

セメントを混入した乳剤モルタルの性質について

(第1報)

樋 渡 正 美, 三 島 義 正 *

1. 緒 言

瀝青乳剤とはアスファルトやタールのような瀝青材に、乳化剤を加えて乳化機にかけ、直径3～5 μ 程度の粒子に分散させて、水中に浮遊せしめたものである。乳剤がはじめて道路舗装に使われたのは1925年頃であったと云われ、現場施工の簡便さは当時の舗装工法に一大革命を惹起して今日に及んでいる。殊に我が国のような石油産出量の少ない所では、多量の油を必要とするカットバック製品をふんだんに使うわけにはゆかず、簡易舗装と云えば殆んど瀝青乳剤に限られていると云っても過言ではない。従って乳剤舗装の改良に関する研究は、我が国では特に重要な意義をもっているものと思われる。

一般に舗装を改良せんと試みる際、先ず知っておかねばならないことは、その長所と短所である。乳剤舗装の長所としては次のような事項が挙げられている。

- (1) 加熱する必要がないので施工が簡単かつ容易である。
- (2) 舗装の築造費が比較的安価である。
- (3) 流動性が大きいので、骨材の表面を完全に被覆することができる。
- (4) 湿潤な路面にも、また寒冷な気候でも施工することができる。

一方この舗装の短所として次のようなことが指摘されている。

- (1) 瀝青を微粒に打ち砕いて乳剤を作ると云う過程でその品質が低下する。
- (2) 乳化を容易にするためと骨材への付着を良くするために、軟い瀝青を使用するから舗装の強度が弱く、特に夏はその傾向が著しい。
- (3) 分解した水分が舗装中に閉じ込められ、骨材とアスファルトの付着を妨げるから、温度が高くなると皮膜の剥離を生ずることがある。
- (4) 舗装中に乳化剤が残るため、降雨等に際し瀝青が再乳化して流亡する。その結果商店街等打ち水する所では舗装の破壊が早く、また付近の井戸水が褐色に濁ることもある。

さて、旧来の舗装を改善する場合にとるべき一般的な原則は、その長所を伸ばし短所を消すような方策を発見することである。ところで上述の短所は、乳剤の品質を向上させることによって、ある程度除去することができるものと考えられる。乳剤の製造会社はこの観点から日夜研究を重ね、最近非常に優れた製品が売り出されたと聞いている。筆者等は別の観点から、少量の添加物で乳剤舗装の性質を改良できないかと考え、セメントの混入を思いついた。乳剤舗装にセメントを加えると、その水和作用で少なくとも(2)、(3)、(4)の短所は除去できるものと思われ、この実験を行なった狙いも実はそこにある。

なお乳剤舗装の原理は、乳剤に含有される水分が空中に蒸散するか、または地中に浸透してなくなるため、残った瀝青材が骨材に付着する現象を利用している。従って湿潤な場所寒冷な季節では、乳剤の分解がうまくゆかず失敗した実例が非常に多い。ところで、セメントは乳剤に対し一種の分解促進剤として働くから、舗装へのセメントの添加がこのような場合の解決策になるの

* 大豊建設KK勤務

ではないかと思ったのも、この実験を始めた一つの理由である。

2. 使用材料の性質

a 瀝青乳剤

実験に使用した瀝青乳剤は、東亜道路工業株式会社で製造された混合用乳剤であって、その性質に関し試験した結果を第1表および第2表に示す。これ等の値は何れも3回試験を行なって、その平均値を求めたものである。

第1表 瀝青乳剤の試験成績

比重 (25°C)	エングレー比粘度(25°C/25°C)	瀝青残留物 (乳化剤を含む)
1.014	4.0	54.7%

第2表 瀝青残留物の試験成績

針入度			伸度		
(0°C, 200gr, 60s)	(25°C, 100gr, 5s)	(46°C, 50gr, 5s)	(5°C, 5cm/min)	(15°C, 5cm/min)	(25°C, 5cm/min)
13.2	108	350以上	149cm	180cm	200cm以上
比重 (25°C/25°C)	軟化点 (環球式)	引火点 (開放式)	燃焼点 (開放式)	瀝青全量 (CS ₂ 可溶分)	
1.022	41°C	230°C	265°C	99.5%	

b セメント

実験には小野田セメントを使用した。これを試験した結果は第3表に示される。

第3表 セメントの試験成績

比重	粉末度	安定度	凝結 (水量28%, 気温20~21°C)		
3.16	2.6%	完全	始発 1h48m, 終結 3h28m		
曲げ強度 (kg/cm ²)			圧縮強度 (kg/cm ²)		
3日	7日	28日	3日	7日	28日
31.8	41.5	46.0	120	210	350

c 石粉

実験に使用した石粉は、愛媛県越智郡弓削港産の石灰岩粉末であって、神戸市内のアスファルト舗装に使われているものである。これを試験した結果、真比重 (25°C) は2.714となり、粒度分布は第4表に示す通りであった。

b 混合方法

乳剤、セメント、石粉および砂の重量配合が決まったら、次に問題となるのはこれ等の材料をどんな順序で混合したらよいかということである。一般に乳剤モルタルの場合、砂は骨材、石粉は填充材、乳剤は結合材として働くものと考えられている。一方セメントの役割は結合材としても働くであろうが、その粒度から石粉と同じく填充材と考えることもできる。ここでは配合決定の際に填充材とみなして取扱っているから、混合の種類は第7表に示す3種となる。

第7表 混合の種類

記号	A		C
順序	骨材+填充材+乳剤	骨材+乳剤+填充材	填充材+乳材+骨材

次に第6表に示される配合のものを、第7表に示す順序で試験的に製作したが、その際混合の難易や合材の均質性について観察した結果を第8表に掲げる。これによると、Aはアスファルト量が少なくセメント量が大となる程混合に困難を感じ、Bはすべての場合に容易であるが、アス

第8表 混合の難易と均質性

種別	記号	8-0	8-4	8-8	8-12	10-0	10-5	10-10	10-15	12-0	12-6	12-12	12-18
混合の難易	A	容易	稍困難	稍困難	稍困難	容易	稍困難	困難	困難	容易	稍容易	稍容易	稍容易
	B	容易	容易	容易	容易	容易	容易	容易	容易	容易	容易	容易	容易
	C	容易	困難	困難	困難	容易	困難	困難	困難	容易	困難	困難	困難
合材の均質性	A	良	稍良	稍不良	不良	良	不良	不良	不良	良	稍良	稍良	稍良
	B	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良
	C	良	不良	不良	不良	良	不良	不良	不良	良	不良	不良	不良

ファルト量が少ない場合特に容易であり、Cは豆粒大の塊を生じて實際上混合することが不可能に近い。従って混合の方法としてはBが最も優れているように思われ、Aがこれに次ぎCは全く実用に適しない。ここでは普通の乳剤舗装と同じ程度に混合の容易なB法を採用して、第6表に示した配合の供試体を作り、諸種の実験を行なってセメント混入の効果を明らかにしたいと思う。

4. 実験の結果

a 貫入試験

セメントを混入した乳剤モルタルの凝結速度を調べるために、次のような実験を行なった。すなわち、アスファルトの針入度を測定する内径5cm深さ3.5cmのブリキ製容器に、B法で混合した合材を5層に分けて詰め、その見掛比重が2.0になるよう突き固めて供試体を作った。この際貫入針の寸法を考えて、砂は0.4mm篩を通過するもののみを使用した。この供試体にアスファルトの針入度計を応用して、荷重100gr、時間5s、温度10°Cで貫入量を測定した。その結果を第9表に掲げる。

第 9 表 放置時間と貫入量(mm)の関係

記号 時間	8-0	8-4	8-8	8-12	10-0	10-5	10-10	10-15	12-0	12-6	12-12	12-18
0	22.4	16.7	14.3	20.2	12.0	12.4	17.6	13.7	20.0	29.5	30.0	21.7
2	19.4	6.3	4.8	7.4	8.0	6.3	7.5	4.6	10.9	9.0	14.8	7.8
4	18.1	3.0	1.3	3.6	6.9	4.0	3.5	1.5	8.4	4.3	4.7	2.8
6	17.2	1.4	0.5	1.8	5.2	2.9	2.4	0.7	8.0	3.3	2.8	2.0
8	16.4	1.0	0.4	0.9	4.3	2.3	2.0	0.4	7.7	2.9	1.9	1.5
18	13.9	0.9	0.4	0.1	3.5	1.3	1.1	0.4	7.0	2.0	1.1	0.7

この表から次のようなことが云えると思う。

- (1) セメントを混入しない場合は貫入量の減少が割合緩慢で、これは乳剤の分解速度が遅いことを示している。
- (2) セメントを添加すると、その凝結が始まる2時間目から終了する4時間目にかけて、貫入量の著しい減少が見られ、それ以後は余り変化がない。
- (3) 供試体製作直後の貫入量に相当な差異を生じているが、これは配合の良否や混合の難易に起因しているものと思われ、この意味ではアスファルト量10%のものが最も優秀である。
- (4) セメントの添加は例外なく貫入量を著しく減少せしめて、乳剤の分解と強度の増進に寄与していることを示しているが、結合材であるアスファルトの量が少ない時、その効果は特に顕著である。

b 物理試験

供試体は内径5cm高さ10cmの鑄鉄製型枠に、B法で混合した合材を3層に詰め、3個を1バッチとして製作した。而して各層は土質締め固め試験用の重さ2.5kgのランマーを、30cmの高さから25回落して突き固めた。この供試体を13~17°Cの室内に14日間放置してから見掛比重を測定した後、25°Cの水中に24時間浸漬して容積変化や吸水率を調査した。その結果は第10表に示されるが、これ等の値は3個の供試体に対する平均値である。

第 10 表 物理試験の成績

記号 種別	8-0	8-4	8-8	8-12	10-0	10-5	10-10	10-15	12-0	12-6	12-12	12-18
見掛比重	1.80	2.08	2.05	2.06	1.75	2.00	1.98	1.95	1.79	1.90	1.88	1.88
容積変化 (%)	+9	+17	+10	+10	+7	+16	+11	+10	+12	+10	+8	+5
吸水率 (%)	15.5	9.8	8.9	9.5	14.5	9.8	7.1	6.5	15.1	7.7	6.4	5.4

この表から次のようなことが分る。

- (1) 見掛比重はセメントの混入により著しく増大するが、その最大値はセメント量4~6%位の時に起る。
- (2) アスファルトの使用量が比較的少ない時に、セメント添加による密度の増大が顕著である。
- (3) 吸水膨脹はセメントの添加によって助長される傾向があり、セメント量4および5%で特に甚だしい。
- (4) アスファルトの使用量が多い時には、セメント量の増大に従って容積変化が減少する。

(5) 吸水率はセメントの少量の添加によって著るしく減少する。この事は乳剤舗装が水に弱いと云う欠点を大いに改善できるものと期待される。

(6) アスファルトの使用量が多いもの程、セメント添加量の増大による吸水率の減少が著るしい。

c 強度試験

物理試験の場合と同じ方法で供試体を作り、これを室内に14日間放置した後 15°C 又は 25°C の水中に3時間浸漬して、単純圧縮の試験を行ない破壊強度を求めた。その結果を第11表に掲げるが、これは載荷速度を毎秒1kgとした場合の3個の供試体に対する平均値である。

第11表 強度試験の成績

温度	記号 種別	8-0	8-4	8-8	8-12	10-0	10-5	10-10	10-15	12-0	12-6	12-12	12-18
		15°C	見掛比重	1.93	2.12	2.13	2.02	1.86	2.01	1.96	1.96	1.84	1.89
	圧縮強度 (kg/cm ²)	6.0	8.02	12.0	22.1	2.6	10.5	15.8	20.0	7.4	12.1	19.1	23.8
25°C	見掛比重	1.90	2.13	2.10	2.03	1.87	1.98	1.98	1.96	1.86	1.88	1.89	1.91
	圧縮強度 (kg/cm ²)	1.3	3.8	8.3	17.2	0.6	6.1	12.5	15.7	0.9	7.6	12.1	16.7

この表から次のような事が云えると思う。

- (1) セメントを混入しない場合には、アスファルト量10%の時強度が最低となる。これは石粉の分量に問題があるのかも知れない。
- (2) セメントの添加量が多くなる程圧縮強度は増大するが、アスファルトの使用量が多い場合には、強度の増加率が次第に鈍ってくるようである。この事はアスファルト量に応じて、セメントの混入量を決めねばならないことを示唆している。
- (3) 25°Cにおいても、セメントの添加は合材の強度を相当増大せしめているが、これはすなわち、暖い季節における乳剤舗装の軟化防止に役立つことを意味している。

d 抽出試験

合材の均質性および乳剤の分解過程における一様性を調査するため、次のような試験を行なった。すなわち先ず、物理試験の場合と同じ方法で供試体を製作し、脱型後これを直立させて室内に放置する。48時間経過したら、供試体の上部と下部から試料を切り取って含水量を測定する。次にこの乾燥試料を二硫化炭素に溶解させてアスファルト分を取り除き、残留物を秤量することによって、試料中に含有されるアスファルト量を求めるのであるが、その結果を第12表に示す。

第12表 抽出試験の成績

種別	記号	8-0	8-4	8-8	8-12	10-0	10-5	10-10	10-15	12-0	12-6	12-12	12-18
		含水量 (%)	上部	0.59	1.51	1.00	1.09	1.92	4.31	4.12	3.01	1.56	2.56
	下部	1.67	5.04	2.53	2.23	5.52	4.20	4.16	5.99	2.52	2.77	3.26	3.26
瀝青量 (%)	上部	9.75	8.24	5.10	7.87	11.02	9.23	8.44	9.96	13.98	12.77	10.40	6.31
	下部	7.08	9.20	6.27	8.39	10.01	9.54	9.32	8.39	16.27	11.51	10.92	11.30

この表から次のような事が云えるであろう。

- (1) 含水量は下部の方が多くなっており、この傾向はセメントを混入しない場合に著るしい。これは供試体を直立して置いている間に、水分が重力の作用で下部へ流動するため起る現象と思われるが、乳剤は水分が無くなってから始めて結合力を発揮するので、このような状態では上部と下部との間に大きな強度の差ができる。セメントの添加はこの意味において、合材の均質性を高めていると云える。
- (2) 瀝青量に関しては上部下部に関係なく、相当なばらつきが認められる。この原因は混合方法そのものが悪いのか、それとも充分混合しなかったかのどちらかであろう。今後供試体製作に当っては、完全な混合を行なうよう心掛けねばなるまい。

5. 結 語

実験の結果は筆者等が期待した通り、セメントの混入で乳剤舗装の短所を大部分改善できることを示している。すなわち貫入試験で乳剤の分解が確実になることが分ったし、物理試験では密度の増大と吸水率の減少が証明された。これは普通の乳剤舗装が水に弱いと云う欠点を、セメントの添加で改良し得ることを意味し、又供試体の吸水試験を行なった時、セメントを混入したものは水の色が非常に薄かったことから再乳化を防止できることが分った。次に強度試験から暖い季節においても、舗装の軟化を抑制しうる事が明らかになったし、抽出試験からは舗装全体としての強度の均一性を確保できることが証明された。

さて、この実験で乳剤舗装に対するセメントの混入が極めて有効であり、かつ材料の投入順序を誤らなければ、混合も普通の場合と同じ程度に容易であることが明らかにされたわけだが、次に問題となるのはいかなる配合でどのような混合方法を用いた場合に、最も優れた合材が得られるかと云うことと、この方法でどの程度まで改善できるかと云うことである。この問題については引き続き実験を行なったので、次の機会に報告したいと思っている。