

電磁誘導加熱（IH）を利用した 鋼床版上のアスファルト舗装の剥離工法

尹 恢 允・五味 篤 樹

鋼橋の鋼床版上のアスファルト舗装の撤去作業はブレイカを用い剥離撤去を行っている。当該工事は交通への支障を最小限とするため主として夜間に交通規制を行いながら実施しており、ブレイカ使用による大きな夜間騒音問題と、他に鋼床版上面の添接版やボルトに損傷を与える可能性がある。これらの課題を解決するため、電磁誘導技術を応用して鋼床版に誘導電流を発生させて鋼床版を発熱させ、舗装の接着面を溶融し付着力を低下させながら鋼床版上のアスファルト舗装を撤去するシステムを開発した。実工事において鋼床版を損傷することなく、従来工法と比較して、約 20～40 dB の騒音低減効果が確認された。当該技術は夜間のアスファルト舗装の撤去作業を低騒音・無振動で行うことが可能であり、それによる作業日数の短縮とコスト低減効果が期待されるものである。

キーワード：電磁誘導加熱，磁界，うず電流，電界強度，鋼床版，添接板，グースアスファルト

1. はじめに

鋼床版上の舗装は、繰り返しの交通荷重や建設後の長期経過など様々な要因で損傷が進み、全層打換えを行う工事が増えてきている。現状撤去方法は路面切削機及びブレイカーを用いた人力によるはつりで撤去作業を行っている。このような工事では騒音や粉塵を発生させるとともに添接版やボルトに損傷を与えるなどの問題が生じている。供用中の道路におけるこれらの工事においては作業時間に制約を受ける事が多く、作業の効率化が求められている。また住宅密集地域では、騒音や振動を抑制する必要に迫られている。これらの課題を解決するため、電磁誘導加熱 IH（Induction Heating）技術を用いて鋼床版上面のアスファルトを低騒音かつ効率的に撤去する IH 式舗装撤去工法（特許番号：4330639 号）が開発され、最近適用事例が急速に増大してきている。本報告は技術的解説とその適用事例について記述するものである。

2. IH 式舗装撤去工法の概要

(1) 工法のメカニズム

アスファルト舗装の上面に設置した電磁誘導加熱装置のコイルに電流を流すと鋼床版に向け磁界が発生し、電磁誘導現象により鋼床版にうず電流が発生する。うず電流が流れることにより鋼床版が抵抗発熱し、鋼床版上に載っているアスファルト層下面の接着部分が

軟化し、鋼床版との接着力が低下する（図-1）。

接着力の低下した状態の時に境界面にクサビを挿入して剥離を行う工法である。

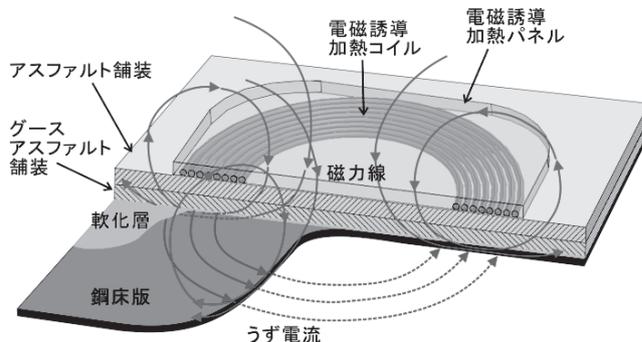


図-1 IH 式舗装加熱方法のイメージ

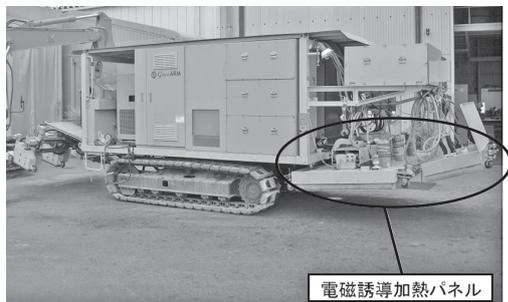
(2) 特長

- ① 特別に設計製作した特殊 IH 式電磁誘導加熱機により、鋼床版とアスファルトの界面を加熱し、接着を解くことにより舗装の剥離・撤去を容易にできる。
- ② 騒音・振動・粉塵の発生をほぼゼロの状態にまで抑制でき、安全性や工事環境改善ができる。
- ③ 鋼床版を傷つけることなく、剥離・撤去ができる。
- ④ 鋼床版の添接部のボルトなど形状の複雑な部分の接着も容易に溶解し剥離できる。

3. 施工機械

本工法に使用する IH 式加熱機は、駆動部（クロー

ラ式 (写真—1), ホイール式 (写真—2) の2タイプ), 発電機, 加熱装置 (写真—3), 冷却装置及びコントロール装置から構成している。剥ぎ取りのための特殊バケット (写真—4) を使用している。



写真—1 クローラ式加熱機 (1号機)



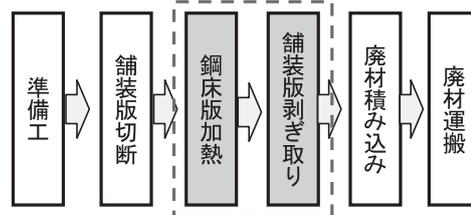
写真—2 ホイール式加熱機 (2号機)



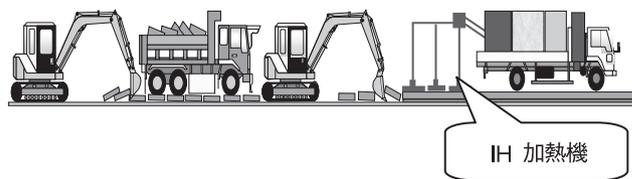
写真—3 加熱装置



写真—4 特殊バケット



図—2 施工フロー



図—3 機械編成図

に縦断方向のカッター切断も含まれる。また、工区境 (工事端所) についても横断方向にカッターを入れるが、このカッター切断では鋼床版を傷つけないよう鋼床版あるいはボルト箇所の上 20 ~ 30 mm の位置までの切断深さとする。IH 式加熱機で鋼床版表面温度が概ね 60 ~ 90℃ になるように加熱し、剥ぎ取りのクサビ機能をもつ特殊バケットを装着したバックホウで鋼床版温度が低下する前に速やかに剥ぎ取り作業を行う (写真—5, 6)。



写真—5 加熱状況



写真—6 剥ぎ取り状況

4. 施工方法

施工フローを図—2, 機械編成を図—3 に示す。準備工では隣接車線部との縁切りを完全に行うため

5. 実施工における確認

(1) 鋼床版温度変化

外気温 10℃ の条件において、実道の施工における加熱・放冷までの鋼床版温度変化の事例を図-4 に示す。

これまでの実績より 60℃ まで温度低下する時間が施工可能時間であることが確認できている。外気温 10℃ の条件下では鋼床版温度は、加熱時には 15 ~ 16℃ /min の上昇し、5 分後には 90℃ 程度に達し、放冷時には 60℃ まで温度低下するのに 5 分程度要している。これまでの実績より 60℃ まで温度低下する時間が、施工可能時間と考えられる。

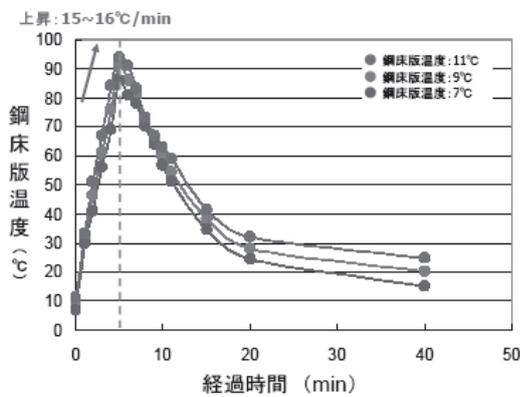


図-4 加熱放冷過程の温度変化

(2) 鋼床版温度測定

加熱において施工箇所の隣接部がどのような影響を受けるかを確認するため、加熱端部より 10 cm・30 cm・50 cm・1 m 間隔で鋼床版上面温度を測定した結果を図-5 に示す。

加熱パネルから 10 cm 以上離れると隣接部鋼床版の温度は急激に減少し、20 ~ 30 cm 程度の離れで隣接部のアスファルト層の付着の影響は無視できる。

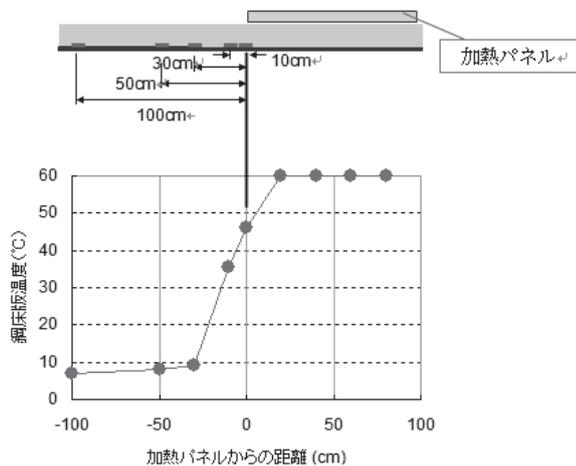


図-5 隣接部の鋼床版温度測定

(3) 鋼床版の加熱状況

実施工において、剥ぎ取り時の既設舗装と鋼床版面の温度を赤外線カメラによって測定。結果を写真-7, 8 に示す。

既設舗装の表面温度は 27℃ 程度であるが、鋼床版表面温度は 80℃ 程度まで加熱されているのが確認された。



写真-7 測定箇所 (一般写真)

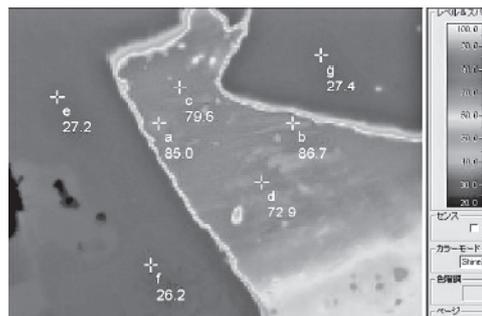


写真-8 上記箇所の赤外線カメラによる測定

(4) 作業騒音測定

実施工の橋梁において本工法と従来工法の作業時に実施した騒音測定の結果を図-6 に示す。

ブレーカを用いた従来工法と比較して、橋梁上では本工法が約 20 dB 低く、橋梁下面では約 40 dB も低い騒音レベルとなった。ブレーカを用いた工事ではビットによる打撃音が橋梁下から太鼓の原理と考えられる現

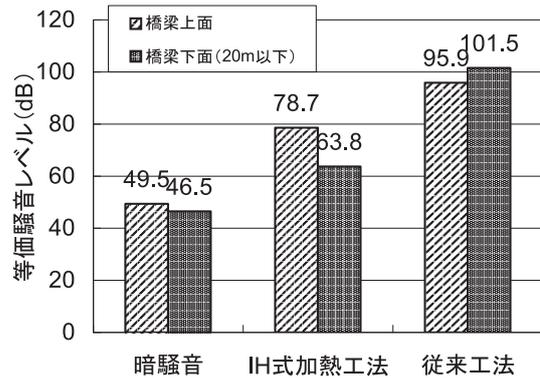


図-6 作業騒音測定結果

象で反響音として伝播され騒音レベルが高くなるものと考察される。本工法はブレーカを用いた従来工法に比べて、橋梁下面から発する作業音が非常に低く、周辺環境へ与える影響が少ないことが分かる。本 IH 式加熱工法の 78.7 dB は剥ぎ取りガラ撤去時、その他バックホウによる作業音の瞬間的な最大値を拾ったもので IH 式加熱そのものの作業音は 70 dB 以下である。(本工法の発生源は発電機とバックホウの機械音のみである。)

表一 1 に音のめやすを示す。

表一 1 音のめやす (デシベル)

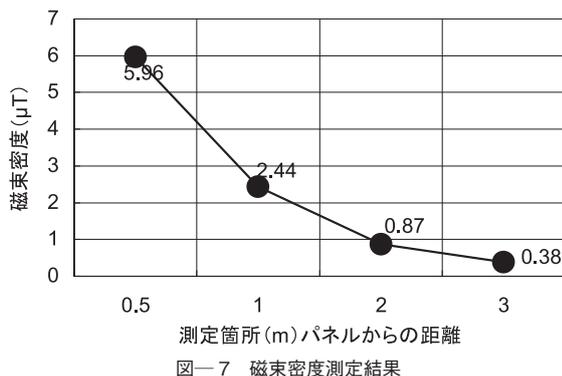
120	飛行機のエンジン近く
110	自動車のクラクション (前方 2 m)
100	電車の通るときガード下
90	大声による独唱, 騒々しい工場内
80	地下鉄の車内 (窓を開けたとき)・ピアノ
70	掃除機・騒々しい事務所
60	普通の会話・チャイム
50	静かな事務所
40	深夜の市内・図書館
30	ささやき声
20	木の葉のふれあう音

(2006 東京都環境白書より)

(5) 人体への影響

IH による電磁波の発生と人体に及ぼす影響レベルを検証した。国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) によって示されているガイドライン非電離放射線 (NIR) に対する公衆への曝露制限値 (周波数範囲 0.82 ~ 65 kHz) は 6.25 μT である。実施工で簡易測定で測定した結果を図一 7 に示す。

本工法に使用するインバーター周波数は 35 kHz である。IH 式加熱機に作業員が最も近接する距離 (0.5 m) の位置においては図一 7 に示すように制限値以下の作業であり、安全性には問題がないことが検証できた。



写真一 9 測定状況

(6) 通信ケーブル等への影響

鉄道高架のように橋梁下に鉄道が通過する場所では制御あるいは通信ケーブルなどが設置されていることがあり、このような条件下ではそれら通信ケーブルなどへの影響を確認する必要があった。国際無線障害特別委員会勧告による『電磁放射妨害波の許容値』はインバーターの周波数について 150 ~ 490 kHz で 30 m の距離において 0.0032 m/V の電界強度とされている。本装置は 35 kHz 程度なので、電界強さがかなり低いため、この低レベルでの規程がない。

本工法を実施工するに当たって安全性確認のため解析シミュレーションにて評価を行った。

図一 8 から鋼床版下方向の電界強度はほとんど 0 となっている。電界強度が 0 となることは、鋼床版下に発生するエネルギーの内、鋼床版で熱エネルギーに変換消費されない不要電波のエネルギーが 0 ということの意味している。この理由は鋼床版に流れる電流の浸透深さを求めることで判断出来る。

鋼床版に流れる電流の浸透深さ

$$\delta = 5.03 \sqrt{(\rho / \nu f)} \text{ cm} \quad \text{--- ①}$$

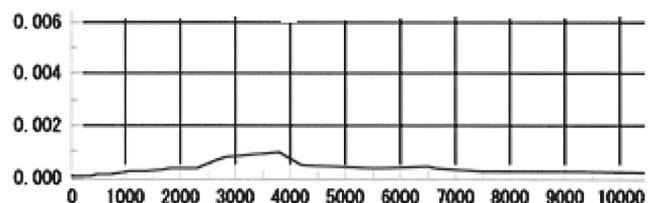
ρ : 鋼床版被抵抗

f : コイルに流れる電流の周波数 (Hz)

①式より浸透深さは

$$\delta = 5.03 \sqrt{(20/100 \times 35000)} = 0.012 \text{ cm} \quad \text{②}$$

②より鋼床版の厚みが 0.12 mm 以上あれば加熱コイルから発生するエネルギーは鋼床版で熱エネルギーに変換され、不要電波は鋼床版下には発生しないので、通信ケーブルへの影響は無いと言える。



図一 8 鋼床版下 Z 軸方向の電界強度分布

図-9より鋼床版上の電界強度の最大値は、約86(V/m)であるがこの数値は一般電気機器の電界強度より少ない数値である。一般電気機器の電界強度を表-2に示す。

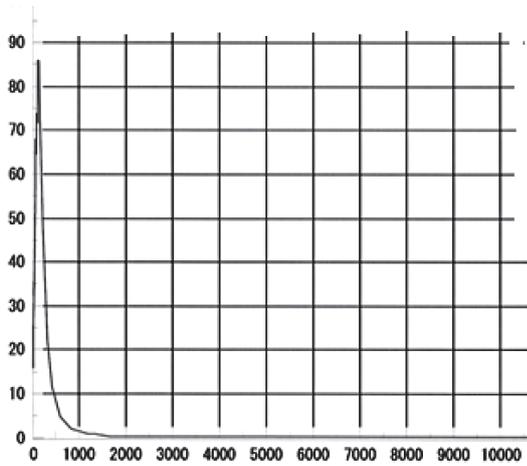


図-9 鋼床版上Z軸方向の電界強度分布

表-2 電気機器の電界強度

機種	距離	電界強度(V/m)
全自動洗濯機	正面接近	15
IHクッキングヒーター	前面から10cm(火力:中火)	97.9
電子レンジ	本体から50cm	500
ブラウン管テレビ	画面前面から50cm	250
本誘導加熱装置	コイルから80cm	86

(7) 施工状況



写真-10 京奈和自動車道施工



写真-11 広島呉道路/広島大橋施工



写真-12 しまなみ海道/伯方・大島大橋施工

6. おわりに

本工法は鋼橋の鋼床版上に舗装されたアスファルト舗装を鋼床版及び添接板やボルトに損傷を与えることなく剥ぎ取り除去できるとともに超低騒音による技術である。HIR 工法の最大特長の超低騒音・低振動工法であることから舗装剥ぎ取り作業時間を深夜まで延長させることが可能であることから本工法は関係発注機関から高い評価を得ている。平成22年7月には国土交通省から第12回国土技術開発賞として大臣表彰されている。平成21年11月4日付けの報道において、全国の鋼橋について『コンクリートの劣化や鋼材の腐食が想定外に進み、崩落寸前の状態に陥った道路橋が全国で121基、大型車の通行を禁止した重量制限付きの橋も680基確認され、緊急点検と対策を講じる必要がある』と報じられたことから鋼橋の維持点検における本工法の有用性が益々高いものとなった。

最後に、本工法の実用の推進の共同研究グループのメンバー、大林道路(株)、鹿島道路(株)、(株)竹中道路、(株)NIPPOの関係者皆様に、謝意を表します。

JCMMA

[筆者紹介]



尹 恢允 (ゆん ふえゆん)
グリーンアーム(株)
エンジニアリング部



五味 篤樹 (ごみ あつき)
グリーンアーム(株)
エンジニアリング部
部長