技報No.70「Zn-Al系擬合金溶射管の強腐食環境下における寿命推定」

URL : <http://www.kurimoto.co.jp/technology/data/70/tr70-report05.pdf>

こちらからも、クリモト技報の紹介ページにアクセスできます。



FRP (M) 管の連続成形技術の進化

～化成産品事業部～

当社は1970年(昭和45年)から、農下水管、電力、通信ケーブルの保護管および水力発電所に使用される水圧管などの広範囲な用途に使用されるFRP(M)管を製造・販売してきました。

ここでは、当社のコア技術であるFRP(M)管の連続成形技術の進化についてご紹介します。

FRP(M)管とは

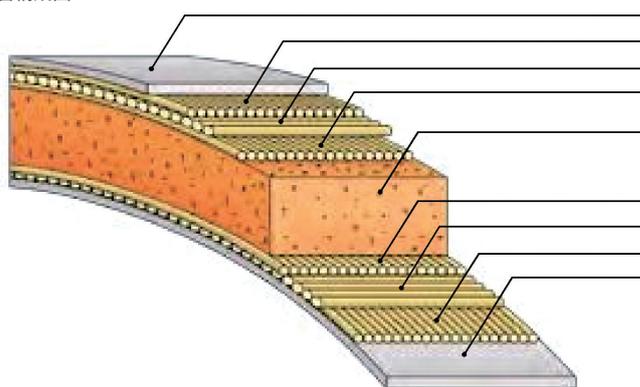
FRP(M)管とは、母材に樹脂を、強化材にガラス繊維を用いて内外面にFRP層を形成し、中間に樹脂モルタルを配して一体化したパイプであり、軽量かつ高強度といった特徴があります。

FRP層は熱硬化性不飽和ポリエステル樹脂を含浸させたガラス繊維を、フィラメントワインディング成形法(FW成形法)により円周方向および軸方向にならべて硬化したものであり、その強度は他のプラスチック製品に比べ、はるかに優れています。また、中間部の樹脂モルタル層は、珪砂など

FRP (M) 管の施工状況



FRP (M) 管構成図



外面FRP層/Exterior FPR Layer

- 保護層/Protective layer
- 円周方向ガラス繊維/Circum glass fiber
- 軸方向ガラス繊維/Axial glass fiber
- 円周方向ガラス繊維/Circum glass fiber

樹脂モルタル層/Resin Mortar Layer

内面FRP層/Interior FPR Layer

- 円周方向ガラス繊維/Circum glass fiber
- 軸方向ガラス繊維/Axial glass fiber
- 円周方向ガラス繊維/Circum glass fiber
- 保護層/Protective layer

の骨材と不飽和ポリエステル樹脂を混練し硬化したものであり、セメントコンクリートに比べて数倍高い圧縮強度を有しています。よって、FRP(M)管の内外面に配したFRP層は管に生じる曲げ応力を負担し、また中間部の樹脂モルタル層は内外の表面層を一定の間隔に保ち、かつせん断力を伝達する構成となっています。

フィラメントワインディング成形法とその製造方法

FW成形法とは、機械的強度の高いFRP製品を製造するために開発された方法で、熱硬化性樹脂を含浸させたガラス繊維をマンドレルに巻き付けて管を成形する方法です。このマンドレルの口径を換えることにより、小口径から大口径の管を成形することができ、管の強度は、ガラス繊維の投入量を調節することで用途別に設定が可能です。FW成形法による製造方法は、厚紙を重ねて紙管製マンドレルを形成する紙管方式と、スチールベルトを型枠上にはめ込んでマンドレルを形成するドロストホルム方式ならびに小ロット生産に適したバッチ方式があります。

紙管やドロストホルム方式に代表される連続成形法は、投入材料を切断することなく連続的に生産を行うため、低コストかつ生産性の向上が図れます。一方、バッチ成形は、連続

成形と比較して、生産性が低くコスト高となりますが、製品の必要強度に併せてガラス繊維の巻き角度を自由に選定することが可能です。

時代のニーズに合わせた連続成形機の進化

当社ではかつて、成形品の形状や適用口径により製造方法を分類していました。▶表1参照 しかし2000年頃から、農下水等のインフラ市場では耐用年数を超過する施設が増加し、更生・更新時期を迎え、国や地方自治体において必要性の高い施設の整備需要が増加しました。また、当社の化成品事業部では、民需市場を含めた新市場への用途展開にも積極的に取り組んでまいりました。これらのインフラ市場・民需市場のニーズに合わせて当社のFW成形法による連続成形技術も進化を遂げ、品質向上はもちろんのこと、現在は▶表2に示す通り、製造方法や成形品の適用範囲、分野を拡大しています。当社は、連続およびバッチと併せて複数台のFW成形機を保有しており、小口径から大口径（内径50 mm～3250 mm）に至る豊富な管種と、円管・直管以外に非円形管である馬蹄形管も取り揃えています。これにより、水、電力および通信などのインフラ分野から民間企業が取り扱うコンバーティング分野まで、多岐にわたる顧客への管材供給を実現しています。

連続成形技術の進化の起点

ここでは、当社の連続成形技術がどのように進化を遂げたのか、起点となった開発案件を3件ご紹介します。



内径3250 mm FRPM管施工状況



2r=1650 mm馬蹄形FRPM管施工状況

表1 2000年以前までのFW成形法による製造方法

製造方法	成形品の適用範囲		主な分野
	形状	適用口径	
紙管方式	円管	直管	農下水 電力 通信ケーブル 小水力
ドロストホルム方式		$\phi 900 \sim 3000$	
バッチ方式		曲管	電力 通信ケーブル

表2 現在のFW成形法による製造方法

製造方法	成形品の適用範囲		主な分野
	形状	適用口径	
紙管方式	円管	$\phi 50 \sim 300$	農下水 電力 通信ケーブル 小水力 コンバーティング
ドロストホルム方式	円管	直管 $\phi 350 \sim 3250$	
	馬蹄形管	$2r=1300 \sim 2r=2600$	
バッチ方式	円管	曲管 $\phi 50 \sim 300$	電力 通信ケーブル
		直管 $\phi 152.6$	コンバーティング

1. 超大口径FRPM管の製造(適用口径の拡充)

2006年に池田市水道部殿から、送排水機能を兼ねた排水トンネル(内空断面13.3m²、幅4mの2R標準馬蹄形、延長800m)改修工事として、軽量かつ経済性の観点から、内径3250mmのFRPM管を採用いただきました。

これまで当社で成形可能な最大口径は表1に示す内径3000mmでした。内径を250mm大きくするだけですが、既存の成形機および付帯設備をそのまま流用することが困難であったため、改良が必要となりました。さらに、成形条件の設定を含めた試作を行い完成に至りました。この内径3250mmは、現在も国内最大のFRPM管です。これにより、FW成形法による超大口径管の連続成形技術に大きな自信を得ることができました。

2. 非円形(馬蹄形)管の製造(形状の拡充)

2003年に近畿農政局大和紀伊平野農業水利事業所殿から、老朽化した水路トンネルの改修工事として、計画流量確保の観点から、既設トンネルと相似断面を有した非円形である馬蹄形FRPM管を採用いただきました。一般に、内空断面の直径が2.0m以上の無圧トンネルでは、馬蹄形断面が選定される場合が多く、農業用水トンネルの多くは馬蹄形断面があります。

本工法は、農林水産省「官民連携新技術研究開発事業(2001～2003年)」の認定を受け、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究部門様と住友大阪セメント(株)様で組織した新技術研究開発組合との共同研究により開発したものです。水理性の観点から、既設トンネルの断面を有効利用するために、管断面も馬蹄形であることが求められました。馬蹄形管に代表される非円形状のFRPM管をFW成形法による連続成形で製品化したのは国内初であり、当社のオンリーワン商品です。現在まで20件以上の採用実績があります。

3. FRP製巻き取り芯の製造(用途の拡充)

2000年頃から、テレビ、パソコンおよびスマートフォン等のディスプレイ用工学フィルムの巻き取り用芯材として、バッチ成形機を用いて成形するFRP製巻き取り芯(以下、FRPコア)が採用されるようになりました。お客様から製品の短納期対応かつ低価格化のご要望をいただき、さらに本市場でトップシェアを目指すためにも、当社のコア技術であるFW成形法による連続成形機を用いたFRPコアの開発に着手し、2009年に初採用いただきました。

FRPコアは、寸法精度ならびに表面荒さ、円周振れ、円筒度等の管外面の品質基準が高く、FW成形法による連続成形機での製作は不向きとされてきました。しかし、材料の種類や投入方法等の改善を重ねることで顧客要望を実現することができました。FRPコアの開発により、FW成形法による連続成形品を土木市場からコンバーティング市場へ用途展開致しました。

さらなる進化へ向けて

インフラ市場・民需市場のニーズに応えるため、2000年以降、当社の化成品事業部の事業領域は大きく変化しました。それに伴い、連続成形機の適用範囲や製造方法も品質向上と共に進化しています。今後は、新市場としてFRPの土木構造体への適用を視野に入れ、FW成形法ならびにその他連続成形方法の、さらなる進化を遂げられるよう努めてまいります。

連続成形機で製作したFRPコア

