

# コンクリート舗装への期待と課題

山田 優\*

## 1. まえがき

道路工学のテキストに、舗装にはアスファルト舗装とコンクリート舗装があると書かれている。しかし現在、トンネル内を除けば車が通る道路はほとんどがアスファルト舗装である。昔からそうであったわけではない。1960年頃までは、舗装された道路自体が少なかったものの、大半がコンクリート舗装であった。ところが図1が示すように、1961年から1967年にかけてアスファルト舗装が急増し、以後は舗装といえばアスファルトということになった。

なぜ、そうなったのか。その辺りの事情は、たとえば多田宏行先生の編著「語り継ぐ舗装技術」<sup>1)</sup>に詳しく書かれている。それによれば、①自動車交通の急速な発達に対応して現道の舗装を急ぐ必要があったこと、②自動車の性能向上に合わせて走行性が重視されるようになったこと、③石油化学工業の発展でアスファルトの安定供給が可能になったこと、④自動車の大型化、重量化で旧規格のコンクリート舗装が破壊し、コンクリートによる補修は困難であったこと、としている。

しかし、そのような事情は今日になって明らかに変化している。今後は、もっとコンクリート舗装が施工されてもよいと考える。

本稿ではこうした見地から、今なぜコンクリート

\* 都市リサイクル工学研究所代表、大阪市立大学名誉教授 工博  
EXPECTATIONS AND PROBLEMS WITH PROPAGATION OF  
CONCRETE PAVEMENT (by Masaru YAMADA)

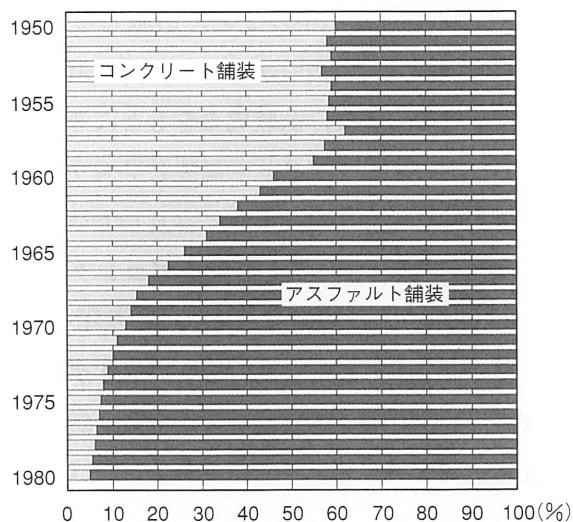


図1 コンクリート舗装とアスファルト舗装の構成比の推移

舗装かを耐久性、材料供給の動向、舗装に求められる機能の面から、また今後の舗装として期待する軽圧コンクリート舗装などの視点からコンクリート舗装の普及に、いかに取り組むかを考えてみたい。

## 2. 今なぜコンクリート舗装か

### 2-1. 耐久性

前述のとおり、1960年代からアスファルト舗装の急速な普及があったが、その頃、盛んに「白」か「黒」かの議論があった。白はコンクリート舗装、黒はアスファルト舗装のことである。コンクリート舗装は、その長所・短所をアスファルト舗装に比べ次のように評価された。

長所は、①耐久性に優れる、②視認性が良好で

る。

短所は、①養生期間が長い、②目地が走行性を損なう、③補修が困難、④施工機械が大掛かり、である。

コンクリート舗装がアスファルト舗装に比べて耐久性で優れることは、1951年から1962年にかけて実施されたAASHO道路試験で立証されている。米国イリノイ州オタワで2700万ドルの巨費を投じ、実物大の試験舗装を行い、軸重の異なる各種の試験車両を2年間連続走行させて舗装の損傷程度を調査し、1962年にその成果を発表した<sup>2)</sup>。

このAASHO道路試験の抄訳を、わが国のセメント協会が1966年と1973年の2回、出版している<sup>3)</sup>。この抄訳版の翻訳者は当時建設省における道路舗装関係の権威者の方々に、試験成果をもとに考察を付け加えているが、コンクリート舗装とアスファルト舗装の耐久性について次のように言及している。

「サービス指数という新しい尺度でコンクリート舗装とアスファルト舗装とを比較することが正しいとし、またAASHO道路試験の結果に誤りが無いとすれば、コンクリート舗装がアスファルト舗装よりも、はるかにすぐれていることを立証しているものである。」

AASHO道路試験の成果は、わが国で今も採用しているアスファルト舗装の構造設計法の主要な根拠となっているように、現在でも認められているものであるが、その成果に頼らずとも、コンクリート舗装のすぐれた耐久性は、一般に認められてきたことであろう。

壊れれば、また造り替えればよいという財政的に余裕のある時代は終わった。縮小された予算のもとで、大型化、重量化した自動車交通に道路は耐えねばならない。耐久性の重要度は、ますます高くなっている。コンクリート舗装の短所を克服し、長所、耐久性を生かすことを考える必要がある。

## 2-2. 材料供給の動向

1960年代、アスファルト舗装が急速に普及した理由はすでに述べた。その中で、一番の理由は石油化

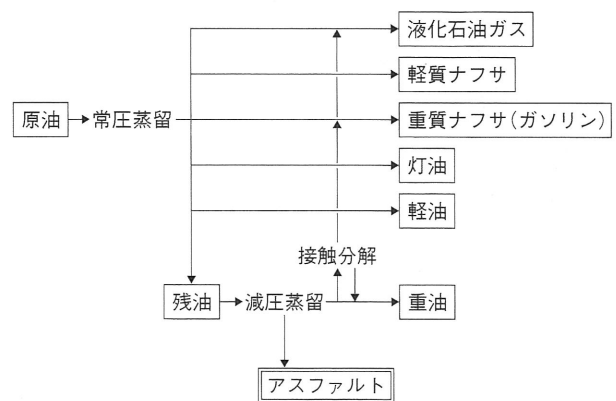


図2 従来の石油精製工程の例

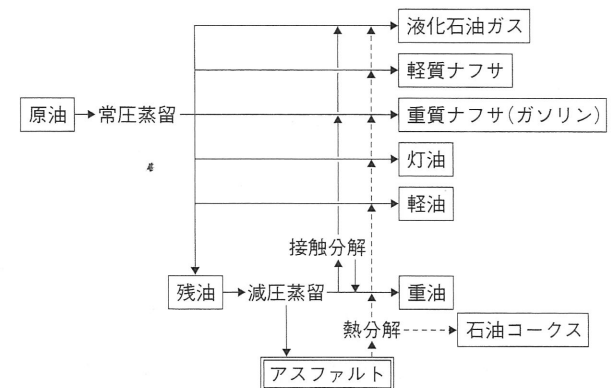


図3 最近の石油精製工程の例

学工業の発展であろう。

各製油所では従来、図2に示す工程で石油精製を行ってきた。原油を常圧で蒸留し沸点の低い、すなわち分子量の小さい順に、液化石油ガス(LPG)、軽質ナフサ、ガソリンとなる重質ナフサ、灯油、軽油を取り出す。残った重質油を、さらに減圧して沸点を下げ蒸留し、重油および接触分解等で軽質油を得るための原料を分離する。この減圧蒸留の残渣が舗装に利用されてきたアスファルトである。

自動車の急増などに伴い、わが国の石油化学工業が急速に発展した。ガソリンなど、大量の石油製品とともに、アスファルトも大量に産出し、安価に入手可能となった。自動車の急増に伴って必要となった道路整備に、アスファルトが、白か黒かの議論をよそに優先採用されたのは当然といえよう。

しかし今や、石油精製に伴うアスファルトの産出は必然ではなくなっている。廃プラスチックの熱分解油化、すなわちケミカルリサイクルが行われる時代である。図3に示すように、いったん蒸留工程で

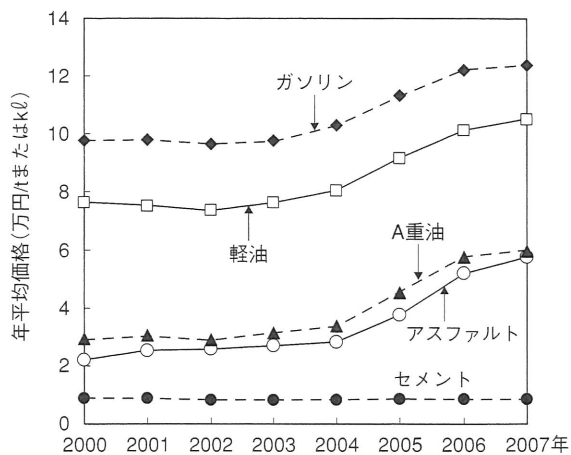


図4 アスファルトの価格推移

生じたアスファルトも熱分解させて、付加価値の高い軽質油にすることができる。アスファルトのみならず、重油の需要減少、石油化学原料の需要増加への対応として、余剰の重油を分解してナフサなどを生産するとともに、ナフサをさらにベンゼンやパラキシレンなどの石油化学成分にする石油資源利用の高度化が進められている。

ある製油所の広告に、「アスファルトから生まれたガソリンもあります」と題して次のようにある<sup>4)</sup>。

「ガソリンは、原油を精製して作られます。しかし、原油のすべてをガソリンにすることはできません。ガソリン、灯油、軽油だけでなく、付加価値の低い重油やアスファルト(残渣油)なども同時に生産されます。当製油所では、蒸留過程で最後まで蒸発しないで残るアスファルトさえも、熱分解して再度精製するという、複雑な工程をすでに実現しています。重質油熱分解装置によってアスファルトから、ガソリンや灯油・軽油の原料を採取。このような技術のおかげで、当製油所でできる全ガソリンの約15%はアスファルトから。品質はもちろん変わりません。地球の大切な贈り物。限りある貴重な資源だからこそ、あらゆる技術を駆使して、とことん絞り出し、極限まで有効利用する。私たちの技術はそのためにあります。」

もちろん、道路整備とともに発

展してきた石油業界である。道路工事に最小限必要なアスファルトの生産は続けるであろう。しかし、アスファルトの成分上の変化はあくとしても、当然ながら価格は上昇し続けるだろう。

図4に最近のアスファルト価格の上昇状況を他の石油製品およびセメントの状況と比較して示す<sup>5)</sup>。原油価格が高騰しているため、各石油製品の価格が上昇するのは当然だが、ガソリンや軽油に比べて重油やアスファルトの上昇率が高い。なかでも、アスファルトは2000年に比べると現在は3倍近くになっている。一方、セメントの価格は、ほぼ横ばいのままである。

こういう状況でもなお、舗装はすべてアスファルトでということになるのか。考え直す必要がある。それは、石油業界としても望んでいるところでは、と推察する。

### 2-3. 舗装に求められる機能

コンクリート舗装を見直すべきと考えるもう一つの理由に、舗装に対する要求性能の変化がある<sup>6)</sup>。

最近、多くの道路で排水性の舗装が施工されている。排水性舗装とは、図5に示すように表層と呼ばれるアスファルト混合物層の上部をポーラスにし、雨水が浸透できる構造にした舗装である。

従来は、雨水を遮断して下方の路床に浸透させないのが舗装の重要な役割の一つと考え、アスファルト混合物層はすべて、できるだけ不透水性であることが望ましいとされた。雨水は路面に勾配を付けて、その上を流す表面排水としていた。しかし、路面にわだち掘れなどができると水が溜まる。路面が平坦

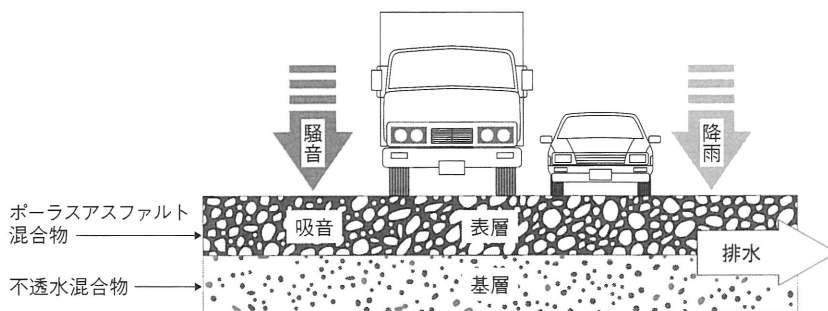


図5 排水性舗装の断面

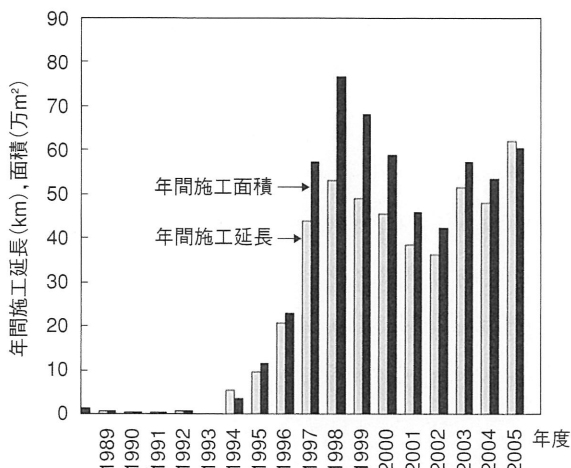


図6 東京都における低騒音舗装の施工実績(車道)

でも水膜はできるので、車が高速で走れば、滑りやすい。表層がポーラスであると、路面に水が溜まらないだけでなく、タイヤと路面の間に挟まれた水は即時に舗装内に排除されるので、高速走行時に起こるハイドロプレーニング現象も生じにくくなる。

このように、排水性舗装は車の走行の安全性を著しく改善するが、さらにタイヤ音の発生を少なくし、また騒音を吸収できることから、低騒音舗装や高機能舗装とも呼ばれ、高速道路だけでなく、都市内の多くの道路で採用されるようになった。特に都市内の高速道路では、排水性舗装が標準となっている。

ポーラスアスファルト混合物を用いた排水性舗装の普及を可能にしたのは、ポリマーを多量に添加して高粘度・高耐久性にした改質アスファルトの開発である。これを用いて混合物中に多くの空隙を作り、舗装体内に水を浸透させるだけでなく、水を貯めることも可能になった。この水が適時蒸発することにより、路面温度が低減する。

アスファルト混合物中に連続した空隙を設け、舗装上に降った雨水を路盤、路床まで透過させる構造にしたものが透水性舗装、空隙中に保水材を充填して舗装内に水分を長時間保持させようとしたものが保水性舗装である。

さらに、路面温度低減を目的として近赤外線を反射する材料を路面に塗布した遮熱性舗装、空気中のNOxの吸収除去を目的とした光触媒舗装など、環境舗装と呼ばれる舗装が次々と開発されている。

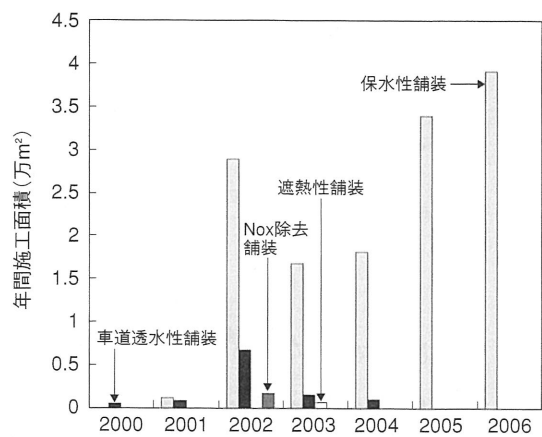


図7 東京都における各種環境舗装の施工実績

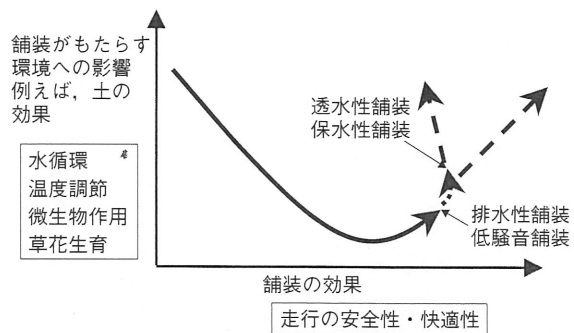


図8 舗装技術の開発の方向

図6、7は、東京都の低騒音舗装とその他の各種環境舗装の施工実績である。環境舗装の施工単価は以前の舗装に比べて高い。にもかかわらず施工されるようになったのは、明らかに舗装に求められる機能が変わったためである。

舗装技術の開発の方向は図8に示すように変化している。従来、舗装の主な効果は車の走行の安全性・快適性の改善であり、それを求めて技術開発を進め、舗装率を高めてきたが、舗装がもたらす環境への影響はプラスに働くとは限らない。たとえば、地表にある土には、水循環、温度調節、微生物作用、草花生育などの効果が期待できるが、そうした土の効果は舗装により低下する。しかし、それはやむを得ぬこととしてきた。ところが、舗装の効果、すなわち走行の安全性・快適性を追い求めた結果、排水性舗装に行き着くとともに、低騒音舗装と呼ばれるように若干ながら環境への影響をプラスに戻すことができた。それに気をよくして、透水性舗装とか保水性舗装といった水循環、温度調節など、土の効果を代替する舗装技術が現れた。舗装技術の開発は今後



写真1 千葉県での排水性ポーラスコンクリート舗装工事

も、そうした方向で進むと考えられる。

ところで、前述したとおり、排水性舗装、その他の環境舗装では、ほとんどの場合、ポーラスアスファルト混合物を使用しているが、実は、この種の混合物はアスファルトにとって不得意なものである。アスファルトはコンクリートにおけるセメントとは異なり、あくまで粘度の高い油であって強い接着材ではない。舗装で一般に用いられてきた密粒度アスファルト混合物では、適正な粒径分布の骨材を高密度に締め固めていて、輪荷重は主に骨材の噛み合わせ効果で支持される。

ポーラスアスファルト混合物では、高空隙率にするため、細骨材を少なくし、粒径のそろった粗骨材を用いるので、骨材の噛み合わせ効果は、ほとんど期待できない。ゆえに、荷重をアスファルトで持たせるしかなく、ポリマーを多量に添加して接着力を高めている。もちろん、この排水性舗装用ポリマー改質アスファルトの価格は高く、ストレートアスファルトに比べ、5割増しになる。

コンクリートもポーラスにすれば強度は低下する。しかし、高価なポリマーに頼らずとも、セメントペーストのみの接着力で輪荷重に耐える舗装版を作ることは可能である。また、アスファルト混合物よりも水に馴染むので、設計空隙率を少し低くしても同様の透水性能が得られるはずである(写真1)。

そして現在、環境舗装として保水性舗装や遮熱性舗装が注目されているように、路面温度低減が求められるが、考えてみればもともと、コンクリート舗

表1 環境舗装の性能基準値の例

性能指標	東京都 (車道保水性舗装)	兵庫県(車道)	
		保水性舗装	遮熱性舗装
路面温度 低減量	9, 12℃以上	4℃以上 (明度50以下)	9℃以上 (明度50以下)
保水量	6.5, 5.0kg/m <sup>2</sup> 以上	3.0kg/m <sup>2</sup> 以上	-
浸透水量	500ml/15s以上	300ml/15s以上	1000ml/15s以上

装はアスファルト舗装に比べて路面温度が低い。表1は環境舗装で要求されている性能基準値の例であるが、路面温度低減量としては、4～12℃である。コンクリート舗装にするだけで、夏場、路面温度は5℃以上低下するだろうから、ずいぶんと有利になる。保水性能もコンクリートはアスファルト混合物に比べて保持している。

コンクリート舗装には、それら以外にも利点がある。明色で着色可能なことである。昔から、「色の白いは七難かくす」という。白い人が美しいということではなく得だ、ということである。アスファルト舗装ばかりになって、すっかり黒い(暗い)路面になれてしまっているが、コンクリート舗装にして街路を明るくし、また色を使った路面メイクアップを考えてみるのも楽しい<sup>7)</sup>。

### 3. コンクリート舗装の普及に いかに取り組むか

#### 3-1. 転圧コンクリート舗装(RCCP)とその特徴、 技術的課題

ここまで、コンクリート舗装の長所を中心に述べてきた。しかし、前述したとおり、いくつかの短所があり、それを解決しなければ採用されないだろう。コンクリートの養生、目地、補修方法、施工機械などの問題である。特に、わが国の道路事情からして、新しく道路を設ける場合を除き、コンクリートを養生するために何日も交通を遮断することは難しい。そこで、既設道路で施工するとなれば、転圧コンクリート舗装ということになる。

転圧コンクリート舗装 [Roller Compacted Concrete Pavement(RCCP)] は、スランプのない硬練りコンクリートを用い、アスファルト混合物の場合

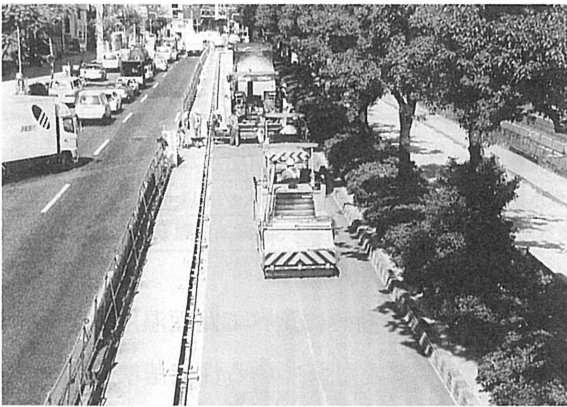


写真2 名古屋市国道19号でのRCC版コンポジット舗装工事

と同様、ダンプトラックで施工現場に運び、アスファルトフィニッシャーで敷き均し、ローラで転圧して成形することにより施工される<sup>8)</sup>。ゆえに、施工機械はアスファルト舗装の場合と同じで、従来のコンクリート舗装のように特別の機械は不要である。アスファルト舗装と同様の平坦性の確保も可能であり、小型自動車のみであれば、アスファルト舗装と同様に早期供用が可能である(写真2)。

ただし、施工直後でもある程度の支持力があるといってもセメントは十分には硬化していないので、重量車両が通ったり、高速であったり、ねじり作用を与えるような走行があると、コンクリートに欠陥が生じる。そこで、施工後数日間、表面を保護する板あるいは膜の設置などを検討すべきである。

目地は、車の走行性を悪くする点で、コンクリート舗装の欠点の一つだが、転圧コンクリートでもやはり省くことはできない。しかし、目地による害は、段差と開きを小さくすることで低減する。したがって路盤の支持力を高くし、また目地間隔は、できるだけ短くするのがベターである。

次に補修方法だが、まずコンクリート版の撤去方法を検討しておく必要がある。舗装の表層材として必要な範囲で、かつショベルなどで掘削可能なまで、コンクリートの強度を下げるができるかどうか検討することが必要である。

目地間隔を短くし、コンクリート強度を低くすることは、コンクリート版による荷重支持能力を小さくすることになる。従来のコンクリート舗装のよう

に、コンクリート版の曲げ剛性で輪荷重を支えるというのではなく、アスファルト舗装の場合のように路盤で支えるという舗装設計の考えが必要となってくる。車道にもブロック舗装が適用されていることを考えれば、可能であろう。さしずめ、たわみ性コンクリート舗装ということになるだろうか。

なお、転圧コンクリート舗装は、1980年代後半にセメント協会が中心になって開発が進められたが、時期尚早であったのか、広く普及するに至らなかった。しかし、当時の経験を生かし、細々ながら技術的課題の検討は進められてきた<sup>9)</sup>。

まず、締め固め不十分による強度不足、材料分離による表面剥離、平坦性が劣る、といった問題が指摘されたが、これらについては、ワーカビリティの適正化と管理を可能にする試験方法の確立、締め固めやすく、材料分離が生じにくいコンクリートにする配合設計方法の改善、さらにフィニッシャー、振動ローラなど舗設機械の改良、選択で解決できるメドが立っている。

施工可能版厚に限界があり、施工目地が弱点になることから、期待された重交通道路やヤード舗装への適用が困難とされたが、二層施工で、凝結遅延剤を使用して層間の接着を強化し、厚いコンクリート版を施工したり、凝結遅延剤を活用して縦施工目地をフレッシュジョイント化したりすることで可能になることが分かっている。

当面の技術的検討課題は、道路はすでにそのほとんどがアスファルト舗装であり、表層のみを切削して打ち換える補修工事が大半を占めるため、これらの工事で転圧コンクリートの使用が可能かどうかである。転圧コンクリートによるオーバーレイの必要最小厚さ、それを支えるアスファルト混合物層以下の必要支持力などが検討されねばならない。

### 3-2. コンクリート舗装の普及への取り組みと可能性

なにしろ、トンネル内など特殊なところを除いて一般の道路では、コンクリート舗装がほとんど施工

されない時代である。舗装工事の発注者も施工業者も、コンクリート舗装の設計や施工を経験したことがないという状況になりつつある。そのような中で、コンクリート舗装の普及を促すのは容易なことではない。以上の議論に加え、コンクリート舗装を施工してみようとするきっかけが必要であろう。

まず、骨材資源の有効利用の観点から言えば、現在、地域によって状況は異なるが、骨材資源の不足が問題となっている。種々の未利用骨材資源の有効活用が望まれる。そのため、それらの骨材としての適性や使用方法が検討されねばならない。ただし、どのような品質の骨材が適しているかは、用途によって異なる。未利用骨材資源の有効利用を目的にコンクリート舗装を、ということも考えられる。

たとえば、コンクリート塊から回収した再生骨材をもう一度、コンクリートに使用するコンクリートリサイクルが進められつつあるが、再生骨材、特に再生細骨材の吸水率が高く、一般の構造用コンクリートには使用しづらい。アスファルト混合物用骨材としてはさらに不適であろう。しかし、転圧コンクリート舗装用としては使いやすいかもしれない<sup>10)</sup>。吸水率が高いことで、強度は多少低くなるが、打設後の急速な乾燥が防がれ、供用後も保水性性能を持たせるのに役立つと予想される。

ダムに堆積した土砂も貴重な骨材資源である。しかし、下流の街まで運ぶには費用がかかりすぎる。できるだけダムの近くで使うのがよい。\*おそらく、アスファルトプラントを近くに設けるのは難しいが、生コンプラントはすでに存在するだろう。ダムの近くの山中の道路はすべてダム堆砂を使ったコンクリート舗装とすることも一考である。

道路工事量は減少し、アスファルトプラントは統合され減少している。山地部だけでなく、地方に行けば、アスファルトプラントがなく、アスファルト混合物の供給が難しい地域が生じてくる。生コンプラントも同じことになるが、生コンは建築・土木の多種の用途に使われるので、生コンプラントは数が多く、全国くまなく存在して舗装用コンクリートを

供給することが可能であろう。生コン業者と地方の建設業者が協力してコンクリート舗装の施工能力を持つことができないだろうか。

アスファルト混合物の製造と施工の両方を担当している現状の舗装会社にコンクリート舗装の普及推進は期待しにくいかもしれない。コンクリート舗装が専門の施工会社を育成する必要がある。

## 4. むすび

以上、現状のアスファルト舗装の性能に不満があるわけでないが、近い将来の舗装を取り巻く状況を筆者なりに予想し、コンクリート舗装への期待と課題を述べた。そう早まりなさるな、と言われるかもしれないが、土木技術の成熟には長年月を要する。たゆまぬ道路整備の継続と同時に、将来を見すえた技術の継承と改革を怠るべきでない。大方のご批判をいただければ幸いである。

### [参考文献]

- 1) 多田宏行編著/語り継ぐ舗装技術, 鹿島出版社, 2000
- 2) Highway Research Board/The AASHTO Road Test, 5, HRB, SR-61E, 1962
- 3) セメント協会/AASHTO道路試験, 1966, 1973
- 4) 新日鉄ホールディングスホームページ, 2007
- 5) 経済調査会/月刊積算資料, 2008.1
- 6) 土木学会/環境負荷軽減舗装の評価技術, 舗装工学ライブラリー4, 2007
- 7) 山田 優/舗装とお化粧, 舗装, Vol.41, No.6, pp.1~2, 2006
- 8) 日本道路協会/転圧コンクリート舗装技術指針(案), 1990
- 9) 例えば, 加形 護他4名/転圧コンクリート舗装用コンクリートの配合設計方法に関する研究, 土木学会舗装工学論文集, Vol.10, pp.183~189, 2005
- 10) 吉兼 亨他2名/コンクリート副産物の破砕材を用いた転圧コンクリート, 建設用原材料, Vol.3, No.2, pp.21~26, 1993

\*

\*

\*