

論文

[1057] セメントアスファルトモルタルの曲げ、圧縮強度特性

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)

正会員 兼行啓治 (山口大学社会建設工学科)

萩原淳之 (アイサワ工業)

1、まえがき

アスファルト乳剤は従来道路舗装用材料として適用されてきた。すなわち乳剤は浸透式マカダム舗装用、プライムコート、タックコート、路上再生路盤材[1],[2],[3],[4],[5]等として使用されてきた。アスファルト乳剤中のアスファルト粒子はO/W(水中油滴型)の場合、その粒径が0.5~6.0μでこの粒径のものが水中に浮遊した形で存在し、乳剤中の55%以上をアスファルト分で占めるといふ特性を持っている。このためアスファルト乳剤は室温で液体であり加熱の必要性がなく作業性に優れており、また毒性がなく無公害である。しかもアスファルト乳剤はセメント、ラテックス、樹脂エマルジョン等と混和させることが可能であると言われている。アスファルト乳剤の分解により再生されたアスファルトはストレートアスファルトと同等の性状となり以下のような特性を持っている。

- 1、化学的に安定であり、耐薬品性に優れている。
- 2、粘着性に優れアスファルトの粘弾性からたわみ性も発揮する。
- 3、電気的な誘電率が小さい。
- 4、不透水性であり、防水にすぐれている。

以上の特性から、アスファルト乳剤は道路舗装以外の土木構造物用、工業用資材としても適用できるものと思われる。施工実績には舗装以外の土木構造物用として、スラブ軌道用材料(青函トンネル、本四橋等)、連続地中壁(フィルタイプダムの遮水壁[6]、遊水池の遮水壁等)、石油タンク基礎、法面フェーシング等がある。また工業用資材としては、建築用資材としてのアスファルトブロック、防水防湿材、防音遮音材、防食材としてさらには電気絶縁材等として適用できるものと考えられる。そこで本研究は舗装以外の土木構造物用、又工業用資材に適用可能なセメントアスファルト混合物の開発を目指すものとし、その基礎的な研究としてアスファルト乳剤とセメントを混和させ、これに砂を添加することにより、セメントアスファルトコンクリート(以下略して、CACという)を作製し、この曲げ、圧縮強度特性を検討してみることにした。

2、実験概要

2.1 供試体作成

普通ポルトランドセメント(比重:3.15、粉末度:3,600cm²/g)、豊浦産標準砂(比重:2.59、粒径:0.1mm~0.3mm)、アスファルト乳剤(混合用、物理特性は表1参照)の三者の配合を図1に示す三角座標により決定し、各格子点(但し三角形の各頂点とA-S, C-Sのライン上は除く)に於てセメントモルタル試験用供試体作成方法に準じて行った。すなわち混合は機械

表-1 アスファルト乳剤の物理特性

試験項目	規格	試験値
エンゲラー度(25℃)	2~30	4
ふるい残留分(1190μ) %	0.3以下	0.1
セメント混和性	1以下	0.1
蒸発残留分 %	57以上	58
蒸発 針入度(25℃, 100g, 5s)	60~300	218
残留物	伸度(15℃) cm	80以上
	三塩化エタン可溶分 %	97以上
貯蔵安定度(5日) %	5以下	2

練りとしセメントとアスファルト乳剤を混合後、砂を添加して行う。後にフロー試験を行いフロー値により突き数を求めこの突き数にてセメントモルタル用型枠内に打ち込んだ。また各配合を記号的に $M_{c,a,s}$ と表し、 M は CAC を記号的に表したものの、 c, a, s は以下によって定義する。

$$c = \frac{\text{セメント重量}}{\text{CAC 総重量}} \times 100$$

$$a = \frac{\text{アスファルト乳剤重量}}{\text{CAC 総重量}} \times 100$$

$$s = \frac{\text{砂重量}}{\text{CAC 総重量}} \times 100$$

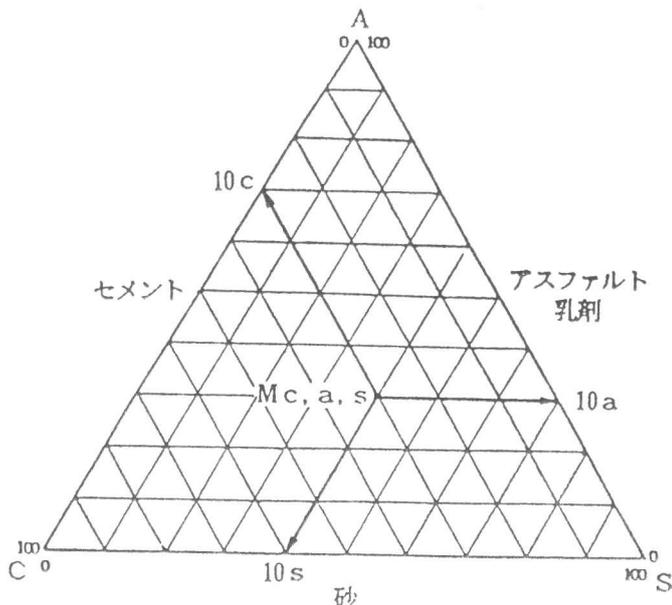


図-1 三角座標による配合

例えば、 $M_{30,20,50}$ とはセメント 30%、アスファルト 20%、砂 50% の CAC を表す。

2.2 供試体養生

供試体作成後型枠のまま 24 時間は温度 20℃ 湿度 80% 以上の湿潤箱にて養生し、脱形後温度 20℃ 湿度 80% 以上の恒温・恒湿室にて 6 日間養生を行った。セメントモルタルの場合は水中養生であるが、CAC の場合 24 時間養生後に水浸すると供試体が型くずれ又は水中分離を起こすものがある為空気中養生とした。

2.3 曲げ、圧縮強度試験

セメントモルタル用曲げ試験機（ミハエリス二重てこ型）、及び圧縮試験機により行った。ただし曲げ試験に関しては散弾容器を載せた時点で破壊を起こす供試体も存在する為散弾を受ける袋（重量が無視できる程軽いもの）を用意しこの中に散弾を落とすことにより曲げ強度を求めた。圧縮試験終了後の供試体をルツボ内に入れ 110℃ の乾燥器内で 24 時間乾燥し、乾燥後の重量を求めることにより供試体の含水比を求めた。供試体の湿潤密度は試験直前に空中重量を求め、体積は供試体厚を 5 点測定しその平均値を用いて求めこの両者の比にて求められた

3、実験結果

3.1 フロー試験結果

空气中乾燥状態の標準砂（含水比：0.15%）を使用し、セメントとアスファルト乳剤を混合した後砂を加え均一になるまで十分に混合した後フロー試験を行った。フロー試験の結果が図 2 に示されている。この図は砂の含有量が一定の場合であって、図 1 の三角座標で言えば、 $A \rightarrow C$ のラインに平行な線上の各格子点のフロー値を一本の線で結んで図示したものである。従って図中の砂の含有量が 0% の実線は、 $A \rightarrow C$ のライン上のものを示している。横軸にセメント重量百分率、縦軸にフロー値をとっており、 $A \rightarrow C$ のライン上の配合において、セメント量 10~50 の範囲はすべてフロー値 300 となっているが、この間はフロー値が 300 以上を示すので、便宜上 300 としている。

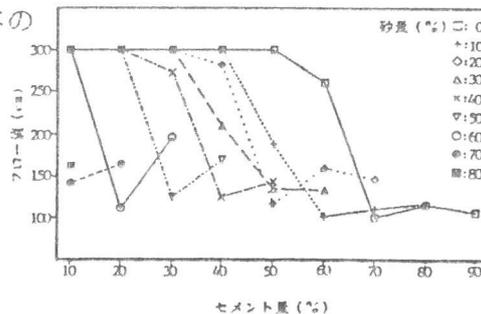


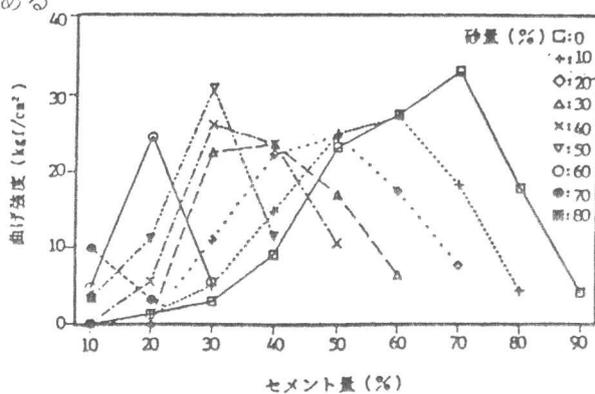
図 2 フロー試験結果

3.2 曲げ試験結果

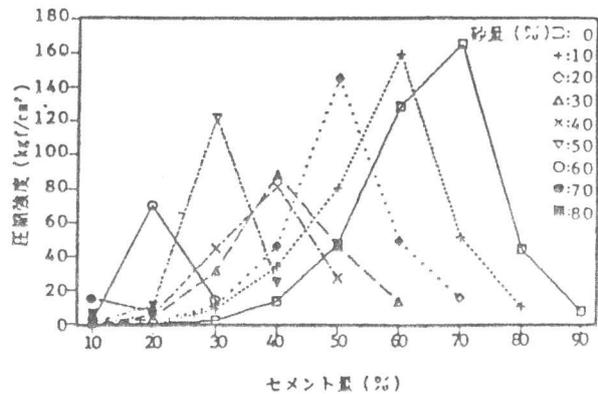
曲げ試験の結果が図3に示されている。この図も3.1同様砂の含有量が一定の場合であり、A→Cのラインに平行な線上の各格子点の曲げ強度を一本の線で結んで図示したものである。横軸にセメント量、縦軸に曲げ強度をとっている。いずれの8本のライン（9本目は点となる）もセメント量10%を起点としている。なおこのような図は、アスファルト乳剤量一定、セメント量一定の各々の場合について求められ全部で3種作成できるが、紙面の制約により省略する。

3.3 圧縮試験結果

圧縮試験の結果が図4に示されている。図4も曲げ試験結果同様砂の含有量が一定の場合である



図一三 曲げ試験結果



図一四 圧縮試験結果

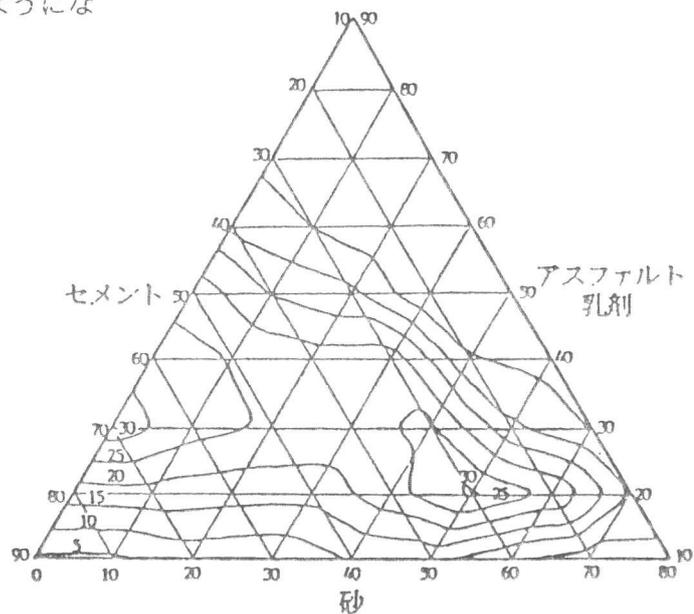
4、考察

4.1 フロー値について

図2より、砂の含有量一定の場合セメント量の増加（乳剤量は減少）にともないフロー値は減少する。砂の含有量によって異なるが、あるセメント量の範囲内に於てフロー値の急速なる減少が起きている。この範囲内ではフレッシュCACが液体から粉状体に移行する範囲であると考えられる。セメント量が多くなるとはやフレッシュCACの流れ出しはなくなり、フロー試験を行うとCACが粉状で飛び散るようになる。

4.2 曲げ強度について

図3より、砂の含有量を一定とすれば、曲げ強度とセメント量の相関図は山なりの曲線を描き、砂の含有量一定の場合曲げ強度が大となる最適セメント量が求められることになる（最適乳剤量も自動的に求められる）。三角座標配合に於ける各格子点の曲げ強度をもとに曲げ強度が同一になるであろう点を結んでできる等曲げ強度曲線を描いたものが図5である。この図よりM₃₂₅付近の配合に於て曲げ強度大の小山があり、山の稜線がこの小山とM₇₃₀方向につらなっているようで



図一五 等曲げ強度曲線

ある。なお等曲げ強度曲線の間隔は 5 kgf/cm^2 である。

4.3 圧縮強度について

図4より、傾向は曲げ強度の場合とほぼ同様となるが、圧縮強度の場合強度が最大となる山の移動が顕著にみられる。曲げ同様等圧縮強度曲線を描くと図6となる。強度が大となる山が2ヶ所にみられ格子点 M_{325} と M_{730} でこの間強度が大となる稜線で結んでいるようである。なお等圧縮強度曲線の間隔は 20 kgf/cm^2 として描いている。最高の圧縮強度を示す配合は M_{730} でこの配合に於ける圧縮強度は 160 kgf/cm^2 以上となっている。

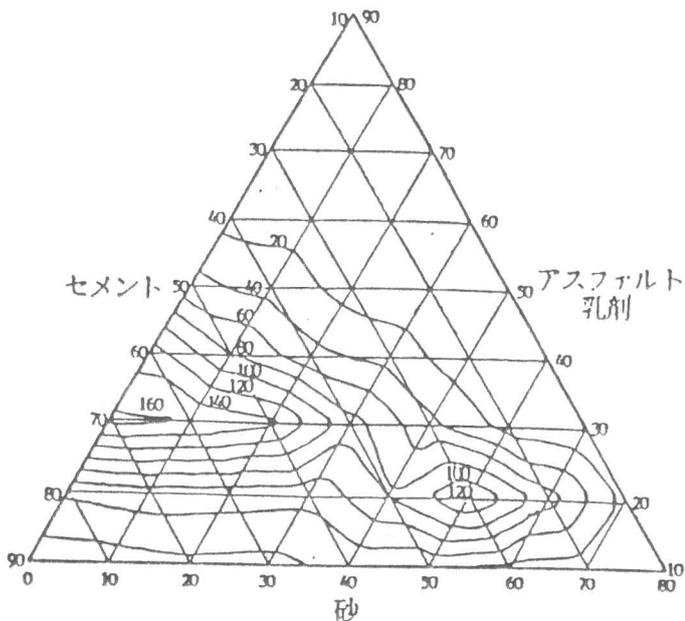


図-6 等圧縮強度曲線

4.4 圧縮強度と C/A の関係

圧縮強度と C/A (C:セメント重量百分率, A:アスファルト乳剤重量百分率) の関係のグラフを、縦軸に圧縮強度、横軸に C/A で表せば図7となる。この図は後述する粘性域に於ける値をプロットしたもので、圧縮強度と C/A には線形傾向があるものと思われる。そこでこの線形回帰直線、及び相関係数を求めると次式のようなになる。

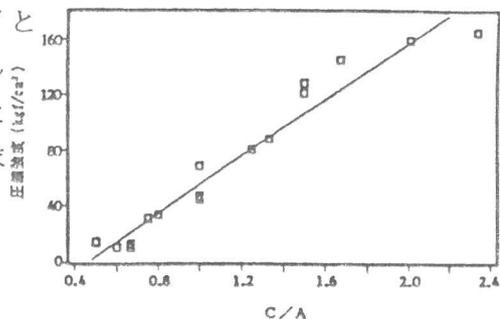


図-7 圧縮強度と C/A の関係

$$\text{圧縮強度} = -46.7 + 102.3(C/A) : \text{相関係数} (0.971)$$

4.5 曲げ強度と圧縮強度の関係

曲げ強度と圧縮強度の関係のグラフを縦軸に曲げ強度、横軸に圧縮強度で表せば図8となる。この図もやはり粘性域に於けるものであるが、曲げ強度、圧縮強度との関係にはセメントコンクリートのような線形傾向は認められないようである。即ち、曲げ強度の発現にはおのずと限界があり、圧縮強度に比例した曲げ強度は生じない。

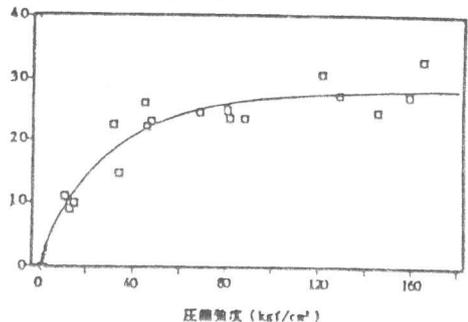


図-8 曲げ強度と圧縮強度の関係

5. CACのフロー性状による分類について

CACのフロー試験結果は図2に示されているが、3.1フロー値についてでも述べたように、フロー値はセメント添加量の増大とともに300以上のゾーン、300から100へと急激にフロー値が低下するゾーン、100とほとんど一定で流れ出しのあまり認められないゾーンの3タイプに分けられる。これら3タイプのゾーンをそれぞれ、液状域、粘性域、塑性域と称することにし、含水比及びフロー値により目安として次のように分類する。

- a. 液状域：含水比 7.5%以上
フロー値 300以上
- b. 粘性域：含水比 4.5%~18%
フロー値 100~300
- c. 塑性域：含水比 4.5%以下
フロー値 100~180

なお上記含水比、フロー値の範囲を同時に満足することを条件とするが、液状域と粘性域との境界付近のものについては、上記 a, b の範囲を同時に満たすものもあるため観察によって判断した。このようにして分類した各ゾーンを三角座標分布で示すと図9となる。図より乳剤添加量が少ない領域が塑性域、多くなるに従って粘性、液状域と変化する。今回の研究に於ては、フロー試験をセメントモルタル試験法に準じた方法にて行ったが、CACのフロー試験はセメントモルタル試験用フローコーンによる場合よりも、もっとフロー性状の差が顕著に表される方法による試験法を見いだす必要性があると思われる。

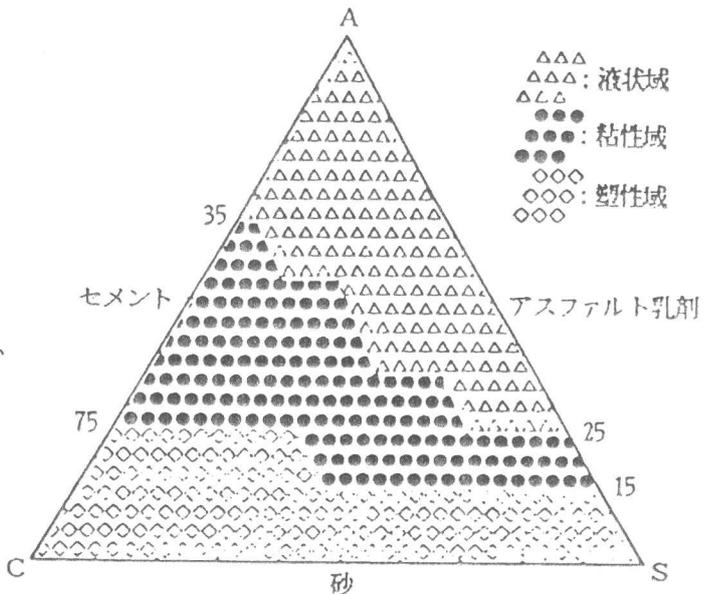


図-9 CACのフロー性状による区分

5.1 液状CAC

乳剤含有量が多く、フレッシュ液状CACには材料分離が生じており下層にセメント含有量が多く、上層になるに従って砂、乳剤が多い層と三層を成している。粘性域に近づくに従って、材料分離も少なくなる。含水比が高く乾燥密度が小さい。圧縮強度は10kgf/cm²以下で三角座標分布中では最も低いゾーン内のものである。液状と粘性との境界付近におけるCACは、ひび割れ又は細隙等の充填材、また斜面フェーシング等に適用することが可能なモルタルである。

5.2 粘性CAC

乳剤とセメントの両含有量が適度なモルタルであり材料分離は起きず、フレッシュCACは溶岩流の様相を程する。含水比は適度で乾燥密度が大である。締め固め率も大。締め固めもほとんど必要なく、型枠内に流し込み成形するような構造物に適する領域であって、曲げ、圧縮強度とも最大値をこの粘性モルタル域で得ている。

5.3 塑性CAC

乳剤量が少ない為パウダー状態で強度の締め固めを要するモルタルである。添加水により改良を加えると強度の発現が見込まれると思われる。碎石も含めたCACは路盤の安定処理材として使用されるが、表層材も含めて道路舗装材料に適用する範囲[7]がこの塑性域である。

6、まとめ

以上の実験結果からアスファルト乳剤、セメント、砂で構成される三角座標配合によるCACについて次のことが結論づけられる。

- 1、曲げ、圧縮強度ともに強度が極大となる配合が2ヶ所にみられ、配合M_{2.3.5}, M_{7.3.0}においてであり、これを結ぶライン上は強度が見込まれる配合で粘性域に属する。
- 2、最大圧縮強度は165kgf/cm²、最大曲げ強度は33kgf/cm²とともに配合M_{7.3.0}において

ある。

- 3、ACCはフロー性状によって液状域、粘性域、塑性域の3種に分けられ、土木用建設材料として適用する場合、これらのことを考慮した上で適否の検討をする必要がある。
- 4、圧縮強度とC/Aはフロー性状を一定の範囲内に限定すれば線形関係が成立する。

7、参考文献

- [1] 路上再生路盤工法技術指針(案)，社団法人日本道路協会，1987
- [2] 安崎裕，吉兼秀典，樋野義周：路上再生路盤工法の評価，土木技術資料 30-7，1986
- [3] (社)日本アスファルト乳剤協会技術委員会：セメント・アスファルト乳剤混合物の配合設計に関する研究報告、あすふあるとにゆうざい、No82, pp12~33, 1985
- [4] (社)日本アスファルト乳剤協会技術委員会：セメント・アスファルト乳剤混合物の配合設計方法(その二)、あすふあるとにゆうざい、No85, 1986,
- [5] 召田紀雄、雫川博光：セメント・乳剤による路上再生工法と補修計画の検討、あすふあるとにゆうざい、No81, pp18~25, 1985
- [6] 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、No78, pp4~14, 1984
- [7] 田代忠一、上田満：セメントファイラー使用アスファルト乳剤コンクリートの強度発現、コンクリート工学年次論文報告集，第12巻，第1号，pp931~936，1990