

徳島大学 正員 荒木謙一
同 同 ○戸川一夫
広島県庁 同 田原克尚

1. まえがき

従来わが国ではアスファルト舗装が盛んであったが、近年コンクリート舗装について耐久性、すべり抵抗、すりへり抵抗、品質管理の容易さあるいは重交通に対する信頼性などの面から再評価を与える研究報告もみられるようである。コンクリート舗装の欠点の一つに多くの目地区切らねばならないということがある。この目地をすくなくし、また連続コンクリート舗装が可能になれば大いにコンクリート舗装の有利性が発揮されると考えられる。

本研究は近年市販され、その膨張特性がしばしば土木・建築のコンクリート構造物の適用に供している膨張性混和材(以下CSAと称す)を添加してコンクリートの収縮量を低減させてコンクリート舗装の収縮目地減少の可能性を実験室的に究明しようとするものである。

本実験はまず、CSA添加コンクリート(以下CSAコンクリートと称す)の基礎的性質ならびに配合条件および養生条件の差異によるCSAコンクリートの乾燥収縮特性あるいは強度特性の差異をCSA無添加の普通コンクリートと比較検討し、CSAコンクリートの最適配合条件あるいは養生条件を考察した。

2. 実験概要

使用材料：セメントは普通ポルトランドセメント(日本セメントK.K製)を使用した。

骨材

は粗骨材として吉野川産川砂利と徳島県

大原産砕石(硬質砂岩)を、細骨材は吉野川産川砂を用いた。粗骨材の最大寸法はいずれも40mmとし、50~40mm、40~30mm、30~20mm、20~10mmおよび10~5mmの5粒度区分に、また細骨材は5~1.2mmおよび1.2mm以下の2粒度区分にふるい分け、いずれも土木学会コンクリート舗装標準示方書の粒度範囲に入るように再混合して使用し

表-1 骨材の物理試験結果

試験項目	粗骨材 砕石	粗骨材 川砂利	細骨材 (川砂)
比重	2.60	2.62	2.60
単位容積(100g以内)	1670	1770	1730
吸水率(%)	1.48	1.45	1.09
含水率(%)	—	—	0.22
含水率(%)	26	22	24
粗粒率	7.26	7.36	2.80

図-1 骨材の粒度曲線

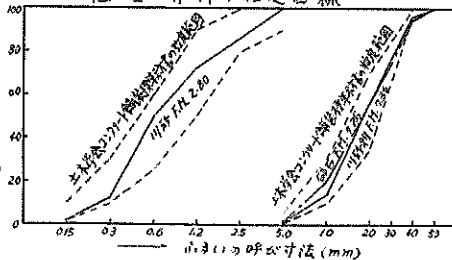


表-2 コンクリートの配合

コンクリート	単位量	単位量	単位量	単位量	単位量	単位量	単位量	単位量	単位量
	セメント	セメント	セメント	セメント	セメント	セメント	セメント	セメント	セメント
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
I	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	—
II	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
III	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
IV	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
V	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
VI	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
VII	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
VIII	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
IX	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
X	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
XI	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
XII	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
XIII	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
XIV	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
XV	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
XVI	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
XVII	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
XVIII	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
XIX	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
XX	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
XXI	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
XXII	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
XXIII	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
XXIV	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
XXV	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
XXVI	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
XXVII	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
XXVIII	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
XXIX	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1
XXX	A	42.1	39	31	120	310	602	1225	34.1

に示し、すべてのコンクリートについて粗骨材最大寸法40mm、目地寸法20mm以内とする。
Iシリーズ：川砂利コンクリート。AはAE減水剤使用、CAはAE減水剤未使用。
CSAコンクリート：CはCSAをセメント重量内約21%添加。
IIシリーズ：砕石コンクリート。CAはIシリーズに同じ。
IIIシリーズ：CSA添加率を異ならせた試験シリーズ。数字はCSA添加率(%)。
IVシリーズ：単位水量、単位セメント量を等化させた試験シリーズ。
Vシリーズ：細骨材率を異ならせた試験シリーズ。
VIシリーズ：初期養生条件を異ならせた試験シリーズ。AはAE減水剤使用、CAはAE減水剤未使用。

た。図-1に粒細骨材の粒度曲線を、表-1に粗細骨材の物理試験結果を示す。

膨張材はカルシウムサルフォアルミネート系のCSA膨張材(電化社製)を用いた。またAE減水剤としてポリリスNo.5LAを使用した。本実験に用いたコンクリートの配合を表-2に示す。コンクリートの配合は舗装用コンクリートを対象にしてかた練り配合とし、スランプ2.5cm以下、振動台式コンシステンシー試験による沈下度30秒以上を目標にしている。

養生は水中養生(水温 $20 \pm 2 \text{ deg.}$)と恒温室での空中養生(温度 $20 \pm 2 \text{ deg.}$ 、相対湿度 60~80%)、および初期養生条件の影響を検討する場合には可変養生槽(田葉井製作所KK製PR-2型)を使用して行った。

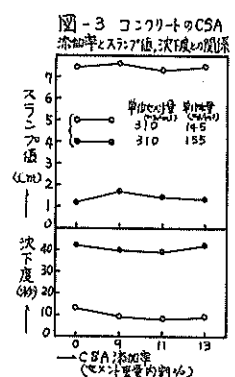
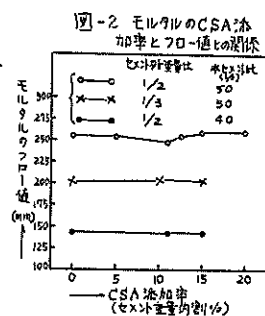
コンクリートの長さ変化の測定は研令1日を基長とし、コンパレータ方法を用いた。またコンクリートの凝結硬化速度の測定にはプロクター貫入抵抗法を用いた。

なお、舗装用コンクリートのように無収縮性を要求されるコンクリートについてはCSAコンクリートの最大膨張量が多いことよりも最大膨張時以後の収縮量(以下相対収縮量と称す)が小さいことがのぞましいために、本実験では主としてCSAコンクリートの相対収縮量に注目して実験結果をまとめた。

3. 本実験結果とその考察

1) CSAモルタルのフローおよびCSAコンクリートのコンシステンシーについて

図-2はCSA添加率を変化させた場合のCSAモルタルのフロー値を示している。セメント砂比ならびに水セメント比を変化させてもCSAを添加したことによってモルタルのフロー値が変化することはないようであり、CSAはモルタルのフローに影響しないと考えてよい。また図-3はコンクリートのスランプ値、沈下度とCSA添加率との関係を示すが、これによればコンクリートの



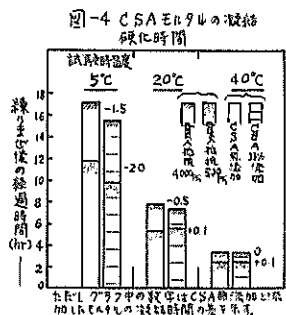
のコンシステンシーはCSA添加率にほとんど影響されていないようである。

これらの結果は通りによるモルタルの流下時間(丁漏斗法)よりえられた結論と同様の傾向を示している。したがって同一の配合を用いた場合、CSA無添加の普通コンクリートとCSAコンクリートとは同一のコンシステンシーを示すと考えてよいと思われる。

2) また固まらないときのCSAモルタルの諸性質について

図-4は普通ならびにCSAモルタルの始発および終結時間の比較を示す。養生温度によってCSA無添加の普通モルタルとCSAモルタルの始発・終結時間の差が異なるようであり、養生温度が低いと差がみられるが養生温度が20、40℃と高くなるとそれらの差はほとんどなくなる。

またブリージング率についても図-5に示すように養生温度によって両モルタル間の差がことなり、始発・終結時間についても同様に養生温度が低いときに両モルタル間のブリージング率に差がみられる。上記の



結果からCSAは養生温度が低いと、まだ固まらないモルタルの性質に若干の影響をおよぼすようであるが、常温(20℃)以上になるとその影響はほとんどなくなり、実際にCSAを使用してコンクリートを打込む場合に、とくに考慮すべき問題は生じないように考えられる。

3) CSAコンクリートの相対収縮量について

図6～9はCSAコンクリートの配合条件を変化させたときのCSAコンクリートの相対収縮量の差異を示している。図6からCSA添加率はCSAコンクリートの相対収縮量に影響するようと思われる。CSAコンクリートの膨張量についてはCSA添加率が増加するにつれて膨張量も増大することは明らかにされているが、添加率を増して膨張量を増加させても相対収縮量の低減がのぞめるとはいいがたく、自由膨張させるCSAコンクリートは強度低下の面ともあわせて考えねばならないが、添加率11%付近が適当であるように思われる。図7は単位水量、単位セメント量と相対収縮量との関係を示している。

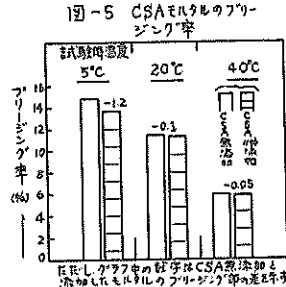


図6 CSA添加率と相対収縮量との関係

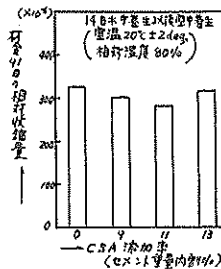
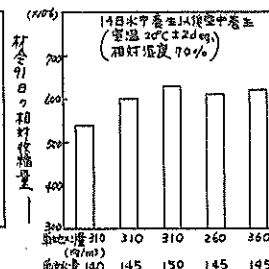


図7 単位水量、単位セメント量と相対収縮量との関係



CSAコンクリートの場合単位水量が少ないと相対収縮量の低減に効果的であり、これは単位水量が少ないと膨張量が大きくなるという結果とあいまって好都合な傾向を示している。またセメント量との関係については相対収縮量にはセメント量の増減はあまり影響しないようである。このことはW. Czerninも述べているようにコンクリートの乾燥条件のきびしさの程度によって左右されるものであり、相対湿度が60%

図8 細骨材率と相対収縮量との関係

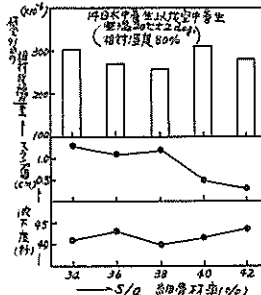
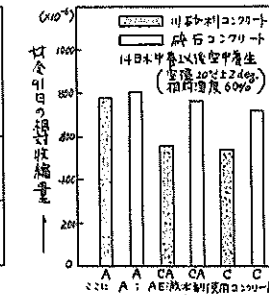


図9 AE減水剤がCSAコンクリートの相対収縮量に及ぼす影響



程度の乾燥条件ではガルの脱水がおこるほどの苛酷な条件ではなかったものと思われる。図8に細骨材率と相対収縮量との関係を示す。明確な傾向はつかみにくいが、概していえば最適細骨材率付近の細骨材率を用いたCSAコンクリートの相対収縮量が小さいようである。これはコンクリートの締め固め程度によってキャピラリー直径あるいはシステムが異なり、最適細骨材率付近のコンクリートはよく締め固められ、密実でありキャピラリー径も小さくなると考えれば収縮量も小さくなるものと思われる。図9は同一スラブでAE減水剤を用いたコンクリートとnon-AEコンクリートとの相対収縮量を調べたものである。川砂利コンクリート、砕石コンクリートともに相対収縮量は連行空気を含まないコンクリートの方が小さい。これはAE減水剤を用いて単位水量を少なくして収縮量を減少させる効果よりも空気量の増加による収縮量の増加の影響の方が大きいことを示しているように思われる。したがって空気量は所要のワーカビリティ、耐久性のえられる範囲内でできるだけ少ないことがのぞましいといえる。また同一スラブでは単位水量の少ない川砂利コンクリートが砕石コ

ンクリートよりも相対収縮量は小さい。図-10は初期養生条件の差異による相対収縮量への影響を示している。

この結果からCSAコンクリートの相対収縮量を低減させるには初期に高温高湿の養生を行なうのが効果的であり、強度が十分であれば養生温度は20℃程度でも十分であるように思われる。

4) CSAコンクリートの各種強度について

図-11はCSA添加率とCSAコンクリートの各種強度との関係を示す。CSA添加率11%

程度では強度低下は高高10%程度であり、一般に報告されているように自由膨張させるCSAコンクリートでは強度低下の比較的小さい添加率11%程度が適当であるように思われる。図-12

はセメント水比とCSAコンクリートの各種強度との関係を示す。CSAコンクリートにおいてもセメント水比と強度との間には直線関係が成立するようである。なお比較のために舗装用砕石コンクリートの強度試験結果を示して

いるが、本実験結果ではないので正確な判定はしにくい。水セメント比が高いとCSAコンクリートの強度低下は大きいようであり、これは面によっても指摘されている。またCSAコンクリートの引張強度が若干高くあらわす傾向は西らの報告にも述べられている。

4. あとがき

CSAコンクリートを舗装用コンクリートとして使用する場合、配合の面からは単位水量、空気量が少なく、最適細骨材率付近のコンクリートを用いるのがよく、CSA添加率は相対収縮量と強度低下を考え合わせて高高11%程度が適当であるように思われる。養生については初期に高温高湿の養生を行なうことが相対収縮量の低減に効果的であるように思われる。またCSAはコンクリートのコンシステンシー、その他に影響しないようである。

〈参考文献〉

- 1) 樋口、原田：セメントコンクリート、No.244、昭和42年4月。
- 2) 上とえは"ACI Committee 223: Jour. of ACI, Aug. 1970.
- 3) W. Czernin: 建設技術者のためのセメントコンクリート化、徳根吉郎訳、技報堂、昭和44年12月発行。
- 4) コンクリート専門委員会報告F-20：セメント協会、昭和43年4月。
- 5) コンクリート専門委員会報告F-22：セメント協会、昭和45年9月。
- 6) 西：セメントコンクリート、No.253、昭和43年3月。
- 7) 西、原田：Proceeding of the Fifth International Symposium on the Chemistry of Cement Part IV, 昭和43年。

図-10 初日までの各種養生条件と変化した場合のCSAコンクリートの相対収縮量の増大

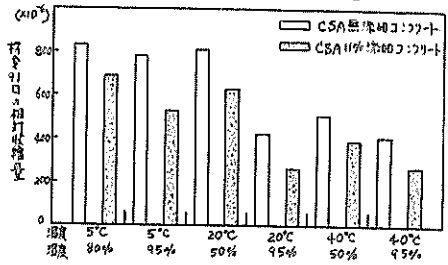


図-11 CSA添加率と各種強度との関係 [単位セメント量C+CSA=310kg/m³, 単位水量W=195kg/m³, スラング=2.5cm]

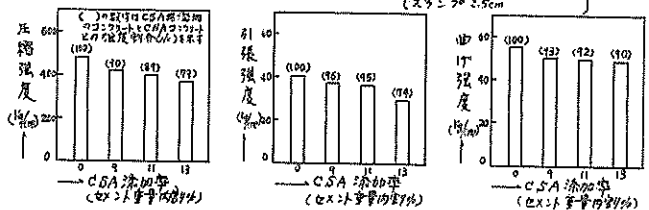


図-12 水セメント比とCSAコンクリートの各種強度 [単位水量 W=190~150 kg/m³, CSA添加率 11%, 単位セメント量C+CSA=260~360 kg/m³, スラング=2.5cm]

