

論文 マイクロサーフェッシング工法に用いられるセメント・アスファルト乳剤複合材の可使時間判定法

濱田 政博*1・金重 俊弘*1・吉村 聡*2・上田 満*3

要旨: 道路舗装表面にひび割れが発生し構造的な破壊に至る前にセメント・アスファルト乳剤複合材を表面処理としたマイクロサーフェッシング工法が用いられている。この複合材の施工時における可使時間の判定は観察で行われており定まった判定方法は確立されていない。本研究はこの可使時間の判定を定量的に示すことの出来る試験法の提案をすることである。その結果グリース貫入試験によって可使時間が判定できることが明らかとなった。

キーワード: 複合材, アスファルト乳剤, 可使時間, コンシステンシー, グリース貫入試験

1. はじめに

マイクロサーフェッシング工法はアスファルトフィニッシャーでセメントとアスファルト乳剤、骨材を現場にて混合し表面処理材として施工するものである。^{1)~5)}またこの工法は混合敷き均し後の交通開放を2~3時間とする為、混合敷き均しに要する時間が約10分、さらに1時間後にはローラーによる転圧と複合材の急硬性が要求される。本研究では可使時間を「複合材のコンシステンシーがスラリー状となる混合直後からの経過時間」と定義する。このように短い時間間隔の間に急激な変化を表す複合材のコンシステンシーを詳細に判定することは通常のコンシステンシー判定法(スランプ試験等)では困難であり、可使時間判定に用いられる試験法も確立されていない。配合設計に用いられる合否判定試験には標準的なものとしてコヒージョンテストとWTA(ウェットトラックアブレーション)テストが用いられているがこれらはいずれも複合材中の乳剤がある程度分解し固形化したものに対する試験である。そこで、本研究では判定方法の定量的なもの開発を目指すため、スランプ試験、L型フロー試験、グリース貫入

表-1 標準配合

標準配合 (C/Ew=0.08)	
7号砕石	30.0%
スクリーニングス	70.0%
アスファルト乳剤	11.0%
セメント	1.5%
添加水	8.5%

試験を行い判定方法の基準化を目指した。また、これらの試験結果を用いてこの複合材の可使時間に影響を与える配合要因を検討した。

2. 使用材料及び配合

標準配合を表-1に示す。この標準配合を基準に以下のC/Ewを用いてセメントとアスファルト乳剤(添加水を含む)の質量比を変化させた。表中のC/Ewとはセメント質量をアスファルト乳剤質量(添加水含む)で除した値であり、C/Ewの値が大きくなるほどアスファルト乳剤に対するセメントの使用率が高いことを示す。なお、標準配合のC/Ewは0.08である。また、アスファルト乳剤と添加水は標準配合と同じくアス

*1 山口大学 大学院 理工学研究科 社会建設工学専攻 (正会員)

*2 山口大学 工学部 社会建設工学科

*3 山口大学 工学部 社会建設工学科 助教授 (正会員)

表-2 配合表

C/Ew	骨材(合計100)		C	Ew (アスファルト乳剤+ 添加水)
	7号碎石	スクリーニングス		
0.00	70%	30%	0.0%	21.0%
0.04			0.8%	20.2%
0.08			1.5%	19.5%
0.12			2.3%	18.8%
0.16			2.9%	18.1%
0.20			3.5%	17.5%
0.24			4.1%	16.9%
0.28			4.6%	16.4%

ファルト乳剤:添加水=11.0:8.5で混合したものである。本研究にて使用した配合を表-2に示す。ここで乳材,セメント,添加水の%は骨材に対する割合を示している。使用材料については,セメントは普通ポルトランドセメント(比重:3.15,粉末度:3,280cm²/g),アスファルト乳剤はカチオン系の乳剤(pH;2.18,蒸発残留分濃度;65.8%,蒸発残留分の針入度;60-80)比較用としてノニオン系乳剤(蒸発残留分:58%,蒸発残留分針入度:68),骨材は共に安山岩系の7号碎石(比重:2.63,粒径5~2.5mm)とスクリーニングス(比重:2.63,粒径:2.5mm以下)をそれぞれ使用した。

3. スランプ試験

本研究にて用いる複合材のスランプ値がノニオン系乳剤使用複合材と比較しどの程度の差があるか比較した。スランプ試験はJIS A 1173(ポリマーセメントモルタルのスランプ試験法:スランプコーンの寸法は上端内径50±0.5mm,及び高さ150±0.5mm)に準拠して行った。尚,スランプの測定間隔は10分間隔で行った。試験結果を図-1(セメント添加なし),図-2(標準配合)に示す。図-1よりセメント無添加の場合では両者とも比較的穏やかな減少傾向となる。しかし,図-2よりセメントを添加することにより両者の間には大きな差が生じる。ノニオン系乳剤の複合材ではセメント添加がない場合と同程度の減少傾向を示すがカチオン系乳剤の場合では10分後にはスランプ値が0という急激な減少傾向を示した。この

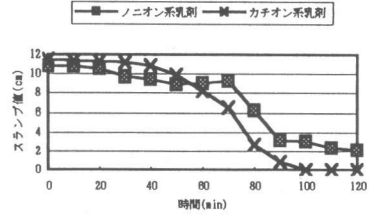


図-1 スランプ試験結果(セメント添加なし)

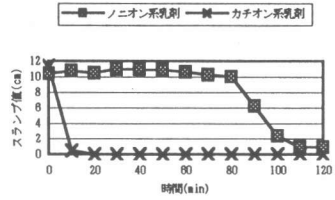


図-2 スランプ試験結果(標準配合)

ようにノニオン系乳剤の複合材と比較し本研究にて用いたカチオン系乳剤の複合材は急激なコンシステンシーの減少を示す。このような急激な変化のためスランプ試験では詳細な経時の変化を把握することは困難である。よって,短時間に行え経時の変化をより詳細に把握することのできるグリース貫入試験を検討する。

4. グリース貫入試験

(a) 試験法について

グリース貫入試験は図-3に示すアスファルト針入度試験機の針をコーン(直径;6.5cm,深さ;4.5cm,質量;100g)に変えた試験機を用い,容器に入れた混合物に対し,自重により5秒間貫入させその貫入量を測定した。また,グリース貫入試験はアスファルト単体のコンシステンシー試験に用いられるものである。しかもその試験に用いられる標準容器は小さいもので本試験には不適であるため,サンプル容器を変更して行った。

(b) 試験時の重りの選定

この試験はコーンを貫入させその貫入量によってコンシステンシーを把握する。したがって貫入時の質量が貫入量に大きく影響する。本研

究ではコーンの質量(支持棒も含めて 147.5 g)に加え重りなし, 50g 追加, 150g 追加の 3 種類について試験を行ってみた。しかし, 重りの大きい場合では貫入量が大幅に大きくなりコーンの内側に混合物が入り込むため洗浄などの作業が必要となり短い間隔で測定を行うにあたって支障が出た。また貫入量測定範囲も小さくなることから, 重りなしにて試験を行った。

(c) 複合材を入れる容器の選定

複合材を入れる容器は標準容器は H; $\Phi 6.8 \times 8.0$ cm が用いられるが本研究では他に容器 A; $\Phi 8.0 \times 4.0$ cm, 容器 B; $\Phi 11.4 \times 5.0$ cm, 容器 C; $\Phi 16.5 \times 8.1$ cm を用い計 4 種による比較を行った。ここでの標準容器とはアスファルト針入度試験に用いられる容器である。それらの結果を図 4 に示す。標準容器の場合は混合直後における貫入量は既に 0 であり、本試験に適さないことが判明した。この理由は容器の寸法が小さいため混合された複合材が液状であっても複合材の逃げ場が無いからだと考えられる。その際, 貫入コーンは複合体の上に浮いた形となった。図より容器の寸法が大きくなるに従って初期の貫入量は多少大きくなる。この理由は容器の直径のみならずその深さにも影響されると考えられる。即ち, 容器 C はその深さが 8.1 cm と深く貫入値が他のものより大きく測定されている。しかしながら容器の寸法が大きいと貫入用テーブルからはみ出すためできるだけ小さい容器にて行えることが理想的であろう。容器 A では深さが不十分でありコーンが容器の底についてしまうことを考えると容器 B にて測定することを提唱する。

(d) 貫入量の把握

グリース貫入試験によって得られる貫入値と複合材のコンシステンシーとの関係を把握するためスランプ試験, 及び L 型フロー試験と比較を行った。L 型フロー試験は図 5 に示す試験器にて行い, モルタルは突棒で 1 層 15 回で 2 層に分けて突き, 仕切板をあげて d_1, d_2 を測

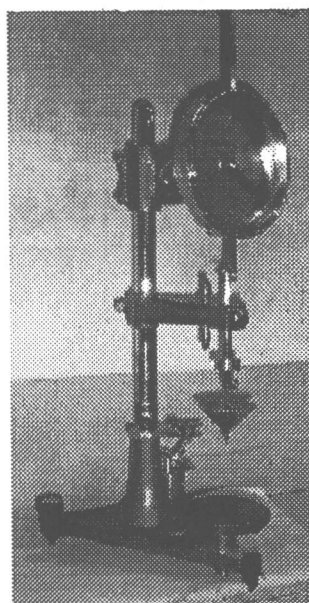


図 3 グリース貫入試験

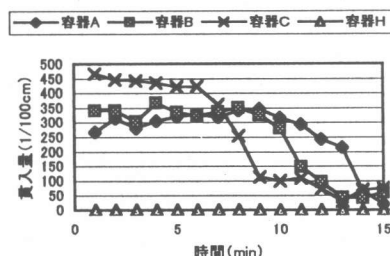


図 4 容器の寸法が貫入量に与える影響

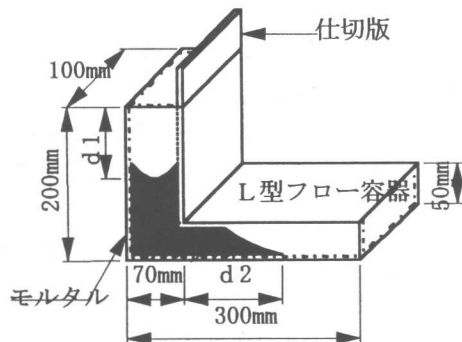


図 5 L 型フロー試験機

定した。配合は比較的緩やかなコンシステンシー低下を示し, 硬化に長時間を要するセメント

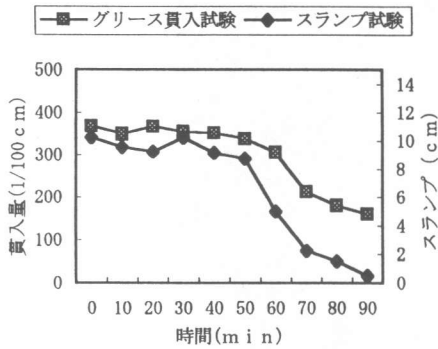


図-6 スランブ試験との比較

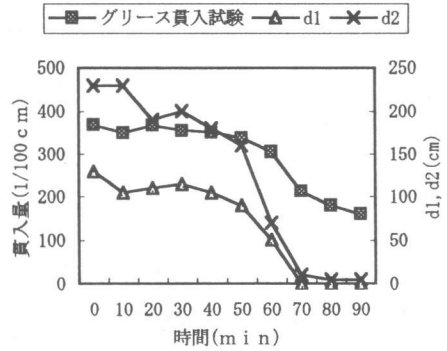


図-7 L型フロー試験との比較

添加なしの複合材即ち $C/Ew=0.00$ の配合にて行った。試験結果を図-6, 図-7に示す。両図よりほぼスラリー状（液状に近い）と判断できる貫入量最低値は300と判断できる。また、混合より50分まではスランブ値等はほぼ一定値を示すがそれ以降はスランブ値、及びフロー値 d_1 , d_2 の減少量はグリース貫入量に比較し大きくなる。90分後にはスランブ値、及びフロー値 d_1 , d_2 の値は0となったが、貫入量は200程度を示す。これは乳剤と骨材がある程度反応し骨材表面に皮膜を形成し、ある程度粘着力を持ったスラリー状となったためである。つまり、スランブ値、フロー値が0を示しても観察によれば団粒状にはなっていない。このように団粒状になったことを判断するには貫入試験が適すと言える。以上より貫入量300~150程度では複合材は団粒状に近いスラリー状を表す。図-8に標準配合のグリース貫入試験結果を示す。9~10分経過した後300以上ある貫入量が急激に減少し始める。11分後位から値は150以下となり最終的には0~100程度に落ち着く。この時には乳剤と骨材がほぼ反応し、敷き均し不可能と判断できる団粒状となる。よって、団粒状に移行したと判断できる貫入量の値は300以下であるものと思われる。

本研究では敷き均し可能と判断できる限界貫入量を先ほどの結果より300程度とした。つまり、

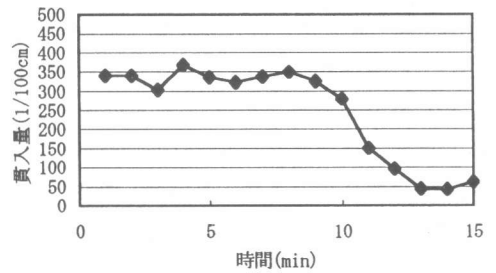


図-8 グリース貫入試験

混合直後から貫入量が300を下回り始めるまでの経過時間を可使用時間とした。

5. C/Ew が可使用時間に与える影響

セメント添加量を多少増加させても圧縮強度等への影響は小さいため、通常の場合マイクロサーフェシングに用いられる複合材中のセメントの役割は乳剤の分解を促進させることである。セメント混合量が貫入量に与える影響を検討するために C/Ew を変化させて貫入試験を行った。混合直後からの経過時間とグリース貫入量の関係を図-9に示す。図には $C/Ew=0.04, 0.08$ (標準配合), $0.16, 0.24$ の4配合について示した。標準配合より C/Ew が小さい 0.04 は混合直後から13分程度までは液状を示すが、 C/Ew が大きくなると液状を保つ時間が徐々に短くなることが顕著に示された。これを C/Ew と可使用時間の関係で示したものが図-10である。即ち

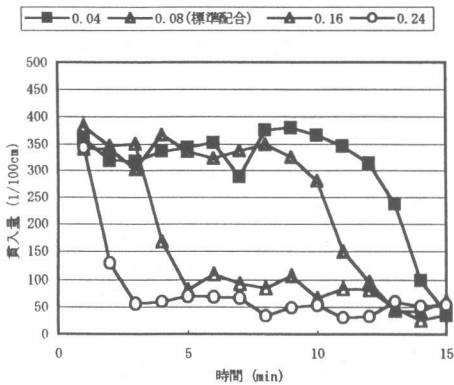


図-9 C/Ew 別グリース貫入試験結果

図は貫入値が 300 を下回る時の混合直後からの経過時間即ち可使時間と C/Ew の関係にて示した。C/Ew が大となるに従って可使時間が短くなることは顕著に現れている。特に C/Ew が 0.04~0.12 では急激な減少が見られた。それ以降は徐々に減少していき C/Ew が 0.30 付近から混合物攪拌直後には団粒状を示した。また、これら配合による複合材では C/Ew が 0.08 程度が可使時間 10 分を維持するための限界 C/Ew となろうことが判断される。

6. 添加水量が可使時間に与える影響

標準配合に対して添加水を増加した場合と減少させた場合について貫入試験を行った。その結果を図-11に示す。標準配合に対して添加水を複合材全質量に対して 1%増加させた場合の貫入量の経時変化は標準の場合とほぼ同程度である。添加水をもっと増加させると複合材が材料分離を起こしブリージングと同様に水が浮いた形になる。また、本複合材は舗装補修材として用いられ、交通開放をまじかに控えていることを配慮すれば、余分な水分は避けなければならない。従ってこれ以上の水分の補給はアスファルト乳剤と骨材の反応を阻害するため無意味であろう。また添加水を全質量に対して 2%減少させた場合は経過時間とともに急激な貫入量の低下を示し可使時間が短くなることが

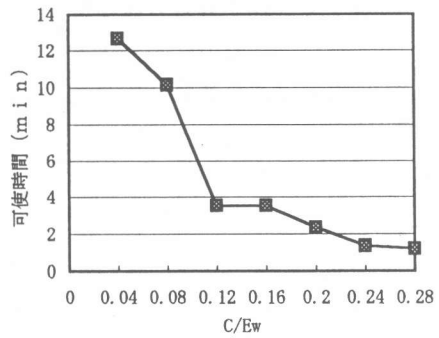


図-10 C/Ewと可使時間の関係

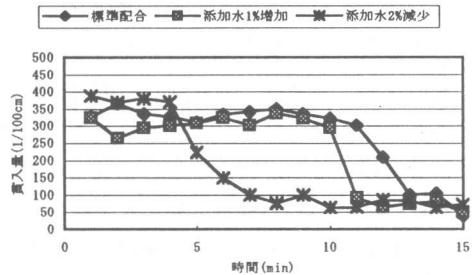


図-11 添加水が可使時間に与える影響

実験によって示された。

7. 使用骨材が可使時間に与える影響

比較用の骨材に蛇紋岩系骨材を使用した。使用骨材の物理性状を表-3に示す。図-12は骨材別に C/Ew と可使時間との関係を示した。図-12より蛇紋岩系骨材は安山岩系のものと比較し可使時間が短いことがよく分かる。一般に安山岩は非塩基性岩(中性岩)、蛇紋岩は塩基性岩である。従って、用いたアスファルト乳剤の pH が 2.18 であることを考慮すれば安山岩系の骨材の場合アスファルト乳剤と骨材の接触による分解速度が遅くなることは容易に判断できる。アスファルト乳剤の分解はこのように乳剤と骨材の化学的な作用によって生じるだけでなく他の要因も考えられる。即ち

1. 水の蒸発による分解
2. 乳剤と骨材の接触による分解
3. 乳剤と骨材の電気的作用による分解

表-3 使用骨材の諸性質

	安山岩系骨材	蛇紋岩系骨材
最大粒径(mm)	5.0	
比重	2.65	2.60
吸水率(%)	1.09	2.13
シリカ含有量(%)	59.6	43.3
成分	中性岩	塩基性岩

であろう。これら要因の内1については本実験では計測時間が短いことから考慮しなくても良いと思われる。要因2については骨材の粒度、表面状態、付着水、吸水状態の有無等が影響因子として上げられる。しかしながら本研究には骨材の付着水、吸水状態の影響をなくするため骨材はあらかじめ絶乾状態にして使用しているため考慮外である。また、骨材の粒度分布はフルイ分けによって同一にして使用しているため影響はないであろう。ただ、蛇紋岩系骨材の給水率が安山岩系より2倍程度大であるので、この影響は無視できない。要因3については一般に骨材は水浸により負に帯電する傾向があるのでカチオン系乳剤との分解の方がより促進されるものと思われる。

8. まとめ

- 1) 可使時間が短い複合材のコンシステンシー判定にはスランプ試験、L型フロー試験よりもグリース貫入試験が適している。
- 2) 複合材が敷き均し可能である液状を示すためのグリース貫入値は貫入容器Φ11.0×5.0cmを用いた場合300以上である。
- 3) C/Ewが可使時間に与える影響は大であり、本実験に用いた範囲の配合では可使時間10分を維持できるセメント、アスファルト乳剤比は0.1程度であった。
- 4) 骨材の鉱物組成によってコンシステンシーの経時変化は大きく左右され、配合、アスファルト乳剤などによっては骨材を選定する必要

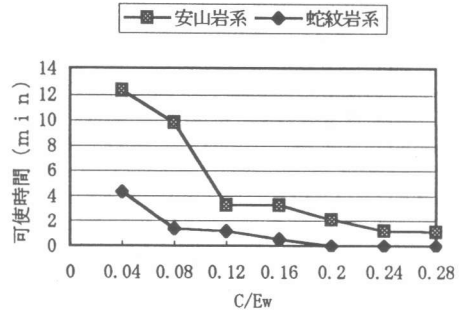


図-1.2 骨材別可使時間

がある。本研究にて使用した配合では安山岩系骨材は所要の可使時間を満足した。

謝辞：本研究の遂行において材料の提供及び御指導を頂いた日本舗道（株）、ニチレキ（株）、住友大坂セメント（株）の関係者各位に対して深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 川端 浩平, 森久保 道生, 尾本 志展：常温急硬性アスファルト混合物による薄層補修工法, あすふあるとにゆうざい, 118. 号, p p 3-8, 1994
- 2) 角野 耕作, 上坂 憲一：マイクロサーフェシング工法の課題, あすふあるとにゆうざい, 124号, p p 14-18, 1996
- 3) 加田 治久, 山本 英夫, 西本 敏幸, 荒尾 慶文：国道におけるマイクロサーフェシングの施工例, あすふあるとにゆうざい, 133号, p p 9-12, 1998
- 4) 吉田 尚史, 宮 直史, 長友 和博, 福満雅之：鳥栖筑紫野道路におけるマイクロサーフェシング施工例, あすふあるとにゆうざい, 133号, p p 13-16, 1998
- 5) 福井 洋二, 岡藤 博国, 佐藤 雅規：マイクロサーフェシングへの取り組みと試験施工, あすふあるとにゆうざい, 137号, p p 4-6, 1999