

29. 実用化リサイクルプラント

新潟鉄工所 根本 一 範

1. まえがき

アスファルト舗装廃材を、加熱アスファルト混合物（以下「合材」という）として再利用する為の研究は、産業廃棄物処理、省資源の観点から盛んに行われ、既に実用化され、後述報文3）に報告されている如く、一年後の供用性も新合材と同様に評価されている。現在わが国で行われている再生利用方法を、一次処理の方法から大別すると、概ね次の様に分類できる。

- a) 熱利用解砕式（スチーム、温水などの熱媒体を用いるもの）
- b) 機械力破砕式（主として、クラッシャーを用いて機械力で一次処理するもの）

このうち、当社が採用したスチーム利用のリサイクルプラント（合材再生プラント）について、その開発経過をここに報告する。

2. スチーム利用の考え方

廃材が熱軟化する性質を利用して、水蒸気により解砕分離する方法は、特許公告昭51-29886「アスファルトコンクリートの再生法」に示されているが、次の観点から水蒸気を利用することが有効であると考え、実際にもその効果は確かめられた。

- 1) 熱軟化による解砕分離の為、廃材中の骨材を破砕することがなく、元の粒度への復元性が高い。
- 2) 水蒸気は常圧で100℃付近で取扱えるので、解砕中にアスファルトを劣化させることが無い。
- 3) 一次処理の段階で、騒音・粉塵を発生することが少ない。
- 4) 解砕後、適切に装置を用いて、熱軟化しない異物を機械的に選別・除去することが可能である。
- 5) 温水式に比べ、解砕材の含水比が小さく、解砕材のコーティング状態が良好である。
- 6) 乾燥・加熱工程に移す際、スチーム凝縮水がアスファルト皮膜の表面を覆っている為、アスファルトの過熱劣化を防止する効果がある。

3. パイロットプラントによる予備試験

本プラントの基本的な構想は、①スチームにより、廃材を内部骨材を破砕することなく、わずかの機械力で細分できる程度まで熱軟化させる。②軟化した廃材を小さな機械力で細分する。この際、できるだけ含水比を小さくする。③細分された廃材（「解砕材」と呼ぶ）をアスファルトを劣化させることなく乾燥・加熱する。以上の構想に従い、パイロットプラントを製作し、種々条件を変化させて試験を行った結果、次のような結論を得た。

(1) スチームボックス（水蒸気利用の熱交換器）に関して

- ① 廃材とスチームの熱交換に関しては、スチームの吹込み圧、ボックス内圧力と、加熱効果との関係は、有意な相関がみられず、したがって常圧下の操作を行わせるほうが有利である。

- ② 次段階でわずかな機械力で粗分する為には、廃材温度は平均 70℃程度になっていればよい。
- ③ 境膜伝熱係数は、 $\alpha = 60 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{℃}$ 程度である。
- ④ 廃材 1 ton 当りの必要蒸気量は、50 kg / 廃材 1 ton 程度である。

(2) ドライヤに関して

- ① アスファルトの省化を起させない熱源の初温(熱風温度)は 500℃以下である。
- ② 上記条件での熱風と材料との平均総括伝熱係数は、 $\beta = 13 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{℃}$ 程度である。

4. スチームボックスの現状

パイロットプラントによる予備試験の結果、スチーム利用に関しては次の様に決定した。

- 1) 熱交換は凝縮を伴う伝熱が有利であり、飽和蒸気に近い状態でスチームボックスに供給する。
- 2) スチームボックスは大気開放口を有し、ボックス内のスチームの対流が盛んになるよう考慮する。また圧力容器には該当しない構造とし、容易に扱えるようにする。
- 3) ボイラーは、使用に当り資格を必要としない、伝熱面積 10 m² 未満、最高圧力 10 kg/cm² 未満のものを用いる。(市販されているものでは相当蒸発量 1500 kg/h 級のものまである。)

実機のスチームボックスの概要は、図-1 の如くで、1基当りの容量は、掘削現場から持ち込まれる通常の廃材寸法(約 500 mm² × 200 mm²)を投入して約 15 ton であり、3基併設している。

加熱効果は、廃材寸法、特に厚さにより異なるが、上記通常寸法のものであれば、約 40 分のスチーム加熱で軟化排出される。

各ボックスでの加熱時間は約 40 分であるが、3基の組合せサイクルチャートにより、1基当り約 25 分のサイクルで順次排出されるようになっている。

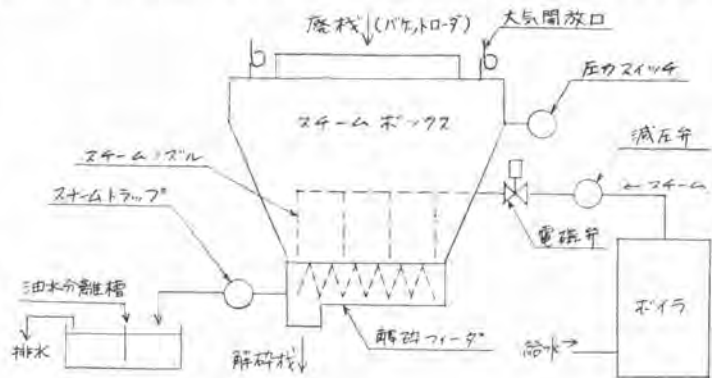


図-1 スチームボックスの概要

実機設計に先立ち、廃材の厚

さと熱軟化時間の関係を調べる為、図-2 の如き実験装置で、コアの一面を高温側に接触させ、コアの各部における時間と温度上昇の関係を調べて、温度伝達率 a を求めた。

実験の状態は非定常熱伝達として扱うものであり、前進差分階差式

$$\theta_{n+1}^p = a \cdot \Delta t \cdot (\theta_{n+1}^p + \theta_n^p) / (\Delta x)^2 + \{ 1 - 2a \cdot \Delta t / (\Delta x)^2 \} \cdot \theta_n^p$$

を用いて a を求めると、30℃のり 85℃の間で、平均的に $a = 2.2 \times 10^{-3} \text{ (m}^2/\text{h)}$ と算定された。廃材の比熱を、 $C = 0.22 \text{ kcal/kg} \cdot \text{℃}$ 、比重を、 $\gamma = 2300 \text{ kg/m}^3$ とすると、熱伝導率は、 $\lambda = a \cdot C \cdot \gamma$ より、 $\lambda = 1.1 \text{ kcal/m} \cdot \text{h} \cdot \text{℃}$ となる。

上記で得られた a を用いて、非定常熱伝達に於けるシュミットの図式解法により、廃材の温度変化を求めてみると、図-3 のようになる。但し、廃材の初期温度を 10℃、廃材表面温度を 100℃、

廃材を厚さ x の平板とした場合である。

x を0.1 m, 0.15 m, 0.2 mとした場合には、廃材の中心部がアスファルトの軟化点に近い50℃に上昇するまでの時間は、

$x = 0.1$ mの場合 約22分

$x = 0.15$ mの場合 約49分

$x = 0.2$ mの場合 約88分

となる。

計算値に対する実機の測定では、厚さ0.15 mの物が約20分で、0.2 mの物が約40分で深部まで軟化しており、所要時間は半分以下となっている。この相異は、廃材表面付近は加熱中に変形し、くすれてくるので、計算では x を一定としたが、実際には減少してくる為と思われる。

加熱軟化した廃材は、スチームボックス下部に設けられたスクリュー状のフィーダーで解砕され、排出される。解砕は、骨材を破砕することなく行われ、スチームボックスから排出される材料は、アスファルトでコーティングされた状態を保っている。

スチームボックスの運転実績としては、次の様なデータを得ている。

- ① スチーム使用量：40～50kg/廃材1トン当り
- ② ボイラー燃費：4～5t/廃材1トン当り
- ③ 排出時解砕材温度：70～80℃
- ④ 解砕材含水比：3～5%

スチームボックスから排出された解砕材は、アスファルト軟化点以上に昇温しているが、付着水分の作用で粘着性は小さく、ほぼ冷骨材に近い性状のものとして扱うことができる。

5. ドライヤ

スチームボックスから排出された解砕材は、ドライヤへ供給され、水分除去、加熱されて再生される。ドライヤは、熱効率、設備費、保守整備性を考慮し、加熱中にアスファルトを劣化させることを最小限とする為、熱風直接加熱方式で、並行流形の回転円筒ドライヤを採用した。(図-4)

ドライヤドラムの構造はドラムミックプロセスに近いものであるが、熱源として熱風を供給している点が異なる。ドラムミックプロセスでは、骨材中の水分がアスファルトの劣化を防ぐ作用をしていると考えられているが、本装置においても、スチーム解砕過程で材料に水分皮膜が形成される為、無水状態で廃材を加熱する場合に比べ、急加熱による熱劣化が起り難い。また、ドライヤへ投入され

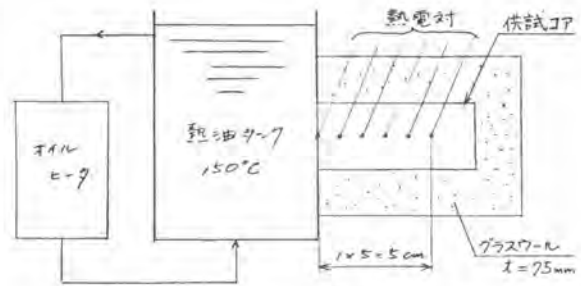


図-2 コア内の温度変化の測定

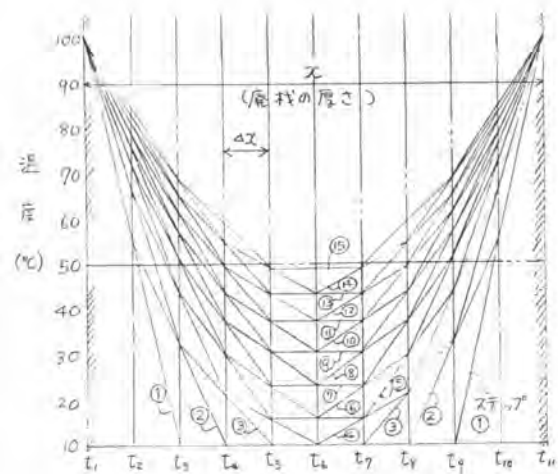


図-3 廃材内の温度変化

る際に、材料が70～80℃に予熱されている為、最終加熱温度差昇温される間の熱伝達が緩やかで、劣化を少くして均一加熱を行うには有利な状態といえる。

フライトは、アスファルト反膜を持つ材料を効果的にベール状に分散させる為、通常の骨材ドライヤより、浅く幅

の広い形状でほぼフラットなものを採用した。ドラム内には、アスファルトコーティングされた材料が投入されるので、ドラム内壁、フライトへのモルタル分の付着が懸念されたが、ドラム外壁を保温材で覆って材料の急冷を防止した為、1時間以上の連続運転を行えば、付着層は周期的に脱落する現象が見られ、10～20mm以上には成長しないことが確認された。実用的にはドラム内の清掃は必要ない。

バーナー燃焼制御は、合材温度及び投入解砕材量によって制御し、ハイリミッターによって、熱風温度が高温設定温度を越えないようにしている。

ダストの処理には簡単な湿式スクラバを設けているが、ドラムを通過した排ガスは、ドラム端部に設けたディスチャージホップ兼ロックアウトボックスで急激にそのスピードを落とし、ドラム内で発生したダストをディスチャージホップ内へ落下させる様にした。ダストはコーティングされた比較的粗い粒子である為、排気ダクト側へのダスト流出はほとんど見られず、湿式スクラバ通過後の煙突測定孔におけるダスト測定では、0.05～0.08 g/Nm³という結果が得られた。

ドライヤの運転実績としては、次の様なデータを得ている。

- | | |
|---------------------|---------------------------|
| ① 入口熱風温度 : 400～500℃ | ② 排気温度 : 180～200℃ |
| ③ 入口材料温度 : 70～80℃ | ④ 出口材料温度 : 160～170℃ |
| ⑤ 入口材料含水比 : 3～5% | ⑥ 燃料消費量 : 10～11 t/合材ton当り |

6. まとめ

本プラントの構成に於いて再生プロセスの中心は、スチームボックスとドライヤであり、各々の設計方針、実状は前述した通りである。その他の装置としては、合材の品質の要求に応じ、スチームボックスとドライヤ間に篩分け装置を設けたり、ドライヤの後にバッチ式ミキシングタワーを設置したりしている。紙面の都合上、合材の品質や舗装施工実績まで言及することができなかったが、スチーム式リサイクルプラントで生産した合材により施工した下記の報文等を参照されたい。

- 1) 「施工技術」第10巻第7号 「アスファルト混合物再生利用法」
- 2) 「道路」1978-No.11 「再生アスファルト混合物による補修工事報告」
- 3) 「舗装」1980-No.6 「再生アスファルトコンクリートの試験施工と追跡調査」

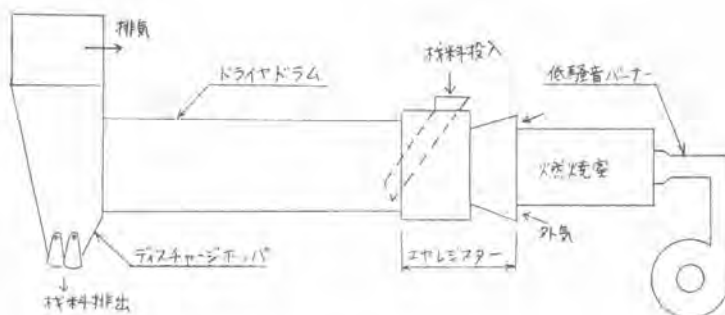


図-4 ドライヤ