

技術報告

UDC 669.148.4-462 : 549.883 : 621.795

アスファルト被覆鋼管ぐい製造装置の開発*

渡 辺 裕 吉**・木 村 忠 雄**

Development of the Equipment for the Asphalt Coated Steel Pipe Piles

Yukichi WATANABE and Tadao KIMURA

Synopsis:

The portable asphalt coating equipment, as a new method of asphalt coating for the reduction of negative friction acting to piles, has been developed. The asphalt sheet, cooled and shaped by the rotary cooling drums, is winded to the steel tube, while the asphalt has the plasticity in a certain range of temperature.

The characteristic feature of this equipment is as follows:

(1) The equipment is compact and able to coat asphalt easily at the site where piles are driven. Thus the problems encountered on the transportation or the storage, i. e. damages of coating, can be settled.

(2) The coating thickness is uniform over the whole length of piles, as a result of coating method of sheet winding. Also, coating adhesion is excellent. By the actual piling test, the coated piles produced by the new method were confirmed to be able to put to practical use.

1. 緒 言

軟弱地盤に打ち込まれた長いくいは、周辺地盤の相対沈下により生ずるネガティブフリクションの作用を受けて、地盤とともに沈下する傾向が強い。このため支持層の深い埋立地などでは、構造物の不等沈下を防ぐために従来大量の基礎ぐいが打ち込まれていたが、近年このネガティブフリクションを低減する方法として、アスファルトのような粘弾性物質を被覆したぐいが開発され、実用化されている。

鋼管ぐいにアスファルトを塗布するには、一般に、溶融アスファルトを用い、型枠流し込み法、浴槽浸漬法、スプレー法などの方法があるが、これらは比較的大型の設備や広い場所を必要とするため、通常工場生産方式がとられており、製品はぐいの打ち込み現場まで輸送される。

このアスファルト被覆鋼管ぐいは、製造後できるだけ短い期間内に打ち込まれることが望ましく、特に夏期には輸送、貯蔵中にアスファルトの軟化、相互の融着のために、アスファルト層の剝落などのトラブルを起こしが

ちである。

本報では、上記のような問題点を解決するために当社が開発した、打ち込み現地にて鋼管ぐいにアスファルト被覆が可能な、可搬式アスファルト被覆装置について報告する。

2. アスファルト被覆鋼管ぐいの概要

鋼管ぐいに被覆されるアスファルトは、作用する外力に対して、温度、載荷時間によりその力学的特性が著しく異なり、時間が非常に短い範囲では、アスファルトの挙動はほぼ弾性的であるが、時間が長くなるに従って遅延弾性的な挙動から粘性流体としての挙動を示すようになる。従って、被覆アスファルト層は、打ち込み時のように荷重が瞬間的に作用する場合には弾性体として挙動し、塑性変形による被膜のずれは起こさないが、地盤沈下のような遅い現象に対しては粘性体としての挙動を示し、ぐいに作用するネガティブフリクションをアスファルトが流動することによつて低減してくいの沈下を防いでいる。

アスファルト被覆鋼管ぐいは、Fig. 1 に示すような標

* 昭和 54 年 11 月 16 日受付 (Received Nov. 16, 1979)

** 日本鋼管(株)技術研究所 (Technical Research Center, Nippon Kokan K. K., 1-1 Minamiwatarida-cho Kawasaki-ku Kawasaki 210)

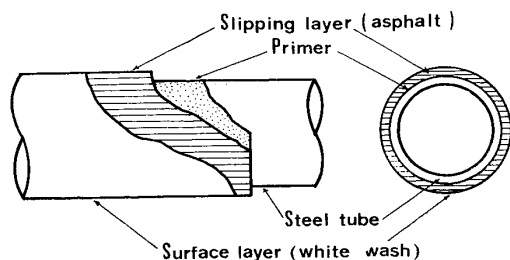


Fig. 1. Standard structure of asphalt coated steel tube.

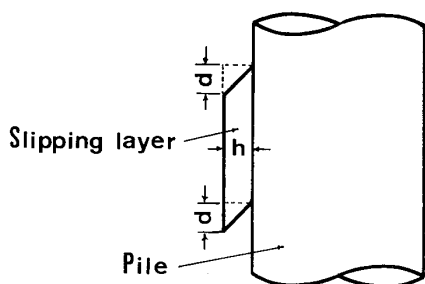


Fig. 2. The shearing deformation of slipping layer.

準構造をもっており¹⁾、すべり層（アスファルト被覆層）内に発生するせん断応力、すなわちくに伝達されるネガティブフリクションの大きさは、次式によつて表される²⁾ (Fig. 2 参照)。

$$\tau = \frac{d \cdot s}{3h} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 τ : すべり層のせん断応力 (t/m^2)

s : すべり層材料のスティフネス係数 (t/m^2)

d : 地盤沈下量 (m)

h : すべり層の厚さ (m)

たとえば、1年間の地盤沈下量を 20cm、すべり層の厚さを 4mm、地中温度を $10^\circ C$ とし、すべり層アスファルトのスティフネス係数を $0.008 t/m^2$ とすると、 $\tau = 0.13 t/m^2$ となり、通常考えられる $3 \sim 5 t/m^2$ のネガティブフリクションを $1/20 \sim 1/40$ にも低減することができる。

スティフネス係数は弾性体におけるヤング率に相当するもので、アスファルトのレオロジー的挙動を説明する指標として非常に有効である。Fig. 3 にアスファルトのスティフネス係数と時間との関係の 1 例を示す¹⁾。

3. アスファルト被覆設備の概要³⁾⁴⁾

設備は、アスファルト供給装置、アスファルトシート成形装置、シート被覆装置 からなるが、その概要を Fig. 4 に、装置の外観を Photo. 1 に示す。

溶融槽で所定温度に調整された溶融アスファルトは、

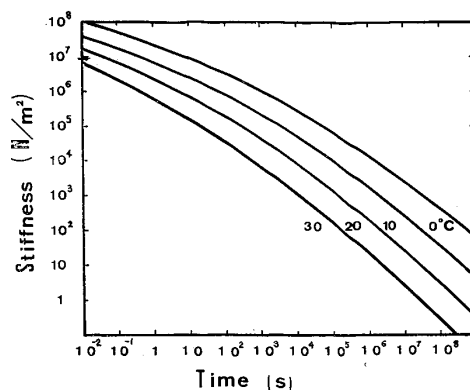
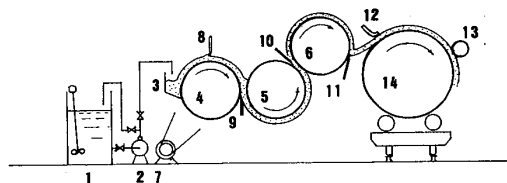


Fig. 3. The relationship between the stiffness of the asphalt and the duration time.



1. Molten asphalt tank, 2. Pump, 3. Molten asphalt feeder, 4, 5, 6. Cooling drums, 7. Motor, driving drums, 8, 9, 10, 11: Doctor blades, 12. Rubber sheet, 13. Press roll, 14. Steel tube.

Fig. 4. Schematic illustration of the new asphalt coating equipment.

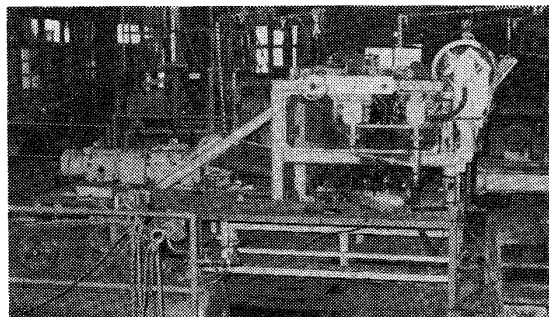


Photo. 1. Outside looking of the new coating equipment, with three cooling drums.

ポンプでアスファルトシート成形装置に供給される。ホッパーから No. 1 ロールにピックアップされたアスファルトは厚さ調整板で所定の厚さとされ No. 1, No. 2 ロール間を通過し、No. 1 ロールかき取り板でかき取られ No. 2 ロールに移される。本機のロールはすべて内部を冷却水が循環できるようになっており、No. 1 から No. 3 ロールまで移送される間にアスファルトは冷却され、シート化に適した粘度とされる。冷却されたアスファルトは、No. 3 ロールからかき取られ、シート状に引き取られて、回転しながら移動する鋼管にスパイラル状に巻き付けられる。

シート被覆装置には、巻き付けるときの気泡巻き込み

防止のために押え板が、またシートの密着性向上のためおよびシート重なり部の平滑化のために押えロールが取り付けられている。

本機の 3 基のロールサイズは、500 mmφ×600 mm 長で、回転数は 0.5~12 rpm であり、アスファルト被覆能力は気温、水温により異なるが、609.6 mmφ×12 m 長の鋼管に 6 mm 厚さの被覆を施すのに、1 本当たり 15~20 min である。

4. 操 業 技 術

本機を用いて、溶融アスファルトからアスファルトシートの成形、アスファルトシートによる鋼管の被覆の条件を検討した。以下、主なる項目について述べる。

4.1 アスファルトシートの成形

4.1.1 成形シートの厚さ

成形可能なアスファルトシート厚さの上限は、No. 1 ロールにピックアップされるアスファルト層の厚さによつて決まる。また、ロールにピックアップされるアスファルト厚さは、アスファルト温度（粘性）とロールの周速によつて変化する。No. 1 ロールに付着するアスファルトの厚さとホッパー内溶融アスファルト温度の関係を Fig. 5 に示す。

アスファルトの厚さは、温度が低いほど、ロール周速が大きいほど厚くなるが、本機では最大 7 mm まで可能であつた。しかし、後述するように、鋼管の被膜厚さおよび被覆の平滑性からして、No. 1 ロールのピックアップ厚さは 3~4 mm 以下がよく、本機は被膜厚さに対して十分の調整範囲をもつことがわかつた。また、2 mm 以下の厚さに対しては、厚さ調整板で制御でき、No. 3 ロールから引き取つたアスファルトシート厚さは、1 mm

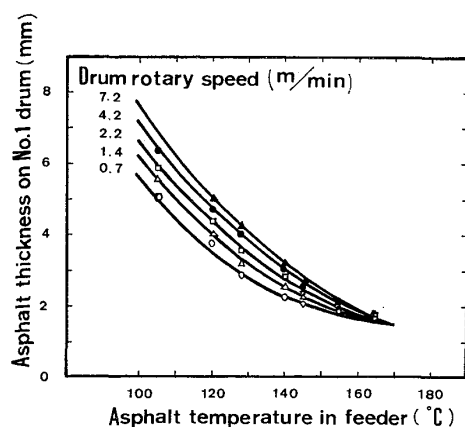


Fig. 5. The relationship between the thickness of the asphalt picked up on No. 1 drum and the temperature of the molten asphalt in feeder.

が下限であつた。

4.1.2 アスファルトの冷却

アスファルトの冷却は、近似的に次の式によつて表される^{5)~7)}。

$$T = T_a + (T_b - T_a) e^{-\frac{\alpha \cdot \theta}{(T_b - T_a)^{1/3} \cdot h^2}} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 T : ロールに付着してから θ s 後におけるアスファルト層の中心温度 (°C)

T_a : 冷却水温度 (°C)

T_b : ホッパー内のアスファルト温度 (°C)

h : ロール面上のアスファルト層の厚さ (mm)

α は、アスファルトの密度、比熱、伝熱係数などを含む係数であるが、実験結果から、冷却ロール段数、アスファルト厚さにより変化することがわかつた。Table 1 に使用したアスファルトについて、3 mm 厚のときの各ロール段数に対する α 値を示す。

この結果から、ロール段数の増加は α を大きくし、アスファルトの冷却効率を向上させることがわかつた。アスファルトの冷却はロール表面で行われるが、次のロールに移行することによつて冷却面が切り替わるため、ロール段数の増加がより効果的冷却を与えるものと考えられる。

4.1.3 アスファルトのシート化能率

No. 3 ロールから引き取つたアスファルトをシートとして引き取れる温度の上限は、測定の結果約 40°C であつた。これ以上の温度では、シートにたるみを生じ、鋼管に巻き付けることが困難となる。

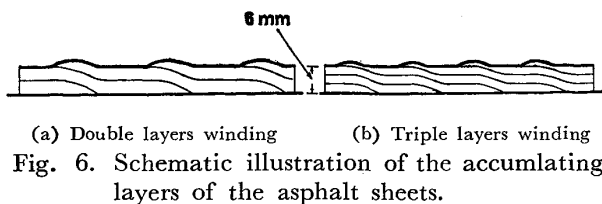
使用したアスファルトの 40°C における粘度は約 5×10^6 P で、スティフネス係数は約 10^5 N/m² (10^6 dyn/cm²) である。一般にゴム状弾性体のヤング率は $10^6 \sim 10^7$ dyn/cm² であり、上のアスファルトシートの巻き付け可能状態のスティフネス係数はゴム状弾性体のヤング率の下限値に相当する。

この結果と式(2)から、溶融アスファルトのシート化に要する時間は次式で表される。

$$\theta = \frac{(T_b - T_a)^{1/3} h^2}{\alpha} \ln \frac{T_b - T_a}{40 - T_a} \dots\dots\dots (3)$$

Table 1. α values of the asphalt layers in 3 mm thick.

Number of drums	α
1 drum	1.00
2 drums	1.65
3 drums	2.05



4.2 鋼管の被覆

4.2.1 被覆方法

アスファルトシートを鋼管に巻き付ける方法には、上巻法 (Fig. 4) と下巻法が考えられるが、下巻法ではシートの温度が高めのときにシートのたるみが起こり、気泡の巻き込みや切断の問題があるので、上巻法を採用し検討した。

被覆は、被膜の連続性を確保するために一般に多層巻きが行われるが、ここでは鋼管に 6mm 厚のアスファルトを被覆するためには、2mm 厚シートの 3 層巻きが最適であることがわかった。3mm 厚シートの 2 層巻きではラップ部が凸状に残り、1.5mm 厚シートの 4 層巻きでは鋼管の回転数を大きくするため作業の安定性が低下する。シートの重なり状態を Fig. 6 に示す。

4.2.2 延伸条件

平滑な被覆を得るために、No. 3 ロールからかき取られたアスファルトシートに一定の延伸を与えながら鋼管に巻き取る必要がある。

ロール上および鋼管上のアスファルトシート量は次のように表される。

$$U_R \cdot W_R \cdot T_R = U_P \cdot W_P \cdot T_P \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 U_R , U_P : それぞれロールおよび鋼管の回転
周速

W_R , W_P : ロールおよび鋼管上のシート幅

T_R , T_P : ロールおよび鋼管上のシート厚

延伸比を、ロール上および鋼管上のアスファルトシート断面積の比と定義すると、

$$\text{延伸比} = \frac{W_R \cdot T_R}{W_P \cdot T_P} = \frac{U_P}{U_R} \quad \dots\dots\dots (5)$$

従って、被覆の最適延伸比からロールおよび鋼管の最適回転周速が得られる。実験の結果、この延伸比は 1.8 ~ 2.2 が適当であることがわかった。

5. 製品品質

5.1 外観

本機により製造されたアスファルト被覆鋼管ぐいの外観を Photo. 2 に示す。写真では表層処理としてホワイトウオッシュ (石灰乳) が塗られており、アスファルトシートのラップ部がスパイラル状に識別されるが、押え

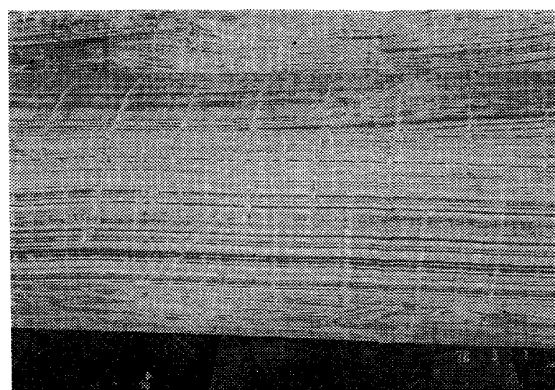


Photo. 2. Outside of the asphalt coated steel tube white wash is coated on the surface.

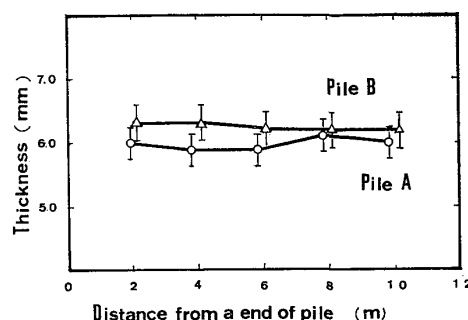


Fig. 7. The thickness distributions of asphalt coating on piles.

ロールによつて十分に平滑となつている。アスファルトのだれによる突起や塗りむらも見られない。

5.2 被膜厚分布

均一厚さのシートを巻き付ける方式なので、被膜厚のばらつきは従来法に比べて格段に小さい。609.6mmφ × 12m 長鋼管ぐい被覆層厚さ測定結果を Fig. 7 に示す。

従来の方法による被覆ぐいの実績は、 6 ± 1 mm といわれるが¹⁾、本機では 6 ± 0.5 mm と、極めて高い膜厚精度が得られた。

5.3 アスファルト層の密着性

アスファルト被覆鋼管ぐいは、打ち込み時の衝撃、せん断力によつてアスファルト層がはく離しないように、鋼管とアスファルト間にすぐれた密着力が要求される。

密着性の評価は、落球式衝撃試験 (JIS G 3492) および実際のくい打ち試験により行つた。落球式衝撃試験は、打撃点を中心とするアスファルトのはく離面積で評価するもので、従来法の製品との比較を行つた結果、Table 2 に示すように同等の性能を示した。くい打ち試験の結果は次に記すごとく十分な性能を示した。

5.4 打ち込み施工性

本機 および 従来法 によるアスファルト被覆鋼管ぐいを、当社京浜製鉄所敷地内にて打ち込み試験を行い、施

Table 2. Falling ball impact test results of the asphalt coatings at 0°C (JIS G 3492). The measurements show disbonding area under the impact.

(cm ²)						
Type of coating	Measurements					Average
Sheet winding method	3.9	5.0	5.7	3.9	4.4	4.6
Conventional method	4.1	3.9	5.7	4.7	6.1	4.9

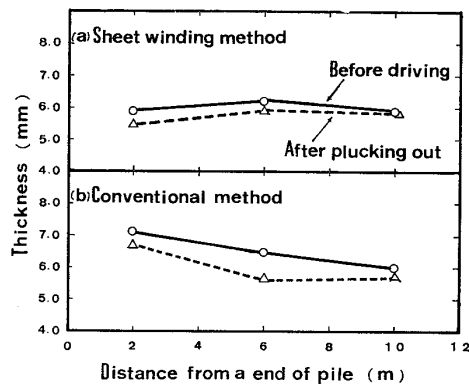


Fig. 8. The thickness changes of coating between before driving and after extracting.

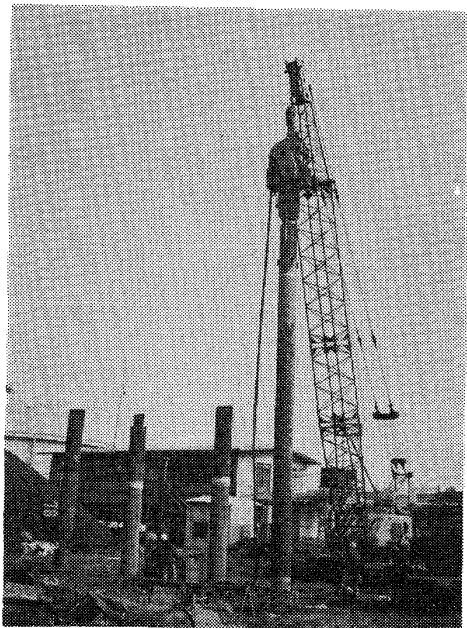


Photo. 3. Practical piling test of the asphalt coated steel piles. Piles are being extracted.

工性の確認を行つた。

試験は、気温を考慮して 10 月 (20°C)、2 月 (1°C) の 2 回実施した。くいは全長 24~27m で、先端の 12m をアスファルト被覆鋼管ぐいとした。ディーゼルハンマ

ーで打込んだのち、バイプロハンマーで引き抜き、外觀、膜厚の変化、被覆のずれなどを測定した。

試験の結果、両法ともに打ち込みによるアスファルト層の剝離はなく、膜厚変化、被覆のずれも小さく、異常はなかった。打ち込前、引き抜後の膜厚変化の 1 例を Fig. 8 に示す。Photo. 3 は打ち込まれたくいとその引き抜きの様子を示す。

以上の結果から、本機によるアスファルト被覆鋼管ぐいは、従来法によるものと同等の性能を有し、実用可能であることが確認された。

6. 結 言

以上、くいに働くネガティブフリクションを低減するためのアスファルト被覆鋼管ぐいの、新しい製造方法として開発した可搬式アスファルト被覆装置について、その構造と機能、操業技術および製品々質を報告した。本機は、アスファルトが塑性に富む温度範囲でシート状に成形し、鋼管に巻きつけ被覆するもので、次のような特長をもっている。

(1) 装置がコンパクトで、くい打ち現地で簡易にアスファルト被覆鋼管ぐいの製造を行い、直ちに打ち込みに供することができる。このため、輸送など取り扱い中に起こりやすい被覆の損傷やはく離などの問題が解決できる。

(2) 所定厚のシート巻き付け方式なので、くい全長にわたって膜厚が均一である。また、密着力もすぐれており、実際のくい打ち込み試験によつて、十分実用性があることが確認された。

文 献

- 1) 建設資材研究会: SL ぐい製品仕様書, (1978), [鋼管杭協会]
- 2) C. Van Der POEL: J. Appl. Chem., 4(1954) 5, p. 221
- 3) 木村忠雄, 斎藤良次, 渡辺裕吉: 特開昭 53-119978 号
- 4) 木村忠雄, 渡辺裕吉: 特開昭 54-50574 号
- 5) 藤田重文, 東畑平一郎編: 化学工学 I, (1963), p. 270 [東京化学同人]
- 6) K. L. MAI: Chem. Eng. Prog., 54 (1958) 10, p. 57
- 7) 熱・熱力学部門委員会: 伝熱工学資料, (1966), p. 112 [日本機械学会]