

論文

[1096] アスファルト乳剤がアスファルトセメントモルタルの諸特性に与える影響について

正会員 ○ 上田 満 (山口大学社会建設工学科)
 正会員 田代 忠一 (山口大学機能材料工学科)
 黒川 卓郎 (日歴化学工業技術研究所)
 小林 哲夫 (大阪セメント中央研究所)

1. まえがき

アスファルト乳剤は水中にアスファルトを微細(0.5~6 μ)粒子として分散した褐色のデスパーションで、その構造は一種の疎水コロイドである。その水中油滴型O/W(Oil in Water)の場合油が水中に分散したようなものであり、普通一般の乳剤はこれに属している。アスファルト乳剤を混和剤として構造用のセメント系マトリックスに適用した例はスラブ軌道、その他[1]いろいろあるがまだ少なく今後の課題として検討されるべきものである。この様なことから本研究の目的はアスファルトセメントモルタルを構造用に使用するとして、まずその諸物性を明確にしなければならず、使用材料(特にアスファルト乳剤)、配合等がアスファルトセメントモルタルの諸特性にあたる影響について検討したものである。アスファルト乳剤の特性を大きく左右する要因として乳化剤の種類、他濃度、アスファルト針入度が考えられる。混合用アスファルト乳剤についての規格では濃度が57%以上、針入度60~300となっている。欧米諸国に於てはもっと高濃度でしかも針入度の小さいアスファルトを用いたアスファルト乳剤も使用されており、これらは浸透用アスファルト乳剤と思われ、いわゆるマカダム工法に適用される乳剤である。そこでアスファルト乳剤を濃度57%、60%の2種、アスファルトの針入度を60~80、150~200の2種変化させこの組合せとして得られる計4種の乳剤およびそのうちの1種に混和剤を加えたもう1種計5種を用いてアスファルトセメントモルタルを作成しこのコンシステンシー、可使時間、曲げ強度および圧縮強度の比較を行った。またアスファルト乳剤量がアスファルトセメントモルタル(以下モルタルと言う)のたわみ性等に与える影響を検討する為に一軸圧縮試験、曲げクリープ試験を行いC/E(セメント量とアスファルト乳剤量との比)と残留強度率、クリープコンプライアンスとの関係も検討した。

表-1 乳剤の種類

針入度 \ 濃度	濃度	
	60%	57%
60/80	A6-60	A6-57
150/200	A15-60	A15-57

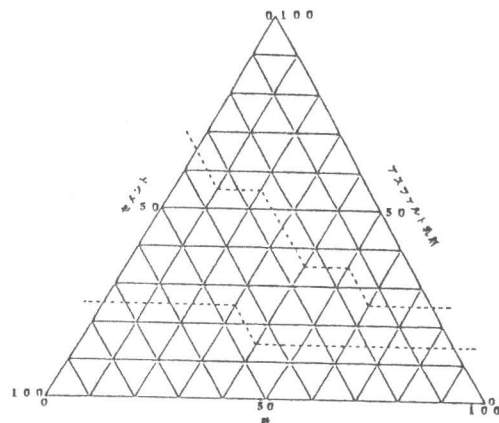


図-1 三角座標配合

2. 実験概要

2.1 使用材料及び配合

アスファルト乳剤は表-1に示す4種(A6-60, A6-57, A15-60, A15-57)及びA6-60にメミンスルホン酸塩系高性能減水剤混入の乳剤A(6-60+C),

セメントは普通ポルトランドセメント（比重 3.15 粉末度 3420）骨材は豊浦標準砂（比重 2.63）配合は図-1よりアスファルト乳剤，砂，セメントの3者による三角座標配合に於て10%ピッチに於ける点線内の各格子点に於ける配合（コンシステンシー試験，曲げクリーブ試験）および乳剤量10%のラインを除く全ての格子点上配合（曲げ，圧縮強度試験）であり混合は機械練りとし JIS R 5201 「モルタルの練り混ぜ方法」に準じておこなった。

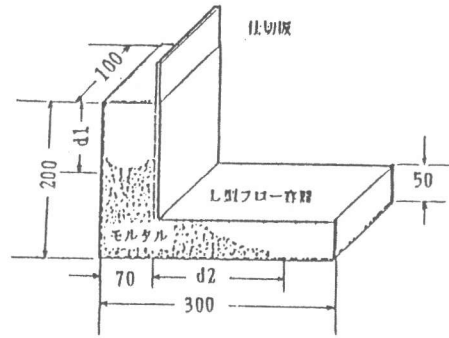


図-2 L型フロー試験器

2.2 コンシステンシー試験

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方法」によりスランプ試験をおこなった。またスランプロスについては測定時間間隔は混練直後より20分毎100分まで，また測定前には30秒間練り混ぜをおこなった。L形フロー試験は図-2に示す様な試験器にて行いモルタルは突棒にて15回，2層にて突き，仕切り板を上げてから1分後の d_1 ， d_2 を測定した。グリース試験については JIS K 2220 「グリースのちょう度試験方法」に準じて試験を行い経時変化についてはスランプロス測定の場合と同様である。なお試験時の温度はすべての試験について 20°C である。

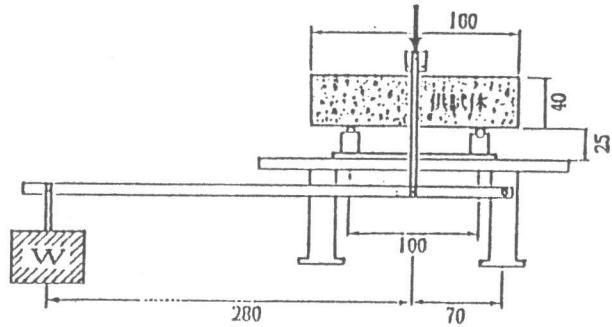


図-3 曲げクリーブ試験機

2.3 強度，及び曲げクリーブ試験

曲げ強度試験については，供試体寸

法は $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ のモルタルバーで，载荷はミハエリス二重テコ型曲げ強さ試験機にておこなった。圧縮強度試験については供試体寸法は $\phi 5 \times 10 \text{ cm}$ であり，载荷は歪速度を 1 mm/min と一定にし，X-Yレコーダーにて応力-歪の記録をおこない，CE混合物試験 [3] の解析に用いられる一次変位置量，残留強度等を求めることにした。曲げクリーブ試験については供試体はモルタルバーを用い3点曲げクリーブ試験をおこなった。試験装置は図-3に示す通りである。载荷荷重は曲げ強度の20%，40%とし，測定時間は载荷2時間，除荷後2時間である。いずれの場合も供試体養生は供試体作成後型枠のまま24時間は温度 20°C 湿度80%以上の湿潤箱にて養生し，脱形後温度 20°C 湿度80%以上の恒温・恒湿室にて28日間養生をおこなった。試験時の温度も 20°C である。

3. 実験結果及び考察

3.1 コンシステンシー試験

3.1.1 スランプ試験

乳剤種別5種，粘性域に於けるスランプ試験の結果が図-4に示されている。この値は混合直後に於ける値であり横軸

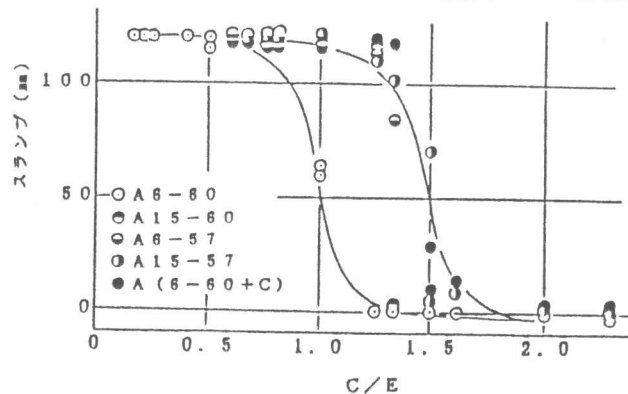


図-4 スランプ試験結果

にC/E縦軸にスランプを取って表示している。図をみるとC/Eが大きくなるに従いスランプは120以上の領域から急激に小さくなりスランプ0の状態に移行する。スランプの急変するC/Eの範囲は0.8~1.5の間であり、アスファルト乳剤の種別により若干差のある事が確認できる。即ち、A6-60乳剤使用の場合はC/Eが小さい配合のモルタルに於て変化が生じている。他の4種の乳剤についてはC/Eがもっと大きい配合に於てスランプの急変が生じ4種乳剤間でも少し差がみられる。この5種乳剤間のスランプの差をもっと明確にする為に、C/Eが1.0, 1.33の2種の配合に於けるスランプロス試験の結果を図示すれば図-5, 6となる。図中の記号は図-4に於けるものと同じである。図-5はC/E=1.0, 図-6はC/E=1.33, のモルタルの代表配合に於けるものである。C/E=0.8付近のモルタルの場合は高流動性の領域のモルタルであり紙面の関係で図示していないが、スランプが大であるにもかかわらず他の点線内の配合と同じく材料分離は生じなく乳剤種別によるスランプ及びスランプロスの差はみられない。図-5よりC/Eが1.00の場合であるが一般にすべてについてスランプがおおきく乳剤種別間でスランプ、及びスランプロスの明確な相違はみられない。

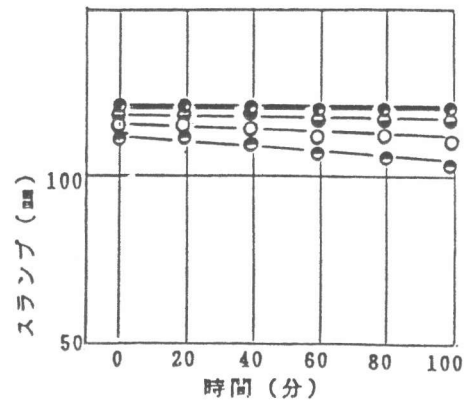


図-5 スランプロス試験結果

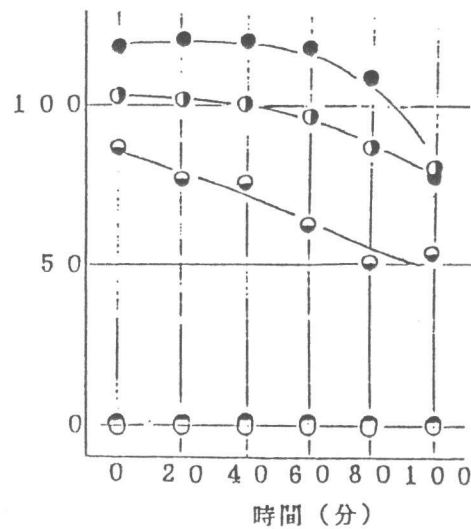


図-6 スランプロス試験結果

図-6より3種乳剤間にスランプ、スランプロスに差が認められ、モルタルが固くなると乳剤によるスランプ、スランプロスに差が生じ針入度の大きいアスファルト使用のスランプが大でスランプの減少率も小さいようである。また濃度の薄い乳剤はスランプが大きく、混和剤混入のアスファルト乳剤の場合は一般に他の乳剤に比べスランプは大で混和剤の効果が認められる。

3.1.2 L型フロー試験

L型フロー試験の結果が図-7に示されている。使用乳剤はA15-57, A6-60の2種である。横軸にC/E, 縦軸にd1, d2をmm単位で取ったものである。この場合もスランプ同様2種の乳剤間でフロー性状が異なり同一フロー値を示すC/E間には最大0.5程度の差が認められる。フロー値もC/Eが小さい高流動性領域にては大きく0.8付近からフロー値の低下を生じ1.7位になると流れだしはなくなってフロー値も0となる。

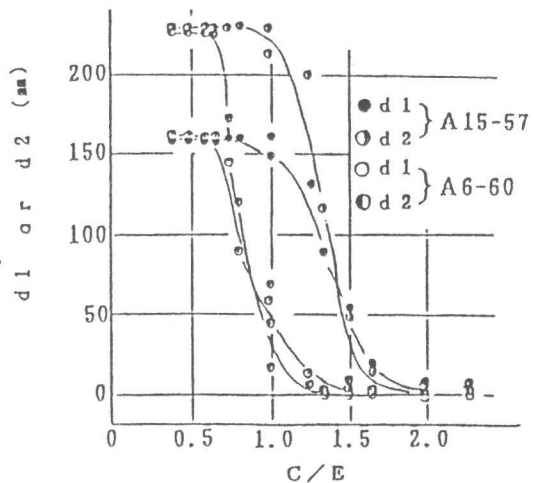


図-7 L型フロー試験結果

3.1.3 グリース貫入試験

グリース貫入試験結果が図-8に示されている。使用乳剤は混和剤混入乳剤を除く4種乳剤で、C/E=1.00の配合のものを代表で示している。濃度の濃い乳剤は初期の状態からコンシステンシーが高く、A6-60は特にその傾向が強いようである。またアスファルト針入度が小さいと経過時間に対する傾きが大きいようである。コンシステンシー変化が針入度の大きいアスファルトを使用した乳剤に比べ急である事が分かる。この経過時間に対する貫入量減少の傾きは針入度によってある一定な傾きを取るものと思われる。

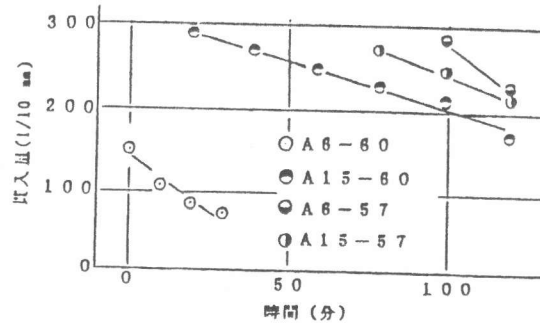


図-8 グリース貫入試験結果

3.2 強度試験及び曲げクリープ試験

3.2.1 曲げ強度試験

使用乳剤はA6-60であり各格子点に於ける配合の曲げ強度より等曲げ強度曲線を描いたものが図-9である。等曲げ強度曲線間の強度差は 5 kgf/cm^2 であり、A15-57乳剤使用の同曲線[2]と比較すると曲げ強度の最大値は大差ないと思われ配合 $M_{7.3.0} \sim M_{6.4.0}$ 付近の強度が大であり強度の極大値が二箇所の傾向も同じだが強度分布が多少上側(乳剤量が10%程度大の向き)に移行しているようである。これは乳剤濃度が高い為にモルタルのコンシステンシーが多少大きく成る為ではないかと思われる。

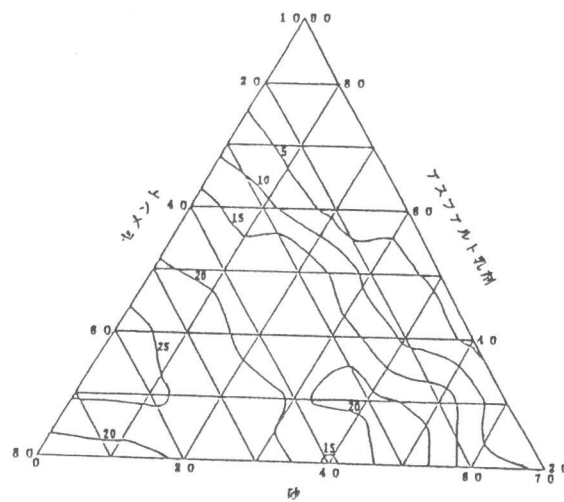


図-9 等曲げ強度曲線

3.2.2 圧縮強度試験

供試体寸法 $\phi 5 \times 10 \text{ cm}$ により圧縮試験を行った。同様に等圧縮強度曲線を描くと図-10となる。曲線間隔は 5 kgf/cm^2 である。圧縮強度分布の傾向は曲げと同様であるが、曲線が不規則に変化しているようである。この原因はA6-60乳剤は可使時間が短い為にコンシステンシーの変化によりばらつきを生じたものと思われる。この傾向は曲げの場合も同様である。圧縮試験

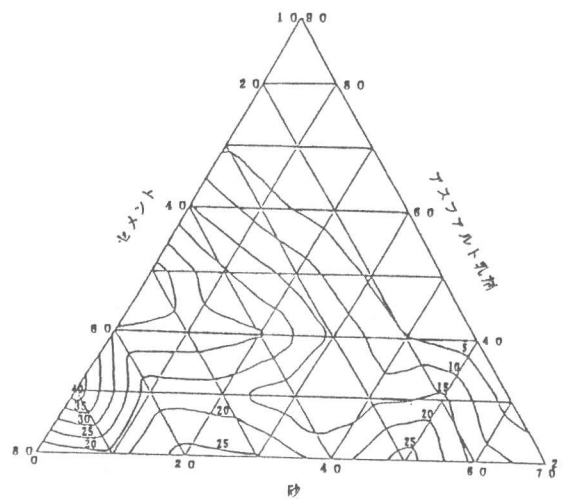


図-10 等圧縮強度曲線

に於て舗装廃材の再利用に関する試験（C/E混合物試験）の解析に用いられるたわみ性判断のファクターとしての残留強度率を求め等残留強度率分布を描くと図-11となる。この図をみるとアスファルト乳剤量の増加（相対的にはセメント量の減少）にともない残留強度率は大きくなっている。即ち破壊後もある程度の強度を保っていることになる。そこで残留強度率とC/Eの関係を示せば図-12となる。横軸にC/E縦軸に残留強度率（%）を取っている。

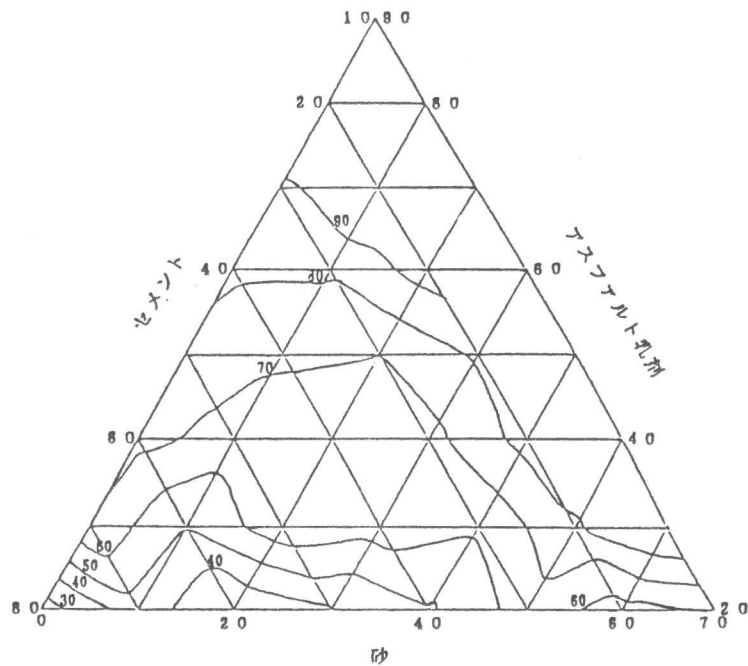


図-11 等残留強度率曲線

C/Eが大きくなるに従い残留強度率は減少している、舗装廃材の再利用の場合C/E混合物に対しては残留強度率は65%以上とされており強度のみならずそのタフネス性をも要求している。この条件を満たすC/Eは1.5程度以下であればよい。なおこの1.5は図-1にて表した点線内配合の下限付近のものである。

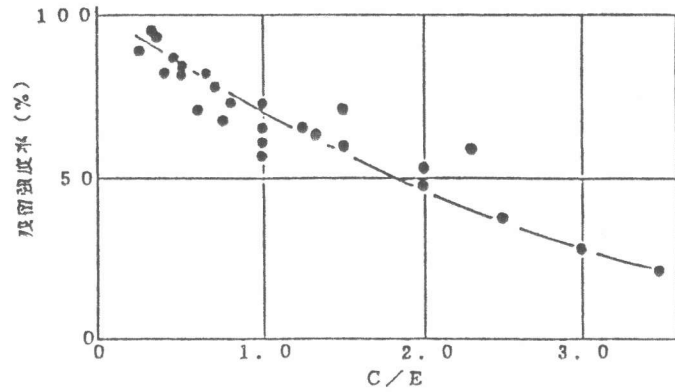


図-12 残留強度率とC/Eの関係

3.2.3 曲げクリープ試験
モルタルバーによる3点曲げクリープ試験の結果が図-13に示されている。このグラフは载荷後2時間までに於けるクリープコンプライアンスを求めたもので横軸に時間t (sec)を対数目盛で、縦軸にクリープコンプライアンスJ (t)を対数目盛で取ったものである。又図は破壊荷重の20%に相当する荷重を定荷重として作用させた場合のたわみより求めたものであり、C/E=0.6~2.33までの代表的な配合に於ける8本の曲線にて示している。これらは3本の供試体の平均値より求めたものである。クリープコンプライアンスは一定応力を作用させた場合の歪により次の様に定義され時間の関数となる。

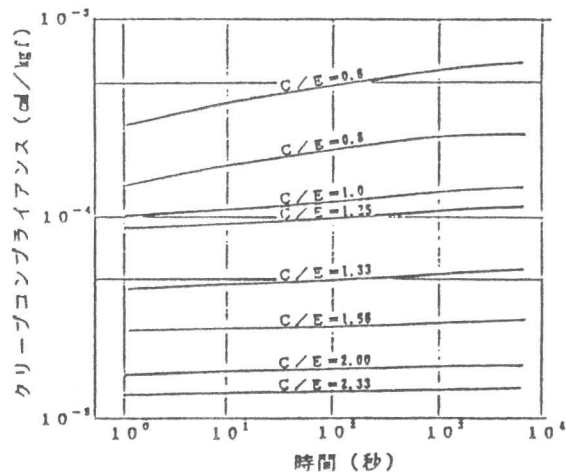


図-13 クリープコンプライアンス

$$J(t) = \frac{\varepsilon(t)}{\sigma_0}$$

$J(t)$: クリープコンプライアンス (cm^2 / kgf)

$\varepsilon(t)$: 歪

σ_0 : 定応力 (kgf / cm^2)

図-13より C/E が大きくなるに従い $J(t)$ は小となる。また荷重時間に伴い C/E が小さい場合クリープコンプライアンスは次第に大きくなるが、 C/E が大きくなると経過時間にあまり影響されず次第にある一定な値を保つようになる。このことはモルタルが次第に弾性体に近づいていくものと思われる。クリープコンプライアンスの逆数が緩和弾性率に相当することになるがこの値は図より $10^3 \sim 10^4$ 程度と思われる。

4. まとめ

本研究ではアスファルトセメントモルタルの諸特性がアスファルト乳剤によって受ける影響について述べたものであるが、本研究の範囲内で次のことが言える。

- (1) モルタルの混合直後に於けるコンシステンシーは乳剤濃度及び混和剤によって調整することが可能である。
- (2) モルタルの可使時間は乳剤に使用しているアスファルトの針入度によって影響され柔らかいアスファルトを使用すれば可使時間は長く取ることが可能である。
- (3) 混和剤混入乳剤はモルタルのスランプ増大に効果が認められる。
- (4) アスファルト針入度は曲げ、圧縮強度には大きな影響は及ぼさないが乳剤濃度により強度分布が上下(乳剤量に平行な方向)にシフトする。
- (5) 残留強度率65%以上を確保するためには $C/E = 1.5$ 以下に抑える必要がありこれを保てばある程度のたわみ性も発揮するものと思われる。
- (6) クリープコンプライアンスの経時変化は C/E が小さいと大きく、 C/E が大きくなると経時変化は小さくなり弾性的な挙動を示す様になる。本実験の範囲内に於てはクリープコンプライアンスは $10^{-5} \sim 10^{-4}$ のオーダーの値である。

なおアスファルト乳剤をアスファルトセメントモルタルに適用する場合乳剤適合性について今後とも検討する予定であり、アスファルトセメントモルタルの曲げクリープ特性を含めた他の諸特性を明確にすることも計画中である。

[参考文献]

- 1) 中川 武志, 堅川 孝生: セメント・乳剤コンクリートの遮水壁への利用, あすふあるとにゆうざい, No 78, pp 4~14, 1984
- 2) 上田 満, 田代 忠一, 兼行 啓治: セメントアスファルトモルタルの曲げ, 圧縮強度特性, コンクリート工学年次論文報告集, 第13巻, 第1号, pp 351~356, 1991
- 3) 路上再生路盤工法技術指針(案), 社団法人日本道路協会, 1987