

高い DfE 機能を持つフォームドアスファルト混合物 の特性を生かした施工事例とその施工方法

福川 光 男

堅牢な土木構造物にも寿命の到来が訪れ、解体処分が行われる。その際、設計段階からその処分方法の環境への配慮が考慮されていない場合には、世界的な生活環境の関心が高まる中で、苦慮する事が多くなってきている。一方、一般製造業における設計段階から処分時の環境配慮したデザイン導入の傾向が強まるなか、土木構築物においても、従来の機能重視思考から、総合的な環境重視思考（機能が少し劣る場合もある）への移行が余儀なくされる事が予測される。総合的な環境に配慮した道路舗装混合物の一例として、世界各国で普及され始めているフォームドアスファルト舗装について述べる。

キーワード：環境適合設計（環境配慮設計）、DfE、フォームドアスファルト、フォームスタビライザ、フォームドプラント

1. はじめに

如何に優れた機能を持つ自動車や家電製品であっても、やがて、機能面での寿命が訪れ処分される。その際、総合的に環境に配慮した処分が行われているのか？

一方、都市の再開発に伴う、建築物の Crash & Build において、往々にして Crash 作業を困難にさせていないか？ 構築計画段階からやがて訪れる廃棄作業の際の解体作業の容易化、資材の再利用を考慮する時代が到来している。我々の生活を支えている交通インフラでの道路舗装材を一例としてこのテーマを取り上げてみた。

2. 一般製造業における環境適合（配慮）設計（DfE）への取り組み

寿命に伴う製造物の処理に際し環境面に配慮した方法を設計（企画）段階から予め取り入れ、製造過程から廃棄まで環境負荷を可能な限り低減させることを目指したシステムとして、製造業においては国際標準化機構（ISO）における環境適合設計、（環境配慮設計）DfE = Design for Environment が取り入れられており、大量生産、大量消費の後に来る大量処分時の環境負荷を大幅に減ずる効果をもたらしている。このシステムの評価項目として、分解処理の容易化、廃棄処分の容易化そして容易な再資源化などが取り入れられている。一方、土木構築物において、設計段階から再構

築、部材の再利用を考慮しているか？ 土木構造物を扱う環境下においては DfE は余り馴染みのない keyword であるが如何に堅牢である土木構造物にも寿命があり、解体撤去処分、延命補修、部材再利用などの行為が伴う。寿命は保有機能の衰退によって定まり、構築、維持修繕費用との比較において、経年負荷を予測したライフサイクルコストの検討がなされる。しかし、機能重視に偏り、再構築、構成部材再利用時の作業に困難が伴わないのか？ 更に、残存機能はあるが、要求機能変更に伴う役目の終了に依るものや、部分的な改修が伴うこともある。例えば、道路構築物であれば、路線変更に伴う撤去や、路肩や中央分離帯への通信管路の増設など付帯設備の変更によって当初計画は往々にして寿命途中で変更が伴うことが考えられる。

3. リサイクル機能に優れたアスファルト混合物？

土木建設業において、交通インフラの要である道路舗装に使用されるアスファルト混合物は循環型資源再利用システムの優等生として評価されており、実際に優れたリサイクル機能を持っている。そのリサイクルされた再生材の混入率は 50% 以上になる（アスコン塊のリサイクル率は 98% 以上）。現在では、わが国の道路舗装における生産量は 70% 以上がリサイクル材を使用したりリサイクル混合物が占める。しかし、アスファルト混合物を使用しての施工当初より再利用を考

慮した結果、この様な実用性の高いリサイクルシステムが当初から構築されていたわけではなく、アスファルト混合物の再利用の必要性の高まりにより、リサイクル技術が後から開発され実用化に至った。事実、使用者側の強い要求機能により、開発された高機能舗装は、路面の排水機能、走行騒音低減機能そしてアンチスリップ機能に優れてはいるが、樹脂を混入した高粘度バインダーを使用しているため、実用性の高い再利用技術は未だ開発途上にある。この様な観点から採用時に将来の再利用、構造変更に対応し易い DfE 機能を持ち合わせる舗装材料として、近年、既設舗装をユニークな混合メカニズムによって少ない環境負荷で再利用できるフォームドアスファルト混合物（常温アスファルト安定処理工法の一つ）を紹介する。同混合物は何回でも再利用が可能であり、環境面でも注目されている。

4. DfE 機能に優れたフォームドアスファルト混合物とは

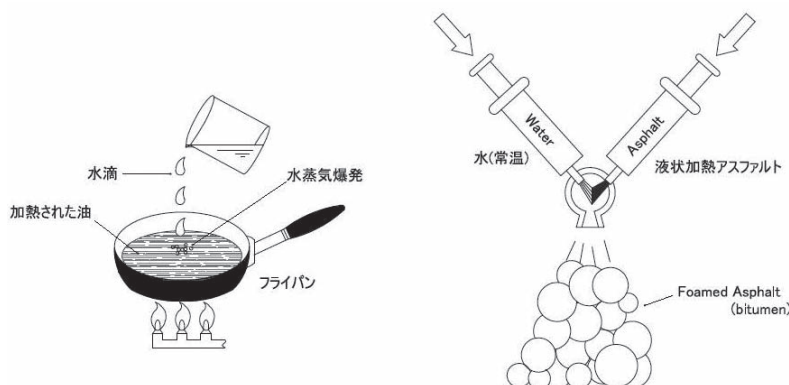
車両が通行する路面の性状機能として、車両を支える支持力とスムーズな走行を可能とする平坦性が求められる。そこで、粒状骨材を締め固めて噛み合せて外部応力からの変形を防いでいる。さらに、支持力性能を高めるため、骨材同士を結束させる手段として、アスファルトの熱可塑性を利用した加熱アスファルト混合物、セメントの水和反応による凝固作用を利用したセメントコンクリート、アスファルトを乳化させ施工後の乳化水分の脱水による残留アスファルトの凝固作用を利用したアスファルト乳剤混合物などがある。

しかし、加熱アスファルト混合物は製造、再利用時に骨材を加熱するため熱エネルギーを消費する。セメ

ントコンクリートは施工後の養生期間が長く、また、セメントを製造する過程で多量の熱エネルギーを消費し、セメントの凝結機能を生かした再生は不可能である。アスファルト乳剤は常温で取り扱うことが出来るが、乳化設備が必要であり、製品にアスファルトと約同量の乳化用水を要するため、製造コスト、輸送コストが高み、また、強度発現には乳化水の脱水時間を必要とする。そこで、従来工法と比べ骨材同士の凝結機能は劣るものの、製造過程での加熱エネルギーを使用することなく、アスファルトの粘性機能を従来のメカニズムとは異なる方法で利用して、比較的簡易な装置によって混合物が生産出来るフォームドアスファルト工法が注目されている。フォームドアスファルト工法は、繰り返しのリサイクルが可能で優れた DfE 機能を持っているため、強化路盤、舗装リサイクル、工専用仮設路などの施工に使用されている（建設の機械化 '97. 11 号 p.35 '泡状化アスファルトを用いた路盤強化工法' で紹介）。

5. ユニークなフォームドアスファルトの発泡原理と混合物の凝結メカニズム

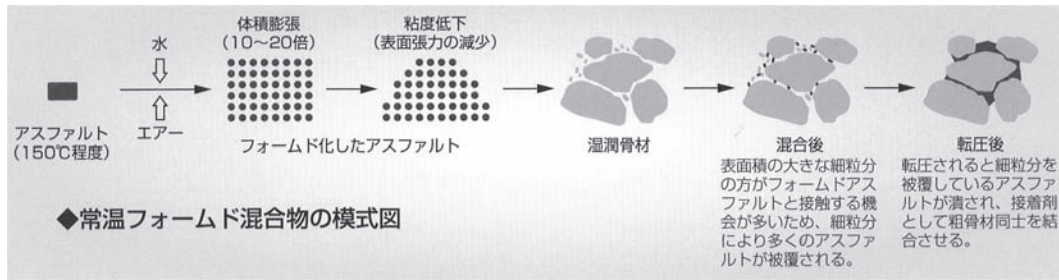
常温で固形状のアスファルトを加熱すると液状になる（熱可塑性）。アスファルトは油であるので、そこに、数滴の水を落下させると、急激に熱交換が行われ、水は瞬時に気化されて、蒸気爆発が起こる。フライパンで熱した油に数滴の水を注いだときに起こる状態で（図—1）、外部から熱を供給することなく、液状アスファルト自身の熱を利用したユニークな発想であり、この現象を小さな開放部を持つ狭い空間で発生させると、発生蒸気によりアスファルトは泡状になり体積を膨張させ、開放部から噴出する。そこに、粒状骨材を



加熱された天プラ油に水滴を落とすと水が急激に加熱され気体となって、体積が急膨張する爆発現象が起こり、バチバチと残留水滴を発生エネルギーにより分散させる。

狭い空間に液状加熱アスファルトと少量の水を同時に注入すると加熱アスファルトの熱により水が急激に気化し、開放穴(ノズル)よりアスファルトが泡状になって噴出する。

図—1 フォームドアスファルト発泡原理



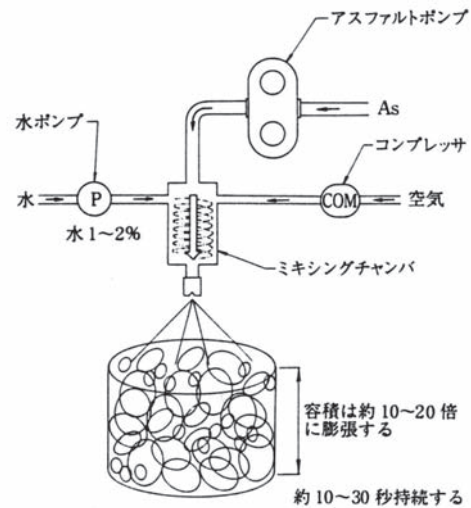
図一2 フォームドアスファルトとは

入れ混合させると泡状になって表面張力が小さくなったアスファルトの薄い皮膜と、骨材の細粒分が結合し、ペースト状になり、アスファルトモルタルが出来、骨材中に分散した状態で存在する。混合物を敷き均し、外部圧力（締め固め力）を掛けると、隣接する粗粒骨材と粗粒骨材の空隙にアスファルトモルタルが変形充填され混合物としての強度を持たせることが可能となる（図一2）。

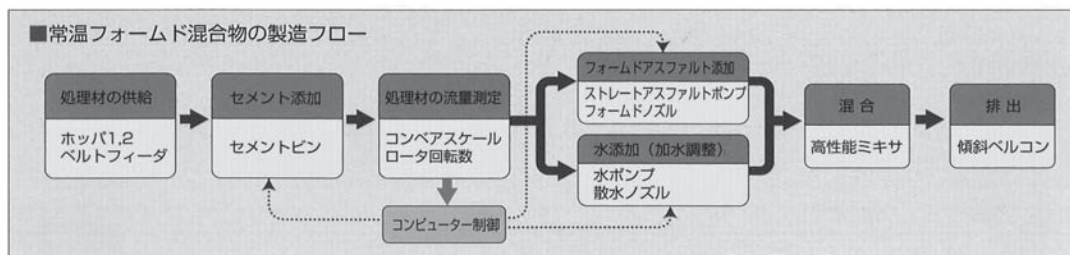
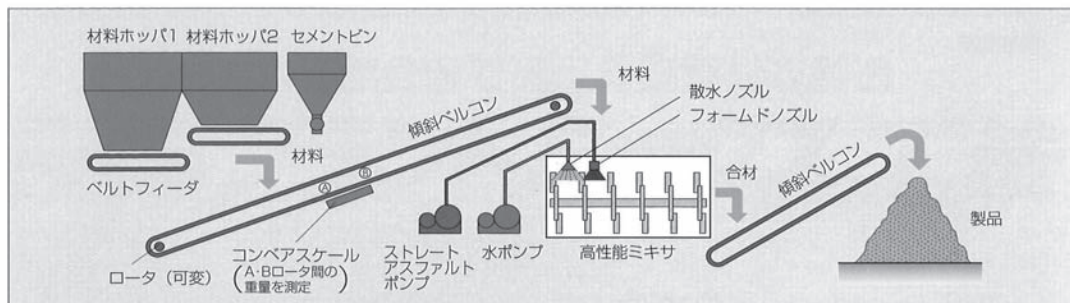
される。プラントの場合には定量に送られて連続ミキサにて最適含水比に加水調整され、一定量で送られてきた骨材に、ミキサ上部に等間隔で取り付けられた複数のチャンバーノズルよりフォームドアスファルトが放出され、混合される（図一4）。アスファルトの発

6. フォームドアスファルト混合物の製造方法

アスファルトタンクよりポンプで定量送られてきた液状の加熱アスファルト(150～180℃)と少量の水(アスファルト量の2%程度)を狭いチャンバ内に注入してやると、水がアスファルトの熱により一瞬で気化され、粘性を持つアスファルトを膨張させ泡状化(フォーム化)させる。さらに発泡化作用を促進させるため、同時に圧縮空気を注入させる（図一3）。この発泡作用によりアスファルトは10～20倍に膨張し、チャンバに取り付けられた噴射ノズルより泡状になって噴出



図一3 アスファルトのフォーム化装置



図一4 製造フロー

(4) 非加熱施工と景観機能を生かした公園内路の施工事例

現位置施工においても骨材を加熱しないため、火災の心配がない利点と、主骨材をアスファルトが覆わないので、混合物の色が黒くならず、自然色に近く、ジャングル内の公園路にも使用されている（写真—3）。



写真—3 南アフリカ国立公園路整備工事

(5) 敷き均し装置を搭載した高機能スタビによる市街地内リサイクル

厳しい時間的制約、作業空間制約を受ける市街地での既設路面の補修作業において、既設路面破碎機能、アスファルトホームド化機能、含水調整機能、混合機能そして敷き均し機能を一台の機械に集約させた、高機能フォームドスタビライザを使用した、現位置路盤再生施工が北米ロスアンジェルス市でも行われている（建設の施工企画 '07. 08号 p.71 '米国カリフォルニア州における環境配慮混合物の活用と情報化施工の普及状況調査' に記載）。ドイツのヴィルトゲン社によって開発されたこのシステムは従来工法より大幅に編成機械の台数を減じて作業人員を減らすことにより、大幅に工事規制エリアを狭くすることが可能となり、一般車両の交通の規制を緩和することが出来る（写真—4）。



写真—4 敷き均し装置を装着したフォームドスタビライザ

(6) 大規模農道の防塵、支持力強化施工事例

トラクタ、車両が頻繁に通行する大規模農道での改良工事において、アスファルト乳剤やセメントを用い

た場合には施工中、養生中に隣接する耕作地へ強風、降雨による流入が懸念される。フォームドアスファルト安定処理工法ではピュアなアスファルトを使用するので降雨水による溶出は皆無である（写真—5）。再混合する事によって容易に補修が可能である（写真—6）。



写真—5 秋田県八郎湯大規模農道表面処理施工現場



写真—6 農道表面処理施工現場

8. おわりに

今後の社会環境において、道路舗装に限らず、堅牢である土木構築物にも寿命があり、環境に配慮した処分方法の検討は避けられない事項となるであろう。しかし、未だ使用機能の高度化を求めあまり、要素機能を重ねた複雑な多層構造物が開発されている。資材の開発にも未来の環境を予測したFEED FORWARD思考が益々求められるであろう。

JICMA

《参考資料》

- 1) '舗装' 41 - 12 (2006) 講座 '舗装技術者のための建設機械の知識' 第3回福川 P28
- 2) '舗装' 44 - 03 (2009) 講座 '舗装技術者のための建設機械の知識' 第26回福川

【筆者紹介】

福川 光男 (ふくかわ みつお)
鹿島道路㈱
常任顧問

