

13. 路上再生における加熱方法の一考察

建設省東北技術事務所 岩本忠和・高橋則夫
*齊藤正芳

1 まえがき

アスファルト舗装路面に発生する亀裂、わだちぬれ等を修繕する工法として、近年各地で路上再生工法が採用されているが、路上再生工法はその歴史がまだ新しいことから、未解決・未開発の部分が多く残されている。路上再生において施工速度・道路供用開始時間、アスファルトの耐久性等に深くかかわっているのが路面加熱であるが、施工業者によって路面加熱の方法も様々であり加熱に対する基準化等がほとんどなされていない現状である。そこで現在使用している赤外線加熱機を用いてアスファルトの劣化を抑えて加熱する方法を検討したものである。

2 使用機械

加熱試験は、実際の施工に使用している赤外線加熱機を用いて行った。写真-1に加熱機の全姿を、表-1に加熱機の諸元を示す。



写真-1 加熱機全姿

表-1 加熱機の諸元

全長	8650 mm
全幅	3200 mm
ヒータ形式	セラミック・ステンレス
エレメント数	32本/パネル
パネル数	2個
燃料	LPG
作業速度	0~10 m/min
回送速度	0~10 km/h
総発熱量	セラミック 234240 kcal/h ステンレス 322080 kcal/h

3 調査結果

3-1 加熱試験結果

3-1-1 連続加熱とアスファルトの加熱特性

アスファルト合材を連続で加熱した場合の、温度と深さの相関を図-1に示す。またこのときの条件と結果を表-2に示す。

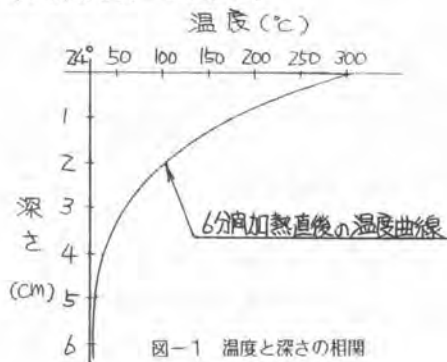


図-1 温度と深さの相関

表-2 加熱条件と結果

加熱方法	連続加熱	
ヒータ材質	セラミックヒータ	
加熱時間	6分	
アスファルト合材	細粒級GAs(13F)	
初期温度	24℃	
加熱直後の温度	表面	260~300℃以上
	1cmF	175℃
	2cmF	116℃
	4cmF	36℃
	5cmF	32℃

図-1からもわかるように、連続6分間加熱した場合アスファルト路面の表面温度は約300℃に達しているのに対し、4cm下ではほとんど温度が上昇していない。一般的にアスファルトは200℃以上に加熱すると急激に劣化する事が報告されており、表面はかなり劣化が進行している事がうかがえる。加熱試験中はブルースモークがかなり発生していた。

3-1-2 断続加熱の必要性

以上のとおり連続加熱がアスファルトの劣化につながるため、施工業者各社ともアスファルト劣化対策として断続加熱を行っているのが実状である。試験の結果赤外線加熱機による連続加熱時間は、2.5分以内に抑える必要がある事が判明した。また、冷却時間は3~4分が熱効率の面から適当である。

3-1-3 加熱方法の違いによるアスファルトの劣化

連続加熱と断続加熱によるアスファルトの劣化状況を、アスファルトの針入度で比較したものが、図-2である。図は、加熱後の表面から1cm深さまでのアスファルト試料の針入度を示したものである。どちらもトータル6分間加熱したものであり、加熱方法以外は同一条件であるにもかかわらず、針入度には大きな差が見られる。

針入度低下率から言えば連続加熱は断続加熱に比べ約3倍もアスファルトが劣化していることがわかる。

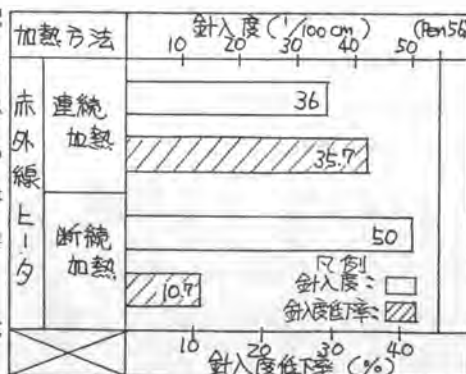


図-2 加熱方法の違いと針入度

3-1-4 ヒータの種類による違い

今回の試験には、セラミックとステンレスの2種類のヒータエレメントを使用した。ヒータエレメントの違いによる加熱状況の違いを、熱効率で比較した。熱効率はヒータの総発熱量と加熱終了10分後における4cm深さまでの保有熱量の比とした。図-3にヒータ種類別熱効率を示す。また図中の合成温度は次式のように算定した。

$$H_a = \frac{H_1 + H_2 + H_3 + H_4}{4}$$

ここに

H_a : 4cm深さまでの合成温度 (℃)

H_1 : 1cm深さまの温度 (℃)

H_2 : 2cm " (℃)

H_3 : 3cm " (℃)

H_4 : 4cm " (℃)

ヒータ種類	総発熱量	保有熱量	加熱前合成温度	加熱後合成温度	熱効率 (%)			
					0	10	20	30
セラミックヒータ	22477 kcal	7018 kcal	35℃	104℃	31			
ステンレスヒータ	30920 kcal	6191 kcal	30℃	91℃	20			

図-3 ヒータ種類別熱効率

ステンレスヒータはLPGの消費量が大きく総発熱量も大きい。合成温度の上昇がセラミックヒータよりも少なく、熱効率も低下している。セラミックヒータの方が加熱に有利である事が判明した。

3-1-5 防風装置・保温装置の効果

防風装置の効果を経過時間20分で比較すると防風装置有りの方が防風装置無しに比べ13~26%上昇温度が高くなっており、熱効率にして17~25%高くなっている。

保温装置は、石綿製のシートで加熱後の路面上を覆い、保温効果を確認したがそれほど大きな効果は見られず、外気温が低いときに効果がある事が確認できた。

3-1-6 アスファルト合材別の熱効率

アスファルト合材別に熱効率を比較すると、図-5に示すような結果が得られた。図-5は、細粒度ギャップアスコン(13F)と密粒度ギャップアスコン(20F)について、夏・秋・冬の3シーズンの熱効率を比較したものであるが、全てのシーズンにおいて細粒度ギャップアスコン(13F)の方が熱効率が良くなっている。

これは、合材の種類により熱的性質が異なっている事を示している。

3-2 加熱システムのソフト化

以上の調査結果を基に最適な加熱方法を管理するソフトの開発を行った。

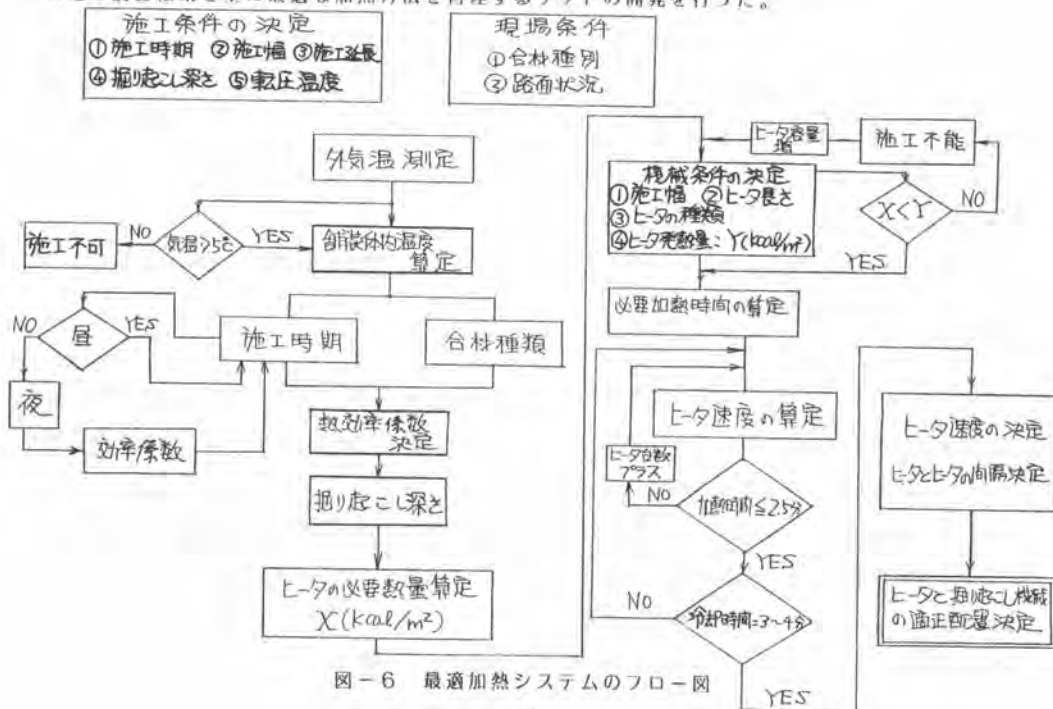


図-6 最適加熱システムのフロー図

図-6に最適加熱方法選択のシステムのフロー図を示した。これは適正な機械の配置を決定するもので、施工能率と熱効率の向上を目的としている。フローの内容を簡単に説明すると次のとおりである。

- ① 発注者側から施工条件が示される。
- ② 測定条件として外気温を測定する事により、舗装体内部の温度を算定し初期温度が判明する。
- ③ 施工時期（季節別・昼夜別）、合材種類等から熱効率が決まる。
- ④ 掘りおこし・転圧に必要な熱量が決まり、ヒータの必要発生熱量が算定される。
- ⑤ 施工条件とヒータの必要発生熱量から施工機械の条件が決定する。
- ⑥ 必要な温度まで加熱する時間が算定され、ヒータ速度と断続加熱の間隔が算定される。
- ⑦ ヒータの台数・ヒータ速度・ヒータとヒータの間隔が決定され、施工機械（ヒータと掘り起こし機械）の適正な配置と作業速度が決定される。

4 考察

加熱試験結果をもとにアスファルト合材の劣化が少なく、熱の有効利用を図り施工速度が適切になるようなシステムの開発を行ったが、その主な内容は次のとおりである。

- ① 気温が5℃以下の時は施工を中止する。
- ② アスファルトの劣化防止上、連続加熱は2.5分以下とする。
- ③ ヒータパネルとヒータパネルの間隔（冷却時間）は、3～4分とする。
- ④ 加熱機と掘り起こし機の間隔は、加熱終了後9～10分とする。
- ⑤ 熱効率はアスファルト合材により異なるため、（13F）を1とした場合（20F）は0.9とする。

以上の条件をもとに、施工条件（施工延長・掘り起こし深さ・転圧温度）、現場条件（合材種別・外気温・路面温度・天候）、機械条件（機械施工幅・機械長さ・ヒータパネルの長さ・ヒータ発生熱量）を入力する事により、その施工現場に適した劣化の少ない施工速度、加熱機と加熱機の間隔、加熱機と掘り起こし機の間隔等を入力するものである。

このシステムにより実際の路上再生現場で施工を行い、更に改良を加えてより劣化の少ない加熱方法の確立を図ることが必要である。

また今後は路面温度または外気温を自動検知して、施工速度・機械の配置を自動的に制御する、自動施工システムの開発が必要である。

5 あとがき

路面加熱については、アスファルト合材という非常に熱伝導の悪い物質を加熱することから、まだ多くの検討課題を残している。今後はアスファルトの品質管理に主眼をおいた、路上再生加熱の基準化と新しい施工方法・施工機械の開発が期待される。

新しい加熱機として今回は、LPGを燃料とする遠赤外線ヒータを開発、試作試験し、表面を劣化させずに連続加熱が可能な事を確認したが、実用機として使用するためには、改良工夫が必要である。遠赤外線ヒータについては、別の機会に報告したい。

今回の調査に当たり、ご協力下さった各位に対し、深く謝意を表する次第である。