

アルカリ骨材反応における高炉セメントの界面抑制作用に関する研究

鳥取大学工学部 正員 西林新蔵

鳥取大学工学部 正員〇王 鉄成

鳥取大学工学部 正員 林 昭富

1. まえがき

アルカリ骨材反応（以下AARと略称）によるコンクリート構造物の劣化防止対策の一つに、混合セメントの使用が有効であるとされている。しかし、反応性成分の異なる骨材それぞれに混和材料の種類と量の決定や混和材料のAAR抑制効果に対する的確な評価方法が確立されていないなどの問題が残されている。

本研究では、反応性骨材に高炉セメントC種をまぶした骨材（Wrapped aggregate :WA法）を用いて作成したモルタルバーについて、通常の40℃，R.H.100%の促進試験と簡易オートクレーブ処理による促進方法を行なった場合の膨張量、強度特性（圧縮、曲げ強度）および骨材界面の反応リム、ゲルの観察からその膨張抑制効果について検討する。

表 - 1 実験計画

2. 実験概要

2. 1 使用材料

本実験に使用したセメントは、普通ポルトランドセメント ($R_2O=0.5\%$) と高炉セメントC種 ($R_2O=0.3\%$) である。反応性細骨材として、斜方輝石安山岩の反応性骨材T1（粒径2.5～5.0mm）を使用した。添加アルカリ化合物としては、試薬1級のNaOHを練混ぜ水に溶かして使用した。

2. 2 実験方法

モルタルの配合条件および実験計画を表-1に示す。練混ぜ手順としては、初めに反応性骨材を全セメント量の1/3で練り混ぜ、恒温室で24時間養生し、その骨材（WA）に対

配合条件	W/C=0.45, S/C=2.25					
練混ぜ方法	WA方法				従来の方法	
	1回目 (1/3)	2回目 (2/3)	1回目 (1/3)	2回目 (2/3)		
セメントの種類	高炉C種 B	普通 N	普通 N	普通 N	高炉C種 B	普通 N
供試体記号	B-N2.5		N2.5-N2.5 N0.5-N2.5			
	B-N1.5					N1.5
	B-N1.0					N1.0
	B-N0.5				B	N0.5

して、再び残りの2/3のセメント量で練り混ぜた後、寸法4×4×16cmの型枠に打設、成形し、恒温室でさらに24時間養生した。また、モルタル中の総アルカリ量は、 Na_2O 当量で0.5, 1.0, 1.5, 2.5%となるようにNaOHを用いて調整した。膨張量の測定および反応性生成物の観察は、オートクレーブ処理（120℃, 0.1Mpa, 4時間）を行なった後、恒温室で24時間静置してから、供試体の長さ変化、強度特性（曲げ、圧縮）を測定し、さらに40℃, R.H.100%の条件下に保存して膨張量の経時変化、強度特性について測定した。また、供試体から切り出した薄片をD-dry処理した後、実体顕微鏡によって骨材界面の反応リムやゲルの有無を観察した。

3. 結果と考察

3. 1 WA法による膨張特性

各セメントの組合わせにおけるモルタルバーの膨張量の経時変化を図-1に示す。図-1より、従来の方法（1回練混ぜ）の場合、対比用の普通セメントについて見ると、0.5～1.5%のアルカリ量を含む供試体

(N(0.5), N(1.0), N(1.5)) は、オートクレーブ処理でも40℃, R.H.100 %の条件の保存においても、材令20週までほとんど膨張は現われなかった。WA法の場合、N(0.5)-N(2.5), N(2.5)-N(2.5)の供試体は、オートクレーブ処理においてはそれぞれ0.045 %, 0.136 %の膨張量を示し、また40℃, R.H.100%の条件においては、N(0.5)-N(2.5) は24週で0.27%, N(2.5)-N(2.5) は材令10週で0.48%の膨張量を示した。

図-2より、高炉セメントC種のWA法の場合、オートクレーブ処理においては、B-N(2.5)の供試体のみ0.02%の膨張が現われた。40℃, R.H.100 %の条件に保存した場合、B-N(1.0), B-N(1.5)の供試体においては、材令12週では0.014 %, 0.021 %, B-N(2.5) で材令20週で0.08 %の膨張量を示した。普通セメント用たWA法の結果から、低アルカリのセメントをまぶした反応性骨材であっても、外部に高い濃度アルカリ細孔溶液が存在すると、水分をともなって反応性骨材表面に到達し、ASRを起こしてゲルを生成し吸水膨張する。また、アルカリ量が増加するに連れてゲル生成も多くなり、反応の進行が早くなり膨張量も大きくなる。これに対して、高炉スラグ微粉末を含んだセメントを用いた場合には、N(0.5)-N(2.5)とB-N(2.5)の膨張量の結果から明かなように、外部に高いアルカリを持つペースト層中の細孔溶液が存在しても、高炉スラグペーストの表層で、骨材に到達するアルカリイオン(Na, K, OH)を遮断し、ASRによる膨張を抑制する効果があることが認められた。この理由としてはアルカリの吸着固定化、水分やイオンの移動抑制効果が考えられる。

3. 2 強度特性に及ぼす影響

図-3に各セメントを使用したモルタルバーの材令と圧縮強度との関係を示す。

これらの図から、普通セメント用いたWA法の圧縮強度をみると、従来の1回練混ぜ方法の供試体Nと比較した場合、供試体N-N(2.5)は明らかに材令初期では大きな強度が得られるが、NaOHを過剰添加した供試体N(2.5)-N(2.5)では、材令が経過するにつれてASRによる強度低下が見られる。一方、高炉セメントの場合では、いずれの供試体とも初期強度は低いが、長期材令においてはその増加の程度は大きい。特に、供試体B-N(0.5)において著しい強度増加が認められた。これらのことより、高炉スラグを使用すると、ASRの抑制とともに強度の増加にも効果があるといえる。

4. まとめ

高炉セメントで反応性骨材をまぶす方法(WA法)は、ASRを十分に抑制でき、その膨張抑制効果としては、アルカリの吸着や水分イオンの移動を抑制する効果が働いたものと思われる。また、この方法を用いると、ASRの抑制とともに強度の増加も期待できることが明らかになった。

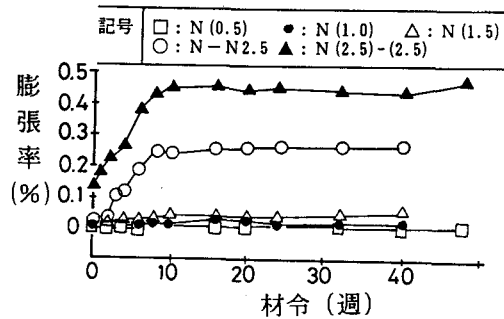


図-1 膨張率の経時変化

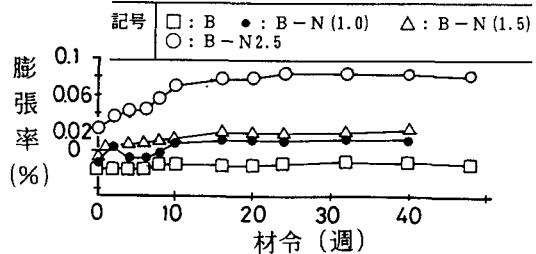


図-2 膨張率の経時変化

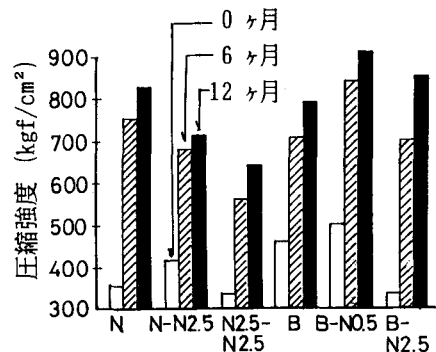


図-3 材令と圧縮強度の関係