

[1103] 反応性骨材を用いたコンクリートの膨張特性 に及ぼす混和剤の影響

正会員 秀島節治 (日曹マスタービルダーズ 中央研究所)
 正会員 能町 宏 (日曹マスタービルダーズ 中央研究所)
 正会員○高田 誠 (日曹マスタービルダーズ 中央研究所)
 正会員 西林新蔵 (鳥取大学工学部)

1. はじめに

近年、コンクリート中のアルカリ成分がある種の岩質を有する骨材と反応して生ずるコンクリート構造物の損傷とそれに伴う早期劣化がクローズアップされ一種の社会問題となってきた。この損傷防止策として昭和61年 6月建設省通達でコンクリート 1m³中のアルカリ総量を3kg以下とすることが暫定的に決められた。このように、総アルカリ量規制のうえからコンクリート材料のアルカリ量の低減化の必要性が生じてきている一方で、現在常用されている混和剤が反応性骨材を用いたコンクリートの膨張特性にどのような影響を及ぼすかを、早急に検討しておくことは混和剤メーカーの責務と考えられる。

現在、アルカリ骨材反応に及ぼす各種の要因について様々な研究が行われており、これらの試験方法、特に膨張特性については ASTM C 227 あるいは JIS A 5308 附属書8 によるモルタルバー法が主体となっている。しかしながら、この種の試験方法による結果をそのままコンクリートレベルに拡張して反応性を評価するには、実際のコンクリートとの配合(水セメント比、単位セメント量)あるいは空気量等が相違するために種々の問題が生じてくる。

そこで、本研究は、各種混和剤のアルカリ骨材反応に及ぼす影響を検討するため、反応性骨材の種類、配合条件、混和剤の種類等を主要因としてコンクリート試験体を作製し、それらの要因とコンクリートの膨張特性について考察を加えんとするものである。

2. 実験計画

反応性骨材を用いたコンクリートの膨張特性に及ぼす因子は多岐にわたり、これらすべてを実験的に検討することは非常に困難である。そこで本実験では、検討項目を以下の7項目とし、表-1に示す実験計画に基づいて

表-1 実験計画

実験を行った。

- ①粗骨材の種類と混合比の影響
- ②単位セメント量の影響
- ③ R₂Oの種類およびその量
- ④空気量の影響
- ⑤混和剤の種類および使用量の影響
- ⑥流動化剤の種類および添加方法の影響
- ⑦養生(保存)方法の影響

要 因	水 準
粗骨材の種類	S, T, N
粗骨材の混合比	S:N = 50:50, T:N = 50:50, S=100, T=100, N=100
単位セメント量 (kg/m ³)	350, 450, 550 (ブレン・AE) ; 315, 405, 495 (AEWR)
R ₂ Oの種類	NaOH, NaCl
R ₂ O量 (C×%)	0.5, 1.0, 1.5, 2.0
空気量 (%)	フリー, 4.5, 6.0
混和剤の種類	なし, AE (No1,2) , AEWR (No1 ~5)
混和剤の使用量	標準, 3倍使用
流動化剤の種類	SP (No1 ~3) (同時・あと添加)
養生方法	(A) 20℃養生 (B) 40℃養生 (C) 屋外養生 (D) 海水養生

3. 使用材料およびコンクリートの配合

3.1 使用材料

セメントは表-2に、骨材は表-3に示すものを使用した。なお、ASTM C 289 (骨材の潜在反応性試験)

化学法でSは潜在的有害、Tは有害、Nは無害と判定された。また、潜在的有害と判定されたS骨材は、ASTM C 227 モルタルバー法による結果

(ただし、Na₂Oeq: 1.0 %の場合) では、材令6ヶ月の膨張率は有害とされる0.1 %以下であり、無害と判定された。

また、実験に用いた混和剤およびその主成分、R₂O量を表-4に示す。

3.2 コンクリートの配合

実験は、目標スランプを15cm、目標空気量をフリー、4.5 および 6.0%とし、単位セメント量を 450kg/m³、R₂O : 1.5 % (NaOH) を基本配合とした。(表-5参照)

ここで、AEWRコンクリートの単位セメント量は、実用面を考慮してプレーンおよびAEコンクリートより10%減少させ、基本の単位セメント量を 405kg/m³とした。

表-2 使用セメントの物性値および化学成分

種類	比重	比表面積 (cm ² /g)	化学成分 (%)									
			ig. loss	Insol	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O
普通ポルトランドセメント	3.15	3200	0.5	0.9	21.7	5.7	3.5	62.6	1.8	2.3	0.19	0.33

表-3 使用骨材の物性値

記号	産地・種類	最大寸法 (mm)	表乾比重	吸水率 (%)	粗粒率	ASTM C 289			ASTM C 227	
						Sc	Rc	Sc/Rc	3ヶ月	6ヶ月
-	瀬戸内精鉱珪砂	-	2.60	1.05	2.79	29	36	0.81	0.03	0.06
S	瀬戸内(東部)産砕石	20	2.52	2.24	6.56	732	177	4.14	0.01	0.02
T	鳥取県産砕石	20	2.64	1.14	6.54	252	65	3.88	0.19	0.28
N	青梅産砕石	20	2.64	0.75	6.76	42	48	0.88	0.01	0.01

注) ① Na₂Oeq. = 1.0 %の場合
 ② Na₂単位は (mmol/l)
 ③ Na₂単位は (%)

表-4 実験に用いたコンクリートの主成分および R₂O量

タイプ	種類	主成分	R ₂ O (wt%) (製品中)
AE剤	AE-1	アルキルアリルスルホン酸塩	2.00
	AE-2	天然樹脂酸塩	2.02
AE減水剤	AEWR-1	リグニンスルホン酸化合物	0.23 (2倍液)
	AEWR-2	リグニンスルホン酸化合物	0.26 (4倍液)
	AEWR-3	リグニンスルホン酸化合物およびロダン化合物	3.94
	AEWR-4	有機酸系誘導体	4.30
	AEWR-5	ポリオール複合体	0.02 (4倍液)
流動化剤	SP-1	ナフタリンスルホン酸カルシウム系化合物	0.40
	SP-2	メラミンスルホン酸系化合物	2.98
	SP-3	変形リグニンスルホン酸化合物、メラミン系特殊化合物	3.20

表-5 コンクリートの基本配合

混和剤	粗骨材	R ₂ O		目標スランプ (cm)	目標空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)	
		種類	混入量 (C×%)					水	セメント
なし	S=50	NaOH	1.5	15	フリー	45.1	40	203	450
					4.5	41.6	38	187	
					6.0	40.7	37	183	
AE剤	S=50	NaOH	1.5	15	フリー	44.7	40	181	405
					4.5	42.5	38	172	

4. 実験方法

上記の配合に基づき練り混ぜたコンクリートを図-1に示すフローチャートにしたがってアルカリ骨材反応性試験を実施した。

なお、アルカリ量はNaOHあるいはNaClを練り混ぜ水に添加して調整した。

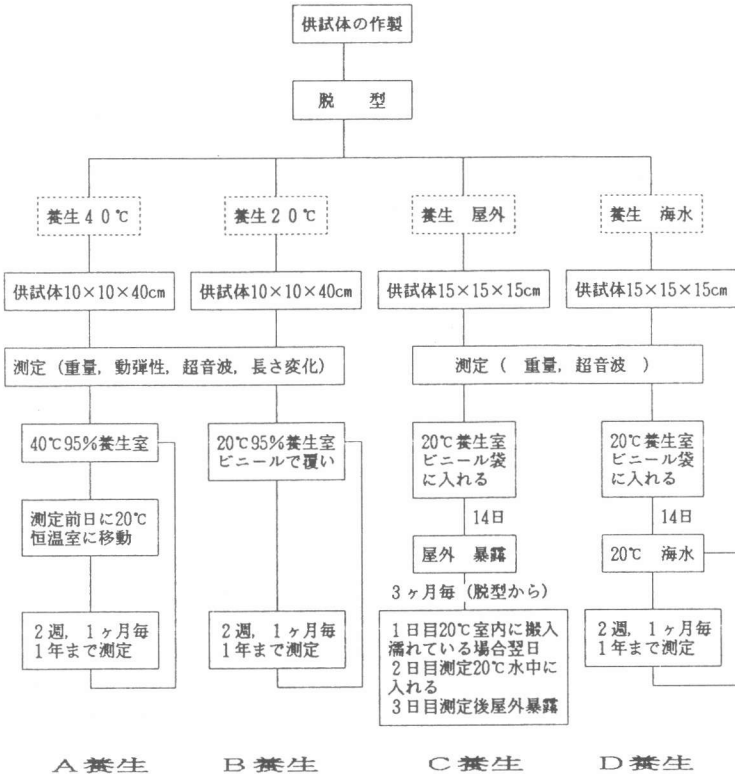


図-1 アルカリ骨材反応試験のフローチャート

5. 実験結果および考察

5.1 実験-I：骨材の種類および混合比の影響

骨材の種類および混合比が膨張率に及ぼす影響について検討した結果は、図-2に示すとおりである。S=100%およびT=100%の材令6ヶ月の膨張率を比較するとTはSの約2倍の値を示した。なお、化学法で有害と判定されたT骨材の場合、非反応性骨材であるNを50%混合したものとT=100%ではその膨張性状に差は認められなかったが、潜在的有害と判定されているS骨材の場合、6ヶ月の膨張率を比較するとS=100%で約0.1%であるのに対して、S:N=50:50は約0.3%とその膨張率は約3倍に増大し、この骨材では混合率50%程度にベシマムが存在すると思われる。

5.2 実験-II：単位セメント量の影響

単位セメント量が膨張率に及ぼす影響について検討した結果を図-3に示す。S=50%、T=50%はともに、単位セメント量が450、550 kg/m²では、膨張率にほとんど差は認められないが、単位セメント量が350 kg/m²では、450および550 kg/m²の約40~60%程度に膨張率

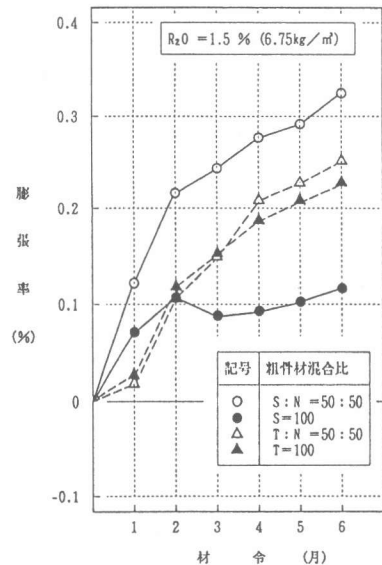


図-2 材令と膨張率の関係 (粗骨材の種類と混合比の影響)

が低減している。

このことより、セメント量が増大すると膨張率は増大するが、ある限度を越えると膨張率はセメント量に比例して増大しなくなり、セメント量にもベシマムが存在することが予想される。

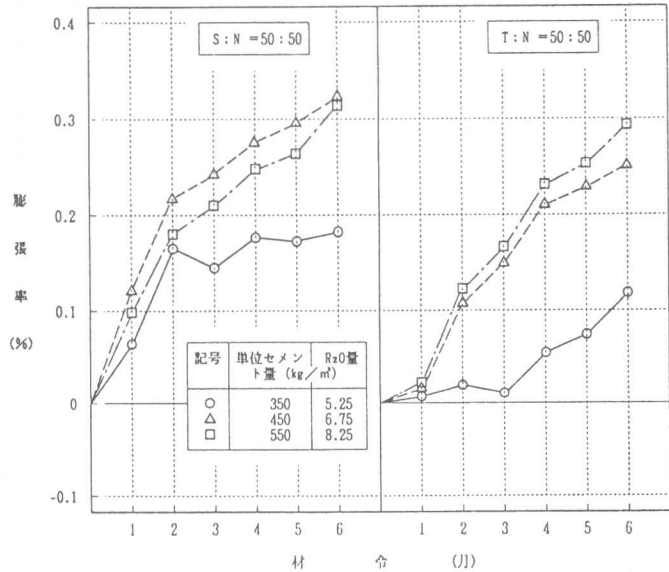


図-3 材令と膨張率の関係 (単位セメント量の影響)

5.3 実験-Ⅲ：空気量およびAE剤の種類の影響

空気量およびAE剤の種類が膨張率に及ぼす影響について検討した結果は図-4に示すとおりで、R₂₀ : 0.5%においては膨張は全く認められない。いま、材令6ヶ月の膨張率で図示すると図-5のようになり、R₂₀ : 1.5, 2.0%では空気の連行による膨張低減効果が認められた。

ちなみに、AE No1の材令6ヶ月における膨張率をプレーンコンクリートと比較すると、R₂₀ : 1.5%の場合、空気量4.5%では約40%、6.0%では約75%程度膨張率は低減するが、R₂₀ : 2.0%の場合、空気量が4.5および6.0%では膨張率に差は認められず、プレーンに対し約15%の膨張低減効果しか認められなかった。また、同様にAE No2の材令6ヶ月の膨張率をプレーンコンクリートと比較すると、R₂₀ : 1.5%の場合、空気量が4.5および6.0%では膨張率に差は認められず、プレーンに対し約40%の膨張低減効果であった。

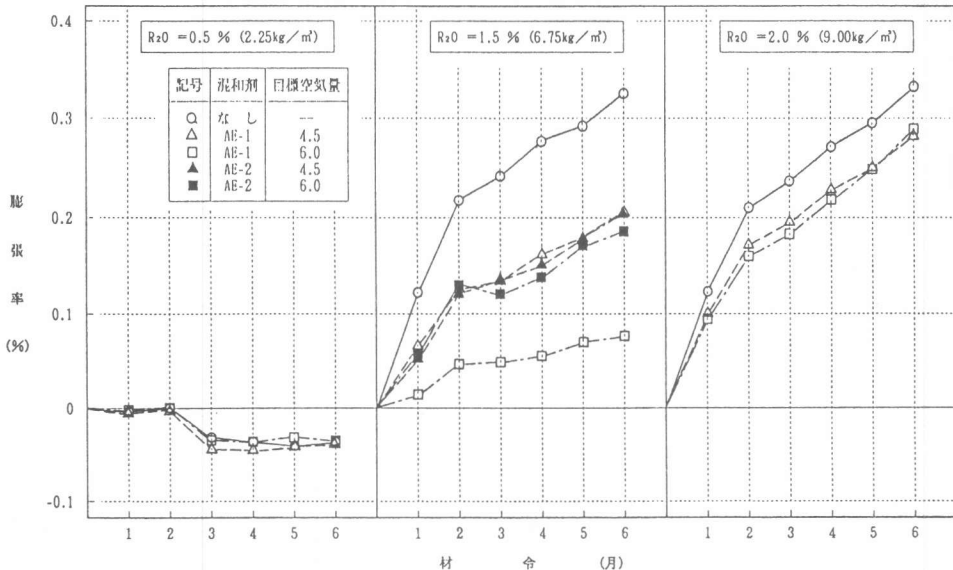


図-4 材令と膨張率の関係 (空気量およびAE剤種類の影響)

これら、R₂O量あるいはAE剤の相違によって膨張低減効果が異なった原因の一つに気泡組織の影響があると考えられるので、この点について今後検討する予定である。

5.4 実験-IV：混和剤種類の影響

混和剤の種類がアルカリ骨材反応に及ぼす影響について検討した結果を図-6に示す。これから、プレーン > AE > AEWR コンクリート（AE および AEWR の目標空気量は 4.5%）の順で膨張率は低減されている。しかし、AEWR コンクリートは実用面を考慮して単位セメント量を AE コンクリートより10%減少させているので、図-7に示すようにアルカリ総量と膨張率の関係で比較検討すると、

AEWR の膨張性状は AE と同一と考えられる。また、ここでは、R₂Oの種類として単位セメント量 450kg/m³（AEWRは 405kg/m³）において、NaOHの他にNaClでも検討したが、今回の実験では、NaClの方がNaOHより若干膨張率は大きくなる傾向が認められた。

また、AEWRの種類の影響を検討した結果は図-8に示すとおりで、T : N = 50 : 50においてAEWR-3が若干他より膨張率が大きくなっているほかは、AEWRの種類による膨張性状の相違は特に認められなかった。

ちなみに、コンクリート 1m³当りの混和剤からのアルカリ量は、単位セメント量：405kg/m³、R₂O：1.5%では、AEWR-1,2,4 は13~35g であるのに対しAEWR-3は170gとなっている。

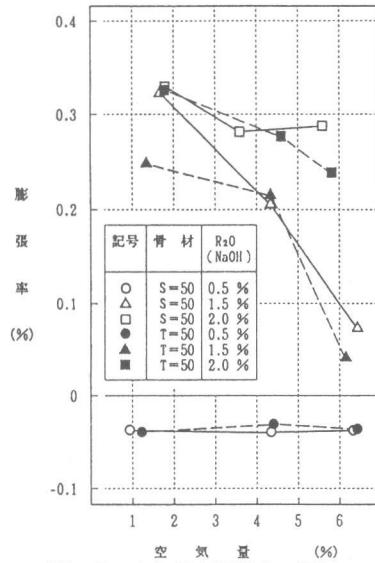


図-5 空気量と膨張率の関係

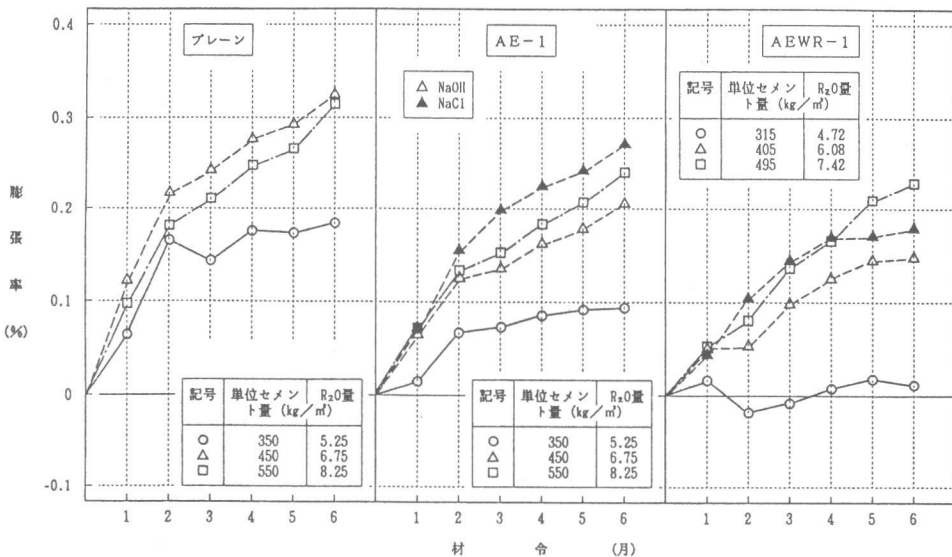


図-6 材令と膨張率の関係（混和剤種類の影響）

したがって、ある種の反応性骨材を使用した場合、混和剤からアルカリが混入することによって膨張が助長されうる可能性があるといえる。

6. まとめ

促進養生条件下における材令6ヶ月までの試験結果をまとめると以下のとおりである。

①空気量の増大によって膨張率は低減する。

②AE減水剤を使用したコンクリートの膨張性状は、AE剤を使用した場合と同様な傾向を示す。

③混和剤からアルカリが混入することによって膨張が助長されうる可能性がある。

現在、表-1に示した実験計画に基づき試験を継続中であり、また、その他の試験方法（相対動弾性係数、超音波伝播速度、ひびわれ状況等）についてもかなりのデータが得られている。これらの結果については改めて報告する。

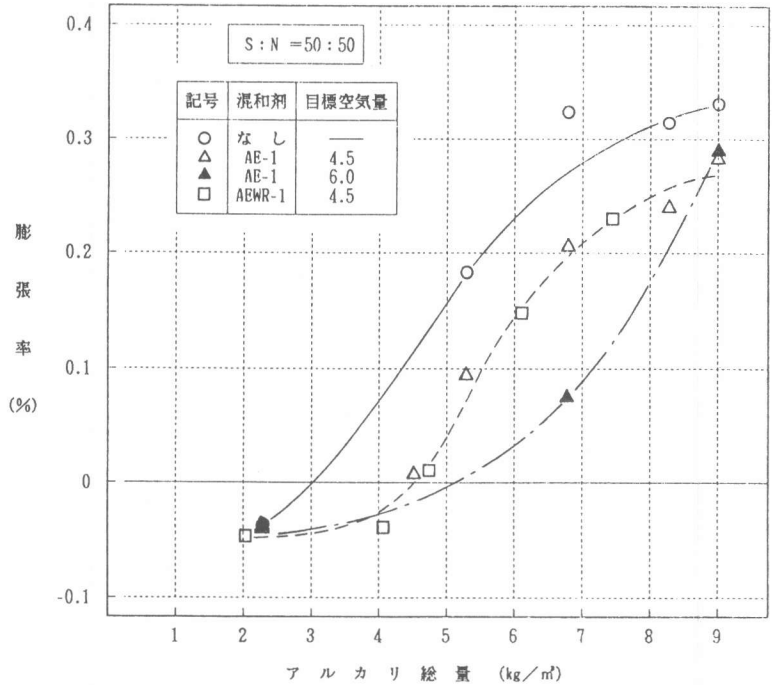


図-7 アルカリ総量と膨張率の関係

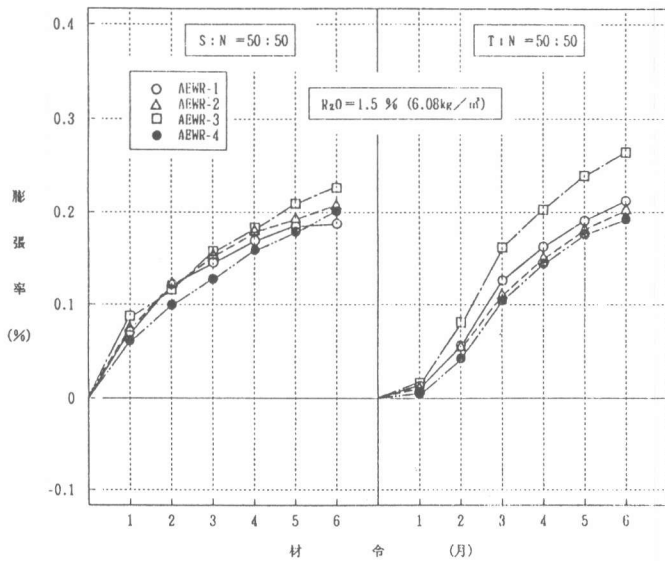


図-8 材令と膨張率の関係 (AE減水剤種類の影響)