

わが国のアスコン舗装・製造の歴史を振り返って（50年の歩み）

「わだち掘れ舗装」に苦しんできたわが国舗装の過去

⇒⇒⇒ 関係者の努力により、安全配合にたどり着いたようだが

⇒⇒⇒ ここに来て再度見直しの時期が来ているように思います

⇒⇒⇒ 現在は製造原価の低減が課題であるように思えるのです

1. はじめに

アスコン製造工場で毎日製造しているアスコン品質について工場の役目としては、まず、「流動現象」の起きない安全配合の製造が最も重要なことでした。これで工場としては問題無いと思いついていたのであります。ここで、今まで工場の在り方についてあまり気にしてこなかったように思うので、それらの近況と今後の方策などについて話してみたいと思います。

それは、出荷されたアスコンが安全でさえあれば良い訳だが、ここで、ちょっと立ち止まってこれで良いのだろうかを考えてみたいのであります。結論から先に述べれば、アスコンの材料費製造原価はどうなっているのだろうかを全く無視して安全第一で走ってきたように思うからであります。そこで、アスコン製造に関する50年近くの歴史についても復習してみたいので少々のお時間を頂きたいと思っております。

2. アスコン工場のシステム化の進展

現在のようにシステム化されたアスコン製造工場ですが、その経過を振り返ってみるとそんなに古い話でもなく、50年程度のことであり、つい最近のことなのです。

わが国の本格的な舗装工事の始まりは「アスファルト舗装要綱」(昭和 35 年:1960 年)初版発行の時期と考えてよく、「マーシャル安定度試験法」が導入されたことで、これが舗装歴史の始まりと位置付けても良いと考えています。(この時期は筆者が社会人となり旧:日本舗道(株)(現、(株)NIPPO)に入社した時期と重なっています。)

1960 年以前のアスファルトプラントは自動制御装置などほとんどなく、総て手動操作で現在と比較すればお粗末なものでした。1960 年代から国内でも製作を始めたプラントもあり、工事規模によりプラントを仮設し製造して舗装工事を施工していました。その後、1960 年代(昭和 40 年代)末頃から各舗装会社が全国的にアスコン工場化を進め整備が進んだのであります。わが国のアスコン工場の歴史はこのように進められたが、それらはつい最近のことなのです。それにしても、その後アスファルトプラントの技術革新は素晴らしいものがありました。

3. 「わだち掘れ」対策の具体的方法

初期のアスコン工場から出荷されたアスコンは流動現象(以下、わだち掘れ)が発生し全国的にその影響は広がり大きな問題となったのです。

「マーシャル安定度試験法」発祥の米国でもモータリゼーションの進展と共に流動現象が極限に達し、その原因が「マーシャル安定度」の高いことに原因があると判断され「安定度試験(Stability test)」は姿を消すことになりましたが、マーシャルランマは残りました。そのため、安定度なしの「マーシャル試験」となったのです。

わが国では「アスファルト舗装要綱」を中心に舗装施工システムを組み立ててきました。それらの中でも、「マーシャル安定度試験法」がアスファルト舗装システムの柱だったので、「わだち掘れ」舗装が発生しても、それに代わるべき舗装理論も試験法もなく、舗装関係技術者達は皆苦しんでいました。

筆者達も現場を実際に施工しながら、この困った状態を永い間経験してきたのであります。この永い間の経験の中にはいろいろな対策が発表されてきていました。そして、それらを現場で実際に経験してきたのであります。それらの対策の主なものとは次のようなものでした。

- 1) マーシャル安定度は低く抑えた方が「わだち掘れ」は起きないようだ。
- 2) スクリングス(以下,Scr.)は使わない方が良く、使いたくない材料に区分されてしまった。
- 3) 砂は「水洗い砂」が良い。また、細砂より粗砂の方が良いようだ。
- 4) 6号碎石のオーバーサイズ(粒径 19.0~13.2mm 間の割合)が少ない方が良いようだ。
- 5) 配合割合は粗目配合(細粒材の少ない配合)が良いようだ。(粗粒度アスコン(20)の例)

これら対策の主なものを列挙しましたが、この対策には40数年の永い期間を要しているが、これらの方策が理論的に正しいと証明できる根拠がある訳でもなかったものであります。しかし、確かに「わだち掘れ」舗装は少なくなったのは事実であります。繰り返しになりますが、これら述べた事項は、非常に永い年月の間努力し続けた結果であったのであります。

4. アスコン製造では製造原価に関係なく進めた50年間であった

永い間苦悩し続けてきたアスコン舗装流動対策(わだち掘れ対策)だが、今ここで考えてみると、確かに「わだち掘れ」舗装は少なくなっているのも事実であり、確かなことではあるのだが、ここで、一度立ち止まって考えてみる必要があるように思うのです。それは、アスコンの製造原価(特に材料費)についての考察は何もなされなかったものであります。

「砂」の問題だが一例を挙げると、生コンで使用する高価な砂を使用しているアスコン工場もあるようです。砂は採掘規制などもあり良質の砂は高価で品薄となっています。生コン用に中国から輸入した砂もあるようですが、それを安全だからという単なる理由でアスコン工場において使用するのは高価過ぎると思います。

アスコン配合の製造原価を安くする方法を一言で言えば、安い材料を多く使用して安全配合のアスコンを製造することです。それ以外のなにものでもありません。尚、骨材単価については、骨材粒度などのデータを入力する **骨材選択** がありそこで入力できます。

5. 中央道府中舗装工事に道路公団総裁感謝状が贈られる

1960年「アスファルト舗装要綱」初版発行がわが国舗装工事の歴史の始まりであることははじめに述べました。わが国の高速道路舗装工事で名神高速道路山科試験工区の舗装施工は同時期でした(旧日本舗道株式会社施工)。高速道路工事も名神に続けて、東名、中央道と進められ、1967年(昭和42年)に施工した「中央高速道路府中舗装工事(筆者:主任技術者として従事)」は、施工後25年経過した1992年(平成4年)「長期供用性良好な舗装」として日本道路公団総裁から感謝状が贈られたのです。この経過の詳細については本文末尾に参考資料を添付しましたのでご覧下さい。「わだち掘れ」を起こさないアスコンは「空隙率」の大きさの問題なのであります。

アスコンの流動現象に対する対策は古くからの課題でありました。「わだち掘れ」を起こさないためには、アスコンの骨材が「マカダム工法」のような骨材の噛み合わせによる骨格構造を形成していることが不可欠であり、このことはすでに解っていたのであります。また、アスコンの合成骨材のすき間である「骨材間隙率(以下、VMA: Voids in mineral aggregates)」より「As量(容積)」が大きいと、骨格構造が形成できないこともすでに解っていたのです。そこで、骨材間隙率(VMA)にAs量を満たしてさらに残

留空隙を残せば、骨格構造が形成できることになるのです。このようなこともすでに解っていたのです。

この「VMA」が「VMA 計算方程式」で求められることから、最良アスコンの骨材配合比率を計算で（パソコンで）求めることができるようになりました。簡単に述べましたが、繰り返しになりますが、「わだち掘れ」の起きないアスコン骨材の配合比率は計算で（パソコンで）求めることが出来るのであります。（詳細を添付資料として末尾に示してあります。）

6. 骨材空隙率計算方程式（VMA 計算方程式）

前段で「わだち掘れ」の起きないアスコンの配合とそれらの使用骨材について述べてきましたが、「中央道工事」が感謝状を頂いてから開発を進めてきた「VMA 計算方程式」で計算してみると、上記3項で述べたそれらの対策は正しかったことが計算の結果解ったのであります。即ち、これらの方法は安全配合への対策であったのです。「わだち掘れ」配合で苦しみながらの経験から、それら経験の反動として安全側にさらに安全側にと対処し、空隙率が大きくなるよう必要以上に安全側に安全側にと配合されるようになっていったのであります。

その一例を挙げると、排水性舗装の基層アスコンでは空隙率が大きくなり過ぎて防水層の役目を果たさず、逆に透水層となってしまう問題となっているのであります。

7. アスコン製造原価の安い配合と細粒材の使い方

「わだち掘れ」配合と「計算空隙率」の関係を述べてきました。それらの中で、アスコン配合で空隙率の大小に影響を与える骨材配合は、細粒材の多い配合が「空隙率」を小さくするので「わだち掘れ」が起きやすいことであります。

このようなことから、粗粒度アスコン(20)は細粒材が少ないので「わだち掘れ」は起きにくい訳です。それに反し、密粒度アスコンは細粒材が多いので問題がある訳です。しかし、量的には決められているので、「細粒材」の材質の問題が関係してくることになります。ここで改めて「細粒材」について述べておきます。

前項で述べた「VMA 計算方程式」を組み込んだパソコンで計算してみると、粗骨材(5号、6号、7号碎石)について、その量的には特に空隙率に大きな差は生じませんが、細粒材(粗砂、細砂、Scr.)についてはその使い方によって大きな差が生じています。ここで、「砂」と「Scr.」について改めて追記しておきます。

細粒材の中でも特に「砂」の問題があります。「砂」には「粗砂」と「細砂」があり、アスコン配合では「粗砂」が「空隙率」を大きくし良い結果が得られるのです。但し、これらの砂は当然総て水洗い砂であり、高価な砂となっています。

現在、混合物に使用する「砂」は「水洗い砂」なのでアスコン工場では使えます。使えない「砂」はありません。「粗砂」と「細砂」がありますが「粗砂」は生コンでも使用され品薄となっており価格も高価となっています。アスコン工場では「粗砂」と「細砂」の2種類を使えるように設備すべきであり、ストックヤードの関係も考慮する必要があるでしょう。

「Scr.」については、「わだち掘れ」対策で永い間検討されてきた間に、アスコンでは使いたくない材料に区分されてしまいました。その結果、ほとんどの工場では使われていないようです。ところが、「Scr.」は粒度も良くアスコンには適した材料なのです。碎石工場では碎石を生産し、最後に残った石屑であり、運搬費程度で処分できれば良い訳で、価格も安くアスコン工場では大いに使うべき材料だと思えます。当然、安全確認しての話であります。

8. おわりに

アスコン舗装の「わだち掘れ」対策の歴史についてプラント製造の歴史と共に述べてきました。この歴史はアスファルト舗装が経験工学の代表格の如く扱われ、経験が優先され、学問としての魅力もなく、学生たちにとっては興味もなく、学校で一つの教科として教える学問ではなかったようであります。

ここで、6項で述べた「VMA 計算方程式」を組み込んだ「AD can-System」と称するプログラムの開発を進めてきました。非常に難解なシステムであり、「計算方程式」は早期にできていましたが、システム開発とその検証に10年以上が必要でした。やっとここに来て検証も進み使えるようになったと思うのでお伝え頂きたいと思っている次第であります。

「わだち掘れ」がアスコン合成骨材の「骨材間隙率(VMA)」に関係し「計算空隙率」が計算で(パソコンで)求められるようになると、経験工学から脱却し理論工学に仲間入りし、理解し易い学問に変身するものと思います。

さらに、「わだち掘れ」対策を進めている間に、プラント製造と共に、本来企業活動として最も大切な材料費製造原価という観点を無視して進んできた考え方に対し、ここにきてやっと気がついたのだと思います。これもアスコンの安全配合設計がパソコンでできるようになったことがそれらを可能にしたものと思っています。

さらに付け加えると、最近、排水性アスコンの基層アスコンが透水して路盤破壊が発生しているようなのです。ここでは表層アスコンの流動現象を述べてきたが、その解決策はアスコン合成骨材の空隙率を大きくする方法でした。同一工場で同一骨材を使用して基層アスコンを製造しているので、空隙率の大きな基層アスコンが自然にできてしまう、当然のことです。

「AD can-System」は安全な「配合設計」のためのソフトであり、アスコン試験法ではありませんが、アスコン工場で常に安全配合を目指すために試してみてもどうかを提案しているのです。また、アスコン工場では、将来に備えてアスコン経験者を育てる必要もあります。試験技能員を育てることです。その育成道具として利用してはどうかを提案しているのです。

これからのアスファルト舗装工事は、アスコン製造を含めて、パソコンによる安全確認と製造原価の安いアスコンを使用する新しい考え方で進められるべき方向になるものと思います。また、プラント製造と共に新しい時代の方向に発展して行くことを願うものであります。

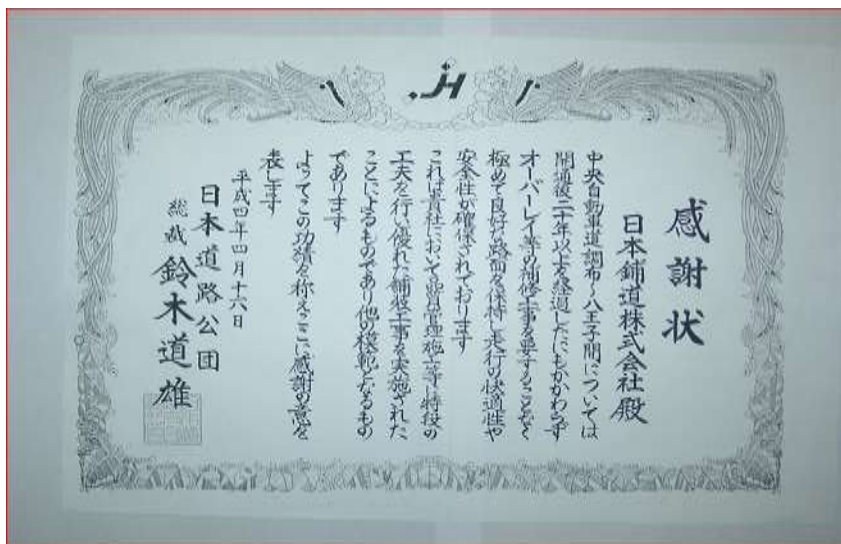
最後になりましたが、それらの実現のためには「AD can-System」が必要であることは当然でありますので、申し添えておきます。(以上)

ハナコプラス株式会社
技術顧問 郡司保雄 記
工学博士 早稲田大学
理工学研究所客員研究員
(元 ㈱NIPPO)

(参考文献)

- 荒井孝雄, 井上武美: 砕石マスチックへのジャイレトリコンパクタの適用検討, 舗装, 1998.9.
郡司保雄, 井上武美, 赤木寛一: 骨材粒度に基づく加熱アスファルト混合物の骨材間隙率推定法に関する研究, 土木学会論文集, No.648/V-47, pp.191-202, 2000.5.
郡司保雄, 井上武美, 赤木寛一: 骨材間隙率に基づく加熱アスファルト混合物の容積配合設計法の提案, 土木学会舗装工学論文集, 第5巻, 2000.12.
郡司保雄, 赤木寛一: アスコン締固め空隙率と計算空隙率の相関関係, 舗装, 2018.7.

参考資料 1 : 日本道路公団総裁感謝状



参考資料 2 : VMA 計算方程式

$$e = m \cdot e_r + n \cdot e_0 - \frac{1}{4 \cdot k} \cdot m \cdot \log r - \frac{2}{4 \cdot k} \cdot n \cdot \log r - \frac{2}{4 \cdot k} \cdot n \cdot \log n \cdot \log r \cdot \frac{n}{m} - \frac{4}{4 \cdot k} \cdot n \cdot \log n \cdot \log s$$

- e : 計算間隙比
- e_r : 粗粒側間隙比
- e₀ : 細粒側間隙比
- m : 粗粒率
- n : 細粒率
- r : 粒径比 (粗細粒径比)
- s : 代表粒径比
- k : 材質係数

参考資料 3 : VMA 計算方程式の実験検証

本文(参考文献)に示した、(荒井孝雄, 井上武美: 碎石マスチックへのジャイレトリコンパクタの適用検討, 舗装, 1998.9.) の実験データの空隙率と「VMA 計算方程式」から算出した空隙率の関係をグラフにしたものです。

このグラフの実験値と計算式からの計算値との相関係数は 0.980 であり、この相関関係は実験も正しく正確に行われ、VMA 計算式も正しく計算していることを示しています。

実験値と計算値の相関性がこのように正しく正確に示している実験例は珍しいことです。このことは「VMA 計算方程式」が正しく計算していることを示しています。また、独立空隙率の存在も正しく示していることも興味深いものです。

