16 建設の施工企画 '09.4

#### **特集**>>> 解体・リサイクル

# 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, フォームドスタビライザ, 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、土木構造物において、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 key word 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。寿命は保有持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 建設の施工企画 '09.4 17

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ス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用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,再利用時で骨材を加熱するため熱エネルギーを消費する。セメ

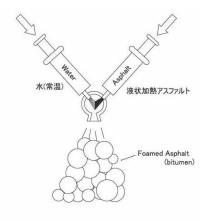
ントコンクリートは施工後の養生期間が長く、また、 セメントを製造する過程で多量の熱エネルギーを消費 し、セメントの凝結機能を生かした再生は不可能であ る。アスファルト乳剤は常温で取り扱うことが出来る が,乳化設備が必要であり,製品にアスファルトと約 同量の乳化用水を要するため、製造コスト、輸送コス トが嵩み、また、強度発現には乳化用水の脱水時間を 必要とする。そこで、従来工法と比べ骨材同士の凝結 機能は劣るものの、製造過程での加熱エネルギーを使 用することなく、アスファルトの粘性機能を従来のメ カニズムとは異なる方法で利用して、比較的簡易な装 置によって混合物が生産出来るフォームドアスファル 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 事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)。

## 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(図一1)、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おこり、パチパ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。

18 建設の施工企画 '09.4

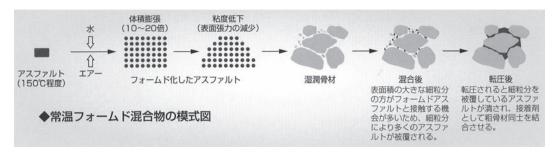
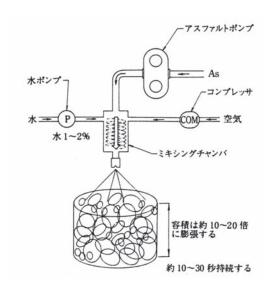


図-2 フォームドアスファルトとは

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—2)。

#### 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 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—4)。アスファルトの発



図─3 アスファルトのフォームド化装置

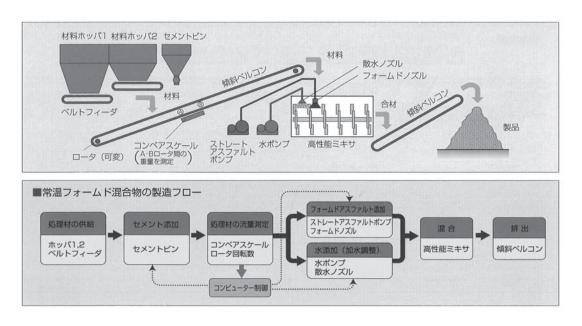
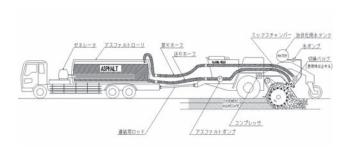


図-4 製造フロー

建設の施工企画 '09.4 19



図一5 ロードスタビライザを用いたフォームドアスファルトリサイクル システム

泡化装置が単純な構造なので路上混合の場合にはロードスタビライザに搭載が可能であり、ミキシングロータ内にフォームドアスファルトが噴射され(図—5)、移動しながら施工を可能としている。

#### 7. 機能活用事例

この混合物の特徴として、加熱アスファルト安定処理混合物よりも耐流動性に優れ、道路構造機能上必要な適度なたわみ追従性も有している。また、耐水機能を向上させて残留安定度を上げる目的で少量のセメントを添加した場合でもその機能を有している。また、構成骨材を加熱する必要がないので、製造プロセスでの骨材の熱劣化が発生せず、使用骨材の許容範囲が広がり、安価な調達をも可能としている。

### (1) 維持作業と雨水汚濁処理を激減させた工事用 仮設路施工事例

山間部にダムなどを構築する際の工事用仮設道路 は、勾配、曲率が厳しく、そこを工事中、多量の仮設 資材が運搬される。そして、 完工後は構築物の点検作 業連絡通路のみの軽作業に使用する場合が多い。故に. 建設時に多額の建設費を投じて高規格道路を施工する ことは実施しない。一般的には、路面に砕石を敷き詰 めた簡易構造にして工事用車両を通行させ、路面の維 持にはその都度モータグレーダなどで修正させる。し かし、この維持作業を怠ると著しく資材運搬効率を 落とす結果となる。また、頻繁に、作業を行うと、作 業用重機が工事車両の通行を阻害する要因となり、同 様に運搬作業効率を阻害する要因となる。そこで、現 場に仮設した移動容易なプラントを使用して(写真― 1) 製造したフォームドアスファルト混合物を敷き均 すことによって, 通行荷重によって流動しない強固な 路面が構成され、維持作業を頻繁に行うことなく、ス ムースな運搬機能を確保できる。この混合物の耐磨耗 機能は加熱混合物に比べ劣るが材料構成上通行荷重を

繰り返し受けるほどに構成骨材の結合力がむしろ高ま る性質があるので、使用期間の比較的短い工事用仮設 道路での使用には支障をきたさない。さらに、砕石路 のように通行荷重による揉み返しによる細粒化がない ので、降雨による砕石路面からの細粒分の流出がない。 したがって、道路基点に設ける雨水汚濁処理施設の規 模を大幅に小さくすることも可能である。



写真―1 モービル式プラント

#### (2) 少量降雨でも施工可能, 災害復旧工事での施 工事例

緊急を要する災害時の復旧工事では、締め固め作業により結合強度を発揮するため、初期強度の発現が早く、養生期間が不要な点が生かされている。すなわち、破壊された路面を破砕機能を持つロードスタビ仕様のシステムを使用して、現位置で強化路盤に再生している(写真一2)。施工された強化路盤は直ちに強度を発現するので、直ぐに車両の通行が可能となる。



写真—2 新潟県中越地震災害復旧工事(2004年5月山古志村)

#### (3) 現地発生材を活用した短期間施工事例

工期が極めて短い空港滑走路延長工事にも使用された実績がある。1998年5月より6ヶ月間の短期間でイランアサロウヤ国際空港滑走路拡張工事(320,000m²)において、下層路盤にロードスタビを用いたフォームドアスファルト混合物が使用された。この工法の採用により工期で60%、工費50%、アスファルト使用量40%の節減結果が報告されている。

20 建設の施工企画 '09.4

#### (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,既設路面破砕機能,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(写真一4)。



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 秋田県八郎潟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るあまり、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。

J C M A

#### 《参考資料》

- i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