

ポリエチレン被覆鋼管 KPP について

Polyethylene Coated Steel Pipe KPP

安 藤 次 雄*

Tsugio Ando

石 田 益 夫**

Masuo Ishida

安 達 岩 雄***

Iwao Adachi

浅 野 栄 一****

Eiichi Asano

Synopsis:

Polyethylene coated steel pipe "KPP" has been developed in place of conventional underground pipes whose surface is coated with bituminous materials.

The protective coating consists of adhesive materials, high density polyethylene coated by extrusion and anti-blocking agents.

KPP is available in a wide range of diameters from 1/2 to 26 inches.

This paper briefly introduces structure, production process, properties and execution method concerning KPP.

1. 緒 言

地下埋設鋼管は、近年の土壌悪化にともなう防食、特に電食に対する性能向上のため、化学的に安定で絶縁性が高く、吸水性が低く経済性にとむプラスチック材料が検討されてきた。一方、瀝青質の塗覆鋼管の場合には、工場作業環境および被覆材料の入手難等解決しなければならない問題が多い。

当社においてもかねてより地下埋設鋼管の製造を計画し技術の確立に努めてきたが、このたび押出法によるプラスチック被覆設備が完成し、ポリエチレン被覆鋼管（商標名 KPP）を製品化するにいたった。昭和50年8月より15A～650Aのサイズについて製造を開始している。

以下に KPP の構造、製造法、特性、施工法について紹介する。

2. 構造および製造法

KPP は、原管の前処理後（必要に応じて内面塗装を行う）管を予熱し、熔融した粘着剤を塗布、その上に防食用ポリエチレンを押し出し法により連続被覆し、さらに熔融した密着防止剤を塗布したあと、保護用ポリエチレンを防食用と同様の方法で連続被覆したものである。図1に管の構造、図2に製造法を示す。

2.1 製造工程の概要

(1) 前処理

酸洗またはショット等のブラスタング処理により鋼管の内外表面の油脂類、ミルスケール、錆等の付着物を除去する。

(2) 内面塗装

要求に応じ行うが、常乾タイプまたは焼付タ

* 知多造管部副部長

*** 知多造管部第5鋼管課掛長

** 知多造管部第5鋼管課課長

**** 知多管理部管理課掛長

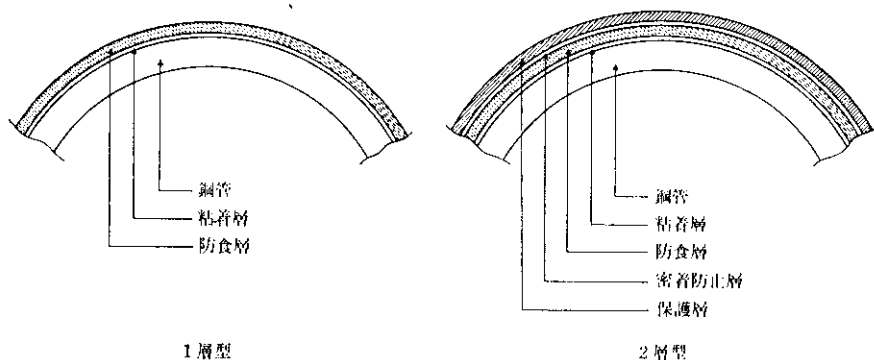


図 1 KPP の 構 造

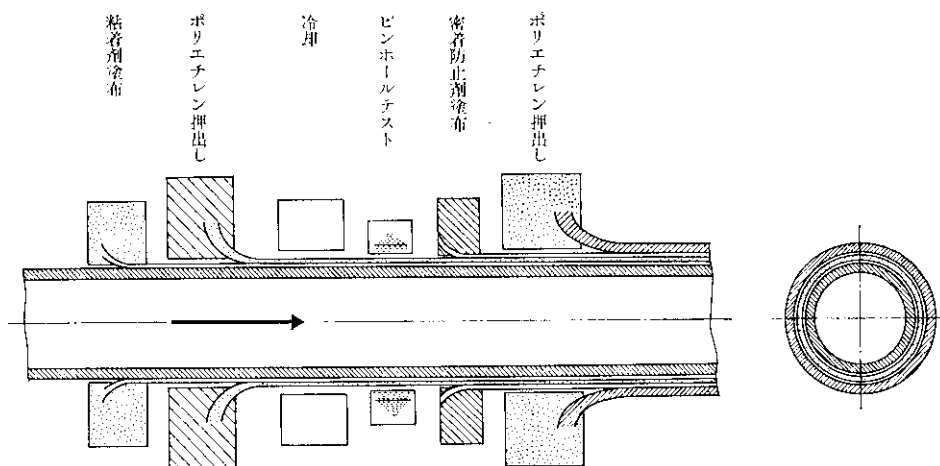


図 2 2層型 KPP の製造法の略図

イブの塗料をエアレススプレーで均一に連続塗装する。

(3) 予熱

粘着剤の均一塗布のため予熱を行う。

(4) 粘着剤塗布

溶融した粘着剤（接着剤）を均一に塗布する。

(5) 防食層被覆

押出機により防食用ポリエチレンを連続的に鋼管の表面に均一被覆する。

(6) 冷却

被覆の密着ときず防止のため水で冷却する。

(7) ピンホール検査

ピンホールテスターにより高電圧でピンホールの有無を自動的に検査する。

(8) 密着防止剤塗布

溶融した密着防止剤を均一に塗布する。

(9) 保護層被覆

(5)に同じ。

(10) 冷却

(6)に同じ。

(11) 管端精整

管端形状を仕様に応じ仕上げる。

(12) 検査

表1 製造可能寸法と被覆層の標準厚さ

規 格	管 径		長さ(最大)	(mm)			
	呼び径(A)	呼び径(B)		粘着層の厚さ (接着層)	2 層 防食層の厚さ 保護層の厚さ	1 層 型 防食層の厚さ	型
JIS ASTM API その他	15	1/2	5 500	0.02			0.7
	20	3/4	"	0.02			0.7
	25	1	"	0.02			0.7
	32	1 1/4	"	0.02			0.7
	40	1 1/2	"	0.02			0.7
	50	2	11 000	0.3	0.6	1.0	1.0
	65	2 1/2	"	0.3	0.6	1.0	1.0
	80	3	"	0.3	0.6	1.0	1.0
	90	3 1/2	"	0.3	0.6	1.0	1.0
	100	4	"	0.3	0.8	1.1	1.1
	125	5	"	0.3	0.8	1.1	1.1
	150	6	"	0.3	0.9	1.2	1.2
	200	8	12 400	0.3	1.1	1.5	1.5
	250	10	"	0.5	1.2	1.6	1.6
	300	12	"	0.5	1.2	1.7	1.7
	350	14	"	0.5	1.2	2.0	2.0
	400	16	"	0.5	1.2	2.0	2.0
	450	18	"	0.5	1.3	2.0	2.0
	500	20	"	0.5	1.3	2.0	2.0
	550	22	"	0.5	1.3	2.0	2.0
	600	24	"	0.5	1.3	2.0	2.0
	650	26	"	0.5	1.3	2.0	2.0

外観、形状、膜厚などの検査を行う。

(13) 表示

管1本ごとに表示を行う。

(14) 梱包、出荷

2.2 鋼管の規格と製造可能寸法

規格、製造可能寸法、被覆層の標準厚さを表1に示す。

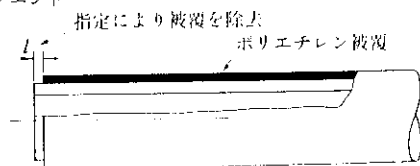
2.3 管端の形状

管端の形状は現地接続方法により変えねばならない。ねじ継手、溶接継手、メカニカル継手等、その用途に応じた管端形状に仕上げる。その各種例を図3に示す。

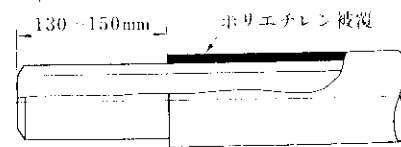
2.4 色

防食層は耐候性、耐熱性等を考慮して標準色は緑色とした。

フレンエンド



ベベルエンド



ねじ付き

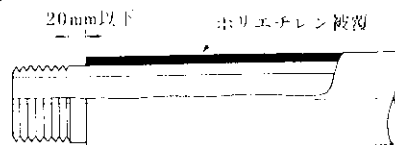


図3 管端形状

2.5 表示

管1本ごとに外面の一端より製造者マーク、品名、記号、原管規格、原管製造方法、管寸法、製造年月をステンシルする。図4に表示例を示す。

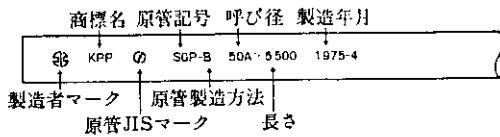


図4 表示例

2.6 梱包および荷姿

1層型は梱包を行い、2層型は原則として梱包は行わない。呼び径 100A 以下は約 500kg にまとめて結束を行う。

3. 使用材料

3.1 粘着剤

粘着剤はアスファルト、変性ゴムおよび相溶剤から成る組成物である。特性として以下の条件を具備する必要がある。

- (1) 密着性
防食層ポリエチレンと鋼管を強固に密着させる。
- (2) 化学的、物理的安定性
- (3) 電気抵抗性
- (4) 耐水性

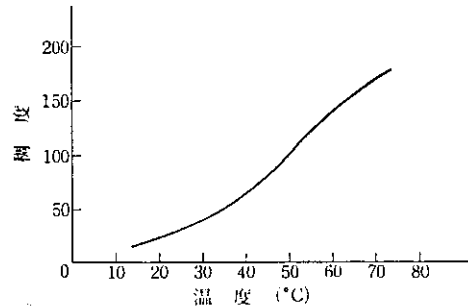


図5 温度-稠度の関係

(5) 修復性

被覆の外傷に対して修復性があり、かつ補助的な防食効果を持たせる。

表2に粘着剤の性状、図5に温度と稠度の関係を示す。

3.2 ポリエチレン

当社 KPP に使用しているポリエチレンは、防食層（第1層目）には高密度（比重0.937以上）、または低密度（比重0.937未満）のものを使用し、保護層（第2層目）にも高密度ポリエチレンを使用している。なお防食層には着色料として緑色の顔料をブレンドしている。表3に高密度、低密度ポリエチレン（ナチュラル）と緑色の顔料をブレンドしたポリエチレン（高密度）の性状を示す。

表3に示した性状のほかに、一般的にポリエチレン等のプラスチックは、高温時で空気中の酸素によって徐々にではあるが酸化され、また日光の直射を受けると日光に含まれる紫外線によって急激に物理的性質（破断点強度、伸び等）の低下、

表2 粘着剤の性状

項目	測定値	試験方法
軟化点 (°C)	95.5	JIS K2531 (環球法)
揮発減量 (%)	0.12	
稠度	25 (20°C)	JIS K2809
粘度 (cps)	2770 (160°C)	B型粘度計, 3スピンドル
剥離強度 (kg/cm)	3.9 (25°C)	テストピース 10mm幅, 剥離速度 25mm/min 剥離方向 180度
剪断力 (kg/cm ²)	2.15 (50°C)	剪断速度 200mm/min
体積固有抵抗 (Ω・cm)	×10 ¹³	

表3 ポリエチレンの性状

項 目	低密度ポリエチレン	高密度ポリエチレン	高密度ポリエチレン	試 験 方 法
	(ナチュラル)	(ナチュラル)	(緑色顔料入り)	
密 度 (g/cc)	0.930	0.941	0.953	ASTM D1505
メルトインデックス (g/10min)	0.40	0.17	0.15	ASTM D1238
引張強度 (kg/cm ²)	210	240	230	ASTM D638
伸 び (%)	800	700	680	ASTM D638
硬 度 (ショアーD)	50	65	66	ASTM D2240
軟 化 点 (°C)	87	123		ASTM D1525
環境応力亀裂 (F50, h)	≥500	≥500		ASTM D1693
体積固有抵抗 (Ω・cm)	×10 ¹⁷	×10 ¹⁷		ASTM D257
耐 電 圧 (kV/mm)	40	50		ASTM D149
低温脆化温度 (°C)	≤-80	≤-80		ASTM D746
アイゾット衝撃強度(kg・cm/cm ²)	≥10	10		ASTM D256
融 点 (°C)	105	128		ASTM D2117
吸 水 率 (%)	≤0.01	≤0.01		JIS K6911

あるいは退色を生ずる。KPP の外被はこれらの劣化を防止する対策として、0.1~0.5%の酸化防止剤、紫外線吸収剤を添加したペレットを使用している。

図6に当社で使用しているポリエチレンについて、耐候性試験を行った結果を示す。

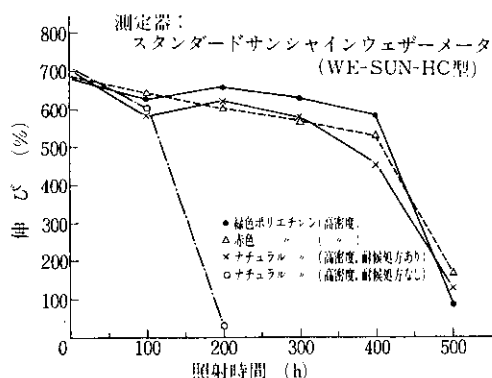


図6 耐候性試験

3.3 密着防止剤

密着防止剤は防食層ポリエチレンと保護層ポリエチレンの間に塗布し、防食層と保護層の密着を防止し、保護層の剥ぎとりを容易にするとともに、保護層に外傷が生じた場合防食層への伝播を防ぐために使用する。この種の密着防止剤は、いわゆるポリオレフィン系樹脂、天然樹脂および酸化防止剤からなっている。表4に密着防止剤の性状を示す。

4. KPP の各種性能試験

地下埋設用鋼管としては、機械的、熱的、電気的、化学的などの諸性質について一定の水準以上の性能が要求される。これらの性質を確認するため、KPP 80A (2層型) を供試管として各種の試験を実施した。これらの試験目的と試験結果を表5および表6に示す。従来の瀝青質塗覆鋼管

表4 密着防止剤の性状

項 目	測 定 値	試 験 方 法
粘 度 (cps)	1 800(140°C)	B型粘度計 3 スピンドル
稠 度	60 (30°C)	JIS K 2809
剪断密着力 (kg/cm ²)	1.22 (30°C)	剪断速度 200mm/min

表5 KPPの各種性能試験の目的と結果

供試管: KPP 80A (2層型)

区分	試験項目	試験目的	試験方法	試験結果										
機械的性質	密着力試験	管と防食層ポリエチレンとの密着力の測定	供試管の防食層に10mm幅で鋼管に達するナイフ傷を入れ、180°に剥離を行い、その強度を測定する 装置：インストロン型試験機 試験温度：20℃ 剥離速度：10mm/min	剥離強度： 管軸方向 約 3.4kg 円周方向 約 3.0kg 剥離破面：凝集破断を示しており良好 (写真1参照)										
	デュボン衝撃試験	衝撃力に対する被覆の影響調査	供試管上にデュボン衝撃試験機を使用して1kgの重錘を500mm高さから落下させ、25.4mmφの撃心上に衝撃を与える。この場合被覆にピンホールの発生するまでの衝撃回数を測定する 試験温度：25℃ ホリデー電圧：12000V	衝撃回数：50回以上(測定打ち切り) (写真2参照)										
	修復性試験	粘着剤まで損傷を受けた場合の修復性能の調査	デュボン衝撃試験機を使用して、撃心3.18mmφにより供試管にピンホールを発生させたあと、恒温槽で35℃×24h保持する。これを取り出しピンホールの修復の有無を調査する	ホリデー検査(12000V)で合格										
	へん平試験	管が埋設時の土圧などで変形した場合の被覆への影響調査	供試管を万能試験機で外径の95%まで圧縮し、防食層の亀裂および剥離の有無を調査する 試験温度：25℃ 圧縮速度：50mm/min	ホリデー検査(12000V)で合格するとともに亀裂および剥離なし (写真3参照)										
	環境応力亀裂試験(ESC)	防食層ポリエチレンの応力亀裂特性の調査	万能試験機で外径の95%までへん平にした供試管をアンタロックス C0-630、5%水溶液に48h浸漬し、防食層の亀裂および剥離の有無を調査する 試験温度：25℃	亀裂および剥離は発生せず										
	落砂利試験(ASTM G13-72)	埋設時の埋もどし土砂に対する被覆の抵抗力の調査	落砂利試験機により、供試管上に15.9kgの道路用砕石(JIS A5001、4号)を高さ1.83mから落下させ、ピンホールが発生するまでの落下回数を測定する 試験温度：20℃ ホリデー電圧：12000V	落下回数7回後ホリデー検査に合格(測定打ち切り) (写真4参照)										
熱的性質	落球衝撃試験(JIS G3491-1968)	衝撃力に対する被覆の影響調査	供試管上に650gの鋼球を2.4mの高さから落下させ、ピンホールが発生するまでの落下回数を測定する 試験温度：20℃ ホリデー電圧：12000V	落下回数20回										
	熱衝撃試験	繰返し温度変化に対する被覆の影響調査	60℃10min保持、-30℃10min保持を1サイクルとして100サイクルの加熱、冷却を繰返した後、防食層の亀裂の有無、密着力、引張強度などを調査する 密着力、引張強度の試験温度：20℃	ホリデー検査(12000V)で合格するとともに亀裂および剥離なし 機械的性質は下表どおりで大きな変化なし <table><tr><th>項目</th><th>試験結果</th></tr><tr><td>(管軸方向)</td><td></td></tr><tr><td>引張強度(kg/cm²)</td><td>熱衝撃前 315 熱衝撃後 320</td></tr><tr><td>伸び(%)</td><td>700 720</td></tr><tr><td>密着力(kg/cm)</td><td>3.4 3.2</td></tr></table>	項目	試験結果	(管軸方向)		引張強度(kg/cm ²)	熱衝撃前 315 熱衝撃後 320	伸び(%)	700 720	密着力(kg/cm)	3.4 3.2
	項目	試験結果												
(管軸方向)														
引張強度(kg/cm ²)	熱衝撃前 315 熱衝撃後 320													
伸び(%)	700 720													
密着力(kg/cm)	3.4 3.2													
高温垂下試験	高温時の粘着剤の軟化、しみ出し性質の調査	長さ200mmの供試管を垂直に立てて恒温槽に入れ、60℃×48h保持し、被覆端部からの粘着剤のしみ出し(垂下長さ)を測定する	垂下長さは1mm以下											
電気的性質	絶縁抵抗試験	被覆の絶縁抵抗値の測定	長さ約1000mmの供試管の一部を3%食塩水に浸漬して、超絶縁抵抗計で初期の絶縁抵抗を測定する 電圧：DC 500V 電気温度：20℃	×10 ¹⁰ Ω・m ²										

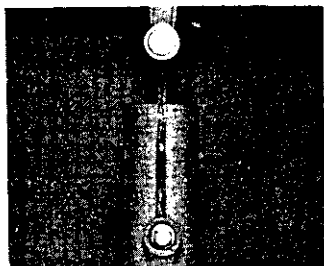


写真1 管軸方向の密着力試験状況

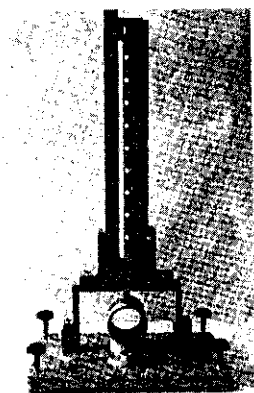


写真2 デュボン衝撃試験状況



写真3 試験後のへん平試験片



写真4 落砂利試験状況

表6 ポリエチレン（防食用材料）の耐薬品性

薬品名	判定	薬品名	判定
希塩酸	○	アセトン	○
濃塩酸	○	エチルアルコール	○
希硫酸	○	エチレングリコール	○
発煙硫酸	×	エチルエーテル	△
希硝酸	○	ホルマリン	○
発煙硝酸	×	グリセリン	○
リン酸	○	ヘキササン	△
酢酸	○	石油エーテル	△
ギ酸	○	ガソリン	○
クエン酸	○	二硫化炭素	×
酒石酸	○	四塩化炭素	×
サリチル酸	○	クロホルム	×
四エチル鉛	○	トリクレン	×
亜硫酸ガス	○	シクロヘキササン	△
アンモニアガス	○	ベンゼン	×
アンモニア水	○	トルエン	×
苛性ソーダ	○	フェノール	○
苛性カリ	○	クレゾール	○
塩素ガス	×	重油	○
過酸化水素	○	灯油	○
硫化水素	○	アマニ油	○
食塩水	○	オリーブ油	○
硝酸マグネシウム	○	シリコンオイル	○
硫酸カリウム	○	アスファルト	○
重クロム酸カリウム	△	酢酸エチル	△
マレイン酸	○	ヘプタン	×

注：符号は次による

- 影響ほとんどなく使用可
- △ 条件によっては影響あり、使用は避けた方がよい
- × 影響大きく使用不可

のそれと比較した場合、特に被覆の強度、電気絶縁性、耐薬品性等にすぐれており、防食鋼管としての要求を十分満足していることがわかる。

5. KPP の配管施工法

配管現場における管加工、接続、接続部の防食に関する工法について以下に要点を述べる。

5.1 管加工

配管現場では、切断、曲げ加工、ねじ切りなどの管加工が必要な場合が生ずる。

パイプカッター、バンドソーなどの機械切断の場合は、チャック部を硬質ゴムシート等で保護して切断するが、機種によってはチャック部がスリップする場合があるので、この際にはナイフ等で被覆を除去して切断するとよい。ガス切断の場合は切断部の両側約 150mm だけナイフで被覆を除去し、熱による被覆の損傷を防ぐ。

曲げ加工の場合は一般の裸管と同様にパイプベンダーで加工するが、曲げ半径をできるだけ大きくし、曲げ部の被覆に亀裂、ピンホールなどが発生しないか十分注意して作業する必要がある。

現場でねじ切りが必要な際は、機種によってはチャック部を硬質ゴムシート等で保護してそのままねじ切りできるが、一般にはチャック部まで被覆を除去してねじ切りを行わねばならない。

5.2 接 続

KPP の接続方法は一般の裸管と同様に、大口径管では溶接継手、小口径管ではねじ継手またはメカニカル継手が一般的である。溶接継手の場合は、溶接時の熱で被覆が損傷しないように管端から約 150mm はあらかじめ被覆を除去しておく必要がある。ねじ継手またはメカニカル継手で特に注意することは、パイプレンチなどで締付時に被覆に損傷を与えないように保護することである。

5.3 接続部の防食

接続部は、接続後適切な現地防食を行い、管本体の工場防食部とほぼ同等の防食性能に保つ必要がある。

現地防食には、作業が最も簡便で経済的な防食テープ法（写真 5 参照）が一般的であるが、より確実に防食するには熱収縮チューブ法（写真 6 参照）、防食シート法などがある。

防食テープ法と熱収縮チューブ法の概要は次のとおりである。

(1) 防食テープ法

防食テープは、ポリエチレンまたは塩化ビニルなどの基材に粘着剤を塗布したものである。粘着剤を単に巻きつけの手段とした感圧型テープと、粘着剤自体にも防食的機能を有する自己融着型テープの 2 種類がある。

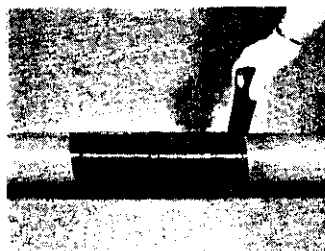


写真 5 防食テープによる作業状況

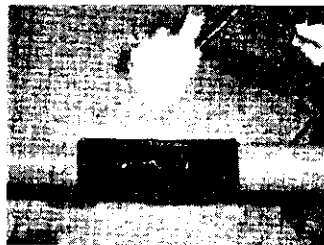


写真 6 熱収縮チューブによる作業状況

施行手順は次のとおりである。

(a) 継手部表面の清掃

ワイヤーブラシ等で表面の錆、油、スパッターなどを除去し乾いた布でふく。

(b) プライマー塗布

表面の凹凸を埋めるように刷毛塗りする。

(c) 防食テープ巻き

しわが寄らないように軽く引張りながら粘着面を内側にして巻き付ける。巻き付けは 1/2 幅の重なりで 2 回巻（ハーフラップ 2 重巻）とし、巻き始めと巻き終りは 2 回巻きする。巻き付け範囲は図 7 のように接続された両方の防食層に 50mm 以上ラップさせて巻き付ける。巻き付けは手作業のほ

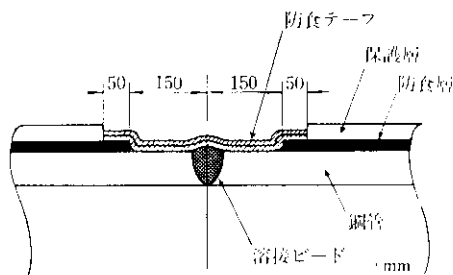


図 7 溶接継手の防食テープ巻きの例

か、大口径や長距離のパイプラインの場合は機械巻きもできる。

(d) 保護テープ巻き

外傷の危険のある場合は防食テープ上に保護テープを巻くのがよい。

(2) 熱収縮チューブ法

熱収縮チューブは架橋ポリエチレンまたは塩化ビニルを基材として内側に粘着剤を塗布したもので、加熱により外径が約 $\frac{1}{2}$ に収縮して管に密着する。

この場合の施工手順は次のとおりである。

(a) 継手部表面の清掃

防食テープと同様である。

(b) 熱収縮チューブ加熱

チューブを継手部に被せたあと、ガスバーナーまたはトーチランプなどで加熱する。加熱はチューブの中央部を管径方向に炎を動かし収縮させたあと、空気の滞留がないように端に向かって左右とも加熱する。加熱温度は 140°C ぐらいが適温である。バーナーは必ず上下方向に動かしながら加熱して、1カ所を長く加熱しないようにしないと炎でチューブが焦げる恐れがある。チューブの被覆範囲は、図8のように接続された両方の防食層にラップさせる。

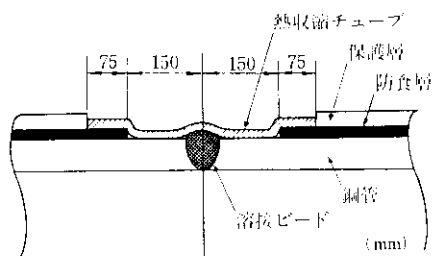


図8 溶接継手部の熱収縮チューブ被覆の例

(c) 保護シート巻き

外傷の危険のある場合は保護シートで包むのがよい。

なお輸送中などで被覆が損傷した場合は、防食テープ法等により補修防食をすべきである。

6. 結 言

以上 KPP について紹介した。ポリエチレン被覆鋼管は、従来亜鉛メッキや瀝青質系塗覆鋼管が主として用いられていたガス、水道、油輸送管、通信、電力ケーブル保護管等の分野に進出し、徐々に外面被覆鋼管の主流になるものと思われる。今後用途の拡大と需要の増大を図りながら KPP の諸性質、工法等さらに改良研究を進めていく予定である。