

V-201 A S R防止対策としてのモルタルバー・コンクリートバーの関連性と混合材の効果

阪神高速道路公団 正会員 古池正宏
大阪セメント株式会社 ○正会員 小林茂広

1. 緒言 アルカリ骨材反応によるコンクリートのアルカリシリカ膨張は、骨材に含まれる反応性シリカとセメント、混和剤・材等から供給されるアルカリ金属および水の存在によって生ずることが明らかにされている。これを防止するために、建設省暫定案として、ア) 安全と認められる骨材の使用、イ) 低アルカリ形セメントの使用、ハ) 抑制効果のある混合セメント等の使用、ニ) コンクリート中のアルカリ総量の規制、が示されている。

骨材がモルタルバー法の試験により有害と判定された場合、コンクリートや鉄筋コンクリート中に含有されるアルカリ濃度レベルがどの程度の限度以上の場合に、有害な膨張を起こすのかを知ることは防止上きわめて有用なことである。つぎに、混合材を用いてアルカリシリカ膨張を防止する場合、その限界等を定量的に把握するため、高炉スラグ、フライアッシュを各種の割合で添加し、その添加量と膨張との関係を明確にしておく必要がある。本研究では、反応性骨材として、現在我が国で比較的活性であり、被害例も多いと考えられる古銅輝石安山岩を用いて、上記の防止効果について検討した。

2. 使用材料 使用材料の化学分析値を表-1に、骨材の特性を表-2に示す。

表-1 材料の化学分析値

種別	Na ₂ O(%)	K ₂ O(%)	等価Na ₂ O(%)
セメント	0.34	0.54	0.70
スラグ1	0.20	0.26	0.37
スラグ2	0.27	0.37	0.51
フライアッシュ1	1.78	0.82	2.32
フライアッシュ2	2.12	0.77	2.63

表-2 骨材の特性

種別	表乾比重	F.M	ASTM C289試験		
			Sc (mmol/l)	Rc (mmol/l)	判定
非反応性砕石	2.70	6.57	32	97	無害
反応性砕石	2.55	6.61	807	119	潜在的有害
非反応性川砂	2.60	2.77	26	91	無害

3. 試験方法および結果

1) モルタルバーとコンクリートバーの膨張量の関連 反応性骨材の混合率、セメントのアルカリ量を変化させて供試体を作成した。モルタルバーはASTM C227に従って、W/C=48%一定で成型した。コンクリートバーの配合は、骨材最大寸法20mm, W/C=50%, 単位セメント量352kg/m³, 空気量3±1%とし、無筋および拘束（鉄筋比0.95%）の供試体（10×10×40cm）を成型した。

結果を、図-1～3に示す。モルタルバー法の結果（材令6ヶ月）によると、混合率がベシマムの場合はアルカリ量約0.9%, 混合率100%では、アルカリ量1.3%で0.1%以上の膨張を示し、有害と判定される。一方、コンクリートバーでは、実際に膨張ひびわれが発生するひずみは300～500×10⁻⁶であり、下限の条件以上になるアルカリ量は、ベシマム混合率の場合、自由膨張で約5.2kg/m³, 拘束膨張コンクリートバーでは約5.4kg/m³以上、100%混合率でそれぞれ5.3および5.8kg/m³以上である。

従って、古銅輝石安山岩の場合、通常はアルカリ量1.2%で作ったモルタルバーを試験して有害であれば、その骨材を用いた単位セメント量350kg/m³, W/C=50%程度のコンクリートでは自由、拘束のどちらの条件でもコンクリート中のアルカリ総量5～6kg/m³程度以上になると膨張ひびわれが発生するという関連が見られる。しかし、コンクリートバーの膨張には、骨材の粒度、セメント量など相違する材料特性の影響が大きいことを認識しておく必要がある。

2) 混合材の添加によるA S Rの防止効果

骨材は反応性骨材100%とし、ベースセメントのアルカリ量を2.0%に調整した。モルタルバーの膨張は材令10週でほぼ飽和しその後の進展は、高炉スラグ、フライアッシュの添加率を変化させても特に変化することはない。モルタルバーの材令52週における膨張量と混和材添加率との関係を、図-4, 5に示す。

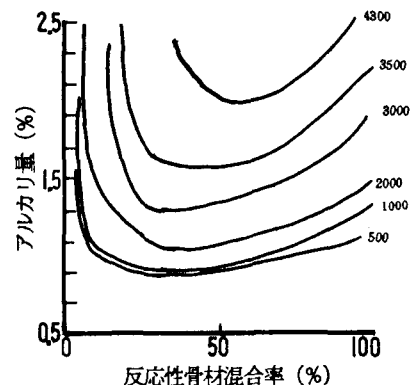


図-1 骨材混合率、セメントのアルカリ量を変化させたモルタルバーの膨張 (×10⁻⁶)

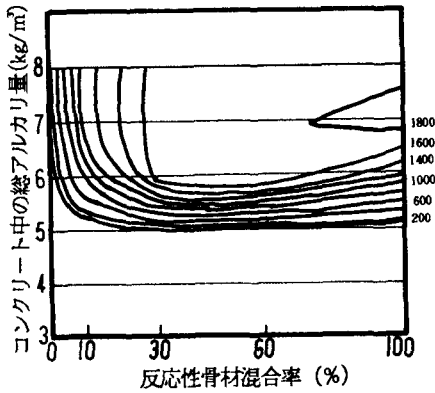


図-2 骨材混合率、セメントのアルカリ量を変化させたコンクリートバーの自由膨張 ($\times 10^{-5}$)

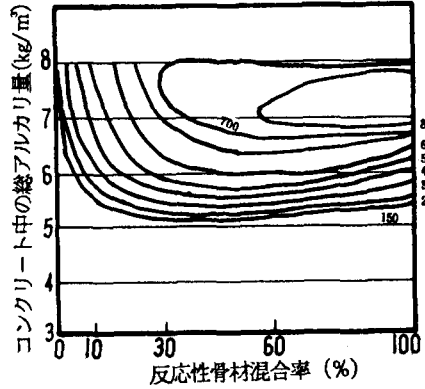


図-3 骨材混合率、セメントのアルカリ量を変化させたコンクリートバーの拘束膨張 ($\times 10^{-5}$)

膨張量は、高炉スラグおよびフライアッシュのどちらの場合も、添加率の増加と共に急激に低下する。この関係を材令52週においてみれば、高炉スラグの場合には、スラグ中のアルカリ量の高低にかかわらず添加率45%でほぼ膨張量は0%になることがわかる。フライアッシュの場合には、同様に30%でほぼ0%となる。

従来から、海外の研究結果では、スラグ混合率50%以上、フライアッシュ混合率25%以上がアルカリ骨材反応の防止に有効であるといわれているが、本実験によればスラグの場合45%以上でほぼこれを追認できる結果となっている。

なお、供試体の外観観察では、スラグ、フライアッシュ添加率の増加につれゲル浸出点数が減少していくことが認められ、スラグでは45%以上、フライアッシュでは25%以上で特にその傾向が顕著になった。

また、スラグ・フライアッシュ中のアルカリ含有量の影響を見るために、入手可能な範囲でアルカリ量の高いものと低いものを採取したが、膨張試験の結果では、この程度のアルカリ含有量の相違は膨張量に有意な差を生じないことが明らかとなった。

コンクリートバーの材令52週における膨張量と添加率の関係を図-6、7に示す。

膨張量の絶対値が小さいため、モルタルバーの結果ほど明確ではないが、傾向は同じようである。すなわち、コンクリートの場合でも、高炉スラグの場合添加率45%、フライアッシュの場合30%以上であれば膨張は防止できることを示している。

なお、本研究は阪神高速道路管理技術センター 反応性骨材コンクリート調査研究委員会(委員長 岡田清京都大学名誉教授)の調査研究活動の一環として実施したものである。

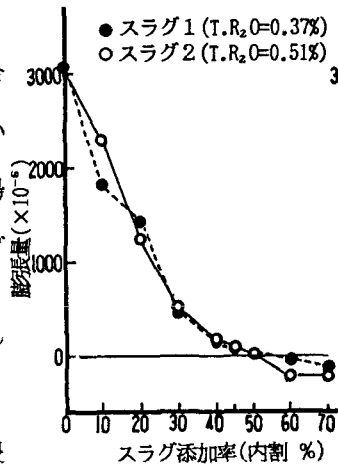


図-4 スラグ添加率とモルタルバー膨張量の関係

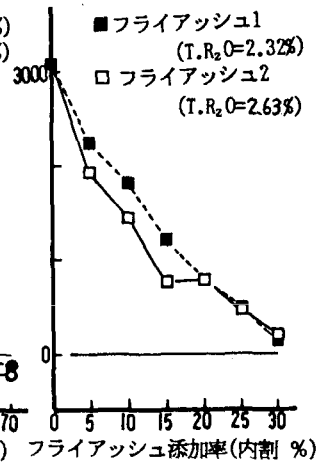


図-5 フライアッシュ添加率とモルタルバー膨張量の関係

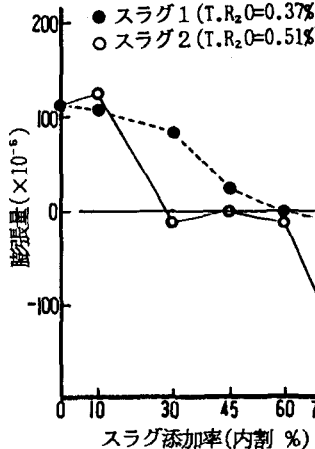


図-6 スラグ添加率とコンクリートバー膨張量の関係

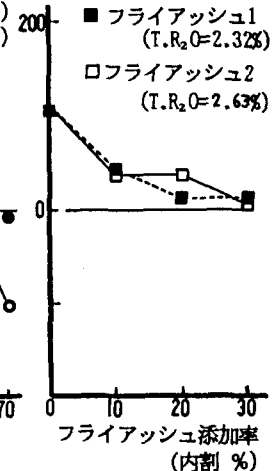


図-7 フライアッシュ添加率とコンクリートバー膨張量の関係